

2017
해외교류
연구원
활동 보고서

8-11월

목 차

[자유주제]

1. [미국] 도심지 비점오염원 처리를 위한 법안과 개선노력 1
2. [캐나다] 산불이 생태계에 미치는 영향과 예방 7
3. [노르웨이] 생태계 서비스와 삶의 질의 관계 탐색: 노르웨이 로포텐(Lofoten) 제도의
 뢰스트(Røst) 섬마을 사례 연구 12

[기후변화 리스크 평가]

1. [미국] 기후변화 리스크 평가 16
2. [캐나다] 기후변화 리스크 평가 30
3. [노르웨이] 기후변화 리스크 평가 38

[생태계 재난위험 경감(Eco-DRR) 연구동향]

1. [캐나다] Ecosystem-based Adaptation & Disaster Risk Reduction 43
2. [노르웨이] 유럽지역 생태계 재난위험 경감(Eco-DRR) 연구 동향 48

[생태계 서비스 가치평가 연구동향]

1. [캐나다] 생태계서비스 평가연구동향 53
2. [노르웨이] 생태계 서비스 가치평가 연구동향 59

[기타]

1. [캐나다] 기후변화 리스크에 대한 인식 67
2. [캐나다] 습지 연구 동향 72
3. [캐나다] 침입 외래종 관리연구동향 79

미국 도심지 비점오염원 처리를 위한 법안과 개선노력

1. 서론
2. 도심지 지면 유출수의 문제점
3. 미국내 도심지 지면 유출수 개선을 위한 정책과 노력

1. 서론

산업화 이후 지속적인 도심화와 다양한 오염물질 배출로 인한 수질악화와 수 생태계 파괴가 전 세계적으로 주요 환경이슈 중 하나이다. 미국에서는 1972년 Clean Water Act (CWA) 발효와 함께 오염물질 유출확인, 조절과 방지를 위한 National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)를 실행하고 있다. 그 결과, 대부분의 점오염원이 효과적으로 처리되고 있으며, 비점오염원의 관리와 처리도 점진적으로 향상되고 있는 추세이다.

우리나라 역시 수질환경보전법과 관련 법규에 따라, 미국 NPDES 점오염원 관리법과 유사한 방법으로, 점오염의 사전허가 및 처리시설 설치 관리하고 있다. NPDES의 항목 중 특히 눈여겨 볼 것은 NPDES에서 요구하는 비점오염원, 특히 도심지 지표면 유출수 (stormwater, runoff)에 관한 법률과 정책안이다. 미국 내에서도 도시화가 극심한 동부와 서부를 중심으로 적용되는 이 정책은 한국에서도 향후 적용 가능성이 높아, 본 보고서에서 자세히 다루어 보고자 한다.

2. 도심지 지면 유출수의 문제점

도심 내 불침투성 지표면 (impervious surface)의 증가와 함께, 강수와 해빙에 의한 지면 유출수량이 지속적으로 증가하고 있다. 지면 유출수의 증가는 도심지 홍수를 유발하는 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 또한 생활하수관과 빗물/지면유출수가 분리되지 않은 합류식 하수관로를 사용하는 지역의 경우, 폐수처리시설의 수용능력을 넘어 처리되지 않은 하수가 그대로 유출되거나, 생활하수가 그대로 빗물에 섞여 하류로 유입될 가능성이 매우 크다. 이를 방지하기 위하여 도심지 합류식에서 분리식

하수관로(생활하수관과 지면 유출수관으로 분리)로의 전환이 시급하다.

현재까지 우리나라 많은 지역이 합류식 하수관로 형태로 있으며, 일례로 부산은 분리식 하수관로 사업을 2030까지 전 부산지역에 확대, 시행할 예정에 있다. 미국 내에서는 동부와 서부를 중심으로 하수관 전환 사업이 추진되고 있으며, 대도시에서는 이와 함께 후속사업-지면 유출수의 수질정화를 위한 연구와 정책을 개발, 추진하고 있다.

유량의 증가 뿐 아니라, 지면 유출수는 지표면에 있는 다양한 오염물질을 하류로 운반하여 하류의 수질을 악화시키고 수생태계의 건강을 위협하는 요소로 작용한다. 도심지 지면유출수는 1) 유기오염물질 (예, PAHs, PCBs, DDT), 2) 중금속, 특히 Pb, Zn, Cu, As, Hg, Cd, 3) 대장균류, 4) 영양물질 (질소, 인), 5) CECs/PPCPs (Contaminants of Emerging Concerns including Pharmaceuticals and Personal Care Products) 등의 오염물질을 포함하고 있는 것으로 보고되었다. 미국 워싱턴 주의 경우, 주변 수생태계 특히, Puget Sound의 주요 오염원이 도심지 지면 유출수인 것으로 보고되어, 지면유출수 오염방지와 개선 노력이 활발하다. 일례로 워싱턴 주는 미국 연방정부의 관련법규보다 더 강력한 주정부 지면 유출수 제지 관련 법규를 갖고 있으며, 연방정부, US EPA 외 다른 주정부의 본보기가 되고 있다.

3. 미국내 도심지 지면 유출수 개선을 위한 정책과 노력

3.1. 도심지 지면 유출수 허가증 (Municipal Stormwater Permit)

앞에서 언급한 것과 같이 분리식 하수처리관은 미국 동부와 서부를 중심으로 발달되어 있다 (그림 1). 분리식 하수처리 관 중 지면유출수 처리 용 하수관로를 Municipal Separate Storm Sewer Systems (MS4)라 칭하며, 대부분, 시, 카운티 등의 공공기관에서 설치, 관리하고 있다.

이 MS4로 유입되는 지면 유출수의 수질 정화를 위해 각 MS4를 관리하는 기관에서는 NPDES에 해당하는 stormwater permit (지면 유출수 허가증)을 받아 정기적으로 지표면 유출수를 정량분석하고, 지표면 유출수 수질개선 방법/정책 (Stormwater management programs, Best management practice)을 개발, 적용할 의무를 갖고 있다. 각각의 허가증은 특별한 지역/ 경우를 제외하고는 EPA에서 지정한 주정부기관에서 주로 처리, 발효한다.

허가증(Permit) 의 종류

1) General permit

지표면 유출수 General permit은 크게 Phase I, Phase II로 나뉘며, 도시 또는 카운티 내 인구를 기준으로 총 100,000명 이상의 경우, Phase I, 그 이하의 소규모 도시/카운티에서는 Phase II를 요청하게 된다. 지면 유출수 허가증 (Phase I, Phase II)는 도심지 일반 유출수를 총괄하는 허가증으로, 특수한 활동의 경우, 예를 들어 건설 사업이나 도로 보수, 확장사업등 지면 유출수를 발생하는 산업 활동 역시 관련된 허가증이 요구된다.

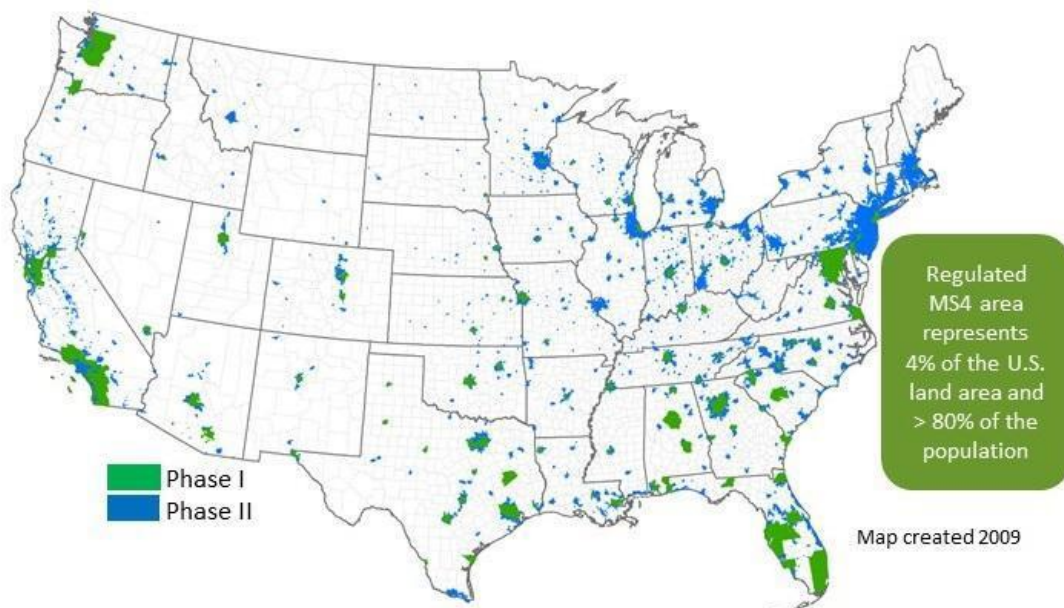
2) Construction permit, 3) Industrial permit

건설 사업의 경우, Construction permit, 일반 생산/산업 활동, 예를 들어, 화학공장, 매립장, 주차장, 폐수처리장, 인쇄소, 전력소 등 화학물질을 동반하는 지면 유출수의 배출이 가능한 산업의 경우, Industrial permit을 정기적으로 받아야 한다.

4) Department of Transportation permit

위의 General, Construction, Industrial permit 은 도시, 카운티나 특정 지역에 한정하여 주어지는 대신 대규모 고속도로 건설과 관리를 주관하는 교통부의 경우, 그 지역에 제한하지 않고, 사업 당 또는 기간에 따라 허가증을 받게 된다.

National Map of Regulated MS4s



[그림 1] 미국 내 도심지 지면 유출수 관련 허가증 Phase I, Phase II 해당지역
(출처: <http://www.epa.gov/npdes/stormwater-discharges-municipal-sources>)

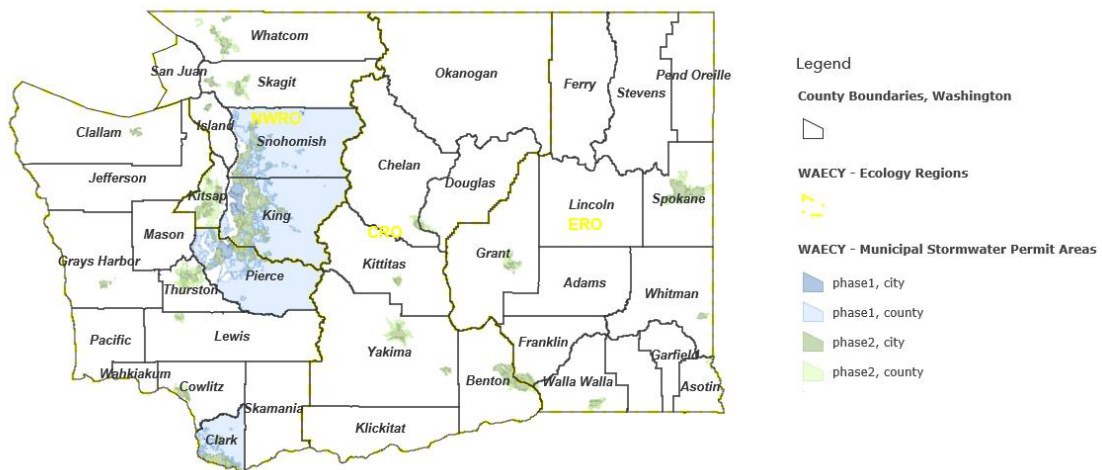
3.2. 도심지 지면유출수 수질조사 및 개선 노력

지면유출수 허가증은 MS4를 관리하는 기관(혹은 Construction, Industrial permit 의 경우, 개인 사업장)에 적절한 수량 관리와 보고 뿐 아니라, 수질개선 노력을 의무화 하고 있다. 이에 따라, 각 시와 카운티에서는 과학적으로 검증된 방법으로 지면유출수 채수, 화학조사를 진행해야 하며, 다양한 최적관리기법(Best management practice, BMP)과 저영향개발(low impact development, LID)을 적용, 관리해야 한다.

다양한 종류의 조사활동이 지면유출수 허가 아래 진행되고 있지만, 본 보고서에서는 그 중 가장 활발한 지면 유출수 조사, 개선 노력을 보이는 워싱턴 주를 예로 소개하고자 한다.

3.3. 워싱턴 주의 지면유출수 허가증과 수질조사/개선 노력

워싱턴 주는 도심지 (시애틀, 타코마)를 중심으로 총 118개 도시, 카운티에서 지면 유출수 허가증을 받아 규정을 준수하고 있다 (그림 2). 특히, 도심지 (도시: 시애틀, 타코마, 카운티: 킹, 피어스)가 해안 (Puget sound)에 근접해 있어, 해안 생태계 보전과 복원을 위해 지면유출수의 조사와 개선 노력이 특별히 활발하다.



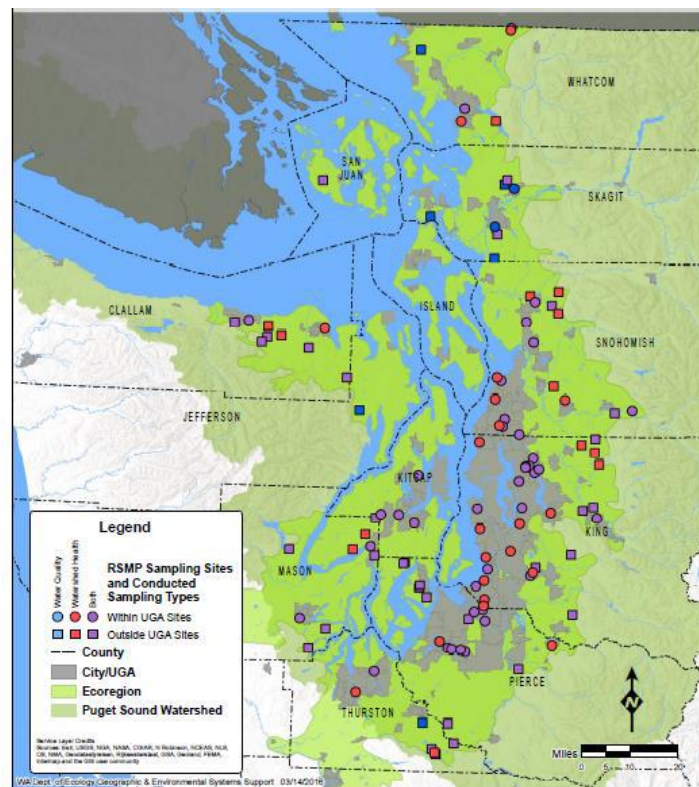
[그림 2] 워싱턴 주 내 지면유출수 허가증 포함 지역

워싱턴 주 내 지면유출수 관련 규정에서 주목해야 할 점은 수질 조사 활동을 위해 협력 공동체를 구성한 점이다. 다른 주에서 일반적으로 지면 유출수 및 하류의 수질조사와 수질 개선노력/보고를 진행하는 것과는 다르게, 각 허가증을 받은 118개의 도시, 카운티 중 Puget Sound에 영향이 큰 킹카운티와 피어스 카운티를 중심으로 구성된 Stormwater Group (SWG)은 각 도시와 카운티에서 수행해야 할 수질 조사의 방법과 항목 등의 방법을 통일하고, 조사지점을 함께 정하는 등 협력 조사할

동을 수행하고 있다. 이 협력 조사 활동을 Stormwater Action Monitoring (SAM), 혹은 Regional Stormwater Monitoring Program (RSMP)이라 부른다.

SAM 프로그램은 크게 세 부분으로 나뉘어 진행된다. 1) Status and Trends in receiving water: 허가증을 받고 BMP/LID를 수행하는 도심지 유출수와 그 하류의 건강상태를 장기간 조사, 수질의 변화도와 도시화와 및 BMP/LID의 효과에 대한 연구를 진행한다. 여기에 수질, 하류 저토 내 오염물질 농도, 생물 오염물질 축적정도 (Mussel contamination)에 관한 연구가 포함된다. (그림 3)

2) Effectiveness Monitoring of Stormwater Management Program Activities: BMP/LID 효율 평가와 모니터링. BMP, LID 로 주로 적용되는 하천재정비, 인공습지 및 연못조성, 지붕정원 (Green roof, wall), 도로청소 등의 활동이 하류 수질에 미치는 영향에 관한 연구가 여기에 포함된다. 3) Source identification: 하류에서 발견되는 오염물질의 발생지를 확인하는 연구로, 주요 개선요구 지역과 문제 오염원을 확인할 수 있는 정보를 제공해준다.



[그림 3] Puget Sound region 하류 도심지면유출수 샘플링 및 수질조사지역 (UGA: 도심지역)으로 총 89개의 카운티와 도시의 공동 샘플링/조사지 (출처: <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/municipal/rsmp/status.html>)

이 SAM 프로그램은 지역 단체에서 개별적으로 수행될 수 있는 조사를 하나의 partnership으로 통합함으로써, 조사방법과 기간 등을 일치시켜, 결과의 공간적, 시간적 비교를 가능하게 하며, 개별적으로는 불가능한 다량의 조사결과와, 다양한 분야의 연구를 가능하게 한다는 큰 장점을 갖고 있다. 또한 그림 3과 같이 Puget sound 전지역을 조사/연구에 포함함으로써 연구의 질을 높일 수 있다.

미국 특히 워싱턴 주에서 오염원 관리방안 중 하나로 활용되는 도심유출수 허가증과 관련 BMP/LID 방법 및 협력을 통한 조사/연구 과정은 우리나라에서 향후 분리하수관의 건설, 확장과 함께 도심지 지면유출수 개선을 위한 관련 사업 개발 시 큰 참고가 될 것이다.

〈참고자료〉

- 1) <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/municipal/>
- 2) <http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/stormwater/municipal/rsmp/rsmp.html>
- 3) <https://www.epa.gov/npdes>
- 4) <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/58f90573e4b0b7ea5452291a>

캐나다 산불이 생태계에 미치는 영향과 예방

1. 산불 발생의 증가와 원인
2. 산불이 생태계에 미치는 영향
3. 산불의 관리

1. 산불 발생의 증가와 원인

캐나다는 이미 2016년 알버타(Alberta) 주의 포트맥머리(Fort McMurray)를 기점으로 하여 약 586,000 헥타르의 산림을 전소시키고 캐나다 달러 기준 3억 7천불의 피해액을 기록한 대 화재를 경험한 바 있다. 목재 산업이 국가의 기간산업으로 자리매김할 만큼 숲은 캐나다 자연의 대부분을 차지하고 있으며 포트맥머리 화재가 캐나다 역대 자연재해 기록 중 가장 큰 피해액을 차지할 만큼 산불은 가장 주요 자연재해 중의 하나라고 할 수 있다.

한편, 다시 올해 2017년에는 동서를 가로지르는 록키산맥을 기준으로 알버타 주 바로 서쪽에 위치한 B.C. (British Columbia)주에도 대형 산불이 발생하여 8월3일 현재 통산 868건, 약 498,000 헥타르의 면적을 황폐화 시키고 있다. 아직 2017년이 5개월 남아있는 시점임에도 불구하고 전년대비 약 400,000 헥타르가 늘어난 면적이며 이는 서울 면적의 8배에 이르는 규모이다.

산불 건수도 이미 연평균에 근접해 있어 현재까지 총6천7백여 명의 이재민이 발생하였고 또 다른 2만 4천 8백여 명에게 대피 명령이 내려진 상태이다. 이러한 추세라면 기록적인 화재사고였던 1958년도 850,000 헥타르에 육박할 수 있다고 전문가들은 현재 예측하고 있다. 이 뿐만 아니라 발생지역도 예년과 달리 인구 밀집지역으로 대거 이동되면서 인적 물적 피해 등의 더 큰 문제를 야기하고 있다.

역사적으로 캐나다 산불의 원인은 사람에 의한 실화가 낙뢰보다 우위를 점하는 경향을 보였으나 1980년경부터 서서히 역전되어 올해 기준으로는 51%를 낙뢰, 29%를 실화로 집계하고 있다. 반면 최근 미국의 한 연구기관에 따르면 지난 21년간의 화재 원인 중 84%가 사람에 의한 실화인데 이러한 상충된 연구결과에 대해 전문가

들은 상대적으로 인구밀도가 높고 산림의 분포가 적은 지역적 특성을 꼽고 있다. 한편, 보다 광범위하고 간접적인 이유로 엘니뇨(El Niño)를 들 수 있는데, 최근 일찍 찾아온 온화하고 건조한 날씨는 북미 지역을 화재가 발생하기 쉬운 환경으로 만들었다. 특히 캐나다는 올해 예년보다 겨울이 일찍 끝났고 연평균 강수량이 현격하게 감소하여 산림이 극단적으로 건조해지는 현상을 보였다.

2. 산불이 생태계에 미치는 영향

알버타에는 약 580개의 종이 서식하고 최근에 산불이 일어난 B.C.주에는 1,500여종이 분포한다. 알버타의 생태계에서는 그 중 411종이 조류에 속하고 B.C.주의 경우는 573종이 조류에 속한다. 일반적으로 육상 동물보다는 조류가 상대적으로 용이하게 화재로부터 살아남을 수 있다고 한다. 매와 독수리 같은 맹금류의 경우 뛰어난 청력과 시력을 가지고 있어 발화를 일찌감치 감지하고 멀리 날아갈 수 있지만 절대 다수의 작은 조류들은 화염을 피할 만큼의 높은 고도를 유지하지 못하여 쉽게 질식사하게 된다.

육상 동물의 경우도 비교적 큰 포유류의 경우 생존할 확률이 높는데 무스(Moose, 북미산 큰사슴)의 무리가 뛰어가는 모습을 발견하게 된다면 산불과 같은 재앙의 시작이라고 볼 수 있을 정도로 일부 동물들은 상대적으로 뛰어난 감각으로 미리 재난으로 부터 회피 할 수 있다. 종과 크기에 관계없이 서식지가 습지나 풍속이 센 경사지에 있는 짐승들도 상대적으로 생존할 확률이 높다.

작은 짐승들도 나름의 본능적인 대피를 하게 되는데 그럼에도 불구하고 최종적으로 살아남기 위해서는 여러 가지 도전을 극복해야 한다. 많은 짐승들이 나무 위를 올라가거나 굴을 파는 방법으로 화마를 피하지만 작은 포유류에 속하는 고슴도치도 나무 위로 올라가는 방법을 택하고도 충분히 날렵하지 못하여 죽음을 맞게 된다. 구멍 올빼미의 경우는 굴을 파고 땅속으로 들어가려는 시도를 하지만 충분히 깊지 못하여 운명을 달리하게 된다.

이러한 악조건을 극복하고 상대적으로 안전하고 먹을 것이 있는 인근 주거지로 피신하는 경우도 있지만 처음 보게 되는 야생 동물들을, 위협으로 간주한 인간으로 인해 밧, 총, 독극물 등으로 희생되기도 한다. 일부는 동물 구조원에 의해 구조되기도 하는데, 대다수의 짐승들은 치료 우선순위에서 밀릴 수밖에 없어 추가적인 처치를 받지 못하고 죽어가기도 한다.

특이할 만한 것은 산불이 미치는 동물에 대한 위협은 육상뿐만 아니라 수상 생물에

까지 있다는 점이다. 이번 B.C. 주의 산불로 인해 당국은 연평균 소비량에 근접한 8 백만리터의 방화재를 이미 화재 현장에서 소진했다고 밝히고 있다. 미국에서는 이미 2002년 콜로라도 산불에서 입증된 바와 같이 방화재로 인해 6.4km에 이르는 강의 모든 어류들이 폐사했던 경험이 있고 2009년 산타바바라에서는 2만 마리의 어류가 폐사해 소방 당국이 송사에 휘말리기도 한 바 있다. 이로 인해 최근 연방 법원은 방화재 사용에 있어 주의를 요하고 강과 호수 등에 직접 살포하지 말 것을 명령하기도 하였다. 2014년 한 과학 저널 Science of The Total Environment에 따르면 96시간 동안 방화재에 노출된 생선은 죽거나 약해질 수 있으며 바다로 회귀하는 생선의 경우 폐사했다는 연구결과가 있다.

이러한 즉각적이고 직접적인 피해와 달리 산불은 생태계에 여러 가지 이점으로 작용하기도 한다. 산림은 자연적으로 10년에서 100년 주기로 전소와 재생을 반복한다. 과다하게 울창해지고 웃자란 나무들이 화재를 겪어 사라질 때 상대적으로 덜 풍성하고 키가 작은 식물들은 가시광선에 보다 많은 노출 기회를 가지게 되고 산불을 경험하게 된 토양은 새운 풀과 과실수, 관목들이 번성하게 되는 종 다양성의 터전이 된다. 이로 인해 동물들은 화재가 끝난 후 그들의 서식지로 회귀하여 신선한 열매를 다시 찾게 되는데 화재 후 사슴의 개체수가 폭발적으로 늘어나는 것도 그 효과의 한 척도로 볼 수 있다. 한편, 산불로 남겨진 고목들은 그대로 쓸모없이 남겨질 수 있다고 여겨지지만 딱따구리 같은 새들에게는 안식처를 제공해 주기도 한다.

3. 산불의 관리

캐나다 소방당국은 낙뢰로 인한 산불은 예측이 사실상 불가능하다는 것을 인정하고 있지만 그 산불의 결과로 일어나는 위험은 충분히 감소시킬 수 있다고 믿고 있다. 이에 캐나다는 크게 세 가지 산불 관리 방법을 시행하고 있는데 그 첫째가 발화원 관리(Fuel management), 둘째는 처방 산불(Prescribed burning) 그리고 마지막으로 조경 화재 관리 계획(Landscape fire management planning)이다.

