



**INTERNATIONAL STANDARDS FOR THE PRACTICE OF
ECOLOGICAL RESTORATION
– INCLUDING PRINCIPLES AND KEY CONCEPTS-**

**생태복원 실행을 위한 국제 표준
-원리와 주요 개념-**

초판 : 2016년 12월

Tein McDonald, George D. Gann, Justin Jonson,
Kingsley W. Dixon



목차

국제 생태복원학회에 대하여	
감사의 글	
이 문서에 관하여	
1장 소개	
2장 모범 사례를 뒷받침하는 6가지 주요 개념	
3장 계획 및 생태 복구 프로젝트 시행을 위한 표준 이행	
4장 복원 및 '큰 그림' 환경적 과제	
5장 용어 설명	
인용문헌	
부록	

감사의 글

“생태복원 실행을 위한 국제 표준”은 SER 내의 많은 전문가와 종사자, 그리고 세계 과학 및 보존 협회 동료들의 토론 결과를 대변한다. 아래 자세하게 언급된 바와 같이, 이는 앞으로 개선되고 확장되어질 문서의 초판으로 만들어진 것이며 복원 전문가 협회가 앞으로 활용하며 피드백을 제공할 것이다.

문서

이 문서는 SER 기초 문서 모음집(www.ser.org 참조)을 이용하고 정리하였다. 여기에는 생태복원에 대한 SER 국제 학회지(SER 2004), 복원사업 개발 및 관리를 위한 지침(Clewell 외, 2005), 생태복원 - 생물다양성 보존과 생계 지속의 수단(Gann & Lamb, 2006), 보호 지역을 위한 IUCN의 생태복원: 원칙, 지침 및 사례(Keenleyside 외, 2012)의 내용을 포함하고 있다.

이 문서는 “생태계 복원은 이제 전세계에서 우선 고려대상(Aronson & Alexander 2013)”과 “생태복원 서적: 신흥 직업의 원칙, 가치와 구조(Clewell & Aronson 2013)”라는 책을 활용하고, 특히 “호주의 생태복원 실무를 위한 국가 표준(McDonald 외, 2016)”에 포함된 해석을 많이 참고하였다. 다른 많은 문서가 이 문서에 영향을 주었고, 우리 생각에 영향을 준 많은 발행되거나 미발행된 문서를 활용할 수 있도록 해 준 저자들에게 감사드린다.

기고가

SER 생태복원 과학 정책 위원회 회원들과 간부들은 이 문서에 많은 개념적이고 서류적인 기여를 했다: James Aronson, Kris Decler, James Hallett, Karen Keenleyside, Cara Nelson, Bethanie Walder, Levi Wickwire.

“호주의 생태복원 실행을 위한 국가 표준”에 대한 기여자들은 다음과 같다: David Lamb, David Freudenberger, Peter Erskine, Vern Newton, James Fitzsimons, Ben Carr, Simon Branigan, Scott Meier, Jen Ford, Zoe Metherill, Anne Cochrane, Martin Driver, Lucy Sutherland, Peter Cuneo, David Merritt, Jim Radford, Angela Sanders, Matt Appleby, Keith Bradby, Paula Deegan, Paul Gibson-Roy, Bindi Vanzella, Brian Bainbridge, Amelia Hurren, Nathan Wong, Robyn Edwards, Louise Duff, Hanna Kogelman, Timothy Mouton.

Andre Clewell은 그림, 2와 부록, 2의 목록과 도표에 아이디어와 영감을 주었다.

검토자

다음 검토자분들께 감사드립니다: Paul Adam, Mariam Akhtar-Schuster, Sasha Alexander, Pedro Brancalion, Hamid Custovic, David Boshier, Aida Farag, Alexis Gibson, Manuel Guariguata, Jim Harris, Kay Havens, Eric Higgs, Klaus Kellner, Susan Kennedy, Sam Lake, Robert Marrs, Joyce Maschinski, Tanya McGregor, David Polster, Karel Prach, Nancy Shaw, Junko Shimura, Brad St. Claire, Evert Thomas, Rudy van Diggelen, Steve Whisenant, Joan Yoshioka.



남아프리카 이테퀴니 시에서의 “생명의 토착 나무” 복원사업 지역 참여자들. 이 사업은 2010 더반 월드컵과 관련된 복원 사업의 일부로 진행되었다.

사진제공 : Errol Douwes

이 문서에 관하여

원리와 주요 개념(이후부터 “표준”이라 통칭)을 포함하는 생태복원 실행을 위한 국제 표준인 이 문서는 육상, 담수, 해안, 해양 등 어떠한 지형에 상관 없이 세계의 훼손된 생태계 복원에 관련된 현업 종사자, 운용 인력, 기획자, 관리자, 규제자 및 재정지원 기관에게 필요한 기준을 제공한다. 여기에서는 생태복원이 생물 다양성 보존 및 인류 복지에 미치는 영향을 국제적 관점에서 보고 있다.

이 표준을 뒷받침하는 주요 원리 및 개념은 SER 학회지(www.ser.org), 다른 SER 재단 문서(Keenleyside 외 2012를 포함), 그리고 SER 호주-아시아에서 개발된 표준(McDonald 외 2016)에 포함되는 정의, 원리 및 개념을 포함한다.

이 표준은 인위적 기후변화와 다른 극심한 환경 변화와 같은 세계적 변화의 시기에 ‘생태복원’으로 대표되는 회복 정도를 명확히 하기 위해 이런 개념적 체계를 상세히 제시하고 있다.

이 표준은 또한 가능한 최고의 복원을 대변하고 환경에 적합한 다른 유형의 환경적 복원 노력(예, 복구, 교정, 개간)의 가치를 인식하고 있다. 그리고 표준 문서는 복원 원칙을 분석하고 복원이 충족하고자 하는 가치를 논의하며, 높은 수준의 복원을 달성하기 위해 필요한 여섯 가지 주요 개념을 강조하고 있다.

이 표준은 복원 중인 지역 고유 생태계를 위해 참조 생태계를 모델이나 목표로서 사용하는 것을 확실히 하고 있다. 여러 가지 정보로부터 얻어진 참조 모델은 변화되었거나 예측된 생물학적 및 환경적 상태에 맞춰 조정되거나 황폐화되기 이전 생태계의 상태를 모방하는 것을 목표로 하고 있다.

생태복원에서 이러한 참조모델의 사용은 어느 시점에서 생태공동체를 고정하려고 하는 것을 의미하지 않고, 지역 종과 공동체가 회복하고 재집결하며 적응하고 진화하도록 잠재력을 최적화한다.

이 표준은 목표를 설정하고 여섯 가지 주요 생태계 속성의 회복을 평가하기 위한 구체적인 과정을 제공해주고 있다. 이런 속성은 프로젝트 매니저가 더 구체적이고 측정 가능한 목표와 목적을 정의할 수 있도록 생태계의 광범위한 기능적이고 구조적인 카테고리를 보여주고 있다.

이 표준은 급변하는 세계의 전반적인 생태계 지속가능성에 대한 복원 사업의 영향을 향상할 수 있는 주요 요인들을 강조하기 위해 규모, 전략적 중요성, 사회적 약속을 포함한 추가적인 프로젝트 관련 특성을 인정하고 있다.

제 1 장 - 소개

생태복원의 실천을 위한 국제 표준(원칙 및 주요 개념 포함) 문서는 육지, 담수, 연안 혹은 해양 등 모든 지리적·생태 지역을 대상으로 생태복원의 기술적 응용에 대한 지원을 하고, 모든 생태계의 생물 다양성 보전 결과를 개선하며, 생태계 서비스의 제공을 확실하게 하고, 프로젝트가 사회·문화적 요구와 현실에 적합하도록 보장하며, 지속가능한 발전을 위한 2030 Agenda에 기여할 수 있도록 고안 되었다

생물 다양성 보전과 인간 복지 개선을 위한 생태학적 복원

자연적이던 반자연적이던, 복원된 것에 관계없이 지구의 지역 자생 생태계는 높은 생물학적, 사회적, 경제적 가치를 가지고 있는 것으로 세계적으로 인정된다. 생태계 서비스는 예를 들면 깨끗한 물, 건강한 토양, 청정한 공기 및 식품/섬유/의약품의 공급이 포함되며, 이들은 인간의 건강 및 복지, 생계에 필수적인 요소이다. 생태계 작용은 또한 자연재해의 영향을 줄이고 기후변화를 완화하는데 중요한 역할을 한다.

황폐화, 훼손 및 파괴(본 문서에서는 총괄하여 '황폐화'로 표현)가 생태계의 범위를 축소시킴에 따라, 생물학적 다양성 및 기능과 교란에 대응할 수 있는 능력 또한 감소된다. 남아있는 온전한 생태계를 보호하기 위해 우리의 자연 및 문화유산을 보전하는 것이 매우 중요하지만 황폐화가 계속해서 진행되고 확장되는 정도를 감안할 때, 보전만으로는 충분하지 않다.

생태계 서비스 및 생산물의 지속 가능한 흐름을 보장하기 위해, 세계는 생태적 복원을 포함한 환경복원 활동에 투자함으로써 자생 생태계의 범위와 기능성에 대한 이익을 확보하도록 노력해야 한다.

이러한 활동은 탄소 격리, 생계 수단, 생태계 서비스 또는 생물 다양성 등이 목표에 포함되는지의 여부를 결정할 만큼 충분히 큰 규모로 구현되어야 한다. 따라서 생태복원은 과거의 피해를 보상하는 뿐만 아니라 지구의 황폐화된 생태계의 범위와 건강 기능을 점진적으로 증가시키는데 실행 가능한 최고 및 최선의 결과를 추구한다.

생태복원에 대한 노력은 전 세계적으로 증가하고 있다. 예를 들어, 본 챌린지(Bonn Challenge)¹⁾는 2020년까지 1억 5천만 헥타르의 황폐화된 토지를 복원하고 2030년까지는 3억 5천만 헥타르를 복원하는 것을 목표로 하고 있다.

1) 역자 주. 본 챌린지(Bonn Challenge) 2.0 장관회의 : 산림생태계복원 이니셔티브의 성공적인 이행을 위해 20여 개국 산림장관들이 참석한 회의

생물 다양성 협약(The Convention on Biological Diversity)은 기후 변화의 영향을 완화시키고 사막화 방지를 위해 2020년까지 황폐화된 생태계의 15% 까지 복원하는 목표를 가지고 있다(Aichi Biodiversity Target 15). 또한 생물 다양성 협약은 생태복원을 필수 생태계 서비스 제공의 핵심으로 간주한다(Aichi Biodiversity Target 14).

최근에 유엔은 지속가능한 발전을 위해 2030 Agenda를 채택했는데, 여기에는 “육상 생태계의 지속가능한 이용을 보호·복원 및 증진하고 산림을 지속가능하게 관리하며 사막화를 방지하며 토지 황폐화를 막거나 되돌리고 생물 다양성의 손실의 중단”과 같은 15가지의 지속가능한 개발 목표가 이에 포함된다. 이러한 활동의 성공은 전 세계의 생태복원을 효과적이고 효율적으로 수행할 수 있는 우리들의 역량에 달려 있다.

복원은 생태계의 파괴를 정당화하지 않는다.

생태복원은 기존 자생 생태계의 지속적인 보호 및 관리를 대신하는 것으로 간주되어서는 안 된다.

대부분의 자연적 및 반자연적 생태계는 쉽게 옮겨갈 수 없으며, 손상된 후에 쉽게 재구성되지 않는다.

또한 생태계를 위한 복원 과학 및 기술은 생물 다양성, 생태계 기능 또는 생태계 서비스 전달을 100% 달성하지는 못한다.

이것은 복원의 약속이 결코 기존 생태계를 파괴하거나 손상시키는 것이 대한 정당화로 여겨져서는 안 된다는 것을 의미한다.

마찬가지로 희귀종을 복원하거나 창조된 서식지로 옮길 수 있는 가능성이 그 목적을 위한 기존의 온전한 서식지의 파괴를 정당화할 수는 없으며 그렇게 해서는 안 된다.

표준의 필요성

실무자, 운영 요원, 기획자, 관리자, 자금 제공자 및 규제 당국은 우수한 계획을 수립하고 수용 가능한 생태계 복구 결과를 달성하는 데 도움이 되는 표준을 필요로 한다. 이것은 의무적인 복원(즉, 현재 또는 계획되어 있는 교란에 대한 허가 조건의 일부로서 복원이 요구되는 경우)과 비 의무복원(즉, 훼손에 대한 자발적인 복구 등) 모두에 적용된다. 또한, 많은 프로젝트의 성공사례가 있지만 생태복원의 결과는 종종 기대에 미치지 못하게 되면서, 복원의 표준에 대한 필요성을 더 부각시켰다.

생태학적·사회적으로 부적절한 계획 및 시행, 적절한 노력 및 자원의 부족, 부적절하거나 부족한 지식 및 기술로 인해 난관이 발생할 수 있다. 표준은 생태복원 노력의 성공을 최적화시키는데 도움이 된다. 기관들과 비 의무복원에 종사하는 지역사회 구성원들에게 도움을 주는데 사용되고, 의무복원을 위한 동의 기준을 개발할 때 규제당국을 설득하는데 사용된다. 그리고 기준이 달성되었는지의 여부를 평가하는데 사용된다.

이 표준은 복원 프로젝트의 구성 요소를 명확히 하고, 생태복원을 위한 현재 최선의 원칙(부록 1)을 상세히 설명하며 생태복원 프로젝트의 성공적인 계획, 실행 및 모니터링(제 3장)에 필요한 조치들을 설명한다. 이 표준은 지구상의 육지, 담수, 해안 또는 해양 등 어느 생태계에도 적용이 가능하다. 민간 또는 공공, 의무적 또는 비 의무적인 생태복원을 수행하는 모든 부문에 이 표준을 적용 할 수 있다. 복원 계획, 계약, 동의 조건 및 종결 기준을 수립하기 위해 모든 사람이나 조직에서 사용할 수 있다.

생태복원의 실천을 위한 국제 표준의 초판은 풍부한 현장 경험과 현대 과학에 기반을 두고 있다. 시간이 지남에 따라 이러한 표준은 복원 실무자와 복원 과학자의 범지구적인 커뮤니티로부터의 정식 피드백을 통해 발전하게 될 것이다. 복원 과학 및 실습에서 있을 미래의 발전은 가장 적절하고 효과적인 지침을 제공할 수 있게 표준을 주기적으로 갱신하도록 유도할 것이다.

이와 같이 이 표준은 계속해서 작성되고 있는 문서로 간주되어야 하며, 우리는 세계 복원 공동체로부터 추가 지식과 개념을 받아들이고 그것을 반영함으로써 개정되고 개선될 것이다. SER의 웹 사이트(www.ser.org)에서는 표준 문서의 독자 및 사용자가 그들의 유용성 및 문서 개선 방법에 대해 언급할 수 있는 지역사회포럼을 개최한다.

마지막으로 이 표준은 사실상 일반적인 목적으로 고안된 것이며, 보다 상세한 지침을 개발하는 사람들을 위해 프레임워크를 제공하고, 특정 생태계 또는 생태계의 유형 및 지역의 생태적 복원을 위한 기준을 제공하도록 고안되었다.

3가지 기본 원칙

성공적인 생태복원 활동을 위해서는 효과적이고 효율적이며 적극적이어야 한다 (Keenleyside et al. 2012).

(a) 효과적인 생태복원은 생태계의 가치를 확립하고 유지한다.

(b) 효율적인 생태복원은 시간, 자원 및 노력의 비용을 최소화하면서 유익한 결과를 극대화한다.

(C) 적극적인 생태복원은 파트너 및 이해관계자와 협력하고 참여를 촉진하며, 생태계의 경험을 향상시킨다.

정의

생태복원은 악화되고, 손상되고, 파괴된 생태계의 회복을 돕는 과정이다. (SER 2004²⁾)

(여기에서 정의되지 않고 굵게 표시한 용어에 대한 정의는 5장 용어집을 참조.)

생태복원과 다른 형태의 생태계 복구 사이의 근본적인 차이점은 생태복원은 새로운 방향이나 형태를 부여하기보다는 자연 또는 반자연적 생태계의 '조력 회복'을 모색한다는 것이다. 즉, 복원 활동은 생태계를 회복의 궤도에 올려서 지속 가능하게 하여, 생물종의 적응과 진화가 가능하도록 한다.

이 표준은 동일한 용어인 '생태복원'이 일반적인 프로세스만을 설명 할뿐만 아니라(즉, 주어진 목표물에 대한 수행되어지는 활동) 생태계에 대한 결과(즉, 회복)도 포함한다. 복구 결과를 달성하는 데 필요한 기간과 상관없이 적절한 현지 자생적 모델(참조생태계)에 맞춰서 이 표준에서는 생태계 회복을 목표로 하는 어떠한 활동도 생태적 복원 활동으로 정의하며, 용어로는 회복이 더 많이 사용되고 있다.

참조 생태계는 대략적인 복원 목표를 나타내는 모델이다(아래 주요 개념 1 참조). 목표 지역 근처에 동일한 유형의 온전하며 적합한 생태계가 없는 경우, 참조 모델은 과거 및 현재의 생물군에 관한 다양한 정보들이나, 현장 또는 인근에서 발생하는 여러 조건으로부터 도출 될 수 있으며 생물군이 환경적 조건에 따라 달라질 수 있는 예상 변화에 대한 정보로 보충될 수 있다. 추구하고 달성되어지는 복원의 정도는 복원 프로젝트의 계획과 보고서에서 각각 확인되어야 한다.

완전 회복은 생태계의 모든 주요 속성 카테고리가 참조 모델의 것들과 매우 흡사한 상태나 조건으로 정의된다. 최선의 노력에도 불구하고 낮은 수준의 회복만이 가능한 경우, 회복은 부분 회복이라고 칭하며, 생태복원 프로젝트의 자격을 갖추기 위해서는 어떤 프로젝트라도 참조 생태계의 토착 생물에 대한 실적적인 회복이 필요하다고 기대하는 것이 합당하다. 완전 회복이 목표 일 때 중요한 기준점은 생태계가 자기 조직화 상태를 보여줄 때와 위에 본문에서 정의 된 대로 전체 회복에 도달하는 궤도에 있는 경우이다.

혹시라도 자기 조직화 단계에 이르렀을 때, 회복의 궤도는 궁극적으로 완전한 회복으로 향하게 하고, 예기치 않은 인자로 인해 흐름에서 벗어나지 않게 하기 위한 지속적인 모니터링과 추가 개입이 필요할 수 있다. 만약 완전 회복이 달성되어도 바람직한 상태가 유지되

2) 이러한 표준은 광범위한 전문가의 의견과 문헌에서 얻을 수 있는 많은 지식을 기반으로 하고 있지만, 표준 요구사항의 독립적 형태를 위해 정책 스타일과 필요성은 인용이 최소화 되어야 한다.

