

생태계 서비스를 위한 주민 참여형 수변완충녹지 설계 고찰 - 한강수계 경안천변 매수토지 사례 연구 -

반권수[†]

K-water 물환경개선처

Design of Riparian Buffer Zone by Citizen's Participation for Ecosystem Service - Case Study of Purchased Land along Gyeongan-cheon in Han River Basin -

Gwon-Soo Bahn[†]

Water Environmental Improvement Dept., K-water, Korea

(Received : 6 July 2022, Revised : 19 July 2022, Accepted : 19 July 2022)

요약

수변완충녹지는 유역의 비점오염원을 친환경적으로 정화시키고 탄소흡수원으로 유용하며 다양한 생태계 서비스 기능을 제공하는 자연기반해법이다. 더불어 수변완충녹지는 생물 다양성과 인간의 행위 빈도가 높은 수역과 육역의 중간지대에 구축되는 지속가능한 사회생태시스템으로서 지역 공동체와의 긴밀한 상호 소통적 환경계획 과정으로 조성되어야 한다. 본 연구에서는 한강수계 경안천변 용인시 모현읍 갈담리 582-2 일원의 매수토지에 추진되는 수변생태벨트 사업을 대상으로 계획 및 설계를 소통적 행위로 이해하고 실천하기 위해 세 가지의 전략을 제시하고 이를 과정으로 구현하였다. 첫 번째, 관 주도의 사업을 지양하고 지역 거버넌스인 협의체를 중심으로 주민과 이해관계자들이 함께 참여하는 과정으로 개선하였다. 두 번째, 주민이 공감할 수 있는 생태계 서비스 기능 증진 측면의 설계 요소를 도입하고 선호하는 공간, 시설의 계획을 통해 수용성과 인식을 높이려고 하였다. 세 번째, 생물 서식처, 물순환 기반의 생태환경, 주민 생태체험·휴식공간 등의 균형있는 계획과 더불어 향후 이용 주체인 주민들이 조성 효과와 생태자원으로서의 가치를 체감하고 조성지의 운영, 관리에 참여, 환원될 수 있도록 하는 체계를 마련하였다. 이러한 설계 과정을 통해 사업 초기부터 주민참여 기반의 프로세스 모델을 정착하여 주민의 수용성, 주민 의견을 투영하는 사회생태시스템으로 작동되어 주민의 가치 인식, 조성 유지관리 단계까지 숙선수범할 수 있는 체계를 마련하였다. 그리고 국내 수변완충녹지 정책 패러다임의 변화와 향후 유사 사업 추진 시에 적용 가능한 시사점을 제공하는데 의의가 있다.

핵심용어 : 그린인프라, 비점오염원, 사회생태시스템, 수변생태벨트, 자연기반해법

Abstract

The Riparian Buffer Zone(RBZ) is a sustainable social-ecological system created in the middle zone between water and land. For the RBZ, close communication with the local community is important, and it is necessary to promote it as a communicative environmental planning process. In this study, for the RBZ project, three strategies are presented as a communicative act to understand and implement planning. First, government-led projects were avoided and improved to a process in which citizens and stakeholders participated together, centered on local partnership. Second, it was intended to introduce design criterias in terms of enhancing the function of ecosystem services that citizens can sympathize with, and to increase acceptance and awareness through the planning of preferred spaces and facilities. Third, after a balanced plan for habitats, water cycle-based ecological environment, ecological experience and open space, citizens felt the restoration effect and value as an ecological resources, and a system was prepared to participate in the operation and management. This study will work as a process model based on citizens's participation. In addition, it will be possible to provide lessons for the change of the policy paradigm for the RBZ and the implementation of similar projects in the future.

Key words : Green Infrastructure, Nature-based Solutions, Non-point pollution, Riparian eco-belt, Social-ecological systems

[†]To whom correspondence should be addressed.
Water Environmental Improvement Dept., K-water, Senior manager.
E-mail: populus76@kwater.or.kr

• Gwon-Soo Bahn Water Environmental Improvement Dept, K-water, Daejeon 34350, Korea / Senior manager(populus76@kwater.or.kr)

1. 서 론

유역 오염원 관리에 있어서 점오염원은 오염물질 배출지점, 경로, 배출량 등이 특정화되어 집중적인 대책을 통해 저감이 용이하나 대부분 토지에 기인한 비점오염원은 광범위하게 분포하고 다양한 형태로 수계에 배출되어 관리가 매우 어렵다(Park et al., 2019; GRWMC, 2020). 전 세계적 기후변화로 인한 강우의 불균형은 가뭄과 홍수 발생 빈도를 증가시키며 강우시에 함께 유출되는 비점오염물질은 수계 유입시 수질 오염, 녹조 대발생, 어류 폐사 등의 수질, 수생태 문제를 유발시킨다(Choi et al., 2016; Lee et al., 2021).

이에 따라 정부에서는 유역관리 정책을 점오염원에서 비점오염원 관리 중심으로 전환하여(MOE, 2020; Hong et al., 2021) 다양한 수질개선 대책을 추진하고 있으나 넓은 토지계에서 발생하는 비점오염물질의 효율적인 관리는 여전히 어려운 실정이다(GRWMC, 2020). 유역에서 직접 또는 기저 유출로 하천, 호소에 유입되는 비점오염원을 저감시키기 위한 최적관리의 일환으로 다양한 그린인프라 기법이 제시되고 있다. 그 중 수변완충녹지는 친환경적이고 지속 가능한 대책으로 제시되어온 관리기법 중 하나이다(Dwire & Lowrance, 2006; Jobin et al., 2004; Bahn and An, 2020; Bahn et al., 2021). 수변완충녹지는 수변생태벨트, 수변완충식생대, 수변추이대 등과 유사한 개념으로 일년 중 일정기간 동안 물을 담고 있는 외곽을 둘러싼 수체와 육지생태계 사이의 하천회랑이다. 다양한 폭과 경계를 형성하며 하도, 홍수터 및 연결한 육상 전이대를 포괄하는 하나의 생태계로 물과 다른 물질들, 에너지, 유기체들이 하천회랑 내에서 상호작용하는 공간이다(USDA, 1998). 수변완충녹지에 적용되는 수변림, 습지와 같은 그린인프라 시스템은 자연의 힘과 구조를 활용함으로써 Gray Infrastructure를 보완하고 더 적은 비용으로 서비스를 제공하면서 더 큰 인센티브를 줄 수 있다(Browder et al., 2019). 수변완충녹지는 물과 물질순환, 오염물질 정화 및 홍수 완화 등을 위한 매우 효율적인 공간이며 맑은 공기, 수분, 산소와 시민들에게 여가문화, 장소 가치 등 수많은 혜택을 제공한다. 특히 도시지역의 경우 홍수와 가뭄과 같은 기후 변화에 대한 위험 완화 및 적응을 위한 자연기반해법(Nature-Based Solutions, NbS)으로서도 중요하다(Haase, 2017).

실제로 이러한 수변완충녹지의 구축을 위해서는 적절한 입지 확보와 제도가 전제되어야 하며 국내에서는 다양한 법에서 근거를 마련하고 있다. 4대강 수계별 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률(약칭 4대강 수계법)에 따라 하천, 호소 경계로부터 최소 300m에서 1km 이내의 지역을 수변구역으로 지정하고 물환경보전법에 따라 하천, 호소 경계 1km 이내의 지역을 수변생태구역으로 지정할 수 있도록 정하고 있다(MOE, 2018; Bahn et al., 2021). 그리고 환경부에서는 수변구역에 대해서 상수원 수질에 미치는 영향이

큰 지역과 생태계 복원이 필요한 지역의 토지, 건축물을 매수 후 개발행위의 사전 차단 및 오염저감 완충녹지대를 조성하는 수변생태벨트 사업을 추진 중이다(MOE, 2018). 그러나 기 추진 중인 수변생태벨트 사업은 소유주 의향에 따른 협의 매수 지역 위주로 추진됨에 따라 산발적 조성, 유지관리 미흡, 생태복원지로서의 성과 미흡, 지역 주민 의식 부족 등의 원인으로 기대했던 사업효과에 못 미치는 실정이다(HREMO, 2013; GREMO, 2009, 2013; NREMO, 2009, 2013; YREMO, 2009; Lee and Koo, 2017; MOE, 2018).

매수토지 면적 증가에 따라 사후관리비용이 지속적으로 증가하고 있으며 지역 주민은 수질 개선 외에 지역에도 도움이 되는 수변구역 내 매수토지의 역할을 기대하고 있다. 매수토지는 국가 소유임에도 지역경제나 주민의 삶의 질 향상에 도움이 될 수 있는 지역 자산의 하나로 인식되는 경향이 큰 것으로 보고된 바 있다. 이는 수질개선 목적을 저해하지 않는 범위에서 지역 주민과 소통하고 상생하는 수변생태벨트 조성, 관리로 패러다임의 전환이 필요한 시점이 되었음을 시사한다(MOE, 2021). 그동안 4대강 각 유역환경청에서 지역사회가 체감하는 수변생태벨트 시범사업을 구상하고 일부 시도를 해 왔으나 사업추진 과정에 구체적인 방법론과 절차에 대한 제시가 미흡하였으며 지역 주민이 참여하는 소통적 환경계획 과정에 대한 연구사례는 전무하다. 즉, 생태계서비스 측면에서 다양한 복지 기능도 실현할 수 있는 공간으로써 수변생태벨트에 대한 주민의 인식을 제고하고 이를 뒷받침할 수 있는 체계적인 계획, 설계 과정에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내의 대표적인 수변완충녹지 정책인 수변생태벨트 사업에 있어서 계획 과정부터 시민참여 기반의 사업 프로세스 정착을 위한 시범 모델을 제시하고 수변생태벨트 조성시 균형있는 생태계서비스 기능 증진을 고려한 계획 요소 도입과 주민의 수용성, 주민 의견 투영을 통해 지역의 생태자원으로서 가치 인식, 조성 유지관리 단계까지 출선수범하는 사업 체계를 마련하는데 기여하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 수변완충녹지의 생태계 서비스 기능

생태계 서비스의 개념은 생태계의 기능을 인간 복지와 연결하는 중요한 모델이 되었으며 이는 광범위한 의사 결정 맥락에서 매우 중요하다(Fisher et al., 2009). 국내외적으로 생태계 서비스에 대한 정의는 너무 많지만 일반적으로 합의된 의미는 새천년 생태계 평가(MEA, 2005) 및 생태계 서비스의 공통 국제 분류(Common International Classification of Ecosystem Services, CICES) 보고서 이후에 생태계에서 사람들이 얻는 혜택 또는 생태계가 인간 복지에 기여하는 것으로 통용되고 있다(Haines-Young and Potschin, 2013).