이 중에서도 '처방 산불'(Prescribed fire/burn)이 적극적이고 (예방적 차원에서 관리 당국의 계획 하에 미리 산불을 놓는 것. 직역으로 인해 해석이 모호할 수 있음) 두드러지는 산불 영향의 최소화 방안이라고 할 수 있다. 1968년 미국의 킹스캐년&세콰이어 국립공원(Kings Canyon & Sequoia)에서 최초로 처방 산불을 도입하기 전까지만 해도 산불은 진압의 대상이었을 뿐 관리의 대상은 아니었다. 학계에서는 처방 산불의 도입 이후 그 효과에 대한 논란이 많았고 구체적인 연구결과가 나오기 까지 꽤 오랜 시간이 걸렸다. 연구 결과 가연성 물질이 되는 죽은 목재, 나무 조각 등이 70% 이상 감소하였고 화재 후 자라난 식물의 다양성도 증대되었다.

그러나 이러한 인위적인 노력에도 불구하고 산불로 부터 야생 동물을 보호하는 데 있어서는 여전히 관리의 어려움이 있다. 노던 라이트(Northern Lights)라는 비영리 단체는 B.C. 주에 서식하는 크고 작은 야생 포유류의 재활과 방생 활동을 주로 담당하고 있다. 금번 대형 산불에서도 뿔, 마취제를 이용한 광범위한 포획과 재활을 실시하고 있는데 산불의 규모가 워낙 크다보니 포획된 야생동물이 다시 본래 서식지로 돌아갈 때가 되어서야 생태학적 영향을 가늠해 볼 수 있다고 한다.

그 단체에 따르면 일반적으로 작은 짐승이나 새끼들은 그들의 영역에서 쉽게 벗어날 수 없어 불타 죽게 되는데 이는 개체 수의 감소뿐만 아니라 그 상위 먹이사슬의 뱀, 개구리 같은 동물들에게 까지 영향이 미쳐 생태계 전체의 문제로 비화될 수 있다고 한다. 다만, 이러한 처방 산불이 식충동물(Insectivore)과 제비(Swallow) 등의 개체 증가에 이바지 하는 바가 있고 초목 식충 동물 (foliage insectivores)과 솔잣새 (seed specialist) 등의 감소를 야기하지만 그 효과가 미미하고 1~2년 이후에 효과를 기대해 볼 수 있다고 한다.

이상에서 살펴본바 같이 대형 산불은 인간에 의한 실화와 기후 변화로 인해 갈수록 늘어가는 추세이며 이것이 야기하는 생태계의 피해는 다양하게 나타난다. 반면에 우리에게만 물적 인적 피해로만 여겨지는 산불이 종의 다양성에 기여하는 부분도 있음이 다년간의 연구 결과로 인해 밝혀지기도 했다. 관리된 산불의 경우 더 큰 대형화재를 막을 수 있다는 부분은 최근 다시 증가세를 나타내고 있는 우리나라 산불의 예방과 관리에 시사하는 부분이 있다고 하겠다.

〈참고자료〉

1) Romero, Diego, July 7, 2016, Fort McMurray wildfires damage cost \$3.58 billion. CTV Edmonton,
<http://edmonton.ctvnews.ca/fort-mcmurray-wildfires-damage-cost-3-58-billion-1.2977275>.

2) Infographic: Fort McMurray 2016 Wildfire – Economic Impact, Statistics Canada, March 16, 2017, 2위 퀘벡 논폭풍2억2천불, 3위 알버타 홍수1억9천불, Insurance Bureau of Canada and Conference Board of Canada.

3) British Columbia Wildfire Service Current Wildfire Statistics,
<http://bcfireinfo.for.gov.bc.ca/hprScripts/WildfireNews/Statistics.asp>

- 4) Fire Incident Locations – Historical,
<https://catalogue.data.gov.bc.ca/dataset/fire-incident-locations-historical/resource/77d7b414-fd28-4aea-bb33-7f7d9f774482>
 Balch, Jennifer K., et al. "Human-started wildfires expand the fire niche across the United States." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.11 (2017): 2946-2951.
- 5) the United States." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.11 (2017): 2946-2951.
- 6) Alberta's wildlife diversity, June, 2015,
<http://aep.alberta.ca/fish-wildlife/wild-species/default.aspx>
- 7) BC Species & Ecosystems Explorer,
<http://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/plants-animals-ecosystems/conservation-data-centre/explore-cdc-data/species-and-ecosystems-explorer>
- 8) Meagan Campbell, May.9. 2016, What will the Fort McMurray fires mean for wildlife?, *Macleans*, <http://www.macleans.ca/news/canada/where-the-wild-things-are-2/>
- 9) Yvette Brend, July 23, 2017, Red cloud: Environmental experts fear for fish as wildfires drive more fire retardant drops, *CBC News*, <http://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/bc-wildfire-fire-retardant-fish-environment-1.4216249>
- 10) Dietrich, Joseph P., et al. "Toxicity of PHOS-CHEK LC-95A and 259F fire retardants to ocean-and stream-type Chinook salmon and their potential to recover before seawater entry." *Science of the Total Environment* 490 (2014): 610-621.
- 11) Peter h. Schuft, 1973, A Prescribed Burning Program for Sequoia and Kings Canyon National Parks, the Tall Timbers Fire Ecology Conference, 12:377-389
- 12) LARRY PYNN, July 12 2017, B.C. wildfires' impact on animals 'to be horrific': wildlife rehab facility, *Vancouver Sun*, <http://vancouver.sun.com/news/local-news/b-c-wildfires-impact-on-animals-to-be-horrific-wildlife-rehab-facility>
- 13) 2014년 이후 137ha 에서 2015, 2016년 각각 418 ha, 378ha로 증가되었음. 단, 모든 산불 중 17% 기타를 제외한 73%가 실화에 의했기 때문에 캐나다의 경우와는 성격이 다름, 산불의 원인 및 영향, 산림청 통계(2007~2016), https://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=/conser/conser_010301.html&mn=KFS_02_02_01_03_01

생태계 서비스와 삶의 질의 관계 탐색

노르웨이 로포텐(Lofoten) 제도의 뢰스트(Røst) 섬마을 사례 연구

1. 연구개요
2. 연구설계
3. 사례연구대상: 뢰스트(Røst) 섬마을 공동체
4. 분석결과
5. 연구의 기여 및 시사점

1. 연구개요

생태계 서비스(Ecosystem Service)는 생태계로부터 인간이 얻는 다양한 이익들을 지칭하는 개념으로서, 공급 서비스, 조절 서비스, 문화 서비스의 세 가지 유형으로 구분되어 왔다. 생태계 서비스를 통한 인간 복지의 향상은 생태계 서비스 관련 연구에 있어서 주요한 연구 주제이다. 생태계 서비스와 삶의 질 간의 관계를 규명하기 위해, 노르웨이 연구진들은 Lofoten제도의 Røst섬마을을 대상으로 사례 연구를 수행하였다. 연구의 결과물은 최근 SSCI 저널인 'Ecological Economics'에 게재되었다.

섬마을은 더 크고 복잡한 공간들에 비해 생태적-사회적 시스템의 구분과 자연-사회의 상호작용 분석이 용이한 조건을 갖고 있다. Røst지역은 주민들이 고립된 섬에서 소규모 마을 공동체를 형성하고 있기에 사례 연구의 대상으로 선정되었다. 사례 연구의 목적은 Røst주민들이 경험한 주요 생태계 서비스가 무엇이며 그들이 경험한 생태계 서비스들이 '좋은 삶(Good Life)'이라는 측면에서 어떠한 기여를 해 왔는지를 밝히는 것이다.

이를 위해, 먼저 Røst주민들의 생활 경험과 주민들이 생각하는 좋은 삶은 무엇인지 조사하였다. 그 후 경험과 생각의 핵심 네러티브(narratives)를 찾아 정리하고, 주민들이 공통적으로 경험한 생태계 서비스의 내용과 그러한 생태계 서비스 경험이 삶의 질 향상에 어떻게 기여하고 있는지를 분석하고자 하였다.

2. 연구 설계

본 연구에서 이뤄지는 좋은 삶에 대한 논의들은 '삶의 질(Quality of Life)'에 대한 기존 연구들의 관점들을 폭넓게 수용하고 있다. 즉, 인간으로서의 기본 욕구 충족의 측면(정량화 가능한 지표들)과 정량화가 어려운 주관적 웰빙의 측면을 모두 포괄적으로 다루고자 하였다. 자료의 수집은 주민들을 대상으로 한 심층 인터뷰와 문헌 조사, 현장 관찰, 시나리오 워크숍을 통해 이루어졌다. 본격적인 자료 수집은 2014년 9월부터 2015년 10월까지 이루어졌다. 수집된 자료들을 토대로 Røst 주민들의 삶과 그들이 생각하는 좋은 삶을 설명하는 4가지 핵심 네러티브를 도출하였다. 그리고 각 네러티브에서 나타나는 생태계 서비스의 내용들과 생태계 서비스가 주민들의 삶의 질과 어떻게 연관되어 있는지를 분석하였다.

3. 사례연구대상: 뢰스트(Røst) 섬마을 공동체

Lofoten 제도는 노르웨이 북서쪽에 위치하며, 총 365개의 섬들로 이루어져 있다. Røst 섬은 Lofoten 제도의 서남쪽 가장 끝에 위치한 작은 섬이다. Lofoten 제도에는 약 2400명의 주민들이 거주하고 있으며, 그 중 Røst섬에는 551명(2016년 기준)이라는 비교적 적은 인구가 살고 있다. Røst섬은 육지 지역으로부터 서쪽으로 100km 떨어진 위치에 있으며, 주변에서 가장 가까운 섬은 북동쪽 25km 거리에 자리하고 있다. 이처럼 고립된 지리적 특성으로 인해 육지에서 매일 배와 비행기가 운행되고 있다.



[그림 1] Røst 섬의 지리적 위치
(출처: Kaltenborn(2017), p167)

이 지역의 주요 생산 수단은 어업이다. 이 섬에는 수천년 전부터 사람이 살았다고 알려져 있으며, 이는 풍부한 해양 자원으로 인한 것이었다. 최근에는 관광을 통한 소득이 일부 창출되고 있으나, Røst 섬이 인근 타 지역에 비해 특별한 경관을 갖고 있지는 않다. Røst지역과 관련한 최근 주요 이슈로는 기후변화로 인한 생태계 변화, 어업 산업의 변화(대량화, 글로벌화), 인구 감소 등이 있다.

4. 분석 결과

주민들의 어록 자료들을 종합하여, 다음과 같이 총 4가지의 네러티브를 도출하였다. 1) 미래에 대한 희망과 두려움, 2) 자연은 우리를 둘러싼 모든 것, 3) Røst 에서의 좋은 삶(Good Life), 4) 선호하는 미래. 각 네러티브별 세부 내용들은 지역 주민들이 생각하는 좋은 삶에 있어서 생태계 서비스가 핵심적 역할을 담당하고 있음을 확인시켜 주었다.

- 풍부한 해양자원은 깨끗하고 풍성한 식량을 제공한다는 측면에서 주민 삶에 기여, 이는 생태계 서비스 중 공급 서비스에 해당
- 또한 자연은 주민들의 문화와 정체성을 형성하는 데에도 중심적 역할을 담당
- 높은 어업 의존도와 변화하는 기상으로 인해 자연환경에 대한 경외감이 형성되었으며, 고립된 섬이라는 특성은 사회적 응집력을 높이고 상호 신뢰하는 문화를 형성
- 섬의 경관 변화, 날씨 변화 등에 대한 생태 지식들은 세대 간 구전되는 과정을 통해 지역 정체성과 문화 형성에도 기여

이처럼, Røst 섬마을 주민들은 좋은 삶에 있어서 자연환경 그 자체로부터 얻는 이익들과 자연환경이 문화적 가치를 형성시킴으로써 얻게 되는 문화적 생태계 서비스를 통한 이익들까지 모두 누리고 있었다. 자연 생태계에서 출발한 생태계 서비스는 지역 주민들의 문화적 가치들을 형성하는 핵심적 요소로 작용하고 있으며, 이를 통해 주민들의 좋은 삶에 기여하고 있다.

최근 Røst 마을에 나타나는 변화들(기후변화로 인한 생태계 변화, 어업 산업의 변화, 중앙정부로부터의 지원 등)은 주민들에게 미래에 대한 두려움을 주기도 한다. 그러나 동시에 주민들은 자신들이 갖고 있는 풍부한 자연 자원들과 사회적 응집력, 신뢰 등 문화적 요소들을 활용하여 이를 극복할 수 있다는 희망도 함께 갖고 있다.

5. 연구의 기여 및 시사점

기존 이론상 구분하는 생태계 서비스 유형들 중 공급 서비스와 문화 서비스 구분은 이들 간 명확한 구분이 어렵기에 현실 적용에 한계가 있다. 삶의 질 향상에 기여하는 생태계 서비스 논의는 보다 폭 넓은 인간-자연 간 상호관계를 통해 이해되어야 할 것이다. 생태계 서비스 개념의 조직화 작업은 사회적 측면을 포함하여 이루어져야 할 것이다.

뿐만 아니라 공급 서비스와 문화 서비스는 강한 상호 연계성을 갖고 있다. 정책결정자들은 공급 서비스와 문화 서비스 간의 상호작용으로 인해 정책이 실패할 수 있다는 점을 기억해야 한다. 즉, 공급 서비스 조절을 위한 외부 개입(어획량 규제 등)을 할 경우, 주민의 문화적 측면들에 대한 고려가 필요할 것이다.

〈참고자료〉

1) Kaltenborn, B. P., Linnell, J. D., Baggethun, E. G., Lindhjem, H., Thomassen, J., & Chan, K. M. (2017). Ecosystem Services and Cultural Values as Building Blocks for 'The Good life'. A Case Study in the Community of Røst, Lofoten Islands, Norway. *Ecological Economics*, 140, 166-176.

미국의 기후변화 리스크 평가

1. 서론
2. EPA 기후변화 및 리스크 평가 (CIRA) 연구 사업 디자인과 구조
3. CIRA 연구 결과-미래 기후 예측 시나리오
4. CIRA 리스크 평가 결과
5. 지역별 기후변화 예측, 리스크 평가 톨 제공
6. 그 외 기후변화 리스크 평가/개선 정책 연구사례
7. 맺음말

1. 서론

1.1. 미국 내 기후변화 리스크 평가 주요 연구 현황

미국 내 기후 변화관련 연구는 1990년 시행된 법안, Global Change Research Act(GCRA)를 토대로 진행되고 있다. GCRA는 기후변화, 온난화와 관련된 예측과 환경/경제/보건/안전에 관한 리스크 평가 연구보고서를 4년마다 발행하는 것을 의무화 한다. 이를 위해 **US Global Change Research Program (USGCRP)**과 **National Climate Assessment (NCA)**등의 정부기관 연계 연구프로그램이 개설, 운영되고 있다.

National Climate Assessment 는 현재 13개의 연방정부와 **Advisory Committee** 의 활동으로 구성되며, 2000년 첫 보고서를 발행 한 이 후 현재까지 3차보고서 (2014) 까지 발행되었다. National Climate Assessment는 연구 보고서는 IPCC 의 연구에 사용된 모델(Coupled Model Intercomparison Project model, CMIP3 and CMIP5 models)을 사용, 기후변화와 리스크를 예측하였으며, **연구결과가 웹페이지로 운영, 제공되고 있다.** (<http://nca2014.globalchange.gov>).

NCA 연구결과는 하나의 보고서로 비교적 손쉽게 독립된 웹페이지를 통해 접할 수 있으며, IPCC와 같은 평가 시스템을 도입하였으므로 여기서는 EPA에서 진행된 또

다른 미국의 주요 기후변화, 리스크 평가연구사업을 중점적으로 분석하였다.

National Climate Assessment 의 주 연구 기관 중 하나인 US EPA 는USGCRP 외에 기관 내에서 독립적으로 기후변화/리스크 평가사업(Climate Change and Risk Analysis Project-CIRA)을 진행하고 있다.

EPA 의CIRA 사업은 USGCRP (NCA)의 연구보고서와 같은 골격으로 구성되어 있으나 IPCC, NCA와는 다른 모델을 사용한 점, 리스크 평가를 미국 주요사업/자원 및 주요 사안에 초점을 두고 시행한 점, 그리고 리스크를 최소화하기 위한 개선 방안과 정부 정책의 제안/빠대와 실제 활용 가능한 다양한 모델, 틀을 제공하고 있어, 주정부 및 지방자치제의 활용가능성이 매우 높다. 따라서 EPA CIRA 사업과 관련 보고서, 참고 자료 및 웹페이지는 한국의 관련 연구/사업 설계 및 정책 설정에도 도움이 될 것으로 판단된다.

2. EPA 기후변화 및 리스크 평가 (CIRA) 연구 사업 디자인과 구조

2.1 온난화 기체발생 예측 모델 설계디자인

EPA의 CIRA사업은 현재에서 2100년을 예측 시간축으로 하여 크게 두개의 시나리오를 설정하고 있다. 첫째, **Usual Business Condition: 아무런 개선의 노력없이 현재의 경제발전의 속도와 온난화기체 발생의 정도를 지속하는 경우**, 둘째, **개선노력을 진행하는 경우(2100년 이산화탄소 농도 462 ppm)**로 나누어 미래 기후변화를 예측하였다. 온난화 기체 발생 시나리오는 MIT 에서 개발한 Emissions Predictions and Policy analysis (EPPA) 모델과 Integrated global model (IGSM)이 사용되었다 (**EPPA-IGSM scenarios**).

2.2. 미래 기후예측

EPPA-IGSM에 의해 예측된2100년까지의 기체발생량은 기상모델(**CAM**)에 입력되어 미래 온도, 강수량, 이산화탄소 농도, 습도, 태양 복사량, 복사열 등의 자료를 산출해 낸다.

2.3. 리스크 평가

위의 기후 예측결과를 토대로 리스크 평가는 총 6분야, 보건/사회기반시설/전기전력/수자원/농업/생태계 영향으로 나누어 진행되었다. 각 분야의 요소들은 상호 연관되

어 간접적/ 누적의 (cumulative) 영향을 미칠 수 있으나, 그 관계가 복잡하고, 정량적으로 평가하기가 어려운 점을 들어 이 평가에서는 직접적인 영향을 주로 고려하여 리스크를 추산하였다. 직접적으로 대입할 수 있는 모델이 없는 경우에는 설문조사 혹은 경험식을 이용하여 리스크를 예측하였다(예, 수질정화를 위해 얼마를 투자할 의사가 있는가?).

2.4. 기후변화 적응 및 준비를 위한 정책 기반 설정

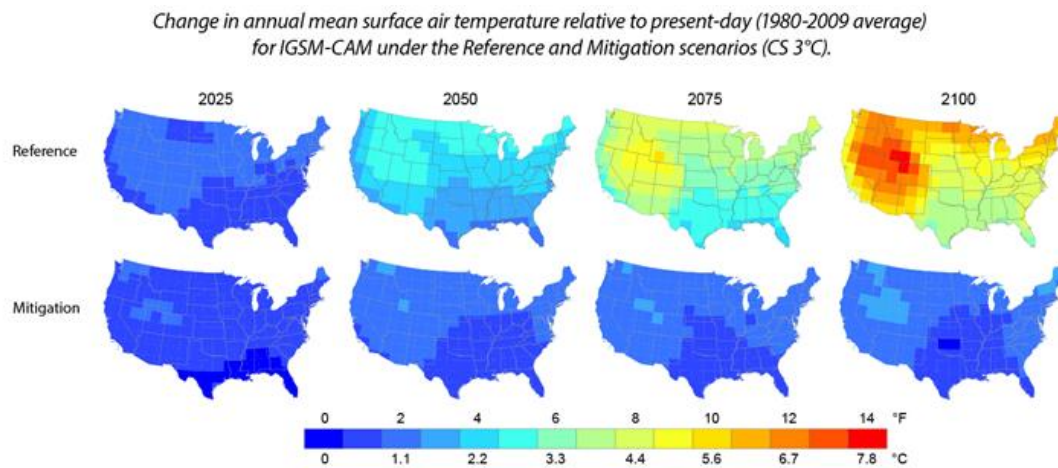
기후변화 적응 및 개선방안 연구는 EPA CIRA 연구와는 별개로 진행된 연구로, EPA 내 Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X)의 형태로 운영되고 있다. ARC-X는 기후변화 리스크 평가 연구 결과를 토대로 진행된 사업이며, 그 연관성과 한국 내 적용가능성을 고려하여 본 보고서에서 다루고자 한다.

3. CRIA 연구 결과-미래 기후 예측 시나리오

CRIA의 미래 기후예측 결과, 이산화탄소 및 온난화기체 감소 등의 개선노력을 추진한 경우, 기후 변화를 현저히 감소 할 수 있는 것으로 나타났다. 아무 노력도 하지 않는 경우, 미국 평균 기온은 5도 증가, 해수면은 약 1cm 상승 할 것으로 예측되었으며, 강수량도 현재에 비해 50% 이상 증감할 것으로 예상되었다(표 1). 지역별로는 중서부를 중심으로 큰 기온상승과 강수량 변화가 예측되었고(그림 1, 2), 해수면 상승은 전 해안지역에서 모두 진행될 것으로 보인다(그림 3).

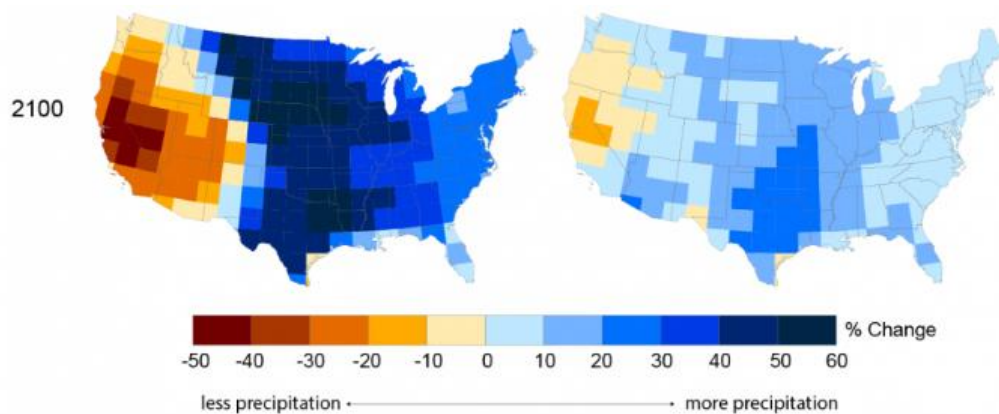
Scenarios (by 2100)	Inaction-Reference	Mitigation
CO2 concentration	826 ppm	462 ppm
Mean Air Temperature	5 C (9 F, max.14F)	1.4 C (2.6 F, max.4F)
Precipitation	-50 % ~+60 % change	-20 % ~ +30 % change
Sea level rise	+56 inch (1422 mm)	+37 inch (940 mm)

[표1] 미래 기후 예측 결과 요약
(2100년도 예측 값을 1980-2009년도 평균값과 비교하여 환산한 결과)

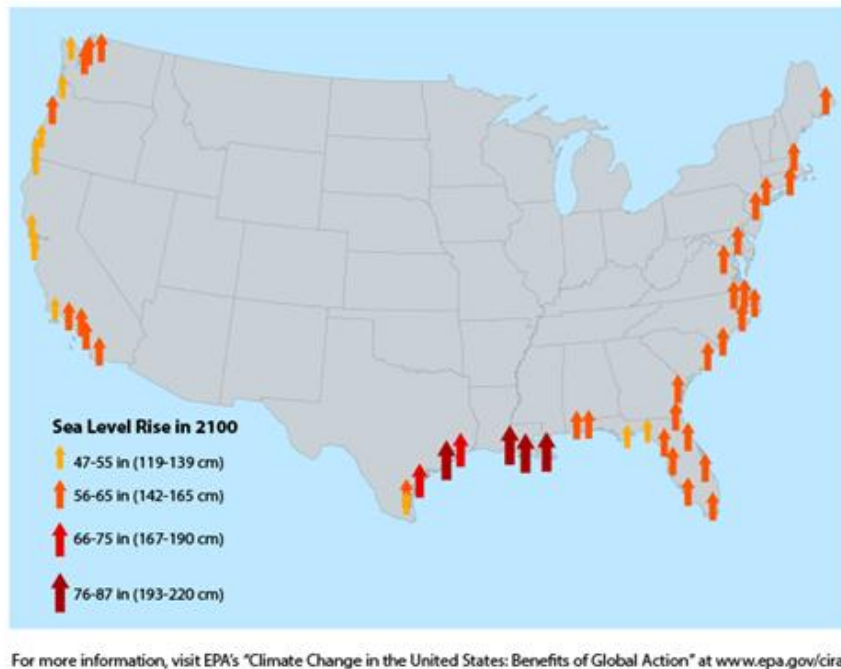


For more information, visit EPA's "Climate Change in the United States: Benefits of Global Action" at www.epa.gov/cira.