도록 지속적인 개입(예 : 침입 종의 제거 또는 교란 작용의 적용)이 필요한 경우, 이러한 개입은 생태계 유지 관리로 간주 될 것이다.

생태복원 과정과 회복 결과는 시너지 효과가 있다. 즉 원하던 복원 결과가 처음부터 식별 되면 (이해관계자와의 협력을 포함한 3장에서 설명된 프로세스를 사용하여) 최적의 복원 프로세스를 식별하고 지시하는 데 도움이 될 수 있다. 참조 생태계는 특히 생태복원 작업의 계획, 모니터링 및 평가에 도움이 될 것이다. 마찬가지로 결과가 불확실한 경우 적합한 관리 및 이해관계자와 지속적인 상호 작용을 통한 적절한 프로세스를 적용하면 프로젝트 팀은 만족스러운 결과를 도출할 수 있을 것이다.

멸종위기종 또는 최소 이동 범위가 큰 이동성 생물종과 같이 단일 종의 회복에 중점을 두는 프로젝트는 일반적으로 더 큰 생태복원 프로젝트 또는 프로그램에서 매우 가치 있는 구성 요소로 간주되고 있다. 자생 참조 생태계에서 발견되는 적절한 토착 생물 군의 상당 부분을 복원하지 않고, 일부 형태의 생태계 기능을 복원하는 데에만 초점을 둔 프로젝트는 복구로 가장 잘 묘사된다. 중요한 것은 이와 같은 프로젝트가 미래의 생태계 복원을 위한 잠재력을 희생시키지 않고 환경을 개선해 준다면 이 또한 복원 프로젝트로 간주 될 것이다. 이것은 더 큰 규모의 생태 회복 잠재력을 개선하는 연속적인 활동의 일부로 볼 수 있다(4장 참조).



미국 몬타나주 클락 포크(Clark Fork)강에서 Milltown 댐 철거. 이 댐은 540에이커 규모의 저수지에 660만 입방야드(약 500만 m^3) 규모의 광산으로 오염된 퇴적물을 가두었다. 이 다년간의 프로젝트는 강을 다시 재정비하고, 오염된 퇴적물을 제거하고 (사진 1), 밀타운(Milltown) 댐을 철거하고(사진 2 - 최초의 저수지 배수를 위한 임시 제방 / 전체 보의 제거) 그리고 궁극적으로 강의 수로(사진 3) 및 클락 포크(Clark Fork)와 블랙 풋(Blackfoot) 강의 자연 합류 상태를 복원하였다.

사진 제공 : 사진 1과 2 : Marcel Huijser; 사진 3 : Watershed Restoration Group

제 2 장 – 모범 사례를 뒷받침하는 6가지 주요 개념

현재 생태복원 모범사례는 SER의 기초 문서(부록 1 참조)에서 최초로 개발된 아이디어를 바탕으로 한 일련의 개념과 원리에 의해 뒷받침되고 있다. 생태복원 활동과 성과를 보다 간결하게 설명·정의하고 측정하기 위한 체계를 제공하기 위하여 다음과 같이 주요 개념이 강조되어 있다

주요 개념 1. 생태복원 활동은 환경 변화를 고려하여 적절한 현지 참조 생태계를 기반으로 함

생태복원의 기본 원칙은 일반적으로 참조 생태계라는 적절한 기준 모델의 정의라고 할 수 있다. 유사체로서 기능하는 기존의 참조 부지가 이 역할을 위해 선택 될 수도 있지만, 실제로 참조 생태계는 종종 현지 자생 식물, 동물, 기타 생물학적 및 비생물학적 조건에 대한 다양한 출처로부터 수집 될 필요가 있다.

이들 자료에는 여러 현존하는 참조 부지, 현장 지표 내역 기록(인간의 이용 포함), 예측 데이터가 포함될 수 있다. 결과 모델은 프로젝트 목표와 특정 생태 특성의 공통 비전을 파악 및 전달하고, 시간이 지남에 따라 복원 결과에 대한 모니터링 및 평가를 위한 기초 자료를 제공하는데 도움이 된다.

가능한 한 참조 생태계가 기존 및 예상된 환경 변화에 적응할 수 있는 능력을 갖추는 한편, 황폐화가 일어나지 않았음을 가정한 현장의 생태계를 대표하도록 조합된다. 즉 변화하는 환경 조건과 기후 변화를 포함한 인간의 압력에 대응하여 생태계가 역동적이고, 시간이 지남에 따라 진화하고 발전해야 한다는 인식이 요구되고 있다(상자 1과 용어집의 '지역 자생 생태계' 참조). 국소지역에 대한 정보가 불완전한 경우, 지역 정보는 타당한 지역 토착 생태계의 특성을 알리는데 도움이 될 수 있다(SER 2004).

참조 생태계는 복원 프로젝트의 목표를 알려주는 특정 생태계 모델이다.

이것은 완전 회복으로 이끄는 자기 조직화 상태에서 복구를 요구하는 특정한 구성적, 구조적, 기능적 생태계 속성을 기술하는 것을 포함한다.

이 모델은 이해관계자와 협의하여 해당 지역과 다른 유사 지역의 과거, 현재 및 예상되는 미래 조건에 대한 정보로부터 종합된다.

예측할 수 없는 결과에 대한 불확실성과 잠재성이 높은 경우 참조 생태계를 조합하는 것은

간단한 작업이 아닐 수도 있다. 참조 생태계는 특히 초기에, 종종 작업을 위한 가설로서 기능을 하며 지역에서 발견된 새로운 정보에 비추어 조정된다. 참조 생태계에 대한 더 많은 확신이 부지 자체로부터 더 많은 피드백을 얻으면서 발전하게 되므로 세부 사항과 목표가 보다 구체화 될 수 있다 (Clewell & Aronson 2013).

요약하면 참조 생태계를 채택하는 것은 어느 시점에서 생태계를 고정시키려는 시도나 '시계를 되돌려 놓으려는' 시도로 간주되어서는 안 된다. 참조 생태계(또는 시간 경과에 따라 예상되는 변화를 반영하기 위한 여러 개의 순차적 참조)를 선택하거나 종합하는 목적은 지역의 공동 및 지역 사회가 잘 목표된 복원 활동을 통해 회복 할 수 있는 잠재력을 최적화함과 동시에 재조직하고 변화에 대응하여 진화하는 것이다.

이러한 이유로 참조 모델은 주로 동시대의 사례 또는 그것이 존재하는 훨씬 이전 생태계의 유사성에 대한 고려를 포함한다. 그렇지 않은 경우 이력 정보는 자연적 변동 및 예상되는 미래의 환경 변화를 고려하여 복원 대상 식별을 위한 출발점으로 사용된다. 이러한 방식으로 복원은 생태계의 역사적인 과거와 현재 상태를 미래에 발전하는 상태로 다시 연결한다.

참조 생태계를 개발할 때 무엇을 고려해야 하는가?

기질, 수문, 에너지 흐름, 영양주기, 교란주기 및 참조 생태계의 특성을 포함한 비생물적 조건은 참조 생태계가 특징이 지어지는 단계에서 생물군과 같이 고려된다.

따라서 참조 생태계의 공식화는 생태계의 구성(종), 구조(종의 복잡성과 구성) 및 기능(생물의 근원적인 생물학적 과정과 생물 역학)의 현장 분석을 포함한다.

참조 생태계는 생태계의 감소 또는 회복의 특징이 될 수 있는 연쇄적 또는 발달 중인 상태에 대한 설명과 복원되어야 하는 생태적 스트레스 요인 및 교란 체계에 대한 설명을 포함해야 한다.

문화 생태계는 무엇인가?

전 세계의 많은 생태계는 인간의 크고 작은 이용을 위해 형성되었다.

잘 알려진 예로 원주민이 산림을 태워 산림 지대와 사바나에서 발견되는 초지를 만들고 유지하는 예가 있다.

이들은 산업화시대 이전에 만들어 졌고 자연 상태의 지역에서 발생하는 것과 매우 유사한 상태를 보이기 때문에, 그들은 보편적으로 생태계로 받아들여지고, 전통적 관리 관행의 지속과 함께 필요한 부분으로써 명확하게 권장된다.

유사한 방식으로 더 최근에 조정된 다른 생태계(예 : 중부 유럽의 많은 건초 초원과, 지중해 지역과 사헬의 농림업을 위한 대초원)는 생태복원에서 본래 생태계와 타당한 참조모델의 모범 사례로 간주된다.

문화 생태계의 변형이 서로 다른 상태를 형성하고 본래 생태계와 실질적으로 다른 종 구성을 보이는 경우, 그 부지들은 생태복원에 적합한 참조 모델이 아니지만 가치 있고, 반자연적이며 문화적 생태계로 관리(또는 복구) 될 수 있다.

내용 상자 1. 비가역적 환경 변화 사례에서의 참조 생태계

많은 지역들은 훼손 여부에 상관없이 자연적으로 발생하는 비가역적 변화를 겪게 되어 있다. 특히 인간 활동으로 인한 비가역적 변화로부터 점점 더 위협을 받고 있다. 이러한 경우 현지의 자생 생태계를 복원하는 것은 예측과 필요한 경우 자연적 적응 과정을 모방해야 한다.

1. 비가역적인 물리적 변화.

실질적이고 극복할 수 없는 환경 변화가 발생했지만 변화된 물리적 조건이 다른 지역에서 발생하는 것과 유사 할 경우 프로젝트 관리자는 변화된 환경에서 자연적으로 발생할 것으로 예상되는 생태계를 참조 생태계로 채택하는 것을 고려할 수 있다. 그러한 전환의 예로는 (i) 물이 짙물에서 민물로 또는 그 반대로 비가역적으로 변한 곳, (ii) 폭우가 간헐적인 물줄기를 만드는 곳, (iii) 전통적인 화재로 인하여 비가역적으로 변한 곳, (iv) 침식으로 바위가 많은 지형이 발생한 곳이 있다. 그러한 활동이 생태복원, 보완적인 복원 활동 또는 단순히 재배치(예 : 디자이너 생태계의 생성)와 같은 역할을 하는지의 여부는 자연적이고 동적인 프로세스로 인한 변화에 있어서 현지의 역사적 발생과 주요 생태계 속성의 보완을 확립하는데 프로젝트가 중점을 두는 정도에 크게 좌우된다.

2. 인위적인 기후 변화.

전 세계적으로 많은 생태계가 상대적으로 빠른 인위적 기후 변화에 의해 변화되고 있다. 이러한 변화가 전반적으로 바람직하지 못하고 긴급한 관심을 유발하는 사회 문제로 인식되고 있는 반면(4장 참조), 변화의 대부분은 비가역적일 것으로 가까운 미래에 전망되어 진다. 이는 기후 변화 역시 적응하거나 소멸되는 종들에 대한 환경 조건의 일부로 인식되어야 한다는 의미이다.

인위적 기후 변화의 실상은 목표 설정이 문서화되거나 예측 될 수 있는 정도까지 종의 범위와 생태계에 예상되는 영향에 대한 데이터 및 지속적인 연구에 의해 정보를 제공 받아야 한다는 것을 의미한다. 높은 수준의 불확실성이 존재하지만, 적합한 이주 지역이나 이동 경로가 존재할 수 없는 특정 지역(예 : 많은 해양, 해안, 고산 지대 및 시원한 온난 지역 공동체)에서 일부 생태계 전체가 손실 될 가능성이 있음을 우리는 알고 있다. 우리는 또한 다른 생태계에서 개별 종의 기후 포락선이 변화하여 점진적으로 때로는 극적으로 변화하는 결과를 낳을 수 있음을 알고 있다. 일부 종은 멸종될 수도 있는 반면에 다른 종들은 고유한 기후 적응성 또는 이주 능력을 가질 수도 있다.

파편화된 조건에서는 이주가 심하게 제약되므로 적응 가능성을 최적화하기 위해서는 실용적 단계가 필요할 수 도 있다. 선호하는 옵션은 가능한 많은 대표적 지역 종들을

유전적으로 다양하게 유지하고 향상시키는 것이다. 이러한 요소가 연관성을 증가시키고 적절한 경우 유전자 흐름을 최적화하도록 보장하는 것이다. 그러나 종의 다른 부분에서 동일한 종의 더 다양한 유전 물질을 실험적으로 도입 할 수 있는 잠재성이 일부 분야에서도 고려 될 수도 있다.

요약하자면, 복원의 역할은 '회복에 대한 지원'이기 때문에 실무자는 현지의 자생 참조 생태계를 토대로 복원 프로젝트를 설계하고, 관찰하고 또한 이를 적절한 방식으로 적용하는 것이 좋다.

주요 개념 2. 대상 생태계의 주요 속성의 식별은 장기 및 단기 목표를 개발하기 위해 필수적이다

6가지 주요 생태계 속성 범주는 표 1에 제시되어 있다. 생태복원을 필요로 하는 생태계 유형의 광범위한 정도를 고려해볼 때, 이러한 범주 유형은 필연적으로 포괄적이며 주어진 프로젝트의 목적과 목표를 위해 충분히 구체적으로 세부 유형을 분류하여 측정 가능하도록 해야 한다. 그러므로 장소에 기반한 구체적 특성 또는 생태계가 복원되도록 구체화한 세부 특성은 프로젝트 기획 초기 단계에서 참조 생태계의 일부분으로 정의할 수 있다(내용 상자 2).

따라서 구체적이고 정량화할 수 있는 지표(내용 상자 2의 예시)는 프로젝트의 생태적 그리고 사회-경제적 대상, 목적, 목표가 개입 결과에 충족되는지를 평가하기 위해 선정될 수 있다. 성공 여부를 평가하기 위해, 각각의 복원 목표를 다음과 같이 명확히 기술하는 것이 필수적이다; 1) 조작될 속성 또는 세부 속성, 2) 원하는 결과(이를 테면, 증가, 감소, 유지), 3) 영향의 정도(이를 테면, 식물 영역에서 40% 증가), 4) 기간 등.

지표를 포함하는 프로젝트는 특정 목적과 목표에 연결되어 있으며, 시간에 따라 프로젝트를 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 프로젝트가 투명하고 보다 관리에 용이하게 진행되어 결과를 다른 학문에 이전할 수 있도록 만든다. 이러한 접근법은 적응적 관리 맥락(내용 상자 3) 내에서 적합하게 설정된다면 무엇보다도 효과적일 것이다.

표 1. 주요 생태계 속성 범주 및 복원 프로젝트의 각 속성 범주로 해석될 수 있는 광범위한 목표의 예

속 성	광범위한 목표의 예 (프로젝트에 적합한 보다 넓은 범위의 구체적 목표 및 목적이 개발됨)
위험의 부재	과도한 이용 및 오염과 같은 위험이 사라짐. 침입종의 제거 또는 수량 통제
물리적 조건	수문 특성과 기질 상태의 복원
종 구성	양성종(식물 및 동물군)이 존재하고, 위해 종의 부재
구조적 다양성	층, 먹이 사슬, 공간 서식지 다양성의 복원
생태계 기능성	성장 및 생산성의 적합 단계, 먹이 사이클의 복원, 분해, 서식지 요소, 식물 상호연관성, 정상적 관계, 끊임없는 재생산성 및 생태계 종의 갱생
외부 교류	종의 이동성 및 유전자 흐름의 연결 관계 복원, 즉, 수문, 화재, 기타 지리적 프로세스를 포함하는 흐름이 복원됨

내용 상자 2. 대상, 목표 및 목적 - 어떤 용어를 사용해야 하는가?

'대상', '목표' 및 '목적' 과 같은 용어의 위계를 설정하는 것이 계획을 조직화하여 제안된 논의사항을 원하는 궁극적 결과에 부합되도록 만드는 것에 유용하다.

보편적으로 통용되는 하나의 용어 체계가 없기 때문에 많은 단체에서는 그들만의 용어에 대한 위계를 사용하는 것을 원하고 있지만 “Open Standards for the Practice of Conservation”의 용어 체계가 포괄적인 표준으로서 인정받고 있다. (Conservation Measures Partnership 2013 cmp-openstandards.org).

목적은 구체적이고 측정 가능하며, 성취할 수 있고, 합리적이며 시간에 구체적이어야 한다(SMART). 이는 장기적 목표와 단기적 목적이 대상 생태계의 주요 원인과 직접적으로 연결되는 구체적이고 정량적 지표를 사용함으로써 달성할 수 있다.

가설 예시:

1. **대상.** 프로젝트의 대상은 복원 프로젝트로 연결되는 특정 참조 생태계로서 해석될 수 있으며(이를테면, 참나무/미송 오크 산림), 모니터링과 평가를 위해 선정된 주요 생태계 요인에 대한 설명이 포함할 것이다.
2. **목표.** 목표는 대상과 비교하여 기획에 있어 좀 더 세부적인 단계를 제시한다. 즉, 목표는 장기적인 측면에서 중간에 이루고자 하는 대상의 상태, 좀 더 포괄적으로 설명한다면 달성하고자 하는 위치를 기술한다. 예를 들면 다음과 같다.

프로젝트의 생태계 목표의 가설에 대한 예로 설명하자면, 개별된 상태와 잔존하는 몇몇의 참나무/미송 오크 산림이 될 것이고, 여기서 달성하고자 하는 바는 다음과 같을 것이다:

- i. 5*년 이내 잔존지역 A와 B의 훼손 없이 회복 중인 구성 요소, 구조, 기능성 및,
- ii. 10년 이내 잔존 지역 사이가 효율적으로 다시 녹화되어 연결되는 것

동일한 프로젝트의 사회-경제적 목표의 가설적 예시는 다음과 같을 것이다:

- i. 5년 이내 깨끗한 식수 공급, 현지 수영, 낚시가 가능하도록 개선된 수질
- ii. 5년 이내 지역 학교를 대상으로 한 외부 환경 교육 및,
- iii. 5년 이내 개선된 위치에 중점을 두고, 지역 사회 내에서 사회적 연결의 융합

3. 목적 (생태계 및 사회적). 목적은 목표를 달성하기 위해 필요한 변화 단계이자 중간 결과물이다. 참나무/미송 오크 산림의 가설을 예로 들면, 초기 생태계 목적은 다음과 같을 것이다:

- i. 잔존 지역 A와 B 모두에서 2년 이내 1% 미만으로 침입종의 양 감소
- ii. 잔존 지역 A와 B 모두에서 2년 이내 최소 2종 이상 자생 관목의 비율 증가
- iii. 3년 이내에 적어도 자생 수목의 밀도가 100본/ha 이상, 관목 밀도가 100본/ha 이상으로 증가, 그리고 척추동물군의 증가
- iv. 3년 이내에 단위 면적(10m²미터)당 최소 6개의 초본과 10개의 광엽 초본의 증가 및 5m³/ha 미만의 거친 목재 부스러기의 증가
- v. 1년 이내에 가축 방목과 제초 행위 중단
- vi. 5년 이내에 수영이 가능하고, 10년 이내 식수가 가능 정도로 건강 담당부서의 기준치 내로 수로의 대장균(E-coli) 수 감소
- vii. 5년 이내에 지역 학교 50%가 체험 학습이 가능한 지역으로 지정 및
- viii. 2년 이내에 인근 주민의 50%보다 많은 수가 대표하는 ‘친화적’ 그룹으로의 지정 및 5년 이내에는 80%로 증가.

