

최종보고서

환경정책연구 (수질관리)

용인시 습지실태 조사를 통한 효율적인
습지조성 및 개선방안 마련 연구

2024. 1.

최 이 송



환경부지정
경기녹색환경지원센터
Gyeonggi Green Environment Center

연구결과보고서

2023년도 연구개발사업에 따라 완료한 “용인시 습지실태 조사를 통한 효율적인 습지조성 및 개선방안 마련 연구”에 관한 연구의 최종보고서를 붙임과 같이 제출 합니다.

붙임 : 최종보고서 1부. 끝.

연구기관 : (사) 경기도물산업협회

연구책임자 : 최 이 송

연구기관장 : 오 창 용



경기녹색환경지원센터장 귀하

제 출 문

경기녹색환경지원센터장 귀하

본 보고서를 “용인시 습지실태 조사를 통한 효율적인 습지조성 및 개선방안 마련 연구”에 관한 최종보고서로 제출합니다.

연구기관명 : 사단법인 경기도물산업협회

연구책임자 : 최 이 송

연 구 원 : 임자유, 은범진, 이설준, 박민성,
박지영, 최인호

요 약 문

I. 연구개요

- 공공수역으로 유입되는 오염원은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분됨
 - 점오염원은 주로 생활하수와 공장폐수, 축산폐수 등과 같이 일정한 배출구를 통해 지속적으로 공공수역에 유입되는 오염원을 의미하며, 비점오염원은 강우시 도시지역이나 산림, 농경지, 도로 등 토지이용 상태에 따라 지표면에 축적된 오염물질이 강우유출수와 함께 공공수역으로 유입되는 오염원을 의미함
- 과거 공공수역의 수질개선을 위하여 주로 점오염원 중심의 수질관리정책이 주로 이루어졌지만, 2000년대 들어서면서 점오염원 위주의 정책으로는 수질개선에 한계가 있어 비점오염원 유출 오염부하량 저감을 위한 정책적 연구 및 비점오염 저감시설 도입이 본격적으로 이루어지기 시작함
 - 실질적으로 정부에서는 2004 ~ 2011년까지 “제1차 비점오염원관리 종합대책”, 2012 ~ 2020년까지 “제2차 비점오염원관리 종합대책”을 수립하였고, 4대강 유역 중심의 비점오염원 저감을 위한 본격적인 노력을 기울여 왔음
- 이에 경기도는 2002년을 시점으로 비점오염저감시설을 설치하기 시작하였으며, 이는 수도권외 식수원으로 활용되는 한강수계 수질개선을 목적으로 하고 있음
 - 경기도는 비점오염원으로 인한 수질오염부하량 감소를 위한 목적으로 2002년에 5개소를 시작으로 2022년 11월까지 총 75개소의 비점오염 저감시설을 설치하였음
 - 이들 비점오염 저감시설의 지자체별 분포 현황자료를 보면, 용인시가 23개소로 가장 많았고, 다음으로 광주시 20개소, 남양주시 9개소, 수원시 8개소 순이었음
- 용인시는 2005년도에 가장 많은 8개소가 처음 설치되었으며, 이중 장치형과 자연형이 각 4개소로, 비점오염저감시설에 대한 시범적 성격을 가진 것으로 사료됨
 - 이후 모두 자연형 시설로만 비점오염저감시설이 설치되어, 용인시는 자연형 시설 중심의 비점오염 저감대책을 선호한 것으로 판단되며, 이 중 11개소가 인공습지임

II. 연구의 필요성 및 목적

- 용인시의 인공습지는 2005년 1개소를 시작으로 2013년까지 10개소가 준공되어, 2016년에 설치된 1개 습지를 제외하면 11개소가 이미 10년 이상 경과되었음

- 따라서 이들 인공습지에 대해서 전반적인 습지 현황 및 관리실태를 파악할 필요가 있으며, 이를 통해 현재 나타나는 문제점 및 한계점을 명확하게 분석하고 향후 적절한 관리를 위한 개선방안 도출이 필요함
- 또한, 우리나라는 2008년 ‘비점오염저감시설의 설치 및 관리운영 매뉴얼’이 처음 제시되었고, 2014년, 2016년, 2020년에 변화된 비점오염원의 현실을 반영하여 매뉴얼이 개정되었다는 점을 고려할 때, 용인시에 설치된 인공습지도 주변 환경의 변화 및 기술적 변화 등을 종합적으로 고려하여 시설 및 기능적 현황을 조사하고, 매뉴얼과의 비교·분석을 통하여 효율화 방안을 검토할 필요가 있음
- 이에 본 연구의 목적은 경기도 내 기존 인공습지의 현황을 조사·분석하고 시설적 문제점 및 한계점을 파악하여 개선방안을 마련하기 위한 것으로, 이를 통해 용인시의 비점오염 저감대책의 효율성을 높이기 위한 것임
 - 최종적으로는 본 연구조사를 통하여 현행 인공습지 구성에 있어서 시설 및 관리적 측면에서의 제도적·행정적 한계점을 분석하여 검토하고, 인공습지 조성 및 관리의 실효성을 높일 수 있도록 정책방안을 마련하기 위한 것임

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

- 본 연구는 용인시 내 인공습지의 현황 및 실태조사를 통해 습지의 본래 성능 및 기능에 기반한 시설적/수질적 문제점 및 한계점을 검토하고, 보다 효율적인 습지 조성 및 관리방안을 제시하고자 하는 것으로 연구내용은 다음과 같음
 - 용인시 내 습지 관련 자료수집 및 분석
 - 용인시 내 12개 인공습지에 대한 실태조사
 - 습지 특성을 고려한 중점조사 대상 습지 선정
 - 중점조사 대상 습지의 주기적 실태 및 수질 조사를 통한 문제점 및 한계점 도출
 - 인공습지의 기능적 요소기술의 적합성 및 개선안 검토
 - 습지 조성 및 관리의 제도적 개선방안 도출
 - 현행 인공습지의 제도적 한계점 및 문제점에 근거한 효율적 정책방안 제시
- 연구의 시간적 범위 및 공간적 범위는 다음과 같음
 - 시간적 범위: 2023년 6월 15일 ~ 2024년 1월 14일
 - 공간적 범위: 용인시 내 소재하고 있는 인공습지 12개소

지점명	시설명	소재지	설치년도	시설용량 (m ³)	처리용량 (m ³ /일)	하천명
YW-1	청미천습지	처인구 백암면 백봉리 1087-3	2016	2,843	3,200	청미천
YW-2	평창습지	처인구 양지면 평창리 615	2012	267	80	경안천
YW-3	길업습지	처인구 호동 334-2	2007~13	9,666	10,000	〃
YW-4	운학동습지	처인구 운학동 755	2008~10	977	1,123	〃
YW-5	마평습지	처인구 남동 279	2007~13	11,919	20,000	〃
YW-6	고림동습지	처인구 고림동 798-3	2010~11	954	2,780	〃
YW-7	금학천습지	처인구 김량장동 175-7	2008~09	853	2,500	〃
YW-8	유림동습지	처인구 유방동 442-1	2010~13	3,068	5,000	〃
YW-9	금어천습지	처인구 포곡읍 둔전리 410-1	2006~07	5,394	8,200	〃
YW-10	둔전리습지	처인구 포곡읍 둔전리 294-1	2010~13	7,977	8,500	〃
YW-11	초부리습지	처인구 모현면 초부리 828-98	2012~13	3,175	10,000	〃
YW-12	모현면습지	처인구 모현면 일산리 586-1	2009~10	2,142	4,719	〃
계					76,102	

IV. 연구결과

1. 인공습지 실태조사 결과

- 인공습지에 대한 실태조사 결과를 토대로, 다양한 관점에서 현행 인공습지의 문제점을 분석하고 개선점을 검토해 보았음

가. 시설 및 구조적 문제점 및 개선점

- 용인시에서 관리하고 있는 하천수 대상 인공습지 대부분이 유입부의 시설적, 구조적, 관리적 측면에서 문제가 있으므로 문제해결 방안 마련이 필요함
- 시설적 문제점은 강우 시 비점오염이 유입되어야 하지만 펌프 시설을 가동하지 않거나, 협잡물 배제시설 미설치 등임
- 펌프시설을 포함하여 유입부 시설들이 정상적으로 가동될 수 있도록 항시

- 점검할 수 있도록 관리시스템 구축
 - 발생하는 문제점에 대한 원인별 분석을 통해 Trouble Shooting 방안 마련
- 구조적 문제는 유입수 취수시설 막힘, 매립형 관수로 내 막힘, 협잡물 배제시설 막힘현상 등 다양함
 - 구조적 문제에 대해서는 주기적인 관리를 통해 어느 정도 해소할 수 있지만 근본적인 해결책이 될 수 없는 경우가 많음
 - 따라서 근본적인 대책으로 시설의 구조개선 방안을 같이 검토하는 것이 보다 바람직함
 - 유입수의 유도수로를 관수로로 한 경우 대부분 문제가 발생하고 있었으므로, 향후에는 개방수로나 식생수로를 활용하는 것이 바람직할 것으로 사료됨
 - 협잡물의 경우에는 스크린이나 유입구 전단에 쌓이는 것을 막을 수 있도록 구조개선 및 지속적인 관리 필요
- 마지막으로 관리적 문제는 토사에 의한 막힘현상, 시설 파손 및 고장, 가동보 운용 부적절 등으로 파악됨
 - 토사 막힘은 취수구의 문제이므로 취수 부분의 침식 방지나 토사 유입을 억제할 수 있는 방안 마련이 필요함
 - 가동보 운용이 적절하지 않은 경우, 인공습지로 유입이 어려워 습지 설치 목적을 달성할 수 없으므로 가동보 운영의 합리화 검토
 - 보 운영 관리자와 항상 협력관계를 유지할 수 있도록 하고, 궁극적으로는 통합적 관리방안을 마련하는 것이 바람직함
- 용인시 내 인공습지 중 강우 시 비점오염 유출수에 대한 오염물질 저감을 목적으로 하는 경우, 강우 시 하천유량 및 오염부하량이 증가한 시점에서 유입이 원활하게 이루어지고 적정하게 처리되도록 하는 것이 중요함
 - 하지만 고농도의 유입수가 습지로 유도되지 않고 하천으로 방류된다면, 시설 설치의 목적성을 상실하므로 가장 중요한 관리적 요소로 판단됨
- 일부 시설은 파손된 상태로 개선 또는 보수되지 않고 방치되는 경우가 있었으며, 원인분석 및 개선방안 검토를 통해 최적 상태를 유지할 수 있도록 관리방안 마련
 - 시설 보수가 늦어지는 경우에는 원인(비용적 또는 기술적 문제 등)을 파악하고 적절한 개선이 이루어질 수 있도록 해야 함
 - 보수가 필요한 시설은 주로 장치 또는 기기 등이 도입된 시설이며, 이들의 기능 및 성능 등 효율성을 고려하여 지속적인 관리에 따른 시설의 필요성 및 편익성 등을 고려하여 보수 또는 개선 결정
 - 만약 효율성 및 편익성이 떨어지는 경우 과감하게 철거 검토

나. 식생관리의 문제점 및 개선점

- 습지 내 식생의 적절한 관리 및 생태계 교란 식물 우점화 방지를 위한 지속적인 관심 및 제거가 필요함
- 습지시설의 주요 구성체는 식생이므로, 식생의 적절한 관리를 통하여 최선의 처리효과를 얻을 수 있도록 관리하고, 식생으로 인한 수질 악화가 발생하지 않도록 해야 함
 - 습지 내 식생을 제거하거나 예초한 후 확실한 주변 정리 및 잔재물 반출을 통해 새로운 오염원으로 작용하지 않도록 해야 함
 - 식생 쓰러짐 현상을 주기적으로 관찰하고 빠른 후속 대책 강구
 - 습지 생태계의 연속성 및 확장성, 효율성 등을 신중히 고려하여 친수공간으로 활용되는 경우를 제외하고, 가급적 예초 주기를 확장하여 자연식생 상태를 유지하는 것이 생태적으로 바람직함
- 일부 외래종의 우점화가 눈에 띄는 습지가 있으며, 이들로 인해 토종식생이나 식재 식물 등에 영향을 미치지 않도록 지속적인 관리 및 제거가 필요함

다. 기타 문제점 및 개선점

- 현재 용인시에 조성된 인공습지의 경우, 처리 대상의 물이 적절하게 유입되지 않는 문제도 있지만 습지 내 물 공급이 지속적으로 이루어지지 않는 문제도 있음
 - 습지 내 물 흐름은 수생생물을 포함한 수생태계의 건강성은 물론 수질적 관점에서 중요한 요소 중 하나임
 - 습지 내에서 물 흐름이 없다면 물은 정체되면서 자정기능이 약화되고 오히려 수질을 악화시키는 요인이 될 수 있음
 - 마평습지, 고림동습지 및 초부리습지 등의 부분적으로 물이 정체되는 곳이나 연못 등에서 수질이 악화되어 물색이 검은색을 띠는 경우를 발견할 수 있었는데 이는 물의 정체에 따른 혐기화의 영향으로 보임
 - 따라서 물의 주기적인 흐름을 유지할 수 있도록 자체적인 내부 순환 방안을 검토하는 것이 필요함
- 습지의 효율적이고 지속적인 관리를 위해서는 관리의 연속성 및 관리자의 전문성이 확보될 필요가 있음
 - 2022년 자연형 비점오염저감시설 유지관리 용역 최종보고서를 보면, 관리 기간이 3월부터 12월까지인 것으로 파악되었음

- 결과적으로 1 ~ 2월은 관리가 이루어지지 않았을 것으로 추정됨
- 이는 유지관리 용역 발주에 따른 문제로 보이므로, 연간 지속적으로 습지를 관리할 수 있도록 방안을 마련하는 것이 바람직함
 - 습지 주변의 쓰레기 및 시설관리 상의 문제 등
- 또한, 매년 유지관리업체를 선정함에 따라 관리자가 바뀌는 경우가 발생되는데, 이로 인해 관리자의 지속성 및 관리업무의 효율성이 저하될 수 있으므로 전담 관리자를 지정하는 방안도 검토해 볼 수 있음
 - 이는 습지의 효율적인 관리를 위한 측면뿐 아니라, 습지의 기존 문제점을 정확하게 인식하고 적절하게 관리하기 위함임
- 수질 상태 및 정화효율 평가는 습지의 목적에 맞게 대상수를 중심으로 평가하되, 습지 내 물 흐름을 확인하고 유입 및 유출수를 채수하여 분석하는 것이 타당함
 - 하수처리수를 유입 원수로 하는 경우 펌프 가동에 따른 유입 및 유출수를 대상수로 하되, 평가는 하천유지용수 기준에 맞는지 비교·검토
 - 하천수를 대상으로 하는 경우에는 습지 내 유입 및 유출수의 유무를 확인하고 유입에 따른 흐름이 발생할 때 대상수를 분석·평가
 - 다만, 하천수가 대상수인 경우에는 비점오염 저감 목적이므로 강우 시 평가가 반드시 이루어지는 것이 바람직하고, 평가는 환경부 “비점오염 저감시설의 설치 및 운영 매뉴얼” 또는 “오염총량관리 기술지침(2022년)”의 비점오염저감시설 저감 효율을 만족시키는지 비교·검토

2. 중점조사 대상 습지 수질조사 결과

- 하수처리수 또는 강우 시 고농도의 하천수를 유입수로 하는 인공습지 모두 영양물질에 대한 처리효율은 상당히 양호한 결과를 보였음
 - 영양물질인 T-N 및 T-P에 대한 처리효율을 보면, 하수처리수를 유입 원수로 하는 길업습지와 마평습지의 처리효율은 전체 평균 각각 T-N이 53.9%와 65.9%였으며, T-P가 11.8%와 33.0%로 양호한 제거효율을 보였음
 - 강우 시 초기 우수유출수가 포함된 하천수를 대상으로 수질평가가 이루어진 금학천습지는 1차 조사에서 T-N 및 T-P의 처리효율이 각각 29.9%, 39.0%로 나타났지만, 2차 조사에서 각각 47.6%와 71.6%의 높은 처리효율을 보였음
 - 질소 및 인과 같은 영양물질은 하천 및 호소에서 부영양화를 일으키는 주요 원인물질로 작용하기 때문에, 인공습지의 이와 같은 처리효율은 공공수역의 수질개선 및 오염총량 관리 측면에서 바람직한 결과로 판단됨

- SS 및 BOD는 하수처리수를 유입 원수로 하는 길업습지와 마평습지의 경우 낮은 유입농도로 인해 음의 처리효율을 보였고, 비점오염 유입 하천수는 높은 유입농도를 보이며 양의 처리효율을 보였음
 - 이는 하수처리수가 생물학적 공정 및 물리적 기작을 통해 처리된 후 배출되기 때문에 인공습지에 유입될 때 SS 및 BOD 농도 자체가 매우 낮고, 습지시설을 거치면서 다양한 자정 및 자탁작용을 통해 습지 내 생성물질이나 잔류물질 등이 같이 유출되면서 나타난 결과로 판단됨
 - 하지만 고농도의 비점오염 유출수를 포함한 하천수는 습지에 그대로 유입되기 때문에 고농도를 유지하고 있어 습지 내 다양한 수질정화 기능이 우세하게 나타나 처리효율이 높게 나타난 것으로 판단됨
 - 결과적으로 유입수의 특성 및 농도에 따라 습지의 수질정화 효율은 차별성을 보이며, 대체로 유입농도에 따른 영향을 받는 것으로 판단됨
 - 유입농도와 유출농도, 유입농도와 처리효율에 대한 각각의 상관관계를 분석해 본 결과를 보면, 대체로 모두 우상향하는 특성을 보였음
- 길업습지와 마평습지의 유출수 수질을 환경부에서 제시한 하천유지용수 수질 기준과 비교·평가해 보면 본 연구에서 분석된 모든 항목에서 수질 기준을 만족시키는 것으로 나타났고, 금학천습지의 처리효율을 비점오염저감시설 저감효율 기준과 비교·평가해 보면 1차 조사에서 아쉽게 미달했지만, 2차 조사에서 모두 만족시키는 결과를 보였음
 - 이는 용인시에 설치된 인공습지가 충분히 목적에 부합되는 기능을 가지고 있고, 적절한 역할이 가능하다는 사실을 시사함
- 평창습지 및 돌쌍기형 여과시설의 수질개선 효과를 분석한 결과, 이들 시설의 수질개선 효과가 크게 나타난 만큼 이를 활용한 수질개선 방안 검토 필요
 - 용인시에서 유일하게 지하흐름형 습지인 평창습지의 수질정화 효율을 분석해 본 결과, 낮은 유입농도임에도 불구하고 SS 및 BOD 제거효율이 각각 87.4%, 67.2%로 나타났음
 - 또한 돌쌍기형 여과시설에 의한 수질정화 효과를 분석해 본 결과에서는 SS 49.1%, BOD 50.3%의 처리효율을 보였음
 - 이와 같은 결과는 길업습지 및 마평습지와 같이 매우 낮은 유입농도로 인해 습지 내에서 증가하는 경향을 보여 음의 처리효율을 보인 SS 및 BOD 항목 등에 대하여 추가적인 융복합 처리기술로 적용한다면 보다 안정적인 처리효과를 기대할 수 있다는 사실을 시사함

V. 연구의 활용방안 및 정책제안

1. 기대성과

가. 기술적 측면

- 인공습지의 유입수 특성 및 요소기술에 따른 수질개선 효과분석 등을 통해 향후 인공습지 조성 시 활용할 수 있는 레퍼런스 구축에 따른 관련 기술기반 확립
 - 기존에 조성된 용인시 내 인공습지의 실태조사를 통해 시설 및 유지관리 문제점 및 한계점을 분석하고, 현행 시설과의 비교·검토 결과를 토대로 보다 효율적인 인공습지 조성 및 관리방안 확보에 기여
- 인공습지의 현행 시설 및 유지관리 문제점 등에 대한 개선방안 도출 및 정책방안 제시 등을 통해 인공습지의 관심도 및 활용성을 증대시키고, 그에 따른 간접적인 기술발전 기대 효과
- 인공습지를 구성하는 요소기술에 대한 기술적 한계점 또는 적용방안 등의 연구결과를 토대로 기술의 차별화 및 공정 구성방안 등 기술의 발전 및 다변화를 유도하고 습지 설계기술의 발전에 기여

나. 사회·경제적 측면

- 인공습지 본래의 수질정화 기능을 회복시킴으로써 비점오염원으로 인해 발생하는 오염부하량을 감소시키고, 이를 통해 공공수역의 수질개선에 기여함으로써 인근 지역주민들에게 깨끗하고 쾌적한 생활환경 제공에 기여
- 조성된 습지의 부적절한 관리로 인해 낭비되는 사회적 비용을 저감하고, 지역 인프라 시설의 활용성을 높이는데 따른 경제성 향상 효과
- 인공습지의 유지관리 부실로 인해 발생할 수 있는 하천의 수변환경 악화를 방지하고, 그에 따른 하천환경 가치향상에 따른 경제적 파급효과
 - 인공습지의 시설개선 및 효율적인 유지관리를 통해 습지 본래의 생태적 또는 경관적 가치향상에 따른 파급적 효과
 - 인공습지의 친수기능 강화를 통해 지역주민들에게 더욱 쾌적한 휴식 및 여가 공간을 제공함으로써 습지의 사회적 가치향상

다. 정책적 측면

- 기존 습지의 현황 및 실태조사를 통해 제도적/행정적 한계점에 대한 분석 및 결과를 토대로 보다 합리적이고 효율적인 습지 조성 및 관리 정책을 수립함에 따른 용인시의 환경정책 효율화 및 선진화
- 비점오염원 저감시설로서 인공습지의 정확한 현황분석을 토대로 개선방안 및 정책방안을 제시함에 따른 환경정책의 신뢰성 강화
- 자연형 시설을 활용한 비점오염원 저감대책을 강화함으로써 정부가 주도적으로 추진하고 있는 생태친화적 수계환경 조성 및 물 순환정책 등에 부응함으로써 정책적 공조 체계를 유지하고, 선제적인 대응 기반을 조성할 수 있어 환경정책의 수단 강화

2. 활용방안

- 인공습지 조성기술의 발전을 통해 국가 물관리정책에서 강조하고 있는 건전한 물 순환 정책 및 탄소저감 정책에 활용
 - 또한 인공습지 본래의 기능인 비점오염원 저감기능을 향상시킴으로써 오염총량 관리제도의 효율성을 향상시키는데 활용
- 인공습지의 문제점 및 한계점을 개선하여 신규 조성될 인공습지 조성사업 등에 활용함으로써 본 연구사업의 성과 확대
 - 인공습지 요소기술의 원리 및 메커니즘 등을 활용한 보다 효율적인 비점오염 저감기술 개발에 활용
- 본 연구를 통해 제시된 인공습지의 조성 및 유지관리 방안 등을 타 비점오염 저감시설에 준용하여 활용할 수 있음
 - 이를 통해 연관 시설 및 기술의 동반 발전 유도

3. 정책 제언

- 통합적이고 효율적인 관리방안 마련
 - 인공습지와 하천시설물과의 통합적 관리를 위한 연계성 강화
 - ICT 기술 적용 등을 통한 상시 모니터링 시스템 구축
 - 효율적인 관리를 위한 예산 정책 수립
- 거버넌스 구축 및 활용
 - 습지 관계자의 네트워킹 강화 및 인근 주민들과의 상호 이해관계 구축

- 효율적 인공습지 관리를 위한 구체적인 습지 조례 제정
 - 용인시 현황 및 목적에 맞는 습지 관련 조례를 마련하여 인공습지 조성 및 유지, 관리를 용이하게 할 수 있도록 활용
- 인공습지 조성 시 전문가 자문 제도 도입
 - 향후 인공습지 조성 시 이번 조사결과에서 나타난 각각의 문제점에 대해서 설계 단계에서부터 충분히 검토할 수 있도록 하고, 사전 전문가 자문 등을 통해 사후 발생할 수 있는 문제점을 사전에 방지할 수 있도록 제도적 기반 마련

목 차

제 1장 연구개요

제 1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 습지에 대한 이론적 고찰	1
2. 연구의 배경 및 필요성	8
3. 연구의 목적	16
제 2절 연구의 내용 및 범위	16
1. 연구개발 목표 및 내용	16
2. 연구 추진전략 및 방법	17
3. 연구의 범위	18

제 2장 용인시 일반현황 및 오염발생량 현황

제 1절 용인시 일반현황	20
1. 지리적 현황	20
2. 하천 현황	20
3. 토지이용현황	21
4. 수질 오염원 및 배출현황	22
5. 인구 현황	25
제 2절 용인시 오염발생량 현황	25
1. 용인시 점오염원 발생부하량	25
2. 용인시 비점오염원 발생부하량	30

목 차

제 3장 용인시 내 인공습지 조사개요

제 1절 용인시 내 조사대상 인공습지	32
1. 조사대상 인공습지 현황 및 위치	32
2. 각 인공습지별 시설개요 및 현황	34
3. 중점조사 대상 인공습지 선정	50
제 2절 습지조사 방법	54
1. 습지 현황 및 유지관리 실태조사	54
2. 중점조사 대상 습지 조사방법	59
3. 수질조사 항목 및 분석방법	60

제 4장 인공습지 조사결과

제 1절 인공습지 실태조사 결과	68
1. 1차 실태조사 결과	68
2. 2차 실태조사 결과	79
3. 3차 실태조사 결과	91
4. 4차 실태조사 결과	101
제 2절 중점조사 대상 습지 조사 결과	109
1. 조사 개요	109
2. 습지별 수질조사 결과	113
3. 습지 내 수질 정화효과 분석 및 평가	133
4. 유입수 특성에 따른 저감효과 분석	149

목 차

제 5장 인공습지 개선방안

제 1절 인공습지의 시설 및 구조적 문제점 및 개선방안	155
1. 유입수 취수시설의 구조적 문제 및 해결방안	155
2. 파손된 시설물에 대한 적절한 관리	157
3. 기계시설에 대한 확인 및 검토	158
제 2절 인공습지의 관리적 문제점 및 개선방안	159
1. 인공습지 내 식생관리	159
2. 기타 관리적인 부분	161
제 3절 인공습지의 수질적 문제점 및 개선방안	162
제 4절 각 습지별 문제점 및 개선점	164

제 6장 결론 및 활용방안

제 1절 결론	165
1. 시설적/관리적 측면	165
2. 수질적 측면	167
제 2절 기대성과 및 활용방안	170
1. 기대성과	170
2. 활용방안	171
3. 정책제안	172

제 7장 부록

부록	175
----------	-----

표 목차

[표 1] 습지의 가치 및 기능	2
[표 2] 인공습지 기술의 장점 및 단점	4
[표 3] 인공습지의 처리효율 관련 사례	7
[표 4] 용인시 내 설치된 비점오염저감시설 설치현황	13
[표 5] 연구의 주요목표 및 연구내용	16
[표 6] 용인시 토지이용 현황	21
[표 7] 용인시 용도지역 현황	22
[표 8] 용인시 하수 및 분뇨발생량 처리현황	23
[표 9] 용인시 수질 환경오염물질 배출사업장 현황	24
[표 10] 용인시 가축사육 현황	24
[표 11] 용인시 인구현황	25
[표 12] 용인시 하수처리시설별 인구 및 유입하수량	26
[표 13] 용인시 하수처리시설별 방류수질 및 발생부하량	27
[표 14] 축산에 의한 발생원단위	28
[표 15] 용인시 축산계 발생부하량	28
[표 16] 용인시 산업폐수배출시설 및 오수처리시설별 방류농도 및 부하량	29
[표 17] 토지계 지목별 연평균 발생부하 원단위	30
[표 18] 용인시 용도별 토지면적 및 발생부하량	31
[표 19] 용인시 내 조성된 인공습지 현황 자료	32
[표 20] 사전조사 시 청미천습지 현황 모습	35
[표 21] 사전조사 시 평창습지 현황 모습	36
[표 22] 사전조사 시 길업습지 현황 모습	38
[표 23] 사전조사 시 마평습지 현황 모습	40
[표 24] 사전조사 시 고림동습지 현황 모습	42
[표 25] 사전조사 시 금학천습지 현황 모습	43
[표 26] 사전조사 시 유림동습지 현황 모습	45
[표 27] 사전조사 시 금어천습지 현황 모습	46
[표 28] 사전조사 시 둔전리습지 현황 모습	47

표 목차

[표 29] 사전조사 시 초부리습지 현황 모습	49
[표 30] 사전조사 시 모현면습지 현황 모습	50
[표 31] 용인시 내 조성된 인공습지 특성 조사결과	52
[표 32] 중점조사 대상 습지의 선정을 위한 평가 결과	54
[표 33] Check list 예시	58
[표 34] 수질 측정항목별 측정분석기기 및 분석방법	61
[표 35] 환경부(2020)에서 제시된 항목별 인공습지의 처리효율	67
[표 36] 1차 조사 시 청미천습지 현황 사진	69
[표 37] 1차 조사 시 평창습지 현황 사진	70
[표 38] 1차 조사 시 길업습지 현황 사진	71
[표 39] 1차 조사 시 운학동습지 현황 사진	72
[표 40] 1차 조사 시 마평습지 현황 사진	72
[표 41] 1차 조사 시 고림동습지 현황 사진	73
[표 42] 1차 조사 시 금학천습지 현황 사진	74
[표 43] 1차 조사 시 유림동습지 현황 사진	74
[표 44] 1차 조사 시 금어천습지 현황 사진	75
[표 45] 1차 조사 시 둔전리습지 현황 사진	76
[표 46] 1차 조사 시 초부리습지 현황 사진	76
[표 47] 1차 조사 시 모현면습지 현황 사진	77
[표 48] 용인시 내 조성된 인공습지의 1차 조사결과 요약	78
[표 49] 2차 조사 시 청미천습지 현황 사진	80
[표 50] 2차 조사 시 평창습지 현황 사진	81
[표 51] 2차 조사 시 길업습지 현황 사진	82
[표 52] 2차 조사 시 운학동습지 현황 사진	82
[표 53] 2차 조사 시 마평습지 현황 사진	83
[표 54] 2차 조사 시 고림동습지 현황 사진	84
[표 55] 2차 조사 시 금학천습지 현황 사진	85
[표 56] 2차 조사 시 유림동습지 현황 사진	86

표 목차

[표 57] 2차 조사 시 초부리습지 현황 사진	87
[표 58] 2차 조사 시 모현면습지 현황 사진	89
[표 59] 용인시 내 조성된 인공습지의 2차 조사결과 요약	89
[표 60] 3차 조사 시 청미천습지 현황 사진	92
[표 61] 3차 조사 시 평창습지 현황 사진	93
[표 62] 3차 조사 시 길업습지 현황 사진	94
[표 63] 3차 조사 시 운학동습지 현황 사진	94
[표 64] 3차 조사 시 마평습지 현황 사진	95
[표 65] 3차 조사 시 고림동습지 현황 사진	96
[표 66] 3차 조사 시 금학천습지 현황 사진	97
[표 67] 3차 조사 시 유림동습지 현황 사진	98
[표 68] 3차 조사 시 초부리습지 현황 사진	99
[표 69] 3차 조사 시 모현면습지 현황 사진	99
[표 70] 용인시 내 조성된 인공습지의 3차 조사결과 요약	100
[표 71] 4차 조사 시 청미천습지 현황 사진	102
[표 72] 4차 조사 시 평창습지 현황 사진	102
[표 73] 4차 조사 시 길업습지 현황 사진	103
[표 74] 4차 조사 시 운학동습지 현황 사진	104
[표 75] 4차 조사 시 마평습지 현황 사진	104
[표 76] 4차 조사 시 고림동습지 현황 사진	105
[표 77] 4차 조사 시 금학천습지 현황 사진	105
[표 78] 4차 조사 시 유림동습지 현황 사진	106
[표 79] 4차 조사 시 초부리습지 현황 사진	107
[표 80] 4차 조사 시 모현면습지 현황 사진	107
[표 81] 용인시 내 조성된 인공습지의 1차 조사결과 요약	108
[표 82] 길업습지의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값	114
[표 83] 마평습지에서 1차, 2차, 3차 조사의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값	121
[표 84] 금학천습지의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값	126

표 목차

[표 85] 중점조사 대상 습지에 대한 오염항목별 처리효율	135
[표 86] 중점조사 대상 습지의 수질평가 결과	137
[표 87] 하수처리수 공급 습지 유출수의 하천유지용수 수질기준 적정성 평가	138
[표 88] 평창습지 내에서의 유입수 및 유출수의 일반항목 결과	145
[표 89] 평창습지 내에서 오염항목의 유입수 및 유출수 농도 결과	146
[표 90] 돌다리에 의한 여과효과 검토를 위한 전·후 농도 비교	148
[표 91] 지점별 유입수 취수시설 문제점	156
[표 92] 지점별 파손된 시설물 현황	157
[표 93] 청미천습지 및 초부리습지 기계시설 전경	158
[표 94] 조사지점/시기별 식생 관리 상태	160
[표 95] 유림동습지 비점오염원 직방류 현황	163

그림 목차

[그림 1] 연도별 인공습지의 특허 출원 및 등록 건수 변화 추이	5
[그림 2] 비점오염원 관리정책 과정 및 연구방향	10
[그림 3] 경기도 내 연도별 비점오염저감시설 설치 개소수 현황	11
[그림 4] 경기도 내 비점오염저감시설의 지자체별 분포 현황	11
[그림 5] 경기도 내 비점오염저감시설 유형별 개소수	12
[그림 6] 용인시 내 습지 조사 필요성 및 목적	15
[그림 7] 연구의 추진체계 및 방법	18
[그림 8] 용인시 하천유역도	21
[그림 9] 조사대상 인공습지의 지점 위치	33
[그림 10] 청미천습지 설계도면	34
[그림 11] 평창습지 설계도면	36
[그림 12] 길업습지 설계도면	37
[그림 13] 운학동습지 설계도면	39
[그림 14] 마평습지 설계도면	40
[그림 15] 고림동습지 설계도면	41
[그림 16] 금학천습지 설계도면	43
[그림 17] 유림동습지 설계도면	44
[그림 18] 금어천습지 설계도면	46
[그림 19] 둔전리습지 설계도면	47
[그림 20] 초부리습지 설계도면	48
[그림 21] 모현면습지 설계도면	50
[그림 22] 길업습지 내에서 습지요소별 시료채취 지점	110
[그림 23] 마평습지 내에서 습지요소별 시료채취 지점	111
[그림 24] 금학천습지 1차 조사 시 시간당 강우량 및 누적 강우량 곡선	112
[그림 25] 금학천습지 2차 조사 시 시간당 강우량 및 누적 강우량 곡선	113
[그림 26] 1차 및 2차 조사에서 길업습지 내 구간별 EC 값 및 DO 농도의 변화	115
[그림 27] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 SS 농도 경시변화	116
[그림 28] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 BOD 농도 경시변화	117

그림 목차

[그림 29] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 TOC 농도 경시변화	118
[그림 30] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 T-N 농도 경시변화	118
[그림 31] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 T-P 농도 경시변화	119
[그림 32] 2차 및 3차 조사에서 마평습지 내 구간별 EC 값 및 DO 농도의 변화	121
[그림 33] 각 차수별 마평습지의 SS 농도 경시변화	122
[그림 34] 각 차수별 마평습지의 BOD 농도 경시변화	123
[그림 35] 각 차수별 마평습지의 TOC 농도 경시변화	123
[그림 36] 각 차수별 마평습지의 T-N 농도 경시변화	124
[그림 37] 각 차수별 마평습지의 T-P 농도 경시변화	125
[그림 38] 금학천습지 1차 조사 시 SS 농도 및 처리효율의 경시변화	127
[그림 39] 금학천습지 2차 조사 시 SS 농도 및 처리효율의 경시변화	128
[그림 40] 금학천습지 1차 조사 시 BOD 농도 및 처리효율의 경시변화	129
[그림 41] 금학천습지 2차 조사 시 BOD 농도 및 처리효율의 경시변화	129
[그림 42] 금학천습지 1차 조사 시 TOC 농도 및 처리효율의 경시변화	130
[그림 43] 금학천습지 2차 조사 시 TOC 농도 및 처리효율의 경시변화	131
[그림 44] 금학천습지 1차 조사 시 T-N 농도 및 처리효율의 경시변화	131
[그림 45] 금학천습지 2차 조사 시 T-N 농도 및 처리효율의 경시변화	132
[그림 46] 금학천습지 1차 조사 시 T-P 농도 및 처리효율의 경시변화	133
[그림 47] 금학천습지 2차 조사 시 T-P 농도 및 처리효율의 경시변화	133
[그림 48] 2차 조사 시 길업습지 요소별 SS의 농도변화 및 처리효율	139
[그림 49] 2차 조사 시 길업습지 요소별 BOD의 농도변화 및 처리효율	139
[그림 50] 2차 조사 시 길업습지 요소별 TOC의 농도변화 및 처리효율	140
[그림 51] 2차 조사 시 길업습지 요소별 T-N의 농도변화 및 처리효율	140
[그림 52] 2차 조사 시 길업습지 요소별 T-P의 농도변화 및 처리효율	140
[그림 53] 2차 및 3차 조사 시 마평습지 요소별 SS의 농도변화 및 처리효율	141
[그림 54] 2차 및 3차 조사 시 마평습지 요소별 BOD의 농도변화 및 처리효율	142
[그림 55] 2차 및 3차 조사 시 마평습지 요소별 TOC의 농도변화 및 처리효율	143
[그림 56] 2차 및 3차 조사 시 마평습지 요소별 T-N의 농도변화 및 처리효율	143

그림 목차

[그림 57] 2차 및 3차 조사 시 마평습지 요소별 T-P의 농도변화 및 처리효율	144
[그림 58] 평창습지에서서의 각 항목별 평균 처리효율	147
[그림 59] 돌다리 등에 의한 여과시설에 따른 처리효율	148
[그림 60] SS에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계	150
[그림 61] SS에 대한 저농도 및 고농도의 유입농도와 처리효율의 관계	150
[그림 62] BOD에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계	151
[그림 63] BOD에 대한 저농도 및 고농도의 유입농도와 처리효율의 관계	152
[그림 64] TOC에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계	152
[그림 65] T-N에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계	153
[그림 66] T-P에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계	154

제 1장 연구 개요

제 1절 연구의 배경 및 목적

1. 습지에 대한 이론적 고찰

- 습지는 유입되는 물에 포함된 영양물질과 에너지를 받아 형성된 소생태계가 안정된 지역을 말하며, 영구적 또는 일시적으로 습윤한 상태를 유지하고 그런 환경에 적응된 식생이 서식하는 장소를 말함
 - 습지는 어원처럼 대체로 습윤한 토양을 가진 곳이며, 주로 식물이 성장하는 동안 물이 고여있는 경우가 많아 주위 환경과 대별되고 다양한 생물이 생존하며 복잡한 물질순환이 반복되는 곳임
- 습지에 대한 정의는 습지의 형태 및 위치, 특성, 기능 등 매우 다양한 요소에 의해 영향을 받기 때문에, 습지를 연구하는 연구자는 물론 각 나라별로도 미세하게 다른 점을 볼 수 있음
 - 우리나라에서는 습지보전법 제2조1항에서 “습지란 담수(淡水: 민물), 기수(汽水: 바닷물과 민물이 섞여 염분이 적은 물) 또는 염수(鹽水: 바닷물)가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지를 말한다.” 라고 정의하고 있음
 - 또한, US EPA의 America’s Wetland에서 습지는 “연중 또는 식물이 성장하는 기간을 포함하는 일정 시기 동안 토양이 물에 침수되어 있거나 토양표면 및 토양표면 근처에 물이 존재하는 지역” 으로 정의하고 있음¹⁾
 - 람사르협약(1971)²⁾에서 “습지는 자연적인 것도 인공적인 것도 포함하며, 또한 영속적인 것이나 일시적인 것이나, 물이 체류하고 있거나 흐르고 있거나, 혹은 담수이건 기수이건 염수이건 간에 습원이나 소택지, 이탄지, 혹은 하천이나 호소 등의 수역으로, 수심이 간조 시에 6 m를 넘지 않는 해역도 포함한다” 라고 정의하고 있음
- 습지는 육상생태계 및 수생태계가 복합적으로 형성된 공간으로 매우 높은 가치를

1) U. S. EPA, America’s Wetland - Our Vital Link Between Land and Water, United States Environmental Protection Agency, In <http://www.epa.gov/OWOW/wetlands/vital/toc.html>, 2008

2) The Ramsar Convention on Wetlands, 1971, Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat

가지고 있으며, 이들의 상호작용 등에 따른 수문학적 완충 및 생물의 서식처, 생물 종 다양성 보전, 생태공원, 자연학습장, 수질정화 기능 등 매우 다양한 기능이 있음³⁾

[표 1] 습지의 가치 및 기능

습지의 가치	습지의 기능
<ul style="list-style-type: none"> • 물의 양적, 질적 공급 • 어업과 농업, 운송 • 목재 및 기타 건축 자재 • 이탄 및 식물성 에너지 자원 • 야생 생물자원, 약초 등 습지 산물 • 생태관광 등 휴양 및 경과적 가치 	<ul style="list-style-type: none"> • 폭우 방지 및 홍수 완화 (이·치수) • 해안선 안정화 및 침식 조절 • 지하수 충전 및 배출 • 물의 저장 및 정화 • 영양소 및 퇴적물 보유 • 오염물질 잔류 • 강우 및 기온 분야의 미시적 기후 안정화

- 일반적으로 습지는 크게 자연습지와 인공습지로 구분되며, 자연습지는 연안습지와 내륙습지로 구분됨
 - 연안습지는 주로 해안을 따라 발달해 있으며 바닷물을 정화하고 태풍과 해일의 피해를 막아주며 다양한 생물의 서식지로 연안 어업활동의 근간이 되기도 함
 - 연안습지의 범위는 습지보전법에서 만조(滿潮) 때 수위선(水位線)과 지면의 경계선으로부터 간조(干潮) 때 수위선과 지면의 경계선까지의 지역으로 정의됨
 - 내륙습지는 육지 또는 섬에 있는 호수, 못, 늪, 하천 또는 하구(河口) 등을 말하고, 주로 다양한 생물들이 서식하고 있으며, 홍수조절과 지하수를 제공하는 기능이 있음
- 인공습지는 습지의 기능을 활용하여 인간들의 특정 목적(경제, 환경, 안전 등)에 부합하도록 인위적으로 조성한 습지를 말하며, 습지의 조성 지역에 제한이 많지는 않지만 주로 내륙에서 많이 볼 수 있음
 - 따라서 인공습지는 자연습지의 기능을 높이기 위해 다양한 설계적 요소를 반영하고 있으며, 조성목적에 따라 다양한 인공습지의 구분이 가능함
 - 이소영 등(2015)⁴⁾은 인공습지를 조성목적에 따라 축산습지, 농업습지, 하도습지,

3) 환경부, 2018, 제3차 습지보전기본계획(안)

4) 이소영, 최지연, 김이형, 2015, 현장조사 결과를 이용한 인공습지 적정 설계 및 유지관리 방안 도출, 한국습지학회, 제17권 제4호, pp. 428-435

호 내 습지, 하구 및 간척지 습지, 도시형 습지, 소규모습지의 7개로 분류하여 제시한 바 있음

- 인공습지는 1970년대 이후 미국을 중심으로 습지를 이용한 수질 정화기술이 개발되었으며, 서구에서는 인공습지를 점오염원뿐 아니라 비점오염원을 정화 처리하기 위한 목적으로 이용하였음⁵⁾
 - 습지의 물질 제거에 대한 기능적 측면에서 물질의 침강작용에 따른 오염물질 제거가 주를 이루게 되는데, 이를 통해 수생태계의 부영양화 및 수질오염 방지 측면에서 관심의 초점이 됨(Kadlec and Knight, 1996)⁶⁾
 - 북미(미국, 캐나다)에서는 하·폐수를 연못시스템이나 전통적인 하수처리공법으로 운영되는 처리장에서 처리한 후, 고도처리수준으로 처리하기 위해 인공습지를 주로 사용하였으며, 유럽은 하·폐수를 2차 처리수준으로 처리하기 위해 인공습지를 사용하였음⁷⁾
 - 유럽의 ECOSAN(Ecological Sanitation)이라는 기술은 지역적 필요에 부합한 생태적 수질관리시스템⁸⁾으로, 인공습지를 이용하여 분뇨와 분리된 생활하수를 처리하여 재이용할 수 있는 처리방법임⁹⁾
- 우리나라의 경우, 1990년대부터 자연형 하천정화기술에 대한 관심이 높아졌고, 2010년대 초반 수질오염총량제의 도입으로 비점오염원 저감을 위한 처리기술의 개발이 활발하게 이루어졌으며, 이후 생태하천 조성사업 추진 및 기후변화와 탄소 중립에 대한 정책적 관심 등으로 자연형 정화기술의 필요성이 높아지면서 인공습지의 장점에 따른 관심도 및 기술개발이 크게 증가함¹⁰⁾
 - 우리나라에서는 도시화가 빠르게 진행되면서 불투수층 비율이 크게 증가하게 되었고, 불투수면의 증가로 인해 도시 내 물순환 시스템 파괴, 비점오염물질 발생량 증가, 생태계의 단절, 미시기후적 영향 등 다양한 환경적 문제가 발생하게 되면서 심각한 사회문제로 대두됨¹¹⁾
 - 이러한 문제점을 해결하기 위해서 친환경적이면서 친생태적인 기술에 관심을 가지게 되면서 습지의 중요성이 부각되었음

5) 비점오염관리기술연구단, 2015, 비점오염저감시설 기술보고서, 인공습지

6) Kadlec, R.H. and R.L. Knight, 1996, Treatment Wetlands. CRC press, FL.

7) 인공습지, 비점오염저감시설 기술보고서, 2011, 비점오염원 관리기술 연구단

8) Werner, C., Mang, H. P., and Schlick, J., ECOSAN - introduction of closed-loop approaches in wastewater management and sanitation a new supra-regional GTZ-project, In Proceedings of the 5th specialized conference on small water and wastewater treatment systems, Istanbul, Turkey, 24-26, September 2002, 1085-1090(2002).

9) 고대현, 정윤철, 서성철, 2010, 인공습지에서 오염물질 제거기작 및 국내외 연구동향, 대한환경공학회지 총설, Review paper, pp. 379~392

10) 박병훈, 2003, 자연형 하천정화를 위한 인공습지 조성방안, 환경관리공단 보고서

11) 강창국, Marla C. Maniquiz, 손영규, 조혜진, 김이형, 2011, 도시 및 도로 조정공간을 활용한 소규모 인공습지 조성기술, 한국습지학회, 제13권제2호, pp. 231~242

- 이는 인공습지가 가지고 있는 인공습지의 다양한 기능, 즉 생태적 기능을 포함하여 경관기능, 심미적 기능, 수질정화기능뿐 아니라 건전한 물순환 및 탄소저감에도 기여할 수 있는 복합적 기능을 가지고 있기 때문이며, 최근 문제가 되는 기후변화와 토지이용의 고도화에 따른 문제해결에도 기여할 수 있는 매우 유용한 자연친화적 기술이라는 점에서 많은 관련 연구 및 기술개발이 진행되었음¹²⁾

[표 2] 인공습지 기술의 장점 및 단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> - 건설비와 유지관리비가 적게 소요됨 - 운영관리가 간단하고 기계적 조작이 거의 없음 - 오염부하변동에 적응성이 높음 - 효과의 일관성 및 신뢰성이 있음 - 생태계를 활용한 기술로 자연친화적임 - 다양한 용도로 활용할 수 있음 <ul style="list-style-type: none"> · 우수한 경관, 생태교육, 지역민의 친화공간, 여가활용 및 공간 활용, 생태계의 서식지 공간 제공 등 	<ul style="list-style-type: none"> - 장치형 시설에 비해 넓은 면적 필요 - 특정 오염물질에 대한 대응성이 어려움 - 식생 종류에 따른 관리의 어려움 - 계절에 따른 관리적 문제 및 어려움 발생 - 관리 미숙으로 인한 관리비용 상승 압박 - 최적설계 자료 부족 및 설계비용 많이 소요 - 적정 처리효율은 조성된 지 2~3년 후에 나타남 - 해충 발생 가능성 및 이로 인한 주변 환경 악화

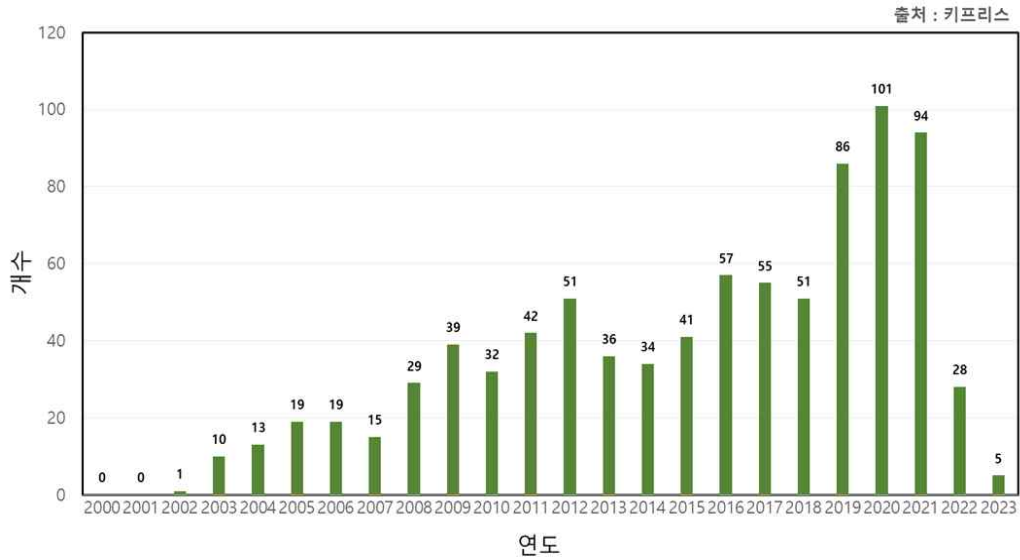
출처: 김용찬(2011)¹³⁾, 박병훈(2003)¹⁴⁾의 내용 재구성

- [그림 1]은 인공습지에 관련된 특허 기술의 출원 및 등록 건수의 연도별 변화추이를 조사하여 나타낸 것임
 - 인공습지의 특허 관련 연도별 조사자료를 보면, 2000년대 초반까지 인공습지에 대한 특허 건수는 매우 낮았지만, 본격적으로 수질오염총량제가 도입되고 비점오염 저감대책이 실시되던 2002년을 기점으로 점차 증가하기 시작하여 2010년 전후로 크게 증가한 것을 볼 수 있음
 - 특히 2019년과 2020년, 2021년에는 각각 86개, 101개, 94개인 것으로 조사되어, 타 연도와 비교하면 대비될 정도로 크게 증가하였음

12) 이소영, 최지연, 김이형, 2015, 현장조사 결과를 이용한 인공습지 적정 설계 및 유지관리 방안 도출, 한국습지학회, 제17권제4호, 428~435

13) 김용찬, 2011, 인공습지의 유지관리, 자연보존 155, pp. 21~29

14) 박병훈, 2003, 자연형 하천정화를 위한 인공습지 조성방안, 환경관리공단 보고서



[그림 1] 연도별 인공습지의 특허 출원 및 등록 건수 변화 추이

- 이는 인공습지가 가지고 있는 많은 기능적 장점이 국가에서 계획하고 있는 물관리 정책이나 비점오염원관리 종합대책 등과도 연계되기 때문에 나타난 결과로 판단됨
- 인공습지는 강우유출을 통해 발생하는 비점오염물질을 침전 및 여과, 흡착과 미생물 분해 등의 기작을 통해 제거할 수 있으며, 도시 및 농업지역, 축산단지 등에 다양하게 적용할 수 있어 많이 이용되고 있음
- 인공습지는 물 흐름 특성에 따라 지표흐름형 습지(SF: Surface Flow Wetland)와 지하흐름형 습지(SSF: Surface Flow Wetland)로 구분될 수 있음¹⁵⁾
 - 지표흐름형 습지(SF: Surface Flow Wetland)
 - 지표흐름형 습지는 습지 내 물 흐름이 지표층 위의 자유수면으로 흐르는 습지를 말하여, 이러한 흐름 특성으로 인해 자유수면습지, 자유표층습지라도도 함
 - 습지는 식물의 뿌리를 지탱하기 위한 얇은 분지, 토양 그리고 얇은 수심을 유지하는 수위조절 구조로 구성되어 있으며, 이러한 구조를 통해 식물이 밀생할 수 있어 물의 흐름을 느리게 하고, 수괴 내 미생물 군집이 서식할 수 있는 환경을 제공함
 - 가을에 식물의 일년생 부분이 낙엽으로 떨어지게 되면 이들 또한 퇴적물로 축적되어 부엽토가 되고, 이들이 교환 장소들을 만들어 미생물 대사과정에 필요한 탄소, 질소, 인 등을 제공함

15) 김형철, 2010, 인공습지에 의한 비점오염 저감효과 분석, 건국대학교 대학원 학위논문

- 지하흐름형 습지(SSF: Surface Flow Wetland)
 - 물의 흐름이 하층부의 지층 내에서 흐르기 때문에 표층에서 물의 흐름을 볼 수 없는 습지로, 주로 암석 또는 자갈로 구성된 다공성의 기질을 갖춘 밀폐된 분지형으로 구성되며, 수위는 자갈층 등으로 구성된 상부 기질 아래에서 흐르도록 설계됨
 - 지하흐름형 습지시스템은 식물을 심은 지하흐름형 습지(Vegetated Submerged Bed), 토양의 식물 뿌리를 이용한 방법(Zone Method), 미생물과 갈대 여과(Microbial Rock Red Filter), 식물과 자갈 혼합체계(Plant-rock Filter System) 등과 같이 습지를 구성하고 있는 특성에 따라 다양한 명칭이 있음
- 인공습지의 오염물질 제거 기능에 관여하는 주요 구성요소는 물, 식생, 미생물, 토양이며, 기타 태양광 및 용존산소 등은 환경인자로 작용함
 - 물은 수 환경적 수리·수문특성을 의미하며, 습지 내 함수량 및 수리적 흐름 특성 등에 따른 자정작용이 중요하고, 이들은 습지 내 물의 체류시간 및 유속 등에 영향을 미치면서 습지의 효율성과 관계가 있음
 - 이와 같은 물의 수리·수문적 특성에 따른 정화기작으로는 습지 내 물질의 산화 및 환원 작용, (응집)침전 작용, 흡착 작용, 용존산소의 공급작용 등임
 - 식생은 습지의 가장 핵심적인 구성요소로서, 식생에 의한 영양물의 흡수, 여과, 충돌 침전, 흡착 등에 의한 기작으로 수중의 오염물질을 제거하고, 저감효율은 식생의 종류나 피복율 등에 영향을 받음
 - 특히, 식생은 종류에 따라 오염물질에 대한 선택성을 가지는 경우가 있으므로 습지에서의 식생 선정은 매우 중요한 요소 중 하나임
 - 습지 내 미생물은 대표적인 생물학적 자정작용으로 주로 습지 내 토양이나 식생의 근권에 서식하며, 습지 내 유입된 영양물질 및 유기물질을 분해 또는 흡수, 흡착 등의 기능을 통해 저감하게 되고, 주로 호기성 환경에서 기능이 강화되기 때문에 수중의 DO 영향을 크게 받음
 - 토양은 습지 내 서식하는 모든 생물들의 지지기반임과 동시에 서식공간으로 작용하며, 유입된 오염물질의 흡착, 여과, 토양 내 생물작용, 물질의 산화 및 환원 작용 등 다양한 작용이 일어나는 장소임
 - 최근에는 수질정화효율을 극대화하기 위해 특별히 개발된 기반재나 여재 등을 활용한 기술도 많이 이용되고 있음
 - 또한, 태양광은 습지에 서식하는 식생의 에너지원으로 작용하며 식생의 성장과

광합성 작용을 지배하고, 산소는 호기성 조건을 통해 원활한 생물학적 작용 및 물질의 산화작용에 영향을 미치며 자정기능을 향상시키는 역할을 함

- 인공습지는 앞에서 언급한 다양한 습지의 구성요소 외에도 설계조건 및 구성, 유입오염원 종류 및 농도, 관리방법 등 다양한 요소에 의하여 처리효율에 영향을 미치게 됨
- [표 3]은 국내외 다양한 인공습지에 대한 연구결과를 토대로 처리효율 자료를 제시한 것으로, 국내 습지의 경우에는 SS 처리효율이 60%대로 조사된 반면, 미국의 습지는 매우 낮은 효율을 보여 대조적임¹⁶⁾
 - 이는 습지의 조성목적에 따른 유입수 농도의 차이 등에 의해 나타난 결과로 파악됨
 - 또한, T-N 농도에 대한 처리효율은 우리나라에 비해 미국 습지가 크게 높았던 것으로 조사되었으며, 이는 체류시간의 차이에 의한 결과로 사료됨
 - 우리나라는 습지 내 수리학적 체류시간이 1.5일 이하로 짧은 반면, 미국은 최소 4일 이상으로 체류시간이 길었기 때문임
 - 미국 습지의 경우, 이용할 수 있는 부지면적이 넓고 하수처리장의 2차 처리수의 수질기준을 맞추기 위한 추가적인 처리시스템이라는 특징을 가지고 있음

[표 3] 인공습지의 처리효율 관련 사례

습지 명	구분	BOD	SS	T-N	T-P
농업기반공사 신정호 인공습지	유입수질 (mg/L)	3.1 ~ 10.4	7.0 ~ 42.0	1.4 ~ 4.0	0.08 ~ 0.33
	유출수질 (mg/L)	9.1 ~ 78.8	4.3 ~ 89.5	0.1 ~ 55.0	0 ~ 49.7
	처리효율 (%)	49.2	65.7	23.9	27.4
전남고흥군 신양천, 전남대 실험시설	유입수질 (mg/L)	6.0	15.4	5.8	0.198
	처리효율 (%)	58	65	57	57
미국 Lakeland, FL	유입수질 (mg/L)	3.88	5.60	10.36	9.05
	처리효율 (%)	19.6	16.1	80.8	53.4
미국 Hillsboro, OR	유입수질 (mg/L)	5.1	7.7	11.9	6.3
	처리효율 (%)	40	-24.7	59.7	39.7
초기 강우유출수 처리 인공습지	처리효율 (%)	-	50 ~ 80	< 30	15 ~ 45

출처:비점오염원 관리기술 연구단, 2015

16) 비점오염관리기술연구단, 2015, 비점오염저감시설 기술보고서

- 최근에는 다양한 인공습지 요소기술에 대한 연구개발이 활발하게 이루어지면서, 다양한 유입수 조건에 따른 습지에 의한 처리기술의 조성기술이 발달하고 있으며, 이로 인해 처리 대상 물질에 대한 정화효율이 크게 높아지고 있음
 - 이는 선택적 식생 정화기술의 개발 및 기능성 여재를 활용한 여과 및 흡착기술 발전, 다양한 요소기술들의 조합을 통한 융복합 기술개발 등에 따른 응용기술의 발전에 따른 영향임
- 또한, 인공습지의 처리효율에 영향을 미치는 요소로는 습지의 구성 및 구조 등이며, 최적의 조건으로 인공습지를 구성하기 위하여 환경부에서 제시하고 있는 내용은 다음과 같은 것들이 있음¹⁷⁾
 - 인공습지는 얇은 습지 및 깊은 습지, 깊은 못 등으로 구성되며, 각 습지의 수심이나 형태, 유량에 따라 적절하게 배치하는 것이 중요함
 - 인공습지는 최소의 크기와 비용으로 설계하기 위하여 유효 처리면적이 최대가 될 수 있도록 일반적으로 직사각형 형태로 조성함
 - 물은 습지 전체에 균등하게 흐를 수 있도록 하고, 유입부는 토사로 인한 영향을 저감시킬 수 있도록 전단에 침강지를 배치하며, 후단부에는 부유물의 유출을 막을 수 있도록 침전지를 두는 것이 일반적임
- 인공습지의 유지관리를 위한 핵심적 요소는 식생관리, 시설관리, 수질관리 등이며, 기타 기능별로 목적에 적합하도록 관리하는 것이 중요함
 - 관리적 측면에서 홍수로 인한 침식발생 여부의 조사 및 침전물이나 혐잡물이 쌓이지 않도록 주기적인 청소 및 제거가 필요함
 - 특히 습지의 경우 내부에서 발생하는 낙엽 및 식물의 사체 등이 다양한 시설이나 수리적 흐름에 방해가 되지 않도록 관리하여야 함
 - 습지의 유입 및 유출 유량은 균등하게 될 수 있도록 상시 관리하여야 하며, 식물 성장과 부분 밀식으로 인해 유로의 편중현상이 발생하지 않도록 해야 함
 - 습지 내 수위는 식물체의 조성, 수문관리, 잡초 제거, 유지관리를 위해 적절하게 조절해야 함

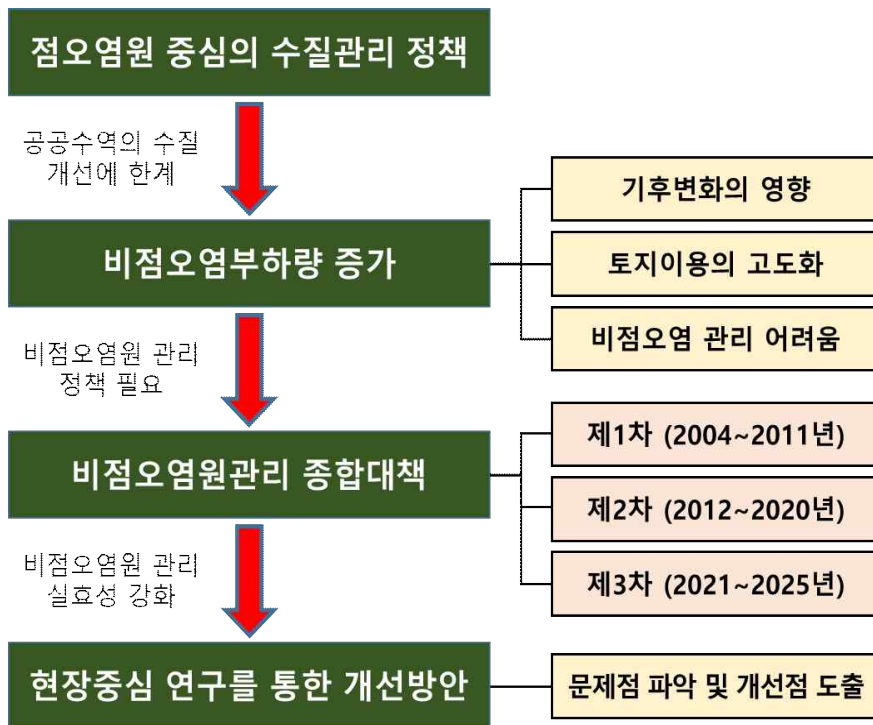
2. 연구의 배경 및 필요성

- 공공수역으로 유입되는 오염원은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분됨

17) 환경부, 2010, 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼

- 점오염원은 주로 생활하수와 공장폐수, 축산폐수 등과 같이 일정한 배출구를 통해 지속적으로 공공수역에 유입되는 오염원을 의미하며, 비점오염원은 강우 시 도시지역이나 산림, 농경지, 도로 등 토지이용 상태에 따라 지표면에 축적된 오염물질이 강우유출수와 함께 공공수역으로 유입되는 오염원을 의미함
- 과거 공공수역의 수질개선을 위하여 주로 점오염원 중심의 수질관리정책이 주를 이루었지만, 2000년대 들어서면서 점오염원 위주의 정책으로는 수질개선에 한계가 있어 비점오염원 유출 오염부하량 저감을 위한 정책적 연구 및 비점오염 저감시설 도입이 본격적으로 이루어지기 시작함
- 실질적으로 정부에서는 2004 ~ 2011년까지 “제1차 비점오염원관리 종합대책”, 2012 ~ 2020년까지 “제2차 비점오염원관리 종합대책”을 수립하였고, 4대강 유역 중심의 비점오염원 저감을 위하여 본격적인 노력을 기울여 왔음
 - 제1차 비점오염원관리 종합대책을 보면, 2006년에는 비점오염원 저감시설 설치 신고제를 도입하였고, 2007년에는 비점오염원 관리지역 지정제도를 도입하는 등 비점오염 저감시설 확대를 중심으로 정책이 수립됨
 - 제2차 비점오염원관리 종합대책에서는 관리의무를 강화하고, 비용 효율성을 고려한 최적관리기술개발 및 보완, 불투수면적율 및 물순환율 목표 의무화 등을 중심으로 정책을 수립하여 진행해 왔음
- 하지만 기후변화에 따른 강우 특성의 변화 및 토지이용의 고도화에 따른 불투수면적의 확대 등으로 지속적인 비점오염물질의 유출부하량이 증가하고 있으며, 비점오염원의 발생특성에 따른 관리의 어려움 등으로 인해 공공수역의 수질오염을 가중시키고 있음¹⁸⁾
- 이에 2021년부터 시행된 제3차 비점오염원관리 종합대책은 2026년까지로, 기존의 사후 관리적 관점에서 사전 예방적 관점으로 정책방향을 전환하였고, 비점오염원 저감을 위한 구체적인 관리목표 수립, 기후변화 대응 등 그린뉴딜 및 탄소중립과의 연계성 강화, 통합 물관리 원칙 반영 등을 주요 내용으로 하고 있음
 - 특히 대책의 실효성 제고를 위한 협력 강화 및 이행평가 체계를 구축하여 수질개선이 체감되는 비점오염원 관리를 비전으로 제시하고 있음
- 이와 같은 비점오염원 관리 및 정책의 실효성을 높이기 위해서는 현장 중심의 연구를 통해 비점오염 관리정책의 실질적인 문제점 및 한계성을 분석하고 각 지역적 특성에 맞는 개선방안 및 정책방안을 수립하는 것이 실효적임

18) 물환경정보시스템: https://water.nier.go.kr/web/contents/contentView/?pMENU_NO=186

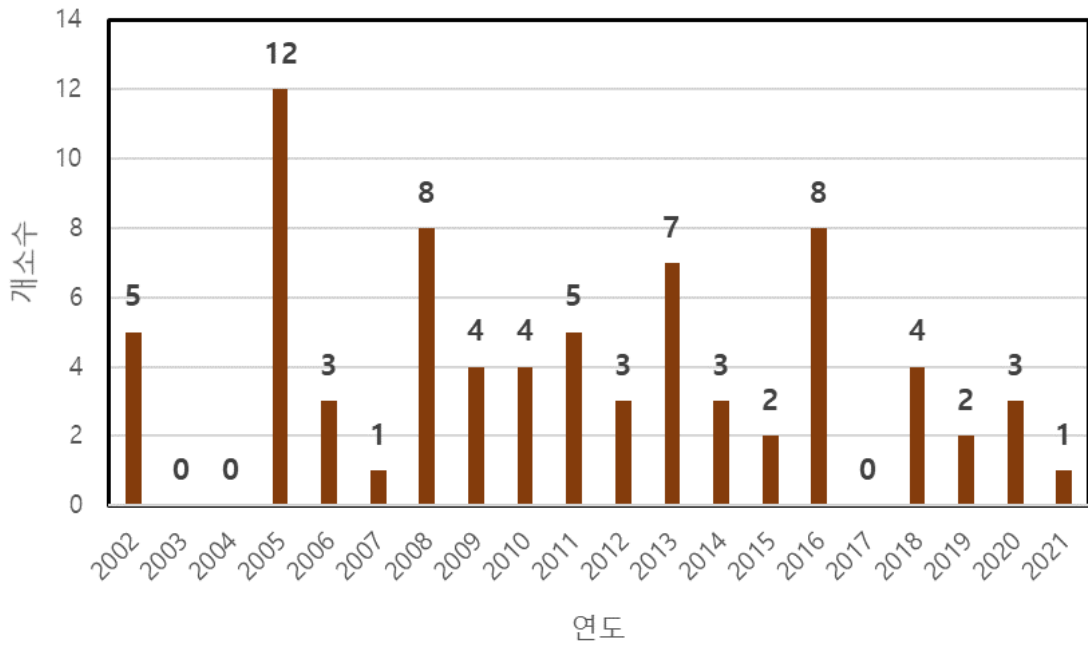


[그림 2] 비점오염원 관리정책 과정 및 연구방향

- 경기도에서도 2002년을 기점으로 비점오염 저감시설을 설치하기 시작하였으며, 이는 주로 수도권 인구의 식수원으로 활용되는 한강수계의 수질개선을 목적으로 하고 있음
- 2022년 11월에 조사된 자료¹⁹⁾를 보면, 경기도는 비점오염원으로 인한 수질오염 부하량을 감소시키기 위한 목적으로 2002년에 5개소를 시작으로 2022년 11월까지 총 75개소에 달하는 비점오염 저감시설을 설치한 것으로 조사되었음
- 경기도 내 비점오염저감시설의 지자체별 분포 현황자료를 보면, 용인시가 23개소로 가장 많았고, 다음으로는 광주시가 20개소, 남양주시 9개소, 수원시 8개소 순인 것으로 나타남
 - 이는 정부의 비점오염원에 대한 관리정책이 주로 4대강 유역을 중심으로 이루어지고 있는 것과 관련이 있는 것으로 판단됨
 - 이에 따라 경기도는 한강 유역을 중심으로 한 비점오염원 저감대책이 우선적으로 시행되었으며, 그 중에서 특히 용인시에 가장 많은 비점오염원 저감시설이 설치된 것으로 조사됨

19) 경기도 <https://data.gg.go.kr/portal/data/service/selectServicePage.do?infId=0856fSDY12fTD4N45F9A11682702&infSeq=1>

- 이는 한강의 주요 지류 중 하나인 경안천 유역이 주로 용인시에 소재하고 있기 때문에 사료됨



[그림 3] 경기도 내 연도별 비점오염저감시설 설치 개소수 현황



[그림 4] 경기도 내 비점오염저감시설의 지자체별 분포 현황

- 비점오염 저감시설의 유형별 분포를 보면, 장치형이 가장 많았고, 다음으로 인공습지, 여과형 시설 등의 순으로 나타남

- 전체 시설 중 장치형 처리시설과 인공습지는 전체 시설의 약 64%인 것으로 조사되어, 이들 시설이 경기도에서 가장 선호하는 유형인 것으로 사료됨
- 또한, 비점오염원 저감시설이 설치되기 시작한 2002년을 시점으로 제1차 비점오염원 관리 종합대책의 마지막 해인 2011년까지 비점오염 저감시설은 총 42개소가 설치되었고, 제2차 비점오염원 관리 종합대책 기간인 2012년부터 2021년까지는 총 33개소가 설치된 것으로 조사되어 제1차 종합대책 시기에 비점오염 저감시설의 설치율이 상대적으로 높았음([그림 3] 참조)
- 2011년까지를 기점으로 장치형(여과형 시설은 장치형에 포함)과 자연형 시설로 분류하여 검토해 보면, 2011년까지는 장치형이, 2012년 이후에는 자연형이 우세한 것으로 파악됨
 - 수치적으로 보면, 2002년부터 2011년까지 장치형은 총 42개소 중 25개소인 것으로 조사되어 약 59.5%를 차지한 반면, 2012년부터 2021년까지는 자연형이 총 33개소 중 23개소로 약 69.7%를 차지하고 있는 것으로 나타남
 - 이는 제1차와 제2차의 비점오염원 종합대책의 정책적 방향성 차이에 따른 결과로 판단됨
 - 즉, 제2차 비점오염원 관리정책 방향은 불투수면적율과 물순환율 목표 설정의 의무화, 저영향 개발기법 도입 및 확산 정책에 따라 장치형보다는 자연형 시설의 도입이 상대적으로 많았기 때문으로 판단됨



