

연구 보고서(연차)
NIE-법정연구-2022-01

제5차 전국자연환경조사('22)

The 5th National Ecosystem Survey('22)

NATIONAL
INSTITUTE OF ECOLOGY

연구진

연구책임자	이태우	자연환경조사팀	책임연구원(연구책임자)
연구참여자(내부)	정길상	생태조사연구실	책임연구원(실장)
	이성제	자연환경조사팀	선임연구원
	최승세	자연환경조사팀	선임연구원
	최종운	자연환경조사팀	전임연구원
	이응필	자연환경조사팀	연구원
	이재호	자연환경조사팀	연구원
	박유철	자연환경조사팀	연구원
	홍의정	자연환경조사팀	연구원
	이상연	자연환경조사팀	연구원
	김민식	자연환경조사팀	연구원
	고홍석	자연환경조사팀	연구원
	전용락	자연환경조사팀	연구원
	이준석	자연환경조사팀	연구원
	고석열	자연환경조사팀	연구원
	박규령	자연환경조사팀	연구원
	유혜린	자연환경조사팀	연구원
	윤성태	자연환경조사팀	연구원
	장한이	자연환경조사팀	연구원
	박여빈	자연환경조사팀	전문위원
연구참여자(외부)		외부조사원	567여명

본 연구진은 연구윤리를 준수하였음을 서약합니다.

<목 차>

요 약 문(Abstract)	i
I. 서 론	1
1. 연구배경	1
2. 연구목적	2
II. 연구 내용 및 방법	3
1. 연구방법	3
2. 연구내용	10
III. 연구 결과	14
가. 연구목표 달성	14
나. 성과목표 달성	49
다. 결과의 우수성	51
IV. 연구활용	52
가. 정책적 기여	52
나. 사회·경제적 기여	52
다. 학술적 기여	52
참 고 문 헌	52
자체세부연구	53
시민참여 자연환경조사	423

- 자체세부연구 -

자체세부연구	53
1. (식생1) 전국자연환경조사 식생보전등급 변화 후보지역 선정을 위한 연구(Ⅲ)	54
2. (식생2) 국가 특이식생 발굴 조사 연구(Ⅲ)	93
3. (식생3) 해발고도 500m 이상 생태자연도 1등급 권역 미조사지역 조사(Ⅲ) ..	167
4. (지형)생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형연구(Ⅱ) ..	209
5. (식물상) 한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(Ⅱ)	268
6. (조류) 산림형 야행성 조류 탐지를 위한 음성녹음장치 적용 시범연구(Ⅱ) ..	294
7. (곤충) 곤충류 트랩 조사법의 효율화 방안 연구	307
8. (양서·파충류)자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 시범연구	328
9. (저서) 저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(Ⅲ)	348
10. (종합분석) 인공지능(머신러닝)을 활용한 생물서식환경 적합도 분석과 예측	411

요 약 문

1. 제 목

제5차 전국자연환경조사 4차년도('22년)

2. 연구 목적

본 연구는 「자연환경보전법」 제30조(자연환경조사)와 자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정(환경부훈령 제1161호)에 근거하여, 전국에 분포하는 주요 지형경관, 식생 및 동식물 등의 조사를 통해 생태계의 물리환경 및 생물다양성에 대한 현황을 파악함으로써 생물자원의 효율적인 관리체계 구축 및 운영을 위한 기초자료 확보 및 생태·자연도 갱신 자료 제공을 통해 체계적인 자연환경보전 대책 수립에 기여에 목적을 두고 있다.

3. 연구 내용 및 방법

'22년도 164개 도엽을 9개 격자로 나누어 제5차 전국자연환경조사 지침에 따라 지형과 식생분야는 등급분류기준에 따른 보전등급조사를 실시하고, 식물상, 조류, 포유류, 양서·파충류, 곤충, 저서성대형무척추동물, 어류 분야는 동·식물의 서식 현황을 조사하였다.

4. 연구 결과

본 연구는 '22년 3월 1일 ~ 11월 30일까지 전국 824개 도엽 중 조사 불가능도엽(해양, 접근불가지역 등)과 DMZ, 국립공원 및 백두대간보호지역을 제외한 780개 도엽에서 164개 도엽을 대상으로 지형, 식생, 식물상, 조류, 포유류, 양서·파충류, 곤충, 저서성대형무척추동물, 어류의 9개 분야에 대하여 생물서식현황 및 지형과 식생 보전등급 평가 등에 대한 조사가 이루어지고 있다.

지형분야 조사결과, 지형보전등급 I 등급지역 183개소와 II 등급지역 432개소가 확인되었다. 식생분야에서는 생태·자연도 1등급 권역의 158개 평가단위(1,632개 도엽)에 대한 조사결과, 주요군락으로는 소나무군락, 굴참나무군락,

신갈나무군락, 졸참나무군락 등이 확인되었고, 리기다소나무, 잣나무, 일본잎갈나무, 밤나무, 아까시나무 등 식재 및 벌채, 개발(임도개설 등), 숲가꾸기(간벌) 등으로 인한 산림훼손으로 식생보전등급이 하락되는 지역이 다수 확인되었다. 동·식물조사 결과, 총 754과 7,399종이 확인되었으며, 멸종위기야생생물 I 급 중 20종 및 II 급 중 60종이 확인되었다. 지형과 식생보전등급, 멸종위기야생생물 서식현황 자료는 GIS-DB 구축을 통하여 생태·자연도에 반영될 예정이다.

또한 5차 전국자연환경조사의 정밀도·효율성 제고를 위해 시민참여형(5개 분야 대상 520명 시민참여) 전국자연환경조사를 동시에 수행하여 2,534종 20,000여 건의 생태조사자료를 확보하였다. 전국자연환경조사의 원활한 수행 및 개선을 위해 자체 세부연구(식생 등 8개 분야/10개 과제) 및 연구용역(원자료입력시스템 개선/1개 과제)을 수행하였으며, 연구결과는 조사방법/체계 개선에 반영하였다.

핵심어: 자연환경조사, 생물다양성조사, 생태·자연도

Abstract

The 5th National Ecosystem Survey(4th year)

The purpose of this study is to understand the current status of the natural environment and biodiversity of the ecosystem through surveys of geomorphological landscapes, vegetation and animals and plants distributed throughout the country. The obtained survey data is used as basic data for establishing and operating an efficient management system for national biological resources, and contributes to the establishment of systematic natural environment conservation policies and the renewal of Ecosystem and Nature Map by providing updated data.

This year, as the 4th year of the 5th National Ecosystem Survey, 164 out of 780 map sheets were surveyed. The survey were conducted to investigate the habitat status and landforms and vegetation conservation level evaluation in 9 fields: geomorphology, vegetation, flora, birds, mammals, Herptile (amphibians and reptiles), insects, benthic macroinvertebrates, and fish.

As a result of the geomorphological survey, 183 grade I landforms and 428 grade II landforms were evaluated. As a result of the vegetation field survey of 158 evaluation units (1,632 maps) of the 1-grade area in ecology and natural map, the main communities were identified as *Pinus densiflora* community, *Quercus variabilis* community, *Quercus mongolica* community, and *Quercus serrata* community. In addition, a number of areas where the vegetation conservation grade were found to be lowered due to forest damage caused by planting (such as *Pinus rigida*, *Pinus koraiensis*, *Larix kaempferi*, *Castanea crenata*, *Robinia pseudoacacia*) and logging, development (such as forest road construction), and forest gardening (thinning).

As a result of the flora and fauna survey, a total of 754 families and 7,399 species were identified, and 20 endangered species Class I and 60 endangered species Class II were identified. Landforms, vegetation conservation level, and endangered wildlife habitat status data will be reflected in the Ecosystem and Nature Map through GIS-DB construction.

In addition, in order to improve the precision and efficiency of the 5th National Ecosystem Survey, a citizen participation program (520 citizens) was introduced at the same time, and 2,534 species and about 20,000 ecological data were collected. in-house research projects (8 fields including vegetation/10 tasks) were conducted for the improvement of the National Ecosystem Survey methods and system.

Key words: National Ecosystem Survey, Biodiversity Survey, Ecosystem and Nature Map

I. 서론

1. 연구배경

가. 정책적 부합성

- 1) 자연환경보전법 제30조에 의한 5년 주기의 자연환경조사로 자연환경보전법 제34조에 의거한 생태·자연도 작성의 기초자료로 활용
- 2) 자연환경조사 결과를 바탕으로 작성된 생태·자연도는 자연환경보전법 시행령 제28조에 따라 국가환경보전종합계획 수립, 개발사업에 대한 환경영향평가 협의시 보전, 복원, 훼손을 저감하기 위한 중요 기준으로 활용

나. 사회/경제적 필요성

- 1) 환경보전정책 수립 부처(환경부, 국토부, 산림청 등)과 광역 및 기초단체의 자연환경관리를 위한 과학적인 근거자료 확보 필요
- 2) 정밀한 생태정보를 생산하여 이를 활용하는 자연환경보전정책의 신뢰도 제고 필요
- 3) 자연환경 보전계획 수립의 올바른 방향설정을 위한 과학적 데이터 확보 필요

다. 기술적 필요성

- 1) 국토의 전반적인 생태현황을 조사하는 사업으로서 생태조사분야의 지속적인 조사체계 및 기법개발 필요
- 2) 멸종위기 야생생물 서식정보의 지원, 조사과정에서 수집되는 각종 생물상 분포 정보를 관련 연구수행기관에 제공하여 효율적인 국가 생물 다양성 관리 정책 지원 가능

라. 법적 근거

1) 자연환경보전법 제30조_5년 단위의 전국자연환경조사 실시

※ 제30조(자연환경조사)제1항 환경부장관은 관계중앙행정기관의 장과 협조하여 5년마다 전국의 자연환경을 조사하여야 한다.

2) 자연환경보전법 시행령 제52조의 2(업무의 위탁)_국립생태원 위탁

※ 제52조의2(업무의 위탁) 1. 법 제30조제1항 및 제2항에 따른 자연환경조사

3) 환경부훈령 제1161호_자연환경조사 방법 및 등급분류 기준 등에 관한 규정

2. 연구목적

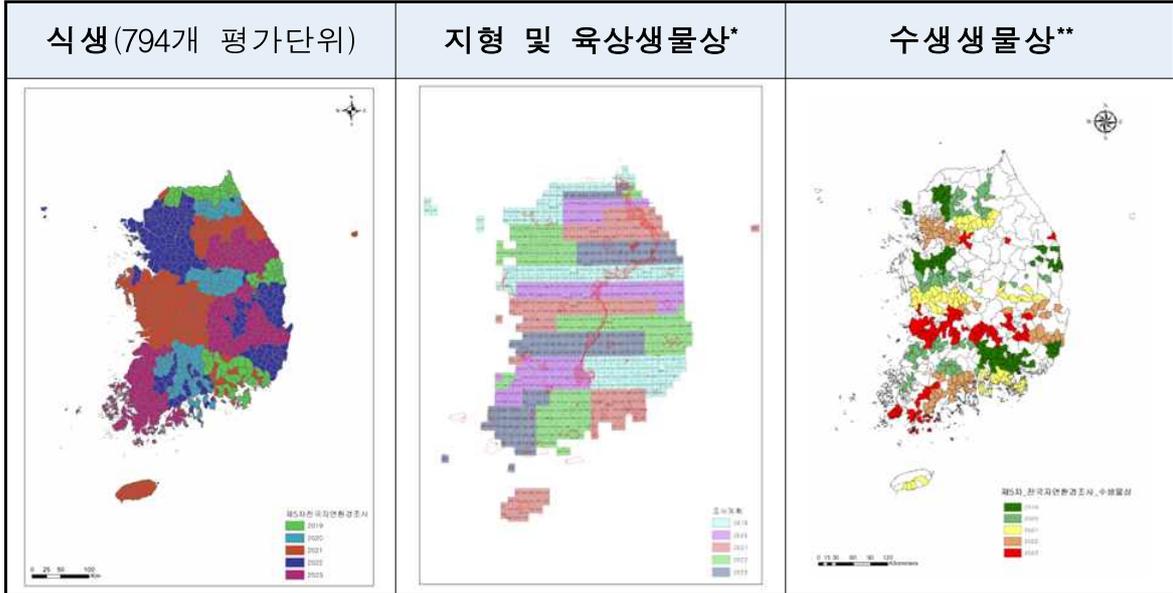
가. 전국에 분포하는 주요 지형경관, 식생 및 동식물 등의 조사를 통해 생태계의 물리환경 및 생물다양성에 대한 현황을 파악

나. 생물자원의 효율적인 관리체계 구축 및 운영을 위한 기초자료 확보 및 생태·자연도 갱신 자료 제공을 통해 체계적인 자연환경보전 대책 수립에 기여

II. 연구방법 및 내용

1. 연구방법

가. 제5차 전국자연환경조사 범위



※ (지형 및 육상 생물상) 전체 824개 도엽 중 조사 불가능 도엽(해양, 접근불가지역 등)과 DMZ, 국립공원 및 백두대간보호지역을 제외한 780개 도엽 조사 실시

※ (수생 생물상) 전체 850개 단위유역 중 내륙습지조사사업, DMZ, 국립공원 및 백두대간 보호지역을 제외한 320개 유역 조사 실시

* 육상 생물상 분야(5개) : 식물상, 조류, 곤충, 포유류, 양서·파충류

** 수생 생물상 분야(2개) : 저서성대형무척추동물, 어류

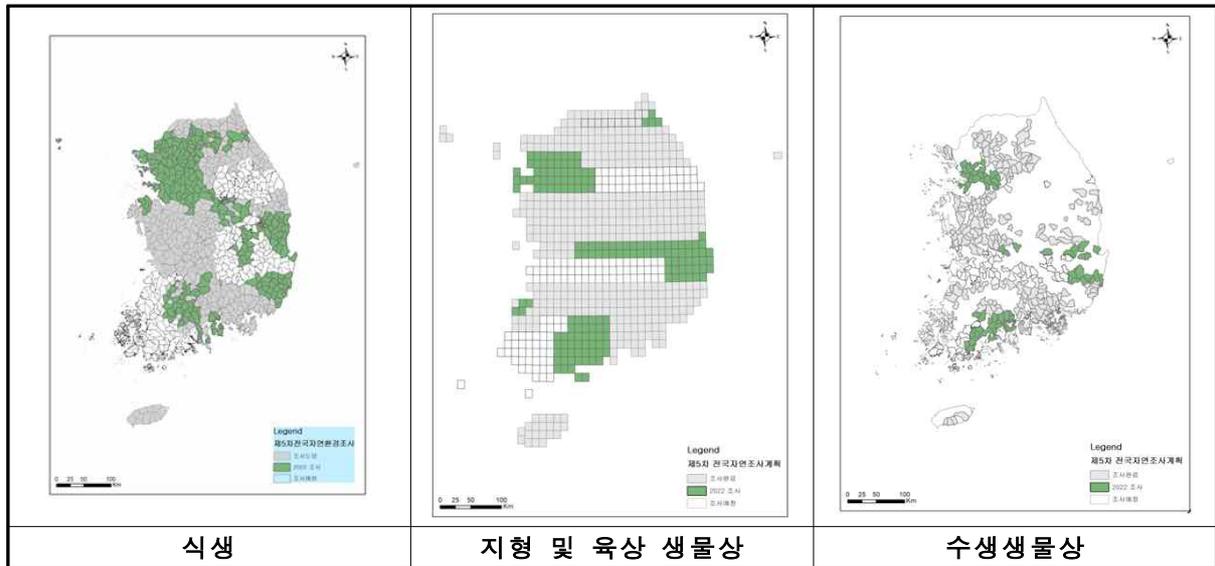
1) 연차별 조사 계획 도엽 및 평가단위

구 분	계	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	비고(기준)
도엽	780	160	133	163	164	160	지형·육상생물상
평가단위	794	80	97	194(30)	199(46**)	224	식생
단위유역	320	69	64	68	61	59	수생생물상

* '22년 직접조사 및 간접조사(등급변화후보지역 포함) 평가단위수: 199개

** '20년 직접조사 대상지 내 등급변화후보조사 평가단위수: 46개(총 평가단위수에 포함되지 않음)

나. 2022년 전국자연환경조사 범위



다. 분야별 조사 도엽 수('19~'22년) 및 누적 진행율

분야	5차 조사	2019년	2020년	2021년	2022년	수행율(%)	비고	
식생	1,535* (6,904**)	257* (1,399**)	214* (1,103**)	325* (1,746**)	324* (1,632**)	73.0	도엽	
	794	80	97	146(30)	158 ¹⁾ (46 ²⁾)	60.6	평가단위	
지형	780	160	133	162	152	77.8	도엽	
육상 생물상	식물상	780	128	133	143	132		68.7
	곤충	780	130	133	126	126		66.0
	조류	780	158	133	159	163		78.6
	포유류	780	157	133	152	156		76.6
	양파	780	151	132	151	153	75.2	
수생 생물상	저서	320	46	64	66	61	74.1	단위 유역
	어류	320	63	64	68	61	80.0	

* 면적으로 환산한 도엽 수 / ** 실제 조사도엽 수

1) 직접조사 및 간접조사(등급변화후보지역 포함) 평가단위수(199개) 중 '1등급 및 후보지역'이 포함되지 않은 평가단위(41개)를 제외한 숫자

2) '20년 조사 대상지 내 등급변화후보조사 평가단위수: 46개

라. 조사분야별 연구방법

1) 식생 분야

- (직접조사) 항공영상 및 위성영상으로 제작한 조사도면과 모바일 시스템 활용 현장조사 수행, 현존식생도(1:5,000축척), 식생조사표, 식생보전등급판정표 작성
 - ※ 1:25,000축척의 생태·자연도 1등급 권역(식생 I, II등급) 내 1:5,000축척의 임상도를 중첩하여 임상경계 내 1등급 권역이 50%이상 중첩되는 지역을 선별
- (간접조사) 원격탐사를 활용하여 산림 또는 비산림지역의 변화상을 반영한 현존식생도 갱신, 식생보전등급의 변경이 예상되는 지역의 추출하여 정밀현존식생도 작성을 위한 차년도 현장조사 물량 확정

2) 지형 분야

- 지형유형의 속성(지형의 성인, 사면의 구성물질, 물질이동 양상)을 기존 문헌과 현장 조사를 통해 조사·분석
- 선택적으로 무인항공기(UAV)를 활용하여 정확성과 효율성 향상, 특이지형의 분포 현황과 지형보전등급을 판정

3) 식물상 분야

- 도엽내 대표산(지역)의 식물상에 대해 문헌 및 지리, 지형적 정보 등을 통하여 조사 구역 선정
- 봄, 여름, 가을 등 3회 이상 설정한 조사경로를 따라 모든 관속식물을 대상으로 현지조사 실시

4) 육상곤충 분야

- 2개의 현지조사팀을 구성하여 선조사(채어잡기, 쓸어잡기 등) 및 트랩 조사(복합, 함정, 버킷라이트 트랩) 등의 주·야간 조사를 2회 이상 수행

5) 조류 분야

- 도엽 내 지정한 격자를 중심으로 다양한 조류의 서식지 유형이 포함 되도록 세부조사지역을 선정
- 직접 관찰 및 청음을 이용한 전수조사법, 선조사법, 정점조사법을 계절별로 수행

6) 포유류

- 산림 우수지역을 중심으로 선조사(차량, 도보 등), 무인센서카메라 조사 병행 및 멸종위기 야생생물은 서식지 판단 기준에 의거한 현장 조사

7) 양서·파충류

- 서식지 유형별(4개 대분류) 정성조사를 수행하며, 직접 육안관찰과 청음에 의한 주간조사 및 야간조사와 로드킬(roadkill) 조사

8) 저서성대형무척추동물

- 수자원단위지도(KRF ver. 3.0)를 사용하여 전국(담수 및 기수역)을 대상으로 단위유역(소권역) 조사지역 선정
- 서식지유형(분류, 지류, 정수역 등, 유역의 규모에 따라 조사지점 수는 유동적)을 구분하여 조사

9) 어류

- 조사정점을 기준으로 상, 하 약 100m 이내의 다양한 서식지 환경 (소, 여울, 수초대, 바위 등)에서 투망10회 족대 30분을 기준으로 정량조사
- 현장의 수계 조사지역의 특성에 맞게 가감조사 실시

마. 시민참여형 자연환경조사 업무

1) 조사범위 및 방법

- 가) 제5차 전국자연환경조사 4차년도 조사지역 해당 지자체 중심 조사 수행
- 나) 스마트폰의 위치정보에 기반한 영상·사진 자료(생물종 사진) 수집

2) 조사분야 및 기간

- 가) (분야) 5개 분야(식물상, 곤충, 조류, 포유류, 양서류)
- 나) (기간) '22. 5. 1. ~ 10. 31.(6개월)

3) 조사원 모집 및 교육

- 가) (모집) 전국 지자체, 6개 협회 공문 발송 및 국립생태원 홈페이지 공지

나) (교육) 조사매뉴얼(안내책자) 제작 및 발송(3~5월), 분야별 조사 방법 동영상 교육자료 배포(5월)

4) 운영

가) (시스템 활용) EcoBank 회원 가입, 자료 등록 및 밴드개설 운영

나) (종동정 검수) 종동정 검수반 운영 및 착수워크숍 개최

바. 조사기법 및 체계 개선을 위한 연구

1) 자체연구

가) (식생분야) 전국자연환경조사 식생보전등급 변화 후보지역 선정을 위한 연구(Ⅲ)

- 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 “식생보전등급 변화 요인 추출을 위한 분석조건 등”을 반영하여 식생보전등급의 변경(상승 또는 하락)이 예상되는 지역 선정

나) (식생분야) 국가 특이식생 발굴 조사 연구(Ⅲ)

- 특이식생 유형 분류 및 조사·분석 대상 유형 선정, 조사 및 분석을 통해 특이식생 유형에 적합한 식생보전등급평가 기준(안) 제시
 - ※ 특이식생 : 산림 식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생으로, 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생 / 인문사회학적 으로 가치가 있는 식생으로, 현 식생보전등급으로는 가치평가가 어려운 식생
- '22년도 연구 대상 특이식생 유형 및 조사 대상지

· 연구대상 식생유형 : 해안절벽식생, 해안사구식생

· 연구대상지 : 백도항, 고래불사구 등 10개 지역

※ 1) 해안절벽식생 : 고성 백도항, 신안 자은도, 창원 진해구, 동해 추암, 포항 호미곶

※ 2) 해안사구식생 : 고래불사구, 소항사구, 신두리사구, 안인사구, 우의도사구

다) (식생3) 해발고도 500m 이상 생태자연도 1등급 권역 미조사지역 조사(Ⅲ)

- 생태·자연도 1등급 권역 내 “식생보전등급 변화 요인 추출을 위한 분석조건 등”을 반영하여 미조사 지역 선정 및 최신 자연환경조사 결과 반영

- 라) (지형) 생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형연구(II)
- 서식지로서 가치있는 단위 지형과 델파이기법을 이용한 설문
 - 내용타당도 등의 분석 결과를 토대로 단위 지형 가치 평가 시 반영되어야 할 평가기준 작성(서식지 기능을 포함한 생태적 가치 반영)
- 마) (식물상) 한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(II)
- 식물상 종의 생태 유형(산지, 농경지, 초지, 습지, 나지 등)을 파악하여 식물상 조사의 결과 분석에 활용
- 바) (조류) 산림형 야행성 조류 탐지를 위한 음성녹음장치 적용 시범 연구(II)
- '22년 전국자연환경조사(조류) 수행 도엽 내 산림지역에 음성녹음장치를 설치하여 4~6월까지 운영함으로써 산림형 야행성 조류 서식 현황 파악
- 사) (육상곤충) 곤충류 트랩 조사법의 효율화 방안 연구
- 육상곤충분야 버킷라이트 트랩의 조사방법 정립을 위한 트랩 개발 및 종포획 효율성 검증을 통한 트랩 조사법의 가이드라인 마련
- 아) (양서과충류) 자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 시범연구
- 인력에 의한 현장조사의 한계를 극복하기 위해 양서류 울음패턴, 일주기(日週期)의 파악으로 최적의 야간조사 시간대에 관한 가이드라인을 제공
 - 조사방법 개선을 위한 자동음향녹음장치(Autonomous Recording Unit)의 현장 사용과 효율성 검증
- 자) (저서) 저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(III)
- 수계의 특성이 반영될 수 있도록 조사구역(조사정점, 구간길이 등)을 선정
 - 조사지점의 특성에 맞는 조사도구(D-frame net, Hand-net 등) 사용으로 표준화된 조사방법(미소서식처 선정, 조사 횟수, 표본크기 등) 제시
 - 환경특성과 대상종의 상관관계를 분석하여 개별생태점수(Qi)의 재평가 및 ESB* 지수와 환경요인 간 다중회귀식을 개발하여

환경생태에 따른 ESB 등급화 및 특성을 분석 후 전국자연환경조사 ESB 평가표 개선

* ESB (Ecological Score of Benthic macroinvertebrate community):
저서성대형무척추동물 생태점수

차) (종합분석) 딥러닝을 이용한 주요 야생생물의 서식지 특성 분석 연구(Ⅱ)

- 야생생물 정보(위치, 생태특성, 생육환경 등), 환경데이터, 생태계 빅데이터 등을 분석·활용한 인공지능(딥러닝) 알고리즘 개발
- 야생생물의 서식지 구조·기능 분석, 생태계의 사회적 요소 분석 등을 통해 주요 야생생물의 서식환경보전을 위한 서식지 네트워크 분석 및 모델 개발

2) 연구용역

가) 전국자연환경조사 원자료입력시스템 고도화 용역 운영

- 자연환경조사, 멸종위기 야생생물조사 및 습지조사자료의 체계적인 수집 및 DB 구축을 위한 시스템 통합 개편

나) 외부조사원 현장증빙 지원앱(APP) 개선 용역

- 현장조사지원 앱의 iOS 버전 확장으로 아이폰 사용자 대한 편리성 도모

2. 연구내용

가. 전국자연환경조사

1) 조사분야별 연구내용

가) 식생 분야

- (보전등급 I·II등급지역) 현장조사 수행 및 정밀현존식생도(1:5,000축척) 작성
- (보전등급 III·IV등급지역) 원격탐사를 활용한 현존식생도 갱신 및 변화후보지역 추출, 현장조사를 통한 기존의 현존식생도(1:25,000축척) 갱신

나) 지형 분야

- 제4차 전국자연환경조사의 I, II등급 조사지점(보완조사)과 조사지역 내에 나타나는 지형단위 중 보전가치가 높은 지형단위(신규조사) 조사
- 도엽 내에 분포하는 지형단위의 속성(지형의 성인, 사면의 구성물질, 물질 이동 양상)을 조사 분석하고, 등급 평가

다) 식물상 분야

- 모든 야생 관속식물(양치, 나자 및 피자식물 등)의 생육현황을 조사
- 주요종인 멸종위기 야생생물, 식물구계학적 특정종, 고유종, 생태계교란 생물 분포현황 파악 및 종 목록 작성

라) 조류 분야

- 관찰된 모든 야생조류의 종수와 개체수 현황, 서식지유형을 기록
- 멸종위기 야생생물 I, II급의 행동을 기반으로 한 서식지유형 조사

마) 육상곤충 분야

- 2개의 현지조사팀을 구성하여 선조사(채어잡기, 쓸어잡기 등) 및 트랩조사(복합, 함정 및 버킷라이트 트랩) 등의 주·야간 조사를 2회 이상 수행

바) 포유류 분야

- 관찰된 모든 야생 포유류의 출현현황을 서식지 유형별, 서식흔적 유형별 기록
- 멸종위기 야생생물 I, II급 관찰내용(서식지 판단 기준) 기록 및

모든 출현종의 위·경도 좌표 확보

사) 양서·파충류 분야

- 국내에 서식하는 양서·파충류의 분포현황을 서식지 유형별(4가지 대분류)로 조사, 모든 조사지역을 면 단위 서식지로 작성

아) 저서성대형무척추동물 분야

- 담수지역과 기수지역에 서식하는 저서성대형무척추동물에 대하여 단위유역별 분포 및 서식현황을 파악
- 주요종인 법정 보호종, 환경부 지정종 등 특정종의 변화양상을 파악하고, 저서성대형무척추동물 생태점수(ESB) 산출

자) 어류 분야

- 제3차 전국자연환경조사지점의 출현어류의 분포와 변화양상 및 서식현황과, 수계 간 이입종의 출현을 파악하는 현장조사 수행

나. 시민참여형 자연환경조사

1) 추진배경 및 내용

- 가) 제5차 전국자연환경조사의 정밀도·효율성 제고 계획에 따른 조사 사각지역 해소 방안 마련 필요
- 나) 자연생태계 보호의식 강화 및 대국민 생태인식 증진의 기회 제공
- 다) 조사 미흡지역(농경지, 도심지 등)에 대한 생물종 조사정보 반영

다. 조사기법 및 체계 개선을 위한 연구

1) 자체연구

- 가) (식생분야) 전국자연환경조사 식생보전등급 변화 후보지역 선정을 위한 연구(Ⅲ)
 - 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 “식생보전등급 분석조건 등”을 반영하여 식생보전등급의 변경(상승 또는 하락)이 예상되는 지역 선정 및 조사결과 반영
- 나) (식생분야) 국가 특이식생 발굴 조사 연구(Ⅲ)
 - 선정된 특이식생 유형별로 항공사진, 기 확보된 정보 등을 활용하여 조사대상지 선정과 현장조사 및 자료 분석을 통한 식생 정보

수집 및 특성 분석

- 특이식생 유형별로 적합한 식생보전등급 평가방법 기준(안) 제시
- 다) (식생3) 해발고도 500m 이상 생태자연도 1등급 권역 미조사지역 조사(Ⅲ)
 - 해발고도 500m 이상의 생태·자연도 1등급 권역 내 “식생보전등급 변화 요인 추출을 위한 분석조건 등”을 반영하여 미조사 지역 선정 및 조사 수행
- 라) (지형) 생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형연구(Ⅱ)
 - 델파이기법을 이용하여 서식지 기능을 포함한 생태적 가치가 있는 단위 지형과 종 선정, 평가기준 작성
- 마) (식물상) 한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(Ⅱ)
 - 식물상 종의 생태 유형(산지, 농경지, 초지, 습지, 나지 등)을 파악하여 식물상 조사의 결과 분석에 활용
- 바) (조류) 산림형 야행성 조류 탐지를 위한 음성녹음장치 적용 시범 연구(Ⅱ)
 - 주간 시간대를 중심으로 수행되는 국내 조류 조사 특성상 탐지율이 현격히 낮은 산림형 야행성 조류의 서식현황 파악을 위한 조사방법의 개선 필요
 - 비침습적, 상시적 음성 수집이 가능한 음성녹음장치를 설치·운영함으로써 기존 조사방법에 대한 보완 가능성 타진
- 사) (육상곤충) 곤충류 트랩 조사법의 효율화 방안 연구
 - 버킷라이트 트랩의 조사방법 정립을 위한 트랩 개발 및 종포획 효율성 검증을 통한 트랩 조사법의 가이드라인 마련
- 아) (양서과충류) 자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 시범연구
 - 전국자연환경조사 양서과충류분야 조사방법 개선을 위한 자동음향 녹음장치(Autonomous Recording Unit)의 현장 사용과 효율성 검증
- 자) (저서분야) 저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(Ⅲ)
 - 조사의 효율성을 제고하고 일관성 있는 조사 자료를 수집하기 위해 기존 저서성대형무척추동물의 조사방법 및 평가체계 개선

차) (종합분석) 인공지능(머신러닝)을 활용한 생물서식환경 적합도 분석과 예측

- 인공지능(머신러닝) 기술 기반의 생물 분포의 시공간적 변화 정보와 환경 공간 정보의 통합 해석 알고리즘 개발 및 생태계의 서식환경 평가 및 예측 기반 구축

2) 연구용역

가) 전국자연환경조사 원자료입력시스템 고도화 용역 운영

- 전국자연환경조사, 멸종위기 야생생물조사, 습지조사 입력시스템 통합 개편
- 입력 결과 및 통계, 개선된 검색 기능을 통한 효과적인 보고서 작성 (Reporting Tool) 기능 제공
- 출장 증빙 자료 관리로 업무절차 간소화

나) 자연환경조사 외부조사원 현장조사 지원앱(APP) 개선 용역

- 지원앱(APP)에 iOS 버전(아이폰용) 추가 개선

Ⅲ. 연구결과

1. 연구결과

가. 연구목표 달성

1) 전국자연환경조사

가) 조사분야별 연구 진행사항

(1) 지형, 식생, 동·식물 등 9개 분야 100% 조사 완료

분야	계	지형	식생	식물상	조류	포유류	양파*	곤충	저서**	어류
총조사 일수	9,285	525	3,251	858	1,365	820	783	756	450	477
조사실적	9,285	525	3,251	858	1,365	820	783	756	450	477
진행율(%)	100.0	100.0	100.0	100	100.0	100.0	100	100	100	100

* 양서·파충류 / ** 저서성대형무척추동물

나) 주요 조사결과

(1) 조사결과

- (식생 분야) 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락, 굴참나무, 굴참나무-신갈나무군락, 신갈나무군락 등 확인
- (지형 분야) 지형보전등급 I 등급 지역 183개소 및 II 등급 지역 432개소 확인
- (동·식물상) 멸종위기야생생물 I 급 20종 및 II 급 60종 확인

구분	조사 분야*	지형보전 I 등급	지형보전 II 등급	총 수
무생물	지형	183	432	1,606
생물	조사분야	멸종위기 I 급	멸종위기 II 급	총 종수
	식물상	1	9	183과 2,015종
	조류	9	32	58과 287종
	포유류	3	3	14과 33종
	양서·파충류	1	5	13과 36종
	육상곤충	1	4	331과 4,533종
	저서성대형무척추동물	1	2	132과 387종
	어류	4	5	23과 108종
	합계	20	60	754과 7,399종

* 조사 분야 중 식생분야 제외

다) 조사 분야별 결과

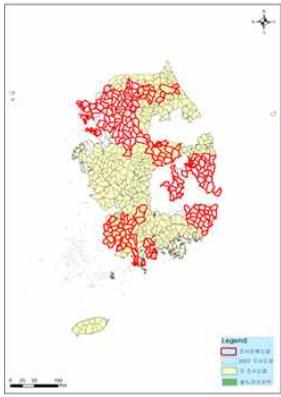
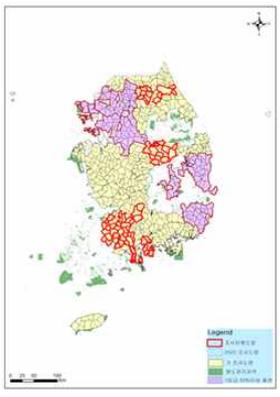
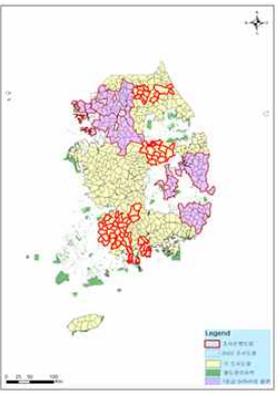
(1) 식생 분야

(가) 주요 조사결과

- (조사수행율) 158개 평가단위(1,632개 도엽) 중 158개 평가단위(1,632개 도엽)에 대한 조사 완료(100%)
- (조사 성과) '22년도 목표 식생조사표 1,626장 중 2,127장 (130.8%), 식생판정표 813장 중 1,124장(138.3%) 획득, 현존식생도 1,923장은 조사완료

직접조사 및 간접조사(등급변화후보지역 포함)				
지역	도엽수	자연림*	인공림**	훼손유형***
북부	746개	소나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 등	리기다소나무식재림, 잣나무식재림, 일본잎갈나무 식재림, 밤나무식재림 등	기존 식생보전등급 I·II지역(생태·자연도 1등급지역)을 중심으로 임도, 주거지, 묘지 등 개발이 이루어짐
중부	453개	소나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 등	리기다소나무식재림, 잣나무식재림, 일본잎갈나무식재림, 아까시나무식재림 등	기존 식생보전등급 I·II지역(생태·자연도 1등급지역)을 중심으로 대규모 벌채 등 식생훼손이 이루어짐
남부	433개	소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락 등	리기다소나무식재림, 잣나무식재림, 일본잎갈나무식재림, 밤나무식재림 등	기존 식생보전등급 I·II지역(생태·자연도 1등급지역)을 중심으로 숲가꾸기(간벌) 등 식생훼손이 이루어짐

* 식생보전등급 I ~ III등급, ** 식생보전등급 IV등급, *** 식생보전등급 V등급

주요 조사결과 (식생)		
		
조사 수행 권역	식생보전등급 I·II등급 50% 이상 출현 지역	식생 우수지역 (식생보전등급 1등급)

(나) 특이사항

- (기존 식생보전등급 변화) 기존 식생보전등급 II등급에 포함되어 있던 소규모군락, 훼손지 등이 하향 조정됨



(2) 지형 분야

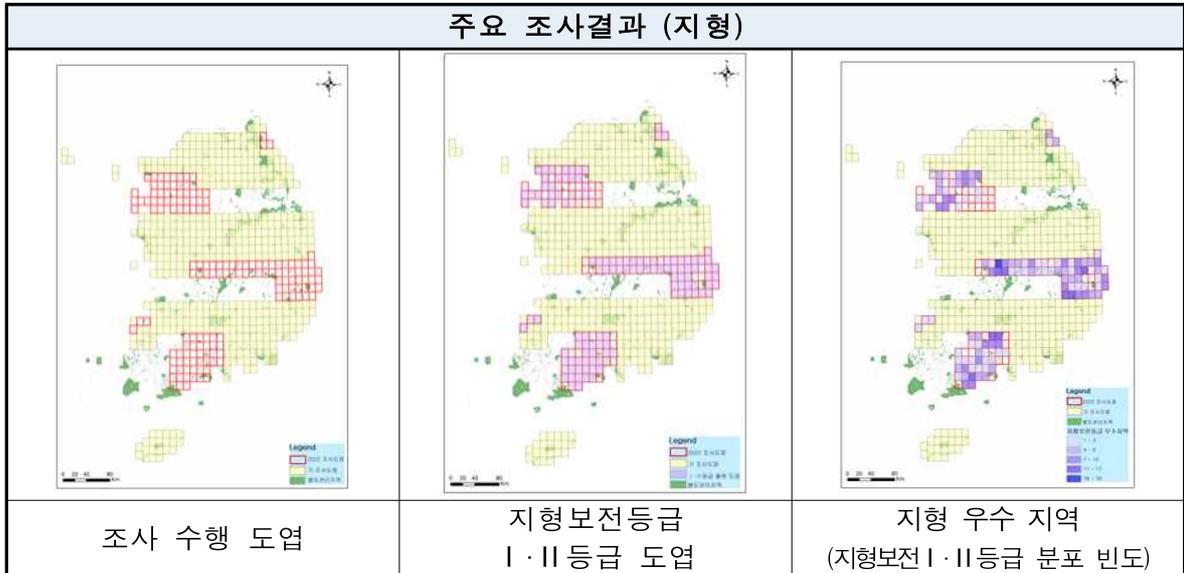
(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 164개 도엽 중 152개 도엽 조사 수행하여 152개 도엽 조사 완료(100%)
- (지형보전등급별 분포현황) 생태·자연도 1등급의 판단기준이 되는 지형보전등급 I 등급 지형은 66개 도엽에서 183개소 확인

구분	합계	I 등급	II 등급	III 등급	IV 등급	비고
도엽 수	358	66	107	136	49	
개소 수	1,606	183	432	847	144	

- (재평가지형) 기존 I, II 등급을 현 평가기준에 따라 재평가한 지형 298개 지점 중 135개 지점 등급 조정(상향조정 7개소, 하향조정 128개소)

구분	합계	등급 상향		등급 하향			비고
		1개 등급	2개 등급	1개 등급	2개 등급	3개 등급	
개소 수	135	6	1	90	36	2	



(나) 특이사항

- (신규발굴) 지형보전등급 I 등급으로 신규 평가된 지형은 35개 도엽 80개 지점이며, 산지지형 44개 지점(급애(13개, 29.5%), 토르(8개, 18.2%), 암석돔(5개, 11.4%) 등), 해안지형 21개 지점(파식대(3개, 14.2%), 시스택(3개, 14.2%) 등), 하천지형 13개 지점(기반암하상(4개, 30.8%), 폭포(4개, 30.8%) 등), 화산지형으로 주상절리 2개 지점이 조사됨
- (주요지역) 현재까지 수행된 1,605개소 중, 52개소가 평가된 이원도엽에서 지형보전등급 I, II등급이 가장 많이 분포(I등급 22개소, II등급 17개소)



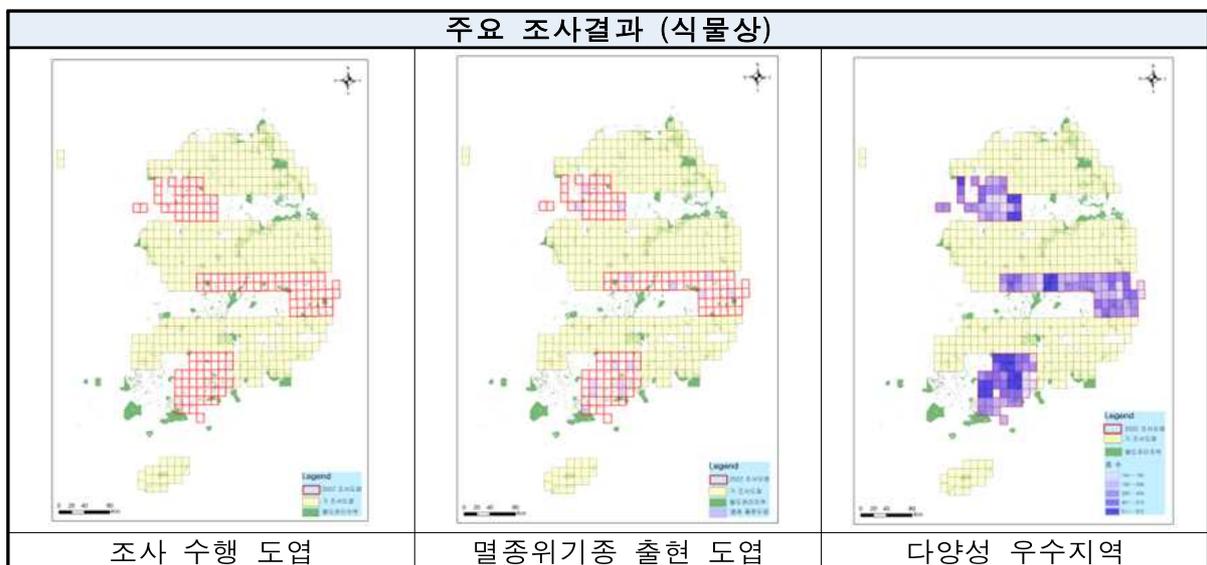
(3) 식물상 분야

(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 165개 도엽 중 132개 도엽 조사 수행하여 132개 도엽 조사 완료(100%)

- (조사 성과) 총 183과 749속 2,015분류군(43.7%) 및 도엽별 평균 99과 256속 394분류군(8.5%) 확인
 - ※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) 내 식물종 목록(230과 1,204속 4,606 분류군) 기준 대비
- (멸종위기 야생생물) 멸종위기 I 급인 광릉요강꽃이 영동도엽에서 발견, II급 가시연, 가시오갈피나무, 노랑붓꽃등 9분류군이 15개 도엽에서 확인됨

등급	도엽 수	종수	종명
I 급	1	1	광릉요강꽃
II 급	9	15	가시연, 가시오갈피나무, 노랑붓꽃, 매화마름, 물고사리, 복주머니란, 세뿔투구꽃, 지네발란, 황근



(나) 특이사항

- (생물다양성 우수지역) 노곡도엽(672분류군), 황간도엽(649분류군), 죽산도엽(644분류군)등에서 종수가 높게 관찰됨
- (주요서식처) 멸종위기 야생생물이 확인된 도엽은 관산, 내라노 등 총 15개 도엽이며 자생지 보전이 필요한 중요한 지역으로 확인됨

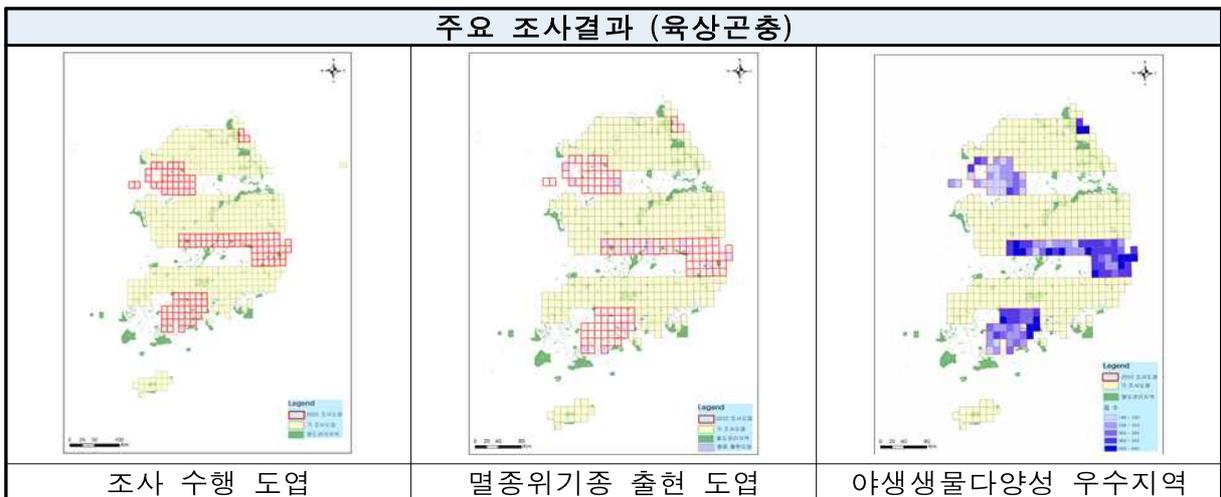


(4) 육상곤충 분야

(가) 주요 조사결과

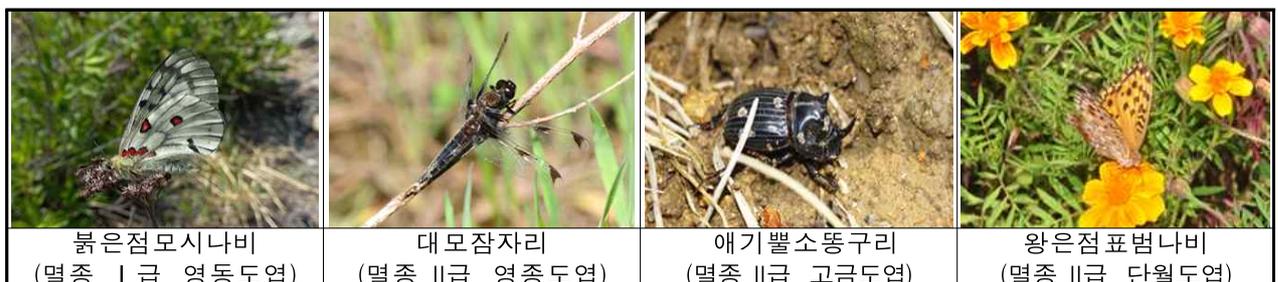
- (조사 수행율) 조사계획 163개 도엽 중 126개 도엽 조사 수행하여 126개 도엽 조사 완료
- (조사 성과) 총 331과 4,533종(22.8%) 및 도엽별 평균 98과 361종 확인
 - ※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) 내 곤충 종 목록(596과 19,809종) 기준 대비
- (멸종위기 야생생물) 멸종위기 I급 1종(붉은점모시나비), II급 4종(대모잠자리, 왕은점표범나비, 애기빨소똥구리, 한국꼬마잠자리)이 16개 도엽에서 확인

등급	도엽수	종수	종명
I 급	1	1	붉은점모시나비
II 급	15	4	대모잠자리, 왕은점표범나비, 애기빨소똥구리, 한국꼬마잠자리



(나) 특이사항

- (생물다양성) 북부권역의 양양도엽(642종) 중부도엽의 궁촌도엽(572종) 및 남부권역의 화양도엽(567종) 등에서 종수가 높게 관찰됨

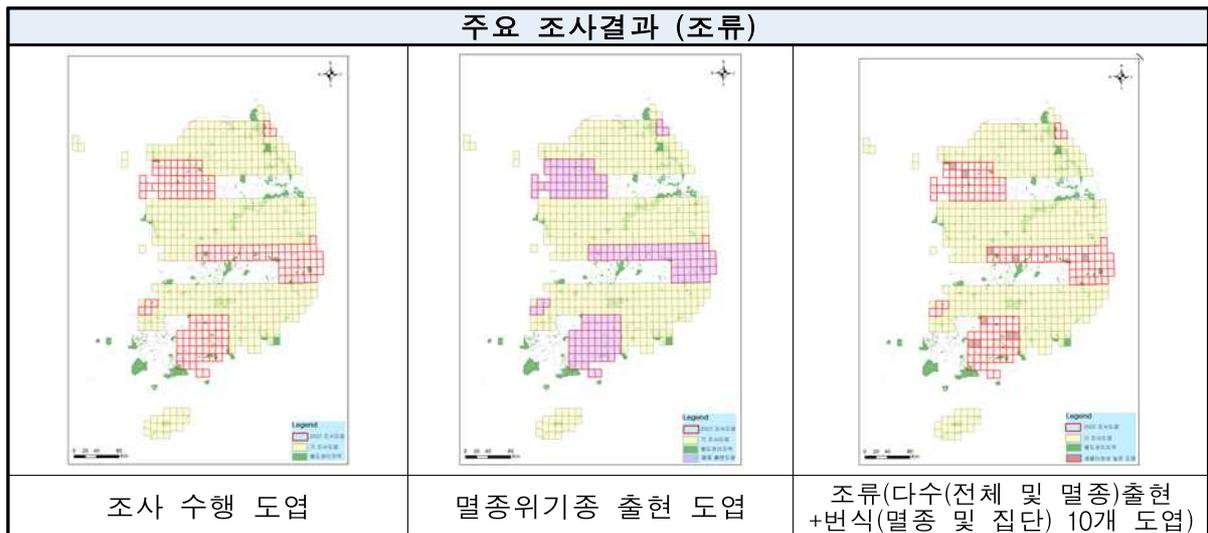


(5) 조류

(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 164개 도엽 중 163개 도엽 조사 수행하여 163개 도엽 조사 완료(100%)
- (조사 성과) 총 58과 287종(50.1%) 및 도엽별 평균 33과 75종(13.1%) 확인
 - ※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) (+) 일부 아종 등 총 조류종 목록(75과 573종) 기준 대비
- (멸종위기 야생생물) 멸종위기 I 급 9종이 57개 도엽, 멸종위기 II 급 32종이 157개 도엽에서 서식이 확인됨

등급	도엽 수	종수	종명(도엽수)
I 급	57	9	호사비오리(3), 넓적부리도요(1), 청다리도요사촌(1), 두루미(1), 매(32), 흰꼬리수리(5), 노랑부리백로(24), 저어새(25), 황새(2)
II 급	157	32	고니(3), 큰고니(16), 큰기러기(37), 검은머리갈매기(13), 고대갈매기(1), 검은머리물떼새(27), 붉은어깨도요(8), 알락꼬리마도요(25), 흰목물떼새(60), 검은목두루미(1), 재두루미(2), 흑두루미(7), 뜸부기(1), 새호리기(66), 독수리(22), 물수리(19), 벌매(17), 붉은배새매(57), 새매(72), 솔개(6), 잣빛개구리매(11), 조롱이(3), 참매(48), 큰말똥가리(5), 긴점박이올빼미(1), 수리부엉이(11), 올빼미(1), 긴꼬리딱새(36), 뿔종다리(1), 팔색조(33), 섬개개비(1), 노랑부리저어새(27)



(나) 특이사항

- (중풍부도 상위 도엽) 종수가 가장 높게 관찰된 도엽은 칠량(133종), 원창(40과 126종), 신도경기(39과 120종)도엽 등이었음
- (멸종위기 야생생물 중요 서식지) 도엽별 평균 멸종위기종 수가

5종을 상회하고, 번식이 확인된 도엽은 12개 도엽(강진, 동곡, 칠산 등)이었으며, 특히, 번식이 확인된 종은 검은머리물떼새, 흰목물떼새, 새호리기, 붉은배새매, 수리부엉이, 긴꼬리딱새, 저어새이었음

- (물새류 집단번식지) 물새류의 집단번식이 확인된 도엽은 21개 도엽(강진, 경주, 고잔 등)으로 대상종은 멸종위기 I 급 저어새를 비롯하여 백로류(쇠백로, 왜가리, 중대백로, 중백로, 해오라기, 황로), 민물가마우지, 갯이갈매기, 흰물떼새이었음

			
재두루미(멸종 II급, 서정도엽)	벌매(멸종 II급, 문갑도엽)	매(멸종 I급, 송이도엽)	노랑부리백로(멸종 I급, 무의도엽)

(6) 포유류 분야

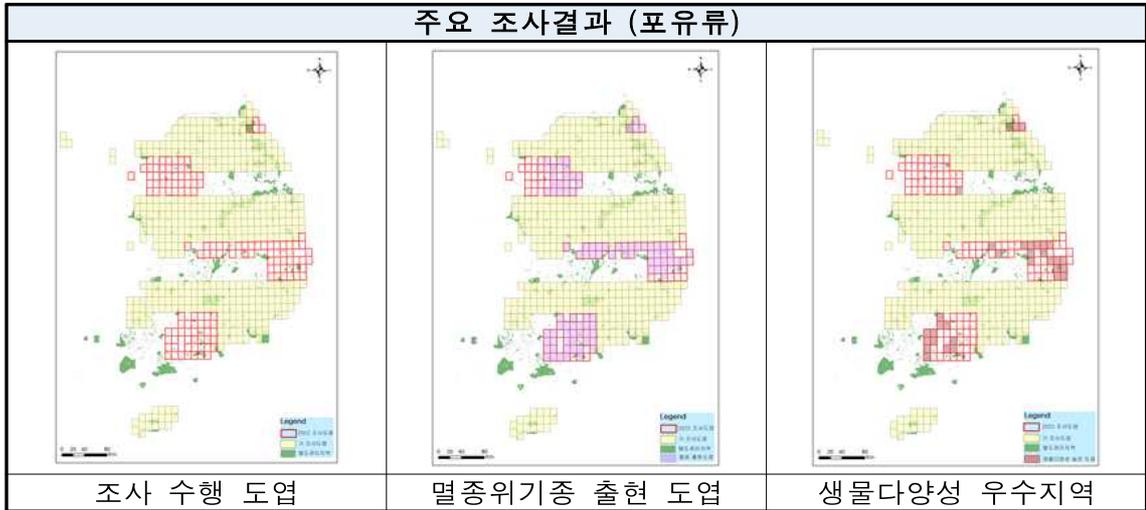
(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 164개 도엽 중 156개 도엽 조사 수행하여 156개 도엽 조사 완료(100.0%)
- (조사 성과) 총 14과 33종(39.7%) 및 도엽별 평균 7과 9종(10.8%) 확인

※ 국가생물종목록(국립생물자원관) 내 포유류 종 목록(20과 83종) 기준

- (멸종위기 야생생물) 멸종위기 I 급 3종(붉은박쥐, 수달, 산양)이 109개 도엽, 멸종위기 II급 3종(삵, 담비, 하늘다람쥐)이 122개 도엽에서 확인됨

등급	도엽수	종수	종명
I 급	109	3	붉은박쥐(1개 도엽), 산양(2개 도엽), 수달(109개 도엽)
II 급	122	3	삵(120개 도엽), 담비(63개 도엽), 하늘다람쥐(23개 도엽)



(나) 특이사항

- (생물다양성) 용덕 도엽(9과 22종), 어일 도엽(11과 19종), 양양 도엽(11과 17종), 용흥 도엽(9과 17종) 등에서 종수가 높게 관찰됨
- (주요서식처) 멸종위기 I 급 붉은박쥐가 1개 도엽(어일), 산양이 1개 도엽(양양)에서 확인 및 18개 도엽(상운, 옥정, 궁촌 등)에서 4종 이상의 멸종위기종 확인



(7) 양서·파충류

(가) 주요 조사결과

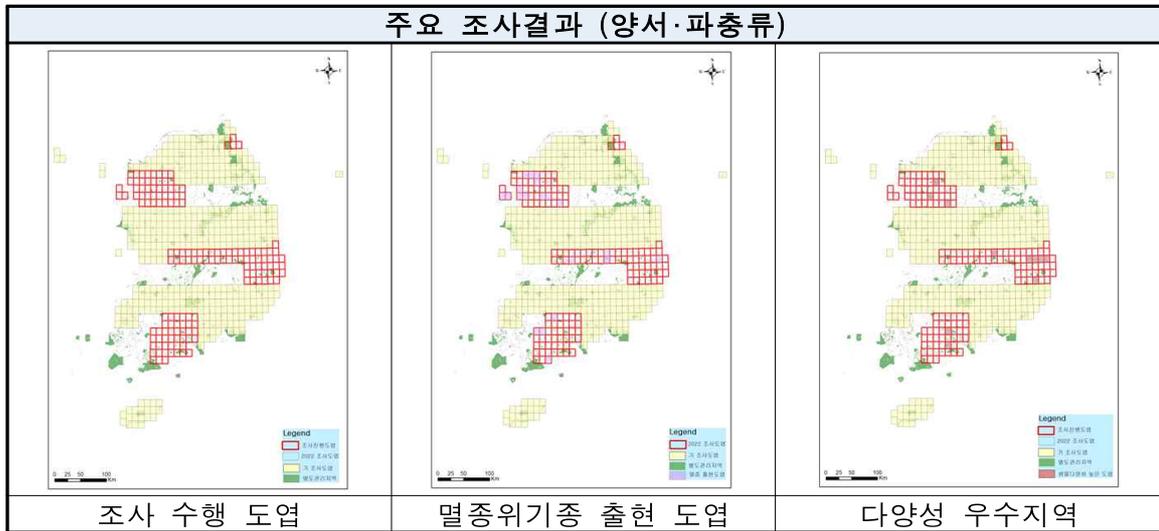
- (조사 수행율) 조사계획 164개 도엽 중 153개 도엽 조사 수행하여 153개 도엽 조사 완료(100%)
- (조사 성과) 총 13과 36종(66%) 및 도엽별 평균 5과 8종(15%) 확인
 - ※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) 양서·파충류 종 목록(18과 53종) 기준 대비(해양 파충류종(6종) 제외)
- (멸종위기 야생생물) 멸종위기 I급 수원청개구리(안성도엽)에서 확인, 멸종위기 II급 5종이 18개 도엽에서 서식확인
 - ※ 금개구리의 상당한 개체수가 소사도엽 관곡지에서 확인

- (고유종) 한국산개구리(군포, 수원, 금산, 추풍령 포함 총 68개 도엽), 한국꼬치레도룡뇽(용소, 봉당, 인동 도엽)

등급	도엽수	종수	종명
I 급	2	1	수원청개구리
II 급	17	5	금개구리, 맹꽁이, 구렁이, 남생이, 표범장지뱀

(나) 특이사항

- (생물다양성) 서하(7과 16종), 고흥(9과 15종), 벌교(7과 15종), 선산(8과 14종), 기계(7과 13종), 환호(10과 13종) 등 도엽에서 분류군 수가 높게 관찰됨
- (멸종위기 야생생물) I급 수원청개구리 1개 도엽(안성도엽)에서 발견



- (주요서식처) 계곡산개구리 대량 산란(율산, 죽장도엽), 큰산개구리 대량 산란(죽장, 하양도엽), 맹꽁이 집단 환호도엽에서 확인
- (생태계 교란종) 여수, 순천도엽(남부)과, 인천, 소사도엽(북부)에서 개체군유지가 될 정도의 늪거북과 플로리다붉은배거북, 리버쿠터, 노란배거북, 붉은귀거북 등 발견

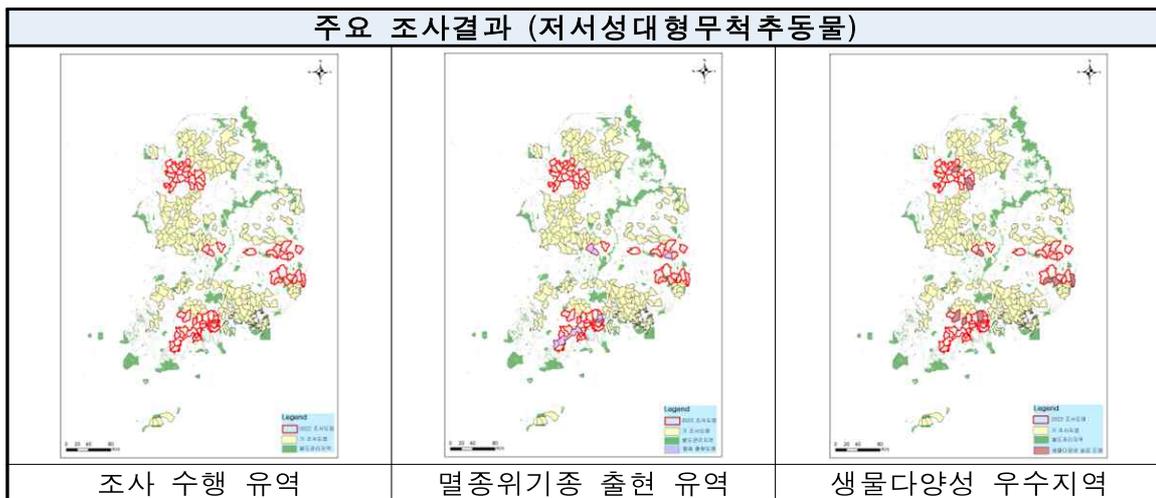


(8) 저서성대형무척추동물

(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 61개 단위유역 중 61개 단위유역 조사 수행하여 61개 단위유역 조사 완료(100%)
- (조사 성과) 132과 387종(51.7%) 및 단위유역별 평균 45과 72종(9.6%) 확인
- ※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) 내 저서 목록(146과 749종) 기준 대비
- (멸종위기 야생생물) I 급 1종(두드럭조개)이 금강대권역(봉황천 합류후), II 급 2종(기수갈고둥, 물방개)이 낙동강대권역(고촌천), 금강대권역(봉황천하류), 영산섬진강대권역(칠량천, 고읍천 등)에서 확인됨

등급	단위유역 수	종수	증명
I 급	1	1	두드럭조개
II 급	7	2	기수갈고둥, 물방개



(나) 특이사항

- (생물다양성) 한강대권역 성남수위표(50과 76종), 낙동강대권역 조동수위표(82과 157종), 금강대권역 봉황천합류후(65과 113종), 영산섬진강대권역 송광천(70과 149종) 등에서 종수가 높게 관찰됨
- (주요서식처) 한강대권역 1개 유역(성남수위표), 낙동강대권역 2개 유역(동천, 조동수위표), 금강대권역 1개 유역(봉황천합류후), 영산섬진강대권역 3개 유역(동북천, 송광천, 탐진강중류)에서 멸종위기

야생생물, 고유종, 국외반출승인대상생물 등 주요종의 서식이
높게 관찰됨

			
두드럭조개 (멸종 I 급, 봉황천합류후)	기수갈고동 (멸종 II 급, 마륜천)	물방개 (멸종 II 급, 봉황천하류)	동쪽에물방개 (적색목록종 위기, 신령천)

(9) 어류분야

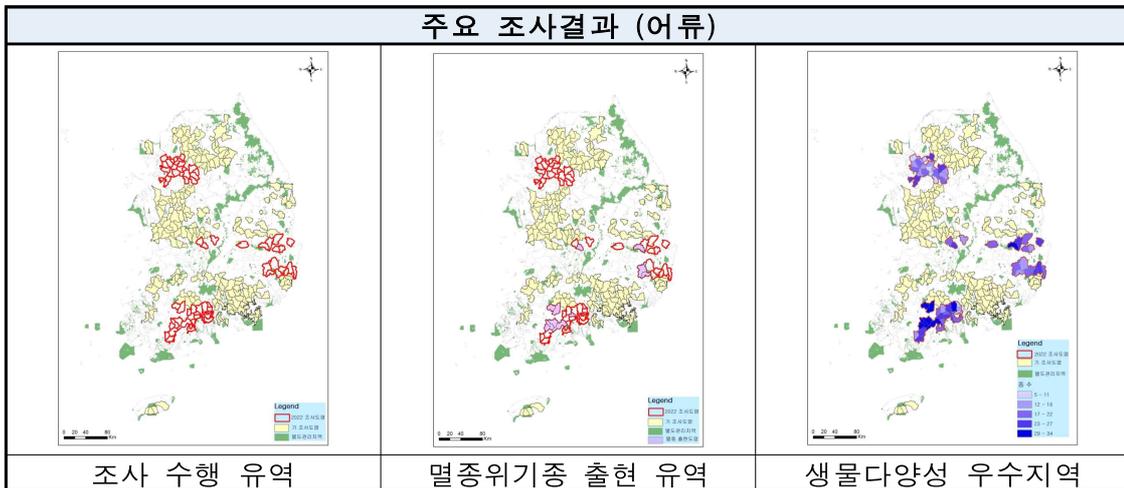
(가) 주요 조사결과

- (조사 수행율) 조사계획 61개 평가구역 중 61개 평가구역 조사 수행하여 61개 평가구역 조사 완료(100%)
- (조사 성과) 총 23과 108종(50.2%) 및 평가구역별 평균 7과 20종 (9.3%) 확인

※ 국가생물종 목록집(국립생물자원관) 내 어류 종 목록(39과 215종) 기준

- (멸종위기 야생생물) I 급 4종이 5개 평가구역(동창천, 마륜천 등)에서, II 급 5종이 7개 평가구역(검백수위표, 동북천 등)에서 서식 확인

등급	평가 구역수	종수	종명
I 급	5	4	임실납자루, 감돌고기, 얼룩새코미꾸리, 꼬치동자개
II 급	7	5	다묵장어, 큰줄납자루, 꾸구리, 돌상어, 꺾저기



(나) 특이사항

- (생물다양성) 섬진강대권역의 검백수위표(8과 34종), 섬진강남해대권역의 광양동천(12과 32종), 마륜천(8과 32종) 등에서 종수가 높게 관찰됨
- (서식처훼손) 이사천유역에서 다목장어(멸종Ⅱ급)가 확인되었으나, 하상평탄화, 수변직강화, 수변 경작 등이 이루어져 서식지의 훼손이 우려됨
- (서식처보존) 삼부천에서 꼬치동자개(멸종Ⅰ급)가 확인되었으며, 각시붕어, 낙동납자루, 줄납자루 등의 납자루아과와 갈겨니 및 참갈겨니가 많이 서식

			
임실납자루 (멸종Ⅰ급, 마륜천)	감돌고기 (멸종Ⅰ급, 봉황천합류후)	다목장어 (멸종Ⅱ급, 이사천)	큰줄납자루 (멸종Ⅱ급, 검백수위표)

2) 시민참여형 자연환경조사

가) 추진결과

(1) 운영결과

- 공모를 통한 시민조사원 520명 선발('22년 신규 시민조사원 104명 선발) / 조사 매뉴얼 제작 및 배포
- 종동정 검수반(내부 7명, 외부 14명) 운영

분야		합계	식물상	육상곤충	조류	포유류	양서류	총괄
인원수	내부	7	1	1	1	1	0	3
	외부	14	5	6	2	0	1	0

<p>시민조사원 소속 비율</p>	<p>시민조사원 지역분포 비율</p>	<p>조사 매뉴얼</p>
신규 시민조사원 소속 현황	신규 시민조사원 지역 현황	조사 매뉴얼
<p>교육자료(일부)</p>	<p>에코뱅크 시스템</p>	<p>종동정 검수반 활동(일부)</p>

(2) 조사결과

- 시민조사원 현장조사 결과 (식물상, 육상곤충, 조류, 포유류, 양서류)

(’22.11.15. 누적 기준)

구분		전체	승인	미승인	반려
2022년	자료수(건)	20,362	18,623	79	1,660
	진행율(%)	100	91.5	0.3	8.2
2019-2022년	자료수(건)	51,194	44,080	87	7,027
	진행율(%)	100	86.1	0.2	13.7

- 분석 결과

분야	합계	식물상	곤충	조류	양서류	포유류
종수	2,534	1,377	809	316	15	17
멸종위기종(Ⅰ급)	14	-	-	12	1	1
멸종위기종(Ⅱ급)	57	7	7	39	2	2

- 주요종 현황



3) 조사기법 및 체계 개선을 위한 연구

가) 자체연구

(1) (식생분야) 식생보전등급 변화후보지역선정을 위한 연구(Ⅲ)

(가) 등급변화후보지역 선정 기준

- 생태·자연도 2·3등급 권역 내 “식생보전등급 변화 요인 추출을 위한 분석조건 등”을 반영하여 식생보전등급의 변경(상승)이 예상되는 지역 선정

구분	내용
선정기준	생태자연도 2등급·3등급 권역 내 임상도 상 '5영급-대경목-밀밀도-천연림' 등의 조건에 해당하는 지역

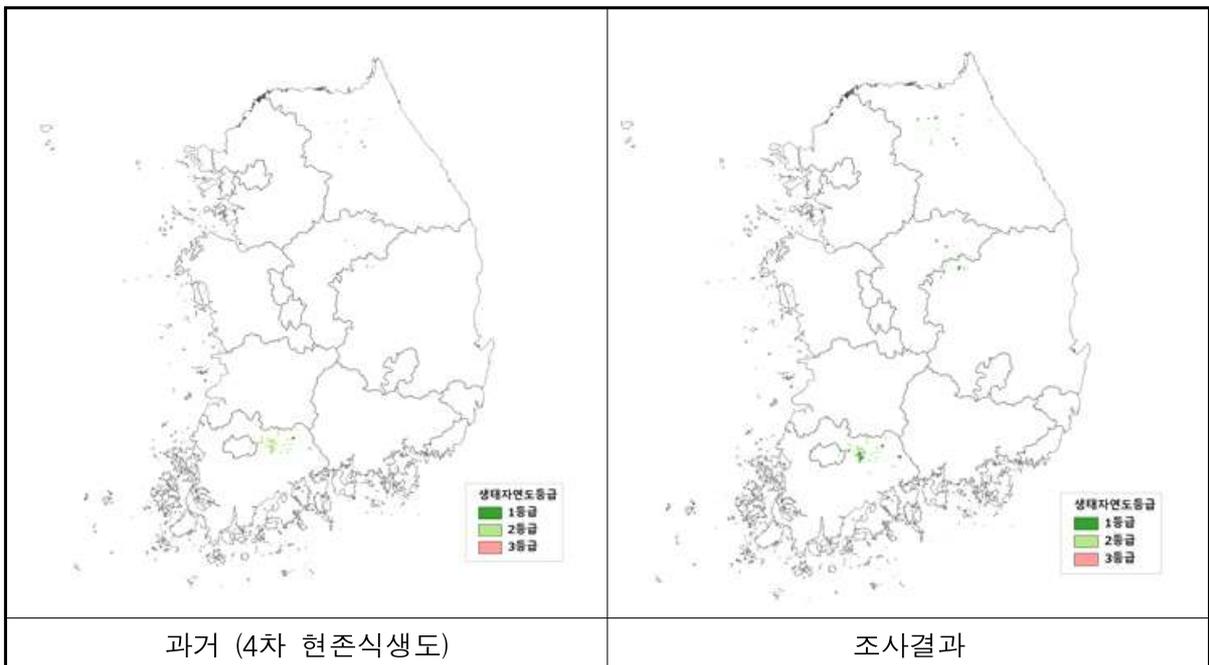
(나) 주요 결과

- (군락유형) 산지침엽수림(소나무군락, 소나무군락-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락), 산지낙엽활엽수림(굴참나무-줄참나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-줄참나무군락)을 포함하여 8개 상관으로 구분되었으며, 1,159개의 폴리곤을 조사하여 109개의 군락을 확인

과거 (4차 현존식생도)			조사결과		
상관식생 유형	군락 유형	면적(km ²)	상관식생 유형	군락 유형	면적(km ²)
산지낙엽활엽수림	15 (30.00%)	31.44 (55.23%)	산지낙엽활엽수림	42 (38.53%)	32.43 (56.96%)
산지침엽수림	11 (22.00%)	21.18 (37.20%)	산지침엽수림	11 (10.09%)	18.90 (33.20%)
산지습성림	1 (2.00%)	0.02 (0.04%)	산지습성림	16 (14.68%)	0.38 (0.67%)
-	-	-	암벽식생	1 (0.92%)	0.02 (0.04%)
-	-	-	하반림	1 (0.92%)	0.05 (0.09%)
식재림	19 (38.00%)	3.32 (5.83%)	식재림	29 (26.61%)	3.86 (6.78%)
기타식생	4 (8.00%)	0.97 (1.70%)	기타식생	6 (5.50%)	1.24 (2.18%)
-	-	-	비식생	3 (2.75%)	0.05 (0.09%)
합계	50 (100%)	56.93 (100%)	합계	109 (100%)	56.93 (100%)

- (생태·자연도등급) 생태자연도 1등급(식생보전등급 1등급 및 2등급)의 면적은 26.80km²로 과거 조사결과(3.77km²) 대비 약 7.11배 증가

구분	개수		면적 (km ²)	
	과거(4차)	조사결과	과거 (4차)	조사결과
I	0 (0.00%)	3 (0.26%)	0 (0.00%)	0.02 (0.04%)
II	25 (2.16%)	409 (35.29%)	3.77 (6.62%)	26.80 (47.08%)
III	997 (86.02%)	475 (40.98%)	48.86 (85.82%)	24.96 (43.84%)
IV	112 (9.66%)	181 (15.62%)	3.33 (5.85%)	3.86 (6.78%)
V	25 (2.16%)	91 (7.85%)	0.97 (1.70%)	1.29 (2.27%)
합계	1,159 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)	56.93 (100%)



(2) (식생분야) 국가 특이식생 발굴을 위한 연구(III)

(가) 특이식생 선정 대상

- 선정된 특이식생 유형: 1) 해안절벽식생, 2) 해안사구식생

(나) 특이식생별 식생보전등급 평가 고려사항 및 기준 개선(안) 결과

- 해안절벽식생
 - 주요식물군락

구분	내용
식물군락명	소나무군락, 곰솔군락, 떡갈나무군락, 팽나무군락, 졸참나무군락, 모감주나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 참싸리군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락, 땅채송화군락

- 식생보전등급 평가 시 고려사항

항목	내용
분포희귀성	해안절벽의 서식지특성(토심깊이) 및 지형적 서열(토지극상)을 고려

- 식생보전등급 판정기준 개선(안)

등급 구분	내용
I 등급	지형적 서열에 의해 형성된 안정된 식생 (가) 토지극상 (소나무군락, 곰솔군락, 팽나무군락, 떡갈나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락, 땅채송화군락) (나) 천연기념물 (모감주나무군락)
II 등급	(가) 깊은 토심을 확보한 지소에서 인위적 교란으로 천이과정 중에 있는 식생 (졸참나무군락)
III 등급	(가) 암반 상에 인위적 교란으로 성립된 식생 (참싸리군락)
IV 등급	(가) 인위적으로 식재된 식생

- 해안사구식생
 - 주요식물군락

구분	내용
식물군락명	갈대군락, 갯그렁군락, 갯메꽃군락, 갯방풍군락, 갯쇠보리군락, 갯완두군락, 띠군락, 모래지치군락, 억새군락, 왕잔디-갯완두군락, 사철쭉군락, 솔장다리군락, 수송나물군락, 순비기나무군락, 쯤보리사초군락, 천문동군락, 초종용군락, 통보리사초군락, 해당화군락, 호모초군락

- 식생보전등급 평가 시 고려사항

항목	내용
구성식물종 온전성	해안사구라는 입지조건이 갖는 특성과 함께 기회적으로 출현할 수 있는 종의 고유성(외지성)을 고려

· 식생보전등급 판정기준 개선(안)

등급 구분	내 용
I 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과등의 내염성 식물종이 우점함 (가) 종조성이 고유한 해안사구 식물종으로만 구성됨 (나) 비사구성 식물종이나 외래종의 출현이 전혀 없음 (다) 해안사구 초원식생 (갯그령군락, 통보리사초, 갯지치군락, 갯쇠보리군락, 갯방풀군락, 솔장다리군락, 호모초군락 등) (라) 해안사구 관목림(순비기나무군락, 해당화군락 등)
II 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과등의 내염성 식물종과 띠 등의 외지성 식물이 출현함 (가) 종 조성이 고유한 해안사구 식물종으로 출현빈도 30% 이상 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 미만 (갈대군락) (다) 고유성사구식물-비고유성사구식물 혼합식생 (해당화-억새군락, 갯그령-띠군락, 통보리사초-띠군락 등)
III 등급	해안사구에 형성된 비사구성 식물종이 우점함 (가) 종 조성이 고유한 해안사구식물종으로 출현빈도 30% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 미만 (다) 비고유성 해안사구 식생 (산조풀군락, 억새군락, 띠군락 등)
IV 등급	평지나 산지 등에 인위적으로 식재되거나 도입된 해안사구 식생
V 등급	인위적 교란지에 형성되었거나 관리되는 해안사구 식생 (가) 종 조성이 고유한 해안사구식물종으로 출현빈도 30% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 출현빈도 5% 이상



(3) (식생분야) 해발고도 500m 이상 생태자연도 1등급 권역 미조사 지역 조사

(가) 조사지역 선정 기준

- 생태·자연도 1등급 권역 내 “식생보전등급 변화 요인 추출을 위한 분석조건 등”을 반영하여 식생보전등급의 변경(하락)이 예상되는 지역 선정

구분	내 용
선정기준	생태자연도 1등급 권역 내 임상도 상 ‘인공림, 무림목지/비산림, 3등급 이하’ 등의 조건에 해당하는 지역

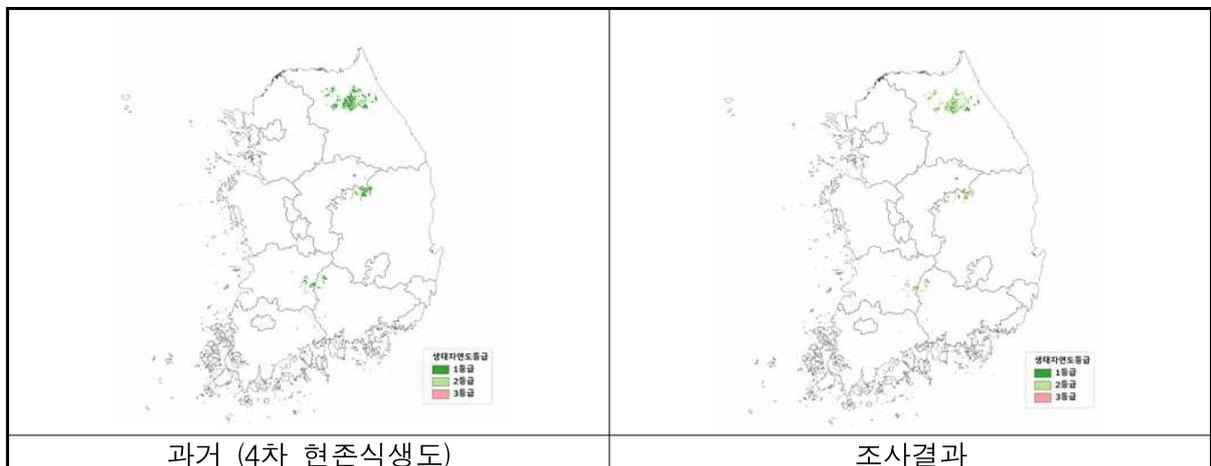
(나) 주요 결과

- (군락유형) 산지침엽수림(소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락), 산지낙엽활엽수림(신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 신갈나무-소나무군락)을 포함하여 8개 상관으로 구분되었으며, 5,264개의 폴리곤을 조사하여 152개의 군락을 확인

과거 (4차 현존식생도)			조사결과		
상관식생유형	군락유형	면적 (km ²)	상관식생유형	군락유형	면적 (km ²)
산지낙엽활엽수림	25 (56.82%)	50.12 (85.18%)	산지낙엽활엽수림	41 (26.97%)	26.62 (45.24%)
산지침엽수림	5 (11.36%)	7.60 (12.92%)	산지침엽수림	11 (7.24%)	3.96 (6.73%)
산지습성림	4 (9.09%)	0.67 (1.14%)	산지습성림	20 (13.16%)	2.66 (4.52%)
-	-	-	암벽식생	1 (0.66%)	1.31 (2.23%)
-	-	-	하반림	7 (4.61%)	0.11 (0.19%)
식재림	7 (15.91%)	0.32 (0.54%)	식재림	57 (37.50%)	16.86 (28.65%)
기타식생	3 (6.82%)	0.13 (0.22%)	기타식생	11 (7.24%)	6.78 (11.52%)
-	-	-	비식생	4 (2.63%)	0.54 (0.92%)
합계	44 (100%)	58.84 (100%)	합계	152 (100%)	58.84 (100%)

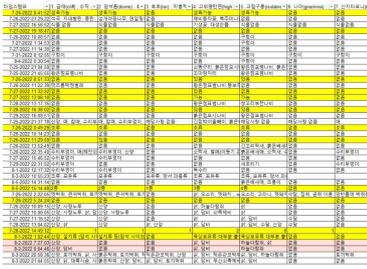
- (생태자연도등급) 생태자연도 1등급(식생보전등급 1등급 및 2등급)의 면적은 28.35km²로 과거 조사결과 대비(58.17km²) 약 48.7% 감소

식생보전 등급	개수		면적 (km ²)	
	과거 (4차)	조사결과	기존 (4차)	조사결과
I	280 (5.32%)	381 (7.24%)	5.97 (10.15%)	1.10 (1.88%)
II	4,935 (93.75%)	1,000 (19.00%)	52.20 (88.71%)	27.25 (46.30%)
III	17 (0.32%)	495 (9.40%)	0.21 (0.36%)	6.31 (10.72%)
IV	26 (0.49%)	2,879 (54.69%)	0.32 (0.55%)	16.86 (28.65%)
V	6 (0.11%)	509 (9.67%)	0.13 (0.23%)	7.33 (12.45%)
합계	5,264 (100%)	5,264 (100%)	58.84 (100%)	58.84 (100%)



(4) (지형) 생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형 연구(II)

- 1차 설문을 통하여 서식지로서 가치 있는 단위 지형과 사례 중 정보 수집
- 델파이기법을 위한 개방형질문을 포함한 2차 설문지 작성 및 배포
 - ※ 5개 분류군 전문가 총 42건 답변 중 유의미한 답변 건수 30건
- 단위 지형 가치 평가 시 반영되어야 할 평가기준 작성

	<p>1. 단위지형별 서식지 가능 정도 평가기법생성용 응답</p> <p>목적 및 접근 또는 연구 분야에 해당하는 분류군(비활성, 암석암출, 봉상산출, 조류, 조류학)의 생물서식지가능도를 평가하는 단위지형(서식지)의 가치 평가에 관한 질문에 응답하여 주시기 바랍니다.</p> <p>답예: 개사슴 단위지형에 해당하는 생물종이 풍부 경우, '양호'으로 기재하여 주시기 바랍니다.</p> <p>*종이 불분명 *생물종은 전국자연환경조사에 대한 생물분류(구분)를 사용 *지형지형: 예외는 전국자연환경조사에 대한 생물 및 지형분야 조사결과의 통합분야를 조사로 국내 생물서식지가능도 평가에 관련된 지형</p> <p>1. 값예(edit): 수치 또는 값전사면을 이루는 일적사면.*</p>  <p>복합산악지형 생물서식지가능도조사 2009</p>	
GIS분석(공간적분포 중첩)	1차 개방형 설문	설문 결과(엑셀)

(5) (식물상) 한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(II)

(가) 식물상의 전체적 및 부분적인 생태적 특성을 반영하는 기준 수립

구분	구분 개념	
1	특성	· 분류군의 특성, 양치, 나자, 피자(쌍자엽, 단자엽) 및 초본, 목본 등
2	기원	· 자생종(자생, 고유, 조림), 외래종(귀화, 관상, 화훼, 경작, 조림)
3	생태	· 산지 능선(초지포함), 사면(숲안), 계곡, 습지, 별도(너덜지대, 석회암 등), 숲 가장자리
		· 평야 숲(마을숲 등), 초지(교란지, 나지 등), 경작지(주거지 포함), 습지(저주지 포함), 강(강, 하천 등), 별도(곶자왈 등)
		· 해안 해안숲(방풍림 등), 해안초지, 암벽, 염습지, 사구, 수중
4	분포	· 지역분포 전국, 제주, 울릉, 남해안, 남부, 중부, 북부
		· 기후대 아열대, 난대, 온대, 한대, 냉대
		· 한반도분포 남한, 북한

(나) 관속식물 분류군을 대상으로 생태적 요인 분석 결과

- 생태적 요인에 따른 식물상의 대상종별 특성 분석 개념 마련
- 양치, 나자 및 단자엽 등 4,799분류군 중 2,706종(56.3%) 분석
- (세부내용) 생태적 요인에 따른 한국 식물상의 대상종별 특성 분석

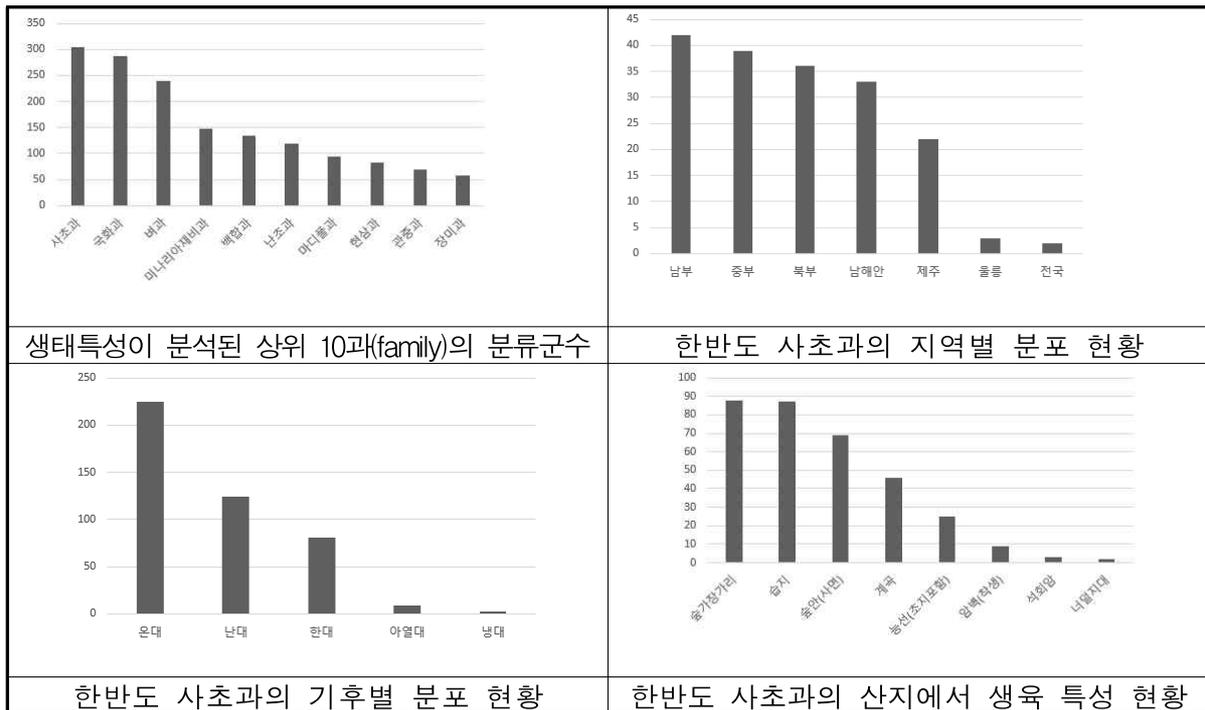
<분석결과> 생태적 요인에 따른 한국 식물상의 대상종별 특성 분석

구 분	자생지													기후			분포			
	내륙													전국	남방	북방	한국	북한		
	산지					해안														
	사면	계곡	착생	습지	들판	경작지	능습지	수변	민가	암벽	젖은땅	마른사구	바다							
제주고사리삼				●													●		●	
석창포		●															●		●	
창포				●													●		●	
동백나무	●																	●	●	
시베리아여뀌												●							●	●
냉이					●	●											●		●	
봉선화									●								●		●	
변산바람꽃	●																	●	●	

※ 식물종 및 자생지, 기후 등의 항목은 변경 가능

- 분석결과

- 한반도에 분포하는 사초과의 지역별 분포 현황 분석 결과, 남부에서 42종, 중부 39종, 북부 36종, 제주 22종 등이 분포하는 것으로 나타남
- 사초과의 산지내 생육 특성 분포 결과, 숲 가장자리에서 88종, 습지에서 87종, 산지 사면에서 69종, 계곡부에서 46종, 능선에서 5종이 분포하는 것으로 확인됨



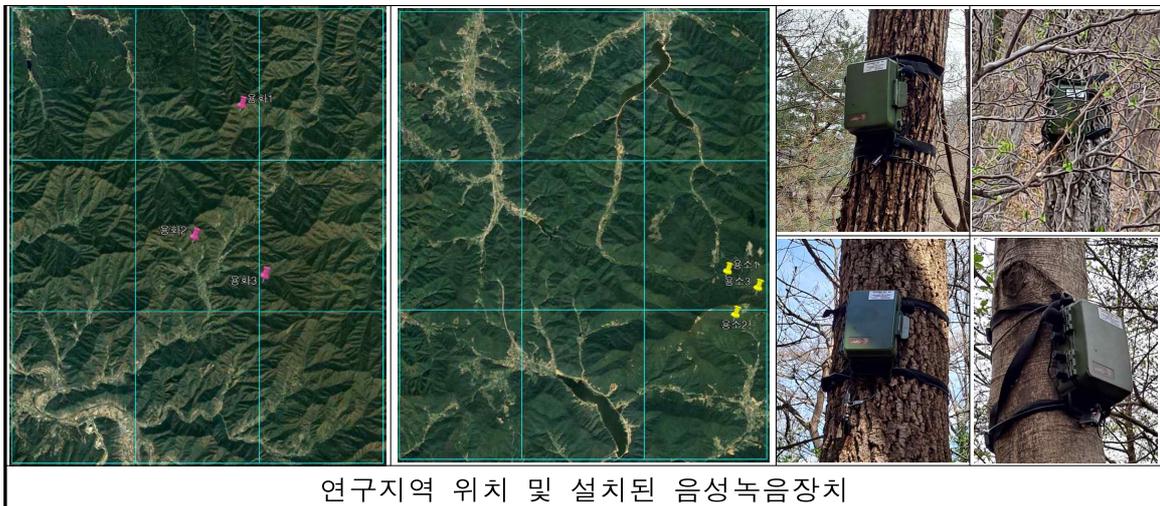
(6) (조류) 산림형 야행성 조류 탐지를 위한 음성녹음장치 적용 시범연구(II)

(가) 대상종 및 지역 선정

- 대상종(8종): 산림형 야행성 조류인 수리부엉이, 올빼미, 긴점박이 올빼미, 솔부엉이, 소쩍새, 큰소쩍새, 쪽독새 7종과 주행성 조류이나 야간에도 활발히 활동하는 멸종위기 야생생물인 팔색조 1종을 대상으로 선정
- 연구지역: 조류 분야 도엽 중 중남부에 위치하며, 해발고 700m를 초과하는 용화(충북 영동), 용소(경북 청송, 포항) 도엽 내 6개소 임의 선정(도엽 당 3개소)

(나) 음성녹음장치 설치·운영 및 현지조사

- 장비설치: 흉고직경 10cm 초과 수목의 약 2~3m 높이에 음성녹음장치* 설치
 - * SM4(Wildlife Acoustics)
- 운영방법: 20시부터 5시까지 시간 당 5분 단위로 녹음/4~6월 운영
- 현지조사: 음성녹음장치 설치 지점 주변으로 복수의 정점을 선정하여 4월과 5월 2회에 걸쳐 일몰 30분 후부터 자정까지의 시간대에 1분의 Call-broadcasting 조사를 실시함
- 정점 간 거리는 최소 500m 이격하며, 팔색조의 경우 5월과 6월 2회에 걸쳐 주간에도 Call-broadcasting 조사를 추가로 실시함



연구지역 위치 및 설치된 음성녹음장치

(다) 음성 분석

- 수집된 음성을 직접 듣고 분석하여 지역별 시기별 대상종 출현 여부 기록
- Kaleidoscope Pro를 이용한 군집 분석(Cluster analysis) 병행

(라) 주요 결과

- (분석자료) 총 3,660개(6개지역*610개) 음성파일 분석 결과(4월15~6월 15일 녹음)
- (1종 이상 탐지된 음성 파일) 총 2,199개(60.08%) 확인
- (종별 탐지 결과)

구분	소쩍새	쏙독새	올빼미	큰소쩍새	긴점박이올빼미	솔부엉이	팔색조
탐지율(%)*	50.25	14.73	3.39	2.54	0.16	0.08	4.78
탐지지역 수	6	6	3	5	2	1	6

* 빈도수 기준

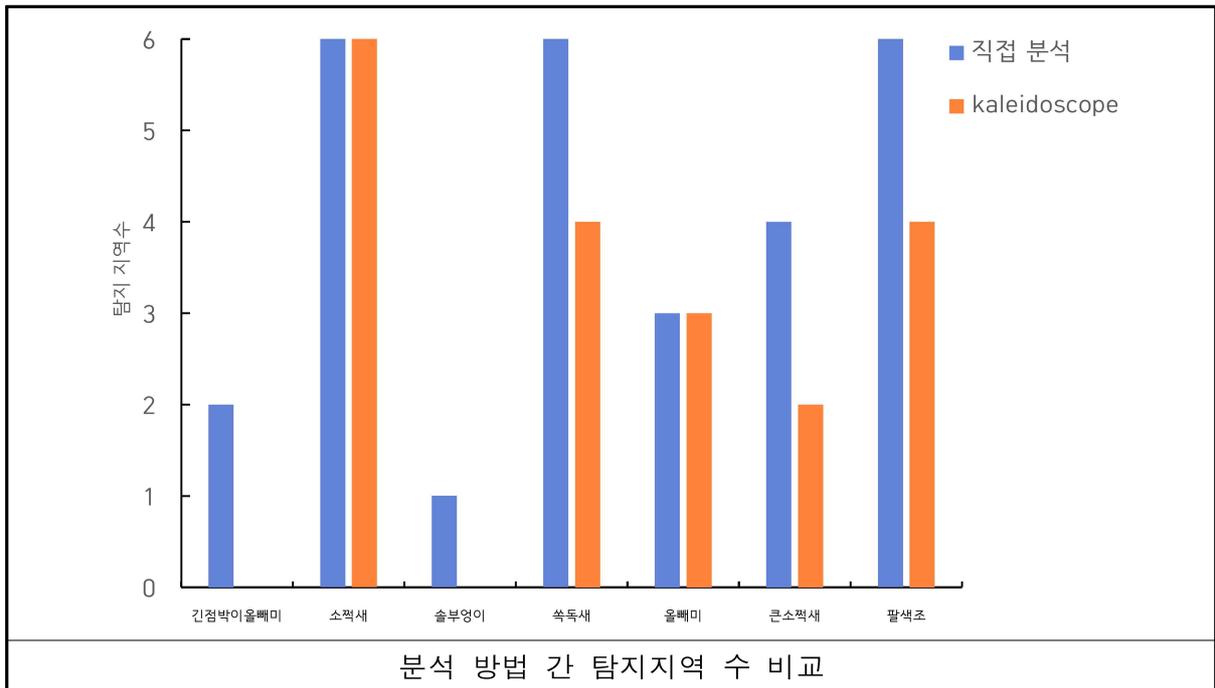
- (현지조사와 음성녹음장치 운영 간 결과 비교)
 - 음성녹음장치 운영에 의해 탐지된 대상종은 7종으로 현지조사에 의해 탐지된 대상종 4종에 비해 월등히 높아 음성녹음장치 운영이 산림형 야행성 조류 조사 방법으로서 효과적임을 검증함

구분	용화(충북 영동)				용소(경북 청송, 포함)			
	음성녹음장치			현지조사	음성녹음장치			현지조사
	1	2	3		1	2	3	
소쩍새	○	○	○	○	○	○	○	○
쏙독새	○	○	○	○	○	○	○	○
올빼미	○	○	○	○				
큰소쩍새	○	○	○		○	○		
긴점박이올빼미					○		○	
솔부엉이					○			
팔색조	○	○	○		○	○	○	○

- (분석 방법 간 결과 비교)
 - 소쩍새와 올빼미는 직접 분석과 Kaleidoscope Pro 분석 간 탐지 지역 수의 차이가 없었으나, 쏙독새, 큰소쩍새, 팔색조는 직접

분석에 의한 탐지지역 수가 더 많았음

- 긴점박이올빼미와 솔부엉이는 Kaleidoscope Pro 분석에서 탐지되지 않음
- Signal detection 및 FFT window 조건들을 다양하게 설정하여 군집 분석을 실시할 필요가 있음



(7) (육상곤충) 곤충류 트랩 조사법의 효율화 방안 연구

- (연구내용)

- 육상곤충분야 버킷라이트 트랩의 조사방법 정립을 위한 트랩 개발 및 종포획 효율성 검증을 통한 트랩 조사법의 가이드라인 마련

(가) 광원 및 파장 선발

- 전국자연환경조사 육상곤충 분야에서 사용 중인 Black light(UV) 광원과의 비교를 위해 문헌조사 및 사전조사를 통한 LED 광원 3종 선발

광원	파장(nm)	비고
Black light (UV)	360	현행
LED light (UV)	365	신규
LED light (Blue)	452	
LED light (Green)	520	

(나) 광원별 포획 효율성 검증

- 버킷라이트 트랩에 활용되는 광원(BL_UV)과 신규 LED 3종 광원과의 결과 비교 및 고찰을 통한 광원별 포획 효율성 검증
- (조사결과)
 - 6목 50과 200종 동정완료(11.21 기준), 분석 진행중으로 종수 증가 예상
 - 총 6회에 걸쳐 4가지 광원에 포획된 야행성 곤충류 분석결과, 총 11목 92과 430종 2,036개체가 확인되었으며, BL_UV(현행) 11목 74과 284종 951개체, LED_UV 9목 64과 277종 848개체, LED_G 6목 33과 71종 125개체, LED_B 6목 30과 56종 112개체 등으로 나타남
 - 통계분석결과, 종수와 개체수 모두 BL_UV와 LED_B, LED_G 광원 간의 경우 유의한 차이를 보였으며($p < .001$), 반면 BL_UV와 LED_UV는 유의수준 $p < .001$ 수준에서 유의한 차이를 보이지 않음
 - BL_UV와 LED_UV의 경우와 LED_B와 LED_G의 경우 종수와 개체수에서 유사한 결과를 보였으나, BL_UV와 LED_UV는 LED_B와 LED_G와는 종수 및 개체수에서 차이가 있음

광원별 종수 및 개체수 ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
종수	Between Groups	26062.333	3	8687.444	123.081***	.000
	Within Groups	1411.667	20	70.583		
	Total	27474.000	23			
개체수	Between Groups	102558.333	3	34186.111	33.706***	.000
	Within Groups	20285.000	20	1014.250		
	Total	122843.333	23			

*** $p < .001$

- (산업재산권)

- 본 연구 결과의 일환으로 '주름형 접이식 야행성 곤충 포충장치'에 대한 특허 출원 완료

출원번호통지서	
<p>출원일자 20221117 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1072002) 출원번호 10-2022-0154469 (접수번호 1-1-2022-1226592-16) (DAS접근코드690F) 출원인명칭 국립생태원(1-2015-024724-1) 대리인성명 특허법인이플리온(9-2016-100061-5) 발명자성명 홍의정 이태우 발명의명칭 주름형 접이식 야행성 곤충 포획장치</p>	
주름형 접이식 야행성 곤충 포획장치 특허 출원(출원번호 10-2022-0154469)	

(8) (양서·파충류) 자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 시범연구

- (연구내용) 양서파충류분야 조사방법 개선을 위한 자동음향녹음장치(Autonomous Recording Unit)의 현장 사용과 효율성 검증
- (세부방법)

구분	내용
세부내용	<ul style="list-style-type: none"> - 울음소리 패턴 분석을 통한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 - 현장조사에서 놓칠 수 있는 종의 서식여부, 종 분포, 종 특이성 파악 - 종 특이적 울음소리 패턴을 조사하고, 같은 종이지만, 시간별, 서식지별 차이가 나는 소리 패턴 변이성을 통해, 서식지의 자연적, 인위적 교란을 유추 - 자동음향녹음장치 기록결과의 분석을 통해 조사원에게 양서류(무미목) 현장 모니터링 가이드라인 제시

- (연구결과)

- 충남 저지대 서식지(논, 자연습지)에서 6~8월 양서류(무미목) 번식 울음의 대부분을 차지하는 야간시간대에 녹음
- 총 6 종(청개구리, 참개구리, 움개구리, 금개구리, 황소개구리, 맹꽂이)의 양서류(무미목) 서식 확인
- 출현종들의 울음소리 피크는 대개 22시에서 01시 사이에 확인 (청개구리, 움개구리, 참개구리, 맹꽂이), 같은 서식지내 종들은 어떤 종이냐에 관계없이 비슷한 시간대에 울음피크를 보임

- 인위적 교란을 직접적으로 받는(고속도로) 서식지의 종들은 그렇지 않은 같은 서식지의 종들에 비해 다소 늦은 시간대에 울음소리 피크를 보임

(9) (저서) 저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(3차년도)

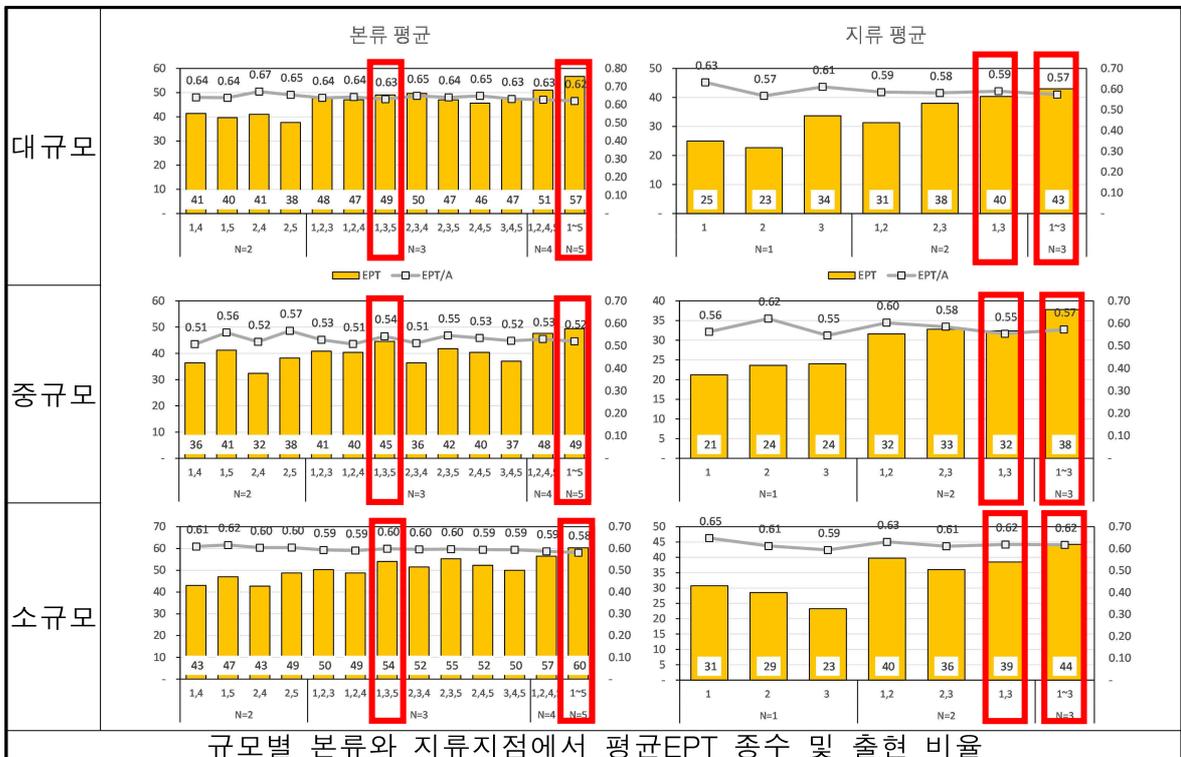
(가) 조사지점 선정 기준(안)

- (최소 선정 기준) 효율성 높은 조사지점 기준

⇒ 본류(3개) 및 지류(2개) 지점 조사

※ 효율성 85% 확보(총 8개(본류 5개 및 지류 3개 지점) 지점) 분석 결과 대비

※ 본류 및 지류의 시작점에서 말단까지 5개 지점(본류) 및 3개 지점(지류)으로 구분 선정



(나) 물환경 평가 결과

- 대부분의 지역에서 높은 상관관계를 보였으나 class A는 조사표본의 한계로 낮은 상관관계가 나타남(상류지점 대부분 비슷한 환경상태)

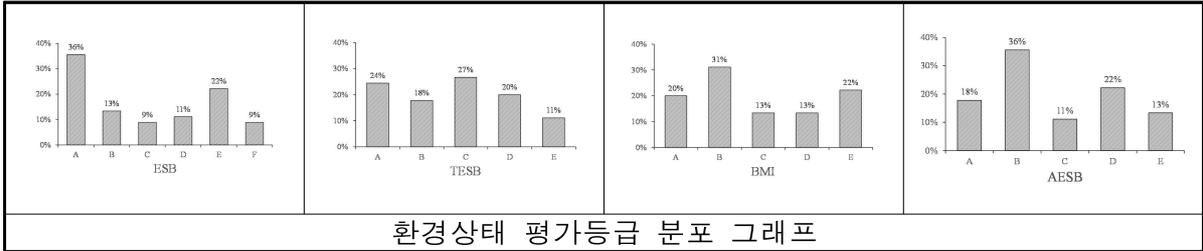
Scheme of TESB, AESB according to the criteria of BOD₅, TSS and TP concentration

Class	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	TP (mg/L)	기준		적용	
				TESB	AESB	TESB*	AESB**
A	1	2.5	0.010	82	3.7	140	3.6
B	2	5.0	0.035	63	3.1	92	3.1
C	4	10	0.100	35	2.6	48	2.6
D	8	20	0.300	15	2.1	4	2.0

* $TESB = -73.66 - 33.33 \ln BOD_5 - 6.56 \ln TSS - 15.65 \ln TP$ ($r = -0.85$)

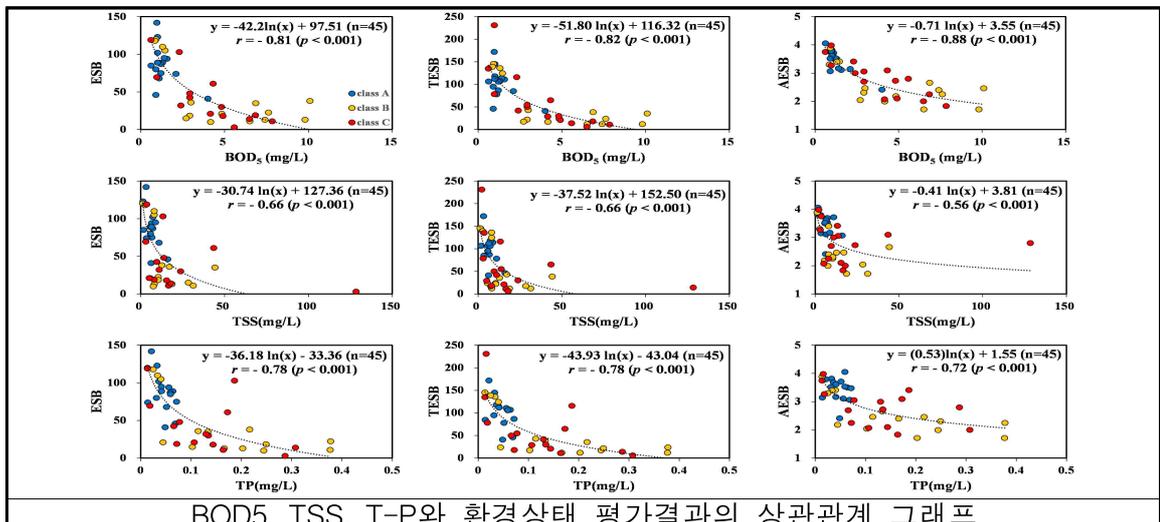
** $AESB = -3.32 - 0.66 \ln BOD_5 - 0.067 \ln TP$ ($r = -0.88$)

저서성대형무척추동물 생태점수를 활용한 환경상태 평가등급 기준표(안)



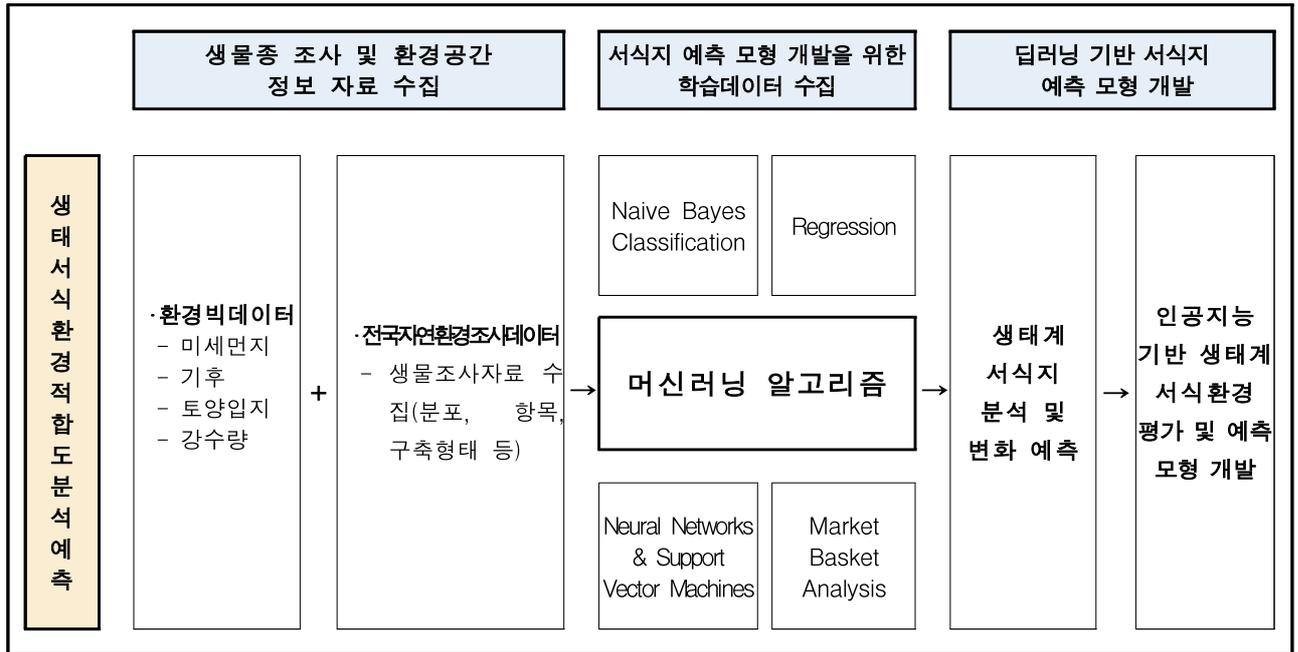
(다) ESB 등급 검증 결과

- 생분해성유기오염의지표인 BOD₅와 생물지수중 기존 ESB의 상관계수는 -0.81, TESB는 -0.82, AESB는 -0.88로 AESB와의 상관도가 가장 높음
- 총부유물질(Total Suspended Solids: TSS)과 생물지수중 기존 ESB의 상관계수는 -0.66, TESB -0.66, AESB -0.56으로 유의한 상관관계를 보였음
- 부착조류의과도한 성장을 야기하여 저서동물의서식지를 훼손하는 총인(Total phosphorus: T-P)과 생물지수중 기존 ESB의 상관계수는 -0.78, TESB는 -0.78, AESB는 -0.72로 매우 유의한 음의 관계를 보임



(10) 인공지능(머신러닝)을 활용한 생물서식환경 적합도 분석과 예측

- (연구내용) 인공지능(머신러닝) 기술 기반의 생물 분포의 시공간적 변화 정보와 환경 공간 정보의 통합 해석 알고리즘 개발 및 생태계의 서식환경 평가 및 예측 기반 구축
- (세부내용)



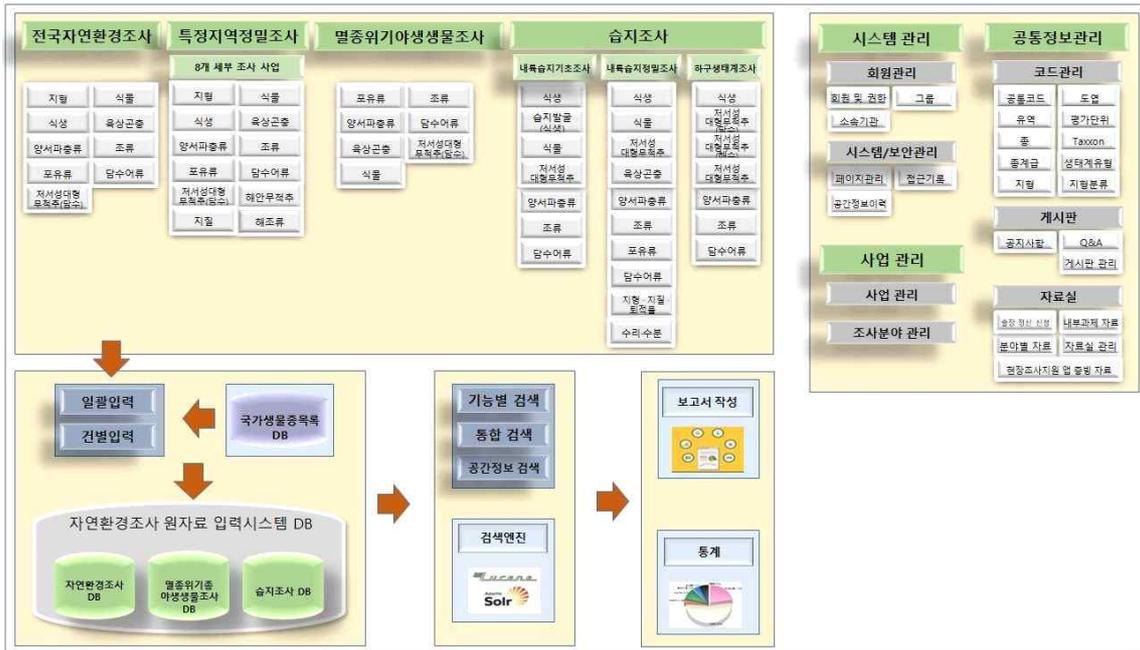
- (연구결과)
 - 생물종(수달, 남방노랑나비) 및 환경공간 정보(기후, 토지피복, 지형 등) 자료 수집을 통한 학습 데이터 구축 완료
 - GLM, RF, ANN, GBM, DNN 모델 개발 및 성능 비교 완료
 - 생물종별 가장 높은 예측력을 보여준 모델의 값을 이용하여 SHAP 분석 실시 및 중요 변수 도출

나) 연구용역

(1) 전국자연환경조사 원자료입력시스템 고도화 용역 운영

- (용역 내용) 자연환경조사, 멸종위기 야생생물조사 및 습지조사자료의 체계적인 수집 및 DB 구축을 위한 시스템 통합 개편
- (세부내용)
 - 전국자연환경조사, 멸종위기 야생생물조사, 습지조사 입력시스템 통합 개편 추진

- 자료 입력 방식 및 공간정보 입·출력 기능 개선으로 입력자료의 무결성 및 작업 능률 향상 도모
 - 입력 결과 및 통계, 개선된 검색 기능을 통한 효과적인 보고서 작성(Reporting Tool) 기능 제공
 - 출장 증빙 자료 관리로 업무절차 간소화
- (시스템 개념도)



- (진행현황) 2022.7.25.~2023.2.20. / 용역 진행 중

(2) 자연환경조사 외부조사원 현장조사 지원앱(APP) 개선 용역

- (용역 내용) 자연환경조사, 멸종위기 야생생물조사 및 습지조사자료의 체계적인 수집 및 DB 구축을 위한 시스템 통합 개편
- (진행현황) 2022.12.01.~2022.1.31. / 용역 진행 중

3) 전국자연환경조사 운영 및 관리

가) ('21년 전국자연환경조사) 결과보고서 검수 완료

- (1) (검수기간) '22. 2. 14. ~ '22. 3. 28.
- (2) (검수내역) 9개 조사분야 1,092편 보고서에 대한 내·외부 전문가 46명(내부 14명, 외부 32명) 검수

구분	합계	지형	식생	식물상	조류	포유류	양파*	곤충	저서**	어류
편수	1,092	162	65	143	159	152	151	126	66	68
검수자	32	5	3	3	5	3	3	4	4	3

* 양서·파충류 / ** 저서성대형무척추동물

(3) (검수방법)

- 조사 분야별 전문가 2~5인 이상으로 검수 인력을 구성
- 검수 결과 지적사항은 조사 참여자와의 확인절차를 거쳐 최종내용 확정

(4) (검수결과) 조사지침, 목록 및 GIS-DB 등 보고서 수정 필요

구분	합계	지형	식생	식물상	조류	포유류	양파*	곤충	저서**	어류
지침	906	162	65	84	98	10	145	122	59	68
목록	529	144	65	94	53	90	9	19	24	31
GIS-DB	624	91	43	71	44	100	128	68	47	32
고찰	736	109	40	92	113	99	96	91	48	48

* 양서·파충류 / ** 저서성대형무척추동물

(5) (공통 검수의견)

- (지침 명확성) 지침 미준수 및 참고문헌 누락 등 906편(83.0%) 수정 필요
- (목록 정확성) 보호종 및 주요종 목록 부정확 529편(48.4%) 목록 수정 필요
- (GIS-DB 일치성) DB 및 보고서 624편(57.1%) 불일치로 수정 필요
- (고찰 및 제언 적절성) 736편(67.4%) 고찰 및 제언 수정 필요

나) ('22년 전국자연환경조사) 운영 및 관리

(1) 전국자연환경조사 계획 수립('21.12월~'22.1월)

- 조사지역 선정 및 조사지침 검토 및 조사대상 도엽별 조사자 선정(안) 마련('21.12.30), 환경부 승인('22.2.24.)

(2) 자연환경조사원 공모('21.12.22.~'22.1.10.) 및 선정위원회 개최('22.1.20.)

- 선정 위원회를 통해 신규 53명 포함 자연환경조사원(전문) 294명 선정

구분	합계	지형	식생	식물상	조류	포유류	양파*	곤충	저서**	어류
지원	381	29	70	53	43	42	33	48	29	34
선정	294	24	63	33	35	25	25	43	24	20
신규	53	4	11	7	7	2	8	7	4	2

* 양서·파충류 / ** 저서성대형무척추동물

(3) 전국자연환경조사 참여조사원 착수워크숍 방식변경 개최
(’22.3.15.~3.30.)