*주의 표시된 수는 모두 가설적 예시이며, 실제 가이드라인이 아님.

내용 상자3. 복원 모니터링 및 적응적 관리

복원 활동에 대한 생태계의 반응 모니터링에는 다음이 사항이 필수적으로 포함된다:

1. 특정 목표가 다음과 같은 계획에 따라 달성된다는 것을 뒷받침하는 증거가 이해관계자들에게 제시되어야 한다.
2. 행동이 실행 중인지, 또는 개정될 필요(이를 테면, 적응 관리)가 있는지 확실히 해야 한다.
3. 특정 질문(예를 들면, 특별한 처리과정이 평가되는지 또는 유기체 및 프로세스가 생태계로 환원되는지 등)에 대한 답변이 준비되어야 한다.

적합한 모니터링을 위한 자원 역시 기획 단계에 앞서 복원 프로젝트의 모든 기타 요소를 위한 자원들과 마찬가지로 할당될 필요가 있다. 모니터링 계획은 목표가 명확히 고려되고 목적이 정량화될 수 있도록 프로젝트 계획에 포함되어야 한다. 프로젝트의 ‘시작’ 조건에 대한 정보는 복원 활동에 의해 발생하는 모든 변화에 앞서 수집되어야 한다.

적응 관리는 명확한 목표와 ‘시행착오’에 의해 조정될 필요가 있는 조작적 목적들을 기반으로 한다. 가장 타당한 지식, 기술, 능력을 사용하여, 이렇게 정의한 목표와 목적에 따라 행동 계획을 실행하고, 차후의 개선을 위한 성공, 실패, 잠재적 가능성 등을 기록한다. 이렇게 만들어진 다음을 위한 기록물은 이후의 ‘개선’을 위한 근거가 된다. 적응 관리는 프로젝트의 예산이 얼마나 잘 충당되었는지의 여부와는 상관없이 생태복원 프로젝트를 위한 표준 접근법이 될 수 있으며 그렇게 활용 되어야 한다. 다시 말해, 공식적 또는 비공식적 모니터링이 적응 관리를 지원하는 도구가 되는 것이다.

1. 이해관계자들과 목표를 달성하는 규제자들에게 시각적으로 명확한 증거를 제공하기 위한 최소한의 방법이자 유용한 방법은 시간-시리즈 사진(이를 테면 시간에 따라 변화 양상을 보여주기 위해 해당 장소의 처리 전과 후를 시간 간격별로 촬영한 정밀 사진) 기록물을 제공하는 것이다. 좁은 지역 범위에서는 고정 시간점을 설정하고, 보다 넓은 범위에서는(드론을 포함) 보다 먼 범위를 촬영하거나 다른 감지 시스템에서 출력한 이미지를 제공하면 이전과 이후를 유용하게 분간할 수 있을 것이다.

이러한 이미지는 일어난 변화를 시각화하여 보여주기 때문에, 조사구에 기반을 둔 모니터링을 공식적으로 정량화하여 착수하기 위한 예산 지원 프로젝트(특히 규제 조건의 하에서의 특정한 프로젝트의 경우) 예측에 흔히 사용된다. 또한, 이는 흔히 전문적인 경우에 사용되고, 다른 프로젝트 사이에서 모니터링 설계, 시간 계획, 책임자, 기획 분석, 반응에 대한 프레임워크 및 규제자와의 의사소통, 자금 조달 기관 또는 기타 이해관계자를 확실히 규정하는 모니터링 기획의 기반이 된다. 이러한 모니터링에 필요한 ‘이전’과 ‘이후’ 데이터뿐만 아니라, 이상적으로 ‘이전, 이후, 통제, 영향’ (BACI) 설계

를 가능하게 하는 처리되지 않은 부지까지 함께 포함된다. 적합한 경우, 모니터링은 BARCI 설계가 가능한 참조 장소에서 동시에 실행될 수 있다.

2. 복원 활동이 실행 중인지 또는 개선될 필요가 있는지를 확인하기 위해 필요한 기본 프로세스는 부지를 주기적으로 조사하고 장소의 반응을 관찰하여 기록하는 것이다. 이러한 조사 활동은 빠른 반응에 대한 필요성을 확인하고 문제가 고착화되기 전에 적절한 처리 계획을 설정하기 위해 프로젝트 감독자가 실행하는 경우가 일반적이다. 그러나 조건 분류 시스템과 같은 기술적 방법을 사용하는 여러가지 공식적인 모니터링은 목적을 위해 신뢰성 있는 모니터링 단계가 필수적이다.

식물과 동물 개체군의 공식적인 표본 샘플링에는 동물 서식지에 덫을 사용하거나 추적하는 방법, 무작위 추출법 및 식물의 선형 조사법 등이 사용될 수 있다. 이러한 모니터링 계획은 프로젝트의 목표와 목적을 확실히 하고 선정된 지표들의 정량화 및 모니터링이 목표와 목적에 합치되도록 하기 위해 프로젝트의 기획 단계에서 실행된다. 복원 시행 이전에 샘플링을 시작하기 위해 주의 깊은 조치가 필요하다. 가능한 경우에는 대조구 역시 설계에 포함되기도 한다. 설계는 주로 숙련된 전문가들이 수행하며, 실내에서 전문가들에 의한 설계가 불가피한 경우에는 부지 설계, 대상지에 적합한 모니터링, 문서화, 데이터 저장, 분석 실행 과정에 경험 있는 관련 전문가들의 조언을 구하여 실행되기도 한다.

실험 비교 기법은 형식적인 절차를 더 필요로 한다. 공식적 실험은 충분한 양의 샘플 크기와 반복 자료를 가지고 확실하게 결과를 해석하기 위해 필요한 무처리 대조구 비교와 같은 전통적인 방법으로 실행된다. 일부의 경우, 개별 종(군)이 비생물적 조건을 적절히 대신할 수 있다. 토양 미생물을 예로 들자면, 하나 이상의 정량적인 결정 요인들이 토양 미생물 세계 안의 기능적 다양성 회복을 추적하기 위한 복원 프로젝트 전체에 걸쳐 대용물로 사용될 수 있는 것이다.

3. 모니터링은 새로운 처리방법 또는 유기체나 프로세스의 회복에 대한 공식적 가설과 같은 질문에 대한 답으로 사용될 수 있다. 그러나 이는 수집된 데이터가 특정 질문에 부합하고 적절한 실험 설계가 사용된 경우에만 해당된다. 특정한 복원 처리 방법 및 결과에 영향을 줄 수 있는 다른 조건의 엄격한 기록도 필요하다. 이러한 상황에서의 표준적인 실행은 실행자들과 과학자들이 프로젝트가 과학적이고 실제적인 조언과 도움을 통해 성공과 관련성 모두에 최적화되었는지를 확실히 하기 위해 양자 간의 파트너십을 위한 연구 시발점으로 작용할 수 있다. 새로운 처리방법이 고려되었는지 장소의 특성이 불분명한 경우, 처리 방법은 보다 넓은 지역에 적용되기 이전에 좁은 범위에 대하여 시범적으로 적용하는 파일럿 프로그램으로 적용될 수 있다.

주요 개념 3. 복원을 달성하기 위한 가장 믿을만한 방법은 자연적인 회복 과정을 도와주는 것인데, 자연적인 회복의 잠재력이 손상된 범위 내에서 그것들을 도와주는 것이다.

복원에 대한 필수적인 기본 개념 중 하나는, 우리가 수행자로서 생태계의 복원 관해서 직접 일을 수행하지 않는다는 것이다. 우리는 그러한 조건들을 만들어내고 구성요소들을 조합할 수 있지만, 이러한 복원 작업은 종자 발아 또는 탄생/부화, 성장, 생식, 회복, 그리고 다른 생물체들 간의 상호작용, 그리고 시간 경과에 따른 환경변화를 통해 생물군 자체에 의해 수행되어진다. 복원은 적절한 순환주기, 흐름, 생산성 정도 그리고 종의 서식지 구조와 적절한 지위를 보조해 줌으로써 이러한 이점을 촉진할 수 있다.

이것은 복원에 대한 행위나 이러한 프로세스가 다시 시작하기에 적합한 구성 요소 및 조건을 복원하는 데 중점을 두어야 하며, 파괴된 생태계가 자기 조직화 및 향후 스트레스에 대한 복원력을 포함한 파괴 이전의 속성을 다시 얻는데 초점을 맞추어야 한다는 것을 의미한다. 복원을 달성하기 위한 가장 믿을만하고, 비용 효과적인 방법은, 재생 잠재력이 고갈 될 정도까지 종의 재생 잠재력을 이용하고 보다 집중적인 개입을 수행하는 것이다.

이것은 재건 접근법(내용 상자 4 참조)에 대한 재생 접근법을 옹호하는 것이 아니라 복원 범위와 처방 치료법을 예측함으로써 복원의 효과와 효율성을 향상시킬 수 있음을 강조하는 것이다. 그러므로 복원 프로젝트의 기본 구상 단계에서 (1) 동적임을 포함하는 조건의 수정 또는, (2) 누락 된 생물학적 및 비 생물학적 요소의 복원 필요성을 고려하여 재생을 위한 잔존 가능성을 고려해야 한다. 이러한 평가는 현장에서 발생할 가능성이 있는 개별 종의 복원 기작 및 그것들의 번식의 흐름이나 저장과 관련된 예측 지표와 같은 지식에 의해 정보를 제공 받아야 한다.

이러한 잠재력이나 한계가 지식 또는 지표의 부족으로 인해 명확하지 않은 경우, 넓은 영역에 적용하기 전에 작은 영역에서 회복에 대한 반응을 시험해보는 것이 권장된다. 이러한 도움이 있는지 여부에 관계없이 복원 잠재력에 대한 평가는 회복을 최적화하는 데 필수적일뿐 아니라 치료를 위해 우선순위를 결정해야하는 부분을 파악하는데도 중요하다.

예를 들어, 재생 능력이 아직 완전히 고갈되지 않은 지역(예를 들어 잔재물과 그 특성, 육상 또는 수생 생물의 상태와 상관없이)에 부족한 자원을 우선적으로 투입하고 전략적 또는 다른 중요성이 아니라면, 잠재력이 낮은 우선순위를 부여함으로써 이점을 얻을 수 있다. 이 방법으로 복구 지역은 규모가 커져서 자생 생태계를 전략적으로 확대하고 연결하여 더 크고 더욱 기능적인 곳으로 통합하며 동물군을 위한 더 기능적인 서식지를 제공할 수 있다.

복원에 대한 개입의 정확한 결과는 예측할 수 없다. 따라서 실무자들은 예기치 못한 한계를 극복하거나 발생할 수 있는 기회에 대처하기 위해 추가적인 조치를 수행할 준비가 되어 있어야 한다. 자생종의 복원을 자극하기 위해 고안된 교란은(예를 들어 시드 बैं크에 존재할

수 있는 바람직하지 않은 종의 반응을 자극할 수 있음) 프로젝트의 목표가 달성될 때까지 여러 차례의 후속 개입이 필요할 수 있다.

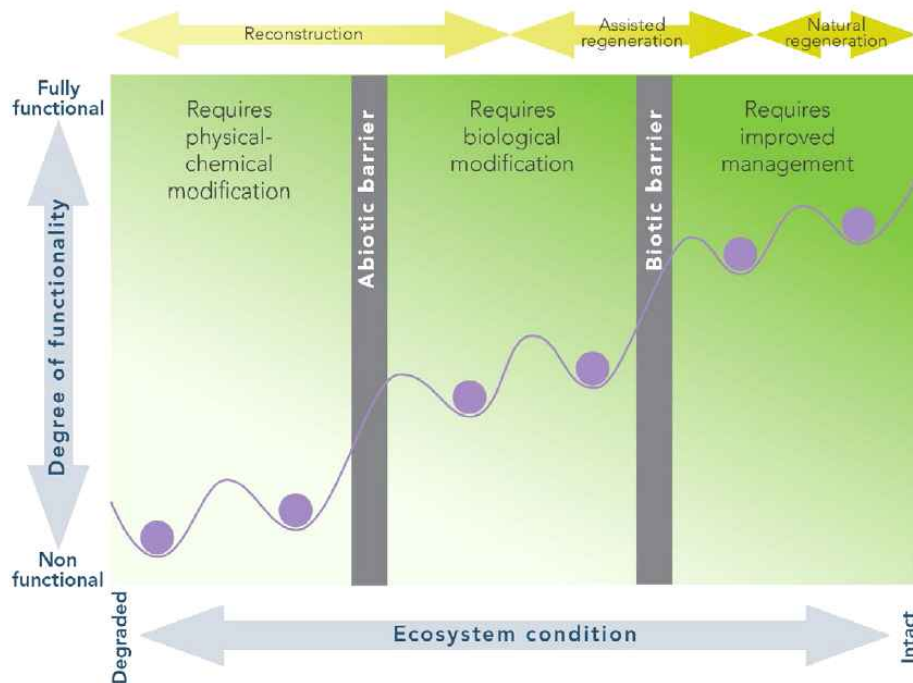


그림 1. 생태계 파괴의 개념적 모델과 복원을 통한 대응. (2012년 Keenleyside와 공동저자 그리고 1999년 Whisenant 2001년 Hobbs & Harris의 논문에서 각색함)

표의 골짜기와 같은 선은 안정성이 있는 지점을 나타낸다. 생태계는 더 높은 수준 또는 낮은 수준의 기능성으로 넘어서기(도표의 피크로 표시되는 복원 또는 파괴 사건 또는 방법에 의한) 전에 안정된 상태를 유지할 수 있다는 것을 알 수 있다.

[주석 : 물리적, 화학적인 교정이 필요한 현장이지만 군집화의 잠재력이 높은 장소는 생물학적 개조를 포함하는 개입의 필요 없이 복원 궤도에 따라 빠르게 진행될 수 있다.]

내용 상자 4. 적절한 생태복원 접근법 확인

진화의 시간 틀에 적응한 자생종들은 자연적인 교란 또는 스트레스를 받은 후에 회복하는 능력을 가지고 있다. 이러한 능력은 종들이 교란 또는 스트레스에 적응하는(자연적인 정도로) 비슷한 영향을 인간이 유도한 뒤에 회복을 돕기 위해 활용 될 수 있다. 특정 장소에서 종의 재생 능력을 정확하게 평가하면 적절한 접근법과 치료법을 쉽게 선택할 수 있다, 그러므로 자연적, 예산 또는 다른 복원 자원의 비효율적인 사용을 피할 수 있다.

하나의 유용한 초기 방법은 보다 탄력성 있는(덜 피해를 입은) 영역을 알아내고 해당 영역에서 ‘재생’ 접근법을 사용하는 것이다. 이것은 때로는 총체적으로는 ‘수동적인’ 복원이라고 표현된다(재생 접근법은 종종 수동적인 것과는 거리가 멀기 때문에 오해의 여지가 있음). 재생 가능성이 낮거나 존재하지 않는 것으로 여겨지는 지역들에(또는 종의 경우) ‘능동’ 복원이라고 하는 재도입 또는 증강법이 적용 될 수 있다.

단독으로 또는 적절한 조합의 방법으로 사용 할 수 있는 세 가지의 포괄적인 접근방법이 있다. 모든 접근방법은 복구 결과가 담보되어질 때까지 지속적인 적응 관리가 필요하다.

1. 자연의 (또는 자발적인) 재생 접근법.

피해가 비교적 적은 곳이나 다시 회복하는데 충분한 기간과 주변에 개체수가 있는 경우 식물과 동물들은 회복될 수 있다. 이를 위해 자생 식물의 제거, 과잉 어획, 물의 흐름 제한 그리고 부적절한 화재 진압 등을 포함하여 훼손된 것에 대한 복구를 중단해야 한다. 동물종들은 연결성이 있는 경우 여러 장소로 다시 이동할 수 있다. 식물종은 잔여 토양 시드뱅크나 인근 지역에서 자연적으로 날아온 종자로 부터 발아하여 다시 회복 될 수 있다.

2. 보조적인 재생 접근법.

중간 정도(또는 심지어 높은)의 황폐지에서 회복은 비생물적인 손상을 교정하고 생물학적 회복을 유발하기 위해 황폐의 원인을 제거하고 추가로 활동적인 개입을 필요로 한다. 낮은 수준의 비 생물학적인 개입의 예로는, 환경적인 흐름과 물고기 유입과 이동, 종자들의 휴면을 막기 위한 인위적 교란, 속이 빈 통나무들, 바위들, 나무 부스러기 말뚝 그리고 새들이 앉는 나무들과 같은 서식지의 특징들을 조성하는 것들이 있다. 높은 수준의 비생물적인 개입의 예로는 오염이나 화학적인 변화를 개선하고, 수로와 지형의 모양을 바꾸고 조개암초와 같은 서식지 기능을 구축하고 침입성 식물과 동물들을 통제하는 것들이 있다.

3. 재건 접근법.

손상의 정도가 심한 곳 에서는 모든 황폐화의 원인을 제거하거나 개선할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 모든 생물학적 및 비 생물학적 손상을 확인 된 현지의 원래 생태계에 맞게 보정해야 하고, 가능한 한 바람직한 생물상의 전체 또는 대부분을 재도입해야 한다. 그 뒤에 이들은 비 생물학적 구성 요소와 상호 작용하여 속성들의 회복을 유도한다.

세 가지 접근방식의 조합들이 때로는 바람직하다.

동일한 영향의 유형에 대한 개별 종의 다양한 반응은 일부 종들이 다른 종보다 일찍 생태계에서 소실된 것을 의미한다. 이러한 경우, 일반적으로 회복력이 낮은 종들은 자연적인 또는 보조적인 재생 접근법이 적용 가능한 지역에서 재도입이 필요 할 수 있다. 또한 식물종들은 재도입이 필요하고, 일부 또는 전부의 동물종은 재도입의 필요성 없이 회복되거나 그 반대일 수 있다. 식물이나 동물들을 다시 도입하는 것은 유전적인 다양성이 불충분 한 경우 적합하다.

세 가지 접근법의 조합은 현장에 다양한 황폐화 현상이 있는 경우 적합할 수도 있다.

이것은 특히 더 큰 규모에서 필요하다. 즉, 부지의 일부는 자연 재생 접근법을 필요로 할 수도 있고, 다른 일부는 보조 재생 접근법을 요구할 수도 있으며, 다른 영역은 재건 접근법 또는 이들의 적절한 조합이 필요할 수 있다. 이 방법으로 현장 조건에 대응하게 되면 복원 결과와 확인된 참조 생태계에 의해 정의된 조건 사이에 최적 수준의 유사성이 보장된다.

