

천안 성성호수공원의 충남 대표 도시형 호수 공원화 전략 구상

사공정희

충남연구원 공간환경연구실 책임연구원
sun-road@cni.re.kr

백승희

충남연구원 공간환경연구실 연구원
bsh114@cni.re.kr

성성호수공원이 충남의 대표 도시형 공원으로 발전하기 위해 공원의 의미와 기능을 파악하고, 기후변화, 환경복지, 정원도시 등 현대사회가 기대하는 도시 내 자연매체로서의 기능 강화 방안을 모색하였다. 이를 통해, 천안 성성호수공원의 특성화 방향을 설정하였으며, 지속 가능한 발전 방향을 제시해 보았다.

CONTENTS

1. 공원의 입지적·생태적 기능 강화 방안
2. 공원의 찬 공기생성원 및 탄소흡수원 기능 강화 방안
- 3 공원의 도시공원 기능 강화 방안

요약

- 천안성성호수공원은 금북정맥으로부터 직접 뻗어 나온 영인지맥 인근에 위치하면서 단절된 영인지맥 산줄기의 연결성 확보에 기여할 수 있음
 - 호수공원 자체 녹지 확대로 영인지맥에 포함(수정) 필요
 - 호수공원 주변 녹지 유지 및 조성(특히 초지)을 통해 영인지맥 기능의 범위 확대 효과 기대
- 현재 호수공원에서 완전 노출 상태인 철새들에 대한 은폐시설 도입으로 지금보다 생태적이고 안정된 서식지 조성이 가능함
- 공원 내·외 잔여공간 또는 유휴지, 농지 등을 초지로 조성하여 찬 공기 생성기능과 탄소 흡수기능을 증대시킴으로서 기후변화 대응에 중요한 역할을 기대할 수 있음
- 도시공원으로서의 기능 증대를 위해 '생태산책로', '호수쉼터', '예술의정원', '호수놀이터' 등의 주제를 설정하고, 이에 적합한 녹지 및 시설 추가 도입(안)을 제시해 보았음
 - 생태산책로: 수변 식생과 자연의 흐름을 따라 걸으며 생태를 관찰할 수 있는 순환형 산책 공간으로 개선함
 - 호수 쉼터: 목재데크 및 그늘을 활용한 휴식중심 공간으로, 산책하며 자연스럽게 머무를 수 있도록 개선함
 - 예술의정원: 조형물과 경관 식재가 어우러진 감성적 예술 공간으로, 일대에서 다채로운 경험을 제공함
 - 호수놀이터: 어린이들이 자연과 상상력을 바탕으로 자유롭게 놀고 체험할 수 있는 창의놀이공간으로 개선함
- 그 외 에너지재생 공원과 생태센터 도입 사례를 제시하였음

1. 한반도 산줄기 연계성 강화

1) 한반도 산줄기와의 연계성

① 한반도 산줄기와 충남 산줄기의 관계성

- 「백두대간 보호에 관한 법률」에서 백두대간은 '정맥 등 다른 산줄기와의 연결성이 유지·증진될 수 있게' 보전·관리되어야 한다고 제시하고 있음
- 즉, 백두대간의 진정한 보전·관리를 위해서는 궁극적으로 '한반도 전체에 뻗어 있는 타 산줄기와의 연결성이 확보'되어야 함을 의미함
- 따라서 충남 차원에서는 백두대간으로부터 충남지역으로 뻗어 나온 금남정맥 및 금북정맥과의 연결성이 가장 중요하다고 할 수 있음¹⁾

백두대간 보호에 관한 법률[시행 2024. 5. 17.] [법률 제19587호, 2023. 8. 8., 타법개정]

제3조의2(백두대간 보호·관리의 기본원칙) 국가와 지방자치단체는 백두대간 보호·관리를 위하여 다음 각 호의 기본원칙에 따라야 한다.

1. 백두대간은 모든 국민의 자산으로 현재와 미래세대를 위하여 지속가능하게 보전·관리되어야 한다.
2. 백두대간은 자연의 기능 및 생태계 순환이 유지·증진되고 인간의 이용으로 인한 영향과 자연재해가 최소화되도록 보전·관리되어야 한다.
3. 불가피하게 백두대간을 이용하여 훼손이 발생한 경우 최대한 복구·복원되도록 노력하여야 한다.
4. 백두대간은 정맥 등 다른 산줄기와의 연결성이 유지·증진될 수 있게 보전·관리되어야 한다.
5. 백두대간의 지속가능성 유지를 위하여 지역주민과 지역공동체는 보호되어야 한다.

[본조신설 2020. 5. 26.]

1) 산경표의 금남·금북정맥이 신산경표에서 호서정맥, 금남·금북기맥으로 분류되어 있으나 지역차원의 계획에서는 동등한 중요성을 가지는 것으로 판단함(환경부·산림청 의견)

② 충남 산줄기와 천안성성호수공원의 관계성

- 충남의 가장 중요한 산줄기인 금북정맥(신산경표의 호서정맥)으로부터 직접 뻗어 나온 영인지맥이 천안 지역을 동서로 가로지르고 있음
- 영인지맥은 시가지 확대에 의해 심각한 단절 상태이며, 천안성성호수공원 및 주변 농경지는 단절된 영인지맥의 중요한 징검다리 역할을 하고 있음