[그림 5] 경기도 내 비점오염저감시설 유형별 개소수

[표 4] 용인시 내 설치된 비점오염저감시설 설치현황

시설유형	사업기간	시설규모 (m ³ /일)	소재지 주소	하천명
장치형	2004~2005	39	경기도 용인시 처인구 포곡읍 삼계리 191-13	경안천
장치형	2004~2005	54	경기도 용인시 처인구 역북동 632-73	경안천
장치형	2004~2005	15	경기도 용인시 처인구 운학동 720-4	경안천
침투형	2004~2005	40	경기도 용인시 처인구 포곡읍 전대리 117-1	경안천
식생형	2004~2005	39	경기도 용인시 처인구 포곡읍 삼계리 472-8	경안천
장치형	2005	33	경기도 용인시 처인구 모현읍 왕산리 440-2	경안천
침투형	2005	137	경기도 용인시 처인구 포곡읍 삼계리 277-12번지	경안천
인공습지	2006~2007	8,200	경기도 용인시 처인구 포곡읍 둔전리 410-1번지	경안천
인공습지	2007~2013	100,000	경기도 용인시 처인구 호동 334-2	경안천
인공습지	2007~2013	20,000	경기도 용인시 처인구 남동 271	경안천
인공습지	2008~2009	2,500	경기도 용인시 처인구 김량장동 175-7	경안천
인공습지	2008~2010	1,123	경기도 용인시 처인구 운학동 755	경안천
저류형	2009	270	경기도 용인시 처인구 마평동 703번지	경안천
저류형	2010	668	경기도 용인시 처인구 역북동 413	경안천
인공습지	2010~2011	2,780	경기도 용인시 처인구 고립동 798-3	경안천
인공습지	2010~2013	5,000	경기도 용인시 처인구 유방동 442-1	경안천
인공습지	2010~2013	8,500	경기도 용인시 처인구 포곡읍 둔전리 294-1	경안천
저류형	2011~2015	9,922	경기도 용인시 처인구 역북동 423-38	경안천
인공습지	2012	80	경기도 용인시 처인구 양지면 평창리 615	경안천
인공습지	2012~2013	10,000	경기도 용인시 처인구 모현읍 초부리 828	경안천
저류형	2013~2020	11,500	경기도 용인시 기흥구 하갈동 128-1번지	진위천
인공습지	2015	334	경기도 용인시 처인구 유방동 114-1	경안천
인공습지	2016	3,200	경기도 용인시 처인구 백암면 백봉리 1387-3	청미천

□ 용인시의 경우에는 2005년에 가장 많은 8개소가 처음으로 설치된 이후 총 23개소의 비점오염저감시설이 설치된 것으로 조사됨

○ 이는 경기도 내 31개 시·군중에서 가장 많은 비점오염 처리시설이 용인시에 설치된 것이며, 특히 2005년의 8개소는 연도별로 조사된 비점오염 저감시설

개소 중 가장 많은 것임

- 2005년에 설치된 8개소 중 4개소는 장치형이었고 나머지 4개소는 자연형으로 구성되어, 장치형과 자연형의 비점오염 저감시설에 대한 실험적 성격을 가진 것으로 사료됨

○ 또한, 2005년에 설치된 시설을 제외하면, 이후에는 모두 자연형 시설로만 설치되어 용인시는 자연형 시설 중심의 비점오염 저감대책을 선호한 것으로 판단됨

- 특히, 2005년 인공습지를 처음으로 1개소 설치한 이후 11개소가 인공습지로 조성되어 타 비점오염 저감시설 대비 집중적으로 설치된 시설로 파악됨

- 이와 같은 결과는 국가의 비점오염 저감정책을 고려하여 용인시가 정책적 대응을 하는 과정에서 나타난 결과로 사료됨

□ 용인시에 설치된 인공습지의 준공연도를 기준으로 연도별 설치현황을 보면, 최초 시설은 2005년 1개소이며, 2007년, 2009년, 2011년, 2012년 각 1개소씩, 2010년에 2개소가 조성되었으나, 2013년 5개소가 집중적으로 설치되었음

○ 이후 2016년에 1개소가 추가로 설치된 이후 2021년 11월까지 인공습지가 설치된 사례는 없는 것으로 나타남

- 용인시는 인공습지에 대해 일찍부터 관심을 가지고 비점오염 저감기술로 많이 적용해 왔으나 최근에는 그 이용성이 줄어들고 있음

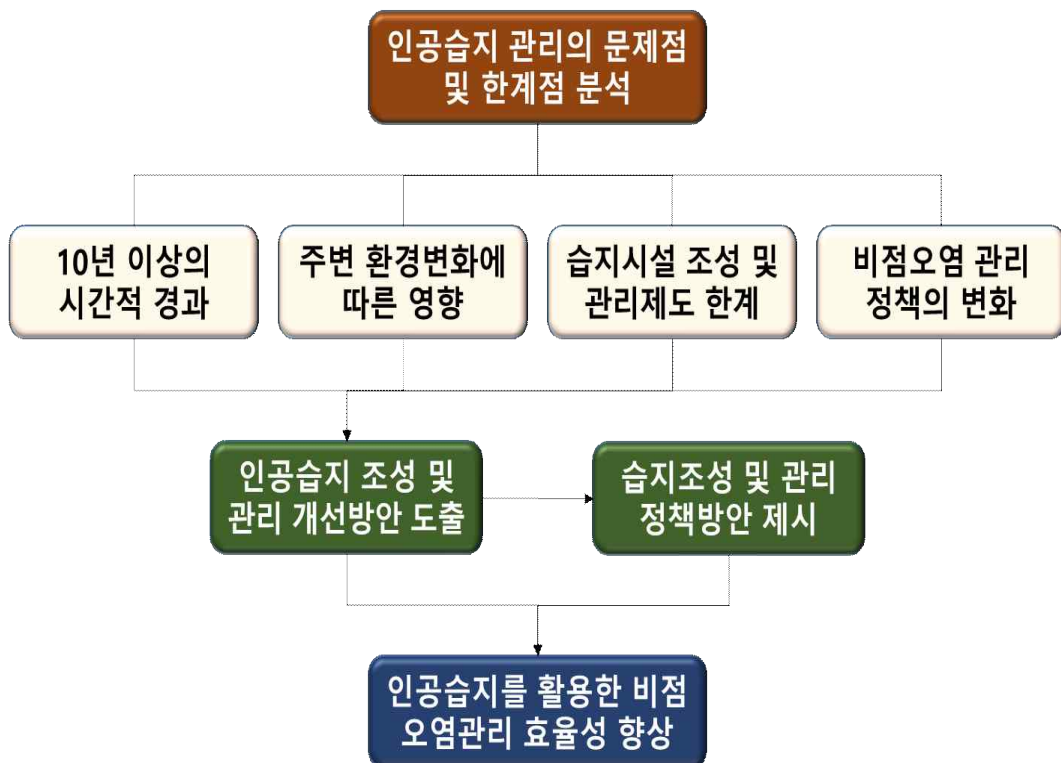
- 이는 인공습지에 대한 정확한 이해 및 활용성에 대한 정확한 자료의 부족도 하나의 원인이라고 사료됨

□ 결과적으로 용인시의 습지는 2016년에 조성된 인공습지를 제외하면, 나머지 11개소는 최소 약 10년 이상 경과된 것으로 조사되었음

○ 따라서 이들 인공습지에 대해서 전반적인 습지 현황 및 관리실태를 파악할 필요가 있으며, 이를 통해 현재 나타나는 문제점 및 한계점을 명확하게 분석하고 향후 적절한 관리를 위한 개선방안을 도출할 필요가 있음

□ 우리나라에서는 2008년 “비점오염저감시설의 설치 및 관리운영 매뉴얼”이 처음 제시되었고, 2014년, 2016년, 2020년에 변화된 비점오염원의 현실을 반영하여 매뉴얼이 개정되었다는 점을 고려할 때, 용인시에 설치된 인공습지도 주변 환경의 변화 및 기술적 변화 등을 종합적으로 고려하여 인공습지 시설 및 기능적 현황을 조사하고, 매뉴얼과의 비교·분석을 통해 효율화할 수 있는 방안 검토가 필요함

- 비점오염원의 특성상, 최근의 급격한 기후변화 및 유역환경의 변화는 오염부하 발생량 및 발생특성 등에도 크게 영향을 미치기 때문에, 기존 습지에서 발견될 수 있는 오염물질 제거 메커니즘에 따른 한계점 및 문제점을 조사하고 원인을 분석하여 대안을 마련할 수 있는 연구가 필요함
- 또한, 기존 습지의 구성요소에 대한 이해 및 현재 습지 조성기술에 적용되는 요소기술에 대한 기능적 메커니즘 검토를 통해 보다 효율적인 습지 조성 및 관리방안을 검토하고 개선방안을 강구할 필요가 있음
- 비점오염원 관리정책에 있어서도 2021년 3차 비점오염원 종합대책이 시행됨에 따라 국가의 비점오염 관리정책 방향에 부응할 수 있도록 인공습지 활용방안을 면밀히 검토하고, 보다 효과적인 조성방안 및 개선방안을 도출함으로써 용인시 수질관리정책의 효율성을 높일 수 있도록 해야 함
- 특히 우리나라는 비점오염 관리정책뿐 아니라 물관리 정책에 있어서도 건전한 물순환을 위한 정책 및 탄소중립 정책이 시행되고 있어 자연형 시설(LID 및 그린인프라 시설 포함)의 보급이 더욱 빠르게 이루어질 가능성이 있으므로 기존 인공습지에 대한 조사결과를 토대로 이들 정책과의 연계성 및 적용방안에 대해서도 같이 검토될 필요가 있음



[그림 6] 용인시 내 습지 조사 필요성 및 목적

3. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 경기도 내 기존 설치된 인공습지의 현황을 조사·분석하고 시설적 문제점 및 한계점을 파악하여 개선방안을 마련하기 위한 것으로, 이를 통해 용인시의 비점오염 저감대책의 효율성을 높이기 위한 것임
- 최종적으로는 본 연구조사를 통하여 현행 인공습지 조성에 있어서 시설 및 관리적 측면에서의 제도적·행정적 한계점을 분석하여 검토하고, 인공습지 조성 및 관리의 실효성을 높일 수 있도록 정책방안을 마련하기 위한 것임

제 2절 연구의 내용 및 범위

1. 연구개발 목표 및 내용

- 본 연구의 주요목표 및 내용은 [표 5]에 정리하여 제시하였음

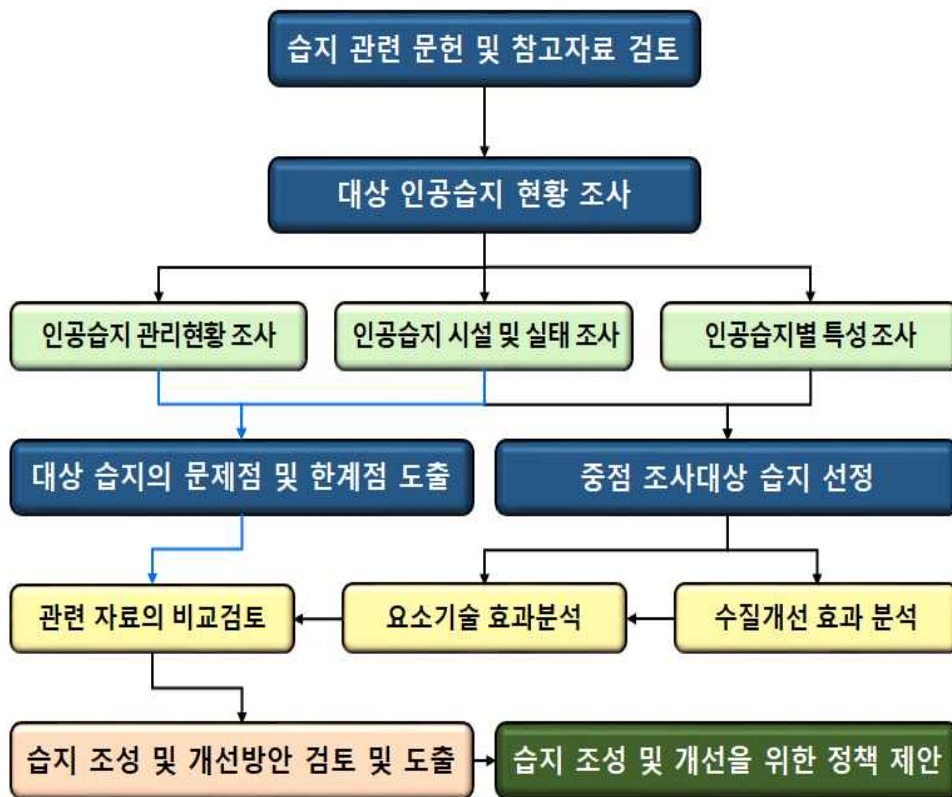
[표 5] 연구의 주요목표 및 연구내용

구 분	연구 목표	연구 내용
2023. 06. 15. ~2024. 01. 14.	○ 용인시 내 관리 대상 습지시설에 대한 현황 및 실태조사	- 용인시 내 습지 관련 자료수집 및 분석 - 용인시 내 12개 인공습지에 대한 실태조사 · 시설 및 관리실태 조사 - 습지 유형에 따른 중점조사 대상 습지 선정
	○ 중점조사 대상 습지 조사 및 개선안 도출	- 중점조사 대상 습지의 주기적 실태 및 수질 조사를 통한 문제점 및 한계점 도출 · 습지 구성요소 및 수질 정화 기능의 효율성 분석 · 현행 습지기술과의 비교 검토를 통한 목표 및 목적의 적합성 검토 등 - 최근 비점오염 발생특성에 기반한 기능적 요소 기술의 적합성 및 개선안 검토
	○ 효율적인 습지조성 및 관리를 위한 제도 및 정책방안 제시	- 습지 조성 및 관리의 제도적/행정적 개선방안 도출 - 현행 인공습지의 제도적/행정적 한계점 및 문제점에 근거한 효율적 정책방안 제시

- 과거 조성된 인공습지의 현황 및 실태조사를 통해 습지의 본래 성능 및 기능에 기반한 시설적/수질적 문제점 및 한계점을 검토하고, 보다 효율적이고 효과적인 습지 조성 및 관리방안을 제시하고자 함
- 또한, 현재 습지의 조성 및 관리에 있어서 제도적/행정적 한계성을 검토하고 이를 개선하기 위한 정책방안을 도출하여 비점오염 관리대책의 정책 효율성을 높이기 위함을 최종 목표로 함

2. 연구 추진전략 및 방법

- 본 연구의 기본적인 추진전략은 각 단계별 연구결과를 토대로 확보된 자료의 분석 및 검토 과정을 거친 후 적절한 다음 단계의 연구과정을 진행하는 순차적 연구방식으로 진행할 예정임
- 또한, 본 연구에서는 용인시에서 관리하고 있는 모든 인공습지에 대한 참고자료를 우선적으로 확보하고, 습지의 시설현황과 관리실태를 현장 중심으로 조사할 예정이며, 조사된 자료의 분석을 통해 중점조사 대상 습지를 선정하여 요소기술을 포함한 시설 및 성능 검토를 통하여 문제점 및 한계점을 분석하고 효율적인 습지 조성 및 개선방안을 도출하고자 함
- 또한, 과거와 현재 습지의 기능적 차별성을 토대로 장단점을 분석함으로써 인공습지의 기능적 측면에서의 시설 및 관리의 보완점을 도출하여 향후에도 활용 가능한 실효성 있는 습지 개선안을 제시하고자 함
- 이와 같은 연구결과를 토대로 상위 비점오염 관리정책 및 물관리정책과의 연계성 및 적용성을 고려하여 용인시 습지 조성 및 개선방안 마련을 위한 정책을 제안하고자 함



[그림 7] 연구의 추진체계 및 방법

3. 연구의 범위

- 본 연구는 용인시에서 관리하고 있는 인공슬지를 대상으로 현황 및 실태조사를 통해 인공슬지의 기능 및 효과를 분석하고, 향후 효율적인 인공슬지의 조성 및 관리를 위한 정책자료로 활용하고자 함
- 이에 따른 연구의 범위는 다음과 같음
 - 시간적 범위: 2023년 6월 15일 ~ 2024년 1월 14일
 - 공간적 범위: 용인시 내 소재하고 있는 인공슬지 12개소
 - 내용적 범위
 - 조사 대상 인공슬지의 시설 및 관리 현황 및 실태조사
 - 현황 및 실태조사에 따른 문제점 및 개선점
 - 인공슬지의 기능을 고려한 수질개선 효과
 - 중점조사 대상 슬지 선정 및 수질조사
 - 유입수 조건에 따른 수질정화효율 평가 및 비교 검토

- 인공습지의 처리효율 및 활용성 향상 방안
- 인공습지 문제점 및 한계점에 따른 개선방안 제시
- 인공습지 개선을 위한 정책방안 제시

제 2장 용인시 일반현황 및 오염발생량 현황

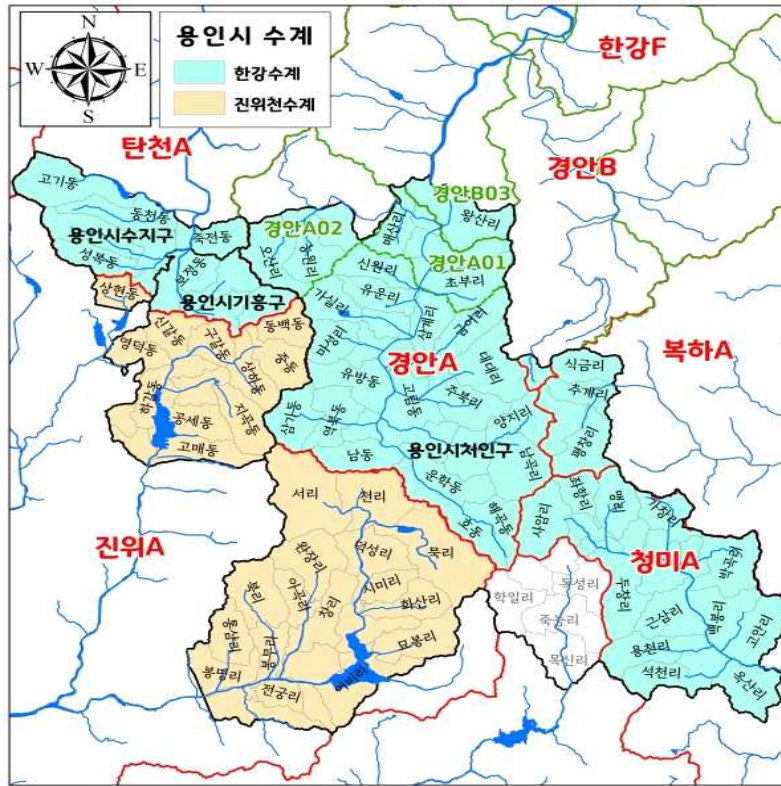
제 1절 용인시 일반현황

1. 지리적 현황

- 용인시의 행정구역상 총면적은 591.3 km²이며, 경기도 전체의 5.8%, 서울특별시 면적(605 km²)의 98%에 해당함
 - 2015년 10월 처인구, 기흥구, 수지구의 3개 구로 행정권역이 개편되어 1개 읍, 6개 면, 23개 동으로 구성되었으나, 2017년 12월 모현면과 이동면이 읍으로 승격되면서 3개 구, 3개 읍, 4개 면, 24개 동의 행정권을 형성 (용인시, 2019)
- 용인시는 동쪽으로 이천시와 광주시, 서쪽으로 수원시와 화성시, 남쪽으로 평택시와 안성시, 북쪽으로 성남시와 광주시에 각각 인접하고 있음
- 용인시는 2013년 기흥저수지 주변에 81만평 규모의 기흥호수공원과 2015년까지 처인구 삼가동 일대에 11만 4,000평 규모의 용인시민체육공원을 각각 조성하였음
- 용인시의 주거 형태는 단독주택과 아파트, 빌라, 연립 등으로 이루어져 있는데, 대규모 아파트 단지는 처인구보다는 기흥구와 수지구에 많이 분포하고 있음

2. 하천 현황

- 용인시의 하천은 용인시 내부에서 발원하여 인접 시·군으로 유하하며, 지천으로 인하여 합수부가 많은 특징이 있음
 - 용인시의 지형적 특징으로 남북주향의 단층들이 발달되어 있으며, 이러한 단층을 따라 하천이 흐르고 낮은 저지가 형성되어 있는 경우가 많음
- 용인시의 주요하천으로는 경안천, 오산천, 탄천, 청미천, 진위천 등이 있으며, 이동저수지, 기흥저수지, 용담저수지 등 저수지가 많음 (용인시, 2019)
 - 용인시의 하천은 총 52개소로, 국가하천 1개소 (총 유로연장 0.80 km)와 지방하천 51개소 (총 유로연장 244.47 km)가 있음
- 아래의 [그림 8]에 용인시의 하천 유역도를 나타내었음



[그림 8] 용인시 하천유역도

3. 토지이용현황

- 용인시 전체 면적 591.24 km² 중 지목별 토지이용현황은 임야가 51.86%로 가장 많은 면적을 차지하는 것으로 나타났음
- 그 다음으로 과수원, 목장용지 등 기타가 20.9%로 많았으며, 답이 11.2%, 대지 8.8%, 전이 6.7%의 순인 것으로 조사됨

[표 6] 용인시 토지이용 현황

구분	계	전	답	임야	대지	기타
면적(km ²)	591.24	39.50	66.07	309.57	51.86	124.24
구성비(%)	100.0	6.7	11.2	52.4	8.8	20.9

* 자료 : 경기도 용인시 기본통계, 2021년

* 비고 : 기타 지목은 과수원, 목장용지, 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소 용지, 창고용지, 도로, 철도용지, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지를 포함

- 용인시의 용도지역별 구성비율은 도시지역이 392.25 km²로 66.1%를 차지하였고, 비도시지역은 200.65 km²로 33.9%를 차지하여 도시지역의 비율이 높은 것으로 조사됨
- 도시지역의 용도지역 구분에 따른 비율을 보면, 녹지지역 57.5%, 주거지역 6.6%, 공업지역 1.3%, 상업지역 0.7%의 순인 것으로 나타났음
- 비도시지역의 경우에는 농림지역 17.7%, 관리지역 15.9%, 자연환경보전지역 0.3%의 순으로 나타남

[표 7] 용인시 용도지역 현황

구분	총 합계	도시지역				비도시지역		
		주거 지역	상업 지역	공업 지역	녹지 지역	관리 지역	농림 지역	자연환경 보전지역
면적(km ²)	592.90	39.11	4.14	8.00	341.00	94.17	104.92	1.56
구성비(%)	100.0	6.6	0.7	1.3	57.5	15.9	17.7	0.3

*자료 : 경기도 기본통계, 2021년

4. 수질 오염원 및 배출현황

- 2012년부터 2017년까지 용인시의 하수 발생량은 238,041 m³/일로 나타났으며, 2012년 하수 발생량이 267,017 m³/일로 가장 많았고 2015년에는 210,206 m³/일로 가장 적은 것으로 조사되었음.
- 하수발생량 중 하수처리구역내의 하수발생량은 6년간 평균 92.8%로 나타났으며, 비율은 2017년을 제외하고 매년 조금씩 증가하는 경향을 보였음
- 용인시의 분뇨발생량은 2012년, 2013년에 각각 174 m³/일, 163 m³/일이었던 것으로 나타났으나, 2014년에 크게 증가하여 최고치인 480 m³/일을 보였음
- 이는 용인시 하수관거 정비공사의 시행과 분류식 관거 정비로 인해 분뇨의 하수관거 직투입이 증가되어 분뇨발생량 및 처리량이 지속적으로 감소한 결과로 보임

[표 8] 용인시 하수 및 분뇨발생량 및 처리현황

구분	항목	2012	2013	2014	2015	2016	2017
하수 발생량 (㎥/일)	소계	267,017	257,434	263,042	210,206	213,497	217,053
	하수처리 구역 내	244,876	239,031	244,639	196,022	199,130	201,430
	하수처리 구역 외	22,140	18,403	18,403	14,184	14,367	15,623
분뇨 발생량 (㎥/일)	소계	174	163	480	477	377	391
	수거식 분뇨	9	8	169	167	67	76
	정화조· 오수처리 오니	165	155	311	310	310	315
분뇨 처리 대상량 (㎥/일)	소계	174	163	-	-	67	67
	수거식 분뇨	9	8	-	-	67	68
	정화조 오니	165	155	-	-	-	-
분뇨 처리대상 제외량 (㎥/일)	정화조· 오수처리 오니	-	-	480	477	310	330
분뇨처리 시설용량 (㎥/일)	생물학적 처리	210	-	210	210	210	210
분뇨 처리량 (㎥/일)	생물학적 처리	207	-	650	167	157	157

* 자료 : 경기도 기본통계, 2021년

- 용인시의 수질오염배출 사업장 현황에 대한 연도별 2012년부터 2021년까지 10년 동안 추이변화는 다음의 [표 9]과 같음
- 2012년부터 2021년까지 증가하는 경향을 보였으며, 수질에 대한 환경오염물질 배출사업장은 대부분 5종이었음

[표 9] 용인시 수질 환경오염물질 배출사업장 현황

환경오염종별	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
소계	502	780	798	825	822	827	860	877	882	880
1종	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
2종	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
3종	4	10	11	10	5	3	4	4	5	5
4종	9	23	19	20	15	13	13	21	27	26
5종	489	747	768	785	802	811	843	852	850	849

* 자료 : 경기도 용인시 기본통계, 2021년

- 가축분뇨 발생량이 많은 하천의 경우 유기물을 비롯해 질소, 항생제 등 수질오염 인자가 많아 주요 오염원으로 작용함
- 용인시의 가축사육 두수에 관한 자료를 조사하여 다음의 [표 10]에 제시하였음
 - 가축 중 가장 많은 두수는 닭인 것으로 나타났으며, 돼지, 소, 개도 적지 않게 사육되고 있는 것으로 조사됨
 - 2013년부터 2021년까지 전체적인 가축사육 두수의 합계는 불규칙적인 변동성을 보이는 것으로 나타났음
 - 가축 사육두수의 합계에서 2015년과 2019년도에 특히 크게 낮아지는 것으로 나타났는데, 이는 닭 사육두수의 감소에 따른 영향인 것으로 판단됨

[표 10] 용인시 가축사육 현황

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2021
계	3,556,496	4,338,897	3,960,026	4,470,131	4,519,499	4,238,725	3,784,140	3,719,605	3,758,851
소	10,935	13,822	14,301	14,912	14,425	14,753	14,191	14,886	15,681
돼지	271,119	257,051	254,223	267,630	276,590	248,575	207,039	198,964	177,806
닭	3,185,557	3,982,987	3,609,436	4,084,289	4,138,033	3,892,393	3,508,593	3,435,471	3,481,024
오리	49,461	51,139	59,082	65,576	44,635	38,047	22,109	10,908	9,711
말	184	301	210	363	370	372	377	366	466
기타	39,240	33,597	22,774	37,361	45,446	44,585	31,831	59,010	74,163

* 자료 : 경기도 용인시 기본통계, 2021년

* 비고 : 소는 한육우와 젖소를 포함하며, 기타 지목은 염소, 면양, 사슴, 토끼, 개, 칠면조, 거위를 포함함.

5. 인구현황

- 2023년 7월 기준, 용인시의 총인구는 1,093,655명이었고, 세대수는 406,880세대인 것으로 조사되었음
 - 용인시의 2019년도 인구는 2018년 대비 약 2.4% 정도 증가한 것으로 나타남
- 전체 인구 중 남녀의 성비는 거의 1 : 1로 균형을 이루고 있는 것으로 판단됨 (남: 49.8%, 여: 50.2%)
- 용인시의 인구수는 기흥구가 441,870명으로 가장 많았고, 수지구(372,215명), 처인구(264,506명)의 순인 것으로 조사됨

[표 11] 용인시 인구현황

읍면동별	합계			세대수
	계	남	여	
합계	1,078,591	536,877	541,714	406,880
처인구	264,506	137,042	127,464	107,544
기흥구	441,870	218,338	223,532	164,904
수지구	372,215	181,497	190,718	134,432

* 자료 : 통계청, 2023

제 2절 용인시 오염발생량 현황

1. 용인시 점오염원 발생부하량

가. 생활계 발생부하량

- 용인시에 위치한 하수처리시설은 총 16개소로, 각 시설의 계획인구, 처리구역 내 인구, 유입하수량은 [표 12]에 나타내었음
- 유입하수량이 가장 많은 시설은 수지레스피아로 전체 유입하수량의 38.3%를 차지했으며, 용인레스피아, 기흥레스피아 순으로 높았음

[표 12] 용인시 하수처리시설별 인구 및 유입하수량

하수처리장 명	계획인구	처리구역 내 인구	유입하수량 (톤/일)
용인레스피아	148,120	138,990	52,367
아곡레스피아	21,612	21,267	4,252
백암공공하수처리시설	16,600	5,973	2,179
송전공공하수처리시설	5,500	21,086	2,039
남사공공하수처리시설	10,600	6,901	2,150
추계공공하수처리시설	2,900	3,994	637
동부공공하수처리시설	3,100	927	750
천리레스피아	11,500	21,086	4,000
영덕레스피아	29,500	28,700	8,173
수지레스피아	365,200	376,421	114,974
서천레스피아	10,725	10,725	6,174
상현레스피아	45,514	47,514	11,177
모현레스피아	40,000	63,000	13,429
기흥레스피아	121,800	114,933	37,827
구갈레스피아	94,000	135,139	35,328
고매레스피아	10,400	15,975	4,810
총합	937,071	1,012,631	300,266

* 자료 : 경기도 물산업지원센터, 2023년

- 각 시설의 방류수질 농도는 용인시 상하수도사업소 홈페이지에 제시된 2023년 8월 방류수질 농도를 기준으로 작성하였으며, 산정한 발생부하량은 [표 13]에 제시하였음
- BOD, T-N, T-P 발생부하량은 수지레스피아에서 가장 높았으며, BOD는 전체의 36.3%, T-N은 37.8%, T-P는 29.1%를 차지하는 것으로 나타남

[표 13] 용인시 하수처리시설별 방류수질 및 발생부하량

하수처리장 명	방류수질(mg/L)			발생부하량(kg/day)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
용인레스피아	0.30	3.53	0.049	15.71	185.01	2.566
아곡레스피아	0.70	4.85	0.100	2.98	20.61	0.425
백암공공하수처리시설	0.90	4.89	0.083	1.96	10.66	0.181
송전공공하수처리시설	0.80	2.86	0.111	1.63	5.82	0.226
남사공공하수처리시설	1.10	2.53	0.215	2.37	5.43	0.462
추계공공하수처리시설	0.60	4.24	0.038	0.38	2.70	0.024
동부공공하수처리시설	0.90	3.96	0.038	0.68	2.97	0.029
천리레스피아	1.30	3.33	0.214	5.20	13.30	0.856
영덕레스피아	2.00	9.13	0.187	16.35	74.64	1.528
수지레스피아	1.80	5.06	0.071	206.95	582.00	8.163
서천레스피아	1.60	2.45	0.087	9.88	15.10	0.537
상현레스피아	3.70	7.24	0.111	41.35	80.92	1.241
모현레스피아	1.30	5.52	0.043	17.46	74.10	0.577
기흥레스피아	3.10	5.82	0.092	117.26	220.27	3.480
구갈레스피아	3.40	6.62	0.202	120.12	233.91	7.136
고매레스피아	1.90	2.48	0.135	9.14	11.90	0.649
총합	-	-	-	569.4	1,539.3	28.08

* 자료 : 용인특례시 하수운영과, 2023년

나. 축산계 발생부하량

- 축산계 발생부하량은 국가수자원관리 종합정보시스템에서 제시한 축산에 의한 발생원단위([표 14] 참조)에 따라 용인시 가축사육 현황을 반영하여 산정하였음

[표 14] 축산에 의한 발생원단위

구분	BOD (g/두/day)	T-N (g/두/day)	T-P (g/두/day)
젓소	556	161.8	56.6
한우	528	116.8	36.1
말	259	77.6	24
돼지	109	27.7	12.2
양	17	9.5	1.4
사슴	17	9.5	1.4
가금	5	1.1	0.4

* 자료 : 국가수자원관리 종합정보시스템

- 용인시 가축사육 개체 수는 총 3,688,846마리였으며, 가금류가 전체의 94.6%로 가장 많은 것으로 나타남
 - 또한, 가금류 중 닭이 86.7%로 대부분을 차지했으며, 오리, 칠면조, 거위 순으로 많이 사육 하는 것으로 조사됨
- 축산계 발생부하량 중 돼지가 가장 높은 부하량을 보였으며, BOD는 전체의 42.7%, T-N은 45.6%, T-P는 51.5를 차지하는 것으로 나타남

[표 15] 용인시 축산계 발생부하량

구분	개체 수	BOD (kg/day)	T-N (kg/day)	T-P (kg/day)
젓소	2,968	1,650.2	480.2	168.0
한우	12,713	6,712.5	1,484.9	458.9
말	466	120.7	36.2	11.2
돼지	177,806	19,380.9	4,925.2	2,169.2
양	3,773	64.1	35.8	5.3
사슴	295	5.0	2.8	0.4
가금	3,490,825	17,454.1	3,839.9	1,396.3
총합	3,688,846	45,387.5	10,805.0	4,209.4

* 자료 : 경기도 용인시 기본통계, 2021년

* 비고 : 가금류는 닭, 오리, 칠면조, 거위를 포함

다. 산업계 발생부하량

- 산업계 발생부하량은 2019년 용인시 배출·삭감시설모니터링 보고서를 참고하여 작성하였음

○ 용인시 내 산업폐수배출시설 및 오수처리시설은 총 36개소로, 700 m³/일 이상 배출시설 12개소와 200 m³/일 이상 700 m³/일 미만 배출시설 24개소로 조사됨

[표 16] 용인시 산업폐수배출시설 및 오수처리시설별 방류농도 및 부하량

시설명	유량 (톤/일)	방류농도(mg/L)			부하량(kg/day)		
		BOD ₅	T-N	T-P	BOD ₅	T-N	T-P
한국수자원공사성남권 관리단 수지정수장	5,388	1.0	2.976	0.026	5.388	16.035	0.140
삼성에버랜드(주)리조트사업부 용인정수장	1,181	0.5	2.602	0.184	0.591	3.073	0.217
서울우유협동조합 제2공장	687	2.5	2.867	0.042	1.718	1.970	0.029
삼성에버랜드(주)	1,293	0.9	3.079	0.347	1.164	3.981	0.449
양지파인리조트(콘도)	1,199	0.4	4.808	0.192	0.480	5.765	0.230
양지파인리조트(아래)	285	3.3	17.558	1.532	0.941	5.004	0.437
아시아신타(주)	270	0.6	9.738	1.042	0.162	2.629	0.281
아시안신택(주)	43	2.9	3.443	0.273	0.125	0.148	0.012
써니포인트(CC)	200	0.7	5.440	1.588	0.140	1.088	0.318
한국전력기술(주)	17	1.5	25.598	1.999	0.026	0.435	0.034
센트럴500상가	45	5.7	15.491	3.264	0.257	0.697	0.147
용인코업호텔	125	6.3	18.129	1.870	0.788	2.266	0.234
제일약품	222	0.5	6.920	0.808	0.111	1.536	0.179
명지엘펜하임	87	0.9	5.981	0.571	0.078	0.520	0.050
리딩프라자	19	1.4	15.953	2.160	0.027	0.303	0.041
아시아나CC	109	3.7	17.762	1.316	0.403	1.936	0.143
충신대학교 신학대학원	161	1.6	17.529	1.902	0.258	2.822	0.306
(주)청학	27	1.0	2.816	1.076	0.027	0.076	0.029
88CC 골프장	309	0.3	8.056	0.521	0.093	2.489	0.161
지산CC	173	0.7	3.923	0.370	0.121	0.679	0.064
언남프라자	18	1.5	19.012	2.027	0.027	0.342	0.036
백암정신병원	58	4.2	2.554	0.273	0.244	0.148	0.016
은화삼컨트리클럽	46	1.2	10.199	0.174	0.055	0.469	0.008
메가스터디기숙학원	199	0.8	5.351	0.882	0.159	1.065	0.176
대우고등기술연구원	45	4.2	35.051	1.348	0.189	1.577	0.061
용인CC	33	0.8	8.588	0.538	0.026	0.283	0.018
(주)대웅제약 본관	341	0.6	3.251	0.646	0.205	1.109	0.220
남동빌라	37	3.7	26.633	1.932	0.137	0.985	0.071
한성CC	120	0.4	3.531	1.285	0.048	0.424	0.154
신천빌딩	4	0.9	34.796	1.701	0.004	0.139	0.007
의료 유일재단	35	3.5	4.439	1.368	0.123	0.155	0.048
은화삼샤인빌	78	4.4	7.266	0.650	0.343	0.567	0.051
용인종로학원	70	1.5	6.888	0.181	0.105	0.482	0.013
용인서울요양병원	30	7.2	17.985	1.469	0.216	0.540	0.044
한솔빌딩	17	4.8	11.569	1.096	0.082	0.197	0.019
세광정신요양원	96	1.0	3.442	1.440	0.096	0.330	0.138
총합	13,067	-	-	-	14.951	62.266	4.580

* 자료 : 용인시 배출·삭감시설 모니터링, 2019년

2. 용인시 비점오염원 발생부하량

- 국립환경과학원 오염총량관리기술지침에서 제시한 “토지계 지목별 연평균 발생부하원단위” 는 [표 17]에 제시하였으며, 이에 따라 용인시 토지이용 현황에 반영하여 비점오염 발생부하량을 추정하였음

[표 17] 토지계 지목별 연평균 발생부하 원단위 (단위 : kg/km²/일)

지목	BOD	T-N	T-P
전	4.38	3.409	1.400
답	4.24	2.920	0.467
과수원	2.69	1.562	0.630
목장용지(축사 및 부속건물 제외), 공원, 묘지, 사적지	3.71	3.986	0.295
임야	1.49	2.522	0.056
광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 잡종지	0.96	0.759	0.027
대지	10.28	11.360	0.600
공장용지	33.10	9.423	0.885
학교용지, 창고용지, 종교용지	7.25	8.431	0.447
주차장, 도로(도로사면 제외), 철도용지(철도선로 및 사면제외), 소도용지	12.42	7.553	0.391
주요소용지	75.02	13.588	1.385
체육용지	5.39	3.611	0.738
유원지	14.87	5.976	0.609

* 자료 : 국립환경과학원, 2020년

- 용인시의 전체 면적은 약 591.2 km²으로 토지계 비점오염 발생부하량을 계산한 결과는 BOD 2,472.2 kg/day, T-N 2,311.2 kg/day, T-P 183.3 kg/day로 나타남
- BOD는 대지에서 발생하는 부하량이 전체의 21.5%로 가장 많았으며, T-N은

임야에서 전체의 33.8%, T-P는 전(밭)에서 전체의 30.2%가 배출되는 것으로 나타남

[표 18] 용인시 용도별 토지면적 및 발생부하량

지목	토지면적 (km ²)	발생부하량(kg/day)		
		BOD ₅	T-N	T-P
전	39.50	173.01	134.659	55.301
답	66.07	280.12	192.913	30.853
과수원	0.26	0.69	0.401	0.162
목장용지	2.79	10.36	11.129	0.824
임야	309.57	461.26	780.742	17.336
대지	51.86	533.11	589.121	31.116
공장용지	11.19	370.40	105.447	9.903
학교용지	5.23	37.89	44.065	2.336
주차장	0.38	4.76	2.895	0.150
주유소용지	0.29	21.70	3.930	0.401
창고용지	4.45	32.25	37.499	1.988
도로	23.90	296.84	180.515	9.345
철도용지	0.50	6.19	3.763	0.195
제방	0.67	0.65	0.510	0.018
하천	12.40	11.90	9.408	0.335
구거	9.18	8.82	6.971	0.248
유지	6.45	6.19	4.895	0.174
양어장	0.02	0.02	0.016	0.001
수도용지	0.62	7.71	4.689	0.243
공원	5.69	21.11	22.681	1.679
체육용지	24.31	131.04	136.412	17.942
유원지	2.17	32.29	12.976	1.322
종교용지	1.00	7.26	8.448	0.448
사적지	0.02	0.07	0.071	0.005
묘지	2.31	8.55	9.188	0.680
잡종지	10.41	10.00	7.903	0.281
총합	591.2	2474.2	2311.2	183.3

* 자료 : 국토교통부, 2022년

제 3장 용인시 내 인공습지 조사개요

제 1절 용인시 내 조사대상 인공습지

1. 조사대상 인공습지 현황 및 위치

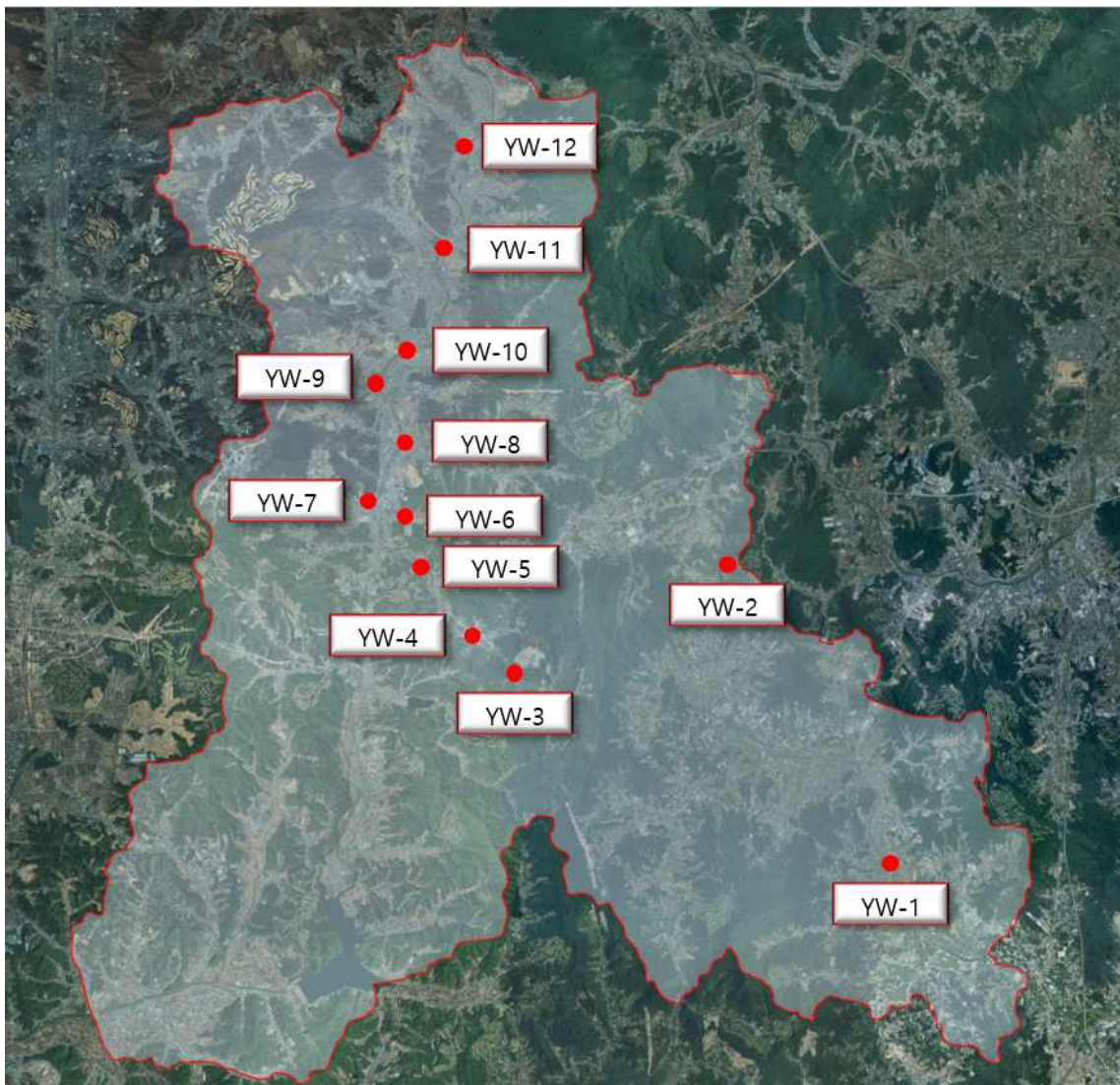
□ 조사대상 인공습지는 용인시에서 관리하고 있는 총 12개 습지를 대상으로 하였으며, 각 습지의 위치 및 설치년도, 시설용량 및 처리용량 등 시설현황은 다음 [표 19]에 제시하였음

[표 19] 용인시 내 조성된 인공습지 현황 자료

지점명	시설명	소재지	설치년도	시설용량 (m ³)	처리용량 (m ³ /일)	하천명
YW-1	청미천습지	처인구 백암면 백령리 1087-3	2016	2,843	3,200	청미천
YW-2	평창습지	처인구 양지면 평창리 615	2012	267	80	경안천
YW-3	길업습지	처인구 호동 334-2	2007~13	9,666	10,000	〃
YW-4	운학동습지	처인구 운학동 755	2008~10	977	1,123	〃
YW-5	마평습지	처인구 남동 279	2007~13	11,919	20,000	〃
YW-6	고림동습지	처인구 고림동 798-3	2010~11	954	2,780	〃
YW-7	금학천습지	처인구 김량장동 175-7	2008~09	853	2,500	〃
YW-8	유림동습지	처인구 유방동 442-1	2010~13	3,068	5,000	〃
YW-9	금어천습지	처인구 포곡읍 둔전리 410-1	2006~07	5,394	8,200	〃
YW-10	둔전리습지	처인구 포곡읍 둔전리 294-1	2010~13	7,977	8,500	〃
YW-11	초부리습지	처인구 모현면 초부리 828-98	2012~13	3,175	10,000	〃
YW-12	모현면습지	처인구 모현면 일산리 586-1	2009~10	2,142	4,719	〃
계					76,102	

□ 아래의 [그림 9]는 본 연구사업의 조사 대상인 용인시 내 인공습지의 위치를 표시한 것임

- 본 연구에서는 각 습지의 지점을 손쉽게 빨리 구분할 수 있도록 하기 위하여 편의상 지점을 YW(YW: Yongin Wetland)로 표기하였고, 상류에서 하류 순으로 일련의 번호를 부여하여 각각의 지점명으로 나타내었음
- 용인시 내 조사된 12개소 모든 인공습지는 처인구에만 소재하고 있는 것으로 나타남
- 또한, YW-1의 방류수는 청미천으로 유출되고 있었으며, 나머지 인공습지는 모두 경안천으로 방류되고 있었음

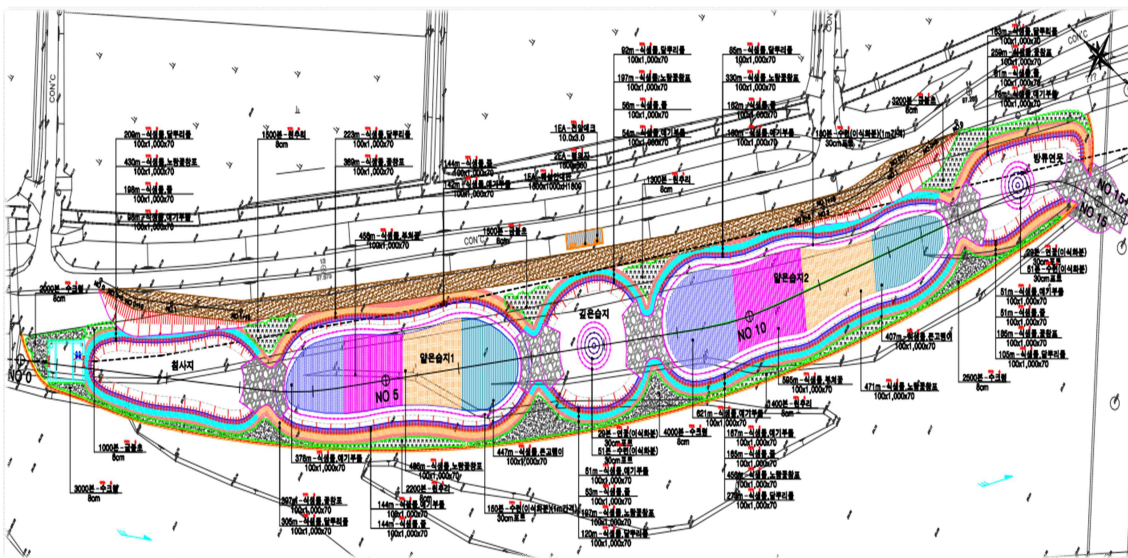


[그림 9] 조사대상 인공습지의 지점 위치

2. 각 인공습지별 시설개요 및 현황

가. 청미천습지

- 청미천습지는 2016년도에 조성된 것으로 조사되었으며, 조성 목적은 수질정화, 수생태계 복원, 친수공간 조성임
 - 유입수는 청미천 상류부의 청보8보에서 펌핑된 물을 저류조에 집수한 후 습지에 유입시키는 방식으로 운영되고 있음
- 청미천습지는 침사지, 얇은습지1, 깊은습지, 얇은습지2, 방류연못의 순으로 구성되어 있었음
 - 주요 대상 오염원은 축산폐수, 생활하수, 농경지 등이며, 이를 처리하기 위하여 습지 내부에 다공성 소결체 수질정화 여과재가 사용된 것으로 조사됨
 - 인공습지 내 식생의 종류는 꽃창포, 달뿌리풀, 부처꽃, 큰고랭이, 수련 및 연꽃 등임
- 청미천습지의 설계도면 및 현장조사 시 사진 모습은 아래 [그림 10] 및 [표 20]에 제시하였음



[그림 10] 청미천습지 설계도면

[표 20] 사전조사 시 청미천습지 현황 모습

		
청미천습지 안내표지판	지하시설물의 외관 모습	습지 유입부 침사지 모습
		
사전조사 시 습지 상태	사전조사 시 습지 상태	습지 내 유출부 연못 모습

나. 평창습지

- 평창습지는 2012년에 조성되었으며, 자연통풍형 호기조/습지조를 이용한 SNR 공법의 비점오염 저감시설임 (환경신기술 인증 제99호 및 검증 66호 획득 기술)
 - 본 공법은 자연통풍방식으로 공기가 공급되어 호기성 상태가 유지되는 호기조, 공기가 공급되지 않는 혐기/무산소조(습지)를 통과하며, 유입수 중의 오염물질을 제거하는 공정임
- 평창습지의 유입수는 인근 소하천의 상류부 취수구를 통해 유입되고 있으며, 유입된 물은 맨홀 형태의 습지 내 시설을 통해 분산방식으로 1차 호기조에 공급되고 있음
 - 따라서 평창습지는 지속적으로 유입수가 공급되는 방식으로 습지가 운영되고 있음
- 평창습지는 생태습지라기보다는 하나의 공법이나 기술적 습지에 가깝다고 판단됨
 - 습지를 분류하는 방식에 따른다면, 수직지하흐름형 습지로 구분할 수 있음



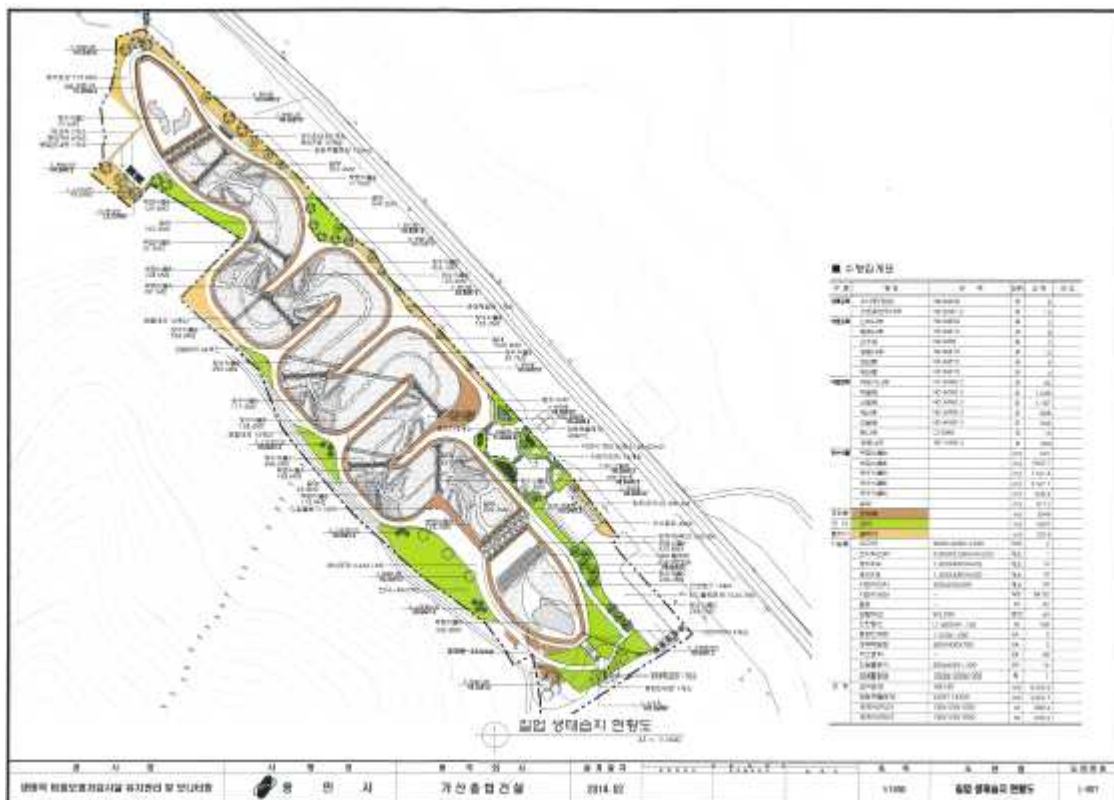
[그림 11] 평창습지 설계도면

[표 21] 사전조사 시 평창습지 현황 모습



다. 길업습지

- 길업습지는 2007년부터 공사하여 2013년에 완공된 습지로서 용인하수처리장의 방류수를 마평습지에 펌프시설을 통해 공급하고, 이중 일부를 다시 길업습지에 공급하는 방식으로 운영되고 있음
 - 본 습지의 경우, 결과적으로 일차 처리된 하수처리수가 습지에 공급되며 습지를 통과하면서 재처리과정을 거쳐 방류 하천에 공급되므로써 하천의 유지유량 공급 및 수질개선을 도모하기 위한 기능성 습지로 볼 수 있음
 - 또한, 본 인공습지는 생태습지로 구성되어 있어 생태 교육학습장으로 활용이 가능하고, 친수공간으로 조성하여 주차장에는 항상 방문객들의 차량이 있었음
- 본 습지는 다단계 cell 습지·연못으로, 습지의 구성은 침전지 및 연못, 습지, 침강지 등으로 구성되어 있음
 - 본 습지에는 환경신기술 제258호(SSB: Sustainable Structure Wetland Biotop) 외 특허기술(생태학적 수질정화비오톱, 생태적 수질정화미디어 생태목틀, 산발식 어도 여울) 등이 적용되었음



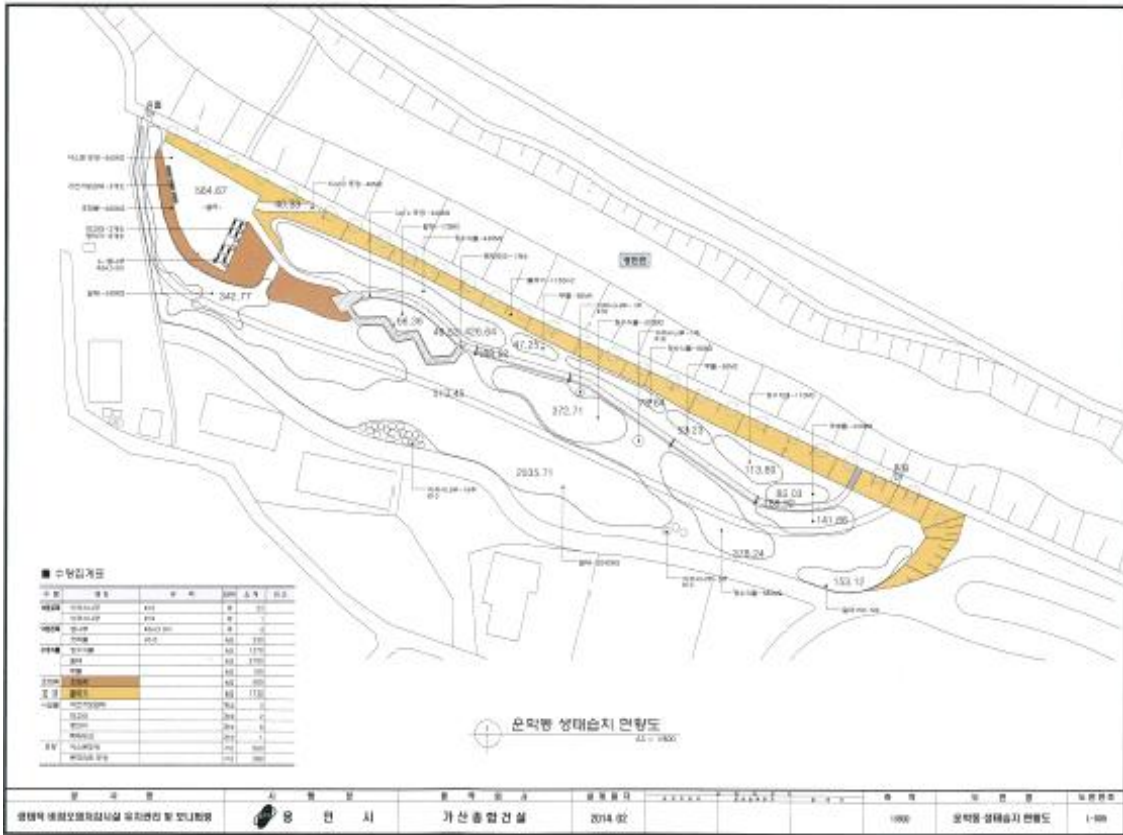
[그림 12] 길업습지 설계도면

[표 22] 사전조사 시 길업습지 현황 모습



라. 운학동습지

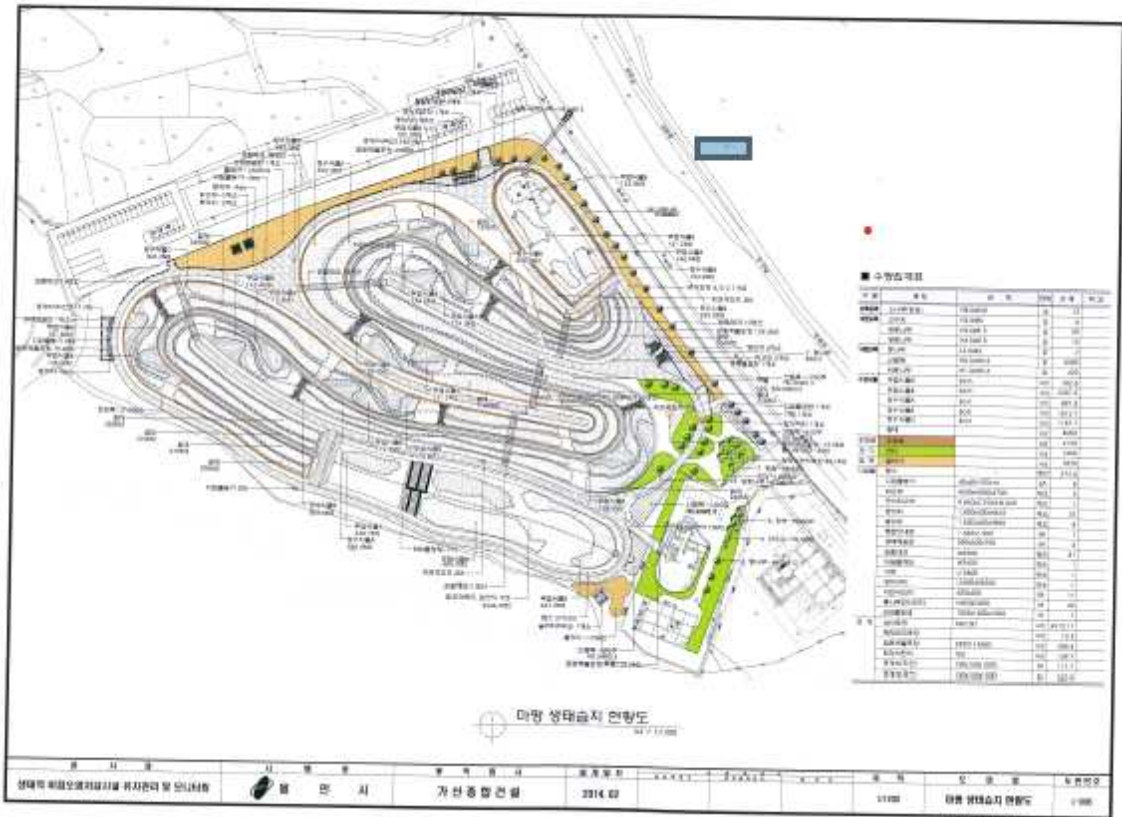
- 운학동습지는 2008년 ~ 2010년 사이에 조성된 인공습지이며, 경안천의 원수를 유입수문을 통해 유입시키고 습지를 통과시키는 과정에서 습지의 다양한 수질정화 기작을 통해 처리되도록 구성되었음
 - 인공습지 내부에는 갈대 및 부들 등의 정수식물이 자라고 있었으며, 습지의 후단 부분에는 쉼터공간 및 습지 내부를 산책할 수 있는 목재 데크 등이 조성되어 있어 지역 주민들이 친수공간으로 활용할 수 있도록 하였음
 - 또한, 인공습지의 끝부분은 식생수로의 형태로 구성되어 있었으며, 습지를 통해 정화된 물이 다시 경안천으로 자연 유입되는 구조임
- 운학동습지는 위치적으로 하천 산책로를 따라 안쪽 깊숙한 곳에 있어, 각 인공습지에 대한 사전조사 과정에서 위치를 특정하지 못하고 잘못된 지점을 조사하여 사전조사 시 운학동습지를 직접 촬영한 사진은 없었음



[그림 13] 윤학동습지 설계도면

마. 마평습지

- 마평습지는 2007년 ~ 2013년까지 조성된 인공습지이며, 길업습지와 마찬가지로 용인하수처리장의 처리수를 공급받아 습지 내에 유입시키고 습지의 다양한 수질정화 기작에 의해 하수처리수를 재처리함으로써 최종 방류하천의 수질 개선 및 유량확보를 목적으로 조성된 습지임
- 마평습지는 용인하수처리장의 처리수를 리사이클 함으로써 하천의 건천화 해소 및 하천생태계를 위한 유지용수 공급, 인근 주민들을 위한 친수용수 확보 목적으로 조성된 습지임
- 마평습지는 기후변화체험 교육센터와 연계되어 있고, 생태습지 조성되어 있어, 지역주민 및 학생들에게 환경 및 생태 등 교육 학습장으로 활용도가 높음
- 마평습지는 침강지 및 습지, 연못, 침전지의 순으로 구성되어 있음
- 습지의 전체적인 구성은 길업습지와 큰 차이가 없으며, 습지 내 식생은 갈대 및 부들, 수련 등 다양함



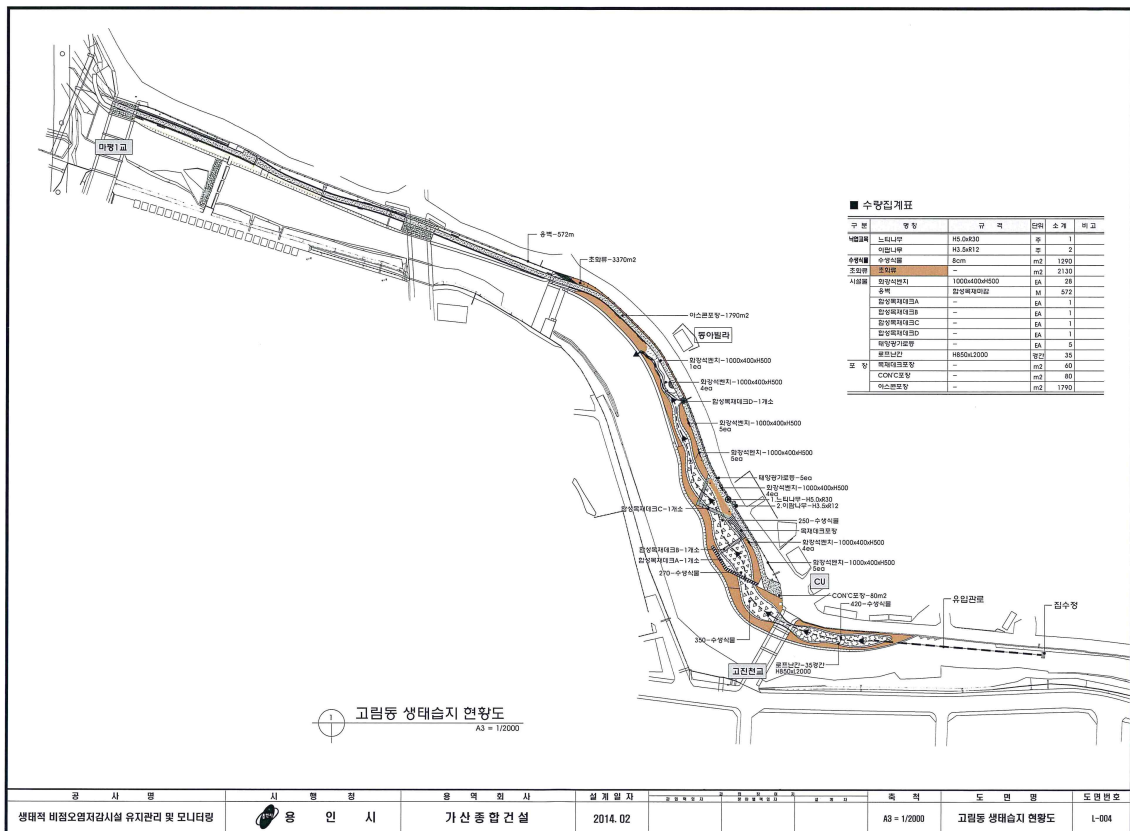
[그림 14] 마평습지 설계도면

[표 23] 사전조사 시 마평습지 현황 모습



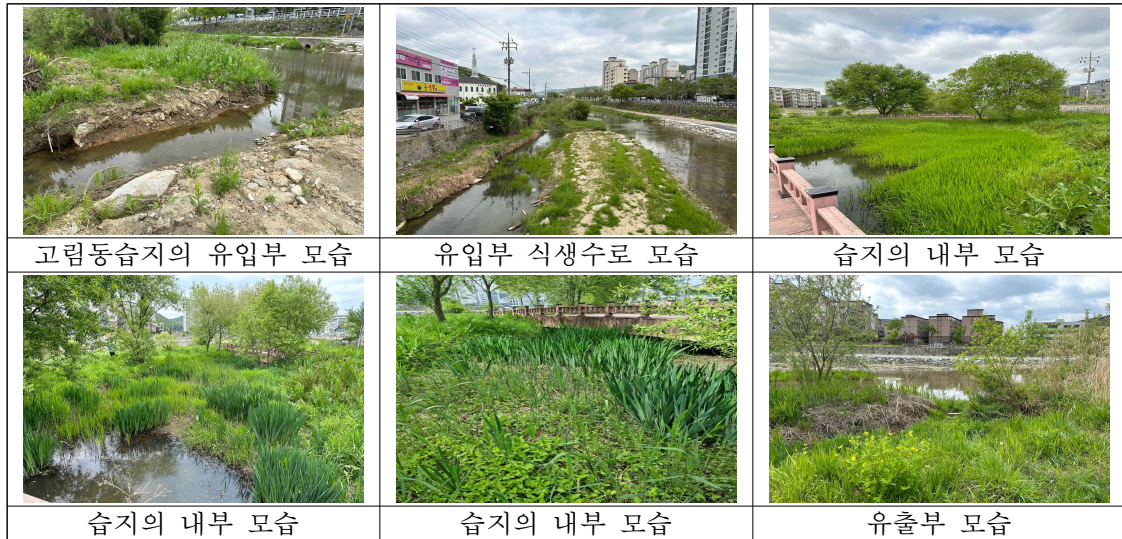
바. 고림동습지

- 고림동습지는 2010년 ~ 2011년까지 조성된 습지이며, 경안천 하천수를 직접 유입시켜 습지를 통해 수질을 개선하기 위한 목적으로 조성된 인공습지임
 - 하천으로부터 습지로 유입되는 분류점을 기준으로 하천의 수위 변화에 영향을 받을 수 있으며, 또한 유입구의 상태에 따라 유입수량에 변동성이 발생됨
- 인공습지 내에는 다양한 식생이 서식하고 있으며, 인근 주민들이 산책할 수 있도록 목재 데크 등이 습지 내에 설치되어 있어 친수공원 등의 활용이 가능함
 - 특히 고림동습지는 주변에 주택지 등이 밀집되어 있어 인근 주민들의 접근성이 유리한 반면, 입구에 쓰레기 등이 무단 버려진 것을 쉽게 볼 수 있어 지속적인 관리가 필요할 것으로 사료됨