주요 개념 4. 복원은 완전한 회복을 위한 최고와 최선의 노력을 필요로 한다.

생태복원 계획은 가능한 한 지역의 자생 참조 생태계와 관련하여 완전한 회복을 위한 안전한 궤도를 달성할 수 있는 목표가 좋다. 그러나 완전한 복구가 모든 곳에서 가능하거나 적절하지는 않다. 가능하더라도 복원을 위한 자원이나 기술 또는 지식의 부족, 또는 해결하는데 긴 시간을 필요로 하는 외부 요인과 같은 이유들로 수십 년 또는 수백 년이 걸릴 수도 있다.

완전한 회복이 느낄 수 있다는 인식은 관리자가 지속적인 개선 정책을 채택하도록 장려한다. 지속적 개선을 위한 전략으로는 새로운 지식이나 기술 혹은 자원을 사용할 수 있을 때 이미 이전에 관리된 곳에 재관리 혹은 새로운 방법을 적용하는 것, 표준 적응 관리 프로세스들을 채택하는 것이 포함된다. 장기적인 관점을 취하는 것은 부분적인 복구만을 목표로 하는 관리자들에게 그들의 목표를 장기간에 걸쳐 보다 야심찬 완전 회복을 도모하도록 할 수 있도록 도와준다. 어느 복원 프로젝트에서나 (i) 복구 수준을 정하고, (ii) 각각의 프로젝트에 맞는 ‘최고와 최선’의 복구단계에 대한 제안은 목표와 결과를 구체화하는데 유용한 방법이 된다.

복원이 가능한지 여부를 사전에 확인할 수 있는가?

경험에 따르면 부지의 형태가 언제나 복원 가능성에 대한 신뢰할 수 있는 지표는 아님을 보여준다. 복원이 불가능하다고 여겨졌던 많은 경우에도 숙련되고 정보에 입각한 접근법을 적용하여 복원이 이루어지기도 했다.

복구를 필요로 하지만 대상지의 복구가능성이 의심스러운 경우에 표준 방법은 작은 지역들에 충분한 시간을 가지고 시범적인 적용을 통해 가능한 방법들을 찾는 것이다. 부분적인 복구도 불가능하거나 실현가능성이 작다고 판명되면 프로젝트의 목표를 복원에서 복구로 변경하는 것이 현명하다.

5등급 복구시스템 - 복구 수준에 대한 초점

기준들은 규제 당국이 시간에 따른 프로젝트의 진행상황을 추적할 수 있도록 복구정도를 평가하고 순위(5등급)를 매길 수 있는 효과적인 도구로 사용된다. 이런 기준들은 표 2에 요약되어 있으며 표 3에는 생태복원의 여섯 가지 주요 생태계 속성에 대해 보다 자세하게 정리되어 있다. 그림 2는 시간에 따른 해당 지점의 복구 진행상황을 시각적으로 보여주는 양식이다.

즉, 생태계가 적절한 현지 자생 참조 생태계에 따라 완전한 회복을 향한 자기 조직화의 궤도에 있는 상태가 모든 생태복원 프로젝트들이 목표로 삼아야 할 ‘매우 중요한 기준’이다. 목표가 낮은 프로젝트들은 5단계 등급 시스템을 사용하여 프로젝트 목표가 달성되는 수준을 확인하고 미래를 위한 비전을 강화하도록 권장된다.

적절한 관련 지역의 자생 참조 생태계의 생물군 특성 복구에 중점을 두지 않는 프로젝트들은 복원보다는 복구로 간주된다. 그러나 이런 복구 프로젝트들도 또한 5단계 복구시스템을 통해 기능적 특성의 회복을 도모할 수 있다.

표 2. 1~5단계 복구수준에 대한 일반적 기준들

[참고 1: 각각의 수준들은 누적된다. 참고 2: 서로 다른 속성들이 각각의 속도로 진행된다. - 6가지 주요 생태계 속성에 대한 각각의 일반적인 기준들은 표 3에 제시되어 있다. 참고 3: 이 시스템은 참조 생태계에 대해 어떤 수준으로든 적용 가능하다.]

별의 개수	복구 결과 (참고: 적절한 지역의 자생 참조 생태계를 모델로 함)
★	훼손 진행의 방지. 기초적 처리(물리적, 화학적), 적절한 단계의 자생 생물군의 존재; 생물학적 혹은 무생물학적 요인에 의해 무효화되지 않는 미래의 복원지점. 계획된 모든 속성들과 미래의 현장 관리에 대한 향후 개선 사항.
★★	인접 지역의 위험이 관리되거나 완화되기 시작. 복원 부지가 지역의 종 특성과 작은 부분집합을 가지며 현지의 불필요한 종들로부터의 위험이 적음. 인접한 인근 부동산 소유자와의 연결성 개선.
★★★	인접한 위험의 관리와 저감이 진행되며 현지의 불필요한 종들로부터의 위험이 매우 낮아짐. 지역의 종 특성과 부분집합이 확립되며 생태계 기능이 시작되는 증거들이 발견됨. 연결성이 두드러지게 향상됨.
★★★★	모든 생물군을 대표하는 생물 종들의 많은 특성들이 보이기 시작함. 개발 중인 공동체 구조와 생태계 과정이 시작되는 증거들이 발견됨. 연결성이 향상되고 주변의 위협요소들이 관리되고 완화됨.
★★★★★	더 이상의 개입이 없어도 구조적, 영양적 복잡성이 스스로 발전할 수 있는 수준까지 생물 군의 특징적인 집단이 성립됨. 적절한 교차 경계 흐름이 가능하며 시작되고 교란 상황에 대한 높은 회복력을 가짐. 장기적인 관리 방식이 가동 중임.

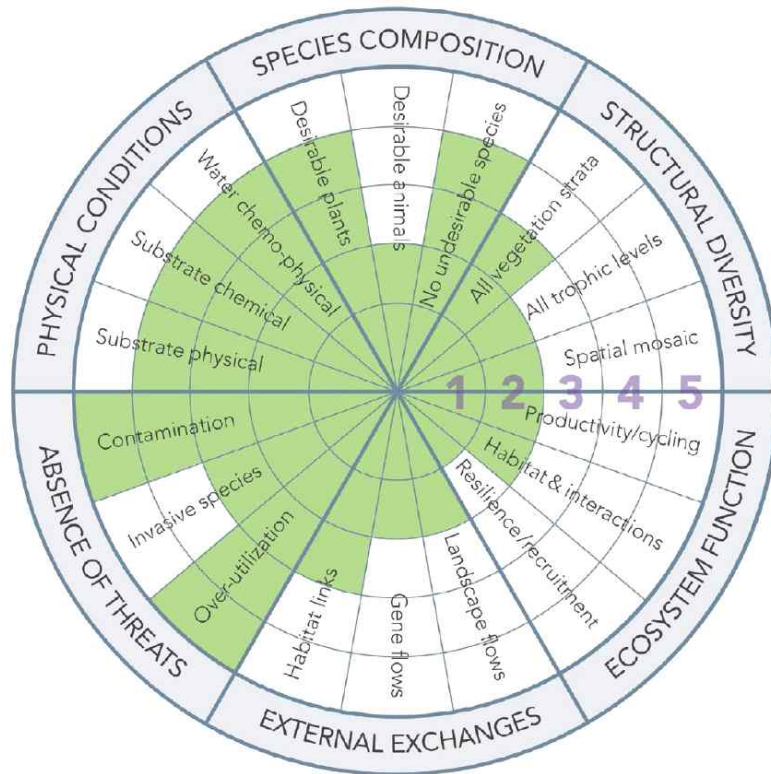


그림 2. 진행평가 ‘회복의 바퀴’

4단계 조건으로 진행 중에 있는 가상의 1년 된 재건 프로젝트를 묘사함. 이 도표를 통해 관리자는 관리 중에 있는 생태계가 시간이 경과하며 회복되는 단계를 설명할 수 있다. 프로젝트에 대한 목표와 목적 그리고 복구 부지의 구체적인 지표, 현재까지의 복구 수준을 잘 알고 있는 실무자는 공식적으로나 비공식적으로 평가를 한 뒤 각 부분들에 색을 채울 수 있다(도표와 그에 따른 서식을 위한 빈 도표는 부록 2에 수록되어 있음).

[참고: 특정 생태계를 보다 잘 나타내기 위해서 각 속성에 대한 표를 조정하거나 추가할 수 있음.]

표 3. 일반적인 1~5 단계 복원 등급은 자체 구성 상태로의 진행 상황을 측정하는 데 사용되는 여섯 가지 주요 생태계 속성의 맥락에서 해석된다. 해석 참고사항은 다음페이지 참조. [참고 : 이 5 단계 등급 참조 생태계와 매우 높은 유사성부터 매우 낮은 유사성까지 누적 단계를 나타낸다. 생태계와 식별된 하위 속성에 대한 지표 및 모니터링 측정 항목을 사용자가 개발하도록 요구하는 일반적인 체계만 제공한다.]

속성	★	★★	★★★	★★★★	★★★★★
위험의 부재	추가적인 악화는 중단되고 부지는 소유권과 관리권을 확보	인접한 지역으로부터의 위험은 관리 및 완화	모든 인접한 위험은 낮은 범위로 관리 및 완화	모든 인접한 위험은 중간 범위로 관리 및 완화	모든 인접한 위험은 높은 범위로 관리 및 완화
물리적 조건	총 물리적, 화학적 문제 해결(예. 오염, 침식, 답압)	기질의 화학적, 물리적 특성(pH, 염도)이 자연적 범위 내로 안정화 되어가고 있음	기질이 자연적 범위 내로 안정되고 특징적인 생물군의 증가	지속적인 성장과 특징적 생물군의 보충에 적합한 조건을 적절하게 유지	참조 생태계와 유사한 물리적 및 화학적 특성을 보이며 무기한적으로 종과 과정을 유지할 수 있는 증거가 확인됨
종 구성	자생종의 이식(예, 참조 생태계의 2%) 재생 공간 또는 향후 천이에 대한 위험 없음	유전적 다양성이 정립되고 특징적인 자생종의 작은 부분집합 형성(예, 참조 생태계의 10%). 외래 침입종 또는 악성 종의 현지 위험이 적음	부지의 상당부분을 차지하고 있는 주요 자생종의 집합(예, 참조 생태계의 25%). 악성 종으로부터 매우 낮은 위험도	부지에 존재하는 특징적 생물군의 다양성과 종군의 다양성을 대표(예, 참조 생태계의 60%). 악성 종으로부터 위험이 없음	참조 생태계와 매우 높은 유사성을 가지는 특징적 종(참조 생태계의 80% 이상)의 높은 다양성은 시간이 지남에 따라 더 많은 종의 이식 가능성이 개선됨
구조적 다양성	하나 또는 소수의 지층이 존재하며 참조 생태계와 관련된 공간적인 패턴 및 영양적 복잡성이 없음	보다 많은 지층이 존재하지만 참조 생태계와 관련된 낮은 공간적인 패턴 및 영양적 복잡성	대부분의 지층이 존재하며 참조 생태계와 관련된 공간적 패턴 및 영양적 복잡성	모든 지층이 존재함. 참조 생태계와 관련된 명백한 공간적 패턴과 발달된 상당한 영양적 복잡성	모든 지층이 존재하며 공간적 패턴과 영양적 복잡성이 높음. 참조 생태계와 매우 높은 유사성의 자체 구성할 수 있는 복잡성과 공간적 조직성
생태계 기능성	기질과 수문은 기초적인 단계에 있으며 참조 생태계와 비슷한 기능의 미래 발전을 할 수 있음	기질과 수문은 영양물질 순환을 포함하는 넓은 범위의 기능에 대한 잠재력이 증가함을 보이며 다른 종에 대한 서식지/자원의 공급	기능시작 증거(예, 영양물질 순환, 물 여과, 여러 종에 대한 서식지, 자원의 공급)	주요 기능의 상당한 증거와 종의 번식, 확산 및 모집을 포함하는 과정 시작	적절한 교란 체제를 복원한 후의 생태계 복원력 증거와 참조 생태계에 대한 안전한 궤도에 대한 기능 및 과정에 대한 상당한 증거
외부 교류	주변 경관이나 확인된 수서환경(예, 종, 유전자, 물, 불)과의 교환 잠재성	이해관계자와 부지 구성의 협력을 통해 처리된 증가된 긍정적(최소화된 부정적) 교환에 대한 연결	현장과 외부 환경간의 연결성 증가와 교류를 통해 명확해짐(예, 더 많은 종, 흐름)	다른 자연지역과의 높은 수준의 연결성. 악성 교란 또는 유해 종의 제어 관찰	외부 교류에 대한 잠재성의 증거는 보다 넓은 경관을 갖춘 참조 생태계 및 장기 통합 관리 약정과 매우 유사

5등급 평가 체계 해석에 대한 참고

- 5 등급 체계는 생태계의 진행을 평가하는 역할을 한다. 이것은 부지를 평가하거나 실무자의 개인성과를 평가하는 도구가 아니다.
- 5등급 체계는 관리자, 실무자 및 규제자가 특정 생태계에 맞게 보다 정량적으로 해석할 수 있는 체계를 제공하는 개념적 정도를 나타낸다. 표 2, 표 3에 설명된 지표는 일반적이며 관리자가 특정 생태계 또는 프로젝트에 맞게 구체적으로 해석해야 한다.
- 평가는 정보를 제공하는 모니터링만큼 엄격할 수 있으므로, 그만큼 신뢰할 수 있다. 평가는 세부 수준과 결론이 도출된 모니터링의 형식을 투명하게 명시해야 한다. 이는 그림 2 또는 평가표를 기반으로 하는 모니터링 보고서를 인용하지 않고는 복원 성공의 증거로 사용해서는 아니 된다는 것을 의미한다.
- 각 복원 프로젝트 속성은 1단계에서 시작하지 않아도 된다. 잔류 생물 군과 변형되지 않은 기질을 포함하는 부지는 상위 순위에서 시작된다. 반면 기질이 손상되거나 생물 군이 없는 부지는 낮은 순위에서 시작된다. 프로젝트의 진입점이 무엇이든, 목표는 생태계가 복구의 궤적을 따라 가능한 한 5등급 회복으로 나아갈 수 있도록 돕는 것이다(복구되지 않은 것의 점수는 서면 보고서에 기록되지 않거나 스프레드시트에 0으로 기록되며 다이어그램에는 빈 칸으로 표시됨).
- 5등급 체계와 그림 2를 사용하는 평가는 부지 및 규모에 맞게 적용되어야 한다. 5등급 체계는 복구 또는 재건 조치가 적용되지 않은 육지/수생 지역보다는 개별 프로젝트 또는 현장의 규모로 적용할 때 가장 유익하다. 하지만 다수의 하위 부지를 개별적으로 평가하여 통합한 후 대규모 프로그램에서 복구 정도를 평가할 수 있다. 복원 및 사회 개발 요소가 포함된 프로그램의 경우, 5등급 보고서에는 이러한 이득을 나타내는 보충 정보가 수반되어야 한다.

주요 개념 5. 성공적인 복원은 모든 관련 지식을 필요로 한다.

원주민들을 포함한 지역 주민들과의 장기적인 관계는 부지와 생태계에 대한 광범위하고 상세한 지식을 구축한다. 복원 프로젝트에 통합되면 복원 성과 및 사회적 이점을 개선 할 수 있는 뛰어난 기회를 제공한다. 복원의 실무자와 광범위한 다른 규율은 연구원처럼 복원에 대한 광범위하고 상세한 지식을 제공한다.

생태복원의 실천은 실무자의 지식과 복원 실습, 농업경제학 및 종자 생산, 원예, 식물 및 동물 관리, 토양 및 수자원 관리, 공학, 조경 설계 및 관리와 보전 계획 분야에서 개발 된 지식을 과학 지식과 전통 생태 지식에서 파생된 생태 지식과 통합하는 고도의 지식 습득으로 구분된다. 복원 생태학은 생태복원의 관행과 관련된 질문에 초점을 맞춘 과학 분야로, 기본 및 응용 생태학, 보존 생물학, 보존 유전학 및 경관생태학, 사회 과학 및 경제학의 전문적인 지식도 알려준다.

과학적 사고는 전문가의 전유물이 아니며, 오히려 다양한 유형의 형식으로 적용할 수 있는 검증 가능한 아이디어(가설)에 근거한 논리적인 접근법이다. 비공식적인 시행착오 과정은 모든 생태복원의 특징이다. 그러나 실험적 설계 원칙에 기반을 둔 보다 공식적인 모니터링은 생태복원 프로젝트에 점점 채택되고 있다(내용 상자 3). 많은 경우에, 실무자들은 과학적인 접근법을 채택하고 바람직한 수준으로 관찰할 수 있는 충분한 지식과 기술을 보유하고 있다.

그러나 전문적인 생태복원 계획, 실행 및 모니터링의 경우, 복원 실행과 기초 생태학에 대한 실질적인 배경 지식이 필요하다. 또한 계획자와 실무자에게는 지금까지 얻은 모든 학습 및 노하우에서 가능한 한 많은 것들을 도출해 낼 것을 요구한다. 실무자와 연구원의 공동 작업을 통해 공식 모니터링의 이점을 높일 수 있다. 이러한 자연과학 또는 사회과학을 포함하는 협력은 혁신적인 복원 접근법에 대한 잠재력을 최적화하고 미래 활동에 대한 확실한 지침을 제공하며 새로운 지식을 생성하는데 재실현 가능한 데이터를 제공하는 연구로 이어질 수 있다.

예를 들어, 집중적인 연구는 복구에 장애가 되는 문제를 극복할 수 있도록 도움을 줄 수 있다. 특히 비용대비 효용성이 매우 중요한 대규모의 프로젝트에서 더욱 그렇다. 그러한 장애에는 악화된 기질 조건, 종의 문제적 생식 특성과 부족한 양과 질의 생식질이 있다.

의무적인 복원을 할 때에는 개발 제안 단계에서부터 복원 결과를 뒷받침하기 위한 과학적 지식의 가용 여부에 대한 투명성 확보가 필요하다. 의무복원 프로젝트 도중 합당하거나 예측할 수 없는 기술적 문제가 발생할 경우 해결책을 강구하기 위해 선별적 조사가 진행되어야 한다. 그러한 조사가 적절하고 충분하여도 제대로 된 해결책을 제시하지 못할 경우에는 분류를 한 단계 낮추고 새로운 대안을 마련해야 할 것이다.