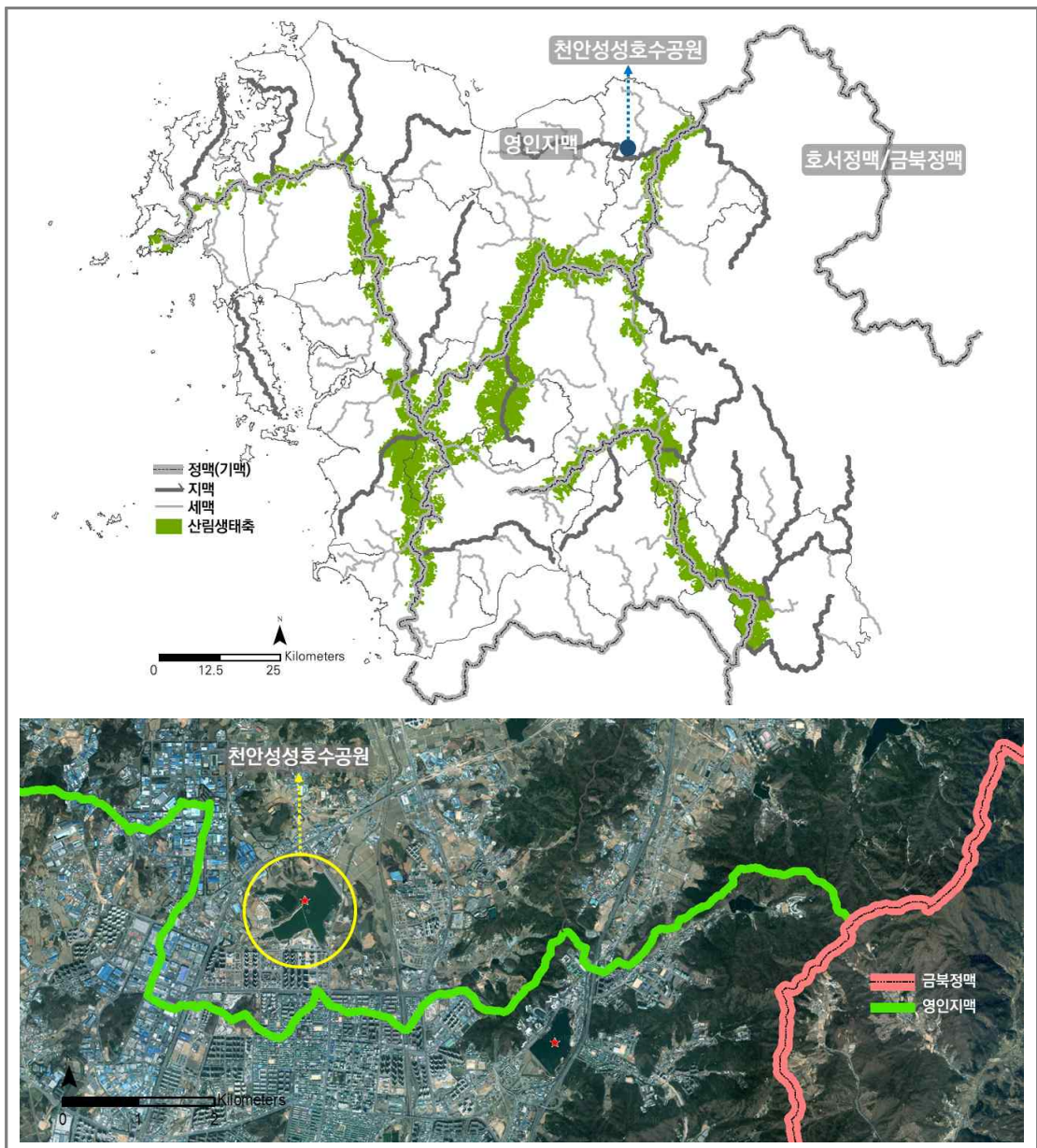


그림 1. 한반도 산줄기와 성성호수공원과의 지리적 관계도

2) 한반도 산줄기 연계성 강화 방안

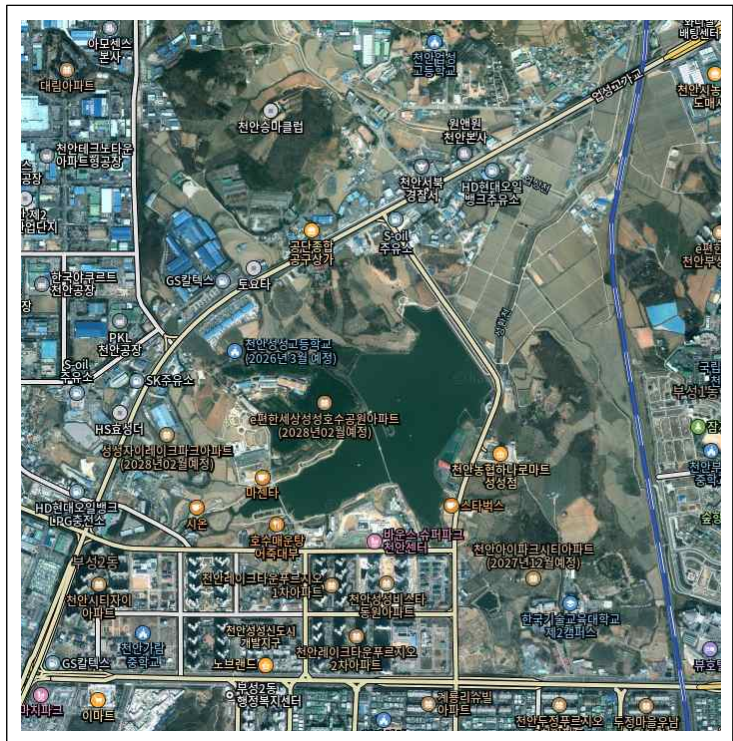
① 공원 내 녹지 확대로 영인지맥 역할 유도

- 영인지맥은 현재 불투수성 포장으로 심각하게 단절되어 있어 사실상 지맥으로서의 생태적 역할은 미흡할 것으로 예상됨
- 다만, 도시공간의 중요한 점적 녹지공간들이 지맥의 형태를 간신히 드러내고 있으며, 기후변화 위기에 대응하여 장기적으로는 산줄기 연결성 회복이 필요하다고 판단됨
- 한편, 이미 개발된 지역을 녹지공간으로 회복하기는 상당히 어려우나 기존 녹지공간에 대한 생태성 강화는 충분히 가능함
- 즉, 영인지맥 선상에 위치하지는 않으나 인접하고 있는 녹지들의 생태성을 강화하여 영인지맥 역할을 유도할 필요가 있음(향후 지맥 수정 요청 필요)
- 이러한 측면에서, 호수공원 내 녹지공간을 확대, 확장, 보전하여 단절된 영인지맥의 생태적 기능을 보완하고 장기적으로는 영인지맥에 포함될 수 있도록 유도함

② 공원 주변 녹지 확대로 영인지맥 범위 확대

- 공원 주변의 농경지 개발계획은 이미 있겠으나 기본적으로 농경지 형태 즉, 초지로서의 생태계 서비스 기능을 최대한 유지할 수 있도록 일부 수정이 필요함
- 즉, 공원은 현재 철도와 도로로 완전 고립 상태지만 공원 주변에 남아있는 지금의 녹지공간은 최대한 유지할 필요가 있음
- 최소한 투수성이라도 유지할 수 있도록 포장계획에 유념하고, 개발 후 남은 아무리 작은 공간이라도 자연상태를 유지할 수 있도록 신경 써야 함

그림 2. 도로와 철도로 고립된 성성호수공원
출처: 카카오프



2. 생물서식지 기능 강화

1) 은폐시설 설치

- 성성호수공원은 도로와 주거지로도 둘러싸여 있어 외곽에 두터운 완충녹지를 설치하여 외부로부터의 악영향을 완화시킬 필요가 있음



그림 3. 도교항 아조공원: 도로와의 완충녹지(왼쪽)와 도매시장과의 완충녹지(오른쪽)

- 성성호수공원을 둘러싸는 보행데크는 수면으로부터 전혀 은폐되지 않아 휴식하거나 먹이활동을 하는 새들이 방문객에게 직접 노출되어 있음
- 이 때문에 방문객들의 다양한 소음과 시각적 위협이 늘 존재하며, 새들은 수면을 넓게 이용하지 못하고 가운데 몰려 있는 상황임
- 이러한 상황은 공간 전체가 새들의 훌륭한 서식지가 될 수 있는 성성호수공원의 가치를 떨어뜨린다고 할 수 있음
- 방문객의 소음 및 시각적 위협으로부터 조류를 보호하기 위해 휴식처 및 번식처 주변 보행데크는 은폐시설 도입이 필요함
- 은폐는 식물을 식재하거나 시설물을 설치할 수 있으며, 성성호수공원은 규모가 크므로 두 가지 모두 도입이 가능함
- 새를 가까이서 관찰할 수 있는 경우 은폐소(hide)를 설치하고, 그 외의 경우는 거리두기나 시선 차단이 필요하므로 식생을 이용할 수 있음
- 새 관찰용 은폐소를 설치하는 경우 가까이 인공섬을 조성하고 그 가장자리에 먹이식물을 식재하는 등의 조치를 취해 새 관찰의 효과를 높일 수 있음



그림 4. 은폐시설 부재로 가운데 몰려 있는 새들



그림 5. 은폐소 내·외부

출처: 정옥식, 장하라. 2015. 당산 자연환경보전 이용시설 주변 습지생물 기본조사. 충남연구원.
사공정희, 백승희, 장하라, 2023. 일본출장보고서, 충남연구원.

