

우리나라에서는 왜 생태복원이 국제사회와 다르게 진행될까?

이창석⁺

서울여자대학교 생명환경공학과

Why is ecological restoration practiced differently from the international community in Korea?

Chang Seok Lee[†]

Dept. of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University

(Received : 10 November 2023, Revised : 16 November 2023, Accepted : 17 November 2023)

요약

생태복원은 문제가 있는 생태적 공간을 진단하고, 온전한 자연을 분석하여 얻은 정보를 바탕으로 훼손된 생태계를 치유하여 본래의 모습과 유사한 건강한 모습으로 되돌려놓는 생태기술이다. 성공적인 복원을 이루기 위해서는 일련의 절차를 존중하여 사업이 추진되어야 한다. 그러나 국내에서 진행되는 복원사업은 진단평가에 관계없이 적극적인 복원 위주로 추진하여 비용과 에너지를 낭비하고 효과는 크지 않다. 대조생태정보가 활용되지 않아 훼손된 자연을 되돌리기 위한 생태복원이 자연의 모습과 크게 다른 모습을 연출하며 또 다른 훼손을 유발하고 있다. 복원효과가 평가되지 않아 성공여부를 판단할 수 없어 사업이 계속되어도 발전이 없고 효과도 없다. 그러나 선진사회는 이러한 절차를 존중하여 학문적 진전을 이루어낸 것은 물론 생태복원이 하나의 산업으로 자리 잡아 환경을 개선하는 것은 물론 경제적 측면에서도 큰 효과를 거두고 있다. 따라서 국제사회는 생태복원을 기후변화를 비롯해 지구적 차원의 환경문제를 해결할 수 있는 중요한 수단으로 인식하여 국제기구가 중심이 되어 상층입은 지구를 치료하기 위한 사업을 활발하게 추진해 나가고 있다. 그러나 국내에서 추진된 복원사업은 효과 평가 결과 대부분 수준 이하로 평가되었다. 그럼에도 불구하고 이러한 수준을 향상시키는데 중요한 기여를 할 수 있는 생태복원을 하나의 새로운 산업으로 정립하기 위한 계획을 수준 낮은 사업을 주도해 온 당사자들이 가로막고 있어 문제를 더욱 악화시키고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사전과 사후로 구분하여 엄정하고 바른 사업 평가 제도를 도입하여 불량사업을 걸러낼 필요가 있다. 나아가 생태복원을 하나의 산업으로 신설하여 그 과정을 시장의 원리에 맡길 필요가 있다.

핵심용어 : 대조생태정보, 모니터링, 복원효과, 생태복원업, 순환경리, 진단평가

Abstract

Ecological restoration is an ecological technology that diagnoses problematic ecological spaces and restores the damaged ecosystem to a healthy appearance similar to its original appearance based on reference information obtained by analyzing intact nature. To achieve successful restoration, the project must be carried out in respect of a series of procedures. However, in Korea, restoration projects are usually actively promoted regardless of diagnostic evaluation, which wastes cost and energy, and the effect is not significant. As the reference information is not utilized, ecological restoration to return the damaged nature makes features different greatly from the appearance of nature, causing another damage. As the restoration effect is not evaluated, it is impossible to determine whether it is successful or not, and as a result, even if the project continues, there is no development and no effect. However, advanced societies have not only made academic progress by respecting these procedures but also have great economic effects along with the improvement of environmental conditions as ecological restoration has become an industry. Therefore, the international society recognizes ecological restoration as an important means of solving environmental problems at the global level, including climate change, and international organizations are actively promoting projects to treat the injured planet. However, most of the restoration projects promoted in Korea were evaluated below the level

[†]To whom correspondence should be addressed.
Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University
E-mail : leecs@swu.ac.kr

• Chang Seok Lee Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University / Professor (leecs@swu.ac.kr)

as a result of the evaluation of the effect. Nevertheless, those who have led low-quality projects are blocking plans to establish ecological restoration as a new industry that can contribute significantly to improving these levels, and thus the problem is expected to worsen. To solve this problem, it is necessary to filter out defective businesses by introducing a strict and correct project evaluation system by dividing it into before and after. Furthermore, it is necessary to establish ecological restoration as an industry and leave the process in the principles of the market.

Key words : adaptive management, diagnostic assessment, ecological restoration industry, monitoring, reference information, restoration effect

1. 서 론

생태계 (ecosystem)는 서로 상호작용하는 생물학적 요소와 비생물학적 요소들의 공동체이다. 여기에서 생물체 (식물, 동물 및 미생물)들은 특정한 공간과 환경 (예를 들어, 공기, 음식, 물, 토양 등)으로부터 얻는 이익을 공유한다 (Odum and Barrett, 2005). 이러한 생태계는 '생물권'의 토대가 되고 지구의 생태적 균형을 유지하는데 기여한다. 생태계를 이루는 각각의 생물은 자신의 역할과 목적을 가지고 있다. 생태적 균형을 교란하는 것은 그것에 의존하는 모든 생물들에게 재앙이 될 수 있다. 지속 가능한 생태계의 특성은 생물다양성, 안정성, 그리고 건강을 포함한다. 생태계가 지속 가능할 때, 그것은 스스로를 재생산하고 지탱할 수 있는 능력을 가지고 있다 (Lim et al., 2022; Kim et al., 2022; 이, 2023a).

한편, 생태계의 퇴화는 생물 종의 생존 능력을 감소시키는 전 지구적인 환경 문제이다. 이 과정은 자연적인 것일 수도 있고 인간에 의해 만들어진 것일 수도 있는데, 대개 오염, 기후 변화, 토지 개간, 자원 개발, 그리고 개체군 쇠퇴로 인해 발생한다. 생태계의 지속적인 퇴화는 홍수 증가, 해수면 상승, 먹이 사슬의 붕괴, 물 부족, 식량 부족, 생물 다양성의 상실 등을 초래한다 (이, 2015; 이, 2023a; Lim et al., 2022).

그러면 생태계 퇴화는 왜 중요할까? 그리고 우리는 왜 이러한 문제에 경각심을 가져야 할까? 지난 60년 동안 지구 생태계의 60%가 퇴화되었다. 한해에만도 인간은 지구에서 약 230억 톤의 자원을 추출하고 있다. 이러한 행위가 지속적으로 진행된다면 우리의 자연 생태계가 대처하고 조정하는 것을 어렵게 만들고, 우리가 최선의 노력을 하는데도 불구하고 그들이 회복하는데 필요한 시간이 곧 부족해질 것이기 때문이다. 2050년까지 지구 토지의 95%가 퇴화될 것으로 예상된다. 지속 불가능한 농업 활동은 이미 240억 톤의 토양을 침식했고, 생태계 기능 (예: 영양염류 순환과 기후 조절)을 상실시켜 왔다. 그러나 이러한 기능들은 지구상의 생명체가 지속 가능하도록 돕는다. 이 위기는 긴급한 행동을 필요로 하고 있다 (BenDor et al., 2015a,b; de Carbon, 2022).

2020년 9월 93개국을 대표하는 정치 지도자들이 참여한 유엔 정상회담에서 지속가능한 발전을 위해 2030년까지 생

물다양성 손실을 되돌리기 위해 함께 노력할 것을 약속한 자연을 위한 서약에 합의했다. 이 서약은 야생동물과 기후를 경제 회복 계획, 팬데믹 이후 대책, 기후 위기, 산림 파괴, 오염 및 생태계 퇴화를 해결하기 위한 약속의 중심에 두는 것을 목표로 하고 있다. 더 나아가 유엔 생태계 복원 10년 (UN Decade on Ecosystem Restoration)은 2021년부터 2030년까지 10년을 상치입은 지구를 치료하는 기간으로 정했는데, 그 계획의 종료 시기는 지속 가능한 개발 목표 (SDGs)의 이행 시한이고, 과학자들이 기후 변화의 재앙적인 영향을 막을 수 있는 마지막 기회로 인식한 한계시한이다. 이 계획은 모든 지역의 70개 이상의 국가들이 요구한 행동 제안에 대한 유엔 총회의 반응이다. 이 계획은 유엔 환경 계획 (UNEP)과 유엔 식량 농업 기구 (FAO)가 주도 하고 그 목표는 빈곤을 종식하고, 기후 변화에 대처하며, 대멸종을 막기 위해 모든 대륙과 모든 해양의 생태계 퇴화를 방지하고, 중단하며 되돌리는 것이다 (BenDor et al., 2015a,b; de Carbon, 2022).

혹자는 여전히 "생태 복원이 무엇이고 왜 중요합니까?"라고 물을 수 있다. UNEP (2021)는 생태 복원을 "생태적 기능을 회복하기 위해 육상, 호수, 바다와 같은 생태계의 퇴화를 되돌리는 과정, 즉 사회의 필요를 충족시키기 위해 생태계의 생산성과 능력을 향상시키는 것"이라고 정의하고 있다. 이것은 과도하게 개발된 생태계의 자연적인 재생을 허용하거나 나무를 비롯해 여러 식물을 심어서 이루어낼 수 있다. 그것의 주요 목표는 사회, 경제 및 환경적 혜택의 창조를 비롯해 생물다양성의 보존과 지속 가능한 이용에 기여하고, 건강하고 연속된 생태계를 창조하여 식량과 물 안보의 증진, 기후 변화 완화와 적응, 그리고 사람들의 생활환경 개선에 기여하는 것이다 (BenDor et al., 2015a,b; de Carbo, 2022).

자연복원은 오늘날 그 연구와 실천이 널리 행해지고 있다. 국내에서도 "복원"이라는 용어가 1990년대 이후 등장하기 시작하여 현재 아주 보편화 되어 있다. 그러나 그 개념과 방향은 해당분야에서 오랜 기간 연구를 진행해 온 선진국들과 차이를 보이고 있다. 이런 점에서 그 개념과 방향을 점검해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 국내에서 진행된 몇 가지 복원사례를 분석하여 이러한 문제의 배경을 밝히는데 1차적 목표를 둔다. 나아가 국내에서 진행되는 복원사업을 선진사회에서 진행되는 복원 사업과 비교하여 문제를 해결하기 위한 방안을 마련하는데 또 하나의 목표를 둔다.