생태계 서비스 개념은 사회생태시스템(Social-ecological systems)을 분석하기 위한 새로운 체계로써 생태계가 인간 복지에 미치는 영향에 대한 총체적이고 투명한 평가를 제공(MEA, 2005; Fischer et al., 2018)하며 의사 결정에 생태계의 서비스 가치를 적절하게 고려할 수 있도록 하는 유용한 도구로 인지되어 왔다(Haines-Young and Potschin, 2009). 그럼에도 불구하고 다양한 생태계에서 생태계 서비스에 대한 일반적인 결론을 도출하는 능력은 여전히 제한적이다(Carpenter et al., 2009). 특히 수변완충녹지는 추이 대로서의 특성과 탁월한 생태적 기능으로 공간적 범위에 비해 많은 양의 생태계 서비스를 제공할 수 있는 능력이 있다(Capon et al., 2013; Sweeney and Newbold, 2014).

수변완충녹지는 수문학, 생물학, 지리학, 원적 탐사, 관리 및 복원과 같은 여러 과학 및 응용 분야를 다루는 다양한 관점에서 조사되어 왔으며(González et al., 2015) 수변완충녹지의 구조와 기능에 대한 지식은 다양한 분야의 연구에 기여해 왔다(Dufour et al., 2019). 그러나 여러 연구에서 수변완충녹지가 특정 생태계서비스의 핵심임을 지속적으로 강조되어 왔음에도 불구하고 수변완충녹지가 제공하는 생태계서비스의 전체적인 범위를 체계화하고 구체적인 기능을 분석한 연구 사례는 국내외적으로 부족했다. 최근 Riis et al.(2020)은 CICES 프레임워크(CICES 버전 5.1; Haines-Young and Potschin, 2018)에 맞춰 관련 문헌들과 전문가 그룹의 경험을 토대로 수변완충녹지가 제공하는 생태계서비스 분류와 개념을 정립하였으며 대상지별 생태계서비스는 유역의 특성과 보전, 복원되는 수변공간의 물리적, 생태적 구조 및 지역의 이해관계에 적합도록 세부적으로 도출되어야 함을 제시하였다.

그동안 국내에서는 4대강 수계 수변생태벨트 사업의 법정계획인 수변구역 관리 기본계획 수립 시 생태계 서비스의 일부 기능에 대해 효과 분석이 이루어졌으나(HRWMC, 2018; YSRWMC, 2018) 선언적인 목표와 방향성 위주로 제시되었다. Lee(2021)는 수변생태벨트의 생태계서비스 평가모형 개발 연구를 통해 투수성 지반 면적률, 수질오염 물질(T-N) 저감량, 대기오염물질(SO₂, NO₂, O₃) 흡수량, 식생에 의한 CO₂ 흡수량, 서식처 기능의 비오톱 면적률, 수변녹지 네트워크율, 수변녹지 보전·복원 면적률 등을 적용하여 일부 대상지의 효과를 시범적으로 도출한 바 있으나 계획, 설계 단계에서 생태계 서비스의 다양한 기능을 고려하고 수혜자인 주민 관점에서의 설계 방법론에 대한 연구는 전무하다.

2.2 생태복원 과정의 주민 참여

생태계와 인간 공동체는 밀접한 연관관계가 있으며 이를 통합하여 생태지역주의(Bio regionalism) 또는 생태문화 공동체(Eco-Cultural Community)라고 부른다(Lee et al., 2011). 실제로 모든 지역의 자연 생태계와 인간 문화는 별개의 시스템이 아닌 오랫동안 상호 영향을 주고받으며 함께 변화해 온 일체로서 경계를 구분하기도 어려운 통합적

시스템이다. 그러나 오랜기간 동안 생태복원 사업은 기술공학 위주로 추진되어 왔으며 기술 공학적 접근은 지역의 생태계 복원시 자연 생태적 요소만을 주로 고려하고 지역공동체와 주민의 활동을 포함한 사회문화적 측면을 충분히 고려하지 못한 한계성을 지니고 있다(Ahn et al., 2009). 생태복원의 광의적 개념은 훼손 지역의 물리적인 복원 뿐 아니라 지역 주민이 주체가 되어 사회, 문화적 요소까지 연계된 지역 공동체의 복원과 활성화까지도 포함된다고 볼 수 있다(Lee et al., 2011). 따라서 생태복원시에는 생물서식처, 자연 경관 등에 대한 복원 노력 외에 이와 관련된 인간 활동에 대해서도 함께 조정이 필요하며 이는 기술공학적 요소만이 아닌 원래의 생태문화공동체 시스템으로 회복되는 과정이 수반되어야 함을 의미한다(Hong et al., 2004; Lee et al., 2011). 이를 통해 인간의 삶에서 동떨어진 자연 속에서가 아니라 일상을 둘러싼 공간을 사회생태시스템 관점에서 바라보고 시민사회 활동을 통한 시스템 회복과 환경실천을 강조한다는 점에서 기존의 접근들과 구별되며 사회생태시스템을 바탕으로 사회적, 환경적 변화에 대응하고 지역 시스템의 회복 탄력성을 높이는 데에도 기여할 수 있다(Lee and Kim, 2018).

따라서 복원의 기술 공학적인 측면을 강조하면서 문화적인 측면과 지역 공동체의 지속가능성 확보라는 사회적 측면까지도 함께 고려한 통합형 방식의 새로운 복원 과정을 활성화할 필요가 있다. 주민은 지역 환경에 관한 이해도가 가장 높은 집단으로서 지역에 적합하고 지속가능한 생태복원 시스템을 마련하기 위해서는 복원시스템의 전체 과정, 특히 계획수립 단계부터 지역 주민의 의견을 수렴하는 것이 중요하고 주민의 자발적인 참여의식에 기초한 상향식 진행방식이 추진되어야 한다. 주민 참여 기반의 생태복원 과정은 ‘환경조사 및 복원목표 설정-복원 계획-복원-유지 관리 및 모니터링’ 순으로 일반적인 생태복원 공정의 단계별로 적용될 수 있다. 생태복원 과정에는 전문가 및 지역 주민, 방문객 등 다양한 주체의 참여가 가능하며 이러한 참여는 사업자 주도의 단기 복원의 폐해를 극복하고 지속적인 복원을 이룰 수 있다는 잇점이 있다(Lee et al., 2011). 특히 수변완충녹지로서 수변생태벨트 조성은 상시 생물의 점유가 높은 수역과 인간의 토지이용 빈도가 높은 육역의 중간지대에 이루어지는 생태복원 행위로써 지속가능한 사회생태시스템 구축을 위해 추진 과정 중에 지역 주민 공동체와의 긴밀한 상호 소통이 필요하다.

3. 주민참여형 설계 과정

본 연구에서는 이론적 배경을 바탕으로 수변생태벨트 계획 및 설계를 소통적 행위로 이해하고 실천하기 위해 세 가지의 실천전략을 마련하였다. 첫 번째, 주민참여 기반의 수변생태벨트 설계를 위해 기존의 수변생태벨트 조성 설계 과정에서 사업추진 기관 중심의 조사-분석-설계로 이어지는 일련의 과정을 탈피하여 지역 주민과 이해관계자들이

함께 참여하는 과정으로 개선한다. 두 번째, 수변생태벨트 계획시 균형있는 생태계서비스 기능 증진을 고려한 계획 요소를 도입하고 이에 대한 주민과의 소통을 통해 수용성과 인식을 반영한다. 세 번째, 향후 조성 효과와 생태자원으로서의 가치를 주민이 체감하고 조성지의 운영, 관리에 환원될 수 있도록 하는 체계를 마련한다.

이러한 실천전략을 구체화하기 위해 먼저 지속적이고 정기적인 소통을 할 수 있는 협의체가 필요하였다. 전문가, 시민단체, 주민대표, 지자체, 관계기관 담당자 등이 참여하는 지역 거버넌스로서 협의체를 구성하여 사업 초기 구상부터 계획, 설계 및 조성, 유지관리 단계까지 운영하고자 하였다. 협의체는 수질 보전, 생태계 개선이라는 수변생태벨트의 기본 목표를 공유하고 지역의 생태계서비스 증진을 위한 주민들의 관심과 합의를 이끌어 내기 위한 과정을 논의하였으며 채택된 방법들의 구체적인 내용과 진행 방법을 결정하였다. 전문가 그룹은 대상지의 해석 및 문제점을 제시하고 기술 공학적인 계획, 설계 성과물을 도출하고 시민단체는 전문가와 주민 간의 가교 역할을, 주민대표는 주민들의 의견을 수렴하고 조율하는 역할을 하였으며 지자체와 관계기관은 사업추진을 위한 행정적인 지원과 예산확보를 담당하였다. 협의체 운영은 2021년 7월 최초 발족 이후 설계 완료시까지 총 3회의 정기 워크숍과 수시 회의를 통해 지속 가능한 아이디어를 수렴하였으며 11월에 주민참여 간담회를 개최하

여 대상지 계획안의 의견 수렴을 진행하였다. 발족과 동시에 이루어진 1차 워크숍에서는 수변생태벨트 조성 취지와 방향성에 대한 공유와 공동 현장 답사를 통해 대상지의 계획, 설계시에 착안할 사항에 대해 논의를 하였다. 이후 관계 기관과 전문가는 1차 워크숍의 논의사항을 바탕으로 기본계획안을 작성하였고 2021년 11월에 2차 워크숍을 통해 계획안에 대한 의견 청취와 추가적인 논의를 진행하였다. 2차 워크숍시에 협의체 구성원들과 수변생태벨트의 생태계 서비스 기능 증진을 위한 계획 요소를 도출하고 이를 고려한 주민 의견수렴 설문조사 방법과 설문항목 등에 대한 논의를 함께 진행하였다. 2차 워크숍과 주민 설문조사 결과를 토대로 대상지의 설계안을 마련하였으며 2022년 1월에 3차 워크숍을 통해 최종 설계안을 확정하였다. 협의체의 구성과 세부적인 진행 흐름은 Fig. 1과 같다.

