<표지>

(뒷면) (옆면) (앞면)

3㎝

10기 술혁신C04

Green-up 30

(총괄)

○
○

○
○
○
○
○

○
○

○
○

○
○
○
○
○

(견고딕 14p)

2011

(견고딕13 p)

국토해양부

한국건설교통기술평가원

5㎝

3㎝

(견고딕 17p)

4㎝

Land Transpot and Maritime R&D Report

(견고딕 25p)

미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업(견고딕 13p)

3㎝

0.5㎝ R&D / ○○○○-○○○○

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

[Green-up 30] 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획보고서

(0.1㎝)

2011. 6. 20.

0.15㎝ (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

공동연구기관 / 한국토지주택공사

한국수자원공사

부산대학교

(주)날리지웍스 2㎝

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부

한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

<표지- 뒷면>

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

<제출문>

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "첨단 수자원관리 기술기획: 수자원 에너지 기반의 물 순환 기술 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2011 . 6.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 오 현 제
연 구 원 : 김 이 호
연 구 원 : 문 정 수
연 구 원 : 박 종 빈
공동연구기관명 : 한국토지주택공사
공동연구책임자 : 현 경 학
공동연구기관명 : 한국수자원공사
공동연구책임자 : 이 상 진
공동연구기관명 : 부산대학교
공동연구책임자 : 신 현 석
공동연구기관명 : (주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이 재 희

<보고서 요약서>

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>10기술혁신
C04</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>6개월</td><td>단 계 구 분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설기술혁신사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">첨단 수자원관리 기술기획: 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">오현제</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 15명
외부 : 7명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 2억원
기업: -
계: 2억원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 15명
외부 : 7명</td><td>총연구비</td><td>정부: 2억원
기업: -
계: 2억원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
건설환경연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 : -</td><td colspan="3">연구책임자 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">1. 국내외 동향 및 환경분석
○ 전세계적인 Green Race 및 물순환 회복을 위한 기술 수요 증가
○ 우리나라에서 저탄소 녹색도시, 수변지역 개발 등 저탄소 녹색 물순환 도시 개발 정책의 확대</td></tr>
</table>

2. 기획과정 및 방향설정

○ 기술수요조사 및 기술예측

○ 5 forces 분석 및 SWOT 분석

3. 비전, 추진목표 및 연구체계

- 비전: 물로 소통하는 녹색도시 (People to Nature with Water-Energy Nexus)
- 목표: 물 에너지 연계 녹색 물순환 기술 실증
- 연구체계: 연구단 규모 5개의 세부과제 및 18개의 세세부 과제로 구성됨

4. 인력투입 계획(소요인력, 5년간) 637명, 5년간 총 소요예산 (정부지원, 민간예산) 317 억원(191 억원, 126 억원)

5. 기대효과 및 활용방안

- 기술적, 사회적, 산업적, 국가경쟁력 향상 관점에서 기대효과 및 활용 방안 제시

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	저영향개발, 물순환, 에너지 회수, 녹색 도시, 빗물, 우수
	영 어	Low Impact Development (LID), Water cycle, Energy Recovery, Green City, Rainwater, Stormwater

목 차

[국문 요약문] ····· 7
[영문 요약문] ····· 9

1장. 연구과제 개요 ····· 11
1절. 수자원 에너지 기반의 물순환의 개요 ····· 13
1. 추진배경 ····· 13
2. 필요성 ····· 13

2장. 기술개발 전략 수립 ····· 15
1절. 기획 필요성 ····· 17
1. 기획 배경 ····· 17
2. 기획 목적 및 추진방향 ····· 18
2절. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 26
1. 국내외 정책동향 및 분석 ····· 26
2. 국내외 경제동향 및 분석 ····· 40
3. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석 ····· 55
4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석 ····· 104
3절. 기술수요 및 예측 ····· 113
1. 기술수요조사 및 결과 ····· 113
2. 기술예측조사 및 결과 ····· 126
4절. 기술개발 방향 설정 ····· 143
1. 분석결과 종합 ····· 147
2. 중점추진분야 설정 ····· 153
3. 중점추진분야별 기술발전단계 ····· 157
5절. 비전 및 목표 수립 ····· 161
1. 비전 및 목표 ····· 161
2. 기술개발에 따른 미래상 ····· 164
6절. 후보과제 도출 및 정의 ····· 167

3장. 연구개발과제 추진체계 ····· 169

1절. 기획대상과제 선정결과 ····· 171
2절. 기획대상과제 조정결과 ····· 171
3절. 연구개발과제 추진체계 ····· 172

4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과 ····· 173
1절. 연구개발과제 주요내용 ····· 175
2절. 연구개발과제 성과활용방안 ····· 179
3절. 기대효과 ····· 183

5장. 연구개발과제 소요예산 ····· 185

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드 ····· 189

(별권1) 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획보고서

<국문 요약서>

요 약 문

가. 국내·외 동향 및 환경분석

○ 전세계적인 Green Race 및 물순환 회복을 위한 기술 수요 증가

○ 우리나라에서 저탄소 녹색도시, 수변지역 개발 등 저탄소 녹색 물순환 도시 개발 정책의 확대

○ 국내 물시장 규모는 2003년 약 11조원에 이르며, 녹색건설시장 규모는 약 41조원(2012년)에서 76조원 (2030년)으로 증가 예상

○ 해외 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억$(2007)에서 8,650억$(2025)로 증가 예상

○ 우리나라는 LID 물순환도시, 통합물자원관리에서 양질의 특허보유로 국가경쟁력을 갖추고 있으며, 특허에 비해 논문 건수가 상대적으로 낮아 기초보다는 응용 연구가 활발하여 융복합 시범사업 필요

나. 기술수요 및 예측조사

○ 기술수요조사 결과: LID기반의 도시 물순환 복원 및 빗물관리 기술과 도시계획 설계 기술 개발 등 LID 관련 기술이 가장 많은 응답률을 보였으며, 개발완료시 파일럿 시작품 또는 사업화 단계가 약 75% 차지

○ 기술예측조사 결과: LID기반의 물순환도시 조성기술의 중요성과 정부개입의 필요성이 가장 높았으며, 기술획득방식은 민간과 정부의 공동 개발 필요가 가장 높음

다. 기술개발방향 설정

○ 5FORCES 분석 결과 1) 다양한 기술적용 및 유기적 관리·운영, 2) 차별화된 과제의 선정, 3) 테스트 베드 기반의 기술 개발, 4) 평가지표 및 제도의 고려, 그리고 5) 지역적 특화기술 및 환경변화에 민감한 기술의 개발이 필요함

○ SWOT 분석 결과 강점은 테스트베드의 확보 용이 및 제도적 뒷받침, 약점은 산업적 기반 미약과 관련 기관의 협조 미흡 및 경제성 확보된 기술의 미비, 기회는 우리나라 및 전세계적 저탄소 녹색도시 수요 증가, 위협은 원천기술 미흡 등으로 나타남

라. 비전 및 목표 수립

○ 비전: 물로 소통하고 재해에 강건한 생태도시 (People to Nature with Sound Water Cycle)

○ 목표: LID 기반의 물순환형 도시 구축 기술 개발

마. 연구개발 과제

○ LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발

○ LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발

○ LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발

바. 기대효과 및 활용방안

○기술적 관점

· 기후변화와 도시화 문제점 개선

· LID 물순환 기술 Platform 구축

· LID 기술 관련 제품 및 Killer contents 개발

· Total service를 통한 service 가치 향상

○사회적 · 산업적 관점

· 정부 및 지자체 : 도시 개발 및 재생 사업시 LID 기술 적용 계획 수립을 위한 의사 결정 방법 확보

· 기업체 : 국내외 도시 개발 사업에서 LID 기반 저탄소 물순환 도시 조성 사업의 사업타당성 분석, 계획, 설계 및 시공 최적화에 활용

○국가경쟁력 관점

· LID 기반 도시조성 기술의 수출 및 지원에 의한 국격 향상

· KOICA 및 UNESCAP 등과의 협력을 통해 기술의 Package와 Platform을 구축하고 필리핀, 인도네시아, 몰디브 등의 동남아시아에 우선적 진출

사. 소요예산(억원)

연도	정부 출연금	기업부담금			합계
		현금	현물	소계	
1차년도	4.81	0.344	3.09	3.44	50.75
2차년도	28.85	1.804	16.236	18.04	83.75
3차년도	61.65	3.9495	35.541	39.49	72.75
4차년도	45.25	2.718	24.462	27.18	75.50
5차년도	45.25	2.718	24.462	27.18	33.50
총계	185.80	11.333	101.997	113.33	299.13

<영문 요약서>

SUMMARY

A. Issues and trend

- ○ Increase sustainable and low energy technology demand to recovery a water-cycle and Green Race
- ○ Expansion of city development policy-low carbon Green city, waterfront city
- ○ Water marketing size of domestic is about 11 trillion in 2003 and green construction marketing is predicted from 41 trillion in 2012 to 76 trillion in 2030.
- ○ Industry size on water cycle green city development of foreign country is predicted from 3,630 million in 2007 to 8,650 million in 2025.
- ○ Korea has a high quality patents for LID water-cycle city and water-resource management.
- ○ Need for the interdisciplinary project due to relatively less number of papers than that of patents

B. Survey on technologies

- ○ Survey on technology demand
  - · High response rate on restoration of water cycle based on LID concept, rainwater management and urban planning and design
  - · Step of technology development: 75% response on step of pilot and commercialization
- ○ Survey on technology prediction:
  - · High response on importance of establishment of water cycle urban based on LID concept and intervention of government
  - · High response on joint development with private sector and governmental organization for technology development

C. Direction of technology development

- ○ Analysis of 5 forces 1) Operation and management of diverse technologies 2) Selection of discriminated projects, 3) Technology development based on test bed, 4) Consideration of evaluation index and institution, and 5) Need for the development of site specific and environmentally sensitive technology
- ○ Analysis of SWOT
  - · Strong points: feasibility of test bed and institutional support
  - · Weak points: lack of industrial infrastructure, shortage of relationship between stakeholders, less economical efficiency
  - · Opportunity: Increase of green city demand
  - · Threat: less original technologies

D. Vision and goal

- ○ Vision: People to Nature with Sound Water Cycle

○ Goal: Development of technologies to construct the water cycle city based on low impact development

E. Items of project

○ Development of technologies to establish green infra-structure based on LID

○ Verification of LID technologies and development of model

○ Establishment of water cycle green city and operation and management

F. Advantages and application

○ Technological aspects

· Improvement of issues on climate Change and Urbanization

· Establishment of Platform on water cycle technology based on LID

· Development of Killer contents related to LID technology

· Improvement of service values through total service

○ Social aspects

· Governmental and local authorities: Security of technology to support decision making to plan urban development and rehabilitation projects

· Industries : Planning design and construction of water cycle city

○ Nation's competitive aspects

· Improvement of nation's status by exporting and supporting urban development based on LID technology

· Establish package and platform of LID technology through Cooperation with KOICA and UNESCAP: the Phillippines, Indonesia, Maldives and etc.

G. Budget

(Unit: a hundred million won)

Year	Government	Company			Total
		Investment in cash	Investment in kind	Subtotal	
1st	4.81	0.344	3.09	3.44	50.75
2nd	28.85	1.804	16.236	18.04	83.75
3rd	61.65	3.9495	35.541	39.49	72.75
4th	45.25	2.718	24.462	27.18	75.50
5th	45.25	2.718	24.462	27.18	33.50
Total	185.80	11.333	101.997	113.33	299.13

1 연구과제 개요

1장 연구과제 개요

1절 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 개요

1. 추진배경

○ 기후변화 대응 및 녹색성장 기조에 따라 수자원 관리 및 이용의 중요성이 확대고 있으며, 도시내에서 물순환 건전화 및 빗물관리, 물순환 과정에서 에너지 활용 기술 필요성 제기

○ 특히 생활용수와 공업용수를 위해 수처리와 펌프에 사용되는 에너지가 전세계 에너지 소비의 2~3%에 해당하며, 1997년부터 미국, 캐나다, 호주, 브라질, 인도 등 9개국이 도시 물 공급시스템의 에너지 효율화를 위해 WATERGY 프로젝트를 수행 중임

○ 브라질의 포르탈레자(Fortaleza)에서는 에너지 효율화 프로그램 적용 후 첫 해 5MW 전력 절감

○ 수자원의 에너지화로 저탄소도시 조성에 기여하고, 용수생산과 공급 효율성 향상을 위한 기술개발 필요

○ 기술개발 동향 및 환경분석, 기술개발전략 수립, 세부과제 도출, 연구범위 설정, 타당성 조사 등을 통하여 국가 연구개발사업으로서의 당위성을 확보할 수 있도록 기획연구 수행 필요

2. 필요성

□ **재해에 강건하고 자연 자원을 보전하는 녹색도시 조성 기술 필요**

○ c집중호우 등 기후변화에 대응하고 생태적인 도시를 조성하기 위해 발생한 강우를 그 지역 내에서 적극적으로 관리하는 기술이 필요함

○ 이를 위해 수량과 수질 및 생태를 동시에 고려한 저영향개발(LID) 기반의 물 순환 도시 조성 계획·설계 기술의 확보가 요구됨

□ **도시 내 물의 능동적 자원화 및 통합 관리 시스템 확보 필요**

○ 도시용수의 자족성을 향상시키기 위해, 도시홍수 등 도시 내에서 발생한 강우 유출수를 자원화 하는 기술 및 물 사용량이 많은 공업용수 대상의 여러 번 재이용 가능한 맞춤형 재이용 기술의 확보가 필요함

○ 빗물, 유출지하수, 상·하수, 저수지 등 모든 물 자원을 연계 활용하는 통합 순환시스템이 요구됨

□ **물 산업 육성 필요**

○ 골드만삭스는 주요 관심 산업군 중 하나로 물 산업을 명기

○ 통합 물관리 기술의 세계시장 규모는 2008년 5억 달러에 불과하였으나 2020년에는 163억 달러 이상으로 성장할 것으로 전망됨

○ 물 관련 기업으로 구성된 블룸버그 물 펀드 2004~2006년 평균 수익률 41%

○ 물 재이용 산업의 확대에 따라 하수처리수 및 공업용수의 재이용 부문의 관심도가 높아지고 있음

○ 막분리를 이용한 하수처리수 재이용 시장규모는 2007년 47억 달러에서 2012년 104억 달러로 연평균 19% 증가할 전망

○ 담수화 시장규모는 2007년에 증류식 25억 달러, 막분리식 24억 달러로 비슷하였으나, 막분리 공정 시장의 점차 확대되어 2015년에는 증류식 25억 달러, 막분리식 45억 달러로 예상

○ 2007년 정부는 현재 11조 원 정도인 국내 물 산업 규모를 2015년까지 20조 원 이상으로 키우고 세계 10위권에 드는 기업을 2개 이상 육성한다는 “물 산업 육성 5개년 세부 추진계획”을 공포함

○ 국내 시장을 선점을 위해 이미 국내에 진입해 있거나, 향후 진출을 도모하고 있는 세계적인 물 관련 기업들과 차별화 된 물 관리 시스템 개발을 통해 국부 유출을 사전에 방지할 수 있음

2 기술개발전략 수립

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

□ **기후변화 적응과 도시 수문 특성의 건전화 절실**

- ○ 물순환 체계 파괴로 인하여 땅 속으로 스며드는 빗물량이 감소하여 지하수는 고갈되고 하천은 건전화됨
- ○ 하수처리장의 처리용량을 초과하는 초기 강우의 유출로 하천 생태계는 교란되고 있음
- ○ 도시 내 증발산량의 감소는 열 순환 왜곡을 야기하여 열대야 및 열섬 현상이 빈번해지고 있음

□ **수자원의 관리 및 이용의 중요성 확대**

- ○ 세계적으로 물 부족 문제가 대두되고 있으며 이에 따라서 지속가능한 수자원의 확보가 중요하게 인식되고 있음. 한국이 물 압박국가로 분류되어 있음 (Engelman and LeRoy, 1993)
- ○ 국토해양부의 수자원장기종합계획 Water Vision 2020 (2001)에 따르면 국내의 연평균 강수량은 1,283mm로써 세계평균 강수량의 1.3배임을 고려할 때, 적절한 물 관리 기술 및 체계 확립이 필요한 상황임

□ **도시 운영을 위한 에너지 효율화 및 저탄소 도시 구현 절실**

- ○ 생활용수와 공업용수를 위해 수처리와 펌프에 사용되는 에너지가 전 세계 에너지 소비의 2~3%에 해당함
- ○ 미국을 중심으로 도시 물공급 시스템의 에너지 효율화에 대한 관심이 높아지고 있음
- ○ 지난 40여 년간 많은 도시들이 한국에서 조성되어 도시 환경을 향상시켜왔으나 여전히 에너지 다소비적이며, 생태성이 결여된 소비 지향적 성격의 도시를 벗어나지 못하고 있어 기후변화에 취약한 도시 구조를 가지고 있음

□ **국내외 재해 지역의 지원에 대한 필요성 확산**

- ○ 아이티 등 재난 국가에 대해 UN에서 긴급 구호 설비로서 자가 에너지원을 탑재한 상수공급 시스템을 통해 공급하고 있음
- ○ 올해 우리나라는 G20 정상 회의를 개최하였고 세계 7위의 수출국으로 평가되고 있어서 상기 재해지역의 지원을 위한 기반 기술의 확보는 우리나라의 국격 향상에 요구되는 기술분야임
- ○ 국내에서도 재해가 발생한 지역과 물 압박을 받고 있는 도서지역 및 일시적으로 물 압박을 받는 지역 등을 대상으로 적합한 대응기술의 확보가 요구됨

2. 기획 목적 및 추진방향

1) 기획 목적

□ 기후변화에 적응하기 위해 도시 내 모든 물을 대상으로 자원화 하고 물순환 과정에서 에너지를 회수하는 물 순환 도시 조성 기술을 개발하기 위한 연구과제의 도출 및 연구개발 추진전략 수립

○ 기후변화에 적응하고 자연 자원을 보전하는 저탄소 녹색도시를 구현하기 위한 기술로서, 분산식 자족형 물 관리를 통해 도시의 물 순환을 개발 이전 수준으로 복원하고 물 순환 과정에서 에너지를 절감하거나 회수하기 위한 연구과제의 도출 및 연구개발 추진전략 수립

○ 일시적으로 물이 부족한 지역에 물 공급을 위한 연구개발 추진전략 수립

2) 추진방향

(1) 기획 과제의 정의

□ 재해(도시 홍수, 열섬현상 등)에 강건하고 생태적인 저탄소 녹색도시 구현을 위한 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구과제 기획



(2) 기획 과제의 대상 및 범위

□ 기술분야 및 범위

○ 도시 개발 영향 최소화 계획·설계 및 시공 기술 확보와 녹색 도시 테스트베드 실증화적용을 통해 개발 이전 수준의 물순환 도시조성 기술 개발

○ 기후변화 대비 도시 내 저수지, 하천, 상·하수, 빗물 등 모든 물 자원을 활용한 통합 관리 시스템 개발

○ 물 순환 과정에서 발생하는 에너지(소수력, 저수온 등)를 활용하는 기술개발

○ 일시적 물부족이 발생하는 지역에 상수공급을 위한 자가발전 시설이 장착된 이동형 상수공급 설비 개발

□ 기술기능 전개 및 기술분류체계

○ 기술분류체계 설계

- (포괄성) 국내·외 관련 과제의 기술들을 포괄
- (상세성) 각 분류체계는 최대한 상세히 기술을 분류
- (비중복성) 분류체계간에는 중복 최소화
- (이해성) 각 분류체계의 명칭은 이해하기 용이하도록
- (단순성) 각 분류체계의 명칭은 단순화

○ 전문가 회의 및 검토

- 기술분류 체계 작성 : 주관기관 기획연구진 수행 후 공동연구기관의 검토
- 기술분류 검토 및 수정 : 기술 분야별 전문가 그룹을 활용하여 도출된 기술분류체계에 대한 검토, 보완, 개선

○ 기술분류체계

- LID 기반의 물순환 도시조성 기술 개발

기반기술 -대분류-	세부기술 -중분류-	핵심요소기술 - 소분류 -
LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발	LID 기반 도시 물순환 복원 해석 및 평가 기술	도시유역 LID 물순환 정량화 해석
		LID 기법에 의한 비점오염원 저감모델링 기술
		LID 기반 도시유역 유출수 관리기술
		LID 기반 지하수, 토양, 수생태계, 효과 예측
	LID기법에 의한 도시 물순환 복원기술 현장적용	분산형 빗물관리시스템 현장적용: 분산형 빗물관리시스템 모니터링 (이수·치수·생태환경)
		친환경 저류·침투 고도화 기술 개발
		LID 물순환 녹지·토지이용계획 연계기술
		포장면 물순환 건전화
		LID 식재 및 토양조성 기술
		건축물 및 단지 물순환 계획
	물순환, 열 및 에너지 융합 적용 기술	물순환과 에너지의 도시 Metabolism 분석기술
		LID 물순환, 미기후향상 및 탄소저감효과 분석
		LID 물순환 도시 경제성 분석 기술
	수자원에너지 기반의 물순환도시 구현정책 개발	물순환 도시조성 관련 법·제도 개선연구
		도시계획 가이드라인 도출
		수자원에너지기반의 물순환도시 평가지표 및 평가시스템 개발

- 통합 물자원관리 시스템 개발

기반기술 -대분류-	세부기술 -중분류-	핵심요소기술 - 소분류 -
통합 물자원 관리 시스템 개발	다목적 저에너지 용수 공급 기술 개발	홍수 자원화 기술
		자연에너지 이용 소독 기술 개발
		저에너지 생태정화 재이용 기술
		도시농업 수처리 및 재이용 농업용수 공급
		전통기술 접목 탄소저감형 농축산 용수 생산
		빗물의 우수관로 내 정화, 저장 시스템
	도시용수 자족형 통합 관리 시스템	분산공유형 오수, Greywater 처리 및 재이용
		빗물, 중수 및 유출지하수 연계 통합운영
		물자원 이용 체계 분석 기술
		도시 물자원의 저에너지 분산형 통합관리
		도시 물길 조성 및 용수 공급 기술 개발
	용수 재이용 효율화 기술 개발	맞춤형 전용 공업용수 재이용 시스템
		융합형 membrane 공법을 이용한 하수 재이용 공정 개발
	통합 물자원 관리 평가 기술	용수 재이용과 물순환 시스템의 온난화 저감에 기여 및 편익분석
		재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술

- 물순환과정 에너지 회수 및 효율화 기술개발

기반기술 -대분류-	세부기술 -중분류-	핵심요소기술 - 소분류 -
물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발	물순환 에너지 회수 기술 개발	물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방
		경사지 우수관 낙차고를 이용한 재활용기술
		하수열 회수 및 활용 기술
		빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방
		소수력 및 마이크로 발전 기술
		수온차를 이용한 미소에너지 저장/집적 기술
		산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보
	물순환 융합 에너지 회수 기술	미생물연료전지를 통한 환경시설 에너지 회수
		지열, 하수열 융합기술
		MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술
		복합수자원 활용 지열 히트펌프 시스템
		바이오가스 회수 및 활용 기술
	물에너지 자원화 도시 기반 시스템	도시에너지 자족성 향상 효과 분석 및 예측
		에너지 자원화를 위한 도시 수도시스템 개발
		수자원에너지 효율화 및 관리 기술 개발

- 이동형 상수공급시스템 개발

기반기술 -대분류-	세부기술 -중분류-	핵심요소기술 - 소분류 -
이동형 상수공급 시스템 개발	이동형 수처리 시스템 개발	경량형 탈착 수처리 시스템
		초고속 담수화 기술
		해수 및 지표수 겸용 정수 시스템 기술 개발
		나노버블 및 고도산화처리 이용 기술
		저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템
		원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술
	물공급 대상지역 특화 기술 개발	육상 이동형 물공급 시스템
		선박용 자가 발전 시스템
		도서지역 이동형 급수 기술
		수륙 겸용 상수공급 시스템

(3) 추진방향

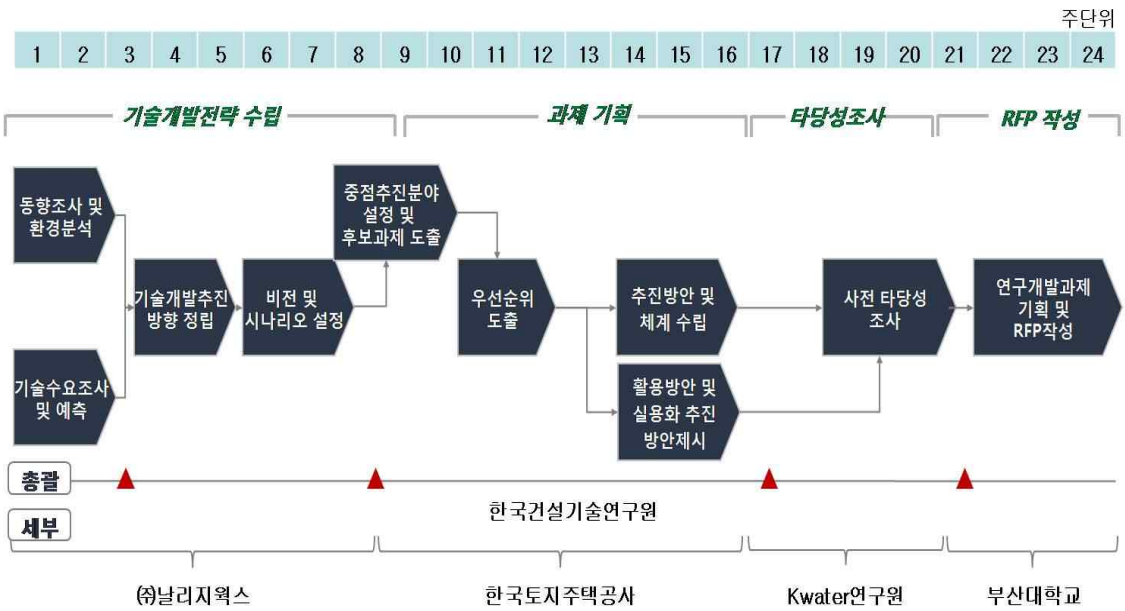
□ 추진 프로세스

○ 동향조사 및 환경분석, 기술수요조사 및 예측, 기술개발 추진방향 정립, 비전 및 시나리오 설정을 통해 기술개발전략을 수립함

○ 중점추진분야 설정 및 후보과제 도출, 우선순위 도출, 기술로드맵 작성, 연구개발과제 기획을 통해 과제 기획이 이루어지며 사전타당성 조사를 통해 기획의 완성도를 제고함

○ 주관연구기관이 총괄을 담당하여 공동연구기관이 단계별 세부과제를 수행함

○ 주관연기기관의 주도하에 단계별 세부과제 수행시 효율적 시간분배 및 일정조정함



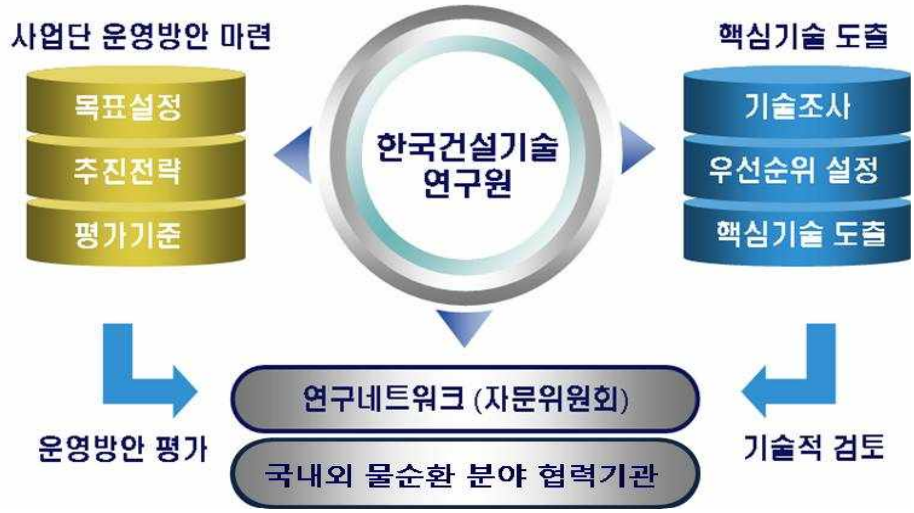
□ 추진체계 구성

○ 국토해양부는 정책적 방향을 제시하며, 한국건설교통기술평가원에서는 기획과제를 관리하고 평가함

○ 주관연구기관은 연구의 전반적인 기획과 핵심기술에 관한 연구를 수행하며, 공동연구기관은 세부기술별로 주어진 요소기술에 관한 기획연구, 그리고 테스트베드에 대한 구축방안에 관한 연구를 수행함

○ 전문가 위원회는 중점추진분야 및 후보과제군을 조정하여 최종 TRM을 확정하는 역할을 수행함

- 전문가 위원회는 사업적 관점의 외부 전문가로 다양하게 구성함
- 산, 학, 연, 관에서 해당 과제의 기술 관련 전문가로 다양하게 구성함



□ 추진 경과

일 시	장 소	회의 목적	회의 내용
2011.1.7(금) 11:00~15:00	서울, 서울역	기획회의 Kick-off 회의	- 진행 방향/일정/업무분담
2011.1.20(목) 14:00~17:00	서울, 용산역 회의실 (글로리3호)	기술동향 검토 및 착수보고 후속 조치 논의	- 기술분류체계 점검 - 향후 계획 및 일정 협의 - 착수보고 결과 보고 - 각 기관별 1단계 과제 수행 결과물 검토
2011.1.21(금) ~2011.1.26(수)	-	-	- 기술수요조사서 배포
2011.1.27(목) 10:00~16:00	서울, 토즈(삼성점) 회의실	기술수요조사를 통한 기술수요예측 작성 및 기술분류체계 검토	- 기술수요조사서 및 수요 예측조사서 검토 - 기술분류체계 검토 - 1단계 보고서 준비 현황 검토 - 워크샵 일정 및 행사협의

2011.2.1(화)~ 2011.2.10(목)	-	-	- 기술예측조사서 배포
2011.2.8(화) 13:00~18:00	서울, 토즈(강남2호점) 회의실	물순환 에너지 관련 전문가 자문 및 기획과제의 방향정립	- 중점분야/ 비전 및 목표 검토 - 물순환 에너지 관련 전 문가 자문(김영준 박사)
2011.2.10(목) 10:00~18:00	대전, LH공사 회의실	1단계 보고와 워크샵 준비	-보고서 초안 취합/보완 - 발표자료 초안 작성 -워크샵 세부일정 협의
2011.2.15(화) ~2011.2.16(수)	서대산드림 리조트	1차 워크샵	- 중점추진분야별 과제 도 출 및 검토 - 예측조사서(2차) 작성
2011.2.23(수) 10:00~18:00	대전, 수자원공사 회의실	1단계 보고서 작성	-보고서 초안 취합/보완
2011.3.18(금)	서울 CNNtheBiz 회의실	1단계 기획검토위원회 결과 검토	-1단계 기획타당성 검토위원회 검토 -우선순위 도출 관련 회의 -2단계 업무협의
2011.3.23(수)	창원 컨벤션센터 회의실	우선순위도출	-우선순위도출
2011.4.01(금)	서울 CNNtheBiz 회의실	2단계 진행과정 체크 및 과제협의	-2단계 세부 및 세세부과제 검 토 -우선순위도출 설문 취합 및 분 석
2011.4.07(목)	대전, LH공사 회의실	세부 및 세세부과제 검토	-2단계 세부 및 세세부과제 재 검토 및 구성체계 보완
2011.4.15(금)	서울 CNNtheBiz 회의실	2단계 기획타당성 검토위원회 준비	-기획과제 과제 구성 및 과제명 검토 -2차 기획타당성 위원회 발표자 료 검토
2011.4.25(월)	서울 CNNtheBiz 회의실	2단계 기획타당성 검토위원회 보완회의	-2차 기획타당성 위원회(보완) 발표자료 및 보고서 검토
2011.5.24(화)	대전, LH공사 회의실	3단계 진행협의 등 일정 회의	-3단계 업무협의 -2차 기획타당성위원회(보완) 결 과 보고 및 보완
2011.6.07(화)	서울 CNNtheBiz 회의실	3단계 보고서 작성	-3단계 보고서 초안 작성
2011.6.13(화)	한국토지주택공사 오리 본사	워크샵	-물순환 녹색도시 조성을 위한 LID 워크샵 개최
2011.6.15(목)	서울 CNNtheBiz 회의실	3단계 보고서 작성	-3단계 보고서 초안 완료 및 검 토 -보완 내용 점검 및 업무분담



그림 1. 제1회 수자원에너지 기반의 물순환 기술기획 워크샵



그림 2. 과제 회의 전경(종로, CNN the Biz)



그림 3. 물순환 녹색도시 조성을 위한 LID 워크샵

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내외 정책동향 및 분석

(1) 국내 정책동향

가. LID 기반의 물 순환 도시 조성 기술 개발

□ 이수(利水)와 저탄소 녹색 성장 융합을 위한 정책방향 설정

○ 정부는 2009년 11월 17일 1년여의 논의 끝에 2020년 온실가스 감축 목표를 2020년 온실가스 배출 전망치 대비 30%를 감축 목표로 설정하고 국내총생산(GDP)의 2%를 녹색성장에 투자할 계획(청와대 정책소식, 2009, 11)

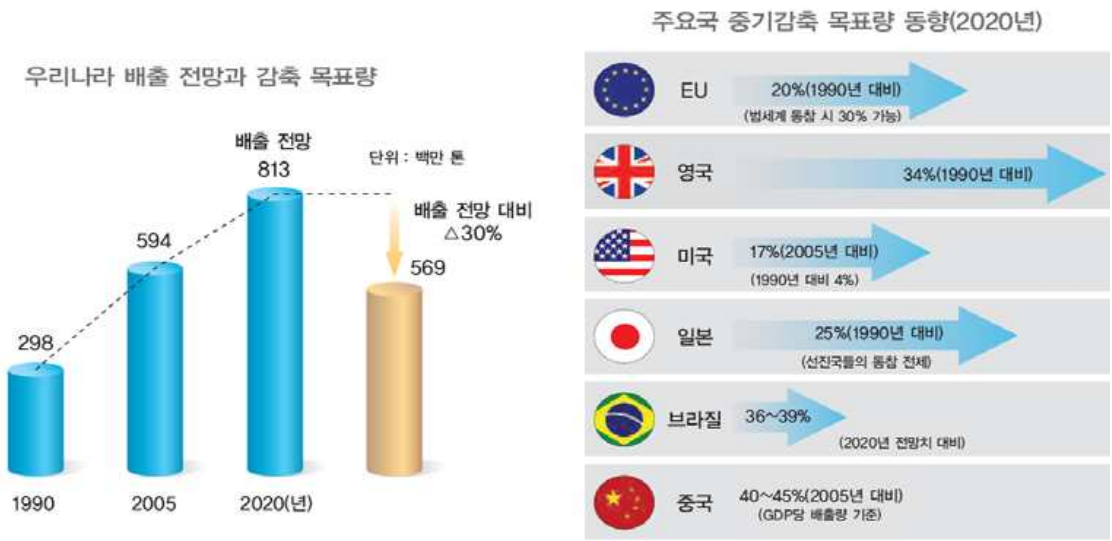


그림 2.1 우리나라 온실가스 배출전망 및 감축목표량 (청와대 정책소식, 2009, 11)

□ 정부는 (2008.8.15) '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Korea)'국가 비전을 수립하고, 지자체의 기후변화 대응 10대 과제와 분야별 추진과제를 설정

○ '저탄소 녹색성장'은 기존의 화석연료 중심의 에너지 소비체제에서 벗어나 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장이며 녹색기술과 청정에너지로 신 성장 동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전의 패러다임을 의미

○ 친환경 도시 사례 분석 결과 친환경 저탄소 도시 내 이수관련 (용수 수송에너지의 절감 및 보조 수자원으로서 중수 및 우수의 활용) 기술과의 융합이 필수적임

□ 국토해양부(2008. 12)는 2009년 업무 보고에서 '물과 함께하는 국토 재창조' 등 『3대 핵심 정책 과제』와 공기업·민간 투자 유발효과가 커서 내수 진작 효과가 높은 프로젝트를 "한국형 뉴딜 10대 프로젝트"로 제시

[3대 핵심정책과제]

- 공공부문이 경기회복을 견인하고 과감한 규제완화 추진
- 재정조기 집행과 건설시장 정상화로 침체된 경제 회복
- 3대 핵심과제의 성공적 추진에 모든 역량 집중



그림 2.2 3대 핵심정책 과제

□ 국가 신성장 동력 종합 추진계획

○ 포스트 교토체제(~2012년) 형성을 위해 새로운 무역규제와 인센티브 도입 추진, 정부는 21세기 전세계적 자원·환경 위기 및 초고령 사회에 대비한 미래준비와 녹색성장의 본격 추진하기 위해 『신성장동력 비전 및 발전전략』 (2009.1.13), 녹색성장 국가전략 5개년 계획 (2009.7.6) 발표

○ 기후변화 협약

- 우리나라는 기후변화 대응 온실가스 감축의무대상국은 아니나, 포스트 교토협약에 임박하여 감축의무대상국에 포함될 가능성이 높고, 이는 국내 산업에 큰 영향

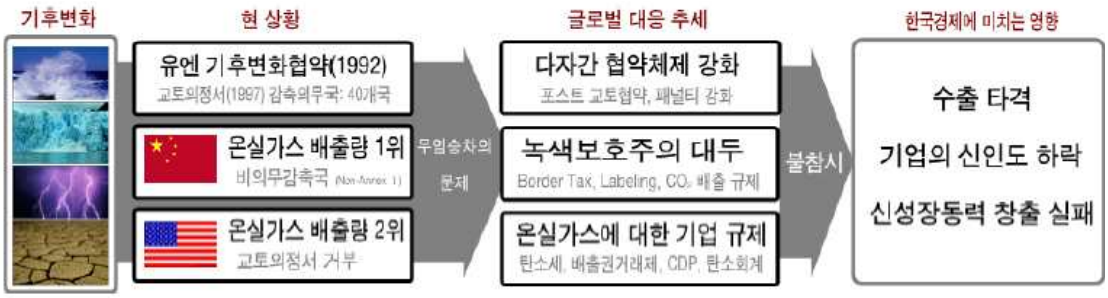


그림 2.3 기후변화 대응 글로벌 동향과 한국경제에의 영향

* 삼성경제연구소, CEO Information 「기후변화협약위기인가 기회인가」2009.7.29

□ 지속가능한 신도시 계획기준 (국토해양부, 2010. 1) 「택지개발촉진법」 제8조 및 동법시행령 제7조 제5항의 규정에 의하여 신도시의 개발계획 및 실시계획을 수립함에 있어 지속가능한 녹색성장이 이루어질 수 있도록 필요한 사항을 규정

□ 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(녹색성장위원회, 2009. 7)

- ○ 저탄소 녹색성장 기본법의 주요 내용은 녹색경제, 녹색산업의 창출 및 단계적 전환 촉진, 녹색산업투자회사 설립, 기후변화, 에너지 목표 관리제, 총량제한 배출권 거래제 등 도입
- ○ 녹색국토 조성, 저탄소 교통체계 구축 등 2020년까지 세계 7대, 2050년까지의 세계 10대 녹색강국 진입을 비전으로 설정
- ○ 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화를 3대 전략으로 채택
- ○ 효율적 온실가스 감축, 탈석유・에너지 자립강화, 기후변화 적용역량 강화, 녹색기술개발 및 성장동력화, 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, 산업구조의 고도화, 녹색경제 기반 조성, 녹색국토・교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적인 녹색성장 모범국가 구현을 10개 정책방향으로 설정

□ 3대 분야 17개 신성장동력 육성

- ○ 미래 성장의 바탕이 되고 기후변화. 자원위기에 대한 해결능력이 큰 녹색기술분야
- ○ 세계시장규모와 우리 기술 역량(IT분야)이 높고, 융합을 통해 기존 산업고도화와 신산업 창출이 가능한 첨단산업
- ○ 일자리 창출 잠재력이 크고, 기존 서비스업에 경제적 측면을 보강하여 고부가가치 창출이 가능한 분야

표 2.1 3대 분야 17개 신성장동력

3대 분야	17개 신성장동력
녹색기술산업	신재생에너지, 탄소저감에너지, 고도 물처리 , LED 응용, 그린수송시스템, 첨단 그린도시
첨단융합산업	방송통신융합산업, IT융합시스템, 로봇응용, 신소재. 나노융합, 바이오제약(자원).의료기기, 고부가 식품산업
고부가서비스산업	글로벌 헬스케어, 글로벌 교육서비스, 녹색, 금융, 콘텐츠, 소프트웨어, MICE.관광

□ 테스트베드 중심의 실증연구 지원 확대 (지식경제부)

○ R&D 중 실증연구 비중 : ('09)11.4%→('12)20% 이상

□ 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 (국토해양부, 09. 7)

○ 기후변화에 대비하여 도시계획 차원에서 온실가스 감축을 통한 종합적인 기후변화 완화 및 적응계획을 수립하여 대응할 필요성이 제시됨에 따라 본 지침은 기후변화에 대응한 도시공간적 적응 역량을 강화하고 저탄소 녹색도시 조성을 위한 제도적 기반을 마련하고자 함

- 온실가스 감축과 자원절약형 개발 및 관리를 위하여 한계자원인 토지, 화석연료 등의 소비를 최소화하고 효율적으로 이용할 수 있는 저탄소 녹색도시 조성을 유도할 수 있도록 계획(지침 1-4-3)

나. 통합 물 자원 관리 시스템 기술 개발

□ 국내 물 산업 관련 정책 현황

○ 환경부 (2007.7.16) 「물산업육성 5개년 세부추진 계획」 및 국토해양부 (2010.4)「국가 물산업 개선방안」에 따르면 "물산업"을 '물을 최종적으로인 재화로 공급하거나, 이를 위해 직접적으로 필요한 중간 재화 혹은 용역을 제공하는 산업'으로 정의함

○ 정부에서는 물산업의 패러다임에 대한 변화를 다음과 같이 예상하고 있음



그림 2.4 물산업 패러다임에 대한 정부시각의 변화

○ 물산업에 대한 투자는 시장 기구에 내재화하기 어려운 강한 긍정적 외부효과를 가짐에 따라 국가 차원의 투자와 관리가 필요함을 역설

○ 물은 국가 경쟁력에 미치는 전방효과가 크고, 최근 들어 세계 물산업의 성장에 따라 민간 연관 산업 발전이라는 후방효과가 부각되고 있어 공공부문의 선도적인 역할이 요구되고 있음

○ 해외진출을 목적으로 하는 물산업 정책의 문제점은 우선적으로 국가 차원의 전략의 부재에 있음

□ 물재이용 촉진에 관한 법률 (환경부, 2011.06.09 시행예정)

○ 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재이용 촉진을 제도적으로 뒷받침하기 위해 "물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률"을 제정 및 공포하였고 수도법 개정 내용을 반영한 하위규정을 마련 중에 있음

- 물의 재이용정책을 체계적으로 추진하기 위해 환경부장관이 10년마다 물 재이용기본계획을 수립·시행토록 하였고 시장·군수는 관할 지역에서 물 재이용관리계획을 수립하도록 함
- 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 등 물 재이용시설의 설치 의무대상을 늘려 물의 재이용 확대를 도모
- 하·폐수처리수 재이용업과 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업을 새로 도입해 하·폐수처리수 재이용사업을 하려는 경우 환경부장관의 인가를 받아 재처리수를 공급할 수 있도록 함
- 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재처리 기술개발 촉진을 위한 연구개발 및 재정지원 등에 관한 사항 규정

□ 17개 신성장 동력 중에서 수자원 및 이수(利水)관련 신성장 동력으로 녹색기술의 일환인 "고도물처리산업"을 들 수 있음

○ 고도물처리산업은 '스마트 상수도', '친환경 대체용수' 및 '지속가능한 물환경'이라는 3개의 STAR 브랜드로 구성되어 있고, 각각의 STAR 브랜드는 정부에서 아래 표와 같이 신성장 동력 기술의 개요, 선정 사유, 전략 품목 및 추진전략을 수립하였음

표 2.2 신성장 동력으로서의 고도물처리산업

STAR 브랜드	내 용	
스마트상수도 (깨끗하고, 안전한 물생산.공급)	개요	· 막을 이용한 정수처리 방식을 도입하여 고품질의 깨끗한 물을 생산하고 각 가정까지 안전하게 공급할 수 있는 지능형 물생산 및 공급 시스템
	선정사유	· 수돗물의 최대 위협은 녹물로 지하에 매설되어 있어 관리가 어려운 상수관망 관리의 필요
	전략품목	· 저에너지 정수막, 지능형 막여과.정수 시스템, WISE 관망진단.개량시스템, SMART 관망 관리 시스템
	추진전략	· 막소재와 공정기술 등의 핵심 기술 개발 · 노후관 정비 및 시설 개선을 통한 유수율 향상
친환경 대체 용수	개요	· 고도처리를 통해 수질이 양호한 하수처리수를 대체 수자원으로 개발하거나 해수담수화를 통해 산업 전반에 필요한 각종 용수를 안정적으로 공급
	선정사유	· 하수 재이용은 매년 꾸준히 증가하는 추세이며, 지역적인 물부족 현상이 심화됨에 따라 해수 담수화 시설에 대한 수요가 증가하고 있음
	전략품목	· 대체 용수 전용 분리막, 환경영향 저감 하수재이용 시스템, 차세대 해수담수화 하이브리드 플랜트, 대체 용수 플랜트 최적관리 시스템
	추진전략	· 핵심기술(멤브레인, 해수담수화 플랜트 등) 및 고효율 저에너지 설계 기술 확보를 통한 해외시장 진출
지속가능한 물환경	개요	· 물부족을 효율적이고 경제적으로 해소하고, 지속가능 물 및 수생태 관리를 통한 쾌적하고 안전한 21세기 물환경 구축
	선정사유	· '12년까지 국내 관련 시장규모 10조원 중 5,000억원 매출실적과 9,000명 이상의 고용창출 기대 · 전략 품목 .생태 하천, Eco-water system, 통합 수자원관리시스템
	전략품목	· 생태 하천, Eco-water system, 통합 수자원관리시스템
	추진전략	· 우리 하천에 맞는 수생태복원기술 개발 및 상용화 · 3차원 하천 분석 및 관리 기술, IT 융합 수문계측 시스템 기술 등을 중심으로 사업화

□ 친수구역특별법 (2010, 10)

○ 4대강 하천 경계로부터 2km 안팎에 있는 지역을 수자원공사 등 공공기관이 '친수구역'으로 지정해 주택, 관광시설 등을 개발할 수 있도록 하는 것이 주요 골자로 하는 특별법(주관처-수자원공사)

○ 친수구역으로 지정된 곳은 아파트, 주거・상업・산업・문화・관광・레저시설을 조성해 운영할 수 있게 함, 또한 필요할 경우 사업 시행자에 대해 법인세・소득세・관세・취득세・등록세・재산세 등의 조세를 감면함

○ 2010년 12월8일 국회를 통한 친수구역 활용 특별법에 따라 국가하천 주변지역을 친수구역으로 지정해 개발하는 사업이 내년 본격화, 이를 위해 2011년 7월 사업계획을 수립한 뒤 후보지를 선정해 12월 지정할 방침

○ 4대강 수변구역 20개소에 물 순환형 중소규모의 도시 혹은 물길 조성을 구상에 있음

다. 물순환 과정의 에너지 활용 기술 개발

□ 저탄소 에너지절약형 신도시 조성방안 연구 (국토해양부, 2010. 4)

○ 기존 도시의 운영보다는 도시 계획적 측면에서 주거부문, 에너지 부문, 환경기초시설 부문(상하수도 인프라 포함) 등 다양한 분야에 대한 탄소 저감 및 에너지 절약을 위한 전략이 요구됨을 강조함

○ 기후변화에 대응해 앞으로 조성되는 신도시는 신재생에너지활용, 분산형 빗물관리 시스템 도입 등 저탄소 에너지절약형 신도시를 조성하기로 결정함

○ 기후 변화를 초래하는 화석연료를 줄이고, 태양광, 지열, 풍력 등 환경친화적인 신재생 에너지 사용의 확대

표 2.3 신재생 에너지 사용 확대 지원정책

친환경에너지	지원 정책
태양광	우리나라 여건을 감안하여 지붕(roof-top), 벽면 등 건물활용 태양광 설치 인센티브 확대 * '11년 발전차액 기준가격 우대(현 7%→10%) 및 '12년부터 RPS 인증서 가중치 부여(1.5) * 자가 태양광설비 잉여전력 매입제도 도입 및 지자체의 건물옥상 녹화사업(서울시 도시녹화 등에 관한 조례)과 연계하여 태양광 설치 추진 검토
풍력	국산 풍력발전기의 Track Record 축적 지원 및 신속한 사업 추진을 위해 해상풍력 개발구역 지정 제도 도입 검토 * 영흥(20MW)·새만금(40MW) 풍력단지, 서남해안에 해상풍력 실증단지 조성
연료전지	수소연료전지로 전기, 열, 수송용 연료를 공급하는 "수소타운(H-Town)" 시범사업 추진 * LNG 개질뿐만 아니라 발전소 및 하수처리장·축산농가 등에서 발생하는 부생수소 및 바이오가스에서 수소를 추출
수력	4대강 살리기 사업으로 16개 보에 수력발전소(총 60.4MW, 2,091억원, 수자원공사) 건설 * '10.9월 현재 15개 보 수력발전소 발전사업 허가 완료
바이오에너지	4대강 유역에 대규모 유채 재배단지 조성 및 '13년 바이오연료 의무화제도 도입 검토 * 유채 재배단지는 4대강 살리기 사업과 연계하여 경제성 분석 후 추진
지열	非화산지역에 적용 가능한 기술을 이용하여 심부 지열 상용 발전사업 추진

□ 지속가능한 신도시 계획기준(국토해양부, 2010. 1)을 통해 자원·에너지를 재활용하는 자원순환형 도시구조로 유도, 지속성 및 자족성 확보기준 설정 및 계획 수립

○ '지속가능한 신도시 계획기준', '도시 계획시설의 결정·구조 및 설치에 관한 규칙' 등을 개정하여 신도시 건설시 적용 예정임

○ 신도시 자족성 확보기준 검단(Zero 에너지타운), 동탄2(에너지자립마을), 아산탕정(저탄소 녹색마을)에 "저탄소 녹색도시 시범마을" 조성을 위해 "녹색도시 마스터 플랜" 마련

□ 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 (국토해양부, 09. 7)을 통해 도시계획은 태양력·풍력·조력 등 신·재생에너지원을 확보할 수 있는 잠재력을 분석하여 반영하고 에너지 절감을 위한 신·재생 에너지 등 환경친화적 에너지의 공급 및 사용을 위한 대책을 반영하여 수립(지침 1-4-4)

□ '신재생에너지 테스트베드(test-bed)' 구축 사업 지원계획 (지식경제부, 2011. 2)

○ 신재생에너지 부품과 신기술 제품의 성능과 신뢰성, 성공가능성 등을 검증하는 테스트베드를 선정, 주관기관의 시험·실증장비 및 공용인프라 구축에 2012년 200억원을 포함, 향후 3년간 국비 480억원이 투입

□ 10대 그린 프로젝트 추진(2010, 11)

○ 현 보급사업을 효과성・성과 중심으로 전환하고, 10대 중점 대상을 선정하여 신재생에너지 설비를 집중 설치

○ '11년부터 명품 '신재생에너지 시범도시' 사업을 추진하여 다양한 신재생에너지 설비의 집중 및 교육・홍보・확산의 모델화

10대 프로젝트	내 용	비 고(예시)
① Green Post	체신청, 집중국, 2,746개 우체국, 부속건물 및 유휴부지	태양광/태양열/지열
② Green Port	28개 무역항 및 배후물류단지	태양광/해상풍력
③ Green School	11,080개 초・중・고 학교건물, 부속건물 및 유휴부지	태양광/태양열/지열
④ Green Island	독립전원을 사용하는 도서(모도 기준 132개)	풍력/바이오/지열
⑤ Green Logistics	대규모 물류창고 및 유휴부지	태양광/태양열/지열
⑥ Green Industrial Complex	국가산업단지(40), 일반(347), 농공(396), 도시첨단(6) 전역	연료전지/바이오/폐기물
⑦ Green Highway	휴게소(167), 도로공사(6개 본부, 49개 지사, 305개 영업소) 시설 및 도로 주변	태양광/태양열/지열
⑧ Green Army	군 시설 및 유휴부지	태양광/바이오/지열
⑨ Green Factory	공장 건물 및 유휴부지	연료전지/폐기물/지열
⑩ Green Power	한국전력, 발전사 및 발전소 부지	태양광/풍력/바이오

* '10년말까지 관계부처 등과 협의하여 추진계획 확정 후 '11년부터 본격 추진

라. 이동형 상수공급 시스템 개발

□ 상수관망(배급수) 최적관리 시스템 구축 사업(환경부)

○ 상수도 유수율이 극히 저조함에도 지방재정이 열악하여 투자여력이 없는 수도사업 통합 참여 지자체를 대상으로 국고를 지원하여 수도시설 운영 효율증대 및 수돗물의 안정적 공급

- 2010년 예산 내역 : 23개 시. 군 35,293백만원 지원

○ 상수도 시설 확충 및 운영.관리 효율성 제고

- 정부차원에서의 수도분야 지원 및 정책은 대부분 환경부에서 주관하는 업무들로 지방자치단체에서 운영하는 소규모 시스템 및 용수공급 측면에서 열악한 환경에 놓여있는

직접 소비자들을 대상으로 하는 것임

- 수원부터 광역 용수공급 시스템에 달하는 도시 내 또는 도시 간의 통합 용수공급시스템 차원에서의 정책 및 지원 사업은 거의 없음

□ 자연재해대책법(행정안전부)제정_가뭄대책, 재해정보 긴급지원 대책 규정

○ 근래 극심한 가뭄으로 인하여 농업용수는 물론 생활용수가 부족하여 물에 대한 위기가 고조되고 있으며, 앞으로도 기후변화에 따른 자연재해가 빈발할 것으로 전망됨에 따라 「풍수해대책법」을 제정, 1995. 12.6 「자연재해대책법」(법률 제4993호)으로 전문개정 공포함

- 가뭄방재를 위한 조사·연구, 재해정보 및 비상지원, 재해복구, 자연재해저감 연구 및 기술개발에 관한 사항을 규정, 자연재해예방을 위하여 재난관리책임기관의 장이 필요하다고 인정하는 사항 등에 해당하는 조치를 취하도록 함

표 2.4 정부의 기타 용수공급 관련 사업 및 지원

사업 및 지원명	주관부서	사업 및 지원 내용
중소도시 지방상수도 개발	환경부	· 상수도시설이 부족하고 지방재정이 열악한 중소도시 (시 · 읍)에 국고를 융자/지원하여 상수도 시설확충 · 2010년 예산 내역 : 계속 사업 2개소 3,860백만원
기초생활수급가구 수도분기관 연결지원	환경부	· 소규모수도시설 급수구역을 일반상수도 급수구역으로 전환함에 따라 전환지역의 기초생활수급가구에 대하여 수도분기관 연결 비용을 지원하여 깨끗하고 안전한 생활용수 공급 · 2010년 예산내역 : 2,004가구 1,022백만원 지원
저소득층 옥내급수관 개량 지원	환경부	· 녹물출수 등으로 생활에 불편을 겪고 있는 기초수급대상자 소유 건축물이 옥내 급수관 개량 비용을 지원함으로써 수돗물의 불신해소 및 소외계층 생활환경 개선사업 · 2010년 예산내역 : 1,144가구, 1,114백만원 지원 · 2013년까지 기초생활 수급 28,603가구에 옥내급수관 개량을 지원할 계획임
농어촌 생활용수 개발 사업	환경부	· 마을 상수도, 우물 등을 생활용수로 이용하고 있는 농어촌 지역 주민들에게 수량이 풍부한 양질의 깨끗한 수돗물을 공급함으로써 지역 주민들의 삶의 질 개선 · 2010년 예산 내역 : 115개 시 · '군 145개 면단위 219,363백만원 지원
고도 정수처리시설	환경부	· 하천수질악화로 기존의 정수처리 공정으로는 처리가 어려운 오염물질을 추가 정수함으로써 국내 정수처리수준 향상 및 국민이 안심하고 마실 수 있는 수돗물 공급 · 2010년 예산 내역 : 7개 시 · 군 9개 사업 4,992백만원
소규모 수도시설 개량 사업	환경부	· 지방상수도 공급이 곤란한 농어촌 지역 소규모시설을 개량하여 소외된 농어촌지역에 깨끗한 먹는 물을 공급함으로써 농어촌 주민들의 삶의 질 개선 · 2010년 예산 내역 : 647개소 56,811백만원 지원
상수관망(배급수) 최적관리 시스템	환경부	· 상수도 유수율이 극히 저조함에도 지방재정이 열악하여 투자여력이 없는 수도사업 통합 참여 지자체를 대상으로 국고를 지원하여 수도시설 운영 효율증대 및 수돗물의 안정적 공급

구축 사업		· 2010년 예산 내역 : 23개시 시 · 군 35,293백만원 지원
IT를 접목한 상하수도 정보화 사업 추진	환경부	· 상하수도 통계자료의 통합관리시스템(WIIS), 시범 정수장 수질데이터 인터넷 실시간 감시 (Water-Now), 수도시설 운영 자동화 시범사업 등 구축 · (운영