[그림 1] 지역별 평균기온 상승정도 예측 시나리오
(기온 변화는 1980-2009년 평균 측정값과 비교 환산되었다)



[그림 2] 지역별 평균 강수량 변화 예측 시나리오
(강수량 변화는 1980-2009년 평균 측정값과 비교 환산되었다)



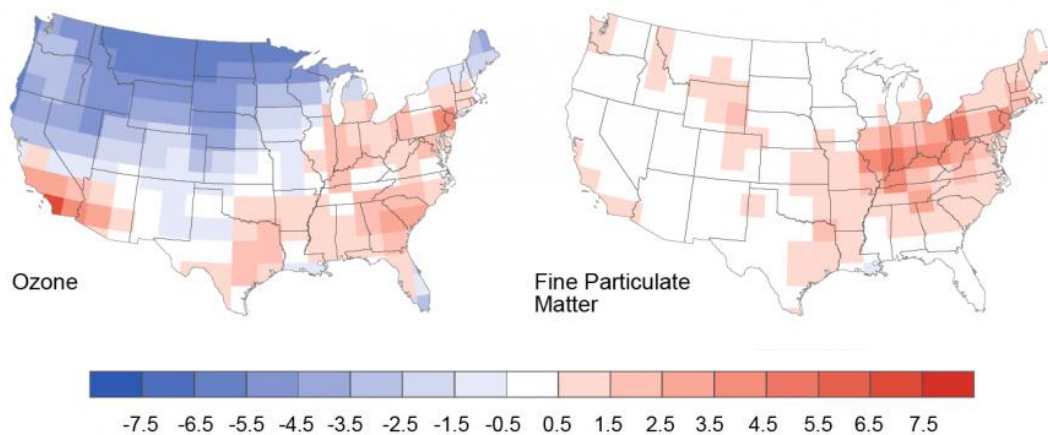
[그림 3] 아무 개선 노력을 하지 않은 경우, 2100년 해수면 상승 예측 시나리오
(변화 정도는 현재의 해수면 측정값과 비교 환산되었다.)

4. CRIA 리스크 평가 결과

4.1. 보건/복지 (Public Health)

CRIA 는 기후변화가 건강에 미치는 영향을 크게 1) 대기오염, 2) 이상 기온, 기상현상, 3) 노동력 감소, 4) 수질변화로 나눠 평가하였다.

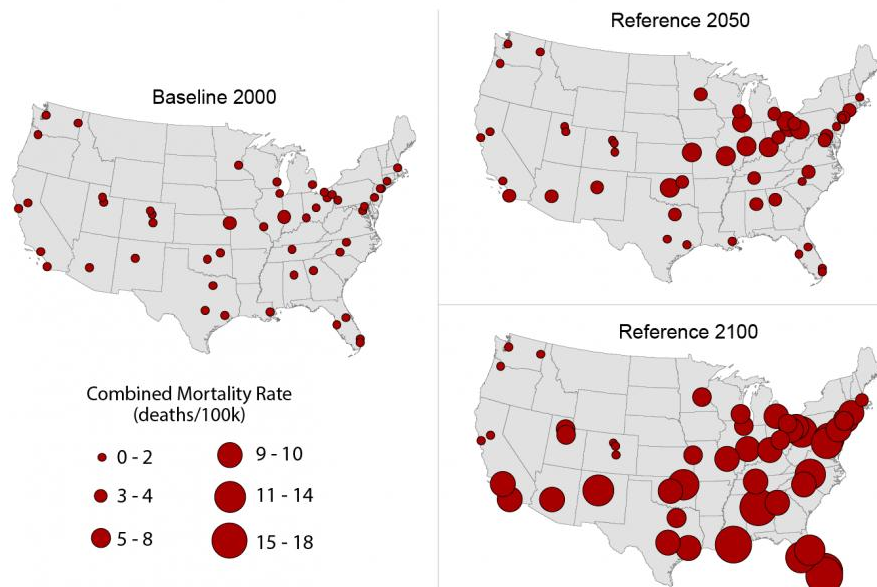
1) 대기 오염: 개선이 없는 예측 시나리오의 경우, 2100년 평균 PM2.5는 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 것으로 예측되었다. 오존농도는 평균적으로 감소할 것으로 예측되었으나, 인구밀집 도심지역, 특히 동부와 남부에서 평균 4.7 ppb 증가할 것으로 추산되었다(그림 4).



[그림 4] 오존(ppb), PM2.5 (ugm-3)농도 변화

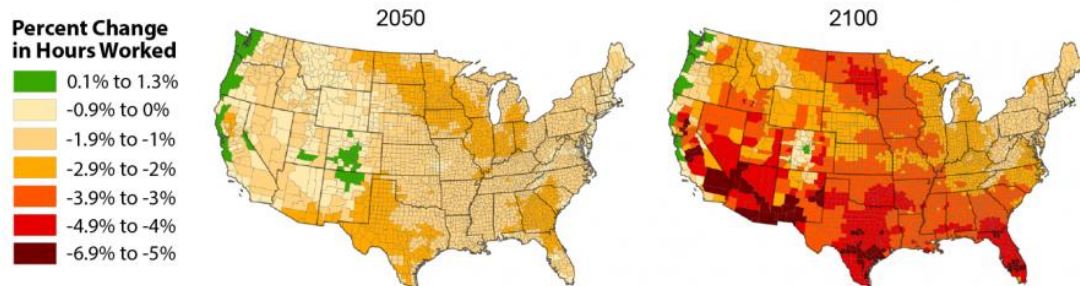
예측된 대기오염도는 Environmental Benefits Mapping and Analysis Program 에 입력되어 대기오염에 따른 사망률 증가, GDP 감소율로 환산된다. 모델결과, **기후변화 개선노력 시행 시 5만 7천명의 미성숙아 사망을 예방할 수 있는 것으로 나타났으며, 이에 따른 경제적 효과는 9300억 달러에 달한다.** 이 외에 기후변화에 따른 대기오염은 각종 호흡기 질환 등을 유발할 수 있으나, 본 연구에서는 사망률만이 고려되었다.

2) 기온 상승: 2100년 기온상승으로 인해 동남부를 중심으로 총 13000명이 사망할 것으로 추정하였다. 기후변화 개선노력 수행 시 사망 방지율은 93%에 달하며, 이에 의한 경제적 효과는 2000억 달러로 추정되었다.



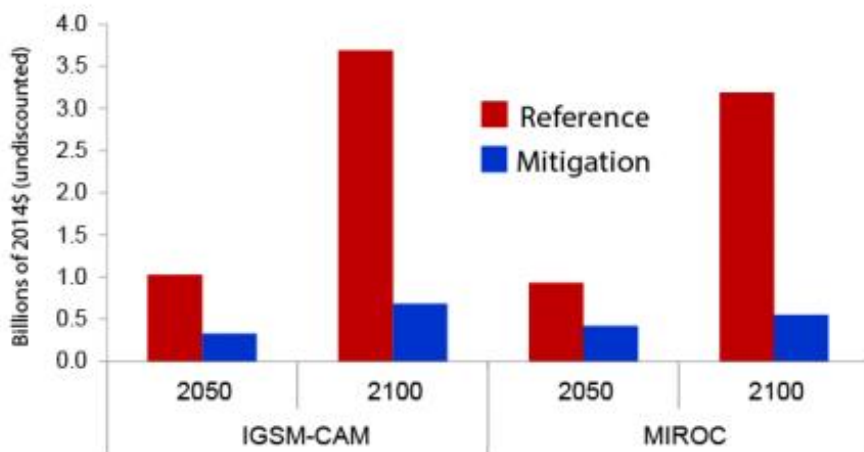
[그림 5] 기온상승에 의한 2100년 미국 사망률 환산결과

3) 노동력 감소: 남부를 중심으로 기후변화로 인한 노동력감소는 최대 5-7%에 달할 것으로 예측되었으며, 특히 외부활동을 요하는 일에 큰 피해를 가져올 것으로 예상되었다. 이는 총 1700억 달러의 경제적 손실이며, 기후 개선 노력의 시나리오에서 1100억 달러의 손실을 예방할 수 있는 것으로 추산되었다.



[그림 6] 기후변화에 따른 노동력 감소 환산 결과

4) 수질오염: 개선노력 수행의 경우, 2100년 수질오염에 따른 경제적 부담을 약82% 감소할 수 있는 것으로 평가 되었으며, 이는 300억 달러에 달한다.



[그림 7] 미래 수질오염에 따른 경제적 부담 (손실) 예측 결과

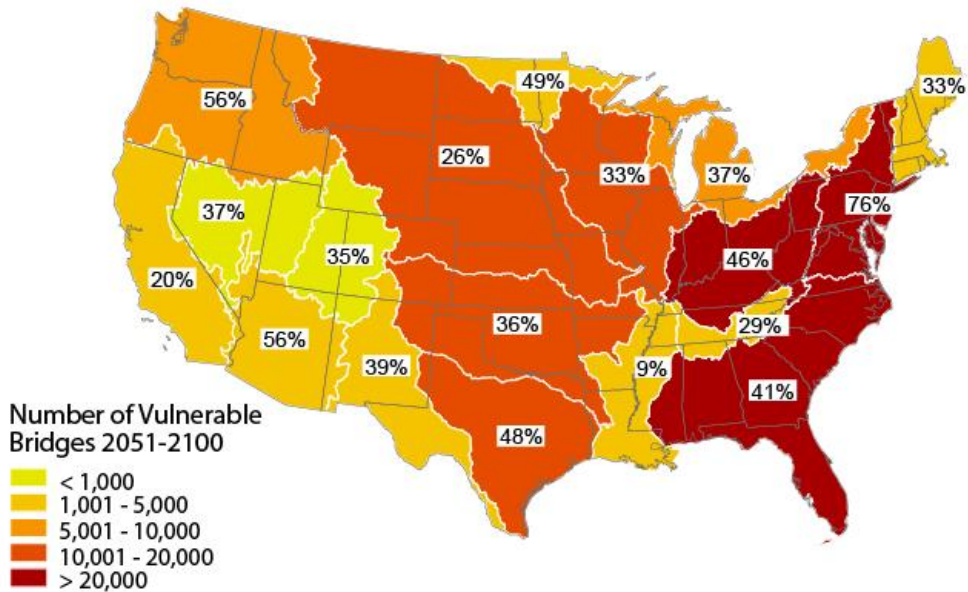
4.2. 사회기반시설 (Infrastructure)

사회기반시설은 크게 1) 다리/교량, 2) 도로, 3) 도심 유출수 배수/처리, 4) 해안지역 건물, 재산, 5) 환경 정의 (Environmental Justice)로 나눠 리스크 평가되었다.

1) 다리/교량: 강수량의 변화와 이상기후로 인한, 잦은 홍수, 태풍, 강수량 증가와 수

심, 수량의 증가로 인한 안전성을 기준으로 평가되었다. 그 결과, **19만개의 교량이 2100년 안전하지 않을 것으로 평가되었으며, 보수 및 개선작업에 총 1940 억 달러가 지출될 것으로 예상되었다.** 기후 개선노력 시 이의 60%를 예방할 수 있는 것으로 보인다.

Estimated number of vulnerable bridges in each of the 2-digit hydrologic unit codes (HUCs) of the contiguous U.S. in the period from 2051-2100 under the Reference scenario using the IGSM-CAM climate model. The map also shows the percentage of inland bridges in each HUC that are vulnerable due to climate change.



For more information, visit EPA's "Climate Change in the United States: Benefits of Global Action" at www.epa.gov/cira.

[그림 8] 기후변화에 따른 안전성 부적합 교량의 수와 증가율 환산결과

2)도로: 기온상승과 잦은 동결-융해는 도로 크래킹을 유발한다. 이로 인한 경제적 부담은 100억 달러로 추정되며, 개선 노력 시 42-74억 달러의 절감효과를 얻을 수 있다.

3) 도심 유출수 배수/처리시설: 도시개발과 강수량 변화 모델결과, 2100년 총 50개 미국 도시 기준 도심 유출수 배수처리 관련시설 준설과 보수에 따른 경제적 부담이 총 120억 달러에 달하며, 기후 개선 노력 시 64억 달러의 절감효과를 볼 수 있는 것으로 추정되었다.

4) 해안지역: 해수면 상승과 태풍, 홍수로 인한 해안지대 부동산 리스크가 매우 크다. 2100년 기준 미국 해안지역 부동산 피해가 1조로 추정되며, 개선 시나리오 모델링의 경우, 피해는 8100억으로 감소된다. 가장 피해가 큰 17개 지역 중 최대 피해지역 3곳은 플로리다 마이애미, 잭슨빌과 템파로 예상되었다.

4.3. 이외 리스크 평가 항목

EPA 는 위에 제시된 항목 이 외 전력, 수자원(Water Resources), 농업/ 산림자원 (Agriculture & Forestry), 그리고 생태계 (Ecosystems) 분야의 리스크를 평가하였다. 예를 들어, 가장 큰 홍수 피해는 동부지역과 텍사스에서 발생할 것으로 예상되며, 이 지역의 피해액은 10-37억 달러로 추정된다. 기후변화 개선 노력 시 약 30%의 피해액 예방 효과를 가져 올 것으로 보인다.

5. 지역별 기후변화 예측, 리스크 평가 툴 제공

EPA는 미국 전지역 기후변화 예측 모델 결과와 주 분야의 리스크 평가를 수행, 보고함과 동시에, 지역별로 기후변화 예측과 리스크 평가를 수행할 수 있는 툴을 제공하고 있다. Climate Resilience Evaluation and Awareness Tool (CREAT) 이 EPA 에서 온라인으로 제공되는 기후변화 리스크 평가법으로, Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X)에서 확인, 사용할 수 있다. 사용자가 지역과 관심분야를 선정하면, 기후 모델링과 리스크 평가 결과를 확인할 수 있으며, 개선 및 보호를 위한 가상 전략 방법을 제시해준다. 이를 기준으로 지자체의 비용 효율 평가를 수행, 지자체 의사결정에 반영하기를 추천하고 있다.

EPA United States Environmental Protection Agency

Environmental Topics Laws & Regulations About EPA Search EPA.gov

CONTACT US SHARE

Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X)

Tailor Your Climate Adaptation Search

Geographic Region

Pick one region:

Northwest Southwest Great Plains Midwest Northeast Southeast - Caribbean Alaska Hawai'i & Pacific Islands

Area of Interest

Pick one or more interests:

Air Quality

- ☐ Indoor Air
- ☐ Outdoor Air
- ☐ Ground Level Ozone
- ☐ Particulate Matter

Water Management

- ☐ Water Utility Facility Operations
- ☐ Drought
- ☐ Saltwater Intrusion
- ☐ Sea-level Rise
- ☐ Storms & Flooding
- ☐ Source Water Impacts
- ☐ Water Quality
- ☐ Stormwater Runoff
- ☐ Erosion & Sedimentation
- ☐ Algal Blooms
- ☐ Ecosystem Protection
- ☐ Wetland Protection
- ☐ Estuaries
- ☐ Change in Fish Species

Waste Management & Emergency Response

- ☐ Contaminated Site Management
- ☐ Disaster Debris Management

Public Health

- ☐ Air Quality
- ☐ Water Quality
- ☐ Extreme Heat

Adaptation Planning

- ☐ Getting Started
- ☐ Comprehensive
- ☐ Sector-Based

Select both a Region and an Area of Interest to search.

Submit Search Clear All

[그림 9] EPA에서 제공하는 기후변화 리스크 평가 툴의 예

6. 그 외 기후변화 리스크 평가/개선 정책 연구사례

EPA의 CRIA연구 이외에도 지자체를 중심으로 한 지역별 기후변화 리스크 평가와 개선방안에 대한 노력이 활발하다. 그 중 가장 발전되고, 참고가 될 만한 예를 소개하고자 한다.

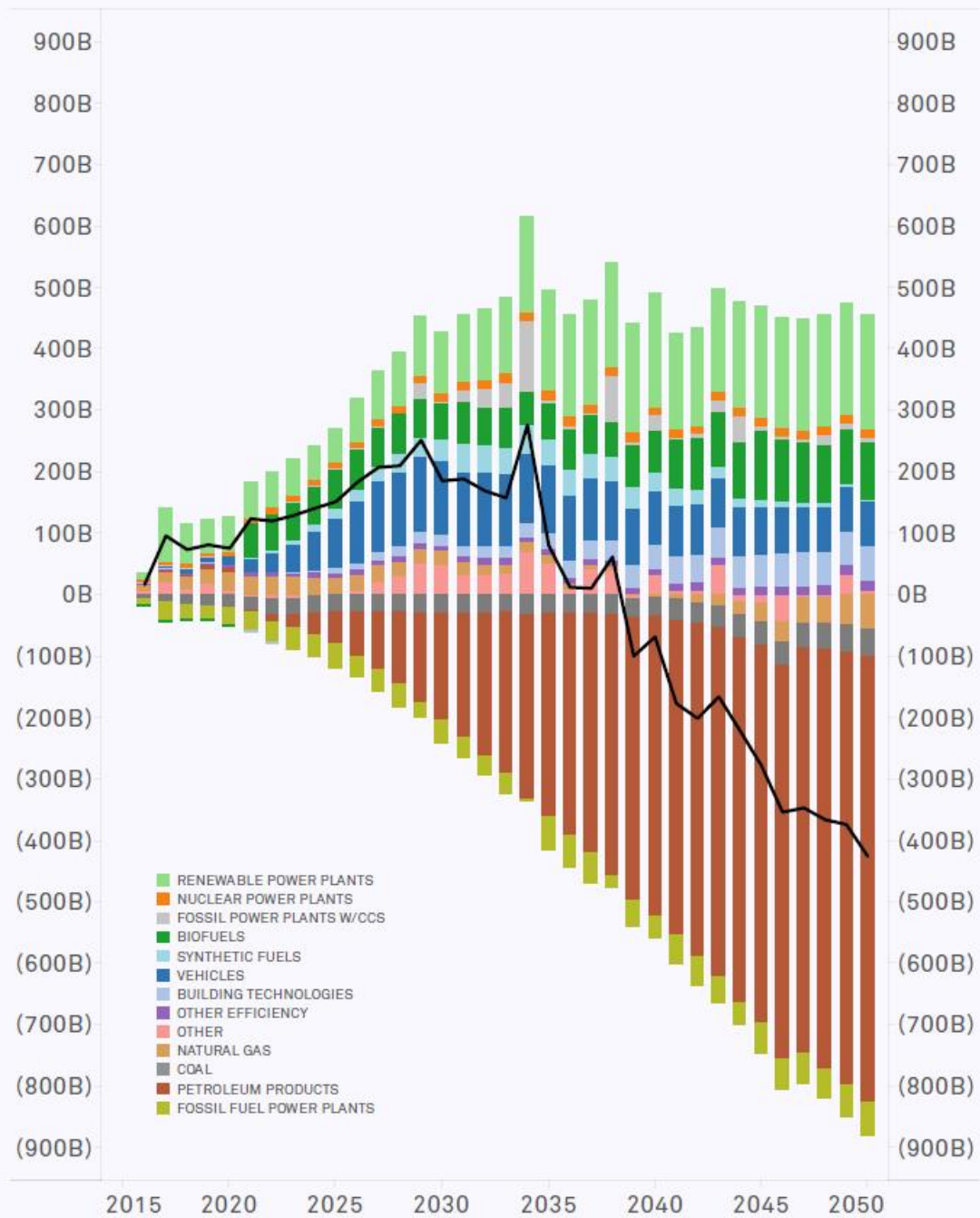
6.1. Risky Business.org

Risky Business는 마이클 블룸버그를 중심으로 한 기업가들이 구성된 단체로, **기후 변화에 따른 경제적 리스크 평가와 개선 전략 확립을 목적으로 한다.** 사업 리스크 위원회를 구성하여 2013년 이후 총 2개의 연구 보고서를 발표하였다. **첫번째 보고서는 경제 리스크 평가를 주제로 최근 발표된 두번째 보고서는 개선전략과 비용-효율 평가를 주제로 다루고 있다.** 두 보고서 모두 미국의 경제면을 자세히 분석하여, 정부기관과는 또 다른 관점의 리스크 평가 결과를 확인할 수 있는 매우 좋은 자료로 평가되고 있다. 따라서 한국의 경제면 리스크 평가에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

그림 10 은 경제 리스크 개선 전략 중 하나로 제시한 저탄소, 무탄소 연료로의 전환에 필요한 비용과 효율을 계산한 그래프이다. 재생에너지, 바이오연료, 합성연료, 핵연료 등의 저탄소연료의 전환의 비율과 전환율을 1년 단위로 나눠 비용-효율을 확인하고 있다. 같은 방법이 **총 9개 분야(노동력, 해수면 상승, 부동산 가치, 사망률, 일사병, 기온상승, 농작물 생산, 강수/태풍, 에너지)에 나눠 적용, 리스크와 개선비용-효율이 화폐가치로 환산되어있다.**

Net As-Spent Investments and Fuel Expenditures: Changes from High-Carbon Reference Case

Annual Net Costs: Mixed Resources Pathway



[그림10] 기후 개선 비용-효율 비교 결과(괄호 안=기후 개선 전략 (저탄소연료 전환) 비용, 위=저탄소연료 전환 효과, 검은 선=순차익)

6.2. 뉴욕시

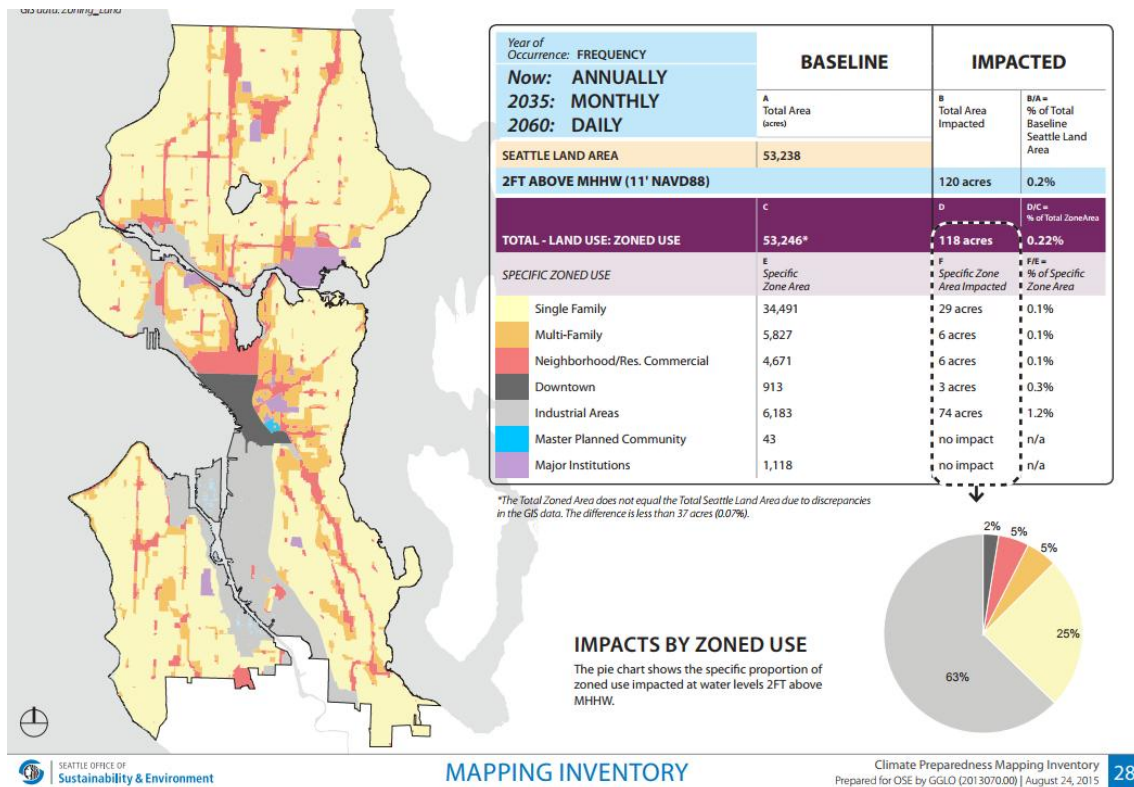
허리케인 샌디의 피해 이후 뉴욕은 “지속가능한 뉴욕시”를 모토로, 도시디자인과 기후 변화 관련 연구 사업을 지속해 왔으며, 2017년 4월 **“Climate Resilience Design Guidelines”**을 발표했다. 이 지침서는 도시계획과 디자인 등 뉴욕 건물과 사회시설의 디자인과 건설, 관리에 미래 기후변화의 시나리오를 적용하여 리스크를 최소화 하는 방법을 제시하고 있다. 예를 들어, 도심지 열섬효과를 최소화 하는 방법, 비용 효율이 높고 도심유출수를 줄이는 디자인, 저영향개발, 레트로핏, 효과적인 도심지 기상데이터의 활용방법 등 뉴욕 뿐 아니라 대부분의 대도시의 도시계획 건설에 적용될 수 있는 다양한 정보를 포함하고 있다.

6.3. 캘리포니아 주정부

캘리포니아 주정부에서는 Climate Action team 을 따로 꾸려, 2006년부터 정기적으로 기후변화와 리스크 평가를 수행하고 있으며, 10개의 세부 분야로 나눠 기후변화 관련 평가사업과 개선 정책을 수행하고 있다. 세부분야는 1) 농업, 2) 생물다양성, 3) 해안, 해양 기후, 4) 산림, 5) 도시계획과 사회기반시설, 6) 보건, 7) 연구, 8) 정부 정책, 9) 정부협력, 10) 수자원, 에너지로 나뉘어져 있다. 기후변화, 온난화기체 발생 관련 연구 결과를 토대로 각각의 개선 목표와 정책을 수립, 수행하고 있다.

6.4. 시애틀 시

시애틀은 뉴욕과 캘리포니아 주정부의 통합형태의 리스크 평가 및 정책을 진행하고 있어, 미국 내에서 기후변화 관련 연구, 사업과 개선 전략을 주도적으로 수행하고 있다. 시애틀은 IPCC, EPA 보고서와 시 자체 기후예측 연구 보고서를 토대로 기후 준비전략 (Climate Preparedness Strategy)를 세워, 보호해야 할 생태계, 지역, 개선해야 할 기반시설 등의 우선순위와 체계를 세워(Focus Areas) 순차적으로 사업을 진행하고 있다. 예를 들어, 해수면 상승에 의한 시애틀의 피해가 가장 심각할 것으로 예상되므로, 시애틀에서는 수리모델을 이용, 여러 단계의 해수면 상승 시나리오를 구성, 피해지역과 피해액, 개선방안을 모색하고 있다. 그림 11은 해수면 상승 시나리오 중 하나의 결과로, 다양한 토지 이용도와 면적, 피해지역의 면적과 토지 이용도를 보여준다. 기후 변화 적응, 개선 관련 사업으로 **Green Stormwater Infrastructure, Puget Sound response assessment, Building resilient cities guidebook** 등을 진행하고 있다.