2. 재료 및 방법

생태복원의 개념 및 방법과 관련된 내용은 국제생태복원 학회에서 발표한 문헌, 즉 SERI (2004), McDonald et al. (2016) 및 Gann et al. (2019)을 분석하여 검토하였다. 현행 국내 복원사업의 문제점은 사업의 진행 방향과 결과를 이러한 문헌을 통해 수집된 정보와 비교하여 분석하였다.

국내 복원사업에 대한 분석은 이러한 사업을 추진하는 주요 부서인 환경부, 국토교통부 및 산림청 사업을 대상으로 수행하였다. 복원의 효과는 복원된 장소의 종 구성과 종 다양성을 대조지소의 것과 비교하는 것을 중심으로 평가하였다 (Lee et al., 2020; Lim et al., 2022; Kim et al., 2023).

문제가 있는 복원사업의 개선방안은 앞서 언급한 국제생태복원학회의 복원 지침 및 기준을 분석하고 나아가 금년 9월 말에서 10월 초 사이에 열린 SER2023에 참석하여 수집한 생태복원에 대한 최근 동향을 분석한 결과를 바탕으로 제시하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 생태복원의 필요성

인간 활동에 의한 자연의 훼손과 파괴는 대부분의 다른 종들에게 해를 끼쳐왔고, 인간 자신에게도 다양한 형태로 악영향을 유발하고 있다. 생태복원은 그러한 추세를 역전시켜 다양한 생물들에게 새로운 서식처를 찾을 기회를 제공하고, 인간에게도 그러한 영향으로부터 벗어날 가능성을 제시한다. 교란된 장소에서 자연의 한 현상으로 진행되는 천이는 인간의 어떤 도움이 없이도 생태계를 재창조하는 자연의 능력을 보여주는 좋은 예라 할 수 있다 (Walker et al., 2007). 이러한 사실을 고려할 때 어떤 목적을 가지고 체계화된 인간의 보조가 뒷받침된다면 훼손된 환경은 보다 신속히 개선될 가능성이 있을 것으로 판단된다. 이처럼 자연 스스로의 회복을 돕는 과정이 생태복원이다 (SERI, 2004).

우리들이 오랜 기간 즐기며 함께 살아왔던 자연환경이 급속히 변하거나 사라지고 있기 때문에 얼마 전까지 우리 주변에 가까이 있던 식물과 동물 그리고 들판에서 지저귀던 새소리와 물소리까지도 인간으로부터 멀어져 가고 있다. 그러나 인류도 하나의 생물종인 이상 다른 생물들과 그 주위 환경의 조합으로 이루어진 생태계와 별도의 삶을 유지할 수는 없다. 훼손된 자연을 본래 모습에 가깝게 치유하여 자발적 유지가 가능한 계로 되돌려 자연과 공존하고 다양한 자연과 조화로운 관계를 유지하여야만 인류의 존속이 가능하다 (Lee and You, 2001).

기후변화의 주요인으로 판단되고 있는 탄소수지의 이상을 과거에는 주로 화석 연료의 과도한 이용에 중점을 두고 해석하여 산업혁명 이전의 대기 중 이산화탄소 농도는 큰 변화 없이 280 ppm 수준을 유지해 온 것으로 판단해 왔다

(Hardy, 2004; Lee et al., 2011). 그러나 최근 남극의 얼음 코어에 갇혀 있던 공기 시료를 분석한 결과 대기 중 이산화탄소 농도는 농업활동이 활발하게 시작된 약 7,000년 전부터 증가하기 시작하였음을 확인하고 있다. 뿐만 아니라 얼음코어 분석을 통해 1600년대 초반에는 이산화탄소 농도가 10 ppm 정도 감소하는 결과도 확인하였는데, 이러한 결과는 유럽인들이 신대륙으로 이주하는 과정에서 전염병이 전파되면서 그것으로 인한 인명 소실과 그들이 이용하던 농경지의 자연 회귀에 따른 것으로 해석하고 있다 (Ahn et al., 2012). 토지이용강도가 다른 지역 간에 대기 중 CO₂의 농도와 탄소 수지의 차이도 확인되고 있다 (Lim et al., 2022). 토지이용이 탄소수지에 중요한 영향을 미치고 있다는 증거들이다.

다른 예도 있다. CO₂농도는 지구적 차원은 물론 국지적 차원에서 지속적으로 증가하는 추세에 있지만 그것의 연 변화는 뚜렷한 계절현상을 보여 겨울에 높고 여름에 낮다. 이것은 온대지역의 숲이 CO₂의 고정원 (sink)으로 작용한 결과이다 (Amthor, 1995). Eddy 공분산법을 적용하여 토지이용유형이 다른 두 지소의 탄소흐름을 분석한 결과는 도시의 주거지역과 자연공원지역이 탄소수지에서 각각 발생원 (source)과 고정원으로 기능하고 있음을 분명하게 보여주고 있다 (Park et al., 2014).

우리나라에서 30년 이상의 기온측정치를 가진 지역을 대상으로 시간이 경과함에 따른 연평균 기온의 변화를 분석하여 지역 별 기온 상승계수를 구한 후 지역 별 기온상승계수의 등치선을 연결하여 작성한 기후변화지도를 분석한 결과 지역 별 기온상승계수는 토지이용강도에 비례하는 경향이 있었다 (Lim et al., 2022). 즉 기온은 토지이용강도가 높은 수도권과 영남지역에서 빠르게 증가하는 경향이었고, 백두대간을 중심으로 토지이용강도가 낮은 지역에서는 기온상승이 거의 이루어지지 않았다.

이러한 결과로부터 기후변화 유발요인으로 토지이용강도의 중요성을 확인할 수 있고, 나아가 그러한 문제를 해결하기 위한 수단으로서 효율적인 토지이용 및 생태적 복원의 활용가능성을 기대할 수 있다 (Lim et al., 2022).

현재 우리나라는 이산화탄소 배출량이 6억 9,000만 톤가량 되고 그 흡수량은 겨우 4,500만 톤 수준이다. 배출량과 흡수량 차이가 매우 커 계획한 탄소 중립 목표에 도달하려면 갈 길이 멀다 (Lee, 2023b). 우리나라의 지자체 단위로 탄소수지를 평가해보니 탄소수지는 각 지자체가 확보하고 있는 산림 면적과 밀접한 상관관계를 보였다. 지역의 기온상승 계수도 마찬가지로 경향을 보였다 (Kim et al., 2022). 숲은 이산화탄소를 흡수할 뿐만 아니라 기후조절 기능까지 갖추고 있기 때문이다. 이러한 사실을 바르게 인식한 선진사회는 산림을 비롯한 흡수원 확보를 탄소중립을 실현하기 위한 주요 전략으로 채택하고 있다. 탄소배출 의무 감축국 편입을 반대했던 미국의 전략 (Hardy, 2004), 유엔환경계획 (UNEP)과 국제식량농업기구 (FAO)가 주도하고 57 개국 1,000여 단체가 참여하고 있는 상채입은 지구 치료 프

로그래 (UN Decade on Ecosystem Restoration, UNEP and FAO, 2020, Aronson et al., 2020), 국제자연보존연맹 (IUCN)의 자연기반해법 (Nature Based Solutions, UNEP and IUCN, 2021)이 이러한 전략을 대표한다.

3.2 현행 국내 복원사업의 문제점

생태적 복원의 개념과 절차에 대해서는 일반생태학 및 복원생태학 교과서, 그리고 국제복원생태학회의 홈페이지 (www.ser.org)를 통해서도 안내되고 있다. 그러나 국내의 복원사업에서 이러한 복원생태학의 원리는 대체로 무시되고 있는 경향이다. 국내의 복원사업에서 진단평가는 생략되는 경우가 많고, 도입되어도 그 결과에 기초하여 복원의 수준과 방법이 결정되는 경우는 거의 없고, 훼손 정도에 관계없이 대부분의 복원사업은 적극적 방법으로 진행된다. 따라서 비용과 에너지가 낭비되고, 많은 비용과 에너지를 투자하고도 효과는 크지 않다. 대조생태정보도 거의 활용되지 않고, 사업자의 주관적 판단에 의해 복원이 이루어지고 있다. 즉, 모델이 없고 목표가 없는 복원사업이 이루어지고 있는 것이다. 따라서 복원사업에서 철저히 배제되어야 할 외래종이 도입되는 경우도 많고, 생태적 공간분포를 크게 벗어난 외지 종 (일명, 국내 외래종)이나 더 큰 생태적 기능을 발휘할 수 있는 적합한 미소 서식처를 벗어나 도입생물들이 배치되는 경우는 비일비재하다 (이 등, 2007; 안 등, 2014). 모니터링은 이루어지지만 사업초기에 복원의 목표가 되는 대조생태정보가 활용되지 않아 효과적인 순응관리는 이루어지지 못하고 있다. 아울러 복원의 효과 평가도 거의 이루어지지 못하고 있다. 따라서 사업이 계속 진행되어도 발전이 이루어지지 않고 있는 것이다. 이러한 복원사업에 대한 국제적 평가는 더욱 혹독하여 전문용어를 혼탁시키고 있다는 평가까지 내려지고 있는 실정이다 (Reif, 2010).

몇몇 복원사업을 예로 하여 그 실태를 검토해 보기로 하자.

사례 1. 생태계 보전 협력금으로 진행된 사업

환경부는 자연환경보전정책의 일환으로 오염자부담원칙에 입각하여 자연보전 재원을 마련하고, 인간의 개발행위에 의한 생태계 훼손을 극대화하기 위해 생태계보전협력금제도를 시행하고 있다. 즉, 생태계보전협력금 제도는 개발로 인한 야생 동·식물 서식지 등 자연생태계 훼손을 최소화하고, 자연생태계 훼손이 불가피한 경우 훼손한 만큼의 비용을 사업자에게 부과·징수하여 생태계 복원사업 등 자연환경 보전사업에 사용하기 위한 제도를 말한다.