복원 프로젝트에 통합된 정식 연구는 생태계가 어떻게 이루어지는지와 생태계가 독자적인 복원 프로세스를(스트레스에 대한 특성적 저항과 회복탄력성으로 완성됨) 지속할 수 있게 하는데 필요한 조건에 대한 우리의 이해를 도울 수 있다. 인위적으로 발생한 기후 변화에 효과적으로 적응하기 위해 동식물 개체군의 잠재성을 평가하는데 도움이 되는 과학적 방법론에 대한 필요성이 대두되고 있다. 개체군에 대한 정보가 부족한 경우에는 기후에 대한 준비성을 개선하기 위해 필요한 도움의 정도를 결정하기 위한 연구가 필요할 수도 있다(즉, 개체군이 예측된 기후 시나리오에 대한 잠재적 적응력을 개선함).

지식과 역량을 구축하기 위해 적응 관리법 이용하기

과거에 복원 성공 사례가 부족한 것은 복원이 기술적, 실질적 또는 경제적으로 미래에 가능하지 않다는 것을 의미하지는 않는다. 지식과 기술 역량의 차이가 존재하는 경우, 집중적이고 결과를 기반으로 하는 과학과 연결된 적합한 관리의 이용은 향후 복원 능력 향상을 위한 노하우를 구축하는 근본적인 원리이다.

주요 개념 6. 장기간 생태복원의 성공을 보장하는 모든 이해관계자들과의 빠르고 진실성 있는 적극적인 활동

복원은 환경 가치를 복원할 뿐만 아니라 사회 경제적, 문화적 가치, 필요 및 기대를 충족시키기 위하여 수행된다. 자연/반자연적 생태계 내에서 살거나 일하는 공동체는 공기, 육지, 물 및 식물의 질을 향상시키는 복원의 혜택을 받는다. 특히 원주민과 지역 공동체는 복원이 자연에 기반을 둔 문화와 생계를 보강하는데 도움이 된다. 도시 공동체는 시설, 자연 자원 및 자연과 다시 만나는 기회를 복원으로부터 제공받아 이익을 얻게 된다.

인간과 살아있는 생물과 경관 사이에는 다양한 관계가 존재한다. 긍정적이든 부정적이든 인간의 가치와 행동은 미래의 건강과 생태계의 조건을 결정할 것이다. 복원 그 자체는 생태계와 자연계에 대하여 복구하려는 긍정적 마음가짐을 장려하는 강력한 수단이 될 수 있다. 그러나 생태계를 보전하고 복원하는 것은 이해관계자의 기대와 관심을 인식하고 모든 이해관계자가 생태계와 사회가 상호 번성하도록 하는 해결책을 찾는 데 달려 있다.

의무적인 복구가 준비되지 않았거나 추가적인 참여가 필요한 경우, 복원 프로젝트 관리자는 복원 현장 또는 그 주변, 그 지역의 생물 다양성이나 본질적 가치에 대하여 이해관계자들, 현장이 제공하는 생태계 재화 및 서비스에 살고 있거나 일하는 사람들과 성실하고 적극적으로 소통해야 한다. 복원에 종사하는 사람들을 포함한 개인 및 지역 사회에 대한 생태계와 지역의 문화적 중요성을 인식하는 것은 특히 중요하다. 이러한 참여는 생태학적 목표, 목적 및 실행 방법을 정의하기 위해 프로젝트의 시작 또는 직후에 시작해야 하며, 사회적 요구가 충족되고 있음을 보장하기 위해 복원 프로젝트 내내 이루어져야 한다. 관리자와 지역 사회의 이해관계자 간에 진실한 대화가 이루어지면 복원 프로젝트가 더욱 확고해질 뿐만 아니라 생태계에 대한 정보 공유와 더불어 이 대화가 실질적인 협력 수준을 향상시켜 지역 생태계에 및 문화에 가장 적합한 해결을 가능하게 할 수 있다.

따라서 지역 사회의 이해관계자에게 복원의 혜택에 관한 사회적 참여, 해석 및 양방향 학습은 복원 프로젝트의 필수 구성 요소이며, 물리적 또는 생물학적 프로젝트 구성 요소와 함께 계획 및 자원화 되어야 한다. 이 투자는 지역에 자금을 제공해 줄 프로그램 및 우수한 개인이 출현하는 미래에 대하여 가장 강력한 '의견'을 낼 수 있는 사회 구성원들이 문제와 잠재적 해결책에 대한 인식 및 이해가 높아짐에 따라 보상받게 될 것이다.



2016년 6월, 뉴질랜드, 식목일, 해밀턴에서 Waiwhakareke 자연 유산 공원에 나무 심기.
이 도시 복원 프로젝트는 생태 및 지역 사회에 혜택을 제공한다.
사진 제공: 해밀턴 시의회 Peter Drury

제 3 장 - 계획 및 생태복원 프로젝트 시행을 위한 표준 이행

이어지는 활동은 전문적인 직원 또는 계약자가 관여하는 생태복원 프로젝트를 기획, 구현, 모니터링 및 평가하는 데 사용되는 표준이다. 하지만 해당되는 복원 프로젝트의 적용 정도는 특정 프로젝트의 규모, 복잡성, 손상 정도, 규제 상태 및 예산에 상응하도록 적용되어야 한다.

1. 계획 및 설계

1.1. 이해관계자의 참여

주요 이해관계자들은 복원 프로젝트의 계획단계에 참여하고 있다(토지 또는 수질 관리자, 산업 이해관계자, 지역 사회 및 토착 이해관계자 등을 포함). 공공장소 또는 의무적인 복원을 위한 계획에 있어 이해관계자의 참여를 위한 전략은 프로젝트의 처음부터 끝까지 포함된다. (참조 도구 : 보존 작업 시행을 위한 표준(cmp-openstandards.org/)).

1.2. 외부 상황 평가

지역 보전 목표 및 우선순위별 계획은 다음과 같다.

1.2.1. 주변 지형, 수생 환경에 대한 도표, 지도 또는 프로젝트에 대한 설명;

1.2.2. 복원지역의 서식지 배열을 통한 주변 지형 및 수생 환경과 외부 생태계와의 연결성 확인 및 지역 간 거주지역과 유전자 흐름의 최적화;

1.2.3. 주변 원시 생태계의 최적화된 상호작용과 프로젝트의 장기적인 관리를 위한 메커니즘 지정.

1.3. 생태계 기준 목록.

계획은 현 생태계와 그 상태를 확인해야 한다.

1.3.1. 자생종, 외래종 특히 위협요소가 있는 종이나 침입종에 대한 목록.

1.3.2 비생물학적인 조건에 대한 현 상태 - 하천, 수역, 지표면, 수위 또는 변동되는 상황에 대한 물리적, 화학적 조건에 대한 요소;

1.3.3. 내부 및 외부 지역 생물군의 복구를 시작하고 유지하는 상대적인 능력. 여기에는 다음과 같은 자생종, 멸종된 외래종 번식체 또는 서식 범위 내 잠재적인 침입종의 목록, 더 높거나 낮은 상태의 지역, 다른 조치를 요하는 지역과 우선 회복지역 등의 목록을 포함하고 있다.

1.3.4. 요인의 유형과 정도 또는 현장에서 손상이나 파손을 야기하는 위협의 제거 및 저감(특정 경우) 방법. 여기에는 다음과 같은 대상의 평가가 포함된다.

- 현장 내부 및 외부에 대한 과거, 현재, 그리고 미래에 예상되는 영향(예 - 과도한 이용, 침전, 파편화, 해충 및 동식물, 수문학적 충격, 오염, 교란 체제 변경 및 기타 위협) - 이들에 대한 관리, 제거 또는 조정 방법
- 파편화로 인한 개체수 감소에 대한 유전적 다양성을 보완하기 위한 필요성에 대한 설명 [예 - Offord & Meagher 2009에서 설명한 표준(식물상)과 2013년 (동물군용)]
- 미래의 생존 가능성과 관련하여 기후 변화(예: 온도, 강우, 해수면, 해양 산성도)가 종 및 유전자형에 미치는 현재 또는 미래에 예상되는 효과

1.4. 참조 생태계 식별.

계획은 프로젝트 설계를 지원하는데 필요한 수준으로 적절한 지역의 자생 참조 생태계를 식별하고 설명하며, 여러 부지 및 정보 출처에서 파생된 정보(위 내용 참조)를 확인하고 기술한다. 벤치마킹 특성과 생태계의 기능에 대한 일반 정보는 환경 기관의 지침에서 얻을 수 있다. 참조 생태계는 다음과 같은 구성 요소(6가지 주요 생태계의 특성)를 나타낸다.

1.4.1. 기질 특성(생물학적 또는 비생물적, 수상 또는 육상);

1.4.2. 생태계의 영양물질 순환, 교란 및 유동 특성, 동식물의 상호작용, 생태계 교환 및 구성 종의 교란에 대한 의존성

1.4.3. 주요 특성 종(모든 식물의 성장 형태와 미세 동물군의 기능군을 대표);

1.4.4. 어떠한 생태적 조각도 현장에서 참조 생태계의 사용을 필요로 한다. 현존 생태계가 교란되거나 복원된 경우, 기존의 생태계는 교란 전으로 매핑되어야 한다.

1.4.5. 주요 생물군의 서식지 요구 특성 평가(동물군에 대한 최소 범위 영역과 분해 압력 및 복원 중재에 대한 반응)

1.5. 대상, 목표 및 목적

목표가 잘 정해진 결과를 달성하고 성공 여부를 판단하기 위해(모니터링, 아래 참조), 계획은 다음을 명확하게 기술해야 한다.

1.5.1. 복원 대상 - 예) 생태계 복원, 참조 생태계(생태계 특성 설명 포함)

1.5.2. 복원 목표 - 예) 해당 생태계의 상태, 즉 해당 생태계의 특성, 프로젝트가 달성하려는 목표

1.5.3. 복원 목표 - 예) 부지 내의 뚜렷한 공간 영역에 대한 목표와 목표를 달성하기 위해 필요한 변경 및 즉각적인 결과. 이러한 목표는 프로젝트가 주어진 시간 내에 달성될 수 있는지 여부를 확인하고, 측정 가능하고 정량화 할 수 있는 지표 등의 측면에서 설명한다.

1.6 회복 처리 처방 :

각 영역에 대해 명확하게 언급된 처리 대책을 포함하고 있으며, 무엇을, 어디서, 누구에 의해, 그리고 그 순서 또는 우선순위를 설명한다. 지식이나 경험이 부족한 경우 적절한 처리 대책을 알리는 적응 관리 또는 표적 연구가 필요하다. (확실하지 않으면 사전 예방 원칙은 환경위험을 최소로 일으키는 방식으로 적용되어야 한다.)

계획은 다음을 포함하여야 함:

1.6.1 인과관계 문제의 제거 및 완화(또는 적응)를 위해 취해야 할 조치에 대한 설명과,

1.6.2. 특정 복원 접근법의 식별(그리고 간단한 근거); 각 구역에 대한 구체적인 처리 방법 및 조치의 우선순위에 대한 설명. 현장의 상태에 따라 다음과 같은 내용이 포함된다.

- 표적 생물 군과 생태계 구조와 기능의 회복을 돕기 위해 비생물 요소의 모양, 형상, 화학적 또는 기타 물리적 조건을 보완;
- 양성 종의 서식지 및 부지의 민감성을 보호하기 위해 악성 종의 방제를 위한 효과적이고 생태학적으로 적절한 전략과 기술
- 생태학적으로 재생을 촉진하거나 누락된 종의 재도입을 위한 적절한 방법;
- 이상적인 종이나 유전자원의 즉각적인 이용이 어려운 상황에 대처하기 위한 생태

적으로 적절한 전략의 식별 (예를 들면 다음 계절에 재도입을 위한 공간을 남기는 것과 같이); 그리고

- 재도입되는 생물군의 적절한 종 선택과 유전적 공급에 대한 설명. 동물군의 경우 소성과 재도입 전략은 IUCN/SSC(2013)을 준수해야 한다.
- 식물종의 경우, 종자의 지속 가능한 공급 전략과 종자의 수집 및 공급 일정은 '호주의 식물 생식질 보전'(Offord & Meagher 2009) 또는 미국의 '국내 종자 복구 및 복원을 위한 전략' 가이드라인을 준수해야 한다.
- (www.blm.gov/ut/st/en/prog/more/CPNPP/0/seedstrategy.html) 또는 유사한 관련 국가 또는 지역문서

1.7. 부지 소유권과 과거 처리 보수 계획의 보장 평가

복원에 투자하기 전에 부지의 장기 보존 및 관리가 가능한지에 대한 몇 가지 지표가 필요하다. 복원 계획은 다음을 확인해야 한다.

- 1.7.1. 장기 복원 계약을 가능하게 하고 적절하고 지속적 접근 및 관리를 허용하기 위한 부지 소유권 확보와,
- 1.7.2. 현장이 황폐화된 된 상태로 되돌아가지 않도록 프로젝트가 완료된 후 현장의 영향 및 유지에 대한 지속적인 예방을 위한 적절한 조치.

1.8. 물류 지원 분석:

복원 계획을 수행하기 전에 프로젝트 예산 확보 및 잠재적 위험을 나타내야 한다. 계획은 다음과 같은 현실적인 제약과 기회를 다룬다.

- 1.8.1. 부지가 안정 될 때까지 예산 확보, 노동 (적절한 기술 수준 포함) 및 적절한 처리 (후속 처리 포함)를 가능하게 하는 다른 자원의 조달 방법 확인
- 1.8.2. 특히 환경 조건, 예산 확보 또는 인력 자원의 예상치 못한 변화에 대비한 비상 계획을 포함하여 프로젝트의 전체 위험 관리 전략 착수
- 1.8.3. 프로젝트의 대략적인 시간과, 프로젝트 지속기간의 근거, 그 기간 동안 목적, 목표, 대상에 대한 집중을 유지할 수 있는 방법; 그리고
- 1.8.4. 부지 및 프로젝트에 적용되는 허가 및 법적 제약과 승인 조건

1.9. 프로세스 일정 검토:

계획은 다음과 같은 일정과 기간을 포함한다.

1.9.1. 필요에 따라 이해관계자와 독립적인 공개 심사와,

1.9.2. 새로운 지식, 변화하는 환경 조건 및 프로젝트에서 얻은 교훈에 따른 계획 검토

2. 이행

이행 단계에서 복원 프로젝트는 다음과 같은 방식으로 관리된다.

2.1. 물리적 손상(예: 개간, 매립, 답압), 화학적 오염(예: 과다 비옥화, 농약유출), 생물학적 오염(예: 악성 병원체를 포함한 생물종의 도입) 등의 자연자원 또는 육상, 수생지역의 요소에 대한 복원 작업으로 인해 더 오래 지속되는 피해는 발생하지 않는다.

2.2. 적절한 자격을 갖춘 숙련되고 경험 있는 사람의 감독 아래 자격과 경험이 많은 사람들에 의해 책임감 있고 효율적으로 해석되고 수행된다.

2.3. 모든 처리는 자연적인 과정에 민감하게 반응하고 자연적인 회복과 조력 회복의 가능성을 촉진하고 보호하는 방식으로 수행된다. 기질 및 수문 정비, 해충동물 및 식물 통제, 회복 유발의 적용과 생물 재도입을 포함하는 주요 처리법은 필요에 따라 부차적인 처리법이 뒤따르며, 심어진 모든 식물에는 적절한 후속 조치가 필요하다.

2.4. 예기치 않은 생태계 반응에 적응하기 위한 방향의 수정 조치는 시기적절하게 촉진되고 생태학적으로 정보화되고 문서화된다.

2.5. 모든 프로젝트는 작업, 건강, 안전 법규, 토양, 대기 수질, 해양, 유산, 종 및 생태계 보전과 관련된 모든 법규(필요한 모든 허가가 있는 경우를 포함)를 완전하게 준수한다. 그리고,

2.6. 모든 프로젝트 담당자들은 주요 이해관계자와 정기적으로(또는 예산지원 당국에서 요구하는 대로) 소통한다.

3. 모니터링, 기록, 평가, 보고

생태복원 프로젝트는 향후 작업에 대한 변화와 다른 접근방법을 알리기 위해 처리를 관찰하고 모니터링하는 원리를 적용한다. 그들은 필요에 따라 조치(적응관리)하는 진행상황을

정기적으로 평가하고 분석한다.

연구원과 실무자의 협력은 대규모로 적용되는 혁신적인 처리 대책과 필요한 모든 연구 허가 및 윤리적 고려사항이 준비되어 있는지를 확인하려고 하는 경우에 필요하다.

3.1. 복원 결과를 평가하기 위한 모니터링은 처리의 성공 여부를 확인하기 위한 모니터링 계획의 개발과 함께 계획 단계에서 시작된다. (내용 상자 2 및 3 참조).

3.1.1. 모니터링은 프로젝트의 시작 부분에서 확인 된 대상, 측정 가능한 목표 및 목적에 맞춰져 있으며 다음을 포함한다.

- 목적, 목표 및 대상에 대한 데이터가 수집되는지 여부를 확인하기 위해 작업 전에 기준 데이터를 수집한다.
- 작업 후 적절한 간격으로 데이터를 수집한다(예, 복구단계 초기에는 높은 빈도로 수집).
- 작업 횟수, 구체적인 처리 방법 및 대략적인 비용을 포함한 복원 활동의 세부 사항을 기록한다.

3.1.2. 규모가 작은 자발적인 프로젝트를 모니터링하는 최소한의 기준은 종 목록 및 상태 설명과 함께 사진을 사용하는 것이다. 사진 및 정량적인 모니터링은 처리 전 후에 수행되며, 정식 모니터링은 복원 된 현장뿐만 아니라 처리되지 않은 대조구, 이상적으로는 실제 참조 지역에서도 수행된다

3.1.3. 프로젝트는 사전에 확인된 지표를 사용하여 목표에 부합되는지에 대한 과정을 모니터링 한다. 지역적으로 적절한 벤치마킹 시스템을 고려한 전문적인 프로젝트 또는 대규모 프로젝트의 경우 조건적 평가에 의해 뒷받침되는 정량적인 샘플링 방법을 통해 이상적으로 수행된다.

3.1.4. 통계 분석 및 결과 발표를 위해 샘플링 단위는 명확한 설계와 일치해야 하며, 측정된 특성에 적합한 크기이면서 부지 내에서 충분히 반복성이 있어야 한다.

3.2. 적절한 시행을 보장하고, 적합한 관리를 통보하고 처리와 관련된 결과의 미래 평가를 가능하게 하기 위해 처리 기록은 유지된다. 모든 처리 데이터는 모든 평가 모니터링 기록과 함께 차후에 참고할 수 있도록 보존된다. 그리고:

3.2.1 개방형 접근시설을 이용하여 데이터를 제공하는 것을 고려해야 한다. 그리고,

3.2.2. 재도입된 식물이나 동물의 출처에 대한 기록은 프로젝트 관리자에 의해 이상적으

로 보존이 되어야 한다. 이 기록에는 위치 (GPS에서 얻어진 것이 좋음)와 기증자, 수신 지역에 대한 설명, 수집 프로토콜에 대한 참조, 수집 날짜, 식별 절차 및 수집가/전파자의 이름이 포함되어야 한다.

