

연구보고서 2010-11

미래 녹색도시 구현을 위한
복합기능
도시습지의 복원 및 조성 방안 연구
II

방상원 | 김애선 | 전승훈 | 이형숙 | 채수권

연구진

연구책임자 방상원 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)
참여연구원 김애선 (한국환경정책·평가연구원 연구원)
 전승훈 (경원대학교 도시계획·조경학부 교수)
 이형숙 (경원대학교 도시계획·조경학부 교수)
 채수권 (을지대학교 보건환경안전학과 교수)

연구자문위원

공성원 (환경부 국토환경정책과 사무관)
박석균 (그린스페이스(주) 공무부 차장)
정경영 (한국토지주택공사 영향평가처 부장)
주기재 (부산대학교 생명과학과 교수)

© 2010 한국환경정책·평가연구원

발행인 박태주
발행처 한국환경정책·평가연구원
 서울특별시 은평구 진흥로 290 (우편번호) 122-706
 전화 (02)380-7777 팩스 (02)380-7799
 <http://www.kei.re.kr>
인쇄 2010년 12월 26일
발행 2010년 12월 31일
출판등록 제17-254호
ISBN 978-89-8464-493-9

값 7,000원

서 언

저탄소 녹색도시 건설은 고밀도 도시개발로 악화된 국내 도시환경의 개선 및 지구 기후변화에 능동적으로 대처하는 주요 대응방법의 하나로 주목받고 있습니다. 특히 도시 습지는 도시물순환체계 구축의 필수 요소로, 토양과 식생을 통해 도시강우를 흡수하여 도시 수자원 저장고의 역할을 하며, 도시 유출수를 줄여 하천의 부하를 감소시키고 도시 생태비오톱의 역할을 하여 최근 녹색도시 건설의 핵심요소로 떠오르고 있습니다. 선진국에서는 기후변화에 대응하는 녹색도시의 역할 및 중요성을 인식하고 도시습지를 물순환 체계의 핵심요소로 이미 도입하고 있으며, 국가차원에서도 법제도적인 기반 지원 노력을 아끼지 않고 있습니다. 그러나 국내 도시개발사업에서의 물순환체계는 점적이고 파편적인 형태로 조성되고 있을 뿐만 아니라 물순환체계 구축에 대한 일정한 지침이나 가이드라인이 미비하고 관련 법제도 규정도 포괄적이거나 불명확하여 저탄소 녹색도시 건설에 필요한 도시습지 기반의 물순환체계가 제대로 실현되지 않고 있습니다.

따라서 본 연구에서는 미래 녹색도시의 구현을 위한 도시 기반환경의 특성분석 및 도시습지의 유형화, 국내외 도시습지 복원·조성 사례의 분석, 복합기능 도시습지의 기능 및 역할 정립, 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 개발, 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 법제도적 실용화 방안 등을 제시하였습니다. 본 연구의 결과가 향후 국내의 미래 녹색도시 건설에 필수적인 도시물순환체계의 구축 및 제도에 적극적으로 활용되기를 바랍니다.

본 연구를 맡아 수행한 우리 원의 방상원 연구위원 및 참여연구진의 노고에 감사하며, 본 연구의 수행기간 내내 아낌없는 자문을 해주신 자문위원들께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

2010년 12월
한국환경정책·평가연구원
원장 박 태 주

국문 요약

과거 도시화로 인한 고밀도 도시개발은 수환경 문제뿐만 아니라 도시열섬현상, 도시 바람길의 차단, 녹지 잠식 등 도시환경 여건을 총체적으로 악화시키고, 도시민의 삶의 질과 정주환경을 크게 저하시켰으며, 국내 도시의 정체성과 국제 경쟁력을 약화시킴으로써 저탄소 녹색성장의 장애요인으로 작용하고 있다.

이러한 문제들을 개선하기 위하여 최근에 물순환체계를 기반으로 한 녹색도시의 건설이 시도되었으나, 물 이외의 지형(경사, 하천, 습지 등), 토양, 미기후, 생태 요소 등을 총체적으로 고려하지 못한 채 수체계의 연계성을 제대로 고려하지 못하였고, 단순 경관 또는 친수 중심 또는 복합적이거나 유기적으로 연계되지 못한 파편적인 도시습지들을 조성하는 등의 문제점이 있어 왔다.

도시습지는 물, 녹지, 토양, 생태 등이 유기적으로 연계된 물순환체계 요소로서 토양과 식생을 통해 도시강우를 흡수하고 도시유출수를 줄여 하천의 부하를 감소시키며, 도시 생태비오톱으로 녹색도시의 건설에 있어서 중요한 핵심요소로 떠오르고 있다. 이와 관련하여 호주는 열악한 도시환경의 개선과 도시 수자원의 확보 및 재활용을 위해 도시개발계획들과 동등한 위계를 가진 물민감형 도시설계계획을 마련하고, 이를 통해 도시습지를 중심으로 한 각종의 물순환체계 요소들이 서로 유기적으로 연계되어 홍수조절, 우수저류, 친수공간 조성 등의 복합기능을 창출하도록 하고 있다.

반면, 국내에서는 도시습지 복원·조성과 관련한 물순환체계 구축에 대한 일정한 지침이나 가이드라인이 미비하고, 물순환체계 구축과 관련된 법제도 규정이 포괄적이거나 불명확하며, 도시개발사업의 환경성(생태성) 확보보다는 다양한 이해당사자에 의한 최대의 사업 수익성 추구 풍토, 도시습지를 포함한 물순환체계계획에 대한 이해당사자들 간의 이해 상충 문제 등으로 인하여 도시 내 물순환을 담보할 수 있는 실효성 있는 도시습지 기반의 물순환체계가 제대로 구현되지 못하고 있다.

특히 ① 물순환체계가 단순 이·치수 중심으로 구축된 점, ② 물순환체계상의 도시 습지가 습지의 다양한 기능을 활용하기보다는 녹지와 경관을 중시한 점, ③ 도시습지가 서로 유기적으로 연계되지 못하고 점적이거나 파편적인 형태로 복원·조성된 점, ④ 도시하천의 자연지형과 자연유하를 최대한 활용하지 못한 점, ⑤ 도시 내에 과거에 존재하였거나 현재 존재하고 있는 기존 자연습지의 잠재력을 최대한 활용하거나 또는 기존 자연습지의 기능과 가치를 최대한 복원하는 방향으로 추진되지 못한 점, ⑥ 도시습지를 복원·조성하는 관련 지침과 법제도가 미비한 점 그리고 ⑦ 도시 토지이용계획이 이미 확정된 이후에 물순환계획이 수립됨으로써 건강한 도시습지의 복원·조성이 실질적으로 불가능하였다는 점이 큰 문제점이다.

따라서 본 연구는 도시개발사업에서 물순환체계의 핵심요소인 복합기능 도시습지의 복원·조성지침을 개발하고, 이를 제도적으로 수용할 수 있는 실용화 방안을 도출하여, 저탄소 녹색성장에 필요한 미래 녹색도시의 구현과 지속가능한 도시개발을 유도하고자 하였다.

본 연구에서는 복합기능 도시습지를 “도시 내에 위치한 습지, 즉 저류지와 연못 같은 점적인 형태, 실개천과 수로 같은 선적인 형태, 그리고 습지공원 같은 면적인 형태의 습지들이 서로 유기적으로 연계되어 다양한 기능을 복합적으로 수행하는 도시물순환체계 기반의 습지”로 정의하였다. 이러한 복합기능 도시습지는 도시 수자원관리 기능, 친수·심미 관련, 생태기능, 교육기능, 기타 미기후 조절기능 등을 수행하며, 도시 습지의 기능 및 유형에 따라 자연수계 연계 도시습지체계, 우수 활용 연계 도시습지체계, 도시 수자원관리 관련 도시습지체계, 친수·심미 관련 도시습지체계, 생태 관련 도시습지체계 등 5개 습지체계로 분류하였다. 동 습지체계는 단순하게 물순환체계 요소들을 파편적으로 조성하고 있는 현행 도시개발사업에서의 문제점을 개선하고 실효성 있는 물순환체계의 구축을 가능하게 하는 토대가 될 것이다.

전술한 문제점들의 개선을 위하여 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 개발하였다.

동 지침의 주요 기본원칙과 방향으로는 ① 습지의 복원·조성은 수자원을 포함한 자연의 기능과 생태학적 프로세스를 보전·보호하는 방향으로 추진, ② 습지의 원형 보전>원습지(原濕地) 복원>원습지 기능향상>대체습지 조성 순으로의 복원·조성을 추진, ③ 개발대상지와 연계된 유역까지의 고려, ④ 자연수문학적 작용의 최대한 유지, ⑤ 자연의 생태구조와 생태기능이 완전히 작용될 수 있거나 또는 중요한 생태 구조와 기능이 전반적으로 작용하도록 하는 복원·조성, ⑥ 도시 녹지 내에 물을 수용 또는 저장시키는 노력을 기울여 도시습지의 시각적, 사회적, 문화적 및 생태적 가치를 향상시키도록 하는 복원·조성, ⑦ 전(全) 단계에 걸친 환경전문가 및 지역주민의 의견 수렴, ⑧ 복원·조성 후의 유지·운영비용 및 비용 부담 주체에 대한 사전 고려 등이다. 상기 기본원칙과 방향은 앞서 제시한 도시습지 복원·조성 시 나타나는 7가지 문제에 대한 주요 해결원칙과 방향으로 작용할 것이다.

본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 1) 공통지침과 2) 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침 그리고 3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침으로 구성하였다.

공통지침은 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 적용하기 전에 공통적으로 고려해야 할 개발대상지의 습지 잠재력 및 기반환경조사에 관한 지침이다. 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 유역경관 규모, 도시 및 지구단위 규모, 공간시설의 규모 등 공간적 규모에 따른 도시습지의 복원·조성 관련 지침이다. 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 물순환체계와 연계되지 않은 채 도시 내에 독립적으로 존재하는 도시습지에 대한 복원·조성지침이다. 또한 동 복합기능 도시습지의 복원·조성지침은 도시개발사업에서 기존 관련 지침들과 같은 권고지침이 아닌 강제지침으로 격상시킴으로서 현행 도시개발사업에서의 근본적인 문제점과 관행을 개선하는 것이 필요하다.

본 연구의 복합기능 도시습지의 복원·조성지침과 현행 관련 법제도(광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 지구단위계획, 환경보전계획, 지속가능한 신도시계획기

준, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침, 생태면적률 적용지침, 환경보전계획 수립지침)와의 연관성 및 문제점을 분석하고, 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 현행 법제도 적용 시 발생할 수 있는 상충점을 파악하여 현행 법제도에서의 실용화 방안을 제시하였다.

광역도시계획의 경우, 광역도시계획권과 그 주변의 유역과 수체계에 대한 도시환경적 중요성, 그에 대한 보호, 보전 및 활용에 관한 계획 수립, 도시물순환체계 및 도시습지 복원·조성의 적극적인 고려 및 촉진에 대한 개념의 도입이 필요하다. 도시기본계획의 경우, 도시기본계획 내에 수체계의 중요성을 명시하여 도시 수체계계획의 수립을 진작하고, 기존의 수변공간계획의 목적을 홍수예방뿐만 아니라 수자원 확보 및 재활용, 우수저류, 생태 및 친수공간의 창출 등으로 확대하며, 도시물순환체계계획 및 다양한 기능의 도시습지 복원·조성을 촉진하는 원칙의 도입이 필요하다. 특히, 도시관리계획의 경우, 현행 선(先) 토지이용계획 수립, 후(後) 환경성 검토의 원칙보다는 선 환경계획(물순환계획 포함) 수립, 후 토지이용계획 수립의 원칙을 수용하고, 본 연구에서 개발한 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 원칙과 내용을 전반적으로 반영시키는 것이 필요한 것으로 나타났다. 지구단위계획의 경우, 계획공간이 상대적으로 제한되어 있으므로 공간규모나 수체계와의 연계성을 크게 고려하지 않아도 되는 물순환체계 기반 외의 독립된 도시습지의 복원·조성에서 적용이 가능하며, 동 계획에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 핵심내용들을 일부 투영시켜서 활용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

상기 계획들의 모범인 국토의계획및이용에관한법률의 기본원칙에도 도시 수체계의 중요성과 그 보호, 보전 및 활용 개념을 수용하고 하위계획에서 물순환체계 및 도시습지 복원·조성 관련 계획의 수립과 구축이 가능하도록 개선하는 것이 필요하다.

지속가능한 신도시계획기준은 실제 복합기능 도시습지 복원·조성과 도시물순환체계의 구축에 있어서 중요하고 연관성이 높은 지침이다. 동 기준에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용을 타 도시계획 또는 지침들에서와 같이 단순히 투영시키는 것이 아니라, 동 기준과 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용을

서로 병합하여야 할 것으로 나타났다.

병합할 주요 원칙과 내용은 ① 단순 이·치수 중심에서 복합기능 중심의 물순환체계로의 전환, ② 경관 중심 및 녹지 중심의 조성에서 유역과 수체계의 연계성과 자연성을 중시하는 방향으로의 확대, ③ 물순환체계 요소 간의 유기적인 연계성의 제고, ④ 우수지 조성 시 기존의 홍수방어 및 친수공간 활용에서 생물서식처 및 생태체험 등의 공간 활용으로의 확대, ⑤ 물의 자연 흐름 및 자연환경 조건에 대한 최대한의 고려, ⑥ 수변공간계획 시 수체계의 연계성 제고 등이다.

지속가능한 신도시계획기준의 근거법령인 택지개발촉진법에도 토지이용계획에 앞서 물순환계획(환경계획)을 선 수립하거나 또는 최소한 토지이용계획과 물순환계획이 동시에 수립되도록 하여, 양계획 간의 조율과 조화를 거쳐서 택지개발계획이 수립되고, 그에 따라서 사업이 추진되도록 하여야 할 것으로 판단되었다.

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침은 저탄소 녹색성장 도시공간의 조성을 위해 수립되었다는 점에서 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 배경 및 목적과 일치하나, 단순히 양적이고 점적인 수공간의 확충 및 빗물관리시설의 활용에 중점을 두고 있다는 점에서 한계가 있다. 따라서 동 지침에 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 전반적으로 반영시키기보다는 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 주요 원칙과 내용인 ① 수체계 연계성의 고려, ② 습지, 실개천, 생태수로 등 다양한 물순환체계 요소들의 연계·활용, ③ 빗물관리시설 및 수변공간계획 시 타 물순환체계 요소들과의 연계성 고려, ④ 유역을 고려한 전체 물순환체계계획의 수립을 반영시키는 것이 적절한 것으로 나타났다.

생태면적률 적용지침은 환경성 검토 시에 참고하는 지침으로 법적 구속력이 없는 권고 지침이고 그 취지가 생태면적률의 확보에 있으므로 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 취지와는 다르고, 설사 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 적용시킨다고 하더라도 환경성 검토가 토지이용계획을 대상으로 수행되는 검토이므로 그 효과가 매우 제한적일 것으로 판단되었다. 다만 타 도시계획들과 동일하게 동 지침에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용의 일부를 투영시켜서 도시습지 복

원·조성에 관한 방향성을 제시하고 복원·조성을 촉진하도록 유도하도록 하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

투영되어야 할 원칙과 내용으로는 물의 흐름, 즉 수체계의 연계성에 대한 고려, 자연의 순환기능으로 물순환기능의 추가, 수공간에 습지, 우수저류지, 실개천, 여울, 생태수로 등의 다양한 물순환체계 요소들의 추가·확대, 공간 유형구분 및 가중치에서 수공간(물순환기능)을 도입, 자연지반녹지율 외에 물순환·습지율의 도입, 녹지공간 외의 수공간의 확보 등이다. 또한 생태면적률 적용지침의 근거법령을 마련하고 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용들을 동 지침에 투영하여 권고가 아닌 구속력 있는 강제지침으로 격상시키는 것이 필요하다.

그러나 이는 복합기능 도시습지 복원·조성지침이 지속가능한 신도시계획기준에 전반적으로 반영되고, 도시개발 관련법과 계획에서 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획 수립의 원칙이 준용된 이후에나 가능한 대안으로 판단되었다.

환경정책기본법 하의 환경보전계획의 경우, 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용을 투영시켜서 지자체의 물순환체계 구축과 도시습지의 복원·조성의 가이드라인으로 활용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 동 계획에 투영시켜야 할 주요 원칙과 필수 내용으로는 녹지와 수체계의 연계성을 통합적으로 고려하는 개념의 도입과 구체적인 물순환체계 구축지침, 훼손된 자연경관의 구체적인 복원방법 및 관리방안의 제시, 자연형 하천 조성, 수변공간 조성, 복개하천 복원 등 다양한 물순환체계 요소들의 유형과 위치, 연계방법, 역할의 제시, 우수의 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 우수·중수를 활용하는 물순환체계 요소의 다양한 유형과 위치, 연계방법 및 역할의 제시이다.

본 연구는 복합기능 도시습지 복원·조성지침 및 실용화 방안의 도출을 통하여 실효성 있는 물순환체계의 구축에 요구되는 복합기능 도시습지의 복원·조성방안을 제시하였다는 데에 그 의의가 있다. 동 방안은 향후 국내 도시민 삶의 질의 악화, 도시의 국제경쟁력

악화, 도시열섬현상 등의 문제를 안고 있는 국내의 고탄소, 고밀도 도시개발사업의 관행을 개선하고, 저탄소 녹색도시 그리고 살고 싶은 쾌적한 생태도시의 건설에 있어서 국내 도시개발사업의 새로운 패러다임과 가이드라인을 제공할 것으로 기대된다.

| 차례 |

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위 및 방법	5
3. 1차년도 연구결과 요약	7
제2장 복합기능 도시습지의 복원·조성 개요	11
1. 개요	10
가. 복합기능 도시습지 복원·조성의 현황	10
나. 복합기능 도시습지 복원·조성의 문제점	13
다. 복합기능 도시습지의 중요성	4
라. 복합기능 도시습지의 주요 기능	51
2. 기존 신도시개발사업에서의 도시습지 복원·조성 평가 및 분석	81
가. 지속가능한 신도시계획기준의 검토·분석	8
나. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침의 검토·분석	82
다. 국내 신도시 적용사례 검토·분석	30
라. 국외 신도시 적용사례 검토·분석	42
마. 소결 및 시사점	36
3. 기존 신도시개발사업에서의 도시습지 복원·조성 대안	6
제3장 복합기능 도시습지의 유형별 체계	26
1. 개요	62
2. 유형별 체계	62
가. 자연수계 연계 도시습지체계	8

나. 우수 활용 연계 도시습지체계	5
다. 도시 수자원관리 관련 도시습지체계	96
라. 친수·심미 관련 도시습지체계	73
마. 생태 관련 도시습지체계	6
3. 소결	78
제4장 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 개발	99
1. 지침의 개요	99
가. 지침의 배경	99
나. 지침의 목적	91
다. 지침의 구성체계	92
라. 지침의 대상 및 범위	92
마. 지침의 기본원칙 및 방향	94
2. 복합기능 도시습지 복원·조성지침	96
가. 공통지침	96
나. 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침	118
다. 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침	124
3. 소결 및 시사점	138
제5장 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 법제도적 적용 및 실용화 방안	141
1. 현행 법제도와 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 분석	141
가. 현행 도시계획들과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성	141
나. 지속가능한 신도시계획기준과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성	147
다. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성	150

라. 생태면적률 적용지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성	5
마. 환경보전계획 수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 ...	5
2. 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 현행 법제도 적용 및 실용화 방안 ...	5
가. 도시계획에서의 적용 및 실용화 방안	5
나. 지속가능한 신도시계획기준에서의 적용 및 실용화 방안	11
다. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침에서의 적용 및 실용화 방안	162
라. 생태면적률 적용지침에서의 적용 및 실용화 방안	18
마. 환경정책기본법 하의 환경보전계획에서의 적용 및 실용화 방안 ...	41
 제6장 결 론	 166
1. 결론 및 시사점	166
2. 향후 후속과제	173
가. 현행 관련 법제도의 개선방향 연구	18
나. 도시습지 복원·조성을 위한 기초기반 구축 연구	173
다. 도시습지 복원·조성 관련 기초 R&D 개발사업	174
 참고 문헌	 175
 부 록	 179
 Abstract	 183

| 표 차 례 |

<표 2-1> 국내 사례도시 도시습지 및 물순환체계 수립 현황	1
<표 2-2> 일반습지의 기능	5
<표 2-3> 도시습지의 기능	6
<표 2-4> 복합기능 도시습지의 주요 기능 및 유형	7
<표 2-5> 사업지구별 밀도	1
<표 2-6> 광고신도시 내의 함양지(인공폭포) 조성계획 개요	4
<표 2-7> 일본 요코하마시의 도시환경상 및 기본시책	5
<표 2-8> 일본 요코하마시 녹지와 물의 기본계획의 비전 및 미래상	7
<표 2-9> 일본 수립지 보전계획(2006년)	9
<표 2-10> 생물서식공간의 보전·창조를 위한 추진내용	0
<표 2-11> 수환경 보전을 위한 추진계획	0
<표 2-12> 일본 요코하마시 코호쿠 뉴타운의 개요	1
<표 3-1> 자연수계 연계 도시습지체계	4
<표 3-2> 우수 활용 연계 도시습지체계	7
<표 3-3> 도시 수자원관리 관련 도시습지체계	1
<표 3-4> 친수·심미 관련 도시습지체계	4
<표 3-5> 생태 관련 도시습지체계	7
<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형 종합	0
<표 4-1> 용인 동백지구의 함양지 조성 절차	8
<표 4-2> 위례신도시의 경사분석, 고도분석, 향분석 결과	0
<표 4-3> 서부 시드니의 1974년~2003년간 월별 증발산율	2
<표 4-4> 서부 시드니의 건기 및 우기의 월별 강수량	2
<표 4-5> 유형 및 규모별 도입 공간시설의 종류	9

<표 5-1> 현행 각종 관련 계획과 도시습지 복원·조성 개념과의 연관성 및 문제점	144
<표 5-2> 지속가능한 신도시계획기준과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점	149
<표 5-3> 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점	151
<표 5-4> 생태면적률 적용지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점	154
<표 5-5> 환경보전계획 수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점	158
<부록 1> 호주의 저류지(Swale) 설계계산 요약표	171
<부록 2> 도시계획의 성격 및 주요 내용	181
<부록 3> 도시계획 수립 내용	181

| 그림차례 |

<그림 1-1> 자연환경과 도시환경의 물수지 비교	1
<그림 1-2> 단순 물순환체계 도시개발에서 다양하게 연계된 물순환체계 녹색도시개발로의 전환	3
<그림 1-3> 연구의 흐름 및 주요 연구내용	6
<그림 2-1> 한국형 물순환체계 3-Mul System(다중형 물순환망)	3
<그림 2-2> 광교신도시 물순환망 계획도	5
<그림 2-3> 광교신도시 공동주택단지 내 물순환망 계획도	6
<그림 2-4> 광교신도시 단지 내 대상지의 물순환망 조성개념	0
<그림 2-5> 시범사례지역의 함양지 조성개념 및 구상	1
<그림 2-6> 일본 요코하마시 녹지와 물의 기본계획의 관점	6
<그림 2-7> 일본 코호쿠 신도시 생태네트워크 계획도	3
<그림 2-8> 일본 코호쿠 신도시의 그린 매트릭스 단면구조	3
<그림 2-9> 일본 코호쿠 신도시의 공원녹도 평면도	4
<그림 2-10> 일본 코호쿠 신도시의 그린 매트릭스와 연계된 생물상 보호구 배치도	55
<그림 4-1> 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 현행 관련법과의 연관도	3
<그림 4-2> 수치고도모형(DEM)을 활용한 위례신도시의 소유역 구분도	7
<그림 4-3> 토평천(경남 창녕)의 AV-SWAT을 활용한 이수측면에서의 수문 분석 결과	99
<그림 4-4> 위례신도시의 1970~2000년대의 수계중첩도	301
<그림 4-5> 둔촌동 습지의 식생 복원계획	601
<그림 4-6> 신규개발사업 시 이행해야 할 준수사항 결정을 위한 흐름도	7·1 1
<그림 4-7> 미국 휴스턴시 배수지 설계도 및 펌핑시설 도면	2·2 1

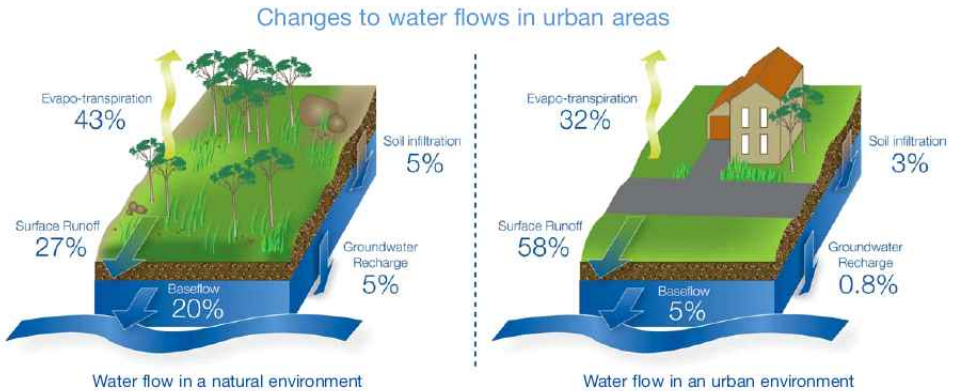
<그림 4-8> 미국 휴스턴시 택지개발 마스터플랜	321
<그림 4-9> 여울과 소(웅덩이)의 종단 및 평면구조	8·21
<그림 4-10> 파주운정지구 인공호수 평면설계도	5·31

| 제1장 · 서론 |

1. 연구의 배경 및 목적

인류는 1800년대 이후 산업사회로 전환되면서 고도의 경제성장과 더불어 급속한 인구의 도시집중 및 도시화 과정을 겪었다.¹⁾

더욱이 국내의 도시는 고밀도 개발 및 불투수 포장면의 증가로 강우 시에 도시 내 지표면의 유출량이 증가하여 유출시간이 단축되었고 그로 인하여 도시하천과 하수도의 유효능력을 넘는 홍수가 자주 발생하고 있으며²⁾, 고밀도의 도시개발은 수환경 문제뿐만 아니라 도시 바람길의 차단, 도시열섬현상(Heat Island Effect), 녹지의 잠식, 대기오염의 가중 등 도시환경 여건을 총체적으로 악화시키는 등 도시민의 삶의 질을 크게 저하시키고 있다(그림 1-1).³⁾



<그림 1-1> 자연환경과 도시환경의 물수지 비교

- 1) 김인섭, 이제인. 2003. 「지속가능한 도시개발을 위한 도시환경계획」. 형설출판사. p.12.
- 2) 박주석, 한무영, 송호면. 2006. 「일본의 빗물침투시설 기술 - 구조·시공·유지관리편」. 도서출판 풍남. p.3.
- 3) Melbourne Water Corporation. 2006. *Stormwater Sensitive Homes: What is a Water Sensitive Home?*. Melbourne Water. p.2.

이러한 국내 도시개발사업의 문제점을 극복하기 위한 해결방안으로 물순환체계 기반의 녹색도시 건설이 제기되면서, 파주운정신도시와 위례신도시 등과 같은 2기 신도시에는 실개천, 인공호수, 생태수로, 생태습지, 우·배수시스템, 수처리시설 등의 다양한 물순환체계 요소들이 도입되어 치수안정성 확보, 친수공간 마련 등을 위한 물순환체계계획이 수립된 바 있다.⁴⁾

그러나 기존 국내 신도시에서의 물순환체계계획은 물 이외의 지형(경사, 하천, 습지 등), 토양, 미기후, 생태 요소 등을 총체적으로 고려하지 못한 채, 각기 파편적으로 조성된 물순환체계 요소들이었으며 복합적이거나 유기적으로 연계되지 못한 물순환체계로 계획되었다. 그나마 광교신도시(사업기간: 2005.12~2011.12)의 경우에는 국내에서 유일하게 국내 기존 타 신도시와는 달리 생태기반의 물순환체계 구축을 시도하여, 사업지역 내에 자연하천(실개천 포함), 우수, 중수 등 수원별 물순환체계 요소(실개천, 수로, 우수 지하저류조, 생태연못, 함양지(공급저류지), 우수지, 저수지, 동·식물 서식처 습지 등)를 도입한 물순환계획을 수립한 바 있다.

한편, 국외에서 건강한 물순환체계 구축의 대표적인 사례로는 독일의 립시개발사업(사업기간: 1994~2012)을 들 수 있으며, 우수집수시설, 우수저류조, 우수집수관, 침투연못, 침투수로, 건식수로, 잔디도랑, 저류연못, 인공호수 등의 다양한 물순환체계 요소를 도시개발계획에 반영하고, 이·치수기능, 생태기능, 친수·심미기능, 비점오염원 관리기능 등이 수행되도록 구축한 바 있다.⁵⁾ 또한 호주에서는 「물민감형 도시설계계획(Water Sensitive Urban Design)」⁶⁾이라는 별도의 도시계획을 수립하여 도시습지를 포함한 다양한 형태의 통합적인 물관리체계를 구축하고,

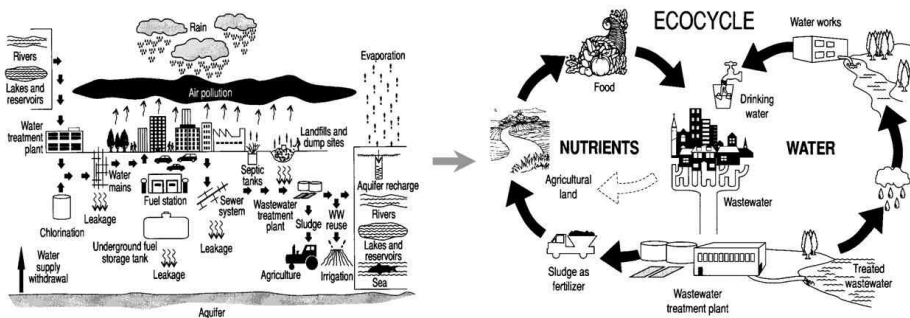
4) 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. p.30, pp.191-192.

5) 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. pp.131-136.

6) 호주의 「물민감형 도시설계계획(Water Sensitive Urban Design)」은 우수 및 수질에 관한 계획으로, 하천, 실개천 등에 상시 물이 흐르도록 하는 국내 물순환계획과 다소 차이점이 있으나, 선 물순환계획 후 토지이용계획의 기본원칙과 각 수체계 요소들을 다양한 방법으로 연계시키고 있다는 점을 본 연구에서 주목하였다.

물민감형 도시설계계획이 토지이용계획과 동등한 위계를 갖도록 하여 도시개발계획 단계에서부터 동 계획의 적용이 가능하게 하고 있다.

이렇듯 녹색도시 건설의 국제적인 최신 동향은 단순한 물순환체계 중심의 녹색도시 건설에서 물, 녹지, 토양, 생물 등이 유기적으로 연계된 복합기능 도시습지 중심의 물순환체계 구축 녹색도시의 건설로 전환되고 있다(그림 1-2).⁷⁾ 이 중에서 도시습지⁸⁾는 생태기반의 물순환체계 구축의 필수시설로서 토양과 식생을 통해 도시강우를 흡수하여 도시 수자원 저장고의 역할을 하며, 도시유출수를 줄여 하천의 부하를 감소시키고 도시 생태비옴의 역할을 하는 등의 기능적 이점을 지닌 녹색도시 건설의 핵심요소로 떠오르고 있다.



<그림 1-2> 단순 물순환체계 도시개발에서 다양하게 연계된 물순환체계
녹색도시 개발로의 전환

국내에서도 2009년도 환경부의 「환경분야 녹색성장 실천계획」은 블루-그린네트워킹 구축의 일환으로 2009-2012년까지 「탄소흡수 생태습지 20/120 사업」을

7) Marsalek, J, J.C. Blanca, M. Karamouz, P.A. Malmquist, J. Goldenfum, B. Chocat. 2008. *Urban water cycle processes and interactions*. Urban Water Series 4, UNESCO-IHP. Taylor & Francis, p.20.

8) 도시습지란 도시 내에 존재하는 습지로, 기존의 자연습지가 도시 안에 자연적으로 편입된 경우와 도시 안에 새로이 인공적으로 조성된 경우 모두를 포함하는 광의의 습지이다.

추진하기로 하고, 도시지역에 생태습지 20개소와 농촌지역에 생태습지 120개소를 조성하여 매년 9,000톤의 탄소를 흡수함과 동시에 수질개선에도 기여하도록 함으로써 도시습지의 중요성과 그 가치를 확인한 바 있다.

그러나 국내에서는 도시습지 복원·조성과 관련한 물순환체계 구축에 대한 일정한 지침이나 가이드라인이 부재하고, 물순환체계 구축과 관련된 법제도 규정이 포괄적이거나 불명확하며, 도시개발사업의 환경성(생태성) 확보보다는 다양한 이해당사자에 의한 최대의 사업 수익성 추구 풍토, 도시습지를 포함한 물순환체계계획에 대한 이해당사자들 간의 이해 상충, 물순환체계 운영·관리 비용의 부담 및 부담 주체의 문제 등으로 인하여 도시 내 물순환을 담보할 수 있는 실효성 있는 도시습지 기반의 물순환체계가 제대로 실현되지 않고 있다.

따라서 본 연구는 미래 녹색도시의 구현을 위하여 ① 도시 기반환경의 특성분석 및 도시습지의 유형화, ② 국내외 도시습지 복원·조성 사례 분석, ③ 복합기능 도시습지의 기능 및 역할의 정립, ④ 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 개발, ⑤ 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 법제도적 실용화 방안을 도출하는 데에 그 목적이 있다.

이를 통하여, 기존 국내의 고탄소, 고밀도 도시개발사업의 관행을 개선하고, 도시민의 삶의 질을 향상시키며, 도시의 정체성과 국제 경쟁력을 확보하고, 도시열섬현상의 완화, 도시 수자원의 확보 및 재활용(순환) 및 도시 내 건강한 생태용량의 확보 등 저탄소 녹색성장에 요구되는 미래 녹색도시 건설의 방향과 패러다임을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 연구기간은 2009-2010년 2년으로, 연구내용은 1차년도에는 도시습지의 기반환경 분석을 바탕으로 복합기능 도시습지 복원·조성 기본구상(안)의 개발이었고, 2차년도(당해연도)에는 1차년도에 개발된 기본구상(안)을 기초로 한 복합기능 도시습지의 유형별 체계 정립, 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 개발 및 동지침을 법제도상으로 적용할 수 있는 실용화 방안의 도출이다(그림 1-3).

본 연구의 대상과 범위는 택지개발촉진법에 의한 신도시 택지개발사업에 적용할 수 있는 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 개발 및 실용화 방안의 도출이다.

본 연구의 연구방법은 다음과 같다.

첫 번째, 연구의 배경 및 목적을 설정하고 그에 필요한 연구전략 및 연구방법을 도출하였다.

두 번째, 1차년도 연구결과를 바탕으로 국내 도시습지의 복원·조성 현황 및 문제점을 진단하고 복합기능 도시습지와 기존 도시습지간의 차별성과 중요성, 주요 기능을 정리하였다.

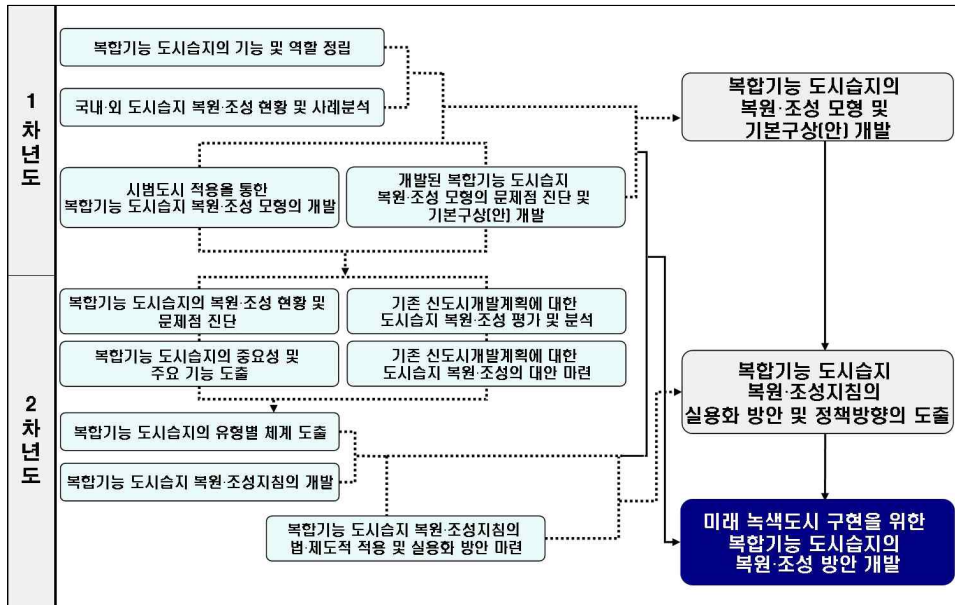
세 번째, 국내의 신도시의 물순환체계계획에 대한 평가 및 분석과 국토해양부의 지속가능한 신도시계획기준, 환경부의 생태면적률 적용지침 등의 관련 지침을 분석한 후, 본 연구의 도시습지 복원·조성지침의 범위와 내용을 설정하고 다양한 형태의 도시습지 유형을 정리하였다.

네 번째, 도시습지를 구성하는 각종의 도시습지체계를 도시습지의 특성 및 기능에 따라 지류천, 실개울, 도시하천, 도시여울 등의 자연수계 연계 도시습지체계, 우수저류지, 우수집수시설, 우수배수로 등의 우수 활용 연계 도시습지체계, 저류지, 함양지, 저수지 등의 도시 수자원관리 관련 도시습지체계, 인공호수, 생태연못, 연결수로 등의 친수·심미 관련 도시습지체계, 야생동·식물서식처 습지 등의 생태 관련 도시습지체계 등으로 유형별 체계를 정립하였다.

다섯 번째, 전술한 기존의 물순환체계계획에 대한 평가 및 분석, 그리고 관련

지침의 분석 결과를 토대로 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 공통지침, 물순환 체계 기반의 지침 및 물순환체계 기반 외의 지침으로 세분화하여 개발하였다.

여섯 번째, 개발된 복합기능 도시습지 복원·조성지침이 현행 법제도에 적용될 수 있도록 택지개발촉진법 하의 지속가능한 신도시계획기준, 국토의계획및이용에 관한법률 하의 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 지구단위계획 등 도시계획과 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침, 환경정책기본법 및 환경영향평가법 하의 생태면적률 적용지침, 환경정책기본법 하의 환경보전계획 등 물순환 체계와 관련한 법령, 계획, 기준, 지침 등을 분석하여 적용·실용화 방안을 도출하였다.



<그림 1-3> 연구의 흐름 및 주요 연구내용

3. 1차년도 연구결과 요약

1차년도는 도시습지의 기반환경 분석결과를 바탕으로 복합기능 도시습지 복원·조성 기본구상(안)을 도출하였다.

1차년도의 연구내용은 국내외 물순환체계 기반 도시습지 복원·조성 사례의 분석 및 시사점 도출, 연구대상 시범도시의 선정과 도시 기반환경 특성의 분석, 시범도시 적용을 통한 도시습지 복원·조성 기본구상(안)의 도출, 도시습지와 관련한 토지이용계획을 포함한 도시개발계획의 분석 그리고 물순환체계 구축에 따른 법제도 문제점을 진단하고 개선방향을 제시하는 것이었다.

1차년도의 주요 연구결과는 다음과 같다.

첫 번째, 복합기능 도시습지의 정의 정립 및 유형을 조사한 결과, 도시습지는 저수지, 인공호수, 천변습지, 생태연못, 습지공원, 저류지, 빗물가든, 실개천, 수로 등의 형태가 점적, 혹은 부분적으로만 연결되어 이·치수기능, 친수·심미기능, 수질정화기능, 생태교육기능 등을 수행하는 반면, 본 연구에서 정의하는 복합기능 도시습지는 저류지, 연못 같은 점적인 형태, 실개천, 수로 같은 선적인 형태, 습지공원 같은 면적인 형태의 도시습지들이 서로 유기적으로 연계되어 다양한 기능을 복합적으로 수행하는 점이 차이점으로 나타났다.

두 번째, 파주운정신도시, 판교신도시, 김포한강신도시, 광교신도시 등 현재 도시개발사업이 진행되는 2기 신도시를 중심으로 도시습지 기반의 물순환체계 요소와 체계를 분석하고 문제점을 진단한 결과, 고밀도 토지이용계획에 의거한 물순환체계의 구상, 자연순환보다 에너지 소모가 많은 인공적인 가압방식을 활용한 물순환시스템의 유지 방식, 이·치수 중심의 물순환체계 구축, 점적·과편적인 물순환체계 구축 등 도시습지의 복원·조성이 제대로 이루어지지 못한 것으로 나타났다.

세 번째, 국외 도시습지 복원·조성 사례의 비교·분석을 위해, 영국 밀레니엄빌리지(Millennium Village), 독일 크론스베르크(Kronsberg), 핀란드 비키(Viikki), 네덜란드 에콜로니아(Ecolonia), 독일 림(Riem)을 대상으로 도시습지 기반의 물순환

체계 요소 및 체계와 관련 정책 및 제도를 분석한 결과, 도시개발단계에서부터 물순환체계가 구축될 수 있도록 법제도적 규정을 별도로 마련하거나 기존의 수환경 및 장소성에 기반한 물순환체계의 구축, 계획 초기단계부터 물순환체계 구축 개념의 도입, 다양한 형태와 기능의 물순환체계 요소들의 유기적 연계, 녹지체계와 물순환체계 공간의 통합, 수자원의 절약과 재활용을 고려한 물순환체계계획 수립, 주민의견을 최대한 수렴한 계획안을 마련하는 등 우리나라보다 선진화되고 적극적인 방식으로 물순환체계를 구축하는 것으로 나타났다.

네 번째, 시범도시 적용을 통한 복합기능 도시습지의 복원·조성 기본구상(안)의 도출을 위해서 위례신도시를 연구대상 시범도시로 선정하여 도시습지 여건 분석 및 잠재력 평가, 다양한 공간규모에서의 도시습지의 유형과 특성 분석 등을 실시한 결과, 논으로 활용되는 지역이 도시습지의 적지로 판단되었으며 동 결과를 바탕으로 도시습지 네트워크를 구상한 결과, 유역차원의 상류 수계역에 저류지 형태의 대·중규모의 저수지 또는 함양지, 도시지역 차원의 지표수 공급거점(소규모 분산식), 지구단위 및 도시공간시설 차원에서의 점·선·면적 형태의 다양한 도시습지 유형들이 자연수계를 비롯한 시가화 구역에 다양하게 배치·상호연계된 형태로 도출되었다.

다섯 번째, 국내의 사례도시 분석을 통한 문제점 및 시사점과 국내 도시습지 복원 및 조성 기본구상(안)을 토대로 국내 복합기능 도시습지 복원 및 조성에서의 제도적 문제점과 개선방향을 제시하기 위하여 토지이용계획을 비롯한 도시기본계획 전문가, 사업시행처 담당자, 사업현장의 물순환체계계획 담당자들을 대상으로 세미나, 원고청탁 및 자문의견을 수렴하였다. 그 결과 토지이용계획 이후의 물순환체계계획이 수립되는 문제, 물순환체계 구축계획이 수시변경되는 문제는 토지이용계획 이전에 물순환체계계획을 수립하여 상위계획의 변경에 따른 영향을 받지 않도록 하는 것이 적절할 것으로 나타났으며, 물순환체계 기반의 도시습지 복원·조성 관련 법제도 규정의 포괄성 및 불명확성 문제는 보다 세부적인 실행계획 및 지침의 제정이 요구되며 물순환계획이 기존의 도시기본계획, 도시관리계획 등 하위개념이 아닌

동일한 위계를 지닌 계획으로 강화할 필요가 있는 것으로 나타났다. 물순환체계계획 관련 다수의 협의기관 및 물순환체계 담당부서간의 위계가 없어 물순환체계계획의 주요 요소가 누락되거나 정형화된 계획이 수립되는 문제는 도시개발시행처에 별도의 독립된 물순환체계 담당부서를 설치하는 것이 적절할 것으로 나타났으며, 개발이익 환수 및 물순환체계 소요 시설물의 개발사용권에 대한 문제 등 물순환체계 관리주체 간의 이해 상충 문제는 도시개발사업 승인심사 및 각종 영향평가기준으로 양적인 수치기준 외에 질적인 기준도 병행하는 심사지표의 마련, 해당 시설물의 개발·사용권에 대한 협의가 효과적으로 이루어질 수 있도록 별도의 제도 마련이 필요한 것으로 나타났다.

자연성 기반의 물순환체계 구축 및 물순환체계 유지·관리비용 부담 문제는 개발 가능한 지역을 집중적으로 개발하여 토지이용 효율을 높이면서 나머지 지역은 자연 지형을 최대한 보존하여 물순환체계를 구축하도록 하고, 유지용수 공급, 수질정화, 용수 압송 등의 유지·관리비용은 물순환체계계획 수립 시 해당 지자체가 부담할 수 있는 범위로 계획하는 것이 적절할 것으로 나타났으며, 개발대상지의 관할구역이 2개 이상일 경우에는 발생하는 유지·관리비용의 분담 및 분쟁 발생 시 적용할 수 있는 일정한 가이드라인이 마련될 필요가 있는 것으로 나타났다.

Ⅰ 제2장 · 복합기능 도시습지의 복원·조성

개요 |

1. 개요

본 연구에서 「복합기능 도시습지」는 “도시 내에 위치한 습지, 즉 저류지와 연못 같은 점적인 형태, 실개천과 수로 같은 선적인 형태, 그리고 습지공원 같은 면적인 형태의 습지들이 서로 유기적으로 연계되어 다양한 기능을 복합적으로 수행하는 도시물순환체계 기반의 습지”로 정의한다. 이러한 복합기능 도시습지는 홍수조절을 위한 친변저류지, 생물서식공간 및 심미적인 친수기능을 위한 인공연못 등 일부의 기능만을 수행하는 비물순환체계 기반의 점적인 독립습지 형태의 기존 도시습지와 달리 이·치수형 물순환 기능, 미기후 조절기능, 수질정화기능, 생물서식공간 기능, 친수공간 및 휴양 기능, 생태체험 및 교육기능 등 다양한 기능들이 복합적으로 수행 가능하여 미래 녹색도시 건설에 중요한 요소이다.

최근 기존 물순환체계계획에서 보다 발전된 물순환체계를 계획한 국내 2기 신도시로는 광교신도시가 대표적이며, 그 외 도시습지가 포함된 물순환체계를 계획한 도시로는 파주운정신도시, 판교신도시, 김포한강신도시 등이 있다. 본 절에서는 이들 2기 신도시를 대상으로 1차년도에 분석하였던 물순환체계 수립배경, 수체계 요소 등의 현황과 물순환체계 구축 시 발생한 문제점 및 한계점과 복합기능 도시습지의 중요성 및 주요 기능을 요약·제시하고자 한다.

가. 복합기능 도시습지 복원·조성의 현황

본 연구에서 분석한 국내 2기 신도시는 파주운정신도시, 판교신도시, 김포한강신도시, 광교신도시 등이다. 이들 모두 별도의 물순환체계계획을 수립하여 도시습지

를 복원·조성하였으며, 물순환체계의 형태는 개발대상지의 기반환경 특성이나 주요 수체계 요소, 사업시행처 등에 따라 각기 다르다.

과주운정신도시의 경우, 대상지 내의 자연하천인 소리천의 정비를 중심으로 물순환체계가 구축되었다. 구축 배경으로는 소리천이 상시침수지역이므로 침수문제를 해결하기 위해 하천기본계획이 중요하게 검토되었으며, 검토내용은 물순환체계계획에 비중 있게 반영되었다. 주요 수체계 요소로는 생태수로, 수변생태공원 등이다.

판교신도시의 경우, 운정천, 금토천 등의 자연하천을 중심으로 물순환체계가 계획되었다. 판교신도시는 자연하천의 수원을 단지 내로 끌어들이어 생태연못, 습지, 저류지 같은 다양한 수공간을 단지 내에 조성하였다. 주요 수체계 요소로는 실개천, 생태연못 등 단지 내 수공간과 수질복원센터이다.

김포신도시의 경우, 개발대상지 내의 농업용수원인 자연하천 가마지천과 김포대수로를 비롯하여 별도의 생태수로를 조성하는 것이 물순환체계계획의 주요 내용이다. 주요 수체계 요소로는 실개천 및 인공수로, 야생생태조류공원 등이다.

광교신도시의 경우, 자연환경 파괴에 대한 우려로 개발 전부터 반대여론이 높아 생태환경도시 실현을 위한 요구가 높았던 지역으로, 주요 수체계 요소로는 중수도 시스템, 단지 내 실개천, 자연형 하천 등이다. 특히 광교신도시는 타 신도시들과는 달리 기본계획 수립과 별도로 환경상세계획이 선 수립된 이후에 물순환체계계획을 비롯한 토지이용계획이 결정된 사업지역으로 기존의 타 신도시 계획들과는 다른 방법이 추진되었으며, 현재까지 국내에서 도시환경측면에서 가장 발전된 수준의 신도시기본계획이었다.

<표 2-1> 국내 사례도시 도시습지 및 물순환체계 수립 현황

	파주운정신도시	관교신도시	김포한강신도시	광교신도시
개발면적	9,549,016m ²	9,294,326m ²	10,851,319m ²	11,301,699m ²
사업기간	2003.1~2009.12	2003.12~2009.12	2006.12~2012.12	2005.12~2011.12
시행처	<ul style="list-style-type: none"> •파주시 •대한주택공사 	<ul style="list-style-type: none"> •경기도 •성남시 •대한주택공사 •한국토지공사 	<ul style="list-style-type: none"> •한국토지공사 	<ul style="list-style-type: none"> •경기도 •수원시 •용인시 •경기도시공사
물순환체계 수립 연구	<ul style="list-style-type: none"> •소리천하천정미기 본계획(2006) •파주운정택지개발 사업 친수환경생태 도시 구 상 연구 (2007) 	<ul style="list-style-type: none"> •관교신도시 체계적 인 물순환시스템 구축방안에 관한 연구(2005) •성남관교 자연형 친수하천 조성 방안 연구(2004) 	<ul style="list-style-type: none"> •수변환경 조성계획 및 수체계 시설물 실시설계(2008~ 진행 중/건설기술 연구원) 	<ul style="list-style-type: none"> •광교신도시 환경상 세계획(2007)
기존 수자원 현황	<ul style="list-style-type: none"> •상수원인 임진강 •농업용수원 •소하천인 소리천 	<ul style="list-style-type: none"> •운중천,금토천 등 지역 내 관류하는 수원 •농경지인 습지 	<ul style="list-style-type: none"> •지방하천인 가마지 천 관류 •김포대농수로 •한강 	<ul style="list-style-type: none"> •원천저수지,신대저수지 •원천리천,여천,수원천 등의 자연하천
물순환체계 수립배경	<ul style="list-style-type: none"> •기존 수자원의 활용 •홍수 시 소리천 범람의 대비 	<ul style="list-style-type: none"> •친환경주거환경수립의 일환으로 물순환체계 구축 연구와 자연형 하천 조성 방안 연구 	<ul style="list-style-type: none"> •가마지천 및 김포대수로를 중심으로 친수공간 창출 	<ul style="list-style-type: none"> •기존 저수지와 하천 등의 자연환경을 보호하면서 물순환체계 구축
주요 수체계 요소	<ul style="list-style-type: none"> •생태수로 •수변생태공원 	<ul style="list-style-type: none"> •실개천 •단지 내 수공간 조성(실개천,생태연못 등) •수질복원센터 	<ul style="list-style-type: none"> •실개천 및 수로 •야생생태조류공원 	<ul style="list-style-type: none"> •중수도시스템 •단지 내 실개천 •자연형 하천
물순환체계 유지수원	<ul style="list-style-type: none"> •임진강 원수 •하수처리장 고도처리수 재활용 	<ul style="list-style-type: none"> •자연하천 수원 •우수의 활용 •지하철 및 지하도의 유출수 	<ul style="list-style-type: none"> •가마지천 •김포대농수로 •하상여과수 	<ul style="list-style-type: none"> •신대저수지와 원천저수지 •우수의 활용

자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. pp.87-88.