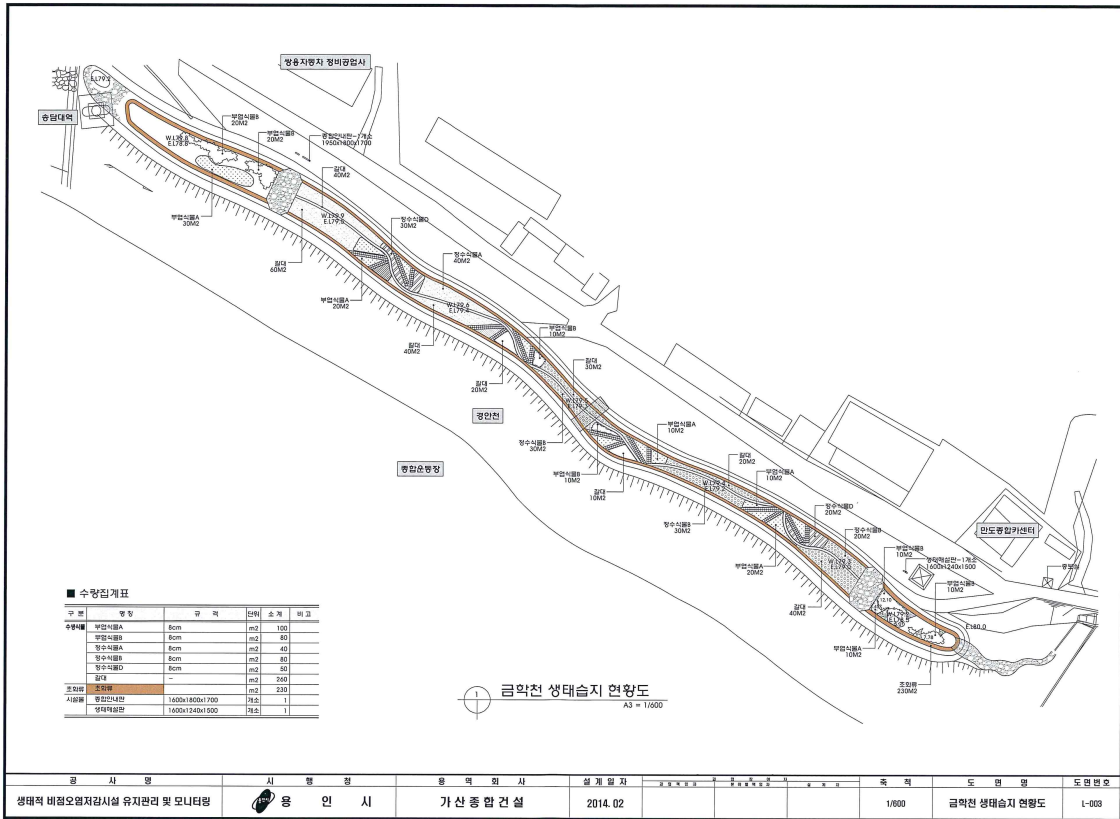
[그림 15] 고림동습지 설계도면

[표 24] 사전조사 시 고림동습지 현황 모습



사. 금학천습지

- 금학천습지는 2008년부터 2009년까지 조성된 습지로, 금학천 하류부의 시장 및 도심에서 발생하는 오수 등으로 인해 오염된 금학천의 하천수 일부를 습지로 유입시켜 수질개선 후 경안천으로 방류시킬 목적으로 조성된 습지임
 - 금학천습지의 내부는 침강지 및 습지, 연못, 침전지 등의 다단계셀 연못/습지 시스템으로 구성되어 있음
- 금학천 습지는 다양한 생태적 특허기술이 포함되어 있는 것으로 조사됨
 - 생태적 수질정화바이오툼 (SSB, 특허 10-0444972)
 - 생태적 수질정화미디어 (SSM, 특허 10-0746245)
 - 생태목틀 (특허 10-0809104)
 - 생태적 수질정화 투수조절시스템 (SSPC, 특허 10-1079051)
- 금학천습지는 경기도와 신세계가 MOU를 체결하고, 팔당상수원 수질개선사업의 일환으로 조성된 인공습지임



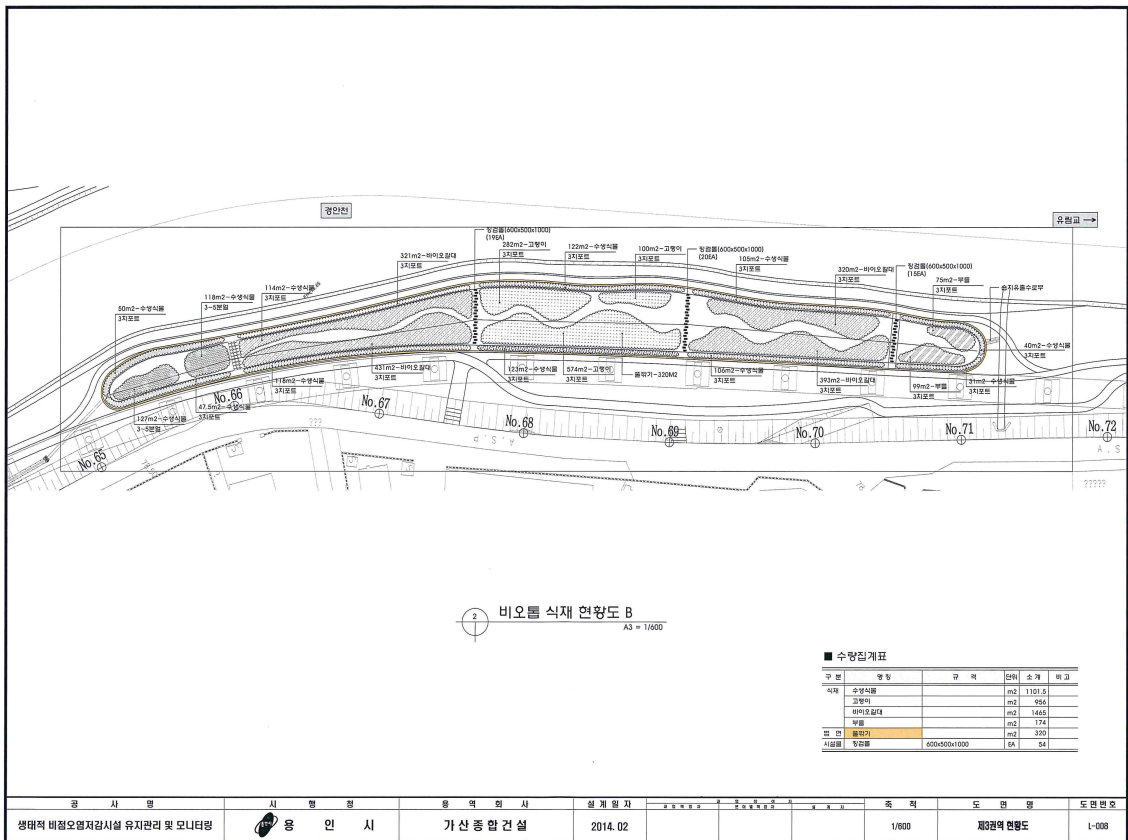
[그림 16] 금학천습지 설계도면

[표 25] 사전조사 시 금학천습지 현황 모습



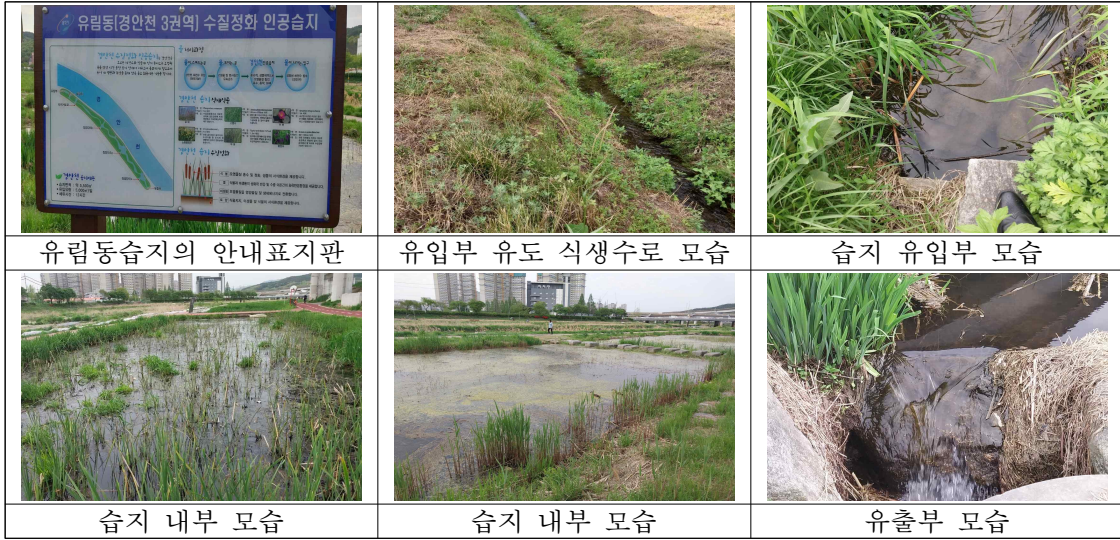
아. 유림동습지

- 유림동습지는 2010년부터 2013년까지 조성된 습지이며, 경안천의 물을 관거 및 식생수로를 통해 습지에 유입시켜 수질을 개선하기 위한 인공습지임
 - 유림동습지의 유입수는 상류에 있는 경안천 내 어우리보의 우안 쪽 유입관을 통해 유입되고 있으며, 어우리보는 가동보이기 때문에 보의 수위조절 상태에 따라 유입량에 영향을 받는 구조임
 - 유입구에는 조목의 격자형 스크린 시설이 구비되어 있어 하천 내 협잡물 등의 유입을 막을 수 있도록 구성되어 있음
- 도심수변공간으로 활용성이 높아 인근 주민들이 많이 찾고 있는 것으로 파악됨
 - 습지는 갈대 및 고랭이, 부들, 꽃창포, 수련 등 다양한 식생으로 서식하고 있고, 칩강지, 연못, 습지 등으로 구성되어 있으며, 습지 주변에는 자전거 도로 및 산책로 등과 습지 내 징검다리 등 친수시설도 같이 구성되어 있음



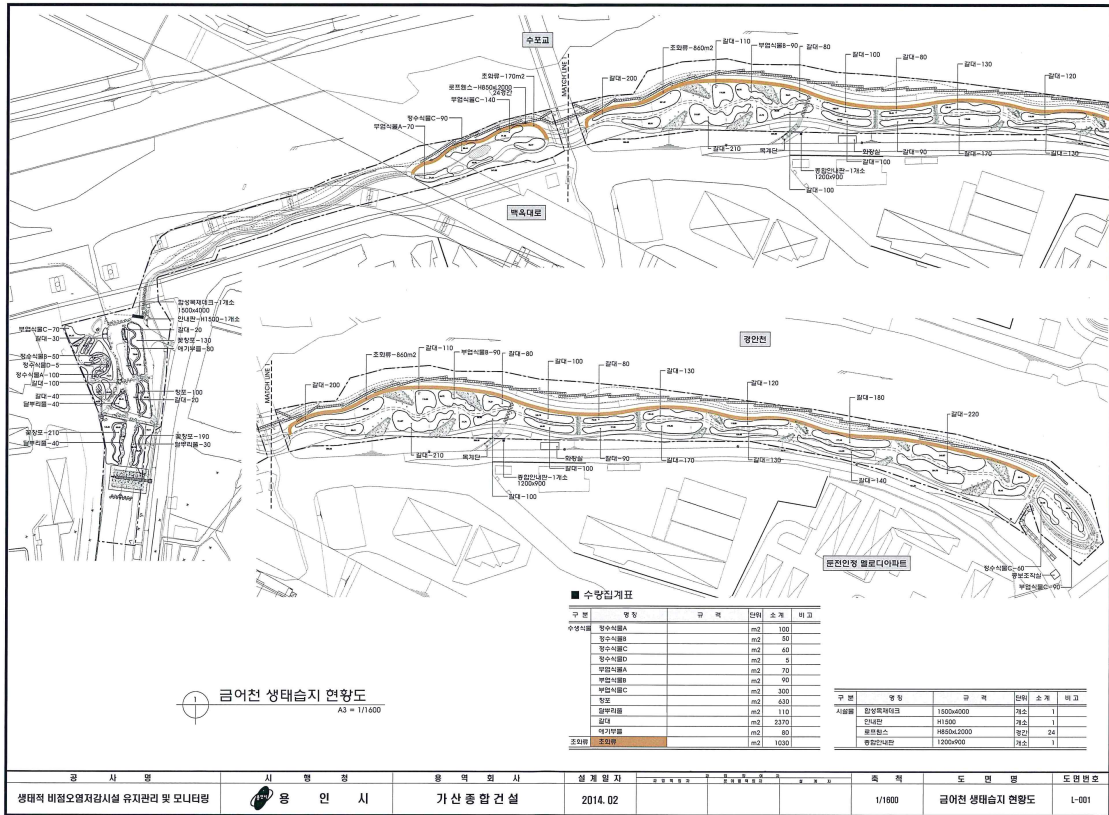
[그림 17] 유림동습지 설계도면

[표 26] 사전조사 시 유림동습지 현황 모습



자. 금어천습지

- 금어천습지는 2006년 ~ 2007년에 조성된 습지로, 생태적 수질정화 바이오튿 시스템이 적용되어 있으며, 금어천의 하천수를 유입시켜 인공습지의 수질개선 기능을 이용하여 처리한 후 경안천에 유입되도록 설계되었음
 - 본 습지는 침강지 및 다단계셀 연못/습지(습지 및 연못이 반복적으로 적용되는 시스템), 침전지 등으로 구성되어 있으며, 이들 기능을 이용하여 각기 다른 다양한 오염물질을 처리할 수 있도록 하였음
 - 습지의 고수부에는 지역 주민들을 위해 생태학습, 자연관찰 등을 할 수 있는 친수공간 등이 같이 조성되어 있음
- 적용된 특허기술로는 생태적 수질정화바이오튿(SSB), 생태적 수질정화미디어(SSM), 생태적 수질정화투수조절시스템(SSPC), 생태하천조성을 위한 호안의 시공방법 등임
- 4월 사전조사 과정에서 금어천습지의 유입부는 공사로 인해 단절된 상태인 것으로 나타났으며, 실제로 유입되는 물은 없었음



[그림 18] 금어천습지 설계도면

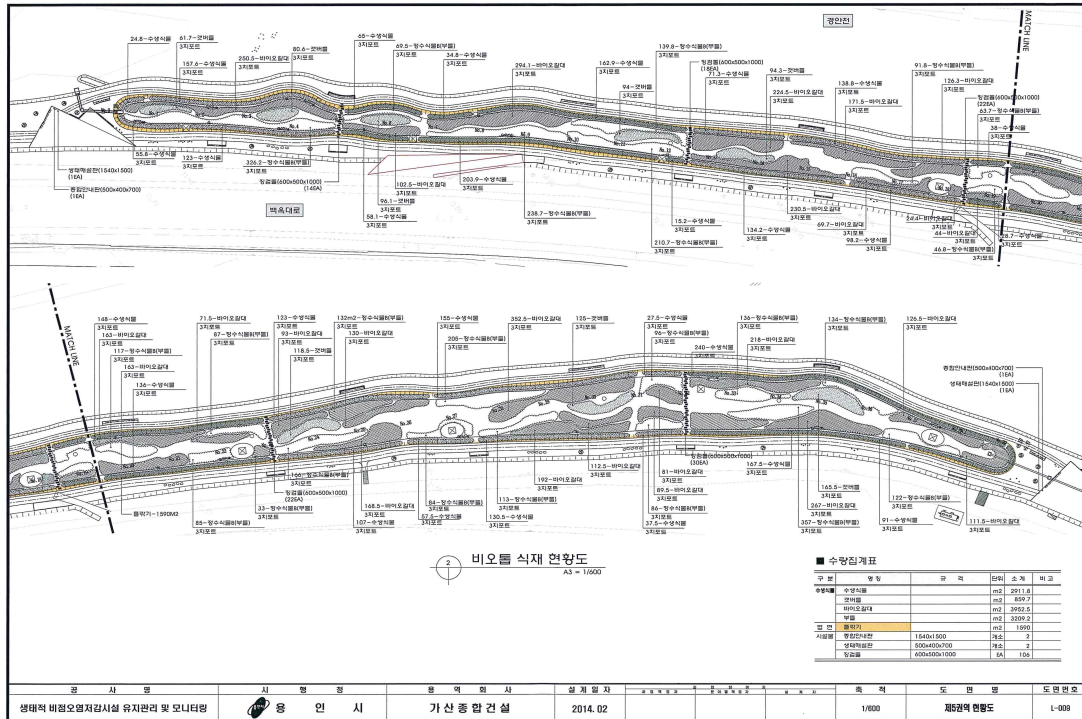
[표 27] 사전조사 시 금어천습지 현황 모습



차. 둔전리습지

- 둔전리습지는 2010년부터 2013년까지 조성된 인공습지이며, 경안천의 하천수를 상류 보에서 채수한 후 유입시키는 구조로서 습지를 통해 하천수의 수질을 개선하여 경안천에 다시 합류시키는 형태임
- 본 인공습지를 이용하여 물리적, 생물학적 작용을 통해 하천수 내 오염물질을 침전, 흡수, 흡착, 분해 등 다양한 작용으로 정화함

- 주요 식생으로는 갈대, 고랭이, 꽃창포, 부들 등이며, 습지 내에는 식생 외에도 다양한 생물종이 서식하고 있음
- 주요 시설로는 침강지, 징검다리, 관찰 데크, 자전거 도로 등이 있음
- 금어천습지와 마찬가지로 유출부에서 대규모 공사가 진행 중으로 실제 조사가 이루어지기 어려운 상태임



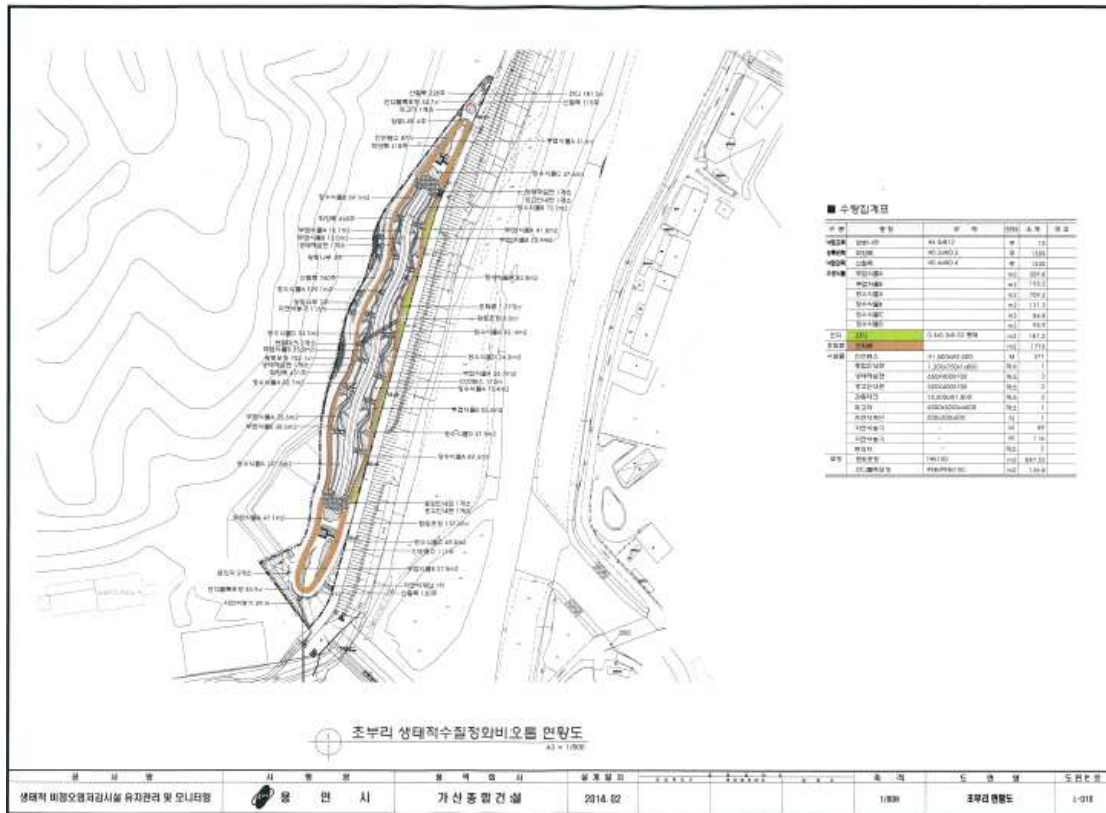
[그림 19] 둔전리습지 설계도면

[표 28] 사전조사 시 둔전리습지 현황 모습



카. 초부리습지

- 초부리습지는 2012년 ~ 2013년도에 조성된 인공습지이며, 일명 공중생태습지로 경안천 중류지역에 7 ~ 8 m 높이로 조성된 습지임
 - 위치가 높아 펌프 작동에 의하여 오염수가 유입되며, 초부리습지 내 조성된 다양한 습지기술에 의하여 정화된 후 경안천에 방류됨
- 습지조성 목적은 수질정화, 생태복원, 치수안정, 친수공간 조성 등임
- 본 습지에는 환경신기술 제258호로 지정된 생태적 수질정화비오톱(SSB) 공법 및 특허기술 산발식 어도 여울, 생태적 수질정화 미디어 등이 적용되어 있음
 - 습지 내에는 침강지, 습지, 연못, 침전지 등으로 구성되어 있으며, 물, 토양, 동식물, 미생물 등이 통합적으로 작용하여 다양한 오염물질을 제거할 수 있도록 하였음



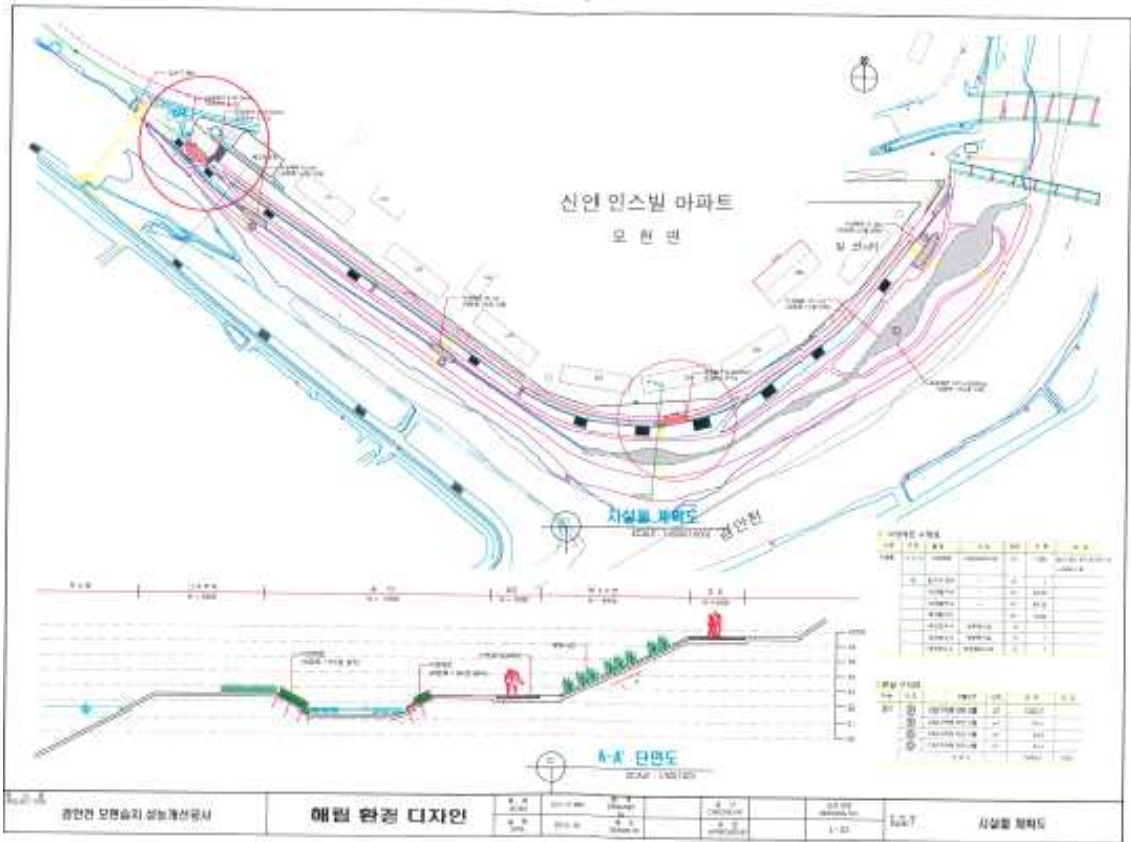
[그림 20] 초부리습지 설계도면

[표 29] 사전조사 시 초부리습지 현황 모습



타. 모현면습지

- 모현면습지는 2009년 ~ 2010년도에 조성된 인공습지이며, 경안천 유입 지류 하천인 오산천의 일부를 습지에 유입시켜 정화한 후 경안천에 방류하기 위한 목적으로 조성된 습지임
 - 오산천의 하류에 있는 가동보 좌안부에 취수할 수 있는 시설을 두고 관을 통해 습지로 유입시킨 후 습지의 다양한 기능에 의해 수질을 정화하도록 설계됨
 - 습지 내에는 갈대, 부들, 줄 등 다양한 식생이 서식하고 있음
- 친수시설로는 주변에 운동시설이나 징검다리, 산책로 등이 있어 인근 주민들이 이용할 수 있도록 되어 있음
- 모현면습지의 주소지가 현 지점과 일치하지 않아 사전조사 시 타 지점을 조사한 관계로 사전조사를 하지 못하였으며, 아래에 제시된 모현면습지 모습은 1차 조사 시 모습임



[그림 21] 모현면습지 설계도면

[표 30] 사전조사 시 모현면습지 현황 모습



3. 중점조사 대상 인공습지 선정

- 중점조사 대상 인공습지의 선정은 1차 실태조사가 완료된 시점에서 시설별 주요 평가항목을 도출하여 비교·평가하고, 평가결과를 토대로 중점조사 대상 습지를 선정하는 방식으로 진행하였음
- 중점조사 대상습지를 선정하기 위해서는 각 습지의 특성을 비교하여 평가하고,

조사연구에 장애 요인이 없는지 검토할 필요가 있음

- 본 연구에서는 방류하천 및 유입수의 종류, 처리용량, 유입방식, 습지 내 물 흐름 상태, 평상시에 물 공급의 지속성 등을 고려하여 중점조사 대상습지를 선정하였음

□ 아래의 [표 31]은 그 결과를 나타낸 것임

- 방류하천은 청미천습지가 청미천에 방류하는 것으로 조사되었고, 나머지 습지는 모두 경안천에 방류하는 것으로 조사됨
 - 경안천은 팔당호 수질에 직접적으로 영향을 미치는 제 1지류이므로 수질적 관점에서 가장 중요한 하천임
- 유입수는 본 조사 대상 습지들이 비점오염 저감을 위한 인공습지인 관계로, 대부분은 하천수를 대상으로 하고 있었지만, 길업습지 및 마평습지는 용인하수처리장에서 처리된 물을 대상으로 재처리하여 경안천에 방류함으로써 경안천 수질개선 및 유지용수 확보를 위한 인공습지인 것으로 조사됨
 - 이는 습지조성의 목적상 차이점을 의미하는 것일뿐 본 조사연구를 통하여 각 기능에 따른 설계 및 유지관리를 제시하는데 장애요인이 되지는 않음
 - 따라서 이들에 대한 수질적 자료 분석은 유입수에 따른 습지의 조성 및 관리 자료로 활용하는데 중요한 검토 자료로 활용될 수 있음
- 각 습지의 처리용량은 대상 습지에 대한 조사연구의 활용성 측면에서 차별성을 나타낼 수 있는 요소로 판단됨
 - 조사 대상 인공습지의 처리용량은 각 습지에 따라 다르며, 80 ~ 20,000 m³/일로 편차가 큰 것으로 조사됨
- 습지에 의한 수질개선을 위해 유입되는 대상수의 유입방식은 하수처리수를 처리하는 길업습지와 마평습지의 경우 펌프시설을 통해 압송방식으로 유입되고 있었으며, 하천 수위 대비 지대가 높아 자연 유하에 의해 유입이 어려운 청미천습지와 초부리습지 역시 펌프를 이용하여 유입시키는 것으로 조사됨
 - 나머지 습지는 자연유하 방식에 의한 유입되며, 주로 상류의 보에서 수위차를 이용해 공급되는 방식과 상류부에 유입부를 두고 자연유하에 의하여 공급되는 방식으로 운영되고 있었음
 - 또한, 보를 통해 유입되는 습지에 있어서 보의 형태가 고정보인 경우에는 지속적으로 유입이 발생하는 구조이지만, 가동보인 경우에는 보의 수위조절 상태에 따라 유입에 영향을 미치는 것으로 조사됨

[표 31] 용인시 내 조성된 인공습지 특성 조사결과

지점명	시설명	방류 하천	유입수	처리용량 (m ³ /일)	유입방식	습지 내 흐름상태	특기사항
YW-1	청미천 습지	청미천	하천수	3,200	펌핑 유입	간헐류	평시 건천
YW-2	평창 습지	경안천	하천수	80	자연 유입	항류	-
YW-3	길업 습지	경안천	하수 처리수	10,000	펌핑 유입	간헐류	-
YW-4	운학동 습지	경안천	하천수	1,123	자연 유입	항류 (수위)	평시 건천
YW-5	마평 습지	경안천	하수 처리수	20,000	펌핑 유입	간헐류	-
YW-6	고림동 습지	경안천	하천수	2,780	자연 유입	항류 (수위)	평시 건천
YW-7	금학천 습지	경안천	하천수 (지류)	2,500	자연 유입	항류	-
YW-8	유림동 습지	경안천	하천수	5,000	자연 유입	항류(보)	보 수위
YW-9	금어천 습지	경안천	하천수 (지류)	8,200	자연 유입	흐름 없음	유입부 공사 중
YW-10	둔전리 습지	경안천	하천수	8,500	자연 유입	흐름 없음	유출부 공사 중
YW-11	초부리 습지	경안천	하천수	10,000	펌핑 유입	간헐류	평시 건천
YW-12	모현면 습지	경안천	하천수 (지류)	4,719	자연 유입	항류(보)	평시 건천

○ 인공습지 내 물의 흐름상태는 자연유하인 경우 습지에 지속적으로 물이 공급되기 때문에 “항류”로 판단하였지만, 보나 수위의 영향을 받는 경우에는 별도로 이를 표기하였음

- 또한, 펌프에 의하여 간헐적으로 공급되는 경우에는 간헐류로 표기하였음

- 다만 습지의 운영상태 및 구조 등 다양한 요소에 의해 항류 형태로 지속 유입되는 습지는 많지 않았으며, 본 실태조사에 따르면, 진정한 항류습지는 평창습지, 금학천습지인 것으로 조사되었음
- 마지막으로 습지의 현 상황을 보면, 금어천습지와 둔전리습지는 현재 유입부와 유출부가 각각 공사가 진행 중이어서, 중점조사 대상 습지의 선정에 있어 중요한 요소 중 하나인 지속적인 연구 가능성 측면에서 취약한 것으로 나타남
- 위와 같은 결과를 바탕으로 중점조사 대상 습지의 선정은 방류하천의 중요성, 연구결과의 활용성, 연구의 지속 가능성, 조사연구의 효율성 등을 평가항목으로 하여 선정하였음
 - 방류하천의 중요성은 방류 대상 하천의 수질적 중요성을 의미하며, 팔당수계 유입지천이 경안천이 청미천에 비해 중요한 위치를 점함
 - 연구결과의 활용성은 습지의 규모를 중심으로 평가하였으며, 평가기준은 처리용량 기준 5,000 m³/일 이상, 2,000 m³/일 이상, 700 m³/일 이상 및 이하로 각각 구분하였음
 - 연구의 지속가능성은 수 시료를 주기적으로 외부적 환경에 크게 영향을 받지 않고 지속적으로 취수할 수 있는 구조인지를 기준으로 평가하였음
 - 구체적으로는 자연유입 구조이면서 지속적 유입이 가능한 경우, 간헐적이지만 안정적이거나 지속적이지만 불안정한 유입인 경우, 간헐적이거나 불안정하지만 확정하기 어려운 경우, 마지막으로 확정적으로 유입이 어려워 취수를 할 수 없는 경우로 구분하여 평가하였음
 - 마지막으로 효율성은 습지에 대한 일부 정보가 부정확하고 확인이 어려워 조사연구에 영향을 미칠 우려가 있거나 수 시료의 채수가 용이점 등을 기준으로 판단하여 평가하였음
- 이와 같은 자체적 평가기준에 따라 중점조사 대상 습지는 우선적으로 길업습지, 마평습지, 금학천습지로 선정하였음
 - 이들 습지는 중요성, 활용성, 지속성, 효율성 등에서 고르게 높게 평가되었으며, 또한 유입수가 두 군데는 하수처리수, 다른 한 군데는 하천수이므로 이들 특성의 검토 및 비교를 통해 습지 설계 및 유지에 효과적인 정보를 확보할 수 있을 것으로 판단됨
 - 이들 인공습지는 용인시와 협의를 통해 최종 선정되었음

[표 32] 중점조사 대상 습지의 선정을 위한 평가 결과

지점명	시설명	중요성	활용성	지속성	효율성	점수	순위
YW-1	청미천 습지	△	◎	△	△	6	12
YW-2	평창 습지	◎	×	◎	○	8	9
YW-3	길업 습지	◎	◎	○	◎	11	2
YW-4	운학동 습지	◎	○	○	○	9	6
YW-5	마평 습지	◎	◎	○	◎	11	2
YW-6	고림동 습지	◎	◎	○	○	10	4
YW-7	금학천 습지	◎	◎	◎	◎	12	1
YW-8	유림동 습지	◎	◎	○	○	10	4
YW-9	금어천 습지	◎	◎	×	△	7	10
YW-10	둔전리 습지	◎	◎	×	△	7	10
YW-11	초부리 습지	◎	◎	△	○	9	6
YW-12	모현면 습지	◎	◎	○	△	9	6

※ ◎: 3점, ○: 2점, △: 1점, ×: 0점으로 산정

제 2절 습지조사 방법

1. 습지 현황 및 유지관리 실태조사

가. 인공습지 조사 개요

- 인공습지는 비점오염원에 의해 발생된 유출 오염물질을 습지가 가지고 있는 다양한 자연정화작용을 이용하여 처리하는 것으로, 습지의 구조 및 구성요소 등에 의해 유입된 다양한 오염물질을 저감할 수 있음

- 인공습지에 의한 자연정화 기능으로는 습지 내 구성요소에 의한 침전과 여과, 흡착, 폭기, 식생 및 미생물 등에 의한 흡수 및 분해 등이며, 이를 통해 유입된 오염물질을 저감할 수 있음
- 이와 같이 인공습지를 구성하고 있는 다양한 구조 및 요소기술은 습지의 기능적 측면을 고려하여 수질개선을 목적으로 조성되었기 때문에 이들에 대한 정확한 현황조사가 필요함
 - 현재 용인시에 조성되어 있는 12개소의 인공습지는 설치된 지 이미 7 ~ 17년이 경과한 상태이기 때문에, 초기에 설계·조성된 구조 및 구성물이 현재에도 본래의 형태를 잘 유지하고 있고, 제 기능을 발휘하는데 충분한지 정확한 실태조사가 우선될 필요가 있음
- 또한, 인공습지는 자연형 시설이기 때문에 유지·관리적 요소가 많지는 않지만, 비점오염원의 유입에 따른 수질개선을 위해서는 조성목적에 맞게 습지시설의 기능적 요소가 잘 작동할 수 있도록 주기적이며 체계적인 관리가 필요함
 - 주요 관리적인 요소는 시설관리, 식생관리, 물의 흐름관리, 수질관리 등으로 구분할 수 있음

나. 습지 현황 및 유지관리 실태조사 내용

- 습지현황 및 유지관리 실태조사는 주기적으로 전체 조사 대상 습지를 방문하여 시설적인 부분, 식생상태, 물의 흐름상태 등에 대해 조사하고, 현재 발생되고 있는 문제점 및 개선점 등을 도출하고 검토하기 위한 목적으로 실시하였음
 - 그 외에 현재의 인공습지 유지관리 상태를 검토하기 위하여 유지관리 매뉴얼 또는 관리지침 여부, 체크리스트 유무 및 작성 여부, 비상 연락방법, 시설 파손에 대한 대처 방안, 관리주기 등에 대해 조사
- 따라서 실태조사 내용은 크게 시설관리 부분과 식생관리 부분, 처리 대상수의 유입 여부 및 흐름 상태 등을 파악하는 것으로 하였음
 - 습지의 수질적 부분은 중점조사 대상 습지에 대해서만 조사하는 것을 원칙으로 하였으며, 다만 현장조사 시 필요하다고 판단되는 경우에는 수질조사를 추가로 실시할 예정임
- 인공습지의 시설관리 부분에 대한 조사내용은 다음과 같음
 - 습지 유입부 및 유출부 시설의 유지관리 상태
 - 유입 유도시설 및 유입구 등 유입부 시설의 파손 및 노후화 등 시설 상태

- 유입구 상태 및 기능 유지 상태 등
- 펌프 등 기기류의 가동 여부 및 운전 상태
- 습지 및 연못 등 구성요소별 기능 유지 및 파손 여부
- 습지 주변의 침식 상태
- 기타 각 시설별 적용된 특정 기술에 대한 파손 및 기능 유지 상태 등
- 인공습지 내 식생관리 부분에 대한 조사내용은 다음과 같음
 - 육안 조사에 따른 식생의 밀집 상태
 - 습지 내 식생의 성장 상태 및 이상 여부
 - 식생의 다양한 자연재해에 의한 쓰러짐 현상
 - 식생의 병충해 등에 의한 이상 현상 등
 - 외래종이나 생태교란종 등의 자생 및 관리 상태
 - 기타 식생과 관련된 사항
- 인공습지 내 물의 유입 및 습지 내 흐름 상태
 - 유입부로의 처리 대상수 유입 여부
 - 누수 및 손실 등의 여부
 - 처리 대상수 외의 유입 여부
 - 인공습지 각 구성요소에서의 물의 흐름 상태
 - 기타 물 흐름과 관련된 사항

다. 조사방법

- 다양한 기존 인공습지에 대한 설계자료 및 관리자료 등을 조사하고, 본 연구의 조사 대상 인공습지에 대한 실태조사 현황자료와 비교·검토함으로써 인공습지의 관리실태를 파악하고자 하였음
 - 기존 자료가 없는 경우에는 환경부에서 제공되고 있는 “비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영매뉴얼(환경부, 2020)²⁰⁾” 을 기준으로 검토함
- 실태조사는 조사업무의 효율성을 고려하여 사전에 각 인공습지의 특성에 맞게 체크리스트를 작성하여 실시하였으며, 본 연구에 활용된 체크리스트는 [표 33]에 예시로 제시하였음
 - 인공습지 조사를 위한 체크리스트는 인공습지 내 주요 구성요소를 기준으로

20) 환경부, 2020, 비점오염저감시설의 설치 및 관리운영매뉴얼

유입부, 침강지, 침전지, 습지, 연못, 유출구 등으로 구분하였으며, 각 습지의 특성을 고려하여 구성항목의 가감을 통해 작성하였음

- 또한 시설별 특성을 고려하여 점검 또는 조사가 필요한 사항에 대하여 간단히 체크하거나 작성할 수 있도록 제작하였음
 - 인공습지 내 시설구조물 및 기기설비 등 자체적으로 확인이 어려운 부분은 본 연구의 체크리스트에서 제외하였음
 - 하지만 현장조사 과정에서 확인되는 사항에 대해서는 체크리스트에 수기로 직접 기입하였고, 추가로 확인이 필요한 부분에 대해서는 시설관리자와 인터뷰 등 별도의 방법으로 진행하였음
- 인공습지의 실태조사는 대상 시설 전체를 대상으로 연구기간 내 최소 2회 이상 실시하는 것으로 하였으며, 현장 조사과정에서 파악되는 특이사항 등은 별도로 기입할 수 있도록 하였음
 - 조사는 현장 방문을 통해 육안조사를 원칙으로 하였지만, 필요한 경우에는 수질검토를 위한 수 시료채취 및 분석 등을 통해 가능한 정확한 조사 및 평가가 이루어질 수 있도록 하였음
 - 주기적인 인공습지 실태조사는 실질적으로 2개월 간격으로 실시할 계획이며, 필요한 경우 강우 시 조사를 포함하여 인공습지 내 비점오염수의 유입 여부 및 습지 내 흐름 상태를 파악하고자 하였음
- 또한, 실태조사의 경우 기존 관리자의 의견이나 정보가 매우 중요한 자료로 활용될 수 있으므로 관리자와의 인터뷰를 통하여 각 인공습지의 실태 및 관리 사항에 대한 내용을 확보하고자 하였음

[표 33] Check list 예시

점검 사항	날씨		기후	
	0000년 00월 00일 수요일			
유입구				
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가	
유입 여부				
유입수로 파손 여부				
막힘 여부				
눈에 띄는 오염				
유입구				
유입수로 누수 여부				
기타 사항	1.			
침강지 및 침전지				
퇴적상황				
식생				
사면 침식				
정체되어 있는 물				
식생 적정성				
습지				
식생 적정성				
식생 상태				
물의 이동				
연못				
식생 적정성				
정체되어 있는 물				
토사와 쓰레기 축적				
주변 퇴적 여부				
눈에 띄는 오염				
유출구				
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가	
유출 여부				
유출구 파손 여부				
유출구 막힘 여부				
유출부 사면 파괴				
막힘 여부				
기타 사항				

2. 중점조사 대상 습지 조사방법

가. 조사개요

- 용인시 내 인공습지 중 중점조사 대상 습지로 선정된 습지에 대해서는 습지조사 빈도를 높여 주기적으로 조사할 예정이며, 이를 통해 습지의 유지관리 및 수질관리의 문제점을 구체적으로 파악하고, 보다 효율적이고 종합적인 개선방안을 도출하기 위한 목적으로 실시함
- 따라서 조사내용 및 조사방법 등은 대체로 앞서 인공습지 조사와 기본적으로 동일하지만, 추가조사를 통하여 시간이나 계절에 따른 인공습지 내 구조물이나 식생 분포, 수질 정화효율 등에 대한 변화를 조사하여 비교·검토함으로써 보다 구체적인 결과를 제시할 예정임

나. 조사방법

- 선정된 중점조사 대상 습지에 대해서는 3회 이상 수질조사를 추가하여 조사할 예정임
 - 본 연구에서는 습지조사의 실효성을 높이기 위하여 여름과 가을, 겨울에 식생상태 및 비점오염 유출수에 차이가 발생할 수 있기 때문에 각 시기별로 수 시료를 채수하고 분석을 실시하여 계절별 정화효율을 파악하고자 하였음
 - 따라서 실질적인 조사시기는 6월 ~ 8월, 9월 ~ 11월, 12월 ~ 1월에 각 1회씩 측정하는 것으로 계획하였음
 - 하지만 실질적으로는 11월 말에 이미 습지를 건조하고 있는 상태였으며, 유입 시설도 정상가동이 어려워 마평습지만 12월에 조사하였음
 - 강우 시 조사의 경우, 본 연구 대상 습지의 기능 및 목적상 강우 시 유출이 발생하는 시점을 기준으로 수질정화 효과를 평가하는 것이 중요함
 - 따라서 본 연구에서는 기본적으로 환경부에서 제시하고 있는 10 mm 이상의 강우사상을 대상으로 하천의 유입된 초기우수 유출수에 대한 처리효율을 검토할 수 있도록 계획을 수립할 예정임
 - 다만 우리나라 강우사상 특성을 고려할 때, 10 mm 이상의 강우사상에 대한 조사가 어려울 경우에는 최소 5 mm 이상에서 유출이 발생하는 경우에도

시료를 채수하여 분석할 수 있도록 할 예정임

- 조사는 6월의 실태조사 자료를 기반으로 중점조사 대상 습지를 선정하고, 이후 각 시기별로 조사목적에 맞게 조사할 예정임
- 중점조사 대상 습지에 대한 조사내용은 다음과 같음
 - 유입수의 유입 상태 및 유입구 관리 상태
 - 유입수 조건에 따른 수질조사 및 비교 검토
 - 하수처리수: 길업습지 및 마평습지
 - 시간에 따른 유입수 및 유출수 분석 및 처리효율 검토
 - 강우 시 비점오염 포함 하천수: 금학천습지
 - 시간에 따른 유입수 및 유출수 분석 및 처리효율 검토
 - 습지의 시설적/구조적 상태 및 변화 양상
 - 기타 연구를 위해 필요한 사항
 - 강우 시 하천의 유출 상태 및 형태 등

3. 수질조사 항목 및 분석방법

가. 조사개요 및 항목

- 본 연구 대상인 인공습지는 주로 비점오염원 저감을 목적으로 하고 있기 때문에 비점오염 저감 목적에 맞는 항목을 기본적으로 선정하되, 인공습지의 장점인 영양물질의 저감효과도 같이 검토하는 것으로 계획하였음
 - 또한 오염물질 저감에 따른 효과분석 및 검토를 위하여 수질오염 기초항목도 동시에 분석하였음
- 이에 따라 본 연구에서의 조사항목은 수온, pH, DO, EC, SS, BOD, TOC, T-N, T-P이며, 유입수와 유출수를 대상으로 수질조사를 실시하는 것으로 결정함

나. 분석항목 및 시료채취

- 분석항목은 분석방법에 따라 현장 측정항목과 실내 분석항목으로 구분하여 실시하였음
 - 현장 측정항목: 수온, pH, DO, EC

- 실내 분석항목: SS, BOD, TOC, T-N, T-P
- 현장 측정항목은 휴대용 다목적측정기를 이용하여 현장에서 직접 채수한 후 즉시 측정·분석하였음
- 실내 측정항목은 현장에서 2 L 무균채수병을 이용하여 대상 수 시료를 채수한 후, 실험실로 운반하여 수질오염공정시험 기준에 따라 신속하게 분석하였음
- 현장조사 시 육안으로 확인되는 수질과 관련된 특이 사항이 있을 경우에는 원인 규명을 위하여 추가적으로 별도의 수 시료를 채수한 후 분석하였음
- 본 연구에서는 습지의 구성요소별 수질개선 효과를 검토하기 위하여 길업과 마평습지의 경우 단계별(침전지, 습지, 침강지)로 구분하여 수질조사용 시료를 추가로 채수하였음

다. 항목별 분석방법

- 수질분석항목은 가능한 공정시험방법에 따라 분석하는 것을 원칙으로 하였으며, 각 항목별 분석방법 및 기기 등과 관련된 사항은 아래의 [표 34]에 제시하였음

[표 34] 수질 측정항목별 측정분석기기 및 분석방법

측정항목	측정분석기기	분석방법
수온	다항목측정기 (Orion Star A329)	유리전극법
pH	다항목측정기 (Orion Star A329)	이온전극법
EC	다항목측정기 (Orion Star A329)	이온전극법
DO	다항목측정기 (Orion Star A329)	전극법
BOD	배양기	윙클러아지드화나트륨 변법
TOC	Total Organic Carbon Analyzer (TOC-V CSN, Shimadzu, Japan)	고온연소산화법
SS	Electric Muffle Furnace	유리섬유 거름종이법
T-N	UV Absorption Photometry (220nm)	자외선 흡광광도법
T-P	Ascorbic Acid Reduction (880nm)	자외선 흡광광도법

1) 수온

- 수온은 일반적으로 대기 온도의 영향을 크게 받으며, 일별 또는 계절별 영향을 받아 변동함
- 수온은 하천 생태계의 생존환경에 지대한 영향을 미치는 것은 물론, 수온에 따른 물질들의 이화학적 특성에 크게 영향을 미침
 - 하천에서의 pH, EC, 용존산소 등에 직·간접적으로 영향을 미치며, 미생물의 활성에 따른 하천 내 자정작용과 물질의 생화학적 반응속도 등 매우 광범위하게 물 환경에 관여함
- 따라서 수온은 하천의 오염도를 직접적으로 나타내는 항목은 아니지만, 하천 내 물질순환 및 생태환경을 이해하고 해석하는데 있어서 가장 기초적이며 기본적인 항목임
- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04307. 1b에 따라 다항목측정기(Orion Star A329)를 이용하여, 수중에 직접 담근 상태에서 일정 온도가 유지될 때까지 기다린 후 온도계의 수치를 읽어 측정하였음

2) 수소이온농도 (pH)

- 수체 내에서의 수소이온농도(pH)는 수체 내 물의 특성을 나타내는 지표이며, 자연 수체에서 대부분 중성을 유지하는 것이 보통이지만 외부로부터 pH에 영향을 미치는 물질의 유입이나 수계환경 내 물질작용에 의해 pH는 변할 수 있음
 - 이 때문에 pH는 하천수질의 주요 지표항목 중 하나이며, 수 환경 내에서 일어나는 물질의 이화학적 특성 변화 및 생물학적 환경에 영향을 미치는 항목임
 - 즉, 하천수 중 다양한 물질의 산화 및 환원과 같은 이화학적 특성 변화와 하천 생태계의 서식 환경에 영향을 미치고, 미생물 환경의 적정성 여부와 그에 따른 자정작용에 영향을 미칠 수 있음
- 결과적으로 하천에서 적정한 pH를 유지하지 못한다면 수계 내 생태환경은 물론 하천의 수질환경에 악영향을 미칠 수 있음
- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04306. 1c에 따라 기준전극과 비교전극으로 구성된 다항목측정기(Orion Star A329) pH meter를 이용하여 수중에 직접 담근 상태에서 5분 이상 경과한 후 수치를 읽어 측정하였음

3) 전기전도도 (EC, Electric Conductivity)

- 전기전도도는 물속에 있는 이온성 물질의 총량을 평가하는 항목임

- 전기전도도는 물속에서 전기가 얼마나 잘 통하는가를 평가하는 것이며, 전기가 잘 통한다는 것은 수중의 이온물질 농도가 높다는 것을 의미함
- EC가 통상적인 하천수 내의 값보다 높다는 것은 이온성 물질의 총량이 증가했다는 것을 의미하고, 이는 수체에 외부로부터 EC를 증가시키는 용존성 이온물질의 유입이나 수체 내 환경변화로 물질의 이온화가 증가했다는 것을 의미하며, 이로 인해 하천환경에 영향을 미침
- 결과적으로 하천 내 EC 값의 변화는 수질의 안전성과 안정성에 영향을 미칠 수 있으며, EC 값이 비정상적으로 높을 경우, 수 환경에 영향을 미칠 수 있는 오염원이 있는지 세심히 검토할 필요가 있음
 - 일반적으로 EC는 유기물 분해 시 산화·환원을 통하여 발생하는 생물학적 이온물질이지만, 공장폐수에서 발생하는 화학적 이온물질 등이 있음
 - 따라서 갑작스러운 EC 값의 증가나 정상 하천과 비교하여 EC 값이 높다면 수질오염 가능성이 높다고 해석하는 것이 일반적임
 - 하수처리수의 경우에도 대부분 생물학적 처리과정에서 물질대사의 산물로 이온성 물질의 농도가 증가하는 경향이 있으므로 EC 값이 대체로 높음
- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04310. 1d에 따라 다항목측정기(Orion Star A329) EC meter를 사용하여 수중에 직접 담근 상태에서 수치를 읽어 측정하였음

4) 용존산소 (DO, Dissolved Oxygen)

- DO는 수중의 용존성 산소량을 평가하는 항목으로, 수체의 자정능력을 평가하는 주요 항목 중 하나임
 - 수중에 유입된 유기성 물질은 수체 내 미생물에 의하여 분해되고 저감되어 가는데, 이때 DO를 소모하게 됨
 - 즉, 용존산소가 충분한 경우에는 대부분의 물질이 호기성 조건에서 무해한 물질로 산화·분해되지만, 부족한 경우에는 혐기성 조건에서 유해한 물질과 악취 등을 유발하여 수중 환경을 악화시킴
 - 이로 인해 하천수 내 DO 농도의 증감을 통해 하천의 오염상태 및 자정능력을 평가하는 것이 가능함
- DO 농도는 하천의 환경조건(수온, 기압, 물의 흐름 상태 등)에 따라 수중의 농도가 달라지는데, 일반적으로 수온이 높아지면 그 양이 적어지지만 유속이 빠르거나 난류일 때 증가하는 경향을 보임
 - 하천 상류의 깨끗한 물에는 거의 포화에 가까운 정도의 DO 농도를 보이지만,

하수나 공장폐수 등 오염된 물에서는 DO 농도가 크게 낮아짐

- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04308. 2c에 따라 다항목측정기(Orion Star A329) DO meter를 사용하여 수중에 직접 담근 상태에서 수치를 읽어 측정하였음

5) 부유물질 (SS, Suspended Solids)

- 부유물질(SS)은 수중에서 부유하는 여러 가지 입자상 물질을 말하며, 가정하수의 SS는 일반적으로 약 200 mg/L 정도임
 - 특히 SS는 비점오염원에 있어서 더욱 중요하며, 도심의 노면 상태나 선행 강우 일수, 유출 특성, 오염물질의 특성 등에 크게 영향을 받으며, 이로 인해 농도 범위도 매우 다양함
 - 하천에서 SS는 유수의 흐름 특성 및 하천 특성, 부유물질 자체의 특성 등에 영향을 받으며, 유하 과정에서 침전된다 해도 하천의 흐름 특성 변화에 따라 재 부유하면서 수질에 영향을 미칠 수 있음
- 부유물질의 성분은 무기성 및 유기성 물질로 구분되며, 각종 유기물 형태 중 상당량은 부유성 물질이므로 하천의 수질오염에도 영향을 미칠 수 있음
 - 유기성 물질 외에도 무기성 물질 중 독성물질이 포함된 경우, 하천 생물 및 생태계에 영향을 미칠 수 있기 때문에 SS가 높을 경우 수질적 관점에서 관심을 가지고 관리할 필요가 있음
 - SS는 탁도와 상관성을 가지고 있으며, SS 농도가 높으면 관능적, 심미적으로 수질을 불신하게 되고 하천 이용자에게 불쾌감을 줄 수 있음
- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04303. 1b에 따라 미리 무게를 단 유리섬유 여과지(GC/C)를 여과장치에 부착하여 일정량의 시료를 여과시킨 후, 항량으로 건조하여 무게를 달아 여과 전·후의 유리섬유 여과지의 무게 차를 산출하여 부유물질의 양을 측정하였음

6) 생화학적 산소요구량 (BOD, Biochemical Oxygen Demand)

- 생화학적 산소요구량(BOD)은 수중의 미생물에 의하여 분해 가능한 탄소성 유기물질 총량을 평가하는 방법임
 - BOD 측정은 특정 유기물질을 정량화하여 평가하기 위한 수단이 아니라, 생물학적으로 분해 가능한 유기물 또는 부패성 유기물 총량을 간접적으로 파악하는 것임
 - 즉, 수중의 유기물 중 미생물에 의하여 산화·분해될 수 있는 유기물의 총량을

평가하는 것으로, 이들 물질은 하천에 용존산소가 충분한 조건에서 제거될 수 있음을 의미하므로 하천의 자정작용 평가에 있어서도 중요한 자료 중 하나로 활용될 수 있음

- 하천에서의 BOD 측정은 수 시료를 20℃에서 5일 동안 정치한 후 시료 중 초기의 용존산소와 호기성 미생물에 의한 증식 및 호흡작용에 의하여 소비된 후 잔류 용존산소와의 농도 차이로부터 측정함
 - 구체적인 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04305. 1c에 따라 시료를 20℃에서 5일간 저장하여 두었을 때 시료 중의 호기성 미생물의 증식과 호흡작용에 의해 소비되는 용존산소의 양을 측정하였음

7) 총유기탄소 (TOC, Total Organic Carbon)

- 총유기탄소(TOC)는 수중의 산화될 수 있는 유기성 탄소물질의 총량을 평가하는 방법으로, 최근 수질평가 항목에서 중요성이 커지고 있음
 - 앞서 BOD가 미생물에 의해 소모되는 산소량을 토대로 유기물량을 평가하는 간접적인 측정방법이라면, TOC는 고온 산화과정에서 발생하는 CO₂를 직접 기기분석하여 탄소량을 평가하는 방법임
 - 즉, TOC는 BOD의 단점을 보완하고 보다 신속하고 정확하게 탄소성 유기물질의 총량을 평가하기 위한 방법으로 이용되고 있으며, 우리나라에서는 2013년부터 하천수질의 생활환경을 평가하는 기준항목으로 도입되었음
- 측정방법은 수질오염공정시험기준 ES 04311. 1c에 따라 시료 적당량을 산화성 촉매로 충전된 고온의 연소기에 넣은 후 연소를 통해서 수중의 유기탄소를 이산화탄소(CO₂)로 산화시켜 정량 후 측정하였음

8) 총질소 (T-N, Total Nitrogen)

- 총질소는 유기성 및 무기성 질소를 합한 것이며, 유기성 질소에는 알부미노이드(Albuminoid)성 질소나 요산 등이 포함되고, 무기성 질소에는 암모니아성 질소(NH₄-N), 아질산성 질소(NO₂-N) 및 질산성 질소(NO₃-N) 등이 있음
- T-N은 T-P와 함께 중요한 수중 영양물질의 하나로서, 호소 등과 같이 정체된 수역에서는 부영양화 발생의 원인물질로 작용하기 때문에 수체 내에서 주요 관심 물질 중 하나임
 - 하천은 유수역이기 때문에 상대적으로 부영양화에 의한 영향이 적은 편이지만, 최근 하천 내 구조물에 의한 정체성 구간이나 사수역이 증가하여 조류의 대량 발생 원인이 되는 경우가 있음

- 다만, 부영양화 발생에 있어서 영양물질의 비율이 중요하며, 대부분의 경우 질소가 최소비로 존재하는 경우가 많지 않으므로 하천에서 T-N에 대한 수질환경기준은 별도로 정해져 있지 않음
- T-N의 분석은 시료 중 질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재 하에서 120°C로 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 다음, 산성 조건에서 자외선 흡광도를 측정하여 질소를 정량하였음

9) 총인 (T-P, Total Phosphorus)

- 총인은 생활하수의 분뇨, 음식물 찌꺼기 및 합성세제의 인산염 등으로부터 주로 발생함
 - 이외에 산업시설의 배수, 농경지 배수 및 빗물 등을 통하여 배출되기도 함
- T-P는 앞의 T-N과 함께 주요 영양물질이며 폐쇄성 수역에서 T-N보다 더 중요한 제한 기질로 작용함
 - 따라서 수체 내에 인(P)이 다량 유입되는 경우 조류(식물성 플랑크톤)가 대량 성장하여 수화현상(Water bloom) 및 부영양화(Eutrophication) 현상을 일으킬 수 있음
 - 우리나라에서는 호소에서의 부영양화 현상이 심화됨에 따라 하천에서의 T-P 농도를 제한하기 위하여 생활환경기준에 포함하여 관리하고 있음
- 총인의 농도는 시료 중의 유기물을 산화·분해하여 모든 인 화합물을 인산염(PO_4^-) 형태로 변화시킨 다음, 이를 아스코르빈산환원 흡광광도법으로 측정함
 - 구체적으로는 수질오염공정시험기준 ES 04362. 1c에 따라 시료 중 유기화합물 형태의 인을 산화·분해하여 모든 인 화합물을 인산염(PO_4^{3-}) 형태로 변화시킨 다음, 몰리브덴산암모늄과 반응하여 생성된 몰리브덴산인암모늄을 아스코르빈산으로 환원하여 생성된 몰리브덴산의 흡광도를 측정하여 총인의 양을 정량하였음

라. 수질조사 결과의 평가방법

- 조사대상 인공습지에 대한 수질 평가는 유입수와 유출수의 수 시료를 채수하여 분석한 결과를 토대로 처리효율을 산정하여 검토할 계획임
 - 본 연구에서는 비점오염저감시설의 주요 처리대상 오염물질이 부유성 입자 물질이므로 우선적으로 SS의 처리효율을 검토하되, 하천 수질에 있어서 가장 중요한 기준이 되는 BOD, 인공습지의 특성 및 장래 비점오염 주요 대상

저감물질인 T-P의 순으로 순차적 수질검토를 실시할 예정임

- 인공습지의 처리효율은 다음과 같이 산정함

$$R = [(WQ_i - WQ_o) / WQ_i] \times 100$$

R: 제거효율, WQ_i: 유입수 수질, WQ_o: 유출수 수질

- 강우 시 조사는 충분한 노면 세척효과 및 유출수로 인해 하천 수질에 대한 영향을 고려하여 10 mm 이상 강우를 대상으로 하되, 연구의 진행 상태 및 유출 특성 등을 종합적으로 고려하여 진행
 - 또한 초기우수 유출수의 농도가 상대적으로 높기때문에 가능한 한 초기우수 유출수를 조사할 수 있도록 계획에 반영할 예정임
- 처리효율에 따른 분석 결과의 적정성 여부는 환경부(2020)의 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼에서 제시하고 있는 인공습지의 일반적 처리효율과 비교하여 검토할 예정임

[표 35] 환경부(2020)에서 제시된 항목별 인공습지의 처리효율

항목	BOD	T-N	T-P
효율 (%)	53	37	60

제 4장 인공습지 조사결과

제 1절 인공습지 실태조사 결과

1. 1차 실태조사 결과

- 조사일시: 2023년 6월 23일
- 기상 상태: 맑음
- 조사대상 습지: 12개 인공습지

가. 습지별 1차 조사결과

1) 청미천습지

- 유입부의 전기배전판은 작동하지 않는 상태였으며, 유입수도 없는 것으로 조사됨
 - 유입부 저류조 및 맨홀 등이 잠겨있는 상태여서 육안으로 확인할 수 없었으나, 기계음이 없었고 유입부에서 물 흐름도 없었음
 - 배전판 시설의 전력계도 작동되지 않고 있었음
- 습지 내 연못 등 웅덩이 부분에는 일부 물이 고여있었지만, 습지에서의 물 흐름은 없는 것으로 조사됨
- 4월에 실시되었던 사전 조사 시 사진과 비교해 보면, 습지 내 식생이 많이 자라났으며, 습지 주변은 벌초되어 관리되고 있었음
- 청미천습지 유출부 근처 청미교 밑에는 인근 주민들이 방문한 후 버린 것으로 보이는 쓰레기 등이 방치된 모습도 볼 수 있었음

[표 36] 1차 조사 시 청미천습지 현황 사진

	
<p>청미천습지 유입수 저류시설 모습</p>	<p>습지의 유지관리를 위한 전기배전판</p>
	
<p>습지 유입부의 침전연못 모습</p>	<p>습지 내 식생모습</p>
	
<p>습지 주변 식생 관리 및 정리된 모습</p>	<p>유출부 부근 쓰레기 및 주민 방문 흔적</p>

2) 평창습지

- 유입수는 유입부 시설을 월류하여 공급되고 있었으며, 유도시설이 별도로 없어 편중된 흐름을 보이고 있었음
 - 따라서 유입수가 상부의 호기조에 고르게 분배되어 공급되기 어려운 구조임
 - 이와 같은 유입 형태가 걱정인 것인지 확인이 필요하며, 시설의 효율적 운용을 위해서는 유입수 분배를 위한 시설이 보완되어야 할 것으로 판단됨
- 습지 내 식생이 무성하게 자랐지만, 시설 주변은 예초되어 말끔히 관리되고 있었음
- 하천수 유입에 따른 유출수가 발생하고 있었으며, 유입수의 경우 유입부에서의 난류로 혼탁해 보였지만 유출수는 지하흐름형 습지인 관계로 비교적 양호한

수질인 것으로 육안 관찰됨

□ 사전 조사에서 파악된 일부 시설물 파손상태는 그대로 방치되고 있었음

[표 37] 1차 조사 시 평창습지 현황 사진

	
<p>유입부의 하천수 유입 및 공급 과정</p>	<p>습지 상부의 호기조 시설 현황</p>
	
<p>습지 주변 정리현황</p>	<p>하부습지 내 식생모습</p>

3) 길업습지

□ 실태조사 시 유입수의 공급은 없었으며, 유입부 침강지에는 수련이 무성하게 자라났고, 수중에 부유물도 많이 눈에 띄는 상태였음

○ 길업습지의 경우에는 하수처리수를 유입 원수로 공급하고 있지만, 주로 야간에 공급하는 것으로 조사됨

□ 갈대 및 부들 등 많은 식생이 자라고 있었으며, 4월 조사와 비교하여 무성하게 자라난 상태였음

○ 특별히 습지 내 식생 상태에는 큰 문제가 없는 것으로 파악되었으며, 뱀 및 개구리 등 다양한 생물이 눈에 띄었음

□ 시설 주변은 식생 정리가 이루어진 상태였으며, 시설 내 목재 데크 교체 공사가 이루어지고 있었음

□ 유출부의 침강연못에는 횡으로 가로지르는 띠 모양의 돌로 구성된 구조물이

연못 중간 부분에서 보이는 상태였음

○ 이로 인해 부유식생이 그 부분에서만 서식하지 못하는 것으로 조사됨

[표 38] 1차 조사 시 길업습지 현황 사진

	
<p>유입부 침전지의 부유식물 모습</p>	<p>습지 내 목재 데크 보수공사 모습</p>
	
<p>습지 식생모습</p>	<p>유출부 침강 연못 (띠모양 횡단구조물)</p>

4) 운학동습지

- 습지 위치가 정확하지 않아 동일시기에 조사되지 못하였고 이후 별도 조사됨
- 습지 내 유입부를 육안으로 확인하기 어려웠으며, 습지 내 물 흐름은 없었음
- 유출부는 식생수로의 형태로 되어있으며, 식생수로는 곧바로 경안천과 연결되어 흘러 나가는 구조임

5) 마평습지

- 길업습지와 마찬가지로 유입수의 공급은 없었으며, 유입부 및 유출부 연못에는 수련이 대부분을 덮고 있었음
 - 4월 사전조사 시에 비해 습지 내 식생이 크게 번성한 상태였음
- 중간부에서 약간의 물 흐름이 감지되었지만, 전체적인 흐름에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 사료됨

[표 39] 1차 조사 시 운학동습지 현황 사진

<p>유입부 모습이지만 형태 확인 어려움</p>	<p>습지 내 식생 모습</p>
<p>습지 내 인근 주민을 위한 목재 데크</p>	<p>유출부의 식생수로 모습</p>

[표 40] 1차 조사 시 마평습지 현황 사진

<p>마평습지 유입부 침전지 모습</p>	<p>습지 내 식생 모습</p>
<p>습지 중간부의 미세한 물 흐름</p>	<p>유출부 모습</p>

6) 고림동습지

- 사전조사 시와 비교하면 식생이 무성하게 자라나서 유입부와 유출부를 확인하기 어려울 정도였음
- 하천수의 유입이 없어 일부 습지 내부가 건조한 상태였으며, 연못이나 웅덩이 등이 있는 곳에서는 부분적으로 물이 고여있는 것으로 확인됨

[표 41] 1차 조사 시 고림동습지 현황 사진

	
<p>습지의 유입부 식생수로의 모습</p>	
	
<p>습지 내 식생 모습 (토양은 건조상태)</p>	<p>하류부 끝지점 부근</p>

7) 금학천습지

- 유입부의 유도수로 협잡물이 걸려 있었으며, 유도수로의 일부가 파손 및 수평 불균형 등으로 옆으로 빠져나가는 물이 많았음
- 습지는 유입수의 공급으로 물의 흐름이 관찰되었고, 습지 내 식생은 양호한 상태였지만 쉽게 외래식물종이 눈에 띄었음
- 유입부 다리 밑 공간에 쉴 수 있는 벤치 등이 설치되어 있는데 쓰레기 봉투 및 담배꽂초 등이 방치되어 있는 것으로 확인됨

[표 42] 1차 조사 시 금학천습지 현황 사진

<p>유입부 유도수로 파손된 모습</p>	<p>유입부 벤치의 쓰레기 및 담배꽂초</p>
<p>습지 내 식생모습 (외래종이 보임)</p>	<p>유출부 연못 모습</p>

[표 43] 1차 조사 시 유림동습지 현황 사진

<p>유입부 식생수로 내 물이 흐르는 모습</p>	<p>습지 유입부의 부유식물 및 조류</p>
<p>습지 내 식생 모습</p>	<p>유출부 물이 관을 통해 나가는 모습</p>

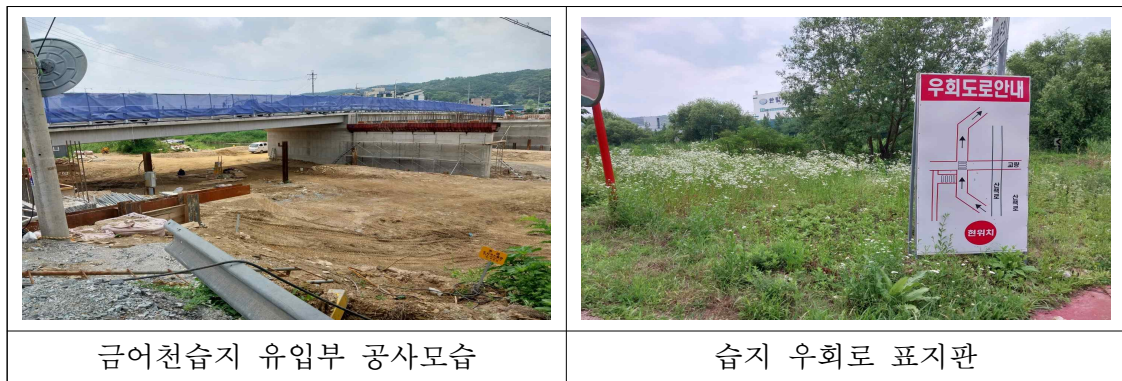
8) 유림동습지

- 습지의 상류인 어우리보 우안을 통해 경안천 하천수가 공급되고 있어, 습지 내 물의 흐름 및 유출이 발생하고 있었음
- 습지 내에는 갈대 및 부들, 개구리밥 등 식생이 무성하게 성장하고 있었으며, 식생 상태도 양호한 것으로 파악됨
 - 습지 내 부유식생이 많이 번성하였으며, 일부 물이 정체되는 습지 및 연못 등에서는 부영양화로 인한 조류도 육안으로 쉽게 관찰되었음

9) 금어천습지

- 4월 사전조사 시와 마찬가지로 유입부에서 교량을 신설하는 공사가 진행되고 있었으며, 이로 인해 유입수는 없었고, 습지 내부도 건조된 상태로 방치됨
 - 습지 후단부에서는 우회도로 안내판 등이 설치되어 있었음
- 본 연구에서는 조사의 지속성을 담보하기 어렵다고 판단되어, 이후 조사연구는 진행하지 않는 것으로 결정함

[표 44] 1차 조사 시 금어천습지 현황 사진



10) 둔전리습지

- 둔전리습지 역시 금어천습지와 마찬가지로 후단부에서 대규모 공사가 진행되고 있었으며, 이에 따라 물 공급 및 흐름이 없었고, 본 연구의 지속성을 담보하기 어렵다고 판단하여 이후 조사연구에서 배제하는 것으로 결정하였음

11) 초부리습지

- 초부리습지의 경우, 하천 수위보다 습지의 위치가 높기 때문에 펌프를 통해 유입되어야 하지만, 펌프 시설이 가동되지 않고 있어 유입수가 공급되지 않았음