3.3. 작업의 결과에 대한 평가 및 문서화는 프로젝트의 대상, 목적 및 목표(즉, 참조 조건)에 대한 평가 과정과 함께 수행된다.

3.3.1. 평가는 모니터링 결과를 통해 적절하게 검토되어야 한다.

3.3.2. 결과는 진행 중인 관리에 영향을 미치도록 사용되어야 한다.

3.4. 보고는 산출물 및 결과물을 유용하게 사용할 수 있도록 주요 이해관계자와 광범위한 이해 집단(뉴스 레터 및 저널)에 대한 진행 보고서의 준비와 보급을 포함한다.

3.4.1. 보고는 청중에게 맞춤형으로 제공하여 정확하고 접근 가능한 방식으로 전달되어야 한다.

3.4.2. 보고는 성공의 평가를 기초로 한 모니터링의 수준과 세부 사항을 명시해야 한다.

4. 설치 후 유지보수

4.1. 관리 기관은 프로젝트가 완료된 후 유해한 영향을 방지하고 지속적인 유지 관리를 담당하여 지역이 훼손된 상태로 돌아가지 않도록 현장 모니터링을 수행할 책임이 있으며, 적절한 참조 생태계에 대한 비교가 진행될 것이다.

제 4 장 - 복원 및 '큰 그림' 환경적 과제

복원 규모 증가

일부 생태계 과정(유전자 흐름, 군집화, 포식 및 생태 교란)은 훼손 과정과 마찬가지로 더 큰 규모(더 큰 수생 환경, 경관, 유역 등)에서 작용하므로 규모는 생태복원에서 중요한 고려 사항이다. 또한 큰 프로그램이나 보호 지역 내에서 연결되지 않는다면 일부 좋은 소규모 프로젝트에 의해 제공되는 것보다 큰 최소 서식지 지역 또는 영양 복잡성이 더 큰 지역을 필요로 할 수도 있다. 광범위한 식물과 동물의 바이오매스(토양의 바이오매스 포함)를 통해 탄소 격리의 규모를 실질적으로 증가시키는 것이 시급히 필요하다. 따라서 생태복원은 환경 및 생태적 이익을 제공할 수 있도록 수백에서 수천 헥타르에 달할 수 있는 규모가 되어야 한다.

큰 규모에서의 훼손을 막는 데 상당한 기여를 할 수 있도록 프로젝트의 규모를 늘리기 위한 계획이 장려되어야 한다. 복원된 시스템의 모든 속성에 대해 5등급을 얻는 것이 목적이라면 전체 복원이 더 큰 규모에서는 달성하기 어려울 것이고 만약 이러한 위협이 대규모로 발생하는 경우 제어 또는 위협을 완화하는데 시간이 더 오래 걸릴 수 있다. 물론 복원을 확대하면 규모의 경제효과를 가져올 수 있지만 중재에 대한 생태계 반응과 관련하여 특히 예측 불가능성이 높은 경우 금융 및 인적 자원의 확대에 대한 위험이 커지게 된다.

따라서 규모와 시간에 민감한 문제의 경우 처리가 일반적으로 적용되기 전에 소규모에서 시도된다. 또한 일부 관리자는 복원이 실행할 수 있는 범위를 제한하는 포괄적인 접근 방식을 채택하는 것이 아니라 희박한 자원을 특정 속성에 대해 더 큰 규모에서 점진적이고, '희석된' 목표로 개선하는 지혜를 보게 될 것이다. 장기간에 걸친 이러한 대규모 작업은 대체로 복원 프로그램으로 불리고, 일반적으로 여러 물리적, 생물학적 방법으로 상호 이상적으로 연결되는 여러 개의 작은 '프로젝트'를 포함한다.

프로젝트 규모의 이점을 평가할 때 크기가 증가하는 것은 다른 가치(예 : 자생종의 양 증가, 해충의 감소 또는 탄소 저장 증가)가 개선될 수 있다는 점을 인식하는 것이 중요하다.

이러한 이유로 위협받는 종이나 생태계를 회복시키는 것과 같은 다른 이점들과 비교하여 규모의 중요성을 과소평가하는 것이 생태학적 중요성이 큰 소규모 프로젝트의 과소평가로 이어질 수 있으므로 규모는 달성된 다른 가치의 승수로만 평가되어야 한다. 큰 규모에서의 성공은 종종 작은 규모의 누적 성공에 의해 주어지며, 모든 소규모 프로젝트가 큰 그림에서 중요할 수 있다는 점을 명심하는 것도 중요하다.

더 큰 규모의 이익을 창출 할 수 있는 프로젝트 특성.

프로젝트가 큰 규모의 차이를 만들지 여부를 예측할 때 프로젝트의 다양한 맥락 관련 특성(즉, 생태계 회복을 넘어서는 공동 이익)도 고려해야 한다. (표 4).

이러한 특성은 다음을 포함할 수 있는데, 프로젝트의 전략적 위치와 적시성, 잠재적으로 이익을 얻는 분류군 또는 생태계의 상대적 희귀 성; 관리해야 할 위협의 만연함; 프로젝트가 끌어들이 수 있는 사회적 지원의 정도; 장기적인 관리 약정의 잠재적 확실성 등이 있다. 이러한 특성의 달성은 프로젝트 목표에 포함되어야 하며 가능한 한 프로젝트의 기간 동안 측정되어 더 큰 규모로 차이를 만들 수 있도록 수명주기를 단축하고, 조율해야 한다.

기타 '회복 적 활동'에 대한 생태복원의 관계

육지와 수중 생태계의 훼손이 전세계에서 계속됨에 따라 많은 국가와 지역 사회는 생물 다양성을 보전하고 생태계 서비스를 향상 시키며 사회가 자연과 통합되는 방식을 치유하고 지속 가능한 방식으로 개선하기 위한 정책과 조치를 채택하고 있다.

보다 구체적으로는, 공공 기관은 환경복원 활동을 보완하는 방식으로 천연 자원과 공공에 개방된 공간을 관리하면서 생물 다양성 보전 상태가 저하되는 것을 개선하기 위한 과정으로 생태복원을 채택하였다. 많은 산업체, 지역 사회 단체 및 민간인들은 환경 영향을 줄이고 라이프스타일 및 생산 시스템의 생태적 지속 가능성을 개선하기 위해 현재의 환경 문제에 대응하였다.

실제 생태복원이든 환경 조건을 개선하는 보완 활동이든 이 모든 작업은 생태복원을 뒷받침하는 가치와 원칙에서 영감을 얻고 광범위한 생태복원의 궤적을 긍정적인 방향으로 이동시키는 '복원력'이라고 할 수 있다.

전체 회복이든 부분적 회복이든 상관없이 달성 가능한 최고 수준의 회복과 자연적 과정을 다루는 것에 중점을 둔 생태복원은 육상과 수상 지역에 관계없이 온전하고 반 자연적이며 파괴된 지역 자생 생태계에 대한 피해를 복구하는 가장 효과적인 수단이다.

보호지역 관리, 임업, 수산업, 농업, 광업, 공공시설 및 도시 녹색 공간 관리를 포함하는 광범위한 산업 분야에서 적어도 일부 형태의 환경 개선이 환경 영향 감소와 함께 실행된다. 어떤 경우에는 생태복원이 이미 실행되고 증가하고 있지만(표 5), 개선되거나 환경 영향을 줄이기 위한 많은 다른 활동은 복구로 분류 될 수 있다.

생태계 복원의 영향과 효과를 줄이려는 목적을 위해 이 표준에서 전달되는 생태복원의 원칙, 개념적 틀 및 모범 사례는 모든 분야의 생태계 관리자가 생태계 복구 가능성을 줄이기 보다는 개선 할 수 있도록 모든 작업을 알려준다. 생태 회복을 위한 조건 개선을 목표로 하는 활동은 회복적인 것으로 간주 될 수 있다.

표 4. 프로젝트의 잠재력에 영향을 미칠 수 있는 프로젝트 특성의 범위

특 징	사 례
1. 전략적 위치와 적시성	복원 프로젝트는 공간적 및 시간적 이점을 최적화하는 전략 및 전술을 활용하여 부족한 자원 및 복원을 위한 다른 영향력을 최대한 활용할 수 있다. 예를 들어, 프로젝트는 일반적으로 다음과 같은 측면에서 우선순위가 정해진다. (i) 다른 목표보다 더 긴급하거나 다른 목표를 달성하기 위한 촉진제로 작용할 수 있는 목표. (ii) 현장의 다른 부분이나 더 넓은 환경에 더 큰 영향을 미치거나 잠재력이 있는 지역.
2. 잠재적으로 혜택을 보는 분류군 또는 생태계의 멸종 위기 상황	프로젝트는 멸종 위기 종, 개체군 또는 생태계 보전에 이익을 줄 수 있는 정도의 가치를 추가할 수도 있다. 세계 여러나라에서 IUCN의 적색목록(위기종과 생태계)과 일치하는 멸종위기종과 생태계를 표시하는 방법이 마련되어 있다.
3. 해결해야 할 위협의 만연함	긍정적인 영향이 작업이 수행되는 장소보다 더 넓은 영역에 영향을 미칠 수 있기 때문에 프로젝트가 언급한 위협이 어느 영역에서 광범위하게 퍼져 나가는 정도가 프로젝트의 능력에 중요성을 더할 수 있다. 예를 들어, 식물과 동물의 바이오매스 축적을 통해 탄소를 저장하고 수로의 오염을 줄이고, 해충 방제 및 통제에 기여하는 프로젝트는 자체 위치에서 결과를 개선 할 뿐만 아니라 다른 곳에서 결과를 개선한다.
4. 프로젝트가 생태학적 지식 알고 있는 정도	복원 계획과 시행이 생태 지식과 다른 지식의 통합으로 이루어지면 복원 성공이 개선 될 수 있다. 실질적으로 이는 프로젝트에 참여한 개별 계획가, 연구원, 복원 실무자의 지식과 기술을 통해 그리고 지역 지식 보유자와의 상호 작용을 통해 달성된다. 성공은 연구 파트너십을 통해 어려운 문제를 조사하고 해결할 수 있는 정도까지 향상 될 수 있다.
5. 문화적으로 통합된 프로젝트	복원은 주로 생태학적 과정에 의해 이루어지지만 복원 프로젝트의 성공 및 확실성은 프로젝트의 대상, 의도, 목표 및 목적이 영향을 받는 공동체에 의해 지지받는 정도에 따라 달라질 것이다. 그러한 공동체와 함께하는 진정한 조기 협의 및 참여 계획을 통해 이를 달성하는 것이 가장 좋고 이는 프로젝트가 관련 공동체 문화에 편입되는 정도에 영향을 미칠 수 있다.
6. 제도적 지원 확보	장기 프로젝트는 참여자들에게 투자로 인해 발생하는 혜택이 점진적으로 지속될 것 이라고 설득시키고 자체적 일관성을 위해 장기적인 보증이 필요하다. 법적 부지 소유권 준비를 통한 부지의 보호가 이상적이며 부지의 주요 공공 및 민간 이해 관계기관이 장기간의 노력을 기울이는 것을 보장하는 것도 중요하다

표 5. 각 구역에 현재 또는 잠재적으로 적용된 복원 활동의 정도.

모든 산업계, 정부, 지역 사회는 가능한 모든 곳에 생태계 복원 활동을 적용하여야 한다. 사정이 여의치 않은 곳에서는 가능한 최고 수준의 복원 활동이 권장되어 진다.

산업 측면	권장 기준
보호구역 관리	- 자연 구역: 5등급 - 반자연 구역: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 이미 변형된 경관: 생태계 서비스를 제공하고 자연계에 미치는 영향을 늘리기보다 줄일 것
채광, 채석 및 가스 시추	- 자연 구역: 5등급 - 반자연 구역: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 이미 변형된 경관: 생태계 서비스를 제공하고 자연계에 미치는 영향을 늘리기보다 줄일 것
숲 관리	- 자생 임지 관리: 5등급 - 자연 서식지 근처의 재조림: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 생태계 서비스를 위한 재조림: 자연 지역에 대한 해로운 영향을 미치지 않는 정도
농경지	- 잔여 부분 관리: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 자연 서식지 근처의 재조림: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 생태계 서비스를 위한 재조림: 자연 지역에 대한 해로운 영향을 미치지 않는 정도
어업 관리	- 자연 서식지 관리: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 자연 서식지 인근에 대한 관리: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 일반 어업 관리: 자연 구역 생태계에 유해 효과 없는 정도와 지속적인 개선 노력 필요
공공시설과 인프라	- 자연 구역: 5등급 - 반자연식 구역: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 공공 구역 내: 인근 자연 지역에 대한 해로운 영향을 미치지 않는 정도
도심 녹지	- 자연 구역: 5등급 - 반자연식 구역: 이상적으로는 5등급이나 최소 3등급 - 개장된 공원 및 정원: 최소 2등급 복원이 권장됨

복원의 노력을 계속 강조하기

모든 천연 자원 관리 분야와 성장하고 있는 생태복원 분야 사이에는 매우 중요한 잠재적 시너지가 존재한다. 그러므로 이 둘을 따로 분리하는 것 보다 통합된 하나의 것으로 보는 것이 더 이롭다(그림 4번 참조). 환경의 질적 저하를 줄이기 위한 전 지구적 임무는 생태학적 기본 원리를 이용해 환경에 미치는 영향을 줄이고 상호 이익이 실현될 수 있는 모든 산업 부문에서 현지 자생종을 망라하기 위한 강력한 인센티브를 제공한다.

이러한 연속적인 방법 및 복원 기본 개념과 복원 표준에 대한 숙지를 통해 관리 간섭을 개념화 하는 것은 정부, 업계와 지역사회들로 하여금 긍정적인 변화가 더 큰 규모로 가속화 될 수 있는 환경에서 통합된 공동 이익 발전을 용이하게 한다. 물론 환경 악화의 감소와 생태계, 수환경, 대기 환경의 개선에 대한 끊임없는 지역 발전은 비록 초기 투자가 적더라도 필연적으로 큰 틀에서 보면 누적되게 되어 있다. 이와 같이 지속적인 개선은 작다 할지라도 환경 악화 속도를 줄이고 생태계 및 개별 종들의 적응성 및 잠재적 회복력을 개선하는데 생태학적으로 매우 중요한 역할을 한다.



그림 3. 복원의 연속성

생태복원 및 복원 관리는 광범위한 환경에 대한 피해를 복구하고 생태복원을 보완하며 광범위한 복구를 위한 개선된 조건을 제공하기 위하여 사회가 수행하는 광범위한 활동이 있는 '복원의 연속성'을 따라 정렬 된 것으로 볼 수 있다



단일 종에 의한 녹화 프로젝트와 같은 초기 복원 활동은 시간이 지남에 따라 다양한 4 성
급에서 5 성급 복원 프로젝트로 변형 될 수 있다.

왼쪽, Bethany Beach, Delaware, USA, © ER & M / Biohabitats.

오른쪽, Delray Beach, 플로리다, 미국 © George D. Gann.

제 5 장 - 용어 설명

Abiotic / 비생물적 - 바위, 죽은 나무 또는 수성 기질, 대기, 날씨 및 기후, 지형학적 구조 및 측면, 영양 상태, 수문 체계, 화재 상태, 염분 상태와 같은 주어진 생태계 내의 무생물 및 상태.

Adaptive Management / 적응 관리 - 미래 프로젝트 및 프로그램에 대해 이전에 적용된 정책 및 관행을 평가하여 습득한 지식을 적용하여 관리 정책 및 관행을 개선하기 위해 진행 중인 프로세스(MA 2005). 관리 결정을 재검토하고 새로운 정보에 비추어 수정하는 것(Groom et al. 2006)

Approach (to restoration) / 복원을 위한 접근법 - 치료의 일반적인 범주.(자연 또는 보조 재생 또는 재건)(McDonald et al. 2016)

Assisted regeneration / 보조 재생 - 생물군을 현장에 재도입하거나 자연적으로 재생하도록 현장에 서식하게 하는 것과는 별개로 현장 또는 근처에 남아있는 생물군의 자연 재생 능력을 적극적으로 활용하는 것에 중점을 둔 복원에 대한 특정 접근법(Clewell & McDonald 2009). 이 접근법은 전형적으로 저/중 훼손의 현장에 적용되지만, 매우 광범위하게 훼손된 일부 현장에서도 적절한 처리 및 충분한 시간 프레임을 고려하여 보조 재생을 할 수 있음이 입증되었음(Prach & Hobbs 2008). 중재(intervention)는 해충 유기체 제거, 생태 교란 체제의 재적용, 신속한 군집화를 위한 자원의 설치를 포함

Attributes / 속성- 주요 생태계 속성 카테고리 참조.

Barriers (to recovery) / 장애물 - 생태계 속성의 회복을 방해하는 요인(May 1977)

Baseline inventory / 기준 목록 - 구조적, 기능적, 구성적 속성 및 현재 상태를 포함하여 복원 전 현장에 대한 현재 생물학적 및 비생물학적 요소에 대한 설명(SER 2004). 목록은 복원 목표, 측정 가능한 목표 및 처방을 포함한 계획을 알리기 위해 참조 모델과 함께 복원 계획의 시작 단계에서 구현됨

Biotic, biota / 생물의, 생물군 - 살아있는 동식물, 균류, 박테리아 및 다른 형태의 생명체를 포함하여 미세한 크기부터 대형까지 생태계의 살아있는 구성 요소

Carbon storage / 탄소 저장 - 대기 중 이산화탄소의 포집과 장기 저장(일반적으로 광합성과 식물 성장에 의한 바이오매스의 축적). 이것은 자연적으로 발생하거나 기후 변화의 영향을 줄이기 위한 행동의 결과일 수 있음

Climate envelope / 기후 포락선 - 종의 개체군이 분포하는 기후 범위. (Pearson & Dawson 2003). 기후 변화로 인해 이러한 포락선이 변하기 쉬움

Closure criteria / 폐쇄기준 - 복구 혹은 복원 작업 이전에 복원 된 현장에서 요구되는 측정 가능한 결과에 대한 자세한 설명은 규제 기관에 의해 고려 될 수 있음

Community structure / 공동체 구조 - 구조적 다양성에 대한 정의 참조.

Composition / 구성 - 생태계 내의 유기체 배열. 수 종 또는 속 (식물 및 척추동물 군) 또는 적어도 무척추 동물 및 미생물로 표시된 복원 또는 모니터링 계획.

Construction / 건설 - 이전에 현장에서 발생하지 않았던 영구적 또는 일시적 구성 요소를 만드는 방법 - '재건'과는 별도의 의미.

