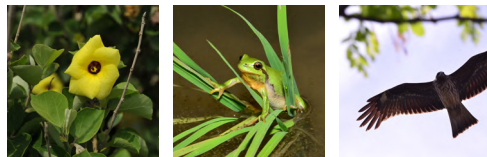


멸종위기 야생생물  
**표준 복원 가이드라인**



멸종위기 야생생물  
**표준 복원 가이드라인**

GUIDELINE FOR ENDANGERED SPECIES RECOVERY



<http://www.nie.re.kr>

# **멸종위기 야생생물 표준 복원 가이드라인**

**국립생태원 멸종위기종복원센터**

## CONTENTS

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>I. 가이드라인 개요</b>          | <b>1</b>  |
| 1.1 가이드라인 목적 및 일반 사항        | 1         |
| 1.2 복원 절차                   | 2         |
| 1.3 적용 범위                   | 4         |
| <b>II. 용어 정의</b>            | <b>5</b>  |
| <b>III. 관련 법령</b>           | <b>8</b>  |
| <b>IV. 복원 사전 검토</b>         | <b>9</b>  |
| 4.1 개요                      | 9         |
| 4.2 복원 대상 선정                | 10        |
| 4.3 대안적 보전방안 검토             | 10        |
| 4.4 타당성 평가                  | 11        |
| 4.5 위험성 평가                  | 14        |
| <b>V. 복원계획 수립</b>           | <b>19</b> |
| 5.1 비전, 목적                  | 19        |
| 5.2 목표, 실행방안                | 20        |
| 5.3 복원방법 및 절차 계획            | 22        |
| 5.4 모니터링 계획 수립              | 24        |
| 5.5 운영계획 수립                 | 25        |
| 5.6 출구 전략                   | 25        |
| 5.7 복원계획서(Recovery plan) 작성 | 26        |

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| <b>VI. 복원 실행</b>  | <b>27</b> |
| 6.1 최적방사지 선정      | 27        |
| 6.2 서식지 환경 개선     | 28        |
| 6.3 복원 개체수 결정     | 29        |
| 6.4 시작개체군 확보      | 30        |
| 6.5 증식            | 30        |
| 6.6 자연적응 훈련       | 32        |
| 6.7 방사 및 이식       | 33        |
| 6.8 지역주민 공존방안     | 34        |
| <b>VII. 모니터링</b>  | <b>36</b> |
| 7.1 방사전 조사        | 36        |
| 7.2 방사후 모니터링      | 36        |
| 7.3 지속적 관리        | 38        |
| <b>VIII. 결과평가</b> | <b>40</b> |
| <b>IX. 정보의 배포</b> | <b>41</b> |
| <b>X. 참고문헌</b>    | <b>42</b> |



# I. 가이드라인 개요

## 1.1 가이드라인 목적 및 일반 사항

- 본 가이드라인은 국내 멸종위기 야생생물의 체계적 복원을 위한 표준 절차를 마련하고 그 절차에 따른 복원 지침을 제공하기 위하여 제작되었다.
- 이 가이드라인은 국제적 기준의 가이드라인, 즉, IUCN(International Union for Conservation of Nature) 및 CMP(The Conservation Measures Partnership)에서 종 보전 및 복원을 목적으로 발간한 가이드라인을 준용하여 작성하였다.

| 구 분        | 제 목                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------|
| IUCN(2008) | Strategic Planning for Species Conservation: A Handbook              |
| IUCN(2013) | Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations |
| IUCN(2017) | Guidelines for species conservation planning                         |
| CMP(2013)  | Open Standards for the Practice of Conservation                      |

- 이 가이드라인은 멸종위기 야생생물 복원의 모든 단계에서 일반적으로 적용할 수 있도록 기본 원칙에 기반하여 작성하였다.
- 모든 생물 분류군이 활용할 수 있는 기본적, 표준적 가이드라인을 제시하였다.
- 이 가이드라인은 멸종위기 야생생물 복원 실무자, 관계 공무원, 야생 동·식물 인공증식 관련 단체 전문가, 국립공원공단 관계자, 서식지외보전기관 연구자, 지방자치단체, 학교, 연구소, 민간기관의 복원 관계자 등을 대상으로 작성하였다.

## 1.2 복원 절차

- 이 가이드라인이 제시하는 전체 복원 절차는 그림 1과 같다.
- 복원 단계는 복원 사전검토, 복원계획 수립, 복원 실행, 모니터링, 결과평가 단계로 이어지며 평가 결과에 따라 다시 복원계획을 수정, 개선하여 복원사업을 수행하는 절차로 구성하였다. 또한, 모든 복원 단계별 진행상황은 문서화하여 복원관계자에게 정보를 공유하도록 구성하였다.
- 복원사전검토 단계는 복원대상종을 선정하고 복원이 필요한지 다른 대안적 보전방안이 없는지 검토하고 복원이 필요하다면 복원 사업이 타당한지 위험요인은 없는지 검토하는 단계이다.
- 복원계획 수립단계는 복원사업의 비전, 목적, 목표, 실행방안을 설정하고 복원방법 및 절차, 모니터링 및 운영, 출구전략에 대한 계획을 수립하고 복원계획서를 작성하는 등 복원 전반에 관해 설계하는 단계이다.
- 복원실행 단계는 최적방사지 선정, 서식지 환경개선, 복원 개체수를 결정하는 단계이다. 또한, 시작개체군을 확보하여 증식하고 자연적응 훈련을 거친 뒤 방사(이식)하는 등 실제적인 수행 단계이다.
- 모니터링 단계는 복원 실행 후 방사된 개체 및 그 서식 환경에 미치는 영향을 파악하기 위해 방사 전 조사, 방사 후 모니터링, 방사 후 관리를 수행하는 단계이다.
- 결과 평가 단계는 계획부터 결과에 이르기까지 과정 및 절차에 대한 평가를 하고 복원사업 중에 발생한 오류나 문제점을 찾아내어 대안을 마련하는 단계이다.
- 정보의 배포 단계는 복원 사업 입안 단계에서부터 시작하여 사업 주요단계별 진행상황을 복원사업 관계자에게 공유하는 단계이다.

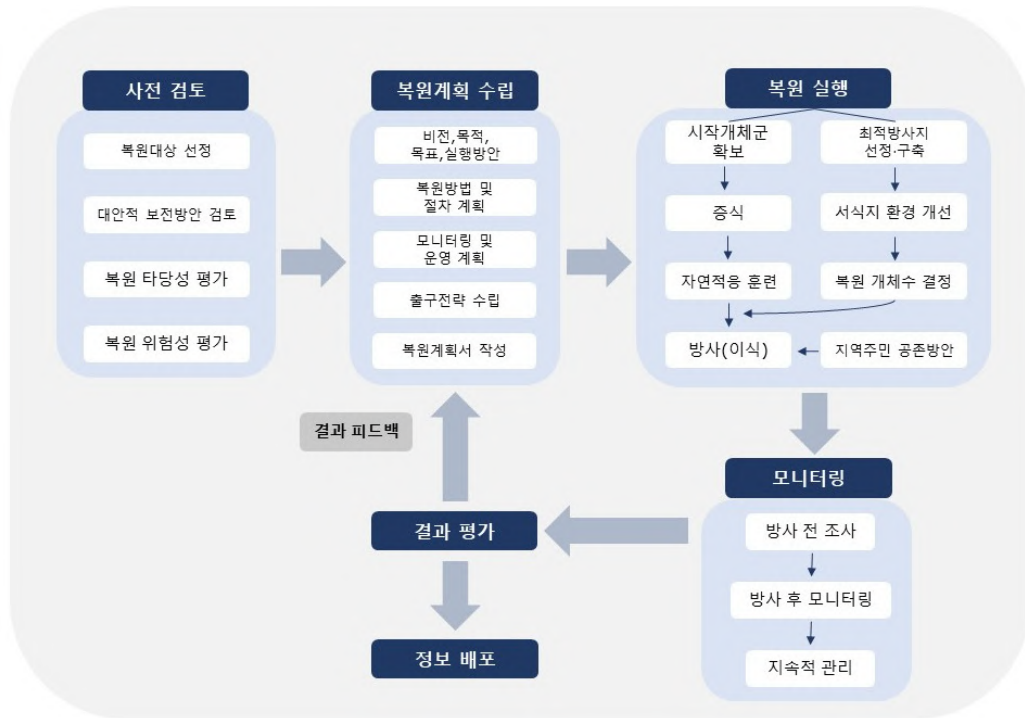


그림 1. 멸종위기 야생생물 표준 복원 가이드라인 복원 절차

## 1.3 적용 범위

- 본 가이드라인은 현존 개체군 보전과 보전이주를 통한 신규 개체군 조성의 내용을 포함한다.
  - 현존 개체군 보전은 서식지 내 환경개선을 통한 개체군 보전을 말하며 보전이주를 통한 신규 개체군 조성 보다 우선하여 적용한다.
  - 보전이주(Conservation translocation)란 특정 동식물 개체군을 인위적으로 어떤 서식지에서 다른 서식지로 이동시키는 것을 말한다. 보전이주는 이주된 개체 뿐만 아니라 모든 수준의 종, 개체군, 생태계에서도 측정 가능한 보전효과를 가져올 수 있어야 한다. 보전이주는 (1) 종의 서식범위 내에서의 재강화(Reinforcement)와 재도입(Reintroduction), (2) 서식범위 밖으로의 보전도입[생태적 군집화 지원(Assisted colonization)과 생태적 대체(Ecological replacement)]로 구성된다.
- 개체의 복지 또는 재활을 목적으로 방사하는 것은 방사 개체 자체에만 이익이 되므로 이 가이드라인에는 적용되지 않는다.
- 레크리에이션이나 상업적 목적으로 개체군을 증식하는 경우 역시 개체군이나 생태계 수준의 보전목적이 아니기 때문에 이 가이드라인에는 적용되지 않는다.
- 생물체의 개체수가 점진적 또는 급격히 감소하여 절멸의 위험에 처한 개체를 동물원이나 식물원 또는 전문기관 등 보호기관으로 옮겨 보존하는 경우가 있다. 보호기관에서의 보존은 이 가이드라인 적용범위에 포함되지 않는다. 다만, 이러한 개체를 다시 자연상태로 돌려보내는 것은 방사와 이주로 간주하며, 보전효과가 있기 때문에 이 가이드라인을 적용할 수 있다.