이 제도를 통해 마련된 기금은 생태계보전협력금 반환사업을 통해 자연환경보전사업에 활용되고 있다. 환경부는 생태계보전협력금 반환사업 신청자 중 사업자를 선정하고, 선정된 사업자에게 납부한 생태계보전협력금의 100분의 50 범위 내에서 기금을 반환해 주고 그 기금을 활용해 훼손된 생태환경을 복원하고, 대체자연을 조성하는 등 생태계 보전



Photo 1. A signboard for guiding the project for conserving a peat wetland as a habitat of salamanders, which was implemented as a project to return cooperation funds for ecosystem conservation. If place ④ is a salamander habitat, the buffer zone should be in the form of surrounding the brook rather than dividing it as indicated on this map.

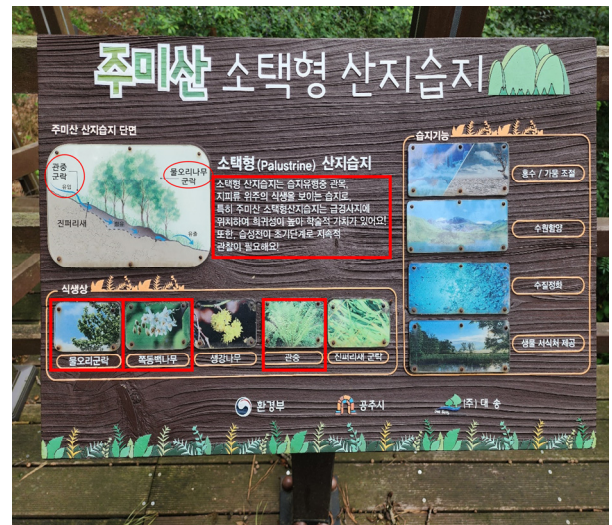


Photo 2. A signboard for guiding the mountain wetland conservation project practiced at the same place as photo 1 as a project to return cooperation funds for ecosystem conservation. Seven errors are being found on this small signboard. The parts marked in red correspond to such errors. *Dryopteris crassirhizome*, *Styrax obassia*, and *Alnus sibirica* correspond to cases identified incorrectly *Matteuccia atruthiopteris*, *S. japonica*, and *A. japonica*. The board explained that forest swamp is usually composed of shrubs and undergrowth, but forest swamp includes tall trees, mosses, and lichens. In addition, it explains that this is an early stage of hydrosere but this is a late stage of the hydrosere.

및 복원사업을 시행해 오고 있다.

그러나 진행되는 사업을 보면, 개념조차 파악하지 못해 막대한 비용이 투자되고 있지만 본래의 목적인 생태계 보전은 전혀 이루어지지 못하고 있는 실정이다 (Photos 1 및

2). 사업자 선정 기준을 빠르게 정할 필요가 있고, 전문성을 갖춘 전문가에 의해 바른 심사가 이루어질 필요가 있다. 여기에서 전문가는 오랜 기간 해당분야 연구를 수행하여 연구실적(논문)을 전문가로부터 인정받은(가능한 한 공정한 평가가 이루어지는 국제적으로 인정받은) 사람을 의미한다. 그러나 이러한 사업의 대부분은 이해관계가 얽힌 사람들끼리 모여 사업자 선정기준을 정하고, 그들끼리 심사를 하고 있다. 생태복원의 발전을 위해 반드시 개선이 필요한 부분이다.

이러한 과정이 나은 결과를 보자. 도롱뇽 서식지인 선형의 계류 복원 사업 안내 간판을 보면, 완충지역이 계류를 감싸는 형태가 아니라 선형의 계류를 종단으로 나누는 형태가 되어 보전지역 설정의 기본이 지켜지지 않고 있음을 볼 수 있다(Photo 1). 인근 지역에서 수행된 또 하나의 습지복원 안내 간판을 보면 간판 하나에서 식물명과 습지 개념과 관련하여 일곱 개의 오류가 발견되고 있다(Photo 2). 여기 보전지역 설계가 어떻게 이루어져야 하고(Fig. 1), 특히 선형 습지인 계류의 보전지역 설정은 어떻게 이루어져야 하는지를 제시한다(Fig. 2). 이미 1990년대에 발표된 개념조차도 지켜지지 않는 환경행정이 아쉽다. 나아가 간판에 제시된 개념의 오류를 지적하고 바른 개념을 제시한다(Photos 1 및 2).

사례 2. 생태하천 복원 사업

하천 복원 사업의 성공여부를 진단하고 향후 발전방향을 모색하기 위해 9개 주요 지역에서 수행된 하천복원 사업을 하천의 형태와 생태적 특성에 근거하여 평가하였다. 평가는



Fig. 1. Zoning of biosphere reserves.

- ☞ Core area: a strictly protected zone that contributes to the conservation of landscapes, ecosystems, species and genetic variation
- ☞ Buffer zone: an area surrounds or adjoins the core area(s), and is used for activities compatible with sound ecological practices that can reinforce scientific research, monitoring, training and education.
- ☞ Transition area: an area where communities foster socio-culturally and ecologically sustainable economic and human activities

* Source: <https://kerrybiosphere.ie/biosphere-reserve>

5-country Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube (TBR MDD)

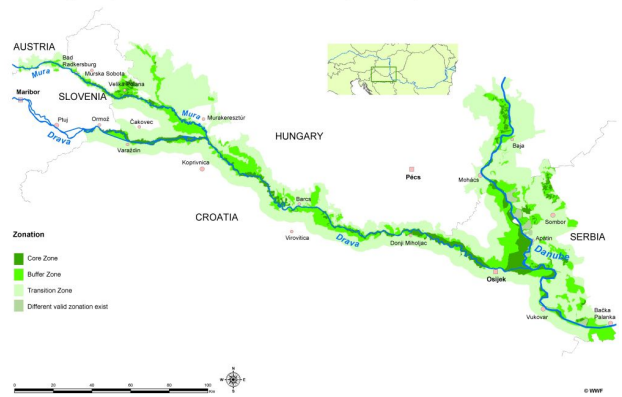


Fig. 2. Zoning of conservation areas applied to rivers. A river is originally a complex ecosystem, or landscape, that combines a stream ecosystem and a riparian ecosystem. In this river's ecological system, the riparian ecosystem plays a role in protecting the stream ecosystem. In order to protect the linear ecological space of the river, it is basic and common sense that buffer zones are set to surround the river along the line rather than to divide the section across the line.

경기도 오산천과 황구지천, 청주 무심천, 대전 대전천, 전주 전주천, 광주 광주천, 대구 신천, 부산 온천천 및 창원 창원천을 대상으로 삼아 수행하였다. 하천의 형태는 수로 만곡도, 미지형 다양성, 흐름 다양성, 하천 단면 자연성, 수로 폭 다양성, 호안 자연성, 제방 인공성, 제방 내 토지이용, 홍수터 이용 및 인위적 횡단 구조물에 근거하여 평가하였다. 생태적 특성은 종 다양성, 군집 다양성, 식생 단면 자연성, 외래식물 비율, 육상식물 비율 및 일년생 식물 비율에 근거하여 평가하였다(An et al., 2022).

하천의 형태 지수에 근거한 평가 결과는 ‘불량’ 또는 ‘매우 불량’ 등급으로 나타났다. 생태적 특성을 점수화하여 평가한 결과에서도 복원된 하천은 30점에서 70점 사이로 나타나 복원효과가 매우 저조한 것으로 나타났다. 반면에 참조하천의 경우 하천의 형태 지수에서는 ‘ 좋음’ 또는 ‘매우 좋음’ 등급으로 평가되었고, 생태적 특성에서도 82점에서 92점으로 나타나 복원 하천과 큰 차이를 보였다(An et al., 2022).

이처럼 복원효과가 낮게 나타난 것은 인공하천을 자연하천 또는 자연에 가까운 하천으로 되돌리기 위해 수행하는 사업이지만, 하천의 생태적 조건 개선보다는 레크리에이션 용 인위 시설이 과도하게 도입되는 점과, 도입 식물이 외래종이나 품종 개량한 원예 및 조경용 식물이 많은 데서 기인하는 것으로 나타났다. 또한 식물의 공간 배치가 자연 하천의 홍수 체제를 반영하여 배열되기 보다는 사업 수행자의 주관적 판단에 따라 이루어지기 때문에 ‘생태복원’이라는 이름으로 진행되었지만 토목공사와 조경 사업 수준을 넘어서지 못하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 식생의 단면도에서 그러한 차이를 확인할 수 있다. 참조하천의 식생단면도는 수로부터 거리에 따른 식생의 분포가 초본(풀), 작은

키 나무(관목) 및 큰 키 나무(교목)의 순서로 배열되어 식생의 공간 분포가 홍수 교란의 빈도와 강도를 반영하고 있다. 반면에 복원된 하천의 식생단면도를 보면 수로로부터 거리에 따른 식생의 분포가 홍수 교란의 빈도와 강도가 반영되지 않아 그 순서가 엇갈려 있다. 이에 더하여 가중나무, 금계국, 기생초, 능소화 등 외래종이나 품종 개량된 원예종들이 다수 도입되어 참조하천과 차이를 보이고 있다 (An et al. 2022).

전문가들은 이러한 결과가 나타나게 된 배경을 사업을 수행한 실무진에 생태 전문가가 포함되지 않아 참조하천 생

태정보가 활용되지 않은 데서 찾을 수 있다고 보고 있다 (이 등, 2011; 안 등, 2014; 이, 2015).

도로에 의해 단절된 백두대간 숲을 이어주기 위한 산림(생태축) 복원사업을 평가한 결과, 그 사업은 대부분 단순림을 조성하여 생태복원이기보다는 고전적 조림사업 수준인 것으로 평가되었다 (Photo 3). 또 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층으로 이루어지는 온대 숲의 전형적 구조에 대한 고려가 없고, 주변 지역과 이질적인 식물을 도입하여 참조지소와 종 조성이 크게 다른 것으로 평가되었다 (Fig. 3).