Creation (See also Designer Ecosystem) / 창조 (디자이너 생태계 참조) - 유용한 목적(예 : 원하는 서식지의 건설 및 조립 또는 수질 정화와 같은 서비스 제공)을 위해 의도적으로 생태계를 만드는 것(Clewell & Aronson 2013). 참조 생태계를 달성하는 데 도움이 됨

Cultural ecosystems / 문화 생태계 - 인간이 이용하기에 유용한 구조, 구성 및 기능을 제공하기 위해 자연 과정과 인간이 부과 한 조직의 공동 영향 하에 개발된 생태계(SER 2004). 생태계의 자연적 변동 범위(예 : 산업화 시대 이전의 사람들이 전통적으로 관리하는 초지와 사바나)의 범위 내에서 잘 유지되면 생태복원(적어도 부분 복구)의 대상이 될 수 있음. 그들이 자연적 다양성의 범위를 초과하는 곳에서는 그들은 과거 시스템이나 생산 시스템으로서 가장 잘 관리 될 수 있고, 보수는 복구라고 묘사됨

Cycling (ecological) / 생태계 순환 - 물, 탄소, 질소 및 모든 생태계 기능의 근본이 되는 기타 요소와 같은 자원들이 생태계 내부에서 이동하는 것.

Damage (to ecosystem) / 생태계 피해 - 생태계에 대한 명확하고 예리한 악영향(SER 2004).

Degradation (of an ecosystem) / 생태계 악화 - 생물다양성의 손실과 구조, 구성 및 기능의 단순화 또는 중단을 가져 오는 생태계에 대한 유해한 인위적 영향. 일반적으로 생태계 재화와 서비스의 흐름을 감소시킴(MA 2005, Alexander et al. 2011).

Designer Ecosystem (see also Creation) / 디자이너 생태계 - 생태계의 재구성을 달성하기보다는 멸종위기종의 위험요소 저감 및 보전 또는 다른 관리 목적을 달성하기 위해 주로 만들어진 생태계 (MacMahon and Holl 2001).

Desirable species / 양성 종 - 참조 생태계로부터 온 종(또는 때로는 토착이 아닌 보모 식물)으로, 현지의 자생 생태계가 회복 될 수 있도록 함. 양성 종의 결과가 항상 바람직하지는 않으며 일반적으로 외래 침입종인 경우가 많음(McDonald et al., 2016).

Destruction (of an ecosystem) / 생태계의 파괴 - 악화 또는 훼손이 모든 거시적 인 생명을 제거하고 일반적으로 생태계의 물리적 환경을 파괴 할 때를 의미함(SER 2004).

Ecological reference / 생태계 참조 - 참조 생태계 참조.

Ecological restoration (syn. ecosystem restoration) / 생태적 복원 (생태계 복원과 같음) - 악화, 손상 또는 파괴된 생태계의 복구를 돕는 프로세스 (SER 2004).

Ecosystem / 생태계 - 수역 및 복합 구성 요소가 상호 작용하여 복합적인 먹이 사슬, 영양 주기 및 에너지 흐름을 형성하는 토지에서 생물 또는 비생물 구성 요소의 소규모 또는 대규모 집합. '생태계'라는 용어는 어떤 크기나 규모의 생태적 집합체를 묘사하기 위해 일반적으로 사용됨.

Ecosystem attributes / 생태계 속성 - 주요 생태계 속성 카테고리 참조

Ecosystem maintenance / 생태계 유지 - 완전한 회복 후에 적용하는 지속적인 활동으로, 생태계의 속성을 유지하기 위하여 생태적인 퇴화 과정을 대처하기 위한 것. 위협이 통제 된 지역과 비교하여 높은 수준의 위협이 계속되는 복원된 지역에서는 지속적인 유지 관리가 더 많이 필요 할 수 있음(McDonald 외 2016).

Ecosystem resilience / 생태계 속성 - 시스템이 외부의 교란을 흡수하고 유사한 기능, 구조 및 피드백을 유지하면서 재구성 할 수 있는 능력(Suding 2011). 동식물 공동체에서 이 특성은 종의 진화 과정에서 겪었던 교란 또는 스트레스에 대한 개별 종의 적응에 크게 의존하게 됨(Westman, 1978).

Ecosystem services / 생태계 서비스 - 인간의 복지에 대한 생태계의 직간접적 기여. 여기에는 청정한 토양과 물, 공기의 생산, 기후 및 질병의 완화, 영양물질 순환과 수분작용, 인간들에게 유용하고 심미적 만족과 휴양과 인간적 가치를 제공할 잠재력이 포함됨(de Groot et al. 2010). 복원의 목표는 구체적으로 특정 생태계 서비스의 복원이나 하나 이상의 서비스의 품질 및 흐름을 개선하는 것을 의미함

Environmental repair / 환경 개선 - 생태계 기능, 생태계 서비스, 혹은 생물다양성을 증진하는 어떤 의도적인 복원 활동(McDonald et al. 2016)

External exchanges / 외적 교류 - 에너지, 물, 불, 유전물질, 동물들과 종자들의 흐름들을 포함하는 육상 또는 수상 환경 내의 생태학적 단위들 간에 발생하는 쌍방향 흐름, 교류

는 서식지 연계로 인해 촉진됨(SER 2004)

Five-star (5-star) recovery / 5등급 회복 - 생태계의 속성들이 다양한 처리 이후에 얼마나 잘 회복되고 있는지에 대한 상대적 평가를 제공하는 생물학적 및 비생물학적 요인들에 기초한 준-정량적인 평가체계. (복원 활동의 평가가 아니라 복원 결과의 평가임).

Fully recovery / 완전한 회복 - 생태계 속성들 모두가 참조 생태계(모델)의 속성들을 밀접하게 닮은 상태. 생태계 속성들의 완전한 해결 및 완성을 가져오는 자기 조직화를 보여주는 생태계가 선행됨. 자기 조직화의 시점에서 복원 단계는 완료된 것으로 간주 될 수 있으며 유지관리 단계로 이동함(McDonald et al. 2016)

Functions, of an ecosystem / 기능들 (어떤 생태계의) - 생물과 비생물적 요소들 사이의 상호작용과 관계속에서 발생하는 일. 이것은 제1차 생산량, 분해, 영양물질 순환, 증산 작용과 같은 생태계 과정(프로세스)들과, 경쟁과 탄력성과 같은 새로운 속성들을 포함. 기능들은 생태계들이 생태계 재화와 서비스를 인간들에게 전달할 수 있는 잠재력을 나타냄(Van Andel and Aronson 2012)

Gene flow / 유전자 유동 - 어떤 종의 개체군이 가진 유전적 다양성을 유지하는 개체들 사이의, 유전형질 교환. 자연에서 유전자 유동은 분산 벡터에 의해 그리고, 산과 강과 같은 지형적 장애물들에 의해 제한될 수 있음. 파편화된 서식지들에서 유전자 유동은 개간에 의한 잔재물들의 분리 때문에 제한될 수 있음.

Germplasm / 생식질 - 배아, 씨, 생장물질과 같은 유전물질의 자원을 미래의 개체군에게 연결시켜주는 다양한 재생물질들.

Indicators of recovery / 회복 지표 - 특정한 사이트에서 복원의 목적이나 목표를 향한 진전을 측정하는데 사용할 수 있는 생태계의 지수(들). (예를 들면 : 생태계의 생물학적 성질과 비생물학적 성질 요소들의 존재/부재를 측정)

Intervention (restoration) / 개입 (복원) - 기질 개량, 외래종 통제, 서식지 개량, 재도입의 경우처럼 복원을 달성하기 위해 수행하는 조치.

Inventory / 목록 - 목록기준을 참조.

Key ecosystem attribute categories / 핵심적인 생태계 속성 범주들 - 어떤 생태계의 생물적 및 비생물적 속성들과 기능들이 복원되는 정도를 평가하는데 실무자들에게 도움을 주기 위한 복원 표준들을 위하여 개발된 광범위한 범주들. 이 문서에서는 6가지 범주로 구분하는데, 위협요소의 부재, 물리적 조건, 종 구성, 군집 구조, 생태계 기능, 외부 교환이 포함된다(McDonal et al 2016). 이러한 특성을 실현함으로써 복잡성, 자기 조직화, 탄력성 및 지속 가능성을 실현할 수 있음.

Landscape flows / 경관 흐름 - 수생환경을 포함하고 에너지와 물과 불 그리고 유전물질을 포함하는 장소보다 더 큰 수준에서 발생하는 교환. 교환은 서식지 연결에 의해 촉진됨 (Wiens 1992).

Local native ecosystem / 지역 자생 생태계 - 지역 내에서 진화했다고 알려지거나, 기후 변화로 인해 이웃 지역에서 최근에 이주해온 (자생종이 아닌 침입종은 제외)종 혹은 하위 종으로 구성된 생태계. 지역의 증거가 부족한 경우에는 지역적, 역사적 정보가 가장 개연성이 높은 지역의 자생 생태계를 파악하는데 도움이 될 수 있음. 이 생태계는 '문화적 생태계'와 구별됨. 예를 들면 **농업생태계**와 같이 생태계가 자연계 유사체를 넘어서 범위와 구성이 실질적으로 수정되거나 해당 생태계의 자연적 변이 범위를 벗어난 경우.

Management / (생태계) 관리 - 생태계의 유지 및 교정(복원 포함)을 포함 할 수 있는 광범위한 카테고리

Mandatory restoration / 필수 복원 - 정부, 법원 또는 법정 권한에 의해 요구되어 수행되는 복원 또는 저감 활동(Galatowitsch 2012)

Natural(spontaneous) regeneration / 자연발생적(자발적) 재생 - 일시적인 이주나 그 지역에서 발생한 것과는 상관없이 식물, 동물 및 미생물을 포함한 생물 군 또는 다른 집단의 발아, 번식 또는 출생. 복원에 대한 '자연 재생' 접근법은 적극적 개입에 의존하는 '보조 자연 재생' 접근법과는 달리 인과 관계 요인만 제거한 후 직접 식재 또는 파종 없이 개체의 증가에 의존하게 됨(Prach &Hobbs 2008, Clewell & McDonald 2009).

Non-mandatory restoration / 비 필수 복원 - 정부, 규제 당국 또는 법원에서 요구하는 것 (의무)이 아닌 자발적인 복원.

Over-utilization / 과도한 사용 - 자원을 재생성하는 능력을 넘어서는 생태계의 수확 또는 개발의 모든 형태(과잉 어획, 과도한 개간, 과도한 방목, 과 연소 등을 포함).

Partial recovery / 부분 복구 - 생태계 속성 또는 모든 생태계 속성이 개선되었지만 참조 생태계와 매우 유사하지는 않은 상태.

Productivity / 생산성 - 생태계에서 동식물의 성장과 번식에 기여하는 바이오매스의 발생률.

Reallocation / 재배치 - 생태계를 다른 종류의 생태계 또는 토지 이용으로 전환시키는 것.
주로 현지 토착 생태계의 보전 관리 이외의 목적으로 사용됨(Aronson et al., 1993).

Reconstruction / 재건(재도입) - 전문가가 갱신에 의한 개입을 수행한 이후에도 생물이 재
생될 수 없기 때문에 적절한 생물을 거의 완전히 재도입할 필요가 있는 복원 접근법

Recovery / 회복 - 생태계가 참조 생태계에 의해 확인 된 수준과 관련하여 구성, 구조 및
기능을 회복하는 과정. 복원에서 회복은 복원 활동에 의해 지원되며 회복은 부분 또는
전체로 설명 될 수 있음.

Recruitment / 개체수 점증 - 후속 세대의 유기체 생산. 이것은 새로운 유기체의 수로 측
정 된 것이 아님. 이것은 새로운 유기체만으로 측정되는 것이 아니라 (예 : 모든 부화
나 묘목이 아니라) 지역내의 개체군에서 독립적인 개체로 발전하는 수로 측정됨.

Reference ecosystem / 참조 생태계 - 복원을 위한 모델 또는 벤치마킹의 역할을 수행 할
수 있는 유기체와 무생물의 공동체. 참조 생태계는 대개 복원 시스템에 존재했던 식물
상, 동물군, 비생물적 요소, 기능, 과정 및 연속적인 상태를 갖춘 생태계의 변형되지 않
은 형태를 나타내며, 악화, 훼손 또는 파괴가 발생하지 않았지만 변화되거나 예측된 환
경조건을 수용하도록 조정되어야 함. 참조 생태계에 대한 또 다른 용어는 '생태 참조'
임.

Reference model / 참조 모델 - 참조 생태계 참조

Regeneration / 재생 - 자연 재생 및 보조 재생 참조

Rehabilitation / 복구 - 생태적 복원이 요구되는 수준의 생태계 기능을 복원하는 목적으로
직접 또는 간접적 인 행동을 취하는 것이 아니라 생태계 재화와 서비스를 지속적으로
갱신하고 지속적으로 제공하는 것.

Restoration / 복원 - 생태복원 참조.

Restoration ecology / 복원 생태학 - 생태복원의 실천을 위한 개념, 모델, 방법론 및 도
구를 제공하는 생태 과학분야

Restoration program / 복원 프로그램 - 단일 사이트 또는 다수의 많은 소규모 복원 프로젝트의 복합체

Restoration project / 복원 프로젝트 - 계획 단계부터 시행, 완료 시점에 이르기까지 생태계의 복원을 달성하기 위해 수행되는 모든 작업. '프로젝트'라는 용어는 이 문서에서 '프로그램'이 지정되지 않은 경우 복원 프로젝트 또는 프로그램의 일반적인 용어로 사용됨. 이 문서에서는 계약이나 자금 조달에만 한정된 작업을 언급하지는 않음.

Restorative / 회복적 - 생태적 복원이 아닐지라도 생태학적 복원의 원리에 기초한 활동과 결과를 설명함.

Restorative / 복원적 - 생태적 복원이 반드시 필요한 것은 아니지만 생태적 복원의 원리에 기초한 활동 및 결과를 설명함

Revegetation / 녹화 - 지역 종 또는 자생종이 있거나 없는 지역(육지, 담수 및 해양 지역 포함)에 식생을 조성하는 것.

Self-organizing / 자기조직화 - 확인된 참조 생태계의 특성과 관련이 있음. 필요한 모든 요소가 존재하고 생태계의 속성이 외부 지원 없이 적절한 참조 상태로 계속 발전할 수 있는 상태(Clewell & Aronson 2013). 자기 조직화는 확인된 참조 생태계의 속성과 관련하여 성장, 번식, 생산자, 초식동물 및 육식동물간의 생태적 지위의 차이에 의해 입증될 수 있음.

Site / 부지 - 불연속 영역 또는 위치. 서로 상이한 스케일로 발생할 수 있지만, 일반적으로 경관보다는 작은 패치나 속성 스케일.

Spatial mosaic / 공간 모자이크 - 지형, 수문, 식생, 교란 또는 다른 요인의 수평적, 수직적 차이에 기인하며, 공간적 패턴을 종종 반영하는 종들의 조합에서 나타나는 패치

Spatial patterning / 공간 유형화 - 공간 모자이크 참조

Stratum, strata / 계층 (Stratum, Stratum의 복수형) - 생태계의 계층으로서, 나무, 관목, 초본과 같은 수직적 층위를 나타냄.

Stressors (ecological) / (생태적) 스트레스 요인 - 자연적으로 발생하는 생태 역학의 원동력(예 : 화재, 홍수, 가뭄, 냉해 및 종의 적응된 초식 동물)(Clewell & Aronson 2013)(Triggers 참조)

Substrate / 기질 - 생태계가 발전하는 토양, 모래, 암석, 파편 또는 기타 매체

Structural diversity / 구조적 다양성 - 주요 생태계 속성 범주는 '생태계 구조'와 '공동체 구조'를 전달하기 위하여 이 문서에서 사용되었음. 생태계 구조란 밀도, 층화, 종 분포 (서식, 서식처 크기 및 복잡성), 캐노피 구조 및 서식지 패턴, 그리고 비생물 적 요소를 포함한 생태계의 물리적 구성을 의미함. '공동체 구조'는 영양 피라미드, 먹이 그물 및 먹이 사슬을 포함하는 생태계의 생물권의 계급을 의미함.

Structure, of an ecosystem / 생태계 구조 - 구조적 다양성(Structural diversity)에 포함된 정의를 참조

Succession (ecological) / 생태 천이 - 교란에 대응하여 시간이 지남에 따라 생태계 내에서 발생하는 변화와 대체의 패턴. 방해 순응 생태계는 연속적 상태의 다양성이나 특정 연속적 다양성을 유지하기 위한 방해가 필요함.

Threat / 위협 - 잠재적으로 또는 이미 야기된 훼손, 손상 또는 파괴를 일으키는 요인.

Threshold (ecological) / 한계점 (생태적) - 환경적 또는 생물 물리적 조건의 작은 변화가 생태계를 다른 상태로 전환시키는 원인이 됨(Holling 1973, 1977 년 5 월). 한번 또는 그 이상의 생태적 한계점을 넘어서면 생태계가 인간의 개입 없이 이전 상태 또는 궤도로 쉽게 회복되지 않을 수 있음.

Trajectory (ecological) / 궤도 (생태적) - 시간 경과에 따른 생태계의 과정 또는 경로. 이것은 퇴화, 정체, 환경적 조건의 변화에 대한 순응, 또는 생태복원(상실된 보전 및 탄성의 이상적인 회복)에 대한 대응을 수반 할 수 있음.(Holling 1973)

Translocation / 전이 - 특정 육지 환경이나 수생 환경의 다른 부분 또는 더 먼 지역으로 유기체를 의도적으로 옮기는 것. 목적은 일반적으로 멸종위기종, 아종 또는 인구를 보존하는 것임.