나. 복합기능 도시습지 복원·조성의 문제점

파주운정신도시, 판교신도시, 김포한강신도시, 광교신도시 등의 2기 신도시개발 사업은 물순환체계를 구축할 당시에 고려할 만한 도시습지 복원·조성지침이 부재하여 진정한 의미의 물순환체계를 구축하는 데에 한계가 있었다. 물순환체계계획 분석결과를 바탕으로 나타난 국내 신도시개발사업에서의 복합기능 도시습지 복원·조성의 문제점은 다음과 같다.

첫 번째, 신도시개발사업에서 물순환체계가 단순 이·치수 중심으로 구축되었다.

두 번째, 물순환체계상의 도시습지가 습지의 다양한 기능을 활용하여 복원·조성되기보다는 녹지공간과 경관을 중시하는 방식으로 복원·조성되었다.

세 번째, 물순환체계상의 도시습지들이 서로 유기적으로 연계되지 못하고 점적이거나 파편적인 형태로 복원·조성되었다.

네 번째, 물순환체계가 도시하천의 자연지형과 자연유하를 최대한 활용하는 방식으로 구축되지 못하고 유지·운영비가 지속적으로 소요되는 인위적 가압방식으로 구축되었다.

다섯 번째, 물순환체계계획이 도시 내에 과거에 존재하였거나 현재 존재하고 있는 기존 자연습지의 잠재력을 최대한 활용하거나 또는 기존 자연습지의 기능과 가치를 최대한 복원하는 방식보다는, 도시 내 수체계와 유기적으로 연계되지 못한 도시습지(도시호수, 실개천, 하천정비 등)를 파편적으로 새로이 조성하는 방식으로 구축되었다.

여섯 번째, 물순환체계계획의 수립 시 도시습지를 복원·조성함에 있어서 기본적으로 적용할 만한 지침과 관련 법제도가 미비하였다.

일곱 번째, 도시개발사업에서 토지이용계획이 이미 확정된 이후에 물순환계획이 수립되었고, 이를 도시개발사업에 적용하려다 보니 도시 내 자연습지의 잠재력과 지형에 따른 물의 자연유하성을 제대로 반영하지 못하였고, 그 결과 실질적인 도시습지의 복원·조성이 거의 불가능한 상황으로 가져가는 근본적인 제도적 결함이 존

재하였다.

여덟 번째, 토지이용계획 및 설계의 수시변경으로 인하여 물순환체계도 수시로 변경, 보류 또는 폐기되는 결과를 낳았다.

아홉 번째, 물순환체계 구축 후의 유지·운영비용 및 비용 부담 주체에 대한 갈등이 발생하였다.

상기의 9가지 문제점들은 거의 모든 국내 신도시개발사업에서 공통적으로 발생하고 있는 문제점들로, 실효성 있고 새로운 미래 녹색도시의 건설 패러다임의 설정을 위해서는 신도시개발사업의 계획 수립단계에서부터 적극적으로 고려할 수 있는 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 동 지침을 제도적으로 수용 가능하게 할 수 있는 법제도적 적용 및 실용화 방안이 요구된다고 하겠다.

다. 복합기능 도시습지의 중요성

호주의 경우, 열악한 도시환경의 개선과 도시 수자원의 확보 및 재활용을 위한 방안으로 물민감형 도시설계 계획을 수립하도록 하고 있으며, 이를 통해 각 물순환체계 요소들이 유기적으로 연계되어 홍수조절, 우수저류, 친수공간 조성 등의 복합기능을 창출하고 있다.

한편, 전술한 국내의 복합기능 도시습지 복원·조성의 문제점에서 나타나 있듯이, 우리나라는 아직까지 복합기능 도시습지의 복원·조성이 도시개발사업의 최대 수익성 추구 풍토 및 관행, 법제도적인 한계, 도시개발 이해당사자들의 인식 부족 및 유지운영 비용 부담의 문제 등으로 인하여 제대로 시행되고 있지 않다.

그러나 복합기능 도시습지는 우리나라가 당면한 고밀도의 도시개발로 인한 도시 불투수 포장면의 증가, 도시 홍수, 도시열섬현상, 도시 바람길의 차단, 녹지 잠식, 생태계 단절 등의 문제점을 해결할 수 있는 중요한 물순환체계 요소의 대안으로 주목하여야 한다.

라. 복합기능 도시습지의 주요 기능

일반적으로 자연습지는 생물서식환경 제공, 수리·수문학적 기능, 미기후 조절기능, 수질오염물질 제거 기능, 경관적 기능 등을 수행하며(표 2-2), 도시습지는 이·치수형 물순환기능, 생물서식기능, 수질정화기능, 생태체험 및 교육기능, 레크리에이션 및 휴양기능, 미기후 조절기능 등을 수행한다(표 2-3).

<표 2-2> 일반습지의 기능

기능	내용
다양한 서식환경 제공	<ul style="list-style-type: none"> 플랑크톤 및 유기성 분해물질이 풍부하여 곤충이나 어패류에게 먹이 제공 조류, 양서류, 소형 포유동물을 위한 먹이그물 형성 육상생태계와 수생생태계가 만나 다양한 생물의 서식환경 제공
생산력의 보고	<ul style="list-style-type: none"> 습지 생태계의 생산력은 평균 3,000g/m²yr 이상으로 알려져 있으며, 열대우림 생태계의 생산력과 비슷함
수리·수문학적 기능	<ul style="list-style-type: none"> 자연 댐의 역할 : 우기나 홍수에 과다한 수분을 습지의 토양 속에 저장하였다가 건기에 주위에 지속적으로 공급 토양침식의 방지 : 습지의 토양이 표면 유출수를 효과적으로 흡수 해안·하안의 침식방지 및 홍수 피해 최소화
기후조절 기능	<ul style="list-style-type: none"> 미시적 측면 : 한 지역의 대기온도 및 습도 등을 조절하는 국지적 기후 조절기능 거시적 측면 : 대기 중으로의 탄소의 유출을 차단하여 지구온난화의 주범인 이산화탄소의 양을 조절
수질오염물질 제거	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질 정화 : 습지에 서식하는 미생물, 동·식물, 토양 등은 주변으로부터 흘러나오는 각종 오염된 물을 흡수 부영양화를 일으키는 영양염류 제거 도시하수를 정화하여 용존산소 감소 방지 탁도 감소
경관적 기능	<ul style="list-style-type: none"> 지역적 문화가치 및 경관적 가치 레크리에이션 및 관광기능 자연학습 및 교육기능

자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. p.8.

<표 2-3> 도시습지의 기능

기능	내용
이·치수형 물순환기능	<ul style="list-style-type: none"> 우수의 저류·침투기능을 수행하여 도시 내 수자원의 저장, 토양 침식의 방지, 홍수방지의 기능 우수저류지, 함양지, 우수지, 저류연못 등이 해당
생물서식기능	<ul style="list-style-type: none"> 서식처, 산란지, 동면지, 이동통로 등으로 활용되면서 다양한 생물의 서식환경 제공
수질정화기능	<ul style="list-style-type: none"> 습지에 서식하는 미생물, 동·식물 등이 주변에서 흘러나오는 오염원을 흡수하는 기능 비점오염원 관리형 습지가 이에 해당
생태체험 및 교육기능	<ul style="list-style-type: none"> 습지공원, 생태공원 등의 형태로 생태체험 및 교육공간으로 활용
레크리에이션 및 휴양기능	<ul style="list-style-type: none"> 공원과 함께 조성된 수공간으로 레크리에이션 및 휴양 기능
미기후 조절기능	<ul style="list-style-type: none"> 도시 내 온도 및 습도조절 효과로 도시열섬효과 완화기능

자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. p.9.

이 중에서 복합기능 도시습지는 크게 도시 수자원관리 기능, 친수·심미 기능, 생태기능, 교육기능, 기타 미기후 조절기능 등을 복합적으로 수행하는 습지로서 세부적인 기능은 <표 2-4>에 정리하였다.

도시 수자원관리 기능의 경우, 우수저류기능, 홍수조절기능, 수자원 저장 기능, 수자원 이동 기능, 수질정화기능 등을 수행한다. 친수·심미 기능은 친수 및 심미공간을 제공하는 기능을 수행한다. 생태기능은 생물서식공간 제공, 산란처, 동면지, 생태이동통로 제공 등의 기능을 수행한다. 교육기능은 생태교육, 생태체험 기능을 수행한다. 기타 기능은 도시열섬현상 완화 등 미기후 조절기능을 수행한다.

이러한 복합기능 도시습지의 유형으로 인공습지, 우수저류지, 천변저류지, 빗물가든, 인공호수, 인공연못, 빗물저장탱크, 실개천, 여울, 하천 등이 포함된다(표 2-4).

<표 2-4> 복합기능 도시습지의 주요 기능 및 유형

구분	세부기능	유형
도시 수자원 관리 기능	우수저류	습지, 연못, 호수, 우수저류지, 빗물가든, 빗물저장탱크
	홍수조절	습지, 호수, 우수저류지, 천변저류지
	수자원 저장	습지, 연못, 호수
	수자원 이동	실개천, 여울, 하천, 수로
	수질정화	수질자연정화시설
친수·심미 기능	친수공간 제공	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천
	심미공간 제공	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천, 빗물가든
생태기능	생물서식공간 제공	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천
	산란처 제공	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천, 수로
	동면지 제공	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천
	생태이동통로	실개천, 여울, 하천, 수로
교육기능	생태교육	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천, 수로, 천변저류지
	생태체험	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천, 수로, 천변저류지
기타 기능	미기후 조절	습지, 연못, 호수, 실개천, 여울, 하천, 수로

2. 기존 신도시개발사업에서의 도시습지 복원·조성 평가 및 분석

가. 지속가능한 신도시계획기준의 검토·분석

지속가능한 신도시계획기준은 택지개발촉진법 제8조 및 동법시행령 제7조 제5항의 규정에 따라 신도시개발사업의 계획 수립 시에 참고하는 계획기준이다.

동 기준은 신도시의 건강한 환경과 아름다운 경관을 창출하고, 도시의 경제발전 및 사회개발과 조화를 이루어 지속가능한 녹색성장을 달성하는 데에 그 목적이 있으며, 친수성의 수변공간계획, 우수유출 억제시설계획, 홍수방어를 위한 우수지 계획, 다목적조절지계획 등 다양한 물순환체계계획 기준을 제시하고 있다. 그러나 동 기준은 법적 구속력이 없는 권고기준으로, 실제 신도시개발사업에서 실질적으로 적용되는 것에는 한계가 있다.

본 절에서는 기존 신도시개발사업에서의 지속가능한 신도시계획기준의 적용결과에 대한 평가와 분석을 실시하여 실제 신도시개발사업에서의 동 기준이 지닌 문제점과 한계점을 살펴보고자 한다.

1) 물순환체계 관련 기준항목

지속가능한 신도시계획기준의 물순환체계 관련 기준항목은 경제적 지속성 제고를 위한 계획기준을 담고 있다. 즉, 홍수예방 등을 위한 우수지 조성과 환경적 지속성 제고를 위한 자연순응형 개발, 밀도, 에너지 이용 및 자원순환, 생태적 환경조성 등이 그것이다.

2) 홍수예방 등을 위한 우수지 조성

(1) 우수유출억제시설 계획

빗물을 저류하거나 침투시키는 우수유출억제대책을 도입하고 홍수를 방어(조절)하기 위하여 재해영향평가에 의한 종합치수대책을 수립하여 운영한다.

(2) 담수능력 배양 및 지하수 함양

신도시 내 담수능력 배양 및 지하수 함양을 위해 충분한 녹지를 확보하고, 투수성 포장재를 적극적으로 사용한다.

(3) 홍수방어를 위한 우수지 계획

대상지의 특성에 따라 우수지, 저류지, 조절지를 적절하게 계획 또는 활용하여 치수효과를 높임과 동시에 이들 공간이 친수공간으로 활용될 수 있도록 조성한다.

(4) 다목적 조절지 계획

호소나 습지를 활용한 다목적 조절지 계획을 수립하여 홍수조절을 하고자 할 때에는 대상 호소나 습지 등의 과거와 현재의 이용형태 및 개발방향을 충분히 고려해서 홍수조절계획을 결정토록 한다.

(5) 분석 및 평가

빗물저류 등 우수 유출 억제시설, 담수능력 배양 및 지하수 함양, 홍수방어용 우수지 계획, 다목적 조절지 계획 등으로 구분하여 제시되고 있는 바, 도시홍수의 방지가 주목적으로 판단되며, 도시습지로서의 역할은 명확하지 않고, 또한 신도시계획 과정에서 하천의 정비계획과 연계하여 유출량의 분담 등에 대한 구체성이 없기 때문에 그 실효성이 의문시된다.

3) 자연순응형 개발

자연순응형 개발에 있어서 중요한 목적은 신도시 개발 시 보전지역과 개발지역을 분리하여 무분별한 개발을 방지하기 위한 것으로서, 보전가치가 높은 지형, 연약지반 등 구조적인 결함이 있는 지층, 특이한 자연현상으로 지역 미기후

에 영향을 미치는 지형 등은 원칙적으로 개발에 부적합한 지역이므로 신중하게 파악한 후 개발 가능한 지형을 설정하여야 한다.

자연순응형 개발은 기존 지형보존 최대화, 수변공간계획 등으로 되어 있으며, 직접적으로 관련된 항목은 수변공간계획이라 할 수 있다. 수변공간계획에는 효율적 토지이용, 접근성 제고 방안, 개방적 수변경관 조성 방안, 친수성 제고 방안 등이 제시되어 있다.

가) 수변공간계획

(1) 효율적 토지이용방안

수변공간계획은 녹지지역, 공원 등 오픈스페이스와 서로 연계되어 녹지율을 높이고 녹지축을 형성하여 친수성, 접근성, 경관성 차원에서 이용자의 편의에 기여하도록 해야 한다. 특히 수변공간 내 보행자 전용도로와의 연결에 중점을 두어 이용자 보행의 편의성 제고와 함께 경관의 연속성을 제공해야 한다.

(2) 접근성 제고방안

하천구역과 수변공간을 연계한 통합적 관리를 위하여 제방도로의 건설을 적극 규제하여야 한다. 불가피하게 제방도로를 건설할 경우 보행자의 이용거리를 감안하여 도로를 횡단할 수 있는 보도육교나 지하보도 또는 보차도를 설치하여 이용자의 접근성 제고와 안정성을 도모해야 한다.

(3) 개방적 수변경관 조성방안

개방적 수변공간 조성을 위해서는 수변공간의 전면에 위치한 건물은 수변지구 경관성, 개방성, 조망성 등의 제고를 위하여 필로티(Pilotis)의 설치, 건축물의 높이, 규모, 건폐율, 용적률, 건축선, 대지규모는 물론 대지안의 조경 등에 대하여 고려하여야 한다.

(4) 친수성 제고방안

하천의 친수성을 제고하기 위해서는 수질개선, 수량 확보, 생태계 회복 및 자연성 회복이 우선되어야 하며, 수변공간의 자연환경 보전과 함께 적극적 차원의 공원, 녹지 등 오픈스페이스의 조성과 친수시설을 확보해야 한다.

(5) 하천의 자연성 유지방안

습지, 동·식물 서식상태, 수문, 지형 등을 최대한 고려하여 하천의 자연성이 유지되도록 보전을 원칙으로 한다.

(6) 분석 및 평가

자연순응형 개발의 핵심내용으로서 수변공간계획을 제시하고 있으며, 이는 효율적 토지이용계획, 접근성 제고, 개방적 수변공간계획, 친수성 제고 방안 등이 주요 기준으로 되어 있다. 그러나 하천과 연계된 공원녹지의 확보 및 제방도로의 건설 억제 등 수변공간과의 접근성을 증진시키도록 되어 있어 도심권역의 우수를 활용한 도시습지의 조성을 위한 측면으로는 미흡한 기준으로 판단되었다.

4) 밀도

(1) 밀도

사업지구별 밀도는 다음의 <표 2-5>와 같이 구분하되 쾌적한 주거환경 조성 등을 위해 중·저밀도 개발을 추구한다.

<표 2-5> 사업지구별 밀도

저밀도	중밀도	고밀도
100인/ha 이하	150인/ha 내외	200인/ha 초과

(2) 용도별 면적 배분 계획

신도시에 거주하게 될 사람들의 미래 제반 활동을 예측하고, 그에 따른 토지공간 수요를 추정하여 이를 합리적으로 배치, 유도하며 토지가 갖고 있는 물리적 효용성과 공간적 기능에 따라 그 토지가 가장 유효하게 사용되도록 토지의 용도를 배분한다.

산지 및 평지, 하천 등의 자연환경과 조화로운 개발을 유도하고 종합계획에 의한 기반시설과 시민위락공간을 배치할 수 있도록 녹지공간을 배분한다.

(3) 용도별 입지 배분 원칙

공원녹지용지는 신도시 조성에 따라 기존 녹지가 가급적 잠식되지 않도록 계획한다.

(4) 분석 및 평가

밀도는 신도시의 토지이용과 공간구조의 핵심지표라 할 수 있으며, 도시습지의 기능 활성화를 위해서는 저밀도, 또는 중밀도 기준이 적용되어야 할 것으로 판단되었고, 밀도 적용에 있어 도시특성상 타당성 있는 구체적 근거가 제시되어 있지 않으며, 또한 용도별 면적 배분과 도시습지와 가장 연관성이 깊은 공원녹지의 입지 배분 원칙 역시 구체적으로 제시되어 있지 못하다.

5) 에너지 이용 및 자원순환

(1) 신재생에너지 이용 등으로 자원절약적인 도시 조성

도시의 주 풍향을 고려하여 단지 및 건물을 배치하고, 공원녹지체계와 연계하여 바람길과 저온냉대지역을 확보하여 도심의 열섬현상을 방지하여야 한다. 산지의 신선한 공기 유입을 위해 산지 및 구릉지 하단부를 횡으로 완전히 가로막는 건물배치를 지양한다. 열 완충공간을 계획하여 에너지이용 효율을 극대화하고 지역 내 녹지 또는 수공간을 활용하여 여름철 냉방효과를 증진시킨다.

(2) 수자원의 효율적 이용

우수, 중수, 하천수의 활용기준은 다음과 같다.

첫 번째, 우수는 외부로 유출시키지 않고 최대한 저장하여 재활용하는 체계를 도입한다.

두 번째, 시설설치에 의한 우수저장 및 활용시스템을 도입함과 동시에 지반의 침투를 통해 토양흡수 및 저장시설과의 연계를 확보하여야 한다.

세 번째, 갈수기에도 저류지와 실개천의 상시 유수가 가능하도록 하천처리수의 재이용 등 유입수 확보대책을 마련하며, 인접 하천수를 지형경사를 이용하여 유입시키거나 인공적으로 유입시키는 방법도 강구한다.

네 번째, 우수, 계곡수, 하천수, 지하수, 중수 등을 이용하는 지천(실개천)은 단지, 공원, 광장 등을 통과할 경우 물길을 외부에 노출시켜 환경성과 이용성을 제고시키도록 한다.

다섯 번째, 배수체계계획 시에는 비점오염원에 의한 하천 및 저수지의 수질오염, 토양 및 지하수 오염 등을 사전에 예방하고, 도시 녹지의 생태성을 강화하기 위해 우수녹지 및 잔디도랑 도입, 침투트렌치 설치 등 자연배수체계 능력을 향상시키도록 한다.

여섯 번째, 환경계획 차원에서 우수의 저류 및 침투, 하수처리수의 재이용, 우수지 도입, 하천수 활용, 갈수기 유지용수량 확보 등 신도시의 종합적인 물순환체계에 관한 대책을 마련하여야 한다.

비포장 확대 및 투수성 포장 기준은 다음과 같다.

첫 번째, 공원, 보도, 공공주차장, 공공시설용지는 가급적 투수성 포장을 원칙으로 한다.

두 번째, 공공주택단지 내를 포장할 경우 포장면적(자동차도로 제외)의 30~40% 정도를 투수성 포장재료로 활용하고, 조경 대상지에서 자연지반 면적률을 20% 이상

확보한다. 만약 부득이한 이유로 자연지반을 20% 이상 확보가 어려울 경우, 주차타워 설치 등을 고려한다.

(3) 분석 및 평가

에너지 이용 및 자원순환 측면에서 수자원의 효율적인 이용으로서 우수, 중수, 하천수 등 물순환체계의 도입 등의 원칙은 명확하게 제시되어 있으나, 도시홍수 차원 및 도시습지 활용의 통합적 측면에서 볼 때 구체적인 목표량과 방법론적 세부기준이 제시되어 있지 못하여 적용 가능성이 높지 않다.

6) 생태적 환경조성

(1) 공원녹지율

해당 도시의 공원녹지율은 다음과 같이 확보하는 것을 원칙으로 하되, 하천의 분포여부, 지역특성(평지는 산림지보다 공원조성비가 과다하므로 면적비율 하향 조정 가능), 조성공원 면적, 사업지구 주변의 녹지 분포상태 등을 감안하여 환경계획에 따라 달리 설정할 수 있다. 개발면적에 따라 최저 20% 이상, 최고 25% 이상을 확보하여야 한다.

(2) 공원녹지체계 형성

주변지역의 공원녹지의 입지, 이용가능성 등을 종합적으로 고려하여 공원녹지체계를 수립하되 가능한 한 충분한 면적의 공원녹지를 확보한다. 단지 내 보행자도로, 녹도, 실개천, 녹지회랑을 차량동선에 의해 단절되지 않도록 체계적으로 연계 조성한다. 주변 녹지대, 자연녹지, 공원, 둔치, 제방 등과 유기적으로 연계하여 계획한다. 공원녹지체계는 생물이동통로, 바람길, 물순환체계, 통경축(경관축), 도시기후관리벨트 등과 상호 연계되도록 배치한다.

(3) 자연환경보존

공원의 생태성 확보 기준은 다음과 같다.

첫 번째, 공원은 생물서식공간, 도시생태 거점, 도시환경개선, 경관개선 등의 환경적 기능과 레크리에이션, 관찰, 학습(교육), 체험 등의 이용 기능을 수행하고 있어 도시생태 네트워크 구성의 핵심이라는 차원에서 설계되어야 한다.

두 번째, 공원의 도입시설은 생태연못, 동물서식처용 비오뜰, 자연형 하천, 생태건축물, 친수공간, 투수포장도로 및 주차장, 원형보전 천연림, 자연체험학습장, 습지비오뜰, 체험농장, 자연생태관찰원, 무공해서비스차량, 자전거도로, 자연공생주제광장, 재활용 조형물, 숲체험장 등을 설치할 수 있다.

수생태계 보전과 창출 기준은 다음과 같다.

첫 번째, 자연적으로 형성된 곡류하천의 비대칭성을 보전하고 하천내부의 여울, 유각호, 습지 등의 지형 특성과 호안식물군락, 수생식물, 어류, 파충류 등의 동·식물상을 보전 또는 복원한다.

두 번째, 생태수로는 되도록 실개천 주변에 최소 폭 5m 이상의 생태녹지대를 확보하도록 하고, 단지 내 인공 실개천일 경우에는 폭포, 계류, 분수, 상징수로, 보행로변, 실개천, 호수 등과 연계하여 물길연계망(Blue network)을 형성하도록 하여야 한다.

세 번째, 단지 내부의 우수, 외부유입 하천수 등을 저장할 수 있는 저류지를 조성하되, 조성규모는 최소 사방폭 10m 이상으로 하며 수심은 1m 이상으로 계획한다. 또한 저습지의 규모는 최소 폭 5m 이상으로 계획한다.

네 번째, 주요 수계가 만나는 곳에는 넓은 면적의 습지를 조성하여 생물서식공간을 확보하고 생물다양성을 증진시키도록 한다.

다섯 번째, 수질오염이 우려되는 지역은 다단계 습지를 조성하는 등 수질정화 기능과 생물다양성 기능을 동시에 증진시킬 수 있도록 한다.

(4) 분석 및 평가

생태적 환경측면에서는 공원녹지율, 공원녹지체계, 자연환경보존 등으로 원칙과 기준을 제시하였으나 도시민의 이용측면이 중요하게 고려되고 있으며, 또한 공원녹지체계의 구축과 관련하여 물순환체계 고려가 포함되어 있으나 구체적인 기준이 마련되어 있지 못하다. 아울러 공원의 생태성 확보와 수생태계의 보전과 창출기준이 제시되고 있으나 역시 목표량이나 구체적인 적용방법상의 기준이 제시되어 있지 못하다. 따라서 물순환체계에 기반하는 도시습지의 조성측면에서 볼 때 그 실효성이 높지 않다.

나. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침의 검토·분석

1) 목적

동 지침은 기후변화에 따른 자원·환경위기를 극복하고, 저탄소 녹색성장 도시공간을 조성하기 위하여 「국토의계획및이용에관한법률」 제12조제2항 및 동법 시행령 제10조에 따른 광역도시계획, 동법 제19조제3항 및 동법 시행령 제16조에 따른 도시기본계획, 동법 제25조부터 제28조 및 제30조에 따른 도시관리계획 수립기준을 정하는데 그 목적이 있다.

2) 적용범위

동 지침은 광역도시계획, 도시기본계획 및 도시관리계획 수립 시 온실가스 배출 감축 등 기후변화에 대비하고, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 종합적인 공간계획 수립을 유도하기 위한 지침으로서 도시계획수립권자(이하 ‘수립권자’라 한다)가 지역의 특성 및 여건 등을 고려하여 적용할 수 있다.

3) 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립의 원칙

수립권자는 도시계획이 정부의 저탄소 녹색성장을 위한 정책목표에 부합되도록

하며, 국가기후변화종합기본계획 및 국가에너지기본계획 등 관련 국가계획과 연계되도록 한다. 더불어 수립권자는 도시계획 수립 시 온실가스 저감 등 기후변화에 대응하기 위하여 공간구조, 교통체계, 환경의 보전과 관리, 에너지 및 공원녹지 등 도시계획 각 부문을 체계적이고 포괄적으로 접근하여 수립해야 한다.

4) 지침의 적용을 위한 도시계획의 체계 및 역할

도시기본계획에는 온실가스 배출현황 및 장래예측을 토대로 온실가스 배출을 최소화 할 수 있도록 토지이용계획, 교통체계, 기반시설, 도심 및 주거환경, 환경보전과 관리, 환경친화적·에너지 효율적 개발, 대기환경 및 수환경의 보전, 폐기물, 에너지, 공원녹지, 방재 및 안전, 경제·산업·사회·문화의 개발 및 진흥 등의 각 부문별 계획이 포함되어야 한다.

5) 도시기본계획에의 적용

(1) 저탄소 도시 공간구조 설정

수립권자는 온실가스 배출과 연계한 도시 공간구조 진단을 위하여 산업 및 기능, 토지이용 분포와 에너지수요 등을 고려하여 기존 공간구조의 문제점을 종합적으로 분석한다. 도시 공간구조는 기존 개발지를 최대한 활용하고, 신규 개발지는 기존의 녹지축·보전축을 최대한 훼손하지 않도록 하며, 가능한 기존 교통축과 연계되도록 한다. 더불어 도심 바람통로의 확보와 수공간 및 녹지의 확충 등을 통해 쾌적한 도심 미기후를 조성하고 도시열섬현상을 줄일 수 있도록 제시되어야 한다.

(2) 기타 기반시설계획

수립권자는 도시홍수 및 가뭄 예방, 용수 활용, 지하침투를 통한 물순환 회복 등 체계적인 물관리의 일환으로 빗물관리에 대한 대응계획을 수립한다.

도시별로 지역적 특성을 감안하되, 빗물을 최대한 침투·저류하여 빗물 유출량을 저감시키고 활용할 수 있도록 “분산형 빗물관리시스템”의 도입을 적극 검토한다.

빗물관리에 대한 대응계획은 도시관리계획, 지구단위계획 등 하위계획에서 실현할 수 있도록 그 기준을 제시하는 계획으로 수립되어야 한다.

(3) 대기환경 및 수환경의 보전

수립권자는 하천·호소·연안 등 수변공간을 활용한 친수공간 조성을 통해 도심 열섬현상 완화 전략을 강구한다.

(4) 공원녹지

수립권자는 목표연도의 공원녹지지표(공원녹지비율 등)와 연계하여 온실가스 흡수원 확보 지표를 제시하며, 열섬현상을 완화할 수 있도록 도심 바람통로계획과 연계하여 공원녹지체계와 수변공간계획 등을 수립한다.

6) 도시관리계획에의 적용

(1) 용도지역·용도지구·용도구역계획

용도지구계획에서는 수변경관지구 지정 시에 바람통로 확보를 고려할 수 있도록 계획이 수립되어야 한다.

(2) 기반시설계획

수립권자는 체계적인 빗물관리를 위하여 광역도시계획 및 도시기본계획에서 수립한 빗물대응계획을 구체화하여 실현할 수 있는 실천방안을 제시한다. 첫 번째 주차장, 도시공원, 종합운동장 및 공공청사 등 국·공유시설을 신축·개축하는 경우에 빗물관리시설을 설치·운용도록 유도하여야 한다. 두 번째 각종 도시개발사업을 추진할 경우에는 개발계획단계에서 체계적인 물관리를 위한 빗물관

리시설 설치계획을 반영토록 유도하고, 특히, 대형건축물의 신축 또는 개축 시 (증축 등을 포함) 빗물관리시설의 설치를 적극 유도하여야 한다.

(3) 환경성 검토

수립권자는 지형, 기후 등을 고려하여 향분석, 바람장, 바람통로 및 열환경 시뮬레이션 등을 분석하여 계획에 제시하며, 물순환, 녹지, 비오톱 및 동·식물의 환경성 검토를 기후변화에 대응한 측면을 검토하여 계획에 제시한다.

(4) 도시열섬저감대책 수립

도심밀집지역 등 도시열섬현상 관리가 집중적으로 필요한 지역에는 바람통로 및 열섬저감대책이 수립되어야 한다. 도시열섬현상 관리가 집중적으로 필요한 지역에서는 정밀 바람장 및 열환경 시뮬레이션을 실시하여 열섬 및 바람의 정체 현상을 완화하는 등 미기후관리계획이 수립되어야 한다. 더불어 건축물 녹화, 주차장 녹화, 투수포장, 유수 공간, 실개천 조성 및 밀집 식재 등 다양한 열섬저감계획이 수립되어야 한다.

7) 분석 및 평가

동 지침은 기후변화에 따른 자원·환경위기를 극복하고, 저탄소 녹색성장 도시 공간을 조성하기 위하여 각종의 계획수립 시에 환경적 측면에서 고려해야 할 사항을 담고 있어서 과거보다 진일보한 지침이다. 다만 동 지침에서 제시하고 있는 내용들은 대부분 개관적이며 일정한 방향성만을 제시하고 있고 지속가능한 신도시계획기준과 동일하게 강제성을 띤 지침이 아니라 권고지침이라는 점에서 근본적인 한계가 있다.

다. 국내 신도시 적용사례 검토·분석

1) 광교신도시

광교신도시 개발계획의 물순환체계 관련 주요 내용은 첫 번째, 치수대책으로서 재해영향평가 등에 따라 수리·수문 분석결과를 토대로 원천 및 신대저수지의 홍수 조절능력과 상류 및 하류지역의 홍수대책 등이 중점적으로 검토되었다. 두 번째, 물순환체계 구성 및 수질개선 부문으로서 저수지 및 하수처리장의 수질개선대책과 유입원수의 수질개선대책 등이 중점적으로 검토되었다. 세 번째, 상수원 확보계획의 일환으로서 함양지 및 인공습지 조성계획이 반영되었고, 기타 부대시설계획으로서 빗물 저류조 시설계획 및 초기우수처리시설 계획 등이 제안되었다. 광교신도시의 환경상세계획은 해당 도시개발계획에서 고려하지 못하였던 지속가능한 신도시계획기준의 환경기준을 반영하고자 수립되었다.

물순환체계 관련 내용은 물순환·재활용계획 친수공간 프로그램 작성 부문에 포함되어 있으며, 우수유출량에 대한 재활용계획과 중수도 도입방안, 집수구역별 우수유출량과 저류지의 규모 결정, 자연배수체계에 의한 우수저류 및 계곡수 활용시스템 구축, 사업지구 발생 고도처리수의 구체적인 재활용방안, 개발계획을 고려한 자연하천 및 인공수로의 친수계획과제 도출 등이다.

가) 집수구역별 우수유출량과 저류지의 규모 결정

(1) 우수유출량 결정

우수유출량 산정방식은 합리식(Rational Formulation), RRL모형, SWMM (Storm Water Management Model), SCS 합성단위도법(TR-55모형) 등이 있으며, 동 계획에서는 산림 및 토지피복의 형태를 고려하여 도시유역에 많이 활용되고 있는 미국 농무부 산하 SCS(토양보전연구소, 천연자원연구소(NRCS)의 전신)에서 개발한 TR-55모형을 사용하여 유출량을 산출하였다.

(2) 저류지 규모 결정

소유역별 저류지 규모는 자연배수체계의 경우 저류탱크 및 콘크리트식 저류 형태는 30년 주기에서 50년 주기의 확률강우량을 이용하여 산정된 유출량을 근거로 하여 산출하나, 본 계획과 같이 단지 및 공원에 조성하는 개방형 저류연못의 형태는 갈수기를 고려하여 일반적인 우수지 설계기준을 적용하고 있으며 1시간 지속시간의 확률강우를 사용하였다.⁹⁾ 저류시스템은 3차 저류시스템으로 설계하되 유역 말단부에 총 유출 증가량의 30%를 저류할 수 있는 규모의 2차 저류연못을 설치하였다.

(3) 자연배수체계의 설계

자연배수체계의 설계는 우수저류녹지의 저류시스템 구축, 1차 저류로 인한 우수유출수의 재활용 방안, 2차 우수저류연못 설치지점의 선정 등으로 이루어졌다.

(가) 우수저류녹지의 저류시스템 구축

총 12개 소유역을 3차에 걸친 저류시스템으로 연결하였으며 1차 저류지는 단지 내 저류, 2차 저류지는 근린공원 내 상시저류녹지의 형태로 조성하였다.

2차 저류지는 유역에서 발생하는 유출량의 30%를 저류하는 규모로 계획하여 각 소유역별 저류지점을 선정하였고, 최종 3차 저류지는 원천저수지와 신대저수지로 정하였다.

우수저류녹지는 상시저류녹지로 조성(주민들의 다목적 이용을 고려)하였으며, 갈수기를 대비하여 저류녹지의 물을 상류단지로 공급하기 위한 시스템을 구축하였다. 주거단지의 특성상 일시 저류녹지는 학교운동장을 통해 저류하였다.

(나) 1차 저류로 인한 우수유출수의 재활용 방안

9) 경기지방공사. 2008. 광교신도시 환경상세계획 수립연구.

개발 후 단지 내 건물에서 발생하는 유출수에 대해서는 건물동 간에 자연우수 조절조를 설치하였다. 단지 내 우수조절조의 규모는 콘크리트 지붕에서 발생하는 유출량만큼을 저장할 수 있는 저류탱크를 적지에 설치하였다($Q = C \times I \times A$: 유출량, C: 유출계수-지붕유출계수 0.8~0.9, I = 확률강우량). 적용가능한 곳에 옥상녹화를 통한 우수유출수 저감효과 극대화 및 도시녹화 조성에 기여하였다. 각 단지별 우수 저감율을 높이기 위해 단지 외곽부에 수림대를 조성하였다. 학교운동장 내부는 침투트렌치 및 우수저류탱크를 설치하였다. 단지 내 연못을 상시저류녹지로 설치하고 연못간 잔디도랑으로 연결하였다.

(대) 2차 우수저류녹지 설치지점의 선정

우수저류녹지의 설치 시 고려할 사항은 토양형, 경사 및 강우유출수 흐름을 통해 결정하였다. 토양형은 수문학적 토양군에서 배수가 불량한 C군, D군 지역에는 유출수의 침투에 문제가 발생하므로 우수저류녹지를 설치하지 않았다. 토양종류는 미사질토양이 있는 지역은 설치 불가지역이고, 경사는 8%를 넘지 않는 곳에 설치하도록 하였다(USEPA). 잔디도랑을 설치할 경우, 경사 6% 이상 지역은 침투가 발생하지 않으므로 오염원 집중발생지역은 토양오염을 고려하여 침투가 발생하지 않는 6% 이상의 경사가 되도록 조성하였다.

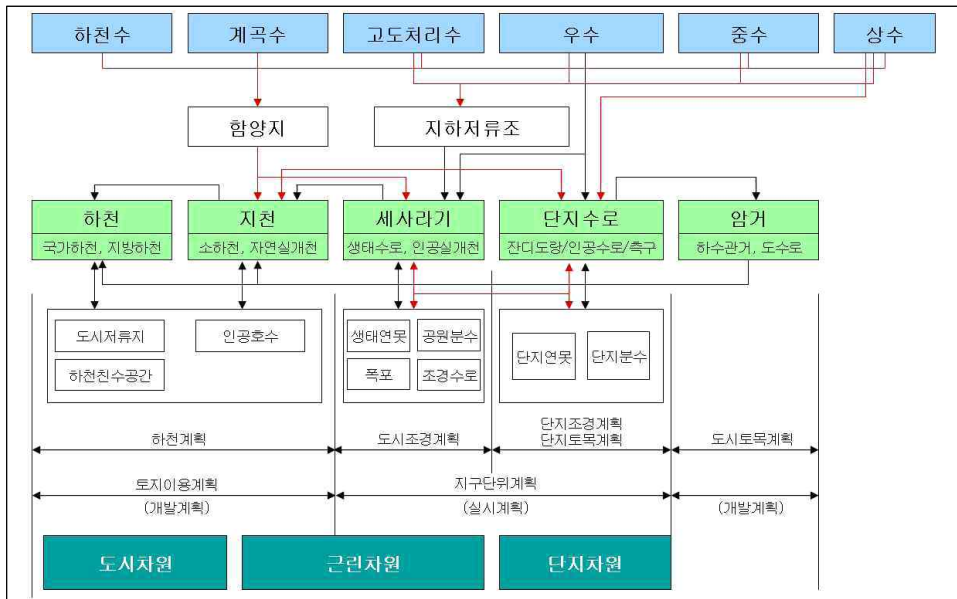
나) 자연배수체계에 의한 우수저류 및 계곡수 활용시스템 구축

(1) 물순환망 구축의 기본방향 및 접근개념

물순환망 구축의 기본방향 및 접근개념은 다음과 같다. 첫 번째 광교신도시 전체의 다양한 실개천 조성, 두 번째 자연배수체계에 의한 다단계 저류방식, 세 번째 물순환망 구축을 통한 도시의 자연성 제고이다.

(2) 한국형 물순환체계인 3-Mul System(다중형 물순환망)의 개념

한국형 물순환체계인 3-Mul System(다중형 물순환망)은 우리나라 지형과 자연조건에 적합한 물순환망으로 하천수, 계곡수, 고도처리수, 우수, 중수, 상수를 이용하여 함양지나 지하저류조를 이용하여 물을 저류시키고, 자연지형을 이용하여 하천, 지천, 세사라기, 단지수로, 암거 등으로 자연유하시키는 방식이다(그림 2-1). 동 방식을 통해 도시-근린-단지차원에서 저류시키고 침투시켜 비점오염원의 정화기능을 높이고, 실개천 주변의 친수공간 도입은 물론 미기후 형성계획과 연계하여 도시차원의 온습도 관리가 가능해졌다.



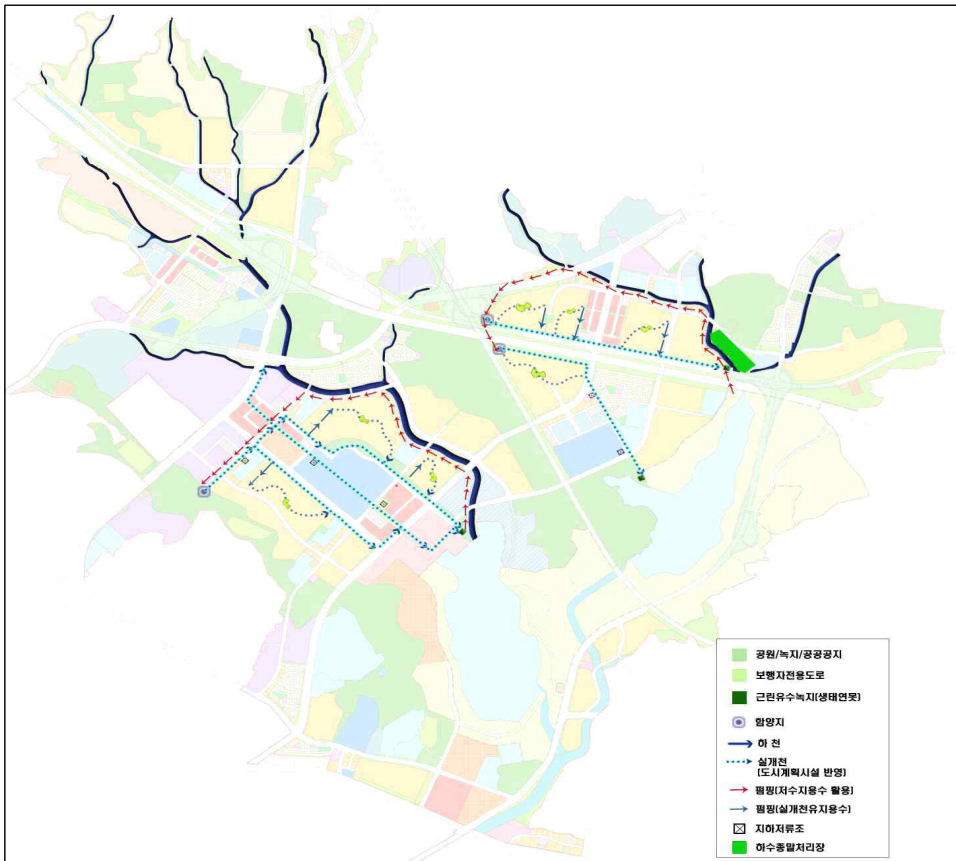
자료: 경기지방공사. 2008. 광교신도시 환경상세계획 수립연구. p.255.

<그림 2-1> 한국형 물순환체계 3-Mul System (다중형 물순환망)

(3) 자연배수체계에 의한 우수저류 및 물순환망 구축

광교신도시의 자연배수체계를 고려한 우수저류 및 물순환망 구축의 기본적인 고려사항은 다음과 같다(그림 2-2).

- 첫 번째, 소유역권 8유역과 12유역의 도시 실개천계획을 고려하도록 한다.
- 두 번째, 광교신도시는 사업지구 전체적으로 물순환체계가 단절됨이 없이 연결되는 방안을 모색한다.
- 세 번째, 최대한 기존 수계를 보전하고 향상시킬 수 있는 방안을 모색한다.
- 네 번째, 녹지체계, 통경축, 보행축 등과 수계축이 일치하도록 한다.
- 다섯 번째, 상업지역 및 공동주택 주변에 실개천 등을 도입시켜 열섬현상을 방지하도록 한다.
- 여섯 번째, 하천수, 계곡수, 고도 처리수, 우수, 중수, 상수 등의 다양한 수원을 활용해 다양한 물순환체계 요소를 도입하여 순환 가능하도록 한다.



자료: 경기지방공사. 2008. 광교신도시 환경상세계획 수립연구. p.257.

<그림 2-2> 광교신도시 물순환망 계획도

(4) 공동주택지역

공동주택지역의 기존 계획안과 물순환망 구축을 위한 방안을 제시하면 다음과 같다(그림 2-3).

첫 번째, 계획고를 중요하게 고려한다. 사업지구 내 물순환망은 함양지(공급저류지)를 통해 유지용수를 저류하고 실개천을 통해 물을 자연 유하시키는 것을 기본으로 하기 때문에 계획고가 중요하다.

두 번째, 주거단지 및 상업지역 주변에서 친수공간 도입이 가능한 곳으로 실개

천 설치를 유도한다.

세 번째, 용수확보를 구상한다. 용수확보를 구상하기 위해서는 유량, 평균수면폭, 유속, 수심 등을 고려하여 계획해야 하며 그 내용은 다음과 같다.



자료: 경기지방공사. 2008. 광고신도시 환경상세계획 수립연구. p.259.

<그림 2-3> 광고신도시 공동주택단지 내 물순환망 계획도

(가) 유량 고려

개발대상지 유량의 많고 적음의 상태를 고려한다.

(나) 평균수면폭 계획

평균수면폭은 하천폭의 20% 이상인 평균 0.7m로 계획한다.

(다) 유속 계획

유속은 수면의 넓음과 함께 유량감을 느끼게 하는 중요한 요소이다. 유속의 흐름에 따라 하천의 이미지를 표현할 수 있으므로 상류와 하류의 흐름 이미지에 맞는 유속의 제시가 필요하다. 따라서 인공적 실개천의 흐름 이미지를 고려하여 목표 유속은 0.1m/sec~0.2m/sec로 계획하고, 평균 유속은 0.16m/sec로 계획한다.

(라) 수심 계획

수심은 하상 바닥 재료의 직접적인 노출로 인한 경관측면을 고려하여 목표수심은 0.1~0.3m로 계획하고 평균 수심은 0.15m로 계획한다.

(마) 공동주택단지 물순환망 제원

공동주택단지의 물순환망 제원은 첫 번째 저류시스템으로서 함양지 2개소(A:935m², B:1,398m²), 우수지 2개소(A:1,164m², B:1,060m²), 두 번째 실개천 시스템은 총 연장길이 2.4km, 평균 하폭 0.7m, 평균 수심 0.15m, 평균 유속 0.16m/s, 세 번째 펌핑시스템으로 가압장 1개소, 펌핑 길이 3km로 구성되었다.

(바) 도시 실개천 필요유량

도시 실개천의 필요유량은 실개천 제원과 1일 소요량, 그리고 누수율과 증발량을 고려하여 다음과 같이 산정되었다. 즉, 실개천의 유량(Q)은 평균 하폭(저수로폭)×평균 수심×평균 유속 = 0.7×0.15×0.16 = 0.016m³/sec로 산출되었고, 1일 소요량은 0.016m³/sec×86,400 = 1,382m³/일로 산정되었으며, 따라서 사업지구 총 소요량은 1,382m³/일 = 1,382ton/일×2 Line = 2764ton/일+1.4m³/일+4m³/일 = 약 2,800ton/일로 산정되었다.

한편, 누수방지대책을 참고한 1일 누수량은 1.4m³/일, 증발량을 참고한 1일

증발량은 $4\text{m}^3/\text{일}$ 을 반영하였고 이들의 세부 산출내역은 다음과 같다.

누수율은 누수율 유량의 0.05% 적용하였으며, 따라서 일일공급량을 약 $2,800\text{m}^3/\text{일}$ 로 볼 때 $2,800\text{m}^3 \times 0.05\% = 1.4\text{m}^3/\text{일}$ 로 계획되었다. 증발량은 수원관측소 연평균 증발량 최근 10년 평균 $1,102\text{mm}$ 를 기준으로 증발량(E) = $0.7Ae$ 를 적용하여 검토되었다. 여기서 E : 증발량, 0.7 : 증발계수, A : 수표면적(1680m^2), e : 연평균증발량(1102mm)으로서 결국 증발량(E) = $0.7 \times 1680\text{m}^2 \times 1.102\text{m} = 1,296\text{m}^3/\text{년} = 4\text{m}^3/\text{일}$ 로 산출되었다.

(사) 조성지침

광교신도시 공동주택지역의 물순환체계 조성지침은 다음과 같다.

첫 번째, 함양지(공급저류지) 2곳을 설치하여 신대저수지 물을 펌핑하고, 일시적으로 저류시켜 수질정화를 거친 후, 이를 이용하여 함양지를 통해 실개천으로 자연유하시킨다.

두 번째, 신대저수지 물을 함양지 A로 펌핑하고 이를 다시 함양지 B로 펌핑하여 실개천의 수원으로 활용한다.

세 번째, 고속도로 IC 부근에 함양지(인공폭포 등)를 설치하여 고속도로 소음을 방지하고, IC로 인해 발생하는 Bad Space를 재이용하여 사람들이 이용할 수 있는 친수공간으로 제공한다.

네 번째, 실개천 하단부에는 저류지를 설치하여 실개천 유량을 저류시키고, 이를 정화시켜 신대저수지로 방류하며 다시 상류부에 위치한 함양지로 펌핑하여 물을 재이용할 수 있도록 한다.

다) 단지 내 실개천의 적용

(1) 상업지역 주변의 시범지역 선정

시범지역은 광교신도시 물순환망 조성계획을 추진하고 있는 지역을 대상으로

하였다. 또한, 함양지, 실개천, 빗물저류조가 복합적으로 도입될 수 있는 지역이며 단지 내 배치계획의 시범이 작성되어 있는 지역을 선정하였다.

(2) 시범사례지역의 물순환망 조성개념

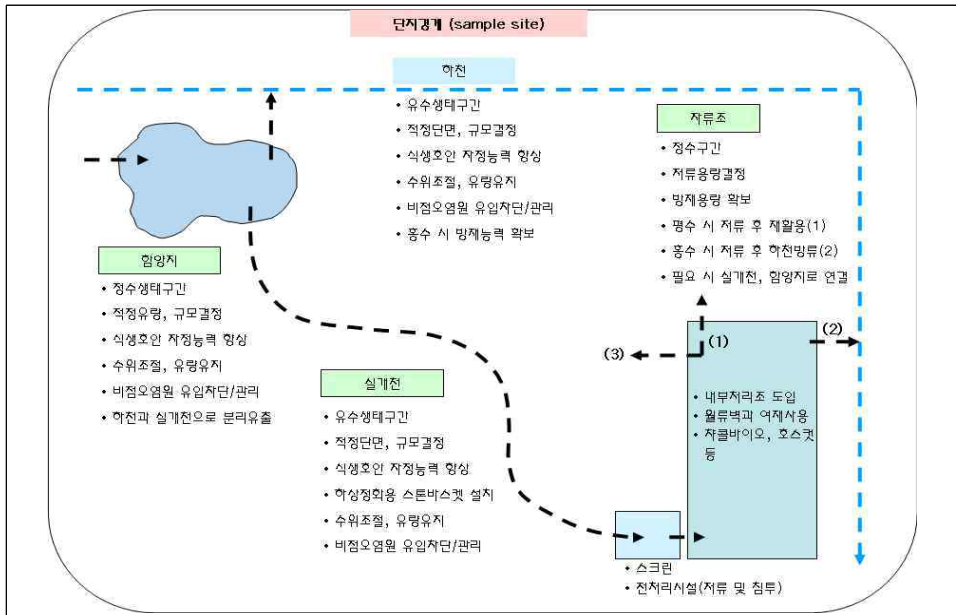
광교신도시에서 함양지로 공급되는 수질등급은 3등급으로 계획되어 있다. 그러나 단지 내 실개천 등에 물이 공급될 시 이보다는 보다 향상된 수질의 물을 공급되어야 하며, 물순환망을 거쳐 최종적으로 하천으로 흘러나가는 물의 경우 다단계의 수질정화과정을 거치도록 한다.