## II. 용어 정의

### 개체군 복원 Population restoration

토착 서식범위(원래의 서식범위) 내로 생물체를 보전이주하는 것으로, 재강화(Reinforcement)와 재도입(Reintroduction) 등 2가지 활동에 의해 이루어진다.

### 멸종위기종 복원 Endangered Species Restoration

사라졌거나 멸종위기에 처한 야생생물을 원래의 서식범위 또는 다른 서식범위에 재정착시켜 그들의 생태적 기능을 회복시키는 등 일련의 과정을 통해 생태계 건강성 및 생물다양성을 유지 및 회복시키는 것을 말한다.

### 보전도입 Conservation introduction

생물체를 그 서식범위 밖으로 인위적으로 이동시켜 방사하는 것을 말한다. 보전도입에는 생태적 군집화 지원(Assisted colonization)과 생태적 대체(Ecological replacement)가 있다.

### 보전이주 Conservation translocation

생물체 보전을 위하여 의도적으로 옮겨서 방사하는 것을 말한다. 보전이주는 일반적으로 보전대상 종(focal species)의 국내·외적 보전상태를 개선시키는 활동과 자연 생태계 기능이나 프로세스를 복원하는 활동으로 구성된다. 이주는 생물체의 방사를 수반한다. 여기에서 말하는 방사에는 관리목적으로 생물체를 자연 서식지와 현저하게 다른 환경에 방사하는 행위는 포함되지 않는다. 이러한 환경적 요소에는 개체의 서식 밀도, 성비, 개체군 규모, 번식 체계, 환경여건, 사람이 주는 먹이 의존성, 그로 인해 부과되는 선택압(selection pressure) 등이 있다. 보전이주는 종의 역사적 서식범위(indigenous range) 내외의 방사를 포함한다. 종의 서식범위란 해당 종의 기원에 관한 역사적(문서 또는 구전)

기록이나 물리적 증거 등을 통해 파악할 수 있거나 추론할 수 있는 분포지역을 말한다. 이전의 서식지를 확인할 수 있는 직접적인 증거가 불충분할 경우, 입증된 서식범위와 생태적으로 충분히 가까운 지역에 적절한 서식지가 존재한다면 이전 서식지를 확인 할 수 있는 충분한 증거가 될 수 있다.

### 생태적 군집화 지원 Assisted colonization

보전대상 종의 멸종을 막기 위해 생물체를 원래의 서식범위 밖으로 인위적으로 이동시켜서 방사하는 것을 말한다. 이는 현재의 서식범위 내에서 현재 노출되어 있거나 미래에 발생할 가능성이 큰 위험으로부터 보호하는 것보다 서식지를 옮기는 것이 더 효과적이라고 판단되는 경우에 실시한다. 이 용어는 기존 서식범위에서 멀리 떨어져 있거나 비서식 지역으로 구분된 지역으로 생물체를 이동시키는 것에서부터 인접한 지역으로 서식범위를 조금 더 확대시키는 것까지 광범위하게 적용될 수 있다.

### 생태적 대체 Ecological replacement

생물체가 특정 생태적 기능을 수행할 수 있도록 서식지역 밖으로 인위적으로 이동시켜 방사하는 것을 말한다. 이는 생물체가 멸종되는 과정에서 상실된 특정 생태적 기능을 회복시킬 목적으로 사용되며 멸종위기 종의 동일 분류군에 속하는 기존의 아종 또는 근연종을 포함한다.

### 시작개체군 Founders

원래의 또는 남아있는 야생 개체군과의 비교를 통해 유전적 기원, 형태학적, 생리학적, 행동학적으로 동일한 특성을 보이는 개체군을 말한다.

### 이주 Translocation

생물체를 어느 한 지역에서 다른 지역으로 인위적으로 옮겨서 방사하는 것을 말한다. 이주는 야생 또는 사육된 생물체를 대상으로 하며 우발적(밀항 등) 또는 의도적으로 이루어질 수 있다. 의도적 이주는 개체군 감소, 서식여건의 개선, 정치적, 상업적 목적, 여가목적, 보전목적 등 다양한 동기에서 발생될 수 있다.

**이해관계자** Stakeholder

복원 사업에 이해관계를 가진 행위자 혹은 어떤 공공정책의 영향을 받고 있거나 받을 수 있는 사람을 말한다.

**재강화** Reinforcement

기존의 동종 개체군에 개체를 보강하기 위해 생물체를 의도적으로 옮겨서 방사하는 것을 말한다. 재강화의 목적은 유전다양성을 증가시키거나 특정 통계학적 개체군이나 단계의 증식을 통해 개체군의 생존력을 개선시키기 위한 것이다.

**재도입** Reintroduction

원래의 서식범위에서 절멸된 생물체를 원래의 서식범위 안으로 인위적으로 이동시켜 방사하는 것을 말한다. 재도입은 보전대상 종(focal species)을 그 서식범위 내에서 재확립시키는 것을 목표로 한다.

**지표** Indicator

복원 목표를 정하고 그 달성 정도를 평가하는데 사용되는 표지로서 구체적이고 측정 가능한 형태로 정의한다.

## Ⅲ. 관련 법령

- 멸종위기 야생생물 복원과 관련한 사업은 국제법, 국내법(법령, 행정규칙, 자치법규) 등 법적 요구조건을 준수하여 실행해야 한다.
- 멸종위기 야생생물 중 확보 및 방사는 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」, 「문화재보호법」, 「가축전염병 예방법」, 「식물방역법」등을 준수하여 실행해야 한다.
  - 멸종위기 야생생물의 포획, 채취, 방사, 이식, 유통, 가공, 보관, 수출, 수입, 반출, 반입, 훼손, 고사 등의 행위가 필요할 시, 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」제14조제1항 및 같은 법 시행령 제11조, 같은 법 시행규칙 제13조 제1항, 제14조, 제15조, 제17조에 따라 허가를 받아야 하며, 인공증식의 경우, 「멸종위기 야생생물의 인공증식에 관한 규정」을 준수하여 실행해야 한다.
  - 다만, 대상종이 천연기념물로 지정되어 있거나 천연기념물이 서식·번식하는 지역에서의 복원 행위(포획, 채취, 사육 등) 시, 「문화재보호법」제25조, 제35조에 따라 허가를 받아야 하며, 제36조, 제56조, 같은 법 시행령 제22조, 제34조 및 같은 법 시행규칙 제16조, 제39조에 따라 현상변경 허가를 받아야 한다.
  - 동물 수입의 경우, 「가축전염병 예방법」제35조, 제36조에 의거 동물수입에 대한 사전 신고와 수입 검역을 받아야 한다.
  - 국외 수입 대상종이 병해충 또는 국내 식물에 피해를 줄 우려가 있을 경우, 「식물방역법」제10조 및 같은 법 시행규칙 제13조에 의해 금지품에 대한 수입허가를 받아야 한다.
- 멸종위기 야생생물 증식은 「멸종위기 야생생물의 인공증식에 관한 규정」을 준수하여 실행해야 한다.

## IV. 복원 사전 검토

### 4.1 개요

- 멸종위기 야생생물 복원은 구체적인 계획을 수립하기 전 종 복원의 타당성을 우선 검토해야 하며 동시에 실행 가능한 대안적 보전방안도 검토해야 한다.
- 복원은 긍정적 보전 효과와 동시에 생태적, 사회·경제적 이익에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 복원 계획을 수립하기 전 긍정적, 부정적 영향을 모두 분석하여야 한다.
- 복원은 위험성 분석 결과와 종 방사 후 장기적인 생존가능성, 방사지역의 생태계와 사회·경제적 이익 측면을 모두 고려하여 수행되어야 한다.
- 복원 대상은 주로 개체수나 서식범위가 감소하여 절멸 위기에 있는 개체군이나 종이 대상이 된다.
- 멸종위기종을 복원하기 위해서는 장기간의 시간과 지속적인 관리가 필요하기 때문에 소요인력과 비용을 검토하여야 한다.
- 복원 우선순위는 종, 생물군집, 생태계 수준에서 각기 다른 목적으로 결정된다. 복원 후보종은 각각의 생태적 역할, 진화 특성, 깃대종으로서의 역할, 멸종위기 수준, 생태적 대체 잠재력 등 생물학적 기준을 토대로 우선순위가 결정된다. 종 복원의 타당성을 부여할 수 있는 핵심기준은 주어진 상황과 종의 특성에 따라 달라질 수 있다.
- 복원 사업은 복원 성공에 불확실성이 높고, 부정적인 영향이 더 크다고 판단될 경우, 사업을 더 이상 추진해서는 안되며, 대안적 보전방안을 모색해야 한다.