4. 개요 및 여건분석

4.1 대상지의 현황조사 및 분석

1) 광역적 맥락

대상지는 경기도 용인시의 중심부와 경안천의 중류 구간 우안인 경기도 용인시 모현읍 갈담리 582-2 일원에 위치하고 임야와 전, 답으로 이루어진 152,833㎡의 토지이다.

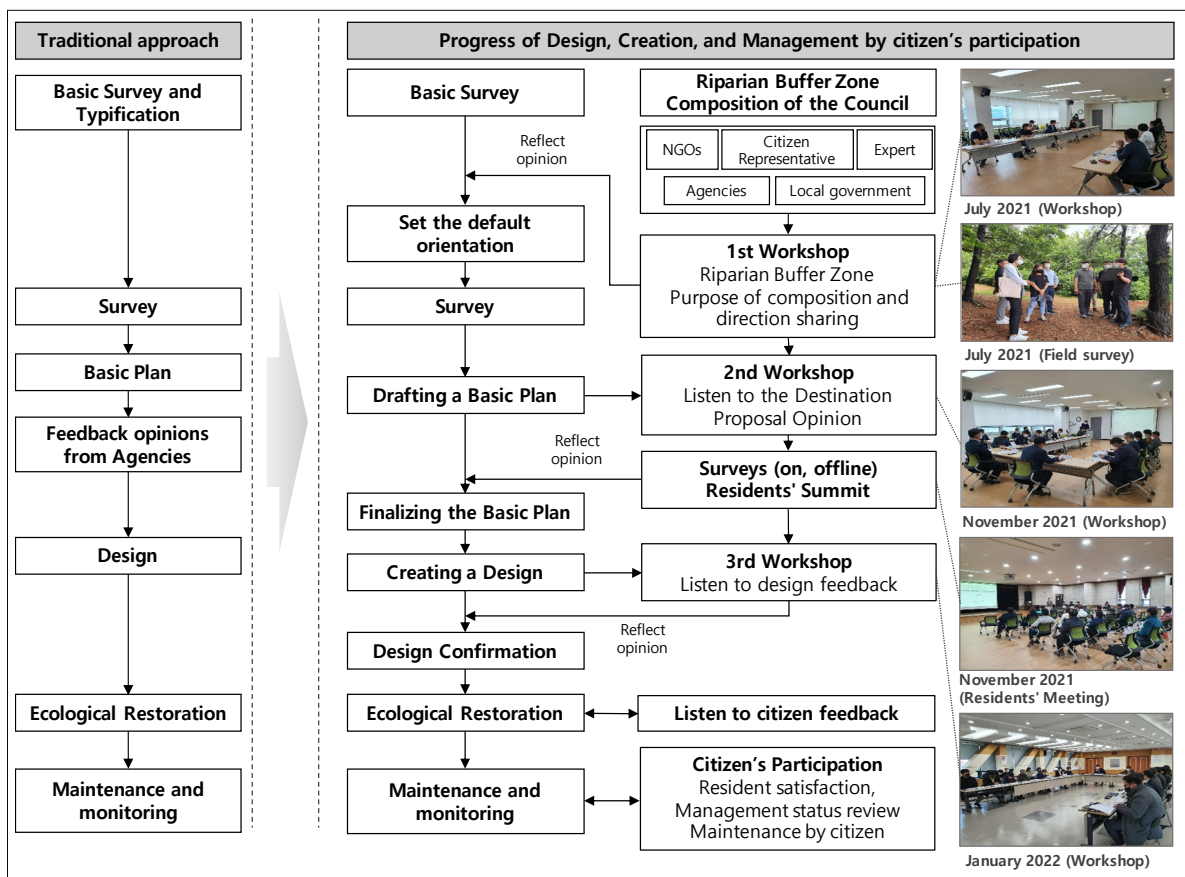


Fig. 1. Design flow through citizen's participation

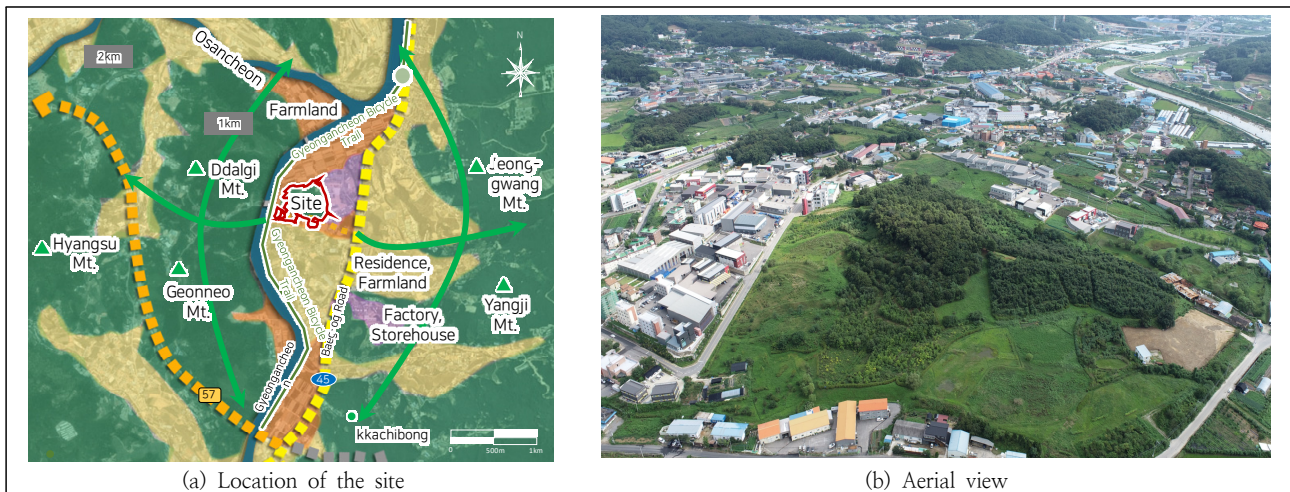


Fig. 2. Regional context of the study area.

환경부에서는 2000년대 초부터 「한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」에 의거 한강수계기금을 재원으로 팔당호 유역 내 수질 오염의 원인이 될 수 있는 토지와 공장축사 등을 매수하여 수변녹지를 조성해 왔는데 (HRWMC, 2018), 본 대상지의 경우도 한강수계 수변구역, 수질보전특별대책지역 등에 해당되어 2000년대 후반부터 지속적으로 매수되어 온 토지이다.

경안천 서측 너머에는 달키산, 건너산, 향수산 등이 위치하고 동측에는 양지산과 정광산 등이 남북으로 녹지축을 형성하고 있다. 대상지를 중심으로 동서 녹지축은 구릉지가 파편화되어 흩어져 있고 도로, 농경지, 창고 등이 산재되어 있다. 대상지의 남·북측에는 대규모 시설 재배지와 공장, 창고가 입지하고 있으며 동측 또한 공장, 창고 등으로 활용되고 있으며 2차선 도로를 접하고 있다. 달키산-경안천-양지산 순으로 이어지는 경안천의 횡적인 생태축은 제방, 대상지, 도로, 주택단지, 창고 등으로 단절된 상황이다. 대상지 내부에는 동서로 관통하는 산책 동선이 있으나 건자재 적치장으로 인해 서측 입구가 폐쇄되어 있다. 대상지 동측으로 45번 국도, 서측으로 57번 국도가 지나고 대상지 주변 300m내에 버스정류장이 위치하고 있으며 100m내에 모현읍 주민센터가 위치하여 접근성은 양호한 편이다. 대상지는 하천변에 인

접한 대규모 매수토지로 파편화되고 단절된 산림, 하천의 녹지축을 복원하고 수변생태벨트로 조성하기 위한 지역으로서 중요한 위치적 가치를 지니고 있다(Fig. 2).

2) 역사적 맥락

국토영상정보서비스(<http://air.ngii.go.kr>)가 제공하는 대상지의 항공영상을 통해 과거에서부터 현재까지의 대상지 토지이용 및 개발 현황을 비교하였다. 1990년대 항공영상을 분석한 결과, 대상지와 주변지역은 농경지와 임야로 구성된 것으로 나타났으며 경안천으로부터 인공적인 단절이 없는 자연취락 지역으로 확인되었다. 대상지 주변 구릉지에는 대부분 계단식 논이 있었으며 논 습지, 도랑 및 산림이 발달하였던 것으로 나타났다. 2008년의 경우, 이전 자연산림 및 농경지 중심의 토지이용에서 도시화 및 도로 건설이 진행되었음을 확인할 수 있다. 대상지의 중앙부 임야는 일부 보존이 되고 있으나 남북측의 농경지는 공장 및 창고로 개발되거나 나지 형태로 방치되어 있는 것으로 확인되었으며 대상지의 동측에 국도와 지방도가 건설되고 주변 지역의 도시화가 진행되는 것을 볼 수 있다. 2019년에는 대상지의 녹지 면적이 축소되었고 2008년에 비해 도시화와 지역의 난개발이 확대되고 있음을 볼 수 있다(Fig. 3). 시간

Fig. 3. Satellite image analysis of the study area (source : <http://air.ngii.go.kr>)

흐름에 따라 대상지 및 주변 지역은 공장, 창고, 시설 재배재, 주거단지, 도로 등의 오염원이 증가하고 수변완충지대가 축소되었고 생태축의 단절 및 파편화가 진행되고 서식면적도 점차 감소하고 있는 것으로 판단된다.