본 설계에서의 수질정화개념 및 흐름은“함양지/저류지→실개 →저류조→실개천/함양지→하천”으로 연결되도록 한다.

(3) 시범사례지역의 물순환체계 설계

(가) 단지 내 함양지(유수지) 계획

단지 내 함양지(유수지) 조성의 목적은 실개천에 용수를 공급하기 위한 목적과 더불어 함양지 자체를 경관연못으로 활용하는 것도 목적이다. 또한 단지 내 함양지(유수지)는 수질정화의 역할을 수행할 수 있도록 하며 이를 위하여 습지 생태계/생태연못 형태로 조성하도록 한다(그림 2-4).



자료: 경기지방공사. 2008. 광교신도시 환경상세계획 수립연구. p.282.

<그림 2-4> 광교신도시 단지 내 대상지의 물순환망 조성개념

라) 함양지(인공폭포) 조성계획

(1) 함양지(인공폭포) 조성계획의 개요

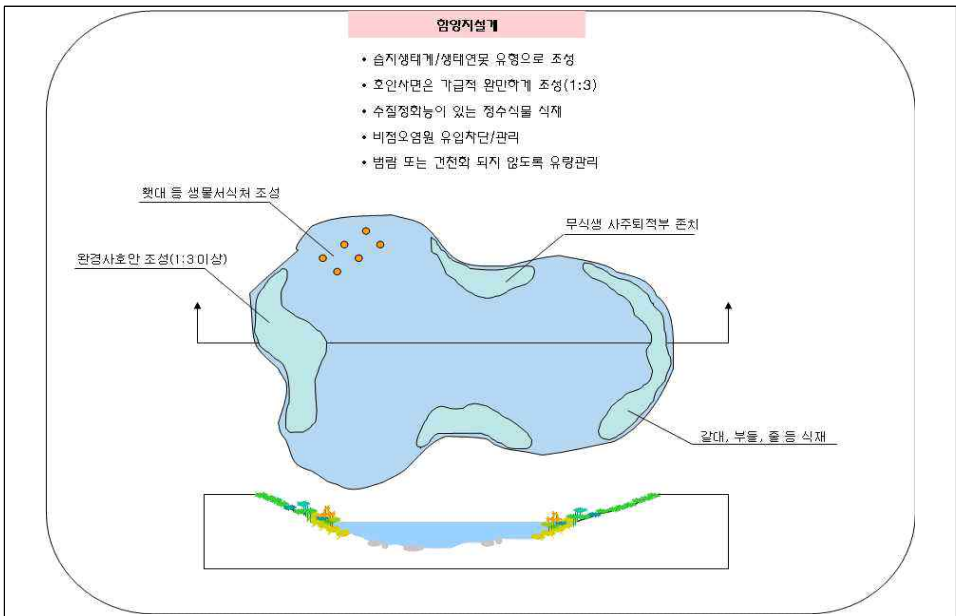
광교신도시 내의 함양지(인공폭포) 조성계획을 간략하게 살펴보면 다음의 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 광교신도시 내의 함양지(인공폭포) 조성계획 개요

<ul style="list-style-type: none"> • 위치 : 경기도 수원시 광교신도시 내 • 규모 : 높이 약 3m~5m, 폭 10m~15m • 용량 : 약 5,600ton/일 • 수원 : 원천저수지 용수(여천유지용수를 위한 가압장과 공동사용) • 조성비용 : 약 1억~약 1억 5천

함양지(인공폭포)의 입지는 광고신도시 중심지에 위치해 있으며, 영동고속도로에서 광고신도시로 진입 시 이용하는 광로에 인접해 있다. 주변에는 경기도 중소기업센터가 위치해 있고 도시지원시설, 공동주택 및 학교가 위치할 예정이다.

특히 광고신도시의 함양지(인공폭포)는 사업지구 남측의 녹지축과 연계시켜 등산로를 연결하였으며, 인공폭포 동측으로는 이용자의 다양한 수요를 충족시킬 수 있도록 작은 규모의 호수공원 형태의 조성형 중앙공원을 조성하고 연계 조명을 이용한 야간경관을 확보하였다(그림 2-5).



자료: 경기지방공사. 2008. 광고신도시 환경상세계획 수립연구. p.284.

<그림 2-5> 시범사례지역의 함양지 조성개념 및 구상

(2) 함양지(인공폭포) 조성지침

첫 번째, 근린공원 조성 시 발생하는 범면을 그대로 두는 것이 아니라 인공폭포로 조성하여 함양지로 이용하도록 한다.

두 번째, 인공폭포 설치 시 공동주택 주변으로 가로 경관 향상과 쾌적한 도시 환경을 조성하고 시민과 관광객에게 아름다운 거리를 제공한다.

세 번째, 많은 양의 물의 흐름이 필요하므로 자연유하하는 물을 이용하는 것이 가장 바람직하나 인공적으로 물을 이용하여 흘려줄 수도 있다.

네 번째, 인공적으로 물을 이용하기 위해서는 동력을 필요로 하며, 전력공급 등을 면밀히 검토해야 하며, 최대한 신재생에너지를 활용하도록 한다.

다섯 번째, 벽천 및 폭포는 물줄기의 낙차를 감상하는 것이므로 물줄기가 눈에 잘 보일 수 있는 시각적인 배경을 고려하여야 하며, 또한 인공적인 폭포라 하더라도 폭포의 뒤에는 지형적으로 높은 곳이 존재하여 부자연스럽지 않은 위치에 조성한다.

여섯 번째, 인공폭포 조성 시 폭포 상부에 저류조가 필요하며 이의 설치가 가능한 공간을 확보한다.

일곱 번째, 인공폭포의 면적이 작을 경우, 지하저류조 등을 활용하여 수질정화 및 유지용수를 확보하도록 한다.

라. 국외 신도시 적용사례 검토·분석

1) 일본신도시

가) 일반 개요

초기의 일본신도시는 주로 대도시 과밀의 분산책, 베드타운형 대규모 신도시 형태였다. 1970~80년대에 들어 자족성을 갖추면서 경관적으로 매력있는 신도시로 변화하였고, 80년대 이후 상대적으로 작은 규모의 신도시 건설로 변화하였다. 최근의 개발동향은 신도시의 건설보다는 기성시가지의 재생으로 변화하고 있다.

나) 개발방식 및 법제

(1) 토지구획정리사업

사업주체가 부분매수, 환지방식으로 사업을 진행하여 사업의 장기화가 초래

되었으나 지역주민과 마찰을 줄이고, 주민의 재산권 보호, 재정착률을 높이는 등의 효과도 가져왔다. 동 사업의 적용지역은 일본 동경의 다마뉴타운의 일부와 요코하마의 코호쿠지역이다.

(2) 신주택시가지개발사업

사업주체의 전면매수에 의한 방식으로서 거주자에 대한 택지 우선분양제도 규정, 지역주민과 주변 주민간의 형평성 문제가 대두되었으며, 지역주민의 요구 사항을 충분히 수렴하지 못하였다는 단점이 있었다. 따라서 소규모 신도시 조성 추세, 주변지역과의 정합성, 지역주민의 재산권 보호 등의 차원에서 후기로 갈 수록 토지구획정리사업에 의해 개발되는 것이 추세이다. 동 사업의 적용지역은 일본 동경 다마뉴타운의 일부와 치바 및 센리 등이다.

다) 국내 신도시사업과의 차이점

(1) 개발밀도

일본신도시의 개발밀도는 90~100인/ha로서 한국 수도권 1기 신도시의 개발 밀도 175~400인/ha와 비교할 때 매우 낮은 수준이며, 최근의 국내 신도시 중 저밀도 개발을 지향하고 있는 신도시(동탄, 판교 등 90~130인/ha)와 비교해도 낮은 수준이다. 즉, 일본은 저밀도 도시개발을 통하여 도시 내 공원율을 증가시키고, 이를 통해 도시민의 정주 및 주거환경의 질을 높이고 있다.

(2) 도시개발 관련 제도 및 개발사업의 주민 참여

일본의 경우, 도시개발제도는 우리나라와 유사하나 민간부문의 참여 및 계획 과정에서의 주민참여가 활성화되어 있는 점이 다르다. 따라서 원주민의 재정착률과 입주민의 만족도가 높으며 이를 바탕으로 다양한 도시환경의 창출 및 도시 정체성의 설정이 용이하다.

(3) 개발방식의 차이

일본은 전면매수방식과 환지방식의 선택이 가능하나 환지방식을 지향하는 경향이 있으며, 원주민에 대한 배려 및 주변지역과의 조화를 추구하고 있어 궁극적으로는 도시개발사업이 쾌적한 정주 및 주거환경의 조성이 가능하도록 하고 있다.

2) 일본 요코하마시 환경정책¹⁰⁾

가) 도시 환경상 및 기본시책

일본 요코하마시의 환경정책은 도시생활형 공해의 개선 및 새로운 환경오염의 사전 방지 도시, 자연과 접하는 정감 있고 편안한 도시, 환경부하가 적은 도시구조 및 순환형 사회시스템의 도시, 전 지구적 환경문제에 대응하는 지역 실천의 도시, 환경보전 창조 의식이 높고 적극적 활동이 이루어지는 도시 등 5가지 도시환경상을 설정하고 있으며 이를 실천하기 위한 목표별 19개의 기본시책을 적시하고 있다(표 2-7).

10) 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획.

<표 2-7> 일본 요코하마시의 도시환경상 및 기본시책

미래 도시환경상	기본방향	기본시책
도시생활형 공해의 개선 및 새로운 환경오염의 사전 방지 도시	공해(생활환경)대책 추진	<ul style="list-style-type: none"> • 대기환경의 보전 • 수환경의 보전 • 지반환경의 보전 • 유해화학물질 대책 추진 • 소음진동 대책 추진
자연과 접하는 정감 있고 편안한 도시	자연환경의 보전 및 쾌적한 환경창조	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지와 물이 함께하는 거리 만들기 추진 • 생물서식공간의 보전·창조 • 양호한 도시경관의 보전·창조
환경부하가 적은 도시구조 및 순환형 사회시스템 도시의 형성	소 부하형·순환형 도시의 형성	<ul style="list-style-type: none"> • 소부하형 도시만들기 추진 • 산업폐기물, 일반폐기물의 발생 억제, 자원화, 감량화, 적정처리 추진 • 건설 발생토 대책 추진 • 에너지의 효율적 이용 추진(지구온난화 대책)
전 지구적 환경문제에 대응하는 지역 실천 도시	지구환경 보전대책 추진	<ul style="list-style-type: none"> • 지구온난화 대책 추진 • 오존층 보호대책 추진 • 기타 지구환경 보전대책 추진 • 환경분야에 있어 국제 협력 추진
환경보전 창조의식이 높고 적극적 활동이 이루어지는 도시	환경보전의식 향상 및 자주활동 추진	<ul style="list-style-type: none"> • 환경교육, 환경학습 추진 • 시민, 사업자의 환경보전활동 촉진 • 시의 환경보전행동 전개

자료: 일본 요코하마시, 2006. 환경보전기본계획. pp.80-86.

나) 일본 요코하마시의 녹지와 물의 기본계획

(1) 과제

일본 요코하마시는 도시화에 따라 산림, 경작지, 수로 등 녹지와 수환경이 감소하였다. 이를테면 요코하마시의 생물서식환경이 감소하고 도시열섬현상이 증가하고, 하천·해양의 수질개선이 지연되고, 우수침투면적 감소에 따른 침수피해가 발생하였다. 이에 요코하마시는 「녹지와 물의 기본계획」을 수립하여 도심의 열악한 환경을 개선하고자 노력하였다.

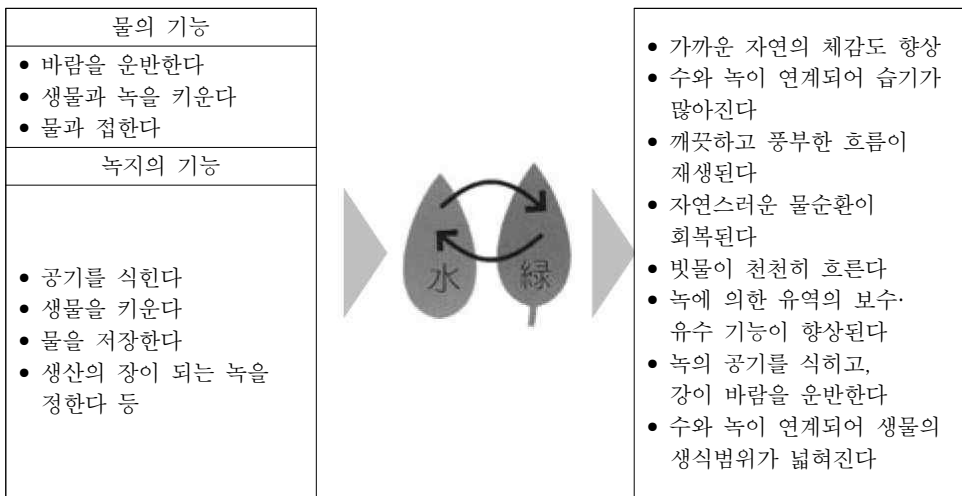
(2) 계획의 관점

「녹지와 물의 기본계획」의 관점은 아래와 같다(그림 2-6).

첫 번째, 요코하마의 매력있는 수환경과 녹지를 시민과 함께 지키고 창조한다.

두 번째, 수환경과 녹지가 일체화 되도록 추진한다.

세 번째, 유역차원에서 계획을 전제한다.



자료: 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획. pp.95-110.

<그림 2-6> 일본 요코하마시 녹지와 물의 기본계획의 관점

(3) 계획의 비전 및 미래상

수환경과 녹지의 일체화를 지향하는 희망을 형성하는 것으로 장기 비전을 설정하고 이를 실행하기 위하여 녹지를 시가지로 끌어들이고, 자연스러운 수환경 회복, 바람을 도시로 끌어들이고, 다양한 생물서식환경 형성, 지역 내 농촌생활의 유지, 도심부에 물과 녹지 증가로 매력 증대 등 7대 미래상을 제시하였다 (표 2-8).

<표 2-8> 일본 요코하마시 녹지와 물의 기본계획의 비전 및 미래상

수환경과 녹지 회랑 형성		
녹지를 시가지로 끌어들이м	자연스러운 수환경 회복	바람을 도시로 끌어들이м
<ul style="list-style-type: none"> • 7대 거점 녹지, 하천변 농지와 수림 보호·확대 • 시가지 인접 공원녹지 거점의 증가 • 산과 육지·바다·하천 축을 따라 사면녹지·하천 녹화·결절점 정비로 물과 녹의 네트워크 형성 	<ul style="list-style-type: none"> • 수변의 녹지와 계곡의 보전 • 유역의 수질함양, 유수기능 회복 • 수량·수질의 회복 	<ul style="list-style-type: none"> • 하천을 따라 신선한 바람의 유입 • 도시열섬현상 완화
다양한 생물서식환경 형성	지역 내 농촌생활의 유지	도심부에 물과 녹지 증가로 매력 증대
<ul style="list-style-type: none"> • 생물서식환경의 보전·회복이 이루어져 생태학적 네트워크 형성 	<ul style="list-style-type: none"> • 농지 보전 • 생산지 소비 진행 • 농업체험의 장 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 건물주위·옥상·입면 녹화 • 도시의 역사문화 형성에 물과 녹지의 기여

자료: 일본 요코하마시, 2006. 환경보전기본계획. pp.95-110.

(4) 녹지보전계획

(가) 농지와 경관 보전

녹지보전계획의 최우선적인 시책으로서 농지와 경관의 보전계획의 주요 내용은 첫 번째, 제도적으로 농업전용지구의 지정, 농촌체험마을 및 생산녹지지구 지정제도의 도입, 두 번째 도시형 농업진흥을 통한 원산지 생산과 소비의 실행(산지산물 제도) 및 친환경 농업의 확대, 세 번째 시민의 농업체험 활동을 증대시키기 위하여 특구농원, 재배수확체험농원, 건강농원, 시민경작원 등 시민이용형 공원의 설치 등을 핵심으로 하고 있다.

(나) 공원정비 관리

공원정비 관리의 핵심내용은 첫 번째, 근린공원, 대규모공원, 체육공원, 주제공원, 택지개발지 공원 등 2,500개소, 1,634ha를 확대 및 재정비하여 1인당 공원면적을 4.56㎡로 증대시키며, 두 번째, 놀이공원(Play Park)의 도입을 통한 지역주민 및 어린이들의 모험놀이장화하고, 시민단체와의 연계를 촉진시킨다. 세 번째, 녹지의 리사이클 추진으로서 녹지의 전지 전정 시 발생하는 잔재물의 재활용 시설을 설치하도록 하고, 네 번째, 녹화 추진으로서 공공시설 및 옥상 녹화 등을 통한 도시녹화사업을 확대하는 것이다.

(다) 수림지 보전

일본 요코하마시의 수림지 보전시책은 다양한 형태의 소규모 녹지와 숲을 대상으로 법적 보호제도를 통해 개발 및 이용압력으로 벗어나고 이를 통하여 핵심자연환경지역의 보전을 통하여 동·식물상의 보호, 소규모의 도시 내 숲과 자연의 보전을 통한 시민과 자연과의 접촉기회를 확대함과 동시에 수원함양을 통한 도시 내 수원 확보에도 큰 기여를 하도록 하기 위함이다(표 2-9).

<표 2-9> 일본 수림지 보전계획(2006년)

제도	내용	지정량
도립근교녹지 특별보전지구	전체 988ha 중 요코하마시 관내 755ha, 양호한 자연환경지역 지정	100ha
특별녹지보전지구	풍치, 경관 우수하고, 생활환경 보전을 위한 수림지·문화재 일체 보전	165ha
자연관찰의 숲	사람과 생물이 접하면서 자연학습의 거점	1개소 45ha
시민의 숲	대개 2ha 이상의 수림지 중심, 산책이나 자연관찰이용 대상	27개소 417ha
접촉하는 수림	시가지 내 지역주민의 접촉가능한 수림(1~2ha)	15개소 20ha
녹지보존지구	시가지 내 양호한 도시환경보전에 필요한 소규모 수림지 지정(0.1ha)	170ha
수원함양의 숲	수림지 내 수원함양림으로 하천 유지유량 확보목적으로 상류와 수림지 지정	2개소 11ha
녹지보존 협정	개발지에 잔존하는 수림지 협정 체결하여 보존	519ha
명목·고목	예부터 마을 상징의 수목 지정 등록	933본 10집단
요코하마 협동의 숲 기금 (개인·기업체)	시민이 자발적으로 모금한 기부금으로 0.1ha~0.5ha 규모의 수림지 취득	1개소 0.2ha

자료: 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획. pp.135-141.

(라) 하천정비

일본 요코하마시의 주요 하천정비 시책은 첫 번째, 시 관리대상 하천 27개소를 대상으로 하천정비를 하며, 친수공간을 도입하여 시민과의 접촉기회를 증대시키는 것이다. 두 번째, 시 관리대상 우수(빗물) 조정지(187개소)에 대하여 복합기능의 도입 및 향상을 위하여 생물서식공간화 사업을 추진시키는 것이다.

(5) 생물서식공간의 보전·창조

생물서식공간의 보전·창조의 목표는 정리되고 연속화된 녹지와 수변을 확보하여 가까이에서 동·식물을 접할 수 있는 환경의 조성에 있다. 이를 위하여 추진된 내용은 다음의 <표 2-10>과 같다.

<표 2-10> 생물서식공간의 보전·창조를 위한 추진내용

- 우수조정지, 공원녹지를 대상으로 동·식물 서식공간화 사업추진
- 자연공생형 우수조정지 정비사업(현재 7개소 추진)
- Eco-Up(생물서식환경 배려하는 환경개선): 1998년도에 환경 에코업 마스터플랜 도입, 학교 비오톱과 기업녹지 등에 잠자리 주제 조성사업 추진

(6) 수환경 보전

수환경 보전의 목표는 물고기 등 다양한 생물이 살 수 있고 하천 및 바다에서 낚시나 물놀이 수변산책 등 시민이 즐거워 할 수 있도록 수환경을 보전하는 데에 있다. 동 목표를 달성하기 위하여 추진한 계획은 다음의 <표 2-11>과 같다.

<표 2-11> 수환경 보전을 위한 추진계획

- 사업장 규제 강화 : 하수재생수의 이용 촉진
- 하수처리수 (156만 m^3 /일) → 귀중한 수자원으로 인식/ 도시 녹지와 물(세사라기), 공공체육시설, 하천에 도입 활용, 전체의 2%인 1,140ton 활용

(7) 지구온난화 대책 추진

지구온난화 대책 추진의 목표는 다음과 같다.

첫 번째, 에너지의 합리적 이용과 친환경적 생활양식을 실천한다.

두 번째, 신에너지의 도입을 추진한다.

이와 관련하여 풍력발전사업(1980kw)과 태양광 발전사업, 학교, 공공시설 등 11개소, 개인주택 설치 시 보조금을 지급하였다(2005년, 318건 1030kw).

세 번째, 2010년의 목표달성지표를 CO₂ 배출량 6% 감소(1990년 기준)로 계획한다(목표 : 4.96ton - CO₂/1인). 이를 달성하기 위하여 도시열섬현상 분석연구

가 추진되었다. 도시열섬현상 분석연구를 위한 기온관측소가 2004년에 31개소였던 반면, 2005년에는 63개소로 확대되었다. 동 관측소의 도시열섬화 발생원(인공내열, 토지이용 상황 등) 자료는 도시열 환경지도 작성, 중점 추진지역 선정 및 대책 추진에 이용되었다.

3) 일본 요코하마시 코호쿠 뉴타운

가) 위치 및 개요

일본 요코하마시 코호쿠 뉴타운의 위치 및 도시 개요는 다음의 <표 2-12>와 같다.

<표 2-12> 일본 요코하마시 코호쿠 뉴타운의 개요

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 위 치 : 동경에서 25km, 요코하마 중심에서 12km • 행정구역 : 가나가와현 요코하마시 츠즈키(都筑)구 • 총 면 적 : 2,530ha, 시가화구역(1,317ha), 시가화조정구역(1,146ha), 기개발지구(63ha) • 인 구 : 계획초기인구 약 22만인, 세대수 5.6만호(2006년 6월 현재 약 13만인/4.9만호) |
|--|

나) 조성배경 및 계획이념

(1) 조성배경

1960년대 고도성장기 동경권의 인구집중으로 주변도시에서의 주택수요 급증, 난개발 방지 목적으로 주택공급 위주로 조성을 추진하였다.

(2) 계획이념

- 요코하마시의 난개발의 방지

- 도시농업의 확립 및 도시와 농촌의 조화
- 시민참여에 의한 마치즈쿠리
- 다기능 복합도시(개발 도중 추가)

다) 지구의 특징

동 지구는 코호쿠 1, 2지구와 타운센터가 되는 중앙지구로 구분되어 주택정비 공단이 시행하였다. 계획밀도는 코호쿠 1, 2지구가 22만인(167인/ha), 세대수 5만 6천 세대(43호/ha)였다.

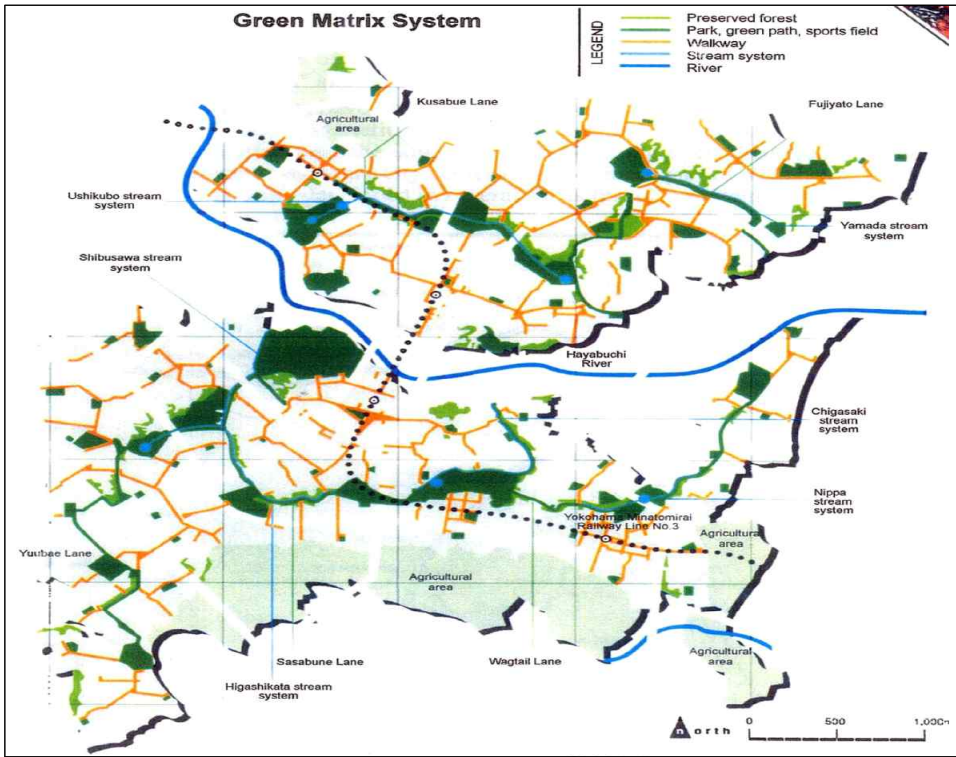
라) 토지이용계획

일본 코호쿠 뉴타운의 토지이용계획 범위는 총 2,530ha로, 공원이 121.9ha (9.3%, 5.54㎡인), 도로가 288.2ha(21.9%), 하천수로가 0.5ha, 택지가 879.8ha (67.8%) 등으로 계획되었다.

마) 그린 매트릭스 시스템(Green Matrix System)

그린 매트릭스 시스템은 녹지와 물 환경을 최대한 보존하고, 고향을 품게 하는 마을 만들기 사업의 일환으로 추진되었다.

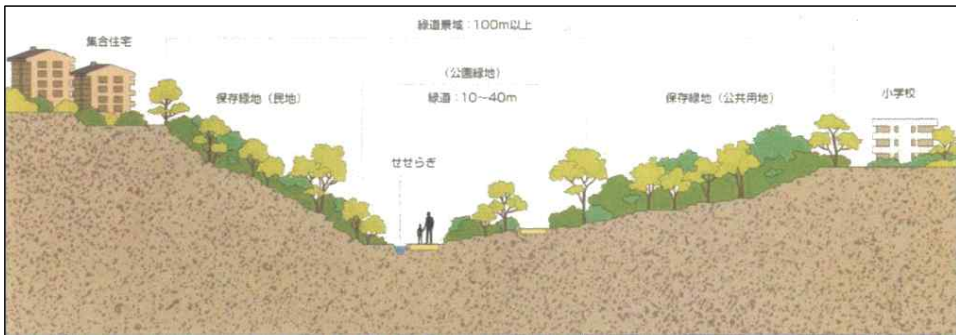
동 시스템은 단지 지구 내 녹도를 주 골격으로 하여 공동주택, 학교, 기업용지 등 Super Block의 경사면 수립이나 개인정원, 공원 녹지 등을 일체화 하도록 연속배치하고, 나아가 역사적 유산이나 수계와 결합시켜 전체 공간구성요소를 네트워크화 하였다(그림 2-7). 축이 되는 녹도는 지구 전체에 5개소로, 폭은 10~40m 정도이나 사면 녹지를 포함하는 곳은 100m 이상의 폭 이상이며 보조 녹지, 광장, 학교, 실개천, 연못 등의 오픈스페이스는 연속되어 있고, 이들 지역을 보행자 및 자전거 전용도로로 접로되어 인간과 자연의 공존을 실현시키고 있다.



자료: 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획. p.150.

<그림 2-7> 일본 코호쿠 신도시 생태네트워크 계획도

그린 매트릭스 단면구조는 다음의 <그림 2-8>과 같다.



자료: 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획. pp.151-160.

<그림 2-8> 일본 코호쿠 신도시의 그린 매트릭스 단면구조

일본 코호쿠 신도시의 공원은 신도시 전체를 대상으로 한 종합공원 1개소, 자연지형이나 식생을 도입한 지구공원 4개소, 근린공원 15개소, 어린이공원 65개소가 구성, 배치되어 있으며, 이들 공원은 면적의 약 50%를 수립이나 기존 지형을 보존하도록 설계하여 물과 녹지가 조화된 레크레이션의 장과 생물환경 보전의 장으로 기능하고 있다(그림 2-9).

녹도는 이들 공원들을 유기적으로 연결하며 소광장이나 휴식장소, 산책로, 능선길, 실개천길, 역사의 길 등 다양한 주제의 보행자 전용도로로 구성되어 있다.



자료: 일본 요코하마시, 2006. 환경보전기본계획. pp.151-160.

<그림 2-9> 일본 코호쿠 신도시의 공원녹도 평면도

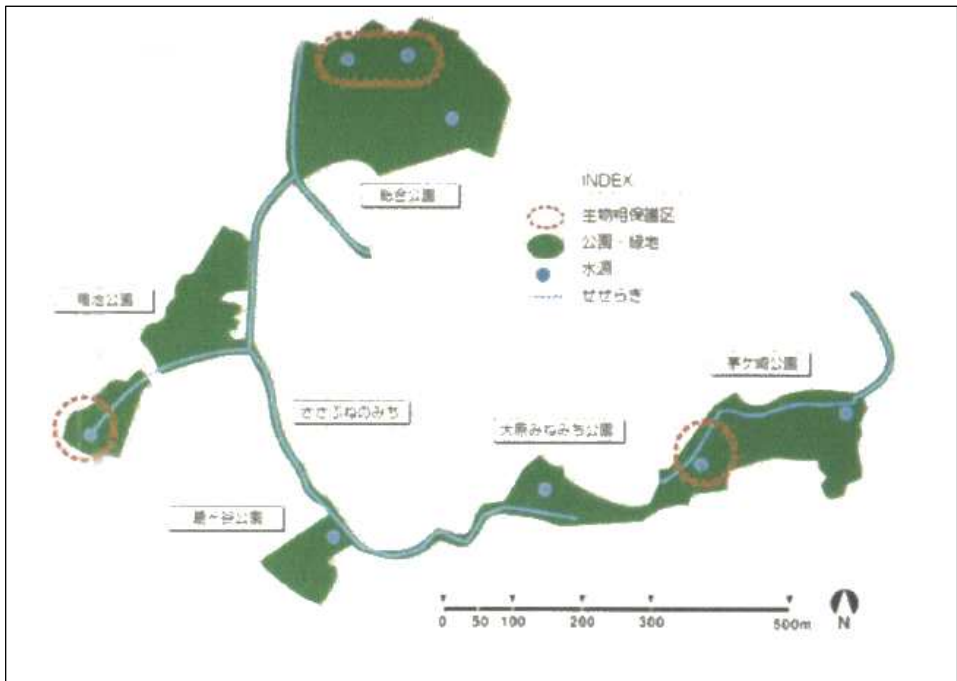
일본 코호쿠 신도시의 세사라기(실개천)는 지형경관의 특성을 살려 녹도의 가장 낮은 부분에 물이 흐르게 하여 물과 녹지가 어우러진 계곡경관을 보존·창출하였다. 전체 길이는 약 8km의 6개 수계(실개천)로 이루어져 있으며, 자연용수와 자연유하방식을 적용하였고, 거점마다 연못이 배치되어 어린이 물놀이장, 수환경 체험학습의 장, 새나 곤충 등 수변생물의 체험프로그램의 장소로 활용되고 있다.

일본 코호쿠 신도시의 보존녹지는 그린 매트릭스 시스템을 구성하는 중요

요소로서 상수리나무 등 2차림을 최대한 보전·활용하고 있는 사유림이다.

동 보존녹지는 개발이전 저지대의 경작지 주변에 잔존하던 잡목림으로 고향을 품는 마을 만들기의 주요 거점 역할을 하고 있다. 또한, 토지이용계획에서 보존녹지로 정해져 공공녹지와 일체화 되었으며 요코하마시의 「녹의 환경을 만들어 육성하는 조례」의 근거 하에 소유권은 인정되나 일정 규제를 받는 한편, 장려금 교부 등의 보상이 주어졌다.

일본 코호쿠 신도시의 생물상 보호구는 신도시 내 생물보전을 위한 계획지로 3개소를 지정·관리하고 있다(그림 2-10). 개발초기에는 생물종이 감소하다가 신도시 조성이 완료된 후에는 생물다양성이 증진되고 있다.



자료: 일본 요코하마시, 2006. 환경보전기본계획. pp.151-160.

<그림 2-10> 일본 코호쿠 신도시의 그린 매트릭스와 연계된 생물상 보호구 배치도

마. 소결 및 시사점

1) 지속가능한 신도시계획기준의 검토·분석

지속가능한 신도시계획기준에서의 복합기능 도시습지 관련 내용은 두 가지 측면에서 제시되어 있다.

경제적 지속성 관점으로 이는 개발사업의 경제성을 우선시하는 것으로서 주로 우수 유출 억제시설, 담수능력 배양 및 지하수 함양을 위한 녹지의 양적 확보, 저류지 및 다목적 조절지 등 다양한 저류공간의 조성 등을 통한 물순환체계 구축에 관한 것이다. 이러한 계획의 주요 내용이 실제적으로 반영된다면 가장 이상적인 물순환체계가 신도시 내에 구축될 수 있을 것으로 보이며, 나아가 복합기능의 도시습지로서의 역할도 병행할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 실제적으로는 도시홍수 배제차원에서 기존의 하천수계 중심의 치수대책이 실행될 뿐 하천수계 외 지역에서 어떠한 형태로든 우수 유출 억제 공간시설의 적용도 거의 이루어지고 있지 못한 실정이라 할 수 있다.¹¹⁾

따라서 신도시개발을 통해 증가되는 우수유출량의 일정 비율을 도시 내에서 붙잡기 위한 보다 실효성 있는 대책이 강구되어야 할 것으로 판단된다. 즉, 보다 구체적이고 정량적인 목표치를 설정하여 유역 및 도시개발 규모차원에서 수문학적 순환을 기준으로 목표치를 달성하기 위한 일정 규모의 저류공간의 확보를 강제할 필요가 있다.

환경적 지속성 측면에서 물순환체계의 도입을 권고하고 있으나 전술한 경제적 지속성 측면과는 거의 연계성 확보가 쉽지 않을 정도로 체계적이지 못한 것으로 판단된다. 주요 내용을 살펴보면 자연순응형 개발, 밀도, 에너지 이용 및 자원순환, 생태적 환경조성 항목으로 구분되어 있으나, 자연순응형 개발의 수변공간계획에서는 주로 기존의 하천수계 중심의 오픈스페이스 연계 개발 등을 제시하고 있을 뿐 유역 및 도시규모에서의 별도의 수변공간계획의 조성은 포함하고 있지 못하다. 오히려 공원 등의 오픈스페이스 배치 조차도 하천수계와 연계하도록 강제함으로써 신도시의 토지이용계획의 합리적인 공간구조의 배치와 연계된 주요 거점별 우수저류공간의 확보는 거의 실현되기 어려운 구조라

11) 한국토지공사. 2007. 송파거여지구택지개발사업 환경영향평가서(초안). p.15.

할 수 있다.

신도시 토지이용계획의 핵심기준이라 할 수 있는 개발밀도 측면에서도 대부분의 개발 사업이 중밀도(150인/ha 내외), 고밀도(200인/ha 초과) 위주로 추진됨으로써 물순환체계를 반영하고 가용할 수 있는 도시습지 거점공간의 확보가 원천적으로 불가능한 실정이라 할 수 있다. 물론 구체적인 기준으로서 용도별 면적 배분 계획과 용도별 입지배분의 원칙이 제시되어 있으나 일반적으로 구체성이 결여되어 있으며, 또한 저류공간의 내용은 포함되어 있지 못할 뿐만 아니라 잠재성이 있는 공원녹지용지의 경우도 기존 녹지가 잠식되지 않도록 한다는 수준이어서 물순환체계 구축과는 거의 연관성이 없는 상태이다.

한편, 에너지 이용 및 자원순환 측면에서 수자원의 효율적 이용방안을 제시하고 있으며, 여기에 우수, 중수, 하천수의 활용에 대한 일반적인 지침이 기술되어 있다. 주요 내용은 우수의 외부 유출 억제, 우수활용시설의 설치, 하천처리수 재이용, 실개천 확보 등 다양한 시설규모에서의 우수저류 및 활용방안 등이다. 그러나 현재의 신도시개발사업에서는 단편적으로 적용되고 있을 뿐 체계적이고 종합적인 물순환체계의 구축은 쉽지 않은 실정이다.

마지막으로 생태적 환경조성 측면으로서 공원녹지율의 경우 일정비율(20-25%)을 기준선으로 제시하고 있으나 경제적 관점에서 가능한 최소한의 기준을 달성하려 하고 있을 뿐만 아니라, 산림지역의 편입을 통한 양적인 목표치 달성에 머물러 있을 뿐이다. 공원녹지체계 형성에서도 일반적인 원칙만을 언급하고 있을 뿐 구체적인 기준은 제시되어 있지 못한 실정이고, 자연환경보전 측면은 생태공원, 수생태계 보전과 창출, 물길연계망, 단지 내외부의 연계 저류지 조성 등을 권고하고 있으나 실현가능성은 낮다.

종합적으로 보면 지속가능한 신도시계획기준은 물순환체계 구축 관련 다양한 유형의 우수저류 공간시설 등의 조성에 관한 일반적인 원칙을 포함하고 있으나, 종합적이고 체계적이며 보다 실효성 있는 구체적인 목표치 및 기준이 제시되어 있지 못한 상태이다. 더욱이 경제적 관점과 환경적 관점이 서로 통합되어 있지 못할 뿐만 아니라, 기존의 하천수계 중심의 치수대책이 아닌 실제적으로 도시공간구조를 활용한 도시물순환체계의

구축에 있어서는 많은 한계가 있는 것으로 판단된다.

2) 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침의 검토·분석

동 지침은 기후변화에 따른 자원 및 환경위기를 극복하고 저탄소 녹색성장 도시 공간을 조성하기 위하여 국토의계획및이용에관한법률에 따른 법제도적 적용기준을 제시한 것으로서, 기존 도시의 재정비 및 신도시 조성 시 도시습지의 공간적 적용을 위한 상위의 법제도적 기준이다. 동 지침은 명확한 목적과 적용범위, 원칙과 역할을 제시하였고, 특히 도시기본계획과정에서는 도시공간구조의 설정, 기타 기반시설계획, 대기 및 수환경의 보전, 공원녹지 측면에서 도시습지의 적용과 관련되어 있는 것으로 판단되며, 도시관리계획에서는 용도지구계획, 기반시설계획, 환경성 검토, 도시열섬현상 저감 측면과의 연관성이 높다고 할 수 있다.

구체적으로 기후변화에 따른 도심의 에너지사용의 저감 및 열섬현상 감소를 위한 세부적 토지이용계획 및 도시공간구조의 결정, 공원녹지를 포함한 수환경의 보전관리, 분산형 빗물관리시스템의 도입 등 물순환체계의 적용 등은 본 연구과제인 복합기능 도시습지의 기능과 적용에 있어 상위 기준 및 지침으로 평가할 만하다.

3) 광교신도시의 물순환체계 검토·분석¹²⁾

광교신도시의 경우, 초기 개발계획에서는 도시홍수 배제차원의 치수대책이 중점적으로 수립되었으나, 나중에 앞서 검토한 신도시계획기준에 따른 친환경도시로의 요구에 상응하는 환경상세계획이 수립되어 물순환체계계획이 추가되었다. 주요 내용은 우수유출량을 활용한 활용시스템 구축에 관한 것으로 신도시계획기준으로 반영 여부를 분석·평가하였다.

여기서는 구체적인 사업계획에 관한 것으로서 엔지니어링 프로세스에 따라 집수 구역별 우수유출량의 산정 및 저류지 규모의 결정, 자연배수체계에 의한 우수저류 및

12) 경기지방공사. 2008. 광교신도시 물순환체계 조성공사 기본설계보고서. p.88.

계곡수 활용시스템 구축, 단지 내 실개천 및 함양지 조성방안 등을 구체적으로 제시하였다. 먼저 우수유출량 산정의 경우 기존의 다양한 모델의 소개와 더불어 합리적인 산정방식을 적용하고 있으며, 자연배수체계를 고려한 확률강우에 의한 소유역별 저류지의 규모 산정 및 침투율을 고려한 지점의 선정, 그리고 다단계 우수저류시스템의 구축(주거단지와 근린공원, 하류의 저수지 활용) 등이 체계적으로 이루어졌다.

그러나 수원의 확보가 유역차원의 우수와 계곡수만을 활용하지 않고 하류의 저수지와 처리수의 재이용차원에서 상류의 소규모 함양지로의 펌핑에 의해 갈수기의 수원 공급을 고려한 점이 특징적이나, 이에 따른 비용의 발생문제와 하류의 저수지가 없는 경우의 적용에는 한계가 있을 것으로 판단되었다. 또한 상류에서 하류로 이어지는 유역차원의 저류지 확보시스템과 도시공간시설의 다양한 연계망 구축보다는 부분적으로 확보된 수원의 저류 및 조성된 실개천을 통한 유출을 목적으로 계획된 사례라 할 수 있다.

따라서 우수처리수의 수원 확보측면과 함께 도시공간을 통한 저류시스템의 구축 및 세부 시설기준 등은 일반적인 적용 가능성이 있는 것으로 판단되나, 집수역별 우수의 자연적인 유출방식과 저류특성을 고려하여 상류에서 하류로 이어지는 물순환체계와 도시공간시설 중심의 거점 저류시스템 확보, 우수 중심의 수원 및 유출·저류량의 산정 측면에서는 한계가 있는 것으로 판단된다.

4) 일본신도시의 물순환체계 검토·분석

일본의 도시환경정책과 신도시조성사업은 지속가능성의 원칙적용과 개발방식 및 밀도측면에서 우리나라의 경우와 뚜렷한 차이가 있는 것으로 판단되었다. 일본 요코하마시의 도시 환경상 및 기본시책에 따른 녹지와 물의 기본계획과 코호쿠 신도시에서의 적용사례를 검토한 결과, 자연과 접하는 정감 있고 편안한 도시만들기의 일환으로서 녹지와 물이 함께하는 거리만들기, 생물서식공간 및 양호한 도시경관의 보전 및 창조 등의 기본시책이 추진되고 있다. 구체적인 법정시책으로서 추진되고 있는 녹지와 물의 기본계획은 유역차원의 관리방식을 적용하면서 수환경과 녹지가

일체화 되도록 추진하는 것이 핵심내용이라 할 수 있다. 이를 위해서 녹지의 네트워크와 시가지로의 확산, 자연스러운 수환경 회복을 중점적으로 추진하고 있으며, 구체적으로 복합기능(생물서식공간 조성)의 우수조정지(저류지) 조성, 하수처리수(수자원)를 활용한 도시 녹지와 물의 일체화(세사라기) 조성사업이 시행되고 있었다.

일본 코호쿠 신도시의 적용사례를 살펴보면, 요코하마시의 난개발을 방지하고 근교 주택단지 및 다기능 복합도시 조성차원에서 추진되었는데, 녹지와 물이 일체화 되어 도심의 중심부를 관통하는 그린 매트릭스 시스템(Green Matrix System)으로 구축되었다. 이는 녹지와 물을 최대한 보존하고 고향을 품게 하는 마을 만들기 사업으로 추진되었으며, 구체적으로 단지지구 내 녹도를 주 골격으로 하여 공동주택, 학교, 기업용지 등 Super Block의 경사면 수림이나 개인정원, 공원녹지 등을 일체화하도록 연속배치하고, 나아가 역사적 유산이나 수계와 결합시켜 전체 공간구성요소를 네트워크화하였다. 축이 되는 녹도는 지구 전체에 5개소로, 폭은 10~40m 정도이나 사면 녹지를 포함하는 곳은 100m 이상이며 보조녹지, 광장, 학교, 실개천, 연못 등의 오픈스페이스는 연속되어 있고, 이들 지역을 보행자 및 자전거 전용도로로 접로되어 인간과 자연의 공존을 실현시키고 있다. 따라서 우리나라의 신도시의 물순환체계와는 달리 녹지와 물이 분리되지 않고 일체화되면서 연속적인 네트워크로 구축된다는 점이 가장 큰 차이점이라 할 수 있다. 물론 다양한 형태의 실개천이 선형통로 역할을 하고 있으나 저수지나 저류지, 심지어는 친수공간(수영장) 등의 거점 수공간이 연속되어 다양한 기능을 수행하고 있다는 점에서 기존의 자연배수체계(하천수계)와는 별도 조성된 물순환체계라 할 수 있다.

일본의 녹지와 물의 일체화계획을 통한 도시 오픈스페이스와의 연속성 확보는 물론 신도시 개발밀도(저밀도, 90-100인/ha)와 공원녹지의 양적 확보(9.3%, 5.54m²/1인) 등은 도시공간구조의 차별화를 가져왔으며, 궁극적으로 친환경적 도시 미래상을 실현시킬 수 있는 토대로 판단되었다. 이러한 신도시 토지이용계획에 따른 물순환체계 구축은 법제도적 기준이나 지침이라기보다는 선진국의 시민의식과 환경요구도를 반영한 지속가능성이라는 패러다임의 정착에서 비롯되었다고 볼 수 있다.

따라서 우리나라 신도시개발사업도 개발밀도를 줄이고 도시의 공간구조에 있어 녹지와 물순환 거점 공간의 확충 및 체계적인 배치 등을 통한 물순환체계를 구축할 시에 도시 홍수의 조절 및 친수와 생태 등 다양한 기능을 실현할 수 있는 도시습지를 창출할 수 있으며, 궁극적으로 도시환경의 쾌적성을 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 기존 신도시개발사업에서의 도시습지 복원·조성 대안

국내 신도시의 물순환체계계획은 유기적으로 연계되지 않은 파편적인 형태로 도입되어 왔다. 이는 물순환 개념에 대한 인식 부족과 물순환체계를 구축하도록 지원하는 근거법령이 미비하고, 구체적으로 참고할 만한 지침이 부재하기 때문이다. 따라서 이를 해결할 방안으로 우선 도시 내에 물순환체계를 구축할 수 있는 구체적인 도시습지 복원·조성지침이 마련되어야 한다. 더불어 동 지침의 적용을 위해 현행 법제도와와의 연계를 고려해 보아야 할 것이다.

이러한 통합적인 복합기능 도시습지 복원·조성방안이 도출된다면 첫 번째 도심에서도 자연과 인간이 상생하는 환경이 조성되고, 두 번째 과거 잠재된 도시의 원습지를 최대한 복원할 수 있으며, 세 번째 도시 내 물을 함양하는 각종의 수공간이 복원·조성되고, 네 번째 도시 수자원을 최대한 활용할 수 있고, 다섯 번째 도시 내에서 복원·조성된 도시습지가 복합기능을 창출하여 도시에서 발생하고 있는 각종의 문제를 해결하면서 고탄소, 고밀도의 신도시개발이라는 기존 관행을 개선하고 도시민의 삶의 질의 향상을 이룰 수 있을 것이다.

Ⅰ 제3장 · 복합기능 도시습지의 유형별 체계 Ⅰ

1. 개요

복합기능 도시습지는 핵심 물순환체계 요소로서 이·치수형 물순환 기능, 미기후 조절기능, 수질정화기능, 생물서식공간 기능, 친수공간 및 휴양 기능, 생태체험 및 교육기능 등을 복합적으로 수행하는 미래 녹색도시 건설에 있어서 매우 중요한 요소이다.

본 장에서는 국내외 도시개발사업에서 채택된 다양한 형태의 도시물순환체계 요소들을 조사·분석한 후, 이들 물순환체계 요소들 중 복합기능 도시습지의 범주에 해당하는 물순환체계 요소를 기능과 유형에 따라서 체계화하고자 한다.

복합기능 도시습지는 도시습지의 일반적인 기능 및 유형에 따라 자연수계 연계 도시습지, 우수 활용 연계 도시습지, 도시 수자원관리 관련 도시습지, 친수·심미 관련 도시습지, 생태 관련 도시습지 등 5가지 유형체계로 분류된다. 각 유형별 도시습지체계의 세부적 체계, 유형 및 기능은 다음 절에 제시하였다.

2. 유형별 체계

가. 자연수계 연계 도시습지체계

자연수계 연계 도시습지로는 자연적으로 형성된 자연호수, 자연연못, 폭포 및 폭포, 하천, 여울, 실개천, 자연습지, 논습지 등이 있다(표 3-1).

①번의 자연호수는 수자원을 저장하고, 갈수기 시 부족한 수량을 공급하거나 생물서식공간 및 인근 주민들에게 친수·심미적 공간을 제공한다. 자연호수의 경우,

유입구와 유출구를 설치한 후 이를 인공수로와 연계시키면 자연호수에 저장된 대규모의 수원을 활용할 수 있다.

②번의 자연연못은 수자원 저장, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행하며, 자연습지, 하천, 자연호수 등과 동일하게 인공수로 등 주변 도시습지체계와 연계시켜 수원을 제공할 수 있다.

③번의 폭포 및 폭호¹³⁾는 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다.

④번의 도심 내 하천은 도시습지체계의 유지를 위한 대규모의 수원 공급, 생물서식공간 제공 및 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다.

⑤번의 여울은 자연수로, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 자연의 흐름을 그대로 살린 여울은 주변 도시습지체계와 연계시켜 자연수로의 역할을 수행할 수 있다.