- (착수워크숍) 비대면 온라인방식 및 소규모 집합방식 병행
- 대면 워크숍의 미 개최에 따른 조사사업 계획 등에 대한 내용 공유 방법 변경
 - ※ 미개최 사유: 코로나-19 및 아프리카돼지열병 의 확산 등
- (변경 내용)
 - (변경안) 기존(집합회의) → 변경(소규모집합 및 비대면 온라인 병행)
 - (회의내용) 4차년도 전국자연환경조사 추진 계획, 행정사항(여비정산 등), 코로나바이러스, ASF, 자연재해 등 안전수칙 및 주의사항, 분야별 조사방법 등의 개선·발전 방향 논의 등
 - (회의대상) 내부직원 및 자연환경조사원

분야	추진 일자 및 방식('22년)		내용	비고 (미 참석자)
전 분야 공통사항	03.15. ~ 03.30.	비대면 온라인 소규모집합	- '22년 분야별 기본계획(일정, 조사지역, 조사일수 등) - 현장조사 시 안전 주의 사항 교육 - 조사, 결과물 작성 등의 방법 및 유의사항 등 - 영수증, 여비 등 행정사항 안내 및 논의 - 여비정산 및 부정수급 방지 교육	총 2명 (현장점검 대체)
식생	03. 16.	비대면 온라인	- (식생조사) 현존식생도 상관명 오류 검토, 조사 폴리곤 표기방법, 식재림 보전등급평가 기준 논의 등 - (시스템) 드론팀 운영 계획, GIS 교육프로그램 운영 계획, 원자료입력시스템 오류 개선, 현장조사지원(앱 & 웹) 활용 등 논의	1 명 (현장점검 대체)
	03. 17.	비대면 온라인	- (기타사항) '22년 연구용역 및 자체연구 결과 보고	
지형	03. 15.	비대면 온라인	- (조사시기) 2월 조사시작 필요성 논의 - (여비정산) 주거지 인접 지역에서 숙박 가능 여부 확인	없음
	03. 17.	비대면 온라인	- (조사방법) 애추지형 속성정보 관련 논의 - (기타사항) 드론팀 운영관련 주의사항 안내 등	
식물상	3. 25.	비대면 온라인	- (식물상조사) 조사대상 도엽 및 조사일수 산정 방법 안내 / 현지조사표 및 종목록 변경사항 안내 / 원자료 입력시스템 식물상 종목록 입력 방법 안내 - (현장조사) 조사 안전사고 예방교육 - (기타사항) 전국자연환경조사 식물상 조사 지침 내용 교육	없음

분야	추진 일자 및 방식('22년)		내용	비고 (미 참석자)
육상 곤충	03. 17.	비대면 온라인	- (곤충조사) 현지조사표 작성, 트랩조사방법, 조사장비 배포, 안전교육 등 세부사항 논의	없음
	03. 30.	비대면 온라인	- (기타사항) 운영체계 및 복합트랩 개선 등 논의	
조류	03. 15.	비대면 온라인	- (조류조사) 조사일수 배정, 현지조사표 작성 및 제출, 엑셀입력표 기입, 원자료 입력 시스템 활용, 보고서 작성 및 검수 관련 공지	없음
	03. 18.	비대면 온라인	- (기타사항) 조사시기 조정, 일반조사원 복수 등록, 자체연구과제인 음성녹음장치 결과 반영 방식 등 논의	
포유류	03. 26.	비대면 온라인	- (현장조사) 보고서 종 목록, 조사지침 관련 논의 - (시 스템) 원자료입력시스템 관련 개선 사항 논의 - (기타사항) 현장조사 지원앱 운영 관련 논의	1명 (현장점검 대체)
양서· 파충류	03. 23.	비대면 온라인	- (현장조사) 조사지점수 및 야간조사일수 조정, 조사시기 등 논의	없음
	03. 30.	비대면 온라인	- (시 스템) 원자료입력시스템 개선(기재방식, 좌표입력 방식, 생물종목록 등) 논의 - (기타사항) 원자료 입력을 위한, 최신 종목록 요청, 현장 안전 유의사항 전달, 예비증빙에 관한 사항 전달 등	
저서성 대형 무척추 동물	03. 24.	비대면 온라인	- (현장조사) 소모품, 조사지점, 현지조사표, 보고서 작성 등 개선 및 세부사항 논의 - (시 스템) ESB 미입력종점수, 최종보고서 양식 수정 등 논의 - (기타사항) 최신 국가생물종목록 반영 여부 등 논의	없음
어류	03. 26.	비대면 온라인	- (어류조사) 현지조사표, 조사방법 등의 개선사항, 조사지점, 필요정보 등 논의	없음
	03. 27.	비대면 온라인	- (기타사항) 추가조사지점, 결과보고서 부록 사진 관련 등 논의	

(4) 전국자연환경조사 외부조사원 현장점검 완료(19회)

- 현지조사, 현지조사표 점검 및 허위 증빙예방 교육 실시 등
- 현지조사 애로사항, 문제점 등 의견수렴 및 현안 논의

분야	추진일자	내용
식생	06. 16.~06. 17.	- 축척변경에 따른 식물군락 평가 및 조사방법 등에 대한 현장 점검 및 등급 하락에 대한 대책 등 논의
	10. 17.~10. 18.	- 자연환경조사 지침서 준수 여부 확인, 현지조사표 작성 확인 - 안전교육 및 현장조사지원앱 안내 - 조사 시 애로사항 수렴 등
지형	05. 05., 07. 22., 07. 26., 07. 30., 10. 18.	- 자연환경조사 지침서 준수 여부 확인 - 현지조사표 작성 및 지형도 기입 확인 - 예비 정산 안내 및 허위 증빙 예방 교육 - 조사용 물품 전달 및 안전수칙 교육
식물상	06. 29	- 현장조사 참여 인원(전문, 일반조사원) 확인 - 자연환경조사지침서 준수 여부 확인 - 현지조사표 작성 여부 및 작성 내용 확인 - 예비 정산 안내 및 허위 증빙 예방 교육 - 안전사고 예방교육 실시
육상 곤충	05. 07.	- 참여인원확인 및 자연환경조사지침서 준수 여부 확인
	10. 14.	- 현지조사표 작성 여부 및 작성 내용 확인 - 예비 정산 안내 및 허위 증빙 예방 교육 실시

분야	추진일자	내용
		- 현장지원 앱 설명, 안전교육 실시
조류	05. 02.~05. 03. 05. 22.	- 해당 조사원 및 도업 확인 / 현지조사표 작성 여부 및 작성 내용 확인
	10. 12.~10. 13.	- 여비 정산 안내 및 허위 증빙 예방 교육 실시 - 멸종위기야생생물 서식 현황 공동조사
포유류	06. 11.~06. 12.	- 지침서 준수 여부 확인 및 허위 증빙 예방 교육
	06. 18.~06. 19.	- 안전교육 실시 - 비대면 워크숍 사후조치 및 조사물품 전달
양서·파충류	05. 24.~05. 25.	- 조사 참여인원 확인 및 현장 조사지침 준수 여부 확인 - 안전교육 실시
저서성대형 무척추동물	06. 09.~06. 10.	- 해당 조사원 및 도업 확인 / 현지조사표 작성 여부 및 작성 내용 확인 - 여비 정산 안내 및 허위 증빙 예방 교육 실시 - 멸종위기야생생물 서식 현황 공동조사 - 안전교육 실시
어류	06.24. 10.24	- 지침서 준수 여부 확인 및 증빙 예방 교육 - 안전교육 실시



(5) 안전관리

(가) 목적 및 필요성

- 외부 연구활동 안전사고 선제적 예방을 위한 지속적 안전관리 및 연구원 안전의식 강화 필요

(나) 조사원 안전 용품 지급

- 안전헬멧 537개, 구명조끼 90개, 구급낭 569개, 마스크 10,740개, 여름철 구급약품 566세트 등 배포

구분	합계	지형	식생	식물상	조류	포유류	양파	곤충	저서	어류
안전모	537	48	122	64	71	50	46	50	46	40
구급낭	569	48	122	64	71	50	46	82	46	40
구명조끼	90	-	-	-	-	4	-	-	46	40
구급약품	566	48	120	64	70	50	46	82	46	40

(다) 안전교육 내용

- 안전관련 주의사항 등 이메일 공지 등을 통한 주기적 교육 실시

차수	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	10차	11차	12차
일자	3월 2주	3월 4주	3월 5주	5월 2주	6월 1주	6월 4주	7월 2주	8월 1주	8월 2주	9월 1주	10월 4주	11월 3주
주요내용	외부 연구활동 시 안전 관련 주의사항 등			총기 오인사고 주의사항, 사고 사례 전파, 호우·폭염·한파 등 재난 대비 안전수칙 전파 등								

(6) 제6차 전국자연환경조사 사전기획프로그램 운영

(가) 목적 및 필요성

- 제6차 전국자연환경조사의 원활한 안착을 위한 사전 기획 프로그램 운영
- ※ 제6차 전국자연환경조사 추진년도(5년) : 2024~2028년
- 전국자연환경조사 지침 개정, 자연환경조사 방법론 개선 등

(나) 운영개요

- (운영기간) '22.5.~'23.12.
- (운영방법) 총괄분과 19명과 분야별 분과 74명으로 TF팀 구성 및 운영
- 분과별 역할 분담 및 유기적 연계를 통한 결과물의 향상 제고
⇒ 개선된 제6차 전국자연환경조사 방법(안) 도출

기본방향	제5차('19-'23)현재 (As-Is)	⇒	제6차('24-'28)미래방향(To-Be)
정책 지원 (보호지역 확대)	민원 발생에 따른 생태자연도1등급 정밀도 향상	⇒	우수 생태계 육성과 국제적 보호 지역 27%로 확대 생태자연도1등급 발굴 확대
조사의 표준화 (국가통계기능)	GIS-DB 자체 구축	⇒	조사자료의 국가통계기준에 맞춘 조사방법 수립
정확도 향상 (최신장비활용)	무인센서카메라도엽당 1.5대 자동음성녹음장치 도엽당 0.01대(시범적용)	⇒	무인센서카메라도엽당 2.0대 자동음성녹음장치 도엽당 0.3대
조사의 연계성 및 신뢰성 (모니터링)	조사분야별, 도엽별조사원 조사지점선정	⇒	중점도엽에대한 표준 조사지점선정
시민참여 (참여자 확대)	시민참여 도입('19), 500명 참여	⇒	시민참여 조사원 1,000명으로 확대

나. 성과목표 달성

구분	정책 활용		논문실적		산업재산권			교육전시콘텐츠	
	제정	개정	국내 논문	Scopus, SCI-E이상	출원	등록	기술이전	개발	보급
목표	-	-	12	2	1	-	-	1	-
실적	-	-	3	11	1	1	1	3	-

1) 논문실적: SCIE 11편, SCOPUS 0편, KCI 3편 게재

제목	저자	게재일	비고
Identifying Key Environmental Factors for Paulownia coreana Habitats: Implementing National On-Site Survey and Machine Learning Algorithms	Yeeun Shin, Suyeon Kim, Se-Rin Park, Taewoo Yi, Chulgoo Kim, Sang-Woo Lee and Kyungjin An	'22.04.14.	SCIE
<i>Calypogeia</i> (Calypogeiaceae, Marchantiophyta) in Pacific Asia: Updates from Molecular Revision with Particular Attention to the Genus in North Indochina	Vadim A. Bakalin, Yulia D. Maltseva, Frank Müller, Ksenia G. Klimova, Van Sinh Nguyen, Seung Se Choi, and Aleksey V. Troitsky	'22.04.4.	SCIE
Effect of Gated Weir Opening on the Topography and Zooplankton Community of Geum River, South Korea	Seong-Ki Kim, Gea-Jae Joo and Jong-Yun Choi	"22.4.6	SCIE
Stolonicaulon: A Section-Puzzle within <i>Marsupella</i> (Gymnomitriaceae, Marchantiophyta)	Vadim A. Bakalin, Anna A. Vilnet, Yuriy S. Mamontov, Alfons Schäfer-Verwimp, Yulia D. Maltseva, Ksenia G. Klimova, Van Sinh Nguyen and Seung Se Choi	'22.06.17.	SCIE
The systematic position of puzzling Sino-Himalayan <i>Lophocolea sikkimensis</i> (Lophocoleaceae, Marchantiophyta) is identified	Vadim A. Bakalin, Yulia D. Maltseva, Ksenia G. Klimova, Van Sinh Nguyen, Seung Se Choi, Aleksey V. Troitsky	'22.08.25.	SCIE
The Taxonomically Richest Liverwort Hemiboreal Flora in Eurasia Is in the South Kurils	Vadim A. Bakalin, Ksenia G. Klimova, Daniil A. Bakalin, Seung Se Choi	'22.08.25.	SCIE

제목	저자	게재일	비고
Liverworts of the South Kamchatka Nature Park: Survival in Active Volcanism Land	Vadim A. Bakalin, Ksenia G. Klimova, Eugeniy A. Karpov, Daniil A. Bakalin, <u>Seung Se Choi</u>	'22.09.01.	SCIE
Behavioral Avoidance Response of Daphnia to Fungal Infection Caused by Metschnikowia Species in a Temperate Reservoir	Seong-Ki Kim and <u>Jong-Yun Choi</u>	'22.09.27.	SCIE
Distribution Pattern and Brood Parasitism Characteristics of an Endangered Fish, <i>Pseudopungtungia nigra</i> , in the Geum River Basin, South Korea	<u>Jong Yun Choi</u> , Hany Chang and Seong Ki Kim	'22.11.07.	SCIE
Hidden Diversity within Tetralophozia filiformis (Marchantiophyta, Anastrophyllaceae) in East Asia	Vadim A. Bakalin, Anna A. Vilnet, Yulia D. Maltseva, Ksenia G. Klimova, Daniil A. Bakalin, <u>Seung Se Choi</u>	'22.11.15.	SCIE
Selective Consumption of Pelagic Cladocerans by Bluegill Sunfish (<i>Lepomis macrochirus</i> Rafinesque) Contributes to Dominance of Epiphytic Cladocerans	Seong-Ki Kim and <u>Jong-Yun Choi</u>	'22.11.21.	SCIE
Floristic Characteristics of Vascular Plants in the Goyangsan Mtn.(Jeongseon-gun) and Munraesan Mtn.(Jeongseon-gun) Area	Young Chul Kim, Hyun Hee Chae, <u>You-Cheol Park</u> , Seon-Mi Lee	'22.04.25.	KCI
A newly Recorded Species of the Genus <i>Halodapus</i> (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) from the Korean Peninsula	Junggong Kim, Jongmin Bae, <u>Euijeong Hong</u> and Sunghoon Jung	'22.06.30.	KCI
Landform Characteristics and Tourism Revitalization Plan of Deokgye-gugok valley in Pohang	<u>Jae Ho Lee</u> and Seung Hee Han	'22.12.31.	KCI

2) 산업재산권

- (특허등록) 조류 포획용 안전 트랩(120150247241)
- (특허출원) 주름형 접이식 야행성 곤충 포획장치(10-2022-0154469)
- (기술이전) 말레이즈 트랩, 비행간섭 트랩 및 피트폴 트랩 기능을 갖는 곤충류 복합 포충장치(특허 10-2144880) 통상실시권 이전(에프제이테크, 5년간)
- (저작권 등록 중) 전국자연환경조사 식생 생태조사법 (C-2022-010000)
- (저작권 등록 중) 전국자연환경조사 생태조사법 총괄분야 (C-2022-010000)

4) 교육·전시·콘텐츠

- [멀티미디어] 내일을 위한 공존 1부_흔적으로 기록하다 (전국자연환경조사)
※ <https://www.youtube.com/watch?v=okkCKSZeUww>
- 전국자연환경조사 시민참여 조사 매뉴얼 (ISBN:979-11-6698-138-8[93400])
- 2022 시민참여 전국자연환경조사 화보집 (ISBN:979-11-6698-149-4[93400])

다. 결과의 우수성

- 1) 계획대비 100% 현장조사 완료
- 2) 적극적인 조사장비 확대 운용을 통한 조사 정밀도 향상
- 3) 시민조사원 확대 운영을 통한 조사사각지대 최소화
- 4) 지속적 조사기법 개발 연구를 통한 자연환경조사 선도
- 5) 생태연구 미디어 교육컨텐츠 개발 및 보급을 통한 국민생태인식 제고

IV. 연구활용

1. 연구 활용

가. 정책적 기여

- 1) 생물종 분포에서 서식처 및 생태유형 조사체계로 전환하여 자연환경보전 정책 지원
- 2) 기존 생태경관지역 이외에 추가 우수 생태계를 발굴하여 국가 차원의 보호지역 확대의 기틀 마련
- 3) 정밀현존식생도(1:5,000축척)를 도입하여 국토공간정보와의 해상도를 일치, 국토정책 수립 시 활용도 증가

나. 사회·경제적 기여

- 1) 정밀한 생태정보를 생산하여 이를 활용하는 자연환경보전정책의 신뢰도 향상
- 2) 민간업체 및 시민에게 국가수준의 생태계정보를 제공하여 다양한 분야에 활용 가능
- 3) 자연환경 보전계획 수립 시 과학적 데이터를 제공하여 올바른 방향 제시를 통한 위험부담 절감
- 4) 신뢰성 있는 국토환경정보를 축적하여 개발지역과 보전지역 설정을 위한 기준 제공

다. 학술적 기여

- 1) 논문 13편(SCI 11편, SCOPUS 0편, KCI 3편) 발표를 통한 생태학 학문 발전 기여
- 2) 조사방법 및 기법 개발을 통한 생태조사연구 발전 기여

참고문헌

- 해당사항 없음



붙임 자료



1. (자체연구1) 전국자연환경조사 식생보전등급 변화 후보지역 선정을 위한 연구(Ⅲ) 54
2. (자체연구2) 국가 특이식생 발굴 조사 연구(Ⅲ) 93
3. (자체연구3) 해발고도 500m 이상 생태자연도 1등급 권역 미조사 지역 조사(Ⅲ) 167
4. (자체연구4) 생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형연구(Ⅱ) 209
5. (자체연구5) 한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(Ⅱ) 268
6. (자체연구6) 산림형 야행성 조류 탐지를 위한 음성녹음장치 적용 시범연구(Ⅱ) 294
7. (자체연구7) 곤충류 트랩 조사법의 효율화 방안 연구 307
8. (자체연구8) 자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 기법 개발 시범연구 328
9. (자체연구9) 저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(Ⅲ) .. 348
10. (자체연구10) 인공지능(머신러닝)을 활용한 생물서식환경 적합도 분석과 예측 411
11. (시민참여) 2022년 시민참여 전국자연환경조사 423

요약문

1. 제 목

- 전국자연환경조사 식생보전등급 변화후보지역 선정을 위한 연구(III)

2. 목 적

- 전국자연환경조사의 식생보전등급 미조사에 대한 해결방안 마련
- 생태·자연도 2·3등급 권역(식생보전등급 III~V 등급) 지역을 대상으로, 식생보전등급 변화지역 선정 및 생태·자연도 반영

3. 연구내용 및 방법

- 식생보전등급 변화 후보지역 도출
 - ‘원격탐사+현장조사’ 방식을 통한 효율적 식생 조사기법 개발
 - “등급변화 예상 조사지역 선정 조건”의 반영을 통한 등급변화 후보지역 선정
- 후보지역에 대한 현장조사 및 등급 조정
 - 후보지역을 대상으로 식생보전등급 분류기준에 따라 현장조사 실시 및 등급 조정

4. 연구결과

가. 등급변화 후보지역 기준 선정 결과 및 현지조사 시 고려사항

- 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 등급 상향을 목표로 식생보전등급 변화 후보지역 선정 시 “5등급-대경목-밀밀도-천연림”의 선정기준의 활용 가능성 확인
 - 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 35.5%, 47.1%로 과거 대비 약 16.5배, 7.1배 증가 확인
- 임상도 산림 유형은 등급변화 후보지역 조사 시 필수가 아닌 참고사항으로 활용 필요
- 현지조사 수행 전 최신항공영상, 토지피복도 등을 활용하여 최신 식생 현황 검토

5. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

- 전국자연환경조사 식생조사방법의 효율성 기대
- 생태·자연도 1등급 권역 면적 유지 또는 상향 기대
- 개발, 벌채 등에 의한 식생보전등급 변경사항에 대한 신속한 대응 가능

I. 서론

1. 연구 목적

본 연구는 전국자연환경조사의 식생보전등급 미조사에 대한 해결방안 마련과 생태·자연도 2·3등급 권역(식생보전등급 III~V 등급)을 대상으로, 전국자연환경조사의 조사 대상 및 방법 변화(1등급 직접조사)에 따라 발생하는 ‘불가능한 직접조사’를 대체할 ‘원격탐사+현장조사’ 방식을 통해 식생보전등급 변화지역을 선정하고, 현장 조사를 통해 변화지역에 대한 생태·자연도 반영을 목적으로 수행하였다.

2. 연구 배경 및 필요성

가. 정책적 부합성

현재 국토 공간계획은 대부분 1:5,000축적으로 제작되고 있으나 자연환경보전법 제30조에 의거한 생태·자연도 작성의 기초자료로 활용되는, 동법 제30조에 근거한 전국자연환경조사는 제2차부터 제4차까지 1:25,000축적의 기본 조사단위를 기반으로 조사가 수행되었다. 제5차부터 식생분야의 조사방식이 생태·자연도 1등급 권역에 대한 정밀조사 수행 및 1:5,000축적으로 기본 조사단위 변경을 골자로 변화됨에 따라, 생태·자연도 2등급 권역 대상 현장조사 결과 부재(미조사)에 의한 문제가 야기되었다. 이에 원격탐사 등을 활용한 분석기법을 기반으로 조사 후보지역을 추출하고 현장조사를 통한 식물군락 및 식생보전등급 판정으로, 생태·자연도 2등급 미조사에 대한 대처방안의 마련이 요구된다.

나. 사회/경제적 필요성

개발, 벌채 등으로 인해 발생하는 개발, 벌채 등으로 인해 발생하는 생태·자연도(식생보전등급) 변경사항에 대해 신속한 반영 요구가 지속적 발생하고 있으나 생태·자연도 2등급 권역에 대한 현장조사가 이루어지지 않음에 따라, 개발 등으로 인한 생태·자연도 등급 하락 예상 지역에 대한 등급 변화 현황을 반영하기에 어려운 실정이다. 따라서 전국자연환경조사 차원에서 등급하락 예상지역에 대한 신속한 반영을 통해 생태·자연도 등급 수정보완에 관한 이의신청에 대해 선제적인 대응이 요구된다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 방법

가. 식생보전등급 변화 후보지역 선정

본 연구는 2020년 전국자연환경조사 시, ‘전 분야 전 도엽’ 조사 목표 및 예산 상황으로 인해, 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 식생보전등급의 변경이 예상되는 지역에 대한 식생분야 현지조사가 미 실시(2020년 생태·자연도 1등급 권역 직접 조사 완료)되어 해당 지역에 대하여 최신 자연환경조사를 반영하기 위해 수행되었다.

따라서 전국자연환경조사 목적(자연환경 현황과악 등), 생태·자연도 민원, 예산 등을 고려하여 조사대상지역을 선정하였고, 조사대상지는 1차년도 자체세부 연구 결과인 “등급변화 예상 조사지역 선정 조건”을 적용하여 조사지역을 선정하였다(표 1, 그림 1).

표 1. 식생보전등급 변화 후보지역 선정기준

구분	내용
선정기준	생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 임상도 상 ‘5영급-대경목-밀밀도-천연림’ 등의 조건에 해당하는 지역



그림 1. 조사지역의 50% 상향을 기준으로 설정 시 조사 지역의 선정 조건과 그 결과 (이 등, 2020).

나. 식생보전등급 변화 후보지역 현장 조사 및 조사결과 작성

식생보전등급 변화 후보지역 선정기준으로 선정된 조사지역을 대상으로 자연환경조사방법 및 ‘환경부훈령 제1161호’의 [별표1] ‘식생보전등급 평가 및 등급분류 기준’에 따라 현장조사를 수행하였다(표 2, 표 3). 현장조사대상지역은 전국자연환경조사와 동일하게 ‘북부’, ‘중부’, ‘남부’로 구분하여 선정하였으며, 이를 위해 각각 전문조사원(1명)과 일반조사원(1명)으로 구성된 세 개의 조사팀을 투입하여 해당 지역에 대한 현존식생도 작성 및 식생보전등급을 평가하였다.

표 2. 식생보전등급 평가항목 및 평가요령

평가항목		평가요령
가.	분포 희귀성 (rarity)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락이 한반도 내에서 분포하는 패턴을 의미 (2) 분포면적이 국지적으로 좁으면 높게, 전국적으로 분포하면 낮게 평가
나.	식생복원 잠재성 (potentiality)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락(식분)이 형성되는데 소요되는 기간(잠재 자연식생의 형성기간)을 의미 (2) 오랜 시간이 요구되면 높게, 짧은 시간에 형성되는 식물군락은 낮게 평가. 다만, 식생 발달기원이 부영화, 식재 등에 의한 것이라면 상대적으로 낮은 것으로 평가
다.	구성식물종 온전성 (integrity)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락의 구성식물종(진단종군)이 해당 입지에 잠재적으로 형성되는 식물사회의 구성식물종인가에 대한 평가를 의미 (2) 이는 입지의 자연식생의 구성종을 엄밀히 파악하는 것으로 삼림의 경우, 흔히 천이 후기종(극상종)으로 구성되면 높게, 초기종의 구성비가 높으면 낮게 평가
라.	식생구조 온전성	(1) 평가 대상이 되는 식물군락이 해당입지에 전형적으로 발달하는 식생구조(층위구조)가 얼마나 원형에 가까운가를 가지고 판정 (2) 삼림식생은 4층의 식생구조를 가지며, 각 층위는 고유의 식생고(height)와 식피율(coverage)을 가지고 있으므로 층위구조가 온전하면 보전생태학적으로 높게 평가
마.	중요종 서식	(1) 식물군락은 식물종의 구성으로 이루어지므로 식물종 자체에 대한 보전생태학적 가치를 평가 (2) 그 분포면적이 좁거나, 중요한 식물종(멸종위기야생식물 I·II급 또는 식물구계학적 중요종)이 포함되면 더욱 높게 평가
바.	식재림 흉고직경	식재림의 경우 가장 큰 개체, 보통 개체의 흉고직경(DBH)을 기록

표 3. 식생보전등급 등급분류 기준

등급구분		분 류 기 준
가.	I 등급	(1) 식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 (가) 아고산대 침엽수림(분비나무군락, 구상나무군락, 주목군락 등) (나) 산지 계곡림(고로쇠나무군락, 층층나무군락 등), 하반림(오리나무군락, 비슬나무군락 등), 너도밤나무군락 등의 낙엽활엽수림 (2) 삼림식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생이나 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생 (가) 해안사구, 단애지, 자연호소, 하천습지, 습원, 염습지, 고산황원, 석회암지대, 아고산초원, 자연암벽 등에 형성된 식생. 다만, 이와 같은 식생유형은 조사자에 의해 규모가 크고 절대보전가치가 있을 경우에만 지형도에 표시하고, 보고서에 기재 사유를 상세히 기술하여야 함
나.	II 등급	(1) 자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 거의 회복된 상태의 삼림식생 (가) 군락의 계층구조가 안정되어 있고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재 자연식생을 반영하고 있음 (나) 난·온대 상록활엽수림(동백나무군락, 신갈나무-당단풍군락, 졸참나무군락, 서어나무군락 등의 낙엽활엽수림) (2) 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 약하게 받고 있는 식생
다.	III 등급	(1) 자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 지속되고 있는 삼림식생 (가) 군락의 계층구조가 불안정하고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 충분히 반영하지 못함 (나) 조림기원 식생이지만 방치되어 자연림과 구별이 어려울 정도로 회복된 경우 (2) 산지대에 형성된 2차 관목림이나 2차 초원 (3) 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 심하게 받고 있는 식생
라.	IV 등급	인위적으로 조림된 식재림
마.	V 등급	(1) 2차적으로 형성된 키가 큰 초원식생(묵밭이나 훼손지 등의 역새군락이나 기타 잡초군락 등) (2) 2차적으로 형성된 키가 낮은 초원식생(골프장, 공원묘지, 목장 등) (3) 과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장 (4) 논·밭 등의 경작지 (5) 주거지 또는 시가지 (6) 강, 호수, 저수지 등에 식생이 없는 수면과 그 하안 및 호안

비고 : 식재림은 인위적으로 조림된 수종 또는 자연적(2차림)으로 형성되었다 하더라도 아까시나무 등의 조림기원 도입종이나 개량종에 의해 식피율이 70%이상인 식물군락으로 한다. 다만, 녹화목적으로 적지적수(適地適樹)가 식재된 경우에는 식재림으로 보지 않는다.

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 식생보전등급 변화 후보지역 조사대상지

본 연구에서 전국(북부, 중부, 남부)을 대상으로 선정된 기준(5영급-대경목-밀밀도-천연림)을 적용하여 식생보전등급 변화 후보지역을 선정하였다. 그 결과, 식생보전등급 변화 후보지역은 총 1,159개 지점(북부: 137개, 중부: 146개, 남부: 876개)이었고, 면적은 56.93km² (북부: 5.42km², 중부: 5.52km², 남부: 45.98km²)이었다(표 4, 그림 2). 그리고 식생보전등급에 따른 조사대상지는 북부, 중부, 남부 모두 식생보전등급 III등급과 식생보전등급 IV등급이 가장 많았지만, 조사대상지 내 식생보전등급 I등급과 식생보전등급 V등급의 2차초지, 농경지, 벌채지, 조경식재지 등이 포함되었는데 이러한 이유는 선정기준 적용 시 해당 지점의 임상도 정보가 선정기준에 부합되어 추출되었기 때문으로 판단된다.

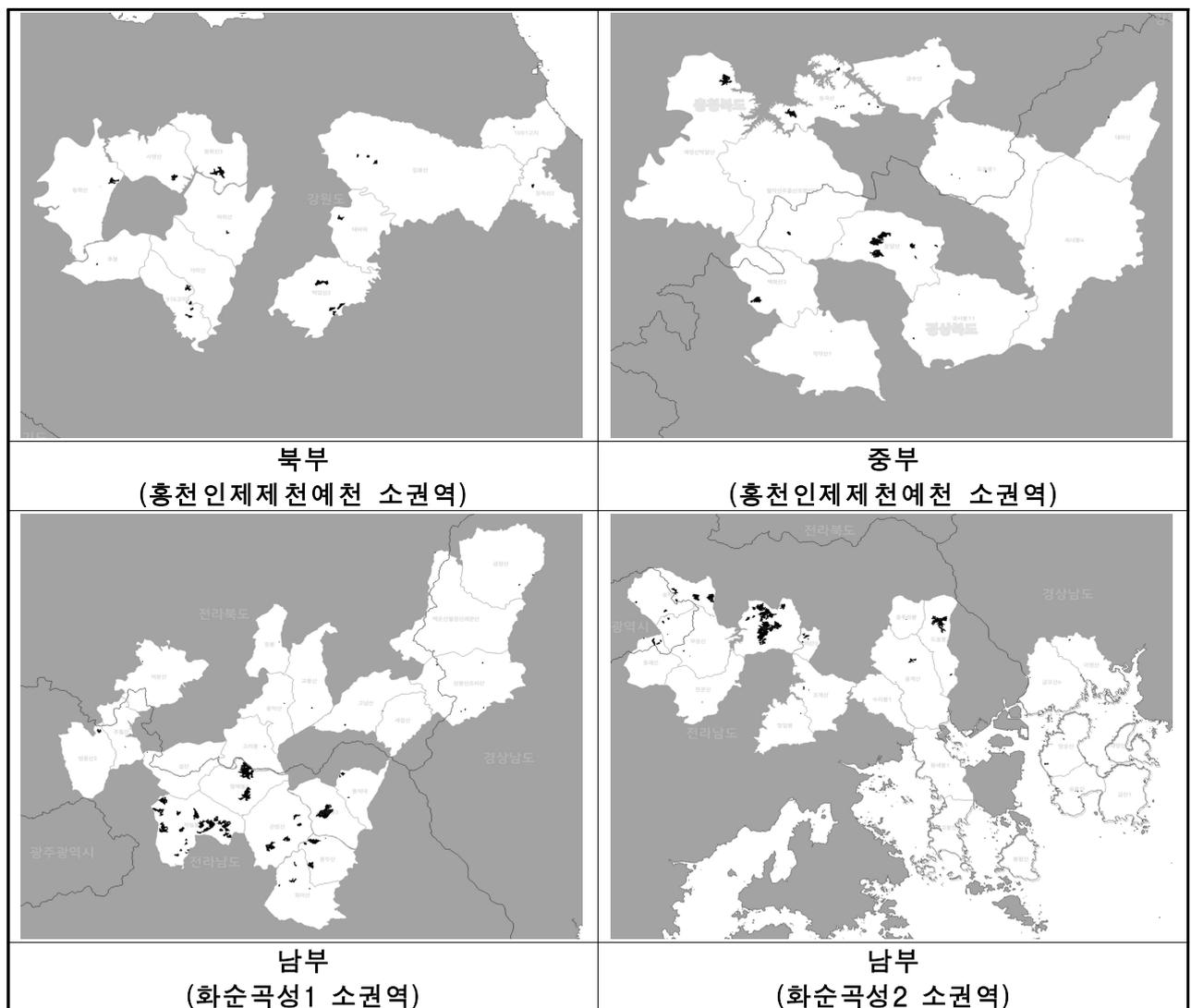


그림 2. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역별 조사대상지.

표 4. 식생보전등급 변화 후보지역 조사대상지 선정 결과

대권역	소권역	평가단위	식생보전등급	폴리곤 수	면적 (km ²)
전국		65	I 등급	-	-
			II 등급	25 (2.2%)	3.77 (6.6%)
			III 등급	997 (86.0%)	48.86 (85.8%)
			IV 등급	112 (9.7%)	3.32 (5.8%)
			V 등급	25 (2.2%)	0.97 (1.7%)
합계				1,159 (100%)	56.93 (100%)
북부	홍천 인제제천예천	12*	I 등급	-	-
			II 등급	12 (8.8%)	0.87 (16.1%)
			III 등급	67 (48.9%)	2.59 (47.7%)
			IV 등급	55 (40.2%)	1.83 (33.8%)
			V 등급	3 (2.2%)	0.13 (2.4%)
합계				137 (11.8%)	5.42 (9.5%)
중부	홍천 인제제천예천	11**	I 등급	-	-
			II 등급	6 (4.1%)	0.04 (0.7%)
			III 등급	135 (92.5%)	5.36 (97.0%)
			IV 등급	4 (2.7%)	0.11 (1.9%)
			V 등급	1 (0.7%)	0.02 (0.3%)
합계				146 (12.6%)	5.52 (9.7%)
남부	화순곡성1	22***	I 등급	-	-
			II 등급	7 (0.8%)	2.86 (6.2%)
	화순곡성2	20***	III 등급	795 (90.8%)	40.92 (89.0%)
			IV 등급	53 (6.1%)	1.38 (3.0%)
			V 등급	21 (2.4%)	0.82 (1.8%)
합계				876 (75.6%)	45.98 (80.8%)

* 1091고지, 916고지, 가리산, 대바위, 바위산, 백암산2, 봉화산3, 사명산, 용화산, 점봉산, 정족산2, 후봉

** 계명산박달산, 국사봉11, 금수산, 대마산, 도솔봉1, 등곡산, 백화산2, 옥녀봉4, 운달산, 월악산주흘산, 조령산대미산, 작약산1

*** 고남산, 고리봉, 곤방산, 교룡산, 금원산, 백운산월경산괘관산, 병풍산2, 봉두산, 삼봉산조비산, 설산, 세걸산, 여분산, 응봉, 종석대, 차일봉, 천왕봉2, 추월산, 풍악산, 형제봉4, 회아산

**** 고봉산2, 금산1, 금오산4, 대방산, 도솔봉2, 동주리봉, 망운산, 망일봉, 무등산, 백아산, 봉황산, 송등산, 송학산, 수리봉1, 아미산3, 용계산, 이명산, 조계산, 종패산, 천운산, 황새봉1, 인덕산(2019년 조사대상지)

2. 식생 조사 결과

가. 상관식생유형

상관식생유형은 기존 5개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 식재림, 기타식생)에서 암벽식생, 하반림, 비식생 등이 추가되어 8개 유형이 확인되었다(표 5). 전체 면적에서 산지낙엽활엽수림은 가장 넓은 면적을 차지하였지만, 군락의 수(폴리곤 수)는 과거 대비 감소하였고, 산지침엽수림은 과거 대비 군락의 수와 군락면적 모두 감소하였다.

표 5. 식생보전등급 변화 후보지역의 상관식생유형 조사 결과

구분	과거*		조사 결과	
	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
산지 낙엽 활엽수림	623 (53.8%)	31.44 (55.2%)	561 (48.4%)	32.43 (57.0%)
산지 침엽수림	396 (34.2%)	21.18 (37.2%)	289 (24.9%)	18.90 (33.2%)
산지 습성림	3 (0.3%)	0.01 (0.03%)	31 (2.7%)	0.38 (0.7%)
암벽식생	-	-	3 (0.3%)	0.02 (0.03%)
하반림	-	-	3 (0.3%)	0.05 (0.1%)
식재림	112 (9.7%)	3.32 (5.8%)	181 (15.6%)	3.86 (6.8%)
기타식생	25 (2.2%)	0.97 (1.7%)	76 (6.6%)	1.25 (2.2%)
비식생	-	-	15 (1.3%)	0.05 (0.1%)
합계	1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

지역별 상관식생유형을 살펴보면 북부지역은 기존 4개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지 침엽수림, 식재림, 기타식생)에서 하반림, 비식생 등이 추가되어 6개 유형이 확인되었다(표 6, 그림 3). 그리고 중부지역은 기존 4개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 식재림, 기타식생)에서 산지습성림, 암벽식생, 비식생 등이 추가되어 7개 유형이 확인되었고, 남부지역은 기존 5개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 식재림, 기타식생)에서 비식생이 추가되어 6개 유형이 확인되었다(표 6, 그림 3). 모든 지역에서 산지낙엽활엽수림이 가장 넓은 면적을 차지하였는데, 특히 북부지역과 남부지역에서는 산지낙엽활엽수림이 과거 대비 면적이 증가하였지만, 중부지역에서는 산지낙엽 활엽수림의 면적은 과거 대비 감소하였다.

표 6. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 상관식생유형 조사 결과

지역	상관식생유형	과거*		조사 결과	
		폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국		1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)
북부	산지낙엽활엽수림	50 (36.5%)	2.41 (44.5%)	58 (42.3%)	2.49 (45.9%)
	산지침엽수림	29 (21.2%)	1.05 (19.3%)	28 (20.4%)	1.36 (25.0%)
	하반림	-	-	3 (2.2%)	0.05 (0.9%)
	식재림	55 (40.2%)	1.83 (33.8%)	41 (29.9%)	1.35 (24.9%)
	기타식생	3 (2.2%)	0.13 (2.4%)	6 (4.4%)	0.18 (3.3%)
	비식생	-	-	1 (0.7%)	0.001 (0.02%)
합계		137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)
중부	산지낙엽활엽수림	113 (77.4%)	5.08 (92.0%)	85 (58.2%)	4.03 (73.0%)
	산지침엽수림	28 (19.2%)	0.32 (5.7%)	35 (24.0%)	1.29 (23.4%)
	산지습성림	-	-	4 (2.7%)	0.09 (1.7%)
	암벽식생	-	-	3 (2.1%)	0.02 (0.3%)
	식재림	4 (2.7%)	0.11 (1.9%)	8 (5.5%)	0.05 (0.9%)
	기타식생	1 (0.7%)	0.02 (0.3%)	9 (6.2%)	0.04 (0.7%)
	비식생	-	-	2 (1.4%)	0.002 (0.04%)
합계		146 (12.6%)	5.52 (9.7%)	146 (12.6%)	5.52 (9.7%)
남부	산지낙엽활엽수림	460 (52.5%)	23.95 (52.1%)	418 (47.7%)	25.91 (56.3%)
	산지침엽수림	339 (38.7%)	19.81 (43.1%)	226 (25.8%)	16.25 (35.3%)
	산지습성림	3 (0.3%)	0.01 (0.03%)	27 (3.1%)	0.29 (0.6%)
	식재림	53 (6.1%)	1.38 (3.0%)	132 (15.1%)	2.46 (5.4%)
	기타식생	21 (2.4%)	0.82 (1.8%)	61 (7.0%)	1.03 (2.2%)
	비식생	-	-	12 (1.4%)	0.04 (0.1%)
합계		876 (75.6%)	45.98 (80.8%)	876 (75.6%)	45.98 (80.8%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

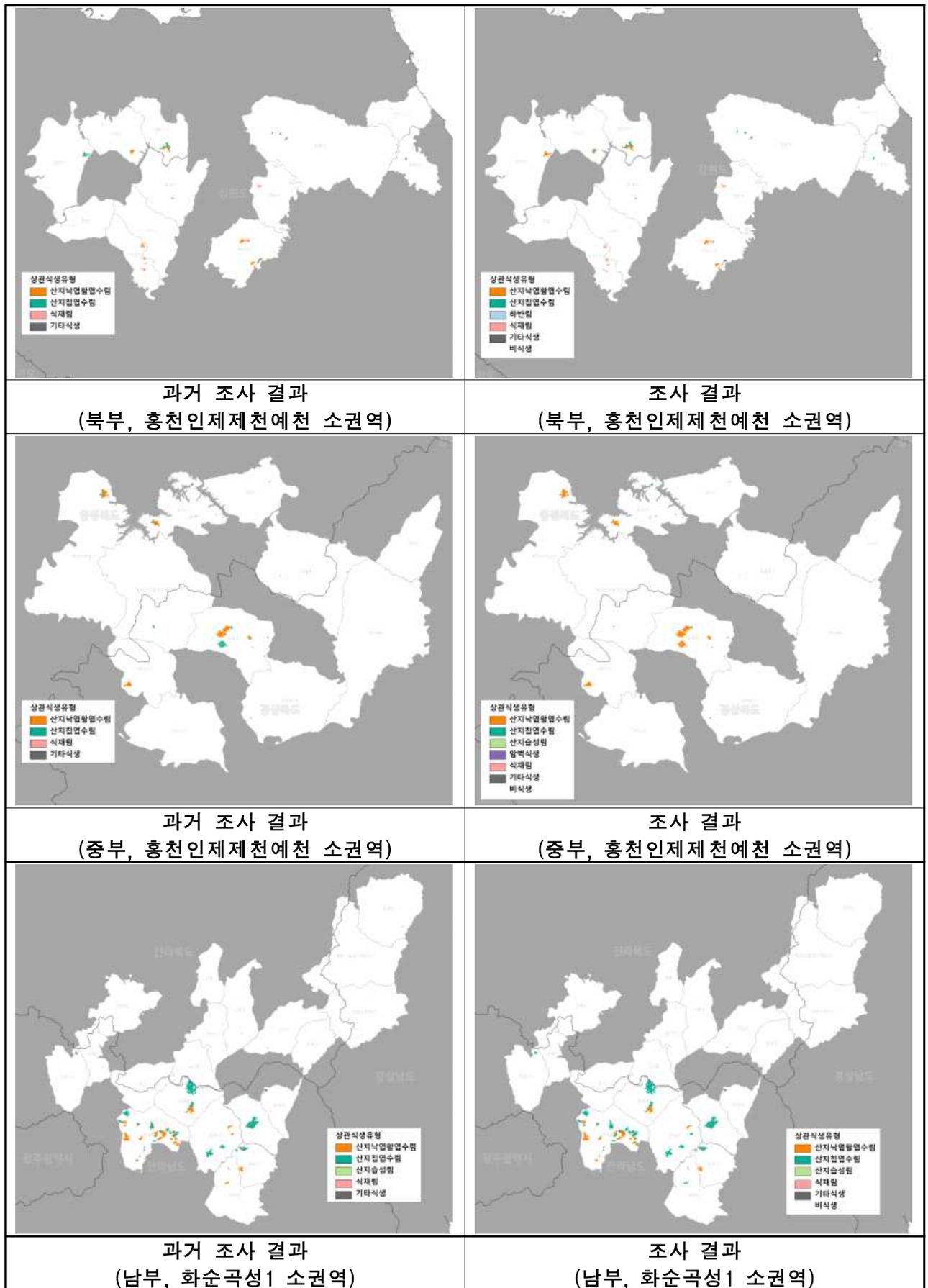


그림 3. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 상관식생유형 현황.

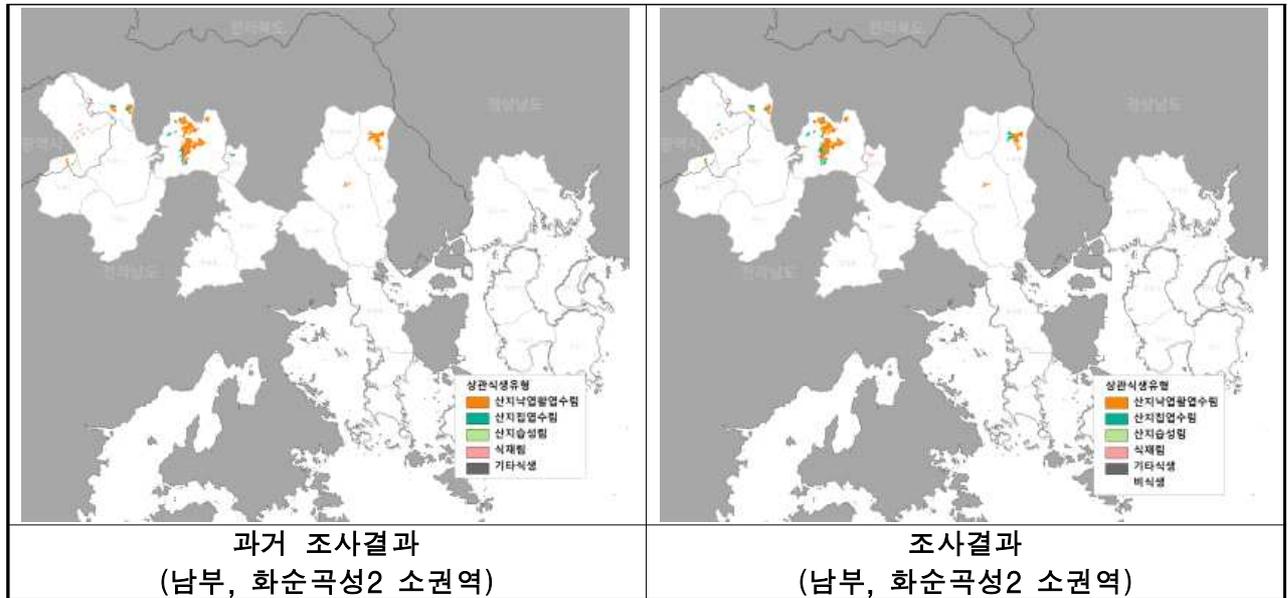


그림 3. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 상관식생유형 현황(계속).

나. 상관식생유형에 따른 식물군락 분포현황

상관식생유형에 따른 식물군락 분포현황을 살펴보면 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 15개 군락에서 42개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.8배 증가하였고, 굴참나무-졸참나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-졸참나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 7). 산지침엽수림은 식물군락 유형은 차이가 없었고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었는데 특히 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 소나무군락의 개수와 면적은 과거 대비 각각 약 1.2배, 약 1.8배 증가하였다(표 7). 산지습성림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 16개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 16배 증가하였고, 층층나무-졸참나무군락, 층층나무-서어나무군락, 서어나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 7). 그리고 일부 지역에서 암벽식물군락과 버드나무-소나무군락의 출현이 확인되었다. 또한, 식재림 유형은 기존 19개 식재림에서 29개 식재림으로 구분되어 과거 대비 약 1.5배 증가하였고, 일본잎갈나무식재림, 편백식재림, 잣나무식재림 순으로 우점하고 있었다(표 7).

표 7. 식생보전등급 변화 후보지역의 상관식생유형에 따른 식물군락유형 조사 결과

상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사 결과	
	과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
산지 낙엽 활엽수림	15 (30.0%)	42 (38.5%)	굴참나무-졸참나무군락	131** (21.0%)	9.08** (28.9%)	49** (8.7%)	4.57** (14.1%)
			신갈나무군락	41 (6.6%)	2.34 (7.5%)	67** (11.9%)	4.20** (12.9%)
			신갈나무-졸참나무군락	9 (1.4%)	2.80 (8.9%)	25** (4.5%)	4.04** (12.5%)
			굴참나무-신갈나무군락	118** (18.9%)	5.62** (17.9%)	38 (6.8%)	3.05 (9.4%)
			신갈나무-굴참나무군락	75** (12.0%)	3.58** (11.4%)	41 (7.3%)	2.47 (7.6%)
합계				623 (53.8%)	31.44 (55.2%)	561 (48.4%)	32.43 (57.0%)
산지 침엽수림	11 (22.0%)	11 (10.1%)	소나무군락	163** (41.2%)	9.17** (43.3%)	195** (67.5%)	16.69** (88.4%)
			소나무-굴참나무군락	101** (25.5%)	5.56** (26.3%)	40** (13.8%)	0.89** (4.7%)
			소나무-신갈나무군락	41 (10.4%)	1.28 (6.1%)	32** (11.1%)	0.70** (3.7%)
			소나무-졸참나무군락	14** (3.5%)	3.95** (18.7%)	5 (1.7%)	0.28 (1.5%)
합계				396 (34.2%)	21.28 (37.2%)	289 (24.9%)	18.90 (33.2%)
산지 습성림	1 (2.0%)	16 (14.7%)	층층나무-졸참나무군락	-	-	1** (3.2%)	0.07** (18.7%)
			층층나무-서어나무군락	-	-	1** (3.2%)	0.06** (15.4%)
			서어나무군락	-	-	3** (9.7%)	0.05** (13.7%)
			느티나무군락	3** (100%)	0.01** (100%)	10 (32.3%)	0.05 (13.1%)
합계				3 (100%)	0.01 (100%)	31 (2.7%)	0.38 (0.7%)
암벽식생	-	1 (0.9%)	암벽식물군락	-	-	3** (100%)	0.02** (100%)
합계				-	-	3 (0.3%)	0.02 (0.03%)
하반림	-	1 (0.9%)	버드나무-소나무군락	-	-	3** (100%)	0.05** (100%)
합계				-	-	3** (0.3%)	0.05** (0.1%)

상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사 결과	
	과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
식재림	19 (38.0%)	29 (26.6%)	일본잎갈나무식재림	19** (17.0%)	0.79** (23.8%)	20** (11.1%)	0.76** (19.6%)
			편백식재림	3 (2.7%)	0.09 (2.7%)	31** (17.1%)	0.67** (17.3%)
			잣나무식재림	6 (5.4%)	0.22 (6.7%)	23** (12.7%)	0.61** (15.7%)
			리기다소나무식재림	18** (16.1%)	0.59** (17.6%)	25 (13.8%)	0.46 (11.8%)
			잎본잎갈나무-잣나무식재림	20** (17.9%)	0.55** (16.7%)	-	-
합계			112 (9.7%)	3.32 (5.8%)	181 (15.6%)	3.86 (6.8%)	
기타식생	4 (8.0%)	6 (5.5%)	2차초지	1 (4.0%)	0.02 (1.8%)	40** (52.6%)	0.60** (48.5%)
			벌채지	17** (68.0%)	0.77** (79.1%)	17** (22.4%)	0.38** (30.4%)
			농경지	5** (20.0%)	0.11** (11.3%)	6** (7.9%)	0.12** (9.6%)
			조경식재지	2** (8.0%)	0.08** (7.8%)	5 (6.6%)	0.08 (6.7%)
합계			25 (2.2%)	0.97 (1.7%)	76 (6.6%)	1.25 (2.2%)	
비식생	-	3 (2.8%)	개발지	-	-	11** (73.3%)	0.02** (42.6%)
			주거지	-	-	3** (20.0%)	0.02** (39.7%)
			수역	-	-	1** (6.7%)	0.01** (17.7%)
합계			-	-	15 (1.3%)	0.05 (0.1%)	
총합계	50 (100%)	109 (100%)	-	1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

** 상위 3개 우점 식물군락

지역에 따른 상관식생유형별 식물군락 분포현황을 살펴보면 북부지역의 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 8개 군락에서 9개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.1배 증가하였다(표 8). 그리고 신갈나무군락, 신갈나무-물푸레나무군락, 신갈나무-굴참나무 순으로 우점하고 있었는데 특히 새롭게 출현한 신갈나무-물푸레나무군락은 산지낙엽활엽수림이 차지하고 있는 면적의 26.9%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 산지침엽수림은 식물군락 유형의 개수는 차이가 없었고, 과거 대비 소나무군락과 소나무-신갈나무군락의 우점면적은 증가하였지만, 소나무-굴참나무군락의 우점면적은 감소하였다. 그리고 하반림의 버드나무-소나무군락 출현이 새롭게 확인되었고, 식재림은 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 자작나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

중부지역에서 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 8개 군락에서 17개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.1배 증가하였고, 굴참나무-졸참나무군락, 굴참나무-신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 8). 특히 새롭게 출현한 굴참나무-졸참나무군락은 산지낙엽활엽수림이 차지하고 있는 면적의 약 18.0%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 3개 군락에서 4개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.3배 증가하였고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었는데 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 소나무군락의 개수와 면적은 과거 대비 각각 약 1.2배, 약 1.8배 증가하였다. 산지습성림과 암벽식생의 식물군락은 과거에 출현하지 않았던 느티나무-일본잎갈나무군락, 서어나무군락, 느티나무군락, 암벽식물군락 등 총 4개 군락이 새롭게 확인되었다. 식재림은 기존 3개 식재림에서 4개 식재림으로 유형이 구분되어 과거 대비 약 1.3배 증가하였고, 아까시나무식재림, 밤나무-아까시나무식재림, 전나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

남부지역에서 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 12개 군락에서 35개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.9배 증가하였고, 신갈나무-졸참나무군락, 굴참나무-졸참나무군락, 신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 8). 산지침엽수림의 식물군락 유형의 개수는 차이가 없었고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-졸참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 특히 소나무군락은 산림침엽수림이 차지하고 있는 면적의 약 90.7%를 차지하고 있었고, 과거 대비 약 1.7배 증가하였다. 산지습성림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 15개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 15배 증가하였고, 층층나무-졸참나무군락, 층층나무-서어나무군락, 층층나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식재림은 기존 11개 식재림에서 26개 식재림으로 유형이 구분되어 과거 대비 약 2.4배

증가하였고, 편백식재림, 리기다소나무식재림, 밤나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

표 8. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 상관식생유형별 식물군락유형 조사 결과

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과		
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)	
전국					1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)	
북부	산지낙엽 활엽수림	8 (44.4%)	9 (42.9%)	신갈나무군락	23** (46.0%)	1.31** (54.5%)	18** (31.0%)	0.86** (34.7%)	
				신갈나무-물푸레나무군락	-	-	10** (17.2%)	0.67** (26.9%)	
				신갈나무-굴참나무군락	4 (8.0%)	0.15 (6.3%)	13** (22.4%)	0.46** (18.6%)	
				신갈나무-소나무군락	5** (10.0%)	0.40** (16.5%)	4 (6.9%)	0.06 (2.5%)	
				굴참나무-신갈나무군락	10** (20.0%)	0.24** (9.8%)	2 (3.5%)	0.16 (6.4%)	
	합계					50 (36.5%)	2.41 (44.5%)	58 (42.3%)	2.49 (45.9%)
	산지 침엽수림	3 (16.7%)	3 (14.3%)	소나무군락	12** (41.4%)	0.59** (56.6%)	15** (53.6%)	0.83** (61.3%)	
				소나무-신갈나무군락	16** (55.2%)	0.31** (29.8%)	9** (32.1%)	0.44** (32.8%)	
				소나무-굴참나무군락	1** (3.5%)	0.14** (13.6%)	4** (14.3%)	0.08** (5.9%)	
	합계					29 (21.2%)	1.05 (19.3%)	28 (20.4%)	1.36 (25.0%)
	하반림	-	1 (4.8%)	버드나무-소나무군락	-	-	3** (100%)	0.05** (100%)	
합계					-	-	3 (2.2%)	0.05 (0.9%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
부부	식재림	6 (33.3%)	5 (23.8%)	일본잎갈나무식재림	18** (32.7%)	0.79** (42.9%)	17** (41.5%)	0.74** (54.9%)
				잣나무식재림	-	-	21** (51.2%)	0.59** (43.5%)
				자작나무식재림	-	-	1** (2.4%)	0.02** (1.2%)
				일본잎갈나무-잣나무식재림	20** (36.4%)	0.55** (30.2%)	-	-
				잣나무-신갈나무식재림	6** (10.9%)	0.22** (12.1%)	-	-
	합계				55 (40.2%)	1.83 (33.8%)	41 (29.9%)	1.35 (24.9%)
	기타식생	1 (5.6%)	2 (9.5%)	벌채지	3** (100%)	0.13** (100%)	3** (50.0%)	0.12** (64.9%)
				2차초지	-	-	3** (50.0%)	0.06** (35.1%)
	합계				3 (2.2%)	0.13 (2.4%)	6 (4.4%)	0.18 (3.3%)
	비식생	-	1 (4.8%)	개발지	-	-	1** (100%)	0.001** (100%)
합계				-	-	1 (0.7%)	0.001 (0.02%)	
합계		18 (100%)	21 (100%)	-	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)
중부	산지낙엽 활엽수림	8 (53.3%)	17 (51.5%)	굴참나무-졸참나무군락	-	-	7** (8.2%)	0.72** (18.0%)
				굴참나무-신갈나무군락	13** (11.5%)	0.69** (13.7%)	12** (14.1%)	0.62** (15.4%)
				신갈나무-굴참나무군락	48** (42.5%)	2.40** (47.3%)	7** (8.2%)	0.56** (13.9%)
				신갈나무-소나무군락	27** (23.9%)	1.46** (28.8%)	9 (10.6%)	0.15 (3.8%)
	합계				113 (77.4%)	5.08 (92.0%)	85 (58.2%)	4.03 (73.0%)
	산지 침엽수림	3 (20.0%)	4 (12.1%)	소나무군락	3** (10.7%)	0.06** (20.0%)	23** (65.7%)	1.13** (87.5%)
				소나무-굴참나무군락	-	-	5** (14.3%)	0.08** (6.3%)
				소나무-신갈나무군락	15** (53.6%)	0.11** (35.8%)	5** (14.3%)	0.05** (3.7%)
				소나무-상수리나무군락	10** (35.7%)	0.14** (44.2%)	2 (5.7%)	0.03 (2.5%)
	합계				28 (19.2%)	0.32 (5.7%)	35 (24.0%)	1.29 (23.4%)

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
중부	산지 습성림	-	3 (9.1%)	느티나무-일본잎갈나무군락	-	-	1** (25.0%)	0.04** (48.2%)
				서어나무군락	-	-	1** (25.0%)	0.03** (33.8%)
				느티나무군락	-	-	2** (50.0%)	0.02** (18.0%)
	합계				-	-	4 (27%)	0.09 (1.7%)
	암벽식생	-	1 (30%)	암벽식물군락	-	-	3** (100%)	0.02** (100%)
	합계				-	-	3 (21%)	0.02 (0.3%)
	식재림	3 (20.0%)	4 (12.1%)	아까시나무식재림	2** (50.0%)	0.02** (16.3%)	3** (37.5%)	0.02** (44.4%)
				밤나무-아까시나무식재림	-	-	3** (37.5%)	0.02** (42.7%)
				전나무식재림	1** (25.0%)	0.09** (82.7%)	1** (12.5%)	0.004** (8.1%)
				일본잎갈나무식재림	1** (25.0%)	0.001** (1.1%)	1 (12.5%)	0.002 (4.8%)
	합계				4 (27%)	0.11 (1.9%)	8 (5.5%)	0.05 (0.9%)
	기타 식생	1 (6.7%)	3 (9.1%)	벌채지	-	-	1** (11.1%)	0.02** (38.3%)
				2차초지	1** (100%)	0.02** (100%)	5** (55.6%)	0.01** (31.3%)
				농경지	-	-	3** (33.3%)	0.01** (30.4%)
	합계				1 (0.7%)	0.02 (0.3%)	9 (6.2%)	0.04 (0.7%)
	비식생	-	1 (30%)	개발지	-	-	2** (100%)	0.002** (100%)
합계				-	-	2 (1.4%)	0.002 (0.04%)	
합계	15 (100%)	33 (100%)	-	146 (126%)	5.52 (9.7%)	146 (12.6%)	5.52 (9.7%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과		
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)	
남부	산지 낙엽 활엽수림	12 (31.6%)	35 (36.5%)	신갈나무-졸참나무군락	6** (1.3%)	2.68** (11.2%)	25** (6.0%)	4.04** (15.6%)	
				굴참나무-졸참나무군락	131** (28.5%)	9.08** (37.9%)	41** (9.8%)	3.80** (14.7%)	
				신갈나무군락	9 (2.0%)	0.79 (3.3%)	41** (9.8%)	3.23** (12.5%)	
				굴참나무-신갈나무군락	95** (20.7%)	4.69** (19.6%)	24 (5.7%)	2.27 (8.8%)	
	합계					460 (52.5%)	23.95 (52.1%)	418 (47.7%)	25.91 (56.3%)
	산지 침엽수림	11 (28.9%)	11 (11.5%)	소나무군락	148** (43.7%)	8.51** (43.0%)	157** (69.5%)	14.73** (90.7%)	
				소나무-굴참나무군락	100** (29.5%)	5.42** (27.4%)	31** (13.7%)	0.73** (4.5%)	
				소나무-졸참나무군락	14** (4.1%)	3.95** (20.0%)	5** (2.2%)	0.28** (0.7%)	
	합계					339 (38.7%)	19.81 (43.1%)	226 (25.8%)	16.25 (35.3%)
	산지 습성림	1 (2.6%)	15 (15.6%)	총총나무-졸참나무군락	-	-	1** (3.7%)	0.07** (24.5%)	
				총총나무-서어나무군락	-	-	1** (3.7%)	0.06** (20.2%)	
				총총나무군락	-	-	1** (3.7%)	0.05** (17.1%)	
				느티나무군락	3** (100%)	0.01** (100%)	8 (29.6%)	0.03 (10.7%)	
	합계					3 (0.3%)	0.01 (0.03%)	27 (3.1%)	0.29 (0.6%)
	식재림	11 (28.9%)	26 (27.1%)	편백식재림	3 (5.7%)	0.09 (6.5%)	31** (23.5%)	0.67** (27.1%)	
				리기다소나무식재림	18** (34.0%)	0.59** (42.5%)	25** (19.0%)	0.46** (18.6%)	
				밤나무식재림	11** (20.8%)	0.12** (8.6%)	13** (9.9%)	0.25** (10.1%)	
리기다소나무-상수리나무식재림				4** (7.6%)	0.26** (19.0%)	3 (2.3%)	0.06 (2.6%)		
합계					53 (6.1%)	1.38 (3.0%)	132 (15.1%)	2.46 (5.4%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
남부	기타 식생	3 (7.9%)	6 (6.3%)	2차초지	-	-	32** (52.5%)	0.53** (51.5%)
				벌채지	14** (66.7%)	0.64** (77.5%)	13** (21.3%)	0.25** (24.1%)
				농경지	5** (23.8%)	0.11** (13.3%)	3** (4.9%)	0.11** (10.4%)
				조경식재지	2** (9.5%)	0.08** (9.2%)	5 (8.2%)	0.08 (8.1%)
	합계				21 (24%)	0.82 (1.8%)	61 (7.0%)	1.03 (2.2%)
	비식생	-	3 (3.1%)	주거지	-	-	3** (25.0%)	0.02** (42.7%)
				개발지	-	-	8** (66.7%)	0.02** (38.3%)
				수역	-	-	1** (8.3%)	0.01** (19.1%)
	합계				-	-	12 (1.4%)	0.04 (0.1%)
	합계		38 (100%)	96 (100%)	-	876 (75.6%)	45.98 (80.8%)	876 (75.6%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

** 상위 3개 우점 식물군락

3. 식생보전등급 평가 결과

가. 식생보전등급 평가 결과

과거의 현장조사 결과를 살펴보면, 전체 조사 면적 대비 식생보전등급 III등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 86.0%, 85.8%로 가장 높았다(표 9, 그림 4). 하지만, 본 연구의 등급변화 선정기준을 도입하여 현장조사를 수행한 결과, 전체 조사 면적 대비 식생보전등급 III등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 41.0%, 43.9%로 과거 대비 약 52.3%, 48.8%로 감소하였지만, 생태·자연도 1등급에 해당되는 식생보전등급 I 등급과 식생보전등급 II 등급의 폴리곤 수 및 면적은 증가하였다. 특히 식생보전등급 II 등급은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 조사 면적 대비 각각 35.3%, 47.1%로 과거 대비 약 16.0배, 12.5배 증가하였다.

지역에 따른 식생보전등급 평가 결과를 살펴보면, 북부지역은 식생보전등급 I 등급은 나타나지 않았지만, 식생보전등급 II 등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 43.8%, 54.6%로 과거 대비 약 2.0배, 3.4배 증가하였다(표 9, 그림 4). 그리고 중부지역은 특이식생(암벽식물군락)의 출현으로 식생보전등급 I 등급으로 평가된 지점이 확인되었다. 식생보전등급 II 등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 70.5%, 92.4%로 과거 대비 약 17.2배, 127.5배 증가하였다(표 9, 그림 4). 또한, 남부지역은 식생보전등급 I 등급은 나타나지 않았다. 하지만, 식생보전등급 II 등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 28.1%, 40.7%로 과거 대비 약 35.1배, 6.6배 증가하였다(표 9, 그림 4).

표 9. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 식생보전등급 평가 결과

구분		과거*		조사 결과	
지역	식생보전등급	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국	I 등급	-	-	3 (0.3%)	0.02 (0.03%)
	II 등급	25 (2.2%)	3.77 (6.6%)	409 (35.3%)	26.80 (47.1%)
	III 등급	997 (86.0%)	48.86 (85.8%)	475 (41.0%)	24.96 (43.9%)
	IV 등급	112 (9.7%)	3.32 (5.8%)	181 (15.6%)	3.86 (6.8%)
	V 등급	25 (2.2%)	0.97 (1.7%)	91 (7.9%)	1.29 (2.3%)
합계		1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)
북부	I 등급	-	-	-	-
	II 등급	12 (8.8%)	0.87 (16.1%)	60 (43.8%)	2.96 (54.6%)
북부	III 등급	67 (48.9%)	2.59 (47.7%)	29 (21.2%)	0.94 (17.3%)
	IV 등급	55 (40.1%)	1.83 (33.8%)	41 (29.9%)	1.35 (24.9%)
	V 등급	3 (2.2%)	0.13 (2.4%)	7 (5.1%)	0.18 (3.3%)
합계		137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)
중부	I 등급	-	-	3 (2.1%)	0.02 (0.3%)
	II 등급	6 (4.1%)	0.04 (0.7%)	103 (70.5%)	5.10 (92.4%)
	III 등급	135 (92.5%)	5.36 (97.0%)	21 (14.4%)	0.31 (5.6%)
	IV 등급	4 (2.7%)	0.11 (1.9%)	8 (5.5%)	0.05 (0.9%)
	V 등급	1 (0.7%)	0.02 (0.3%)	11 (7.5%)	0.04 (0.8%)
합계		146 (12.6%)	5.52% (9.7%)	146 (12.6%)	5.52% (9.7%)
남부	I 등급	-	-	-	-
	II 등급	7 (0.8%)	2.86 (6.2%)	246 (28.1%)	18.74 (40.7%)
	III 등급	795 (90.8%)	40.92 (89.0%)	425 (48.5%)	23.72 (51.6%)
	IV 등급	53 (6.1%)	1.38 (3.0%)	132 (15.1%)	2.46 (5.3%)
	V 등급	21 (2.4%)	0.82 (1.8%)	73 (8.3%)	1.07 (2.3%)
합계		876 (75.6%)	45.98 (80.8%)	876 (75.6%)	45.98 (80.8%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

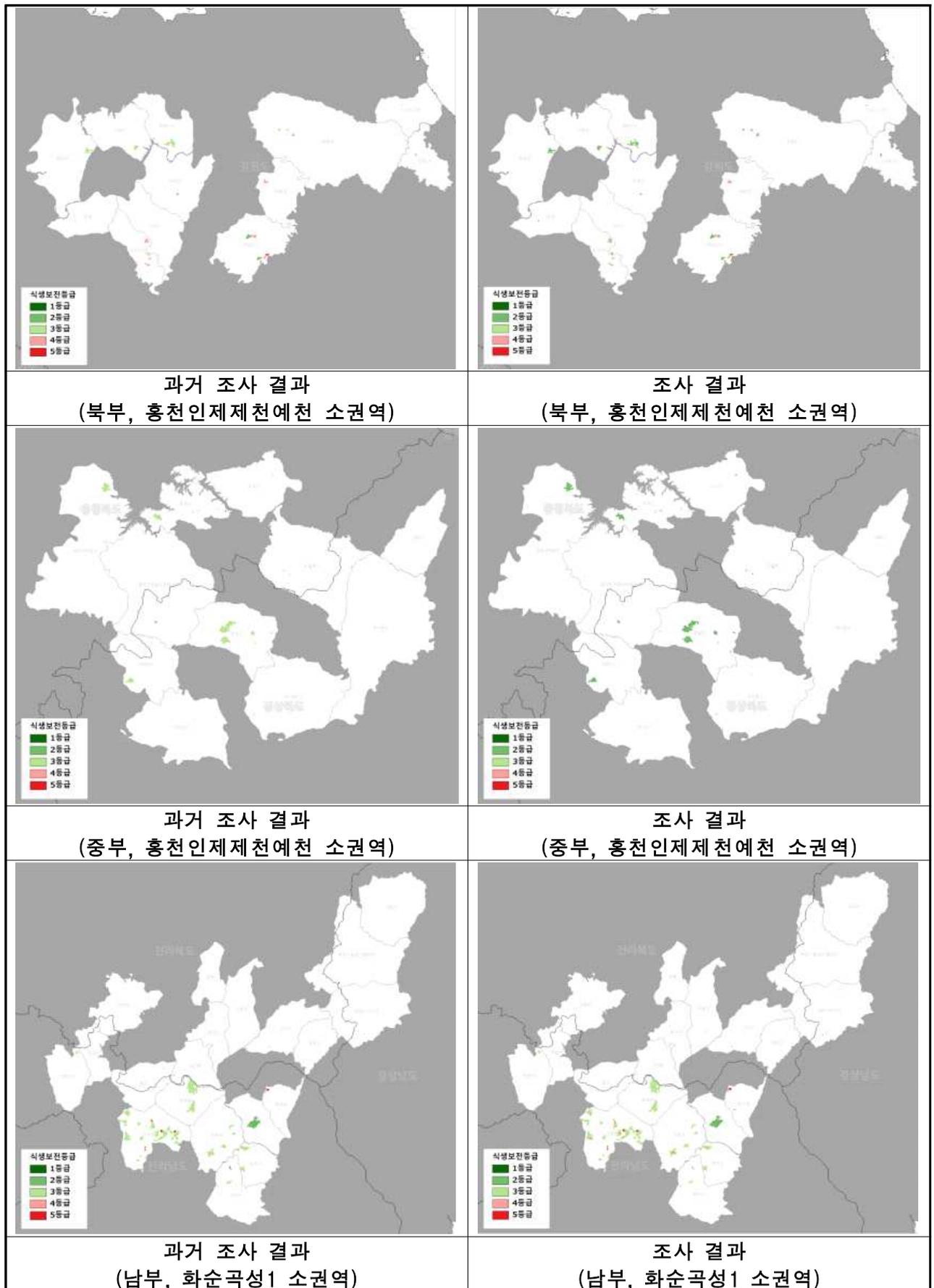


그림 4. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 식생보전등급 현황.

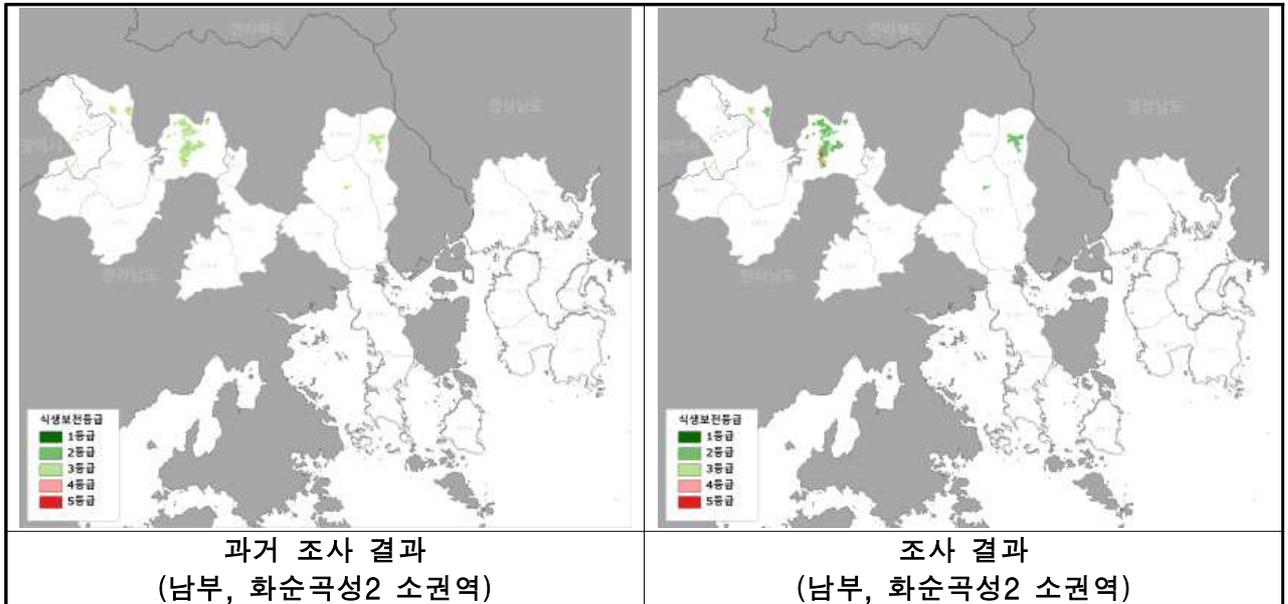


그림 4. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 식생보전등급 현황(계속).

* 제4차 전국자연환경조사 결과

나. 식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황

식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황을 살펴보면, 식생보전등급 I 등급에서는 암벽식생의 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 1개 군락으로 암벽식물군락이 우점하고 있었다(표 10).

식생보전등급 II 등급에서는 산지침엽수림, 산지낙엽활엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 7개 군락에서 38개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 5.4배 증가하였다(표 10). 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 2개 군락에서 5개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.5배 증가하였고, 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 5개 군락에서 23개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 4.6배 증가하였고, 신갈나무-졸참나무군락, 신갈나무군락, 굴참나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림은 총 10개의 식물군락 유형이 확인되었고, 층층나무-졸참나무군락, 층층나무-서어나무군락, 층층나무군락 순으로 우점하고 있었다.

식생보전등급 III 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 하반림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 26개 군락에서 50개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.9배 증가하였다(표 10). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 14개 군락에서 30개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.1배 증가하였고, 굴참나무-졸참나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 11개 군락에서 10개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 9.1% 감소하였고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-졸참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 9개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 9.0배 증가하였고, 느티나무-일본잎갈나무군락, 느티나무군락, 서어나무군락 순으로 우점하고 있었다. 하반림의 식물군락 유형은 1개 군락으로 버드나무-소나무군락이 우점하고 있었다.

식생보전등급 IV 등급에서는 식재림의 상관식생이 우점하고 있었고, 식재림의 유형은 기존 19개 식재림에서 29개 식재림으로 구분되어 과거 대비 약 1.5배 증가하였다(표 10). 그리고 일본잎갈나무식재림, 편백식재림, 잣나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

표 10. 식생보전등급 변화 후보지역의 식생보전등급에 따른 식물군락유형 조사 결과

구분	상관식생 유형	과거*				조사 결과			
		식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
I 등급	암벽식생	-	-	-	-	1 (100%)	3 (100%)	0.02 (100%)	암벽식물군락
	합계	-	-	-	-	1	3 (0.3%)	0.02 (0.03%)	-
II 등급	산지낙엽 활엽수림	5 (71.4%)	17 (68.0%)	0.95 (25.2%)	신갈나무군락	23 (60.5%)	259 (63.3%)	19.71 (73.6%)	신갈나무- 졸참나무군락
					굴참나무- 신갈나무군락				신갈나무군락
					신갈나무- 소나무군락				굴참나무- 신갈나무군락
					소나무군락				소나무- 신갈나무군락
	산지 침엽수림	2 (28.6%)	8 (32.0%)	2.82 (74.8%)	소나무군락	5 (13.2%)	135 (33.0%)	6.82 (25.5%)	소나무군락
					소나무- 신갈나무군락				소나무- 신갈나무군락
산지 습성림	-	-	-	-	-	10 (26.3%)	15 (3.7%)	층층나무- 졸참나무군락	
								층층나무- 서어나무군락	층층나무군락
합계	7	25 (22%)	3.77 (6.6%)	-	38	409 (35.3%)	26.80 (47.1%)	-	

구분	상관식생 유형	과거*				조사 결과			
		식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
III 피수	산지낙엽 활엽수림	14 (53.8%)	606 (60.8%)	30.49 (62.4%)	굴참나무- 졸참나무군락 굴참나무- 신갈나무군락 신갈나무- 굴참나무군락	30 (60.0%)	302 (63.6%)	12.71 (51.0%)	굴참나무- 졸참나무군락 굴참나무군락 신갈나무군락
	산지 침엽수림	11 (42.3%)	388 (38.9%)	18.36 (37.6%)	소나무군락 소나무- 굴참나무군락 소나무- 졸참나무군락	10 (20.0%)	154 (32.4%)	12.07 (48.4%)	소나무군락 소나무- 굴참나무군락 소나무- 졸참나무군락
	산지 습성림	1 (3.8%)	3 (0.3%)	0.01 (0.03%)	느티나무군락	9 (18.0%)	16 (3.4%)	0.13 (0.5%)	느티나무-일본 잎갈나무군락 느티나무군락 서어나무군락
	하반림	-	-	-	-	1 (2.0%)	3 (0.6%)	0.05 (0.2%)	버드나무- 소나무군락
합계		26	997 (86.0%)	48.86 (85.8%)	-	50	475 (41.0%)	24.96 (43.9%)	-
IV 피수	식재림	19 (100%)	112 (100%)	3.32 (100%)	일본잎갈나무 식재림 리기다소나무 식재림 일본잎갈나무- 잣나무식재림	29 (100%)	181 (100%)	3.86 (100%)	일본잎갈나무 식재림 편백 식재림 잣나무 식재림
합계		19	112 (9.7%)	3.32 (5.8%)	-	29	181 (15.6%)	3.86 (6.8%)	-
V 피수	기타식생	4 (100%)	25 (100%)	0.97 (100%)	벌채지 농경지 조경식재지	6 (66.7%)	76 (83.5%)	1.25 (96.4%)	2차초지 벌채지 농경지
	비식생	-	-	-	-	3 (33.3%)	15 (16.5%)	0.05 (3.6%)	개발지 주거지 수역
합계		4	25 (2.2%)	0.97 (1.7%)	-	9	91 (7.9%)	1.29 (2.3%)	-
합계		50	1,159 (100%)	56.93 (100%)	-	109	1,159 (100%)	56.93 (100%)	-

* 제4차 전국자연환경조사 결과

지역별 식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황을 살펴보면, 북부지역의 식생보전등급 II등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 4개 군락에서 11개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.8배 증가하였다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 2개 군락에서 8개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 4.0배 증가하였고, 신갈나무-물푸레나무군락, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 2개 군락에서 3개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.5배 증가하였고, 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 III등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 하반림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 11개 군락에서 7개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 36.4% 감소하였다. 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 8개 군락에서 5개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 37.5% 감소하였고, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 신갈나무-아까시나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 3개 군락에서 1개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 66.7% 감소하였고, 소나무군락 1개의 군락이 우점하고 있었다. 하반림의 식물군락 유형은 1개 군락으로 버드나무-소나무군락이 우점하고 있었다. 식생보전등급 IV등급에서는 식재림의 상관식생이 우점하고 있었고, 식재림의 유형은 기존 6개 식재림에서 5개 식재림으로 구분되어 과거 대비 약 16.7% 감소하였다. 그리고 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 자작나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

중부지역의 식생보전등급 I등급에서는 암벽식생의 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 1개 군락으로 암벽식물군락이 우점하고 있었다(표 11). 식생보전등급 II등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 3개 군락에서 19개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 6.3배 증가하였다. 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 2개 군락에서 15개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 7.5배 증가하였고, 굴참나무-졸참나무군락, 굴참나무-신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 3개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 3.0배 증가하였고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 1개 군락으로 서어나무군락이 우점하고 있었다. 식생보전등급 III등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 10개 군락에서 8개 군락으로 구분되어 과거 대비 약

20.0% 감소하였다. 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 7개 군락에서 4개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 42.9% 감소하였고, 상수리나무군락, 상수리나무-굴참나무군락, 신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 3개 군락에서 2개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 33.3% 감소하였고, 소나무군락, 소나무-상수리나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 2개 군락으로 느티나무-일본잎갈나무군락, 느티나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 IV등급에서는 식재림의 상관식생이 우점하고 있었고, 식재림의 유형은 기존 3개 식재림에서 4개 식재림으로 구분되어 과거 대비 약 1.3배 증가하였다. 그리고 아까시나무식재림, 밤나무-아까시나무식재림, 전나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

남부지역의 식생보전등급 II등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 2개 군락에서 30개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 15.0배 증가하였다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 16개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 16.0배 증가하였고, 신갈나무-졸참나무군락, 신갈나무군락, 굴참나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 5개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 5.0배 증가하였고, 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 9개 군락으로 층층나무-졸참나무군락, 층층나무-서어나무군락, 층층나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 III등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 24개 군락에서 46개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.9배 증가하였다. 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 12개 군락에서 28개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 2.3배 증가하였고, 굴참나무-졸참나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 11개 군락에서 10개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 9.1% 감소하였고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-졸참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 8개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 8.0배 증가하였고, 서어나무군락, 느티나무군락, 개서어나무-편백군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 IV등급에서는 식재림의 상관식생이 우점하고 있었고, 식재림의 유형은 기존 11개 식재림에서 26개 식재림으로 구분되어 과거 대비 약 2.4배 증가하였다. 그리고 편백식재림, 리기다소나무식재림, 밤나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

표 11. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 식생보전등급별 식물군락유형 조사 결과

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
전국			50	1,159 (100%)	56.93 (100%)	-	109	1,159 (100%)	56.93 (100%)	-
북부	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	합계		-	-	-	-	-	-	-	-
	II	산지낙엽 활엽수림	2 (50.0%)	9 (75.0%)	0.85 (97.9%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락	8 (72.7%)	37 (61.7%)	1.96 (66.4%)	신갈나무- 물푸레나무군락 신갈나무군락 신갈나무- 굴참나무군락
		산지 침엽수림	2 (50.0%)	3 (25.0%)	0.02 (2.1%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락	3 (27.3%)	23 (38.3%)	1.00 (33.6%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 굴참나무군락
	합계		4 (18.2%)	12 (8.8%)	0.87 (16.1%)	-	11 (42.3%)	60 (43.8%)	2.96 (54.6%)	-
	III	산지낙엽 활엽수림	8 (72.7%)	41 (61.2%)	1.56 (60.2%)	신갈나무군락	5 (71.4%)	21 (72.4%)	0.52 (56.1%)	신갈나무군락
						신갈나무- 소나무군락				신갈나무- 굴참나무군락
						굴참나무- 신갈나무군락				신갈나무- 아까시나무군락

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
북부	III 피해	산지 침엽수림	3 (27.3%)	26 (38.8%)	1.03 (39.8%)	소나무군락 ----- 소나무- 신갈나무군락 ----- 소나무- 굴참나무군락	1 (14.3%)	5 (17.2%)	0.36 (38.5%)	소나무군락
		하반림	-	-	-	-	1 (14.3%)	3 (10.3%)	0.05 (5.4%)	버드나무- 소나무군락
	합계		11 (50.0%)	67 (48.9%)	2.59 (47.7%)	-	7 (26.9%)	29 (21.2%)	0.94 (17.3%)	-
	IV 피해	식재림	6 (100%)	55 (100%)	1.83 (100%)	일본잎갈나무 식재림 ----- 일본잎갈나무 -잣나무 식재림 ----- 잣나무- 신갈나무 식재림	5 (100%)	41 (100%)	1.35 (100%)	일본잎갈나무 식재림 ----- 잣나무 식재림 ----- 자작나무 식재림
		합계	6 (27.3%)	55 (40.2%)	1.83 (33.8%)	-	5 (19.2%)	41 (29.9%)	1.35 (24.9%)	-
	V 피해	기타 식생	1 (100%)	3 (100%)	0.13 (100%)	벌채지	2 (66.7%)	6 (85.7%)	0.18 (99.5%)	벌채지 ----- 2차초지
		비식생	-	-	-	-	1 (33.3%)	1 (14.3%)	0.001 (0.5%)	개발지
	합계		1 (4.5%)	3 (2.2%)	0.13 (2.4%)	-	3 (11.5%)	7 (5.1%)	0.18 (3.3%)	-
	합계		22	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	-	26	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	-
	중부	I 피해	암벽 식생	-	-	-	-	1 (100%)	3 (100%)	0.02 (100%)
합계			-	-	-	-	1 (2.8%)	3 (2.1%)	3 (0.3%)	-
II 피해		산지낙엽 활엽수림	2 (66.7%)	5 (83.3%)	0.02 (42.4%)	졸참나무- 소나무군락 ----- 신갈나무- 굴참나무군락	15 (78.9%)	73 (70.9%)	3.88 (76.1%)	굴참나무- 졸참나무군락 ----- 굴참나무- 신갈나무군락 ----- 신갈나무- 굴참나무군락

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
중부	II 배편	산지 침엽수림	1 (33.3%)	1 (16.7%)	0.02 (57.6%)	소나무군락	3 (15.8%)	29 (28.2%)	1.19 (23.3%)	소나무군락 소나무- 굴참나무군락 소나무- 신갈나무군락
		산지 습성림	-	-	-	-	1 (5.3%)	1 (1.0%)	0.03 (0.6%)	서어나무군락
	합계	3 (17.6%)	6 (4.1%)	0.04 (0.7%)	-	19 (52.8%)	103 (70.5%)	5.10 (92.4%)	-	
	III 배편	산지낙엽 활엽수림	7 (70.0%)	108 (80.0%)	5.06 (94.5%)	신갈나무- 굴참나무군락 신갈나무- 소나무군락 굴참나무- 신갈나무군락	4 (50.0%)	12 (57.1%)	0.15 (48.0%)	상수리나무군락 상수리나무- 굴참나무군락 신갈나무군락
		산지 침엽수림	3 (30.0%)	27 (20.0%)	0.29 (5.5%)	소나무- 상수리나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무군락	2 (25.0%)	6 (28.6%)	0.10 (32.5%)	소나무군락 소나무- 상수리나무군락
		산지 습성림	-	-	-	-	2 (25.0%)	3 (14.3%)	0.06 (19.4%)	느티나무-일본 잎갈나무군락 느티나무군락
		합계	10 (58.8%)	135 (92.5%)	5.36 (97.0%)	-	8 (22.2%)	21 (14.4%)	0.31 (5.6%)	-
	IV 배편	식재림	3 (100%)	4 (100%)	0.11 (100%)	전나무 식재림	4 (100%)	8 (100%)	0.05 (100%)	아까시나무 식재림
						아까시나무 식재림				아까시나무 식재림
	합계	3 (17.6%)	4 (2.7%)	0.11 (1.9%)	-	4 (11.1%)	8 (5.5%)	0.05 (0.9%)	-	
	V 배편	기타 식생	1 (100%)	1 (100%)	0.02 (100%)	2차초지	3 (75.0%)	9 (81.8%)	0.04 (94.5%)	벌채지
										2차초지 농경지

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
중부	V	비식생	-	-	-	-	1 (25.0%)	2 (18.2%)	0.002 (5.5%)	개발지
		합계	1 (5.9%)	1 (0.7%)	0.02 (0.3%)	-	4 (11.1%)	11 (7.5%)	0.04 (0.8%)	-
		합계	17	146 (12.6%)	5.52 (9.7%)	-	36	146 (12.6%)	5.52 (9.7%)	-
남부	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		합계	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	산지낙엽 활엽수림	1 (50.0%)	3 (42.9%)	0.08 (2.8%)	굴참나무- 신갈나무군락	16 (53.3%)	149 (60.6%)	13.87 (74.0%)	신갈나무- 졸참나무군락 신갈나무군락 굴참나무- 신갈나무군락
		산지 침엽수림	1 (50.0%)	4 (57.1%)	2.78 (97.2%)	소나무군락	5 (16.7%)	83 (33.7%)	4.64 (24.8%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 굴참나무군락
		산지 습성림	-	-	-	-	9 (30.0%)	14 (5.7%)	0.23 (1.2%)	층층나무- 졸참나무군락 층층나무- 서어나무군락 층층나무군락
		합계	2 (5.0%)	7 (0.8%)	2.86 (6.2%)	-	30 (27.0%)	246 (28.1%)	18.74 (40.7%)	-
	III	산지낙엽 활엽수림	12 (50.0%)	457 (57.5%)	23.87 (89.0%)	굴참나무- 졸참나무군락 굴참나무- 신갈나무군락 신갈나무- 졸참나무군락	28 (60.9%)	269 (63.3%)	12.04 (50.8%)	굴참나무- 졸참나무군락 굴참나무군락 신갈나무군락

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
남부	III 피해	산지 침엽수림	11 (45.8%)	335 (42.1%)	17.03 (41.6%)	소나무군락	10 (21.7%)	143 (33.6%)	11.61 (49.0%)	소나무군락
						소나무- 굴참나무군락				소나무- 굴참나무군락
						소나무- 졸참나무군락				소나무- 졸참나무군락
	산지 습성림	1 (4.2%)	3 (0.4%)	0.01 (0.04%)	느티나무군락	8 (17.4%)	13 (3.1%)	0.07 (0.3%)	서어나무군락	느티나무군락
									개서어나무- 편백군락	
	합계		24 (60.0%)	795 (90.8%)	40.92 (89.0%)	-	46 (41.4%)	425 (48.5%)	23.72 (51.6%)	-
	IV 피해	식재림	11 (100%)	53 (100%)	1.38 (100%)	리기다소나무 식재림	26 (100%)	132 (100%)	2.46 (100%)	편백 식재림
						리기다소나무- 상수리나무 식재림				리기다소나무 식재림
						밤나무 식재림				밤나무 식재림
합계		11 (27.5%)	53 (6.1%)	1.38 (3.0%)	-	26 (23.4%)	132 (15.1%)	2.46 (5.4%)	-	
V 피해	기타 식생	3 (100%)	21 (100%)	0.82 (100%)	벌채지 농경지 조경식재지	6 (66.7%)	61 (83.6%)	1.03 (96.0%)	2차초지 벌채지 농경지	
	비식생	-	-	-	-	3 (33.3%)	12 (16.4%)	0.04 (4.0%)	주거지 개발지 수역	
합계		3 (7.5%)	21 (2.4%)	0.82 (1.8%)	-	9 (8.1%)	73 (8.3%)	1.07 (2.3%)	-	
합계		40	876 (75.6%)	45.98 (80.1%)	-	111	876 (75.6%)	45.98 (80.1%)	-	

4. 생태·자연도 등급 변화 양상

과거의 현장조사 결과를 살펴보면, 전체 조사 면적 대비 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 95.7%, 91.7%로 가장 높았다(표 12, 그림 5). 하지만, 본 연구의 등급변화 선정기준을 도입하여 현장조사를 수행한 결과, 전체 조사 면적 대비 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 56.6%, 50.6%로 과거 대비 약 40.8%, 44.8%로 감소하였다. 그리고 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 35.5%, 47.1%로 과거 대비 약 16.5배, 7.1배 증가하였다.

지역에 따른 생태·자연도 등급 변화 양상을 살펴보면 북부지역의 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 43.8%, 54.6%로 과거 대비 약 5.0배, 3.4배 증가하였다(표 12, 그림 5). 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 51.1%, 42.1%로 과거 대비 약 42.6%, 48.4% 감소하였고, 생태·자연도 3등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 5.1%, 3.3%로 과거 대비 약 2.3배, 1.4배 증가하였다.

중부지역의 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 72.6%, 92.7%로 과거 대비 약 17.7배, 128.0배 증가하였다(표 12, 그림 5). 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 19.9%, 6.5%로 과거 대비 약 79.1%, 93.4% 감소하였고, 생태·자연도 3등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 7.5%, 0.8%로 과거 대비 약 11.0배, 2.0배 증가하였다.

남부지역의 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 28.1%, 40.7%로 과거 대비 약 35.1배, 6.6배 증가하였다(표 12, 그림 5). 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 63.6%, 56.9%로 과거 대비 약 34.3%, 38.1% 감소하였고, 생태·자연도 3등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 8.3%, 2.3%로 과거 대비 약 3.5배, 1.3배 증가하였다.

모든 지역에서 생태·자연도 1등급이 가장 넓은 면적을 차지하였는데, 특히 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 과거 대비 모두 증가하였고, 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수 및 면적은 과거 대비 모두 감소하였다.

표 12. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 생태·자연도 등급 변화 양상

구분		과거*		조사 결과	
지역	생태·자연도 등급	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국	1등급	25 (2.2%)	3.77 (6.6%)	412 (35.5%)	26.81 (47.1%)
	2등급	1,109 (95.7%)	52.18 (91.7%)	656 (56.6%)	28.82 (50.6%)
	3등급	25 (2.2%)	0.97 (1.7%)	91 (7.9%)	1.29 (2.3%)
합계		1,159 (100%)	56.93 (100%)	1,159 (100%)	56.93 (100%)
북부	1등급	12 (8.8%)	0.87 (16.1%)	60 (43.8%)	2.96 (54.6%)
	2등급	122 (89.1%)	4.42 (81.5%)	70 (51.1%)	2.28 (42.1%)
	3등급	3 (2.2%)	0.13 (2.4%)	7 (5.1%)	0.18 (3.3%)
합계		137 (11.8%)	5.42 (9.5%)	137 (11.8%)	5.42 (9.5%)
중부	1등급	6 (4.1%)	0.04 (0.7%)	106 (72.6%)	5.12 (92.7%)
	2등급	139 (95.2%)	5.46 (98.9%)	29 (19.9%)	0.36 (6.5%)
	3등급	1 (0.7%)	0.02 (0.3%)	11 (7.5%)	0.04 (0.8%)
합계		146 (12.6%)	5.52 (9.7%)	146 (12.6%)	5.52 (9.7%)
남부	1등급	7 (0.8%)	2.86 (6.2%)	246 (28.1%)	18.74 (40.7%)
	2등급	848 (96.8%)	42.30 (92.0%)	557 (63.6%)	26.18 (56.9%)
	3등급	21 (2.4%)	0.82 (1.8%)	73 (8.3%)	1.07 (2.3%)
합계		876 (75.6%)	45.98 (80.8%)	876 (75.6%)	45.98 (80.8%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

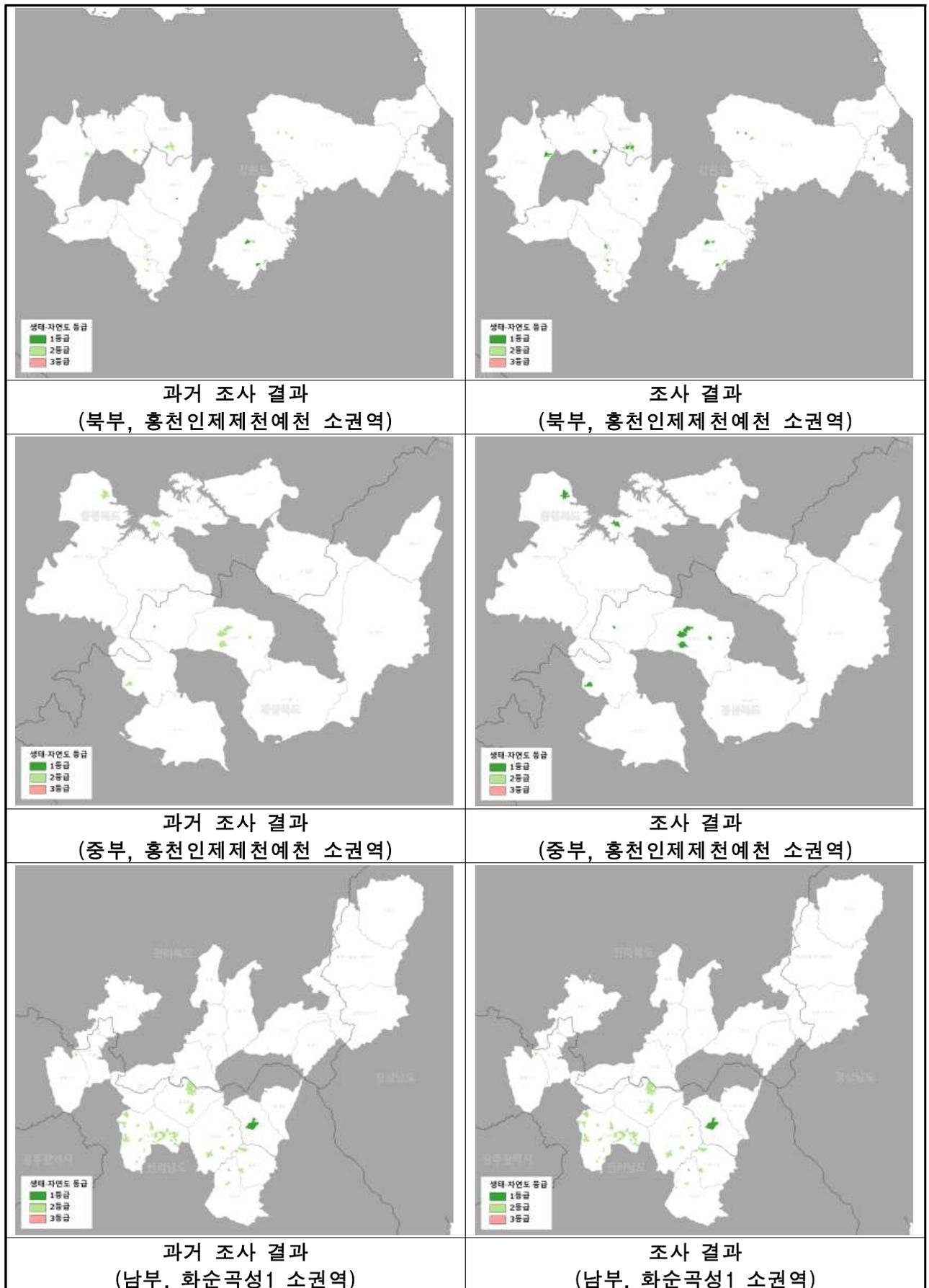


그림 5. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 생태·자연도 등급 현황.

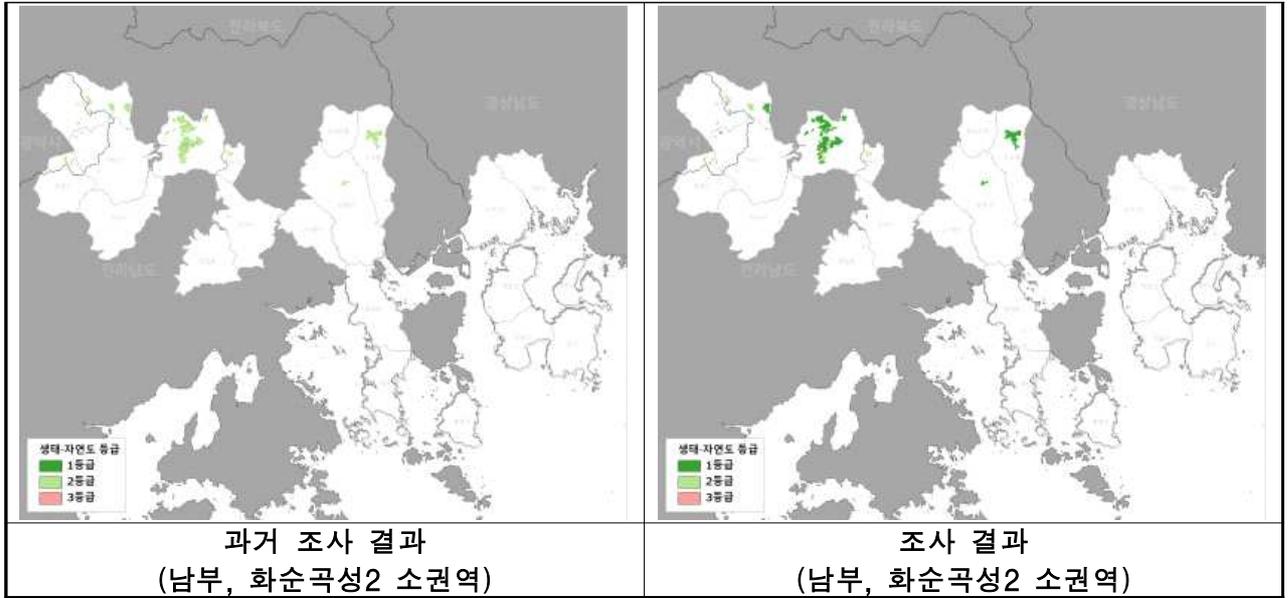


그림 5. 식생보전등급 변화 후보지역의 지역에 따른 생태·자연도 등급 현황.(계속)

IV. 결론

생태·자연도 2등급 지역에 대한 조사는 본 연구의 필요성에 밝힌 바와 같이 2등급 지역의 미조사에 의한 결과 부재와 기본 조사 축적 변경에 의한 생태·자연도 1등급 지역의 감소에 대한 대책 마련이라는 크게 두 가지의 목적을 가지고 있다. 그러나 2등급 지역에 대한 추가적인 조사에는 조사 인력 및 예산 부족, 한정된 조사 기간과 같은 현실적인 어려움이 따른다. 따라서 이러한 어려움을 고려하면 조사지역 선정 및 우선 순위 부여를 위한 조건 설정은 효율성 측면에서 매우 중요하다.

본 연구에서는 생태·자연도 2등급·3등급 권역의 미조사지역을 대상으로 1차년도 자체세부 연구 결과인 “등급변화 예상 조사지역 선정조건”을 적용하고, 식생보전등급의 변경이 예상되는 지역을 선정 및 현장조사를 진행하여 실제로 등급의 상향이 되는지를 확인을 하였고, 해당 미조사 지역에 대하여 최신 자연환경조사를 반영하여 생태·자연도 등급 수정보완에 관한 이의신청에 대해 선제적인 대응을 하기 위해 수행하였다.

본 연구결과를 살펴보면, 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내 식생보전등급 변화 후보지역을 선정할 경우 “5영급-대경목-밀밀도-천연림”의 선정기준은 본 연구의 결과에서 식생보전등급 III등급의 해당되는 조사지점(폴리곤 수) 및 조사면적은 각각 86.0%, 85.8%로 나타났는데, 이러한 결과는 생태·자연도 2등급·3등급 권역 내에서 식생보전등급 IV등급에 해당되는 식재림의 상관식생유형과 식생보전등급 V등급에 해당되는 기타식생, 비식생의 상관식생유형보다는 식생보전등급 III등급이 생태·자연도 1등급(식생보전등급 I등급 및 식생보전등급 II등급)으로 등급의 상향이 될 가능성이 높기 때문에 등급 상향을 목표로 조사지역을 선정 시 활용이 가능하다는 것을 의미한다. 실제로 본 연구의 결과에서 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 조사 면적 대비 각각 35.5%, 47.1%로 과거 대비 약 16.5배, 7.1배 증가하였고, 1차년도 자체 세부 연구 결과에서 생태·자연도 2등급 지역 중 조사면적 50% 이상의 1등급 상향을 목표로 조사지역을 선정할 때 “5영급-대경목-밀밀도-천연림”의 선정기준을 적용 시 조사지역의 63.3%가 1등급으로 상향되는 것으로 확인이 되었다.

하지만, “5영급-대경목-밀밀도-천연림”의 선정기준 적용 시 조사대상지 내 식생보전등급 I등급과 식생보전등급 V등급의 2차초지, 농경지, 벌채지, 조정식재지 등이 포함되었는데 이러한 이유는 선정기준 적용 시 해당 지점의 임상도 정보가 선정기준에 부합되어 추출되었기 때문으로 판단된다. 이러한 결과는 임상도 유형과 식생보전등급 결과는 완벽하게 일치하지 않는다는 것을 의미하며, 이에 따라 식생보전등급 변화 후

보지역 현지조사 수행 시 상기 식생보전등급 변화 후보지역 선정 기준을 적용한 다음, 해당 조사지점에 대한 최신 위성영상, 토지피복도 등을 활용하여 현장조사 수행 전에 최신 식생 변화상황을 검토하여야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침: 국립생태원.

국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침 부록: 국립생태원.

이성제, 차진열, 김철구, 이준석, 안성민, 김용범, 이정운, 류새한, 정세훈, 남궁정, 방제용. (2020). 전국자연환경조사 식생보전등급 변화후보지역을 선정을 위한 연구(I): 국립생태원 연구사업보고서.

이성제, 차진열, 김철구, 이준석, 이용필, 유혜린, 박여빈, 김용범, 류새한, 남궁정, 김효정, 김한별, 최중석. (2021). 전국자연환경조사 식생보전등급 변화후보지역을 선정을 위한 연구(II): 국립생태원 연구사업보고서.

정홍락, 송종석, 이규송, 김인택, 김종홍, 양금철, 전영문. (2006). 연구노트: 식생의 보전가치와 평가기준에 대한 검토. 환경영향평가. 15(5): 339-355.

환경부. (2004). 생태자연도 활용에 있어 식생보전등급 적용방안 연구: 환경부 보고서.

요약문

1. 제 목

- 국가 특이식생 발굴을 위한 연구(Ⅲ)

2. 연구 목적

- 자연환경보전을 위한 국가 특이 식생(식물군락) 발굴 및 식생 유형별 등급 평가 기준(안) 제시
- 생태·자연도 1등급 권역 하락 예상에 따른 1등급 권역 면적 유지 방안 마련

3. 연구 내용 및 방법

- 1차년도/2차년도 결과분석 및 전문가 정보 등을 통한 특이식생(식물군락) 대상 후보지 선정
 - ※ (선정된 후보지) 해안사구 식생, 해안절벽 식생
- 후보지역에 대한 현장조사 및 유형별 핵심보전 가치 평가
 - 특이식생 별 식물군락 및 입지환경 특성 및 유형별 식생보전등급 평가 기준(안) 제시

4. 연구 결과

가. 해안사구 식생

- 식생보전등급 평가 시 고려사항
 - ⇒ (구성식물종 온전성) 해안사구라는 입지조건이 갖는 특성과 함께 기회적으로 출현하는 식물종의 고유성을 고려
- 식생보전등급 판정기준 개선(안)
 - ⇒ (1등급/2등급) 자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생 (해안사구 초원식생(갯그렁군락, 통보리사초, 쯤보리사초군락, 갯지치군락, 갯쇠보리군락, 갯방풍군락, 솔장다리군락, 호모초군락, 갯그렁-띠군락, 통보리사초-띠군락,

갈대군락 등), 해안사구 관목림(순비기나무군락, 해당화군락, 순비기나무-해당화군락 등))

※ 연구지역: 신두리사구(태안군), 소항사구(보령시, 생태·경관보호지역), 안인사구(강릉시, 생태·경관보호지역), 우이도사구(신안군, 생물권보전지역), 고래불사구(영덕군, 지질공원)

나. 해안절벽 식생

- 식생보전등급 평가 시 고려사항

⇒ (분포희귀성) 해안절벽의 서식지특성(토심깊이) 및 지형적 서열(토지극상)을 고려

- 식생보전등급 판정기준 개선(안)

⇒ (1등급/2등급) 지형적 서열에 의해 형성된 안정된 식생 (토지극상 (소나무군락, 곰솔군락, 팽나무군락, 떡갈나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락, 땅채송화군락), 천연기념물 (모감주나무군락)), 깊은 토심을 확보한 지소에서 인위적 교란으로 천이과정 중에 있는 식생 (졸참나무군락)

※ 연구지역: 백도항 주변(고성군), 추암 해변(동해시), 호미곶(포항시), 진해구 행암동(창원시), 자은도(신안군)

목 차

I. 서론	1
II. 연구내용 및 방법	2
III. 연구결과 및 고찰	3
별첨 1. “해안사구 식생” 에 대한 세부 연구 내용(조사 내용 및 결과)	12
별첨 2. “해안절벽 식생” 에 대한 세부 연구 내용(조사 내용 및 결과)	29

※ 별첨 1~2는 보고서 양식에 맞게 수정·편집 됨

I. 서론

1. 연구 목적

- 전국자연환경조사에서 표현하기 어려웠던 특이식생을 대상으로, 자연환경보전을 위한 국가 주요 식물군락 발굴 및 각 식생 유형별 등급 평가 기준(안) 제시
- 생태·자연도 1등급 권역 하락 예상에 따른 1등급 권역 면적 유지 방안 마련

※ “특이 식생” 정의

- 산림 식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생으로, 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생*
(예> 아고산초원, 자연암벽, 단애지, 석회암지대 등에 형성된 식생)
- 그 외 인문사회학적으로 가치가 있는 식생으로, 현 식생보전등급으로는 가치평가가 어려운 식생
(예> 방풍림, 마을숲 등)

* 자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정(환경부훈령 제1161호) 참조

2. 연구 필요성

- 자연환경보전법 제30조에 의거한 생태·자연도 작성의 기초자료로 활용되는, 동법 제30조에 근거한 전국자연환경조사가 제5차부터 식생분야의 조사방식이 변화함*에 따라,
 - 보전가치가 높은 주요 특이식생임에도 불구하고 기존 축척(1:25,000) 상 식생보전등급 III등급 이하의 주변 식물군락으로 편입되는 경우 발생 → 기존 축척의 변화로 인해 소규모 특이식생의 표현이 가능함에 따라 이를 대상으로 한 집중 조사 필요
 - 주요 특이 식생임에도 불구하고 자연환경조사 시 독립적 식물군락으로의 표현 어려움 및 식생보전등급 평가 항목 및 평가 요령에 따른 특이 식생의 보전등급 평가가 불가능함에 따라 → 특이식생별 독립적 식생보전등급 평가기준 마련 필요
 - 생태·자연도 1등급 권역 축소가 예상됨에 따라, 특이식생 발굴을 통한 생태·자연도 1등급 권역 확대 추진 필요
 - ※ 기존 대비 변경된 제5차 식생 조사 방식 : 생태·자연도 1등급 권역에 대한 정밀조사 수행 및 축척 변경(1:25,000 → 1:5,000)
 - 전국자연환경조사에서 파악하기 어려운 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생 등에 대해 조사 결과 부족 → 보전가치가 있는 일반적인

산림식생 외 식생 자원 발굴 필요

- 자연환경보전법 제30조에 의한 5년 주기의 자연환경조사로 자연환경보전법 제34조에 의거한 생태·자연도 작성의 기초자료로 활용
- 한편, 자연환경조사 결과를 바탕으로 작성된 생태·자연도는 자연환경보전법 시행령 제28조에 따라 국가환경보전종합계획 수립, 개발사업에 대한 환경영향평가 협의 시 보전, 복원, 훼손을 저감하기 위한 중요 기준으로 활용

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 방법

가. 특이식생(식물군락) 대상 후보지 선정

1) 특이식생 정보 수집

가) 외부연구자의 특이식생관련 정보

- 외부연구자별로 기 확보된 특이식생유형, 서식지 정보 등 활용

※ 중점 고려사항

- 전국자연환경조사 시 식생보전등급 평가항목 및 요령으로 평가하기 어려웠던 식물군락 대상
- 산림 식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생이나 특이 식생
- ※ 예> 절대보전가치가 있을 것으로 판단되는, ‘단애지, 고산황원, 석회암 지대, 아고산 초원, 자연 암벽 등’에 형성된 식생)

* 자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정(환경부훈령 제1161호) 참조

2) 후보지역 현장조사 및 유형별 핵심보전 가치 평가

- 외부연구자의 특이식생정보 등을 통해 우선 선정된 특이식생 2가지 유형

: 1. 해안사구 식생(생육지 환경 특성), 2. 해안절벽 식생(지형적 특성)

구분	유형	외부연구진
1	해안사구 식생	유영한, 김의주, 박지원, 김윤서
2	해안절벽 식생	이창석, 임봉순, 설재원

- 선정된 특이식생을 대상으로, 환경부 훈령인 “자연환경조사방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정”에 따라 식생조사 실시
 - 특이식생 유형별 식물군락의 종류 및 특성 분석
 - 특이식생 유형별 식생보전등급 평가(핵심보전 가치평가) 및 평가기준 마련

나. 특이식생 유형별 세부 연구 방법

1) 해안사구 식생

가) 연구 대상지 선정

- 대상지: 신두리사구(태안군), 소항사구(보령시, 생태·경관보호지역), 안인사구(강릉시, 생태·경관보호지역), 우이도사구(신안군, 생물권보전지역), 고래불사구(영덕군, 지질자원공원)

※ 소항사구, 안인사구, 우이도사구, 고래불사구: 전사구, 신두리사구: 전사구
및 후사구

나) 연구 방법 및 분석

- 해안사구의 고유한 식물종이 분포하는 지점을 중심으로 하여 여러 식물군락이 포함되도록 전사구 중심으로 조사구 설치(총 38개)
 - ※ 관목층: 3m × 4m, 초본층: 1m × 1m
- 무작위로 선정된 조사구에 출현하는 식물의 피도 및 군도를 Braun-Blanquet 계급으로 기록 및 조사 수행
- (식물군락 특성 분석) 식생 구조 및 높이, 식피율, 출현 종수, 주요 출현종 등
- 5차 전국자연환경조사 지침에 따라 식물군락에 대한 식생보전등급을 평가하고, 초원식생에 대한 전반적인 식생보전등급 평가 시 주요 핵심보전가치평가를 위한 주요 평가기준(안)을 제시

2) 해안절벽 식생

가) 연구대상지 선정

- 대상지: 백도항 주변(고성군), 추암 해변(동해시), 호미곶(포항시), 진해구 행암동(창원시), 자은도(신안군)

나) 연구 방법 및 분석

- 초지, 관목림지, 교목림지 등을 대상으로 각각 '1 X 1m', '5 X 5m', '10 X 10m' 크기의 조사방형구 설치(총 107개)
- 무작위로 선정된 조사구에 출현하는 식물의 피도 및 군도를 Braun-Blanquet 계급으로 기록 및 조사 수행
- 분 간 종조성의 차이는 서열법을 적용하였고, 서열화는 DCA법을 활용하여 분석
 - ※ 각 종의 피도 계급은 각 피도 계급의 식피율 범위의 중간값을 적용하여 정량화
- 5차 전국자연환경조사 지침에 따라 식물군락에 대한 식생보전등급을 평가하고, 초원식생에 대한 전반적인 식생보전등급 평가 시 주요 핵심보전가치평가를 위한 주요 평가기준(안)을 제시

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 특이 식생 유형별 연구 결과

가. 해안사구 식생

※ 세부 연구결과는 별첨 1. 참조

1) 식생 조사 결과

가) 식물군락 분포현황

- 대부분의 식생은 면적이 좁고, 순수한 군락으로 분포
 - 전사구에서 순군락의 비율이 높고 벼과식물이 우점
 - ※ 해안사구는 건조의 스트레스 및 영양소의 함량이 낮기 때문에 중성적인 식물들은 살기가 어려워 소수의 식물만 생존
- 사구의 면적이 크고 습지가 존재하는 일부 저지대
 - 버드나무군락, 여뀌군락, 쇠치기풀군락, 산조팝군락 출현
- (외래성 식생) 칩군락, 달맞이꽃군락, 바랭이군락이 넓게 분포

Community name 식물군락명	식생상관	조사지역
<i>Elymus mollis</i> community 갯그령군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Carex kobomugi</i> community 통보리사초군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Messerschmidia sibirica</i> community 모래지치군락	해안사구 초원군락	신
<i>Salsola collina</i> community 솔장다리군락	해안사구 초원군락	신, 고
<i>Corispermum stauntonii</i> community 호모초군락	해안사구 초원군락	신
<i>Phragmites communis</i> community 갈대군락	해안사구 초원군락	신, 소
<i>Salsola komarovii</i> community 수송나물군락	해안사구 초원군락	신
<i>Ischaemum anthephoroides</i> community 갯쇠보리군락	해안사구 초원군락	신, 우
<i>Carex pumila</i> community 좁보리사초군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Artemisia capillaris</i> community 사철쭉군락	해안형 초원군락	신, 우, 안
<i>Orobanchae coerulea</i> community 초종용군락	해안사구 초원군락	신, 고, 안
<i>Glehnia littoralis</i> community 갯방풍군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Asparagus cochinchinensis</i> community 천문동군락	해안사구 초원군락	신
<i>Rosa rugosa</i> community 해당화군락	해안사구 관목군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Vitex rotundifolia</i> community 순비기나무군락	해안사구 관목군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Miscanthus sinensis</i> community 억새군락	초원군락	신
<i>Imperata cylindrica</i> community 띪군락	초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Lathyrus japonicus</i> community 갯완두군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Calystegia soldanella</i> community 갯메꽃군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Zoysia macrostachya-Lathyrus japonicus</i> community 왕잔디-갯완두군락	해안사구 초원군락	고

* 신; 신두리사구, 우; 우의도사구, 소; 소항사구, 고; 고래불사구, 안; 안인사구

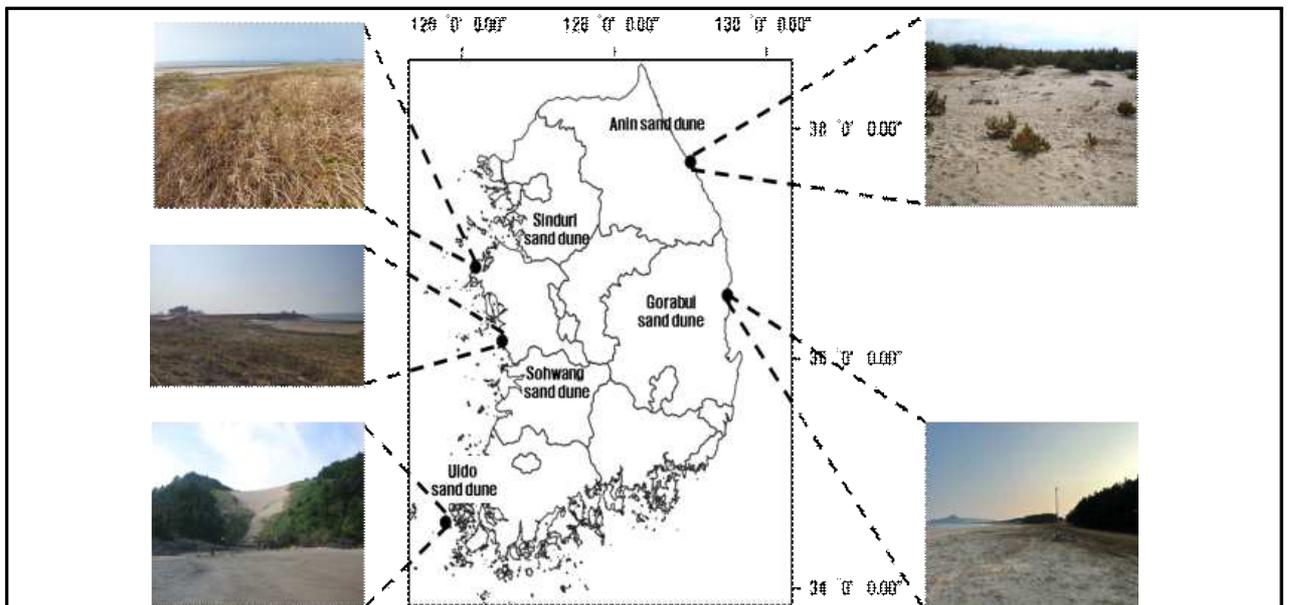
※ 사람의 출입이 빈번한 길가의 인접한 지소에 밀도가 높았는데 이는 길 조성 시 외부에서 가져온 토양 속에 있는 매토종자의 영향으로 판단

2) 식생 특성

가) 생육지 환경 특성별 식물군락 특성

- (모래해안과 접해있는 전사구) 대부분 갯그렁군락(식피밀도 40%~100%)이 출현하였고, 순비기나무군락, 통보리사초군락, 갯쇠보리군락, 해당화군락 좁게 출현
 - 갯그렁은 염분에 강하고, 뿌리가 깊어 지상부가 1.0m에 가깝게 자라 다른 해안사구 식물보다 성장속도가 빠름
 - 통보리사초군락은 대부분 모래가 집적된 곳에서 나타남
 - 좁보리사초군락은 모래이동이 적고, 모래 퇴적이 적은 곳에서 넓게 나타남
- (전사구 후면부의 사구저지와 후사구) 통보리사초군락, 갯메꽃군락, 좁보리사초군락 출현하였고, 규모는 좁지만 모래지치군락, 솔장다리군락이 분산되어 분포
- (사구의 고지대) 억새군락
- (사구의 습지 저지대) 띠군락, 물억새군락, 잔디군락, 갈대군락 출현
- (모래가 퇴적되거나 침식되는 곳) 통보리사초, 모래지치, 수송나물, 솔장다리, 갯메꽃이 출현
- (모래의 집적이 활발하게 진행되는 곳) 대부분 통보리사초가 출현

나) 해안사구 식생 연구 결과 및 사진(일부)





3) “해안사구 식생”의 식생보전등급 평가와 고려사항

가) 해안사구 식생의 식생보전등급 평가

(1) 해안사구 초원식생의 식물군락

- 갯그렁군락, 통보리사초군락, 갯지치군락, 솔장다리군락, 수송나물군락, 호모초군락, 갯쇠보리군락, 갯방풍군락, 왕잔디군락, 천문동군락, 사철쭉군락 등

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구의 초원에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 초본층으로만 구성되어 있으나 지하부와 뿌리가 서로 밀접하여 연결되어 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 높음 · 해안사구의 내염성의 고유식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- I(1등급)

(2) 해안사구 초원식생의 식물군락Ⅱ(해안사구 비특이식생)

- 갈대군락, 띪군락, 억새군락, 물억새군락, 산조플군락, 쇠치기플군락 등

평가항목	내용
분포 희귀성	- 중간 · 해안사구, 습지, 평지 및 산지의 건조하거나 화재의 영향이 있거나 가축의 방목의 영향을 받는 곳에 분포. 해안사구에서는 사구의 규모가 큰 경우에 드물게 출현함
식생복원 잠재성	- 보통 · 안정화되는 식물군락으로 발전하는데 20-30년 내외의 시간이 소요
식생구조 온전성	- 높거나 보통 · 안정적인 경우도 있으나 사구고유식물종에서 비사구식물의 벼과식물(띠) 등으로의 교체가 일어남
구성식물종 온전성	- 보통 · 사구를 구성하는 해안사구 고유식물종이나 중성식물도 분포함, 외래종은 없음
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- Ⅱ(2등급)

(3) 해안사구의 관목 식물군락

- 순비기나무군락, 해당화군락, 해당화-순비기나무군락 등

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구의 관목림에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 관목층으로만 구성되어 있으나 지하경과 뿌리가 발달하여 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 높음 · 해안사구의 내염성의 고유식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- Ⅰ(1등급)

(4) 해안사구의 관목-초원 식물군락

- 순비기나무-억새군락, 해당화-억새군락 등

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 관목층과 초본층으로 구성되어 있으나 지하경과 뿌리가 발달하여 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 중간 · 해안사구의 내염성의 고유식물종과 비사구 식물종으로 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- II(2등급)

(5) 사구 초원식생의 식물군락

- 바랭이군락, 달맞이꽃군락 등

평가항목	내용
분포 희귀성	- 낮음 · 해안사구와 습지 및 건조지에도 분포하는 식물군락임
식생복원 잠재성	- 낮음 · 단기기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 초본층으로만 구성되어 있음
구성식물종 온전성	- 중간 · 해안사구와 중성식물의 고유 및 외지성 식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- III(3등급)

나) 해안사구 식생의 식생보전등급 평가 시 고려사항

구분	내용
구성식물종 온전성	해안사구라는 입지조건이 갖는 특성과 함께 기회적으로 출현할 수 있는 식물종의 고유성을 고려

4) “해안사구 식생”의 식생보전등급 판정기준 개선(안)

구분	내용
I 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과 등의 내염성 식물종이 우점함 (가) 종조성이 고유한 해안사구 식물종으로만 구성됨 (나) 비사구 식물종이나 외래종의 출현이 전혀 없음 (다)해안사구 초원식생 (갯그렁군락, 통보리사초, 갯지치군락, 갯쇠보리군락, 갯방풀군락, 솔장다리군락, 호모초군락, 사철쭉군락 등) (라)해안사구 관목림 (순비기나무군락, 해당화군락, 해당화-순비기나무군락 등)
II 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과 등의 내염성 식물종과 띠 등의 외지성 식물이 출현함 (가) 고유 해안사구 식물종이 출현종의 50% 이상 (나) 비고유 사구식물종이 식피율의 5% 미만, 외래종 비출현 (해당화-억새군락, 순비기나무-억새군락, 갈대군락, 갯그렁-띠군락, 통보리사초-띠군락, 산조풀군락, 억새군락, 물억새군락, 띠군락 등)
III 등급	해안사구에 형성된 비사구 식물종이 우점함 (가) 종 조성이 고유한 해안사구 식물종이 출현종의 50% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 이상 (다)비고유성 해안사구 식생 (바랭이군락 등)
IV 등급	평지나 산지 등에 인위적으로 식재되거나 도입된 해안사구 식생
V 등급	인위적 교란지에 형성되었거나 관리되는 해안사구 식생 (가) 종 조성이 고유한 해안사구식물종이 출현종의 30% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 이상

나. 해안절벽 식생

※ 세부 연구결과는 별첨 2. 참조

1) 식생 조사 결과

가) 식생(식물군락) 현황

식물군락명	식물군락 특성 및 서식처 특성	주요 출현종	조사지역
소나무군락	· 모암 나출도가 높은 암반 성립 · 건조한 지소에 성립하는 소나무군락의 특징 반영 · 해국의 높은 출현빈도는 해변의 특징 반영	소나무, 떡갈나무, 참싸리, 새, 억새, 솔새, 기린초, 닭의장풀	백
곰솔군락	· 절벽 상단부로 토심을 확보한 장소에 성립 · 곰솔이 단독으로 임관을 이루어 순림을 형성 · 하층의 교목성 식물 높은 출현빈도는 다른군락으로의 천이 가능성 나타냄	곰솔, 돌가시나무, 억새, 계요등, 큰기름새, 담쟁이덩굴, 땃덩이덩굴, 참나리, 해국	추, 호, 진, 자
떡갈나무군락	· 단구 정상부에 성립 · 내륙에서는 남사면에 분포하고 교란된 장소에 제한적으로 분포하지만 해안에서는 염분의 영향으로 출현빈도 높음	닭의장풀, 초피나무, 쥐똥나무, 생강나무, 까마귀밥나무, 주름조개풀	호
팽나무군락	· 단구 정상부의 선단부 성립 · 토심이 얇고 바람의 영향도 강해 식물의 수고가 낮음	보리밥나무, 까마귀밥나무, 쥐똥나무, 뽕나무, 닭의장풀	호
졸참나무군락	· 비교적 깊은 토심을 확보한 장소에 성립 · 곰솔군락에서 천이과정에 있는 군락으로 임관층에서 졸참나무의 식피율은 낮음	곰솔, 벗나무, 떡갈나무, 자귀나무, 보리수나무, 돈나무, 참나리, 비썩	진
모감주나무군락	· 절벽의 하부로서 토심을 확보한 장소에 성립 · 바닷물이나 모래 바람에 노출되어 영향을 받음	팽나무, 닥나무, 보리밥나무, 닭의장풀, 계요등	호
사철나무군락	· 해안절벽을 이루는 바위의 갈라진 틈에 성립	담쟁이덩굴, 구기자나무, 땃덩이덩굴, 곰솔, 땅채송화	추
돌가시나무군락	· 토심이 낮은 곳을 중심으로 성립	해국, 참나리, 억새, 기린초, 사스레피나무	호, 진
참싸리군락	· 노암 나출도가 높고 토심이 얇은 지소에 성립 · 식생조성이 소나무군락과 유사하여 소나무군락으로 천이 진행	담쟁이덩굴, 솔새, 억새, 해국	백
향나무군락	· 암반 노출도가 높은 암벽상단에 성립	사철나무, 구기자나무, 머루, 해국, 돌가시나무	추
담쟁이덩굴군락	· 암반이 나출된 암벽 상에 성립	땃덩이덩굴, 머루, 구기자나무, 향나무, 해국	백, 추

식물군락명	식물군락 특성 및 서식처 특성	주요 출현종	조사지역
땅채송화군락	· 해안절벽의 작은 틈이나 절벽 저지대로서 풍화퇴적물이 쌓인 장소에 성립	해국, 갯메꽃	호
갯메꽃군락	· 해안절벽 저지대의 오목한 지형에 성립	땅채송화, 냉이, 해국, 사철나무	추
해국군락	· 모암이 나출된 해안절벽의 작은 틈에 성립	창질경이, 갯강아지풀, 비썩	호
기린초군락	· 토심을 거의 확보하지 못한 암반 상에 성립	기린초	진

* 백; 백도항 주변, 추; 추암 해변, 호; 호미곶, 진; 진해구 행암동, 자; 자은도

2) 식생 특성

가) 식물군락 조성 특성

(1) 식생 서열화

- 종 조성 차이에 따른 식생 형성

- (호미곶 지역) 초본 우점식생, 관목 우점식생, 침엽수 우점식생 및 활엽수 우점식생의 순서로 변하여 그 배열이 식생의 천이단계를 반영
- (백도항 주변 지역) 곰솔군락이 우점하는 다른 지역의 식생과 달리 소나무군락이 우점
- (추암 해변 지역) 곰솔군락, 향나무군락-사철나무군락, 담쟁이덩굴군락 및 땃대덩굴군락의 순서로 천이 진행
- (진해구 행암동 지역) 곰솔식분, 돌가시나무와 기린초가 우점하는 식분, 초본이나 관목이 우점하는 식분이 종 조성의 차이가 있음
- (자은도 지역) 하층식생의 떡갈나무의 높은 식피율의 차이로 인해 다른 지역의 곰솔군락 식분과 차이가 있음

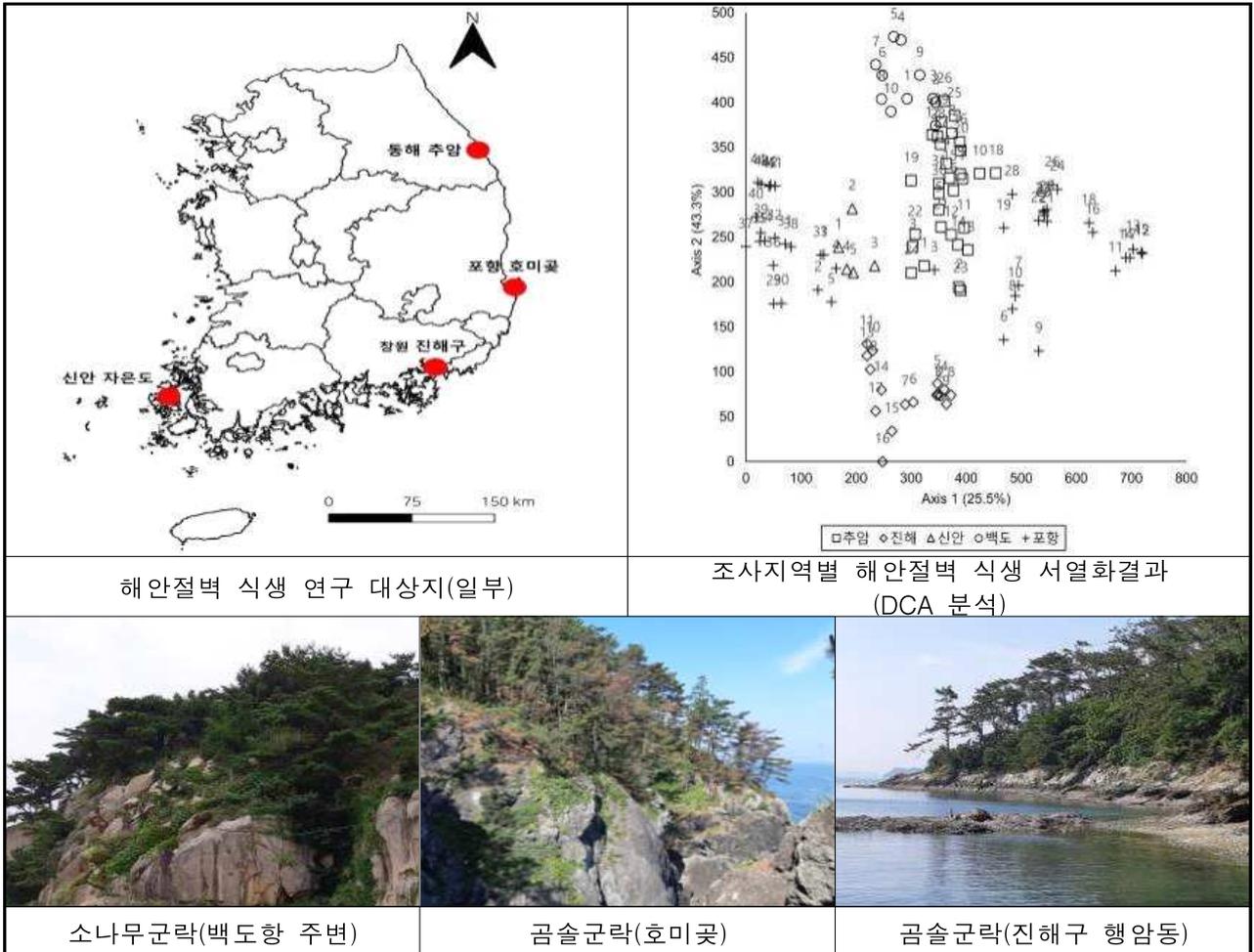
나) 해안절벽 식생 연구 결과 및 사진(일부)

3) “해안절벽 식생”의 식생보전등급 평가와 고려사항

가) 해안절벽 식생의 식생보전등급 평가

(1) 해안절벽 식생의 식물군락

- 소나무군락, 곰솔군락, 떡갈나무군락, 팽나무군락, 졸참나무군락, 모감주나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 참싸리군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락 및 땅채송화군락 등 15개 식물군락
- 기존의 식생보전등급 분류기준으로 평가 시 식생보전등급 III등급으로 평가되지만, 해안절벽의 환경조건을 고려하여 지형적 서열을 이루는 단계로 평가하면 식생보전등급 “I 등급”으로 평가
 - 해안절벽에 성립하는 식생은 암반 상에 성립하는 식생과 같이 해당지역의 기후조건에 부합하는 천이 후기 단계에 이르지 못하고, 그 이전 단계에 머무는 토지극상(edaphic climax)에 해당 → “천이후기단계”에 해당



나) 해안절벽 식생의 식생보전등급 평가 시 고려사항

구분	내용
분포희귀성	해안절벽의 서식지특성(토심깊이) 및 지형적 서열(토지극상)을 고려

4) “해안절벽 식생”의 식생보전등급 판정기준 개선(안)

구분	내용
I 등급	지형적 서열에 의해 형성된 안정된 식생 (가) 토지극상 (소나무군락, 곰솔군락, 팽나무군락, 떡갈나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락, 땅채송화군락) (나) 천연기념물 (모감주나무군락)
II 등급	깊은 토심을 확보한 지소에서 인위적 교란으로 천이과정 중에 있는 식생 (졸참나무군락)
III 등급	암반 상에 인위적 교란으로 성립된 식생 (참싸리군락)
IV 등급	인위적으로 식재된 식생

별첨 1. “해안사구 식생”에 대한 세부 연구 내용(조사 내용 및 결과)

국가 특이식생(해안사구 식생) 발굴을 위한 연구

- 해안사구 식생의 발굴 및 식생보전등급을 평가하기 위한 생태적 검토 -

I. 서론

해안에 형성되는 생태계는 육상과 해양의 물리적, 화학적 및 생물학적 요인이 복잡하게 얽히고, 시간과 공간적으로 환경의 변화가 크며, 높은 토양의 염분농도로 인하여, 식물의 분포가 제한되는 생태계이다(임, 1989). 해안의 생태계는 하천수 유속의 감소와 조석의 간만의 차이가 크고 해안경사가 완만한 곳에서 육지로부터 운반되어온 모래나 진흙이 퇴적되는 곳을 말하며, 생육지 환경에 따라 염습지(salt marsh), 염소택지(salt swamp), 해안사구(sand dune)로 구분한다(임, 1989; 이, 1998).

해안의 생태계의 구조에 관한 연구는 19세기초부터 시작되어 주로 식물상이 조사되었으며(Hoover, 1970; Barbour, 1970; Duncan, 1974)이 이들의 자료를 종합하여 염생식물 목록을 작성하였다. 20세기에 들어서면서 염생식물의 분포를 군집수준에서 다루었으며 식물군집과 환경과의 상호관계, 즉 환경구배에 따른 식생의 변화 등을 연구하였다(Chapman, 1977).

해안사구는 바다와 육지 생태계가 만나는 생태계의 완충역할을 수행한다. 이 역할을 중심으로 있는 해안 사구의 식생은 보통 지표 부근의 바람의 힘을 감소시키는 역할을 하여 운반 중인 퇴적물입자를 멈추게 하고 바람의 침식력으로부터 지표를 보호한다. 해안사구에서 바람에 의한 모래의 운반이 사막 사구와 다른 양태로 일어나는 것은 식생 때문이다. 호주의 경우 전사구 형성에는 식생의 유형보다 식피율이 더 중요하다는 연구결과가 보고되었고, 영국의 경우 전사구(foredune)의 침식과 퇴적 패턴을 지배하는 것은 식피와 풍속이라는 연구결과도 보고되었다(서, 2001).

한국의 해안사구는 삼면이 바다로 되어 있어 지형적인 기본 조건을 가지고 있고, 군부대의 보호지역아래 오랫동안 남아있었으나, 근래에는 사구 대부분이 해수욕장으로 이용되고 있고, 일부는 전원주택건설장소로 개발 후 사용되어 있는 상태이다(재, 2000). 따라서 현재 자연적인 상태로 남아 있는 해안사구는 매우 드물다. 그 해안사구는 대부분이 서해에 분포하고 있고, 동해에도 소규모로 남아있고, 우이도나 제주도과 같은 섬에도 분포한다.