3) 국외 정책동향

가. LID 기반의 물 순환 도시 조성 기술 개발

□ 해외 국가들의 'Green Race'

○ 전 세계적으로 2050년까지 녹색성장 분야에 45조 달러에 달하는 투자가 예측 (도이취은행, 2009)

○ 주요 선진국들은 기후 변화에 대응하고자 녹색산업, 녹색기술을 국가 경쟁력의 원천으로 인식하고 있음

○ 2005년 선진국이 온실가스 감축에 구속력을 부여한 교토의정서가 발효되었고, 선진국들은 2008~2012년까지 연평균 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축해야 함

○ 지속가능한 신도시 정의

- 거시적으로 지구환경을 보전하는 관점에서 에너지, 자원폐기물 등 한정된 지구자원을 고려하고, 미시적으로 정주지 주변 환경과 친밀하고 아름답게 조화를 이루게 하며, 도시의 경제발전 및 사회 조화를 이룸

표 2.5 주요 선진국의 녹색 기술관련 투자 및 노력

국가	투자 및 노력
영국	2020년까지 207조원 투자
독일	2020년까지 50만 명의 고용창출
미국	온실가스 감축, 그린에너지를 통해 고용확대 전략(오바마 행정부)
EU	6개 부분(물산업, 자원 재활용, 재생에너지 등) 시장육성전략('08.1)
일본	환경을 경쟁력으로 활용하여 세계 환경시장 진출과 경제활성화 전략 추진

자료 : 저탄소 에너지 절약형 신도시 계획 수립보고서 (LH연구소, 2009.5)

□ 국가별로 물 순환 도시 조성 기술 개발에 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입, 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하는 정책을 추진

○ 미국

- 2009년 10월 5일 오바마 대통령은 행정부 지시(Executive Order 13514, Section 14)를 통해, 465 m^2 이상 규모인 연방시설물의 개발 또는 재개발할 경우, 강우 유출수의 수온, 용량, 유출률과 유출기간 등이 개발 전 수준의 수문학 특성을 갖도록 유지하거나

복원하는 계획, 설계, 시공 및 유지관리 지침(빗물관리 지침, Stormwater Guidance)을 60일 이내에 작성하도록 미국환경청(EPA, Environmental Protection Agency)에 요구함

- 따라서 미국환경청은 2009년 12월에 빗물관리 목표량 산정 기술 및 녹지기반시설(Green Infrastructure) /영향최소화개발(LID) 기반시설을 중심으로 빗물관리 지침을 작성하였음
- 이 기술 지침에서도 비가 내리는 대상 지역에서 1) 침투와 함양, 2) 증발산, 3)빗물이용을 적용하여 개발 전 수준의 수문학적 특성을 유지하거나 복원하도록 제시함

○ 일본

- 일본에서는 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 빗물관리가 활발하게 진행되고 있음
- 특징적인 사항은 유역 내에 내린 빗물을 하천으로 빨리 배제하기 보다는 가능한 저류하고 침투시키도록 하고 있으며, 더욱이 하천수를 유역 내로 유입시켜 하류의 침수를 방지하도록 유수지를 조성하고 있음
- 특히, 84개 회원사, 지자체 중심의 89개 특별회원으로 구성된 국토교통성 인가 법인인 (사)우수저류침투기술협회를 중심으로 기술지침, 민간에서 수행하는 빗물저류침투기술을 평가하여 인증하고 있음

○ 독일

- 독일의 경우 독일공업규격협회(DIN)와 물·하수·폐기물 협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술 지침을 제시하고 있음

나. 통합 물 자원 관리 시스템 기술 개발

□ 용수공급시스템의 조직적/제도적 통합화

○ 전 세계 용수공급 산업에 있어서 도매와 소매 간의 수직적 통합은 일반적인 현상임

- 국가 또는 주정부 공사가 광역사업자인 경우 수직적 통합이 활발함

표 2.6 국가별 수직적 통합 사례

구분	국가(공사)	주정부공사, 지자체 등
유럽	DS(터키), ADP(포르투갈), EYDAP(그리스) 등	-
북 · 남미	-	SABESP 등(브라질)
아시아	K-water(한국), PUB(싱가포르)	도도부현 및 기업단(일본)
중동	Mekorot(이스라엘), ONEP(모로코) 상하수도지주회사(이집트)	-
아프리카	Rand water 등(남아공)	-

□ 일본은 정부정책 지원 하에 수도용수 공급사업자가 수도 사업을 통합 추진 중에 있음

○ 1981년 사가동부기업단 수도사업 인가, 2002년 하가스이기업단 수도사업 통합 등

○ 1977년 「광역적 수도정비계획」 수립근거 도입 (수도법 제정)

※ 오일쇼크 발발로 경영에 어려움을 겪는 지자체가 많아지자, 국가는 안정적 수돗물 공급 보장을 위해 수도용수공급사업자 등의 수도사업 참여 허용

○ 2001년 수도사업 통합절차 간소화 (수도법 개정)

○ 2004년 新 수도광역화 개념 도입 (수도비전 제정)

※ 기존 광역화 : 사업통합 → 新 수도광역화 : 경영 및 관리 일체화, 시설 공동화

□ 많은 국가에서 자국시장 보호와 해외진출 확대를 위해 정책적으로 물산업 공기업의 육성을 추진하고 있음 (국토해양부, 2010. 4 「국가 물산업 개선 방안)

○ 브라질, 이탈리아, 네덜란드, 독일, 이스라엘, 포르투칼 등 국가가 대표적으로 물산업 공기업 육성정책 추진 중

- 물산업 공기업 육성정책은 WTO나 FTA 협상에서도 수용

○ 반면, 민간사업자가 발달한 국가는 물기업 경영권 방어에 골몰

- 프랑스 정부는 물기업 경영권 방어에 공적 자금 투입(베올리아 14%, 수에즈35.6%, 소어 47%)

- 영국과 미국의 물기업 다수가 금융 및 외국계 자본 소유로 전락(R&D 투자소홀로 연관 산업 육성에도 부정적 영향)

□ 최근 들어 일부 국가를 중심으로 물산업 클러스터 구축을 통한 연관 산업 육성정책 추진사례 증가

○ 주요 물산업 클러스터가 물산업 기술의 녹색기술화 주도

- 물산업 클러스터의 사례 : 이스라엘, 싱가포르, 미국 실리콘 벨리 2~3곳, 네덜란드 델프트, 포르투칼, 호주 남부, 핀란드 울부, 일본 간사이 등

○ 특히, 이스라엘과 싱가포르는 범정부 차원의 육성 체계를 갖추고 수자원 공기업을 적극 활용하는 물산업 육성 전략 추진 중

표 2.7 이스라엘, 싱가포르 물산업 클러스터 현황

구분 (공기업)	관련업체	고 용	수출('07)	수출목표
이스라엘 (Mekorot)	250개	8.0천명	1조1천억원	20조원('20년)
싱가포르 (PUB)	50여개	5.5천명	4천억원	1.4조원('15년)

※ 공기업이 중소/벤처 기업들의 물산업 기술 사업화 전단계 지원담당(R&D, 제품설계, 시제품 제작, 실증 실험, 인증, 양상 판로 개척 등)

□ ISO(International Organization of Standard)는 상하수도 서비스의 국제 표준화 및 이를 근간으로 하는 시장 개방 및 자유 경쟁 체제의 도입을 추진 중에 있음

○ 국제 표준이 제정되면, 국내외 사업자간 서비스 품질에 대한 상호비교가 가능하게 됨

○ EU는 상하수도서비스를 WTO가 정하는 교역 대상에 포함시키려고 노력할 것을 예상

다. 물순환 과정의 에너지 활용 기술 개발

□ 미국 등 주요선진국 모두 온실가스 감축 및 신재생에너지 비중을 확대를 목표로 정책을 추진하고 있음

○ 미국 : 향후 10년간 청정에너지분야에 1,500억불 투자, '25년 전력의 25%('09년 10.4%)를 신재생에너지로 공급('09.4)

* ARPA-E(the Advanced Research Project Agency-Energy) 프로젝트를 통해 풍력·바이오에너지 등의 단기 상용화 기술개발에 2.5억불 지원

○ 일본 : '20년까지 '90년 대비 25% 온실가스 감축 및 신재생에너지 비중(자국 기준, '08년 3.2%) 10% 목표

* '20년 목표 : 태양광 28GW, 풍력 5GW, 바이오매스 3.3GW 등

* '10.7월 차세대 태양전지 개발 5개년 프로젝트 착수('10년 560억원 지원)

- 유기 태양전지(도시바, 스미토모, 파나소닉 등), 박막(카네카, 샤프, 산요 등)

- 일본에서는 건설성이 1994년도부터 하수도 열이용 모델사업을 창설하는 등 하수열을 유효하게 활용하여 냉난방 에너지를 절약하는 사례가 급증하고 있음

-일본 동경 찌바시에 위치한 마쿠하리 신도시 내 Hi-Tech business 지역의 약 48.9ha에 1990년 4월부터 일본 최초로 하수처리수를 열원으로 하는 지역냉난방사업을 추진함

○ E U : '20년까지 '90년 대비 20% 온실가스 감축 및 재생에너지 비중을 20%('07년 7%)로 확대('09.4)

* '20년 신재생에너지 보급 목표 : 스웨덴 49.0%, 핀란드 38.0%, 덴마크 30.0%, 프랑스 23.0%, 스페인 20.0%, 독일 18.7%, 영국 15.0%

* '10.3월 영국·벨기에·스웨덴 등 6개국은 차세대 태양전지 공동개발 프로젝트(PRIMA)에 착수

○ 중국 : '20년까지 신재생에너지 비중 15%('07년 8%) 목표 및 '09년 한해에만 346억불을 신재생에너지에 투자

* '20년까지 7,400억불을 신에너지산업에 투자하여 재생에너지 대폭 확대

- '20년 목표(현재→수정안) : 풍력 30GW→150GW, 태양광 1.8GW→20GW

* 이익발생 초기 법인세·소비세 감면, 설비대출 금리 10% 우대 등 추진

< 참고 : 신재생에너지 클러스터 해외 사례 >

◈ **독일 :** 舊동독 3개州(작센안할트, 튀링겐, 작센)의 **'솔라밸리'**

○ Q-cells · Solarworld 등 27개 기업, 드레스덴대 4개 대학, 실리콘-태양광프라운호퍼연구센터 등 12개 연구기관 참여

◈ **덴마크 :** 북부 Ringkobing의 **풍력클러스터**

○ RISO국립연구소 · 덴마크공대 · 알보그공대, Simens, Vestas, LM 등 참여

라. 이동형 상수공급 시스템 개발

□ 호주 퀸즐랜드의 경우 기후 변화의 대응하여 수자원 확보와 용수 공급에 있어 주정부의 역할을 대폭 강화하고 있음

- ○ 호주 북동부 퀸즐랜드주의 주도인 브리스번 지역은 1999년 이후 계속된 극심한 가뭄으로 기존 댐을 통해 확보한 수자원이 고갈될 위기에 직면, 또한 주 전체적으로 매년 2~3차례의 홍수 피해가 발생
- ○ 이에 주정부는 2007년 3.5억 m^3/년 규모의 추가용수 확보 및 공급을 위해 총 90억 달러를 투자하는 대단위 사업 착수
- ○ 25개에 달하는 댐 및 광역상수도 사업을 수직적 단계별 5개 기관으로 통합
- ○ 투자비 회수를 위해 2017년까지 광역상수도 요금 인상 추진계획

□ 선진국인 미국·일본의 경우 하수재이용에 대한 연구를 1980년 이전부터 진행하여 풍부한 전문인력을 확보함

- ○ 핵심적인 요소기술로 2차 혹은 3차 처리를 거친 하폐수를 역삼투막으로 처리하여 공업용수 등으로 활용하는 기술(GE/zennon, Simens IIT 등이 막분야 선도적 기업임)이 적용됨
- ○ 다른 후발 국가들(싱가포르, 중국)에서도 선진국 대비 60%정도의 기술로 활발한 연구가 진행 중임

□ 아디티 등 재난 국가에 대해 UN에서 긴급 구호 설비로서 상수공급 시스템을 공급하고 있으며, 자가 에너지원을 탑재한 형태로서 개발되고 있음

표 2.8 해외 주요 국가들의 본 과제 기술개발 추진체계

구분	추진체계	주요 관련 부처
한국	부처 분산형으로 추진되며, 국가차원의 종합계획 수립	지경부, 국토부, 환경부, 과기부가 전체 예산의 86% 차지
미국	교통국, NSF, FHWA 등	-
영국	과학기술 담당부처 중심으로 추진	-
일본	문부과학성과 환경성을 중심으로 관련부처(省)을 중심으로 관련부처마다 환경기술 개발을 수행	문부과학성(51.8%), 환경성(28.1%)이 전체 환경기술 R&D의 약 80%를 차지
EU	EU의 환경, 물 관련 기술연구는 대부분 Framework Programme(FP)를 통해 수행	-

2.2 국내외 경제 동향 및 분석

2. 국내외 경제동향 및 분석

가. 시장환경

(1) LID기반의 물 순환 도시조성 기술 개발

□ 국내 시장 규모 및 전망

○ LID기술을 활용한 도시조성 및 물 · 물질순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요가 급증하고 있음.

○ 그러나 국내의 빗물관리시설 현황은 대부분 수도권에 집중되어 있고, 시설용량에서는 서울시, 경기도, 대전광역시 순으로 나타났으며 기타 시도의 경우에는 미미한 수준임([그림 2.5] 분산형 빗물관리 시스템의 설계 및 유지관리 가이드라인 개발, 구자용 참조)

○ 특히 서울특별시의 수해방지용 빗물저류조는 총 16개소로 208,157m^3의 저류용량(공사중, 예정포함)을 보유하고 있으며, 빗물 침투시설은 872,854m^2(공사중, 예정포함), 빗물이용시설은 총 297개소로 88,485m^3의 이용량(공사중, 예정포함)을 보유하고 있음(표 2.9 참조)

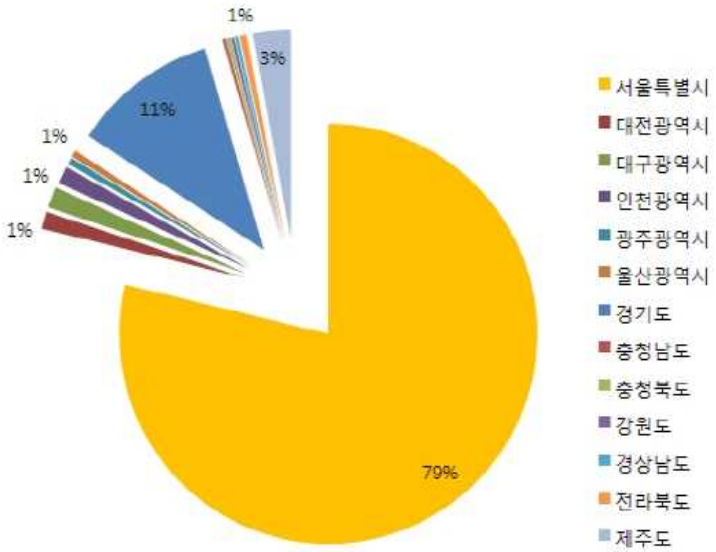


그림 2.5 국내 빗물관리 시설 도입 현황(시설용량)

표 2.9 서울특별시의 빗물관리시설 설치현황('07.12월)

구 분	계	완료	공사중	예정
수해방지용 빗물 저류조	208,157m^3 (16개소)	69,424m^3 (8개소)	5,560m^3 (2개소)	13,3173m^3 (6개소)
빗물침투시설 설치 현황(면적)	872,854m^2	763,653m^2	26,030m^2	83,171m^2
빗물이용시설 (대규모 건축물 등)	76,661m^3 (234개소)	14,674m^3 (69개소)	38,390m^3 (107개소)	23,597m^3 (58개소)
빗물이용시설 (설치비지원)	11,824m^3 (63개소)	서울시지원(55개소) : 개인주택 60.24m^3, 소형복합건축물 54m^3 민간단체 설치(8개소) : 4m^3		

출처: 분산형 빗물관리시스템의 개발 및 유지관리 가이드라인, 구자용

○ 최근 조성되고 있는 중소규모 신도시(혁신도시, 행복도시, 기타 공공기관 주도의 신도시 건설사업)의 규모가 100조원 이상이 될 것으로 예상됨

○ 이 가운데 약 15% 정도의 공사규모만을 예상하더라도 녹색도시 조성을 위한 건설시장 규모는 약 15조원 이상이 될 것으로 추정

○ 정책변화로 인한 수자원에너지 기반의 물 순환 도시조성 기술 개발요구는 녹색도시 조성 건설시장 규모를 지속적으로 확대시켜나가는 중요한 요인으로 작용할 것으로 전망됨(U-Eco City 사업단 사전기획 연구, 건설기술교통평가원)

표 2.10 수자원에너지 기반의 물순환 도시 관련 산업의 국내 시장규모 전망

구 분	2005년	2010년	2015년	2020년
녹색도시 조성(억원)	10,000	30,000	50,000	60,000

○ 대규모 공사 수주액 기준으로 생태·친수공간 조성 등 녹색도시 관련 기술 적용 분야의 2007년도의 국내 건설시장 규모는 868억 달러로 세계 건설시장과 동일한 성장률을 적용할 경우 2012년은 1,026억 달러, 2030년에는 1,874억 달러로 증가할 것으로 예상됨(표 2.11 참조)

○ 녹색도시 관련 기술이 적용될 분야의 녹색건설 시장 규모는 2012년은 384억 달러, 2030년에는 700억 달러 정도로 추산할 수 있음(R&D focus 2009-10호,한국과학기술기획평가원)

표 2.11 국내 시장 전망치 (단위 : 백만달러, %)

구 분		2007년	2012년	2020년	2030년	비 고
국내 건설수주액		86,864	102,669	134,154	187,417	성장률 3.4%
	주택	47,975	56,704	74,094	103,511	
	토지조성	3,997	4,724	6,173	8,624	
	도로 및 교량	7,245	8,563	11,189	15,631	
	상하수도	1,190	1,407	1,838	2,568	
녹색건설		3,020	41,813	52,558	69,950	
	녹색주택	2,399	33,208	41,741	55,555	
	생태적 토지조성	200	2,767	3,478	4,628	
	생태 도로	362	5,015	6,304	8,389	
	생태적 물순환	60	824	1,036	1,378	

※ 국가통계포털(www.kosis.kr) 자료 / 환율 1$ = 1,200원(2007년) 적용

○ 관련 정부부처 계획 및 현황

◦ 국토해양부에서는 2012까지 주택 500만호, 공공택지 1억3000만평 개발을 추진 중에 있으며, 분산형 빗물관리로 수자원 절약 및 도시 쾌적성 향상을 위해 저탄소 에너지 절약형 신도시 조성 중에 있음

◦ 교육과학기술부에서는 초·중등학교에 2009년에서 2012까지 200개 학교에 8,000억 원을 투자하여 생태녹지 공간조성, 빗물이용시설 등 친환경 기법이 적용된 그린스쿨(Green School) 사업 추진 중에 있음

◦ 환경부에서는 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률을 2009.06.02 정부입법 안으로 확정(빗물이용시설 공공청사로 확대(안 제8조), 중수도 설치 관광단지, 산업단지, 택지개발사업 등 개발 사업으로 확대(안 제9조), 4대강 수질개선 등 비점오염원 관리를 위해 2006년~2015년까지 1조2천6백억 원 투자 계획

◦ 소방방재청에서는 2009년 추경예산안 우수저류지시설 설치비용으로 148억을 편성 받아 2014년까지 우수저류시설 설치사업으로 3,500억 원 투자 중이며, 부산시에 4만 5,000m^3저장 규모로 공공시설 및 산중턱, 공원 등에 빗물저장 시설 설치하기 위해 공사비 200억 원 중 120억 원 국고 지원

□ 국외 시장 규모 및 전망

○ 세계 시장에서의 물순환 녹색도시 조성 및 물산업 기술동향을 살펴보면, LID기술을 활용한 도시조성 및 물순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요가 급증하고 있음

○ 이러한 추세를 통해 물 산업 분야에서 지능형 물생산·공급 시스템으로 패러다임으로 변화하고 있다는 것을 알 수 있음

○ 이미 수년 전부터 국내외 기관에서는 수자원에너지의 중요성을 주장하는 한편, 세계 물 산업의 성장 역시 전망하고 있음

○ 또한 수자원과 이와 관련된 녹색도시 조성에 대하여 거래가 가능한 하나의 산업이라는 인식이 커지면서 세계적으로 물 순환 녹색도시 및 물산업의 성장을 전망하고 있음

○ 선진외국은 천연 대체수자원으로 빗물을 이용하고자 1980년대부터 기술을 개발하여 보급

표 2.12 국가별 빗물이용 현황

국 가	내 용
독 일	‣대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있어 가장 적극적으로 빗물이용 추진 ‣Vauban Freiburg는 지구 전체의 80% 정도에 우수체계를 도입. 옥상녹화 및 각종 우수관거를 통해 우수를 집수하고 중수를 이용하는 시스템을 구축하였으며 오염도가 낮은 생활폐수의 경우 바이오필름을 통해 정화 후 물순환 체계로 보내도록 계획함.
일 본	‣1980년 이후부터 도시생태계의 복원과 아울러 빗물이 새로운 수자원으로 인 식되면서 빗물을 용수로 활용하는 다양한 기술과 제품들이 개발되고 있으며 공공시설과 민간시설에 설치된 빗물이용시설수는 약 8,000개소로서 저류용량은 3십5만m^3 정도임.(빗물저류 및 침투시설의 관리 및 적용_특집/물순환 회복을 위한 빗물관리 I)
네덜란드	‣GWL terrein은 수자원 순환과 관련해서 우수 집수 및 재활용계획을 수립했음. 우수 또한 자연배수를 통해 중앙연못으로 집수하여 수자원 순환의 집결지이자 계절별 변화에 대응하기 위한 우수 저장 공간의 역할을 도모하도록 하였음. 저층 건물의 경우 플라스틱 혹은 콘크리트 우수저장탱크를 건물지하에 설치 관리하고, 옥상우수로 재활용하거나 일부는 생활용수로 이용함. 고층건물 블록에서는 옥상녹화를 통해 빗물을 흡수 및 저장, 관리하고 폐기물을 재활용함. ‣Stad Van des Zon은 수공간으로 둘러싸여 있어 물순환이 이루어지며 반시계방향으로 물이 순환되면서 정화되어 레크레이션 활동이 가능할 정도의 수질을 지니고 있음. 주거단지에서 나온 하수는 '달의 공원(Park of Moon)'이라는 남쪽에 위치한 인공습지에서 자연 정화되도록 함.
프 랑 스	‣Clichy-Batinolles의 공원에 계획된 대규모 수공간은 비오톱 연못과 수공간으로 계획되었음. 연못에서 우수를 집수하고 집수된 우수는 10m 높이의 1,500m^3의 집수정을 통하여 저장한 후 재활용토록 함. 또한 우수 필터링을 통해 중간수준의 오염된 물을 정화하여 생활용수로 재활용토록 함. 상기 시스템을 통해 일반 프랑스 가정에서 사용하는 물의 양 대비 50% 정도를 절감할 계획에 있음.

(2) 통합 물 자원 관리시스템 개발

□ 국내 시장 규모 및 전망

○ 국내 물 시장 규모는 2003년 기준으로 10.9조원으로 이 중 상하수도 분야가 84%를 차지하고, 국내 물 산업 규모는 93억 달러로 세계 8위 규모임(표 2.13 물산업 동향 및 사업기회 분석, 강정화 참조)

표 2.13 국내 물시장 규모

구 분		시장규모
국내시장		$9,374.1m
국내 상수도	설비투자	$1,787.0m
	운영비용	$2,470.0m
국내 하수도	설비투자	$3,029.0m
	운영비용	$1,245.0m
국내 산업용수	설비	$570.0m
	서비스	$273.1m

※ 자료 : GWI(2008), Global Water Market 2008.

○ 물산업은 플랜트, 화학, 소재 산업 등 관련 산업에도 상당한 파급효과를 지니고 있으며, 전기, 가스, 통신, 교통 등 다양한 지역 공공서비스 분야와 접목해 종합서비스 산업으로 발전하는 추세여서 성장 가능성이 큰 분야로 주목받고 있음

○ 실제로 연평균 6.5%씩 성장해 오는 2025년에 8천 650억 달러(한화 1천38조원)의 시장을 형성할 것으로 전망됨

○ 국내 물 재이용 산업은 아직 산업기반이 미흡함. 규모는 8억 9천만 톤으로 수 자원 이용량의 2.6%에 그치고 있으며, 이 또한 청소용수, 하천 유지용수 등 용도가 제한적. 이에 따라 수익을 목적으로 하는 재이용 민간 공급업체나 전 문 설계·시공업체가 전무한 실정임

□ 국외 시장 규모 및 전망

○ 세계 물 시장 규모는 2010년 약 4천 828억 달러(한화 579조원)로 추정

○ 전문기업의 전 세계 상하수도 서비스 인구는 1988년 기준 9,300만명에서 2005년 5억 6,260만명으로 급속도로 증가(국내외 시장규모 및 전망, 워터저널)

표 2.14 주요 국가의 물시장 현황

구 분	전문기업 공급비율		물시장 참여 형태 및 특징
	상수도	하수도	
칠 레	91%	88%	○ 대규모 사업은 영국식 완전 민영화 ○ 중소 규모의 사업은 30년 양여계약 ※ 법적으로 상하수도 통합형이 의무화
영 국	90%	93%	○ 잉글랜드와 웨일즈 지역은 10개 유역 단위로 완전 민영화 (면허기간 27년) ※ 법적으로 상하수도 통합형이 의무화
프 랑 스	76%	57%	○ 지자체 또는 그 연합체 차원의 위탁계약 ○ "Sapin 법"이 제정된 1993년부터는 위탁 기간이 최장 20년으로 제한 ※ 상하수도 통합형은 저조
체 코	68%	65%	○ 주로 10년에서 30년 기간의 양여계약 ※ 대부분이 상하수도 통합형
말레이지아	53%	0%	○ 20년에서 최장 60년 기간의 양여계약 ※ 상수도에 대해서만 구조개편 실시
아르헨티나	46%	37%	○ 대부분 30년 기간의 양여계약이나 최장 95년의 위탁기간도 존재 ※ 상하수도 통합형이 많음
스 페 인	45%	52%	○ 계약 형태에 따라 기간은 다양하며 50년간 위탁하는 계약도 존재 ※ 상하수도 통합형이 적지 않음
그 리 스	44%	37%	○ 20년 내지 30년 기간의 양여계약 ※ 상하수도 통합형이 많음
이탈리아	41%	29%	○ 1994년 "Galli 법" 제정으로 20년에서 30년까지의 장기위탁이 의무화 ※ 법적으로 상하수도 통합형이 강제
요 르 단	37%	0%	○ 단기·장기 위탁계약이 공존 (암만 51개월, 북요르단 25년)
브 라 질	20%	14%	○ 25년 내지 30년의 양여계약이 주류 ※ 상하수도 통합형이 많음
독 일	17%	14%	○ 장기(30년)·중기·단기 위탁이 공존 ※ 상하수도 통합형 존재
중 국	5%	3%	○ 대부분 15년 이상이며 50년 계약도 체결 ※ 상하수도 통합형은 드뭄

※ 자료원 : Pinsent-Masons Water Yearbook 2005-2006 등

○ 물산업은 지난 20세기 동안 전 세계적인 인구의 증가와 도시화·산업화의 영향으로 현재 세계 물산업은 연간 500조원 이상의 거대한 산업을 형성하며 크게 성장하였으며, 세계보건기구(WHO)에 따르면 2002년 기준 전 세계 보급률은 상수도가 83%, 기초위생설비가 58%임

○ 21세기에도 세계 물산업의 성장은 계속될 것으로 보임

◦ 물산업은 20세기의 석유산업과 같은 21세기 최대 성장산업(미국 포천지)

◦ 21세기에는 물산업이 수천조원 규모의 산업 형성 예측(세계은행)

○ 선진국에서는 시설의 재투자 시기 도래와 국민의 환경에 대한 욕구 증대로 인해 물산업이 성장할 것으로 전망됨

○ 후진국의 경우 인구증가와 도시화·산업화 확산에 따른 수요 증가와 국제사회의 상하수도 c 보급확대 노력에 따라 물산업이 성장할 것으로 전망됨

◦ 2025년까지 개도국의 물 분야 총 투자수요는 연간 1,800억달러에 달함

◦ 세계 각 국은 2000년 9월 유엔총회에서 "2015년까지 상수도 및 기초 위생설비 미보급 인구[1] 를 절반으로 축소한다"는 내용을 포함한 밀레니엄 개발목표(MDGs) 채택

○ 2015년에는 전문 물기업들이 전 세계 인구의 15%에 서비스 공급 전망

◦ 특히, 아시아 지역이 세계 물시장의 40% 이상 차지(표 2.15 참조)

표 2.15 전문기업의 상하수도 서비스인구 현황 및 전망

구 분	2005년 현재		2015년 전망	
	서비스 인구 (백만명)	전문기업 공급비율	서비스 인구 (백만명)	전문기업 공급비율
전 세계(합계)	**562.6**	**9%**	**1,085**	**15%**
서 유 럽	179.1	45%	210	52%
중앙·동 유럽	24.5	7%	60	18%
중동 및 아프리카	30.6	3%	105	8%
남아시아	3.3	0%	45	3%
중앙아시아	0.0	0%	5	5%
동남아시아	146.7	7%	380	17%
오세아니아	4.6	18%	10	35%
북아메리카	79.3	19%	120	25%
남아메리카	94.5	17%	150	24%

※ 자료원 : Pinsent-Masons Water Yearbook 2005-2006

○ 세계 물순환 녹색도시 조성관련 물 산업의 규모는 2007년의 3,630억 달러에서 2025년에는 8,650억 달러까지 확대 될 것으로 전망됨

○ 2006년부터 2025년까지 세계적으로 상하수도 투자는 연간 최대 1,480억 달러까지 요구되어 이에 따른 물 산업 규모의 확대를 예상할 수 있음(아시아 물 시장 전망과 시사점_현대경제연구원).

○ 세계 물시장 및 저탄소 녹색도시 개발은 지속적으로 성장하여 2009년 기준으로 5,000억 달러 규모로 형성되어 있으며, 이후에도 연평균 5.6%의 성장이 전망됨

○ 물자원의 유효이용, 하수의 재이용, 해수담수화 등 혁신적인 물순환시스템 구축 필요에 따라 투자 확대

○ OECD는 공적개발원조(ODA) 방식으로 저개발국의 물분야에 연 200~300억 달러 투자계획 수립(표 2.16 참조).

1) 세계보건기구(WHO)에 따르면 2002년 현재 세계 인구 62억명의 17%인 11억명이 깨끗한 식수를 공급받지 못하고 있으며, 42%에 해당하는 26억명은 기초 위생설비 조차 갖추고 있지 못함

표 2.16 세계 인프라 수요에 대한 연평균 투자 전망 (단위: 십억 $)

구분	2001~2010(연평균)	2011~2020(연평균)	2021~2030(연평균)
	금액	금액	금액
물	576	772	1,037
도로 • 철도	269	299	350
전력	127	180	241

※ 주 : 물 투자는 OECD회원국(32개 국가)과 중국, 인도, 브라질, 러시아만 고려
자료 : OECD, Infrastructure to 2030 (Vol 1), 2006.5월

표 2.17 분야별 글로벌 물시장 규모(2009)

구분	전체	유틸리티	생수	공업용수	설비시장
시장규모(억$)	5,010	3,537	977	230	245
비중(%)	100.0	70.6	19.5	4.6	4.9

※ 자료 : Global Water Intelligence, Global Water Market 2010,2009
국제무역연구원, 블루골드 물 산업, 유망사업분야 및 진출전략, 2010.06월

○ (지역별) 동아시아, 중동, 북아프리카 시장이 연간 10%이상 성장 전망(물산업현황과 발전방안, 산은경제연구원)
◦ 시장규모면에서는 동아시아, 대양주가 향후 20년 사이에 북미, 서유럽 시장을 추월해 세계 최대가 될 것으로 보임
◦ 동아시아(10.6%), 중동 북아프리카(10.5%)는 연 5%이상 고성장이 전망됨
◦ 국가별로는 중국(10.7%), 사우디아라비아(15.7%)가 시장규모와 시장성장률 양면에서 주목을 받고 있음
○ (분야별) 물 비즈니스 시장은 2007년 약 3,600억달러 규모에서 2025년에는 약 8,700억 달러로 성장할 것으로 예상됨(표 2.18 참조)
◦ 5개 사업 분야(상수, 해수담수화, 공업용수 공업하수, 재이용수, 하수), 2개 업무 분야(소재 공급 건설, 운영 관리서비스)로 나누어 시장규모를 산출
◦ 사업 분야별로는 운영 관리 서비스 업무와 소재공급 건설 업무는 거의 비슷한 수준의 시장 규모를 형성하게 될 전망
◦ 특히 상하수도 분야의 성장속도가 클 것으로 보이는데, 2007년 3,200억 달러(물시장의 약 90%)에서 2025년에는 6,430억 달러(물시장의 약 85%)의 시장규모가 예상
◦ 또한, 규모는 작지만 해수담수화, 공업용수 공업하수, 재이용수 모두 향후 급속하게 시장이 성장하는 분야로 주목을 받고 있음(2025년에는 2007년의 약 3배)(표 2.19 참조)

표 2.18 2025년 세계 물 비즈니스 시장 성장 전망 (단위:백억$)

업무분야 / 사업분야	소재·부재공급 컨설팅·건설·설계	운영·관리 서비스	합계
상수	19.0 (6.6)	19.8 (10.6)	28.8 (17.2)
해수 담수화	1.0 (0.6)	3.4 (0.7)	4.4 (1.2)
공업용수·공업하수	5.3 (2.2)	0.4 (0.2)	5.7 (2.4)
재 이용수	2.1 (0.1)	-	2.1 (0.1)
하수	21.1 (7.5)	14.4 (7.8)	35.5 (15.3)
합계	48.5 (16.9)	38.0 (19.3)	86.5 (36.2)

주 1) 괄호안은 2007년 시장규모
2) □ : 시장성장 3배이상, □ : 시장성장 2배이상, 시장규모 1,000억달러 이상
자료 : GWI(2006), 한국무역협회(2010)

표 2.19 분야별 물 시장 성장 전망 (단위:백억$)

업무분야 / 사업분야	소재·부재공급 컨설팅·건설·설계	운영·관리 서비스	합계
상수	6.6 → 19.0[1)]	10.6 → 19.8	17.2 → 28.8
하수	7.5 → 21.1	7.8 → 14.4	15.3 → 35.5
공업용수	2.2 → 5.3	0.2 → 0.4	2.4 → 5.7
재이용수	0.1 → 2.1	-	0.1 → 2.1
해수담수화	0.5 → 1.0	0.7 → 3.4	1.2 → 4.4
합계	16.9 → 48.5	19.3 → 38.0	36.2 → 86.5

주 1) '07년 시장규모 → '25년 시장규모, 자료 : GWI(2008), 한국무역협회(2010)

(3) 물 순환 과정의 에너지회수 기술 개발

□ 국내 시장 규모 및 전망

○ 국내 하수종말처리시설 중 연간 6개월 이상 가동되는 347개 하수처리시설의 에너지 소비량은 395,121TOE/년에 달하며, 하수처리량당 에너지원 단위는 0.063TOE/천톤, BOD 제거량당 에너지원 단위는 0.513TOE/㎥·BOD이므로 하수종말처리시설의 하폐수와 폐기물을 이용한 재생에너지 생산은 매우 중요한 문제로 대두됨

○ 환경부는 38개 하수처리장(10만 m^3/일)에서 바이오가스, 하수열, 방류구 낙차를 통한 소수력 발전 및 태양광 발전 등 CDM(Clean Development Mechanism; 청정개발체제) 사업을 하는 경우 연간 1,838천ton CO_2의 온실가스 저감효과가 있다고 밝힘(환경분야 녹색성장 실천계획,

환경부, 2009)

○ 환경부(에너지자립형 공공하수처리시설 구축, 환경부, 2008)에 따르면 '07년 기준으로 총 347개의 공공 하수처리시설이 운영되고 있으며, 이중 15개소의 공공하수처리시설에 태양광, 소수력 및 소화가스 등의 재생에너지 시설을 설치하고 있다고 함

◦ 재생에너지 시설을 설치한 하수처리장 17개소에서 자체 생산되는 에너지는 약 18.52 GWh/년으로 평균 에너지 자립율은 3.9%임. 재생에너지 시설을 통해 생산되는 에너지 약 18.52 GWh/년은 국내 347개의 공공하수처리장에서 소비되는 총 전력의 약 1%에 해당됨

◦ 소화가스 발전시설을 도입하였거나 계획 중인 12개 하수종말처리장의 발전 가능량은 142 GWh로 산정되며 그리고 부산광역시의 강변, 남부하수종말처리장과 인천광역시의 가좌, 승기하수종말처리장 등 소화가스 발전시설 도입을 요구하고 있는 26개 하수종말처리시설의 발전 가능량은 157 GWh로 기대됨

◦ 현재 우리나라에 운영되고 있는 소수력 발전소는 표 2.20과 같음

◦ 1982년 '소수력 개발방안' 공표이후 개인이 개발할 수 있도록 정책과 제도는 마련되었으며, 개발초기에는 일반하천을 대상으로 한 소수력 발전이 주를 이루었음

◦ 1993년 이후 하천에 건설된 소수력발전소는 거의 없고 기존 구조물을 이용한 소수력발전이 주를 이루었음

◦ 이후 개발된 소수력발전소는 민원발생이 없는 기존 시설물을 이용한 소수력발전이 주를 이루고 있어 개인사업자에 의한 소수력개발을 활성화하기 위해 이러한 부분의 해결이 요구됨

표 2.20 소수력발전소 건설 및 운영현황

발전소	용량(kW)	개발위치	가동년도	비고	발전소	용량(kW)	개발위치	가동년도	비고
안 흥	450	강원횡성	1975. 11.	하 천	반 변	1,060	경북안동	1996. 10.	기존댐
동 진	2,000	전북정읍	1986. 1.	저수지	포 천	2,970	경기포천	1998. 5.	하 천
임 기	1,100	경북봉화	1986. 8.	하 천	보령(I)	145	충남보령	1998. 8.	기존댐
방우리	2,120	충남금산	1987. 3.	하 천	부 안	193	전북부안	1998. 8.	기존댐
소 천	2,400	경북봉화	1987. 7.	하 천	운 문	330	경북청도	1998. 9.	기존댐
금 강	1,350	충북옥천	1988. 3.	하 천	보령(II)	556	충남보령	1999. 5.	기존댐
봉 화	2,000	경북봉화	1988. 9.	하 천	성 주	1,800	경북성주	1999. 7.	저수지
한 석	2,100	충북단양	1989. 4.	하 천	횡 성	1,000	강원횡성	2000. 7.	기존댐
산 내	820	전북남원	1989. 9.	하 천	아 산	36	충남아산	2000. 12.	하수처리장
광 천	450	전남승주	1991. 11.	기존댐	밀 양	1,300	경남밀양	2001. 12.	기존댐
영 월	2,800	강원영월	1992. 4.	하 천	영 천	1,000	경북영천	2001. 9.	기존댐
덕 송	2,000	강원정선	1992. 12	하 천	천 안	40	충남천안	2002. 1.	하수처리장
정 선	1,920	강원정선	1993. 5.	하 천	무 주	400	전북무주	2003. 4.	양수발전댐
대 아	3,000	전북완주	1993. 6.	저수지	안 동	1,500	경북안동	2003. 9.	기존댐
경 천	800	경북문경	1995. 6.	저수지					

※ 출처 : 국내외 소수력 발전 개발 동향, 이철형, 한국에너지기술연구원

◦ 2003년 말 현재 20년간 개인이 개발한 소수력발전소는 14개소에 설비용량 26,000 kW 규모임(국내외 소수력 발전 개발 동향, 이철형)

□ 국외 시장 규모 및 전망

○ 미국의 하수처리시설 에너지 자립 현황

◦ 세계 최초로 Yonker 하수처리시설에 biogas를 연료로 이용하는 200 kW급 인 산형 연료

전지(PAFC) 설치하였고, 2001년부터는 EPA의 지원하에 King County 하수처리시설(워싱턴주)에 1 MW급 연료전지를 운영하고 있음

◦ 샌디에고 하수처리시설은 관리동 지붕과 침사지를 복개한 여유 공간에 태양광발전시설을 설치하여 처리시설 소비전력의 20%를 제공하고 있음

◦ WERF (Water Environment Research Foundation, U.S.)는 향후 2018년까지 1 억$의 연구기금을 조성하여 하폐수처리시설의 에너지 자립화 기술개발을 실시 할 계획이며, 세부적으로는 biogas 생산과 이용 분야에 0.2억$, 바이오매스의 에너지 전환기술에 0.3억$ 그리고 미생물연료전지(MFC) 등의 미래형 기술에 0.5억$을 투자할 계획임

○ 유럽연합의 하수처리시설 에너지 자립 현황

◦ 국가 에너지 안보를 확보하고 온실가스 감축 등 지구온난화에 대응하기 위해 2000년에 '에너지 안보를 위한 유럽전략의 『그린페이퍼』 발표하고 2005년의 신재생에너지 보급률 6.5%를 2010년까지 12%로 증가시키는 것을 목표로 하는 재생에너지 로드맵 제정

◦ "재정지원프로그램(Financial Instrument for the Environment)" 운영을 통해 재생에너지 기술개발과 온실가스 저감 및 시장 활성화를 추진

◦ 독일의 경우, 유기성폐기물을 원료로 이용하는 바이오가스 수요 극대화에 초점을 맞추어 개별 농가형 바이오가스 시설 1,900개를 운영하고 있으며, 란츠버그 하수처리장은 2007년 180 kW 가스엔진 발전기 1대를 설치하여 연간 1.14 GWh의 전력을 생산함으로써 하수처리시설 에너지 자립율이 74%에 달함

○ 일본의 하수처리시설 에너지 자립 현황

◦ 일본은 2005년 기준으로 26개 하수처리시설에서 소화가스 발전시설을 가동하여 전체 하수처리시설 전력 소비량의 1%를 충당하고 있음

◦ 가나가와현 북부오니자원화센터(4.78 MW)는 소화가스 발전을 통해 에너지 자립율 69%를 달성하고 있으며, 야마가타시 정화센터는 소화가스 엔진발전기 178 kW 1대와 소화가스 연료전지발전기 100 kW 2대를 통해 에너지 소비량의 59%를 충당하고 있음(연간 3.76 GWh의 전력 생산)

○ 전 세계의 소수력발전소 운영현황은 표 2.21과 같으며 소수력발전이 전 세계적으로 매우 광범위하게 이용되고 있음

표 2.21 세계의 소수력발전소 운영현황

국 명	발전소수	총용량(MW)	국 명	발전소수	총용량(MW)
Aargentina	55	40.0	Korea	34	48.0
Austria	1,200	320.0	Liberia	1	0.1
Belgium	31	62.4	Luxembourg	10	1.0
Brazil	232	483.0	Madagascar	10	23.6
Bruma	16	8.9	Malaysia	33	12.6
Canada	321	1,056.0	Mauritius	7	29.4
China	58,000	13,250.0	Mexico	10	11.6
CostaRica	21	21.4	Nepal	30	10.7
Cyprus	1	1.0	New Zealand	40	116.2
Czech	661	200.7	Norway	227	806.0
Dominica	2	28.4	Pakistan	76	20.0
Ecuador	5	0.8	Peru	50 - 100	50.0
El Salvado	7	7.5	Philippines	3	61.0
Ethopia	8	1.5	Portugal	40	75.0
Finland	156	313.0	Romania	295	311.2
France	1,479	1,646.0	Solomon - Island	3	0.1
Germany	5,882	341.4	Somalia	1	4.0
Greece	8	30.1	Spain	1,102	1,010.0
Guyana	1	1.5	Swaziland	5	9.1
Haiti	5	7.0	Sweden	1,346	8,406.0
Hungary	29	8.3	Tanzania	25	4.3
Iceland	19	43.0	Thailand	31	47.1
India	100	53.0	Tunisia	4	13.0
Indonesia	66	58.2	Turkey	53	83.0
Iran	2	16.0	USA	1,715	3,420.0
Italy	1,420	1,969.0	Venezuela	8	10.8
Jamaica	3	2.5	Western - Samoa	6	4.1
Japan	600	538.0	Zimbabwe	6	0.1
Kenya	6	13.6			

※ 출처 : 국내외 소수력 발전 개발 동향, 이철형, 한국에너지기술연구원

○ 아시아권에서는 중국이 58,000개소, 일본이 600개소로써 가장 많이 운영되고 있으며, 유럽의 경우, 독일 5,882개소, 프랑스 1,479개소, 이태리 1,420개소, 스웨덴 1,346개소, 스페인 1,102개소, 노르웨이 227개소 등으로 매우 많은 소수력발전소가 건설, 운영되고 있음

◦ 독일의 경우, 소수력발전소 1개소당 평균 발전용량은 58 kW로써, 이용가능한 소수력자원을 적극적으로 개발하여 사용하고 있음

◦ 소수력발전용 수차 제작업체는 중국을 비롯하여 여러 나라에 산재되어 있음. 특히 생산업체수가 많은 나라의 경우, 수차발전기 및 부속설비를 표준화 생산함으로써 저가의 소수력발전설비를 수출하고 있음

◦ 유럽에서는 부존자원의 최대활용과 환경보호를 위하여 소규모의 소수력발전소까지 적극적으로 개발하고 있으며, 이와 병행하여 환경에 영향을 적게 주는 소수력발전소 건설에 관심을 가지고 있음. 스웨덴의 저비용 소규모 수력발전소 재건과 영국의 환경친화적 소수력발전소 개발이 좋은 예임

(4) 이동형 상수공급 시스템 개발

□ 국내 시장 규모 및 전망

○ 해수담수화 시장

◦ 해수담수화는 수도망을 설치하는 것이 어려운 특정 지역에 용수를 공급할 수 있으며 수질악화 또는 가뭄재해 등의 비상상황에 대비하여 보충수의 역할을 충실히 할 수 있는, 수도

분야에 신기술을 접목해 주는 미래 핵심 성장 동력임.

◦ 국제담수협회의 통계자료에 따르면 현재 해수담수화플랜트 전체 시장 규모는 약 22.6조원 규모에서 2012년 이후 약 55조원 시장으로 두 배 이상 급성장 할 것으로 예측됨

◦ 전체 해수담수화플랜트 시장 중에서 역삼투식은 향후 약 33조원 시장을 바라보고 있으며 이는 계속해서 급격히 증가

◦ 실제로 연간 새로이 건설되어 운영에 들어가는 해수담수화 플랜트의 규모는 2006년도에 1일 약 4백만톤에 달함. 누적 수치로서 총 해수담수화플랜트의 전 세계 담수 생산량은 하루 약 8천만 톤 규모이다. [그림 2.6]은 2002년부터 2006년까지 건설된 해수담수화플랜트의 용량 분포임(Journal Water Policy & Economy, 수자원공사, 2010)

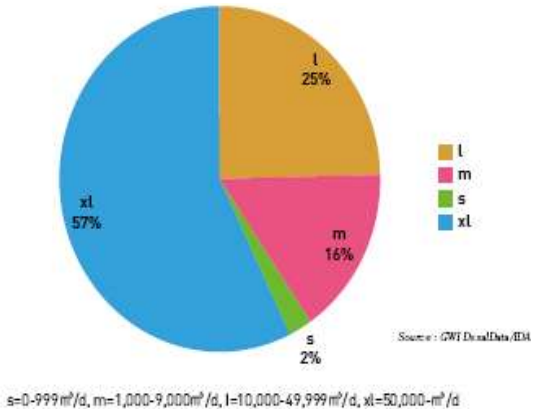


그림 2.6 해수담수화플랜트 용량

출처 : GWI, IDA Desalination Yearbook 2006~2007, Media Analytics, Oxford, UK,2007.

□ 국외 시장 규모 및 전망

○ 해수담수화 플랜트의 총 규모는 1965년부터 지속적으로 성장하여 현재 약 4000만 톤/일 규모임(그림 2.7 참조)

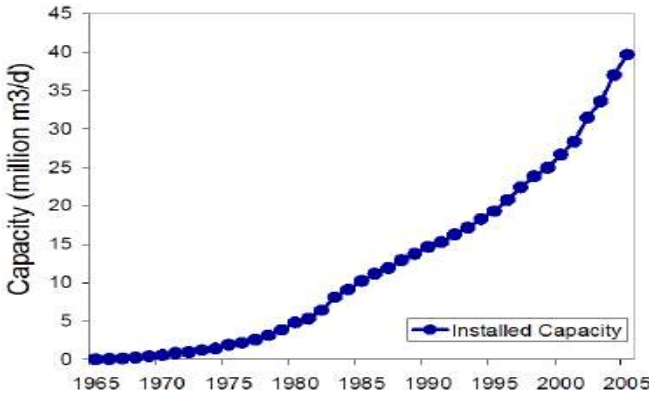


그림 2.7 해수담수화 플랜트 용량 변화 추이

※ 출처 : 해수담수화플랜트 사업단 사전기획, 건설교통기술평가원

○ 2005년 기준으로 해수담수화 플랜트 중에서 역삼투 방식이 45%를 차지하고 있으나 2015년에는 전체의 61%를 차지할 것으로 예상됨

◦ 특히 유가상승에 따라서 상대적으로 에너지 소모량이 적은 역삼투 방식에의 선호도가 높아지고 있음

◦ GWI의 시장예측 자료에 의하면 1995년 이전에는 역삼투법보다 증발법의 비중이 컸으나 1995년 이후부터는 역삼투법의 시장성장속도가 빨라져 2015년에는 약 2배까지 성장할 것으로 예상됨.

◦ 역삼투 방식의 해수담수화의 경우, 대형화되는 추세에 있으며 현재10,000 톤/일 이상 규모의 플랜트가 전체의 80%를 차지하고 50,000 톤/일 이상 규모의 플 랜트가 57%를 차지하고 있음. 따라서 향후 시장성을 고려할 때 대규모 역삼투 플랜트 기술을 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단됨

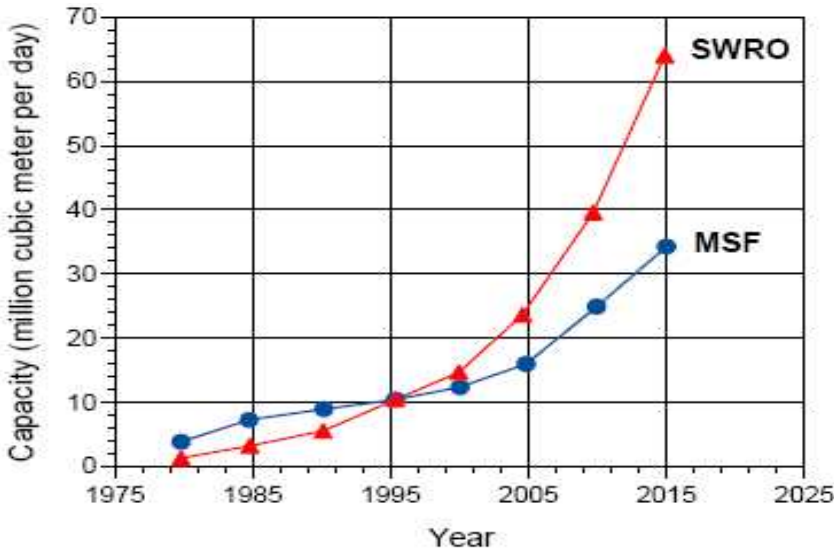


그림 2.8 MSF와 SWRO의 시장전망

※ 출처 : 해수담수화플랜트 사업단 사전기획, 건설교통기술평가원

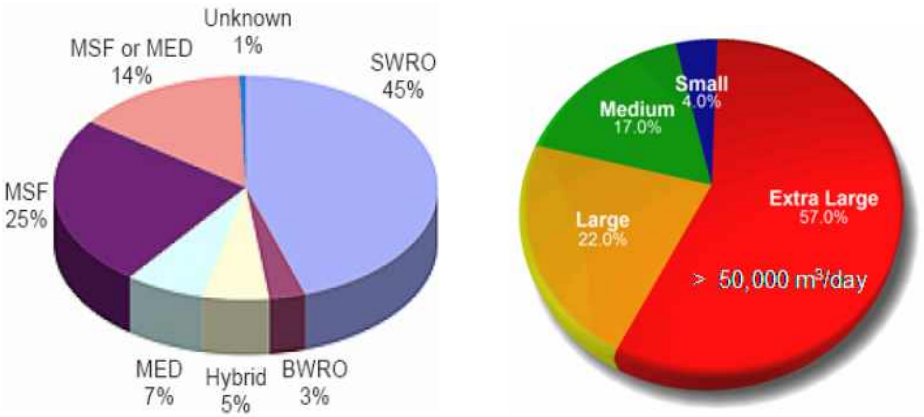


그림 2.9 해수담수화 용량 분포

※ 출처 : 해수담수화플랜트 사업단 사전기획, 건설교통기술평가원

◦ 역삼투 방식의 해수담수화 시장의 연평균 성장률은 166%이며 2000년 이후부 터는 대규모 플랜트 위주로 건설되고 있음.