## 4.2 복원 대상 선정

- 복원대상종을 선정할 때에 고려할 수 있는 항목은 다음과 같다.
  - 분포상황, 개체수 추세 상황, 서식지 적합성, 멸종위기 수준, 국제보호등급 등을 고려하여 복원이 시급하다고 판단되는 종
  - 복원을 통해 대상종의 개체 수 회복 및 주변 생태계의 다양성 회복에 긍정적 효과를 기대하는 종
  - 한반도, 동북아시아 또는 범아시아 내에서의 고유성이 높은 종
  - 현재의 과학기술에 의해 증식 복원이 가능한 종
  - 대상종의 증식 및 복원에 소요되는 기간을 고려하여 복원 가능 종
  - 복원에 대한 사회적, 국민적 관심과 지지를 얻을 수 있는 종
  - 인간과의 충돌 및 사회적, 생태적 피해에 대한 안정성이 높은 종
  - 학술적 가치 및 국제적 보전가치가 높은 종

## 4.3 대안적 보전방안 검토

- 복원은 많은 비용과 높은 위험성을 감수하지 않고는 복원의 효과를 기대할 수 없는 경우가 많다. 따라서 계획된 보전 우선순위에 관계없이 복원계획은 대안적 해결방안과의 비교 검토를 통해 타당성이 검증되어야 한다. 고려해 볼 수 있는 대안은 다음과 같다.
  - 서식지 보호 및 복원, 생태통로 확보 등을 통한 서식지 이용률 증진(지역적 해결방안)
  - 병원체, 포식자, 침입 외래종 관리, 먹이 공급, 인공 번식, 보호 울타리 설치 등 인위적 개입을 통해 현존 개체군의 생존력 강화(종 중심 해결방안)

- 야생 개체군의 생존능력 개선을 위한 보호구역의 설정, 법령 개정, 공공교육, 경제적 보상 등의 방법을 활용하여 서식지내 보전 강화(사회적/간접적 해결방안)

## 4.4 타당성 평가

### 4.4.1 생물학적, 생태학적 타당성 분석

- 복원대상종의 생물학적, 생태학적 정보를 기존의 간행물, 보고서 또는 동·식물 전문가들의 자문을 통해 수집하여 분석해야 한다.
- 생물학적 타당성 분석에는 번식, 교배 방법(mating system), 사회구조, 행동 및 적응양식, 개체군 성장, 새끼 양육, 원서식지에서의 개체군 동태 등의 자료를 대상으로 한다.
- 생태학적 타당성 분석에는 생물적, 비생물적 서식지 요구조건, 서식지 조건에 따른 종내 변이 및 적응, 기후 조건, 공생관계, 포식, 질병 등의 자료를 대상으로 한다.

### 4.4.2 모델, 동종 및 유사종의 선례 분석

- 여러 모델을 사용하여 다양한 시나리오에서 이주의 결과를 예측해보면 최적의 전략을 선택하는데 도움이 될 수 있다.
- 기본 개념 모델(다이어그램 등)을 수립한 후 이를 정량적 모델로 전환하는 것도 매우 유용한 방법이다.
- 모델링에는 과거의 동종 또는 유사종 복원 등에서 얻어진 데이터를 활용해야 한다.
- 복원대상종에 대한 데이터가 없는 경우에는 근연관계인 아종이나 생태학적으로 유사한 종의 데이터를 통해 추론할 수 있다.

#### 4.4.3 서식지 분석

- 서식지는 공간적, 시간적으로 다양하므로 종의 서식범위도 역동적이다. 따라서 과거의 서식범위가 당연히 적합한 서식여건을 제공할 것으로 판단하는 것은 잘못된 것일 수 있다.
- 절멸기간 동안 다른 위협요인이 발생할 수 있기 때문에 원개체군의 감소 원인만 파악해서는 안 된다.
- 반드시 방사예정지역의 현재 서식 적합성을 평가해야 한다.
- 개체수가 많은 일반 동물의 서식 요구조건은 쉽게 추론이 가능할 수 있지만 개체수가 적은 동물은 그렇지 않을 수 있다. 예를 들어 이동성 동물이나 유생시기의 무척추동물과 같이 복잡한 생활 주기를 가진 동물은 특히 그렇다.
- 방사지역의 크기는 개체수 목표를 달성할 수 있을 만큼 충분한 규모가 되어야 한다. 서식지가 단절될 경우 각각의 단절된 지역의 크기나 고립 정도에 따라 서식지 적합성이 결정된다.
- 서식지가 단절되는 경우가 빈번하게 발생하는 점을 고려할 때 보전이주 설계 시 전이개체군(metapopulation) (어느 정도 분산되어 서식하는 개체군 사이의 개체군)이 발생할 수 있도록 단절된 지역 사이에 연결성을 확보해야 한다.
- 적합한 서식지를 확보하려면 서식지의 복구, 생성 또는 과거에 이주 대상 종에게 위협이었고 또 다시 위협이 될 수 있는 외래종이나 침입종의 제거가 필요할 수 있다.
- 서식지 요구 조건을 평가할 때는 기존 개체군에 대한 조사를 해야 한다. 하지만, 기존 개체군이 열악한 서식지에서 숨어 지내는 경우라면 현재의 서식범위는 서식지 필요 요건을 정확히 반영한다고 볼 수 없다.
- 이주된 종이 새로운 환경에서 어떤 생태적 역할을 할 수 있는지도 면밀히 평가해야 하며, 특히 특정 종의 이주로 인해 보전이 필요한 다른 종이나 서식지를 위태롭게 할 가능성도 검토해야 한다.

- 서식지 평가를 아무리 자세하게 하더라도 이주대상 개체에 미칠 수 있는 모든 환경변이를 파악하기란 불가능하다. 따라서 어떤 요인으로 인해서 이주된 개체가 사망이나 분산으로 잃을 수 있음을 인정해야 한다.
- 방사지역은 가능한 개발이 예정된 지역과 격리된 곳이어야 한다.

#### 4.4.4 기후 요건

- 이주대상 종에게 적합한 기후 요건을 파악하여 방사지역의 현재 또는 미래의 기후 요건과 비교해야 한다.
- 보전이주 후보종의 기후요건은 후보 종의 현재의 서식범위의 주요 기후 지표를 통해 평가할 수 있다. 여기에는 해당 종의 분포도를 기준으로 한 생존 가능한 기후변화 범위를 포함한다. 그 결과 예측되는 기후변화 모델에 작성된 Bioclimate envelope 모델\*을 사용하여 이주대상 종이 미래의 기후 시나리오에 어떻게 대응할 것인지를 분석한다. 그 결과를 토대로 잠재적으로 적합한 방사지역을 파악한다. 그러나 이런 접근법의 활용에는 데이터, 공간 해상도 및 사용된 기후변화 시나리오의 가용성 및 신뢰성이 뒷받침 되어야 한다. 또한 소규모로 남아있는 범위 내의 종에 대한 생물기후 모델은 잠재적으로 적합한 기후조건의 범위를 과소 추정할 수 있다.
- 기후 예측의 특성상 불확실성이 내재될 수밖에 없지만, 그럼에도 특정 지역이 보전이주에 적합한 서식지라고 판단하기 위해서는 해당 지역의 기후가 원하는 보전효과를 달성할 수 있을 정도로 적합할 것으로 예측된다는 확신이 있어야 한다.

\* Bioclimate envelope 모델은 기후변화에 따른 종의 잠재적 분포를 예측하는데 널리 사용되는 모델이지만, 서식지 적합성과 분포를 결정짓는 인자(필수종, 상호의존종의 존재, 포식자, 경쟁자, 질병의 효과 등)로 인해 불확실성이 있는 모델이다. 그러나 많은 종들에 대해 상대적으로 빠른 분석을 수행할 수 있으며, 종과 그들의 분포에 영향을 미치는 주요 인자들과의 관계를 규명하기에 유용한 모델이다.

#### 4.4.5 질병

- 원 개체군을 관찰하여 특정 병원체에 감염여부를 파악해야 한다. 그런 다음 위험성 평가결과에 따라 재도입이나 이주에 적합한 개체를 선택한다.
- 이주를 시행하는 모든 과정은 스트레스로 인한 질병을 야기 시킬 수 있다. 검역 여건과 기간, 부적절한 방역 절차, 부실한 이송 컨테이너, 이송 방법, 장시간의 이송, 이송 실시전의 적응 부족 등은 이주과정에서 질병 발생의 원인이 되거나 사망에까지 이르게 할 수 있다.
- 이주과정에서 인간이나 가축, 무생물체, 매개체(모기, 진드기, 달팽이, 조류, 야생화된 고양이 등)와의 접촉을 통한 감염 가능성도 항상 존재하기 마련이며 또한 현실적으로 예측 불가능하다. 따라서 이주 전과정에 걸쳐 차단방역을 실시해야 한다.
- 식물의 경우, 질병 위험성 평가에는 이주과정에서 야생식물과 재배식물의 상호작용, 질병 매개체, 또는 무생물체와의 접촉을 통한 감염 가능성도 포함해야 한다.

### 4.5 위험성 평가

#### 4.5.1 잠재적 위험성 평가

- 복원 시 복원 목표를 달성하지 못하고 원하지 않은 피해가 발생할 수 있는 위험성이 수반된다. 따라서 복원 과정이나 방사 후 발생할 수 있는 모든 위험성을 사전에 평가해야 한다.
- 위험성이란 위험성의 발생가능성과 그로 인한 영향의 중대성을 말한다. 발생 가능성이 있는 위험성의 범위를 “잠재적 위험”이라고 한다.