[그림 11] 해수면 상승 시 시애틀 피해지역 토지 이용도와 면적 추산결과

7. 맺음말

미국의 연방정부 주체의 기후변화 리스크 평가 및 개선전략 확립을 위한 노력은 2010-2016년 오바마 정권시절을 중심으로 활발히 진행되었다. 동부와 서부의 지자체, 그리고 독립 연구기관, 비영리 단체에서도 각지역, 관심분야를 중심으로 기후변화와 리스크 평가, 개선전략을 세우는 노력을 지속하고 있다. 각 연구에서 서로 다른 모델, 시나리오를 기본으로 기후를 예측, 리스크 평가를 수행하나, 본 보고서에서 자세히 다룬 EPA의 기후변화 예측과 리스크 평가 분야, 항목과 NCA의 리스크 평가의 항목이 미국 내에서 가장 일반적으로 사용되는 방법이다. 모델의 조건과 시나리오에 따른 연구 결과에 차이가 있을 수 있으나, 기후변화의 일반적인 추세, 지역적 변화 추이는 많은 연구에서 대동소이하다.

기후변화 리스크 평가 연구 중 특히 EPA에서 제공하는 리스크 평가 온라인 툴, RiskyBusiness의 보고서, 시애틀과 캘리포니아 주의 기후변화 개선 전략 지침서, 리스크 평가는 모든 자료가 상대적으로 쉽게 검색되며, 웹페이지에서도 논리적으로 정리, 디스플레이 되어 있는 점, 자세한 부가 설명과 관련 자료들을 쉽게 찾을 수

있는 점 등 연구 성과의 향후 활용도와 투명성 또한 매우 높아 한국의 관련 연구와 정책 확립 시에도 좋은 참고자료로 사용될 수 있을 것으로 보인다.

〈참고자료〉

- 1) <https://www.epa.gov/cira>
- 2) <http://riskybusiness.org/>
- 3) <http://nca2014.globalchange.gov>
- 4) <http://www.seattle.gov/environment/climate-change/planning-for-climate-impacts>
- 5) <http://www.dec.ny.gov/energy/100236.html>
- 6) <http://www.nyc.gov/html/sirr/html/home/home.shtml>
- 7) <https://www.fws.gov/slamm/>
- 8) http://climatechange.ca.gov/climate_action_team/reports/climate_assessments.html
- 9) <http://resources.ca.gov/climate/safeguarding/research/>

캐나다의 기후변화 리스크 평가 방법론

1. 개요
2. 기후변화 리스크 관리의 주체 및 기본 방향
3. 기후변화 리스크 평가의 방법 및 각 기관의 접근 방법

1. 개요

2016년 3월 캐나다 국무 총리(First Minister)는 국제 파리 기후 협약을 달성하기 위한 일환으로 벤쿠버 선언을 통해 녹색 성장과 기후 변화에 관한 범캐나다(Pan-Canada) 구상을 발표하였다. 그 구상은 2030년을 목표로 위해물질의 수준을 현재보다 30% 저감된 2005년 수준으로 낮추기로 하고 현재의 경제구조를 기후변화에 대응한 저탄소 녹색 성장으로 이동하는 비전을 제시했다. 캐나다의 이러한 기후 변화 대응 계획은 탄소세의 부과, 고효율 건축물과 자동차, 청정에너지를 이용한 전기 생산 등을 담고 있으며 연방정부를 필두로 하여 각 주정부는 다음과 같은 네 가지 분야의 정책 업무 그룹을 설정하여 활동하고 있다.

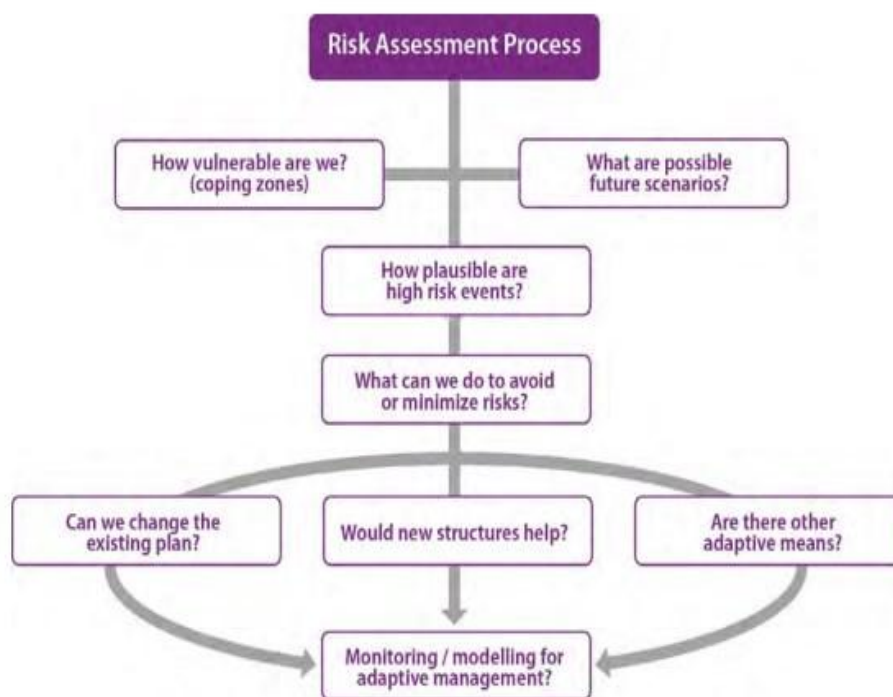
- 특정 세부 완화 방안 업무 그룹
- 기후 변화 적응 및 회복력 업무 그룹
- 탄소세 부과 체계 연구 업무 그룹
- 녹색 기술, 혁신, 일자리 창출 업무 그룹

이러한 활동에는 오염배출 저감, 기술개발 및 혁신, 고용 창출, 공해 물질에 대한 부과금, 기후변화의 영향 등이 포함되어있는데, 특히 기후 변화 적응과 회복력 업무 그룹 (Working group on adopting and climate resilience)은 연방정부 주도하에 각 주정부와 기타 기관들이 함께 캐나다 전체의 리스크 평가를 진행하는 계획을 제시하고 있다.

이 그룹은 기후 변화가 캐나다에 미칠 파급효과와 이를 연구하기 위한 정보, 기술, 자원 등을 발굴하고 북극 인근과 해안 등 이른바 취약지역의 생태계를 유지하는 방법을 탐구하고 있다. 궁극적으로는 기후변화가 일으키는 자연재해로부터 어느 정도의 영향을 국민이 받게 되고 국가가 국민을 보호하는데 있어 어떠한 역량이 필요한지 가늠해 보는 것이 이 활동의 최종 목표이다.

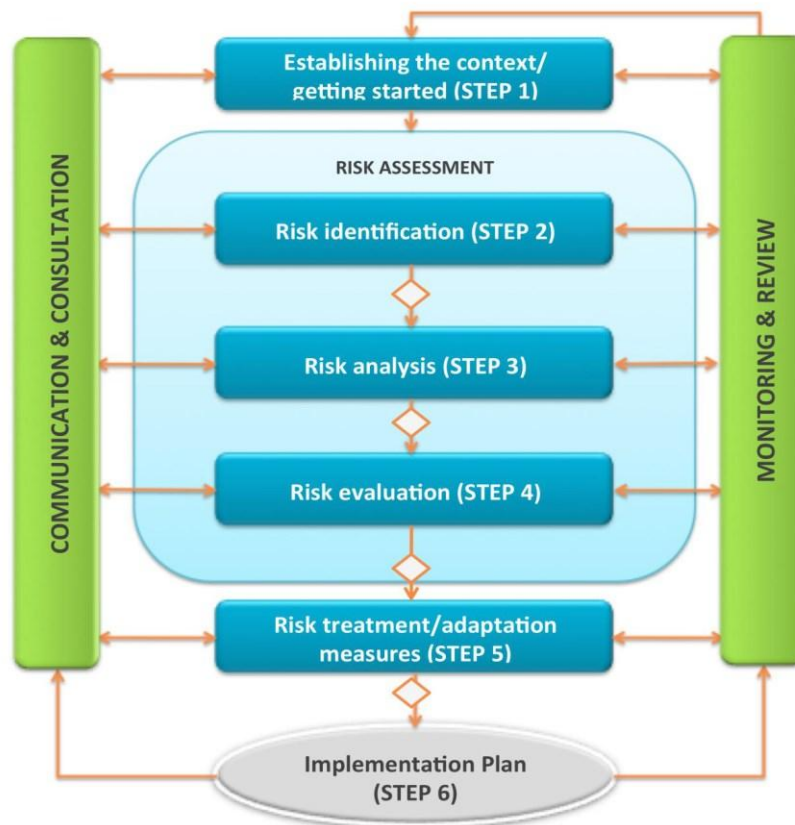
2. 기후변화 리스크 관리의 주체 및 기본 방향

기 서술한 바와 같이 캐나다는 연방 정부가 기본적인 정책 방향을 제시하고 실질적인 평가와 계획 및 실행은 주정부 주도하에 이루어지고 있다. 연방 정부의 2014년 보고서 '기후변화에서의 캐나다' (Canada in a Changing Climate) 에서 제시한 모델에 따르면 다수의 산업 분야는 이른바 적응 가능한 관리 평가 프로세스의 접근법을 도입하고 있다. 그림 1 에서 보는 바와 같이 이와 같은 접근법은 위험에 대한 감독과 조정, 실험, 재평가를 실시간으로 시행하면서 이를 융통성 있고 즉각적으로 수용하는 프로세스를 담고 있다.



[그림 1] 적응 관리 평가 프로세스
(출처: Leger and Road, 2012, Figure 2-1, p.8)

마찬가지로 기후 변화 위험 관리 프로세스도 각 주정부에서 담당을 하고 있는데 이 위험관리의 접근 방식은 크게 상이하지 않아 일반적인 안전 환경 분야의 산업 표준인 International Organization for Standardization, ISO 31000 이 제시한 위험 평가 (Risk assessment)의 프로세스에 따라 그림 2 와 같이 위험을 식별-분석-평가-관리 하는 과정으로 진행된다.



[그림 2] 리스크 평가 순서도
(출처: ISO 31000)

3. 기후변화 리스크 평가의 방법 및 각 기관의 접근 방법

기후 변화 위험 평가의 예로 연방정부의 인가로 설립된 민간 기구인 동부 메니토바 주의 토착 환경 자원 센터에서 발행한 기후변화의 위험 관리(Managing the Risk of Climate Change) 보고서를 들 수 있다. 이 보고서는 기존의 원주민 커뮤니티의 자연 환경 문제 연구의 연장선상에서 새롭게 부상하게 된 기후변화에 대한 위험을 인식하고 평가하기 위한 방법론을 제시하고 있다. 보고서에 따르면 기후 변화에 따른 위험을 다음과 같이 정량화하여 정의하고 있다.

$$\begin{aligned} \text{위험} &= \text{발생 확률} \times \text{영향} \times \text{인식} \\ \text{(Risk)} &= \text{(Probability)} \times \text{(Consequence)} \times \text{(Perception)} \end{aligned}$$

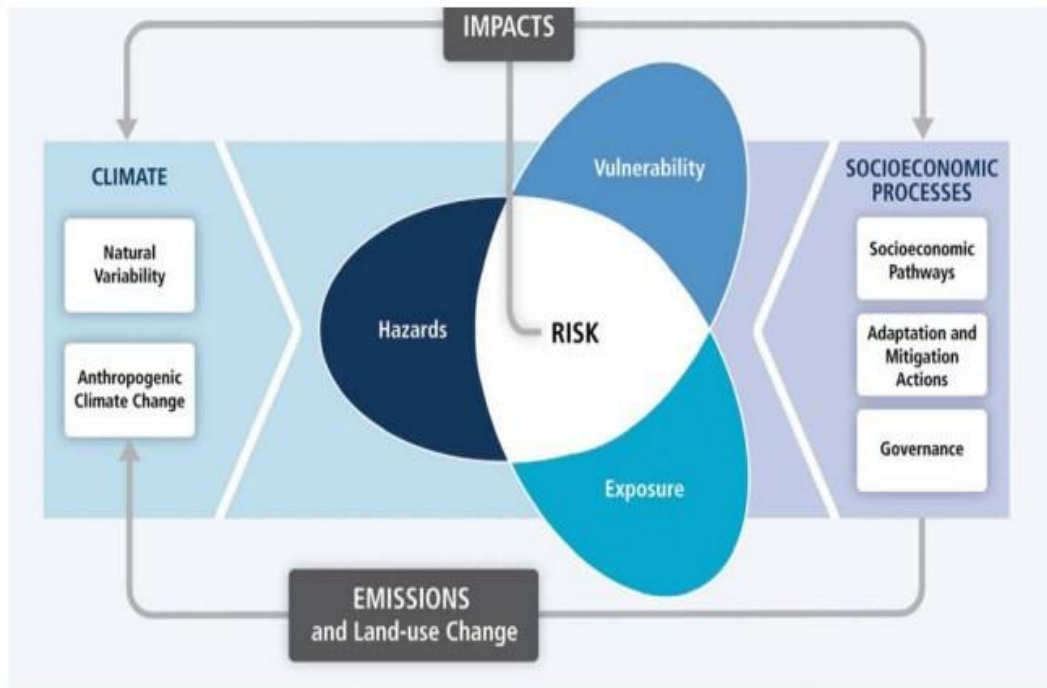
일반적인 위험평가 모델인 기후변화에 따른 피해의 발생 확률에, 그 결과로 나타날 수 있는 영향의 곱으로 위험을 나타낸다. 이것을 바탕으로 이해당사자의 피해 수용 정도를 일컫는 '인식'을 하나의 요인으로 추가하여 기후 변화의 위험을 수식화 하고 있다. 이를 토대로 ISO 31000의 모델을 도입한 캐나다 연방의 접근 방식과 같이 6 개의 프로세스를 거치게 된다.

- 1) 착수 : 자연 재해의 지역, 대상 등의 기본적인 사항과 영향을 평가하기 위한 정보와 자원의 현황 등을 수집 및 파악
- 2) 위험 식별: 기초적인 단계에서 수집된 정보를 토대로 잠재된 위험 요소의 발생빈도와 그 결과로 빚어지는 영향을 단순화 하여 사전 분석
- 3) 위험 분석: 위험의 발생빈도를 다섯 등급으로 나누어 분류. 위험에 따른 영향을 사회적 요인, 경제적 요인, 환경 요인, 문화적 요인 등의 네 가지로 분류하여 다섯 단계의 등급으로 점수화
- 4) 위험 평가: 위험 평가 매트릭스를 이용하여 위험 요소의 우선순위를 결정
- 5) 위험 취급과 적응 방법 결정: 가용한 대응 대안을 나열하고 대상의 수용가능 정도와 비교하여 적응 가능한지 가늠
- 6) 이행 계획수립: 5단계까지 검토된 전략을 이행하고 지속적인 감시를 위한 방안을 마련하고 상급기관의 최종적인 승인을 득함

이와 유사하게 CIER가 제시한 과정은 착수-사전분석-위험평가-위험 조절과 적응 전략 결정-이행과 감시의 용어는 다소 상이하나 기본적인 흐름은 같은 모습을 보이고 있다.

캐나다의 수도가 위치한 온타리오주는 기후변화의 영향과 잠재된 위험을 예상, 규정하여 저감하는, 수용 가능한 공공의료 시스템을 지원하기 위해 주 보건부(Ministry of Health and Longterm Care) 주도로 '기후 변화와 건강 도구'(Climate Change and Health Toolkit)를 개발하여 2016년 8월부터 사용하고 있다. 같은 해 발간된 온타리오의 기후 변화와 건강 취약성 및 적응도 평가 지침(Ontario Climate Change and Health Vulnerability and Adaption Assessment Guidelines)에 따르면 이러한 위험성 평가는 일반화된 건강 영향 평가 및 위험 영향 평가와 유사하다. 단, 추가적으로 기후변화를 겪게 되는 인구의 수와 특성에 대한 요인들과 기후변화 요소들의 상호 관계를 포함시켜 보다 종합적인 평가를 유도한다.

그림 3 은 기후 변동성과 변화의 위험에 대한 구조도로서 위험의 영향(Impact)이 기후변화에 따른 위험(Hazard)과 노출집단의 취약성(Vulnerability), 그리고 그 집단의 노출정도(Exposure)의 3요소에 따라 결정되어지는 인과관계를 보여준다. 그 결과물은 다시 기후인자와 기후변화대책에 영향을 주고 동시에 오염배출물도 기후인자에 영향을 미치는 상호 연결되고 순환하는 기후변화와 영향의 관계를 나타낸다.



[그림 3] 기후 변동성과 변화에 따른 위험 구조도
(출처: Ontario Climate Change And Health Toolkit, 2016, Figure 3, p.A16)

위와 같은 위험과 원인의 구조를 정의한 후 아래의 표 1 과 같이 총 6단계의 과정을 거쳐 취약성과 적응성 평가를 거치게 된다.

단계	활동	세부 활동
1	구조 범위 평가	• 재해에 따른 질병 규정 • 프로젝트 팀 식별 • 평가 계획 • 정량적 정성적 정보 식별 • 의사소통 계획 개발
2	취약점과 수용성을 고려한 현존 위험 기술	• 정량적 정성적 정보 검토 • 기후 민감성 질병과 기후 경향과의 상관관계 평가 • 환경오염의 경향 기술 • 위험에 노출된 개인 및 집단의 취약성 파악 • 정책의 효율성 평가 • 미래 취약성과 적응 대안을 위한 분명한 기준 개발
3	미래 건강상의 위험에 대한 예측	• 정량적 정성적 정보 검토 • 변화된 날씨 패턴 하의 현재 위험 변화 예측
4	기후변화와 관련된 추가적인 건강상의 위험을 관리하기 위한 정책의 식별 및 우선순위 정립	• 정량적 정성적 정보 검토 • 현 정책과 프로그램을 효율성 개선 혹은 새로운 정책의 준비 • 대안들의 우선순위 파악과 가용자원의 식별 • 현존하는 제약사항들을 파악하고 극복 방안 모색 • 기후 변화와 적응 계획 개발
5	건강상의 위험을 관리하기 위한 대안적인 프로세스의 수립	• 감시 계획 개발 • 감시 척도 개발 • 모범 사례 및 교훈의 공유
6	타 분야에서 시행된 완화 및 적응의 대안들과 잠재적 건강상 이득 검토	• 검토 • 적응과 완화의 대안을 통한 시너지 효과를 식별

```

graph TD
    A[Frame / scope assessment] --> B[Describe current health risks]
    B --> C[Project future health risks]
    C --> D[Identify and implement options]
    D --> E[Establish an iterative process]
    E --> F[Examine co-benefits / co-harms]
    F --> A
  
```

[표 1] 위험성 평가 6단계
(출처: Ontario Climate Change And Health Toolkit, 2016, Figure 4, p.A19)

한편 국가 기관 이외에 캐나다 보험 협회 차원에서도 위험 평가 도구를 제시하고 있는데 이른바 지방자치단체 위험 평가 도구 (Municipal Risk Assessment Tool, MRAT) 라는 온라인으로 접근 가능한 수단을 제공하여 지역 커뮤니티, 엔지니어와 보험회사가 사업 구상이나 사고 분석에 있어 기후변화에 따른 사회기반 시설의 잠재적인 피해를 방지하는데 기여를 하고 있다. MRAT 은 홍수와 하수시설의 범람으로 인한 위험도가 높은 지역을 식별할 뿐만 아니라 보수 및 교체에 대한 적절한 대안을 제시하는 서비스를 제공하고 있다.

기타 현재 공공 사회 기반시설 엔지니어링 취약성 위원회 (Public Infrastructure Engineering Vulnerability Committee)의 규약이 사회기반시설을 대상으로 하여 기후 변화 위험과 취약성에 대한 연구에 활발하게 활용되고 있고 시와 주 단위의 기후 변화에 따른 위험성 평가를 홈페이지를 통해 다수 공개하고 있다.

〈참고자료〉

- 1) Clean growth and climate change working group reports, (2016) Retrieved from: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/canada-priorities/clean-growth-working-group-reports.html>
- 2) Working Group on Adaption and Climate Resilience, Final Report (2016) Retrieved from: http://www.climatechange.gc.ca/Content/6/4/7/64778DD5-E2D9-4930-BE59-D6DB7DB5CBC0/WG_Report_ACR_e_v5.pdf
- 3) Warren, F.J. and Lemmen, D.S., editors (2014) Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation; Government of Canada, Ottawa, ON, 286p
- 4) Leger, W. and Read, J. (2012) Adaptive management: strategy and legacy; in Lake Superior Regulation: Addressing Uncertainty in Upper Great Lakes Water Levels; Final report to the International Upper Great Lakes Study Board, Adaptive Management Technical Work Group, 167 p

- 5) International Organization for Standardization's document ISO 31000 Risk management – Principles and guidelines, First edition, November 15, (2009)
- 6) Ontario Climate Change And Health Toolkit (2016), Retrieved from:
http://www.health.gov.on.ca/en/common/ministry/publications/reports/climate_change_toolkit/climate_change_toolkit.aspx
- 7) Ministry of Health and Long-Term Care, (2016) Public Health Policy and Programs Branch Ontario Climate Change And Health Toolkit, Ontario Climate Change And Health Vulnerability And Adaptation Assessment Guidelines, Technical Document
- 8) Insurance Bureau Of Canada, (2011), Municipal Risk Assessment Tool, Retrieve from:
<http://www.mrat.ca/>
- 9) PIEVC 차원에서 시행된 다수의 평가 자료들을 확인 할 수 있음.
<https://pievc.ca/assessments>

노르웨이 기후변화 리스크 평가

1. 평가 현황
2. 주요 평가결과

1. 평가 현황

노르웨이 기후변화 시나리오 개발을 위한 포괄적 연구는 1997년 RegClim project의 형태로 시작되어, 2007년 이후 NorClim project로서 지속되고 있다. 동 프로젝트에는 노르웨이 내 모든 주요한 연구기관들 및 대학들이 참여하고 있다. 노르웨이 기후변화 영향 예측에 관한 연구들이 수행되어 왔으며, 연구 결과들은 기후변화 적응 연구 및 대책 수립을 위한 기초자료로 활용되고 있다.

노르웨이 기후변화 영향 예측에 대한 대표적 연구로는 Hansen-Bauer et al.(2009)의 'Norway in 2100'이 있다. 현재(1961-1990)와 두 가지 미래 시나리오 기간(2021-2050, 2071-2100)에 대한 영향 예측이 이루어졌다.

국가 차원에서 이루어진 첫 번째 기후변화 취약성 평가는 2010년 'Norwegian report on Climate Change Adaptation' 라는 보고서로서 발간되었다. 동 보고서는 노르웨이 자연 환경 및 사회 환경에 대한 기후변화 영향과 취약성을 규명하고자 하였다.

총17명의 위원회 멤버로 구성되어 평가하였고 이들은 정부 기관, 산업체, NGOs를 대표하는 위원들로 구성되었다. 그리고 광범위한 이해관계자들의 의견을 수렴하여 총 2년 동안의 평가 기간을 거쳤다. 그 후, 2013년에는 Climate Change Adaptation in Norway' 라는 보완된 형태의 기후변화 적응 대책이 발표되었다.

2. 주요 평가 결과

생태계는 자연선택과 세대를 거친 변화를 통해 다양한 기후 조건들에 지속적으로 적응해왔다. 그러나 현재 문제가 되고 있는 기후변화로 인한 생태계 취약성은 기후

변화의 속도가 생태계 및 종의 적응 속도보다 더 빠르다는 데에서 비롯된다. 기후 변화로 인한 노르웨이 생태계 변화는 이미 시작되었다. 특히 육상생태계의 변화가 가장 두드러지게 나타나고 있다. 담수 및 해양 생태계의 경우는 기후변화로 인한 영향 및 결과가 여전히 높은 불확실성 하에 놓여있다.

2-1 육상생태계

노르웨이의 육상생태계는 기후변화로 인한 생태계 변화가 관측되고 있다. 철새들이 조기 귀국을 하고, 일부 동물들은 성적으로 일찍 성숙하는 모습을 보이고 있으며, 동물과 식물 모두에서 더 높은 생산 및 재생산이 나타나고 있다.

일부 식물들은 좀 더 북쪽으로 진출하거나 더 높은 고산지대로 번식을 확장하고 있다. 위성을 통한 매핑 결과를 보면, 1980년대 이래로 노르웨이 일부 지역들의 성장 계절이 2주에서4주까지 증가하고 있음을 알 수 있다.

○ 고산 툰드라 생태계

고산 툰드라 생태계는 기후변화에 특히 취약한 것으로 나타난다. 기후변화는 수목 한계선과 채소 재배지(vegetable zone)의 고도를 더욱 높였다. 그 결과 산악지역의 종의 변화에 영향을 주고 있다.

고산 종들은 더 이상 적당한 자연 서식지를 찾을 수가 없어 이주를 하고 있다. 또한 일부 종들은 멸종될 것으로 예측된다. 멸종 예상 종들로는 북극 여우(arctic fox), 야생 순록(wild reindeer), 고산 식물들(alpine plants)이 있다. 새로운 종들과의 경쟁은 고산 툰드라 생태계에 새로운 위협 요소가 되고 있다. 예를 들어, 고산지역으로 이주한 빨간 여우들은 북극 여우들과 경쟁을 한다.