3) 생태기반환경

대상지가 위치한 경안천 유역은 한반도의 중심부에 위치하여 대륙성 계절풍 지역으로 여름에는 고온다습하고 겨울에는 한랭건조하며 사계절의 구별이 뚜렷하게 나타나고 있다. 기상청 기상관측통계(2013~2020년)에 따른 용인시의 일반적인 기상 특성은 8년간 연평균기온은 12.5°C, 최고기온은 2018년의 38.7°C, 최저기온은 2018년의 -19.9°C이며, 최대풍속은 18.7m/s로 확인되었고 경안천 유역의 평균강우량은 1,844.0mm/년으로 우리나라 평균 1,274.0mm보다 높은 것으로 조사되었다(<https://data.kma.go.kr>).

지형 분석 결과, 대상지의 표고는 56.2~91.1m를 보이고 있으며 대상지 남측의 급경사지(약 15도 이상)를 제외하면 전체적으로 10도 이하의 완만한 지세이다. 수리수문환경은 대상지내에 수원지는 없으며 대상지 중심의 능선을 따라 북측과 남측으로 강우시에 표면수와 주변에서 유입된 우수가 흐를 수 있는 자연형 수로가 형성되어 있다. 대상지를 통과한 우수는 서측 제방부의 통문을 통해 경안천으로 유출되고 있다(Fig. 4). 경안천은 경기도 용인시 호동에서 발원하여 모현읍, 오포읍, 경안동 일대를 지나 북쪽으로 흘러 경기도 광주시 남종면에서 한강으로 유입하는 하천이다. 상류 구간은 지방하천으로 지정되어 있으나 용인시 모현읍부터 팔당호 합류부까지는 국가하천으로 지정·관리되고 있으며 연구 대상지와 연결한 구간은 지방하천에 해당된다. 경안천 지방하천은 국가하천까지 유로연장이 27.39km이며, 경안천 전체면적(567.04km²)의 약 37.15%인 210.66km²이다(<http://www.river.go.kr/>). 경안천의 팔당호 유입 수량은 팔당호 전체의 1.6%에 불과하나 팔당호에 미치는 오염 부하량이 16%에 이르러 지속적인 수질, 생태계 보전 측면에서 관리가 필요하다(MOE, 1990).

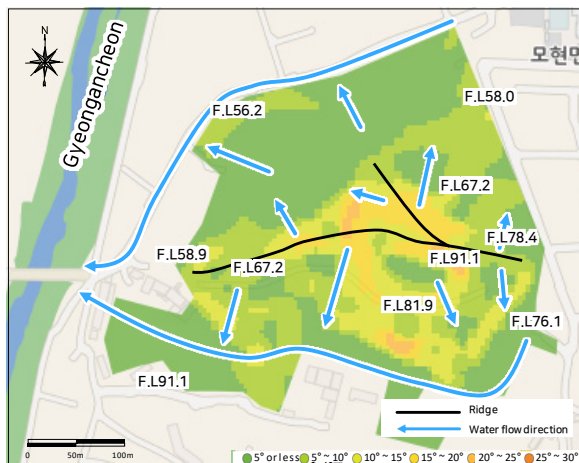


Fig. 4. Elevation and flow direction

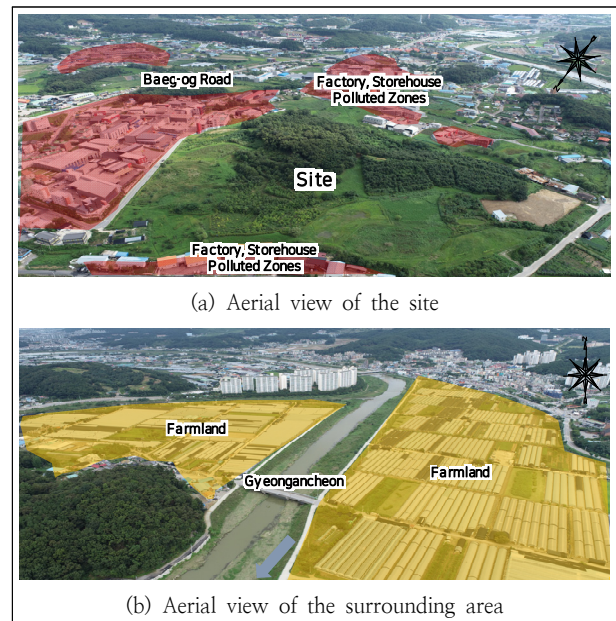


Fig. 5. Current status of pollution sources around the study area

2021년 11월, 총 6개 지점(대상지 내 유출입부 3개소, 경안천 유출부 3개소) 지점에 대한 수질을 분석한 결과, 하천수 생활환경기준으로 pH는 7.4~7.5로 Ia등급, BOD는 2.4~5.8mg/L로 II~III등급, COD는 4.8~31.4mg/L로 III~VI등급, TOC는 2.5~16.4mg/L로 Ib~VI등급, SS는 2.0~44.0mg/L로 Ia~IV등급, DO는 9.0~10.0mg/L로 Ia등급, T-P는 0.1~3.9mg/L로 II~VI등급, 총대장균군은 44~840군수/100mL로 Ia~III등급 이상으로 조사되었다. 대상지 외부의 도로, 산업시설 및 주거지역에서 발생하는 오염원이 대상지 내 수로로 유입되고 있으며 대규모 농경지의 비점오염원이 배수통관을 통해 경안천으로 유입됨에 따른 원인으로 판단되었다(Fig. 5). 같은 시기에 대상지 내 총 10개 지점(기존 산림 3개소, 나대지 및 초지 7개소)에 대해 토양시료를 채취하여 물리·화학적 특성을 분석한 결과, 사질양토(SL)~양질사토(L)의 약산성토양(pH6.1)으로, 유기물(OM)은 0.675%, 전질소(TN)은 0.15%, 유효인산은 평균 51.55mg/kg, 양이온 치환 용량은 평균 37.89cmolc/kg로 나타나 수변생태벨트로 조성시 수목의 생육에는 적절한 환경으로 판단되었다. 이는 대상지가 수질 여과 기능을 위한 습지, 정화림 등의 적극적인 도입에 양호한 여건을 갖추었음을 시사하며 향후 수변생태벨트 조성 후에 지속적인 모니터링을 통해 환경 변화에 대한 관찰이 필요할 것으로 판단되었다.

4) 생태환경 조사 및 분석

대상지내 임상은 대부분 식재림으로 자연림보다 인공림의 비율이 높다. 대상지 내 수목의 높이는 12~16m, 흉고직경은 14~28cm로 분포하며 자연림에는 상수리나무군락, 인공림에는 리기다소나무(*Pinus rigida*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 일본잎갈나무(*Larix kaempferi*), 밤나무(*Castanea crenata*) 등이 식재되어 있다. 현장 조사를 통한



Fig. 6. The ecological environment of the study area

식물상 조사 결과, 대상지 동측 및 중심지역에 인공적으로 조성된 수목들이 밀식되어 있으며 혼효림, 초지, 나지가 분포하고 있었다. 현지조사를 통해 확인된 식물상은 41과 79속 88종 1아종 7변종 2품종 총 98분류군으로 조사되었으며 생태계 교란식물은 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida*), 미국쭉부쟁이(*Symphyotrichum pilosum*) 3분류군으로 조사되었다. 멸종위기 야생생물 및 천연기념물은 확인되지 않았다. 현재 기초림된 수림대는 1m 간격으로 밀생되어 있어 생육 정도가 미흡하였다.

동물상 조사결과, 조류, 포유류, 양서류, 파충류 모두 멸종위기 야생생물 및 천연기념물, 생태계 교란종은 확인되지 않았으며 북동쪽으로 양서류의 서식이 확인되었다. 조류는 멧비둘기(*Streptopelia orientalis*), 파랑새(*Eurystomus orientalis*), 꿩(*Phasianus colchicus*), 물까치(*Cyanopica cyanus*), 까치(*Pica serica*), 어치(*Garrulus glandarius*), 동고비(*Sitta europaea*), 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*), 참새(*Passer montanus*), 박새(*Parus minor*), 쇠박새(*Poecile palustris*), 곤줄박이(*Sittiparus varius*) 등 4목 8과 12종이 확인되었고 포유류는 고라니(*Hydropotes inermis*), 고양이(*Felis catus*), 두더지(*Mogera robusta*), 청설모(*Sciurus vulgaris*) 등 4목 4과 4종이 확인되었다. 양서류·파충류의 경우 청개구리(*Hyla japonica*), 참개구리(*Pelophylax nigromaculatus*) 등 1목 2과 2종이 확인되었다(Fig. 6).

5. 수변생태벨트의 구상과 설계

5.1 설계 개념과 전략

1) 생태계서비스 측면의 수변생태벨트 설계 요소 도출

Riis et al.(2020)은 CICES 프레임워크에 따라 수변완충지대의 생태계서비스 체계를 공급, 조절, 문화 서비스 등 3

개 부문, 바이오매스, 유전자원, 생화학·물리적 입력의 변형, 물리화학·생물학적 조건의 조절, 환경 시스템과의 직접적인 외부 상호 작용, 환경 시스템과 사회 시스템과의 간접적인 상호작용 등 6개 분야로 구분하고 이를 25개 세부항목으로 분류하였다.

본 연구에서는 이를 바탕으로 2021년 11월에 실시한 협의체 2차 워크숍을 통해 대상지의 수변생태벨트 조성시 적용 가능한 생태계서비스 측면의 설계 요소와 도입시설, 공간을 분류하여 제시하였다. 먼저 대상지의 지형적 특성과 한강 수계 매수토지 수변녹지 조성에 대한 제도적 여건 등을 고려하여 적용이 가능한 세부항목을 설계요소로 선정하였다. 공급 서비스 부문에서는 야생식물과 생산물, 모든 생물군의 유전물질 등 2개 항목, 조절 서비스 부문에서는 여과 또는 저장, 탄소 고정, 맑은 물의 화학적 상태, 침식 방지, 수분, 종자 및 번식 분산, 생육 개체군 및 서식처 유지, 기후 조절 등 8개 항목, 문화 서비스 부문에서는 경관적·물리적 상호작용, 교육, 유산, 미적, 상징적 가치, 레크레이션, 존재감, 유산 등 8개 항목을 주요 설계 요소로 선정하였다. 생태계서비스 기능을 위한 설계 요소에 따른 도입시설, 공간은 천변수림대, 생태숲, 미세먼지 저감숲, 초지, 생태습지, 묵논습지, 생물서식처, 식생 수로, 숲 산책로, 잔디밭, 숲속 쉼터, 생태학습원, 숲놀이터, 숲공예체험장, 야생화 가든, 밀원식생대, 전망대 등 17개 유형을 도출하였는데 각 시설, 공간은 단일 기능보다 복합적인 생태계서비스 기능을 제공하며 조성, 운영시에 상호 작용하는 시스템으로 작용될 수 있다(Table 1).