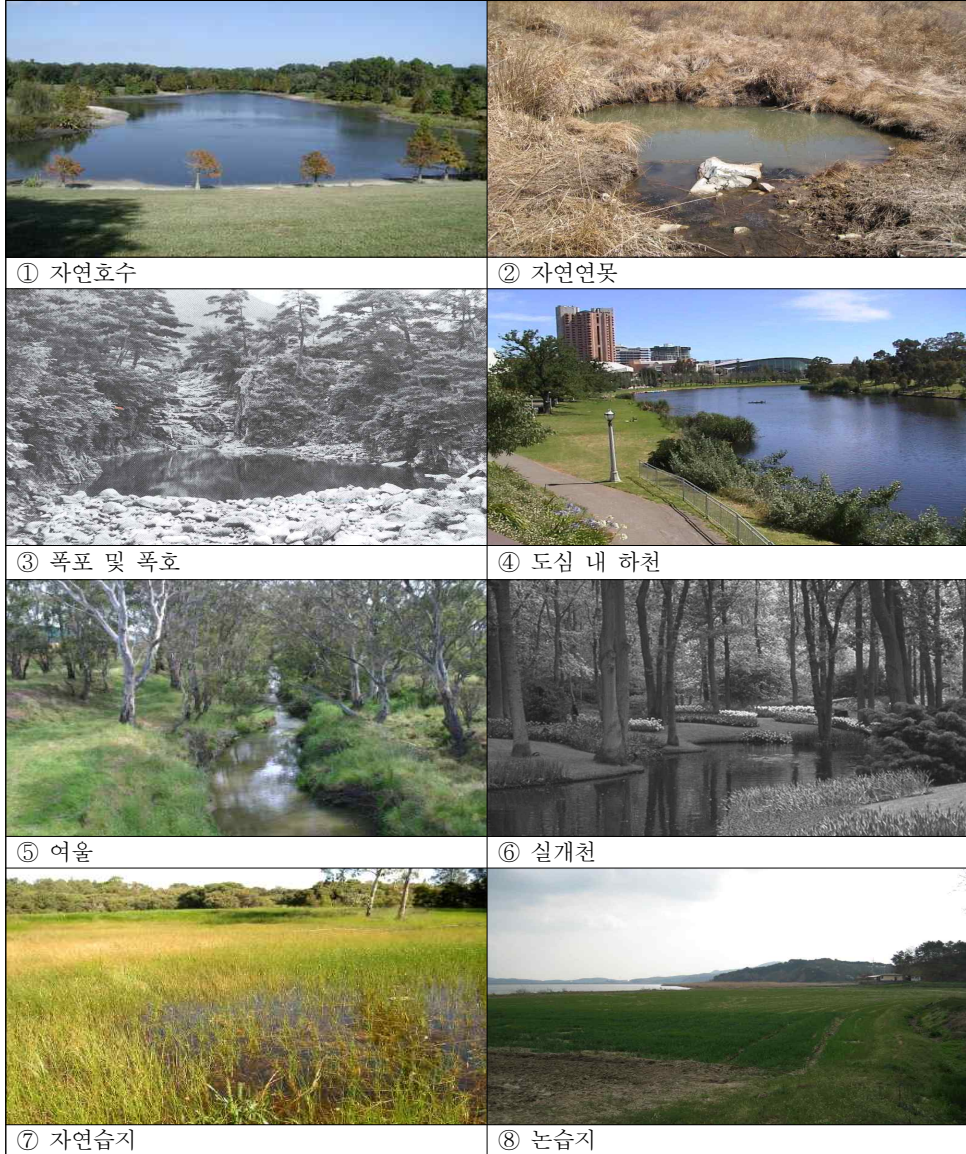
⑥번의 실개천은 자연수로, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 여울과 동일하게 주변 도시습지체계와 연계시켜 자연수로의 역할을 수행할 수 있다.

⑦번의 자연습지는 수자원 저장, 홍수조절, 생물서식공간 제공, 생태교육 등의 기능을 수행한다. 자연습지는 인공수로 등 주변 도시습지체계와 연계시켜 수원 공급 역할을 할 수 있다.

⑧번의 논습지는 수자원 저장, 홍수조절, 생물서식공간 제공, 벼 생산 등의 기능을 수행한다.

13) 권혁재(2001)는 폭호란 “폭포 밑에 하상이 깊게 파인 웅덩이” 라고 정의 내린 바 있다.

<표 3-1> 자연수계 연계 도시습지체계



자료: Engineers Australia. 2006. *Australian Runoff Quality: A guide to Water Sensitive Urban Design*. Chapter 8/14. ①:p.21/⑤:p.27/③,⑥:p.33.

(주)태영건설. 2008. 인천청라지구 주운시설 건설공사 기본설계보고서. 한국토지공사. ④:p.239. 권혁재. 2001. 「지형학 제4판」. 범문사. ⑧:p.80.

개인자료. ⑦

나. 우수 활용 연계 도시습지체계

우수 활용 연계 도시습지로는 식생필터·인공집수파이프가 연계된 우수연못, 식생필터가 연계된 우수연못, 우수집수탱크·지하우수로와 연계된 우수연못, 우수저류지, 도로변 우수집수용 인공파이프와 연계된 우수저류지, 인공우배수로, 우수저류용 잔디도랑(Bioretention Swale), 도로변 우수유입구, 빗물가든, 우수저장탱크, 주거지와 연계된 우수시스템 등이 있다(표 3-2).

①번의 우수연못은 지표면 유출을 억제하고 홍수조절, 우수저류 및 수자원 저장, 생물서식공간 제공, 생태교육 제공 등의 기능을 수행한다. 지표면 유출수를 집수하는 연못을 조성한 후, 이를 수로와 연계시키고 수로의 유출구를 우수연못으로 배치시켜 우수를 집수·저장하여 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

①번보다 발달된 우수집수시스템인 ②번 식생필터가 연계된 우수연못의 경우, 수로의 유출구를 주변 식생대로 배치시켜 우수를 집수할 뿐만 아니라 식생필터를 통해 자연적으로 우수의 수질을 정화할 수 있다.

③번 우수연못은 우수집수탱크, 지하우수로와 연계하여 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

④번 우수저류지는 우수를 저류·저장하고 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 단지 주변의 녹지에 강우 시 우수를 저류·저장하여 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑤번 도로변 우수저류지는 강우 시 도로변에서 유출되는 돌발성 홍수를 예방하고 우수를 일시적으로 저류하여 홍수조절, 수자원 저장 등의 기능을 수행한다. 도로변에 집수시설을 설치하고 이를 여러 개의 저류지와 연계시켜 우수를 저장·정화시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑥번 인공우배수로는 강우 시 불투수 포장면으로 인한 돌발성 홍수에 대비하고, 우수집수·이동 등의 기능을 수행한다.

⑦번 우수저류용 잔디도랑은 도로변에 옴직한 형태의 녹지로 조성하여 강우 시 도로변의 유출을 일시적으로 저류하는 완충지 역할을 수행하며, 녹지 중앙에 설치된 인공 우수유입구는 우수 저류, 우수 저장, 홍수조절 등의 기능을 제공한다.

⑧번 인공 우수유입구는 강우 시 불투수 포장면에서의 돌발성 홍수를 조절하고 우수를 저류·저장하는 기능을 제공한다.

⑨번 빗물가든은 우수저류지, 우수의 수질정화, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 제공한다. 주거지 주변에 식생이 식재된 빗물가든을 조성하여 우수를 집수하고 식생을 통해 우수를 정화시킨 후, 정화된 물은 수원으로 도시 내 활용될 수 있다.

⑩번 우수저장탱크는 강우 시 주거지에 발생하는 우수를 저장·활용하는 기능을 제공한다. 주거지에 우수저장탱크를 설치하여 우수를 집수·활용할 수 있다.

⑪번 주거지와 연계된 우수시스템은 주거지에서 우수를 집수하여 지역의 열섬현상 완화 및 수자원 저장·공급처 역할을 수행한다. 주거지에 일련의 우수시설을 설치하여 우수를 집수·활용할 수 있다.

<표 3-2> 우수 활용 연계 도시습지체계(계속)

<p>Filter strip Impervious surface Drainage pipe Check dam used to promote uniform flow over filter strip</p>	<p>Filter strip Impervious surface Check dams used to promote uniform flow over buffer strip</p>
<p>① 식생필터·인공집수파이프가 연계된 우수연못</p>	<p>② 식생필터가 연계된 우수연못</p>
<p>Swale drain Underground stormwater pipe</p>	
<p>③ 우수집수탱크·지하우수로와 연계된 우수연못</p>	<p>④ 우수저류지</p>
<p>⑤ 도로변 우수집수용 인공파이프와 연계된 우수저류지</p>	<p>⑥ 인공우배수로</p>

자료: Victorian Stormwater Committee. 2006. *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines*. CSIRO PUBLISHING. ①:p.222/②:p.221/③:p.223.
 Water by Design. 2009. *Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design Version 1*. South East Queensland Healthy Waterways Partnership. ④:p.113.
 Water by Design. 2009. *Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design Version 1*. South East Queensland Healthy Waterways Partnership. ⑤:p.32.
 대한주택공사. 2007. 파주운정지구 택지개발사업 제1종 지구단위계획. ⑥:p.101.

<표 3-2> 우수 활용 연계 도시습지체계

<p>⑦ 우수저류용 잔디도랑(Bioretention Swale)</p>	<p>⑧ 도로변 우수유입구</p>
<p>⑨ 빗물가든</p>	<p>⑩ 우수저장탱크</p>
<p>⑪ 주거지와 연계된 우수시스템</p>	

자료: Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. ⑦:p.98.
 Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. ⑧:pp.5-33.
 Melbourne Water Corporation. 2006. *Stormwater Sensitive Homes: Raingardens*. Melbourne Water. ⑨:p.2.
 Melbourne Water Corporation. 2006. *Stormwater Sensitive Homes: What is a Water Sensitive Home?*. Melbourne Water. ⑩:p.2.
 Boubli,D., F.Kassim. 2003. *Comparison of Construction Costs for Water Sensitive Urban Design and Conventional Stormwater Design*. ⑪:p.4.

다. 도시 수자원관리 관련 도시습지체계

도시 수자원관리 관련 도시습지로는 수질정화습지, 우회수로와 연계된 인공습지, 퇴적분지, 천변저류지, 도로변에 조성된 완충습지 및 실개천, 실개천과 연계된 도로변 저류지, 도로변에 설치된 유입구 및 지하수로, 홍수위 조절형 실개천, 상시저류녹지, 주거지변 완충녹지, 도로변 완충녹지, 도로변 저류시설(유입구) 등이 있다(표 3-3).

①번의 수질정화습지는 수질정화, 우수저류, 수자원 저장고 등의 기능을 수행한다. 주변 물순환시설에서 집수·이동된 수자원의 수질을 자연적으로 정화시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

②번의 우회수로와 연계된 인공습지는 우수저류·이동, 수자원 저장, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 인공습지에 우회수로를 연계하여 습지 내 저류된 수자원을 주변 물순환시설과 연계시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

③번의 퇴적분지는 유실된 토사의 퇴적, 수자원 저장 등의 기능을 수행한다. 토사 유실이 자주 발생하는 호소에 퇴적분지를 조성하여 퇴적물질을 1차적으로 걸러내는 역할을 수행할 수 있다.

④번의 천변저류지는 홍수조절, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 하천 주변에 저류지를 조성하여 하천범람 시 일시적으로 다량의 물을 저류할 수 있다. 특히 천변저류지 주변에 식생을 식재하여 토양유실을 방지하고, 측면에 자연제방을 조성하여 홍수 시 범람에 대비할 수 있다.

⑤번의 도로변에 조성된 완충습지는 강우 시 도로변에서 유출되는 돌발성 홍수를 예방하고 우수저류·저장 등의 기능을 수행한다. 도로변에 완충습지를 조성하여 도로 지표면에서 발생하는 유출수를 일시적으로 저류하고, 저류된 유출수는 인근 실개천에 유하시켜 우수를 집수·이동시킴으로써 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑥번의 실개천과 연계된 도로변 저류지는 강우 시 도로변에서 유출되는 돌발성 홍수를 예방하고 우수저류·이동 등의 기능을 수행한다. 도로변에 집수통을 설치하여 소형 저류지와 연계시켜 유출수를 대량 저류하고 이를 주변 실개천과 연계시켜 돌발성 홍수 및 유량의 급증에 대비할 수 있다.

⑦번의 도로변에 설치된 유입구 및 지하수로는 우수집수·저장·이동 등의 기능을 수행한다. 도로변에 유입구를 설치하여 도로 지표면의 유출수를 저류하고, 이를 지하수로와 1차로 연계시킨 후 2차로 주변 물순환시설로 수원을 이동·저장시킴으로써 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑧번의 홍수위 조절형 실개천은 홍수조절, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 실개천의 저수위, 고수위를 고려하여 실개천 양안에 자연제방을 높이 조성하고 대상지역의 식생을 식재하여 토양이 유수에 의해 유실되지 않도록 한다.

⑨번의 인공수로는 우수집수·저장·이동, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 직강화된 형태가 아닌 도시하천의 자연지형 및 자연유하를 유지하여 조성하고 수원을 집수·이동시킴으로써 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑩번의 농수로는 논의 물 공급처, 홍수조절, 우수집수·저장·이동 등의 기능을 수행한다. 농경지 주변에 수로를 조성하여 농번기 시 논에 물을 공급하고, 강우 시 우수집수·이동시킴으로써 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

⑪번의 상시저류녹지(Bioretention)는 평상시에 녹지 환경으로 존재하다가 강우 시에 일시적으로 우수를 저류하고, 심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 도로변에 강우 시 우수를 상시적으로 저류할 수 있는 녹지를 조성하여 우수를 상시 저류하고 저장시킴으로써 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.




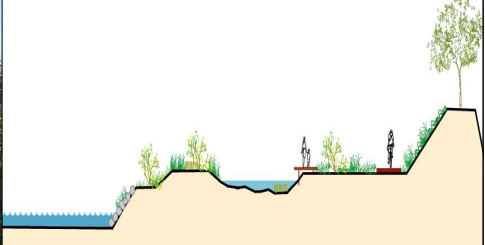
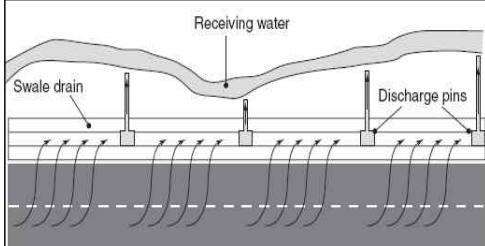
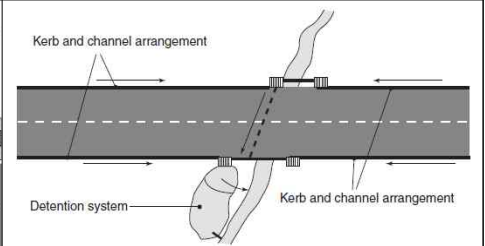
⑫번의 주거지변 완충녹지는 우수저류, 심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 주거지와 도로변 사이에 완경사의 오목한 저류녹지를 조성하여 강우 시 주거지변의 돌발성 홍수에 대비할 수 있다.

⑬번의 도로변 완충녹지는 우수저류, 심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 도로변에 완충녹지를 조성하여 강우 시 도로변의 유출수를 일시적으로 저류함과 동시에

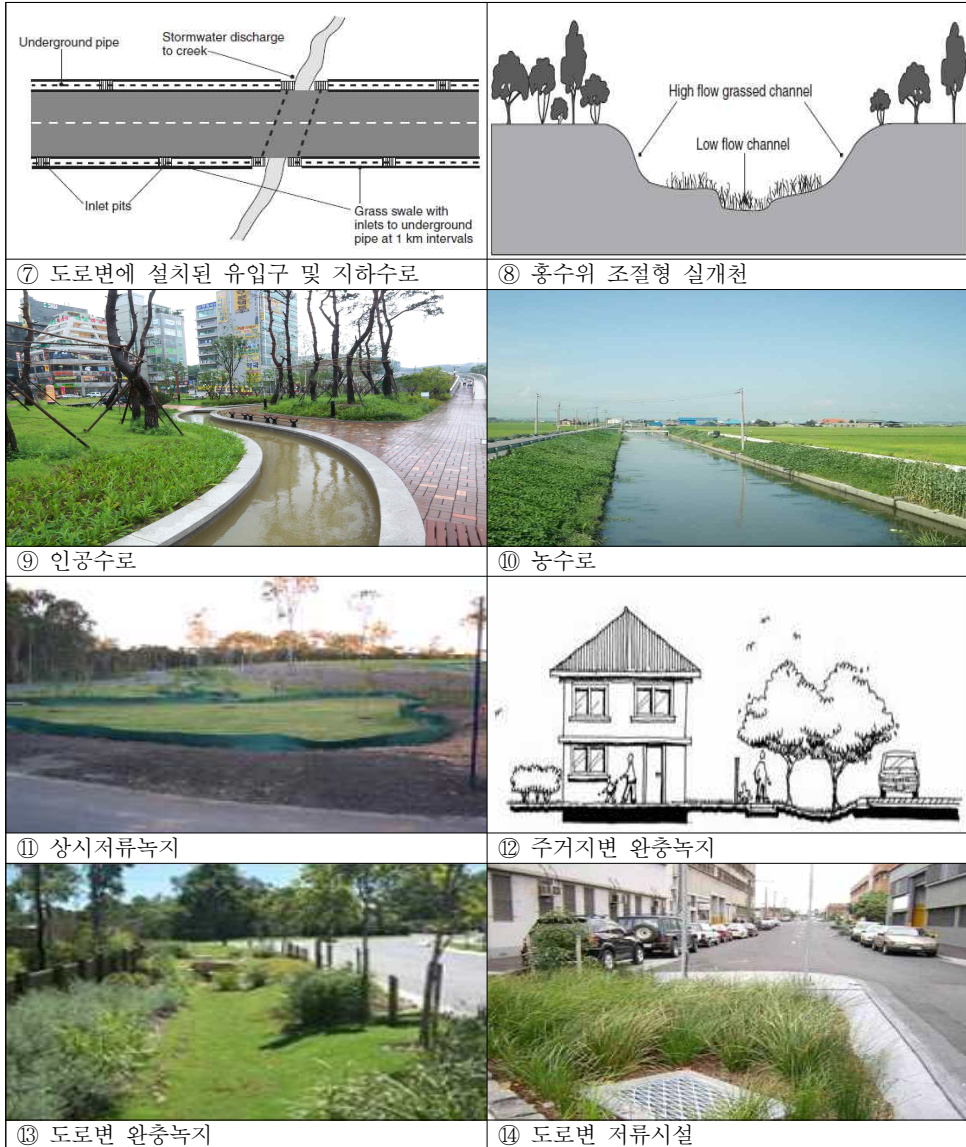
도시민들에게 심미적인 녹지공간을 제공할 수 있다.

⑭번의 도로변 저류시설(유입구)은 우수집수, 강우 시 도로변의 돌발성 홍수조절 등의 기능을 수행한다. 도로변에 유입구를 설치하여 우수를 집수·저장시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있고, 강우 시 도로변의 돌발성 홍수에 대비할 수 있다.

<표 3-3> 도시 수자원관리 관련 도시습지체계(계속)

	
<p>① 수질정화습지</p>	<p>② 우회(Bypass)수로와 연계된 인공습지</p>
	
<p>③ 퇴적분지</p>	<p>④ 천변저류지</p>
	
<p>⑤ 도로변에 조성된 완충습지 및 실개천</p>	<p>⑥ 실개천과 연계된 도로변 저류지</p>

<표 3-3> 도시 수자원관리 관련 도시습지체계



자료: Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. ①:p.120/②:p.218/③:p.145/⑪:p.180/⑫:p.32/⑬:p.48/⑭:p.189.

Victorian Stormwater Committee. 2006. *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines*. CSIRO PUBLISHING. ⑤,⑦:p.223/⑥:p.225/⑧:p.226.

대한주택공사. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사. ④:p.33.

개인자료. ⑨,⑩.

라. 친수·심미 관련 도시습지체계

친수·심미 관련 도시습지체계에는 인공호수, 인공습지, 단지 내 친수·심미형 저류연못, 인공폭포, 바닥분수, 친수형 하천, 심미형 인공실개천, 계류형 하천 인공시설, 인공습지 관찰테크, 심미형 수처리시설 등이 있다(표 3-4).

①번의 인공호수는 수자원을 저장·공급하는 기능을 수행한다. 인공호수에 실개천을 연계시켜 호수의 수원을 이동시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

②번의 인공습지는 우수저류, 수자원 저장, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 인위적으로 습지를 조성하여 강우 시 우수를 저류·저장시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

③번의 단지 내 친수·심미형 저류연못은 우수저류, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 단지 내에 인위적으로 연못을 조성하여 강우 시 우수를 저류·저장시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있다.

④번의 인공폭포는 친수·심미공간 제공 기능을 수행한다. 주변 물순환시설을 인공폭포에 연계시켜 수원을 지속적으로 공급하여 도시민들에게 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑤번의 바닥분수는 친수·심미공간 제공 기능을 수행한다. 도로변 인공 실개천과 연계시켜 바닥분수 공간을 창출하여 도시민들에게 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑥번의 친수형 하천은 우수저류, 수자원 이동, 생물서식공간 제공, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 강우 시 우수를 일시 저류함과 동시에 주변 물순환시설로 수원을 이동시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있고, 동·식물들에게 생물서식공간을 제공하고 느린 유속 및 저수위 형태로 조성하여 아이들을 위한 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑦번의 심미형 인공실개천은 인공수로 역할, 친수·심미공간 제공 등의 기능을

수행한다. 주변 물순환시설과 연계시켜 물을 이동시켜 도시 내 수원으로 활용할 수 있고, 자연형 계류의 형태로 조성될 경우, 도시민들에게 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑧번의 계류형 하천 인공시설은 친수·심미공간 제공 기능을 수행한다. 주거지역에 계류형의 하천흐름을 반영한 하천 인공시설을 조성하여 도시민들에게 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑨번의 인공습지 관찰데크는 생태교육, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 수행한다. 인공습지를 조성하고 이를 가까이 관찰할 수 있도록 관찰데크를 설치하여 도시민들에게 생태교육, 친수·심미공간을 제공할 수 있다.

⑩번의 심미형 수처리시설은 수자원 관리, 수질정화 등의 기능을 수행한다. 단지 외곽에 수처리시설을 설치하여 수질정화, 수원 공급·관리 등 해당 지구의 수원을 총체적으로 제어·관리할 수 있다.

<표 3-4> 친수·심미 관련 도시습지체계(계속)



<표 3-4> 친수·심미 관련 도시습지체계



자료: 대한주택공사. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사 실시설계(발표자료). ①:p.12/④,⑤, ⑦:p.36/⑥:p.37/⑩:p.23.

Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. ②:p.230/③:p.85.
 Water by Design. 2009. *Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design Version 1*. South East Queensland Healthy Waterways Partnership. ⑧:p.32.
 Engineers Australia. 2006. *Australian Runoff Quality: A guide to Water Sensitive Urban Design*. Chapter 8,14. ⑨:p.21.

마. 생태 관련 도시습지체계

생태 관련 도시습지체계에는 수생식물이 식재된 습지, 수생식물 및 인공부도섬이 설치된 습지, 하천변 조류서식지, 어류산란장이 조성된 습지, 맹꽁이 등 양서류 서식처가 조성된 습지, 잠자리 등 곤충 서식처가 조성된 습지 등이 있다(표 3-5).

①번의 수생식물이 식재된 습지는 수질정화, 생물서식공간 제공, 생태교육 제공 등의 기능을 수행한다. 대상지역에 자생하는 수생식물을 습지에 식재하여 수질을 정화하고 조류, 양서류, 곤충류 등의 생물서식공간을 제공하여 주민들에게 생태교육의 장소로서 이용될 수 있다.

②번의 수생식물 및 인공부도섬이 설치된 습지는 수질정화, 조류의 임시 휴식처 제공 등의 기능을 수행한다. 습지에 수생식물을 식재하고 인공부도섬을 설치하여 조류의 임시 휴식처를 제공할 수 있다.

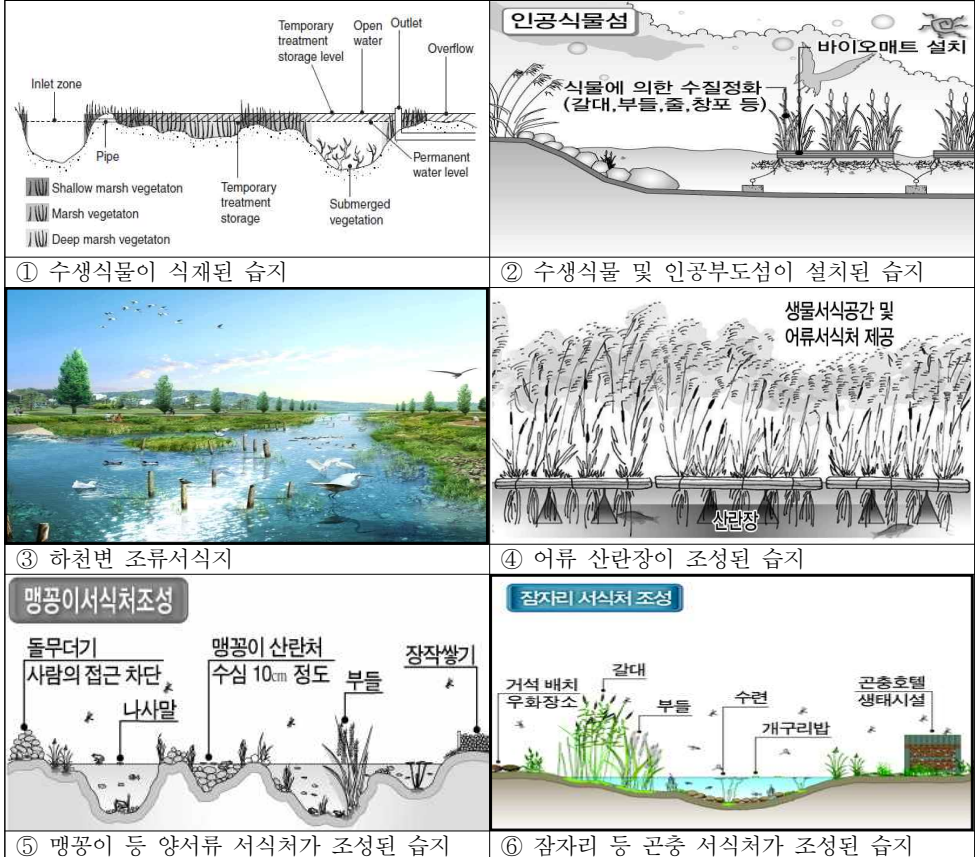
③번의 하천변 조류서식지는 조류의 서식처 제공, 먹이처 제공 등의 기능을 수행한다. 하천변에 갈대를 식재하여 조류서식지 및 먹이환경을 조성할 수 있다.

④번의 어류 산란장이 조성된 습지는 습지에서 서식하는 어류들의 번식지 제공 기능을 수행한다. 습지에 어류산란장을 조성하여 어류들의 번식지를 제공할 수 있다.

⑤번의 맹꽁이 등 양서류 서식처가 조성된 습지는 양서류의 서식지, 산란지, 동면지, 먹이처 제공 등의 기능을 수행한다. 습지에 돌무더기, 맹꽁이 산란처, 수생식물인 부들 등을 조성·식재하여 양서류의 서식처를 제공할 수 있다.

⑥번의 잠자리 등 곤충 서식처가 조성된 습지는 곤충류의 서식처 제공 기능을 수행한다. 습지에 돌무더기, 수생식물 등을 식재하여 곤충류의 서식처를 제공할 수 있다.

<표 3-5> 생태 관련 도시습지체계



자료: Victorian Stormwater Committee. 2006. *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines*. CSIRO PUBLISHING. ①:p.210.

(주)태연건설. 2008. 인천청라지구 주운시설 건설공사 기본설계보고서. 한국토지공사. ②:p.238.

대한주택공사. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사 실시설계(발표자료). ③:p.37/

⑤:pp.6-167/ ⑥:p.64.

(주)한양. 2008. 광고신도시 물순환체계 조성공사 실시설계. ④:p.15.

3. 소결

호주에서는 도시지역의 효과적인 물관리 및 이용, 환경개선을 위한 빗물가든, 저지대, 자연배수시스템, 실개천, 습지공원, 수로 등 다양한 시설을 물순환체계에 도입·조성하고 있으며, 관련 연구 및 기술개발도 활발하게 이루어지고 있다. 이에 반해 국내에서는 우수 중심의 물순환체계 연구 및 물순환체계 기반의 도시개발사업이 시도된 바 있으나, 실효성 있는 물순환체계에 대한 유형 정립 및 체계화 연구는 아직 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 물순환체계를 구성하는 각 유형들을 세부적으로 조사·분류하여 복합기능 도시습지체계의 유형을 제시하고자 하였다.

복합기능 도시습지체계는 도시습지의 기능 및 유형에 따라 자연수계 연계 도시습지체계, 우수 활용 연계 도시습지체계, 도시 수자원관리 관련 도시습지체계, 친수·심미 관련 도시습지체계, 생태 관련 도시습지체계 등 5가지 체계로 분류하였다. 각 도시습지체계의 유형, 역할, 중요성은 다음과 같다.

자연수계 연계 도시습지체계로는 자연호수, 자연연못, 폭포 및 폭호, 하천, 여울, 실개천, 자연습지, 논습지 등이 있다. 동 습지체계는 도시물순환체계의 유지·운영에 필요한 수원의 대부분을 공급하는 습지체계로, 도시습지체계 중에서 가장 중요한 역할을 하고 있다.

우수 활용 연계 도시습지체계로는 식생필터·인공집수파이프가 연계된 우수연못, 식생필터가 연계된 우수연못, 우수집수탱크·지하우수로와 연계된 우수연못, 우수저류지, 도로변 우수집수용 인공파이프 및 우수저류지, 인공우수로, 우수저류용 잔디도랑, 도로변 우수유입구, 빗물가든, 우수저장탱크, 주거지와 연계된 우수시스템 등이 있다. 동 습지체계는 강우 시 도로변, 주거지변에서 유출되는 유출수를 일시적으로 저류하여 돌발성 홍수를 예방하고 저류된 우수를 도시 내 수원으로 공급하는 습지체계로, 수원이 부족한 도시에서 활용할 수 있다.





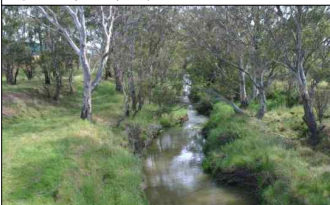
도시 수자원관리 관련 도시습지체계에는 수질정화습지, 우회수로와 연계된 인공습지, 퇴적분지, 천변저류지, 도로변에 조성된 완충습지 및 실개천, 실개천과 연계

된 도로변 저류지, 도로변에 설치된 유입구 및 지하수로, 홍수위 조절형 실개천, 인공수로, 농수로, 상시저류녹지, 주거지변 완충녹지, 도로변 완충녹지, 도로변 저류시설(유입구) 등이 있다. 동 습지체계는 강우 시 불투수포장면에서 유출되는 돌발성 홍수를 예방하고 하천의 수위를 조절하여 범람하는 수원을 주변 물순환시설로 이동시키는 등 도시물순환체계를 종합적으로 관리한다.




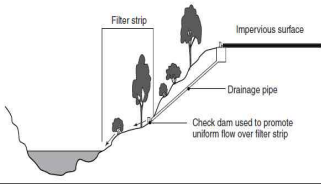
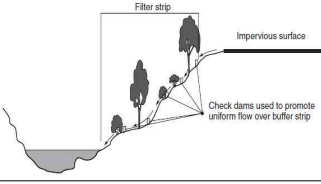
친수·심미 관련 도시습지체계에는 인공호수, 인공습지, 단지 내 친수·심미형 저류연못, 인공폭포, 바닥분수, 친수형 하천, 심미형 인공실개천, 계류형 하천 인공시설, 인공습지 관찰데크, 심미형 수처리시설 등이 있다. 동 습지체계는 우수저류, 수자원 저장뿐만 아니라 도시민들에게 친수 및 심미공간을 제공하여 삶의 질을 풍요롭게 한다.

생태 관련 도시습지체계에는 수생식물이 식재된 습지, 수생식물 및 인공부도섬이 설치된 습지, 하천변 조류서식지, 어류산란장이 조성된 습지, 맹꽁이 등 양서류 서식처가 조성된 습지, 잠자리 등 곤충 서식처가 조성된 습지 등이 있다. 동 습지체계는 도시 내 동·식물들에게 서식처, 먹이처, 산란처 등을 제공함과 동시에 도시민들에게 생태체험 및 교육의 공간을 제공한다.

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형 종합

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
자연수계 연계 도시습지체계	 <p>① 자연호수</p>	<p>자연호수는 수자원을 저장하고, 갈수기 시 부족한 수량을 공급하거나 생물서식공간 및 인근 주민들에게 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>② 자연연못</p>	<p>자연연못은 수자원 저장, 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>③ 폭포 및 폭호</p>	<p>폭포 및 폭호는 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>④ 도심 내 하천</p>	<p>도심 내 하천은 도시습지체계의 유지를 위한 수자원 저장 및 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑤ 여울</p>	<p>여울은 자연수로, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	


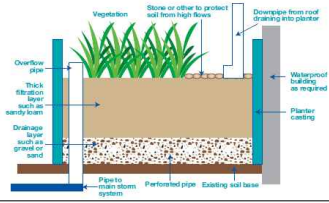

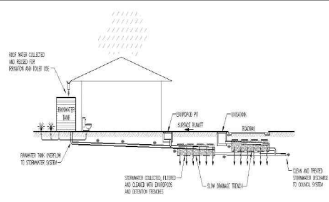

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
자연수계 연계 도시습지체계	 <p>⑥ 실개천</p>	<p>실개천은 자연수로, 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑦ 자연습지</p>	<p>자연습지는 홍수조절, 우수저류, 생물서식공간, 생태교육 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑧ 논습지</p>	<p>논습지는 벼 생산, 조류서식지, 기타 생물서식공간, 홍수조절, 우수저류 등의 기능을 제공함</p>	
우수 활용 연계 도시습지체계	 <p>① 식생필터 및 집수파이프가 연계된 우수연못</p>	<p>식생필터 및 집수파이프가 연계된 우수연못은 강우 시 지표면 유출을 집수파이프로 이동시켜 홍수조절, 우수저류 및 수자원 저장, 생물서식공간, 생태교육 등의 기능을 제공함과 동시에 식생필터를 통하여 자연적으로 우수의 수질을 정화함</p>	
	 <p>② 식생필터가 연계된 우수연못</p>	<p>식생필터가 연계된 우수연못은 식생필터를 통해 정화된 우수를 집수하여 수자원 저장, 생물서식공간, 생태교육 등의 기능을 제공함</p>	



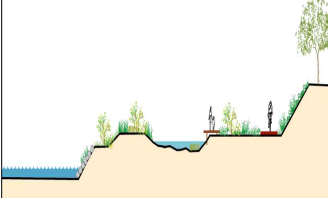
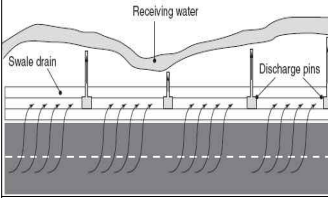
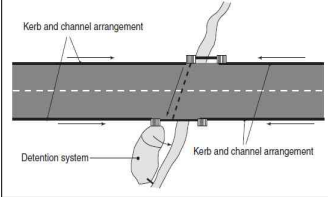
<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
우수 활용 연계 도시습지체계	 <p>③ 우수집수탱크 및 지하우수로와 연계된 우수연못</p>	<p>우수집수탱크 및 지하우수로와 연계된 우수연못은 도로변의 돌발성 강우를 우수집수탱크를 통하여 저류한 후 지하우수로를 거쳐 우수연못으로 저류함</p>	
	 <p>④ 우수저류지</p>	<p>우수저류지는 습지와 비슷한 형태로 우수를 저류·저장하고 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑤ 도로변 우수집수용 인공파이프와 연계된 우수저류지</p>	<p>도로변 우수저류지는 강우 시 도로변에서 유출되는 돌발성 홍수를 예방하고 우수를 일시적으로 저류하여 홍수조절, 수자원 저장 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑥ 인공우배수로</p>	<p>인공우배수로는 우수집수·이동 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑦ 우수저류용 잔디도랑</p>	<p>우수저류용 잔디도랑은 도로변에 오목한 형태의 녹지로 조성하여 강우 시 도로변의 유출을 일시적으로 저류하는 완충지 역할을 수행하며, 녹지 중앙에 설치된 인공 우수유입구는 우수저류, 우수 저장, 홍수조절 등의 기능을 제공함</p>	

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
우수 활용 연계 도시습지체계	 <p>⑧ 도로변 우수유입구</p>	<p>인공 우수유입구는 강우 시 불투수 포장면에서의 돌발성 홍수를 조절하고 우수를 저류·저장하는 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑨ 빗물가든</p>	<p>빗물가든은 우수저류지, 우수의 수질정화, 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑩ 우수저장탱크</p>	<p>우수저장탱크는 강우 시 주거지에 발생하는 우수의 저장·활용 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑪ 주거지와 연계된 우수시스템</p>	<p>주거지와 연계된 우수시스템은 주거지에서 우수를 집수하여 단지 내 열섬효과 완화 및 수자원 저장·공급처 역할 등의 기능을 제공함</p>	
도시 수자원관리 관련 도시습지체계	 <p>① 수질정화습지</p>	<p>수질정화습지는 수질정화, 우수저류, 수자원 저장고 등의 기능을 제공함</p>	

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
도시 수자원관리 관련 도시습지체계	 <p>② 우회(Bypass)수로와 연계된 인공습지</p>	우회수로와 연계된 인공습지는 수 자원 저장, 생물서식공간, 친수· 심미공간 등의 기능을 제공하며 우 회수로를 통해 우수를 저류·이동 시킴	
	 <p>③ 퇴적분지</p>	퇴적분지는 유실된 토사의 퇴적, 수자원 저장, 심미공간 등의 기능 을 제공함	
	 <p>④ 천변저류지</p>	천변저류지는 홍수조절, 생물서식 공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함	
	 <p>⑤ 도로변에 조성된 완충습지 및 실개천</p>	도로변에 조성된 완충습지는 우수 저류·저장, 강우 시 불투수 포장 면에서의 돌발성 홍수조절 등의 기 능을 제공함	
	 <p>⑥ 실개천과 연계된 도로변 저류지</p>	실개천과 연계된 도로변 저류지는 우수저류·이동, 강우 시 불투수 포장면에서의 돌발성 홍수조절 등 의 기능을 제공함	

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
도시 수자원관리 관련 도시습지체계	 <p>⑦ 도로변에 설치된 유입구 및 지하수로</p>	<p>도로변에 설치된 유입구 및 지하수로는 우수집수·저장·이동 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑧ 홍수위 조절형 실개천</p>	<p>홍수위 조절형 실개천은 홍수조절, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑨ 인공수로</p>	<p>인공수로는 우수집수·저장·이동, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑩ 농수로</p>	<p>농수로는 논의 물 공급처, 홍수조절, 우수집수·저장·이동 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑪ 상시저류녹지</p>	<p>상시저류녹지는 평상시에 녹지 환경으로 존재하다가 강우 시에 일시적으로 우수를 저류하는 기능을 제공함</p>	




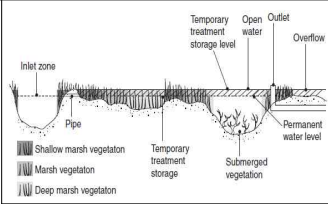
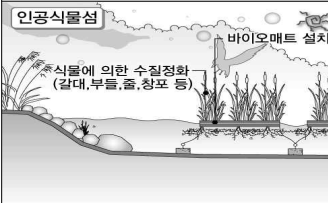
<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
도시 수자원관리 관련 도시습지체계	 <p>⑫ 주거지변 완충녹지</p>	<p>주거지변 완충녹지는 주거지와 도로변 사이에 환경사의 오목한 저류 녹지를 조성하여 강우 시 우수저류, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑬ 도로변 완충녹지</p>	<p>도로변 완충녹지는 우수저류, 심미공간 등의 기능을 제공함</p>	
	 <p>⑭ 도로변 저류시설</p>	<p>도로변 저류시설(유입구)은 우수집수, 불투수 포장면에서의 돌발성 홍수조절 등의 기능을 제공함</p>	
친수·심미 관련 도시습지체계	 <p>① 인공호수</p>	<p>인공호수는 수자원을 저장·공급하는 기능을 제공함</p>	
	 <p>② 인공습지</p>	<p>인공습지는 우수저류, 수자원 저장, 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>	




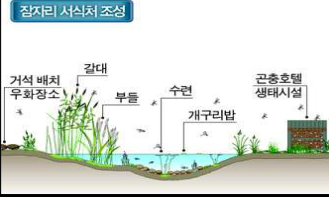
<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
친수·심미 관련 도시습지체계		<p>단지 내 친수·심미형 저류연못은 단지 내에 인위적으로 연못을 조성하여 우수저류, 친수·심미공간 제공 등의 기능을 제공함</p>	
	<p>③ 단지 내 친수·심미형 저류 연못</p>		
		<p>인공폭포는 친수·심미공간 기능을 제공함</p>	
	<p>④ 인공폭포</p>		
		<p>바닥분수는 친수·심미공간 기능을 제공함</p>	
<p>⑤ 바닥분수</p>			
	<p>친수형 하천은 우수저류, 수자원 이동, 생물서식공간, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>		
<p>⑥ 친수형 하천</p>			
	<p>심미형 인공실개천은 인공수로 역할, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함</p>		
<p>⑦ 심미형 인공실개천</p>			

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형(계속)

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
친수·심미 관련 도시습지체계	 <p>⑧ 계류형 하천 인공시설</p>	계류형 하천 인공시설은 친수·심미공간 기능을 제공함	
	 <p>⑨ 인공습지 관찰데크</p>	인공습지 관찰데크는 생태교육, 친수·심미공간 등의 기능을 제공함	
	 <p>⑩ 심미형 수처리시설</p>	심미형 수처리시설은 수자원 관리, 수질정화 등의 기능을 제공함	
생태 관련 도시습지체계	 <p>⑪ 수생식물이 식재된 습지</p>	수생식물이 식재된 습지는 수질정화, 생물서식공간, 생태교육 등의 기능을 제공함	
	 <p>⑫ 수생식물 및 인공부도설이 설치된 습지</p>	수생식물 및 인공부도설이 설치된 습지는 수질정화, 조류의 임시 휴식처 등의 기능을 제공함	

<표 3-6> 복합기능 도시습지체계의 유형

체계	유형 및 그림	기능 및 역할	비고
생태 관련 도시습지체계	 <p>⑬ 하천변 조류서식지</p>	하천변 조류서식지는 조류의 서식처, 먹이처 등의 기능을 제공함	
	 <p>⑭ 어류 산란장이 조성된 습지</p>	어류 산란장이 조성된 습지는 습지에서 서식하는 어류들의 번식지 기능을 제공함	
	 <p>⑮ 맹꽁이 등 양서류 서식처가 조성된 습지</p>	맹꽁이 등 양서류 서식처가 조성된 습지는 양서류의 서식지, 산란지, 동면지, 먹이처 등의 기능을 제공함	
	 <p>⑯ 잠자리 등 곤충 서식처가 조성된 습지</p>	잠자리 등 곤충 서식처가 조성된 습지는 곤충류의 서식처 기능을 제공함	

Ⅰ 제4장 · 복합기능 도시습지의 복원 · 조성지침의 개발 Ⅰ

1. 지침의 개요

가. 지침의 배경

그동안 관행적으로 벌여왔던 국내의 고탄소·고밀도 도시개발사업 및 불투수 포장 면적의 증가로 인하여, 국내의 도시들은 도시 수자원의 확보 및 재활용, 도시홍수, 도시열섬현상, 도시 바람길의 차단, 도시 생태용량의 악화, 녹지 잠식, 대기오염 가중 등의 문제에 심각하게 노출되어 있다. 이러한 문제들은 도시민의 삶의 질과 정주환경을 크게 악화시켰고, 더불어 도시의 정체성과 국제 경쟁력을 취약하게 하여 저탄소 녹색성장의 걸림돌로 작용하고 있다.

이러한 문제점들을 개선하기 위하여 일부의 신도시는 물순환체계 기반의 녹색도시 건설을 목표로 물순환체계를 도입하였으나, 대부분 단순한 이·치수 중심의 물순환체계로 계획하거나 또는 대상지역의 자연지형과 자연유하를 감안하지 않은 채 물순환체계를 구축하다 보니, 각 물순환체계 요소들이 유기적으로 연계되지 않거나 도시 내 자연적인 물순환이 배제되고, 점적·과편적으로 물순환체계가 구축되는 한계를 가져왔다.

이러한 한계의 배경에는 물순환체계 요소들 중 가장 핵심요소인 도시습지를 복원하고 조성할 시에 직접적으로 참고할 만한 복원·조성지침이 부재하였기 때문이며, 또한 도시습지 기반의 물순환체계 관련 법제도가 미비하였기 때문이다. 즉, 도시습지 관련 법제도 중의 하나인 환경영향평가법 하의 「생태면적률 적용지침」의 경우, 수공간의 가중치를 비교적 높게 산정하고 있음에도 불구하고, 실제로 수공간의 창출보다는 식재를 기반으로 한 녹지면적률의 확충을 통하여 필요한 생태면적률을

충족하는 등 당초의 취지를 제대로 발휘하고 있지 못하다. 또한 택지개발촉진법 하의 「지속가능한 신도시계획기준」도 명시된 각 기준이 매우 포괄적이고 법적 구속력이 없는 권고지침이기 때문에 물순환체계계획 수립 시에 계획가들이 동 지침을 활용하는 데에는 한계가 있어 왔다. 더불어 제도적으로도 도시개발사업에 있어서 토지이용계획이 이미 확정된 이후에 물순환체계계획이 수립되는 등 실질적인 도시습지의 복원·조성이 거의 불가능하게 되는 한계가 있다.

반면, 호주는 도시개발사업의 토지이용계획, 교통계획 및 에너지계획 등과 동등한 위계를 갖는 물민감형 도시설계계획을 수립하도록 함으로써 도시개발계획 단계에서부터 물순환체계의 다양한 요소들이 도시 내에 복원·조성될 수 있도록 하고 있으며, 통합계획법률(Integrated Planning Act, IPA)¹⁴⁾에 따라 도시 내에 물순환체계의 구축을 강력하게 지원하는 등의 제도적 장치를 마련하고 있다.

따라서 본 장에서는 도시개발사업에서 물순환체계를 구축할 시에 직접적으로 활용할 수 있는 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 제시하고자 한다.

나. 지침의 목적

복합기능 도시습지 복원·조성지침은 택지개발촉진법 제8조 및 동법 시행령 제7조 제5항의 규정에 따른 신도시개발사업에 있어 기존의 도시 수자원의 확보 및 재활용, 도시홍수, 도시열섬현상, 도시 바람길의 차단, 도시 생태용량의 악화, 녹지 잠식, 대기오염 가중 등의 문제점을 개선하고, 미래 녹색도시의 건설에 있어서 중요한 요소인 물순환체계계획의 수립 시에 활용할 수 있는 복합기능 도시습지 복원·조성에 필요한 내용을 규정함을 목적으로 한다.

14) Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. p.1-5.

다. 지침의 구성체계

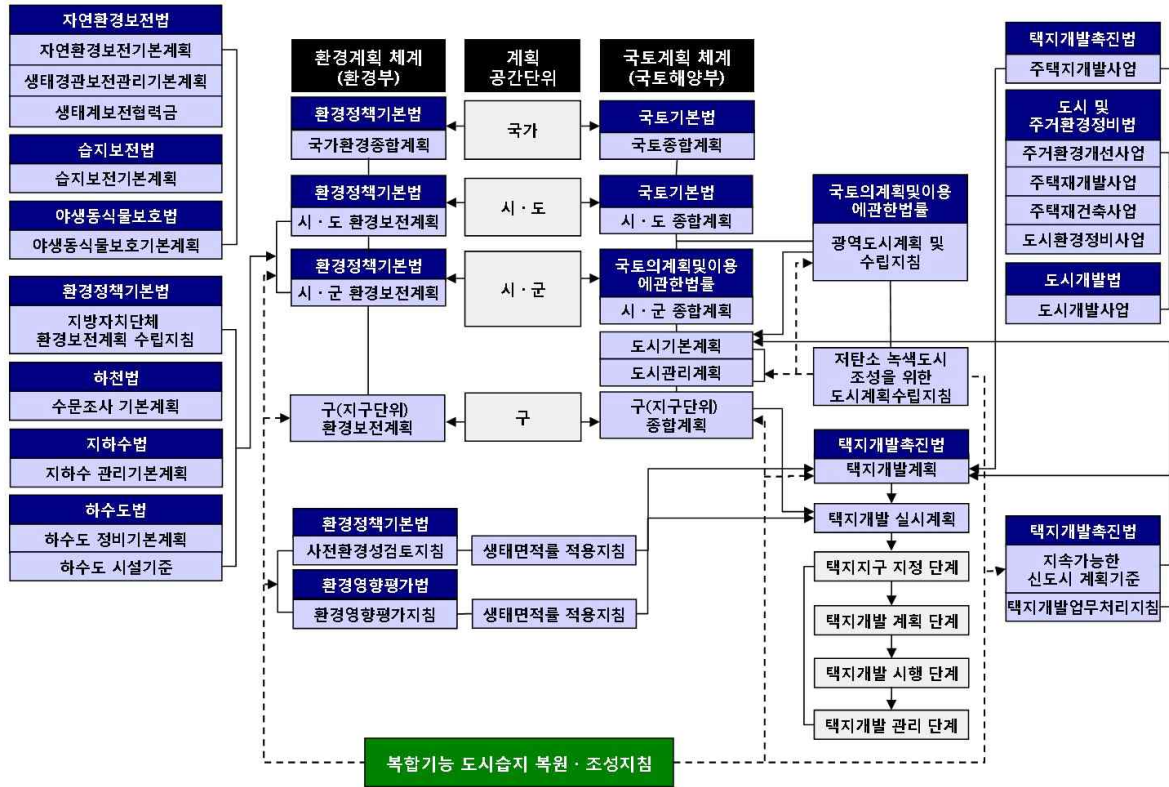
복합기능 도시습지 복원·조성지침은 1) 복합기능 도시습지 복원·조성 공통지침과 2) 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침, 3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침 등으로 구성하였다.

라. 지침의 대상 및 범위

복합기능 도시습지 복원·조성지침의 적용대상은 신도시개발사업 중에서 복합기능 도시습지 복원·조성사업으로 택지개발촉진법 제8조 및 동법 시행령 제7조제5항의 규정에 따른 신도시 대상의 택지개발사업 등 개발사업의 구역 내 모든 관련 행위에 대하여 적용한다.¹⁵⁾

또한 동 지침은 택지개발촉진법 하의 지속가능한 신도시계획기준과 택지개발계획, 환경정책기본법(사전환경성 검토 단계) 및 환경영향평가법(환경영향평가 단계) 하의 생태면적률 적용지침, 환경정책기본법 하의 환경보전계획 수립지침, 국토의 계획및이용에관한법을 하의 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 지구단위계획 및 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침 등 각기 일정 수준에서 반영되거나 투영되어 적용된다(그림 4-1).

15) 도시재개발사업과 같은 기성도시개발사업의 경우에는 이미 사업지역의 토지소유권이 분할되어 있는 상태이므로 본 연구에서 제시한 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 적용하는 것은 현실적으로 불가능하다.



<그림 4-1> 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 현행 관련법과의 연관도

마. 지침의 기본원칙 및 방향

지침의 기본원칙 및 방향은 1, 2차년도 연구에서 파악된 국내의 물순환체계 기반 도시습지 복원·조성 사례 분석, 시범도시 적용을 통한 도시습지 복원·조성 기본구상(안)과 물순환체계 구축에 따른 국내 관련법 및 제도의 문제점 진단 결과들과 미국의 연방환경청(Environment Protection Agency, EPA)의 수생태계 복원 원칙¹⁶⁾ 및 호주의 물민감형 도시설계 원칙¹⁷⁾에 대한 분석결과들을 종합하여 도출하였다.

- 1) 도시습지의 복원·조성은 수자원을 포함한 자연의 기능과 생태학적 프로세스를 보전·보호하는 방향으로 실시한다.¹⁸⁾
- 2) 도시습지의 복원·조성은 가급적 습지의 원형보전>원습지(原濕地)¹⁹⁾ 복원>원습지 기능향상>대체습지 조성의 순으로 고려하고 실시한다.²⁰⁾
- 3) 도시습지의 복원·조성은 개발대상지와 연계된 유역까지 고려하여 계획한다.²¹⁾
- 4) 도시습지의 복원·조성은 유역의 자연수문학적 작용이 최대한 유지되도록 계획한다.²²⁾
- 5) 도시습지의 복원·조성은 가급적 자연의 생태구조와 생태기능이 완전히 작용될

16) United States Environmental Protection Agency(USEPA). 2000. *Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources*. p.4.

17) Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. pp.1-2.

18) 원칙 1번과 관련하여 미국의 수생태계 복원 원칙에서는 수자원을 보전 및 보호하도록 권고하고 있으며, 호주의 물민감형 도시설계 원칙에서는 기존 자연의 기능과 생태학적 프로세스를 보호하도록 권고하고 있어, 도시습지를 복원·조성할 시에 자연의 수계 구조뿐만 아니라 물 흐름과 수생태계까지도 중요하게 고려하고 있음을 볼 수 있다.

19) 원습지란 “과거에는 습지였으나 현재에는 매립 등의 행위에 의하여 습지의 형태를 상실하고 더 이상 습지로서의 기능을 갖고 있지 못한 습지”를 말한다.

20) 방상원 등(2006)은 미국의 습지은행이 습지훼손에 대한 완화조치(Mitigation)로 대체습지를 새로이 조성하기보다는 원습지를 복원하거나 기능향상을 시킨 것이 더욱 성공적이었다는 사실에 기초하여 “습지의 원형보전>원습지 복원>원습지 기능향상>대체습지 조성”과 같은 습지에 대한 복원·조성 우선순위를 제시한 바 있다.

21) 미국의 수생태계 복원 원칙에서는 수생태계 문제 해결을 위하여 유역차원에서 접근하는 방법 사용하도록 권고하고 있다. 이는 유역의 자연 생태학적 잠재력에 대한 이해의 중요성을 언급하는 것으로 도시습지를 복원·조성할 시에 유역차원까지도 고려하는 것이 중요함을 나타낸 것이다.

22) 호주의 물민감형 도시설계 원칙은 집수유역의 자연 수문학적 작용을 유지시키도록 권고하고 있다. 이는 원칙 1번에서 제시한 내용이 유역차원까지도 고려해야 됨을 나타낸 것이다.

수 있거나 또는 중요한 생태구조와 기능이 전반적으로 작용될 수 있도록 계획한다.²³⁾

- 6) 도시습지의 복원·조성은 지표수와 지하수의 수질을 고려하여 계획한다.²⁴⁾
- 7) 도시 녹지 내에 물을 수용 또는 저장시키는 노력을 기울여 도시습지의 시각적, 사회적, 문화적 및 생태적 가치를 향상시킨다.²⁵⁾
- 8) 도시 내에서 발생한 오염원이 도시습지체계로 유입되지 않도록 최소화시킨다.²⁶⁾
- 9) 도시습지를 복원·조성할 시에 생태의 도입은 가급적 자생종을 우선시한다.²⁷⁾
- 10) 도시습지를 복원·조성할 시에는 초기 물순환체계계획이 제대로 구축되었는지 또한 각 물순환체계 요소들이 유기적으로 연계되었는지를 검토한다.
- 11) 도시습지의 복원·조성 후에는 물순환체계 요소들이 지속적으로 유지·운영 가능한지를 정기적으로 모니터링하고 그 결과를 토대로 적절한 조치를 취한다.²⁸⁾
- 12) 계획단계, 설계단계, 시공단계, 유지·운영단계 등 신도시개발 전(全) 단계에 걸쳐 환경전문가 및 지역주민의 의견을 수렴한다.
- 13) 도시습지의 복원·조성은 복원·조성 후의 유지·운영비용 및 비용 부담 주체를

23) 미국의 수생태계 복원 원칙에서는 자연 생태구조를 복원하고, 자연 생태기능을 복원하도록 권고하고 있다. 이는 도시습지를 복원·조성할 시에 자연의 생태구조와 기능이 작용되도록 하는 일이 중요함을 알려주는 것이다.

24) 호주의 물민감형 도시설계 원칙에서는 도시습지 조성 시에 지표수와 지하수의 수질을 보호하도록 권고하고 있다.

25) 호주의 물민감형 도시설계 원칙에서는 시각적, 사회적, 문화적, 생태적 가치를 향상시키기 위하여 경관 내에 물을 통합시키도록 권고하고 있다. 이는 물순환계획이 통합적인 시각에서 수립되어야 함을 알려주는 것이다.

26) 호주의 물민감형 도시설계 원칙에서는 자연환경으로의 하수 배출을 최소화하도록 권고하고 있다. 이는 도시 내에 발생하는 오염원의 피해를 사전예방하도록 알려주는 것이다.

27) 방상원(2007)은 국내 도입된 외래종이 초래하는 생태계 교란 등 생태적, 경제적, 사회적 문제를 인지하고, 이를 사전에 예방하기 위해서는 동·식물의 방출은 가급적 자생종으로 방출하는 것이 안전하다고 제시한 바 있다. 이를 고려하여 복원·조성된 도시습지에서도 도입하는 동·식물은 가급적 자생종이어야 한다.

28) 미국의 수생태계 복원 원칙에서는 변화가 불가피한 지역에서 모니터링 및 적응을 권고하고 있다. 이는 도시습지의 복원·조성 후에도 사후조치를 위하여 모니터링이 실시되어야 함을 알려주는 것이다.

감안하여 계획한다.

2. 복합기능 도시습지 복원·조성지침

복합기능 도시습지 복원·조성지침은 1) 복합기능 도시습지 복원·조성 공통지침과 2) 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침, 3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지의 복원·조성지침 등으로 개발하였다. 각 지침의 주요 내용과 실행의 전제조건 및 방향은 다음과 같다.

가. 공통지침

1) 개요

공통지침은 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 적용하기 전에 공통적으로 선행해야 할 사항을 담은 지침으로, 사업대상지의 기반환경 특성 및 습지 잠재력에 대한 조사·분석 지침이다. 조사·분석 범위는 사업대상지의 수리·수문, 지형, 지하수, 토양, 기후, 수계, 수질 등이다. 본 연구에서 제시한 조사·분석모형은 절대적인 모형이 아니며 사업대상지별 특성에 따라 탄력적으로 다른 모형을 적용할 수 있다.

2) 개발대상지의 기반환경 조사·분석

가) 수리·수문분석

개발대상지의 물순환체계 구축에 요구되는 수량과 수계, 수원을 파악하기 위한 수리·수문분석은 유역단위, 지구단위에서의 도시습지 복원·조성을 위하여 반드시 필요한 분석이다. 동 분석의 장점은 개발대상지의 확보가능한 수원을 파악하여 개발대상지에 적절한 도시습지를 계획할 수 있도록 하는 점이다.

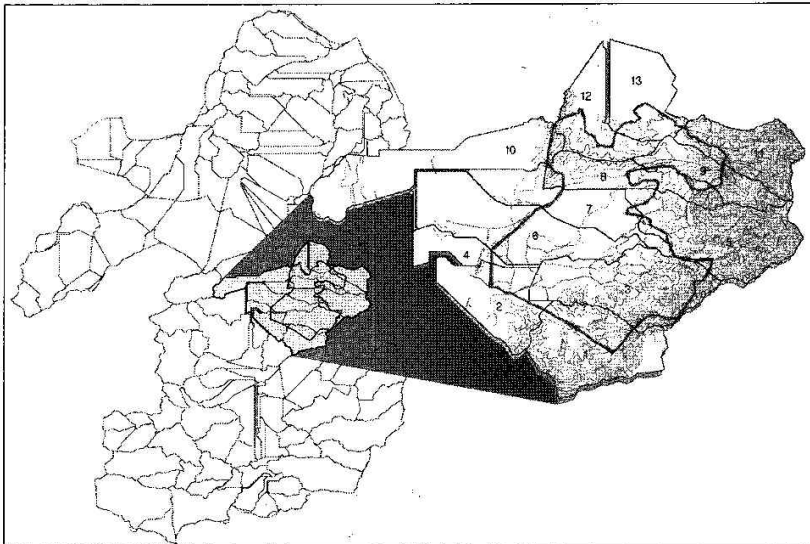
동 분석을 활용하여 신도시 개발대상지의 수리·수문 현황과 잠재력을 파악할 경

우에는 유역수준에서부터의 수리·수문분석을 실시해야 한다. 단, 개발대상지를 포함한 소유역의 경계를 설정한 이후에 실시해야 할 것이다.

수리·수문분석에 사용되어지는 각종 분석 방법론은 다음과 같다.

(1) 수치고도모형(DEM) 분석

수리·수문분석 전의 소유역 경계설정은 일반적으로 수치고도모형(DEM)²⁹⁾을 활용하여 사용하는 방법이다. 위례신도시에서 소유역 경계를 설정한 사례는 <그림 4-2>와 같다.



자료: 최희선, 김귀곤. 2009. 신도시물순환체계 구축을 위한 습지조성 입지선정에 관한 연구. 한국조경학회지 36(6). p.49.

<그림 4-2> 수치고도모형(DEM)을 활용한 위례신도시의 소유역 구분도


(2) 유역분석

수리분석의 하나인 유역분석은 도시습지의 조성에 필요한 저류량을 산정하기 위한 분석방법이다. 유역분석은 소유역별로 개발 전·후의 유입량, 유출량을 GIS

29) 수치고도모형(DEM) 분석은 식생과 인공지물을 포함하지 않는 지형만의 표고값을 분석하며, 일반적으로 범람예측, 유역 경계 설정 등에 사용되고 있다.

기법으로 산출하여 습지조성에 필요한 저류량을 산정하는 방법으로, 조성할 도시습지의 저류면적을 추정하는 데 유용하게 사용되고 있다. 특히 동 분석은 상기 지침의 기본원칙에도 적시하였듯이 개발대상지와 연계된 유역까지 고려할 수 있게 하는 주요 방법 중의 하나이다. 용인 동백지구의 경우, 유역분석을 활용하여 함양지로 유입되는 수량 산정, 함양지의 유출단면 검토, 함양지 용량 등을 산정한 바 있다. 그 내용은 다음의 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 용인 동백지구의 함양지 조성 절차

	<ul style="list-style-type: none"> · 함양지로 유입되는 수량 산정 외부유입량(Q) = 1/360×유출계수(C)×강우강도(I)×유역면적(A) · 함양지 유출단면 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 단면 가정 - 유속결정 - 계획단면 유량 산정(증발량, 누수량 등 반영) - 함양지 발생유량 산정 - 유출단면 적정성 검토(계획단면 유량과 함양지 발생유량 비교) · 함양지 용량 산정
<p>① 용인 동백지구의 함양지</p>	<p>② 용인 동백지구의 함양지 조성절차</p>

자료: 탁영식 제공자료

(3) HEC-RAS 모형 분석

수리분석의 하나인 HEC-RAS 모형은 미공병단에서 개발한 부정류 해석 모형으로, 천변저류지의 홍수조절 효과를 알아보기 위하여 일반적으로 사용되는 방법이다.³⁰⁾

(4) 장기 강우-유출 모의

장기 강우-유출 모의는 천변저류지의 분석, 이·치수, 하천 환경관리를 위해 중요한

30) 김형수, 하성룡, 김상단, 박창근, 경민수. 2006. 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안. 물과 미래 39(4). pp.56-57.

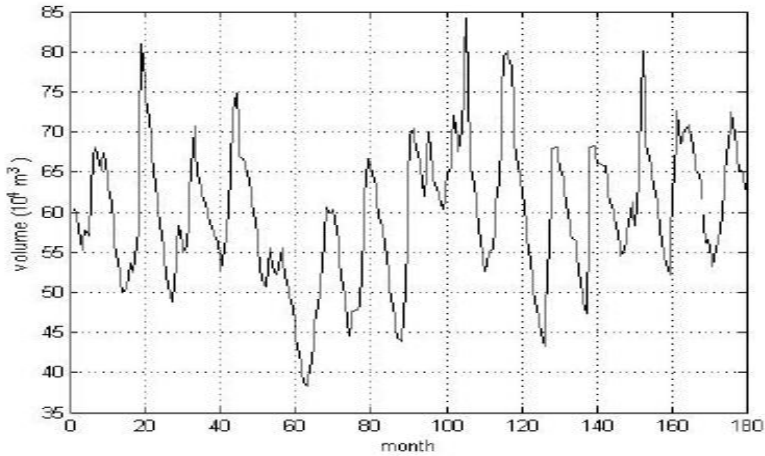
분석이다. 그 이유는 저수지와 댐의 용량 결정, 한발대책의 수립, 하천유지유량 결정 등의 이수계획, 용수공급을 위한 댐 및 저수지의 물 관리, 수리권의 허가 및 조정, 용수 분쟁 조정, 오염총량관리를 위한 기준유량 산정, 천변저류지를 활용한 홍수터의 지속가능한 관리방안 등을 계획하는 데에 있어 필수요소이기 때문이다.

과거 장기-강우 유출을 모의하기 위해 활용된 수문모형들은 1980년대의 TANK 모형부터 DWAST, SSARR, NWS-PC, TOPMODEL, HSPF, PRMS, SWAT, MIKE-SHE 등 다양하다.

우리나라와 일본에서는 WEP, SWMM, SHER 모형 등을 도시구역의 물순환 해석 시 활발하게 활용되고 있다.³¹⁾ 그 외 GIS/RS 기반의 SWAT, HSPF 모형도 활발하게 이용되고 있으며, 그 중 SWAT 모형은 증발산, 유출, 비점오염원 등에 대한 분석이 가능하여 최근에 다수 활용되고 있다.³²⁾ 한 예로 경상남도 창원읍 우포늪 주변에 위치한 토평천을 대상으로 AV-SWAT 분석을 활용하여 이수측면에서 수문분석을 실시한 결과는 <그림 4-3>과 같다.

31) 김현준, 장철희, 노성진. 2008. 「도시구역 물순환 해석 기술 지침서」. 수자원의 지속적 확보기술 개발 사업단. p.15.

32) 김형수, 하성룡, 김상단, 박창근, 경민수. 2006. 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안. 물과 미래 39(4). p.57.



자료: 김형수, 하성룡, 김상단, 박창근, 경민수. 2006. 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안. 수자원학회 발표자료. p.19.

<그림 4-3> 토평천(경남 창녕)의 AV-SWAT을 활용한
이수측면에서의 수문분석 결과

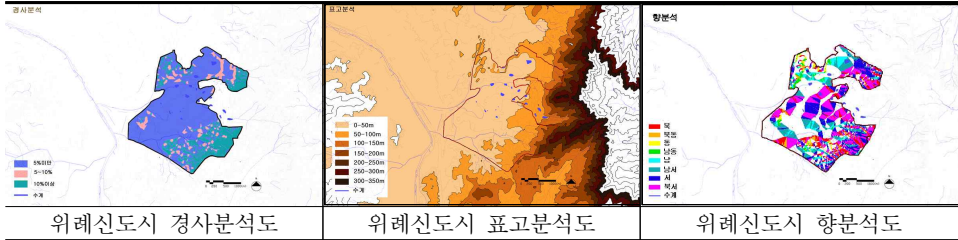
(5) 수문분석

수문분석은 개발대상지에서 천변저류지의 장기 유출량이나 수질정화 능력을 파악하기 위하여 개발대상지가 포함된 유역을 대상으로 실시한다. 대표적으로 활용되는 분석방법은 GIS 기반의 AV-SWAT 분석 등이다.

나) 지형분석

지형분석은 주변 지형을 활용한 물순환체계 구축을 위하여 반드시 요구되는 분석으로, 분석항목은 경사, 고도, 향, 지형의 굴곡, 기복의 패턴 등이다. 지형분석의 방법은 GIS 기법(Arc-View, Arc-GIS)으로 최근에 일반적으로 활용되고 있다. 한 예로 위례신도시를 대상으로 GIS 기법을 활용하여 경사, 고도, 향 등 지형을 분석한 결과는 다음의 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 위례신도시의 경사분석, 고도분석, 향분석 결과



자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. pp.181-183.

다) 지하수분석

지하수분석은 지하수의 흐름이나 수위를 조사하는 분석으로 갈수기 시 유지용수량 및 강우 시 유출량 등을 산정할 경우에 반드시 고려해 보아야 할 기초조사 중의 하나이다. 동 분석은 지형분석과 동일한 조사방법을 사용하기 때문에 동시에 조사를 실시하는 편이 바람직하다.

지하수의 탐사방법은 크게 현장조사, 실내조사, 지구물리탐사 등이 있으며, 개발 대상지에 적절한 방법을 활용하여 조사되어야 한다.

라) 토양분석

Michael Hough(1995)는 토양의 배수성, 깊이, 영양상태 등을 자연환경복원을 위한 토양조사의 주요 항목으로 보았다. 즉, 토양이 배수가 잘되는지 안되는지, 토양층이 깊은 곳인지 얇은 곳인지, 토양에 영양물질이 풍부한지 아닌지 등을 판단하는 것이다. 이는 습지조성 가능지역의 파악, 토양에 적합한 식물의 배치와 관련된다.³³⁾

그 외 토양조사 항목에서 개발대상지의 토양 오염도를 조사하는 것도 고려해 보아야 한다. 이는 주변 토양의 오염에 따라 복원·조성된 도시습지가 2차 오염되거나 다른 물순환체계로 오염이 전이되는 것을 사전에방하도록 계획할 수 있기 때문이다.

33) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적. p.101.

마) 기후분석

국내에서 도시습지의 범람요인은 주로 강우에 의한 것이다. 따라서 도시습지의 강우로 인한 범람, 돌발 홍수 등에 대비하기 위해서는 개발대상지의 기후분석이 요구된다. 기후분석은 가뭄에 대비하기 위한 증발산율 조사, 건기일수 조사, 홍수에 대비하기 위한 강수량 조사 등으로, 지속적인 물순환체계의 유지·운영을 위하여 반드시 요구되는 분석이다.

한 예로 호주에서는 서부 시드니의 물순환체계를 구축하기 위하여 개발대상지인 서부 시드니를 대상으로 <표 4-3>의 1974년~2003년간 월별 증발산율을 조사하고, <표 4-4>의 월별 강수량(우기/건기)을 조사하여 물순환체계 구축에 참고한 바 있다.³⁴⁾

<표 4-3> 서부 시드니의 1974년~2003년간 월별 증발산율

Station	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Prospect (1974 - 2003)	173	139	125	92	64	51	57	82	111	142	154	186	1373

자료: Kielniacz,A., D. Chubb. 2004. *The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney*. Upper Parramatta River Catchment Trust. p.2-1,2-2.

34) Kielniacz,A., D. Chubb. 2004. *The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney*. Upper Parramatta River Catchment Trust. p.2-1,2-2.

<표 4-4> 서부 시드니의 건기 및 우기의 월별 강수량

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
70.3	64.7	66.6	69.3	70.2	73.4	91.5	98.5	97.8	77.9	68.9	76.3	75

건기 동안 서부 시드니의 월별 강수량

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
11.0	11.4	12.2	13.8	13.5	16.2	13.4	13.0	11.0	11.3	10.7	11.5	12.4

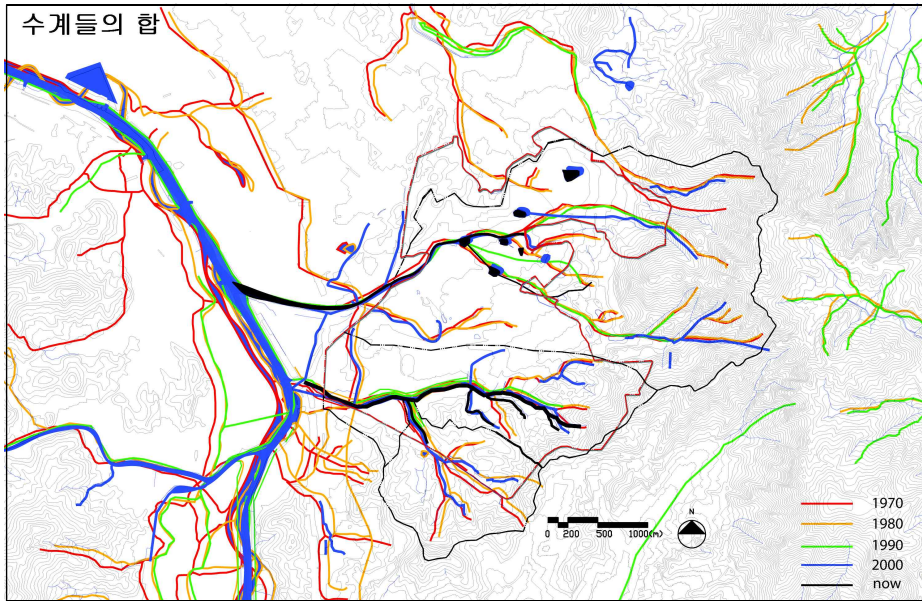
우기 동안 서부 시드니의 월별 강수량

자료: Kielniacz, A., D. Chubb. 2004. *The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney*. Upper Parramatta River Catchment Trust. p.2-2.

바) 수계분석

도시습지를 조성하는 데 있어 적지를 선정하기 위해서는 과거부터 현재까지의 수계분석이 필요하다. 그 이유는 개발대상지의 과거부터 현재까지의 수계변화를 파악해야 잠재수계구역을 도출하고 적지를 수월하게 선정할 수 있기 때문이다. 수계분석은 일반적으로 GIS 기법(Arc-View 프로그램)을 활용하여 추정하고 있으며, 개발대상지의 토지이용도와 중첩 분석하여 도시습지의 잠재력 분석 및 평가 과정에 활용되기도 한다.

한 예로 위레신도시에서는 1970년부터 2000년까지의 수계분석도를 중첩하여 수계변화 및 잠재수계구역을 도출한 바 있으며 그 결과는 다음의 <그림 4-4>와 같다.



자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. p.177.

<그림 4-4> 위례신도시의 1970~2000년대의 수계중첩도

사) 물분석

상기의 수리·수문, 지형, 토양, 기후, 수계, 수질 등에 대한 분석사례를 바탕으로 도출된 지침은 다음과 같다.

- ① 개발대상지의 물순환체계 구축을 위하여, 개발대상지의 수리·수문에 대한 조사·분석을 실시하여 개발대상지에 요구되는 수량, 수계, 수원 등을 파악한다.
- ① 수리·수문 분석 전에 개발대상지를 대상으로 수치고도모형(Digital Elevation Models, DEM)을 이용하여 GIS 프로그램을 실시하거나, 지형도를 활용하여 지표수의 흐름방향, 지표수의 누적흐름, 유출구에 영향을 미치는

지역 등을 검토한 후, 물순환체계가 조성될 소유역의 경계를 설정한다.

㉠ 개발 전·후의 유입량 및 유출량, 각 소유역별로 확보해야 할 저류량 등을 파악하기 위하여 경계가 설정된 소유역을 대상으로 GIS 기법을 활용하여 수리·수문 분석의 하나인 유역분석을 실시한다.

㉡ 유역분석 결과를 토대로 저류량을 감당할 수 있는 도시습지의 면적을 추정하여 계획한다.

㉢ 천변저류지를 조성할 경우, 홍수저감 효과를 파악하기 위하여 수리분석 방법의 하나인 HEC-RAS 모형의 Storage Area 기능을 활용하여 부정류 해석을 실시한다.

㉣ 수리분석은 이·치수 측면에서 모두 실시해야 하며, 각기 적지로 선정된 지역에 Stroage Area를 배치한다.

※ 이수측면에서의 수리분석은 천변저류지의 유지유량을 파악하기 위하여 천변저류지로 유입되는 유량을 1년 빈도/2년 빈도/3년 빈도/5년 빈도/10년 빈도로 계산한다.

※ 치수측면에서의 수리분석은 천변저류지로 인하여 저감되는 수위를 50년 빈도/80년 빈도/100년 빈도로 계산한다.

㉤ 수문분석은 천변저류지의 장기 유출량이나 수질정화 능력을 파악하기 위하여 개발대상지가 포함된 유역을 대상으로 GIS 기반의 AV-SWAT 분석을 활용하여 실시한다.

- ② 개발대상지가 위치한 유역 내의 침투량과 손실량을 추정하고 유출량 경향을 판단하기 위하여 GIS 및 항공사진 분석, 지형도 및 지질도 등을 활용해 지형조사를 실시하여 개발대상지의 경사, 고도, 향, 굴곡 혹은 기복의 패턴 등을 파악한다.
- ③ 개발대상지의 갈수기 시 유지용수량 및 강우 시 유출량 등을 산정하기 위하여 지하수 흐름 및 수위에 대한 조사, 하천수위 및 하천유량 조사를 실시한다. 지하수의 탐사방법은 개발대상지의 특성 및 조건에 따라 적절한 방법을 선택하여 활용한다.

※ 지하수의 탐사방법은 지하수 관정분포, 수문조사, 암석 분포 및 절리상태 등을 조사하는 현장조사, 지형도 분석, 지질 검토, 항공사진 검토 등을 조사하는 실내조사, 전기 비저항탐사, 음파탐사 등을 조사하는 지구물리탐사 등이 있다.

- ④ 개발대상지가 도시습지의 조성이 가능한 지역인지를 판단하고 식물을 식재하는데 적합한 토양인지를 참고하기 위하여 한국토양정보시스템의 자료를 기준으로 토양의 물리성과 화학성에 대한 토양조사를 실시한다.
- ⑤ 주변 토양의 오염에 따라 복원·조성된 도시습지가 2차 오염되거나 다른 물순환체계로 오염이 전이되는 것을 사전예방하기 위하여 기존 토양의 오염도에 대한 조사를 실시한다.

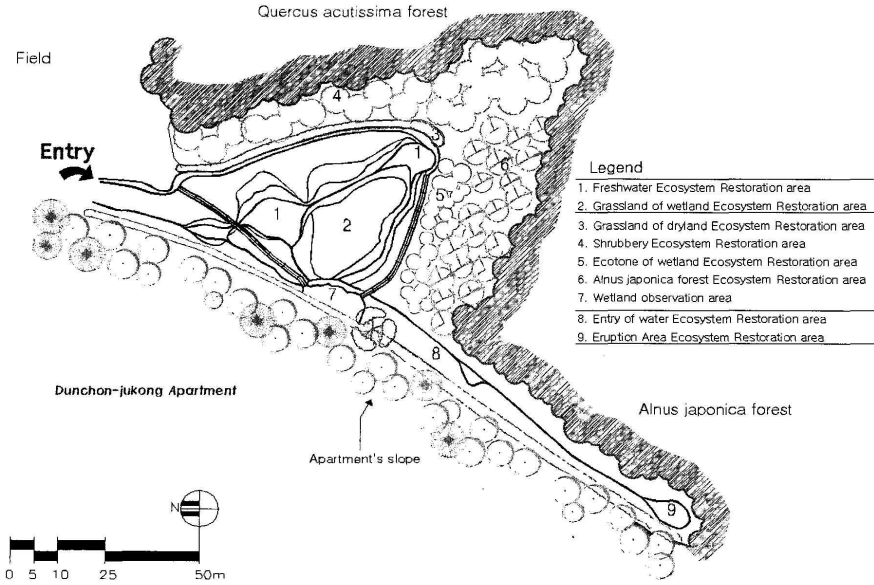
※ 토양조사는 식생의 서식과 분포에 주요한 영향을 끼치는 물리성 조사와 화학성 조사로 구분되어 실시되어야 하며, 토양물리성의 조사·분석항목은 입도분석, 가밀도, 진밀도, 양이온치환용량(CEC), 보수력, 토양수분, 수분이동, 토양입단, 가소성, 통기성, 경도 등이다.

※ 토양화학성의 조사·분석항목은 산도(pH), 전기전도도(염농도: EC), 유기물, 질소, 인산, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘, 치환성 칼륨 및 나트륨, 유효규산, 석회소요량, 염기치환용량, 단일침출액에 의한 유효인산, 양이온 등이다.

- ⑥ 도시습지를 조성하기 전에 홍수범람, 가뭄 등에 대비하기 위하여 개발대상지의 증발산율, 강수량, 건기일수 등 기후조사를 실시한다.
- ⑦ 도시습지의 입지를 선정하기 위해서는 도시습지의 잠재 수계구역 분석이 요구된다. 국토지리정보원의 고지도 및 현재의 지형도에 GIS 기법을 활용하여 과거부터 현재까지의 수계를 분석한다.
- ⑧ 수질분석³⁵⁾은 조성된 습지에 식물 및 생물이 서식가능한지를 판단하고 수질정화습지 등 인공습지의 성격을 결정하기 위하여 실시한다. 동 분석은 환경정책기본법 제10조제2항에 규정된 환경기준(수질 및 수생태계)에 따라 실시한다.³⁶⁾

35) 김현준(2008) 등은 「도시유역 물순환계 정량화방법」 중 하나로 미국의 SWMM, 일본의 Hydro-BEAM 등 각국에서 개발·활용되고 있는 수질모형을 비교·제시한 바 있다.

한편 습지를 복원할 경우, 습지 주변의 식생은 가급적 생태계 교란이 적은 자생식 물이어야 하며 이를 위해서는 복원지역의 식생조사가 선행되어야 한다.



자료: 한봉호, 김정호, 홍석환. 2003. 서울시 둔촌동 습지 생태계보전지역 모니터링 및 생태적 복원구상. 한국환경생태학회지 17(3). p.255.

<그림 4-5> 둔촌동 습지의 식생 복원계획

이와 관련하여 서울 둔촌동 습지의 경우, 원래 습지였으나 1970년대 습지의 일부가 논, 밭으로 이용되다가, 최근 일부지역이 휴경되면서 습지로 다시 변화됨에 따라 복원구상이 시도된 바 있다. 한봉호(2003) 등은 휴경습지를 대상으로 생태적 복원을 구상하면서 둔촌습지 주변 식생을 모니터링한 후 <그림 4-5>에 제시된 둔촌습지의 식생 복원계획을 수립하였다. 이를 바탕으로 도출된 지침은 다음과 같다.

⑨ 도시습지의 복원·조성 시, 동·식물 등의 도입은 생태계 교란을 예방하기 위하

36) 김귀곤, 조동길(2004)은 일반적인 수질 조사항목으로 환경정책기본법에 하천 및 호소수질환경기준으로 제시된 pH,DO,SS,BOD,COD,T-N,T-P 등과 기타 주요 항목으로 수온,EC,NO₂-N,NO₃-N,NH₄+N,Org.-N,PO₄₃-P 등의 총 14개 항목을 제시한 바 있다.

여 가급적 해당 지역에 자생하는 종으로 방출·식재한다.

- ⑩ 도시습지의 복원·조성은 계획단계부터 설계, 시공, 유지·운영 등의 전 과정에서 지방의회, 관계행정기관, 환경계획가 등 관련 전문가, 지역주민 등이 참여하도록 하여 각 의견을 최대한 반영할 수 있도록 노력한다.
- ⑪ 도시습지의 복원·조성에 대한 계획, 설계 및 시공은 장기간의 예산구조로 계획하고 유지·운영에 관한 계획(유지·운영비용 및 비용 부담 주체 등)도 동 예산에 반영해야 한다.
- ⑫ 도시습지의 복원·조성에 따른 유지·운영비용은 공청회와 해당 지자체와의 협의 등을 통해 계획한다.
- ⑬ 도시습지의 복원·조성 후에 각 물순환체계 요소들에 대하여 정기적으로 모니터링하고, 그 결과를 토대로 적절한 조치를 실시한다.

나. 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침

1) 개요

물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 첫 번째, 수원의 공급원과 관련하여 비용효과적인 측면에서 가능한 자연우수를 활용하고자 하는 것이며, 또한 저류방식도 중력에 의한 자연유하식 방법을 우선적으로 적용하되, 필요시에는 가압 등을 통한 인공방식도 구상한다. 두 번째, 홍수조절 대책과 관련해서는 치수 중심의 자연수계 정비 및 저류지나 배수지의 축조 등의 핵심 기반시설 대책은 본 지침에서 제외하고 기존의 지침과 기준을 고려하되 연계활용 측면에서 검토, 제안하고자 한다. 또한 수질의 관리측면도 본 지침의 논의사항으로서 점 및 비점오염원 수질관리대책 및 기반시설의 접근도 연계가능성에 대한 검토 및 제안에 국한시킬 것이다. 세 번째, 공간적 규모의 관점에서 유역경관 규모, 도시 및 지구단위의 규모, 도시공간 및 기반시설 규모의 순으로 상-하향식 접근(Top-down Approach)에 따른 적용방안을 제안하고자 한다(표 4-5). 네 번째, 내용의 구성과 전개과정에 있어 기본적인 엔지니어링 프로세스를 적용하기보다는 보편타당성 있는 원칙과 기본방향의 설정에 역점을 두고자 한다. 다섯 번째, 본 지침의 적용이 신도시 등의 택지개발사업을 대상으로 하기 때문에 신도시계획기준, 광교신도시의 물순환체계의 도입사례, 일본 요코하마시의 녹지와 물의 회랑 형성방안, 미국 등 선진국의 도시강수 관리지침 및 시설기준 등을 종합적으로 검토하여 우리나라의 현실여건에 적용할 수 있는 지침을 제안하고자 한다.

<표 4-5> 유형 및 규모별 도입 공간시설의 종류

유형 규모	자연 수체계	인공 수체계
	유역 및 경관	하천 수계 (상류 지천)
도시/지구단위	하천 수계 (중, 하류 본류 및 지천)	저류지(대), 배수지(대) 인공연못 친수공간
공간기반시설	도랑 물웅덩이	실개천 저류지(소) 배수지(소)

2) 공간적 규모에 따른 도시습지의 복원·조성지침

가) 유역경관 규모

- ⑭ 유역경관 규모에서 가장 중요하게 고려할 신도시 개발계획의 기준은 개발밀도와 이에 따른 개발규모의 산정이다. 개발밀도는 ha당 100인 미만으로 설정하도록 한다. 이를 통하여 토지이용의 합리적 배분을 추구하게 되고, 도시환경 관리의 핵심축인 산림 등 자연녹지가 과도하게 편입되어 발생하는 자연환경의 훼손과 열악한 생활권 공원녹지의 확보를 방지하고자 함이다.
- ⑮ 산림 등 자연녹지지역 내 자연적인 물순환체계는 최대한 보존되도록 하며, 또한 산림의 수원함양기능을 증진시키기 위한 체계적인 산림관리를 시행토록 한다. 도시습지체계와 연관된 지역에서 기존의 경작지(주로 논) 등의 토지이용은 현 상태에서 유지되도록 형질변경을 최대한 억제하도록 하며, 또한 배수가 불량한 입지조건을 지닌 자연습지 지역은 원칙적으로 보전하거나 확대·조성하도록 한다.
- ⑯ 유역경관 규모에서 우수의 저류 및 함양을 위한 공간으로서 기존의 댐 호소나 농업용 저수지, 소류지는 보전하거나, 규모(저수용량)의 증대를 위하여 독

높이거나 준설 등 재개발 기법을 적용하도록 한다. 만일 이러한 저류시설이 부재할 경우, 유역 및 소유역 규모에서 적정 입지와 규모를 선정하여 우수의 재활용을 위한 우수지 및 함양지의 조성을 적극 검토하도록 한다. 적정 입지 및 규모는 우수지 및 함양지의 수원확보와 적정 운영을 고려하여 유역의 규모, 수리·수문 특성, 지형·지질 및 토양 등 배수조건 등을 고려하여 선정하도록 한다.

- ⑰ 궁극적으로 유역경관 규모에서 보전 및 복원·조성되는 도시습지의 유형은 자연수계와 댐 호소, 저수지, 소류지, 함양지 등으로서 이들 도시습지의 복원·조성 목적은 도시 및 지구단위 규모에서 물순환체계와 연계된 도시습지 수원의 공급원으로서의 역할을 핵심적으로 하되 경관의 창출, 도시홍수의 조절, 친수·심미 공간 활용, 생태적 거점공간으로서의 역할 등 부가적인 기능을 확보하기 위함이다.

나) 도시 및 지구단위 규모

(1) 도시의 개발 규모 및 토지이용계획

- ⑱ 도시 규모에서는 개발밀도에 따른 토지이용계획이 매우 중요한 사항으로서 용도지역의 배치와 면적 배분 등이 경제성, 기능성, 환경성 측면에서 체계적으로 이루어져야 한다.
- ⑲ 도시의 용도별 면적 배분은 신도시에 거주하게 될 사람들의 미래 제반 활동을 예측하고, 그에 따른 토지공간 수요를 추정하여 이를 합리적으로 배치·유도하며 토지가 갖고 있는 물리적 효용성과 공간적 기능에 따라 그 토지가 가장 유효하게 사용되도록 토지의 용도를 배분하여야 한다.
- ⑳ 도시의 공간적 구조는 도시환경의 쾌적성을 확보하고 물리적 집중과 복잡한 교통체계의 방지를 위하여 최대한 유역경관의 특성을 고려하여 다양한 용도지역의 통합적 거점중심의 다핵 분산구조로 이루어지도록 한다.

- ⑲ 도시의 지형변경에 따른 지반고는 물순환체계의 구축과 부합되도록 다핵분산 구조의 도시용적에 비례하여 지형에 순응하는 테라스 형태의 지반고를 형성하도록 한다.
- ⑳ 공원, 광장 등 도시공간시설의 배치체계는 도시공간구조와 기능적 측면을 고려하되 다핵화된 공간구조의 거점중심의 분산형으로 배치하여 물순환체계와 연계되도록 한다. 기존의 자연하천 수계와 연계하여 홍수조절 목적이나 오픈스페이스 체계로의 연속성을 강조하기보다는 복합기능 도시습지로서의 연계역할에 중점을 두도록 배치한다. 또한 도시습지의 유형인 저류지나 배수지와 연계성도 충분히 고려하여 배치하도록 한다.
- ㉑ 또한 공원녹지체계는 물순환체계와 연계하여 주거지역에 인접하여 형성되므로, 주거환경의 쾌적성, 커뮤니티 및 보행환경의 기능성 및 안정성, 통풍축 및 바람길, 친수심미성의 확보 및 생태적 네트워크의 구축 등 복합기능을 발휘할 수 있도록 해야 한다.
- ㉒ 공원녹지율은 개발밀도의 감소에 따라 약 10% 이상을 추가, 확보하도록 하며, 가능한 물순환체계에 기반을 둔 저류지 및 배수지, 인공수로 등의 복합기능 도시습지와 연계하여 조성하도록 한다.

(2) 도시습지의 복원·조성

- ㉓ 신도시개발계획의 수립 시 개발밀도 및 규모의 산정에 따른 토지이용계획의 수립이전에 홍수조절, 수질개선, 빗물활용을 통한 복합기능 도시습지 조성 등 통합적 물순환체계의 계획을 수립하여 반영하도록 한다.
- ㉔ 상기의 통합적 물순환체계 구축을 위해서는 도시개발에 따라 증대된 유출특성을 고려하여 공간적 규모에서의 저감 및 저류할 용량을 산정하여 반영토록 한다. 미국의 대부분 도시에서 시행하고 있는 불투수층의 면적이나 개발면적의 기준을 적용하여 합리적인 우수유출량을 산정한 후 이를 저감하기 위한 저류시설을 포함한 우수 유출저감시설을 설치하도록 함과 동시에 복합기능

도시습지의 복원·조성에 소요될 수원의 용량 확보의 저류공간의 확보도 병행하여 적용하도록 한다.

- ㉓ 도시 규모에서의 생태통로적 물순환체계의 핵심인 하천 수계는 최대한 원형보전을 원칙으로 홍수조절 차원에서의 정비계획은 추진하되 도시습지의 복원·조성과 연계하여 최적기능을 발휘할 수 있도록 추진해야 한다.
- ㉔ 도시 규모에서의 물순환체계와 연계된 저류지와 배수지, 또는 함양지, 인공수로 등은 복합기능 도시습지의 핵심 유형으로서 위치와 규모는 자연수계, 공원녹지 및 광장 등 도시공간시설 등과 연계하여 통합적으로 조성하는 것이 바람직하며, 규모는 설정된 복합기능에 상응하는 용량을 산정하여 정하도록 한다.

다) 공간시설의 규모

(1) 일반적 지침

- ㉕ 토지이용 및 공간시설의 배치 및 설치는 우수를 외부로 유출시키지 않고 최대한 저장하여 재활용하는 체계를 도입한다.
- ㉖ 시설설치에 의한 우수 저장 및 활용시스템을 도입함과 동시에 지반의 침투를 통해 토양흡수 및 저장시설과의 연계를 확보하여야 한다.
- ㉗ 갈수기에도 저류지와 실개천의 상시 유수가 가능하도록 하천처리수의 재이용 등 유입수 확보대책을 마련하며, 인접 하천수를 지형경사를 이용하여 유입시키거나 인공적으로 유입시키는 방법도 강구한다.
- ㉘ 우수, 계곡수, 하천수, 지하수 등을 이용하는 지천(실개천)은 단지, 공원, 광장 등을 통과할 경우 물길을 외부에 노출시켜 환경성과 이용성을 제고시키도록 한다.
- ㉙ 배수체계계획 시에는 비점오염원에 의한 하천 및 저수지의 수질오염, 토양 및 지하수 오염 등을 사전에 예방하고, 도시 녹지의 생태성을 강화하기 위해 우수녹지 및 잔디도랑 도입, 침투트렌치 설치 등 자연배수체계 능력을 향상시

키도록 한다.

- ③④ 환경계획 차원에서 우수의 저류 및 침투, 하수처리수의 재이용, 우수지 도입, 하천수 활용, 갈수기 유지용수량 확보 등 신도시의 종합적인 물순환체계에 관한 대책을 마련하여야 한다.
- ③⑤ 오픈스페이스³⁷⁾의 위치에 관한 정보는 해당 지자체의 도시기본계획에서 확인할 수 있고, 일단 오픈스페이스의 위치가 확인되었다면 배수지, 저류지, 습지, 지하수층 회복 등을 포함한 도시 우수관리시설을 위한 적지평가가 이루어져야 하며, 이는 유역차원에서의 우수관리를 위해 요구되는 여러 유용한 대상지들의 위치를 서로 비교함으로써 이루어져야 한다.
- ③⑥ 신도시 개발 등의 대규모 토지이용계획이 추진되고 있는 지역의 경우, 토지이용계획과정에서 오픈스페이스 체계의 구성 배치에 대해 도시 우수관리시스템과 연계하여 추진할 필요가 있다.

(2) 저류지(Retention)

- ③⑦ 저류지 및 관련 구조물³⁸⁾은 상당기간 동안 지표수를 저류시켜 침투, 투수, 증발산을 통해 수문학적 순환이 지속될 수 있도록 함으로써 도시 및 지구단위 규모에서 우수 재활용을 통한 도시습지의 거점으로서 역할을 할 뿐만 아니라 하류 배수체계로의 방류량 감소, 갈수기 시 유지용수를 보충해 주는 역할을 한다.
- ③⑧ 저류지의 위치 및 규모는 도시습지로서의 잠재력이 높은 입지를 중심으로 선정하며, 해당 지역의 도시습지 유형 간 네트워크 구축 및 필요 수량을 공급

37) 오픈스페이스는 수변공원을 조성하는 데 적절한 장소이다. 수변공원은 현행 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 하의 「도시공원·녹지의 유형별 세부기준 등에 관한 지침」에 제시된 수변공원의 설치 및 기준에 따라 조성되고 있다.

38) 현재 우수유출저감시설(저류시설, 침투시설)은 자연재해대책법에 따라 설치되고 있다. 동법 시행령 19조 규정에 따라 "침투(浸透)시설"은 침투통, 침투측구, 침투트렌치, 투수성 포장, 투수성 보도블럭 등이 있으며, "저류(底流)시설"은 쇄석공극(碎石空隙) 저류시설, 운동장 저류, 공원 저류, 주차장 저류, 단지 내 저류, 건축물 저류, 공사장 임시저류지, 유지·습지 등 자연형 저류시설이 있다.

하는 수준으로 결정하도록 한다. 공원녹지 및 광장, 학교시설 등 도시 공간시설과 연계하여 조성하도록 한다.

- ③⑨ 도시우수의 유출 저감 및 홍수조절기능과 병행하는 저류지를 조성할 경우, 기존의 수문학적 모델링 및 도시우수 배수체계의 분석과 평가를 통해 기존 시설의 실질적인 개선이 요구되는 지역을 검토하여 개선하도록 한다.
- ④⑩ 저류지는 도시습지 인근에 배치하여 효율적으로 저류될 수 있도록 하고, 지하개발에 따른 2차오염이 발생하지 않도록 수질개선 문제도 동시에 고려한다.

(3) 배수지(Detention)³⁹⁾

- ④⑪ 배수지는 유출률을 저감하기 위해 단기간 동안 유출수를 저장한 후 배수체계로 방류하는 시스템으로서 주로 배수불량지역을 중심으로 설치하며, 유출량은 수문 순환과정에서 변하지 않은 채 남아 있다.
- ④⑫ 배수지의 위치 및 규모는 저지대 및 배수불량지역 등 도시습지로서의 잠재력이 높은 입지를 중심으로 선정하며, 해당 지역의 도시습지 유형 간 네트워크 구축 및 필요 수량을 공급하는 수준으로 결정하도록 한다. 공원녹지 및 광장, 학교 시설 등 도시공간시설과 연계하여 조성하도록 한다.

(4) 도시 우수 관리용 도시습지⁴⁰⁾

- ④⑬ 우수처리 계획도면
 불투수층 2,000 ft² 이상의 증가가 있거나 개발면적이 7,000 ft² 이상인 신규 및 재개발 사업 대부분의 경우, 지방정부의 검토 및 승인을 얻기 위한 우수처리 계획도면을 제출한다. 다만, 우리나라에 적용할 경우에는 불투수층과 개발

39) 배수지의 계획절차 및 세부항목별 고려사항은 소방방재청의 「우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준」에 제시되어 있다.

40) Washington State Department of Ecology Water Quality Program. 2005. *Stormwater Management Manual for Western Washington*. pp.2-15.

면적의 적정기준에 대한 검토가 요구되므로, 이러한 면적기준과 함께 증가된 유출량을 기준으로 약 30-50%의 감소율을 목표로 설정하는 것도 하나의 방법이다.

④④ 공사 시 우수오염방지계획

우수처리 계획도면의 하나로서 공사 시행 시의 우수오염방지 계획(SWPPP)을 제출한다. 오염방지를 위한 조건들은 다음과 같다.

첫 번째, 토목 및 정지 작업 전에 보호지역, 완충지역, 보전되어야 할 수목 등을 현장 및 도면에 명확히 표기하여야 한다. 가능한 표층, 자연식생 등은 자연 그대로 보존한다.

두 번째, 공사 진입로를 확보한다.

세 번째, 개발지역에서부터 흘러나오는 유수의 속도를 조절해야 한다. 현장지역에서부터의 강수의 유량, 유속, 침투유량의 증가로 인한 침식으로부터 보호되어야 한다.

네 번째, 배수지/저류지 시설을 정지작업의 첫 단계의 하나로서 건설하여 공사단계에서 저류시설이 기능할 수 있도록 한다.

다섯 번째, 퇴적물 조절과 효과적인 BMP 방법을 통하여 토양을 안정시킨다.

여섯 번째, 사면보호 절성도는 토양침식을 최소화하는 방법으로 설계되고 건설되어야 한다. 토양 타입과 침식 가능성을 고려하며, 테라스 등의 방법으로 연속된 경사면 길이를 줄여줌으로써 경사 유거수 속도를 줄이는 방법을 강구한다.

일곱 번째, 배수 유입구를 보호한다.

여덟 번째, 수로 및 유출구를 안정화한다.

아홉 번째, 오염물질을 조절한다.

④⑤ 오염원 조절(Source Control of Pollution)

비용적인 측면에서 오염물질의 감소에 효율적인 Source Control BMP(i.e. Bioretention) 등의 방법을 모든 프로젝트에서 우선적으로 고려한다.

④⑥ 자연배수시설 보전

개발로 인한 유거수의 증가로 하류부나 이웃부지에 부정적인 영향을 미치지 않도록 자연배수 패턴을 유지하도록 한다.

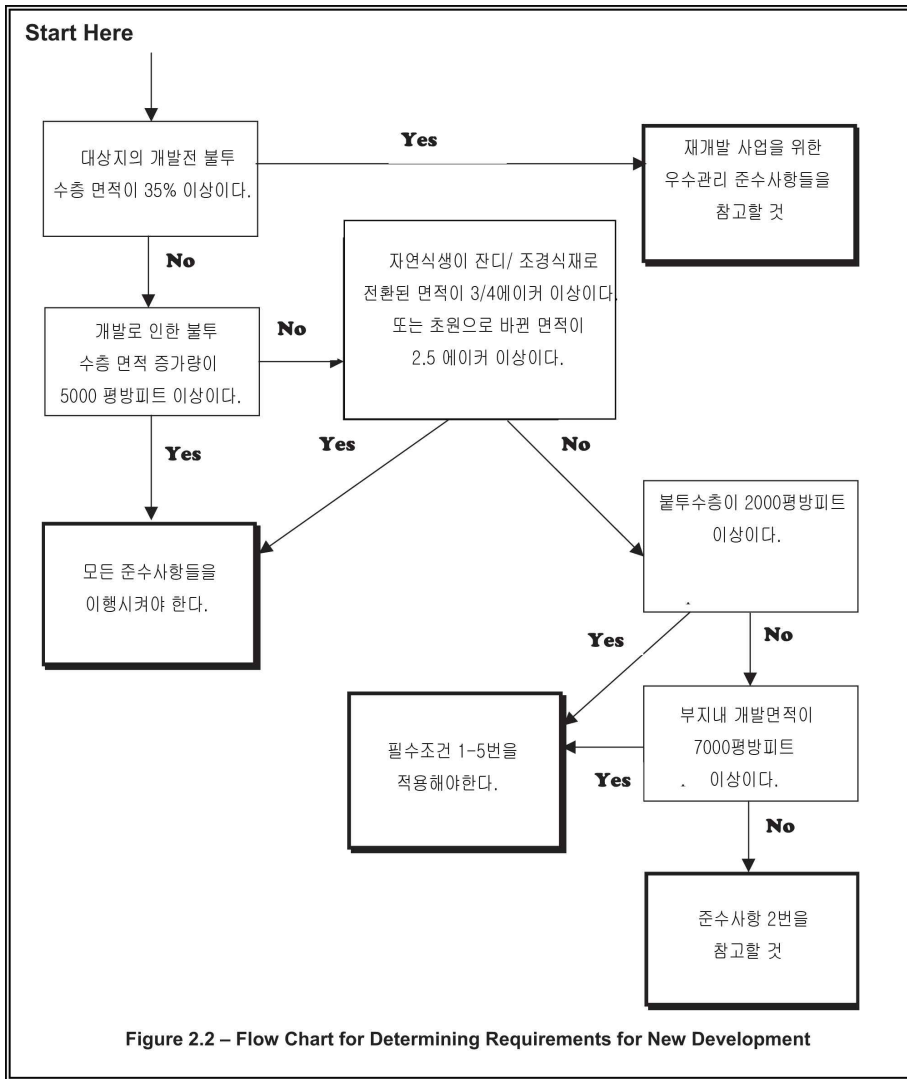
④7 개발대상지 내 우수관리 시설⁴¹⁾

개발로 인한 홍수나 침식이 없도록 현장에서 우수가 침투하고 지하수로 흡수될 수 있도록 해야 한다.