수목한계선은 사상 최고 높이로 이동하였고 그로 인해 연속적인 고산 지역의 면적과 수는 감소하였다. 야생순록을 비롯한 고산지역 서식종들은 크고 연속적인 고산 지역에 의존하기에, 복합적인 압력 요인들을 경험하게 될 것이다.

○ 산림 생태계

식물의 성장철(growing season)은 더 길어지고 더 따뜻해질 것으로 예상된다. 그 결과, 산림 생태계는 더 빠른 성장을 하며 더 많은1차 생산(primary production)을 하게 된다. 더 따뜻한 기후를 선호하는 종들의 생산이 더 높아질 것이며, 그로 인한 산림 종 구성의 변화도 예측된다. 즉, 활엽수(broadleaf) 종들이 많아지고 이는 남쪽 지역의 소나무(pine)와 전나무(spruce)들을 대체하게 될 것이다.

기온 상승은 산림의 북쪽으로 확장과 더 높은 지대로의 확장으로 이어질 것이다. 북쪽 지역의 산림들은 장기적인 기후변화에 취약하며, 단기적으로는 기후변화로 인한 태풍, 해충 발생, 가뭄, 산림화재와 같은 요인들에 의해 피해를 입을 수 있다. 이러한 기후변화로 인한 영향들은 산림 건강, 활력, 생산성에 심각한 위협을 가할 수 있다.

○ 습지

노르웨이에는 늪지(bogs)를 비롯한 습지들이 인간 활동으로 인해 침식되어 왔다. 농업 목적의 배수, 임업, 초탄(peat moss)과 장작(fire wood)의 수확과 같은 인간 활동들은 습지 침식의 원인이 된다. 기후변화로 인해 증가된 강수량은 그러한 습지 침식을 가속화 시킨다.

습지 침식은 특히 남부와 동부 노르웨이 지역들 중 여름에 더 높은 기온과 낮은 강수량을 갖는 지역들에서 특히 더 심하게 나타날 것으로 예상된다. 또한 'palsamires'와 같은 특정 습지 유형에서 더욱 심각하게 나타날 것이다. 물론 기후변화로 증가된 강수량으로 인해 노르웨이 다른 지역들에서는 습지가 증가할 가능성도 존재한다.

○ 외래종

침입 외래종들을 위한 조건들도 기후변화의 영향 하에 놓여있다. 현재는 많은 외래종들이 노르웨이의 추운 겨울 조건을 견디지 못하고 있지만, 앞으로는 더 따뜻한 겨울이 될 것으로 예상되기에 더 많은 해로운 외래종들이 생존하고 확산될 수 있을 것이다.

2-2 담수생태계

기후변화는 담수생태계의 생산, 바이오매스, 생애주기, 종 구성에 영향을 끼칠 것이며, 그 영향의 결과들은 다양하고 복잡하게 나타난다. 폭우와 홍수의 증가는 더 많은 유출수(runoff)를 만들며, 입자상 물질의 이동과 영양염 침출을 변화시키며 그 외 다른 오염들도 야기 시킨다.

강변의 더 높은 침식율과 입자상 물질의 유출, 농업지역으로부터 유입되는 영양염들은 더 큰 문제들을 야기 시킬 수 있다. 이러한 경향성들은 이미 노르웨이 동부 지역의 소규모 하천들에서 나타나고 있다.

입자상 물질과 오염물질들은 해안으로 이동하고, 결국은 해양생태계에 대한 환경적

압력도 높이게 된다. 무빙(ice-free) 계절은 더 길어지며, 수온은 높아질 것이다. 일부 어종들(연어, 송어, 북극곤들매기)은 섭씨20도를 초과하는 온도가 치명적일 수 있다.

2-3 해양생태계

○ 해양 산성화

기후변화는 해수 온도를 상승시키고 이는 해수 내 더 높은CO₂ 함량을 갖도록 만든다. 이는 결국 해양 산성화를 야기 시킨다. 해양산성화는 해양의 탄산칼슘 침식 능력에 변화를 초래하며, 결국 탄산석회를 함유한 해양 생물체들에 영향을 미친다. 이는 높은 압력과 낮은 수온을 갖는 심해에서 더 크게 나타난다. 즉, 북극 지역을 중심으로 한 노르웨이 주변 해양이 영향에 더 빨리 노출될 것이며, 그 후 더 온화한 지역으로 영향이 확산될 것이다.

탄화석회를 포함한 생물체들에는 산호말류(coralline algae), 식물플랑크톤, 동물플랑크톤, 갑각류, 연체동물, 산호가 포함된다. 노르웨이 해양에는 많은 한류성 산호초들이 서식하고 있다. 세계에서 가장 큰 한류성 산호초 단지도 존재한다. 산호초들은 가장 종이 풍부한 생태계 중 하나이다.

또한 많은 물고기들이 활발하게 서식하는 곳이다. 해양산성화는 이러한 산호초 해양생태계에 부정적 영향을 끼친다. 금세기 말까지 노르웨이 산호초와 관련된 탄화석회 생물들 중 최대 70%가 사라질 것으로 예상된다.

식물플랑크톤은 해양생태계의 기초를 형성한다. 동물플랑크톤은 식물플랑크톤을 먹으며 자라고, 이들은 많은 물고기들의 주요한 식량이다. 석회질 골격을 가진 플랑크톤 종들은 산성화된 해양에서는 더 이상 살아갈 수가 없을 것이다. 산성화는 많은 영양 수준들에 주요한 영향을 미칠 수 있다.

○ 어종 변화

심해로 인해 노르웨이 바다는 동물플랑크톤의 일종인 요각류(copepods)의 핵심 생산지역이다. 요각류는 청어와 고등어 어린 물고기들을 위한 중요한 식량자원이다. 북해에서는 일반적 요각류들의 수가 상당수 감소하고 있는데, 이는 해수 온도 상승으로 인한 것이다. 요각류의 감소와 늦은 시기에 알을 낳는 플랑크톤의 증가는 봄에 알을 낳는 어종과 그들의 먹이들 간의 불일치를 유발시킬 수 있다. 또한 바다새들과 해양포유류들, 청어 간의 불일치도 야기시킬 수 있다.

그러나 구체적인 생태계 변화 결과들과 특정 어종들의 변화에 대해서는 아직까지 잘 알려지지 않다. 요각류(동물플랑크톤)의 북쪽으로의 이주는 한대 어종의 남방 한

계선의 북쪽으로 이동을 유발할 것이다. 대구, 해덕, 청어, 고등어와 같은 어종들은 그들의 이주 패턴들이 달라질 수 있다.

21세기 내에 온대 및 아열대 어종들인 정어리, 멸치, 유럽 농어, 참치들이 북해 내의 일반적인 어종이 될 것이다. 북극해에서는 북극 곤들매기, 북극 대구와 같은 어종들이 바렌츠해의 일부 지역에서 사라질 것이다. 하지만 이 모든 어종 구성의 변화들과 어종별 양의 변화, 나아가 해양생태계 내의 총 생산은 변화에 대해서는 아주 불확실성이 높은 상태이다.

○ 바다새

해안을 따라 서식하는 바다새들은 최근 그 수가 급격하게 감소하고 있다. 바다새의 수는 까나리, 청어, 빙어와 같은 먹이감들의 이용가능성 변화와 밀접한 관련이 있으며, 기후변화에 매우 민감하다.

〈참고자료〉

- 1) Norwegian Ministry of climate and environment (2014). "Norway's Sixth National Communication under the Framework Convention on Climate Change". Status report as of January 2014.
https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/nor_resubmission.pdf
- 2) Hanssen-Bauer, I, H Drange, EJ Førland, LA Roald, KY Børsheim, H Hisdal, D Lawrence, A Nesje, S.Sandven, A Sorteberg, S Sundby, K Vasskog og B Ådlandsvik (2009) Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing (In English: Climate in Norway 2100 – Background material to Official Norwegian Report (NOU) on Climate Adaptation). Norsk klimasenter, september 2009,.
- 3) Meld. St. 33 (2012 – 2013) Klimatilpasning i Norge (White paper on climate adaptation in Norway)
<https://www.regjeringen.no/contentassets/e5e7872303544ae38bdbdc82aa0446d8/no/pdfs/stm201220130033000dddpdfs.pdf>
- 4) NOU 2010:10 (2010) Adapting to a changing climate
<https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/nou-2010-10-2/id668985/>
- 5) European Climate Adaptation Platform Website :
<http://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/norway>

Canada Ecosystem-based Adaptation & Disaster Risk Reduction

1. 생물 다양성 협약
2. 캐나다의 EBA & DRR 관련 보고서
3. 캐나다의 EBA & DRR 관련 연구 사례

1. 생물 다양성 협약

생물 다양성 협약(Convention on Biological Diversity, CBD) 은 생물 다양성 보전의 필요성에 대한 범세계적 공감대 형성을 기반으로 1992년 리우 유엔 환경개발회의에서 채택되어, 1993년 12월 29일 발효된 협약으로 194개국이 가입되어 있다. 기후 변화 협약(UNFCCC), 사막화 방지 협약 (UNFCCD)과 함께 세계 3대 환경협약 중 하나일 정도로 유엔의 핵심 사업이기도 하다. 한편 캐나다는 선진국 최초로 생물다양성 협약을 비준한 국가이며 1996년부터 퀘벡에 협약 UN사무국을 설치하여 활동하는 국가로서 해당 협약에 주도적으로 참여하고 있다.

2. 캐나다의 EBA & DRR 관련 보고서

최근 발간된 CBD의 보고서는 이 협약에 대한 후속 활동으로 Ecosystem Based Adaption (EBA)의 정의 및 구체적인 계획 및 가입 국가별 활동 보고서를 종합하고 있다. 이 보고서에 따르면 EBA를 '지속 및 회복 가능한 발전을 지향하는 재해 위험을 감소시키기 위한 지속가능한 생태계 관리, 보존과 복원' 이라고 정의하고 있고 EBA를 Disaster Risk Reduction (DRR)의 주요 전략으로 인식하고 있다. CBD는 주요 EBA-DRR 관련된 연구를 위해 나고야에서 제정된 2011-2010 생물다양성 전략 계획을 도입하여 제5차 국가별 보고서를 취합했다. 60개 국가 중 멕시코와 함께 북미에서 캐나다도 제5차 캐나다 생물다양성 협약 리포트(Canada's 5th National Report to the Convention on Biological Diversity)를 제출하였고 이에 CBD는 그 리포트를 토대로 캐나다 정부 정책의 다음과 같은 부분을 특이점으로 소개하고 있다.

- 캐나다 정부는 5차 보고서를 통해 전통적인 경험을 국립공원의 관리에 적용 하고 있음. 원주민의 협조를 통해 공원 생태계의 복원 및 감시를 포함한 공원 계획과 운영 전반에 대한 전통적인 접근법을 도입함.
- 해안지역 원주민의 전통적, 역사적 지식과 경험, 객관적인 조개류의 개체수를 토 대로 원주민, 현지 공동체와 협조하여 수온 상승, 해류, 해조류, 침습종에 대비.
- BC 주, 미국 워싱턴 주, 알래스카에 이르는 북미 북서 해안에 서식하는 조개류가 원주민의 주요 식량원임을 인식하고 조개 양식 네트워크, 학제간 연구 및 교류를 조직함. 원주민, 학계, 자원 매니저가 모두 참여하여 진행 중.

2009년 이래로, 캐나다 연방은 해양 보존 도구 및 해양 관리 프로세스를 통해 주변 해변으로 통합하고 있다. 각 주 별로, 온타리오와 퀘벡 주가 생물다양성 전략을 소개하였고 알버타 주 역시 생물 다양성 정책 수립의 완료하였다. 메니토바 주는 통합된 생물다양성 관련 목표들을 주 전략 계획의 일부로 포함시켰고 연방 정부 차 원에서는 2013-16 연방 지속가능 발전 전략을 수립하였다.

BC 주는 주정부 법에 의해 노숙림 관리 지역의 설립을 허가하여 노숙림과 생물다 양성의 가치를 유지하는데 중점을 두었다. 석유 가스자원 사업에 대한 법률의 의거 하여 북동부 지역을 중심으로 노숙림 관리지역을 선정하고 현재 진행 중에 있다. 또한 사슴, 무스, 엘크 등의 유제류 동물들의 겨울 서식지와 야생동물 서식지의 보 호 구역의 설립 등도 포함된다. 2009년 시작으로 5개년 계획으로 진행된 Great Bear Rainforest를 대상으로 한 생태계 기반 토지 관리 계획은 최근 2014년 BC 주 정부, 원주민(First Nation), 환경 단체 및 벌목 기업들이 협력하여 권고사항을 제출 하였다. 이는 생태계 기반 관리를 건강하고 완벽하게 기능하는 생태계와 공동체를 만들기 위한 인간의 활동에 대하여 그 방법을 제시하고 있다.

알버타 주의 경우 2008년 토지 활용 프레임 워크를 제정하였는데 이는 알버타의 성장 당위성을 제시하고 알버타 주의 거시 경제와 환경, 사회적 목표를 달성하기 위한 의사결정과 토지 활용 관리의 청사진을 제시하기 위함이다. 총 7개로 나누어 진 토지 환경 관리를 중점으로 한 활용 방법은 장기적으로 축적된 환경에 대한 개 발 효과를 나타내고 있다. 이 프레임워크는 관리의 중요한 척도로서 공기, 물, 생물 다양성을 규정하고 있고 일정한 목표와 한계를 제시하고 있다. 한편, 알버타 주 정 부는 2012년에는 Athabasca regional plan, 2014년은 South Saskatchewan Regional Plan을 발표하기도 하였다.

3. 캐나다의 EBA & DRR 관련 연구 사례

생태계를 활용한 재해 저감 방안에 대한 연구는 활발하게 진행되고 있고 관련 도구도 다수 개발되어 있지만 정책 결정권자들과 투자자들 사이에서는 아직 생태계의 활용 방안이 기존의 사회기반시설 건설 보다는 가치가 있다는 점에 대한 의문을 여전히 가지고 있다. 그러한 점에서 최근 실험적으로 시도되고 있는 InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) 라는 의사 결정 도구는 생태계 활용에 대한 의사 결정의 지원이라는 본연의 목적뿐만 아니라 대중 인식의 전환과 지지를 증대시키는 역할을 하고 있다. 밴쿠버 아일랜드의 서부 해안에 위치한 리멘스만(Lemmens Inlets)의 프로젝트가 캐나다의 대표적인 예인데 생태계와 공간 활용방안에 대한 연구를 InVEST 라는 도구를 이용해 진행한 바 있다.

이 사업은 West Coast Aquatic Management Board (WCA) 라는 조직의 민관 협력에 의해 원주민부터 연방정부에 이르는 네 단계의 조직과 여러 전문가 조직이 결부되어 있을 뿐만 아니라 전통, 문화, 기념사업, 조업, 상업, 자원 및 운송 산업 등 매우 복잡한 기능을 실현하기 위해서 광범위한 의견 수렴을 통해 최적 안을 제시해야 했다. 보다 단순하고 큰 그림에서 볼 때에는 산업단지의 확대와 보존 지역의 확대라는 상충되는 기능이 서로 대립하는 구도를 가지고 있었다.

이러한 조건에서 InVEST 라는 도구는 보다 1) 환경과 생태에 중점을 두고; 2) 다양한 입력인자를 이용한 여러 가지 시나리오를 제공했으며; 3) 경제적 가치에 치중한 기존방법에서 탈피한 비경제적 척도를 제시했고; 4) 시각적 툴을 이용해 보다 이해하기 쉽고 다양한 요소의 관계를 파악할 수 있는 장점을 보여주었다. 무엇보다도 큰 장점은 지역 사회의 이해 당사자들이 적극적으로 초기 단계부터 각 시나리오에 입력 요소들에 대한 의견 개진에 참여하고 각 단계마다 공동된 목표와 가치에 대한 공감대를 가지게 되었으며 소수의 전문가 집단에 의해서만 이해할 수 있는 결과들을 다양한 시각자료를 통해 모든 이해당사자가 이해할 수 있다는 점에서 성공적이었다고 할 수 있다.

또 다른 사례로 국제자연보존연합 (International Union for Conservation of Nature) 에서 발간한 Safe Havens 라는 리포트를 들 수 있는데, 이는 2014년 18개 국가를 대상으로 재해 저감과 기후 변화에 대응하여 어떻게 보호지역을 관리할 수 있는지에 대한 광범위한 사례 연구를 담고 있다. 그 중 캐나다는 쿠키보국 국립공원 (Kouchibouguac National Park of Canada, KNPC)의 사례가 제시되었는데 해안지역의 폭풍과 해수면 상승의 위험에 대해 지역사회의 전통적인 경험과 지식이 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 예를 보여주고 있다. 이 지역 토착민인 First Nation(원주민)은 KNPC에서 감자, 목초지, 건조 등과 관계된 농업에 종사하고 있고 스윛그래스

(Sweet grass), 약초 등을 대표적 특산물로 재배하고 있다. 이 지역에 해안에 분포한 염습지는 0.5%의 경사도의 평지에 가까운 대평원으로 구성되어 있고 비교적 온난한 기후와 적절한 강수량에 연간177일 동안은 냉해를 입을 염려가 없는 곳으로 알려져 있다. 그러나 최근 해수면 상승과 폭풍우로 인한 홍수 등이 발생하고 겨울철에는 해수면 온도 상승으로 인해 해변 지표면이 냉각되지 않는 등의 변화를 겪으면서 지역 생태계가 점진적으로 파괴되는 현상을 보여 왔다.

이에 각계 전문가들과 지역 원주민 그룹이 참여하는 토론과 연구의 장의 마련하고 GIS와 시뮬레이션을 이용하여 해수면 상승에 따른 스위트그래스와 약초의 개체수 변화에 대한 시나리오를 제시하였다. 또한 지역사회에서 인터뷰를 통하여 역사 사회 문화적 정보를 수집하고 수집된 정보의 정확도를 높이기 위하여 지역 커뮤니티를 통하여 재확인 작업을 거쳤다. 마지막으로 검토되고 확인된 모든 결과들은 지역 커뮤니티에 공개되고 토론을 통하여 또 한 번의 검토 과정을 거쳐 다음과 같은 결론에 이르게 되었는데 1) 최대한의 보존; 2)기존 사회기반시설(도로, 창고 등) 및 주거지의 이전; 3) 파괴된 염습지의 재생을 위한 보호구역 설정; 4) 사료용 풀의 격리 수용; 5) 재해 통보 시스템에 대한 주민 교육 등이 최종적으로 제시되었다. 지역사회와 연구 집단 모두 기존의 자연을 보호하는 테두리 안에서 점진적인 변화 및 개발에 동의하였지만 급격한 기후 변화 트렌드와 봄, 여름에 집중된 극단적인 폭풍우의 경우 인위적인 기반시설을 이용하는 것은 불가피하다는 데에는 공감하고 있다.

〈참고자료〉

- 1) Canada's 5th National Report to the Convention on Biological Diversity(2014)
- 2) Lo, V. (2016). Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. Technical Series No.85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal,106 pages.
- 3) Renaud, Fabrice G., Karen Sudmeier-Rieux, Marisol Estrella, and Udo Nehren, eds. Ecosystem-based disaster risk reduction and adaptation in practice. Vol. 42. Springer, 2016.
- 4) Guerry, Anne D., Mary H. Ruckelshaus, Katie K. Arkema, Joey R. Bernhardt, Gregory Guannel, Choong-Ki Kim, Matthew Marsik et al. "Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning." International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 8, no. 1-2 (2012): 107-121.
- 5) Murti, R. and Buyck, C. (ed.) (2014). Safe Havens: Protected Areas for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation. Gland, Switzerland: IUCN. xii + 168 pp.

First Nation은 Inuit와 Métis 등 캐나다 3대 원주민 중의 하나로서 주로 남부와 동부해안에 주분포를 이룬다. 역자주.

유럽지역 생태계 재난위험 경감 (Ecosystem-based Disaster Risk Reduction, Eco-DRR) 연구동향

1. 개요
2. Natural-Based Solution (NBS)
3. PLACARD
4. Eco-DRR 관련 EC의 최근 회의
5. 홍수 관련

1. 개요

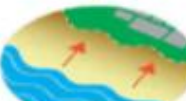
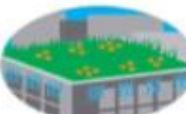
유럽지역의 Eco-DRR 연구는 유럽연합에 의해 추진되어온 '자연기반 해결 방안 (Nature-Based Solutions, NBS)'에 대한 연구의 일부로서 다루어져 왔다. 최근 Eco-DRR이라는 개념이 대두됨에 따라 기존의 NBS의 개념과 구분하여 독자적인 연구를 수행하고자 하는 노력이 태동하였지만 아직은 미미한 수준인 것으로 파악된다.

재난위험경감에 대한 노력들 중 유럽지역은 과거 홍수 피해 경험으로 인해, 홍수피해 경감을 위한 생태계 기반 접근 방식 적용 노력이 비교적 일찍부터 추진되었었다. 그 외에도 일부 산림관리와 해안 지역 재해에 대비하기 위한 정책들, 그린 인프라 구축에 대한 연구들이 추진되어 왔으며, 이는 앞서 언급한 NBS 연구의 범주 내에 포함되어 이루어졌다.

2. Natural-Based Solution (NBS)

NBS는 다양한 환경적, 사회적, 경제적 문제들을 지속가능한 방식으로 해결하기 위한 노력으로서, 자연으로부터 배우거나 자연에 의해 지지되거나, 자연에서 영감을 얻는 방식으로 문제를 해결하고자 하는 방식을 의미한다(EC, 2015; 5). NBS연구는 재난위험경감에 특화된 영역은 아니며, 그 보다는 기후변화 영향 완화 및 기후변화 적응, 생물다양성 보

호, 지속가능한 사회 구축과 같이 보다 다양하고 포괄적인 문제들을 다루고 있다. 유럽연합 집행위원회(European Commission)는 2014-2020년 동안 약 800억 유로의 연구비를 투입하는 Horizon 2020 연구 프로그램을 추진 중에 있는데, 현재는 동 프로그램의 일환으로 유럽 내 NBS에 대한 연구가 지속되고 있다. Horizon 2020 하에서 추진되고 있는 EU Research & Innovation의 NBS에 대한 아젠다는 NBS의 효과성에 대한 증거들을 찾고 실제 실행에 도움이 될 수 있는 연구들을 수행하고 있다. 또한 NBS가 추구하는 네 가지 목표를 설정하고 그로부터 NBS를 적용할 수 있는 7가지 NBS 영역을 도출하여 연구를 추진 중에 있다. NBS 연구의 4가지 목적은 지속가능한 도시화 증진, 파괴된 생태계 재건, 기후변화 적응 및 완화, 위험관리와 회복력 증진이며, 이로부터 개발된 NBS의 적용 영역들은 도시 재생, 도시지역의 웰빙 향상, 해안 회복력, 수변 관리 및 생태계 재건, 지속가능한 물질 및 에너지 이용, 생태계 보장 가치 증진, 탄소 격리 증가가 제시되고 있다([그림 1] 참조).

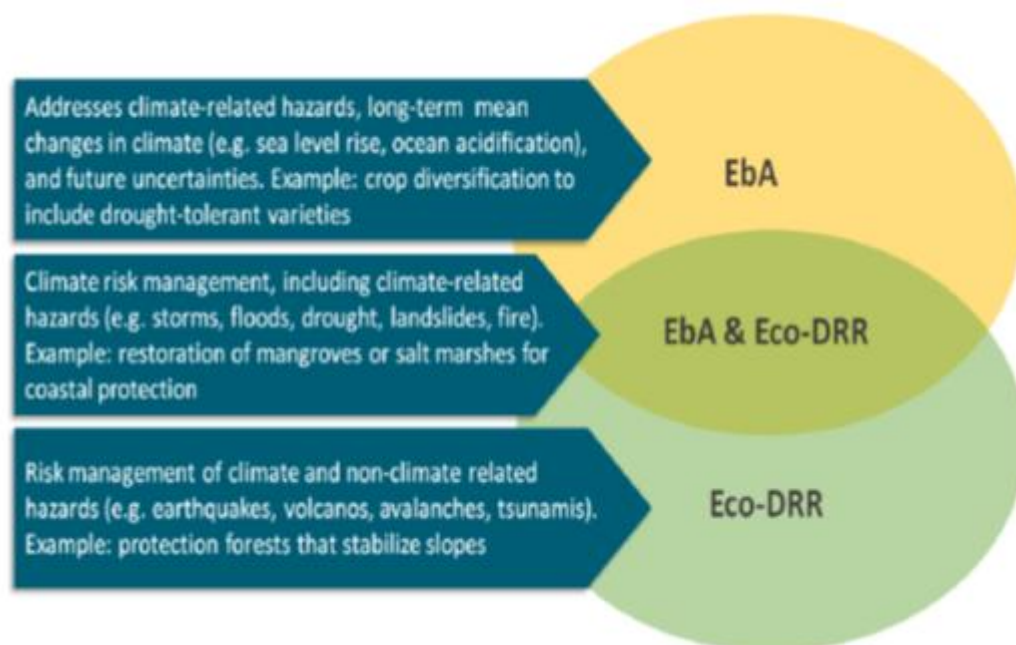
Research & Innovation Agenda on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities	
Goals	Research & Innovation Actions
Enhancing sustainable urbanisation	 Urban regeneration through nature-based solutions
	 Nature-based solutions for improving well-being in urban areas
Restoring degraded ecosystems	 Establishing nature-based solutions for coastal resilience
Developing climate change adaptation and mitigation	 Multi-functional nature-based watershed management and ecosystem restoration
	 Nature-based solutions for increasing the sustainable use of matter and energy
Improving risk management and resilience	 Nature-based solutions for enhancing the insurance value of ecosystems
	 Increasing carbon sequestration through nature-based solutions

[그림 1] NBS 연구의 목적과 적용 분야
(출처: EC(2015), P7)

3. PLACARD

PLACARD(Platform for Climate Adaptation and Risk Reduction)는 EU Research & Innovation의 NBS 연구의 일환으로 구성된 연구 집단이다. PLACARD는 기후변화 적응(Climate Change Adaptation, CCA) 분야와 재난 위험 경감(DRR) 분야 연구자들 간의 협업과 지식 교류, 대화를 위한 플랫폼으로의 역할을 하고 있다(www.placard-network.eu 참조). PLACARD는 CCA와 DRR 관련 연구와 정책, 실제 사례에 있어서 응집력을 높이고, 영역별 분절을 막고 협력을 강화할 수 있도록 하기 위해 설치되었다.