- 위험성 평가는 종의 생물학에 관한 모든 정보, 다른 지역에서의 침입 이력 (근연종 포함), 알려진 병원체나 기생충, 경제적 영향과 이러한 영향에 대처할 수 있는 방안을 면밀히 검토해야 한다. 서식범위 밖으로 방사시킬 경우 위험성 평가는 시간에 따른 서식범위 확장에 대한 예측도 포함해야 한다.
- 위험성 평가에는 이주과정에서 발생할 수 있는 문제를 대처하는데 필요한 자원의 가용성과 모든 법적요건을 충족할 수 있는지에 대한 평가도 해야 한다.
- 종에 대한 정보가 거의 없는 종의 경우에는 근연관계나 생태학적으로 유사한 종의 자료를 통해 선례를 분석할 수 있다.

#### 4.5.1.1 국가간 이동 위험성

- 인접국에 줄 수 있는 환경피해를 방지, 저감, 통제하고 국경을 넘는 위험성 관리를 위해 국가간 협력을 증진해야 하는 것은 공통적 의무이자 국제법에서 요구하고 있는 사항이다. 인접국에 미칠 수 있는 위험성은 국가차원에서 면밀히 검토해야 한다.

#### 4.5.1.2 복원 진행여부 결정

- 이주의 진행여부를 결정할 때는 기대효과 대비 잠재적 위험성의 비중을 검토해야 한다. 이는 기대하지 않은 결과가 발생할 가능성을 정량적 또는 정성적으로 평가하여 그러한 결과의 가치를 평가하는 것이다.
- 예를 들어, 어떤 복원 계획이 성공확률이 높고 방사지역 생태계에 미치는 부정적 영향이 낮다고 판단될 경우, 현재 해당 생태계의 기능에 대한 가치를 높다고 판단하는 것은 적절하지 않을 수 있다. 만약 생태계에 미치는 영향을 확실히 예측하기 어려울 경우, 위험성 역시 충분히 평가될 수 없으며 이러한 상황에서 복원을 진행하는 것이 바람직하지 않을 수 있다.

- 그러한 의사 결정의 바탕이 되는 논리, 가치 판단, 지식의 차이를 모든 이해관계자가 충분히 이해할 수 있으려면 체계적인 의사결정의 틀을 수립하여 적용하는 것이 바람직하다.

#### 4.5.2 원 개체군에 미치는 위험성

- 복원 대상종이 기존의 야생 개체군 내에 이주되는 경우, 원 개체군에 미칠 수 있는 잠재적인 부정적 영향도 평가해야 한다.
- 복원 대상종 이주에 따른 원 개체군의 생존율은 이주시키기 전 보다 전체적인 생존율이 향상되어야 한다.
- 이주는 복원 대상종의 원 개체군뿐만 아니라 해당 방사지역에 서식하는 근연종이나 의존종, 상호작용을 하는 모든 종에 부정적인 영향을 줄 수 있어 이에 대한 평가도 해야 한다.

#### 4.5.3 생태적 위험성

- 이주된 종은 방사지역에 서식하는 다른 종과 생태적 상호작용에 영향을 줄 수 있다.
- 원 서식지에서 이주종의 생태적 특성을 분석하면 방사지역에서 예상되는 결과를 어느 정도 유추해 볼 수 있다. 하지만 포식자, 기생충, 경쟁수준의 변화나 주변 종과의 상호작용 등의 요인으로 인해 방사지역의 새로운 생태적 조건에서는 다른 반응을 보일 수 있다.
- 이주된 개체는 다음과 같은 생태적 위험성을 내포한다.
  - 종, 개체군 수준 또는 생태계 구조 관련: 종간 경쟁과 포식, 교잡(종내, 종간), 질병 전염(병원체 또는 매개체/병원소), 기생, 생물부착(biofouling), 초식(grazing/ herbivory), 먹이 찾기(browsing), 땅 헤집기(digging), 나무뿌리 뽑기(rooting), 밟기(trampling), 외래침입종과의 상호작용, 동종 개체나 이종 개체 또는 인간에 병원체 감염

- 생태계 기능 측면: 수문학(hydrology), 영양상태(nutrient regimes), 먹이 그물(food web), 저서생물 군집(natural benthic communities), 서식지 변화 또는 서식처 손실, 물리적 교란(physical disturbance), 화재(fire regime), 천이 과정, 토양특성(침식, 부착, 구조)
- 이주종이 생물다양성, 인간의 보건, 문화적 가치, 생태계 등에 미치는 부정적 영향은 이주 후 수 십년이 지난 후에나 나타날 수 있다.

#### 4.5.4 질병 위험성

- 이주 개체는 미생물이나 기생충 감염으로부터 자유로울 수 없으며 그로 인한 전염의 가능성도 높다.
- 이주 대상 개체가 방사지역의 다른 생물체에게 부정적 영향을 줄 수 있는 병원체에 감염되어 있는지 여부를 면밀히 검토해야 한다.
- 질병위험성 분석은 IUCN과 OIE(World Organisation for Animal Health)가 공동 개발한 아래 지침을 참고할 수 있다.
  - 「Guidelines for wildlife disease risk analysis」
  - 「Manual of procedures for wildlife disease risk analysis」

#### 4.5.5 외래종 침입 위험성

- 검역에도 불구하고 이주 생물체와 함께 외래 침입종이 우발적으로 방사되지 않도록 주의해야 한다. 특히 수중 생물체를 이주시킬 때 발생할 가능성이 높다.

#### 4.5.6 유전자 탈출 위험성

- 복원 대상종이 기존 개체군에 이주시킬 경우, 이주된 개체가 기존 개체군에 유전적 오염(genetic swamping)을 일으킬 수 있는 위험성이 있다. 즉 새로운 환경에 적응하지 못한 이주개체가 소규모의 기존 개체군의 개체와 교배할 경우 번식력이 저하될 수 있다.
- 이주 개체를 지리적으로 가까운 위치에 있는 근연종 개체군 내로 이주시킬 경우, 자연적으로는 거의 발생하지 않는 종간 교잡이 발생할 수 있다. 이런 경우, 교잡은 기존 개체군의 유전적 특성을 위협할 수 있으며 극단적인 경우에는 교잡에 의한 멸종까지 발생할 수 있다.

#### 4.5.7 사회·경제·재정적 위험성

- 위험성 평가에는 인간의 이익에 대한 직·간접적인 부정적 영향에 대한 평가도 포함해야 한다.
- 인간의 삶에 미치는 직접적인 영향(인명 사고 등)과 먹이 공급이나 생태계 기능(깨끗한 물, 침식 방지, 수분(pollination), 물질 순환 등)에 영향을 미치는 간접적 생태적 효과 등을 포함한 위험성을 검토하여야 한다.
- 복원 대상종이 방사지역 주민의 건강, 생업, 일상생활 등에 미칠 수 있는 부정적 영향에 대한 위험성을 파악해야 한다.
- 이주된 종이 야기할 수 있는 피해에 대한 보상이나 복구비용에 대한 위험성을 분석해야 한다.

## V. 복원계획 수립

### 5.1 비전, 목적

- 복원계획 수립 시 비전과 목적을 명확히 규정해야 한다.
- 명확한 비전, 목적 수립은 다음과 같은 장점이 있다.
  - 종 복원이 실제로 무엇을 의미하는지 명시적으로 논의 할 수 있다.
  - 비전, 목적 수립은 달성하고자하는 바를 국가 및 대중에게 명확하게 이해하는데 도움을 줄 수 있으며 조치의 효과를 측정하기 위한 지표를 설정하는 기초를 제공한다.
- 비전을 세우는 것은 비전이 이해 관계자가 종에 대한 가치를 한 번에 알아보기 쉽기 때문에 계획 과정에서 중요한 부분이다.
- 비전은 종에 대한 바람직한 미래 상태를 비교적 짧게 서술한 것으로 종의 서식범위, 종풍부도, 생태적 역할, 인간과의 관계 등 광범위한 범위에서 기술해야 한다.
- 비전은 다음 내용을 고려해서 수립해야 한다.
  - 서식지의 생태적 다양성과 하위 개체군의 유전적 다양성 보장
  - 종수와 개체군 크기 및 서식지가 그들의 생태적 역할을 충분히 할 수 있고 유전적 다양성을 유지할 수 있을 만큼 충분한 크기인지 고려
  - 특히, 사회·경제적, 문화적 요구와 가치 포괄
  - 복원 사업이 계획된 기간 동안 지속할 수 있는지 여부
  - 복원 사업의 기간 설정

- 목적은 복원을 통해 얻고자 하는 결과를 의미하며 목적 수립 시 원하는 복원효과를 명확히 기술해야 하며, 지정된 일정 내에 원하는 복원효과를 달성할 수 있도록 대상 개체군의 규모와 수를 명시해야 한다.
- 목적은 하나 이상으로 수립할 수 있지만 목적의 수가 증가하게 되면 의미가 모호해 질 수 있어 주의해야 한다.

## 5.2 목표, 실행방안

- 목표와 실행방안을 수립할 때 유용한 원칙은 목적을 달성하기 위해 ‘필요하고 충분해야 한다’는 것이다. 이것은 목표와 실행방안이 목적을 달성하지 못한다면 전략이 불완전하다는 뜻이 된다.
- 반대로, 목표와 실행방안이 목적을 달성하기 위해 불필요하다면 목표와 실행방안을 삭제해야 한다.
- 목표는 목적을 달성하기 위한 것으로 명확하고 구체적이어야 하며, 복원 대상종에 대한 다양한 위험요소의 대응 방안을 명시해야 한다.
- 목표를 설정할 때는 다음의 기준을 충족해야 한다.
  - (결과지향성) 보전대상 또는 프로젝트 목적에 영향을 주는 주요위협과 기회 요인에 있어 필요한 변화를 대변해야 한다.
  - (측정가능성) 몇 가지 표준 척도(숫자, 백분율, 분수 등)로 정의할 수 있어야 한다.
  - (시간제한성) 특정 기간(일반적으로 5~10년) 내에 달성할 수 있어야 한다.
  - (구체성) 참여자들이 프로젝트의 목표를 서로 다르게 이해하는 일이 없도록 용어를 또렷이 규정해야 한다.