2) 지역 주민과 지자체의 의견수렴

지역 협의체 구성원의 논의를 거쳐 생태계서비스 측면의 수변생태벨트 설계 요소를 도출 후 주민 설문조사를 진행하였다. 설문은 연구 대상지인 경기도 용인시 모현읍 갈담

Table 1. Classification of Riparian Buffer Zone design criteria, facilities, and spaces from the perspective of ecosystem services

ES* section	ES division	ES category	ES	Design Criteria	
				Relation	Facilities, Space
Provisioning	Biomass	Standing crop	Standing crop of woody biomass		Riverine forest
			Standing crop of non-woody biomass		Ecological forest
		Wild plants and their outputs	Harvestable volume of wild berries or other	○	
	Genetic material	Genetic materials from all biota	Seeds, spores and harvestable genes	○	Fine dust reduction forest
Regulation and maintenance	Transformation of biochemical or physical inputs	Filtration or storage	Filtering or storage of particles	○	
		Carbon sequestration	Fixation storage	○	Grasslands
		Chemical conditions of freshwaters	Removal of nutrient in runoff	○	
	Regulation of physical, chemical and biological conditions	Stabilization and control of erosion	Erosion control	○	Ecological wetlands
		Buffering and attenuation of mass flows	Landslide		Abandoned paddy wetland
		Hydrological cycles and water flow maintenance and flood protection	Flow regulation - The capacity of vegetation to retain water and release it slowly		Wild habitat
		Pollination	Pollination	○	
		Seed and propagule dispersal	Seed and propagule dispersal	○	Swale
		Maintaining nursery populations and habitats	Providing habitats	○	
		Pest control	Providing habitats for native pest control agents		Forest trails
		Climate regulation	Evaporative cooling by urban riparian trees	○	Lawn
		Fire regulation	The capacity of riparian vegetation to reduce frequency, spread or magnitude of fires		Shelter in the forest
	Cultural (Biotic)	Experiential and physical interaction	Ecological quality to support recreational use	○	Ecological learning institute
		Scientific	Sites of specific scientific interest		Forest playground
		Educational	Sites used for conservation activities	○	Forest craft experience
		Heritage	Sites of cultural importance	○	
		Aesthetic	Area of natural beauty	○	Wildflower garden
		Sacred or religious values	Totemic species or settings of religious interest		Honey plant garden
		Symbolic values	Species, habitats or landscapes that can be used as symbols	○	
		Entertainment	Artistic productions	○	Observatory
		Existence	Natural areas designated as wilderness	○	
		Bequest	Species and ecosystem settings	○	

* ES* : Ecosystem Service

리 및 인근에 거주하는 주민들을 대상으로 하였다. 수변생태벨트를 조성시 주 이용객인 주민들의 수변생태벨트 방문 목적, 방문시 이동수단, 선호하는 공간·도입시설, 수변생태벨트 조성, 관리단계시 주민참여 의향 등에 대한 설문을 실시하였다. 대상지의 수변생태벨트 조성 시 공간, 도입시설에 대해서는 상기 생태계 서비스 측면에서 도출된 유형에 대한 선호도를 설문하여 주민들의 수변생태벨트 사업에 대

한 이해와 관심을 촉발하고자 하였다.

설문은 2021년 9월에 2주간 이루어졌으며 총 응답자 452명 중 남성 152명(33.6%), 여성 300명 (66.4%)으로 여성의 응답률이 더 높게 집계되었다. 응답자의 연령대는 40대 164명(36.3%), 30대 107명 (23.7%), 50대 102명 (22.6%), 20대 50명(11.1%), 60대 이상 29명(6.4%)로 40대의 응답률이 가장 높게 집계되었다(Table 2).

Table 2. Characteristics of respondents

Category		Number of respondents	Ratio
Sex	Man	152	33.6%
	Woman	300	66.4%
Age	20~29	50	11.1%
	30~39	107	23.7%
	40~49	164	36.3%
	50~59	102	22.6%
	60~	29	6.4%

응답자들에 대한 설문조사 결과는 Fig. 7과 같다. 이용자의 주 방문목적은 산행(43.1%), 운동(23.2%), 자연체험(16.8%) 등 순으로 이동 방법은 대부분 승용차(54.0%) 및 도보(32.7%)로 방문하기를 선호하는 것으로 조사되었다. 선호하는 공간, 시설 유형은 숲산책로(16.5%), 생태습지(11.0%), 숲속쉼터(8.2%), 천변수림대(7.3%), 생태숲(7.2%), 생물서식처(6.7%), 잔디밭(6.6%), 초화원(5.5%), 미세먼지 저감숲(5.4%), 식생수로(5.3%), 숲놀이터(5.1%), 야생화원(4.3%), 밀원식생대(3.3%) 등 순으로 조사되어 주로 생태자원으로서 복원, 보전과 문화적 활용을 함께 도모할 수 있는 공간, 시설에 대한 선호가 높은 것으로 나타났다. 수변생태벨트 조성, 관리단계시 주민참여 의향에 대해서는 조성시부터 나무식재, 꽃 심기, 목공 조형물 설치 등 적극적인 참여 희망(33.3%), 유지관리시 청소, 풀깎기, 잡초 뽑기 등 관리 참여 희망(14.3%), 교육, 학습프로그램 개발 및 운영 희망(15.8%), 교육, 학습 프로그램 참여 희망(36.6%)로 조사되어 주민 주도의 수변생태벨트 조성과 공간 활용, 체험

에 대한 선호가 높은 것으로 나타났다.

3) 조성방향 및 공간 구상

주민 설문결과를 고려하여 이용자의 시설에 대한 요구를 적절하게 절충시킬 수 있으며 지형의 변화를 최소화하여 습지 및 생태계 보전의 흐름에 지장이 없도록 계획하고자 하였다. 대상지의 수변생태벨트 조성에 대해 다음과 같이 세 가지 방향을 설정하였다. 첫 번째, 양호한 서식환경의 보전 및 복원을 통해 대상지 내 식생의 보전, 목표종을 중심으로 한 생태복원, 두 번째, 물순환 기반의 생태환경개선을 위해 저류 및 수질정화 기능을 향상, 기후변화 대응의 탄소흡수원 확충과 동시에 수변 훼손지 복원, 세 번째, 자연과 공존하는 생태계서비스 공간으로서 주민을 위한 생태학습 및 휴식공간 제공을 주된 방향으로 설정하였다.

대상지의 공간과 동선을 전술한 조성방향에 맞춰 Fig. 8과 같이 구상하였다. 대상지 동북측과 남측의 저지대는 수질정화 공간으로 도로와 주변 산업시설에서 유입되는 비점오염원을 습지와 식생수로 등을 통해 여과하여 경안천으로의 오염부하를 저감하고자 하였다. 북서측과 남측 공간은 생태계 복원 공간으로써 오랜 시간 방치된 토지의 생물 다양성을 회복하고 서식 중인 동식물의 피해를 최소화할 수 있는 공간으로 설정하였다. 탄소흡수원 공간은 중앙의 기존 산림과 조화를 통한 탄소흡수기능을 향상하고 기 조성된 조림숲, 습지의 건전성 향상을 도모하고자 하였다. 생태교육, 체험공간은 중앙의 산림부와 주변 습지공간을 활용하여 살아있는 숲을 느끼고 자라나는 유·청소년 계층의 생태교육, 체험공간으로 활용하고자 하였다.