④8 개발대상지 내의 습지를 보호하기 위하여 자연상태의 수리학적 조건, 습지의 수위, 범람의 주기 및 지속기간에 변화가 생기지 않도록 한다.

④9 유역계획은 보다 총체적인 계획을 시행하고 오염물질 축적방지와 지표수/지하수에 대한 영향을 감소를 통한 수질보호를 위해 유역계획을 장려한다.

41) City of Portland. 2008. *Stormwater Management Manual*. pp.1-8.



자료: Washington State Department of Ecology Water Quality Program. 2005. *Stormwater Management Manual for Western Washington*. pp.2-9.

<그림 4-6> 신규개발사업 시 이행해야 할 준수사항 결정을 위한 흐름도

(5) 도시 우수 유출 저감을 위한 도시습지시설⁴²⁾

(가) 개요

- ⑤⑩ 미국 휴스턴시의 빗물처리, 도로변 수로, 오픈 채널, 저류지 등의 배수처리 시설들은 100년 주기의 확률강우량에 의한 홍수를 방지하기 위해 설계하는 것을 목적으로 한다. 단, 우리나라에 적용할 경우에는 세부적인 기준과 유출 계수 등 수치에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

(나) 우수유출량 산정기준

- ⑤⑪ 대상부지가 600 acre (2.43km²) 이하인 경우에는 합리식(Rational Method)을 이용하여 계산하며, 600 acre 이상인 경우는 강우-유출모델(Rainfall Run-off Modeling)을 이용하여 유출량을 계산한다.
- ⑤⑫ 강우 지속시간은 200 acre (809,391m²) 미만 지역은 최소 3시간, 200 acre (809,391m²) 이상 지역은 최소 6시간, 강우 지속시간의 확률강우를 기준으로 한다.
- ⑤⑬ 합리식에 이용되는 유출계수(Run-off Coefficient)는 다음과 같다.
- 단독주택지역 0.35 (1/2 acre 이상) - 0.55 (1/4 acre 이하)
 복합주택지역 0.65 (20가구/acre 이하) - 0.80 (20가구/acre 이상)
 상업지역 - 0.80
 산업지역 - 0.65
 공원/오픈지역 - 0.18

우리나라의 경우, 합리식에 사용되는 유출계수는 국토해양부의 하천설계기준을 준용하고 있으며 다음과 같다. 유출계수는 유역의 형상, 지표면의 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하지만 일반적으로 다음의

42) City of Houston Department of Public Works and Engineering. 2009. *Infrastructure Design Manual*. pp.9-6-9-19.

값을 계획의 표준으로 적용한다.

시가지 및 주택지역 : 0.70-0.80

밭 및 평야 : 0.60-0.70

논 : 0.70-0.75

산지 : 0.75-0.80

- ⑤4 유달시간(Time of Concentration) 산정법은 다음과 같다.

$$TC = 10A^{0.1761} + 15$$

TC = 홍수도달시간(분)

A = 면적(acre)

(다) 배수관 설계기준

- ⑤5 신규개발 지역 배수관 설계는 2년 강우 재현주기를 기준으로 한다.
- ⑤6 최소 유속은 3 ft/초(0.9 m/초) 이상이어야 하며, 최고 유속은 12 ft/초 (3.7 m/초) 이하여야 한다.
- ⑤7 배수관 파이프의 사이즈는 관경 최소 24 inch (0.6 m) 이상이어야 하며, 박스 컬버트(Culvert)는 최소 2 ft×2 ft 이상이어야 한다.
- ⑤8 빗물받이(Inlet)의 위치: 주택가의 경우 경사 최고점에서부터 700 ft, 다음 빗물받이와의 거리 1400 ft를 넘지 않도록 하며, 상업지역의 경우에는 경사 최고점에서부터 400 ft, 다음 빗물받이와의 거리 600 ft를 넘지 않도록 한다.

(라) 극단적인 폭우 침수대비 설계

- ⑤9 100년 재현주기 폭우로 지하 배수시설 수용용량이 초과되어 침수 및 범람(Ponding) 발생을 대비한다.
- ⑥0 미국 연방환경보호청(USEPA)의 Storm Water Management Model(SWMM)을 사용하여 산정한다.

- ⑥1 건물 디자인 시 모든 건물들은 100년 주기 강우 상황에서 예상되는 범람(Ponding) 예상 최고높이보다 높아야 한다.
- ⑥2 최고 범람 깊이는 도로 최고점에서 경계석(Curb)보다 6" 이상이 되어서는 안 된다.
- ⑥3 최고 범람 깊이는 도로 최저점에서 경계석(Curb)보다 18" 이상이 되어서는 안 된다.
- ⑥4 부지(lots) 사이에는 20" 폭의 지역권(Easement)을 두어 표면 우수를 수용할 수 있도록 한다. 펜스나 다른 어떤 시설물도 배수 지역권 내에는 설치를 불허한다.
- ⑥5 시의 승인을 위한 모든 도면은 100년 주기 강우 발생 시의 배수방향 및 배수방법을 표시해야 한다.

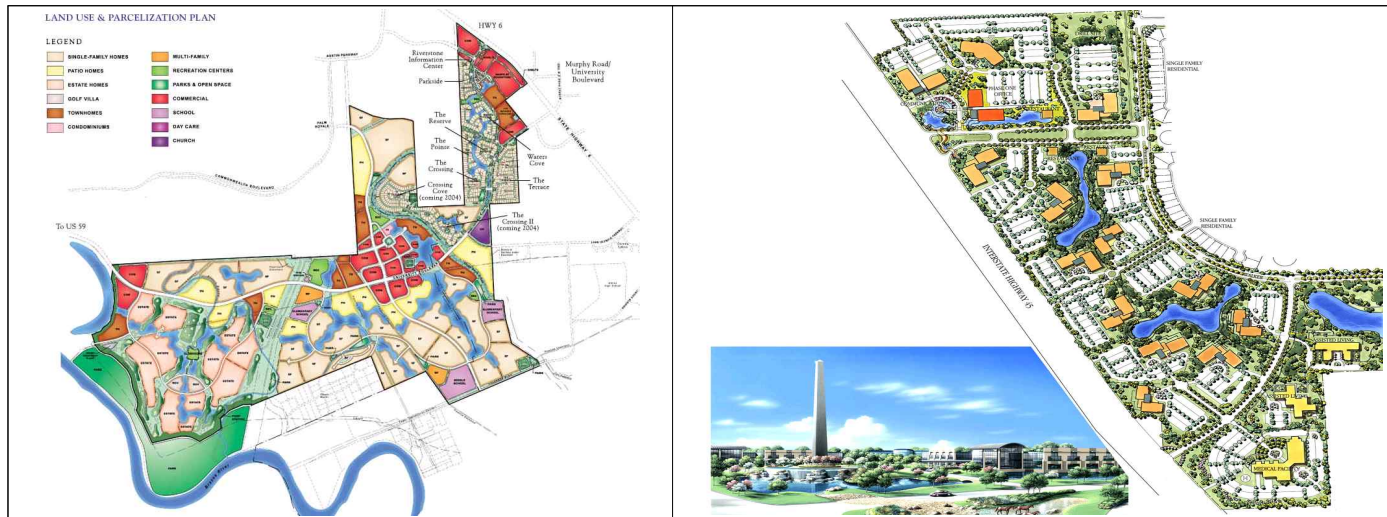
(마) 오픈 수로 및 도로변 개거(Ditch)

- ⑥6 오픈 수로의 높이는 매닝방정식(Manning's Equation) 및 연속방정식(Continuity Equation)을 사용하여 산정한다. HCFCD 기준 매뉴얼(Criteria Manual)에 표기된 디자인 방식을 따라야 한다.
- ⑥7 도로변 개거는 0.5 acre 이상의 단독주택가나 상업지역에서만 설치를 허가한다.
- ⑥8 최소 2년 주기의 강우량을 기준으로 하며, 깊이는 자연지표 혹은 포장도로면보다 최소 0.5 ft 이상 되어야 한다.
- ⑥9 잔디바닥의 개거인 경우 유속은 초당 3 ft를 넘도록 하지 않는다.
- ⑦0 개거 양쪽 경사면은 3:1 이하여야 한다.
- ⑦1 유속 계산은 자연지반인 경우 Manning 공식에서 계수 0.045를, 포장면인 경우에는 계수 0.025를 사용한다.
- ⑦2 유속이 3 ft/초 이상으로 예상되는 경우는 침식방지대책을 사용해야 한다.
- ⑦3 개거의 깊이는 4 ft 이하여야 하며, 바닥면의 폭은 최소 2 ft 이상이어야 한다.

(바) 배수지(Detention)

- ⑦④ 배수지는 신도시 개발 혹은 재개발 등으로 인해 현 배수시설에 미치는 영향을 감소시키는 것을 목적으로 하며, 배수지 규모는 불투수층 표면적에 의해 계산된다. 불투수층 표면적은 모든 건물, 진입로, 보행자도로 등을 포함한다.
- ⑦⑤ 휴스턴 시의 모든 개발사업은 On-site 배수지를 필수적으로 계획해야 한다.
- ⑦⑥ 15,000 ft² 이하의 단독주택 부지에 불투수층 표면적이 75% 이하인 경우에는 배수지 설치가 불필요하나, 75% 이상인 경우에는 0.2 acre ft/acre 규모의 배수지를 설치해야 한다.
- ⑦⑦ 1 acre 이하의 부지는 증가된 불투수층 면적의 0.2 acre ft/acre 규모의 배수지를 설치해야 한다.
- ⑦⑧ 1-50 acre 부지는 증가된 불투수층 면적의 0.5 acre ft/acre 규모의 배수지를 설치해야 한다.
- ⑦⑨ 사설 주차장, 사설 도로, 사설 배수시설은 최대 범람 깊이가 빗물받이로부터 9" 이하인 경우에는 저류용으로 사용될 수 있다. 단, 주차장은 주차장이 우기에 침수된다는 안내판을 반드시 설치해야 한다.
- ⑦⑩ 배수지 방류파이프는 수위에 따라 물을 방류할 수 있도록 적절한 시설을 갖추어야 한다. 수위가 저류지 깊이의 25% 높이에 있을 때 0.5 cfs/acre 속도로, 수위가 저류지 깊이의 75%가 되었을 때, 2.0 cfs/acre 속도로 방류할 수 있도록 한다.
- ⑦⑪ 배수지 주변에는 30 ft의 관리영역이 필요하며, 관리를 위한 접근이 용이하도록 지역권(Easements)을 포함하여야 하고, 이는 승인도면에 명기되어야 한다.

124미국의 휴스턴에서는 몇몇처럼, 모교로써 수도 및 오픈채널, 구지류지 등 필수적인 저류시설이 커뮤니티 어메니티로 적극 활용되고 있다(그림 4-8).



자료: 미국 도시계획/조경회사 M2L Associates, Inc. 2002. 프로젝트 사례.

<그림 4-8> 미국 휴스턴시 택지개발 마스터플랜

다. 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침

1) 개요

물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지는 도시 내의 물순환체계와 연계되지 않거나 또는 독립적으로 존재하는 습지를 말한다. 따라서 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 이들 습지를 복원·조성함에 있어서 필요한 사항을 제시하고자 한다.

동 지침은 도시 내 물순환체계와 연계되지 않은 독립습지들의 중요한 가치를 보존·활용하기 위하여 녹지와 연계된 독립습지를 복원·조성하는 것에 목적을 두고 있으며, 이러한 물순환체계와 연계되지 않은 도시습지의 복원·조성은 보충적인 도시 생태공간 또는 친수공간의 창출에 기여할 것으로 판단된다.

동 지침은 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원지침과 조성지침으로 구성하였다.

2) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원지침

습지의 복원(Restoration)에 대한 정의는 현재 법제도상으로 명확하게 제시된 바 없다. 이와 관련하여, 김귀곤 등(2004)⁴³⁾은“복원은 이전의 상태나 위치로 되돌리는 것 혹은 훼손되지 않거나 완전한 상태로 되돌리는 것”, William *et al.*(2000)⁴⁴⁾은 복원이란“인간활동에 의해 교란되거나 변형된 습지를 이전의 상태로 회복시키는 것”이라고 정의한 바 있다. 본 연구에서 습지복원은“과거에 훼손되기 전의 습지의 가치, 즉 해당 습지가 지녔던 본래의 기능과 면적과 위치를 원래의 상태로 회복시키는 것”으로 정의하고자 한다.

동 복원지침은 도시 내 물순환체계와 연계되지 않은 도시습지 중에서 과거에 영농활동, 매립 등 인간의 행위로 인하여 훼손되거나 그 가치가 상실되어 복원 또는

43) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적. p.63.

44) William J. M., J.G. Gosselink. *Wetlands*. John Wiley & Sons, Inc. p.654.

기능향상(Enhancement)하는 것이 요구되는 도시습지에 대한 복원지침이다.

동 지침은 관련 문헌 및 자료⁴⁵⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾⁵²⁾의 분석을 통하여 도출하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- ⑧② 동 지침은 도시습지 중 자연습지와 오랜 시간을 거치면서 자연습지화한 인공 습지(i.e. 저수지, 생태저류지 등)를 그 대상으로 한다.
- ⑧③ 물순환계획을 수립하기 전, 공통지침의 ①~⑧번 조사를 실시한다.
- ⑧④ 공통지침의 ①~⑧번 조사결과를 바탕으로, 과거 도시개발, 영농활동 등으로 훼손되거나 가치를 상실한(i.e. 형태를 잃어버린) 습지를 추출하고, 해당 습지가 물순환체계와 연계가 가능한지 아닌지를 판단한다.
- ⑧⑤ 도시개발사업에 의하여 불가피하게 매립이 되어지는 습지가 발생할 경우, 개발대상지 내 또는 그 유역에 해당 습지의 가치만큼, 기존습지의 기능을 향상 시키거나 대체습지를 새로이 조성하는 방안을 고려한다.

가) 습지복원

- ⑧⑥ 습지복원 시 저습지 환경에 적합한 식물종과 이들을 생육기반으로 하는 다양한 생물종의 서식환경을 고려하여 설계한다.
- ⑧⑦ 습지복원 설계 시 인근 부지의 모든 표면유거수가 집중되는 장소를 택하고,

45) 국토해양부. 2009. 하천설계기준·해설.

46) 국토해양부. 2007. 조경설계기준.

47) 국토해양부. 2007. 하천공사표준시방서.

48) 국토해양부. 2002. 자연친화적 하천관리지침.

49) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」.아카데미 서적.

50) 한봉호, 김정호, 홍석환. 2003. 서울시 둔촌동 습지 생태계보전지역 모니터링 및 생태적 복원구상. 한국환경생태학회지 17(3). pp.242-257.

51) 최희선, 김귀곤. 2009. 신도시물순환체계 구축을 위한 습지조성 입지선정에 관한 연구. 한국조경학회지 36(6). pp.43-54.

52) Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. pp.2-16~2-17.

하천 본류(저수로)와 연결되는 생태환경기반을 조성한다.

- ㉘ 습지복원 시 자생식물 중 정수기능이 우수한 습지성 식물을 우선 도입하고, 수생식물과 구분하여 식재할 위치를 결정한다.
- ㉙ 습지복원 시 주변부의 처리는 조경설계기준(2007)⁵³⁾의‘23.8.2 연못 및 습지 주변부의 처리’를 참고한다.
- ㉚ 습지복원은 침수빈도와 침수 정도를 고려하고 가급적 자생식물 종으로 식재한다.
- ㉛ 습지복원 시 배수가 불량하거나 물이 많이 고이는 곳에 습초지(濕草地)를 조성하여 조류서식처로 활용한다.
- ㉜ 습지복원 시 수질정화능력이 뛰어난 정수식물을 식재한 유공관(유입구) 등을 설치하여 정화된 하천 본류의 물을 습지로 유입시키고, 수로(유출구)를 통하여 하류쪽으로 유출시키는 등 정수식물을 활용한 본류의 수환경 개선효과를 도모한다.
- ㉝ 습지복원 시 수위는 개발대상지의 하천 본류와 같게 하여 유지용수를 안정적으로 확보한다.

나) 생태연못 복원

- ㉞ 생태연못의 복원 시 연못의 내부에 섬을 만들어 식생기반을 조성하고 야생동물을 유인하여 종다양성을 확보한다.
- ㉟ 생태연못의 복원은 사방 10m 이상의 폭을 유지하고 주변 식재를 위해 공간을 확보한다.
- ㊱ 생태연못의 복원 시 호안은 곡선으로 처리하고 바닥에 적절한 기울기를 두어 다양한 생물서식공간으로 설계한다.
- ㊲ 생태연못의 복원 시 오염되지 않은 물을 수원으로 확보한다.

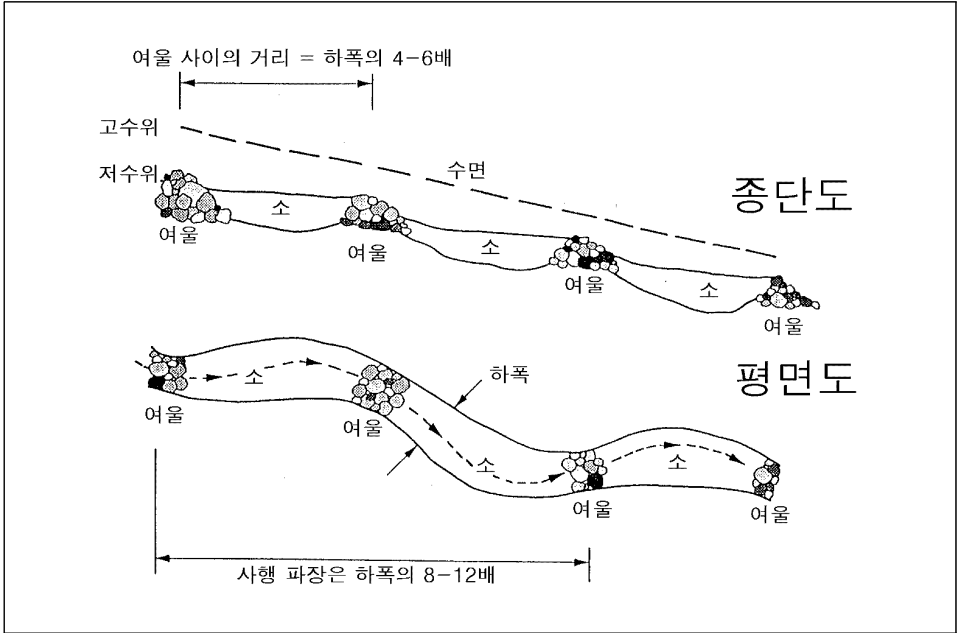
53) 국토해양부. 2007. 조경설계기준.

- ⑨8 생태연못의 복원 시 못에는 다양한 서식환경의 조성을 위한 배식을 한다.
- ⑨9 생태연못의 복원 시 작고 얇은 연못의 경우에는 겨울의 동결과 여름의 고온으로 인한 서식생물의 피해를 최소화할 수 있도록 최소 5X5m의 크기와 1~1.5m의 수심을 확보한다.

다) 하천복원

- ⑩0 하천복원은 자연하천의 고유성이 유지되도록 개발대상지 하천의 하도 형태, 지질조건, 하상재료 등을 고려하여 계획한다.
- ⑩1 하천복원 시 개발대상지 하천의 침식, 운반, 퇴적을 고려하여 계획한다.
- ⑩2 하천복원 시 자생동물의 습성과 자생식물의 서식환경을 고려하여 계획한다.
- ⑩3 하천복원은 주변 자연환경과 조화를 이루도록 최소한 개량하는 수준으로 정비한다.
- ⑩4 하천복원 시 하천 자연복원력의 한계를 벗어나지 않도록 계획하고 정비한다.
- ⑩5 하천복원 시 자연성 유지 및 회복에 대한 타당성을 충분히 검토한다.
- ⑩6 하천복원 시 가급적 개발대상지의 돌, 식생의 이용을 우선적으로 검토한다.
- ⑩7 하천복원 시 콘크리트 제품을 도입할 필요가 있는 경우, 다공질의 형상이나 자연에 가까운 형태를 최대한 도입한다.
- ⑩8 하천복원 시 개발대상지 하천의 특성을 확인하여 이수·치수 및 환경기능의 조화를 이룰 수 있는 기법을 적용한다.
- ⑩9 하천복원 시 하천형태 및 흐름의 상황에 대응한 다양한 수변환경을 조성한다.
- ⑩10 하천복원 시 하천의 자연성을 최대한 살릴 수 있는 친수공간을 조성한다.
- ⑩11 하천복원 시 개발대상지 하천분류와 지천, 하천 상·하류의 연속성을 확보하여 하천생태계의 단절을 방지한다.
- ⑩12 도시하천의 복원은 독립적인 하천정비가 아니라 도시의 전체 물순환체계와 연계되도록 계획한다.

라) 여울 복원



자료: 국토해양부, 2009. 하천설계기준·해설. p.452.

<그림 4-9> 여울과 소(웅덩이)의 종단 및 평면구조

- ⑪ 여울의 복원은 시간 및 공간에 따라 주기적으로 퇴적과 침식을 반복하므로 해당 하천구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)을 고려하여 평면으로 계획한다.
- ⑫ 여울의 복원 시 수생생물이 생존할 수 있도록 수량, 수질 및 수생생물의 서식에 필요한 생물학적, 물리적 환경을 조성한다.
- ⑬ 여울의 복원 시 물, 얼음 또는 유사가 통과할 수 있도록 갈수기에는 가능한 충분한 수심이, 홍수기에는 상대적으로 낮은 수심이 유지되도록 계획한다.
- ⑭ 여울의 복원 시 개발대상지의 수리·수문조사 결과를 바탕으로 여울의 한계소류력과 한계유속치를 초과하지 않도록 계획한다.
- ⑮ 여울의 복원 시 여울의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하천의 경사, 저수시의

소(웅덩이)의 수심 등에 따라 결정한다. 여울이 충분한 기능을 수행하기 위해 하류 여울의 정상부 표고는 상류 여울의 정상부 표고를 초과하지 않도록 한다.

- ①⑧ 여울의 복원 시 여울의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다.
- ①⑨ 여울의 복원 시 홍수 시의 통수능에 문제가 있을 경우, 여울의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보한다.
- ①⑩ 여울의 복원 시 가장 큰 소류력을 받는 여울 정상부는 저수로 만제 유량에서 표류되지 않을 정도 크기의 거석을 사용한다.

3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 조성지침

조성(Creation)에 대한 의미 역시 복원과 유사하게 현재 법제도상에서 명확하게 정의 내려지고 있지 않다. 이와 관련하여, 김귀곤 등(2004)⁵⁴⁾은“창출(Creation)은 훼손 등의 여부와는 상관없이 생태계를 지속적으로 유지하지 못했던 지역에 지속성이 높은 생태계를 새롭게 만들어 내는 것을 말한다. 또는 다양한 목적으로 전혀 생태계가 없던 곳에 새로운 생태계를 만들어 내는 것도 포함한다.”라고 제시한 바 있다.

조성은 복원과 달리 이전에 없었던 생태적 공간을 새로이 창출하는 행위라는 이유로 인위적인 개발행위로 보는 부정적인 시각도 있다. 그러나 도시개발사업의 특성상 개발사업을 통한 최대 수익의 창출을 위하여 토지이용계획이 타 계획보다 우선시되고 있으므로, 개발대상지 내에 기존 도시습지를 복원하는 것보다는 토지이용계획과의 조율을 통하여 가능한 위치에 도시습지를 조성하게 되는 경우가 대부분이다. 따라서 도시습지의 경우 자연습지와 같이 원칙적으로 습지의 원형보전과 습지의 복원 또는 기능향상을 최우선적으로 고려하는 것이 바람직하나, 이것이 불가능한 경우에는 새로운 지역에 도시습지를 조성하여 도시의 생태용량을 확보하는 것이 필요할 때가 많다. 단, 습지의 조성은 물순환체계 구축을 위한 주요 수단이 아닌 습지복원의 보조 수단으로서 고려하는 것이

54) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적. p.64.

필요하다. 예를 들면, 서울 강동구 길동에 위치한 길동생태공원의 경우, 생태공원 내에 독립적인 인공습지를 일부 조성하여 도심 내의 성공적인 생태지로서 탄생시킨 바 있다.

동 지침은 기존의 문헌 및 자료(55)56)57)58)59)60)61)62)63)64)65)66)를 기초로 하여 물순환 체계 기반 외의 도시습지 조성사례를 바탕으로 도출되었으며, 그 내용은 다음과 같다.

- ⑫ 도시습지의 조성은 물순환계획을 수립하기 전에 공통지침의 ①~⑧번 조사를 우선 실시한다.
- ⑬ 공통지침의 ①~⑧번 조사결과를 바탕으로, 도시습지의 물순환체계가 연계되어질 수 있는지 아닌지를 판단하여 도시습지의 조성 위치를 결정한다.
- ⑭ 토지이용상의 문제 등 부득이한 이유로 물순환체계와 연계되지 않더라도 개발대상지의 도시습지 조성을 위해 필요하다면 점적인 형태의 도시습지도 조성한다. 단, 기존 자연수계를 훼손하지 않는 범위에서 조성한다.
- ⑮ 물순환체계 기반 외의 점적인 형태의 도시습지 유형은 인공습지, 인공연못, 천변저류지, 인공호수, 인공실개울, 인공여울, 인공하천 등이 있으며, 개발대상지의 여건과 특성에 따라서 적절한 유형을 계획한다.

55) 국토해양부. 2009. 하천설계기준·해설.

56) 국토해양부. 2007. 하천공사표준시방서.

57) 정중호, 윤용남. 2007. 「수자원설계실무」. 구미서관.

58) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적.

59) (주)SK건설. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사 실시설계(발표자료). 대한주택공사.

60) 박주석, 한무영, 송호면. 2006. 「일본의 빗물침투시설 기술 - 조사·계획편」. 도서출판 풍남.

61) 박주석, 한무영, 송호면. 2006. 「일본의 빗물침투시설 기술 - 구조·시설·유지관리편」. 도서출판 풍남.

62) 최희선, 김귀곤. 2009. 신도시물순환체계 구축을 위한 습지조성 입지선정에 관한 연구. 한국조경학회지 36(6). pp.43-54.

63) 김형수, 하성룡, 김상단, 박창근, 경민수. 2006. 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안. 물과미래 39(4). pp.52-60.

64) Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*.

65) Kielniacz, A., D. Chubb. 2004. *The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney*. Upper Parramatta River Catchment Trust.

66) Water by Design. 2009. *Construction and Establishment Guidelines: Swales, Bioretention System and Wetlands*. South East Queensland Healthy Waterways Partnership. Brisbane.

가) 인공습지의 조성

인공습지를 조성하기 위해 홍수범람 예측, 흐름 분석 등을 실시하여 습지의 길이, 폭, 용량을 파악한다.⁶⁷⁾ 인공습지의 유입구 및 유출구, 수질, 수심, 수위, 유속 등 각 요소들을 고려하여 인공습지를 조성한다. 각 요소별 고려사항은 다음과 같다.

(1) 인공습지의 유입구 및 유출구 계획

인공습지를 조성할 경우, 물순환이 원활하게 이루어지도록 유입구와 유출구를 계획한다. 김귀곤 등(2004)⁶⁸⁾은 유입구를 통해 물이 유입되는 과정에서 주변 토사의 유입으로 인하여 습지의 수심이 얕아지게 되거나, 유출구를 통해 물이 유출되면서 주변 토양을 침식시키는 것을 방지하기 위해 유입수와 유출수의 흐름을 고려하도록 제안한 바 있다.

⑫5 인공습지의 유입구와 유출구를 조성할 경우, 침전, 흡수, 생물학적 과정, 영양물질 등의 적절한 공급을 위해 유출구를 유입구보다 좁게 설계하거나 유출구를 설치하지 않는다.

⑫6 인공습지의 유입구는 유입구를 통한 오염물질의 동시 유입을 방지하기 위하여 유입구에 정수식물을 식재하거나 다단의 저류연못을 조성하여 오염물질을 걸러주도록 계획한다.

※ 여러 종류의 물이 한 곳의 유입구로 집수될 경우에는 반드시 정수식물을 식재한다.

(2) 인공습지의 수질 계획

⑫7 인공습지의 수질은 수생식물의 생산성이 가장 높은 pH 6.0~8.5 사이로 조성한다.

67) Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. pp.2-10~2-11.

68) 김귀곤, 조동길. 2004. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적. p.300.

(3) 인공습지의 수심 계획⁶⁹⁾

- ⑫ 인공습지의 수심은 서식 곤충, 어류 등이 생활하기에 적합하고 여름철의 증발량 및 겨울철의 동결심도를 고려하여 최대 1m 이상 유지할 수 있도록 계획한다.
- ⑬ 인공습지의 법적 설치기준은 환경부의 「비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼」⁷⁰⁾을 준용한다.

(4) 인공습지 수위 계획⁷¹⁾

- ⑭ 인공습지 내 생물 서식의 안정화를 위하여 습지의 수위가 크게 변동되지 않도록 계획한다.

(5) 인공습지 유속 설계

- ⑮ 인공습지의 유속은 도입종의 서식특성에 따라 빠르거나 느리게 계획하며, 인공습지의 경우 일정한 유속이 유지될 수 있도록 경사를 최소한 0%를 초과하도록 계획한다.⁷²⁾

69) 인공습지의 수심과 관련하여 김귀곤 등(2004)은 곤충의 유충이 생활하기에 적합한 깊이는 50cm 이상, 작은 물고기가 서식할 수 있는 깊이는 45cm 정도라고 한 반면, 한국수자원공사(1997)의 조정설계기준은 최대수심 1m 이상이 바람직한 것으로 제시된 바 있다.

70) 환경부. 2008. 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼.

71) 인공습지의 수위와 관련하여 김귀곤 등(2004)¹⁾은 수고의 요동이 발생하면 어류의 산란처가 노출되고, 식물이 안정적으로 성장하는 데 교란이 일어나므로 수생생물의 생물다양성 감소를 초래할 수 있으며, 습지의 유속을 빠른 유속과 느린 유속으로 혼합하여 조성할 경우, 생물다양성에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 언급한 바 있다.

72) 김귀곤(2004)은 인공습지에서 느린 유속은 수생생물의 다양성을 유지해 주고, 빠른 유속은 습지의 생물다양성에 기여한다고 언급하며, 어느 정도의 유속을 유지시켜 주기 위해서는 0% 이상의 경사 유지가 필요하다고 하였다.

나) 수질정화습지의 조성

- ⑬② 수질정화습지는 수질개선, 토양유실의 억제, 유사량 조절, 주변지역의 하천범람 방지, 어류 및 야생생물을 위한 서식처 제공, 환경생태공원 및 생태학습장 조성 등의 기능을 수행하도록 조성한다.
- ⑬③ 수질정화습지는 지리적으로 수원확보가 유리한 위치에 배치하고 위치 확보가 어려울 경우에는 기계적으로 수량을 확보한다.
- ⑬④ 수질정화습지는 최소한의 수질정화가 이루어질 수 있도록 적정한 습지면적을 확보한다.
- ⑬⑤ 수질정화습지의 면적 구성비율은 저습지(Shallow Marsh)는 70%, 깊은 소택지(Deep Marsh)는 30%, 개방수면(Open Water)은 20%로 계획한다.
- ⑬⑥ 수질정화습지의 조성 전 오폐수처리시설 및 방법을 강구한다.
- ⑬⑦ 수질정화습지의 조성 전 인을 제거하기 위한 고부하 유입수를 확보한다.
- ⑬⑧ 수질정화습지의 조성 시 저습지(Shallow Marsh) 대의 식생은 정화능이 높은 정수식물로 식재한다.

다) 우수저류지의 조성

우수저류지는 강우 시 빗물을 일시적으로 저류하는 공간이다. 도시 내에는 물순환체계로 연계되는 방식이 가장 바람직하나 불가피한 경우에는 독립적인 우수저류지의 조성도 가능하다. 국내에서는 빌딩 옥상녹화나 빗물가든, 침투연못, 습지 등의 형태로 우수저류지가 조성되고 있다.

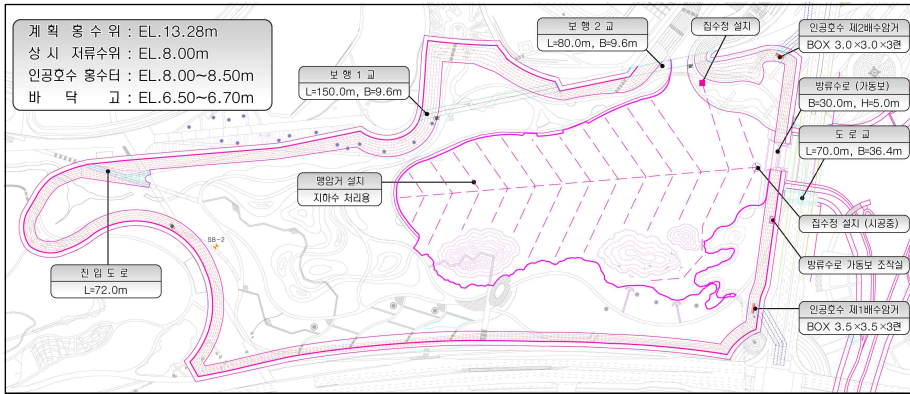
- ⑬⑨ 우수저류지의 조성은 우선 수위유지가 가능한 지역인지 생물서식에 적합한 수질인지를 파악한다.
- ⑬④ 우수저류지는 생물종의 유입이 용이한 곳, 야생동물들의 접근이 용이하고 자동차나 자전거, 보행 등으로 인한 인간 간섭을 적게 받는 지역을 선정한다.

- ⑭④ 우수저류지는 공사과정에서 야생동물에 미치는 영향이 적거나 최소화할 수 있는 곳을 선정한다.
- ⑭⑤ 우수저류지에 서식하는 수생식물의 생장을 돕기 위하여 대상지역의 건물이나 기존 수목 등에 의해 지나치게 그늘지지 않는 곳을 선정한다.
- ⑭⑥ 우수저류지는 관찰자나 관리자의 안전성이 확보될 수 있는 곳으로 선정한다.
- ⑭⑦ 우수저류지의 오염물질이 습지 내로 유입되지 않도록 설계한다.
- ⑭⑧ 부득이한 이유로 우수저류지의 오염물질이 습지 내로 유입되는 구조로 계획될 경우, 사전 여과장치를 설치하여 오염물질을 제거한다.
- ⑭⑨ 우수저류지의 구체적인 설계기준은 소방방재청의 「우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리기준」⁷³⁾을 준용한다.

라) 인공호수의 조성

인공호수는 전체의 물순환체계를 유지시키는 방향으로 대량의 수자원 저장 및 공급원 역할을 할 수 있도록 조성한다. 한 예로 파주운정지구의 경우, <그림 4-10>과 같이 치수안정성을 위하여 계획 홍수위, 상시저류수위, 인공호수 홍수터, 바닥고 등을 분석·계획하고 수질개선을 위한 방류수로 등을 계획한 바 있다.

73) 소방방재청. 2009. 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준.



자료: (주)SK건설. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사 실시설계(발표자료). pp.3-92.

<그림 4-10> 파주운정지구 인공호수 평면설계도

- ⑭⑦ 인공호수 조성을 계획할 경우, 수리·수문분석(강우분석, 홍수량 산정 등)을 실시하고, 분석결과를 바탕으로 조성계획을 수립한다.
- ⑭⑧ 인공호수 조성을 위한 강우분석은 해당 지역의 유역과 연계된 관측소의 시장우자료의 조사, 국립방재연구소에서 배포한 FARD 빈도해석프로그램을 이용한 확률강우량의 산정, 최적 매개변수 추정방법에 의한 매개변수 추정, 적합도 검정을 통한 적정분포형의 선정, 해당 지역의 상위계획 및 한국 확률강우량도 작성결과 등의 분석방법으로 비교하여 분석한다.
- ⑭⑨ 인공호수 조성을 위한 홍수량 산정은 Huff 4분위법을 이용하여 확률강우량에 대한 시간적 분포의 분석, GIS 기법(수치지도, 정밀토양도 및 토지이용도 등)을 이용한 유출곡선지수(CN)의 산정, 경험식을 이용한 합성단위도의 매개변수 산정, 최대 침투홍수량이 발생하는 임계지속시간의 결정, 미공병단에서 개발한 HEC-HMS를 이용한 홍수량 산정, 관련 계획과 비교하여 금회산정 홍수량의 적정성 검토 등의 분석방법으로 산정할 수 있다.
- ⑭⑩ 인공호수는 치수안정에 대비하기 위하여 유입량과 방류량을 검토하고, 이를 위하여 저류방정식 등의 방법을 이용하여 100년빈도 홍수량에 대한 홍수추적

을 실시한다.

- ⑮ 인공호수의 홍수추적 분석결과를 토대로 인공호수 주변의 제방고 및 바닥고를 결정한다.
- ⑯ 인공호수의 수질개선을 위하여 GIS 프로그램을 이용하여 흐름모델분석(유속 분포, 유향분석 등) 등의 방법으로 분석을 실시하여 수중폭기시설 등 수질개선시설의 종류 및 설치위치를 결정한다.
- ⑰ 인공호수 조성 시 개발대상지의 분류가 인공호수에 유입되도록 설계될 경우, 오염차단시설의 설치를 고려한다.
- ⑱ 인공호수 조성 시 호수 주변에 방출 또는 식재할 생물종은 가급적 해당 지역에서 서식하는 자생종으로 한다.

마) 여울, 실개천의 조성

(1) 여울의 조성계획⁷⁴⁾

- ⑮ 여울과 소를 조성할 경우, 직경 200mm~300mm의 자갈을 하상바닥에 깔고 유동되지 않도록 직경 120mm의 나무말뚝으로 고정시킨다.
- ⑯ 여울 조성 시 전체적인 형상은 V자 형태로 설계한다.
- ⑰ 거석을 이용한 여울 조성 시에는 돌은 수면 아래에 배치시키고, 여울의 상류는 직경이 작은 자갈을 사용하고 하류는 거석을 사용하여 홍수에 대비한다.
- ⑱ 여울 조성 시 여울의 길이는 하폭의 6배로 계획한다.
- ⑲ 여울 조성 시 여울 및 웅덩이의 간격은 하폭의 1~3배 정도로 유지한다.
- ⑳ 여울 조성 시 저수로는 불투수층인 토양을 기반으로 조성하며, 연중 내내 얇은 물에 의해 덮여 있는 육지와 개방수역 사이의 전이지대 역할을 수행할 수 있도록 설계한다.
- ㉑ 개발대상지의 여건상 여울을 조성하기가 어려울 경우에는 강제로 조성하지

74) 김귀곤(2004)은 V자 형태로 여울을 조성할 경우, 여울 주변부 호안의 세굴을 감소시키고 여울 위와 아래 하도양안에 와류를 형성하여 물고기의 피난처를 제공할 수 있다고 하였다.

아니하며, 여울의 역할을 인공수로 등 다른 유형의 물순환체계 요소가 대체할 수 있도록 계획한다.

⑩② 실개천 조성 시 원래의 물 흐름을 고려하여 설계한다.

(2) 실개천의 조성계획

⑩③ 실개천은 물 흐름을 지속적으로 유지시켜야 하는 어려움이 있으므로, 실개천을 조성할 경우에는 수원이 풍부한 곳에 조성토록 하며 유지용수량 및 수질 등의 문제를 고려한다.

⑩④ 실개천 조성 시 주변 수원이 풍부하지 못한 대상지역일 경우, 기존의 송수관 또는 농수로 등을 활용하여 조성하는 등의 인위적인 방법도 고려한다.

⑩⑤ 개발대상지의 여건상 인위적인 방법으로 실개천을 조성하기 어려울 경우에는 강제로 조성하지 아니하며, 실개천의 역할을 인공수로 등 다른 유형의 물순환체계 요소가 대체하도록 계획한다.

바) 기타 조성

⑩⑥ 공공시설과 사유지 간의 용수를 통합 활용할 수 있도록 유기적으로 수체계를 연계·구축한다.

3. 소결 및 시사점

현재 국내에서 신도시물순환체계와 관련한 기준 및 지침으로는 국토해양부의 지속가능한 신도시계획기준, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침, 환경부의 생태면적률 적용지침 및 동 지침 하의 사전환경성 검토 및 환경영향평가 단계와 환경보전계획 수립지침 등이 있다. 그러나 대부분이 녹지공간과 경관을 중시하는 방식으로 도시습지를 복원·조성하고 생태연못, 도시하천 등 독립적으로 물순환시설을 조성하여 유기적으로 연계되지 않은 물순환체계계획을 수립하는 한계가 있어 왔다. 따라서 도시개발사업에서의 물순환체계 요소들이 유기적으로 연계·구축될 수 있도록 유도함과 동시에 신도시개발사업의 현장에서 직접적으로 참고할 수 있는 지침의 개발이 필요하다.

본 연구에서 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 1) 공통지침과 2) 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침, 3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침으로 구성되며, 도시개발사업에서 물순환체계를 구축할 경우, 고려할 수 있는 도시습지의 형태 및 연계방법 등에 관한 구체적인 기준 및 고려사항들을 제시하였다. 더불어 물순환체계와 연계되지 않은 독립된 도시습지 등에 관한 기준 및 고려사항들도 물순환체계 기반 외의 지침으로 제시하였다. 한편 제시된 동 지침의 전제조건 및 시사점은 다음과 같다.

가. 정량화된 수치범위의 제시 한계

개발대상지의 기반환경 특성에 따라 유지용수량, 저류량, 저류시설의 규격 등이 다르게 나타나 복합기능 도시습지 복원·조성지침에 정량화된 수치를 정하는 것이 불가능하였다. 호주에서는 별도의 저류지 설계계산 요약표(부록 1)를 제시하여 수치기록을 작성하도록 권고하고 있다. 동 요약표는 다른 지역에서 물순환체계 구축 시 참고자료로도 활용할 수 있어 그 의미가 크다. 국내에서는 해당 평가표가 부재할 뿐만 아니라 물순환체계 구축 시 참고할 만한 수치기준 자료도 부족하다. 따라서 국내에서도 물순환체계

구축 시 산정되는 수치정보들을 기입할 수 있는 평가표 등을 마련하여 정량적인 수치범위를 참고할 수 있도록 해야 할 것이다.

나. 일반적인 분석모형의 제시 한계

개발대상지의 수리·수문, 지형, 기후 등의 분석에 활용되는 분석모형은 다양하다. 동 4장의 지침에서 제시하는 분석모형은 그 중 일부로 관련 문헌 사례에서 적용한 것을 제시한 것이다. 따라서 본 지침에서 제시된 분석모형과 동일한 모형으로 반드시 분석할 필요는 없으며 탄력적으로 적정 모형을 사용하여 분석하는 것이 요구된다.

다. 복원보다는 조성 위주의 물순환체계 구축

신도시물순환체계는 대부분이 인위적인 조성을 통하여 구축되고 있었으며, 원습지를 복원하는 사례는 거의 없었다. 이는 기존 신도시물순환체계에 적용되었던 계획들이 복원보다 조성 중심으로 구축되었음을 직접적으로 나타내는 실증사례이다.

복원은 조성에 비해 소요비용이 많이 들고 높은 기술력이 제반되어야 하는 한계가 있어 왔으나 국외에서는 원래의 자연형태를 되살리는 가장 성공적인 방법으로 평가받고 있다. 따라서 국내 신도시물순환체계 구축 시에 복원의 적극적인 활용 및 지속적인 복원기술의 개발 등이 요구된다.

Ⅰ 제5장 · 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 법제도적 적용 및 실용화 방안 Ⅰ

현재 국내 신도시개발사업에서 물순환체계 구축 시 사용하는 대표적인 지침은 국토해양부의 지속가능한 신도시계획기준이다. 동 지침은 우수유출 억제시설 계획, 홍수방어를 위한 우수지 계획, 수변공간계획 등 다양한 물순환체계 시설의 도입을 권고하고 있어, 파주운정신도시, 광고신도시 등의 최근 신도시개발사업들은 동 기준에 따라 도시습지가 포함된 물순환체계를 계획하였다.

그러나 동 지침은 도시습지의 복원·조성에 관한 사항이 매우 포괄적이고 법적 구속력이 없는 권고기준인데다가, 상위 타 환경계획 및 도시계획에서도 물순환체계에 관한 일정한 가이드라인이 미비하여 도시습지의 복원·조성 등의 진정한 의미의 물순환체계의 구축에 있어서 한계를 나타내고 있다. 이러한 한계를 극복하고 실효성 있는 도시습지의 복원·조성과 물순환체계의 구축을 위하여, 본 연구에서 미래 녹색도시 구현을 위한 「복합기능 도시습지의 복원·조성지침」을 개발하여 그 원칙과 필요 내용들을 제시하였다.

본 장에서는 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 적용 및 실용화 방안의 도출을 위하여, 동 지침과 현행 관련 법 및 제도(광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 지구단위계획, 환경보전계획, 지속가능한 신도시계획기준, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침, 생태면적률 적용지침, 환경보전계획 수립지침)와의 연관성 및 문제점을 분석하고, 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 현행 법제도 적용 시 발생할 수 있는 상충점을 발굴함과 동시에 본 연구에서 개발된 복합기능 도시습지의 복원·조성지침을 현행 법제도에 적용·실용화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1. 현행 법제도와 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 분석

가. 현행 도시계획들과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성

도시계획은 도시를 개발하는 데 있어 요구되는 토지이용계획, 공원녹지계획, 교통계획, 경관계획, 방재계획 등을 제시한 종합계획이다. 동 계획은 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획, 지구단위계획 등으로 분류되며, 각 계획마다 계획의 성격 및 목적, 수립내용 등이 상이하다(부록 2와 3).

상기 계획들에는 도시습지 복원·조성과 관련한 내용들이 각 계획에 일부 포함되어 있어 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 현행 법제도 적용 대상과 범위를 제시하기 위하여 검토해 보아야 할 제도들이다. 상기 계획들에서 명시된 도시습지 복원·조성 내용들과 복합기능 도시습지의 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점은 다음과 같다(표 5-1).

광역도시계획은 광역계획권 전체를 하나의 계획단위로 보고, 장기적인 발전방향과 전략을 제시하는 도시계획체계상의 최상위 계획으로, 국토의계획및이용에관한법률 제12조제2항 및 동법시행령 제10조의 규정에 따라 광역도시계획의 수립 기준을 정한 계획이다. 동 계획에서 도시습지의 복원·조성과 관련된 내용으로는 녹지관리계획, 환경보전계획 등으로 훼손녹지의 회복 및 녹지축의 연결, 수변녹지축의 조성, 수질개선계획 및 자연환경보전계획의 수립 등이다. 그러나 동 계획은 수체계의 연계성보다 녹지축의 연계성을 더욱 고려하고 수변녹지축 계획 또한 녹지 중심의 수변공간의 활용에 두고 있으므로, 광역계획권 수준에서 수체계의 연계성을 중시하는 개념, 도시습지 복원·조성 및 물순환체계 구축의 중요성과 그 방향을 담을 필요가 있다.

도시기본계획은 국토종합계획, 광역도시계획 등 상위계획의 내용을 수용하여 시·군이 지향하여야 할 바람직한 미래상을 제시하고 토지이용·교통·환경 등에 관하

여 장기적인 발전방향을 제시하는 정책계획으로 국토의계획및이용에관한법률 제19조제3항 및 동법시행령 제16조 규정에 따라 도시기본계획의 수립기준을 정한다. 또한 하위계획인 도시관리계획 등의 계획의 기본이 되는 계획이다. 동 계획에서 도시습지의 복원·조성과 관련한 내용으로는 환경의 보전과 관리, 경관 및 미관, 공원녹지 등으로 하천의 보전이나 친자연형 공법활용, 홍수예방을 위한 수변공간계획을 정하고 있다. 그러나 동 계획 또한 도시계획권 수준에서 수체계의 연계성에 대한 고려가 없고 녹지 및 경관 중심의 조성만을 다루고 있어서 도시습지 복원·조성과 물순환체계 구축과 관련한 내용을 보다 구체적인 방향으로 담을 필요가 있다.

도시관리계획은 광역도시계획 및 도시기본계획에서 제시된 시·군의 장기적인 발전방향을 공간에 구체화하고 실현시키는 중기계획으로, 국토의계획및이용에관한법률 제25조 제4항, 제19조의 규정에 따라 도시관리계획의 수립기준 등을 정한 계획이다. 동 계획에서 도시습지의 복원·조성과 관련한 내용으로는 도시관리계획 수립의 일반원칙, 용도지역계획에서의 녹지지역, 용도지구계획에서의 경관지구, 환경성 검토 등으로 자연환경이 우수한 수변공간에 대한 보호, 보전조치 및 물순환 항목이 포함된 환경성 검토의 실시이다.

그러나 동 계획은 전반적으로 수체계에 대한 고려가 부족하고, 단순히 자연환경이 우수한 수변공간에 대한 보전과 보호, 조성에 대해서만 언급하고 있을 뿐 수변공간에 대한 복원은 담고 있지 않다. 또한 자연환경을 고려하여 토지이용계획을 수립하도록 하나, 물순환체계계획이 수립되기 이전에 토지이용계획이 선 수립되도록 함으로써 녹색도시 건설에 있어서 도시습지 복원·조성과 물순환체계의 구축의 장애요인으로 작용하고 있다.

더불어 환경성 검토 또한 환경에 미치는 영향을 저감시키기 위하여 실시하나 해당 도시의 토지이용계획을 중심으로 환경성 검토가 이루어지고 있으며, 환경성 검토 항목에 물순환 항목이 있으나 투수성에 대해서만 검토할 뿐 물의 자연적 흐름에 대한 검토 항목은 부재하다. 이러한 이유로 인하여 환경성 검토 절차에서 실질적

인 도시 수체계의 연계성과 도시습지의 복원·조성 및 물순환체계 구축을 규율하는 것은 근본적인 한계가 있다.

그러나 동 계획이 시·군의 장기적인 발전방향을 공간에 구체화하고 실현시키는 중기계획이므로 본 연구에서 제시하는 미래 녹색도시의 건설을 위한 복합기능 도시 습지의 복원·조성의 원칙과 필요 내용들을 수용해야 하는 계획으로 도시계획 중 가장 연관성 높은 계획으로 판단된다.

지구단위계획은 당해 지구단위계획구역의 토지이용을 합리화하고 그 기능을 증진시키며 경관·미관을 개선하고 양호한 환경을 확보하며, 해당 구역을 체계적·계획적으로 관리하기 위하여 수립하는 계획으로 국토의계획및이용에관한법률 제4장 제1절 제24조부터 제35조까지 및 제4장 제4절 제49조부터 제55조까지의 규정에 따라 지구단위계획구역을 지정하여 지구단위계획을 수립하고 있다. 동 계획에서 도시습지의 복원·조성과 관련한 내용으로는 지구단위계획구역의 환경친화적 지정, 환경친화적 지구단위계획 수립, 환경관리계획 등이다. 이 중 환경관리계획에서는 습지나 지하수면이 높은 지역, 야생동·식물의 서식처 등은 생태민감지역으로 구분하여 시·군 내 오픈스페이스체계와 연결시키도록 하고 있으며, 지역의 저수지, 호수, 마을연못 등의 자원을 조사하여 구역 내 수자원의 보전과 전체적인 수자원의 순환체계를 고려한 수자원계획을 수립하도록 하고 있다.