- 이에 따라 전체적으로 연못 및 습지 내 물은 정체된 상태였으며, 일부 혐기화가 진행된 것으로 판단되었음
 - 육안으로 볼 때, 물이 검은색을 띠고 있었으며 부유물질도 많아 전반적으로 수질상태가 악화된 것으로 판단됨
- 사전조사 시와 비교하면, 유출부 침전지의 수량이 크게 줄어든 것으로 파악됨
- 습지 내 식생은 전과 비교하여 크게 성장한 것으로 판단되며, 후단 돌무덤 형태의 시설물은 파손된 상태로 계속 방치되어 있었음

[표 45] 1차 조사 시 둔전리습지 현황 사진





[표 46] 1차 조사 시 초부리습지 현황 사진



12) 모현면습지

- 유입수가 유입되지 않고 있었으며, 식생이 많이 자란 상태였음
 - 외래종이 크게 자생하고 있어 이에 대한 관리가 필요할 것으로 사료됨
- 시설 주변의 식생은 예초된 상태로 관리가 잘 이루어지고 있었음

[표 47] 1차 조사 시 모현면습지 현황 사진

	
<p>모현면습지 내 외래종으로 보이는 식생</p>	<p>모현면습지 내 식생모습</p>

나. 1차 조사결과 요약

- 1차 조사에서 확인된 내용을 토대로 각 지점별 특징이나 내용을 정리하여 아래의 [표 48]에 제시하였음
 - 각 인공습지의 시설적 부분에 대해서는 4월에 실시한 사전조사에서 나타난 부분과 큰 차이는 없었던 것으로 사료됨
 - 평창습지 및 초부리습지의 경우, 시설적인 부분에서 일부 파손된 부분이 있었으며, 사전조사 시와 비교해 보면 달라진 점이 거의 없어 관리가 이루어지지 않고 방치된 것으로 사료됨
 - 하지만 식생 부분에서는 사전조사와 비교하여 식생이 많이 자라났으며, 일부 인공습지의 경우에는 식생으로 인해 유입부 및 유출부를 명확하게 확인하기 어려운 경우가 있었음
 - 또한 많은 습지에서 다양한 생태교란종이 자생하여 번식하고 있는 것으로 조사되어, 이에 대한 지속적 관심 및 관리가 필요할 것으로 사료됨
 - 습지 주변 식생 관리는 주기적으로 이루어지고 있었으며 실제로, 조사 시 예초가 완료된 곳이 많았음
 - 하천으로부터 자연유하방식으로 운영되는 일부 습지에서는 혐잡물 등으로 인해

유입에 영향을 미치는 것으로 판단됨

- 또한, 사전조사 시에도 공사 중이었던 금어천습지 및 둔전리습지는 계속해서 공사가 진행 중인 상태였으며, 지속적인 조사가 어려울 것으로 판단되어 이후 조사는 실시하지 않는 것으로 결정함

[표 48] 용인시 내 조성된 인공습지의 1차 조사결과 요약

지점명	습지명	특징
YW-1	청미천습지	<ul style="list-style-type: none"> - 청미천의 고수부지에 조성되어 있고, 유입부에 전기시설이 있어 펌프를 이용하여 하천수를 유입하는 방식으로 운영되고 있으나 현재 가동되지 않고 있어 습지 내 물은 정체된 상태임 - 유입부에 구조물 시설이 있으며, 이곳에 하천으로부터 유입된 물이 저류된 후 공급되는 것으로 판단되지만, 항상 잠겨있어 상태임 - 식생이 크게 성장하였으며, 습지 주변은 최근 예초된 것으로 보아 지속적인 관리가 이루어지는 것으로 파악됨 - 유출부 근처 청미교 밑에 인근 주민 또는 시민들이 방문하여 취사 및 쓰레기를 버린 흔적이 있어 관심 필요
YW-2	평창습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부에서 인근 하천수가 공급되고 있으나, 유입수가 균등하게 배분되어 호기조에 유입되기 어려운 구조임 - 호기조 내 시설물은 사전 조사 때와 마찬가지로 일부 파손상태임 - 주변 식생은 예초되어 깔끔하게 정리되어 있었으며, 습지 내 식생은 4월 조사에 비하여 많이 자라난 상태임
YW-3	길업습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부의 물 공급이 없어 습지 전체적인 물 흐름이 없는 상태임 - 4월 사전 조사 시와 비교하여 식생이 무성하게 자라난 상태였음 - 침강지 및 침전지 등 연못형태로 조성된 곳에는 부유식생(수련 등)이 뒤덮고 있었으며, 부유물질도 많이 떠 있었음 - 습지 내 목재 데크에 대한 시설보수공사를 하고 있었으며, 이로 인해 일부 구간에는 출입이 자유롭지 못했음
YW-4	운학동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부를 명확하게 구분하는 것이 어려울 정도로 식생이 무성했음 - 습지 내 유입수가 없어 정체된 상태이며, 물 흐름도 없었음
YW-5	마평습지	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프 시설 미가동으로 유입수는 없었음 - 습지 내 연못 등은 물이 차있는 상태였으며, 일부 지점에서 미약하지만 물이 흐르고 있는 것을 볼 수 있었음 - 식생은 전과 비교하여 많이 자란 상태였고, 침전지 및 침강지 모두 수련 등 수생식물이 많이 서식하고 있었음 - 주변 방류구 부분의 하천에서는 하천수를 취수하기 위한 탱크차가 항상 다수 있었음
YW-6	고림동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 4월 사전 조사 시에는 유입부를 확인할 수 있었으나, 식생이 무성하게 자라 유입부를 정확하게 확인하기 어려웠음

		- 물의 흐름은 전혀 없었고, 연못 및 웅덩이 등을 제외하면 습지 내 토양은 마른 상태인 곳이 많았음
YW-7	금학천습지	- 유도수로 내 일부 협잡물이 쌓인 것을 볼 수 있었고, 수평이 일정하지 않아 유입되지 않고 옆으로 새는 물량도 상당히 많았음 - 유입부의 다리 밑 벤치 등에 쓰레기 등을 버려져 있었음 - 식생이 무성해졌으며 물 흐름상태는 비교적 양호한 것으로 조사됨
YW-8	유림동습지	- 상류의 보로부터 관수로를 통해 경안천 물이 유입되고, 식생수로를 통해 인공습지 내로 유입되고 있음 - 식생이 무성하게 번식하였으며, 식생은 주로 갈대, 고랭이, 개구리밥, 수련, 꽃창포 등임 - 물의 흐름은 전에 비해 미약하지만 지속적으로 흐르고 있었음
YW-9	금어천습지	- 유입부에서 교량을 신설하는 공사가 이루어지고 있어 습지로서의 기능을 수행하기 어려워 보임 - 본 연구 기간이 짧은 관계로 더 이상의 조사연구는 어려울 것으로 판단됨
YW-10	둔전리습지	- 유입부에 유입수가 없어 습지 전체가 건조상태로 물 흐름이 없었음 - 금어천습지와 마찬가지로 유출부가 공사 중이며, 현재 습지로서의 기능을 수행하기 어려워 보임 - 유출부 부근은 현장 접근도 통제된 상태이며, 더 이상 조사연구는 어려울 것으로 판단됨
YW-11	초부리습지	- 식생은 주로 수련, 개구리밥, 부들, 갯버들 등이었으며, 4월 사전조사 시와 비교하면 무성하게 자란 것을 확인할 수 있었음 - 유출부의 돌망태 형태의 구조물은 파손된 상태로 유지됨 - 유입수가 없어 건조상태이지만 연못 등은 물이 고여있는 상태임 - 다만 유출부의 물은 말라서 많이 줄어든 상태로 파악됨
YW-12	모현면습지	- 오산천에서 유입되는 유량이 없었으며, 습지 내 물 흐름도 없었음 - 도입 부분에는 환삼덩굴 등 외래종이 우점하고 있었으며, 유출부로 갈수록 갈대 및 물억새, 창포 등의 무리가 보임

2. 2차 실태조사 결과

- 조사일시: 2023년 8월 23일
- 일기상태: 흐림 및 강우
- 조사대상 습지: 금어천습지 및 둔전리습지를 제외한 10개 습지
 - 조사대상 제외 사유: 현재 공사 중으로 습지조사 목적에 부합되지 않음

가. 습지별 2차 조사결과

1) 청미천습지

- 유입부의 전기시설은 가동되지 않았으며, 유입수도 없는 것으로 확인됨
 - 유입부의 가동상태를 파악하기 위하여 10월 19일 강우가 있었던 날 현장방문을 통해 물 공급 여부를 확인하였으나 역시 가동되지 않았음
- 인공습지 내 식생 상태는 더욱 무성해졌으며, 일부 식생은 쓰러진 상태였음
 - 유입부 주변의 식생은 잘 정리되어 있었음
- 습지 내 일부 쓰레기가 일부 버려져 있었음

[표 49] 2차 조사 시 청미천습지 현황 사진

	
<p>유입부 시설모습 (주변 정리가 된 모습)</p>	<p>습지 내 식생 모습</p>
	
<p>습지 내 식생 일부가 쓰러진 모습</p>	<p>습지 내 쓰레기가 버려진 모습</p>
	
<p>10월 19일 강우 시 현장 운전 현황 파악 (가동되지 않고 있으며 유입도 없었음)</p>	

2) 평창습지

- 유입수는 지속적으로 유입되고 있었으며, 유입부의 시설물 파손 상태는 그대로인 것으로 조사됨
- 식생은 전과 비교하여 더욱 무성하게 자라났으며, 이로 인해 유출부에 있는 집수시설이 육안으로 확인하기 어려웠음
 - 후단 습지조의 식생 중 외래종인 단풍잎돼지풀이 많이 보였으며, 이에 대한 제거 작업이 필요할 것으로 사료됨
- 유입수 및 유출수의 수질 상태는 육안상 모두 양호한 것으로 파악되었음


[표 50] 2차 조사 시 평창습지 현황 사진



3) 길업습지

- 유입수는 이번 조사에서도 없었으며, 연못 및 습지 등에 서식하고 있는 식생이 1차 때와 비교해 더욱 자라난 것으로 조사되었음
 - 특히 유출 전 침강 연못에는 부유식물이 크게 증가하였으며, 띠 모양의 횡단 구조물이 더욱 선명하게 보였음
- 전에 교체 공사한 목재 데크의 파편이 일부 인공습지 주변에서 눈에 띄었음

[표 51] 2차 조사 시 길업습지 현황 사진

	
<p>유입부의 침전 연못 모습</p>	<p>목재 데크 공사 후 파편 모습</p>
	
<p>유출전 침강연못 모습 및 띠모양 구조물</p>	<p>길업습지 유출부 모습</p>

4) 운학동습지

- 유입부로부터 물의 유입은 없었으며, 인공습지 전체가 전반적으로 건조한 상태였고 식생도 전과 비교하여 더욱 번성한 것으로 판단됨
 - 인공습지 내에는 다양한 생물이 생존하는 것으로 보이며, 조사하는 동안 뱀이 지나가는 것도 직접 목격함
- 습지 내 물은 정체된 상태였으며, 목재 데크 위에 마른 진흙이 쌓여 있는 것으로 볼 때 강우 시 침수되는 것으로 판단됨

[표 52] 2차 조사 시 운학동습지 현황 사진

	
<p>목재 데크 내 침전물이 말라있는 모습</p>	<p>습지 내 식생 모습</p>

5) 마평습지

- 조사 시 펌프시설이 가동되고 있지 않아 공급되는 유입수는 없었음
- 유입부에 있는 침전 연못 초입에는 수련이 무성하게 번식하고 있었지만, 후반부에는 수 표면에 많은 부유식물이 서식하고 있었음
 - 유출부의 침강지도 전과 마찬가지로 수련으로 가득 차 있었으며, 인공습지 내 식생도 증가한 것으로 조사됨
 - 식생 중에는 일부 생태교란종도 눈에 띄었음
- 습지 주변의 식생 정리는 잘 되어있으나, 습지 내 목재 데크 일부분의 표면이 벗겨진 상태인 것으로 조사되었음

[표 53] 2차 조사 시 마평습지 현황 사진



6) 고림동습지

- 비가 오고 있는 상태에서 실태조사가 이루어졌지만, 유입부 내 물 흐름을 감지하기 어려웠음
- 또한 인공습지 내 일부 지점에는 물이 없는 건조 상태였으며, 전에 비해 식생도 크게 성장한 것으로 나타났음
 - 인공습지 내 식생 중에는 생태계 교란종인 가시박 및 단풍잎돼지풀 등도 많이 눈에 띄었음

- 또한 최근 기후에 따른 영향인지는 불분명하지만, 습지 내 일부 식생이 쓰러진 상태인 것으로 조사됨

[표 54] 2차 조사 시 고림동습지 현황 사진



7) 금학천습지

- 유입부의 유도수로에는 물이 잔잔하게 흐르고 있었지만 관로 내에는 물이 흐르지 않고 있었으며, 습지 유입부에서 유입도 거의 없었음
- 본 습지는 금학천에서 유도수로를 거쳐 관거를 통해 유입되지만, 관거 내에서 막힌 것으로 사료됨
 - 관거 유입구에 스크린 시설 등과 같은 여과시설이 없기 때문에 협잡물이 그대로 관거 내에 유입되어 내부에서 막힘현상이 발생한 것으로 사료됨
- 이로 인해 습지가 전체적으로 건조한 상태인 것으로 조사되었고, 조사 시 비가 약하게 내리고 있었음에도 불구하고 유출부의 침전 연못에는 물이 거의 없는 상태를 보였음
- 습지 내 식생은 정상적으로 성장하고 있었으나, 외래종이 눈에 많이 띄었음

[표 55] 2차 조사 시 금학천습지 현황 사진



8) 유림동습지

- 상류보의 가동상태에 따라 습지 유입수에 영향을 미치게 되는데, 조사당일 날 좌안 가동보가 수문을 크게 낮춘 상태여서 하천 수위가 습지 유입구 위치보다 낮아 유입이 발생하지 않았음
- 또한, 습지 중간부분에서는 공사가 진행되고 있었지만, 습지에 직접적인 영향은 현재 없는 것으로 파악됨
- 1차 조사 때와 비교하면 습지의 식생이 크게 증가한 상태였으며, 전반적으로 식생상태는 양호하였음
 - 하지만 습지 내 일부 식생이 쓰러진 곳도 있었음
- 인공습지 중간 부분에서 도로 비점오염원이 유입되는 시설이 보였지만, 습지를 거치지 않고 흙탕물 상태로 직접 하천에 유입되는 것을 확인함
 - 이들 비점오염 유출수 중 일부가 관거 내 습지 유입구를 통해 유입되고 있지만, 유입구 위치가 높아 유입량은 많지 않았음
- 10월 19일 강우 시 추가 조사 시에도 좌안의 보는 내려가 있는 상태였으며, 유입구 수위보다 여전히 하천수위가 낮은 상태인 것으로 조사됨
 - 강우로 인해 하천수는 황토색을 띠었지만, 인공습지로 유입되지 않아 비점오염 처리목적에 부합되지 않는 상태로 운전되고 있었음

- 식생의 상태도 9월 조사 때와 비교하면 많이 시들었으며, 쓰러진 상태의 식생도 눈에 많이 띄었음

[표 56] 2차 조사 시 유림동습지 현황 사진

<p>습지 취수부분 보의 운영 상황</p>	<p>유입구 보다 하천 수위가 낮아 유입이 어려움</p>
<p>유림동습지 중간부분 공사 중인 모습</p>	<p>습지 내 징검다리 부근 식생모습</p>
<p>주변 강우유출수 유입시설 모습</p>	<p>강우유출수의 하천 직유입 모습</p>
<p>10월 19일 강우 시 현황 재확인 결과 좌안보가 내려가 있고 수위가 낮았음</p>	

9) 초부리습지

- 유입부에서 유입은 없었지만, 침강연못에는 물이 정체된 상태로 고여있으며 물 상태도 깨끗해 보이지는 않았음

[표 57] 2차 조사 시 초부리습지 현황 사진

	
<p>습지 유입부 연못 모습</p>	<p>습지 내 식생 모습</p>
	
<p>습지 목책 파손 모습</p>	<p>습지 도로 부분의 침식된 모습</p>
	
<p>습지 유출부 연못 내 시설 파손 상태</p>	<p>유출부의 침전조 내 상태 (건조상태)</p>
	
<p>10월 19일 강우 시 유입부 펌프와 연결된 유입관 및 식생 모습 (펌프 가동되지 않음)</p>	

- 습지 내 식생은 정상적으로 번식하고 있었으며, 1차 조사 시와 비교하면 많이 성장한 상태였음
- 습지 내 뱀 및 개구리 등 다양한 생물들이 초부리습지에 서식하고 있는 것을 관찰할 수 있었음
- 물의 유입이 없었던 영향으로 후반부의 침전조에는 물이 거의 없는 상태이며, 바닥의 진흙 상태가 육안으로 관찰됨
- 초부리습지 주위를 둘러싸고 있는 목재 울타리가 일부 파손된 상태로 방치되어 있었으며, 주변 보도의 일부가 침식된 곳도 볼 수 있었음
- 10월 19일 강우 시 펌프 가동 상태를 확인하기 위하여 추가 조사한 결과에서 펌프는 가동되지 않는 것으로 확인됨
 - 습지 내 식생은 9월 조사에 비하여 많이 마른 상태인 것을 확인할 수 있었으며, 파손되었던 목재 울타리는 수리된 상태였고, 주변에 나무심기가 한창 진행되고 있었음
 - 초부리습지가 용인시에서 진행하고 있는 소생태계 개선사업 대상지에 포함되어 나무심기가 진행된 것으로 보이며, 주변의 생태환경도 많이 달라진 것을 볼 수 있었음

10) 모현면습지

- 오산천으로부터 경안천으로 유입되기 전, 모현면습지 유입수를 취수하는 시설이 외부에 노출된 상태로 방치되어 유입이 발생하지 않고 있었음
 - 취수시설이 있는 가동보의 수문이 전부 내려가 있어 수위가 크게 낮아졌으며 이로 인해 하천수가 유입되기 어려운 상태임
- 식생상태는 정상적이었으며, 식생도 많이 자라난 상태를 유지하고 있었음
 - 습지 내 곳곳에서 생태교란 식물이 자생하고 있었으며 이들에 대한 지속적인 관리가 필요할 것으로 사료됨
 - 습지 주변은 예초가 진행된 것으로 보였으며, 잘 정리되어 있었음
- 모현면습지 내 중간부분에서 소규모 공사(세륜시설이 설치되었고, 공사 준비가 진행된 것으로 파악되지만 정확한 내용 확인은 어려웠음)가 진행되고 있는 것을 확인할 수 있었음

[표 58] 2차 조사 시 모현면습지 현황 사진

	
<p>습지 유입수 취수 부분 상태</p>	<p>습지 내 식생상태</p>
	
<p>습지 중간부의 공사 모습</p>	<p>습지 유출구 모습</p>

나. 2차 조사결과 요약

[표 59] 용인시 내 조성된 인공습지의 2차 조사결과 요약

지점명	습지명	특징
YW-1	청미천습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부 전기시설이 가동되지 않았으며, 가동상태를 파악하기 위한 추가 조사 시에도 가동되고 있지 않았음 - 1차 조사 때 보다 습지의 식생상태는 더욱 무성하게 자라났으며, 일부 식생이 쓰러진 상태임을 확인하였음 - 1차 조사와 마찬가지로 습지 내 일부 구간에 쓰레기가 버려져 있었음
YW-2	평창습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입수의 유입을 확인하였으며, 유입부 부근 파손된 시설은 그대로 방치되고 있었음 - 식생이 1차 조사 때 보다 무성하게 자라났으며, 외래종인 단풍잎 돼지풀이 대부분 우점하고 있음을 확인하였음 - 식생의 성장에 따른 유출부의 집수시설을 육안으로 확인하지 못함
YW-3	길업습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입수의 유입 이루어지지 않고 있었으며, 전반적으로 1차 조사 때 보다 식생이 무성하게 자라났음 - 1차 조사 때 진행한 시설보수공사의 목재 테크 일부 파편이 인공

		<p>습지 주변에서 관찰되었음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 유출 전 침강지의 경우 부유 식생이 많이 증가하였으며, 유출부 연못에 떠 모양의 횡단 구조물이 더욱 선명하게 보였음
YW-4	운학동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입이 없었으며, 전반적으로 건조한 상태인 것으로 확인됨 - 1차 조사 때 보다 식생이 무성하게 자라남 - 일부 구간 정체된 물이 존재했으며, 목재 데크 위 마른 진흙이 관찰된 것을 바탕으로 강우 시 데크가 침수되는 것으로 판단됨
YW-5	마평습지	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프 시설 미가동으로 유입이 일어나고 있지 않음 - 유입부 침강연못 초입부에는 수련이 대부분 우점하고 있었으며, 후반부 연못에는 부유 식물들이 우점하고 있었음 - 1차 조사 때 보다 식생이 무성하게 자라났으며, 습지 내 목재 데크 일부분의 표면이 벗겨진 상태로 조사됨
YW-6	고림동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 조사 당일 강우가 진행되었으나, 유입부 내 물 흐름을 감지하기 어려웠음 - 인공습지 내 일부 구간에는 물이 없는 건조상태임 - 식생이 1차 조사 때 보다 무성하게 자라났으며, 생태계 교란종인 가시박 및 단풍잎돼지풀이 우점하고 있었음
YW-7	금학천습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부 유도수로에 물이 잔잔하게 흐르고 있었지만 관로 내 물의 흐름이 거의 없었으며, 습지 유입부에서의 유입도 거의 없었음 - 관거로 유입 시 스크린과 같은 여과시설의 부재로 관내 막힘현상이 발생한 것으로 사료됨 - 유입이 거의 없어 습지 전체가 건조된 상태인 것으로 조사됨 - 1차 조사 때 보다 식생이 무성했으며, 외래종의 우점을 확인하였음
YW-8	유림동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 조사 당일 좌안 가동보가 수문을 크게 낮춘 상태임을 관찰하였고, 이에 따라 하천의 수위가 유입부 위치보다 낮아 유입이 발생하고 있지 않았음 - 습지 중간부분에서 교량공사가 진행되고 있었으며, 습지에 직접적인 영향은 조사 당시 없는 것으로 판단됨 - 인공습지 중간 부분에서 도로 비점오염원이 유입되는 시설의 존재를 확인하였지만, 습지를 거치지 않고 직접 하천에 유입되고 있는 것을 확인하였음 - 추가 조사를 진행하였을 때도 유입부 좌안 보가 내려가 있어 유입구 수위보다 여전히 하천수위가 낮은 상태인 것으로 조사됨 - 1차 조사 때 보다 식생이 무성하게 자라났으며, 일부 쓰러짐
YW-11	초부리습지	<ul style="list-style-type: none"> - 조사 당일 습지 내 뱀, 개구리 등 여러 가지 생물 관찰을 토대로 다양한 생물들이 해당 습지에 서식하고 있는 것으로 판단됨 - 1차 조사 때와 같이 펌프가 작동하고 있지 않았으며, 펌프 가동

		<p>상태를 확인하기 위한 추가 조사결과에서도 펌프가 가동되고 있지 않은 것을 확인하였음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차 조사 때 보다 식생이 마르고 있었으며, 산책로 부근에서 일부 파손된 목재가 발견되었음 - 습지 주변을 중점으로 용인시 소생태계 개선사업이 같이 진행되고 있는 것을 확인하였음
YW-12	모현면습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입수를 취수하는 시설이 외부에 노출된 상태로 방치되어 유입이 발생하지 않고 있었음 - 1차 조사 때 보다 식생이 무성하게 자라났으며, 곳곳에서 외래종 식물이 관찰되었음 - 습지 내 중간부분 세류시설이 설치된 것으로 보아 소규모 공사가 진행되고 있는 것으로 판단됨

3. 3차 실태조사 결과

- 조사일시: 2023년 10월 26일
- 일기상태: 맑음
- 조사대상 습지: 금어천습지 및 둔전리습지를 제외한 10개 습지
 - 조사대상 제외 사유: 현재 공사 중으로 습지조사의 목적에 부합되지 않음

가. 습지별 3차 조사결과

1) 청미천습지

- 날씨 탓인지 식생 상태가 8월과 비교하여 큰 차이를 보이고 있었음
 - 기온이 크게 떨어지면서 습지 내 대부분의 식생이 시들거나 말라 있었으며, 일부 식생은 쓰러진 상태였음
- 물의 흐름은 없었고 일부 지대가 낮은 곳은 웅덩이 형태로 물이 고여있는 모습을 보였음
- 습지 주변은 비교적 잘 정리된 상태였으며, 예초 과정에서 발생된 것으로 보이는 잔재물 등이 고인 웅덩이 등에 떠있었음

[표 60] 3차 조사 시 청미천습지 현황 사진



2) 평창습지

- 8월 조사 시와 다르게 유입부에서 물이 공급되지 않고 상부 호기조 끝단에서 물이 공급되고 있었고, 인공습지 내부에도 물이 어느 정도 차 있는 것을 볼 수 있었음
 - 전 조사에서는 유입부 맨홀에서 월류하여 습지로 물이 공급되는 형태였지만, 월류되는 물은 없었음
 - 유입에 따른 물의 유출도 계속 발생하는 것으로 조사됨
- 식생은 2차 조사와 비교하여 많이 시들어 있었으며, 키가 큰 식물은 사멸하였음
 - 일부 생태교란 식생이 존재하는 것으로 조사됨
- 별도의 추가조사 목적으로 11월 16일 방문했을 때는 시설 전체가 정리된 상태로 이후 조사는 어려울 것으로 판단됨
 - 평창습지의 효율을 보기 위해 수질분석용 시료를 채수하였음

[표 61] 3차 조사 시 평창습지 현황 사진

	
<p>평창습지 유입구 상태 (물 공급이 전과 다름)</p>	<p>호기조 습지 끝단에 물이 유입됨</p>
	
<p>습지 내 식생상태 (큰 식생은 사멸됨)</p>	<p>습지 유출부 물 흐름 상태</p>
	
<p>11월 16일 강우 시 방문했을 때 상태 (습지가 전부 정리된 것을 볼 수 있음)</p>	

3) 길업습지

- 펌프가 가동되지 않아 유입이 없었으며, 최근 예초가 진행된 것으로 보임
- 식생은 절반 이상이 쓰러진 상태였으며, 물이 정체되어 있고 전반적으로 수질도 악화된 것으로 사료됨

4) 운학동습지

- 운학동습지는 식생이 무성하게 유지되고 있었으나, 갈변현상이 심화되어 시들고 있는 것으로 파악됨
- 습지의 중간부에서 미세하게 물이 흐르는 모습을 볼 수 있었지만, 유출이 발생하지는 않았음

[표 62] 3차 조사 시 길업습지 현황 사진

<p>길업습지 유입 연못 모습</p>	<p>길업습지 식생 모습(많이 쓰러져 있음)</p>
<p>유출부 연못 모습</p>	<p>유출구 모습</p>

[표 63] 3차 조사 시 운학동습지 현황 사진

<p>운학동 습지 모습</p>	<p>습지 내 식생 상태</p>
<p>산책로 입구 옆 식생모습</p>	<p>유출수로 모습</p>

5) 마평습지

- 유입 및 유출이 발생하지는 않았고, 습지 내 갈대가 심하게 쓰러져 있는 곳이 있었으며, 연못 등은 정체되어 수면 위 부유물질이 많이 떠 있었음

- 습지 내 식생은 갈변화가 심하게 진행된 것이 눈에 띈
- 습지 유출부의 침전연못에는 자라가 서식하는 것이 확인됨
- 목재 산책로의 난간 부분이 일부 부서지거나 벗겨진 곳이 종종 눈에 띄었음

[표 64] 3차 조사 시 마평습지 현황 사진



6) 고림동습지

- 유입부의 침강연못에는 물이 고여 있으나 흐름은 없었고, 물이 고인 곳에는 개구리밥 등이 무성하게 서식하고 있었음
- 습지 내 식생은 일부 갈변현상이 일어나고 있었지만, 비교적 무성한 편이었고 환삼덩굴과 같은 생태계 교란종이 많이 서식하는 것으로 조사됨

[표 65] 3차 조사 시 고림동습지 현황 사진



7) 금학천습지






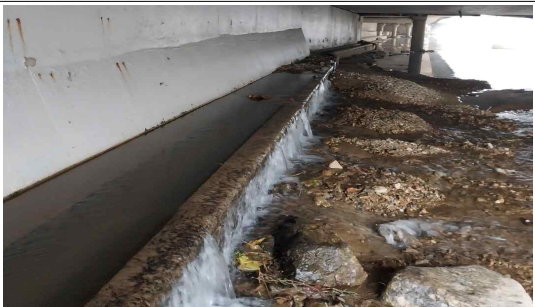


- 유입부의 유도수로부터 토사 및 혐잡물이 많이 쌓여 있었으며, 유입부 관수로 입구도 토사로 막혀있어 습지 내로 물이 유입되기 어려운 상태임
 - 유입부의 유도수로 초반에서부터 토사로 막혀 물이 넘치는 상황이었음
- 습지 내 갈대 등 식생은 대부분 쓰러진 상태였으며, 일부 지점은 환삼덩굴 및 단풍잎돼지풀 등 생태계 교란종이 우점하고 있었음
- 11월 17일에 강우 시 조사목적으로 현장을 방문했을 때 유입수로 막힘현상은 여전히 해소되지 않았고, 습지 유입부 청소 및 준설 등을 위해 습지 내 물을 빼는 작업이 이루어지고 있어 더 이상 수질조사 및 현장조사가 어려울 것으로 사료됨

8) 유림동습지

- 유림동습지 주변에서 공사가 본격적으로 진행되고 있었으며, 습지 중간 근처의 경안천 좌안이 물막이 공사 등으로 반쯤 막혀 있었음
 - 또한 상류의 보는 하천 수위를 낮추기 위하여 좌안의 보를 완전히 내린 상태로, 습지에 물을 공급하기 어려운 상태임
 - 이로 인해 보가 올라가 있는 보 우안 쪽은 바닥이 드러난 상태였음

- 따라서 향후 유림동습지의 수질조사는 어려울 것으로 판단됨
- 습지 내 식생은 전에 비해 갈변화가 많이 진행되었으며, 쓰러져 있는 식생도 눈에 많이 띄었음
- 습지 내 생태계 교란종도 많이 눈에 띄었음

[표 66] 3차 조사 시 금학천습지 현황 사진

	
유도수로가 토사로 막혀 넘쳐 흐르는 모습	유입관로 앞단에 토사로 막힌 모습
	
습지 내 식생모습 (식생이 많이 쓰러짐)	습지 내 생태계 교란종이 무성함
	
11월 17일 강우 시 방문(습지 유입수로 시작 부분에서 토사로 막혀 물이 넘치는 모습)	
	
11월 17일 강우 시 조사에서 유입부 청소 및 침전연못이 정리된 후 준설된 모습	

[표 67] 3차 조사 시 유림동습지 현황 사진

<p>보 좌안 쪽은 내려가 있고, 우안은 바닥이 드러남</p>	<p>유입 식생수로 모습 (건조 상태)</p>
<p>공사로 인해 진입이 막힌 상태</p>	<p>공사 중인 곳에서 바라본 습지모습</p>
<p>습지의 식생상태</p>	<p>습지의 식생상태 (식생 쓰러짐)</p>

9) 초부리습지

- 초부리습지는 지속적으로 유입수가 없었으며, 유입부 연못이 전 조사 시와 비교했을 때 물이 많이 빠진 상태였음
 - 습지 내에도 물이 중간에 고여 있을 뿐 흐름은 없는 것으로 조사되었음
 - 유입없이 물이 정체되면서 혐기화가 진행되는 것으로 보이며, 물에서 냄새가 나는 것으로 조사됨
- 습지의 식생은 전 조사 시와 비교하여 갈변현상이 뚜렷하게 나타났고, 갈대 등도 쓰러져 있는 곳이 많았음
- 기타 시설물 중 후단 연못의 파손된 시설은 그대로 방치되어 있었으며, 부서진 주변 목재 울타리는 지난 10월 19일 수리된 상태로 유지되고 있었음

[표 68] 3차 조사 시 초부리습지 현황 사진



10) 모현면습지

- 습지 내부는 마른 상태인 것으로 파악되었고, 습지 내 식생도 전에 비해 많이 줄어들었으며, 기온이 저하되어 말라가고 있는 것으로 파악됨
- 유입부 쪽에는 공사가 진행되는 것으로 파악되었고, 습지 내부로도 대형 차량의 출입이 있었던 것으로 조사됨

[표 69] 3차 조사 시 모현면습지 현황 사진



나. 3차 조사결과 요약

[표 70] 용인시 내 조성된 인공습지의 3차 조사결과 요약

지점명	습지명	특징
YW-1	청미천습지	<ul style="list-style-type: none"> - 기온이 낮아짐에 따라 대부분의 식생이 시들거나 말라 있었으며, 일부 식생은 쓰러진 상태로 존재하였음 - 2차 조사 때처럼 유입이 일어나지 않고 있었으며 이에 따른 물의 흐름도 존재하지 않았음 - 1, 2차 조사와 달리 습지 주변에 쓰레기가 정리되었으며, 식생 또한 예초를 진행한 흔적이 보였음 - 유출부 연못 및 습지 일부 구간에 물이 정체되어 있으며, 예초 과정의 잔재물 등이 고여있었음
YW-2	평창습지	<ul style="list-style-type: none"> - 상부 호기조 끝단에서 물이 공급되고 있음을 확인하였으며, 유출도 확인할 수 있었음 - 1, 2차 조사와 달리 유입구의 물 공급이 줄어들었음 - 2차 조사 때 보다 식생이 비교적 많이 시들었으며, 키가 큰 식물은 사멸하였음 - 추가적인 조사를 위해 강우 시 방문했을 때, 시설 전체가 정리된 것을 확인하였음
YW-3	길업습지	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프가 가동되지 않아 유입이 일어나지 않음을 확인 - 습지 내 절반 이상 식생이 쓰러져 있었으며, 물이 정체되어 있었음 - 최근에 예초한 흔적을 확인하였음 - 띠 모양의 횡단구조물이 2차 조사 때 보다 선명하게 보였음
YW-4	운학동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 습지 중간부에서 미세하게 물이 흐르는 모습을 확인했지만, 유출이 발생하지는 않았음 - 식생들이 대부분 갈변화되어 시들고 있었음
YW-5	마평습지	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프 미가동으로 인한 유입 및 유출이 발생하지 않았음 - 습지 내 갈대가 심하게 쓰러져 있는 구간이 존재하였으며, 일부 구간 물이 정체되어 있음을 확인함 - 일부 목재 산책로 구간에 난간 부분이 벗겨지거나 부서짐을 확인 - 유출구 부근 연못에 자라가 서식하는 것을 확인함
YW-6	고림동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입이 이루어지고 있지 않았으며, 유입수로 근처 부근에는 물이 없음을 확인하였음 - 유입부의 침강연못에는 물이 정체되어 있으나 흐르지 않았으며, 개구리밥과 같은 부유식물들이 우점하고 있었음 - 습지 내 일부 구간 갈변화가 일어남
YW-7	금학천습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입수로 내 토사 및 협잡물과 유입구 입구 부분이 토사로 막혀 물의 유입이 일어나지 않았음 - 습지 내 식생이 대부분 쓰러짐 - 강우 시 추가 조사목적으로 현장을 방문했을 때, 유입수로가 여전히 막혀 있었으며, 습지 유입부 부근 청소 및 준설이 이루어지고 있어

		<p>향후 조사가 어려울 것으로 판단되었음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 추가 조사 때 침전 연못이 정리되어 있었음
YW-8	유림동습지	<ul style="list-style-type: none"> - 조사 당일 교량 공사가 본격적으로 진행되고 있었으며, 하천 좌안 부가 공사로 인해 반쯤 막혀있었음 - 하천 수위를 낮추기 위해 상류 좌안 보가 완전히 내려가 있었으며, 이로 인해 유입이 일어나고 있지 않았음 - 유입 식생수로가 막혀있었으며, 이는 공사로 인한 토사물이 식생 수로를 막은 것으로 사료 됨 - 습지 식생들은 전반적으로 갈변화가 많이 진행되었으며, 일부 구간에 걸쳐 식생 쓰러짐 현상이 발생하였음
YW-11	초부리습지	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프가 작동하지 않아 유입이 진행되지 않고 있었으며, 2차 조사 때와 달리 유입구 주변 수위가 많이 낮아져 시설물들이 드러남 - 습지 중간부에서 냄새가 발생하고 있었으며, 이는 물이 고여 있어 혐기화로 인해 나타나는 현상으로 사료됨 - 전 조사 때와 같이 유출부 연못에 파손된 시설이 그대로 방치되어 있었으며, 2차 조사 때와 달리 부서진 목재 울타리는 모두 수리되어 있음을 확인함
YW-12	모현면습지	<ul style="list-style-type: none"> - 유입부 부근 공사가 진행되고 있었으며, 유입구 주변 큰 식생들이 줄어들었음 - 2차 조사 때와 같이 유출부 부근 세류시설이 동일하게 존재하고 있었으며, 소규모 공사 진행의 흔적을 확인하였음

4. 4차 실태조사 결과


- 조사일시: 2023년 12월 5일
- 일기상태: 흐림
- 조사대상 습지: 금어천습지 및 둔전리습지를 제외한 10개 습지
 - 조사대상 제외 사유: 현재 공사 중으로 습지조사의 목적에 부합되지 않음

가. 습지별 4차 조사결과

1) 청미천습지

- 습지는 전반적으로 비워져 있었으며, 날씨가 추워 물이 고인부분에는 얼음이 언 상태였음
- 일부 추대작업이 진행되었으며, 잔재물이 습지 내부에 있었음

[표 71] 4차 조사 시 청미천습지 현황 사진

	
<p>유입부 지하 시설물 모습</p>	<p>유입부 연못 모습</p>
	
<p>중류부 정리된 모습 (일부 쓰레기 보임)</p>	<p>유출부 모습 (물이 얼어있음)</p>

2) 평창습지

- 물이 습지 유입구를 통해 유입되고 있었지만, 습지 유입부로 유입되지 않고 월류되어 하천으로 나가고 있었음
- 유출부에 약간의 유출수가 흐르고 있어, 토양수 일부가 유출되는 것으로 판단됨
- 식생은 전반적으로 정리되었으며, 전체적으로 나대지 상태임

[표 72] 4차 조사 시 평창습지 현황 사진

	
<p>평창습지 유입구 상태 (습지 유입 막힘)</p>	<p>호기조 습지 끝단에 물이 유입됨</p>
	
<p>습지 내부 모습 (식생은 정리되었음)</p>	<p>습지 유출부 물 흐름 상태</p>

3) 길업습지

- 펌프가 가동되지 않아 유입이 없었으며, 습지의 식생은 거의 활성이 없었음
 - 일부 식생은 정리된 상태임
- 유입부 및 유출부 연못의 수위가 많이 낮아졌으며, 유출부의 횡단 구조물이 그대로 물 위에 드러나 있었음

[표 73] 4차 조사 시 길업습지 현황 사진

	
길업습지 유입 연못 모습	길업습지 식생 모습(많이 쓰러져 있음)
	
습지 내 식생모습 (일부 정리됨)	유출구 모습 (수위가 많이 낮아짐)

4) 운학동습지

- 운학동 습지의 식생도 많이 정리된 상태였으며, 일부 남아있는 식생의 활성도 거의 없는 것으로 판단됨
- 그동안 무성한 식생으로 인해 유입부 확인이 어려웠으나 식생이 크게 줄어들어 확인할 수 있었고, 유출수로 내 식생도 크게 줄어든 상태임

5) 마평습지

- 최근 유입이 있었던 것으로 보이고, 전반적으로 수위는 유지되고 있었음
 - 현장조사 시에는 물의 흐름이 없었음
 - 기온이 떨어지면서 연못 등이 얼어있는 것을 볼 수 있었음
- 습지 내 식생의 활성은 거의 없는 것으로 판단되었으며, 식생이 쓰러져 있는 것도 자주 눈에 띄었음
 - 습지 내에서는 일부 식생 등이 정리된 것을 볼 수 있었음

[표 74] 4차 조사 시 운학동습지 현황 사진

	
<p>유입부 모습</p>	<p>산책로 주변 식생상태</p>
	
<p>식생이 정리된 모습</p>	<p>유출수로 모습</p>

[표 75] 4차 조사 시 마평습지 현황 사진

	
<p>마평습지 유입 연못 끝단에서 바라본 모습</p>	<p>습지 중간부 식생 모습(일부 쓰러짐)</p>
	
<p>유출부 부근 (식생 일부 정리됨)</p>	<p>유출부 연못 모습 (물이 얼어 있음)</p>

6) 고림동습지

- 유입부의 침강연못에는 물이 고여 있었으나 흐름은 없었고, 물이 고인 곳에는 개구리밥 등이 무성하게 서식하고 있었음
- 습지 내 식생은 일부 갈변현상이 일어났으나, 비교적 무성한 편이고 환삼덩굴과 같은 생태계 교란종이 많이 서식하는 것으로 조사됨

[표 76] 4차 조사 시 고림동습지 현황 사진

	
<p>고림동습지 상류부 시작 부근</p>	<p>유입 유도수로 부근 쓰레기 모습</p>
	
<p>습지 내 식생이 정리된 모습</p>	<p>유출부 쪽 모습</p>

7) 금학천습지

- 유입수로 내에는 토사 등이 여전히 쌓여있어 막힌 상태였고, 산책로 주변 및 유입 침강지 부근에서 일부 공사가 진행되고 있었음
- 습지 내 식생이 많이 정리된 상태였으며, 유출부 연못도 거의 말라 있었음

[표 77] 4차 조사 시 금학천습지 현황 사진

	
<p>유도수로가 토사로 막혀 있는 모습</p>	<p>습지 내 식생이 정리된 모습</p>
	
<p>유출부 연못이 말라 있는 모습</p>	<p>유입부 침강연못 부근 공사 진행</p>

8) 유림동습지

- 유림동습지 주변에서 공사가 본격적으로 진행되고 있었음
 - 공사로 인해 유입수로는 막힌 상태임
- 습지의 식생은 대부분 정리가 완료되었음

[표 78] 4차 조사 시 유림동습지 현황 사진

<p>공사중으로 출입이 금지된 모습</p>	<p>유입구 스크린 모습</p>
<p>습지 내부 모습 (식생이 대부분 정리됨)</p>	<p>유출부에서 습지를 본 모습</p>

9) 초부리습지

- 초부리습지 내 연못의 물은 많이 빠진 상태이며, 습지의 식생도 대부분 정리된 상태임
- 물이 고여있는 부분에서는 대체로 어두운 색을 보임
 - 절반 이상의 면적에 부유물질이 덮여 있었음

[표 79] 4차 조사 시 초부리습지 현황 사진

<p>물이 많이 빠진 상태에서 유입부 연못 모습</p>	<p>습지 내 식생은 대부분 정리되었음</p>
<p>습지 내 전반적인 모습</p>	<p>후단 연못 모습</p>

10) 모현면습지

- 습지 내부는 마른 상태인 것으로 파악되었고, 습지 내 식생도 전에 비해 많이 줄어들었으며, 기온이 저하되어 말라가고 있는 것으로 파악됨
- 유입부 쪽에는 공사가 진행되는 것으로 파악되었고, 습지 내부로도 대형 차량의 출입이 있었던 것으로 조사됨

[표 80] 4차 조사 시 모현면습지 현황 사진

<p>습지 유입부 모습 (쓰레기 등)</p>	<p>습지 유입부 공사진행 중인 모습</p>
<p>습지 중간부 식생 및 일부 정리된 모습</p>	<p>유출부 부근 식생 정리 상태</p>

나. 4차 조사결과 요약

[표 81] 용인시 내 조성된 인공습지의 1차 조사결과 요약

지점명	습지명	특징
YW-1	청미천 습지	- 전반적으로 습지 식생 정리가 진행되었음 - 일부 추대작업이 진행되었으며, 잔재물들이 습지 내부에 존재하였음 - 기온 저하로 인해 물이 정체된 구간은 언 상태인 것으로 조사됨
YW-2	평창습지	- 유입구를 통해 유입되고 있었지만, 습지 유입부로 유입되지 않고 월류되어 하천으로 나가고 있었음 - 전반적으로 식생 정리가 완료되었음 - 유출수가 미세하게 흐르고 있었으며, 이는 토양수 일부가 유출되고 있는 것으로 판단됨
YW-3	길업습지	- 펌프가 가동되지 않아 유입이 일어나지 않았음 - 유입부 및 유출부의 연못 수위가 많이 낮아져 있었음 - 일부 구간에서 식생이 정리된 상태임 - 낮아진 수위로 인하여 유출부 횡단구조물이 조사 시기 중 제일 잘 드러났음
YW-4	운학동 습지	- 식생 정리로 인하여 유입부 위치를 확인할 수 있었음 - 유입구 근처 물이 미세하게 흐르고 있었음
YW-5	마평습지	- 전반적으로 수위가 유지되고 있어 최근 유입이 있었던 것으로 판단됨 - 수위가 유지되고 있으나 물의 흐름은 없었음 - 습지의 식생 정리가 진행 중이며, 쓰러진 식생들이 많이 보였음 - 산책로 목책 난간 부분이 일부 파손되어 있었음
YW-6	고림동 습지	- 유입이 없었으며, 유입부 유도수로 부근 쓰레기들이 있었음 - 유입부 침강연못에 물이 고여있으나, 흐르지 않았음 - 전반적으로 습지 내 식생이 정리되어 있었음
YW-7	금학천 습지	- 여전히 유입수로 내 토사에 의해 막혀 있었으며, 산책로 주변 및 유입 침강지 부근에서 일부 공사가 진행되고 있음을 확인하였음 - 습지 내 식생 정리가 진행되고 있었으며, 유출부 연못도 거의 말라있는 것으로 조사되었음
YW-8	유림동 습지	- 공사가 본격적으로 진행 중이었으며, 공사로 인하여 유입수로가 막힌 상태임을 확인하였음 - 습지의 식생이 대부분 정리되었음
YW-11	초부리 습지	- 여전히 펌프가 작동하지 않고 있었으며, 유입부 연못의 수위가 전보다 많이 낮아진 상태임을 확인하였음 - 습지 식생 정리가 대부분 정리되었으며 물이 고여있는 부분은 물색이 대체로 검은색을 띄었고 절반 이상 부유물질로 덮여 있었음
YW-12	모현면 습지	- 유입부 부근 산책로 공사가 진행되고 있었음 - 습지 내 식생 정리가 진행 중이었으며, 습지 내부에 물이 흐르지 않고 말라 있었음

제 2절 중점조사 대상 습지 조사 결과

1. 조사 개요

- 앞에서 언급한 바와 같이 중점조사 대상 습지는 길업습지, 마평습지, 금학천습지로 선정하였음
 - 길업습지 및 마평습지는 용인하수처리장의 처리수를 유입 원수로 하고 있으며 펌프 시설을 이용하여 길업 및 마평습지에 물이 공급됨
 - 따라서 습지 내 수 시료 채수를 위해서는 펌프시설 가동을 통해 유입원수의 공급이 선행되어야 하므로 수질조사 전에 용인시 및 시설관리자와 연락을 통해 일정을 확인하고, 미리 펌프를 가동시킨 후 적절한 시간 간격으로 유입수 및 유출수의 수 시료를 채수하여 현장 및 실내 분석을 통하여 수질항목을 측정하였음
 - 또한, 금학천습지는 하천에서 유입되므로 평시에도 유입되는 구조이지만, 본 연구에서는 강우에 의한 비점오염 평가가 목적이었으므로 강우 시 하천 유량이 증가한 시점에서 적절한 시간 간격으로 유입수 및 유출수의 수질을 평가하여 결과를 제시하였음

가. 길업습지

- 길업습지는 1차 및 2차 조사가 이루어졌고, 3차 조사는 펌프시설 수리에 따른 미가동으로 실시하지 못하였음
- 1차 조사 개요
 - 조사일시: 7월 7일 오전 8:00~12:00
 - 조사방법: 1시간 간격으로 총 4회 시료 채수, 유입수와 유출수 시간편차 30분 적용
 - 조사 시 특기사항
 - 길업습지의 경우에는 습지 중간부의 수질상태 변화를 확인하기 위하여 3개의 시료를 추가로 채수하였음
- 2차 조사 개요
 - 조사일시: 9월 15일 오전 10:30~14:00
 - 조사방법: 30분 간격으로 총 7개 시료 채수, 유입수와 유출수 시간편차 30분 적용

○ 조사 시 특기사항

- 습지 내 구성요소에 따른 수질적 변화 및 처리효율을 검토하기 위하여 습지 유입부, 습지 전, 중, 후와 습지 유출부 시료를 채수하여 기존의 유입, 유출수 외 3개의 시료를 추가로 채수하였음
- 이에 따른 조사지점은 아래의 [그림 22]에 제시하였음



[그림 22] 길엽습지 내에서 습지요소별 시료채취 지점

나. 마평습지

□ 마평습지의 조사는 총 3회 실시되었음

□ 1차 조사 개요

○ 조사일시: 7월 7일 8:00~12:00

○ 조사방법: 1시간 간격으로 총 4회 시료 채수, 유입수와 유출수 시간편차 30분 적용

○ 조사 시 특기사항

- 마평습지도 습지 중간부의 수질상태 변화를 파악하기 위하여 3개의 시료를 추가로 채수하였음

□ 2차 조사 개요

○ 조사일시: 9월 15일 10:30~14:00

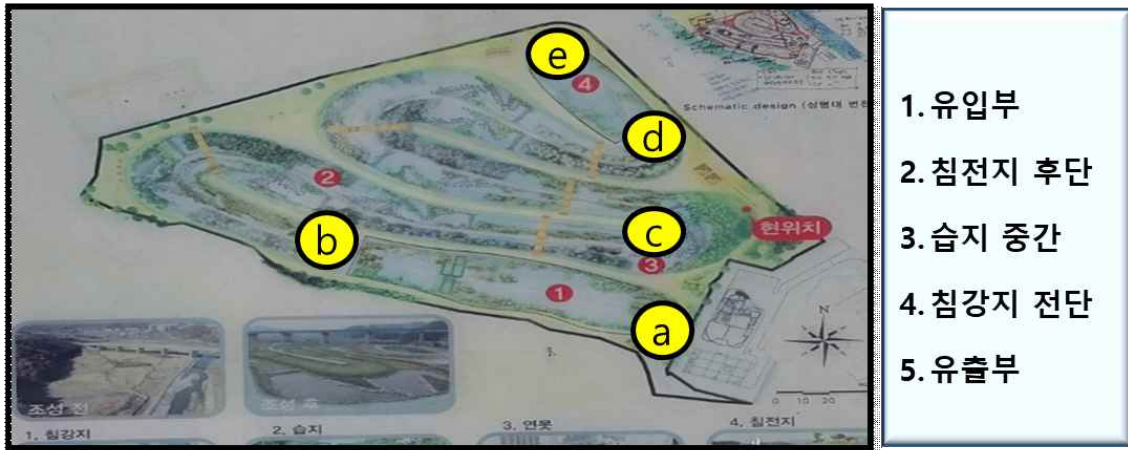
○ 조사방법: 30분 간격으로 총 7개 시료 채수, 유입수와 유출수 시간편차 30분 적용

○ 조사 시 특기사항

- 인공습지 내 구성요소에 따른 수질적 변화 및 처리효율을 검토하기 위하여 마평습지도 길엽습지와 마찬가지로 습지 유입부, 습지 전, 중, 후와 습지

유출부 시료를 채수하여 기존의 유입, 유출수 외 3개의 수 시료를 추가로 채수하였음

- 이에 따른 조사지점은 아래의 [그림 23]에 제시하였음



[그림 23] 마평습지 내에서 습지요소별 시료채취 지점

□ 3차 조사 개요

- 조사일시: 11월 27일 9:20~12:50
- 조사방법: 30분 간격으로 총 7개 시료 채수, 유입수와 유출수 시간편차 30분 적용
- 조사 시 특기사항
 - 습지 내 구성요소에 따른 수질적 변화 및 처리효율을 검토하기 위하여 앞서 2차 조사와 마찬가지로 유입부, 습지 전, 중, 후와 습지 유출부 시료를 채수하였음

다. 금학천습지

□ 금학천습지는 앞서 길업 및 마평습지와 다르게 강우 시 비점오염원이 유입된 금어천의 물을 유입원으로 하여 습지의 성능을 평가하고자 하였으며, 조사 연구와 관련된 구체적인 내용은 다음과 같음

□ 1차 조사 개요

- 조사일시: 7월 4일 오후 14:10 ~ 17:10시
- 조사방법

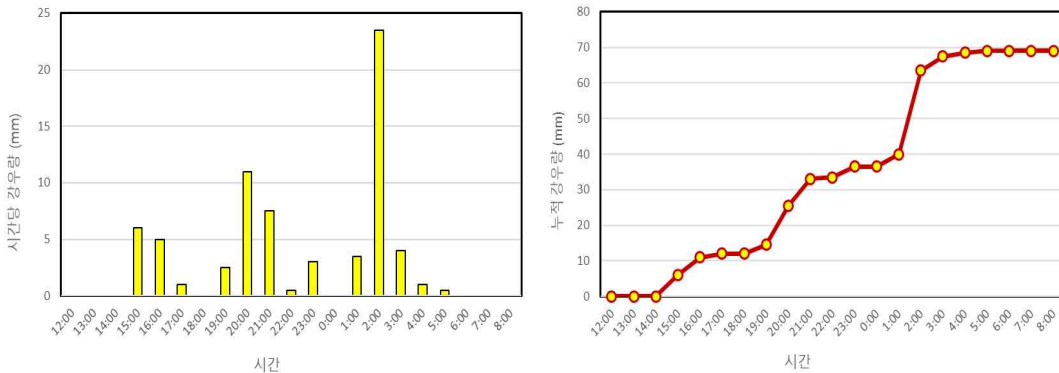
- 강우가 시작되고 30분 간격으로 유입수 및 유출수를 채수하여 분석
- 유입수와 유출수의 습지 내 체류에 따른 유출시간을 고려하여 유출수 시료는 유입수 대비 30분 후 채수

○ 조사 시 특기사항

- 현장에 도착하여 강우 전 시료를 채수한 후 강우시 조사를 실시하였음
- 금학천습지의 경우에는 지속적인 유입 및 유출이 발생하고 있었으며, 강우 후 30분 간격으로 시료 6개씩 채수하여 분석하였음

○ 조사 시 강우특성

- 조사지점의 강우 특성은 용인시 처인역삼 관측소의 자료를 활용하였음
- 강우는 7월 4일 15시경 시작되었으며, 가장 강우강도가 강했던 시간은 7월 5일 새벽 2시의 23.5 mm로 조사되었음
- 또한 이틀간에 걸쳐 내린 누적 총강우량은 총 69 mm이었던 것으로 조사됨

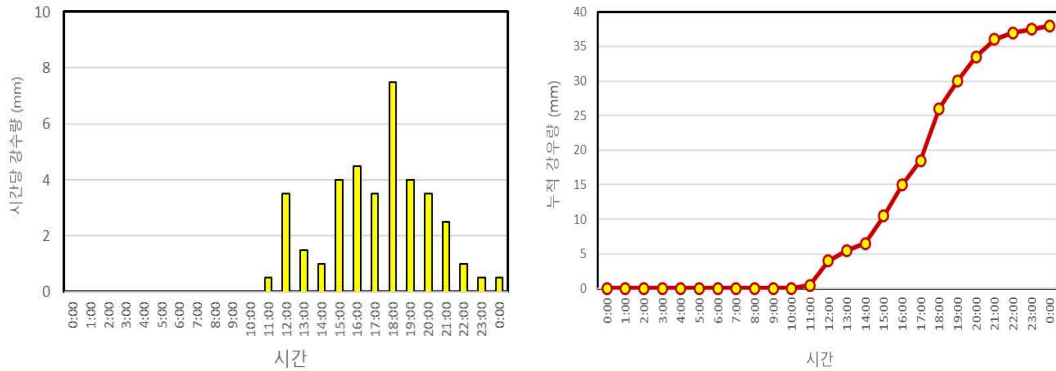


[그림 24] 금학천습지 1차 조사 시 시간당 강우량 및 누적 강우량 곡선

□ 2차 조사 개요

- 조사일시: 9월 13일 오후 13:20 ~ 17:20
- 조사방법: 도착 시 강우가 일부 시작된 시점으로 조사 시작
 - 조사는 강우가 시작되고 30분 간격으로 유입수 및 유출수를 채수하여 분석하였음
 - 유입수와 유출수의 습지 내 체류에 따른 유출시간을 고려하여 유출수 시료는 유입수 대비 30분 후 채수
- 조사 시 강우특성
 - 조사지점의 강우 특성은 용인시 처인역삼 관측소의 자료를 활용하였음

- 강우는 9월 13일 오전 11시부터 시작되었고, 조사를 시작한 시점에서는 약간 강우강도가 감소하였으나 오후 3시부터 강우강도가 3.5 mm/hr 이상으로 세지기 시작함
- 내린 총 강우량은 최종적으로 38 mm인 것으로 조사됨



[그림 25] 금학천습지 2차 조사 시 시간당 강우량 및 누적 강우량 곡선

2. 습지별 수질조사 결과

가. 길업습지

- 길업습지 수질조사는 2차에 걸쳐 실시되었고, 조사항목은 기본 항목으로 수온 pH, EC, DO이며, 수질오염 관련 항목으로는 SS, BOD, TOC, T-N, T-P 5개 항목이었음
- 기본 항목의 경우 경시변화의 의미가 크지 않기 때문에 평균값으로 산정하여 제시하였고, 오염항목에 대해서는 시간대별 경시변화로 나타내었음

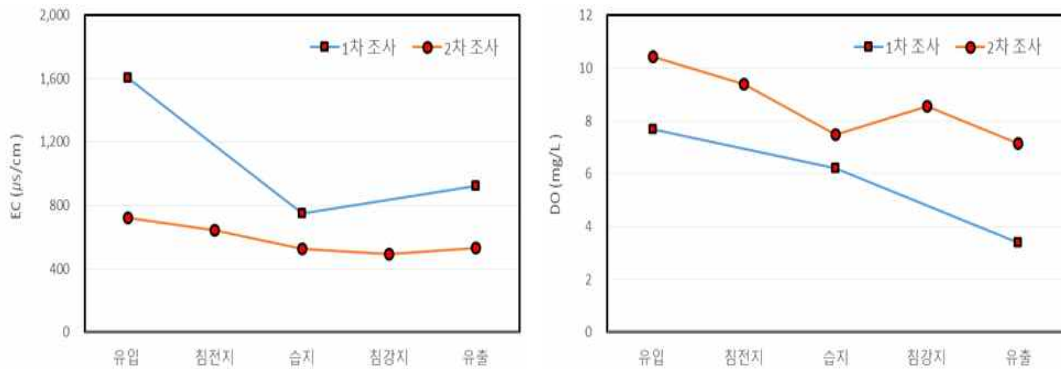
1) 기본 항목에 대한 분석결과

- 길업습지 내 수온의 범위는 1차 조사에서 22.1 ~ 25.0℃의 범위였으며, 유입과 유출의 평균 수온은 각각 22.4℃와 24.4℃로 조사됨
 - 2차 조사 시에는 수온 센서의 이상으로 측정하지 못하였음
- pH의 경우에는 전체 평균값으로 1차 조사에서 유입수 7.3, 유출수 7.2 이었으며, 2차 조사에서는 유입이 7.7, 유출이 7.5로 습지를 거치면서 미세하지만 감소하는 경향을 보였음

- 1차 조사 시, EC 값은 유입수 평균이 1,601 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 높은 값을 보였고, 이에 따른 유출은 922 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 다소 낮아진 것으로 조사됨
 - 2차 조사에서는 유입 및 유출수 EC 값이 각각 730 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 528 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 의 값을 보여 1차 조사 시 보다는 낮은 값을 보였음
 - 본 인공습지는 용인하수처리장에서 처리된 물을 유입원수로 하고 있기 때문에 하수처리수 특성에 따라 높은 EC 값을 보였지만, 인공습지를 거치면서 EC 값이 점차 낮아진 것으로 조사됨
 - 1차 조사 및 2차 조사에서 습지부의 중간지점에서 측정한 결과를 도시하여 나타낸 [그림 26]의 왼쪽 그림을 보면, 습지 내에서 점차 저감되어 가는 것을 볼 수 있음
- 길업습지에서 DO의 전체 평균 농도는 1차 조사에서 유입수 7.7 mg/L, 유출수 3.4 mg/L로, 2차 조사에서는 유입수 10.2 mg/L, 유출수 7.5 mg/L로 조사되어 습지에서 DO 농도가 저감되는 것으로 나타남
 - 이와 같은 결과에 대한 명확한 원인은 현재 언급하기 어렵지만, 습지 내에서 생물학적 작용에 의하여 수중의 용존산소가 감소된 것으로 사료됨
 - 특히 유출부에서 DO 농도가 현저하게 감소된 것은 유출 전 침전조의 역할을 하는 연못에서 물이 정체되어 DO 농도가 낮아진 것으로 판단됨
 - 습지 내에서의 DO 농도 변화는 [그림 26]의 오른쪽 그림에 제시하였음

[표 82] 길업습지의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값

차수	구분	수온 (°C)	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DO (mg/L)
1차 조사 (7월 7일)	유입수	22.4	7.3	1,601	7.7
	유출수	24.4	7.2	922	3.4
2차 조사 (9월 15일)	유입수	-	7.7	730	10.2
	유출수	-	7.5	528	7.5

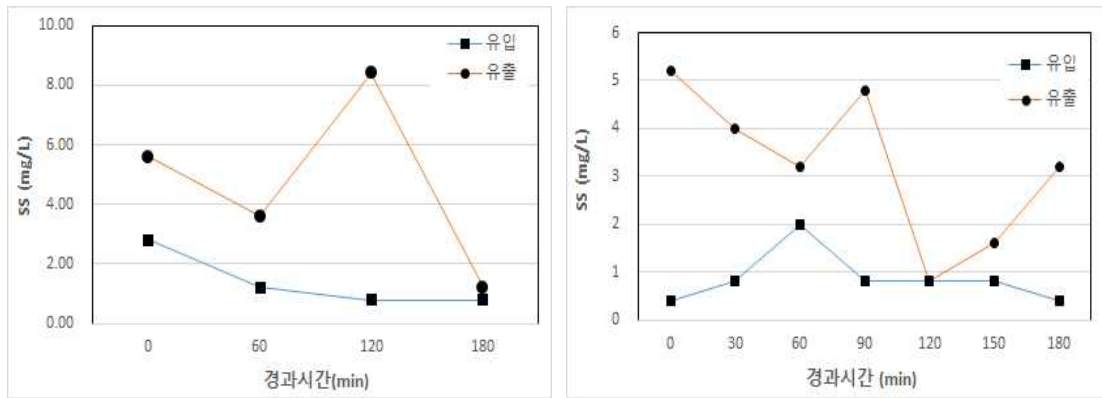


[그림 26] 1차 및 2차 조사에서 길업습지 내 구간별 EC 값 및 DO 농도의 변화

2) 오염항목별 수질분석 결과

가) SS

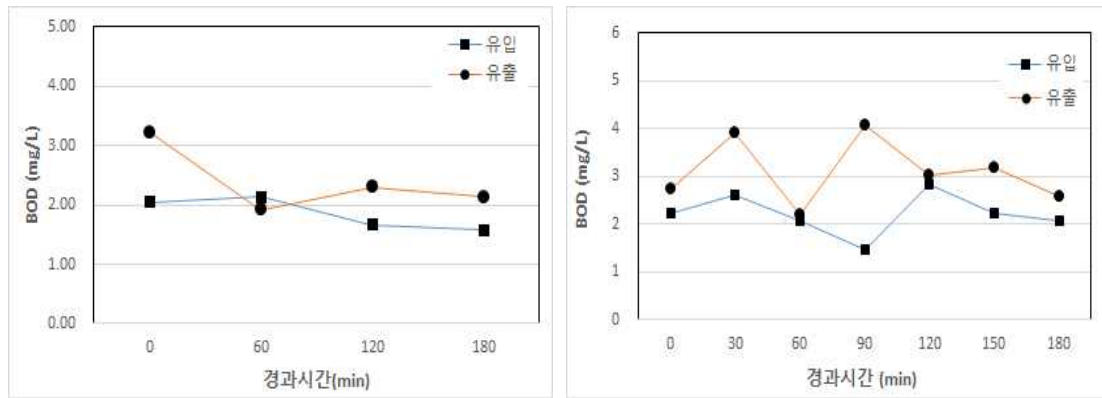
- 1차 조사에서 SS의 유입수 농도는 큰 변동성 없이 점차적으로 감소하는 경향을 보인 반면, 2차 조사에서는 60분에 2.0 mg/L로 증가한 것을 제외하면 모두 1 mg/L 이하인 것으로 조사됨
 - 이에 따른 유입수의 SS 농도범위는 1차 조사에서 0.8 ~ 2.8 mg/L, 2차 조사에서 0.4 ~ 2.0 mg/L로 나타났으며, 전체 평균농도는 각각 1.4 mg/L, 0.9 mg/L로 조사되었음
 - 1차 및 2차 조사에서 유출수 농도는 유입수 농도에 비하여 변동성이 컸으며, 각 농도범위는 1.2 ~ 8.4 mg/L 및 0.8 ~ 5.2 mg/L인 것으로 조사되었고, 평균농도는 각각 4.7 mg/L, 3.3 mg/L로 나타남
- 결과적으로 SS 농도는 1차 및 2차 모두 유입수 대비 유출수 농도가 크게 증가한 것으로 나타났음
 - 이와 같이 길업습지의 경우 습지를 거치면서 유입수보다 유출수의 농도가 높아진 것은 하수처리수가 유입수로 유입되었기 때문인 것으로 사료됨
 - 하수처리수의 경우 공정상 여과작용을 거쳐 SS성 입자물질을 대부분 제거하고 낮은 농도로 유입되기 때문에 습지의 여과작용이나 침전작용 등 SS성 입자물질을 제거하는 기작의 역할이 크게 작용하지 못하였고, 더욱이 습지 내 성장하는 식생의 부스러기나 내부에서 생성된 입자물질이 유출수에 포함되는 경우가 많아 SS 농도가 증가한 것으로 사료됨



[그림 27] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 SS 농도 경시변화

나) BOD

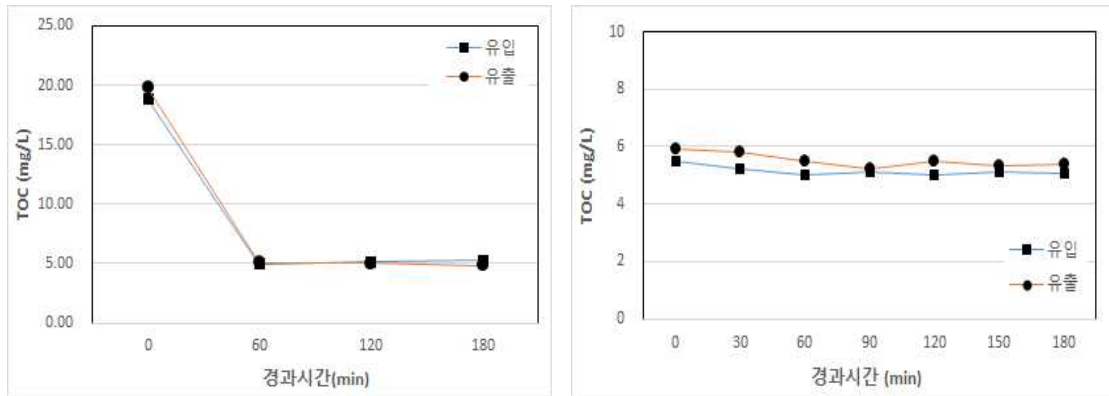
- BOD도 SS와 마찬가지로 유입수보다 유출수의 농도가 더 높았던 것으로 조사됨
 - 유입수의 BOD 농도범위는 1차 조사에서 1.6 ~ 2.1 mg/L의 범위에 평균 1.9 mg/L였으며, 2차 조사에서는 1.5 ~ 2.8 mg/L의 범위에 평균 2.2 mg/L로 조사됨
 - 이에 따른 유출수 농도는 1차 조사에서 1.9 ~ 3.2 mg/L 범위에 평균 2.4 mg/L, 2차 조사에서 2.2 ~ 4.1 mg/L 범위에 평균 3.1 mg/L로 나타나 유입수 대비 유출수 농도가 높아진 것으로 조사됨
 - 결과적으로 BOD는 유입수 대비 유출수 평균농도가 1차 조사에서 약 1.3배, 2차 조사에서 약 1.4배 증가한 것으로 나타남
- 이와 같은 결과는 유출수 중 SS 농도의 영향도 있었을 것으로 판단됨
 - 하수처리수인 유입수에는 SS성 BOD 물질이 거의 없었을 것으로 사료되므로 용존성 유기물이 대부분이고, 습지의 경우 용존성 유기물은 생물작용 등에 의해 제거가 가능하지만 길업습지를 통과하는 과정에서 증가된 SS물질에는 BOD성 물질도 포함되어 있었기 때문에 증가한 것으로 사료됨
 - 이에 대한 자세한 원인 파악을 위해서는 보다 세부적인 연구를 통하여 검토될 필요가 있을 것으로 판단됨



[그림 28] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 BOD 농도 경시변화

다) TOC

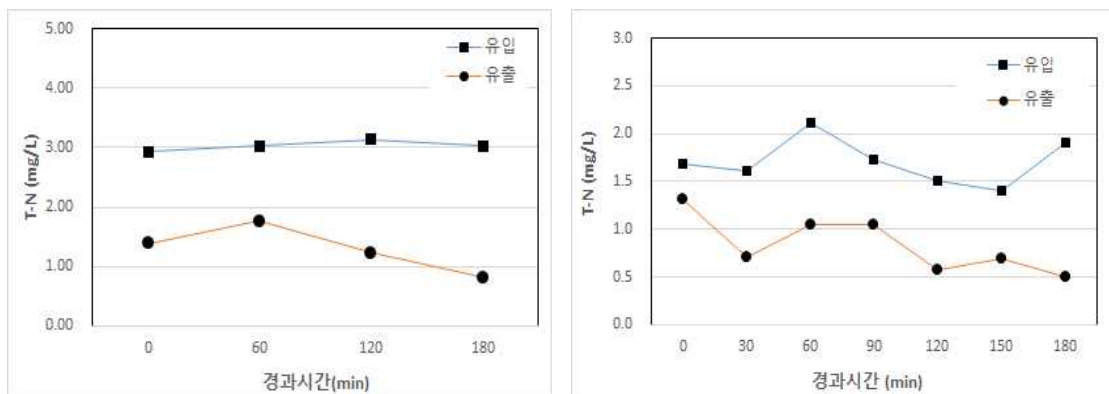
- TOC 농도는 1차 조사 시 유입수 및 유출수의 농도범위는 각각 4.9 ~ 18.8 mg/L, 4.9 ~ 19.8 mg/L로 나타났으며, 이에 따른 각 평균농도는 8.6 mg/L, 8.7 mg/L인 것으로 조사되어 유출수의 농도가 조금 높았던 것으로 조사되었음
 - 특히 1차 조사에서는 첫 번째 시료의 TOC 농도가 타 시료의 농도보다 크게 높아 전반적으로 평균농도를 크게 높인 것으로 사료됨
- 2차 조사의 경우, 유입수 농도범위와 평균농도는 각각 5.0 ~ 5.5 mg/L, 5.2 mg/L로 나타났고, 유출수는 농도범위 및 평균농도가 각각 5.3 ~ 5.9 mg/L, 5.5 mg/L로 조사되었음
 - 2차 조사의 결과는 1차 조사와 비교해 농도범위가 비교적 일정한 것으로 나타났고, 평균농도는 크게 낮았음
- 앞서 SS 및 BOD의 경우에는 인공습지를 거치면서 대체로 농도가 높아지는 경향을 보였지만, TOC 농도는 유입수와 유출수의 평균농도가 큰 차이를 보이지 않았음
 - 이는 인공습지 내에서 BOD 유발물질이 생성될 수 있지만, TOC를 증가시키는 난분해성 물질의 생성이 크지 않았기 때문으로 사료됨