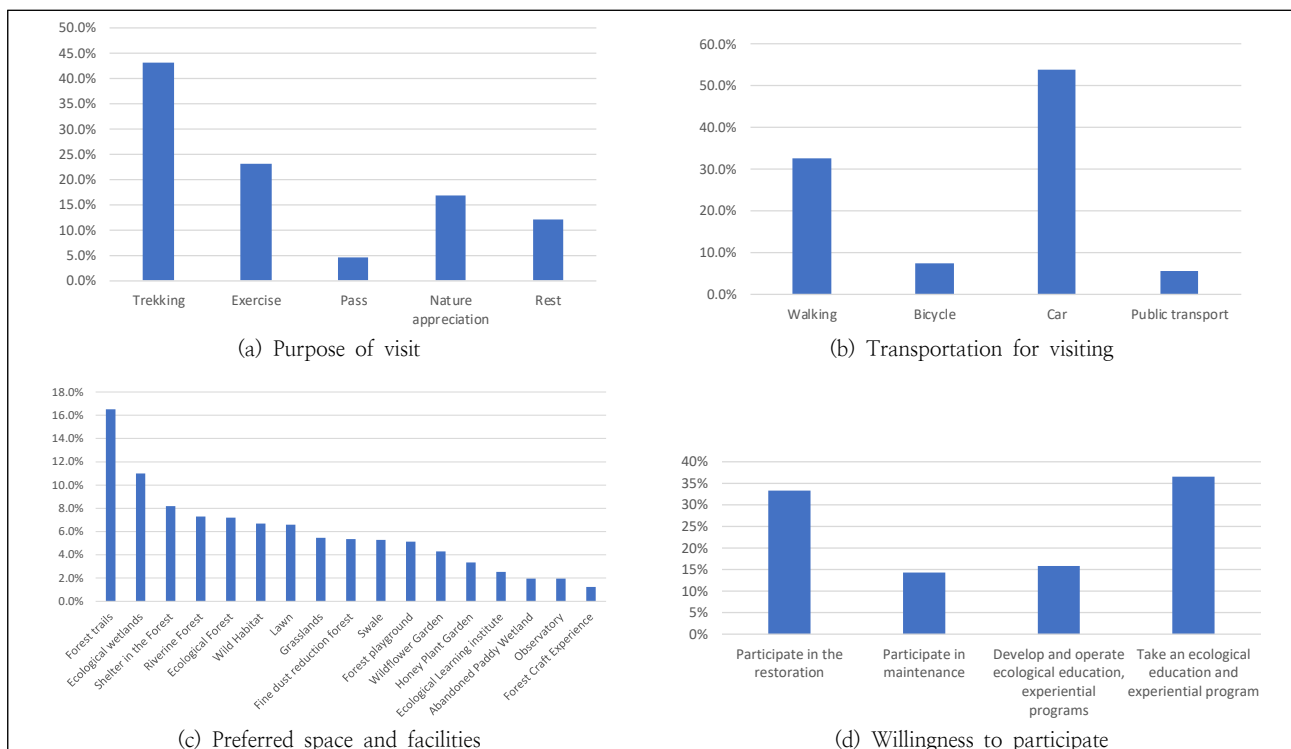


Fig. 7. Results of the survey



Fig. 8. Zoning and root plan



Fig. 9. Master plan

동선은 주민설문 결과를 고려하고 보전지역을 피해 각 공간을 연결할 수 있는 동선을 구상하였다. 약 1.0km 구간의 근거리 산행이 가능한 순환 산책로를 도입하였으며 진입공간은 보전, 복원 구간으로의 과도한 접근을 지양하기 위해 훼손지와 기존 동선의 연계가 가능한 지역에 확보하고자 하였다. 차량동선은 대상지 내부 관리용 차량 외 이용차량의 진입은 원칙적으로 배제하고 보전구역은 신규 관리동선 대신 현재 내부도로를 이용토록 하였다. 그 외 지역은 폭

3m의 순환산책로를 활용하여 관리도로를 대체하고자 하였다. 대상지의 전체적인 종합 계획도는 Fig. 9와 같다.

5.2 공간별 세부계획

1) 수질 보전 및 오염원 저감 계획

도로와 주변 지역에서 발생하는 비점오염원을 지형의 높이차를 이용하고 토양, 식생의 자연정화기능을 통해 여과할 수 있도록 계획하였다(Fig. 10). 우선 강우시 도로에서 발생

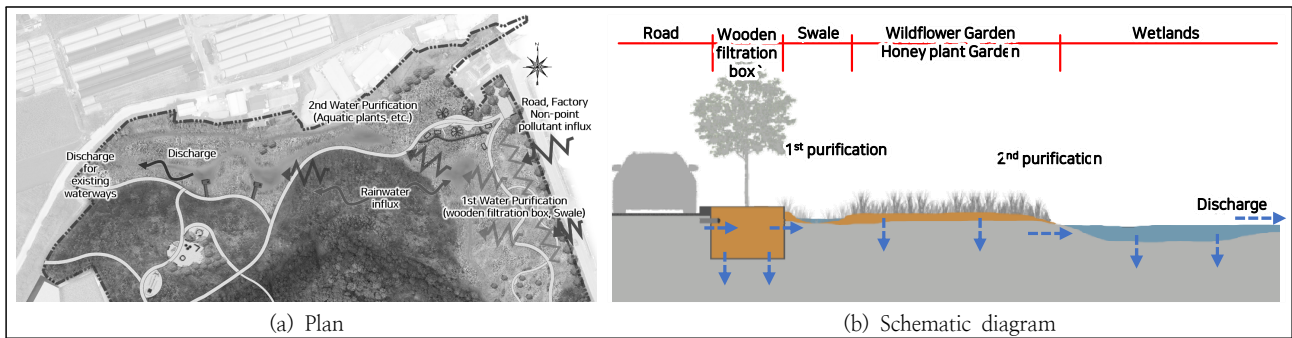


Fig. 10. Nonpoint-pollution source reduction Plan

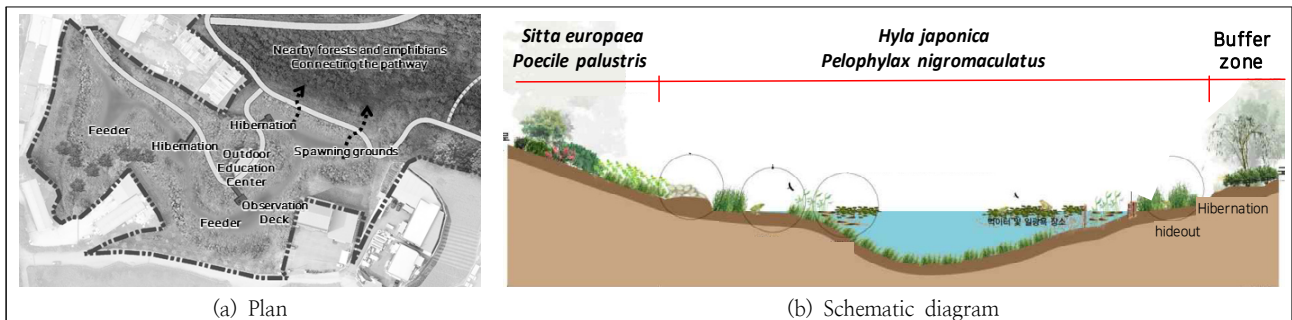


Fig. 11. Wetland plan

하는 비점오염원을 나무여과상자로 유입시키고 대상지 내 동측의 식생 도랑을 통해 저감토록 계획하였다. 나무여과상자는 나무가 식재된 박스를 매립하여 식재 토양층의 여과 및 나무의 생화학적 반응을 통해 유출수에 포함된 오염물질을 저감시킬 수 있으며(MOE, 2020) 가로수 식재 구간에 적용을 통해 녹음과 미관, 미기후 조절 등의 다양한 기능을 수행할 수 있다. 식생 도랑 주변에는 식생 여과대 및 경관적 기능을 갖춘 밀원 식물원, 야생 초화원 등을 조성하였으며 대상지 북측의 기존 건습지를 확대하여 대상지에서 유출되는 표면수와 식생 도랑을 통해 흘러드는 오염원의 저감기능을 위한 깊은 습지, 얇은 습지 등을 계획하였다. 식생 도랑과 식생 여과대는 대표적인 자연형 비점오염저감 시설의 유형으로 부유고형물과 금속 등 오염물질의 제거에 효과적이다. 식생 여과대를 거치면서 유속이 낮아짐에 따라 오염물질이 여과, 흡착, 중력침전으로 제거되며 비점오염원 저감시설의 전처리 공정으로 토사 제거와 주 처리 시설로의 부하량을 감소시켜 유지관리 비용을 줄이고 효율 향상에 기여할 수 있다(MOE, 2020).

2) 생물서식처 계획

대상지 내 멸종위기종 및 보호종이 발견되지 않았고 지형적 특장상 건습지가 유지될 가능성이 높아 동물조사를 통해 확인된 양서파충류 및 조류의 생육환경 개선을 위해 출현종 및 수질 오염 지표종을 목표종으로 선정하였다. 양서파충류의 경우 참개구리, 청개구리 등 2개종을 조류는 쇠박새, 동고비 등 2개종을 선정하였으며 유사 사례와 문헌에서 제시된 목표종의 서식공간 요소와 특성을 고려하여 대상지에 적용하고자 하였다. 단, 공간제한 및 규모 한계로 인해

산림, 자연림, 하천 등과 연결될 수 있는 방안이 필요하였으며 간섭에 대한 변화를 충분히 고려하여 확산과 이동을 위한 연결통로를 확보하고자 하였다.

양서류서식처인 생태습지는 목표 종의 행동반경(이동간격 200~500m, 수심 H1.5m 이내)을 고려하여 사이에 먹이터, 은신처, 동면지, 산란지 등의 서식공간을 배치하였다(Jo, 2006). 생태계 건전성 및 생물다양성 증대, 서식처 보호를 위하여 핵심, 완충, 이용지역으로 구분하여 공간을 구성하였다. 종먹이 사슬을 고려하여 수심별 다층구조의 식생을 형성하도록 계획하였다. 핵심공간은 수심 H1.5m 이내, 습지 가장자리는 산란지, 저습지 조성하여 다양한 수심을 형성하고 주변 완충공간을 확보하고자 하였다. 완충공간은 이동간격인 200~500m, 산림과의 거리 100m 이내, 산란지 인근의 동면지, 핵심공간 주변 산림과 연계할 수 있도록 하고 완만한 경사를 유지하고자 하였다. 이용공간은 관찰공간으로 핵심공간과 이격하고 간섭을 최소화하고자 하였다(Fig. 11).

3) 식재계획

수변생태벨트 대상지의 테마에 부합되는 이질감 없는 자연경관 형성과 자연친이를 유도할 수 있는 식재계획을 수립하였다. 교목의 경우 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙우송(*Taxodium distichum*), 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica*), 느티나무(*Zelkova serrata*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 백합나무(*Liriodendron tulipifera*), 산딸나무(*Cornus kousa*), 산벚나무(*Prunus sargentii*), 산수유(*Cornus officinalis*), 살구나무(*Prunus armeniaca*), 능수버들(*Salix pseudolasiogyne*) 등 16종을 계획하였고, 관목은 사