Photo 3. Restoration projects conducted to ecologically connect the Baekdudaegan section cut off by the road. Although it is a forest restoration project carried out to connect the disconnected forests of Baekdudaegan, it is an afforestation of monoculture level rather than restoring the forest with a hierarchical structure. Moreover, plants introduced for restoration do not match the ecological conditions of the restored sites and thus, concept of ecological restoration is little reflected.

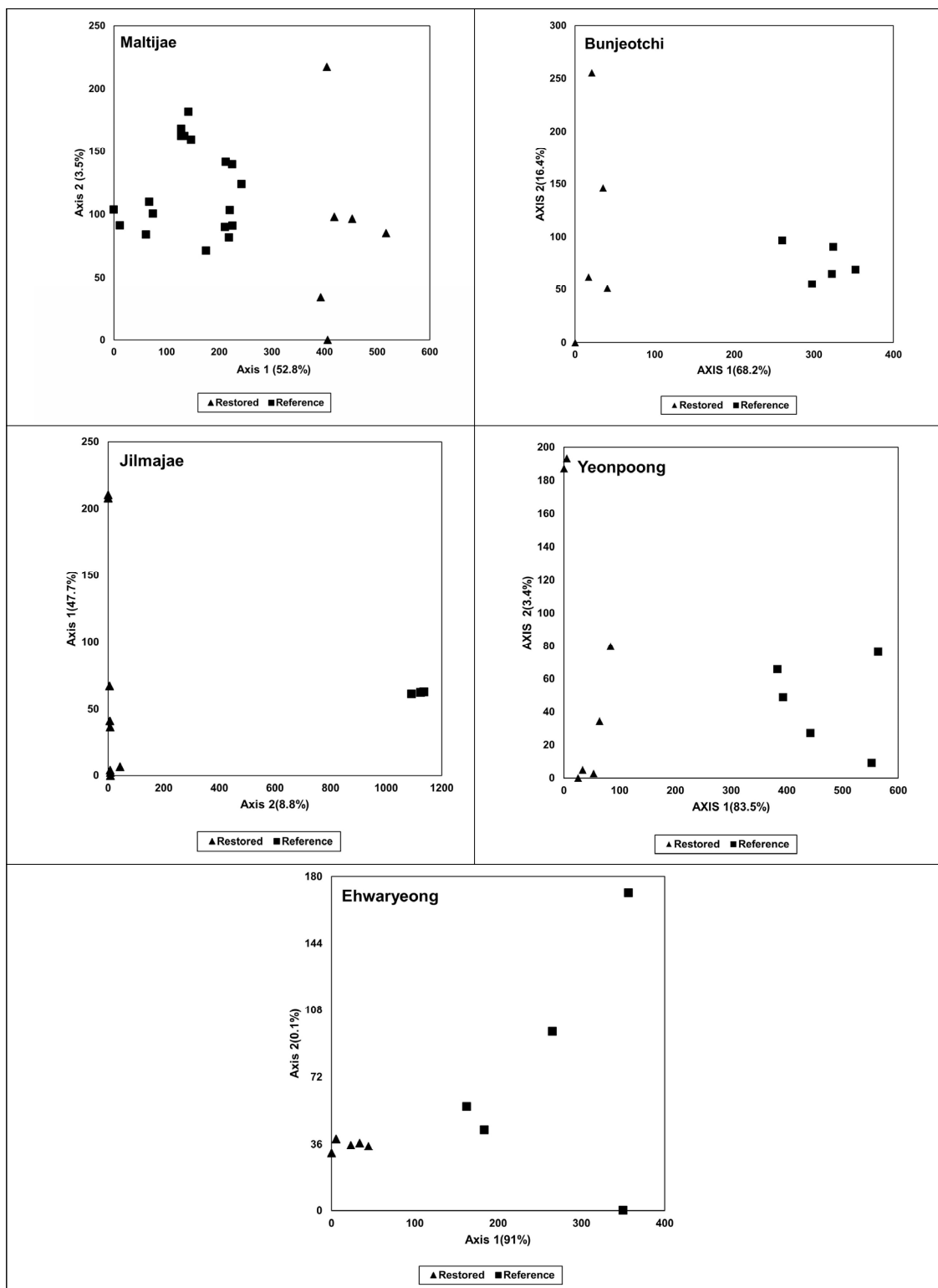


Fig. 3. A result of stand ordination based on vegetation data obtained from five restored sites and the surrounding natural forests selected as the reference sites.

3.3 문제의 배경

환경부에서는 생태복원업을 신설하기 위한 노력을 수년간 진행해 왔다. 그러나 그러한 준비를 하는 과정을 들여다

보니 생태복원 전문가 (생태복원 분야 연구를 오랜 기간 수행하여 연구실적 (논문)을 전문가로부터 인정받은, 가능한 공정한 평가가 이루어지는 국제적으로 인정받은 사람)의 참여는 거의 이루어지지 않고 생태복원업의 신설을 반

대하는 조정전문가들만 참여하고 있었다. 자연환경복원업 연구포럼에 관한 언론 기사를 보니 생태복원 전문가가 찾아볼 수 없고 생태복원 전문가를 자처하는 조정전문가들만 참여하여 의견을 주고받고 있었다. 그들의 주장을 빌려보면, 생태복원업이 신설되지 못하는 원인을 조경계와 국토부 그리고 산림청의 반대로 꼽고 있다. 업계와 부처 간 갈등이 사업의 발전을 가로막고 있다는 의미다. 이에 본 사업을 주관하는 환경부를 포함해 그들이 “생태복원”의 이름을 빌려수행한 사업을 평가해 본 결과, 앞서 언급한 바와 같은 수준으로 평가되었다 (Photos 1 - 3, Fig. 3, An et al., 2022). 복원효과 평가의 기준이 되는 대조지소와 비교된 종 조성의 유사성, 자생종 비율, 발달가능성과 안정성, 주변 환경과의 조화, 외부 위협요인에 대한 대비 그리고 자발적 유지 가능성 중 어느 것 하나 제대로 갖추지 못하고 있는 것으로 평가되었다. 뿐만 아니라 그들이 제시한 자료들을 보면, 종의 동정이나 자연의 체계에 대한 기본적 이해조차 되지 않은 경우를 자주 목격하고 있다.

나아가 생태복원 효과평가의 최근 추세를 반영하여 그들이 조성한 도시공원의 탄소수지를 평가해보니 공간 전체를 대상으로 하였을 때는 탄소발생원이 되고, 부수적인 공간을 제외하고 평가한 결과도 지금까지 국내에서 평가된 식분 중 최하위를 기록할 정도로 탄소저감 효과가 낮은 것으로 평가되었다 (김 등, 2016).

이러한 결과를 종합하면, 우리나라의 생태복원이 국제 사회와 크게 다른 방향으로 진행되고 결과적으로 그 효과가 거의 나타나지 않는 것은 그 사업이 전문성을 갖춘 전문가의 참여로 진행되기 보다는 다른 분야의 전문가가 그 사업을 주도하여 나타나는 것으로 판단할 수 있다. 그런 점에서 그들이 생태복원업의 신설을 반대하는 의도에 강한 의문과 의심이 남는다.

3.4 문제 해결 및 성공적인 생태복원을 이루어내기 위한 준비

생태복원을 바르게 이루어내기 위해서는 우선 생태복원의 개념과 생태복원을 추진하기까지 갖추어야 할 생태학적 기본 개념을 바르게 인식할 필요가 있다. 생태복원 전문가들은 생태복원을 “온전한 자연의 체계와 기능을 모방하여 훼손된 자연을 치유하여 다양한 생물들에게 그 서식공간을 제공하고 인류의 미래 환경을 확보하고자 하는 생태기술”로 인식하고 있다. 국제생태복원학회(SER)는 생태적 복원을 “질이 떨어지거나 훼손 또는 파괴된 생태계 또는 그 복합체인 경관의 회복을 돕는 과정”으로 정의하여 복원에서 인간 간섭보다는 자연 회복의 가능성을 강조하고 있다 (SERI, 2004; MacDonald et al., 2016; Gann et al., 2019). 실제로 금년에 개최된 SER2023에서도 복원 보조 (assisted restoration), 재생 (regeneration), 생태적 발달 경로를 따르는 것 (resume their ecological trajectory) 같은 용어를 주로 사용하면서 인간 주도형 복원 보다는 자발적 회복을 중요하게 다루고 있었다.

생태복원의 종류는 목표로 삼은 회복의 수준에 따라 완전 복원 (restoration), 부분 복원 (rehabilitation), 기능적 복원 (replacement), 대체 (mitigation) 등으로 구분할 수 있다. 그러나 이러한 종류는 회복하는 수준이 다른 것이지 회복이 진행되는 경로는 다르지 않다 (van Andel and Aronson, 2012; 이, 2015). 그러나 국내에서 진행되는 복원사업에서 문제를 지적하면 그들 대부분은 우리는 복원 (restoration)을 추구하는 것이 아니라 복구 (rehabilitation)를 추구하기 때문에 문제가 없다고 대답한다. 생태복원의 개념을 바르게 인식하지 못한 상태에서 사업을 추진하고 있다는 증거가 된다.