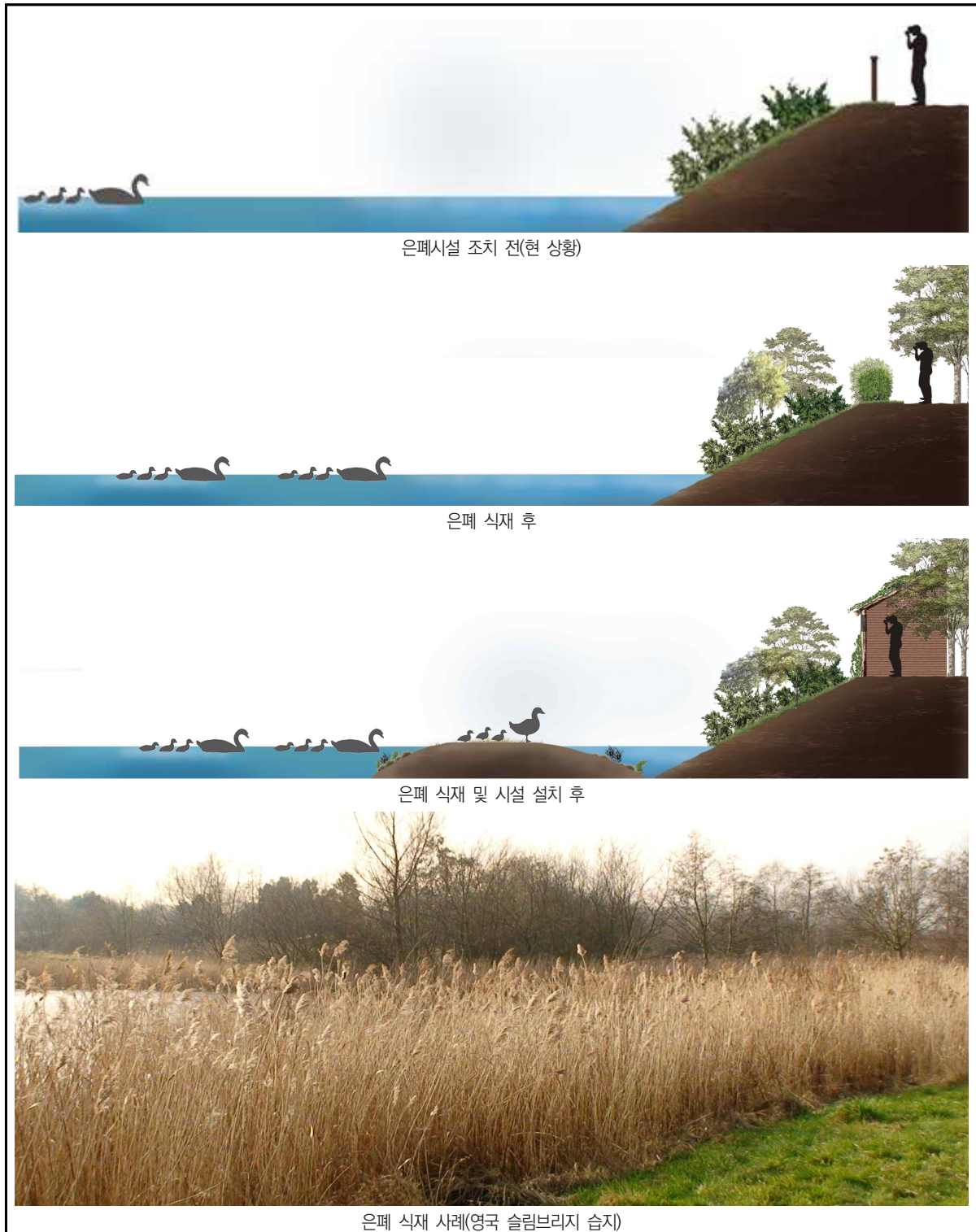


그림 6. 은폐시설 조치 전·후 비교

출처: 사공정희·정옥식·오혜정(2023) 내륙습지의 생태계서비스 증진 전략, 충남연구원.
정옥식, 장하라. 2015. 당산 자연환경보전 이용시설 주변 습지생물 기본조사, 충남연구원.

2) 수면 바닥의 구조적 다양성 확보

- 중앙 부위는 어렵지만 저수지 가장자리 일부 공간의 바닥을 깊어내거나 퍼내어 수심을 다양하게 하고 퍼낸 흙으로 하중도를 조성할 수 있음
- 다양한 수심은 다양한 생물의 서식처를 제공하여 호수공원 서식생물종을 다양하게 유치할 수 있으며, 더불어 다양한 수조류의 서식을 유도함

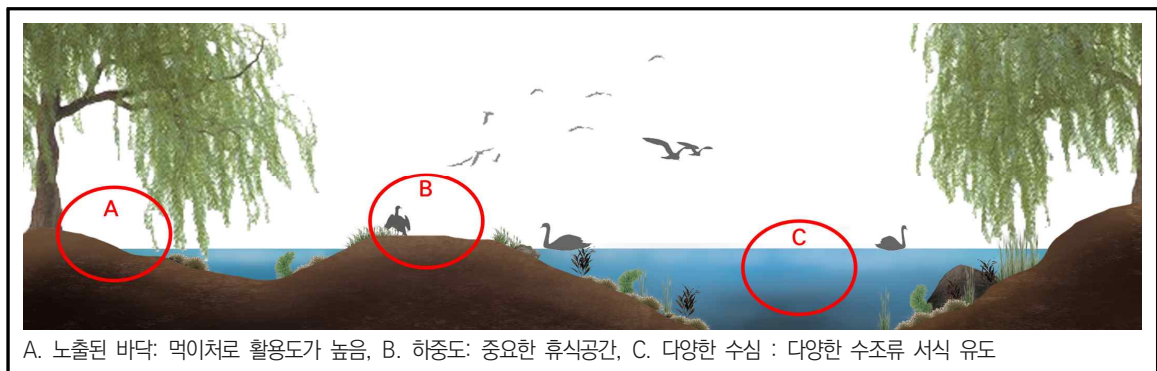


그림 7. 서식지 내부 다양한 수심 모식도

출처: 사공정희 · 정옥식 · 오혜정(2023) 내륙습지의 생태계서비스 증진 전략, 충남연구원.

3) 수금류(오리·기러기류) 휴식 공간조성

- 수금류의 안정된 휴식 공간 제공을 위해 호수공원 내부에 인공섬이나 바닥이 드러난 하중도 형태의 공간 조성이 필요함
- 다만, 호수공원 가장자리는 탐방로와 인접해 있으므로 탐방객에 의해 휴식 및 번식이 방해받을 수 있어 은폐를 원칙으로 해야 함



그림 8. 휴식 및 번식 공간_영국 런던(좌)과 슬림브리지(우) 사례

출처: 정옥식, 장하라. 2015. 당산 자연환경보전 이용시설 주변 습지생물 기본조사. 충남연구원.

02

공원의 찬공기생성원 및 탄소흡수원 기능 강화 방안

1. 찬공기생성원 및 탄소흡수원 감소 추세

1) 산림 감소

- 충남 산림은 2020년 기준 404,097.0ha로서 충남의 49.0%에 해당하여 전국 대비(산림 62.7%) 매우 낮은 수치라 할 수 있음
- 국립산림과학원(2023)은 2020년 기준 산림의 공익적 가치를 259조 원으로 제시하였으며, 이 중 온실가스 흡수·저장 기능이 97.6조 원(37.8%)으로 가장 높게 나타났음
- 이러한 산림은 지난 6년간 전국적으로 41,289ha 감소, 매년 평균 0.1%씩 총 0.7%의 감소율을 보이는 것으로 나타났음
- 충남의 산림은 더욱 심각하여 지난 6년간 9,143ha 감소, 총 2.2%의 감소율을 보였으며, 이는 전국 산림면적 감소율(0.7%)에 비해 현저히 높은 수준이라 할 수 있음

2) 초지 감소

- 초지 내 탄소 저장량은 육상탄소저장량의 최대 34%를 차지하는 것으로 추정되며, 그 중 90%는 지하부의 뿌리 생물량과 토양유기탄소(soil organic carbon; SOC)로 구성됨
- 전 세계에서 진행되고 있는 토지개발로 인한 초지 면적의 감소는 결과적으로 육상생태계 내 토양유기물 탄소저장량 감소로 이어지고 있음
- 특히, 가뭄과 자연화재 발생빈도 증가 가운데 초지생태계는 가뭄에 대한 저항성이 강하며, 불 적응성이 높다는 특징이 있어 기후변화에서 초지의 탄소저장기능 중요도가 높아질 것으로 예상됨
- 농림축산식품부(2023)에 따르면, 탄소흡수원인 초지는 2022년 전국 32,012ha(전국 면적의 약 0.3%)로서 전년 대비 1.2%(376ha) 감소한 것으로 나타났음