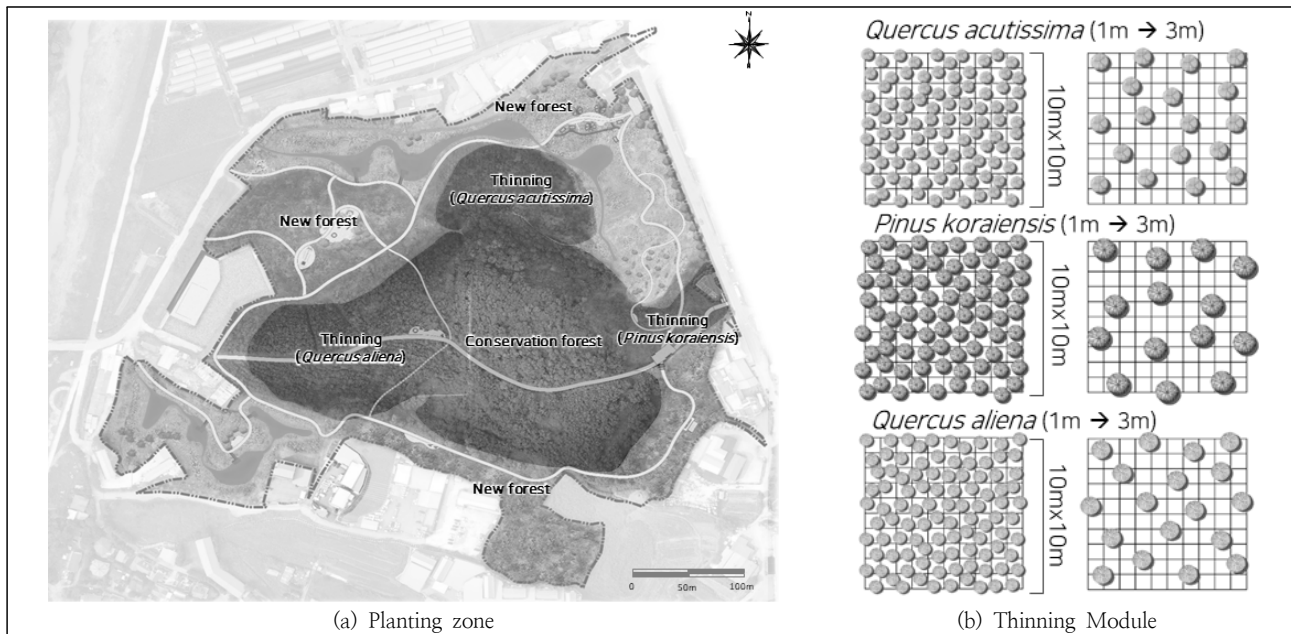


Fig. 12. Planting plan

철나무(*Euonymus japonicus*), 회양목(*Buxus microphylla*), 개나리(*Forsythia koreana*), 갯버들(*Salix gracilistyla*), 고광나무(*Philadelphus schrenckii*), 괴불나무(*Lonicera maackii*), 꼬리조팝나무(*Spiraea salicifolia* L.), 말발도리(*Deutzia parviflora* Bunge), 병꽃나무(*Weigela subsessilis*), 산철쭉(*Rhododendron yedoense*) 등 16종을 계획하였다. 초화류는 가래(*Potamogeton distinctus*), 감국(*Chrysanthemum indicum*), 개구리밥(*Spirodela polyrrhiza*), 검정말(*Hydrilla verticillata*), 고랭이(*Scirpus lacustris*), 구절초(*Dendranthema zawadskii*), 기린초(*Sedum kamtschaticum*), 꿀풀(*Prunella vulgaris*) 등 16종을 계획하였다. 기존에 보전이 필요한 식생 군락을 제외하고 밀생한 숲에 대한 숙아베기를 통해 하층 식생 발달을 유도하고 식물 종다양성 및 탄소흡수능 증진을 도모하고자 하였다. 대상지 내에 상수리나무, 갈참나무, 잣나무 등 단일 수종으로 조림화되어 있는 구간에 대해 단계별 숙아베기를 계획하였다(Fig. 12).

4) 생태교육, 체험공간 계획

주변의 식생 및 산림과 연결하여 먹이활동이나 산란장소 등으로 기능하는 야생화 정원, 밀원 식물원, 폴리네이터 가든을 조성하여 생물서식처로서의 기능과 생태교육, 체험공간을 제공하고자 하였다. 목표종의 먹이식물 및 개화 시기를 고려하여 연중 유인이 가능하도록 계획하였으며 벌, 나비 등 화분 매개 곤충들의 서식처 제공을 위해 느릅나무, 물푸레나무, 산딸나무, 산벚나무, 산수유, 말발도리, 병꽃나무, 산철쭉, 자산홍, 조팝나무, 감국, 구절초, 꿀풀, 기린초, 애기원추리, 데이지, 민들레, 작약 등의 밀원식물을 도입하였다.

대상지의 지형여건을 감안하고 주변환경과 어울리는 자연소재의 시설물을 도입하였다. 폴리네이터 가든에는 나비 화단, 통나무화단, 곤충호텔, 누운 고목, 선 고목 등을 배치

하였다. 숲 놀이터에는 인디언집, 통나무 균형잡기, 통나무 건너기, 세족장, 가방걸이 등을 배치하고 양서류 서식처, 생태습지에는 양서류동면지, 관찰데크, 나무더미, 돌무더기 등을 배치하였다. 대상지 내 동선과 휴게공간에는 자연 훼손을 최소화한 원지반 다짐, 우드칩 포장, 황토 포장, 모래 포설 등을 계획하였다. 특히 숲 놀이터, 숲 교육장은 숲에서 맘껏 뛰놀고 오감을 통해 자연과 교감할 수 있도록 지형을 최대한 활용하고 목재 등 자연재료와 친환경성 소재를 활용한 놀이기구를 도입하였다. 이를 통해 숲이 교과서가 되고 놀이 자체가 배움이 되는 교육의 장을 제공하고자 하였다(Fig. 13). 자연과 함께하는 숲속 교육장은 보전지역의 일부공간에 계획하였는데 일정 주기별 개방, 운영을 통해 무분별한 이용을 지양하고자 하였다. 아울러, 수변녹지 이용자의 편의를 위한 주차장 및 화장실 조성계획을 수립하였는데 수변생태벨트 조성의 고유 목적인 수질개선 및 생태계 건전성 확보를 위해 최소한의 규모로 도입하였다.

6. 결론 및 시사점

본 연구에서는 유역의 비점오염원을 친환경적으로 정화시키고 다양한 생태계서비스 기능을 제공하는 수변완충녹지를 보다 지속가능하고 유용한 사회생태시스템으로 조성하기 위해 지역 공동체와의 긴밀한 상호 소통 필요성을 제기하고 그 방법론으로서의 설계 과정을 제시하였다. 한강수계 경안천변 수변구역 내 매수토지에 추진되는 수변생태벨트 조성 대상지를 사례로 설계과정에 세 가지의 전략을 제시하고 구현하였다.

첫 번째, 전문가, 시민단체, 주민대표, 지자체, 관계기관 담당자 등이 참여하는 지역 거버넌스로서 협의체를 구성하여 사업 초기 구상부터 계획, 설계 및 조성, 유지관리 단계

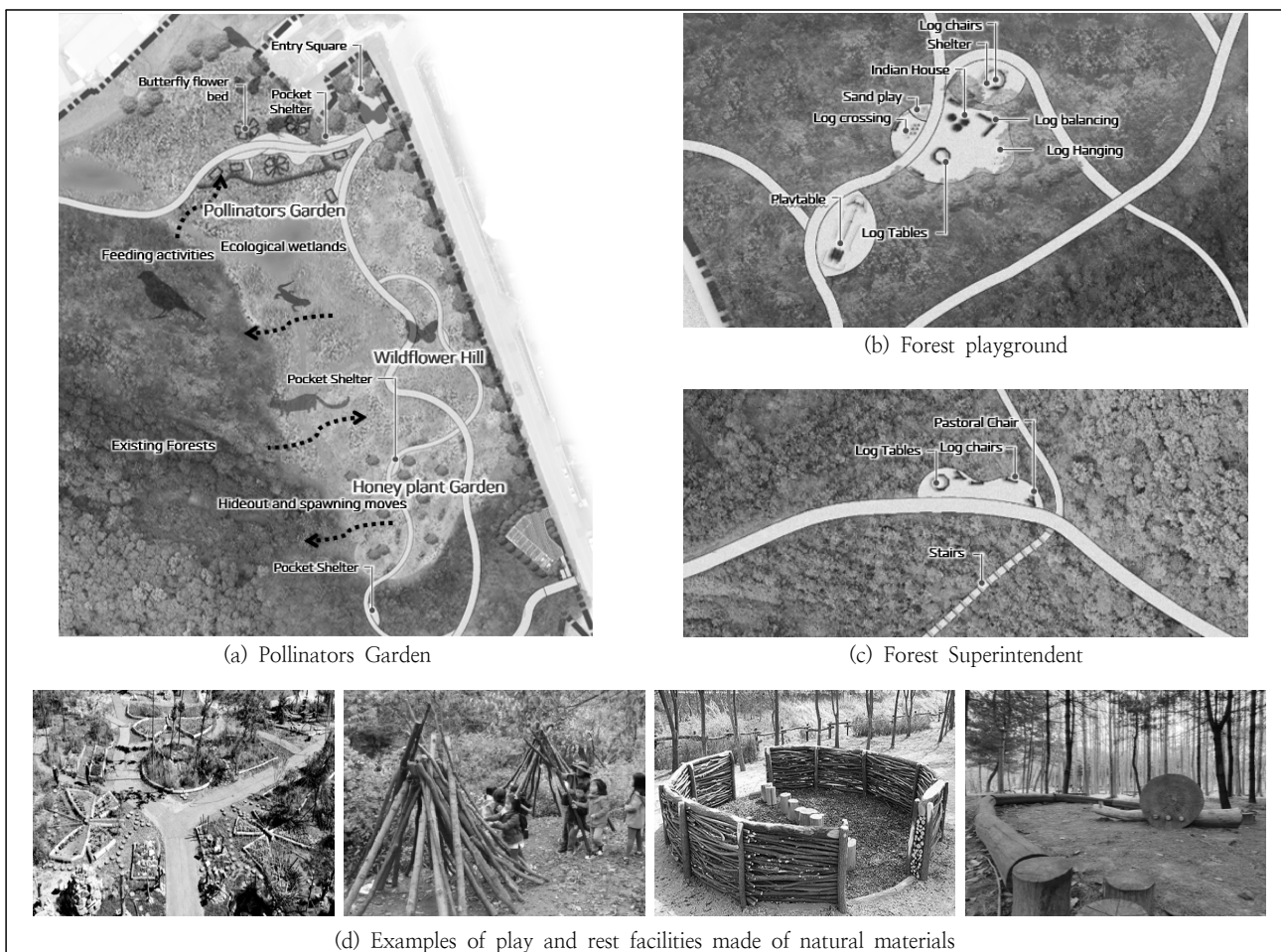


Fig. 13. Plan of eco-education, experience zone

까지 운영하고자 하였다. 협의체 운영은 설계 초기부터 완료시까지 총 3회의 정기 워크숍과 수시 회의를 통해 지속 가능한 아이디어를 수렴하였으며 주민 간담회, 설문조사 등의 협업을 통해 지역이 공감하는 설계안 도출에 주도적인 역할을 하였다.