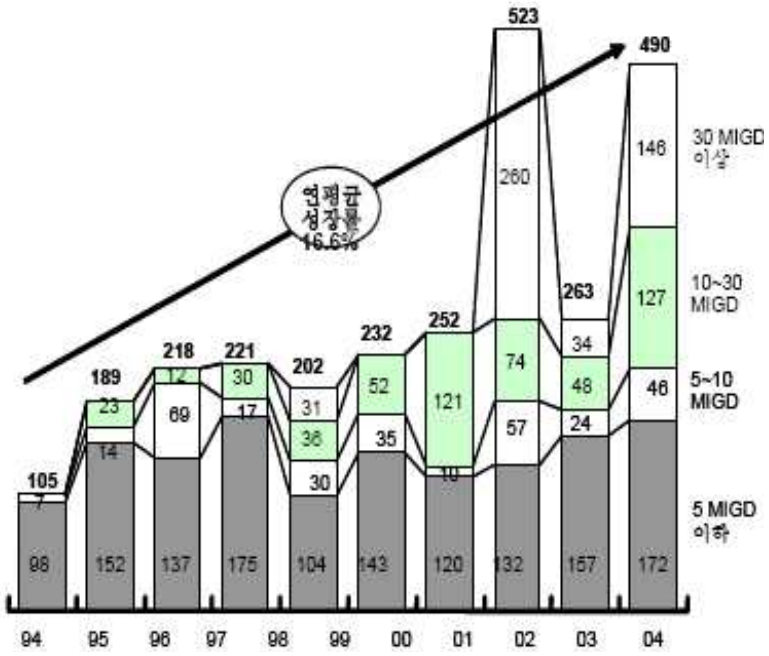


그림 2.10 RO 용량별 발주 트렌드

※ 출처: 해수담수화플랜트 사업단 사전기획, 건설교통기술평가원

○ 향후 10년 이상 중동이 가장 큰 해수담수화 플랜트 시장을 유지할 것으로 예상됨

◦ 북미, 아시아 및 유럽의 해수담수화 시장의 성장속도는 빠른 편임

◦ RO방식의 비중은 향후 10년 이상 꾸준히 늘어갈 것임

◦ 북미지역의 경우 2006년 40% 이하인 MF/UF 전처리의 비중이 2012년에는 90%까지 증가할 것으로 예상됨

◦ 유가폭등 및 원자재 가격 인상에 의한 건설비 및 운전비의 상승은 향후 시장에 악영향을 끼칠 가능성도 있음

○ 미래시장 대응전략

◦ 단기적으로는 중동시장을 위한 역삼투 방식의 해수담수화 플랜트 사업에 중점을 둠

◦ 장기적으로는 사장확대가 필요하며 이를 위해서는 북미 등 기타지역을 위한 강화된 전처리 기술이 필요 (특히 MF/UF 방식에 대한 연구 필요)

◦ 건설비 및 운전비 절감을 위한 기술개발이 미래시장 공략을 위한 핵심요건으로 부각되고 있음

3. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석

(1) 분석개요

□ 분석절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

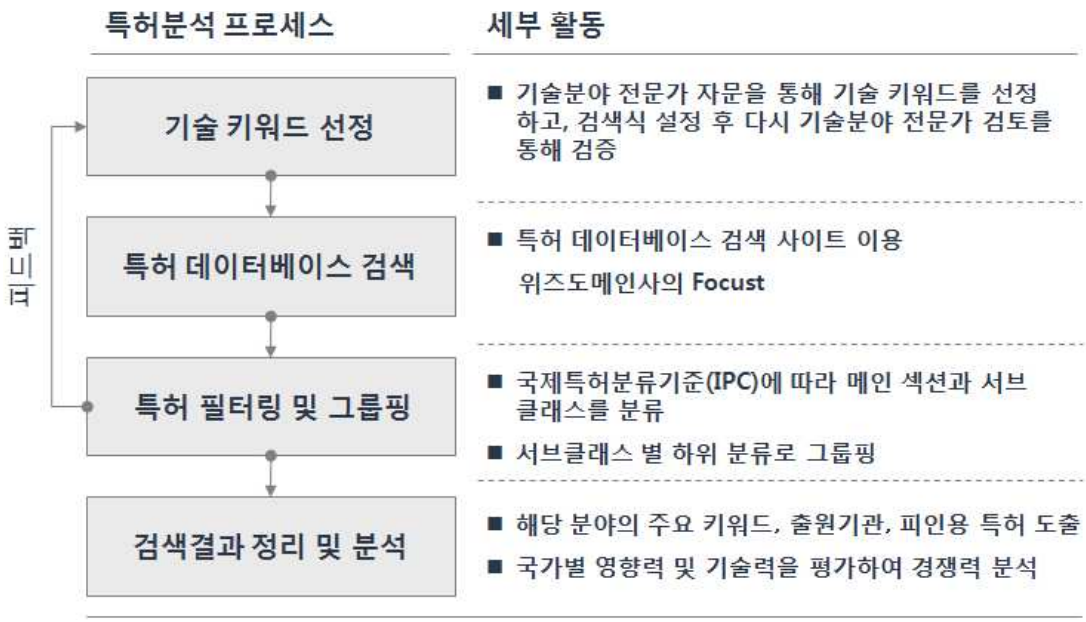


그림 2.11 특허 분석 프로세스

□ 분석범위

○ 특허 검색은 미국, 일본, 유럽 및 PCT에서 1991년 이후 공개•등록된 특허를 대상으로 하였음

○ 검색은 위즈도메인사의 FOCUST를 활용하였으며, 검색 범위는 명칭(Title), Abstract(요약), Claim(청구항)으로 함

○ 검색수준은 1장의 기술체계도상의 중분류 수준으로 키워드 검색하고, 분석은 대분류 수준에서 수행함

표 2.22 기술별 특허 검색식

대분류	중분류		검색식	특허수
LID 물순환 도시	계획설계기술		(house or building or urban or district) and ("watercycle" or "hydr* cycle") and (plan* or design*)	3
	비점오염원 저감모델링기술		(stormwater and (veget* or filt* or sediment* or vortex*)) or ((nonpoint or "non point" or "non-point") and pollut*)	196
	분산형 빗물관리시스템		(rainwater and (tank or harvest* or infilt*)) AND ICH=(E03B-003 or E04D-013)	588
	포장면 물순환 건전화 기술		(drain* or retentive* or infiltrat* or permeable) and (water* or rainwater)) and (road* or street* or way) and pavement	476
	물순환에 의한 도시 열순환 개선 기술		("micro climate" or " heat island" or "tropical night") and evapor*	37
	모니터링기술		("water cycle" or "hydr* cycle") and (measur* or monitor* or detect* or sens*)	61
	영향·효과분석		("water cycle" or "hydr* cycle") and (effect* or econom*) and (evaluat* or asses*)	0
통합 물자원 관리	홍수, 빗물 등 자원화 기술		((flood or stormwater) near/3 (collect* or reus*))	44
	오수, 공업용수 등 재이용 기술		(rainwater or greywater or "industrial water") and (reus* or recycl*)	345
	물자원통합관리 /활용시스템		(water near/2 (manage* or utiliz* or system)) and interated	100
	인공습지 정화기술		wetland and treat*	156
	다중수원 확보기술		((multi near/3 "water source*") and secur*)	0
물순환 과정 에너지 회수 효율화	소수력,자가발전 형전기공급장치		((micro or "small scale") and "hydr* power")	51
	하수열 회수 및 활용 기술		(((rainwater or graywater or greywater or sewage) near/2 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*))	17
	지열, 하수열 융합기술		(geothermal near/3 (water or rainwater)) and hybrid	3
	물에너지자원화 도시기반시스템		(water near/1 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*) and (system or infra*)	145
이동형 상수 공급	해상	선박용 자가발전 시스템	(ship or sea or marine) and portable and "potable water"	12
		초고속 담수화 기술	("super speed" or "superhigh speed" or lightweight or "light weight" or compact) and ((seawater or water) and (desalinat* or desalt*))	34
	육상	육상 이동형 물공급 시스템	portable and "potable water" not (sea or marine or ship))	163
		경량형 탈착 수처리 시스템	((lightweight or "light weight" or compact) and (separat* or divid* or segregat*)) and "potable water" and (purifi* or filtration or filter or "reverse osmosis" or treatment)	31
		비상 급수 기술	((emergency or disaster) and "potable water")	16

(2) 전체동향

□ 연도-기술분야별 특허출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

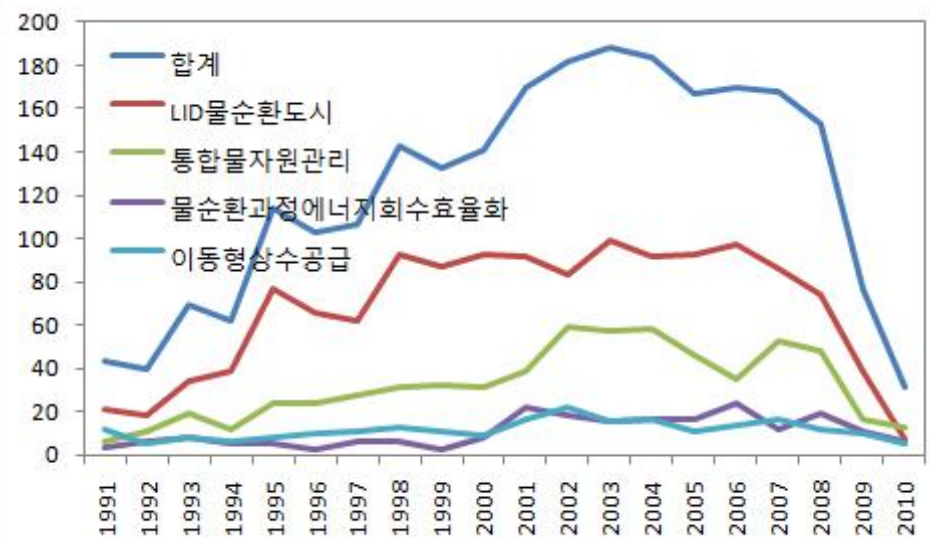
○ 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 미국, 유럽, 일본, PCT에

등록 및 공개된 특허는 총 2,445건임

- 분야별로는 LID물순환도시 1,352건, 통합물자원관리 643건, 물순환과정에너지회수효율화 216건, 이동형상수공급 234건으로 나타남

○ 연도별 특허출원추세는 1991년 43건에서 2008년 153건으로(최근 2년은 출원미공개 특허가 존재하여 연평균성장 분석에서 제외함) 연평균 8%의 성장세를 나타냄

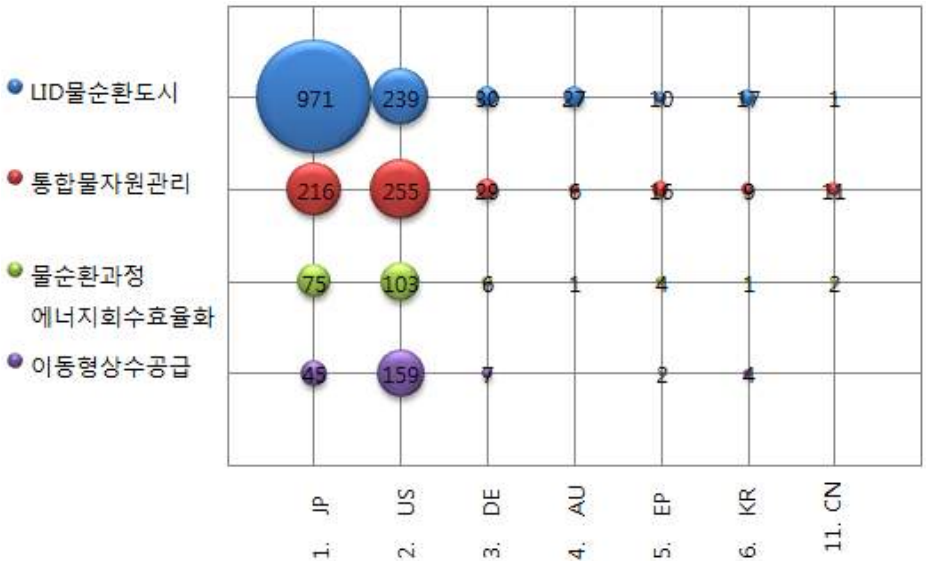
- LID물순환도시는 1991년부터 지속적으로 성정하여 2003년 188건으로 가장 활발한 특허 출원•등록 활동을 나타내었으나, 이후 소폭감소함
- 통합물자원관리, 물순환과정에너지회수효율화, 이동형상수공급 분야는 1990년대에는 특허출원이 저조하였으나, 2000년대 이후 가파른 성장세를 보임



□ 국가-기술분야별 특허출원등록 현황

○ 국가별 특허출원등록 현황을 분석한 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 특허를 가장 많이 출원•등록한 국가는 일본이고, 그다음으로 미국, 독일, 호주, 스페인, 우리나라 순으로 나타남

- 일본은 LID물순환도시 관련된 특허를 집중적으로 출원•등록함
- 미국은 전분야에서 골고루 특허 활동이 활발함
- 우리나라는 상대적으로 LID물순환도시 관련된 특허를 많이 출원•등록하였음



□ 기술분야별 국가경쟁력 순위

○ 우리나라는 LID물순환도시, 통합물자원관리, 이동형상수공급에서 5위권 안에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있음

- 특히 특허건수보다 영향력지수, 기술력지수가 높게 나오는 경향으로 미루어보아 양질의 특허를 많이 보유하고 있음
- 그러나 물순환과정에너지회수효율화 부분의 특허활동이 미미하여, 관련된 연구활동의 활성화가 필요함

기술분야	국가	특허건수		영향력지수		기술력지수	
		건수	순위	지수	순위	지수	순위
LID물순환도시	대한민국	17	5	1.88	3	32.02	4
	미국	239	2	4.97	1	1188.34	1
	일본	971	1	0.04	8	34.39	1
	중국	1	17	-	-	-	-
통합물자원관리	대한민국	9	10	0.06	5	0.55	5
	미국	255	1	0.22	2	55.45	1
	일본	216	2	0.01	10	1.70	2
	중국	11	8	-	-	-	-
물순환과정 에너지 회수효율화	대한민국	1	12	-	-	-	-
	미국	103	1	0.15	4	15.23	1
	일본	75	2	-	-	-	-
	중국	2	7	0.04	5	0.08	6
이동형 상수공급	대한민국	4	5	0.67	2	2.67	3
	미국	159	1	1.48	1	235.00	1
	일본	45	2	0.07	4	3.00	2
	중국	-	-	-	-	-	-

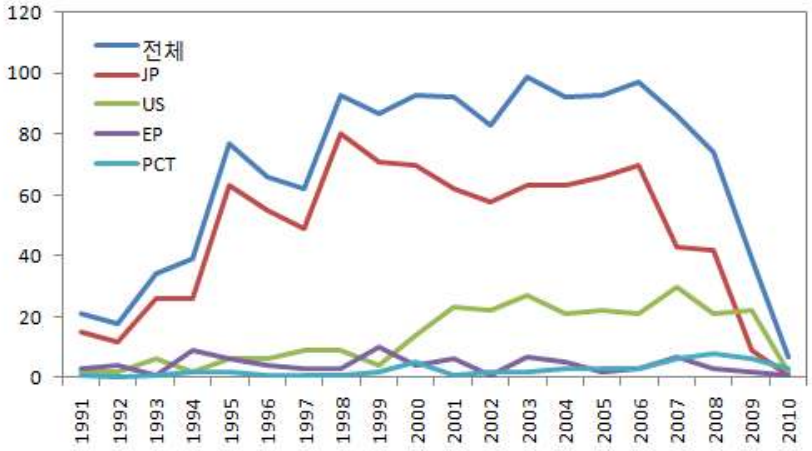
(3) 기술분야별 동향

가. LID 물순환 도시 기술 관련 특허 동향

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ LID 물순환도시 기술과 관련한 특허는 총 1,352건이 검색되었고, 꾸준히 증가하여 연평균 7%의 성장세를 나타냄

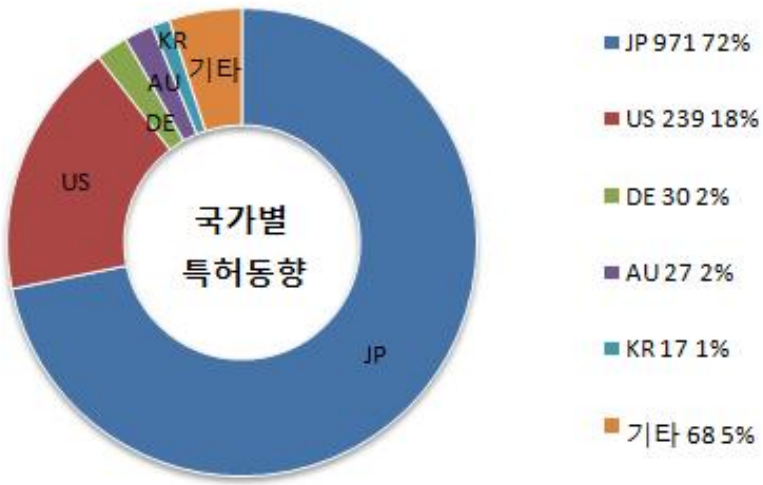
- 일본 특허청에서 944건이 출원되어 일본 내 기업을 중심으로 기술개발과 지재권 확보 노력이 활발함
- 1990년대에는 일본에서 출원•등록된 특허가 주를 이루다가, 2000년대 들어서 미국의 특허활동이 활발해짐



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 LID 물순환 도시 기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 일본으로 971건으로 전체의 72%를 차지하고 있음

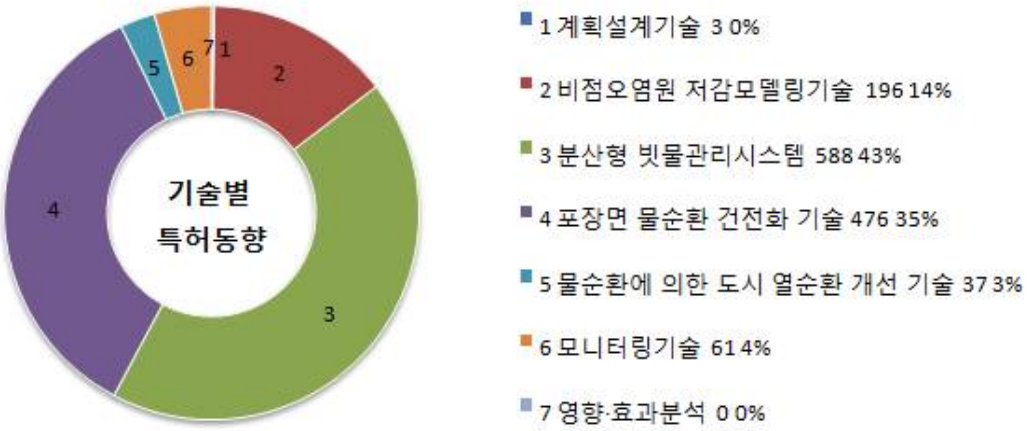
- 일본 다음으로는 미국, 독일, 호주, 우리나라 순으로 나타남



□ 기술별 특허출원등록 현황

○ 기술분야별로는 분산형 빗물관리시스템, 포장면 물순환건전화기술에 집중적으로 특허가 출원•등록되었음

- 계획설계기술, 영향효과분석과 관련된 특허출원이 미미함

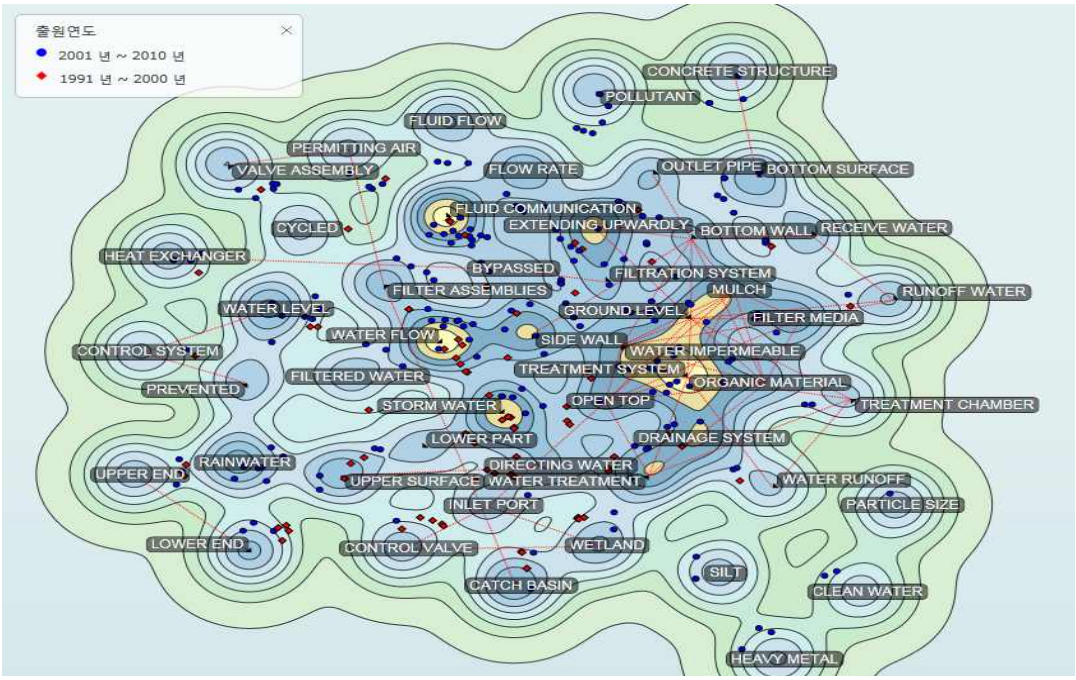


□ 특허 키워드맵 분석

○ 특허 키워드맵은 WISDOMAIN사의 특허분석 Tool인 FOCUST에서 제공하는 이미지로, 등고선은 키워드의 빈도를 나타내고 키워드 간의 연결선은 상호 연관성을 의미함

- 특허문서에 포함되어 있는 주요 기술용어를 데이터 마이닝 기법을 이용하여 추출한 후, 각 키워드별 출현빈도 및 상호연관성을 맵형태로 제시함

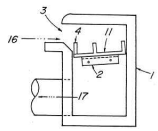
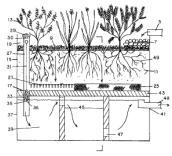
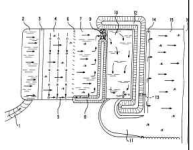
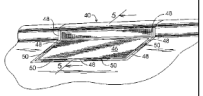
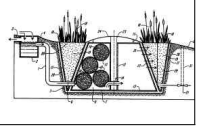
○ LID 물순환도시 관련 특허검색 결과의 키워드맵을 작성한 결과, 포장면 물순환 건전화기술과 연관된 water impermeable, mulch, organic material 등 의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있고, water flow, Fluid communication 등도 높은 출현빈도를 나타냄



□ 주요 출원기관 현황

순위	미국		일본		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	CONTECH STORMWATER SOLUTIONS INC.	17	MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO LTD	4	SAMSUNG GENERAL CHEMICALS CO LTD	1
2	CDS TECHNOLOGIES, INC.	16	NISSAN MOTOR CO LTD	2	LG ELECTRONICS INC	1
3	SUPERIOR DRAINAGE, LLC	16	ISHIHARA SANGYO KAISHA LTD	2		
4	SAFETY PRECAST, INC.	16	MITSUI CHEMICALS INC	2		
5	KEYSTONE RETAINING WALL SYSTEMS, INC.	16	HANOGUMI KK	2		

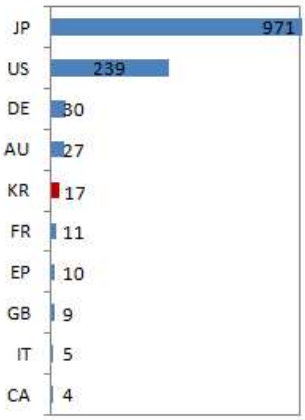
□ 주요 피인용 특허 정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US5232587	Stormwater inlet filter 우수 유입구 필터	DANDY PRODUCTS, INC.	1993	64	
US6277274	Method and apparatus for treating stormwater runoff 우수 빗물 양을 처리하기 위한 방법과 장치	AMERICAST, INC.	2001	43	
US5174897	Constructed wetlands to control nonpoint source pollution 비점오염원 오염을 제어하기 위한 인공 습지	UNITED STATES OF AMERICA DEPARTMENT OF AGRICULTURE	1992	39	
US5954952	Stormwater catch basin filter assembly 우수 수챗구멍 쓰레기 받이 필터 어셈블리	SLAMMER MANUFACTURING, L.L.C.	1999	35	
US5437786	Stormwater treatment system/apparatus 우수 처리 시스템/장치	STORMTREAT SYSTEMS INC	1995	34	

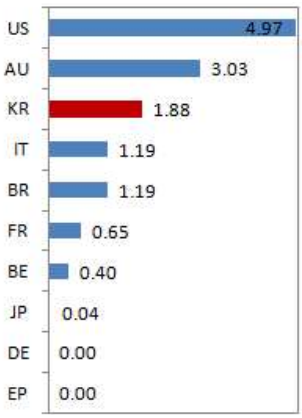
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 일본이 가장 많은 특허를 출원하였으나, 영향력 지수와 기술력지수는 미국이 우위를 나타냄

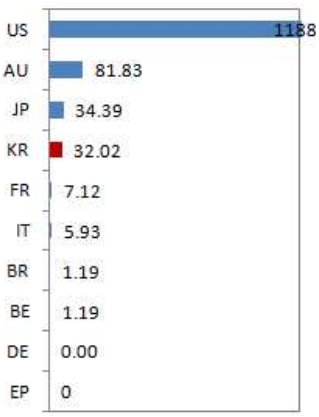
- 우리나라는 특허건수로는 5위였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 1.88(1이상이 유의값)로 3위를 기록하고, 기술력지수는 4위로 나타남



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



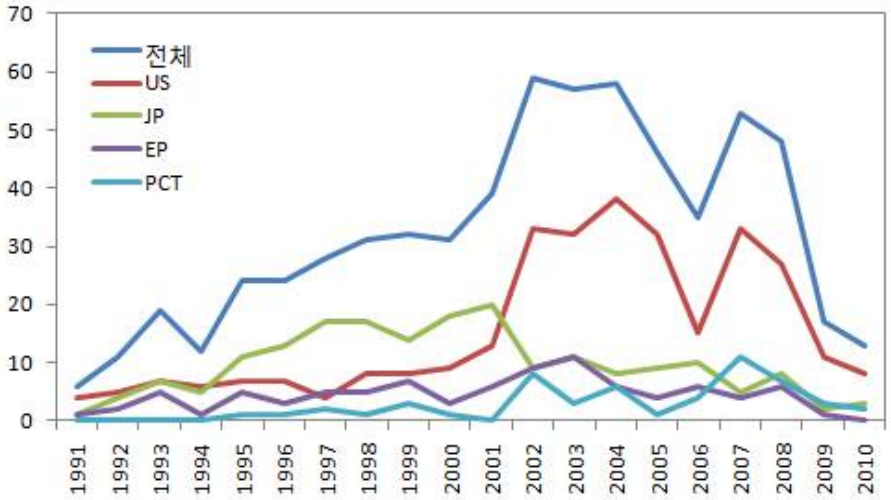
국가별 기술력지수

나. 통합물자원관리 기술 관련 특허 동향

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ 통합물자원관리 기술과 관련한 특허는 총 643건이 검색되었고, 연평균 12%의 성장세를 나타냄

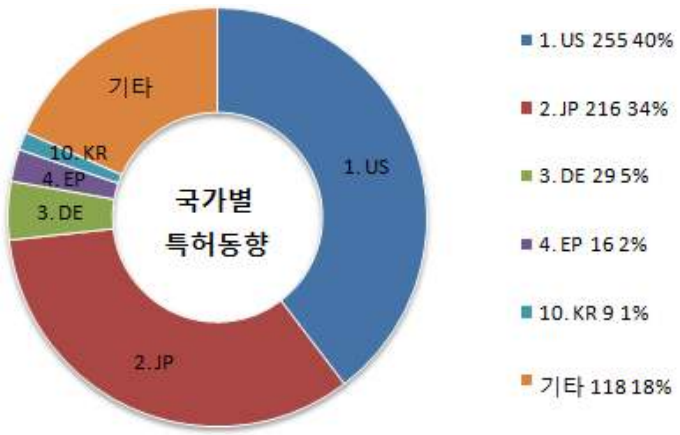
- 1990년대에는 일본에서 출원•등록된 특허가 주를 이루었으나, 2001년 이후 특허 활동이 주춤한 상황임
- 미국은 갑자기 특허가 감소한 2006년을 제외하고는 2000년대 들어서 통합물자원관리와 관련된 기술개발과 지재권 확보 노력이 활발함



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 통합물자원관리 기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 미국, 일본 순으로 두국가가 전체의 74%를 차지하고 있음

- 우리나라는 9건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남

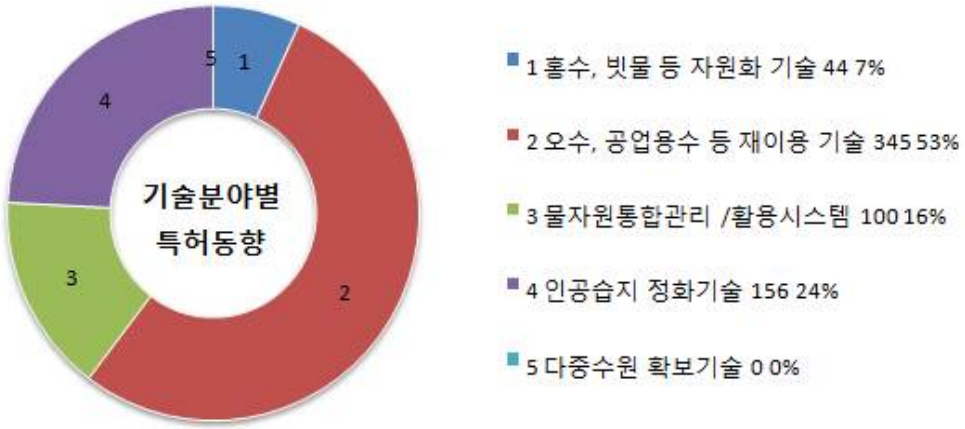


□ 기술별 특허출원등록 현황

○ 기술분야별로는 오수, 공업용수 등 재이용 기술과 관련된 특허가 345 건으로 전체의 53%

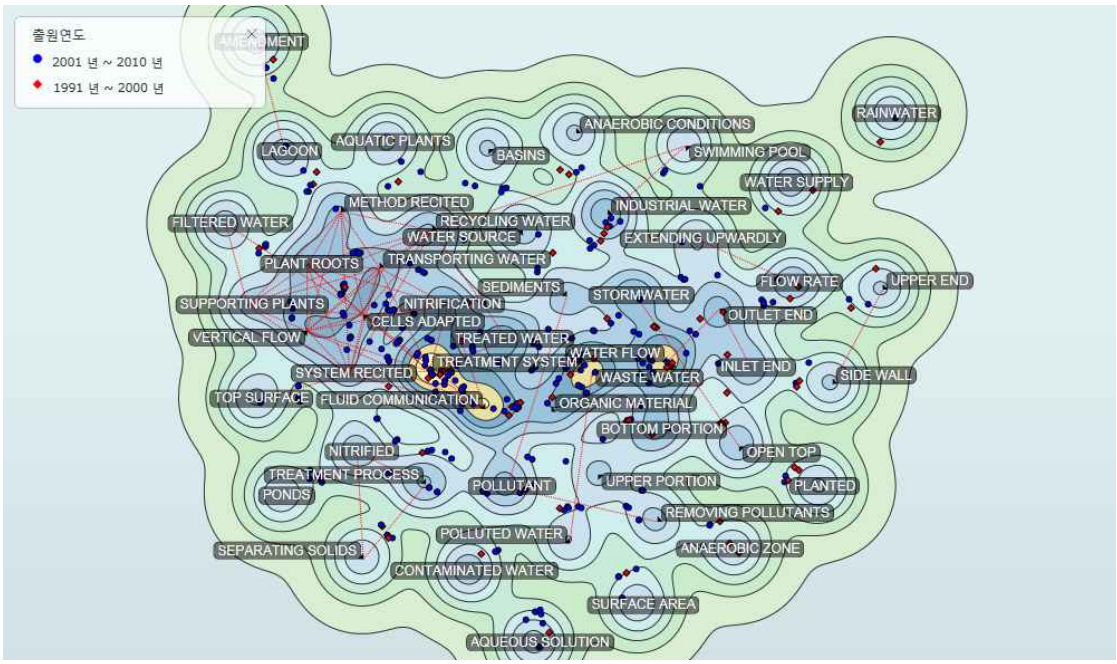
로 나타남

- 다중수원 확보기술과 관련된 특허출원은 검색되지 않음



□ 특허 키워드맵 분석

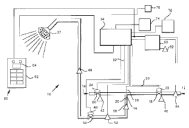
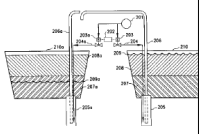
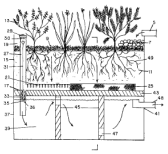
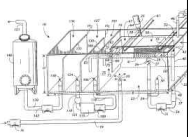
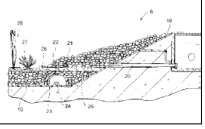
○ 통합물자원관리 기술 관련 특허검색 결과를 텍스트 마이닝툴을 적용하여 특허키워드맵을 분석한 결과, Fluid communication, Treatment system, Nitrification 등의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있고 Global Market이 형성되고 있음



□ 주요 출원기관 현황

순위	미국		일본		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	DHARMA GROUP, LC	8	TOKYO ELECTRON LTD	2	ACCULAB CO LTD	4
2	UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH FOUNDATION	6	OMEGA CO LTD	2	SAMSUNG	3
3	MODULAR WETLAND SYSTEMS INC	5	TAISEI CORP	2	BLUE ENVIRONMENT N TECH CO LTD	1
4	BION TECHNOLOGIES INC	5	SHARP CORP	2	KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY	1
5	CLEMSON UNIVERSITY	4	NICHIAS CORP	2	KOREA RURAL COMMUNITY CORP	1

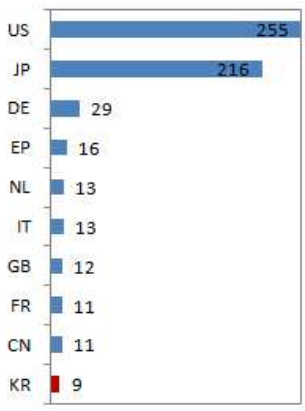
□ 주요 피인용 특허 정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US 6286764	Fluid and gas supply system 유체와 가스 공급 시스템	FLUID DYNAMICS CORPORATION	2001	49	
US 5863433	Reciprocating subsurface-flow constructed wetlands for improving wastewater treatment 폐수 처리를 개량하기 위한 왕복 지하 흐름 인공 습지	ABX AIR, INC.	1999	46	
US 6277274	Method and apparatus for treating stormwater runoff 우수 빗물 양을 처리하기 위한 방법과 장치	AMERICAST, INC.	2001	43	
US 5496469	Apparatus for reducing and separating emulsions and homgeneous components from contaminated water 오염수로부터 에멀젼과 homgeneous 성분을 감소시키고 분리시키기 위한 장치	Charles R. Jack R. Alonzo L.	1996	39	
US 5893975	Enhanced subsurface flow constructed wetland 개선된 지하 흐름 인공 습지	ROUX ASSOCIATES INC	1999	39	

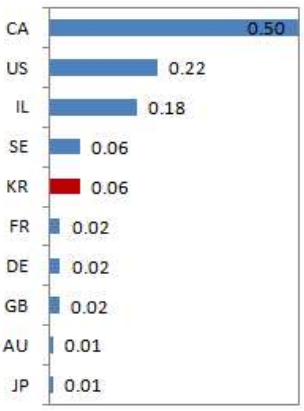
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 기술력지수에서도 1위를 기록하였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 캐나다가 우위를 나타냄

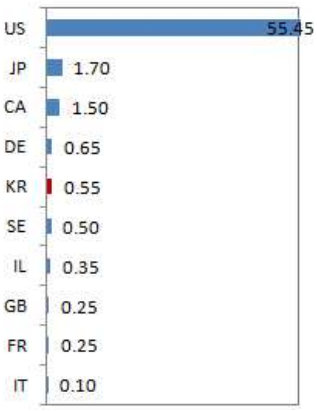
- 우리나라는 특허건수로는 10위였으나, 영향력지수 및 기술력지수에서 순위가 5위로 높아짐



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



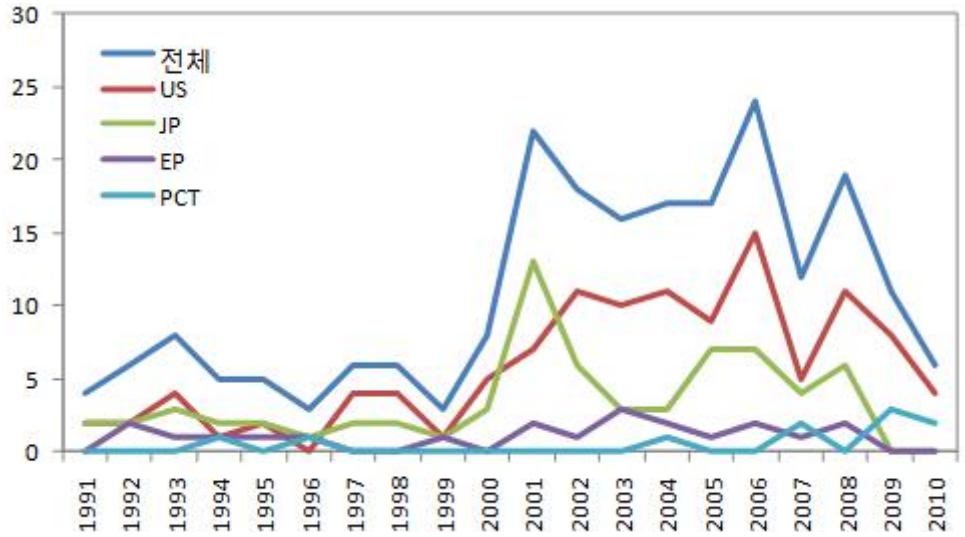
국가별 기술력지수

다. 물순환 과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허 동향

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술과 관련한 특허는 총 216건이 검색되었고, 연평균 10%의 성장세를 나타냄

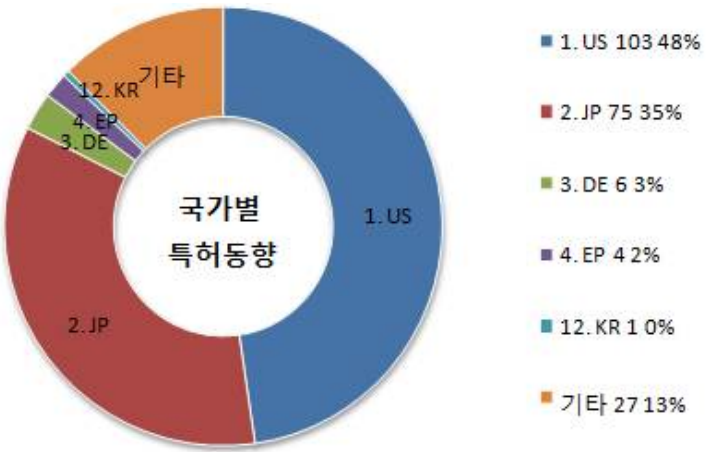
- 연도별 출원등록 추세가 비정형화된 패턴을 보이지만, 전반적으로 특허출원등록이 증가하였음



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 미국, 일본 순으로 두 국가가 전체의 83%를 차지하고 있음

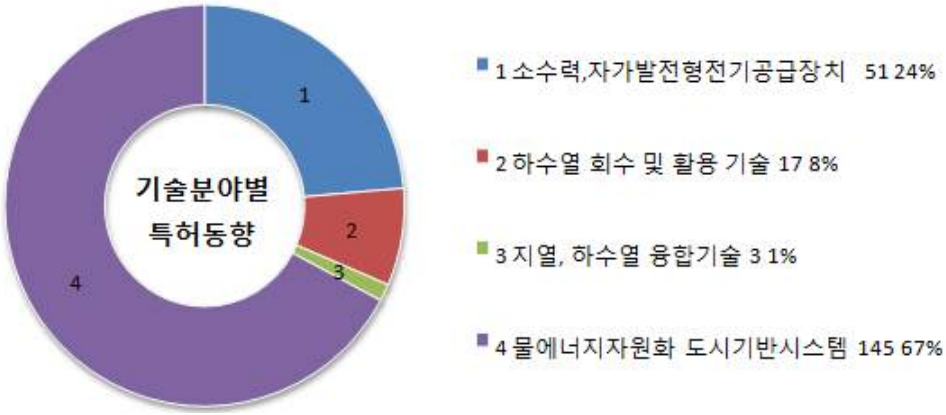
- 우리나라는 1건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남



□ 기술별 특허출원등록 현황

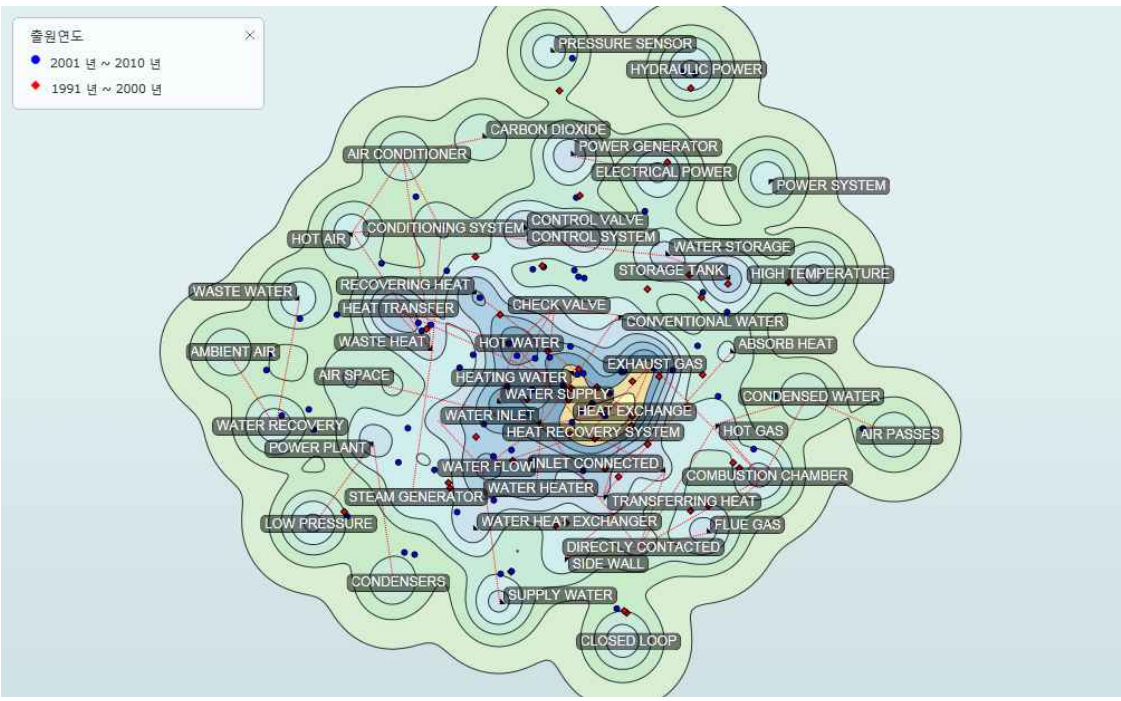
○ 기술분야별로는 물에너지자원화 도시기반시스템과 관련된 특허가 145건으로 전체의 67%

로 나타남

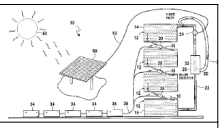
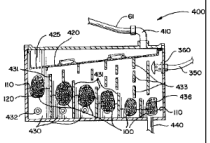
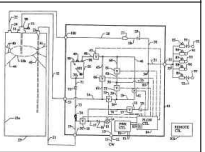
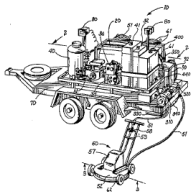
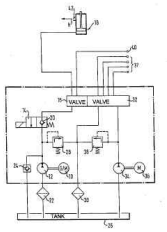


□ 특허 키워드맵 분석

○ 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허검색 결과를 텍스트 마이닝툴을 적용하여 특허키워드맵을 분석한 결과, Heat recovery system, Heat Exchange 등의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있음



□ 주요 출원기관 현황

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US 6051892	Hydroelectric power system 수력발전 시스템	Toal, Sr.; Timothy Michael	2000	18	
US 5718015	Mobile power wash device with water reclamation and hydrocarbon removal apparatus 물 재생과 탄화수소 제거 장치를 가진 단말기 파워 세정 장치	NILFISK-ADVANCE TECHNOLOCIES, INC.	1998	14	
US 5351712	Hot water recovery system 고온수 회수 시스템	Houlihan; John A.	1994	12	
US 5500976	Mobile cyclonic power wash system with water reclamation and rotary union 물 재생과 로터리 유니온을 가진 모바일 격렬한 파워 세정 시스템	NILFISK-ADVANCE TECHNOLOCIES, INC.	1996	12	
US 5505043	Hydraulic lift device for battery operated industrial trucks or the like 조종된 산업용 트럭 배터리 또는 기타 등등을 위한 수력 리프트 장치	JUNGHEINRICH AG	1996	10	

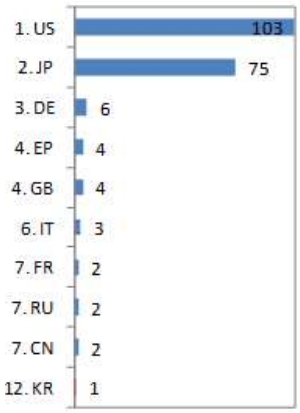
□ 주요 피인용 특허 정보

순위	미국		일본		대한민국	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	GENERAL ELECTRIC CO	8	OSAKA GAS CO LTD	6	YUN, MYUNG HYUK	1
2	HTE WATER CORP	2	TOKYO ELECTRIC POWER CO INC	4		
3	KUBOYAMA BIOKEN CO., LTD.	2	TOSHIBA CORP	4		
4	WAHLER METALURGICA LTDA	2	NORITZ CORP	4		
5	SPX CORPORATION	2	SEIBU GAS CO LTD	3		

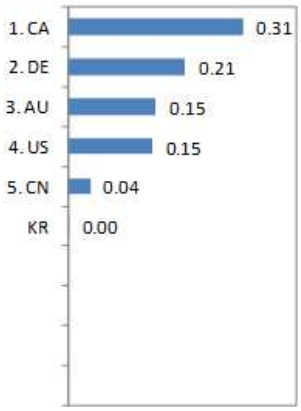
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 기술력지수에서도 1위를 기록하였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 캐나다가 우위를 나타냄

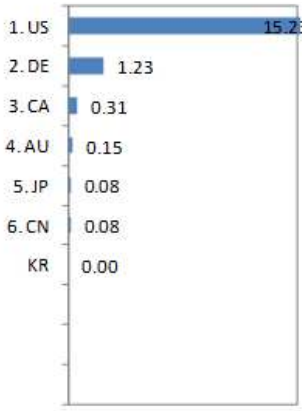
- 우리나라는 1건으로 특허건수로는 12위이고, 보유하고 있는 특허가 피인용되지 않아서 영향력지수 및 기술력지수에서 제외됨



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



국가별 기술력지수

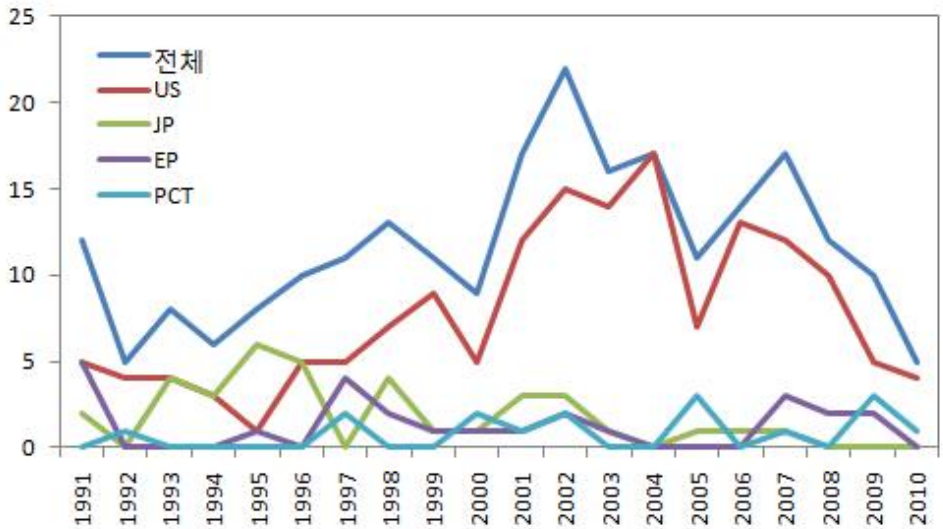
라. 이동형 상수공급 기술 관련 특허 동향

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ 이동형상수공급 기술과 관련한 특허는 총 234건이 검색되었고, 1991년부터 2003년까지 증가하는 추세를 보였으나, 이후 특허활동이 저조함

- 미국에서 기술개발과 지재권 확보 노력이 가장 활발한 것으로 나타남

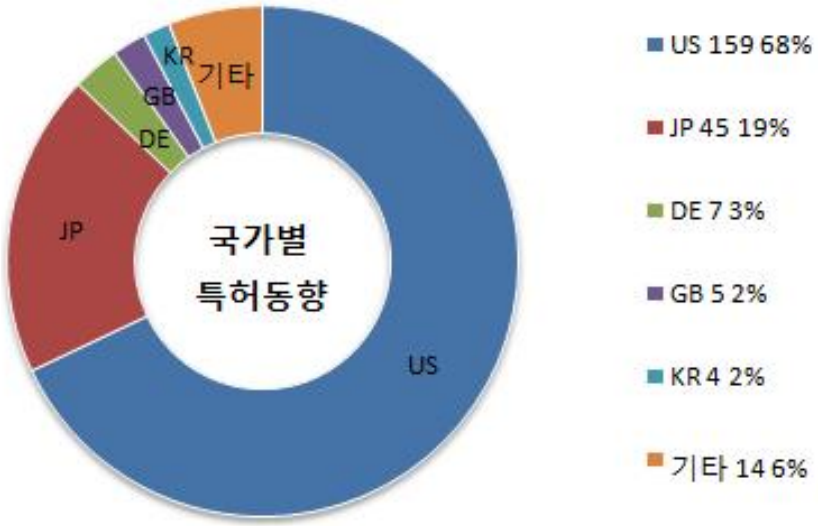
-



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 이동형상수공급 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 미국으로 159건을 보유하여 전체의 68%를 차지하고 있음

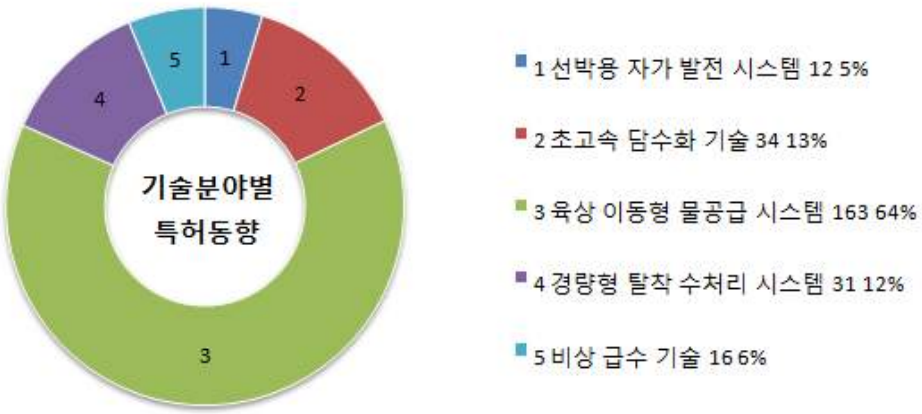
- 우리나라는 4건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남



□ 기술별 특허출원등록 현황

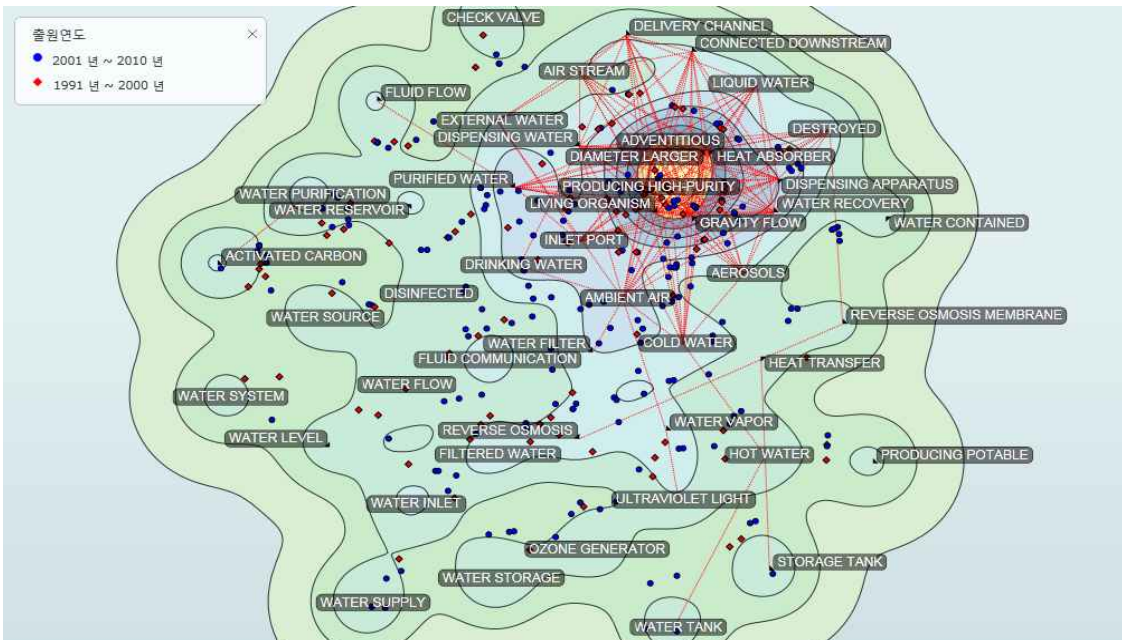
○ 기술분야별로는 육상이동형 물공급시스템과 관련된 특허가 163건으로 전체의 64%로 나타남

- 그 다음으로 초고속 담수화 기술, 경량형 탈찰수처리시스템, 선박용 자가발전 시스템, 비상급수기술 순으로 나타남



□ 특허 키워드맵 분석

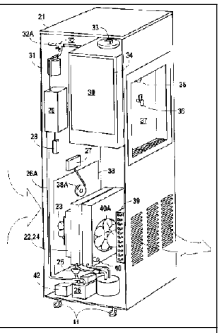
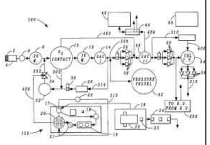
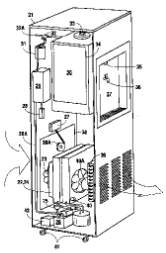
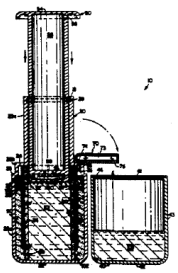
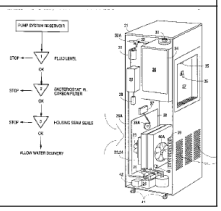
○ 이동형 상수 공급 기술 관련 특허검색 결과를 텍스트 마이닝툴을 적용하여 특허키워드맵을 분석한 결과, diameter larger, Heat absorber producing High-Purity 등의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있고, 키워드간 높은 상호연관성을 나타내는 것이 특징임



□ 주요 출원기관 현황

순위	미국		일본		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	WORLDWIDE WATER, INC.	11	JAPAN ORGANO CO LTD	4	KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS	2
2	PRISMEDICAL CORP.	5	MITSUBISHI RAYON CO LTD	3	LG ELECTRONICS INC	1
3	MIOX CORP	4	SUGITOMO, AKITOSHI	2		
4	SEMLER INDUSTRIES INC	3	TORAY IND INC	2		
5	MESOSYSTEMS TECHNOLOGY INC	3	EBARA CORP	2		

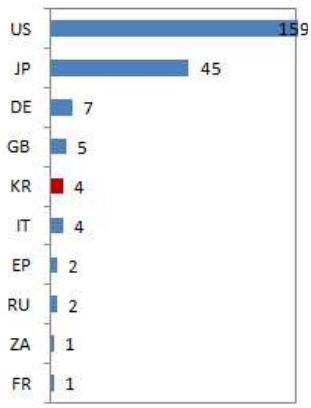
□ 주요 피인용 특허 정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용횟수	대표도면
US 6182453	Portable, potable water recovery and dispensing apparatus 휴대용, 식수 복구와 분배 장치	WORLDWIDE WATER, INC.	2001	47	
US 5547584	Transportable, self-contained water purification system and method 수송할 수 있는, 자급 자족할 수 있는 물 정제 장치와 방법	CAPEHART, KAREN RUTH	1996	41	
US 5669221	Portable, potable water recovery and dispensing apparatus 휴대용, 식수 복구와 분배 장치	WORLDWIDE WATER, INC.	1997	33	
US 5268093	Portable water purification system 휴대용 물 정화 동작 시스템	KATADYN HOLDING AG	1993	31	
US 5845504	Portable/potable water recovery and dispensing apparatus 휴대용이거나 마시기에 알맞은 물 회수 장치와 분배 장치	LOU O. HARDING	1998	30	

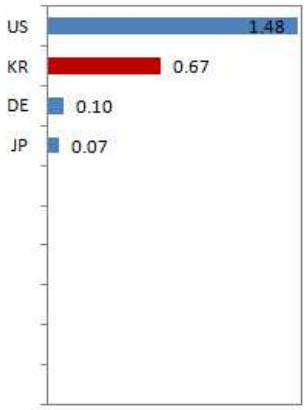
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 영향력지수 및 기술력지수에서도 1위를 기록함

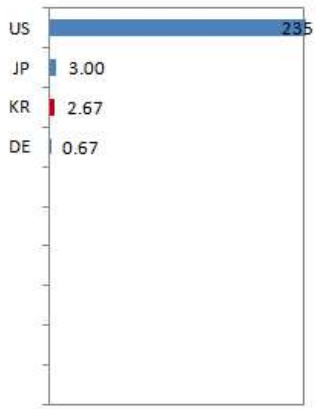
- 우리나라는 4건으로 특허건수로는 5위이고, 영향력지수는 2위, 기술력지수는 3위를 기록함



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



국가별 기술력지수

나. 논문분석

(1) 분석개요

□ 분석절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

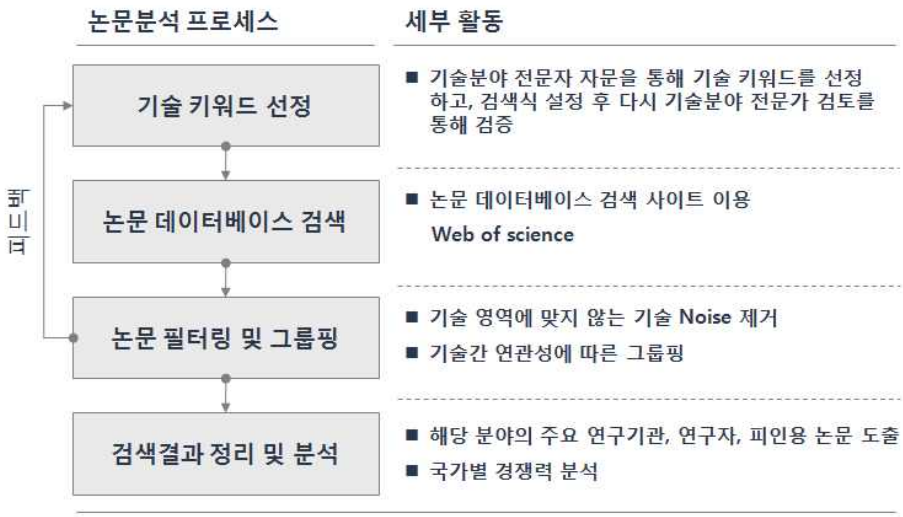


그림 2.12 논문 분석 프로세스

□ 분석범위

○ 논문 검색은 1991년 이후에 SCI에 발표된 논문을 대상으로 하였음

○ 검색은 Web of Science를 활용하였으며, 검색 범위는 주제어로 함

○ 검색수준은 1장의 기술체계도상의 중분류 수준으로 키워드 검색하고, 분석은 대분류 수준에서 수행함

표 2.23 기술별 논문 검색식

대분류	중분류		검색식	논문수
LID 물순환 도시	계획설계기술		(house or building or urban or district) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (plan* or design*)	88
	비점오염원 저감모델링기술		((nonpoint or "non point" or "non-point") near/2 pollut*) and (reduc* or diminish* or decreas*)	300
	분산형 빗물관리시스템		rainwater and (tank or harvest* or infilt*) and (dispers* or decentral*)	24
	포장면 물순환 건전화 기술		(drain* or retentive* or infiltrat* or permeable) and (water* or rainwater) and (road* or street* or way) and pavement	53
	물순환에 의한 도시 열순환 개선 기술		("micro climate" or " heat island" or "tropical night") and evapor*	46
	모니터링기술		(LID or "low impact development" or "low carbon" or green) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (measur* or monitor* or detect* or sens*)	22
	영향 • 효과분석		(LID or "low impact development" or "low carbon" or green) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (effect* or econom*) and (evaluat* or asses*)	5
통합 물자원 관리	홍수, 빗물 등 자원화 기술		((flood or stormwater) near/3 (resourc* or reus* or recycl*))	343
	오수, 공업용수 등 재이용 기술		(rainwater or greywater or "industrial water") and (reus* or recycl*)	348
	물자원통합관리 /활용시스템		(water near/2 (manage* or utiliz* or system)) and interated	0
	인공습지 정화기술		artificial* and wetland and treat*	186
	다중수원 확보기술		(multi near/3 "water source*")	19
물순환 과정 에너지 회수 효율화	소수력,자가발전 형전기공급장치		(micro or "small scale") and "hydr* power"	48
	하수열 회수 및 활용 기술		((rainwater or graywater or greywater or sewage) near/2 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*)	106
	지열, 하수열 융합기술		(geothermal near/3 (water or rainwater)) and hybrid	5
	물에너지자원화 도시기반시스템		((water near/1 (energy or heat)) near/3 (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*)) and (system or infra*)	374
이동형 상수 공급	해상	선박용 자가 발전 시스템	(ship or sea or marine) and portable and "potable water"	1
		초고속 담수화 기술	("super speed" or "superhigh speed" or lightweight or "light weight" or compact) and (seawater or water) and (desalinat* or desalt*)	38
	육상	육상 이동형 물공급 시스템	portable and "potable water" not (sea or marine or ship))	10
		경량형 탈착 수처리 시스템	(lightweight or "light weight" or compact) and (separat* or divid* or segregat*) and "potable water" and (purifi* or filtration or filter or "reverse osmosis" or treatment)	98
		비상급수기술	(emergency or disaster) and "potable water"	26