2. 찬 공기 생성원 및 탄소 흡수원 기능 강화 방안

① 찬 공기 생성 및 확산을 위한 초지 조성

- 찬 공기는 중규모에서 원활한 대기교환이 발생할 때보다 대기교환이 잘 일어나지 않는 상황²⁾에서 더 활발하게 발생함
- 대기교환이 적은 고기압 기상 상태일 때 도시외곽 산림과 오픈스페이스에서 냉각과 냉기 생성이 더욱 활발해지며, 생성된 찬공기를 지역바람순환체계로 도심까지 흐르게 하는 것이 중요함
- 찬 공기 생성과 흐름에 영향을 미치는 요인에는 기상학 조건, 지표면 조건, 지형 조건이 있으며, 지표면 조건이 가장 큰 영향을 주는 요소임

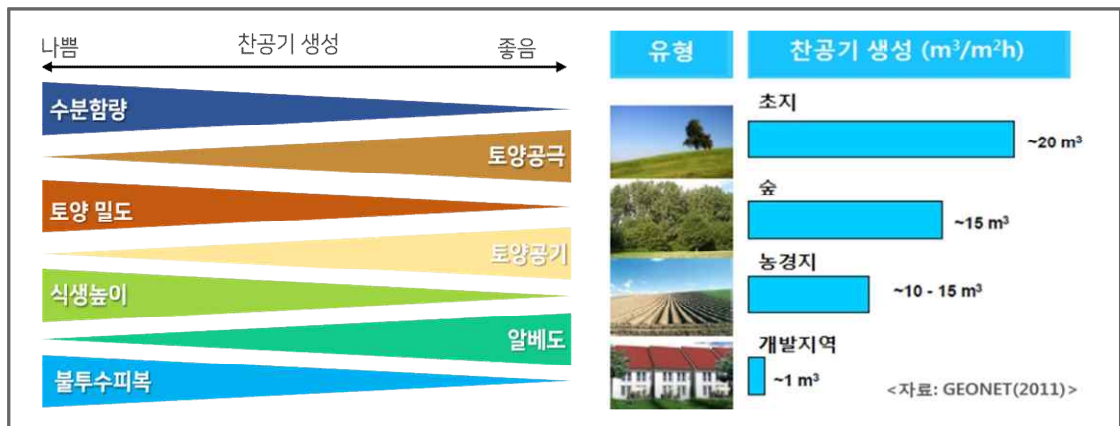


그림 9. 토양 열용량(좌) 및 지표면 유형(우)과 찬 공기 생성량과의 관계

출처: 장갑수, 엄정희 등(2019) 미세먼지 발생원 대응 도시숲 조성모델개발-도시숲 조성관리에 있어서 바람길모델 적용방안 분석.

- 지표면 유형 및 물리적 특성은 찬 공기 생성 정도, 찬 공기 흐름 및 정체에 영향을 주는데, 열전도 및 열용량이 낮은 지역이 찬 공기 생성에 유리함
- 또한, 수분함량, 토양밀도, 식생높이, 불투수피복비율이 낮고 토양공극, 토양공기량, 알베도가 높을수록 찬 공기 생성이 활발하게 일어남
- 찬 공기는 초지 지표면에서 가장 잘 생성되고, 산림은 초지에 비해 최대 냉각률은 낮으나 경사로 인해 시간당 초지보다 많은 찬공기를 생성하고, 찬 공기 이동에 좋은 지형 조건을 갖고 있음
- 수공간은 찬 공기 생성에 유리하지는 않으나 오염물이 발생하지 않으며, 대기흐름에 방해가 되는 장애물이 없으므로 생성된 찬공기가 이동하기 가장 좋은 이상적인 통로 역할을 함

2) 정상적인 기상 상태에서 도시외곽 산림에서는 여과기능, 공기재생기능 등이 작동하며, 원활한 대기교환을 통해 신선한 공기가 도시까지 전달 될 뿐만 아니라 도시 내 환기체계가 정상적으로 작동하여 미세먼지 및 열환경 문제가 크게 발생하지 않으나 대기교환이 적은 고기압 기상상 태에서는 도시 내 열악한 자연환기 체계로 인해 열과 미세먼지가 정체됨

- 따라서 수공간과 주변 농경지를 함께 보유한 천안성성호수공원 일대에 초지를 조성하여 탄공기 생성 및 확산을 증진시킬 필요가 있음

② 탄소흡수원 확대를 위한 초지 조성

- 초지는 지구 육지의 40%를 덮고 있는 토지 피복으로 일반적으로 다년생 초본(Perennial grasses)이 우점하며, 임목 피복 비율이 낮다는 점이 산림과 구별됨
- 초지 내 탄소 저장량은 육상 탄소 저장량의 최대 34%를 차지하는 것으로 추정되며, 그중 90%는 지하부의 뿌리 생물량과 토양유기탄소(soil organic carbon; SOC)로 구성됨
- 전 세계에서 진행되고 있는 토지개발로 인한 초지 면적의 감소는 결과적으로 육상생태계 내 토양 유기물 탄소 저장량의 감소로 이어지고 있음
- 기후변화로 가뭄과 자연화재 발생빈도 증가, 특히 지구 육상 면적의 40%이면서 인구의 30%가 살아가는 지중해 기후 및 반건조 기후에서 가뭄과 화재의 증가가 뚜렷이 나타나고 있음
- 천안성성호수공원 곳곳에 초지를 조성하고 주변 농경지에도 초지 또는 휴경지 상태를 유지하는 경우 공원 전체의 탄소흡수 기능이 향상될 것으로 기대됨
- 초지 조성을 위해 탄소흡수력이 뛰어난 식생 도입이 필요한데 대표적으로는 뿌리가 많이 발달하는 벼과 식물인 갈대와 모새달 등을 들 수 있음

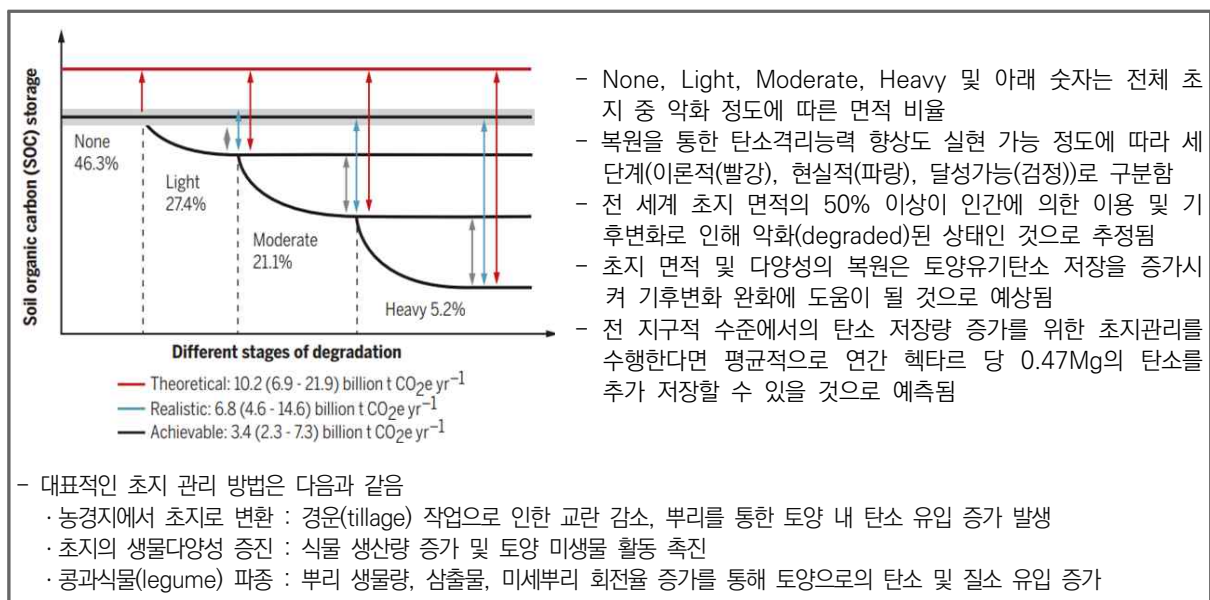


그림 10. 초원 복원을 통한 토양 유기 탄소 격리능력 및 달성 가능성

출처: Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. Science, 377(6606), 603-608.