해안사구 식생에 대한 연구는 한국의 분포면적에 비하여 상대적으로 많이 존재하는 편이다(서, 2001). 하지만 이들 해안사구의 식생학적인 정보(자연성, 군락종조성, 군락 유지 등)를 바탕으로 한 생태자연도(식생보전등급) 작성에 필요한 항목이나 내용에 대한 자료는 전무한 상태이다.

해안사구성 식물의 우점종은 벼과식물로, 서식지가 다른 곳에 사는 벼과식물과는 다르게 생장점이 줄기의 상층 정단부에 있어, 지속적인 모래의 이동에 의한 퇴적환경으로부터 매몰되지 않도록 퇴적물 위로 솟아 자라는 특징을 가지고 있다. 사구식물은 대부분이 종자보다는 무성번식-지하경에 의한 전락을 갖는다.

이러한 이유로 이곳에 출현하는 식물군락을 이루는 식물종의 영양소는 낮고, 초식동물이 살기에는 적합하지 않는 환경조건으로 말미암아, 딱이그물을 형성하는 다른 종과의 상호작용은 매우 낮다고 할 수 있다.

현재 해안사구의 식생은 식생보전등급 판정(국립생태원, 2019)에 의하면 상관으로 볼 때 갯그렁군락, 통보리사초군락, 쯤보리사초군락의 초본식생과 순비나무군락, 해당화군락과 같은 관목성 수목, 또는 초본과 목본이 혼합된 식물군락으로 나눌 수 있다.

따라서 본 연구는 식생보전 등급의 산정 시 절대적으로 높게 식생적 가치가 고려되는 고유한 사구성 해안식물군락이 무엇인지를 조사하여 각 사구식생의 구조적 특성과 식생상태를 파악하고 분석하였다. 이러한 결과로 전국자연환경조사의 식생보전등급 산정에 해안사구 식물군락을 어떻게 적용시켜 평가할 것인가를 제안하고자 한다.

II. 조사 방법

1. 조사지 개황

해안사구식생을 조사한 곳은 한국에서 사구면적이 비교적 크거나 보전이 잘 되어 있는 신두리사구(서해안), 소항사구(서해안, 경관보호지역), 안인사구(동해안, 경관보호지역), 우이도사구(섬, 생물권보전지역), 고래불사구(동해안, 지질공원)이다(그림 1). 이들 지역은 다른 사구보다 비교적 식생이 양호하다고 알려진 곳이다. 대부분의 식생은 전사구에 나타나고, 신두리사구에서만 후사구에 까지 나타난다(그림 2). 이들 지역에 대한 지역정보 등은 서 (2001)와 전국자연환경 사구조사의 보고서(국립생태원(국립환경과학원), 2006-2021)에 나타난 것을 참조하였다.

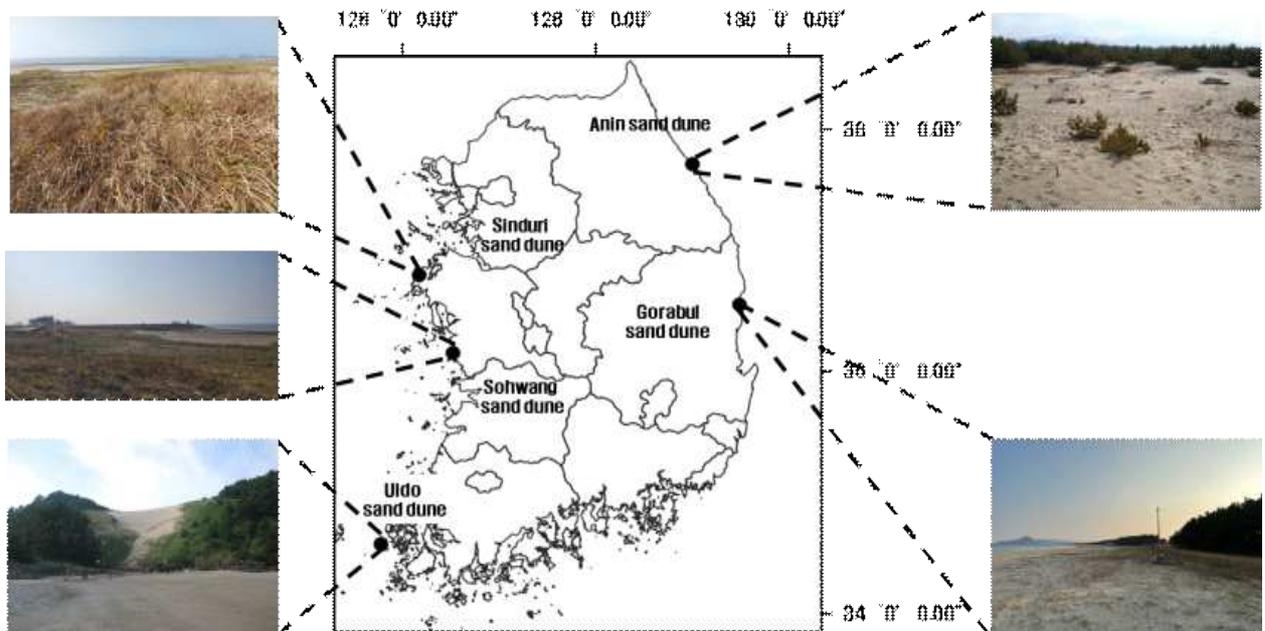


그림 1. 해안사구 식생을 조사한 지역의 위치와 전경.

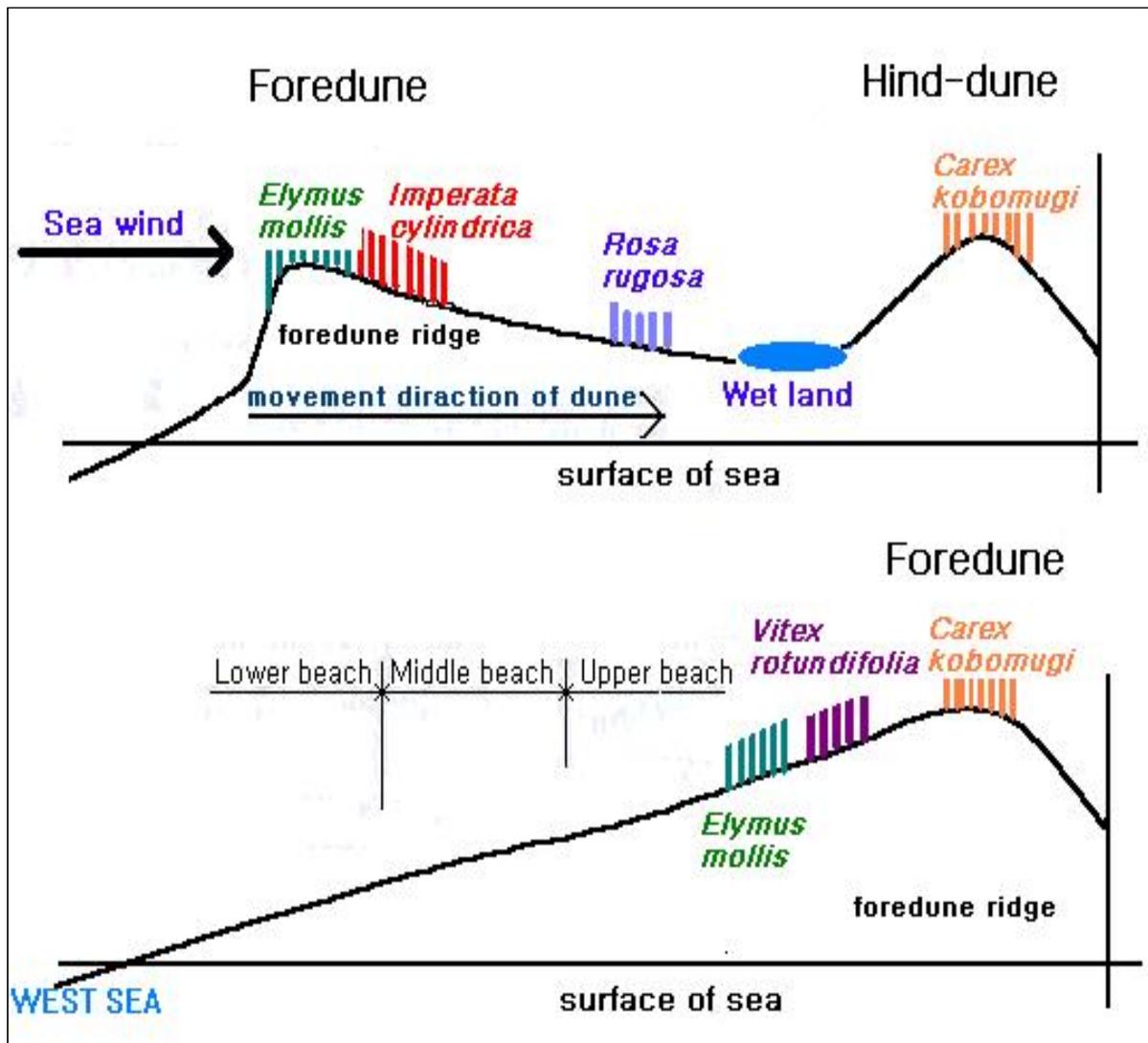


그림 2. 사구 내 식생의 횡적 분포(신두리 사구)(서, 2001).

2. 식생조사 및 식생보전등급판정 평가

식생조사는 해안사구의 고유한 식물종이 분포하는 지점을 중심으로 하여, 초원식생과 관목림의 경우에는 각각 1m x 1m, 3m x 4m 크기의 조사구를 설치하고 우점도를 측정하였다(표 1). 조사구는 가능하면 여러 식물군락이 포함되도록 전사구 중심으로 조사지역을 걸으면서 따라 설치하였다.

표 1. 조사구내 피도 및 군도의 측정기준(Braun-Blanquet, 1965)

계급	수도(abundance)	피도(cover)
r	한 개 또는 수 개의 개체	고려하지 않음
+	다수의 개체이며	조사구(releve)면적의 5% 미만
1	어떤 경우에건 조사구 면적의 5% 미만	
	많은 개체이면서	매우 낮은 피도, 또는
	보다 적은 개체수이면서	보다 높은 피도
2	매우 풍부하며 피도 5% 미만, 또는 조사구내에서 피도 5%~25%	
3	수도를 고려하지 않으며	26%~50%
4	수도를 고려하지 않으며	51%~75%
5	수도를 고려하지 않으며	76%~100%

사구식생의 식물군락의 명명에 대한 식생보전등급이나 각 군락의 상태에 대한 평가는 제5차 전국자연환경조사 지침(식생분야)(국립생태원, 2019)에 따랐다.

현재까지 보고된 해안사구와 관련된 결과(제3차 전국자연환경조사)는 해안식생형의 해안사구관목군락(c1), 해안사구초원군락(c2)의 2가지가 있는데, 현재까지의 식물군락의 종류는 순비기나무군락과 통보리사초군락의 두 가지만 제시되어 있다(표 2, 표 3).

표 2. 연구대상 해안사구식생(군계, formation)의 설명(국립생태원, 2019)

상관식생형(physiognomy)	개요	분류코드
I. 해안식생 海岸植生 Coastal vegetation(C)		
1. 해안사구관목군락(海岸砂丘灌木群落)	사구(모래 언덕) 키 작은 관목군락: 해안사구관목군락. 모래사장 입지.	C ₁
2. 해안사구초원군락(海岸砂丘草原群落)	사구(모래 언덕) 초본식물군락: 해안 모래사장 등; 하천변 모래사장 초본군락과의 종조성적 교류 가능성(?)	C ₂
3. 자갈해안 초본식생(海岸礫地草原)	자갈해안 초본군락: 해안 자갈 입지	C ₃
4. 해안타선 유기물상 일년생 초본군락(海岸汀線 有機物上 一年生 草本群落)	파도에 의해 밀려오는 유기물 집적 해안선 최전방 입지에서 발달하는 일년생 초본군락	C ₄
5. 해안단애지초본군락(海岸斷崖地一年生草本群落)	해안절벽 및 급경사암각지의 일년생초본군락	C ₅
	해안절벽 및 급경사암각지의 다년생초본군락	C ₆
6. 해안단애지 삼림식생(海岸斷崖地森林植生)	해안절벽 삼림식생	C ₇

표 3. 연구대상 해안사구식생의 군락 종류(국립생태원, 2019)

분류코드	상관식생형	분류코드	식물군락기호	식물군락명
C1	해안사구관목군락	1501	Vir	순비기나무군락
C2	해안사구초원군락	1502	Cpu	좁보리사초군락

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 해안사구 식물군락의 특성

이들 지역에서 나타나는 식물군락으로는 갯그렁군락, 통보리사초군락, 좁보리사초군락, 갯지치군락, 갯메꽃군락, 갯완두, 사철쭉, 솔장다리군락, 수송나물군락, 호모초군락, 갯쇠보리군락, 갯방풍군락, 왕잔디군락, 갈대군락, 띪군락, 억새군락, 잔디군락, 천문동군락, 초종용군락, 갯그렁-띠군락 등과 해당화군락, 순비기나무군락, 해당화-순비기나무군락, 해당화-띠군락, 순비기나무-띠군락, 순비기나무-억새군락, 해당화-억새군락 등의 관목 식생이 나타났다(표 4, 그림 3, 부록 1).

대부분의 식생은 면적이 좁고, 순수한 군락으로 분포하였는데, 특히 전사구에서 순군락의 비율이 높고 벼과식물이 우점하여 나타났다. 신두리사구와 같이 사구의 면적이 크고 습지가 존재하는 일부 저지대에는 버드나무군락, 여뀌군락, 쇠치기풀군락, 산조풀군락이 나타났다.

해안사구의 고유한 식생으로 보기 어려운 외래성 식생으로는 칩군락, 달맞이꽃군락, 바랭이군락이 넓게 분포하였는데, 특히 사람의 출입이 빈번한 길가에 인접한 지소에 밀도가 높았다. 이것은 길을 만드는데 외부에서 가져온 토양 속에 있는 매토종자의 영향으로 판단된다.

식물군락에 출현하는 아우점종이나 동반종이 거의 없고, 거의 단일종으로 구성되어 있거나 식생의 피도는 육상이나 해안에 나타나는 다른 식물군락의 것보다 상대적으로 매우 낮다(문 등 2016).

이러한 특성은 해안사구가 바닷바람에 노출되고, 염분산의 영향을 받으며, 토양이 모래로 되어 있어 건조의 스트레스를 받고, 영양소의 함량이 낮기 때문에 이러한 환경 조건에 중성적인 식물들은 살기가 어려워 해안사구에서는 이러한 환경에 적응한 소수의 식물들만 생존할 수 있기 때문으로 판단된다.

신두리사구에서 모래해안으로부터의 거리에 따른 식생구배를 보면, 방형구 조사에서 전 지역에 걸쳐 모래해안과 접해있는 전사구(foredune)의 대부분 지역에서 갯그렁 군락이 나타났다. 갯그렁은 염분에 강하고, 뿌리가 깊고 지상부가 1m 가깝게 자라고 다른 해안사구식물보다 성장속도가 빠르다. 전사구 부분에서 갯그렁 군락이 있는 곳의 식피밀도는 40%에서 100%에 달했으나 확장되는 곳이나 내륙에서의 비율은 낮았다. 갯그렁 군락 이외에도 전사구 부분에는 순비기나무군락, 통보리사초군락과 갯쇠보리군

락, 해당화군락 등이 좁게 출현하였다. 이 가운데 통보리사초 군락은 대부분 모래가 집적된 곳에서 나타났으며, 좁보리사초는 모래 이동이 적고, 모래 퇴적이 적은 곳에서 넓게 나타났다.

모래가 쌓이거나 깎이는 전사구 후면부의 사구저지와 후사구부분에서는 통보리사초 군락과 갯메꽃군락, 그리고 좁보리사초군락 등이 나타났고, 규모는 좁지만 모래지치군락, 솔장다리군락이 분산되어 분포한다.

띠군락, 억새군락, 잔디군락은 해안에서 다소 멀리 떨어진 내륙의 사구의 저지에서 관찰되었고 모래가 퇴적되거나 침식되는 곳에는 드물게 통보리사초, 모래지치, 수송나무, 솔장다리, 갯메꽃이 출현하였다. 특히 모래의 집적이 활발하게 진행되는 곳에서는 대부분 통보리사초가 출현하였다.

이러한 해안 식물 군락의 분포는 서해안(신두리, 소항), 동해안(안인, 고래불), 도서(우의도)의 서식지에 따른 차이라기 보다는 전술한 바와 같이 사구의 면적, 보호상태에 따라 나타나는 것으로 판단된다. 특히 후 사구와 그 뒤의 육상상태계와 나타나는 곳에는 곰솔군락, 아까시나무군락, 떡갈나무군락이 매우 드물게 나타났다. 이러한 목본성 식생을 전형적인 사구의 것인지 또는 인위적인 도입이나 교란에 의한 것인지는 확실하지 않아 본 조사의 결과에서는 포함시키지 않았다.

표 4. 해안사구 식생의 주요 식물군락명과 출현한 사구지역

Community name 식물군락명	식생상관	조사지역
<i>Elymus mollis</i> community 갯그렁군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Carex kobomugi</i> community 통보리사초군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Messerschmidia sibirica</i> community 모래지치군락	해안사구 초원군락	신
<i>Salsola collina</i> community 솔장다리군락	해안사구 초원군락	신, 고
<i>Corispermum stauntonii</i> community 호모초군락	해안사구 초원군락	신
<i>Phragmites communis</i> community 갈대군락	해안사구 초원군락	신, 소
<i>Salsola komarovii</i> community 수송나물군락	해안사구 초원군락	신
<i>Ischaemum antheplhoroides</i> community 갯쇠보리군락	해안사구 초원군락	신, 우
<i>Carex pumila</i> community 좁보리사초군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Artemisia capillaris</i> community 사철쭉군락	해안형 초원군락	신, 우, 안
<i>Orobanche coerulescens</i> community 초종용군락	해안사구 초원군락	신, 고, 안
<i>Glehnia littoralis</i> community 갯방풍군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Asparagus cochinchinensis</i> community 천문동군락	해안사구 초원군락	신
<i>Rosa rugosa</i> community 해당화군락	해안사구 관목군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Vitex rotundifolia</i> community 순비기나무군락	해안사구 관목군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Miscanthus sinensis</i> community 억새군락	초원군락	신
<i>Imperata cylindrica</i> community 띪군락	초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Lathyrus japonicus</i> community 갯완두군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Calystegia soldanella</i> community 갯메꽃군락	해안사구 초원군락	신, 우, 소, 고, 안
<i>Zoysia macrostachya-Lathyrus japonicus</i> community 왕잔디-갯완두군락	해안사구 초원군락	고

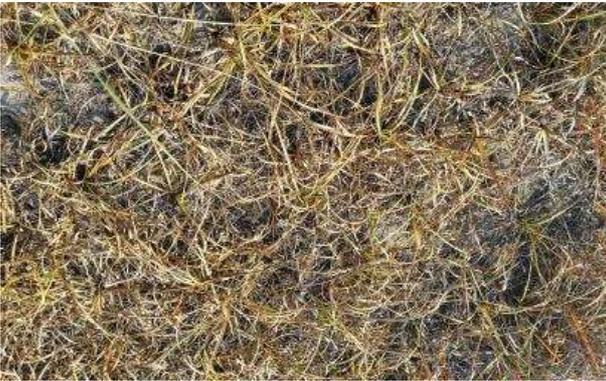
* 신; 신두리사구, 우; 우의도사구, 소; 소항사구, 고; 고래불사구, 안; 안인사구



해당화군락



순비기나무군락



통보리사초군락



쯤보리사초군락



모래지치군락



띠군락



갯씀바귀-띠군락



왕잔디-갯완두군락

그림 3. 해안사구 식생과 식물군락.

	
갯메꽃-통보리사초군락	갯그렁군락
	
갯방풍군락	좁보리사초군락
	
갯쇠보리군락	갯완두군락
	
쇠치기풀군락	수송나물군락

그림 3. 해안사구 식생과 식물군락. (계속)

	
순비기나무-갯그렁군락	순비기나무-띠군락
	
억새군락	천문동군락
	
솔장다리군락	해당화-띠군락
	
취군락	갈대군락

그림 3. 해안사구 식생과 식물군락. (계속)

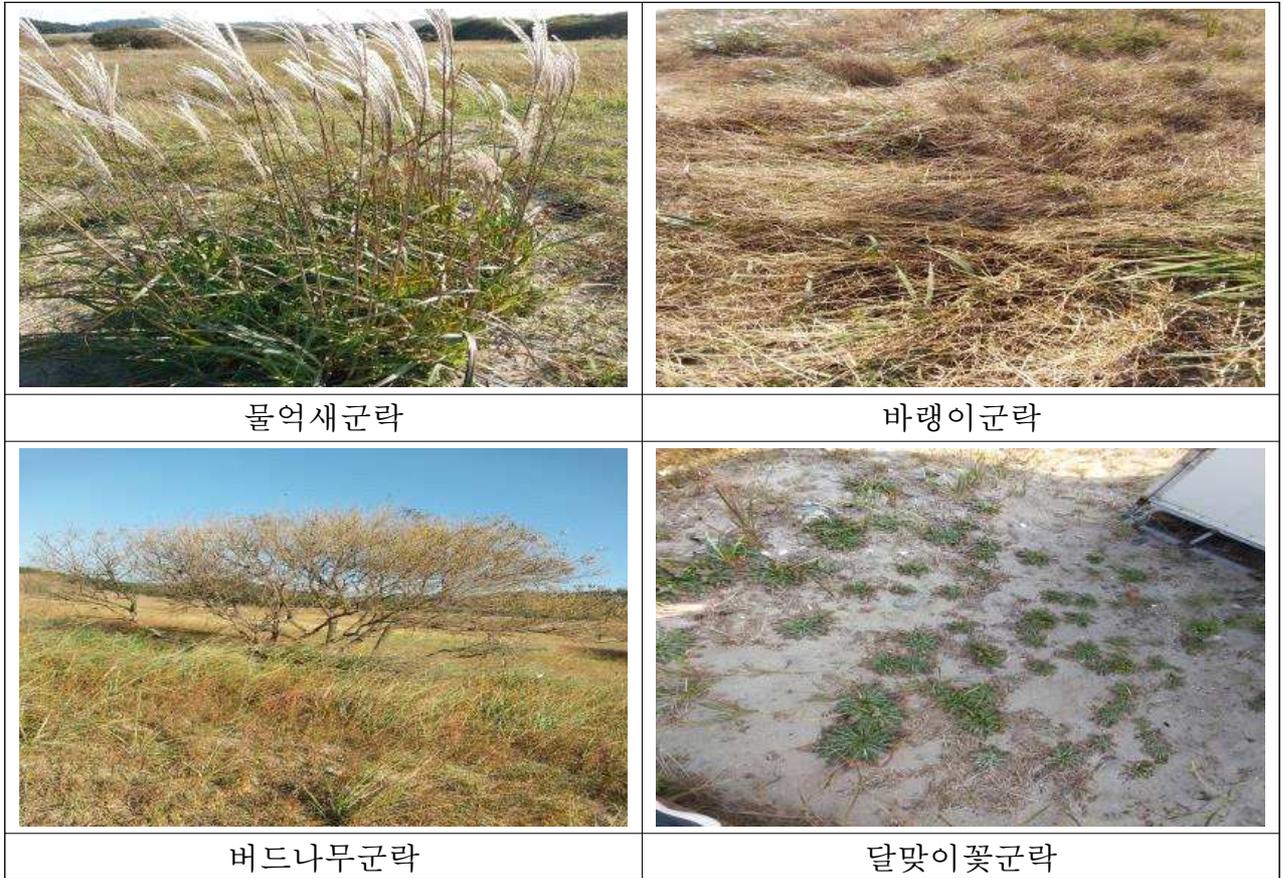


그림 3. 해안사구 식생과 식물군락. (계속)

2. 식생보전등급 평가와 산정 시 고려 사항

해안사구 식생의 식생보전등급은 식물군락의 종류나 띠와 같이 외지성 구성종의 출현 정도에 따라 1등급부터 3등급까지 판정할 수 있다. 이것은 해안사구라는 입지조건이 갖는 특성과 함께 기회적으로 출현할 수 있는 종의 고유성(외지성)의 정도를 종합하여 결정한 것이다(표 5, 표 6, 표 7, 표 8, 표 9).

이처럼 두 가지를 고려하는 것은 사구의 입지가 전형적인 바닷가의 영향을 직접적으로 받는 해안선에 인접한 지역(전사구 주변)부터 육상의 영향을 크게 받는 내륙쪽(후사구 이후)에 폭 넓게 분포하여 다양한 식물종이 생육할 수 있기 때문이다.

다시 말하면 해안사구의 식생의 보전등급을 산정할 때는 우선적으로 해안사구의 공간(영향권)에 대한 정의를 명확히 하는 것이 필요하다. 이렇게 본다면 전사구에 분포하는 식생은 모두 전형적인 해안사구식생으로 볼 수 있다(표 5).

특히 신두리사구와 같이 규모가 큰 경우에는 습지가 형성되어 수생식물까지도 출현할 수 있어 버드나무군락이나 쇠치기풀군락, 물억새군락 등이 분포한다. 습지(습지식물)는 사구의 전형적인 특징인 건조와 반대적인 생육지(식물)의 특징을 갖지만, 해안사구라는 입지조건 내에 분포하기 때문에 해안사구식생의 한 부분으로 고려하는 것이 바람직하다. 이러한 사실로 볼 때 사구에는 내염성 식물을 포함한 매우 다양한 생활형을 갖는 식물이 분포한다.

띠군락, 갈대군락, 억새군락, 산조풀군락과 사철쭉군락, 칩군락 등은 해안사구의 습지와 같은 식물군락은 다른 입지에도 출현하는 식물군락이다. 사철쭉군락은 해안사구뿐만 아니라 해안의 다양한 곳(양토나 식양토 등)에 출현하나 초종용의 숙주이기 때문에 사구의 고유한 식생 구성원이나 칩군락은 교란된 곳에서 최근에 출현하는 식물군락으로 사구의 고유식생으로 보는 것은 타당하지 않다(표 9).

식생보전등급 평가항목에서 다른 육상식생의 유형처럼 일반적인 평가항목과 관련되는 고려사항이 적용될 수 있으나 해안사구 식생의 평가에서는 무엇보다도 해안의 입지가 우선적이라 판단된다. 하천이나 하구의 사구에 형성되는 일반적인 사구식생과는 다르게 평가되어야 하기 때문에 해안사구에 적용된 종의 유무가 가장 핵심적인 평가기준이 되어야 할 것이다. 따라서 해안사구성이 아닌 띠나 억새와 같은 외지성(비사구종) 식물종의 출현 정도와 유무가 중요한 기준으로 사용하는 것이 필요하다(표 10). 이러한 이유는 사구외의 지역에서도 왕성하게 번식하거나 생육하는 띠나 칩과 같은 식물종은 고유 사구식생종을 경쟁에서 밀어낼 수 있기 때문에 외래성 사구식물이 출현하는 경우에는 그 등급을 식생의 구성종과 식피율에 따라 서로 다르게 평가되는 것이 필요하다고 판단된다(표 6).

표 5. 해안사구 초원식생의 식물군락I(갯그렁군락, 통보리사초군락, 갯지치군락, 솔장다리군락, 수송나물군락, 호모초군락, 갯쇠보리군락, 갯방풍군락, 왕잔디군락, 천문동군락, 사철쭉군락 등)의 식생보전등급 평가 항목 결과

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구의 초원에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 초본층으로만 구성되어 있으나 지하부와 뿌리가 서로 밀접하여 연결되어 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 높음 · 해안사구의 내염성의 고유식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- I(1등급)

표 6. 해안사구 초원식생 식물군락II(갈대군락, 띠군락, 억새군락, 물억새군락, 산조풀군락, 쇠치기풀군락 등)의 식생보전등급 평가 항목 결과

평가항목	내용
분포 희귀성	- 중간 · 해안사구, 습지, 평지 및 산지의 건조하거나 화재의 영향이 있거나 가축의 방목의 영향을 받는 곳에 분포. 해안사구에서는 사구의 규모가 큰 경우에 드물게 출현함
식생복원 잠재성	- 보통 · 안정화되는 식물군락으로 발전하는데 10-20년 내외의 시간이 소요
식생구조 온전성	- 높거나 보통 · 안정적인 경우도 있으나 사구고유식물종이 비사구식물의 벼과식물(띠) 등으로 교체가 일어남
구성식물종 온전성	- 보통 · 사구를 구성하는 해안사구 식물종이나 중성식물도 분포함. 외래종은 없음
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- II(2등급)

표 7. 해안사구 관목 식물군락(순비기나무군락, 해당화군락, 해당화-순비기나무군락 등)의 식생보전등급 평가 항목 결과

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구의 관목림에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 관목층으로만 구성되어 있으나 지하경과 뿌리가 발달하여 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 높음 · 해안사구에서 내염성의 고유식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- I(1등급)

표 8. 해안사구 관목-초본군락(순비기나무-억새군락, 해당화-갯그렁군락 등)의 식생보전등급 평가 항목 결과

평가항목	내용
분포 희귀성	- 높음 · 해안사구의 관목림에서만 특이 분포
식생복원 잠재성	- 높음 · 장기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 관목층으로만 구성되어 있으나 지하경과 뿌리가 발달하여 구조적으로 다소 안정적임
구성식물종 온전성	- 중간 · 해안사구에서 내염성의 고유식물종과 비사구 식물종으로 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- II(2등급)

표 9. 해안사구 초원식생군락(바랭이군락, 달맞이꽃군락, 칩군락 등)의 식생보전 등급 평가 항목 결과

평가항목	내용
분포 희귀성	- 낮음 · 해안사구와 습지 및 건조지에도 분포하는 식물군락임
식생복원 잠재성	- 낮음 · 단기간의 기후 및 지형(토양) 환경에 적응된 식생임
식생구조 온전성	- 높음 · 초본층으로만 구성되어 있음
구성식물종 온전성	- 중간 · 해안사구와 중성식물의 고유 및 외지성 식물종으로만 구성됨
중요종 서식	- 낮음 · 멸종위기식물이나 희귀식물은 없음
식재림 흉고직경	- 내용 관련 없음
등급 평가	- III(3등급)

표 10. 해안사구식생의 식생보전등급 평가와 산정 시 고려사항

평가항목	내용
구성식물종 온전성	해안사구라는 입지조건이 갖는 특성과 함께 기회적으로 출현할 수 있는 식물종의 고유성을 고려

IV. 결 론

한국의 해안사구 식생의 식물군락과 특성을 연구한 결과는 다음과 같다.

첫째, 우리나라의 해안사구 식생은 초원식생과 관목군락, 관목-초원혼효림으로 구성되어 있으며, 초본식물이 우점한다. 둘째, 해안사구 식생은 사구의 크기(지형)에 따라 사구고유 식생구성종외 습지식물종에 이르기까지 다양하게 분포한다. 셋째, 해안사구 내 띠나 칩, 달맞이꽃과 외지성 식생의 확산되는 것을 막는 관리방안이 필요하다.

본 연구의 결과를 종합하여 해안사구 식생의 식생보전등급 판정기준 개선(안)을 제시하였고, 내용은 아래와 같다(표 11).

표 11. 해안사구 식생의 식생보전등급 판정기준 개선(안)

구분	내용
I 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과 등의 내염성 식물종이 우점함 (가) 종조성이 고유한 해안사구 식물종으로만 구성됨 (나) 비사구 식물종이나 외래종의 출현이 전혀 없음 (다)해안사구 초원식생 (갯그렁군락, 통보리사초, 갯지치군락, 갯쇠보리군락, 갯방풀군락, 솔장다리군락, 호모초군락, 사철쭉군락 등) (라)해안사구 관목림(순비기나무군락, 해당화군락, 해당화-순비기나무군락 등)
II 등급	자연 환경적 조건에 의하여 형성된 안정된 해안사구식생으로 우점종은 벼과나 사초과 등의 내염성 식물종과 띠 등의 외지성 식물이 출현함 (가) 고유 해안사구 식물종이 출현종의 50% 이상 (나) 비고유 사구식물종이 식피율의 5% 미만, 외래종 비출현 (다)고유사구식물-비고유사구식물 식생 (해당화-억새군락, 순비기나무-억새군락, 갈대군락, 갯그렁-띠군락, 통보리사초-띠군락, 산조풀군락, 억새군락, 물억새군락, 띠군락 등)
III 등급	해안사구에 형성된 비사구 식물종이 우점함 (가) 종 조성이 고유한 해안사구 식물종이 출현종의 50% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 이상 (다)비고유성 해안사구 식생 (바랭이군락 등)
IV 등급	평지나 산지 등에 인위적으로 식재되거나 도입된 해안사구 식생
V 등급	인위적 교란지에 형성되었거나 관리되는 해안사구 식생 (가) 종 조성이 고유한 해안사구식물종이 출현종의 30% 이하 (나) 비고유성 사구식물종이나 외래종의 식피율이 5% 이상

- 국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침. 국립생태원. 서천.
- 국립생태원(국립환경과학원). (2006-2021). 전국자연환경조사(사구) 보고서. 국립생태원. 서천.
- 김철수, 송태곤. (1983). 해변염생식물군집에 대한 생태학적 연구. 한국생태학회지. 6: 167-176.
- 문형태, 정연숙, 유영한. (2016). 식물생태학. 홍릉과학출판. 서울.
- 박지원. (2021). 한국 서·남해안 염습지의 식물군락 분포와 서식지 특성에 관한 연구. 공주대학교 석사학위논문.
- 박지원, 이승연, 이용필, 김의주, 박재훈, 이정민, 김민주, 노재영, 한동욱, 유영한. (2020). 부산광역시 해안사구의 식물다양성과 식생 특성. 한국습지학회지. 22: 66-72.
- 방광자, 이동근, 강현경. (1998). 연안습지의 자연현황 분석 및 그 활용에 관한 연구 -태안 신두리 지역을 중심으로-. 환경영향평가. 7-1: 71-80.
- 서종철. (2001). 서해안 신두리 해안사구의 지형변화와 퇴적물 수지. 지리학논총 별호. 41: 1-96.
- 이승호. (1988). 한국 서·남해안 간석지의 식생변화에 관한 연구. 군산대학교 석사학위논문.
- 이창복. (1980). 대한식물도감. 향문사. 서울.
- 임병선, 이점숙, 김하송, 김종욱, 이승호. 1999. 영덕 연안의 사구 염생식물 분포와 현존량에 관한 연구. 목포대 논문집. 16: 15-22.
- 정연숙. (1989). 수 중 군반형성식물의 영양생장과 모듈의 동태. 서울대학교 박사학위논문. pp. 166.
- Barbour, M, G. (1970). The flora and plant communities of Bodega Head, California. Madrono. 20(6): 289-313.
- Chapman, V. J. (1977). Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific publishing Company. New York. pp. 428.
- Duncan, W. H. (1974). Vascular halophytes of the Atlantic and Gulf coasts of North America north of Mexico, pp. 23-50. In R. J. Reihold and W. H. Queen (eds.). Ecology of Halophytes. Academic Press. New York. pp. 605.
- Hoover, R, F. 1970. The vascular plants of San Luis Obispo County, California. University of California Press. Berkeley. pp. 350.
- 제종길. (2000). 신두리 해안사구. https://nationaltrust.or.kr/bbs/board.php?bo_table=B24&wr_id=21&page=5 (검색 2022.11.16)

Ⅵ. 부록

부록 1. 사구의 식물군락 종조성표

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
평균 식피율 (%)	40	30	25	25	25	100	50	50	70	30	25	80	90	40	80	90	70	80
평균 식생높이 (m)	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	1.6	0.3	0.4	0.1	0.4	0.2	0.6	1.3	1.4	1.2	0.4	0.4	0.5
식물종	종수																	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Elymus mollis</i> Trin. 갯그렁	2-5																	
<i>Carex kobomugi</i> Ohwi 통보리사초	2-5																	
<i>Messerschmidia sibirica</i> L. 모래지치	2-3																	
<i>Salsola collina</i> Pall. 솔장다리	2-3																	
<i>Corispermum stauntonii</i> Miq. 호모초	2-3																	
<i>Phragmites communis</i> Trin. 갈대	4-5																	
<i>Salsola komarovii</i> Iljin 수송나물	3																	
<i>Ischaemum antheboroides</i> (Steud.) Miq. 갯쇠보리	2-3																	
<i>Carex pumila</i> Thunb. 좁보리사초	2-5																	
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb. 사철쭉	3																	
<i>Glehnia littoralis</i> F. Schmidt 갯방풍	2																	
<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr. 천문동	4-5																	
<i>Rosa rugosa</i> Thunb. 해당화	2-5																	
<i>Vitex rotundifolia</i> L. f. 순비기나무	2-5																	
<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson 억새	3-5																	
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raesch. 띪	2-5																	
<i>Lathyrus japonicus</i> Willd. 갯완두	2-4																	
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schult. 갯메꽃	2-5																	

부록 1. 사구의 식물군락 종조성표(계속)

번호	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
평균 식피율(%)	50	40	35	40	40	50	80	90	90	90	80	90	80	90	80	70	20	40	30	30
평균 식생높이(m)	0.30	.20	.30	.30	.50	.30	.10	.61	.41	.41	.21	.10	.40	.40	.40	.30	.30	.30	.10	.2
식물종	종수																			
	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2
<i>Elymus mollis</i> Trin. 갯그렁	3												3						2	
<i>Carex kobomugi</i> Ohwi 통보리사초		3				+								3	3					
<i>Messerschmidia sibirica</i> L. 모래지치						1									3	1	2			
<i>Salsola komarovii</i> Iljin 수송나물																	3			
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch. 띪	1	1	3				1	1	3	3			1	1						2
<i>Ischaemum antheboroides</i> (Steud.) Miq. 갯쇠보리						3														
<i>Carex pumila</i> Thunb. 좁보리사초				3			4													
<i>Asparagus cochinchinensis</i> Merr. 천문동								5												
<i>Orobanche coerulescens</i> Stephan 초종용																				3
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb. 사철쭉																				2
<i>Zoysia macrostachya</i> Franch. & Sav. 왕잔디																				3
<i>Ixeris repens</i> (L.) A. Gray 갯씀바귀																				3
<i>Rosa rugosa</i> Thunb. 해당화									3											
<i>Vitex rotundifolia</i> L. f. 순비기나무									1	3	4	2								
<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson 억새																				
<i>Lathyrus japonicus</i> Willd. 갯완두					3						1		4							2
<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schult. 갯메꽃															3					
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃		1	+	+																

별첨 2. “해안절벽 식생”에 대한 세부 연구 내용(조사 내용 및 결과)

국가 특이식생(해안절벽 식생) 발굴을 위한 연구

- 해안절벽 식생의 발굴 및 식생보전등급을 평가하기 위한 생태적 검토 -

I. 서론

지구상의 생물은 탄생 이후 약 40억년의 역사를 통해 다양한 환경에 적응하고 진화한 결과, 아직 밝혀지지 않은 생물체를 포함하면 약 3000만종 가량 되는 것으로 추정되고 있다(JME, 2012; Primack, 2012). 이러한 생명체들은 각기 다른 특징을 가지고 있으며, 그물과 같이 다양한 관계 속에 서로 얽혀 살아가는데 그것이 바로 생물다양성이다 (Gaston & Spicer, 2004; Sodhi & Ehrlich, 2010; JME, 2012; Primack, 2012; ESK, 2013).

지구상의 생물에 대한 가장 심각한 위협은 가속화되는 생물다양성의 소실로 발생한 생물학적 빈곤화이다. 이러한 생물다양성 감소는 종과 그들의 서식처의 감소에 기인한다. 생물다양성 감소의 주요 원인이 서식처 파괴와 그것의 질 저하에 기인한다는 사실을 고려하면 빠르게 사라지고 있는 생물다양성을 보호하기 위한 대책은 단순히 생물다양성만을 고려하기 보다는 생물, 생태 및 경관의 이질성을 포괄하는 생태다양성 보존으로 사고의 전환이 시급히 요청된다(Naveh, 1994; Lim et al, 2020).

해안절벽은 바다 근처에 위치한 매우 가파른 바위 사면이다. 그들은 계단상으로 쌓여 있고, 절벽 (ledges), 갈라진 틈 (crevices), 돌출부 (overhangs)를 가지고 있다. 해안절벽은 바다에서 바로 솟아오르거나 좁은 해안에 의해 분리될 수 있다. 절벽과 노암들은 다양한 서식지를 제공한다: 이끼와 지의류만으로 덮인 나출된 암반도 있고 토심이 깊어 목본식물이 우점하는 장소도 있으며 심하게 노출된 환경이 있고 그들이 질게 드리워진 피난처도 있으며, 매우 건조한 곳이 있고 매우 습한 표면도 있다. 해안절벽은 특히 염분, 강풍 또는 건조의 영향을 받는다. 따라서 이러한 서식지에 특징적인 염생식물과 다육식물이 그곳에 자라고 목본식물은 종종 성장이 억제되거나 바람에 꺾인다. 해안절벽은 보통 조수의 영향을 받는 암반에서 시작하여 20-30m 높이까지 가파르게 솟아 있다. 몇몇 외래종이 있기도 하지만 대부분의 식물군집은 인위적 간섭을 받지 않고 있다(Wilson & Cullen, 1986; Kennedy & Dickson, 2007; Ramesh et al, 2017).

해안절벽은 해안 주변의 주요 식물생육지이지만 사구(Jung & Kim 1998; Kim et al, 2009; Shin et al, 2015) 및 염습지(Min, 1985; Lee & Kim 1988; Ihm, 1989; Lee, 1989; Ihm et al, 1998a; Ihm et al, 1998b; Kim et al, 2005; Han, 2008; Lee et al, 2009; Lee et al, 2012)와 달리 국내에서 거의 연구가 이루어지지 않았다. 해안식생에 대한 연구에서 절벽식생은 간단히 기술된 정도이고(Lee et al, 2003; Song et al, 2008; Song et al, 2009; Choi et al, 2012; Kim, 2012; Kim et al, 2013), 해안절벽 식생을 종합적으로 다룬 연구는 드물다(Jung et al, 2019).

인구밀도가 높은 우리나라에서 해안지역을 포함해 대부분의 저지대는 과도하게 개발되어 있다. 따라서 보호지역을 제외하면 자연환경의 온전한 모습을 갖춘 지역을 찾기 어렵다. 하지만 해안절벽은 접근이 용이하지 않은 관계로 보존상태가 비교적 양호한 편이다. 그러나 근래 이러한 지역에도 관광지 개발 등의 영향으로 귀중한 생태자원이 소실될 위기를 맞고 있다. 따라서 그 보존을 위해 보호지역 지정 또는 보호지역 수준의 보존대책이 필요하다. 보호지역은 생물다양성과 자연자원 그리고 그들로부터 유래하는 생태적 상품과 서비스의 보존에서 중요한 역할을 한다. 보호지역 밖에서의 생태계 관리는 자연의 개조와 조절, 작물생산, 자연자원의 이용도 가능하지만, 보호지역 내에서의 관리는 생태계를 가능한 자연상태로 유지하여야 한다(Stolton et al, 2015). 본 연구는 해안절벽에 성립한 식생의 공간 분포와 구조를 밝히고 그 보존대책을 마련하는 것을 목표로 하고 있다.

II. 조사 방법

1. 조사지 개황

해안절벽의 식생을 강원도 고성(백도항 주변)과 동해(추암 해변), 경상북도 포항(호미곶), 경상남도 창원(진해구 행암동) 및 전라남도 신안(자은도) 지역을 중심으로 검토하였다(그림 1). 강원도 고성 백도항 부근의 해안에는 보통 곰솔군락이 우점하는 다른 해안지역과 달리 소나무군락이 성립해 있어 특징적인 모습을 보이고 있다(그림 2). 그 하층에는 떡갈나무, 참싸리, 새, 억새, 솔새, 기린초, 닭의장풀 등이 출현하여 건조한 지소에 성립하는 소나무군락의 특징을 반영하고 있다. 또한, 담쟁이덩굴, 땃대이덩굴, 노박덩굴같은 덩굴 식물도 높은 출현빈도를 보였는데, 이는 노암지가 넓은 면적을 차지하고 있음을 의미한다. 한편, 해국 또한 높은 출현빈도를 보였는데 이는 본 조사지역이 특이하게 소나무군락이 지배하고 있지만, 해변의 특징을 보여주는 결과로 해석된다. 그밖에, 미국자리공, 바랭이, 명아주 등도 높은 식피율을 보였는데, 이는 본 조사지역이 잦은 인간 간섭에 노출된 데 기인한 결과로 판단된다. 한편, 노암 나출도가 높고 토심이 얇은 지소에는 천이 측면에서 볼 때 소나무군락의 전 단계로 판단할 수 있는 참싸리군락이 성립해 있다.

강원도 동해 추암 해변의 식생은 해안에 전형적인 모습으로 곰솔군락이 지배하고 있다. 곰솔군락의 하층에는 구기자나무, 돌가시나무, 사철나무, 갯메꽃, 기린초, 도깨비고비 등이 높은 출현빈도를 보이고 있다. 곰솔의 식피율이 낮은 곳은 노암의 식피율이 높아 담쟁이덩굴, 땃대이덩굴, 머루 등 덩굴식물의 빈도 및 피도가 높은 편이다. 또한, 천이 측면에서 곰솔군락의 전 단계를 이룰 것으로 판단되는 구기자나무, 사철나무, 돌가시나무, 향나무, 비쭉, 기린초, 기장대풀 등의 출현빈도와 식피율도 높았다. 한편, 이러한 지소에는 해안의 특성을 반영하는 해국, 갯메꽃, 땅채송화 등의 빈도와 식피율도 높은 경향이였다.

경상북도 포항의 호미곶에는 돌가시나무군락, 땅채송화군락, 해국군락, 곰솔군락, 팽나무군락, 모감주나무군락, 떡갈나무군락, 곰솔군락 등 다양한 해안절벽식생이 성립해 있다. 돌가시나무군락은 토심이 얇은 해안절벽에서 돌가시나무와 갯메꽃, 갯그렁, 땅채송화 등이 어울려 군락을 이루고 있다. 땅채송화군락은 해안절벽의 저지대에서 땅채송화와 함께 해국, 갯메꽃 등이 어울려 군락을 이루고 있다. 해국군락은 토심을 거의 확보하지 못한 해안절벽의 틈, 바다에 솟은 거석 위 등에서 군락을 이루고 있다. 천연기

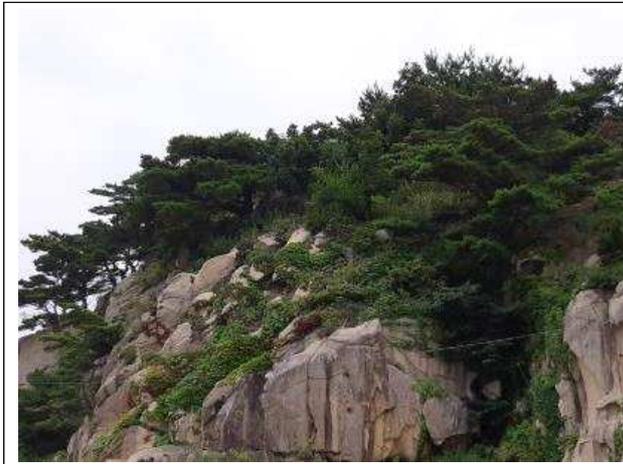
넙물로 지정된 모감주나무군락은 해안절벽의 중턱 부근으로 어느 정도 토심을 확보한 장소에서 느티나무, 팽나무, 보리밥나무, 계요등, 닭의장풀, 산국 등과 어울려 군락을 이루고 있다. 팽나무군락은 해안절벽의 상부에 성립하는데, 토심이 얇고 바람의 영향도 강해 식물의 수고가 낮다. 팽나무군락은 팽나무가 보리밥나무, 까마귀밥나무, 뽕나무 등과 어울려 군락을 이루고 있다. 곰솔군락은 해안절벽 상부와 단구 평면의 선단부가 만나는 부분에 성립해 있다. 그 하층에는 보리밥나무, 돌가시나무, 닭의장풀 등의 출현빈도가 높아 본 지소가 토심이 얇고 교란이 빈번한 장소임을 설명해주고 있다. 떡갈나무군락은 해안단구의 완만한 경사지로서 비교적 깊은 토심을 확보한 지소에 성립해 있다. 그 하층에는 팽나무, 쥐똥나무, 까마귀밥나무, 초피나무, 닭의장풀, 기름새, 주름조개풀 등이 어울려 군락을 이루고 있다.

경상남도 창원(진해구 행암동)의 식생은 해안에 전형적인 모습으로 곰솔군락이 지배하고 있다. 그러나 바다에 가까워 암반이 노출된 장소에는 기린초가 단독으로 군락을 형성하거나 돌가시나무가 군락을 형성하고 있다. 토심이 깊은 계곡에는 졸참나무를 비롯한 참나무류의 빈도와 식피율이 증가하여 향후 곰솔군락이 이러한 활엽수 우점 식물군락으로의 천이를 예상할 수 있다. 곰솔군락에는 검양웃나무, 떡갈나무, 졸참나무, 억새, 그늘사초 등이 자주 출현하였고, 사스레피나무도 자주 출현하여 난온대 지역 식생의 특징을 반영하였다. 돌가시나무군락에는 기린초, 계요등, 억새, 천선과나무, 참나리 등의 출현빈도가 높았다. 순군락을 이루지 못하였지만 졸참나무군락도 출현하였는데, 이 군락에는 곰솔, 돈나무, 보리수나무, 비쭉, 참나리, 계요등 등의 출현빈도가 높았다.

전라남도 신안(자은도)의 식생은 해안에 전형적인 모습으로 곰솔군락이 지배하고 있다. 곰솔군락에는 떡갈나무, 돌가시나무, 땅비싸리, 억새, 솔새 등의 출현빈도가 높았다. 그 중에서 떡갈나무의 경우는 식피율도 높아 곰솔군락의 떡갈나무군락으로의 천이를 예상할 수 있다. 한편, 이 지역의 곰솔군락에서도 사스레피나무가 자주 출현하여 난온대 지역 식생의 특징을 반영하였다. 또한, 이 지역에서는 다른 지역에서 발견되지 않은 소사나무의 출현빈도가 높고 식피율도 높아 다른 지역과 차이를 보였다.



그림 1. 해안절벽 식생을 조사한 지역의 위치.



소나무군락
(강원도 고성 백도항 주변 해안절벽)



곰솔, 사철나무, 향나무 등이 어울려 성립한 식생
(강원도 동해 추암해변 절벽)



곰솔군락
(경상북도 포항 호미곶 해안단구)



곰솔군락
(경상남도 창원시 진해 부근 해안)



곰솔군락
(전라남도 신안 해안절벽)

그림 2. 해안절벽에 성립한 식생.

2. 식생조사 및 식생보전등급판정 평가

식생조사는 초지, 관목림지 및 교목림지에 각각 1 x 1 m, 5 x 5 m 그리고 10 x 10 m 크기의 조사구를 설치하고, Braun-Blanquet (1965)법을 적용하여 수행하였다. 식생자료는 총 107개 조사구에서 수집되었다. 식생조사는 무작위로 선정된 조사구에 출현하는 식물의 피도를 Braun-Blanquet 계급으로 기록하여 수행하였다.

식분 간 종 조성의 차이는 서열법을 적용하여 분석하였다. 서열법에 적용하기 위한 각 종의 피도 계급은 각 피도 계급의 식피율 범위의 중간 값을 적용하여 정량화하였다. 서열화는 DCA법으로 수행하였다(Hill, 1979).

모든 식생조사와 식생보전등급 평가 및 등급분류 기준은 제5차 전국자연환경조사지침을 따라 수행하였다(국립생태원, 2019).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 식생의 서열화

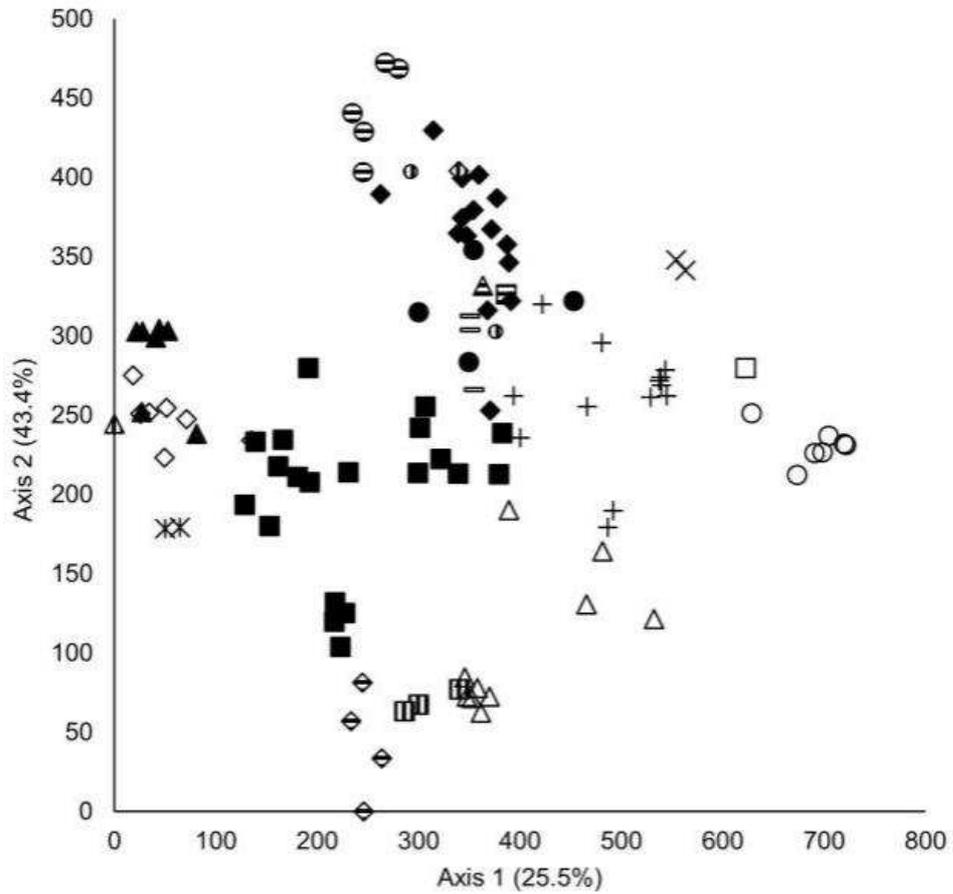
강원도 고성(백도항 주변)과 동해(추암 해변), 경상북도 포항(호미곶), 경상남도 창원(진해구 행암동) 및 전라남도 신안(자은도) 지역에서 수집한 식생자료에 기초하여 식분을 서열화한 결과, 1축 상의 오른쪽에서 왼쪽으로 이동함에 따라 포항(호미곶), 동해(추암), 창원(진해구 행암동) - 고성(백도항), 신안(자은도) 및 포항(호미곶) 식분의 순서로 분포하였다(그림 3, 그림 4).

포항(호미곶)지역의 식분들은 1축 상에서 넓게 분포하여 다른 지역과 차이를 보였는데, 오른쪽에서 왼쪽으로 이동함에 따라 초본 우점 식생, 관목 우점 식생, 침엽수 우점 식생 및 활엽수 우점 식생의 순서로 변하여 그 배열이 식생의 천이단계를 반영하였다. 고성(백도항) 지역의 식분들은 다른 지역의 식분들보다 2축 상의 위쪽에 분포하였다. 이러한 결과는 이 지역의 식생이 곰솔군락이 지배하는 다른 지역의 식생과 달리 소나무군락이 지배하여 나타나는 결과이다. 이 지역의 식분들 중 토심이 깊은 곳에 성립한 소나무군락의 식분들은 2축 상에서 상대적으로 위쪽에 그리고 토심이 얇은 곳에 성립하는 참싸리, 담쟁이덩굴, 새 등과 같이 관목이나 초본 식물이 우세한 식분들은 아래쪽에 분포하였다.

동해(추암) 지역의 식분들은 2축 상의 아래에서 위로 이동함에 따라 곰솔군락, 향나무군락-사철나무군락, 담쟁이덩굴군락 및 땃대이덩굴군락의 순서로 변해 이러한 배열 또한 천이단계를 반영하는 것으로 판단되었다.

창원(진해구 행암동)의 식분들은 상대적으로 멀리 분산되지는 않았다. 들가시나무와 기린초가 우점하는 식분은 오른쪽 그리고 곰솔이 우점하는 식분은 왼쪽에 분포하는 경향이고, 초본이나 관목이 우점하는 식분이 곰솔이 우점하는 식분보다 2축 상에서 아래쪽에 분포하는 경향이였다.

신안(자은도) 지역의 식분들은 모두 곰솔이 우점하는 식분들이지만, 하층식생으로 떡갈나무의 식피율이 상대적으로 높아 1축 상에서 다른 지역의 곰솔군락 식분보다 왼쪽에 분포하고 있다.



□ <i>Setaria viridis</i>	■ <i>Pinus thunbergii</i>
▣ <i>Phedimus kamtschaticus</i>	▤ <i>Celastrus orbiculatus</i>
◇ <i>Commelina communis</i>	◆ <i>Parthenocissus tricuspidata</i>
◈ <i>Cocculus orbiculatus</i>	◊ <i>Pittosporum tobira</i>
△ <i>Rosa lucieae</i>	▲ <i>Quercus dentata</i>
▲ <i>Koelreuteria paniculata</i>	▴ <i>Phacelurus latifolius</i>
○ <i>Sedum polytrichoides</i>	● <i>Euonymus japonicus</i>
⊙ <i>Arundinella hirta</i>	◉ <i>Pinus densiflora</i>
× <i>Plantago lanceolata</i>	× <i>Celtis sinensis</i>
+ <i>Aster spathulifolius</i>	- <i>Juniperus chinensis</i>

그림 3. 해안절벽 식생별 서열화 결과.

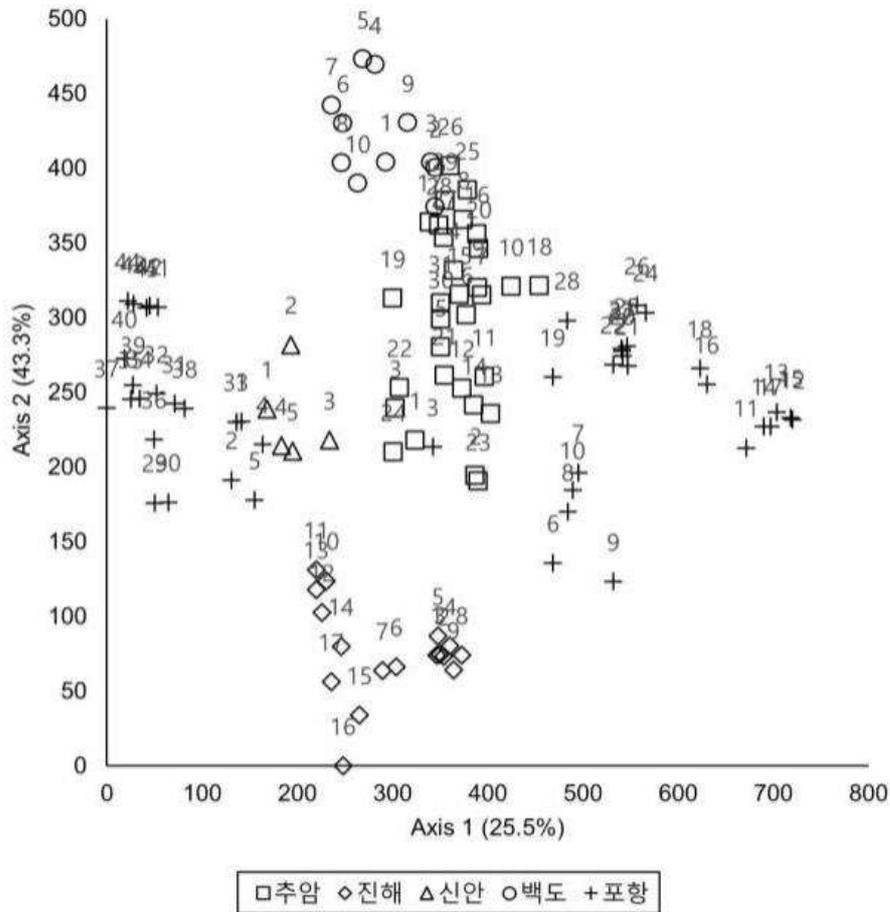


그림 4. 조사지역별 해안절벽 식생 서열화 결과.

2. 군락특성

고성(백도향), 동해(추암), 포항(호미꽃), 창원(진해구 행암동) 및 신안(자은도) 지역 해안절벽에서 수집된 식생조사에서 소나무군락, 곰솔군락, 떡갈나무군락, 팽나무군락, 졸참나무군락, 모감주나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 참싸리군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락 및 땅채송화군락의 15개 식물군락이 확인되었다.

모암 나출도가 높은 암반 상에 성립한 소나무군락의 하층에는 떡갈나무, 참싸리, 새, 억새, 솔새, 기린초, 닭의장풀 등이 높은 빈도와 식피율로 출현하여 건조한 지소에 성립하는 소나무군락의 특징을 반영하고 있다(부록 1). 또한, 담쟁이덩굴, 땃덩이덩굴, 노박덩굴 같은 덩굴 식물도 높은 출현빈도를 보였는데, 이는 노암지가 넓은 면적을 차지하고 있음을 의미한다. 한편, 해국 또한 높은 출현빈도를 보였는데, 본 조사지역이 특이하게 소나무군락이 지배하고 있지만, 해변의 특징을 보여주는 결과로 해석된다. 그

밖에 미국자리공, 바랭이, 명아주 등도 높은 식피율을 보였는데, 이는 본 조사지역이 잦은 인간 간섭에 노출된 데 기인한 결과로 판단된다. 한편, 노암의 식피율이 높고 토심이 낮은 지소에는 천이 측면에서 볼 때 소나무군락의 전 단계로 판단할 수 있는 참싸리, 땃쟁이덩굴 및 담쟁이덩굴이 우점하는 군락도 성립해 있다.

곰솔군락은 고성(백도항)을 제외한 전 지역에 출현하였다. 해안절벽에서는 주로 절벽상단부로 어느 정도 토심을 확보한 장소에 성립하고 있다. 이 군락은 일반적으로 곰솔이 단독으로 임관을 이루어 순림을 형성하고 있다. 그 하층에는 들가시나무, 억새, 계요등, 큰기름새, 담쟁이덩굴, 땃쟁이덩굴, 참나리, 해국 등이 높은 출현빈도를 보였다. 임관층에서는 순림을 이루고 있지만, 하층에서 떡갈나무, 졸참나무, 팽나무, 팔배나무 등의 교목성 식물들도 높은 출현빈도를 보여 여건에 따라 다른 군락으로의 천이 가능성도 보이고 있다(부록 2). 한편, 창원(진해구 행암동)과 신안(자은도)에 성립한 곰솔군락에서는 사스레피나무 그리고 포항(호미곶)에 성립한 곰솔군락에서는 향나무의 빈도와 피도가 높은 경향이었다(부록 2).

떡갈나무군락은 포항(호미곶)에 성립해 있다. 지형적으로는 단구 정상부에 성립해 있다. 이 군락을 지배하는 떡갈나무는 내륙에서는 주로 남사면에 분포하고 산불지역과 같이 교란된 장소에 제한적으로 분포하는 경향이지만 해안에서는 출현빈도가 높다. 이러한 결과는 강한 바람과 그 영향으로 분사되는 염분의 영향으로 교란의 빈도와 강도가 높는데 기인하는 것으로 판단된다. 이 군락에는 닭의장풀, 초피나무, 쥐똥나무, 생강나무, 까마귀밥나무, 주름조개풀 등의 출현빈도가 높았다(부록 3).

팽나무군락은 포항(호미곶)에 성립해 있다. 지형적으로는 단구 정상부의 선단부에 성립해 있다. 따라서 토심이 얇고 바람의 영향도 강해 식물의 수고가 낮다. 이 군락에는 보리밥나무, 까마귀밥나무, 쥐똥나무, 뽕나무, 닭의장풀 등이 어울려 있다(부록 4).

졸참나무군락은 창원(진해구 행암동) 해안에 성립해 있다. 지형적으로는 해안절벽을 벗어나 비교적 깊은 토심을 확보한 장소에 성립하고 있다. 이 군락은 곰솔군락에서 천이과정에 있는 군락으로서 임관층에서 졸참나무의 식피율은 높지 않다. 이 군락에는 곰솔, 뽕나무, 떡갈나무, 자귀나무, 보리수나무 등이 어울려 있고, 돈나무, 참나리, 비쭈도 자주 출현한다(부록 5).

모감주나무(*Koelreuteria paniculata* Laxm.)군락은 포항(호미곶)에 성립해 있다. 지형적으로는 절벽의 하부로서 어느 정도 토심을 확보한 장소에 성립하고 있다. 이곳의 모감주나무군락은 천연기념물 371호로 지정되어 보호되고 있다. 이 (1958)는 중국 원산의

모감주나무가 해류를 타고 한반도와 일본으로 전파되었다고 주장하였으나 이후 다른 연구자들의 연구를 통해 내륙에서도 대면적의 모감주나무군락이 발견되고 있어 이에 대한 재고가 오래 전부터 요청되어 왔다(이 등 1993).

해변에서 모감주나무 숲을 이루는 장소를 보면 바닷물이나 모래 바람에 노출되어 그 영향을 빈번하게 입는 장소이다. 종자를 많이 생산하고 그들의 산포기능도 뛰어나지만 다른 식물과의 경쟁에서 뒤지는 이 식물은 이렇게 안락하지 못한 장소를 그들이 사는 장소로 선택하여 오늘날까지 도태되지 않고 살아남았을 것으로 추정된다.

내륙에서는 계류 변을 그들이 사는 장소로 선택하여 물이 굽이치며 물가의 흙을 깎아 그것을 쌓아 놓으면 그곳에 종자를 묻어 싹을 틔워 살아가고 있다. 따라서 내륙에 모감주나무군락이 성립한 장소 역시 불안정한 장소에 해당한다(이 등 1993).

해변과 내륙의 모감주나무군락 성립 장소의 환경특성을 종합해보면, 모감주나무는 자연이 유발하는 교란에 의존하여 살아가는 스트레스 내성식물(stress tolerant)로 판단된다. 경쟁력이 떨어져 다른 식물들이 정착할 정도로 안정된 환경에서는 그들과의 경쟁에 밀려 사라지지만 그들이 주로 자라고 있는 해변의 모래언덕과 같은 곳에는 주기적으로 강한 바람이 불어오고 그들이 해염은 물론 모래까지 날려 그들이 지속적으로 살아남을 수 있는 맨땅을 일구어내며 그들의 생육환경을 마련하고 있다. 내륙에서도 그들의 생육환경은 홍수 시 물 흐름이 이루어내는 모래와 자갈 무덤이 된다.

이처럼 우리들이 보기에 불안정한 환경이 그들의 본래 생육지이다. 그러나 국가의 천연기념물 관리방법을 보면 이러한 식물의 속성에 대한 고려는 거의 없다. 자연을 자연상태에 맡겨두는 것도 관리의 한 방법이다. 이 군락에는 팽나무, 닥나무, 보리밥나무, 닭의장풀, 계요등 등의 식피율이 높았다(부록 6).

사철나무군락은 동해(추암)에 성립해 있다. 지형적으로는 해안절벽을 이루는 바위의 갈라진 틈에 성립하는 경향이다. 이 군락에는 담쟁이덩굴과 구기자나무가 어울려 있고, 땃덩이덩굴, 곰솔, 땅채송화 등도 자주 출현하고 있다(부록 7).

돌가시나무군락은 포항(호미곶)과 창원(진해구 행암동)에서 토심이 낮은 곳을 중심으로 성립하였다. 이 군락에서는 해국, 참나리, 억새, 기린초, 사스레피나무 등의 출현빈도가 높았다(부록 8).

참싸리군락은 고성(백도항)에 성립해 있다. 지형적으로는 노암 나출도가 높고, 토심이 얇은 지소에 성립해 있다. 이 군락에는 담쟁이덩굴, 솔새, 억새, 해국 등이 어울려 있으며, 식생조성이 소나무군락과 유사하여 그 군락으로 천이가 진행 중인 것으로 판

단된다(부록 9).

향나무군락은 동해(추암)해안에 성립해 있다. 지형적으로는 암반 나출도가 높은 암벽 상단에 성립하고 있다. 이 군락에는 사철나무와 구기자나무가 어울려 있고 머루, 해국, 돌가시나무 등의 출현빈도가 높다(부록 10).

담쟁이덩굴군락은 고성(백도항)과 동해(추암) 해안에서 암반이 나출된 암벽 상에 성립해 있다. 이 군락에는 덩덩이덩굴, 머루와 같은 덩굴식물의 출현빈도가 높았고, 구기자나무, 향나무, 해국 등의 출현빈도도 비교적 높았다(부록 11).

땅채송화군락은 포항(호미곶)에 성립해 있다. 지형적으로는 해안절벽의 작은 틈이나 절벽 저지대로서 풍화퇴적물이 쌓인 장소에 성립하는 경향이다. 이 군락에는 해국과 갯메꽃이 어울려 있다(부록 12).

갯메꽃군락은 동해(추암)해안에 성립해 있다. 지형적으로는 해안절벽 저지대의 오목한 지형에 성립하고 있다. 이 군락에는 땅채송화, 냉이, 해국, 사철나무 등이 어울려 있다 (부록 13).

해국군락은 포항 (호미곶)에 성립해 있다. 지형적으로는 모암이 나출된 해안절벽의 작은 틈에 성립하는 경향이다. 이 군락에는 창질경이, 갯강아지풀, 비쭉 등의 출현빈도가 높았다(부록 14).

기린초군락은 창원(진해구 행암동)해안에 성립해 있다. 지형적으로는 토심을 거의 확보하지 못한 암반 상에 성립해 있다. 따라서 다른 식물이 거의 출현하지 않고 단독으로 존재하는 경향이다(부록 15).

3. 식생보전등급 평가 결과

강원도 고성(백도항)과 동해(추암), 경상북도 포항(호미곶), 경상남도 창원(진해구 행암동) 및 전라남도 신안(자은도) 지역의 해안절벽에는 소나무군락, 곰솔군락, 떡갈나무군락, 팽나무군락, 졸참나무군락, 모감주나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 참싸리군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락 및 땅채송화군락의 15개 식물군락이 성립해 있다.

해안절벽에 성립하는 식생은 암반 상에 성립하는 식생과 같이 해당 지역의 기후조건에 부합하는 천이 후기 단계에 이르지 못하고, 그 이전단계에 머무는 토지극상(edaphic climax)에 해당한다(Barbour et al, 1999). 그 배경은 얇은 토심, 강한 바람, 염분 분사 등으로 인해 해안절벽의 환경조건이 매우 열악하여 천이 후기 단계 성립의 조건을 충족시키지 못하고 있기 때문이다(Lee et al, 2004; Jung et al, 2019).

해안절벽에 성립한 다양한 식생유형은 암반의 풍화와 관련되어 다르게 나타난다. 여기에서 바위의 풍화에 요구되는 기간은 천이에서 고려되는 시간의 범주를 넘어서기 때문에 그러한 식생의 서열은 천이단계이기보다는 지형적 서열(toposequence)로 알려져 있다. 천이에서 검토되는 기간은 보통 1-500 또는 1,000이다. 1년 이내의 기간은 계절변화에 해당되기 때문에 천이의 기간 범주에 포함되지 않고, 그 이상의 기간이 되면 기후가 변하기 때문이다(Barbour et al, 1999). 이러한 사실을 고려할 때 해안절벽에 성립한 이러한 식생유형은 각각이 천이 후기단계에 해당한다고 볼 수 있다.

이러한 해안절벽에 성립한 식생의 조건을 기존의 식생보전등급 분류기준으로 평가하면 III등급에 해당한다. 그러나 해안절벽의 환경조건을 고려하여 성립한 각각의 식생유형을 지형적 서열을 이루는 단계로 평가하면 그 등급은 I 등급에 해당한다.

출현하는 모든 식생이 지형적 서열로 성립한 토지극상이라는 사실을 고려할 때 이러한 식생은 각 유형이 I 등급에 해당한다고 볼 수 있다.

표 1. 해안절벽 식생의 식생보전등급 평가와 산정 시 고려사항

구분	내용
분포희귀성	해안절벽의 서식지특성(토심깊이) 및 지형적 서열(토지극상)을 고려
중요종서식	모감주나무 (<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.)

IV. 결 론

해안절벽은 바다에서 솟아오른 수직 또는 수직에 가까운 암벽이다. 바다에서 솟아오른 수직 절벽은 상대적으로 접근하기 어렵기 때문에 여러 자생종을 비롯해 멸종위기종이나 특수화된 종에게 중요한 피난처를 제공한다. 절벽 생태계에서는 점토사면, 애추 및 암봉을 비롯한 특이한 해안 서식지가 발견된다. 이러한 지형의 이질성이 매우 풍부한 생물다양성을 낳고 있다(Wilson and Cullen, 1986; Doody, 2001; Larson et al, 2005; Ramesh et al, 2017).

해안절벽은 오랜 세월을 거친 침식의 과정을 거쳐 형성된 해안선 상의 수직 경사면이다. 절벽의 지질은 단단한 절벽에서 부드러운 절벽까지 다양하다. 단단한 절벽은 보통 화강암, 사암, 석회암으로 이루어져 있으며, 토양이 쌓일 수 있는 수평으로 갈라진 틈, 선반, 수직으로 갈라진 틈을 제외하고는 식물을 거의 보유하지 못하고 있다. 일부 덩굴식물이 덮여 있을 뿐이다. 부드러운 절벽은 세일이나 거석 점토와 같이 침식저항이 낮은 암석으로 이루어져 있다. 또 사면은 가파르지 않아 식생이 정착하기 쉽다. 부드러운 절벽은 침식이나 사태가 나기 쉬운데, 이는 사태 후 많은 천이 초기 식물이 빠르게 재정착하기 위해 의존하는 중요한 요인이다. 식생의 조성은 토양형, 지반 안정성, 수원 그리고 바람과 염분 분사에 대한 노출 정도에 의해 결정된다. 침식은 부드러운 절벽의 식물군집에 중요한 요인이다. 천이 초기 식물의 높은 빈도는 절벽에 사는 종들이 절벽의 경계와 함께 이동할 수 있게 한다. 하지만 레크리에이션 이용에 따른 과도한 답압은 식물군집을 훼손할 수 있다. 넓은 지역이 자주 사태에 노출되면 그 지역의 재생능력을 저감시켜 식물이 쓸려 나갈 수 있다(Andrew et al, 1985; Ramesh et al, 2017). 따라서 식피율은 보통 단단한 절벽과 부드러운 절벽 둘 다에서 매우 낮다. 절벽 가까운 곳에서 과도한 레크리에이션 이용은 도입된 외래종들이 식생 조성에 영향을 미치고 생물다양성을 감소시키는 원인이 되고 있다. 기후 변화는 폭풍의 빈도를 증가시킴으로써 회복력이 떨어지는 식물 종에 영향을 미칠 수 있다(Jones et al, 2013).

근래 시민들 사이에서 트레킹이 인기를 끌면서 많은 트레킹 코스가 새롭게 개발되고 있다. 그 중에서 해안선이 가장 인기 있는 코스 중 하나로 떠올랐다. 전국의 거의 모든 해안에 트레킹 코스가 개발되고 있다. 그 결과 해안과 절벽의 생태적 연결고리가 깨지기 시작했고 외래 식물도 침입하기 시작했다. 또한, 방문객이 증가함에 따라 쓰레기 양도 늘어났다. 쓰레기 처리를 비롯해 코스 관리를 위해 시행되는 각종 작업은 추가적인 간섭으로 작용하여 또 다른 교란을 야기하고 있다. 그 중에는 보호지역으로 지

정된 장소도 있다. 경상북도 포항의 장기반도(호미곶)이 거기에 해당한다. 이곳은 두 종류의 희귀 식물, 즉 병아리꽃나무와 모감주나무를 보호하기 위해 지정된 보호 구역이다. 이러한 보호지역에 대한 체계적이고 종합적인 관리가 시급히 요청되고 있다.

밀레니엄 생태계 평가 (2005)에서 강조되었듯이, 지구의 자연 자원은 인간 사회와 인간의 복지가 전적으로 의존하는 모든 생태계 재화와 서비스를 생산한다. 그러나 도처에 생태계 훼손이 만연해 있다. 일반적으로 보호지역은 모든 시민이 미래에 경험하고, 발견하며, 배우고, 감상할 수 있도록 자연유산을 보호하기 위해 설정된다. 이러한 목표에도 불구하고 보호지역은 온전하고 전환 불가능한 생태계를 갖추지 못하고 있다. 특히 토지가 과도하게 이용되는 저지대를 거의 포함하지 못하고 있다. 보호지역의 생태적 온전성과 그들의 생물다양성과 자연 자원을 보존할 수 있는 능력은 많은 위협에 직면해 있다. 보호지역에 인접한 곳에서 진행되는 지속불가능한 토지 이용, 서식지 파편화 그리고 침입외래종은 보호지역에 대해 가장 보편적인 위협이 되고 있다. 나아가 대기, 물, 토양 오염의 영향과 지구적 차원의 기후 변화와 같은 스트레스는 보호지역 생태계의 질 저하와 생태적 온전성의 상실을 유발하고 있다(Stolton et al, 2015).

식생보전등급 판정 기준은 용어의 의미가 애매하다. 따라서 그 등급은 천이단계로 판정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과를 종합하여 해안절벽 식생의 식생보전등급 판정기준 개선(안)을 제시하였고, 내용은 아래와 같다(표 2).

표 2. 해안절벽 식생의 식생보전등급 판정기준 개선(안)

구분	내용
I 등급	지형적 서열에 의해 형성된 안정된 식생 (가) 토지극상 (소나무군락, 곰솔군락, 팽나무군락, 떡갈나무군락, 사철나무군락, 돌가시나무군락, 향나무군락, 담쟁이덩굴군락, 해국군락, 갯메꽃군락, 기린초군락, 땅채송화군락) (나) 천연기념물 (모감주나무군락)
II 등급	깊은 토심을 확보한 지소에서 인위적 교란으로 천이과정 중에 있는 식생 (졸참나무군락)
III 등급	암반 상에 인위적 교란으로 성립된 식생 (참싸리군락)
IV 등급	인위적으로 식재된 식생

V. 참고문헌

- 국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침. 국립생태원. 서천.
- 이창석, 홍선기, 오종민. (1999). 자연환경 복원기술. 동화기술. 서울.
- An, J, H, Lim, C, H, Cho, Y, C, Lee, C, S. (2018). Early recovery process and restoration planning of burned pine forests in central eastern Korea. *Journal of Forestry Research*. 30: 243-255.
- Andrew, J, Malloch, C, Bamidele, J, F, Scott, A, M. (1985). The phytosociology of British sea-cliff vegetation with special reference to the ecophysiology of some maritime cliff plants. *Vegetatio*. 62: 309-317.
- Aronson, J, C, Blatt, C, M, Aronson, T, B. (2016). Restoring ecosystem health to improve human health and well-being: physicians and restoration ecologists unite in a common cause. *Ecology and Society*. 21(4): 39.
- Barbour, M, G, Burk, J, H, Pitts, W, D, Gilliam, F, S, Schwartz, M, W. (1999). *Terrestrial Plant Ecology* (3rd Edition). The Benjamin/Cummings, an Imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Boston.
- Braun-Blanquet, J. (1965). *Plant Sociology: The Study of Plant Communities* (Transl. by G.D. Fuller and H.S. Conard). Springer-Verlag. New York.
- Canadian Parks Council. (2007). Principles and guidelines for ecological restoration in Canada's protected natural areas. National Parks Directorate Parks Canada Agency Gatineau. Quebec.
- Chang, C, C, Turner, B, L. 2019. Ecological succession in a changing world. *Journal of Ecology*. 107: 503-509.
- Choi, B, K. (2014). Actual Vegetation of Dodamsambong (Scenic Site No. 44) and Danyangseokmoon (Scenic Site No. 45) in Danyang-Gun. *Journal of the Korean Institute of Traditional Landscape Architecture*. 32(2): 116-123.
- Choi, B, K, Kim, J, W, Kim, S, Y, Lim, J, C. (2012). Vegetation of Jangdo Island. *Kor J Env Eco*. 26(4): 512-527.
- Curtis, J, T, McIntosh, R, P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*. 32: 476-498.
- Doody, P, J. (2001). Sea cliffs & sea cliff vegetation. In: Doody PJ, editor. *Coastal conservation and management: an ecological perspective*. Springer. Dordrecht. pp. 25-52.
- Ecological Society of Korea. 2013. Preparing a Master Plan for operating Biological Diversity Center of the National and Ministry of Environment. Ecological Society of Korea. Seoul.
- Egerton, F, N. (2015). History of ecological sciences, part 54: Succession,

- community, and continuum. *The Bulletin of the Ecological Society of America*. 96: 426-474.
- Gann, G, D, Lamb, D. (2006). Ecological restoration: a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods. A call to action by the ecological restoration joint working group of SER. In: Gann GD, Lamb D, editors. *Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International and International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Arizona. pp. 6.
- Gaston, K, J, Spicer, J, I. (2004). *Biodiversity: An Introduction*. Wiley-Blackwell. Hoboken.
- Goldsmith, F, B. (1973). The vegetation of exposed sea cliffs at South Stack, Anglesey: II. Experimental studies. *Journal of Ecology*. 61(3): 819-829.
- Han, Y, U. (2008). The characteristics of halophyte vegetation of salt marshes in the southern and western coasts of Korea (Master dissertation). Mokpo National University.
- Hepburn, I. (1943). A study of the vegetation of sea-cliffs in North Cornwall. *Journal of Ecology*. 31(1): 30-39.
- Hill, M, O. (1979). DECORANA - A Fortran program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca. New York.
- Ihm, B, S. (1989). Distribution of coastal plant communities in response to soil water potential and plant osmotic adjustment (PhD dissertation). Seoul National University.
- Ihm, B, S, Lee, J, S, Kim, J, W, Kim, H, S, Ihm, H, B. (1998a). Studies on the vegetation at the wetland of Suncheon-Man. *Bull Inst Litt Envi Mokpo Natl Univ*. 15: 1-8.
- Ihm, B, S, Lee, J, S, Kim, J, W, Kim, H, S, Ihm, H, B. (1998b). Studies on the vegetation distribution and biomass at the wetland of Hampyung-Man. *Bull Inst Litt Envi Mokpo Natl Univ*. 15: 9-20.
- Japanese Ministry of Environment (JME). (2012). *National Strategy for Biodiversity*. Japanese Literature.
- Jones, L, Garbutt, A, Hansom, J, Angus, S. (2013). Impacts of climate change on coastal habitats. *MCCIP Science Review*. 167-179.
- Jung, Y, K, Kim, J, W. (1998). A comparative study on mantle communities in South Korea and Japan. *Kor J Env Eco*. 21(1): 81-88.
- Kennedy, D, M, Dickson, M, E. (2007). *Cliffed coasts of New Zealand*:

- perspectives and future directions. *Journal of the Royal Society of New Zealand*. 37(2): 41-57.
- Kim, C, H, Lee, K, B, Kim, J, D, Cho, T, D, Lim, M, S. (2005). The study on the flora and vegetation of salt marshes of Dongjin-river estuary in Jeonbuk. *J Environ Sci Int*. 14: 817-825.
- Kim, H, J, Shin, H, S, Han, S, H, Ko, S, Y, Kang, H, J, Lee, S, H, Lee, C, Y, Kim, C, B, Bae, Y, T, Shin, J, K, Yun, C, W. (2013). Type classification of vegetation on the coastal sand dune and comparisons of mineral nutrients in soil and plant. *J Korean For Soc*. 102(3): 345-354.
- Kim, H, S. (2012). Vegetation and value grade for vegetation conservation in the uninhabited island: case studies in southwestern coast of Jeollanam-do. *Nat. Conserv*. 160: 34-45.
- Kim H, S, Cho, J, S, Lee, J, H, Lee, J, S. (2009). Soil environment of halophyte habitat in goraebul coastal sand-dunes of east coast. *J Korean isl*. 21: 333-340.
- Klaudisova, A, Osbornova, J. (1990). Abandoned fields in the region. In: Osbornova J, Kovarova M, Leps J, Prach K, editors. *Succession and abandoned fields: studies in Central Bohemia, Czechoslovakia*. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht. pp. 7-21.
- Korea Meteorological Administration. (2011). *Climatological normals of Korea: 1981-2010*. Korea Meteorological Administration. Seoul.
- Larson, D, W, Matthes, U, Kelly, P, E. (2005). *Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge University Press. New York.
- Larson, D, W, Kelly, P, E. (1991). The extent of old-growth *Thuja occidentalis* on cliffs of the Niagara Escarpment. *Canadian Journal of Botany*. 69(7): 1628-1636.
- Lee, C, S, Kim, H, E, Park, H, S, Kang, S, J, Cho, H, J. (1993). Structure and maintenance mechanism of *Koelreuteria paniculata* community. *J Ecol Environ*. 16(4): 377-395.
- Lee, C, S, Kim, J, H, Yi, H, You, Y, H. (2004). Seedling establishment and generation of Korean red pine(*Pinus densiflora* S. et Z.) forests in Korea in relation to soil moisture. *For. Ecol. Manag*. 199: 423-432.
- Lee, H, J, Kim, J, H, Chun, Y, M, Jeong, H, R. (2003). Community ecology on forest vegetation in Yeongjongdo island. *Kor J Env Eco*. 26(5): 223-236.
- Lee, J, S. (1989). *On establishment of halophytes along tidal level gradient at salt marshes of Mankyong and Dongjin river estuaries* (PhD dissertation). Seoul National University.

- Lee, J, S, Kim, J, K. (1988). Factors affecting plant distribution in salt marsh of Mankyong river and Donjin river estuaries. *Nat Sci Res Kunsan Natl Univ.* 3: 45-59.
- Lee, J, S, Ilm, B, S, Myeong, H, H, Park, J, W, Kim, H, S. (2009). Soil environment analysis and habitat of halophyte for restoration in the salt marshes of southern and western coasts of Korea. *Korean J Plant Res.* 22: 102-110.
- Lee, S, M, Cho, Y, C, Lee, C, S. (2012). Feasibility of seed bank for restoration of salt marsh: a case study around the Gwangyang Bay, southern Korea. *Kor J Env Eco.* 35(2): 1-7.
- Lee, T, B. (1985). *Illustrated Flora of Korea.* Hyangmoonsa. Seoul.
- Lim, C, H, Jung, S, H, Kim, A, R, Kim, N, S, Lee, C, S. (2020). Monitoring for Changes in Spring Phenology at Both Temporal and Spatial Scales Based on MODIS LST Data in South Korea. *Remote Sensing.* 12(20): 3282.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in ecological theory.* Univ. of Chicago Press. Chicago.
- McDonald, T, Gann, G, D, Jonson, J, Dixon, K, W. (2016). *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and concepts.* 1st ed. Society for Ecological Restoration. Washington DC.
- Meiners, S, J, Cadotte, M, W, Fridley, J, D, Pickett, S, T, A, Walker, L, R. (2014). Is successional research nearing its climax? New approaches for understanding dynamic communities. *Functional Ecology.* 29: 154-164.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and human well-being.* Millenium Ecosystem Assessment.
- Min, B, M. (1985). *Changes of soil and vegetation in coastal reclaimed lands, west coast of Korea (PhD dissertation).* Seoul National University.
- Nakagoshi, N, Nehira, K, Takahashi, F. (1987). The role of fire in pine forests of Japan. *Forest.* 105(2.04): 1-96.
- Naveh, Z. (1994). *From biodiversity to ecodiversity: a landscape-ecology approach to conservation and restoration.* *Restor Ecol.* 2(3): 180-189.
- Park, S, H. (1975). *Colored illustrations of naturalized plants of Korea.* Ilchokak: Seoul; 1995. Partridge TR, Wilson JB. *Plant communities at Aramoana.* In: *The ecology of Aramoana, Otago Harbour.* Dunedin Metropolitan Regional Planning Authority. Dunedi.
- Prach, K, Walker, L, R. (2011). Four opportunities for studies of ecological succession. *Trends in Ecology & Evolution.* 26: 119-123.
- Primack, R, B. (2008). *A primer of conservation biology.* Fourth edition.

Sinauer Associates Inc. Sunderland.

Primack, R. B. (2012). A primer of conservation biology. Fifth ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

Ramesh, R, Srinivasalu, S, Sathya, S, Rajalakshmi, K, Kumaravel, P. (2017). Coastal cliffs of India. ENVIS - MOEF&CC Newsletter on Coastal Zone Management and Coastal Shelter Belt. 16(1): 1-27.

Rozema, J, Van, Manen, Y, Vugts, HF, Leusink, A. (1983). Airborne and soilborne salinity and the distribution of coastal and inland species of the genus *Elytrigia*. *Acta Bot Neerl.* 32(5-6): 447-456.

Shin, H, S, Kim, T, G, Yun, C, W. (2015). Phytosociological vegetation classification and flora for the mid-west coast in Korea. *J Apic.* 30(4): 315-329.

Sodhi, N, S, Ehrlich, P, R. 2010. Conservation Biology for All. Oxford University Press. UK.

Song, H, S, Cho, W, Ahn, Y, H. (2008). Vegetation at sea cliffs of uninhabited islets of Ganghwa-gun. *Korea Kor J Env Eco.* 22: 453-460.

Song, H, S, Cho, W, Park, Y, J. (2009). Distribution pattern of growth plants with *Peucedanum japonicum* Thunb. Community in sea cliff plants, Korea. *Kor J Env Eco.* 23: 346-352.

Stolton, S, Dudley, N, Avcıoğlu, Ç, B, Hunter, D, Ivanić, K, Z, Kanga, E, Kettunen, M, Kumagai, Y, Maxted, N, Senior, J, Wong, M, Keenleyside, K, Mulrooney, D, Waithaka, J. (2015). Values and benefits of protected areas. In: Worboys GL, Lockwood M, Kothari A, Feary S, Pulsford I, editors. Protected area governance and management. ANU Press. Canberra. pp. 145-168.

Ter Braak, C, J, F. (1987). CANOCO: a FOTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principle component analysis, and redundancy analysis (Version 2.1). TNO Institute of Applied Computer Science. Wageningen. pp. 126.

Walker, L, R, del Moral, R. (2003). Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge University.

Walker, L, R, Wardle, D, A. (2014). Plant succession as an integrator of contrasting ecological time scales. *Trends in Ecology & Evolution.* 29: 504-510.

Wang, J, X, Wang, D, H, Liu, G, Q. (2004). Distribution characteristics of effective root density in the planted *Robinia pseudoacacia* and *Platycladus orientalis* forest site. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica.* 24/12.

Wilson, J, B, Cullen, C. (1986). Coastal cliff vegetation of the Catlins region Otago, South Island, New Zealand. NZ J B. 24(4): 567-574.

국가생물종지식정보시스템. (2011). 생물정보검색.

<http://www.nature.go.kr/main/Main.do> (검색 2022.11.18)

천연기념물센터. (2011). 천연기념물 검색.

<https://www.nhc.go.kr:1500/main/main.do> (검색 2022.11.18.)

Korea National Arboretum. Korean Plant Names Index. (2003).
<http://www.nature.go.kr/kbi/plant/pilbk/selectPlantPilbkGnrList.do>. Accessed 11 Jan 2018.

SPSS for Windows, V. 12.0. SPSS Inc., Copyright©2003. Chicago, IL, USA.

Ⅵ. 부록(식생조사표)

부록 1. 소나무군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7	8
소나무	3.3	4.4	3.3	4.4	4.4	3.3	3.3	1.1
담쟁이덩굴	2.3	2.2	1.2	1.2	1.2	3.3	3.3	3.3
참싸리	2.2	2.2	2.2	2.2	1.1	3.3	2.2	
새	1.2	1.2	1.2	1.2	2.2	1.2	1.2	
억새		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
해국	+		1.2	+	1.2	2.2	2.2	1.2
닭의장풀		+		1.2	2.3	1.2	3.3	
떡갈나무		1.1	2.2	2.2	1.1		1.1	
김의털	+	2.2	1.2		+	+	1.2	+
사철쭉	+	+	1.1	1.1		1.1	+	1.1
아까시나무		+	1.1	1.1	1.1			1.1
미국가막사리	+	3.3	+	+	+	+	+	+
솔새	1.2				1.2	+	1.2	+
기린초	+	+		+	2.2		1.2	
노박덩굴			1.2			1.2		1.2
뽕나무			1.1			1.1		1.1
기장대풀		+	1.2	1.2			+	+
비수리	1.2			1.1	+			
앵두나무			1.1		1.1			+
댕댕이덩굴		+	+	1.2	+	+		+
썰새		+		1.2				+
명석딸기		+					1.1	+
갯메꽃							+	1.2
고삼				+				1.2
누리장나무								1.2
매듭풀	1.2							
애기수영		1.2						
죽제비싸리								1.2
곰솔								1.1
달맞이꽃								1.1
물푸레나무								1.1
복사나무						1.1		
큰기름새		+	+	+	+	+	+	
바랭이	+	+		+	+	+	+	
명아주	+	+	+	+				+
닭의덩굴		+	+	+				
쭉						+	+	
인동덩굴							+	+
그늘사초				+				
개밀								+
등굴래			+					
소리쟁이								+
신갈나무			+					
갯강아지풀				+				
비짜루			+					
해당화				+				
골무꽃								+
까마중		+						

부록 2. 곰솔군락 식생조사표 (계속)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
곰솔	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.5	5.5	5.5	5.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.5	5.5	4.4	5.5	4.4	1.1	1.1	1.1	2.2	1.1	
떡갈나무							1.1	2.2	+		4.4	4.4	3.3	3.3	3.3	1.1	1.1			1.1						
해국	+	+		3.3	+							1.2	3.3	+	1.2			3.3				1.2		2.2	2.2	
팔메나무							+	+		+			1.1	1.1	1.1		1.1						2.2			
사스레피나무						+	2.2	2.2	4.4	1.1	1.1		1.1	1.1						1.1		2.2			1.3	
억새			1.2		+	2.2	1.2	1.2	1.2	+	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	+		+		+	1.2		+		+	
닭의장풀																5.5	3.3	1.1	4.4							
향나무	3.3	2.2	2.2		2.2	3.3														1.1						
들가시나무	1.2	1.2	+	+		+	+		+	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	+	+			1.2	1.2	1.2	1.2	
참나리	2.3			+	1.1					+			+									1.1	1.3	1.3	3.3	2.3
담쟁이덩굴	1.2	1.2		1.3		1.2	+	+											1.1	+	+		1.3		3.3	1.3
줄참나무							2.2	2.2	3.3	1.1	1.1				+							1.1		1.1		
고사리								+	1.1		3.3	1.1	2.2	2.2	2.2											
땅비싸리							1.2	1.2	1.2		+	+	3.3	2.2	2.2											
사철나무	1.2	2.2	2.2		3.3	1.1																	1.2			
솔새								+	+	+	+	2.2	2.2	2.2	2.2											
계요등	+	+	+				+	1.1	+	+	1.1	+	1.1	1.1		+	2.2		1.1	+	+					
새	1.2	+	+	1.2				+	+	+	2.2	3.3													+	+
갯메꽃	1.2	3.3	1.2	+	1.2	+									+				1.1			+				
기린초	1.2	2.2		+		+													1.1				1.2		1.2	1.2
땃나무						+				1.1						1.1	+		+	4.4	1.1		+			
읍나무										+			2.2	2.2	2.2									1.1		
진달래							2.2	3.3	2.2		+															
검양옥나무						2.2	1.1	2.2	1.1												1.1		+			
큰기름새		1.2	1.2				+	+	1.2	+	2.2		1.2	+		+	+				+					
도깨비고비	2.2	1.2		1.1	1.1																		1.2	+		
취퐁나무	1.1	1.1	1.2		1.1	1.1													1.1		+					
소사나무													2.2	2.2	2.2											
땃나무	+	1.1	1.1		1.1	1.1				1.1						+		+								
원추리					2.2								1.1	1.2	1.2											
그늘사초		+					1.2	1.2	1.2	1.2			+								+	+				
청미래덩굴						+	+	+	+	1.1		1.1	1.1	1.1						+						
구기자		1.2	1.2	+	1.1	1.2															+					
주름조개풀								+	+	+	1.2							3.3			+					
노박덩굴											+												3.3		1.2	
보리밥나무															2.2	1.1	+	+	1.1							
머느리밑씻개																+		3.3				1.2				
벗나무						1.1	1.1	1.1	+									1.1								
땃덩굴	+	+	1.1	+	+	+					+				1.1		+	+		+		1.1		+	+	
쭈부쟁이												1.1	1.1	1.1	1.1											
비쭈	+	+		+															+			1.1	1.1	1.1	+	+
솔나무	1.3	1.3				1.1																			+	
갈참나무							1.1	+		+								+				1.1		1.1		
초피나무													+	+	+		1.1		1.1	1.1						
개솔새												+	1.1		1.2				1.1							
두릅나무							+	1.1	1.1	1.1														+		
돈나무																						1.2		2.2		
예덕나무											1.1	1.1												1.1		
머루	+	1.2			+	+				+							+				+		+	+	1.2	
영경귀	+	1.1											+						+		+				+	1.1
창질경이	1.2																			+			1.2		+	+

부록 2. 곰솔군락 식생조사표 (계속)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
쭈			1.2		1.2	+				+																	
검노린재나무								+	+	1.1	+		+		1.1												
해변싸리								+	1.2	1.2					+												
참싸리							1.2	1.2		+																	
톱풀		+																							1.2	1.1	
냉이류				1.1																						+	1.2
보리수나무	+																			1.2		1.1					
굴피나무									+	2.2														+			
큰까치수염								+	+	1.1		1.1															
비술나무										+											1.1		1.1				
느티나무																			2.2								
고욤나무																1.1	1.1										
분단나무														1.1	1.1												
탑꽃												2.2															
산국		+	+									1.2		+	+	+						+		+	+	+	
으아리	+									+	+									+			1.3	+			
갯기름나무	+	+																		1.1		+		+	+	+	
쟁이밥			1.2		+															+			+				
명석딸기										+	+			+	1.1							+					
쭈										+	+										1.2		+				
고삼	1.2		+			+																					
가시상추	+	+	1.1			+																					
인동덩굴		+	+	+	+	+				+			+	+							+	+	+	+	+	+	
작살나무									+	+							1.1			+							
순비기나무	1.3														+											+	
등											+		1.2	+													
각시붓꽃																	+		1.1	+							
새머루					1.1						+			+													
털팽나무							+		+											1.1							
등골나물										+				+	1.1												
닥나무																		+	1.1								
땅채송화																						1.1		+			
광대싸리																1.1	+										
산박하											1.1	+															
감나무							1.1																+				
소태나무		+		1.1																							
산피불주머니				1.2																							
매꽃			1.2																								
바위솔												1.2															
모감주나무																					1.1						
강아지풀																					1.1						
등골레															1.1												
이스라지																1.1											
감국								1.1																			
신갈나무								1.1																			
괴불나무																					1.1						
돌배나무																					1.1						
김의털		+				+																		+	+		
명아주			+	+																						+	
자귀나무							+	+	+	+																	
썰새										+				+							+	+					

부록 2. 곰솔군락 식생조사표 (계속)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
갈대												+		+	+									+		
청가시덩굴	+			+	+				+																	
참취	+	+																								+
소리쟁이					+													+								+
갯강아지풀			+																				+	+	+	
수송나물				+											+							+				
산초나무								+	+												+					
갯씀바귀																			+			+	+			
단풍마									+	+													+			
밝은대쭉							+			+								+								
붉나무										+								+								
닭의덩굴			+		+																					
천선과나무																					+		+			
절레꽃																						+		+		
맥문동																				+	+					
참새귀리																				+			+			
갯방풍							+												+							
번행초																				+			+			
개고사리										+														+		
구절초																					+		+			
큰도깨비바늘						+															+					
각시마							+																+			
멀구슬나무										+		+														
방동사니과												+	+													
비목나무								+		+																
새잎양지꽃								+	+																	
솔재꽃																							+		+	
잔대		+			+																					
은대난초	+																									
소나무							+																			
바위채송화																			+							
생강나무										+																
갯그렁																			+							
개밀																								+		
빘새귀리																									+	
좁보리사초												+														
금불초			+																							
오동나무									+																	
개머루																			+							
산철쭉								+																		
환삼덩굴			+																							
넓은잎외잎쭉																				+						
사데풀																									+	
자주개밀					+																					
갯쇠보리															+											
대사초																					+					
도깨비바늘																			+							
돌나물																					+					
병꽃나무																					+					
비짜루															+											
삼주																					+					

부록 2. 곰솔군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
가시영경귀					+																					
갯장구채												+														
저풀																								+		
남천											+															
대극					+																					
띠												+														
멸가치															+											
무릇																							+			
팻말기																										+
산말기									+																	
산부추											+															
산씀바귀										+																
산조플												+														
쇠고비																				+						
왕고들빼기				+																						
장대나물												+														
털이슬											+															
털조록싸리																							+			

부록 3. 떡갈나무군락 식생조사표 (계속)

	1	2	3	4	5	6	7	8
떡갈나무	3.3	5.5	3.3	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
닭의장풀	+	+	4.4	3.3	4.4	2.2	1.1	1.1
초피나무	+	1.1	1.1	3.3	3.3	3.3	3.3	1.1
취풍나무	2.2	1.1	1.1	3.3	2.2	1.1	1.1	1.1
생강나무	1.1	+		1.1	1.1	1.1	1.1	2.2
까마귀밥나무	2.2	3.3	+			1.1	1.1	
주름조개풀	+	3.3	+	+	1.1	1.1	+	1.1
팽나무	3.3	1.1	1.1	+		+		+
국수나무			+	1.1		1.1	2.2	1.1
곰솔	2.2		1.1				1.1	1.1
느티나무		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		
기름새	+	2.2	1.1	+	+	1.1		+
그늘사초				1.1	1.1	1.1	1.1	
모감주나무			3.3					
작살나무			1.1	+		+	1.1	
덜꿩나무			+			+	1.1	1.1
계요등			1.1	+		1.1		
닥나무			2.2			+		
굴피나무							1.1	1.1
함박꽃나무			2.2					
청미래덩굴	1.1				+			+
광대싸리	1.1	+		+				
등굴레	1.1			+				+
벗나무								1.1
갈참나무		1.1						
닭의덩굴		1.1						
으름덩굴	1.1							
보리밥나무	+		+	+	+	+	+	+
담쟁이덩굴		+		+	+	+		
인동덩굴		+	+			+	+	
개머루	+				+	+		+
댕댕이덩굴	+	+					+	
산박하					+	+		+
이스라지						+	+	+
까실쭉부쟁이	+	+	+					
천일담배풀			+	+		+		
며느리밑씻개	+	+						
쌀새	+							+
각시붓꽃					+		+	
백문동	+		+					
넓은잎외잎쭉							+	+

부록 3. 떡갈나무군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7	8
억새		+						
뽕나무							+	
고사리			+					
큰기름새		+						
쭈		+						
명아주		+						
명석달기		+						
영경취		+						
고삼		+						
큰까치수염					+			
누리장나무	+							
희잎나무								+
산철쭉								+
참취				+				
마					+			
대사초			+					
더위지기		+						
도깨비바늘		+						
병꽃나무	+							
줄딸기		+						
까마귀머루						+		
괘의다리		+						
노린재나무								+
도둑놈의갈고리		+						
도라지						+		
바디나물					+			
반하		+						
뽕모시풀		+						
수리취		+						
짚신나물		+						

부록 4. 팽나무군락 식생조사표

	1	2
팽나무	5.5	5.5
주름조개풀	3.3	2.2
개밀	3.3	
닭의장풀	2.2	1.1
보리밥나무	2.2	1.1
까마귀밥나무	2.2	2.2
취풍나무	1.1	1.1
뽕나무	1.1	1.1
취	1.1	2.2
사위질빵	1.1	1.1
절레꽃	1.1	
억새	+	
생강나무	+	+
산국	+	
쭈	+	
인동덩굴	+	
머느리밀싹개	+	
으름덩굴	+	
망초	+	+
쇠무릎	+	+
환삼덩굴	+	
담배풀	+	+
익모초	+	

부록 5. 졸참나무군락 식생조사표

	1	2
졸참나무	2.2	3.3
돈나무	3.3	3.3
비쭈	2.2	1.2
곰솔	1.1	1.1
참나리	1.1	+
돌가시나무		1.2
사스레피나무		1.2
보리수나무	1.2	
떡갈나무	1.1	
벗나무		1.1
자귀나무		1.1
계요등	+	+
맹맹이덩굴	+	+
진달래	+	+
인동덩굴	+	+
담쟁이덩굴	+	
팽나무		+
억새	+	
주름조개풀	+	
팔배나무		+
솔새	+	
그늘사초		+
쭈		+
청미래덩굴		+
예덕나무	+	
비술나무	+	
쌀새	+	
갈대		+
도꼬로마	+	

	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
모감주나무	3.3	3.3	3.3	4.4	4.4	4.4	4.4	쇠무릎				+	+		
닭의장풀	4.4	4.4	3.3	4.4	4.4	4.4	3.3	환삼덩굴		+			+		
팽나무	3.3	2.2	2.2	1.1	1.1	1.1	+	땃대덩굴		+					
계요등		1.1	2.2	1.1	1.1	3.3	1.1	그늘사초							+
보리밥나무			2.2	1.1	1.1	3.3	1.1	미국가막사리					+		
느티나무		1.1	1.1	1.1	1.1		1.1	청미래덩굴							+
산국	1.1	1.1	1.1	+	1.1	+		작살나무							+
쥐똥나무			1.1	1.1	+	1.1	+	덜꿩나무							+
기름새		+			1.1	+	2.2	명석딸기		+					
까마귀밥나무		1.1	+	1.1			1.1	붉나무			+				
곰솔	1.1			1.1			1.1	쌀새							+
떡갈나무			1.1			1.1	1.1	소리쟁이		+					
광대싸리	1.1	1.1	1.1					순비기나무		+					
향유	1.1	2.2						절레꽃							+
닥나무	3.3							으뜸덩굴							+
구기자	+		2.2	+	+			개머루	+						
돌가시나무	+	+	1.1	+		1.1		갈대				+			
비쭈	+	+	2.2					청가시덩굴		+					
주름조개풀					2.2		+	산초나무		+					
솔나물	+	1.1	1.1					갯방풍	+						
쭈	2.2							갯쭈바귀			+				
수까치개		1.1	1.1					더위지기	+						
억새	+		1.1	+	+			들나물		+					
으아리			+	1.1		+		줄딸기							+
담쟁이덩굴	+	+	1.1					갯개미취		+					
초피나무					+		1.1	나비나물		+					
기린초	1.1							들개풀					+		
새			1.1					박쥐나무		+					
갯메꽃			1.1					파리풀					+		
뽕나무					1.1										
굴피나무						1.1									
누리장나무		1.1													
회잎나무		1.1													
낭아초		1.1													
왕느릅나무							1.1								
큰기름새	+		+			+	+								
머느리배꼽	+	+		+	+										
명아주	+		+	+											
해국	+	+													
인동덩굴	+	+													
취		+		+											
영경취						+	+								
등굴레						+	+								
산박하	+	+													
닭의덩굴		+	+												
메꽃				+	+										
백문동					+	+									
망초					+		+								
산철쭉						+	+								

부록 7. 사철나무군락 식생조사표

	1	2	3	4	5
사철나무	2.2	2.2	3.3	2.2	2.2
담쟁이덩굴	2.2	1.1	2.2	3.3	1.2
구기자	1.1	+	2.2	1.2	1.2
향나무		1.1		1.1	2.2
곰솔	1.1	1.1		+	1.1
취퐁나무	1.1	1.1		1.2	
땅채송화	1.2	+		+	+
팽나무		1.1			
도깨비고비					1.1
댕댕이덩굴		+	+	+	+
머루		+		+	+
냉이류		+	+	+	
쭈		+		+	+
산피불주머니			+	+	+
소리쟁이	+			+	+
해국		+			+
명아주	+			+	
닭의장풀		+			
돌가시나무			+		
기린초			+		
갯메꽃			+		
참나리				+	
강아지풀				+	
인동덩굴			+		
으아리			+		
괘이밥			+		
고삼					+
가시상추					+
갯쇠보리				+	
개갯냉이		+			
호밀풀					+

부록 8. 돌가시나무군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
돌가시나무	2.3	3.3	3.3	3.3	3.3	1.2	1.2	3.3	3.3	4.4	3.3	3.3	3.3	3.3
해국	+									3.3	4.4	3.3		4.4
참나리		1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	+	1.1					
억새	1.2	3.3		+	1.2	+	+	1.2	+					
비쭈								1.1	2.2					2.2
기린초				+	1.2	2.2	1.2	+	+			+		
갯메꽃	1.2											+	3.3	+
줄참나무				+		1.1		1.1	2.2					
갯그렁											1.1	1.1	1.1	1.1
진달래					1.2	1.2	+	+	1.2					
사철쭈			1.1	+	1.2	+	1.1							
사스레피나무		1.1	1.1	+	+		1.1							
개웃나무				+		+	1.1	1.1	1.1					
벗나무					1.1	1.1	1.1							
솔새				1.2	1.2		+							
보리수나무		1.1					1.1	+						
떡갈나무			1.1		1.1									
붉나무			2.2											
계요등				1.1	+	+	+	+	+					
곰솔	1.1		+	+				+	+					
자귀나무				+	+	+		+	1.1					
천선과나무						+	1.1	+	+					
인동덩굴			1.2	+			+							
덩굴이덩굴	1.2							+						
김의털									1.2			+		
취			1.2											
산피불주머니	1.2													
개솔새			1.2											
팽이밥	1.2													
향나무	1.1													
뽕나무	1.1													
그늘사초			+	+	+	+	+	+	+					
새			+	+		+	+	+						
팔메나무						+	+	+						
바위채송화												+		+
강아지풀													+	+
기장대풀			+		+									
닭의장풀														+
참싸리								+						
주름조개						+								
고사리							+							
땅비싸리				+										
머루	+													
도깨비고비								+						
큰기름새								+						
청미래덩굴					+									
갈참나무				+										
으아리	+													
두릅나무									+					
명아주											+			
고삼	+													
검노린재나무				+										
큰까치수염				+										
쌀새									+					
소리쟁이													+	
산초나무					+									
개고사리					+									
마							+							
자주개밀	+													
고들빼기	+													
삼주						+								
갯질경이			+											

부록 9. 참싸리군락 식생조사표

	1	2
참싸리	2.2	2.2
담쟁이덩굴	1.2	3.3
벼과	2.2	1.2
미국가막사리	2.3	+
해국	1.2	1.1
억새	1.2	+
댕댕이덩굴	+	1.2
솔새	1.2	+
김의털	1.2	+
기장대풀	+	1.2
인동덩굴	+	1.2
갯그렁	+	1.2
명아주	1.2	+
뱀새귀리	1.2	+
소나무	1.1	+
사철쭉	+	1.1
닭의장풀	1.2	
곰솔	1.1	
오동나무	1.1	
쭉	+	+
기린초	+	
노박덩굴	+	
갯기름나물	+	
바랭이		+
다닥냉이		+
사초과 sp.	+	

부록 10. 향나무군락 식생조사표

	1	2	3	4
향나무	2.2	2.2	3.3	3.3
사철나무	2.2	2.2	1.1	2.2
구기자	1.2	1.2	1.2	1.2
모새달	3.3	1.3		
담쟁이덩굴	2.3			1.2
머루	1.2	1.3	+	
해국	1.2	1.2	+	
돌가시나무	1.2	1.2	+	
냉이류	+	1.2		1.2
갯메꽃		1.2	1.2	
쥐똥나무		+	1.1	1.1
곰솔	1.1	1.1		
벼과	+	1.2		
기장대풀		1.3		
팽나무		1.1	+	
뿔나무		+	1.1	
도깨비고비	1.1			+
참나리		1.2		
금불초		1.1		
가시상추	+	+	+	
창질경이		+		+
솔나물	+	+		
톱풀	+			+
소리쟁이		+		+
참새귀리	+			+
사데풀	+	+		
비쭉	+			
계요등		+		
댕댕이덩굴		+		
산국		+		
쭉		+		
산피불주머니				+
으아리		+		
괭이밥		+		
고삼	+			
감국			+	
갯강아지풀	+			
청가시덩굴			+	
갯방풍			+	
번팽초		+		
구절초		+		
마		+		
썸바귀	+			
제비쭉		+		
고들빼기				+
마디풀		+		
석류풀				+
조릿대		+		

부록 11. 담쟁이덩굴군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7
담쟁이덩굴	3.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	3.3
덩댕이덩굴	1.2		1.1	1.3	1.1	+	+
구기자	1.2		+	+	1.1	1.2	
해국	1.2	1.2		1.1			
산피불주머니						2.2	1.2
곰솔		1.1	1.1				1.1
머루		1.2	+	1.1	+		+
땅채송화	+		1.2		1.2		
기린초	1.2	1.2					
향나무				1.1	1.1		+
비쭉	1.2	1.1					
사철나무						1.1	1.1
돌가시나무	+	+		1.3			+
냉이류		+	1.2		+		+
갯메꽃			1.2		+		+
노박덩굴	1.2	+					
으아리			+				1.2
빽새귀리	1.2	+					
새	+	1.1					
좁보리사초						1.2	
말냉이						1.2	
팽나무							1.1
뽕나무		1.1					
톱풀		1.1					
명아주					+	+	+
가시상추			+	+		+	
창질경이	+					+	
도깨비고비		+					+
쭉						+	+
괭이밥			+				+
명석딸기	+	+					
소리쟁이	+			+			
갯강아지풀	+	+					
수송나물	+	+					
참새귀리					+	+	
닭의장풀	+						
참나리	+						
산국	+						
갯기름나물	+						
망초						+	
변행초					+		
썸바귀					+		
자주개밀						+	

부록 12. 땅채송화군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7
땅채송화	3.3	3.3	3.3	3.3	4.4	3.3	4.4
해국	1.1		1.1	1.1	+	3.3	1.1
갯메꽃	3.3	+	+		+	+	2.2
강아지풀	+		1.1				
비쭉				1.1			
김의털	+						
명아주							+

부록 13. 갯메꽃군락 식생조사표

	1
갯메꽃	1.2
냉이류	1.2
땅채송화	1.2
해국	1.1
사철나무	1.1
담쟁이덩굴	+
구기자	+
괭이밥	+

부록 14. 해국군락 식생조사표

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
해국	1.2	2.2	2.2	1.1	2.2	2.2	3.3	3.3	3.3	1.1	3.3	1.1	3.3	3.3
창질경이	1.2	+	1.2				+			2.2	1.1	2.2	1.1	1.1
담쟁이덩굴	1.2	2.3	2.3											2.2
머루	1.2		1.2											
곰솔	1.1	1.1	1.1		1.1									
기린초	+		1.2				+	+						1.1
뽕나무	+		1.1											
새	+		+											
냉이류	+	+												
산국	+	+												
갯강아지풀	+		+											
댕댕이덩굴	+													
땅채송화	+													
노랑개자리	+													
강아지풀				2.2		+	+	+	+	1.1	1.1	+		
비쭉		+	1.1			+		+						1.1
참나리		+	2.3											
향나무			1.1		1.1									
갯메꽃							1.1						1.1	
도깨비고비			+	1.2										
노박덩굴			1.2											
인동덩굴			1.1											
바위채송화							+	+						
구기자		+											+	
뽕새귀리		+	+											
쭉			+											
갯그렁								+						
명아주						+								
영경취		+												
가시상추				+										
소리쟁이			+											
메꽃			+											
제비쭉			+											

부록 15. 기린초군락 식생조사표

	1
기린초	5.5
그늘사초	+
큰도깨비바늘	+

요약문

1. 제 목

- 해발고도 500m 이상 생태·자연도 1등급 권역 미조사 지역 조사

2. 목 적

- 생태·자연도 1등급 권역 미조사 지역의 최신 자연환경조사 결과를 생태·자연도 반영

3. 연구내용 및 방법

- 전국자연환경조사 목적, 생태·자연도 민원, 예산 등을 고려하여 조사 대상지 선정
 - 생태·자연도 1등급(식생보전등급 1·2등급) 지역 중 생태·자연도 등급이 변화(하향)되는 조건을 검토하여 조사지역 선정
- 미조사 지역에 대한 현장조사 및 등급 조정
 - 미조사지역을 대상으로 식생보전등급 분류기준에 따라 현장조사 실시 및 등급 조정

4. 연구결과

- 조사 대상 지역 기준 선정 결과 및 현지조사 시 고려사항
 - 생태·자연도 1등급 권역 내 미조사 지역 중 등급이 변화(하향)되는 지역의 임상도 속성 정보를 검토하여 ‘인공림, 무림목지/비산림, 3등급 이하’ 등의 조건에 해당하는 지역 선정
 - 본 연구 결과, 생태·자연도 1등급의 면적은 전체 조사 면적의 48.2%(28.35km²)로 과거 대비 약 2배 감소하였고, 생태·자연도 2·3등급 지역의 면적은 전체 조사 면적의 51.8%(30.50km²)로 과거 대비 약 46배 증가

- 임상도 산림 유형은 등급변화 후보지역 조사 시 필수가 아닌 참고사항으로 활용 필요
- 현지조사 수행 전 최신항공영상, 토지피복도 등을 활용하여 최신 식생 변화 현황 검토 필요

5. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

- 전국자연환경조사 식생조사방법의 효율성 기대
- 최신 자연환경조사 결과를 반영하여 생태·자연도 민원 발생 시 대응

I. 서 론

1. 연구 목적

본 연구는 ‘20년 전국자연환경조사 시, ’ 전 분야·전 도엽 ‘ 조사 목표 및 예산 상황으로 인해 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상 지역에 대한 현지조사를 미 실시하였고, 최신 결과 미반영에 따른 생태·자연도 민원 발생 가능성이 예상되어 현장조사를 통해 해당 지역에 대한 최신 전국자연환경조사 결과 반영을 목적으로 수행하였다.

2. 연구 배경 및 필요성

가. 정책적 부합성

전국자연환경조사는 제5차부터 식생 분야의 조사방식이 생태·자연도 1등급 권역에 대한 정밀조사 수행 및 1:5,000 축척으로 기본 조사단위가 변경되었다. 자연환경조사 결과는 자연환경보전법 제34조에 의거한 생태·자연도 작성의 기초자료로 활용되고 있으며, 생태·자연도는 자연환경보전법 시행령 제28조에 따라 국가환경보전 종합계획 수립, 개발사업에 대한 환경영향평가 협의 시 보전, 복원, 훼손을 저감 하기 위한 중요 기준으로 활용되고 있다. 이에 따라 생태·자연도 1등급 권역 내 현장조사 결과 부재(미조사) 지역에 대한 민원 발생이 예상되므로 원격탐사 등을 활용한 분석기법을 기반으로 조상 대상지를 추출하여 현장조사를 통한 식물군락 및 식생보전등급 판정으로 생태·자연도(식생보전등급) 변경사항에 대한 신속한 반영이 요구된다.

나. 사회/경제적 필요성

개발, 벌채 등으로 인해 발생하는 생태·자연도(식생보전등급) 변경사항에 대해 신속한 반영 요구가 지속적 발생하고 있으나 해발고도 500m 이상의 생태·자연도 1등급 권역 내 현장조사가 이루어지지 않은 지역이 발생함에 따라 일부 지역의 최신 생태·자연도 등급에 변화 현황을 반영하지 못한 실정이다. 따라서 전국자연환경조사 차원에서 미조사 지역에 대한 최신 결과의 신속한 반영을 통해 생태·자연도 등급 수정보완에 관한 이의신청에 대해 선제적인 대응이 요구된다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 방법

가. 해발고도 500m 이상 미조사 지역 내 조사대상지 선정

본 연구는 2020년 전국자연환경조사 시, ‘전 분야·전 도엽’ 조사 목표 및 예산 상황으로 인해, 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m이상 지역에 대한 식생 분야 현지 조사가 미 실시되어 해당 지역에 대하여 최신 자연환경조사를 반영하기 위해 수행되었다.

따라서 전국자연환경조사 목적(자연환경 현황과악 등), 생태·자연도 민원, 예산 등을 고려하여 조사 대상 지역을 선정하였고, 조사대상지는 “생태·자연도 1등급(식생보전등급 1·2등급) 지역 중 생태·자연도 등급이 변화(하향)되는 지역”에 2차년도 식생보전등급 변화후보지역의 선정을 위한 연구(II) 결과인 “등급변화 예상 조사지역 선정 조건”을 바탕으로 아래의 선정기준을 적용하여 조사지역을 선정하였다(표 1).

표 1. 해발고도 500m 이상 미조사지역 조사대상지 선정기준

구분	내용
선정기준	생태·자연도 1등급 권역 내 임상도 상 ‘인공림, 무림목지/비산림, 3등급 이하’ 등의 조건에 해당하는 지역

나. 해발고도 500m이상 미조사지역 현장 조사 및 조사결과 작성

해발고도 500m이상 미조사지역 내 생태·자연도 등급이 변화할 수 있는 지역에 해당하는 조건으로 선정된 조사지역을 대상으로 자연환경조사방법 및 ‘환경부훈령 제1161호’의 [별표1] ‘식생보전등급 평가 및 등급분류 기준’에 따라 현장조사를 수행하였다(표 2, 표 3). 현장조사대상지역은 전국자연환경조사와 동일하게 ‘북부’, ‘중부’, ‘남부’로 구분하여 선정하였으며, 이를 위해 각각 전문조사원(1명)과 일반조사원(1명)으로 구성된 네 개의 조사팀을 투입하여 해당 지역에 대한 현존식생도 작성 및 식생보전등급을 평가하였다.

표 2. 식생보전등급 평가항목 및 평가요령

평가항목		평 가 요 령
가.	분포 희귀성 (rarity)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락이 한반도 내에서 분포하는 패턴을 의미 (2) 분포면적이 국지적으로 좁으면 높게, 전국적으로 분포하면 낮게 평가
나.	식생복원 잠재성 (potentiality)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락(식분)이 형성되는데 소요되는 기간(잠재 자연식생의 형성기간)을 의미 (2) 오랜 시간이 요구되면 높게, 짧은 시간에 형성되는 식물군락은 낮게 평가. 다만, 식생 발달기원이 부영화, 식재 등에 의한 것이면 상대적으로 낮은 것으로 평가
다.	구성식물종 온전성 (integrity)	(1) 평가 대상이 되는 식물군락의 구성식물종(진단종군)이 해당 입지에 잠재적으로 형성되는 식물사회의 구성식물종인가에 대한 평가를 의미 (2) 이는 입지의 자연식생의 구성종을 엄밀히 파악하는 것으로 삼림의 경우, 흔히 천이 후기종(극상종)으로 구성되면 높게, 초기종의 구성비가 높으면 낮게 평가
라.	식생구조 온전성	(1) 평가 대상이 되는 식물군락이 해당입지에 전형적으로 발달하는 식생구조(층위구조)가 얼마나 원형에 가까운가를 가지고 판정 (2) 삼림식생은 4층의 식생구조를 가지며, 각 층위는 고유의 식생고(height)와 식피율(coverage)을 가지고 있으므로 층위구조가 온전하면 보전생태학적으로 높게 평가
마.	중요종 서식	(1) 식물군락은 식물종의 구성으로 이루어지므로 식물종 자체에 대한 보전생태학적 가치를 평가 (2) 그 분포면적이 좁거나, 중요한 식물종(멸종위기야생식물 I·II급 또는 식물구계학적 중요종)이 포함되면 더욱 높게 평가
바.	식재림 흉고직경	식재림의 경우 가장 큰 개체, 보통 개체의 흉고직경(DBH)을 기록

표 3. 식생보전등급 등급분류 기준

등급구분		분 류 기 준
가.	I 등급	(1) 식생천이의 종국적인 단계에 이른 극상림 또는 그와 유사한 자연림 (가) 아고산대 침엽수림(분비나무군락, 구상나무군락, 주목군락 등) (나) 산지 계곡림(고로쇠나무군락, 층층나무군락 등), 하반림(오리나무군락, 비슬나무군락 등), 너도밤나무군락 등의 낙엽활엽수림 (2) 삼림식생 이외의 특수한 입지에 형성된 자연성이 우수한 식생이나 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 거의 받지 않아 자연성이 우수한 식생 (가) 해안사구, 단애지, 자연호소, 하천습지, 습원, 염습지, 고산황원, 석회암지대, 아고산초원, 자연암벽 등에 형성된 식생. 다만, 이와 같은 식생유형은 조사자에 의해 규모가 크고 절대보전가치가 있을 경우에만 지형도에 표시하고, 보고서에 기재 사유를 상세히 기술하여야 함
나.	II 등급	(1) 자연식생이 교란된 후 2차 천이에 의해 다시 자연식생에 가까울 정도로 거의 회복된 상태의 삼림식생 (가) 군락의 계층구조가 안정되어 있고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재 자연식생을 반영하고 있음 (나) 난·온대 상록활엽수림(동백나무군락, 신갈나무-당단풍군락, 졸참나무군락, 서어나무군락 등의 낙엽활엽수림) (2) 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 약하게 받고 있는 식생
다.	III 등급	(1) 자연식생이 교란된 후 2차 천이의 진행에 의하여 회복단계에 들어섰거나 인간에 의한 교란이 지속되고 있는 삼림식생 (가) 군락의 계층구조가 불안정하고, 종조성의 대부분이 해당지역의 잠재자연식생을 충분히 반영하지 못함 (나) 조림기원 식생이지만 방치되어 자연림과 구별이 어려울 정도로 회복된 경우 (2) 산지대에 형성된 2차 관목림이나 2차 초원 (3) 특이식생 중 인위적 간섭의 영향을 심하게 받고 있는 식생
라.	IV 등급	인위적으로 조림된 식재림
마.	V 등급	(1) 2차적으로 형성된 키가 큰 초원식생(묵발이나 훼손지 등의 역새군락이나 기타 잡초군락 등) (2) 2차적으로 형성된 키가 낮은 초원식생(골프장, 공원묘지, 목장 등) (3) 과수원이나 유실수 재배지역 및 묘포장 (4) 논·밭 등의 경작지 (5) 주거지 또는 시가지 (6) 강, 호수, 저수지 등에 식생이 없는 수면과 그 하안 및 호안

비고 : 식재림은 인위적으로 조림된 수종 또는 자연적(2차림)으로 형성되었다 하더라도 아까시나무 등의 조림기원 도입종이나 개량종에 의해 식피율이 70%이상인 식물군락으로 한다. 다만, 녹화목적으로 적지적수(適地適樹)가 식재된 경우에는 식재림으로 보지 않는다.

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 해발고도 500m 이상 미조사지역 조사대상지

본 연구에서 생태·자연도 1등급 권역 내 미조사지역을 대상으로 선정한 기준(인공림, 무림목지/비산림, 3영급 이하)을 적용하여 조사대상지를 선정하였다. 그 결과, 조사지역은 총 5,357개 지점(북부: 3,122개, 중부: 1,655개, 남부: 580개)이었고, 면적은 58.86km² (북부: 38.56km², 중부: 9.97km², 남부: 10.33km²)이었다(표 4, 그림 1). 그리고 식생보전등급에 따른 조사지역의 면적은 식생보전등급 II등급이 식생보전등급 I등급보다 더 넓게 나타났고, 조사지역의 폴리곤 수 및 면적은 식생보전등급 I등급과 식생보전등급 II등급 모두 대권역 중 북부지역이 중부지역과 남부지역보다 더 넓게 나타났다.