Triggers (recovery) / 계기 (회복) - 자연적 또는 인위적 교란, 식물의 회복(예 : 토양 교란, 초식 동물, 화재, 범람 등)이나 동물의 유인 및 지원을 위한 주요 자원의 재배치(예 : 퍼치 나무(햇대), 거친 임목 파쇄물)를 시작하는 자원 흐름 (Stressors 참조)

Trophic levels / 영양 단계 - 먹이 그물 단계 (예 : 생산자, 초식 동물, 육식 동물, 분해자)

Wellbeing / 웰빙 - 만족스러운 삶, 자유와 선택, 건강, 좋은 사회적 관계와 안전을 위한 기본적 내용으로 구성된 인간의 상태 (IFAD 등록 번호 2261)

인용문헌

- Alexander S, Nelson CR, Aronson J, Lamb D, Cliquet A, Erwin KL, Finlayson CM, de Groot RS, Harris JA, Higgs ES, Hobbs RJ, Robin Lewis R, Martinez D, and Murcia C (2011) Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. *Restoration Ecology* 19:683-689
- Aronson J, and Alexander S (2013) Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology* 21:293-296
- Aronson J, Floret C, Le Floc'h E, Ovalle C, and Pontanier R (1993) Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology* 1:8-17
- Clewell A, and McDonald T (2009) Relevance of natural recovery to ecological restoration. *Ecological Restoration* 27:122-124
- Clewell AF, and Aronson J (2013) *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. 2nd edition. Island Press, Washington, D.C.
- Clewell AF, Rieger J, and Munroe J (2005) *Guidelines for developing and managing ecological restoration projects*. Society for Ecological Restoration International, Tuscon, Arizona www.ser.org
- Conservation Measures Partnership (2013) *Open standards for the practice of conservation*. Version 3. <http://cmp-openstandards.org/> (accessed March 15 2016)
- de Groot R, Fisher B, Christie M, Aronson J, Braat L, and Haines-Young (2010) Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. Pages 9-40 In: Kumar P (ed) *The economics of ecosystems and biodiversity: the ecological and economic foundations*. Earthscan, London
- Galatowitsch SM (2012) *Ecological restoration*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts
- Gann GD, and Lamb D (2006) *Ecological restoration: a means of conserving biodiversity and sustaining livelihoods*. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona
- Groom MA, Meffe GK, and Carroll CR (2006) *Principles of conservation biology*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts
- Hobbs RJ, and Harris JA (2001) Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology* 9:239-246
- Holling CS (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23
- IFAD (undated) *Indigenous peoples glossary*. <https://www.ifad.org/documents/10180/4cd018b6-c7eb-40c4-9190-2066e5b9dc91> Entry 2261

- IUCN/SSC (2013) Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Version 1. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland
- Keenleyside KA, Dudley N, Cairns S, Hall CM, and Stolton S (2012) Ecological restoration for protected areas: principles, guidelines and best practices. IUCN, Gland, Switzerland
- MacMahon JA, and Holl KD (2001) Ecological restoration: a key to conservation biology's future. pages 245-269 In: Soulé ME and Orians GH (eds) Conservation biology: research priorities for the next decade. Island Press, Washington, D.C.
- May RM (1977) Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature* 269:471-477
- McDonald T, Jonson J, and Dixon KW (2016) National standards for the practice of ecological restoration in Australia. *Restoration Ecology* 24:S6-S32
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press, Washington, D.C.
- Offard CA, and Meagher PF (2009) Plant germplasm conservation in Australia. Australian Network for Plant Conservation, Canberra, Australia
- Pearson RG, and Dawson TP (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12:361-371
- Prach K, and Hobbs RJ (2008) Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology* 16:363-366
- Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group (2004) The SER International primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona www.ser.org
- Suding KN (2011) Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 42:465-487
- van Andel J, and Aronson J (2012) Restoration ecology: the new frontier. 2nd edition. Wiley-Blackwell, Oxford
- Walker BH, and Salt DA (2006) Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press, Washington, D.C.
- Westman WE (1978) Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *Bioscience* 28:705-740
- Whisenant SG (1999) Repairing damaged wildlands: a process-oriented landscape-scale approach. Cambridge University Press, New York
- Wiens JA (1992) Ecological flows across landscape boundaries: a conceptual overview. Pages 217-235 In: Hansen AJ and DiCasteri F (eds) Landscape boundaries. Springer-Verlag, New York

부록

부록 1 : 생태복원을 뒷받침하는 가치들과 원리들

복원은 효과적이어야 하며, 적극적이어야 한다(Keenleyside et al. 2012 에 의해 수정됨).

- 효과적인 생태학적 복원은 가치를 재확립하고 유지한다.
- 효율적인 생태복원은 시간, 자원 및 노력의 비용을 최소화하면서 유익한 결과를 극대화한다.
- 바람직한 생태복원은 동반자들과 이해관계자들이 협력하고 참여를 촉진하고 경험을 진척시킨다.

효과적인 생태학적 복원 :

- 기존 자생 생태계를 유지하고 모델링하며 더 이상의 해를 입히지 않는다. 상대적으로 온전한 육지와 수생 생태계의 예가 전 세계적으로 남아 있으며, 이는 귀중한 자연 유산을 대표한다. 그들의 자연 환경과 상호 작용하는 유기체의 진화의 오랜 역사에 대한 감사는 생태복원의 윤리의 밑바탕이 된다.
- 야심차야 한다. 생태복원의 윤리는 최고의 그리고 최상의 보전 결과를 추구하는 것이다. 비록 오랜 시간이 걸린다고 하더라도 궁극적으로 이룰 수 있고 바람직한 곳에서 완전한 회복이 목표가 되어야 한다. 완전한 회복이 명확하게 달성되지 않거나 바람직하지 않은 경우, 자연 보전에 이용 가능한 지역의 실질적인 확장을 제공하는 생태계 조건의 적어도 부분적 회복과 지속적인 개선이 장려된다. 이 윤리는 우수한 복원을 알리고 추진한다.
- 보편적으로 적용할 수 있고 긍정적인 지역적이고 세계적인 함의로 적용된다. 그것은 자연과 사람에게 지역적, 세계적 이익을 가져다주는 지역 활동과 함께 수생 생태계와 육상 생태계를 포함한다.
- 인간의 가치를 반영하지만 또한 자연의 본질적인 가치를 인식한다. 생태복원은 경제적, 생태적, 문화적 및 영적 가치를 포함한 여러 가지 이유로 인해 수행된다. 우리의 가치는 인간만의 이익이 아니라 본질적인 가치로 생태계를 복구하고 관리하도록 노력한다. 생태복원의 실천에서 우리는 인간과 자연의 더 윤리적이고 만족스러운 관계를 추구한다.

- 생태계를 지속 가능하게 관리하고 보호하기 위한 대체재가 아니다. 기능상의 자연 생태계는 운송이 불가능하거나 손상된 후에는 쉽게 재건 될 수 없으며 생태복원의 성공을 확신 할 수 없기 때문에 복원의 약속은 기존 생태계를 파괴하거나 손상시키는 것이 정당화될 수 없다. 복원을 갈망하는 많은 프로젝트는 규모와 피해 정도, 기술, 생태 및 자원 제한을 비롯한 여러 가지 이유로 참조 생태계의 특성을 복원하는 데 부족하다. 따라서 변화, 개발 및 파편화가 이루어질 때나 변화와 협상할 때는 많은 주의와 신중함이 필요하다.

효율적인 생태복원은 다음에 달려있다.

생태학적

- 가능한 많은 범위에서 원인을 다루는 것. 황폐화의 원인이 해결되거나 완화되지 않는다면 황폐화는 복원 노력을 훼손시킬 것이다. 인위적 위협의 범위는 과도한 이용, 제거, 침식 및 퇴적, 오염, 교란 체제의 변화, 서식지 및 침입 종의 감소 및 단편화를 포함한다. 이러한 모든 위협은 자체 생태계의 쇠퇴를 초래할 수 있으며 특히 장기간에 걸쳐 합쳐질 경우 더욱 악화 될 수 있다. 서식지의 손실과 파편화는 특히 기후 변화로 인한 생물 다양성에 대한 위협을 악화시킨다.
- 복원은 유기체 자체가 수행하는 복구 과정을 촉진시킨다는 것을 인지한다. 대상지에 종과 서식지 특징을 재구성하는 것은 생태복원을 위한 출발점을 제공 할 뿐이다. 장기간의 과정은 유기체에 의해 수행된다. 이 과정의 속도는 더 큰 재원의 조달로 증가 될 수 있다
- 주변 생태적 상황을 고려하고 회복 가능한 영역에 우선순위를 매기는 것. 복잡한 위협과 기회를 적절하게 평가할 수 있도록 부지는 포괄적인 맥락에서 평가되어야 한다. 가장 좋은 생태적 경제적 효율성은 더 크고 상태가 좋은 부분들을 개선하고, 통합하고 점점 더 큰 규모로 이를 점진적으로 수행함으로써 발생한다. 육상/수상 환경의 위치 및 악화 정도는 필요한 투자의 순서와 규모에 영향을 미치게 된다.
- 손상의 정도에 가장 적합한 접근법을 적용. 많은 지역은 적어도 적절한 개입 조치가 이루어 졌을 때는 여전히 자연적으로 재생할 수 있는 능력을 가지고 있다. 반면 손상이 심한 곳은 처음부터 다시 재건해야 할 수도 있다. 전체적 재건이 필요하다고 가정하기 전에 부지의 고유한 회복성(이 회복력을 촉발시키고 활용하는 실험적 개입)을 고려하는 것이 중요하다(내용 상자 2).
- 악성 종들이 복원을 수반하는 교란에 대해 높은 회복력을 가질 수도 있다는 것을 인지

하기. 경쟁관계와 포식관계가 변화하기 때문에 가끔은 결과를 예측할 수 없다. 예를 들면 외래종은 목표가 달성될 때까지 포괄적이고 반복적인 조치를 취하지 않는다면 다른 외래종으로 대체되거나 더 심해질 수도 있다.

- **모든 생물학적 구성 요소들을 다루는 것.** 토양 복원은 일반적으로 식물 공동체를 재 설립하는 것으로 시작하지만 미생물에서 큰 생물까지 식물과 동물(특히 서식지를 만드는 것들)을 포함한 모든 중요한 생물 군을 통합해야 한다. 이것은 영양물질 순환, 토양 교란, 수분 및 분산과 같은 기능의 회복을 달성하기 위해 필요한 동식물의 상호 작용 및 영양 복잡성의 역할을 고려할 때 특히 중요하다. 적절한 규모의 개입을 확인하고 적절한 수준의 지원을 제공하기 위하여 동식물군 전문가의 협업이 필요하다.
- **유전적 문제 지목.** 서식지와 개체군이 분화되어 임계치/최소 크기 이하로 감소된 경우 식물 및 동물 종의 유전적 다양성이 훼손 될 수 있고 보다 많은 유전 물질이 더 큰 개체군에서 재도입되거나 유전자 이동이 복원 되거나 서식지가 확장 또는 연결되지 않으면 근친 교배가 발생할 수 있다. 반대로, 좁은 범위로 고유종의 유전적 격리는 밀접하게 연관된 분류군의 도입으로 인해 위협 받을 수도 있으며 교배로 인해 멸종될 수도 있다.

수송

- **과학과 실습간의 역동적인 상호 작용을 통해 철저하고, 연관되고, 적용 가능한 지식 이끌어 내기.** 과학, 자연 기반 문화 및 복원 실행에서 얻은 지식을 포함하여 모든 형태의 지식은 복원 프로젝트 및 프로그램을 설계, 구현 및 모니터링하는 데 중요하다. 실천 결과는 과학을 개선하는 데 사용될 수 있다. 그리고 과학은 실천을 다듬는 데 사용된다. 실제 적용 가능한 연구 및 개발에서의 주요한 투자는 복원 성공의 기회를 증가시키고 원하는 복원 결과가 달성 될 수 있다는 규제 확신을 뒷받침한다.
- **생태계에 대한 지식과 과거의 실수에 대한 인식.** 성공은 (i) 목표 생태계의 생물 및 비 생물계 시스템, 그리고 예상 기후 변화를 포함한 다양한 조건 하에서 이들이 어떻게 수립되며, 기능하고, 상호 작용하고, 재생산되는지, 그리고 (ii) 다른 곳에서 시도된 특정 복원 방법에 대한 종들에 대한 반응에 대한 지식을 증진시킵니다.
- **적응형 (관리) 접근법 채택.** 생태계는 종종 특히 초기 복구 단계에서는 매우 역동적이며, 각 부지마다 차이가 있다. 이는 특정 생태계와 부지에 특정 해결책이 필요하다는 것을 의미할 뿐만 아니라 시행착오를 거친 후 해결책을 마련해야 할 수도 있다. 따라서 프로젝트가 개발됨에 따라 수정할 수 있는 초기 처방에 따라 일련의 집중적이고 관리된 단계에서 복원을 계획하고 수행하는 것이 유용하다.
- **명확하고 측정 가능한 대상, 목표와 목적.** 진행 상황을 측정하기 위해서는 복구 결과를 평가하는 방법을 처음부터 확인할 필요가 있다. 이를 통해 프로젝트가 올바른 정보를

수집 할 수 있을 뿐만 아니라 성공할 가능성이 높은 전략과 행동을 고안하는 계획 프로세스를 보다 잘 조정할 수 있다(내용 상자 3).

- **적절한 자원 동원.** 예산 편성 전략은 프로젝트 초기에 확인되어야 한다. 개발과 관련된 완화조치의 일부와 같이 더 많은 예산이 있을 때 복원 활동이 보다 짧은 시간 동안 이루어질 수 있다. 새로운 영역으로 확장하기 전에 사용 가능한 예산 내에서 적절히 수행할 수 있는 영역으로 작업을 제한하는 경우 장기간에 걸친 예산 축소는 매우 효과적일 수 있다. 지역 사회 자원 봉사자가 잘 지원되는 경우 예산이 제한되어 있을 때 성과를 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있다.
- **적절한 장기관리 준비.** 대부분의 복원된 생태계와 특히 훼손의 원인이 완전히 밝혀지지 않는 곳에서는 확실한 재원, 재산 소유자의 헌신 및 장기적인 관리가 필요할 것이다. 지속적인 복원 과정들은 시간이 지나고 종과 환경 사이의 상호 작용이 변함에 따라 이 과정을 돕고 지원한다. 단기, 중기 및 장기간의 회복 과정에서 종, 구조 및 기능의 변화 가능성을 확인하는 것이 도움이 될 수 있다.

바람직한 생태복원은 다음 사항에 의존한다.

- **이해관계자들과의 효과적인 의사소통 및 홍보 구축.** 성공적인 복원 프로젝트는 지역 공동체, 특히 전통적인 생태 지식을 보유한 공동체 및 원주민을 비롯한 이해관계자와의 강력한 관계를 유지하게 해줍니다. 의사소통이 계획 단계에서 시작되어 프로젝트 전반 및 복원 작업이 완료된 후에도 지속되면 의사소통 및 홍보 활동이 가장 잘 이루어집니다. 제한된 복원 자원을 소비하기 전에 복원된 생태계가 사회 전체에 미칠 수 있는 잠재적 이익은 명시적으로 조사되고 인식되어야 한다. 안전한 사회 환경에서 복원이 수행되기 위해서는 복구된 생태계가 선호되는 장기 목표인지 확인하는 이해관계자의 동의가 필요하다.
- **복원 현장의 관리 및 복원을 위한 해결방안 개발에 이해관계자의 참여 유도.** 이해관계자가 문제를 평가하고 해결책을 고안하는 경우는 생태복원 결과가 더 효과적이고 효율적이다. 이해관계자들이 복원 노력에 종사하며 지역 문화에 '소유권'을 구축하는 경우에 이해관계자가 받을 수 있는 혜택이나 인센티브가 있는 경우 복원 결과는 더욱 안정적일 것이다.

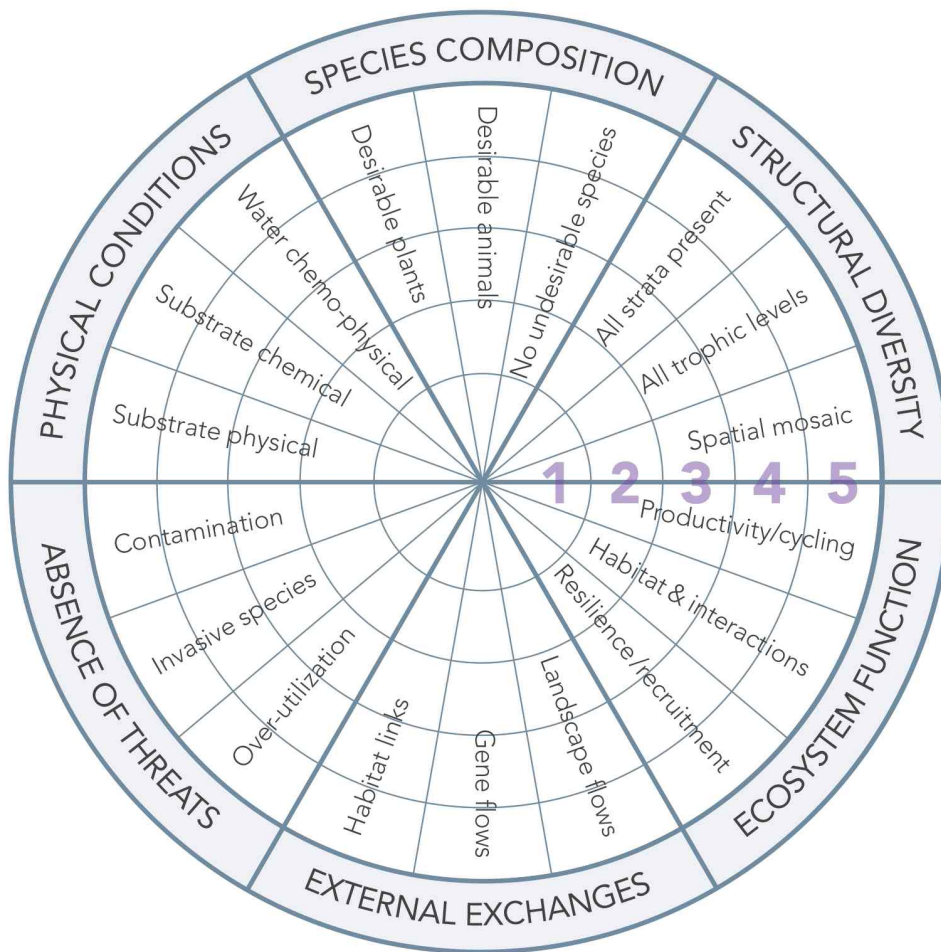


라 누이 초등학교의 수업에서 학생들은 뉴질랜드의 와이타케레(Waitakere) 지역의 아크 프로젝트의 일환으로 화이트헤드(whitehead³⁾ / pōpokotea, *Mohoua albicilla*) 방사 행사를 진행하고 있다. Ark 프로젝트는 쥐, 담비 및 기타 침입 종으로부터 피난처를 제공한다. 문화적으로 마오리 족에게 중요한 점은 화이트헤드가 점쟁이로 간주되어 전통 예식에 사용되었다는 것이다.

사진 제공 : Jacqui Geux

3) 역자 주. 화이트 헤드(*Mohoua albicilla*) 또는 포포코테아(pōpotea)는 뉴질랜드 고유의 작은 새로서, Mohouidae과에 속한다.

부록 2. 프로젝트 평가용 표



생태계 회복 정도 평가

대상지 -----

평가자 -----

날 짜 -----

속성 범주	회복 수준 (1-5)	회복 수준의 증거
속성 1. 위협요인의 부재		
과도한 이용		
침입종		
오염		
속성 2. 물리적 조건		
기질의 물리성		
기질의 화학성		
속성 3. 종 구성		
양성종(식물)		
양성종(동물)		
비양성종		
속성 4. 구조적 다양성		
모든 식물의 층위		
모든 영양 수준		
공간 모자이크		
속성 5. 생태계 기능		
생산성, 순환 등		
서식지와 식물-동물간의 상호작용 등		
탄력성, 개체수 변화 등		
속성 6. 교환율		
경관의 흐름		
유전자 유동		
서식지 연결성		