(2) 전체동향

□ 연도-기술분야별 논문발표 현황

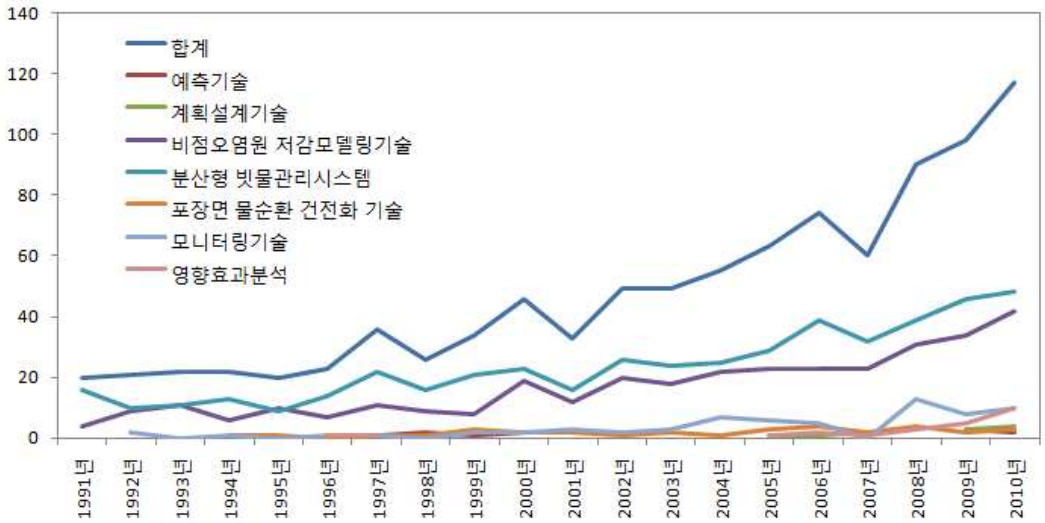
○ 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 발표된 SCI급 논문은 총 2,136건임

- 분야별로는 LID물순환도시 538건, 통합물자원관리 893건, 물순환과정에너지회수효율화 532건, 이동형상수공급 173건으로 나타남

○ 연도별 논문발표추세는 1991년 30건에서 2010년 189건으로 지속적으로 증가하여 연평균 13%의 높은 성장세를 나타냄

- 1991년부터 2000년대까지는 완만한 증가세였으나, 2001년부터 연평균 16%의 높은 성장률을 기록하여 연구활동이 활발해지는 분야임을 확인할 수 있음

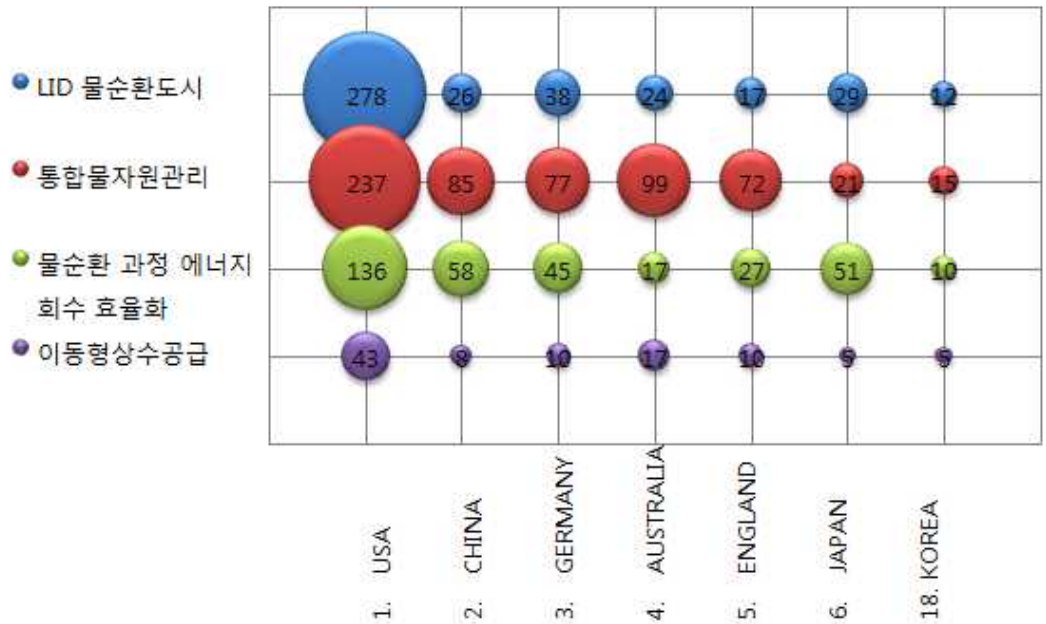
- 기술분야별로는 통합물자원관리, 이동형상수공급 14%로 가장 높은 성장세를 보였고, LID 물순환도시 12%, 물순환과정에너지회수효율화 11%로 순으로 나타남



□ 국가-기술분야별 논문발표 현황

○ 국가별 논문발표 현황을 분석한 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 논문을 가장 많이 발표한 국가는 미국이고, 그다음으로 중국, 독일, 호주, 영국, 일본 순으로 나타났으며, 우리나라는 18위를 기록함

- 우리나라는 특허출원•등록 현황에 비하여 낮은 논문발표 순위를 기록하여 상대적으로 기초분야의 연구보다는 응용•개발분야에 집중하였음



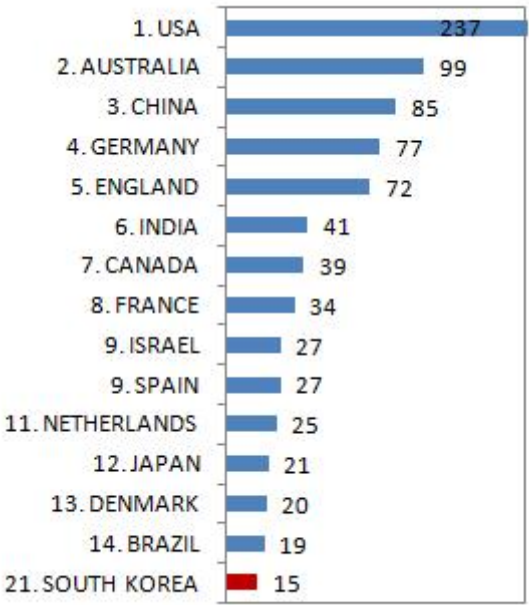
□ 기술분야별 국가경쟁력 순위(논문건수 상위 15개국)

○ 우리나라는 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 발표된 논문건수로 비교한 결과 18위로 나타남

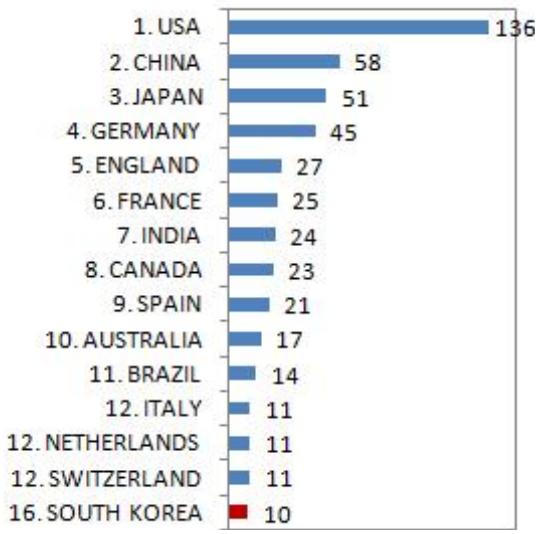
- 분야별로는 이동형상수공급 8위, LID물순환도시 11위, 물순환과정에너지회수효율화 16위, 통합물자원관리 21위를 기록함



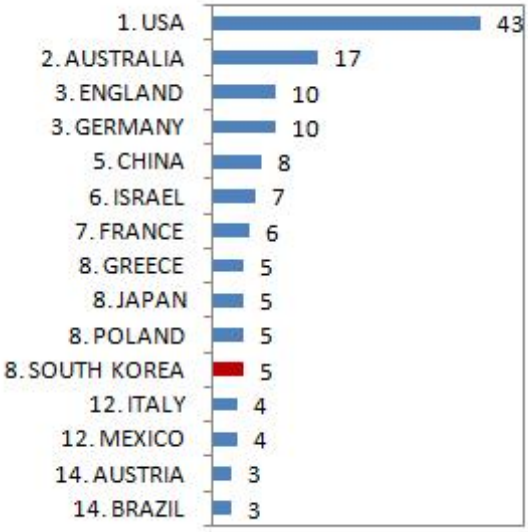
LID 물순환도시



통합물자원관리



물순환 과정 에너지 회수 효율화



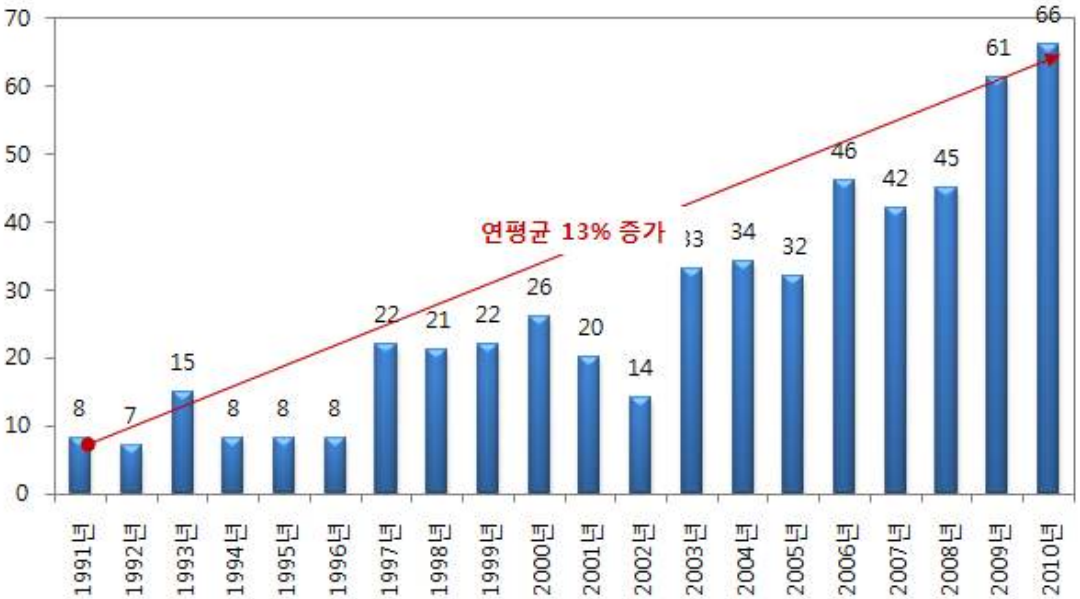
이동형 상수 공급

(3) 기술분야별 동향

가. LID 물순환 도시 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

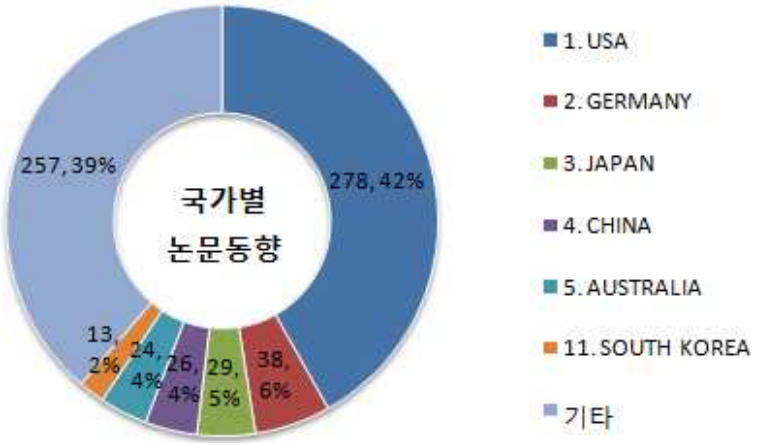
○ 1991년 이후 총 538편이 발표되었고, 1991년에 8편, 2010년에 66편이 발표되어 연평균 13%의 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 국가별 LID 물순환 도시 기술 논문 발표 현황을 살펴보면 전체 발표 논문의 42%가 미국에서 발표되었고, 우리나라는 13편으로 11위를 차지함

- 미국 다음으로는 독일(38편, 6%), 일본(29편, 5%), 중국(26편, 4%), 호주(24편, 4%) 순으로 연구활동이 활발한 것으로 나타남

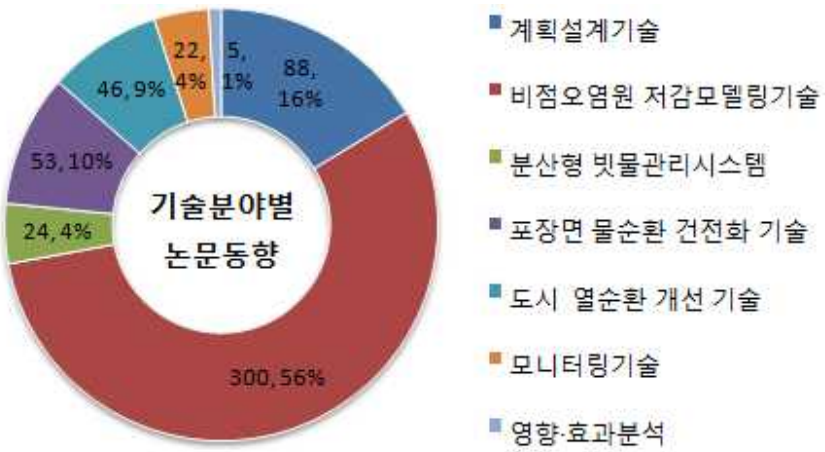


□ 기술분야별 논문발표 현황

○ LID 물순환 도시 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 비점오염원 저감모델링기술이 300건이 발표되어 전체의 56%를 차지하여 중요 관심 분야임을 나타냄

- 다음으로 논문발표가 활발한 분야는 계획설계기술로 88편 16%를 나타냄

- 나머지 분야는 50여건 이하의 논문이 발표되었고, 특히 영향•효과분석과 관련된 기술분야가 가장 적은 논문이 발표된 것으로 나타남



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ LID 물순환 도시와 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, USDA ARS, CHINESE ACAD SCI, OHIO STATE UNIV, UNIV WISCONSIN 등으로 나타남

- USDA ARS는 LID물순환도시 분야에서 40건의 논문발표로 7%의 점유율을 차지함

○ 주요 연구자로는 TRB(UNIV TOLEDO, USA)가 7건, SCHULZ, R(Univ Koblenz Landau, Germany)이 6건의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ LID 물순환 도시와 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION, OURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION 순으로 나타남

- WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY는 LID물순환도시 분야에서 40편의 논문이 발표되어 7%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
USDA ARS	40	TRB (UNIV TOLEDO, USA)	7	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	40
CHINESE ACAD SCI	10	SCHULZ, R (Univ Koblenz Landau, Germany)	6	JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION	26
OHIO STATE UNIV	10	BINGNER, RL (USDA ARS, USA)	5	JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION	19
UNIV WISCONSIN	9	EDWARDS, DR (Univ Kentucky, USA)	5	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY	17
PURDUE UNIV	8	MOORE, PA (USDA ARS, USA)	5	ECOLOGICAL ENGINEERING	15

□ 주요 피인용 논문 정보

○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	The land surface climatology of the community land model coupled to the NCAR community climate model	JOURNAL OF CLIMATE	Bonan, GB; Oleson, KW; Vertenstein, M; Levis, S; Zeng, XB; Dai, YJ; Dickinson, RE; Yang, ZL	2002	190
2	Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen	ECOLOGICAL APPLICATIONS	Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, et al.	1998	1,017

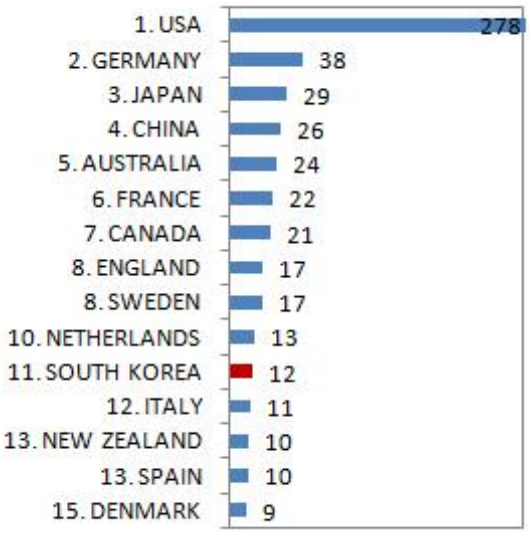
분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
3	DYNAMIC-MODEL OF THE GENESIS OF CALCRETES REPLACING SILICATE ROCKS IN SEMIARID REGIONS	GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA	WANG YF, NAHON D, MERINO E	1994	25
4	Characterization of solid and metal element distributions in urban highway stormwater	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	Sansalone JJ, Buchberger SG	1997	48
5	A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models	BOUNDARY-LAYER METEOROLOGY	Masson V	2000	190
6	Swing of the lever arm of a myosin motor at the isomerization and phosphate-release steps	NATURE	Suzuki Y, Yasunaga T, Ohkura R, et al.	1998	124
7	Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: Implications for future ecohydrological landscape management	PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH PART B-HYDROLOGY OCEANS AND ATMOSPHERE	Rockstrom J, Gordon L	2001	19

□ 국가 경쟁력 순위(상위 15개국)

○ 논문 경쟁력 분석은 1991년 이후 SCI급 저널에 게제된 논문들을 대상으로 국가별 논문등재건수를 통해 국가별 기술수준을 정량화하여 분석함

○ LID 물순환 도시와 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 12건을 발표하여 11위로 나타남

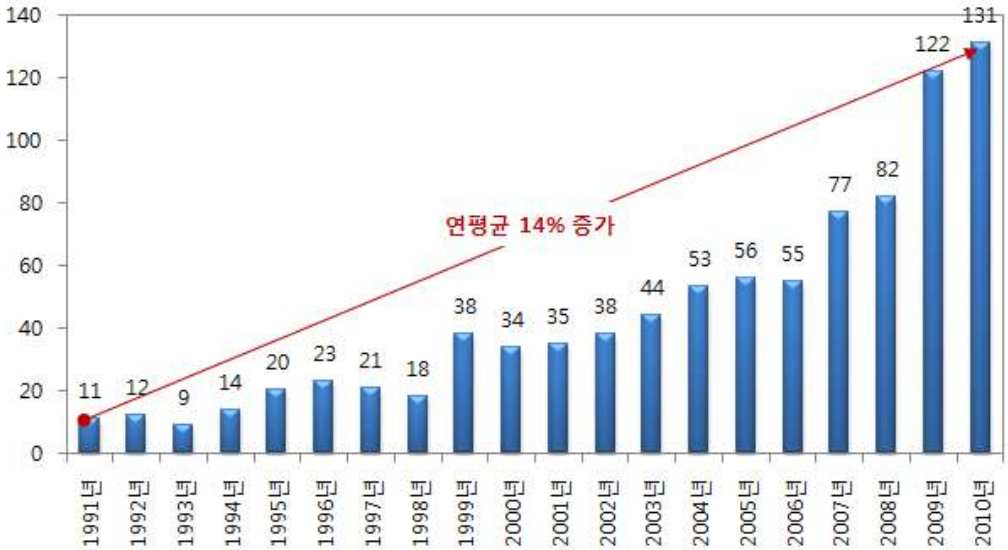
- 특허분석 결과와 비교했을 때, 유럽 선진국의 논문경쟁력이 현저히 높게 나타났음
- 우리나라는 해외진출을 염두에 두고 해외 특허 출원은 활발하였으나, 논문의 양적•질적 수준이 미흡한 것으로 나타남



나. 통합 물자원 관리 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

○ 1991년 이후 총 893편이 발표되었고, 지속적으로 논문발표가 증가하여 연평균 14%의 높은 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 질적으로 우수한 논문을 발표하고 있는 나라는 미국, 호주, 중국 순으로 나타났고, 우리나라는 15건을 발표하여 21위로 나타남

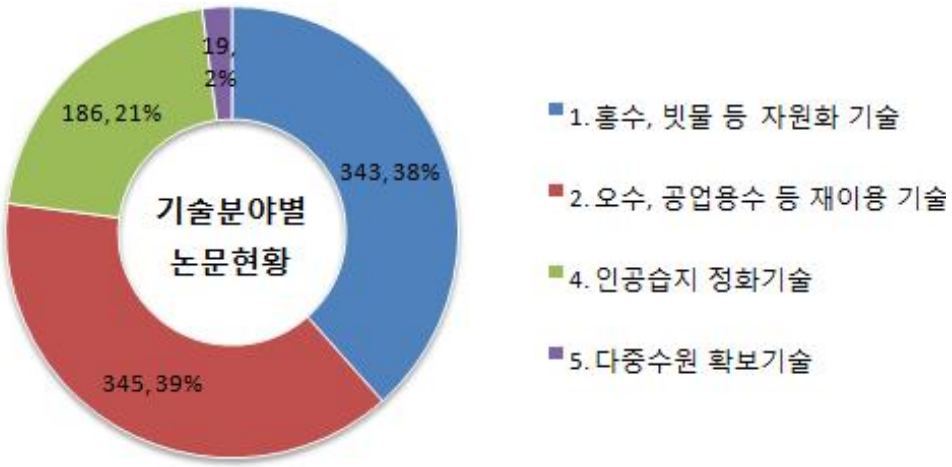
- 미국은 237편을 발표하여 21%의 비중을 차지하고 있고, 호주는 99편 9%, 중국은 85편 7%로 나타남
- 상위 5개국과 우리나라를 제외한 기타 국가의 비중이 49%를 차지하고 있어서 전세계적으로 연구가 확산되어 있음



□ 기술분야별 논문발표 현황

○ 통합 물자원 관리 기술 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 비오수, 공업용수 등 재이용 기술 345건, 39%, 홍수, 빗물 등 자원화 기술 343건, 38%으로 많은 비중을 차지하고 있음

- 다중수원확보기술과 관련된 논문은 19건으로 전체 2%에 불과하였고, 특히 물자원통합관리/활용시스템 관련된 논문이 SCI급 저널에서 발표되지 않았음



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ 통합 물자원 관리와 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, CRANFIELD UNIV, CHINESE ACAD SCI, US GEOL SURVEY, BEN GURION UNIV NEGEV, CSIRO 등으로 나타남

- CRANFIELD UNIV는 통합 물자원 관리 분야에서 20편의 논문이 발표되어 2%의 점유율을 나타냄

- CHINESE ACAD SCI는 LID물순환도시 분야에서도 높은 순위를 차지하여 수자원 에너지 기반의 물순환 기술과 관련된 다양한 분야에서 활발한 연구활동을 나타내고 있음

○ 주요 연구자로는 JEFFERSON, B(Ben Gurion Univ Negev, Israel)가 13편, FRIEDLER, E(Technion Israel Inst Technol, Israel)가 11편의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ 통합 물자원 관리와 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, JDESALINATION, ECOLOGICAL ENGINEERING 순으로 나타남

- WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY는 통합 물자원 관리 분야에서 96편의 논문이 발표되어 11%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
CRANFIELD UNIV	20	JEFFERSON, B (Ben Gurion Univ Negev, Israel)	13	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	96
CHINESE ACAD SCI	19	FRIEDLER, E (Technion Israel Inst Technol, Israel)	11	DESALINATION	60
US GEOL SURVEY	13	STEPHENSON, T (Cranfield Univ, England)	10	ECOLOGICAL ENGINEERING	32
BEN GURION UNIV NEGEV	12	GROSS, A (Ben Gurion Univ Negev, Israel)	9	WATER RESEARCH	23
CSIRO	11	OTTERPOHL, R (Hamburg Univ Technol, Germany)	9	RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING	17

□ 주요 피인용 논문 정보

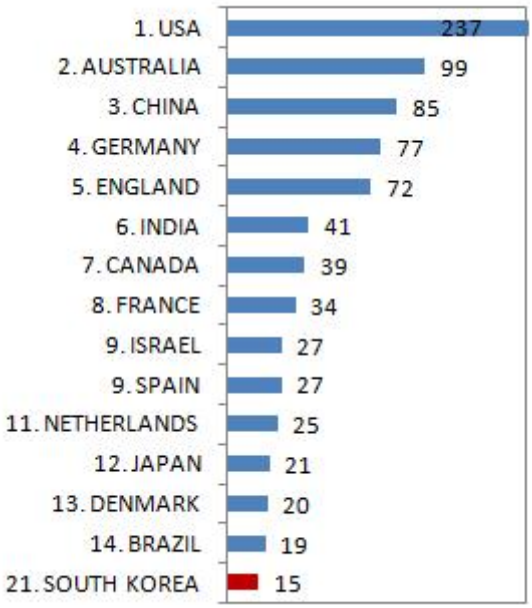
○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	REMOBILIZATION OF THE CONTINENTAL LITHOSPHERE BY A MANTLE PLUME - MAJOR-ELEMENT, TRACE-ELEMENT, AND SR-ISOTOPE, ND-ISOTOPE, AND PB-ISOTOPE EVIDENCE FROM PICRITIC AND THOLEIITIC LAVAS OF THE NORILSK DISTRICT, SIBERIAN TRAP, RUSSIA	CONTRIBUTIONS TO MINERALOGY AND PETROLOGY	LIGHTFOOT PC, HAWKESWORTH CJ, HERGT J, et al.	1993	140
2	The role of dissolved organic matter, particularly free amino acids and humic substances, in freshwater ecosystems	FRESHWATER BIOLOGY	Thomas JD	1997	78
4	POTENTIAL USE OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATERS	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONM	DUNBABIN JS, BOWMER	1992	114

	CONTAINING METALS	ENT	KH		
5	Groundwater recharge: an overview of processes and challenges	HYDROGEOLOGY JOURNAL	de Vries JJ, Simmers I	2002	74

□ 국가 경쟁력 순위

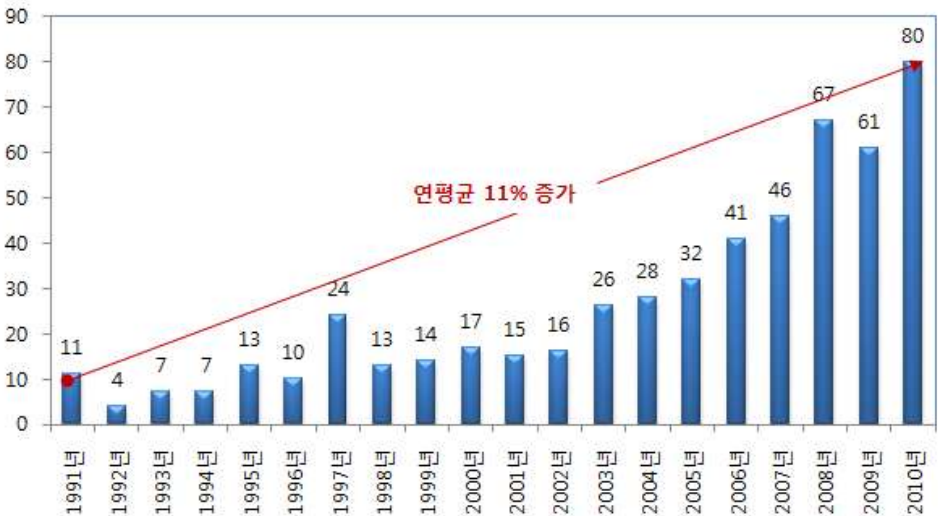
○ LID 물순환 도시와 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 12건을 발표하여 11위로 나타남



다. 물순환 과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

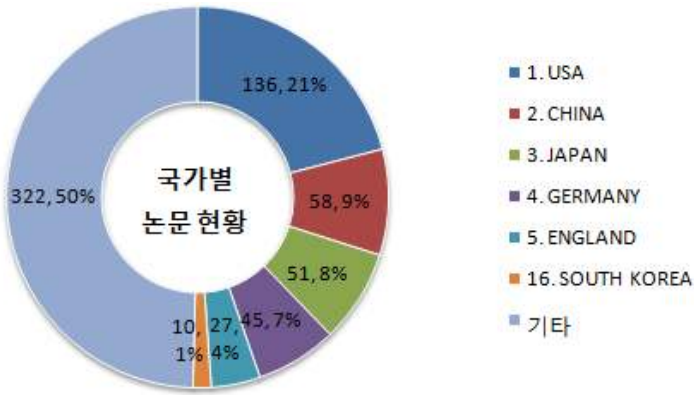
○ 1991년 이후 총 532편이 발표되었고, 1991년에 11편, 2010년에 80편이 발표되어 연평균 11%의 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 질적으로 우수한 논문을 발표하고 있는 나라는 미국, 중국, 일본 순으로 나타났고, 우리나라는 10건을 발표하여 16위로 나타남

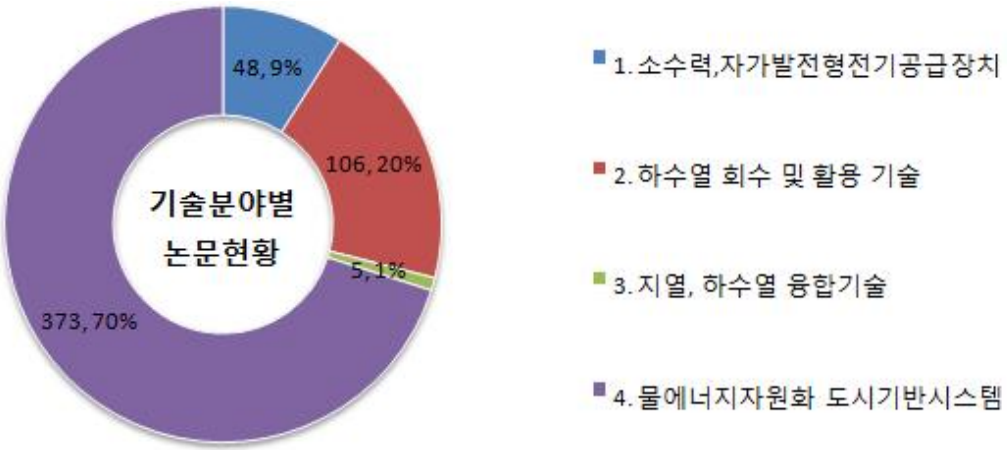
- 미국은 136편을 발표하여 21%의 비중을 차지하고 있고, 중국은 58편 9%, 일본은 51편 8%로 나타남
- 상위 5개국과 우리나라를 제외한 기타 국가의 비중이 50%를 차지하고 있어서 전 세계적으로 연구가 확산되어 있음



□ 기술분류별 논문발표 현황

○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 물에너지자원화 도시기반시스템 기술이 373건이 발표되어 전체의 70%를 차지하여 중요 관심 분야임을 나타냄

- 다음으로 논문발표가 활발한 분야는 하수열 회수 및 활용기술로 106편, 20%, 소수력, 자가발전형 전기공급장치 48편, 9%으로 나타남
- 지열, 하수열 융합기술과 관련된 SCI급 저널에서의 논문발표는 5편에 불과한 것으로 나타남



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화와 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, INDIAN INST TECHNOL, CHINESE ACAD SCI, USDA ARS, CSIC, UNIV FLORIDA 등으로 나타남

- CHINESE ACAD SCI는 수자원 에너지 기반의 물순환 기술과 관련된 다양한 분야에서 활발한 연구활동을 나타내고 있음

○ 주요 연구자로는 BLAIS, JF, DROGUI, P, MERCIER, G(Univ Quebec, Canada)가 각각 5편의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ LID 물순환 도시와 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 DESALINATION, WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, BIORESOURCE TECHNOLOGY 순으로 나타남

- DESALINATION는 통합 물자원 관리 분야에서 31편의 논문이 발표되어 6%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
INDIAN INST TECHNOL	9	BLAIS, JF (Univ Quebec, Canada)	5	DESALINATION	31
CHINESE ACAD SCI	8	DROGUI, P(Univ Quebec, Canada)	5	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	18
USDA ARS	7	MERCIER, G (Univ Quebec, Canada)	5	BIORESOURCE TECHNOLOGY	12
CSIC	6	JAUNCEY, K (Univ Stirling, Scotland)	4	RENEWABLE ENERGY	11
UNIV FLORIDA	6	MU, Y(Univ Queensland, Australia)	4	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	10

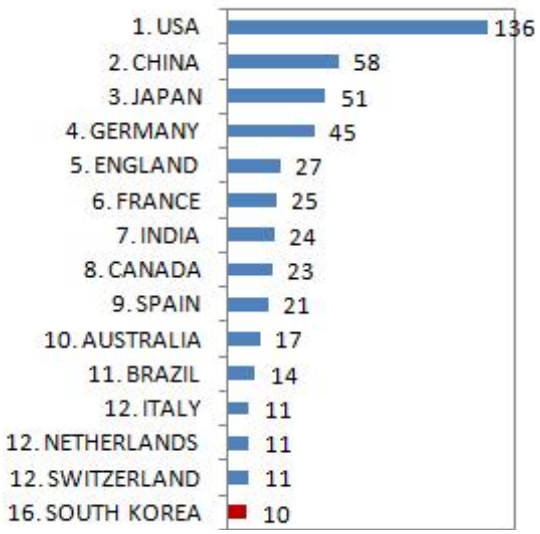
□ 주요 피인용 논문 정보

○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	Small hydro power: technology and current status	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Paish O	2002	36
2	The role of dissolved organic matter, particularly free amino acids and humic substances, in freshwater ecosystems	FRESHWATER BIOLOGY	Thomas JD	1997	78
3	Use of solar assisted geothermal heat pump and small wind turbine systems for heating agricultural and residential buildings	ENERGY	Ozgener O	2010	5
4	Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna	OCEANOGRAPHY AND MARINE BIOLOGY - AN ANNUAL REVIEW, VOL 33 Book Series: OCEANOGRAPHY AND MARINE BIOLOGY	Diaz RJ, Rosenberg R	1995	693

□ 국가 경쟁력 순위

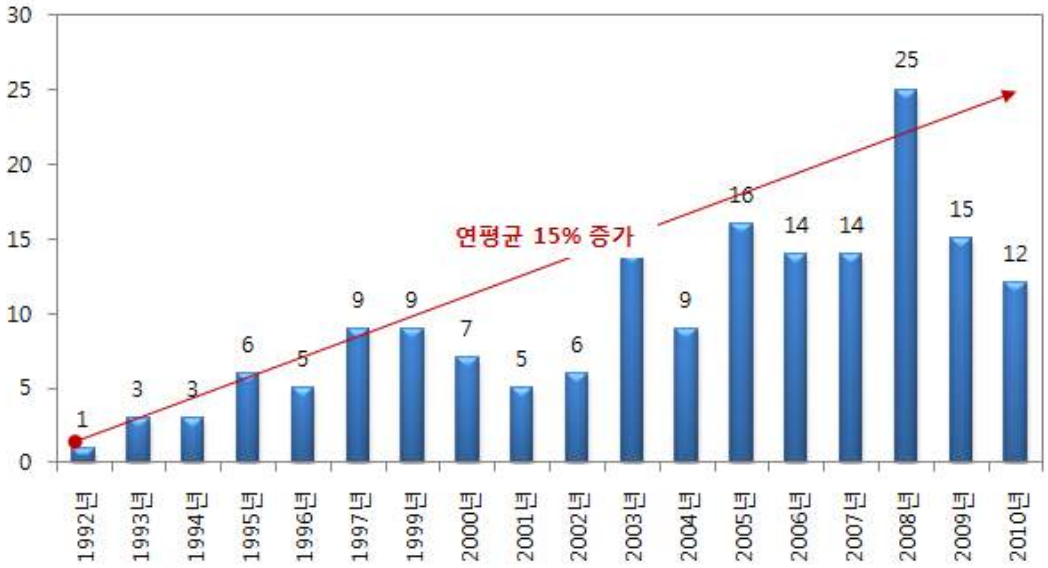
○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화와 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 10건을 발표하여 16위로 나타남



라. 이동형 상수 공급 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

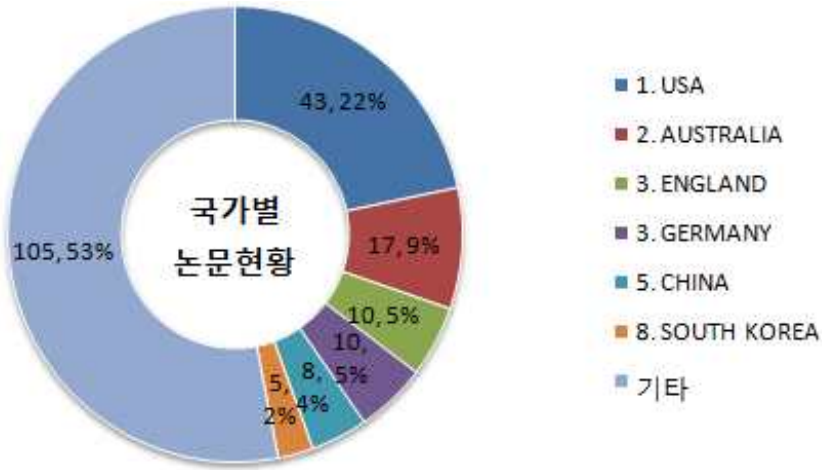
○ 1991년 이후 총 538편이 발표되었고, 1991년에 8편, 2010년에 66편이 발표되어 연평균 13%의 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 질적으로 우수한 논문을 발표하고 있는 나라는 미국, 호주, 영국 순으로 나타났고, 우리나라는 5건을 발표하여 8위로 나타남

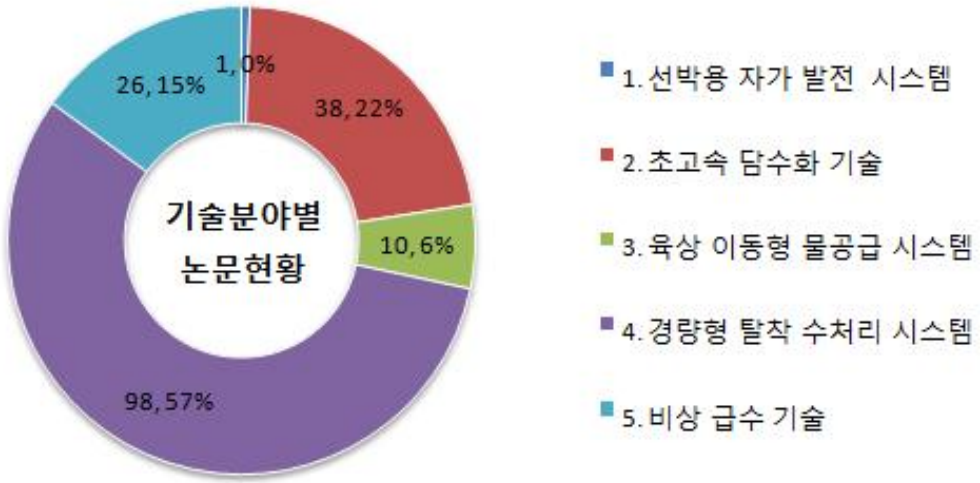
- 미국은 43편을 발표하여 22%의 비중을 차지하고 있고, 호주는 17편 9%, 영국은 10편 5%로 나타남
- 상위 5개국과 우리나라를 제외한 기타 국가의 비중이 53%를 차지하고 있어서 전세계적으로 연구가 확산되어 있음



□ 기술분류별 논문발표 현황

○ 이동형 상수 공급 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 경량형 탈착 수처리 시스템 기술이 98건이 발표되어 전체의 57%를 차지하여 중요 관심 분야임을 나타냄

- 다음으로 논문발표가 활발한 분야는 초고속 담수화 기술 38편 22%, 비상급수 기술 26편 15%를 나타냄



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ 이동형 상수 공급과 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, ARISTOTLE UNIV THESSALONIKI, BEN GURION UNIV NEGEV, CSIRO, JORDAN UNIV SCI & TECHNOL, KURUME NATL COLL TECHNOL 등으로 나타남

- 논문건수로 살펴본 주요 연구기관별로 3~4건의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ 주요 연구자로는 BANAT, F(Jordan Univ Sci & Technol, Jordan), DALTROPHE, N(Ben Gurion Univ Negev, Israel), LEIKNES, T(Norwegian Univ Sci & Technol, Norway), NAKATAKE, Y, TANAKA, H(Kurume Natl Coll Technol, Japan)가 각각 3건의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ 이동형 상수 공급과 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 DESALINATION, WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE, 순으로 나타남

- DESALINATION는 이동형 상수 공급 분야에서 46편의 논문이 발표되어 27%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
ARISTOTLE UNIV THESSALONIKI	4	BANAT, F (Jordan Univ Sci & Technol, Jordan)	3	DESALINATION	46
BEN GURION UNIV NEGEV	3	DALTROPHE, N (Ben Gurion Univ Negev, Israel)	3	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	11
CSIRO	3	LEIKNES, T (Norwegian Univ Sci & Technol, Norway)	3	JOURNAL OF MEMBRANE SCIENCE	7
JORDAN UNIV SCI & TECHNOL	3	NAKATAKE, Y (Kurume Natl Coll Technol, Japan)	3	WATER RESEARCH	5
KURUME NATL COLL TECHNOL	3	TANAKA, H (Kurume Natl Coll Technol, Japan)	3	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	3

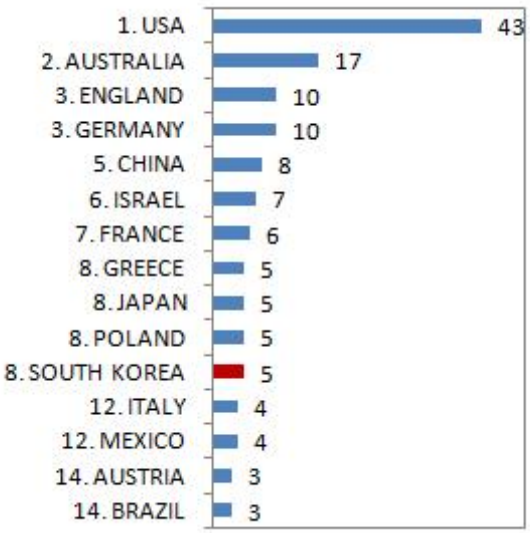
□ 주요 피인용 논문 정보

○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용횟수
1	Effects of Treated Municipal Wastewater and Sea Water Irrigation on Soil and Plant Characteristics	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH	Ahmed TA, Al-Hajri HH	2009	0
2	Small reverse osmosis units using PV systems for water purification in rural places	DESALINATION	Joyce A, Loureiro D, Rodrigues C, et al.	2001	26
3	A field-deployable instrument for the measurement and speciation of arsenic in potable water	ANALYTICA CHIMICA ACTA	Huang HL, Dasgupta PK	1999	58
4	PERSISTENT COLONIZATION OF NOTABLE WATER AS A SOURCE OF MYCOBACTERIUM-AVIUM INFECTION IN AIDS	LANCET	VONREYN CF, MASLOW JN, BARBER TW, et al.	1994	238
5	Water desalination using heat pumps	ENERGY	Siqueiros J, Holland FA	2000	13

□ 국가 경쟁력 순위

○ 이동형 상수공급과 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 5건을 발표하여 그리스, 일본, 폴란드 등과 공동으로 8위를 기록함



다. 기술경쟁력 분석

(1) 국내 기술동향

□ LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발

○ 우리나라는 도시화에 의한 물순환 왜곡과 기후변화 대응을 위해 1990년대 후반부터 도시 물순환의 건전화 기술에 대한 관심이 커지고 있음

○ 2001년부터 10년간 수행중인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 (연구비: 1,475 억원)의 일환으로 우수저류 및 활용기술개발과 안양천 유역의 물순환 건전화 기술적용 연구 등이 진행되어 분산형 빗물관리와 유역단위에서의 물순환 건전화를 위한 기술들이 확보되고 있음

○ 요소기술과 부분 적용을 중심으로 한 국내의 LID 연구 사례

- LID 기술은 주로 빗물 이용 및 침투 시설 개발, 유출 저감 분석, 설치 규모 및 공동주택단지 내 일부 적용 방안 등 주로 요소 기술과 부분 적용에 관련된 연구들이 수행되어 옴 (현경학, 2010)
- 현장에 설치한 도로 침투통의 강우 및 수위 자료를 이용하여 실제 강우 사상에 대해 평균 70%의 총유출량 저감 효과 등 실측 (장복진, 여운광, 2002)
- 한국의 총 세대수 중 거의 50%를 차지하는 공동주택단지의 건설로 인한 빗물 유출 증가율은 개발 이전에 비해 약 10-40% 증가하는 것으로 분석되었으며 (이태구, 한영애, 2006), 이는 공동주택단지 개발 이전의 물순환 상태를 유지하기 위해서는 10-40%에 이르는 유출 증가량을 단지 내에서 침투, 저류시켜야 자연적인 물순환을 도모할 수 있다는 의미임

○ LID 기술의 적용 방안

- LID 기술은 개발로 인한 영향을 최소화 하는 것으로써 개발이전 상태의 물순환과 식생 및 토양층의 유지를 기반으로 함.
- 적용 가능한 기술로는 빗물침투, 저류, 식재, 물길조성 등이 있으며, 적용사례를 그림 2에 나타냄.
- 홈통받이: 지붕면 등 불투수면에서 유출되는 빗물을 일부 정화단계를 거쳐 토양층으로 침투 유도함
- 침투연못: 침투가 가능한 투수성 바닥과 식생으로 구성된 연못으로 저류와 침투의 기능을 가지며, 수생태계의 조성이 가능함
- 충전쇄석: 침투된 빗물의 침루를 효율적으로 유도함
- 자갈충전배수로: 빗물유출수를 하천 또는 배수 관거 시스템으로 유도하면서 정화, 증발, 저류 기능을 가짐

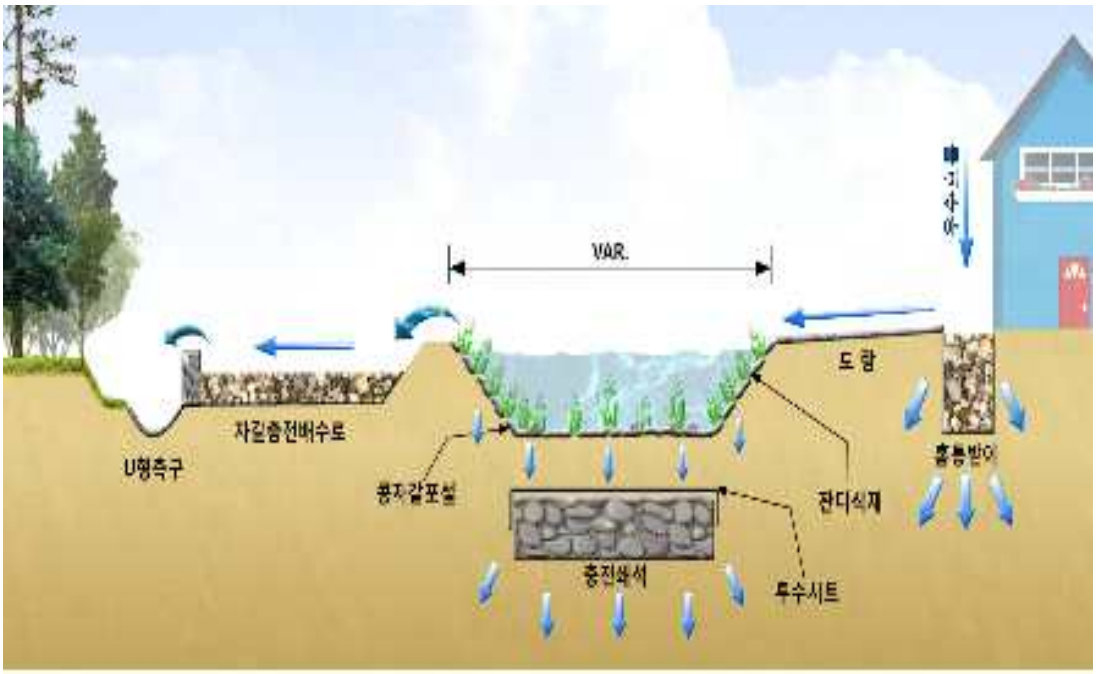


그림 2.13 공동주택, 공공시설 또는 학교 및 녹지 빗물관리(안)(현경학 등, 2008)

○ 국내 빗물관리 시설은 2008년 조사에 의하면 총 372개소이며 저류용량은 24만 ㎥/d인 것으로 나타남

- 빗물관리 시설의 17만 ㎥이 서울시에 위치한 시설로서 지역적인 편중도가 높음
- 빗물관리 시설 전체 시설의 37%가 아파트 등 공동주택단지에 설치된 시설로서 공동주택에서의 빗물관리가 중요한 것으로 나타남

○ 빗물관리 관련 외국 기술의 무분별한 수입을 억제하고, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 국내 독자기술의 고도화 및 빗물산업 육성을 위해 이에 대한 지속적인 연구개발이 필요함

□ 통합 물자원 관리 시스템 개발

○ 지능형 물 공급망 기술에 대한 관심이 높아지고 있으나 관련기술의 확보가 미비한 실정임

○ 공업용수 재생기술에 대한 연구는 국내외적으로 하수재이용분야의 한 연구주제로서 진행되고 있는 추세임

○ 국내의 경우 산업관련 하·폐수 재이용분야는 특정산업(제지, 금속, 염색 등) 폐수처리 연구를 통해 진행 되고 있음

- 1992년부터 환경부 주관으로 과학기술처 및 통상산업부 등이 참여하는 국책사업의 일환으로 생활하수 및 산업폐수 재이용 기술 관련 연구가 9년간 추진되었음
- MBR 기술은 대우건설, 한화건설, 코오롱, KMS 등 다수 업체에서 보유하고 있으며 막모듈의 국산화 및 신규 공정개발이 추진되고 있음

○ 공업용수는 산업별(염색 vs. 철강)로 성상이 다를 뿐만 아니라, 같은 산업 내에서도 사용용도에 따라 다른 수량과 질(보일러용수, 세정용수, 제품처리용수, 냉각수등)이 요구됨

○ 첨단의 요소기술 개발뿐만 아니라 산업 및 공정에서 공업용수 필요정도에 따른 맞춤형 요

소기술의 선택(멤브레인 vs. 생물학적 처리)이 중요함

□ 물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발

○ Kwater에서 국제 규격에 적합한 소수력 성능 시험설비를 구축하여, 국내에서 소수력발전 설비의 기술 평가가 가능해짐

○ 수자원을 냉난방에 활용하는 시스템이 개발되어 설치되고 있음

표 2.24 수자원 활용 냉난방 시스템 개발 및 국내설치 사례

열 원		적 용 장 소
하수	처리수	탄동하수처리장(50RT), 대구 서부하수처리장(100RT) 등
	생하수	한전 생활연수원(40RT), 경주 토비스콘도(160RT)
원 수		주암댐(10RT), 대청댐(60RT-Hybrid), 청주정수장(30RT) 등
해 수		여수 양식장(50RT), 해양대 국제교류관(60-75RT)

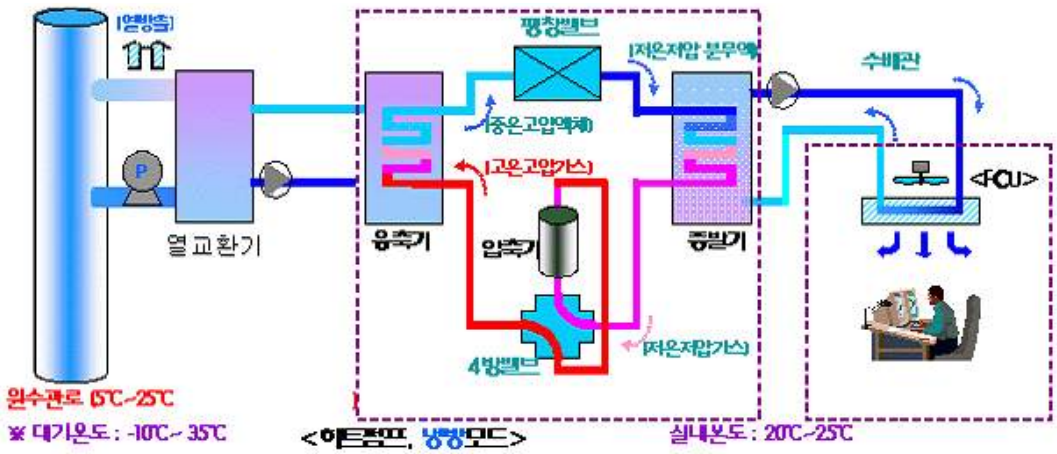


그림 2.14 수자원 활용 냉난방시스템 사례

○ 코오롱건설(주)에서 지중열과 하수열의 히트펌프 시스템을 개발하여 적용 중에 있음

○ 강변여과수 활용 에너지 회수 기술

- 창원 대상정수장, 강변여과수 활용 히트펌프 설치
- 농어촌공사와 공동연구추진 (진주시 원예재배단지)

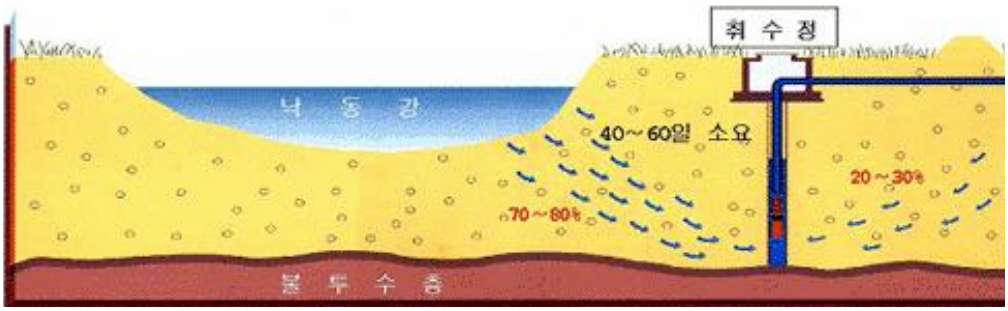


그림 2.15 강변여과수 모식도 및 온도 분포

○ 수면 태양광 발전 기술 개발

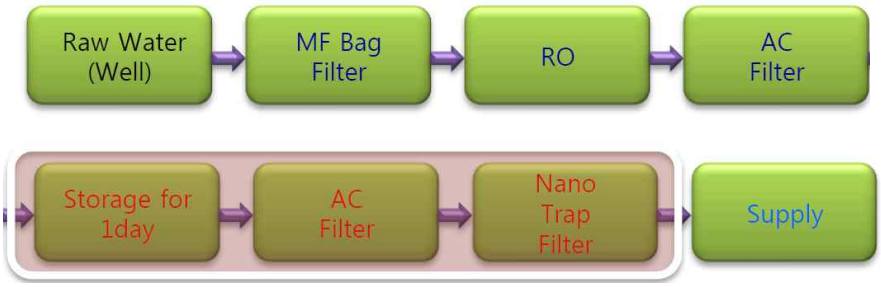
- 국토가 협소하므로 국내실정에 적합한 에너지 생산 기술로써, 대형 다목적댐의 1%에 적용시 소양강 수력 발전의 1.5배의 발전량 가능
- 충남 당진군의 석문저수지와 청평양수발전소 상부댐에 각각 2 kW 및 5 kW의 시험설비 가동 중임