표 4. 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상 미조사지역 조사대상지 선정 결과

식생보전등급	대권역	폴리곤수	면적(km ²)
I 등급	북부	328	5.91
	중부	1	0.06
	남부	6	0.10
합계		335	6.07
II 등급	북부	2,794	32.65
	중부	1,654	9.91
	남부	574	10.23
합계		5,022	52.79

※ 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m이상 미조사지역 전체 면적(km²): 58.86

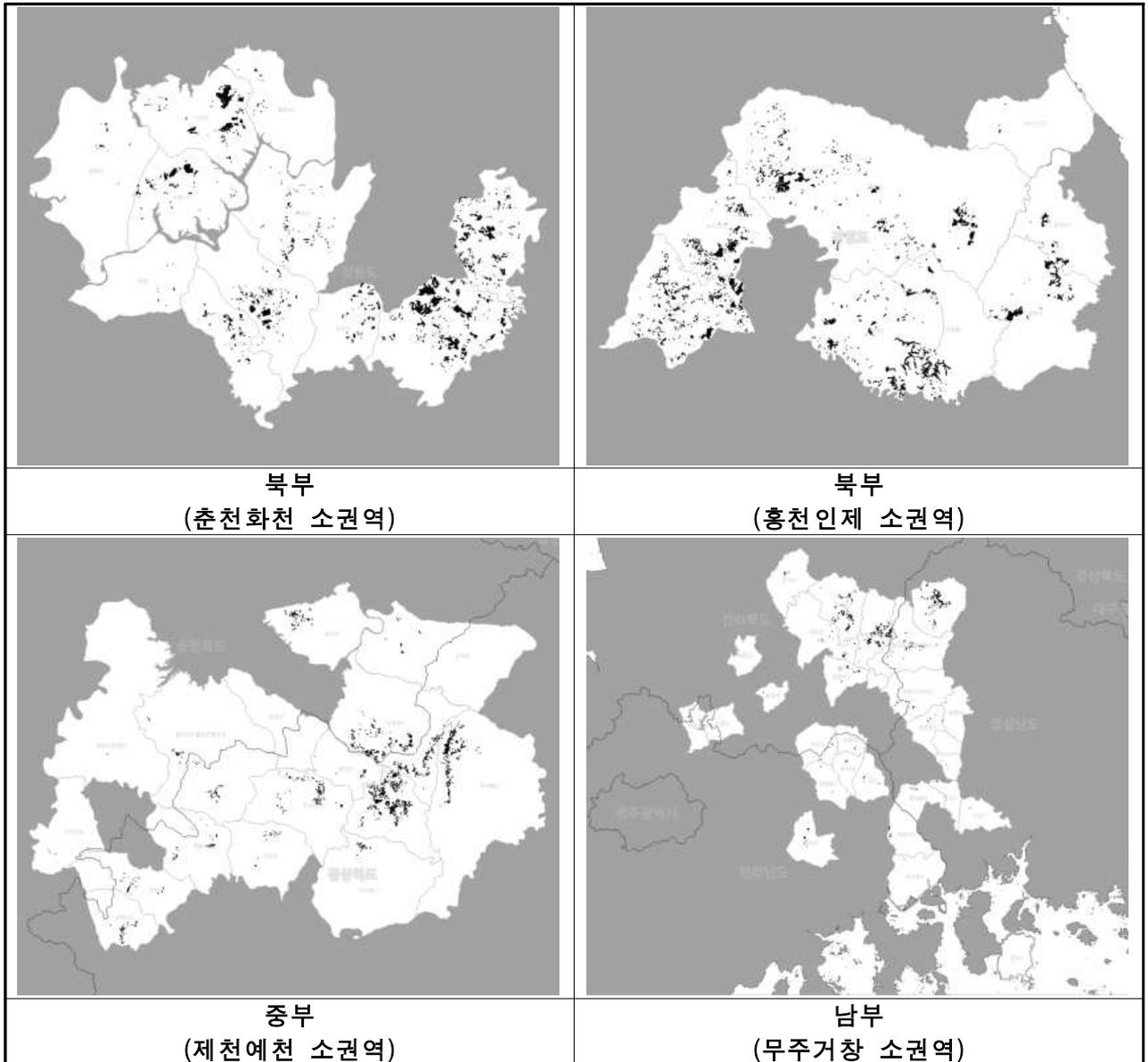


그림 1. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역별 조사대상지.

2. 식생 조사 결과

가. 상관식생유형

상관식생유형은 기존 5개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 식재림, 기타식생)에서 암벽식생, 하반림, 비식생 등이 추가되어 8개 유형이 확인되었다(표 5). 전체 면적에서 산지낙엽활엽수림은 가장 넓은 면적을 차지하였지만, 군락의 수(폴리곤 수)는 과거 대비 감소하였고, 산지침엽수림은 과거 대비 군락의 수와 군락면적 모두 감소하였다.

표 5. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 상관식생유형 조사 결과

구분	과거*		조사 결과	
	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
산지낙엽활엽수림	4,025 (76.5%)	50.12 (85.2%)	892 (16.9%)	26.62 (45.2%)
산지침엽수림	1,189 (22.6%)	7.60 (12.9%)	425 (8.1%)	3.96 (6.7%)
산지습성림	18 (0.3%)	0.67 (1.1%)	119 (2.3%)	2.66 (4.5%)
암벽식생	-	-	428 (8.1%)	1.31 (2.2%)
하반림	-	-	12 (0.2%)	0.11 (0.2%)
식재림	26 (0.5%)	0.32 (0.5%)	2,879 (54.7%)	16.86 (28.6%)
기타식생	6 (0.1%)	0.13 (0.2%)	403 (7.7%)	6.78 (11.5%)
비식생	-	-	106 (2.0%)	0.55 (0.9%)
합계	5,264 (100%)	58.84 (100%)	5,264 (100%)	58.84 (100%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

지역별 상관식생유형을 살펴보면 북부지역은 기존 4개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 식재림, 기타식생)에서 하반림, 비식생이 추가되어 6개 유형이 확인되었다(표 6, 그림 3). 그리고 중부지역은 기존 4개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 식재림, 기타식생)에서 산지습성림, 암벽식생, 비식생이 추가되어 7개 유형이 확인되었고, 남부지역은 기존 5개 유형(산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 식재림, 기타식생)에서 비식생이 추가되어 6개 유형이 확인되었다(표 6, 그림 3). 과거 모든 지역에서 산지낙엽활엽수림이 가장 넓은 면적을 차지하였지만, 본 조사 결과를 살펴보면 모든 지역에서 식재림이 가장 넓은 면적을 차지하였다. 특히 남부지역의 식재림의 면적이 과거 대비 약 140배로 크게 증가하였다.

표 6. 해발고도 500m 이상 미조사지역 내 지역에 따른 상관식생유형 조사 결과

지역	상관식생유형	과거*		조사 결과	
		폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국		5,264 (100%)	58.84 (100%)	5,264 (100%)	58.84 (100%)
북부	산지낙엽활엽수림	2,263 (43.0%)	32.60 (55.4%)	546 (10.4%)	18.81 (32.0%)
	산지침엽수림	771 (14.6%)	5.60 (9.5%)	179 (3.4%)	2.76 (4.7%)
	하반림	-	-	3 (0.1%)	0.04 (0.1%)
	식재림	24 (0.5%)	0.26 (0.4%)	1,941 (36.9%)	9.48 (16.1%)
	기타식생	3 (0.1%)	0.02 (0.04%)	168 (3.2%)	4.52 (7.7%)
	비식생	-	-	44 (0.8%)	0.26 (0.4%)
합계		3,065 (58.2%)	38.55 (65.5%)	3,065 (58.2%)	38.55 (65.5%)
중부	산지낙엽활엽수림	1,278 (24.2%)	8.36 (14.2%)	199 (3.8%)	2.05 (3.5%)
	산지침엽수림	362 (6.9%)	1.50 (2.5%)	206 (3.9%)	0.90 (1.5%)
	산지습성림	-	-	12 (0.2%)	0.15 (0.3%)
	암벽식생	-	-	318 (6.0%)	0.91 (1.5%)
	식재림	1 (0.02%)	0.04 (0.1%)	671 (12.7%)	4.58 (7.8%)
	기타식생	2 (0.04%)	0.07 (0.1%)	174 (3.3%)	1.04 (1.8%)
	비식생	-	-	54 (1.0%)	0.26 (0.4%)
합계		1,643 (31.2%)	9.97 (16.9%)	1,643 (31.2%)	9.97 (16.9%)
남부	산지낙엽활엽수림	484 (9.2%)	9.16 (15.6%)	147 (2.8%)	5.76 (9.8%)
	산지침엽수림	56 (1.1%)	0.50 (0.8%)	179 (3.4%)	2.76 (4.7%)
	산지습성림	14 (0.3%)	0.61 (1.0%)	104 (2.0%)	2.44 (4.1%)
	식재림	1 (0.02%)	0.02 (0.04%)	267 (5.1%)	2.80 (4.8%)
	기타식생	1 (0.02%)	0.04 (0.1%)	61 (1.2%)	1.22 (2.1%)
	비식생	-	-	8 (0.2%)	0.02 (0.04%)
합계		556 (10.6%)	10.33 (17.6%)	556 (10.6%)	10.33 (17.6%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

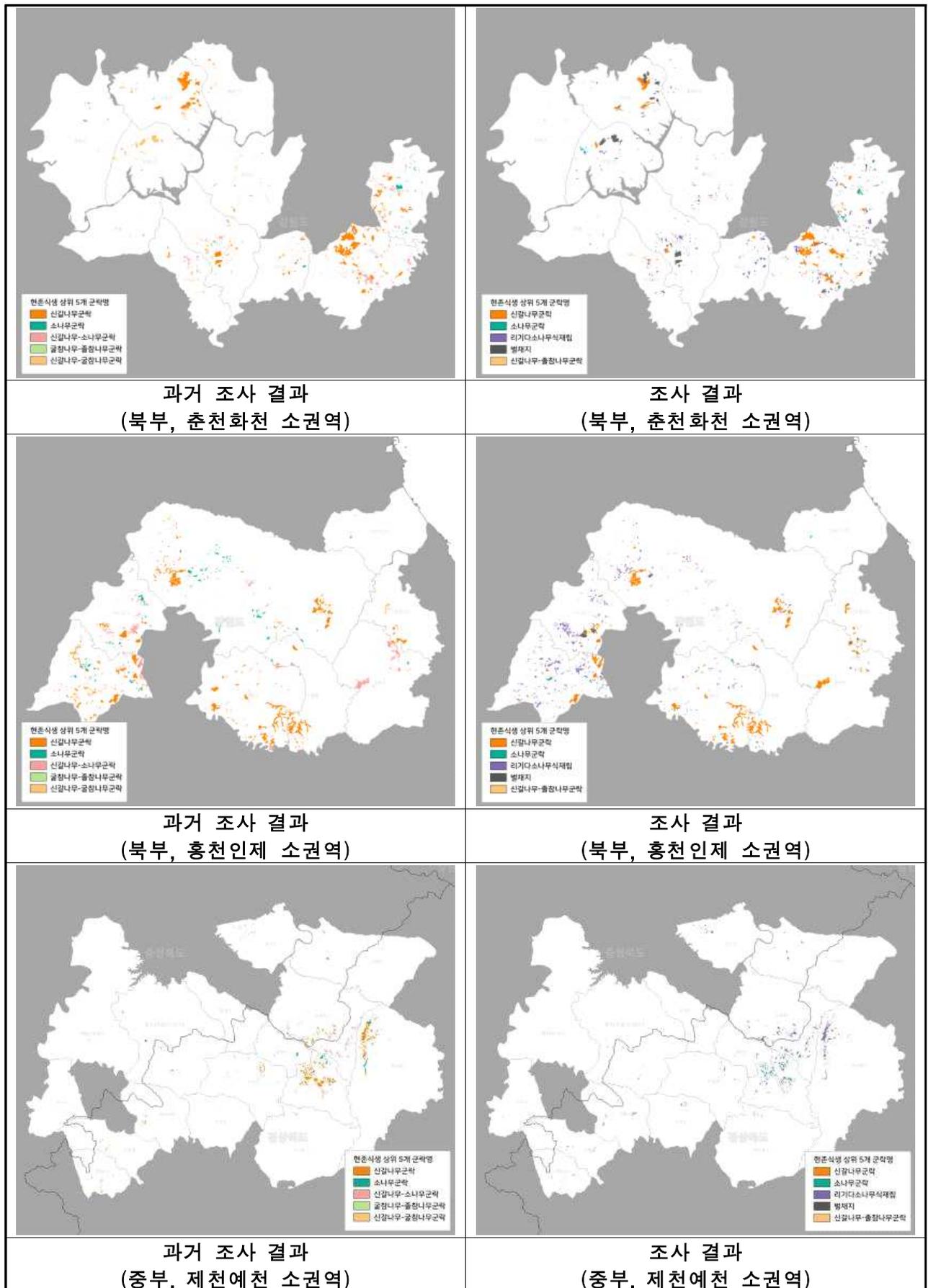


그림 2. 해발고도 500m 이상 미조사지역 내 지역에 따른 상관식생유형 현황.

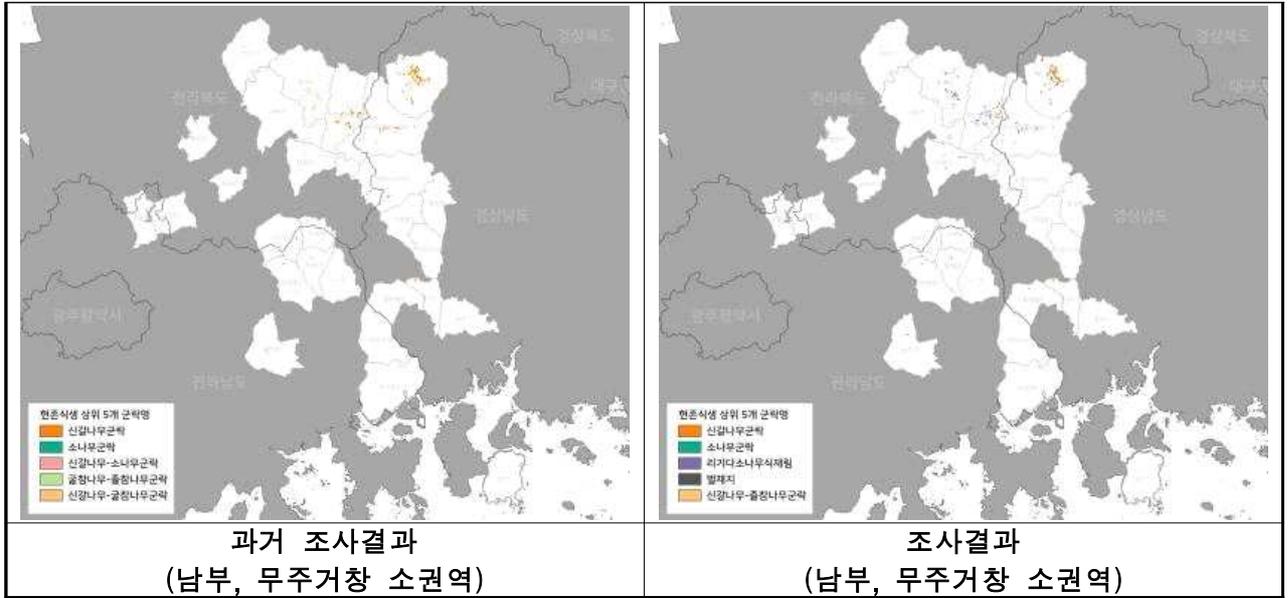


그림 2. 해발고도 500m 이상 미조사지역 내 지역에 따른 상관식생유형 현황.(계속)

나. 상관식생유형에 따른 식물군락 분포현황 및 면적 변화

상관식생유형에 따른 식물군락 분포현황과 면적의 변화를 살펴보면 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 25개 군락에서 41개 군락으로 증가하였고, 전체 면적은 과거 대비 43.66km² 에서 20.35km² 로 약 53% 감소하였다. 그리고 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 신갈나무-소나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 7). 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 5개 군락에서 11개 군락으로 증가하였고, 소나무-신갈나무군락, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 특히 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 소나무-신갈나무군락의 면적은 과거 대비 약 53%로 감소하였다(표 7). 산지습성림의 식물군락 유형은 기존 1개 군락에서 20개 군락으로 증가하였고, 과거에는 들메나무, 신갈나무-물푸레나무군락, 서어나무군락 순으로 우점하고 있었지만, 현재는 층층나무-물푸레나무군락, 층층나무군락, 가래나무-물푸레나무군락 순으로 우점하고 있었다(표 7). 그리고 암벽식생의 암벽식물군락과 하반림에서 버드나무-자작나무군락, 버드나무-갈참나무군락, 버드나무군락의 출현이 확인되었다. 그리고 식재림의 유형은 기존 19개에서 29개로 증가하였지만 가장 넓은 면적을 차지하는 일본잎갈나무식재림의 면적은 0.79km² 에서 0.76km² 로 약 4.0%가 감소하였고, 식재림은 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 편백식재림 순으로 우점하고 있었다(표 7).

표 7. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 상관식생유형에 따른 식물군락유형 조사 결과

상관식생 유형	식물군락 유형의 수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사 결과	
	과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
산지 낙엽 활엽수림	25 (76.5%)	41 (16.9%)	신갈나무군락	1,682** (41.8%)	28.04** (55.9%)	432** (48.4%)	17.5** (65.8%)
			신갈나무-굴참나무군락	481** (12.0%)	5.41** (10.8%)	51** (5.7%)	1.57** (5.9%)
			신갈나무-소나무군락	1,181** (29.3%)	10.21** (20.4%)	87** (9.8%)	1.29** (4.8%)
합계				3,344 (83.1%)	43.66 (87.1%)	570 (63.9%)	20.35 (76.5%)
산지 침엽수림	5 (22.6%)	11 (8.1%)	소나무-신갈나무군락	573** (48.2%)	3.66** (48.2%)	142** (33.4%)	1.71** (43.1%)
			소나무군락	465** (39.1%)	2.95** (38.8%)	254** (59.8%)	1.64** (41.3%)
			소나무-굴참나무군락	140** (11.8%)	0.88** (11.6%)	14** (3.3%)	0.36** (9.2%)
합계				1,178 (99.1%)	7.49 (98.6%)	410 (96.5%)	3.71 (93.6%)
산지 습성림	1 (0.3%)	20 (2.3%)	들메나무군락	8** (44.4%)	0.60** (89.0%)	-	-
			신갈나무-물푸레나무군락	3** (16.7%)	0.03** (5.2%)	-	-
			서어나무군락	5** (27.8%)	0.03** (4.4%)	-	-
			층층나무-물푸레나무군락	-	-	14** (11.8%)	0.53** (19.9%)
			층층나무군락	2 (11.1%)	0.01 (1.4%)	22** (18.5%)	0.40** (15.1%)
			가래나무-물푸레나무군락	-	-	21** (17.6%)	0.37** (13.9%)
합계				18 (100%)	0.67 (100%)	57 (47.9%)	1.30 (49.0%)
암벽식생	-	1 (0.9%)	암벽식물군락	-	-	428** (8.1%)	1.31** (100%)
합계				-	-	428** (8.1%)	1.31** (100%)
하반림	-	7 (0.2%)	버드나무-자작나무군락	-	-	2** (16.7%)	0.03** (23.7%)
			버드나무-갈참나무군락	-	-	2** (16.7%)	0.02** (20.2%)
			버드나무군락	-	-	4** (33.3%)	0.02** (18.1%)
합계				-	-	8** (66.7%)	0.07** (63.6%)

상관식생 유형	식물군락 유형의 수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사 결과	
	과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
식재림	19 (9.7%)	29 (15.6%)	일본잎갈나무식재림	19** (17.0%)	0.79** (23.8%)	20** (11.0%)	0.76** (19.6%)
			리기다소나무식재림	18** (16.1%)	0.59** (17.6%)	25 (13.8%)	0.25 (6.5%)
			일본잎갈나무-잣나무식재림	20** (17.9%)	0.55** (16.7%)	-	-
			잣나무식재림	6 (5.45%)	0.16 (4.85)	23** (12.7%)	0.61** (15.7%)
			편백식재림	3 (2.7%)	0.09 (2.7%)	31** (17.1%)	0.67** (17.3%)
합계				66 (58.9%)	2.18 (65.6%)	99 (54.7%)	2.49 (64.4%)
기타식생	3 (0.1%)	11 (7.7%)	벌채지	3** (50.0%)	0.11** (81.7%)	154** (38.2%)	4.91** (72.3%)
			농경지	2** (33.3%)	0.02** (13.5%)	30 (7.4%)	0.14 (2.1%)
			개발지	1** (16.7%)	0.01** (4.9%)	-	-
			2차초지	-	-	178** (44.2%)	1.35** (19.9%)
			침군락	-	-	28** (6.9%)	0.24** (3.5%)
합계				6 (100%)	0.13 (100%)	390 (96.8%)	6.64 (97.9%)
비식생	-	4 (2.0%)	나지	-	-	62** (58.5%)	0.29** (52.8%)
			개발지	-	-	32** (30.2%)	0.23** (41.8%)
			암석지	-	-	10** (9.4%)	0.03** (5.3%)
합계				-	-	104 (98.1%)	0.55 (99.9%)
총합계	83 (100%)	124 (100%)	-	4,612 (100%)	54.13 (100%)	2,066 (100%)	36.42 (100%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

** 상위 3개 우점 식물군락

지역에 따른 상관식생유형별 식물군락 분포현황을 살펴보면 북부지역 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 13개 군락에서 30개 군락으로 군락의 유형은 다양화되었지만, 전체 면적은 32.60km² 에서 18.81km² 로 과거 대비 약 42.3%가 감소하였다(표 8). 군락은 신갈나무군락, 신갈나무-소나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었고, 신갈나무군락의 면적은 14.93km² 로 산지낙엽활엽수림 내 식물군락 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 3개에서 6개 군락으로 구분되었고, 소나무-신갈나무군락이 우점하고 있었지만, 면적은 3.23km² 에서 1.39km² 로 약 57%로 감소하였다. 하반림에서는 버드나무-자작나무군락, 버드나무-신나무군락이 새롭게 출현하였다. 식재림의 유형은 6개에서 조사 결과 21개로 증가하였고, 일본잎갈나무식재림, 자작나무식재림, 잣나무식재림 순으로 우점하고 있었다. 식재림 내에서 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 일본잎갈나무식재림의 면적은 0.12km² 에서 5.73km² 로 약 47.8배 증가하였다. 산지습성림은 과거에는 신갈나무-물푸레군락, 들메나무군락이 우점하고 있었지만, 현재는 층층나무-물푸레나무군락, 층층나무군락, 가래나무-물푸레나무군락이 새롭게 출현하여 우점하고 있었다.

중부지역에서 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 14개에서 31개로 증가하였고, 가장 넓은 면적으로 우점하고 있는 신갈나무군락은 과거 3.60km² 에서 0.32km² 로 면적이 약 91.1%가 감소하였다. 그리고 신갈나무군락 다음으로 신갈나무-소나무군락이 우점하고 있었고, 신갈나무-물푸레나무군락이 새롭게 출현하여 세 번째로 넓은 면적을 차지하고 있었다. 산지습성림에서는 10개의 식물군락이 확인되었고, 층층나무-물푸레나무군락, 물푸레나무-층층나무군락, 물푸레나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식재림은 과거 일본잎갈나무식재림만 확인되었지만, 현재는 43개 유형이 추가되어 총 44개의 유형이 확인되었다. 조사 결과를 보면 일본잎갈나무식재림의 면적은 3.06km² 이며 식재림 내 66.8%의 비율로 가장 넓은 면적을 차지하고 있다. 하반림에서는 5개의 식물군락 유형이 새롭게 확인되었고 버드나무-갈참나무군락, 버드나무군락, 버드나무-일본잎갈나무군락 순으로 우점하고 있었다.

남부지역의 산지낙엽활엽수림에서 식물군락 유형은 16개에서 20개로 증가하였고, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무-졸참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 그리고 산지낙엽활엽수림 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 신갈나무군락의 면적이 4.05km² 에서 2.25km² 로 약 44.4%가 감소하였다. 산지침엽수림에서는 소나무군락, 소나무-졸참나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었으며 소나무군락의 면적은 0.26km² 에서 0.13km² 로 50%가 감소하였다. 산지습성림은 층층나무군락, 층층나무-신갈나무군락이 새롭게 확인되었다. 식재림은 과거 1개의 유형이었지만, 현재는 21개 유형으로 확인되었다. 과거에는 소나무-리기다소나무식재림이 우점하였지만, 현재는 일본잎갈나무식재림이 남부지역 식재림 전체 면적에서 약 55.1%의 비율로 가장 넓은 면적을 차지하여 우점하고 있었다.

표 8. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역에 따른 상관식생유형별 식물군락유형 조사 결과

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과		
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)	
전국					5,264 (100%)	58.84 (100%)	5,264 (100%)	58.84 (100%)	
북부	산지낙엽 활엽수림	13 (48.1%)	30 (36.6%)	신갈나무군락	1,072** (47.4%)	20.39** (62.5%)	360** (65.9%)	14.93** (79.4%)	
				신갈나무-소나무군락	773** (34.2%)	7.82** (24.0%)	45** (8.2%)	1.01** (5.3%)	
				신갈나무-굴참나무군락	271** (12.0%)	2.95** (9.0%)	23** (4.2%)	0.76** (4.1%)	
	합계					2,116 (93.5%)	31.16 (95.6%)	428 (78.4%)	16.70 (88.8%)
	산지 침엽수림	3 (11.1%)	6 (7.3%)	소나무-신갈나무군락	445** (57.7%)	3.23** (57.7%)	61** (34.1%)	1.39** (50.5%)	
				소나무군락	282** (36.6%)	1.96** (35.0%)	106** (59.2%)	1.12** (40.7%)	
				소나무-굴참나무군락	44** (57%)	0.41** (7.3%)	8** (4.5%)	0.22** (7.9%)	
	합계					771 (100%)	5.60 (100%)	175 (97.7%)	2.73 (98.9%)

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
북부	하반림	-	2 (2.4%)	버드나무-자작나무군락	-	-	2** (66.7%)	0.03** (68.8%)
				버드나무-신나무군락	-	-	1** (33.3%)	0.01 (31.2%)
	합계				-	-	3 (100%)	0.04 (100%)
	식재림	6 (22.2%)	21 (25.6%)	일본잎갈나무식재림	6** (25.0%)	0.12** (45.2%)	1,220** (62.9%)	5.73** (60.5%)
				일본잎갈나무-잣나무식재림	2** (8.3%)	0.07** (25.2%)	510 (26.3%)	2.35 (24.8%)
				자작나무식재림	2** (8.3%)	0.05** (18.5%)	61** (3.1%)	0.61** (6.4%)
				잣나무식재림	7 (29.2%)	0.02 (7.1%)	510** (26.3%)	2.35** (24.8%)
	합계				17 (70.8%)	0.25 (96.1%)	1,793 (92.4%)	8.69 (91.7%)
	기타식생	3 (11.1%)	4 (4.9%)	농경지	1** (33.3%)	0.02** (71.1%)	13** (7.7%)	0.06** (1.3%)
				개발지	1** (33.3%)	0.01** (27.0%)	-	-
				벌채지	1** (33.3%)	0.0005** (1.9%)	120 (71.4%)	4.40 (97.4%)
				2차초지	-	-	13** (7.7%)	0.05** (1.3%)
	합계				3 (100%)	0.02 (100%)	163 (97.0%)	4.51 (99.8%)
	비식생	-	3 (3.7%)	개발지	-	-	24** (54.5%)	0.21** (81.4%)
				나지	-	-	15** (34.1%)	0.03** (12.6%)
				암석지	-	-	5** (11.4%)	0.02** (6.0%)
	합계				-	-	44 (100%)	0.26 (100%)

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
북부	산지 습성림	2 (7.4%)	15 (18.3%)	신갈나무-물푸레나무군락	3** (75.0%)	0.03** (55.0%)	-	-
				들메나무군락	1** (25.0%)	0.03** (45.0%)	-	-
				층층나무-물푸레나무군락	-	-	11** (10.6%)	0.47** (19.1%)
				층층나무군락	-	-	20** (19.2%)	0.38** (15.6%)
				가래나무-물푸레나무군락	-	-	21** (20.2%)	0.37** (15.2%)
	합계				4 (100%)	0.06 (100%)	52 (50%)	1.22 (49.9%)
	암벽식생	-	1 (1.2%)	암벽식물군락	-	-	80** (100%)	0.24** (100%)
	합계				-	-	80 (100%)	0.24 (100%)
합계		27 (100%)	82 (100%)	-	2,911 (95.0%)	37.09 (96.2%)	2,738 (89.3%)	34.39 (89.2%)
중부	산지 낙엽 활엽수림	14 (63.6%)	31 (7.2%)	신갈나무군락	453** (43.0%)	3.60** (43.0%)	31** (15.6%)	0.32** (15.8%)
				신갈나무-소나무군락	406** (28.5%)	2.38** (28.52%)	34** (17.1%)	0.15** (7.2%)
				신갈나무-굴참나무군락	112** (8.6%)	0.72** (8.56%)	18 (9.0%)	0.27 (13.2%)
				신갈나무-물푸레나무군락	-	-	21** (10.6%)	0.34** (16.7%)
	합계				971 (76.0%)	6.70 (80.1%)	104 (52.3%)	1.09 (52.9%)
	산지 침엽수림	5 (22.7%)	8 (1.9%)	소나무군락	147** (40.6%)	0.73** (48.5%)	123** (59.7%)	0.38** (42.2%)
				소나무-굴참나무군락	88** (24.5%)	0.40** (26.4%)	2 (1.0%)	0.07 (8.3%)
				소나무-신갈나무군락	119 (32.9%)	0.36 (23.9%)	72** (35.0%)	0.25** (28.0%)
소나무-취군락				-	-	1** (0.5%)	0.13** (14.0%)	
합계				354 (97.8%)	1.48 (98.8%)	198 (96.1%)	0.83 (92.6%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
중부	산지 습성림	-	10 (28%)	층층나무-물푸레나무군락	-	-	3** (25.0%)	0.07** (4.31%)
				물푸레나무-층층나무군락	-	-	1** (8.3%)	0.05** (32.8%)
				물푸레나무군락	-	-	1** (8.3%)	0.01** (6.8%)
	합계				-	-	5 (41.7%)	0.13 (86.7%)
	암벽식생	-	1 (0.6%)	암벽식물군락	-	-	318** (100%)	0.91** (100%)
	합계						318 (100%)	0.91 (100%)
	식재림	1 (4.5%)	44 (10.2%)	일본잎갈나무식재림	1** (100%)	0.04** (100%)	443** (66.0%)	3.06** (66.8%)
				잣나무식재림	-	-	78** (11.6%)	0.30** (6.6%)
				은사시나무식재림	-	-	14** (2.1%)	0.19** (4.1%)
	합계				1 (100%)	0.04 (100%)	535 (79.7%)	3.55 (77.5%)
	기타 식생	2 (9.1%)	11 (2.5%)	농경지	1** (50%)	0.001** (1.3%)	15 (8.6%)	0.06 (6.2%)
				2차초지	-	-	99** (56.9%)	0.43** (41.1%)
				취군락	-	-	23** (13.2%)	0.23** (22.3%)
				벌채지	1** (50%)	0.08** (98.7%)	24** (13.8%)	0.16** (15.9%)
	합계				2 (100%)	0.071 (100%)	161 (92.5%)	0.89 (85.6%)
	비식생	-	3 (0.7%)	개발지	-	-	5** (9.3%)	0.01** (2.2%)
나지				-	-	47** (87.0%)	0.26** (97.6%)	
수역				-	-	2** (3.7%)	0.001** (0.3%)	
합계				-	-	54 (100%)	0.26 (100%)	
하반림	-	5 (1.2%)	버드나무-갈참나무군락	-	-	2 (22.2%)	0.02 (30.7%)	
			버드나무군락	-	-	4 (44.4%)	0.02 (27.6%)	
			버드나무-일본잎갈나무군락	-	-	1 (11.1%)	0.02 (27.3%)	
합계				-	-	7 (77.8%)	0.06 (85.7%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
합계		22 (100%)	432 (100%)		1,328 (80.8%)	9.25 (92.8%)	1,382 (84.1%)	7.72 (77.4%)
남부	산지낙엽 활엽수림	16 (72.7%)	20 (37.0%)	신갈나무군락	157** (32.4%)	4.05** (44.3%)	41** (27.9%)	2.25** (39.0%)
				신갈나무-굴참나무군락	98** (20.2%)	1.75** (19.1%)	10** (6.8%)	0.53** (9.2%)
				굴참나무군락	87** (18.0%)	1.35** (14.7%)	9 (6.1%)	0.17 (3.0%)
				신갈나무-졸참나무군락	-	-	13** (8.8%)	0.78** (13.5%)
	합계				342 (70.7%)	7.15 (78.1%)	74 (50.3%)	3.77 (65.5%)
	산지 침엽수림	4 (18.2%)	5 (9.3%)	소나무군락	36** (64.3%)	0.26** (52.0%)	25** (62.5%)	0.13** (43.9%)
				소나무-졸참나무군락	3** (5.4%)	0.09** (17.6%)	1 (2.5%)	0.02 (6.0%)
				소나무-굴참나무군락	8** (14.3%)	0.08** (15.3%)	4** (10.0%)	0.07** (23.3%)
				소나무-신갈나무군락	9 (16.1%)	0.08 (15.1%)	9** (22.5%)	0.06** (20.5%)
	합계				56 (100%)	0.02 (100%)	39 (97.5%)	0.28 (94.1%)
	산지 습성림	-	2 (3.7%)	층층나무군락	-	-	1** (33.3%)	0.02** (29.9%)
				층층나무-신갈나무군락	-	-	2** (66.7%)	0.05** (70.1%)
	합계				-	-	3 (100%)	0.07 (100%)
	식재림	1 (4.5%)	21 (38.9%)	소나무-리기다소나무식재림	1** (100%)	0.02** (100%)	-	-
				일본잎갈나무식재림	-	-	181** (67.8%)	1.5** (55.1%)
일본잎갈나무-신갈나무식재림				-	-	21** (7.9%)	0.3** (10.2%)	
자작나무식재림				-	-	8** (3.0%)	0.2** (5.9%)	
합계				1 (100%)	0.02 (100%)	210 (78.7%)	1.99 (71.1%)	

지역	상관식생 유형	식물군락 개수		식물군락유형 (상위 3개 우점 식물군락)	과거*		조사결과	
		과거*	조사 결과		폴리곤 수	면적 (km ²)	폴리곤 수	면적 (km ²)
남부	기타 식생	1 (4.5%)	3 (5.6%)	벌채지	1** (100%)	0.04** (100%)	10** (16.4%)	0.87** (70.8%)
				2차초지	-	-	49** (80.3%)	0.02** (1.6%)
				농경지	-	-	2** (3.3%)	0.34** (27.6%)
	합계				1 (100%)	0.04 (100%)	61 (100%)	1.22 (100%)
	비식생	-	2 (3.7%)	개발지	-	-	3** (37.5%)	0.01** (42.8%)
				암석지	-	-	5** (62.5%)	0.01** (57.2%)
	합계				-	-	8 (100%)	0.02 (100%)
	암벽식생	-	1 (1.9%)	암벽식물군락	-	-	30** (100%)	0.16** (100%)
	합계				-	-	30 (100%)	0.16 (100%)
	합계		22 (100%)	52 (100%)	-	400 (71.9%)	7.71 (74.6%)	395 (71.0%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

** 상위 3개 우점 식물군락

3. 식생보전등급 평가 결과

가. 식생보전등급 평가 결과

과거의 현장조사 결과를 살펴보면, 전체 조사 면적 대비 식생보전등급 III등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 86.0%, 85.8%로 가장 높았다(표 9, 그림 4). 하지만, 본 연구의 등급변화 선정기준을 도입하여 현장조사를 수행한 결과, 전체 조사 면적 대비 식생보전등급 III등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 각각 41.0%, 43.9%로 과거 대비 각각 52.3%, 48.8%로 감소하였지만, 생태·자연도 1등급에 해당되는 식생보전등급 I등급과 식생보전등급 II등급의 폴리곤 수 및 면적은 증가하였다. 특히 식생보전등급 II등급은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 조사 면적 대비 각각 35.3%, 47.1%로 과거 대비 약 16.0배, 12.5배 증가하였다.

지역에 따른 식생보전등급 평가 결과를 살펴보면, 북부지역은 식생보전등급 I등급은 나타나지 않았지만, 식생보전등급 II등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 43.8%, 54.6%로 과거 대비 약 2.0배, 3.4배 증가하였다(표 9, 그림 4). 그리고 중부지역은 특이식생(암벽식물군락)의 출현으로 식생보전등급 I등급으로 평가된 지점이 확인되었다. 식생보전등급 II등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 70.5%, 92.4%로 과거 대비 약 17.2배, 127.5배 증가하였다(표 9, 그림 4). 또한, 남부지역은 식생보전등급 I등급은 나타나지 않았다. 하지만, 식생보전등급 II등급의 폴리곤 수의 비율과 면적의 비율은 다른 식생보전등급의 폴리곤 수 및 면적보다 높았고, 조사 면적 대비 각각 28.1%, 40.7%로 과거 대비 약 35.1배, 6.6배 증가하였다(표 9, 그림 4).

표 9. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 지역에 따른 식생보전등급 평가 결과

구분		과거*		조사 결과	
지역	식생보전등급	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국	I 등급	280(5.3%)	5.97(10.2%)	381(7.2%)	1.10(1.9%)
	II 등급	4,935(93.8%)	52.20(88.7%)	1,000(19.0%)	27.25(46.3%)
	III 등급	17(0.3%)	0.21(0.4%)	495(9.4%)	631(10.7%)
	IV 등급	26(0.5%)	0.32(0.5%)	2,879(54.7%)	16.86(28.6%)
	V 등급	6(0.1%)	0.13(0.2%)	509(9.7%)	7.33(12.5%)
합계		5,264(100%)	58.84(100%)	5,264(100%)	58.84(100%)
북부	I 등급	274(8.9%)	5.81(15.1%)	63(2.1%)	0.20(0.5%)
	II 등급	2,750(89.7%)	32.30(83.8%)	691(22.5%)	21.86(56.7%)
북부	III 등급	14(0.5%)	0.15(0.4%)	158(5.2%)	2.23(5.8%)
	IV 등급	24(0.8%)	0.26(0.7%)	1,941(63.3%)	9.48(24.6%)
	V 등급	3(0.1%)	0.02(0.1%)	212(6.9%)	4.78(12.4%)
합계		3,065(58.2%)	38.55(65.5%)	3,065(58.2%)	38.55(65.5%)
중부	I 등급	1(0.1%)	0.06(0.6%)	318(19.4%)	0.91(9.1%)
	II 등급	1,639(99.8%)	9.80(98.3%)	146(8.9%)	1.10(11.0%)
	III 등급	-	-	280(17.0%)	2.08(20.9%)
	IV 등급	1(0.1%)	0.04(0.4%)	671(40.8%)	4.58(46%)
	V 등급	2(0.1%)	0.07(0.7%)	228(13.9%)	1.30(13.0%)
합계		1,643(31.2%)	9.97(16.9%)	1,643(31.2%)	9.97(16.9%)
남부	I 등급	5(0.9%)	0.10(1.0%)	-	-
	II 등급	546(98.2%)	10.1(97.8%)	163(29.3%)	4.29(41.5%)
	III 등급	3(0.5%)	0.06(0.6%)	057(10.3%)	2.00(19.4%)
	IV 등급	1(0.2%)	0.02(0.2%)	267(48.0%)	2.80(27.1%)
	V 등급	1(0.2%)	0.04(0.4%)	69(12.4%)	1.25(12.1%)
합계		556(10.6%)	10.33(17.6%)	556(10.6%)	10.33(17.6%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

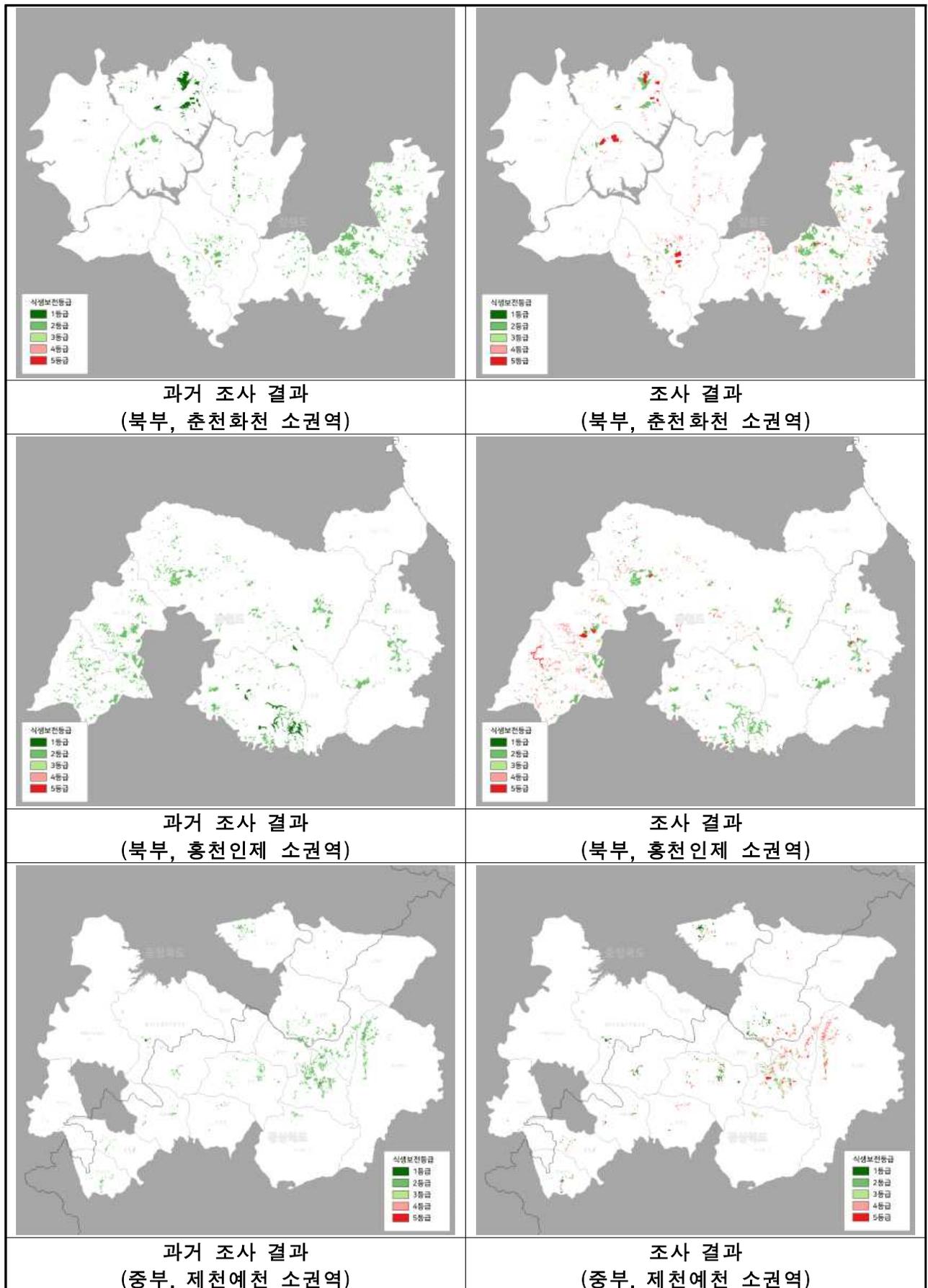


그림 3. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 소권역별 식생보전등급 현황.

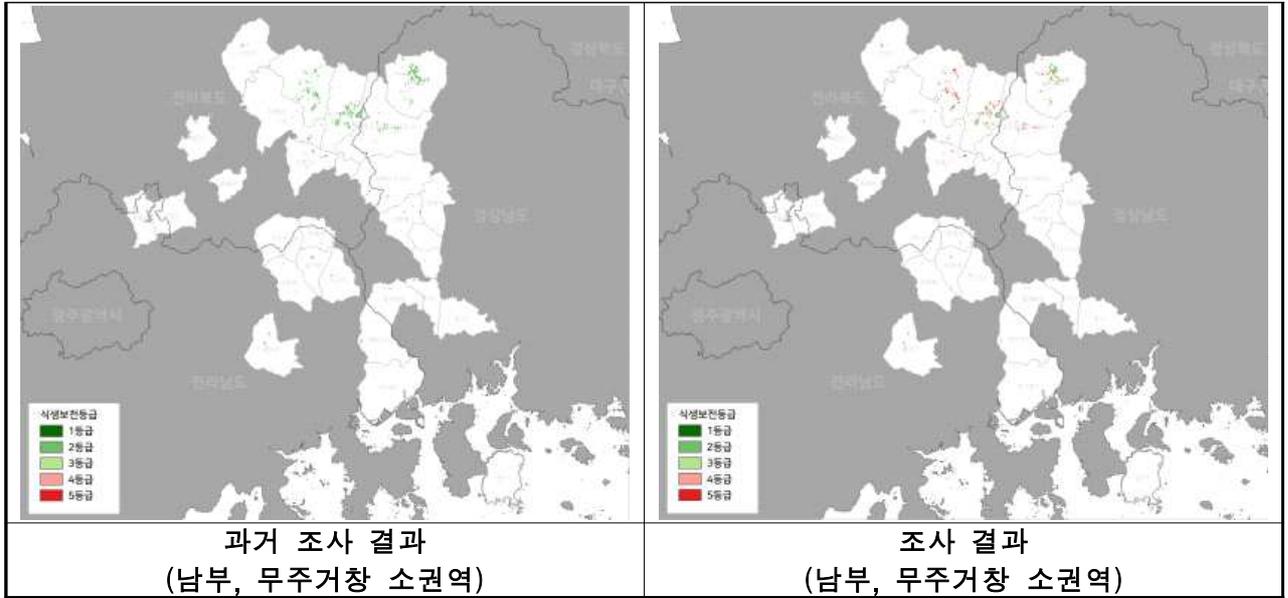


그림 3. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 소권역별 식생보전등급 현황.(계속)

나. 식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황

식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황을 살펴보면, 과거 식생보전등급 I 등급에서는 산지낙엽활엽수림의 면적이 5.8km² 으로 식생보전등급 I 등급의 전체 면적 대비 97.4%를 차지하고 있었다(표 10). 식물군락 유형은 7개로 신갈나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무-소나무군락순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림은 0.15km² 으로 식생보전등급 I 등급의 전체 면적 대비 2.6%를 차지하고 있었고, 식물군락의 유형은 3개로 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 하지만, 조사 결과 식생보전등급 I 등급에서는 암벽식생의 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락의 유형은 1개 군락으로 암벽식물군락이 1.1km² 의 면적으로 우점하고 있었다. 본 조사 결과를 살펴보면, 식생보전등급 I 등급의 면적은 기존 5.97km² 에서 1.1km² 로 약 81.6% 감소하였다.

식생보전등급 II 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 암벽식생, 하반림 순으로 상관식생이 우점하고 있었다(표 10). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 21개에서 19개 유형으로 감소하였고, 산지침엽수림과 산지습성림의 식물군락 유형은 증가하였고, 하반림과 암벽식생의 식물군락 유형은 각각 2개, 1개로 새롭게 출현하였다. 산지낙엽활엽수림은 신갈나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무-소나무군락 순으로 우점하고 있었고, 면적은 44.13km² 에서 22.14km² 로 약 49.8%가 감소하였다. 이와 유사하게 산지침엽수림의 면적은 7.40km² 에서 2.76km² 으로 감소하였고, 상위 3개 우

점 군락은 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락으로 과거와 다르게 우점하였다. 산지습성림의 면적은 과거보다 증가하였으며 층층나무-물푸레나무군락, 층층나무군락, 물푸레나무-가래나무군락 순으로 우점하고 있었다. 그리고 하반림의 식물군락 유형은 2개가 새롭게 출현하였고, 면적은 0.01km² 로 식생보전등급 II등급의 전체 면적에서 약 0.03%를 차지하고 있었다. 또한, 암벽식생은 식물군락의 유형 1개가 새롭게 확인되었고, 본 군락의 면적은 0.2km² 로 식생보전등급 II등급의 전체 면적에서 약 0.8%를 차지하고 있었다.

식생보전등급 III등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 하반림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 과거에는 8개의 식물군락 유형으로 구분되었지만, 현재는 61개의 식물군락 유형이 확인되었다(표 10). 식생보전등급 III등급의 면적이 기존 0.21km² 에서 6.31km² 로 증가하였고, 식생보전등급 III등급 내에서 산지낙엽활엽수림의 면적은 4.48km² 으로 약 71.0%를 차지하고 있었다. 산지낙엽활엽수림에서는 33개의 식물군락 유형을 확인하였고, 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 굴참나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다.

식생보전등급 IV등급에서 식재림의 상관식생이 우점하고 있었고, 전체 면적 대비 약 28.6%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다(표 10). 식재림은 7개의 유형에서 57개의 유형으로 약 8.1배 증가하였고, 면적은 0.13km² 에서 16.86km² 로 증가하였다. 그리고 식재림에서는 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 자작나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

식생보전등급 V등급의 상관식생유형은 기존에 기타식생으로만 구분되었지만, 본 조사 결과에서 기타식생과 비식생으로 2개의 상관식생유형으로 구분되었다(표 10). 면적은 0.13km² 에서 7.33km² 로 증가하였고, 기타식생은 6.78km² (92.5%), 비식생은 0.55km² (7.5%)을 차지하고 있었다. 기타식생은 벌채지, 2차초지, 침군락 순으로 우점하고 있었고, 비식생은 나지, 개발지, 암석지 순으로 우점하고 있었다.

표 10. 해발고도 500m 이상 미조사지역의 식생보전등급에 따른 식물군락유형 조사 결과

구분	상관식생 유형	과거*				조사 결과			
		식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
I 피해	암벽식생	-	-	-	-	1 (100%)	381 (100%)	1.1 (100%)	암벽식물군락
	산지낙엽 활엽수림	7 (70%)	257 (91.8%)	5.8 (97.4%)	신갈나무군락	-	-	-	-
					굴참나무군락				
	산지 침엽수림	3 (30.0%)	23 (8.2%)	0.15 (2.6%)	신갈나무- 소나무군락	-	-	-	-
소나무- 신갈나무군락									
합계	10 (4.3%)	280 (5.3%)	5.97 (10.2%)	-	1	381 (7.2%)	1.1 (81.3%)	-	
II 피해	산지낙엽 활엽수림	21 (70.0%)	3,755 (76.1%)	44.13 (84.5%)	신갈나무군락	19 (46.3%)	604 (60.4%)	22.14 (81.3%)	신갈나무군락
					굴참나무군락				굴참나무군락
	산지 침엽수림	5 (16.7%)	1,162 (23.5%)	7.40 (14.2%)	신갈나무- 소나무군락	6 (14.6%)	256 (25.6%)	2.76 (10.1%)	신갈나무- 소나무군락
					소나무- 소나무군락				소나무- 신갈나무군락
					굴참나무- 소나무- 상수리나무군락				소나무- 굴참나무군락
	산지 습성림	4 (13.3%)	18 (0.4%)	0.67 (1.3%)	들메나무군락	13 (31.7%)	91 (9.1%)	2.13 (7.8%)	층층나무- 물푸레나무군락
					서어나무군락				층층나무군락
하반림	-	-	-	신갈나무- 물푸레나무군락	-	-	-	물푸레나무- 가래나무군락	
				버드나무군락				버드나무- 갈참나무군락	
암벽식생	-	-	-	-	1 (2.4%)	47 (4.7%)	0.2 (0.8%)	암벽식물군락	
합계	30	4,935 (93.8%)	52.20 (88.7%)	-	41	1,000 (19.0%)	27.25 (46.3%)	-	

구분	상관식생 유형	과거*				조사 결과			
		식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
III 피해	산지낙엽 활엽수림	6 (75.0%)	13 (76.5%)	0.16 (78.4%)	굴참나무군락 신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락	33 (54.1%)	288 (58.2%)	4.48 (71.0%)	신갈나무군락 신갈나무- 굴참나무군락 굴참나무- 신갈나무군락
	산지 침엽수림	2 (25.0%)	4 (23.5%)	0.05 (21.6%)	소나무- 굴참나무군락 소나무- 신갈나무군락	8 (13.1%)	169 (34.1%)	1.2 (19.0%)	소나무- 신갈나무군락 소나무군락 소나무- 침나무군락
	산지 습성림	-	-	-	-	13 (21.3%)	28 (5.7%)	0.54 (8.5%)	물푸레나무군락 가래나무- 물푸레나무군락 가래나무- 층층나무군락
	하반림	-	-	-	-	7 (11.5%)	10 (2.0%)	0.1 (1.60%)	버드나무- 자작나무군락 버드나무- 일본잎갈나무군락 버드나무- 갈참나무군락
합계		8	17 (0.3%)	0.21 (0.4%)	-	61 (9.4%)	495 (9.4%)	6.31 (10.7%)	-
IV 피해	식재림	7 (100%)	26 (100%)	0.32 (100%)	일본잎갈나무 식재림 일본잎갈나무- 잣나무식재림 자작나무식재림	57 (100%)	2,879 (54.7%)	16.86 (28.6%)	일본잎갈나무 식재림 잣나무식재림 자작나무식재림
	합계	7	26 (0.5%)	0.32 (0.5%)	-	57 (54.7%)	2,879 (54.7%)	16.86 (28.6%)	-
V 피해	기타식생	3 (100%)	6 (100%)	0.13 (100%)	벌채지 농경지 개발지	11 (73.3%)	403 (79.2%)	6.78 (92.5%)	벌채지 2차초지 침군락
	비식생	-	-	-	-	4 (26.7%)	106 (20.8%)	0.55 (7.5%)	나지 개발지 암석지
합계		3	6 (0.1%)	0.13 (0.2%)	-	15 (97.0%)	509 (97.0%)	7.33 (12.5%)	-
합계		58	5,264 (100%)	58.84 (100%)	-	175 (100%)	5,264 (100%)	58.84 (100%)	-

* 제4차 전국자연환경조사 결과

지역별 식생보전등급에 따른 식물군락 분포현황을 살펴보면, 북부지역의 식생보전등급 I 등급에서는 과거 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림 순으로 상관식생이 우점하였지만, 본 조사 결과, 암벽식생의 암벽식물군락이 새롭게 확인되었고, 면적은 0.2km² 로 우점하고 있었다(표 11). 식생보전등급 II 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 기존 15개 군락에서 28개 군락으로 구분되어 과거 대비 약 1.9배가 증가하였으나 면적은 32.30km² 에서 21.86km² 로 약 32.3% 감소하였다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형과 상위 3개 우점 군락은 과거와 동일하였고, 식물군락의 유형은 10개로 신갈나무군락, 신갈나무-소나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었지만, 면적은 과거 26.78km² 에서 17.57km² 로 감소하였다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 3개에서 5개로 증가하였고, 면적은 과거 5.46km² 에서 약 59.7%가 감소한 2.2km² 로 확인되었고, 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 하지만, 산지습성림은 식물군락의 유형 및 면적 모두 증가하였다. 그리고 식물군락의 유형은 기존 2개에서 12개로 증가하였고, 면적은 0.06km² 에서 2.05km² 로 약 34.2배 증가하였고, 층층나무-물푸레나무군락, 층층나무군락, 물푸레나무-가래나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 III 등급에서는 산지낙엽활엽수림이 가장 넓은 면적을 차지하고 있었고, 산지습성림 및 하반림이 새롭게 출현하였다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 4개에서 6개로 증가하였고, 면적도 0.10km² 에서 약 12.4배 증가하여 1.24km² 로 확인되었다. 그리고 신갈나무군락, 신갈나무-잣나무군락, 신갈나무-소나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 과거에는 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락이 우점하고 있었지만, 소나무-신갈나무군락, 소나무군락, 소나무-일본잎갈나무군락 등 3개의 유형이 차례로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 6개 군락이 확인되었고, 물푸레나무군락, 가래나무-물푸레나무군락, 가래나무-층층나무군락 순으로 우점하고 있었고, 하반림의 식물군락 유형은 2개로 버드나무-자작나무군락, 버드나무-신나무군락 순으로 우점하고 있었다. 북부지역에서 식생보전등급 IV 등급은 북부지역 내 24.6%를 차지하고 있고, 다른 식생보전등급보다 넓은 면적을 차지하고 있었다(표 11). 식재림의 유형은 기존 6개에서 21개로 약 3.5배 증가하였고, 면적은 0.26km² 에서 9.48km² 로 약 36.5배 증가하였다(표 11). 그리고 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 자작나무식재림 순으로 우점하고 있었다.

중부지역의 식생보전등급 I 등급에서는 암벽식생의 상관유형이 우점하고 있었고, 식물군락 유형은 1개로 암벽식물군락이 우점하고 있었다(표 11). 식생보전등급 II 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 하반림 순으로 상관식생이 우점하고 있었다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존 14개에서 12개로 감소하였고, 면적도 8.36km² 에서 0.78km² 으로 약 90.7%가 감소하였다. 그리고 식물군락은 굴참나무-신갈나무군락, 신갈나무-물푸레나무군락, 신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 식물군락 유형은 기존 5개에서 3개로 감소하였고, 면적도 기존 1.44km² 에서 0.3km² 으로 약 79.2%가 감소한 것으로 확인되었다. 그리고 식물군락은 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 그리고 산지습성림 및 하반림이 새롭게 확인되었고, 산지습성림은 1개의 식물군락 유형인 오리나무-물푸레나무군락이 우점하고 있었다. 또한, 하반림은 2개의 식물군락 유형을 확인하였고, 버드나무, 버드나무-갈참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 III등급 지역은 과거에는 없었지만, 본 조사 결과에서 2.08km² 면적을 차지하고 있었고(표 11), 상관식생은 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 하반림 순으로 우점하고 있었다. 산지낙엽활엽수림은 27개의 식물군락 유형을 확인하였고, 면적은 1.28km² 으로 중부지역의 식생보전등급 III등급 내 61.3%를 차지하고 있었다. 그리고 식물군락은 신갈나무군락, 신갈나무-굴참나무군락, 신갈나무-물푸레나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림에서는 식물군락 유형이 8개가 확인되었고, 소나무군락, 소나무-신갈나무군락, 소나무-취죽군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림의 식물군락 유형은 9개이며 층층나무-물푸레나무군락, 물푸레나무군락, 소나무군락 순으로 우점하고 있었다. 하반림에서는 5개의 식물군락 유형을 확인하였고, 면적은 0.06km² 로 식생보전등급 III등급 내 약 3%에 해당하는 면적을 차지하고 있었다. 식물군락은 버드나무-일본잎갈나무군락, 버드나무-갈참나무군락, 버드나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 IV등급의 상관식생은 식재림이 우점하고 있었고, 과거에는 일본잎갈나무식재림으로 1개의 식재림 유형으로 분류되었지만, 본 조사 결과에서 44개의 식재림 유형이 확인되었다(표 11). 식재림의 전체 면적은 4.58km² 로 중부지역의 전체 면적 대비 약 46%를 차지하고 있었고, 일본잎갈나무식재림, 잣나무식재림, 은사시나무식재림 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 V 등급에서 상관식생은 기존 1개의 유형에서 비식생이 추가되어 2개의 유형이 확인되었고, 면적은 기존 0.07km² 에서 1.3km² 로 증가하였다(표 11).

남부지역의 식생보전등급 I 등급에서는 기존에 1개의 상관식생 유형인 산지낙엽활엽수림이 있었지만, 본 조사 결과에서는 식생보전등급 I 등급에 해당하는 곳은 확인되지 않았다(표 11). 식생보전등급 II 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림, 산지습성림, 암벽식생 순으로 상관식생이 우점하고 있었고, 이 중 암벽식생은 새롭게 출현이 확인된 상관식생 유형이다(표 11). 산지낙엽활엽수림의 식물군락 유형은 기존에 15개였으나 14개로 구분되었고, 면적은 8.99km² 에서 3.79km² 로 약 57.8%가 감소하였다. 그리고 식물군락은 신갈나무군락, 신갈나무-졸참나무군락, 신갈나무-굴참나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림에서는 과거 조사결과와 동일하게 4개의 식물군락 유형이 확인되었다. 면적은 0.5km² 에서 0.26km² 로 약 48%가 감소하였고, 소나무군락, 소나무-굴참나무군락, 소나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지습성림은 기존 3개 유형에서 2개 유형으로 감소하였고, 면적도 0.61km² 에서 0.07km² 로 약 88.5%가 감소하였다. 그리고 식물군락은 층층나무-신갈나무군락, 층층나무군락 순으로 우점하고 있었다. 암벽식생은 새롭게 확인된 상관식생 유형으로 1개의 식물군락 유형이 분류되었다. 식생보전등급 III 등급에서는 산지낙엽활엽수림, 산지침엽수림 순으로 상관식생이 우점하고 있었다(표 11). 산지낙엽활엽수림은 기존 3개의 식물군락 유형에서 12개의 식물군락 유형으로 증가하였고, 면적도 0.06km² 에서 1.96km² 로 약 32.7배 증가하였다. 특히 산지낙엽활엽수림은 남부지역의 식생보전등급 III 등급 전체 면적에서 약 98.1%를 차지하고 있었고, 식물군락은 신갈나무군락, 신갈나무-일본잎갈나무군락, 굴참나무-신갈나무군락 순으로 우점하고 있었다. 산지침엽수림의 상관식생은 과거에는 확인되지 않았지만, 본 조사 결과에서 2개의 식물군락 유형이 확인되었고, 0.04km² 의 면적을 차지하고 있었다(표 11). 그리고 식물군락은 소나무-리기다소나무군락, 소나무군락 순으로 우점하고 있었다. 식생보전등급 IV 등급에서는 식재림이 상관식생으로 우점하고 있었고, 기존에는 소나무-리기다소나무식재림 1개의 식재림 유형이 확인되었지만, 본 조사 결과에서 21개의 유형으로 구분되었다. 면적은 0.02km² 에서 2.80km² 으로 약 140배 증가하였고, 일본잎갈나무식재림, 일본잎갈나무-신갈나무식재림, 자작나무식재림이 우점하고 있었다. 식생보전등급 V 등급에서는 기타식생, 비식생으로 상관식생이 분류되었고, 면적은 0.04km² 에서 1.25km² 로 증가하였다(표 11).

표 11. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역에 따른 식생보전등급별 식물군락유형 조사 결과

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과				
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	
전국			58	5,264 (100%)	58.84 (100%)	-	175	5,264 (100%)	58.84 (100%)	-	
부부	I 등급	산지낙엽 활엽수림	7 (70%)	252 (92.0%)	5.7 (98.4%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락 굴참나무군락	-	-	-	-	
		산지 침엽수림	3 (30%)	22 (8.0%)	0.09 (1.6%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 굴참나무군락	-	-	-	-	
		암벽식생	-	-	-	-	1	63 (100%)	0.2 (100%)	암벽식물군락	
	합계			10 (25.0%)	274 (8.9%)	5.81 (15.1%)	-	1 (1.4%)	63 (2.1%)	0.2 (0.5%)	-
	II 등급	산지낙엽 활엽수림	10 (66.7%)	2,001 (72.8%)	26.78 (82.9%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락 신갈나무- 굴참나무군락	10 (35.7%)	447 (64.7%)	17.57 (80.4%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락 신갈나무- 굴참나무군락	
		산지 침엽수림	3 (20.0%)	45 (27.1%)	5.46 (16.9%)	소나무- 신갈나무군락 소나무군락 소나무- 굴참나무군락	5 (17.9%)	140 (0.2%)	2.2 (10.0%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 굴참나무군락	
		산지 습성림	2 (13.3%)	4 (0.1%)	0.06 (0.2%)	신갈나무- 물푸레나무군락 들메나무군락	12 (42.9%)	87 (0.1%)	2.05 (9.4%)	층층나무- 물푸레나무군락 층층나무군락 물푸레나무- 가래나무군락	
	합계			15 (37.5%)	2,750 (89.7%)	32.30 (83.8%)	-	28 (37.8%)	691 (22.5%)	21.86 (56.7%)	-
	III 등급	산지낙엽 활엽수림	4 (66.7%)	10 (71.4%)	0.10 (68.8%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락 굴참나무군락	6 (35.3%)	99 (6.3%)	1.24 (55.6%)	신갈나무군락 신갈나무- 잣나무군락 신갈나무- 소나무군락	

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
북부	III 폐기	산지 침엽수림	2 (33.3%)	4 (28.6%)	0.05 (31.2%)	소나무- 굴참나무군락 소나무- 신갈나무군락	3 (17.6%)	39 (39.0%)	0.56 (25.2%)	소나무- 신갈나무군락 소나무군락 소나무- 일본잎갈나무군락
		산지 습성림	-	-	-	-	6 (35.3%)	17 (1.1%)	0.39 (17.5%)	물푸레나무군락 가래나무- 물푸레나무군락 가래나무- 총총나무군락
		하반림	-	-	-	-	2 (11.8%)	3 (0.2%)	0.04 (1.70%)	버드나무- 자작나무군락 버드나무- 신나무군락
	합계		6 (15.0%)	14 (0.5%)	0.15 (0.4%)	-	17 (23.0%)	158 (5.2%)	2.23 (5.8%)	-
	IV 폐기	식재림	6 (100%)	24 (100%)	0.26 (100%)	일본잎갈나무 식재림	21 (100%)	1,941 (100%)	9.48 (100%)	일본잎갈나무 잣나무 식재림 자작나무 식재림
						일본잎갈나무 -잣나무 식재림				잣나무 식재림
						자작나무 식재림				자작나무 식재림
	합계		6 (15.0%)	24 (0.8%)	0.26 (0.7%)	-	21 (28.4%)	1,941 (63.3%)	9.48 (24.6%)	-
	V 폐기	기타 식생	3 (100%)	3 (100%)	0.02 (100%)	농경지 개발지 벌채지	4 (57.1%)	168 (79.2%)	4.52 (94.5%)	벌채지 농경지 2차초지
		비식생	-	-	-	-	3 (42.9%)	44 (20.8%)	0.26 (55.0%)	개발지 나지 암석지
		합계	3 (7.5%)	3 (0.1%)	0.02 (0.1%)	-	7 (9.5%)	212 (6.9%)	4.78 (12.4%)	-
	합계		40	3,065 (58.2%)	38.55 (65.5%)	-	74	3,065 (58.2%)	38.55 (65.5%)	-

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과				
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	
중부	I 단계	암벽 식생	-	-	-	-	1 (100%)	318 (100%)	0.91 (100%)	암벽식물군락	
		산지 침엽수림	1 (100%)	1 (100%)	0.06 (100%)	소나무군락	-	-	-	-	
		합계	-	-	-	-	1 (0.8%)	318 (19.4%)	0.91 (9.1%)	-	
	II 단계	산지낙엽 활엽수림		14 (73.7%)	1,278 (78.0%)	8.36 (85.3%)	신갈나무군락 신갈나무- 소나무군락 신갈나무- 굴참나무군락	12 (66.7%)	62 (42.5%)	0.78 (70.8%)	굴참나무- 신갈나무군락 신갈나무- 물푸레나무군락 신갈나무군락
			산지 침엽수림	5 (26.3%)	361 (22.0%)	1.44 (14.7%)	소나무군락 소나무- 굴참나무군락 소나무- 신갈나무군락	3 (16.7%)	81 (55.5%)	0.3 (27.8%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 굴참나무군락
			산지 습성림	-	-	-	-	1 (5.6%)	1 (0.7%)	0.01 (0.5%)	오리나무- 물푸레나무군락
			하반림	-	-	-	-	2 (11.1%)	2 (1.4%)	0.01 (0.9%)	버드나무군락 버드나무- 갈참나무군락
	합계	19 (4.3%)	1,639 (99.8%)	9.80 (98.3%)	-	18 (14.3%)	146 (8.9%)	1.1 (11.0%)	-		
	III 단계	산지낙엽 활엽수림		-	-	-	-	27 (55.1%)	137 (48.9%)	1.28 (61.3%)	신갈나무군락 신갈나무- 굴참나무군락 신갈나무- 물푸레나무군락
			산지 침엽수림	-	-	-	-	8 (16.3%)	125 (44.6%)	0.6 (28.6%)	소나무군락 소나무- 신갈나무군락 소나무- 침군락
			산지 습성림	-	-	-	-	9 (18.4%)	11 (3.9%)	0.15 (7.1%)	층층나무- 물푸레나무군락 물푸레나무군락 소나무군락
			하반림	-	-	-	-	5 (10.2%)	7 (2.5%)	0.06 (3.0%)	버드나무- 일본잎갈나무 군락 버드나무- 갈참나무군락 버드나무군락
		합계	-	-	-	-	49 (38.9%)	280 (17.0%)	2.08 (20.9%)	-	

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
중부 중부	IV 등급	식재림	1 (100%)	1 (100%)	0.04 (100%)	일본잎갈나무 식재림	44 (100%)	671 (100%)	4.58 (100%)	일본잎갈나무 식재림 잣나무 식재림 은사시나무 식재림
	합계		1 (4.3%)	1 (0.1%)	0.04 (0.4%)	-	44 (34.9%)	671 (40.8%)	4.58 (46%)	-
	V 등급	기타 식생	2 (100%)	2 (100%)	0.07 (100%)	벌채지 농경지	11 (78.6%)	174 (76.3%)	1.04 (79%)	2차초지 침군락 벌채지
	V 등급	비식생	-	-	-	-	3 (21.4%)	54 (23.7%)	0.26 (20.2%)	나지 개발지 수역
	합계		2 (4.3%)	2 (0.1%)	0.07 (0.7%)	-	14 (11.1%)	228 (13.9%)	1.3 (13.0%)	-
합계		23	1,643 (31.2%)	9.97 (16.9%)	-	126	1,643 (31.2%)	9.97 (16.9%)	-	
남부	I 등급	산지낙엽 활엽수림	2 (100%)	5 (100%)	0.1 (100%)	신갈나무군락 굴참나무군락	-	-	-	-
		합계	2 (6.9%)	5 (100%)	0.10 (100%)	-	-	-	-	-
	II 등급	산지낙엽 활엽수림	15 (68.2%)	476 (87.2%)	8.99 (89.0%)	신갈나무군락 신갈나무-굴참나무군락 굴참나무군락	14 (66.7%)	95 (58.3%)	3.79 (88.5%)	신갈나무군락 신갈나무-굴참나무군락 신갈나무-굴참나무군락
		산지 침엽수림	4 (18.2%)	56 (10.3%)	0.50 (4.9%)	소나무군락 소나무-졸참나무군락 소나무-굴참나무군락	4 (19.0%)	35 (21.5%)	0.26 (6.1%)	소나무군락 소나무-굴참나무군락 신갈나무군락
		산지 습성림	3 (13.6%)	14 (2.6%)	0.61 (6.0%)	들메나무군락 서어나무군락 총총나무군락	2 (9.5%)	3 (1.8%)	0.07 (1.7%)	총총나무-신갈나무군락 총총나무군락
		암벽 식생	-	-	-	-	1 (4.8%)	30 (30.0%)	0.16 (3.70%)	암벽식물군락
	합계		22 (75.9%)	546 (98.2%)	10.10 (97.8%)	-	21 (34.4%)	163 (29.3%)	4.29 (41.5%)	-

지역	구분	상관 식생 유형	과거*				조사 결과			
			식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락	식물 군락 유형	폴리곤 수	면적 (km ²)	상위 3개 우점 식물군락
남부	III 등급	산지낙엽 활엽수림	3 (100%)	3 (100%)	0.06 (100%)	굴참나무군락	12 (85.7%)	52 (91.2%)	1.96 (98.1%)	신갈나무군락
						졸참나무-굴참나무누락				신갈나무-일본잎갈나무 군락
						졸참나무-갈참나무군락				굴참나무-신갈나무군락
	III 등급	산지 침엽수림	-	-	-	-	2 (14.3%)	5 (8.8%)	0.04 (1.9%)	소나무-리기다소나무 군락
										소나무군락
	합계		3 (10.3%)	3 (0.5%)	0.06 (0.6%)	-	14 (23.0%)	57 (10.3%)	2.00 (19.4%)	-
	IV 등급	식재림	1 (100%)	1 (100%)	0.02 (100%)	소나무-리기다소나무 식재림	21 (100%)	267 (100%)	2.80 (100%)	일본잎갈나무 식재림
										일본잎갈나무-신갈나무 식재림
	합계		1 (3.4%)	1 (0.2%)	0.02 (0.2%)	-	21 (34.4%)	267 (48.0%)	2.80 (27.1%)	-
	V 등급	기타 식생	1 (100%)	1 (100%)	0.04 (100%)	벌채지	3 (60.0%)	61 (88.4%)	1.22 (98.1%)	2차초지
벌채지										
비식생		-	-	-	-	-	2 (40.0%)	8 (11.6%)	0.02 (1.9%)	농경지
	암석지									
합계		1 (3.4%)	1 (100%)	0.04 (100%)	-	5 (8.2%)	69 (12.4%)	1.25 (12.1%)	-	
합계		29 (100%)	556 (100%)	10.33 (100%)	-	61 (100%)	556 (100%)	10.33 (100%)	-	

* 제4차 전국자연환경조사 결과

4. 생태·자연도 등급 변화 양상

과거의 현장조사 결과를 살펴보면, 전체 조사 면적 대비 생태·자연도 1등급의 면적은 58.17km² 으로 과거 조사 대상지의 생태·자연도 전체 면적 중 98.9%를 차지했다(표 12, 그림 5). 하지만, 본 연구의 조사대상지 선정기준을 도입하여 현장조사를 수행한 결과, 생태·자연도 1등급의 면적은 28.35km² 로 약 51.3%가 감소하였으며 조사지역 내 48.2%를 차지했다. 그리고 생태·자연도 2등급 지역은 기존 0.53km² 였으며 과거 전체 조사 면적 대비 생태·자연도 2등급 지역은 0.9%를 차지했었지만, 조사 결과 23.17km² 으로 약 43.7배 증가하였으며 전체 조사 면적 대비 생태·자연도 2등급 지역이 약 39.4%의 면적을 차지하고 있었다. 생태·자연도 3등급 지역은 과거 0.13km² 였지만 조사 결과 7.33km² 로 약 56.4배 증가하였고, 조사 면적과 대비하여 과거에는 0.2%를 차지하고 있었지만, 본 조사 결과에서 전체 면적 내 생태·자연도 3등급 지역의 면적은 12.5%를 차지하고 있었다.

지역에 따른 생태·자연도 등급 변화 양상을 살펴보면 북부지역의 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 각각 3,024개, 22.06km² 으로 과거 대비 약 75.0%, 42.1%가 감소하였다(표 12, 그림 5). 북부지역의 생태·자연도 1등급은 조사 면적 내 약 57.2%를 차지하고 있었다. 반면 생태·자연도 2등급의 면적은 0.41km² 에서 11.71km² 로 약 28.6배가 증가하였고, 북부지역의 조사 면적 내 약 30.4%를 차지하고 있었다. 생태·자연도 3등급의 폴리곤 수 및 면적은 각각 3개, 0.02km² 이었지만, 본 조사 결과에서 212개, 38.55km² 로 확인되어 각각 70.7배, 92.1배 증가하였다.

중부지역의 과거 생태·자연도 1등급의 면적은 9.86km² 이었지만, 본 조사 결과에서 2.01km² 로 약 79.6%가 감소하였고, 중부지역의 조사 면적 내 20.2%를 차지하고 있었다(표 12, 그림 5). 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수는 기존 1개에서 951개로 증가하였으며 면적도 0.04km² 에서 6.66km² 으로 약 166.5배 증가하였고, 생태·자연도 2등급의 면적은 중부지역 조사 면적 내 66.8%의 비율로 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 생태·자연도 3등급 면적은 과거 0.07km² 였으나 조사 결과 1.30km² 로 확인되어 약 18.6배가 증가하였다.

남부지역의 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적은 각각 163개, 4.29km² 로 과거 대비 약 70.4%, 57.9% 감소하였다. 반면 생태·자연도 2등급의 폴리곤 수 및 면적은 과거에는 각각 4개, 0.08km² 이었지만, 조사 결과 324개, 4.80km² 로 약 81배, 60배 증가하였다. 생태·자연도 2등급의 면적은 남부지역의 조사 면적 내 46.5%로 가장 넓은

은 면적을 차지하고 있었고, 생태·자연도 3등급 면적은 0.04km² 에서 1.25km² 로 약 31.3배 증가하였다.

북부지역에서는 생태·자연도 1등급 지역이 가장 넓은 면적을 차지하고 있었고, 중부 및 남부지역은 생태·자연도 2등급 지역이 가장 넓은 면적을 차지하고 있었다. 또한, 모든 지역에서 과거 대비 생태·자연도 1등급의 폴리곤 수 및 면적이 모두 감소하였고, 생태·자연도 2등급 및 생태·자연도 3등급의 폴리곤 수 및 면적은 모두 증가하였다.

표 12. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역에 따른 생태·자연도 등급 변화 양상

구분		과거*		조사 결과	
지역	생태·자연도 등급	폴리곤 수	면적(km ²)	폴리곤 수	면적(km ²)
전국	1등급	5,215(99.1%)	58.17(98.9%)	1,381(26.2%)	28.35(48.2%)
	2등급	43(0.8%)	0.53(0.9%)	3,374(64.1%)	23.17(39.4%)
	3등급	6(0.1%)	0.13(0.2%)	509(9.7%)	7.33(12.5%)
합계		5,264(100%)	58.83(100%)	5,264(100%)	58.83(100%)
북부	1등급	3,024(98.7%)	38.12(98.9%)	754(24.6%)	22.06(57.2%)
	2등급	38(1.2%)	0.41(1.1%)	2,099(68.5%)	11.71(30.4%)
	3등급	3(0.1%)	0.02(0.1%)	212(6.9%)	4.78(12.4%)
합계		3,065(58.2%)	38.55(65.5%)	3,065(58.2%)	38.55(65.5%)
중부	1등급	1,640(99.8%)	9.86(98.9%)	464(28.2%)	2.01(20.2%)
	2등급	1(0.1%)	0.04(0.4%)	951(57.9%)	6.66(66.8%)
	3등급	2(0.1%)	0.07(0.7%)	228(13.9%)	1.30(13.0%)
합계		1,643(31.2%)	9.97(16.9%)	1,643(31.2%)	9.97(16.9%)
남부	1등급	551(99.1%)	10.20(98.7%)	163(29.3%)	4.29(41.5%)
	2등급	4(0.7%)	0.08(0.8%)	324(58.3%)	4.80(4.5%)
	3등급	1(0.2%)	0.04(0.4%)	69(12.4%)	1.25(12.1%)
합계		556(10.6%)	10.33(17.6%)	556(10.6%)	10.33(17.6%)

* 제4차 전국자연환경조사 결과

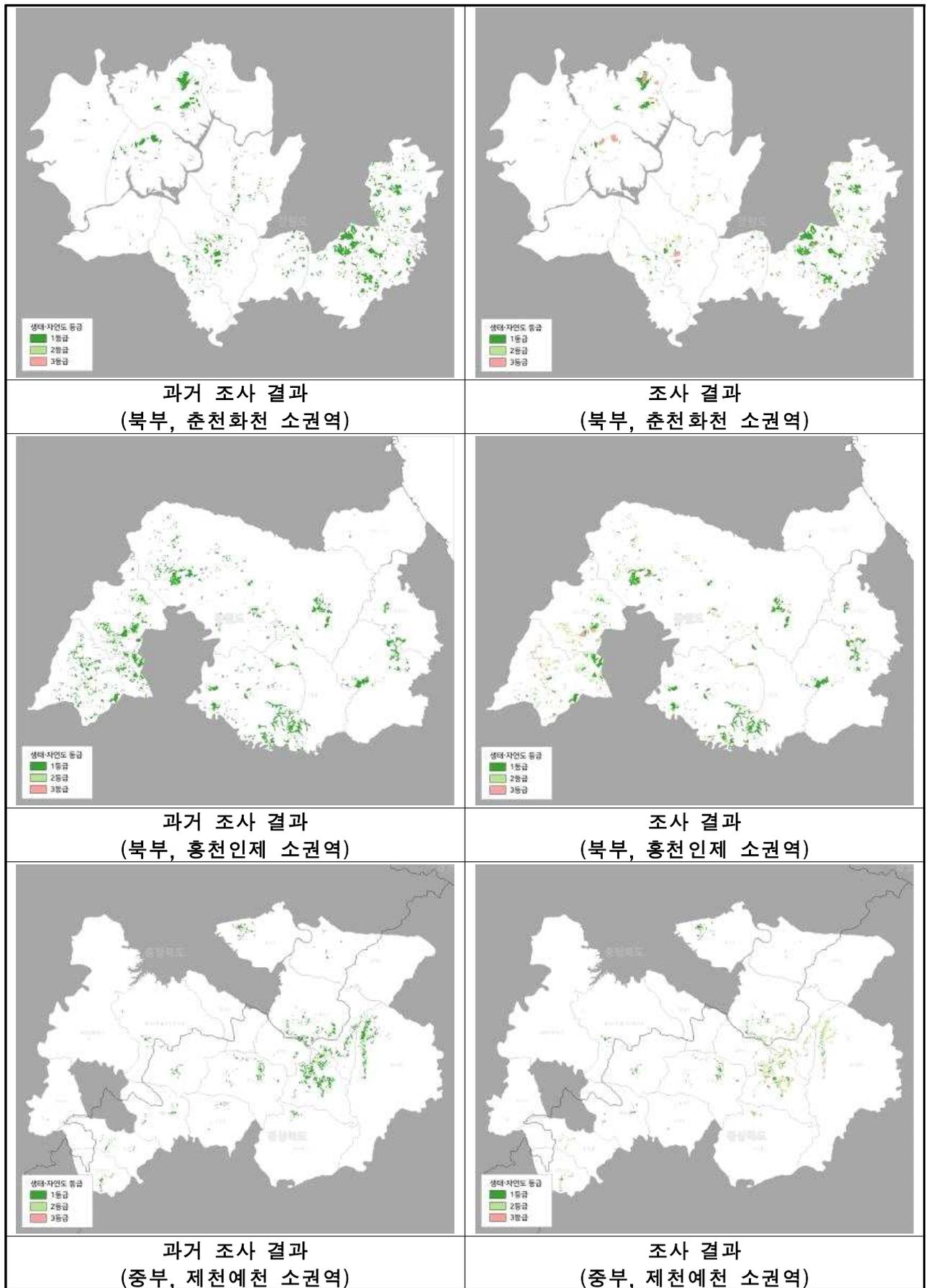


그림 5. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역에 따른 생태·자연도 등급 현황.

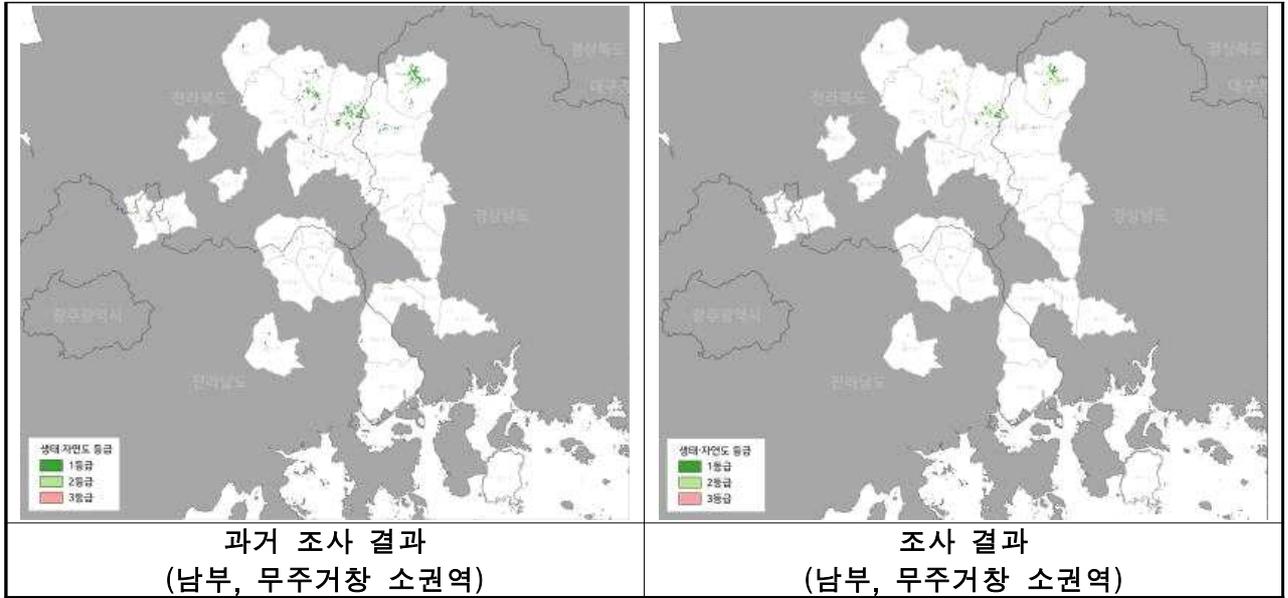


그림 5. 해발고도 500m 이상 미조사지역 지역에 따른 생태·자연도 등급 현황.(계속)

IV. 결론

생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상 지역에 대한 조사는 본 연구의 필요성에서 밝힌 바와 같이 최신 결과 미반영에 따른 생태·자연도 민원 발생 가능성이 예상되므로 현장 조사를 통해 해당 지역에 대한 최신 결과 반영이라는 목적을 가지고 있다. 그러나 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상 지역에 대한 추가적인 조사는 조사 인력 및 예산 부족, 한정된 조사 기간과 같은 현실적인 어려움이 따른다. 따라서 이러한 어려움들을 고려하면 조사지역 선정 및 우선순위 부여를 위한 조건 설정은 효율성 측면에서 매우 중요하다.

본 연구에서는 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상의 미조사지역을 대상으로 2차년도 식생보전등급 변화후보지역의 선정을 위한 연구(II) 결과인 “등급변화 예상 조사지역 선정조건”을 바탕으로 식생보전등급의 변경이 예상되는 지역을 선정 및 현장조사를 진행하여 실제로 식생보전등급이 하향되는지를 확인을 하였고, 해당 미조사 지역에 대하여 최신 자연환경조사를 반영하여 생태·자연도 등급 수정보완에 관한 이의신청에 대해 선제적인 대응을 하기 위해 수행하였다.

이전의 연구결과에서 생태·자연도 2·3등급 권역을 대상으로 산림 유형에 따른 식생보전등급 현황을 면적을 기준으로 살펴보면, ‘인공림’의 유형은 생태·자연도 2등급(식생보전등급 III·IV등급)은 57.3%, 생태·자연도 3등급(식생보전등급 V등급)은 42.6%로 나타났고, ‘무림목지 등 기타’의 유형은 생태·자연도 2등급(식생보전등급 III·IV등급)은 7.6%, 생태·자연도 3등급(식생보전등급 V등급)은 92.4%로 나타났다. 그리고 ‘21~30년생 수목의 수관점유율이 50% 이상’에 해당하는 ‘3영급’의 유형은 생태·자연도 2등급(식생보전등급 III·IV등급)은 93.8%, 생태·자연도 3등급(식생보전등급 V등급)은 6.1%로 나타났는데 이러한 산림 유형들은 생태·자연도 1등급의 비율보다 생태·자연도 2등급과 생태·자연도 3등급의 비율이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 연구 결과를 바탕으로 생태·자연도 1등급 권역 내 해발고도 500m 이상 지역에서 상대적으로 자연성이 낮은 임상도 유형인 ‘인공림, 무림목지/비산림, 3영급 이하’를 “식생보전등급 하향 후보지역(I·II→III·IV V등급)”의 선정 기준으로 적용하였다.

실제로 본 연구에서 식생보전등급 하향 선정을 기준을 적용하여 조사를 진행한 결과, 생태·자연도 1등급(식생보전등급 I·II등급)의 폴리곤 수 및 면적은 각각 1,381개, 28.35km²로 과거 대비 약 73.5%, 51.3%가 감소하였고, 생태·자연도 2등급 및 생

태·자연도 3등급(식생보전등급 III·IV·V 등급)의 폴리곤 수 및 면적은 각각 3,883개, 30.50km² 으로 과거 대비 약 79.2배, 약 46.2배 증가하였다. 따라서 이러한 결과는 생태·자연도 1등급 내에서 식생보전등급 III등급~V 등급을 신속하게 조사하기 위한 대상지를 빠르게 선정하고 식생보전등급 하락예상지역 선정의 정확성을 높이는 데 활용이 가능한 것을 의미한다. 하지만, 임상도 유형과 식생보전등급은 완전히 일치하는 경우가 있기 때문에 전국자연환경조사 현지조사를 실시할 경우 임상도 산림 유형을 ‘참고사항’ 으로 고려하고, 해당 조사지점에 대한 최신 위성영상, 토지피복도 등을 활용하여 현장조사 수행 전에 최신 식생 변화상황을 검토하여야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침: 국립생태원.
- 국립생태원. (2019). 제5차 전국자연환경조사 지침 부록: 국립생태원.
- 이성제, 차진열, 김철구, 이준석, 안성민, 김용범, 이정윤, 류새한, 정세훈, 남궁정, 방제용. (2020). 전국자연환경조사 식생보전등급 변화후보지역을 선정을 위한 연구(I): 국립생태원 연구사업보고서.
- 이성제, 차진열, 김철구, 이준석, 이응필, 유혜린, 박여빈, 김용범, 류새한, 남궁정, 김효정, 김한별, 최종석. (2021). 전국자연환경조사 식생보전등급 변화후보지역을 선정을 위한 연구(II): 국립생태원 연구사업보고서.
- 정홍락, 송종석, 이규송, 김인택, 김종홍, 양금철, 전영문. (2006). 연구노트: 식생의 보전가치와 평가기준에 대한 검토. 환경영향평 가. 15(5): 339-355.
- 환경부. (2004). 생태자연도 활용에 있어 식생보전등급 적용방안 연구: 환경부 보고서.

요 약 문

1. 제 목

- 생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형연구(II)

2. 목 적

- 생태·자연도 결정 요인 중 지형분야 비중 향상을 위한 서식지 기반 평가 방법 개발

3. 연구내용 및 방법

가. 기존 조사 결과 분석

- 제4차 전국자연환경조사 결과를 GIS분석을 통해 분포빈도와 분포패턴을 파악하여 설문 대상이 될 분류군 및 분류군 별 사례 중 선정

나. 전문가 설문

- 선정된 분류군 별 응답패널 구성
- 사례 중에 관련된 개방형 설문지 작성
- 분류군 전문가에게 문항 검증
- 설문 송부 및 결과 분석

4. 분석 결과

가. 논의

- 단위지형의 생물서식지 평가를 위한 생물분류군 선정
- 핵심종을 활용한 단위지형의 생물서식지 평가

나. 결론

- 단위지형의 생물서식지 평가에 일부 분류군 중요 지표로 활용 가능
- 멸종위기 야생생물 출현 빈도가 높은 지형의 별도 관리 체계 마련
- 분류군별 멸종위기 야생생물이 출현한 지형 평가 가점 부여

5. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

- 서식지를 구성하고 있는 환경적 요인을 포함한 질적 평가 제안
- 특정 종과 특정 단위지형에 대한 서식지 정보 제공

I. 서 론

1. 연구 목적

생물다양성(Biodiversity)은 지구상에 존재하는 모든 생물과 이를 포함하는 생태계의 다양성을 의미하며, 현재와 미래의 지속 가능한 생태계 더 나아가 현재 세대와 미래 세대의 풍요롭고 건전한 삶을 위해 지키고 보전해야 할 가치이다. 우리나라도 생물다양성이 지니는 가치와 중요성에 대한 국제적 인식을 함께하며 2019년 ‘생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률’을 제정하고, 2020년 6월 11월 시행에 들어갔다. 약칭 생물다양성법인 이 법률은 생물다양성의 종합적·체계적인 보전과 생물자원의 지속 가능한 이용을 도모하고, 「생물다양성협약」의 이행에 관한 사항을 정함으로써 국민 생활을 향상하고 국제협력을 증진함을 목적으로 한다. 생물다양성을 위한 법적·제도적·사회적 노력과 이행은 우리 국토의 지속 가능성 측면에서도 매우 중요하다.

생물다양성을 위한 우리 국토의 지속 가능한 관리를 위해서는 생물서식지로서 국토의 물리적 환경, 즉 서식지로서 지형의 기능과 가치에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이러한 측면에서 전국자연환경조사 ‘지형 분야’ 조사는 지난 약 20여 년간 우리 국토에 산재한 다양한 지형 자원을 발굴하고, 가치 있는 지형의 체계적인 보전과 관리를 위한 기초 정보를 구축하였다는 점에서 매우 의미 있다고 하겠다. 그러나 현행 「제5차 전국자연환경조사(2019-2023)」를 포함한 그간의 지형 분야 조사와 평가방법은 경관자원(Geomorphological landscape resources)으로서 단위지형¹⁾의 발굴 및 가치평가에 초점을 두고 있었다. 따라서, 생물서식지로서 지형의 가치와 평가에는 한계가 있었으며, 생물학적 측면의 조사와 연구 자료로서 활용성에도 다소 한계가 존재하였다.

본 연구는 전국자연환경조사에 지형 분야가 도입된 이래 약 20여 년간 이어진 신규 지형 자원 발굴과 기존 지형의 재평가 그리고 단위지형 데이터베이스(DB) 구축 방식의 조사방법을 넘어서 ‘생물서식지 기반의 지형 평가방법’을 개발하기 위한 기초자료를 확보하고자 수행되었다. 본 연구 성과를 토대로 향후 생물서식지 기반의 지형 평가방법이 구축·수행되고, 나아가 전국자연환경조사 성과가 생물다양성을 위한 우리 국토의 효율적인 보

1) 현행 지형 분야 평가는 산지지형, 하천지형 등의 대분류 하에 급애(cliff), 암석돔(dome), 토르(tor) 등 총 113개 단위지형을 분류하고, 각 지형에 대한 평가를 수행하고 있다.

전 · 관리에 학술 · 정책 · 사회적으로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구 배경 및 필요성

가. 정책적 부합성

전국자연환경조사에 있어서 현재 지형 분야 조사방법과 목적은 우수한 지형 경관(지형보전등급 I, II 등급)을 발굴하고, 해당 장소를 면 사상으로 표현하여 생태 · 자연도에 반영하는 것이다. 조사성과가 생태 · 자연도에 반영되면 무분별한 개발과 훼손으로부터 최소한의 장치로 작용하여 자연환경(지형 · 지질)을 보전하는 역할을 하고 있다. 그러나 우수한 지형 경관이라는 다소 추상적인 조사 대상의 특성으로 인해 조사 대상 지형은 점(point) 사상 혹은 최소한의 물리적 경계를 지닌 면(polygon) 사상으로 조사되었다. 따라서, 지형 분야 조사 결과와 그 밖의 생물 분류군(곤충, 조류, 어류, 포유류, 양서파충류, 저서무척추동물, 식생, 식물상의 8개 분류군)의 조사 결과의 연결성이 낮은 상태이다. 본 연구를 통해 지형 분야 조사 및 평가방법에 서식지 관련 사항을 포함하고, 생태 · 자연도 상의 지형 분야 작성 기준을 변경 · 제안할 수 있다.

아울러, 생물 분류군의 경우 현재 토지피복도를 구성하는 범례를 차용하여 각종 생물서식지 유형으로 활용하고 있다. 토지피복도의 속성은 토지피복의 유형과 토지이용 형태를 가늠할 수 있으며, 토지피복 유형이 생물의 행동권과도 관련된 것으로 볼 수 있으므로 생물 분류군의 활용자료로서 가치가 있다. 그러나 토지피복도의 경우 토지피복과 토지이용 유형 외, 생물의 행동권을 구성하고 있는 다양한 물리적 속성은 구체적으로 알 수가 없다는 단점도 존재한다. 따라서, 향후 점진적이면서도 궁극적으로 지형 기반의 생물서식지 유형 구분 방법의 사용과 전환이 필요하다.

나. 사회 · 경제적 필요성

생물서식지 기반의 단위지형 평가방법은 우리 국토에 산재한 우수한 가치를 지닌 지형경관자원을 발굴 · 보전 및 효율적으로 이용하는 것과 더불어 생물다양성의 근간이 되는 생물서식지의 물리적 환경에 관한 더 자세한 정보를 제공한다는 측면에서 사회 · 경제적 나아가 정책적 활용 가치가 크다. 생물서식지 기반의 단위지형 평가결과를 토대로 지형의 서식지로서 가치와 특성을 효과적으로 파악하고, 이를 통해 국토의 효율적인 이용과 개발

을 위한 보전계획 수립, 국토의 지속 가능한 이용을 위한 기초자료로 활용할 수 있으며, 동시에 전국자연환경조사 생물 분야 조사 및 평가의 기초자료, 생태적, 경관적 가치가 단위지형을 대상으로 한 생태, 공정 관광 산업의 이용과 활성화에도 이바지할 수 있다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구는 생물서식지 기반의 지형 가치평가 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 생물서식지 가치평가 등과 관련한 국내외 연구 성과 분석, 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과 분석, 전국자연환경조사 결과의 멸종위기 야생생물 분포 및 지형 분야 조사 결과와의 중첩 분석(GIS-based geospatial analysis), 전문가 설문(Delphi method) 개발 및 응답 분석을 수행하였다(그림 1).

문헌분석과 전국자연환경조사 DB 분석은 전문가 설문대상 단위지형 선별과 응답 결과의 상호 검토를 위해 수행되었으며, 전문가 설문은 생물서식지로서 단위지형의 가치평가를 위해 수행하였다. 아울러, 이들 결과를 토대로 향후 단위지형 평가에 있어서 생물서식지를 고려한 평가방안(안) 개발하였다.

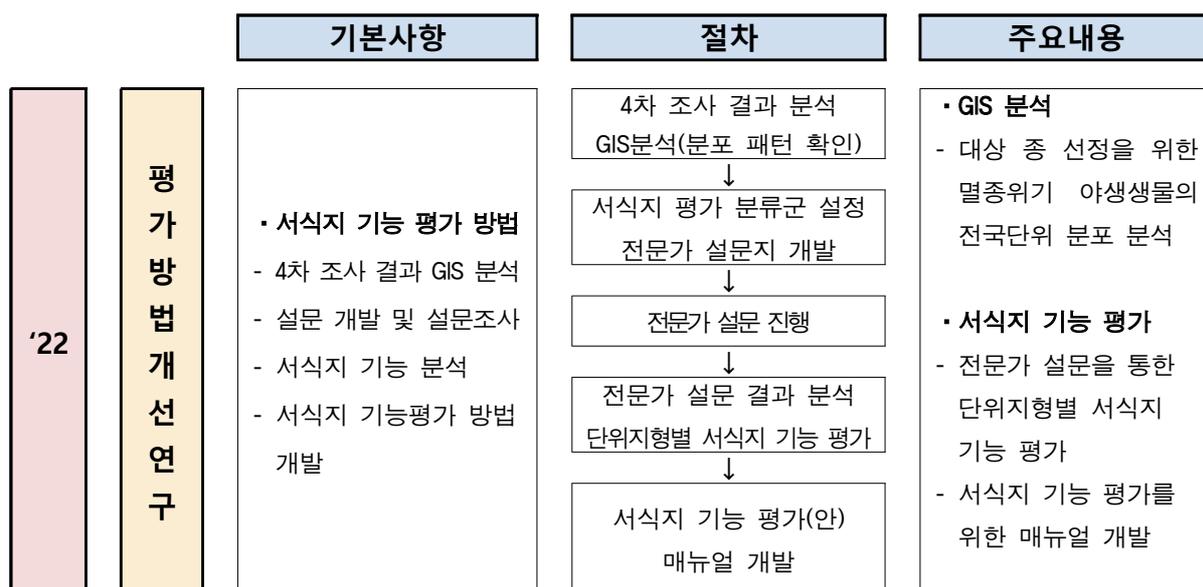


그림 1. 연구의 추진체계

2. 연구 방법

가. 멸종위기 야생생물 서식 환경 분석

멸종위기 야생생물은 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제2조 제2호의 정의에 따라 자연적 또는 인위적 위협요인으로 개체 수가 크게 줄어들고 있어 멸종위기에 처했거나(멸종위기 야생생물 I 급), 현재의 위협요인이 제거되거나 완화되지 아니할 때 가까운 장래에 멸종위기에 처할 우려가 있는 야생생물로서(멸종위기 야생생물 II 급), 현재 멸종위기 야생생물 I 급은 60종, II 급은 207종으로 지정되어 있다(부록 1).

멸종위기 야생생물의 물리적(지형·지질) 서식 환경에 관한 문헌(연구성과 등)분석을 통해 전국자연환경조사에서 다루고 있는 생물 분류군의 서식 환경을 유형화할 수 있을 것으로 기대되었으나, 분석 결과 한가지 종에서도 서식지 환경과 분포가 다양하여 전국자연환경조사 지형 조사 지침상의 단위지형에 적용하기에 무리가 있었다. 예를 들어 표범장지뱀(*Eremias argus*)의 서식 환경이 ‘강변의 풀밭이나 모래, 돌 밑 또는 흙 속’ 이라 할지라도 이러한 특징을 가진 단위지형은 사력퇴적지, 자연제방, 모래해안, 사취, 연안사주, 육계사주, 해안사구 등 매우 다양하기 때문이다. 더군다나 석곡(*Dendrobium moniliforme*)과 같이 ‘바위나 죽은 나무줄기’와 같은 서식 환경은 기반암이 노출된 바위의 형태를 보이는 지형이 매우 많으며, 지형 외에 서식 환경을 특정 짓는 것도 불가능에 가깝다.

따라서, 멸종위기 야생생물의 서식 환경에 관한 문헌분석 결과는 GIS 분석을 활용한 멸종위기 야생생물의 전국단위 분포 데이터 구축과 전국자연환경조사 지형 분야 조사 결과의 중첩분석, 그리고 이를 토대로 한 전문가 설문대상 종과 설문대상 단위지형 선정의 기초자료 구축에 활용하였다.

나. 연구 동향 분석

전 세계적으로 우리나라와 같이 객관화된 근거를 토대로 지형 자원의 가치를 평가하는 경우는 흔치 않다. 지질유산(geoheritage 또는 geosite)을 대상으로 한 평가는 전 세계 곳곳에서 이루어지고 있으나, 그 평가항목과 기준이 일관되거나 명확하지 않은 측면이 있다. 전국자연환경조사의 지형 분야 가치평가 기준은 2차(1997~2003)에서 현재의 5차(2019~2023) 조사에 이르기까지 점진적으로 객관화되어왔으며, 현재는 객관화된 평가체계가 일반화된 단계에 접어들었다.

현행의 지형 분야 평가에도 ‘지형의 서식처로서 기능과 가치평가’는 포함되어 있다. 이는 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제2조 제2호의 규정에 따른 멸종위기 야생생물 I·II급과 같이 생물서식처로서 기능 측면에서 단일 지형만으로도 절대적으로 보전되어야 할 가치가 있는 경우로 훈령에 명시되어 있다. 그러나 현행의 조사체계에서는 개별 조사자의 재량에 생물서식처로서 가치평가가 맡겨질 뿐 명확한 평가근거와 기준은 마련되지 않은 상태이다.

생물서식지 평가와 관련된 연구는 주로 유기환경을 다루는 환경과 생물 분야에서 관심을 두지만, 생물지리학(biogeography)이나 생물지형학(biogeomorphology)과 같은 학문 영역에서도 다루어지는 만큼 생물서식지의 근간이 되는 지형·지질을 비롯한 무기 환경을 종합적으로 다룰 수 있는 지형 분야에서 서식지 기능을 평가하려는 시도가 필요하다.

생물서식지와 관련한 국내외 주요 연구는 주로 비슷한 기후(환경) 조건에 놓이며 정치적으로 연합이 잘된 유럽을 중심으로 활발히 연구되었으며, 그 체계가 잘 정리되어 있다. 주로 식생과 관련한 평가체계가 많으며, 지형과 관련해서는 해안이나 암석 노출지 수준으로 위계(order)가 불분명하고 간략하게 구분된 것이 특징이다. 단, 습지의 여타 지형과 달리 세분하여 평가하고 있다. 다만, 유럽의 사례에서도 서식지 유형을 분류하였을 뿐 서식지의 기능을 평가하지는 않는다. 미국의 경우 1970년대 중반 개발사업에 따른 환경영향평가 특히, 야생 동식물에 미치는 영향을 파악하기 위한 전체 공정을 서식지평가절차(habitat evaluation procedure, HEP)라고 부르고, 생물종과 서식변수와의 관계를 서식지 적합성 지수(habitat suitability index, HSI)로 등급화하여 표현하고 있다(환경부, 2011).

한편, 국내의 서식지평가는 생태·자연도를 통해 이루어지고 있다. 그러나 생물종과 관련하여서는 멸종위기 야생생물의 출현 여부를 가지고 평가할 뿐, 서식지를 구성하는 물리적 환경에 대한 평가는 이루어지지 않는다. 또한, 서식지 유형도 주로 토지피복 혹은 토지이용현황을 이용하여 구분하고 있다. 최근에는 국립공원연구원에서 현지조사와 GIS 공간분석을 통해 서식지 분류와 구조적인 평가체계에 관한 연구를 수행하고 있다는 점은 주목할 만하다(국립공원공단, 2019).

다. 서식지평가를 위한 단위지형 및 생물종 분석

전국자연환경조사의 단위지형과 멸종위기 야생생물의 분포 및 서식지 관

련성을 평가하기에 앞서 두 요소의 공간분포 특성을 파악하고자 하였다. 지형 분야 조사에서 제시된 단위지형은 총 113개이며, 멸종위기 야생생물은 267종인 만큼 많은 양의 정보를 효율적으로 분석하고자 공간정보 분석 프로그램인 QGIS 3.16을 이용하여 중첩분석 등 공간정보 분석을 수행하였다. 분석에 활용한 데이터는 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과와 멸종위기 야생생물의 2022년 기준 분포 정보이다.

수생태와 관련된 하천 수계를 제외한 단위지형 분포지와 멸종위기 야생생물의 분포지가 공간적으로 중첩되는 대상 지역을 추출하였으며, 그 결과 추출된 단위지형은 총 74개, 멸종위기 야생생물 분포지와 중첩 지점은 2,893개 지점, 관련된 멸종위기 야생생물은 총 141종으로 확인되었다. 분석 결과 확인된 74개 단위지형 중, 단위지형 분류가 불명확한 ‘기타’ 항목을 제외하였으며, 같은 지형으로 볼 수 있는 ‘포트홀(pothole)’ 과 ‘포트홀군(pothole group)’ 은 포트홀의 단일 지형으로 수정하였다. 아울러, 중첩분석 결과 확인되지 않은 ‘폭호(plunge pool)’ 의 경우 지형학적으로 폭포와 유기적인 발달과 분포를 보이는 지형으로 평가대상 지형에 포함하였다. 이상의 결과를 토대로 총 73개의 단위지형을 전문가 설문 및 생물서식지 평가 대상지형으로 선정하였다.

멸종위기 야생생물 중 전국단위 분포가 확인되며 출현 지점이 n개 이상인 분류군 중, 사회적 관심이 높고 다수²⁾의 전문가를 대상으로 한 설문이 가능할 것으로 평가되는 1~2개 종을 선택하는 방안을 고려하였으나, 설문대상 전문가의 인위적인 간섭을 최대한 배제하기 위해 수생태(어류, 저서무척추)를 제외한 모든 분류군을 전문가 설문대상으로 선정하였다. 아울러, 총 113개 단위지형 중, 멸종위기 야생생물의 분포가 확인된 73개 단위지형 모두를 전문가 설문대상으로 선정하였다.

라. 전문가 설문 및 생물서식지 기반 지형 평가방법 개발

단위지형과 서식지로서의 가치에 대해 상호 보완적인 정보를 취득하고자 생물 분야 전문가(전국자연환경조사 등 국내 환경조사 참여 전문가집단)를 대상으로 설문을 진행하고 서식지로서 단위지형과 멸종위기 야생생물의 관계를 파악하고자 하였다. 전문가 설문은 델파이 기법(Delphi)으로도 불리

2) 전국자연환경조사 대상 분류군 중 일부 분류군의 경우 소수의 국내 전문가만이 있으므로 설문 결과의 양적 타당도를 고려하여 설문대상 전문가 수가 일정 수준을 넘는 경우(10명 이상)로 선정하였다.

며, 특정 이슈에 대한 동의가 부족하거나 지식이 불완전하다고 생각될 때 수행되는 연구방법이다. 델파이 기법은 주로 전문가들이 같은 문제에 대하여 2회 이상의 견해를 제시하고 타 전문가들의 견해에 대한 정보를 피드백 받으면서 견해를 재고할 기회를 얻는 설문 형태이다(이종성, 2001). 본 연구에서는 1차례의 개방형 질의를 통해 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과의 분석 데이터와 전문가 설문 응답 간의 상관관계를 파악하는 데 주력했다. 아울러, 본 결과는 향후 2차 전문가 설문을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

전문가 설문지는 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과를 토대로 멸종위기 야생생물 출현 종과 단위지형 간 GIS 분석을 수행하여 총 73개 설문 대상 단위지형을 추출하고, 선정된 단위지형의 정의(개념)와 대표 사진을 포함하여 작성하였다(그림 2, 3). 설문 대상자는 전국자연환경조사를 포함한 주요 국내 환경조사에 참여하는 분류군별 전문가로 하였으며, 수생태를 제외한 포유류, 조류, 양서·파충류, 곤충류, 육상식물 분류군의 전문가로 구성하였다. 설문에 앞서 본 연구의 목적 및 설문 목적을 구체적으로 안내하였으며, 설문 결과는 감독 분류하여 본 설문의 의도에 맞지 않거나, 불분명한 응답을 한 전문가를 대상으로 1차례 더 재설문을 요청·진행하여 응답의 신뢰도를 높였다.

전문가 설문을 통해 73개 단위지형과 관련한 멸종위기 야생생물의 출현 혹은 서식 가능성, 서식 환경의 건전성, 평가체계에 관한 기타 의견 등을 모았으며, 실제 조사 결과(전국자연환경조사)와 전문가 설문 결과 사이의 특성을 파악하는데도 초점을 두었다. 응답 결과는 DB화하였으며 응답 결과 중, 2022년 11월 기준 국내 멸종위기 야생생물 목록에 없는 응답 종은 결과 분석에서 제외하는 등 응답 결과에 대한 검토 및 감독 분류를 수행하였다.

아울러, 이상의 분석 결과에 대한 종합적인 검토를 기반으로 생물서식지로서 높은 가치와 기능을 하는 단위지형을 선별하고, 향후 생물서식지로서 지형의 효과적인 평가체계(전국자연환경조사에의 적용)를 위한 평가방법을 제안하였다.

「생물서식지 기반 지형평가방법 개발」을 위한 전문가 설문

안녕하십니까?

국립생태원 생태조사연구실에서는 내외부 연구진과 함께 「생물서식지 기반의 지형분야 평가방법 개발 및 유형 연구」를 수행하고 있습니다.

현행 전국자연환경조사의 지형분야 평가방법은 경관자원으로서 단위지형의 발굴과 가치 평가에 초점을 두고 있어 생물서식지로서 단위지형의 평가 및 조사결과의 활용에 여러 한계점이 있습니다.

이에 따라 본 연구진은 생물서식지 기반의 단위지형 평가방법 개발 및 도입에 관한 연구 필요성을 인식하고, 생물서식지 기반의 새로운 지형평가방법 개발 연구를 위한 기초자료를 확보하고자 전문가 설문을 기획하였습니다.

본 설문의 목적은 '멸종위기 야생생물 중에 있어서 단위지형의 서식지로서 가치에 관하여 생물분류군별(식물상, 양서파충류, 육상곤충, 조류, 포유류) 전문가로부터 의견을 청취'하고, '생물서식지로서 유의미한 단위지형의 유형과 특징을 분석하기 위한 기초자료를 획득'하는 데 있습니다.

설문은 개방형 문항으로 '멸종위기 야생생물 종의 서식 가능 단위지형'의 확인 및 유형화를 목적으로 작성되었습니다. 귀하께서 생각하시는 단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물 종의 명칭을 개수에 상관없이 문항별로 작성해 주시기 바랍니다. 아울러, 각 문항에는 단위지형에 관한 이해를 돕고자 국내에 분포하는 대표 사진을 함께 수록하였으니, 참고해 주시기 바랍니다.

※ 본 설문 결과는 「생물서식지 기반 지형평가방법 개발」 연구를 위한 기초자료 이외 다른 목적으로 활용하지 않음을 밝혀드립니다.

※ 1차 설문에 대한 답변을 보내주신 분들께는 1만원 상당의 상품권을 보내드리도록 하겠습니다.

연구 책임 | 이재호(생태조사연구실 자연환경조사팀 연구원)

내부연구진 | 정길상(생태조사연구실 실장),

이태우(생태조사연구실 자연환경조사팀 팀장)

외부연구진 | 오정식(동국대학교 지리교육과 교수)

그림 2. 전문가 설문조사 안내문

4중 2섹션

I. 단기지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물종 응답

귀하의 전공 혹은 연구 분야에 해당하는 분류군(식물상, 양서·파충류, 육상곤충, 조류, 포유류)의 멸종위기 야생생물 중, 제시된 단기지형에서 서식 가능하다고 평가되는 것을 개수와 관계없이 작성하여 주시기 바랍니다.

단기지형명과 설명은 참고로 하시고, 사진으로 보이는 서식 환경에 초점을 맞춰 답 해주시면 됩니다. 만약, 제시된 단기지형에 해당하는 생물종이 없으면, "없음"으로 기재하여 주시기 바랍니다.

<용어 설명>

*생물분류군 : 전국자연환경조사의 대상 생물분류군(수생물 제외)

*단위 지형 : 제4차 전국자연환경조사의 생물 및 지형분야 조사결과의 중첩분석을 토대로 국내 '멸종위기 야생생물'이 확인된 지형

25. 포인트바(point bar) : 곡류하는 하도의 볼록한 제방에 붙어서 원호 모양으로 쌓인 퇴적지형



설악산국립공원 권금성 ©오정식 2009

그림 3. 전문가 설문조사 문항 사례

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 단위지형별 멸종위기 야생생물 출현 종 수

제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과 중 지형 분야 결과와 생물 분류군의 결과에 대한 GIS 분석 수행 결과 총 74개 단위지형에서 멸종위기 야생생물의 분포가 확인되었으며, 39개 단위지형에서는 멸종위기 야생생물의 분포가 확인되지 않았다. 총 누적 출현 수는 2,893회이었으며, 종별 누적 출현 빈도는 포유류 730회, 조류 1,247회, 양서·파충류 299회, 곤충류 179회, 육상식물 438회로 확인된다(표 1).

기타 지형을 제외한 단위지형별 출현 종 수를 살펴보면 총 73개 단위지형에서 평균 39개 종이 확인되며, 최대 출현 빈도는 간석지(tidal flat)로 311개 종이 출현하였으며, 다음으로 많은 것은 하천습지(riverine wetland)로 300개 종, 범람원(flood plain)이 207개 종으로 그 뒤를 이었다. 기타 지형의 경우 103개 종이 출현하여 높은 출현 빈도를 보이나, 해당 항목의 경우 지형 유형이 분류되지 않았으며, 지형 등급 또한 부여되지 않으므로 본 연구에서 유의미한 결과로 평가하기 어렵다. 최소 출현 빈도는 거력해안(boulder beach), 돌리네(doline), 사취(spit), 산각말단면(truncated spur), 소(pool), 암괴원(block field), 자연제방(natural levee), 포트홀군(pothole group), 해안타포니(coastal tafoni), 화구(crater)에서 각 1개 종이 출현하였다.

멸종위기 야생생물의 누적 출현 수는 단위지형별로 매우 큰 편차를 보였다. 기타 지형 및 포트홀군³⁾을 제외한 총 72개 단위지형의 누적 출현 수의 표준편차는 60.25이며, 정규분포하지 않고 평균값(mean. 39.11)을 중심으로 밀집한 특징을 보였다. 이는 소수의 특정한 단위지형에 출현 종이 집중된 경향을 보이는 것을 의미한다(그림 4, 5).

3) 포트홀군은 포트홀의 집단 분포(clustering)를 의미하는 것으로 해당 분석에서 포트홀군의 정보는 포트홀에 통합하여 분석 수행하였다.

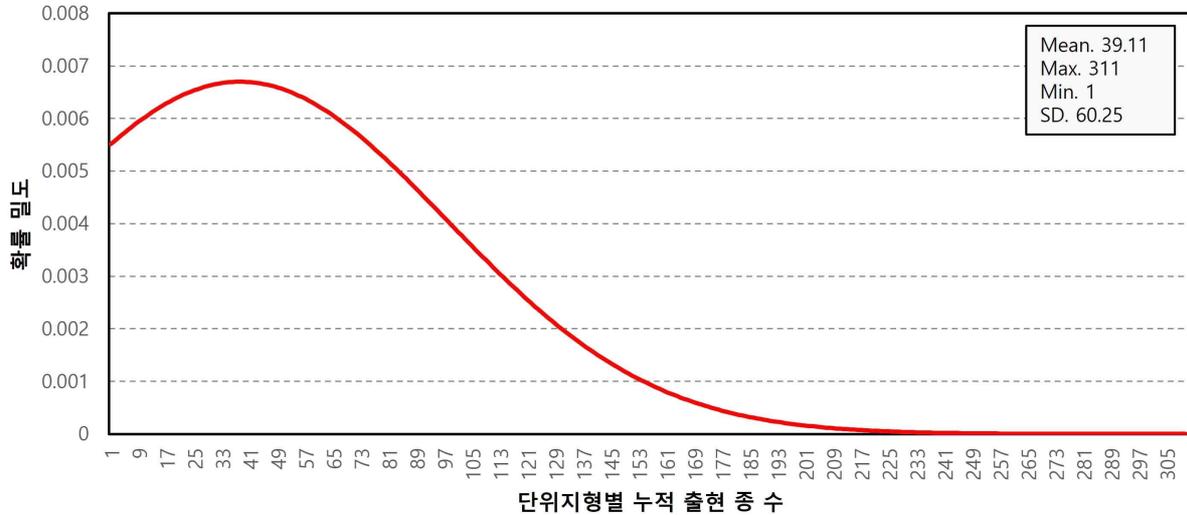


그림 4. 단위지형별 멸종위기 야생생물 누적 출현 수(확률밀도분포)

또한, 포유류와 조류는 각각 730회와 1,247회의 누적 출현 수를 보였으나, 양서·파충류(299회), 곤충류(179회), 육상식생(438회)은 그보다 현저하게 작은 출현 수를 보였다. 이는 행동반경이 큰 포유류와 조류의 특성에 기인하는 것으로 해석된다. 아울러, 누적 출현 수는 지형의 규모와도 다소 간 상관성을 보인다. 비교적 규모가 큰 간석지(1,000m*600m)⁴⁾, 하천습지(300m*250m), 범람원(1,000m*500m)과 같은 지형에서의 출현 빈도가 규모가 작은 나마(2m*1m), 소(10m*10m), 해안타포니(10m*5m) 보다 큰 값을 보인다. 다만, 이러한 특징은 모든 단위지형에 일관되게 적용되지 않는다. 대표적으로 암괴류(100m*45m), 암괴원(150m*95m)과 같이 비교적 규모가 큰 지형에서도 출현 빈도가 낮은 경우가 있으며, 이는 출현 빈도에 미치는 요인이 그리 단순하지 않음을 시사한다.

4) 해당 규모는 제4차 전국자연환경조사 지형 분야 조사 결과의 전국단위 중위값(장측*단측)을 의미한다.

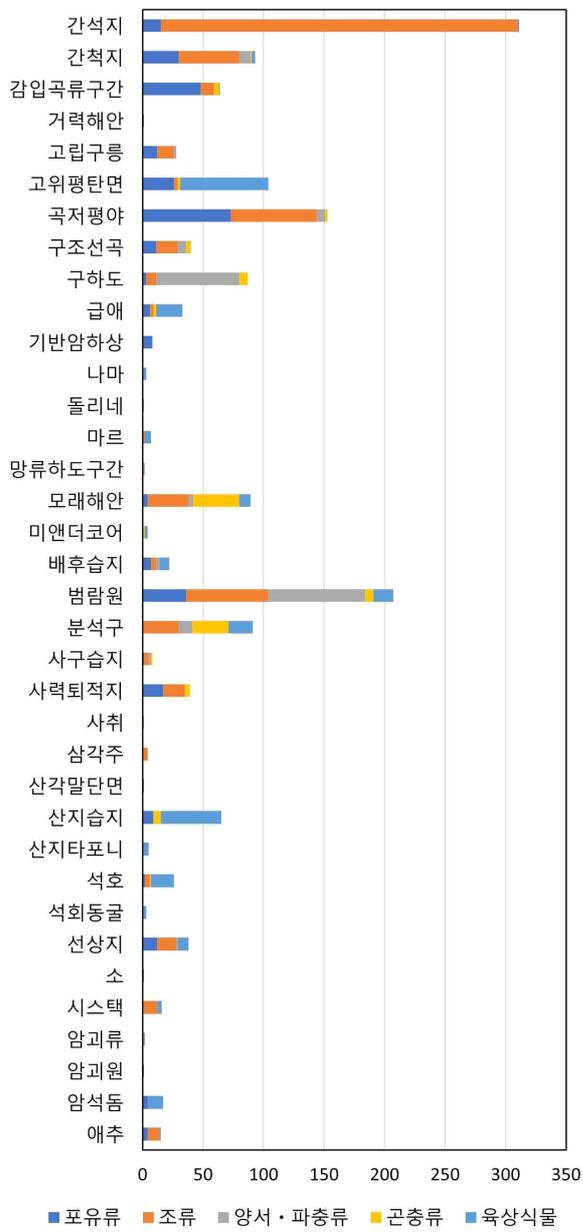


그림 5. 단위지형별 멸종위기 야생생물 누적 출현 수

표 1. 단위지형별 멸종위기 야생생물 누적 출현 빈도

순번	단위지형 (가나다순)	멸종위기 야생생물 출현 누적 빈도					소계
		포유류	조류	양서·파충류	곤충류	육상식물	
1	간석지	15	295			1	311
2	간척지	30	50	9	1	3	93
3	감입곡류구간	48	11		4	1	64
4	거력해안	1					1
5	고립구릉	12	14	2			28
6	고위평탄면	26	3		2	73	104
7	곡저평야	73	71	7	2		153
8	구조선곡	11	18	7	4		40
9	구하도	3	8	69	7		87
10	급애	6	3		2	22	33
11	기반암하상	8					8
12	나마					3	3
13	돌리네		1				1
14	마르		2			5	7
15	망류하도구간		1	1			2
16	모래해안	4	34	4	38	9	89
17	미앤더코어				2	2	4
18	배후습지	7	4	3		8	22
19	범람원	36	68	80	7	16	207
20	분석구		30	11	30	20	91
21	사구습지	1	4	2	1		8
22	사력퇴적지	17	18		4		39
23	사취		1				1
24	산각말단면	1					1
25	산지습지	9			6	50	65
26	산지타포니					5	5
24	삼각주		4				4
28	석호	2	4		1	19	26
29	석회동굴					3	3
30	선상지	12	16	1		9	38
31	소	1					1
32	시스택		12			4	16
33	암괴류		1			1	2
34	암괴원	1					1
35	암석덤	4				13	17
36	애추	4	10			1	15
37	연안사주		2	1			3
38	염습지	1	41	2	6		50
39	용암대지	2	23	1	4		30
40	용암동굴					3	3
41	용암원정구		1	2	5	15	23
42	육계도					3	3
43	육계사주		1			1	2
44	웅희구		1			10	11
45	웅희환		4			2	6
46	인공호수	29	52	1	1	6	89
47	자갈해안		6		2	1	9
48	자연제방		1				1
49	주상절리지형					4	4
50	침식분지	45	35	7		7	94

표 1. (계속)

순번	단위지형 (가나다순)	멸종위기 야생생물 출현 종 수					소계
		포유류	조류	양서·파충류	곤충류	육상식물	
51	카르스트건곡	5	21			3	3
52	칼데라			1	4	3	34
53	토르	1				2	3
54	파식대	1	7				8
55	포인트바	20	24	2	5	9	60
56	포트홀	1	1				2
57	포트홀군	1					1
58	폭포					2	2
59	피트분화구		2		2		4
60	하식애	5	11	5		1	22
61	해안단구	22	23	1	1	6	53
62	하중도	5	13		1	2	21
63	하천습지	165	89	29	9	8	300
64	하천층적평야	16	49	16		3	84
65	해식동		9				9
66	해식애	3	12			13	28
67	해안단구	5	6			6	17
68	해안사구	6	20	16	10	12	64
69	해안타포니		1				1
70	해안평야	2	23	3	1	2	31
71	협곡	12	1	3	2	11	29
72	호소성습지	23	45		10	17	95
73	화구					1	1
74	기타	28	40	13	5	17	103
	합계	730	1,247	299	179	438	2,893

2. 전문가 설문 결과

가. 응답자 개관

총 160명을 대상으로 전문가 설문을 의뢰하였으며, 응답률은 26.3%(42명)이다. 설문 기간은 2022년 7월 25일~8월 5일까지 12일간이었으며, 구글 폼(Google forms)을 이용한 온라인 설문을 진행하였다. 응답자의 인구통계학적 특성은 아래와 같다(그림 6).

- 연령: 30대 5명(12%), 40대 17명(41%), 50대 11명(26%), 60대 이상 9명(21%)
- 성별: 남성 38명(91%), 여성 3명(7%), 기타 1명(2%; 명시 안 함)
- 전공: 포유류 12명(29%), 조류 12명(29%), 양서·파충류 5명(12%), 곤충류 9명(21%), 육상식물 4명(10%)
- 경력: 5년 이상~10년 미만; 5명(12%), 10년 이상~15년 미만; 12명(29%)

15년 이상~20년 미만; 8명(19%), 20년 이상; 17명(41%)

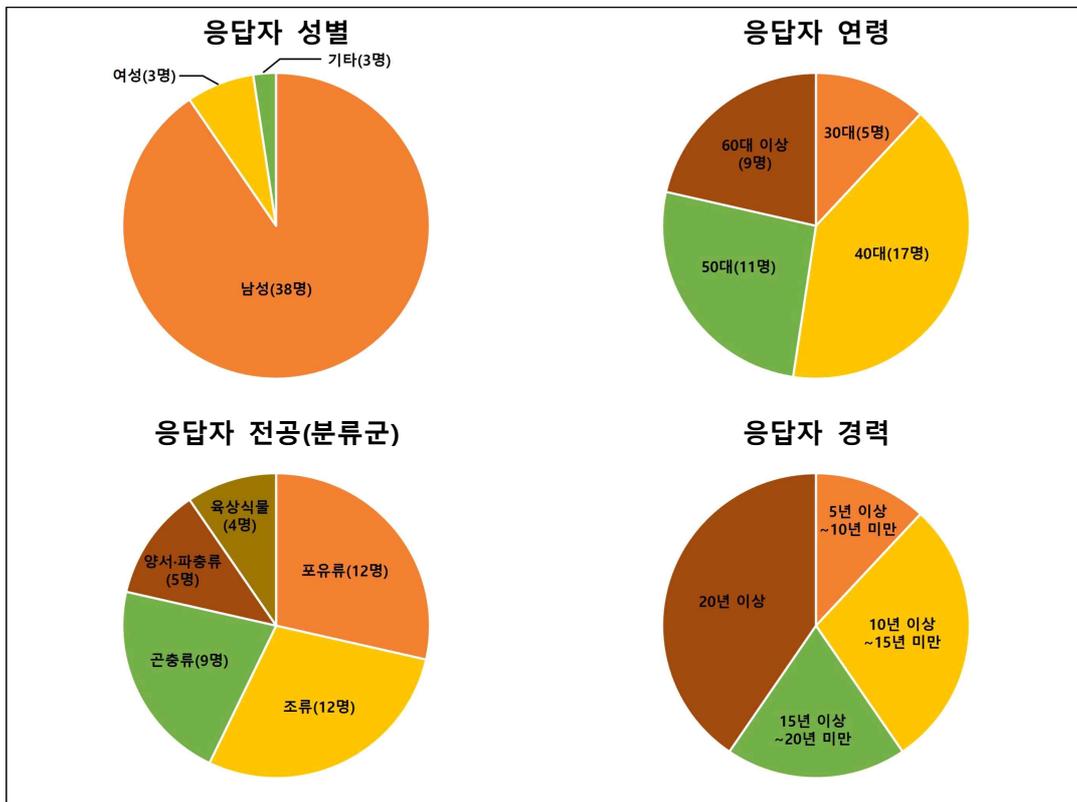


그림 6. 전문가 설문 응답자의 인구통계학적 특징

나. 단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물종 수

총 73개 단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물의 전문가 설문 결과, 포유류는 72개 단위지형에서 출현 가능하다고 응답하였으며, 조류는 63개, 양서·파충류는 61개, 곤충류는 40개, 육상식물은 31개 단위지형에서 출현 가능한 것으로 응답하였다(표 2). 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 자료를 활용한 단위지형과 멸종위기 야생생물 출현 간 GIS 중첩분석에서와 마찬가지로 행동(서식)반경이 넓은 포유류와 조류에서 출현 가능 단위지형이 많은 것으로 확인된다. 다만, 양서·파충류의 경우 앞선 GIS 분석 결과와 달리 61개(전체 단위지형의 83.6%) 단위지형에서 멸종위기 야생생물이 출현 가능한 것으로 응답하였다. 따라서, 실제 조사 결과와 서식 가능성 사이에 상당한 차가 나타나는 것으로 보인다(표 1, 2).

표 2. 멸종위기 야생생물 분류군별 단위지형 개수

구분	포유류	조류	양서·파충류	곤충류	육상식물
단위지형 수, 개	72	63	61	40	31
비율, % (출현 단위지형/전체 단위지형)	98.6% (72/73)	86.3% (63/73)	83.6% (61/73)	54.8% (40/73)	42.5% (31/73)

단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물 응답 종수의 전체 평균은 14개 (표준편차 8.83) 종이었으며, 최대 43개 종, 최소 1개 종이 확인되었다. 출현 종이 하나도 없는 단위지형은 나타나지 않았다. 출현 가능 종수를 급 간으로 구분하면, 5개 종 미만인 지형은 7개(9.6%), 5개 종 이상~10개 종 미만에 해당하는 지형은 22개(30.1%), 10개 종 이상~15개 종 미만에 해당하는 지형은 20개(27.4%), 15개 종 이상~20개 종 미만에 해당하는 지형은 6개(8.2%), 20개 종 이상~25개 종 미만에 해당하는 지형은 8개(11.0%), 25개 종 이상~30개 종 미만에 해당하는 지형은 5개(6.9%), 30개 종 이상에 해당하는 지형은 5개(6.9%)로 확인된다(표 3).