최근에는 2016년 5월 10-13일 동안 네덜란드 로테르담에서 컨퍼런스를 개최하였으며, 그 결과물로서 다음<그림2>와 같이 생태계 기반 적응(Ecosystem-based Adaptation, EbA) 과Eco-DRR의 관계에 대한 내용을 정리하여 발표하였다. 그 내용은 다음과 같다. EbA는 기후변화 관련한 위해들(hazards)과 보다 장기적인 위험들(예. 해수면 상승, 해양 산성화 등)을 다루고자 한다면 Eco-DRR은 기후 위험관리와 기후와 관련 없는 분야의 위해들(예. 지진, 화산, 쓰나미 등)을 다루고자 한다. 그리고 EbA와 Eco-DRR의 중첩되는 영역으로서 기후 관련한 위해들(예. 태풍, 홍수, 가뭄, 산사태 등)을 관리하기 위한 것이다.



[그림 2] EbA와Eco-DRR 간의 연계
(출처: PLACAD(2016), P2)

4. Eco-DRR 관련EC의 최근 회의

2017년 10월 13일, EC는 “Upscaling Eco-DRR investments to reduce disaster risks” 라는 주제의 컨퍼런스를 개최하였다. 이는 Eco-DRR이 효과적이고 비용 효율적이라는 증거를 확보하기 위한 목적으로 개최된 컨퍼런스이다. 즉, Eco-DRR 에 대한 투자가 결국에는 재난으로 인한 더 큰 피해들을 회피할 수 있도록 함으로써 비용 효과적인 방식일 수 있음을 다루고자 하였다. 또한Eco-DRR은 사회에 다양한 이익들도 함께 제공한다는 점을 강조하고 있다.

5. 홍수 관련

유럽지역은 1998년부터 2004년 사이에 홍수로 인한 큰 피해를 입은 바 있다. 이에 따라 유럽연합은 2000년에 ‘Water Framework Directive’ 와 2007년에 ‘Flood Directive’ 를 수립하였다. 동 Directive들은 홍수와 가뭄의 위험을 관리하기 위한 통합적인 접근을 강조하면서 생태적 접근과 재난위험경감 요소들을 함께 다루고 있다 (Renaud et al, 2016).

유럽연합차원에서 이루어진 노력의 결과 유럽 내 각 국들도 국가 차원의 프로그램들을 개발하였다. 영국, 네덜란드, 독일, 벨기에, 프랑스 등이 자국 프로그램을 수립하였다. 이들은 습지, 하천, 그 외 공간들을 활용하되 초과되는 물을 위한 저장소로 활용할 수 있도록 하는 프로그램들이다. 영국에서는 “Making Space for Water”, 네덜란드에서는 “Room for the River, 프랑스는 “Living Rivers”, 아일랜드는 “Environmental Enhancement of Rivers” 라는 프로그램을 통해 습지의 자연용량의 이용을 증진시키고 초과되는 수량을 저장할 수 있는 토탄습지(peat bogs) 및 그 외 자연적 공간들을 마련하고자 하였다.

〈참고자료〉

- 1) Europe Commission(EC) (2015). Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities' http://ec.europa.eu/newsroom/horizon2020/document.cfm?doc_id=10195
- 2) PLACAD (2016). "Exploring the potential of ecosystem-based approaches- Ecosystem-based Adaptation and Ecosystem-based Disaster Risk Reduction". Policy Brief. <http://www.placard-network.eu/wp-content/PDFs/NBS-policy-brief.pdf>
- 3) PLACARD 홈페이지 www.placard-network.eu
- 4) Renaud, F.G., Sudmeier-Rieux, K., Estrella, M., Nehren, U. (Eds.) (2016). Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice. Springer.
- 5) https://ec.europa.eu/europeaid/news-and-events/upscaling-ecosystem-based-disaster-risk-reduction-eco-drr-investments-reduce_en

캐나다의 생태계서비스 평가연구동향

1. Ecosystem Service Toolkit

2. 생태계 서비스 평가의 예

1. Ecosystem Service Toolkit

1,400백만 달러가 투입되어 2001년에 시작되고 2005년에 발행된 UNEP의 새천년 생태계 평가(MEA, Millennium Ecosystem Assessment)에 따르면 캐나다는 이 평가에 참여한 95개의 활동국 중 하나이다. 캐나다는 서부 BC 주 해변지역을 중심으로 하여 학계, 산업계, 사회단체, 공공기관, 원주민 단체 등이 협력하여 2004년까지 "Coastal British Columbia" 라는 프로젝트로 생태계 서비스 평가를 진행하였다. 평가 항목은 세부적으로 식량, 생물다양성, 목재, 유출 규제, 문화 등이 있고 UNEP로부터 채택된 전 세계 18개의 평가 보고서들 중 하나로 자리매김하고 있다.

캐나다는 지난 20년 동안 연방 정부와 각 주 정부가 협력하여 생물다양성의 지속가능성과 보존에 대한 지원을 하고 있다. 그 활동의 일환으로 캐나다 생물종다양성 전략, 다양성 성과 프레임워크, 그리고 2020년 생물다양성 목표를 발전 및 이행하고 있다. 2009년 Value of Nature to Canadian Study(VNCS)는 캐나다 자연의 경제적, 사회문화적, 생태학적 중요성에 대한 정보를 발전시키도록 태스크포스를 구성하였고 2012년에 비로소 '캐나다 자연 조사'가 발표 되었다.

이와 함께 캐나다 정부는 각기 다른 스케일과 광범위한 의사 결정으로 이루어지는 생태계 서비스 평가에 관심을 가져 VNCS 환경 기후변화 사무국의 주도로 15년에 걸친 범세계적 공동 심의 과정을 거쳐 생태계 서비스 도구(Ecosystem Services Toolkit)를 개발하여 사용하고 있다. 이는 정부 각 기관뿐만 아니라 자문기관, 연구자가 실용적이고 단계적으로 생태계 서비스 평가와 분석을 할 수 있도록 하는 지침을 제공하고 있다. 이 도구에서 제공하는 접근법은 학제간 연구를 통해 생물물리학, 사회학, 경제학, 전통적, 실용적 지식을 모두 통합을 지향한다. 또한 야생동물의 관리와 환경 평가, 공간 계획 등의 각기 상이한 정책 방향에 대한 생태계 서비스 분석의 방법론과 통합에 대한 지침을 제공한다. 이러한 평가는 지역 전략 환경 평가,

토지 및 공간 사용 계획 등의 지역 기반 계획과 환경영향평가, 전략적 환경평가, 규제 및 정책 개발 등의 규제 의사 결정분석, 보호구역 설치 및 관리, 생태계, 종족 관리, 침습성 외래종 관리 등의 환경관리 및 피해 등에 널리 적용된다. 총 6단계로 이루어진 평가는 다음과 같은 과정으로 진행된다.

- 1 단계: 문제점과 맥락의 정의
- 2 단계: 생태계 서비스의 우선순위와 평가로 얻게될 이득에 대한 식별
- 3 단계: 평가 질문 사항에 대한 해답을 평가하기 위한 필요사항의 식별
- 4 단계: 척도, 자료출처 및 분석 도구의 사용 및 식별
- 5 단계: 평가 응답에 대한 종합
- 6 단계: 평가결과의 해석 및 공유

2. 생태계 서비스 평가의 예

알버타 주는 2014년부터 알버타 생물다양성 감시기구(ABMI, Alberta Biodiversity Monitoring Institute)를 통해 주정부 관할의 생태계 서비스에 대한 평가를 진행하고 있다. ABMI는 1997년대 과학자와 자원매니저가 합동으로 생물군에 대한 조사를 위한 독립적이고 장기적인 프로그램의 필요성을 느껴 설립한 비영리기관이다. 현재 대표적인 4개의 프로젝트를 진행 중인데 이 중 하나의 프로젝트가 생태계 서비스 평가에 해당된다. ABMI는 2015년과 올해 2017년 생태계 서비스와 생물다양성 과학 심포지엄을 개최한 바 있는데 2015년의 주요 화두는 생태계서비스가 토지 이용 관리에 미치는 영향, 북방림의 생물다양성의 한시적 상쇄에 따른 경제 생태학적 평가, 생태계 서비스 평가 점수화에 대한 연구 등의 다양한 대상과 방법론에 대한 것이었던 것에 비해 2017년은 습지 생태계 서비스의 평가가 주요 연구 주제로 다루어지고 있다.

습지의 생태계 서비스 혜택에 대한 평가 프로젝트는 생태계 서비스와 습지 생태계 기능의 연결에 의한 프로세스의 의사 결정과정을 개선하는데 목적이 있다. 이는 알버타 환경 및 지속가능 자원 개발부의 생태계 서비스 10개년 로드맵 중 하나의 프로젝트로서 2010년부터 진행되고 있고 산업계와 학계, 시민단체, 일반기업 등 다양한 분야에서 지원을 받고 있다. 이 프로젝트는 어떻게 습지 관련, 생태계 서비스 접근방법이 사회적, 환경적, 경제적 효과를 가져 오는데 이용될 수 있는지에 대해서 연구하는 것을 목적으로 하고 최종적으로는 다음과 같은 이해를 증진하고자 한다.

- 다양한 스케일, 다수의 생태계 서비스 혜택
- 전략적 투자 분야의 선택 (생물종다양성, 수자원보존, 수질개선 등)
- 경쟁 위임과 균형의 식별

이 프로젝트는 현재 이미 상당부분 진전 되었으며 다양한 관측으로부터 도출된 정보들을 수집하고 생태계 서비스 방법론을 이용한 습지 보존의 알려진 결정들을 가능하게 하는 권장사항들을 개발하고 있다. 생태계 서비스 항목 측면에서 보면 홍수 조절, 수질정화, 탄소 저장, 관광, 미관, 수자원공급, 교육, 수분(pollination)을 정량(비용)/정성적인 측면으로 측정하여 평가할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다. 이 프로젝트에서는 생태계 서비스 측정 모델링의 과거 연구의 방법론을 광범위하게 다음과 같이 소개하고 있다.

연구 도구	연도	주 제
Cold Regions Hydrological Model (CRHM)	2014	습지 저장과 범람을 포함한수자원의 사이클을 고려한 한랭지역 서부 캐나다 평원 구혈 지역 수자원 프로세스 시뮬레이션
Soil and Water Assessment Tool (SWAT)	2016	강유역의 수자원 보유와 흐름, 침전과 농약의 허용치에 대한 토지 관리 방법의 영향을 예측하는 도구에 대한 연구
Integrated Modelling for Watershed Evaluation of BMPs (IMWEBs)	2016	강유역의 수질과 수량을 대상으로 한 최선 관리 기법(BMP ¹)의 성과를 평가하는 연속 시계열 도구에 대한 연구
Alberta Biodiversity Monitoring Institute Water Purification	2016	부식된 최적물과 영양, 그리고 화확물질을 제거한 면적의 확대에 기여하는 지역을 식별하기 위한 강수량과 표층수의 흐름의 시뮬레이션에 대한 연구
Alberta Biodiversity Monitoring Institute Biodiversity	2016	ABMI의 생물다양성 감시 프로그램을 통하여 수집된 데이터를 기반으로 ABMI 생물다양성 손상 색인을 사용하는 연구
Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST)	2016	탄소저장, 생물다양성, 수자원생산, 수질정화, 퇴적물 감소, 관광 및 미적 가치 등으로 세분화된 모델을 사용하여 생태계 서비스의 가치를 평가하는 연구
Artificial Intelligence for Ecosystem Services (ARIES)	2014	확률론적 방법에 의한 매핑 소스, 침식, 흐름을 통한 생태계 서비스와 그 사용자에 대한 평가로서 모든 모델은 지역과 국가의 인자와 함께 인간에 대한 수혜를 고려하여 평가됨
Social Values for Ecosystem Services (SoLVES)	2015	문화적인 생태계 서비스의 인식된 사회적 가치에 대한 연구로서 사회 문화적 관점에 중점을 두었다는 점에서 타 연구와 다름.

이 밖에 BC 주에서는 서두에 언급한 바와 같이 해안지역을 중심으로 연구가 진행되었다. 최근 2017년에는 BC 주 Westham 섬의 농업과 야생 생태계의 통합에 대한 평가를 Millenium Ecosystem Assessment framework를 적용하여 진행하였다. Delta Farmland & Wildlife Trust 라는 비영리 단체의 주도아래 현재 농장의 경작 활동에서 생태계 서비스를 높일 수 있는 세부적인 방안을 준비하고 하고 GIS 와 InVEST 등의 매핑, 시뮬레이션 툴을 이용하여 분석한 결과 뚜렷한 생태계 서비스 개선 효과가 나타났다. 철새의 서식과 이동을 용이하기 위해 간작²⁾을 다양화하여 동물의 식량을 유지하고 경작의 주기를 조절하여 서식지를 확보하며 꽃이 풍성한 식물의 비중을 높여 수분을 개선하는 등의 조치를 통해 농업과 주변 생태계가 공생할 수 있는 여건을 평가하였다.

1) 최적관리기법(BMP, Best management practices)은 복미에서 흔히 사용되는 수질오염의 조절에 대한 기법을 가리킨다. 비점오염원에 의해 초래되는 오염량을 수질 목표에 상응하는 수준으로 줄이거나 억제하는 권장된 수단으로서 기술적, 경제적, 행정적으로 볼 때 가장 효율적으로 실현 가능한 수질 제어 기법이다.

2) 간작은 주된 작물 사이에 딴 작물을 심어 가꾸는 것으로 사이짓기라고도 한다.

〈참고자료〉

- 1) 대부분의 참고자료는 Canada 연방 정부의 Ecosystem Service Toolkit 매뉴얼과 Alberta 주의 Alberta Biodiversity Monitoring Institute(ABMI) 에서 시행하는 생태계 서비스 평가 프로젝트를 참고하였으며 타 주의 연구 동향은 ABMI 에서 상당수 보유하고 있어 추가적인 문헌고찰은 이루어지지 않았음
- 2) Hassan, Rashid, Robert Scholes, and Naville Ash. "Ecosystems and human well-being: current state and trends, vol 1. Findings of the condition and trends working group of the Millennium Ecosystem Assessment." (2005).
- 3) <https://www.millenniumassessment.org/en/SGA.Canada.html>
- 4) <http://biodivcanada.ca/default.asp?lang=En&n=24D8B61F-1>
- 5) Federal, Provincial, and Territorial Governments of Canada. 2014. 2012 Canadian Nature Survey: Awareness, participation, and expenditures in nature-based recreation, conservation, and subsistence activities. Ottawa, ON: Canadian Councils of Resource Ministers.
- 6) Ecosystem Services Toolkit: Completing and Using Ecosystem Service Assessment for Decision-Making - An Interdisciplinary Toolkit for Managers and Analysts, derived from <http://biodivcanada.ca/default.asp?lang=En&n=B443A05E-1>
- 7) <http://www.abmi.ca/home.html>
- 8) Native Plant Solutions and Ducks Unlimited Canada. 2017. Wetlands and their benefits: review and synthesis of tools and models assessing wetland ecosystem services. A report prepared for the Alberta Biodiversity Monitoring Institute and the Alberta North American Waterfowl Management Plan Partnership.
- 9) Pomeroy, J. W., D. M. Gray, T. Brown, N. R. Hedstrom, W. L. Quinton, R. J. Granger, and S.K.Carey. 2007. The cold regions hydrological model: a platform for basing process representation and model structure on physical evidence. Hydrological Processes 21: 2650-2667.
- 10) Yang, W., Y. Liu, M. Cutlac, P. Boxall, M. Weber, A. Bonnycastle and S.

Gabor. 2016a. Integrated economic-hydrologic modeling for examining cost-effectiveness of wetland restoration scenarios in a Canadian prairie watershed. *Wetlands* 36: 577-589.

11) Yang, W., Liu. Y.B., and Shao, H. 2016c. IMWEBs (Integrated Modelling for Watershed Evaluation of BMPs)-Wetland Model Technical Report. A report submitted to Alberta Biodiversity Monitoring Institute, 131 p.

12) Habib, T. J., S. Heckbert, J.J. Wilson, A.J. Vandenbroeck, J. Cranston and D.R. Farr. 2016. Impacts of land-use management on ecosystem services and biodiversity: an agent-based modelling approach. *PeerJ* 4: e2814.

13) Alberta Biodiversity Monitoring Institute. 2015. Manual for species modeling and intactness (20029), version 2016-04-14. Alberta Biodiversity Monitoring Institute, Alberta, Canada. Report available at: <https://www.abmi.ca>. 18 p.

14) Sharp, R., H.T. Tallis, T. Ricketts, A.D. Guerry, S.A. Wood, R. Chaplin-Kramer et al. 2016. InVEST user's guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund.

15) Villa, F., K.J. Bagstad, B. Voigt, G.W. Johnson, R. Portela, M. Honzák and D. Batker. 2014. A methodology for adaptable and robust ecosystem services assessment. *PLOS ONE* 9: e91001.

16) Sherrouse, B.C. and D.J. Semmens. 2015. Social Values for Ecosystem Services, version 3.0 (SolVES 3.0)—Documentation and user manual: U.S. Geological Survey Open-File Report 2015–1008, 65 p.

17) Zhang, Yuan, Julie E. Wilson, and Les M. Lavkulich. "Integration of Agriculture and Wildlife Ecosystem Services: A Case Study of Westham Island, British Columbia, Canada." *Agricultural Sciences* 8, no. 05 (2017): 409.

노르웨이 생태계 서비스 가치평가 연구동향

1. 노르웨이 생태계 서비스
2. 노르웨이 생태계 서비스 가치평가
3. 세부 평가 결과

1. 노르웨이 생태계 서비스

국제적으로 생태계 서비스에 대한 연구가 활성화됨에 따라 노르웨이 정부도 2013년 노르웨이 생태계 서비스에 대한 총괄적인 내용을 다룬 연구보고서인 'Natural benefits-on the values of ecosystem services(NOU, 2013)'를 발간하였다.

NOU(2013)은 생태계 서비스를 공급, 조절, 문화 서비스로 구분하여 각 분류별 서비스 내용 및 가치들을 검토하였다. 노르웨이 생태계 서비스 중 공급 서비스로는 어업 및 어패류 생산, 목재와 펄스 생산, 농가의 생산 활동, 바이오 에너지, 유전자 정보 등이 있다. 조절 서비스는 홍수 및 산사태로부터의 보호, 산림 내 해충과 질병 조절, 탄소 고정, 수분(pollination)등이 포함된다. 문화 서비스는 레크레이션과 에코 투어리즘, 건강과 웰빙, 정신적 안정 등이 있다.

2. 노르웨이 생태계 서비스 가치평가

노르웨이 생태계 서비스에 대한 가치평가 연구로는 Skre(2017)가 대표적이다. 동 연구는 노르웨이에서 가장 중요한 생태계 서비스가 무엇인지를 규명하기 위해, 직접 및 간접 측정 방법을 활용하여 서비스 내용별 화폐 가치를 평가하여 비교하였다. Skre(2017)는 노르웨이 생태계 서비스를 산, 숲, 농촌 지역, 담수 생태계, 해양 생태계에서 비롯되는 서비스들로 구분하여 그 가치를 화폐 가치로 환산하였다.

평가 결과를 보면, 해양과 관련된 생태계 서비스의 가치가 가장 큰 값으로 추정되었다. 그 다음으로 농촌 지역에서 비롯되는 생태계 서비스와 담수 생태계 서비스가 높은 가치를 갖는 것으로 나타났다. 이러한 평가 내용은 다음의 표와 같이 정리된다.

구 분	면적(Km ²)	면적 비율(%)	평균 가치(NOK)
산	165,000	50	8,000
숲	117,000	36	37,500
농지	9,000	3	46,850
도시 지역	3,000	1	14,300
해양 가치 및 섬	16,000	6	121,000
담수	14,000	4	44,000
총계	324,000	100	271,650

[표 1] 노르웨이 생태계 서비스 가치 평가 결과(총괄)
(출처: Skre(2017))

3. 세부 평가 결과

3-1산 관련 생태계 서비스 가치

산 관련한 생태계 서비스들 중에서는 야외 활동의 가치가 사냥과 순록 축산업의 가치보다 훨씬 더 큰 것으로 추정되었다.

구 분	내 용	추정 가치 (백만NOK/yr)	참고문헌
공급 서비스	뇌조(grouse) 사냥 으로 인한 순수입	16	Andersen et al. (2010)
조절 및 문화 서비스	사냥 선호들	459~648	Andersen et al. (2009), Skonhoft and Gudding (2010)
공급 서비스	야생 순록 사냥의 육류 가치	13	Bråtå et al. 2010), Nellemann et al. (2001)
공급 서비스	국내 순록의 육류 가치	141	Tømmervik et al. (2013)
		600~800 (70~90 MEUR)	
조절 및 문화 서비스	야외 활동 (간접 추정치)	7,500	Lindhjem and Magnussen (2012)

[표 2] 산 관련 생태계 서비스 가치 평가 결과
(출처: Skre(2017))

3-2. 숲 관련 생태계 서비스 가치

숲과 관련된 서비스들 중에는 레크레이션으로 비롯되는 건강 편익이 가장 큰 가치를 갖는 것으로 나타났다. 그 다음은 탄소 고정이며, 생물다양성이 높은 숲들을 보호하는 것에 대해서도 비교적 높은 지불의사액이 측정되었다.

구 분	내 용	추정 가치 (백만NOK/yr)	참고문헌
공급 서비스	탄소 고정	7,500~9,000	Lindhjem and Magnussen (2012)
공급 서비스	숲 생산물 (목재, 연료, 사냥, 바이오매스)	6,200	SSB (2012) NOU (2013)
공급 서비스	보충적 서비스들 (임대 수입, 낚시와 사냥 라이선스)	726	Lindhjem and Magnussen (2012)
조절 서비스	추정된 레크레이션 가치 (건강 편익 및 지불의사액)	10,000~20,000	Lindhjem and Magnussen (2012)
공급 서비스	무스(moose)로부터 의 피해(방목과 충돌)	300~400	Olaussen and Skonhoft (2011)
문화 서비스	삼림 관리	3,600	Lindhjem (2007)
문화 서비스	산림 보호 (1.4~2.8%)	3,000~4,000	Lindhjem and Navrud (2011)
		31,000~44,000 (=3,400~5,000 MEUR)	

[표 3] 숲 관련 생태계 서비스 가치 평가 결과
(출처: Skre(2017))

3-3. 농촌 지역의 생태계 서비스 가치

농촌 지역에서 비롯되는 생태계 서비스들은 공급 서비스들(식량 생산 및 가공)이 주류를 이루고 있다. 식품 가공 관련 가치와 우유, 계란, 육류 등의 생산에서 비롯되는 수입이 높은 가치를 갖는 것으로 평가되었다.

구 분	내 용	추정 가치 (백만NOK/yr)	참고문헌
공급 서비스	식물 생산으로의 수입(곡물, 감자 등)	7,100	SSB (2012)
공급 서비스	동물 생산으로의 수입 (우유, 계란, 육류 등)	18,700	SSB (2012)
공급 서비스	식품 가공	20,000	SSB (2012), SSB (2013)
조절 서비스	야생 동물 방목의 가치	800	Asheim and Hegrenes (2006)
조절 서비스	수분(pollination)과 꿀 생산	250	SSB (2012)
		46,850 (= 5,200 MEUR)	

[표 4] 농촌 지역 생태계 서비스 가치 평가 결과
(출처: Skre(2017))

3-4. 담수 관련 생태계 서비스 가치

담수 생태계에서는 야생 연어 어업의 가치가 가장 높게 평가되었다. 이는 수질 개선을 위한 지불의사액 보다 높게 수준으로 나타났다.

구 분	내 용	추정 가치 (백만NOK/yr)	참고문헌
조절 서비스	레크리에이션을 위한 개선된 수질	1,800~3,500	Magnussen (1992)
조절 서비스	개선된 수질(추정치)	1,600	Magnussen et al.(1995)
조절 서비스	홍수와 침식 조절	50~100	Sælthun et al.(2000)
조절 및 문화 서비스	낚시의 레크리에이션 가치	500~1,500	Navrud (2004)
조절 서비스	연어 낚시의 레크리에이션 가치	30,000	Toivonen et al.(2004)
공급 서비스	연어 낚시(추정치)	260	Kjelden et al.(2012)
조절 서비스	칼슘 처리	104~128	DN (2011)
		38,800~50,600 (=4,300~5,600 MEUR)	

[표 5] 담수 관련 생태계 서비스 가치 평가 결과
(출처: Skre(2017))

3-5. 해양 관련 생태계 서비스 가치

해양 생태계 서비스는 노르웨이 생태계 서비스 중 가장 높은 순위를 차지하고 있다. 이는 주로 공급서비스(어업 관련)의 사용 가치가 높은 데에서 기인하였다. 또한 관광과 해양 내 탄소고정에 대한 가치도 높게 평가되었다.