[그림 29] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 TOC 농도 경시변화

라) T-N

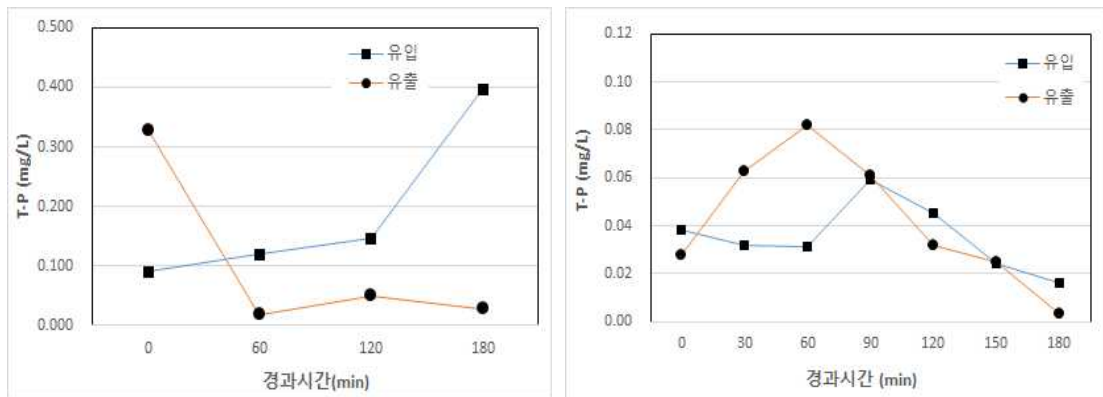
- 1차 조사에서의 T-N 농도는 유입수 농도 범위가 2.93 ~ 3.14 mg/L, 유출수 농도 범위가 0.81 ~ 1.76 mg/L로 조사되었음
- 또한 2차 조사에서의 유입수 농도 범위는 1.40 ~ 2.12 mg/L, 유출수 농도 범위가 0.51 ~ 1.32 mg/L로 조사되었음
- 이에 따른 1차 조사의 유입수 및 유출수의 평균농도는 각각 3.03 mg/L, 1.30 mg/L에 처리효율이 57.2%, 2차 조사의 유입수 및 유출수의 평균농도는 각각 1.71 mg/L, 0.84 mg/L로 처리효율이 50.7%로 조사되어 1차 및 2차 모두 50% 이상의 처리효율을 보였음
- 기존 연구에서도 T-N과 같은 영양물질에 대해서는 습지의 처리효율이 상대적으로 높게 나타난다는 보고가 있었으며, 본 길업습지도 영양물질의 처리에 있어서 유용한 시설인 것으로 판단됨



[그림 30] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 T-N 농도 경시변화

마) T-P

- 1차 조사 시 T-P의 유입농도는 0.090 ~ 0.396 mg/L의 범위에 평균농도는 0.188 mg/L로 조사되었고, 유출수 농도는 0.018 ~ 0.328 mg/L의 범위에 평균농도 0.106 mg/L로 나타났음
- 또한, 2차 조사 시 T-P의 유입농도는 0.016 ~ 0.059 mg/L의 범위에 평균농도는 0.035 mg/L로 조사되었고, 유출수 농도는 0.003 ~ 0.082 mg/L의 범위에 평균농도 0.042 mg/L로 나타났음
- 이에 따라 처리효율을 산정해 보면, 1차 조사에서는 43.6%, 2차 조사에서는 -20.0%로 나타나 완전히 대비되는 결과를 보였음
- 이와 같은 조사결과에 대해서, 2차 조사의 유입농도가 1차 조사와 비교하여 상대적으로 낮았던 점과 유출수 농도의 30분, 60분, 90분 농도가 각각 0.063 mg/L, 0.082 mg/L, 0.061 mg/L로 높게 나타났기 때문으로 사료됨
- 현 시점에서 이에 대한 정확한 원인을 특정하기는 어렵고 결과만으로 볼 때, 인공습지에서 T-N에 비해 T-P의 처리효과는 다소 떨어지는 것으로 판단됨



[그림 31] 1차(좌) 및 2차(우) 조사에서 길업습지의 T-P 농도 경시변화

나. 마평습지

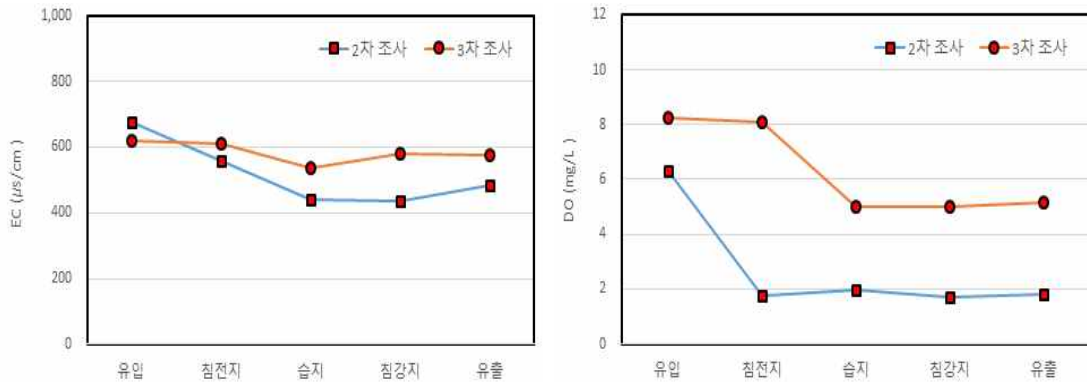
- 마평습지 역시 길업습지와 같은 항목 및 방법으로 분석하였으며, 그에 대한 결과 역시 같은 방식으로 제시하였음
- 다만, 마평습지는 길업습지에 비하여 11월 27일 1회 추가하여 현장 수질조사가 진행되어 총 3회 측정되었음

1) 기본 항목에 대한 분석결과

- 마평습지 내에서 수질과 관련된 기본항목의 결과를 보면, 수온 및 pH는 유입수와 유출수의 값이 큰 차이를 보이지 않았음
 - 1차 조사에서 유입수 및 유출수의 수온은 각각 평균 27.0°C와 28.1°C로 나타났고, 2차에서는 각각 23.3°C, 21.9°C, 3차 조사에서는 각각 14.0°C, 5.3°C로 나타났음
 - 1차 조사 및 2차 조사에서는 유입수와 유출수의 수온 차가 크지 않았지만, 3차에서는 유입수 대비 유출수 수온이 크게 떨어진 것으로 조사되었음
 - 이는 유입수가 하수처리수라는 점과 3차 조사 시기가 11월 말인 관계로 대기 중 기온이 크게 낮아지면서 이에 따른 영향을 받았기 때문으로 판단됨
 - 또한, pH의 경우에는, 1차 및 2차 조사에서 유입수와 유출수가 각각 7.1, 6.9로 같은 값을 보였고, 3차 조사에서 유입수, 유출수 모두 7.2로 같은 값을 보여 큰 차이가 없었음
- 마평습지에서 EC 값에 대한 유입수 및 유출수의 평균값은 1차 조사에서 각각 1,534 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 1,264 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 길업습지와 마찬가지로 높은 값을 보였고, 습지를 거치면서 일부 낮아지는 것으로 조사됨
 - 또한 2차 조사에서는 유입수 및 유출수의 EC 값이 각각 678 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 483 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 나타났고, 3차 조사에서는 각각 619 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 574 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 으로 나타나 모두 1차 조사 시보다는 낮았던 것으로 조사됨
 - 습지 내에서의 EC 농도변화를 관찰하기 위하여 지점별로 평가한 결과에서는 전반적으로 감소하는 경향을 보이기는 하였지만, 기온의 감소 때문인지 3차 조사에서 감소율이 크지 않은 것을 볼 수 있었음
- 마평습지에서의 DO 농도는 1차 조사에서 유입 및 유출수 농도가 각각 7.2 mg/L, 3.7 mg/L, 2차 조사에서 각각 6.3 mg/L, 1.8 mg/L, 3차 조사에서 각각 8.2 mg/L, 5.1 mg/L로 나타났음
 - 전반적으로 습지를 거치면서 DO 농도는 감소되는 일관적인 결과를 보여 습지 내 생물반응에 따른 용존산소 감소의 결과로 판단됨
 - 다만, 1차 및 2차에 비하여 3차에서 감소 폭이 작아진 것은 기온에 따른 생물 활성이 감소하여 나타나는 결과로 판단됨
 - 습지 내에서 DO의 변동 특성을 보기위해 구간별 조사한 결과에서는 3차 조사 시 침전지에서 감소율이 크지 않은 것으로 나타났고, 전반적으로 2차 조사보다 감소율이 낮은 것을 볼 수 있었음

[표 83] 마평습지에서 1차, 2차, 3차 조사의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값

차수	구분	수온 (°C)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
1차 조사 (7월 7일)	유입수	27.0	7.1	1,534	7.2
	유출수	28.1	6.9	1,264	3.7
2차 조사 (9월 15일)	유입수	23.3	7.1	678	6.3
	유출수	21.9	6.9	483	1.8
3차 조사 (11월 27일)	유입수	14.0	7.2	619	8.2
	유출수	5.3	7.2	574	5.1



[그림 32] 2차 및 3차 조사에서 마평습지 내 구간별 EC 값 및 DO 농도의 변화

2) 오염항목별 수질분석 결과

가) SS

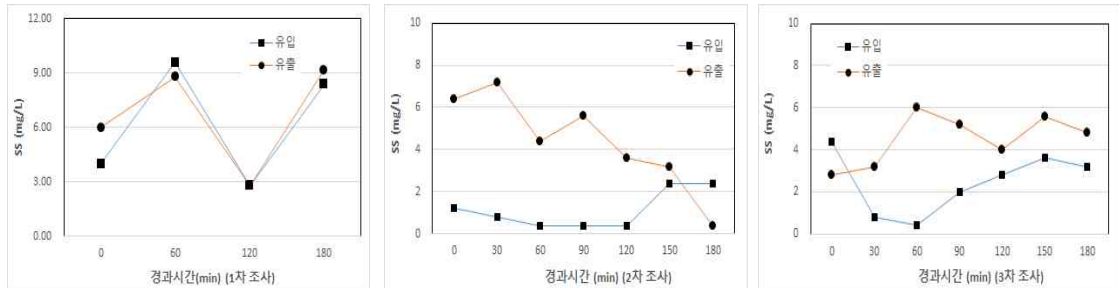
□ SS의 유입수 및 유출수의 농도범위는 1차 조사에서 각각 2.8 ~ 9.6 mg/L, 2.8 ~ 9.2 mg/L, 2차 조사에서 각각 0.4 ~ 2.4 mg/L, 0.4 ~ 7.2 mg/L, 3차 조사에서 각각 0.4 ~ 4.4 mg/L, 2.8 ~ 6.0 mg/L 이었으며, 평균농도는 1차 조사에서 유입수 및 유출수가 각각 6.2 mg/L, 6.7 mg/L, 2차 조사에서 각각 1.1 mg/L, 4.4 mg/L, 3차 조사에서 각각 2.5 mg/L, 4.5 mg/L인 것으로 나타났음

○ 이에 따른 1차 및 2차, 3차의 평균 처리효율은 각각 -8.1%, -285% -83.7%로 조사되어 모두 음의 처리효율을 보였음

○ 또한, 차수별 조사에서 유입농도가 가장 낮았던 2차 조사에서 음의 처리효율이 가장 높았던 것으로 나타났고, 유입농도가 가장 높았던 1차 조사에서 음의 처리효율 값이 가장 낮았던 것으로 조사되었음

□ 결과적으로 인공습지는 유입농도의 영향을 받으며, 하수처리수 같이 낮은 SS

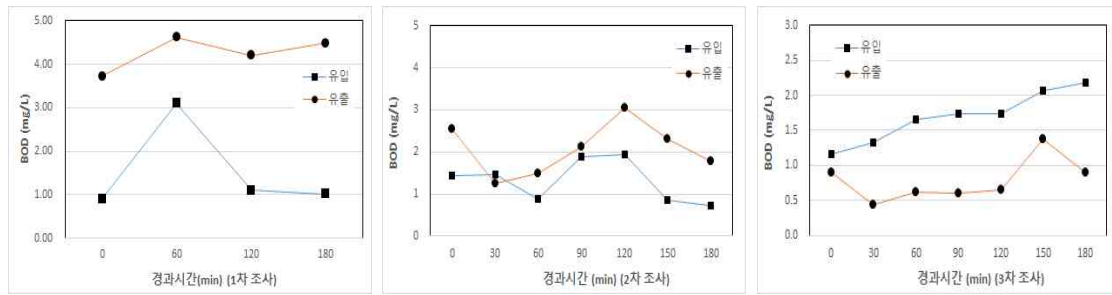
농도가 유입되는 경우 현재의 인공습지 구조로는 SS에 대한 양의 처리효율을 기대하기 어려울 것으로 사료됨



[그림 33] 각 차수별 마평습지의 SS 농도 경시변화

나) BOD

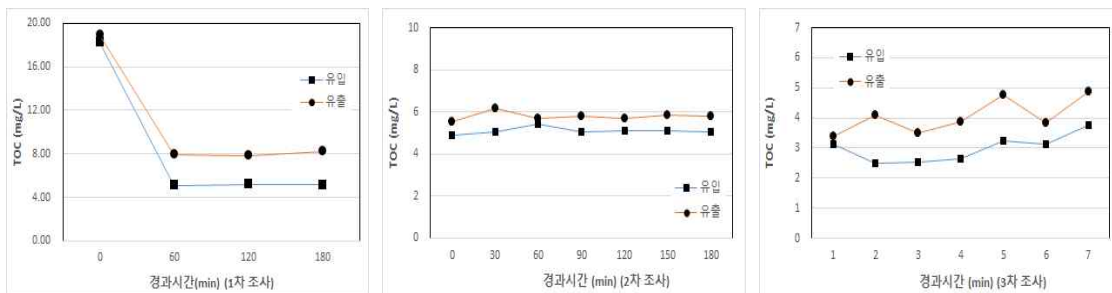
- BOD의 유입수 농도는 1차 조사에서 0.9 ~ 3.1 mg/L의 범위에 평균 1.5 mg/L인 것으로 나타났고, 2차 조사에서는 0.7 ~ 1.9 mg/L의 범위에 평균 1.3 mg/L, 3차 조사에서는 1.2 ~ 2.2 mg/L의 범위에 평균 1.7 mg/L로 조사되었음
- 이에 따른 유출수의 농도는 1차 조사에서 3.7 ~ 4.6 mg/L의 범위에 평균 4.3 mg/L, 2차 조사에서 1.3 ~ 3.1 mg/L의 범위에 평균 2.1 mg/L, 3차 조사에서 0.4 ~ 1.4 mg/L의 범위에 평균 0.8 mg/L인 것으로 조사되었음
- 각 차수별 처리효율을 보면, 1차 조사에서 -178%, 2차 조사에서 -58.4%, 3차 조사에서 53.6%로 조사되었음
- 결과적으로 1차 및 2차 조사에서는 음의 처리효율을 보인 반면, 3차 조사에서의 양의 처리효율을 보였음
- 3차 조사 시 습지 유입수의 수온이 낮았던 점을 고려할 때 생물학적 반응에 따른 저감에는 한계가 있었을 것으로 판단되고, SS 농도도 1차 및 2차에 비하여 높았다는 점을 고려할 때 BOD 처리효율이 양의 결과를 보인 부분에 대해서는 정확한 설명이 어려운 부분임



[그림 34] 각 차수별 마평습지의 BOD 농도 경시변화

다) TOC

- TOC 농도는 1차 조사에서 유입 및 유출수 농도범위가 각각 5.1 ~ 18.3 mg/L, 7.9 ~ 18.9 mg/L이었으며, 각각의 평균은 8.4 mg/L와 10.8 mg/L로 -27.8%의 처리효율을 보였음
- 2차 조사에서는 유입수 평균농도가 5.1 mg/L, 유출수 평균농도가 5.8 mg/L로 -13.5%, 3차 조사에서는 유입수 및 유출수 평균농도가 각각 3.0 mg/L, 4.1 mg/L로 -35.7%의 처리효율을 보여 모두 음의 처리효율인 것으로 나타났음
- 결과적으로 마평습지의 TOC 농도는 습지를 거치면서 증가하였으며, 이는 길업습지와 마찬가지로 결과로 TOC 항목은 습지를 거치면서 처리되기 어렵다는 사실을 시사함

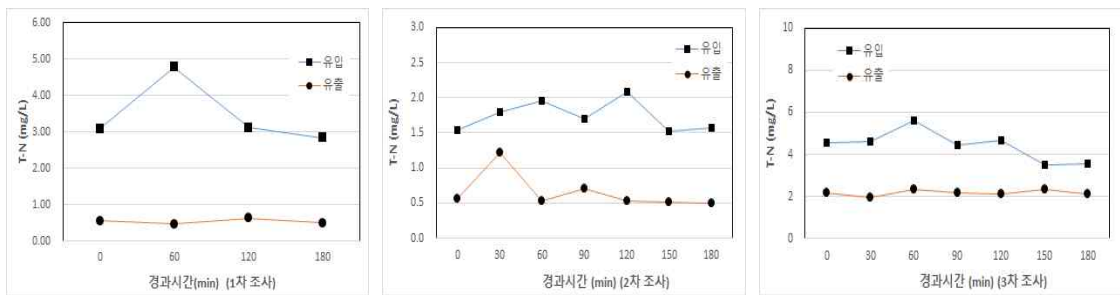


[그림 35] 각 차수별 마평습지의 TOC 농도 경시변화

라) T-N

- 마평습지에서의 1차 조사 시 유입수 및 유출수의 T-N 농도는 각각 2.83 ~ 4.77 mg/L, 0.46 ~ 0.62 mg/L의 범위에 각각 평균농도는 3.45 mg/L, 0.53 mg/L인 것으로 조사되었음
- 또한, 2차 조사에서는 유입수 및 유출수의 T-N 농도가 각각 1.52 ~ 2.08 mg/L, 0.49 ~ 1.22 mg/L의 범위에 평균농도가 각각 1.74 mg/L, 0.65 mg/L

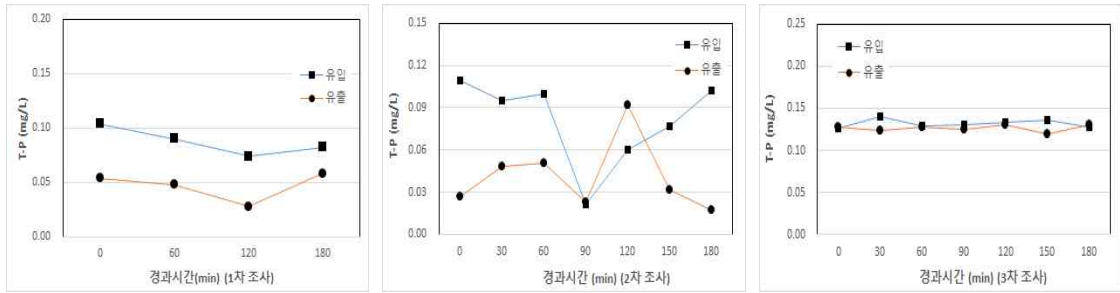
- 이였으며, 3차 조사에서는 유입수 및 유출수가 각각 3.52 ~ 5.62 mg/L, 1.93 ~ 2.32 mg/L의 범위에 평균농도가 각각 4.41 mg/L, 2.17 mg/L인 것으로 나타남
- 3차 조사에서 유입수의 T-N 농도가 높아진 것은 기온의 저하로 인해 수온이 낮아졌기 때문에 하수처리수 농도에 영향을 받은 것으로 보이지만, 전반적으로 처리효율은 높은 상태를 유지한 것으로 조사됨
 - 1차 및 2차, 3차 조사에서 각 평균 처리효율은 각각 84.5%, 62.3%, 50.8%로 점차 감소한 것으로 조사되었으며, 이는 인공습지 내 수온이 감소함에 따라 영향을 받은 것으로 사료됨



[그림 36] 각 차수별 마평습지의 T-N 농도 경시변화

마) T-P

- T-P에 대한 유입농도 범위는 각 차수별로 1차 0.074 ~ 0.104 mg/L, 2차 0.021 ~ 0.109 mg/L, 3차 0.126 ~ 0.140 mg/L 이였으며, 유출농도 범위는 각 차수별로 1차 0.028 ~ 0.058 mg/L, 2차 0.017 ~ 0.092 mg/L, 3차 0.119 ~ 0.130 mg/L인 것으로 조사되었음
- 이에 따른 차수별 유입 및 유출수의 평균농도는 1차 각각 0.088 mg/L, 0.047 mg/L, 2차 각각 0.081 mg/L, 0.041 mg/L, 3차 각각 0.132 mg/L, 0.126 mg/L인 것으로 조사되어, 각 차수별 처리효율은 1차 46.3%, 2차 48.6%, 3차 4.1%인 것으로 나타났음
- 마평습지에서의 T-P는 T-N과 마찬가지로 수온이 감소함에 따라 효율이 떨어지는 것으로 나타났고, 특히 유출수 평균 수온이 5.3°C로 가장 낮았던 3차 조사에서는 거의 처리가 안되는 것으로 조사되었음
- 수중 영양물질의 처리는 습지 내 미생물 작용에 의한 영향을 많이 받기 때문에 수온이 낮아짐에 따라 미생물의 활성도가 떨어지게 되고, 이로 인해 영양물질의 정화효과가 감소한 것으로 사료됨



[그림 37] 각 차수별 마평습지의 T-P 농도 경시변화

다. 금학천습지

- 앞서 제시된 길업습지 및 마평습지는 용인하수처리장에서 처리된 물이 펌핑되어 유입되는데 반해, 금학천습지는 평시에 금학천의 일반 하천수가 유입되며, 강우 시에는 주변 지역의 표면 강우유출수가 같이 유입되어 비점오염원 처리목적의 습지로서 역할을 담당하고 있는 인공습지임
 - 금학천습지는 금학천 내 물을 상류 돌 여울 형태의 지점에서 유도수로를 통해 분류되어 흐른 후 관수로로 중계되어 습지로 유입되는 구조이며, 금학천습지를 거쳐 유입원수를 처리한 후 경안천에 방류하고 있음
- 따라서 분석 항목 및 방법은 앞서 길업습지 및 마평습지와 동일하지만, 수질 분석을 위한 수 시료의 채수는 강우 시에 실시하였음
 - 이는 초기 비점오염원으로 인해 오염된 하천수에 대한 처리효과를 평가하기 위한 것임
 - 즉, 초기우수 유입에 따른 하천수 유량 및 농도가 증가한 시점에서 본 인공습지의 처리효과를 검토하기 위한 것임
 - 이에 본 금학천습지의 수질조사는 강우사상이 있던 7월 4일 및 9월 13일에 실시하였으며, 일정 시간 간격으로 수 시료를 채수하여 분석을 실시하였음

1) 기본 항목에 대한 분석결과

- 먼저 금학천습지의 수온은 강우 전 및 후의 유입수와 유출수의 값에 큰 차이를 보이지 않았음
 - 1차 조사에서 유입수 및 유출수의 평균 수온 값은 각각 25.0℃와 25.1℃로 조사되었고, 2차 조사에서는 유입수 및 유출수 모두 22.4℃로 같았음
- 유입수 및 유출수 평균 pH 값은 1차 조사에서 각각 8.2, 7.4, 2차 조사에서 각각

7.8, 7.4로 습지를 거치면서 감소하는 경향을 보였음

- 특히 1차 조사에서 유입수 pH가 8.2로 크게 높았는데, 이는 하천의 구조적 문제이거나 유입수 특성에 따른 결과로 사료됨
 - 즉, 금학천으로부터 인공습지로 유입수를 안정적으로 유도하기 위해서는 일정 수심이 유지되어야 하므로 물이 고여 있는 과정에서 pH가 증가될 수 있음
 - 또는 하천으로 유입되는 물 자체의 pH가 높아 나타나는 현상일 수도 있음
- 금학천습지의 유입수 및 유출수의 평균 EC 값은 1차 조사에서 각각 338 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 479 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 2차 조사에서 각각 251 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 427 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 인 것으로 조사되었음
- 결과적으로 금학천습지는 유입수 대비 유출수의 EC 값이 높았던 것으로 나타나 습지를 거치면서 이온성 물질의 농도가 증가한 것으로 조사됨
- 앞서 길업습지 및 마평습지는 유입수가 하수처리수인 관계로 높은 EC 값을 보였으며 습지를 거치면서 감소하였으나, 금학천습지는 반대의 경향을 보였음
- 마지막으로 DO 평균농도는 1차 조사에서 유입수 6.8 mg/L에서 유출수 3.9 mg/L로 크게 감소하였으나, 2차 조사에서는 유입수 평균농도 9.7 mg/L에서 유출수 평균농도 10.5 mg/L로 오히려 증가하였음

[표 84] 금학천습지의 지점별 각 측정항목에 대한 평균값

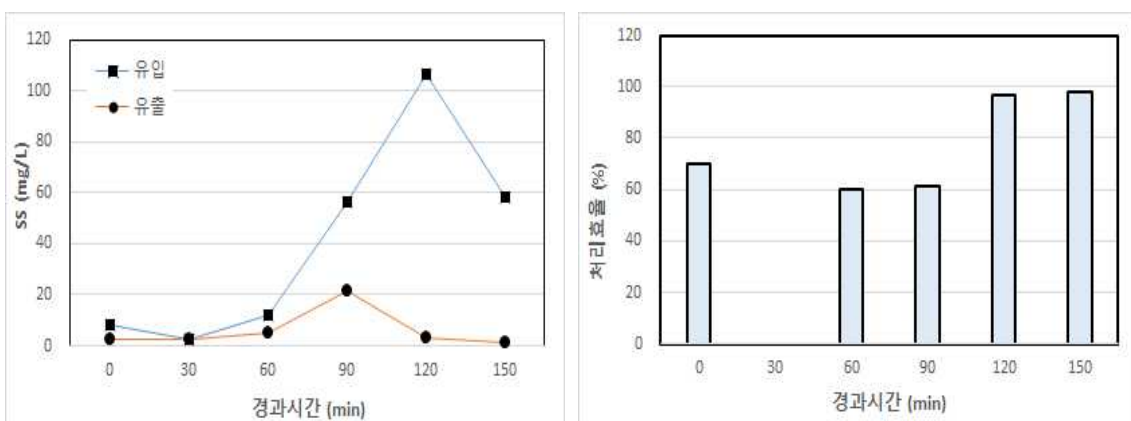
차수	구분	수온 (°C)	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	DO (mg/L)
1차 조사 (7월 4일)	유입수	25.0	8.2	338	6.8
	유출수	25.1	7.4	479	3.9
2차 조사 (9월 13일)	유입수	22.4	7.8	251	9.7
	유출수	22.4	7.4	427	10.5

2) 오염항목별 수질분석 결과

가) SS

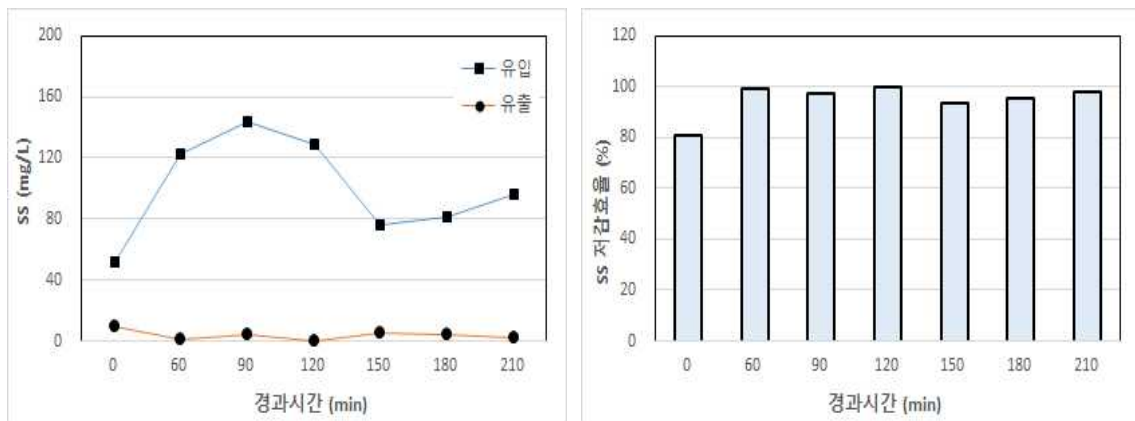
- 1차 조사 시에는 강우에 따른 유입수의 SS 농도가 초기에 크게 증가하지 않았는데 이는 강우강도의 영향 및 유달특성에 따른 영향으로 판단되고, 이후 시간이 지나면서 유입수의 농도가 크게 증가하는 것으로 나타났음
- 유입수의 SS 농도 범위는 2.4 ~ 106.4 mg/L로 큰 변동성을 보였으며, 평균 유입농도는 40.6 mg/L로 조사되었음

- 경시변화로 보면, 강우 후 30분이 경과한 시점에서 2.4 mg/L로 가장 낮았고, 2시간이 경과한 시점에서 가장 높은 106.4 mg/L의 농도를 보였음
- 이에 따른 유출수의 농도변화는 유입수와 달리 변동 폭이 크지 않았음
 - 유출수의 농도는 1.2 ~ 21.8 mg/L의 범위를 보였으며, 평균적으로 6.0 mg/L인 것으로 조사되었음
 - 유출수의 SS 농도에서 90분 시료의 농도가 21.8 mg/L의 농도로 타 농도에 비해 크게 높았으며, 이로 인해 평균농도가 크게 상승한 것으로 판단됨
- 유입수 및 유출수의 평균농도를 토대로 평균 처리효율을 산정해 보면, 85.3%인 것으로 조사되어, 앞서 제시된 길업습지 및 마평습지의 결과와 비교할 때 매우 높은 처리효율을 보였음
- 이와 같은 결과는 유입수의 영향 때문인 것으로 판단됨
 - 즉, 하수처리수의 경우에는 SS성 물질이 거의 대부분 제거된 후 유입되기 때문에 미세 입자물질에 대한 처리기작이 없는 인공습지에서는 유입 농도가 유지되거나 내부에서 생성된 입자성 물질이 같이 유출되어 오히려 농도가 증가한 것으로 판단됨
 - 반면에 하천수가 유입되는 습지는 강우 시 비점오염의 형태로 주변 토사 및 협잡물이 다량 하천수에 유입되어 유입농도가 높아지고 이들 물질이 습지 내에서 침전, 여과 등 다양한 기작에 의해 제거됨으로써 처리효율이 높아진 것으로 판단됨
 - 실제 결과를 보면, 하천수의 SS 농도가 높지 않았던 강우 초기에는 유입수 대비 유출수의 농도도 크게 낮아지지 않았음



[그림 38] 금학천습지 1차 조사 시 SS 농도 및 처리효율의 경시변화

- 2차 조사에서는 유입수 및 유출수의 SS 농도 범위가 각각 51.6 ~ 143.6 mg/L, 0.4 ~ 10.0 mg/L인 것으로 조사됨
 - 이에 따른 유입수 및 유출수의 평균농도는 각각 100.2 mg/L, 3.8 mg/L인 것으로 조사되어 전체적인 처리효율은 96.2%에 달하였음
 - 현장조사 시 유입수의 농도는 강우강도의 영향을 받고 있는 것으로 판단되며, 유입수에 관계없이 인공습지 내에서 비교적 안정적으로 처리가 이루어지는 것으로 조사되었음
 - 1차 조사와 비교해 보면, 유입수 농도가 약 2.5배 증가한 것 때문인지 전체적인 처리효율은 크게 증가하였음
 - 초기의 80.6%를 제외하면, 이후 모두 90% 이상의 높은 처리효율을 보였음
- 결과적으로, SS의 처리효율은 강우특성에 따른 유입수 농도의 영향을 크게 받고 있으며, 유입농도가 높으면 높을수록 처리효율은 크게 증가하는 것으로 판단됨
 - 이는 비점오염 물질의 저감을 목적으로 할 경우 인공습지를 유용하게 활용할 수 있다는 사실을 시사하는 것으로 긍정적인 결과로 평가됨

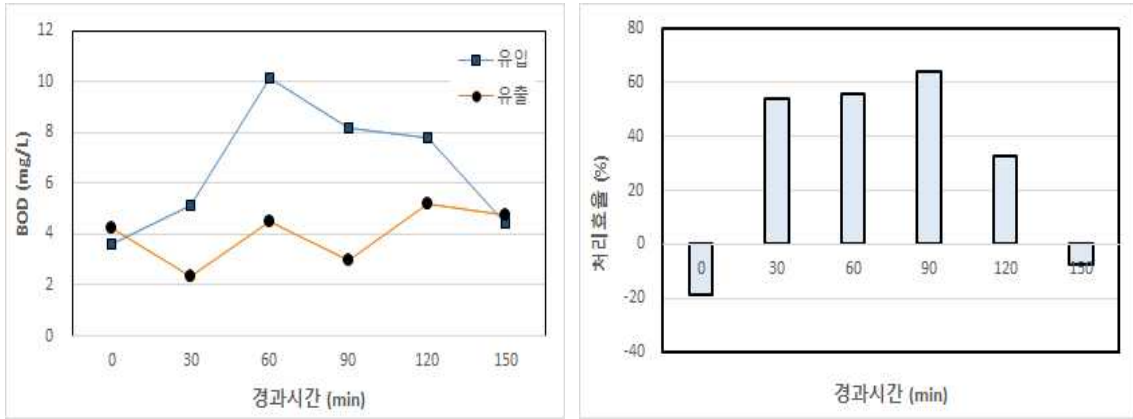


[그림 39] 금학천습지 2차 조사 시 SS 농도 및 처리효율의 경시변화

나) BOD

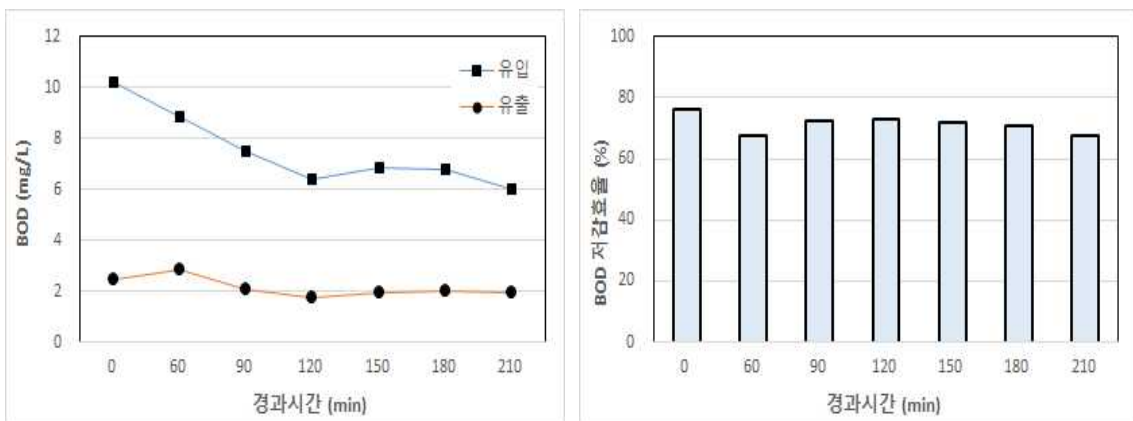
- 1차 조사 시 BOD에 대한 유입수의 농도범위는 3.6 ~ 10.1 mg/L로 농도 편차가 컸던 것으로 나타났고, 이에 따른 평균농도는 6.5 mg/L인 것으로 조사되었음
 - 또한 유출수 농도는 2.4 ~ 5.2 mg/L의 범위에 평균 4.0 mg/L로 조사되어, 평균 처리효율은 38.6 %인 것으로 산정되었음
- 이와 같은 결과는 길업습지 및 마평습지에서 BOD 농도가 습지를 거치면서 유입수보다 유출수 농도가 더 높았던 점을 고려하면 바람직한 결과로 사료됨

- 결과적으로 비점오염원의 높은 유입농도는 습지의 효율을 높이는 요인으로 작용하며, 인공습지는 비점오염 저감에 유용한 수단임을 보여줌



[그림 40] 금학천습지 1차 조사 시 BOD 농도 및 처리효율의 경시변화

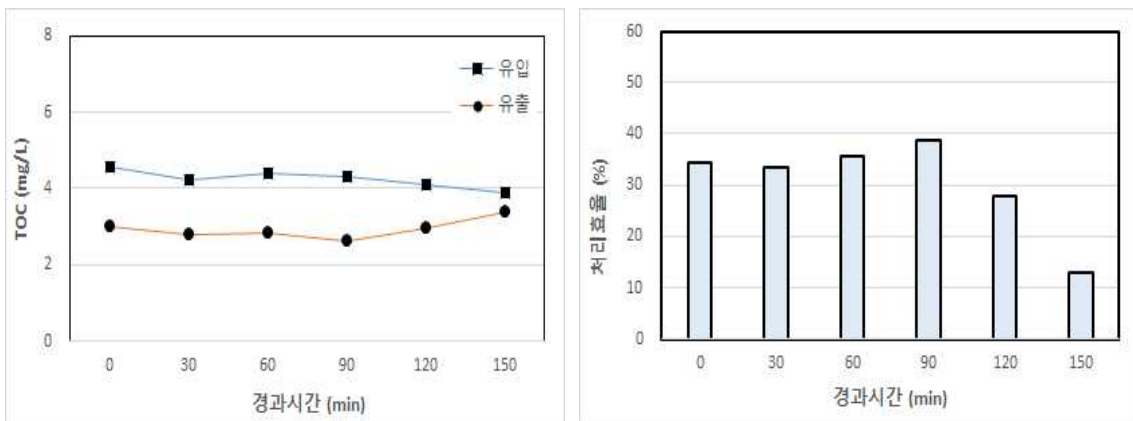
- 2차 조사에는 BOD의 유입농도 및 유출농도 범위는 각각 6.0 ~ 10.2 mg/L, 1.7 ~ 2.9 mg/L인 것으로 조사됨
 - 또한 유입수 및 유출수의 평균농도는 각각 7.5 mg/L, 2.1 mg/L로 조사되었으며, 이에 따른 전체 평균 처리효율은 71.6%의 높은 처리효율을 보였음
- SS와 마찬가지로 BOD 역시 유입농도가 높아지면서 처리효율이 같이 높아지는 결과를 보였음



[그림 41] 금학천습지 2차 조사 시 BOD 농도 및 처리효율의 경시변화

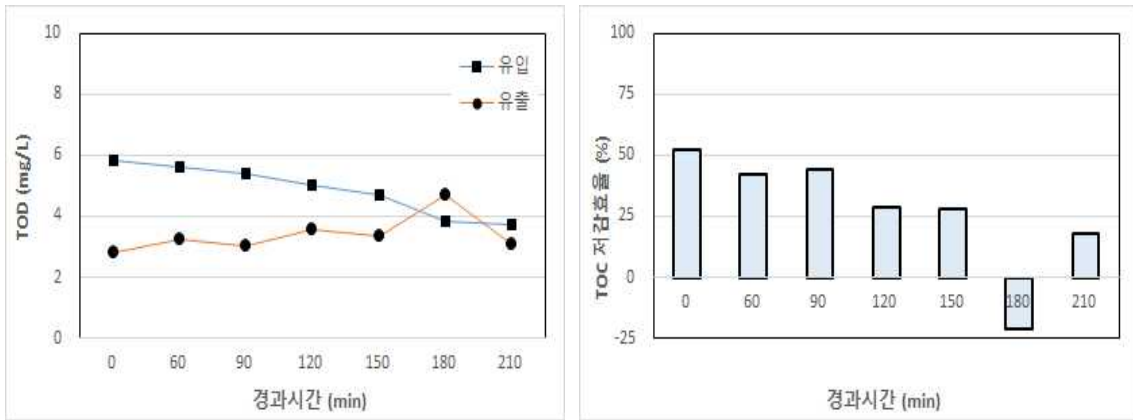
다) TOC

- 1차 조사에서 금학천습지의 TOC 농도범위는 유입수 3.9 ~ 4.6 mg/L, 유출수 2.6 ~ 3.4 mg/L인 것으로 조사됨
 - 이에 따른 전체적인 평균농도는 유입수가 4.2 mg/L, 유출수가 2.9 mg/L로 조사되어 전체적인 평균 처리효율은 30.8%인 것으로 나타남
- 전반적으로 TOC의 유입농도 및 유출농도의 경시변화는 크지 않았고 비교적 일정하게 유지되는 특성을 보였으며, 후반으로 갈수록 처리효율이 감소하였음



[그림 42] 금학천습지 1차 조사 시 TOC 농도 및 처리효율의 경시변화

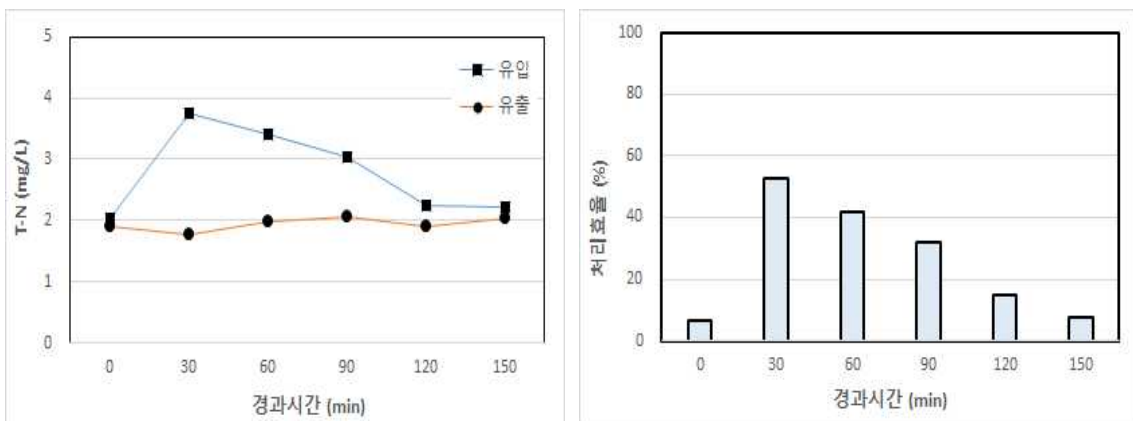
- 2차 조사에서는 TOC 농도범위가 유입수 3.7 ~ 5.8 mg/L, 유출수 2.8 ~ 4.7 mg/L로 조사되었으며, 이에 따른 평균농도는 유입수 4.9 mg/L, 유출수 3.4 mg/L인 것으로 나타났음
 - 결과적으로 전체적인 평균 처리효율은 30.4%인 것으로 나타났으며, 이는 1차 조사 시의 처리효율과 비슷한 값임
- 2차 조사 시 시간의 경과에 따른 농도변화를 보면, 유입수 농도는 지속적으로 감소하는 경향을 보였고, 유출수 농도는 점차 증가하는 경향을 보여, 처리효율이 후반에서 크게 감소하는 경향을 보였음
 - 결과적으로 볼 때, 인공습지는 하천수 내 비점오염물질 중 TOC 농도 제어에 효과가 있었던 것으로 조사됨
 - 앞서 하수처리수의 경우에는 TOC 저감효과가 거의 없었던 점을 고려할 때 긍정적으로 판단되며, 이와 같은 결과가 나타난 것은 습지의 기능상 난분해성 물질보다는 생물분해성 물질, 용존성 물질보다는 입자성 물질의 제거에 의한 결과일 것으로 사료됨



[그림 43] 금학천습지 2차 조사 시 TOC 농도 및 처리효율의 경시변화

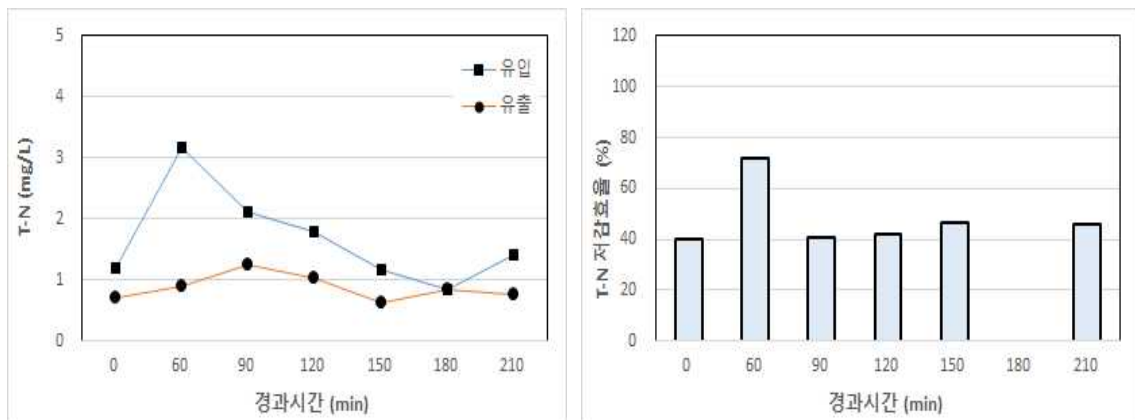
라) T-N

- 1차 조사에서 금학천습지의 T-N 농도는 유입수 농도범위가 2.04 ~ 3.75 mg/L로 나타났고, 이에 따른 전체 평균농도는 2.78 mg/L인 것으로 조사되었음
- 또한 유출수의 T-N 농도는 1.77 ~ 2.06 mg/L의 범위를 보였으며, 이에 따른 평균농도는 1.95 mg/L인 것으로 조사됨
- 1차 조사에서 전체적인 평균 처리효율은 29.9%였던 것으로 조사되었음
- 시간의 경과에 따른 처리효율의 변화과정을 보면, 초기에 6.3%로 처리효율이 낮았지만 30분 후 52.8%로 증가한 후 점차 감소하는 경향을 보였고, 150분 후의 처리효율은 초기 값에 근접한 7.5%인 것으로 조사되었음
- 결과적으로 T-N은 금학천습지의 경우에도 비교적 양호한 처리효율을 보였지만, 길업습지나 마평습지에 비해서는 약간 떨어지는 것으로 나타났음



[그림 44] 금학천습지 1차 조사 시 T-N 농도 및 처리효율의 경시변화

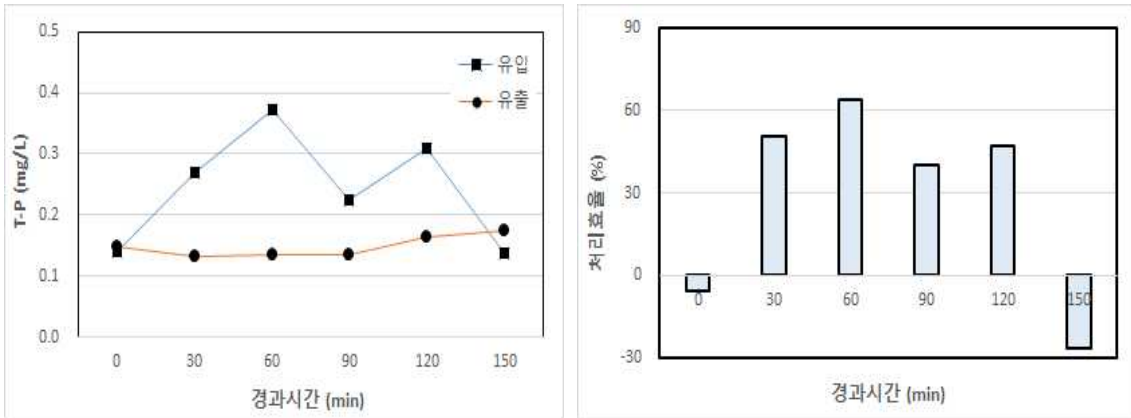
- 2차 조사의 결과에서, 유입수 및 유출수 농도범위는 각각 0.84 ~ 3.17 mg/L와 0.62 ~ 1.26 mg/L 이었으며, 각각의 평균농도는 1.67 mg/L와 0.88 mg/L인 것으로 조사되었음
- 2차 조사에서의 전체 평균 처리효율은 47.6%로 나타나, 1차 조사와 비교하면 처리효율이 높아졌음
- T-N 농도의 경시변화를 보면, 유입수는 60분에서 크게 증가한 후 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, 이에 따른 유출수의 농도는 큰 편차없이 일정하게 유지되는 것으로 나타났음
- 이에 따른 처리효율의 경시변화를 보면, 유입수 농도가 급격하게 증가했던 60분에서 가장 높은 처리효율을 보였고, 유입수 농도가 가장 낮았던 180분에서 처리효율이 0%로 가장 낮았음



[그림 45] 금학천습지 2차 조사 시 T-N 농도 및 처리효율의 경시변화

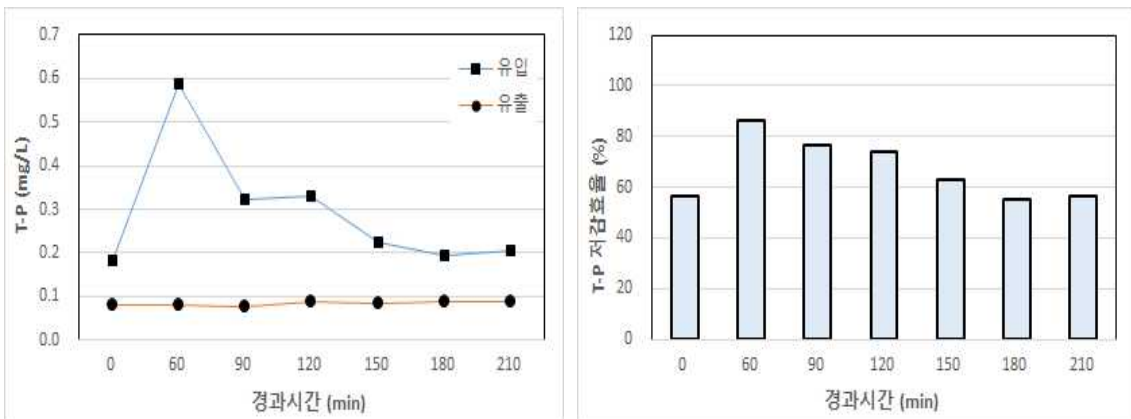
마) T-P

- T-P의 1차 조사 시 유입농도는 0.138 ~ 0.372 mg/L의 범위였으며, 이에 따른 평균농도는 0.242 mg/L인 것으로 조사됨
- 또한 유출농도는 0.132 ~ 0.174 mg/L의 범위로 조사되었고, 평균농도는 0.148 mg/L인 것으로 나타났음
- 이에 따른 전체적인 평균 처리효율은 39.0%인 것으로 조사되었음
- 처리효율적인 측면에서는 초기 및 가장 마지막 시료에서 각각 -5.7%, -26.1%의 마이너스 처리효율을 보인 것 외에는 40.2 ~ 64.0%의 높은 처리효율 범위를 보였음
- 이와 같은 결과는 유출수 농도범위가 비교적 일정하게 유지되었던 점을 고려할 때 T-P의 처리효율은 유입수의 영향을 더 크게 받은 것으로 판단됨



[그림 46] 금학천습지 1차 조사 시 T-P 농도 및 처리효율의 경시변화

- 2차 조사 시 T-P 농도는 유입수 0.184 ~ 0.589 mg/L의 범위를 보였으며, 이에 따른 전체 평균농도는 0.292 mg/L인 것으로 조사됨
- 또한 유출수의 농도는 0.075 ~ 0.089 mg/L의 범위를 보였으며, 전체 평균농도는 0.083 mg/L인 것으로 조사되었음
- 전체 평균 처리효율은 71.6%로 나타나, 1차 조사 시보다 높았던 것으로 나타남



[그림 47] 금학천습지 2차 조사 시 T-P 농도 및 처리효율의 경시변화

3. 습지 내 수질정화 효과 분석 및 평가

가. 수질정화 효과에 대한 분석

- 인공습지의 수질 정화효율을 분석하기 위하여 SS, BOD, TOC, T-N, T-P 항목에

- 대한 각 처리효율을 정리하여 [표 85]에 제시하였음
- 먼저 SS에 대한 결과를 보면, 강우 유출수에 따른 비점오염원을 대상으로 한 금학천습지는 높은 처리효율을 보인 반면, 하수처리수를 유입원으로 하는 길업습지 및 마평습지는 모두 음의 처리효율을 보였음
 - 하수처리수를 대상으로 하는 길업습지의 경우, 두 번의 조사에서 1차 및 2차 각각 -235.7%, -280.0%로 유출수의 농도가 유입수 대비 크게 높아지는 것으로 나타났고, 마평습지도 2차에서 -285.0%, 3차에서 -83.7%로 조사되었음
 - 이는 하수처리수의 SS 농도가 매우 낮기 때문에 습지를 거치면서 습지 내부스러기나 잔재물 등 내부생성물질이 섞여 유출되면서 오히려 농도가 높아진 것으로 판단됨
 - 하지만 전체적인 유출수 평균 농도는 4.7 mg/L로 나타나 하천수 Ia 등급(25 mg/L 이하)에 해당함
 - 반면에 금학천습지는 강우 시 고농도의 유출수가 하천에 유입되어 유입수의 SS 농도가 매우 높고 습지를 거치면서 침강 및 여과 등의 작용으로 잘 저감되는 것으로 파악됨
 - 이에 따라 1차 및 2차 조사에서 각각 85.3% 및 96.2%의 처리효율을 보인 것으로 조사됨
 - BOD 항목에 있어서도 길업습지 및 마평습지의 경우에는 유입수의 수질적 특성에 의해 영향을 받는 것으로 판단됨
 - BOD의 경우, SS보다는 음이 값이 크지는 않지만 전체적으로 음의 값을 보이는 것으로 조사되었음
 - 하수처리시설의 경우에는 생물학적 처리과정을 거치면서 생물학적으로 분해 가능한 탄소성 유기물질이 거의 제거되기 때문에 유입수 중의 BOD 농도가 높지 않지만, 인공습지는 습지 내부를 통과하는 과정에서 다양한 물리, 화학, 생물학적 작용이 복합적으로 일어나고 이 과정에서 정화 및 오탁이 반복될 수 있기 때문에 유출수의 BOD 농도가 높게 나타난 것으로 판단됨
 - 하지만, 유출수의 BOD 농도는 전부 5 mg/L 이하이며, 대부분은 1 ~ 3 mg/L의 범위로, 심각하게 하천의 수질을 악화시키는 정도는 아닌 것으로 판단됨
 - 유출수의 전체적인 평균 농도는 2.5 mg/L로 나타났음
 - 유입수 전체 평균 1.7 mg/L에 비해서는 높아졌지만 하천 전반적인 수질에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 파악됨

- 또한, 금학천습지의 BOD 경우에는 앞서 SS와 마찬가지로 습지를 거치면서 1차 38.6%, 2차 71.6%로 크게 감소하는 것으로 나타났음
 - 금학천습지의 경우에는 유역 표면에 축적된 오염물질이 비점오염원 형태로 강우 초기에 하천으로 다량 유입되기 때문에 상대적으로 하천수의 오염물질 농도가 급격하게 높아지게 되고, 이와 같은 고농도의 하천수가 유입수로서 금학천습지에 공급되면서 습지 내 다양한 수질정화기작에 의하여 처리되면서 처리효율이 높았던 것으로 사료됨
- 습지의 가장 큰 장점 중 하나는 질소 및 인과 같은 영양물질을 저감하는데 있어서 매우 효율적인 수질정화기술이라는 점임
 - 실질적으로 T-N의 경우에는 모든 수 시료 분석결과 양의 처리효율을 보인 것으로 나타났고, T-P의 경우에는 길업습지 2차 조사를 제외하면 양호한 처리효율을 보이는 것으로 조사됨
 - 이는 습지 내에 조성된 식생 및 주변 토양 및 미생물 등에 의한 다양한 수질정화 기작의 결과로 사료됨
 - 일반적으로 유기성 탄소물질은 외부로부터의 공급원(대기 중의 무기탄소)을 활용하여 내부생산 작용(광합성 작용)에 의하여 자체 생산이 가능하기 때문에 습지 내 식생에 의한 생산성에 따라 절대량이 증가할 수 있지만, 질소나 인과 같은 영양물질은 내부생산량이 거의 없기 때문에 외부로부터 공급된 유입량에 한정되며 총량에 변화가 없음
 - 결국 질소와 인은 모든 생물체에 필수적인 영양물질이므로 식생이 성장하는 과정에서 흡수되었거나, 습지 내 토양층에서 흡착 및 입자물질 제거과정에서 공침 등의 영향에 의해 저감된 것으로 판단됨

[표 85] 중점조사 대상 습지에 대한 오염항목별 처리효율

차수	지점	SS (%)	BOD (%)	TOC (%)	T-N (%)	T-P (%)
1차	길업습지	-235.7	-29.1	-1.8	57.2	43.6
	마평습지	-8.1	-178.1	-27.8	84.5	46.3
	금학천습지	85.3	38.6	30.8	29.9	39.0
2차	길업습지	-280.0	-40.2	-7.3	50.7	-20.0
	마평습지	-285.0	-58.4	-13.5	62.3	48.6
	금학천습지	96.2	71.6	30.4	47.6	71.6
3차	마평습지	-83.7	53.6	-35.7	50.8	4.1

- 본 연구의 결과로 볼 때, 인공습지는 초기 유출수에 의한 높은 농도의 비점오염 유입수에 대해 매우 효과적인 처리기술로 판단되며, 특히 영양물질인 T-N 및 T-P 항목에 대해서는 안정적이고 높은 처리효율을 보이는 것으로 조사됨
- 또한 하수처리수를 재이용하기 위한 목적으로 인공습지를 활용하는 경우, 수질적 관점에서 유출수의 SS 및 BOD 농도가 증가하는 경향을 보였지만 하천 수질에 크게 영향을 미칠 정도는 아니며, 하천 및 호소의 부영양화 영양물질인 T-N 및 T-P에 대한 처리효율이 높다는 점을 고려할 때 긍정적인 결과로 판단됨

나. 수질정화 효율에 대한 평가

- 정화효과에 대한 평가는 환경부에서 제시하고 있는 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼에 제시된 인공습지의 일반적 처리효율과 비교하여 적정성을 평가하였음
 - 여기에서는 BOD와 T-N, T-P를 대상으로 하고 있으며 각각의 적정 처리효율은 53%, 37%, 60%임
 - 본 연구에서는 금학천습지만 비점오염원을 대상으로 수질평가가 이루어졌으므로 먼저 금학천 습지를 대상으로 환경부에서 제시한 효율을 기준으로 평가하였음
 - 처리효율에 대한 평가는 환경부에서 제시한 적정 처리효율 이상일 경우에는 ○으로 표기하였고, 적정 처리효율에는 미달하지만 양의 처리효율을 보인 경우에는 단순 긍정의 의미로 △로 표기하였으며, 음의 처리효율을 보인 경우에는 ×로 표기하였음
- 결과를 보면, 금학천습지의 경우에는 1차 조사에서 긍정적인 효과를 보였으며, 2차 조사에서는 환경부에서 제시한 습지의 처리기준을 모두 상회하여 만족할 만한 결과를 보였음
 - 특히 2차 조사에서 하천의 오염총량관리 대상항목인 BOD 및 T-P에 대해서는 두 항목 모두 71.6%의 높은 처리효율을 보여 환경부에서 제시한 습지의 적정 처리효율을 크게 상회하는 것으로 조사되었음
 - T-N에 대해서도 2차 조사에서 47.6%로 조사되어 수질관리에 어려움이 있는 항목임에도 불구하고 충분히 만족할만한 결과를 보였음
 - 또한, 1차 조사에서는 BOD, T-N, T-P의 처리효율이 각각 38.6%, 29.9%, 39.0%로 조사되어, 환경부에서 제시한 습지의 적정 처리효율에는 미달하였지만 긍정적인 처리효율을 보였음

[표 86] 중점조사 대상 습지의 수질평가 결과

차수	지점	BOD (%)	적정성	T-N (%)	적정성	T-P (%)	적정성
1차	금학천습지	38.6	△	29.9	△	39.0	△
2차	금학천습지	71.6	○	47.6	○	71.6	○

※ ○: 적정, △: 긍정, ×: 부적정

- 하수처리수의 재처리용수는 주로 재이용수를 공급하기 위한 목적으로 활용되며, 현재 길업습지와 마평습지는 하천유지용수로 공급되고 있기 때문에 중수도의 용도별 수질기준에서 하천유지용수 수질기준을 적용하여 평가하는 것이 타당함
 - 하천유지용수의 수질기준에 포함된 항목은 본 연구에서 측정된 대상 항목 중 pH, BOD, T-N, T-P가 포함되어 있으므로 이들 항목 중심으로 평가를 실시하였음
 - 여기서 중수도 하천유지용수 수질기준을 만족시키는 경우에는 ○으로 표기하였고, 불만족시키는 경우에는 ×로 표기하였음
- [표 87]의 결과를 보면, 모든 대상 항목에서 중수도의 하천유지용수 수질기준을 만족시키는 것으로 나타났음
 - 특히 T-N 및 T-P의 습지 유입수 농도가 전체 평균으로 각각 2.87 mg/L, 0.105 mg/L인 점을 고려하면 크게 감소된 것을 알 수 있음
 - 이는 T-N 61.6%, T-P 30.6%에 해당하는 처리효율로, 길업습지 및 마평습지와 같은 인공습지를 하수처리수의 중수도 활용을 위한 하천유지용수로 공급하는데 있어서 매우 유용한 후단공정으로 활용할 수 있다는 점을 시사함
 - 특히 질소 및 인의 처리효율이 높기 때문에 주변 하천의 정체수역 및 호소 등의 부영양화 해소에도 크게 이점이 있는 것으로 사료됨
 - 다만 BOD의 경우에는 유입수 전체 평균농도 1.7 mg/L 대비 유출수 2.5 mg/L로 미미하게 증가하는 결과를 보였음
 - 이는 유입수 농도가 낮고, 습지 내 다양한 생물작용 및 식생 잔재물 등 습지 내 물질순환의 결과로 판단되며, 이를 방지하기 위해서는 설계상의 개선이 필요할 것으로 판단됨
 - 하지만 수질적인 측면에서는 재이용수로서 하천유지용수로 공급하는데 있어 수질기준은 충분히 만족시키는 결과를 보였음

[표 87] 하수처리수 공급 습지 유출수의 하천유지용수 수질기준 적정성 평가

차수	지점	pH	적정성	BOD (mg/L)	적정성	T-N (mg/L)	적정성	T-P (mg/L)	적정성
중수도의 하천 유지용수 수질기준		5.8 ~ 8.5		5 이하		20 이하		0.5 이하	
1차	길업습지	7.2	○	2.4	○	1.30	○	0.106	○
	마평습지	6.9	○	4.3	○	0.53	○	0.047	○
2차	길업습지	7.5	○	3.1	○	0.84	○	0.042	○
	마평습지	7.2	○	2.1	○	0.65	○	0.041	○
3차	마평습지	7.1	○	0.8	○	2.17	○	0.126	○
전체 평균		7.1	○	2.5	○	1.10	○	0.073	○

※ ○: 기준 만족, ×: 기준 불만족

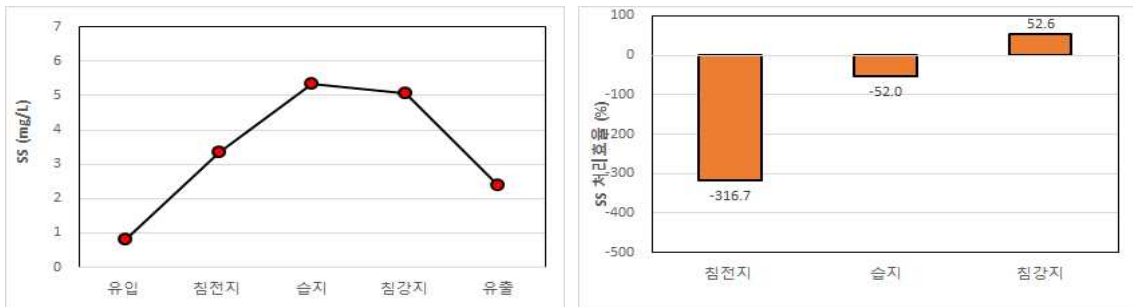
- 결과적으로 보면, 용인시 인공습지는 T-N과 T-P에 대해서는 비점오염원 및 하수처리수 모두에 대해서 효과적인 처리방안인 것으로 사료됨
 - 다만 하수처리수를 재이용수로 활용하기 위한 재처리 목적으로 습지를 조성하는 경우에는 유출수 중 입자성 BOD 물질을 추가로 제거하여 BOD 유출농도를 낮출 수 있는 방안 마련이 필요해 보임
 - 유출 전 안정적인 처리를 위하여 기능성 여재를 활용한 여과시설을 추가로 설치하거나 습지 구조를 지하흐름형 습지와 복합적으로 구성하여 최종적으로 침투수가 유출되도록 하는 방안이 가장 바람직할 것으로 사료됨
 - 이러한 경우 BOD 저감뿐 아니라 T-N 및 T-P 등 타 항목에 대해서도 보다 안정적인 처리효율을 기대할 수 있을 것으로 사료됨

다. 길업습지 및 마평습지에서의 습지 내 각 요소별 처리효율 평가

1) 길업습지

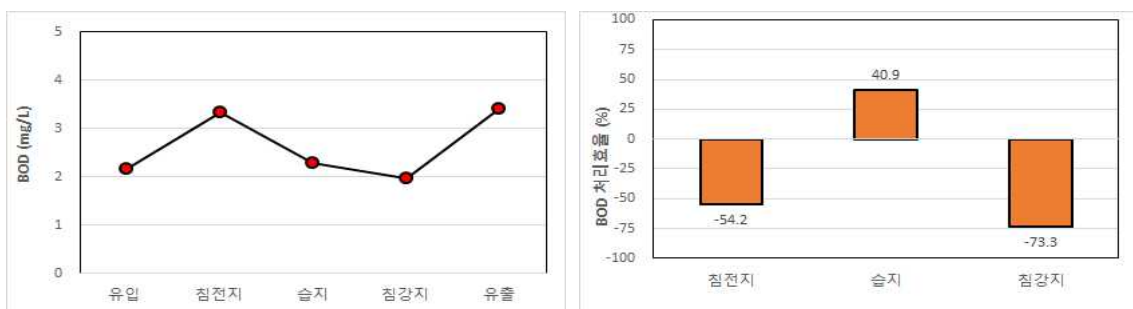
- 길업습지 내 침전지 및 습지, 침강지에 의한 구간별 처리효율을 분석하고 검토하고자, 2차 조사에서는 3개의 별도 시료를 습지 요소별로 구분하여 채수한 후 분석한 결과를 나타내었음
 - 이는 앞단의 침전연못 및 습지, 침강연못의 효율을 평가하고 적절한 설계에 이용할 수 있는 요소가 있는지 검토하기 위한 것임

- 먼저 SS의 결과를 보면, SS는 침전지 내에서 크게 높아지는 것으로 나타났고, 습지에서도 농도가 증가하는 것으로 나타났음
- 최종적으로 침강지에서 SS 농도가 다시 크게 낮아지기는 하였지만, 전반적으로 유입수 대비 유출수의 농도는 증가한 것으로 조사됨



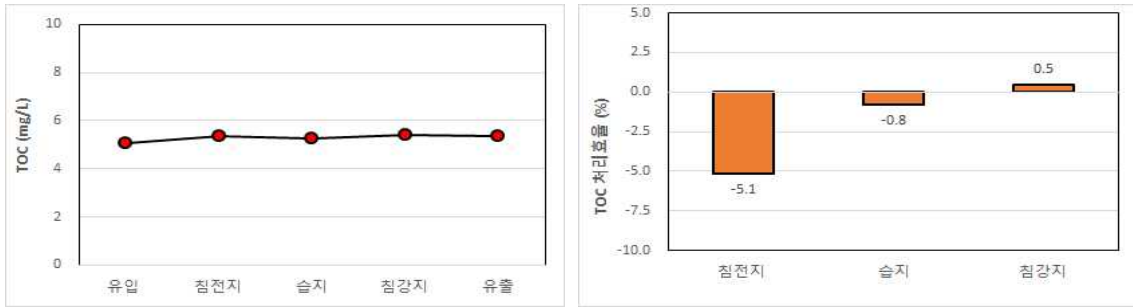
[그림 48] 2차 조사 시 길업습지 요소별 SS의 농도변화 및 처리효율

- BOD는 침전지에서 크게 높아진 후 습지에서는 일부 감소하지만, 침강지에서 다시 유출농도가 증가하는 결과를 보였음
- 결과적으로 BOD는 침전지 및 침강지에서 각각 -54.2%, -73.3%인 것으로 나타나 침전지 및 침강지가 BOD 농도를 높이는 것으로 조사됨



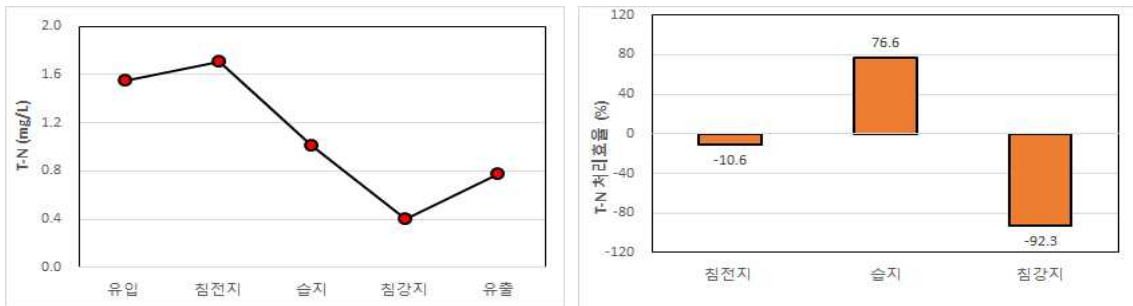
[그림 49] 2차 조사 시 길업습지 요소별 BOD의 농도변화 및 처리효율