표 3. 단위지형별 멸종위기 야생생물 출현 가능 종수의 구간별 분포

구간(출현 가능 종수, Xn)	단위지형 수(개)	비율(%)
$X_n \geq 30$	5	6.9
$25 \leq X_n < 30$	5	6.9
$20 \leq X_n < 25$	8	11.0
$15 \leq X_n < 20$	6	8.2
$10 \leq X_n < 15$	20	27.4
$5 \leq X_n < 10$	22	30.1
$X_n < 5$	7	9.6

서식 가능 멸종위기 야생생물종이 가장 많은 것으로 응답한 단위지형은 간척지이며, 총 43개 종이 서식 가능한 것으로 응답하였다. 이어서 배후습지가 34개 종, 호소성 습지가 32개 종, 산지습지와 삼각주가 각각 31개 종으로 그 뒤를 이었다. 반대로 서식 가능 멸종위기 야생생물종이 가장 적은 것으로 응답한 단위지형은 해안타포니이며, 총 1개 종이 서식 가능한 것으로 응답하였다. 이어서 나마와 시스택이 각각 2개 종, 포트홀 3개 종, 산지

타포니, 응회환, 주상절리지형이 각각 4개 종으로 적은 수의 응답을 보였다(표 4, 부록 2).

서식 가능 종수가 많은 상위 그룹(상위 24.66%; 총 18개 단위지형)의 지형은 주로 하천지형(7개)과 해안지형(6개)으로 확인된다. 산지지형(4개)과 화산지형(1개)은 상대적으로 낮은 빈도를 보이며, 카르스트 지형은 응답하지 않았다. 하천지형과 해안지형 중에서도 습지 지형(배후습지, 호소성습지, 산지습지, 하천습지, 사구습지, 염습지; 총 6개)의 비중이 높았으며, 습지 지형으로 분류 가능한 유형(삼각주, 범람원, 연안사주, 석호, 간석지; 총 5개)까지 포함하면 상위 그룹의 전체 18개 단위지형 중 11개가 습지 또는 습지와 유사한 환경의 지형으로 확인된다(표 4).

아울러, 멸종위기 야생생물의 5개 분류군 별로 살펴보면, 포유류는 평균 3.7종, 최대 9종, 최소 0종, 조류는 평균 7.2종, 최대 34종, 최소 0종, 양서류·파충류는 평균 2.2종, 최대 5종, 최소 0종, 곤충류는 평균 2.1종, 최대 6종, 최소 0종, 마지막으로 육상식물은 평균 1.8종, 최대 6종, 최소 0종으로 확인된다(표 4).

표 4. 단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물종 수(순위)

순위	누적비 (%)	단위지형	대분류*	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물	응답 종 합계
				서식 가능 멸종위기 야생생물 응답 종(개)					
1	1.37	간척지	C	3	34	3	2	1	43
2	2.74	배후습지	F	4	19	4	3	4	34
3	4.11	호소성습지	F	4	21	3	3	1	32
4	6.85	산지습지	M	9	8	3	5	6	31
		삼각주	F	2	25	3		1	31
6	8.22	하천습지	F	3	14	5	4	3	29
7	10.96	범람원	F	2	20	3	2	1	28
		연안사주	C	2	23	2	1		28
9	12.33	사구습지	C	6	13	5	2	1	27
10	13.70	석호	C	5	14	3	2	2	26
11	16.44	간척지	C	2	21		1		24
		용암대지	V	7	12	4		1	24
13	17.81	하중도	F	2	13	3	3	1	22
14	24.66	고위평탄면	M	5	5	1	5	4	20
		산각말단면	M	6	7	2	5		20
		침식분지	M	5	7	2	6		20
		갭입곡류구 간	F	8	7	2	1	2	20
		염습지	C	2	17		1		20
19	26.03	급애	M	7	5	1	2	3	18
20	27.40	구조(선)곡	M	6	8	3			17
21	30.14	고립구릉	M	5	6	1	4		16
		구하도	F	5	3	4	4		16
23	32.88	암석덤	M	8	4	1		2	15
		사취	C	2	11	1	1		15
25	38.36	협곡	F	5	4	3		2	14
		모래해안	C	1	11	1	1		14
		용암원정구	V	5	4	2	1	2	14
		칼데라	V	6	4	3		1	14
29	45.21	미앤더코어	F	5	4	2	2		13
		하식에	F	6	4	1	1	1	13
		사력퇴적지	F	3	5	3	1	1	13
		하천층적평 야	F	2	4	4	2	1	13
		인공호수	F	4	6	2	1		13
34	47.95	자연제방	F	2	5	4	1		12
		마르	V	1	7	2		2	12
36	53.43	선상지	F	2	5	3	1		11
		하안단구	F	3	5	3			11

*대분류는 전국자연환경조사 지형 분야 지침상 분류이며, 각 기호는 다음을 의미한다.

M 산지지형; F 하천지형; C 해안지형; K 카르스트지형; V 화산지형

표 4. (계속)

순위	누적비 (%)	단위지형	대분류*	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물	응답 종 합계
				서식 가능 멸종위기 야생생물					
		육계사주	C	2	9				11
		돌리네	K	4		2	2	3	11
40	60.28	폭포	F	6	1	1		2	10
		폭호	F	7		1	2		10
		망류하도구 간	F	4	3	2	1		10
		응회구	V	2	4	3		1	10
		피트분화구	V	2	3	3	1	1	10
45	61.65	소	F	6		2	1		9
46	64.39	기반암하상 카르스트건 곡	K	6	1	2			9
48	72.61	암괴원	M	6		1	1		8
		포인트바	F	3	1	3	1		8
		꼭저평야	F	1	2	3	2		8
		육계도	C	1	7				8
		해안사구	C	3	2	1	2		8
		분석구	V	1	4	2		1	8
54	79.46	해식동	C	4	2			1	7
		자갈해안	C	1	5			1	7
		해안평야	C	2	4	1			7
		석회동굴	K	5	1	1			7
		화구	V	2			2	3	7
59	89.05	토르	M	5		1			6
		암괴류	M	5		1			6
		애추	M	4	1	1			6
		해식에	C	2	2	1		1	6
		파식대	C	1	4	1			6
		해안단구	C	4	1	1			6
		거력해안	C	1	5				6
66	90.42	용암동굴	V	5					5
67	94.53	산지타포니	M	1	2	1			4
		응회환	V	1	1	2			4
		주상절리지 형	V	2	1	1			4
70	95.90	포트홀	F	2			1		3
71	98.64	나마	M	1		1			2
		시스택	C	1	1				2
73	100	해안타포니	C		1				1

*대분류는 전국자연환경조사 지형 분야 지침상 분류이며, 각 기호는 다음을 의미한다.

M 산지 지형; F 하천 지형; C 해안 지형; K 카르스트 지형; V 화산 지형

다. 응답 빈도에 따른 멸종위기 야생생물 핵심종

단위지형별 출현 가능 멸종위기 야생생물에 대한 전문가 설문 응답 중, 특정 종에 관한 누적 응답 비율이 2회 이상인 것을 추출하였다. 누적 응답 빈도가 2회에서 최대 9회까지 분류군별 그리고 단위지형별 차이가 있으며, 응답자 수 또한 분류군별로 차이가 있으므로 응답 결과에 여러 변수가 존재한다. 하지만 이와 같은 추출 결과를 토대로 단위지형별 출현 가능성이 큰 멸종위기 야생생물 종을 추정할 수 있으며, 각 단위지형의 서식지평가에 있어 고려할 수 있는 멸종위기 야생생물 목록을 구축할 수 있다는 점에서 유의미하다.

포유류에서는 삶(9회⁵⁾), 수달(9회), 산양(9회)을 최대 빈도로 응답하였으며, 그 외 2회 이상 응답 종은 토끼박쥐, 붉은박쥐, 하늘다람쥐, 작은관코박쥐, 무산쇠족제비, 사향노루, 담비로 총 10개 종에 해당한다. 이는 멸종위기 야생생물 중 포유류 20개 종의 50.0%에 해당한다(표 5).

조류에서는 수리부엉이(8회)와 저어새(8회)를 최대 빈도로 응답하였으며, 그 외 2회 이상 응답 종은 매, 참매, 새매, 붉은배새매, 새호리기, 긴꼬리딱새, 팔색조, 흰목물떼새, 검은머리물떼새, 호사비오리, 재두루미, 흑두루미, 큰기러기, 잿빛개구리매, 알락개구리매, 고니, 큰고니, 흑고니, 뜸부기, 따오기, 독수리, 검독수리, 큰말뚝가리, 흰죽지수리, 흰꼬리수리, 물수리, 참수리, 큰덤불해오라기, 검은머리축새, 저어새, 노랑부리저어새, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 개리, 검은머리갈매기, 붉은어깨도요, 넓적부리도요, 황새, 흰이마기러기, 솔개, 청다리도요사촌, 섬개개비, 흑비둘기로 총 45개 종에 해당한다. 이는 멸종위기 야생생물 중 조류 63개 종의 71.4%에 해당하는 것으로 여타 생물 분류군보다 매우 높은 수준의 출현 가능성을 보였다(표 5).

양서·파충류에서는 표범장지뱀(5회), 맹꽁이(5회), 금개구리(5회)를 최대 빈도로 응답하였으며, 그 외 2회 이상 응답 종은 구렁이, 남생이, 수원청개구리, 비바리뱀으로 총 7개 종에 해당한다. 이는 멸종위기 야생생물 중 양서·파충류 8개 종의 87.5%에 해당한다. 나머지 1개 종인 고리도롱뇽 또한 응답하였으며, 이로써 양서·파충류는 모든 멸종위기 야생생물이 확인된다(표 5).

곤충류에서는 꼬마잠자리(4회)와 대모잠자리(4회)를 최대 빈도로 응답하

5) ()의 횟수는 단위지형 내 최대 중복 응답 수다. (9)의 경우, 하나의 단위지형에서 최대 9명이 해당 멸종위기 야생생물이 서식 가능한 것으로 응답했음을 뜻한다.

였으며, 그 외 2회 이상 응답 종은 붉은점모시나비, 왕은점표범나비, 애기뿔소똥구리, 노란잔산잠자리, 물방개, 물장군, 닳무늬길앞잡이, 산굴뚝나비로 총 10개 종에 해당한다. 이는 멸종위기 야생생물 중 곤충류 26개 종의 38.5%에 해당하는 것으로 포유류, 조류, 양서·파충류보다 다소 낮은 비율을 보인다(표 5).

육상식물에서는 제비동자꽃(2회), 가시연(2회), 대청부채(2회), 제비붓꽃(2회), 개봄맞이꽃(2회), 석곡(2회)의 총 6개 종을 최대 빈도로 응답하였다. 이는 멸종위기 야생생물 중 육상식물 93개 종의 6.5%에 해당한다. 다만, 육상식물 전체 응답자가 4명인 점을 고려할 때, 전체 응답 종 38개는 멸종위기 야생생물(육상식물)의 40.9%에 해당하여 그리 낮은 수준은 아닌 것으로도 평가할 수 있다. 또한, 육상식물의 경우 한라솜다리, 한라송이풀, 제주고사리삼과 같이 아주 특수한 지형·지질 조건, 다시 말해 특수한 단위 지형에만 서식하는 생물종이 있음을 고려하여 평가해야 한다(표 5).

표 5. 응답 빈도에 따른 멸종위기 야생생물 분류군별 핵심종

구분	멸종위기 야생생물 핵심 종	계
포유류	살, 수달, 산양, 토끼박쥐, 붉은박쥐, 하늘다람쥐, 작은관코박쥐, 무산쇠족제비, 사향노루, 담비	10종
조류	수리부엉이, 저어새, 매, 참매, 붉은배새매, 새호리기, 긴꼬리딱새, 팔색조, 흰목물떼새, 검은머리물떼새, 호사비오리, 재두루미, 흑두루미, 큰기러기, 잣빛개구리매, 알락개구리매, 매, 고니, 큰고니, 흑고니, 뜸부기, 따오기, 독수리, 검독수리, 큰말뚝가리, 흰죽지수리, 흰꼬리수리, 물수리, 참수리, 큰덤불해오라기, 검은머리축새, 저어새, 노랑부리저어새, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 개리, 검은머리갈매기, 붉은어깨도요, 넓적부리도요, 황새, 흰이마기러기, 솔개, 청다리도요사촌, 섬개개비, 흑비둘기	45종
양서·파충류	표범장지뱀, 맹꽁이, 금개구리, 구렁이, 남생이, 수원청개구리, 비바리뱀	7종
곤충류	꼬마잠자리, 대모잠자리, 붉은점모시나비, 왕은점표범나비, 애기뿔소똥구리, 노란잔산잠자리, 물방개, 물장군, 닳무늬길앞잡이, 산굴뚝나비	10종
육상식물	제비동자꽃, 가시연, 대청부채, 제비붓꽃, 개봄맞이꽃, 석곡	6종

또한, 같은 방식으로 응답 빈도에 따른 단위지형별 멸종위기 야생생물을 추출한 결과 산지 지형, 하천 지형과 같은 단위지형의 대분류 유형에 따른 생

물분류군별 핵심종 출현 빈도가 뚜렷한 차이를 보였다(표 6). 포유류 핵심종은 주로 산지지형(급애, 암석덤, 암괴류, 암괴원 등)을 중심으로 출현 빈도가 높았으며, 조류 핵심종은 하천지형(범람원, 삼각주, 호소성습지 등)과 해안지형(간석지, 염습지, 간척지, 연안사주 등)에서 출현 빈도가 눈에 띄게 높은 수준을 보였다. 양서·파충류 핵심종은 해안지형을 제외한 나머지 단위지형에서 비교적 고른 출현 빈도를 보였다. 곤충류와 육상식생의 핵심종은 여타 생물분류군보다 추출된 핵심종이 적은 수이다. 곤충류 핵심종은 하천지형과 해안지형에서 출현 빈도가 상대적으로 높았으며, 육상식물 핵심종은 소수의 단위지형에서만 추출되었다. 육상식물 핵심종으로 추출되지 않았으나(2회 미만 응답), ‘한라솨다리’, ‘한라솨이풀’, ‘제주고사리솨’은 제주도 지역에서만 확인되는 것으로 핵심종으로서 충분한 유의성을 갖는 것으로 평가된다.

표 6. 응답 빈도에 따른 멸종위기 야생생물 단위지형별 핵심종

지형명	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물
급애	토끼박쥐, 붉은박쥐, 산양, 사향노루, 삿, 담비	매, 수리부엉이			
암석덤	토끼박쥐, 붉은박쥐, 산양, 사향노루, 담비	수리부엉이			
토르	삿, 산				
고위평탄면	삿, 담비, 하늘다람쥐			붉은점모시나비, 왕은점표범나비	
고립구릉	삿, 담비, 하늘다람쥐	붉은배새매, 새호리기	구렁이	왕은점표범나비	
나마	수달				
산지타포니		수리부엉이			
구조선곡	삿, 담비, 하늘다람쥐	긴꼬리딱새, 팔색조, 참매	구렁이		
산각말단면	삿, 산양, 담비, 하늘다람쥐, 수달	긴꼬리딱새, 참매	구렁이		
암괴류	담비, 삿, 산양, 사향노루, 작은관코박쥐		구렁이		
암괴원	담비, 삿, 산양, 무산쇠족제비, 작은관코박쥐, 사향노루		구렁이		
애추	산양, 담비, 삿		구렁이		
산지습지	수달, 삿, 담비, 토끼박쥐		구렁이	꼬마잠자리	제비동자꽃
침식분지	삿		맹꽁이, 구렁이		
폭포	산양				
폭호	수달, 삿, 담비, 토끼박쥐, 붉은박쥐				
소	수달, 삿, 산양				
포트홀	수달, 삿				
감입곡류구간	수달, 삿	붉은배새매, 새호리기, 수리부엉이, 흰목물떼새, 호사비오리	남생이, 구렁이		
협곡	수달, 삿, 하늘다람쥐, 담비	흰목물떼새, 참매, 긴꼬리딱새	구렁이		
미앤더코어	수달, 삿	수리부엉이	남생이, 구렁이		
하식애	수달, 하늘다람쥐, 작은관코박쥐, 담비, 삿	수리부엉이, 흰목물떼새	구렁이	붉은점모시나비	

표 6. (계속)

지형명	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물
기반암하상	수달, 담비, 삵, 붉은박쥐	긴꼬리딱새			
선상지	수달, 삵		맹꽁이, 구렁이		
포인트바	수달, 삵	흰목물떼새	표범장지뱀, 구렁이	노란잔산잠자리	
하중도	수달, 삵	흰목물떼새, 재두루미, 큰기러기	표범장지뱀, 남생이, 맹꽁이		
사력퇴적지	수달, 삵	흰목물떼새	표범장지뱀, 남생이	노란잔산잠자리	
구하도	수달, 삵, 담비	붉은배새매	구렁이		
망류하도구간	수달, 삵, 담비	흰목물떼새	남생이, 표범장지뱀		
하천습지	수달, 삵	갯빛개구리매, 큰기러기, 큰고니	맹꽁이, 금개구리, 남생이, 구렁이	대모잠자리, 물방개	
꼭저평야	삵	붉은배새매	구렁이		
하천충적평야	삵, 수달	큰기러기, 뚝부기	수원청개구리, 금개구리, 맹꽁이		
범람원	수달, 삵	큰기러기, 큰고니, 새호리기, 독수리, 재두루미, 갯빛개구리매, 참매, 흑두루미, 알락개구리매, 붉은배새매	맹꽁이, 금개구리, 수원청개구리	대모잠자리	
자연제방	수달, 삵	새호리기, 붉은배새매	맹꽁이, 구렁이	대모잠자리	
배후습지	수달, 삵, 담비	큰고니, 큰기러기, 참매	맹꽁이, 금개구리, 남생이, 구렁이	대모잠자리, 물방개, 물장군	
삼각주	삵, 수달	큰고니, 큰기러기, 흰꼬리수리, 독수리, 새매, 갯빛개구리매, 참매, 큰말뚝가리, 흰죽지수리, 재두루미, 흑두루미	표범장지뱀, 맹꽁이		
하안단구	수달, 삵	수리부엉이, 흰목물떼새			
호소성습지	수달, 삵, 붉은박쥐, 담비	큰기러기, 따오기, 큰고니, 새매, 고니, 붉은배새매, 큰덤불해오라기, 재두루미, 흑두루미, 검은머리축새	맹꽁이, 금개구리	대모잠자리, 물방개, 물장군	가시연
인공호수	수달, 삵, 담비	호사비오리	남생이		

표 6. (계속)

지형명	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물
해식애	수달	매			대청부채
해식동	붉은박쥐, 수달	매			
파식대	수달	매			
시스택	수달	매			
해안타포니		매			
해안단구	삿, 수달, 담비, 하늘다람쥐	매			
간석지	수달, 삿	저어새, 큰기러기, 노랑부리저어새, 알락꼬리마도요, 노랑부리백로, 흰꼬리수리, 개리, 검은머리갈매기, 검은머리물떼새, 물수리, 붉은어깨도요, 재두루미		닷무늬길앞잡이	
염습지	수달, 삿	검은머리갈매기, 노랑부리백로, 저어새, 검은머리물떼새, 노랑부리저어새, 알락꼬리마도요, 붉은어깨도요		닷무늬길앞잡이	
간척지	삿, 수달	황새, 큰기러기, 갯빛개구리매, 새매, 흰꼬리수리, 매, 저어새, 참수리, 검독수리, 노랑부리저어새, 독수리, 뜰부기, 알락개구리매, 재두루미, 참매, 큰고니, 큰말뚝가리, 항라머리검독수리, 흑두루미, 흰이마기러기	맹꽁이, 금개구리, 수원청개구리	대모잠자리	
거력해안	수달	검은머리물떼새			
자갈해안	수달	검은머리물떼새			섬개현삼
모래해안	수달	검은머리물떼새, 붉은어깨도요	표범장지뱀	닷무늬길앞잡이	
사취	수달	검은머리물떼새	표범장지뱀	닷무늬길앞잡이	

표 6. (계속)

지형명	포유류	조류	양서파충류	곤충류	육상식물
연안사주	수달	알락꼬리마도요, 솔개, 큰기러기, 큰고니, 넓적부리도요, 노랑부리백로, 저어새, 청다리도요사촌, 흰꼬리수리, 검은머리물떼새, 노랑부리저어새, 물수리, 붉은어깨도요, 매	표범장지뱀,	닷무늬길앞잡이	
육계사주	수달	검은머리물떼새, 저어새, 노랑부리백로			
육계도	수달	노랑부리백로, 검은머리물떼새			
석호	수달, 삥, 하늘다람쥐	고니, 큰고니, 흑고니, 큰기러기, 흰꼬리수리, 물수리	남생이		제비붓꽃, 갯봄맞이꽃
해안사구	수달, 삥		표범장지뱀	닷무늬길앞잡이	
사구습지	수달, 삥, 담비, 하늘다람쥐	큰고니, 큰기러기, 노랑부리저어새, 저어새	맹꽁이, 금개구리, 표범장지뱀	물장군	
해안평야	수달, 삥		표범장지뱀		
들리네	수달, 삥		구렁이		
석회동굴	붉은박쥐, 토끼박쥐, 작은관코박쥐				
카르스트건곡	수달, 삥	흰목물떼새	남생이, 구렁이		
용암원정구	붉은박쥐, 삥	긴꼬리딱새, 팔색조, 수리부엉이, 매			석곡
분석구	삥		맹꽁이, 비바리뱀		
옹회구	수달	매, 섬개개비			
옹회환	삥		맹꽁이, 비바리뱀		
마르	삥	새호리기, 참매	맹꽁이, 비바리뱀		
용암동굴	붉은박쥐, 토끼박쥐				
화구	삥			산굴뚝나비	
칼데라	삥, 담비	흑비둘기, 팔색조	구렁이		
피트분화구	삥, 담비	긴꼬리딱새, 팔색조	맹꽁이, 비바리뱀, 구렁이		
용암대지	삥, 담비, 산양, 하늘다람쥐, 무산쇠족제비	두루미, 재두루미, 흰꼬리수리, 새매, 참매, 독수리	구렁이		
주상절리지형	수달, 붉은박쥐	매			

라. 멸종위기 야생생물 누적 출현 종 수 비교

제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과의 GIS 분석 결과 획득한 단위지형별 멸종위기 야생생물 누적 출현 종 수(분류군별 실제 출현 종)와 전문가 설문을 통해 분석한 단위지형별 서식 가능 멸종위기 야생생물 누적 응답 수(서식 가능 종)를 비교 검토하였다(그림 7). 또한, 아래 식(1)과 같이 두 가지 분석 결과의 차를 구하고, 이를 바탕으로 단위지형별 실제 출현 종과 서식 가능 종의 합치 여부를 평가하였다.

$$\text{단위지형별 합치 수준} = |\text{분류군별 실제 출현 종(총계)} - \text{서식 가능 종(총계)}| \dots \text{식(1)}$$

단위지형별 합치 수준을 분석한 결과 평균 30.15, 표준편차 45.7(편차 ± 22.85)의 수준을 보였으며, 편차 10종 미만의 수준을 보이는 단위지형은 총 24개, 편차 5종 미만의 높은 합치 수준을 보이는 단위지형은 13개 지형(나마, 타포니, 구조선곡, 애추, 사력퇴적지, 해식동, 파식대, 해안타포니, 해안단구, 자갈해안, 용암원정구, 응회구, 응회환)이었다. 그러나 높은 합치 수준을 보이는 지형일수록 출현 종(전국자연환경조사)과 서식 가능 종(전문가 설문) 수가 작은 특징을 보이므로 본 연구를 통해 확인된 두 가지 통계 자료의 합치 수준만으로 단위지형의 생물서식처 가치를 평가하는 것은 무리가 있다. 이와 관련하여 두 자료의 합치 수준이 낮을수록 출현 종과 서식 가능 종 수가 많은 것 또한 확인된다. 그 사례로 전국자연환경조사에서 가장 큰 누적 출현 종 수를 보인 간석지(311종)는 전문가 설문에서도 8번째로 많은 누적 출현 종 수(58종)를 보였으나, 그 편차는 253으로 전체 73개 단위지형 중 가장 크다.

전문가 설문에서 응답한 단위지형별 출현 가능 종과 전국자연환경조사에서 확인된 출현 종 사이에 일부 유사성은 확인된다. 그림 7은 두 자료를 대비한 그래프이며, 단위지형별 출현(혹은 서식 가능) 멸종위기 야생생물 종수를 확인할 수 있다. 전반적으로 전문가 설문에서 높은 서식 가능 종 수를 보인 단위지형에서 실제 멸종위기 야생생물종의 출현 빈도가 높게 확인된다. 다만 이러한 경향성은 모든 지형에 해당하지 않으며, 암괴류, 암괴원, 폭호, 소, 자연제방, 삼각주 등과 같이 서식 가능 종 수가 큰 값을 보임에도 실제 출현 종 수는 작은 값을 보이는 예도 있다.

멸종위기 야생생물 누적 출현 종 수의 비교 결과가 보이는 위와 같은 특

징들은 전국자연환경조사 결과가 지니는 각종 변수와 상관성이 있을 것으로 판단되며, 해당 변수를 고려한 분석이 요구된다. 예를 들어, 간석지와 같이 규모가 큰 지형의 경우 생물분류군의 조사 결과와 공간적 중첩 가능성이 크며, 타포니와 같이 규모가 작은 지형의 경우 공간적 중첩 가능성이 작다. 본 연구에서 수생태 부문을 제외하였으므로 폭호, 소 등과 같은 단위지형의 공간적 중첩 결과 또한 반영되지 않았다. 아울러, 카르스트 지형이나 화산지형의 경우 단위지형의 분포가 국지적이므로 산지지형이나 해안지형과 달리 공간적 중첩 가능성이 작게 평가된다.

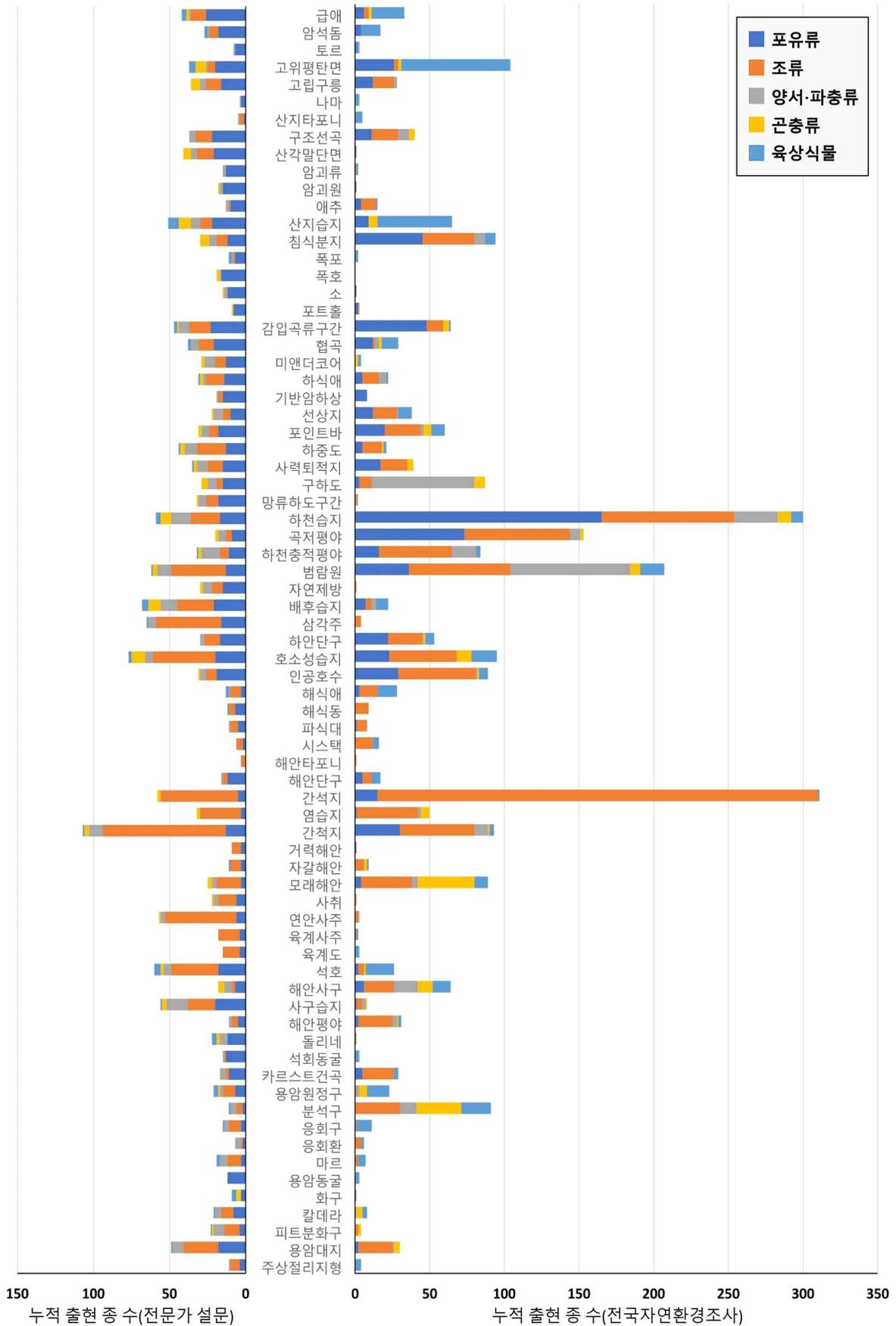


그림 7. 단위지형별 누적 출현 종 수 비교

IV. 논의 및 결론

1. 단위지형의 생물서식지 평가를 위한 생물분류군 선정

제3차 및 제4차 전국자연환경조사 분석 결과 총 73개 단위지형에서 멸종위기 야생생물이 출현하였으며, 누적 출현 빈도를 기준으로 간척지(311회), 하천습지(300회), 범람원(207회)에서 높은 출현 빈도가 확인되었다. 출현 빈도가 높은 지형은 비교적 규모가 큰 지형이었으나, 반드시 지형의 규모와 출현 빈도가 높은 상관관계를 보이는 것은 아니었다. 아울러, 멸종위기 야생생물의 누적 출현 수는 단위지형별로 매우 큰 편차를 보여 특정 단위지형에서 출현하는 멸종위기 야생생물의 비중이 높은 것으로 확인되었다.

분석 대상 생물분류군별 누적 출현 빈도는 포유류와 조류에서 각각 730회와 1,247회로 나타났으며, 그 외 분류군인 양서·파충류, 곤충류, 육상식물보다 적게는 1.6배에서 많게는 7.0배까지 차이가 확인된다. 포유류와 조류에서 높은 출현 빈도를 보이는 것은 이들 종이 여타 생물종과 달리 활동 반경과 서식지 범위가 넓어 단위지형 조사 결과(지형면분류상 단위지형의 경계)와 공간적 중첩 가능성이 크기 때문으로 해석된다.

단위지형별 출현 가능 멸종위기 야생생물의 전문가 설문 결과 포유류가 72개 단위지형에서 출현 가능한 것으로 확인되었으며, 이어서 조류 63개 단위지형, 양서·파충류 61개 단위지형, 곤충류 40개 단위지형, 육상식물 31개 단위지형으로 나타났다. 이는 전국자연환경조사의 GIS 중첩분석 결과와 유사한 양상이며, 활동 및 서식지 범위가 큰 포유류와 조류의 출현 가능성이 큰 것을 보여준다. 아울러, 단위지형별 멸종위기 야생생물 출현 종수는 평균 14개 종으로 확인되었으며, 최대 43개 종(간척지), 최소 1개 종(해안타포니)으로 단위지형별 출현 가능 종수의 편차가 크게 나타났다.

이상의 결과를 토대로 단위지형의 생물서식지 평가를 위한 대상 생물분류군은 활동과 서식 반경이 넓은 포유류나 조류보다 양서·파충류, 곤충류, 육상식물의 3개 분류군을 대상으로 해야 할 것으로 판단된다. 특히, 이들 3개 분류군은 활동과 서식 반경이 상대적으로 좁을 뿐만 아니라 대체 서식지로서의 이동도 상대적으로 제약되기 때문에 서식지의 물리적 환경(지형환경)이 중요하다.

전국자연환경조사의 GIS 중첩분석 결과 양서·파충류, 곤충류, 육상식물의 3개 분류군 모두에서 멸종위기 야생생물이 출현한 단위지형은 총 18개이다(표 7). 또한, 전문가 설문 결과 양서·파충류, 곤충류, 육상식물 모두

에서 멸종위기 야생생물이 서식 가능한 단위지형은 2개(산지습지, 호소성습지)였으며, 2개 이상 분류군이 서식 가능한 단위지형으로 넓히면 총 14개로 확인되었다(표 7). 따라서, 이상의 두 가지 분석에서 모두 확인되는 총 8개(산지습지, 하식애, 사력퇴적지, 하천습지, 범람원, 배후습지, 호소성습지)의 단위지형은 멸종위기 야생생물(양서·파충류, 곤충류, 육상식물)에 있어서 생물서식지로서 유의미한 최소한의 단위지형으로 볼 수 있다.

표 7. 멸종위기 야생생물(양서·파충류, 곤충류, 육상식물) 서식지 기능이 큰 지형

구분	대분류 지형	단위지형
전국자연환경조사 (실제 출현 중)	산지 지형	급애, 고위평탄면, 산지습지
	하천 지형	감입곡류구간, 하식애, 하중도, 사력퇴적지, 하천습지, 하천충적평야, 범람원, 배후습지, 호소성습지
	해안 지형	간척지, 석호, 사구습지
	카르스트 지형	돌리네
	화산 지형	용암원정구, 피트분화구
전문가 설문** (서식 가능 중)	산지 지형	산지습지*, 고립구릉,
	하천 지형	하식애, 포인트바, 사력퇴적지, 하천습지, 범람원, 자연제방, 배후습지, 호소성습지
	해안 지형	간척지, 모래해안, 사취, 연안사주, 해안사구, 사구습지
	카르스트 지형	해당없음
	화산 지형	해당없음

*진한 글씨는 전국자연환경조사와 전문가 설문 결과 모두에서 출현하는 단위지형을 의미함.

**전문가 설문은 3개 분류군(양서·파충류, 곤충류, 육상식물) 중 2개 이상에서 확인된 단위지형임.

2. 핵심종을 활용한 단위지형의 생물서식지 평가

전문가 설문을 토대로 확인된 분류군별 멸종위기 야생생물 핵심종은 포유류 10종(삵, 수달, 산양 등), 조류 45종(수리부엉이, 저어새, 매 등), 양서·파충류 7종(표범장지뱀, 맹꽂이, 금개구리 등), 곤충류 10종(노란잔산잠자리, 대모잠자리, 붉은점모시나비 등), 육상식물 6종(제비동자꽃, 가시연, 대청부채 등)이다. 분류군별 핵심종은 기존 제3차 및 제4차 전국자연환경조사 결과와 결부하여 단위지형의 생물서식지 평가 지표로 활용될 수 있다.

가령, 양서·파충류의 핵심종으로 선정된 ‘표범장지뱀’은 망류하도구간, 모래해안, 범람원, 연안사주, 염습지, 포인트바, 하천습지, 해안사구의 총 8

개 단위지형에서 출현하며, 곤충류의 핵심종으로 선정된 ‘노란잔산잠자리’는 구조선곡, 범람원, 사력퇴적지, 포인트바, 하안단구, 하천습지, 협곡의 총 7개 단위지형에서 출현하였다. 핵심종의 출현이 확인된 단위지형의 경우, 여타 지역에 분포하는 동일 단위지형 내에서도 핵심종의 출현이 유력할 수 있으므로 단위지형의 생물서식지 평가의 근거 항목으로 활용할 수 있다.

특히, 핵심종이 출현한 단위지형을 대상으로 지형 정밀조사를 수행하여 지형이 지닌 서식지로서 물리적 환경의 보편성과 특수성을 파악한다면, 멸종위기 야생생물 핵심종의 전국단위 출현 가능 지형을 평가·추론하는 데도 유용하게 활용할 수 있다. 다만, 앞서 언급한 바와 같이 포유류나 조류와 같이 행동과 서식 반경이 넓은 분류군의 평가 지표로서 가치는 해당 분류군의 전문가와 더 깊이 있는 논의가 필요하다.

3. 결론

생물서식지로서 지형의 가치와 기능은 이미 많은 연구와 논의를 통해 다루어지고 있다. 그러나 단위지형의 생물서식처로서 가치와 기능 특히, 멸종위기 야생생물의 서식처로서 가치와 기능에 관한 연구와 논의는 미진한 수준이다. 본 연구를 통해 그간 막연하게 논의되었던 지형의 생물서식처로서 가치와 기능에 관한 유의미한 기초자료를 구축할 수 있었으며, 생물분류군의 전문가들이 인식하고 있는 지형의 서식처로서 기능에 관한 구체적인 정보도 획득할 수 있었다.

본 연구결과 생물서식지 기반 지형 평가체계 구축에 있어 주목할 점은 활동과 서식지 반경이 넓은 생물 분류군(포유류, 조류)보다 특정 지형·지질 환경을 중심으로 출현 가능성이 큰 멸종위기 야생생물에 더 주목할 필요성이 있다는 점이다. 아울러, 전문가 설문을 토대로 확인된 멸종위기 야생생물의 출현 가능성이 큰 지형과 생물분류군별 멸종위기 야생생물 핵심종을 전국자연환경조사 지형분야 평가체계에 활용할 수 있다는 점이다. 이를 위해, 1) ‘단위지형의 생물서식지 평가에 양서·과충류, 곤충류, 육상식물 분류군을 중요 지표로 활용’ 할 수 있으며; 2) 이들 3개 분류군에서 ‘멸종위기 야생생물 출현 빈도가 높은 8개 지형(산지습지, 하식애, 사력퇴적지, 하천습지, 범람원, 배후습지, 호소성습지)을 생물서식지로서 우수 지형으로 별도 관리’ 할 수 있으며; 3) 전문가 설문을 통해 확인된 분류군별(양서·과충류, 곤충류, 육상식물) ‘멸종위기 야생생물 핵심종이 출현한 단위지

형의 평가 가점을 부여 ‘하는 등의 평가체계를 마련할 수 있다.

특히, 다년간 수정·보완된 기존의 전국자연환경조사 지형분야 평가(조사지침) 방식을 전면 수정하는 것보다, 앞서 제안한 3가지 사안을 중심으로 생물서식지 평가항목을 추가하는 방식이 효율적이라 판단된다. 또한, 지형조사체계의 이와 같은 변화를 바탕으로 기존 경관 가치평가 중심의 지형분류군 평가의 한계를 극복하고, 생물서식지로서 단위지형의 가치평가를 가능케 하며, 나아가 지형조사 성과를 타 생물분류군에서 서식지 유형화 및 조사대상지 선정 등에 효과적으로 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

- 이종성. (2001). 델파이방법. :교육과학사. 파주.
- 국립공원공단. (2019). 국립공원 서식지 분류 체계 연구. 223.
- 환경부. (2011). 개발사업에 따른 멸종위기종 서식지 적합성 평가방안 마련을 위한 연구. 164.
- 환경부 훈령 1161호, 「자연환경조사 방법 및 등급분류기준 등에 관한 규정」, 2015. 7. 17. 시행
- 환경부, 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」, 2021. 8. 19. 시행

부록 1. 국내 멸종위기 야생생물 목록(2022년 11월 29일 기준)

순번	분류군	등급	국명	학명	
1	포유류	멸종위기 야생생물 I 급	호랑이	<i>Panthera tigris altaica</i>	
2			작은관코박쥐	<i>Murina ussuriensis</i>	
3			여우	<i>Vulpes vulpes peculiosa</i>	
4			스라소니	<i>Lynx lynx</i>	
5			대륙사슴	<i>Cervus nippon hortulorum</i>	
6			늑대	<i>Canis lupus coreanus</i>	
7			수달	<i>Lutra lutra</i>	
8			표범	<i>Panthera pardus orientalis</i>	
9			반달가슴곰	<i>Ursus thibetanus</i> <i>ussuricus</i>	
10			산양	<i>Naemorhedus caudatus</i>	
11		사향노루	<i>Moschus moschiferus</i>		
12		붉은박쥐	<i>Myotis rufoniger</i>		
13		멸종위기 야생생물 II 급	무산쇠족제비	<i>Mustela nivalis</i>	
14			살쾨	<i>Prionailurus bengalensis</i>	
15			토끼박쥐	<i>Plecotus auritus</i>	
16			하늘다람쥐	<i>Pteromys volans aluco</i>	
17			담비	<i>Martes flavigula</i>	
18			물범	<i>Phoca largha</i>	
19			큰바다사자	<i>Eumetopias jubatus</i>	
20			물개	<i>Callorhinus ursinus</i>	
21	조류		멸종위기 야생생물 I 급	저어새	<i>Platalea minor</i>
22				황새	<i>Ciconia boyciana</i>
23		호사비오리		<i>Mergus squamatus</i>	
24		청다리도요사촌		<i>Tringa guttifer</i>	
25		두루미		<i>Grus japonensis</i>	
26		먹황새		<i>Ciconia nigra</i>	
27		검독수리		<i>Aquila chrysaetos</i>	
28		흰꼬리수리		<i>Haliaeetus albicilla</i>	
29		크낙새		<i>Dryocopus javensis</i>	
30		흑고니		<i>Cygnus olor</i>	
31		매		<i>Falco peregrinus</i>	
32		참수리		<i>Haliaeetus pelagicus</i>	
33		노랑부리백로		<i>Egretta eulophotes</i>	
34		넓적부리도요		<i>Eurynorhynchus pygmeus</i>	
35		멸종위기 야생생물 II 급		검은머리족새	<i>Emberiza aureola</i>
36			붉은해오라기	<i>Gorsachius goisagi</i>	
37			알락꼬리마도요	<i>Numenius madagascariensis</i>	
38			따오기	<i>Nipponia nippon</i>	
39			붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>	
40			수리부엉이	<i>Bubo bubo</i>	
41			벌매	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	
42			올빼미	<i>Strix aluco</i>	
43			솔개	<i>Milvus migrans</i>	
44			알락개구리매	<i>Circus melanoleucos</i>	
45			까막딱다구리	<i>Dryocopus martius</i>	
46			새호리기	<i>Falco subbuteo</i>	
47			양비둘기	<i>Columba rupestris</i>	
48			갯빛개구리매	<i>Circus cyaneus</i>	
49			큰고니	<i>Cygnus cygnus</i>	
50		흑기러기	<i>Branta bernicla</i>		

부록 1. (계속)

순번	분류군	등급	국명	학명
51	조류	멸종위기 야생생물 II급	큰덤불해오라기	<i>Ixobrychus eurhythmus</i>
52			빨종다리	<i>Galerida cristata</i>
53			새매	<i>Accipiter nisus</i>
54			참매	<i>Accipiter gentilis</i>
55			큰기러기	<i>Anser fabalis</i>
56			붉은배새매	<i>Accipiter soloensis</i>
57			조롱이	<i>Accipiter gularis</i>
58			흰목물떼새	<i>Charadrius placidus</i>
59			큰말뚝가리	<i>Buteo hemilasius</i>
60			고니	<i>Cygnus columbianus</i>
61			노랑부리저어새	<i>Platalea leucorodia</i>
62			뜸부기	<i>Gallicrex cinerea</i>
63			긴점박이올빼미	<i>Strix uralensis</i>
64			물수리	<i>Pandion haliaetus</i>
65			검은목두루미	<i>Grus grus</i>
66			쇠검은머리쭉새	<i>Emberiza yessoensis</i>
67			독수리	<i>Aegypius monachus</i>
68			긴꼬리딱새	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>
69			흑비둘기	<i>Columba janthina</i>
70			검은머리물떼새	<i>Haematopus ostralegus</i>
71			무당새	<i>Emberiza sulphurata</i>
72			개리	<i>Anser cygnoides</i>
73			고대갈매기	<i>Larus relictus</i>
74			흑두루미	<i>Grus monacha</i>
75			흰이마기러기	<i>Anser erythropus</i>
76			흰죽지수리	<i>Aquila heliaca</i>
77			팔색조	<i>Pitta nympha</i>
78			빨쇠오리	<i>Synthliboramphus wumizusume</i>
79			섬개개비	<i>Locustella pleskei</i>
80			느시	<i>Otis tarda</i>
81			검은머리갈매기	<i>Larus saundersi</i>
82			항라머리검독수리	<i>Aquila clanga</i>
83			재두루미	<i>Grus vipio</i>
84	파충류	멸종위기 야생생물 I급	비바리뱀	<i>Sibynophis chinensis</i>
85		멸종위기 야생생물 II급	남생이	<i>Mauremys reevesii</i>
86			표범장지뱀	<i>Eremias argus</i>
87		구렁이	<i>Elaphe schrenckii</i>	
88	양서류	멸종위기 야생생물 I급	수원청개구리	<i>Hyla suweonensis</i>
89		멸종위기 야생생물 II급	고리도롱뇽	<i>Hynobius yangi</i>
90			맹꽁이	<i>Kaloula borealis</i>
91		금개구리	<i>Pelophylax chosonicus</i>	
92	곤충류	멸종위기 야생생물 I급	비단벌레	<i>Chrysochroa coreana</i>
93			수염풍뎅이	<i>Polyphlla laticollis manchurica</i>
94			산굴뚝나비	<i>Hipparchia autonoe</i>
95			상제나비	<i>Aporia crataegi</i>
96		붉은점모시나비	<i>Parnassius bremeri</i>	
97		장수하늘소	<i>Callipogon relictus</i>	
98		멸종위기 야생생물 II급	대모잠자리	<i>Libellula angelina</i>
99			꼬마잠자리	<i>Nannophya pygmaea</i>
100	소똥구리		<i>Gymnopleurus mopsus</i>	

부록 1. (계속)

순번	분류군	등급	국명	학명	
101	곤충류	멸종위기 야생생물 II급	애기빨소똥구리	<i>Copris tripartitus</i>	
102			멋조롱박딱정벌레	<i>Damaster mirabilissimus</i>	
103			큰자색호랑꽃무지	<i>Osmoderma opicum</i>	
104			창언조롱박딱정벌레	<i>Damaster changeonleei</i>	
105			닷무늬길앞잡이	<i>Cicindela anchoralis</i>	
106			노란잔산잠자리	<i>Macromia daimoji</i>	
107			두점박이사슴벌레	<i>Prosopocoilus astacoides blanchardi</i>	
108			물방개	<i>Cybister chinensis</i>	
109			쌍꼬리부전나비	<i>Cigaritis takanonis</i>	
110			깊은산부전나비	<i>Protantigius superans</i>	
111			왕은점표범나비	<i>Argynnis nerippe</i>	
112			큰홍띠점박이푸른부전나비	<i>Sinia divina</i>	
113			은줄팔랑나비	<i>Leptalina unicolor</i>	
114			여름어리표범나비	<i>Mellicta ambigua</i>	
115			참호박뒤영벌	<i>Bombus koreanus</i>	
116			똥보주름메뚜기	<i>Haplotropis brunneriana</i>	
117			물장군	<i>Lethocerus deyrolli</i>	
118	멸종위기 야생생물 I급	광릉요강꽃	<i>Cypripedium japonicum</i>		
119		털복주머니란	<i>Cypripedium guttatum</i>		
120		나도풍란	<i>Sedirea japonica</i>		
121		한란	<i>Cymbidium kanran</i>		
122		죽백란	<i>Cymbidium lancifolium</i>		
123		풍란	<i>Neofinetia falcata</i>		
124		비자란	<i>Thrixspermum japonicum</i>		
125		한라솜다리	<i>Leontopodium hallaisanense</i>		
126		금자란	<i>Gastrochilus fuscopunctatus</i>		
127		암매	<i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i>		
128		만년콩	<i>Euchresta japonica</i>		
129		육상 식물	멸종위기 야생생물 II급	섬시호	<i>Bupleurum latissimum</i>
130				제주고사리삼	<i>Mankyua chejuense</i>
131	노랑붓꽃			<i>Iris koreana</i>	
132	물고사리			<i>Ceratopteris thalictroides</i>	
133	조름나물			<i>Menyanthes trifoliata</i>	
134	검은별고사리			<i>Cyclosorus interruptus</i>	
135	끈끈이귀개			<i>Drosera peltata</i> var. <i>nipponica</i>	
136	매화마름			<i>Ranunculus trichophyllus</i> var. <i>kadzusensis</i>	
137	독미나리			<i>Cicuta virosa</i>	
138	큰바늘꽃			<i>Epilobium hirsutum</i>	
139	순채			<i>Brasenia schreberi</i>	
140	복주머니란			<i>Cypripedium macranthos</i>	
141	가시연			<i>Euryale ferox</i>	
142	개가시나무			<i>Quercus gilva</i>	
143	각시수련			<i>Nymphaea tetragona</i> var. <i>minima</i>	
144	세뿔투구꽃			<i>Aconitum austrokoreense</i>	
145	왕제비꽃			<i>Viola websteri</i>	
146	제비동자꽃	<i>Lychnis wilfordii</i>			
147	제비붓꽃	<i>Iris laevigata</i>			
148	솔잎난	<i>Psilotum nudum</i>			
149	애기송이풀	<i>Pedicularis ishidojana</i>			
150	분홍장구채	<i>Silene capitata</i>			

부록 1. (계속)

순번	분류군	등급	국명	학명
151	육상 식물	멸종위기 야생생물 II급	대청부채	<i>Iris dichotoma</i>
152			대홍란	<i>Cymbidium macrorhizon</i>
153			개병풍	<i>Astilboides tabularis</i>
154			신안새우난초	<i>Calanthe aristulifera</i>
155			산분꽃나무	<i>Viburnum burejaeticum</i>
156			서울개발나물	<i>Pterygopleurum neurophyllum</i>
157			백운란	<i>Vexillabium yakusimensis</i> var. <i>nakaianum</i>
158			으름난초	<i>Cyrtosia septentrionalis</i>
159			석곡	<i>Dendrobium moniliforme</i>
160			선제비꽃	<i>Viola raddeana</i>
161			섬개현삼	<i>Scrophularia takesimensis</i>
162			나도승마	<i>Kirengeshoma koreana</i>
163			날개하늘나리	<i>Lilium dauricum</i>
164			갯봄맞이꽃	<i>Glaux maritima</i> var. <i>obtusifolia</i>
165			해오라비난초	<i>Habenaria radiata</i>
166			홍월굴	<i>Arctous alpinus</i> var. <i>japonicus</i>
167			차결이란	<i>Oberonia japonica</i>
168			정향풀	<i>Amsonia elliptica</i>
169			칠보치마	<i>Metanarthecium luteoviride</i>
170			지네발란	<i>Cleisostoma scolopendrifolium</i>
171			진노랑상사화	<i>Lycoris chinensis</i> var. <i>sinuolata</i>
172			전주물꼬리풀	<i>Dysophylla yatabeana</i>
173			콩짜개란	<i>Bulbophyllum drymoglossum</i>
174			초령목	<i>Michelia compressa</i>
175			연잎쟁의다리	<i>Thalictrum coreanum</i>
176			솔붓꽃	<i>Iris ruthenica</i> var. <i>nana</i>
177			방울난초	<i>Habenaria flagellifera</i>
178			탐라란	<i>Gastrochilus japonicus</i>
179			죽절초	<i>Sarcandra glabra</i>
180			자주망귀개	<i>Utricularia yakusimensis</i>
181			한라송이풀	<i>Pedicularis hallaisanensis</i>
182			황근	<i>Hibiscus hamabo</i>
183			백양더부살이	<i>Orobanche filicicola</i>
184			새깃아재비	<i>Woodwardia japonica</i>
185			손바닥난초	<i>Gymnadenia conopsea</i>
186			참물부추	<i>Isoetes coreana</i>
187			섬개야광나무	<i>Cotoneaster wilsonii</i>
188			삼백초	<i>Saururus chinensis</i>
189			백부자	<i>Aconitum coreanum</i>
190			과초일엽	<i>Asplenium antiquum</i>
191	두잎약난초	<i>Cremastra unguiculata</i>		
192	산작약	<i>Paeonia obovata</i>		
193	가시오갈피나무	<i>Eleutherococcus senticosus</i>		
194	대성쓴풀	<i>Anagallidium dichotomum</i>		
195	기생꽃	<i>Trientalis europaea</i> ssp. <i>arctica</i>		
196	노랑만병초	<i>Rhododendron aureum</i>		
197	넓은잎제비꽃	<i>Viola mirabilis</i>		
198	단양쭉부쟁이	<i>Aster altaicus</i> var. <i>uchiyamae</i>		
199	무주나무	<i>Lasianthus japonicus</i>		
200	구름병아리난초	<i>Gymnadenia cucullata</i>		

부록 1. (계속)

순번	분류군	등급	국명	학명
201	육상 식물	멸종위기 야생생물 II급	참땃꽃	<i>Halenia corniculata</i>
202			한라옥잠난초	<i>Liparis auriculata</i>
203			흑난초	<i>Bulbophyllum inconspicuum</i>
204			피뿌리풀	<i>Stellera chamaejasme</i>
205			가는동자꽃	<i>Lychnis kiusiana</i>

부록 2. 단위지형별 출현 가능 멸종위기 야생생물 응답 종 수

단위지형	포유류		조류		양서·파충류		곤충류		육상식물		총계**
	응답 종	누계*									
급애	7	26	5	10	1	1	2	2	3	3	18
암석톱	8	18	4	6	1	1			2	2	15
토르	5	7			1	1					6
고위평탄면	5	20	5	5	1	1	5	7	4	4	20
고립구릉	5	16	6	10	1	4	4	6			16
나마	1	3			1	1					2
산지타포니	1	1	2	3	1	1					4
구조(선)곡	6	22	8	11	3	4					17
산각말단면	6	21	7	11	2	4	5	5			20
암괴류	5	13			1	2					6
암괴원	6	15			1	2	1	1			8
애추	4	10	1	1	1	2					6
산지습지	9	22	8	8	3	6	5	8	6	7	31
침식분지	5	12	7	7	2	5	6	6			20
폭포	6	7	1	1	1	1			2	2	10
폭호	7	16			1	1	2	2			10
소	6	12			2	2	1	1			9
포트홀	2	8					1	1			3
감입곡류구간	8	23	7	14	2	7	1	1	2	2	20
협곡	5	21	4	10	3	5			2	2	14
미앤더코어	5	13	4	7	2	7	2	2			13
하식에	6	14	4	12	1	2	1	2	1	1	13
기반암하상	6	15	2	3	1	1					9
선상지	2	10	5	5	3	6	1	1			11
포인트바	3	18	1	6	3	5	1	2			8
하중도	2	13	13	19	3	8	3	3	1	1	22
사력퇴적지	3	15	5	10	3	7	1	2	1	1	13
구하도	5	15	3	4	4	6	4	4			16
망류하도구간	4	18	3	8	2	5	1	1			10
하천습지	3	17	14	19	5	13	4	7	3	3	29
곡저평야	1	9	2	4	3	5	2	2			8
하천충적평야	2	11	4	6	4	12	2	2	1	1	13
범람원	2	13	20	36	3	9	2	3	1	1	28
자연제방	2	15	5	7	4	6	1	2			12
배후습지	4	21	19	24	4	11	3	8	4	4	34
삼각주	2	16	25	43	3	5			1	1	31
하안단구	3	17	5	10	3	3					11

*출현종은 중복 응답을 제외한 값이며, 누계는 특정 생물종에 대한 중복 응답을 포함한 값을 의미함.

**중복 응답을 제외한 출현 가능 생물종 수

부록 2. (계속)

단위지형	포유류		조류		양서·파충류		곤충류		육상식물		총계**
	출현 종	누계*									
호소성습지	4	20	21	41	3	5	3	9	1	2	32
인공호수	4	19	6	7	2	4	1	1			13
해식애	2	3	2	7	1	1			1	2	6
해식동	4	7	2	4					1	1	7
파식대	1	5	4	5	1	1					6
시스택	1	2	1	4							2
해안타포니			1	3							1
해안단구	4	12	1	3	1	1					6
간석지	2	5	21	51			1	2			24
염습지	2	3	17	27			1	2			20
간척지	3	13	34	81	3	9	2	3	1	1	43
거력해안	1	3	5	6							6
자갈해안	1	3	5	7					1	1	7
모래해안	1	3	11	16	1	3	1	3			14
사취	2	6	11	12	1	3	1	1			15
연안사주	2	6	23	47	2	3	1	1			28
육계사주	2	4	9	14							11
육계도	1	4	7	11							8
석호	5	18	14	31	3	5	2	2	2	4	26
해안사구	3	7	2	2	1	5	2	4			8
사구습지	6	20	13	18	5	14	2	3	1	1	27
해안평야	2	5	4	4	1	2					7
돌리네	4	12			2	5	2	2	3	3	11
석회동굴	5	13	1	1	1	1					7
카르스트건곡	6	11	1	2	2	4					9
용암원정구	5	7	4	8	2	2	1	1	2	3	14
분석구	1	2	4	4	2	4			1	1	8
응회구	2	3	4	8	3	3			1	1	10
응회환	1	2	1	1	2	4					4
마르	1	3	7	9	2	5			2	2	12
용암동굴	5	12									5
화구	2	3					2	3	3	3	7
칼데라	6	8	4	8	3	4			1	1	14
피트분화구	2	4	3	10	3	7	1	1	1	1	10
용암대지	7	18	12	23	4	7			1	1	24
주상절리지형	2	4	1	6	1	1					4

*출현종은 중복 응답을 제외한 값이며, 누계는 특정 생물종에 대한 중복 응답을 포함한 값을 의미함.

**중복 응답을 제외한 출현 가능 생물종 수

부록 3. 단위지형별 서식 가능 포유류

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
1	급애	토끼박쥐(3)*, 붉은박쥐(2), 산양(9), 사향노루(4), 삵(4), 담비(3), 대륙사슴	7	26
2	암석돔	토끼박쥐(2), 붉은박쥐(3), 작은관코박쥐, 산양(6), 사향노루(2), 담비(2), 삵, 하늘다람쥐	8	18
3	토르	삵(2), 담비, 산양(2), 작은관코박쥐, 토끼박쥐	5	7
4	고위평탄면	삵(9), 담비(7), 무산쇠족제비, 하늘다람쥐(2), 작은관코박쥐	5	20
5	고립구릉	삵(7), 담비(4), 수달, 산양, 하늘다람쥐(3)	5	16
6	나마	수달(3)	1	3
7	산지타포니	토끼박쥐	1	1
8	구조(선)곡	삵(8), 담비(7), 수달, 쇠족제비, 하늘다람쥐(4), 토끼박쥐	6	22
9	산각말단면	삵(8), 산양(2), 담비(3), 하늘다람쥐(5), 쇠족제비, 수달(2)	6	21
10	암괴류	담비(3), 삵(3), 산양(3), 사향노루(2), 작은관코박쥐(2)	5	13
11	암괴원	담비(2), 삵(3), 산양(4), 무산쇠족제비(2), 작은관코박쥐(2), 사향노루(2)	6	15
12	애추	산양(3), 담비(3), 삵(3), 작은관코박쥐	4	10
13	산지습지	수달(2), 삵(8), 담비(5), 산양, 토끼박쥐(2), 작은관코박쥐, 무산쇠족제비, 하늘다람쥐, 붉은박쥐	9	22
14	침식분지	삵(8), 담비, 산양, 수달, 하늘다람쥐	5	12
15	폭포	삵, 담비, 수달, 산양(2), 토끼박쥐, 붉은박쥐	6	7
16	폭호	수달(5), 삵(3), 산양, 담비(2), 작은관코박쥐, 토끼박쥐(2), 붉은박쥐(2)	7	16
17	소	담비, 수달(5), 삵(2), 산양(2), 작은관코박쥐, 토끼박쥐	6	12
18	포트홀	수달(6), 삵(2)	2	8
19	감입곡류구간	수달(9), 삵(8), 담비, 붉은박쥐, 토끼박쥐, 작은관코박쥐, 산양, 무산쇠족제비	8	23
20	협곡	수달(8), 삵(7), 하늘다람쥐(3), 담비(2), 붉은박쥐	5	21
21	미앤더코어	수달(6), 삵(4), 붉은박쥐, 담비, 하늘다람쥐	5	13
22	하식애	수달(4), 하늘다람쥐(3), 작은관코박쥐(2), 담비(2), 삵(2), 토끼박쥐	6	14

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 3. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
23	기반암하상	수달(7), 산양, 담비(2), 삵(2), 붉은박쥐(2), 하늘다람쥐	6	15
24	선상지	수달(2), 삵(8)	2	10
25	포인트바	수달(9), 담비, 삵(8)	3	18
26	하중도	수달(9), 삵(4)	2	13
27	사력퇴적지	수달(9), 삵(5), 담비	3	15
28	구하도	수달(5), 삵(6), 담비(2), 붉은박쥐, 하늘다람쥐	5	15
29	망류하도구간	수달(9), 삵(6), 담비(2), 붉은박쥐	4	18
30	하천습지	수달(9), 삵(7), 담비	3	17
31	곡저평야	삵(9)	1	9
32	하천충적평야	삵(9), 수달(2)	2	11
33	범람원	수달(4), 삵(9)	2	13
34	자연제방	수달(6), 삵(9)	2	15
35	배후습지	수달(9), 삵(9), 담비(2), 붉은박쥐	4	21
36	삼각주	삵(8), 수달(8)	2	16
37	하안단구	수달(9), 삵(7), 작은관코박쥐	3	17
38	호소성습지	수달(9), 삵(9), 붉은박쥐, 담비	4	20
39	인공호수	수달(9), 삵(7), 담비(2), 하늘다람쥐	4	19
40	해식애	붉은박쥐, 수달(2)	2	3
41	해식동	붉은박쥐(3), 수달(2), 토끼박쥐, 삵	4	7
42	파식대	수달(5)	1	5
43	시스택	수달(2)	1	2
44	해안타포니		-	-
45	해안단구	삵(6), 수달(2), 담비(2), 하늘다람쥐(2)	4	12
46	간석지	수달(3), 삵(2)	2	5
47	염습지	수달(2), 삵	2	3
48	간척지	삵(7), 담비, 수달(5)	3	13
49	거력해안	수달(3)	1	3
50	자갈해안	수달(3)	1	3
51	모래해안	수달(3)	1	3
52	사취	수달(5), 삵	2	6
53	연안사주	수달(5), 삵	2	6

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 3. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 중	출현 수	응답 누계
54	육계사주	수달(3), 삵	2	4
55	육계도	수달(4)	1	4
56	석호	수달(9), 삵(5), 담비, 붉은박쥐, 하늘다람쥐(2)	5	18
57	해안사구	수달(2), 삵(4), 산양	3	7
58	사구습지	수달(6), 삵(8), 담비(2), 붉은박쥐, 하늘다람쥐(2), 무산쇠족제비	6	20
59	해안평야	수달(3), 삵(2)	2	5
60	둘리네	수달(3), 삵(7), 담비, 하늘다람쥐	4	12
61	석회동굴	수달, 붉은박쥐(5), 토끼박쥐(4), 작은관코박쥐(2), 삵	5	13
62	카르스트건곡	수달(4), 삵(3), 산양, 담비, 붉은박쥐, 하늘다람쥐	6	11
63	용암원정구	붉은박쥐(2), 삵(2), 담비, 작은관코박쥐, 하늘다람쥐	5	7
64	분석구	삵(2)	1	2
65	응회구	수달(2), 삵	2	3
66	응회환	삵(2)	1	2
67	마르	삵(3)	1	3
68	용암동굴	붉은박쥐(6), 토끼박쥐(3), 작은관코박쥐, 수달, 삵	5	12
69	화구	삵(2), 담비	2	3
70	칼데라	삵(2), 담비(2), 붉은박쥐, 작은관코박쥐, 토끼박쥐, 하늘다람쥐	6	8
71	피트분화구	삵(2), 담비(2)	2	4
72	용암대지	삵(8), 담비(2), 산양(2), 토끼박쥐, 작은관코박쥐, 하늘다람쥐(2), 무산쇠족제비(2)	7	18
73	주상절리지형	수달(2), 붉은박쥐(2)	2	4

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 4. 단위지형별 서식 가능 조류

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
1	급애	매(2), 참매, 수리부엉이(5), 올빼미, 흰꼬리수리	5	10
2	암석돛	매, 참매, 수리부엉이(3), 올빼미	4	6
3	토르			
4	고위평탄면	긴점박이올빼미, 붉은배새매, 새매, 새호리기, 벌매	5	5
5	고립구릉	긴꼬리딱새, 붉은배새매(3), 새호리기(3), 올빼미, 수리부엉이, 조롱이	6	10
6	나마			
7	산지타포니	매, 수리부엉이(2)	2	3
8	구조(선)곡	새호리기, 수리부엉이, 긴꼬리딱새(2), 팔색조(2), 참매(2), 붉은배새매, 조롱이, 새매	8	11
9	산각말단면	팔색조, 긴꼬리딱새(2), 참매(4), 벌매, 붉은배새매, 조롱이, 새매	7	11
10	암괴류			
11	암괴원			
12	애추	수리부엉이	1	1
13	산지습지	올빼미, 긴점박이올빼미, 수리부엉이, 새호리기, 벌매, 독수리, 참매, 까막딱다구리	8	8
14	침식분지	긴꼬리딱새, 팔색조, 벌매, 수리부엉이, 새호리기, 참매, 붉은배새매	7	7
15	폭포	수리부엉이	1	1
16	폭호			
17	소			
18	포트홀			
19	감입곡류구간	새매, 붉은배새매(2), 새호리기(2), 수리부엉이(3), 참매, 흰목물떼새(3), 호사비오리(2)	7	14
20	협곡	흰목물떼새(5), 참매(2), 긴꼬리딱새(2), 수리부엉이	4	10
21	미앤더코어	먹황새, 새매, 수리부엉이(4), 흰목물떼새	4	7
22	하식에	매, 수리부엉이(8), 흰목물떼새(2), 검독수리	4	12
23	기반암하상	긴꼬리딱새(2), 팔색조	2	3
24	선상지	새호리기, 흰목물떼새, 큰말뚝가리, 참매, 붉은배새매	5	5
25	포인트바	흰목물떼새(6)	1	6

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 4. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
26	하중도	흰목물떼새(5), 재두루미(2), 큰기러기(2), 큰고니, 흰꼬리수리, 흰이마기러기, 개리, 매, 흑두루미, 솔개, 젓빛개구리매, 알락개구리매, 흰죽지수리	13	19
27	사력퇴적지	흰목물떼새(6), 큰기러기, 재두루미, 흰꼬리수리, 두루미	5	10
28	구하도	수리부엉이, 붉은배새매(2), 참매	3	4
29	망류하도구간	두루미, 재두루미, 흰목물떼새(6)	3	8
30	하천습지	젓빛개구리매(2), 큰기러기(3), 큰덤불해오라기, 흰목물떼새, 큰고니(2), 재두루미, 참매, 새매, 새호리기, 뜰부기, 쇠검은머리쭈새, 알락개구리매, 흰죽지수리, 붉은배새매	14	19
31	곡저평야	붉은배새매(3), 새호리기	2	4
32	하천충적평야	큰기러기(2), 새호리기, 뜰부기(2), 붉은배새매	4	6
33	범람원	큰기러기(4), 큰고니(3), 새호리기(2), 독수리(3), 뜰부기, 재두루미(2), 황새, 젓빛개구리매(3), 참매(2), 흑두루미(3), 개구리매, 알락개구리매(2), 붉은배새매(2), 큰말뚝가리, 두루미, 솔개, 큰말뚝가리, 흰꼬리수리, 새매, 흰목물떼새	20	36
34	자연제방	새호리기(2), 참매, 새매, 뜰부기, 붉은배새매(2)	5	7
35	배후습지	노랑부리저어새, 큰고니(3), 큰기러기(3), 큰덤불해오라기, 고니, 개구리매류, 새호리기, 참매(2), 뜰부기, 젓빛개구리매, 호사도요, 검은머리쭈새, 쇠검은머리쭈새, 붉은배새매, 따오기, 독수리, 참매, 흑두루미, 재두루미	19	24
36	삼각주	큰고니(4), 큰기러기(5), 검독수리, 넓적부리도요, 매, 저어새, 참수리, 흰꼬리수리(3), 노랑부리저어새, 독수리(3), 물수리, 새매(2), 솔개, 젓빛개구리매(2), 알락개구리매, 참매(2), 큰말뚝가리(2), 향라머리검독수리, 흰죽지수리(2), 검은머리갈매기, 새호리기, 재두루미(2), 흑두루미(2), 흰목물떼새, 붉은배새매	25	43
37	하안단구	새매, 수리부엉이(2), 붉은배새매, 새호리기, 흰목물떼새(5)	5	10

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 4. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
38	호소성습지	큰기러기(5), 따오기(3), 노랑부리저어새, 큰고니(6), 수리부엉이, 잣빛개구리매, 알락개구리매, 참매, 새매(2), 고니(3), 물수리, 붉은배새매(2), 독수리, 큰덤불해오라기(2), 재두루미(4), 흑두루미(2), 황새, 호사도요, 검은머리족새(2), 쇠검은머리쭉새	21	41
39	인공호수	흰꼬리수리, 물수리, 큰기러기, 호사비오리(2), 멧황새, 흰목물떼새	6	7
40	해식애	매(6), 흰꼬리수리	2	7
41	해식동	매(3), 섬개개비	2	4
42	파식대	검은머리물떼새, 노랑부리백로, 수리부엉이, 매(2)	4	5
43	시스택	매(4)	1	4
44	해안타포니	매(3)	1	3
45	해안단구	매(3)	1	3
46	간석지	저어새(8), 큰기러기(2), 흰이마기러기, 흑기러기, 노랑부리저어새(4), 알락꼬리마도요(5), 노랑부리백로(5), 넓적부리도요, 청다리도요사촌, 황새, 흰꼬리수리(2), 개리(2), 검은머리갈매기(4), 검은머리물떼새(4), 물수리(3), 붉은어깨도요(2), 재두루미(2), 두루미, 매, 고니, 큰고니	21	51
47	염습지	검은머리갈매기(3), 넓적부리도요, 노랑부리백로(2), 저어새(3), 청다리도요사촌, 황새, 개리, 검은머리갈매기, 검은머리물떼새(2), 노랑부리저어새(2), 알락꼬리마도요(3), 붉은어깨도요(2), 재두루미, 두루미, 매, 큰기러기, 물수리	17	27
48	간척지	황새(4), 조롱이, 큰기러기(7), 개구리매, 잣빛개구리매(4), 새매(4), 개리, 흑기러기, 흰꼬리수리(4), 매(5), 저어새(3), 물수리, 참수리(2), 검독수리(3), 검은목두루미, 노랑부리저어새(2), 독수리(3), 뜰부기(3), 새호리기, 쇠검은머리쭉새, 알락개구리매(2), 두루미, 재두루미(4), 참매(5), 큰고니(3), 큰말뚝가리(3), 향라머리검독수리(2), 흑두루미(3), 흰이마기러기(2), 흰죽지수리, 붉은배새매, 느시, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요	34	81

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 4. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
49	거력해안	검은머리물떼새(2), 저어새, 노랑부리저어새, 붉은어깨도요, 물수리	5	6
50	자갈해안	검은머리물떼새(3), 저어새, 노랑부리저어새, 붉은어깨도요, 물수리	5	7
51	모래해안	검은머리물떼새(5), 저어새, 노랑부리저어새, 흰목물떼새, 넓적부리도요, 고대갈매기, 노랑부리백로, 아비, 붉은어깨도요(2), 청다리도요사촌, 물수리	11	16
52	사취	흰목물떼새, 흑고니, 큰고니, 넓적부리도요, 검은머리물떼새(2), 고대갈매기, 노랑부리백로, 저어새, 노랑부리저어새, 붉은어깨도요, 물수리	11	12
53	연안사주	알락꼬리마도요(3), 솔개(2), 큰기러기(3), 고니, 큰고니(3), 넓적부리도요(3), 노랑부리백로(2), 저어새(3), 청다리도요사촌(3), 황새, 흰꼬리수리(2), 검은머리물떼새(4), 고대갈매기, 노랑부리저어새(2), 물수리(4), 붉은어깨도요(2), 매(2), 참수리, 검은머리갈매기, 개리, 흑두루미, 두루미, 검은목두루미	23	47
54	육계사주	검은머리물떼새(4), 저어새(2), 노랑부리저어새, 붉은어깨도요, 물수리, 알락꼬리마도요, 검은머리갈매기, 청다리도요사촌 노랑부리백로(2)	9	14
55	육계도	노랑부리백로(2), 검은머리물떼새(4), 매, 저어새, 노랑부리저어새, 붉은어깨도요, 물수리	7	11
56	석호	고니(5), 큰고니(7), 흑고니(4), 매, 새매, 큰기러기(3), 새호리기, 붉은배새매, 흰꼬리수리(2), 물수리(2), 참수리, 검은머리물떼새, 저어새, 노랑부리저어새	14	31
57	해안사구	매, 검은머리물떼새	2	2
58	사구습지	매, 고니, 큰고니(3), 큰기러기(2), 잣빛개구리매, 큰덤불해오라기, 노랑부리저어새(2), 저어새(2), 붉은해오라기, 새호리기, 검은머리물떼새, 붉은어깨도요, 물수리	13	18
59	해안평야	새호리기, 매, 알락꼬리마도요, 검은머리물떼새	4	4

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 4. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
60	돌리네			
61	석회동굴	올빼미	1	1
62	카르스트건곡	흰목물떼새(2)	1	2
63	용암원정구	긴꼬리딱새(2), 팔색조(2), 수리부엉이(2), 매(2)	4	8
64	분석구	팔색조, 새호리기, 붉은배새매, 섬개개비	4	4
65	응회구	매(4), 섬개개비(2), 긴꼬리딱새, 팔색조	4	8
66	응회환	긴꼬리딱새	1	1
67	마르	새호리기(2), 참매(2), 독수리, 팔색조, 긴꼬리딱새, 붉은배새매, 새매	7	9
68	용암동굴			
69	화구			
70	칼데라	흑비둘기(4), 팔색조(2), 긴꼬리딱새, 새호리기	4	8
71	피트분화구	긴꼬리딱새(5), 섬개개비, 팔색조(4)	3	10
72	용암대지	두루미(4), 재두루미(3), 흰꼬리수리(2), 새매(2), 참매(2), 큰기러기, 독수리(4), 큰말뚝가리, 새호리기, 팔색조, 긴꼬리딱새, 붉은배새매	12	23
73	주상절리지형	매(6)	1	6

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 5. 단위지형별 서식 가능 양서·파충류

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
1	급애	구렁이	1	1
2	암석돛	구렁이	1	1
3	토르	구렁이	1	1
4	고위평탄면	구렁이	1	1
5	고립구릉	구렁이(4)	1	4
6	나마	구렁이	1	1
7	산지타포니	구렁이	1	1
8	구조(선)곡	고리도롱뇽, 맹꽁이, 구렁이(2)	3	4
9	산각말단면	구렁이(3), 남생이	2	4
10	암괴류	구렁이(2)	1	2
11	암괴원	구렁이(2)	1	2
12	애추	구렁이(2)	1	2
13	산지습지	고리도롱뇽, 맹꽁이, 구렁이(4)	3	6
14	침식분지	맹꽁이(2), 구렁이(3)	2	5
15	폭포	남생이	1	1
16	폭호	남생이	1	1
17	소	남생이, 구렁이	2	2
18	포트홀			
19	감입곡류구간	남생이(3), 구렁이(4)	2	7
20	협곡	고리도롱뇽, 구렁이(3), 남생이	3	5
21	미앤더코어	남생이(3), 구렁이(4)	2	7
22	하식애	구렁이(2)	1	2
23	기반암하상	구렁이	1	1
24	선상지	맹꽁이(2), 구렁이(3), 남생이	3	6
25	포인트바	표범장지뱀(2), 남생이, 구렁이(2)	3	5
26	하중도	표범장지뱀(4), 남생이(2), 맹꽁이(2)	3	8
27	사력퇴적지	표범장지뱀(4), 남생이(2), 맹꽁이	3	7
28	구하도	구렁이(3), 금개구리, 맹꽁이, 남생이	4	6
29	망류하도구간	남생이(3), 표범장지뱀(2)	2	5
30	하천습지	고리도롱뇽, 맹꽁이(4), 금개구리(2), 남생이(2), 구렁이(4)	5	13
31	곡저평야	맹꽁이, 남생이, 구렁이(3)	3	5
32	하천충적평야	수원청개구리(3), 금개구리(4), 맹꽁이(4), 구렁이	4	12

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 5. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
33	범람원	맹꽁이(3), 금개구리(3), 수원청개구리(3)	3	9
34	자연제방	맹꽁이(2), 남생이, 구렁이(2), 표범장지뱀	4	6
35	배후습지	맹꽁이(4), 금개구리(3), 남생이(2), 구렁이(2)	4	11
36	삼각주	남생이, 표범장지뱀(2), 맹꽁이(2)	3	5
37	하안단구	남생이, 표범장지뱀, 구렁이	3	3
38	호소성습지	맹꽁이(2), 남생이, 금개구리(2)	3	5
39	인공호수	남생이(3), 구렁이	2	4
40	해식애	구렁이	1	1
41	해식동			
42	파식대	구렁이	1	1
43	시스택			
44	해안타포니			
45	해안단구	구렁이	1	1
46	간석지			
47	염습지			
48	간척지	맹꽁이(4), 금개구리(3), 수원청개구리(2)	3	9
49	거력해안			
50	자갈해안			
51	모래해안	표범장지뱀(3)	1	3
52	사취	표범장지뱀(3)	1	3
53	연안사주	표범장지뱀(2), 맹꽁이	2	3
54	육계사주			
55	육계도			
56	석호	남생이(3), 맹꽁이, 구렁이	3	5
57	해안사구	표범장지뱀(5)	1	5
58	사구습지	고리도롱뇽, 맹꽁이(5), 금개구리(5), 남생이, 표범장지뱀(2)	5	14
59	해안평야	표범장지뱀(2)	1	2
60	돌리네	구렁이(4), 맹꽁이	2	5
61	석회동굴	꼬리치레도롱뇽	1	1
62	카르스트건곡	남생이(2), 구렁이(2)	2	4
63	용암원정구	구렁이, 비바리뱀	2	2
64	분석구	맹꽁이(2), 비바리뱀(2)	2	4

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 5. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
65	응회구	맹꽁이, 비바리뱀, 구렁이	3	3
66	응회환	맹꽁이(2), 비바리뱀(2)	2	4
67	마르	맹꽁이(3), 비바리뱀(2)	2	5
68	용암동굴			
69	화구			
70	칼데라	맹꽁이, 구렁이(2), 비바리뱀	3	4
71	피트분화구	맹꽁이(2), 비바리뱀(3), 구렁이(2)	3	7
72	용암대지	맹꽁이, 표범장지뱀, 구렁이(4), 비바리뱀	4	7
73	주상절리지형	구렁이	1	1

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 6. 단위지형별 서식 가능 곤충류

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
1	급애	왕은점표범나비, 멧조롱딱정벌레	2	2
2	암석덤			
3	토르			
4	고위평탄면	쇠똥구리, 붉은점모시나비(2), 꼬마잠자리, 왕은점표범나비(2), 똥보주름메뚜기	5	7
5	고립구릉	왕은점표범나비(3), 붉은점모시나비, 애기빨소똥구리, 쌍꼬리부전나비	4	6
6	나마			
7	산지타포니			
8	구조(선)곡			
9	산각말단면	애기빨소똥구리, 붉은점모시나비, 노란잔산잠자리, 왕은점표범나비, 은줄팔랑나비	5	5
10	암괴류			
11	암괴원	멧조롱딱정벌레	1	1
12	애추			
13	산지습지	꼬마잠자리(4), 물방개, 은줄팔랑나비, 여름어리표범나비, 깊은산부전나비	5	8
14	침식분지	왕은점표범나비, 물방개, 물장군, 은줄팔랑나비, 멧조롱딱정벌레, 여름어리표범나비	6	6
15	폭포			
16	폭호	물장군, 물방개	2	2
17	소	물방개	1	1
18	포트홀	물방개	1	1
19	감입곡류구간	물장군	1	1
20	협곡			
21	미앤더코어	물방개, 붉은점모시나비	2	2
22	하식애	붉은점모시나비(2)	1	2
23	기반암하상			
24	선상지	대모잠자리	1	1
25	포인트바	노란잔산잠자리(2)	1	2
26	하중도	노란잔산잠자리, 대모잠자리, 닳무늬길앞잡이	3	3
27	사력퇴적지	노란잔산잠자리(2)	1	2
28	구하도	왕은점표범나비, 물장군, 물방개, 붉은점모시나비	4	4

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 6. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
29	망류하도구간	노란잔산잠자리	1	1
30	하천습지	대모잠자리(3), 물방개(2), 물장군, 노란잔산잠자리	4	7
31	곡저평야	물장군, 물방개	2	2
32	하천충적평야	물방개, 은줄팔랑나비	2	2
33	범람원	대모잠자리(2), 은줄팔랑나비	2	3
34	자연제방	대모잠자리(2)	1	2
35	배후습지	대모잠자리(4), 물방개(2), 물장군(2)	3	8
36	삼각주			
37	하안단구			
38	호소성습지	대모잠자리(4), 물방개(3), 물장군(2)	3	9
39	인공호수	물방개	1	1
40	해식애			
41	해식동			
42	파식대			
43	시스택			
44	해안타포니			
45	해안단구			
46	간석지	닷무늬길앞잡이(2)	1	2
47	염습지	닷무늬길앞잡이(2)	1	2
48	간척지	대모잠자리(2), 물장군	2	3
49	거력해안			
50	자갈해안			
51	모래해안	닷무늬길앞잡이(3)	1	3
52	사취	닷무늬길앞잡이	1	1
53	연안사주	닷무늬길앞잡이	1	1
54	육계사주			
55	육계도			
56	석호	물방개, 물장군	2	2
57	해안사구	닷무늬길앞잡이(3), 소똥구리	2	4
58	사구습지	물방개, 물장군(2)	2	3
59	해안평야			
60	돌리네	물장개, 큰홍띠점박이푸른부전나비	2	2

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 6. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
61	석회동굴			
62	카르스트건곡			
63	용암원정구	애기빨소똥구리	1	1
64	분석구			
65	응회구			
66	응회환			
67	마르			
68	용암동굴			
69	화구	산골뚝나비(2), 애기빨소똥구리	2	3
70	칼데라			
71	피트분화구	애기빨소똥구리	1	1
72	용암대지			
73	주상절리지형			

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 7. 단위지형별 서식 가능 육상식물

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 종 수	응답 누계
1	급애	석곡, 지네발란, 풍란	3	3
2	암석덤	섬개야광나무, 연잎쟁의다리	2	2
3	토르		-	-
4	고위평탄면	제비동자꽃, 복주머니란, 기생꽃, 대성쓴풀	4	4
5	고립구릉		-	-
6	나마		-	-
7	산지타포니		-	-
8	구조(선)곡		-	-
9	산각말단면		-	-
10	암괴류		-	-
11	암괴원		-	-
12	애추		-	-
13	산지습지	제비동자꽃(2)*, 자주망귀개, 조름나물, 기생꽃, 대성쓴풀, 참달꽃	6	7
14	침식분지		-	-
15	폭포	연잎쟁의다리, 분홍장구채	2	2
16	폭호		-	-
17	소		-	-
18	포트홀		-	-
19	감입곡류구간	백부자, 산작약	2	2
20	협곡	애기송이풀, 왕제비꽃	2	2
21	미앤더코어		-	-
22	하식애	연잎쟁의다리	1	1
23	기반암하상		-	-
24	선상지		-	-
25	포인트바		-	-
26	하중도	단양쭉부쟁이	1	1
27	사력퇴적지	단양쭉부쟁이	1	1
28	구하도		-	-
29	망류하도구간		-	-
30	하천습지	큰바늘꽃, 서울개발나물, 선제비꽃	3	3
31	곡저평야		-	-
32	하천충적평야	물고사리	1	1
33	범람원	물고사리	1	1

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 7. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
34	자연제방		-	-
35	배후습지	서울개발나물, 선제비꽃, 가시연, 순채	4	4
36	삼각주	물고사리	1	1
37	하안단구		-	-
38	호소성습지	가시연(2)*	1	2
39	인공호수		-	-
40	해식애	대청부채(2)*	1	2
41	해식동	석곡	1	1
42	파식대		-	-
43	시스택		-	-
44	해안타포니		-	-
45	해안단구		-	-
46	간석지		-	-
47	염습지		-	-
48	간척지	매화마름	1	1
49	거력해안		-	-
50	자갈해안	섬개현삼	1	1
51	모래해안		-	-
52	사취		-	-
53	연안사주		-	-
54	육계사주		-	-
55	육계도		-	-
56	석호	제비붓꽃(2)*, 갯봄맞이꽃(2)*	2	4
57	해안사구		-	-
58	사구습지	갯봄맞이꽃	1	1
59	해안평야		-	-
60	돌리네	왕제비꽃, 넓은잎제비꽃, 산작약	3	3
61	석회동굴		-	-
62	카르스트건곡		-	-
63	용암원정구	지네발란, 석곡(2)*	2	3
64	분석구	피뿌리풀	1	1
65	응회구	풍란	1	1
66	응회환		-	-

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

부록 7. (계속)

순번	단위지형	멸종위기 야생생물 종	출현 수	응답 누계
67	마르	물고사리, 순채	2	2
68	용암동굴		-	-
69	화구	암매, 한라솜다리, 한라송이풀	3	3
70	칼데라	섬시호	1	1
71	피트분화구	백운란	1	1
72	용암대지	제주고사리삼	1	1
73	주상절리지형		-	-

*()는 해당 생물의 누적 응답자 수를 의미함.

요 약 문

1. 제 목

한반도 식물상의 분류군별 생태적 특성에 관한 연구(2차년도)

2. 목 적

- 한국에 생육하고 있는 모든 관속식물 분류군을 대상으로 생태적 요인 분석
- 식물상의 전체적 및 부분적으로 요인 또는 지역별 특성을 파악하는 개념 수립
- 환경개발에 따른 생태 및 환경 변화에 대처할 수 있는 기본적인 자료 작성

3. 연구내용 및 방법

- 국내에 분포하는 자생 관속식물, 즉 양치식물, 나자식물 및 피자식물 (쌍자엽 및 단자엽) 등 전체 4,799 분류군을 대상으로 분석
- 국내 종별 각각 다른 생태 요인을 분석하고 DB화
- 각 생태적 환경요인 또는 조사 지역에 따른 식물상 특성 파악
- 한국 전체 식물상의 생태적 특성 분석, 제시

4. 연구결과

- 식물상의 전체적 및 부분적인 생태적 특성을 반영하는 기준 수립
 - 특성, 기원, 생태 및 분포 유형에 따른 47개 특성 구분
- 종생태 분석
 - 국가생물종목록 기준 양치, 나자 및 피자식물 2,706종에 대해서 종생태 유형 분석
 - (양치식물) 주걱일엽, 순갈일엽, 버들일엽 등 319종 분석

- (나자식물) 섬잣나무, 눈잣나무, 곰솔, 삼나무 등 55종 분석
- (쌍자엽식물) 육박나무, 녹나무, 생달나무, 비목나무, 까마귀쪽나무 등 1,356종 분석
- (단자엽식물) 질경이택사, 올미, 올챙이풀, 올챙이자리, 보풀 등 974종 분석

5. 연구결과의 활용방안

- 우리나라 식물상의 생태적 유형별 특성이 밝혀질 것임
- 기후 변화 또는 개발에 따른 생태, 환경 변화를 보다 용이하게 추적할 수 있으며 보전 및 복원 계획 수립시 중요한 자료로 활용될 것임
- 구축된 목록은 전국자연환경조사 식물상 보고서에 생태유형의 분석 자료로 활용될 것임

I. 서론

1. 연구목적

가. 연구 목적

최종 연구 목표	
<p>한국에 생육하고 있는 모든 관속식물 분류군을 대상으로 생태적 요인 분석을 통해 국내 식물상의 전체적 및 부분적으로 요인 또는 지역별 특성을 파악하는 개념을 만들고, 이를 통해 향후, 기후변화 또는 환경개발에 따른 생태 및 환경 변화에 대처할 수 있는 기본적인 자료 작성</p>	
당해연도 연구 목적	당해연도 연구 목표
<p>한국 관속식물상의 자생 분류군을 대상으로 생태 요인 분석을 통하여 전체 식물상 또는 요인별 또는 지역별 식물상의 특성을 분석하는 개념 마련</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 국내에 분포하는 자생 관속식물, 즉 양치식물, 나자식물 및 피자식물(쌍자엽 및 단자엽) 등 전체 분류군을 파악하고, DB화 - 국내 종별 각각 다른 생태 요인을 분석하고, DB화 - 각 생태 요인 또는 조사 지역에 따른 부분적 식물상 특성 파악 - 한국 전체 식물상의 특성 분석, 제시

2. 연구사 및 필요성

가. 관속식물 연구사

- 1) 한반도 관속식물의 분류에 관한 연구는 러시아 해군 제독 Schlippenbach (1854)가 동해안에서 채집한 50여 종의 식물 표본이 Miquel(1865-1867)에 국제학계에 발표된 것이 한반도 식물 분류에 대한 최초의 기록임
- 2) 아울러 Maximowicz (1871)는 Schlippenbach의 표본을 근거로 철쭉 (*Rhododendron schlippenbachii* Maxim.)을 발표, 이것이 한반도의 식물 표본을 근거로 명명되어진 최초의 식물명임
- 3) 19세기 말과 20세기 초, Palibin (1898-1901)은 Wilford, Oldham, Perry, Carpenter, Charles, Gottsche, Bunge, Sontag, Faurie와 Taquet 등이 채집한 표본을 근거로 *Conspectus Florae Koreae*를 발표, 한반도 식물상에 대한 개괄적인 윤곽이 드러나기 시작하였음
- 4) 20세기 초, 주로 일본인 학자에 의해 주도, 비로소 중반에 이르러 국

내 학자들을 통해 연구 시작됨

- 5) Nakai(1909, 1911)는 Flora Koreana vol. I과 II를 발간, 한반도 식물에 대한 종합적 고찰을 시도하여 1952년 Synoptical sketch of Korean Flora를 발간, 한반도 관속식물의 전체적인 윤곽을 확립하고 공헌하였음
- 6) 8.15 해방 이후 현재까지 정태현(1956, 1957)의 한국식물도감, 박만규(1974)의 한국쌍자엽식물지, 이창복(1980)의 대한식물도감, 이우철(1996)의 한국식물명고, 한국식물분류학회(2007)의 Genera of Vascular Plants of Korea가 출판되어, 후학들의 연구에 토대 또는 지침서가 되고 있음

나. 필요성

- 1) 현재까지의 식물상 조사는 조사지역의 식물목록을 작성하는데 중점을 두고 있음
- 2) 이에따라, 조사지역의 생태적 특성을 반영하지 못하거나 전체적인 식물상 특성을 표현하는데 한계가 있음
- 3) 식물 분류군별 생태적 특성을 파악하는 새로운 분석 개념이 필요하며 환경개발에 따른 생태 및 환경 변화에 대처할 수 있는 기본적인 자료 작성이 대두됨

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

가. 연구내용

- 1) 대상종은 현재까지 한국에 분포한다고 알려진 모든 관속식물군, 즉 양치식물, 나자식물, 피자식물(쌍자엽식물 및 단자엽식물)로 구성된 식물상 중, 모든 자생종
- 2) 대상종별 자생종 또는 외래종인 지 확인 및 추정
- 3) 자생종은 고유종을 구분하여 파악
- 4) 대상종별 생물적 종류 파악
- 5) 생태적 요인의 특성 분석

- 6) 대상종별 생태적 입지, 즉 내륙의 산지와 평야, 해안 등 구분
- 7) 구분된 각 생태적 입지는 보다 세부적인 입지로 구분
- 8) 기후 인자 감안하여 전국, 남방계, 북방계로 구분
- 9) 식물구계학적 특정종 여부
- 10) 한반도 자생한다고 알려진 식물 중, 북한지역에만 분포하는 식물종을 파악
- 11) 궁극적으로 분류군별 생태적 요인 분석을 통한 한반도 식물상의 특성 분석에 관한 연구 시도

2. 연구방법

가. 연구방법

- 1) 최근, 국립생물자원관(NIBR)에 의해 정리된 2020 한반도 관속식물의 국가생물종목록, 약 5,000 분류군을 기반으로 그 외 최근까지 발표되거나 그 실체가 확인된 신분류군, 미기록종, 외래종 등, 모든 식물종을 대상으로 함
 - ※ 단, 품종에 해당하는 분류군 범주는 제외하며, 현재까지 한국에 분포한다고 알려진 모든 관속식물군 중, 모든 자생종을 파악하여 DB 및 계량화
- 2) 대상종별 기원 방법, 즉 크게 자생종 및 외래종 여부 현황을 파악하여 DB 및 계량화
- 3) 자생종의 경우, 한반도에만 국한하여 분포하는 고유종인 지와 한반도 이외의 국가에도 분포하는 일반종인 지를 파악, 구분하여 DB 및 계량화
- 4) 각 대상종의 생물적 종류, 즉 목본 또는 초본인지를 파악하여 DB 및 계량화
- 5) 식물이 분포하고 생육하는 데 있어서 불가분의 관계에 있는 생태적 요인의 특성을 파악하여 DB 및 계량화
- 6) 생태적 입지, 즉 내륙의 산지와 평야, 해안으로 구분하여 각각 국내 점유 면적을 파악함
- 7) 생태적 입지의 경우, 산지는 사면, 계곡, 습지, 바위(착생) 등으로 구분하고, 평야의 경우 들판, 민가, 경작지 및 그 주변, 늪, 습지(저수지 등 포함), 수변 등으로 구분하며, 해안은 암벽, 젖은

갯벌, 마른 사구, 바다 등으로 각각 구분하여 각각의 입지에 생육하는 대상종들을 파악하여 DB 및 계량화

- 8) 식물의 분포에 있어서 무엇보다도 중요한 기후 인자를 감안하여 크게 전국, 남방계, 북방계로 구분하여 이에 해당하는 대상종들을 파악하여 DB 및 계량화
- 9) 대상종별 식물구계학적 특정종 여부 DB 및 계량화
- 10) 아울러, 한반도에 분포한다고 알려진 식물 중, 국내에 분포하지 않고, 북한지역에만 국한하여 분포하는 식물종을 파악하여 DB 및 계량화
- 11) 궁극적으로 분류군별 생물 특성 및 생태적 요인 분석을 통한 한반도 식물상의 특성에 관한 연구 시도하고 함

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 식물상의 전체적 및 부분적인 생태적 특성을 반영하는 기준 수립

가. 구분 기준

구분		구분 개념
1	분류	· 분류군의 특성, 양치, 나자, 피자(쌍자엽, 단자엽) 및 초본, 목본 등
2	기원	· 자생종(자생, 고유, 조림), 외래종(귀화, 관상, 화훼, 경작, 조림)
3	생육지	· 산지 능선(초지포함), 사면(숲안), 계곡, 습지, 별도(너덜지대, 석회암 등), 숲 가장자리
		· 평야 숲(마을숲 등), 초지(교란지, 나지 등), 경작지(주거지 포함), 습지(저주지 포함), 강(강, 하천 등), 별도(꽃자왈 등)
		· 해안 해안숲(방풍림 등), 해안초지, 암벽, 염습지, 사구, 수중
4	분포	· 지역분포 전국, 제주, 울릉, 남해안, 남부, 중부, 북부
		· 기후대 아열대, 난대, 온대, 한대, 냉대
		· 한반도 분포 남한, 북한

나. 생태적 특성 구분을 위한 기준 수립

1) 종의 분류

가) 분류군

- (1) 양치식물(Pteriophytes): 관다발 조직을 가지는 육상 식물 중 꽃과 종자 없이 포자로 번식하는 식물로 석송식물, 속새식물 및 고사리식물로 구성된다.



- (2) 나자식물(겉씨식물, Gymnosperms): 관다발 조직을 갖는 육상식물 중 꽃이 피지 않고 밑씨에서 발달한 종자가 나출되는 식물로, 소철, 은행나무, 소나무, 구상나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무 등으로 구성된다.



- (3) 쌍자엽식물(쌍떡잎식물, Dicotyledon): 속씨식물에 속하며 떡잎이 2장인 특징을 지닌 식물이며, 대부분의 관속식물이 여기에 속한다. 하지만 최근 APG 분류체계에서 진정쌍떡잎식물은 목련목, 후추목, 홀아비꽃대목 등을 제외하나, 여기에서는 전통적인 개념으로 모두 포함하였다.



금강초롱(초롱꽃과)



물고추나물(고추나물과)

(4) 단자엽식물(외떡잎식물, monocotyledones): 속씨식물(피자식물)에 속하며 떡잎이 한 장이고, 평행맥을 지니며, 줄기에 유관속형성층이 없는 부제중심주를 갖는 식물로 백합과, 벼과, 사초과 등의 식물로 구성된다.



각시붓꽃(붓꽃과)



양뿔사초(사초과)

나) 종류

(1) 목본(woody plant): 수피 안쪽의 원형질 불연조직인 유관속 형성층에 의하여 2차 조직을 만드는 식물을 말한다. 특히 목질조직이 발달한 식물이다. 목본식물은 교목, 관목, 그리고 덩굴식물로 구분할 수 있다.



눈향나무(측백나무과)



암매(암매과)

(2) 초본(herbaceous plant): 지상부에 목본 줄기를 가지고 있지 않은 식물을 초본식물이라고 한다. 한해를 사는 1년생

초본식물과 여러 해를 사는 여러해살이 초본식물이 있다.



순채(수련과)



왜솜다리(국화과)

2) 기원

가) 자생종

(1) 자생종(indigenous species): 자생종은 어떤 서식지에서 원래부터 자연적으로 자라고 있는 토착종을 일컬으며, 특정 지역이나 생태계에 인간의 개입없이 자연적 과정을 통해 생물종이 서식할 경우 자생종의 범주로 분류한다.



큰잎쓴풀(용담과)



참우드풀(우드풀과과)

(2) 고유종(endemic species): 자생종 중에서 일부 특정지역, 우리나라에서만 살고 있는 생물을 특산종 또는 고유종(endemic species)의 범주로 분류한다. 우리나라 고유종에는 동강할미꽃, 병꽃나무 등 2,243종이 서식하는 것으로 알려져 있다.

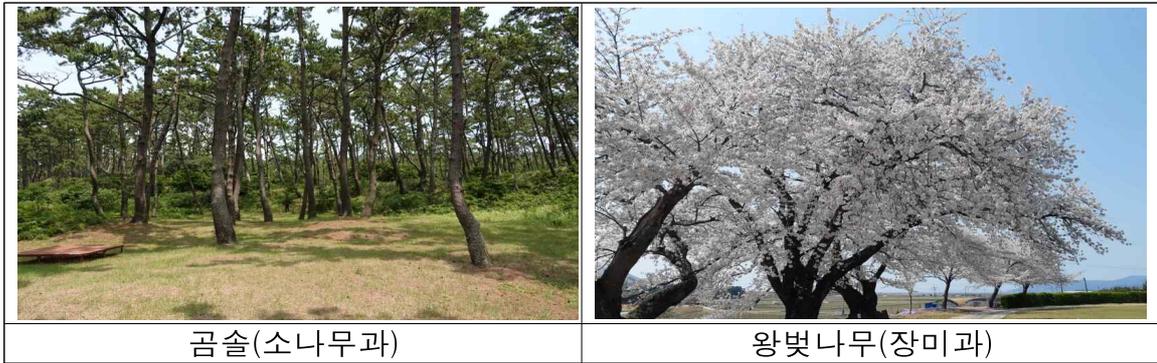


좁땅비싸리(콩과)



진노랑상사화(수선화과)

(3) 조림: 자생종 중 산림녹화나 조경을 위해 식재된 식물로 소나무, 잣나무 등의 목본 식물이 대상이다.



나) 외래종

(1) 유입(귀화, naturalized plant): 외국의 자생지로부터 인간의 매개에 의해 의식적 또는 무의식적으로 우리나라에 옮겨져 여러 세대를 반복하면서 야생화 내지는 토착화된 식물로 애기수영, 단풍잎돼지풀, 서양민들레, 미국자리공, 미국쭉부쟁이, 서양등골나물, 가시박 등의 식물들이 대상이다.



(2) 관상: 정원수 등의 식물을 의미하며, 무궁화, 계수나무 등의 식물들이 대상이다.



(3) 화훼: 화초, 화훼을 위해 재배한 식물들을 의미하며 분꽃 등의 식물들이 대상이다.



(4) 경작: 경작을 위해서 들여온 식물중 일부 야생에서 적응하여 자라는 식물들이 대상이다.



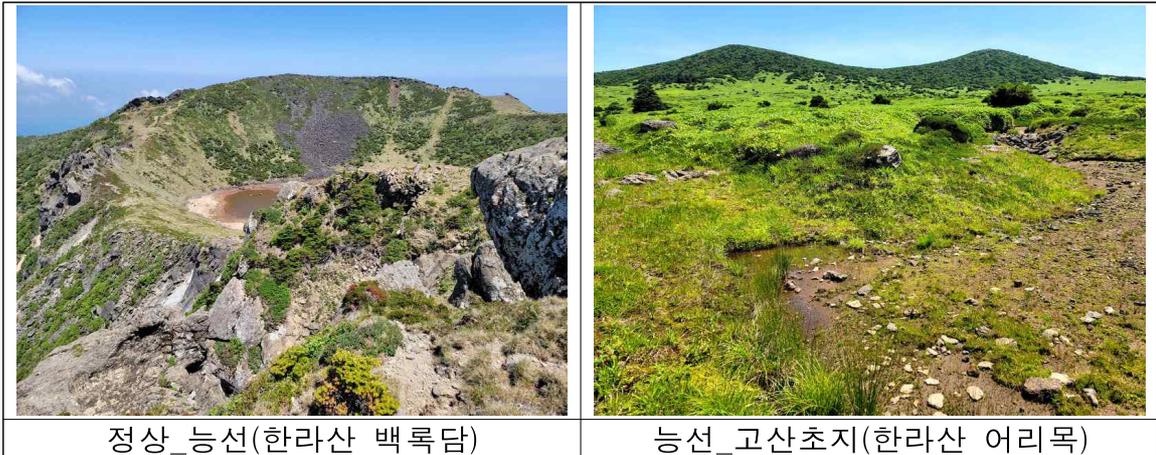
(5) 조림: 산림녹화를 위해 식재된 외래종으로 일본잎갈나무, 리기다소나무, 삼나무 등의 목본 식물들이 대상이다.



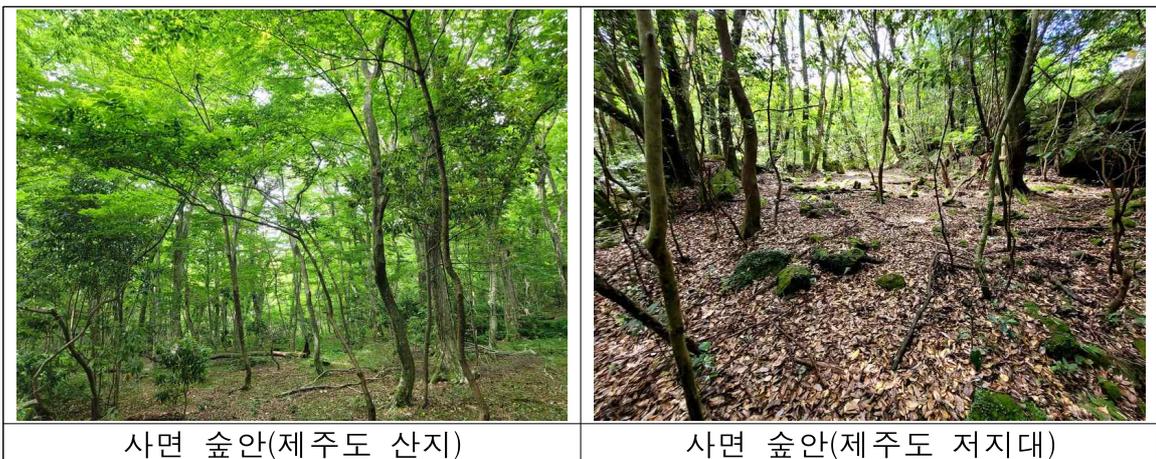
3) 중 생태

가) 산지

- (1) 능선(초지 포함): 산지 능선 및 정상부 주변을 나타내며 주로 생육하는 식물은 구상나무, 신갈나무, 마가목, 들쭉나무, 땃대나무, 한라솜다리, 한라장구채, 한라구절초, 구름떡쑥, 털진달래, 김의털 등이 나타난다.



- (2) 사면(숲안 포함): 산지의 사면으로 숲안으로 포함한다. 제주도의 산지 사면에는 서어나무, 졸참나무, 단풍나무, 제주조릿대 등이 생육한다.



- (3) 계곡: 산지의 계곡부 지역으로, 조도 계곡부에는 후박나무, 비목나무, 콩짜개덩굴, 서어나무, 성널수국, 산수국 등이 나타난다.



중문천(제주 저지대계곡)



신례천(제주 산지계곡)

(4) 습지(산지 습지): 산지에 포함된 습지 지역으로, 주로 자주이삭귀개, 고양이수염, 송이고랭이, 애기어리연, 수염기래꽃, 기장대풀, 바늘골 등이 나타난다.



제주 숨은물뱅의 습지(산지습지)



제주 동수악습지(산지습지)

(5) 숲가장자리: 숲의 가장자리로 산지와 경작지의 경계부를 포함한다. 주로 발풀고사리, 바위고사리, 별고사리, 기름새, 꿀풀, 억새, 병꽃나무 등이 나타난다.



숲 가장자리_신지도



숲 가장자리_고흥

- (6) 별도(너덜지대): 산지의 바위 지대로서, 일부 풍혈지역을 포함한다. 한라산 선작지왓 일대 너덜지역에는 눈향나무, 진저리고사리, 만년석송, 다람쥐꼬리 등이 분포한다.



- (7) 별도(석회암): 석회암 지역의 토양은 다량의 칼슘과 탄산이온을 함유하고 있어 pH가 높고(중성 또는 약알칼리성), 배수가 잘되는 지역이다. 한국의 석회암지역은 주로 강원도 남부와 충청북도 북부 지방에 산재되어 있다. 사창분취, 동강할미꽃, 동강고랭이, 바위종덩굴 등의 식물이 석회암 지역에 국한하여 나타난다.

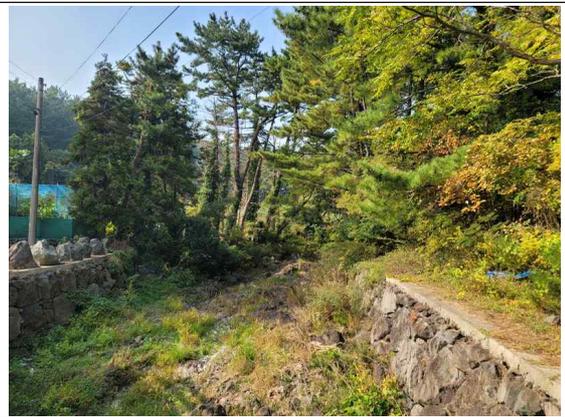


나) 평야

- (1) 숲(마을숲 등 포함): 평야지역에 있는 숲을 말하며, 소나무, 예덕나무, 멸구슬나무, 천선과나무, 팽나무 등이 생육한다.



마을주변숲(제주 오등동)



마을숲 곰솔군락(남원읍 한남리)

(2) 초지(교란지, 나지 등): 초본식물로 덮인 지역으로 자연적으로 초본식물이 우점하고 있는 자연초지와 가축의 방목이나 목초를 재배하여 목초가 우점하고 있는 초지를 인공초지로 구분한다. 여기에서는 교란지 및 나지 등을 포함하였다. 주로 벌노랑이, 토끼풀, 애기수영, 잔디, 띠, 억새 쥐보리, 호밀풀, 큰감의털 등이 생육한다.



초지(제주 안덕면)



초지(제주 방목지)

(3) 경작지(주거지 포함): 작물을 경작하는 농경지 및 주거지, 도로변 등의 지역을 포함한다. 이 지역에는 토끼풀, 냉이, 질경이, 서양민들레, 털큰참새피, 서양금혼초, 돼지풀, 방가지뚱, 토끼풀 등이 귀화식물들이 생육하고 있다.

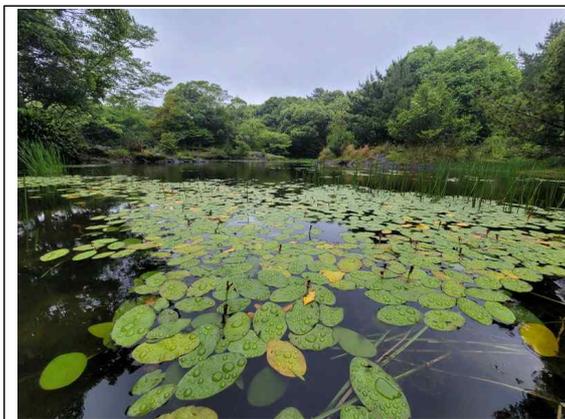


도로변(추자도)



도로변(소청도)

(4) 습지(저수지, 못, 둑병 등 포함): 제주도 평야습지에는 순채, 송이고랭이, 남방개, 눈여뀌바늘, 올챙이고랭이, 어리연, 애기어리연 등이 생육하고 있다.

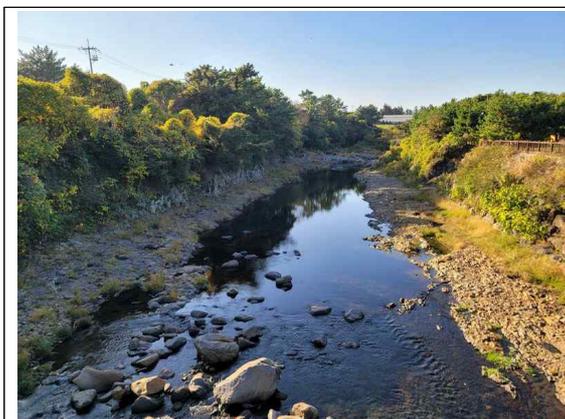


습지(용암암반습지_제주 동백동산)

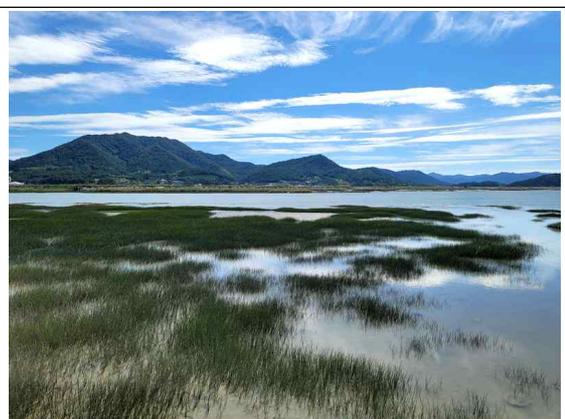


습지(제주 수산리)

(5) 강(강, 하천 등 포함): 강, 하천 등을 포함한 지역으로 제비꼬리고사리, 고마리, 염주, 물억새, 갈대, 꽃여뀌 등이 주로 생육한다.



강정천(제주)



강변_강진만

(6) 별도(꽃자왈): 나무·덩굴식물·암석 등이 뒤섞여 수풀처럼 어수선하게 된 곳을 일컫는 제주도의 지역으로 열대 북방한계 식물과 한대 남방한계 식물이 공존하는 제주도의 독특한 숲 또는 지형을 나타낸다. 주요 생육하는 식물은 제주고사리삼, 개가시나무, 감탕나무, 후박나무, 구실잣밤나무, 종가시나무, 일색고사리, 골고사리, 순갈일엽, 쯤고사리, 금새우란, 두잎감자난초 등이다.



꽃자왈(제주_애월읍_낙엽활엽수림)



꽃자왈(제주_선홍_상록활엽수림)

다) 해안

(1) 해안숲(방풍림 등 포함): 파도, 폭풍, 모래바람을 막기 위하여 해안지역에 설치한 지역을 의미한다. 주로 곰솔을 식재하였으며, 천선과나무, 후박나무, 산뽕나무, 예덕나무, 인동, 우묵사스레피나무, 까마귀쪽나무 등이 생육한다.



해안숲(제주도 사계리)



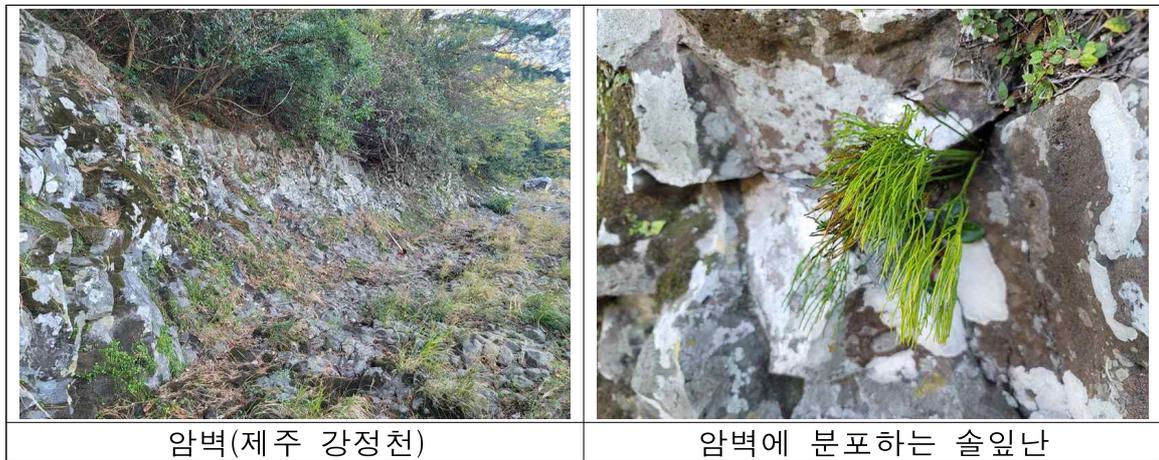
해안_숲(제주_표선리)

(2) 해안초지: 사구 다음의 지역으로 주로 갯그렁, 순비기나무, 갯보리, 갯강활, 갯기름나물, 통보리사초, 억새, 쯤보리사초 등이

생육한다.



(3) 암벽: 흙이나 암석으로 구성된 경사가 매우 급한 지형을 나타낸다. 솔잎난은 제주 저지대 계곡부의 용암 주상절리 암벽 틈에 착생하여 생육한다.



(4) 염습지: 바닷물이 드나들어 염분변화가 큰 습지(marsh)를 말하며, 염생식물(halophyte)이 생육한다. 통통마디, 칠면초, 나문재, 해홍나물, 방석나물, 갯사상자, 갯개미취 등이 생육한다.



(5) 사구: 바람에 의해 모래가 이동하면서 쌓여 생긴 언덕을 나타낸다. 갯메꽃, 순비기나무, 쯤보리사초, 모래지치, 갯쇠보리 등이 생육한다.



(6) 수중: 만조시 바다 수중에서 생육하며 썰물 때에는 물 밖으로 드러나기도 하는 지역이다. 식물로는 거머리말, 게바다말, 새우말 등 해초류(sea grass)로 불리는 식물이 생육한다.



4) 분포

가) 지역분포(자생)

- (1) 전국: 6개 분포지역에 나타나는 식물을 나타낸다.
- (2) 제주도: 남방계식물인 녹나무, 채진목, 담팔수, 홍노도라지, 소귀나무 등 약 2,000여 분류군이 생육한다.
- (3) 울릉도: 남방계식물인 식나무, 털머위 등과 북방계식물인 연령초, 만병초, 마가목, 큰두루미꽃 등이 혼생하는 지역으로 500-700여 분류군이 생육한다.
- (4) 남해안: 완도, 고흥, 여수, 통영, 거제, 부산 등을 포함하며, 서해안 백령도를 포함한 지역이다. 모람, 아왜나무, 붉가시나무, 후박나무, 사철나무, 차나무, 동백나무, 개서어나무, 모데미풀, 소사나무, 느티나무, 굴피나무 등 1,500여 분류군이 생육한다.
- (5) 남부: 남부를 대표하는 산지는 지리산이며, 북방계식물인 땃두릅나무, 미치광이풀과 남방계식물인 노각나무, 히어리, 매미꽃 등을 포함하여 1,300여 분류군이 생육한다.
- (6) 중부: 중부를 대표하는 산지는 설악산이며, 북방계식물인 왜솜다리, 황철나무, 등대시호, 날개하늘나리 등을 포함하여 1,000여 분류군이 생육한다.
- (7) 북부: 북부를 대표하는 산지는 백두산이며, 북방계 식물이 생육하는 지역으로 관서, 갑산, 관북으로 세분하기도 하며, 여기에서는 북부지역으로 나타냈다. 북방계식물인 산석송, 시베리아쑥, 자작나무, 들쭉나무, 가문비나무 등 1,000여 분류군이 생육한다.

나) 기후대(자생)

- (1) 아열대(subtropical): 열대와 온대의 중간지역(위도 20~40 °)에는 기온은 높으나 비가 적은 곳을 나타낸다. W.코펜에 의하면 기온에 의한 한계로서 1년 중 4개월에서 11개월에 걸쳐서 월평균기온이 20 °C 이상되는 지대가 이에 해당한다. 제주도의 서귀포가 해당된다. 주로 파초일엽, 검은별고사리 등이 자란다.
- (2) 난대: 해류의 영향으로 국지적으로 형성된 식생대를 일컫는 말로, 해류가 지나가는 지역에 제한적으로 존재한다. 연평균 기온 11~15°C, 연평균 강우량은 900~1,500mm이며, 난대성

상록활엽수림과 낙엽활엽수림이 발달되어 있다. 남해안 일대와 제주도가 해당되며, 그리고 동해의 영향으로 해양성 기후가 나타나는 울릉도 등에도 나타난다. 주로 곰솔, 생달나무, 동백나무, 식나무, 후박나무, 비자나무 등이 자란다.

- (3) 온대(temperate): 열대와 한대 사이로서, 중위도에 해당한다. 기후가 따뜻하고 적당한 우량에 여름과 겨울의 구별이 뚜렷하다. 한국에서는 최한월의 평균기온 -3°C 로 남부의 온대, 북부의 냉대로 크게 이분한다.
- (4) 냉대(아한대, subpolar): 온대와 한대의 중간지역으로 아한대, 냉온대라고도 한다. 비교적 온도가 높은 짧은 여름과 추위가 심한 긴 겨울이 특징이다.
- (5) 한 대(polar): 쾨펜의 기후구분에서는 최한월의 평균기온이 10°C 이하로 강수량이 적은 지역을 나타낸다. 암매 등의 식물이 해당된다.

다) 한반도 분포

- (1) 남한(South Korea): 1953년 휴전협정 체결 이후의 DMZ 이남 지역으로 남쪽을 나타낸다.
- (2) 북한(North Korea): DMZ 이북지역으로 압록강과 두만강을 건너 중국의 만주와 러시아의 연해주에 접한다.

2. 식물상의 종생태적 요인 분석 결과

가. 분석 결과

양치, 나자 및 나자식물 등 2,706종 분석을 대상으로 생태적 요인에 따른 한국 식물상의 대상종별 특성 분석

표 1. 한반도 식물의 종생태적 요인 분석(예)

생태요인분석 항목			대상종					
종생태 연구 종목록	국가생물종		4271	4272	4273	4274	4275	4276
	국명	대표국명	백두다람쥐꼬리	왕다람쥐꼬리	큰뺨톱	긴다람쥐꼬리	다람쥐꼬리	좁다람쥐꼬리
종의 특징	분류군	양치식물	○	○	○	○	○	○
		나자식물						

생태요인분석 항목			대상종					
종생태 연구 종목록	국가생물종		4271	4272	4273	4274	4275	4276
			○	○	○	○	○	○
	국명	대표국명	백두다람쥐꼬리	왕다람쥐꼬리	큰뺨톱	긴다람쥐꼬리	다람쥐꼬리	좁다람쥐꼬리
		쌍자엽						
		단자엽						
	종류	목본						
		초본						
기원	자생종	자생종	○	○	○	○	○	○
		고유종				○		
		조립						
	외래종	유입(귀화)						
		관상						
		화훼						
		경작						
조립								
종 생태	산지	능선(초지포함)				○	○	○
		사면(숲안)	○		○	○	○	○
		계곡		○	○			
		습지						
		별도(너덜지대)		○				
		별도(석회암)						
		숲가장가리						
	평야	숲(마을숲등)						
		초지(교란지 등)						
		경작지(주거지)						
		습지(저수지)						
		강(하천등)						
		별도(곶자왈)						
	해안	해안숲(방풍림등)						
		해안초지						
		암벽						
		염습지						
		사구						
수중								
분포	지역분 (자생)	전국						
		제주		○	○	○	○	
		울릉					○	

생태요인분석 항목			대상종					
종생태 연구 종목록	국가생물종		4271	4272	4273	4274	4275	4276
			○	○	○	○	○	○
	국명	대표국명	백두다람쥐꼬리	왕다람쥐꼬리	큰뺨톱	긴다람쥐꼬리	다람쥐꼬리	좁다람쥐꼬리
		남해안		○				
		남부		○			○	
		중부					○	
		북부	○				○	○
	기후대 (자생)	아열대						
		난대		○	○			
		온대		○		○	○	
		한대	○			○	○	○
		냉대						○
	한반도 분포	남한		○	○	○	○	
		북한	○				○	○

IV. 결론(고찰 및 제언)

본 연구는 이때까지 전혀 시도된 바 없는 새로운 개념의 연구로 향후, 식물상 또는 식물 구계와 관련된 학술적 조사 및 연구에 획기적인 영향을 미칠 것으로 판단된다. 예를 들면, 지금까지의 식물상과 관련된 보고서 및 논문에는 대부분 조사지역에 생육하고 있는 식물종의 종목록, 식물구계학적 위치, 주요종으로서의 법정 보호종, 고유종, 식물구계학적 특징종 및 외래종만을 언급하고 있는 바, 조사지역의 생태적 요인이 전혀 언급되지 않거나 전체적인 식물상 특성을 표현하지 못하고 있다. 그러나 본 연구에서도 출된 계량화된 결과를 이용하면, 한국 전체의 식물상 또는 인접한 다른 지역 또는 산지의 식물상과 직, 간접적인 비교가 용이할 뿐만 아니라 생태 및 기후적 요인에 따라 대상종이 계량화되어 있기 때문에 조사지역의 식물상 및 생태적 특성을 파악하는 데, 매우 편리하게 이용될 수 있을 것으로 예상된다. 아울러, 식물구계 분석 또는 조정에 이용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 DB화되고, 계량화된 결과는 현행 또는 향후 전국 자연환경조사의 지침이나 보고서에 필수적으로 활용될 것으로 예상된다. 기후 변화 또는 개발에 따른 환경 및 생태 변화에 따라 기인될 수 있는 식물종의 멸종시, 그에 대한 대처가 용이할 수 있는 점에서 향후, 정책적으로 활용 가능할 것으로 예상된다.

본 연구의 결과는 “한반도 식물상의 분류군별 생태 요인 분석을 통한 특성에 관한 연구(가칭)”란 제목으로 국제 주요 저널에 투고할 예정이며, 이때까지 국제적으로도 앞에서 언급한 내용과 방법 등을 통해 전국가적 식물상 및 식물 구계학적 연구가 발표되어진 바 없다. 아마도 본 논문이 발간된 후에 이의 내용과 방법을 따라 다른 국가에서도 해당국가 식물상의 특성에 관한 연구가 수행될 가능성이 매우 크다. 아울러 국내에서도 모든 식물상 및 식물구계에 관한 학술적 연구에 가장 중요한 개념 및 인용문헌으로 자리매김할 것으로 기대된다.

계량화된 본 연구 개념을 이용하면, 동일 지역에서의 시간적 차이, 다른 지역간 공간적 차이의 식물상을 비교하기 쉽기 때문에 기후 변화 또는 개발에 따른 생태, 환경 변화를 보다 용이하게 추적할 수 있다고 판단된다. 따라서 변화에 대처하는 데 있어서 보다 합리적인 대책 및 방안을 마련함으로써 식물상을 비롯한 자연환경 보전 및 관리에 기여할 것으로 기대된다.

분류군별, 생태적 입지 조건별 분석된 국내 식물상의 특성은 환경부의 자연환경보전정책 및 국토교통부의 국토개발정책의 지속가능한 보전 및 발전에 참고 또는 정책자료로 이용될 것으로 예상되며, 향후, DB화되고 계량화된 본 연구 결과는 환경부의 전국 자연환경조사의 지침 및 보고서에 가장 주요 문헌으로 자리잡을 것이다.

참고문헌

- 김철환, 박진희. 2013. 한반도 고유종 식물. 국립생물자원관 912 Pp.
- 김철환, 문명옥, 안진갑, 황인천, 이승혁. 2018. 한국산 최신 식물구계학적 특정종. 국립생태원 728 Pp.
- 박만규. 1974. 한국쌍자엽식물지(초본편). 정음사, 서울. 593 Pp.
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적, 서울. 1688 Pp.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사, 서울. 990 Pp.
- 정영호, 최홍근, 선병운, 정영철, 김기중. 1986. 관속식물연구사. 한국식물분류학사개설(대표 저자 정영호). Pp. 1-190.
- 정태현. 1956. 한국식물도감, 하권(초본부). 신지사, 서울. 1025 Pp.
- 정태현. 1957. 한국식물도감, 상권(목본부), 신지사, 서울.
- Flora of Korea Editorial Committee. 2007. The Genera of Vascular Plants of Korea. Academy Publishing Co., Seoul.
- Forsbes, F. B. & W. B. Hemsley. 1886-1905. An enumeration of all the plants known from China proper, Formosa, Hainan, Corea, the Luchu Archipelago, and the Island of Hongkong, together with their distribution and synonym. Journ. Linn. Soc. Bot. 23: 1-521, 26: 1-592, 36: 1-686.
- Kim, C. H. 2018. Endemic Species of Korea - Plantae (revised ed.). National Institute of Biological Resouces (NIBR). Pp. 599-751.
- Maximowicz, C. J. 1871. Diagnoses breves plantarum novarum Japoniae et Mandshuriae. - Decas Septima. Bull. Acad. Imp. Sci. Saint-Petersbourg, ser. 3. 15: 225-232.
- Miquel, F. A. W. 1865-1867. Prolusio florum Japonicae. Ann. Mus. Bot. Lugd. Bat. 2: 69-212, 2: 257-300, 3: 1-66, 91-209.
- Nakai, T. 1909. Flora Koreana. Pars Prima. Journ. Coll. Sci. Univ. Tokyo

26: 1-304.

Nakai, T. 1911. *Flora Koreana. Pars Secunda.* Journ. Coll. Sci. Univ. Tokyo 31: 1-573.

Nakai, T. 1952. A Synoptical sketch of Korean flora. Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo 31: 1-152.

Palibin, J. B. 1898. *Conspectus florum Koreae. Pars Prima.* Act. Hort. Petrop. 17: 1-123.

Palibin, J. B. 1900. *Conspectus florum Koreae. Pars Secunda.* Act. Hort. Petrop. 18: 147-198.

Palibin, J. B. 1901. *Conspectus florum Koreae. Pars Tertia.* Act. Hort. Petrop. 19: 149-198.

Takhtajan, A. 1986. *Floristic Regions of the World.* University of California Press. Pp. 522.

요약문

Due to the nature of the bird survey in South Korea, which is conducted mainly during the daytime, it is necessary to improve the survey method to understand the habitat status of forest nocturnal birds, which have a remarkably low detection rate even though many of them are nationally protected species. Examine the possibility of complementing the call-broadcasting survey method by installing and operating an autonomous recording units (ARUs) capable of non-invasive and continuous sound collection. Focal species: *Bubo bubo*, *Strix aluco*, *Strix uralensis*, *Ninox scutulata*, *Otus sunia*, *Otus bakkamoena*, *Caprimulgus indicus*, *Pitta nympha*. Spatial range: In 2022, six locations in the central and southern regions exceeding 700m altitude were randomly selected during the survey of the national ecosystem survey bird field. Installation of ARUs SM4 at a height of about 2-3 m on a tree in the region. Set to record 5 minutes per hour from 20:00 to 5:00 and operate from April to June. 1 minute call-broadcasting survey was conducted from 30 minutes after sunset to midnight twice in April and May by selecting multiple points near ARUs installation point. In the case of *Pitta nympha*, additional call-broadcasting surveys are conducted twice during the daytime from May to June. Listen directly to the sound, record the appearance of the target species and temporal information. Simultaneous clustering analysis using Kaleidoscope Pro. The number of focal species detected by the operation of the ARUs was seven species, excluding the *Bubo bubo*, which was significantly higher than the four species of focal species detected by the call-broadcasting

survey. It has been officially confirmed that *S. uralensis*, which are known to live in forest highlands located in the northern part of South Korea, also live in forest highlands in the central and southern parts of South Korea. There was no difference in the number of detection sites between the direct analysis and the Kaleidoscope Pro analysis for *O. sunia* and *S. aluco*, but the number of detection sites for *C. indicus*, *O. bakkamoena*, and *P. nympa* was higher by direct analysis. *S. uralensis* and *N. scutulata* were detected only by direct analysis. As a way to use the study results, i) Advancement and standardization of forest nocturnal bird survey method, ii) Acquiring a large amount of sound files as basic ecological data, iii) Development of sound cluster analysis program.