두 번째, 선행 연구에서 제시된 수변완충녹지의 생태계서비스 체계를 기반으로 대상지 현황, 제도적 여건 등을 고려하여 공급, 조절, 문화 서비스 부문별 생태계서비스 기능을 위한 설계요소를 도출하였으며 주민 설문을 통해 이를 구현하기 위한 도입시설, 공간을 계획하였다. 주민의 시각에서 수변생태벨트의 다양한 생태계서비스 기능에 부합되는 설계 요소와 시설, 공간 도입을 통해 수용성과 인식을 높이는데 기여하고자 하였다.

세 번째, 생물다양성 증진, 물순환 기반의 생태환경, 주민 생태체험, 휴식공간을 균형있게 계획하여 향후 조성 효과와 생태자원으로서의 가치를 주민이 체감하고 조성지의 운영, 관리에 환원될 수 있는 기반을 마련하였다.

본 연구는 국내의 대표적인 수변완충녹지 정책인 수변생태벨트 사업에 있어서 계획 초기부터 주민참여 기반의 프로세스 모델을 적용한 최초의 사례이자 기록이다. 본 사례를 통해 주민의 수용성, 의견을 투영하는 사회생태시스템으로서 주민

가치 인식, 조성 유지관리 단계까지 출산수범할 수 있는 사업 체계를 마련하고 국내 수변완충녹지 정책 패러다임의 변화를 이끌어내고 향후 유사 사업 추진시에 시사점을 제공하는데 의의가 있을 것이다. 향후 대상지의 수변생태벨트 조성 및 운영, 관리 과정의 지속적인 모니터링과 후속 연구가 필요할 것이다. 아울러, 수변생태벨트 조성지의 생태계서비스 기능 효과와 기능 증진을 위한 세부적인 설계 기법 등에 대해서도 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 한강수계관리위원회의 2021년도 한강수계 수변생태벨트 사업 일환으로 연구되었습니다.

References

- Ahn TM, Kim IH, Lee JY, Kim CK, Chae HS, Lee Y and Kim MW (2009). Development of participatory ecological restoration system through integrative categorization of disturbed areas in BaigDooDaeGahn. *J. Korean Env. Res. Tech.*, 12(4), pp. 11-22. [Korean

Literature]

- Bahn GS and An BC (2020). Analysis of environmental purification effect of riparian forest with poplar trees for ecological watershed management: A case study in the floodplain of the dam reservoir in Korea. *Sustainability*, 12(17), 6871.
- Bahn GS, Cho MH, Kang JK and Kim LH (2021). Study on the selecting of suitable sites for integrated riparian eco-belts connecting dam floodplains and riparian zone—case study of Daecheong reservoir in Geum—river basin. *J. of Wetlands Research*, 23(4), pp. 327–341. [Korean Literature]
- Browder G., S. Ozment, I. Rehberger Bescos, T. Gartner and G. M. Lange (2019). Integrating Green and Gray: Creating Next Generation Infrastructure. *World Bank and World Resources Institute*.
- Capon SJ et al. (2013). Riparian ecosystems in the 21st century: Hotspots for climate change adaptation Ecosystems, 16, pp. 359–381.
- Carpenter SR, Mooney HA, Agard J, Capistrano D, DeFries RS, Díaz S, and Perrings C. (2009). Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, pp. 1305–1312.
- Choi J, Hong J, Kang H, and Kim LH (2016). Characteristics of stormwater runoff from highways with unit traffic volume. *J. of Wetlands Research*, 18(3), pp. 275–281. [Korean Literature]
- Dufour S, Rodríguez-González P M, and Laslier M. (2019). Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics approaches and needs in a globally changing world. *Science of the Total Environment*, 653, pp. 1168–1185.
- Dwire, K. A. and R. R. Lowrance(2006). Riparian ecosystems and buffers—multiscale structure, function, and management: Introduction. *J. of the American Water Resources Association*, 42(1), pp. 1–4.
- Fischer M, et al. (2018). Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Secretariat of the Intergovernmental Science – Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Fisher B, Turner RK, and Morling P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, pp. 643–653.
- Geum River Environmental Management Office(GREMO) (2009). Water Management Plan of Geum River('09 ~'13), Geum River Environmental Management Office. [Korean Literature]
- Geum River Environmental Management Office(GREMO) (2013). Water Management Plan of Geum River('14 ~'18), Geum River Environmental Management Office. [Korean Literature]
- Geum River Watershed Management Committee (GRWMC) (2020). A Study on the Agricultural Impact and Management Plan of the Daecheong Reservoir: Research Report. [Korean Literature]
- González E, Sher AA, Tabacchi E, Masip A and Poulin M. (2015). Restoration of riparian vegetation: A global review of implementation and evaluation approaches in the international peer-reviewed literature. *Journal of Environmental Management* 158, pp. 85–94.
- Haase, D. (2017). Urban wetlands and Riparian forests as a nature-based solution for climate change adaptation in cities and their surroundings. In *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Springer, Cham. pp. 111–121.
- Haines-Young R. and Potschin M. (2009). Methodologies for Defining and Assessing Ecosystem Services. Joint Nature Conservation Committee. Project code no. C08-0170-0062.
- Haines-Young R. and Potschin M. (2013). The Common International Classification of Ecosystem Services Consultation on Version 4 August– December 2012 Report to the European Environment Agency Contract No EEA/IEA/09/003.
- Haines-Young R, and Potschin M. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5 1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. European Environment Agency. <https://cices.eu>.
- Han River Environmental Management Office(HREMO) (2013). Water Management Plan of Han River, Han River Environmental Management Office. [Korean Literature]
- Han River Watershed Management Committee(HRWMC) (2018). The 3rd Plan for Management of Waterfront Areas of the Han River(2019~2023), Han River Watershed Management Committee. [Korean Literature]
- Hong SK, Kang HJ, Kim ES, Kim JK, Kim CH, Lee EJ, Lee JC, Lee JS, Lim BS, Jeong YS, Jeong HR and Cho HY (2004). Restoration ecology and engineering : conservation and management of habitats and ecotope. Life science. [Korean Literature]
- Hong, EM, Im GJ. and Kim DJ (2021). Introduction of nonpoint pollution generation and management plans in Gangwon province. *water for future. Korea Water Resources Association*. 54(2), pp. 46–51. [Korean Literature]

- Literature]
- Jobin, B., L. Belanger, C. Boutin and C. Maisonneuve(2004). Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer river watershed, Quebec(Canada). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103, pp. 413-423.
- Jo DG (2006). Amphibian Habitat Techniques. *Landscaping Tree*, 35-40. [Korean Literature]
- Lee EJ, and Kim CK (2018). Civic Ecology Practice and Environmental Education. Proceedings of Korean Society of Environmental Education Conference, pp. 82-84. [Korean Literature]
- Lee JW (2021). A Study on the Assessment Model for Riparian Eco-belt Using Ecosystem Services Assessment Framework. Dan Kook University. [Korean Literature]
- Lee JY, Ahn TM, Kim IH, Kim CK, Kim SJ, Chae HS, Lee Y, Lee JW, Kim MW, Shin MJ, Park HI and Cho KJ (2011). A Study on Participatory Ecological Restoration Procedures - Degraded Ecosystems in BaigDooDaeGahn -. *J. Korean Env. Res. Tech*, 14(5), pp. 1-16. [Korean Literature]
- Lee YK, Choi HS, J MS and Kim LH (2021). Change of dry matter and nutrients contents in plant bodies of LID and roadside. *J. of Wetlands Research*, 23(1), pp. 35-43. [Korean Literature]
- Li, L and Koo, BH (2017). A Study on Recognition of Land Acquisition for Ecology Restoration Project in Ecological and Landscape Conservation Area of Donggang River Basin. *J. of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 20(4), pp. 15-28. [Korean Literature]
- Millennium Ecosystem Assessment(MEA) (2005). Ecosystems and Human Well-being. Synthesis Island Press, Millennium Ecosystem Assessment.
- Ministry of Environment(MOE) (1990). Investigation report on the impact of the Paldang Lake test dredging, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment(MOE) (2018). A report on the results of specific audits for the waterside ecological belt creation project, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment(MOE) (2020). The 3rd Comprehensive Measures for the Management of Rainfall Runoff Nonpoint Pollution Sources, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment(MOE) (2020) Manual for Installation, Management and Operation of Non-Point Pollution Reduction Facilities, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Ministry of Environment(MOE) (2021). 2021 Government Innovation Action Plan, Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Nakdong River Environmental Management Office (NREMO), (2009). Water Management Plan of Nakdong River, Nakdong River Environmental Management Office. [Korean Literature]
- Park JH, Ryu J, Shin DS and Lee JK (2019). The effective approach for non-point source management. *J. of Wetlands Research*, 21(2), pp. 140-146. [Korean Literature]
- Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F. C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M. D., and Dufour, S. (2020). Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*, 70(6), pp. 501-514.
- Sweeney BW and Newbold JD. (2014). Streamside forest buffer width needed to protect stream water quality habitat and organisms: A literature review. *J. of the American Water Resources Association*, 50, pp. 560-584.
- USDA Forest Service (1998). Chesapeake Bay Riparian Handbook: A guide for establishing and maintaining riparian forest buffers.
- Yongsan River Environmental Management Office (YREMO) (2009). Water Management Plan of Yongsan River. [Korean Literature]
- Yongsan-Sumjin River Watershed Management Committee (YSRWMC) (2018). The 3rd Plan for Management of Waterfront Areas of the Yongsan-Sumjin River (2019~2023). [Korean Literature]
- National Geospatial Image Information System(NGIIS) (2022). <http://air.ngii.go.kr/>.
- Weather data open portal(2022) <https://data.kma.go.kr/>.
- River Management Geographic Information System (RIMGIS) (2022). <http://www.river.go.kr/>.