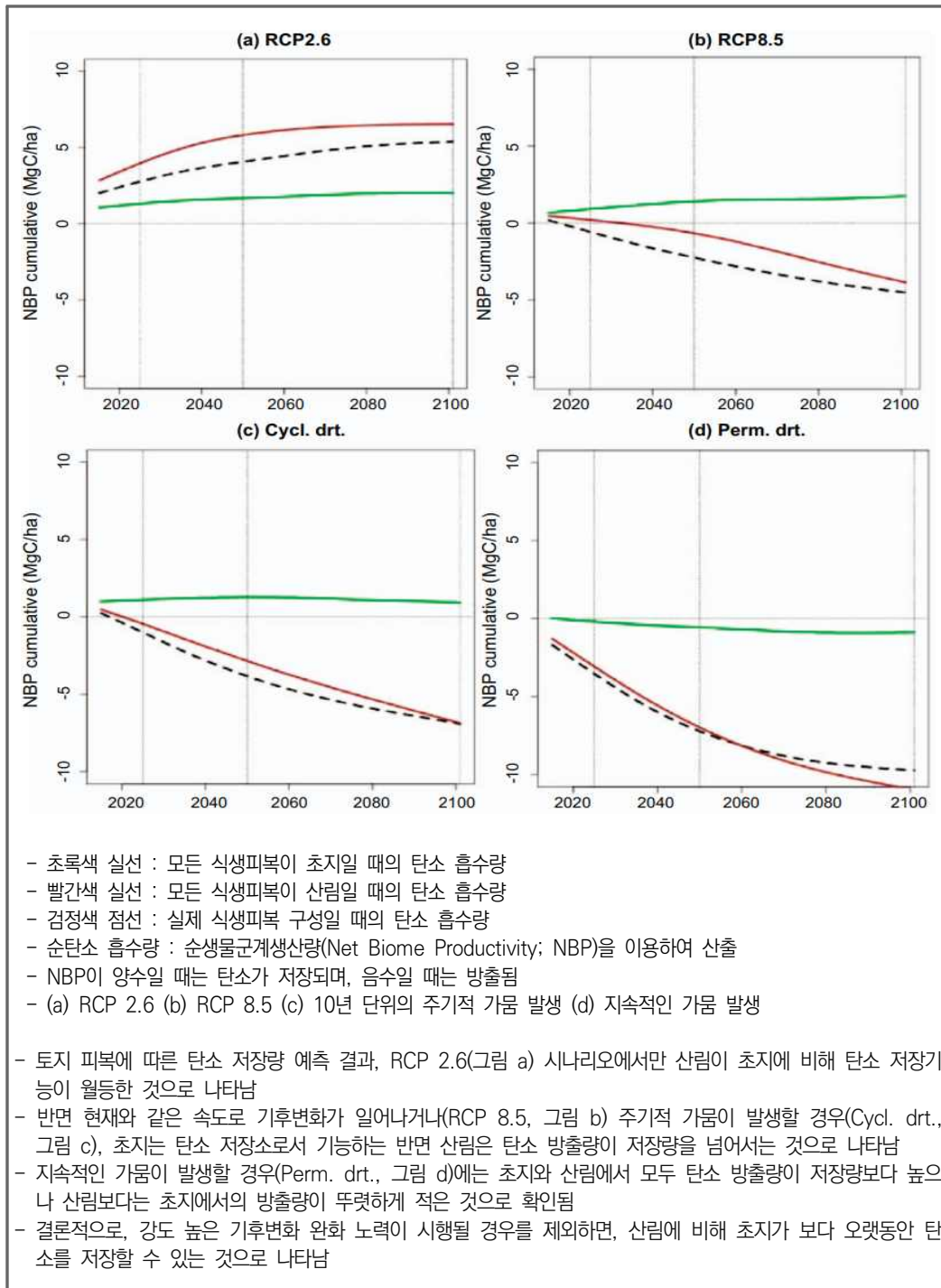


그림 11. 네 가지 기후 시나리오 하에서 2100년까지 미국 캘리포니아주에서의 순탄소저장량 변화량 예측도

03

공원의 도시공원 기능 강화 방안

1. 주제 설정 및 공원 개선 방안

- 현재 설치되어 있는 시설물을 최대한 유지하면서 식생 추가 및 일부 시설 추가를 통해 주제가 드러날 수 있는 곳을 개선 위치로 선정하였음
- 결과적으로 진입마당, 수변데크, 휴식공간, 체험공간 등 4군데를 대표적으로 선정하였으며, 현황에 대한 상세 영상은 드론으로 촬영하였음(2025.4.29.)

① 위치별 개선 방향

- 진입마당(A): 이용자 동선을 자연스럽게 유도하고 시각적 이정표 역할을 하는 공간에 해당하므로 시각 개방감과 방향성을 확보하고 휴게시설의 적절한 배치로 접근성·편의성을 높이도록 계획함
- 수변데크(B): 호수와 맞닿아 자연을 가장 가까이서 마주하는 공간에 해당하므로 목재 데크를 따라 수면과 바람, 식물의 움직임을 오롯이 느낄 수 있도록 계획함
- 휴식공간(C): 걷는 흐름 속에 머무는 시간을 담아낸 자연형 쉼터로 이용자 모두를 위한 열린 공간에 해당하므로 지형, 시설물 등을 통해 시야와 감각을 잠시 쉬게 하는 경관적 완충지 역할을 하도록 계획함
- 체험공간(D): 관찰, 감각, 상호작용을 통해 생태적 흐름을 몸으로 경험할 수 있는 공간에 해당하므로 초지, 군락식재, 해설 안내판, 관찰데크 등을 활용하여 이용객의 체류와 학습을 유도함

② 주제별 개선 방향

- 생태산책로: 수변 식생과 자연의 흐름을 따라 걸으며 생태를 관찰할 수 있는 순환형 산책 공간으로 개선함

- 호수 십터: 목재데크 및 그늘을 활용한 휴식중심 공간으로, 산책하며 자연스럽게 머무를 수 있도록 개선함
- 예술의정원: 조형물과 경관 식재가 어우러진 감성적 예술 공간으로, 일상에서 다채로운 경험을 제공함
- 호수놀이터: 어린이들이 자연과 상상력을 바탕으로 자유롭게 놀고 체험할 수 있는 창의놀이공간으로 개선함



그림 12. 천안성성호수공원 전체 및 개선 부분 상세 영상
출처: 전체영상(카카오맵), 상세영상(드론촬영)



그림 13. 생태산책로 주제의 위치별 개선도

- 철새도래지 습지로서의 특성을 최대한 유지함
- 전체적으로 수목을 추가하여 그늘을 제공함
- 탄소흡수력이 높은 수목 식재로 탄소흡수 기능을 증대시킴

출처: 전체영상(카카오톡), 상세영상(드론촬영)