I. 서론

Bird surveys in South Korea commonly use the line transect survey method and the point count survey method, in which the surveyor selects a route or point to identify species and populations (Jeong, 2012; Nam et al., 2019), it is conducted mainly during the daytime. This leads to an underestimation of the detection rate of nocturnal birds, which are highly active at night (BBO, 2003).

Among the 548 species of birds registered on the 2021 National List of Species (NIBR, 2022), 13 representative nocturnal birds are owls and nightjars (Appleby and Redpath, 1997), and seven species whose breeding has been confirmed are all inhabited in forest areas: *Bubo bubo*, *Strix aluco*, *Strix uralensis*, *Ninox scutulata*, *Otus sunia*, *Otus bakkamoena*, *Caprimulgus indicus*. Of these, the remaining six species, excluding nightjars, are nationally protected species that are designated and protected according to domestic laws, so their protection value is quite high. In particular, three

species (*B. bubo*, *S. aluco*, and *S. uralensis*) are endangered wildlife designated by the Ministry of Environment and dall under the criteria for preparing a first-class Ecology and Nature map (Article 12 of the Guidelines for Drawing Ecology and Nature map (2021.03.18. Revised as Ministry of Environment Regulations No. 684.).

Nocturnal birds are a species that actively communicates with each other and claims territories by sound (BBO, 2003). As a method for investigating them, the method of using Autonomous Recording Units (ARUs) was discussed. ARUs can continuously and non-invasively collect sound over a long period of time (Celis-Murillo et al., 2009; Shonfield and Bayne, 2017), it has the advantage of being able to perform objective analysis (Rempel et al., 2005). Above all, it has been proven through several studies that it is effective for species with low detection rates in field surveys (Johnson et al., 2002; Farnsworth and Russell, 2007; Rognan, 2007).

ARUs were installed at 6 sites randomly selected in the previous year, set to record every 5 minutes from 20:00 to 05:00, and operated from May to July. As a result, six species of the forest nocturnal birds were detected, excluding the *S. uralensis*. It is a remarkable achievement that *S. aluco*, which have a very rare detection record in the bird survey of South Korea, were detected in all six sites. In addition, it was confirmed that the endangered wildlife *Pitta nympha*, a diurnal bird, was detected at night in five sites and was highly active even at night (Kim et al., 2012). On the other hand, the altitude of all six sites is less than 300m, corresponding to lowlands (Choi et al., 2006).

Among the results of the bird field of the 3rd and 4th National Ecosystem Survey (NES), as a result of analyzing the altitude of 12,906 cases of coordinate information in the forest area, 10,378 cases were less than 300m altitude, accounting for about 80%. The 4th NES based on the existing vegetation, the area of forest areas exceeding 300m altitude reached about 48% of the total forest area in South Korea. In other words,

it can be said that the bird field of the NES tends to be conducted mainly in the lowlands. Considering that the bird survey time in South Korea is during the daytime, the habitat status information of nocturnal birds inhabiting in forest areas exceeding 300m altitude is much poorer than that of diurnal birds.

S. uralensis, the only focal species not detected in the previous year's study, are known to inhabit in highland forest areas located in the northern part of South Korea, including Gyeonggi, Gangwon, and Gyeongbuk (Choi and Park, 2012). However, judging from the case of Japan, which appears in areas other than Hokkaido, where *S. uralensis* are known to have a high population density worldwide (available on <https://ebird.org/species/uraowl1/JP>), there is a possibility that they inhabit in highland forests in the central and southern parts of South Korea.

This study aims to identify forest nocturnal birds in the highland forest area located in the central and southern parts of South Korea by installing and operating ARUs, and to explore the possibility of supplementing the call-broadcasting survey method.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 지역 선정

Among the 2022 NES bird field implementation regions, six sites were randomly selected: Yonghwa (Yeongdong in Chungbuk) and Yongso (Chungsong, Yeongcheon, and Pohang in Gyeongbuk), which are located in the central and southern parts of the country with an altitude of 700m or higher and include easily accessible forest areas (Fig. 1.).

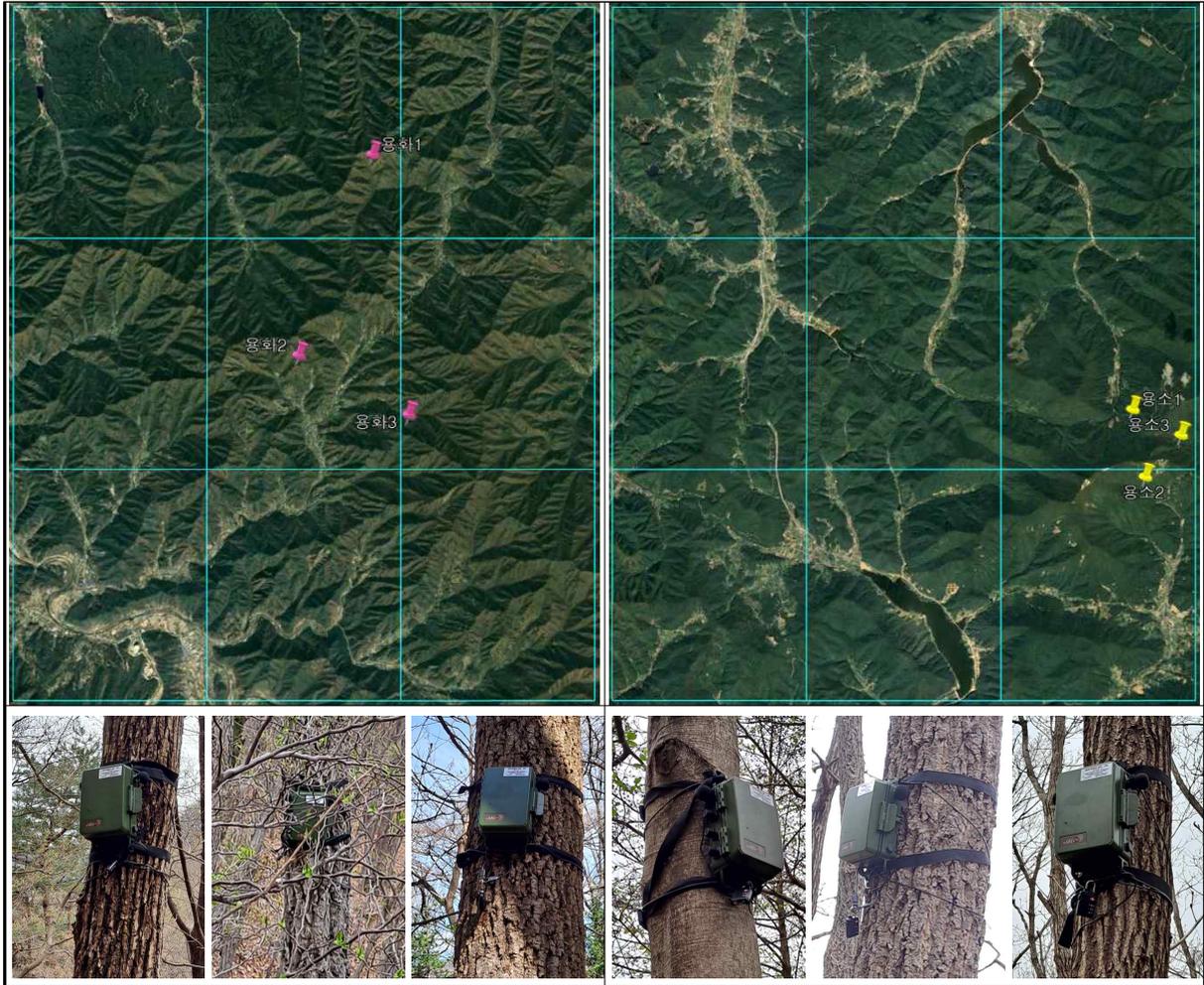


Fig. 1. Location of study sites and installed ARUs

2. 음성녹음장치 설치 및 운영

Among the trees located in the region, trees with a diameter at breast height (DBH) exceeding 10cm are selected and ARU SM4 (Wildlife Acoustics) is installed at a height of about 2-3 m (Fig. 1.).

Considering the ecological characteristics of the focal species, it was set to be recorded in 5 minute increments per hour from 20:00 to 5:00 (10 ea/day), and operated for a total of 61 days from April 15th to June 15th.

3. 현지 조사

1 minute call-broadcasting survey was conducted from 30 minutes after sunset to midnight twice in April and May by selecting multiple points

near ARUs installation point (Johnson et al., 2009). The separation distance between points is set at least 500 m (Centili, 2001).

In the case of *Pitta nympha*, additional call-broadcasting surveys are conducted twice during the daytime from May to June.

4. 음성 분석

The collected sound is played back through a media player to directly listen and record the appearance of focal species and temporal information (Fig. 2.).

In order to find an effective analysis method, cluster analysis was performed using the trial version of Kaleidoscope Pro (Wildlife Acoustics). Since some focal species have low-frequency sound, analysis was performed by setting two-track conditions: i) frequency range 250-10000 Hz, FFT Window 5.33 ms, ii) frequency range 250-1000 Hz, FFT Window 21.33 ms (Fig. 3.).

2022 전국자연환경조사 조류 분야 세부연구과제								
번	파일명	도엽	비 여부	강수유	강풍 여부	종명	개체수	기타설명
	S4C15459_20220415_040000				강풍	호랑지빠귀	1	
	S4C15459_20220415_050000				강풍	호랑지빠귀	1	
	S4C15459_20220415_200000					소쩍새	1	
	S4C15459_20220415_220000					소쩍새	1	
	S4C15459_20220416_010000					병어리빠꾸기	1	
	S4C15459_20220416_040000					소쩍새	2	노루
	S4C15459_20220416_200000					소쩍새	2	
	S4C15459_20220416_210000				강풍	소쩍새	1	
	S4C15459_20220416_220000				강풍	소쩍새	1	선명한 편
	S4C15459_20220417_020000				매우 강풍	소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_040000				매우 강풍	소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_050000				매우 강풍	소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_200000					소쩍새	1	설치류?
	S4C15459_20220417_200000					큰소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_210000					소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_220000					소쩍새	1	
	S4C15459_20220417_230000					소쩍새	2	
	S4C15459_20220418_000000					소쩍새	2	
	S4C15459_20220418_000000					큰소쩍새	1	

Fig. 2. Recording of direct analysis

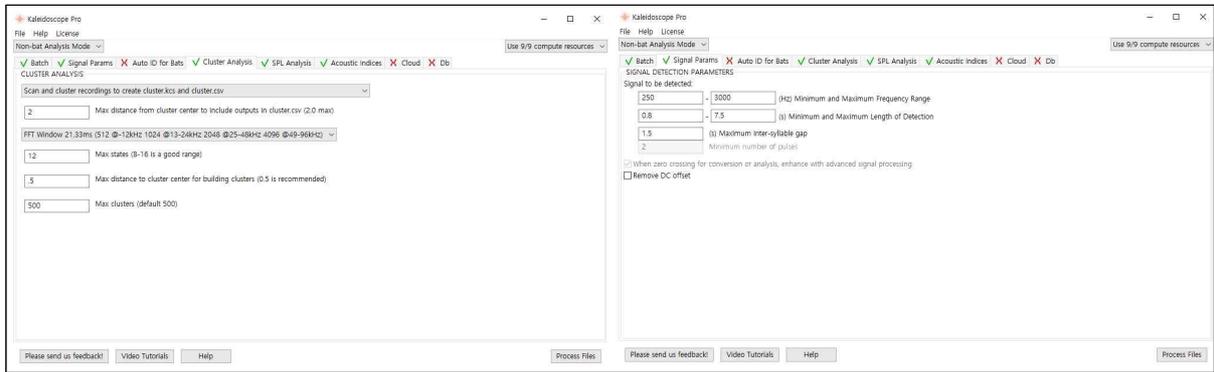


Fig. 3. Setting frequency range and FFT Window in Kaleidoscope Pro

Ⅲ. 연구 결과

1. 종별 탐지 결과

As a result of analyzing 3,660 sound files (six sites * 610 ea), 2,199 (60.08%) of the sound files in which at least one focal species was detected were confirmed. As for the detection rate by species, *O. sunia* was most frequently detected with 1,839 (50.25%), followed by *C. indicus* with 539 (14.73%), *P. nympha* with 175 (4.78%), *S. aluco* with 124 (3.39%), *O. bakkamoena* with 93 (2.54%), *S. uralensis* with 6 (0.16%), and *N. scutulata* with 3 (0.08%). As for the number of detection sites by species, *O. sunia*, *C. indicus*, and *P. nympha* were detected in all sites, 5 *O. bakkamoena*, 2 *S. uralensis*, and 1 *N. scutulata* were detected (Fig. 4).

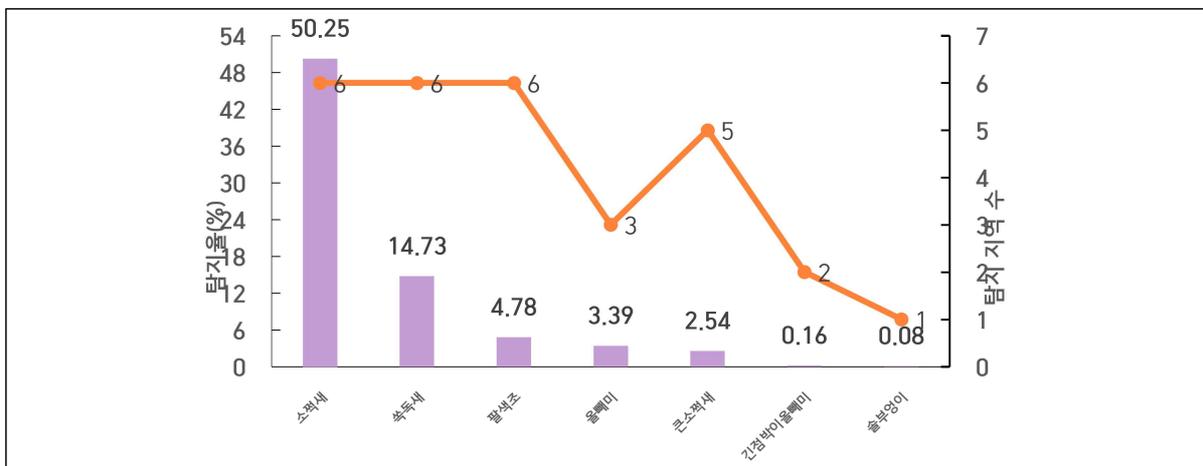


Fig. 4. Detection rate and number of detection sites by species

2. 음성녹음장치 운영과 현지 조사의 결과 비교

In Yonghwa area, five focal species were detected through ARUs, but three species were detected by call-broadcasting survey. In addition, six focal species were detected by the former, but three species by the latter in Yongso area (Table 1.).

Overall, seven focal species detected by ARUs operation were significantly higher than 4 focal species detected by call-broadcasting survey, proving that ARUs operation is effective as a forest nocturnal bird survey method.

Table 1. Comparison of ARUs operation and call-broadcasting survey results

구분	용화				용소			
	음성녹음장치			현지조사	음성녹음장치			현지조사
	1	2	3		1	2	3	
소쩍새	○	○	○	○	○	○	○	○
쪽독새	○	○	○	○	○	○	○	○
울빼미	○	○	○	○				
큰소쩍새	○	○	○		○	○		
긴점박이울빼미					○		○	
솔부엉이					○			
팔색조	○	○	○		○	○	○	○

3. 음성녹음장치 운영과 현지 조사의 결과 비교

There was no difference in the number of detection sites between the direct analysis and the Kaleidoscope Pro analysis for *O. sunia* and *S. aluco*, but the number of detection sites for *C. indicus*, *O. bakkamoena*, and *P. nympha* was higher by direct analysis. *S. uralensis* and *N. scutulata* were detected only by direct analysis (Fig. 5.).

IV. 고찰 및 제언

As a survey method for nocturnal birds, which are mainly active at night, making detection by observation difficult and irregularly vocal, the

method using ARUs has already been proven effective through several studies (Haselmayer and Quinn, 2000; Hobson et al., 2002; Rempel et al., 2005; Acevedo and Villaneuva-Rivera, 2006; Celis-Murillo et al., 2009). Compared to daytime, there are fewer active species and less noise at night, so it is judged that the effect of ARUs operation was high (Goyette et al., 2011).

If the purpose of operating ARUs is to determine the existence of a species, it seems reasonable to set it to record at various times. Goyette et al. (2011) confirmed that there is a difference in the time zone detected by species through a study on the habitat of nocturnal birds according to the operation of ARUs in Soberania National Park located in Panama. In order to detect a large number of nocturnal birds, it is suggested that it is necessary to operate ARUs from sunset to sunrise.

It has been officially confirmed that *S. uralensis*, which are known to live in forest highlands located in the northern part of South Korea, also live in forest highlands in the central and southern parts of South Korea. Interestingly, *S. aluco* was not detected in the Yonghwa area where *S. uralensis* was detected, and *S. aluco* was detected in the Yongso area despite being in the highlands. According to Vrezec and Tome (2004), when *S. uralensis* and *S. aluco* inhabit the same area, the habitat altitude of *S. aluco* tends to be relatively low. However, in the absence of *S. uralensis*, *S. aluco* was confirmed to increase its habitat to the mountaintop. This is because *S. uralensis*, which has a relatively large body, is dominant. Similar results were obtained in this study, confirming the existing theory that the distribution areas of *S. uralensis* and *S. aluco* in South Korea do not overlap (Choi and Park, 2012). Further study is needed to determine whether a competitive relationship between *S. uralensis* and *S. aluco* is established.

In order to expand the operation of ARUs where a large number of sound files are recorded, the key is to quickly and accurately analyze

the files. Kaleidoscope Pro is an analysis program that combines direct analysis and automatic analysis, and is judged to be useful. However, Swiston and Mennill (2009) pointed out the limitation that the analysis using a program can reduce the time required, but there is a high possibility that fewer species or frequencies will be derived than direct analysis. In the cluster analysis of kaleidoscope pro used in this study, *S. uralensis* and *N. scutulata* were not detected, and the number of detection sites for *O. bakkamoena*, *C. indicus*, and *P. nympha* was relatively small. First of all, it is very likely to confuse the program if interference occurs from ambient noise (Goyette et al., 2011), so it is required to select a place where voice recording is smooth (Allison and Destefano, 2006). In addition, it is necessary to set various conditions for signal detection and FFT window to be used in cluster analysis.

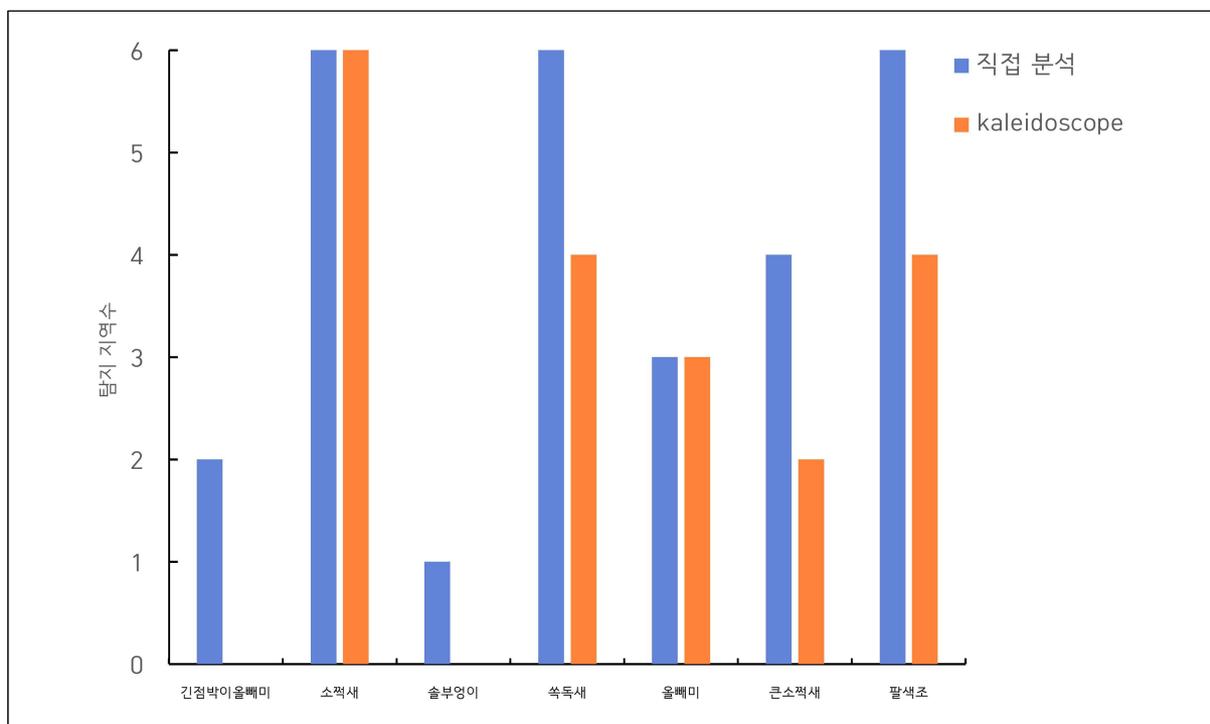


Fig. 5. Comparison of the number of detection sites by species between analysis methods

참 고 문 헌

- Acevedo, M.A. and Villaneuva-Rivera L.J. (2006). Using automated digital recording systems as effective tools for the monitoring of birds and amphibians. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 211-214.
- Allison, N.L. and Destefano, S. (2006). Equipment and techniques for nocturnal wildlife studies. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 1036-1044.
- Appleby, B.M. and Redpath, S.M. (1997). Indicators of male quality in the hoots of tawny owls (*Strix aluco*). *Journal of Raptor Research* 31: 65-70.
- BBO. (2003). Alberta nocturnal owl survey. <http://beaverhillbirds.com/docs/ABNoctOwlSurvey04Manual.pdf>
- Celis-Murillo, A., Deppe J.L. and Allen, M.F. (2009). Using soundscape recordings to estimate species abundance, richness, and composition. *Journal of Field Ornithology*, 80, 64-78.
- Centili, D. (2001). Broadcast and Little Owls *Athene noctua* preliminary results and considerations. *Oriolus*, 67(2-3), 84-88.
- Choi, C.Y. and Park, J.G. (2012). Birds of prey in Korea. Seoul: Korean Wild Birds Society and Shinan County.
- Choi, G., Kwon, W.T. and Robinson, D.A. (2006). Seasonal Onset and Duration in South Korea. *Journal of the Korean Geographical Society*, 41(4), 435-456.
- Farnsworth, A. and Russell, R. W. (2007). Monitoring flight calls of migrating birds from an oil platform in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Field Ornithology*, 78, 279-289. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1557-9263.2007.00115.x>
- Goyette, J.L., Howe, R.W., Wolf, A.T. and Robinson, W.D. (2011). Detecting tropical nocturnal birds using automated audio recordings. *Journal of Field Ornithology*, 82(3), 279-287.
- Haselmayer, J. and Quinn, J.S. (2000). A comparison of point counts and

- sound recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru. *Condor*, 102, 887-893.
- Hobson, K.A., Rempel, R.S., Greenwood, H., Turnbull B. and S. Van Wilgenburg. (2002). Acoustic surveys of birds using electronic recordings: new potential from an omni-directional microphone system. *Wildlife Society Bulletin*, 30, 709-720.
- Jeong, O.S. (2012). Bird survey guideline, p. 431-456. In: The fourth National Natural Environment Survey guideline (NIER eds.). Incheon: National Institute of Environmental Research.
- Johnson, D.H., Van Nieuwenhuyse, D. and Génot, J.C. (2009). Survey protocol for the Little Owl *Athene noctua*. *Ardea*, 97(4), 403-412.
- Johnson, J.B., Saenz, D., Burt, D.B. and Conner, R.N. (2002). An automated technique for monitoring nocturnal avian vocalizations. *Bulletin of the Texas Ornithological Society*, 35, 24-29.
- Kim, E.M., Park, C.R., Kang, C.W. and Kim, S.J. (2012). The nestling diet of fairy pitta *Pitta nympha* on Jeju Island, Korea. *Open J Ecol*, 2, 178-182. <https://doi.org/10.4236/oje.2012.24021>
- Nam, H.Y., Choi, C.Y., Park, J.Y. and Hur, W.H. (2019). Comparison of Population Monitoring Methods for Breeding Forest Birds in Korean Temperate Mixed Forests. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 108(4), 663 - 674. <https://doi.org/10.14578/JKFS.2019.108.4.663>
- NIBR. (2021). 2020 National Species List of Korea. <https://www.kbr.go.kr/stat/ktsn>
filedown/downpopup.do
- Rempel, R.S., Hobson, K.A., Holborn, G., Van Wilgenburg, S.L. and Elliott, J. (2005). Bio acoustic monitoring of forest songbirds: interpreter variability and the effects of configuration and digital processing methods in the laboratory. *Journal of Field Ornithology*, 76, 1-11.

- Rognan, C. (2007). Bioacoustic techniques to monitor Great Gray Owls (*Strix nebulosa*) in the Sierra Nevada. M.Sc. thesis. Humboldt State University. Arcata.
- Shonfield, J., and Bayne, E.M. (2017). Autonomous recording units in avian ecological research: current use and future applications. *Avian Conservation and Ecology*, 12(1), 14. <https://doi.org/10.5751/ACE-00974-120114>
- Swiston, K.A., and Mennill, D.J. (2009). Comparison of manual and automated methods for identifying target sounds in audio recordings of Pileated, Pale-billed, and putative Ivory-billed woodpeckers. *Journal of Field Ornithology*, 80, 42-50.
- Vrezec, A., and Tome, D. (2004). Altitudinal segregation between Ural Owl *Strix uralensis* and Tawny Owl *S. aluco* evidence for competitive exclusion in raptorial birds. *Bird Study*, 51(3), 264-269.

요약문

1. 제 목

- 전국자연환경조사 곤충류 트랩조사법의 효율화 방안 연구(버킷라이트 트랩)

2. 목 적

- 야행성 곤충류 버킷라이트 트랩의 효율성 검증을 통한 전국자연환경조사 트랩조사법의 가이드라인 제시

3. 연구내용

가. 광원 및 파장 선발

- 전국자연환경조사 육상곤충 분야에서 사용 중인 Black light(UV) 광원과 비교를 위해 문헌조사 및 사전조사를 통한 LED 광원 3종 선발

나. 광원별 버킷라이트 트랩을 이용한 곤충류 수집

- 광원별 버킷라이트 트랩을 통해 나비목, 딱정벌레목, 벌목, 파리목, 노린재목 및 기타 분류군 등의 주요 곤충류 수집

다. 광원별 포획 효율성 검증

- 현행 버킷라이트 트랩에 활용되는 광원(BL_UV)과 신규 LED 3종 광원과의 결과 비교 및 고찰을 통한 광원별 포획 효율성 검증

4. 연구결과

- 총 6회에 걸쳐 4가지 광원에 포획된 야행성 곤충류 분석결과, 총 11목 92과 430종 2,036개체가 확인되었으며, BL_UV(현행) 11목 74과 284종 951개체, LED_UV 9목 64과 277종 848개체, LED_G 6목 33과 71종 125개체, LED_B 6목 30과 56종 112개체 등으로 나타남
- 통계분석결과, 종수와 개체수 모두 BL_UV와 LED_B, LED_G 광원 간의 경우 유의한 차이를 보였으며($p < .001$), 반면 BL_UV와 LED_UV는 유의수준 $p < .001$ 수준에서 유의한 차이를 보이지 않음
- BL_UV와 LED_UV의 경우와 LED_B와 LED_G의 경우 종수와 개체수에서 유사

한 결과를 보였으나, BL_UV와 LED_UV는 LED_B와 LEC_G와는 종수 및 개체수에서 차이가 있음

5. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

- 야행성 곤충류 정량데이터 및 다양성 확보 등의 방법론에 대한 기초자료 제공
- 효율성 검증을 통한 버킷라이트 트랩의 전국자연환경조사 조사방법 개선
- 버킷라이트 트랩 자체개발 및 제작을 통한 국내 저변 확대 모색 및 해외기술 의존도 탈피 및 비용절감 효과

I. 연구목적 및 필요성

1. 연구목적

- 곤충류 조사는 다양한 분류군의 생태적 특성에 따라 광범위하고 다양한 조사방법을 갖으며, 목표로 하는 분류군에 따라 적합한 채집방법 또는 채집도구의 활용 필요(Campbell and Hanula 2007; Mukundan and Rajmohana 2016; Noyes 1989; Masner and Goulet 1981)
- 분류학적·생물학적으로 가장 알려진 분류군 중 하나인 나비목 곤충은 대부분의 식식성(유충단계) 곤충이기 때문에 환경변화에 대한 좋은 지표 종 중 하나이며(Woiwod and Stewart 1990; Woiwod and Thomas 1993), 버킷라이트 트랩에 의해 조사되는 곤충류 중 나방류가 가장 큰 분류군임을 감안할 때 장기적이고 지속적으로 사용할 수 있는 광원 적용 필요
- 트랩의 효율성 제고 및 비용 절감 측면에서도 다양한 설계를 통한 트랩 보완 및 개발이 이루어지고 있으며(Russo et al. 2011; Achterberg 2009), 전국자연환경조사와 같이 전 국토를 대상으로 조사를 수행하는 조사사업에는 인력 및 비용을 감안하여 최적의 조사방법을 선택, 최선의 효과를 얻을 수 있는 조사방법 필요(Russo et al. 2011)
- 전국자연환경조사 육상곤충 분야 조사방법 개선의 일환으로 곤충류 버킷라이트 트랩의 광원별 효율성 검증을 통한 조사방법 가이드라인 제시 필요

2. 연구필요성

가. 정책적 부합성

인력중심에서 벗어난 최신 조사기법 적용 및 전국자연환경조사의 효율적 운영을 위한 곤충류 트랩조사법의 개선이 필요한 상황이며, 효율성 및 신뢰성을 제고하는 정량 데이터 확보를 통한 자연환경 정보를 제공하는 기틀을 마련함으로써 신뢰성 있는 환경정책 기초자료의 확보가 필요한 실정

나. 사회/경제적 필요성

현재 사용하고 있는 버킷라이트 트랩은 수입제품으로 배송지연, 재고소진 및 판매중단 등에 따른 장비 수급에 어려움이 지속적으로 발생하는바 해외 의존도 탈피가 필요한 상황이며, 고가의 수입품* 대체를 위한 자체개발 및 제작**을 통해 최소 30% 이상의 비용절감 효과가 가능할 것으로 예상

* 수입품(버킷라이트 트랩) 단가 60-70만원

** 자체개발 및 제작을 통한 복합트랩 단가 40-45만원 예상

다. 기술적 필요성

우수한 광원 선발 및 포획 효율성 제고를 통한 조사결과의 신뢰도를 향상시키고, 램프의 성능 강화 및 트랩의 경량화 등 전국자연환경조사 여건에 맞는 트랩 개발 및 제작을 통한 조사방법의 선진화에 기여

3. 연구동향

가. 해외연구동향

해외의 경우 버킷라이트 트랩을 활용한 조사 및 연구가 다양한 분야에서 이루어지고 있으며, 목적에 따라 광원 선발 및 트랩의 자체제작 등 관련 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세임

- 1) 해외의 경우 특정 분류군의 수집이나 분류군별 선호도를 파악하기 위해 다양한 광원 및 파장을 실험하여 적용하고 있음(Brehm 2017; Infusino et al. 2017; Pan et al. 2021)
- 2) 야행성 곤충류 다양성 조사 및 해충 조사 등에도 다양한 광원 및 파장을 이용하여 목적에 맞게 활용하고 있음(Ramamurthy et al. 2010; Shimoda & Honda 2013; Pan et al. 2021)
- 3) 포획 효율성 제고 및 비용절감을 통해 연구목적에 적합한 트랩 개발 또는 자체 제작이 증가하고 있는 추세임(White et al. 2016; Zemel et al. 2017)
- 4) 영국 ECN(Environmental Change Network)는 표준 라이트트랩인 Rothamsted light trap을 이용하여 대형 나비목 곤충의 장기데이터(데일리) 확보를 위해 Trap Network 운영하고 있음

나. 국내연구동향

국내의 경우도 해외와 마찬가지로 분류군별 선호도 파악 및 특정 분류군을 유인하기 위한 다양한 광원 및 파장을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있는 추세임

- 1) 기존의 블랙라이트 및 수은등의 광원을 활용하는 대신 취급이 용이하고 지속성이 강한 LED 광원과 관련한 연구가 주를 이룸(박 2012; 이 2013; 전 등 2014; 송 등 2016)
- 2) 해충조사 또는 해충방제와 관련하여 다양한 광원 및 파장을 활용하고 있으나(박 2012; 박 등 2014; 전 등 2014; 송 등 2016), 야행성 곤충류의 다양성 조사에 관한 광원 및 파장에 대한 연구는 상대적으로 미미한 실정임
- 3) 국내 기관에서 라이트 트랩의 활용 또는 빛과 관련된 곤충 조사·연구의 선행 현황 분석은 다음과 같음

구분	연구과제명	연구목적	주요 연구내용	본과제와의 차별성
농촌진흥청	농업해충 방제용 LED 장치의 농가실증실험	대규모 시설지내 LED 장치의 농업해충에 대한 농가실증실험 및 문제점 개선	대규모 시설지내 피해를 일으키는 농업해충 및 식물병원균 사육 및 분양, 개발된 LED 기피/유인 장치의 대규모 시설재배지 내 실증실험, 개발된 LED 해충방제장치의 대규모 시설재배지내 실증실험 등	LED 등을 이용한 해충 방제와 관련된 내용으로 생물다양성 파악에 초점이 맞춰진 본 연구와는 거리가 있음
산림청	산림병해충 발생예찰 조사	유아등에 의한 산림곤충 발생현황 조사 등	산림병해충의 조기 발견을 통한 피해 예방, 주요 병해충의 발생시기 및 발생량 예측, 적기방제 및 피해확산을 저지를 위한 방제대책 수립 등	산림병해충 피해 확산 방지 및 방제대책에 대한 기초자료 확보가 주를 이루고 있어 생물다양성 파악에 초점이 맞춰진 본 연구와는 거리가 있음
한국환경정책·평가연구원	야간조명으로 인한 육상곤충 생태영향 및 환경영향평가 조사 가이드라인	생태환경 영향을 정확하게 파악하여 환경영향평가의 실효성을 높이고자 함	환경영향평가와 관련하여 야간조명으로 인한 생태계 영향 및 빛공해 관련 제도 현황, 환경영향평가 육상곤충조사 현황 및 야간조명 생태영향 시범조사, 환경영향평가 육상곤충 야간조사 가이드라인 등	야간조명이나 빛공해에 대한 환경영향을 파악하는 데 초점이 맞춰져 있어 생물다양성 파악에 초점이 맞춰진 본 연구와는 거리가 있음

II. 연구개요

1. 연구내용

가. 광원 및 파장 선발

현재 전국자연환경조사 육상곤충 분야에서 사용 중인 Black light(UV) 광원과의 비교를 위해 문헌조사 및 사전조사를 통한 LED 광원 3종 선발

광원	파장(nm)	비고
Black light (UV)	360	현행
LED light (UV)	365	신규
LED light (Blue)	452	
LED light (Green)	520	

나. 광원별 곤충 수집

광원별 버킷라이트 트랩을 통해 나비목, 딱정벌레목, 벌목, 파리목, 노린재목 및 기타 분류군 등의 주요 곤충류 수집

다. 광원별 포획 효율성 검증

현행 버킷라이트 트랩에 활용되는 광원(BL_UV)과 신규 LED 3종 광원과의 결과 비교 및 고찰을 통한 광원별 포획 효율성 검증

2. 조사시기 및 장소

차수	조사일자	위치좌표	조사지역	조사방법
1차	2022. 08. 06	N 36° 24 ' 28.80 " E 126° 51 ' 33.47 "	충남 청양군 대치면 장곡리 산 20-1	버킷라이트 트랩 설치 및 수거
2차	2022. 08. 07	N 36° 24 ' 25.61 " E 126° 51 ' 57.81 "	충남 청양군 대치면 장곡리 산 20-1	버킷라이트 트랩 설치 및 수거
3차	2022. 08. 12	N 36° 24 ' 23.65 " E 126° 51 ' 52.41 "	충남 청양군 대치면 장곡리 산 20-1	버킷라이트 트랩 설치 및 수거
4차	2022. 08. 16	N 36° 24 ' 38.04 " E 126° 53 ' 57.89 "	충남 청양군 정산면 천장리 산 26-10	버킷라이트 트랩 설치 및 수거
5차	2022. 08. 17	N 36° 24 ' 11.76 " E 126° 51 ' 03.14 "	충남 청양군 대치면 장곡리 89	버킷라이트 트랩 설치 및 수거
6차	2022. 08. 18	N 36° 26 ' 52.82 " E 126° 53 ' 06.86 "	충남 청양군 대치면 오룡리 37	버킷라이트 트랩 설치 및 수거

3. 연구방법

가. 현장조사

1) 버킷라이트 트랩 설치 및 수거

- 현지조사팀이 동일한 환경요건을 갖춘 각기 다른 6지점을 선정하여 일몰 전 5m 간격으로 트랩을 설치한 후 익일 아침 수거함
- 등화시간은 전국자연환경조사 조사지침에 따라 타이머를 사용하여 20~24시까지로 세팅하며, 각 지점마다 BL_UV, LED_B, LED_G, LED_UV 등 총 4개의 광원을 각기 설치함

나. 내부분석

6개의 각기 다른 지점에서 4개의 각기 다른 광원별로 수거된 샘플(총 24개 샘플)은 목별 분류를 통해 분류군별 동정전문가(나비목, 딱정벌레목, 벌목·파리목, 노린재목·기타분류군)에게 송부하여 종 분석을 수행함

다. 결과분석

1) 자료분석

- 분류군별로 분석이 완료된 자료는 결과분석 및 보고서 작성자에게 전달되어 데이터 취합 및 오류 검토 등의 과정을 거친 후 결과분석을 수행함
- 결과분석은 현행트랩에 사용되는 BL_UV 광원 및 LED 3종 광원 등 총 4종의 광원에 대해 포획 효율성 비교 등을 분석함

2) 통계분석

- 각 광원의 포획 효율성 비교를 위하여 광원유형에 따른 종수 및 개체수의 평균의 차이를 확인하고자 하였으며, 실증 분석방법은 평균 차이 검증인 일원변량분석(One way Anova)을 실시하고 사후검증으로 scheffe 검증을 실시하였음
- 실증분석은 모두 유의수준 $p < .05$ 에서 검증하였으며, 통계처리는 SPSSWIN 25.0 프로그램을 사용하여 분석을 수행함

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

1. 연구결과

가. 광원별 전체현황

- 총 6회에 걸쳐 4가지 광원에 포획된 야행성 곤충류 분석결과, 전체 11목 92과 430종 2,036개체가 확인되었으며, BL_UV(현행) 11목 74과 284종 951개체, LED_UV 9목 64과 277종 848개체, LED_G 6목 33과 71종 125개체, LED_B 6목 30과 56종 112개체 순으로 나타났다.
- BL_UV는 1차 조사(97종 196개체), 2차 조사(95종 241개체), 4차 조사(83종 161개체), 6차 조사(72종 106개) 등에서 가장 많은 종수와 개체수를 나타냈으며, LED_UV는 3차 조사(72종 155개체)와 5차 조사(85종 167)에서 가장 많은 종수와 개체수를 보였다.
- 차수별로는 2차 조사에서 10목 48과 156종 470개체로 가장 많은 종수 및 개체수가 조사되었으며, 가장 적게 조사된 3차 조사에서는 7목 42과 117종 307개체가 확인되었다.
- 종합적으로 BL_UV와 LED_UV에서 포획된 종수 및 개체수가 상대적으로 높았던 반면 LED_G와 LED_B에서는 현저히 낮은 종수와 개체수를 나타냈다.

차수	분류	BL_UV	LED_B	LED_G	LED_UV	소계
1st	목	7	3	2	6	8
	과	34	8	8	35	46
	종	97	11	10	81	143
	개체	196	23	11	123	353
2st	목	10	3	5	3	10
	과	40	7	13	29	48
	종	95	11	20	83	156
	개체	241	15	30	184	470
3st	목	7	4	3	5	7
	과	27	12	6	31	42
	종	67	15	8	72	117
	개체	111	30	11	155	307
4st	목	7	6	5	8	9
	과	34	14	16	30	49
	종	83	19	26	70	148
	개체	161	24	45	120	350

차수	분류	BL_UV	LED_B	LED_G	LED_UV	소계
5st	목	5	3	3	6	6
	과	29	7	8	33	42
	종	71	8	9	85	127
	개체	136	11	13	167	327
6st	목	5	4	4	4	5
	과	26	8	10	22	35
	종	72	8	12	71	123
	개체	106	9	15	99	229
소계		11목 74과 284종 951개체	6목 30과 56종 112개체	6목 33과 71종 125 개체	9목 64과 277종 848개체	11목 92과 430종 2,036개체

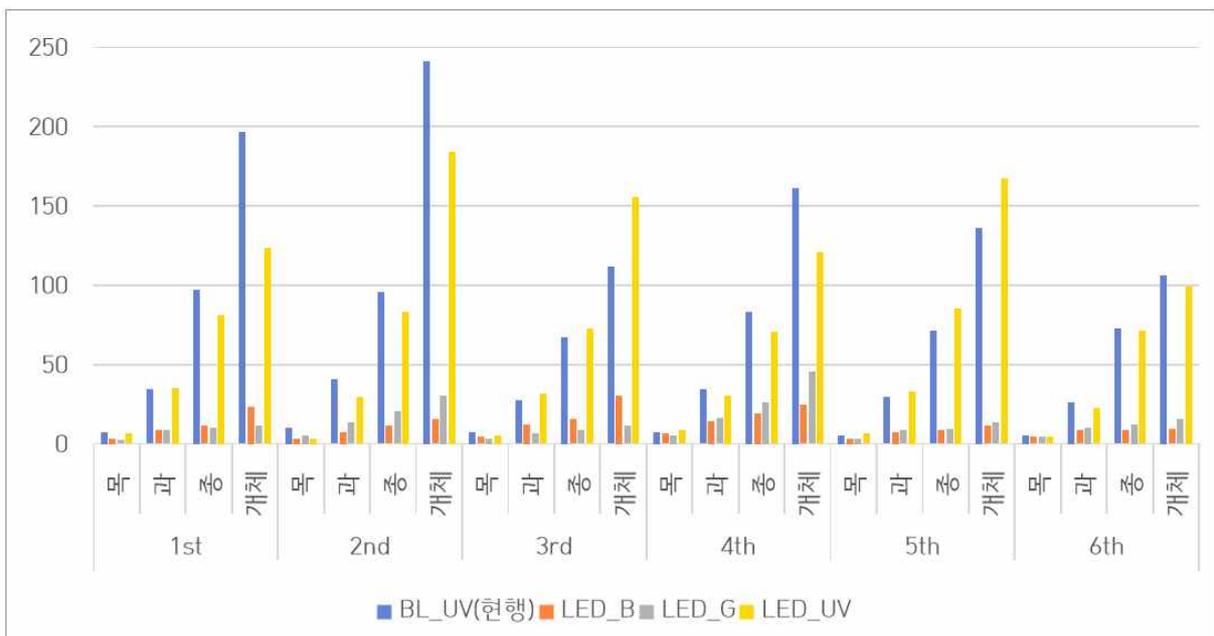


그림 1. 광원별 전체 현황

나. 광원별 분류군 현황

- 총6회에 걸쳐 포획된 야행성 곤충류의 분류군별 분석결과, 나비목이 258종(전체 종수의 60%) 1,143개체(전체 개체수의 56.1%)로 절반 이상의 높은 비율 나타냈으며, 딱정벌레목 74종 451개체, 파리목 35종 60개체, 노린재목 29종 294개체, 벌목 20종 23개체, 메뚜기목 4종 18개체 등의 순으로 나타났다.
- BL_UV(현행)에서는 포획된 284종 951개체 중 나비목이 183종 545개체, 딱정벌레목 44종 199개체, 노린재목 21종 143개체, 파리목 14종 19개체, 벌목 10종 11개체 등의 순으로 나타났으며, 277종 848개체가 포획

된 LED_UV에서는 나비목이 194종 495개체, 딱정벌레목 41종 189개체, 노린재목 16종 103개체, 파리목 11종 22개체, 벌목 10종 10개체 등의 순으로 나타났다.

- LED_G에서는 포획된 71종 125개체 중 나비목이 34종 49개체, 딱정벌레목 20종 43개체, 노린재목 9종 23개체, 파리목 6종 8개체 등의 순으로 나타났으며, 56종 112개체가 포획된 LED_B에서는 나비목이 31종 54개체, 딱정벌레목 10종 20개체, 파리목 10종 11개체, 노린재목 3종 25개체 등의 순으로 나타났다.

분류군	BL_UV		LED_B		LED_G		LED_UV		합계	
	종수	개체수	종수	개체수	종수	개체수	종수	개체수	종수	개체수
나비목	183	545	31	54	34	49	194	495	258	1143
날도래목	3	20					1	18	3	38
노린재목	21	143	3	25	9	23	16	103	29	294
딱정벌레목	44	199	10	20	20	43	41	189	74	451
메뚜기목	3	8	1	1	1	1	2	8	4	18
벌목	10	11	1	1	1	1	10	10	20	23
사마귀목	1	1					1	2	1	3
잠자리목	2	2							2	2
파리목	14	19	10	11	6	8	11	22	35	60
풀잠자리목	1	1							1	1
하루살이목	2	2					1	1	3	3

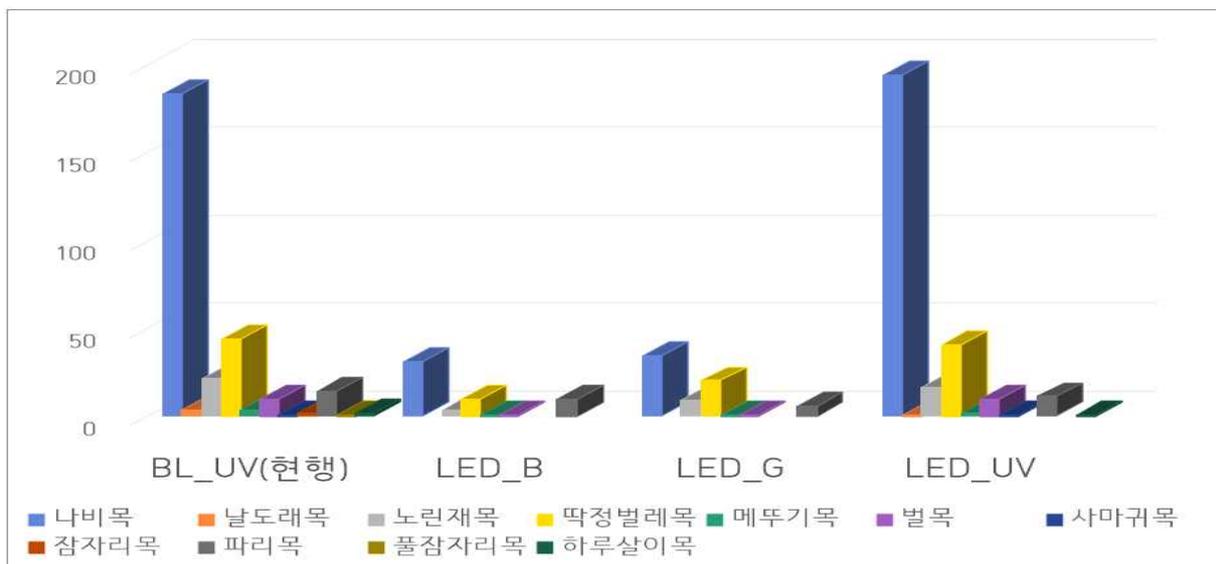


그림 2. 광원별 목별 종수 비교

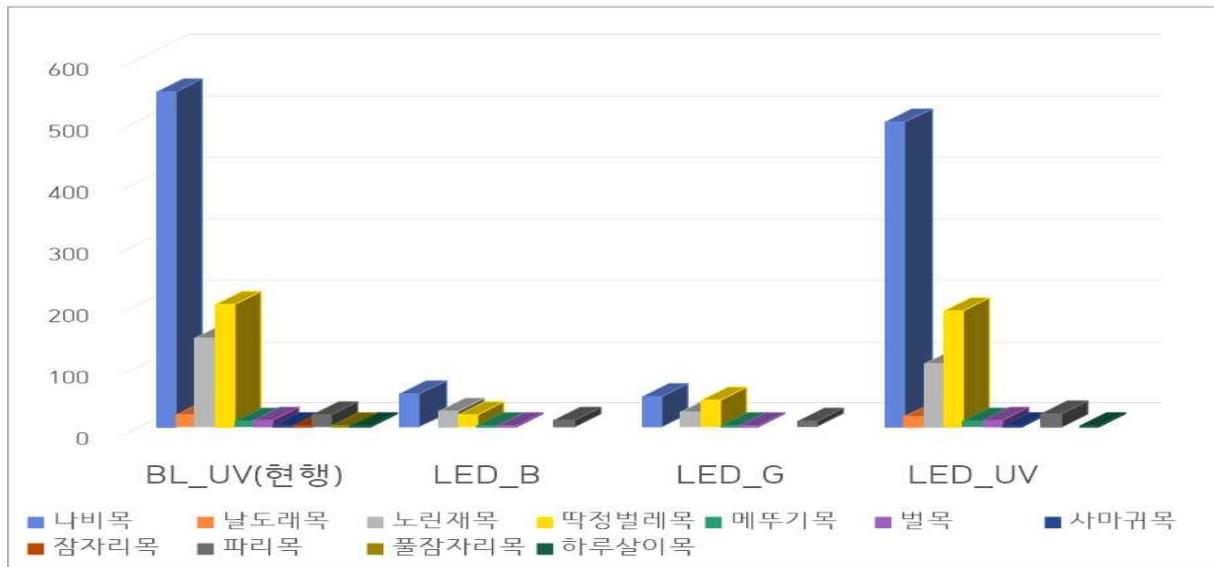


그림 3. 광원별 목별 개체수 비교

다. 광원별 주요종 현황

1) 주요종 현황

30개체 이상 포획된 야행성 곤충류를 확인한 결과 총 8종이 확인되었으며, 노린재목 3종, 나비목 및 딱정벌레목 각 2종, 날도래목 1종 등으로 확인되었다. 주요종의 개체수를 살펴보면, 갈색날개매미충 106개, 뒷가시물땡땡이 102개체, 애넓적물땡땡이, 59개체, 방물벌레 47개체, 노랑배불나방 41개체 등의 순으로 나타났다. 모든 광원에서 출현한 갈색날개매미충, 뒷가시물땡땡이, 방물벌레, 노랑배불나방은 BL_UV와 LED_UV에서 높은 비율을 나타낸 반면 방물벌레는 모든 광원에서 유사한 비율을 보였고, 흰띠꼬마줄날도래와 등줄박각시는 BL_UV와 LED_UV에서만 출현하는 양상을 보였다.

학명	국명	BL_UV	LED_B	LED_G	LED_UV	합계
<i>Ricania sublimata</i>	갈색날개매미충	44	9	2	51	106
<i>Berosus lewisius</i>	뒷가시물땡땡이	52	1	8	41	102
<i>Enochrus simulans</i>	애넓적물땡땡이	26		10	23	59
<i>Sigara substriata</i>	방물벌레	10	14	10	13	47
<i>Katha deplana</i>	노랑배불나방	25	2	1	13	41
<i>Geotomus pygmaeus</i>	애땅노린재	21		4	14	39
<i>Cheumatopsyche albofasciata</i>	흰띠꼬마줄날도래	18			18	36
<i>Marumba sperchius</i>	등줄박각시	19			14	33



그림 4. 광원별 주요종 현황

2) 광원별 단독 포획 종수

광원별 단독 포획 종수의 경우 BL_UV(10목 46과 108종)와 LED_UV(7과 41목 103종)가 유사한 수준의 높은 포획 종수를 나타낸 반면 LED_G(5목 13과 18종)와 LED_B(5목 9과 13종)는 상대적으로 현저히 낮은 수준의 포획 종수를 보여 광원별 단독 포획 종수에서도 광원별 전제 현황과 유사한 경향을 나타냈다.

광원	목	과	종
BL_UV	10	46	108
LED_B	5	9	13
LED_G	5	13	18
LED_UV	7	41	103



그림 5. 광원별 단독 포획 종수

3) 주요 광원(BL_UV, LED_UV)의 포획 종수 비교수

BL_UV와 LED_UV를 통해 포획된 종수는 총 11목 86과 339종으로 확인되었으며, BL_UV는 11목 74과 284종, LED_UV는 9목 64과 277종으로 확인되어 두 광원 간의 야행성 곤충류의 유인력이 유사한 수준으로 확인되었다.

광원	목	과	종
BL_UV	11	74	284
LED_UV	9	64	277
BL_UV+LED_UV 합계	11	86	339

BL_UV, LED_UV, BL_UV+LED_UV에 의해 단독으로 포획된 종수는 총 11목 76과 325종으로 나타났으며, BL_UV 단독 포획 종수는 108종, LED_UV 단독 포획 종수는 103종, BL_UV+LED_UV 단독 포획 종수는 114종을 보여 두 광원 간 각각의 단독 포획 종수와 중복 포획 종수의 비율이 유사한 수준으로 확인되었다.

광원	목	과	종
BL_UV 단독 포획종	10	46	108
LED_UV 단독 포획종	7	41	103
BL_UV+LED_UV 중복종	7	35	114
합계	11	76	325

BL_UV, LED_UV, BL_UV+LED_UV에 의해 단독으로 포획된 325종 중 10개체 이상 포획된 야행성 곤충류를 확인한 결과 총 19종이 확인되었으며, 나비목 10종, 딱정벌레목 5종, 노린재목 2종, 날도래목 및 메뚜기목 각 1종 등의 순으로 확인되었다.

썩덩나무노린재, 세은무늬재주나방, 검정송장벌레, 솔나방 등은 LED_UV보다 BL_UV에서 높은 비율을 나타낸 반면 두점물뽕뽕이는 LED_UV에서만 출현하였고, 그 밖의 종은 유사한 수준의 비율을 나타냈다.

학명	국명	BL_UV	LED_B	LED_G	LED_UV	UV Light (BL+LED)	합계
<i>Cheumatopsyche albofasciata</i>	흰띠꼬마줄날도래	18			18	36	36
<i>Marumba sperchius</i>	등줄박각시	19			14	33	33
<i>Halyomorpha halys</i>	썩덩나무노린재	20			6	26	26
<i>Rhamnosa angulata</i>	참쌌기나방	15			9	24	24
<i>Notodontidae sp.1</i>	재주나방과 sp.1	14			9	23	23
<i>Spatalia dives</i>	세은무늬재주나방	16			4	20	20

학명	국명	BL_UV	LED_B	LED_G	LED_UV	UV Light (BL+LED)	합계
<i>Nicrophorus concolor</i>	검정송장벌레	11			4	15	15
<i>Dendrolimus spectabilis</i>	솔나방	12			3	15	15
<i>Spilarctia seriatopunctata</i>	줄점불나방	7			7	14	14
<i>Isocheilus staphylinoides</i>	큰개미반날개	6			7	13	13
<i>Sunesta setigera setigera</i>	센털가슴개미반날개	5			8	13	13
<i>Alcis angulifera</i>	털뿔가지나방	7			6	13	13
<i>Teleogryllus emma</i>	왕귀뚜라미	4			7	11	11
<i>Metcalfa pruinosa</i>	미국선녀벌레	6			5	11	11
<i>Hydrochara affinis</i>	잔물땡땡이	6			5	11	11
<i>Laccobius binotatus</i>	두점물땡땡이				11	11	11
<i>Pseudalbara parvula</i>	세줄꼬마갈고리나방	7			4	11	11
<i>Noctuidae sp.2</i>	밤나방과 sp.2	6			5	11	11
<i>Peridea gigantea</i>	곧은줄재주나방	7			4	11	11

라. 광원별 포획 효율성 검증

1) 주요종 현황

광원유형에 따른 종수를 살펴보면, BL_UV의 경우와 LED_UV의 경우에는 각각 80.33, 77로 비슷한 높은 수치를 보였으며, LED_B와 LED_G의 경우에는 각각 12.0, 14.17로 유사한 낮은 수치를 나타냈다. 개체수를 살펴보면, BL_UV의 경우와 LED_UV의 경우에는 각각 158.50, 141.33로 비슷한 높은 수치를 보였으며, LED_B와 LED_G의 경우에는 각각 18.67, 20.83로 유사한 낮은 수치를 나타냈다.

광원별 종수 및 개체수 Descriptives						
	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum	
종수	BL_UV	80.83	12.91	5.27	67.00	97.00
	LED_B	12.00	4.29	1.75	8.00	19.00
	LED_G	14.17	7.22	2.95	8.00	26.00
	LED_UV	77.00	6.72	2.74	70.00	85.00
	Total	46.00	34.56	7.05	8.00	97.00
개체수	BL_UV	158.50	52.42	21.40	106.00	241.00
	LED_B	18.67	8.26	3.37	9.00	30.00
	LED_G	20.83	13.83	5.65	11.00	45.00
	LED_UV	141.33	32.40	13.23	99.00	184.00
	Total	84.83	73.08	14.92	9.00	241.00

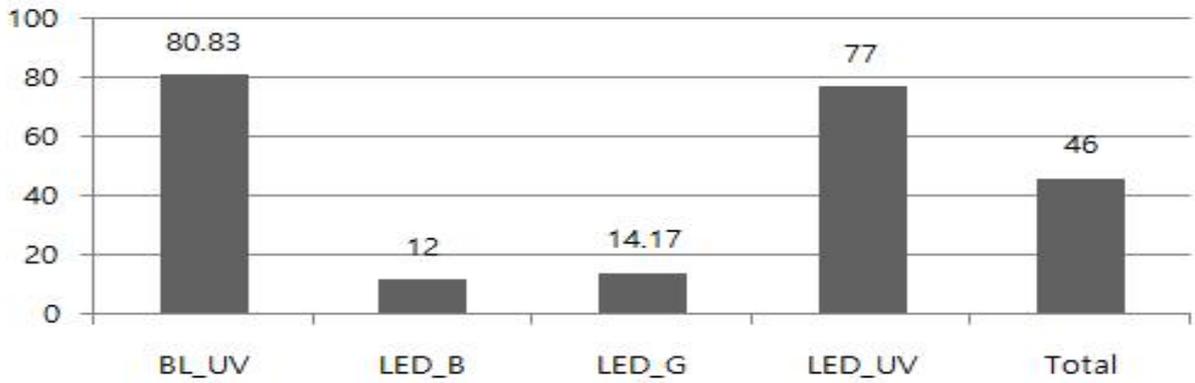


그림 6. 광원별 종수 Descriptives

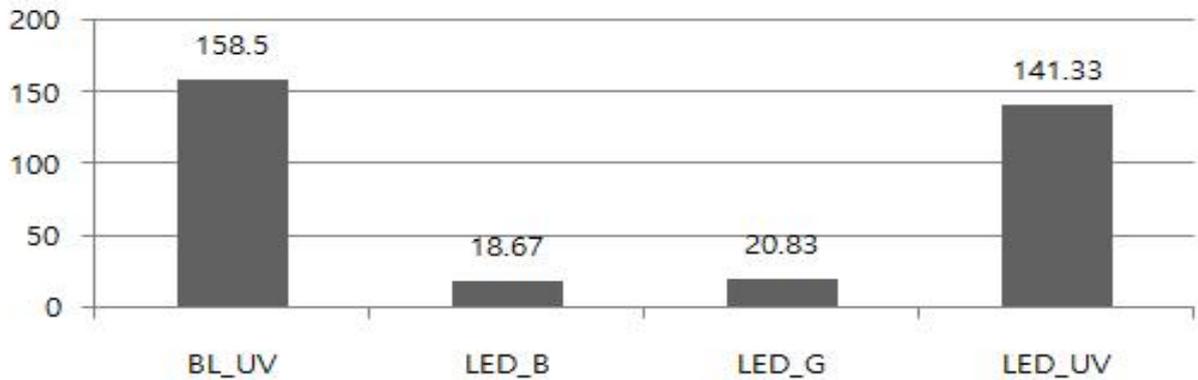


그림 7. 광원별 개체수 Descriptives

2) 효율성 검증

분산분석결과, 종수($F=123.08$, $p<.001$) 및 개체수($F=33.70$, $p<.001$) 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

광원별 종수 및 개체수 ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
종수	Between Groups	26062.333	3	8687.444	123.081***	.000
	Within Groups	1411.667	20	70.583		
	Total	27474.000	23			
개체수	Between Groups	102558.333	3	34186.111	33.706***	.000
	Within Groups	20285.000	20	1014.250		
	Total	122843.333	23			

*** $p<.001$

광원별 종수 및 개체수의 Post Hoc Tests Multiple Comparisons Scheffe(사후검증) 결과, 종수와 개체수 모두 BL_UV와 LED_B, LED_G의 경우 유의한 차이를 보였으며($p < .001$), LED_UV와는 유의수준 $p < .001$ 수준에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, BL_UV와 LED_UV의 경우와 LED_B와 LED_G의 경우 종수와 개체수에서 비슷하다는 것을 볼 수 있으나 BL_UV와 LED_UV는 LED_B와 LED_G와는 종수 및 개체수에서 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

광원별 종수 및 개체수 Post Hoc Tests Multiple Comparisons Scheffe						
Dependent Variable	(I) 광원유형	(J) 광원유형	Mean Difference (I-J)	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
종수	BL_UV	LED_B	68.83333**	.000	54.0450	83.6217
		LED_G	66.66667**	.000	51.8783	81.4550
		LED_UV	3.83333	.890	-10.9550	18.6217
	LED_B	BL_UV	-68.83333**	.000	-83.6217	-54.0450
		LED_G	-2.16667	.977	-16.9550	12.6217
		LED_UV	-65.00000**	.000	-79.7883	-50.2117
	LED_G	BL_UV	-66.66667**	.000	-81.4550	-51.8783
		LED_B	2.16667	.977	-12.6217	16.9550
		LED_UV	-62.83333**	.000	-77.6217	-48.0450
	LED_UV	BL_UV	-3.83333	.890	-18.6217	10.9550
		LED_B	65.00000**	.000	50.2117	79.7883
		LED_G	62.83333**	.000	48.0450	77.6217
개체수	BL_UV	LED_B	139.83333**	.000	83.7749	195.8917
		LED_G	137.66667**	.000	81.6083	193.7251
		LED_UV	17.16667	.832	-38.8917	73.2251
	LED_B	BL_UV	-139.83333**	.000	-195.8917	-83.7749
		LED_G	-2.16667	1.000	-58.2251	53.8917
		LED_UV	-122.66667**	.000	-178.7251	-66.6083
	LED_G	BL_UV	-137.66667**	.000	-193.7251	-81.6083
		LED_B	2.16667	1.000	-53.8917	58.2251
		LED_UV	-120.50000**	.000	-176.5584	-64.4416
	LED_UV	BL_UV	-17.16667	.832	-73.2251	38.8917
		LED_B	122.66667**	.000	66.6083	178.7251
		LED_G	120.50000**	.000	64.4416	176.5584

$p < .001$

2. 버킷라이트 트랩의 광원별 효율성 고찰 및 제언

가. 고찰

분석 결과, 유사한 수준의 높은 종수와 개체수를 보인 광원은 BL_UV와 LED_UV였으며, LED_G와 LED_B 두 광원은 상대적으로 현저히 낮은 종수와 개체수를 나타냈다. 이는 긴 파장대보다 짧은 파장(약 355~405nm 미만)을 사용하는 것이 많은 종과 개체수를 유인하는데 훨씬 더 유리한 것으로 보인다(Bae et al. 2015; Pan et al. 2021). 또한 램프의 종류(LED light, fluorescent light 등)와는 무관하게 UV를 포함하는 짧은 파장대(380nm, 385nm, 390nm, 395nm, 403nm)에서의 종풍부도는 유의적인 차이 없이 고르게 종풍부도가 확보되었으며(Zemel 2017), 이는 짧은 파장대라도 여러 가지의 파장을 활용하는 것이 다양한 야행성 곤충류 확보에 유리하다는 방증으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 UV(BL_UV와 LED_UV)의 짧은 파장과 비교하여 상대적으로 긴 파장대인 LED_B(452nm)와 LED_G(520nm)에서 두드러지게 포획된 분류군이 확인되진 않았으나, UV-A부터 중파장대에 속하는 Green과 UV-A부터 단파장대에 속하는 Blue까지의 광원을 비교한 결과 UV-A부터 중파장대에 속하는 Green에서는 수서곤충과 개미류(유시충)가, UV-A부터 단파장대에 속하는 Blue에는 나방류와 딱정벌레가 주로 포함된 연구 결과(Komatsu et al. 2020)와 같이 파장대에 따라 선호하는 분류군이 개략적으로 나뉘는 경우도 존재하는 것으로 보인다. 또한 약 583nm의 중파장과 656nm의 장파장을 비교한 실험에서는 단독 또는 병행 설치 양쪽 모두에서 장파장보다 중파장에서 더 많은 종수와 개체수가 유인되었으며, 밤나방과 나방류는 중파장에서 훨씬 더 많았고 자나방과 나방류는 중파장과 장파장에서 동일하게 유인되었다(Somers-Yeates et al. 2013). 그러나 본 연구결과 및 타 문헌을 토대로 보면 UV이나 단파장의 광원이 포함될 경우 대부분의 나방류는 UV 파장에 유인되고 소수는 단파장 광원에 유인될 개연성이 크다.

광원(파장)에 따른 야행성 곤충류의 유인력에 관한 많은 연구는 목적이나 대상 분류군에 따라 UV-A의 350nm대부터 장파장대인 RED 680nm대까지 다양하게 분포하였으나, 사용한 파장대와 결과가 제각기 달라 일관된 결과를 도출하기는 쉽지 않다. 단, 중파장이나 장파장대보다 UV 계통이나 단파장대에서 더 다양하고 많은 곤충이 유인된다는 결과는 본 연구결과 및 다수의 연구결과에서

확인되었으며, 분류군의 선호도 파악이나 특정 분류군의 유인 정도 등 보다 자세한 연구결과를 확보하기 위해서는 파장대를 세분화하여 다양한 서식유형을 통한 충분한 실험이 필요해 보인다.

나. 제언

BL_UV와 LED_UV는 포획 종수와 개체수에서 상대적으로 긴 파장을 갖는 LED_G 및 LED_B보다 월등히 앞서는 것으로 확인된 반면 짧은 파장대인 BL_UV와 LED_UV 사이에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 확인됨에 따라 UV 계통의 광원을 적극적으로 활용하는 것이 다양한 종과 많은 개체수 확보에 유리하다. 현재 사용 중인 BL_UV 등은 과거에 주로 사용했던 수입제품으로 재고소진, 판매중단 및 단종의 프로세스를 거칠 가능성이 높으므로 새로운 광원을 모색해야 하는 시기이며, 지속성이 우수하고 수급이 용이하며 파손의 염려가 적은 LED(UV) 등으로의 교체가 적절할 것으로 사료된다.

현재 사용 중인 버킷라이트 트랩 또한 수입제품으로 부피가 크고 무거워 휴대성이 떨어지고 이동에 제약이 있으며 가격 또한 비싼 편으로 램프 교체와 더불어 이에 적합한 트랩의 자체개발 및 제작이 필요해 보이며, 이를 통해 해외 의존도 탈피, 비용 절감 및 국내 저변 확대 등의 긍정적인 부분을 모색할 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 종 현황 파악이 주 목적인 전국자연환경조사에서의 버킷라이트 트랩 광원은 여러 파장대의 LED_UV 광원을 중점적으로 설치하는 것이 유리해 보이며, 본 연구결과 및 문헌을 토대로 LED_B와 LED_G 등의 단·중파장대 및 Cool White LED 등의 일부 광원을 결합한 복합광원의 제작도 고려해 볼 부분이나 사전 실험을 통한 효율성 검증이 필요하다.

IV. 연구성과 및 활용방안

1. 연구성과

가. 산업재산권

본 연구 결과의 일환으로 ‘주름형 접이식 야행성 곤충 포충장치’에 대한 특허 출원 완료

구분	1. 산업재산권			2. 논문실적	
	출원	등록	기술이전	국내논문	Scopus, SCI-E이상
목표	1	1		1	
실적	'22(완료)	1			
	'23(계획)		1	1	

<p>관인생략</p> <p>출원번호통지서</p> <p>출원일자 2022.11.17 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(1072002) 출원번호 10-2022-0154469 (접수번호 1-1-2022-1226592-16) (DAS접근코드690F) 출원인명칭 국립생태원(1-2015-024724-1) 대리인성명 특허법인이플리온(9-2016-100061-5) 발명자성명 홍의정 이태우 발명의명칭 주름형 접이식 야행성 곤충 포획장치</p> <p style="text-align: center;">특 허 청 장</p>	
---	--

그림 8. 트랩 출원 대표도

2. 활용방안

가. 연구성과 활용방안

- 1) 효율성 검증을 통한 버킷라이트 트랩의 전국자연환경조사 조사방법 개선
- 2) 야행성 곤충류 정량데이터 및 다양성 확보 등의 방법론에 대한 기초자료 제공
- 3) 버킷라이트 트랩 자체개발 및 제작을 통한 국내 저변 확대 모색 및 해외기술 의존도 탈피 및 비용절감 효과

참 고 문 헌

- 박준환, 이상민, 이상계, 이희선. (2014). LED 트랩을 이용한 온실내 배추좀나방에 대한 유인효과. 한국응용생명화학회지. 57(3). 225-257.
- 박창규. (2012). 농업해충 방제용 LED 장치의 농가실증실험. 국립농업과학원.
- 송자은, 이상계, 이희선. (2016). 곡물저장창고에서 LED 트랩을 이용한 어리쌀바구미와 거짓쌀도둑거저리의 실증 유인효과. 한국응용생명화학회지. 59(2). 129-132.
- 이희조. (2013). 인공조명과 곤충유인특성과의 상관관계에 관한 연구. 인천대학교. 인천광역시.
- 전주현, 이상계, 이희선. (2014). 온실에 발생하는 담배가루이 성충에 대한 LED 트랩 방제효과. 한국응용생명화학회지. 57(3). 243-245.
- Achterberg Kv. (2009). Can Townes type Malaise traps be improved Some recent developments. Entomol Ber. 69(4). 129-135.
- Bae, S.D., Park J.O., Mainali, B.P., Kim, H.J., Yoon, Y.N., Lee Y.H. and Cho, Y.S. (2015). Evaluation of different light colors in solar trap as attractants to cereal and legume insect pests. Journal of the Korean society of international agriculture. 27(4). 516-521.
- Brehm, G. (2017). A new LED lamp for the collection of nocturnal Lepidoptera and a spectral comparison of light-trapping lamps. Nota Lepidopterologica. 40(1). 87-108.
- Campbell JW, Hanula JL. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. J Insect Conserv. 11: 399-408.
- Infusino, M., Brehm G., DI Marco, C. and Scalercio S. (2017). Assessing the efficiency of UV LEDs as light sources for sampling the diversity of macro-moths (Lepidoptera). European journal of entomology. 114, 25-33.
- Komatsu, M., Kurihara, K., Saito, S., Domae, M., Masuya, N., Shimura, Y., Kajiyama, S., Kanda, Y., Sugizaki, K., Ebina, K., Ikeda, O., Moriwaki, Y., Atsumi, N., Abe, K., Maruyama, T., Watanabe, S. and Nishino, H. (2020). Management of flying insects on expressways through an academic-industrial collaboration: evaluation of the effect of light wavelengths and meteorological factors on insect attraction. Zoological Letters. 6(1). P. 15.
- Mukundan S, Rajmohana K. (2016). A comparison of efficiencies of sweep net, yellow pan trap and Malaise trap in sampling Platygastriidae (Hymenoptera: Insecta). J Exp Zool. 19. 393-396.
- Noyes JS. (1989). A study of five methods of sampling Hymenoptera (Insecta) in a tropical rainforest, with special reference to the Parasitica. Journal of Natural History. 23. 285-298.

- Pan, H., Liang, G. and Lu, Y. (2021). Response of different insect groups to various wavelengths of light under field conditions. *Insects*. 12. 427.
- Ramamurthy, V.V., AKhtar, M.S., Patankar, N.V., Menon, P., Kumar, R., Singh, S.K., Ayri, S., Parveen, S. and Mittal, V. (2010). Efficiency of different light sources in light traps in monitoring insect diversity. *Munis Entomology & Zoology*. 5(1). 109-114.
- Shimoda, M. and Honda, K. (2013). Insect reactions to light and its applications to pest management. *Applied Entomology and Zoology*. 48. 413-421.
- Somers-Yeates, R., Hodgson, D., McGregor, P.K., Spalding, A. and French-Constant, R. H. (2013). Shedding light on moths: shorter wavelengths attract noctuids more than geometrids. *Biology Letters*. 9(4). 20130376.
- White, P.J.T., Glover, K., Stewart, J. and Rice, A. (2016). The technical and performance characteristics of a low-cost, simply constructed black light moth trap. *Journal of Insects Science*. 16(1): 25. 1-9.
- Woiwod, I.P. and Stewart, A.J.A. (1990). Butterflies and moths-migration in the agricultural environment. 189-202.
- Woiwod, I.P. and Thomas J.A. (1993). The ecology of butterflies and moths at the landscape scale. 76-92.
- Zemel, R.S. (2017). The ability of specific-wavelength LED lights to attract night-flying insects. *The Great Lakes Entomologist*. 50(2). 79-85.

요약문

1. 제목

자동음향녹음장치와 울음소리 패턴을 이용한 양서류 현장 모니터링 (Acoustic Monitoring) 기법 개발 시범연구

2. 연구배경 및 필요성

- 가. 양서류 모니터링은 주로 현장에서 조사원이 정해놓은 경로와 시간에 따라 이루어지는 육안으로의 관찰과 청음(聽音)으로 구성
- 나. 자동음향녹음장치(Autonomous Recording Units)에 의한 생물상 모니터링은 인력에 의한 현장조사의 시·공간적 한계를 확장하여 종의 서식 여부와 서식 환경 파악에 기여
- 다. 양서류의 야간 울음소리 패턴을 분석하여, 향후 조사 대상종에 대한 최적의 조사지점과 조사시간을 정할 수 있어, 인력과 조사장비를 활용한 현장조사 계획에 지침으로 활용 가능

3. 연구 목적

- 가. 야간 울음소리 패턴 분석을 통한 양서류 현장 모니터링 기법 개발
- 나. 현장 조사에서 놓칠 수 있는 종의 서식 여부, 종 분포, 종 특이성 파악
- 다. 같은 종이지만, 시간별, 서식지별 차이가 나는 울음소리 패턴 변이성 확인을 통해, 서식지가 수용하는 자연적·인위적 교란을 유추
- 라. 자동음향녹음장치 녹음 결과 분석을 통해 조사시간대, 조사지점, 최적의 녹음량을 현장 조사원에게 양서류(무미목) 현장 모니터링 지침으로 제공

4. 연구 내용

- 가. GIS 토지피복 현황과 육안에 의한 서식지 형태 파악에 따라 자동음향 녹음장치 설치 지점 선정
- 나. 과제수행 기간동안 자동음향녹음장치 현장 설치 및 수거, 제반 운용

다. 자동녹음파일 분석 및 종별, 서식지 군집별 음향 패턴 분석 (Raven Pro 소프트웨어 등 이용)

라. 일주기(日週期) 상에서 번식울음 기간, 빈도, 강도 등의 조사를 통해 가장 최적인 양서류 모니터링 시간대와 적정녹음량을 판단

5. 연구 결과

가. 서해안 지역(충청남도 남부)의 대표적 저지대 서식지인 소택지(marsh)와 논습지(rice paddy)에서 양서류(무미목) 6종 (청개구리, 참개구리, 옴개구리, 금개구리, 황소개구리, 맹꽂이)의 울음소리를 확인함

나. 음향 데이터 수집 기간 동안, 서식지에 관계없이 청개구리, 옴개구리, 참개구리는 높은 Population Size Index (개체군 크기 지수(PSI) 3 혹은 4)의 빈도(일수)가 많았고, 반면에 금개구리, 황소개구리, 맹꽂이는 상대적으로 그 빈도(일수)가 적었음

다. 같은 서식지 내의 출현종들은 종에 상관없이 상호 비슷한 시간대에 울음정점(피크)을 보임(시간대: 대략 10 pm~ 01 am)

라. 인위적 교란을 직접적으로 받는(고속도로 소음) 논습지의 종들은 그렇지 않은 논습지의 종들에 비해 다소 늦은 시간대, 짧은기간동안에 울음소리 정점(피크)이 나타남

마. 야간 시간대 출현종 감지를 위한 적정 녹음량은 일몰 1시간 후, 약 40분(총기간 8시간)으로 나타남

6. 연구결과 활용방안 및 기대효과

가. 양서류 현장 조사, 특히 야간 조사기법 개선에 기여

나. 양서류 울음소리 음향 인벤토리 구축 (collections of reference sounds)

다. 양서류 자동 종분류(amphibian automated animal classification)에 기초자료 제공

라. 양서류 울음소리를 통한 생리·생태적 특성 파악에 따른 서식지 및 종보전 방향 설정

I. 서론

1. 분류군적 특성

가. 양서류(특히, Anurans)는 자연계의 대표적인 야행성 동물로서 일몰 후, 태양빛이 개체의 피부호흡에 방해가 되지 않는 야간시간에, 울음소리를 통해 상호 개체간 소통이 이루어지는 대표적인 소리동물(vocal animal)이다.

나. 주위에서 흔한 양서류 무미목(개구리목)에 속하는 개구리, 두꺼비, 맹꽁이 등은 울음소리를 통해 번식 활동을 하고(mating calls or advertisement calls), 종 간 경쟁자들 사이에서 자기의 존재와 영역을 드러낸다.

다. 소리동물의 울음소리는 개별 종의 독특한 신호로써 이용되고, 인간에게는 종의 서식 여부 확인과 서식지 온전성을 평가할 수 있는 하나의 주요수단이 된다.

2. 양서류 현장조사의 한계점

가. 양서류 현지 조사는 대개 훈련된 조사자가 선정한 일정한 경로와 주어진 시간에 따라 육안으로의 관찰(visual encounter surveys), 그리고 청음에 의한 모니터링(acoustic surveys)으로 이루어진다.

나. 하지만, 양서류 출현종 서식 여부 파악을 위한 현지 조사 프로그램들은 재정적 그리고 조사계획의 현실적 제약 등의 이유(예, 조사전문가 수급, 조사지점 안전 문제 등)에 따라 조사지점 수와 조사지점 간 분배되는 시간 사이에서 절충(trade-offs)을 할 수밖에 없다(Doracas *et al.* 2009).

다. 비록 주간 현지 조사는 비교적 그 정확성이 담보되지만, 이마저도 개체의 크기가 비교적 소형이고, 야행성이며, 보호색으로 위장하는 양서류 특성상, 현장에서의 발견이 타 생물분류군과 비교해 그리 용이하지가 않다.

3. 자동음향녹음장치 사용의 이점

가. 자동음향녹음장치(Automated Recording Units: ARU)는 이러한 면에서, 현장조사가 지니는 단점들을 보완하고, 특히, 육안으로 관찰이 용이하지 않은 종들의 서식여부 및 종 분포 확인에 유용하다.

나. 이 조사장비를 이용함으로써 원하는 시간 동안 조사원이 현장에 가 있지 않더라도, 야생생물의 음향정보를 수집하기 때문에, 이들의 인적 수고를 덜 수가 있고, 장기간 울음소리를 수집할 수 있기에 단기간 조사로 인한 과소 혹은 과대평가될 수 있는 종 다양성 파악에 도움을 줄 수 있다.

다. 또한, 이 음향녹음 조사장비 주된 사용목적이 종의 서식 여부와 종의 풍부도 파악이긴 하지만, 소리의 음향학적 특성, 즉, 번식울음의 기간, 일주기(日週期)상 울음소리 빈도, 울음강도, 소리 간격, 그리고 울음소리의 정점(피크) 등을 알아낼 수 있어, 관심있는 양서류 종의 생물학적 특성뿐만 아니라 현장 모니터링 시기를 정하는데 도움이 될 수 있다 (Blumstein *et al.* 2011).

라. 현재까지, 조류, 박쥐, 양서류충류, 설치류 등 소리가 분명한 (distinct vocalizations) 동물들을 중심으로, 음향학적 특성들을 수집하는데 유용함이 입증됐다(Hill *et al.* 2019).

3. 전국자연환경조사 사업 현장조사 기법 개선에 기여

가. 자동음향녹음장치(Autonomous Recording Units)에 의한 생물상 모니터링은 인력에 의한 현장조사의 시·공간적 한계를 확장하여 종의 서식 여부와 서식 환경 파악에 기여할 수 있다

나. 양서류의 야간 울음소리 패턴을 분석하여, 향후 조사 대상종에 대한 최적의 조사지점과 조사시간을 정할 수 있어, 특히, 야간조사시 인력과 조사 장비를 활용한 현장조사 계획에 지침으로 활용 가능하다.

II. 연구 방법

1. 자동음향녹음장치(Song Meter:SM-Mini)의 설치 및 운용

가. 자동음향녹음장치(Song Meter:SM-Mini, Wildlife Acoustic Inc. USA)의 야외 현장 설치

- 서해안(충청남도 남부) 대표적 저지대 양서류 서식지 3곳 (소택지(Marsh), 논(Paddy1: 경작지), 논(Paddy2:인위적 교란(고속도로 소음)을 받는 경작지)(그림 1)에 각각 1대의 자동음향녹음장치를 과제수행 기간 동안 설치
- 장비(SM-Mini)의 마이크를 서식지 중앙으로 향하게 하여 1.0~1.5m 높이에서 장비를 인공 지지대에 부착(그림 2)
- 장비(SM-Mini)의 Sampling rate는 2.4 kHz, Channel은 mono type으로 설정



그림 1. 자동음향녹음장치 설치 장소 서식지 형태와 주변경관



그림 2. 자동음향녹음장치의 설치 및 운용

나. 설치 시기

- 2022년 6~8월 출현 양서류 종들의 번식울음이 왕성한 시기

다. 소리녹음 방법 및 자료분석

- 장비의 녹음예약 기능을 활용하여, 일몰 전 1시간 전부터 12시간 동안 야간시간대에 매시간 5분 녹음 (5분 on, 55분 off) (총 60분/일)

2. 자동녹음 파일 데이터 분석

가. 음향 데이터 수집

- 주기적으로 수거된 녹음 음향파일(SD 카드)을 소리분석 프로그램 (Raven Pro, Charif et al. 2010)을 이용하여, 음성녹음파일(wav.) (총 934개 녹음파일)의 sonogram(시각화)에 의한 분석과 녹음파일의 직접청취와 병행하여, 출현종 여부 확인 및 일주기 상 울음의 종별 정점(피크) 시간대를 분석·파악

나. 주요 자료분석 항목

- 출현종명 및 종 수
- 출현종별 개체수 크기를 카태고리로 정량화 하기 위한 Population Size Index (PSI) (1: 0개체, 2: 1개체, 3: 2~3 개체, 4: 3개체 이상)
- 야간 시간대별 울음패턴 변화 (울음정점(피크)의 빈도(일수))
- 서식지의 직접적 교란이 서식지 출현종의 울음패턴에 미치는 영향(울음 절정(피크) 시간대의 변화 및 주파수 음역대)

Ⅲ. 연구 결과

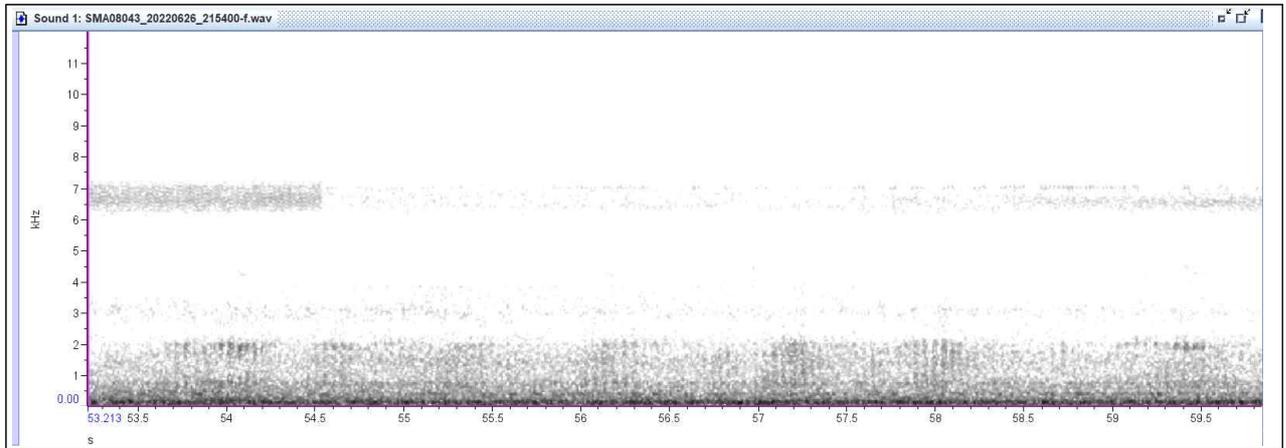
1. 서식지별 출현종 탐지와 음향학적 특징

- 가. 출현종들은 개체별로 반복적인 울음소리를 내고, 반복정도의 간격도 일정함
- 나. 각 출현종은 고유한 주파수 음역대를 통해 종의 음향적 특이성을 나타내고, 이는 번식을 위해, 종 간의 상호 음향간섭을 회피하는 결과로 유추될 수 있음
- 다. 황소개구리를 제외한 출현종들은 일주기상에서 다수의 개체(4개체 이상)가 합창(chorus)을 통해 번식활동이 활발하게 이루어짐을 탐지
- 라. 같은 서식지 내 양서류 종들은 고유의 주파수 음역대를 가지고 있음에도, 대체적으로 비슷한 일주기 시간대에 울음정점(피크)을 나타냄

2. 서식지 출현종별 시간에 따른 소노그램(sonogram) 분석 결과

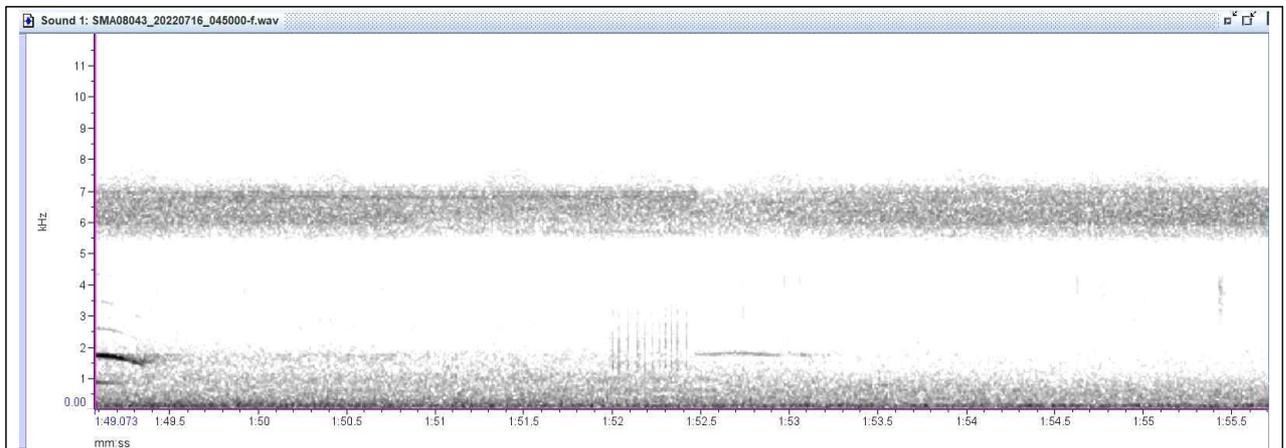
- 가. 논습지1 (충청남도 서천군 마서면 신포리 소재)
(N36.04096, E126.7276)

● 참개구리(*Pelophylax nigromaculatus*)



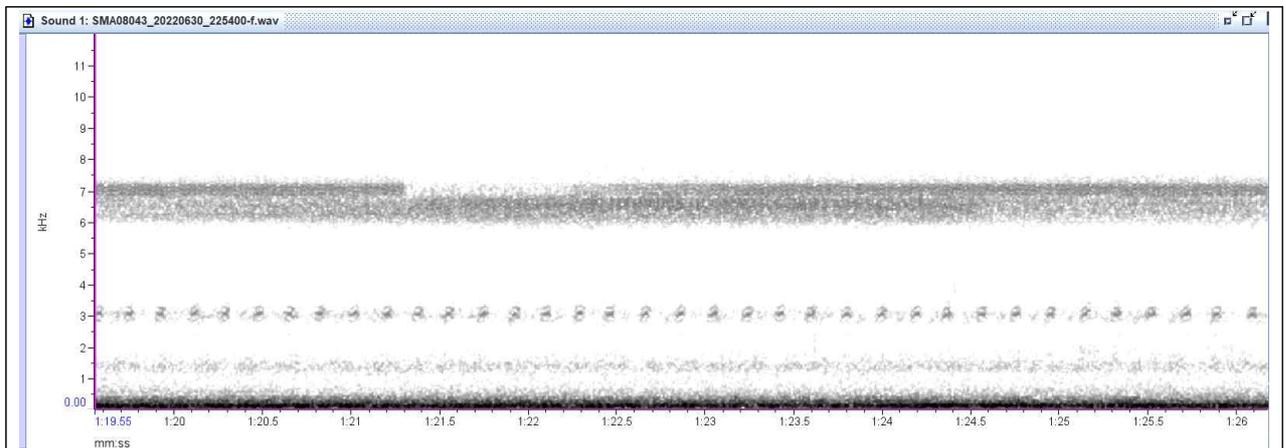
주파수 음역대 (0.5~2 kHz)

● 움개구리(*Glandirana rugosa*)



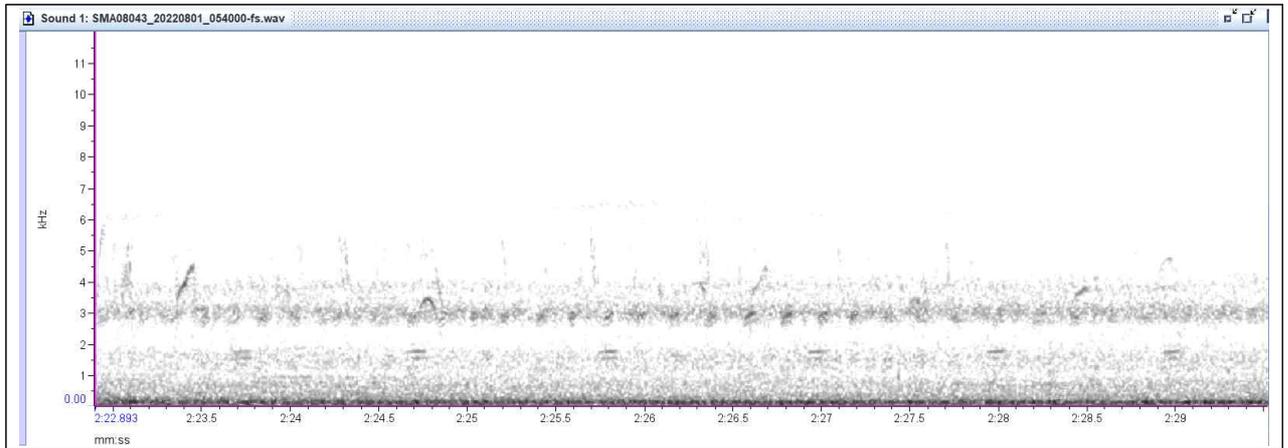
주파수 음역대 (1~4 kHz)

● 청개구리(*Dryophytes japonica*):



주파수 음역대 (2.5~3.5 kHz)

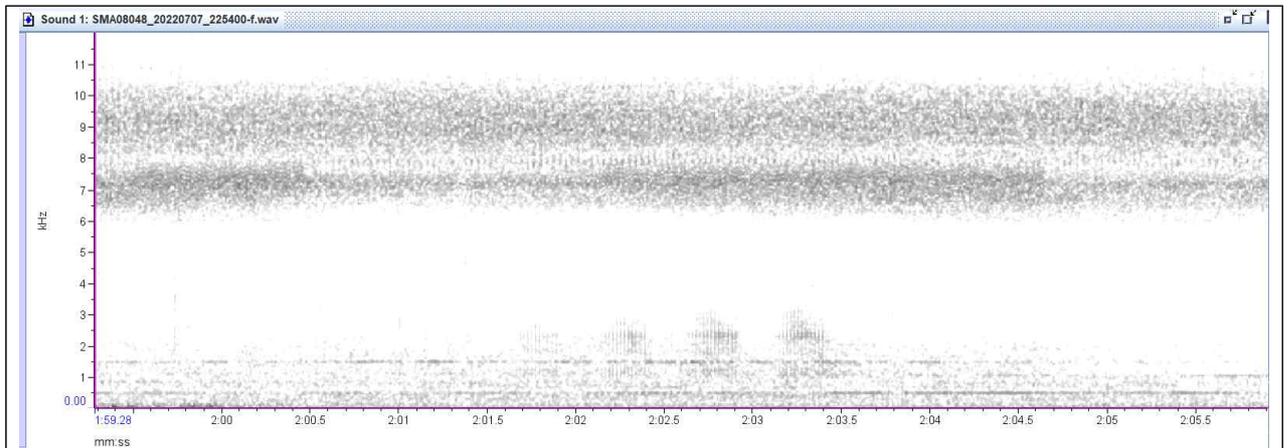
● 청개구리 (*Dryophytes japonica*)와 맹꽁이 (*Kaloula borealis*)의 동시 울음



청개구리(주파수 음역대: 2.5~3.5 kHz, 음절간격: ca. 0.1초 이내), 맹꽁이 (주파수 음역대: 1~2 kHz,

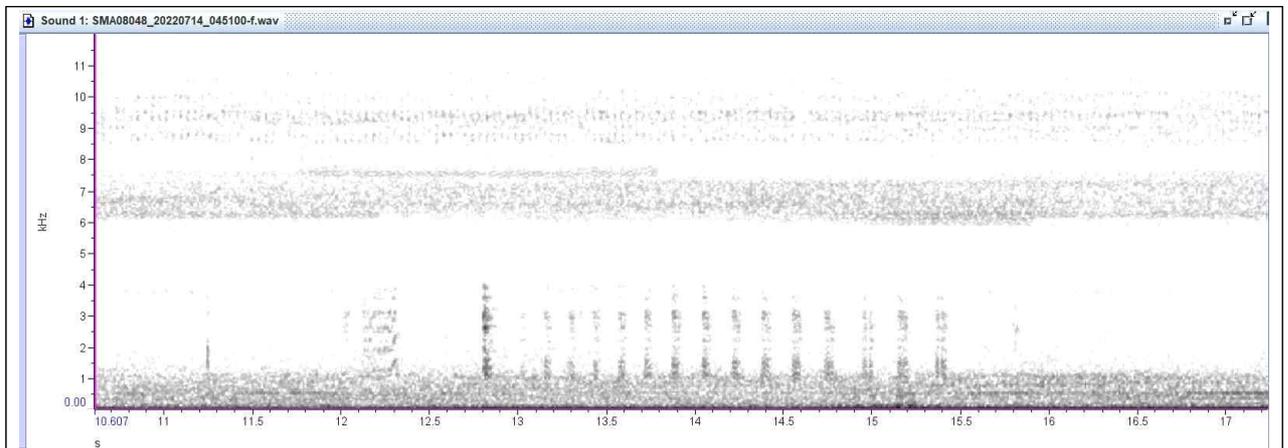
2) 논습지2 (충청남도 청양군 장평면 분향리 소재) (N36.33436, E126.8802)

● 움개구리(*Glandirana rugosa*) (A타입)



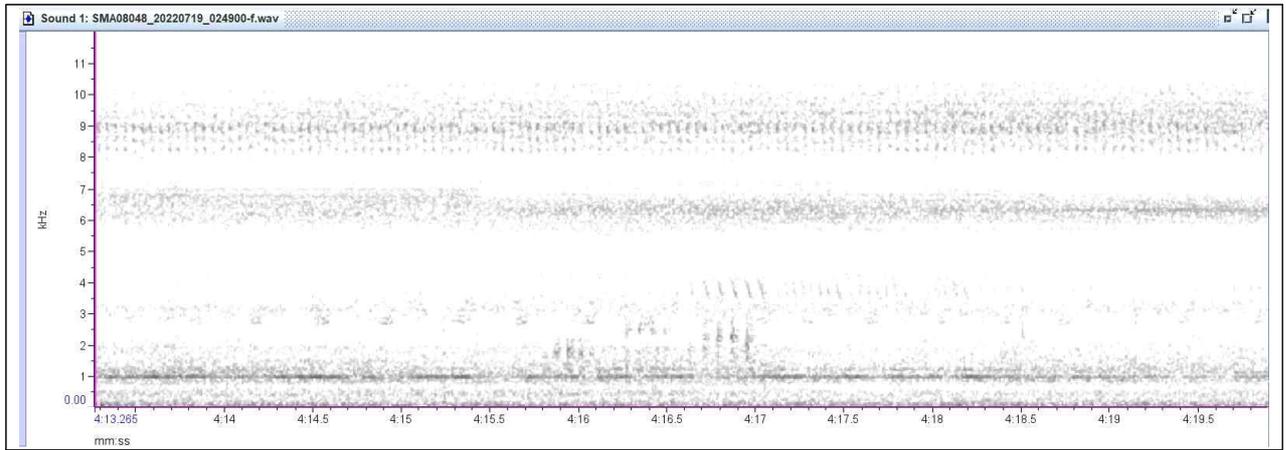
주파수 음역대 (1~3.5 kHz)

● 움개구리(*Glandirana rugosa*) (B타입):



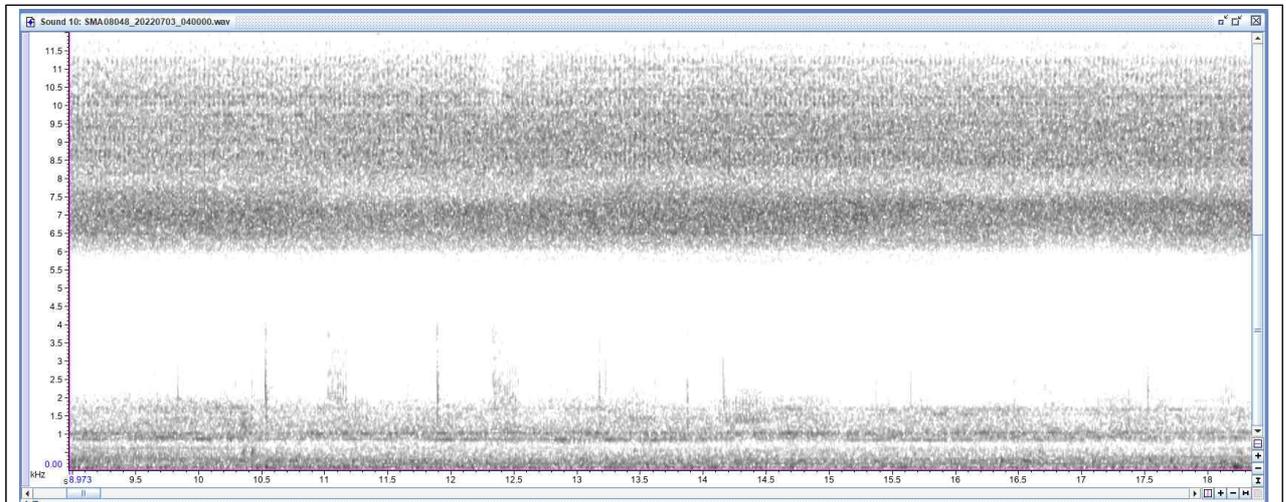
주파수 음역대 (1~4 kHz)

● 참개구리(*Pelophylax nigromaculatus*)



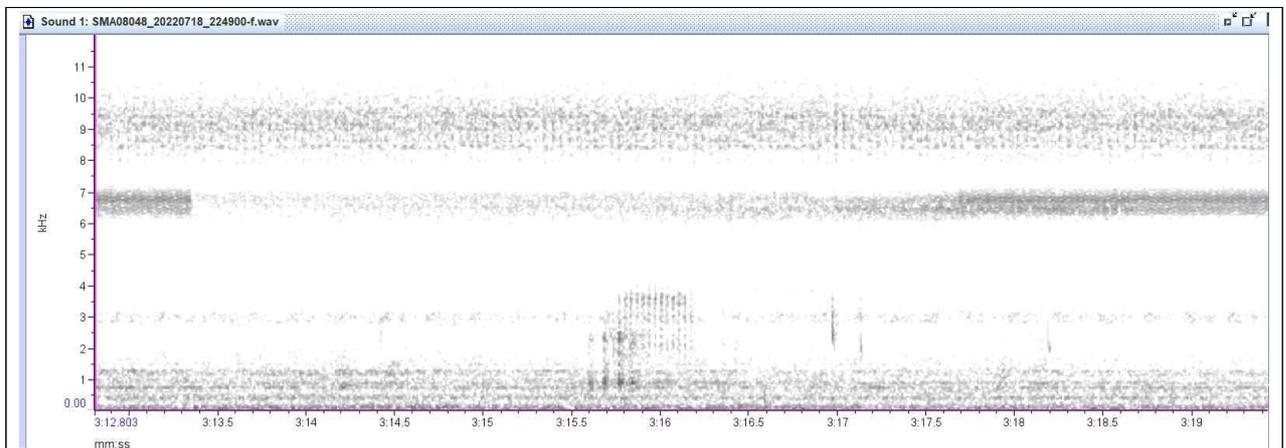
주파수 음역대 (0.5~3 kHz)

● 금개구리(*Pelophylax chosonicus*)



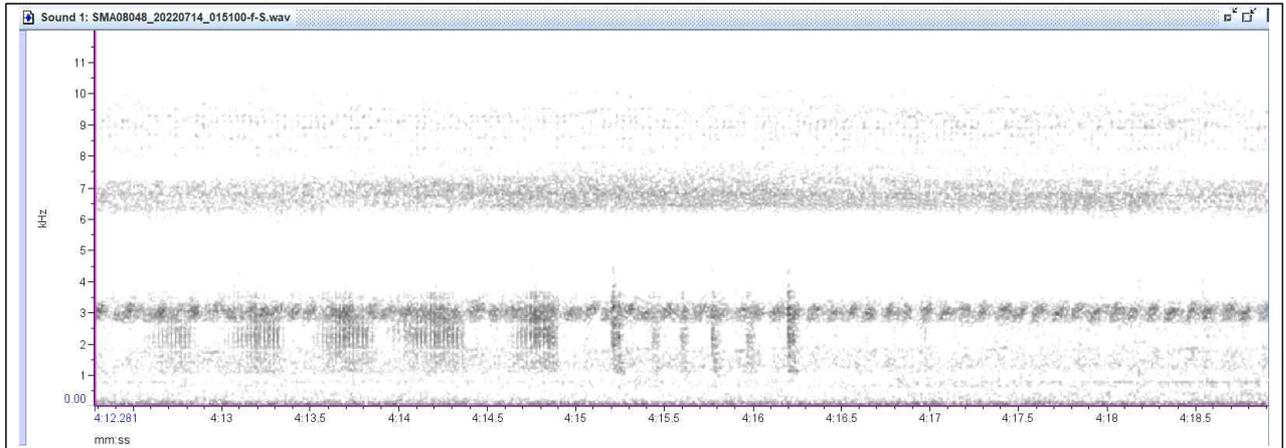
주파수 음역대 (0.5~4 kHz)

● 참개구리(*Pelophylax nigromaculatus*)와 움개구리(*Glandirana rugosa*)의 동시울음



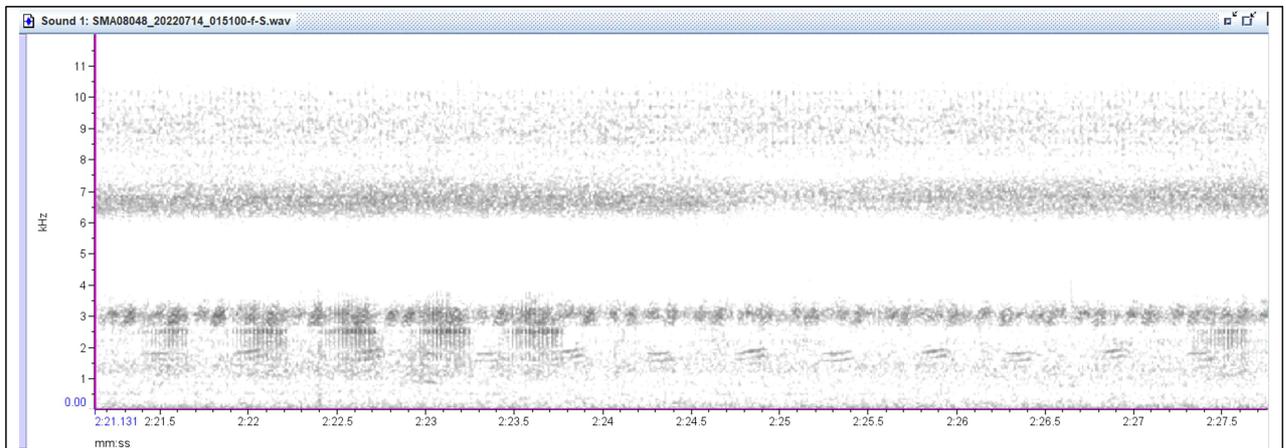
참개구리 주파수 음역대 (0.5~3 kHz), 움개구리 주파수 음역대 (1~4 kHz)

● 청개구리(*Dryophytes japonica*)와 움개구리(*Glandirana rugosa*)(A타입,B타입)의 동시 울음



청개구리 주파수 음역대 (2.5~3.5 kHz), 움개구리 주파수 음역대(A:1~ 3.5 kHz, B:1~ 4.5 kHz)

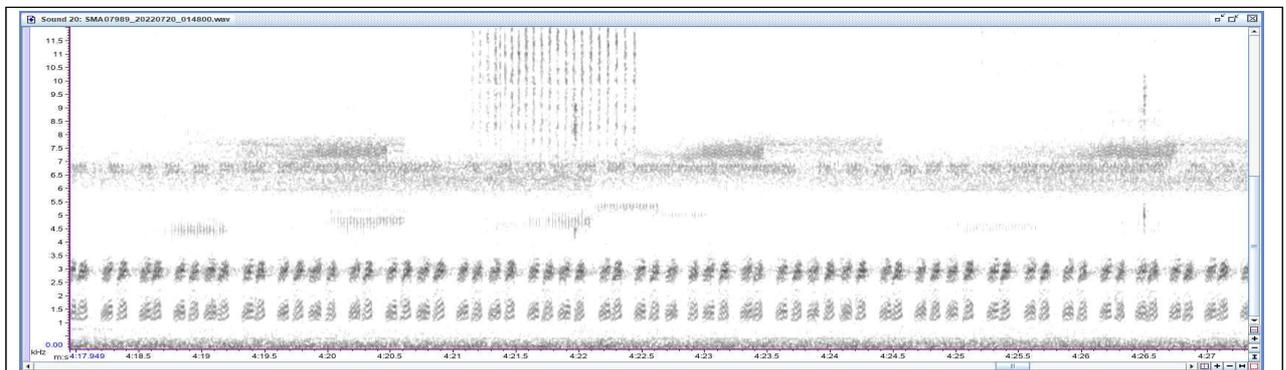
● 청개구리(*Dryophytes japonica*), 움개구리(*Glandirana rugosa*)(A타입), 맹꽁이 동시 울음



청개구리 주파수 음역대(2.5~3.5 kHz), 움개구리(A타입) (1~4 kHz), 맹꽁이(1~2 kHz)

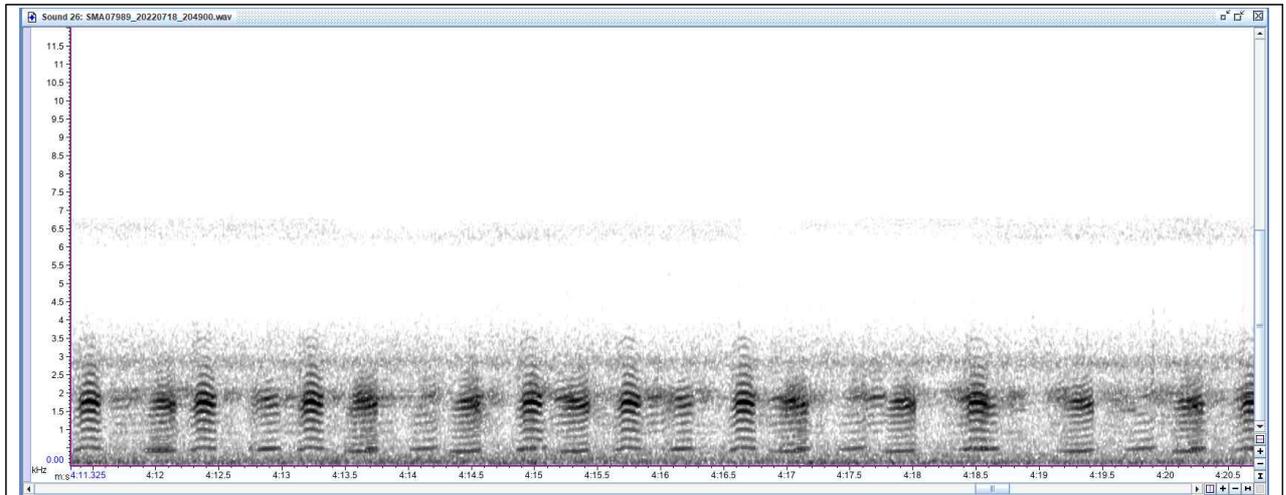
3) 소택지 (충청남도 서천군 장항읍 장암리 소재) (N35.01516, E126.6717)

● 청개구리(*Dryophytes japonica*)



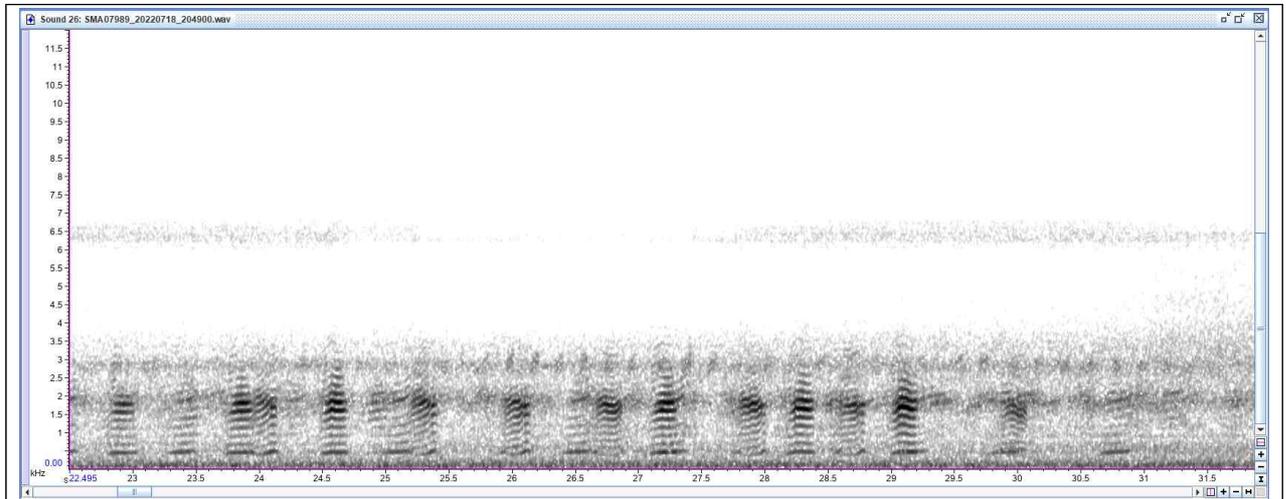
주파수 음역대 (1 ~3.5 kHz)

● 멧꽁이 (*Kaloula borealis*)



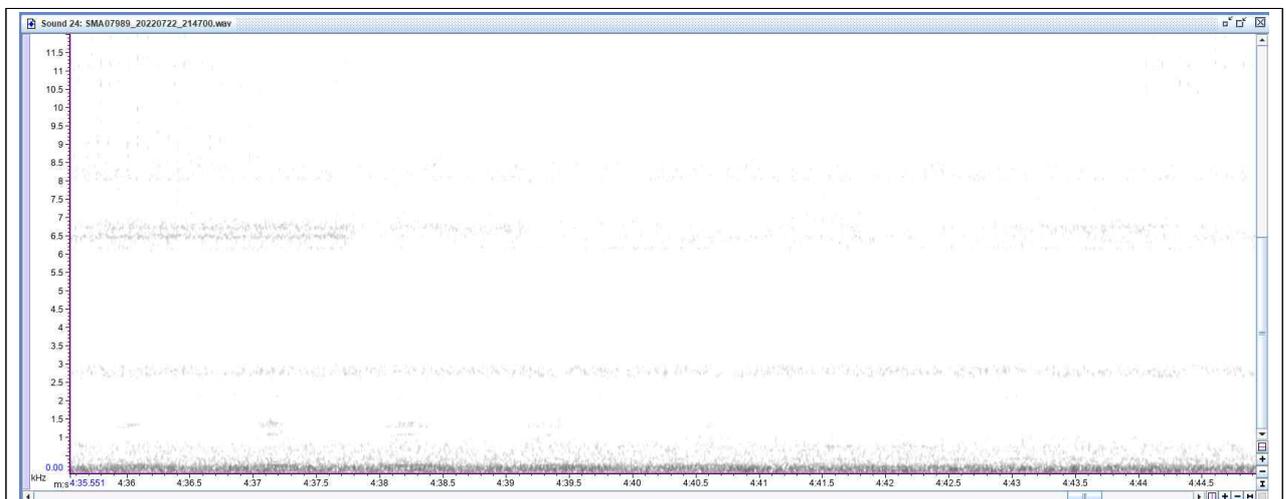
주파수 음역대(0.5~3.5 kHz) (ca. 3 calls/sec)

● 청개구리(*Dryophytes japonica*)와 멧꽁이(*Kaloula borealis*)의 동시울음



청개구리 주파수 음역대 (2.5 ~3.5 kHz), 멧꽁이 주파수 음역대 (0.5~3.0 kHz)

● 황소개구리(*Lithobates catesbeianus*)



주파수 음역대 (0.5~2.5 kHz) (ca. 1 call/sec)

3. 출현종별 일주기 울음시간 분포와 울음정점(피크)(Population Size Index 4) 분석(표1, 표2, 표3)

- 가. 전체적으로 출현종들의 울음소리 정점(피크)시간대는 대개 22시에서 01시간 사이에서 가장 많이 나타냄 (특히, 청개구리, 옴개구리, *금개구리).
* 금개구리는 개체군 크기 지수(Population Size Index) 4의 횡수가 적어 개체군 크기 지수(Population Size Index) 3과 4를 함께 하나의 울음소리 정점(피크)으로 구분하여 분석함
- 나. 청개구리는 소택지와 논습지1에서 울음정점(피크: PSI 4)들이 19시에서 그 다음날 오전 5시까지 널리 분포되는 양상을 보였지만, 고속도로 소음의 직접적 교란을 받는 논습지2에서는 울음정점(피크: PSI 4)이 다소 짧은 시간대(21시~03시)에 나타남
- 다. 논습지2에서만 개체군 크기 지수(Population Size Index)4가 나타난 옴개구리는 청개구리와 비슷하게, 21시부터 그 다음날 오전 2시까지 울음정점(피크: PSI 4)이 탐지됨
- 라. 맹꽁이는 소택지에서만 울음정점(피크: PSI 4)을 보였고, 19시에서 05시까지 넓은 시간 영역대에서 나타남(표 1)
- 마. 따라서, 참개구리와 옴개구리는 논습지에서만 각각 21~23시, 21~02시간대에서 울음의 정점(피크)이 탐지됨은 이 두 출현종이 소택지보다는 논습지를 선호함을 유추할 수 있고, 반대로 맹꽁이는 논습지보다는 소택지를 번식장소로 선호함을 유추할 수 있음

표 1. 서식지 별 출현종들의 일주기(야간시간대) 울음기간 (call duration)

	청개구리	참개구리	옴개구리	금개구리	맹꽁이	황소개구리
소택지 (Marsh)	20~06	NFA	NFA	NFA	19~06	22~04
논습지1 (Paddy)	19~05	20~05	21~02	NFA	05~06	NFA
논습지2 (Paddy)	21~07	22~05	21~06	20~06	02~04	NFA

*NFA: Not Found At All

표 2. 서식지 별 출현종과 일주기(야간시간대) 개체군 크기 지수 (Population Size Index:PSI 4) 분포

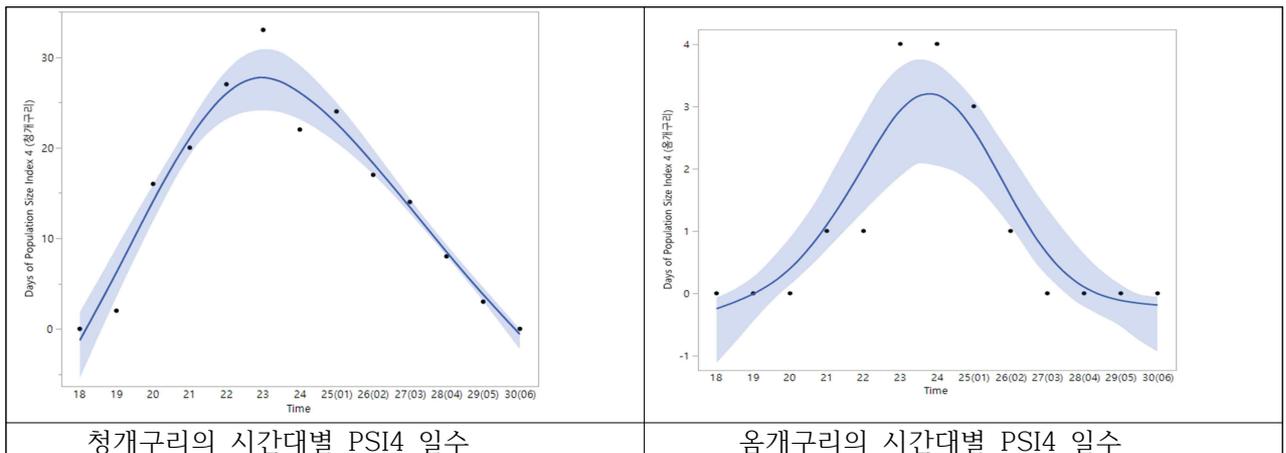
	청개구리	참개구리	옴개구리	금개구리	맹꽁이	황소개구리
소택지 (Marsh)	19~05	NF	NF	NF	19~05	NF
논습지1 (Paddy)	19~05	21~23	NF	NF	NF	NF
논습지2 (Paddy)	21~03	NF	21~02	NF	NF	NF

*NF: Population Size Index 4 Not Found;
 Population Size Index 1: 개체수 0
 Population Size Index 2: 개체수 1
 Population Size Index 3: 개체수 2~3
 Population Size Index 4: 개체수 3 이상

표 3. 출현종의 일주기 울음소리 정점(피크)(Population Size Index 3, 4 최대 빈도(일수)의 시간대)

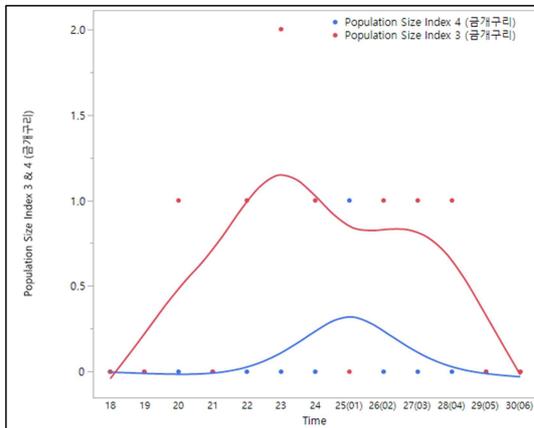
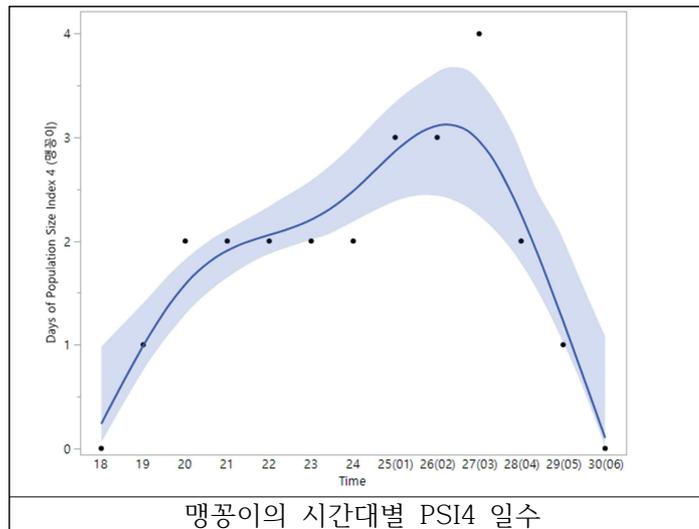
	청개구리	참개구리	옴개구리	금개구리	맹꽁이	황소개구리
서식지 통합 (소택지,논습지1,2)	22~24	20~22	23~24	23~01	24~02	22~03

① 단일종 Population Size Index 4 (울음 정점)의 시간대별 빈도(일수) 분포

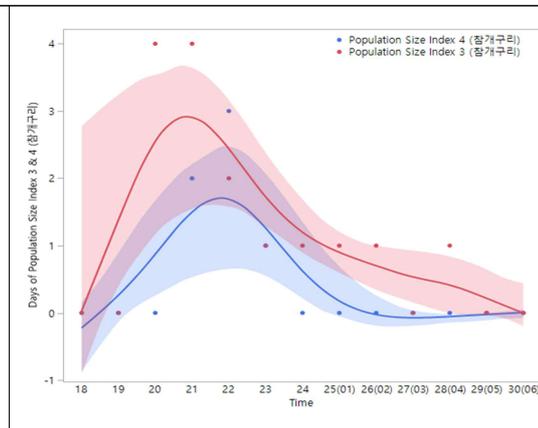


청개구리의 시간대별 PSI4 일수

옴개구리의 시간대별 PSI4 일수

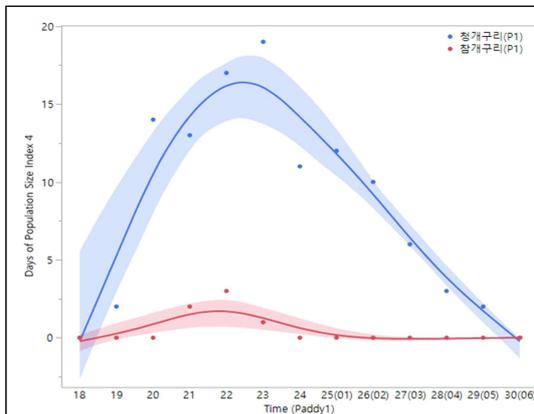


곰개구리 시간대별 PSI3,4의 일수
(PSI3: 붉은색, PSI4: 파란색)

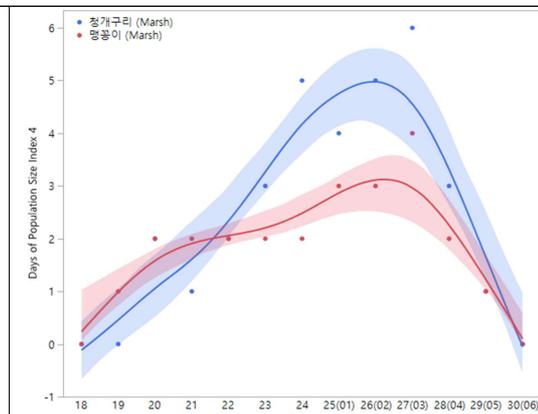


참개구리 시간대별 PSI3,4의 일수
(PSI3: 붉은색, PSI4: 파란색)

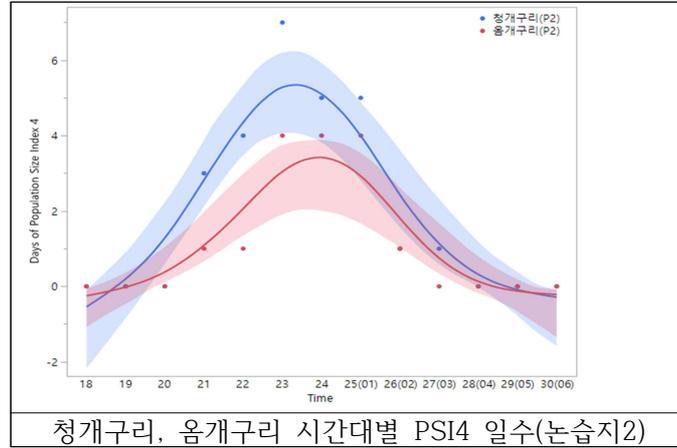
② 복수종 Population Size Index 3 or 4 의 시간대별 빈도(일수) 분포



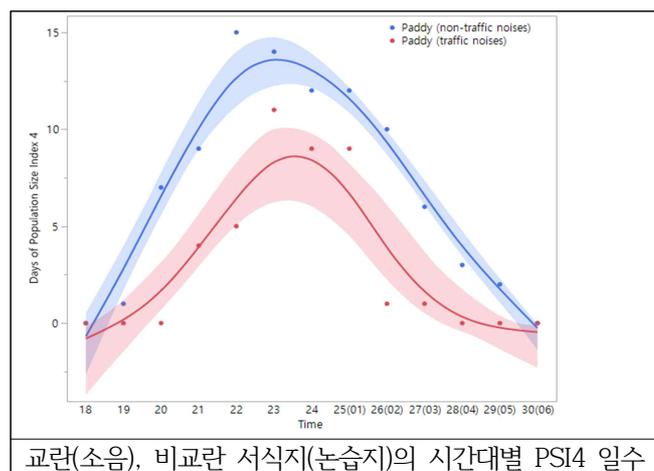
청개구리, 참개구리 시간대별 PSI4일수(논습지1)



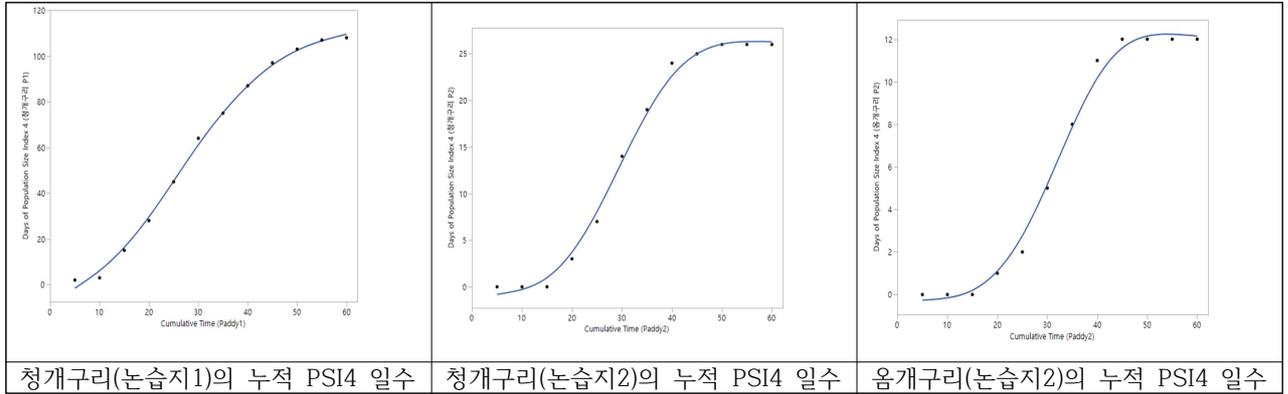
청개구리, 맹꽁이 시간대별 PSI4 일수(소택지)



- ③ 서식지 교란이 울음 정점(피크)에 미치는 영향 (논습지) : 고속도로의 인위적 간섭(소음교란)을 받는 서식지(논습지)의 양서류는 간섭(교란)이 없는 서식지(논습지)보다 울음 정점(피크)을 다소 늦은 시간대 그리고, 상대적으로 짧은 기간동안 보임으로써, 소음에 의한 교란의 영향을 보다 최소화하려는 행동생태학적 특징으로 판단됨



4. 출현종 감지를 위한 적정 녹음량 산출 : 출현종 중에서, 울음 정점(피크)이 뚜렷한 청개구리, 옴개구리의 적정 녹음시간량을 산출하기 위하여 누적 개체군 크기 지수 4 (cumulative population size index 4)를 산출함



5. 약 40분을 기점으로 누적 PSI 4의 증가가 둔화 되는 것으로 보아, 청개구리, 옴개구리의 경우 출현유무 파악을 위해서는, 야간조사일 경우 일몰 1시간 후부터 약 40분, 총 8시간(매시간 5분 녹음 시) 녹음이 적절한 녹음량으로 판단됨

IV. 고찰 및 제언

1. 고찰

가. 육안과 청음에 의한 현장조사에 의존한 조사방법의 흔한 맹점중에 하나는 조사원들이 조사시점을 잘못 선택하는 것이다. 예로, 종들의 번식시기를 잘못 판단하거나, 특히, 야간조사시에 출현종 유무에 대한 정보와 출현시기, 일주기상 출현 시점 등에 대한 정보가 부족한 상태로 현장에 나가는 경우가 적지 않다.