생태복원은 1) 현황 조사, 2) 현황 조사 자료에 대한 분석 및 평가, 3) 대조생태정보 수집, 4) 복원 목표 설정, 5) 마스터플랜 및 대안 제시, 6) 대안에 대한 평가 및 선택, 7) 복원계획 수립, 8) 사업 시행, 9) 모니터링 및 순응관리 및 10) 복원 효과 평가와 같이 일련의 절차를 거쳐 수행되는 하나의 과정이다. 그러나 국내에서 수행되는 대부분의 복원사업은 이러한 절차를 거치지 않아 (이 등 2011, 안 등 2014) 국제적으로도 혹평을 받고 있다 (Rief 2010). 진단평가가 수행되지 않고 모든 사업을 적극적 복원으로 추진하여 비용을 낭비하고 오히려 부정적 효과까지 낳고 있다 (Lee et al., 2020). 대조생태정보는 거의 활용되지 않아 외래종이 자주 도입되고, 생태적으로 어울리지 않는 장소의 식물들이 도입되는 경우도 빈번하다. 모니터링은 형식적으로 진행되어 그 결과가 순응관리에 반영되는 경우가 거의 없다. 복원효과 평가는 전무하다고 볼 수 있다 (이 등, 2011; 안 등, 2014; 이, 2015).

그러나 SER2023에서 발표되는 대부분의 복원사업에서는 복원의 실행을 넘어 과학적 모니터링을 추진하고 그 결과에 기초하여 순응관리를 진행하며 궁극적으로는 복원효과를 평가하여 성공여부를 진단하는 것은 물론 그것이 가져온 성과를 경제적 가치로 평가하여 투자한 비용과 비교하는 단계까지 진행하고 있었다. 국내에서 생태복원의 정착을 이루어내고 그 효과를 누리기 위해 우리는 이러한 국제사회의 흐름을 존중할 필요가 있다.

이러한 문제를 해결하여 복원사업의 발전을 이루고, 나아가 환경의 개선을 이루기 위해서는 복원의 원칙이 정해져야 한다. 그 원칙은 국립생태원 건립 사례를 소개하여 하나의 지침으로 제공하고자 한다 (이, 2023a).

국립생태원은 생태연구를 체계적이고 종합적으로 수행하기 위해 설립된 국가 연구기관이다. 이러한 설립 목적에 부응하기 위해 국립생태원은 설계에서부터 건립에 이르는 전 과정에서 생태학적 원리, 특히 복원생태학적 원리를 충실히 반영하여 복원사업의 모델로 삼을 수 있다 (Temperton et al., 2014; Kim et al., 2021).

국립생태원에 적용된 복원생태학의 원리는 다음과 같다. 첫째, 모든 복원사업은 참조생태정보에 바탕을 두고 이루어졌다. 국립공원을 비롯하여 자연이 잘 보존된 지역으로부터 수집한 대조생태정보에 바탕을 두고 12개 산림식생유형과

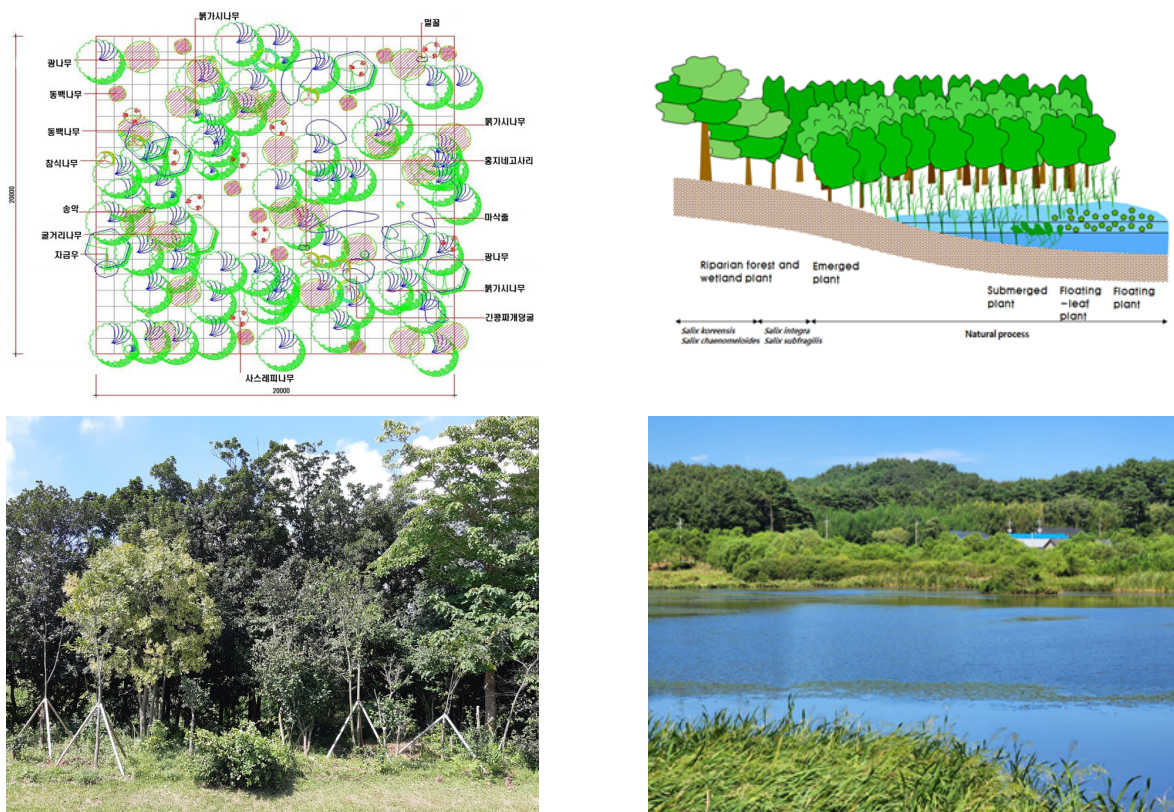


Fig. 4. Design maps (above) prepared based on field survey data for the reference sites and forests (left) and ponds (right) restored based on them.

9개 습지 유형을 현장에 조성하여 향후 수행될 복원프로젝트의 모델을 제시하였다 (Fig. 4). 둘째, 오랜 기간 과도한 인간의 간섭을 벗어나 비교적 온전한 자연경관을 회복한 DMZ를 모방하여 습지에서 구릉지에 이르는 저지대 경관을 복원하여 차원이 다른 복원 모델을 제시하였다. 나아가 도로와 전선을 지중화하여 생태적 연결성을 회복하였다 (Photo 4). 셋째, 과거의 논을 자연의 과정에 맡겨 습지로 되돌리는 자발적 복원 (passive restoration)을 실현하였다. 넷째, 기존의 농업용 저수지의 사면을 완만한 경사로 다듬고, 수변 완충 식생대, 헛대, 섬 등을 도입하는 복원처리를 하여 천연기

념물 원양과 멸종위기종 2급으로 지정된 큰고니 등을 유인하여 생물다양성 증진에 기여하였다 (Fig. 4). 다섯째, 연구동을 비롯하여 인위적 공간 주변에도 참조생태 정보에 기초한 자연식생을 도입하여 외래종, 외지종, 개량종 중심으로 진행하던 조경사업에 새로운 모델을 제시하였다 (Photo 4). 여섯째, 건립과정은 물론 운영 시에도 생태계에 미치는 영향을 최소화하기 위해 삼중유리, 자연채광과 같은 친환경 건축 기술과 태양열, 태양열, 지열 등의 신재생에너지기술을 적극 도입하여 온실가스 상쇄율 (carbon offset)이 100% 가까운 수준을 유지하게 하였다 (김 등, 2014; 이, 2023a).



Photo 4. Left photo shows sites restored in the National Institute of Ecology. It shows the sites where models of forest vegetation and wetland restoration and sites of passive restoration and DMZ landscape restoration are located, and the roads and power lines are moved underground (left). Right photo shows research space at the National Institute of Ecology. The parts marked with ellipses represent the ecological landscaping project sites created by applying the concept of restoration ecology (right).

3.5 생태복원의 효과 평가 및 그 결과의 활용

수많은 복원사업이 진행되어 왔으나 평가의 부재와 사업 성과에 대한 정보의 부족으로 복원의 성패가 거의 알려지지 않고 있다. 그러나 사업에 대한 종합적인 평가가 이루어지지 않으면 그 성과를 알리거나 발전을 하는데 제약을 받게 된다. 사업은 그들이 무엇을 했는지, 무엇을 하지 않았는지 그리고 이러한 성과가 사업에 따라 어떻게 달라지는지에 대한 과거 지식의 도움 없이는 발전할 수 없다. 표준화된 모니터링, 정보 전달, 증거 기반의 평가를 용이하게 하는 네트워크에 대한 작은 투자는 향후 사업을 계획하는데 큰 도움을 줄 것이다. 예를 들어, 복원 성공 가능성에 대한 정확한 정보, 비용, 공간 의존성을 갖춘 정책 결정 도구는 복원 활동의 우선순위를 결정하는 데 도움을 줄 수 있다. 평가에 대한 이러한 투자는 복원을 위한 생태학적 연구의 관련성과 적용 가능성을 높이는 데도 기여할 것이다. 이런 점에서 복원 효과에 대한 평가는 생태복원 발전을 위해 반드시 필요한 과제이다 (Lee et al., 2020; Kim et al., 2021).

생태복원의 효과는 대조지소와 비교된 종 조성의 유사성, 자생종 비율, 발달가능성과 안정성, 주변 환경과의 조화, 외부 위협요인에 대한 대비, 회복 능력 그리고 자발적 유지가능성을 검토하여 평가할 수 있다 (SERI, 2004). 그러나 앞서 언급한 바와 같이 지금까지 국내에서 진행된 대부분의 복원사업은 생태적 복원의 일반적 원리와 절차를 무시하고 진행해 왔다. 따라서 비용과 에너지가 낭비되고, 많은 비용과 에너지를 투자하고도 효과는 크지 않다 (이 등, 2011; 안 등, 2014).