□ 이동형 상수공급 시스템 개발

○ 국내에서는 하천수를 대상으로 시간당 120톤 규모의 이동형 여과정수 장치가 개발되어 천변 수영장 등의 용수 공급에 활용되고 있음

○ 캄보디아에 국내 기술의 육상 이동형 상수 공급 시설이 개발 및 설치됨

- 대상원수는 지하수로써 생산량은 30 m^3/일이며, 하루 3~4시간 생산함
- 주요 공정



세부기술명	LID 기반의 물순환 도시 조성 기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한국인공지반녹화협회	인공구조물에 식재 또는 수공간 조성	저관리 경량형, 관리 중량형, 혼합형 인공지반 녹화	에너지 비용절감, 경관 향상, 도시생태계 복원, 기후조절, 오염저감
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술연구원	수처리 기능의 집수, 저류 장치	지표면으로부터의 우수 등의 물이 투수되도록 하고, 투수된 물이 정화되어 저류될 수 있도록 한, 수처리 기능형 집수 및 저류 장치	·불투수층 감소 ·우수유출 억제로 홍수피해 저감 ·조경용수, 소방용수 등 으로 활용
		도로의 온도상승 방지용 포장시스템	도로 지하에 설치된 열교환장치를 이용하여 도로에서 발생한 열을 히트파이프를 이용하여 열교환하여 냉각시켜 도로의 지면온도를 저감	·도심지 열섬현상 제어 ·살수용수, 조경용수 등 활용

세부기술명	통합 물자원 관리 시스템 개발			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	(주)삼성엔지니어링	전기투석과 역삼투막에 의한 산폐수의 재이용 방법	높은 처리 효율, 화학약품 사용량 절감으로 슬러지 발생량을 감소와 공업용수로서 재이용이 가능한 처리수 생산	·재생기간을 연장 및냉각수 배출량 절감 ·여과 장치에 따른 초기투자비 및 운전비없이 용수공급
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국수자원공사	유역통합 물관리 의사결정지원방법	보다 정확한 유역의 유출량 산정과 유역의 한정된 수자원을 최적으로 공급 및 배분	·효율적인 통합관리 및 추가적인 수자원 확보가 가능
	한국건설기술연구원	통합우수관리시스템 및 방법	무강우, 강우시에 우수저류 침투시설을 효과적으로 관리할 수 있는 원격 모니터링 및 제어시스템 개발	·유지비 경감과 체계적인 시설 유지관리 및 데이터 축적 ·치수효과를 극대화

세부기술명	물순환 과정의 에너지 활용 기술 개발			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	코오롱건설(주)	지중열과 하수열의 히트펌프시스템	주열원으로 지중열과 보조열원으로 하수열을 이용하여 냉난방시스템	·효율적인 냉난방 시스템을 운용 ·시스템 유지 및 운용 비용 최소화
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	Kwater 연구원	소수력 발전 평가기술 개발	국제규격에 적합한 소수력 성능시험설비 구축	신재생에너지 설비 성능평가기관 등록 ('11.3)

세부기술명	이동형 상수공급 시스템			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	케이원에코텍(주)	이동형 디지털 여과정수 장치	하천수를 대상으로 시간당 120톤 규모의 이동형 여과정수 장치	이동형 시스템으로 하천수를 용수로 공급
	에이스텍(주)	1KW급 이동형 발전기	이동성 용이	이동형 시스템의 적용성 증대
	웅진코웨이	Mobile Drinking Water System	원수→MF→RO→AC→저장→AC→Nano Trap →공급	캄보디아에서 지하수를 원수로 30㎥/day 공급

* 보유기술 및 연구개발 실적에는 기술개발 완료 및 완료예정 기간 추가

□ 관련 국가연구개발사업 과제를 제시하여 과제 중복성을 검토함

○ 국가 R&D 사업관리서비스 (NTIS)를 통해 Keywords로 "저영향개발, 빗물관리, 물 순환, 도시 물 자원화, 에너지 회수, 에너지 저감, 이동형 상수, LID (Low Impact Development), Water Cycle, Urban Water Mining, Energy Harvesting, Portable Water Supply System, watergy"를 선정하여 검색한 결과 중복되는 과제가 없음

(3) 국외 기술동향

□ LID 기반의 물순환 도시 조성 개발

○ 국가별로 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입되고 있음

- LID는 미국에서 유래한 개념으로, 지표수와 지하수 보호 능력을 키우고, 수생 자원과 생태계를 유지하기 위한 개발 방식임
- LID 기술개발의 기본적인 목표는 개발 전 상태로 해당 유역의 수문 특성을 유지하여

그 수역의 생태학적 완결성을 최대한 보호하는데 있음

- 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하고 이용하고 있음
- 선진국에서는 자연 순응형 개발(Sound Water Cycle on National Planning), 분산식 도시계획(Decentralized Urban Design), 영향 최소화 개발(Low Impact Development, LID), 지능형 물 그물망(Smart Water Grid), 지속가능한 도시계획(Water Sensitive Urban Design, WSUD) 등 다양한 새로운 용어가 만들어 지고 있음
- 주요 LID 기술에는 빗물정원(Rain garden), 옥상녹화, Bioretention, 빗물통, 수직홈통 배관 분리, Infiltration planter, Flow-through planter, 빗물이용, 투수성포장, 경관도랑, 도로 도랑, 주차장 도랑, 식생 여과대 등이 있음

○ 일본에서는 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 빗물관리가 활발하게 진행되고 있음

- 유역 내에 내린 빗물을 하천으로 빨리 배제하기 보다는 가능한 저류하고 침투시키도록 하고 있으며, 하천수를 유역 내로 유입시켜 하류의 침수를 방지하도록 유수지를 조성하고 있음
- 84개 회원사, 지자체 중심의 89개 특별회원으로 구성된 국토교통성 인가 법인인 (사)우수저류침투기술협회를 중심으로 기술지침, 민간에서 수행하는 빗물저류침투기술을 평가하여 인증하고 있음

○ 미국 LID 기술 및 적용 현황

- 분포형 혹은 분산형 소규모 시설을 이용하여 자연적인 강우 유출특성과 지하수 흐름을 조성함으로써 내수침수 관리 및 하천수질보전을 도모하고 있음
- 실행방법으로 배수구역 말단에 대규모 유수지 혹은 빗물펌프장을 조성하여 빗물을 운송, 처리하는 대신에, 소규모 빗물관리 및 활용 시설의 설치로 자연적인 배수 특징과 형태를 보전하고 있음
- 2009년 10월 5일 오바마 대통령은 행정부 지시(Executive Order 13514, Section 14)를 통해, 465 m^2 이상 규모인 연방시설물의 개발 또는 재개발할 경우, 강우 유출수의 수온, 용량, 유출률과 유출기간 등이 개발 전 수준의 수문학 특성을 갖도록 유지하거나 복원하는 계획, 설계, 시공 및 유지관리 지침(빗물관리 지침, Stormwater Guidance)을 60일 이내에 작성하도록 미국환경청(EPA, Environmental Protection Agency)에 요구함
- 미국환경청은 2009년 12월에 빗물관리 목표량 산정 기술 및 녹지기반시설(Green Infrastructure) /영향최소화개발(LID) 기반시설을 중심으로 빗물관리 지침을 작성하여 비가 내리는 대상 지역에서 1) 침투와 함양, 2) 증발산, 3)빗물이용을 적용하여 개발 전 수준의 수문학적 특성을 유지하거나 복원하도록 제시하고 있음

○ 유럽의 통합 도시 물관리 프로젝트 네트워크 (The network of European research projects on integrated urban water management) (http://daywater.enpc.fr/www.daywater.org/)

- 발생원 통합 우수관리를 통한 지속가능한 도시 물관리 전략 (the Integration of Stormwater Source Control into Sustainable Urban Water Management Strategies) 추진을 위한 의사결정지원 시스템 (An Adaptive Decision Support System) 과제를 진행함

- 영국, 프랑스, 스웨덴, 덴마크, 독일, 네덜란드와 그리스가 참가하여 진행한 것으로 빗물의 발생원 관리 촉진을 목표함

○ 독일의 경우 독일공업규격협회(DIN)와 물・하수・폐기물 협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술지침을 제시하고 있음

- DWA는 지자체, 연구소, 엔지니어, 대학 및 산업체 등 약 14,000명의 회원으로 구성된 단체로서, ATV-DVWK 등 협회 규정의 개발, 전문가 그룹을 통한 교육 훈련 프로그램의 운영, 전문서적을 발간하고 있음
- 다양한 LID 기술이 도입되어 활용되고 있음
-



그림 2.16 베를린 Rummelsburg 1 단지 주차장 빗물 유입 도랑(현 등, 2008a)

□ 통합 물자원 관리 시스템 개발

○ IBM 등 선진업체를 중심으로 "Smart Water Management" 기술 개발 진행 중임 (Malta, San Francisco 등에 일부 사업화)

○ 싱가포르에서는 다양한 수원을 활용하는 용수공급 시스템을 구축하였으며 (4 taps), 이를 바탕으로 세계 물산업 시장에 진출하고 있음

○ 순환형 물 및 물질순환

- 가정에서 발생하는 폐기물과 하수를 잠재적인 영양분, 에너지 및 수자원으로 보는 개념
- 발생원에서 하수처리 및 빗물관리를 통해 상수 소비량 25% 감소 가능
- 스웨덴 Hammarby 지구에 에너지, 물 및 폐기물에 대한 순환 물질순환을 고려한 Hammarby 모델 적용

○ 선진국인 미국·일본의 경우 하수재이용에 대한 연구를 1980년 이전부터 진행하여 풍부한 전문 인력을 확보하였음

- 핵심적인 요소기술로 2차 혹은 3차 처리를 거친 하폐수를 역삼투막으로 처리하여 공업

용수 등으로 활용하는 기술이 적용됨

- GE/zennon, Simens IIT 등이 막분야 선도적 기업이며, 다른 후발 국가들(싱가포르, 중국)에서도 선진국 대비 60%정도의 기술로 활발한 연구가 진행 중임

○ 호주의 통합물자원 관리 기술

- 호주의 Kogarah Council에서 도시개발과 세대내에서 활용할 수 있는 기술로써 새로운 용수 공급 방안 통합차원에서 물재생 프로젝트 실행을 통해 공원, 학교, 병원에서 하수, 빗물, 중수 재이용 등의 통합관리 수행
- 멜버른에서 중수와 빗물을 이용하는 아파트 단지 조성

□ 물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발

○ 일본에서는 건설성이 1994년도부터 하수도 열이용 모델사업을 창설하는 등 하수열을 유효하게 활용하여 냉난방 에너지를 절약하는 사례가 급증하고 있음

- 일본 동경 찌바시에 위치한 마쿠하리 신도시 내 Hi-Tech business 지역의 약 48.9ha에 1990년 4월부터 일본 최초로 하수처리수를 열원으로 하는 지역냉난방사업을 추진하여 연간 소비 전력량을 기준으로 내열 제조 시에는 약 7%, 온열 제조 시 약 33%의 에너지 절약 효과를 얻었으며, 또한 미활용에너지 및 축열조 시스템을 활용한 시스템과 공기열원 열펌프 이용 및 발전소에서 배출되는 연소배가스와 비교할 경우 이산화탄소의 저감이 약 39%(약 6,800t), 질소산화물은 약 40%(약 2,900t)을 저감함
- 하수열원을 이용한 미쿠하리 열펌프시스템은 공기열원 이용 열펌프 시스템에 비교하여 연간 12만 톤의 냉각수를 절약
- 하코자기 지구에서 하천수 이용 지역냉난방을 적용하여 에너지의 84% 대체함



그림 2.17 하코자기 지구 하천수 이용 지역냉난방 사례

- 수면 태양광 발전 기술을 개발하여 카메야마시의 빗물조정연못과 카가와현 유타카 저수지에 각각 시설용량 200 kW 및 5 kW의 시설 설치 운영중임

○ 유럽에서도 하수열을 이용한 냉·난방시스템이 널리 보급되고 있으며, 대표적인 사례로 스웨덴의 Goterborg Plant, Stockholm-Hammaby Plant와 노르웨이의 Baerum Plant, Sandvika Plant 등이 있음

○ 1997년부터 미국, 캐나다, 호주, 브라질, 인도, 멕시코, 필리핀, 남아프리카, 스리랑카 등 9개국이 연합하여 도시 물공급 시스템에서의 에너지 효율화를 위해 WATERGY 프로젝트를 수행하고 있음

○ 생활용수와 공업용수를 위해 수처리와 펌프에 사용하는 에너지가 전세계 에너지 소비의 2~3%에 해당하며, 수처리 시스템의 에너지 효율화를 통해 적어도 25%의 에너지를 절감할 수 있음.

○ 브라질의 포르탈레자(Fortaleza)에서는 에너지 효율화 프로그램을 적용한 후 첫 해에 5 MW의 전력을 절감함.

○ 인도의 인도레(Indore)시는 투자 비용 없이 기존 가동 중인 펌프의 이용 효율화를 통해 1백6십만 루피(US $35,000)를 절약함

□ 이동형 상수공급 시스템 개발

○ 이동형 상수 55%는 resin system이며, 34%는 막분리 기술 그리고 전기응집 등의 기타 기술이 11%를 차지하고 있음

- Resin system의 85%는 이온교환 공법이며, 광물성분 제거 및 연수화 공법 등이 있음
- 막분리법의 80%가 역삼투 공법이며, 이외에 MF, UF 등의 막분리 공법이 적용되고 있음

○ GE사 등은 일시적 물 부족 해소를 위해 Mobile Water System을 개발하여 물 부족 지역에 공급하고 있음

○ 최근 사우디의 WETICO사는 선박에 해수담수화 시설을 탑재하여 Jeddah시에 2년간 공급계약을 맺어 음용수 공급하고 있음

○ 아디티 등 재난 국가에 대해 UN에서 긴급 구호 설비로서 상수공급 시스템을 공급하고 있으며, 자가 에너지원을 탑재한 형태로서 개발되고 있음

기 술 명	기술수준		
	최고기술보유국	기술수준(%)	기술격차(년)
LID 기반의 물순환 도시 조성 개발	독일	90%	15
통합 물자원 관리 시스템 개발	미국	80%	10
물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발	일본	90%	20
이동형 상수공급 시스템 개발	미국	80%	10

세부기술명	LID 기반의 물순환 도시 조성 기술			
국외 기관/업체 연구/보유 기술	기관/업체 (국가)	연구실적 또는 보유 기술	연구내용 또는 기술 특징	성과물 또는 기술적용 효과
	SEKISUI CHEM (일본)	빗물 집수 및 저류 기술	플라스틱 제품을 적층하여 빗물을 집수 및 저류	·기존 콘크리트 저류조에 비해 짧은 시공과 저렴한 유지보수비로 비용 절감
	EBATA KK (일본)	플라스틱 저류 시스템	빗물 저장과 침투를 동시에 제공하는 저류시스템	·수처리 시설 및 관련 시설 ·자원 재활용 시설
	WISY (독일)	빗물이용시스템	압축력에 강하고 이동성이 편리한 빗물 저장 탱크	·WISY Rainwater storage Tank ·Vortex Fine Filter

세부기술명	통합 물자원 관리 시스템 개발			
국외 기관/업체 연구/보유 기술	기관/업체 (국가)	연구실적 또는 보유 기술	연구내용 또는 기술 특징	성과물 또는 기술적용 효과
	PUB (싱가포르)	Water Reclamation Study (NEWater Study)	싱가포르의 안정적인 물 공급을 위한 연구	·NEWater
	IBM (미국)	스마트 워터그리드	센싱시스템에 기반한 수질 측정, 실시간 모니터링 등 제공으로 수자원 관리의 효율화와 Green Business 측면에서 의사 결정 도움	·Smart water services and technologies

세부기술명	물순환 과정의 에너지 활용 기술 개발			
국외 기관/업체 연구/보유 기술	기관/업체 (국가)	연구실적 또는 보유 기술	연구내용 또는 기술 특징	성과물 또는 기술적용 효과
	RABTHERM (스위스)	하수열에너지 냉난방시스템	Space heating (potentially cooling and DHW)	·RABTHERM system - 2℃까지 쿨링 - 65℃까지 히팅

세부기술명	이동형 상수공급 시스템			
국외 기관/업체 연구/보유 기술	기관/업체 (국가)	연구실적 또는 보유 기술	연구내용 또는 기술 특징	성과물 또는 기술적용 효과
	GE사 (미국)	Mobile Water System	원격으로 모니터링 할 수 있는 수처리 시스템	·Mobile Water Scarcity Solution
	WETICO (사우디)	선박용 해수담수화 시설	물부족 지역에 이동형 해수담수화 기술 적용	·실증화 사업

4. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

(1) 분석개요

□ 분석절차

○ 본 과제에서 연구 인력, 연구 기자재, 해외 협력기관에 대한 인프라 현황을 정량적으로 조사하기 위하여 검색범위를 설정

○ 본 과제와 밀접한 관계가 있는 각 기관의 웹사이트 검색 및 기관의 전문가를 대상으로 연구 인력 인프라, 연구 기자재 인프라 조사

○ 본 과제와 연계되어 있는 각 기관의 웹사이트의 검색 및 국가 R&D 정보 지식 포털 등을 통한 협력 해외기관의 인프라 조사

○ 검색된 자료를 기반으로 본 과제의 기획 연구 분류에 따라 자료 필터링

○ 검색된 결과를 바탕으로 인력, 기자재, 해외협력 기관에 대한 인프라 현황을 정략적으로 분석

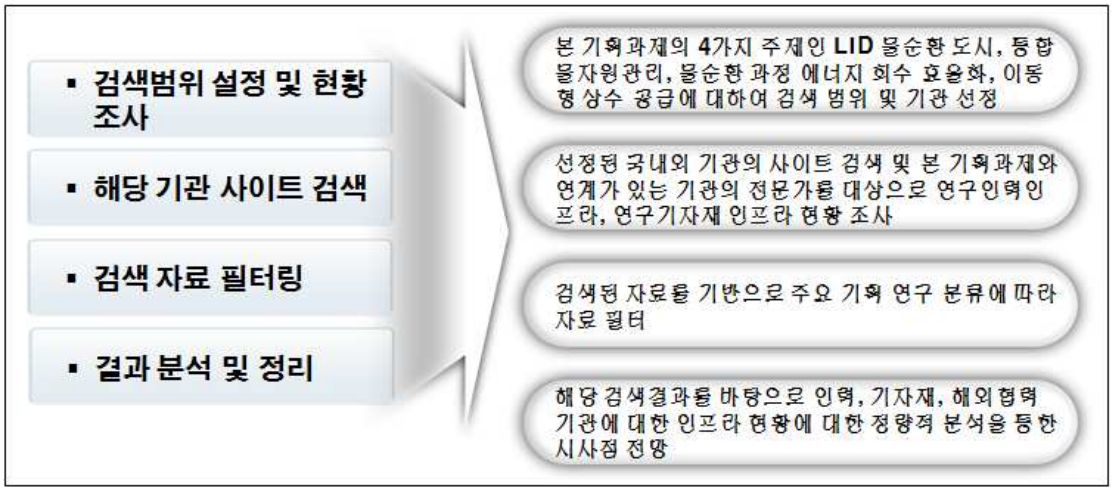


그림 2.18 인프라 분석 절차 체계도

□ 분석범위

○ 인프라 현황 조사는 국내·외 연구소 및 대학 기관이 다양하나 본 과제에 참여하고 있는 한국건설기술연구원, 한국수자원공사, 한국토지주택공사를 주요 대상으로 하였음

○ 이외 한국환경정책평가연구원, 환경관리공단 등을 대상으로 인프라 현황 조사를 실시하였음

○ 해외협력 기관의 인프라 현황조사는 국내의 주요 기관의 검색을 통하여 협력 기관을 조사하였음

○ 본 조사는 각 해당 연구기관의 본 과제와 관련되는 연구영역 및 연구방향 등에 적합한지 타당성 검토 후 실시하였음

표 2.25 국내외의 연구기관 및 대학

기관별	국 내	국 외
연구소	◆ 한국건설기술연구원 ◆ 한국토지주택공사 ◆ 한국수자원공사 ◆ 환경관리공단 ◆ 한국환경정책평가연구원 ◆ 한국환경공단 ◆ 한국과학기술연구원 ◆ 한국에너지기술연구원 ◆ 국토연구원 ◆ 과학기술정책연구원	◆ 대만건설연구원(TCRI) ◆ 중국장강과학원 ◆ 중국요녕성건축과학연구원 ◆ 중국산동성수리과학연구원 ◆ Ground Water Solution, Inc(GSI) ◆ Tellus Institute ◆ Hydrologic Research Center ◆ United States Geological Survey ◆ Center for Energy and Environmental Policy Research ◆ Institute for Global Environmental Strategies ◆ National Institute for Environmental Studies ◆ Singapore Institute of International Affairs ◆ Thailand Environment Institute ◆ The Energy and Resources Institute ◆ Institute of Biology and Soil Sciences ◆ Tunis International Center for Environmental Technologies ◆ UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment
대학	◆ 서울대학교 ◆ 부산대학교 ◆ 공주대학교 ◆ KAIST	◆ 브라운슈바이크기술대학 ◆ Colorado State University ◆ TU Berlin (베를린공과대학) ◆ University of Waterloo ◆ Auburn University ◆ University of Koblenz Landau ◆ University of ◆ Washington ◆ Ohio State University ◆ University of Central Florida ◆ Auburn University ◆ McGill University ◆ University of california, berkeley ◆ University of delaware ◆ Yanbian University ◆ Far-Eastern National Technical University

(2) 분석결과

□ 연구 인력 인프라

○ 성공적인 R&D 사업을 위해서는 실제 R&D 사업을 수행하는 역량있는 인력이 중요함

○ 국내 건설교통 R&D 인력 중 본 기획과제인 수자원에너지 기반의 물순환 기술과 연관된 학문분야의 연구인력을 비교한 결과 수리 및 수문 분야는 약 400명, 상하수도 분야는 약 200명 정도의 연구인력이 있는 것으로 나타남(건설교통부, 2006)

○ 대략적인 학위분포는 수리 및 수문 분야 박사 25%, 석사 25%, 학사 50%으로 박사인력의 대부분이 교수인 것으로 나타났고, 상하수도 분야 박사 35%, 석사 15%, 학사 50%로 나타

남

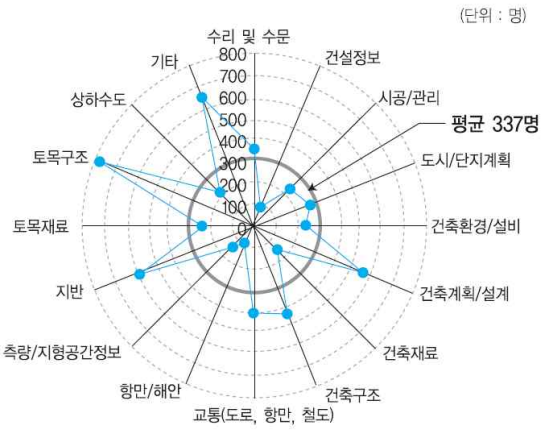


그림 2.19 국내 건설 R&D 인력분포

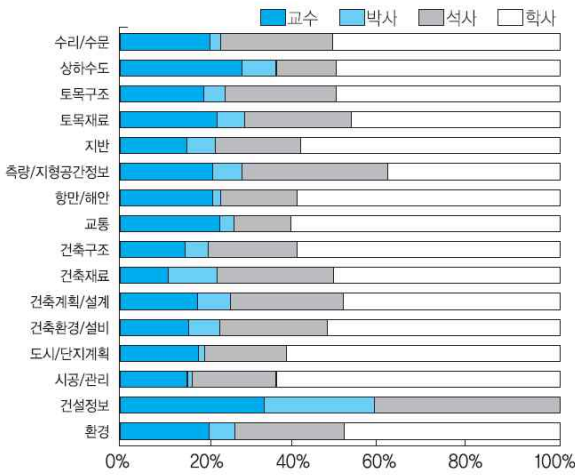


그림 2.20 국내 건설인력 학위분포

※ 출처: 건설교통 R&D 혁신로드맵, 건설교통부, 2006

□ 연구 기자재 인프라

○ 국내 주요 연구기관의 분야별 연구시설 및 장비 보유현황은 아래표와 같음

○ 국내 대학의 우수한 연구인력을 육성하기 위한 BK21 사업단[2] 중 본 기획과제인 수자원

분야별	주요시설	기자재	보유기관
LID 물순환 도시 조성기술 개발		- 적외선 열측정장치 - 콘크리트 믹서기 - 모르타르 믹서기 - 열화상 카메라 - 만능재료 시험기 - 토양수분측정기 - 건축재료 투습성 측정장치 - 공극구조 측정장치 - 초기우수시설 평가장치 - 알베도 측정센서	한국건설기술연구원
		- 일축압축시험기(1000N) - 표준관입시험기 - 피에조콘 - 오가보링기 - 현장밀도시험기 (6,8,12 inch) - 휴대용 초음파 유속계 - 휴대용 관유속계	한국토지주택공사
	- 용담댐 시범유역(수리, 수문, 수질, 기상 자료 생성) - 하천 수질정화 파이롯 플랜트 - 유속계 검정 시험장 - 막여과 정수처리공정	- 열전도율측정기 - 진동삼축압축시험기 - 콘크리트초음파측정기 - Coupling Capacitor - 프로토콜아날라이져 - DC 내압용 Recorder - Wedge Tightness	한국수자원공사

분야별	주요시설	기자재	보유기관
		Detector - 저수심용 ADCP - 산업용 내시경 - 변압기 권선저항시험기 - 고압시험용 케이블 - 부분방전 신호변환기	
통합물자원 관리시스템 개발		- 수질계측기 - 초음파 DIPT 시스템 - 토양비저항 측정기 - 형광현미경	한국건설기술연구원
	- 정수공정 자동화 실증 플랜트 - 생물학적 하폐수 고도처리 시설	- 유량수질측정시스템 - 전자유량계 - 전원발생시험기 - 피뢰기 열화시험 장비 - 전력품질 분석모듈 - 휴대용 초음파 유량계 - 전력케이블 열화시험장비 - COMPRESSION TESTING MACHINE - 일축압축강도시험기 - CYLINER MOLDMOTER - MIXER PORTABLE - CONCRETE MIXER - 변수위투수시험기 - CUTTING MACHINE FOR CONCRETE	한국수자원공사
물순환과정 에너지 회수 및 효율화 기술개발		- 가스분석기 - 데이터로거 - 전기식 로타리 킬른 - 열전도측정기 - 이동식 초음파 유량계 - 가스여과장치	한국건설기술연구원
	- 용담댐 시범유역(수리, 수문, 수질, 기상 자료 생성)	- 압밀시험기 - 동탄성계수측정기 - 일축압축시험기 - 함수율시험기 - 항재하시험기 - 열전도율측정기 - 진동삼축압축시험기 - 콘크리트초음파측정기 - 핸디strainmeter내공변위계 - 수중촬영 장비셋트 - 수중강도 시험기 - 전자식 균열진행 Comperssometer - 자동다짐시험기 - 프레임워크스테이션시스템 - 자동제어계측 시스템 - Pressure Control Panel - 인디게이터내수압변위계	한국수자원공사
이동형 상수 공급 시스템	- 막여과 정수처리공정	- 증류수제조기 - 유량수질측정시스템	한국수자원공사

분야별	주요시설	기자재	보유기관
개발		- 염분농도측정기 - 시멘트안정도 시험기 - 상대밀도시험기 - 대형삼축압축시험기 - 체가름기 - 정수위투수시험기 - 액성한계시험기 - 적외선수분계 - 소구경 수도미터 실험장치	

○ 에너지 기반의 물순환 기술과 연관된 사업단은 공주대, 세종대, 연세대에 설치되어 있고, 주요 내용은 다음 표와 같음

대학	사업단	주요내용
공주대	비점오염 방재 전문인력양성사업	비전오염 방재전문 지식과 현장감을 겸비한 지역 선도형 인재양성 등
세종대	토목시설물방재 기술사업팀	이상기상현상을 고려한 토목시설물 수리•수문분석 기술 등
연세대	미래사회기반시설 산학연공동사업단	미래사회기반시설 분야의 4개 특화부분(기반시설 시스템, 수자원환경시스템, 정보경영 시스템 및 기술융합시스템)에서 연구중심대학으로서의 핵심영략 구축

○ 국내 주요 연구기관의 분야별 연구인력현황은 아래표와 같음

구 분	한국건설기술연구원	한국수자원공사	한국토지주택공사	계
LID 물순환 도시 조성기술 개발	45	15	30	90
통합물자원 관리시스템 개발	40	10	3	53
물순환과정 에너지 회수 및 효율화 기술개발	10	5	2	17
이동형 상수 공급 시스템 개발	7	5	3	15
계	102	35	38	175

□ 해외 협력기관 인프라

○ 한국건설기술연구원은 대만, 중국, 독일, 미국 등 주요국과 국제기구인 UN등과 MOU를 체결하고, 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

2) Brain Korea 21 사업은 교육과학기술부에서 지식기반사회를 주도할 창조적 고급인력을 양석하기 위한 세계수준의 대학원 및 지역 우수대학 육성을 내용으로 1999년부터 지원되었음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
대만	- 대만건설연구원(TCRI)	2010.10.19	- 신재생 에너지분야 국제협력 연구방안 구축 - 건설재료분야 협력방안 구축
중국	- 장강과학원(CRSRI)	2010.04.23	- 수자원분야 첨단 기술 공유 - 향후 공동연구과제 수행을 위한 기반 수립
UN	- 유엔아시아태평양 경제사회위원회 (UNESCAP)	2008.04.15	- 효율적인 수자원 물 관리 및 물 관련 재해 관리
독일	- 브라운슈바이크기술대학 (Technical University of Brauns Chweig)	2007.11.01	- 자연친화적 하천복원 기술 및 연구 성과교류
미국	- Colorado State University	2007.10.15	- 자연친화적 하천복원 기술 및 연구 성과교류

○ 한국수자원공사는 인도네시아, 인도 등과 MOU를 체결하고, 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
인도네시아	- ADB(아시아개발은행)	2009.08	- 수량, 수질 모니터링을 통한 DB 구축 및 수자원관리 및 계획 평가, 수질개선방안 성과 교류
인도	- 인도 NEC Energy	2005.08	- Nagaland 수력발전사업 설계/ 시공 운영관리 MOU 체결

○ 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 경우, 독일, 중국, 캐나다, 미국, 호주 등 주요국의 18개 기관과 기술교류를 하는 것으로 나타남

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
독일	- 배를린 공과 대학	2004.08.01	- 한국의 강우 특성을 고려한 공동주택 빗물관리 최적화 모형 개발
중국	- 산동성 수리과학원	2004.09.01	- 연해 지역 지하댐중 남아 있는 염수 관리 기법 연구
캐나다	- University of Waterloo	2004.07.01	- Evaluation of Groundwater Vulnerability and Remediation Design
미국	- Auburn University	2004.07.01	- Development and Validation of Efficient Numerical Schemes for Solving Reactive Transport Problems I
독일	- Institut fuer Grundwasseroekologie GbR	2004.07.01	- Monitoring and prediction of water quality and vulnerability mapping in Artificial recharge area

미국	- Groundwater Solution, Inc(GSI)	2004.07.01	- Development of ASR(Aquifer Storage and Recovery) System and Radial Collector Well Design
캐나다	- University of Waterloo	2004.07.01	- Numerical Modelling of Integrated Groundwater/Surface Water Flow and Contaminant Transport
미국	- Colorado State University	2004.04.01	- 경제성 및 지표수-지하수연계이용을 고려한 의사결정지원시스템 개발
호주	- Tjurunga	2004.08.01	- OpenGIS SensorWeb-Enabled Systems
독일	- Koblenz-Lan dau University	2003.02	- Development of management technique forartificially recharged groundwater using stygofauna
미국	- Tellus Institute	2003.02	- K-WEAP의 이수안전도 평가 모듈 개발
미국	- Hydrologic Research Center	2003.02	- 기상예보-수문모형 연계운영의 불확실성 해석
미국	- United States Geological Survey	2002.08	- SF6를 이용한 지하수 연령 및 유동 특성 분석
미국	- Ohio State University	2001.10	- SAT 수치모델 개발
미국	- University of Central Florida	2001.10	- 분리막을 이용한 용수재이용 시스템 개발 및 평가
미국	- Auburn University	2001.10	- Development of modeling tools for managing groundwater contamination problems
캐나다	- McGill University	2001.10	- Development and testing of a pestcide fate and transport model
미국	- Colorado State University	2001.10	- 수계내 물수지를 고려한 저수지군 준최적화 모형개발

○ 한국환경정책평가연구원은 일본, 중국 등 주요기관과 32건의 협약을 체결하여 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
러시아, 몽골	- 러시아 BINMSB RAS - 몽골 IGMAS	2009.05.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase III. Development and Evaluation of Integrated Water Management Model
아제르바이잔	- 아제르바이잔 National Geological Exploration Service	2009.03.	- 아제르바이잔 환경개선 마스터플랜 수립사업
몽골	- Mongolian Nature/Energy and Environment Consortium (MNEC)	2008.10.	- Review of Environmental Impact Assessment of Mongolia

베트남	- 베트남 기상수리연구소	2008.09.	- 베트남 환경교육센터 설립사업
러시아, 몽골	- 러시아 BINM SB RAS - 몽골 IGMAS	2008.06.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase II. Basin Assessment and Integrated Analysis
러시아	- 러시아 국립기술대학교 - 러시아과학원 극동분원	2008.01.	- 동북아지역 월경성 생태건전성평가 표준화를 위한 한-러 공동연구
중국	- 연변대학교	2008.02.	- 동북아 생태네트워크 추진체계 구축을 위한 연구
베트남	- 베트남 환경보호청	2007.110	- 베트남 지역별 환경보전장기계획 수립
러시아, 몽골	- 러시아 BINM SB RAS - 몽골 IGMAS	2006.12.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase I. Status Survey and Prioritization
영국	- Abt Associates	2006.11.	- 환경오염저감정책의 건간편익산정 모형 확립 및 적용연구
	- UNEP	2006.07.	- 기후변화영향평가 및 적응시스템 구축 II - 개발도상국의 기후변화 적응사례 연구(Bangladesh, Brazilian, China, South Africa, India)
	- World Bank	2006.04.	- Development of Options for Effluent Trading in water Quality Management Area
몽골	- 몽골 MNEC	2005.10.	- 북몽골 월경성 하천유역 수질환경 및 오염에 대한 한-몽골 공동연구
	- OECD	2005.05.	- OECD Environmental Outlook
중국	- 중국 CAEP	2005.01.	- 동북아 환경협력체계 효율화 방안 연구
	- World Bank	2004.11.	- Development of Implementing Rules and Regulations of Selected Provisions of the Philippine Clean Water Act
몽골	- 몽골 IGMAS	2004.08.	- Joint Pilot Studies between Korea and Mongolia on Assessment of Environmental Management System in Gold Mining Industry of Mongolia
베트남	- World Bank, - 베트남 VENETCO	2004.05.	- VIETNAM - Regional Environmental Management for Traditional Village
일본	- 일본 IGES	2003.10.	- Environment Management of SMEs and Industrial Zones for China
일본	- 일본 IGES	2003.10.	- Northeast Asia Sustainable Development Indicators
중국	- 중국 연변대	2003.11.	- Comparative Study on the Environmental Impact Assessment between the Republic of Korea and China -in case of golf courses
필리핀	- World Bank, - 필리핀 Lichel Technologies, INC	2003.07.	- 0Integrated Watershed Management for Laguna de Bay for Philippines
	- 필리핀 SAGIP-Env,	2001.12.	- 대아세안 환경협력분야 조사사업

	- 베트남 CEER ,중국 PRCEE		
	- World Bank	2000.03.	- Development of Environmental Management System for Small and Medium-Sized Enterprises

(3) 시사점

○ <표 2-26>과 같이 선진국 대비 국내의 연구인력, 기자재, 해외협력기관과 비교한 결과, 선진국 대비 인프라 수준이 부족한 실정임

○ 따라서 국내의 경우, LID 기분의 물순환 도시 조성기술 개발, 통합물자원 관리 시스템 개발, 물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발, 이동형 상수공급 시스템 개발에 있어 선진국 대비 부족한 인프라를 구축하는 것이 시급한 문제임

○ 이에 본 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구과제 기획으로 전략적인 연구개발의 수립이 필요함

표 2.26 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력	○				
기자재		○			
산학연 공동연구기반	○				
기술이전 및 거래	○				
국제기술협력기반	○				
업계현황		○			

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

(1) 기술수요조사의 개요

□ 기술수요조사 절차

○ 본 연구의 기술수요조사 절차는 다음과 같음



○ 기술수요조사 대상은 다음과 같이 산·학·연 기획 전문위원과 관련학회 등의 외부기관의 협조를 얻어 학회회원을 대상으로 학회 홈페이지 공고 또는 메일 발송을 통해 실시





대한상하수도학회



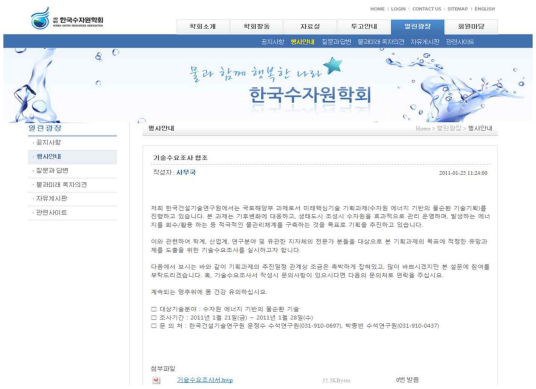
대한토목학회



대한환경공학회



한국물환경학회



한국수자원학회

○ 기술수요조사 내용은 인적사항, 제안기술 개요, 연구개발 필요성, 제안기술의 연구개발 사업 규모 등 4개의 항목 설정.

수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획을 위한 기술수요조사서

안녕하십니까?

한국건설기술연구원에서는 국토해양부의 건설기술혁신사업의 일환으로 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획과제를 수행중에 있습니다.

현재 우리나라를 비롯해 전세계적으로 기후변화에 의한 홍수피해와 물 부족현상 및 열환경 악화 등에 대응하고 생태적인 도시를 조성하기 위한 방안을 마련하기 위해 많은 노력들이 기울여지고 있습니다. 이에 도시 내 모든 물을 효율적으로 관리하며 물순환 과정에서의 에너지를 절약하고 회수하는 적극적인 물 관리 기술이 필요한 시점에서 국가주도의 에너지 기반의 물순환 기술개발을 위한 연구과제 도출이 필요한 상황입니다.

따라서 본 기획과제는 기후변화에 적응하기 위해 도시 내 모든 물을 대상으로 자원화 하고 물순환 과정에서 에너지를 회수하는 물 순환 도시 조성 기술을 개발하기 위한 연구과제의 도출 및 연구개발 추진전략 수립을 목표로 하고 있습니다.

본 기획과제는 지난 2010년 12월말에 시작되어 현재 1단계 기술개발전략을 수립하는 과정에 있으며, 전문가 분들의 의견은 6개월간의 연구기간을 거친 후 관련 분야의 연구과제로 이어져 물과 에너지 분야가 활성화 되고 국가성장동력 산업으로써 성장하는데 큰 역할을 할 것으로 기대됩니다.

이에 관련 전문가 분들을 대상으로 설문을 통한 기술수요 조사를 실시하여 유망과제를 도출하고자 하오니, 협조 부탁드립니다.

본 조사내용은 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 과제와 관련된 니즈를 파악하는 중요한 자료로 활용하는 그 목적으로 하고 있으며, 이러한 목적이외에는 사용되지 않음을 약속드립니다. 바쁘시더라도 전문가 여러분의 많은 참여를 부탁드립니다.

2011. 1. 21

한국건설기술연구원

건설환경연구실 연구위원 김의호

□ 대상기술분야 : 수자원 에너지 기반의 물순환 기술
□ 기술 keywords: 수자원, 에너지, 물순환, 물관리, LID, BMP, 에너지회수, 상수공급, 저탄소, 용수재이용, 비점오염,
□ 조사대상 : 환경분야(산학연관) 관련전문가, 대학, 출연연 및 환경산업체 등 관련기관
□ 조사내용 : 제안기술, 목표, 내용 등
□ 제출방식 : 작성후 E-mail 송부(bbin63@kict.re.kr)
□ 조사기간 : 2011년 1월 21일(금) ~ 1월 26일(수)
□ 문의처 : 한국건설기술연구원

PART I. 인적사항

성 명		소속기관명	
소 속 부 서		직 위	
주 소	(TEL) (E-mail)		
소속기관 형태	대기업( ), 중견기업( ), 중소기업( ), 대학교( ), 정부기관( ), 연구소( ), 협회( ), 기타( )		

PART II. 제안 기술 개요

중점연구분야	[아래 작성방법의 중점연구분야 참조]
제안 기술명	
연구개발 목표	○ ○
연구개발 내용	○ ○
기술개발 단계	기초/원천( ), 응용( ),실용화( ), 실증화-test bad형( )

대상 기술의 TRL (Technology Readiness Level) 분류

단계	기초이론/실험	실험적 아이디어 및 기술 개념 정립	실험실 규모의 기본성능 평가	실험실 규모의 핵심 성능평가	확정된 사양의 시작품 제작 및 성능 평가	파일럿 규모 제작 및 성능 평가	신뢰성 평가 및 인증	시제품 양산기술 및 검증인증	사업화
현재 시점	□	□	□	□	□	□	□	□	□
개발 완료 시점	□	□	□	□	□	□	□	□	□

PART III. 연구개발 필요성

연구개발 필요성 및 성과	기술개발 필요성	○ ○ ○
	연구개발의 최종성과물	○ ○ ○
관련 동향	- 국내외 기술/시장/정책 등 ○ ○ ○	
기대효과	경제사회적 기대효과	○ ○
	기술적 기대효과	○ ○
	정책적 기대효과 (녹색기여도)	○ ○

PART VI. 제안기술의 연구개발사업 규모

구 분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도
연구비 (백만원)	정 부					
	민 간					
	합 계					
개발기간		년	연 소요인력			명

□ 기술수요조사의 수행 결과

○ 기술수요조사 수행내용 요약은 다음의 표와 같음

구분	내 용
조사기간	2011년 1월 21일(금) ~ 1월 26일(수)
조사대상	- 환경생태분야 : 10명, 수공학분야 : 7명, 수자원분야 : 6명, 에너지분야 : 2명, 도시계획분야 : 6명, 상하수도분야 : 2명, 도시공학분야 : 1명, 환경분야 4명 등 총 38명의 기획위원 - 한국수자원학회, 대한토목학회, 대한상하수도학회, 한국물환경학회, 대한환경공학회 등 5개 학회 회원
응답자수	34명
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사 - 학회 홈페이지 공지를 통한 설문조사

(2) 기술수요조사 결과

□ 기술수요조사 결과 분류

○ 회신된 기술수요조사서를 취합하여 수요조사서 항목별로 분류하여 정량적으로 검토

- 중점추진분야별 수요조사 결과

구분	중점추진분야					계
	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	통합 물자원 관리 시스템 개발	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	이동형 상수공급시스템 개발	유비쿼터스 기술 기반 통합 원격제어 물관리 시스템 개발	
계	11	9	8	4	2	34
비율 (%)	32.4	26.5	23.5	11.7	5.9	100

- 연구수행기관별 수요조사 결과

구분		중점추진분야					계
		LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	통합 물자원 관리 시스템 개발	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	이동형 상수공급시스템 개발	유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발	
연구수행기관	대기업	2	3	-	1		6
	중견기업	-	-	-	-		0
	중소기업	-	-	1	1	1	3
	대학교	7	6	4	-		17
	정부기관	1	-	-	-		1
	연구소	1	-	3	2	1	7
	협회	-	-	-	-		0
	기타	-	-	-	-		0
	계	11	9	8	4	2	34

- 기술개발단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야					계
		LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	통합 물자원 관리 시스템 개발	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	이동형 상수공급시스템 개발	유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발	
기술개발단계	기초/원천	3	-	3	-	-	6
	응용	5	4	2	2	-	13
	실용화	2	4	2	2	2	12
	실증화 테스트 베드형	1	1	1	-	-	3
	계	11	9	8	4	2	34

- TRL 단계별 수요조사 결과

구분		중점추진분야					계	비율
		LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발술	통합 물자원 관리 시스템 개발	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	이동형 상수공급시스템 개발	유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발		
TRL 현재단계	기초이론/실험	2	1	2	-	-	5	14.7
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	4	3	4	-	-	11	32.4
	실험실 규모의 기본성능 평가	1	1	-	-	-	2	5.9
	실험실 규모의 핵심 성능평가	3	2	1	2	1	9	26.5
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	1	1	1	1	1	5	14.7
	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	-	-	-	1	-	1	2.9
	산화성평가및수요기업 평가	-	-	-	-	-	0	0
	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	-	1	-	-	-	1	2.9
	사업화	-	-	-	-	-	0	0
	계	11	9	8	4	2	34	100
TRL 개발완료단계	기초이론/실험	-	-	1	-	-	1	2.9
	실용목적 아이디어 특허 등 개념정립	-	1	-	-	-	1	2.9
	실험실 규모의 기본성능 평가	-	-	-	-	-	0	0
	실험실 규모의 핵심 성능평가	1	-	-	-	-	1	2.9
	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능 평가	1	1	2	-	-	4	11.8
	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	4	3	2	-	-	9	26.5
	산화성평가및수요기업 평가	-	1	1	-	-	2	5.9
	시제품 신기술 검증·인증 및 표준화	4	1	2	1	-	8	23.5
	사업화	1	2	-	3	2	8	23.5
	계	11	9	8	4	2	34	100

○ 회신된 기술수요서의 상세 내용은 다음과 같음

구분	중점연구분야	제안기술명	연구내용
1	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	경사지 우수관 낙차고를 이용한 재활용기법 개발	·경사고를 활용한 에너지 하베스팅을 활용하는 기술 ·상부저류조 설치를 통한 갈수기때 이를 재활용하거나 도심 열섬완화를 위한 도심재처리수로 활용하는 기술 ·축전된 전기에너지를 가로등 등 에너지로 활용하는 기술
2	통합 물자원 관리 시스템 개발	유비쿼터스 기술을 기반으로 한 수질 및 수처리 시설 통합 원격 제어 관리 시스템 개발	·수처리 시설 제어 프로그램 개발 ·각 종 센서를 통한 수질 분석 프로그램 개발 ·수질 및 수처리 시설의 원격 제어 및 원거리 모니터링 시스템 개발
3	이동형 상수공급시스템 개발	나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발	·구조해석을 통한 이동성 극대화 및 시스템 최적화 ·나노버블을 이용한 고도산화처리장치 개발 ·누수 방지를 위한 밀봉기술 개발 ·수처리 장치 자동제어 시스템 및 수질 모니터링 시스템 개발
4	LID 기반의 물순환 도시조성 기술 개발	인위적 환경변화에 의한 물순환 및 물질순환 영향 평가 및 개선 기술	·녹색 생태도시 조성을 위한 물순환 정량화 평가 기술 실용화 ·녹색 생태도시 조성을 위한 물질순환 정량화 평가 기술 개발
5	통합 물자원 관리 시스템 개발	물자원 이용 체계 분석 기술	·대상 지역내 강우-유출 체계 분석 ·용수 이용 체계 분석 표준화 방안
6	이동형 상수공급시스템 개발	나노막여과 및 무전해질용 전기분해방식 소독을 결합한 웹기반의 저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템 개발	·간이상수도의 현안 문제점 파악 ·탁도 및 질산성질소 제거를 위한 나노막여과공정 개발 ·수원 오염의 실시간 진단을 위한 멀티수질측정센서 개발 ·소금이 필요없는 전기분해방식 소독장치 개발 ·웹기반 저비용 무인 통합관리시스템 개발
7	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	도시 비점오염원 저감을 위한 자원 순환형 EcoSan 시스템 개발	·자생식물 선발 및 재배기술 개발 ·자생식물을 이용한 EcoSan 시스템 개발 ·자생식물의 biochar 전환기술 개발 ·EcoSan 시스템 실증화

8	통합 물자원 관리 시스템 개발	미세기포와 IT 기반으로 하는 Active 수질 개선 및 복원 시스템 개발	·대용량 저에너지의 효율적 미세기포 발생 시스템 개발 ·100 만톤/일 급 규모의 하천수 개선용 실증 적용 연구 ·IT (GPS 및 계측센서) 적용 실시간 분석 및 연동제어 기술 개발 ·풍력, 태양광, 소수력 등 그린 에너지 융합 및 scale-up 기술 개발 ·용존산소개선에 따른 수생태계 복원 분석
9	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	LID 기반의 도시 물순환 시스템 기술	·권역내 물공급 - 이용 - 처리 과정의 단계별 물이용 고도화 ·권역내 자연순환형 물관리 및 정량적 최적이용
10	통합 물자원 관리 시스템 개발	용수 재이용시설과 물순환 시스템이 지구온난화 저감에 기여하는 영향 및 편익분석	·현재 상용되고 있는 용수 재이용 시설에 대해 LCA 기법을 활용하여 환경영향을 정량화 한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축 ·현재 구축된 물순환 시스템 시설에서의 LCA를 활용한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축 ·우수활용 시스템 및 중수도 활용에 대한 온실가스배출량(탄소발자국) 구축 ·용수 재이용시설 및 물순환 시스템이 기후변화(지구온난화)에 미치는 영향 및 효과 분석 ·용수 재이용 및 물순환 시스템이 갖는 편익 분석 ·생태도시계획 수립시 기후면화와 연계하여 효과적인 물순환 및 재이용시설 확보방안을 위한 기초 자료 제공
11	통합 물자원 관리 시스템 개발	상향류 탈인조 결합형 준 회분식 반응조와 가압식 membrane을 이용한 하수 재이용수 생성 공정 개발	·침지식 MBR 공정의 문제점 해결 ·Energy 저감형 재이용수 생성 공법 개발 ·단위 공정의 Combine&Separation 연구
12	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	LID 기술을 이용한 도시유역의 유출수 관리 기술	·LID 기반 기술 및 평가 모형 개발 ·테스트 베드를 통한 LID 기술의 현장 적용성 평가 ·LID 기술 적용을 위한 기술 및 제도의 가이드라인 제시
13	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보	·가동보 수문 상판에 여러 가지 장치를 부착하여 폭기효과를 고려 ·수문 조절 각도에 따른 폭기효과에 대한 고려

14	LID기반의 물순환 도시조성기술 개발	도시 물순환시스템의 환경영향 평가기술 개발	·물순환기술의 carbon footprint 및 energy efficiency평가방법을 구축하여 친환경성을 평가함 ·도시내 water demand와 친환경성을 모두 만족할 수 있는 물사용 및 물순환계획 기법 개발
15	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술	·수질이 악화된 도시하천에 Managed Aquifer Recharge (MAR) 기술을 적용하여 수질을 정화하는 과정에서 발생하는 대수층의 지열에너지를 회수할 수 있는 시스템 기술을 확보 ·MAR 시설에서 나오는 여과수의 온도차 에너지를 확보하여 온실가스 감축 기술을 확보
16	LID기반의 물순환 도시조성기술 개발	물순환과 에너지의 도시 메타볼리즘 분석기술	·도시에서 물과 에너지의 흐름 및 상호연계 메카니즘 규명 ·도시 메타볼리즘 분석기술의 개발 및 적용
17	물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발	미생물연료전지를 통한 환경기초시설에서의 에너지 회수 기법	·미생물연료전지의 각 구성부분 효율 향상 연구 (양극, 음극, 분리막, 집전체 등의 효율 향상을 위한 재료 연구) ·미생물연료전지의 반응기 형태 연구 (최적 유체 흐름특성을 갖고 있으며 양극과 음극 사이의 거리를 최소화하는 형태의 반응기 형태 개발) ·미생물연료전지 운전 인자에 관한 연구 ·현장 적응 연구
18	물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발	물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방 에너지 공급	·물의 상태 변화(기화열, 응결열)와 높은 비열 이용해서 건축물 냉난방 에너지 공급 ·물의 순환(기화 후 응결)을 통해 식수 활용 가능한 수질의 용수 확보
19	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	우수 순환형 도시개발	·환경 친화형 수자원 확보 ·도시 용수 재활용

20	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	복합 수자원 활용 친환경 지열 히트펌프 시스템 개발	·복합 수자원을 활용한 지열 히트펌프 시스템의 에너지 회수 능력 분석 ·파일롯 규모의 시작품 제작 및 성능 평가를 통한 시스템 최적 제어 기술 개발 ·도시 물순환 기술과 연계한 도시 규모의 수자원 활용 지열 시스템의 성능 분석 및 건물 연계 방안 도출 ·물자원 관리 기술과 연계한 복합 수자원 활용 지열 시스템의 환경영향평가 ·복합 수자원 활용 지열 히트펌프 시스템 설계 및 시공 가이드, 유지관리 방안 도출
21	통합 물자원 관리 시스템 개발	전통기술을 접목한 탄소저감형 농축산 용수 생산 시스템 개발	·전통기술(황토의 원 적외선, 자력의 자화수)과 첨단 기술(복합분리막, Carbon molecular seive 이용 산소 발생)의 접목기술 및 원격 조절 자동화시스템 개발 ·NT-ET-IT 융·복합 기술의 실용화 및 요구 수질 맞춤형 시스템 개발
22	도시 물순환 과정의 에너지 저감기술 개발	빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템 개발	·건축물 외부 온도 변화 저감 및 미기후 개선을 위한 건축물 일체형 그린 외피 개발 ·건축물에 통합 적용 후 자동 관수 및 관수량 자동측정장치가 내장된 인터넷통합시스템 개발
23	이동형 상수공급 시스템 개발	원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술	·원수수질특성(탁질, 단기 독성물질, 미량유기물질)에 따른 선택적 공정적용 상수기술 ·원수 이수질구분 및 구분에 따른 다양한 상수시스템 공정구성 ·복합적 단위공정 구성, 수질에 따른 선택적 공정운영기술

24	물순환 과정의 에너지 회수기술 개발	저탄소 물순환 시스템을 위한 Green technology optimization 및 Carbon calculator 개발	·상·하수처리장을 중심으로 취수, 송수, 상·하수처리과정을 포함한 물순환 과정에서 사용 에너지 분석, CO2 산출 ·공법별로 계절별 유입수의 성상 변화에 따른 온실가스 배출량(Dynamic flux chamber, Nondispersive Infrared Analyzer 이용)과 오염물질 처리효율 모니터링 ·물순환 시스템에서 처리효율대비 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 최적화(CH4의 portion 최대, CO2, N2O의 portion 최소화) 할 수 있는 Green technology optimization 기술 개발 ·운전조건과 온실가스 배출량(에너지 사용 포함), 처리효율간의 정량적 상관관계를 도출하여 Carbon calculator의 algorithm을 개발 ·SDA(system decomposition analysis)기법을 이용하여 물순환 시스템에서 조건 변화에 따라 에너지 사용량과 온실가스 배출량 및 저감량(변화량)을 산출할 수 있는 Carbon calculator 개발 ·물순환 시스템의 처리효율대비 stochastic 온실가스 배출량을 평가 및 물순환 시스템의 에너지 및 온실가스 최적화 방안 도출 ·CDM 사업화 방안과 수자원에너지 물순환 도시 조성에 적용/활용화 방안 및 가이드라인 수립
25	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	LID 기반의 도시 물순환 정량화 기술	·개발이전(자연녹지) 수준의 물순환조성을 위한 한국형 모델개발/기술평가 지표구축 ·녹지 및 비녹지 지역의 물순환 정량화 기술 도입 효과 평가 및 검증 ·유출량 감소에 따른 재해영향저감대책(하천, 영구저류지, 우수관거등) 적정성 검증 ·물순환을 통한 비점오염원저감효과 및 미기후향상 검증
26	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	수자원·에너지 기반의 물순환 도시 구현정책 개발	·적용가능한 물순환 기술 도입으로 인한 환경편익과 경제성 평가 ·수자원·에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발 ·수자원·에너지 기반도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인 도출 ·수자원·에너지 기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도 검토 및 개선연구
27	통합 물자원 관리 시스템 개발	물순환 시스템과 연계한 비점오염원 관리기술	·발생원 관리 위주의 비점오염원 관리기술 개발 ·강우유출수를 물순환 용수로 재활용하기 위한 정화기술 개발

28	통합 물자원 관리 시스템 개발	재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술	·용도별 재이용수의 위해성과 관련한 물질 분류 및 기준 정립 ·재이용수의 용도에 따른 물질별 저감 기술 및 적정 처리 조건 도출 ·유해물질 저감 거동 예측 모델 개발 및 프로그램화
29	이동형 상수공급시스템 개발	에너지 자립형 저파울링 막여과 수처리 시스템 개발	·태양광을 이용하는 에너지 생산 및 저장시스템 개발 ·생산 에너지로 가동 가능한 저파울링형 막여과 수처리 시스템 개발
30	통합 물자원 관리 시스템 개발	기후변화 및 도시화가 도시지역의 지하수체에 미치는 영향 분석 및 관리시스템 개발	·기후 또는 물이용 변화가 도시지역의 지하수에 미치는 영향분석 시스템 개발 ·도시지역 지하수의 효율적인 관리시스템개발
31	통합 물자원 관리 시스템 개발	Web 기반 수문분석 시스템 개발	·Web/XML/CGI 기술을 이용하여 다른 서버에 저장되어 있는 유량자료를 실시간으로 질의하여 분석한 후 직접유출/기저유출/감수특성 등의 자료를 사용자에게 제공함으로써 사용자는 웹브라우저만을 이용하여 유역내 강우-수문 반응 특성을 평가할 수 있음. ·개발된 시스템은 도시화에 따른 직접유출/기저유출 변화 특성 연구에 활용될 수 있으며 도시 유역 내 장기 수자원 전략을 평가하는데 활용될 수 있음.
32		GIS기반 하천변 수변림 조성에 따른 수문/수질 평가 시스템 개발 및 적용	·SWAT-REMM Prototype 시스템을 국내 실정에 맞도록 수정 개선 ·HRU 공간적 위치를 고려한 Buffer Drainage 모듈 개발 ·도시유역/산림/농촌유역을 동시에 고려한 Auto-Calibration 모듈 개발 ·개발된 시스템을 이용하여 하천변 수변림 조성에 따른 지표유출/지하유출 수문 및 수질 영향 평가
33	LID 기반의 물순환 도시조성기술 개발	GIS/Web 기반 도시지역 유출 및 LID 평가 시스템 개발	·유출 / LID / 비점오염 자동 보정 모듈 개발 ·GIS/Web 기반 직접유출 평가 시스템 개발을 통해 도시화에 따른 유출 및 비점오염 평가 시스템 개발 ·GIS/Web 기반 LID 적용에 따른 영향 분석 시스템 개발 ·도시 유역 최적 BMP 선정 시스템 모듈 개발
34		유역단위 LID 평가 기술 개발 - SWMM LID 와 SWAT 연계	·SWMM 5.0 시스템 전/후처리 프로세서 개발을 통해 SWAT 모형과 연계 ·SWAT Routing 구조 해석을 통해 SWMM 5.0 LID 분석 결과 연계 ·SWMM-SWAT 연계 GIS 기반 인터페이스 개발 ·개발된 시스템을 활용하여 LID 적용에 따른 수문/수질 효과 분석