- (현실성) 사업 현장의 상황에서 그리고 정치적, 사회적, 재정적 측면에서 달성 가능하고 적절해야 한다.
- 실행방안은 목표를 달성하기 위해 실행해야 할 사항을 구체적으로 기술한 것이다. 실행방안은 측정 가능해야 하며, 일정표를 첨부하고, 필요한 자원을 명시하고 실행 책임자를 지정해야 한다. 실행방안에 포함된 사항을 기준으로 복원 진행상황을 관찰하고 평가한다.

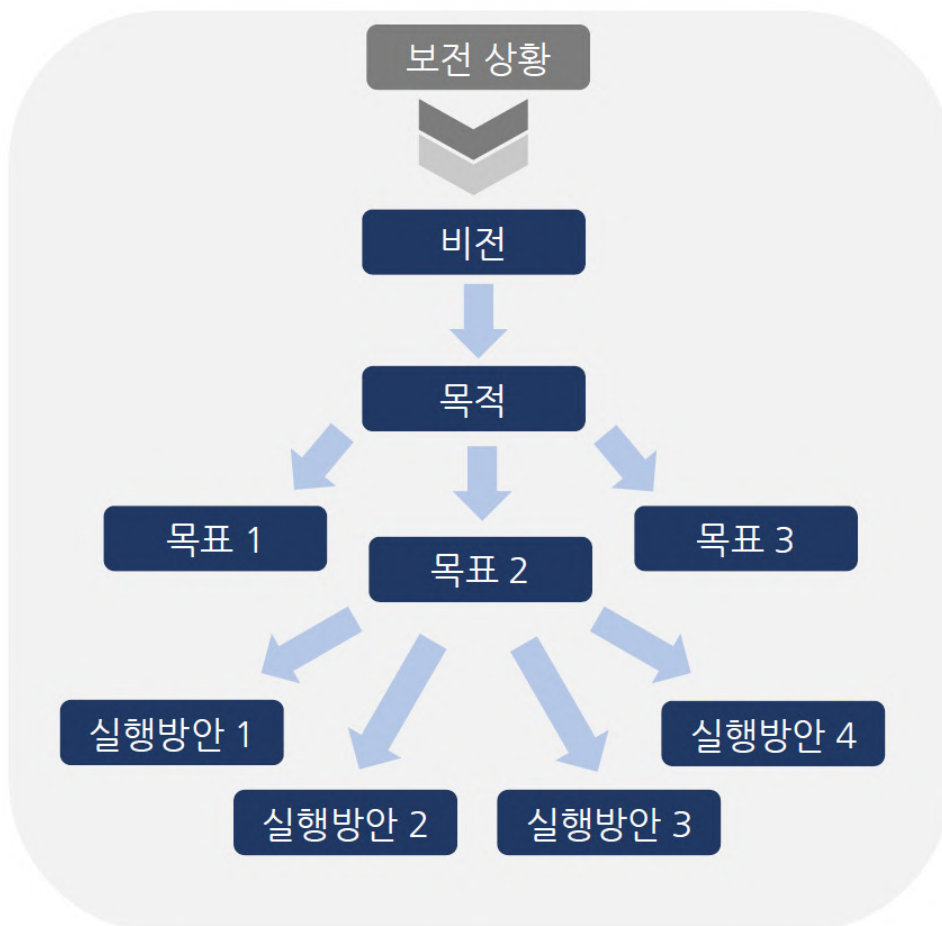


그림 2. 비전, 목적, 목표, 실행방안 설정

## 5.3 복원방법 및 절차 계획

- 복원 방법 및 절차를 구상하는 것은 실행방안의 한 부분이며 타당성 및 위험성 분석을 통한 결과를 바탕으로 가장 효과적인 복원 방안을 수립해야 한다.
- 복원의 방법을 결정할 때에는 우선, 생물체를 의도적으로 옮겨서 방사하는지 여부에 따라 현존 개체군 보전과 보전이주(Conservation translocation)의 방법으로 구분할 수 있다(그림 2).
- 보전이주는 방사지역이 기존 서식범위인가에 따라 토착 서식범위(원래의 서식범위) 내로 생물체를 보전 이주하는 개체군복원(Population restoration)과 생물체를 그 서식범위 밖으로 인위적으로 이동시키는 보전도입(Conservation introduction)의 방법으로 구분할 수 있다.
- 개체군복원(Population restoration)은 기존 동종 개체군에 방사하는지 여부에 따라 다음 두 가지 방법으로 구분할 수 있다.
  - 재강화(Reinforcement): 기존의 동종 개체군에 개체를 보강하는 방법
  - 재도입(Reintroduction): 원래의 서식 범위에서 절멸된 생물체를 원래의 서식범위 안으로 인위적으로 이동시키는 방법
- 보전도입(Conservation introduction)은 도입 목적에 따라 다음 두 가지 방법으로 구분할 수 있다.
  - 생태적 군집화 지원(Assisted colonization): 보전대상종의 멸종을 막기 위해 생물체를 원래의 서식범위 밖으로 인위적으로 이동시키는 방법
  - 생태적 대체(Ecological replacement): 생물체가 특정 생태적 기능을 수행할 수 있도록 서식지역 밖으로 인위적으로 이동시키는 방법

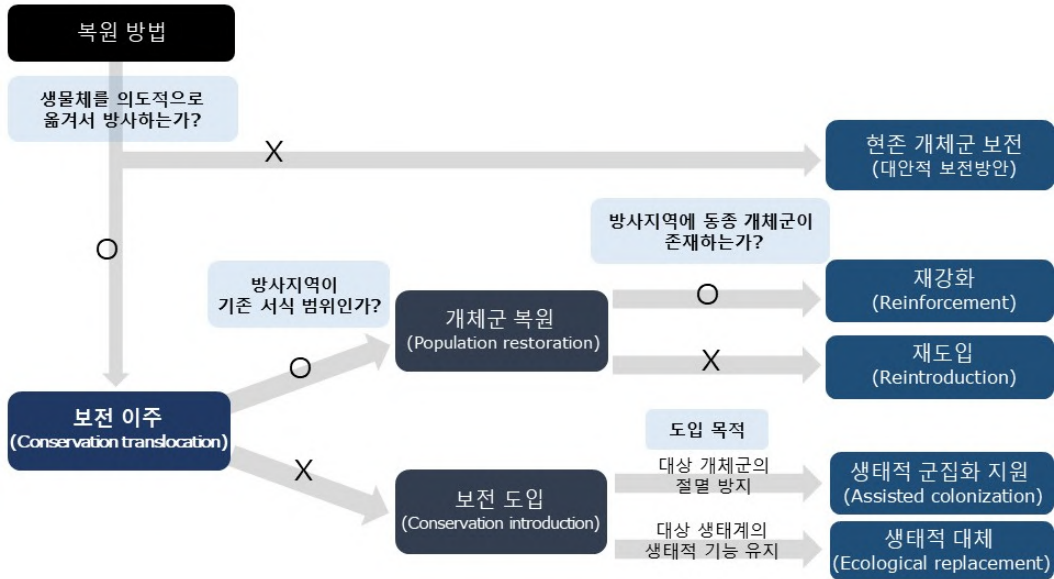


그림 3. 복원방법 유형

- 복원방법이 결정되면 세부적인 복원 실행절차를 구상해야 한다.
- 복원 실행절차는 대체적으로 다음의 방법을 따르며 복원방법, 복원대상종의 특성에 따라 달라 질 수 있다.



그림 4. 멸종위기종 복원 실행절차

## 5.4 모니터링 계획 수립

- 복원 모니터링은 복원 설계과정에서 반드시 고려되어야 한다.
- 목표를 수립하는 것이 모니터링 계획 수립의 시작단계라 할 수 있으며, 모니터링 계획 수립 시 복원대상 개체군의 발전단계를 반영해야 한다.

### ■ 복원 대상 개체군의 발전단계

- 1) “정착(Establishment)” 단계는 최초 방사부터 시작하여 방사 후 효과(post-release effects)가 더 이상 나타나지 않을 때까지의 기간으로 한다. 방사 후 효과에는 이주 과정, 작은 개체군의 우발적 사건 또는 번식의 지연 등을 포함하며 이들 요인 모두가 초기의 성장률을 저하시킬 수 있다.
- 2) “성장(Growth)” 단계는 개체군이 환경수용력에 근접할 때까지 개체수가 증가되고 서식범위 확장이 계속되는 단계이다.
- 3) “조절(Regulation)” 단계는 개체군 밀도 증가로 인해 개체군의 증가나 생존율이 감소될 때 시작한다.