본 연구에서는 이처럼 무분별하게 진행되는 생태적 복원의 지침을 정비하여 체계화하고, 이를 법의 틀로 규정하는 제안을 하고자 한다. 물론 자연의 체계가 매우 다양하고 복잡하여 이를 제한된 틀로 규정하는 것은 무리가 있을 것으로 판단된다. 이에 이러한 자연의 특성을 반영하여 제한범위를 가능한 넓혀 그 틀을 규정하고자 한다. 더구나 이미 환경관련 법규에는 이러한 규정 (예를 들면, 환경영향평가 제도)이 있고, 그러한 법을 적용하여 난개발을 억제한 사례도 있다. 복원사업에도 환경영향평가와 같은 방법을 적용할 수 있다. 즉, 지원 사업을 선정할 때 앞서 언급한 복원사업의 일반적 절차 (1. 진단평가, 2. 대조지소 선정 및 생태 정보 확보, 3. 진단평가 결과 및 대조생태정보에 기초한 복원 계획 수립, 4. 복원의 실행, 5. 모니터링, 6. 모니터링 결과에 기초한 순응 관리) 적용 여부, 복원계획의 적합성, 모니터링 방법 및 순응관리방법의 타당성, 복원효과 평가 방법의 타당성, 복원 소재의 확보 여부 등에 토대를 두고 철저히 심사하면 큰 효과를 거둘 수 있을 것이다 (안 등 2014). 무엇보다도 공정한 심사를 위해서는 복원사업 참여진의 성과를 공정하게 평가한 결과, 예를 들면, 공정한 평가를 거쳐 얻은 수준 높은 논문과 같이 신뢰할 수 있는 실적을 평가에 포함시키는 것이다.

사후 평가 제도도 도입할 필요가 있다. 즉 사업비용의 일부를 복원 효과를 평가하여 기준을 충족시키는 경우에 한하여 지급하는 제도이다. 효과 평가는 복원 시행 후 당년, 3년 그리고 5년 후에 시행하고 기준은 효과 평가 요소를 점수화하여 참조지소 대비 80% 수준을 갖추는 것으로 삼을 수 있다.

그러나 무엇보다도 중요한 것은 이 분야 선진국의 사례를 보면 관련 업종을 신설하여 그 과정을 시장의 원리에 맡기는 것이다 (BenDor et al., 2015a,b).

3.6 SER 2023으로부터 얻은 교훈과 활용방안

1) UN Decade on Ecosystem Restoration 프로그램의 적극적 참여: UN Decade on Ecosystem Restoration은 이번 학회의 핵심 주제이었다. 따라서 plenary session에서 다루어지는 것은 물론 학회가 열리는 기간 동안 매일 워크숍, 토론회 마당 등의 형태로 이 주제가 다루어졌다. 이 계획에는 전 세계에서 57개국 300여 단체가 참여하고 있지만 우리나라는 참여하지 않고 있다. 이 계획은 다른 복원 프로그램과 마찬가지로 국지적 차원에서 지구적 차원에 이르기까지 사람과 자연 둘 다를 위해 복원의 성과를 극대화하고 생물다양성 증진과 탄소중립을 이루어내는데 초점을 맞추고 있다. 이 프로그램은 2021년부터 2030년까지 10년 동안 전 세계에 걸쳐 3,500,000 km²의 생태복원을 실현하여 연간 13 - 26 Gt의 이산화탄소를 흡수하는 것을 목표로 삼고 있다. 이러한 계획은 우리나라의 전략과 차이를 보여 탄소중립 실천전략에서 흡수원 확보 전략의 중요성을 강조하고 있다.

2) 복원의 절차: 선진 사회에서 진행되는 생태복원은 실행을 넘어 과학적 모니터링, 순응관리 및 평가가 동반되었다. 복원의 실행에 앞서 참여자에 대한 교육은 필수적으로 동반되고 지역 특성을 반영하기 위해 주민의 참여와 의견 조율 또한 필수요인으로 등장하고 있다. 이러한 과정이 복원의 성공에 기여하고 후술하는 것처럼 지역 특성이 반영된 복원을 가능하게 하며 나아가 지역 발전에도 기여하는 것으로 판단된다. 평가는 복원효과 평가 기준에 근거한 평가는 물론이고, 복원을 위해 투자한 비용에 대한 대가 차원의 효과에 대한 평가도 이루어지고 있다. 이러한 배경은 복원업 (restoration industry or business)이 활성화된 데서 비롯된 것으로 판단된다. 예를 들면, 생태복원이 중앙정부나 지방 정부가 주도하는 공공사업 성격인 국내와 달리 선진사회는 생태복원이 하나의 업종으로 발전하여 복원을 위한 투자 시 성공 또는 실패 가능성에 대한 물음이 있고, 복원 후의 성과에 대해서도 세밀한 점검이 진행되고 있었다. 즉 성공적인 복원을 통해 의미있는 성과를 도출하는 복원기업은 성장이 가능하지만 우리의 복원사업처럼 그 성과를 기대할 수 없는 복원을 추구하는 기업의 경우 생존하기 어려운 경쟁이 이루어지고 있다. 경쟁을 통해 진화가 이루어지듯이 이러한 경쟁이 가능하기에 생태복원의 발전이 이루어졌을 것으로 판단된다. 이런 점에서 30년 넘게 복원사업을

추진해왔음에도 불구하고 여전히 결핍 단계에 머물고 있는 국내의 생태복원이 발전하기 위해서 생태복원업의 탄생이 필수불가결한 것으로 판단된다.

3) **복원의 규모:** 선진사회에서 생태복원의 규모는 경관 수준 (landscape level)을 추구하고 있어 생태계 수준을 넘어서지 못하는 우리와 차이를 보이고 있었다. 오래 전부터 선진사회는 복원의 효과 평가 기준에 복원된 생태계는 더 큰 생태적 기질 또는 경관과 조화를 이루어야 함을 언급하였고 (SERI, 2004) 그것을 실천에 옮기고 있다. 그러나 생태복원에서 바탕이 되는 식생의 공간 분포와 천이는 물론 복합생태계로서 경관에 대한 이해가 바탕이 되지 않은 국내의 생태복원 실행자들은 이러한 고려를 거의 하지 못하고 있다. 예를 들어 하천의 경우는 수역생태계 (stream ecosystem)와 수변생태계 (riparian ecosystem)가 조합된 경관이다 (Lim et al., 2021; An et al., 2022). 그리고 수변은 수로부터 거리에 따라 홍수의 빈도와 강도가 달라 생태적 특성이 다른 경관요소가 성립한다 (Seok et al., 2023). 그러나 국내의 하천복원에서는 이러한 교란체계가 반영되지 않아 교목이나 산림수종이 수로 변에 도입되는 경우가 많다 (An et al., 2022). 또 대형 산불 피해지는 그 면적이 넓어 생태계 수준을 넘는 경관 수준이다. 그럼에도 불구하고 모든 지역에서 거의 같은 식물로 단순 조림을 추구하고 있다. 이러한 예로부터 생태복원의 시행자들이 생태복원과 그것의 바탕을 이루는 생태적 개념에 대한 이해가 크게 부족한 것을 확인할 수 있다.

4) **복원의 방법:** 선진사회는 훼손된 자연이 스스로 회복하는 것을 돕는 과정을 복원으로 인식하고 인간 간섭을 최소화하여 적극적인 인간 개입 위주로 추진하고 있는 우리의 복원 방법과 차이를 보이고 있다. 복원이라는 용어와 함께 복원 보조 (assisted restoration), 재생 (regeneration), 자연 회복 (applied nucleation), 생태적 발달을 개시하게 하는 것 (resume their ecological trajectory) 같은 용어를 자주 사용하는 것이 이러한 사실을 반영하고 있다 (McDonald et al., 2016; Gann et al., 2019; Kim et al., 2021).

5) **복원의 목표:** 선진사회에서 복원의 목표는 생물다양성 증진과 기후변화 문제 해결에 두고 자연과 사람 둘 다에 이익이 되는 복원을 추구하고 있다. 생물다양성 증진을 위해서는 생태다양성이 전제되어야 한다 (Naveh, 1994; Lim et al., 2020). 산림생태계에서 지형이 다르면 미기후가 달라지고 결과적으로 성립하는 식생이 달라진다. 식생이 달라지면 그것을 구성하는 식물의 종류가 달라져 지형 특성에 어울리는 식생을 도입하여 복원을 추구하면 그러한 특성을 고려하지 않은 복원과 생물다양성 확보에서 차이를 보이게 된다 (Lim et al., 2020; Kim et al., 2021). 생물다양성은 우리에게 식량과 의약품을 비롯한 다양한 자원을 공급하는 공급서비스, 환경을 개선하는 조절서비스, 다른 생물을 부양하는 유지서비스 그리고 우리의 심적 풍요로움과 정신건강을 보듬어주는 문화서비스를 제공하며 자연은 물론 우리에게도 큰 도움을 주고 있다 (이 등 2011, 오 등 2014). 복원을 통

해 이루어내는 식생은 이산화탄소를 흡수하여 기후변화 문제 해결에 직접적으로 기여하고 기후완화기능을 통해 간접적으로도 기후변화 문제 해결에 기여하고 있다. 실제로 국내의 지역 별 기온 상승계수와 지자체 별 탄소수지는 확보하고 있는 숲의 비율과 밀접한 관계를 나타내었다 (Lim et al., 2021; Kim et al., 2022). 따라서 복원의 효과를 빠르게 평가하여 인증을 받게 되면 국내의 복원사업도 기업이 선택하여 투자를 하게 될 것이고 그것은 분명히 생태복원의 발전을 이루어내는데 크게 기여하게 될 것이다.

기후변화에 대비하여 생물다양성 소실 문제를 해결하기 위한 진행되는 생태복원도 있다. 기후변화의 진행을 예측하여 변하는 기후에 맞추어 이동이 느린 식생이 이주할 수 있도록 돕는 이동 보조 복원 (assisted migration)이 여기에 해당한다 (Corbin and Holl, 2012).