나. 그동안, 국내의 자동음향녹음장치를 이용한 양서류 모니터링 문헌적 결과들을 살펴보면, 주로 어느 특정 서식지에서 단일종 모니터링에 초점을 맞춘 음향학적 조사·연구가 대부분이었다. 이에 비해, 여러 자연 서식지에서 동시에 복수종의 음성을 녹음하여, 이들의 음향학적 특성을 알아보고 상호 비교한 문헌적 연구는 찾아 보기 힘들다.

다. 이 연구를 통하여, 종 별 울음소리의 패턴에 대한 적절한 조사시점과 울음소리 시각화를 통한, 종별 그리고, 서식지 군집 분포에 대

한 가이드라인을 제공 할 수 있었다. 즉, 종 간에 울음정점(피크)이 다소 차이가 있으나, 전반적으로 일몰 이후, 대체적인 울음의 정점(피크)은 22시에서 01시 사이로 나타났다.

- 라. 출현종들은 각각의 고유한 울음정점(피크)을 갖는 것으로 보이나, 서식지내 환경에 따라 다소 차이를 보였다. 즉, 서로 다른종이라도 같은 서식지에 있으면, 비슷한 시간대에 울음 정점(피크)을 나타내는 것으로 보인다. 또한, 같은 서식지라도 음향학적 교란을 받는 곳의 양서류들은 교란이 적은 시간대, 짧은시간동안 울음의 정점(피크)을 보이는 것으로 판단된다.
- 마. 이를 종합해 보면, 출현종별로 고유한 음향적 특색을 갖고 있으며, 주파수대, 울음과 울음사이의 간격 등 고유한 음향적 특색을 갖고 있음을 알 수 있다. 동서 서식지 내 타 종들의 존재유무와 이 울음소리의 정점(피크) 시간대와 빈도수가 상호 관련이 있어 보인다.
- 바. 한편, 국내의 한 연구에서 고속도로 소음지역의 북방산(큰산)개구리 번식울음 주파수가 인간의 교섭이 없는 자연지역의 같은종 북방산개구리 울음패턴(주파수)과는 차이를 보였음을 보고하였다. 그리고, 이는 자동차 소음에 의한 음향간섭(masking)이 개체 간 소통을 가로막기에 이를 피하기 위한 행동으로 저자들은 판단된다 (기와 성, 2014; Parris *et al.*, 2009; Lengagne, 2008)
- 사. 이 연구에서는 하나의 서식지 내에서 교란, 비교란 지점사이에서 직접적인 비교를 할 수 없었기에 주파수 영역대의 의미있는 차이를 확인하지는 못하였으나, 울음정점(피크)의 시간대가 인위적 소음의 간섭(교란)이 적은 일반경작지 (논습지1)와 직접적 간섭(교란)을 받는 경작지(논습지2) 사이에서 울음 정점 (피크)대가 다소 다르게 나타났다. 향후 좀 더 많은 데이터의 수집과 통계적 분석으로 이를 확인하는 일이 필요할 것이다.
- 아. 이 연구를 통해 자동음향녹음장치가 출현종, 개체군 크기, 일주기상 울음소리 정점(피크)를 알아내는데 효용성을 확인하였고, 이는 현장조사원들에게 야간조사시 서식지에 대한 정보, 최적의

조사시간대에 대한 지침을 제공하는데 도움이 될 것으로 판단한다. 좀 더 다양한 서식지와 녹음정보의 정량적 확대를 통해 보다 명확한 결론을 내릴 필요가 있을 것이다.

2. 향후계획

- 가. 다양한 서식지 형태에서 울음패턴을 분석하기 위해, 자동음향녹음장치를 추가 설치하고, 녹음데이터 수집 기간을 늘려 출현종명과 종 수, 개체군 크기, 종별 일주기상 울음 정점(피크) 등을 좀 더 명확히 파악한다.
- 나. 올해 전국자연환경조사 조사도엽의 일부 선택된 도엽에 한하여, 자동음향녹음장치를 설치하고, 얻은 결과를 외부조사원들의 인력에(청음과 육안) 의한 조사결과와 비교한다. 즉, 통계적으로 종 수와 발견시점에서 의미있는 차이가 있는지 분석한다.

참 고 문 헌

- 국립생태원 (2019) 제5차 전국자연환경조사 지침(양서파충류). 국립생태원
기경석, 성찬용 (2014) 고속도로 소음에 의한 북방산개구리의 생물음향학적
특성 변화 연구. 한국환경생태학회지 28(3):273-280
- Blumstein D, Mennill D, Clemins P, Girod L, Yao K, Patricelli G, Deppe
J, Krakauer A, Clark C, Cortopassi K, Hanser S, McCowan B, Ali
A, Kirschel A. (2011) Acoustic monitoring in terrestrial
environments using microphone arrays: applications, technological
considerations and prospectus. Journal of Applied Ecology
48:758-767
- Boil S, Schmidt B, Veith M, Wagner N, Rodder D, Weinmann C,
Kirschey T, Loetters S. (2013) Amphibians as indicators of
changes in aquatic and terrestrial ecosystems following gm crop
cultivation: a monitoring guideline. BioRisk 8:39-51
- Charif R, Waack A, Strickman L. (2010) Raven pro 1.4 user's manual.

Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY. USA

- Doracas M, Price S, Walls S, Barichivich W. (2009) Auditory monitoring of amphibian populations. *Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford. pp 281-298
- Heyer R, Donnelly M, Foster M, McDiarmid R. (2014) *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution, Washington DC.
- Hill A, Prince P, Snaddon J, Doncaster C, Rogers A. (2019) AudioMoth: A low-cost acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *HardwareX* 6:e00073
- Lapp S, Wu T, Richards-Zawacki C, Voyles J, Rodriguez K, Shamon H, Kitzes J. (2021) Automated detection of frog calls and chorus by pulse repetition rate. *Conservation Biology* 35(5):1659-1668
- Lengagne T. (2008) Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran, *Hyla arborea*. *Biological Conservation* 141:2023-2031
- Parris K, Velik-Lord M, North J. (2009) Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society* 14(1):25
- Priyadarshani N, Marsland S, Castro I. (2018) Automated birdsong recognition in complex acoustic environments: A review. *Journal of Avian Biology* 49:jav-01447
- Simoes P, Lima A, de Araujo M. A guide to surveying and monitoring diurnal frogs in PPBio's RAPELD grids and modules in the Amazon. <https://ppbio.inpa.gov.br> (2023.1 accessed)
- Ulloa J, Aubin T, Llusia D, Courtois E, Fouquet A, Gaucher P, Pavoine S, Sueur J. (2019) Explosive breeding in tropical anurans: environmental triggers, community composition and acoustic structure. *BMC Ecology* 19-28

요약문

1. 제 목

저서성대형무척추동물 조사방법 표준화 연구(Ⅲ)

2. 연구 목적

본 연구는 '17년 ESB 개선(안)을 현장에 적용하기 위한 조사방법 표준화 개선 및 신속·정확한 하천 생태계 현황파악을 위한 효율성 검증하고 그 결과를 6차 전국자연환경조사에 활용 및 하천 생태계 평가체계 개발에 목적을 두고 있다.

3. 연구 내용 및 방법

하천유형 및 유역의 규모에 따른 조사방법 표준화 연구 지침에 따라 조사를 실시하고, 하천유형별 전국자연환경조사의 환경상태 등급별 TESB 및 AESB 기준 제시하였다. 환경상태 및 생물다양성에 대한 평가는 '17년 개선된 ESB 지수를 적용하여 판정하였다.

4. 연구 결과

하천유형 및 규모별(대, 중, 소)로 나누어 미소서식처별 저서성 대형무척추동물의 상대출현빈도 조사를 진행하였다. 여울에서는 *Epeorus pellucidus*(77.9), *Simulium* sp.(76.4), *Ecdyonurus kibunensis*(63.6)가 높은 비율로 출현했다. 흐름에서는 *Ecdyonurus kibunensis*(57.2), *Epeorus pellucidus*(50.3)가 높은 비율로 출현했다. 여울과 흐름의 조사결과 일부 종들은 양쪽에서 높은 출현빈도를 보였으며, 출현종이 비슷하게 나타나 여울과 흐름의 미소서식처의 구분을 명확하게 구분짓기는 어려웠다. 소에서는 *Ecdyonurus levis*(40.0),

Ecdyonurus kibunensis(57.2)가 높은 비율로 출현했다. 수변에서는 *Labiobaetis atrebatinus*(56.6), *Davidius lunatus*(36.3), *Lepidostoma KUa*(31.9)가 높은 비율로 출현 하였다. 여울에서는 총 197종, 흐름에서는 193종, 소에서는 208종, 수변에서는 203종이 출현하였다. 여울에서 많은 종이 출현한다고 알려진 것에 반해 소와 수변부에서 더 많은 종이 출현한 것으로 보아 소와 수변부에 서식하는 식생들이 복잡 다양한 서식처를 제공해주는 것에 따른 결과로 보인다. Chironomidae sp.(non-red)는 전체 미소서식처에서 높은 비율로 출현하였으나 현재 종 동정이 세분화되지 않아 높게 나타났으며, *Baetis fuscatus*, *Limnodrilus gotoi*, *Dugesia sp.*, *Semisulcospira libertina*는 모든 미소서식처에 높은 비율로 출현하여 변별력이 낮아 제외하였다.

조종천 본류의 상·하류와 십이탄천 지류의 상·하류를 미소서식처별로 각 10개의 정점을 조사한 종수 결과를 와이블함수를 적용하여 조사정점 수를 추정하였다. 연구 결과 본류에서는 최소 3지점 이상 지류에서는 2지점 이상 조사하는 것이 해당 지류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

규모별 조사 지점 조합별 종수를 이용하여 분석한 결과 본류에서 1,3,5 조합법이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적어 가장 합리적으로 판단된다. 지류에서는 1,3조합이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적었다.

생분해성 유기오염의 지표인 BOD5와 생물지수의 상관관계 결과 TESB가 기존 ESB 보다 높은 음의 상관관계를 보였으며, AESB는 내성치와 연관있어 BOD5와 상관관계가 더 높았다. 총인(T-P)과 생물지수의 상관관계 결과 매우 유의한 음의 상관관계를 보였다. 총부유물질(TSS)과 생물지수의 상관관계 결과 유의한 상관관계를 보였다. BOD5 외에도 T-P와 TSS의 상관관계수로 봤을 때 상관관계가 매우 높게 나타났다. 1차 년도와 2차 년도 조사지점 구역의 조사를 포함한 결과 BOD5 증가하면 생물지수가 감소하는 음의 상관관계가 나타났다. 기존자료에서는 TESB에 의해서 결정되어졌지만, 현재 연구에서는 높은 종수로 인해 TESB의 결과가 좋게 나타나 기존과 달리 AESB 등급에 의해서 결정되게 되었다. 기존 TESB 평가는 82점 이상일 경우 매우양호한 환경상태로 평가되었는데 본 조사에서 동일한 기준을 적용할 경우 거의 모든 지점

이 매우양호한 환경상태로 평가되어 변별력이 떨어졌다. 따라서 본 조사 방법에 맞는 새로운 등급 경계치를 새롭게 설정하였다. 환경상태는 매우양호, 양호, 보통, 불량, 매우불량 5단계로 구분하고, 이에 따른 지역관리 권고수준은 각각 우선보호, 보호, 예찰, 복원, 우선복원 5단계로 구분하는 기존 등급체계를 따랐다.

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

가. 연구의 목적

전국자연환경조사 저서성대형무척추동물분야의 조사 및 평가에 대한 표준화된 방법을 마련하여 6차 전국자연환경조사에 활용 및 생태자연도에 반영 가능한 평가체계 개발을 목적으로 한다.

나. 연구의 필요성

- 저서성대형무척추동물 생태점수(Ecological Score of Benthic macroinvertebrate community, ESB)는 1) 개괄적인 서식환경의 상태와 서식처 질에 대한 평가가 가능하고, 2) 개체 밀도를 고려하지 않기 때문에 신속히 평가할 수 있으며, 3) 정량 또는 정성적인 채집 방법에 모두 적용할 수 있고, 4) 민감종에 가중치를 주어 합산한 결과는 생물군집의 풍부성을 반영함으로써 수질 상태뿐만 아니라 물리적 상태까지 진단할 수 있다는 장점이 있다. 다만, 2017년 저서성대형무척추동물 생태점수 개선 및 활용 연구에서 발표한 바와 같이 표본크기에 따라 지수가 달라지기 때문에 과거의 평가등급 체계를 적용하는 것이 부적합하다. 따라서 본 연구는 저서성대형무척추동물 생태점수 조사방법 표준화 및 평가등급표를 개선하여 전국자연환경조사에 활용하고자 한다.

- 상기한 바와 같이 저서성대형무척추동물은 하천생태계의 건강성을 나타낼 수 있는 중요 분류군임에도 불구하고, 생태자연도 결과 반영 시 멸종위기 야생생물에 해당되는 종만 반영되고 있어 하천생태계에 대한 생태자연도

작성에 한계를 지니고 있다. 따라서 ESB의 평가체계를 개발하여 하천 및 습지 생태계 등급 지정 시 결과에 활용하고자 한다.

2. 연구동향

가. 해외 동향

1) 미국

미국 환경청(EPA)은 NRSA(The National Rivers and Streams Assessment)를 통하여 국가적이고 생태지역적인 단위에서 전국의 강과 하천의 생물학적 상태와 이것에 영향을 미치는 주요 스트레스요인에 대한 정보를 파악하기 위한 종합 조사를 수행하고 있다.

미국 환경청(EPA)의 저서성대형무척추동물에 의한 생물학적 평가는 다항목지수(MMI, Multimetric Index)인 저서동물지수(MMMI, Macroinvertebrate MMI)를 적용하고 있으며, 생물학적 평가에서 고려하는 평가요소는 총 23개를 기준으로 한다. 미국은 국토가 넓고 다양한 형태의 서식환경이 존재하여 각 지역별로 출현하는 생물종이 다르기 때문에 기후대 또는 생태지역에 따라 주별로 특성에 맞는 평가요소를 선별적으로 적용하고 있다(U.S. EPA, 2013).

2) 미국(FBI, Family-level Biotic Index)

FBI(Family-level Biotic Index)의 경우 생물학적 수질을 평가하기 위하여 개발되었고, D-frame aquatic net을 이용하여 하천에 서식하는 절지동물류를 채집한다. 각 종의 개체수와 내성치를 이용하는 지수로 유기오염에 대한 등급과 수질의 상태를 판단할 수 있으며, 수질과 유기물오염에 대한 등급은 각각 7등으로 구분하고 있다.

3) 영국

환경국 수질기술자문상임위원회(STACWQ, Department of the Environment Standing Technical Advisory Committee of Water Quality)에 의해 생물학적 모니터링 업무 모임(BMWP, Biological Monitoring Working

Party)이 설립되었다. BWMP의 목적은 하천오염 조사에 활용하기 위한 생물학적 기준 설정·제안, 조사방법 표준화, 이화학적 수질기준과 생물학적 기준의 관계를 고려하는 것이었다. 1978년 관련기관 및 연구자들의 의견을 종합하여 종 동정의 수준, 풍부도, 지역특성 등에 대한 대표성을 고려하여 결정하였다.

그 결과 저서성대형무척추동물 86개 과[빈모류는 목(Order)]에 대한 오염 내성치를 침식지역과 충적지역으로 구분하여 1에서 100점까지 부여하고 출현 분류군의 값을 합산하여 평가하는 것으로 결정하였고, 1979년 여름까지 모든 지방환경관서에서 위 지침을 따라 현장에 시범 적용하였다. 그 결과에서 나타난 문제점을 개선하여 침식지역과 충적지역으로 이원화된 기준을 일원화하고 오염 내성치의 점수체계를 1~10점으로 간소화 하였다. 이후 영국과 웨일즈에서 1990년 국가 하천수질조사로 얻어진 약 17,000개 조사단위(Sampling unit)의 생물학적 조사결과를 기준으로 1996년 저서성대형무척추동물 83개 과(family)의 오염 내성치(BMWP score)를 수정하였다. 각 과의 내성치를 합산하는 기존의 점수체계는 채집횟수나 채집방법에 따라 크게 영향을 받기 때문에 총 출현 과(Family)의 평균 내성치(ASPT, Average Score Per Taxon)를 평가기준으로 도입하였고, 물리적인 하천 상태에 따라 발견될 수 있는 최대의 출현 과수와 평균 내성치를 계산하는 프로그램(RIVPACS)을 개발하여 이에 대한 실제 결과의 상대치(EQI, Ecological Quality Index)를 기준으로 등급을 설정하였다.

최근에는 유럽물관리지침(WFD, EU Water Framework Directive)을 따르기 위해 모든 수역에서 수생식물, 부착조류, 저서성대형무척추동물, 어류에 대한 평가 기준을 제안하고 있으며, 2008년 영국기술자문그룹(UKTAG, United Kingdom Technical Advisory Group)을 통해 물환경 평가체계를 5등급으로 제안하였으며 2013년 최종안을 발표하였다.

4) 독일

1956년에 설립된 독일(주)하천연구소(LAWA, Landerarbeitsgemeinschaft Wasser)에서 1976년에 하천수질평가기준을 설정하였으며, 과거의 장기적인

수질변화를 총체적으로 대변해주는 수질등급 판정을 중시하고 있다. 이후 LAWA에서 5년 단위로 수질을 평가하고 있으며, 수질등급은 저서성대형무척추동물 군집을 이용한 오수생물지수(SI, saprobic index)에 의하여 판정하고 생물학적 산소요구량(총유기탄소량), 암모니아성 질소, 용존산소량 등과 같은 이화학적 지표는 보조적으로 이용하고 있다(<http://www.lawa.de>).

독일규격협회(DNA, Deutsche Normenausschuss)에 의해 제정된 독일 연방규격(DIN, Deutsche Industriec Normen) 38410에서 풍부지수(Abundance index, A)는 각 지표생물의 개체군 밀도에 따라 1~7까지의 단계로 나누어 적용하고 있으며, 지표가중치(Weighting factor, G)는 각 지표생물의 saprobic valency의 상대적인 중요성에 따라 5등급으로 적용하고 있다. 오수생물지수(saprobic index, S)의 결정에 이용되는 지표생물 오탁치의 산포 정도를 측정하기 위하여 분산(Dispersion, SM) 및 개체수 풍부도(sum of the abundance indexes)를 산출하여 결과로 나타내고, 오수생물지수에 따라 유기오염도 및 오수생물계열을 수질 등급 7단계로 구분하고 있다.

최근에는 유럽물관리지침(WFD, EU Water Framework Directive) 을 따르기 위해 2000년부터 2006년까지 생태·화학적 수질평가에 따라 많은 연구 사업이 수행되었다. LAWA(2003)의 가이드라인에 따라 생물학적 평가방법이 개발되어 2006년 이후 모든 수역에서 수행하고 있으며, 오수생물지수(SI)에 의한 등급과 다항목지수(MMI, Multimetric Index)에 의한 등급을 비교하여 5등급 평가체계에 맞게 등급치를 달리 적용하고 있다.

5) 일본

일본은 환경성(환경관리국 수환경부) 및 국립환경연구소 주관으로 1984년부터 매년 전국수생생물조사를 실시하고 있고, 2005년(H17)의 경우 2,292단체에서 85,910명이 참가하여 4,059지점을 조사하였고, 2010년(H22)의 경우 1,858단체에서 71,395명이 참가하여 3,000지점을 조사하였으며, 2013년(H25)의 경우 15,22단체에서 59,053명이 참가하여 2,258지점에 대한 조사를 수행하여 시민참여형 사업으로 진행하고 있다. 조사 결과는 전국에 대한 종(Species)분포, 분류, 29개 지표생물군을 이용한 수질등급 등이다. 수질등급은

1(きれいな水 : 깨끗한 물), 2(ややきれいな水 : 약간 깨끗한 물), 3(きたない水 : 더러운 물), 4(とてもきたない水 : 매우 더러운 물) 등급으로 구분하여 평가한다.

나. 국내 사례

우리나라의 저서성대형무척추동물을 대상으로 각 종의 지표치를 설정하고 새로운 지수를 개발한 최초의 사례는 윤과 공(1992a, 1992b, 1992c)에 의해 이루어졌으며, 2000년대 중반까지 학술적 연구로서 진행되어 왔다. 대부분의 연구가 선진국에서 개발된 지수를 도입하여 적용하거나 일부 분류군에 대한 지표성을 검토하는 것이 주를 이루고 있었다. 이 중에서도 Zelinka and Marvan(1961)의 방법을 개량한 오수생물지수(SI, Saprobic Index)는 최근 환경부 주관의 하천 수생태계 건강성 조사 사업에 적용되는 저서동물지수의 근간이 되었으며, 현재까지 다양한 분야에서 수생태계를 평가하는데 활용되어 오고 있다.

1) 군오염지수(GPI, Group Pollution Index)

GPI의 경우 간단한 분류 검색표를 이용하여 간이수질판정을 할 수 있는 방법으로 현장에서 신속하게 산출할 수 있어 누구나 쉽게 접근할 수 있도록 만들어 졌다. 간이수질판정법은 저서성대형무척추동물을 육안으로도 구별이 가능한 총 29개의 지표생물군으로 구분하고 있는데, 하루살이류와 잠자리류의 일부 분류군을 제외하면 최소 과(Family) 이상에서 동정하는 것만으로도 충분하다. 물론, 간이수질판정법은 대상 수체에 대한 개략적인 수질 현황을 파악하기 위한 방법으로서 명확한 생물학적 평가와 환경상태에 대한 진단을 위해서는 보다 정밀한 조사 방법과 지수 등이 적용되어야 한다(윤 등 III, 1992).

2) 한국오수생물지수(KSI, Korea Saprobic Index)

한국오수생물지수(KSI)의 경우 하천에서 조사된 문헌자료와 224개 조사지점(총 913개 조사단위)에서 정량채집을 통하여 수집된 자료를 바탕으로

100개의 지표생물군을 선정하였고, 각 지표생물군의 오락계급치 및 지표가중치를 산정하여 다음과 같은 공식을 산출하였다. 이 값을 이용하여 저서성대형 무척추동물을 이용한 생물학적 물환경 평가기법 및 기준안을 도출하였다(원 등, 2006). KSI를 산출하기 위해서는 정량채집을 통하여 종(species)수준에서 단위면적당 출현개체수(개체/m²)를 기준으로 산출한다. 산출된 값은 수질을 고려한 7등급과 5등급의 기준안을 구분하였으며, 이를 쉽게 확인할 수 있도록 등급별 상태, 범위, 대표색 등을 정리하여 유기물 오염에 대한 수환경 상태를 보다 알기 쉽게 제시하고 있다.

3) 저서동물지수(BMI, Benthic Macroinvertebrate Index)

저서동물지수(BMI)의 경우 생물학적 질의 평가와 생물의 시·공간적 변동을 파악하고 환경 교란으로 발생하는 수생태계의 건강성 평가를 목적으로 KSI(원 등, 2006)를 변형하여 개발되었다(공 등, 2012). BMI의 결과는 정량채집을 기준으로 조사지점에서 출현한 지표생물종의 오락지수를 출현도와 지표가중치를 이용하여 아래의 계산식으로 산출한 후에 생물등급 및 환경상태를 판정한다. 하천의 수생태계 건강성 평가등급은 4등급 기준안을 제시하고 있다. BMI에 대한 평가는 환경부 국립환경과학원에서 현재 진행 중에 있으며, 지표생물종의 단위오탁지수, 지표가중치, 등급기준 등에서 보완이 이루어지고 있다.

4) 한국 저서성대형무척추동물 생물학적 온전성 지수(KB-IBI, Korean Benthic macroinvertebrate Index of Biological Integrity)

한국 저서성대형무척추동물 생물학적 온전성 지수(KB-IBI)는 수생태계 건강성 조사 및 평가의 자료를 바탕으로 하천의 생물학적 온전성을 평가하기 위해 개발하였다. 국내 하천에 가장 적절한 항목을 선택하기 위해서 reference와 impaired 조건 간의 항목 값을 비교하였다. 이때 두 조건은 유역을 기반으로 물리·화학적 기준에 따라 결정하였다. 저서성대형무척추동물을 이용한 다항목지수 개발은 일반적으로 Barbour et al.(1996)의 절차를 따랐으며, 선행 연구들(Barbour et al., 1996; Klemm et al., 2002; Royer et al., 2001;

Merritt and Cummin, 2006)에서 도출되었던 군집의 구조, 풍부성, 섭식 및 서식 상태와 내성 측정 등이 포함된 34개의 후보 항목을 검토하였다. 최종 선택된 항목은 분류군의 수, EPT(Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera) 개체수비(%), 우점분류군비(%), Chironomidae를 제외한 분류군의 개체수비(%), Shannon의 다양도지수, Gatherers 개체수비(%), 총 밀도와 Filterers와 Scrapers의 비율, KSI이었다.

5) 저서성대형무척추동물 생태점수(ESB, Ecological Score of Benthic macroinvertebrate community)

Kong (1997)은 Yoon et al. (1992a)의 지표생물표 등을 이용하여 저서성 대형무척추동물 종의 환경질 점수(environmental quality score, Q_i)를 정하였다. 환경질 점수의 근간이 되는 Yoon et al. (1992a)의 연구는 1971년 이후 전국의 613개 표본단위(sampling unit)에서 조사된 저서성 대형무척추동물 군집에서 Shannon and Weaver (1949)의 종다양도를 산출하고 Staub et al. (1970)의 기준에 따라 각 표본단위의 부수성(saprobity)을 판정하였다. 다양도 지수는 환경의 질을 직접적으로 대변하는 지수는 아니지만 환경이 악화될수록 비내성종이 감소하고 중간경쟁의 약화로 인해 내성종이 선택적으로 증가하여 다양도가 감소하므로 이 지수는 환경상태에 대한 간접적인 지표가 되었다. Yoon et al. (1992a)은 613개 표본단위의 부수성을 구분하고 각 부수성에 따른 저서성 대형무척추동물 173개 분류군의 상대출현빈도(relative frequency)를 가지고 오수생물계열별 오락계량치(saprobic valency)를 산출하였다. Kong (1997)은 Yoon et al. (1992a)의 지표생물표에서 각 오수생물계열의 부수성에 일련의 점수(빈부수성: 4, 베타중부수성: 3, 알파중부수성: 2, 강부수성: 1)를 부여하고 가장 큰 오락계량치를 가진 오수생물계열의 부수성에 해당하는 점수를 분류군별 ESB 환경질 점수로 정하였다. Kong (1997)은 환경질 및 오수생물계열에 대한 ESB의 평가구간을 4단계로 구분하였으며, ESB의 등급 체계에서 '양호(very good)' 등급의 하한경계치가 우리나라 하천 생활환경기준의 I등급(현재의 '매우 좋음' 등급)의 하한경계치에 부합하도록 구성되었기 때문에, ESB의 '매우양호(very good)' 등급은 수질이 I등급이면서도 물

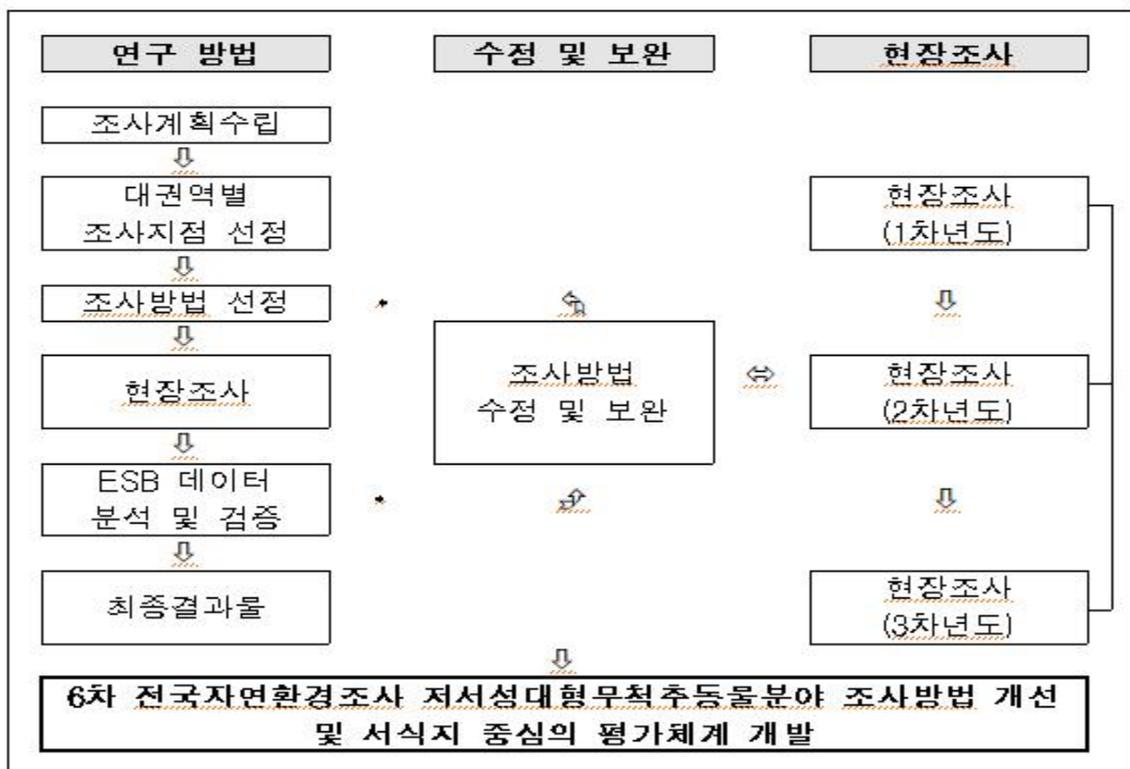
리적인 상태가 최적이어서 생물다양성이 매우 높은 자연에 가까운 상태에 해당하였다. ESB의 '다소불량(moderately bad)' 등급의 하한경계치는 수질로는 II등급(현재의 '약간좋음' 등급)의 하한경계치에 부합하고, ESB의 '불량(bad)' 등급의 하한경계치는 수질로는 중간수준의 오염도에 해당하는 III등급(현재의 '보통' 등급)의 하한경계치에 부합하도록 되어있다. ESB의 등급체계는 수질과 아울러 물리적 서식처의 다양성에 바탕을 둔 생물다양성을 함께 반영한 것이기 때문에 수질기준보다 엄격한 평가기준이다.

3. 연구의 목표 및 내용

가. 연구의 최종목표

- '17년 ESB 개선(안)을 현장에 적용하여 조사방법 표준화 방법 개선 및 신속·정확한 하천 생태계 현황과악의 효율성을 검증
- 6차 전국자연환경조사에 활용 및 서식지 중심의 평가체계 개발과 더불어 하천생태계 구간(면적) 단위의 적용 방안 마련

나. 연구의 추진체계



다. 추진일정

(1) 연차별 연구계획

- 조사기간: 하천유형 및 규모별(대, 중, 소)로 나누어 3개년(1차 년도: 유형 A, 2차 년도: 유형 B, 3차 년도: 유형 C)에 걸쳐 조사(표 1)
 - 조사구역: 본류 및 지류의 조사정점, 구간길이, 미소서식처 선정 등 표본크기 (sample size)를 정하기 위해 5대강 수계의 특성이 반영될 수 있도록 전국적인 범위에서 시범 조사구역을 선정
 - 조사구역의 하천유형은 본류의 말단 지점의 유역면적과 고도를 기준으로 판단
 - 같은 하천유형에서는 다양한 고도에 위치한 조사구역이 포함되도록 함
 - 표본크기를 설정하기 위한 것으로서 환경교란이 적고 생물다양성이 풍부한 구역을 대상으로 선정
- ※ 조사구역 본류의 말단 지점에 근접한 물환경측정망 자료의 수질이 하천 수질환경기준 I등급인 구역을 선정

<표 1> 전국자연환경조사의 저서성대형무척추동물 조사방법 개선을 위한 시범조사 구역

수계	유형 A			유형 B			유형 C		
	대	중	소	대	중	소	대	중	소
한강	조종천 상류		오대천 상류		벽계천 (삼산천)		가평천 하류 (혹천)		홍정천 (황성명 하류)
낙동강		운곡천						낙동강 상류 (길안천 상류)	
금강	무주 남대천 상류		정자천		유등천 상류 (소옥천 상류)				무주 남대천중류 (보창천 중류)
영산강 섬진강		섬진강 상류							

- 평가지점: 하천유형별로 다양한 고도와 수질상태를 가진 지점을 시범 조사지점으로 선정하여(표 2) 표준화된 방법으로 조사하고 ESB를 산출하여 합리적인 등급체계 마련

<표 2> ESB 등급설정을 위한 조사지점 선정

수계	유형 A (1차 년도)				유형 B (2차 년도)				유형 C (3차 년도)			
	수질				수질				수질			
	Ia	Ib-II	III	<III	Ia	b-II	III	<III	Ia	b-II	III	<III
한강	조종천1 오대천1	주천강1 송천1 곤지암천2 매포천1	장평천		가평천		황구지천 2 안양천4	북하천2 굴포천1 성환천	옥동천2	북하천3	청미천2 종랑천4	진위천2
낙동강	가야천 토일천	람천1				이안천	계성천	토평천2		반변천1	금호강6	
금강	구랑천 석천	진안천			영동천		천안천1 천안천2		무주 남대천1		미호천3 미호천6	곡교천2
영산강						고막원천 2-1		와탄천		지석천4	나주	광주2
섬진강	추령천	오수천-1				요천						순천동천3

* 조사지점의 수질자료는 국립환경과학원 하천 수생계 현황 조사 및 건강성 평가에서 조사된 결과를 이용했으며, BOD5를 이용하여 수질의 구분(Ia, Ib, I, II, III, <III)하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사 기간

- 규모별 조사 상반기(3월 초순~5월 하순)의 기간 중 1회, 등급설정조사 상반기(3월 초순~5월 하순), 하반기(8월 중순~10월 하순)의 기간 중 각 1회, 연간 총 3회

※ 극심한 기상변화(집중호우, 가뭄 등) 이후, 군집안정 회복기간 고려 최소 10일 이상 경과 후 조사 수행

2. 조사 지점

가. 분류 지점

- 모든 하천유형에 대하여 조사구역의 분류의 시작점부터 말단까지 사이를 종적으로 5등분하여 각 분할 구획의 중심 횡단선을 조사지점으로 설정(그림 1)

- 조사지점 수: 5개
- 조사결과를 분석하여 하천유형에 따라 소요 비용 및 노력 등 현실적 여건을 고려한 적정 지점 수 및 위치 제시

나. 지류 지점

- 본류의 말단지점보다 차하위 차수를 가진 지류를 우선으로 발원지부터 말단까지 3등분하여 각 분할 구획의 중심 횡단선을 조사지점으로 설정
 - 지류의 수: 조사구역의 형상에 따라 다름
 - 지류별 조사지점 수: 3개
 - 조사결과를 분석하여 적정 지류의 선정기준 및 위치 제시
- ※ 정수역 지점: 정수역은 하천수계와는 독립적인 시스템으로서 별도의 연구가 필요하므로 본 조사대상에서는 제외

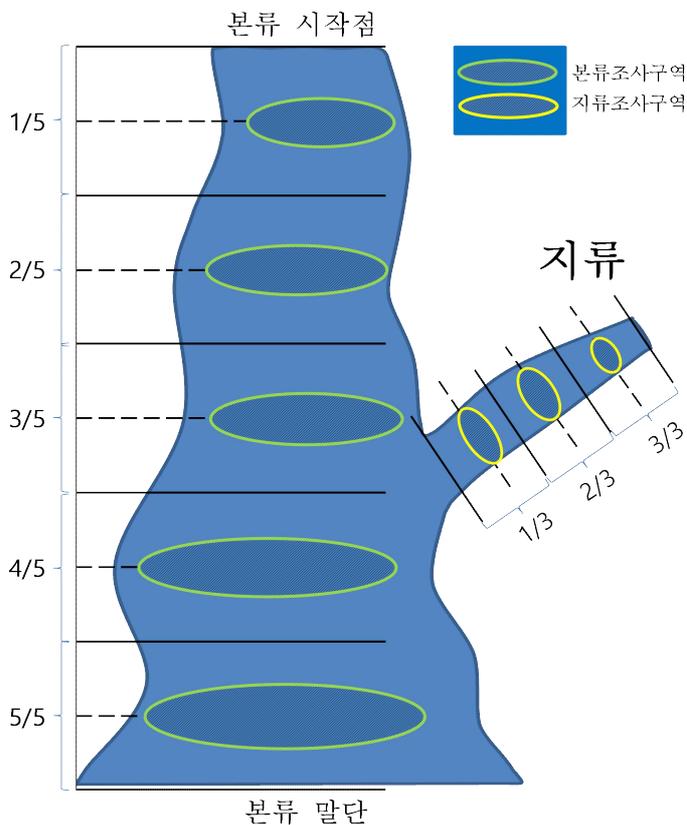


그림 1. 조사지점 등분 예

3. 조사 지역 및 분석방법

가. 전국자연환경조사 조사방법 표준화를 위한 조사구역

수계	구역명	BOD ₅ (mg/L)	수질 등급	하천 유형	규모	주소	위도	경도
한강	조종천상류	1.5	lb	A	대	강원도 평창군 진부면 하진부리 (하진부교)	37°37'58.96"	128°33'44.00"
	오대천 상류	0.9	la	A	소	강원도 평창군 진부면 하진부리 (하진부교)	37°37'58.96"	128°33'44.00"
	벽계천	0.7	la	B	중	경기도 양평군 서종면 수입리 (수입교)	37°38'47.32"	127°22'48.18"
	가평천 하류	0.7	la	C	대	경기도 가평군 가평읍 읍내리(가평교)	37°49'53.90"	127°31'03.60"
	홍정천	0.8	la	C	소	강원도 평창군 대화면 대화리(개수교)	37°29'07.43"	128°23'37.73"
낙동강	운곡천	0.9	lb	A	중	경상북도 봉화군 명호면 관창리(양삼교)	36°46'44.11"	128°53'07.52"
	낙동강 상류	0.6	la	C	중	경상북도 봉화군 소천면 분천리 (회룡천말단)	36°57'09.00"	129°05'04.60"
금강	무주남 대천상 류	0.7	la	A	대	전라북도 무주군 무주읍 대차리 (서면교)	35°59'56.70"	127°37'34.30"
	정자천	1.2	lb	A	소	전라북도 진안군 정천면 모정리	35°54'26.69"	127°29'42.85"
	유등천 상류	0.9	la	B	중	대전광역시 중구 침산동 (침산교)	36°16'38.48"	127°23'52.45"
	무주남 대천 중류	0.7	la	C	소	전라북도 무주군 무주읍 대차리 (서면교)	35°59'56.70"	127°37'34.30"
섬진강	섬진강 상류	1.1	lb	A	중	전라북도 임실군 관촌면 방수리 (회초천합류전)	35°42'26.75"	127°17'41.08"

나. ESB 등급설정을 위한 조사지점

수계	하천명	BOD ₅ (mg/L)	수질 등급	주소	위도	경도
한강	조종천1	1.0	la	경기 가평군 하면 하판리 (운악리보건진료소)	37°51'54.3"	127°21'00.1"
	오대천1	0.9	la	강원도 평창군 진부면 하진부리 (하진부교)	37°37'58.96"	128°33'44"
	주천강1	1.5	lb	강원도 횡성군 안흥면 안흥리 (안흥교)	37°24'32.61"	128°09'26.51"
	송천1	1.1	lb	강원도 평창군 대관령면 용산리 (용산교)	37°39'12.7"	128°41'59.7"

수계	하천명	BOD ₅ (mg/L)	수질 등급	주소	위도	경도
	곤지암천2	1.4	Ib	경기도 광주시 곤지암읍 초월읍지월리 (경수교)	37°25'03.83"	127°17'18.65"
	매포천1	2.1	II	충북 단양군 매포읍 안동리 130-1 (안동3교)	37°01'56.68"	128°18'57.50"
	장평천	4.0	III	충청북도 제천시 영천동 (신동대교)	37°7'25.99"	128°9'43.39"
	가평천2	0.8	Ia	경기도 가평군 북면 목동리	37°52'59.02"	127°32'53.01"
	황구지천2	4.6	III	경기도 화성시 안녕동 (세마교)	37°11'1.04"	127°00'33.06"
	안양천4	4.8	III	서울특별시 구로구 구로동 (오금교)	37°30'21.7"	126°52'32.3"
	북하천2	12.8	VI	경기도 이천시 부발읍 무촌리 (제방)	37°17'40.04"	127°29'25.01"
	굴포천1	7.4	IV	인천광역시 계양구 서운동 (친상교)	37°31'33.12"	126°45'36.08"
	성환천	9.8	V	충청남도 천안시 서북구 성환읍 북모리(북모교)	36°57'1.4 "	127°7'33.54"
	옥동천2	0.5	Ia	강원도 영월군 김삿갓면 옥동리 (대야1교)	37°06'59.67"	128°34'04.92 "
	북하천3	6.5	IV	경기도 여주시 흥천면 효지리 (흥천교)	37°20'03.7"	127°32'14.4"
	청미천2	4.1	III	경기도 이천시 장호원읍 장호 원리 (장호원교)	37°06'55.55"	127°28'11.05"
	중랑천4	4.2	IV	서울특별시 성동구 성수1동 (성동교)	37°32'51.76"	127°2'51.73"
	진위천2	6.8	IV	경기도 평택시 서탄면 회화리 (세월교)	37°5'13.3 6"	127°0'14.63"
낙동 강	가야천	0.6	Ia	경상남도합천군가야면치인리 (명진교,길상암앞)	35°47'20.04"	128°06'05.13"
	토일천	0.9	Ia	경상북도 영주시 평은면 천본리 (와평교)	36°47'15.24"	128°43'50.90"
	랍천1	1.2	Ib	전라북도 남원시 운봉읍 중군리 (중군교)	35°26'46. 4"	127°36'28.9"
	이안천	1.4	Ib	경상북도 상주시 함창읍 금곡리 (금곡교)	36°32'11.78"	128°12'45.75"
	계성천	3.4	III	경상남도 창녕군 남지읍 남지리 (남지 제1교)	35°24'03.80"	128°29'31.20"
	토평천2	6.1	VI	경상남도 창녕군 유어면 가항리 (유어교)	35°31'10.77"	128°22'36.32"
	반변천1	1.3	Ib	경상북도 영양군 영양읍 현리 (양평교)	36°39'00.13"	129°06'31.38 "
	금호강6	3.1	III	대구광역시 달서구 파호동 (강창교)	35°51'13.67"	128°28'18.87"
금강	구량천	1.0	Ia	전라북도 무주군 안성면 진도리 (세월교)	35°52'00.65"	127°36'53.72"
	석천	1.0	Ia	충청북도 영동군 황간면 우매리 (반야사 상류 시군 경계지점)	36°16'58.59"	127°54'45.54"
	진안천	1.7	Ib	전라북도 진안군 진안읍 운산리	35°48'31.89"	127°27'47.66"
	영동천1	0.7	Ia	충청북도 영동군 영동읍 부용리 (영동교)	36°10'16.12"	127°46'36.33"
	천안천1	3.7	III	충청남도 천안시 동남구 다가동 (다가교)	36°47'47.03"	127°08'54.09"
	천안천2	7.6	IV	충청남도 아산시 배방읍 휴대리(휴대교)	36°46'41.08"	127°6'55.04"

수계	하천명	BOD ₅ (mg/L)	수질 등급	주소	위도	경도
	무주남대천1	0.6	Ia	전라북도 무주군 무주읍 대차리 (서면교)	36°00'11.53"	127°37'27.66"
	미호천3	4.3	III	충청북도 청주시 청원구 오창읍 여천리(여암교)	36°46'19. 70"	127°30'3 4.80"
	미호천6	4.8	III	세종특별자치시 연기면 세종리 (월산교)	36°31'29. 17"	127°19'8. 29"
	곡교천	6.5	IV	충청남도 아산시 염치읍 강청리 (강청교)	36°49'17. 09"	126°56'0 2.02"
영산 강	고막원천2-1	3.3	III	전라남도 함평군 학교면 석정리 (새마을교)	34°59'38.98"	126°35'51.23"
	와탄천	6.5	IV	전라남도 영광군 영광읍 덕호리 1226-9 (와탄교)	35°19'36.08"	126°28'28.92"
	지석천4	2.4	II	전라남도 나주시 금천면 신가리 (지석대교)	35°03'09.06"	126°46'33.03"
	나주	4.9	III	전라남도 나주시 삼도동 (나주대교)	35°02'08. 81"	126°44'1 0.22"
	광주2	7.8	IV	광주광역시 서구 마락동 (극락교)	35°08'27. 92"	126°49'4 1.88"
섬진 강	추령천	1.0	Ia	전라북도 정읍시 산내면 매죽리 (매죽교)	35°32'46.18"	127°01'26.08"
	오수천-1	1.2	Ib	전라북도 장수군 산서면 사상리 (영천교)	35°34'25. 56"	127°22'1 9.98"
	요천	1.3	Ib	전라북도 남원시 금지면 창산리 (금지교)	35°20'42.09"	127°18'21.02"
	순천동천3	5.6	IV	전라남도 순천시 교량동 (동천과이사천합류후)	34°54'04.90"	127°31'02.28"

4. 개선방안

가. 하천유형 개념 도입

- 조사지점의 물리적 유형에 따른 조사정점, 조사방법(조사 대상 미소서식처 유형, 채집도구, 채집횟수 등), 평가방법 선정
- 국립환경과학원(2018)에서는 유역면적과 고도에 따른 저서성 대형무척추동물 섭식기능군의 조성의 차이를 기반으로 우리나라 하천을 6가지 유형으로 구분하였는데(표 3), 전국자연환경조사에서 이 유형별로 조사 및 평가 방법을 세분하여 적용하는 것은 지나치게 복잡한 결과를 초래할 수 있으므로 이를 세 가지 유형으로 대분하여(표 4) 조사 및 평가 체계를 구축

나. 지점선정기준

- 하천유형은 지점의 유역면적과 고도를 기준으로 판단하여 나뉘었으며, Min, et. al (2019)의 <표 5>와 같이 제안함.

- 출처: Spatial distribution patterns of benthic macroinvertebrate functional feeding groups by stream size and gradient in Republic of Korea Jeong-Ki Min, Ye-Ji Kim & Dong-Soo Kong (2019)

<표 3> 유역면적과 고도를 이용한 하천유형화 기준

1차 분류		2차 분류		
유역면적 (km ²)	1차 유형	유역면적 (km ²)	고도 (m)	최종 유형
< 250 (714)	소규모 (714)	< 250	> 450 (56)	유형 I
		< 250	150~450 (184)	유형 II
		< 250	< 150 (474)	유형 III
250~4,000 (231)	대형 (282)	250~4,000	150~450 (52)	유형 IV
		250~4,000	< 150 (179)	유형 V
> 4,000 (51)		> 4,000 (51)	-	유형 VI

출처: 국립환경과학원, 2018. 수생태계 참조하천 선정 및 활용방안 마련 연구III
()안의 숫자는 분석대상 996개 지점 중 해당 지점 수

<표 4> 전국자연환경조사의 저서성대형무척추동물 조사 및 평가 체계 구축을 위한 하천규모 유형화

유역면적 (km ²)	고도 (m)	유형
< 250	≥ 150	A
	< 150	B
≥ 250		C

<표 5> 유역면적과 고도를 이용한 하천유형화 기준

First division			Second division		
Catchment area (km ²)	Division		Altitude (m)	Subdivision (stream type)	
<250 (714)	Small-scale(714)		450< (56)	Type1 (56)	Mountain streams
			150 - 450 (184)	Type2 (184)	Highland small streams
			<150 (474)	Type3 (474)	Lowland small streams
250-4,000 (231)	Large-scale (282)	Large streams (231)	150 - 450 (52)	Type4 (52)	Highland large streams
			<150 (179)	Type5 (179)	Lowland large streams
<4,000 (51)	Rivers (51)		- (51)	Type6 (51)	Rivers

Numbers in parentheses indicate numbers of sites.

1) 조사지점

- 본류 지점: 하천유형에 따라 상류부터 하류까지 종적연속성이 반영될 수 있도록 적절한 지점 수와 위치 선정(특히 유로연장이 길거나 상류와 하류의 고도 차이가 현저한 경우 중류역의 생물분포가 반영될 수 있도록 조사지점 구성)
- 지류 지점: 조사대상 지류의 수와 위치에 대한 기준을 하천의 규모별로 명확히 제시

2) 조사정점

- 조사정점: 미소서식처를 4가지 유형(여울, 흐름, 소, 수변)으로 세분화
- 수변으로 구분된 미소서식처는 수초 등의 수변식생이 발달한 정점에서 조사

3) 채집방법

- 채집횟수: 4개의 유형별 미소서식처를 3정점 조사
- 채집도구: 전국자연환경조사에서 사용 중인 D-net을 이용
- 조사시간: 유형별 미소서식처를 대변할 수 있는 정점을 체계적으로 조사
- 대체조사: 4개의 미소서식처 중에서 존재하지 않는 유형의 서식처에 대해서는 비슷한 유형의 서식처로 대체하여 조사(여울↔ 흐름, 소↔ 수변)

예 1) 여울에 해당하는 서식처 부재시 흐름을 3정점 추가로 조사한다.
(흐름 부재시 여울로 대체 조사)

	여울	흐름	소	수변
조사가능여부	X	O	O	O
횡수	0	3+3	3	3

예 2) 수변에 해당하는 서식처 부재시 소를 3정점 추가로 조사한다.
(소 부재시 수변 대체 조사)

	여울	흐름	소	수변
조사가능여부	O	O	O	X
횡수	3	3	3+3	0

예 3) 소와 수변에 해당하는 서식처 부재시 흐름과 여울을 각각 3정점씩 추가로 조사한다.

	여울	흐름	소	수변
조사가능여부	O	O	X	X
횡수	3+3	3+3	0	0

예 4) 여울과 흐름에 해당하는 서식처 부재시 소와 흐름을 각각 3정점씩 추가로 조사한다.

	여울	흐름	소	수변
조사가능여부	X	X	O	O
횡수	0	0	3+3	3+3

4) 조사정점 수

- 3년간 총 2,392개의 정점 조사
- 조사방법 개선을 위한 유역 조사정점

구분	지점	서식처별 3정점 조사				
		여울(3정점)	흐름(3정점)	소(3정점)	수변(3정점)	
12개	본류	5	180	180	180	180
유역	지류	3	108	108	108	108
소계			288	288	288	288

* 12개 유역 x 8지점 x 4개 미소서식처 x 3정점 x 연 1회 = 1,152 정점

- ESB 등급 개선을 위한 조사정점

구분	조사차수	서식처별 3정점 조사			
		여울(3정점)	흐름(3정점)	소(3정점)	수변(3정점)
45지점	1차	135	135	135	135
	2차	135	135	135	135

* 45개 지점 x 4개 미소서식처 x 3정점 x 연 2회 = 1,080 정점

- 조사횟수 개선을 위한 미소서식처 방형구 조사(조종천 상류, 하류; 십이탄천 상류, 하류)

구분	서식처별 3정점 조사			
	여울(3정점)	흐름(3정점)	소(3정점)	수변(3정점)
총 4 지점	40	40	40	40

* 4개 지점 x 4개 미소서식처 x 10정점 = 160 정점

5) 조사방법 표준화를 위한 연구

- 조사지점 선정

본류와 지류, 상류와 하류간의 서식처별 변화를 파악하기 위해 지점 선정 본류에서는 조종천 상류와 하류, 지류에서는 십이탄천 상류와 하류

- 채집방법

가) 조사지점을 유형별로 4개의 미소서식처(여울, 흐름, 소, 수변)로 구분하여 조사하였다.

나) 적정 표본 크기를 파악하기 위하여 D-net (30 cm × 30 cm, mesh size: 1 mm)을 이용하여 미소서식처별로 3회씩 10정점을 반복채집하였으며, 총 40정점을 조사하였다. 채집물은 각 방형구별로 번호를 부여하여 플라스틱 병에 개별적으로 넣어 95% Ethyl

alcohol로 고정한 후 동정하였다.

미소서식처 구분	여울	흐름	소	수변
조사 정점	10	10	10	10
정점당 조사횟수	3	3	3	3

- 데이터의 조합

각 반복 횟수에 대한 데이터 조합은 기존 연구(Kim et al., 2013; Kong and Kim, 2015a; Kong and Kim, 2015b)에서 제시한 방법에 따라 시행하였다. 지점의 10개 방형구별로 종과 개체수 목록을 작성한 후 방형구 횟수에 따라 종별 개체수를 모든 경우의 수를 고려하여 조합하였으며 관련식은 다음과 같다 (식 (1)).

$${}_{10}C_n = \frac{10!}{(10-n)!n!} \quad \text{식(1)}$$

n : cumulated number of sample size

S/S_m 가 조사면적에 따라 와이블 모형의 누적분포함수(식 (2))를 따른다고 가정할 때, 확률밀도함수는 식 (3)이 되며, 유의한 총 종수를 보이는 최대 면적은 식 (4)와 같다.

$$F(z) = \frac{S}{S_m} = 1 - e^{-(z/\lambda)^k} \quad \text{식 (2)}$$

$$f(z) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{z}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{z}{\lambda}\right)^k} \quad \text{식 (3)}$$

$$S_m - 0.5 = S_m \left[1 - e^{-\left(\frac{z_{ma}}{\lambda}\right)^k}\right], z_{ma} = \lambda [\ln(S_m)]^{1/k} \quad \text{식 (4)}$$

S : Number of species, S_m : Maximum number of species, z : Cumulative area,

λ : Constant derived from the sample data set

6) 물환경 평가

- 환경질의 평가와 생태환경 관리기준은 '17년 개선된 ESB 지수를 적용하여 판정

- TESB 및 AESB 지수 산정식

$TESB = \sum_{i=1}^s Q_i$	$AESB = \frac{\sum_{i=1}^s Q_i}{S}$
---------------------------	-------------------------------------

TESB: Total ecological score of benthic macroinvertebrate community

(저서성 대형무척추동물 총생태점수)

AESB: Average ecological score of benthic macroinvertebrate community

(저서성 대형무척추동물 평균생태점수)

s: Total number of species (총 종수)

Q_i: Environmental quality score of *i* species (=1, 2, 3, 4, 5)

(*i* 종에 대한 환경질 점수)

No.	Taxa	Q _i	Saprobity*	
편형동물문(Phylum Platyhelminthes)				
1	<i>Phagocata</i>	산골플라나리아류	4	<i>Os</i>
2	<i>Dugesia</i>	플라나리아속	3	<i>β-m</i>
유선형동물문(Phylum Nematomorpha)				
3	<i>Gordius</i>	연가시속	4	<i>Os</i>
연체동물문(Phylum Mollusca)				
복족강(Class Gastropoda)				
4	Viviparidae	논우렁이과	3	<i>β-m</i>
5	<i>Pomacea</i>	사과우렁이속	3	<i>β-m</i>
6	Bithyniidae	쇠우렁이과	3	<i>β-m</i>
7	<i>Stenothyra</i>	둥근입기수우렁이속	2	<i>a-m</i>
8	<i>Clithon</i>	기수갈고동속	4	<i>Os</i>
9	<i>Semisulcospira gottschei</i>	꽃체다슬기	3	<i>β-m</i>
10	Other Pleuroceridae	다슬기과(기타)	4	<i>Os</i>
11	<i>Austropeplea</i>	애기물달팽이속	2	<i>a-m</i>
12	Other Lymnaeidae	물달팽이과(기타)	3	<i>β-m</i>
13	<i>Physa</i>	원돌이물달팽이속	2	<i>a-m</i>
14	Planorbidae	또아리물달팽이과	2	<i>a-m</i>
15	<i>Laevapex</i>	민물삿갓조개속	3	<i>β-m</i>
16	<i>Oxyloma</i>	뾰족껌물우렁이속	2	<i>a-m</i>
이매패강(Class Bivalvia)				
17	<i>Limnoperna</i>	민물담치속	3	<i>β-m</i>

No.	Taxa		Q_i	Saprobity*
18	<i>Lamprotula coreana</i>	두드럭조개	4	<i>Os</i>
19	Other Unionidae	석패과(기타)	3	β - <i>m</i>
20	Corbiculidae	재첩과	3	β - <i>m</i>
21	<i>Pisidium coreanum</i>	산골조개	5	<i>Xs</i>
22	<i>Sphaerium lacustre</i>	삼각산골조개	3	β - <i>m</i>
환형동물문(Phylum Annelida)				
다모강(Class Polychaeta)				
23	Nereidae	참갯지렁이과	3	β - <i>m</i>
환대강(Class Clitellata)				
24	<i>Chaetogaster</i>	털배물지렁이속	1	<i>Ps</i>
25	<i>Branchiura</i>	아가미지렁이속	1	<i>Ps</i>
26	<i>Limnodrilus</i>	실지렁이속	1	<i>Ps</i>
27	<i>Hirudo</i>	참거머리속	1	<i>Ps</i>
28	Other Clitellata	환대강(기타)	2	<i>a-m</i>
절지동물문(Phylum Arthropoda)				
연갑강(Class Malacostraca)				
29	<i>Gnorimosphaeroma</i>	잔벌레속	4	<i>Os</i>
30	<i>Asellus</i>	물벌레속	2	<i>a-m</i>
31	<i>Gammarus</i>	옆새우속	4	<i>Os</i>
32	<i>Atyidae</i>	새뱅이과	3	β - <i>m</i>
33	<i>Macrobrachium</i>	징거미새우속	2	<i>a-m</i>
34	<i>Palaemon</i>	줄새우속	3	β - <i>m</i>
35	<i>Cambaroides</i>	가재속	5	<i>Xs</i>
36	<i>Eriocheir</i>	참게속	2	<i>a-m</i>
톡토기강(Class Collembola)				
37	Collembola	톡토기목	5	<i>Xs</i>
곤충강(Class Insecta)				
하루살이목(Order Ephemeroptera)				
38	<i>Ameletus</i>	피라미하루살이속	5	<i>Xs</i>
39	<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이	3	β - <i>m</i>
40	<i>Baetis pseudothermicus</i>	나도꼬마하루살이	2	<i>a-m</i>
41	<i>Cloeon</i>	연못하루살이속	2	<i>a-m</i>
42	<i>Labiobaetis</i>	입술하루살이속	3	β - <i>m</i>
43	<i>Isonychia</i>	빛자루하루살이속	5	<i>Xs</i>
44	<i>Bleptus fasciatus</i>	맷시하루살이	5	<i>Xs</i>
45	<i>Cinygmula</i>	봄치너하루살이속	5	<i>Xs</i>
46	<i>Ecdyonurus dracon</i>	참납작하루살이	5	<i>Xs</i>
47	<i>Heptagenia</i>	납작하루살이속	5	<i>Xs</i>
48	<i>Eperous</i>	부채하루살이속	5	<i>Xs</i>
49	<i>Rhithrogena</i>	산납작하루살이속	5	<i>Xs</i>
50	<i>Paraleptophlebia japonica</i>	두갈래하루살이	5	<i>Xs</i>
51	<i>Ephemera separigata</i>	가는무늬하루살이	5	<i>Xs</i>
52	<i>Ephemera strigata</i>	무늬하루살이	5	<i>Xs</i>
53	<i>Cincticostella</i>	민하루살이속	5	<i>Xs</i>
54	<i>Drunella</i>	뿔하루살이속	5	<i>Xs</i>
55	<i>Caenis</i>	등딱지하루살이속	3	β - <i>m</i>

No.	Taxa		Q_i	Saprobity*
56	O t h e r Ephemeroptera	기타 하루살이목	4	Os
잠자리목(Order Odonata)				
57	<i>Paracercion</i>	등줄실잠자리속	2	a-m
58	<i>Ischnura</i>	아시아실잠자리속	2	a-m
59	<i>Copera</i>	자실잠자리속	2	a-m
60	<i>Platycnemis</i>	방울실잠자리속	2	a-m
61	<i>Lestes</i>	청실잠자리속	4	Os
62	<i>Calopteryx atrata</i>	검은물잠자리	3	β -m
63	<i>Calopteryx japonica</i>	물잠자리	4	Os
64	<i>Anisogomphus</i>	마아키측범잠자리속	4	Os
65	<i>Davidius</i>	쇠측범잠자리속	4	Os
66	<i>Shaogomphus</i>	어리측범잠자리속	3	β -m
67	<i>Nihonogomphus</i>	푸른측범잠자리속	4	Os
68	<i>Lamelligomphus</i>	노란측범잠자리속	4	Os
69	<i>Ophiogomphus</i>	측범잠자리속	4	Os
70	<i>Sieboldius</i>	어리장수잠자리속	4	Os
71	<i>Stylurus</i>	호리측범잠자리속	3	β -m
72	<i>Trigomphus</i>	가시측범잠자리속	4	Os
73	<i>Boyeria</i>	개미허리왕잠자리속	5	Xs
74	Other Aeshnidae	왕잠자리과(기타)	3	β -m
75	Cordulegastridae	장수잠자리과	4	Os
76	Corduliidae	청동잠자리과	3	β -m
77	Macromiidae	잔산잠자리과	4	Os
78	<i>Orthetrum</i>	밀잠자리속	2	a-m
79	<i>Sympetrum</i>	좁잠자리속	2	a-m
80	<i>Deidelia</i>	밀잠자리붙이속	3	β -m
강도래목(Order Plecoptera)				
81	Plecoptera	강도래목	5	Xs
노린재목(Order Hemiptera)				
82	<i>Hesperocorixa</i>	물벌레속	2	a-m
83	<i>Micronecta</i>	꼬마물벌레속	2	a-m
84	Aphelocheiridae	물빈대과	3	β -m
풀잠자리목(Order Neuroptera)				
85	Corydalidae	뱀잠자리과	4	Os
딱정벌레목(Order Coleoptera)				
86	<i>Helochares</i>	좁물땡땡이속	2	a-m
87	<i>Laccobius</i>	점물땡땡이속	2	a-m
88	Elmidae	여울벌레과	4	Os
89	Psephenidae	물삿갓벌레과	4	Os
파리목(Order Diptera)				
90	<i>Antocha</i>	명주각다귀속	4	Os
91	<i>Dicranomyia</i>	무늬애기각다귀속	4	Os
92	<i>Dicranota</i>	애기각다귀속	4	Os
93	<i>Hexatoma</i>	검정날개각다귀속	5	Xs
94	<i>Nephrotoma</i>	황나각다귀속	4	Os

No.	Taxa		Q_i	Saprobity*
95	<i>Pedicia</i>	장수각다귀속	5	<i>Xs</i>
96	<i>Tipula</i>	각다귀속	3	β - <i>m</i>
97	Psychodidae	나방파리과	1	<i>Ps</i>
98	Dixidae	별모기과	2	<i>a-m</i>
99	Culicidae	모기과	1	<i>Ps</i>
100	<i>Simulium</i>	먹파리속	4	<i>Os</i>
101	<i>Ceratopogonidae</i>	등에모기과	4	<i>Os</i>
102	<i>Chironomidae</i>	갈따구과	2	<i>a-m</i>
103	Blephariceridae	물뚫모기과	5	<i>Xs</i>
104	Athericidae	개울등에과	5	<i>Xs</i>
105	Stratiomyidae	동애등에과	2	<i>a-m</i>
106	Empididae	춤파리과	4	<i>Os</i>
107	Dolichopodidae	장다리파리과	4	<i>Os</i>
108	<i>Tabanus kinoshitai</i>	여린황등에	4	<i>Os</i>
109	<i>Other Tabanidae</i>	기타 등에과	3	β - <i>m</i>
110	Syrphidae	꽃등에과	1	<i>Ps</i>
111	Ephydridae	물가파리과	1	<i>Ps</i>
112	Muscidae	집파리과	1	<i>Ps</i>
날도래목(Order Trichoptera)				
113	<i>Rhyacophila brevicephala</i>	넓은머리물날도래	4	<i>Os</i>
114	<i>Rhyacophila</i> KUb	물날도래 KUb	4	<i>Os</i>
115	<i>Hydroptila</i>	애날도래속	4	<i>Os</i>
116	<i>Wormaldia</i>	입술날도래속	4	<i>Os</i>
117	<i>Cheumatopsyche</i>	꼬마줄날도래속	4	<i>Os</i>
118	<i>Hydropsyche</i> KD	줄날도래 KD	5	<i>Xs</i>
119	<i>Other Hydropsyche</i>	줄날도래속(기타)	4	<i>Os</i>
120	<i>Macronema radiatum</i>	큰줄날도래	4	<i>Os</i>
121	<i>Ecnomus tenellus</i>	별날도래	3	β - <i>m</i>
122	<i>Psychomyia</i>	통날도래속	4	<i>Os</i>
123	<i>Apatania</i>	애우묵날도래속	4	<i>Os</i>
124	<i>Gumaga</i>	털날도래속	4	<i>Os</i>
125	<i>Molanna moesta</i>	날개날도래	4	<i>Os</i>
126	<i>Ceraclea</i>	나비날도래속	4	<i>Os</i>
127	<i>Mystacides</i>	청나비날도래속	4	<i>Os</i>
128	Other Trichoptera	날도래목(기타)	5	<i>Xs</i>
나비목(Order Lepidoptera)				
129	Crambidae	풀명나방과	2	<i>a-m</i>

* *Xs*: xenosaprobic, *Os*: Oligosaprobic, β -*m*: β -mesosaprobic, *a-m*: α -mesosaprobic, *Ps*: Ploysaprobic

주) 목록에 없는 종은 ESB 산정 시 환경질 점수 2점을 부여하고 AESB 산정 시에는 제외

- 저서성대형무척추동물 환경질점수(environmental quality score, Q_i)

- 전국자연환경조사의 환경상태 등급별 TESB 및 AESB 기준

환경상태	TESB	AESB	특징 및 권고		
			종다양성	수질	지역구분
매우양호	≥ 82	≥ 3.7	매우높음	매우좋음	우선보호수역
양호	≥ 63	≥ 3.1	높음	좋음	보호수역
보통	≥ 35	≥ 2.6	보통	보통	예찰
불량	≥ 15	≥ 2.1	낮음	나쁨	개선수역
매우불량	< 15	< 2.1	매우낮음	매우나쁨	우선개선수역

- ESB 구간에 따른 환경질 및 오수생물계열 평가표

환경상태					특징 및 권고	
등급	ESB	환경상태	지역구분	수질등급	ESB	오수생물계열
A	81 이상	매우양호	최우선보호수역	I	51 이상	빈부수성
B	61-80	양호	우선보호수역			
C	41-60	다소양호	보호수역	II	21-50	β-중부수성
D	26-40	다소불량	개선수역			
E	13-25	불량	우선개선수역	III	9-20	α-중부수성
F	12 이하	매우불량	최우선개선수역	IV-V	8 이하	강부수성

III. 연구 결과

1. 조사결과

가. 미소서식처별 저서성 대형무척추동물의 상대출현빈도

전체 유형 조사지점에 대해서 미소서식처별 여울(Riffle), 흐름(Run), 소(pool), 수변(Riparian)의 저서성 대형무척추동물의 상대출현빈도 분석 결과를 통해 다음과 같은 미소서식처별 특이종을 선정하였다. 여울에서는 *Epeorus pellucidus*(77.9), *Simulium sp.*(76.4), *Ecdyonurus kibunensis*(63.6)가 높은 비율로 출현하였다(표 6). 흐름에서는 *Ecdyonurus kibunensis*(57.2), *Epeorus pellucidus*(50.3)가 높은 비율로 출현하였다. *Epeorus nipponicus*(35.7),

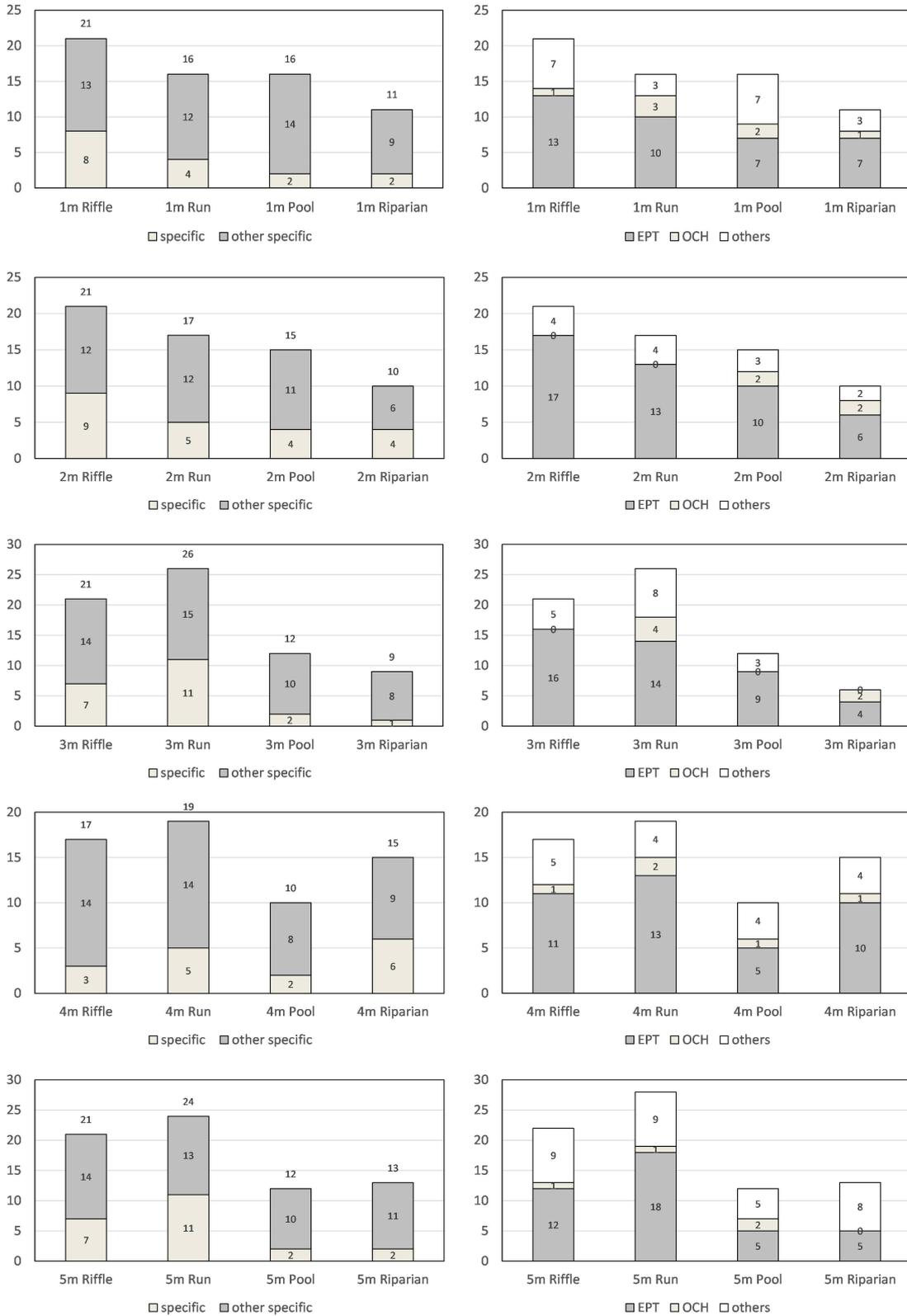
Cincticostella levanidovae(30.0)는 여울에서만 출현하였고, 흐름에서만 출현한 생물은 없었다. 여울과 흐름의 조사를 비교한 결과 일부 종들은 양쪽에서 높은 출현빈도를 보였으며, 출현종이 비슷하게 나타나 여울과 흐름의 미소서식처의 구분을 명확하게 구분짓기는 어려웠다. 소에서는 Ecdyonurus levis(40.0), Ecdyonurus kibunensis(57.2)가 높은 비율로 출현 하였다. 수변에서는 Labiobaetis atrebatinus(56.6), Davidius lunatus(36.3), Lepidostoma KUa(31.9)가 높은 비율로 출현하였다. 여울에서는 총 197종, 흐름에서는 193종, 소에서는 208종, 수변에서는 203종이 출현하였다. 일반적으로 여울에서 많은 종이 출현한다고 알려진 것에 반해 소와 수변부에서 더 많은 종이 출현한 것으로 보아 소와 수변부에 서식하는 식생들이 복잡 다양한 서식처를 제공하는 것에 따른 결과로 보인다. 일부 높은 상대 출현빈도로 출현했음에도 제외된 Chironomidae sp.(non-red)는 전체 미소서식처에서 높은 비율로 출현하였으나 현재 Chironomidae의 종 동정이 세분화되지 않아 높게 나타났으며, Baetis fuscatus, Limnodrilus gotoi, Dugesia sp., Semisulcospira libertina는 모든 미소서식처에 높은 비율로 출현하여 변별력이 낮아 제외하였다. 그 밖의 높은 비율로 출현하였지만 제외된 일부 종들은 일반적으로 알려진 것과 상이한 결과로 잠정적 보류 하였으며, 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

<표 6> 전체 하천유형 조사지점에 대한 미소서식처별 미소서식처별 특이종

Riffle (총 종수=197)		Run (총 종수=193)		Pool (총 종수=208)		Riparian (총 종수=203)	
학명	상대출현 빈도	학명	상대출현 빈도	학명	상대출현 빈도	학명	상대출현 빈도
Chironomidae sp.(non-red)	91.4	Chironomidae sp.(non-red)	95.2	Chironomidae sp.(non-red)	95.2	Chironomidae sp.(non-red)	85.8
Baetis fuscatus	80.0	Baetis fuscatus	71.0	Limnodrilus gotoi	64.8	Baetis fuscatus	69.0
Epeorus pellucidus	77.9	Limnodrilus gotoi	67.6	Baetis fuscatus	47.6	Semisulcospira libertina	57.5
Simulium sp.	76.4	Dugesia sp.	61.4	Semisulcospira libertina	46.9	Labiobaetis atrebatinus	56.6
Dugesia sp.	70.0	Ecdyonurus kibunensis	57.2	Dugesia sp.	42.8	Limnodrilus gotoi	47.8
Ecdyonurus kibunensis	63.6	Epeorus pellucidus	50.3	Ecdyonurus levis	40.0	Davidius lunatus	36.3
Teloganopsis punctisetae	61.4	Ecdyonurus levis	46.2	Ecdyonurus kibunensis	35.9	Dugesia sp.	35.4
Baetiella tuberculata	60.7	Semisulcospira libertina	44.1	Ephemera orientalis	35.2	Ecdyonurus kibunensis	34.5
Limnodrilus gotoi	57.1	Choroterpes (Euthraulus) altioculus	42.1	Ephemera strigata	32.4	Lepidostoma KUa	31.9
Hydropsyche kozhantschikovi	55.7	Teloganopsis punctisetae	41.4	Procloeon pennulatum	29.7	Ephemera strigata	31.9
Baetis ursinus	54.3	Antocha KUa	37.9	Choroterpes (Euthraulus) altioculus	27.6	Semisulcospira forticosta	31.0
Cheumatopsyche brevilineata	52.9	Ephemera orientalis	34.5	Davidius lunatus	27.6	Procloeon pennulatum	28.3
Rhyacophila nigrocephala	45.7	Simulium sp.	33.8	Chironomidae sp.(red type)	25.5	Lepidostoma KUa	28.3
Nigrobaetis bacillus	42.9	Baetiella tuberculata	33.1	Semisulcospira forticosta	24.8	Ephemera orientalis	25.7
Semisulcospira libertina	40.0	Hydropsyche kozhantschikovi	33.1	Ecdyonurus joenensis	22.8	Serratella setigera	25.7
Antocha KUa	40.0	Ephemera strigata	31.7	Ecdyonurus bajkovae	17.9	Calopteryx japonica	24.8
Serratella setigera	37.1	Baetis ursinus	31.7	Mystacides KUa	17.9	Ecdyonurus levis	23.9
Choroterpes (Euthraulus) altioculus	35.7	Rhyacophila nigrocephala	31.0	Serratella setigera	17.2	Nothopsyche KUa	23.0
Epeorus nipponicus	35.7	Cheumatopsyche brevilineata	30.3	Potamanthus formosus	16.6	Teloganopsis punctisetae	22.1
Cincticostella levanidovae	30.0	Serratella setigera	29.7	Sieboldius albardae	15.9	Asellus sp.	22.1

나. 본류 및 지류의 서식처별 출현 종수

조종천 본류(main stream) 5개 지점에서 출현한 미소서식처별 출현종수 및 상위분류군별 출현종수를 서식처별특이종(specific)과 비특이종(other specific)으로 구분하였다(그림 2). 대체로 상류에서는 여울과 흐름에서 총 종수를 비롯한 서식처별 특이종이 높게 나타났으며, 소와 수변에서는 낮게 나타났다. 중·하류부터는 흐름 특이종의 비율이 높았으며, 수변의 비율도 높아졌다. 상류에서는 미소서식처 중에서 여울의 비율이 높게 나타나 여울의 종수 및 특이종의 출현도가 높은 것으로 판단된다. 반면에 중·하류부터는 여울보다는 흐름에 해당하는 서식처의 비율이 높아짐에 따라 여울이 감소하고 흐름에 해당하는 종의 비율이 높게 출현한 것으로 보인다. 또한 빠른 유속을 선호하고 환경변화에 민감하게 반응하는 분류군으로 대표되는 하루살이목·강도래목·날도래목(Ephemeroptera·Plecoptera·Trichoptera, 이하 EPT)은 일반적으로 여울, 흐름, 소, 식생 순으로 감소하는 경향을 보였다. 느린유속을 선호하는 잠자리목, 딱정벌레목, 노린재목(Odonata, Coleoptera, Hemiptera, 이하 OCH)은 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 하지만 지류에서는 본류와 달리 특별한 경향이 나타나지 않았는데 지류는 본류와 달리 서식처가 협소하여 미소서식처 간의 구분이 명확하지 않아 서식처별 출현종이 상대적으로 많이 겹치는 것으로 나타났다(그림 3). 또한 일부 수변부 출현도의 차이는 해당 조사점의 식생유무와 밀도 등의 차이로 판단되나 추가적인 조사 결과를 포함하여 판단해야 할 것으로 보인다.



미소서식처별 특이종

상위분류군별 출현종수

그림 2. 조종천 본류의 미소서식처별 및 상위분류군별 출현종수

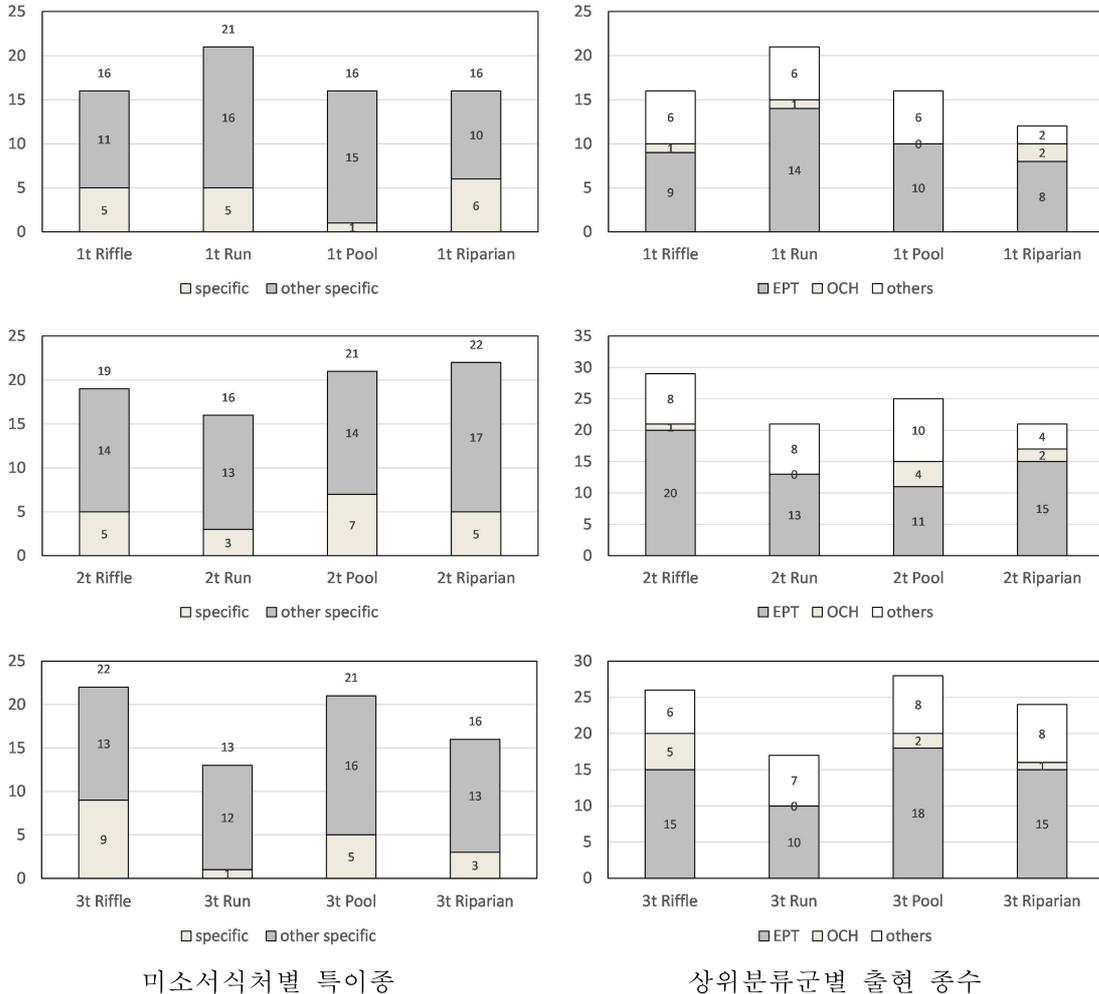


그림 3. 조종천 지류의 미소서식처별 및 상위분류군별 출현종수

다. 규모별 서식처의 집단화 분석(clustering) 분석

1) 분류 서식처

분류 지점의 최상류에 해당하는 1번 지점에서부터 최하류 5번 지점까지 종의 출현 유무를 이용하여 Jacard 거리측정법과 Ward's Group 연결법을 이용한 집단화(clustering) 분석 하였다. 상류에 해당하는 1번, 2번 지점의 여울, 흐름, 소가 하나의 그룹으로 나타났고 수변과 분리되는 결과를 보였다(그림 4). 해당지점의 중류에 해당하는 3번 지점부터 최하류인 5번 지점까지는 여울과 흐름이 하나의 그룹으로, 소와 수변이 다른 그룹으로 구분되었다. 1번과 2번 지점의 결과가 중하류(3~5번지점)의 결과와 다르게 나타난 이유는 본 조

사지점의 상류는 수폭과 하폭이 매우 좁아서 채집시에 4개의 서식처를 구분하여 실시하는데 어려움이 있었으며, 수폭과 하폭이 넓었던 중·하류에 비해 서식처가 명확하게 구분되기 힘들었다. 이로 인해서 수변부를 제외한 여울, 흐름, 소의 조사결과가 비슷하게 나타난 것으로 판단된다. 반면에 하폭이 넓어진 중·하류부터는 서식처의 구분이 뚜렷하게 구분되어져 유속이 있는 여울과 흐름이 하나의 그룹으로 유속이 없는 소와 수변이 다른 그룹으로 묶인 것으로 판단된다.

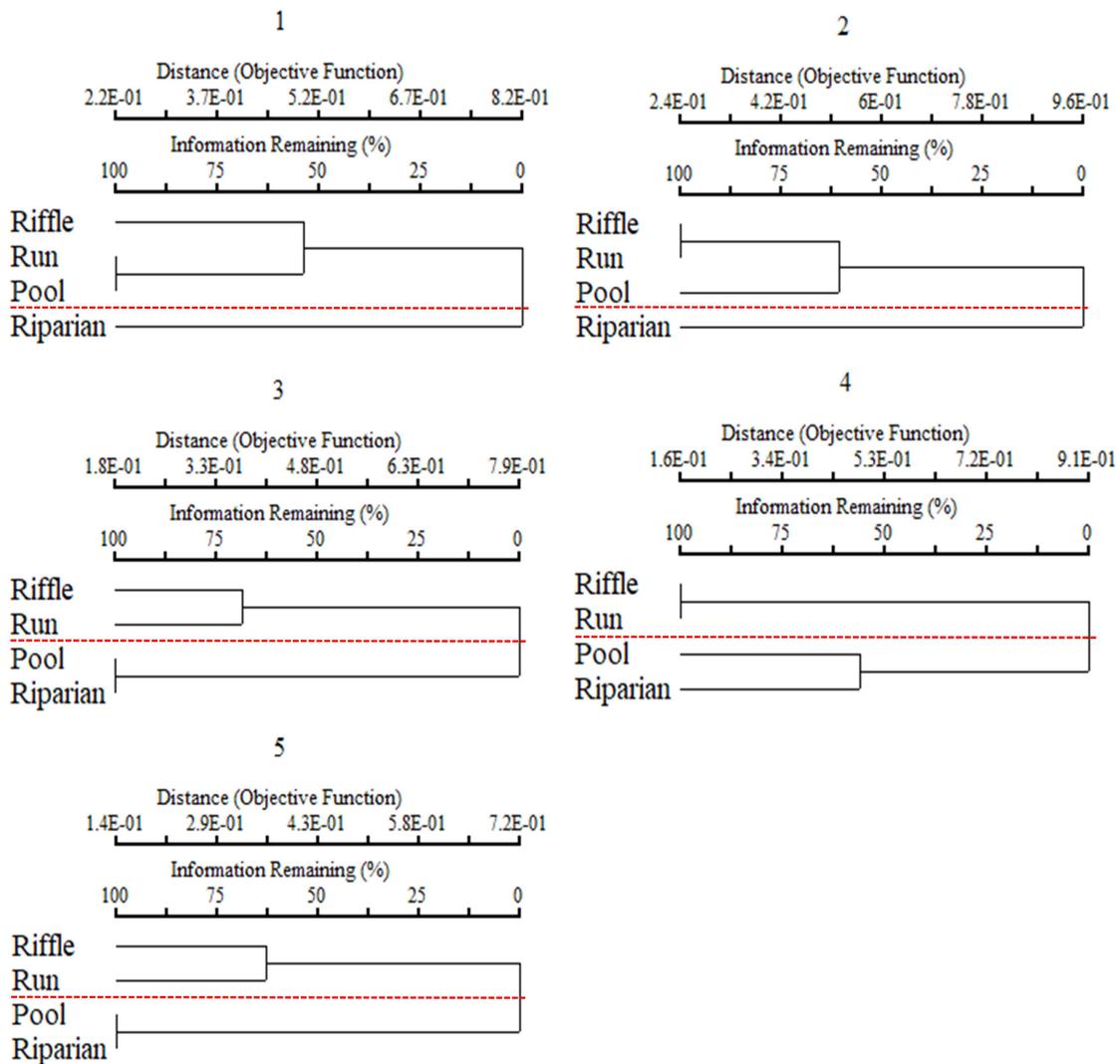


그림 4. 한강 조종천상류 본류 5지점의 서식처별 텐드로그램

2) 지류 서식처

지류 조사지점의 최상류에 해당하는 1-1번 지점에서부터 최하류 1-3번 지점까지 종의 출현 유무를 이용하여 분석한 결과 상류에 해당하는 1-1번, 1-2번, 1-3번 지점 모두 상이한 결과를 보였다(그림 5). 해당 지점은 지류로서 본류에 비해 수폭과 하폭이 매우 좁아서 채집시에 4개의 서식처를 구분하여 조사 하는데 어려움이 있었다. 최상류 1-1번 지점은 여울을 제외한 나머지 서식처가 하나의 그룹으로 나타났지만, 1-2번 지점에서는 오히려 여울과 수변이 하나의 그룹으로, 1-3번 지점에서는 여울과 소가 하나의 그룹으로 구분 되어 졌다.

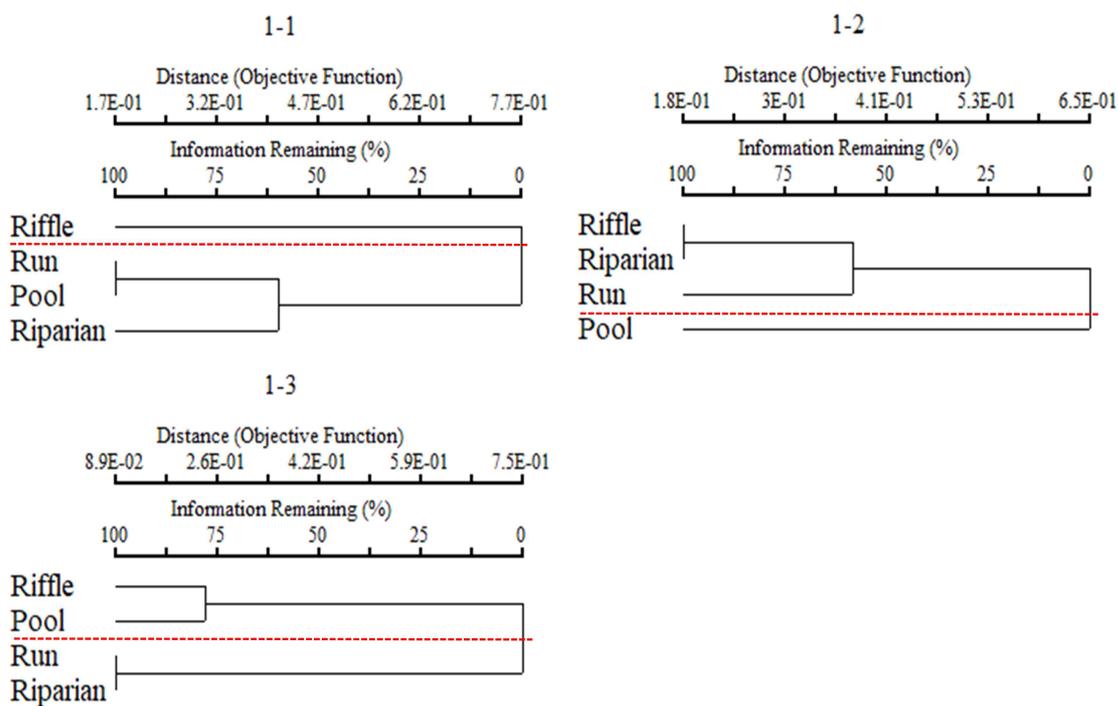


그림 5. 한강 조종천상류 지류 3지점의 서식처별 덴드로그램

라. 규모별 지점간의 집단화 분석(clustering) 분석

1) 분류

가) 대규모

대규모 분류 지점의 최상류에서 최하류까지 5등분으로 구분하여 최상류에 해당하는 1번 지점에서부터 중류 3번, 최하류 5번 지점까지 종의 출현 유무를 이용하여 Jacard 거리측정법과 Ward's Group 연결법을 이용한 집단화(clustering) 분석하였다. 대규모 분류에서는 상류와 중·하류로 구분되었으며,

상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다(그림 6).

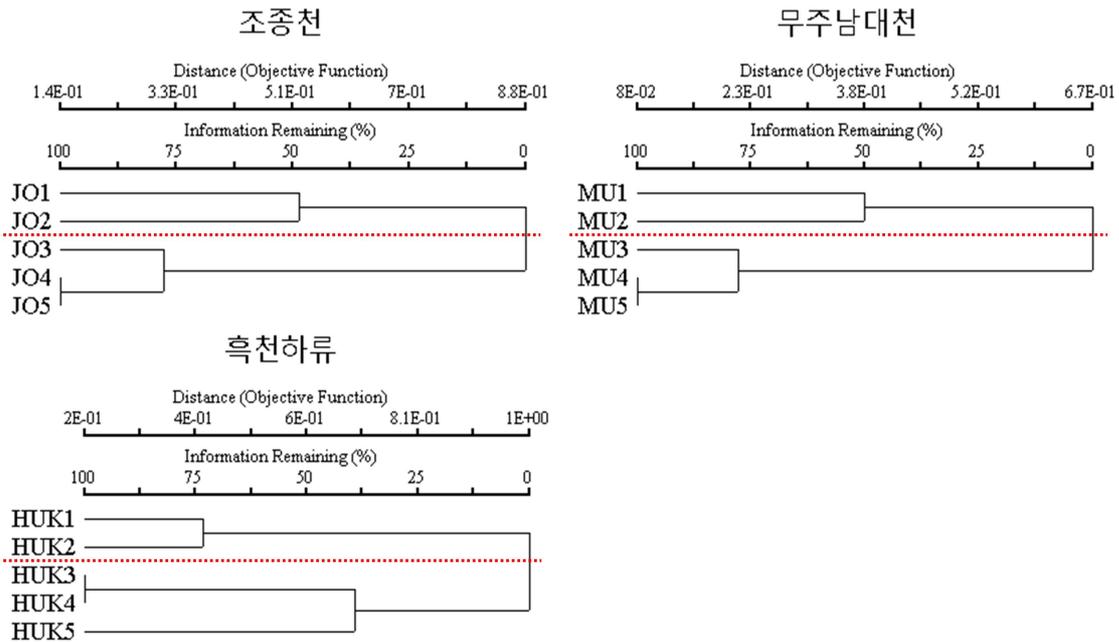


그림 6. 본류 대규모 지점별 유사도

나) 중규모

중규모 본류에서는 대부분 상류와 중·하류로 구분되었으며, 상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다(그림 7).

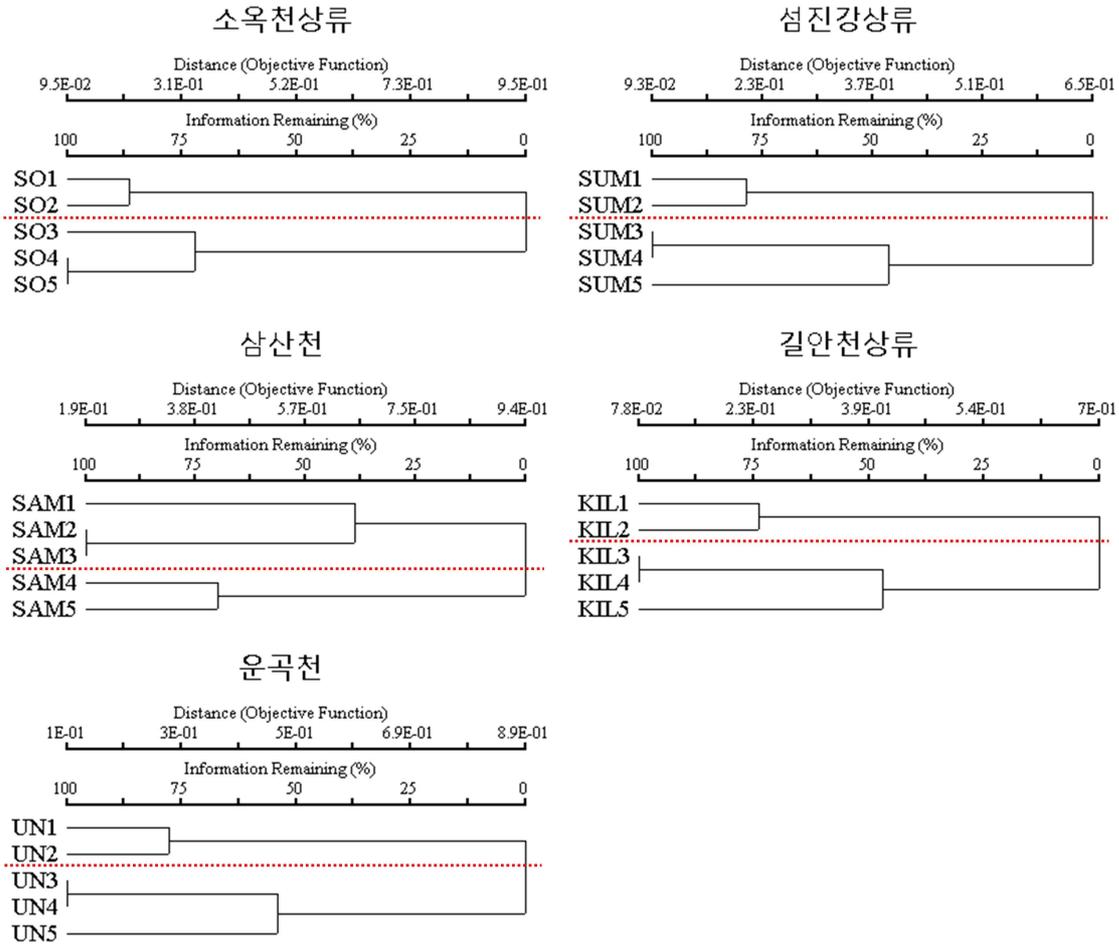


그림 7. 본류 중규모 지점별 유사도

다) 소규모

소규모 본류에서는 대체로 상류와 중·하류로 구분되었으나, 일부지점에서는 상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다(그림 8). 조사지점 간의 거리가 먼 대규모, 중규모의 하천과 달리 상대적으로 거리가 짧은 소규모에서는 상·하류에 서식하는 생물군이 유사하게 나타났으며, 보정천중류는 상·하류와는 상이한 미소서식처로 인해 서식하는 생물군이 달랐다.

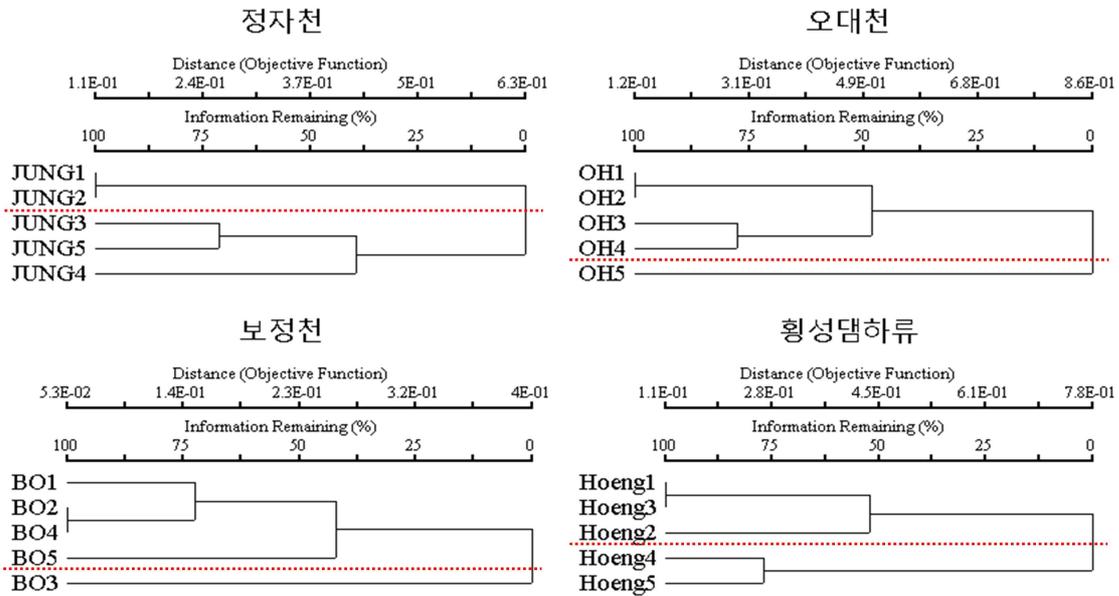


그림 8. 본류 소규모 지점별 유사도

2) 지류

가) 대규모

대규모 지류 지점의 최상류에서 최하류까지 3등분으로 구분하여 최상류에 해당하는 1번 지점에서부터 중류 2번, 최하류 3번 지점까지 종의 출현 유무를 이용하여 Jacard 거리측정법과 Ward's Group 연결법을 이용한 집단화 (clustering) 분석하였다. 대규모 지류에서는 상·중류와 하류로 구분되었으며, 상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다(그림 9).

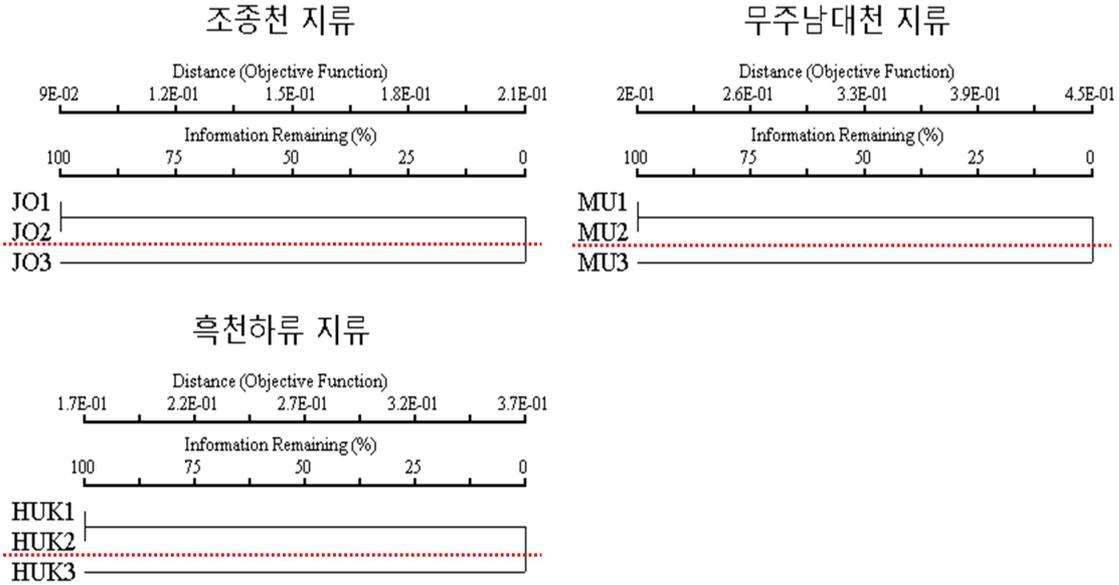


그림 9. 지류 대규모 지점별 유사도

나) 중규모

중규모 지류에서는 대부분 상류와 상·중류와 하류로 구분되었으며, 상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 일부 지점에서는 상류와 하류의 유사도가 높았는데 이는 하류에서 여울을 선호하는 생물의 높은 출현도에 따른 결과이다(그림 10).

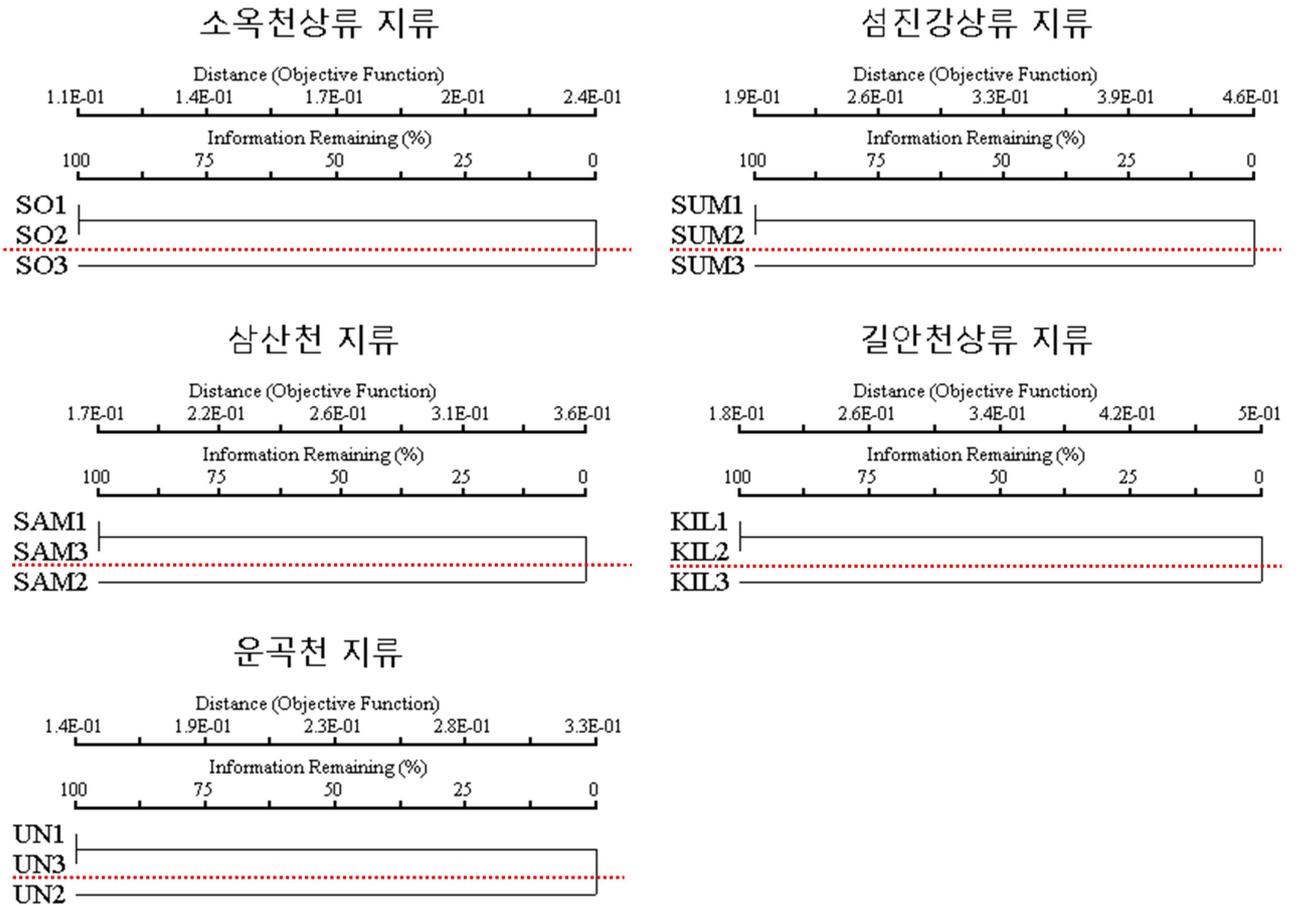


그림 10. 지류 중규모 지점별 유사도

다) 소규모

소규모 지류에서는 대부분 상류와 상·중류와 하류로 구분되었으며, 상류와 하류에 서식하는 생물군의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 일부 지점에서는 상류와 하류의 유사도가 높았는데 이는 하류에서 여울을 선호하는 생물의 높은 출현도에 따른 결과이다(그림 11).

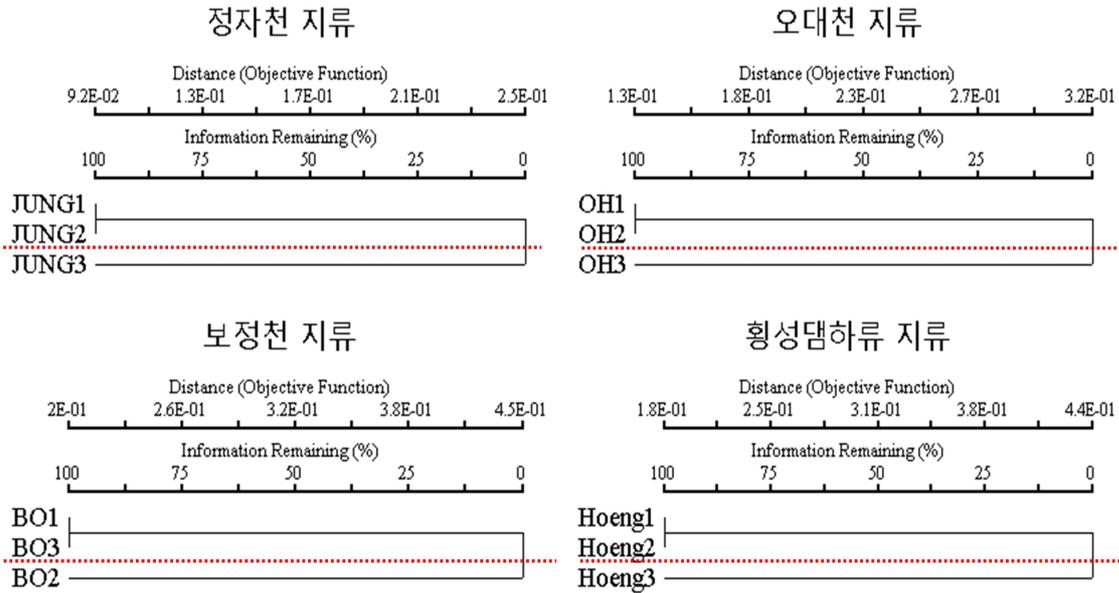


그림 11. 지류 소규모 지점별 유사도

마. 미소서식처별 최적 조사 횟수(종수)

본류의 조종천 상·하류와 지류의 십이탄천 상·하류를 미소서식처별로 각 10정점을 조사한 종수 결과를 와이블함수를 적용하여 조사시 필요한 정점 수를 추정하였으며 10회이상에 해당하는 미소서식처는 평균값에서 제외하였다(그림 12). 본류에서는 조종천상류 여울 1.2정점, 흐름 9.2정점, 소 10이상, 수변 2.0정점으로 평균 4.1회의 정점으로 추정되었고, 조종천 하류 여울 6.4정점, 흐름 2.0정점, 소 2.7정점, 수변 3.8정점으로 평균 3.7회의 정점으로 추정되었다. 지류에서는 십이탄천 상류 여울 10이상, 흐름 1.4정점, 소 2.3정점, 수변 1.7정점으로, 평균 1.8회의 정점으로 추정되었고, 십이탄천 하류 여울 10이상, 흐름 1.3정점, 소 3.0정점, 수변 1.8정점으로, 평균 2.0회의 정점으로 추정되었다. 조종천 상류에서는 흐름과 소, 조종천 하류에서는 여울에서 많은 조사 정점수가 필요했으며, 십이탄천 상·하류에서는 여울에서 10회 이상의 많은 조사 정점수가 필요하다는 결과값이 추정되어 미소서식처별 균등한 조사 평가를 위해서는 조사 정점수의 선정이 필요해보인다. 전체 조사지점에서 10회이상에 해당하는 미소서식처는 평균값에서 제외하였을 경우 평균적으로 2.9정점으로 추정되었으며, 최소 3정점을 조사했을 때 해당 지점의 출현종를 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

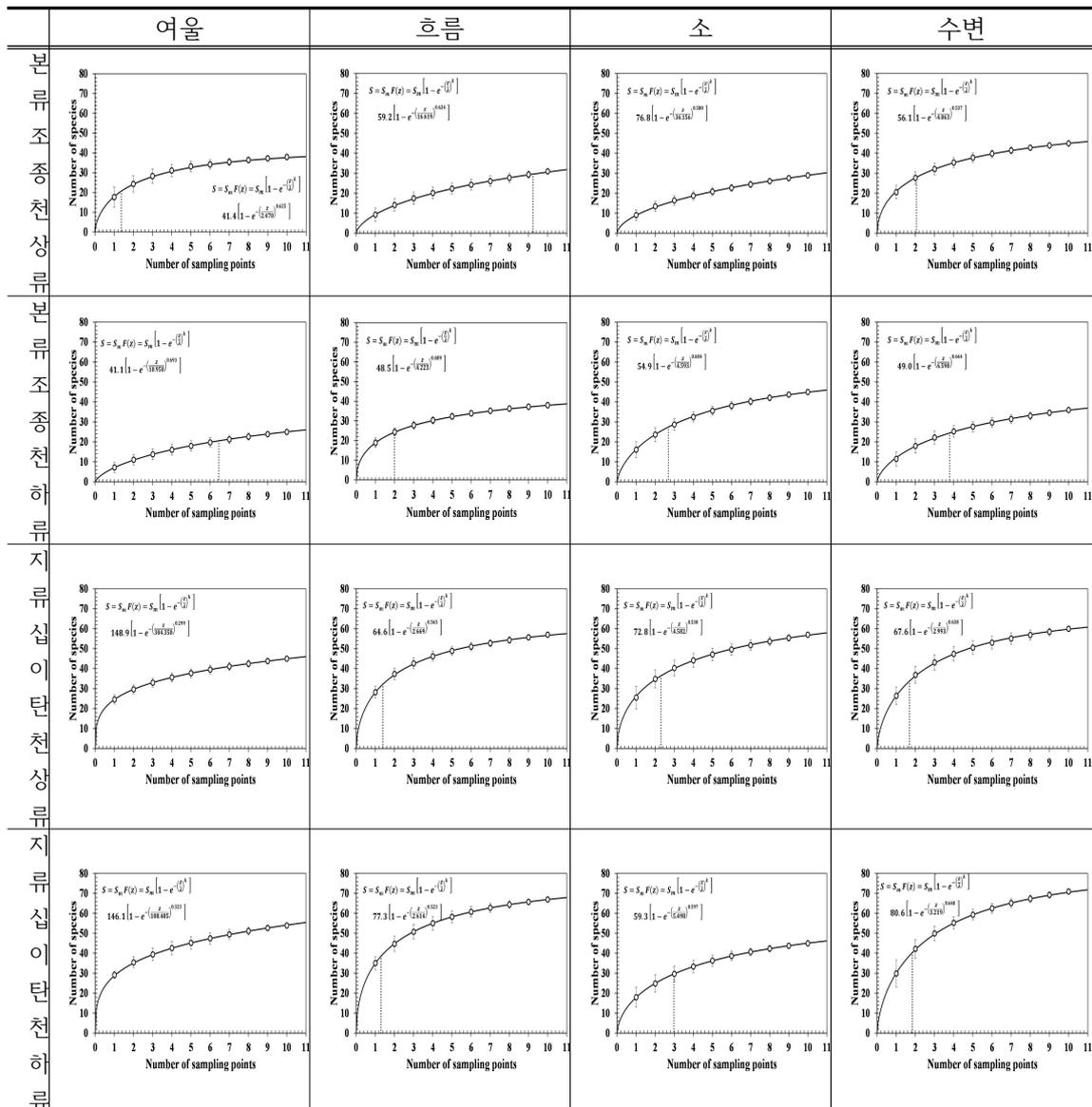


그림 12. 와이블함수를 이용한 미소서식처별 적정 조사횟수설정(종수) 방형구조사

바. 미소서식처별 최적 조사 횟수(TESB score)

본류의 조종천 상,하류와 지류의 십이탄천 상하류를 미소서식처별로 각 10정점을 조사한 결과를 와이블함수를 적용하여 TESB 값을 추정하였다(그림 13). 본류에서는 조종천상류 여울 1.3정점, 흐름 4.2정점, 소 6.0정점, 수변 2.0정점으로 평균 3.4회의 정점으로 추정되었고, 조종천하류 여울 8.0정점, 흐름 1.2정점, 소 2.2정점, 수변 3.8정점으로 평균 3.4정점으로 추정되었다. 지류에서는 십이탄천상류 여울 2.2정점, 흐름 1.1정점, 소 1.5정점, 수변 1.3정점으로

평균 1.5회의 정점으로 추정되었고, 십이탄천하류 여울 2.4정점, 흐름 1.1정점, 소 2.0정점 이상, 수변 1.5정점으로 평균 1.8회의 정점으로 추정되었으며, 전체 조사지점에서 평균적으로 2.5정점으로 추정되었다. 1차 조사결과 일부 지점 특히 조종천 상류에서는 흐름 4.2정점, 소 6.0정점, 조종천 하류 여울 8.0정점으로 높게 추정되었으나 실제 3~4정점을 조사했을 경우 기존 TESB의 A등급에 해당하는 82점 이상의 결과로 1차 조사결과 평균 3정점을 조사했을 때 해당 지점의 TESB를 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단되었다. 최종적으로 새로운 TESB를 기준으로 조사정점을 추정한 결과 새로운 기준인 class A에 해당하는 120점(그래프 내의 붉은선)에 도달하려면 본류에서는 조종천상류 여울 3.2정점, 흐름 9정점이상, 소 9정점이상, 수변 2.6정점으로 평균 2.9정점으로 추정되었고(9정점이상은 제외), 조종천하류 여울 9정점이상, 흐름 4.2정점, 소 4.8정점, 수변 9정점이상으로 평균 4.5정점으로 추정되었으며(9정점이상은 제외), 본류전체평균 3.7 지점으로 추정되었다. 지류에서는 십이탄천상류 여울 3.0정점, 흐름 1.0정점, 소 1.5정점, 수변 1.3정점으로 평균 1.7정점으로 추정되었고, 십이탄천하류 여울 1.0정점, 흐름 0.8정점, 소 3.6정점 이상, 수변 1.2정점으로 평균 1.7정점으로 추정되었으며, 지류전체평균 1.7정점으로 추정되었다. 본류 조사지점은 평균 3.7정점, 지류 조사지점은 평균 1.7정점으로 추정되어 평균 3정점을 조사했을 때 본류와 지류, 상류와 하류에 해당하는 지점의 TESB를 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단되었다.

사. 규모별 조사지점 수 설정

1) 대규모

와이블함수를 적용하여 대규모 지점에 해당하는 무주남대천, 조종천상류, 흑천류의 본류와 지류에서 출현한 생물의 종수를 이용하여 조사지점 수를 추정하였다(그림 14). 본류에서는 무주남대천상류 2.9지점, 조종천상류 2.5지점, 흑천하류에서는 1.7지점으로 평균값이 2.4지점이었다. 따라서 최소 3지점 이상 조사하는 것이 해당 본류하천에서 서식하는 대부분의 생물군을 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 지류에서는 무주남대천상류 3.2지점, 조종천상류 1.5지점, 흑천하류에서는 3지점이상으로 평균값이 2.5지점이었다. 따라서 최소

2지점 이상 조사하는 것이 해당 지류하천을 서식하는 생물군을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 중규모

와이블함수를 적용하여 중규모 지점에 해당하는 삼산천, 길안천상류, 운곡천, 소옥천상류, 섬진강상류의 본류와 지류에서 출현한 생물의 종수를 이용하여 조사지점 수를 추정하였다(그림 15). 본류에서는 삼산천 4.1지점, 길안천상류 2.3지점, 운곡천 5.0이상, 소옥천상류 1.3지점, 섬진강상류에서는 1.5지점으로 평균값이 2.8지점이었다. 따라서 최소 3지점 이상 조사하는 것이 해당 본류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 지류에서는 삼산천 1.2지점, 길안천상류 1.3지점, 운곡천 3이상, 소옥천상류 1.8지점, 섬진강상류에서는 1.4지점으로 평균값이 1.7지점이었다. 따라서 2지점 이상 조사하는 것이 해당 지류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 소규모

와이블함수를 적용하여 소규모 지점에 해당하는 오대천상류, 횡성댐하류, 정자천, 보정천중류의 본류와 지류에서 출현한 생물의 종수를 이용하여 조사지점 수를 추정하였다(그림 16). 본류에서는 오대천상류 2.0지점, 횡성댐하류 1.8지점, 정자천 1.6지점, 보정천중류에서는 1.1지점으로 평균값이 1.6지점이었다. 따라서 최소 2지점 이상 조사하는 것이 해당 본류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 지류에서는 오대천상류 2.4지점, 횡성댐하류 1.2지점, 정자천 1.0지점, 보정천중류에서는 1.4지점으로 평균값이 1.5지점이었다. 따라서 2지점 이상 조사하는 것이 해당 지류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

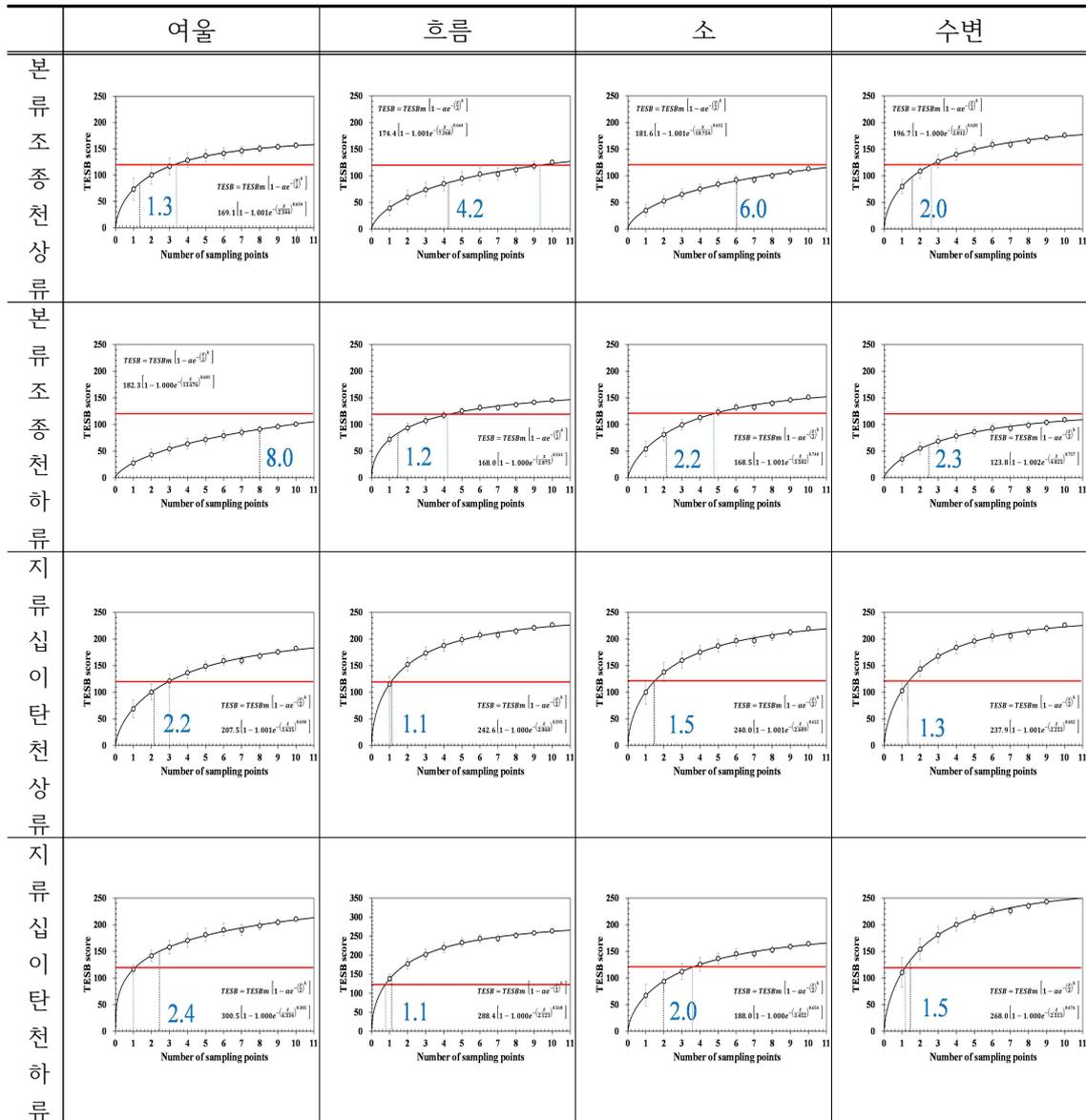


그림 13. 와이블함수를 이용한 미소서식처별 적정 조사횟수설정 (TESB score) 방향구조사

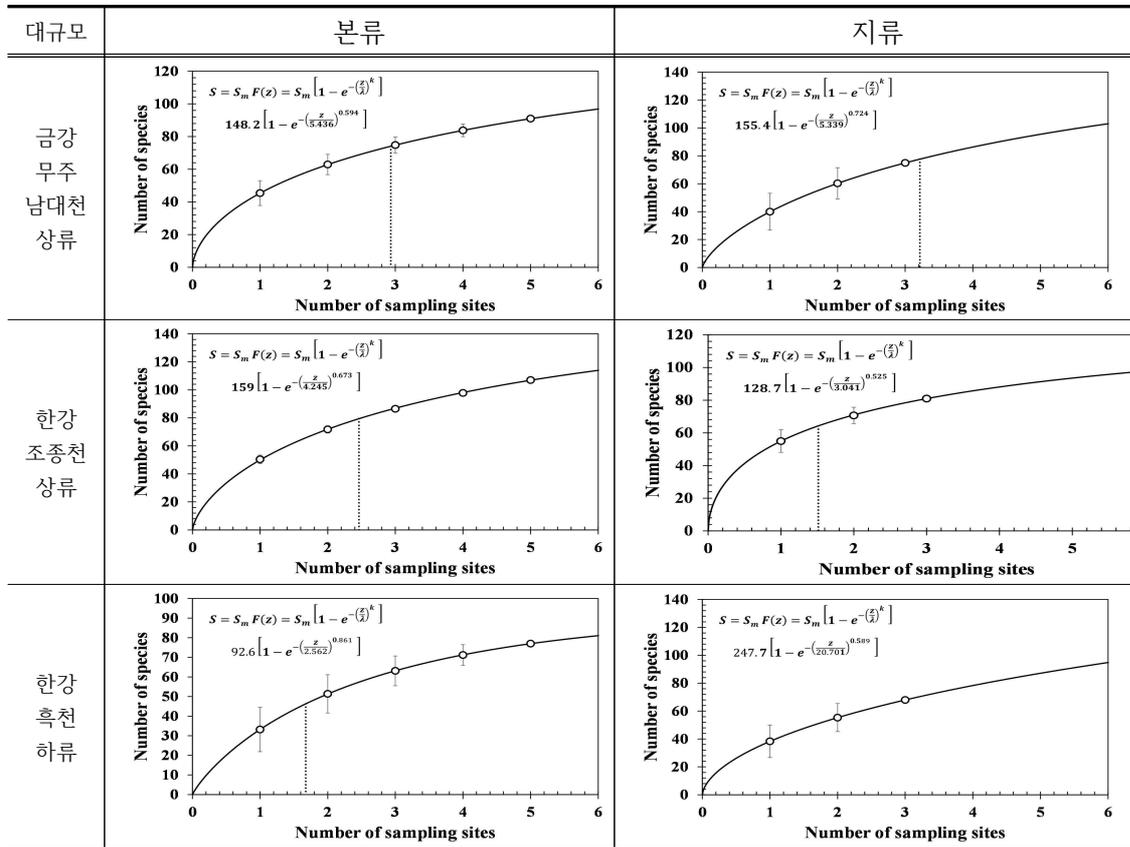


그림 14. 와이블함수를 이용한 대규모 지점의 적정 조사지점 수 설정(종수)

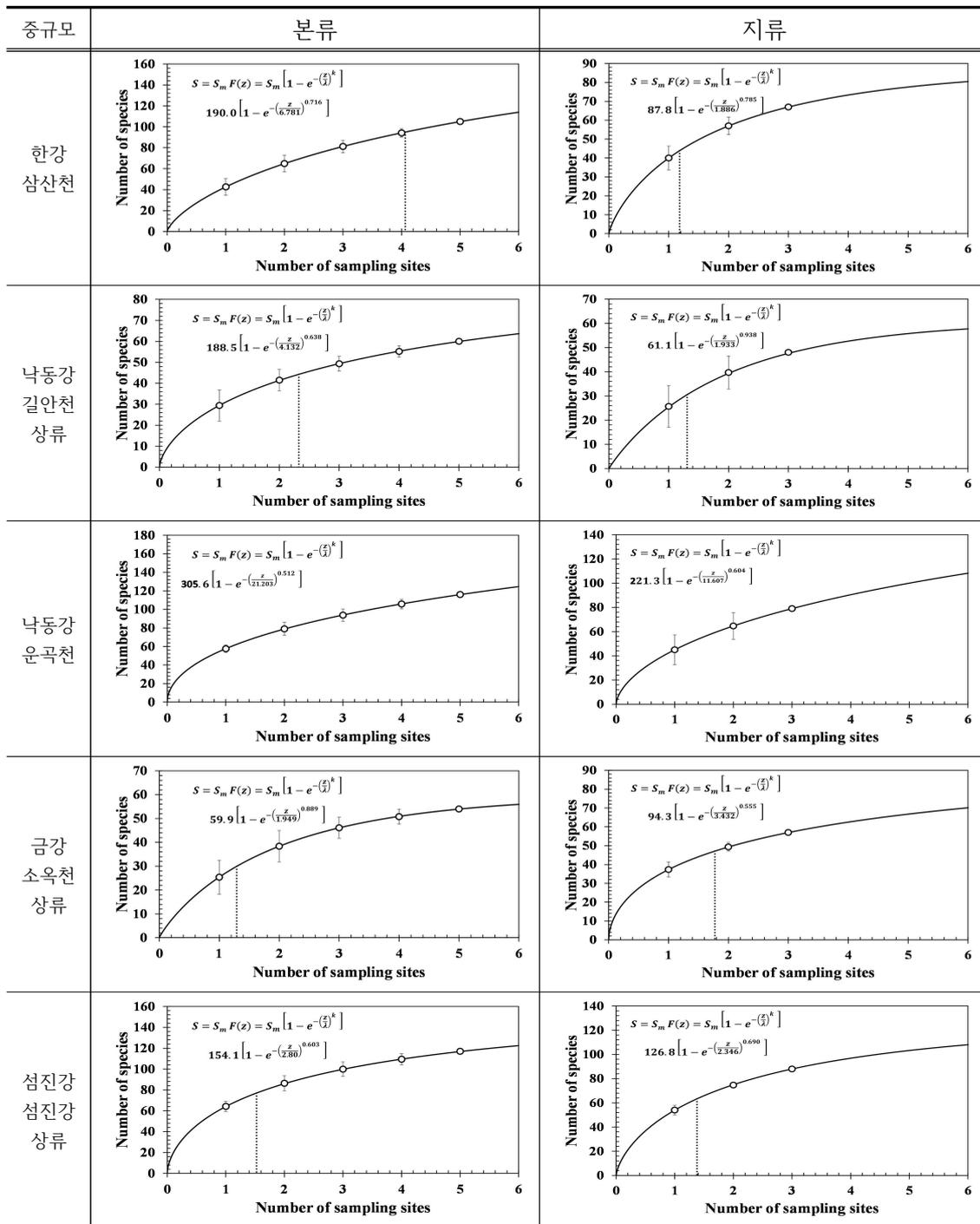


그림 15. 와이블함수를 이용한 중규모 지점의 적정 조사지점 수 설정(종수)

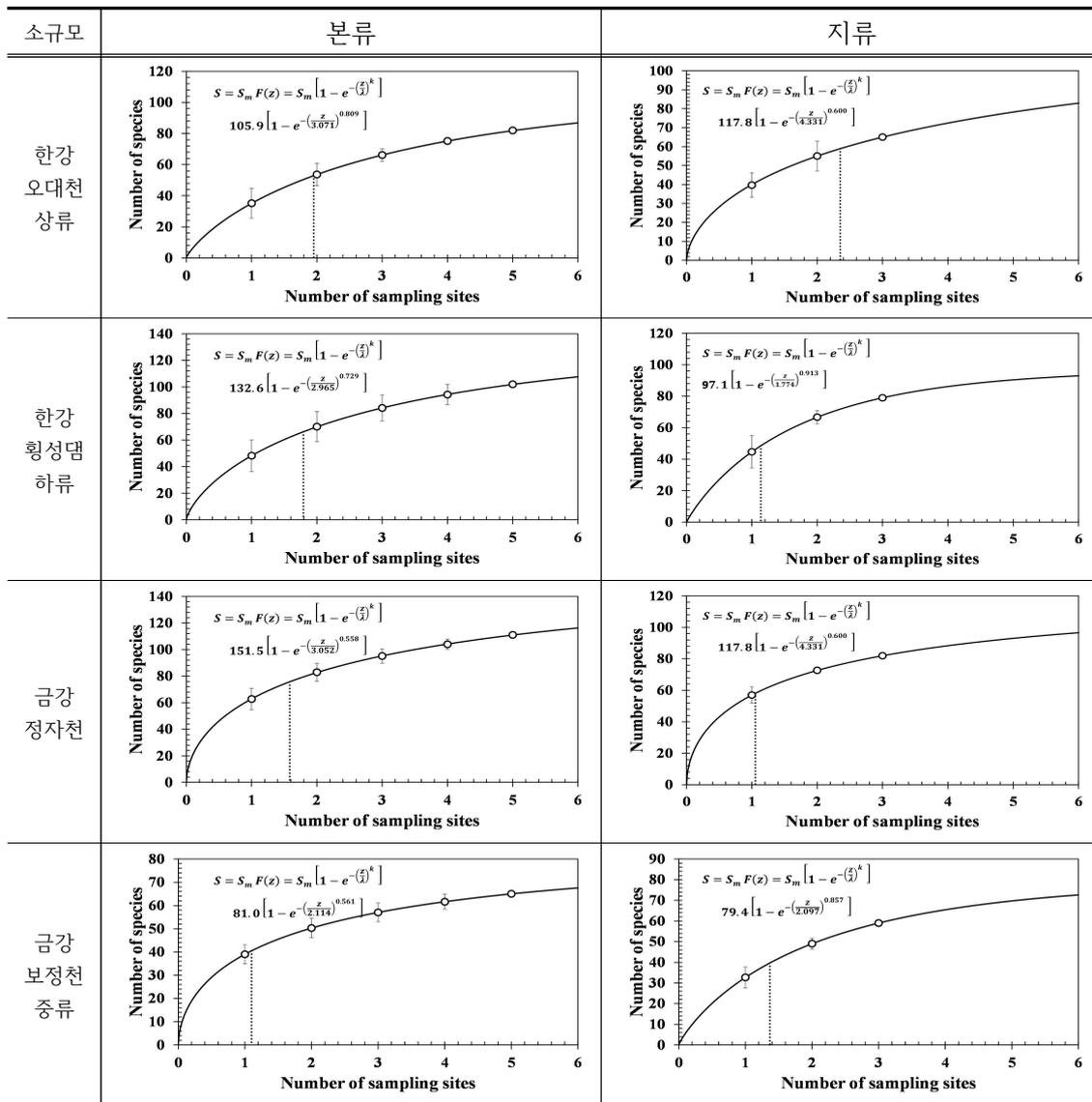


그림 16. 와이블함수를 이용한 소규모 지점의 적정 조사지점 수 설정(종수)

아. 규모에 따른 조사지점의 조합별 종수

- 대규모에 해당하는 조종천상류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 107종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 97종이었다(그림 17). 3개 지점 조합 결과 85~87종, 2개 지점 조합결과 70~75종이었다. 조종천상류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 81종이 출현했으며, 2개 지점 결과 66~76종이었다. 흑천하류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 77종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 62종이었다. 3개 지점 조합 결과 54~71종이었으며, 2개 지점 조합 결과 40~49종이었다. 흑천하류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 68종이 출현했으

며, 2개 지점 결과 45~65종이었다. 무주남대천 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 91종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 84종이었다. 3개 지점 조합 결과 68~80종이었으며, 2개 지점 조합 결과 65~75종이었다. 무주남대천 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 75종이 출현했으며, 2개 지점 결과 48~70종이었다. 본류와 지류 모두 지점별 조합의 결과로 보아 조사 지점수가 누적될수록 종수 역시 증가하는 것으로 나타났으며, 조합의 차이에 따라 종수의 차이가 크게 나타났다. 본류에서 각 지점별 변동은 있었지만 상류에 해당하는 1,2,3조합, 중류에 해당하는 2,3,4조합, 하류에 해당하는 3,4,5조합처럼 연속적으로 이어진 조합보다는 1,2,4, 1,3,5, 2,3,5조합처럼 상류, 중류, 하류가 일부 포함된 조합이 출현 종수가 높았다. 그 중에서도 1,2,4, 2,3,5조합 보다는 1,3,5조합법이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적어 가장 합리적으로 판단된다. 지류에서는 각 지점의 출현종이 적었으나 조합 후 총종수가 높게 증가한 것으로 보아 각 지점별 출현종이 상이한 것으로 판단된다. 본 조사에서는 하류에 해당하는 지점을 포함한 조합이 총 종수와 평균 종수 모두 가장 높게 나타났으며, 1,3조합이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적었다.