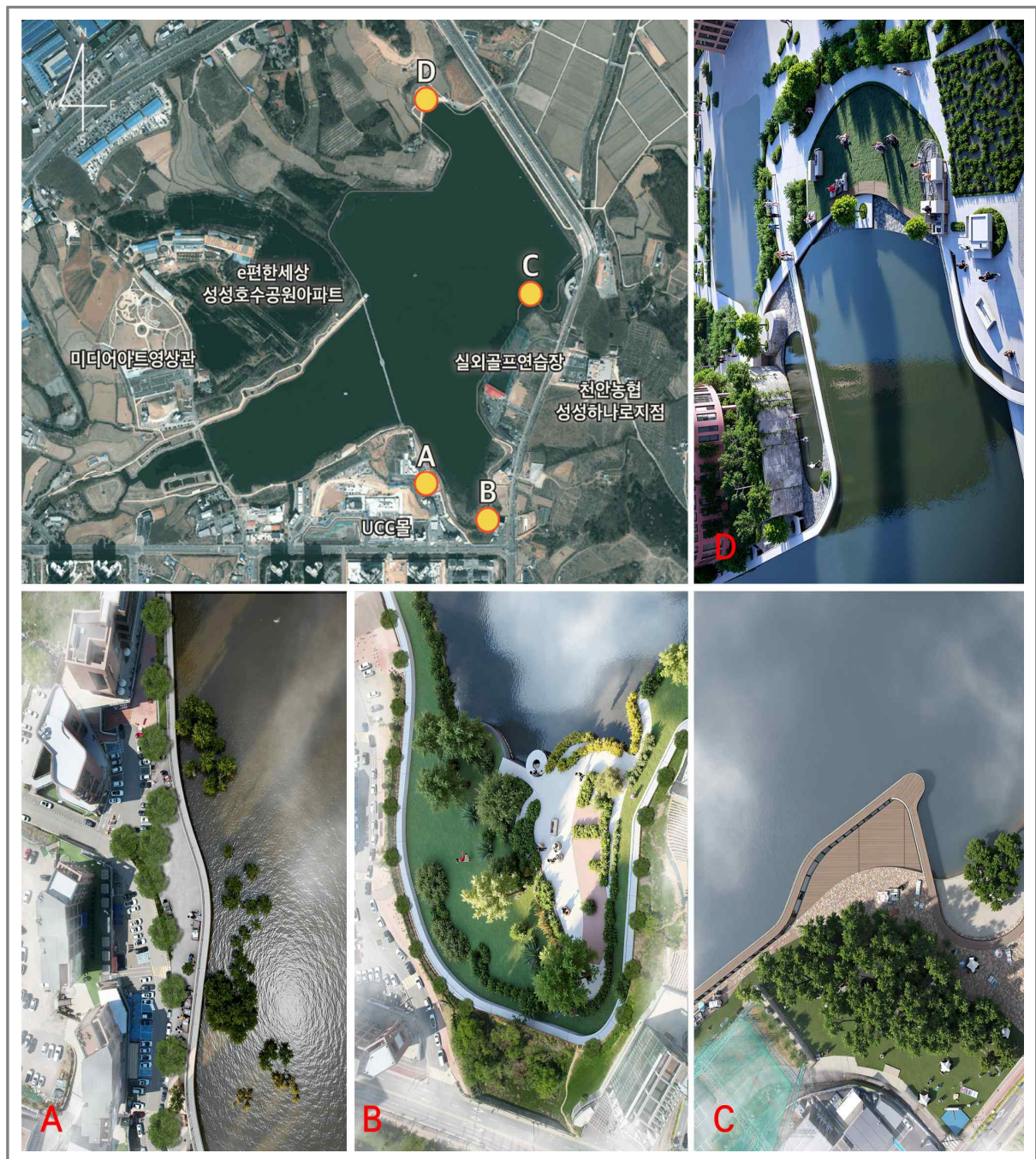


그림 14. 호수쉼터 주제의 위치별 개선도

- 데크를 확장하여 활동공간을 확대함
- 곳곳에 초지를 추가 조성하여 쉼터공간을 확대함
- 인공잔디밭 보다는 자연초지로 조성하여 탄소흡수원 기능을 증대시킴

출처: 전체영상(카카오톡), 상세영상(드론촬영)

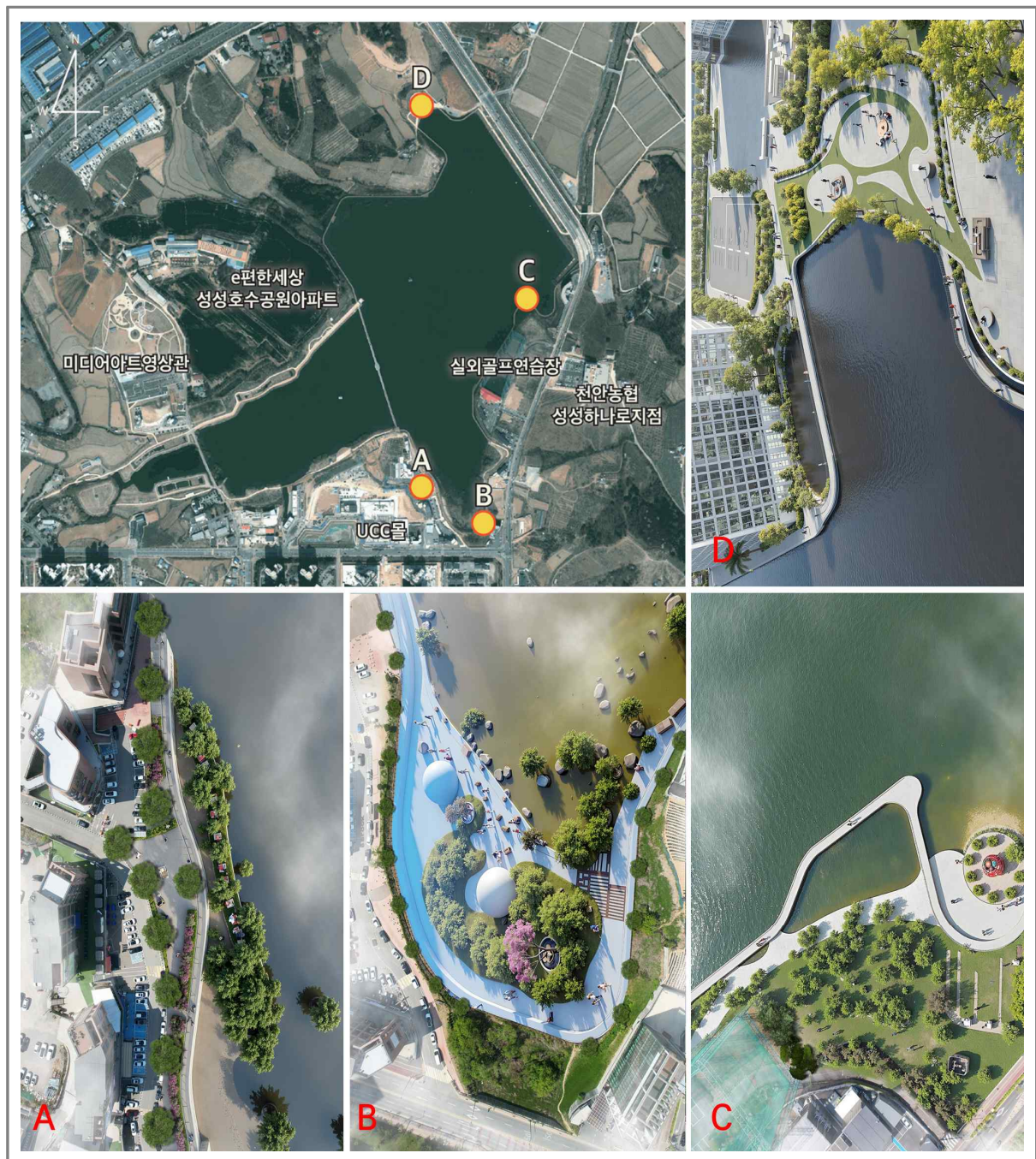


그림 15. 예술의정원 주제의 위치별 개선도

- 지역 원예가나 정원디자이너의 작품(정원)을 곳곳에 조성하여 아름다움을 증대함
- 정원도시 천안을 주도할 수 있음

출처: 전체영상(카카오톡), 상세영상(드론촬영)