- 모니터링 계획 수립 시, 다음 사항을 포함해야 한다.
  - 복원 목표 달성을 위한 진도와 복원 성패를 측정하는 기준
  - 모니터링 대상, 지역, 시기, 방법과 절차, 지표
  - 복원 사업 관계자와 그들이 필요로 하는 정보
  - 모니터링 자료 수집, 분석, 보관, 정보 배포 책임자 지정
  - 개체통계학적, 행동학적, 생태학적, 유전적, 보건 및 사망률, 사회·경제적 모니터링 계획

## 5.5 운영계획 수립

- 복원 사업이 원활히 수행되기 위해서는 전반적인 운영에 관한 계획수립이 필요하다.
- 운영계획 수립 시, 다음 사항을 고려하여야 한다.
  - 사업 수행에 필요한 자금 마련 및 회계 처리
  - 사업 수행에 필요한 인적, 기타 비재정적 자원
  - 운영 시 예상 문제점 분석 및 대처방안 마련
  - 사업 수행 기간 산정

## 5.6 출구 전략

- 복원은 반드시 계획대로 진행되는 것은 아니며 계획을 아무리 수정하더라도 추가적인 자원투입이 더 이상 의미가 없을 수 있으며 사업을 중단하는 것이 합리적일 수 있다.
- 출구 전략이 수립되어 있는 경우라면, 복원 사업을 정당한 이유로 중단할 수 있다.
- 출구 전략은 다음을 고려하여 수립하여야 한다.
  - 실패를 규정하는 지표 설정
  - 원하지 않은 부정적 결과 발생의 경우

## 5.7 복원계획서(Recovery plan) 작성

- 종복원이 결정되면 복원의 로드맵 역할을 하는 복원계획서(Recovery plan)을 작성하여 복원사업을 수행해야 한다.
- 복원계획서는 종 복원을 위한 타당성을 제시하고 실제적인 복원 수행에 필요한 일정이 계획된 문서로서 복원사업 수행 시 필수적으로 작성해야 한다.
  - 복원계획서는 National Marine Fisheries Service에서 개발한 아래 지침을 참고하여 작성할 수 있다.
  - 「Interim Endangered and Threatened Species Recovery Planning Guidance Version 1.4」

## VI. 복원 실행

### 6.1 최적방사지 선정

#### 6.1.1 방사지역 (Release area)

- 방사하는 종의 생물적, 비생물적 요건을 충족해야 한다.
- 방사 당시의 생활단계는 물론 모든 생활단계에 적합한 서식환경이어야 한다.
- 계절에 관계없이 적절한 서식환경이 제공되는 곳이어야 한다.
- 방사 면적은 보전효과를 충족할 수 있을 정도의 넓이어야 한다.
- 서식지가 단절된 경우 적절한 서식지와의 연결성이 확보되어야 한다.
- 개체군의 서식에 적합하지 않은 지역으로부터 충분히 벗어난 지역이어야 한다.

#### 6.1.2 방사장소 (Release site)

- 방사장소는 복원방법에 따라 원서식지 및 대체서식지를 결정해야 한다.
- 방사를 수행하기 위해 적합한 장소여야 하며, 방사하는 개체가 새로운 서식환경에 빠르게 적응하고 적응 스트레스를 최소화할 수 있는 지역이어야 한다.
- 방사 개체가 새로운 서식환경에 빠르게 적응할 수 있어야 한다.
- 언론과 대중의 인식제고와 지역사회 참여에 적합해야 한다.

## 6.2 서식지 환경 개선

- 최적방사지를 선정하더라도 이주 개체가 서식하는데 부적절한 환경 요인이 있을 수 있으며, 이주 개체의 생존율을 높이기 위해서도 서식지 환경을 개선할 필요가 있다.
- 서식지 환경 개선 시 가장 중요한 요소는 먹이 자원, 번식 및 피난 공간을 확보하는 것이다. 먹이자원이 풍부하고 번식, 잠자리, 피난, 은신, 휴식 등을 위한 공간이 충분히 제공될 수 있도록 하는 것이 중요하다.
- 도로와 같이 이주 개체의 서식지를 단절시킬 위험이 있을 경우, 생태통로를 조성하여 생태계의 연속성을 유지해야 한다.
- 인위적 교란의 위험이 높을 경우, 이주 개체의 서식지를 보호하기 위해 보호울타리를 설치할 수 있다.
- 과거 이주 대상 종에게 피해를 야기 시킨 외래종이나 침입종은 제거를 통하여 서식 환경을 개선할 수 있다.
- 이주 개체의 생존에 치명적 영향을 미칠 수 있는 병원체가 있는 경우, 방역, 소독 등을 통해 제거해야 한다.
- 식물의 경우, 종내 또는 종간 경쟁으로 이식 개체의 생장을 저하시키는 개체는 제거 등 관리를 통하여 조절이 필요할 수 있다.
- 서식지는 복원대상 개체를 방사하기 전 보호구역 설정 등의 행정적 절차를 통해 서식지를 보호할 수 있도록 해야 한다.

## 6.3 복원 개체수 결정

- 복원 성공의 척도가 되는 복원 개체군 크기는 인위적 개입 없이도 지속적으로 세대를 유지할 수 있는 크기여야 한다.
- 척추동물의 경우, 개체수 추정 시 새끼의 초기 사망률, 근친교배로 인한 유전적 다양성 상실 등 개체수 감소요인을 고려해야 한다.
- 복원 개체수는 특정 생물종이 자연 상태에서 대대로 존속하기 위해 필요한 최소한의 개체 수, 즉, 최소존속개체군(Minimum Viable Population, MVP)을 추정하여 결정할 수 있다.
- 최소존속개체군은 일반적으로 개체군 생존력 분석(Population viability analysis, PVA) 기법을 이용하며, Greenboxes, VORTEX, RAMAS 등의 프로그램을 사용하여 추정할 수 있다.
- 최소존속개체군에 영향을 미치는 요인으로는 환경수용력, 근친, 출생시 성비, 한배새끼수(산란수), 최대번식가능연령, 생존률, 질병, 번식주기 등이 있다.
- 최초 방사 개체수는 서식지 환경 적응력, 성비, 생존율, 질병 등을 고려하여 산정하고 최초 방사 후 모니터링을 통한 적응관리를 통해 후속 방사개체수를 결정하며 최소존속개체군수에 도달 할 때까지 추가 방사 및 서식지 관리를 하여야 한다.

## 6.4 시작개체군 확보

- 복원 시작개체군을 확보하기 위해서는 대상종의 분류 및 유전학적 연구가 필수적으로 선행되어야 한다.
- 시작개체군은 표본 자료 및 문헌조사 등을 통하여 확인해야 하며, 과거 사라진 개체군에서의 일부 개체가 현재 현지의 보전되어 있다면 이를 우선적으로 활용할 수 있다.
- 국내에서 시작개체군의 확보가 어려울 시 국외에서 도입할 수 있으나 유전 및 계통학적 확인이 필요하다.
- 국외에서 시작개체군을 도입할 경우, 이송 중 개체 스트레스를 최소화하고 안전을 담보할 수 있는 방안을 마련하여야 한다.
- 시작개체군 확보 시 검역상 절차, 질병, 유전, 출생 및 성장 이력을 확인하여야 한다.
- 확보된 시작개체군은 학명(과명 및 속명), 도입형태, 도입번호, 도입일, 도입수량 등 이력관리를 하여야 한다.

## 6.5 증식

- 증식은 크게 자연번식과 인공증식으로 구분할 수 있다.
- 자연번식은 생물 자체의 고유 본능 또는 특성에 따른 번식으로 서식지와 비슷한 방사장에서 암수 짝을 형성하게 하여 다음 세대를 만드는 번식 방법이다.
- 자연번식을 유도하기 위해서는 우선 번식 개체의 생태 주기를 정확하게 이해해야 하며, 특히 번식시기에 나타나는 행동 특성을 이해해야 한다.

- 또한 가계도 조사를 하여 동일 부모 자손끼리 짝을 형성하여 유전적 다양성이 손실되는 일이 없도록 하여야 한다.
- 인공증식은 생식세포 및 체세포 등을 이용하여 인공수정, 인공부화 등의 행위로 개체 증식을 유도하는 방법이다.
- 자연번식을 위해 생태주기를 이해해야 하듯이 인공증식(인공수정)은 생리 주기(번식호르몬 주기)를 이해하는 것이 필요하다.
- 인공수정은 자연번식이 어렵거나 개체군의 유전적 다양성 증진이 필요할 경우 시행되며 동물복지 등의 문제가 없는지 확인해야 한다.
- 복제를 통한 개체 증식은 유전적으로 동일하여 서식지내 방사 시 유전적 다양성 결핍을 야기할 수 있으므로 방사 개체로는 부적합하며 종 보존의 목적으로 활용 할 수 있다.
- 종에 따라서는 인공부화와 인공육추를 시행할 수 있다.
- 조류, 양서류, 파충류 등의 경우, “선제보전전략(head-starting)” 함으로써 야생에서 어린 개체들의 사망률을 줄일 수 있다. 보통 알을 수거하여 인공부화 시키거나 야생에서 부화 된지 얼마 안 된 어린 개체를 증식하는 경우가 많다.
- 질병, 먹이, 위생 관리 등 증식을 위한 사육관리 방안도 마련해야 한다.
- 매일 수시로 먹이 섭취량 등 개체의 행동을 관찰하여, 건강 상태를 점검하는 등 질병관리를 하여야 한다.
- 질병 발견 즉시 의사에게 진료를 받고, 격리시켜 치료하며 먹이섭취량 등 건강상태를 모니터링 해야 한다.
- 먹이 종류, 신선도, 공급량 및 영양제 공급 등 균형 있는 영양 급여를 위한 영양 관리에 대한 방안을 마련하여야 한다.