- TOC의 농도는 전반적으로 큰 차이가 없었고, 일정한 농도가 유지되는 것으로 나타났으며, 각 요소별 효과에서도 큰 변동성이 없었음
- 실질적으로 BOD 농도 대비 TOC 농도가 높기 때문에 BOD 증감이 TOC 농도에 크게 영향을 미치지 않고, 습지 내 TOC 농도에 영향을 미칠 요소가 적기 때문임
- 결과적으로 이는 습지를 통해 TOC 농도를 저감하는데 한계가 있다는 점을 시사함



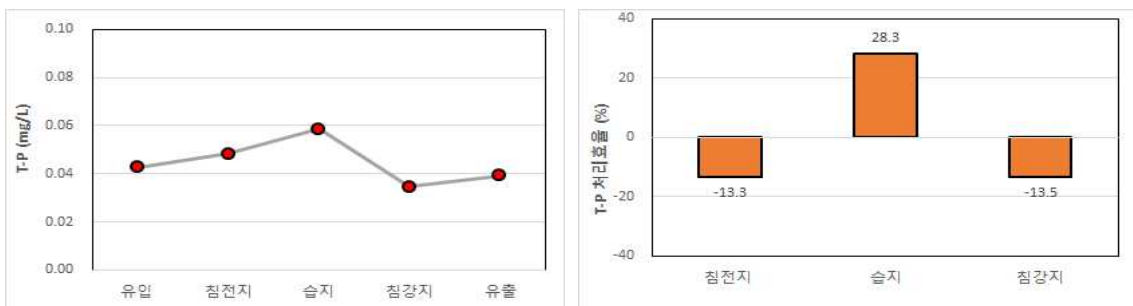
[그림 50] 2차 조사 시 길업습지 요소별 TOC의 농도변화 및 처리효율

- T-N의 농도는 습지 내에서 지속적으로 감소하는 것으로 나타나 전체적으로 76.6%의 처리효율을 보였으나, 침전지 및 침강지에서는 소폭 농도가 증가한 것으로 조사되었음



[그림 51] 2차 조사 시 길업습지 요소별 T-N의 농도변화 및 처리효율

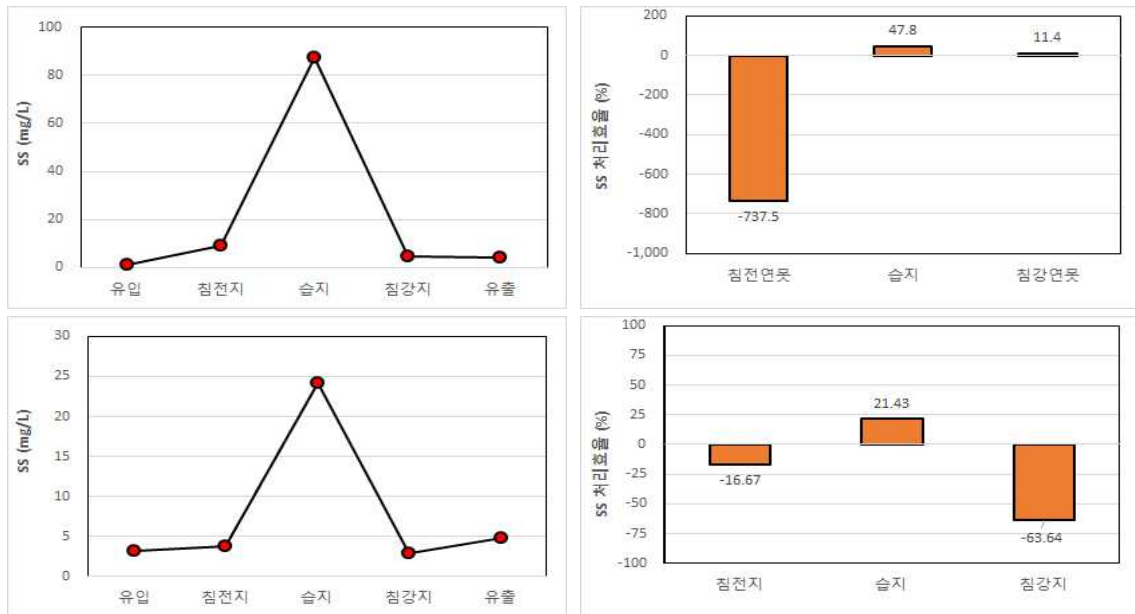
- T-P는 습지 중간부에서 일부 증가하였지만 최종적으로 습지에서 28.3% 저감된 것으로 나타났고, 침전지 및 침강지에서는 농도가 증가하는 것으로 나타나 T-N과 비슷한 경향을 보였음



[그림 52] 2차 조사 시 길업습지 요소별 T-P의 농도변화 및 처리효율

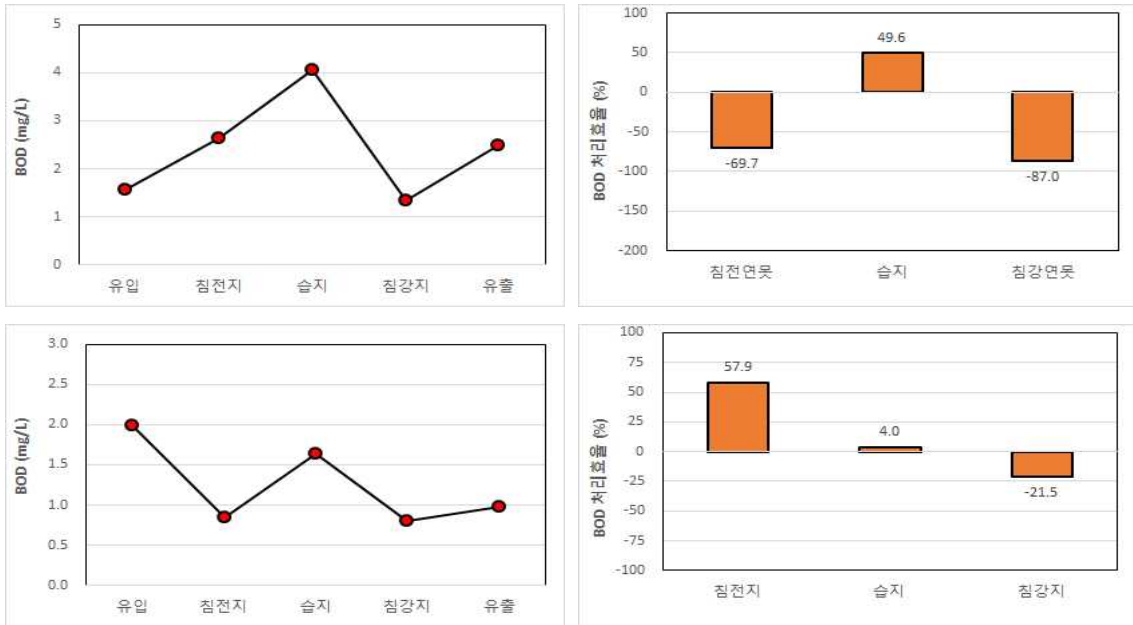
2) 마평습지

- 마평습지에서 SS 농도는 2차 및 3차 조사 모두 습지 중간부에서 크게 증가하는 경향을 보였음
 - 하지만 습지를 거치면서 침강지로 유입되기 전에 농도는 다시 낮아졌으며, 습지로만 볼 때 2차 조사에서 47.8%, 3차 조사에서 21.4%의 SS 저감효과가 있었던 것으로 파악됨
 - 전체적인 처리효율 측면에서는 2차 조사 시 유입농도가 워낙 낮아 침전지에서 -737.5%로 농도가 크게 증가한 것으로 나타났으나, 3차 조사에서는 유입농도가 2차 시보다 높아 -16.7% 증가하는데 그쳤음
- 마평습지에서 SS는 침전지 및 침강지 관리가 상대적으로 중요한 것으로 판단됨



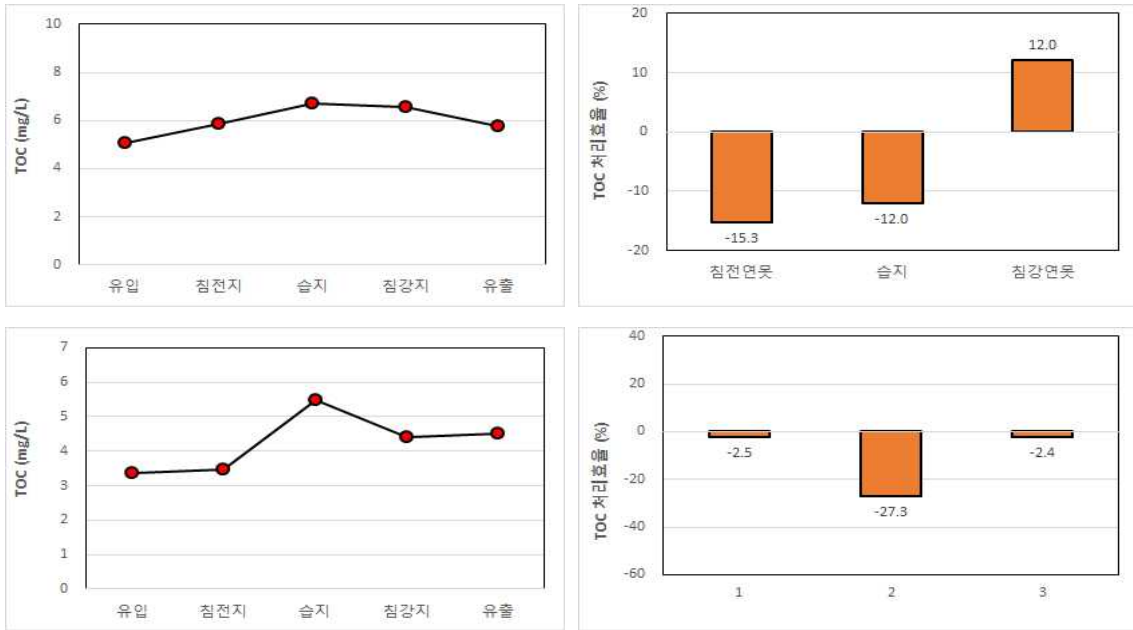
[그림 53] 2차(위) 및 3차(아래) 조사 시 마평습지 요소별 SS의 농도변화 및 처리효율

- 마평습지에서의 BOD 농도는 2차 조사에서 길업습지와 마찬가지로 침전지 및 침강지에서 증가하였고, 습지에서는 감소한 것으로 조사되었음
 - 하지만 3차 조사에서는 침전지에서 BOD 농도가 크게 낮아졌으며, 습지에서도 일부 저감된 후 유출부의 침강지에서 증가한 것으로 조사됨
 - BOD의 경우 전반적으로 습지에서는 감소하고 침강지에서는 증가하는 것으로 나타나 침강지 관리가 중요할 것으로 판단됨



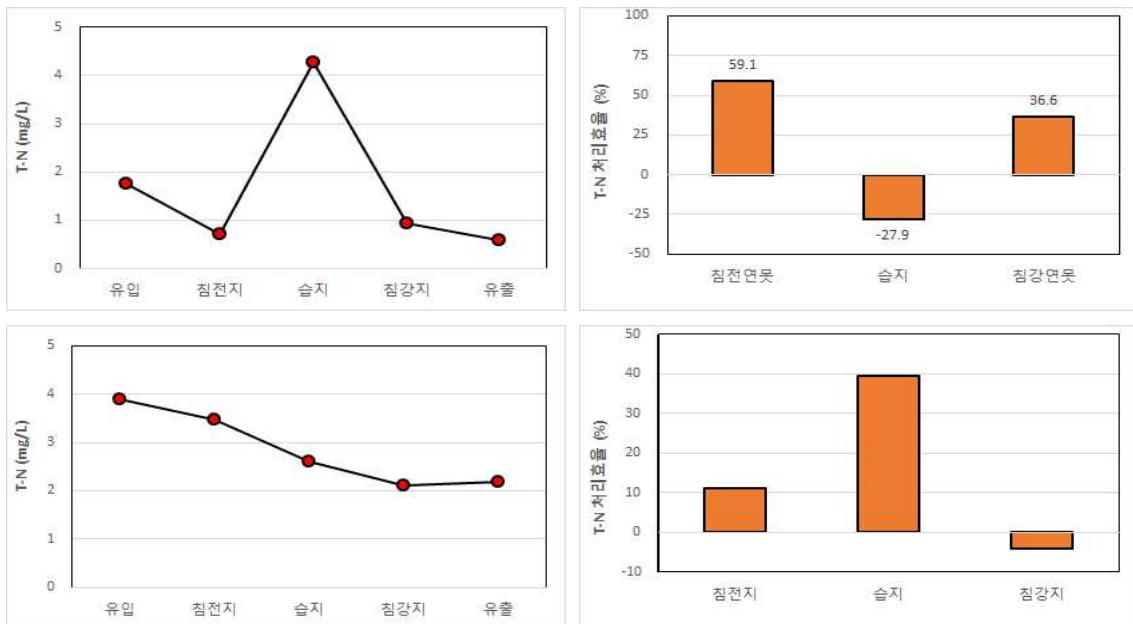
[그림 54] 2차(위) 및 3차(아래) 조사 시 마평습지 요소별 BOD의 농도변화 및 처리효율

- 마평습지 내 TOC 농도는 길업습지와 마찬가지로 큰 변동성을 보이지 않았으며, 각 인공습지 요소별 처리효율에 있어서도 2차 조사에서 침전지 -15.3%, 습지 -12.0%, 침강지 12.0%로 큰 차이를 보이지 않았음
- 일반적으로 하수처리장의 처리수는 BOD성 유기물질이 거의 제거된 상태이지만, 상대적으로 난분해성 물질의 제거는 미미하기 때문에 습지로 유입될 때 TOC 농도가 상대적으로 높을 수 밖에 없고, 이와 같은 난분해성 물질들은 습지 내에서도 분해가 잘 이루어지지 않기 때문에 습지 내에서 TOC 농도의 변화가 적었던 것으로 판단됨
- 또한, 3차 조사에서는 TOC 농도가 습지 내에서 갑작스럽게 증가하는 경향을 보이는 하였으나 2차 조사와 큰 차이는 없었고, 침전지 및 침강지에서 TOC 처리효율은 크게 줄어든 것으로 나타났음
- 2차 조사에 비하여 3차 조사에서 습지 내 농도변화가 상대적으로 큰 특징을 보였지만, 전반적인 경향성은 비슷한 것으로 나타남
- 3차 조사에서 침전지 및 습지, 침강지의 각 처리효율은 -2.5%, -27.3%, -2.4%로 조사되어 전체적으로 음의 처리효율을 보였고, 특히 습지에서의 처리효율이 가장 낮은 값을 보였음



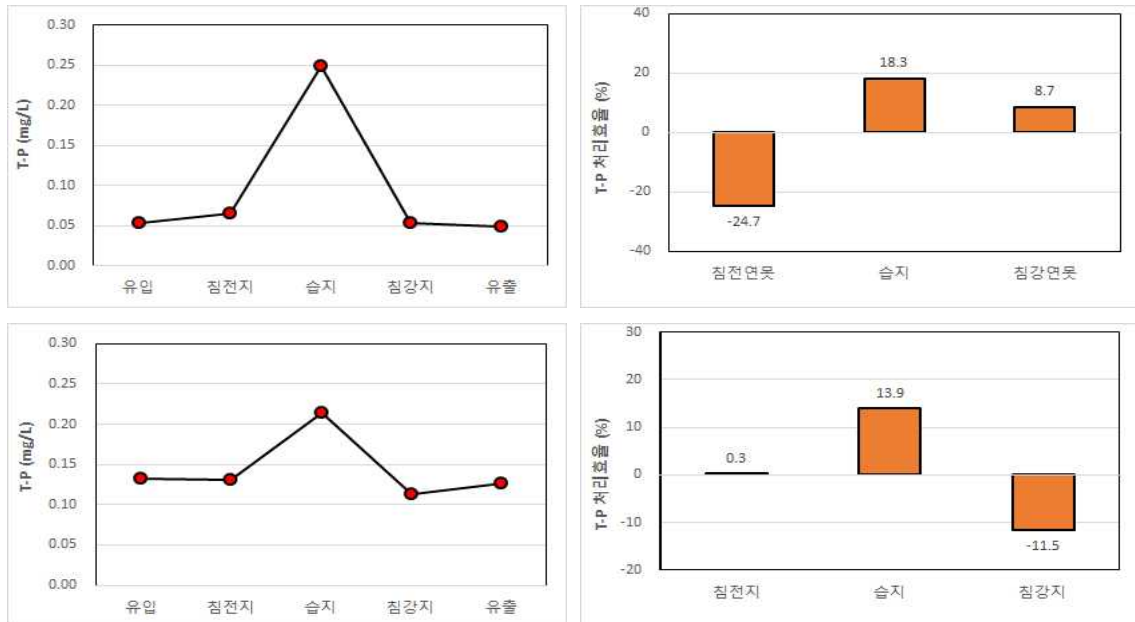
[그림 55] 2차(위) 및 3차(아래) 조사 시 마평습지 요소별 TOC의 농도변화 및 처리효율

- T-N 농도는 2차 조사 시 습지 내부에서 일시적으로 높아지기는 하였지만 이후 침강지까지 감소하였으며, 3차 조사에서는 지속적으로 감소하는 경향을 보였음
- 전체적으로 T-N 농도는 습지를 거치면서 감소하는 것으로 조사되었음



[그림 56] 2차(위) 및 3차(아래) 조사 시 마평습지 요소별 T-N의 농도변화 및 처리효율

- T-P의 경우, 2차 및 3차 조사 모두 습지 내에서 의미있게 농도가 높아졌으나 습지 후단에서 다시 크게 감소하는 경향을 보였음
- 전체적으로 T-P 농도는 습지 내에서 저감되는 것으로 나타났고, 침전연못 및 침강연못에서는 농도가 증가될 우려가 있으므로 설계 및 관리적 측면에서 관심이 필요한 것으로 보임



[그림 57] 2차(위) 및 3차(아래) 조사 시 마평습지 요소별 T-P의 농도변화 및 처리효율

라. 평창습지에서의 처리효율 검토

- 평창습지는 현재 용인시에 설치되어 있는 인공습지 중에서 유일하게 지하흐름형 습지이므로 앞서 언급된 지표흐름형 습지와는 차별성이 있기 때문에 처리효율을 검토해 보았음
 - 이는 향후 인공습지 조성 시 수질정화 효율을 높일 수 있는 방안 마련에서 활용성을 검토하는데 기초자료로 활용하기 위한 것임
- 채수일은 11월 16일 이었으며, 날씨는 흐리고 다소 강우가 발생하고 있는 상태였음
 - 수 시료의 채수는 13시 10분부터 14시 10분까지 1시간 동안 진행되었음
 - 또한 수 시료는 30분 간격으로 총 3개의 유입수 및 유출수 시료를 채수하였고, 시료에 대한 분석 항목 및 방법은 앞서 중점조사 대상 인공습지와 동일하였음
- 일반항목에 대한 결과에서, 수온 및 pH는 유입수 및 유출수에서 큰 차이가 없음

- 것으로 조사되었고, DO 및 EC 값은 유출수에서 다소 높아지는 경향을 보였음
- EC의 경우에는 본 습지가 지하흐름형 습지이기 때문에 지하 토층을 통과하는 과정에서 이온성 물질이 용출되어 증가한 것으로 판단됨
 - 하지만, 지하흐름형 습지에서 유출수의 DO 농도가 증가한 원인에 대해서는 현재로써 명확한 설명이 어렵기 때문에 별도의 추가 연구가 필요해 보임

[표 88] 평창습지 내에서의 유입수 및 유출수의 일반항목 결과

일련 번호	지점명	수온(℃)	pH	EC (μs/cm)	DO (mg/L)
1	유입수	9.5	7.4	184	8.2
	유출수	9.1	7.3	210	8.7
2	유입수	9.2	7.5	186	8.4
	유출수	9.1	7.5	211	8.8
3	유입수	9.2	7.5	193	8.4
	유출수	9.0	7.5	213	8.8

- 평창습지에서 유입수 및 유출수의 각 항목별 분석결과와 평균 처리효율 결과를 아래의 [표 89] 및 [그림 58]에 제시하였음
 - 평창습지의 유입수는 주변 소하천으로부터 공급되며, SS의 유입수 농도범위는 10.8 ~ 17.2 mg/L, 유출수는 0.8 ~ 3.6 mg/L로 조사되었음
 - 이에 대한 유입수 및 유출수의 전체 평균 농도는 각각 13.7 mg/L 및 1.7 mg/L인 것으로 조사되어 평창습지를 통과하는 과정에서 SS 농도는 크게 감소하는 것으로 나타났음
 - 결과적으로 평창습지의 유입수에 대한 SS의 저감효과는 전체 평균 87.4%로 나타나 매우 높은 처리효율을 보였음
 - 이는 평창습지가 지하흐름방식(침투방식)으로 운전되기 때문에 지표면에서 수직 침투한 후 지층에서 이동하는 과정을 통해 SS성 물질이 크게 저감되었기 때문으로 판단됨
 - 또한, BOD에 있어서도 유입농도가 평균 1.8 mg/L로 매우 낮았음에도 불구하고 67.2%의 처리효율을 보였음
 - 앞에서 길업습지 및 마평습지는 하수처리수가 유입원수로 공급되어 BOD의

유입농도가 매우 낮았고, 이로 인해 유출수 농도가 더 높아지는 결과를 보인 것과 대조되는 것임

· 길업습지 및 마평습지의 유입수 평균농도 범위가 1.3 ~ 2.2 mg/L 이었음

- 이와 같은 결과는 토층에 의한 입자성 BOD 물질 제거에 따른 파급효과와 이온성 BOD 물질의 흡착작용에 따른 결과 등에 의한 것으로 판단되지만, 정확한 요인에 대해서는 보다 심도 세심한 연구가 필요함

- 결과적으로 매우 낮은 SS 및 BOD 유입농도를 습지에서 처리하고자 할 경우에는 지하흐름형 습지를 이용하는 것이 매우 효과적일 수 있음을 시사하는 것임

○ TOC 항목은 앞서 인공습지에 의해 쉽게 제거되지 않는 특성을 보였지만, 평창습지에서는 50.8%의 처리효율을 보인 것으로 조사되었음

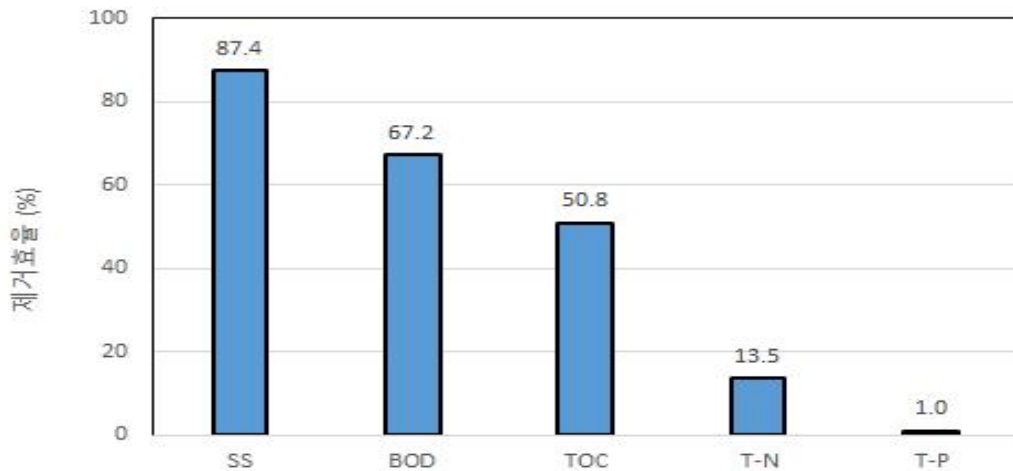
○ 하지만, 앞서 인공습지에서 제거효율이 상대적으로 높았던 T-N 및 T-P 항목에 대해서는 각각 13.5%, 1.0%의 처리효율을 보였음

□ 전반적으로 지하흐름형 습지인 평창습지는 일반 지표흐름형 습지보다 저농도의 유입수에 대해서도 안정적인 처리가 가능한 것으로 판단되며, SS 및 BOD 항목과 같이 유입농도가 낮아 처리효율이 마이너스를 보이는 하수처리수를 재이용수로 활용하기 위한 재처리시설로 지표흐름형 습지보다는 지하흐름형 습지가 보다 유리할 수 있음을 시사함

○ 결과적으로 현재 길업습지 및 마평습지의 경우, 평창습지의 지하흐름형 습지가 가지고 있는 수질정화 측면에서의 장점을 충분히 활용할 수 있도록 방안 마련을 위한 검토가 필요할 것으로 사료됨

[표 89] 평창습지 내에서 오염항목의 유입수 및 유출수 농도 결과

일련 번호	지점명	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
1	유입수	10.8	2.0	9.2	3.00	0.194
	유출수	0.8	0.4	3.8	3.00	0.203
2	유입수	13.2	1.8	7.1	2.77	0.197
	유출수	0.8	0.9	3.6	2.69	0.200
3	유입수	17.2	1.6	5.8	3.50	0.214
	유출수	3.6	0.5	3.5	2.33	0.196



[그림 58] 평창습지에서의 각 항목별 평균 처리효율

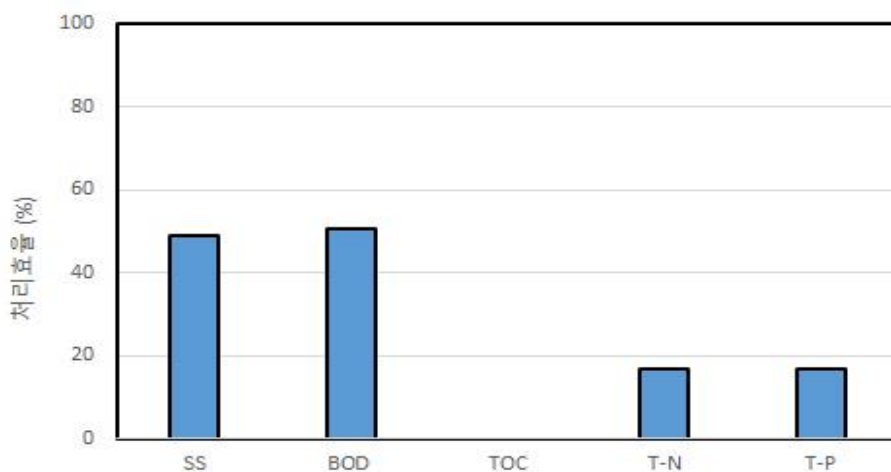
마. 돌쌓기형 여과시설의 처리효율 검토

- 현재 용인시에 설치된 인공습지에는 자갈이나 기능성 여재 등을 활용하여 습지 중간부에 돌무덤이나 돌쌓기 등의 형태로 시설을 조성하여, 부가적인 수질개선 효과를 얻는 곳이 다수 있음
 - 이들 구조물들은 물이 통과하는 과정에서 다양한 기작(주로 여과)을 통해 유입수 수질을 개선하는데 긍정적인 영향을 미칠 수 있음
 - 침전이나 침강 등 수리적인 조건만으로 입자성 물질을 제거하는 것보다는 여과 방식으로 SS성 물질을 제거하는 것이 보다 효율적이고 안정적인 처리방법인 것으로 사료됨
 - 실질적으로 이들 여과시설의 수질개선 효과를 분석하고 활용성을 검토해 보기 위해, 마평습지의 유입부 연못과 습지를 연결하는 돌쌓기형 여과시설 전과 후의 물을 채수하여 수질개선 효과를 검토해 보았음
 - 수 시료의 채수는 11월 27일 이루어졌고, 11시 30분부터 12시 30분까지 1시간 동안 30분 간격으로 3개의 시료를 채수하여 분석하였음
- 마평습지의 경우, 하수처리수의 낮은 SS 농도로 인해 유입연못을 거치면서 농도가 증가했지만, 돌쌓기 여과시설을 거치면서 감소하는 것으로 나타났음
 - 결과적으로 전체 평균 SS에 대한 처리효과는 49.1%인 것으로 조사되었음
- 또한 BOD에 대해서도 전체 평균 50.3%가 저감된 것으로 나타나, 앞서 습지에서의 낮은 SS 및 BOD의 처리효율을 높일 수 있는 방안 중 하나인 것으로 사료됨

- 다만, T-N 및 T-P의 전체 평균 처리효율은 모두 16.8%의 저감효과를 보이는 것으로 조사되어, SS 및 BOD 보다는 낮은 처리효율 결과를 보였음
 - 이는 주로 여과작용에 의한 입자성 물질이 저감되었기 때문으로 사료되며, 보다 정확한 분석을 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 사료됨
- 결과적으로 용인시의 인공습지 내 돌쌓기형 여과시설은 지하흐름형 습지보다는 전반적으로 저감효율이 떨어지는 것으로 나타났지만, 침전지 및 침강지 후단에 설치함으로써 습지 내에서 발생한 입자성 물질을 제거하고 유출수의 BOD 농도를 낮출 수 있는 효과적인 방법 중 하나인 것으로 판단됨

[표 90] 돌다리에 의한 여과효과 검토를 위한 전·후 농도 비교

일련 번호	지점명	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
1	돌다리 전	6.8	2.0	9.2	4.15	0.160
	돌다리 후	6.0	1.1	3.8	3.38	0.132
2	돌다리 전	10.0	1.8	7.1	4.23	0.174
	돌다리 후	2.0	1.1	3.6	3.42	0.133
3	돌다리 전	5.2	1.3	5.8	4.15	0.141
	돌다리 후	3.2	0.3	3.5	3.61	0.130



[그림 59] 돌다리 등에 의한 여과시설에 따른 처리효율

4. 유입수 특성에 따른 저감효과 분석

- 앞서 각 지점별 조사결과에서 유입농도에 따라 처리효율에 차별성이 나타나는 결과를 볼 수 있었음
 - 물론 이는 유입수 특성 즉 하수처리수 및 비점오염 유출수를 포함한 하천수의 수질적 특성에 기인한 측면이 강하지만, 결과적으로는 유입수 농도의 편차에 따른 영향도 어느 정도 기여한 것으로 판단됨
- 이에 본 연구에서는 인공습지의 유입수 및 유출수 농도의 관계와 유입수 농도 및 처리효율의 관계를 분석해 보았음
 - 분석은 본 연구에서 조사된 길업습지, 마평습지, 금학천습지, 평창습지에서 확보된 수질자료 전체를 대상으로 하였음
 - 또한 분석 시 SS 및 BOD의 경우, 하수처리수는 매우 낮은 농도에서 밀집되는 경향을 보였고, 비점오염 유입수는 저농도와 고농도의 차이가 매우 크게 나타나 전체적인 경향과약에 어려움이 있어서 중간 값을 기준으로 고농도와 저농도로 구분하여 유입농도에 따른 처리효율 변화를 별도로 제시하였음

가. SS

- 먼저 SS는 유입수가 하수처리수인 경우와 하천 비점오염 유출수인 경우에 농도차가 매우 크게 나타났음
 - 본 연구에서는 하수처리수를 유입원수로 하는 길업습지와 마평습지의 수질자료가 많기 때문에 저농도 쪽에 데이터가 몰려 있었으며, 비점오염원을 포함한 하천수는 고농도이면서 유입농도의 변동성이 큰 특성을 보였음
- 이와 같은 특성으로 인해 전체 유입농도와 유출농도의 관계는 우하향의 경향을 보였으며, 이는 유입농도가 높아질수록 유출농도가 감소한다는 것을 의미함
 - 이와 같은 결과는 앞에서 언급한 바와 같이 저농도에 유입농도가 몰려 있고, 고농도의 유입수에 대해서는 처리효율이 높아 유출농도가 증가분이 크지 않기 때문에 나타난 결과로 판단됨
- 유입농도와 처리효율의 관계에서는 비교적 완만한 우상향의 곡선으로 나타나 유입농도가 높아지면 처리효율도 증가한다는 것을 알 수 있음
- 앞서의 결과에서 저농도인 경우에는 음의 처리효율이 크게 증가하는 것으로 나타났고, 또한 저농도에 자료가 몰려 있어 이를 보다 명확하게 확인하기 위하여

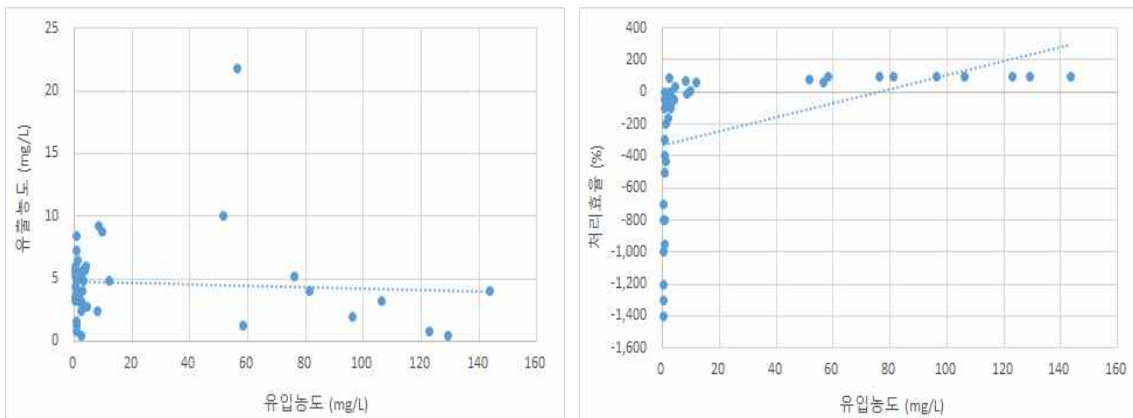
저농도와 고농도로 구분하여 유입농도에 따른 처리효율 변화를 검토해 보았음

○ 저농도와 고농도의 구분은 전체 자료의 중간 값(2.6 mg/L)을 기준으로 하였으며, 이에 따라 유입농도 및 처리효율의 관계곡선을 다시 그려서 [그림 61]에 추가하여 제시하였음

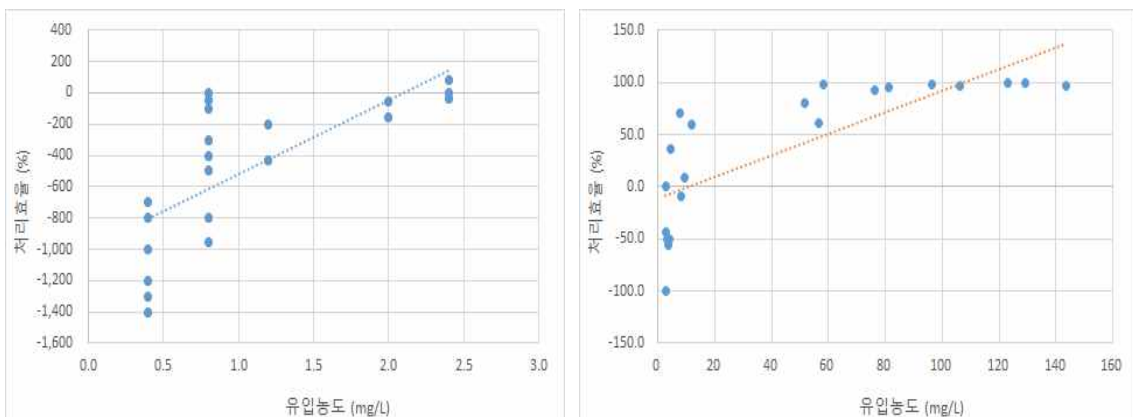
- 저농도에서는 대부분 하수처리장에서 처리된 물이 유입되는 관계로 유입수의 농도가 비교적 일정하게 나열되는 결과를 보였으나, 결과적으로는 우상향하는 경향을 뚜렷이 볼 수 있었음

- 또한, 고농도에서도 유입농도가 높아질수록 처리효율이 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 대체로 유입농도가 약 80 mg/L 이상이면 95% 이상의 처리효율을 보이는 것으로 조사됨

□ 결과적으로 SS의 경우 유입농도가 높아지면 인공습지에 의한 처리효율이 높아지는 것을 알 수 있었음



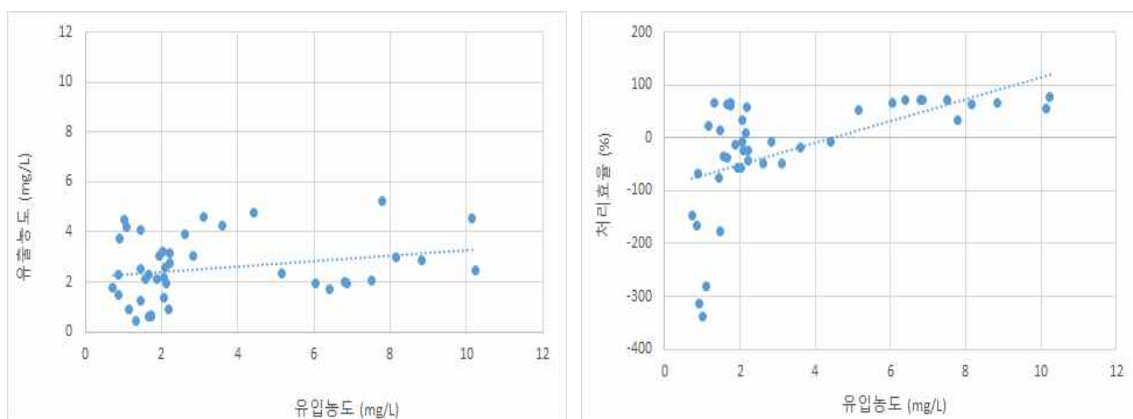
[그림 60] SS에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계



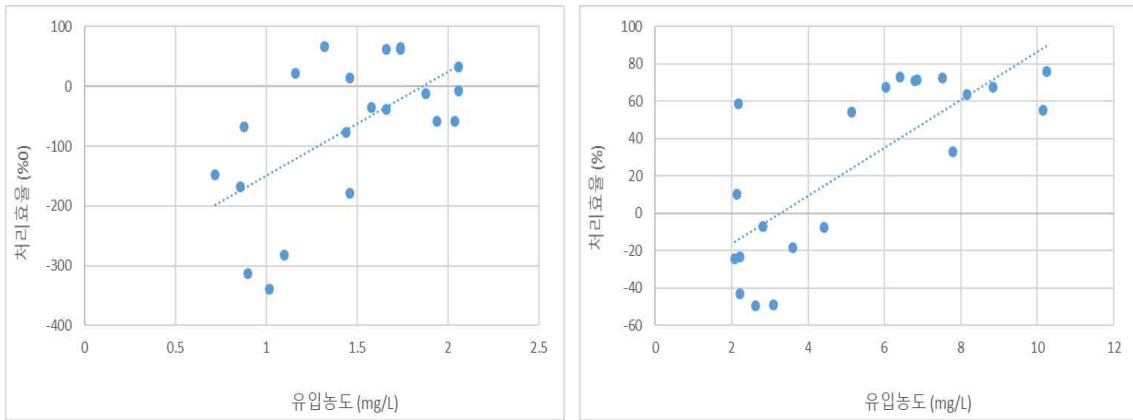
[그림 61] SS에 대한 저농도 및 고농도의 유입농도와 처리효율의 관계

나. BOD

- BOD의 경우에도 SS와 마찬가지로 유입농도가 낮은 농도에 몰려 있었지만, 고농도의 경우에는 SS만큼 편차가 크지 않았음
 - 유입농도와 유출농도의 관계를 보면 관계식이 우상향을 보여 유입농도 증가에 따라 유출농도가 증가하는 것으로 나타났지만, 유입농도의 증가분보다 유출농도의 증가분이 크게 낮아 유입농도가 커지면 처리효율이 높아질 것이라는 것을 예측할 수 있었음
- 실제로 유입농도 및 처리효율의 관계를 보면 유입농도가 높아질수록 처리효율이 높아지는 것을 알 수 있었음
 - 또한, 낮은 농도에서는 처리효율이 음으로 나타나는 경우가 많아 저농도에서는 습지 내 다양한 작용에 따른 오타현상도 일어날 수 있음을 의미함
- 앞서 SS와 마찬가지로 BOD에 대해서도 저농도와 고농도를 중간 값(2.1 mg/L)을 기준으로 구분하여 유입농도와 처리효율의 관계를 [그림 63]에 제시하였음
 - [그림 63]에서 볼 수 있는 바와 같이 저농도 및 고농도 모두에서 유입농도가 높아질수록 처리효율은 증가하는 것으로 나타났고, 고농도에서 상관곡선에 대한 수렴도가 높은 것을 알 수 있음
 - 그래프 상에서 볼 때, 인공습지에서 양의 처리효율이 나오는 농도는 약 5 mg/L 이상인 것으로 판단되며, 결과적으로 유입농도가 5 mg/L 이하인 경우 BOD에 대한 처리효율을 기대하기 어려움



[그림 62] BOD에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계



[그림 63] BOD에 대한 저농도 및 고농도의 유입농도와 처리효율의 관계

다. TOC

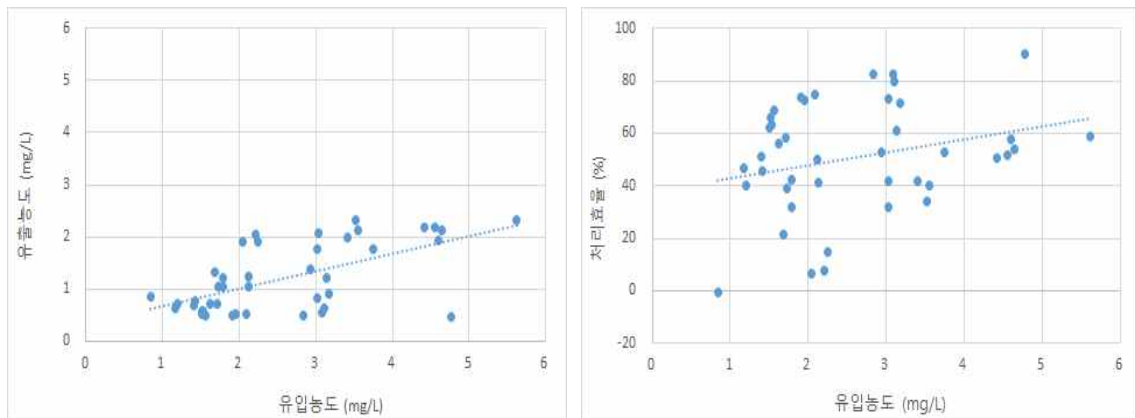
- TOC의 경우에는 유입농도 및 유출농도의 관계가 명확하게 나타나지는 않았음
 - 대부분의 농도가 2 ~ 6 mg/L 범위에 집중적으로 분포되어 있으며, 이에 따른 유출농도도 큰 경향성을 보이지는 않았음
 - 대체적으로 상관곡선은 우상향을 그려 유입농도가 증가함에 따라 유출농도도 증가하는 것으로 나타났음
- 또한 TOC의 유입농도에 따른 처리효율 변화에 있어서도 명확한 경향을 보이지 않았으며, 대체적으로 세로로 분포하는 특성을 보였음
 - 이와 같은 결과는 유입농도의 변동성은 크지 않은 반면 처리효율의 변동성이 크다는 점을 시사하는 것임
 - 즉 TOC에 대한 처리효율은 유입농도보다는 다른 습지 요소에 따라 처리효율이 달라질 수 있음을 의미함



[그림 64] TOC에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계

라. T-N

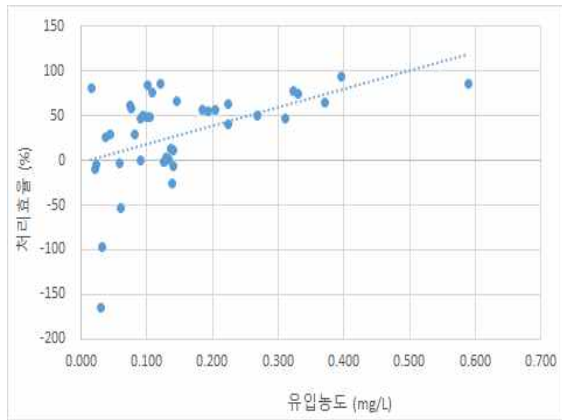
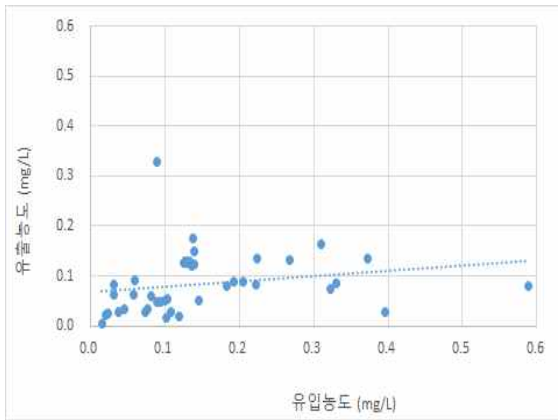
- T-N의 농도는 고르게 분포하고 있었으며, 그래프 사에서 우상향으로 나타나 유입농도에 따른 유출농도는 증가하지만, 유입농도의 증가분 대비 유출농도의 증가분이 크게 낮기 때문에 처리가 잘 이루어지고 있는 것을 알 수 있음
 - 그래프에서 나타나는 기울기는 유입수와 유출수 농도의 관계이며, 유입농도의 변동 폭은 큰데 반해 유출수 농도의 변화가 적다는 것은 유입수 농도에 따른 영향보다는 기본적으로 어느 정도 처리효과가 지속적으로 이루어지고 있다는 사실을 의미함
- 실질적으로 유입수에 따른 유출수 처리효율에 대한 결과를 보면, 중간에 농도가 집중되는 것을 볼 수 있지만, 전반적으로 처리효율이 높았고 유입농도의 영향도 크지 않은 것으로 사료됨



[그림 65] T-N에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계

라. T-P

- T-P에 대한 유입 및 유출농도의 관계에서 우상향의 경향을 보였으며, 유입농도 증가분보다 유출농도 증가분이 크게 낮아 유입수에 따른 처리효율이 높았던 것으로 분석됨
- 유입농도 및 처리효율의 관계에서는 기울기가 뚜렷하게 우상향하고 있고, 저농도 영역의 값을 제외하면 결과 값들이 상관곡선에 잘 수렴되고 있어 T-P 농도의 처리효율은 유입수 농도의 영향을 비교적 크게 받는 것으로 사료됨



[그림 66] T-P에 대한 유입농도와 유출농도 및 유입농도와 처리효율의 관계

제 5장 인공습지 개선방안

제 1절 인공습지의 시설 및 구조적 문제점 및 개선방안

- 인공습지의 경우 대부분 생태적 기능을 중심으로 시설이 설계되기 때문에 시설적으로 문제될 사항은 많지 않음
- 하지만 일부 인공습지는 시설이나 기기 설비가 포함되는 경우가 있으므로 이에 대해서는 지속적인 관리 노력이 필요함
- 따라서 본 절에서는 이제까지의 현장조사 과정에서 나타난 시설적 부분에서의 문제점 및 개선방안에 대해 검토 내용을 제시함




1. 유입수 취수시설의 구조적 문제 및 해결방안

- 현재 용인시에 조성된 인공습지는 대부분 비점오염물질을 저감하기 위한 시설로 하천으로 유입된 비점오염 유출수를 습지로 유입시켜 처리시키기 위한 목적으로 설치되었음
 - 이번 연구 대상 습지 중 길업습지 및 마평습지를 제외한 나머지 10개 습지는 강우 시 비점오염저감을 목적으로 하고 있음
 - 길업습지와 마평습지는 하수처리수를 유입원수로 하여 재처리한 후 하천 유지용수로 사용하기 위한 목적으로 조성되어 설치 목적이 상이함
 - 따라서 이들 습지는 하천수를 상류부에서 취수하여 유도수로를 거쳐 습지로 유입시키는 구조이지만 다양한 요인으로 인해 적정하게 유입시키지 못하는 경우가 많았음
- 적정하게 유입되지 않는 원인 중 가장 큰 요인은 상류의 물을 유입시키는 과정에서 관수로를 이용하는 경우 관의 막힘으로 인해 유입이 안되는 경우, 유입부 하천 수위의 관리 어려움, 유입부 막힘현상 등임
 - 이외에도 펌프로 유입시키는 시설의 경우 시설고장 등으로 유입이 되지 않는 경우도 있었음
- 구체적으로 각 지점별 문제점은 다음과 같음
 - 고림동습지: 상류에서 관을 통해 습지로 유입시키도록 설계되었으나, 관의 막힘 현상으로 이용을 못하고 있으며, 유입구 위치도 정확하지 않음
 - 이에 별도의 수로를 하천과 직접 연결하여 유입시키고 있으나, 유입부에 토사

등이 쌓이며 유입이 되지 않고 있음

- 금학천습지: 금년도 연구 과정에서 8월까지는 큰 문제없이 유입이 잘 되고 있었지만, 9월 이후 관수로 내부가 막히기 시작하였고, 이후 유도수로가 토사 등으로 막히는 등 유입에 어려움이 있었음
- 유림동습지: 보의 운용에 따라 하천 수위가 영향을 받으며, 수위가 내려가면 유입구 위치가 수위보다 높아 유입이 되지 않음
 - 또한, 유입구에 스크린 시설이 있지만, 강우 시 협잡물 양이 증가하게 되면, 스크린이 막히면서 유입이 어려움
- 모현면습지: 습지로 유입되는 상류부의 보가 내려가 있어 하천 수위가 낮고 유입구 쪽으로 물이 공급되기 어려움
 - 보에서 습지로 물을 공급하기 위한 유도수로가 관수로 형태로 되어 있으나 막혔을 경우 대응 방안이 거의 없었음

[표 91] 지점별 유입수 취수시설 문제점

		
고림동습지 유입부	금학천습지 유도수로 막힘 및 유입구 토사 퇴적	
		
유림동습지 스크린 막힘 및 좌안 보 내림으로 수위 강하		모현면습지 유입보 운용상태

- 각 문제점을 해결하기 위한 방안은 정확한 원인분석이 우선되어야 하며, 이를 기반으로 합리적인 개선방안을 마련해야 함
 - 유입수의 유도수로는 관수로로 한 경우 대부분 문제가 발생하고 있었으므로, 향후에는 개방수로나 식생수로를 활용하는 것이 바람직할 것으로 사료됨
 - 가동보 운용이 적절하지 않은 경우, 인공습지로 유입이 어려워 습지 설치 목적을 달성할 수 없으므로 가동보 운영의 합리화 검토
 - 보 운영 관리자와 항상 협력관계를 유지할 수 있도록 하고, 궁극적으로는

통합적 관리방안을 마련하는 것이 바람직함

- 토사에 의한 막힘현상은 취수구의 문제이므로 취수부분의 침식이나 토사 유입을 억제할 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요함
 - 협잡물의 경우에는 지속적인 관리를 통해 스크린이나 유입구 전단에 쌓이는 것을 막을 수 있도록 지속적인 관리 필요

2. 파손된 시설물에 대한 적절한 관리

- 일부 시설의 경우 파손된 상태에서 수리나 복구 등의 작업이 이루어지지 않고 방치되어 있는 경우가 있었음
 - 본 연구가 시작되면서 초기에 발견된 시설적 문제점이 적절하게 해소되지 않고 계속 방치되는 경우도 있었음
- 구체적으로 본 연구기간에 파악된 시설물의 파손 상태는 다음과 같음
 - 평창습지: 상부의 호기조가 플라스틱 재질의 덮개로 씌워져 있는 구조인데, 처음 방문했을 때부터 파손된 상태인 곳이 많았음
 - 금학천습지: 유도수로 내 변곡점 부근에서 일부 파손되어 물이 새고 있었음
 - 초부리습지: 후단 침전연못의 돌무덤 형태의 시설물을 둘러싼 철재 구조물이 파손된 상태임

[표 92] 지점별 파손된 시설물 현황



- 이들 시설물들은 육안으로 확인되는 문제점이며, 예산이 확보된다면 충분히 수리가 가능할 것으로 사료됨

- 다만 시설적 관점에서 성능에 영향을 미치는 정도, 습지 운영에 문제발생 및 영향 정도, 수리에 소요되는 비용 및 편익비 분석 등 다각적 검토를 통해 개선 방안을 도출하는 것이 필요함
 - 만약 효율성 및 편익성이 떨어지는 경우 과감하게 철거하는 방안을 검토하는 것도 생각해 볼 수 있음
- 기타 목재 울타리 및 보도 등 친수적 측면에서의 시설물이 파손된 경우가 있었지만, 이들에 대해서는 대부분 빠르게 수리되는 것을 볼 수 있었음

3. 기계시설에 대한 확인 및 검토

- 용인시에 설치된 많은 시설은 상류부에 취수구를 두고 수두 차에 의한 자연유하 방식으로 운영되고 있지만, 일부 습지는 기계식으로 펌핑하여 습지에 유입수를 공급하는 방식으로 운전되는 습지도 있음
 - 이와 같이 펌프를 이용하는 습지는 하수처리수를 공급하기 위한 목적과 하천 및 하천 내 비점오염 유출수를 공급하는 경우가 있었음
 - 하수처리수를 재처리하기 위한 압송방식은 길업습지 및 마평습지이며, 이들은 하천수의 유지유량 확보를 목적으로 하고 있음
 - 따라서 이들 습지는 주로 밤에 운영되고 있었으며, 대부분 항상 가동할 수 있는 상태를 유지하고 있었음
 - 하지만 청미천습지와 초부리습지는 하천 비점오염 물질의 수질정화를 목적으로 하고 있으며, 하천과의 위치 차로 인해 펌프를 활용하여 습지에 유입수를 공급하고 있음
 - 이들 시설은 주로 지하에 설치되어 있고 외부에서 시설 확인이 어려워 정상적인 가동상태를 확인하기 어려웠음
 - 이에 강우 시 시설가동 여부를 확인하기 위하여 10월 19일 비오는 날 현장을 방문하여 확인해 보았지만 시설이 가동되지 않고 있었음

[표 93] 청미천습지 및 초부리습지 기계시설 전경



- 펌프시설을 포함하여 유입부 시설들이 정상적으로 가동될 수 있도록 항시 점검할 수 있도록 관리시스템 구축
- 발생하는 문제점에 대한 원인별 분석을 통해 Trouble Shooting 방안 마련

제 2절 인공습지의 관리적 문제점 및 개선방안

1. 인공습지 내 식생관리

- 인공습지의 경우, 식생은 오염물질 처리에 있어서 핵심적인 요소 중 하나이므로 적절하게 관리하는 것이 중요함
 - 식생에 의한 오염물질의 저감기능을 구체적으로 나열하면 다음과 같음
 - 식생은 수중에 포함된 용존성 유기물을 양분으로 흡수하여 오염물질 저감
 - 식생 표면의 흡착작용에 따른 수중의 다양한 오염물질 제거
 - 습지 내 식생 밀집도에 따라 수중에 포함되어 있는 입자성 물질이 유하하는 과정에서 충돌·침강작용에 의해 입자성 오염물질 저감
 - 습지 내 식생을 지지하는 토양 내 미생물에 의한 생물학적 산화분해 작용에 따른 오염물질 제거
- 식생관리에 있어서 가장 중요한 요소는 식생이 정상적으로 서식하고 성장하면서 유입된 오염물질을 정상적으로 잘 처리하는 것임
 - 따라서 식생관리에 있어서 중요한 요인은 습지 내 식생의 쓰러짐 방지, 생태계 교란중에 의한 우점 방지, 식생을 예초한 후 잔재물이 습지 내에서 오염원으로 작용하지 않도록 사후 관리 철저 등으로 사료됨
- 식생이 쓰러지는 현상은 6월 조사까지만 해도 거의 나타나지 않았지만, 8월 조사 이후에는 빈번하게 나타났음
 - 쓰러진 식생으로 인해 수질정화 효과에 영향을 미치거나 오염원으로 작용하지 않도록 적절하게 관리
- 습지 내 생태교란종이 우점하지 않도록 주기적으로 제거해 줌으로써 토종 식물이 잘 자랄 수 있는 환경 조성
- 식생이 정상 성장한 후 사멸되는 시기에는 습지 내에서 분해되지 않도록 관리
 - 특히 습지 내 식생을 제거한 후에는 외부로 적절하게 반출하여 처리함으로써 습지 내 식생 잔재물로 인하여 재오염되지 않도록 세심한 관리가 필요함
- 대부분의 도심하천 내 인공습지는 친수시설의 역할도 담당하고 있기 때문에, 산책로

등 인근 주민들의 활동 영향권에 있는 지역에 대해서는 주기적인 예초를 통해 주변 경관 관리도 중요한 관리 요소 중 하나임

○ 다만, 예초 후 잔재물이 습지에 유입되지 않도록 유의

[표 94] 조사지점/시기별 식생 관리 상태

		
청미천습지(8.23)-쓰러짐	금학천습지(8.23)-쓰러짐	길업습지(10.26)-쓰러짐
		
마평습지(10.26)-쓰러짐	유림동습지(10.26)-쓰러짐	초부리습지(10.26)-쓰러짐
		
모현면습지(10.26)-쓰러짐	평창습지(8.23)-교란중	마평습지(8.23)-교란중
		
고림동습지(8.23)-교란중	금학천습지(8.23)-교란중	모현면습지(6.23)-교란중
		
유림동습지(4.26)-잔재물	초보리습지(4.26)-잔재물	청미천습지(10.26)-잔재물

2. 기타 관리적인 부분

- 현재 용인시에 조성된 인공습지의 경우, 처리 대상의 물이 적절하게 유입되지 않는 문제도 있지만 습지 내 물 공급이 지속적으로 이루어지지 않는 문제도 있음
 - 습지 내 물 흐름은 수생생물을 포함한 수생태계의 건강성은 물론 수질적 관점에서 중요한 요소 중 하나임
 - 습지 내에서 물 흐름이 없다면 물은 정체되면서 자정기능이 약화되고 오히려 수질을 악화시키는 요인이 될 수 있음
 - 고림동습지 및 초부리습지 등 부분적으로 물이 정체되는 곳이나 연못 등에서 수질이 악화되고 물색이 검은색을 띄는 경우를 발견할 수 있는데 이는 물의 정체에 따른 혐기화의 영향으로 보임
 - 따라서 물의 주기적인 흐름을 유지할 수 있도록 자체적인 내부 순환 방안을 검토하는 것이 필요함
- 현재 습지의 관리에 있어서 가장 눈에 띄는 활동은 주기적인 예초이며, 항상 깔끔하게 습지 주변이 관리되고 있음
 - 이는 습지 이용자들의 편의성을 고려한 것으로 생각되지만, 너무 자주할 경우 생태계에 긍정적인 요소로 작용할 것인지에 대해서는 검토가 필요한 사항임
 - 인공습지를 조성하는 목적은 건전한 생태계를 기반으로 수질을 정화하기 위한 목적이므로 자연스러운 식생의 성장을 유도하고 관리하는 선에서 예초를 실시하는 것이 바람직함
 - 또한 예초 후 부스러기나 잔재물이 습지 내부에 들어가지 않도록 관리할 필요가 있음
 - 만약 주민들의 민원으로 인해 잦은 예초를 실시하고 있다면, 지역적 특성을 고려하여 예초 빈도를 조절하거나, 습지 방문자의 동선을 고려하여 최소한의 범위에서 예초를 실시하는 방안을 고려해 볼 수 있음
 - 예를 들면 도심에 위치해 방문객이 많은 습지와 외곽에 위치해 방문객이 적은 습지로 구분하여 예초 빈도 조절
 - 주민들 동선과 관계없고 습지의 연결성이 확보되는 지점은 자연상태 유지 등
- 습지의 효율적이고 지속적인 관리를 위해서는 관리의 연속성 및 관리자의 전문성이 확보될 필요가 있음
 - 2022년 자연형 비점오염저감시설 유지관리 용역 최종보고서를 보면, 관리기간이

3월에서부터 12월까지인 것으로 파악되었음

- 결과적으로 1 ~ 2월은 관리가 이루어지지 않았을 것으로 추정됨

○ 이는 유지관리 용역 발주에 따른 문제로 보이며, 연간 지속적으로 습지가 관리될 수 있는 방안을 강구하는 것이 바람직함

- 습지 주변의 쓰레기 및 시설관리 상의 문제 등

○ 또한 매년 유지관리업체를 선정함에 따라 관리자가 바뀌는 경우가 발생되는데, 이로 인해 관리자의 지속성 및 관리업무의 효율성이 저하될 수 있으므로 전담 관리자를 지정하는 방안도 검토해 볼 수 있음

- 이는 습지의 효율적인 관리를 위한 측면뿐 아니라, 습지의 기존 문제점을 정확하게 인식하고 적절하게 관리하기 위함임

□ 보의 운영관리와 연동되어 하천 수위에 영향을 미치고, 인공습지의 물 공급에 어려움이 발생하는 습지의 경우에는 보를 운영·관리하는 자와 항상 협력관계를 유지할 수 있도록 통합적 관리 방안을 마련하는 것이 바람직함

□ 기타 관리적 측면에서는 홍수나 가뭄 등 기후적 변화에 따른 습지 내 식생 및 시설물이 파손되지 않도록 관심을 가지고 관리할 필요가 있음

○ 집중 강우가 내린 후 토사의 퇴적이나 협잡물 및 쓰레기 등의 유입, 식생의 피해 등에 대한 전반적인 상태를 파악하고 관리해야 함

○ 특히 인공습지가 인근 주민들의 친수공간으로 활용되는 경우에는 목재 데크 및 보도 등 시설에 파손이나 위험 요소가 없는지 확인하고, 이러한 것들이 발견될 경우에는 빠르게 수리할 수 있도록 관리체계가 마련되어야 함

제 3절 인공습지의 수질적 문제점 및 개선방안

□ 현재 용인시에 조성된 습지는 유입 원수에 따라 하천수와 하수처리수가 유입되고 있으며, 이들 유입수는 근본적으로 수질적 특성이 다르기 때문에 각 특성에 맞는 적절한 습지의 운용이 필요함

□ 하천수가 유입되는 인공습지의 경우, 비점오염 유출수가 발생했을 때 고농도의 오염 하천수가 습지로 유입되었으며, 이후 습지를 거쳐 오염도가 크게 저감된 상태에서 방류되는 것으로 조사되었음

○ 따라서 강우가 발생하고 유출되는 시기에 적절하게 습지에 유입될 수 있도록 관리하는 것이 수질적 관점에서 중요함

- 하수처리수를 대상으로 하는 길업습지와 마평습지는 SS 및 BOD의 유입농도가 매우 낮아 습지에 의한 처리효과가 적절하게 나타나지 않았음
 - 대부분 항목에서 습지에 유입된 직후인 침전연못에서 오염도가 크게 증가하는 경향을 보였고, 침강연못에서도 미약하게 농도가 증가하는 경우가 많았음
 - 이는 유입수의 농도가 낮은 것도 원인이지만, 침전지 및 침강지가 적절하게 관리되지 못하여 발생한 문제일 수도 있으므로 충분한 추가 검토가 필요함
 - 특히 이들 연못에는 대부분 수련이나 연꽃 등이 무성하게 자라고 있었으므로, 이에 따른 영향은 없는지 검토할 필요가 있음
 - 또한, 수질적 안전성을 확보하기 위해서는 침강연못에서 방류되기 전 돌쌓기형 여과시설이나 지하흐름형 습지시설을 구성하는 등 구조적 개선방안을 검토해 보는 것도 바람직함
 - 앞서 돌쌓기형 여과시설 전후에 수질개선 효과가 있었던 것으로 분석되었고, 또한 평창습지의 지하흐름형 습지의 처리효율이 높게 나타난 점을 고려하여 이를 응용한 복합공정 적용 방안을 검토해 볼 수 있음
- 인공습지는 비점오염 유출수를 처리하기 위한 시설이므로, 주변으로부터 강우 시 집중적으로 하천에 유입되는 비점오염원이 있을 경우 병행 처리할 수 있도록 방안을 마련하는 것이 바람직함
 - 유림동습지의 경우 중간 부분에 대규모 비점오염원 유입시설이 있지만, 습지 내 하부 관로를 통해 경안천에 직접 유출되고 있어 경안천 수질오염원으로 작용할 수 있음
 - 이와 같은 경우, 유림동습지로 유입시켜 처리할 수 있도록 방안을 마련함으로써 비점오염 유출수가 그대로 하천에 방류되는 것을 막고, 비점오염 유출부하량을 줄일 수 있도록 하는 것이 바람직함

[표 95] 유림동습지 비점오염원 직방류 현황



제 4절 각 습지별 문제점 및 개선점

지점명	습지명	문 제 점	개 선 점	비 고
YW-1	청미천 습지	- 유입 펌프 미가동 - 취수시설 확인 어렵고 자주 막힘 - 쓰레기 및 목재 데크 파손	- 펌프 가동상태 확인 - 취수시설 정기 점검 필요 - 주기적인 시설점검	취수 위치 및 구조 변경 고려
YW-2	평창 습지	- 습지 내 시설 파손 부분 방치 - 유입부 분산 유입 및 유도시설 미활용 - 외래종 우점 가능성	- 시설 목적 검토를 통해 수리 또는 철거 결정 필요 - 유도시설 확인 및 활용 - 주기적인 시설관리 및 제거	평창습지의 향후 관리 방안에 따름
YW-3	길업 습지	- 산책로 등 데크시설 파손 - 물의 정체에 따른 수질 악화 가능성 - 낮은 SS 및 BOD 유입수에 따른 유출수 농도 증가	- 주기적인 시설점검 및 관리 - 물의 자체 순환유도 방안 검토 - 후단 부분에 여과 시설과 연계 하여 추가 처리 방안 검토	하수처리수 유입
YW-4	운학동 습지	- 비가 많이 오면 산책로가 잠김 - 파손된 목재 데크 방치	- 산책로 개선 또는 관리 강화 - 주기적인 시설점검 및 수리	유입 방식 확인 어려움
YW-5	마평 습지	- 산책로 등 데크시설 파손 - 물의 정체에 따른 수질 악화 가능성 - 낮은 SS 및 BOD 유입수에 따른 유출수 농도 증가	- 주기적인 시설점검 및 관리 - 물의 자체 순환유도 방안 검토 - 후단 부분에 여과시설과 연계 하여 추가 처리 방안 검토	길업습지와 동일
YW-6	고림동 습지	- 유입구 위치 확인 불가 - 하천과 유입구 위치 차에 따른 유입 어려움 - 물 정체로 수질관리 어려움 - 습지 내 생태교란종 우점 가능성	- 유입구 확인 및 복구 - 유입구 준설 및 주기적인 유입구 점검 및 관리 - 물 흐름 유도 필요 - 주기적인 시설관리 및 제거	주택지역과 근접지
YW-7	금학천 습지	- 유도수로 파손 및 수평 불안정 - 토사로 인한 유도수로 막힘 - 관수로 유입 전 스크린 미설치 - 다종의 외래종 번식	- 유도수로 수리 및 교정 - 주기적인 관리 및 토사 제거 - 스크린 설치 및 관내 점검 - 주기적인 시설관리 및 제거	하천수의 지속적 유입 (준설 작업 중)
YW-8	유림동 습지	- 스크린 시설 막힘 - 보 운용에 따른 수위 차로 유입 어려움 - 식생 쓰러짐 - 중간에 비점오염유출수 방류	- 주기적인 스크린 협잡물 제거 및 구조 조정 - 보 운용과 연계 방안 강구 - 주기적인 식생 관리 - 유입 처리방안 검토 필요	현재 공사 중
YW-9	금어천 습지	미조사	-	공사 중
YW-10	둔전리 습지	미조사	-	공사 중
YW-11	초부리 습지	- 펌프 미가동에 따른 유입 어려움 - 목재 데크 파손 - 유출수 돌무덤 시설 파손 - 물의 정체로 수질 악화 및 악취 - 부유식생 과다	- 펌프 및 유입시설 점검 - 주기적 시설관리(바로 고침) - 시설 수리 또는 제거 - 자체 순환 유도 또는 정상 가동 - 주기적 관리를 통한 제거	소생태계 개선사업 진행 중
YW-12	모현면 습지	- 보 운용에 따른 수위 차로 유입 어려움 - 식생 쓰러짐 - 외래종 다수 번식	- 보 운용과 연계 방안 강구 - 주기적인 식생 관리 - 주기적인 시설관리 및 제거	유입부 공사 중

제 6장 결론 및 활용방안

제 1절 결론

1. 시설적/관리적 측면

- 용인시 내 인공습지에 대한 현장실태조사를 통해 관리적 측면을 검토한 결과, 용인시는 지속적으로 관심을 가지고 습지를 적절하게 유지·관리하기 위한 노력을 기울여 온 것으로 판단됨
 - 용인시는 매년 인공습지 관리를 위한 용역을 발주하여, 습지 시설 및 식생, 수질 유지 등을 위한 관리 비용을 투자하고 있었음
 - 이를 통해 주기적으로 식생 관리 및 주변 청소, 시설 보수, 수질분석 자료 확보 등의 활동이 진행되었으며, 이를 토대로 연별 보고서가 작성된 것으로 조사됨
- 다만 본 인공습지의 설치 목적에 부합되도록 운전하기 위해서는 시설적/관리적 측면에서 고려되어야 할 주요 요소가 있으며, 이에 대한 지속적 관리 및 개선 노력이 필요할 것으로 판단됨

□ 용인시에서 관리하고 있는 하천수 대상 인공습지 대부분이 유입부의 시설적, 구조적, 관리적 측면에서 문제가 있으므로 문제해결 방안 마련 필요

- 시설적 문제점은 강우 시 비점오염이 유입되어야 하지만 펌프 시설을 가동하지 않거나, 협잡물 배제시설 미설치 등임
- 구조적 문제는 유입수 취수시설 막힘, 매립형 관수로 내 막힘, 협잡물 배제시설 막힘현상 등 다양함
- 마지막으로 관리적 문제는 토사 막힘, 시설 파손 및 고장, 가동보 운용 부적절 등으로 파악됨
- 본 습지는 강우 시 비점오염 유출수 중 오염물질 저감을 목적으로 하고 있기 때문에 강우 시 하천유량 및 오염부하가 증가한 시점에서 유입이 원활하게 이루어지고 적정하게 처리되도록 하는 것이 중요함
 - 하지만 고농도의 유입수가 습지로 유도되지 않고 하천으로 방류된다면, 시설 설치의 목적성을 상실하므로 가장 중요한 관리적 요소로 판단됨

수질 상태 및 정화효율 평가는 습지의 목적에 맞게 대상수를 중심으로 평가하되, 습지 내 물 흐름을 확인하고 유입 및 유출수를 채수하여 분석하는 것이 타당함

- 하수처리수를 유입 원수로 하는 경우 펌프 가동에 따른 유입 및 유출수를 대상수로 하되, 평가는 하천유지용수 기준에 맞는지 비교·평가
- 하천수를 대상으로 하는 경우에는 습지 내 유입 및 유출수의 유무를 확인하고 유입에 따른 흐름이 발생할 경우에 대상수를 분석·평가
 - 다만, 하천수가 대상수인 경우에는 비점오염 저감 목적을 가지고 있으므로 강우 시 평가가 반드시 이루어지는 것이 바람직하고, 평가는 환경부 “비점오염 저감시설의 설치 및 운영 매뉴얼” 또는 “오염총량관리 기술지침(2022년)”의 비점오염저감시설 저감효율을 준수하는지 비교·평가