6) **농업에 적용된 생태복원:** 농업은 식량을 제공하여 인류를 부양하는데 기여하였지만 환경에 미친 영향도 지대하다 (이 등, 2010). 그 중 대표적인 것이 토지이용변화를 유발하여 기후변화를 유발하였고 생산성을 높이기 위하여 사용한 살충제의 영향으로 생물다양성을 감소시킨 것이다. 그리고 현대 농업에서 생산성 증진을 목적으로 비료 사용량이 늘어나면서 수질오염을 유발하고 추가적으로 기후변화를 가속화시켰다. 따라서 최근 농업계에서는 이러한 영향을 줄이기 위한 노력이 활발하게 추진되고 있다. 그러한 내용이 이번 학회에서도 발표되었다. 즉 농경지의 일부를 할애하여 꽃밭을 조성하면, 곤충들이 유입되고 그들이 천적으로 작용하면서 농작물의 해충피해를 줄이는 방법이다. 이러한 방법을 적용하여 살충제 사용량을 줄이며 농업활동이 유발하는 생물다양성 감소를 크게 줄이는 효과를 얻고 있다. 한편, 질소고정 작물을 곡식작물과 함께 재배하여 비료 사용량을 줄이며 기후변화에 미치는 영향을 줄이는 농법도 개발되고 있다.

7) **생태복원업:** SER 2023이 우리에게 보여준 가장 큰 차이는 생태복원이 하나의 업으로 자리잡은 것이다. 우리나라 환경부는 생태복원을 새로운 업종으로 신설하기 위해 10년 이상 노력해 왔다. 그럼에도 불구하고 그 계획은 아직 결실을 맺지 못하고 있다. 그러한 준비의 일환으로 “자연환경복원업 연구포럼”이 구성되어 있다고 한다. 그러나 본 연구자는 생태복원을 전공하고 국제학회 활동을 통해 국내에 국제생태복원학회까지 유치하였었지만 (COVI-19 팬데믹으로 개최는 못함) 그 모임에 한 번도 초대받지 못하였다. 인터넷 검색을 통해 그 포럼에 관한 정보를 구해 보니 회의 결과 하나를 얻을 수 있었다. 그 내용 중 국토교통부, 산림청 및 조경업계가 생태복원을 업으로 신설하는데 반대하여 아직 결실을 얻지 못하고 있다는 내용이 눈에 띄었다. 또 하나 눈에 띈 것은 그 포럼의 전문가 구성이었다. 그들은 회의결과에서 보여준 생태복원을 업으로 신설하는데 반대하는 집단 중 하나인 조정 전공자들이 대부분이었다. 그들이 생태복원 전문가라면 해당분야로 공인된 실적을 냈어야 하는데 그런 실적을 갖춘 전문가들인지 궁금하다.

또 하나 이해하기 힘든 사례도 있다. 자연환경복원업 연구

포럼이 생태복원업 신설에 반대하는 집단으로 지목한 정부 부처가 추진한 생태복원사업의 효과를 평가해보니 앞서 언급하였듯이 그 결과는 수준 이하로 나타났다 (An et al., 2022, Photo 1 - 3, Fig. 3). 또 그 신설에 반대하는 민간단체의 일부가 추진한 사업은 수준을 언급하기조차 어려운 내용으로 사업을 추진하고 있다. 그런 점에서 그들의 반대는 전혀 설득력이 없다고 판단된다.

그러면 생태복원업의 신설은 생태복원의 발전을 이루어낼 수 있을까? 선진 사회에서 진행되는 생태복원사업을 보니 사업의 투자자가 결정되면 투자자는 사업 수행자에게 사업의 성공 및 실패 가능성과 사업의 성과에 대해 묻고 투자를 결정한다. 사업이 시작되면 사업 수행자는 물건의 납품 업자처럼 사업의 성과를 납품한다. 즉 거래가 성립하고 그 거래는 물건을 사고 파는 것처럼 시장경제 원리에 맡겨진다. 우수한 상품은 잘 팔리고 경제적 효과를 내는 반면에 불량 상품은 거래를 하지 못하니 경제적 성과도 얻지 못하는 것이다. 이러한 과정에서 생태복원은 성공적으로 자리 잡아 그 효과를 크게 내고 있는 것이다.

그러면 생태복원업이란 무엇이고 왜 필요한가? 생태 복원은 어떻게 직업을 창출하는데 기여할까? 선진사회에서는 생태 복원을 광업, 별목업, 또는 철강 생산보다 더 많은 일자리를 제공하고 환경을 파괴하는 대신 실제로 환경을 고치고 있다고 평가하고 있다. BenDor 등 (2015a,b)은 생태 복원이 미국에서 220,000개의 일자리를 창출하는 250억 달러 규모의 산업이 될 것으로 평가하고 있다. 그들은 생태 복원이 약 126,000명의 사람들을 직접 고용하는 95억 달러 규모의 산업이 될 것이고, 복원 산업이 간접적으로 9만 5천 개의 일자리를 창출하는 150억 달러 규모의 산업으로 기능하여 총 경제 생산 가치가 250억 달러에 이를 것으로 평가하고 있다. 나아가 생태복원을 일자리를 만들고 그 일이 끝난 후에도 장기적으로 혜택을 주는 중요한 해결책으로 보고 있다 (BenDor et al., 2015a,b; de Carbon, 2022).

미국의 중앙정부 및 주 정부는 생태복원을 성장하고 번영해야 할 산업으로 취급하고 여러 곳에서 많은 발전이 이루어지고 있다. 생태복원은 생태계가 생태계 서비스 기능을 극대화할 목적으로 이루어지는 모든 활동이고, 복원산업은 이러한 노력에 기여하는 경제활동과 이를 수행하는 모든 산업을 포함한다. 산업의 범위는 광범위하여 프로젝트 계획, 엔지니어링, 컨설팅, 법률 서비스, 임업, 조경 등을 포함한다. 미국에서 조사된 결과에 따르면 생태복원은 투자비용 100만 달러 당 33개의 일자리를 제공하고 있다. 복원 투자가 상당히 긍정적인 경제 및 고용 효과를 유발하고 특히 지역화된 편익을 갖는데, 이는 복원 프로젝트가 지역의 노동 및 자재를 사용하는 데 기인한다고 보고 있다 (BenDor et al., 2015a,b; de Carbon, 2022). 이러한 결과는 생태복원산업이 우리나라에서 큰 문제로 부각된 지방 소멸의 영향을 개선하는데도 기여할 수 있음을 보여주는 증거가 된다. 생태복원이 하나의 산업으로 탄생하여야 할 시점이다.

4. 결론

인간을 포함하여 지구상에 살고 있는 수많은 종들은 여러 가지 방식으로 서로 상호작용한다. 종들 간의 이러한 상호작용이 생태계를 규정하는 것이다. 생태계는 인간이 그것으로부터 혜택을 얻는 많은 ‘서비스’를 제공한다. 생태계 서비스는 토양, 동·식물, 공기 및 물 같은 자연 자원을 우리가 가치 있는 것으로 여기는 어떤 것으로 바꾸어주는 것을 말한다. 예를 들면, 균류, 토양 동물, 박테리아 등이 햇빛, 탄소 및 질소 같은 원재료를 비옥한 토양으로 전환시킬 때 이러한 전환이 생태계 서비스이다.

생태계 서비스는 자연이 제공하는 환경적 혜택 및 자연적 기능이다. 그들은 인간 집단이 생태계 기능으로부터 직·간접적으로 끌어낼 수 있는 혜택이다. 그들의 다양한 혜택은 제한되어 있다. 따라서 공학기술을 적용한 처리가 국지적 환경 문제를 해결하는데 더 좋아 보인다. 그러나 그들은 생태계를 안정화 시키고 유지하는데 있어서 보다 중요한 총체적 역할을 통해 인간 삶의 질을 크게 개선할 수 있다. 그러나 우리가 자연자원을 감소시키면 그 혜택도 줄어든다.

역으로 우리가 우리의 자연 자원을 잘 지키고 유지하면 우리는 더 큰 혜택을 돌려받을 것이다. 우리는 자연과 인간 사이의 관계로부터 “가는 말이 고와야 오는 말이 곱다”는 속담의 실재를 확인한다. 이제 자연에 대한 우리의 관점을 바꾸어야 할 시점이다. 생태계 서비스를 평가하는 방법은 온전한 생태계의 기능을 인공(기계)장치가 제공하는 기능과 비교하는 것이다. 예를 들면, 수질정화 시설의 작동 비용을 습지와 산림을 포함하는 기능적 유역이 제공하는 서비스와 비교할 수 있다.

시간이 지남에 따라 지구상에 인간 활동의 자국이 늘어나고 있다. 인구가 계속 증가하고 기술적 역량이 커짐에 따라 우리는 점차 우리 주변의 세상에 더 심한 영향을 가하고 있다. 지속가능하지 않은 생활스타일과 소비 수준이 생태계의 생존 능력과 인간 자신의 생존을 위협하고 있다. 생태계와 인간 집단 사이의 상호 의존성이 계속 증가한다면 그들의 지속가능성은 학제적 노력을 통해 동시에 관리되어야 한다. 환경안보는 인간생존의 필수 조건이다.

생태계처럼 생각하기 위한 노력은 환경이 저 멀리 있는 것이 아니라 우리가 그 안에 있다는 점을 널리 알리고 있다. 환경 파괴와 생물다양성의 소실은 우리 모두에게 영향을 준다. 우리의 지속가능하지 않은 생활이 길어질수록 환경 파괴와 생물다양성 소실의 규모와 정도도 더 커진다. 건강하고 지속가능한 생태계는 어떤 문제를 방치한 채 기다린다고 하여 이루어질 수 없다. 훼손된 환경을 수리하기 위해 우리가 행동을 취해야 할 시점이다. 우리 환경의 미래가 우리 손에 달려 있다. 생태복원이 균형을 잃고 기울어 가는 지구를 바로 잡을 수 있다. 생태복원업은 방향도 잡지 못하고 헤매고 있는 국내의 생태복원 분야를 바른 길로 안내할 나침반이 되어 줄 것이다.

Acknowledgements

이 논문은 서울여자대학교 교내연구비의 지원을 받았음 (2023).