2. 기술예측조사 및 결과

(1) 기술예측조사의 개요

□ 조사방법

구분	내 용
조사기간	1차: 2011.2.1~2011.2.10 2차: 2011.2.15 전문가 위원회 1차 워크샵시 실시
조사대상	소속기관 유형: 기업 5명, 대학 16명, 연구소 17명 기획자문위원 외 대학 1명, 정부기관 7명 등 46명
응답자수	1차: 41명 응답 2차: 41명 중 41명(응답률 100%)
조사항목	기술의 중요도, 기술적/사회경제적 실현시기, 기술획득방식, 정부개입의 필요성
조사방법	Mini-Delphi

□ 조사항목의 활용방안

○ '기술의 중요도'는 해당과제가 우리나라에서 차지하는 기술개발의 중요성을 말하며 중점과제의 선정 및 우선순위 설정에 활용

○ '기술적 실현시기'는 해당과제가 기술적으로 개발되는 시기를 의미하며, 해당과제에 대한 목표 달성연도 설정에 활용

○ '사회적 실현시기'는 사회·경제적으로 현장에 적용되는 시기를 가리키며, 해당과제의 실용화시기를 설정하는데 활용

- '기술적 실현시기'에 대한 세계 시기와 국내 시기와의 격차는 기술수준에 대한 격차로 해석할 수 있으며, 이는 해당과제에 대한 추진전략 설정에 활용
- '기술적 실현시기'와 '사회경제적 실현시기'와의 격차는 실용화 능력 혹은 사회적 수용성에 대한 대리지표로 활용할 수 있음

○ '기술획득 방식'은 해당과제의 기술개발 추진전략 및 추진체제 설정 등에 활용

○ '정부개입의 필요성'은 해당과제를 개발하는데 있어서 정부가 개입할 필요성 혹은 그 정도를 의미하며, 이는 투자 우선순위 설정에 활용

□ 조사대상기술의 선정

○ 국내외 동향분석 결과 및 기술수요조사 결과를 취합하여 65개 예측기술을다음 표와 같이 도출함

기술명	기술내용
도시유역 LID 물순환 정량화 해석 (인위적 환경변화에 의한 물순환 및 물질순환 영향 평가 및 개선 기술)	· 개발이전(자연녹지) 수준의 물순환조성을 위한 한국형 모델개발/기술평가 지표 구축 · 녹지 및 비녹지 지역의 물순환 정량화 기술 도입 효과 평가 및 검증 · 녹색 생태도시 조성을 위한 물순환 정량화 평가 기술 실용화 · 녹색 생태도시 조성을 위한 물질순환 정량화 평가 기술 개발
LID 기법에 의한 비점오염원 저감모델링 기술 (물순환 시스템과 연계한 비점오염원 관리기술)	· 발생원 관리 위주의 비점오염원 관리기술 개발 · LID기법의 적용에 의한 난분해성 물질, 미량유해물질 및 생태계 교란물질 등의 제어 기술 개발
LID 기술을 이용한 도시유역의 유출수 관리기술	· LID 기반 기술 및 평가 모형 개발 및 검증 · 테스트 베드를 통한 LID 기술의 현장 적용성 평가 · 강우유출수를 물순환 용수로 재활용하기 위한 정화기술 개발
LID 기법적용에 의한 지하수, 토양, 도시환경 효과 예측	· LID기법의 적용에 의한 도시(토양, 하천, 수생태, 녹지 등) 생태계 영향 평가
LID 물순환계획요소 수생태계 영향분석	
LID 물순환 도시 경제성 분석 기술	· LID기법의 적용에 의한 탄소저감, 물순환 복원, 열순환복원, 비점오염저감 및 홍수저감 등의 경제성 평가 모델 개발 및 검증
LID 물순환 계획요소 홍수저감효과 분석	· 홍수저감을 위한 LID 시설의 적정 위치, 규모 설정 모델 개발 · 홍수저감 분석 LID모델 적용에 의한 홍수시설의 저감 설계 기법 개발, 검증 및 상품화
분산형 빗물관리시스템 현장적용	· 분산형 빗물관리 시설의 현장 적용 모니터링 및 평가 · 모니터링 및 평가에 따른 적용기술의 개선 가이드라인 개발 및 적용
분산형 빗물관리시스템 모니터링(이수·치수·생태환경)	
LID 물순환 녹지·토지이용계획 연계기술	· 현 도시내 물순환 개선을 위한 LID기법 적용을 위한 공간확보 기술 · 물순환 도시 개발을 위한 공간 확보 토지이용계획기법개발 · 도시 물순환을 위한 녹지공간의 역할 및 기능 규명
LID 식재 및 토양조성 기술	· LID기법에 의해 도시내 표출되어지는 물순환을 위한 공간의 토양 및 식재조성 기법 · LID역할 보조를 위한 기능식재 및 도시환경향상을 위한 경관식재기법 개발
도시 비점오염원 저감을 위한 자원순환형 ECOSan 시스템 개발	· 자생식물 선발 및 재배기술 개발 · 자생식물을 이용한 EcoSan 시스템 개발 · 자생식물의 biochar 전환기술 개발 · EcoSan 시스템 실증화
건축물 및 단지 물순환 계획	· 다양한 건축물을 포함하는 단지 생활공간 내에서의 물순환 시스템 구축 및 계획용량 설정 기술 개발
물순환과 에너지의 도시 Metabolism 분석기술	· 도시에서 물과 에너지의 흐름 및 상호연계 메카니즘 규명 · 도시 메타볼리즘 분석기술의 개발 및 적용

기술명	기술내용
LID 물순환 계획요소 및 탄소저감효과 분석 저탄소 물순환 시스템을 위한 Green technology optimization 및 Carbon calculator 개발	· LID 물순환 계획요소 적용에 따른 탄소저감효과 산정 · 토지이용의 용도변화, 증발산량에 따른 에너지저감, 물 절약에 따른 에너지저감 측면에서의 저감효과 산정기술 개발
포장면 물순환 건전화 → 도시 투수성 포장(생태면적률) 건전화	· 도시의 대표적 불투수면 도로의 물순환 개선을 위한 공간계획 기술 · 도로 공간의 Dead Space를 활용한 LID기법 적용기술 · 도로 오염 유출수 처리 및 저감을 위한 도로 공간 적용 기술 개발 · 보수성 포장 등 기능성포장 기술을 이용한 도시 cooling system 개발
도시 물순환시스템의 환경영향 평가기술 물·열순환 복원에 의한 증발산량, 미기후향상 등 효과 해석	· 물순환기술의 carbon footprint 및 energy efficiency평가방법을 구축하여 친환경성을 평가함 · 도시내 water demand와 친환경성을 모두 만족할 수 있는 물사용 및 물순환계획 기법 개발
수자원에너지기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도검토 및 개선연구	· LID기법으로 제시되어지는 계획요소 적용상의 법제도적 한계점 검토 · 수자원에너지 물순환 도시 기술적용을 위한 제반 법제도(안) 마련 - 빗물, 물에너지 도시계획, 하천, 상수도, 하수 및 중수도, 수온차 에너지 등 물에너지와 물순환 도시법 제정 제안 · 평가 지표 및 시스템 개발에 따른 법제도적 운영기반 확보 및 평가결과에 따른 인센티브 등 지원방안 제시 · LID 기술 적용을 위한 기술 및 제도의 가이드라인 제시
수자원에너지 기반도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인 도출	· 도시계획의 용도배분 및 각 분야(녹지, 도로, 건축물/단지)별 공간 및 배치 계획 지침 수립
수자원에너지기반의 물순환도시 평가지표 및 평가시스템 개발	· 수자원에너지기반의 물순환도시의 정의 및 역할 정립 · 수자원에너지 물순환도시의 정량적 효과를 나타내는 지표를 중심으로 평가기준 설정 · 평가방법을 시스템화하여 자체평가 및 인증 기준 개발 및 인증 제도화
GIS/Web 기반 도시지역 유출 및 LID 평가 시스템 개발	· GIS 기반 유출 및 LID 평가 시스템 · Web 기반 유출 및 LID 평가 시스템 · GIS/Web 기반 유출 및 LID 평가 시스템 매뉴얼
유역단위 LID 평가 기술 개발 - SWMM LID 와 SWAT 연계	· GIS 기반 SWAT-SWMM LID 인터페이스 · SWAT-SWMM LID 시스템 · 시스템 매뉴얼
홍수 자원화 기술 빗물의 우수관로 내 정화, 저장 시스템	· 홍수 시 유실되는 빗물을 저류하여 용수로 공급하는 기술로써, 저류시설을 방재용뿐만 아니라 수자원 확보용으로 활용함. · 수요처에 적합한 용수를 생산 및 공급하는 기술 · 우수관 내 저류, 이용 기술개발 · 홍수저감시설 저류수의 자원화 기술 개발
자연에너지 이용 소독 기술 개발	· 태양광의 자외선과 열을 이용한 저에너지 소독기술로써, 소독부산물을 최소화하고, 기후적인 특성을 활용한 소독기술

기술명	기술내용
저에너지 생태정화 재이용 기술 (인공습지 정화 기술)	· 생태계의 자정능력을 극대화하여 오수를 정화 후 활용하는 기술 · 수생식물, 토양여과, 먹이사슬 등에 의한 수생태계 활용 기술 개발 · 폐색을 최소화하고 효율을 극대화한 인공습지 기술
도시농업을 이용한 수처리 및 재이용 농업용수 공급	· 도시농업에서 사용되는 물을 빗물, 중수 등을 활용하여 공급하고 다단계로 재사용하는 기술 · 도시 농업 용수 공급을 위한 빗물이용 방안 · 도시 농업 용수 공급을 위한 Greywater 처리 및 Greywater 내 nutrient 비료화 이용 방안 · 주거지, 상업지구 등에서 발생하는 Grywater의 농업용수로의 이용을 위한 Pipe Separation 시스템 방안 · 도시농업에 필요한 열에너지를 위한 하수열에너지 공급 방안 · 도시 농업시스템을 이용한 Gtreywater 처리, 재이용 및 위생성 확보방안 · Vertical Farm 시스템에서의 Greywater 처리 방안 · 관련 법, 제도 개선 방안 도출
전통기술을 접목한 탄소저감형 농축산 용수 생산 시스템 개발	· 전통기술(황토의 원 적외선, 자력의 자화수)과 첨단 기술(복합분리막, Carbon molecular seive 이용 산소 발생)의 접목기술 및 원격 조절 자동화시스템 개발 · NT-ET-IT 융·복합 기술의 실용화 및 요구 수질 맞춤형 시스템 개발
분산공유형 오수, Greywater 처리 및 재이용	· 개별 건물에서의 중수도 시스템과 광역하수재이용 시스템이 아닌 클러스터 형태의 하수 및 중수 재이용 시스템 개발
빗물, 중수 연계 도시용수 통합운영 시스템	· 빗물과 중수가 갖는 수질적 수량적 문제를 상호 보완하고 저에너지로 양질의 용수를 안정적으로 공급하기 위한 기술
용수 재이용시설과 물순환 시스템이 지구온난화 저감에 기여하는 영향 및 편익분석	· 현재 상용되고 있는 용수 재이용 시설에 대해 LCA 기법을 활용하여 환경영향을 정량화 한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축 · 우수활용 시스템 및 중수도 활용에 대한 온실가스배출량(탄소발자국) 구축 · 용수 재이용시설 및 물순환 시스템이 기후변화(지구온난화)에 미치는 영향 및 효과 분석 · 생태도시계획 수립시 기후변화와 연계하여 효과적인 물순환 및 재이용시설 확보방안을 위한 기초 자료 제공
재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술	· 용도별 재이용수의 위해성과 관련한 물질 분류 및 기준 정립 · 재이용수의 용도에 따른 물질별 저감 기술 및 적정 처리 조건 도출 · 유해물질 저감 거동 예측 모델 개발 및 프로그램화
GIS기반 하천변 수변림 조성에 따른 수문/수질 평가 시스템 개발 및 적용	·SWAT-REMM Prototype 시스템을 국내 실정에 맞도록 수정 개선 ·HRU 공간적 위치를 고려한 Buffer Drainage 모듈 개발 ·도시유역/산림/농촌유역을 동시에 고려한 Auto-Calibratio n 모듈개발 ·개발된 시스템을 이용하여 하천변 수변림 조성에 따른 지표유출/지하유출 수문 및 수질영향 평가
Web 기반 수문분석 시스템 개발	· XML 기반 수문 분석 시스템 설계 - 국내 실측 유량 자료 활용 · Web GIS 기반 통합 시스템 개발-WHAT/PART/HYSEP/BFlow 연계

기술명	기술내용
물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방 에너지 공급	· 물의 상태 변화(기화열, 응결열)와 높은 비열 이용해서 건축물 냉난방 에너지 공급 · 물 순환(기화 후 응결)을 통해 식수 활용 가능한 수질의 용수 확보
경사지 우수관 낙차고를 이용한 재활용기법 개발	· 경사고를 활용한 에너지 하베스팅을 활용하는 기술 · 상부저류조 설치를 통한 갈수기때 이를 재활용하거나 도심 열섬완화를 위한 도심 재처리수로 활용하는 기술 · 축전된 전기에너지를 가로등 등 에너지로 활용하는 기술
하수열 회수 및 활용 기술	· 하수 관로 및 처리장에서 열을 회수하여 지역난방, 겨울철 융설수 등으로 활용하는 기술
빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템	· 여름철 기온이 높고 강수량이 많을 때 빗물을 저류 후 콘크리트, 아스팔트, 식생 등에 살수 하여 증발을 통한 도시 열환경을 개선하는 기술
산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보	· 가동보 수문 상판에 여러 가지 장치를 부착하여 폭기효과를 고려 · 수문 조절 각도에 따른 폭기효과에 대한 고려
미생물연료전지를 통한 환경기초시설에서의 에너지 회수 기법	· 미생물연료전지의 각 구성부분 효율 향상 연구(양극, 음극, 분리막, 집전체 등의 효율 향상을 위한 재료 연구) · 미생물연료전지의 반응기 형태 연구(최적 유체 흐름특성을 갖고 있으며 양극과 음극 사이의 거리를 최소화하는 형태의 반응기 형태 개발) · 미생물연료전지 운전 인자에 관한 연구 · 현장 적응 연구
지열, 하수열 융합기술	· 지열과 하수열을 동시에 활용하여 개별적인 기술 적용에 시설의 설치, 운전 및 효율을 향상시킨 기술
물자원 이용 체계 분석 기술	· 대상 지역내 강우-유출 체계 분석 · 용수 이용 체계 분석 표준화 방안
공업용수 재이용 시스템	· 수요처에 적합한 공업용수 처리 및 재이용 기술 · 다중수원 연계를 통한 효율적인 공업용수 공급체계 구축
상향류 탈인조 결합형 준회분식 반응조와 가압식 membrane을 이용한 하수 재이용수 생성 공정 개발	· 침지식 MBR 공정의 문제점 해결 · Energy 저감형 재이용수 생성 공법 개발 · 단위 공정의 Combine&Separation 연구
MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술	· 수질이 악화된 도시하천에 Managed Aquifer Recharge (MAR) 기술을 적용하여 수질을 정화하는 과정에서 발생하는 대수층의 지열에너지를 회수할 수 있는 시스템 기술을 확보 · MAR 시설에서 나오는 여과수의 온도차 에너지를 확보하여 온실가스 감축 기술을 확보
복합 수자원 활용 친환경 지열 히트펌프 시스템 개발	· 복합 수자원을 활용한 지열 히트펌프 시스템의 에너지 회수 능력 분석
바이오가스 회수 및 활용 기술	· 슬러지 등의 유기성 폐자원을 혐기성 분해하여 바이오가스를 생산 및 활용하는 기술
도시에너지 자족성 향상 효과 분석 및 예측기술	· 물순환 과정에서의 에너지 회수 및 에너지 저감이 도시에서 활용하는 에너지 자족성에 기여하는 정도 분석하는 기술 · 분석을 통해 적용기술의 우선순위를 파악하고 기술 도입시의 효과 예측
에너지 자원화를 위한 도시 수도시스템 개발	· 물을 공급하는 수도시설에서 회수 가능한 에너지를 발굴하고 효율적으로 활용하는 기술

기술명	기술내용
경량형 탈착 수처리 시스템	· 경량형 소재 및 설계 기술을 적용한 수처리 시스템 개발 · 이동 및 설치가 용이한 탈착식 카트리지 형태의 수처리 시스템 개발
초고속 담수화 기술	· 기존 담수화 시설의 대비 20% 이상의 생산성이 향상된 담수화 기술 개발 · 유지관리 및 에너지 소비를 최소화한 담수화 기술 개발
나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발	· 구조해석을 통한 이동성 극대화 및 시스템 최적화 · 나노버블을 이용한 고도산화처리장치 개발 · 누수 방지를 위한 밀봉기술 개발 · 수처리 장치 자동제어 시스템 및 수질 모니터링 시스템 개발
나노막여과 및 무전해질용 전기분해방식 소독을 결합한 웹기반의 저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템 개발	· 간이상수도의 현안 문제점 파악 · 탁도 및 질산성질소 제거를 위한 나노막여과공정 개발 · 수원 오염의 실시간 진단을 위한 멀티수질측정센서 개발 · 소금이 필요없는 전기분해방식 소독장치 개발 · 웹기반 저비용 무인 통합관리시스템 개발
원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술	· 원수수질특성 (탁질, 단기 독성물질, 미량유기물질)에 따른 선택적 공정적용 상수기술 · 원수 이수질구분 및 구분에 따른 다양한 상수시스템 공정구성 · 복합적 단위공정 구성, 수질에 따른 선택적 공정운영기술
육상 이동형 물공급 시스템	· 이동식 수처리 장치를 육상에서 운반하기 위한 적정 시스템 개발 (차량, 콘테이너 등) · 공급 대상지 및 규모에 따른 운반 시스템의 설계 및 유지관리 기술 개발
선박용 자가 발전 시스템	· 수처리에 필요한 에너지를 자체적으로 공급할 수 있는 시스템 개발
도서지역 이동형 급수 기술	· 도서지역의 지형적, 물공급 시스템적 환경을 고려한 이동형 급수 기술 개발
수처리 시설 제어 프로그램 개발	· 수처리 시설의 현장에서 운용되는 장비와 현장 상황을 실시간 모니터링 가능 시스템 개발
각종 센서를 통한 수질 분석 프로그램 개발	· 처리된 수질을 보장하기 위한 각 종 센서를 이용한 수질 관리 모니터링 시스템 개발.
수질 및 수처리 시설의 원격 제어 및 원거리 모니터링 시스템 개발	· 수처리 시설의 현장에서 운용되는 장비를 원거리에서 원격 제어 가능 시스템 개발. · 원거리에서 웹사이트를 통한 원격 인터넷 모니터링 프로그램 개발. · 수처리 단계의 상황, 운용 장비의 상태 및 제어, 수위, 수질 등을 컴퓨터를 통하여 관리, 제어 가능한 신개념의 통합 물관리 시스템 개발.
대용량 저에너지의 효율적 미세기포 발생 시스템 개발	· 중, 대형 용존산소 공급을 위한 에너지 절약형 미세기포 발생 시스템 · 환경을 포함한 농업, 의료, 생활분야 등 광범위한 분야에 응용 가능한 기술 개발
100 만톤/일 급 규모의 하천수 개선용 실증 적용 연구	· 중, 대형 용존산소 공급을 위한 에너지 절약형 미세기포 발생 시스템의 실증시설 적용기술 개발
IT (GPS 및 계측센서) 적용 실시간 분석 및 연동제어 기술 개발	· IT (GPS 및 계측센서) 적용 실시간 분석 및 연동제어 시스템 개발 · 모바일 수질 개선 및 복원 시스템 개발

(2) 기술예측조사의 결과

□ 전체 분석 결과

○ 전체 분석 결과, LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발의 중요성 및 정부개입의 필요성이 가장 높은 것으로 나타남

○ 기술획득방식은 민간과 정부가 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 47%로 가장 높게 나타났음

중점추진분야	중요도	기술획득방식				정부개입 필요성
		민간 주도	정부 주도	공동	국제 협력	
1. LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발	4.08	14%	38%	41%	6%	3.61
2. 통합 물자원 관리 시스템 개발	3.63	19%	20%	54%	7%	3.17
3. 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발	3.39	30%	10%	51%	8%	2.90
4. 이동형 상수 공급 시스템 개발	3.10	44%	7%	45%	4%	2.61
5. 유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발	3.20	43%	10%	43%	4%	2.67
평균	3.65 (5점척도)	25%	22%	47%	6%	3.17

○ 기술실현시기는 세계가 이미 실현된 기술로부터 2015년까지 골고루 나타났고, 국내는 2015년 82%로 나타나 국내와 세계의 기술실현시기 간에 차이가 나는 것으로 분석됨

○ 사회경제적 실현시기는 세계가 2015~2016년 56%로 나타났고, 국내가 20년 66%로 나타나 기술이 실현된 후 약 5년의 사회경제적으로 실현되는 것으로 분석됨

구분			기실현	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	합계
기술 실현 시기	세계	과제 수	5	6	21	12	10	11	-	-	-	-	-	65
		비중(%)	8%	9%	32%	18%	15%	17%	-	-	-	-	-	100%
	국내	과제 수	-	1	-	6	5	53	-	-	-	-	-	65
		비중(%)	-	2%	-	9%	8%	82%	-	-	-	-	-	100%
사회 경제 실현 시기	세계	과제 수	-	-	2	-	1	25	12	3	14	-	8	65
		비중(%)	-	-	3%	-	2%	38%	18%	5%	22%	-	12%	100%
	국내	과제 수	-	-	-	-	-	2	1	5	5	9	43	65
		비중(%)	-	-	-	-	-	3%	2%	8%	8%	14%	66%	100%

□ LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발 분석 결과

○ 중요도가 높은 과제는 도시유역 LID 물순환 정량화 해석 4.86, 수자원에너지기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도검토 및 개선연구 4.58, LID 기법에 의한 비점오염원 저감모델링 기술 4.56 순임

○ 기술획득방식은 정부와 민간이 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 41%로 가장 높게 나타났고, 정부가 주도해야 한다는 응답도 38%로 높은 응답율을 보임

○ 정부개입필요성이 높은 과제는 수자원에너지기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도 검토 및 개선연구 4.48, 수자원에너지 기반도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인 도출 4.13, LID 물순환계획요소 홍수저감효과 분석 4.00 순임

예측기술명	중요도	기술획득방식				정부개입필요성
		민간주도	정부주도	공동	국제협력	
도시유역 LID 물순환 정량화 해석	**4.86**	5%	32%	55%	8%	3.94
LID 기법에 의한 비점오염원 저감모델링 기술	**4.56**	14%	31%	42%	14%	3.65
LID 기술을 이용한 도시유역의 유출수 관리 기술	4.53	31%	23%	40%	6%	3.61
LID 기법적용에 의한 지하수, 토양, 도시환경 효과 예측	4.43	3%	56%	31%	9%	3.86
LID 물순환계획요소 수생태계 영향분석	4.06	3%	55%	39%	3%	3.93
LID 물순환 도시 경제성 분석 기술	3.89	12%	47%	32%	9%	3.90
LID 물순환 계획요소 홍수저감효과 분석	4.41	6%	53%	32%	9%	**4.00**
분산형 빗물관리시스템 현장적용	4.10	21%	21%	56%	3%	3.34
분산형 빗물관리시스템 모니터링	4.00	23%	26%	51%	0%	3.19
LID 물순환 녹지·토지이용계획 연계기술	4.06	10%	42%	45%	3%	3.79
LID 식재 및 토양조성 기술	3.49	27%	24%	42%	6%	3.17
도시 비점오염원 저감을 위한 자원순환형 ECOSan 시스템 개발	3.44	33%	18%	39%	9%	2.97
건축물 및 단지 물순환 계획	4.19	21%	18%	61%	0%	3.10
물순환과 에너지의 도시 Metabolism 분석기술	3.84	14%	29%	43%	14%	3.23
LID 물순환 계획요소 및 탄소저감효과 분석	4.17	3%	44%	47%	6%	3.74
저탄소 물순환 시스템을 위한 Green technology optimization 및 Carbon calculator 개발	3.87	3%	43%	40%	14%	3.68
도시 투수성 포장(생태면적률) 건전화	4.29	18%	18%	61%	3%	3.57

도시 물순환시스템의 환경영향 평가기술	3.94	15%	42%	42%	0%	3.43
물·열순환 복원에 의한 증발산량, 미기후향상 등 효과 해석	3.94	12%	48%	33%	6%	3.73
수자원에너지기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도검토 및 개선연구	**4.58**	0%	64%	33%	3%	**4.48**
수자원에너지 기반도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인 도출	**4.02**	6%	59%	32%	3%	**4.13**
수자원에너지기반의 물순환도시 평가지표 및 평가시스템 개발	4.34	6%	55%	36%	3%	4.00
GIS/Web 기반 도시지역 유출 및 LID 평가 시스템 개발	3.44	23%	33%	37%	7%	3.19
유역단위 LID 평가 기술 개발	3.44	32%	39%	23%	6%	3.00
평균	4.08	14%	38%	41%	6%	3.61

○ 기술적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~4년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 분산형 빗물관리시스템 현장적용으로 4년의 차이를 나타냄

○ 사회경제적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 LID 물순환 녹지·토지이용계획 연계기술, LID 물순환 계획요소 및 탄소저감효과 분석, 유역단위 LID 평가 기술 개발로 나타남
- 사회경제적 실현은 기술이 실현되고 난 후 2~6년 후 실현되는 것으로 조사됨

예측기술명	기술적 실현시기				사회경제적 실현시기			
	세계		국내		세계		국내	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
도시유역 LID 물순환 정량화 해석	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2020	2020
LID 기법에 의한 비점오염원 저감모델링 기술	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2016	2020
LID 기술을 이용한 도시유역의 유출수 관리기술	2012	2013	2015	2015	2016	2016	2020	2020
LID 기법적용에 의한 지하수, 토양, 도시환경 효과 예측	2013	2013	2015	2015	2015	2016	2018	2018
LID 물순환계획요소 수생태계 영향분석	2013	2013	2015	2015	2015	2016	2020	2020
LID 물순환 도시 경제성 분석 기술	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2020	2020
LID 물순환 계획요소 홍수저감효과 분석	2013	2013	2014	2015	2018	2018	2018	2020
분산형 빗물관리시스템 현장적용	2010	**2011**	2015	**2015**	2016	2016	2018	2018
분산형 빗물관리시스템 모니터링(이수·치수·생태환경)	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2018	2018
LID 물순환 녹지·토지이용계획 연계기술	2010	2012	2014	2014	2015	**2015**	2020	**2020**
LID 식재 및 토양조성 기술	2013	2013	2015	2015	2016	2016	2020	2020
도시 비점오염원 저감을 위한 자원순환형 ECOSan 시스템 개발	2012	2013	2015	2015	2018	2018	2020	2020
건축물 및 단지 물순환 계획	2012	2012	2012	2013	2014	2015	2015	2017
물순환과 에너지의 도시 Metabolism 분석기술	2015	2015	2015	2015	2020	2020	2020	2020
LID 물순환 계획요소 및 탄소저감효과 분석	2012	2013	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
저탄소 물순환 시스템을 위한 Green technology optimization 및 Carbon calculator 개발	2015	2015	2015	2015	2019	2018	2020	2020
도시 투수성 포장(생태면적률) 건전화	2011	2012	2015	2015	2016	2016	2019	2019
도시 물순환시스템의 환경영향 평가기술	2015	2015	2015	2015	2018	2018	2020	2020
물·열순환 복원에 의한 증발산량, 미기후향상 등 효과 해석	2015	2015	2015	2015	2018	2018	2020	2020
수자원에너지기반의 물순환 도시조성 관련 법·제도검토 및 개선연구	2015	2015	2015	2015	2020	2020	2020	2020
수자원에너지 기반도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인 도출	2015	2015	2015	2015	2020	2020	2020	2020
수자원에너지기반의 물순환도시 평가지표 및 평가시스템 개발	2014	2014	2015	2015	2020	2020	2017	2020
GIS/Web 기반 도시지역 유출 및 LID 평가 시스템 개발	2011	2012	2015	2015	2015	2015	2018	2019
유역단위 LID 평가 기술 개발 - SWMM LID 와 SWAT 연계	2010	2012	2015	2015	2015	**2015**	2019	**2020**

□ 통합 물자원 관리 시스템 개발 분석 결과

○ 중요도가 높은 과제는 홍수 자원화 기술 4.27, 빗물, 중수 연계 도시용수 통합운영 시스템 4.14, 분산공유형 오수, Greywater 처리 및 재이용 4.02 순임

○ 기술획득방식은 정부와 민간이 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 54%로 가장 높게 나타남

○ 정부개입필요성이 높은 과제는 홍수 자원화 기술 3.90, 용수 재이용시설과 물순환 시스템이 지구온난화 저감에 기여하는 영향 및 편익분석 3.70, 도시농업을 이용한 수처리 및 재이용 농업용수 공급 3.50 순임

예측기술명	중요도	기술획득방식				정부개입필요성
		민간주도	정부주도	공동	국제협력	
홍수 자원화 기술	**4.27**	0%	36%	58%	6%	**3.90**
빗물의 우수관로 내 정화, 저장 시스템	3.96	3%	9%	82%	6%	3.38
자연에너지 이용 소독 기술 개발	3.23	42%	6%	32%	19%	2.82
저에너지 생태정화 재이용 기술	3.39	9%	9%	72%	9%	3.18
도시농업을 이용한 수처리 및 재이용 농업용수 공급	3.84	6%	18%	73%	3%	**3.50**
전통기술을 접목한 탄소저감형 농축산 용수 생산 시스템 개발	2.99	21%	10%	69%	0%	2.73
분산공유형 오수, Greywater 처리 및 재이용	**4.02**	15%	15%	65%	6%	3.23
빗물,중수연계도시용수통합운영시스템	**4.14**	10%	19%	68%	3%	3.32
물자원 이용 체계 분석 기술	3.92	10%	45%	45%	0%	3.46
공업용수 재이용 시스템	3.80	50%	3%	47%	0%	2.72
상향류 탈인조 결합형 준 회분식 반응조와 가압식 membrane을 이용한 하수 재이용수 생성 공정 개발	2.83	52%	3%	29%	16%	2.37
용수 재이용시설과 물순환 시스템이 지구온난화 저감에 기여하는 영향 및 편익분석	3.83	10%	39%	42%	10%	**3.70**
재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술	3.44	19%	29%	39%	13%	3.33
GIS기반 하천변 수변림 조성에 따른 수문/수질 평가 시스템 개발 및 적용	3.45	13%	30%	43%	13%	3.04
Web 기반 수문분석 시스템 개발	3.39	23%	27%	43%	7%	2.85
평균	3.63	19%	20%	54%	7%	3.17

○ 기술적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 공업용수 재이용 시스템으로 5년의 차이를 나타냄

○ 사회경제적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 저에너지 생태정화 재이용 기술, 재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술, Web 기반 수문분석 시스템 개발로 5년의 차이가 나타났고, 전통기술을 접목한 탄소저감형 농축산 용수 생산 시스템 개발은 오히려 국내 실현시기가 1년 빠른 것으로 나타남
- 사회경제적 실현은 기술이 실현되고 난 후 2~8년 후 실현되는 것으로 조사됨
-

예측기술명	기술적 실현시기				사회경제적 실현시기			
	세계		국내		세계		국내	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
홍수 자원화 기술	2015	2015	2015	2015	2020	2020	2020	2020
빗물의 우수관로 내 정화, 저장 시스템	2014	2014	2015	2015	2016	2017	2019	2020
자연에너지 이용 소독 기술 개발	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2020	2020
저에너지 생태정화 재이용 기술	2010	2011	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
도시농업을 이용한 수처리 및 재이용 농업용수 공급	2014	2014	2015	2015	2017	2017	2020	2020
전통기술을 접목한 탄소저감형 농축산 용수 생산 시스템 개발	2015	2015	2015	2015	2020	**2020**	2019	**2019**
분산공유형 오수, Greywater 처리 및 재이용	2014	2014	2015	2015	2016	2016	2020	2020
빗물,중수연계도시용수통합운영시스템	2012	2013	2014	2014	2018	2018	2020	2020
물자원 이용 체계 분석 기술	2010	2010	2013	2013	2015	2015	2017	2017
공업용수 재이용 시스템	2010	**2010**	2015	**2015**	2019	2018	2019	2019
상향류 탈인조 결합형 준 회분식 반응조와 가압식 membrane을 이용한 하수 재이용수 생성 공정 개발	2012	2012	2013	2013	2016	2015	2020	2018
용수 재이용시설과 물순환 시스템이 지구온난화 저감에 기여하는 영향 및 편익분석	2014	2014	2015	2015	2020	2020	2020	2020
재이용수의 위해성 저감 및 거동 예측 기술	2011	2012	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
GIS기반 하천변 수변림 조성에 따른 수문/수질 평가 시스템 개발 및 적용	2010	2012	2015	2015	2017	2017	2020	2020
Web 기반 수문분석 시스템 개발	2010	2012	2013	2013	2015	**2015**	2020	**2020**

□ 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발 분석 결과

○ 중요도가 높은 과제는 바이오가스 회수 및 활용 기술 3.68, 빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템 3.67, 물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방 에너지 공급 3.61 순임

○ 기술획득방식은 정부와 민간이 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 51%로 가장 높게 나타났고, 민간이 주도해야 한다는 응답도 30%로 높은 응답율을 보임

○ 정부개입필요성이 높은 과제는 도시에너지 자족성 향상 효과 분석 및 예측기술 3.26, 빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템 3.11, MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술 3.08 순임

예측기술명	중요도	기술획득방식				정부개입필요성
		민간주도	정부주도	공동	국제협력	
물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방 에너지 공급	**3.61**	39%	6%	45%	10%	2.78
경사지 우수관 낙차고를 이용한 재활용 기법 개발	3.23	32%	6%	58%	3%	2.93
하수열 회수 및 활용 기술	3.59	30%	9%	55%	6%	2.93
빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템	**3.67**	23%	7%	67%	3%	**3.11**
산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보	2.72	39%	3%	52%	6%	2.48
미생물연료전지를 통한 환경기초시설에서의 에너지 회수 기법	3.16	35%	3%	39%	23%	2.62
지열, 하수열 융합기술	3.33	31%	0%	53%	16%	2.86
MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술	3.10	24%	10%	55%	10%	**3.08**
복합 수자원 활용 친환경 지열 히트펌프 시스템 개발	3.33	36%	7%	46%	11%	2.84
바이오가스 회수 및 활용 기술	**3.68**	41%	7%	41%	10%	2.88
도시에너지 자족성 향상 효과 분석 및 예측기술	3.61	13%	42%	42%	3%	3.26
에너지 자원화를 위한 도시 수도시스템 개발	3.59	19%	22%	59%	0%	**3.00**
평균	3.39	30%	10%	51%	8%	2.90

○ 기술적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 하수열 회수 및 활용 기술로 5년의 차이를 나타냄

○ 사회경제적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보, 복합 수자원 활용 친환경 지열 히트펌프 시스템 개발, 에너지 자원화를 위한 도시 수도시스템 개발로 5년의 차이가 나타남
- 사회경제적 실현은 기술이 실현되고 난 후 3~8년 후 실현되는 것으로 조사됨

예측기술명	기술적 실현시기				사회경제적 실현시기			
	세계		국내		세계		국내	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
물의 상태변화를 이용한 건축물 냉난방 에너지 공급	2015	2015	2015	2015	2018	2018	2020	2020
경사지 우수관 낙차고를 이용한 재활용기법 개발	2010	2012	2015	2015	2015	2015	2019	2019
하수열 회수 및 활용 기술	2010	**2010**	2015	**2015**	2015	2015	2016	2016
빗물의 증발산열 이용을 통한 도시 냉방시스템	2014	2015	2014	2015	2016	2018	2020	2020
산소를 만들어 낼 수 있는 친환경 가동보	2010	2011	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
미생물연료전지를 통한 환경기초시설에서의 에너지 회수 기법	2010	2013	2014	2015	2015	2018	2020	2020
지열, 하수열 융합기술	2010	2012	2015	2015	2020	2020	2020	2020
MAR 기반 에너지 순환 및 재이용 기술	2011	2014	2015	2015	2015	2018	2020	2020
복합 수자원 활용 친환경 지열 히트펌프 시스템 개발	2011	2012	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
바이오가스 회수 및 활용 기술	2010	2011	2013	2013	2010	2014	2015	2017
도시에너지 자족성 향상 효과 분석 및 예측기술	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2025	2020
에너지 자원화를 위한 도시 수도시스템 개발	2010	2012	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**

□ 이동형 상수 공급 시스템 개발 분석 결과

○ 중요도가 높은 과제는 초고속 담수화 기술 3.78, 도서지역 이동형 급수 기술 3.23, 원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술 3.17 순임

○ 기술획득방식은 정부와 민간이 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 45%, 민간이 주도해야 한다는 응답이 44%로 비슷하게 나옴

○ 정부개입필요성이 높은 과제는 도서지역 이동형 급수 기술 3.46, 초고속 담수화 기술 3.07, 나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발 2.52 순임

예측기술명	중요도	기술획득방식				정부개입필요성
		민간주도	정부주도	공동	국제협력	
경량형 탈착 수처리 시스템	2.80	57%	11%	29%	4%	2.38
초고속 담수화 기술	**3.78**	19%	6%	65%	10%	**3.07**
나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발	3.11	55%	6%	35%	3%	**2.52**
나노막여과 및 무전해질용 전기분해방식 소독을 결합한 웹기반의 저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템 개발	3.00	43%	3%	50%	3%	2.48
원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술	**3.17**	48%	3%	42%	6%	2.41
육상 이동형 물공급 시스템	2.80	48%	0%	48%	3%	2.39
선박용 자가 발전 시스템	2.89	61%	3%	32%	3%	2.15
도서지역 이동형 급수 기술	**3.23**	19%	23%	58%	0%	**3.46**
평균	3.10	44%	7%	45%	4%	2.61

○ 기술적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 0~3년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 경량형 탈착 수처리 시스템, 나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발, 도서지역 이동형 급수 기술로 3년의 차이를 나타냄

○ 사회경제적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 1~5년 사이로 조사됨

- 세계와 국내의 차이가 가장 큰 기술은 경량형 탈착 수처리 시스템, 나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발, 나노막여과 및 무전해질용 전기분해방식 소독을 결합한 웹기반의 저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템 개발로 5년의 차이가 나타남

- 사회경제적 실현은 기술이 실현되고 난 후 2~4년 후 실현되는 것으로 조사됨

예측기술명	기술적 실현시기				사회경제적 실현시기			
	세계		국내		세계		국내	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
경량형 탈착 수처리 시스템	2010	**2012**	2015	**2015**	2015	**2015**	2020	**2020**
초고속 담수화 기술	2012	2015	2015	2015	2015	2018	2020	2019
나노버블 및 고도산화처리(Advanced Oxidation Process) 기술을 이용한 이동형 상수 시스템 개발	2012	**2012**	2015	**2015**	2015	**2015**	2020	**2020**
나노막여과 및 무전해질용 전기분해방식 소독을 결합한 웹기반의 저비용 이동형 간이상수도 및 통합관리시스템 개발	2012	2013	2015	2015	2015	**2015**	2020	**2020**
원수수질 맞춤형 이동식 정수시스템 기술	2012	2013	2015	2015	2016	2016	2016	2019
육상 이동형 물공급 시스템	2012	2012	2015	2014	2015	2015	2016	2017
선박용 자가 발전 시스템	2012	2013	2015	2015	2015	2015	2017	2017
도서지역 이동형 급수 기술	2010	**2011**	2014	**2014**	2015	2015	2020	2019

□ 통합 물자원 관리 시스템 개발 분석 결과

○ 중요도가 높은 과제는 수질 및 수처리 시설의 원격 제어 및 원거리 모니터링 시스템 개발 3.56, 각종 센서를 통한 수질 분석 프로그램 개발 3.23, 100 만톤/일 급 규모의 하천수 개선용 실증 적용 연구 3.22 순임

○ 기술획득방식은 정부와 민간이 공동으로 개발하여야 한다는 응답이 43%, 민간이 주

도해야 한다는 응답이 43%로 비슷하게 나옴

○ 정부개입필요성이 높은 과제(5점 만점에 3 이상)가 없음

예측기술명	중요도	기술획득방식				정부개입 필요성
		민간 주도	정부 주도	공동	국제 협력	
수처리 시설 제어 프로그램 개발	3.15	50%	11%	39%	0%	2.72
각종 센서를 통한 수질 분석 프로그램 개발	**3.23**	52%	16%	32%	0%	2.82
수질 및 수처리 시설의 원격 제어 및 원거리 모니터링 시스템 개발	**3.56**	39%	6%	48%	6%	2.85
대용량저에너지의효율적미세기포발생시스템개발	2.99	57%	10%	27%	7%	2.46
100 만톤/일 급 규모의 하천수 개선용 실증 적용 연구	**3.22**	16%	13%	61%	10%	2.70
IT(GPS 및 계측센서) 적용 실시간 분석 및 연동제어 기술 개발	3.04	46%	4%	50%	0%	2.44
평균	3.20	43%	10%	43%	4%	2.67

○ 기술적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 1~3년 사이로 조사됨

○ 사회경제적 실현시기는 세계와 국내의 차이가 3~5년 사이로 조사됨

- 사회경제적 실현은 기술이 실현되고 난 후 2~4년 후 실현되는 것으로 조사됨

예측기술명	기술적 실현시기				사회경제적 실현시기			
	세계		국내		세계		국내	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
수처리 시설 제어 프로그램 개발	3.15	50%	11%	39%	0%	2.72		
각종 센서를 통한 수질 분석 프로그램 개발	3.23	52%	16%	32%	0%	2.82		
수질 및 수처리 시설의 원격 제어 및 원거리 모니터링 시스템 개발	3.56	39%	6%	48%	6%	2.85		
대용량저에너지의효율적미세기포발생시스템개발	2.99	57%	10%	27%	7%	2.46		
100 만톤/일 급 규모의 하천수 개선용 실증 적용 연구	3.22	16%	13%	61%	10%	2.70		
IT(GPS 및 계측센서) 적용 실시간 분석 및 연동제어 기술 개발	3.04	46%	4%	50%	0%	2.44		

4절 기술개발 방향 설정

1. 1차 기획타당성검토위원회 의견

□ 비전/목표에 대한 의견사항

검 토 의 견	보 완 사 항
○ 비전과 목표 설정은 잘 정리되었다고 보며, 세부목표의 경우 목표와의 전체적인 적합성을 감안하여 조정 필요	○ 전체 목표의 달성을 위해 이동형상수 분야를 제외한 후 보다 구체적이고 체계적으로 중점추진분야를 재설정하였으며, 중점추진분야별로 전체목표를 달성하기 위한 세부목표를 재조정해 전체목표와 세부목표 연계성 분명히 함
○ 국가 정책과 적합한 자연형 기술인 LID 기반의 물순환 기술 확립은 매우 필요하다 사료되며 사업화를 위한 테스트베드 계획은 좀 더 구체적으로 제시할 필요성이 있음.	○ 아산탕정 1단계 신도시 지역을 테스트베드로 확보하였으며, "LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발" 등의 후보과제에서 적용기술, 모니터링 항목, 활용방안 등 구체적 제시
○ 본 과제는 “재해에 강건하고 생태적인 저탄소 녹색도시 구현을 위한 수자원 에너지 기반의 물순환기술, 연구 과제”라고 정의하고 있으나, 본과제의 비전과 목표를 도출하기 위한 국·내외 연구진 분석 및 SWOT 분석은 최근 부상되는 물산업분야의 광범위한 내용을 기술하여 본과제를 위한 핵심적인 전략방향이 무엇인지 이해하기 힘듦.	○ 중점추진분야의 재설정 및 목표 재설정을 통해 핵심전략 방향을 보다 구체적으로 제시하였으며, 후보과제 도출시 본과제의 배경, 필요성 등을 보다 명확하게 제시함
○ 또한 가고자하는 방향에 대한 비전표현은 바람직하나 목표 즉 전략방향에 있어서 “비상 물공급 수단확보에 의한 물공급 안전도 향상” 항목은 본과제 목적과 부합되기는 부족 - 본과제 목적과 연관성을 갖도록 환경적 측면을 고려한 수처리 기술방향으로 전환 검토 ○ 목표 중에서 “이동형 상수공급시스템 개발”은 본 연구와의 성격에서 부합되지 못함. 따라서 본 연구내용에서는 제외	○ 비상 물공급을 위한 이동형 상수 시스템은 본 기획과제의 중점 추진분야에서 제외함
○ 제시된 정량적 목표 달성에 필요한 시간적 규모를 고려하여 과제가 도출되어야 할 것으로 판단됨.	○ 전문가들을 대상으로 한 기술예측조사와 후보과제 우선순위 도출 설문을 통해 과제의 목표달성을 위해 필요한 시간들을 파악하였으며, 과제카드 작성시 반영함
○ 수자원 에너지 기반은 대체 또는 보전에너지 개념에서 접근, 지속가능 에너지 이용 개념에 서 접근	○ 자연지반을 최대한 활용한 설계기법의 도입, 개발 대상지의 자연상태 변화 최소화, 경사지형의 활용, 물 이송 에너지의 최소화, 저에너지 생태공학 기술 적용 등을 통해 지속가능 에너지 개념을 반영하였으며, 후보과제 도출시 보다 구체적인 방안을 도출함
○ 도시 물순환시스템은 “건전한 생태도시 조	○ 관련 과제 및 기술들 참고 하였음

검 토 의 견	보 완 사 항
성을 위한 물관리 시스템"을 참고할 필요 있음	
○ 다목적 댐(대심도 저수지) 수위 냉난방 열원 시스템 개발 필요성 부각	○ 중점추진 분야인 "수자원 에너지 연계 수변도시 적용기술"의 후보과제인 "수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술 "과 "수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술"에서 연계하여 검토

□ 중점추진분야 대한 의견사항

LID 기반의 물순환 도시조성 기술개발	보 완 사 항
○ LID 기법 적용성 표준화 기술이 선행되야함.	○ 중점추진분야인 "물순환 녹색도시 통합설계 기술"의 후보과제 "실증적 실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가기술 "에서 반영함
○ 전반적으로 적절하다고 사료되나, 현실적으로 가능한 공간 범위를 고려하여 추진하는 방안 검토	○ 아산탕정 등의 테스트베드 예상 부지를 선정 후 공간범위를 고려하여 추진
○ 저수지 열순환 시스템 도입 및 지표수의 지하수로 저장기술	○ 중점추진분야인 "수자원 에너지 연계 수변도시 적용기술"에서 하천 및 저수지의 수자원 열에너지를 활용하는 기술을 적용하였으며, 도시에서 발생하는 지표수의 저류 이용을 위한 다양한 기술들을 후보과제로 도출하였음
통합수자원 관리 시스템 검토의견	**보 완 사 항**
○ 통합 물자원 관리 시스템 개발 기술은 Water Grid 기술과 중복성 여부 검토	○ Water Grid기술과 중복성 검토를 통하여 중복과제내용 배제
○ 수처리 process가 수반되는 적절한 항목이라고 사료됨 ○ 추진제목은 연구과제 범위에 부합되게 수정하는것을 검토(너무 광범위하여 오해소지가 우려됨)-건전한 생태도시(침투성 도시개발) 조성기술	○ 추진중점분야의 제목이 보다 명확한 의미를 지니도록 LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발과 통합하여 "지능형 물순환 융합기술"에서 재정리 하였으며, 대체수자원 연계활용 및 운영기술, 공업용수 맞춤형 재활용기술, 저에너지 친환경 생태용수 공급기술 개발로 세분화 함

물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발	보 완 사 항
○ 국내에 적용사례가 거의 전무 하므로 국내 실정에 맞는 에너지 회수 기술을 개발 필요	○ 국내 실정에 적합한 에너지회수기술개발과 적용을 위한 연구 추진 및 “수변공간 활용 특별법(국토해양부, 2010.12)”의 실행을 위한 실제적인 기술 개발
○ 일부 연구항목은 건축설비 및 system 부분과 연관되어 있어 본 연구 주제와는 부합성 측면에서 애매하므로 검토	○ 본 연구주제와의 내부연구진의 부합성 검토를 통하여 재조정
이동형 상수공급 시스템	**보 완 사 항**
○ 적합한지 여부에 대한 검토 필요	○ 본 과제의 방향과 부합되지 않는 이동형 상수공급 시스템은 검토위원회의 검토결과와 부처간의 협의를 통해 제외함.
○ 분류의 핵심요소기술을 통합적으로 관리할 수 있는 시스템 구축이 필요함.	
○ 이 항목은 수처리설비 부분에 가까우므로 본과제 취지에 부합되도록 방향 재검토 바랍니다.	
○ 본 과제에서 제외하는것이 바람직함	

□ 기타 의견사항

검 토 의 견	보 완 사 항
○ 도시계획단계에서부터 물순환기술을 적용하고자 한다면, 향후 연구과정에서 도시계획 전문가의 참여 및 의견 반영 필요	○ 한국토지주택공사 및 학계의 도시계획 전문가의 지속적 자문 및 연구 참여
○ 신도시에만 적용할 수 있는 기술과 기존 도시의 retrofit에도 활용할 수 있는 기술 등으로 구분 필요성은 없는지 검토(향후 일정시점 이후에는 신도시 보다 도심재개발 방향으로 갈 가능성이 높음)	○ 본 과제는 신도시 적용시를 바탕으로 연구될 예정이나, 연구에서 도출된 요소기술의 기존 도시에 활용성 검토가 이루어질 수 있도록 추진하겠음.
○ 현재는 “도시 계획 단계”에서 적용할 수 있는 기술개발이 중심으로 되어 있으나, 기존 도시의 remodeling/ rehabilitation 관점에서 활용할 수 있는 기술개발도 보다 명시적으로 추가되는 것이 필요하다고 판단됨	

검 토 의 견	보 완 사 항
○ 미래사회의 추이와 환경변화에 대비한 수요예측과 향후 노령화 사회에 대비한 도시물순환 연구부분이 필요함	○ 중점추진분야인 "수자원에너지 연계 수변도시 적용기술" 에서노령화 사회에 대비하여 심미성이 가미된 도시 물순환 연구부분을 포함하며, "물순환 녹색도시 구축 및 실증"에서 후보과제인 "수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발"에 관련 내용 포함
○ 물순환 생태도시 구현에서 국민소득이 향상에 따른(G.N.P 30.000$) 생태도시 구현의 과제명이 있어야겠다. 예) 요트시대를 대비한 생태도시 project 중 수심, 폭 등	
○ 본 연구는 계획단계에서 부터의 도시계획을 할 수 있도록 하는 것인데, 실제로 본 연구내용에는 기존 도시화에 대한 것도 개선 및 물순환 등이 적용될 수 있는 진단, 평가, 개선방안 등에 대한 연구도 포함되어는 것이 바람직함.	○ 중점추진분야인 "물순환 녹색도시 통합설계기술"과 "지능형 물순환 융합기술"에 기존 도시에 적용할 수 있는 설계 및 기술들을 포함
○ 또한 U-health care를 할 수 있는 IT 기술이 접목된 실버타운 등에 관한 것도 포함되었으면 함.	○ U-eco city과제와의 중복성을 검토 후 필요시 실버타운 연구부분을 연구과제 내용에 포함하도록 추진함.
○ 에너지원은 저수지 열순환 구조와 계절별 온도차(수온과 기온) 활용 시스템 도입	○ 중점추진 분야인 “수자원 에너지 연계 수변도시 적용기술”의 후보과제인 "수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술"과 "수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술"에서 연계하여 검토 ○ 단지 조성시 가용 폐열에 대한 활용 적극적 고려
○ 도시 폐열 이용시스템 도입	
○ 수소에너지 전환시스템은 별도과제로 남겨둠이 필요	
○ 도시물순환 시스템과 분산식 물관리 시스템 기술개발 필요	

1. 분석결과 종합

(1) Keyword 도출

한글 : 저영향개발, 물순환, 빗물, 우수, 에너지 회수, 녹색 도시

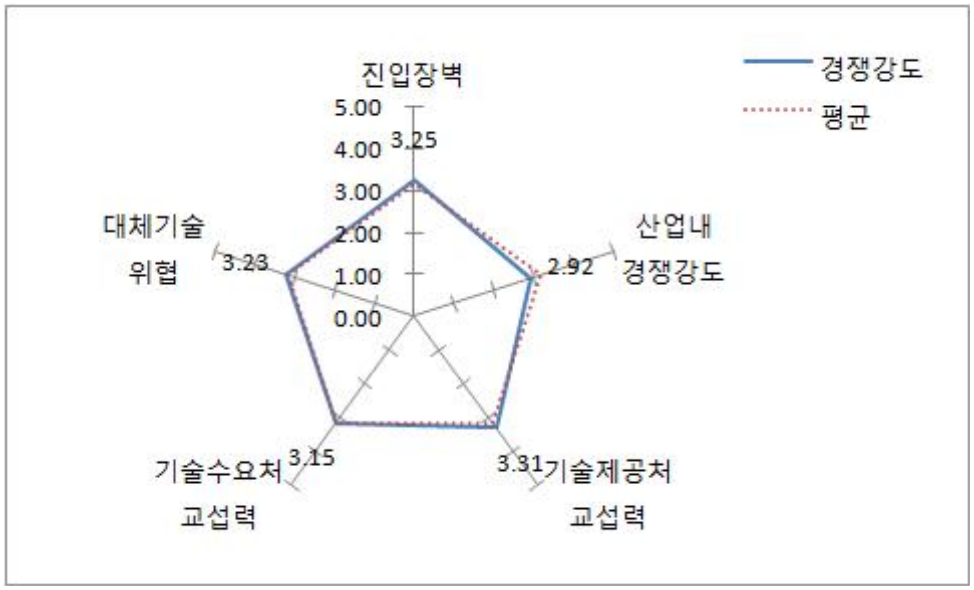
영문 : LID, Water cycle, Rainwater, Stormwater, Energy recovery, Green city

(2) 5 Forces 분석

○ 전체 분석 결과

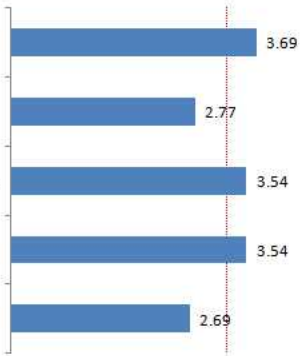
전체 분석 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 산업은 산업내 진입장벽, 산업내 경쟁강도, 기술제공처의 교섭력, 기술수요처의 교섭력, 대체기술의 위협 정도 등 모든 면에서 경쟁강도가 보통 수준(5점 만점에 3.17)으로 나타남

- 기술제공처의 교섭력이 3.31로 제일 경쟁강도가 높고, 산업내 경쟁강도가 2.92로 가장 낮은 것으로 나타남



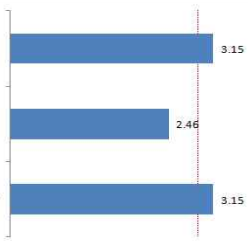
○ 진입장벽 분석

- 산업의 진입장벽이 낮으면 산업에 진출하려는 기업이 증가하고, 따라서 경쟁강도가 높아짐
- 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 경우 연구비 및 초기투자비용이 많이 들기 때문에 진입장벽이 높은 것으로 나타남
- 따라서 기술개발 추진전략 수립시 비교적 투자비용이 많이 들고 소요기간이 긴 테스트베드를 기반으로 한 모니터링과 실제 요소기술의 적용 및 통합 운전 경험을 축적하여 향후 수자원 에너지 기반의 물순환 기술이 확산될 수 있도록 토대가 마련되어야 함

결정요인	검토사항	매우 아니다 1 / 2 / 보통 3 / 4 / 매우 그렇다 5
규모의 경제	기술개발의 성패가 연구비 규모에 영향을 받는가?	
기술의 차별성	경쟁자에 의한 모방이 용이하여 제품차별화가 어려운가?	
소요자본	사업화 및 R&D를 위한 초기투자비용이 높은가?	
비용우위	기술개발 시 원가우위를 확보하기 위한 난이도가 높은 편인가?	
정부정책	정부의 정책 상 기술개발참여에 대한 규제는가 심한 편인가?	
경쟁강도 종합		평균 3.25