또한, 생태연못이나 하천·우수저류시설 등을 도입하도록 권고하고 더불어 강우시 유출수에 의한 환경오염을 저감하기 위하여 투수성 포장 등 비점오염물질을 줄일 수 있는 방안을 고려하도록 하고 있다. 그러나 동 계획은 수체계의 연계성에 대한 간략한 언급만 있을 뿐 구체적인 기준 및 방법은 제시하고 있지 않다. 더불어 수자원계획에 포함된 요소 또한 생태연못, 하천·우수저류시설 등을 제시하고 있을 뿐 습지, 우수저류지, 실개천, 여울, 생태수로 등의 다양한 타 물순환체계 요소를 제시하고 있지 않다.

<표 5-1> 현행 각종 관련 계획과 도시습지 복원·조성 개념과의 연관성 및 문제점(계속)

구분	계획 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
광역 도시 계획	녹지관리계획	<ul style="list-style-type: none"> • 공원녹지체계는 선(線)과 면(面)의 2개 유형이 상호 조화되도록 구상 • 해안, 하천, 지천을 이용하여 수변녹지축을 조성 • 훼손된 녹지의 회복 및 단절된 녹지축은 녹지의 유형과 규모에 따라 효율적으로 연결되도록 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지 중심의 계획 • 습지 요소의 부재 및 복원 개념의 부재 • 녹지의 연계성만 고려, 수체계의 연계성 고려 부재
	환경보전계획	<ul style="list-style-type: none"> • 수질오염현황, 오염요인 및 토지이용계획 등을 조사·분석하여 수질개선계획 수립 • 하천·공원·수림지는 주변 자연환경과 연계하여 비오름 조성을 적극 검토 	<ul style="list-style-type: none"> • 수질오염개선대책만 언급, 그 외 수체계의 단절, 친수공간 조성 등의 고려 부재 • 녹지 중심의 조성계획 • 복원계획의 부재
도시 기본 계획	환경의 보전과 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 도시를 관통하는 하천은 생태계가 유지될 수 있도록 복개하지 않음 • 친자연형 공법으로 하천을 정비하고 수변지역의 개발 및 오염물질이 유입되지 않도록 대책을 강구토록 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 사전오염방지 대책이나 친자연형 공법 등을 권고하나 물순환체계의 도입에 대한 내용은 부재 • 보전과 조성에 대한 내용은 있으나 복원조치에 대한 내용은 언급되어 있지 않음
	경관 및 미관	<ul style="list-style-type: none"> • 시·군 관할구역의 경관보호 및 형성을 위하여 경관계획을 수립하도록 함 • 보전대상지, 경관대상지 등 경관관리대상지역을 구분하여 경관요소를 설정함 	<ul style="list-style-type: none"> • 경관 중심의 계획으로, 보전과 조성 중심의 개발 내용은 있으나 자연환경을 고려한 수변 복원 내용은 부재 • 구체적인 설계기준의 제시 부재
	공원녹지	<ul style="list-style-type: none"> • 공원녹지체계는 선과 면의 2개 유형이 상호 조화되도록 구상 • 수변녹지축의 해안·하천·지천 등은 홍수예방 등 방재기능을 수행하는 수변공간으로 계획 • 녹지체계의 복원 및 연계성 고려 	<ul style="list-style-type: none"> • 습지, 호소 등 점적인 유형의 구상 부재 • 수변공간이 창출하는 홍수예방 기능 외에 친수공간 제공, 생물서식공간 제공 등 다양한 기능에 대한 고려 부재 • 수체계에 대한 복원 및 연계성 고려 부재

구분	계획 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
도시 관리 계획	도시관리계획 수립의 일반원칙	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지축, 생태계, 산림, 경관 등 양호한 자연환경, 상수원과 우량농지 등을 고려하여 토지이용계획을 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 수체계에 대한 고려 부재 • 토지이용계획 수립 전 물순환체계 구축하도록 하는 항목 부재
	용도지역계획에서의 녹지지역	<ul style="list-style-type: none"> • 도시 내 수립, 초지, 호소, 하천, 연안, 주요 습지 등과 인접 토지가 조화되어 양호한 자연환경을 형성하고 있는 지역을 보전녹지지역으로 지정 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지의 보전과 보호에 대해서만 언급
	용도지구계획에서의 경관지구	<ul style="list-style-type: none"> • 하천변, 호소변, 해안 등에 자연적, 생태적 경관을 유지하거나 조망하기 위하여 또는 수변에 면한 건물 등 양호한 인공경관을 형성하기 위하여 수변경관지구를 지정 	<ul style="list-style-type: none"> • 습지변 요소 부재, 경관 중심의 수변지역 조성, 복원 개념 부재
	환경성 검토	<ul style="list-style-type: none"> • 환경성 검토는 항목별로 환경영향, 저감방안 등을 종합적으로 검토하여, 필요한 경우 환류·조정을 거쳐 도시관리계획안을 조정하도록 함 • 환경성 검토 항목에 물순환 항목 존재 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시관리계획의 입지 및 토지이용계획을 중심으로 환경성 검토를 실시하도록 하는 한계가 있음 • 토양의 불투수면적, 우수유출량을 평가지표로 활용하여 검토할 뿐 물의 흐름에 대한 평가지표는 부재

<표 5-1> 현행 각종 관련 계획과 도시습지 복원·조성 개념과의 연관성 및 문제점

구분	계획 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
지구단위 계획	지구단위계획 구역 지정의 일반원칙	<ul style="list-style-type: none"> 지구단위계획구역은 환경친화적으로 지정, 이를 위하여 환경성 검토를 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적 지정에 대한 구체적인 방법 설명 부재
	지구단위계획 수립의 일반원칙	<ul style="list-style-type: none"> 쾌적하고 편리한 환경이 조성되도록 지역현황 및 성장잠재력을 고려하여 적절한 밀도가 유지되도록 하는 등 환경친화적인 계획 수립, 이를 위하여 환경성 검토를 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적인 지구단위계획 수립을 권고하나 포괄적으로 언급할 뿐, 구체적인 환경친화적 계획의 기준 및 범위에 대한 설명 부재
	환경관리	<ul style="list-style-type: none"> 습지나 지하수면이 높은 지역, 야생동·식물의 서식처 등 생태민감지역의 시·군내 오픈스페이스 체계에 연결 수자원의 보전과 전체 수자원의 순환체계를 고려한 수자원계획의 수립, 생태연못 하천·우수저류시설 등 도입 	<ul style="list-style-type: none"> 구체적인 연결 방법 설명 부재 습지, 실개천, 여울, 생태수로 등 다양한 물순환체계 요소의 제시 미흡

나. 지속가능한 신도시계획기준과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성

지속가능한 신도시계획기준은 저탄소 녹색도시 건설을 위하여 국토해양부에서 신도시의 계획 수립을 위한 전반적인 기준을 제시한 지침이다. 동 지침은 택지개발 촉진법 제8조 규정에 따라 신도시의 개발계획, 지구단위계획 및 실시계획 수립 시에 지침의 기준에 따라 계획을 수립하도록 권고하고 있으나, 법적 구속력이 없어 당초의 취지와 목적이 제대로 이행되지 못하고 있다.

또한 동 지침에서 제시하는 계획기준들 중 <표 5-2>에서 제시한 바와 같이 경제적 지속성 제고의 측면에서의 홍수예방을 위한 유수지 조성이나 환경적 지속성 제고의 측면에서의 수변공간계획 수립 등에는 도시습지 복원·조성과 관련된 내용들이 있으나, 그 내용이 매우 포괄적이고 구체적이지도 않아 실제 도시습지의 복원·조성 시에 직접적으로 활용되기는 어렵다.

그러나 지속가능한 신도시계획기준은 도시습지 복원·조성과 관련한 현행 법제도 중에서 도시 내에 습지 등 물순환체계 요소들을 도입하도록 하고, 친수공간을 창출하게 함과 동시에 수변공간계획 시 하천의 자연성을 유지하도록 한다는 점에서 본 연구에서 제시된 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 가장 연관성이 높은 지침이라 할 수 있다.

특히 지속가능한 신도시계획기준에서 신도시를 조성할 경우, 계획수립 단계부터 환경계획(Green-Plan)⁷⁵⁾을 수립하도록 하고, 「선(先) 환경계획 / 후(後) 개발구상」의 원칙에 입각하여 향후 개발·실시계획 수립 시에 반영하도록 권고하고 있는 점은 본 연구에서 주장하는 「선(先) 물순환계획 후(後) 토지이용계획」 수립의 원칙과도 상통한다.

또한 하천의 친수성을 제고하기 위하여 수질개선, 수량확보, 생태계 회복 및 자연성 회복을 우선시하는 점과 하천의 자연성이 유지되도록 보전을 원칙으로 하는

75) 지속가능한 신도시계획기준에서 제시하는 환경계획(Green-Plan)은 자연입지적 토지이용계획 수립, 청정환경도시부문 계획 수립, 자연공생도시부문 계획 수립, 생태순환도시부문 계획 수립, 어메니티도시부문 계획 수립으로 구성되어 있으며, 사전환경성 검토 및 환경영향평가와 연계하여 환경성 평가 과정의 내실화를 도모하도록 하고 있다.

점들은 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 일치한다.

이러한 양 지침의 취지와 원칙의 유사성에도 불구하고, 지속가능한 신도시계획기준은 다음과 같은 한계점이 있다(표 5-2).

첫 번째, 물순환체계 수립을 위한 구체적인 계획기준이 제시되어 있지 않다.

두 번째, 홍수방어 등 단순 이·치수 중심의 물순환체계계획이다.

세 번째, 습지의 창출이 친수공간의 활용, 홍수방어 및 치수 기능에만 국한되어 습지의 활용이 제한적이다.

네 번째, 습지 조성 시 주변 자연환경을 고려하여 계획을 수립하도록 하는 내용이 없다.

다섯 번째, 수변공간계획 시에 물과 녹지를 연계한 물순환체계의 구축보다는 녹지율의 확보에 초점이 맞춰져 있다.

여섯 번째, 환경친화적 주차장 설치 시 녹화공간의 확보를 경관과 녹지측면에서만 고려하도록 하고 있다.

일곱 번째, 우수관리시스템 계획 수립 시 다른 물순환체계 요소들과의 연결을 고려하고 있지 않다.

여덟 번째, 전반적으로 물순환체계 구축에 있어 물순환체계 요소들 간의 유기적인 연계와 연결을 고려하고 있지 않다.

아홉 번째, 생물서식공간 조성 시에 해당 지역의 자생종을 우선 도입하도록 하고 있지 않다.

상기 한계점들은 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 지속가능한 신도시계획기준에 적용할 경우 서로 상충되는 내용이며 또한 보완되어야 할 내용이다. 이를 개선하기 위해서는 지속가능한 신도시계획기준의 내용을 대폭 수정하거나 동 기준에서 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 전반적으로 수용하는 것이 요구된다.

<표 5-2> 지속가능한 신도시계획기준과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점

항목	기준 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
경제적 지속성 제고	홍수예방 등을 위한 우수지 조성	<ul style="list-style-type: none"> 우수유출 억제시설계획 담수능력 배양 및 지하수 함양 홍수방어를 위한 우수지계획 다목적 조절지 계획 	<ul style="list-style-type: none"> 단순 이·치수 중심의 물순환체계 구축 치수효과, 친수공간 활용 등 조성습지의 창출 기능에 관한 제한적인 언급 습지 조성 시 자연환경의 고려 부족
환경적 지속성 제고	자연순응형 개발	<ul style="list-style-type: none"> 수변공간계획 -효율적 토지이용 방안 -접근성 제고방안 -개방적 수변경관 조성방안 -친수성 제고방안 -습지, 동·식물 서식상태, 수문, 지형 등을 최대한 고려한 하천보전 	<ul style="list-style-type: none"> 수변공간계획 시 물+녹지의 개념보다 단순 녹지율 확보에만 초점
	대중교통체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적 주차계획 -지하에 주차장을 설치할 경우에는 지하수체계 또는 불투수층 확대에 따른 환경상의 영향이 최소화 되도록 하고, 주차장 상부는 가급적 녹화공간 확보 	<ul style="list-style-type: none"> 환경친화적 주차장 설치 시 녹화공간 확보 등 녹지, 경관 중심의 계획 위주
	에너지이용 및 자원순환	<ul style="list-style-type: none"> 수자원의 효율적 이용 -우수, 중수, 하천수의 활용 -비포장확대, 투수성 포장 	<ul style="list-style-type: none"> 타 물순환체계 요소들과 우수관리시스템과의 연계성 고려 부재
	생태적 환경조성	<ul style="list-style-type: none"> 수생태계 보전과 창출 -생태수로가 되도록 실개천 주변에 최소 5m 이상의 생태녹지대 확보, 단지 내 인공실개천일 경우, 폭포, 계류, 분수, 상징수로, 보행로변 실개천, 호수 등과 연계하여 블루 네트워크 형성 -단지 내부의 우수, 외부유입 하천수 등을 저장할 수 있는 저류지를 조성하되, 조성규모는 최소 사방폭 10m 이상, 수심 1m 이상으로 계획. 저습지의 규모는 최소 폭 5m 이상 -주요 수계가 만나는 곳에는 넓은 면적의 습지조성 -수질오염이 우려되는 지역은 다단계 습지조성 	<ul style="list-style-type: none"> 녹지 중심의 공간계획 위주 전체 물순환체계 구성 요소들의 연계 개념 부족(단지 내 인공실개천 제외) 생물서식공간 조성 시 자생종 우선 도입 개념의 부재

자료: 방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구원. p.202. 표를 재가공함.

다. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성

동 지침에서 도시습지 복원·조성과 관련한 내용으로는 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립의 원칙과 광역도시계획에의 적용에서의 기후변화 대응계획 수립, 도시기본계획에의 적용에서의 저탄소 도시 공간구조 설정, 기타 기반시설계획, 도시기본계획에의 적용에서의 대기환경 및 수환경 보전과 공원녹지, 도시관리 계획에의 적용에서의 기반시설계획, 환경성 검토 등이다. 도시계획 수립 시 지역의 지리적 여건 등 지역의 특성을 반영하여 수립하도록 권고하고 있으며 강·하천·수로 등을 통한 수공간 조성, 도시열섬현상 및 이상기후에 대비한 빗물 등 이용·처리방안을 계획하고 있다.

그러나 동 지침은 법적 구속력이 없고 기존의 광역도시계획수립지침, 도시기본계획수립지침, 도시관리계획수립지침에 대한 보완적인 성격이 강하여 상기에서 제시한 바와 같이 다양한 수체계 요소를 활용한 구체적인 물순환체계계획을 제시하지 못하는 데다가 단순히 도시열섬현상 완화를 위한 양적이고 점적인 수공간 확보·조성만을 권고하고 있다. 따라서 수체계의 연계성을 중시하는 개념과 물순환체계계획의 중요성 및 그 방향을 담을 필요가 있다(표 5-3).

따라서 동 지침에서 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 전반적으로 반영시키기보다는 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용인 ① 수체계 연계성의 고려, ② 습지, 실개천, 생태수로 등 다양한 물순환체계 요소들의 연계·활용, ③ 빗물관리시설 및 수변공간계획 시 타 물순환체계 요소들과의 연계성 고려, ④ 유역을 고려한 전체 물순환체계계획의 수립을 반영시키는 것이 적절할 것으로 사료된다.

<표 5-3> 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점(계속)

항목	지침 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
총칙	저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립의 원칙	<ul style="list-style-type: none"> 도시계획 수립 시 지역의 지리적 여건 등 지역의 특성을 반영하여 수립하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 지리적 여건을 고려한 구체적인 물순환계획 수립에 대한 언급이 부재
광역도시 계획에의 적용	기후변화 대응계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> 광역시설계획에 양질의 녹지공간 확보, 강·하천·수로 등을 통한 수공간 확보, 열섬효과를 감소시키기 위한 방안 등이 제시되도록 권고함 광역시설계획에 물의 순환적 이용을 촉진하고 도시열섬 현상 완화 및 이상 기후에 대비한 수해·가뭄 등에 효과적으로 대응하기 위한 빗물 등의 이용·처리에 대한 종합적인 대응방안이 제시되도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 강·하천·수로 외에 타 물순환체계 요소들의 연계 개념 부족 빗물 이용·처리방안 이외에 도시열섬현상 완화 및 수해·가뭄 등을 대비하기 위한 물순환체계계획 제시 부재
도시기본 계획에의 적용	저탄소 도시 공간구조 설정	<ul style="list-style-type: none"> 신규개발지의 도시 공간구조는 기존의 녹지축·보전축을 최대한 훼손하지 않도록 권고함 도시 공간구조는 도심 바람통로의 확보와 수공간 및 녹지의 확충 등을 통해 쾌적한 도심 미기후를 조성하고 도시열섬현상을 줄일 수 있도록 권고함 온실가스 흡수원 역할을 하는 산림·녹지를 최대한 보전하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 수체계축을 보전하도록 하는 권고사항이 부재 양적이고 점적인 수공간 확충만 제시하고 있을 뿐 구체적인 물순환체계계획에 관한 내용은 부재 온실가스 흡수원으로 습지보전에 관한 내용 부재
	기타 기반시설계획	<ul style="list-style-type: none"> 도시홍수 및 가뭄예방, 용수활용, 지하침투를 통한 물순환 회복 등 체계적인 물관리의 일환으로 빗물관리에 대한 대응계획을 수립하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 체계적인 물관리계획의 일환으로 빗물관리계획 이외에 물순환 체계계획에 관한 고려 부재

<표 5-3> 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점

항목	지침 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
도시기본 계획에의 적용	대기환경 및 수환경의 보전	<ul style="list-style-type: none"> 하천·호소·연안 등 수변공간을 활용한 친수공간 조성을 통해 도시열섬현상 완화 전략을 구상하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 수변공간계획과 연계된 전체 물순환체계계획 및 복원계획 부재
	공원녹지	<ul style="list-style-type: none"> 도시열섬현상을 완화할 수 있도록 도심 바람통로계획과 연계한 공원녹지체계와 수변공간계획 등을 수립하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 점적인 수변공간계획만 제시하고 있을 뿐 전체 물순환체계계획 부재
도시관리 계획에의 적용	기반시설계획	<ul style="list-style-type: none"> 도시개발사업에서의 빗물관리시설의 설치·운영 등 빗물대응계획의 실천방안을 제시하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 빗물대응계획에 빗물관리시설과 타 물순환체계 요소들과의 연계성 고려 부재
	환경성 검토	<ul style="list-style-type: none"> 지형, 기후 등을 고려하여 향분석, 바람장, 바람통로 및 열환경 시뮬레이션 등을 분석하여 계획에 제시하도록 권고함 기후변화에 대응하는 측면에서 물순환 등에 대한 환경성 검토를 실시하여 계획에 제시하도록 권고함 	<ul style="list-style-type: none"> 수체계 및 수계분석 방법 고려 부재 물순환 항목에 대한 구체적인 환경성 검토기준 부재

라. 생태면적률 적용지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성

생태면적률 적용지침은 환경정책기본법 하의 사전환경성 검토 대상 및 환경영향평가법 하의 환경영향평가 대상 중 택지개발이나 공동주택 건설과 관련되는 개발사업에 대하여 권고하는 지침으로 법적 구속력은 없다. 동 지침의 취지는 인공녹지의 추가 확보, 지하수 함양기능의 제고 등을 통한 도시의 생태적 기능의 유지·개선, 도시홍수의 예방, 사람과 생태가 공존하는 도시의 조성이다.

동 지침에서 복합기능 도시습지의 복원·조성과 관련한 내용으로는 공간유형 구분 및 가중치, 생태면적률의 산정, 생태면적률의 적용대상, 적용원칙, 적용방법 등으로 도시 내에 녹지공간과 수공간의 창출을 정량적으로 유도하는 것이다.

그러나 동 지침은 점적인 수공간의 투수성에 대해서만 언급하고 있을 뿐 수체계의 연계성을 고려하고 있지 않으며, 포함된 물순환체계 요소들도 하천, 연못, 호수, 인공연못 등의 일부 점적인 요소들만 제시하고 있을 뿐, 우수저류지, 실개천, 여울, 생태수로 등 다양한 타 물순환체계의 연결요소들을 제시하고 있지 않다. 더불어 수공간에 대한 생태면적률 산정 시에 물의 투수성과 저장성 등 수공간의 지하수 함양기능에 대해서만 가중치를 부여하고 있을 뿐이며, 수공간에 대한 가중치도 녹지공간 조성보다 상대적으로 낮게 책정되어 있다. 더불어, 물순환기능을 언급하고는 있으나 강수, 증발산, 지표수 및 지하수 함양 등의 수직적인 물순환개념을 제시하고 있을 뿐, 자연지형과 자연유하를 최대한 활용하는 방식의 개념은 포함하고 있지 않다(표 5-4).

동 지침의 근본적인 취지가 도시개발사업(토지이용계획)에 대해 사전환경성 검토와 환경영향평가를 통한 도시의 생태면적을 확보함에 있으므로, 도시개발사업의 토지이용계획 수립 전에 먼저 물순환계획을 수립하여 토지이용계획을 보완·발전시키고자 하는 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 성격과는 다르며, 도시개발사업 과정에서 적용되는 시기 또한 서로 다르다. 따라서 동 지침에서 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 내용을 수용하는 것은 매우 제한적이다.

<표 5-4> 생태면적률 적용지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점(계속)

항목	지침 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
생태면적률의 개요	도입목적	<ul style="list-style-type: none"> 도시공간의 생태적 문제 해결을 위한 자연의 순환기능(증발산 기능, 미세분진 흡착기능, 우수투수 및 저장기능, 토양기능, 동·식물 서식처의 기능)의 유지와 개선을 정량적으로 유도 	<ul style="list-style-type: none"> 점적인 수공간의 투수성에 대해서만 언급할 뿐 수체계의 연계성 고려 부재
	공간유형 구분 및 가중치	<ul style="list-style-type: none"> 공간유형 중에서 투수기능, 차수기능을 하는 수공간 및 저류, 침투시설 연계면 등이 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 물과 녹지가 연계된 개념이나 투수성만 고려할 뿐 수체계의 연계성 고려 부재 수공간은 하천, 연못, 호수, 인공연못 등만 제시할 뿐 습지, 실개천 등의 요소는 부재
	산정방법	<ul style="list-style-type: none"> 수공간에서 생태면적률을 산정할 경우, 지하수 함양기능이 있는 경우에는 가중치가 1, 인공지반 위에 조성된 수공간이라도 지하수 함양기능을 가질 경우에는 가중치가 1, 자연지반이나 인공지반에 상관없이 지하수 함양기능이 없을 경우 가중치 0.7을 제시함 	<ul style="list-style-type: none"> 물의 투수성, 저장성 등지하수 함양기능에 대해서만 가중치를 부여할 뿐 물순환체계에 대한 가중치 개념 부재 수공간의 가중치 수치가 상대적으로 낮은 편임
생태면적률의 적용방법	적용대상	<ul style="list-style-type: none"> 생태면적률은 사전환경성 검토 및 환경영향평가 대상 중 '택지개발이나 공동주택 건설과 관련된 개발사업에 우선 적용하고 있음 원칙적으로 녹지, 하천, 근린공원, 어린이공원 등 공원 녹지를 제외한 나머지 가용지를 대상으로 적용함 	<ul style="list-style-type: none"> 계획된 용지 외에 나머지 가용지만을 대상으로 적용하는 것은 녹지율만 양적으로 증가시키는 것임, 따라서 기존 물순환계획의 보완 수단으로는 미흡
	적용원칙	<ul style="list-style-type: none"> 공원녹지율 설정기준을 준용하여 대상에 따라 공원녹지율 목표를 우선 설정하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 물과 녹지가 연계된 개념을 제시하고는 있으나 원칙적으로 양적인 녹지율만을 우선 유도

항목	지침 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
생태면적률의 적용방법	적용방법	<ul style="list-style-type: none"> • 사전환경성 검토 및 환경영향평가 단계에서 적용할 경우, 대상지의 지역, 생태현황을 고려하여 자연지반녹지율 목표를 우선 설정하도록 함 • 상기의 단계에서 협의된 결과는 사전환경성 검토의 경우 개발계획에 반영되고, 환경영향평가단계의 경우 개발 계획 및 실시계획에 반영됨 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹지만 고려하는 '자연지반녹지율'을 기준으로 생태면적률을 산정하여 도시 내에 수공간 창출이 아닌 녹지공간만 창출되도록 함
부록	용어해설	<ul style="list-style-type: none"> • 강수, 증발산, 지표수 및 지하수 함양 등 물순환기능에 대한 개념 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 물의 자연 흐름에 대한 개념이 부재

마. 환경보전계획 수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성

환경보전계획은 당해 지역 환경정책의 비전과 방향을 제시하고 환경관리의 기본틀을 제시하는 기본계획이다. 이와 관련하여, 환경부는 2007년에 「지방자치단체 환경보전계획 수립지침」⁷⁶⁾을 제정하여 시·도 및 시·군·구에서 환경보전계획을 수립할 시에 동 지침을 따르도록 권고하고 있다.

동 지침에서 복합기능 도시습지의 복원·조성과 관련한 분야는 ‘자연환경의 공원녹지 및 자연경관’분야와 ‘생활환경의 수질’분야, ‘자연자원의 수자원’분야 등과 ‘공간환경계획의 수립’분야로 물순환체계 요소 및 물순환체계계획과 관련한 내용이다.

동 지침과 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점은 다음과 같다.

첫 번째, 자연환경의 공원녹지 분야에서 공원녹지계획 수립 시에 수질·수자원 분야의 관련 계획과 연계하도록 권고하고 있으나 녹지와 수체계를 연계시키는 구체적인 물순환체계계획은 제시되어 있지 않다.

두 번째, 자연환경의 자연경관 분야에서 산림, 하천, 호수 등 우수자연경관에 대한 보전방안과 훼손된 자연경관의 복원방안을 제시하고 있으나 구체적인 복원방안 및 관리방안은 제시되어 있지 않다.

세 번째, 생활환경의 수질 분야에서 자연형 하천 조성, 수변공간 조성, 복개하천 복원 등 지역 내 하천정비계획을 수립하도록 권고하고 있으나, 하천정비계획과 연계하여 물순환체계 요소들의 다양한 유형과 위치, 역할, 연계방법에 대한 제시가 없다.

네 번째, 자연자원의 수자원 분야에서 우수의 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 물순환체계 강화방안을 수립하도록 권고하고 있으나, 우수·중수를 활용하기 위한 다양한 물순환체계 요소들의 유형과 위치, 역할, 연계방법에 대한 제시가 없다.

다섯 번째, 공간환경계획의 수립에서 친환경적 공간계획 항목으로 투수포장면적

76) 환경부의 「지방자치단체 환경보전계획 수립지침」에서는 시·도의 경우, 환경정책기본법 제14조의3 규정에 따라 시·도환경보전계획의 수립기준을 정하고, 시·군·구의 경우, 동법 제 14조의4 규정에 따라 시·군·구환경보전계획의 수립기준을 정하도록 권고하고 있다.

의 확보 및 우수 활용, 바람길 확보, 수공간 확보 및 네트워크 구축 등을 제시하고 있으나 구체적인 물순환체계 요소들과 기본적인 방법을 제시하고 있지 않다.

전술한 바와 같이 환경보전계획 수립지침은 물순환체계에 대한 고려는 있으나 구체적인 물순환체계 요소들의 유형, 위치, 연계방법, 역할 등에 대해서는 제시하지 않고 있다(표 5-5).

환경보전계획 지침이 해당 지역 환경정책의 비전과 방향을 제시하고 환경관리의 기본틀을 담고 있는 계획이므로 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 전부 수용할 수 있는 성격의 계획은 아니다. 그러나 동 계획이 향후 도시 환경관리의 기본이 되는 계획이므로, 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침에서 제시하고 있는 저탄소 녹색도시 건설의 핵심요소인 도시습지의 복원·조성 및 물순환체계의 중요성, 구축방향, 도시습지의 복원·조성의 촉진 그리고 이를 통한 도시 생태성 및 정주환경의 개선방향 등을 선언적 수준에서 반영하는 것이 필요하다.

<표 5-5> 환경보전계획 수립지침과 도시습지 복원·조성지침과의 연관성 및 문제점

항목	지침 내용		
	관련 항목	관련 세부내용	연관성 및 문제점
부문별 계획수립	자연환경의 공원녹지	• 공원녹지계획 수립 시 대기분야, 수질·수자원 분야 관련 계획과 연계하도록 함	• 녹지와 수체계를 연계시키는 구체적인 물순환체계계획을 제시하지 않음
	자연환경의 자연경관	• 산림, 하천, 호수 등 우수자연경관에 대한 보전방안 및 훼손된 자연경관의 복원방안을 제시하도록 함	• 구체적인 복원방법 및 관리방안 등을 제시하지 않음
	생활환경의 수질	• 자연형 하천 조성, 수변공간 조성, 복개하천 복원 등 지역 내 하천정비 계획을 제시하도록 함	• 물순환체계 요소들의 다양한 유형과 위치, 연계방법, 역할 등을 제시하지 않음
	자연자원의 수자원	• 우수의 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 물순환체계 강화방안을 제시하도록 함	• 우수·중수를 활용하기 위한 다양한 유형과 위치, 연계 방법, 역할 등을 제시하지 않음
공간환경 계획수립	현황분석	• 친환경적 공간계획 항목으로 투수포장면적의 확보 및 우수 활용, 바람길 확보, 수공간 확보 및 네트워크 구축 등을 제시함	• 물순환체계 요소들의 다양한 유형과 위치, 연계방법, 역할 및 구체적인 물순환체계계획은 제시하지 않음

2. 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 현행 법제도 적용 및 실용화 방안

가. 도시계획에서의 적용 및 실용화 방안

광역도시계획은 광역도시계획권에서 수체계의 연계성보다는 녹지축의 연계성을 더욱 고려하고 있으며 녹지 중심의 수변공간의 활용에 중점을 두고 있다. 그러나 도시물순환 체계의 구축은 광역도시계획권뿐만 아니라 그 주변 또는 상류지역의 수체계 연계성까지 고려해야 가능한 경우가 대부분이다. 따라서 동 계획에 광역도시계획권 및 그 주변 수체계와의 연계성을 고려하는 개념을 추가할 필요가 있다. 이를 통하여 하위계획에서의 도시습지 복원·조성과 물순환체계의 구축에 대한 촉진 등이 위계상 계통적으로 보다 원활하게 이루어질 수 있다.

그러나 광역도시계획에 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 직접 적용시키기보다는 동 계획에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 개념을 투영시키는 것이 바람직하다. 해당 원칙과 개념으로는 광역도시계획권과 그 주변의 유역과 수체계에 대한 도시환경적 중요성, 그에 대한 보호, 보전 및 활용에 관한 계획 수립, 도시물순환체계 및 도시습지 복원·조성의 적극적인 고려 및 촉진이다.

도시기본계획은 광역도시계획의 하위계획으로 장기 도시개발의 방향 및 도시 계획의 입안지침이므로 동 계획에 미래 녹색도시 건설을 위한 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필요 내용들을 투영시키는 것이 필요하다. 현재 도시기본계획은 홍수예방을 위한 수변공간계획 등을 제시하고 있으나 광역도시계획과 동일하게 녹지와 경관만을 다루고 있으며 그 내용 또한 포괄적이다. 따라서 투영시켜야 할 원칙과 필요 내용으로는 도시기본계획 내에 수체계의 중요성을 명시하여 도시 수체계계획의 수립을 진작하고, 기존의 수변공간계획의 목적을 홍수예방뿐만 아니라 수자원의 확보 및 재활용, 우수저류, 생태 및 친수공간의 창출 등으로 확대하며, 도시물순환체계계획 및 다양한 기능의 도시습지 복원·조성을 촉진하는 것이다.

도시관리계획은 광역도시계획 및 도시기본계획에서 제시된 시·군의 장기적인 발전 방향을 공간에 구체화하고 실현시키는 중기계획으로 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침과 관련하여 가장 중시해야 할 계획이다. 동 계획은 수체계의 연계성에 대한 고려가 부재하고 다른 상위계획들과 동일하게 녹지 및 경관 중심으로 계획을 수립하도록 하고 있다. 특히 동 계획의 선 토지이용계획 수립 후 환경성 검토의 원칙은 미래 녹색도시 건설에 있어서 장애요인으로 작용하고 있으며, 본 연구에서 주장하는 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획의 원칙과도 마찰을 빚는다. 또한 환경성 검토 항목의 물순환 항목은 단순 투수성에 대해서만 평가하고 있을 뿐 물의 자연 흐름에 대한 고려가 부재하여 도시습지 복원·조성 및 물순환체계의 구축에 큰 걸림돌이 된다. 따라서 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용을 동 계획에 전반적으로 반영시키는 것이 타당하다.

지구단위계획은 다른 상위의 도시계획들과 달리 전체 수자원의 순환체계를 고려하여 수자원계획을 수립하도록 하고 있으나, 도시물순환체계를 전반적으로 계획하기에는 그 공간이 상대적으로 작으므로 실효성 있는 도시물순환체계의 구축이 어려울 것으로 판단된다. 반면 동 계획은 공간규모이나 수체계와의 연계성을 크게 고려하지 않아도 되는 물순환체계 기반 외의 독립된 도시습지를 복원·조성함에 있어서는 그 적용이 가능할 것으로 사료된다. 동 계획은 다른 도시계획들과 같이 수체계를 연계시키기 위한 구체적인 방법이 제시되지 않았으며, 수자원의 계획요소로도 생태연못, 하천, 우수저류시설 등 단편적인 요소들만을 제시하고 있다. 따라서 동 계획에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 핵심내용들을 투영시켜서 활용한다면 이러한 문제점들을 해소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

또한 상기 계획들의 모법인 국토의계획및이용에관한법률⁷⁷⁾의 기본원칙에는 자연환경

77) 국토의계획및이용에관한법률은 국토의 이용·개발과 보전을 위한 계획의 수립 및 집행 등에 필요한 사항을 정하여 공공복리를 증진시키고 국민의 삶의 질을 향상시키는 것을 목적으로 2003년에 제정되었다.

및 경관의 보전과 훼손된 자연환경 및 경관의 개선 및 복원, 주거 등 생활환경 개선을 통한 국민의 삶의 질 향상 등이 제시되어 있다. 동 법률의 기본원칙에 도시 수체계의 중요성과 그 보호, 보전 및 활용을 반영하고 하위계획에서 물순환체계 및 도시습지 복원·조성에 관한 관련 계획의 수립과 구축이 가능하도록 모범을 개선할 필요가 있다.

나. 지속가능한 신도시계획기준에서의 적용 및 실용화 방안

지속가능한 신도시계획기준은 타 도시계획 또는 지침들과는 달리 저탄소 녹색도시의 건설을 위하여 국토해양부가 특별히 신도시의 계획 수립을 위해 전반적인 기준을 제시한 권고지침이다.

동 기준을 본 연구에서 주장하는 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획 수립의 원칙에 입각하여 본다면, 실제 미래 녹색도시 건설에 있어서 중요한 요소로 떠오르고 있는 복합기능 도시습지 복원·조성과 도시물순환체계의 구현에 있어서 실질적으로 중요하고 연관성도 높으며 실효성도 높은 지침으로 판단된다. 따라서 타 도시계획 또는 지침들과 같이 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용이 동 기준에 투영하는 수준이 아니라, 동 기준과 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용들이 서로 병합되어야 한다. 동 기준에 병합되어야 할 내용은 다음과 같다.

단순 이·치수 중심에서 복합기능 중심의 물순환체계로의 확대, 경관 중심 및 녹지 중심의 조성에서 유역과 수체계의 연계성과 자연성을 중시하는 방향으로의 전환, 물순환체계 요소간의 유기적인 연계성의 제고, 생물서식공간 복원·조성 시 자생종의 우선도입이다. 또한, 유수지 조성 시 기존의 홍수방어 및 친수공간 활용을 생물서식처 및 생태체험 등의 공간 활용으로의 확대, 물의 자연 흐름 및 자연환경 조건에 대한 최대한의 고려, 수변공간계획 시 수체계의 연계성 제고 등과 동 기준의 친환경계획에서 도시·생활권·단지단위의 물순환체계계획 수립 시에 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 반영하도록 하는 것이다.

지속가능한 신도시계획기준의 근거법령인 택지개발촉진법⁷⁸⁾도 토지이용계획에 앞서 물순환계획(환경계획)을 선 수립하거나 또는 최소한 토지이용계획과 물순환계획이 동시에 수립되도록 하여, 양계획 간의 조율과 조화를 거쳐서 택지개발계획이 수립되도록 하고, 그에 따라서 사업이 추진되도록 기반환경을 마련해야 한다.

다. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침에서의 적용 및 실용화 방안

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침은 저탄소 녹색성장 도시공간의 조성을 위해 수립되었다는 점이 본 연구에서 제시하는 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 배경 및 목적과 일치하고 있다. 그러나 동 지침은 체계적인 물관리계획으로 단순히 양적이고 점적인 수공간의 확충 및 빗물관리시설의 이용만 제시하는 한계가 있다. 따라서 동 지침 내에 수체계의 중요성 및 그 연계방법을 우선 반영시킬 필요가 있다.

더불어 동 지침은 법적 구속력이 없는 권고지침이므로 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 전반적으로 적용시키기보다는 본 지침의 주요 원칙과 내용들을 투영시키는 것이 적절할 것으로 판단된다. 해당 주요 원칙과 내용으로는 수체계 연계성의 고려, 습지, 실개천, 생태수로 등 다양한 물순환체계 요소들의 연계·활용과 빗물관리시설 및 수변공간계획 시 타 물순환체계 요소들과의 연계성 고려, 유역을 고려한 전체 물순환체계계획의 수립 등이다.

라. 생태면적률 적용지침에서의 적용 및 실용화 방안

생태면적률 적용지침은 도시공간의 생태적 기능 유지와 개선을 위하여 녹지 및 수공간을 창출하도록 유도한다는 점에서 도시습지 복원·조성과 일부 연관성이 있다.

그러나 동 지침은 전반적으로 도시 녹지면적의 확보에 중점을 두고 있어서 도시습지의 복원과 조성을 주도적으로 규율하기 어려울 것으로 판단된다. 수공간 역시 하천, 연못,

78) 택지개발촉진법은 도시지역의 시급한 주택난을 해소하기 위하여 주택건설에 필요한 택지의 취득·개발·공급 및 관리 등에 관하여 특례를 규정함으로써 국민주거생활의 안정과 복지향상에 기여함을 목적으로 1980년에 제정되었다.

호수, 인공연못 등 점적인 요소들만을 제한적으로 제시하고, 점적인 수공간의 투수성을 중시할 뿐 물의 자연 흐름과 수체계의 연계에 대한 고려가 없다. 이러한 이유로 도시 수공간들이 주로 점적이며 독립적이고 경관 중심 또는 친수활동 중심으로 계획되고 있다. 특히 동 지침은 환경성 검토 시에 참고하는 지침으로 법적 구속력이 없는 권고지침이고 그 취지가 생태면적률의 확보에 있으므로 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 취지와는 다르고 설사 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 적용시킨다고 하더라도 그 효과는 매우 제한적일 수밖에 없다. 다만 타 도시계획들과 동일하게 동 지침에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용의 일부를 투영시켜서 도시습지 복원·조성에 관한 방향성을 제시하고 복원·조성을 촉진하도록 유도하도록 하는 것이 바람직하다. 다음은 동 지침에 투영되어야 할 주요 원칙과 내용이다.

첫 번째, 물의 흐름과 수체계의 연계성에 대한 고려를 명시한다.

두 번째, 용어의 정의에서 자연의 순환기능으로 물순환기능을 추가한다.

세 번째, 동 지침에서 제시하는 하천, 연못, 호수, 인공연못 등의 수공간에 습지, 우수저류지, 실개천, 여울, 생태수로 등의 다양한 물순환체계 요소들을 추가·확대한다.

네 번째, 공간유형 구분 및 가중치에서 수공간(물순환기능)을 도입한다.

다섯 번째, 사전환경성 검토 및 환경영향평가 단계에서 생태면적률을 산정할 경우에 자연지반녹지율 외에 물순환·습지율의 도입을 고려한다.

여섯 번째, 녹지조성 비용보다 수공간의 복원·조성비용이 더 소요되므로 그에 상응한 가중치를 책정한다.

일곱 번째, 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용들을 수용하여 녹지공간 외에도 수공간의 확보를 유도한다.

동 지침의 관계법령인 환경정책기본법과 환경영향평가법의 경우, 환경정책기본법의 사전환경성 검토제도에 물순환 항목을 추가하고, 환경영향평가법의 환경영향평가대상 사업 중 도시개발사업 및 수자원의 개발사업에 물순환 평가항목을 추가하여야 한다. 그러나 상기 제도들은 토지이용계획이 수립된 이후에 동 계획을 대상으

로 수행되는 검토 및 평가이므로 도시습지의 복원 및 조성에 있어서는 그 실효성이 매우 낮을 것으로 사료된다.

따라서 생태면적률 적용지침에 대한 근거법령을 마련하고 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 생태면적률 적용지침에 투영하여 권고가 아닌 구속력 있는 지침으로 발전시키는 것이 필요하다. 그러나 이는 본 연구에서 개발된 복합기능 도시습지 복원·조성지침이 지속가능한 신도시계획기준에 전반적으로 수용되고, 도시개발 관련법과 계획에서 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획 수립의 원칙이 준용된 이후에나 가능하다.

마. 환경정책기본법 하의 환경보전계획에서의 적용 및 실용화 방안

환경정책기본법 하의 환경보전계획은 지방자치단체 환경보전계획 수립지침에 따라 특별시·광역시·도 및 시·군·구가 수립하는 환경관리·보전·이용에 관한 종합계획이다. 동 계획은 도시의 환경오염 및 환경훼손과 그 위해를 예방하고 환경을 적정하게 관리·보전·이용함으로써 주민이 건강하고 쾌적한 삶을 누릴 수 있게 하는 데에 그 목적이 있으며, 부문별 계획, 공간환경계획 등에서 자연형 하천조성, 수변경관 조성, 우수의 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 다양한 물순환체계를 담고 있다.

그러나 동 계획은 물순환체계 요소들의 구체적인 유형과 위치, 연계방법, 역할에 대해서는 제시하지 못하고 있다. 따라서 동 계획에 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용을 투영시켜서 지자체의 물순환체계 구축과 도시습지의 복원·조성의 가이드라인으로 활용하는 것이 바람직하다. 동 계획에 투영시켜야 할 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용은 다음과 같다.

첫 번째, 부문별 계획수립의 자연환경의 공원녹지 분야에서, 공원녹지계획과 연계되는 수질·수자원 분야 계획 수립 시 녹지와 수체계의 연계성을 통합적으로 고려하는 개념의 도입이 요구되며 구체적인 물순환체계 구축지침을 담는다.

두 번째, 부문별 계획수립의 자연환경의 자연경관 분야에서 훼손된 자연경관의

구체적인 복원방법 및 관리방안 등을 제시한다.

세 번째, 부문별 계획수립의 생활환경의 수질 분야에서 자연형 하천 조성, 수변공간 조성, 복개하천 복원 등 다양한 물순환체계 요소들의 유형과 위치, 연계방법, 역할 등을 제시한다.

네 번째, 부문별 계획수립의 자연환경의 수자원 분야에서 우수 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 우수·중수를 활용하는 물순환체계 요소의 다양한 유형과 위치, 연계방법, 역할 등을 담는다.

다섯 번째, 공간환경계획 수립의 현황분석에서 투수포장면적의 확보 및 우수 활용, 바람길 확보, 수공간 확보 및 네트워크 구축 시 고려할 만한 물순환체계 요소들의 다양한 유형과 위치, 연계방법, 역할 등을 제시한다.

| 제6장 · 결 론 |

1. 결론 및 시사점

과거 도시화로 인한 고밀도 도시개발은 수환경 문제뿐만 아니라 도시열섬현상, 도시 바람길의 차단, 녹지 잠식 등 도시 정주환경을 총체적으로 악화시키는 등 도시민의 삶의 질을 저하시켰고, 국내 도시의 정체성과 국제 경쟁력의 약화와 저탄소 녹색성장의 장애 요인으로 작용하고 있다. 이에 대한 대안으로 최근의 국내 신도시사업에서 물순환체계 기반의 녹색도시 건설이 시도되었으나, 물 이외의 지형(경사, 하천, 습지 등), 토양, 미기후, 생태 요소 등과 수체계의 연계성을 총체적으로 고려하지 못하고 경관·친수 중심으로 조성되거나 유기적으로 연계되지 못한 물순환체계 요소(도시습지)들이 조성되었다.

도시습지는 물, 녹지, 토양, 생태 등이 유기적으로 연계된 물순환체계 요소로서 도시강우를 흡수하고 도시유출수를 줄여 하천의 부하를 감소시키며, 도시 생태비오톱으로 미래 녹색도시의 구현에 있어서 중요한 핵심요소이다. 이와 관련하여 호주는 열악한 도시환경의 개선과 도시 수자원의 확보 및 재활용을 위해 도시개발계획들과 동등한 위계를 지닌 물민감형 도시설계계획을 마련하여 도시습지를 중심으로 유기적으로 연계된 물순환체계를 구축하도록 하고 있다. 한편 국내에서는 도시습지 복원·조성과 관련한 물순환체계 구축에 대한 일정한 지침이나 가이드라인이 미비하고, 물순환체계 구축과 관련된 법제도 규정이 포괄적이며, 환경성 확보보다는 최대의 사업 수익성 추구 풍토, 이해당사자들 간의 이해 상충 문제 등으로 인하여 도시 내 물순환을 담보할 수 있는 실효성 있는 도시습지 기반의 물순환체계가 제대로 구축되지 못하고 있다.

특히 물순환체계가 단순 이·치수 중심으로 구축되는 점, 물순환체계상의 도시습지가 습지의 다양한 기능을 활용하기보다는 녹지와 경관을 중시한 점, 도시습지가 서로 유기적으로 연계되지 못하고 점적이거나 파편적인 형태로 복원·조성되는 점, 도시

하천의 자연지형과 자연유하를 최대한 활용하지 못한 점, 도시 내에 과거에 존재하였거나 현재 존재하고 있는 기존 자연습지의 잠재력을 최대한 활용하거나 또는 기존 자연습지의 기능과 가치를 최대한 복원하는 방향으로 조성되지 못한 점과 토지이용계획이 이미 확정된 이후에 물순환계획이 수립됨으로써 도시습지의 복원·조성이 거의 제대로 이루어지지 못한 점 등이다.

따라서 본 연구는 물순환체계의 핵심요소인 복합기능 도시습지의 복원·조성지침과 이를 제도적으로 수용할 수 있는 적용·실용화 방안을 도출하여 저탄소 녹색성장에 필요한 미래 녹색도시의 구현과 지속가능한 도시개발을 촉진하고자 한다.

본 연구에서 정의하는 복합기능 도시습지는 “도시 내에 위치한 습지, 즉 저류지와 연못 같은 점적인 형태, 실개천과 수로 같은 선적인 형태, 그리고 습지공원 같은 면적인 형태의 습지들이 서로 유기적으로 연계되어 다양한 기능을 복합적으로 수행하는 도시물순환체계 기반의 습지”이다. 도시습지의 기능 및 유형에 따라 자연수계 연계 도시습지체계, 우수 활용 연계 도시습지체계, 도시 수자원관리 관련 도시습지체계, 친수·심미 관련 도시습지체계, 생태 관련 도시습지체계 등 도시습지를 5개 습지체계로 분류하였다.

복합기능 도시습지 복원·조성지침의 주요 기본원칙과 방향으로 ① 습지의 복원·조성은 수자원을 포함한 자연의 기능과 생태학적 프로세스를 보전·보호하는 방향으로의 실시, ② 습지의 원형보전>원습지(原濕地) 복원>원습지 기능향상>습지 조성순으로의 복원·조성, ③ 개발대상지와 연계된 유역까지 고려, ④ 자연수문학적 작용의 최대한 유지, ⑤ 자연의 생태구조와 생태기능이 완전히 작용될 수 있거나 또는 중요한 생태구조와 기능이 전반적으로 작용하도록 복원·조성, ⑥ 도시 녹지 내에 물을 수용 또는 저장시키는 노력을 기울여 도시습지의 시각적, 사회적, 문화적 및 생태적 가치를 향상시키도록 복원·조성, ⑦ 전 단계에 걸친 환경전문가 및 지역주민의 의견 수렴, ⑧ 복원·조성 후의 유지·운영비용 및 비용 부담 주체의 감안 등을

제시하였다.

또한 복합기능 도시습지 복원·조성지침은 1) 공통지침으로 복합기능 도시습지 복원·조성지침을 적용하기 전에 공통적으로 고려해야 할 개발대상지의 습지 잠재력 및 기반환경조사에 관한 지침과 2) 물순환체계 기반의 복합기능 도시습지 복원·조성지침으로 유역경관 규모, 도시 및 지구단위 규모, 공간시설의 규모 등 공간적 규모에 따른 도시습지의 복원·조성에 관한 지침 그리고 3) 물순환체계 기반 외의 복합기능 도시습지 복원·조성지침으로 물순환체계와 연계되지 않은 도시 내에 독립적으로 존재하는 도시습지에 대한 복원·조성지침을 개발하였다.

복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 현행 법제도와 적용·실용화 방안은 다음과 같다.

광역도시계획의 경우, 광역도시계획권과 그 주변의 유역과 수체계에 대한 도시환경적 중요성, 그에 대한 보호, 보전 및 활용에 관한 계획 수립, 도시물순환체계 및 도시습지 복원·조성의 적극적인 고려 및 촉진에 대한 개념의 도입이 필요하다.

도시기본계획의 경우, 도시기본계획 내에 수체계의 중요성을 명시하여 도시 수체계계획의 수립을 진작하고, 기존의 수변공간계획의 목적을 홍수예방뿐만 아니라 수자원의 확보 및 재활용, 우수저류, 생태 및 친수공간의 창출 등으로 확대하며, 도시물순환체계계획 및 다양한 기능의 도시습지 복원·조성을 촉진하는 원칙의 도입이 필요하다.

도시관리계획의 경우, 선 토지이용계획 수립 후 환경성 검토의 원칙에 대한 개선, 그리고 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획의 원칙의 수용이 필요하며, 복합기능 도시습지의 복원·조성지침의 원칙과 내용들을 전반적으로 반영시키는 것이 필요하다.

지구단위계획의 경우, 물순환체계 기반 외의 독립된 도시습지의 복원·조성에서 적용이 가능하며, 동 계획에 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 핵심내용들을 투영시켜서 활용하는 것이 바람직하다.

또한 상기 계획들의 모법인 국토의계획및이용에관한법률의 기본원칙에도 도시 수체계의 중요성과 그 보호, 보전 및 활용 개념을 수용하고 하위계획에서 물순환체계 및 도시습

지 복원·조성 관련 계획의 수립과 구축이 가능하도록 개선하는 것이 필요하다.

지속가능한 신도시계획기준은 실제 복합기능 도시습지 복원·조성과 도시물순환 체계의 구축에 있어서 중요하고 연관성이 높은 지침으로, 동 기준에 복합기능 도시 습지 복원·조성지침의 원칙과 내용을 타 도시계획 또는 지침들에서와 같이 단순히 투영시키는 것이 아니라, 동 기준과 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용을 서로 병합하여야 할 것으로 나타났다. 병합할 주요 원칙과 내용은 ① 단순 이·치수 중심에서 복합기능 중심의 물순환체계로의 전환, ② 경관 중심 및 녹지 중심의 조성에서 유역과 수체계의 연계성과 자연성을 중시하는 방향으로의 확대, ③ 물순환체계 요소 간의 유기적인 연계성의 제고, ④ 우수지 조성 시 기존의 홍수방어 및 친수공간 활용에서 생물서식처 및 생태체험 등의 공간 활용으로의 확대, ⑤ 물의 자연 흐름 및 자연환경 조건에 대한 최대한의 고려, ⑥ 수변공간계획 시 수체계의 연계성 제고 등이다.