일부 시설은 파손된 상태로 개선 또는 보수되지 않고 방치되는 경우가 있으므로, 원인분석 및 개선방안 검토를 통해 최적 상태를 유지할 수 있도록 관리방안 마련

- 시설 보수가 늦어지는 경우에는 원인(비용적 또는 기술적 문제 등)을 파악하고 적절한 개선이 이루어질 수 있도록 해야 함
- 보수가 필요한 시설은 주로 장치 또는 기기 등이 도입된 시설이며, 이들의 기능 및 성능 등 효율성과 함께 지속적인 관리에 따른 시설의 필요성 및 편익성 등을 모두 고려하여 보수 또는 개선 결정
 - 만약 효율성 및 편익성이 떨어지는 경우 과감하게 철거 검토

기타 습지 내 식생의 적절한 관리 및 생태계 교란 식물 우점화 방지를 위한 지속적인 관심 및 제거가 필요함

- 습지시설의 주요 구성체는 식생이므로, 식생의 적절한 관리를 통하여 최선의 처리효과를 얻을 수 있도록 관리하고, 식생으로 인한 수질 악화가 발생하지 않도록 해야 함
 - 습지 내 식생 제거 또는 예초 후 확실한 주변 정리 및 잔재물 반출을 통해 새로운 오염원으로 작용하지 않도록 해야 함
 - 식생 쓰러짐 현상을 주기적으로 관찰하고 빠른 후속 대책 강구
 - 습지 생태계의 연속성 및 확장성, 효율성 등을 신중히 고려하여 친수공간으로 활용되는 경우를 제외하고 가급적 예초 주기를 확장하여 관리방안 마련

- 일부 외래종의 우점화가 눈에 띄는 습지가 있으므로, 이들로 인해 토종식생이나 식재 식물 등에 영향을 미치지 않도록 지속적인 관리 노력 필요

2. 수질적 측면

□ 하수처리수 또는 강우 시 고농도의 하천수를 유입수로 하는 인공습지 모두 영양물질에 대한 처리효율은 상당히 양호한 결과를 보였음

- 영양물질인 T-N 및 T-P에 대한 처리효율을 보면, 하수처리수를 유입 원수로 하는 길업습지와 마평습지에서의 처리효율은 전체 평균 각각 T-N이 53.9%와 65.9%였으며, T-P가 11.8%와 33.0%로 양호한 제거효율을 보였음
- 강우 시 초기 우수유출수가 포함된 하천수를 대상으로 수질평가가 이루어진 금학천습지의 경우에는 1차 조사에서 T-N 및 T-P의 처리효율이 각각 29.9%, 39.0%로 나타났지만, 2차 조사에서는 각각 47.6%와 71.6%의 높은 처리효율을 보여 만족스러운 결과를 보였음
- 질소 및 인과 같은 영양물질은 하천 및 호소에서 부영양화를 일으키는 주요 원인물질로 작용하기 때문에, 인공습지의 이와 같은 처리효율은 공공수역의 수질개선 및 오염총량 관리 측면에서 바람직한 결과로 판단됨

□ SS 및 BOD는 하수처리수를 유입 원수로 하는 길업습지와 마평습지의 경우 낮은 유입농도로 인해 음의 처리효율을 보였고, 비점오염 유입 하천수는 높은 유입농도를 보이며 양의 처리효율을 보였음

- 이는 하수처리수가 생물학적 공정 및 물리적 기작에 의해 처리된 후 배출되기 때문에 인공습지에 유입될 때 SS 및 BOD 농도 자체가 매우 낮고, 습지시설을 거치면서 다양한 자정 및 자탁작용을 통해 습지 내 생성물질이나 잔류물질 등이 같이 유출되면서 나타난 결과로 판단됨
- 하지만 고농도의 비점오염 유출수를 포함한 하천수는 습지에 그대로 유입되기 때문에 고농도를 유지하고 있어 습지 내 다양한 자정기능이 우세하게 나타나 처리효율이 높게 나타난 것으로 판단됨
- 결과적으로 유입수의 특성 및 농도에 따라 습지의 수질정화 효율은 차별성을 보이며, 대체적으로 유입농도에 따른 영향을 받는 것으로 판단됨
 - 유입농도와 유출농도, 유입농도와 처리효율에 대한 각각의 상관관계를 분석해

본 결과를 보면, 대체로 모두 우상향하는 특성을 보였음

- 또한, BOD 및 영양물질의 경우, 같은 유입원수가 공급되었음에도 서로 다른 결과를 보인 원인은 인공습지 내에서 성장하고 있는 식생에 의한 물질의 이용 특성 및 물질의 생태계 내 순환 특성에 의한 영향으로 판단됨
 - 일반적으로 탄소 및 질소, 인은 모든 생물체에게 반드시 필요한 물질이면서, 생물의 성장 및 생존을 위해서 반드시 공급받아야 하는 물질임
 - 하지만 탄소의 경우, 식물들은 대기 중의 무기탄소를 탄소원으로 활용하여 광합성 작용에 의해 유기탄소를 내부적으로 생산할 수 있기 때문에, 습지 내 식생이 성장하는 과정에서 유기탄소량이 증가될 수 있음
 - 이와 같이 증가된 유기탄소가 생태계 내 순환과정에서 수중으로 방출되어 유출수의 BOD와 같은 탄소성 유기물량이 증가된 것으로 사료됨
 - 반면에 영양물질인 질소 및 인의 경우에는 내부생산에 의해 생산되는 과정이 거의 없기 때문에 외부에서 유입된 오염원에 의해서만 공급되고, 유입수에 함유된 영양물질을 식생이 이용하며 성장하는 과정에서 수중 농도가 낮아져 처리효율이 높게 나타난 것으로 사료됨
- 결과적으로 이와 같은 습지 내 물질순환 특성 차이가 이들 물질 간 처리효율에 영향을 미친 것으로 판단됨

□ 길업습지와 마평습지의 유출수 수질을 환경부에서 제시한 하천유지용수 수질 기준과 비교·평가해 보면, 본 연구에서 분석된 모든 항목에서 수질기준을 만족시키는 것으로 나타났고, 금학천습지의 처리효율을 비점오염저감시설 저감효율 기준과 비교·평가해 보면 1차 조사에서 아쉽게 미달했지만, 2차 조사에서 모두 만족시키는 결과를 보였음

- 유입원수에 따라 습지의 이용목적이 각각 다르기 때문에 습지에 대한 수질 평가는 목적에 따른 평가기준을 적용하는 것이 바람직함
 - 따라서 하수재이용 목적의 길업습지와 마평습지는 하천유지용수 수질기준을, 비점오염저감 목적의 금학천습지는 환경부 비점오염저감시설의 저감효율 기준을 적용하는 것이 타당함
- 결과적으로 길업습지와 마평습지는 pH, BOD, T-N, T-P에 대하여 하천유지용수 수질기준을 충분히 만족시키는 결과를 보였음
- 강우 시 초기 우수유출수가 포함된 하천수를 대상으로 수질평가가 이루어진 금학천습지의 경우에는 1차 조사에서 BOD, T-N, T-P의 처리효율이 각각

38.6%, 29.9%, 39.0%로 조사되어 환경부에서 제시한 BOD 53%, T-N 37%, T-P 60%의 처리효율 기준에 미치지 못했지만, 2차 조사에서는 각각 71.6%, 47.6%, 71.6%로 모두 기준을 만족시키는 결과를 보였음

- 이는 용인시에 설치된 인공습지가 충분히 목적에 부합되는 기능을 가지고 있고, 적절한 역할이 가능하다는 사실을 시사함
- 또한, 용인시에 설치된 인공습지는 수질개선의 목적으로만 설치된 것이 아니며, 대부분의 습지가 주변의 생태공간 및 인근 주민들에게 친수공간 제공의 지역 사회 서비스적 성격을 가지고 있어 부가적인 파급효과가 있다는 점을 고려할 때 잘 유지하고 관리할 필요가 있다고 사료됨

평창습지 및 돌쌍기형 여과시설의 수질개선효과를 분석한 결과, 이들 시설의 수질개선 효과가 크게 나타난 만큼 이를 활용한 수질개선방안 검토 필요

- 용인시에서 유일하게 지하흐름형 습지인 평창습지의 수질정화 효율을 분석해 본 결과, 낮은 유입농도임에도 불구하고 SS 및 BOD 제거효율이 각각 87.4%, 67.2%로 나타났음
- 또한 돌쌍기형 여과시설에 의한 수질정화 효과를 분석해 본 결과에서는 SS 49.1%, BOD 50.3%의 처리효율을 보였음
- 이와 같은 결과는 길업습지나 마평습지와 같이 매우 낮은 유입농도로 인하여 습지 내에서 증가하는 경향을 보여 음의 처리효율을 보인 SS 및 BOD 항목 등에 대하여 추가적인 융복합 처리기술로 적용하여 보다 안정적인 처리효과를 기대할 수 있다는 사실을 시사함
 - SS성 물질에 대한 여과 및 침강, 흡착 작용 등을 유도하고, BOD 물질이 같이 제거됨으로써 부가적인 처리효과를 기대할 수 있는 것으로 사료됨
 - 특히 길업습지 및 마평습지의 경우에는 물을 지속적으로 공급하지 않고 있어 습지 내에서 다양한 생물작용 및 물질순환 기작이 발생하게 되고, 특히 후단 연못에서 장시간 체류하는 과정에서 혐기화에 따른 다양한 물질 용출로 인해 발생할 수 있는 오염물질 유출 가능성을 낮춰 수질안정성을 확보하는데 기여할 수 있을 것으로 사료됨
 - 다만 구체적인 적용방안 및 공정구성 등에 대해서는 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료됨

제 2절 연구의 기대성과 및 활용방안

1. 기대성과

가. 기술적 측면

- 인공습지의 유입수 특성 및 요소기술에 따른 수질개선 효과분석 등을 통해 향후 인공습지 조성 시 활용할 수 있는 레퍼런스 구축에 따른 관련 기술기반 확립
 - 기존에 조성된 용인시 내 인공습지의 실태조사를 통하여 시설 및 유지관리 문제점 및 한계점을 분석하고, 현행 시설과의 비교·검토 결과를 토대로 보다 효율적인 인공습지 조성 및 관리방안 확보에 기여
- 인공습지의 현행 시설 및 유지관리 문제점 등에 대한 개선방안 도출 및 정책방안 제시 등을 통해 인공습지의 관심도 및 활용성을 증대시키고, 그에 따른 간접적인 기술발전 기대 효과
- 인공습지를 구성하는 요소기술에 대한 기술적 한계점 또는 적용방안 등의 연구결과를 토대로 기술의 차별화 및 공정 구성방안 등 기술의 발전 및 다변화를 유도하고 습지 설계기술의 발전에 기여

나. 사회·경제적 측면

- 인공습지 본래의 수질정화 기능을 회복시킴으로써 비점오염원으로 인해 발생하는 오염부하량을 감소시키고, 이를 통해 공공수역의 수질개선에 기여함으로써 인근 지역주민들에게 깨끗하고 쾌적한 생활환경 제공에 기여
- 조성된 습지의 부적절한 관리로 인해 낭비되는 사회적 비용을 저감하고, 지역 인프라 시설의 활용성을 높이는데 따른 경제성 향상 효과
- 인공습지의 유지관리 부실로 인해 발생할 수 있는 하천 수변 환경 악화를 방지하고, 그에 따른 하천환경 가치향상에 따른 경제적 파급효과
 - 인공습지의 시설개선 및 효율적인 유지관리를 통해 습지 본래의 생태적 또는 경관적 가치향상에 따른 파급적 효과
 - 인공습지의 친수기능 강화를 통해 지역주민들에게 보다 쾌적한 휴식 및 여가 공간을 제공함으로써 습지의 사회적 가치향상

다. 정책적 측면

- 기존 습지의 현황 및 실태조사를 통해 제도적/행정적 한계점에 대한 분석 및 결과를 토대로 보다 합리적이고 효율적인 습지 조성 및 관리 정책을 수립함에 따른 용인시의 환경정책 효율화 및 선진화
- 비점오염원 저감시설로서 인공습지의 정확한 현황분석을 토대로 개선방안 및 정책방안을 제시함에 따른 환경정책의 신뢰성 강화
- 자연형 시설을 활용한 비점오염원 저감대책을 강화함으로써 정부가 주도적으로 추진하고 있는 생태친화적 수계환경 조성정책 및 물 순환정책 등에 부응함으로써 정책적 공조 체계를 유지하고, 선제적인 대응 기반을 조성할 수 있어 환경정책의 수단 강화 효과

2. 활용방안

- 인공습지 조성기술의 발전을 통해 국가 물관리정책에서 강조하고 있는 건전한 물 순환 정책 및 탄소저감 정책에 활용
 - 또한 인공습지 본래의 기능인 비점오염원 저감기능을 향상시킴으로써 오염총량 관리제도의 효율성을 향상시키는데 활용
- 인공습지의 문제점 및 한계점을 개선하여 신규 조성될 인공습지 조성사업 등에 활용함으로써 본 연구사업의 성과 확대
 - 인공습지 요소기술의 원리 및 메커니즘 등을 활용한 보다 효율적인 비점오염 저감기술 개발에 활용
- 본 연구를 통해 제시된 인공습지의 조성 및 유지관리 방안 등을 타 비점오염 저감시설에 준용하여 활용할 수 있음
 - 이를 통해 연관 시설 및 기술의 동반 발전 유도

3. 정책제안

통합적이고 효율적인 관리방안 마련

- 인공습지와 하천시설물과의 통합적 관리를 위한 연계성 강화
- ICT 기술적용 등을 통한 상시 모니터링 시스템 구축
- 효율적인 관리를 위한 예산 정책 수립

- 용인시의 인공습지는 주로 강우 시 및 비강우 시 하천수에 포함된 오염물질을 적절하게 처리하기 위한 목적으로 조성되었으며, 자연 유하가 가능하도록 주로 상류부에서 채수하여 유도수로를 거쳐 습지에 유입시키는 구조임
- 또한, 안정적인 취수를 위해 보와 연계되는 경우가 많은데, 가동보로 되어있는 경우 가동보 운용에 따라 유입에 영향을 미침
 - 유림동습지 및 모현면습지가 그러한 사례로 보가 내려가 있으면 하천 수위가 유입구보다 낮아 하천수가 유입되지 않고 있었음
 - 이와 같이 습지와 연관된 시설물 등의 연계성을 고려하여 통합적으로 운영·관리될 수 있도록 시스템을 구성하거나 상호협력할 수 있는 체계를 구축하는 방안 필요
- 현재 용인시 인공습지의 가장 큰 문제점은 대상 수가 적정하게 유입되지 않고 있다는 점이며, 이를 빠르게 파악하고 대처하기 위해서는 항시 모니터링할 수 있는 시스템 구축이 필요함
- 앞서 본 연구의 결과에서 본 바와 같이, 인공습지에 의한 비점오염 저감은 유입농도가 높을 때 높은 처리효율을 기대할 수 있으므로 적정하게 유입될 수 있도록 관리하고 문제 발생 시 빠르게 대처할 수 있는 방안 마련이 필요함
 - 이에 인공습지에 대상 수가 원활하게 유입되는지 항시 확인할 수 있도록 ICT 기술과 연계한 모니터링 시스템 구축이 필요하다고 사료됨
- 인공습지의 원활하고 효율적인 관리를 위해서는 적절한 유지보수가 필요하지만, 예산확보에 어려움이 있는 것으로 조사됨
- 용인시 인공습지의 경우 유입 유도수로 등에서 자주 막힘현상이 발생하고 있고 이로 인해 습지 운영에 어려움이 있지만, 적절하게 대처하지 못하는 경우가 많았으며 그 이유 중 하나가 복구비용이 예산에 포함되어 있지 않았기 때문임
 - 시설의 유지관리비에서 지속적/규칙적으로 발생하는 비용에 대해서는 미리 예산을 산정하고 확보함으로써 큰 문제가 없었지만, 시설적 부분에서 발생하는 예기치 못한 시설의 고장이나 홍수 및 가뭄 등에 따른 시설 피해 등은 미리 예측하고 예산을 확보하는 것이 현실적으로 어려움

- 따라서 예비비 형식으로 시설비의 일정 부분 또는 지금까지의 관리기간 동안 발생빈도 및 소요비용 등을 고려하여 시설보수비를 별도로 책정하여 예산에 반영함으로써 인공습지 미가동으로 인해 발생하는 수질 악화를 방지할 수 있도록 하는 것이 바람직함

□ 거버넌스 구축 및 활용

○ 습지 관계자의 네트워킹 강화 및 인근 주민들과의 상호 이해관계 구축

- 용인시에 산재해 있는 12개 인공습지에 대한 관리는 관리자만의 노력으로 한계가 있으므로 지역 거버넌스 구축이나 습지 관리를 위한 협의체 구성 등을 통해 지역 친수시설로써 함께 관리하는 방안 마련
 - 이를 기반으로 인공습지와 관련된 교육, 홍보, 문화 활동을 기획·지원함으로써 지역 사회의 자발적 참여를 유도하고 함께 발전할 수 있는 분위기 조성
 - 이와 같은 활동을 통해 지역 사회 구성원들의 인공습지에 대한 기본 이해도를 높이고, 주민들의 소속감 및 책임의식을 함양할 수 있는 계기로 만들어나갈 수 있도록 함
 - 구성체는 지자체 및 지역 주민, NGO 단체, 교육기관, 공공기관, 일반기업 등을 포함하는 것이 바람직함
 - 이를 통해 인공습지 관리과정에서 발생할 수 있는 불필요한 오해 및 민원을 줄이고, 행정적 손실을 최소화하면서 주민 협의를 통해 보다 효율적인 관리가 이루어질 수 있을 것으로 기대됨

□ 효율적 인공습지 관리를 위한 구체적인 습지 조례 제정

○ 용인시 현황 및 목적에 맞는 습지 관련 조례를 마련하여 인공습지 조성 및 유지, 관리를 용이하게 할 수 있도록 활용

- 용인시의 경우 습지와 관련된 구체적인 조례가 없기 때문에 정책적으로 소외될 우려가 있고, 유지관리 및 시설개선에 한계가 있을 수 있으므로 인공습지 관련 조례를 제정하여 보다 효율적으로 습지를 보전하고 관리할 수 있도록 하는 것도 고려해 볼 필요가 있음
 - 경기도에는 습지보전 및 관리 조례를 별도로 제정하여 습지에 대한 관심을 높이고 있음
 - 또한, 고양시, 화성시, 안산시 등은 습지와 관련된 별도의 조례를 제정함으로써

습지에 대한 정책적 배려가 포함되어 있음

- 따라서 용인시도 인공습지에 대한 관리목표 및 목적을 명확히 하고, 인공습지의 역할을 강화하기 위한 목적으로 조례 제정을 고려해 볼 수 있음
 - 이를 통해 인공습지를 다양한 목적으로 활용할 수 있는 제도적 기반 조성 및 인공습지를 통한 수변지역의 수질 개선 유도
 - 또한, 지역주민들의 친수공간 및 생태공간 등으로 활용성을 높일 수 있도록 하여 지역사회 발전에 기여

인공습지 조성 시 전문가 자문 제도 도입

- 향후 인공습지 조성 시 이번 조사결과에서 나타난 각각의 문제점에 대해서 설계 단계에서부터 충분히 검토할 수 있도록 하고, 사전 전문가 자문을 통해 발생할 수 있는 문제점을 사전에 방지할 수 있도록 제도적 방안 마련

- 앞서 연구결과를 보면 습지의 특성 및 유입수 조건에 따라 인공습지에 의한 각 오염물질의 처리효율은 다르게 나타나기 때문에, 인공습지 조성 시 설계 및 유지관리방안 등에 대한 전문가 사전 검토 및 자문 등을 받아 진행한다면, 보다 효과적인 습지조성이 될 수 있을 것으로 사료됨

제 7장 부록

제 1절 실험 결과자료	176
1. 금학천습지	176
2. 길업습지	177
3. 마평습지	179
4. 평창습지	183
제 2절 지점별 Check List	184
제 3절 조례	214
1. 경기도 내 습지보전 및 관리 조례	214
2. 경기도 외 습지보전 및 관리 조례	228

제 1절 실험 결과자료

1. 금학천습지

[부록 표 1] 금학천습지 현장측정항목 1차 조사 결과 (2023년 7월 4일, 14:10 ~ 17:10)

항목	수온 (°C)		pH		EC (μs/cm)		DO (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	25.1	24.8	8.9	7.4	458	454	8.2	4.3
2	25.1	24.9	8.6	7.4	462	453	7.3	3.8
3	25.0	25.0	8.3	7.4	389	453	6.4	3.7
4	24.9	25.6	7.9	7.4	295	453	5.8	2.4
5	25.3	25.2	7.7	7.4	197	512	6.6	4.6
6	24.7	25.3	7.8	7.3	229	548	6.6	4.4
평균	25.0	25.1	8.2	7.4	338	479	6.8	3.9

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	8.0	2.4	3.6	4.3	4.6	3.0	2.04	1.91	0.140	0.148
2	2.4	2.4	5.1	2.4	4.2	2.8	3.75	1.77	0.268	0.132
3	12.0	4.8	10.1	4.5	4.4	2.8	3.41	1.98	0.372	0.134
4	56.4	21.8	8.2	3.0	4.3	2.6	3.03	2.06	0.224	0.134
5	106.4	3.2	7.8	5.2	4.1	3.0	2.24	1.91	0.310	0.164
6	58.4	1.2	4.4	4.8	3.9	3.4	2.21	2.04	0.138	0.174
평균	40.6	6.0	6.5	4.0	4.2	2.9	2.78	1.95	0.242	0.148

[부록 표 2] 금학천습지 현장측정항목 2차 조사 결과 (2023년 9월 13일, 13:20 ~ 17:20)

항목	수온 (°C)		pH		EC (μs/cm)		DO (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	22.6	22.8	7.6	7.4	363	432	9.7	10.7
2	22.2	22.6	7.8	7.5	294	428	10.1	10.1
3	21.9	21.8	7.8	7.5	290	430	8.9	9.3
4	22.2	21.9	7.7	7.5	278	426	8.7	10.3
5	22.8	22.6	7.7	7.3	206	424	10.3	10.2
6	22.7	22.5	7.9	7.4	160	424	10.7	11.9
7	22.4	22.5	7.9	7.5	167	423	9.3	10.8
평균	22.4	22.4	7.8	7.4	251	427	9.7	10.5

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	51.6	10.0	10.2	2.4	5.8	2.8	1.20	0.72	0.184	0.080
2	123.0	0.8	8.8	2.9	5.6	3.2	3.17	0.90	0.589	0.081
3	143.6	4.0	7.5	2.1	5.4	3.0	2.13	1.26	0.323	0.075
4	129.1	0.4	6.4	1.7	5.0	3.6	1.79	1.04	0.330	0.086
5	76.3	5.2	6.9	1.9	4.7	3.4	1.17	0.62	0.223	0.083
6	81.2	4.0	6.8	2.0	3.9	4.7	0.84	0.84	0.193	0.087
7	96.4	2.0	6.0	2.0	3.7	3.1	1.42	0.77	0.205	0.089
평균	100.2	3.8	7.5	2.1	4.9	3.4	1.67	0.88	0.292	0.083

2. 길업습지

[부록 표 3] 길업습지 현장측정항목 1차 조사 결과 (2023년 7월 7일, 08:00 ~ 12:00)

항목	수온 (°C)		pH		EC (µs/cm)		DO (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	22.1	23.4	7.4	7.2	1879	1317	7.7	2.9
2	22.4	24.3	7.4	7.1	1846	681	7.7	3.2
3	22.5	25.0	7.3	7.2	714	789	7.8	3.4
4	22.5	24.8	7.3	7.2	1966	901	7.6	4.1
평균	22.4	24.4	7.3	7.2	1601	922	7.7	3.4

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	2.8	5.6	2.0	3.2	18.8	19.8	2.93	1.39	0.090	0.328
2	1.2	3.6	2.1	1.9	4.9	5.1	3.02	1.76	0.120	0.018
3	0.8	8.4	1.7	2.3	5.1	5.1	3.14	1.23	0.146	0.050
4	0.8	1.2	1.6	2.1	5.3	4.9	3.02	0.81	0.396	0.028
평균	1.4	4.7	1.9	2.4	8.5	8.7	3.03	1.30	0.188	0.106

[부록 표 4] 길업습지 현장측정항목 2차 조사 결과 (2023년 9월 15일, 10:30 ~ 14:00)

항목	수온 (°C)					pH				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	-	-	-	-	-	7.7	-	-	-	7.3
2	-	-	-	-	-	7.6	-	-	-	7.5
3	-	-	-	-	-	7.8	-	-	-	7.6
4	-	-	-	-	-	7.8	7.7	7.4	7.6	7.4
5	-	-	-	-	-	7.6	7.7	7.3	7.5	7.4
6	-	-	-	-	-	7.6	8.0	7.4	7.7	7.5
7	-	-	-	-	-	7.6	-	-	-	7.5
평균	-	-	-	-	-	7.7	7.8	7.4	7.6	7.5

항목	EC (µs/cm)					DO (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	714	-	-	-	521	9.3	-	-	-	6.5
2	731	-	-	-	526	10.5	-	-	-	6.8
3	773	-	-	-	536	10.3	-	-	-	8.8
4	734	614	522	482	530	10.9	9.2	8.3	8.3	9.0
5	718	628	518	495	528	10.7	9.1	5.9	8.1	6.5
6	714	696	542	509	532	9.7	9.9	8.3	9.2	5.9
7	729	-	-	-	523	9.6	-	-	-	8.8
평균	730	646	527	496	528	10.2	9.4	7.5	8.6	7.5

항목	SS (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	0.4	-	-	-	5.2
2	0.8	-	-	-	4.0
3	2.0	-	-	-	3.2
4	0.8	2.8	8.8	5.6	4.8
5	0.8	2.4	5.6	6.4	0.8
6	0.8	4.8	1.6	3.2	1.6
7	0.4	-	-	-	3.2
평균	0.9	3.3	5.3	5.1	3.3

항목	BOD (mg/L)					TOC (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	2.2	-	-	-	2.7	5.5	-	-	-	5.9
2	2.6	-	-	-	3.9	5.2	-	-	-	5.8
3	2.1	-	-	-	2.2	5.0	-	-	-	5.5
4	1.5	3.6	3.3	2.2	4.1	5.1	5.5	5.3	5.2	5.3
5	2.8	3.7	1.7	2.1	3.0	5.0	5.4	5.3	5.2	5.5
6	2.2	2.7	1.9	1.7	3.2	5.1	5.2	5.2	5.8	5.3
7	2.1	-	-	-	2.6	5.1	-	-	-	5.4
평균	2.2	3.3	2.3	2.0	3.1	5.2	5.3	5.2	5.4	5.5

항목	T-N (mg/L)					T-P (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	1.68	-	-	-	1.32	0.038	-	-	-	0.028
2	1.61	-	-	-	0.71	0.032	-	-	-	0.063
3	2.12	-	-	-	1.05	0.031	-	-	-	0.082
4	1.73	1.62	1.44	0.48	1.06	0.059	0.062	0.089	0.034	0.061
5	1.51	1.79	0.98	0.34	0.57	0.045	0.047	0.062	0.052	0.032
6	1.40	1.73	0.61	0.38	0.69	0.024	0.036	0.025	0.018	0.025
7	1.91	-	-	-	0.51	0.016	-	-	-	0.003
평균	1.71	1.71	1.01	0.40	0.84	0.035	0.048	0.059	0.035	0.042

3. 마평습지

[부록 표 5] 마평습지 현장측정항목 1차 조사 결과 (2023년 7월 7일, 08:00 ~ 12:00)

항목	수온 (°C)		pH		EC (µs/cm)		DO (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	27.0	27.7	7.1	6.9	1748	1785	7.0	2.7
2	26.6	26.3	7.1	6.9	1755	1827	7.2	3.3
3	25.9	29.7	7.1	6.9	1758	719	7.4	6.3
4	28.5	28.5	7.1	6.8	877	727	7.2	2.7
평균	27.0	28.1	7.1	6.9	1534	1264	7.2	3.7

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	4.0	6.0	0.9	3.7	18.2	18.9	3.09	0.55	0.104	0.054
2	9.6	8.8	3.1	4.6	5.1	8.0	4.77	0.46	0.090	0.048
3	2.8	2.8	1.1	4.2	5.2	7.9	3.11	0.62	0.074	0.028
4	8.4	9.2	1.0	4.5	5.1	8.3	2.83	0.50	0.082	0.058
평균	6.2	6.7	1.5	4.3	8.4	10.8	3.45	0.53	0.088	0.047

[부록 표 6] 마평습지 현장측정항목 2차 조사 결과 (2023년 9월 15일, 10:30 ~ 14:00)

항목	수온 (°C)					pH				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	23.1	-	-	-	21.9	7.0	-	-	-	7.0
2	23.2	-	-	-	22.0	7.1	-	-	-	7.0
3	23.4	-	-	-	21.7	7.2	-	-	-	6.9
4	23.4	22.6	21.7	22.0	22.0	7.2	7.0	6.9	7.0	6.9
5	23.3	22.9	21.7	22.0	22.1	7.2	7.3	6.8	7.0	6.9
6	23.3	22.7	21.8	22.1	22.1	7.1	7.1	6.9	7.0	7.0
7	23.5	-	-	-	21.8	7.1	-	-	-	7.0
평균	23.3	22.7	21.7	22.0	21.9	7.1	7.1	6.9	7.0	6.9

항목	EC (µs/cm)					DO (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	713	-	-	-	485	6.2	-	-	-	2.1
2	706	-	-	-	483	6.2	-	-	-	2.6
3	703	-	-	-	485	6.2	-	-	-	1.3
4	696	559	439	436	483	6.2	1.4	2.4	1.8	1.4
5	686	557	444	432	481	6.1	1.5	1.8	1.8	1.4
6	632	558	441	436	483	6.6	2.4	1.7	1.5	1.3
7	609	-	-	-	482	6.8	-	-	-	2.4
평균	678	558	441	435	483	6.3	1.7	2.0	1.7	1.8

항목	SS (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	1.2	-	-	-	6.4
2	0.8	-	-	-	7.2
3	0.4	-	-	-	4.4
4	0.4	14.0	47.0	3.2	5.6
5	0.4	11.2	162.0	5.6	3.6
6	2.4	1.6	53.0	5.2	3.2
7	2.4	-	-	-	0.4
평균	1.1	8.9	87.3	4.7	4.4

항목	BOD (mg/L)					TOC (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	1.4	-	-	-	2.5	4.9	-	-	-	5.5
2	1.5	-	-	-	1.3	5.0	-	-	-	6.1
3	0.9	-	-	-	1.5	5.4	-	-	-	5.7
4	1.9	1.8	3.9	1.4	2.1	5.1	6.2	6.6	6.4	5.8
5	1.9	3.7	4.2	0.7	3.1	5.1	5.9	6.5	6.5	5.7
6	0.9	2.5	4.1	1.9	2.3	5.1	5.6	7.1	6.8	5.8
7	0.7	-	-	-	1.8	5.0	-	-	-	5.8
평균	1.3	2.6	4.1	1.3	2.1	5.1	5.9	6.7	6.6	5.8

항목	T-N (mg/L)					T-P (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	1.54	-	-	-	0.57	0.109	-	-	-	0.027
2	1.79	-	-	-	1.22	0.095	-	-	-	0.048
3	1.95	-	-	-	0.54	0.100	-	-	-	0.051
4	1.71	0.82	4.08	1.07	0.71	0.021	0.060	0.311	0.049	0.023
5	2.08	0.73	4.82	0.96	0.53	0.060	0.097	0.320	0.037	0.092
6	1.52	0.62	3.90	0.75	0.52	0.077	0.040	0.118	0.075	0.032
7	1.57	-	-	-	0.49	0.102	-	-	-	0.017
평균	1.74	0.72	4.27	0.93	0.65	0.081	0.066	0.250	0.054	0.041

[부록 표 7] 마평습지 현장측정항목 3차 조사 결과 (2023년 11월 27일, 09:20 ~ 12:50)

항목	수온 (°C)					pH				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	14.8	-	-	-	5.0	7.1	-	-	-	7.2
2	14.8	-	-	-	5.3	7.2	-	-	-	7.2
3	14.7	-	-	-	5.5	7.3	-	-	-	7.2
4	13.9	-	-	-	5.6	7.3	-	-	-	7.2
5	13.2	8.9	4.7	5.4	5.1	7.2	7.4	7.1	7.2	7.2
6	13.6	9.8	4.7	5.4	5.0	7.2	7.4	7.1	7.2	7.2
7	13.0	10.5	3.8	6.2	5.5	7.2	7.3	7.1	7.2	7.3
평균	14.0	9.7	4.4	5.7	5.3	7.2	7.3	7.1	7.2	7.2

항목	EC (µs/cm)					DO (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	630	-	-	-	584	8.1	-	-	-	5.2
2	633	-	-	-	575	8.2	-	-	-	5.0
3	637	-	-	-	572	8.2	-	-	-	4.9
4	642	-	-	-	570	8.3	-	-	-	4.8
5	618	605	514	582	574	8.3	8.0	5.4	4.7	5.1
6	583	610	534	582	575	8.3	8.2	5.2	5.3	5.5
7	588	614	561	575	568	8.4	8.2	4.4	5.0	5.4
평균	619	610	536	579	574	8.2	8.1	5.0	5.0	5.1

항목	SS (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	4.4	-	-	-	2.8
2	0.8	-	-	-	3.2
3	0.4	-	-	-	6.0
4	2.0	-	-	-	5.2
5	2.8	6.0	31.2	2.8	4.0
6	3.6	2.0	25.2	4.4	5.6
7	3.2	3.2	16.0	1.6	4.8
평균	2.5	3.7	24.1	2.9	4.5

항목	BOD (mg/L)					TOC (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	1.2	-	-	-	0.9	3.1	-	-	-	3.4
2	1.3	-	-	-	0.4	2.5	-	-	-	4.1
3	1.7	-	-	-	0.6	2.5	-	-	-	3.5
4	1.7	-	-	-	0.6	2.6	-	-	-	3.9
5	1.7	1.1	0.7	0.7	0.7	3.2	3.3	5.5	4.1	4.8
6	2.1	1.1	2.3	0.6	1.4	3.1	3.4	5.3	5.1	3.8
7	2.2	0.3	1.9	1.1	0.9	3.7	3.6	5.6	4.1	4.9
평균	1.7	0.8	1.6	0.8	0.8	3.0	3.5	5.5	4.4	4.1

항목	T-N (mg/L)					T-P (mg/L)				
	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)	유입 (a)	중간 (b)	중간 (c)	중간 (d)	유출 (e)
1	4.55	-	-	-	2.19	0.126	-	-	-	0.127
2	4.59	-	-	-	1.93	0.140	-	-	-	0.124
3	5.62	-	-	-	2.32	0.129	-	-	-	0.128
4	4.42	-	-	-	2.18	0.130	-	-	-	0.125
5	4.64	3.38	2.87	2.17	2.13	0.133	0.132	0.234	0.132	0.130
6	3.52	3.42	2.46	2.16	2.32	0.136	0.133	0.229	0.117	0.119
7	3.55	3.61	2.46	1.99	2.12	0.127	0.130	0.180	0.091	0.130
평균	4.41	3.47	2.60	2.11	2.17	0.132	0.132	0.214	0.113	0.126

[부록 표 8] 마평습지 돌쌓기 여과 전 후 (2023년 11월 27일, 11:30 ~ 12:30)

항목	수온 (°C)		pH		EC (µs/cm)		DO (mg/L)	
	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후
1	10.9	8.9	7.2	7.4	621	605	7.6	8.0
2	11.8	9.8	7.3	7.4	621	610	8.3	8.2
3	10.9	10.5	7.2	7.3	647	614	8.2	8.2
평균	11.2	9.7	7.3	7.3	630	610	8.0	8.1

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후	여과 전	여과 후
1	6.8	6.0	2.0	1.1	3.5	3.3	4.15	3.38	0.160	0.132
2	10.0	2.0	1.8	1.1	3.6	3.4	4.23	3.42	0.174	0.133
3	5.2	3.2	1.3	0.3	3.8	3.6	4.15	3.61	0.141	0.130
평균	7.3	3.7	1.7	0.8	3.6	3.5	4.17	3.47	0.158	0.132

4. 평창습지

[부록 표 9] 평창습지 현장측정항목 조사 결과 (2023년 11월 11일, 13:10 ~ 14:10)

항목	수온 (°C)		pH		EC (µs/cm)		DO (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	9.5	9.1	7.4	7.3	184	210	8.2	8.7
2	9.2	9.1	7.5	7.5	186	211	8.4	8.8
3	9.2	9.0	7.5	7.5	193	213	8.4	8.8
평균	9.3	9.1	7.5	7.4	188	211	8.3	8.8

항목	SS (mg/L)		BOD (mg/L)		TOC (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1	10.8	0.8	2.0	0.4	9.2	3.8	3.00	3.00	0.194	0.203
2	13.2	0.8	1.8	0.9	7.1	3.6	2.77	2.69	0.197	0.200
3	17.2	3.6	1.6	0.5	5.8	3.5	3.50	2.33	0.214	0.196
평균	13.7	1.7	1.8	0.6	7.4	3.6	3.09	2.67	0.202	0.200

제 2절 지점별 Check List

[부록 표 10] 청미천습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입은 이루어지고 있으나 유입수를 관리하는 기기가 작동하고 있지 않음 2. 제초가 진행된 것을 확인 할 수 있었으며, 제초 후 주변 정리가 잘 되어 있음을 확인함		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	양호		
식생	강아지풀 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정수되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	부들 및 갈대 우점		
식생 상태	양호		
물의 이동	없음		
연못			
식생 적정성	연꽃 및 창포류 우점		
정체되어 있는 물	다른 구역에 비해 많이 정수됨		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출구 부분 식생이 많이 자람		

[부록 표 11] 평창습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입이 되고 있으나, 채수지점을 찾지 못함		
호기조			
물의 유입 및 유출 상태	유입구로부터 유입이 일어남		
호기조 상태	일부 파손됨		
작동 여부	확인 불가		
식생	주변 식생이 별로 없음		
물의 배분	균일하게 이루어지지 않음		
습지조			
식생 적정성	외래종(단풍잎돼지풀) 우점		
식생 상태	식생 피복도 증가		
물의 이동	정체되어있음		
방류부			
수심	-		
부엽식물 종류	-		
부엽식물이 덮는 양	-		
물의 색깔	양호		
물의 이동	양호		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항			

[부록 표 12] 길업습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 펌프 가동을 하고 있지 않아 물이 나오고 있지 않음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	양호		
식생	수련 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	없음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	부들 및 갈대 우점		
식생 상태	양호		
물의 이동	양호		
연못			
식생 적정성	연꽃 및 창포류 우점		
정체되어 있는 물	다른 구역에 비해 많이 정체됨		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 물냄새가 나지 않음 2. 유출구 형태가 웨어로 되어 있으며 월류가 진행되고 있음 3. 수질이 깨끗함		

[부록 표 13] 운학동습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부			√
유입수로 파손 여부			√
막힘 여부			√
눈에 띄는 오염			√
유입구			√
유입수로 누수 여부			√
기타 사항	1. 갈대군집이 유입구 부분에 우점하고 있어 유입 여부 식별 불가 2. 유입구 방향 수문 존재		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	-		
식생	-		
사면 침식	-		
정체되어 있는 물	-		
식생 적정성	-		
습지			
식생 적정성	갈대 우점		
식생 상태	양호		
물의 이동	정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	갈대 우점		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부			√
유출구 파손 여부			√
유출구 막힘 여부			√
유출부 사면 파괴			√
막힘 여부			√
기타 사항	1. 물이 흐르고 있지 않음 2. 유입구와 마찬가지로 갈대 군집이 유출구 쪽을 뒤덮고 있어 유출구 확인 불가		

[부록 표 14] 마평습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입수 펌프가 작동하고 있지 않아 유입되고 있지 않음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	양호		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체됨		
식생 적정성	수련 우점		
습지			
식생 적정성	갈대 및 환삼덩굴 우점		
식생 상태	일부 넘어짐		
물의 이동	정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	수련 및 부들 우점		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 미세한 악취가 남 2. 수질이 좋지 않으며, 물이 유출되지 않고 유출구 안에서 내부 순환이 이루어지고 있음 3. 습지와 연못 중간 부분 데크가 파손됨		

[부록 표 15] 고림동습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능 ○	애매 △	식별 불가 X
유입 여부			√
유입수로 파손 여부			√
막힘 여부			√
눈에 띄는 오염			√
유입구			√
유입수로 누수 여부			√
기타 사항	1. 식생으로 인한 식별 불가 2. 식생이 무너져 있으며, 유입구 쪽에 물이 흐르고 있지 않음을 확인 3. 물의 유입을 위한 준설 필요		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	-		
식생	-		
사면 침식	-		
정체되어 있는 물	-		
식생 적정성	-		
습지			
식생 적정성	단풍잎돼지풀 및 부들 우점		
식생 상태	일부 외래종 우점		
물의 이동	없음		
연못			
식생 적정성	창포 종류 우점		
정체되어 있는 물	정체되어 있으며, 물이 없음		
토사와 쓰레기 축적	연못 주위 일부 쓰레기 존재		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능 ○	애매 △	식별 불가 X
유출 여부			√
유출구 파손 여부			√
유출구 막힘 여부			√
유출부 사면 파괴			√
막힘 여부			√
기타 사항	1. 유출구의 식별이 불가능 2. 물이 흐르고 있지 않음		

[부록 표 16] 금학천습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입구 부분이 막혀 있지만, 유 도수로를 통해 흐르고 있으며, 이 를 통해 관내 막힘을 유추할 수 있 음 2. 유입관 유입 전 막힘 방지 스크 린 설치 필요		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	양호		
식생	창포류 식생 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	있음		
식생 적정성	일부 외래종 우점		
습지			
식생 적정성	일부 외래종 우점		
식생 상태	중앙 부분에서 넘어짐		
물의 이동	흐르고 있음		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 물의 유출이 일어나지 않음		

[부록 표 17] 유림동습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 물이 흐르고 있지 않으며 스크린이 막혀 있음 2. 왼쪽 보의 개방으로 인한 수위 부족 3. 유입구 주변 모노레일 다리에서 물 누수 확인		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	양호		
식생	부들 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	갈대 및 부들 우점		
식생 상태	중앙 부분에서 넘어짐		
물의 이동	정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출이 일어나지 않음 2. 유출구 쪽 부들이 쓰러짐 3. 9월 1일부터 공사로 인한 통행로 제한 3. 중간 부분에서 빗물이 하천으로 그대로 흘러 내려가고 있음		

[부록 표 18] 초부리습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입구 식별이 가능하나 시설 펌프가 고장남 2. 유입이 일어나지 않음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	양호		
식생	부들 및 갈대 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	갈대 및 부들 우점		
식생 상태	양호		
물의 이동	정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	물의 색깔이 탁함		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출이 일어나지 않음 2. 유출구쪽 관이 막혀 있음 3. 유출구 주변 쓰레기 존재 4. 습지 및 연못지점 데크 파손 및 돌무덤 파손 확인		

[부록 표 19] 모현면습지 1차 Check List

점검 사항	현장조사일		
	2023년 8월 23일 수요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부			√
막힘 여부			√
눈에 띄는 오염			√
유입구			√
유입수로 누수 여부			√
기타 사항	1. 보에서부터 물이 유입됨 2. 시작점을 찾기 어려움 3. 유입구 식별 불가		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	식생으로 인한 식별 불가		
식생	-		
사면 침식	-		
정체되어 있는 물	-		
식생 적정성	-		
습지			
식생 적정성	-		
식생 상태	-		
물의 이동	-		
연못			
식생 적정성	-		
정체되어 있는 물	-		
토사와 쓰레기 축적	-		
주변 퇴적 여부	-		
눈에 띄는 오염	-		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출구에 물이 고여 있으며, 일정 수심을 넘지 않아 유출이 이루어지지 않고 있음		

[부록 표 20] 청미천습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 맑음		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입이 일어나고 있지 않음 2. 유입구 주변 식생이 쓰러져 있으며, 일부 재활용 쓰레기들이 존재하였음 3. 예초가 진행되었음		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대 우점, 일부 쓰러짐		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체되어 있지 않음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	갈대 우점, 일부 쓰러짐		
물의 이동	물의 이동은 없으나 정체되어있음		
연못			
식생 적정성	갈대 우점		
정체되어 있는 물	정체되어 있지 않음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 물이 정체되어 있으며 유출이 일어나지 않음, 2. 부유물질이 떠다니고 있음 3. 연못으로부터 물의 유입이 일어나고 있지 않으며 식생 대부분이 쓰러짐		

[부록 표 21] 평창습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 맑음		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 수위가 줄어 듦 2. 외래종 (단풍잎돼지풀) 우점		
호기조			
물의 유입 및 유출 상태	물의 유입이 이루어지고 있음		
호기조 상태	일부 파손		
작동 여부	작동하지 않음		
식생	교란종(환삼덩굴) 우점		
물의 배분	유입에 따른 일부구간이 물이 차있으며, 개구리밥이 수면위를 덮고 있음		
습지조			
식생 적정성	양호		
식생 상태	식생이 대부분 말라 있음		
물의 이동	물의 이동이 없음		
방류부			
수심	얕거나 없음		
부엽식물 종류	외래종 (단풍잎돼지풀)		
부엽식물이 덮는 양	대부분을 덮음		
물의 색깔	물이 없음		
물의 이동	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출이 일어나고 있음		

[부록 표 22] 길업습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 펌프 가동을 하지 않아 유입이 이루어지고 있지 않음 2. 최근에 예초한 흔적이 보임		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대 우점, 일부 쓰러짐		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체되어 있으며 수면 위 부유물질 존재		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	습지 구간 절반이상 쓰러짐		
물의 이동	정체되어 있으며 수면 위 부유물질 존재		
연못			
식생 적정성	갈대우점		
정체되어 있는 물	정체되어있으며 수면 위 부유물질 존재		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	O	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출이 일어나지 않으며 연못으로부터 물의 유입이 없음		

[부록 표 23] 운학동습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 수로에 물이 흐르고 있으며, 수로를 따라 미세하게 유입이 진행됨 2. 예초작업이 진행됨		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	갈대우점		
식생 상태	정체되어 있음		
물의 이동	없음		
연못			
식생 적정성	갈대우점		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출구 부분 물이 정체되어 있으나 유출이 이루어지고 있지 않음		

[부록 표 24] 마평습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 펌프가동이 일어나고 있지 않아 유입이 일어나지 않음 2. 유입구 절반이 수련으로 덮혀 있음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대우점, 일부 쓰러짐		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	정체, 수면 위 부유물질 존재		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	대부분 심하게 쓰러짐		
물의 이동	정체됨		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	정체, 수면 위 부유물질 존재		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 연못으로부터 유출구쪽으로 물의 유입이 없으며 자라 서식 확인 2. 유출구쪽으로 물이 유입되나 수위가 부족하여 유출이 일어나고 있지 않음		

[부록 표 25] 고림동습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : 없음
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부			√
유입수로 파손 여부			√
막힘 여부			√
눈에 띄는 오염			√
유입구			√
유입수로 누수 여부			√
기타 사항	1. 식생군집으로 인한 유입구를 확인하지 못하였으나, 유입구 쪽 부분 물이 고여 있음 2. 유입을 위한 공사가 필요해보임		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	개구리밥, 갈대우점, 외래종(각시풀)우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	물이 정체되어있으며 개구리밥 우점		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	일부 쓰러짐, 예초가 진행됨		
물의 이동	이동이 없으며 고여있음		
연못			
식생 적정성	교란중(환삼덩굴) 우점		
정체되어 있는 물	물이 없음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 연못으로부터 물이 유입되지 않으며 유출이 일어나고 있지 않음		

[부록 표 26] 금학천습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입구 입구 부분 토사물이 유입수로를 막고 있어, 하천수의 유입이 이루어지지 않고 있음 2. 유입수로가 일부 파손되어 일부분 하천으로 물이 누수되고 있음을 발견함 3. 유입수로 안쪽에 페트병과 같은 재활용 쓰레기들이 존재		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	양호		
식생	갈대 및 교란종(환삼덩굴 우점)		
사면 침식	양호		
정체되어 있는 물	물이 없음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	갈대 및 외래종(단풍잎돼지풀 우점)		
식생 상태	대부분 쓰러짐		
물의 이동	물이 없어 이동이 일어나지 않음		
연못			
식생 적정성	갈대 및 외래종(단풍잎돼지풀 우점)		
정체되어 있는 물	물이 없으며 말라 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유입이 이루어지지 않아, 모든 구간이 물이 말라 있음 2. 유출이 일어나고 있지 않음		

[부록 표 27] 유림동습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입수로 중간지점 수로 사면이 무너져 내려 수로에 토사가 쌓여있음, 유입이 없으나 추후 유입 시 문제가 있을 것으로 사료됨 2. 교량 공사로 인한 일부 통행로 통제		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	일부 쓰러짐		
물의 이동	없음		
연못			
식생 적정성	갈대우점, 외래종(서양등골나무) 서식		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출구 근처 갈대군락이 쓰러져 있어 유출수의 흐름에 영향을 끼칠 것으로 판단됨 2. 유출이 일어나지 않음		

[부록 표 28] 초부리습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 맑음		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입구 쪽 물에서 냄새가 남 2. 유입구 지점 물색깔이 흐림 3. 펌프가 가동되고 있지 않으며, 수위가 낮아져 스크린이 보임		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대 및 개구리밥 우점, 약간의 쓰러짐 존재		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	갈대 우점		
물의 이동	물의 이동이 없으며 물이 정체됨		
연못			
식생 적정성	갈대우점, 약간의 식생 쓰러짐 존재		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 침강지 및 침전지 부분 나무데크 수리 확인 2. 초부리습지 전체적인 공사 진행 3. 유출부에 물이 없으며, 유출구쪽 돌무덤이 심하게 파손되어 있음 4. 데크를 중심으로 개회나무를 새로 심어놓음		

[부록 표 29] 모현면습지 2차 Check List

점검 사항	날씨 : 맑음		강우량 : X
	2023년 10월 26일 목요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부			√
유입수로 파손 여부			√
막힘 여부			√
눈에 띄는 오염			√
유입구			√
유입수로 누수 여부			√
기타 사항	1. 유입구를 찾을 수 없으며, 유입구 주변 산책로 공사가 진행 중이었음 2. 공사진행으로 인한 포크레인이 지나간 흔적 발견 3. 유입구 부분 차집관 존재		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	없음		
식생	갈대 우점		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	식생으로 인한 확인 불가		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	갈대 및 교란종(환삼덩굴) 우점		
식생 상태	일부 쓰러짐		
물의 이동	물의 이동이 없음		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있지 않음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 유출구 안 수위가 높지 않아 하천으로 물이 유출되고 있지 않으며 고여있음 2. 유출구 주변 예초 진행		

[부록 표 30] 청미천습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 맑음		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	유입이 일어나고 있지 않으며, 식생의 정리가 이루어져 있음		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	X		
식생	식생의 정리가 진행됨		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	X		
식생 적정성	X		
습지			
식생 적정성	일부 식생의 정리가 진행됨		
식생 상태	일부 식생의 정리가 진행됨		
물의 이동	물이 정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	일부 식생의 정리가 진행됨		
정체되어 있는 물	물이 정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	쓰레기 일부 존재		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	물의 색깔이 어두움, 표면에 부유물질 존재		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	유출구 주변 연못에 물이 정체되어 있으며, 표면이 얼어붙어 있음		

[부록 표 31] 평창습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	상단 유입부 수위가 낮아짐		
호기조			
물의 유입 및 유출 상태	○		
호기조 상태	파손되어 있음		
작동 여부	X		
식생	식생의 정리가 진행됨		
물의 배분	X		
습지조			
식생 적정성	식생의 정리가 진행 됨		
식생 상태	식생 X		
물의 이동	물이 없음		
방류부			
수심	수위가 낮아짐		
부엽식물 종류	식생 X		
부엽식물이 덮는 양	X		
물의 색깔	맑음		
물의 이동	유출구로 유출이 이루어지고 있음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	유출이 일어나고 있으며, 전 지점 구간에 걸쳐 식생이 정리 됨		

[부록 표 32] 길업습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	유입이 이루어지지 않고 수위가 전반적으로 낮아짐, 유입구 주변 식생 정리가 진행 됨		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	X		
식생	식생들이 일부 쓰러짐		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	일부 정체되어 있으며 부유물질이 떠있음, 물의 색깔이 어두움		
식생 적정성	겨울이라 식생의 정리가 진행됨		
연못			
식생 적정성	식생의 정리가 진행됨		
정체되어 있는 물	수위가 낮아져 물이 정체되어있음		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
습지			
식생 적정성	식생의 정리가 진행됨		
식생 상태	일부 쓰러져 있으며 일부 정리됨		
물의 이동	정체되어있음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	전반적으로 수위가 낮아졌으며 유출이 일어나지 않음, 유출구 쪽 펠터역할을 해주는 돌무덤의 형태가 보임		

[부록 표 33] 운학동습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강수량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	주변 식생의 정리가 진행되었으며, 미세하게 물이 흐르고 있음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	X		
식생	갈대우점		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	물이 정체되어있음		
식생 적정성	갈대우점		
습지			
식생 적정성	갈대우점		
식생 상태	일부 식생의 정리가 진행됨		
물의 이동	물이 정체되어있음		
연못			
식생 적정성	갈대우점		
정체되어 있는 물	정체되어있는물 존재		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	주변 제초로 인한 식생의 정리가 진행되어있으며, 맑은 물이 유출구에 정체되어있음, 물고기들의 서식 확인		

[부록 표 34] 마평습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	유입이 이루어지고 있지 않으며 수위가 아직 낮아지지 않음.		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	X		
식생	갈대 우점 및 쓰러짐		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	물이 정체되어있음		
식생 적정성	갈대 우점		
습지			
식생 적정성	갈대 우점		
식생 상태	일부 쓰러져있으며, 일부 정리가 진행됨		
물의 이동	물이 정체되어 있음		
연못			
식생 적정성	갈대 우점		
정체되어 있는 물	물이 정체되어있음		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	물의 유출이 일어나고 있지 않으며, 물의 색깔이 어두움 유출구 주변 식생 제거로 인하여 유출구 표면에 일부 식생 흔적이 존재		

[부록 표 35] 고림동습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	유입이 이루어지고 있지 않으며, 주변 식생의 제거가 이루어짐		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	X		
식생	정리됨		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	정체되어있다		
식생 적정성	식생 존재 X		
습지			
식생 적정성	식생 존재 X		
식생 상태	정리되어있음		
물의 이동	물이 일부구간 정체되어있음		
연못			
식생 적정성	식생 X		
정체되어 있는 물	물이 없음		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	물이 존재하지 않으며, 유출구 주변 및 모든 구간에 식생의 정리가 진행됨		

[부록 표 36] 금학천습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입수로부분이 토사물로 막혀있음, 일부 구간에서 물의 유입이 진행되고 있으며 유입구 주변 식생정리가 진행됨		
침강지 및 침전지			
퇴적상황		X	
식생		X	
사면 침식		X	
정체되어 있는 물		X	
식생 적정성		X	
습지			
식생 적정성		X	
식생 상태		X	
물의 이동		X	
연못			
식생 적정성		X	
정체되어 있는 물		X	
토사와 쓰레기 축적		X	
주변 퇴적 여부		X	
눈에 띄는 오염		X	
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	습지 자체에 물을 빼내어, 물의 유출이 일어나고 있지 않음, 전구간 식생 정리가 진행되었으며 일부 침전지 및 습지구간에 공사의 흔적이 보임, 유입부터 유출로 이어지는 산책로 구간도 공사의 흔적이 보임		

[부록 표 37] 유림동습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1.한쪽 보의 완전개방으로 인한 유입구 주변 수위가 급격히 낮아져 유입이 이루어지고 있지 않음. 스크린 주변 입구는 깨끗하나 유입수로를 통해 유입구로 가는 길목이 공사로 인하여 막힘		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	-		
식생	식생이 정리됨		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	X		
식생 적정성	X		
습지			
식생 적정성	X		
식생 상태	X		
물의 이동	X		
연못X			
식생 적정성	X		
정체되어 있는 물	X		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	교량공사가 진행중이며, 전 지점 식생의 정리가 진행됨. 유입이 일어나고 있지 않아 유출도 진행되고 있지 않음		

[부록 표 38] 초부리습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	수위가 낮아져 유입 펌프가 드러남, 펌프가 작동하고 있지 않으며 유입이 일어나고 있지 않음. 유입수에 정체되어있는 물들의 색깔이 전반적으로 어두우며 절반 이상 부유물질들로 덮혀있음		
침강지 및 침전지			
퇴적상황	X		
식생	식생의 정리가 진행됨		
사면 침식	X		
정체되어 있는 물	X		
식생 적정성	X		
습지			
식생 적정성	일부 구간 정리가 진행 됨		
식생 상태	갈대 우점		
물의 이동	물의 없음		
연못			
식생 적정성	갈대 우점		
정체되어 있는 물	일부 구간 물이 고여있으며 물의 색깔이 어두움		
토사와 쓰레기 축적	X		
주변 퇴적 여부	X		
눈에 띄는 오염	X		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	습지에서 연못으로 가는 나무테크 주변 새로운 묘목들이 심어져 있으며 유출구에는 물이 없음. 파손된 돌무덤이 드러났으며, 유출구 주변에는 식생의 정리가 진행되지 않음		

[부록 표 39] 모현면습지 3차 Check List

점검 사항	날씨 : 흐림		강우량 : X
	2023년 12월 04일 화요일		
유입구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유입 여부	√		
유입수로 파손 여부	√		
막힘 여부	√		
눈에 띄는 오염	√		
유입구	√		
유입수로 누수 여부	√		
기타 사항	1. 유입구 부근 산책로 공사 진행 2. 식생의 정리가 이루어짐		
침강지 및 저류지			
퇴적상황	없음		
식생	식생의 정리가 이루어짐		
사면 침식	없음		
정체되어 있는 물	일부구간 정체되어 있음		
식생 적정성	양호		
습지			
식생 적정성	양호		
식생 상태	일부 구간 식생의 정리 진행		
물의 이동	없음		
연못			
식생 적정성	양호		
정체되어 있는 물	정체되어 있음		
토사와 쓰레기 축적	없음		
주변 퇴적 여부	없음		
눈에 띄는 오염	없음		
유출구			
평가 항목	식별 가능	애매	식별 불가
	○	△	X
유출 여부	√		
유출구 파손 여부	√		
유출구 막힘 여부	√		
유출부 사면 파괴	√		
막힘 여부	√		
기타 사항	1. 현장관측 당시 식생의 정리가 이루어지고 있었음 2. 유출구에서 연못까지 일부 구간 공사 진행 3. 유출이 일어나고 있지 않으며 물이 정체되어 있음		

제 3절 조례

1. 경기도 내 습지보전 및 관리 조례

가. 경기도 습지보전 및 관리 조례

경기도 습지보전 및 관리 조례

(제정) 2012-07-02 조례 제 4419호
(일부개정) 2013-08-05 조례 제 4576호 (경기도 조례 중 중앙행정기관 명칭 등 일괄정비
조례)

(일부개정) 2013-12-02 조례 제 4651호 (경기도 조례 중 용어 일괄정비 조례)
(일부개정) 2017-11-13 조례 제 5748호
(일부개정) 2023-01-02 조례 제 7522호

제1조(목적) 이 조례는 경기도내 습지를 효율적으로 보전하고 관리하는데 필요한 사항을 규정함으로써 습지와 생물다양성의 보전을 도모하고 도민이 보다 건강한 생활을 할 수 있도록 함을 목적으로 한다. <개정 2017.11.13.>

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.

1. “습지”란 담수·기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지를 말한다.
2. “내륙습지”란 육지 또는 섬에 있는 호수, 못, 늪, 하천 또는 하구 등의 지역을 말한다. <개정 2023.1.2.>
3. “연안습지”란 만조 때 수위선과 지면의 경계선으로부터 간조 때 수위선과 지면의 경계선까지의 지역을 말한다

[전문개정 2017.11.13.]

제3조(도지사의 책무)

- ① 경기도지사(이하 “도지사”라 한다)도지사는 습지를 보전할 책임을 다하여야 한다. <개정 2017.11.13.>
- ② 도지사는 환경부장관·해양수산부장관의 습지보호지역 지정 및 보전에 관한 시책의 수립·시행에 적극 협력하여야 한다. <개정 2013.8.5.>

제4조(습지보전실천계획의 수립)

① 도지사는 “습지보전법(이하 “법” 이라 한다) 제5조제7항에 따라 5년마다 경기도 습지보전실천계획(이하 “실천계획” 이라 한다)을 수립하여야 한다. <개정 2017.11.13.>

② 실천계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 습지보전 목표 및 시책의 실천방향
2. 습지보전 관리를 위한 단계별 보전시책 및 사업계획
3. 습지의 분포 및 면적과 생물다양성 현황에 관한 사항
4. 습지와 관련된 습지보전기본계획과의 연계 실천방향
5. 실천계획 시행을 위한 필요재원 및 재원의 조달방법 <개정 2013.12.2.>
6. 그 밖에 습지보전에 필요한 사항 등

제5조(습지보전위원회 설치)

① 습지보전에 관한 다음 각 호의 사항을 심의하기 위하여 도지사 소속하에 경기도 습지보전위원회(이하 “위원회” 라 한다)를 둔다.

1. 습지보전 실천계획 수립 및 변경
2. 그 밖에 습지보전에 관한 중요한 사항으로서 도지사가 심의에 제출하는 사항

② 위원회의 기능은 「경기도 환경정책위원회 운영 조례」에 따른 경기도 환경정책위원회가 대행한다. <개정 2017.11.13.>

제6조(위원회 심의결과의 활용)

① 도지사는 위원회가 심의한 결과를 관계 행정기관의 장 및 시장·군수에게 알려야 한다.

② 관계 행정기관의 장 및 시장·군수는 관할 구역 안의 습지정책 및 예산에 위원회의 심의결과를 반영하도록 노력하여야 한다.

제7조(습지 관리 및 조성)

① 도지사는 습지의 수생식물 번식 확대로 육지화가 급속히 이루어 질 경우 전문가의 자문을 받아 습지의 일정 구역에 대하여 일정기간을 정하여 수생식물을 제거하는 등 습지의 육지화 방지에 노력하여야 한다.

② 도지사는 인공습지를 조성하고 훼손된 습지의 주변에 해류, 사구 등의 변화로 인하여 자연적으로 조성되는 습지가 유지되도록 노력하여야 한다.

제8조(습지보호지역등의 지정을 위한 공청회)

① 도지사는 법 제8조에 따라 습지보호지역 및 습지개선지역의 지정을 위해 지역주민의 의

견을 듣기 위하여 필요한 경우에는 시장·군수에게 공청회를 개최하여 줄 것을 요청할 수 있다.

② 도지사는 제1항에 따라 시장·군수가 공청회를 개최하는 경우 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

[본조신설 2017.11.13.]

제9조(주민지원 사업)

① 도지사는 습지보호지역 등에 수질오염 등으로 습지 생태계에 직접 영향을 미칠 수 있는 지역에 대해서는 우선적으로 오수 및 하·폐수의 처리를 위한 지원을 할 수 있으며, 환경친화적 농·임·어업의 육성을 위하여 필요한 조치를 취할 수 있다.

② 도지사는 습지보호지역 및 주변 지역 주민에 대하여 소득증대 및 복지 증진 등을 위하여 필요한 사업을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

[제8조에서 이동 <2017.11.13.>]

제10조(습지보전 민간단체의 육성·지원) 도지사는 습지의 보전 및 관리를 위하여 민간단체를 육성할 수 있고, 예산의 범위에서 필요한 경비를 지원할 수 있다.

[제9조에서 이동 <2017.11.13.>]

제11조(교육·홍보·정보공개)

① 도지사는 시·군, 관계 행정기관, 습지보전기관 및 민간단체 등과 협력하여 습지생태계에 관한 자료의 제작·보급과 습지의 보전 교육·홍보 등 활동의 진흥을 위하여 노력하여야 한다.

② 도지사는 지역 주민 참여를 통한 습지생태계 보전을 위하여 사업계획단계부터 정보공개 등에 노력하여야 한다.

[제10조에서 이동 <2017.11.13.>]

제12조(국제협력의 증진) 도지사는 습지의 보전 및 관리를 위하여 외국의 지방자치단체, 국제기구 등과 습지보전 및 관리에 관한 정보·기술의 교류·협력을 위하여 노력하여야 한다.

[제11조에서 이동 <2017.11.13.>]

제13조(시행규칙) 이 조례의 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

[제12조에서 이동 <2017.11.13.>]

부칙 <2012.7.2.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙(경기도 조례 중 중앙행정기관 명칭 등 일괄정비 조례) <제4576호, 2013.8.5.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙(경기도 조례 중 용어 일괄정비 조례) <제4651호, 2013.12.2.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙 <2017.11.13.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부 칙 <2023.1.2.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

나. 고양시 습지의 보전·이용 및 관리에 관한 조례

고양시 습지의 보전·이용 및 관리에 관한 조례

(제정) 2021.10.01 조례 제2474호

제1장 총칙

제1조(목적) 이 조례는 고양시 습지보호지역의 보전·이용 및 관리에 필요한 사항을 규정함으로써 습지의 생물다양성을 증진하고 지속가능한 이용에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “습지”란 담수(淡水: 민물), 기수(汽水: 바닷물과 민물이 섞여 염분이 적은 물) 또는 염수(鹽水: 바닷물)가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 연안습지를 말한다.

2. “습지보호지역”이란 「습지보전법」(이하 “법”이라 한다) 제8조에 따른다.

제3조(책무)

① 고양시장(이하 “시장”이라 한다)은 장항습지 등 습지를 보전할 책무를 다해야 한다.

② 시장은 습지 보전에 관한 시책의 수립·시행과 습지의 현명한 이용 및 안전한 관리를 위해 노력해야 한다. 다만, 안전관리에 대해서는 습지 내 군 지뢰제거활동 등 세부계획 수립과 시행을 국방부장관에게 요청하는 것으로 같음한다.

제4조(습지관리계획의 수립)

① 시장은 습지의 효율적인 보전·이용 및 관리를 위하여 습지관리계획(이하 “관리계획”이라 한다)을 5년마다 수립한다.

② 관리계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 습지의 보전·이용 및 관리 정책의 목표
2. 습지의 효율적 보전·이용 및 관리를 위한 세부실천 방안
3. 법 제5조 따라 수립된 습지보전기본계획 및 습지보전실천계획과의 연계 방안
4. 습지의 생태탐방 및 생태교육에 관한 사항
5. 그 밖에 습지보전·이용에 필요한 사항

제2장 고양시습지위원회 구성 및 운영

제5조(습지위원회 설치) 시장은 효율적인 습지의 보전·이용과 관리를 위해 고양시습지위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

제6조(기능) 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 관리계획의 수립 및 변경
2. 습지의 효율적인 보전 및 지속가능한 이용방안에 관한 사항
3. 그 밖에 중요한 습지보전정책에 관한 사항으로서 시장이 회의에 부치는 사항

제7조(구성)

- ① 위원회는 위원장 1명과 부위원장 1명을 포함하여 15명 이내의 위원으로 구성한다.
- ② 위원장은 제1부시장이 되며, 부위원장은 위원 중에서 호선(互選)한다.
- ③ 위원은 다음 각 호의 사람 중에서 시장이 임명 또는 위촉한다. 이 경우 위촉직 위원은 특정 성별이 위촉직 위원 수의 10분의 6을 초과하지 않도록 해야 한다.

1. 고양시의회에서 추천하는 시의원 2명
2. 관계 공무원
3. 대학, 연구기관 등 생태환경 전문가
4. 지역단체, 기관 대표, 지역주민 대표, 언론인 등

제8조(위원의 임기) 위촉직 위원의 임기는 2년으로 한다.

제9조(위원의 해촉) 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사유가 발생한 경우에는 임기 만료 전이라도 위원을 해촉할 수 있다.

1. 심신장애로 인해 직무를 수행할 수 없게 된 경우
2. 직무태만, 품위손상이나 그 밖의 사유로 위원으로 적합하지 않다고 인정되는 경우
3. 위원 스스로 직무를 수행하기 어렵다는 의사를 밝히는 경우

제10조(위원장의 직무)

- ① 위원장은 위원회를 대표하고, 위원회의 업무를 총괄한다.
- ② 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 부위원장이 그 직무를 대행한다.

제11조(회의)

- ① 위원장은 위원회의 회의를 소집하고, 그 의장이 된다.
- ② 위원회 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의(開議)하고, 출석위원 과반수의 찬성으

로 의결한다.

③ 안전의 내용이 경미한 경우 또는 긴급한 사유로 위원이 출석하는 회의를 개최할 시간적 여유가 없는 경우에는 서면으로 심의·의결할 수 있다.

④ 위원회는 연간 1회 개최를 원칙으로 하고, 사안에 따라 추가로 개최할 수 있다.

⑤ 위원회는 회의사항에 관한 회의록을 작성·비치하여야 한다.

제12조(간사)

① 위원회의 사무를 처리하기 위하여 간사 1명을 둔다.

② 간사는 고양시 습지보전 업무를 담당하는 과장이 된다.

제13조(자문위원 및 소위원회)

① 시장은 위원회의 기능을 효율적으로 수행하기 위하여 자문위원을 둘 수 있다.

② 시장은 특별한 안전 등에 대한 협의가 필요한 경우 임시 소위원회를 구성할 수 있다.

제14조(수당 등) 고양시 소속 공무원이 아닌 위원에게는 예산의 범위에서 「고양시 각종 위원회 구성 및 운영에 관한 조례」에 따라 수당과 여비를 지급할 수 있다.

제3장 지원사업과 협력증진

제15조(습지보전·이용 민간단체 지원) 시장은 민간단체가 습지의 보전·이용 및 관리를 위하여 사업을 추진하는 경우 예산의 범위에서 필요한 경비를 지원할 수 있다.

제16조(협력의 증진) 시장은 습지의 보전·이용 및 관리를 위하여 국내·외 지방자치단체, 국제기구 등과 습지보전·이용 및 관리에 관한 정보·기술의 교류·협력을 위하여 노력하여야 한다.