References

- Ahn, J., Brook, E.J., Schmittner, A., Kreutz, K. (2012), Abrupt change in atmospheric CO₂ during the last ice age, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L18711, <https://doi.org/10.1029/2012GL053018>
- Amthor, J.S., (1995). Terrestrial higher plant response to increasing atmospheric CO₂ in relation to global carbon cycle, *Glob. Chang. Biol.* 1, 243–274.
- An, J.H., Lim, C.H., Lim, Y.G., Nam, K.B., Lee, C.S. (2014) A review of restoration project evaluation and post management for ecological restoration of the river, *J. Restor Ecol.*, 4, pp. 5–34. [Korean Literature]
- An, J.H., Lim, B.S., Seol, J., Kim, A.R., Lim, C.H., Moon, J.S., Lee, C.S. (2022). Evaluation on the restoration effects in the river restoration projects practiced in South Korea, *Water* 2022, 14, 2739. <https://doi.org/10.3390/w14172739>
- Aronson, J., Goodwin, N., Orlando, L., Eisenberg, C. and Cross, A.T. (2020), A world of possibilities: six restoration strategies to support the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration, *Restor Ecol*, 28: 730–736.
- BenDor, T., Livengood, A., Lester, T.W., Davis, A., Yonavjak, L. (2015a) Defining and evaluating the ecological restoration economy, *Restor Ecol.*, doi:10.1111/rec.12206, Supporting information at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128339>
- BenDor, T., Lester, T.W., Livengood, A., Davis, A., Yonavjak, L. (2015b) Estimating the Size and Impact of the Ecological Restoration Economy, *PLoS ONE* 10(6): e0128339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128339>
- de Carbon, A. (2022) Ecological Restoration – How it affects job creation, [https:// www.linkedin.com/pulse/ecological-restoration-how-affects-job-creation-aur %C3%A9-de-carbon](https://www.linkedin.com/pulse/ecological-restoration-how-affects-job-creation-a%C3%A9-de-carbon). Accessed on Nov. 09, 2023.
- Corbin, J.D., Holl, K.D. (2012) Applied nucleation as a forest restoration strategy, *Forest Ecology and Management*, 265, pp. 37–46.
- Gann, G.D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C.R., Jonson, J, et al. (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration., Second edition. *Restor Ecol.*, 27(S1), pp. S1–S46.
- Hardy, J.T. (2003). *Climate Change. Causes, Effects, and Solutions*, Wiley, Washington.
- Kim, A.R., Lim, B.S., Seol, J., Lee, C.S. (2021) Principle of restoration ecology reflected in the process creating the National Institute of Ecology, *J. Ecology and Environment* 45:12, <https://doi.org/10.1186/s41610-021-00187-w>.
- Kim, A.R., Lim, B.S., Seol, J., Lim, C.H., You, Y.H., Lee, W.S., Lee, C.S. (2021) Diagnostic assessment and restoration plan for damaged forest around the Seokpo Zinc Smelter, Central Eastern Korea, *Forests*. 2021(12), 663, <https://doi.org/10.3390/f12060663>.
- Kim, D.U., Lim, B.S., Seok, J.E., Kim, G.S., Moon, J.S., Lim, C.H., Lee, C.S. (2023) Evaluation of the 20-Year Restoration Process in an Air-Pollution Damaged Forest near the Ulsan Industrial Complex, *Korea. Forests* 2023, 14, 1565. <https://doi.org/10.3390/f14081565>.
- Kim, G.S., Lim, Y.K., An, J.H., Lee, J.S., Lee, C.S. (2014). Carbon budget in campus of the National Institute of Ecology, *KJEE*, 47(3), 167–175.[Korean Literature]
- Kim, G.S., Pi, J.H., An, J.H., Lim, C.H., Jeong, S.H., Joo, S.J., Lee, C.S. (2016) Carbon budget evaluated in two urban parks of Seoul, *KJEE*, 49(1), 51–61. [Korean Literature]
- Kim, G.S., Kim, A.R., Lim, B.S., Seol, J., An, J.H., Lim, C.H., Joo, S.J., Lee, C.S. (2022) Assessment of the carbon budget of local governments in South Korea, *Atmosphere*, 13, 342. <https://doi.org/10.3390/atmos13020342>
- Kelmenson, S., BenDor, T., Livengood, A. (2016) The Economic Impacts of the US Ecological Restoration Sector, <https://www.bostonfed.org/publications/communities-and-banking/2016/summer/the-economic-impacts-of-the-us-ecological-restoration-sector.aspx>. Accessed on Nov. 09, 2023.
- Lee, C.S. (2015). Role and task of restoration ecology in changing environment, *Natl Acad Sci.* 5, 481–527. [Korean Literature]
- Lee, C.S. (2023a) How was the National Institute of Ecology created and what should be done?, *Hyeyumnamu*, Seoul, Republic of Korea. [Korean Literature]
- Lee, C.S. (2023b) ESG management should consider environmental sustainability, *J. Wetland Research* 25(4), (In Press), [Korean Literature]
- Lee, C.S., Bae, G.S., Cho, H.J., Bae, Y.J., Choi, J.K., Byun, H.G. Shim, J.H., Lee, W.S. (2007). *Ecology of*

- Cheonggye Stream., Cheongmok Pub. Com., Seoul. [Korean Literature]
- Lee, C.S., Hong, S.K., Oh, J.M. (1999). Restoration technology of natural environment, Donghwa Technology Publ Co., Seoul. [Korean Literature]
- Lee, C.S., Jeong, Y.M., Kang, H.S. (2011) Concept, direction, and task of ecological restoration, *J Restor Ecol.*, 2, 59–71.[Korean Literature]
- Lee, C.S., Kim, H.Y., Lim, J.H., Kong W.S., Yoon, W.T., Bae, S.G., Cho, H.J., Lee, J.T., Cho, G.W., Shin, H.S., Kim, H.D., Han, G.H. (2011). Climatology, Life Science Publ. Co., Seoul. [Korean Literature]
- Lee, C.S., Lee, H., Kim, A.R., Pi, J.H., Bae, Y.J., Choi, J.K., Lee, W.S., Moon, J.S. (2020). Ecological effects of daylighting and plant reintroduction to the Cheonggye Stream in Seoul, Korea. *Ecological Engineering*, 152, 105879.
- Lee, C.S., You, Y.H. (2001) Creation of an environmental forest as an ecological restoration, *The Korean Journal of Ecology*, 24, 101–109.
- Lim, B.S., Kim, D.U., Kim, A.R., Seol, J., Lee, C.S. 2020. Analysis of ecodiversity as the foundation for conserving biodiversity and its restoration strategy, *KJEE* 53(4): 408–426.[Korean Literature]
- Lim, C.H., Lim, B.S, Kim, A.R., Kim, D.U., Seol, J., Pi, J.H., Lee, H., Lee, C.S. (2021) Climate change adaptation through ecological restoration, *In Jhariya, M.K., Meena, R.S., Banerjee, A., Meena, S.N. (eds.). Natural Resources conservation and Advances for Sustainability*, pp. 151–172. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822976-7.00013-2>.
- Lim, C.H., Pi, J.H., Kim, A.R., Cho, H.J., Lee, K.S., You, Y.H., Lee, K.H., Moon, J.S., ee, C.S. (2021) Diagnostic Evaluation and Preparation of the Reference Information for River Restoration in South Korea, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 1724, <https://doi.org/10.3390/ijerph18041724>.
- McDonald, T., Gann, G.D., Jonson, J., Dixon, K.W. (2016) International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts, ociety for Ecological Restoration, Washington, D.C.
- National Research Council (NRC). (1991). Committee on the Comparative Costs of Rock Salt, & Calcium Magnesium Acetate (CMA) for Highway Deicing. Highway eicing: comparing salt and calcium magnesium acetate (Vol. 235), ashington, DC, USA.
- Naveh, Z. (1994). From Biodiversity to Ecodiversity: A Landscape–Ecology Approach to Conservation and Restoration, *Restoration Ecology* 2: 180–189.
- Odum. E.P., Barrett, G.W. (2005). Fundamentals of ecology, 5th ed. Thomson Brooks/Cole, Boston (MA).
- Oh, W.S., Lee, C.S. (2014). Recovery of Ecosystem Service Functions through Ecological Restoration Practice: A Case Study of Coal Mine Spoils, Samcheok, entral Eastern Korea, *Korean J. Environ. Biol.*, 32(2), 102–111. [Korean Literature]
- Park, M.S., Joo, S.J., Lee, C.S. 2013. Effects of urban park and residential area on the atmospheric CO₂ concentration and flux in Seoul of Korea, *Advances in Atmospheric Sciences*, 30, 503–514.
- Reif, A. (2010). Confusion of Terms in South Korea: How Does the “Four Main Rivers Restoration Project” Affect Riparian Landscapes?, *Krit. Ökologie* Nr., 25, 26–32.
- Seok, J.E., Lim, B.S.; Moon, J.S., Kim, G.S., Lee, C.S. (2023). Spatial istribution of vegetation on stream bars and the riparian zone reflects successional pattern due to fluid dynamics of river, *Water*, 15, 1493. <https://doi.org/10.3390/w15081493>
- SERI (Society Ecological Restoration International Science & Policy Working roup). (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration, <http://www.ser-rrc.org/resource/the-ser-international-primer-on/>
- Temperton, V.M., Higgs, E., Choi, Y.D., Allen, E., Lamb, D., Lee, C.S., Harris, J, obbs, R.J., Zedler, J.B. (2014). Flexible and adaptable restoration: an example from South Korea, *Restor Ecol.* 22(3), pp. 271–278.
- UNEP, FAO. 2020. The UN Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030. Prevent, halt and reverse the degradation of ecosystems worldwide, www.unep.org, www.fao.org.
- UNEP, IUCN. (2021). Nature-based solutions for climate change mitigation, Nairobi and Gland.
- UNEE. (2021). Becoming #Generation Restoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate. Nairobi.
- van Andel, J, Aronson, J. (eds.). (2012). Restoration Ecology. The New Frontier, iley–Blackwell, Malaysia.
- Walker, L.R., Walker, J., Hobbs, R.J. (2007). Linking Restoration and Ecological Succession, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.