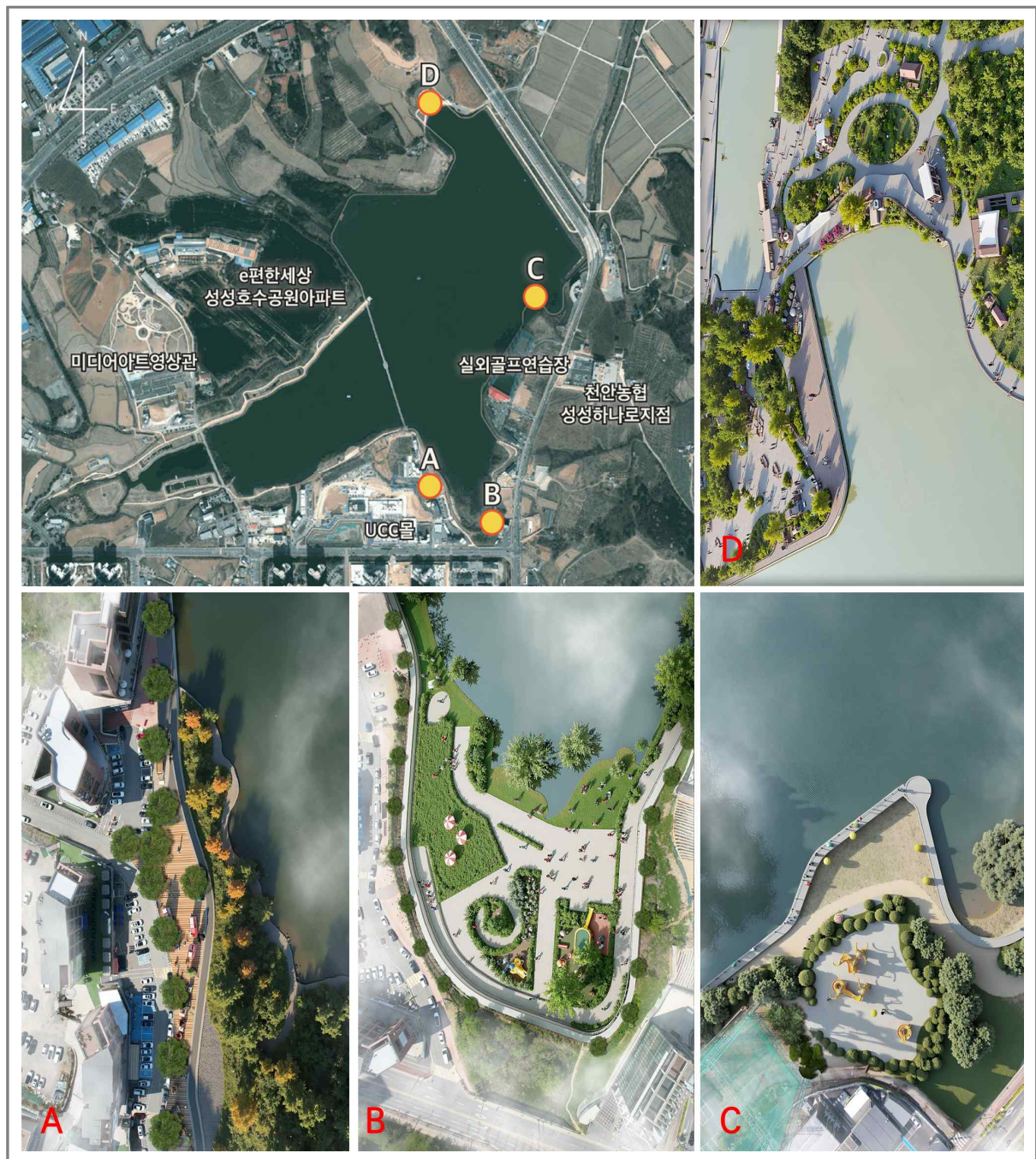


그림 16. 호수놀이터 주제의 위치별 개선도

- 가족이 함께 즐길 수 있는 공간을 추가 조성하여 생활속 자연체험공간을 겸할 수 있도록 함
- 전체적으로 데크, 초지 등을 추가하여 활동공간을 증대시킴

출처: 전체영상(카카오톡), 상세영상(드론촬영)



주제: 생태산책로



주제: 호수쉼터

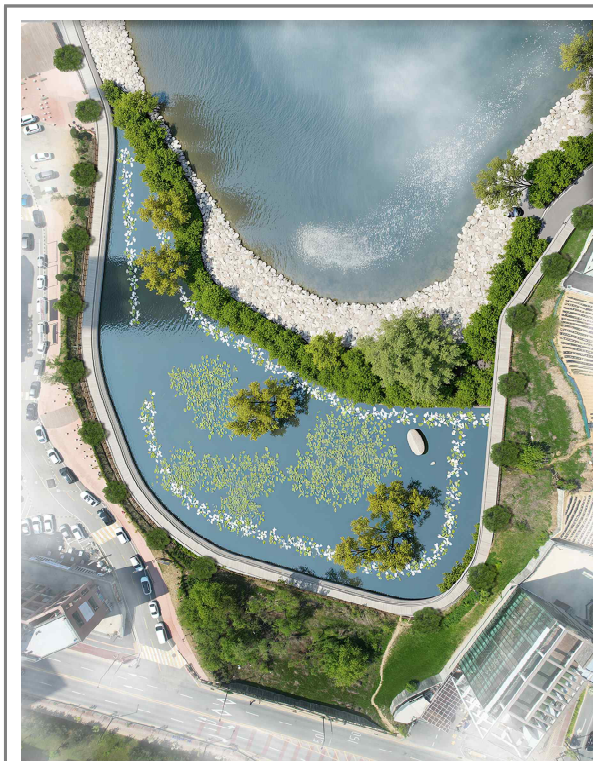


주제: 예술의정원

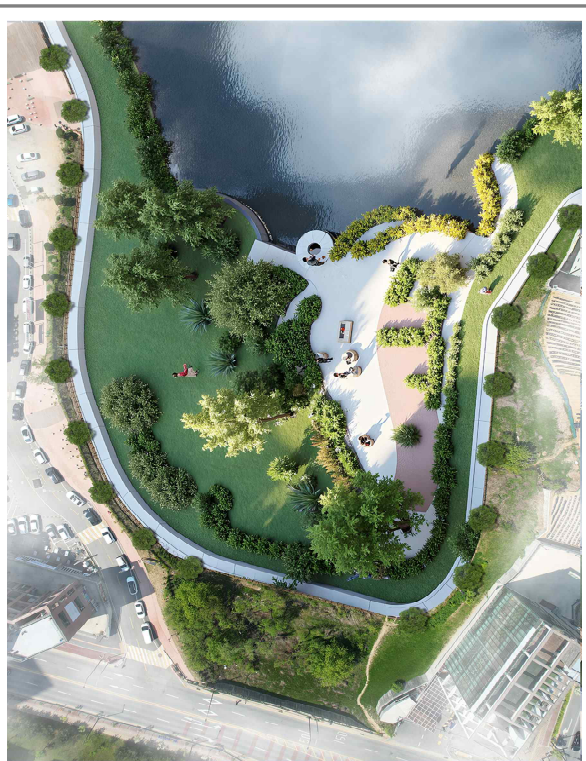


주제: 호수놀이터

그림 17. 주제별 진입마당(A) 개선안 비교



주제: 생태산책로



주제: 호수쉼터



주제: 예술의정원



주제: 호수놀이터

그림 18. 수변데크(B) 개선안 비교



그림 19. 휴식공간(C) 개선안 비교



주제: 생태산책로



주제: 호수쉼터



주제: 예술의정원



주제: 호수놀이터

그림 20. 체험공간(D) 개선안 비교

2. 추가 시설(안)

1) 철새도래지 센터 설치(일본 사례)

- 일본 동경의 네이처센터에는 들새 전문가들이 상주하고 있어 방문자들 어린이들을 대상으로 체험 학습을 진행하고 있음
- 연간 관찰 가능한 생물 리스트를 작성하여 배치하고 있음