구 분	내 용	추정 가치 (백만NOK/yr)	참고문헌
조절 서비스	개선된 수질	100	Barton et al. (2012)
조절 서비스	석유 유출사고 예방	150	Klethagen (2005)
조절 서비스	해양 내CO2 고정	20,000~40,000	Magnussen et al.(2010)
공급 서비스	어류 생산	24,000	SSB (2012)
공급 서비스	바다 양식 생산	30,000	Henriksen et al.(2012)
공급 서비스	바다 양식 관련 가치들	20,000	Henriksen et al.(2012)
조절 서비스	낚시 레크리에이션	5,200	Magnussen et al.(2010)
공급 및 문화 서비스	관광(마케팅 가치)	12,500	Magnussen et al.(2010)
조절 서비스	환경 보호 (육상 기반 해양 양식)	1~15,800	Armstrong et al.(2008)
조절 서비스	산호초	112,000	Armstrong et al.(2008)
		110,000~132,000 (=12,000~14,000 MEUR)	

[표 6] 해양 관련 생태계 서비스 가치 평가 결과
(출처: Skre(2017))

〈참고자료〉

- 1) Andersen O, Kaltenborn B, Pedersen HC, Storaas T, Faye-Schjøll E, Solvang H (2009) Spørreundersøkelse blant rypejegere etter jaktseasonen 2006/07. Datagrunnlag og noen sentrale funn 2006-2011. NINA Rapport 379. Norsk Institutt for Naturforskning
- 2) Andersen O, Kaltenborn BP, Pedersen HC, Storaas T, Faye-Schjøll E, Solvang H, Moa PF, Hagen BR (2010) Undersøkelse blant rettighetshavere i Rypeforvaltnings- prosjektet 2006-2011. Datagrunnlag og noen sentrale funn. NINA Rapport 433. Norsk Institutt for Naturforskning
- 3) Armstrong CW, Kahui V, Aanesen M (2008) Økonomisk verdsetting av havmiljø-Anvendelse på havområdene i Lofoten-Vesterålen. Norges fiskerihøgskole, UiT og NORUT for Miljøverndepartementet.
- 4) Asheim L, Hegrenes A (2006) Verdi av for frå utmarksbeite og sysselsetting I beitebaserte næingar. Notat 2006-15. Norsk Institutt for Llandbruksøkonomisk Forsking, Oslo. [ISBN 0805-9691]
- 5) Barton D, Holen S, Lindhjem H, Magnussen K (2012) Valuation of Ecosystem Services from Nordic Watersheds -- From awareness-raising to policy support? (VALUESHED).2012:506. TemaNord <https://doi.org/10.6027/tn2012-506>
- 6) Bjørdal I (2007) Markslagklassifikasjon I økonomisk kartverk. 1. Norwegian Institute of Bioeconomy Handbook
- 7) Bråtå HO, Hagen SE, Overvåg K (2010) Villrein og villrein fjellet som kolde til verdiskaping og samfunnsutvikling. Østlandsforskning, ØF-report 6/2010
- 8) Bryn A (2008) Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilisation? Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography 62 (4): 251-270. <https://doi.org/10.1080/00291950802517551>
- 9) Henriksen K, Sandberg MG, Olafsen T, Bull-Berg H, Johansen U, Stokka A (2012) Verdiskaping og sysselsetting i norsk sjømatnæring 2010 -- en ringvirkningsanalyse. SINTEF report A23089
- 10) Kjelden J, Krogdahl R, Heggem V, Baardsen S, Stensland S, Aas Ø (2012) Elvenerundt Trondheimsfjorden: laks og verdiskaping. Temabooklet 48. Norsk Institutt for Naturforskning

- 11) Klethagen I (2005) Er økt oljevernberedskap samfunnsøkonomisk lønnsomt? Enbetinget verdssettingsstudie av økt oljevernberedskap M.Sc. Thesis. Norwegian University of Bioscience (UMB), Ås
- 12) Lindgaard A, Henriksen S (2011) Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken
- 13) Lindhjem H (2007) 20 years of stated preference valuation of non-timber benefits from Fennoscandian forests: A meta-analysis. *Journal of Forest Economics* 12 (4): 251-277. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2006.09.003>
- 14) Lindhjem H, Magnussen K (2012) Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge. NINA Rapport 894. Norsk Institutt for Naturforskning
- 15) Lindhjem H, Navrud S (2011) Are Internet surveys an alternative to face-to-face interviews in contingent valuation? *Ecological Economics* 70 (9): 1628-1637. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.002>
- 16) Lindhjem H, Sørheim MD (2012) Urbane økosystemtjenester I Norge; Status, utvikling, Verdi og kunnskapshull. Report Vista Analysis no. 2012/37. Vista Analyse AS, Oslo.
- 17) Magnussen K (1992) Valuation of Reduced Water Pollution Using the Contingent Valuation Method; Methodology and Empirical Results. University of Life Sciences(UMB)
- 18) Magnussen K, Bergland O, Navrud S (1995) Overføring av nytte-estimer: Status for Norge og utprøving knyttet til vannkvalitet. NIVA-rapport 3257. Norsk Institutt for Vannforskning
- 19) Magnussen K, Navrud S, San Martin O, Bjørnstad I, Gausen OM (2010) Verdsetting av marine økosystemtjenester; Metoder og eksempler, Report TA-2582. SWECO, Oslo.
- 20) Navrud S (2004) Value transfer and environmental policy. *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics* 2004/2005 <https://doi.org/10.4337/9781845420680.00014>
- 21) Nellemann C, Vistnes I, Jordhøy P, Strand O (2001) Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts. *Biological Conservation* 101 (3): 351-360. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00082-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00082-9)
- 22) Norderhaug A, Austad I, Hauge L, Kvamme M (2013) Skjøtselboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker. Landbruksforlaget, Oslo.

- 23) NOU(Official Norwegian Report), (2013). Natural-benefits – on the values of ecosystem services. <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/nou-2013-10/id734440/>
- 24) Nybø S, Certain G, Skarpaas O (2012) The Norwegian Nature Index -- state and trends of biodiversity in Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography* 66 (5): 241-249. <https://doi.org/10.1080/00291951.2012.743168>
- 25) Olaussen JO, Skonhoft A (2011) A cost-benefit analysis of moose harvesting in Scandinavia. A stage structured modelling approach. *Resource and Energy Economics* 33 (3): 589-611. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2011.01.001>
- 26) Rolstad J, Majewski P, Rolstad E (1998) Black Woodpecker Use of Habitats and Feeding Substrates in a Managed Scandinavian Forest. *The Journal of Wildlife Management* 62 (1): 11. <https://doi.org/10.2307/3802260>
- 27) Sælthun N, Gothschalk L, Krasovskaia I, Berg H, Voksø A, Kristensen S, Eggestad H, Skoglund M, Wathne M (2000) Økonomisk risikoanalyse for flommer. HYDRA rapport R03. Bioforsk Jord og miljø, Ås
- 28) Skonhoft A, Gudding PA (2010) Rypejakt i Norge Forvaltning og økonomi. *Samfunnsøkonomen* 8: 41-53.
- 29) Skre O (2017) Ecosystem services in Norway. *One Ecosystem* 2: e14814. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e14814>
- 30) SSB (2012) Statistical Yearbook of Norway. 131. Statistics Norway, 397 pp. [ISBN 978-82-537-8490-8]
- 31) SSB (2013) Statistical Yearbook of Norway. 132. Statistics Norway, 397 pp. [ISBN 978-82-537-8738-1]
- 32) Toivonen AL, Roth E, Navrud S, Gudbergsson G, Appelblad H, Bengtsson B, Tuunainen P (2004) The economic value of recreational fisheries in Nordic countries. *Fisheries Management and Ecology* 11 (1): 1-14. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2003.00376.x>
- 33) Tømmervik HA, Bjerke JW, Laustsen K, Johansen BE, Karlsen SR (2013) Overvåking av vinterbeite i Indre Finnmark 2013. NINA Report 1066. Norsk Institutt for Naturforskning, Tromsø

캐나다의 기후변화 리스크에 대한 인식

1. 기후 변화 현황
2. 기후 변화에 대한 책임
3. 기후 변화 정책에 대한 관심
4. 기후 변화 위험에 대한 대중의 인식
5. 실재적인 위험과 인식의 괴리

1. 기후 변화 현황

캐나다 환경 기후 변화부에 따르면 2016년 평균 기온은 평균 기준인 1961년부터 1990년보다 2.1도 상승하였으며 1948년 이래로 네 번째로 높은 기온을 나타냈다. 1948년부터 2016년까지의 증가세도 뚜렷하여 지난 69년 동안 평균 기온은 무려 1.7도 상승하였다. 강수량 또한 기준 기간에 비해 4.9% 상승하였고 1948년 이래로 16번째로 많은 강수량을 기록하면서 증가세도 뚜렷하여 69년간 약 20%의 상승을 나타냈다.

이러한 급격한 기후 변화는 이미 국제기구와 학계, 정부에 의해서 오래 전부터 연구되고 대응 방안에 대한 논의가 끊임없이 진행되어 왔지만 현 상황에 대한 인식과 원인에 있어서는 국가와 집단에 따라 다른 양상을 보이고 있다. 대부분 기후 변화가 인류의 활동에 의해서 더 가속화 되고 있다는 부분에 대해서 어느 정도 공감대가 형성되어 있다고 여겨지고 있지만 실제 기후 변화와 인간의 활동에 대한 상관관계를 부정하는 연구 및 여론은 여전히 존재하며 높은 위도와 상당량의 불모지가 존재하는 캐나다는 기후 변화가 가져올 경제적 이득에 대해 오히려 최근의 변화를 긍정적으로 바라보는 여론이 존재한다.

그러한 점을 비추어 볼 때 기후 변화는 과학적 문제 제기에 대한 합리적인 대응이라는 단순한 방정식이 아닌 기후 변화와 인간 활동의 상관관계를 얼마나 인정하느냐라는 변수와 대상이 되는 국민과 현재의 인적 물적 환경이 얼마나 그 위험을 수용할 수 있느냐라는 변수 등이 고려되는 복잡한 활동임을 인식하는 것이 중요하다고 하겠다.

2. 기후 변화에 대한 책임

과거의 여론조사에 의하면 다수의 캐나다인은 인류가 기후 변화의 주원인은 아니라고 믿는 경향이 강했다. 2007년 알버타 주 엔지니어 1,000명을 대상으로 한 조사에서 2/3에 해당하는 응답자는 지구 온난화를 인류와 지구의 자연적인 흐름이 복합적으로 나타난 결과이며 특히 그 응답자 중 반 이상은 기후 변화에 있어 인류가 미치는 영향을 강하게 부정했다.

그러나 최근의 여론조사에 의하면 61%의 캐나다인들은 인류가 기후 변화의 주범이라는 것에 이의를 제기하지 않는다. 몬트리올 대학의 연구진이 전국의 5000명을 대상으로 2011년부터 진행한 5년간의 연구 결과에 의하면 44%의 응답자는 지구 온난화와 인류의 활동은 강한 상관관계가 있다고 믿고 있는 것으로 조사되었다. 이 연구 결과에서 주된 시사점은 캐나다 국민이 과거보다 인류가 기후 변화에 대한 책임이 있고 이를 개선하기 위한 노력을 경주해야 한다는 인식의 전환이 점차 이루어지고 있다는 점이다. 뿐만 아니라 이 연구는 지역별, 성향별 특성을 구분하고 측정을 진행하여 그 의미를 더 해 준다.

응답자의 분포를 그래픽 화하여 전국 지도에 다양한 스펙트럼으로 표시를 한 결과 자원 개발 관련 산업이 발달된 캐나다 서부 알버타와 사스카추완 주에서는 여전히 기후변화에 대한 인류의 책임을 부정하는 여론(67%)이 압도적이었다. 이는 정치적 성향과도 유사한 형태로 나타나 보수적 성향의 알버타 주와는 다르게 진보적 정치 성향의 퀘벡 주에서는 평균을 웃도는 78%의 응답자가 기후변화에 대한 인류의 책임을 인정했다. 이는 또 다른 여론조사에서도 비슷한 형태로 나타나, 이른바 진보진영으로 일컬어지는 녹색당, 신민주당, 자유당에서는 모두 70%이상을 보인 반면, 보수당은 42%만이 인정을 하는 결과를 나타냈다.

3. 기후 변화 정책에 대한 관심

한편, 최근 조사된 캐나다 150주년 기념 기후변화 설문조사 에 따르면 57%의 국민은 정부가 기후 변화 정책에 있어 더 많은 역량을 발휘해야 하고 특히 18~34살에 해당하는 밀레니엄 세대는 기후변화 정책에 70%넘는 전폭적인 지지를 보내는 것으로 나타났다. 이러한 일련의 변화와 관심에도 불구하고 정부에 요구하는 여러 가지 정책의 우선순위에 있어 기후 변화와 관련된 일련의 환경 정책에 대한 기대는 현실적인 사안에 비하여 현저히 떨어지는 편이다.

Global News가 Ipsos에 의뢰한 설문조사에 따르면 현 자유당 집권 초기 국민의 기

대 정책 순위 중 기후변화는 여러 가지 아젠다 중 9위를 차지하며 13% 정도의 응답자만이 언급했을 정도로 상대적으로 저조한 관심을 보였다. (의료 40%, 실업대책 39%) 물론 대한민국의 6%에 비하면 두 배에 가까운 수치이지만 캐나다 내에서 볼 때 모든 정책 순위에 있어서 차지하는 비중은 상대적으로 낮은 편이라 할 수 있다.

이와 같이 상대적으로 저조한 기후 변화 정책에 대한 국민의 요구에도 불구하고 2007년부터 2014년까지 조사된 기후 변화의 대응책임 및 주체에 대한 여론은 압도적으로(50% 이상)이 정부의 법안과 표준의 개발이 가장 중요하다고 답하였고 그 뒤를 이어 산업분야(19%), 소비자(12%), 모든영역(12%) 순으로 중요하다는 결과를 보였다. 나아가 기후 변화로 인한 영향에 대한 대중의 관심이 세부적으로는 어떠한 대상과 분야로 집중되어 있는지 조사한 결과, 자녀와 미래 세대에 미칠 영향에 대한 고민이 가장 많았고 그 뒤를 이어 야생종 멸종, 가뭄, 홍수, 해수면 상승, 여름기온 상승, 농임업분야 실업 등의 순으로 캐나다 국민들은 관심과 우려를 나타내고 있다.

4. 기후 변화 위험에 대한 대중의 인식

Environmental Research and Public Health 저널에 게재된 미국, 캐나다, 몰타를 대상으로 한 기후변화로 인한 건강 위험에 대한 대중의 인식에 대한 논문에 의하면 캐나다 국민은 북극 빙하의 해빙을 가장 우려스러운 결과로 인식하고 있고 그 뒤를 이어 폭풍우의 증가, 야생 서식지의 감소, 홍수, 가뭄 순으로 우려를 표시하고 있다. 캐나다의 높은 위도 특성상 미국인이 가장 우려하는 가뭄, 혹서 등과는 다른 인식의 양상을 보이고 있다. 이 연구에서는 이러한 상이함을 문화적, 지역적 차이, 응답자 개개인의 경험의 차이에서 비롯된다고 해석하고 있다. 한 편 더 나아가 캐나다인은 개인적인 건강상의 위협에 대해서 태양에 의한 화상과 호흡곤란을 가장 높은 위험으로 인식하고 있고 일사병, 재해에 의한 부상, 암, 전염병 등의 순으로 위험하다고 느끼고 있다.

5. 실재적인 위험과 인식의 괴리

앞서 살펴 본 바 같이 기후 변화에 대한 대중의 공감대는 점차 높아지는 경향을 보이고 있지만 개개인의 성향과 지역적 특성으로 인해 사안마다 다른 인식을 나타내고 있으며 지엽적인 문제에 국한되는 모습을 보이고 있다. 기후 변화 위험의 평가에 대한 연구는 보다 근본적이고 거대한 담론을 다루는 수준에 있지만 정책 입안자는 오히려 선구적 입장에서 교육하고 계몽하기 보다는, 고효율 전기기구 구입에 대

한 지원금이라든가 유류세금 부과 등의 근시안적인 대안에만 의존하는 경향을 보이고 있다.

뿐만 아니라 이러한 정책들로 인해 국민 개개인이 감당할 수 있는 위험의 수준이 오히려 낮아질 수 있음을 간과하고 있다. 캐나다 농업의 사례를 예로 들면, 정부 차원의 경작물 보험 프로그램(Crop Insurance Program)은 매년 다변화되는 기후로 인해 입게 되는 흉작의 피해에 대해 일정부분의 손해를 보험으로 지원해주는 제도로 일견 합리적으로 보이지만 이는 기반시설의 개선이나 경작지의 이전 등의 근본적이고 거시적인 고민을 엿볼 수 없는 대책이다. 이에 캐나다는 기후변화에 대한 연구 및 정책의 입안에 있어 기존의 문제제기와 분석을 계속하면서 동시에 문제에 대한 인식과 지역적 문화적 특성을 고려한 수용 가능성에 초점을 두는 방향으로 나아가고 있다.

〈참고자료〉

- 1) Climate Trends and Variations Bulletin (2016), Environmental and Climate Change Canada
- 2) Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527(7577), 235-239.
- 3) Why Canadians' climate concerns don't always line up with the evidence: We're relatively less worried than we were in 2007 and our beliefs split sharply along political lines. CBC News, 5 March 2017. Retrieved from: <http://www.cbc.ca/news/canada/calgary/climate-beliefs-canada-alberta-ekos-1.4007632>
- 4) University of Montreal. Cjancements Climatiques, Public opinion on climate change, (2015), Retrieved from: <http://www.umontreal.ca/climat/engl/overview.html>
- 5) FocusCanada 2014, Canadian public opinion about climate change, (2014), David Suzuki Foundation
- 6) The Canada 150 Climate Change Survey was an online survey conducted by Environics Research with a representative sample of 1,015 adult Canadians (18 years of age or older), between January 30 and 31, (2017). Retrieved from: <https://www.bullfrogpower.com/majority-of-canadians-support-more-action-on-climate-change/>

7) Climate change a low priority for most Canadians: Ipsos poll, (2015), retrieved from: <https://globalnews.ca/news/2366032/climate-change-a-low-priority-for-most-canadians-poll/>
viii Akerlof, Karen et al. Public Perceptions of Climate Change as a Human Health Risk: Surveys of the United States, Canada and Malta, Int. J. Environ. Res. Public Health (2010), 7, 2559-2606; doi:10.3390/ijerph7062559

8) 알버타 주정부는 2016 년부터 알버타 에너지 효율 프로그램의 일환으로 고효율 샤워기, 가전제품, LED 전구 등의 구입에 50% 이상의 지원금을 투입하고 있으며 알버타 탄소세를 도입하여 유류제품에 4인 가족 기준 202달러의 세금을 부과하고 있다.

9) 정부는 이 프로그램을 통해 에이커당 217 달러를 지원해 주고 있다. Retrieved from: https://www.canada.ca/en/agriculture-agri-food/news/2017/02/2017_saskatchewancropinsuranceprogramannouncement.html

10) Lemmen, Donald S. (2004), Risk and Resilience: A Canadian Perspective on Climate Change Adaptation, SBSTA 20 Adaptation Workshop

캐나다 습지 연구 동향

1. 습지의 현황
2. 습지 재생 정책 및 연구 단체
3. 최근 습지 연구 사례

1. 습지의 현황

캐나다의 북방수림은 전 세계 습지의 25%를 차지하는 최대 규모로 대한민국의 면적(약 100만km²)보다 큰 면적인 110만9천km²에 달하며 147억 톤의 탄소(캐나다 산업의 736년 치 탄소배출량)를 저장하고 있다. 습지의 규모면에서 캐나다는 어느 국가보다도 습지 관리에 대한 중요성을 인식하고 있지만, 국가 차원의 종합적인 습지 보유 현황과 모니터링이 아직까지는 미흡한 것이 현실이다. 가장 종합적인 자료라고 할 수 있는 대초원 지역과 온타리오 남부지역의 연구자료조차 대부분이 일부지역에 국한되어 있고 오래되었으며 대상 규모 또한 상이한 경우가 많다.

기존 연구결과에서 알 수 있듯, 캐나다 습지는 1900년대 초 남부지역을 중심으로 농업용으로 빠르고 광범위하게 변경되었으며, 국토전지역에 걸친 습지 분포 또한 변화 또는 감소되었다. 정부는 1800년대 이래로 총 20만km²의 습지가 사라진 것으로 추산하고 있다.

2017년 7월 그랜드 리버(Grand River) 보존 위원회는 온타리오 주에 위치한 코네스토고(Conestogo) 호수에서 수영 및 조업 활동을 잠정적으로 금지한다고 발표한 바 있다. 이는 주정부의 녹조 실험 양성 반응에 따른 즉각적인 조치로 예년에 있었던 중단 조치에 이어 두 번째 조치이다.

아울러 올해 알버타 대학의 Basu 교수 연구진은 호수 녹조의 변성과 소규모 습지의 감소간의 상관관계를 규명한 바 있다. 습지는 과영양화된 물을 흡수하거나 기화시키는 역할을 하여 질소 함유율을 낮추는 역할을 하고 스스로는 습지 식물의 성장에 필요한 영양분을 공급 받기도 한다. 그러나 농업의 대형화와 산업화의 결과로 습지의 용도 변경이 이루어지고 결과적으로 다수의 작은 습지들이 사라지게 되면서 인

근 호수의 녹조화가 심화되는 결과를 초래했다.

이 연구에 따르면 총 습지 면적이 같을지라도 10개로 나누어진 1헥타르씩의 습지가 단일 면적의 10헥타르 습지보다 환경적인 측면에서 효율적이라고 한다. 이는 작은 습지의 경우 기존의 오래된 물을 상대적으로 덜 함유하고 있고 보다 많은 양의 물이 토양과 접촉할 수 있는 기회를 얻을 수 있기 때문이다. 그러나 현재 정부 및 기관의 정책 중점이 대규모 습지의 보존 및 복원에 초점이 맞춰져 있어 소규모 습지 연구에 정책의 중점을 두어야 한다고 연구진은 지적한다.

2. 습지 재생 정책 및 연구 단체

캐나다 연방 정부는 환경 기금 프로그램(Environmental funding programs)을 운용하여 두 가지 카테고리의 총 13개 세부 프로그램에 자금 지원을 하고 있다. 크게 지역사회 환경 활동 프로그램과 고용 프로그램으로 나누어져 운용되는 가운데 국가 습지 보존 기금 프로그램은 지역사회 환경활동 프로그램의 일환으로 진행되고 있다.

이 프로그램의 목적은 첫째, 변질되거나 소실된 습지를 복원하고 둘째, 변질된 기존 습지의 생태기능을 강화시키며 셋째, 습지 복원을 위한 과학적인 평가와 감시를 지원하고 넷째, 캐나다 정부차원의 고용과 산업 연계를 통해 습지 관리를 강화하는 것이다. NGO, 원주민 그룹, 학계, 개인, 산업체 및 주정부를 포함한 산하 기관 등, 모든 개인 및 단체에서 자금의 지원을 받을 수 있으며 단체 당 연간 5십만 달러(한화 약 5억8천만 원)까지 투입된다.

일례로 Ducks Unlimited는 대표적인 정부지원 단체인데 최근까지도 이 기금으로부터 최대한의 자금 지원을 받고 있다. 이 비영리 단체는 북미 지역의 가뭄이 극심하던 1937년, 오리와 거위 개체수의 급감을 우려한 한 개인의 운동으로 시작되었다. 그 후, 소수의 운동선수들이 추가로 협력하여 습지와 습지 생물의 보존을 위한 보호와 연구 활동을 하며 상당히 광범위하고 다양한 단체와 협력하고 있을 뿐 아니라 정부의 습지 대책의 마련에 큰 기여를 하고 있다.

올해에도 온타리오 주정부 차원의 190만 달러와 글로벌 대기업들로부터 수백만 불의 지원을 받아 활동하고 있다. 내부 연구소인 Institute of Waterland and Waterfowl Research는 다양한 연구를 진행하고 있는데, 현재 대표적으로 진행 중인 연구로는 습지에서 소하성 물고기의 물길에 대한 이해를 통해 생태계의 생산성을 높이고 연결고리를 개선하는 프로젝트로서 해당 연구는 2013년부터 진행되고 있다.

이외에 사회 기반시설이 서부 아한대(亞寒帶) 수림에서 오리/거위의 번식에 미치는 영향을 천적의 개체수감소와 연관지어 2019년 완성을 목표로 연구하고 있다. 그 밖에 특정 지역의 습지 감소와 변화가 주변 수질 악화에 미치는 영향, 평원 농업 생태계 안에서 습지가 야생동물의 서식과 번식에 어떠한 역할을 하며 무척추동물의 양산으로 해충을 번식을 방지하는 핵심적인 역할을 하는지에 대한 연구도 진행되고 있다.

3. 최근 습지 연구 사례

2017년 Mark Johnston 박사의 연구에 따르면 토양에 저장된 탄소량의 60%를 습지가 담당하고 있으며 이는 147억 톤에 이르는 양으로 연간 캐나다의 각종 산업 활동에서 배출되는 탄소량의 900배에 이르는 양이라고 한다. 이 연구에서 특히 강조하는 바는 수십 년간의 연구를 통하여 일반적인 삼림의 탄소 저장량은 쉽게 측정이 가능하게 되었지만 그동안 탄소 저장고로서의 습지의 중요성이 상대적으로 간과되었기 때문에 상대적으로 측정 방법은 발전이 더디었다는 부분이다. 이 연구는 향후 보다 많은 샘플의 채취 및 연구를 위하여 방법론에 대한 연구도 진행되어야 한다고 지적한다.