○ 산업내 경쟁강도 분석

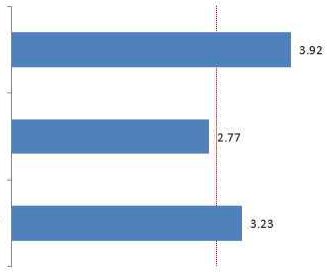
- 기존산업내의 경쟁강도는 기술보유업체의 다양성, 기술의 차별성, 전환비용 등을 고려하여 분석함
- 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 경우 기술보유업체의 경쟁강도, 전환비용이 보통수준이고, 기술차별성 측면에서의 경쟁강도가 낮은 것으로 나타나, 산업내 경쟁강도는 보통 수준으로 나타남(5점 만점에 2.92점)
- 따라서 본 기획기술의 성공적 적용과 활성화를 위해서는 지역적 및 기후적으로 특화된 기술을 개발하고 환경에 민감한 기술이 개발되도록 하는 등 차별화된 연구들이 실행될 수 있도록 전략을 마련해야 함

결정요인	검토사항	매우 아니다 1 / 2 / 보통 3 / 4 / 매우 그렇다 5
기술보유업체	국내외 다수의 기업 및 기관이 해당 기술을 보유하고 있는가?	
기술의 차별성	기술이 적용되는 국내외 관련 시장의 규모추세가 정체되고 있는 편인가?	
전환비용	기술개발 수행 중, 목표 및 적용시장을 변경하는 것이 얼마나 어려운 편인가?	
경쟁강도 종합		평균 2.92

○ 기술제공처의 교섭력 분석

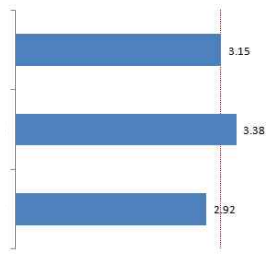
- 기술제공처의 교섭력은 기술의 적용범위가 다양하고, 대체기술이 존재하지 않고, 교체비용이 높을수록 증가함
- 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 경우 기술적용범위가 다양하여 기술제공처의 교섭력이 높은 나타남(5점 만점에 3.31점)

- 따라서 기술개발 추진전략 수립시 다양한 기술들이 적용되고 유기적으로 관리 및 운영될 수 있도록 해야 함

결정요인	검토사항	매우 아니다 1 / 2 / 보통 3 / 4 / 매우 그렇다 5
기술의 적용범위	기술의 적용범위가 다양한가?	
대체기술유무	동일한 기능을 가진 대체기술이 국내외에 존재하지 않는가?	
교체비용	유사한 기능을 가진대체기술을 본 과제에서 개발된 기술로 교체할 경우 소요되는 비용이 많은 편인가?	
경쟁강도 종합		평균 3.31

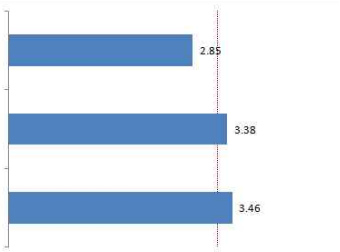
○ 기술수요처의 교섭력 분석

- 기술수요처의 교섭력은 기술의 적용범위가 다양하고, 대체기술이 존재하지 않고, 교체비용이 높을수록 증가함
- 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기술의 경우 비용에 대한 민감도가 높은 편이나, 기술니즈가 구체적이지 않아 기술수요처의 교섭력은 보통 수준으로 나타남(5점 만점에 3.15점)
- 따라서 기술개발 추진전략 수립시 본 기획 기술의 적용에 의한 효과를 객관적이고도 종합적으로 평가할 수 있는 지표와 방법론이 개발될 수 있도록 해야하며, 기술의 개발 및 적용이 원활히 이루어질 수 있도록 제도적인 측면이 함께 고려될 필요가 있음

결정요인	검토사항	매우 아니다 1 / 2 / 보통 3 / 4 / 매우 그렇다 5
정보보유정도	기술의 수요자는 기술에 대한 정보접근 및 정보보유 수준이 높은가?	
비용민감도	기술의 원가변화에 수요의 변화가 심하다고 볼 수 있는가?	
기술니즈의 구체성	기술이 적용되는 산업에서 요구되는 기술적 성능, 품질, 기능의 요구수준이 다양하지 않고 단순화되어 있는가?	
경쟁강도 종합		평균 3.15

○ 대체기술의 위협분석

- 대체기술의 위협은 대체기술의 시장점유수준, 수요자의 대체기술에 대한 선호도, 대체기술대비성능이 높을수록 위협이 증가함
- 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기술의 경우 모든 항목에서 보통 이하로 나타나 대체기술의 위협이 낮은 것으로 나타남(5점 만점에 3.23점)
- 따라서 기술개발 추진전략 수립시 대체 기술에 대한 동향을 함께 고려하되, 본 기술의 개발이 심도 있게 이루어질 수 있도록 차별화된 과제의 선정과 집중이 필요함

결정요인	검토사항	매우 아니다 1 — 2 — 보통 3 — 4 — 매우 그렇다 5
대체기술의 시장점유수준	동일한 기능을 가진 대체기술의 시장점유율이 높게 형성되어 있는가?	
수요처의 성향	기술의 수요자는 대체기술에 대한 선호도가 높은 편인가?	
대체기술성능	대체기술이 구현하는 기능 및 역할이 본 과제에서 개발하고자 하는 기술에 비하여 얼마나 좋은가?	
경쟁강도 종합		평균 3.23

(3) Issue Tree 작성

□ 사회문화적(Social) 시사점

○ 물부족 현상 가중 및 환경산업정책 강화

○ 도시인구,소비 증가 및 순환경사회 추구

○ 에너지 절약 및 신기술에 대한 관심 증대

○ 평시 및 비상시 물공급 안정성 확보 필요성 증대

□ 기술적(Technological) 시사점

○ 도시단위 통합기술 부재

○ 물자원, 생태 융합기술 필요 증대

○ 물순환기반 에너지 신기술 개발 필요

○ 고속 고효율 이동형 물공급 시스템 필요

□ 경제적(Economic) 시사점

○ 국제시장의 성장과 경쟁심화

○ 물산업 확대 및 저에너지 물자원 확보 필요

○ 수자원을 활용한 에너지 저감 기술 창출 및 확장

○ 도서지역, 재해지역 경제적 물공급 방안 필요

□ 환경적(Environmental) 시사점

○ 불투층 증가 및 열섬현상 가중

○ 도시 물과 물질 순환 통합고려 필요

○ 친환경 친수도시의 필요 증가

○ 저탄소 물공급 방안 필요

□ 정책적/법적(Political) 시사점

○ 저탄소 저에너지 신도시 조성 기조

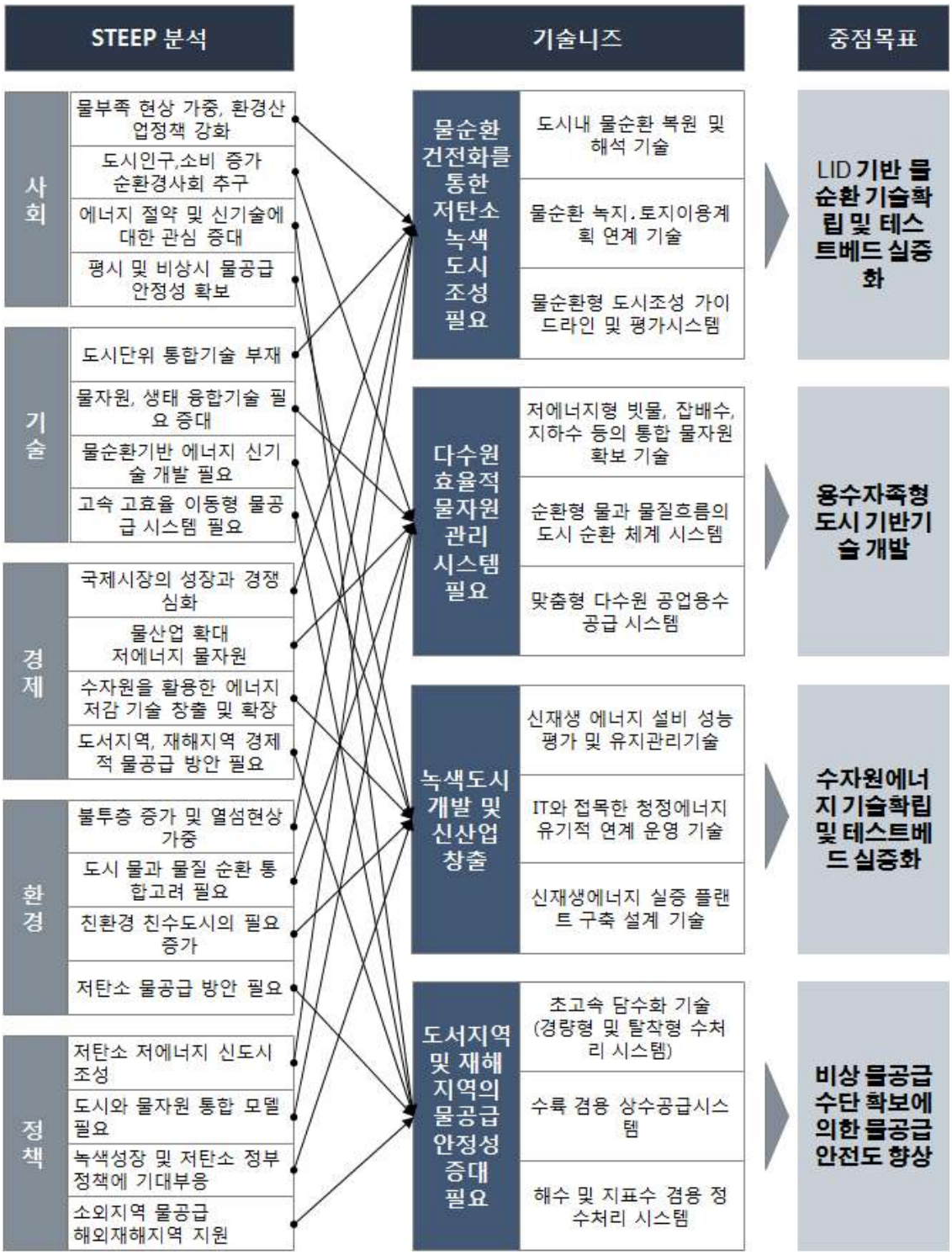
○ 도시와 물자원 통합 모델 필요

○ 녹색성장 및 저탄소 정부 정책에 기대부응

○ 소외지역 물공급 및 해외재해지역 지원

□ Issue tree의 구성

○ 동향조사 및 환경분석의 시사점을 한단어로 요약하여 Keyword을 도출하고, 서로 관련성이 있는 Keyword를 주요 이슈로 통합하여 표에 삽입함



2. 중점추진분야 설정

□ 중점추진분야 선정 개요 및 절차

○ 중점추진분야는 수자원 에너지 기반의 물순환 기술을 개발하기 위해 확보해야 하는 기술(군) 중에서 국가적 지원을 통하여 시급히 확보할 필요성이 인정되어 중점적으로 추진할 연구분야임

○ 중점추진분야는 후보분야 도출 → 평가기준 도출 → 중점추진분야 평가 → 검증을 통해 선정함



□ 중점추진분야의 평가 기준

○ 중점추진분야는 목표의 타당성/적시성/국가지원타당성을 고려하여 평가함

선정기준	세부내용
Factor A 목표 타당성	■ 사회경제적 니즈가 충분한가? ■ 국토해양부의 R&D 비전 및 목표달성과 부합하는가? ■ 본 과제의 비전 및 목표 달성과 부합하는가?
Factor B 적시성	■ 5-10년 후 최종 개발 또는 가시적 성과 창출이 가능한가? ■ 국내에 관련 전문인력 및 기술 인프라가 구비되어 있는가?
Factor C 국가(국토해양부) 지원 타당성	■ 민간이 독자적으로 개발하기 어려운 기술인가? ■ 타부처 사업과의 차별성이 있는가?

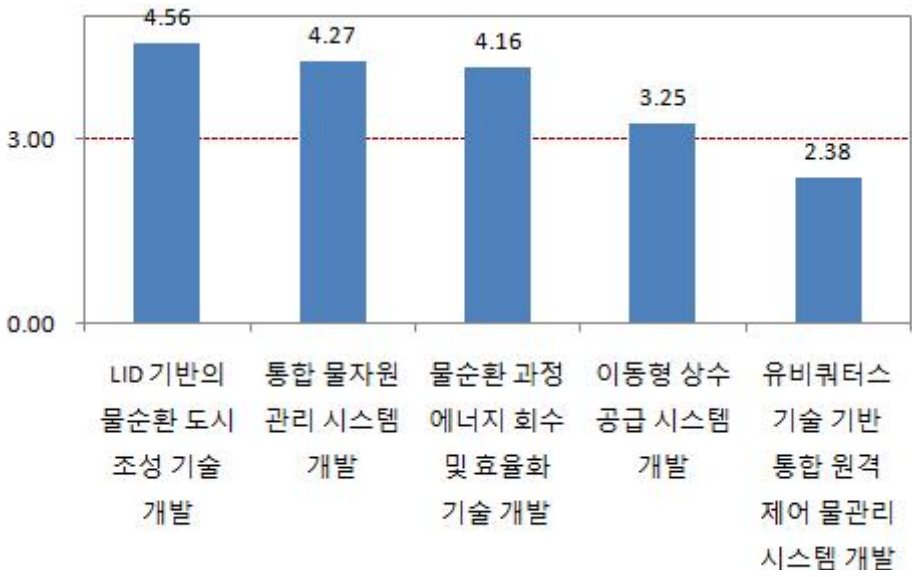
가. 중점추진분야 설정

□ 1단계

○ 중점추진후보분야는 LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발, 통합 물자원 관리 시스템 개발, 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발, 이동형 상수 공급 시스템 개발, 유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발 등 5개 후보분야를 도출함

○ 각각의 분야에 대한 평가 결과 4개 분야는 목표타당성, 적시성, 국가지원타당성을 모두 확보하고 있는 것으로 나타났으나(평가결과 3이상, 아래 표 참조), 유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발은 모두 3 이하로 나타나 중점추진분야에서 제외함

○ 분야별 우선순위는 LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발, 통합 물자원 관리 시스템 개발, 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발, 이동형 상수 공급 시스템 개발 순으로 나타남



중점추진후보분야	목표 타당성	적시성	국가(국토해양부) 지원타당성	평균	평가 결과
LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발	**4.52**	**4.52**	**4.63**	**4.56**	**선정**
통합 물자원 관리 시스템 개발	**4.30**	**4.19**	**4.33**	**4.27**	**선정**
물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발	**4.19**	**4.22**	**4.07**	**4.16**	**선정**
이동형 상수 공급 시스템 개발	**3.15**	**3.56**	**3.04**	**3.25**	**선정**
유비쿼터스 기술 기반 통합 원격 제어 물관리 시스템 개발	2.33	2.52	2.30	2.38	탈락

□ 최종단계

○ 1단계 및 2단계 기획타당성검토위원회의 검토 결과를 바탕으로 최종 중점추진분야 설정

· 「'이동형 상수 공급 시스템 개발'은 본 연구와의 성격에서 부합되지 못함. 따라서 본 연구내용에서 제외하는 것이 바람직」 등의 검토위원회 검토 결과로 제외

□ 중점추진분야

○ LID 기반의 물순환 도시 조성기술 개발

○ 통합 물자원 관리시스템 개발

○ 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발

나. 중점추진분야별 세부내용

□ LID 기반의 물순환 도시 조성기술 개발

배경	-기술 · 물순환 해석 프로그램으로 SWMM, STORM, SHER, CAT 등 다양한 소프트웨어가 상용화 되어 있으며, LID 시설물의 적용시 물순환 해석을 위한 프로그램으로 미국 EPA에서 개발한 SWMM LID, SUSTAIN 등이 있음. · 미국, 독일, 호주 등 세계 각국에서 통합 건축물 및 단지 설계를 위한 방안으로 BIM이 활용되고 있음 - 정책 · 기후변화 대비, 저탄소 녹색성장을 위한 물순환 건전화와 연계하여 도시계획시 LID를 일부 도입•추진 중 : 도시계획 시설의 결정•구조 및 설치기준에 관한 규칙('09.2) 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립지침('09.7) 지속가능한 신도시 계획기준('10.1) - 산업/시장 · 최근 환경부와 국토해양부에서는 국내 도시개발방향을 저영향개발 기법으로 불려지는 LID(Low Impact Development)기법의 적용을 의무화하도록 요구하고 있음 · 소방방재청 등에서는 사전재해영향성검토에서 사업지구 내 침투·저류시설의 설치를 권장사항에서 의무적으로 반영하도록 요구하고 있는 추세임 · 아산탕정 등에 수자원에너지, 저영향개발 기법의 물순환 시스템을 적용하고 있으며, 확대추세 · 개발 이전의 수문 순환 상태에 최대한 근접하여 개발로 인한 영향을 최소화하는 저영향 개발과 발생원 관리(Source Control) 또는 분산형 빗물관리(Decentralized Rainwater Management)는 유사 개념의 빗물관리 방식임.
목표	· 물순환 회복을 위한 빗물관리 목표량 산정기법 개발

	· 물순환 녹색도시 조성을 위한 통합 최적 설계 기술 개발 · 수자원에너지 기반의 물순환 시스템의 편익 분석을 통한 경제적 타당성 제시 및 설계지원 소프트웨어 개발 · 물순환 녹색도시 조성을 통한 탄소저감 효과 분석 기술 마련 · LID 기반의 물순환 모델 도시 구축 및 운영기술 개발
주요 내용	· 물순환 시스템 구축을 위한 빗물관리 목표량 산정기술 개발 · 기존도시, 신도시 및 수변도시 LID 물순환 최적화 설계 기술 개발 · 물순환 녹색도시 경제성 분석 및 다기준 설계지원 프로그램 개발 · 탄소저감효과 분석을 위한 Carbon calculator 개발 · 테스트 베드 조성을 통해 LID 기반의 물순환 기술이 적용된 모델 도시 구축

□ 통합 물자원 관리시스템 개발

배경	- 기술 · 빗물의 이용과 관련된 기술들이 개발되고 있으며, 물순환 건전화를 위한 LID 기반의 빗물관리 연구에 대한 관심이 높아지고 있음 · 국외 기술을 살펴보면, LID 요소기술 및 LID 기반 자원화 기술은 2000년대 이후 가파르게 성장함. - 정책 · 물재이용 촉진에 관한 법률 (환경부, 2011.06.09 시행예정) : 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재이용 촉진을 제도적으로 뒷받침하기 위해 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”을 제정 및 공포하였고 수도법 개정 내용을 반영한 하위규정을 마련 중에 있음 · 자연재해대책법(행정안전부)제정_가뭄대책, 재해정보 긴급지원 대책 규정 : 근래 극심한 가뭄으로 인하여 농업용수는 물론 생활용수가 부족하여 물에 대한 위기가 고조되고 있으며, 앞으로도 기후변화에 따른 자연재해가 빈발할 것으로 전망됨에 따라 「풍수해대책법」을 제정, 1995. 12.6 「자연재해대책법」(법률 제4993호)으로 전문개정 공포함 - 산업/시장 · 최근 조성되고 있는 중소규모 신도시(혁신도시, 행복도시, 기타 공공기관 주도의 신도시 건설사업)의 규모가 100조원 이상이 될 것으로 예상됨 · 녹색도시 관련 기술이 적용될 분야의 녹색건설 시장 규모는 2012년은 384억 달러, 2030년에는 700억 달러 정도로 추산할 수 있음(R&D focus 2009-10호,한국과학기술기획평가원)
목표	· LID 물순환 기술 적용을 통한 물순환의 복원 · 강우 유출 저감 및 침투와 증발산 증가로 물순환 개선율 55% 이상 달성 · 증발산 증가에 의한 열섬현상 저감으로 도시기온 2℃ 저감 · 강우 유출수의 활용을 통한 물자립률 30% 향상 · 분산식 강우 유출수 관리를 통한 100년 재현빈도 강우유출수 관리 기술 개발
주요 내용	· DCIA 최소화를 위한 기존 불투수면의 retrofitting 기술 개발 · LID 요소기술(저류형/침투형) 효율성 검증 및 표준화 · 증발산 열 이용을 위한 적용처별 쿨링 시스템 개발 · 녹지 기반의 강우유출수 자원화 기술 개발 · 도로, 주차장 등 포장면 강우 유출수 관리 기술 개발 · 도시 상류 소류지 및 유수지 연계 활용 기술 개발

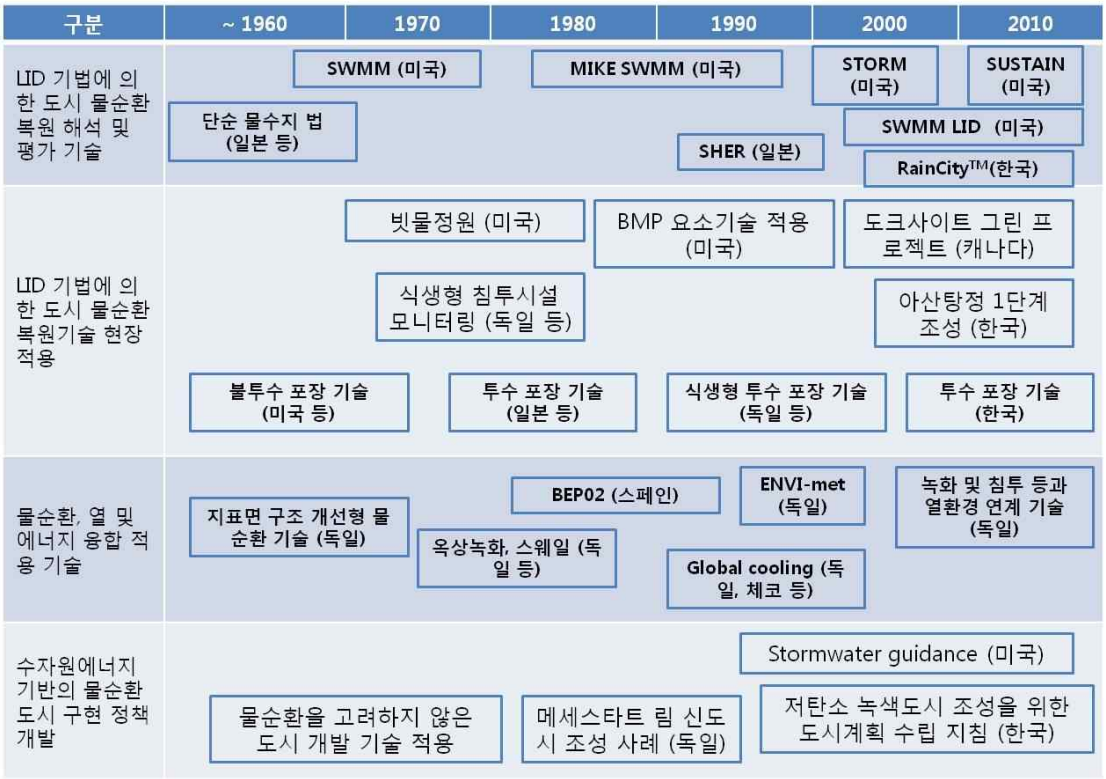
□ 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발

배경	- 기술 ·국내 소수력 보급 현황은 51개 지점, 총 설비용량 65,412kW('07. 10월 기준)임 ·현재 OECD 국가 중 최하위 수준인 신재생에너지 보급률('08년 2.4%)을 '30년까지 11%까지 확대하여 화석연료에 대한 의존도를 줄이고, 탄소배출 저감을 유도 - 정책 ·국내에서 ESCO사업 등을 통한 기존 설비의 에너지 사용량을 최대로 저감시키려는 노력을 정부 주도로 진행 ·저탄소 에너지절약형 신도시 조성방안 연구 (국토해양부, 2010. 4) ·정부는 "3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획"을 확정하여 신재생에너지 보급 목표를 2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11%로 설정 ·친수구역특별법 (2010, 10) ·포스트 교토 의정서에 대비하여 정부 및 지자체는 2012년 신재생에너지 의무 할당제(RPS) 제도 시행, 지역 에너지 보급 사업 등 신재생에너지 보급 정책에 따라 발전사에 의한 신재생에너지 발전원에의 투자가 불가피하여 시장 확대가 기대 - 산업/시장 ·국내 소수력 보급 현황은 51개 지점, 총 설비용량 65,412kW('07. 10월 기준)로 한국수자원공사(이하 수공)는 대수력과 소수력을 합해 25개소, 발전용량 약 101.5만kW의 수력 발전설비를 운영, 전체 수력발전의 63.8%를 운영하고 있음 ·2006년 소수력 발전으로 국내에서 생산된 전력량은 15.7만MWh로 전체 신재생에너지원의 생산 전력량 49만MWh의 약 32%를 차지하고 있으나, 신재생에너지에 대한 소수력의 기여도는 2002년 74%에서 매년 하락하고 있음. ·이는 타 신재생에너지원의 보급확대에 기인한다고 할 수 있지만, 소수력 발전이 증가하지 못한 원인으로 향후 다양한 정책적, 기술적 대안을 통해 소수력 발전을 확대해 가야 할 필요가 있음.
목표	· 물순환 과정의 수자원을 활용한 신재생에너지 회수 · 수자원 신재생에너지를 활용한 냉난방 에너지 60% 감소 · 물순환 과정의 신재생에너지 회수 및 활용 기술 3건 이상
주요 내용	· 수온차를 활용한 에너지 회수 기술 개발 · 소수력을 이용한 에너지 회수 기술 개발 · 도시 관망의 열에너지를 활용한 에너지 회수 기술 개발

3. 중점추진분야별 기술발전단계

가. LID 기반의 물순환 도시 조성기술 개발

○ 국가별로 물 순환 도시 조성 기술 개발에 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념인 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리



○ 도시의 유출수는 주로 배수 중심으로 관리 되어 왔으나 도시 물순환 회복 및 치수 안전도 향상의 중요성이 부각되면서 BMP (Best Management Practice, 미국), DRM (Decentralized Rainwater Management, 독일), LID (Low Impact Development, 미국), WSUD (Water Sensitive Urban Drainage), 분산식 빗물 관리 (한국) 등 빗물관리를 중심으로 한 다양한 형태의 기술들 개발

○ LID 기반의 친환경 저류 및 침투 시설에 의한 유출제어 기술과 효과 모의 프로그램 개발 진행 중

○ 친환경 저탄소 도시 조성 사례 증가 (프랑스 보봉, 독일 메세스타트림 등)

○ LID 기술을 적용한 통합 실증화 사례 미흡

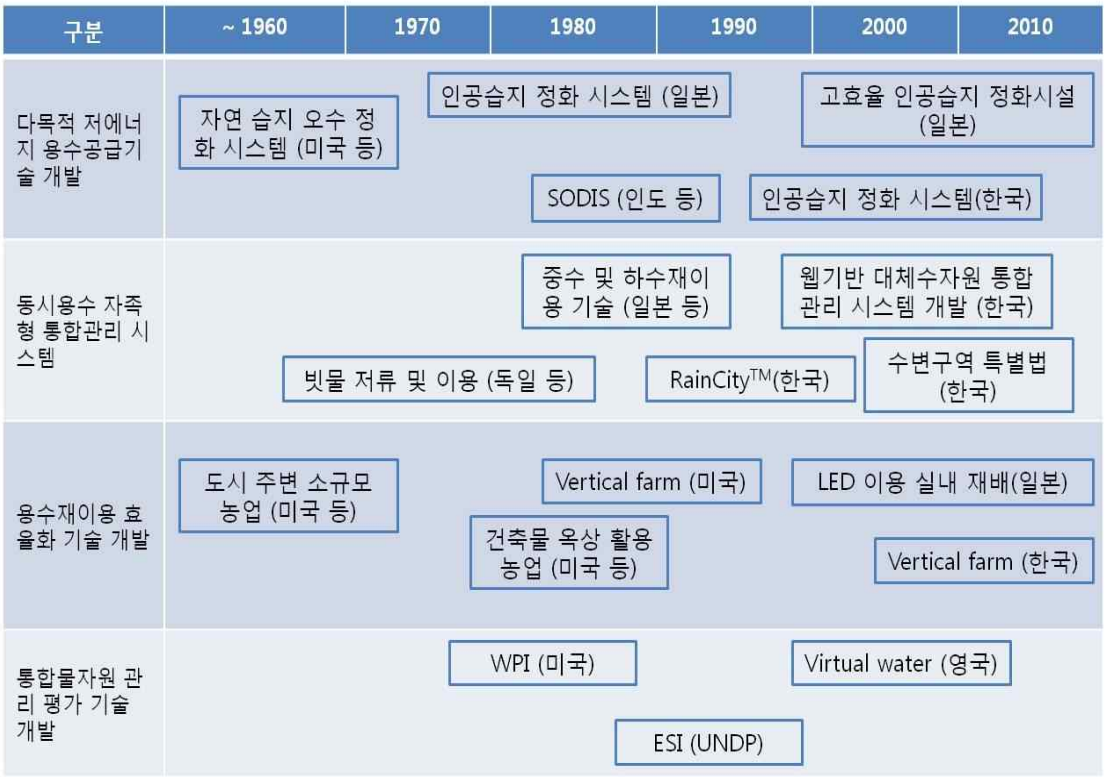
○ 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 지침(국토해양부, 2009. 7) 제정

○ 우리나라는 2001년부터 10년간 수행중인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업의 일환으로 우수저류 및 활용기술개발과 안양천 유역의 물순환 건전화 기술적용 연구 등이 진행되어 분산형 빗물관리와 유역단위에서의 물순환 건전화를 위한 기술 확보

○ 가용 수자원을 활용한 증발산 냉각기법의 적용으로 도시 열섬 및 건축물 냉난방에 활용 기술 확산
○ 도로 등 불투수층에서의 열환경 개선 기술 활성화

나. 통합 물자원 관리시스템 개발

○ 지능형 물 공급망 기술에 대한 관심이 높아지고 있으나 관련기술의 확보가 미비한 실정임
○ 싱가포르에서는 다양한 수원을 활용하는 용수공급 시스템을 구축하였으며 (4 taps), 이를 바탕으로 세계 물산업 시장에 진출하고 있음



○ 순환형 물 및 하수처리는 가정에서 발생하는 폐기물과 하수를 잠재적인 영양분, 에너지 및 수자원으로 보는 개념으로써 발생원에서 하수처리 및 빗물관리를 통해 상수 소비량 25% 감소가 가능하며, 스웨덴 Hammarby 지구에 에너지, 물 및 폐기물에 대한 순환형 물질순환을 고려한 Hammarby 모델이 적용되었음
○ 선진국인 미국·일본의 경우 하수재이용에 대한 연구를 1980년 이전부터 진행하여 풍부한 전문 인력을 확보하였음
○ 호주의 Kogarah Council에서 도시개발과 세대내에서 활용할 수 있는 기술로써 새로운 용수 공급 방안 통합차원에서 물재생 프로젝트 실행을 통해 공원, 학교, 병원에서 하수, 빗물, 중수 재이용 등의 통합관리 수행

다. 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발

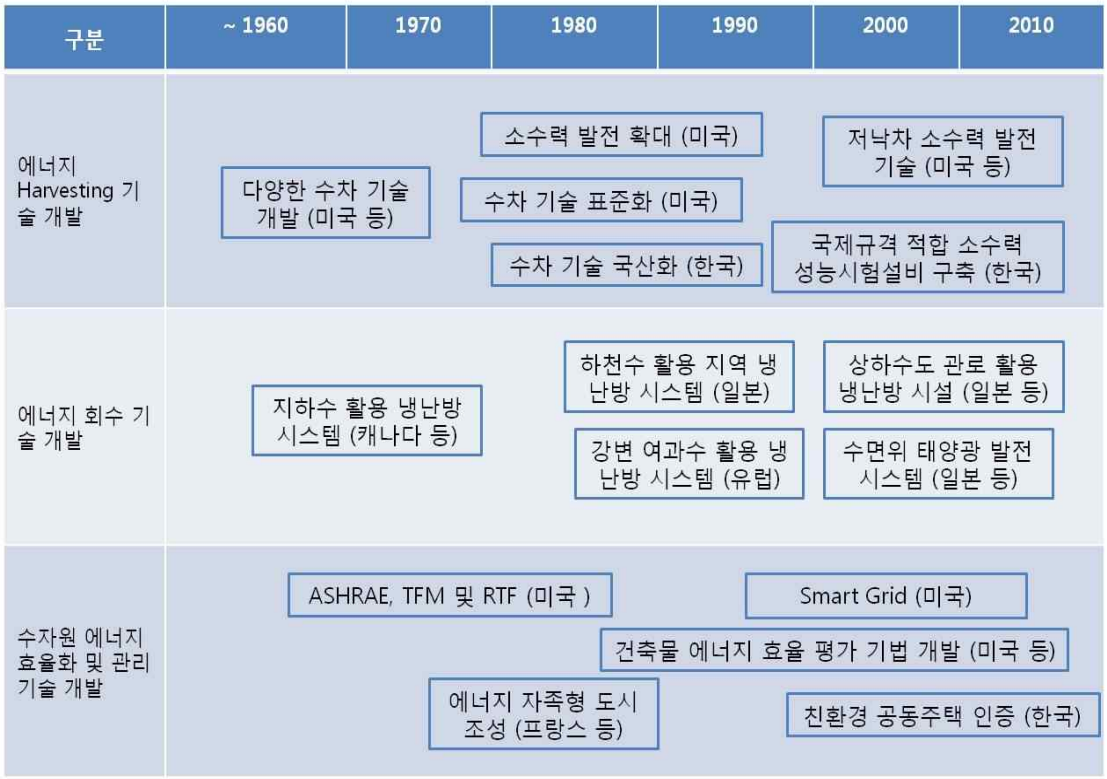
○ 1982년 '소수력 개발 방안' 공표이후 개인이 개발할 수 있도록 정책과 제도 마련, 1993년 이후 하천에 건설된 소수력발전소는 거의 없고 기존 구조물을 이용한 소수력 발전이 주를 이룸

○ 1997년부터 미국, 캐나다, 호주, 브라질, 인도, 멕시코, 필리핀, 남아프리카, 스리랑카 등 9개국이 연합하여 도시 물공급 시스템에서의 에너지 효율화를 위해 WATERGY 프로젝트를 수행하고 있음

○ 하천수 이용 지역 냉난방 기술의 개발 및 활용 증가 (일본 하코자기 지구 등)

○ Kwater에서 국제 규격에 적합한 소수력 성능 시험설비를 구축하여, 국내에서 소수력발전 설비의 기술 평가가 가능해짐

○ 수면 태양광 발전기술, 강변여과수 활용 에너지 회수 기술 등 친수환경 조성을 통한 에너지 생산 기술 관심 증대



5절 비전 및 목표 수립

1. 비전 및 목표

□ 비전 및 목표 수립 절차

○ 비전 및 목표 수립에는 연구진 모두의 의견이 반영될 수 있도록 비전 분석 및 수립 틀 설계, 기존의 비전 분석, 비전수립, 단계별 발전목표 수립의 절차를 구성함

○ 비전 및 목표 후보는 중점분야야별 연구진의 의견을 취합 후 주관연구책임자가 다수의 의견을 정리 및 제시함

○ 내부연구진의 평가 및 브레인스토밍을 통한 목표 수정/확정을 위해서 과제회의를 진행하였으며, 전문가들이 참여한 워크숍에서 수정 및 확정함

○ 단계별 기획타당성 평가위원회의 검토 결과를 바탕으로 내부연구진의 브레인스토밍을 통한 목표 수정/확정함

추진단계	세부내용
비전 및 목표 초안	■ 비전 및 목표 초안 수립 ■ 동향 및 환경분석, 기술수요조사, 기술예측조사, 5Forces, SWOT 분석을 바탕으로 본 연구의 목적 달성을 위한 비전 및 총괄목표, 세부목표 초안 작성
비전 및 목표 검토	■ 비전 및 총괄목표, 세부목표 초안에 대하여 참여연구진 및 기획위원의 검토 -비전 및 총괄목표는 SWOT분석의 포지션별 전략(SO, ST, WO, WT)과의 연계성 및 타당성 검토 -세부목표는 총괄목표를 달성하기 위한 적합성 및 타당성을 검토
비전 및 목표 확정	■ 참여연구진 및 기획위원의 검토의견 수렴하고 Brainstorming을 통하여 비전 및 총괄목표, 세부목표 최종 확정
비전 및 목표 활용	■ 도출된 비전 및 총괄목표, 세부목표는 후보 중점추진분야와의 연계성 및 타당성 검토로 활용

□ 비전 및 목표

· 비전 및 목표(안)

비전 : 미래 물순환 에너지 기반의 저탄소 녹색도시 구현

"Watergy Green City"

목표 : 물순환 복원 및 수자원에너지 자립형 watergy 도시조성기술 실증화

⇩

· 비전 : 물로 소통하는 도시

"People to Nature with Water-Energy Nexus"

· 목표 : 녹색 물순환 기술 실증



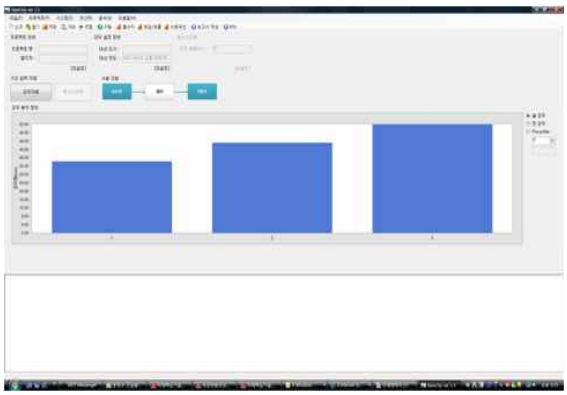
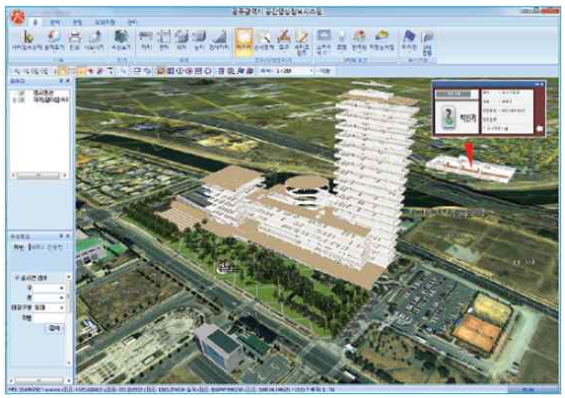
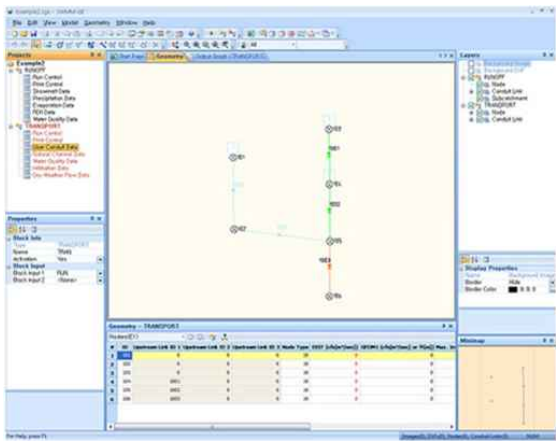
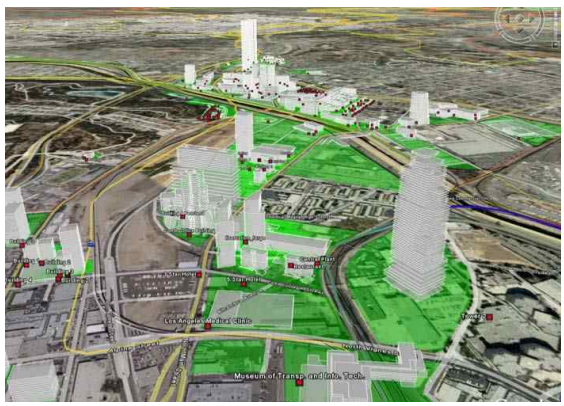
· 목표

비전 및 목표에 따른 세부적인 정량적, 정성적 목표는 다음과 같다.

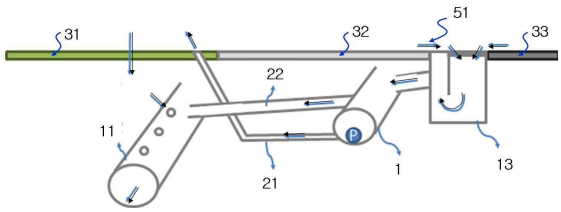
	정량적 목표	정성적 목표
LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발	❖ 빗물관리 목표량 산정 프로그램 ❖ LID 도시 계획·설계 프로그램 ❖ Carbon calculator	❖ 기존도시, 신도시, 수변도시에 적용을 위한 LID 물순환 요소기술 DB 구축 및 표준화
LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발	❖ 물순환 개선(55%) 기술 개발 ❖ 유출 저감 (55%→25%) 75% ❖ 침투 회복 (15%→40%) 45% ❖ 증발산 회복 (30%→35%) 50% ❖ 열섬현상 저감(2℃)	❖ LID 물순환 복원 기술의 고도화
LID 기반의 강우 유출수 관리 및 활용 기술 개발	❖ 30~50년 재현빈도 강우유출수 관리 기술 개발 ❖ 물자립률 향상(30%) ❖ LID물관리 고도화 기술 4건 이상	❖ 분산식 강우유출수 활용관리 기법 확립
물순환 과정의 신재생 에너지 회수기술 개발	❖ 냉난방 에너지 30% 감소 ❖ 물순환 과정의 에너지 회수 및 활용 기술 3건 이상	❖ 물순환 과정의 신재생 에너지 적용 모델 구축
물순환 녹색 모델 도시 구축 및 운영 기술 개발	❖ LID 기반의 물순환 모델도시 제시 ❖ 녹색물순환 도시 운영관리 매뉴얼	❖ 개발 이전 수준의 수문특성 회복 ❖ 물순환 녹색도시 조성에 따른 효과검증

2. 기술개발에 따른 미래상

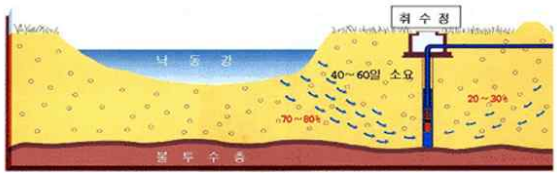
가. LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
○ **방향** 단일 시설 중심의 LID 물순환 시설 설계 ○ **목표** · 개별 LID 물순환 시설의 성능을 고려한 설계 · 건축물 중심의 설계 기법 · 환경성을 고려한 설계 기법의 미흡 ○ **요소기술** · 빗물관리시설 설계 프로그램 · 유역단위 물순환 해석 · 친환경 건축물 인증	○ **방향** 토지이용 연계형 통합 LID 물순환 계획 및 설계 ○ **목표** · Topography를 고려한 LID 물순환 계획 및 설계 · LID-BIM에 의한 통합 설계 기술 확보 · LID-BIM 구축을 위한 요소 기술 개발 ○ **요소기술** · LID-BIM (Low Impact Development-Building Information Modeling) · 통합설계를 위한 요소 모듈 프로그램
 ▶Rain City	
 ▶SWMM	 ▶3D BIM

나. 통합 물자원 관리 시스템 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
ㅇ **방향** 이수 및 치수 중심의 분산형 물순환 시설 요소 기술 ㅇ **목표** · 개별 물순환 요소 기술의 개발 · 해외 기술의 도입 · 시설의 경제성 확보 ㅇ **요소기술** · 치수용 빗물저류시설 · 건축물 대상 빗물이용시설 · 투수성 포장 · 옥상녹화  ▶옥상녹화  ▶빗물이용시설  ▶투수성포장	ㅇ **방향** 물순환 회복 및 도시 환경 개선을 위한 다목적 융합 기술 ㅇ **목표** · 다목적 물순환 요소 기술의 개발 · 국내기후 및 환경에 적합한 기술 확보 · 시설의 확대 및 수출 ㅇ **요소기술** · 포장면 환경성 건전화 기술 (교통시설 활용 저류지 및 물순환/열순환 개선) · 선형 저류 및 침투 시스템 (장기간 지속형 막힘제어 침투 시설) · 지형 적응형 물순환 요소 기술 (경사지 활용 빗물관리 기술)  ▶도로 살수  ▶선형저류

다. 물순환 과정 에너지 회수 및 효율화 기술 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
ㅇ **방향** 보존, 심미성, 안전도 향상 중심의 하천 연계형 도시 조성 ㅇ **목표** · 방재 중심의 하천 관리 · 하천의 생태적 특성 부각 · 도시를 구성하는 개별적 요소로써의 하천 관리 ㅇ **요소기술** · 자연형 하천 조성 기술 · 주민들의 활동 공간 제공을 위한 공원형 하천 조성 · 빗물펌프장, 자연정화 기술  ▶자연형 하천  ▶빗물펌프장	ㅇ **방향** 물순환형 에너지 효율화 및 수자원에너지 활용 수변도시조성 ㅇ **목표** · 친수 수변도시형 LID 적용 기술 개발 · 수자원 에너지의 적극적 활용 · 에너지 자립도를 높인 수변도시 조성 ㅇ **요소기술** · 수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용 기술 · 수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용 기술  ▶강변여과 에너지 활용  ▶하천중심 도시조성  ▶수면태양광

6절 후보과제 도출 및 정의

연번	후보과제명	후보과제 정의
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술	LID 기반의 저에너지 물순환 기술이 적용된 도시 조성 시 설계, 운영, 평가 및 의사결정 지원을 위한 통합 프로그램 개발
2	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술	정량적 유역 및 도시 물순환 메케니즘 규명을 기반으로 한 통합 LID 해석 및 영향평가 모형시스템 개발
3	도시유역 물·에너지·생태 통합 설계기술 개발	물순환도시 실증화를 위한 도시 유역 물·에너지·생태 Nexus 통합 설계 기술 개발
4	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	실험적 검증을 통한 LID 요소기술의 효율성 및 적용성 평가 기술
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	불투수면 유출수 6mm 저감 및 도심지 기온 1℃ 저감
6	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	사회기반시설별 LID 요소기술 적용 가이드라인 제시
7	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	강우유출수를 물순환 용수로 활용하기 위한 정화기술 개발 및 적용성 평가
8	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	인공지반의 특성 및 유출수 수질을 고려한 맞춤형 저류 침투 시설 개발
9	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술	지역적 특성과 물이용 환경에 적합한 대체수자원의 활용 및 운영 시스템 개발로 물자립률을 30% 이상으로 유지하는 기술 개발 및 가이드라인 제시
10	도시용수 재이용 활용기술	도시용수 공급 안정성 확보를 위한 공급관리시스템 개발 및 네트워크(관망) 구축
11	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	지속가능하며 저에너지 친환경적인 생태용수 공급 실증 기술개발
12	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	물의 현열과 증발에 의한 여름철 대기온도 평균 0.5℃ 및 건축물 냉방에너지 20% 저감 도시의 열환경을 개선 기술 개발
13	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발	토지이용계획과 연계한 LID시설 테스트베드 설치 계획 수립 LID시설 설치/미설치지구 비교분석 모니터링

연번	후보과제명	후보과제 정의
14	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발	침투·저류시설 정량화를 통한 시설설치규모 및 범위산정 기준 마련 홍수저감을 위한 친환경 침투·저류기술 개발
15	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)	물순환 시스템에서 온실가스 배출량 (에너지 사용 포함) 저감과 그 효과를 산출 할 수 있는 Carbon calculator를 개발
16	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발	기후변화대응 적응도시모델로서 수자원에너지기반의 물순환 도시 실증화를 위한 구체적인 평가지표 및 인증 시스템을 개발
17	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	도시내 물건전성 평가기법을 개발
18	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발	상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등 수자원에너지원과 토지계획연계 기준개발 도시용수 자족성 향상을 통한 저에너지 물순환 도시 조성 가이드 라인 개발
19	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술	물순환 과정의 수자원을 활용한 신재생에너지 생산으로 탄소배출 저감(30%)
20	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술	물순환 도시 조성을 위해 필요한 에너지의 20% 절감
21	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술	상류 저수지 및 하천과 연계한 유역 확장 저영향 개발 기술 개발
22	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발	수변도시 물 환경 평가 가이드라인 제시
23	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석	수변형 특화 친수도시 조성 기술 구현 용수자족률 30% 향상 및 수변도시 설계 가이드라인 제시

3 연구개발 과제 추진체계

3장 연구개발과제 추진체계

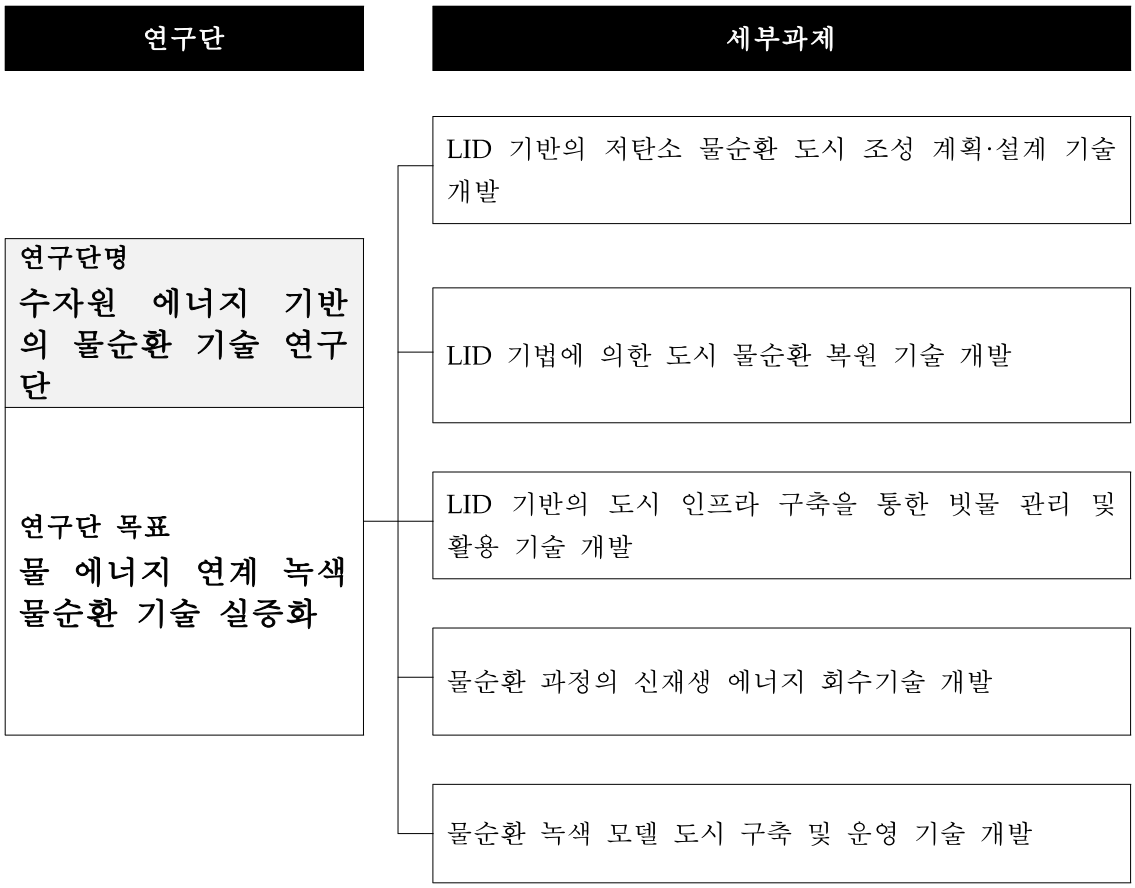
1절 기획대상과제 선정결과

연번	과제명	제안기관	비고
1	LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발	KICT	
2	LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발	부산대학교	
3	LID 기반의 도시 인프라 구축을 통한 빗물 관리 및 활용 기술 개발	KICT	
4	물순환 과정의 신재생 에너지 회수기술 개발	Kwater	
5	물순환 녹색 모델 도시 구축 및 운영 기술 개발	LHI	

2절 기획대상과제 조정결과

연번	기존과제		조정결과			조정사유
	과제명	예산 (백만원)	과제명	과제 성격	예산 (백만원)	
1	물순환 통합설계 및 평가기술		LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발	기초 응용		보다 연구내용의 범위와 내용의 명확성을 위한 과제명 변경
2	친환경 물순환 요소 및 융복합 기술		LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발	응용		연구내용의 범위와 내용의 명확성을 위한 과제의 세분화
			LID 기반의 도시 인프라 구축을 통한 빗물 관리 및 활용 기술 개발	응용		
3	수자원 에너지 연계 수변도시 적용기술		물순환 과정의 신재생 에너지 회수 기술 개발	응용 실용화		과제명의 명확화
4	물순환 녹색도시 테스트베드 구축 및 실증		물순환 녹색 모델 도시 구축 및 운영 기술 개발	정책 실용화		과제명의 명확화

3절 연구개발과제 추진체계



4 연구개발 과제 주요내용 및 기대효과

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

1. (연구단) 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 개발 과제

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
연구단 총괄	수자원에너지 기반의 물순환 기술 개발	• LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발 • LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발 • LID 기반의 도시 인프라구축을 통한 빗물관리 및 활용기술 개발 • 물순환 과정의 신재생에너지 회수기술 개발 • 물순환 녹색모델 도시 구축 및 운영기술 개발	물순환 녹색 모델 도시 구축
1세부과제	LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발	• 물순환 회복을 위한 빗물관리 목표량 산정기법 개발 • 물순환 녹색도시 조성을 위한 통합 최적 설계 기술 개발 • 수자원에너지 기반의 물순환 시스템의 편익 분석을 통한 경제적 타당성 제시 및 의사결정 소프트웨어 개발 • 물순환 녹색도시 조성을 통한 탄소저감 효과 분석 기술 개발	-빗물관리 목표량 산정 소프트웨어 -저탄소 물순환 도시최적 설계 프로그램 -다기준 설계지원 프로그램 -Carbon calculator
1-1 (공동)	물순환 시스템 구축을 위한 빗물관리 목표량 산정기술 개발	• 개발 전후 (또는 시설 도입 전후)의 유출수문곡선을 비교하거나 물수지와 빗물관리 지표를 바탕으로 빗물관리 목표량 산정 • 도시지역의 홍수에 대한 안전도를 고려한 85% 이상의 강우관리를 목표로 한 빗물관리 및 용수확보 목표량 산정	
1-2 (공동)	기존도시, 신도시 및 수변도시 LID 물순환 최적화 설계 기술 개발	• BIM 개념 적용 통합 물순환 녹색 도시설계 프로그램 개발 • 3개 이상의 적용 적용 도시별 (기존도시, 신도시 및 수변도시) LID 물순환 기술 도입 방안 구축	
1-3 (공동)	물순환 녹색도시 경제성 분석 및 다기준 의사결정시스템 개	• 경제성 분석 기법 및 경제적 시공기술 마련 • 정성적 평가, AHP에 의한 의사결정, 환경에 미치는 영향 및 경	

		발	제성 등 4가지 이상의 기준을 고려한 다기준 설계지원 프로그램 개발	
	1-4 (공동)	탄소저감효과 분석을 위한 Carbon calculator 개발	• 현재 상용되고 있는 LCA 기법을 활용하여 환경영향을 정량화 한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축 • 관련 Inventory 구축 및 시나리오별 분석 기술	
2세부과제		LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발	• 빗물의 직접유출을 최소화하기 위한 기술 및 LID 물순환 복원 요소기술의 효율 향상 기술 개발 • 물순환 회복에 의한 도시 열환경 개선 및 LID 기반의 생태계 조성 및 복원 기술 개발	-DCIA 최소화 전략 프로그램 및 시스템 -LID 물순환 복원 고기능 요소기술 표준화 -증발산 쿨링 시스템 -LID 기반 자연생태계 시스템 및 지침
	2-1 (공동)	DCIA 최소화 기술 개발	• LID 기술을 적용한 불투수면의 최소화 설계기술 개발 • 주요 토지 지목별 DCIA 최소화를 위한 기존 불투수면의 retrofitting 기술 개발	
	2-2 (공동)	LID 물순환 복원 요소기술의 효율향상 기술 개발	• 국내 실정에 맞게 LID 요소기술의 개선 및 고도화 • LID 요소기술(저류형/침투형) 효율성 검증 pilot 설비 구축 및 표준화	
	2-3 (공동)	증발산 증진에 의한 도시 열환경 개선 기술 개발	• 증발산 열 이용을 위한 도로, 주차장, 인공녹화 지반 등 적용처별 쿨링 시스템 개발 • 물순환 회복에 의한 도시 열환경 개선 효과 분석	
	2-4 (공동)	LID 기반의 생태계 조성 및 복원 기술 개발	• 개발이전(자연녹지) 수준의 물순환 조성을 위한 LID 기술과 생태계 조성 및 회복 연계 설계기술 개발 및 사례지 조성	
3세부과제		LID 기반의 도시 인프라구축을 통한 빗물관리 및 활용기술 개발	• 녹지, 포장면 및 공공시설의 강우 유출수 관리 및 활용 고도화 기술 개발 • 도시 기반 시설인 상류 소류지와 하류 유수지의 연계 활용 시스템 구축	-녹지활용 수자원 확보 시스템 및 지침 -관로형저류시스템 -장수명/비관리형 강우유출수 시스템 -분산식 빗물관리 시스템
	3-1 (공동)	녹지기반의 강우유출수 자원화 기술개발	• 물순환 회복을 위한 녹지 표면 조성 기술 • 강우 유출수 활용을 위한 녹지	