지속가능한 신도시계획기준의 근거법령인 택지개발촉진법에도 토지이용계획에 앞서 물순환계획(환경계획)을 선 수립하거나 또는 최소한 토지이용계획과 물순환계획이 동시에 수립되도록 하여, 양계획 간의 조율과 조화를 거쳐서 택지개발계획이 수립되고 그에 따라서 사업이 추진되도록 하여야 할 것이다.

저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침은 저탄소 녹색성장 도시공간의 조성을 위해 수립되었다는 점에서 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 배경 및 목적과 일치하고 있다. 그러나 동 지침은 단순히 양적이고 점적인 수공간의 확충 및 빗물관리시설의 활용에 중점을 두고 있다는 점에서 한계가 있다.

따라서 동 지침은 법적 구속력이 없는 권고지침이므로 복합기능 도시습지 복원·조성 지침을 전반적으로 반영시키기보다는 본 지침의 주요 원칙과 내용인 ① 수체계 연계성의 고려, ② 습지, 실개천, 생태수로 등 다양한 물순환체계 요소들의 연계·활용, ③ 빗물관리시설 및 수변공간계획 시 타 물순환체계 요소들과의 연계성 고려, ④ 유역을 고려한 전체 물순환체계계획의 수립 등을 반영시키는 것이 적절할 것으로 사료된다.

생태면적률 적용지침은 환경성 검토 시에 참고하는 지침으로 그 취지가 생태면적률의 확보에 있으므로 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 취지와는 다르고, 설사 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 적용시킨다고 하더라도 토지이용계획을 대상으로 수행되는 검토 및 평가이므로 그 효과는 매우 제한적이다. 다만 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 내용의 일부를 투영시켜서 도시습지 복원·조성에 관한 방향성을 제시하고 복원·조성을 촉진하도록 유도하는 것이 바람직하다.

투영되어야 할 원칙과 내용으로는 물의 흐름, 즉 수체계의 연계성에 대한 고려, 자연의 순환기능으로 물순환기능의 추가, 수공간에 습지, 우수저류지, 실개천, 여울, 생태수로 등의 다양한 물순환체계 요소들의 추가·확대, 공간유형 구분 및 가중치에서 수공간(물순환기능)을 도입, 자연지반녹지율 외에 물순환·습지율의 도입, 녹지공간 외의 수공간의 확보 등이다. 또한 생태면적률 적용지침의 근거법령을 마련하고 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용들을 동 지침에 투영하여 권고가 아닌 구속력 있는 지침으로 발전시키는 것이 필요하다.

그러나 이는 복합기능 도시습지 복원·조성지침이 지속가능한 신도시계획기준에 전반적으로 반영되고, 도시개발 관련법과 계획에서 선 물순환계획(환경계획) 후 토지이용계획 수립의 원칙이 준용된 이후에나 가능하다.

환경정책기본법 하의 환경보전계획의 경우, 본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 원칙과 필수 내용을 투영시켜서 지자체의 물순환체계 구축과 도시습지의 복원·조성의 가이드라인으로 활용하는 것이 바람직하다. 동 계획에 투영시켜야 할 주요 원칙과 필수 내용으로는 녹지와 수체계의 연계성을 통합적으로 고려하는 개념의 도입과 구체적인 물순환체계 구축지침, 훼손된 자연경관의 구체적인 복원방법 및 관리방안의 제시, 자연형 하천 조성, 수변공간 조성, 복개하천 복원 등 다양한 물순환체계 요소들의 유형과 위치, 연계방법, 역할의 제시, 우수의 활용, 하수처리장 재이용수 활용 등 우수·중수를 활용하는 물순환체계 요소의 다양한 유형과 위치, 연계방법, 역할의 제시 등이다.

본 연구의 복합기능 도시습지 복원·조성지침 및 실용화 방안은 실효성 있는 물순환체계의 구축에 요구되는 방안을 마련한 연구라는 데에 그 의의가 있다. 동 방안은 향후 도시민의 삶의 질의 악화, 국내 도시의 국제경쟁력 약화, 도시열섬현상 등의 문제를 안고 있는 국내의 고탄소, 고밀도 신도시개발사업의 관행을 개선하고, 저탄소 녹색도시 그리고 살고 싶은 쾌적한 생태도시의 건설에 있어서 국내 도시개발사업의 새로운 패러다임과 그 가이드라인 역할을 할 것이다.

최근 도시개발사업의 국제적 추세는 단순하거나 독립적인 물순환체계 중심의 녹색도시 건설에서 물, 녹지, 토양, 생물 등이 유기적으로 연계된 복합기능 도시습지 중심의 물순환체계 기반 녹색도시의 건설로 전환되고 있다. 그러나 국내 신도시개발은 실효성 있는 물순환체계의 구축은 물론이려니와 아직도 기존의 고밀도, 고탄소형 도시개발 관행에서 벗어나고 있지 못하다.

이러한 문제의 주원인은 선 물순환체계(환경계획) 후 도시개발계획(토지이용계획)의 원칙이 도시개발법령이나 환경법령에서 제도적으로 수용되지 않았기 때문이며, 보다 근본적인 원인은 도시개발사업의 주요 이해와 목적이 사업을 통한 최대의 수익성의 창출에 두고 있기 때문이다. 여기에는 다양하고 첨예화한 이해당사자들의 이해관계만이 얽혀 있을 뿐, 실제로 개발된 신도시에 입주하거나 신도시 주변에 거주하는 자들의 정주환경에 대한 고려는 사실상 배제되어 있다.

그러나 최근 일본의 신도시개발사업이 전면매수방식에서 환지방식으로 점차 전환되어 가고 있는 추세를 감안한다면, 향후 국내 신도시개발사업에서도 환지방식을 선택함으로써 신도시에 입주하거나 신도시 주변에 거주하는 자들의 정주환경 개선에 대한 욕구와 의견을 수렴하고, 그를 구현할 수 있는 진정한 의미의 미래 녹색도시 건설 관련 정책과 제도를 마련하여 살기 좋고 쾌적하며 국제적 경쟁력이 있는 신도시를 건설해 나아가야 할 것이다.

2. 향후 후속과제

본 연구에서 부득이하게 다루지 못한 부분은 향후 본 연구의 후속과제로 추진될 필요가 있으며, 부문별 향후 후속과제는 다음과 같다.

가. 현행 관련 법제도의 개선방향 연구

- 1) 물순환법령의 신규 제정 연구
- 2) 현행 도시습지 복원·조성 관련 법령의 개정 연구(관련 법령으로의 수체계의 연계성 개념 반영 및 물순환체계 구축지침의 활용 권고 등)
- 3) 물순환체계 구축에 대한 인센티브제도 개발 연구(세금감면, 보조금 지원 등)
- 4) 혁신도시, 행정도시, 벨트화도시 등 타 도시개발사업에서의 복합기능 도시습지 복원·조성지침의 적용 및 별도의 지침 마련 연구
- 5) 도시습지 복원·조성 관련 부처 및 업무담당자의 효율적인 업무체계 재편 방안

나. 도시습지 복원·조성을 위한 기초기반 구축 연구

- 1) 지반조건(자연/인공), 지표면의 피복, 포장상태에 따른 투수율 연구 및 강우에 따른 유출량 산정과 포장기준 수립
- 2) 도시습지 복원·조성 관련 정량적인 수치기준 마련 연구
- 3) 도시습지체계의 종류와 범위에 대한 국내외 기술동향 연구
- 4) 도시의 공간적 규모 및 입지적 여건에 따른 도시습지체계의 사례적용 연구
- 5) 도시습지 복원·조성의 기술적, 재정적 관리체계의 개발
- 6) 도시습지 복원·조성 후의 분석·평가 모니터링 체계(안)의 개발
- 7) 도시습지 복원·조성의 유지·운영비용 기금 마련 연구

다. 도시습지 복원·조성 관련 기초 R&D 개발사업

- 1) 물순환체계 구축 관련 복원·조성기술 개발
- 2) 도시습지 복원·조성사업에서의 정량화 된 분석기법 및 모델 개발
- 3) 물순환체계 구축 시 수원확보 기술 연구
- 4) 도시습지 복원·조성 후의 모니터링 및 평가기술 개발

| 참고 문헌 |

- 경기지방공사. 2008. 광고신도시 환경상세계획 수립연구.
_____. 2008. 광고신도시 물순환체계 조성공사 기본설계보고서.
국토해양부. 2010. 지속가능한 신도시계획기준.
_____. 2009. 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립지침.
_____. 2009. 하천설계기준·해설.
_____. 2007. 조경설계기준.
_____. 2007. 하천공사표준시방서.
_____. 2002. 자연친화적 하천관리지침.
권혁재. 2001. 「지형학 제4판」. 법문사.
김귀곤, 조동길. 2006. 「자연환경·생태복원학 원론」. 아카데미 서적.
김인섭, 이제인. 2003. 「지속가능한 도시개발을 위한 도시환경계획」. 형설출판사.
김현준, 장철희, 김성기. 2008. 「도시유역 물순환계 정량화 방법」. 수자원의 지속적 확보기
술개발 사업단.
김현준, 장철희, 노성진. 2008. 「도시유역 물순환 해석 기술 지침서」. 수자원의 지속적 확보
기술개발 사업단.
김형수, 하성룡, 김상단, 박창근, 경민수. 2006. 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방
안. 물과 미래 39(4).
대한주택공사. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사.
_____. 2007. 파주운정지구 택지개발사업 제1종 지구단위계획.
박주석, 한무영, 송호면. 2006. 「일본의 빗물침투시설 기술 - 조사·계획편」. 도서출판 풍남.
_____. 2006. 「일본의 빗물침투시설 기술 - 구조·시공·유지관리편」. 도서
출판 풍남.
방상원, 김창미, 최희선, 전승훈, 이형숙, 채수권. 2009. 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기
능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (연구보고서 2009-15). 한국환경정책·평가연구
원.
방상원, 김애선. 2007. 동·식물의 야생생태계 방출 지침(안) 수립 연구. 환경부.

- 방상원, 안선영, 박주현. 2006. 습지보전을 위한 정책방안 연구 - 습지은행제도(Wetland Banking)를 중심으로 (연구보고서 2006-13). 한국환경정책·평가연구원.
- 소방방재청. 2009. 우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준.
- 일본 요코하마시. 2006. 환경보전기본계획.
- 정중호, 윤용남. 2007. 「수자원설계실무」. 구미서관.
- 최희선, 김귀곤. 2009. 신도시물순환체계 구축을 위한 습지조성 입지선정에 관한 연구. 한국조경학회지 36(6).
- 한국토지공사. 2007. 송파거여지구택지개발사업 환경영향평가서(초안).
- 한봉호, 김정호, 홍석환. 2003. 서울시 둔촌동 습지 생태계보전지역 모니터링 및 생태적 복원구상. 한국환경생태학회지 17(3).
- 한영해, 최영국, 이태구. 2005. 생태적 도시개발을 위한 물순환체계 확보방안 연구 : 분산식 빗물관리를 중심으로. 국토연구원.
- 환경부, 국토해양부. 2009. 환경성평가제도 관련 규정·지침.
- 환경부. 2008. 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼.
- _____. 2007. 지방자치단체 환경보전계획 수립지침.
- _____. 2005. 생태면적률 적용지침.
- (주)SK건설. 2008. 파주운정지구 물순환체계 조성공사 실시설계(발표자료). 대한주택공사
- (주)태영건설. 2008. 인천청라지구 주운시설 건설공사 기본설계보고서. 한국토지공사.
- (주)한양. 2008. 광교신도시 물순환체계 조성공사 실시설계.
- Boubli,D., F. Kassim. 2003. *Comparison of Construction Costs for Water Sensitive Urban Design and Conventional Stormwater Design*.
- City of Houston Department of Public Works and Engineering. 2009. *Infrastructure Design Manual*.
- City of Portland. 2008. *Stormwater Management Manual*.
- Engineers Australia. 2006. *Australian Runoff Quality: A guide to Water Sensitive Urban Design*.
- Harris County Flooded Control District. 2004. *POLICY, CRITERIA, AND*

PROCEDURE MANUAL FOR APPROVAL AND ACCEPTANCE OF INFRASTRUCTURE. Texas.

Kielniacz, A., D. Chubb. 2004. *The Water Sensitive Urban Design Technical Guidelines for Western Sydney.* Upper Parramatta River Catchment Trust.

Marsalek, J., J.C. Blanca, M. Karamouz, P.A. Malmquist, J. Goldenfum, B. Chocat. 2008. *Urban water cycle processes and interactions.* Urban Water Series 4, UNESCO-IHP. Taylor & Francis.

Melbourne Water Corporation. 2006. *Stormwater Sensitive Homes: What is a Water Sensitive Home?.* Melbourne Water.

Melbourne Water Corporation. 2006. *Stormwater Sensitive Homes: Raingardens.* Melbourne Water.

Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland.*

M2L associate Inc. 2002. 프로젝트 사례.

United States Environmental Protection Agency(USEPA). 2000. *Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources.*

Victorian Stormwater Committee. 2006. *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines.* CSIRO PUBLISHING.

Washington State Department of Ecology Water Quality Program. 2005. *Stormwater Management Manual for Western Washington.*

Water by Design. 2009. *Concept Design Guidelines for Water Sensitive Urban Design Version 1.* South East Queensland Healthy Waterways Partnership.

Water by Design. 2009. *Construction and Establishment Guidelines: Swales, Bioretention System and Wetlands.* South East Queensland Healthy Waterways Partnership. Brisbane.

William J. M., J.G. Gosselink. *Wetlands.* John Wiley & Sons, Inc.

<부록 1> 호주의 저류지(Swale) 설계계산 요약표

SWALES – DESIGN CALCULATION SUMMARY SHEET				
Calculation Task	CALCULATION SUMMARY			
	Outcome	Check		
Catchment Characteristics	Catchment Area	ha	<input type="text"/>	
	Catchment Land Use (i.e. residential, Commercial etc.)			
	Catchment Slope	%		
Conceptual Design	Swale Top Width	m	<input type="text"/>	
	Swale Length	m		
	Swale Location (road reserve/ park/other)			
	Road Reserve Width	m		
1 Confirm Treatment Performance of Concept Design	Swale Area	m ²	<input type="text"/>	
	TSS Removal	%		
	TP Removal	%		
	TN Removal	%		
2 Determine Design Flows	Time of concentration – refer to local Council’s Development Guidelines/ QUDM	minutes	<input type="text"/>	
	Identify Reinfell Intensities			
		Minor Storm (I ₂ – 10 year ARI)	mm/hr	<input type="text"/>
		Major Storm (I ₅₀ – 100 year ARI)	mm/hr	<input type="text"/>
	Design Runoff Coefficient			
		Minor Storm (C ₂ – 10 year ARI)		<input type="text"/>
		Major Storm (C ₅₀ – 100 year ARI)		<input type="text"/>
3 Dimension the Swale	Swale Width and Side Slopes	Base Width	m	<input type="text"/>
		Side Slopes – 1 in		
		Longitudinal Slope	%	
		Vegetation Height	mm	
	Maximum Length of Swale	Manning’s n		<input type="text"/>
		Swale Capacity		
		Maximum Length of Swale		<input type="text"/>
4 Design Inflow Systems	Swale Kerb Type		<input type="text"/>	
	60 mm set down to Buffer/ Swale Vegetation	Yes/ No		
	Adequate Erosion and Scour Protection (where required)			
5 Verification Checks	Velocity for 2-10 year ARI flow (< 0.25 - 0.6 m/s)	m/s	<input type="text"/>	
	Velocity for 50-100 year ARI flow (< 2 m/s)	m/s		
	Velocity x Depth for 50-100 year ARI (< 0.4 m ² /s)	m ² /s		
	Depth of Flow over Driveway Crossing for 50-100 year ARI (< 0.3 m)	m		
	Treatment Performance consistent with Step 1			
6 Size Overflow Pits (Field Inlet Pits)	System to convey minor floods (2-10 year ARI)	L x W	<input type="text"/>	

자료: Moreton Bay Waterways and Catchments Partnership. 2006. *Water Sensitive Urban Design Technical Design Guidelines for South East Queensland*. p.2–15.

<부록 2> 도시계획의 성격 및 주요 내용

구 분	광역도시계획	도시기본계획	도시관리계획	지구단위계획
계획성격	·20년 단위 공간구조와 광역시설 등 중심의 정책계획 ·광역도시권의 장기발전방향 제시	·20년 단위 물적·비물적, 종합적 정책계획 ·당해 도시의 장기발전방향 제시	·10년 단위 중기적, 물적 계획 ·장기 발전방향을 구체화하고 실현	·도시관리계획을 구체화하는 물적 계획 ·경관, 미관개선, 양호한 환경확보, 계획관리지역·개 발진흥지구 계획적 개발, 관리 등
목적	·시·군범위·기능의 무질서한 외연적 확산과 연담화의 효율적 관리 ·지방자치단체간의 상호협조를 통한 광역시설의 합리적 배치 및 투자의 효율성 제고	·국토의 한정된 자원을 효율적이고 합리적으로 활용하여 주민 삶의 질 향상 ·장기적으로 시, 군이 공간적으로 발전하여야 할 구조적 틀 제시	·시·군의 개발, 정비, 관리 및 보전, 시군의 지속가능한 발전 도모	·당해 계획구역의 토지이용 합리화 및 그 기능 증진, 경관·미관 개선, 양호한 환경 확보 ·당해 구역의 체계적 계획적 관리
계획구역	·광역계획권 * 인접한 2이상의 시 또는 군으로 지정	·시·군의 행정구역 * 수도권 외의 시군 중 인구 10만 미만은 제외	·시·군의 행정구역 * 인접 시군의 관할구역 전부, 일부 포함 가능	·지구단위계획구역 * 도시지역, 비도시지역 중 일부지역
수립, 입안권자	·시·도지사 공동(2이상 광역자치단체) ·도지사(2이상 시, 군) ·국토해양부장관 ·국토해양부장관과 시·도지사 공동	·시장, 군수	·시장, 군수 ·도지사(광역계획) ·국토해양부장관(국 가계획, 용도지역 지정 및 변경 등)	·시장, 군수
승인(결정)기관 (협의요청기관)	·국토해양부 장관	·국토해양부 장관 ·시·도지사(10만 이하의 수도권외 시군 지역)	·시·도지사 ·국토해양부장관 (국가계획, 개발제한구역 등)	·시·도지사
협의기관 (환경관서의 경우)	·환경부장관	·환경부장관	·지방환경관서의 장(시·도결정) ·환경부장관(국토해 양부 결정)	·지방환경관서의 장 (시·도결정)
협의기간	·30일(법 제16조)	·30일(법 제22조)	·30일(법 제30조)	·30일(법 제30조)
협의서류	·계획안(도서)	·계획안(도서)	·계획안(도서) ·설명서(사전환경성 검토서 등)	·계획안(도서) ·설명서(사전환경성 검토서 등)

자료: 환경부, 국토해양부. 2009. 환경성평가제도 관련 규정·지침. p.242.

<부록 3> 도시계획 수립 내용

광역도시계획	도시기본계획	도시관리계획	지구단위계획
(1) 계획의 목표와 전략 (2) 광역계획권의 현황 및 특성 (3) 공간구조구상 ① 여건변화 및 전망 분석 ② 주요지표 제시 ③ 공간구조의 골격구상: 개발축(성장축), 교통·녹지축 설정 ④ 생활권 설정 (4) 부문별 계획 ① 기능분담계획 및 토지이용계획 ② 문화·여가공간 계획 ③ 녹지관리계획 ④ 환경보전계획 ⑤ 교통 및 물류유통 계획 ⑥ 광역시설계획 ⑦ 경관계획 ⑧ 방재계획 (5) 개발제한구역 조정 (6) 집행 및 관리계획	(1) 지역의 특성과 현황 (2) 계획의 목표와 지표의 설정(계획의 방향, 목표, 지표 설정) (3) 공간구조의 설정 (개발축 및 녹지축의 설정, 생활권 설정 및 인구배분) (4) 토지이용계획 (토지의 수요예측 및 용도배분) (5) 기반시설 (교통, 물류체계, 정보통신, 기타 기반시설계획 등) (6) 도심 및 주거환경(시가지 정비, 주거환경계획 및 정비계획) (7) 환경의 보전과 관리 (8) 경관 및 미관 (9) 공원·녹지 (10) 방재 및 안전 (11) 경제·산업·사회·문화의 개발 및 진흥(고용, 산업, 복지 등) (12) 계획의 실행(재정확충 및 재원조달, 단계별 추진전략)	(1) 계획의 배경 ① 계획의 성격 ② 계획의 특성 ③ 기존계획의 검토 (2) 시·군의 장기발전 구상 ① 기본목표와 전략 ② 주요지표의 설정 ③ 공간구조의 기본골격 ④ 생활권 설정 ⑤ 단계별 개발구상 (3) 용도지역, 용도지구, 용도구역계획 (4) 도시계획시설계획 (5) 도시개발사업계획 (6) 단계별 집행계획 (재원조달방안을 포함)	(1) 용도지역 또는 용도지구의 세분 또는 변경 (2) 기반시설의 배치와 규모 (3) 도로로 둘러싸인 일단의 지역 또는 계획적인 개발·정비를 위하여 구획된 일단의 토지의 규모와 조성계획 (4) 건축물의 용도제한, 건축물의 건폐율 및 용적률, 건축물 높이의 최고한도 및 최저한도 (5) 건축물의 배치, 형태, 색채와 건축선에 관한 계획 (6) 환경관리계획 또는 경관계획 (7) 교통처리계획 (8) 그 밖의 토지이용의 합리화, 도시 또는 농·산·어촌의 기능증진 등에 필요한 사항

자료: 환경부, 국토해양부. 2009. 환경성평가제도 관련 규정·지침. p.243.

Abstract

Restoration and Creation Plan of Multi-Functional Urban Wetlands In Preparation for Construction of a Future Ecocity II

Recently, multi-functional urban wetlands have become a crucial factor in construction of a future ecocity to improve heavy land use of current cities, particularly since these wetlands absorb precipitation and reduce urban run-offs as well as play a role as a biotope.

A multi-functional wetland is a factor of the water circulating system in an ecocity. In this study, we determined it as the urban wetland composed and/or interrelated with the wetlands, ponds and water retentions of point amenities, with the streams and watercourse of line amenities, and with the wetland parks of dimensional amenities.

In Korea, there has been neither a concrete and precise guideline so far nor relevant laws and regulatory schemes for water circulation systems in its city development. In contrast, a county like Australia has established a precise guideline in its regulation schemes to enhance flood control, to facilitate rain retention and to provide hydrophilic spaces in urban area.

Subsequently, we developed a restoration and creation plan for multi-functional urban wetlands including a precise guideline in preparation for construction of a future ecocity. In doing so, we are trying

to promote a plan of restoration and creation for multi-functional urban wetlands and water circulation systems in Korea.

This study developed a guideline for restoration and creation of multi-functional urban wetlands. It is composed of three parts; a fundamental guideline, a restoration and creation guideline of multi-functional urban wetlands based upon water circulation systems and that of wetlands not based upon water circulation systems.

There are eight principles and direction of the guideline; a) restoration and creation of multi-functional urban wetlands should be executed in a way of protecting or preserving its natural functions and ecological process, b) the orders of decision-making of restoration and creation of multi-functional urban wetlands should proceed as follows: preservation of wetlands > restoration of impaired wetlands > enhancement of impaired wetlands > creation of wetlands, c) consideration of its watershed as well as urban development area, d) maximum maintenance of natural hydrologic processes, e) restoration and creation of multi-functional urban wetlands should be processed in a way that natural ecosystem structures and ecological function should act completely or almost so, f) restoration and creation of multi-functional urban wetlands should be processed in a way that their visual, social, cultural and ecological values should be enhanced by storing water in urban greens, g) participation and consideration of stakeholders in city development, h) consideration in advance of maintenance costs and responsible organizations after restoration and creation of multi-functional urban wetlands.

In order to realize the restoration and creation guideline of multi-functional urban wetlands, we proposed several reformations of

current relevant guidelines and laws. These include the plans for wide-range urban development, fundamental urban development, urban management, area-specific urban management and environmental management, as well as the guidelines of sustainable new city development plan, urban development plan for construction of low carbon green city, eco-dimension ratio rule and environmental conservation planning.

This study is valuable and should be emphasized in terms of establishing concrete grounds for the construction of a future ecocity. It provides essential guidelines and reformation plans of current regulatory laws. This will enable not only the promotion of the lives of city dwellers and global competitiveness of our cities, but also the reduction of heat island effects and routine practices of urban development of current high-carbon and high-density city.

| KEI 연구보고서 목록 | 2005~2010

기본연구

- 2005년 RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 I (한화진 외)
RE-02 Greenhouse Gas Emissions Trading Schemes - Recent Development and Policy Recommendations for Korea (김용건, Erik F. Haites)
RE-03 지속가능한 하구역 관리방안(II) (이창희 외)
RE-04 농촌의 경관가치평가와 관리 방안 (김광임 외)
RE-05 신재생에너지전력 시장활성화 방안 연구 (이창훈 외)
RE-06 에너지부문의 환경세 도입이 환경 및 경제에 미치는 영향 (강만옥 외)
RE-07 The Impact Analysis of Urban Growth on Environment Using the Econometric Regional Impact Model (여준호 외)
RE-08 도시토지이용의 생태 효율 제고방안 연구 (박창석 외)
RE-09 지방단위 지속가능발전지표 연구 (정희성 외)
RE-10 총량관리체계 하에서의 지역환경관리 (문현주, 황석준)
RE-11 배출허가체계 개선 방안 연구 (이병국 외)
RE-12 Pharmaceuticals in the Environment and Management Approaches in Korea (박정임)
RE-13 멸종위기 야생동·식물종의 선정 평가기법 연구 (방상원, 안선영)
RE-14 GIS-based Wildlife Habitat Management Strategies in Korea (노백호 외)
RE-15 녹지의 대기환경영향에 관한 연구 - 도심지역에서의 녹지와 국지적 대기환경영향과의 상관관계를 중심으로 (주현수 외)
RE-16 An Econometric Analysis on the Costs of Carbon Sequestration in Korea (안소은)
RE-17 동북아 환경협력체계 효율화 방안 연구 (추장민 외)
RE-18 보호대상 식물종에 대한 환경영향평가기법 개선방안 연구 (이현우 외)
RE-19 환경영향평가지 대기확산모델의 적용에 관한 연구 (문난경 외)
RE-20 터널로 인한 지하수 영향 저감방안 연구 (이정호 외)
RE-21 해양매립사업으로 인한 환경영향의 효율적인 저감방안에 관한 연구 (맹준호 외)
RE-22 지형·지질을 고려한 개발사업의 입지선정에 관한 연구 - 골프장 및 석산개발 입지에 관하여 (김지영 외)
- 2006년 RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 II (한화진 외)
RE-02 지속가능한 하구역 관리방안 III (노백호 외)
RE-03 통합적 환경관리체계 구축을 위한 정책방안 연구 I (정희성 외)

- RE-04 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구 (주현수 외)
- RE-05 An Approach for Developing Aquatic Environmental Risk Assessment Framework for Pharmaceuticals in Korea (박정임 외)
- RE-06 지속가능한 물질관리를 위한 자원순환정책 방안 (김광임 외)
- RE-07 Job Creation and Environment (황욱 외)
- RE-08 An Application of Benefit Transfer to Outdoor Recreation Values in Korea (안소은 외)
- RE-09 Estimating Climate Change Damage Using PAGE Model (채여라 외)
- RE-10 A Study on the Endogenous Process of Implementing International Environmental Standards (황욱 외)
- RE-11 Air Quality Modeling System I - Development of Emissions Preparation System with the CAPSS (문난경 외)
- RE-12 수생태계 복원을 위한 제도정비 방안과 추진전략 (이병국, 노태호)
- RE-13 습지보전을 위한 정책방안 연구 - 습지은행제도(Wetland Banking)를 중심으로 (방상원 외)
- RE-14 Improving Coherence between Soil and Groundwater Quality Standards (황상일 외)
- RE-15 유해화학물질 함유 제품의 소비자노출기법 적용 방안 (신용승 외)
- RE-16 지방자치단체 환경예산제도의 발전방향 연구 (이창훈, 김영미)
- RE-17 산업 클러스터 구축정책과 환경관리 (최진석)
- RE-18 환경평가에 있어 생물다양성 항목의 도입 방안 (권영환 외)
- RE-19 항공기소음의 영향예측기법 개선방안 (선효성, 박영민)
- RE-20 고압송전선로 전자파에 대한 노출범위 설정 방안 (전인수, 김한나)
- RE-21 해안개발사업에 따른 해안침식영향 저감방안 연구 (조광우 외)
- RE-22 대기업과 중소기업의 환경관리 양극화 현황과 정책과제 (이창훈, 이윤미)

- 2007년
- RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 III (한화진 외)
 - RE-02 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 (추장민 외)
 - RE-03 에너지·전력부문 보조금의 환경친화적 개편방안과 파급효과 연구 I (강만옥 외)
 - RE-04 통합적 환경관리체계 구축을 위한 방안 연구 II - 「배출시설규제에관한법률(가칭)」 제정안을 중심으로 (한상운 외)
 - RE-05 도시생태네트워크 구축을 위한 토지이용계획 연구 (박창석, 오규식)
 - RE-06 Environmental Risk Assessment of Pharmaceuticals - Model Application for Estimating Pharmaceutical Exposures in the Han River Basin (박정임 외)
 - RE-07 축차 동태형 환경경제 통합 모형 연구 (강상인, 김재준)
 - RE-08 환경평가와 지속가능발전지표 연계운용방안에 관한 연구 (김호석 외)
 - RE-09 제품군별 대기 및 수질 오염물질 배출량 추정 (공성용 외)
 - RE-10 환경자원의 가치평가체계 구축 I - 조건부 가치 평가법의 가산편의 검증 및 개선 방안 (이진권, 임영아)
 - RE-11 수생태계 보호를 위한 토사 관리 방안 (김익재 외)
 - RE-12 Risk Management of Hazardous Chemicals Considering Interaction between Indoor and

Outdoor Sources (신용승 외)

- RE-13 해안지역 지하수 수자원 통합관리방안 연구 I (이정호 외)
- RE-14 Development of a Methodology Assessing Rice Production Vulnerability to Climate Change (유가영, 김정은)
- RE-15 Estimation of Costs and Impacts for Various Options of Post-Kyoto Climate Regime (채여라 외)
- RE-16 지하수자원의 합리적 이용·관리를 위한 정책방향 (문현주)
- RE-17 생태축 분석을 위한 경관생태학적 방법론 연구 (이상범)
- RE-18 갯벌매립사업 환경평가 개선방안에 관한 연구 (맹준호 외)
- RE-19 Air Quality Modeling System II (문난경 외)
- RE-20 자연친화적인 자연재난완화정책(Hazard Mitigation Policy)에 관한 연구 - 토지이용계획 및 관리를 통한 홍수피해완화 방안 (정주철 외)

- 2008년
- RE-01 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 II (추장민 외)
 - RE-02 통합적 환경관리체계 구축을 위한 정책방안 연구 III (한상운 외)
 - RE-03 지속가능한 생태문화도시의 방향설정 및 추진방안 (진종현 외)
 - RE-04 기후변화 대응 온실가스 감축을 위한 국가할당방안 연구 (이상엽, 이정인)
 - RE-05 기후변화 취약성 평가 지표의 개발 및 도입방안 (유가영, 김인애)
 - RE-06 에너지·전력부문 보조금의 환경친화적 개편방안과 파급효과 연구 II (강만옥, 이상용)
 - RE-07 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리방안 (박창석 외)
 - RE-08 수질오염총량관리를 위한 배출권거래제 도입방안 (문현주)
 - RE-09 수생태계 보호를 위한 소하천 관리 방안 (김익재, 한대호)
 - RE-10 해안지역 지하수 수자원 통합관리방안 연구 II (문유리 외)
 - RE-11 국제 온실가스 배출권 거래제도의 파급효과 분석 (김용건, 장기복)
 - RE-12 환경평가제도 30년의 성과분석과 발전방향 (조공장 외)
 - RE-13 도시개발사업에서 환경생태계획의 체계적 도입방안 (최희선 외)
 - RE-14 한국의 지질유산 정보구축과 관리방안 (이수재 외)
 - RE-15 동북아 생태네트워크 추진체계 구축을 위한 연구 (전성우 외)
 - RE-16 북한의 자연재해 취약지 추정 및 남북협력 방안 연구 (명수정 외)

- 2009년
- 2009-01 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 III (추장민 외)
 - 2009-02 해양 유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 (신용승 외)
 - 2009-03 환경가치를 고려한 통합정책평가 연구 I (안소은)
 - 2009-04 수질오염총량관리를 위한 배출권거래제 적용방안 연구 (문현주)
 - 2009-05 하천 건전성 평가모델 LOCOPEM을 적용한 환경평가 예측기법 (노태호 외)
 - 2009-06 환경평가를 활용한 토지이용계획 수립방안에 관한 연구 - 도시 및 택지개발을 중심으로 (정주철 외)
 - 2009-07 관광개발 다양화에 따른 친환경적 계획수립 및 평가방안에 관한 연구 (사공희 외)

- 2009-08 Noise map을 활용한 환경소음의 관리방안 마련 (선효성 외)
- 2009-09 제품분류에 따른 대기오염물질 직·간접 배출량 추정과 변화요인 분석 (공성용 외)
- 2009-10 기후변화 대응 온실가스 감축을 위한 국가할당방안 연구 II (이상엽 외)
- 2009-11 식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용계획 수립방안 I (황상일 외)
- 2009-12 북한의 가뭄재해 취약지 분석 및 대응에 관한 연구 (명수정 외)
- 2009-13 기후변화 대응을 위한 물환경 관리 전략 및 정책방향 I (김익제 외)
- 2009-14 지구온난화에 따른 지역규모 대기질 영향평가 I (문난경 외)
- 2009-15 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (방상원 외)
- 2009-16 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리방안 II (박창석 외)
- 2009-17 환경시장의 구조 변화와 정책 과제 (김종호 외)
- 2009-18 그린화학제도 활성화 및 산업체 지원방안 (박정규)

- 2010년 2010-01 기후변화 대응을 위한 물산업 육성 정책방안 (김종호 외)
- 2010-02 기후변화 통합영향평가모형 체계 개발 : 정책연계모형개발을 중심으로 (전성우 외)
- 2010-03 녹색 생활양식 확산을 통한 온실가스 감축방안 연구 (명수정 외)
- 2010-04 택지 및 산업단지 개발사업의 환경평가 단계별 성과분석 (신경희 외)
- 2010-05 온실가스 감축을 위한 폐기물 관리방안 연구 - 폐기물 부문의 온실가스 전과정 평가 (주현수 외)
- 2010-06 기후변화와 대기오염이 환경 관련 질원에 미치는 영향 - 기온상승과 오존농도 증가의 상호작용을 중심으로 (배현주 외)
- 2010-07 공유하천 물안보 체계 구축을 위한 협력방안 (김익제 외)
- 2010-08 도서지역의 친환경적 용수공급계획 수립방안 (문유리 외)
- 2010-09 도시기본계획의 전략환경평가 방법론 연구 (조공장 외)
- 2010-10 폐금속자원 재활용 촉진을 위한 제도·기술적 방안 : 폐전자제품을 중심으로 (김광임 외)
- 2010-11 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구II (방상원 외)
- 2010-12 물환경 거버넌스를 위한 의사결정체제 구축 I (이진희 외)
- 2010-13 법정보호 야생조류의 서식환경 평가방안 (노백호 외)
- 2010-14 식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용계획 수립 방안 II (황상일 외)
- 2010-15 세대간 생체전이성 화학물질 현황 및 관리방향 (박정규)
- 2010-16 수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용 방안 및 효과 (최희선 외)
- 2010-17 대기 중 이산화탄소 분포에 대한 이해 : 위성관측과 GEOS-Chem 결과를 중심으로 (심창섭)
- 2010-18 온실가스 배출권 초기할당 방식에 관한 연구 (김용건 외)
- 2010-19 저소득계층의 기후변화 적응역량 강화를 위한 정책방안 연구 I (추장민 외)
- 2010-20 지구온난화에 따른 지역규모 대기질 영향평가 II (문난경 외)
- 2010-21 환경가치를 고려한 통합정책평가연구 II (안소은 외)
- 2010-22 환경책임과 환경피해보험제도의 제도화방안에 관한 연구 (한상운, 박시원)

- 2010-23 해양유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 II (신용승 외)
- 2010-24 개발사업의 종합환경영향 평가지수 산정에 관한 연구 (유현석 외)

수시연구

- 2005년 WO-01 Joint Pilot Studies between Korea and Mongolia on Assessment of Environmental Management System in Gold Mining Industry of Mongolia II (Jeongho LEE 외)
- WO-02 유역관리를 통한 다목적댐 저수지의 효율적인 탁수관리방안 (최지용 외)
- WO-03 휴·폐금속광산지역의 토양오염관리방안 (박용하, 서경원)
- WO-04 녹색구매 대상제품의 화학적 안전성 제고를 위한 정책연구 (신용승, 김효정)
- WO-05 A Study on the Integrated Product Policy of EU and Corresponding Tasks (공성용, 최형진)
- WO-06 Korea Environmental Policy Bulletin III (이병국, 송영일)

- 2006년 WO-01 Joint research between Korea and Mongolia on water quality and contamination of transboundary watershed in Northern Mongolia (이영준 외)
- WO-02 A National CGE modeling for Resource Circular Economy (강상인 외)
- WO-03 OECD의 환경유해보조금 개혁 논의동향과 국내 정책과제 (강만옥, 이상용)
- WO-04 산지를 활용한 친환경적 골프장 조성에 관한 연구 (권영한, 김지용)
- WO-05 Leaf Area Index (LAI) Analysis of Landsat Satellite Images for Monitoring of the Future CDM Afforestation/Reforestation Project in North Korea (이상범, 홍현정)
- WO-06 주요 지질별 지하수개발이용 특성 및 수질관리실태 비교연구 (문유리, 유은혜)
- WO-07 다목적 댐 저수지의 비점오염실태 및 친환경적 관리방안 연구 (최지용 외)
- WO-08 Korea Environmental Policy Bulletin IV (이병국)
- WO-09 누적영향평가를 위한 평가범위 산정에 대한 연구 - 생활환경분야 (이영수, 김영하)
- WO-10 수자원 계획 관련 거버넌스와 환경갈등관리 방안 (정희성 외)
- WO-11 국방·군사시설에 대한 환경영향평가 개선 방향 - 군사훈련장 사업을 중심으로 (최준규, 강재구)
- WO-14 소수력발전소 개발사업의 환경적 고찰 (권영한, 김지영)

- 2007년 WO-01 지역커뮤니티의 지속가능한 발전을 위한 환경평가 방법론 연구 - 주민참여의 개선방안을 중심으로 (조공장)
- WO-02 연구효율성 향상을 위한 원시자료 공유체계 구축 - KEI 연구보고서를 중심으로 (전성우, 하종식)
- WO-03 지하수 수질기준 및 정화기준 재설정에 대한 정책방향 (이정호, 김훈미)
- WO-04 편익이전 방법을 이용한 습지가치 추정: 메타회귀분석을 중심으로 (안소은, 노백호)
- WO-05 골프장 조성사업의 합리적 환경평가 방안 (황상일 외)

WO-06 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과 및 개선방안 (최지용, 반양진)
WO-07 Comparative Study on Environmental Impact Assessment between Korea and China
(유현석)

- 2008년 WO-01 부처별 비점오염원 관리사업의 효율적 추진 방안 (최지용)
WO-02 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드라인 (권영한 외)
WO-03 허베이 스피리트호 원유유출사고의 정책적 진단 및 향후과제 (신용승, 임혜숙)
WO-04 다목적댐 상류 소유역 관리 방안 연구 (최지용, 박인상)
WO-05 상하수도 부문 전략적 재정계획 - 한국의 사례 (문현주)
WO-06 해양 유류유출사고 방제종료기준 설정 방안 (황상일, 신용승)
- 2009년 2009-01 저탄소·자원순환형 사회 구축을 위한 환경정책 (장기복 외)
2009-02 Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin II (추장민 외)
2009-03 4대강 살리기 사업지역의 하천 환경현황 분석 방안 연구 (이수재)
2009-04 합리적인 수리권 및 수자원에의 기여와 보상체계 연구 (문현주)
2009-05 지속가능발전 관점에서의 녹색성장 의미와 평가방안에 관한 연구 (김호석 외)
2009-06 남·북한 공유하천의 관리 현황과 물안보 확보방향 (김익재 외)
2009-07 미세먼지의 농도 변화를 이용한 다중 이용시설의 흡연으로 인한 실내공기질 관리 정책
평가 (김성렬 외)
2009-08 유네스코 지질공원의 특성과 시사점 연구 (이수재 외)
2009-09 4대강 살리기 사업을 위한 필요 전문기술인력 추정 (안종호 외)
- 2010년 2010-01 기후변화에 대한 생물종의 민감성 평가방안 연구 (이현우)
2010-02 Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin Phase III
(추장민 외)
2010-03 녹색생활 지표 개발 및 활용방안 (명수정, 강민수)
2010-04 지하수자원의 합리적 이용·관리를 위한 비용 부담체계 및 지하수재정 운영방안 연구
(문현주)
2010-05 낙동강 조류발생 특성분석 및 관리 정책방안 (정유진 외)
2010-06 지자체 기후변화 적응능력 평가를 위한 지표체계 개발 및 시범적용 (이정호 외)
2010-07 수용성 향상을 위한 조력발전의 환경친화적 건설방안 (이희선 외)
2010-08 환경성평가에 있어서 서식지 조사 및 보전방안 (노백호, 이현우)
2010-09 기후변화와 사회통합에 관한 정책과제 개발 연구 (추장민 외)
2010-10 하천·호소 퇴적물 관리 및 준설물질 활용방안 (김익재 외)
2010-11 국가 온실가스 배출정보 작성 및 관리체계 개선방안 (김호석)
2010-12 외국의 배출권거래제 시행에 따른 법적 쟁점 분석 (한상운, 박시원)
2010-13 상수원지역의 친환경 토지관리방안 (최지용)
2010-14 기후변화 취약성 지수분석을 통한 국가적응역량 제고방안 모색 (김연주 외)

- 2010-15 도시농업의 온실가스 저감효과 및 정책방안 (이현우 외)
- 2010-16 물자원 이용과 관리를 위한 비용분담체계와 가격정책 연구 (문현주)
- 2010-17 대기질개선 특별대책 추진 경험 및 성과 평가 (강광규 외)

기초연구

- 2007년 2007-01 교통소음의 건강영향에 대한 환경적 고찰 (선효성)
- 2007-02 국토개발사업의 지속가능성 평가 - 평가체계 정립과 녹지총량관점에서의 실험 평가 (이현우, 이관규)
- 2007-03 남북한의 환경법제에 관한 비교 연구 (한상운 외)
- 2007-04 2008년도 기본연구사업 추진을 위한 기획 연구 (이병국, 이현우)
- 2007-05 식물사회학적 이론에 의한 생태모델숲 조성기법 (정홍락 외)
- 2007-06 기후변화협약 신축성 메커니즘의 경제적 파급효과 비교 연구 (황욱)

- 2008년 2008-01 도시기본계획의 환경부문 계획수립 실태 및 개선방안에 관한 연구 (최준규, 주용준)
- 2008-02 지방자치단체의 환경분야 자주재원 확충방안 연구 - 지방환경세 도입을 중심으로 (이창훈 외)
- 2008-03 지하수관리 관점에서의 노로바이러스 질병 발생에 관한 고찰 (방상원, 조미경)
- 2008-04 환경 친화적인 노동조합 활동 동향과 정책적 시사점 연구 (황욱, 이상용)
- 2008-05 사업단계 전략환경평가를 위한 환경가치 활용방안 (안소은)
- 2008-06 식생분석을 위한 고분광영상(Hyperspectral Image) 활용방안 (이상범)
- 2008-07 환경정책연구사업 추진 5개년('08-'12) 계획 (노태호 외)

- 2009년 2009-01 다목적댐 상류 폐광산 등 비점오염원 관리방안 (최지용 외)
- 2009-02 도서지역 용수공급체계에 관한 고찰 (문유리 외)
- 2009-03 폐기물 재활용 규제 선진화 방안 - 포장 및 가전폐기물을 중심으로 (김광임)
- 2009-04 유해물질 관리를 위한 SFA(물질흐름분석) 방법론 적용 연구 (주현수)
- 2009-05 녹색정화(Green Remediation) 최적관리기법 도입을 위한 기초연구 (황상일, 조한나)
- 2009-06 물환경 기준의 통합적 관리방안에 관한 연구 (한대호, 최지용)
- 2009-07 기후변화가 생태계에 미치는 영향 고찰 - 습지식물상을 중심으로 (권영한, 최홍근)
- 2009-08 도시지역의 기후변화 적응을 위한 열섬효과 완화방안 연구 (명수정)
- 2009-09 4대강 관련 법률 및 제도의 현황분석과 효율적 개선방안 (김태형 외)
- 2009-10 지역단위 하수재이용 활성화를 위한 기초연구 (조을생)
- 2009-11 기후변화 관련 환경보건 통합 데이터베이스 구축 (김성렬)
- 2009-12 환경책임과 환경피해보험제도의 제도화방안에 관한 기초 연구 (한상운)
- 2009-13 실시간 수질 모니터링 및 모델링 체계에 관한 고찰 (정유진)
- 2009-14 수질보전을 위한 새만금호 배수갑문 운영 대안에 관한 연구 (이진희)
- 2009-15 식물생태계가 대기 중 오존농도에 미치는 영향 - 기후변화와 관련하여 (심창섭)

- 2009-16 풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파음의 영향 (박영민, 정태량)
- 2009-17 신도시의 물순환 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구 (장수환)
- 2009-18 저탄소 생태관광지표 개발 및 평가 (배민기, 박창석)
- 2009-19 기후변화에 따른 연안역의 해역-육역 통합 범람 예측 방안에 관한 기초 연구 - 해석 모형 비교·분석을 중심으로 (김경준 외)
- 2009-20 기업 환경보호지출과 오염배출량의 상관관계 분석 - 대기분야를 중심으로 (하종식 외)

Working Paper

- 2010년 2010-01 주요 교역국의 화학물질 규제동향 분석 (박정규, 김용성)
- 2010-02 국내 자원순환지표 변화 추이 (김광임 외)
- 2010-03 나노물질의 안전한 사용을 위한 환경·사회안전망 구축방안 연구 (홍용석)
- 2010-04 수문·식생 모사를 위한 지표모델의 동아시아 적용 타당성 분석 (김연주)
- 2010-05 어류의 물리서식처 적합도 지수 산정 방안 고찰 (강형식 외)
- 2010-06 북한의 탄소시장 잠재력 추정 연구 - 에너지부문을 중심으로 (강광규, 이우평)
- 2010-07 야간조명으로 인한 생태계 영향 평가 방안에 관한 연구 : 해외사례를 중심으로 (이상범)
- 2010-08 고령화 사회의 생활패턴 변화 및 환경이슈 조사 연구 (공성용)
- 2010-09 고온으로 인한 사망 누적효과 분석 방법론 연구 (하종식, 신용승)
- 2010-10 CMAQ을 적용한 환경영향평가서 작성에 대한 매뉴얼 (문난경 외)
- 2010-11 해안개발사업 환경평가 영향예측 결과에 근거한 해양동·식물상 조사정점 선정방안 (맹준호, 조범준)
- 2010-12 산업단지 사업에서의 수질오염 영향범위 설정방안 (조한나, 송영일)
- 2010-13 개발사업 생태계훼손사고 대응 매뉴얼 구축 (박하늘, 전동준)
- 2010-14 지형 특성을 고려한 지형변화의 적정량 평가방안 (사공희, 정재현)
- 2010-15 소음지도를 활용한 소음평가 개선 방안 연구 : 택지개발사업을 중심으로 (선효성)
- 2010-16 CCS 관련 해외 환경관리 제도 및 연구동향 분석 (신경희)

녹색성장연구

- 2009년 2009-01 국내 대기오염규제의 온실가스 저감효과 제고방안 (김호석 외)
- 2009-02 환경정보와 가이드라인 제공에 의한 자율적 환경평가 지원 (이영준 외)
- 2009-03 환경정보체계에 기반한 공간환경계획 수립 가이드라인 마련 (최희선 외)
- 2009-04 환경평가 절차 효율화를 위한 스크리닝의 단계별 도입방안 (신경희 외)
- 2009-05 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 I (안소은 외)
- 2009-06 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 I (박창석 외)
- 2009-07 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 I (김용건 외)
- 2009-08 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 연구 - 수송 및 건물부문 (강만옥 외)

- 2009-09 재생에너지의 환경성 평가 및 환경친화적 개발 I - 태양광 및 풍력에너지를 중심으로 (이희선 외)
- 2009-10 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I (명수정 외)
- 2009-11 물관리 취약성과 물안보 전략 I (안중호 외)
- 2009-12 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I - 해안침식 영향평가 (조광우 외)
- 2009-13 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 연구 (정주철 외)
- 2009-14 기후변화 연동 4대강 유역 지하수 함양 및 이용가능량 산정 기법 개발 I (이정호 외)

- 2010년
- 2010-01 녹색성장 촉진을 위한 환경규제 선진화 방안 (김중호 외)
 - 2010-02 녹색성장 평가를 위한 지표체계 개발 및 활용방안 연구 (김중호 외)
 - 2010-03 환경정보체계에 기반한 공간환경계획 수립 가이드라인 마련 II (최희선 외)
 - 2010-04 연접개발에 대한 사전환경성검토 개선 방안 (선효성 외)
 - 2010-05 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 II (안소은 외)
 - 2010-06 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 II (박창석 외)
 - 2010-07 환경문제를 둘러싼 지역갈등 해소 및 거버넌스 강화 방안 (이정석 외)
 - 2010-08 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 II (박시원 외)
 - 2010-09 국제 탄소시장 동향 및 전망 (이윤, 손원익)
 - 2010-10 국내 에너지 시장구조를 고려한 온실가스 배출권 거래제 설계 방안-발전부문 참여방안을 중심으로 (신상철 외)
 - 2010-11 기후변화 대응을 위한 탄소세 도입방안 (신상철 외)
 - 2010-12 재생에너지의 환경성 평가 및 활성화 방안 - 폐자원을 중심으로 (이희선 외)
 - 2010-13 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구(II) (명수정 외)
 - 2010-14 물관리 취약성과 물안보 전략 II (김익재 외)
 - 2010-15 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 II : 연안역 범람평가 및 대응방향 (조광우 외)
 - 2010-16 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 II (강형식 외)
 - 2010-17 기후변화 대응을 위한 수자원 네트워크 구축 방안 I (이진희 외)
 - 2010-18 기후변화 연동 4대강 유역 지하수 함양량 예측 및 이용 가능량 산정 II (이정호 외)
 - 2010-19 기후변화 대응을 위한 수질 제어 및 관리방안 I (안중호 외)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지(www.kei.re.kr)에서 보실 수 있습니다.