- 또한 사육 개체의 건강성 유지를 위해 사육 시설 청결, 사육장 배수, 소독 등 위생관리에도 주의를 기울여야 한다.
- 식물의 경우, 타 개체와의 타가교배를 통해 유전적 다양성을 보존하는 시도를 하여야 한다.
- 식물의 대량증식 시, 병충해의 피해에 대비한 방안도 마련하여야 한다.
- 식물 재배시 급수관리, 온도관리 등 증식을 위한 재배관리 방안도 마련하여야 한다.
- 인공증식 시행 절차는 「멸종위기 야생생물의 인공증식에 관한 규정」을 준수하여 행하여야 한다.

## 6.6 자연적응 훈련

- 증식·사육된 개체를 자연에 방사하기 위해서는 방사하기 전에 야생에서 생존하는데 필요한 기술을 습득할 수 있도록 사육환경 속에서 인위적인 자연적응 훈련이 필요하다.
- 주요 적응훈련으로는 야생에서 스스로 생존 할 수 있도록 먹이를 포획하는 훈련, 포식자 회피 훈련, 인간에 의한 위협 요소를 차단하기 위한 대인·대물 기피 훈련 등이 필요하다.
- 개체 특성에 따라 시험방사가 필요할 수 있다. 시험방사를 통하여 방사 개체의 생태적 특성을 면밀히 분석하고 분석된 자료를 바탕으로 서식지 적응성을 미리 평가해 볼 수 있다. 또한, 서식지 적합도 모형을 보완·수정하여 자연방사 후보지역을 재평가 할 수 있다.
- 적응기술의 효과파악이 가능하고 동시에 방사전·후 행동과 생존율 사이의 관계를 파악할 수 있도록 훈련계획을 수립해야 한다.

- 식물의 경우, 서식지 환경에 쉽게 적응할 수 있도록 서식지 환경과 비슷한 환경을 조성하여 순응이 쉽도록 하는 것이 필요하다.
- 종별 특성에 따라 자연적응 훈련이 불가능하거나 서식지내 직접 이주 또는 이식이 보다 효과적이라면 이 단계를 생략할 수 있다.

## 6.7 방사 및 이식

- 방사 개체군의 성공적인 정착에는 대상종의 연령, 크기, 성비 등에 따라 개체를 방사해야 한다. 하지만 경우에 따라 번식적령기 개체비중이나 새끼 비중 등 편향되게 하는 것이 복원 효율을 높일 수 있다. 이러한 전략은 종과 상황에 적합하게 수립해야 한다.
- 방사시기는 복원대상 종의 생활사, 행동·생태학적 정보를 참고하여 결정할 수 있고 종마다 분산 특성, 행동반경, 사망률, 번식률 등이 다르기 때문에 이러한 점을 참고하여 방사기기를 결정해야 한다.
- 한 지역에 방사하는 것 보다 여러 지역에 나누어 방사하는 것이 방사 개체의 서식지 선택가능성을 높여주고 국지적으로 발생할 수 있는 자연교란의 영향을 피할 수 있으며, 아개체군 형성을 촉진할 수 있다.
- 동일한 지역에 반복적으로 방사하는 것은 나중에 방사된 개체가 먼저 방사된 개체로부터 생존에 필요한 기술을 학습할 수 있다. 하지만 종에 따라 세력권 형성으로 인해 반복적인 방사가 적합하지 않을 수 있다.
- 방사전 운동능력(사냥능력 등) 및 질병 여부를 확인해야 하며, 예방접종을 시행하여 건강한 개체가 방사될 수 있도록 하여야 한다.
- 방사후, 우리, 쉼터, 등지를 인공적으로 만들어 주거나 먹이와 물을 제공할 경우 개체의 생존률을 증가시킬 수 있지만 개체를 인공적으로 수용시킴으로 인해 전염병이 발생할 수 있다.

- 방사 시 모니터링 및 지속적 관리를 위하여 개체에 표식을 하여 방사할 수 있도록 한다.
- 식물의 경우, 이식에 가장 적합한 수령 및 생장 활성도에 따른 이식시점이 크게 작용한다.
- 식물은 종자를 이용한 복원의 경우, 이송이 쉽고 대량 확보가 가능하고, 유전적 다양성 확보가 가능하며 다양한 방법으로 실험할 수 있는 장점이 있는 반면 종자 발아율이 10% 미만일 경우가 발생할 가능성이 있기 때문에 종자, 유묘, 성체를 혼재하는 것이 최적의 방사전략이 될 수 있다.

## 6.8 지역주민 공존방안

- 종 복원을 위해서는 지역사회의 이해와 협력과 공감대 형성이 무엇보다 선행되어야 한다. 또한 방사 대상지에 대한 서식지 관리를 위해 유관기관과의 공동 노력 등이 필요하다.
- 종복원 사업이 생물다양성 확보, 건전한 생태계 조성 등 공익을 위한 일이라는 점에는 모두가 공감할 수 있으나 그러한 사업이 개인의 재산과 이익에 영향을 미치게 되면 종복원 사업에 대한 반응은 부정적으로 돌아올 수 있다.
- 복원대상종의 피해유발 행동을 정확히 이해하는 것이 필요하며 피해방지 시설물 설치 등 피해 자체를 예방하는 관리 전략이 필요하다.
- 개체 방사 후 지역 주민에게 재산적 피해 발생에 대비하여 합리적인 피해보상 방안 마련 등 피해보상프로그램을 개발하여야 한다.
- 지역주민을 대상으로 복원사업 계획, 진행상황 등 지속적인 정보 교류와 피해 방지 대책, 복원사업의 공익적 기능 등에 대한 교육이 필요하다.

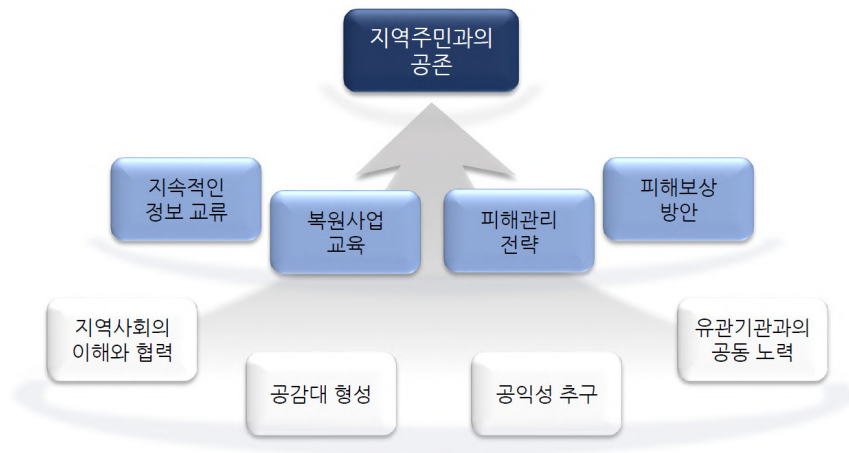


그림 5. 지역주민 공존방안

## Ⅶ. 모니터링

### 7.1 방사전 조사

- 방사 전에 사후 모니터링을 대비하여 방사지역에 대한 기본 정보를 수집하여야 한다.
- 복원으로 인한 긍정적, 부정적 영향을 분석하기 위해서 방사전 조사가 중요하며, 서식지 사전 정밀조사, 경쟁종 모니터링 등 방사후 생태계에 미치는 영향을 비교 분석할 수 있도록 사전 조사를 수행해야 한다.
- 방사전과 후에 직접적인 결과치 비교가 가능하도록 하여야 하며, 필요한 경우, 계절적 변화 양상이 나타날 수 있도록 조사 계획을 수립해야 한다.

### 7.2 방사후 모니터링

#### 7.2.1 개체통계학적 모니터링

- 복원의 성패는 보통 일정한 기간 내에 원하는 개체군 수, 크기 또는 멸종확률로 평가할 수 있다. 이를 위해 통계학적 모델을 사용하여 개체군의 크기, 멸종확률 등을 추정할 수 있다.
- 개체군 크기뿐만 아니라 생존율, 번식률, 분산율 등 주요 생존지표를 기준으로 데이터를 수집할 경우 훨씬 정확하게 예측할 수 있다.
- 정량적인 방법으로 개체수 파악이 어려울 경우 표본구를 설정하여 개체군 크기를 추정할 수 있다.

- 생존율 분석은 식별 가능한 표식을 단 개체의 표본을 조사하여 분석한다. 개체의 표식이나 직접 관찰하기 어려운 경우는 흔적 조사나 유전자 모니터링도 적절한 방법이 될 수 있다.
- 번식성공률을 추정할 때는 정착된 개체군의 새끼 수, 생존율을 정량화해서 분석한다. 이를 위해서는 현장조사를 실시하여 번식가능 개체수, 번식장소 특성, 새끼의 생존율 파악이 필요하다.
- 구체적인 모니터링 방법은 종의 수명이나 특성(최초 번식 연령 등)에 따라 결정하며 이주된 개체군이 점유하고 있는 전체 지역을 대상으로 해야 한다.

### 7.2.2 행동학적 모니터링

- 방사 후 방사된 개체의 이동패턴, 먹이획득 행동, 먹이 선택, 번식기 행동 등을 분석하여 방사된 개체가 방사지역에 잘 적응하고 있는 지를 파악하는 것이 필요하다.

### 7.2.3 생태적 모니터링

- 방사 개체는 방사 지역의 서식지 변화와 다른 개체군과의 상호작용 등 생태계에 부정적 영향을 미칠 수 있다.
- 방사 후 방사로 인한 영향이 장기적으로 어떤 영향을 미치는지 파악해야 한다.
- 방사후 의도하지 않은 부정적 영향이 지속적으로 발생할 경우, 관리 방법을 변경하거나 복원을 중단하는 방안도 고려해야 한다.