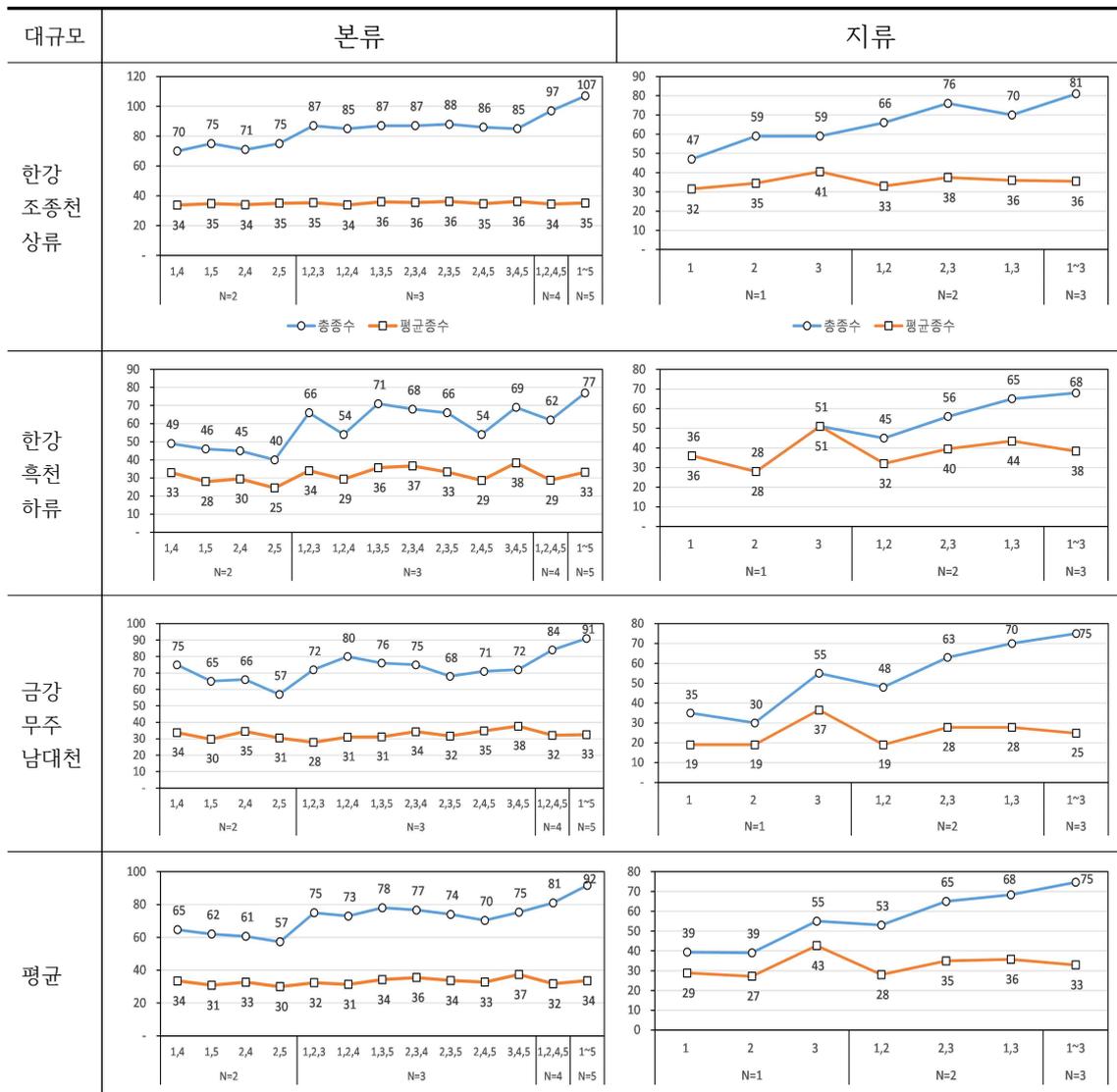


그림 17. 대규모 분류와 지류지점 조합별 총종수 및 평균종수

- 중규모에 해당하는 삼산천 분류의 5개 지점 조합별 결과 총 105종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 98종이었다(그림 18). 3개 지점 조합 결과 70~88종이었으며, 2개 지점 조합결과 55~78종이었다. 삼산천 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 67종이 출현했으며, 2개 지점 결과 52~61종이었다. 길안천상류 분류의 5개 지점 조합별 결과 총 60종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 55종이었다. 3개 지점 조합 결과 43~52종이었으며, 2개 지점 조합결과 41~44종이었다. 길안천상류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 48종이 출현했으며, 2개 지점 결과 32~45종이었다. 운곡천 분류의 5개 지점 조합별 결과 총 116종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 110종이었다. 3개 지점 조합 결과

84~100종이었으며, 2개 지점 조합결과 78~90종이었다. 운곡천 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 79종이 출현했으며, 2개 지점 결과 53~75종이었다. 소옥천상류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 54종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 53종이었다. 3개 지점 조합 결과 40~51종이었으며, 2개 지점 조합결과 37~48종이었다. 소옥천상류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 57종이 출현했으며, 2개 지점 결과 48~52종이었다. 섬진강상류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 117종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 113종이었다. 3개 지점 조합 결과 89~107종이었으며, 2개 지점 조합결과 81~97종이었다. 섬진강상류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 88종이었으며, 2개 지점 결과 74~75종이었다. 본류와 지류 모두 지점별 조합의 결과로 보아 조사 지점수가 누적될수록 종수 역시 증가하는 것으로 나타났으며, 조합의 차이에 따라 종수의 차이가 크게 나타났다. 중규모에서도 1,3,5조합법이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적어 가장 합리적으로 판단된다. 지류에서도 1,3조합이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적었다.

- 소규모에 해당하는 오대천상류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 124종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 114종이었다(그림 19). 3개 지점 조합 결과 98~108종으로 나타났으며, 2개 지점 조합결과 78~93종으로 나타났다. 오대천상류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 65종으로 가장 많았으며, 2개 지점 결과 46~60종이었다. 황성담하류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 102종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 96종이었다. 3개 지점 조합 결과 71~96종이었으며, 2개 지점 조합결과 60~86종이었다. 황성담하류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 79종이었으며, 2개 지점 결과 62~70종이었다. 정자천 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 111종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 101종이었다. 3개 지점 조합 결과 86~105종으로 나타났으며, 2개 지점 조합결과 73~90종이었다. 정자천 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 82종이었으며, 2개 지점 결과 71~75종이었다. 보정천중류 본류의 5개 지점 조합별 결과 총 65종이 출현했으며, 4개 지점(1,2,4,5) 결과 63종이었다. 3개 지점 조합 결과 52~62종이었으며, 2개 지점 조합 결과 44~55종이었다. 보정천중류 지류의 3개 지점 조합별 결과 총 59종이 출현했으며, 2개 지점 결과 46~51종이었다. 본류와

지류 모두 지점별 조합의 결과로 보아 조사 지점수가 누적될수록 종수 역시 증가하는 것으로 나타났으며, 조합의 차이에 따라 종수의 차이가 크게 나타났다. 소규모 하천 평균조사결과 본류의 상류, 중류, 하류를 포함한 1,3,5조합이 3개 지점 조합에 있어서 높은 종수를 나타내고 있으며, 지류에서도 1,3조합이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적었다.

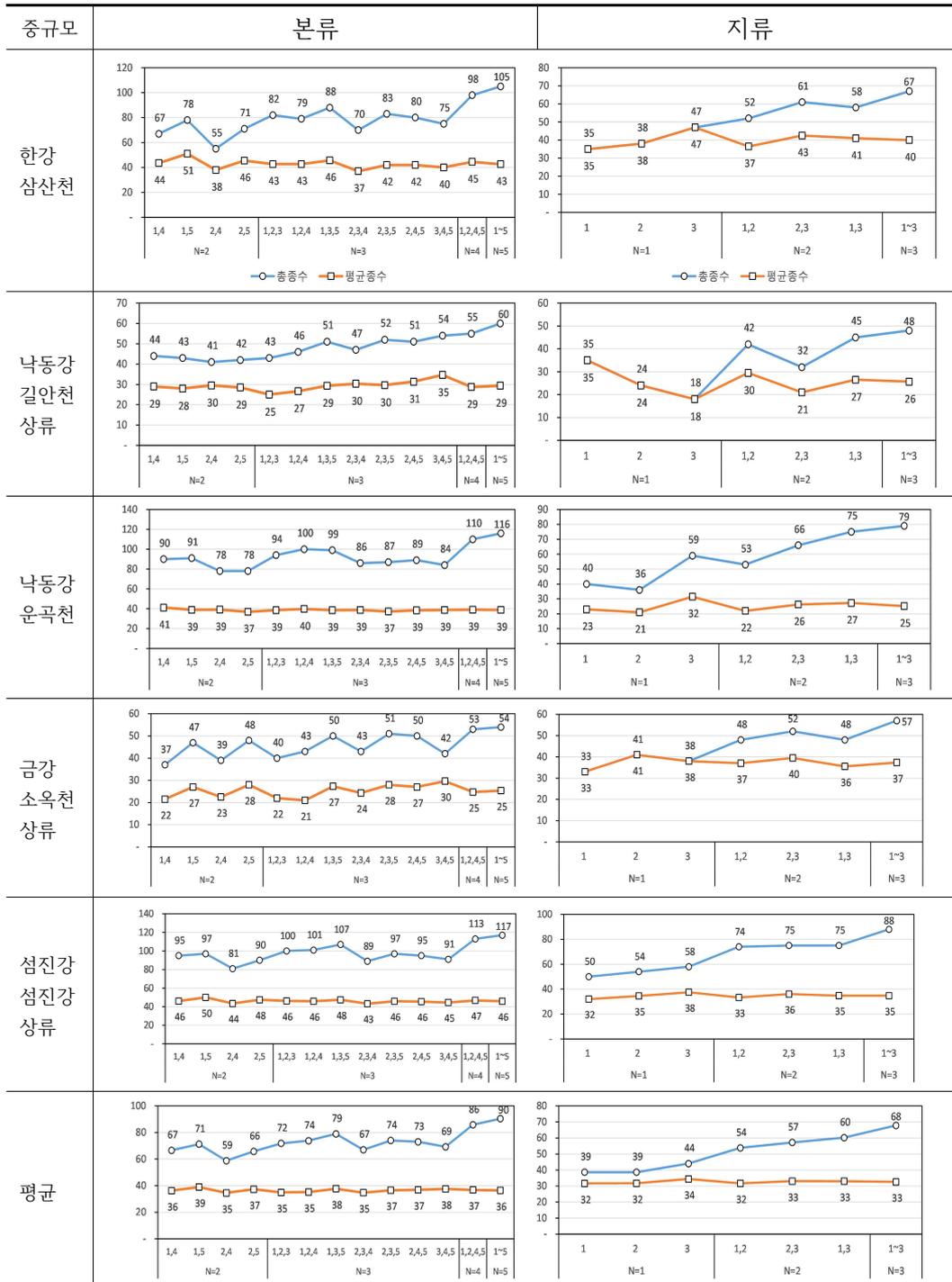


그림 18. 중규모 본류와 지류지점 조합별 총종수 및 평균종수

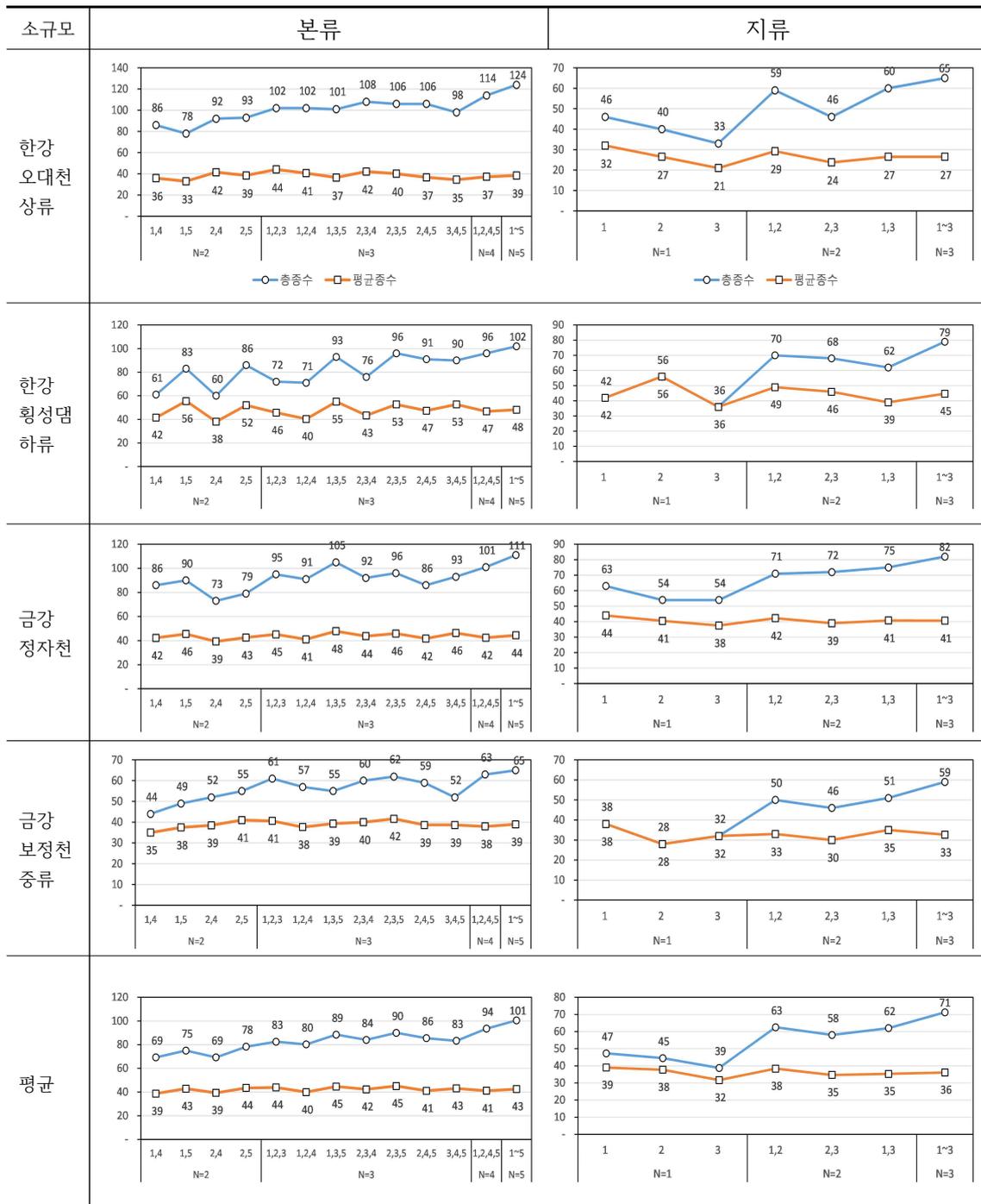


그림 19. 소규모 본류와 지류지점 조합별 총중수 및 평균중수

자. 조합별 환경상태

대규모 본류 5개 지점의 평균 환경상태는 TESB 129, AESB 3.6, ESB 106이었다(그림 20). 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 117~130, 3개 지점 조합 결과 122~142이었으며, AESB는 다양한 조합에도 3.8~3.9로 조합간의 차이는 적었다. 지류 3개 지점의 평균 환경상태는 TESB 123, AESB 3.8, ESB 103이었다. 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 105~135이었으며, AESB는 3.7~3.8로 조합간의 차이는 적었다. 중규모 본류 5개 지점의 평균 환경상태는 TESB 128, AESB 3.6, ESB 109이었다. 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 121~140, 3개 지점 조합 결과 121~133이었으며, AESB는 다양한 조합에도 3.5~3.6으로 값은 비슷했다. 지류 3개 지점의 평균 환경상태는 TESB 117, AESB 4.0, ESB 100이었다. 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 115~119이었으며, AESB는 4.0로 조합간의 값은 같았다. 소규모 본류 5개 지점의 평균 환경상태는 TESB 161, AESB 3.9, ESB 134이었다. 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 148~163, 3개 지점 조합 결과 152~170이었으며, AESB는 다양한 조합에도 3.8~4.0으로 조합간의 값은 비슷했다. 지류 3개 지점의 평균 환경상태는 TESB 138, AESB 3.8, ESB 116이었다. 2개 지점 조합 결과 평균 TESB는 129~149이었으며, AESB는 3.7~3.9로 조합간의 차이는 적었다. 본류에서 각 지점별 조합의 결과값에 차이는 있었지만 1,3,5 조합법이 지점별 평균 환경상태에서도 높게 평가되어 가장 합리적인 조합법으로 판단되며, 지류에서는 1,3 조합으로 나타났다. 본류는 상류, 중류, 하류를 모두 포함한 1,3,5 조합과 지류는 상류와 하류에 해당하는 1,3조합에서 모두 TESB 120이상으로 평가되었다. 이는 새롭게 제안한 기준인 A등급에 해당하며 이들 조합으로 본류와 지류의 환경상태를 온전하게 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

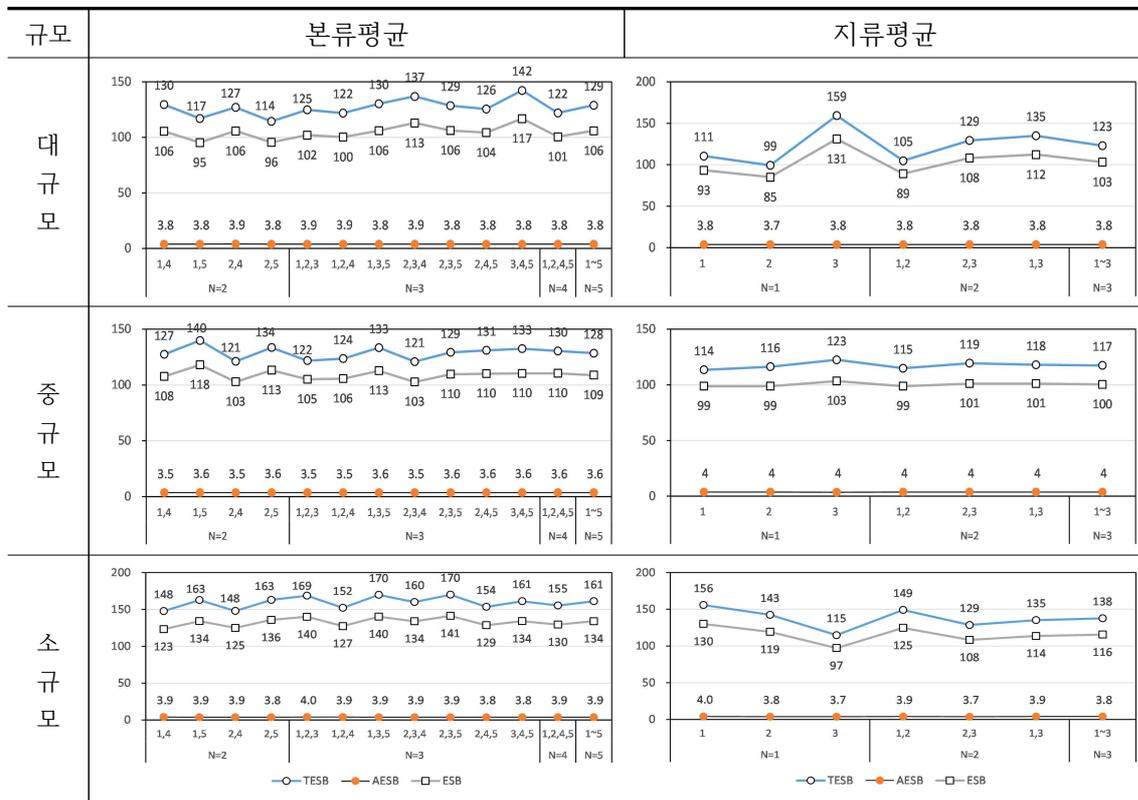


그림 20. 규모별 분류와 지류지점 조합별 평균 환경상태

차. 수질과 환경상태의 상관관계

생분해성 유기오염의 지표인 BOD5와 생물지수의 상관관계 결과 ESB의 상관계수는 -0.79, TESB는 -0.80, AESB는 -0.88이었다(그림 21). TESB가 기존 ESB 보다 높은 음의 상관관계를 보였으며, 내성치와 연관있는 AESB는 BOD5와 상관관계가 더 높았다. 부착조류의 과도한 성장을 야기하여 저서동물의 서식처를 훼손하는 총인(Total phosphorus: T-P)과 생물지수의 상관관계 결과 ESB의 상관계수는 -0.79, TESB는 -0.80 AESB는 -0.77로 매우 유의한 음의 상관관계를 보였다. 먹이 활동과 하천의 탁도와 관련 있는 총부유물질(Total Suspended Solids: TSS)과 생물지수의 상관관계 결과 ESB의 상관계수는 ESB -0.69, TESB -0.69, AESB -0.59으로 유의한 상관관계를 보였다.

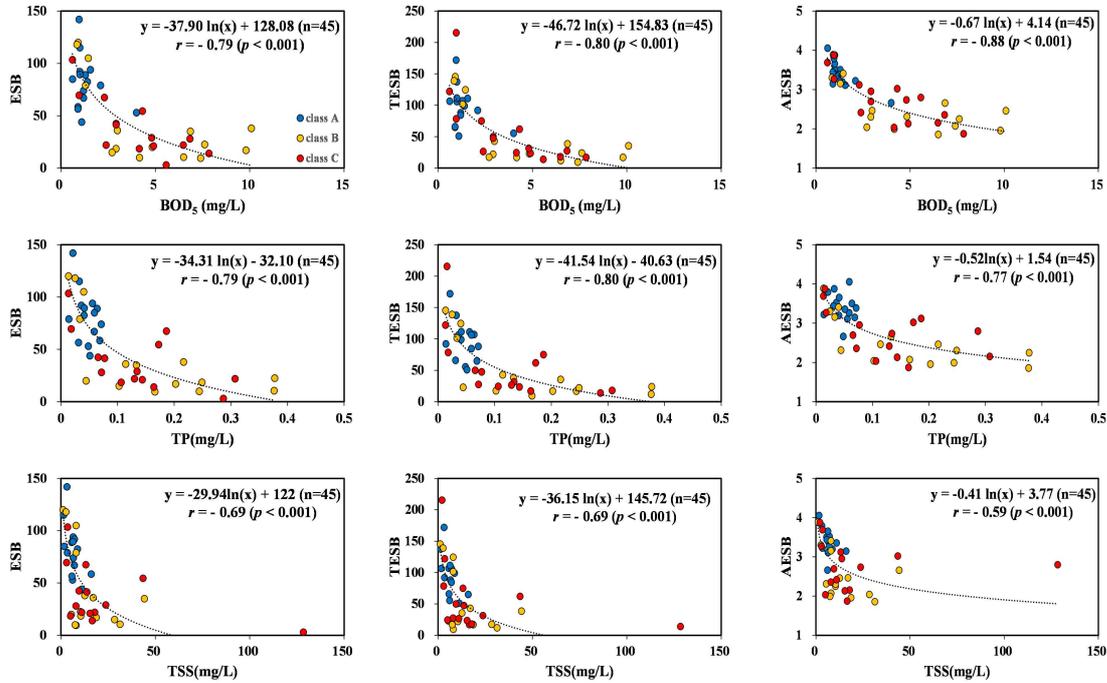


그림 21. 평균 수질(BOD₅, TSS, T-P)과 환경상태 평가결과의 상관관계

카. 수질과 군집지수의 상관관계

조사지점평균 수질(BOD₅, TSS, T-P)과 군집지수의 상관관계 결과 대부분 높은 상관관계를 보였다. 특히 BOD₅와 군집지수의 상관관계 결과 우점도의 상관계수는 -0.76, 다양도는 -0.77 풍부도는 -0.78, 균등도는 -0.54였다(그림 22) T-P와 군집지수의 상관관계 결과 우점도의 상관계수는 -0.76, 다양도는 -0.78 풍부도는 -0.80, 균등도는 -0.48이었다. 균등도를 제외한 대부분의 군집지수와 높은 상관관계를 보였다. TSS와 군집지수의 상관관계 결과 우점도의 상관계수는 -0.60, 다양도는 -0.60 풍부도는 -0.67, 균등도는 -0.28이었다. BOD₅와 T-P는 군집지수와 상관관계가 높았으나 TSS는 상대적으로 낮았는데, 특히 TSS는 여름에 발생하는 집중 강우에 의한 변동폭이 크게 나타나 포함여부를 고려하여야 할 것으로 판단된다.

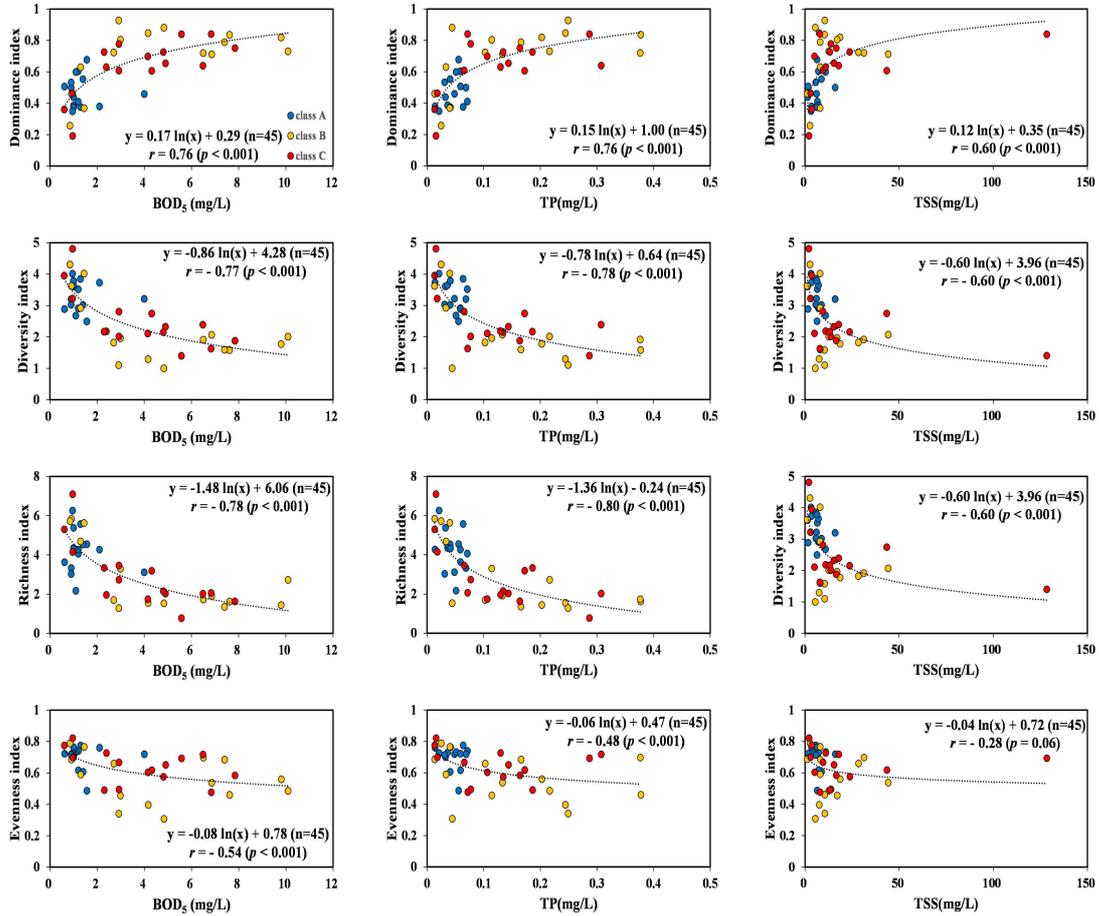


그림 22. 평균 수질(BOD₅, TSS, T-P)과 환경상태 평가결과의 상관관계

다. 환경평가 등급 조정

평균 BOD₅ 농도와 기존 ESB 값은 거둬제공 함수의 관계를 가지며 상관계수는 -0.78이었다(그림 23). TESB와 BOD₅ 농도 역시 거둬제공 함수의 관계를 가지며 상관계수는 -0.84로 기존 ESB 보다 상관도가 높았다.

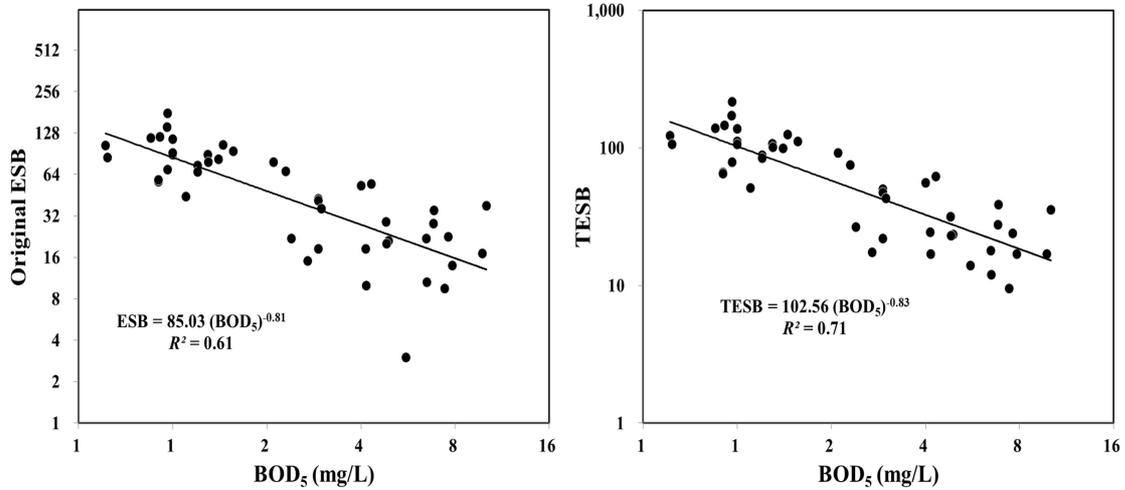


그림 23. 평균 수질(BOD5, T-P)과 ESB, TESS 평가결과의 상관관계

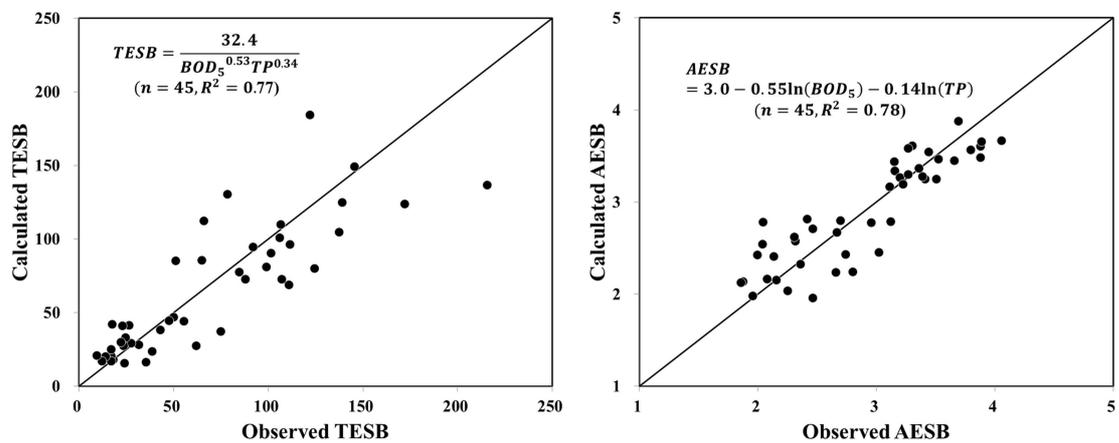


그림 24. TESS, AESB 상관관계

본 조사에서 적용한 조사방법은 하천을 4개의 서식처로 구분하여(여울, 흐름, 소, 수변) 각각의 서식처에서 3개의 정점을 조사 총 12개의 정점을 조사하는 방법을 적용하였다. 이 조사방법으로 기존에 개정된 TESS 평가 등급체계를 따르게 되면 거의 대부분의 조사지점에서 매우양호한 환경상태로 과대평가 하게 된다. 그 이유는 TESS 평가 등급체계가 수생태조사 자료로부터 도출되었기 때문이다. 수생태조사 사업은 여울부에 대한 3정점을 정량조사하는 것을 원칙으로 하고 있으며 본 조사에서 진행한 12개의 정점보다 조사 횟수가 현저히 적다. ESB의 값은 표본크기에 따라 크게 영향을 받는데 조사방

법 특히 표본크기가 다른 두 조사사업의 평가 결과의 차이에 대한 검토가 필요하다. 기존 TESB 평가는 82점은 A등급에 해당하며 매우양호한 환경상태로 평가되는데 본 조사에서 동일한 기준을 적용할 경우 거의 모든 지점이 매우양호한 환경상태로 평가되어 변별력이 떨어지게 된다. 따라서 본 조사 방법에 맞는 새로운 등급 경계치를 새롭게 설정하였다(표 7). 각 독립변수의 회귀계수와 변수 간 분산도로 평가한 영향도는 BOD5 > T-P > TSS 순이었으며, 영향도가 낮게 나타나고 계절별 변동성이 크게 나타나는 TSS는 최종적으로 제외하였다. 분석대상 45개 지점의 평균 BOD5, 총인(TP) 농도(mg/L)와 TESB와 AESB 값의 다중회귀 관계는 식 1과 식 2와 같이 나타났으며, 다중회귀의 결정계수는 0.77과 0.78로 높았다.

$$TESB = \frac{32.4}{BOD_5^{0.53} TP^{0.34}} \quad (n = 45, R^2 = 0.77) \quad \text{식 (5)}$$

$$AESB = 3.0 - 0.55\ln(BOD_5) - 0.14\ln(TP) \quad (n = 45, R^2 = 0.78) \quad \text{식 (6)}$$

BOD5와 T-P의 등급치는 기존 ESB 등급 체계를 따랐으며, 이상의 결과를 조합한 환경상태 등급별 TESB와 AESB의 기준치는 표 7과 같다. 두 지수 모두 기준치 이상일 경우 해당 등급의 환경상태로 판정하는 것으로 하였는데, 이는 영국의 GQA 시스템에서 두 EQI의 지수치가 모두 기준에 부합되어야 하는 평가체계를 적용하였다. 환경상태는 매우양호, 양호, 보통, 불량, 매우불량 5단계로 구분하고, 이에 따른 지역관리 권고수준은 각각 우선보호, 보호, 예찰, 복원, 우선복원 5단계로 구분하는 기존 등급체계를 따랐다.

<표 7> BOD5 및 TP 농도 기준에 따른 TESB와 AESB의 새로운 등급 기준

Class	BOD ₅ (mg/L)	TP (mg/L)	기준		적용		특징 및 권고		
			TESB	AESB	TESB*	AESB**	종다양성	환경상태	지역구분
A	≤ 1	≤ 0.02	≥ 82	≥ 3.7	≥ 120	≥ 3.5	매우 높음	매우 좋음	우선 보호수역
B	> 1~2	≤ 0.04	≥ 63	≥ 3.1	≥ 70	≥ 3.0	높음	좋음	보호수역
C	> 2~4	≤ 0.15	≥ 35	≥ 2.6	≥ 30	≥ 2.5	보통	보통	예찰

D	> 4~8	≤ 0.30	≥ 15	≥ 2.1	≥ 15	≥ 2.0	낮음	나쁨	개선수역
E	> 8	> 0.30	> 15	> 2.1	< 15	< 2.0	매우 낮음	매우 나쁨	우선 개선수역

$$* \text{TESB} = \frac{32.4}{BOD_5^{0.53} TP^{0.34}} \quad (n = 45, R^2 = 0.77)$$

$$** \text{AESB} = 3.0 - 0.55\ln(BOD_5) - 0.14\ln(TP) \quad (n = 45, R^2 = 0.78)$$

IV. 고찰 및 제언

- 하천유형 및 규모별(대, 중, 소)로 나누어 미소서식처별 저서성 대형무척추동물의 상대출현빈도 조사를 진행하였다. 여울에서는 *Epeorus pellucidus*(77.9), *Simulium* sp.(76.4), *Ecdyonurus kibunensis*(63.6)가 높은 비율로 출현했다. 흐름에서는 *Ecdyonurus kibunensis*(57.2), *Epeorus pellucidus*(50.3)가 높은 비율로 출현했다. 여울과 흐름의 조사결과 일부 종들은 양쪽에서 높은 출현빈도를 보였으며, 출현종이 비슷하게 나타나 여울과 흐름의 미소서식처의 구분을 명확하게 구분짓기는 어려웠다. 소에서는 *Ecdyonurus levis*(40.0), *Ecdyonurus kibunensis*(57.2)가 높은 비율로 출현했다. 수변에서는 *Labiobaetis atrebatinus*(56.6), *Davidius lunatus*(36.3), *Lepidostoma KUa*(31.9)가 높은 비율로 출현 하였다. 여울에서는 총 197종, 흐름에서는 193종, 소에서는 208종, 수변에서는 203종이 출현하였다. 여울에서 많은 종이 출현한다고 알려진 것에 반해 소와 수변부에서 더 많은 종이 출현한 것으로 보아 소와 수변부에 서식하는 식생들이 복잡 다양한 서식처를 제공하는 것에 따른 결과로 보인다. *Chironomidae* sp.(non-red)는 전체 미소서식처에서 높은 비율로 출현하였으나 현재 종 동정이 세분화되지 않아 높게 나타났으며, *Baetis fuscatus*, *Limnodrilus gotoi*, *Dugesia* sp., *Semisulcospira libertina*는 모든 미소서식처에 높은 비율로 출현하여 변별력이 낮아 제외하였다.

본류의 조종천 상,하류와 지류의 십이탄천 상하류를 미소서식처별로 각 10개의 정점을 조사한 종수 결과를 와이블함수를 적용하여 조사정점 수를 추정하였다. 조종천 상류에서는 흐름과 소, 조종천 하류에서는 여울에서 많은 조

사정점이 필요했으며, 십이탄천 상, 하류에서는 여울에서 10회 이상의 조사 정점이 필요하다는 결과값이 추정되었다. 하지만 평균적으로 3정점을 조사했을 때 해당 지점의 출현종을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 본류의 조종천 상, 하류와 지류의 십이탄천 상, 하류를 미소서식처별로 각 10개의 정점의 조사 결과를 와이블함수를 적용하여 TESB 값을 추정한 결과 2~4정점을 조사했을 경우 새로운 TESB의 A등급에 해당하는 120점 이상의 결과로 평균 3정점을 조사했을 때 해당 지점의 환경상태를 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

와이블함수를 적용하여 대규모 지점에 해당하는 무주남대천, 조종천상류, 흑천류의 본류와 지류에서 출현한 생물의 종수를 이용하여 조사지점 수를 추정한 결과 본류에서는 최소 3지점 이상 지류에서는 2지점 이상 조사하는 것이 해당 지류하천을 충분히 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

규모별 조사 지점 조합별 종수를 이용하여 분석한 결과 본류에서 각 지점별 변동은 있었지만 상류(1,2,3)나 중류(2,3,4), 하류(3,4,5)처럼 한쪽으로 치우진 조합보다는 1,2,4, 1,3,5, 2,3,5조합처럼 상류, 중류, 하류가 포함된 조합이 출현 종수가 높았다. 그 중에서도 1,2,4, 2,3,5의 조합보다는 1,3,5 조합법이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적어 가장 합리적으로 판단된다. 지류에서는 1,3조합이 지점별 총 종수 및 평균 종수에서도 가장 변동폭이 적었다.

생분해성 유기오염의 지표인 BOD5와 생물지수의 상관관계 결과 TESB가 기존 ESB 보다 높은 음의 상관관계를 보였으며, AESB는 내성치와 연관있어 BOD5와 상관관계가 더 높았다. 총인(T-P)과 생물지수의 상관관계 결과 매우 유의한 음의 상관관계를 보였다. 총부유물질(TSS)과 생물지수의 상관관계 결과 유의한 상관관계를 보였다. BOD5 외에도 T-P와 TSS의 상관관계수로 봤을 때 상관관계가 매우 높게 나타났다. 1차 년도와 2차 년도 조사지점 구역의 조사를 포함한 결과 BOD5 증가하면 생물지수가 감소하는 음의 상관관계가 나타났다. 기존자료에서는 TESB에 의해서 결정되어졌지만, 현재 연구에서는 높은 종수로 인해 TESB의 결과가 좋게 나타나 기존과 달리 AESB 등급에 의해서 결정되게 되었다. 따라서 기존에 설정되어 있던 TESB의 기준치를 상향 조

종합 필요가 있다. 본 조사에서 적용한 조사방법은 하천을 4개의 서식처로 구분하여(여울, 흐름, 소, 수변) 각각의 서식처에서 3개의 정점을 조사 총 12개의 정점을 조사하는 방법을 적용하였다. 이로 인해 기존에 개정된 TESB 평가 등급체계를 따르게 되면 거의 대부분의 조사지점에서 매우양호한 환경상태로 과대 평가된다. 그 이유는 TESB 평가 등급체계가 수생태조사 자료로부터 도출되었기 때문이다. 수생태조사 사업은 여울부에 대한 3정점을 정량조사 하는 것을 원칙으로 하고 있으며 본 조사에서 진행한 12개의 정점보다 조사 횟수가 현저히 적다. ESB의 값은 표본크기에 따라 크게 영향을 받는데 조사방법 특히 표본크기가 다른 두 조사사업의 평가 결과의 차이에 대한 검토가 필요하다. 기존 TESB 평가는 82점 이상일 경우 매우양호한 환경상태로 평가되었는데 본 조사에서 동일한 기준을 적용할 경우 거의 모든 지점이 매우양호한 환경상태로 평가되어 변별력이 떨어졌다. 따라서 본 조사 방법에 맞는 새로운 등급 경계치를 새롭게 설정하였다. 환경상태는 매우양호, 양호, 보통, 불량, 매우불량 5단계로 구분하고, 이에 따른 지역관리 권고수준은 각각 우선보호, 보호, 예찰, 복원, 우선복원 5단계로 구분하는 기존 등급체계를 따랐다.

참 고 문 헌

- Ah Reum Kim, Dong Soo Kong 2014. Analysis of Changes in Benthic Macroinvertebrates Community according to Survey Area using Weibull Distribution Function.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Griffith, G.E.; Frydenborg, R.; McCarron, E.; White, J.S.; Bastian, M.L. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 1996, 15, 185-211.
- Dongsoo Kong, Youngjun Park, Yong-Rak Jeon 2018. Revision of Ecological Score of Benthic Macroinvertebrates Community in Korea.
- EPA. 2013. National Rivers and Streams Assessment 2013/14 Field Operations Manual Wadeable. Draft Version 1.1. EPA-841-B-12-009.
- Jeong-Ki Min, Ye-Ji Kim & Dong-Soo Kong 2019. Spatial distribution patterns of benthic macroinvertebrate functional feeding groups by stream size and gradient in Republic of Korea.
- Johnson S.C. 1967. Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika* 32: 241-254.
- Kim, A. R., Oh. M. W., and Kong, D. S. (2013). The Influence of Sample Size on Environment Assessment Using Benthic Macroinvertebrates, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 29(6), 790-798. [Korean Literature]
- Klemm, D.J.; Blocksom, K.A.; Thoeny, W.T.; Fulk, F.A.; Herlihy, A.T.; Kaufmann, P.R.; Cormier, S.M. Methods development and use of macroinvertebrates as indicators of ecological conditions for streams in the mid-Atlantic highlands region. *Environ. Monit. Assess.* 2002, 78,169-212.
- Kong, D. S. and Kim, A. R. (2015a). Analysis on the Relationship between Number of Species and Survey Area of Benthic

- Macroinvertebrates Using Weibull Distribution Function, Journal of Korean Society on Water Environment, 31(2), 142-150. [Korean Literature]
- Kong, D. S. and Kim, A. R. (2015b). Analysis on the Relationship between Biological Indices and Survey Area of Benthic Macroinvertebrates Using Mathematical Model, Journal of Korean Society on Water Environment, 31(6), 610-618. [Korean Literature]
- Kong, D., Son, S. H., Hwang, S. J., Won, D. H., Kim, M. C., Park, J. H., Jeon, T. S., Lee, J. E., Kim, J. H., Kim, J. S., Park J., Kwak, I. S., Jun, Y. C., Park, Y. S., Ham, S. A., Lee, J. K., Lee, S. W., Park, C. H., Moon, J. S., Kim, J. Y., Park, H. K., Park, S. J., Kwon, Y., Kim, P., and Kim, A. R. (2018). Development of benthic macroinvertebrates index (BMI) for biological assessment on stream environment, Journal of Korean Society on Water Environment, 34(2), 183-201. [Korean Literature]
- Kong, D., Son, S. H., Kim, J. Y., Won, D. H., Kim, M. C., Park, J. H., Chon, T. S., Lee, J. E., Park, J. H., Kwak, I. S., Kim, J. S., and Ham, S. A. (2012). Development and Application of Korean Benthic Macroinvertebrates Index for Biological Assessment on Stream Environment, Proceedings of the 2012 Spring Conference and water environmental forum of Yeongsan River, Korean Society of Limnology, 33-36. [Korean Literature]
- Kong, D. (1997). Benthic Macroinvertebrate Fauna of Yesan, Seosan, Hongseong and Mountain Kayasan, Natural Environment of Yesan, Seosan, Hongseong (6-11, 12), 155-204. [Korean Literature]
- LAWA. 2003. German guidance document for the implementation of the EC Water Framework Directive. LAWA, pp. 120+Annex.
- Meier et. al. 2006. Methodisches Handbuch Fließgewässerbewertung. Handbuch zur Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern auf der

- Basis des Makrozoobenthos vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie. pp 64~66.
- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. Trophic Relationships of Macroinvertebrates. In *Methods in Stream Ecology*, 2nd ed.; Hauer, F.R., Lamberti, G.A., Eds.; Academic Press: London, UK, 2006; pp. 585–609.
- Royer, T.V.; Robinson, C.T.; Minshall, G.W. Development of macroinvertebrate-based index for bioassessment of Idaho River. *Environ. Manag.* 2001, 27, 627–636.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Staub, R., Appling, J. W., Hofstetter, A. M., and Haas, I. J. (1970). The Effects of Industrial Wastes of Memphis and Shelby County on Primary Planktonic Producers, *Bioscience*, 20(16), 905–912.
- WATERS. 2013. Establishing reference conditions and setting class boundaries. WATERS Report no. 2013:2.
- WFD. 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Produced by CIS Working Group 2.3 – REFCOND.
- WFD. 2015. *The Water Framework Directive (Standards and Classification) Directions (England and Wales) 2015*.
- Won, D. H., Jun, Y. C., Kwon, S. J., Hwang, S. J., Ahn, K. G., and Lee, J. K. (2006). Development of Korean Saprobic Index using Benthic Macroinvertebrates and Its Application to Biological Stream Environment Assessment, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 22(5), 768–783. [Korean Literature]
- Wright, J. F., D. W. Sutcliffe, M. T. Furse (1997). *Assessing the Biological Quality of Fresh Waters: RIVPACS and Other Techniques*. Freshwater Biological Association, Ambleside, Cumbria, Uk.
- Yoon, I. B., Kong, D., and Ryu, J. K. (1992a). Studies on the Biological

- Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates (1) Saprobic Valency and Indicative Value, Korean Society of Environmental Biology, 10(1), 24-49. [Korean Literature]
- Yoon, I. B., Kong, D., and Ryu, J. K. (1992b). Studies on the Biological Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates (2) Effects of Environmental Factors to Community, Korean Society of Environmental Biology, 10(1), 40-55. [Korean Literature]
- Yoon, I. B., Kong, D., and Ryu, J. K. (1992c). Studies on the Biological Evaluation of Water Quality by Benthic Macroinvertebrates (3) Macroscopic Simple Water Quality Evaluation, Korean Society of Environmental Biology, 10(2), 77-84. [Korean Literature]
- Zelinka, M. and Marvan. P. (1961). Zur Präzisierung der Biologischen Klassifikation der Reinheit Fließender Gewässer, Archiv für Hydrobiologie, 57(3), 389-407.

요약문

1. 제목

인공지능(머신러닝)을 활용한 생물서식환경 적합도 분석과 예측

2. 목적

- 인공지능(머신러닝) 기술 도입을 통한 특정 생물종의 서식환경 평가 및 미래 동향 분석
- 생태계 조사 및 환경요인 (강수량, 기온 등)를 기반으로 생태환경 평가 체계 구축
- 생물다양성 및 생태환경 현황자료 빅데이터를 활용하여 생태계 분석 및 변화 예측을 통한 국가생태계 관리 방향 도출

3. 연구내용 및 방법

- 전국자연환경조사 등 생물 조사 자료 수집 (분포, 항목, 구축형태 등)
 - 데이터의 양 및 빈도를 기반으로 수달과 남방노랑나비를 대상으로 선정
- 머신러닝 기반 서식지 예측 모형 개발
 - 중분포모델 개발을 위한 임의 비출현 자료(Pseudo-Absence) 생성
 - 중분포모델에서 활용되는 대표적인 머신러닝 기반 모형 개발 및 성능 비교

4. 연구결과

- 수달 서식처 예측 모형 결과
 - 7개 모델의 성능 지표의 비교 결과 ET 모델이 모든 지표에서 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 나타남
 - SHAP 분석 결과 자연지역(산림, 초지, 습지)까지의 거리와 고도가 수달 서식처에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 자연지역과의 거리가 가깝고 고도가 낮을수록 수달 출현확률이 높은 것으로 나타남
- 남방노랑나비 서식처 예측 모형 결과
 - 6개의 기후변수 및 4개의 입지변수 총 10개의 예측변수를 적용결과, XGB 모델이 모든 지표에서 우수한 성능을 나타냄
 - SHAP 분석 결과 bclim_01(연평균기온), bclim_12(연누적강수량)이 남방노랑나비 서식지에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타남

5. 활용방안

- 생태계 서식환경에 대한 평가를 통해 서식환경 보전을 위한 과학적 근거 마련
- 환경 공간 자료를 통한 생태계의 서식환경 특성 예측으로 전국자연환경조사의 대안 및 검증 도구로 활용
- 미래 환경변화에 대응한 생태계 서식환경 통합 관리 시스템 구축으로 정책수립을 위한 기초자료 제공

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

가. 연구의 목적

- 1) 인공지능(머신러닝) 기술 도입을 통해 특정 생물종의 서식환경 평가 및 미래 동향을 분석함으로써 과학 기반의 국가 생태계 관리시스템 구축
- 2) 생태계 조사 및 환경요인(강수량, 기온 등)를 기반으로 생태환경 평가 체계 구축
- 3) 전국자연환경조사를 통해 구축된 생물다양성 및 생태환경 현황자료 빅데이터를 활용하여 생태계 분석 및 변화 예측을 통한 국가생태계 관리 방향 도출

나. 연구의 필요성

1) 정책성 부합성

- 가) 자연재해와 기후변화, 환경오염, 서식처 파편화 등으로 인한 생태계 교란에 대응하고, 회복력을 높이기 위해 새로운 서식환경 분석 도구와 평가체계 개발 요구 증대
- 나) 전국자연환경조사를 포함한 지속적인 생태계 조사 자료 및 환경 공간 빅데이터의 수집에도 불구하고 조사 결과 가공 기술과 효율적 활용 방안이 현재 미흡한 상황

2) 사회/경제적 필요성

- 가) 생물다양성, 생태계 보전을 위한 개발 및 보전계획, 기후변화대응을 위한 선제적 연구 필요성 증대
- 나) 한국 고유종에 대한 생태서식지 분석과 미래예측을 통한 관리 방법 모색

3) 기술적 필요성

- 가) 인공지능, 특히 머신러닝의 활용으로 미래 생태계 예측을 통한 효과적인 대응 필요성 증대

2. 연구의 동향

가. 해외 동향

1) 마이크로소프트

가) AE Project(AI for Earth)에 5천만 달러 투자

나) 현재 진행되는 프로젝트는 Accelerating image-based biodiversity, Land cover mapping, Premonition, FarmBeats 등임

2) 미국 국립과학 재단(NSF; National Science Foundation) & 코넬대학

가) 머신러닝을 이용한 조류(새) 서식지 적합도 분석 수행

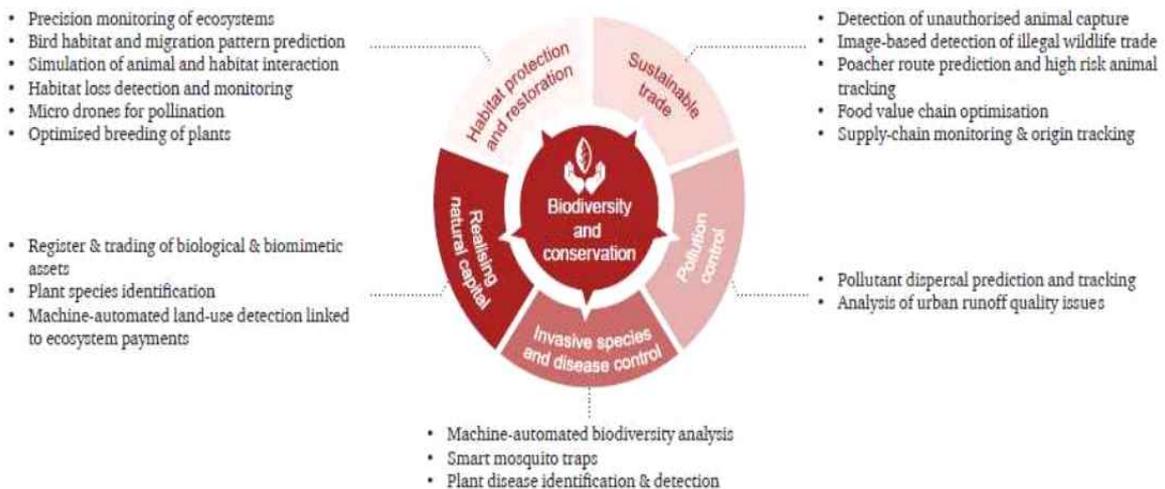
나) 앱 출시(eBird)를 통한 기존 관찰자료와 시민 관찰결과를 활용하여 이들의 이동 경로 파악

3) 와이오밍 대학, Uber AI Labs 등

가) 필드에서 촬영된 사진자료에 딥러닝 분석방법을 적용하여 종구분 및 개체수 산출 프로젝트 진행

나) 세렝게티 국립공원(Serengeti National Park)에서 촬영된 3.2백만 이미지를 사용하여, 종 구분 및 산출 성공률이 99%까지 달성

Biodiversity and conservation



※ 이미지 출처: World Economic Forum(2018.1), Harnessing Artificial Intelligence for the Earth

그림 1. 생물다양성 보전을 위한 인공지능 활용 방안

4) Orbital Insight

- 가) 해상력이 높은 위성 사진에 머신러닝 분석 방법을 적용하여 산림 파괴 등을 감시/예측
 - 나) 딥러닝 분석 기반 일반 숲 식생과 야자수 조림지간에 구별 프로젝트 진행을 통해 산림 보전 및 파괴 현황 분석
- 5) Nvidia 협력사
- 가) 컴퓨팅 모델(Nvidia)과 인공지능(AI) 알고리즘을 활용하여 쓰레기를 종이, 캔, 비닐 등으로 분류하는 자동 시스템(Smart Recycling Bin) 개발
 - 나) 이미지 자료에 대한 머신러닝(딥러닝) 분석을 통해 철새의 이동 경로 분석 및 예측
 - 다) 세계적인 구름 모델링이나 참고래 등 GPU 기반 분석을 통해 생물 다양성 보전 활용
- 6) GEOBON(geobon.org)
- 가) GEO의 산하기관으로 2007년도에 설립되어 80개의 국가 정부기관, 58개의 참여기관이 가입
 - 나) 지구상의 모든 생물서식 데이터를 관측하고자 설립
 - 다) 모든 생물의 분포와 생태에 대한 통합적인 관리 프로그램
 - 라) GEOBON에서 시민참여 생물다양성네트워크는 많은 데이터를 얻을 수 있는 특성상 공간과 시간적 규모에서 접근
 - 마) 필수생물다양성변수(EBVs)와 생물종의 위치자료와 풍부도 자료를 지도화하고, 자연현상에 대한 기록, 해충과 침입종에 대한 탐지기능, 수많은 이미지자료의 유효성평가 등이 가능

나. 국내 동향

1) 국립생물자원관

- 가) 빅데이터 구축 기반 국가생물자원 정보의 통합서비스 적용, 생물 자원의 국가적 보전정책의 수립·집행지원, 국제협약(나고야의정서 등) 대응/협력이 목표
- 나) 적색리스트에 속한 생물자원에 대한 연구, 국외반출승인대상 생물종/국제적 멸종위기종의 이출입 연구, 국가생물자원 종합관리 시스템

II. 연구 내용 및 방법

1. 생물조사 및 환경공간 자료 수집

가. 전국자연환경조사 등 생물 조사 자료 수집(분포, 항목, 구축형태 등)

- 1) 데이터의 양 및 빈도 등을 기반으로 수달과 남방노랑나비를 대상종으로 선정

나. 생물서식환경에 영향을 미치는 환경요인에 대한 공간 자료 수집

- 1) 기후 및 입지 관련 데이터를 수집
- 2) 기후는 Worldclim에서 제공하는 Bioclim 데이터(1950~2000 평균 기후 자료)를 사용하였으며 총 19개의 생물기후 중에서 다중공선성이 높은 변수들은 제외하고 연평균기온, 평균일교차, Isothermality, 연누적강수량, 가장 습한 달의 누적강수량, 가장 건조한 달의 누적강수량 6개 변수를 선정
- 3) 입지 관련 데이터는 국토지리정보원의 수치표고모델(DEM)과 환경부 토지 피복도를 사용하여 고도, 하천까지의 거리, 시가화지역까지의 거리, 자연지역(산림, 초지, 습지)까지의 거리를 계산하여 변수로 사용
- 4) 생물의 서식특성을 고려하여 수달의 경우 10개 예측변수를 모두 사용하였으며 남방노랑나비의 경우 6개의 생물기후 예측변수만 모델에 사용

표 1. 모델에 사용된 예측변수 요인들

Category	Variable	Unit
Climate	Annual mean temperature	° C
	Mean diurnal range	° C
	Isothermality	° C
	Annual precipitation	%
	Precipitation of wettest month	mm
	Precipitation of driest month	mm
Topographic Features	Altitude	m
	Distance to river	m
	Distance to urban area	m
	Distance to natural area	m

2. 머신러닝 기반 서식지 예측 모형 개발

가. 중분포모델 개발을 위한 임의 비출현 자료(Pseudo-Absence) 생성

- 1) 수달, 남방노랑나비 관찰 데이터셋 중출현 정보를 presence 데이터로 사용
- 2) Pseudo-absence 생성 : 연구 영역 내 presence로부터 일정거리 떨어진 지점을 random sampling 하여 presence 개수와 동일하게 pseudo-absence 선택(1:1)

나. 종분포모델에서 활용되는 대표적인 머신러닝 기반 모형 개발 및 성능 비교

- 1) Generalized Linear Model(GLM), Random Forest(RF), Extra Trees(ET), Extra Gradient Boosting(XGB), Light Gradient Boost(LGBM), Artificial Neural Network(ANN), Deep Neural Network(DNN) 알고리즘 기반 모델 훈련
- 2) 종 관측 데이터 중 70%는 학습데이터, 20%는 검증데이터로 사용하며 모델별 최적 매개변수 및 훈련방법 선정
- 3) 모델 성능 비교 : Accuracy, Recall, Precision, F-measure를 통해 모델 비교

다. 7개 모델 중 가장 예측력이 높은 모델을 선정 후 SHAP(SHapley Additive ExPlanations) 분석을 통해 해당 생물종에 중요한 환경변수 분석

- 1) Shapley는 특정 입력변수의 포함 여부, 이 외 모든 입력변수의 조합에 대한 경우의 수를 고려하여 입력변수의 상대적 기여도를 산정하는 방법으로 모델의 해석력 확보에 기여

라. ArcMap 10.6.1, QGIS, Python 패키지 사용하여 분석

III. 연구 결과

1. 예측 모형 선정

가. 수달

- 1) 6개의 기후변수, 4개의 입지변수 총 10개의 예측변수를 모델에 사용하였으며 7개 모델의 성능 지표의 비교 결과 XGB 모델이 모든 지표에서 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 나타남(표 2)
- 2) LGBM, ET, RF 모델도 비교적 우수한 성능을 보였으나 GLM, ANN, DNN의 모델의 경우 예측력이 낮은 것으로 나타남

표 2. 수달에 대한 7개 모델의 성능 지표 적용을 통한 비교 검토

Model	Evaluation Metrics (Avg.)			
	Accuracy	Recall	Precision	F-measure
GLM	0.72	0.75	0.69	0.72
RF	0.83	0.71	0.92	0.80
ET	0.90	0.86	0.92	0.89
XGB	0.92	0.89	0.90	0.91
LGBM	0.91	0.84	0.92	0.91
ANN	0.60	0.60	0.60	0.60
DNN	0.71	0.71	0.72	0.71

가장 높은 값은 진하기로 표시함

나. 남방노랑나비

- 1) 남방노랑나비의 경우 6개의 기후변수를 모델에 사용하였으며 7개 모델의 성능 지표의 비교 결과 ET 모델이 모든 지표에서 가장 우수한 성능을 보이는 것으로 나타남(표 3)
- 2) RF, XGB, LGBM 모델도 비교적 우수한 성능을 보였으나 GLM, ANN, DNN의 모델의 경우 예측력이 낮은 것으로 나타남

표 3. 수달에 대한 7개 모델의 성능 지표 적용을 통한 비교 검토

Model	Evaluation Metrics (Avg.)			
	Accuracy	Recall	Precision	F-measure
GLM	0.80	0.78	0.81	0.79
RF	0.87	0.88	0.86	0.87
ET	0.90	0.91	0.89	0.90
XGB	0.89	0.90	0.89	0.89
LGBM	0.89	0.91	0.88	0.89
ANN	0.51	0.51	0.28	0.36
DNN	0.79	0.79	0.79	0.79

가장 높은 값은 진하기로 표시함

2. 서식지 예측 모형 적용

가. 수달

- 1) 가장 우수한 성능을 보인 XGB 모델 결과를 기반으로 SHAP summary plot을 도출하였음(그림 2)
- 2) SHAP 분석 결과 자연지역(산림, 초지, 습지)까지의 거리와 고도가 수달

서식처에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 자연지역과의 거리가 가깝고 고도가 낮을수록 수달 출현확률이 높은 것으로 나타남

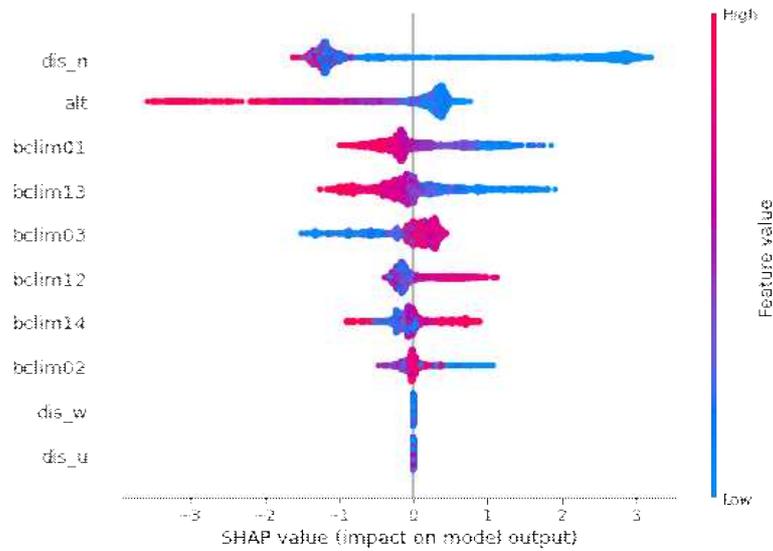


그림 2. SHAP 모델 적용을 통한 수달의 서식처 선호성 예측 plot

나. 남방노랑나비

- 1) 가장 우수한 성능을 보인 ET 모델 결과를 기반으로 SHAP summary plot을 도출하였음(그림 3)
- 2) SHAP 분석 결과 bclim_01(연평균기온), bclim_12(연누적강수량)이 남방노랑나비 서식지에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타남

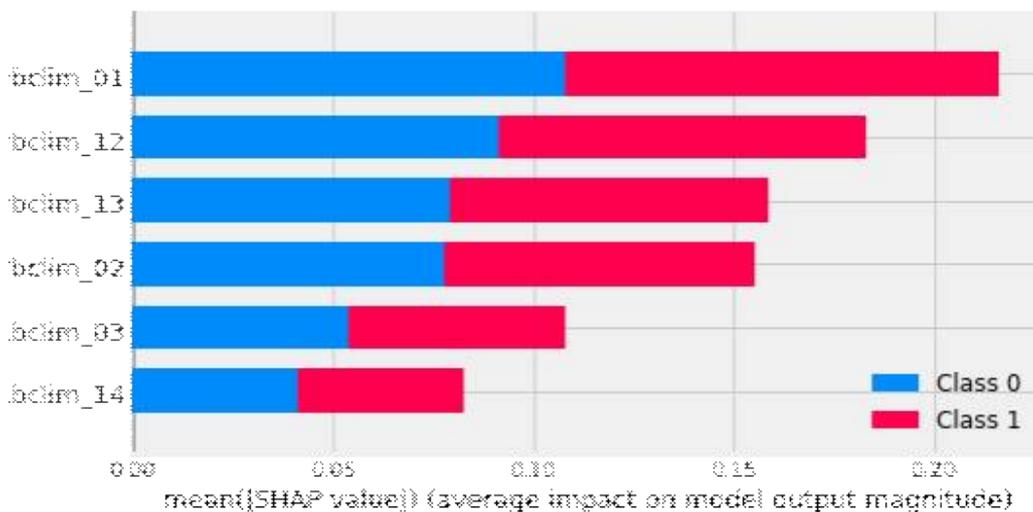


그림 3. SHAP 모델 적용을 통한 남방노랑나비의 서식처 선호성 예측 plot

IV. 연구의 활용방안 및 기대효과

1. 연구의 활용방안

- 가. 국내 생태계 서식환경 평가 및 예측 결과의 국제 저널 논문 투고를 통해 연구결과의 국제적 확산 및 검증
- 나. 생태계 서식환경에 대한 평가를 통해 서식환경 보전을 위한 과학적 근거 마련
- 다. 환경 공간 자료를 통한 생태계의 서식환경 특성 예측으로 전국자연환경조사의 대안 및 검증 도구로 활용
- 라. 미래 환경변화에 대응한 생태계 서식환경 통합 관리 시스템 구축으로 정책수립을 위한 기초자료 제공
- 마. 생태자연도 평가를 위한 의사결정 단계에서의 활용으로 객관성 및 효율성 제고

2. 연구의 향후 추진 방향

- 가. SHAP의 결과는 모델 예측 결과에 대한 전반적인 해석력 뿐만 아니라 개별 예측 결과에 대한 해석력을 제공하므로 개별 예측 결과에 대한 추가 분석
- 나. 수달의 서식환경 예측변수에 포함되지 않은 변수들을 추가하여 분석
 - 1) 수달의 먹이자원인 어류 개체수, 수달의 주요 서식지인 수변지역의 토지피복 구성 및 하천의 특성(하폭, 수폭, 수심, 유속, 식생, 하천차수 등) 추가 고려 예정

참 고 문 헌

- Flach, P.A.J.A.I., On the state of the art in machine learning: A personal review. 2001. 131(1-2): p.199-222.2.
- Crisci, C., B. Ghattas, and G. Perera, A review of supervised machine learning algorithms and their applications to ecological data. *Ecological Modelling*, 2012. 240: p.113-122.
- Bradley, B.A., et al., Species detection vs. habitat suitability: Are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? *Ecological Modelling*, 2012. 244: p. 57-64.
- Raghukumar, A.M. and G. Narayanan. Comparison of Machine Learning Algorithms for Detection of Medicinal Plants. in 4th International Conference on Computing Methodologies and Communication. 2020.
- Zhang, J., G.S. Okin, and B. Zhou, Assimilating optical satellite remote sensing images and field data to predict surface indicators in the Western U.S.: Assessing error in satellite predictions based on large geographical datasets with the use of machine learning. *Remote Sensing of Environment*, 2019. 233.
- Bradter, U., et al., Prediction of National Vegetation Classification communities in the British uplands using environmental data at multiple spatial scales, aerial images and the classifier random forest. *Journal of Applied Ecology*, 2011. 48(4): p. 1057-1065.
- Casalegno, S., et al., Modelling and mapping the suitability of European forest formations at 1-km resolution. *European Journal of Forest Research*, 2011. 130(6): p. 971-981.
- Zlinszky, A., et al., Categorizing Grassland Vegetation with Full-Waveform Airborne Laser Scanning: A Feasibility Study for Detecting Natura 2000 Habitat Types. *Remote Sensing*, 2014. 6(9): p. 8056-8087.
- Díaz-Varela, R.A., et al., Sub-metric analysis of vegetation structure in bog-heathland mosaics using very high resolution rps imagery. *Ecological Indicators*, 2018. 89: p. 861-873.
- Dronova, I., et al., Landscape analysis of wetland plant functional types: The effects of image segmentation scale, vegetation classes and classification methods. *Remote Sensing of Environment*, 2012. 127: p. 357-369.

- Miller-Coleman, R.L., et al., Korarchaeota diversity, biogeography, and abundance in Yellowstone and Great Basin hot springs and ecological niche modeling based on machine learning. *PLoS One*, 2012. 7(5): p. e35964.
- Mouton, A.M., et al., Data-driven fuzzy habitat suitability models for brown trout in Spanish Mediterranean rivers. *Environmental Modelling & Software*, 2011. 26(5): p. 615-622.
- Patel, B. and A. Sharaff. Feature Fusion based Growth Analysis of Chhattisgarh Rice Plants using Machine Learning Technique. in 7th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks. 2020.
- Paz-Kagan, T., et al., Multispectral Approach for Identifying Invasive Plant Species Based on Flowering Phenology Characteristics. *Remote Sensing*, 2019. 11(8).
- Pitkänen, T.P., H. Skånes, and N. Käyhkö, Detecting subpixel deciduous components to complement traditional land cover classifications in Southwest Finland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2015. 42: p. 97-105.
- Pouteau, R., et al., Support vector machines to map rare and endangered native plants in Pacific islands forests. *Ecological Informatics*, 2012. 9: p. 37-46.
- Du, P., et al., Random Forest and Rotation Forest for fully polarized SAR image classification using polarimetric and spatial features. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2015. 105: p. 38-53.
- Peters, J., et al., Random forests as a tool for ecohydrological distribution modelling. *Ecological Modelling*, 2007. 207(2-4): p. 304-318.
- Fukuda, S., et al., Assessment of spatial habitat heterogeneity by coupling data-driven habitat suitability models with a 2D hydrodynamic model in small-scale streams. *Ecological Informatics*, 2015. 29: p. 147-155.
- Garzón, M.B., et al., Predicting habitat suitability with machine learning models: The potential area of *Pinus sylvestris* L. in the Iberian Peninsula. *Ecological Modelling*, 2006. 197(3-4): p. 383-393.
- Jacob, M.L.P., et al., Hematological value references for free-living saffron finch (*Sicalis flaveola*) using a machine-learning-based classifier. *Comparative Clinical Pathology*, 2018. 28(4): p. 937-941.
- Juel, A., et al., Spatial application of Random Forest models for fine-scale coastal

- vegetation classification using object based analysis of aerial orthophoto and DEM data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2015. 42: p. 106-114.
- Sabat-Tomala, A., E. Raczko, and B. Zagajewski, Comparison of Support Vector Machine and Random Forest Algorithms for Invasive and Expansive Species Classification Using Airborne Hyperspectral Data. *Remote Sensing*, 2020. 12(3).
- Shobana, K.B. and P. Perumal. Plants Classification Using Machine Learning Algorithm. in 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems. 2020.
- Sukumaran, J., E.P. Economo, and L. Lacey Knowles, Machine Learning Biogeographic Processes from Biotic Patterns: A New Trait-Dependent Dispersal and Diversification Model with Model Choice By Simulation-Trained Discriminant Analysis. *Syst Biol*, 2016. 65(3): p. 525-45.
- Ullah, M.R., et al. Plant Diseases Recognition Using Machine Learning. in 8th International Conference on System Modelling & Advancement in Research Trends. 2019. India.
- Wang, D., et al., Artificial Mangrove Species Mapping Using Pléiades-1: An Evaluation of Pixel-Based and Object-Based Classifications with Selected Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 2018. 10(2).
- Zohmann, M., J. Pennerstorfer, and U. Nopp-Mayr, Modelling habitat suitability for alpine rock ptarmigan (*Lagopus muta helvetica*) combining object-based classification of IKONOS imagery and Habitat Suitability Index modelling. *Ecological Modelling*, 2013. 254: p. 22-32.

요약문

1. 제 목

2022년 시민참여 전국자연환경조사

2. 연구 목적

본 연구는 전국자연환경조사의 광범위한 종 출현 정보 파악의 한계점을 극복하기 위하여 클라우드소싱 기반의 시민참여형 조사를 도입하여 단기간 내 대량의 데이터를 수집함으로써 자연생태계 보전·관리에 활용하고자 수행하였다.

3. 연구 내용 및 방법

2022년 전국자연환경조사의 일환으로 시행된 시민참여조사는 전국자연환경조사 조사도엽(1:25,000)을 기반으로 2022년 4월 1일부터 2022년 10월 31일까지 520명(22년 신규 시민조사원 104명 선발)의 시민이 참여하여 조사를 수행하였다. 시민조사원은 총 5개 분야(식물상, 육상곤충, 조류, 양서류, 포유류)의 생물종 사진을 촬영하여 EcoBank(국제생태정보종합은행)에 자료를 등록하였고, 등록된 자료는 분야별 전문가 검증을 통하여 최종 승인되었다.

4. 연구 결과

등록된 자료는 총 20,362건(승인 18,623건, 반려 1,660건, 미승인 79건)이었고, 분야별 종 수는 식물상 1,375종, 육상곤충 810종, 조류 316종, 양서류 15종, 포유류 17종으로 총 2,533종이 확인되었다. 특히, 멸종위기야생생물은 식물 7종, 육상곤충 7종, 조류 56종, 양서류 3종, 포유류 3종 등 총 76종(I급 15종, II급 61종) 확인되었다.

I. 서론

시민참여란 시민들의 관심, 수요, 가치가 정부의 의사결정 과정에 흡수되는 과정으로, 양방향 의사소통과 상호작용을 통해 궁극적으로 시민들의 의사결정을 적극적으로 반영하고자 하는 목적을 가지고 있다(Creighton, 2005).

시민참여의 한 분야인 시민과학은 시민이 연구자로서 과학·기술 연구에 참여하는 과정으로, 커뮤니티 과학이라고도 한다(Kruger and Shannon, 2000; Carr, 2004). 그리고 시민과 정부 기관, 산업체, 학계 및 지역단체가 협력하여 환경 등과 같은 공동체의 관심사를 모니터링하고, 추적·대응하는 과정이라고 정의하기도 한다(Whitelaw et al., 2003). 또한, 기존 연구에 따르면 시민과학은 과학자가 설계하고, 시민은 주로 데이터를 제공하는 기여형(Contributory project), 시민이 데이터를 제공할 뿐만 아니라 프로젝트 설계를 개선하고, 데이터를 분석하고 결론을 도출하는 과정에 참여하는 협력형(Collaborative project), 시민이 과학 연구의 대부분 또는 전체 과정에 참여하는 공동연구(Co-created project) 등 세 가지 유형으로 구분하였다(Bonney et al., 2009).

현재 환경·생태학 분야에서는 생물다양성, 생태계 보전 등에 대한 장기적 모니터링을 목적으로 I See Change, Great Whale Count, MDMAP(Marine Debris Monitoring and Assessment Project), 한국 생물다양성 관측 네트워크(K-BON), 갯벌키퍼스(갯벌 시민모니터링), 야생조류 유리창 충돌 조사 등 다양한 시민 기여형 프로젝트가 수행되고 있다.

그중 자연생태 모니터링 부문에서의 시민과학의 적용은 현재까지의 장기 모니터링을 비용효과성, 인식증진 측면에서 크게 개선할 수 있는 도구로 화두가 되어왔다. 자연생태 모니터링은 생태계 관리의 시발점으로 종 출현, 종 다양성, 면적 기반 생태적 건강성 등 생물다양성 증진 및 자연생태계 관리를 위한 필수 정보를 도출하고 있다. 특히 국가정책 결정 과정에서 데이터의 역할이 강조되고 있는 가운데, 기존의 정부 및 전문가 중심의 모니터링은 단기간 내 대량의 데이터를 구축하기 어렵다는 한계를 지니고 있다.

이러한 한계점을 보완하고자 정부에서는 저비용으로 대량의 자료수집이 이뤄질 수 있는 시민과학의 중요성을 인지하고, 국가차원의 정책적인 지원을 확대하고 있는 추세이다(Gyeonggi Research Institute, 2019).

더불어, 자연 생태적 지식 함양 등 인식증진 효과와 생물다양성 증진 및 보전 활동의 대중화, 자연으로부터 얻는 생태계서비스 증진을 도모함이 전세계적으로 입증되며 자연생태 모니터링 부문에서의 시민참여 필요성이 더욱 강조된 바 있다.

따라서 본 연구는 전국자연환경조사의 광범위한 종 출현 정보 파악의 한계점을 극복하기 위해 클라우드소싱 기반의 시민참여형 전국자연환경조사를 도입하여 단기간 내 대량의 데이터를 수집함으로써 자연생태계 보전·관리에 활용하고자 하는 목적으로 수행하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 시민조사원 모집

전국자연환경조사 대상 기초자치단체(65개) 중 47개 단체(기존 시민조사원 주소지를 배제한 자치단체)를 선정하여 시민참여자를 모집하였고(표 1), 환경단체 및 국립생태원 홈페이지 공모를 통해 총 520명('22년 신규 시민조사원 104명 선발)의 시민조사원이 전국자연환경조사에 참여하였다.

공모를 통해 선정된 시민조사원을 크게 협회, 일반인, 모니터링 활동가, 공공기관으로 구분하여 분석한 결과, 각각 227명(43.7%), 220명(42.3%), 64명(12.3%) 그리고 9명(1.7%)이었다. 지역별로는 경기도(30.3%), 경상도(12.1%), 충청도(10.9%), 부산광역시(10.5%) 순으로 분포하였다(그림 1).

표 1. 2022년 신규 시민조사원 모집 대상 기초자치단체

번호	광역자치단체	기초자치단체
1	경기도(2)	가평군, 이천시
2	강원도(10)	고성군, 삼척시, 양구군, 양양군, 영월군, 정선군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군
3	충청북도(3)	괴산군, 음성군, 충주시
4	충청남도(5)	공주시, 논산시, 보령시, 부여군, 청양군
5	전라북도(6)	고창군, 김제시, 무주군, 익산시, 임실군, 진안군
6	전라남도(11)	고흥군, 곡성군, 구례군, 나주시, 담양군, 보성군, 순천시, 장성군, 진도군, 해남군, 화순군
7	경상북도(7)	경주시, 봉화군, 영천시, 울진군, 의성군, 청송군, 포항시
8	경상남도(3)	의령군, 하동군, 합천군

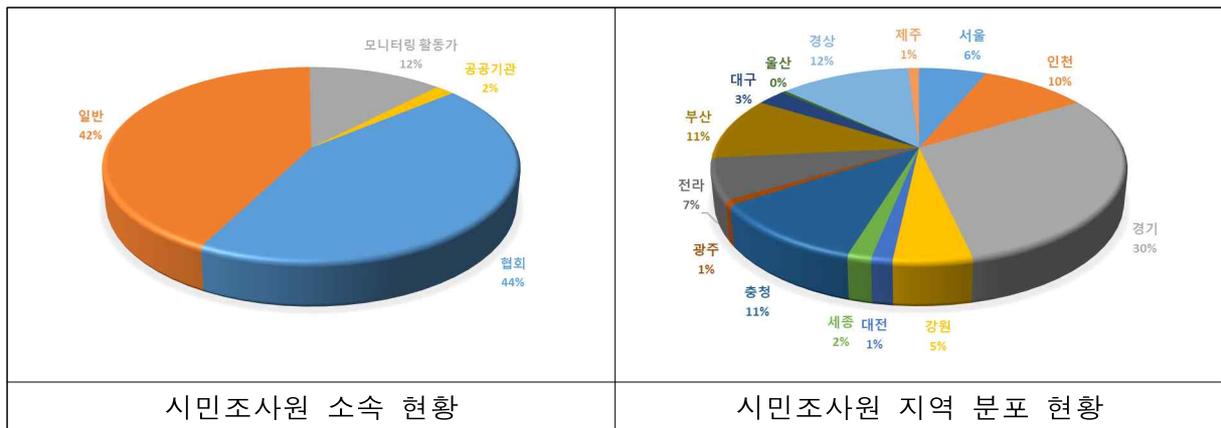


그림 1. 시민조사원의 소속 및 지역분포 현황

2. 조사방법

가. 전국자연환경조사 시민참여 매뉴얼 제작 및 배포

제5차 전국자연환경조사 사업의 내용 중 시민참여조사 방법을 표준화하기 위해 조사방법, 사진촬영, 유의사항, 자료저장 및 제출방법 등 통일된 매뉴얼을 제작하여 배포하였다(그림 2).

나. 교육자료 제작 및 배포

비대면 교육을 위한 분야별 조사방법, 위치정보 설정 및 자료 등록 방법을 설명하는 자료를 제작하여 배포하였다(그림 2).



그림 2. 시민참여조사 매뉴얼 표지 및 교육자료 예시

다. 조사분야

총 5개 분야(식물상, 육상곤충, 조류, 양서류, 포유류)의 생물상을 대상으로 조사를 실시하였다.

라. 분야별 조사방법

1) 식물상

국내에 생육하고 있는 모든 관속식물을 대상으로 하였고, 원예종, 식재종, 작물 등은 대상에서 제외하였다. 그리고 개체당 주변 서식환경과 식물종의 식별이 가능하도록 여러 장의 사진(원거리(서식환경 및 개체), 근거리(개체), 근접(꽃, 잎, 열매, 수피 등 특징적인 식물체 일부))을 촬영하였다.

2) 육상곤충

자연 상태에 있는 어른벌레(성충) 단계의 모든 곤충류(곤충강)를 대상으로 하였고, 알, 애벌레, 번데기 단계의 곤충 및 농가사육 곤충, 애완 곤충은 대상에서 제외하였다. 그리고 종의 식별을 위하여 대상 곤충의 몸 전체가 보이도록 촬영하였으며, 나비 및 나방류는 날개의 생김새 및 무늬가 드러날 수 있도록 촬영하였다. 벌과 같이 독을 갖고 있을 것으로 생각되는 곤충은 원거리에서 확대 촬영하였다.

3) 조류

국내에 서식하는 모든 야생조류를 대상으로 하였고, 집 또는 농장에서 키우는 가금류(집오리, 거위, 닭, 앵무, 십자매, 공작 등)는 대상에서 제외하였다. 촬영 시 조류의 특성(부리, 깃털 등)이 구분될 수 있도록 하였다. 또한 조류의 서식에 방해를 주지 않도록 주의하며, 조류의 번식 등지 등 안정적 서식 활동에 부정적 영향을 미칠 수 있는 곳을 피했다.

4) 양서류

국내에 서식하는 모든 양서류를 대상으로 하였고, 파충류는 조사에서 제외하였다. 양서류의 전체 모습 및 특성(주둥이 부분, 정면, 옆면, 배면 등)이 구분될 수 있도록 촬영하며, 습지 등 수변 조사 시 안전에 유의하여 촬영한다. 자연성이 잘 표현되도록 손으로 잡거나 집계를 이용한 촬영은 배제하였다.

5) 포유류

가축(소, 염소 등) 및 반려동물(개, 고양이 등)은 조사에서 제외하였으며, 야생동물을 대상으로 배설물, 족적 등 서식흔적을 포함하여 조사하였다. 포유류의 특성(전체적인 생김새, 무늬 등)이 구분될 수 있도록 촬영하였으며, 근접촬영이 불가능하기 때문에 활동영역 내에서 포유류가 안정을 찾을 때까지 기다린 후 촬영하였다. 또한 분변은 특성이 잘 나타나도록 근접 촬영하였다.

마. 자료등록 방법

기본적으로 개인이 소장하고 있는 스마트폰을 활용하여 조사를 수행하며, 조사자 개인별 환경에 따라 태블릿 PC, 디지털카메라 등을 사용하였다. 촬영된 사진은 국립생태원 EcoBank(국제생태정보종합은행)에 자료를 등록하고, 등록된 자료는 전문가 검증을 통한 후 최종 승인되었다(그림 3).

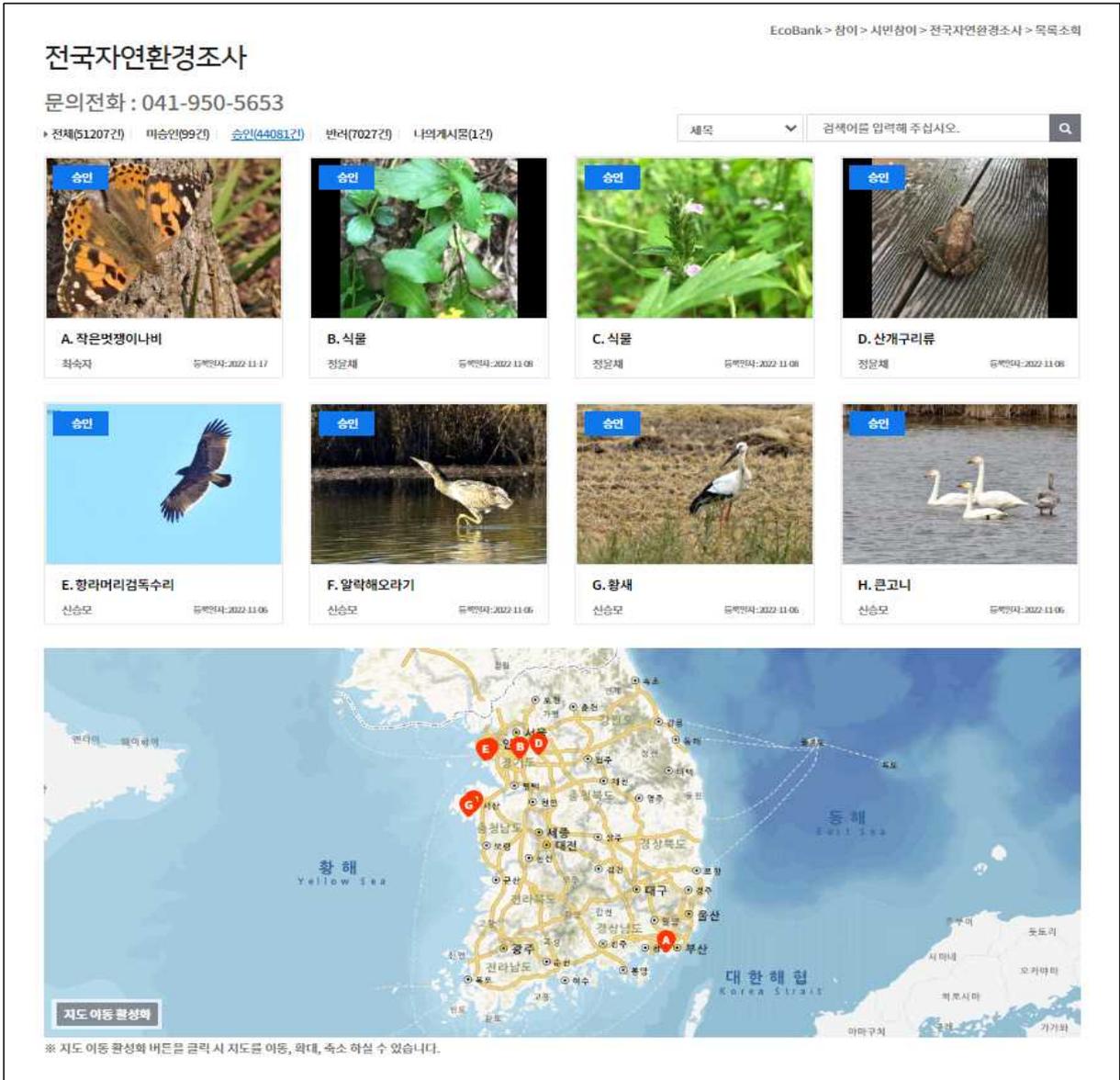


그림 3. EcoBank(국제생태정보종합은행)에 등록된 자료 현황(일부)

바. 종동정 검수반 운영

체계적이고 신뢰성 있는 사진자료 동정을 위해 분야별 전문가를 위촉하여 종동정 검수반을 구성·운영하였다. 위원회는 21명(내부 7명, 외부 14명)으로 구성하였고, 외부위원은 전국자연환경조사 전문가 중 추천을 통해 선정하였다(표 2). 종동정 검수반은 시민조사원이 EcoBank에 등록된 사진자료를 검토·동정하였다(그림 4).

표 2. 종동정 검수반 현황

구 분		합계	식물상	육상곤충	조류	양서류	포유류	총괄
인원 (명)	내부	7	1	1	1	0	1	3
	외부	14	5	6	2	1	0	0

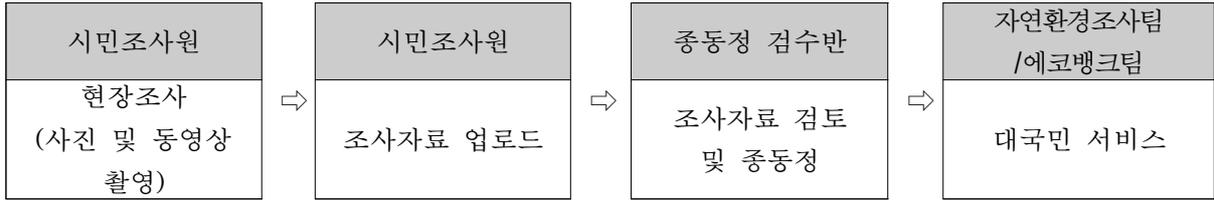


그림 4. 조사자료 검토 및 동정 체계

3. 조사일정 및 조사지점

본 조사는 2022년 4월 1일부터 10월 31일 사이에 실시하였고, 조사지점은 2022년 전국자연환경조사 도엽에 해당되는 지역을 기반으로 시민조사원들의 활동범위를 고려하여 전국을 대상으로 수행되었다(그림 5).

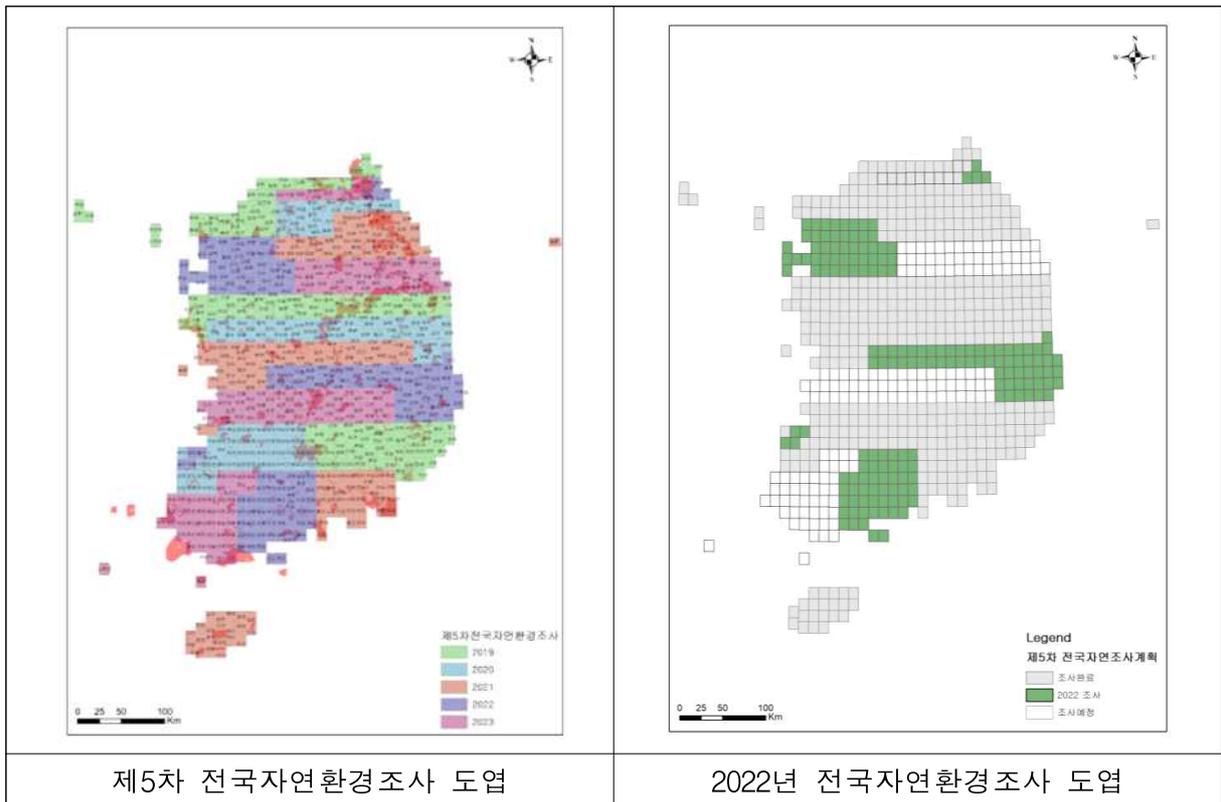


그림 5. 전국자연환경조사 도엽

Ⅲ. 연구 결과

2022년 시민참여조사에서는 총 20,362건의 자료가 확인되었다. 승인된 건수는 18,623건(91.5%)이었고, 반려된 건수는 1,660건(8.2%)이었다(표 3). 반려된 자료는 촬영일시 또는 위치정보 누락, 생물종 동정을 위한 특징 확인 불가, 5개 분야 외 생물종의 사진 촬영 등의 사유로 정확한 종 검증이 어려웠다. 제출된 자료는 중동정 검수반의 검토를 거쳐 종 동정이 이루어졌으며, 승인된 자료는 EcoBank에서 확인할 수 있다.

표 3. 2022년 시민참여 조사자료 등록 현황

구분	전체	승인	미승인	반려
자료수(건)	20,362	18,623	79	1,660
비율(%)	100	91.5	0.3	8.2

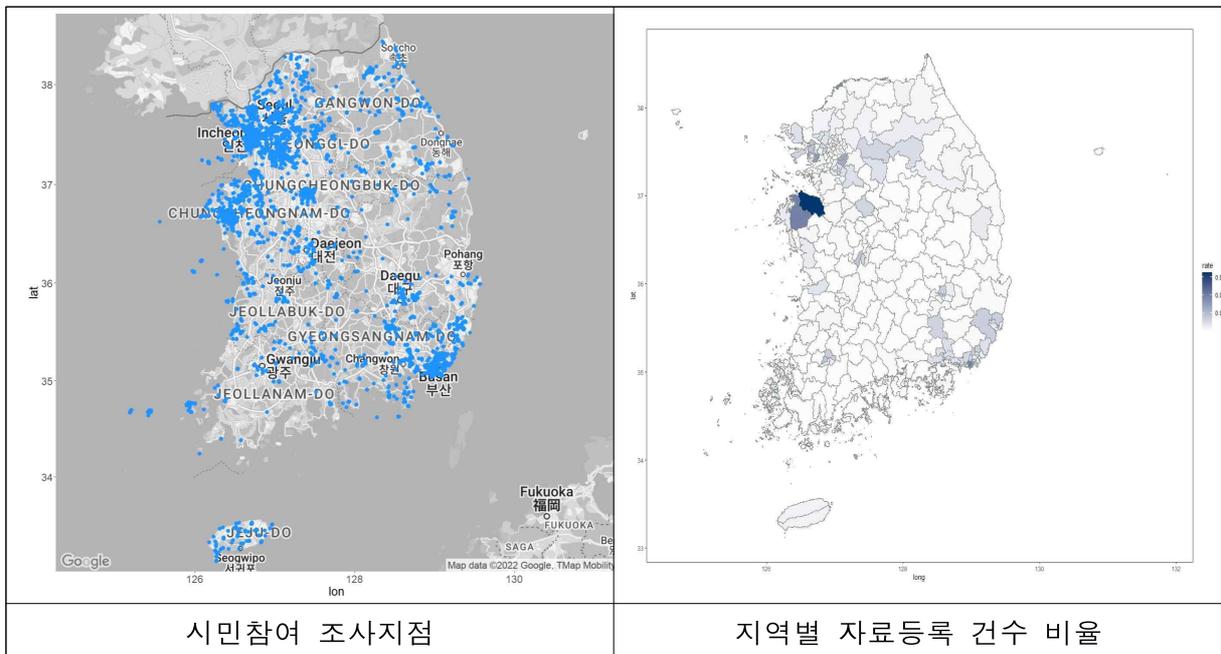
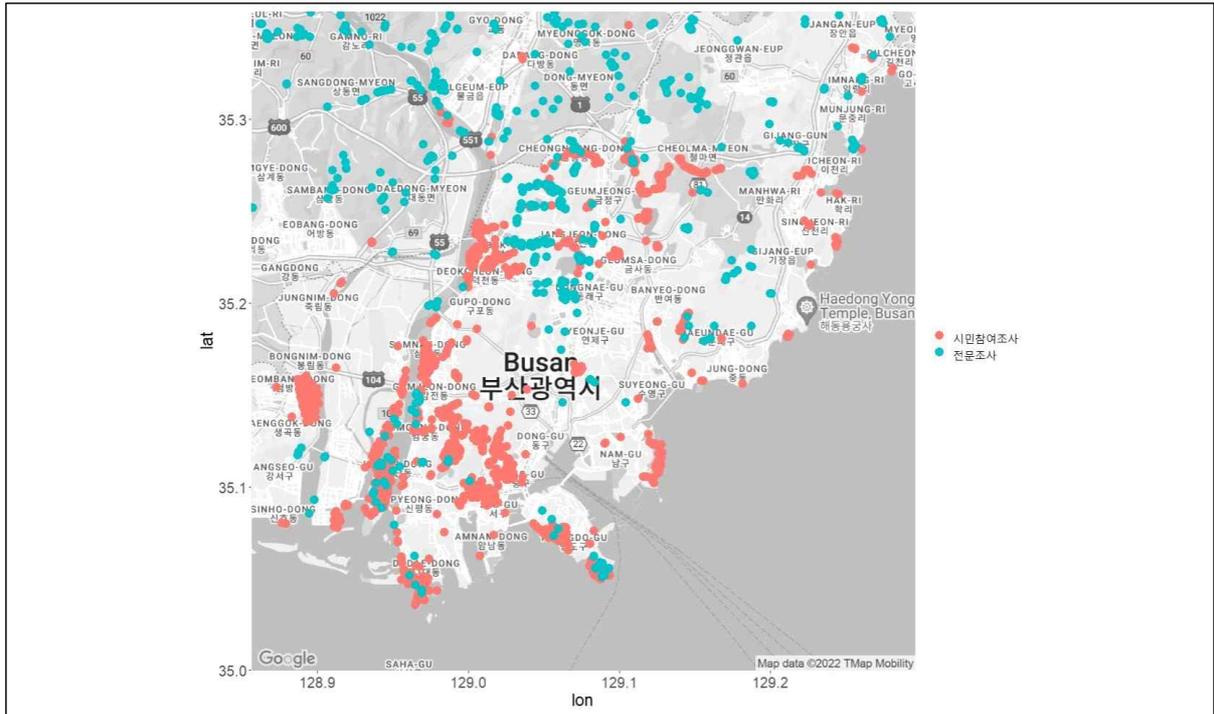


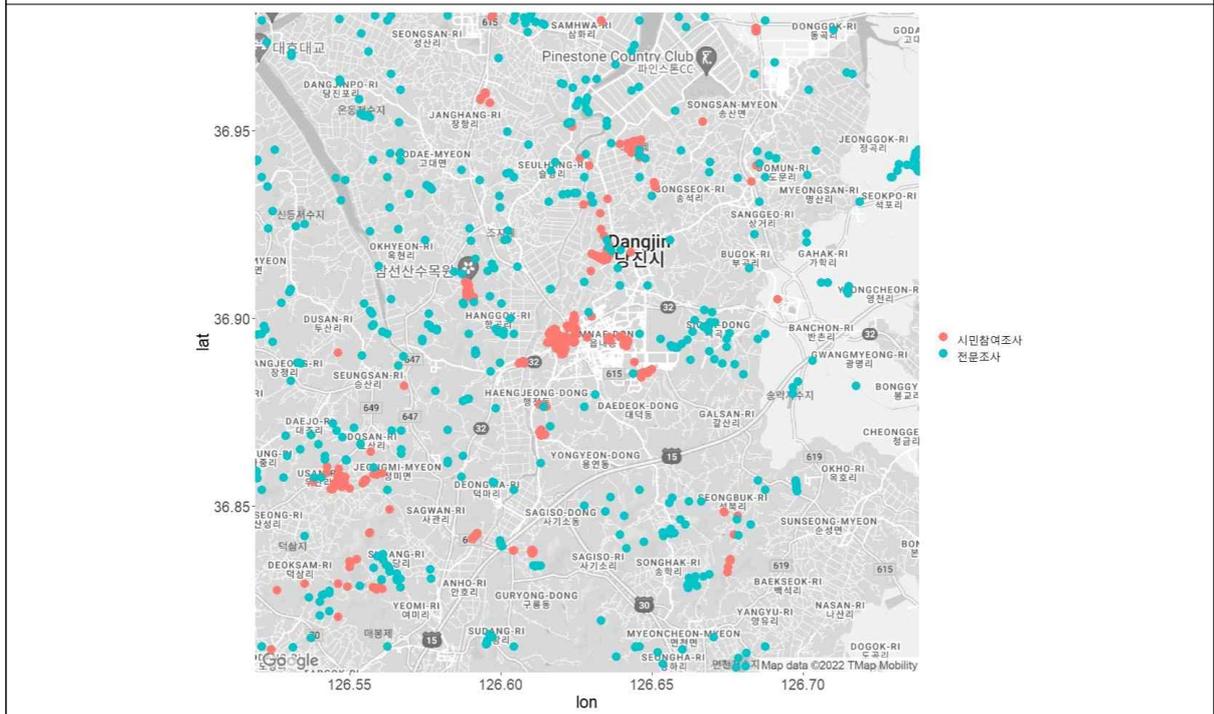
그림 6. 2022년 시민참여조사 조사지점 및 지역별 자료등록 건수 비율

조사지점을 확인해 본 결과, 충청남도 당진시에서 가장 많은 조사가 이루어졌고, 다음으로 부산광역시 사하구, 충청남도 서산시, 인천광역시 남동구 순이었다(그림 6). 시민참여조사의 경우 도심지와 같은 생활밀착지역에서 주로 조사가 이루어졌음을 확인할 수 있었는데, 이를 통하여 산림지역을 중

심으로 조사하는 전국자연환경조사에서 발생할 수 있는 조사 사각지역에 대한 부분을 해소할 수 있을 것으로 판단된다(그림 7). 또한, 시민참여조사는 도서지역과 해안지역에서도 조사된 것을 확인할 수 있었다(그림 8).

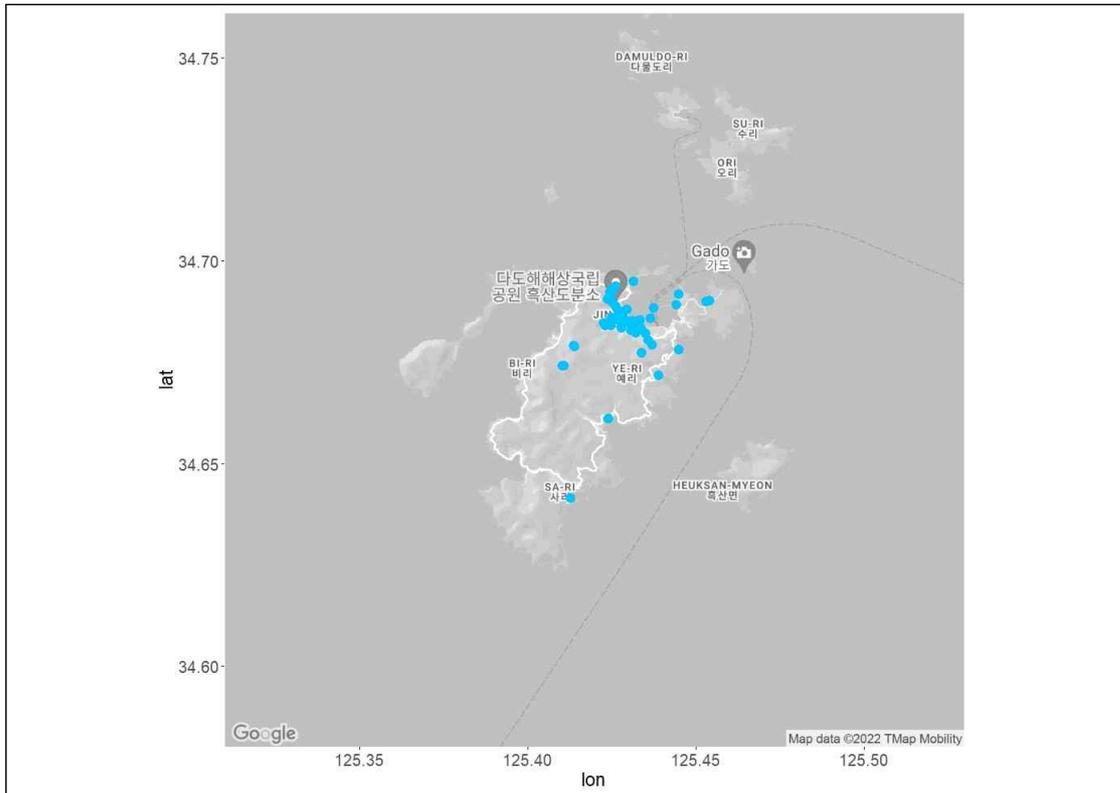


전문조사원과 시민조사원 간 조사지점의 비교(부산)

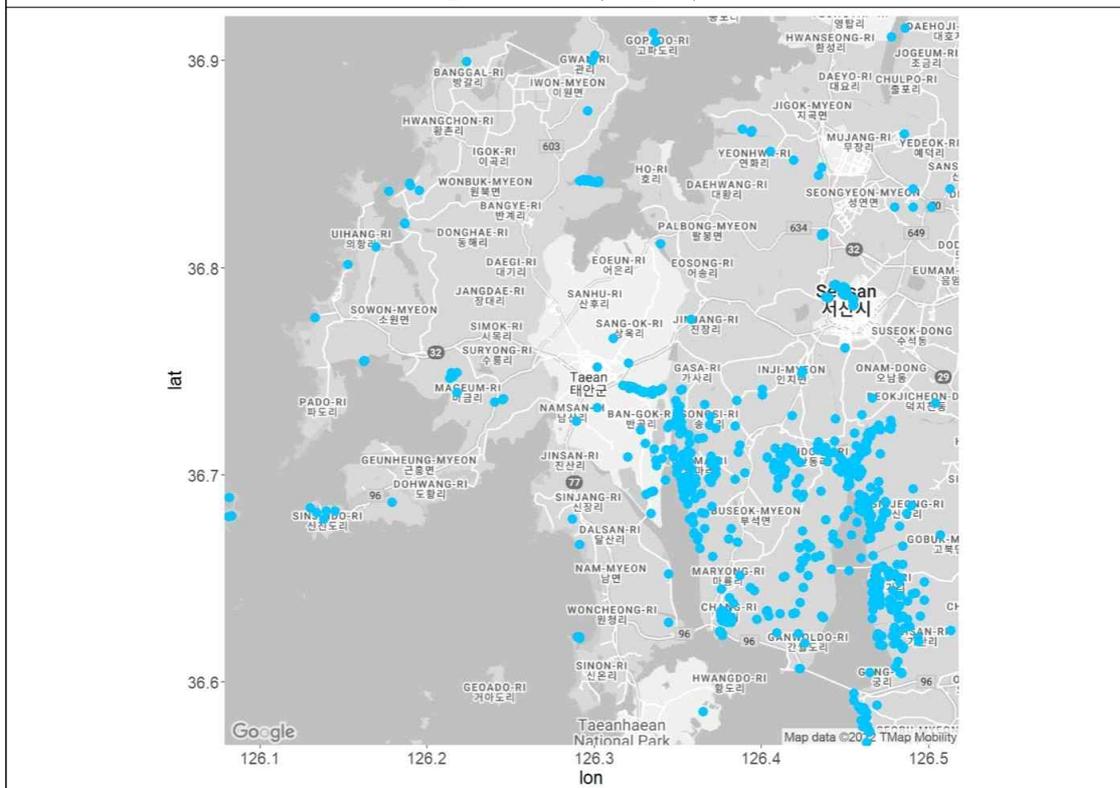


전문조사원과 시민조사원 간 조사지점의 비교(당진)

그림 7. 전국자연환경조사(전문조사원)와 시민참여조사(시민조사원) 간 조사지점 비교



섬·도서지역(흑산도)



해안지역(태안군 및 서산시)

그림 8. 시민참여조사 도서·해안지역 조사지점(일부)

분류군별 자료등록 현황을 살펴보면 식물상은 10,298건(50.6%)으로 가장 많은 자료가 등록되었고, 조류 5,846건(28.7%), 육상곤충 3,598건(17.7%), 양서류 268건(1.3%), 포유류 106건(0.5%) 순으로 자료가 등록되었다. 전체 자료 중 식물상, 조류, 육상곤충의 자료가 19,742건(97.0%)으로 확인이 되어 등록 자료의 대부분을 차지하고 있음을 확인할 수 있었다(표 4, 그림 9)

표 4. 분류군별 자료등록 현황

분류군	식물상	육상곤충	조류	양서류	포유류	기타	총계
자료(건)	10,298	3,598	5,846	268	106	246	20,362
비율(%)	50.6	17.7	28.7	1.3	0.5	1.2	100.0



그림 9. 분류군별 자료 등록 및 종 수 비율

분류군별 종 수는 식물이 1,375종(54.3%)으로 가장 많았고, 육상곤충 810종(32.0%), 조류 316종(12.5%), 포유류 17종(0.7%), 양서류 15종(0.6%) 순이었다(표 5, 그림 9).

표 5. 분류군별 종의 수

분류군	식물	육상곤충	조류	양서류	포유류	총계
종 수	1,375	810	316	15	17	2,533
비율(%)	54.3	32.0	12.5	0.6	0.7	100.0

법정보호종인 멸종위기야생생물은 I급 16종, II급은 61종이 확인되었다. 분류군 별로는 식물 7종, 조류 56종, 육상곤충 7종, 양서류 3종, 포유류 4종이 확인되었다.(그림 10, 그림 11, 표 6). 향후 기 조사된 자료의 검증과 추

가 조사를 통해 최종적으로 전국자연환경조사 자료에 적용할 예정이다.

표 6. 시민참여조사 멸종위기야생생물 조사 결과

분야	멸종위기야생생물 I급	멸종위기야생생물 II급
식물상 (7)		가시연, 노랑붓꽃, 단양쑥부쟁이, 삼백초, 석곡, 순채, 칠보치마
육상곤충 (7)		대모잠자리, 두점박이사슴벌레, 물방개, 물장군, 쌍꼬리부전나비, 애기뿔소똥구리, 왕은점표범나비
조류 (56)	검독수리, 넓적부리도요, 노랑부리백로, 두루미, 뿔제비갈매기, 고니, 저어새, 참수리, 청다리도요사촌, 호사비오리, 흑고니, 황새, 흰꼬리수리	개리, 검은머리갈매기, 검은머리물떼새, 검은머리축새, 검은목두루미, 긴꼬리딱새, 까막딱다구리, 노랑부리저어새, 독수리, 따오기, 뜰부기, 매, 무당새, 물수리, 벌매, 붉은배새매, 뿔종다리, 새매, 새호리기, 섬개개비, 솔개, 쇠검은머리쑥새, 쇠제비갈매기, 수리부엉이, 시베리아흰두루미, 알락개구리매, 알락꼬리마도요, 올빼미, 재두루미, 잿빛개구리매, 조롱이, 참매, 청호반새, 큰고니, 큰기러기, 큰말똥가리, 팔색조, 향라머리검독수리, 흑두루미, 흰목물떼새, 흰이마기러기, 흰죽지수리
양서류 (3)	수원청개구리	금개구리, 맹꽁이
포유류 (4)	수달, 산양	삿, 하늘다람쥐

	
<p>단양쑥부쟁이(멸종위기야생생물 Ⅱ급)</p>	<p>두점박이사슴벌레(멸종위기야생생물 Ⅱ급)</p>
	
<p>흑고니(멸종위기야생생물 Ⅰ급)</p>	<p>뿔종다리(멸종위기야생생물 Ⅱ급)</p>
	
<p>수원청개구리(멸종위기야생생물 Ⅰ급)</p>	<p>하늘다람쥐(멸종위기야생생물 Ⅱ급)</p>

그림 10. 시민참여조사 멸종위기야생생물 조사 결과(일부)

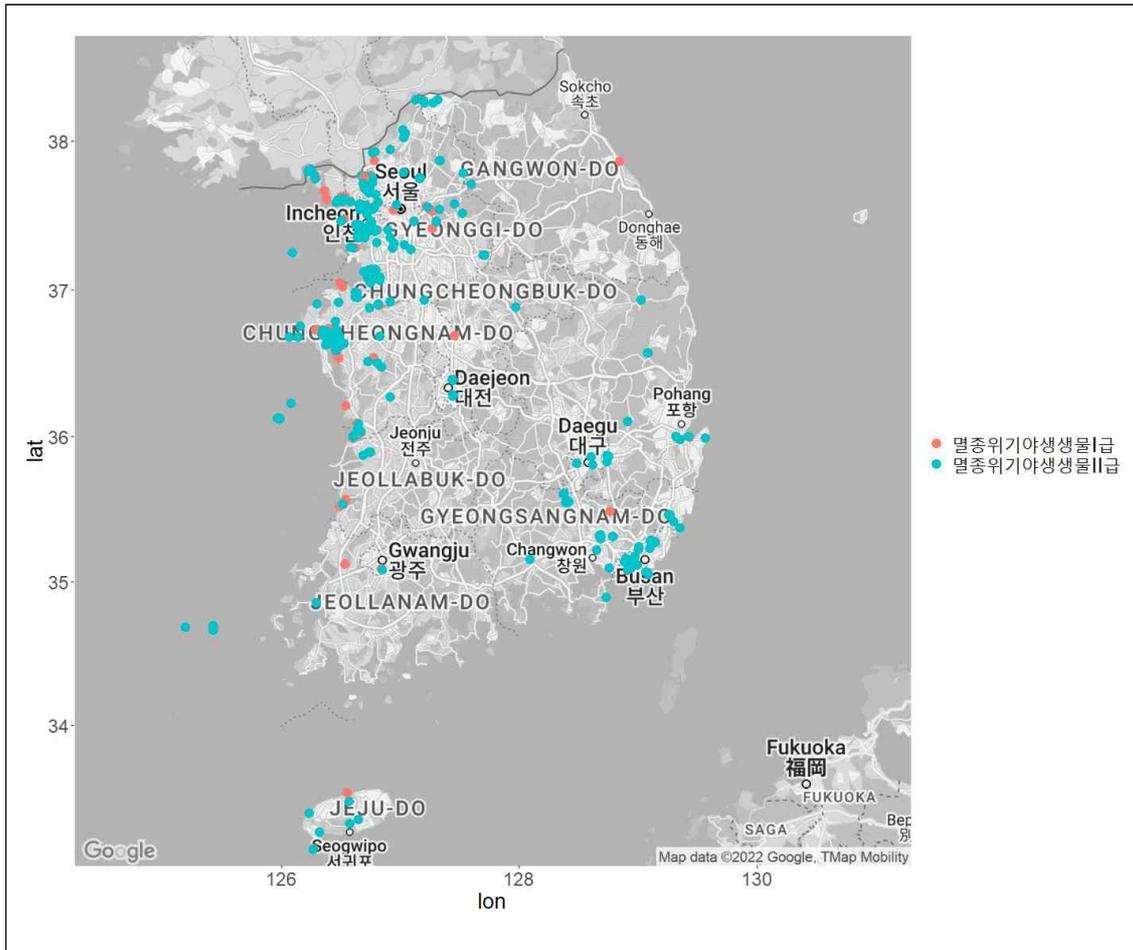


그림 11. 2022년 시민참여조사 멸종위기야생생물 출현 지점

IV. 고찰 및 제언

자연생태 모니터링은 종 출현, 종 다양성, 생태 건강성 등 생물다양성의 증진 및 자연생태계 관리를 위한 필수 정보를 도출하고 있다.

전국자연환경조사는 전문조사원에 의한 산지 중심의 조사가 이루어져 도심지와 같은 생활밀착지역의 고유종 누락이 발생할 수 있으며, 소수의 전문가가 광범위한 종 출현 정보를 파악하기 어렵다는 한계를 지닌다. 따라서 클라우드소싱 기반의 시민참여형 전국자연환경조사를 도입하여 기존의 조사가 미흡한 지역(도시, 농경지 등 생활 주거지 인근)을 대상으로 시민이 스마트폰 등을 활용하여 생물종 사진을 게시하는 형태의 조사를 추진하였다.

본 조사를 위하여 기초자치단체, 환경단체 및 국립생태원 홈페이지를 통하여 시민조사원을 모집하였으며, 시민참여조사 매뉴얼 및 교육자료를 배포하여 조사 방법, 자료 등록 방법 및 안전수칙 등에 대한 교육을 실시하였다. 그리고 시민조사원의 전문성 미흡으로 자료의 왜곡이 발생할 수 있기 때문에 이를 보완하기 위하여 관련 분야 전문가로 구성된 중동정 검수반 운영을 통해 자료에 대한 검토 과정을 거쳐 신뢰도를 향상함으로써 문제를 개선하였다.

조사 결과, 총 20,362건의 생물종 자료 및 52,009장의 사진 자료를 확보하였다. 분류군별 자료 등록 현황은 식물상이 10,298건(50.6%)으로 가장 많았으며, 다음으로 조류, 육상곤충, 양서류, 포유류 순이었다. 연간 자료 등록 현황을 살펴보면, 2019년 1,395건, 2020년 10,630건, 2021년 18,806건, 2022년 20,362건이 등록되어 지속적으로 증가하고 있음을 확인할 수 있다.

시민참여 조사지점을 살펴보면, 시민조사원은 자신의 주거지 인근을 주요 활동지역으로 조사하는 경우가 대부분이었다. 그래서, 도서·해안지역과 같이 지리적으로 생물종을 관찰하기 어려운 지역에서 매년 생물종을 관찰함으로써, 전문조사원이 파악하기 어려운 정보 획득(생물의 분포 및 계절성)에 기여할 수 있었다. 이와 같은 모니터링 체제를 통해 지역별 출현종의 분포 및 주요 서식처를 분석함으로써 자연생태계 보전·관리에 대한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

자료 등록 건수 대비 반려율은 2019년은 25.9%, 2020년은 23.7%, 2021년은 13.2%, 2022년은 8.2%로, 매년마다 반려율이 낮아지고 있는 것을 확인할 수 있는데 이는 시민조사원을 대상으로 진행된 교육 및 EcoBank 자료 등록 방법 개선 등을 통한 결과로 볼 수 있다. 이처럼 매년 반려율이 계속적으로 감소하고 있지만, 여전히 사진 자료의 낮은 해상도, 촬영일시, 위치정보 누락에 대한 문제가 발생하고 있어 이에 대한 지속적인 개선이 요구된다.

매년 시민조사원 및 EcoBank 등록 자료의 수가 증가함에 따라 체계적인 시스템 구성·운영·관리에 대한 필요성이 강조되고 있다. 현재 소셜 네트워크를 활용하여 공지사항 및 교육내용 등을 공유하고, 게시판 이용, 질의응답 등의 양방향 소통을 활성화하여 시민조사원의 참여를 독려하고 있으나,

여전히 일부 EcoBank 시스템 오류 또는 개인정보이용동의서 제출과 같은 행정 처리 부분에서의 제한이 있기 때문에 이를 해결하기 위한 노력이 필요하다. 그리고 자료 등록 건수 증가에 맞추어 검수 인력을 확충함으로써 자료의 신뢰도 확보 및 검토 기간 단축에 힘써야 할 것으로 보인다.

시민참여조사는 자연생태계 보전에 대한 국민 인식을 확산하고, 자연의 가치 유산을 후손에게 물려주기 위한 좋은 방법 중 하나이다. 그렇기 때문에 시민참여 전국자연환경조사와 관련된 다양한 프로그램을 제공하고 홍보함으로써 지속적으로 시민참여가 유지·확대될 수 있도록 해야 한다. 결과적으로 시민참여조사의 내실화 도모 및 시민참여에 대한 인식 향상과 함께 신뢰도 높은 자료를 제공할 수 있다면 자연생태 모니터링 효과 증진 및 생태계 보전 활동에 대한 대중화를 이룸으로써 시민참여의 성공적인 결과를 나타낼 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Bonney R., H. Ballard, R. Jordan, E. McCallie, T. Philips, J. Shirk, and C. C. Wilderman. 2009. Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education, A cause inquiry group report, pp.1~58
- Carr, A. J. L. 2004. Why do we all need community science. *Society and National Resources*, 17, pp.841~849
- Creighton, James L. 2005. *The public participation handbook*. John Wiley & Sons
- Gyeonggi Research Institute, 2019. *The Potential of Citizen science to Address Environmental Issues*
- Kruger, L. E. and Shannon, M. A. 2000. Getting to know ourselves and our places through participation in civic social assessment. *Society and National Resources*, 13, pp.461~478
- Whitelaw, G., Vaughan, H., Craig, B., and Atkinson, D. 2003. Establishing the Canadian Community Monitoring Network. *Environmental Monitoring and Assessment*, 88, pp.409~418

NI-E-발행물연구-2022-01

제5차 전국자연환경조사(’22)

국립생태원



비매품/무도
95670

9 791166 981586
ISBN 979-11-6698-158-6 (CD/DVD)