습지와 재해의 상관관계에 대한 연구도 활발한데, 캐나다 보험 협회(Insurance Bureau of Canada)에 따르면 2016년에는 홍수로 인한 재해 보험 청구액이 49억 달러에 달했고 현재 백만 가구의 주택이 홍수의 고위험 군에 속해 있다고 한다. 한 연구에 따르면 습지를 자연 그대로 보존함으로써 방지할 수 있는 잠재적인 경제적 손실은 폭우에 따른 피해액 기준, 도시의 경우 38%, 외곽 지역은 29%에 이른다고 한다.

이 연구를 진행한 워털루 대학의 연구진은 두 개의 도시와 외곽 지역을 실험 대상으로 설정하고 특히 수리학 모델링의 자료가 가용하며 습지에 최대한 인접한 인구 밀집 지역으로 그 대상을 제한했다. 광범위하고 과학적인 자료의 필요성으로 인해 지역 환경 단체와 수자원 기업이 수리학 모델을 지원하고 건축 환경 그룹이 홍수 피해 평가 모델링의 계산과 분석을 지원하여 진행되었다. 각각의 지역마다 기본 시나리오를 설정하였는데, 습지가 보존되는 경우, 습지만 사라지는 경우, 추가로 습지와 인근 일대의 완충 지대가 사라지는 경우 등 세 가지로 나누어 주거지, 산업시설 등의 피해를 추산하는 방식으로 계산했다.

이 연구는 재해의 경제적 관점에만 국한되어 있지만 방법론적인 면에서 서식지의 보호, 생물다양성, 수질 개선, 가뭄, 탄소 저감 등의 정성적 이점에 대한 연구로 확

대할 수 있는 가능성을 보여주었다.

한편, 기존의 훼손된 습지를 원상태로 복원하는 연구도 학계와 기업이 연계되어 진행되고 있다. 캐나다의 오일샌드 생산지인 Fort McMurray의 석유채굴회사인 Syncrude는 10만2천 헥타르 규모의 습지에서 오일샌드 프로젝트를 진행 중이지만 이 중의 30%를 호수, 습원(Fen), 이탄습원(bog)으로 복원하고 나머지는 삼림으로 바꿀 계획이다. Syncrude의 습원 중 하나인 Sandhill Fen은 현재 해당 프로젝트를 진행하는 연구소로 활용되고 있으며, 알버타 정부의 요구에 의해 오일샌드 프로젝트를 진행하는 회사는 복원의 책임을 지고 있다.

이 복원 프로젝트는 이미 2015년에 실패 한 바 있는데, 이후 2년간의 연구를 통해 훼손된 습지가 소규모의 이탄지(Peat)로 복원하는데 어느 정도의 성과를 보였다. 이러한 소기의 성과를 토대로 회사는 타 지역에서도 해당연구를 적용하고자 하였고, 연구팀 입장에서도 습지를 만들기 위한 적절한 수량 분석, 식물의 부패 등에 대한 이상적인 조건에 대한 경험을 얻게 되었다. 이외에, 석유회사인 Suncor 도 Nikanotee Fen 이라는 습원을 복원하여 해당 연구자들은 그 결과에 고무된 바 있다.

그러나 이 성과가 절반의 성공으로 간주되는 이유는 과거 그대로의 식물 다양성을 보유하지 못했고 회사가 계획하였던 전체 사이트의 20% 복원에 훨씬 못 미치는 2%인 10 헥타르만이 복원되었기 때문이다. 이 과정은 점진적으로 장기적인 관점에서 천천히 진행하여야 한데 연구자들은 의견을 같이 하고 있으며 최근의 학술 논문에서도 석유 회사가 이를 복원하는데 적어도 캐나다 달러로 43억 달러부터 많게는 129억 달러의 금액이 투자되어야 한다고 추산하고 있어 향후 복원 과정이 쉽지 않음을 보여준다.

이 밖에 인공 습지, 공공 의료, 습지 연구 방법론 등과 관련된 습지 연구에서 파생된 분야에서의 다음과 같은 연구들이 진행되고 있다.

연구 제목	연 도	주 제
Towards sustainable protection of public health: The role of an urban wetland as a frontline safeguard of pathogen and antibiotic resistance spread	2017	병원균, 항생물질 내성물질의 확산의 안전판 역할로서의 도심 습지의 역할을 2013년부터 2014년까지 캐나다 거위의 추적조사를 통하여 두 가지 항생제 내성물질의 이동과 확산 정도를 파악함.

연구 제목	연 도	주 제
Automated Techniques to Identify Lost and Restorable Wetlands in the Prairie Pothole Region	2017	Terrain Analysis System version 2.0.9 software라는 소프트웨어의 디지털 지형 분석 기법을 통해 복구 가능한 겔도랑(ditch-drain) 습지를 추산하여 검증하고 영구적 훼손, 일시적 소실과 복구 가능한 영역으로 나누어 관리함.
A vertical flow constructed wetland for the treatment of winery process water and domestic sewage in Ontario, Canada: Six years of performance data	2016	온타리오 나이아가라 폭포 지역 와이너리 폐수 처리장의 인공습지에서 처리한 지난 6년간의 오폐수의 화학적 산소요구량(COD), 유압 부하율(HLR), 표면 부하율(SLR)을 측정함.
Preliminary assessment of greenhouse gas emissions from a constructed fen on post-mining landscape in the Athabasca oil sands region, Alberta, Canada	2017	알버타 아싸바스카(Athabasca) 오일샌드 채굴지역의 인공 습원의 온실가스 배출의 기초 평가 연구로서 2년간의 이산화탄소(CO ₂), 메탄(CH ₄) 산화질소(N ₂ O) 가 현저하게 감소되었음을 확인함.

〈참고자료〉

- 1) Boreal Songbird Initiative, 2017, Wetland Wonders From Climate Change to Caribou and Common Loons, Canada's Boreal Wetlands Offer Surprising Solutions.
- 2) Change in extent of wetlands, Ecosystem Status and Trends 2010, retrieved from <http://www.biodivcanada.ca/default.asp?lang=En&n=F07D520A-1&offset=1&toc=show>
- 3) "Conestogo Lake being tested for blue-green algae " , Jul, 2017, CBCNEWS Retrieved from <http://www.cbc.ca/news/canada/kitchener-waterloo/conestogo-microcystin-lake-blue-green-algae-swimming-1.4216733>

- 4) Thorslund, Josefin, Jerker Jarsjö, Fernando Jaramillo, James W. Jawitz, Stefano Manzoni, Nandita B. Basu, Sergey R. Chalov et al. "Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management." Ecological Engineering (2017).
- 5) National Wetland Conservation Fund, Retrieved from https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-funding/programs.html#_09
- 6) Improving connectivity and enhancing productivity of aquatic ecosystems through understanding anadromous (river migrating) fish passage in DUC wetlands. Retrieved from <http://iwwr.ducks.ca/research/understanding-connectivity-of-fishways/>
- 7) 현재 진행되고 있는 연구요약은 다음의 사이트에서 확인할 수 있다. <http://iwwr.ducks.ca/research/category/current/>
- 8) Wetlands and Carbon – Filling the Knowledge Gap, Retrieved from <http://www.src.sk.ca/blog/wetlands-and-carbon-filling-knowledge-gap> and <http://www.620ckrm.com/2017/10/11/saskatchewan-researcher-probes-carbon-storage-in-wetlands/>
- 9) Severe weather, natural disasters cause record year for insurable damage in Canada, Retrieved from <http://www.abc.ca/nb/resources/media-centre/media-releases/severe-weather-natural-disasters-cause-record-year-for-insurable-damage-in-canada>
- 10) Don't drain the swamp: report says wetlands help avert flood damage. Retrieved from <http://www.cbc.ca/news/politics/floods-wetlands-university-waterloo-feltmate-intact-climate-change-insurance-1.4199358>
- 11) Moudrak, N.; Hutter, A.M.; Feltmate, B. 2017. When the Big Storms Hit: The Role of Wetlands to Limit Urban and Rural Flood Damage. Prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry. Intact Centre on Climate Adaptation, University of Waterloo.

- 12) Nicholls, Erin M., Sean K. Carey, Elyn R. Humphreys, M. Graham Clark, and Gordon B. Drewitt. "Multi-year water balance assessment of a newly constructed wetland, Fort McMurray, Alberta." *Hydrological Processes* 30, no. 16 (2016): 2739-2753. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/login.ezproxy.library.ualberta.ca/doi/10.1002/hyp.10881/full>
- 13) From oilsands mine to wetland: Is Syncrude's reclamation experiment working?, Aug 2017, CBCNEWS, Retrieved from <http://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/oilsands-environment-open-pit-mine-wetland-sandhil-fen-1.4252851>
- 14) Oilsands reclamation a failure, says ecologist, Jul 2015, CBCNEWS, Retrieved from <http://www.cbc.ca/news/canada/calgary/oilsands-reclamation-a-failure-says-ecologist-1.3156500>
- 15) 'We can't replace nature': Oilsands wetland reclamation a mixed success, Sep 2016, CBC NEWS, Retrieved from <http://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/we-can-t-replace-nature-oilsands-wetland-reclamation-a-mixed-success-1.3757650>
- 16) Hsu, Tsung-Ta David, William J. Mitsch, Jay F. Martin, and Jiyoung Lee. "Towards sustainable protection of public health: The role of an urban wetland as a frontline safeguard of pathogen and antibiotic resistance spread." *Ecological Engineering* (2017).
- 17) Waz, Ann, and Irena F. Creed. "Automated Techniques to Identify Lost and Restorable Wetlands in the Prairie Pothole Region." *Wetlands* (2017): 1-13.
- 18) Rozema, Eric R., Lloyd R. Rozema, and Youbin Zheng. "A vertical flow constructed wetland for the treatment of winery process water and domestic sewage in Ontario, Canada: Six years of performance data." *Ecological Engineering* 86 (2016): 262-268.
- 19) Nwaishi, Felix, Richard M. Petrone, Merrin L. Macrae, Jonathan S. Price, Maria Strack, and Roxane Andersen. "Preliminary assessment of greenhouse gas emissions from a constructed fen on post-mining landscape in the Athabasca oil sands region, Alberta, Canada." *Ecological Engineering* 95 (2016): 119-128.

캐나다의 침입 외래종 관리연구동향

1. 외래종의 현황과 관리사례
2. 외래종 관리 연구사례
3. 기타사례

1. 외래종의 현황과 관리 사례

현재 캐나다는 연방 정부의 규제 하에 총 254개 외래종을 금지 동식물로 지정하여 관리하고 있다. 대표적인 외래종으로 Asian Carp³⁾ (백연어) 와 European green crab⁴⁾ 을 들 수 있는데 오대호 연안에서 주로 서식하는 백연어는 길이가 1.3m 에 이르고 천적이 없을 뿐만 아니라 식용으로도 알맞지 않아 캐나다를 포함한 북미에서 급격하게 번식하여 토종 생태계를 위협하는 주범으로 인식되고 있다. 2007년에 발견된 유럽 녹색 게의 경우는 토종 홍합, 조개 등의 갑각류 등에 대한 위협이 되는 대표적 외래종으로서 캐나다 동부의 프린스 에드워드 아일랜드, 퀘벡, 남부 뉴퍼들랜드에 널리 퍼져 극심한 생태계 교란을 야기하고 있다.

이러한 외래종의 위협과 박멸에 대한 연구는 오래 전부터 진행되어 왔으나 백연어의 예에서 볼 수 있듯이 외래종의 관리는 매우 어려운 실정이다. 표적 독성물질이나 미끼, 전기 충격을 이용한 장벽 등의 오랜 연구가 지속되고 있지만 경제성이나 효율성 면에서 여전히 많은 숙제를 안고 있다. 최근 2017년 백연어 관리에 대한 연구에 의하면 Environmental DNA 기술을 도입하고 PCR⁵⁾ 방법을 이용하여 일정한 성과를 보인 바 있다. 이 연구는 백연어의 DNA를 원천적으로 탐지하는 기술을

3) Asian carp 는 1970 년 미국 남부 어부들이 메기 양식장의 거품을 걷어내기 위해 도입, 방생한 이후 일부가 미시시피강으로 유입되어 빠르게 번식하여 미국, 캐나다 전역에 광범위하게 퍼져있는 것으로 알려져 있음

4) European Green Crab 은 10cm 정도의 게의 일종으로 이름그대로 북부 유럽에서 1818년에 북미로 유입되었으며 1년에 100km² 정도 영역이 넓어지고 있는 실정이며 특유의 딱딱한 껍질과 집게로 토종 게, 굴, 장어 등을 빠르게 멸종시키고 있음.

5) 중합효소 연쇄 반응(PCR, Polymerase chain reaction), DNA 중합효소를 이용하여 DNA의 양을 증폭시키는 기술이다. DNA가 아주 적은 양이더라도, 우리가 원하는 부분을 엄청난 양과 높은 정확도로 크게 늘릴 수 있다. 또한 장비가 단순하여 현재는 책상 위에 놓을 수 있는 장비로도 간단히 사용할 수 있으며 증폭에 걸리는 시간 역시 2시간 정도로 짧다는 장점을 가지고 있어서, 현대 생물학의 모든 분야에서 가장 중요한 기반 기술로 이용되고 있다. 현대 생물학에서 없어서는 안 될 가장 중요한 기술에 속한다.

시험하여 보다 간단하고 신속하게 외래종을 발견할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 생물 종에도 확대할 수 있는 가능성을 보여줬다.

가장 최근이라고 할 수 있는 캐나다 연방 정부의 외래종 실태 조사에 의하면 2012년부터 2015년까지 캐나다에서 추가적인 신규 외래종은 아직 발견되지는 않고 있다. 이는 체계적이고 종합적인 캐나다의 외래종 연구와 프로젝트의 결과로 볼 수 있는데, 그 관련활동의 근간은 2004년 수립된 캐나다 침입 외래종 전략 (An Invasive Alien Species Strategy for Canada(Environment Canada))이라고 할 수 있다. 이를 통하여 다양하고 신속한 외래종 경보체계를 제공하고 있고, 특히 2005년부터 2010년까지는 8천 5백만 캐나다 달러를 투입하여 침입 외래종 협력 프로그램 (Invasive Alien Species Partnership Program)을 시행하고 다양한 학계, 산업계, 지역사회와 정부가 협력하여 총 114개의 프로젝트를 완료하였다.

2. 외래종 관리 연구 사례

앞서 백연어에 대한 탐지 연구의 사례와도 같이 침입 외래종 전략 발표 이래 여러 가지 실용적인 연구가 진행되고 있는데 2014년 이후로 발표되거나 진행되고 있는 최신 연구에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

먼저 태평양에 접한 서부 BC 주는, 60%의 면적이 삼림으로 이루어져 있어 산업 수출량의 30%를 목재가 차지할 정도로 임업사업의 비중이 크다. 외래종으로 인한 질병으로 인해 세계 시장에서 캐나다 목재의 수출이 금지될 경우를 대비하기 위하여 최근 브리티시 콜롬비아 대학 리차드 햄린(Dr. Hamelin) 연구팀은 침입 외래종의 유전자 서열의 해석과 함께 외래종 신속 식별도구개발을 진행 중이다. BioSurveillance of Alien Forest Enemies (BioSAFE)라고 명명된 이 프로젝트는 삼림 전문가들이 잠재적 위험에 대한 원인을 미리 탐지하고 식별하며 병충해의 창궐을 막고 외래종 중점 관리를 위한 의사 결정 도구를 사용하는데 목적이 있다. 이 실시간 평가 도구는 외래종에 의한 병충해의 다양성과 그 기원에 대한 사전 지식의 부재라는 점이 있어 문제점을 가지고 있지만 식별이 신속하고 정확하다는 장점뿐만 아니라 위험평가 방법의 개선과 목표화된 생체 관측이 가능하다는 점에서 의미를 부여할 수 있다.

캐나다의 수도가 위치한 온타리오 주는 오대호와 그 주변 생태계를 대상으로 외래종 연구가 활발하게 이루어지고 있고 최근 2015년에는 미생물을 이용한 토종과 침입 외래종의 공생을 위한 사례 연구가 진행된 바 있다. 1900년대 유럽으로부터 유입된 갈대(Phragmites Australis)는 오대호 주변을 중심으로 미국 북부와 캐나다 남부로 번성하여 북미 토종 갈대를 위협하고 있다. 외래종 갈대의 번식은 단순히 토종의

피해만을 야기하는 것뿐만 아니라, 습지의 생물 종 다양성을 해치는 결과를 초래하였고 화재의 위험을 증대하는 등 직간접적인 피해를 불러일으키고 있다. 이에 대응하여 화학적 물리적 제초와 인위적인 전소, 바이오메스의 제거 등의 복합적인 방법을 통해 개체수를 감소시키고 있지만 이는 일시적인 대응에 불과하다는 평가다. 이 연구에서 소개하는 미생물 조작법은 일반적으로 나타나는 갈대의 번식과 관련된 곰팡이, 병원균 등을 제어하여 토종갈대의 증식을 돕고 외래종의 번식을 방지하는 미생물의 역할에 초점을 두고 있다. 현재 초기 단계에서 개념적인 연구가 진행되고 있으며 향후 수년 내 현장 적용 등을 거쳐 일정 성과가 기대된다.

한편 해상 외래종에 대한 연구도 진행되고 있는데, 2014년도 Management of Biological Invasions라는 생물 학술지에 게재된 로열 브리티시 컬럼비아 (Royal British Columbia) 박물관의 연구에 의하면 수출입 상선에 설치된 해수상자(흙수선 아래 해수 유입 시설)는 유기물이 쉽게 부착되는 구조와 성질을 가지고 있어 잠재적인 외래종 유입 통로가 될 수 있다고 한다. 이 연구는 해수상자와 외래종 유입의 상관관계와 선박의 구조와 항해 이력에 따른 외래종 증가에 주목하였는데 캐나다 BC 주의 서부 해안에 정박한 39척의 상선으로부터 82개의 해수상자를 조사한 결과 46%에 해당하는 선박에서 외래종이 발견되었으며 해수상자의 세척을 포함한 최근 유지보수 시점, 그리고 선박의 출항 기점은 외래종의 발생과 상관관계가 있다는 점을 발견했다. 이 연구는 해수상자가 해안 외래종 유입의 주 통로라는 근거를 제시했을 뿐만 아니라 해수상자에 부착되는 물질이 어떠한 경로와 시점에 따라서 달라지는가에 대한 복잡성을 보여줬다는 부분에서 의의를 가지고 있다.

앞서 살펴 본 외래종의 관리 측면 이외에도 외래종의 무의식적인 유입에 대한 인간의 습관에 대해서 연구한 사례도 있다. 토론토 대학에서 진행한 이 연구는 알려져 있지 않은 생물에 대한 허가 되지 않은 보관이나 방생이 쉽게 관리되지 않는 부분에 대하여 주목하였고 조사 대상을 낚시 미끼 방생 행위로 한정지어 인간의 습성에 대한 설문조사와 예측모델을 사용하여 연구를 진행했다. 그 결과, 인간이 자연에 미치는 무의식적인 행동은 왜곡된 인식과 순간의 편의에서 비롯된다는 점을 발견하였다. 실험대상자들은 미끼의 방생이 오히려 생태계에 도움이 될 것이라는 왜곡된 인식을 가지는 경향이 있었으며 행위자가 외래종의 위협과 관련되어 있는 이해 당사자가 아닌 이상 잠재적 외래종 미끼의 자연 방사 행위에 대해 어떤 동기도 찾을 수 없었다.

이와 비슷한 사례로 생물, 환경 관련 전문가와 일반인의 외래종에 대한 인식의 차이에 대한 연구도 있는데, 그 인식의 차이는 두 집단에서 외래종에 대한 각종 정보에 대한 해석이나 추론을 다르게 하는 것에서 비롯되는 것이 아니다. 오히려 외래종의 문제에 대한 의사결정, 정보 교환 등의 과정을 대하는 상이한 태도에서 비롯되거나 이해당사자 각자의 가치에 대한 신념이 다르기 때문에 외래종 관리의

정책에서 잦은 이견을 보일 수밖에 없다고 지적한다. 더 나아가 외래종 관리에 있어서 이해 당사자 간 외래종의 특성과 해결책에 대한 보다 투명하고 차별화된 토론이 있어야 한다고 연구자는 제안한다.

3. 기타사례

한편, 외래종에 대한 연구에서 한 발 더 나아가, 외래종에 대한 연구자들의 왜곡된 관점을 지적한 사례도 있다. 맥길 대학의 앤소니 (Anthony Ricciardi) 교수는 기후학이나 의학 분야에서 흔히 이루어지는 증거들에 대한 부정이나 왜곡 등이 침입 외래종 연구에서도 연구자들 사이에서 광범위하게 나타나고 있고 특히, 외래종에 대한 왜곡된 주장을 펼치기 위하여 객관적인 검증단계를 거치는 전문가 동료 평가 (Peer review)를 기피하면서 상대적으로 검증이 허술한 포럼과 언론 등에 공공연하게 이루어지는 모습을 지적하고 있다. 이는 침입 외래종에 대한 연구뿐만 아니라 이를 조절하고 통제할 정부의 정책을 지체시키는 요인이 되기 때문에 연구자들의 보다 객관적이고 적극적인 외래종의 위험성에 대한 홍보를 요구하고 있다.

반면, 비록 학계 연구 사례는 아니지만 한 언론은 사실을 통해 외래종 관리에 대한 다른 관점을 제시하기도 했다. 그 사례는 2010년 라발(Laval) 대학교의 클라우드 라보이 (Claude Lavoie) 교수의 습지 생태와 털부처손(purple loosestrife)의 관계에 대한 한 저널 논문을 근거로 제시하며 털부처손이 습지생태계를 파괴한다는 근거는 미약하며 오히려 인간에 의한 피해를 댈기 위한 희생양이 되었을 뿐이라는 주장을 했다. 그 뿐만 아니라 모든 캐나다인들이 악성 외래종이라 믿고 있는 얼룩무늬 마합류 (Zebra mussels)가 오히려 수질을 정화시켰고 설령 실제 생태계를 파괴한 외래종이라고 할지라도 emerald ash borers 이나 에리 호수(Lake Erie) 의 해파리의 경우, 그 피해 사례는 실제 드물고 그 결과 또한 경미하다고 한다. 말미에 이 사례는 북미지역이 원산인 낙타의 경우를 예로 들면서 능동적인 외래종 연구의 필요성을 주장하였는데, 낙타는 현재 오히려 중동의 토종으로 알려져 있을 정도로 현지에서 잘 적응하고 있고 인류사에서도 캐나다가 현재 세계 어느 국가보다도 해외 이민자들을 가장 적극적으로 받아들여 모범적인 다민족 국가의 모습을 보이고 있듯이 외래종에 대한 관점을 긍정적으로 바뀌어야 한다고 주장한다.

〈참고자료〉

- 1) Report outlines steps to keep Asian carp out of Great Lakes, CBC NEWS, 2017, retrieved from <http://www.cbc.ca/news/canada/windsor/report-outlines-steps-to-keep-asian-carp-out-of-great-lakes-1.4237932>
- 2) Wozney, Kristyne M., and Chris C. Wilson. "Quantitative PCR multiplexes for simultaneous multispecies detection of Asian carp eDNA." *Journal of Great Lakes Research* (2017)
- 3) An Invasive Alien Species Strategy for Canada(Environment Canada, government of Canada, 2004
- 4) Device for the rapid detection of seven common bloodstream infections and assessment of antibiotic susceptibility, 2017
- 5) Kowalski, Kurt P., Charles Bacon, Wesley Bickford, Heather Braun, Keith Clay, Michèle Leduc-Lapierre, Elizabeth Lillard et al. "Advancing the science of microbial symbiosis to support invasive species management: a case study on Phragmites in the Great Lakes." *Frontiers in microbiology* 6 (2015).
- 6) Frey, Melissa A., Nathalie Simard, David D. Robichaud, Jennifer L. Martin, and Thomas W. Therriault. "Fouling around: vessel sea-chests as a vector for the introduction and spread of aquatic invasive species." *Management of Biological Invasions* 5, no. 1 (2014): 21-30.
- 7) Drake, D. Andrew R., Rebecca Mercader, Tracy Dobson, and Nicholas E. Mandrak. "Can we predict risky human behaviour involving invasive species? A case study of the release of fishes to the wild." *Biological invasions* 17, no. 1 (2015): 309-326.
- 8) Fischer, Anke, Sebastian Selge, René van der Wal, and Brendon MH Larson. "The public and professionals reason similarly about the management of non-native invasive species: a quantitative investigation of the relationship between beliefs and attitudes." *PloS one* 9, no. 8 (2014): e105495.
- 9) Ricciardi, Anthony, and Rachael Ryan. "The exponential growth of invasive species denialism." *Biological Invasions*(2017): 1-5.
- 10) Canada should embrace invasive species, 2017, MACKEAN'S, Retrieved from <http://www.macleans.ca/news/canada/a-welcome-invasion/>

11) Lavoie, C., 2010. Should we care about purple loosestrife? The history of an invasive plant in North America. *Biological Invasions*, 12: 1967–1999.

12) Thompson, Ken. *Where Do Camels Belong?: Why Invasive Species Aren't All Bad*.

Greystone books, 2014. Refer to

<https://books.google.ca/books?hl=en&lr=&id=bZ9gBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Claude+Lavoie+purple+loosestrife&ots=vRO4ZQKBBu&sig=efy3eHsx-ANITIBbfsYJLNSf5WM#v=onepage&q=Claude%20Lavoie%20purple%20loosestrife&f=false>