### 7.2.4 유전적 모니터링

- 유전적 모니터링은 원 개체군에서 포획된 유전적 다양성의 비율과 방사 후 정착된 개체군에서의 유전적 다양성을 비교하여 유전적 다양성 감소가 없이 유지 또는 증가 되고 있는지 파악하는 것이다.

- 복원 실행 초기 단계에서 피부조직에서 샘플을 채취해 보관해 두면 나중에 유전적 변화를 파악하는데 활용할 수 있다.
- 유전적 모니터링을 통하여 후손을 번식할 수 있는 성체수, 재강화로 이주된 개체가 기존 개체군의 유전적 변화에 주는 영향, 개체군 크기 등을 추정할 수 있다.

### 7.2.5 보건 및 사망률 모니터링

- 방사된 개체군의 안정적인 정착을 위하여 건강성에 영향을 미치는 질병의 발생률, 사망률을 모니터링 해야 한다. 그러나 이를 위해 재포획을 결정할 경우 오히려 근본적 문제를 더 악화시킬 수 있다.
- 방사 개체 사망 시, 사망원인을 파악하는 것은 복원 진행과정을 평가하고 개체군의 정착과정에서 직면하는 문제점을 파악하기 위해 매우 중요하다.

### 7.2.6 사회·경제적, 재정적 모니터링

- 복원 사업이 사회·경제적, 재정적으로 미치는 영향을 면밀히 모니터링해야 한다.
- 복원 사업이 미치는 부정적 영향이 수용하기 어려운 경우, 모니터링 결과를 바탕으로 사업 추진 방법을 변경하거나 출구전략에 따라 사업을 중단할지 결정해야 한다.

### 7.3 지속적 관리

- 복원 후 개체군의 안정적인 정착을 위해서 지속적인 관리가 필요하며, 모니터링 결과를 바탕으로 개체군 적응 관리(예: 식물의 경우, 잡초제거, 관수, 초식동물 접근 제한 등)를 하여야 한다.
- 모니터링 결과를 바탕으로 복원 목표가 일정대로 진행되고 있는지 평가해야 한다. 이러한 정보를 바탕으로 관리방법을 보정하고 동시에 다른 복원계획을 수립하는데 참고자료로 활용할 수 있다.
- 지속적인 관리에도 불구하고 방사된 개체군이 늘어나지 않는다면, 관리 강도를 높이거나 다른 관리방안을 강구하는 등 보정작업을 해야 한다. 이러한 결정과정은 모니터링 결과와 전문가 의견, 사업비용 등을 반영하여 객관적으로 이루어져야 한다.

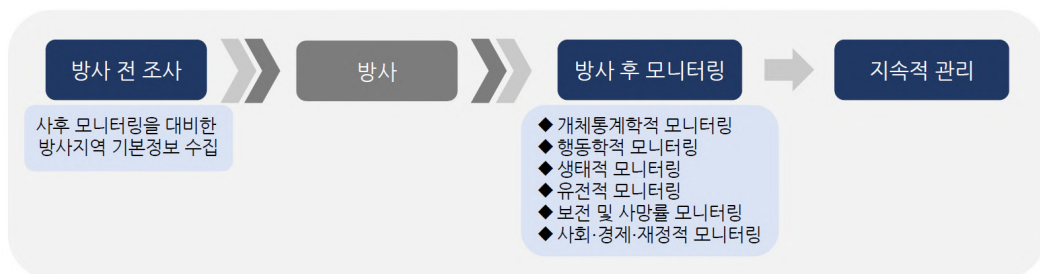


그림 6. 모니터링 절차

## VIII. 결과평가

- 복원사업 결과에 대한 평가는 단순성과 결과물에 대한 평가뿐만 아니라 결과에 이르기까지 과정 및 절차에 대한 평가도 필요하다. 결과중심의 관리에서 1) 일정에 맞게 진행이 되었는지 확인하고, 2) 적용한 조치가 원하는 결과를 이끌어 냈는지 평가하고, 3) 우선순위 전략이 원하는 결과를 이끌어 냈는지 검토하고, 4) 대안전략 보다 나은 결과를 가져왔는지 평가하는 것이 필요하다.
- 성공적인 평가를 위해 결과논리사슬(Result Chain\*)을 이용하여 원인과 결과의 관계를 명확히 하는 것이 중요하다. 대안전략 선택의 경우 각 종에 대한 명확한 이해가 바탕이 되어야 하며, 영향을 미치는 요인들과 불확실성도 밝혀야한다. 이를 통해 사업결과가 장기 및 단기 목표를 달성했는지 확인 가능하며, 동시에 설정한 목표가 적절한지에 대한 평가도 가능하다.

\* 결과논리사슬: 전략과 복원결과 사이에 존재하는 논리 및 핵심 가정 등을 나타낸 모형

- 결과에 대한 평가는 적응관리(adaptive management)의 일부로 원하는 목표 달성을 위한 개선점 및 대안전략을 확인하기 위한 과정이다. 원하는 결과가 나오지 않은 경우 결과평가를 통해 사업 중에 발생한 오류나 문제점을 찾아내어 대안을 마련할 수 있도록 한다.

## IX. 정보의 배포

- 복원 사업 입안 단계에서부터 시작하여 사업 주요단계별 진행상황을 복원 사업 관계자에게 공유하여야 한다.
- 실패한 복원 사업이라도 그 과정은 향후 연구에 중요한 자료로 활용 될 수 있기 때문에 사업 성공 여부에 관계없이 모든 사업 단계별 진행상황을 문서화하여 공유하여야 한다.
- 복원 사업의 모든 수행과정에서 정보의 배포는 아래의 목적을 달성하는데 도움이 된다.
  - 복원 사업의 이해관계자 사이의 갈등을 방지하고 이주가 투명하게 수행 된다는 신뢰관계를 형성할 수 있다.
  - 복원이 진행되는 동안에도 성공여부를 평가할 수 있으며 실행방법, 모니터링, 결과에 대한 영구적인 기록을 남기기 때문에 다른 복원 사업과 비교 평가할 수 있다.
  - 생존률과 서식범위에 대한 자료를 제공하기 때문에 종의 현재 상황을 평가하는데 도움이 된다.
- 정보의 배포는 대중이 이해하기 쉬운 언어와 형식으로 배포해야 한다.

## X. 참고문헌

- 국립공원관리공단 멸종위기종복원센터. 2009. 2007~2008년 모니터링 결과보고서(산양).
- 국립공원관리공단 종복원기술원. 2012. 멸종위기종 여우 복원을 위한 야생 적응 훈련 및 방사모니터링 기술 개발. 환경부.
- 국립공원관리공단 종복원기술원. 2012. 멸종위기종 여우 복원을 위한 야생 적응 훈련 및 방사모니터링 기술 개발. 환경부.
- 국립공원관리공단 종복원기술원. 2013. 재도입 및 기타 보전이입 가이드라인(한글 번역판). <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2013-009-Ko.pdf>>
- 국립공원관리공단. 2005. 멸종위기종 증식·복원에 관한 연구 (국립공원별 생태특성에 따른 종 위주). 국립공원관리공단 국립공원연구원.
- 서울대학교 산학협력단. 2009. 토종여우 (*Vulpes vulpes*)의 인공증식 및 자연생태계 복원 기술 개발에 관한 연구. 환경부.
- 아주대학교 산학협력단. 2009. 멸종위기 수생식물인 순채와 물부추속에 대한 대량증식 및 복원기술개발. 환경부.
- 정철운. 2012. 국립공원 여우(Red fox) 복원사업의 현황 및 방향. 자연보존 157 : 31-37.
- Conservation Measures Partnership (CMP). 2013. Open Standards for the Practice of Conservation. Version 3.0. available at <http://cmp-openstandards.org/wp-content/uploads/2014/03/CMP-OS-V3-0-Final.pdf>.
- IUCN/OIE. 2014. Guidelines for Wildlife Disease Risk Analysis. OIE, Paris, 24 pp. Published in association with the IUCN and the Species Survival Commission.

- IUCN/SSC Species Conservation Planning Sub-Committee. 2017. Guidelines for Species Conservation Planning. Version 1.0. Gland, Switzerland.
- IUCN/SSC. 2008. Strategic Planning for Species Conservation: A Handbook. Version 1.0. Gland, Switzerland.
- IUCN/SSC. 2013. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0. Gland, Switzerland.
- Jakob-Hoff R.M., MacDiarmid S.C., Lees C., Miller P.S., Travis D. & Kock R. 2014. Manual of Procedures for Wildlife Disease Risk Analysis. World Organisation for Animal Health, Paris, 160 pp. Published in association with the International Union for Conservation of Nature and the Species Survival Commission.
- National Marine Fisheries Service, 2018. Interim Endangered and Threatened Species Recovery Planning Guidance Version 1.4. National Marine Fisheries Service, 1315 East-West Hwy. Silver Spring, MD 20910.
- National Parks and Wildlife Service. 2003. Little Tern(*Sterna albifrons*). NSW NPWS, Hurstville.
- National Parks and Wildlife Service. 2006. A guide for managing community involvement in threatened species recovery. Department of Environment and Conservation NSW, Sydney.
- Reason Foundation. 2013. ALEUTIAN CANADA GOOSE. ([https://reason.org/wp-content/uploads/2013/12/aleutian\\_canada\\_goose\\_profile.pdf](https://reason.org/wp-content/uploads/2013/12/aleutian_canada_goose_profile.pdf)).