부칙<2021.10.1. 조례 제2474호>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

다. 화성시 비봉습지공원 설치 및 관리에 관한 조례

화성시 비봉습지공원 설치 및 관리에 관한 조례

(제정) 2020.12.31 조례 제1738호

제1조(목적) 이 조례는 화성시 비봉습지 주변의 자연환경 보전을 통한 화성시민의 삶의 질 향상에 이바지하기 위하여 화성시 비봉습지공원의 설치 및 관리에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(설치 및 위치)

① 화성시장(이하 “시장”이라 한다)은 시화호의 수질개선을 위해 조성한 비봉습지와 그 습지의 생물서식 공간을 보전하고 화성시민(이하 “시민”이라 한다)에게 자연체험 기회 및 교육을 제공함으로써 환경의 중요성에 대한 시민의 인식을 높이기 위해 화성시 비봉습지공원(이하 “공원”이라 한다)을 설치·관리한다.

② 공원은 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제19조에 따라 설치·관리한다.

③ 공원은 화성시(이하 “시”라 한다) 비봉면 유포리 일원에 둔다.

제3조(공원의 관리)

① 시장은 공원을 직접 관리한다.

② 시장은 제1항에 따라 별도의 시 소속 공무원을 지정하여 관리를 할 수 있다.

제4조(업무) 시장은 공원을 효율적으로 운영·관리하기 위하여 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 공원에 관한 종합운영계획 수립·시행
2. 공원 내 시설 운영·관리
3. 공원의 생태 보전
4. 공원의 교육 및 해설 프로그램 개발·운영
5. 공원의 홍보
6. 공원의 동·식물 등 생태변화에 대한 주기적 모니터링
7. 공원의 관리에 필요한 정보 수집
8. 그 밖에 시장이 필요하다고 인정하는 사항

제5조(공원의 시설) 공원의 시설은 다음 각 호의 시설을 말한다.

1. 습지, 곤충호텔 등 조경시설
2. 원두막, 그늘막, 쉼터, 벤치 등 휴양시설
3. 전망대, 조류관찰대, 생태학습장 등 교양시설
4. 화장실 등 이용자를 위한 편의시설
5. 관리사무소, 출입문, 울타리, 담장, 폐쇄회로 텔레비전 등 공원관리시설
6. 동화천 제수문, 반월천 제수문, 삼화천 취수보 등 재난관리시설
7. 그 밖의 부대시설

제6조(휴관일)

① 공원의 휴관일은 다음 각 호의 구분에 따른다.

1. 정기 휴관일

가. 월요일

나. 설날·추석 당일 및 그 전날

2. 임시 휴관일: 시장이 공원의 효율적인 관리를 위해 필요하다고 인정하는 날

② 시장은 제1항제2호에 따라 임시 휴관하려는 경우에는 해당 휴관일의 5일 전까지 그 내용을 시 인터넷 홈페이지 등에 공고해야 한다. 다만, 천재지변, 국가비상사태에 따른 경우에는 공고하지 않을 수 있다.

제7조(운영시간)

① 공원의 운영시간은 10시부터 18시까지로 한다.

② 시장은 제1항에도 불구하고 공원의 관리에 필요하다고 인정하는 경우에는 운영시간을 달리 정할 수 있다.

③ 제2항에 따라 운영시간을 조정하는 경우에는 시 인터넷 홈페이지 등에 공고해야 한다.

제8조(이용료)

① 공원의 이용료는 무료로 한다. 다만, 시장은 교육프로그램을 이용하려는 개인 또는 단체의 이용자에게 참가비 및 재료비를 받을 수 있으며, 그 비용은 시 인터넷 홈페이지 등에 공고해야 한다.

② 공원의 시설을 이용하려는 자는 「화성시 공공시설 개방 및 공유에 관한 조례」에 따른다.

제9조(입장·이용의 제한)

① 시장은 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제49조제1항에 해당하는 경우에는 공원

의 입장 또는 그 이용을 제한할 수 있다.

② 시장은 이용자가 제1항에 해당하는 경우에는 공원에서의 퇴장을 명할 수 있다.

제10조(교육 및 해설 프로그램의 운영 등)

① 시장은 환경의 중요성에 대한 시민의 인식을 높이고, 관련 지식의 보급을 위해 교육 및 해설 프로그램을 개설·운영할 수 있다.

② 시장은 교육 및 해설 프로그램의 이용 방법 등에 관한 정보를 시 인터넷 홈페이지 등을 통해 시민에게 알려 주어야 한다.

③ 시장은 교육 및 해설 프로그램을 이용하는 개인 또는 단체에 교육용 교재 등을 제공할 수 있다.

제11조(교육 강사 및 해설사)

① 시장은 공원의 교육 및 해설 프로그램의 운영을 위해 외부 전문가를 교육 강사 및 해설사로 위촉하거나, 교육 강사 및 해설사를 양성·활용할 수 있다.

② 시장은 공원의 교육 강사 및 해설사를 대상으로 그 자질 향상을 위하여 외부 전문기관에 위탁하거나 외부 전문가를 초빙하여 교육 등을 실시할 수 있다.

③ 시장은 교육 강사 및 해설사에 대하여 예산의 범위 내에서 수당을 지급할 수 있다.

제12조(자원봉사자 운영) 시장은 공원의 시설관리 및 운영을 위해 자원봉사자를 모집하여 운영할 수 있다.

제13조(위탁)

① 시장은 공원의 전문적이고 효율적인 관리를 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 공원 관리의 전부 또는 일부를 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 위탁할 수 있다.

1. 국가기관 및 시 출자·출연기관
2. 환경교육 관련 비영리 법인·단체

② 시장은 제1항에 따라 위탁하는 경우 수탁자에게 효율적인 관리와 원활한 업무 수행을 위하여 예산의 범위 내에서 운영비 등을 지원할 수 있다.

부칙

제1조(시행일) 이 조례는 공포한 날로부터 시행한다.

제2조(비봉습지공원의 교육 강사 및 해설사에 대한 경과조치) 이 조례 시행 전에 비봉습지공원의 교육 강사 및 해설사로 활동 중인 사람은 제11조제1항에 따라 교육 강사 및 해설사로 위촉된 사람으로 본다.

라. 안산갈대습지 관리 및 운영 조례

안산갈대습지 관리 및 운영 조례

(제정) 2019.07.19 조례 제2267호

제1조(목적) 이 조례는 안산갈대습지의 효율적 관리 및 운영에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “안산갈대습지(이하 “습지” 라 한다)”란 시화호의 수질개선을 위해 상류에 조성한 습지와 그 습지의 생물서식 공간을 보전하고 시민들에게 자연체험 기회를 제공함으로써 환경에 대한 이해를 높이기 위해 설치한 시설을 말한다.
2. “전시물”이란 습지에서 전시 또는 보존하는 모든 전시자료를 말한다.
3. “시설”이란 습지 운영에 필요한 기반시설, 건축물, 편의시설 및 부대시설 등을 말한다.
4. “초경량비행장치”의 뜻은 「항공안전법」 제2조에 따른다.

제3조(업무) 안산시장(이하 “시장”이라 한다)은 습지를 관리 및 운영하며, 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 습지의 종합운영계획 수립
2. 습지의 관리 및 운영에 필요한 자료수집, 보관, 정보제공 및 전시
3. 습지의 시설 및 조정 운영관리
4. 습지의 교육프로그램 개발 및 운영
5. 습지 홍보 및 환경보전의식 제고에 관한 사항
6. 그 밖에 시장이 필요하다고 인정하는 사업

제4조(기능) 습지의 기능은 다음과 같다.

1. 생태서식지 보전 및 수질개선
2. 습지 자연생태체험을 통한 생태·환경교육
3. 시민휴식 공간

제5조(개장 및 휴장)

- ① 습지의 개장일은 제2항에 따른 휴장일을 제외하고는 매일 개장한다.
- ② 습지의 휴장일은 다음과 같다.

1. 매주 월요일
2. 1월 1일, 설날(음력 1월1일)
3. 5월 1일(근로자의 날)
4. 추석(음력 8월15일)
5. 습지 시설 안전점검이나 개·보수를 위하여 필요한 경우
6. 그밖에 시장이 필요하다고 인정하는 경우

제6조(관람시간)

① 습지의 관람시간은 다음과 같다.

1. 하절기(3월 1일부터 10월 31일까지)에는 오전 10시부터 오후 6시까지로 한다.
2. 동절기(11월 1일부터 다음 연도 2월 말일까지)에는 오전 10시부터 오후 4시30분까지로 한다.

② 그 밖에 시장이 필요하다고 인정하는 경우에는 관람시간을 조정할 수 있다.

제7조(관람료) 습지의 관람료는 무료로 한다. 단, 시장이 관람료 징수가 필요하다고 인정하는 경우에는 「자연환경보전법」 제38조제3항 및 제4항에 따라 관람료를 징수할 수 있다.

제8조(입장제한) 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람에 대해서는 입장을 제한할 수 있다.

1. 술 또는 약물에 취하여 다른 사람의 관람을 방해 할 우려가 있는 자
2. 보호자와 동반하지 아니한 6세 이하의 어린이<개정 2023. 7. 19.>
3. 인화물질, 위험물 및 흉기 등을 소지한 자
4. 반려동물과 함께 출입하는 자(다만, 시각장애인의 보조견은 예외로 한다)
5. 유모차, 휠체어 이외의 자전거, 키보드 등 기구를 이용하여 출입하는 자
6. 그 밖에 시설의 보호 또는 관람질서 유지를 위해 입장 제한이 필요하다고 인정하는 자

제9조(행위제한)

① 관람자는 습지 안에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하여서는 아니 된다.

1. 전시물, 조경수 등 시설물을 훼손하는 행위
2. 흡연, 음주, 고성방가 등 다른 관람자에게 지장을 주는 행위
3. 취사, 야영, 쓰레기 투기 및 무허가 영업행위
4. 낚시, 수영, 어업, 식물채취, 동물포획, 철새 알 품기 간섭 등 자연환경 및 생태계에 영향을 주는 행위

5. 주차장이 아닌 지역에 주정차하는 행위
6. 초경량비행장치를 습지 상공에 띄우는 행위
7. 그 밖에 관람이나 운영에 지장을 주는 행위

② 시장은 제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하는 사람에 대하여는 관람을 제한할 수 있다.

제10조(변상책임) 관람자가 고의 또는 과실로 전시물 및 시설물을 파손·훼손하였을 때에는 원상복구하거나 실비로 변상하여야 한다.

제11조(교육프로그램 운영)

① 시장은 습지에 대한 시민의 환경의식을 높이고 전문적인 자연환경 학습의 장이 될 수 있도록 필요한 생태·환경교육 프로그램을 운영할 수 있다.

② 시장은 교육프로그램 운영에 필요한 경비를 예산의 범위에서 지원할 수 있으며, 프로그램 참여자에게 수강료, 재료비 등 생태·환경교육 프로그램 운영에 따른 비용을 받을 수 있다.

③ 시장은 습지 해설을 담당하는 자연환경해설사를 모집 및 운용할 수 있으며, 자연환경해설사의 활동에 필요한 비용 등을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

제12조(편의시설 설치·운영)

① 시장은 관람자의 편의를 도모하기 위하여 습지시설 내에 매점, 기념품 판매소, 가족실(수유실 포함), 휠체어, 유모차 등 대여실, 그 밖의 편의시설을 설치·운영할 수 있다.

② 시장은 제1항의 시설을 효율적으로 운영하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 「안산시 공유재산 관리 조례」에 따라 사용·수익허가 또는 위탁 운영을 할 수 있다.

제13조(기념품 판매 등)

① 시장은 방문자에게 기념이 되고 습지를 홍보할 수 있는 기념품 등을 판매할 수 있다.

② 시장은 판매할 기념품 등의 종류 및 가격을 습지의 인터넷 홈페이지에 게시하여야 한다.

제14조(자문위원회)

① 시장은 습지시설의 효율적인 관리·운영을 위하여 안산갈대습지운영자문위원회(이하 “자문위원회”라 한다)를 둘 수 있다.

② 자문위원회는 위원장 1인을 포함하여 15인 이내의 위원으로 구성하며, 위원은 생물다양성 보전 및 수처리 관련 전문가, 환경교육 전문가, 공원시설 및 조경 관련 전문가 등 갈대

습지에 관한 지식과 경험이 풍부한 사람 중에서 시장이 임명 또는 위촉한다. 다만, 위촉직
위원의 성별 구성인원은 「양성평등기본법」 제21조제2항에 따른다.

③ 위원회의 위원장은 위원 중에서 호선한다.

④ 자문위원회는 습지시설의 효율적인 운영 및 교육, 홍보 등 시장이 회의에 부치는 사항
등에 관하여 자문을 한다.

제15조(자문위원회의 존속기한) 자문위원회의 존속기한은 2024년 6월 30일로 한다.

제16조(위원의 임기) 위원 임기는 2년으로 하되, 1회에 한하여 연임할 수 있다. 다만, 공무
원인 위원의 임기는 해당 직에 재직하는 기간으로 하고, 위촉직 위원 중 새로 위촉된 위원
의 임기는 전임자의 남은 기간으로 한다.

제17조(관리 운영의 위탁)

① 시장은 습지시설의 효율적인 운영을 위하여 필요할 경우 관련 비영리 법인·단체에 시
설 및 부대시설의 전부 또는 일부를 위탁하여 관리하게 할 수 있다.

② 시장은 제1항에 따라 위탁에 필요한 경비를 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

③ 시장은 제1항에 따라 위탁에 필요한 절차 및 방법 등에 관한 사항은 「안산시 사무의
민간위탁에 관한 조례」를 준용한다.

제18조(시행규칙) 이 조례 시행에 관하여 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

부 칙(2019.07.19.)

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부 칙(2023. 7. 19.)

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

2. 경기도 외 습지보전 및 관리 조례

가. 인천광역시 습지보전 및 관리 조례

인천광역시 습지보전 및 관리 조례

(제정) 2017-07-17 조례 제 5844호

(일부개정) 2018-10-08 조례 제 5984호 인천광역시 행정기구 설치 조례

(일부개정) 2020-06-25 조례 제 6408호 인천광역시 행정기구 설치 조례 일부개정조례

(일부개정) 2022-07-28 조례 제 6863호 인천광역시 행정기구 설치 조례

(일부개정) 2022-12-30 조례 제 6920호

제1조(목적) 이 조례는 인천광역시 습지의 효율적 보전 및 관리에 필요한 사항을 규정함으로써 습지와 습지의 생물다양성을 보전하고 지속 가능한 이용을 도모하고자 함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 「습지보전법」(이하 “법”이라 한다) 제2조의 예에 따른다.

제3조(시장의 책무)

① 시장은 습지를 보전할 책임을 다하여야 한다.

② 시장은 환경부장관·해양수산부장관의 습지보호지역 지정 및 보전에 관한 시책의 시행에 협력하여야 한다.

제4조(습지보전실천계획의 수립)

① 시장은 법 제5조제7항에 따라 관할구역의 습지보전을 위하여 5년마다 습지보전실천계획(이하 “실천계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.

② 실천계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 습지보전 목표 및 시책의 실천방향
2. 습지보전 관리를 위한 단계별 보전시책 및 사업계획
3. 습지의 분포 및 면적과 생물다양성 현황에 관한 사항
4. 습지와 관련된 습지보전기본계획과의 연계 실천방향
5. 실천계획 시행을 위한 소요재원 및 재원의 조달방법
6. 그 밖에 습지보전에 필요한 사항 등

③ 시장은 실천계획을 수립할 때에는 관계 행정기관의 장과 협의하여야 하며, 필요한 경우에는 관계 행정기관의 장 및 군수·구청장에게 관련자료 제출을 요구할 수 있다.

④ 시장은 실천계획을 수립하였을 때에는 그 내용을 관계 행정기관의 장과 군수·구청장에게 통보하여야 한다. 실천계획을 변경하였을 때에도 또한 같다.

⑤ 시장은 실천계획의 이행상황을 매년 점검·평가하여야 한다.

제5조(습지보전위원회 설치) 습지보전에 관한 다음 각 호의 사항을 심의하기 위하여 시장 소속하에 인천광역시 습지보전위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

1. 실천계획 수립 및 변경
2. 실천계획 이행상황 점검·평가
3. 그 밖에 습지보전에 관한 중요한 사항으로서 시장이 심의에 부치는 사항

제6조(위원회의 구성·운영 등)

① 위원회는 공동위원장 2명과 부위원장 2명을 포함한 20명 이내의 위원으로 구성하되, 일반직공무원인 위원은 재직인원의 과반수 이하로 제한할 수 있다.

② 위원회의 위원장은 행정부시장과 시장이 위촉한 위원 중 호선에 의하여 선출된 자로 하며, 부위원장은 연안습지업무를 담당하는 국장과 내륙습지업무를 담당하는 국장이 된다. [조례 제5984호 부칙 제2조에 의한 개정, 2018-10-08] <개정 2020.06.25.> <개정 2022.7.28.>

③ 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 시장이 임명하거나 위촉한다.

1. 연안습지 및 내륙습지를 담당하는 관계공무원
2. 인천광역시의회 의원
3. 습지에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람

④ 위원장은 위원회를 대표하고 위원회의 업무를 총괄한다. 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없는 경우에는 부위원장이 그 직무를 대행한다.

⑤ 위원회의 위원 중 위촉위원의 임기는 3년으로 하되 연임할 수 있고, 보궐위원의 임기는 전임자 임기의 남은 기간으로 한다. <개정 2022.12.30.>

⑥ 위원회의 사무를 처리하기 위하여 위원회에 간사 1인과 서기 1인을 둔다.

⑦ 간사는 연안습지업무를 담당하는 사무관이 되고, 서기는 연안습지업무를 담당하는 주무관이 된다.

제7조(위원회의 회의)

① 위원장은 위원 5인 이상의 요구가 있는 경우 또는 위원장이 필요하다고 인정하는 경우

회의를 소집하고 그 의장이 된다.

② 위원장이 회의를 소집하려는 때에는 회의 개최 7일 전까지 회의의 일시 및 심의안건을 위원회의 위원에게 통보하여야 한다. 다만, 긴급을 요하는 경우에는 회의개최 3일 전까지 이를 통보할 수 있다.

③ 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

④ 위원장은 업무수행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 관계공무원이나 전문가 등을 위원회에 출석하게 하여 그 의견을 듣거나 관계기관의 장에게 자료의 제출을 요청할 수 있다.

⑤ 위원회의 간사는 회의결과를 다음 회의에 보고하여야 한다.

제8조(수당 및 여비 등) 위원회의 위원이나 관계 전문가 등에 대하여는 「인천광역시 위원회 수당 및 여비 지급 조례」에 따라 수당과 여비 등을 지급할 수 있다. 다만, 공무원인 위원이 그 소관업무와 직접적으로 관련되어 위원회에 출석하는 경우에는 그러하지 아니하다.

제9조(위원회의 심의결과의 활용)

① 위원회는 심의한 결과를 관계 행정기관의 장 및 군수·구청장에게 알려 주어야 한다.

② 관계 행정기관의 장 및 군수·구청장은 관할구역 안의 습지정책 및 예산에 위원회의 심의결과를 반영하도록 노력하여야 한다.

제10조(습지보전 민간단체의 육성·지원)

① 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 민간단체를 육성할 수 있다

② 제1항에 따라 사업비의 일부 또는 전액을 「인천광역시 재정운영 조례」에 따라 보조금을 지원할 수 있다.

제11조(교육·홍보) 시장은 군·구, 관계 행정기관, 민간단체 등과 협력하여 습지생태계에 관한 자료의 제작·보급과 습지의 보전 교육·홍보 등 활동의 진흥을 위하여 노력하여야 한다.

제12조(국제협력의 증진) 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 외국의 지방자치단체, 국제기구 등과 습지보전 및 관리에 관한 정보·기술의 교류·협력을 위하여 노력하여야 한다.

제13조(시행규칙) 이 조례의 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

부칙<2017-07-17 조례 제5844호>

제1조(시행일)이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

제2조(다른 조례의 개정)인천광역시 재정운영 조례 일부를 다음과 같이 개정한다.별표 2에 다음과 같이 신설한다.

부칙 <제6408호, 2020.06.25.>

제1조(시행일)이 조례는 2020년 7월 20일부터 시행한다.

제2조(다른 조례의 개정)이전 생략

⑤ 인천광역시 습지보전 및 관리 조례 일부를 다음과 같이 개정한다.

제6조제2항 중 “행정부시장”을 “균형발전정무부시장”으로 한다.

이후 생략

부칙 <제6863호, 2022.7.28.>

제1조(시행일)이 조례는 2022년 7월 29일부터 시행한다.

제2조(다른 조례의 개정)

① ~ ⑱ <생략>

⑲ 인천광역시 습지보전 및 관리 조례 일부를 다음과 같이 개정한다. 제6조제2항 중 “균형발전정무부시장”을 “행정부시장”으로 한다.

⑳ ~ (61) <생략>

부칙 <제6920호, 2022.12.30.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

나. 대전광역시 습지보전 및 관리 조례

대전광역시 습지보전 및 관리 조례

(제정) 2023-10-06 조례 제 6129호

제1조(목적) 이 조례는 대전광역시 습지를 효율적으로 보전하고 관리하는데 필요한 사항을 규정함으로써 습지와 습지의 생물다양성을 보전하고 지속 가능한 이용을 도모하는 것을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 「습지보전법」 제2조에서 정하는 바에 따른다.

제3조(시장의 책무)

- ① 대전광역시장(이하 “시장”이라 한다)은 습지를 보전하고 관리할 수 있도록 노력하여야 한다.
- ② 시장은 환경부장관·해양수산부장관의 습지보호지역 지정 및 보전에 관한 시책의 수립·시행에 적극 협력하여야 한다.

제4조(습지보전실천계획의 수립)

- ① 시장은 「습지보전법」 제5조제7항에 따라 관할구역의 습지보전 및 관리를 위하여 5년마다 다음 각 호의 사항을 포함한 습지보전실천계획(이하 “실천계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.
 1. 습지보전에 관한 시책 방향
 2. 습지의 분포 및 면적과 생물다양성의 현황에 관한 사항
 3. 습지와 관련된 다른 기본계획과의 조정에 관한 사항
 4. 습지보전을 위한 국제협력에 관한 사항
 5. 그 밖에 습지보전에 필요한 사항
- ② 시장은 실천계획을 수립할 때에는 관계 행정기관의 장과 협의하여야 하며, 필요한 경우에는 관계 행정기관의 장 및 구청장에게 관련 자료 제출을 요구할 수 있다.
- ③ 시장은 실천계획을 수립하였을 때에는 그 내용을 관계 행정기관의 장과 구청장에게 통보하여야 하며, 실천계획을 변경하였을 때에도 또한 같다.
- ④ 시장은 실천계획을 시행하기 위하여 필요한 경우에는 관계 행정기관의 장 및 구청장에

게 필요한 조치를 할 것을 요청할 수 있다.

제5조(습지보전위원회 설치)

① 습지보전 및 관리에 관한 다음 각 호의 사항을 심의하기 위하여 대전광역시 습지보전위원회를 둔다.

1. 실천계획 수립 및 변경
2. 지원사업과 관련한 사항
3. 그 밖에 습지보전 및 관리에 필요한 사항

② 대전광역시 습지보전위원회의 기능은 「대전광역시 환경정책위원회조례」에 따른 대전광역시 환경정책위원회가 대행한다.

제6조(지원사업)

① 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 다음 각 호의 사업을 추진할 수 있다.

1. 습지 인근 주민 지원사업
2. 국제협력 사업
3. 교육 및 홍보 사업
4. 그 밖에 습지보전 및 관리를 위하여 필요한 사업

② 시장은 제1항에 따른 사업을 추진하는 관련 기관 또는 단체에 예산의 범위에서 사업비를 지원할 수 있다.

제7조(교육·홍보)

① 시장은 자치구, 관계 행정기관, 민간단체 등과 협력하여 습지보전 및 관리에 관한 교육 자료를 제작할 수 있다.

② 시장은 제1항에 따른 교육자료 등의 보급을 위한 홍보를 실시할 수 있다.

제8조(협력체계 구축) 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 지방자치단체, 관계 행정기관, 국제기구 등과 협력체계 구축을 위하여 노력하여야 한다.

<부칙 제6129호, 2023.10.6.>이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

다. 광주광역시 습지보전 및 관리 조례

광주광역시 습지보전 및 관리 조례

(제정) 2021-12-15 조례 제 5859호

제1조(목적) 이 조례는 습지의 효율적 보전·관리에 필요한 사항을 정하여 습지와 습지의 생물다양성을 보전하여 시민이 건강하고 쾌적한 생활을 할 수 있도록 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “습지”란 담수(淡水: 민물)가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역에서 내륙습지를 말한다.
2. “내륙습지”란 호수, 못, 늪, 하천 또는 하구(河口) 등의 지역을 말한다.
3. “습지보전”이란 습지를 발굴·보호하며 복원·대체 등을 포함하여 생태적으로 건전하고 기능적으로 건강하게 유지하려는 활동을 말한다.
4. “습지의 훼손”이란 배수(排水), 매립 또는 준설 등의 방법으로 습지 원래의 형질을 변경하거나 습지에 시설이나 구조물을 설치하는 등의 방법으로 습지를 보전 목적 외의 용도로 사용하는 것을 말한다.

제3조(책무)

- ① 광주광역시장(이하 “시장”이라 한다)은 습지를 보전할 책무를 진다.
- ② 시장은 습지에 대하여 습지보호지역, 습지주변관리지역 또는 습지개선지역(이하 “습지보호지역 등”이라 한다)의 지정 및 보전에 관한 정책을 수립·시행한다.

제4조(습지조사)

- ① 시장은 5년마다 습지의 생태계 현황 및 오염 현황과 습지에 영향을 미치는 주변 지역의 토지 이용 실태 등 습지의 사회적·경제적 현황에 관한 기초조사를 하여야 한다.
- ② 시장은 습지의 보전 및 관리에 필요하다고 인정하는 경우 해당 습지에 대하여 제1항에 따른 기초조사 외에 정밀조사를 별도로 할 수 있다.
- ③ 시장은 습지의 상태에 뚜렷한 변화가 있다고 인정하는 경우 해당 습지에 대하여 제1항에 따라 실시한 기초조사에 대한 보완조사를 할 수 있다.

제5조(습지보전실천계획의 수립)

① 시장은 효율적인 습지보전 및 관리를 위하여 「습지보전법」(이하 “법”이라 한다) 제 5조제7항에 따라 5년마다 습지보전실천계획(이하 “실천계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

② 실천계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 습지보전 및 관리 목표 및 실천방향
2. 습지보전 및 관리를 위한 단계별 시책 및 사업계획
3. 습지조사에 관한 사항
4. 습지의 분포 및 면적과 생물다양성 현황에 관한 사항
5. 습지에 영향을 미치는 주변 지역의 토지이용 실태, 지질·인문 요소 등의 현황에 대한 사항
6. 습지 등 생태자원을 활용한 생태교육프로그램 활성화 방안
7. 법 제5조에 따른 습지보전기본계획과의 연계 실천 방안
8. 실천계획 시행을 위한 필요 재원 및 재원의 조달 방법
9. 그 밖에 습지보전 및 관리에 필요한 사항

③ 시장은 실천계획을 수립·변경할 때에는 관계 행정기관의 장과 협의하여야 하며, 필요한 경우에는 관계 행정기관의 장 및 자치구청장(이하 “구청장”이라 한다)에게 관련 자료 제출을 요구할 수 있다.

④ 시장은 실천계획을 수립·변경하였을 때에는 그 내용을 관계 행정기관의 장과 구청장에게 통보하여야 한다.

⑤ 시장은 실천계획을 시행하기 위하여 필요한 경우에는 관계 행정기관의 장 및 구청장에게 필요한 조치를 하여 줄 것을 요청할 수 있다. 이 경우 관계 행정기관의 장과 구청장은 특별한 사유가 없으면 요청에 따라야 한다.

⑥ 시장은 실천계획의 이행상황을 매년 점검·평가하여야 한다.

제6조(습지보전위원회 설치)

① 시장은 습지보전 및 관리에 관한 사항을 심의하기 위하여 광주광역시 습지보전위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

② 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 실천계획 수립 및 변경
2. 실천계획 이행상황 점검·평가

3. 그 밖에 습지보전 및 관리에 관한 중요한 사항으로서 시장이 심의에 부치는 사항

③ 제2항에 따른 위원회가 심의할 사항에 대해서는 「광주광역시 환경기본 조례」에 따른 광주광역시 환경정책위원회가 대행한다. 이 경우 광주광역시 환경정책위원회는 제1항에 따른 위원회로 본다.

제7조(위원회의 구성)

① 위원회는 공동위원장 2명과 부위원장 1명을 포함한 20명 이내의 위원으로 구성한다.

② 위원회의 공동위원장은 광주광역시 행정부시장과 제3항제1호부터 제3호에 해당하는 위원 중에서 선출된 사람으로 하며, 부위원장은 위원 중에서 호선한다.

③ 위원회의 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 시장이 임명 또는 위촉한다. 이 경우 성별 구성 비율은 「양성평등기본법」 제21조에 따라 균형이 유지되도록 노력하여야 한다.

1. 습지보전 및 관리에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람
2. 습지보전 및 관리 관련 기관 및 단체에서 추천하는 사람
3. 광주광역시의회에서 추천하는 사람
4. 광주광역시의회 의원
5. 습지보전 및 관리 관련 업무를 담당하는 부서의 장
6. 그 밖에 습지보전 및 관리를 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사람

④ 위원의 임기는 2년으로 하되 한 차례만 연임할 수 있으며, 위원의 사임 등으로 새로 위촉된 위원의 임기는 전임위원 임기의 남은 기간으로 한다. 다만, 제3항제4호부터 제5호에 해당하는 위원의 임기는 그 직위에 재직하는 기간으로 한다.

⑤ 위원회 업무의 원활한 추진을 위하여 간사 1명을 두며, 간사는 습지보전 및 관리 관련 업무를 담당하는 부서의 사무관이 된다.

제8조(위원장의 직무)

① 위원장은 위원회를 대표하며 위원회의 업무를 총괄한다.

② 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 부위원장이 위원장의 그 직무를 대행하며, 위원장과 부위원장이 모두 직무를 수행할 수 없을 때에는 위원장이 미리 지명한 위원이 그 직무를 대행한다.

제9조(위원회의 운영)

① 위원장은 위원회의 회의를 소집하며 의장이 된다.

② 정기회의는 연 1회 개최하며, 임시회의는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 소집할 수 있다.

1. 위원장이 필요하다고 인정하는 경우

2. 재적위원 3분의 1 이상의 요구가 있는 경우

③ 위원회의 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

④ 위원장은 업무수행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 관계 공무원이나 전문가 등을 위원회에 출석하게 하여 그 의견을 듣거나 관계기관의 장에게 자료의 제출을 요청할 수 있다.

⑤ 그 밖에 위원회의 운영에 관하여 이 조례에서 정하지 않은 사항은 「광주광역시 각종위원회 구성 및 운영 등에 관한 조례」를 준용한다.

제10조(위원회의 심의결과의 활용)

① 위원회는 심의한 결과를 관계 행정기관의 장 및 자치구청장(이하 “구청장”이라 한다)에게 통지하여야 한다.

② 관계 행정기관의 장 및 구청장은 제1항에 따른 위원회의 심의 결과를 반영하도록 노력하여야 한다.

제11조(습지조사원)

① 시장은 제4조에 따른 습지조사를 실시하기 위하여 필요한 경우에는 그 조사기간 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람을 습지조사원(이하 “조사원”이라 한다)으로 위촉할 수 있다.

1. 습지보전 및 관리 업무 담당 관계 공무원

2. 지형·지질학, 생물학, 토양학, 해양학, 환경학, 수문학 등 습지조사 관련분야의 지식과 경험이 풍부한 사람

② 시장은 조사원에게 그 조사의 수행에 필요한 수당·여비 기타 필요한 실비를 예산의 범위에서 지급할 수 있다. 다만, 공무원이 그 소관 업무와 직접적으로 관련하여 조사를 수행하는 경우에는 수당을 지급하지 아니한다.

제12조(타인 토지의 출입 등)

① 시장은 습지조사를 위하여 필요한 경우에는 관계 공무원 또는 조사원에게 타인의 토지에 출입하게 하거나 그 지상의 임목(立木), 흙과 돌, 그 밖의 장애물을 변경하거나 제거하게

할 수 있다.

② 제1항에 따라 타인의 토지에 출입하거나 장애물을 변경하거나 제거하려는 관계 공무원 또는 조사원은 그 소유자, 점유자 또는 관리인에게 미리 그 뜻을 알려야 한다.

③ 제1항에도 불구하고 관계 공무원 또는 조사원은 해가 뜨기 전이나 해가 진 후에는 해당 토지의 소유자, 점유자 또는 관리인의 승낙 없이는 담장이나 울타리로 둘러싸인 타인의 토지에 출입할 수 없다.

④ 토지의 소유자, 점유자 또는 관리인은 정당한 사유 없이 제1항에 따른 조사행위를 거부, 방해 또는 기피할 수 없다.

⑤ 제1항에 따라 타인의 토지에 출입하려는 관계 공무원 또는 조사원은 그 권한을 표시하는 증표를 관계인에게 보여주어야 한다.

제13조(습지보호지역 등의 지정 등)

① 시장은 습지 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역으로서 특별히 보전할 가치가 있는 지역을 습지보호지역으로 지정하고, 그 주변지역을 습지주변관리지역으로 지정할 수 있다.

1. 자연 상태가 원시성을 유지하고 있거나 생물다양성이 풍부한 지역
2. 희귀하거나 멸종위기에 처한 야생 동식물이 서식하거나 나타나는 지역
3. 특이한 경관적, 지형적 또는 지질학적 가치를 지닌 지역

② 시장은 습지 중 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 지역을 습지개선지역으로 지정할 수 있다.

1. 습지보호지역 중 습지가 심하게 훼손되었거나 훼손이 심화될 우려가 있는 지역
2. 습지생태계의 보전 상태가 불량한 지역 중 인위적인 관리 등을 통하여 개선할 가치가 있는 지역

③ 시장은 제1항이나 제2항에 따라 습지보호지역 등을 지정할 때에는 구청장 및 지역주민의 의견을 들은 후 관계 행정기관의 장과 협의하여야 한다. 다만, 「하천법」 제2조제2호의 하천구역에 습지보호지역 등으로 지정하려는 경우에는 「하천법」 제6조제2항에 따라 미리 하천관리청과 협의하거나 승인을 받아야 한다.

④ 시장은 제3항에 따라 습지보호지역 등의 지정을 위해 지역주민의 의견을 듣기 위하여 필요한 경우에는 구청장에게 공청회를 개최하여 줄 것을 요청할 수 있으며, 이 경우 공청회의 개최에 드는 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

⑤ 시장은 습지보호지역 등을 지정하였을 때에는 다음 각 호의 사항을 고시하여야 한다.

1. 해당 지역의 명칭, 위치 및 면적
2. 지정 연월일
3. 지정 목적 및 근거 법령
4. 관리청
5. 그 밖에 습지보호지역 등의 보전을 위하여 필요하다고 인정하는 사항

⑥ 그 밖에 습지보호지역 등의 지정에 필요한 사항은 시장이 정한다.

제14조(습지보호지역 등의 지정 해제 또는 변경)

① 시장은 습지보호지역 등의 지역 중에서 「습지보전법 시행령」(이하 “영”이라 한다) 제6조에 해당하는 공익상·군사상 불가피한 경우에 해당하는 지역과 천재지변 또는 그 밖의 사유로 습지보호지역 등으로서의 가치를 잃거나 보전할 필요가 없게 된 지역에 대하여는 그 지정을 해제하거나 그 지역을 축소 변경할 수 있다.

② 제1항에 따른 습지보호지역 등의 지정 해제 또는 변경에 관하여는 제13조제3항부터 제4항까지의 규정을 준용한다.

제15조(보전계획의 수립·시행)

① 시장은 관계 행정기관의 장과 협의하여 습지보호지역 등에 대한 보전계획(이하 “보전계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

② 보전계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다. 다만, 제4호 및 제5호는 하천구역 내 습지보호지역 등에 관한 보전계획을 수립·시행할 때 적용하고, 이 경우 해당 하천관리청과 협의하여야 한다.

1. 습지의 보전에 관한 기본적인 사항
2. 제16조에 따른 습지보전·이용시설의 설치에 관한 사항
3. 당해 지역주민의 삶의 질 향상을 위한 사업, 생물다양성의 유지 및 습지복원사업 기타 습지보전을 위한 사업 등 습지의 보전과 이용·관리에 관한 사항
4. 「하천법」 제25조에 따라 수립된 하천기본계획에서 계획하는 우수 소통 능력의 확보와 유지에 관한 사항
5. 육역화(陸域化) 방지 및 하천 수생태계(水生態界) 보전에 관한 사항

③ 시장은 제1항에 따른 보전계획을 수립하고자 하는 경우에는 구청장에게 보전계획에 대한 의견을 제출하도록 요청할 수 있다.

④ 시장은 보전계획을 수립한 때에는 이를 관계 행정기관의 장 또는 구청장에게 통보하여야 한다. 보전계획을 변경한 경우에도 또한 같다.

⑤ 그 밖에 보전계획의 수립 방법·절차 등에 관하여 필요한 사항은 시장이 정한다.

제16조(습지보전·이용시설의 설치 등)

① 시장은 법 제12조에 따라 습지의 보전·이용을 위하여 다음 각 호의 시설(이하 “습지보전·이용시설”이라 한다)을 설치·운영할 수 있다.

1. 습지를 보호하기 위한 시설
2. 습지를 연구하기 위한 시설
3. 나무로 만든 다리, 교육·홍보 시설 및 안내·관리 시설 등으로서 습지보전에 지장을 주지 아니하는 시설

4. 습지오염을 방지하기 위한 시설

5. 습지생태를 관찰하기 위한 시설

6. 그 밖에 습지보전을 위한 시설

② 시장은 습지보전·이용시설의 이용 및 운영·관리를 위하여 관리자를 두어야 한다.

제17조(행위 제한)

① 누구든지 제13조제1항에 따른 습지보호지역에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 해서는 아니 된다. 다만, 법 제13조제1항 단서에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 건축물이나 그 밖의 인공구조물의 신축 또는 증축(증축으로 인하여 해당 건축물이나 그 밖의 인공구조물의 연면적이 기존 연면적의 두 배 이상이 되는 경우만 해당한다) 및 토지의 형질변경

2. 습지의 수위 또는 수량이 증가하거나 감소하게 되는 행위

3. 흙·모래·자갈 또는 돌 등을 채취하는 행위

4. 광물을 채굴하는 행위

5. 동식물을 인위적으로 들여오거나 경작·포획 또는 채취하는 행위(해당 지역주민이 습지보호지역의 지정을 고시한 날부터 1년 전까지의 기간 이상 생계 수단 또는 여가활동 등의 목적으로 계속하여 경작·포획하거나 채취한 경우는 제외한다)

② 누구든지 제13조에 따른 습지주변관리지역이나 습지개선지역에서 「생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률」 제2조제8호에 따른 생태계교란생물을 풀어 놓거나 심고 재배하는 행위

를 해서는 아니 된다.

③ 제13조제1항에 따른 습지주변관리지역에서 일정 규모 이상의 간척사업, 공유수면매립사업, 그 밖에 습지보호에 위해를 줄 수 있는 행위를 하려는 사람은 시장의 승인을 받아야 한다.

④ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위로서 환경부장관 또는 시장의 승인을 받은 경우에는 제1항과 제2항을 적용하지 아니한다.

1. 「자연재해대책법」 제2조제2호에 따른 자연재해의 예방 및 복구를 위한 활동 및 구호 등에 필요한 경우

2. 습지보호지역 등의 보전을 위하여 필요하거나 습지보호지역 등에서 농림수산업을 영위하기 위하여 필요한 경우

3. 대규모 국책사업으로서 국가 경제에 중대한 영향을 미치는 사업의 시행 또는 물적 자원개발을 위하여 불가피한 경우

4. 홍수예방 등 인명·재산의 피해방지를 위하여 불가피한 경우

제18조(행위 제한 위반행위 중지명령 등)

① 시장은 습지보호지역에서 제17조제1항을 위반하는 행위를 한 사람에 대하여는 그 행위의 중지를 명하거나 그 위반행위의 내용과 정도를 고려하여 6개월의 범위에서 영 제11조의3에 따른 기간 내에 원상회복을 하도록 명할 수 있으며, 원상회복이 곤란한 경우에는 이에 상응한 조치를 할 것을 명할 수 있다.

② 시장은 제1항에 따른 원상회복명령을 받은 사람이 천재지변이나 그 밖의 부득이한 사유로 원상회복을 할 수 없는 경우에는 본인의 신청에 따라 6개월의 범위에서 그 원상회복기간을 연장할 수 있다.

제19조(출입 제한)

① 시장은 습지보호지역 또는 습지개선지역의 보호·관리를 위하여 특히 필요하다고 인정하는 경우에는 해당 지역의 전부 또는 일부에 대한 출입을 일정 기간 제한하거나 금지할 수 있다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 해당 지역주민이 일상적으로 농림수산업을 영위하는 등 생계를 위하여 출입하는 경우

2. 습지보전사업을 하기 위하여 출입하는 경우

3. 군사상 목적으로 출입하는 경우

4. 「자연재해대책법」 제2조제2호에 따른 자연재해의 예방·응급대책 및 복구 등을 위한

활동 및 구호 등에 필요한 조치를 하기 위하여 출입하는 경우

5. 환경부장관 또는 시장이 인정하는 학술조사·연구
6. 환경부장관 또는 시장이 인정하는 생태계의 보전·복원을 위한 행위
7. 「문화재보호법」에 의한 문화재의 조사 및 보호조치를 위한 행위
8. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제32조에 따른 산림자원의 조사
9. 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」에 따른 야생생물 등의 서식 상황 조사
10. 그 밖에 환경부장관 또는 시장이 습지보전을 위하여 공익상 필요하다고 인정하여 고

시하는 행위

② 시장은 제1항에 따라 출입을 제한하거나 금지하려면 다음 각 호의 사항을 고시하여야 한다.

1. 해당 지역의 위치·면적
2. 출입의 제한 또는 금지 기간 및 사유
3. 위반 시의 과태료
4. 그 밖에 습지보전 및 관리를 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사항

③ 시장은 출입의 제한 또는 금지 사유가 소멸되었다고 인정하는 경우에는 지체없이 그 출입의 제한 또는 금지를 해제하고 그 사실을 고시하여야 한다.

④ 시장은 제1항에 따라 습지보호지역 또는 습지개선지역의 출입을 제한하거나 금지하는 때에는 안내판을 설치하여야 한다.

제20조(습지의 조성·관리 등)

① 시장은 습지의 효율적인 관리 및 건강하고 다양한 이용을 위하여 그 기능과 생태계서비스를 평가하고 습지보전 및 관리사업의 추진에 반영해야 한다.

② 시장은 습지가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 천변습지 조성, 자생식물 이식, 하폭 확장 등 하천의 자연적인 회복능력에 의한 복원 및 육역화방지 기술을 활용한 인위적인 복원 등 그 복원과 육역화 방지에 필요한 조치를 할 수 있다.

1. 인위적이거나 자연적 원인으로 인하여 수생식물 번식 확대 등 습지의 훼손 또는 육역화가 급속히 이루어질 경우

2. 생태계교란종이나 외래종으로 인하여 교란될 경우

3. 그 밖에 습지보전 및 관리를 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 경우

③ 시장은 생태계 보전, 습지환경 개선 등을 위하여 인공적인 습지를 조성하고, 훼손된 습

지의 주변에 해류·사구(砂丘) 등의 변화로 인하여 자연적으로 조성되는 습지를 유지하고 보전하도록 노력하여야 한다.

④ 시장은 관계 행정기관의 장 또는 구청장에게 인공적인 습지를 조성하도록 권장할 수 있다.

제21조(이용료)

① 시장은 습지보호지역 등 또는 습지보전·이용시설을 이용하는 사람으로부터 이용료를 징수할 수 있다. 다만, 「자연공원법」에 따라 지정된 공원구역에 있는 습지보호지역 등 또는 습지보전·이용시설의 경우에는 「자연공원법」에서 정하는 바에 따른다.

② 제1항에 따른 이용료의 금액은 당해 습지보호지역 등의 유지·관리에 드는 비용이나 습지보전·이용시설의 설치 및 유지·관리에 드는 비용을 고려하여 시장이 고시한다.

③ 법 제18조의2제5항에 따라 다음 각 호의 어느 하나에 해당되는 사람에 대하여는 제1항에 따른 이용료를 징수하지 아니한다.

1. 「국가유공자 등 예우 및 지원에 관한 법률 시행령」 제86조제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람
2. 「참전유공자 예우에 관한 법률」 제2조제2호에 해당하는 사람
3. 6세 이하인 사람 및 65세 이상인 사람
4. 「장애인복지법」에 따른 장애인(「장애인복지법 시행규칙」 별표 1에 따른 장애의 정도가 심한 장애인의 경우에는 그 보호자 1명을 포함한다)
5. 「5·18민주유공자 예우에 관한 법률」에 따른 5·18민주유공자 및 그 유족
6. 「국민기초생활보장법」에 따른 수급권자
7. 「한부모 가족지원법」에 따른 보호대상자
8. 「광주광역시 출산 및 양육 지원 조례」에 따른 다자녀가정
9. 공무수행을 위하여 습지보호지역 등 또는 습지보전·이용시설을 이용하는 사람
10. 습지보호지역 등으로 지정된 지역 내의 거주자
11. 법 제13조제1항제5호의 규정에 의하여 생계수단의 목적으로 경작·포획·채취가 허용되는 사람
12. 국민 및 그 수행자와 외교사절 및 그 수행자
13. 제22조에 따라 위촉된 명예습지생태안내인
14. 그 밖에 제1호부터 제12호까지에 준하는 사유로써 감면이 필요하다고 시장이 인정하

는 사람

④ 시장은 이용료에 관한 안내판을 습지보호지역 등 또는 습지보전·이용시설의 입구에 설치하여야 한다.

⑤ 시장은 이용료를 징수하는 경우에는 그 이용료를 습지보호지역 등의 보전에 필요한 비용에 사용하여야 한다.

⑥ 그 밖에 이용료의 금액, 징수 절차 및 면제 등에 관하여 필요한 사항은 시장이 정한다.

제22조(명예습지생태안내인)

① 시장은 습지의 보호활동 등을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 신청자 중 영 제19조의2에 따른 교육을 이수한 사람을 명예습지생태안내인으로 위촉할 수 있다.

1. 습지보전 관련 연구 또는 행정경력이 있거나 습지보전 관련 단체에서 2년 이상 종사한 경력이 있는 자

2. 습지 또는 자연환경분야에 관한 학식과 경험이 풍부한 자

② 명예습지생태안내인에게는 「습지보전법 시행규칙」 제13조의2에 따라 그 신분을 확인할 수 있는 증명서를 발급한다.

③ 명예습지생태안내인의 활동범위는 다음 각 호와 같다.

1. 습지보전을 위한 홍보 및 계도

2. 습지의 훼손행위에 대한 지도 및 관계기관에의 통보

3. 습지보호지역 등의 보전 및 습지보전·이용시설의 운영에 대한 건의

4. 습지보호지역 등에서의 생태관광안내

④ 시장은 명예습지생태안내인의 활동을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

⑤ 그 밖에 명예습지생태안내인의 위촉기간 및 활동 장소, 신청절차 등에 관하여 필요한 사항은 시장이 정한다.

제23조(포상금) 시장은 법 제13조제1항 또는 제2항을 위반한 사람을 관계 행정관청이나 수사기관에 신고하거나 고발한 사람에게 영 제15조에 따라 포상금을 지급할 수 있다.

제24조(손실보상) 시장은 습지조사로 인하여 손실을 입은 사람에게는 법 제20조에 따라 그 손실을 보상하여야 한다.

제25조(보고 및 조사 등)

① 시장은 습지의 보전·관리 사업 시행자 또는 습지를 훼손한 사람에게 필요한 보고를 하

게 하거나 습지의 소유·거래·이용 또는 훼손 등에 관한 자료의 제출을 명할 수 있으며, 소속 공무원에게 조사하게 할 수 있다.

② 제1항에 따라 조사를 하는 공무원은 그 권한을 표시하는 증표를 관계인에게 보여주어야 한다.

제26조(주민지원 사업)

① 시장은 습지보호지역 등에 수질오염 등으로 습지생태계에 직접 영향을 미칠 수 있는 지역에 대해서는 우선적으로 오수 및 하·폐수의 처리를 위한 지원을 할 수 있으며, 환경친화적 농·임업의 육성을 위하여 필요한 조치를 할 수 있다.

② 시장은 습지보호지역 등의 주변 지역주민에 대하여 소득증대 및 복지 증진 등을 위하여 필요한 사업을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

제27조(민간단체의 육성·지원)

① 시장은 습지의 생물다양성을 보호하고 습지의 분포 및 면적 등 조사·연구, 습지보전에 관한 교육·홍보 등의 습지보전 및 관리 활동(이하 “습지보전 및 관리 활동”이라 한다)을 하는 민간단체를 육성할 수 있다.

② 시장은 습지보전 및 관리 활동을 추진하는 민간단체 등에 대하여 그 사업에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위에서 「광주광역시 지방보조금 관리 조례」에 따라 지원할 수 있다.

③ 그 밖에 민간단체의 선정 기준, 지원사업, 비용의 지급 방법 및 절차 등은 시장이 정한다.

제28조(교육·홍보)

① 시장은 자치구, 관계 행정기관, 민간단체 등과 협력하여 습지보전 및 관리에 관한 자료의 제작·보급과 교육·홍보를 위하여 노력하여야 한다.

② 시장은 주민 참여를 통한 습지보전 및 관리를 위하여 사업계획 단계부터 관련 정보를 공개하도록 노력하여야 한다.

제29조(주민참여) 시장은 효율적인 습지보전 및 관리를 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에 주민참여를 보장하도록 노력하여야 한다.

1. 제5조에 따른 실천계획의 수립·시행
2. 제13조에 따른 습지보호지역 등의 지정
3. 제14조에 따른 습지보호지역 등의 지정 해제 또는 변경

4. 제15조에 따른 보전계획의 수립·시행
5. 제16조에 따른 습지보전·이용시설의 설치·운영
6. 제20조에 따른 습지의 조성·관리
7. 제26조에 따른 주민지원사업
8. 제27조에 따른 민간단체의 육성
9. 그 밖에 주민참여가 필요하다고 시장이 인정하는 경우

제30조(국제협력의 증진) 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 외국의 지방자치단체, 국제기구 등과 습지보전 및 관리에 관한 정보·기술의 교류·협력을 위하여 노력하여야 한다.

제31조(시행규칙) 이 조례의 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

부 칙

제1조(시행일)이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

제2조(다른 조례의 개정)광주광역시 환경기본 조례」 일부를 다음과 같이 개정한다.

제35조제4호를 제5호로 하고, 같은 조에 제4호를 다음과 같이 신설한다.

4. 「광주광역시 습지보전 및 관리 조례」 제6조에 따른 습지보전 및 관리에 관한 사항

라. 김해시 화포천 습지 보전 및 관리 조례

김해시 화포천 습지 보전 및 관리 조례

(제정) 2023.05.04 조례 제1926호
(일부개정) 2023.09.21 조례 제1967호

제1조(목적) 이 조례는 김해시 화포천 습지의 건강성과 생물다양성을 보전하고 현명한 이용을 통해 지속가능한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “습지”란 「습지보전법」(이하 “법”이라 한다) 제2조제1호의 습지를 말한다.
2. “습지보호지역”이란 법 제8조제1항에 따라 지정된 습지를 말한다.
3. “화포천 습지”란 환경부장관이 습지보호지역으로 지정한 진영읍, 한림면 일원의 습지를 말한다.

제3조(시장의 책무)

- ① 김해시장(이하 “시장”이라 한다)은 화포천 습지를 보전할 책임을 다하여야 한다.
- ② 시장은 외국의 지방자치단체, 국제기구 등과 화포천 습지의 보전 및 관리에 필요한 정보·기술의 교류·협력의 활성화를 위해 노력해야 한다.

제4조(습지보전 실천계획 수립)

- ① 시장은 화포천 습지를 효율적으로 보전·관리하기 위하여 습지보전실천계획(이하 “실천계획”이라 한다)을 수립해야 한다.
- ② 실천계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.<개정 2023.9.21.>
 1. 습지보전 목표 및 실행계획
 2. 습지보전기본계획과 연계한 분야별 실행계획
 3. 실천계획 실행을 위한 필요재원 및 재원의 조달방법
 4. 습지생태자원을 활용한 생태관광 등의 현명한 이용방안
 5. 생물서식 환경 보전을 위한 빛·소음 공해 방지방안
 6. 그 밖에 습지보전에 필요한 사항

제5조(지역관리위원회 설치) 시장은 화포천 습지의 효율적인 보전과 관리에 관한 다음 각호의 자문에 응하기 위하여 지역관리위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

1. 화포천 습지의 보전과 복원에 관한 사항

2. 실천계획 수립 및 이행평가에 관한 사항
3. 습지의 효율적인 보전 및 지속 가능한 이용방안
4. 습지 주변 지역 주민지원사업에 관한 사항
5. 그 밖에 시장이 필요하다고 인정하는 사항

제6조(위원회의 구성·임기)

- ① 위원회는 위원장 1명과 부위원장 1명을 포함하여 20명 이내의 위원으로 구성한다.
- ② 위원회의 위원장(이하 “위원장”이라 한다)은 화포천 습지 업무 담당 국장이 되고, 부위원장은 위원 중에서 서로 뽑는다.
- ③ 당연직 위원은 화포천 습지 업무 담당 과장과 하천 업무 담당 과장으로 하고, 위촉직 위원은 다음 각 호의 사람 중에서 성별 균형을 고려하여 시장이 위촉한다. 단, 특정 성별이 위촉직 위원 수의 10분의 6을 초과하지 아니하도록 하여야 한다.

1. 김해시의회 의원
2. 대학, 연구기관 등의 생태환경 전문가
3. 지역단체, 기관대표 및 지역 주민 등
4. 그 밖에 습지의 보전과 관리를 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사람

④ 위촉직 위원의 임기는 2년으로 하되 연임할 수 있다. 다만, 사임 등으로 인하여 새로 위촉된 위원의 임기는 전임 위원 임기의 남은 기간으로 한다.

제7조(위원의 해촉) 시장은 위촉직 위원이 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 위원을 해촉할 수 있다.

1. 사망·질병 등의 사유로 직무를 수행할 수 없게 된 경우
2. 직무와 관련된 비위사실이 있는 경우
3. 직무태만, 품위손상이나 그 밖의 사유로 위원으로 적합하지 않다고 인정되는 경우
4. 위원 스스로 직무를 수행하는 것이 곤란하다고 의사를 밝히는 경우
5. 위촉 당시의 자격을 상실한 경우

제8조(위원장의 직무)

- ① 위원장은 위원회를 대표하고, 위원회의 업무를 총괄한다.
- ② 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때는 부위원장이 그 직무를 대행하며, 위원장과 부위원장이 모두 부득이한 사유로 그 직무를 수행할 수 없을 때는 위원장이 미리 지명한 위원이 그 직무를 대행한다.

제9조(위원회 회의)

- ① 위원장은 위원회의 회의(이하 “회의”라 한다)를 소집하고 그 의장이 된다.
- ② 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의한다.
- ③ 안건의 내용이 경미한 경우 또는 긴급한 사유로 위원이 출석하는 회의를 개최할 시간적 여유가 없는 경우에는 서면으로 자문할 수 있다.
- ④ 위원장은 업무수행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 관련 공무원·전문가·이해관계인 등을 회의에 출석하게 하여 그 의견을 듣거나 관계 기관·단체의 장에게 자료를 제출을 요청할 수 있다.

제10조(간사) 위원회의 사무를 처리하기 위하여 간사를 두며, 간사는 화포천 습지 업무 담당 부서의 장이 지명하는 사람으로 한다.

제11조(위원회 수당 등) 김해시 소속 공무원이 아닌 위원회에 출석한 위원과 관련 전문가에게는 「김해시위원회실비변상조례」에 따라 수당과 여비를 지급할 수 있다.

제12조(주민지원 사업) 시장은 습지보호지역 주변 지역 주민에 대하여 습지보전 역량강화 및 소득증대에 필요한 사업을 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

제13조(습지보전 민간단체의 육성 지원) 시장은 습지의 보전 및 관리를 위하여 민간단체 육성에 필요한 지원을 할 수 있다.

부칙<조례 제1926호, 2023.5.4.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙<조례 제1967호, 2023.9.21.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

마. 문경시 문경돌리네습지 보전 및 생태관광 활성화 지원 조례

문경시 문경돌리네습지 보전 및 생태관광 활성화 지원 조례

(제정) 2018.11.13 조례 제1227호

(일부개정) 2019.08.07 조례 제1290호 문경시 각종 위원회 구성 및 운영 조례

(일부개정) 2020.10.07 조례 제1384호

(일부개정) 2021.03.10 조례 제1406호

(일부개정) 2022.12.29 조례 제1549호

제1장 총칙

제1조(목적) 이 조례는 문경돌리네습지를 보전하고 관리하는 데 필요한 사항을 규정하고 생태관광 활성화에 필요한 사업을 지원함으로써, 습지를 보전하고 생태관광 활성화에 기여함을 목적으로 한다. <개정 2020.10.7.>

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “문경돌리네습지”란 「습지보전법」(이하 “법”이라 한다) 제8조에 따라 환경부장관이 지정·고시한 문경시 산북면 우곡리 일대에 위치한 습지를 말한다. <개정 2021.3.10.>

2. “습지의 훼손”이란 배수·매립 또는 준설 등의 방법으로 습지 원래의 형질을 변경하거나 습지에 시설 또는 구조물을 설치하는 등의 방법으로 습지를 보전 외의 목적으로 사용하는 것을 말한다.

3. “생태관광”이란 생태계가 특히 우수하거나 자연경관이 수려한 지역에서 자연자산의 보전 및 현명한 이용을 통하여 환경의 중요성을 체험할 수 있는 자연친화적인 관광을 말한다.

4. “습지주변 마을”이란 습지가 위치한 산북면과 호계면 및 제6조의 위원회에서 추가로 결정하는 지역을 말한다.

제3조(시장의 책무)

① 문경시장(이하 “시장”이라 한다)은 문경돌리네습지(이하 “습지”라 한다)를 보전할 책무를 다하여야 한다. <개정 2019.8.7., 2020.10.7.>

② 시장은 환경부장관의 습지보호지역 지정 및 보전에 관한 시책의 수립·시행에 적극 협력하여야 한다.

제4조(시민의 책무) 시민은 습지와 습지의 생물다양성을 보전하기 위하여 노력하고, 습지보호지역 내에서 이루어지는 각종 계획, 정책, 사업 등에 적극 협력하여야 한다.

제2장 습지 보전 및 생태관광 지원 위원회 설치

제5조(습지보전실천계획의 수립)

① 시장은 습지의 효율적 보전을 위하여 5년마다 습지보전실천계획(이하 “실천계획”이라 한다)을 수립할 수 있다.

② 실천계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 습지보전 목표 및 단계별 실천계획
2. 습지와 관련된 습지보전기본계획과의 연계 실천방향
3. 실천계획 시행을 위한 필요자원 및 자원의 조달방법
4. 습지 등 생태자원을 활용한 생태관광 활성화 방안
5. 그 밖에 습지보전에 필요한 사항 등

제6조(위원회 설치 및 구성)

① 시장은 습지의 보전과 습지를 활용한 생태관광을 활성화하기 위하여 “문경돌리네습지 보전 및 생태관광 지원 위원회”(이하 “위원회”라 한다)를 구성할 수 있다.

② 위원회는 위원장 1명과 부위원장 1명을 포함하여 20명 이내의 위원으로 구성한다.

③ 위원장과 부위원장은 위원회 위원 중에서 호선한다.

④ 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 중에서 시장이 위촉하되, 특정성별이 10분의 6을 초과하지 않도록 하여야 한다. 다만, 해당 분야의 특정성별의 전문 인력 부족 등 부득이한 사유가 있을 경우에는 그러하지 아니한다.

1. 지역 주민 대표
2. 문경시의원
3. 환경 또는 생태관광전문가
4. 사회적 기업 등 운영 전문가
5. 관계 공무원

⑤ 위원회의 원활한 운영을 위하여 간사 1명을 두며, 간사는 습지 업무담당으로 한다.

⑥ 위원의 임기는 3년으로 하되, 연임할 수 있다. 다만, 보궐위원의 임기는 전임위원의 남은 기간으로 한다.

제7조(위원회의 기능) 위원회는 다음 각 호의 사항을 연구개발·심의·자문한다.

1. 습지복원사업 및 기타 습지보전을 위한 사업
2. 습지이용사업 및 생태관광 프로그램 발굴·운영에 관한 사항

3. 당해 지역주민의 삶의 질 향상을 위한 사업
4. 제2조제4호의 습지 주변 마을의 범위에 관한 사항
5. 기타 습지 보전과 생태관광 활성화에 관하여 시장이 부의하는 사항

제8조(위원장의 직무)

- ① 위원장은 위원회를 대표하고 위원회의 직무를 총괄한다.
- ② 위원장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 부위원장이 그 직무를 대행한다.

제9조(위원회 회의)

- ① 위원회 회의는 위원장이 필요하다고 인정한 경우나 시장이 요청한 경우에 소집한다.
- ② 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.
- ③ 회의를 개최한 때에는 회의록을 작성·비치하여야 한다.

제10조(위원의 해촉) 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사유가 발생한 경우에는 임기 전이라도 위원을 해촉할 수 있다.

1. 사망, 질병, 그 밖의 사유로 위원의 직무를 성실히 수행하기 어려운 경우
2. 위원 스스로가 위원직 사퇴를 원하는 경우
3. 위원으로서 품위를 손상하는 행위를 하였을 경우

제11조(위원회 지원) 시장은 위원회의 원활한 활동을 위하여 필요한 경우 예산의 범위에서 다음 각 호의 사업을 지원할 수 있다.

1. 습지보전과 생태관광 활성화 역량을 강화시킬 수 있는 포럼 및 교육사업
2. 습지보전과제 등의 발굴을 위한 토론회, 워크숍 및 연구개발 사업
3. 습지보전과 생태관광 활성화를 위한 주민 의견수렴 및 자료수집

제12조(수당 및 여비 등) 위원회의 회의에 참석한 시 소속 공무원이 아닌 위원에게는「문경시 각종 위원회 구성 및 운영 조례」가 정하는 바에 따라 예산의 범위에서 수당 등 필요한 경비를 지급할 수 있다. <개정 2019.8.7.>

제13조(운영세칙) 이 조례에서 규정한 것 외에 위원회의 운영에 필요한 사항은 위원회 의결을 거쳐 위원장이 정한다.

제3장 주민참여 및 지원

제14조(주민참여)

① 시장은 주민의 자발적인 발의에 의해 습지 보전에 대한 이해와 생태관광 활성화를 도모할 수 있도록 주민의 참여방안을 마련할 수 있다.

② 시장은 실천계획 수립 및 사업 시행 과정에서 현장 토론, 마을회의, 지역포럼 등을 장려하고 이를 통해 주민들의 의견수렴과 합의를 도출한다.

③ 시장은 사업 시행 시, 주민참여가 필요할 때에는 습지 주변마을 주민을 다른 지역에 우선하여 참여시킬 수 있다.

제15조(주민지원)

① 시장은 습지 보전 및 생태관광 활성화와 관련하여 주민들이 참여하는 다음 각 호의 사업에 대하여 예산의 범위에서 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

1. 습지 보전 및 홍보에 필요한 물품구입비
2. 생태관광 프로그램 운영을 위한 프로그램 개발비 및 비품 구입비
3. 습지 주변 마을 가꾸기 사업을 위한 건축비, 시설물 유지보수비, 정부지원사업에 대한

자부담금

② 시장은 1항의 사업을 지원할 때에는 습지주변 마을 주민이 우선적으로 선정 될 수 있도록 노력하여야 한다.

③ 시장은 사유재산을 습지 보전 및 생태관광 활성화와 관련한 사업을 추진하는 습지주변 마을 주민에게 임대할 수 있다.

제16조(민간단체의 육성·지원) 시장은 습지의 보전 및 생태관광 활성화를 위하여 민간단체를 육성할 수 있고, 예산의 범위에서 필요한 경비를 지원할 수 있다.

제17조(교육·홍보) 시장은 습지생태계에 관한 자료의 제작·보급과 습지의 보전 교육·홍보 등 활동의 진흥을 위하여 노력하여야 하고, 예산의 범위에서 필요한 경비를 지원할 수 있다.

제18조(국제협력의 증진) 시장은 습지의 보전 및 생태관광 활성화를 위하여 국제기구(람사르 등), 외국의 지방자치단체 등과 습지 보전 및 활성화에 관한 정보·기술의 교류 및 협력을 위하여 노력하여야 하고, 예산의 범위에서 필요한 경비를 지원할 수 있다.

제4장 습지의 이용

제19조(개방시간)

① 습지의 개방시간은 다음 각 호와 같다. 다만, 매표시간은 개방시간이 끝나기 30분전까지로 한다.

1. 3월 1일부터 10월 31일까지: 오전 9시부터 오후 6시까지
2. 1월 1일부터 2월 말일까지 및 11월 1일부터 12월 31일까지: 오전 9시부터 오후 5시까지

② 제1항에도 불구하고 시장은 습지의 관리 및 운영을 위하여 필요하다고 인정할 때에는 개방시간을 조정할 수 있다.

[본조 신설 2020.10.7.]

[종전 제19조는 제23조로 이동<2020.10.7.>]

제20조(휴무일) 습지의 휴무일은 다음 각 호와 같다.

1. 1월 1일
2. 설날 및 추석
3. 그 밖에 시장이 필요하다고 인정하여 정하는 휴무일

[본조 신설 2020.10.7.]

제21조(이용료)

① 시장은「습지보전법 시행규칙」제10조의2제2항에 따라 습지보호지역등 또는 습지보전·이용시설을 이용하려는 사람에게 별표의 이용료를 징수할 수 있다. 다만, 습지의 교육·홍보 및 생태관광 활성화를 위해 시장이 공익상 필요하다고 인정하는 경우에는 무료로 할 수 있다.<개정 2021.3.10., 2022.12.29.>

② 시장은 법 제18조의2제5항에 따라 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 사람에 대하여는 제1항에 따른 이용료를 면제한다.<개정 2021.3.10., 2022.12.29.>

1. 국민 및 그 수행자
2. 외교사절 및 그 수행자
3. 6세 이하인 자, 65세 이상인 자와 「장애인복지법」 제2조에 따른 장애인(「장애인복지법 시행규칙」 별표 1에 따른 장애의 정도가 심한 장애인의 경우에는 그 보호자 1명을 포함한다)
4. 「국가유공자 등 예우 및 지원에 관한 법률 시행령」 제86조제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 자

5. 「참전유공자 예우 및 단체 설립에 관한 법률」 제2조제2호에 해당하는 자 <개정 2021.3.10.>

6. 공무수행을 위하여 해당 지역 또는 시설을 이용하는 자

7. 습지보호지역등으로 지정된 지역 내의 거주자

8. 법 제13조제1항제5호의 규정에 의하여 생계수단의 목적으로 경작·포획·채취가 허용되는 자

9. 법 제22조의3의 규정에 의하여 위촉된 명예습지생태안내인

③ 삭제<2021.3.10.>

[본조 신설 2020.10.7.]

제22조(이용 제한) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 습지의 이용을 제한할 수 있다.

1. 공공질서를 문란하게 할 우려가 있다고 인정되는 사람

2. 시설물을 고의로 파손 및 훼손 하는 사람

3. 이용료를 납부하지 않은 사람

4. 그 밖에 시설 이용 규정을 위반하는 사람

[본조 신설 2020.10.7.]

제5장 전동차 운영 <신설 2021.3.10.>

제23조(전동차 운영) 시장은 습지 탐방객의 편의를 위하여 전동차를 운행한다.

제24조(운행구간) 습지 주차장에서 안내소까지의 구간으로 한다. 다만, 시장이 필요하다고 인정할 때에는 운행구간을 조정하거나 임시 운행구간을 정하여 운행할 수 있다.

제25조(운행시간)

① 전동차의 운행시간은 다음 각 호와 같다.

1. 3월 1일부터 10월 31일까지: 오전 9시 30분부터 오후 5시 30분까지

2. 1월 1일부터 2월 말일까지 및 11월 1일부터 12월 31일까지: 오전 9시 30분부터 오후 4시 30분까지

② 시장은 전동차의 효율적인 운영을 위하여 운행시간을 달리 정할 수 있으며, 눈 또는 비가 오거나 그 밖에 이용자의 안전에 위험이 따른다고 판단할 경우에는 운영을 제한할 수 있다.

제26조(이용료)

① 시장은 전동차를 이용하려는 사람에게 별표의 이용료를 징수할 수 있다. 다만, 습지의 교

육·홍보 및 생태관광 활성화를 위해 시장이 공익상 필요하다고 인정하는 경우에는 무료로 운영할 수 있다.<개정 2022.12.29.>

② 시장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람에 대하여는 제1항에 따른 이용료를 면제한다.<개정 2022.12.29.>

1. 「장애인복지법」 제2조에 따른 장애인(「장애인복지법 시행규칙」 별표 1에 따른 장애의 정도가 심한 장애인)의 경우에는 그 보호자 1명을 포함한다)

2. 「국가유공자 등 예우 및 지원에 관한 법률 시행령」 제86조제1항 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람

3. 「참전유공자 예우 및 단체설립에 관한 법률」 제2조제2호에 해당하는 사람

4. 3세 이하의 영유아

제27조(탑승안전)

① 시장은 전동차의 안전운행과 안전사고 예방에 최선을 다하여야 한다.

② 전동차 운전원은 안전사고 예방을 위하여 필요한 경우 전동차 이용을 제한할 수 있다.

③ 전동차 이용객 증가와 편의제공을 위하여 탑승안내 자원봉사자를 배치할 수 있으며, 자원봉사자에게 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

제28조(게시사항) 시장은 다음 각 호의 사항을 이용자가 쉽게 볼 수 있는 장소에 게시하여야 한다.

1. 운행구간

2. 운영시간

3. 이용요금

4. 이용자 준수사항

5. 그 밖에 필요한 사항

부칙

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙 <2019.8.7. 조례 제1290호> (문경시 각종 위원회 구성 및 운영 조례)

제1조(시행일) 이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

제2조, 제3조 생략

제4조 (다른 조례의 개정) ①부터 [53]까지 생략

[54]문경시 문경돌리네습지 보전 및 생태관광 활성화 지원 조례 일부를 다음과 같이 개정한다.

제12조 중 “문경시 각종위원회 실비변상조례”를 “문경시 각종 위원회 구성 및 운영 조례”로 한다.

[55]부터 [95]까지 생략

부칙 <조례 제1384호, 2020.10.7.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙 <제1406호, 2021.3.10.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

부칙 <제1549호, 2022.12.29.>

이 조례는 공포한 날부터 시행한다.

주 의

1. 이 보고서는 경기녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 경기녹색환경지원센터에서 시행한 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1-70-71-05

습지 조성 및 개선방안 연구
용인시 습지 실태조사를 통한 효율적인

경기색경원센터
녹색환경지원센터