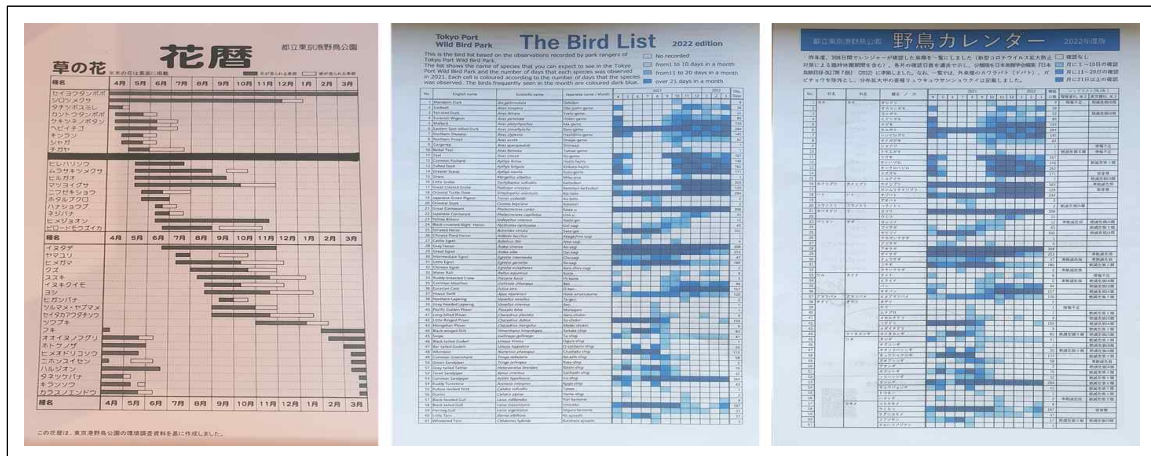


그림 21. 건물 최하층에 설치된 접근로와 동물들 발자국

- 네이처센터에서는 외부 습지에서 쉬고 있는 다양한 물새들을 관찰할 수 있는 망원경 등이 비치되어 있음
- 창문을 통해 직접 관찰할 수도 있으며, 영상시설(외부카메라를 통해 외부 물새를 내부화면으로 송출)을 통해 간접 관찰도 가능함

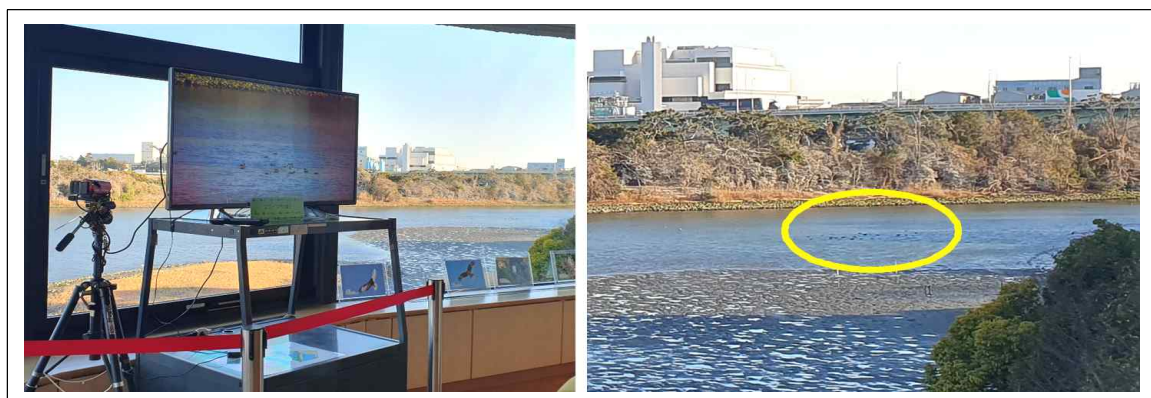


그림 22. 네이처센터 내부에서 외부 조류를 볼 수 있는 영상시스템

2) 재생에너지 시설 설치(미국 사례)

- 환경교육의 기본은 자원 순환이며, 그 중 먹거리, 에너지 순환이 가장 기본이므로 이 과정을 도입한 퇴비공원을 조성하는 것도 방법이 될 수 있음
- 퇴비 형성 과정 및 이용에 대해 학생 상대 환경교육장으로 사용할 수 있음



그림 23. 미국 맨허튼 허드슨강의 퇴비 공원(계획 당시 시각화 사진(위) 및 실제 공원(하))

출처: <https://urbanobserver.org/2014/08/20/compost-on-hudson/>
https://image.kkday.com/v2/image/get/s1.kkday.com/product_125446/20211222101329_GwBXj/jpg
<https://img.smlounge.co.kr/upload/NPFILE/202106/457805.jpg>

참고문헌

- 농식품부 보도자료(2023.03.09.) 2022년도 초지관리 실태조사 결과 발표-전국 초지 면적은 32,012ha로 전년 대비 1.2% 감소-.
- 충청남도(2023) 제2차 충청남도 습지보전실천계획(2024~2028), 충남연구원.
- 산림청(2024) 산림임업통계.
- 사공정희·홍원표·이민정(2024) 탄소흡수원 '이끼', 클러스터 기반 현황 분석, 충남연구원.
- 이상필·유영한(2025) 기수역 갈대군락(*Phragmites australis* community)과 모새달군락(*Phacelurus latifolius* community)의 순 CO₂ 흡수량에 관한 연구, 한국생태학회 발표자료..
- Bardgett, R. D., Bullock, J. M., Lavorel, S., Manning, P., Schaffner, U., Ostle, N., ... & Shi, H. (2021). Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(10), 720-735.
- Byrnes, R. C., Eastburn, D. J., Tate, K. W., & Roche, L. M. (2018). A global meta-analysis of grazing impacts on soil health indicators. *Journal of environmental quality*, 47(4), 758-765.
- Chen, S., Wang, W., Xu, W., Wang, Y., Wan, H., Chen, D., ... & Bai, Y. (2018). Plant diversity enhances productivity and soil carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(16), 4027-4032.
- Conant, R. T., Cerri, C. E., Osborne, B. B., & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27(2), 662-668.
- Craine, J. M., Ocheltree, T. W., Nippert, J. B., Towne, E. G., Skibbe, A. M., Kembel, S. W., & Fargione, J. E. (2013). Global diversity of drought tolerance and grassland climate-change resilience. *Nature Climate Change*, 3(1), 63-67.
- Gang, C., Zhou, W., Chen, Y., Wang, Z., Sun, Z., Li, J., & Odeh, I. (2014). Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on global grassland degradation. *Environmental Earth Sciences*, 72, 4273-4282.
- Hester, R. E., & Harrison, R. M. (Eds.). (2010). *Carbon capture: sequestration and storage*(Vol. 29). Royal Society of Chemistry.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C. A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R. I., ... & Gleixner, G. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature communications*, 6(1), 6707.
- Noble, I., Bolin, B., Ravindranath, N., Verardo, D., & Dokken, D. (2000). Land use, land use change, and forestry. *Environmental Conservation*, 28(3), 284-293.
- Schmitz, O. J., Wilmers, C. C., Leroux, S. J., Doughty, C. E., Atwood, T. B., Galetti, M., & Goetz, S. J. (2018). Animals and the zoogeography of the carbon cycle. *Science*, 362(6419), eaar3213.
- White, R. P., Murray, S., Rohweder, M., Prince, S. D., & Thompson, K. M. (2000). *Grassland ecosystems*. World Resources Institute, Washington, DC, 81.
- White, R. P., Murray, S., Rohweder, M., Prince, S. D., & Thompson, K. M. (2000). *Grassland ecosystems*. World Resources Institute, Washington, DC, 81.
- Yang, Y., Tilman, D., Furey, G., & Lehman, C. (2019). Soil carbon sequestration accelerated by restoration of grassland biodiversity. *Nature communications*, 10(1), 718.

한국건설신문, <http://www.conslove.co.kr>