			활용 pilot 제작 •녹지 조성과 식재 수종 선정 및 적용 기술	-상류 소류지 및 하류유수지 연계 활용 시스템 및 지침
	3-2 (공동)	도로, 주차장 등 포장면 강우유출수 관리 기술 개발	•도로면에서 발생하는 강우 유출수의 자원화 기술 개발 •현장 여건에 따라 효율적인 침투 및 저류 효과를 얻고, 포장면 유출수 70% 이상 활용을 위한 관로형 저류 침투 시설 개발	
	3-3 (공동)	공원 등에서의 분산식 빗물관리 고도화 기술 개발	•공원 등 공공시설을 대상으로 한 분산식 빗물관리 기술 •공공시설과 기존 연구되어 온 학교, 공동주택, 공공청사 등 개별 분산형 빗물관리 시설의 통합 적용 시스템 구축 및 고도화	
	3-4 (공동)	도시상류 소류지 및 유수지 연계 활용기술 개발	•홍수재해 저감 및 30% 이상의 강우유출수 활용을 위한 도시 상류 소류지 조성 및 활용기술 •도시 하류 유수지 조성 및 활용 기술 •강우 유출수 대비 빗물 이용률 50% 이상을 위한 상류 소류지와 유수지의 연계 활용 기술	
4세부과제		물순환 과정의 신재생에너지 회수기술 개발	•자원이 갖는 수온차 및 위치에너지의 회수 기술 개발 •도시 관망 등의 인프라에서 열에너지 회수	-하천수 열원 활용 효율향상 기술 -하천수 및 호소수 활용지역 냉난방 시스템 -저낙차 소수력 활용 시스템 -도시 관망 수온차 활용 시스템
	4-1 (공동)	수온차를 활용한 에너지 회수 기술 개발	•하천수와 호소수의 열에너지 활용을 위한 수질, 수량 및 수온 특성 파악 •수온차 에너지 활용 효율 향상을 위한 적정 요소 기술 선정 •수온차 에너지 활용 지역냉난방 시스템 개발	
	4-2 (공동)	소수력을 이용한 에너지 회수 기술 개발	•하천수의 위치에너지 활용을 위한 수질, 수량 및 낙차 특성 파악 •소수력 활용 효율 향상을 위한 적정 요소 기술 선정 •소수력으로 생산된 에너지의 공급 시스템 개발 •1 m 이내 저낙차 소수력 발전 기술 개발	

			• 하천수 활용을 위한 법적 제도적 검토	
	4-3 (공동)	도시 관망의 열에너지를 활용한 에너지회수 기술 개발	• 도시 관망에서 활용 가능한 열에너지 부존량 파악 • 냉난방 에너지 30% 이상 저감을 위한 도시 관망 열에너지 활용 요소 기술 및 시스템 구축	
5세부과제		물순환 녹색모델 도시 구축 및 운영기술 개발	• LID 기반 물순환 녹색 모델도시의 구축, 모니터링, 적용 효과분석 및 운영기술 개발	-물순환 녹색 모델도시 구축 -LID 시설운영 모니터링 결과 DB구축 -물순환 녹색 모델도시 운영 매뉴얼
	5-1 (공동)	LID 기반의 물순환 모델도시 구축	• LID 기반의 기술이 적용된 테스트베드 설계 • LID 시설 토지이용특성별 배치계획 및 규모 결정 • LID 기반의 기술이 적용된 모델도시 구축	
	5-2 (공동)	LID 물순환 기술의 모니터링 및 적용효과 분석	• LID 물순환 기술의 모니터링 (LID 시설/미설치 지구 비교) • LID 물순환 기술 적용 효과 분석 (기상, 유출저감, 홍수량 감소, 용수확보, 수질, 침투, 생태, 열환경, 탄소흡수)	
	5-3 (공동)	LID 물순환 적용시설의 운영기술 개발	• LID 물순환 적용 시설의 개별 운영 방안 확보 • LID 물순환 적용 시설들의 연계 운영 방안 확보 • LID 물순환 적용 시설의 유지관리 방안 도출	

2절 연구개발과제 활용방안

1. (연구단) 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 개발 과제

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
연구단 총괄	수자원에너지 기반의 물순환 기술 개발	•물순환 녹색 모델도시 구축		
1세부 과제	LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발	•빗물관리 목표량 산정 소프트웨어 •저탄소 물순환 도시최적 설계 프로그램 •다기준 설계지원 프로그램 •Carbon calculator	•정부, 지자체 •공공기관 •민간기업	•신도시 개발 및 기존 도시 재생 사업의 계획과 평가에 활용 •도시 개발 시 물순환 체계 분석 및 최적 LID 기술 적용을 위한 기준 마련 시 활용 • 국내외 도시 개발 사업에서 LID 기반 저탄소 물순환 도시 조성 사업의 사업타당성 분석, 계획, 설계 및 시공 최적화에 활용
1-1 (공동)	물순환 시스템 구축을 위한 빗물관리 목표량 산정기술 개발	•빗물관리 목표량 산정 소프트웨어(85% 이상의 강우관리)	•정부, 지자체 •민간기업	•도시 개발 계획 및 설계시 “빗물관리 목표량 제시 필요” 반영 •녹색 물순환 도시 조성을 위한 정부의 규칙, 지침 및 기준의 실행 기술 제공 ·웹기반의 활용 및 사용자 의견 반영 개선
1-2 (공동)	기존도시, 신도시 및 수변도시 LID 물순환 최적화 설계 기술 개발	• 3개 이상의 도시형태에 적용 가능한 최적 설계 프로그램	•정부, 지자체 •민간기업	•도시 개발 계획 및 설계시 “최적 설계 프로그램 사용”의무화 •프로그램 및 시뮬레이터 활용 기술실시 계약 체결 ·플랫폼 기반의 프로그램 구축 및 웹기반의 이용 환경 마련
1-3 (공동)	물순환 녹색도시 경제성 분석 및 다기준 의사결정 시스템 개발	•4개 이상의 기준을 고려한 다기준 설계지원 프로그램	•정부, 지자체 •민간기업	•도시개발 계획 설계시 의사결정에 활용 ·설계 초기 및 최적화 단계에서 활용
1-4 (공동)	탄소저감효과 분석을 위한 Carbon calculator 개발	•Carbon calculator (인벤토리 구축 및 시나리오별 분석)	•도시계획 및 설계 관련 회사	•탄소저감 효과 분석

	2세부 과제	LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발	•DCIA 최소화 전략 프로그램 및 시스템 •LID 물순환 복원 고기능 요소기술 표준화 •증발산 쿨링 시스템 •LID 기반 자연생태계 시스템 및 지침	•정부, 지자체 •공공기관 •민간기업	•사전 도시계획 단계의 물순환 개선 사업에서 LID요소기술 반영을 위한 의사결정 자료로 활용 •도시 개발 사업에서 LID 기술 선정을 위한 평가 지표로 활용 •신도시 개발, 도시재생 사업 및 친수도시 개발 사업에서 LID 기술 적용 시 기술적 경제적 타당성 분석을 위해 활용
	2-1 (공동)	DCIA 최소화 기술 개발	·주요 토지지목 대상 DCIA 최소화 전략 프로그램 및 시스템	•정부, 지자체 •민간기업	•도시개발 계획 및 설계시 DCIA 최소화를 위한 프로그램 활용 •물순환 회복을 위한 도시 계획·설계 전략 및 기준으로 활용 ·설계 시공시 설계 매뉴얼 활용
	2-2 (공동)	LID 물순환 복원 요소기술의 효율향상 기술 개발	·LID 물순환 복원 고기능 요소기술 ·LID 요소기술 효율성 검증 및 표준화	•정부, 지자체 •민간기업	•도시별 적용기술의 적정성 •도시 개발 계획시 요소기술 적용에 대한 기준으로 활용
	2-3 (공동)	증발산 증진에 의한 도시 열환경 개선 기술 개발	•3곳 이상 적용 처별 증발산 쿨링 시스템	•정부, 지자체 •민간기업	•도시 개발 계획시 미기후 개선과 열환경 개선 전략 자료로 활용
	2-4 (공동)	LID 기반의 생태계 조성 및 복원 기술 개발	•LID 기반 자연생태계 시스템 및 지침	•민간기업	•녹색도시 생태계 조성 복원관련 적용기술 선택 및 시공 지침으로 활용
	3세부 과제	LID 기반의 도시 인프라구축을 통한 빗물관리 및 활용기술 개발	•녹지활용 수자원 확보 시스템 및 지침 •관로형 저류시스템 •장수명/비관리형 강우유출수 시스템 •분산식 빗물관리 시스템	•정부, 지자체 •공공기관 •민간기업	•도시계획 단계에서 홍수 및 가뭄 등 물관련 재해에 대한 안전도 증진 방안으로 활용 •도시 개발의 부가가치 향상을 위한 LID 요소기술 및 융합 기술로 활용

			• 상류 소류지 및 하류유수지 연계 활용 시스템 및 지침		
	3-1 (공동)	녹지기반의 강우유출수 자원화 기술개발	• 녹지활용 수자원 확보 시스템 및 지침	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 도시 수자원 확보 정책 반영시 활용 • 설계 시공시 매뉴얼 활용
	3-2 (공동)	도로, 주차장 등 포장면 강우유출수 관리 기술 개발	• 포장면 유출수 70% 이상 활용 관로형저류시스템 • 장수명/비관리형 강우유출수 시스템	• 민간기업	• 불투수면 강우유출수 저감을 위한 기술관련 의사결정시 활용
	3-3 (공동)	공원 등에서의 분산식 빗물관리 고도화 기술개발	• 분산식 빗물관리 시스템	• 민간기업	• 설치 용도별 분산식 빗물관리 요소기술 관련 의사결정시 활용
	3-4 (공동)	도시상류 소류지 및 유수지 연계 활용기술 개발	· 30% 이상의 강우유출수 활용 및 홍수재해 저감을 위한 상류 소류지 시스템 · 상류 소류지와 하류 유수지 연계 활용 강우유출수 대비 빗물이용률 50% 이상을 위한시스템	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 도시 물관리 인프라 구축시 활용 · 물의 이송을 위한 에너지 소비를 감소시키고 치수 안전도 증대 정책에 활용 • 시공시 지침서으로 활용
4세부 과제		물순환 과정의 신재생에너지 회수기술 개발	• 하천수 열원 활용 효율향상 기술 • 하천수 및 호소수 활용지역 냉난방 시스템 • 저낙차 소수력 활용 시스템 • 도시 관망 수온차 활용 시스템	• 정부, 지자체 • 공공기관 • 민간기업	• 기후변화 적응을 위한 신재생에너지 확보 사업 및 수변도시 조성시 에너지 회수 및 활용 계획에 적용 • 수변도시 조성 시 냉난방 에너지 절감 및 신재생 에너지 공급을 통해 에너지 자립률 향상을 위한 방안으로 활용 • 국내외 도시 개발 신규 사업 창출 및 사업성 제고를 위한 요소기술로 활용
	4-1 (공동)	수온차를 활용한 에너지 회수 기술 개발	• 하천수 열원 활용 효율향상 기술	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 수변도시 개발 계획시 적용 가능 요소기술에 대한 평가로 활용

			• 하천수 및 호소수 활용지역 냉난방 시스템		• 설계 시공시 설계 지침 활용
	4-2 (공동)	소수력을 이용한 에너지 회수 기술 개발	• 저낙차 소수력 활용 시스템	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 수변도시 개발 계획시 적용 가능 요소기술에 대한 평가로 활용 • 설계 시공시 설계 지침 활용
	4-3 (공동)	도시 관망의 열에너지를 활용한 에너지회수 기술 개발	• 도시 관망 수온차 활용 냉난방 에너지 30% 이상 저감 시스템	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 수변도시 개발 계획시 적용 가능 요소기술에 대한 평가로 활용 • 설계 시공시 설계 지침 활용
5세부 과제		물순환 녹색모델도시 구축 및 운영기술 개발	• 물순환 녹색 모델도시 구축 • LID 시설운영 모니터링 결과 DB구축 • 물순환 녹색 모델도시 운영 매뉴얼	• 정부, 지자체 • 공공기관 • 민간기업	• 기후변화 적응을 위한 물순환 녹색 도시 계획을 위한 모델로 활용 • 물순환 녹색 도시 조성 사업 시행을 위한 기준 및 사례로 활용 • 국내외 도시 개발 사업 시 체계적이고 실증된 LID 신기술의 적용을 통한 기술신뢰성 및 사업성 확보
	5-1 (공동)	LID 기반의 물순환 모델도시 구축	• 물순환 녹색 모델도시 구축	• 정부, 지자체 • 민간기업	• 저탄소 녹색성장을 위한 물순환 녹색도시 조성 사례로 활용 • 물순환 모델도시의 해외 수출을 위한 사례로 활용
	5-2 (공동)	LID 물순환 기술의 모니터링 및 적용효과 분석	• LID 시설운영 모니터링 결과 DB구축	• 민간기업	• 물순환 기술의 모니터링을 통한 DB 활용
	5-3 (공동)	LID 물순환 적용시설의 운영기술 개발	• 물순환 녹색 모델도시 운영 매뉴얼	• 시설 관리주체 • 민간기업	• 운영 유지관리 방안으로 활용 • 물순환 녹색도시의 지속성 강화 및 주민 참여를 위한 운영모델로 활용

3절 기대효과

1. 수자원에너지 기반의 물순환 기술 기획 기대효과

가. LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발

· 물, 에너지, 생태를 고려하여 미래 지향적 도시 설계 및 물순환 분야 경쟁력 향상

· 에너지 절감 및 물관련 재해 대비를 통한 기후변화 적응성 향상

· 물순환 과정에 에너지 및 온실가스 저감시스템을 도입함으로써 국내외 CDM 및 ETS 시장의 활성화를 촉진

· 저탄소 물순환 시스템은 탄소시장뿐만 아니라 물시장과 에너지시장에서도 산업적 수요와 경제적 이익을 창출

· 신도시 등에 저탄소 물 관리 시스템 구축을 통한 녹색성장 기여

나. LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발

· LID 물순환의 복원에 의한 물,에너지, 생태 NEXUS 통합 틀 확보

· 공공기반의 녹색 LID요소기술의 효율성 검증시설 및 기술 구축을 통한 한국형 기술의 신뢰성 확보 및 시장경제성 확대 가능

· 차후 개발되는 LID요소기술의 신기술 및 녹색기술 인증을 위한 공공 센터의 설립 기반확보

· 녹색국토 및 도시 정책, 설계 및 시공 단계별 LID 기술 해석 및 평가를 위한 실무형 LID-Tool 개발로 인한 실무 및 현장적용성 확보를 통한 녹색기술산업 파생

· 포장체의 지속적인 온도저감 효과를 통한 도시 기온 저감으로 냉난방 등 에너지 소비량 절감효과

다. LID 기반의 도시 인프라구축을 통한 빗물관리 및 활용기술 개발

· 통합적 강우 유출수 자원화로 안정된 물공급이 가능하여 부족한 수자원의 확보를 극대화 할 수 있음

· 수자원 확보와 함께 침투, 저류 등을 통한 유출수의 제어로 도심지 침수 등의 방재측면에서의 효과 기대

라. 물순환 과정의 신재생에너지 회수기술 개발

· 냉난방 에너지 소비량 저감

· 수자원 신재생에너지 적용에 따른 탄소배출 저감

· 에너지 연계 물순환 시스템에 의한 관리체계의 최적화 도모

· 연구 성과를 활용한 기술 적용으로 향후 도시 조성 시에 활용

마. 물순환 녹색모델 도시 구축 및 운영기술 개발

· 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 개념의 도입과 더불어 국민 의식수준의 향상에 따른 보다 쾌적한 주거환경 및 친수공간에 대한 요구도 만족

· 본 연구의 성과는 변형된 물 순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 LID기술을 정량적으로 평가하고 모니터링 결과물을 축적할 수 있음.

· 장기적으로 본 연구에서 수행될 LID시설에 대한 정량적인 모니터링과 실험을 통한 특성분석 및 테스트베드 적용결과는 향후 현장적용에 지침으로 활용될 것이며, 이러한 모니터링기술과 현장적용 지침 및 축적된 모니터링 자료는 기술적으로 파급효과가 클 것으로 사료됨

· 한국형 물순환 녹색도시 모델을 수립함으로써 국가경쟁력 향상을 통한 도시모델의 수출가능

2. (연구단) 수자원에너지 기반의 물순환 기술 과제 기대효과

가. 기술적 관점

· 기후변화와 도시화 문제점 개선

· LID 물순환 기술 Platform 구축

· LID 기술 관련 제품 및 Killer contents 개발

· Total service를 통한 service 가치 향상

나. 사회적 · 산업적 관점

· 정부 및 지자체 : 도시 개발 및 재생 사업시 LID 기술 적용 계획 수립을 위한 의사 결정 방법 확보

· 기업체 : 국내외 도시 개발 사업에서 LID 기반 저탄소 물순환 도시 조성 사업의 사업타당성 분석, 계획, 설계 및 시공 최적화에 활용

다. 국가경쟁력 관점

· LID 기반 도시조성 기술의 수출 및 지원에 의한 국격 향상

· KOICA 및 UNESCAP 등과의 협력을 통해 기술의 Package와 Platform을 구축하고 필리핀, 인도네시아, 몰디브 등의 동남아시아에 우선적 진출

5 연구개발 과제 소요예산

5장 연구개발과제 소요예산

1절 (연구단) 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구 과제 소요예산

(단위 : 억원)

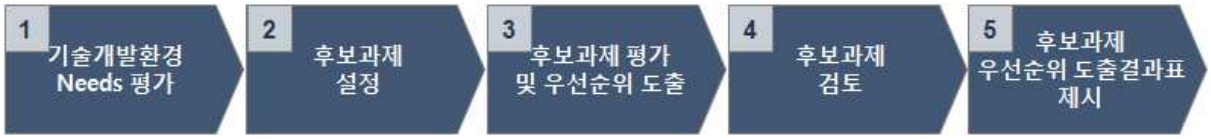
과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년(max)		합계		
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	계
연구단 총괄	30.75	20	50.25	33.5	44.5	28.25	45	31.25	20.5	13	191	126	317
1세부과제	7.75	4.75	8.75	5.75	8	5.5	5.5	4	3.5	2	33.5	22	55.5
1세세부	3	1.5	3	1.5	2	1	-	-	-	-	8	4	12
2세세부	2.5	2.5	2	2	2	2	2	2	1.5	1.5	10	10	20
3세세부	2.25	0.75	2.25	0.75	2	0.5	2	0.5	2	0.5	10.5	3	13.5
4세세부	-	-	1.5	1.5	2	2	1.5	1.5	-	-	5	5	10
2세부과제	7	1.75	10.5	2.625	10.5	2.625	8	2	4	1	40	10	50
1세세부	2	0.5	2.5	0.625	2.5	0.625	2	0.5	-	-	9	2.25	11.25
2세세부	3	0.75	3	0.75	2	0.5	2	0.5	2	0.5	12	3	15
3세세부	-	-	2	0.5	3	0.75	2	0.5	-	-	7	1.75	8.75
4세세부	2	0.5	3	0.75	3	0.75	2	0.5	2	0.5	12	3	15
3세부과제	5	2.5	9.5	3.625	9.5	3.625	10	3.75	5	2	39	15.5	54.5
1세세부	3	1.5	3	1.5	2	1	2	1	-	-	10	5	15
2세세부	-	-	2.5	0.625	2.5	0.625	3	0.75	-	-	8	2	10
3세세부	-	-	2	0.5	2	0.5	2	0.5	2	0.5	8	2	10
4세세부	2	1	2	1	3	1.5	3	1.5	3	1.5	13	6.5	19.5
4세부과제	3.5	3.5	7	7	7.5	7.5	11.5	11.5	4	4	33.5	33.5	67
1세세부	2	2	3.5	3.5	3.5	3.5	5.5	5.5	2	2	16.5	16.5	33
2세세부	-	-	2	2	2	2	2	2	-	-	6	6	12
3세세부	1.5	1.5	1.5	1.5	2	2	4	4	2	2	11	11	22
5세부과제	7.5	7.5	14.5	14.5	9	9	10	10	4	4	45	45	90
1세세부	5	5	10	10	5	5	5	5	-	-	25	25	50
2세세부	2.5	2.5	2	2	2	2	3	3	2	2	11.5	11.5	23
3세세부	-	-	2.5	2.5	2	2	2	2	2	2	8.5	8.5	17

첨부

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

가. 후보과제 우선순위 도출 결과

○ 후보과제 우선순위는 QFD(Quality Function Deployment) 방법론을 이용하여 다음의 프로세스로 추진하였음



○ 기술개발환경 Needs의 도출과 후보과제 설정을 위한 회의를 진행하였고, 내부연구진의 브레인스토밍을 통해 우선순위를 도출하였음

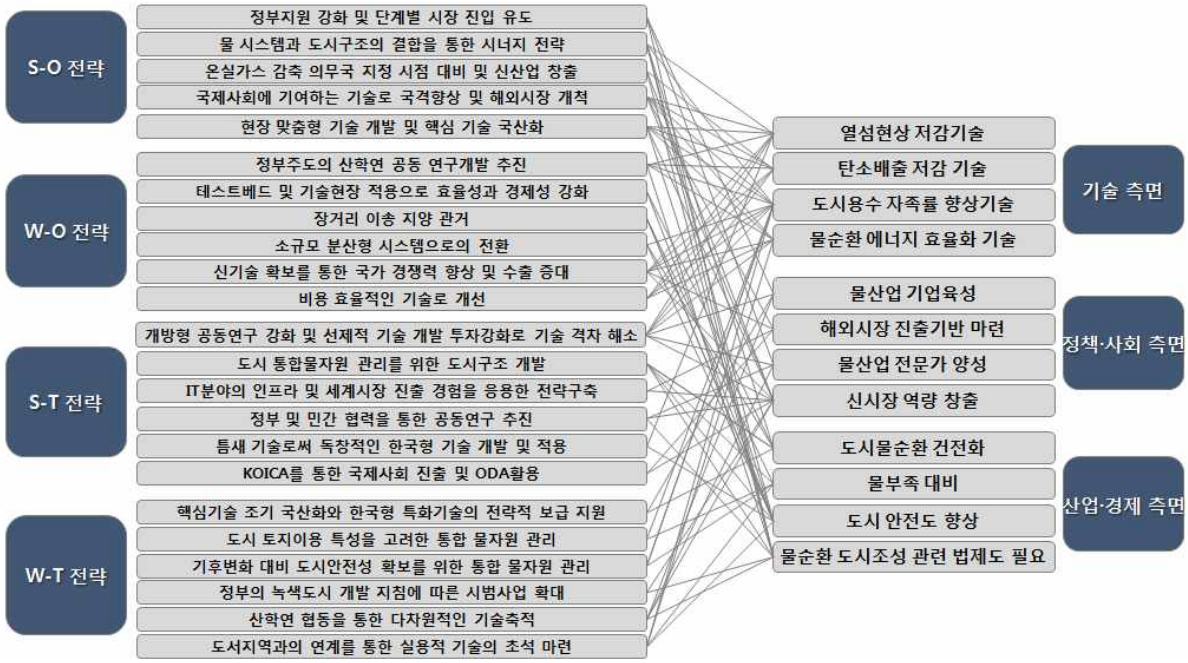
□ 기술개발환경 Needs 평가

○ 기술개발환경 Needs 도출

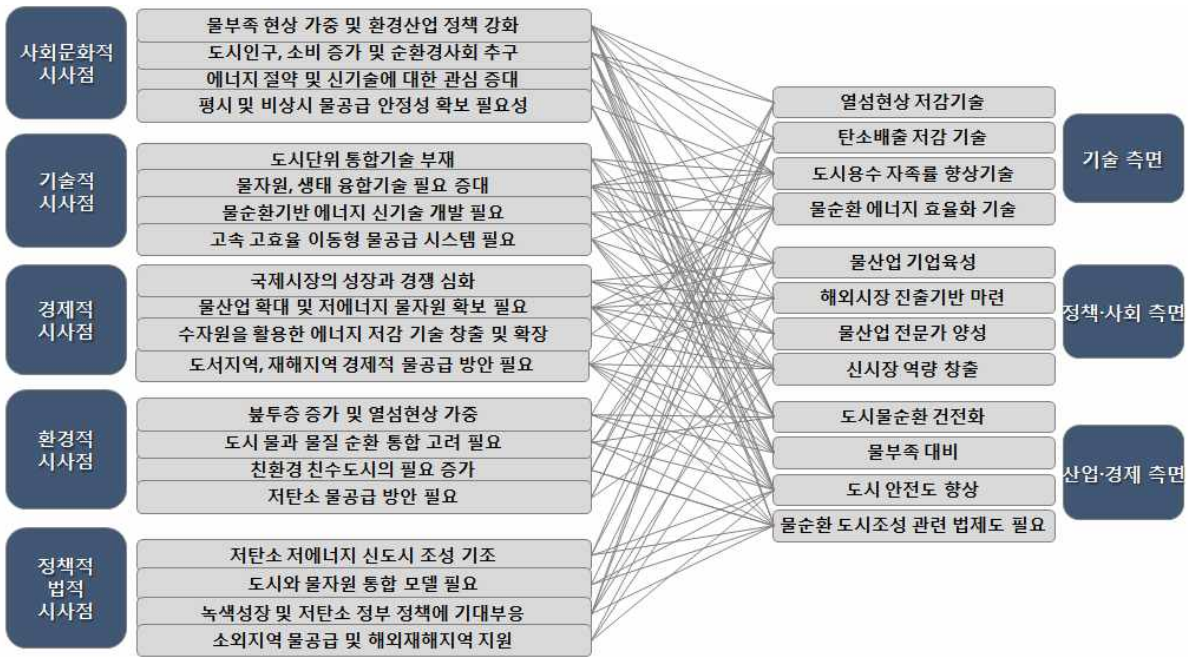
기술개발환경 Needs는 1단계 보고서 기술개발추진방향 설정시 수행한 5-Force 분석, SWOT 분석, STEEP 분석을 참고하여 총 12개 도출하였음

기술개발환경 Needs	
기술 측면	열섬현상 저감기술
	탄소 배출저감 기술
	도시용수 자족률 향상기술
	물순환 에너지 효율화 기술
산업・경제 측면	물산업 기업육성
	해외시장 진출 기반 마련
	물산업 전문가 양성
	신시장 역량 창출
정책・사회 측면	도시 물순환 건전화
	물부족 대비
	도시 안전도 향상
	물순환 도시조성 관련 법제도 필요

□ SWOT 분석에서 도출된 기술개발환경 Needs



□ STEEP 분석에서 도출된 기술개발환경 Needs



□ 기술개발환경 Needs에 대한 평가항목 및 가중치 설정

○ 기술개발 환경 Needs 평가항목은 기술 실현성, 기술 시급성, 정부지원 필요성, 경제적 파급효과 등 4개로 설정함

○ 평가항목 가중치는 기술 시급성과 정부지원 필요성은 4점, 경제적 파급효과는 3점, 기술 실현성은 2점을 부여함

□ 기술개발환경 Needs 평가

○ 도출된 12개의 기술개발환경 Needs를 4개의 평가항목에 따라 평가하고, 가중치를 고려한 점수를 산정하여 우선순위를 도출함

○ 평가결과, 탄소배출 저감 기술, 물순환 에너지 효율화 기술, 물산업 기업육성 등이 상위 순위로 도출됨

○ 하위 순위로는 해외시장 진출 기반 마련, 신시장 역량 창출, 도시 안전도 향상 등의 순으로 도출됨

구 분		기술 실현성	기술 시급성	정부지원 필요성	경제적 파급효과	점수	순위
		2	4	4	3		
기술 측면	열섬현상 저감기술	3.94	4.06	4.22	3.50	51.50	6
	탄소 배출 저감 기술	4.00	4.50	4.50	4.00	62.67	1
	도시용수 자족률 향상기술	3.78	4.00	3.94	3.61	50.17	8
	물순환 에너지 효율화 기술	3.83	4.17	4.28	3.83	52.94	2
산업·경제 측면	물산업 기업육성	3.78	3,89	4,28	4.06	52.39	3
	해외시장 진출 기반 마련	3.00	3.06	3.56	3.78	43.78	12
	물산업 전문가 양성	3.72	4.22	4.11	3.78	52.11	4
	신시장 역량 창출	3.28	3.56	3.83	4.00	48.11	11
정책·사회 측면	도시 물순환 건전화	4.00	3.72	4.11	3.72	50.50	7
	물부족 대비	3.50	3.78	4.22	3.67	50.00	9
	도시 안전도 향상	3.41	3.76	4.00	3.41	48.12	10
	물순환 도시조성 관련 법제도 필요	3.94	4.00	4.44	3.44	52.00	5

○ 기술개발환경 Needs의 평가 결과를 보면, 기술측면의 탄소배출 저감기술과 물순환 에너지 효율화 기술, 산업·경제측면의 물산업 기업육성과, 물산업 전문가 육성이 상위 순위로 평가되었음

○ 하위순위로는 산업·경제측면의 해외시장 진출 기반 마련과, 신시장 역량 창출, 정책·사회측면의 도시안전도 향상, 물부족 대비 순으로 평가되었음

□ 후보과제 설정

○ 후보과제 설정 및 기술개발 단계설정

· 도출된 20개의 후보과제에 대하여 기술개발 단계를 “기초·원, 응용·개발, 상용화”로 구분하여 설정함

과제 번호	후보과제	단계설정		
		기초·원천	응용·개발	상용화
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술			○
2	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술		○	
3	도시유역 물·에너지·생태 통합 설계기술 개발		○	
4	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술		○	
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발		○	
6	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술		○	
7	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	○		
8	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	○		
9	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술		○	
10	도시용수 재이용 활용기술		○	
11	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	○		
12	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발		○	

과제 번호	후보과제	단계설정		
		기초・원천	응용・개발	상용화
13	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발			○
14	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발		○	
15	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)			○
16	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발			○
17	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발			○
18	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발			○
19	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술		○	
20	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술		○	
21	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술		○	
22	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발		○	
23	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석		○	

○ **후보과제별 기술수준 분석**

· 도출된 23개의 후보과제별로 “현재 최고기술 보유국가, 최고 기술수준 대비 현재 기술수준, 기술개발 완료 후 추정수준”을 파악하여 작성함

과제 번호	후보과제	현재 최고기술 보유국가	최고기술 수준대비 현재기술 수준(%)	기술개발 완료 후 추정수준(%)
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술	미국	70	90
2	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술	미국	60	80
3	도시유역 물·에너지·생태 통합 설계기술 개발	독일	60	80
4	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	미국	60	90
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	일본	70	90
6	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	일본	75	90
7	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	미국	70	90
8	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	일본	70	90
9	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술	일본	70	95
10	도시용수 재이용 활용기술	일본	80	95
11	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	일본	80	95
12	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	일본	70	90

과제 번호	후보과제	현재 최고기술 보유국가	최고기술 수준대비 현재기술 수준(%)	기술개발 완료 후 추정수준(%)
13	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술 개발	미국	70	90
14	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발	일본	80	95
15	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)	독일	60	80
16	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발	독일	60	80
17	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	일본	80	95
18	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발	독일	70	90
19	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술	일본	60	80
20	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술	일본	60	80
21	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술	독일	70	90
22	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발	호주	70	90
23	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석	미국	60	80

○ **후보과제별 기술개발 목표 및 최종성과물 설정**

과제번호	후보과제	기술개발 목표	최종성과물
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술	○ LID 기반의 저에너지 물순환 기술이 적용된 도시 조성시 설계, 운영, 평가 및 의사결정 지원을 위한 통합 프로그램 개발	S/W
2	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술	○ 정량적 유역 및 도시 물순환 메케니즘 규명을 기반으로 한 통합 LID 해석 및 영향평가 모형시스템 개발	S/W
3	도시유역 물・에너지・생태 통합 설계기술 개발	○ 물순환도시 실증화를 위한 도시 유역 물·에너지·생태 Nexus 통합 설계 기술 개발	S/W
4	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	○ 실험적 검증을 통한 LID 요소기술의 효율성 및 적용성 평가 기술	S/W
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	○ 불투수면 유출수 6mm 저감 및 도심지 기온 1℃ 저감	제품
6	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	○ 사회기반시설별 LID 요소기술 적용 가이드라인 제시	제도
7	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	○ 강우유출수를 물순환 용수로 활용하기 위한 정화 기술 개발 및 적용성 평가	제품
8	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	○ 인공지반의 특성 및 유출수 수질을 고려한 맞춤형 저류 침투 시설 개발	제품
9	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술	○ 지역적 특성과 물이용 환경에 적합한 대체수자원의 활용 및 운영 시스템 개발로 물자립률을 30% 이상으로 유지하는 기술 개발 및 가이드라인 제시	제품 및 제도
10	도시용수 재이용 활용기술	○ 도시용수 공급 안정성 확보를 위한 공급관리시스템 개발 및 네트워크(관망) 구축	제품

과제번호	후보과제	기술개발 목표	최종성과물
11	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	○ 지속가능하며 저에너지 친환경적인 생태용수 공급 실증 기술개발	제품
12	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	○ 물의 현열과 증발에 의한 여름철 대기온도 평균 0.5℃ 및 건축물 냉방에너지 20% 저감 도시의 열환경을 개선기술 개발	S/W 및 제품
13	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발	○ 토지이용계획과 연계한 LID시설 테스트베드 설치 계획수립 ○ LID시설 설치/미설치지구 비교분석 모니터링	테스트베드 및 DB구축
14	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발	○ 침투·저류시설 정량화를 통한 시설설치규모 및 범위산정 기준 마련 ○ 홍수저감을 위한 친환경 침투·저류기술 개발	S/W 및 제도
15	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)	○ 물순환 시스템에서 온실가스 배출량 (에너지 사용 포함) 저감과 그 효과를 산출 할 수 있는 Carbon calculator를 개발	S/W
16	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발	○ 기후변화대응 적응도시모델로서 수자원에너지기반의 물순환 도시 실증화를 위한 구체적인 평가지표 및 인증 시스템을 개발	제도

과제번호	후보과제	기술개발 목표	최종성과물
17	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	○ 도시내 물건전성 평가기법을 개발	S/W
18	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발	○ 상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등 수자원에너지원과 토지계획연계 기준개발 ○ 도시용수 자족성 향상을 통한 저에너지 물순환 도시 조성 가이드 라인 개발	제도
19	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술	○ 물순환 과정의 수자원을 활용한 신재생에너지 생산으로 탄소배출 저감(30%)	S/W
20	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술	○ 물순환 도시 조성을 위해 필요한 에너지의 20% 절감	S/W
21	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술	○ 상류 저수지 및 하천과 연계한 유역 확장 저영향 개발 기술 개발	S/W
22	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발	○ 수변도시 물 환경 평가 가이드라인 제시	제도
23	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석	○ 수변형 특화 친수도시 조성 기술 구현 ○ 용수자족률 30% 향상 및 수변도시 설계 가이드라인 제시	S/W

□ 후보과제 평가 및 우선순위 도출

○ 도출된 23개의 후보과제가 기술개발환경 Needs를 얼마나 반영할 수 있는가에 대하여 5점 척도로 평가하여, 후보과제별 우선순위를 도출함

구 분		과제번호																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
기술측면	열섬현상 저감기술	4.31	3.00	1.83	2.57	3.94	3.33	3.11	4.07	3.64	2.33	3.33	2.75	3.50	3.09	3.10	3.54	3.27	3.58	3.92	3.60	3.41	3.32	2.50
	탄소 배출저감 기술	3.73	2.64	3.56	3.22	3.64	2.82	3.38	4.06	3.36	2.67	3.73	2.30	3.21	3.38	3.00	3.15	2.82	4.29	3.79	3.22	2.99	3.11	3.10
	도시용수 자족률 향상기술	3.73	4.00	2.20	2.33	3.33	3.21	3.44	2.90	3.45	2.77	2.20	2.69	3.14	2.91	3.18	3.33	2.58	2.82	3.00	2.88	2.95	3.34	3.35
	물순환 에너지 효율화 기술	3.33	3.57	3.43	3.10	3.14	3.58	2.89	3.43	3.46	3.82	3.63	2.73	3.21	3.09	3.18	3.60	2.92	3.00	3.67	3.09	3.26	2.98	3.21
산업·경제측면	물산업 기업육성	2.53	3.50	3.33	3.25	3.33	2.75	2.82	3.21	3.08	3.83	3.00	3.33	3.20	3.21	2.64	3.14	3.00	2.89	3.07	3.43	3.07	2.76	2.93
	해외시장 진출기반 마련	3.20	2.93	3.30	4.00	3.14	2.56	2.55	3.47	3.15	3.50	3.20	3.18	3.11	3.11	3.00	3.44	2.71	2.78	2.55	3.13	3.08	2.79	2.69
	물산업 전문가 양성	3.27	3.64	3.50	3.29	3.31	3.00	3.00	3.71	3.46	3.67	3.29	2.92	3.31	3.00	3.25	3.82	3.18	3.55	3.38	3.40	3.50	3.04	3.25
	신시장 역량창출	3.60	3.21	3.78	3.45	3.25	3.22	2.92	3.50	3.91	3.64	3.67	2.92	3.27	3.73	3.38	3.90	3.00	3.09	3.23	2.90	3.45	2.96	3.03
정책·사회측면	도시 물순환 건전화	4.81	4.50	2.40	2.50	4.24	3.42	3.50	3.75	3.80	4.17	2.40	3.93	4.27	4.00	4.08	4.27	2.67	2.92	4.00	3.00	3.46	3.33	2.96
	물부족 대비	4.07	3.93	2.00	2.33	3.38	3.57	3.88	2.90	3.08	4.33	2.71	3.29	3.57	3.79	3.64	3.47	2.30	2.25	2.85	2.10	3.23	3.57	2.99
	도시 안전도향상	3.81	4.00	3.01	2.33	3.31	2.62	2.50	3.17	3.27	3.33	2.88	3.67	3.14	3.43	3.45	3.00	2.08	2.58	2.85	2.10	2.99	2.68	2.49
	관련 법 제도필요	4.13	3.64	2.89	2.83	3.47	2.80	3.50	3.38	3.77	3.60	3.17	3.86	4.43	4.43	3.56	4.00	2.50	2.67	3.07	2.71	3.25	2.45	2.57
점수		2280	2171	1808	1800	2128	1889	1926	2135	2121	2123	1912	1911	2118	2107	2015	2180	1695	1882	2028	1827	1976	1861	1799
순위		1	3	20	21	5	16	13	4	7	6	14	15	8	9	11	2	23	17	10	19	12	18	22

과제번호	후보과제	점수	순위
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술	2280.37	1
2	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술	2171.09	3
3	도시유역 물・에너지・생태 통합 설계기술 개발	1808.95	20
4	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	1800.86	21
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	2128.37	5
6	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	1889.10	16
7	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	1926.91	13
8	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	2135.89	4
9	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술	2121.60	7
10	도시용수 재이용 활용기술	2123.14	6
11	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	1912.34	14
12	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	1911.38	15
13	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발	2118.74	8
14	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발	2107.66	9
15	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)	2015.73	11
16	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발	2180.89	2
17	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	1695.22	23
18	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발	1882.83	17
19	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술	2028.79	10
20	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술	1827.02	19
21	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술	1976.72	12
22	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발	1861.78	18
23	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석	1799.86	22

□ 후보과제 검토

○ 3.4.1 후보과제와 기술개발전략과의 부합성 검토

· 후보과제별로 기술개발목표인 “LID기반의 용수 자족형 저에너지 도시조성 기술 실증화”와 부합성을 검토하였고, 모든 과제가 부합하였음

연번	중점추진 분야명	세부과제명	Watergy								기술구분				적용대상지						
			물		에너지				생태												
			건전화	자족률 20% ↑	생산	절감 20% ↓	CO_2 20% ↓	1℃ ↓	보전	복원	요소	융합	실증	평가	도로	공원	공주	공건	상지	하천	유수
1	물순환 녹색도시 통합설계 기술	녹색도시 LID 기술 적용을 위한 정보 및 의사결정 지원 LID-BIM 시스템 구축 기술	○	○	○	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
2		LID 기술 적용을 통한 탄소 저감 효과분석					○		○					○	○	○	○	○	○	○	○
3		통합(물, 에너지, 생태) LID 도시계획, 설계 및 기술 개발	○			○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	○	○	○
4		LID 물순환 기술 적용 경제성 평가												○	○	○	○	○	○	○	○
5		융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술	○								○			○	○	○	○	○	○	○	○
6		실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	○								○				○	○	○	○	○	○	○
7		LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	○						○		○				○	○	○	○	○	○	○

적용대상지: 공주-공동주택, 공건-공공건축물, 상지-상업지역, 유수-유수지

연번	중점추진 분야명	세부과제명	Watergy								기술구분				적용대상지						
			물			에너지				생태											
			건전화	자족률 20%↑	생산	절감 20%↓	CO_2 20%↓	1℃↓	보전	복원	요소	융합	실증	평가	도로	공원	공주	공건	상지	하천	유수
1	지능형 물순환 융합기술	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	○					○		○		○			○		○	○	○		
2		물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	○			○	○	○				○			○	○	○	○	○		
3		빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술		○		○	○					○				○	○	○	○		
4		DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용 기술 포함)	○	○		○	○	○	○			○			○	○	○	○	○	○	○
5		현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	○	○		○	○	○	○		○				○	○	○	○	○	○	
6		저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발		○		○	○		○			○				○	○	○		○	
7		맞춤형 전용 공업용수 재이용 시스템		○		○	○					○							○		

적용대상지: 공주-공동주택, 공건-공공건축물, 상지-상업지역, 유수-유수지

연번	중점추진 분야명	세부과제명	Watergy								기술구분				적용대상지						
			물		에너지				생태												
			건전화	자족률 20% ↑	생산	절감 20% ↓	CO_2 20% ↓	1℃ ↓	보전	복원	요소	융합	실증	평가	도로	공원	공주	공건	상지	하천	유수
1	수자원 에너지 연계 수변도시 적용기술	미활용 수자원 위치에너지 적용기술			○		○				○									○	○
2		수자원 미소 열에너지 저장 및 집적화 기술			○		○				○						○	○	○	○	○
3		수변도시 LID 물순환 정량화 해석	○											○	○	○	○	○	○	○	○
4		효율적 도시용수 활용 기술을 위한 의사결정 시스템 개발		○		○	○				○						○	○	○		
5		LID 기반의 물순환 도시의 생태하천 영향 분석	○					○	○	○				○						○	
1	물순환 녹색도시 구축 및 실증	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 효과분석		○		○							○		○	○	○	○	○	○	○
2		녹색도시 조성을 위한 물순환-수자원에너지 설계 및 시공 가이드라인 개발(식물종 선정 식재 및 토양 조성기술 등 포함)	○	○	○	○	○	○	○	○			○		○	○	○	○	○	○	○
3		신도시 및 도시재생형 LID 설계 및 시공 평가·관리 시스템 개발	○	○		○	○	○	○	○			○		○	○	○	○	○	○	○
4		포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	○			○	○	○					○	○	○						
5		LID 현장적용 모니터링 및 물순환 개선 효과분석(미기후개선, 수문특성 해석 및 복원)	○			○	○	○	○	○			○		○	○	○	○	○	○	

적용대상지: 공주-공동주택, 공건-공공건축물, 상지-상업지역, 유수-유수지

○ **후보과제간 연계성 검토**

· 23개의 후보과제 중 상호 보완·의존적인 과제를 검토함

○ \ ●	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	■				●				●				●	●		●	●				●		●
2	○	■				●	●		●	●		●		●	●		●				●		●
3	○	○	■																	●	●	●	●
4			○	■																			
5	○	○			■			●					●	●		●							
6	○			○	○	■																	
7			○	○	○	○	■																
8		○		○		○		■												●	●		●
9						○	○		■														●
10	○		○	○	○	○			○	■	●											●	
11			○	○		○	○	○			■												
12	○		○		○	○		○	○	○	○	■				●							
13		○		○		○	○	○	○	○	○		■	●		●							
14			○	○		○	○	○	○	○		○		■									
15	○		○		○	○		○	○				○	○	■								
16		○	○	○		○	○	○	○	○	○		○	○	○	■							
17			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	■	●					
18	○	○			○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○		■					
19	○	○				○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	■				●
20	○	○			○	○	○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	■			●
21														○							■		●
22	○	○		○		○			○		○	○				○		○				■	●
23						○	○				○		○	○	○		○	○					■

○ 후보과제

우선순위	후보과제	점수
1	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술	2280.37
2	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발	2180.89
3	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향평가 기술	2171.09
4	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)	2135.89
5	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발	2128.37
6	도시용수 재이용 활용기술	2123.14
7	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술	2121.60
8	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발	2118.74
9	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발	2107.66
10	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술	2028.79
11	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)	2015.73
12	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술	1976.72
13	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용기술 포함)	1926.91
14	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발	1912.34
15	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발	1911.38
16	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술	1889.10
17	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발	1882.83
18	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발	1861.78
19	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술	1827.02
20	도시유역 물・에너지・생태 통합 설계기술 개발	1808.95
21	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술	1800.86
22	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석	1799.86
23	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발	1695.22

나. 과제추진 체계 및 후보과제 과제카드

□ 과제추진 체계도

○ 연구단 유형

연구단	세부과제
연구단명 **수자원 에너지 기반의 물 순환 도시 조성**	LID 기술 적용을 위한 통합설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술(1)
	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술(3)
연구단 목표 **물 에너지 연계 녹색 물 순환 기술 실증화**	도시유역 물・에너지・생태 통합 설계기술 개발(20)
	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술(21)
	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발(5)
	LID 연계 녹색 사회기반시설(상하수도, 하천 및 도로 등) 구축 기술(16)
	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술(경사지 활용 기술 포함)(13)
	현장 맞춤형 저류 침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형저류 침투시설)(4)
	빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술(7)
	도시용수 재이용 활용기술(6)
	저에너지 친환경 생태용수 공급기술개발(14)
	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발(15)

연구단	세부과제
연구단명 **수자원 에너지 기반의 물 순환 도시 조성** **연구단 목표** **물 에너지 연계 녹색 물 순환 기술 실증화**	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발(8)
	친환경 저류 침투 시설을 이용한 홍수저감 분석기술 개발(9)
	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술 (경제성 평가 포함)(11)
	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가 시스템 개발(2)
	포장면 물순환 건전화 계획 및 평가기법 개발(23)
	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린 인프라 시스템 및 가이드라인 개발(17)
	수자원 신재생 위치에너지 설계 및 적용기술(10)
	수자원 신재생 열에너지 설계 및 적용기술(19)
	유역-하천-저수지 연계 LID 적용기술(12)
	도시 환경용수 평가 및 물공급 의사결정 시스템 개발 (18)
	친수 수변도시형 LID 적용 및 효과분석(22)

□ 후보과제별 과제카드

1. 과제명	불투수층 도시 포장면 물순환-에너지저감형 기술 및 공법 개발
2. 연구개발목표	불투수면 유출수 6mm 저감 및 도심지 기온 1℃ 저감
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○시애틀(LID 적용) 및 포틀랜드(Green street) 등의 해외 사례의 경우, 불투수면적 감소, 오염물질 저감, 교통안정성 제고 등의 성과 얻음  시애틀 LID 적용 전후 ○ 일본의 경우, 열섬현상 제어를 위한 환경포장 도쿄 프로젝트를 실시하여 보수성 포장 15만m^2, 차열성포장 5만m^2 시공(2005년 기준)
4. 기존기술 활용방안	○ 투수성 및 배수성 포장 : 차도 및 인도의 환경성 포장을 위한 투수성 및 배수성 포장에 대한 활발한 연구 및 실용화가 되고 있으나, 공극막힘 현상과 골재탈락 등의 내구성능의 저하 문제점 발생 ○ 보수성 포장 : 한국도로공사 및 한국건설기술연구원에서 보수성 포장에 대한 일부 연구가 진행되었으나, 경제성의 문제점 및 실효성에 대한 의구심으로 실용화가 되고 있지 않음
5. 기술개발 필요성	○ 전국적으로 포장률은 현재 도로 현황 중 76.1%를 보이고 있으나, 특별시, 광역시도의 경우 거의 100%에 가까운 포장률을 보여주고 있음(2005) ○ 서울의 경우, 불투수포장 비율이 약 50%(2009)로써 도로열 발생으로 인한 열섬현상 및 도심지 유출수로 인한 도심지 침수 발생
6. 주요연구 개발내용	○ 도시의 대표적 불투수면 도로의 물순환 개선을 위한 공간계획 기술 ○ 도로 공간의 Dead Space를 활용한 LID기법 적용기술 ○ 도로 오염 유출수 처리 및 저감을 위한 도로 공간 적용 기술 개발 ○ 보수성 포장 등 기능성포장 기술을 이용한 도시 cooling system 개발
7. 정부지원의 타당성	○ 물순환형 포장면에 의한 증발을 유도하여 기존보다 약 20% 이상 증발량 제고하여 열섬현상 완화 및 전력에너지 소비량 절감 ○ 빗물 유출량 저감을 통한 도시 침수 방지로 인적·물적 피해, 재해 복구비용 절감 ○ 오염제어 등의 기능성 향앗을 위한 인공지반으로부터의 오염물 유출 저감 ○ 포장체 계획, 시공, 관리 등을 위한 지침 등의 법적 제도 기반 마련 필요 ○ 물순환-에너지 절감 포장면의 확대를 위한 인센티브 또는 지원 등 필요
8. 기술확보 전략	○ 물순환-에너지 절감 포장면의 효과분석을 위한 환경, 에너지, 건설 분야 등 다양한 전문가로 구성된 융복합 기술개발 ○ 테스트베드의 확보를 통한 개발된 요소기술의 현장적용 및 모니터링

<table>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 물순환-에너지 절감 포장체 개발
○ 물순환-에너지 절감 포장면 가이드라인 제시</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 환경피해 방지대책을 마련하고 도시의 건전한 열순환으로 열섬 현상 및 에너지 절감 등 방재 및 친환경 측면의 문제점 해결
○ 신도시 계획 시 본 연구의 결과가 지침으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>250</td><td>250</td><td>300</td><td>300</td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>62.5</td><td>62.5</td><td>75</td><td>75</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>312.5</td><td>312.5</td><td>375</td><td>375</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,100</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">275</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,375</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 무강우일수 동안 포장면의 지속적인 온도저감 효과를 통한 도시 기온 저감
○ 일시적인 표면유출저감을 통해 초기 도심지 침수제어 효과
○ 도시 고온화로 인해 발생하는 사회비용을 고려할 경우, 본 과제의 결과물은 비용절감측면에서 매우 우수할 것으로 판단
○ 저탄소 녹색도시 등의 국가 비전에 부합하는 기반기술 활용
○ 신도시 개발이나 정부의 중장기 도시 정책에 활용</td></tr>
</table>

1. 과제명	DCIA 최소화 도시유역 유출수 관리기술 (경사지 활용기술 포함)
2. 연구개발목표	강우유출수를 물순환 용수로 활용하기 위한 정화기술 개발 및 적용성 평가
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 도시 유출수를 저감하고 물순환 기능을 증진시키기 위한 방안으로 적용 가능 녹지 요소, 생태면적률의 도입, 친환경 건축물 도입과 인증제, 우수 재이용 방안 등이 강구되고 부분적으로 신규 택지 개발과 건축물에 적용시키는 방안 연구 ○ 토양보전 기술 및 물순환 시스템 이외 인공지반 및 옥상녹화 기술, 투수성 포장기술 연구 개발 ○ 물순환 요소는 빗물을 활용한 기법이 가장 많이 연구 ○ 생태적 기반이 되는 토양 및 물순환 체계의 건전성 유도하고 환경계획지표로서 도시생태 문제를 도시계획 및 건축계획 차원에서 해결할 수 있는 계획수단으로 생태면적률을 도입(참고자료 : 물순환을 고려한 도시녹지 기능 제고 방안) ○ 해외의 경우, LID기법을 이용한 수문순환 체계를 회복하고 유지하려는 방안 연구 - 기존 보전 계획기술을 적용하여 건축물 면적, 위치, 높이 등을 정하고 계획지역 내에 하천, 습지, 숲, 농경지, 역사보전지, 산책로, 오픈스페이스 등 환경요소를 포함 배치 - 파이프의 사용을 줄이고, 침투면적 보전 및 확대를 통해 불투수면을 최소화 - 유출수 발생원에서의 체류시간을 확보하도록 흐름을 만곡시키고 연장 - 개발 전 상태로 회복될 수 있도록 빗물을 저류, 체류, 침투 시키는 분산형 통합관리 시설을 적용
4. 기존기술 활용방안	○ 기존에 개발된 강우유출수 저감 기술 및 제품, 수질정화 기술 등을 수집 및 분석하여 본 과제의 성격에 맞도록 조정 및 시스템의 재구성 등으로 활용
5. 기술개발 필요성	○ 국토의효율적인 이용과 순환자원이 물을 재활용하기 위해서는 우수관의 경사(낙차고)를 활용한 에너지 하베스팅이 필요한 실정임. ○ 기존의 관망을 통한 강우유출수 관리는 환경적인 변화를 통해 한계가 나타남에 따라, 강우유출수의 유출저감, 유출속도 저하 등을 위한 도심지 침수 등의 문제점 해소 필요
6. 주요연구 개발내용	○ LID 기반 기술 및 평가 모형 개발 ○ 테스트 베드를 통한 LID 기술의 현장 적용성 평가 ○ LID 기술 적용을 위한 기술 및 제도의 가이드라인 제시 ○ 경사고를 활용한 에너지 하베스팅을 활용하는 기술
7. 정부지원의 타당성	○ 본 과제는 보다 효율적인 강우유출수 관리를 통해 도심지 침수제어 및 빗물 활용 등의 다양한 환경적 문제 해결 방안 기술임 ○ 본 과제를 통해 도출되는 신개념의 빗물관리기술 성과물을 통해 관련 산업의 육성 및 국격향상에 이바지 할 것으로 판단됨 ○ 본 과제 성과물이 실용화까지 성공적으로 이루어지기 위한 제도적 장치 마련이 필요에 따라 정부의 긴밀한 협조가 필요

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 기존 국가 연구성과의 적극적이고 연계적인 활용
도시홍수저감사업, 비점오염저감사업 등의 기초연구를 바탕으로 이들 기존 모형 및 분석 결과를 적극적으로 수용하고 접목하여 발전시킬 수 있도록 할 수 있음.
○ 관련 다양한 분야의 융복합 연구 수행
본 연구는 도시계획, 수문 및 수자원 공학, 환경공학 등의 건설관련 분야와 ST/IT 분야 등의 다양한 분야의 공동연구로 효율적이고 융합적인 전문연구진의 구성을 도모함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○ 유출수 관리 기술
○ 가이드라인</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 정사전 도시계획 단계의 LID요소기술 선정시 효율성 및 경제성 평가 지표
○ 신도시 개발, 도시재생 사업 및 친수도시 개발시 기술적 경제적 타당성 분석 기본 자료 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>150</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>37.5</td><td>37.5</td><td>50</td><td>50</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>187.5</td><td>187.5</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">900</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">225</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,125</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 도시유출량 영향의 평가로 인한 도시 물순환체계 개선을 위한 체계적이고 명확한 계획, 설계 구현
○ 해외 물순환 및 물에너지 기반 신도시 수출</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">현장 맞춤형 저류침투 기술(교통저류지, 관로형 및 선형 저류 침투시설)</td></tr>
<tr><td>2. 연구개발목표</td><td colspan="7">인공지반의 특성 및 유출수 수질을 고려한 맞춤형 저류 침투 시설 개발</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">○ 물순환 건전화를 위한 녹지집수, 투수성 개선, 침투 트렌치 등의 다양한 연구개발이 활발히 이루어짐
○ 기존의 저류형 우수저류시설은 유역의 말단이나, 타 유역과 함께 공용으로 설치하는 지역 외 저류시설과 유역내에서 강우를 일시적으로 저류시키는 시설개발이 이루어지고 있음</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">○ 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 (연구비: 1,475 억원)을 통해 우수저류 및 활용기술개발의 연구결과물 활용
○ 독일, 일본의 기술 활용</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○ 하수도를 통해 배제시키는 것에 치중하여 하천과 하수도를 개보수하고 빗물배제용 펌프장을 건설 등의 막대한 비용 소모
○ 기상이변에 의한 집중호우와 도시개발에 의해 도심 침수피해 등 문제 발생</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○ 도로면에서 발생하는 유출수의 관리를 위한 교통저류지 개발
○ 현장에 여건에 따라, 효율적인 침투 및 저류효과를 얻기 위한 관로형 및 선형 저류 침투시설 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○정부의 국토분야 저탄소녹색성장 정책의 일환으로서 초기 연구개발 및 기반시스템 구축을 위한 적극적인 선제적인 연구투자가 필요한 시점임.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○ 관련 국내외 기술의 D/B구축 및 개선방안 도출
○ 빗물저류조 설계, 생산, 시공 관련 산업체와 연계한 기술 개발 및 이전
○ 국내외 전문가 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">교통저류지, 관로형 및 선형 저류 침투시설</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">○ 신도시 개발, 도시재생 사업 및 친수도시 개발시 필요한 요소기술 또는 융합기술로서 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1200</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1500</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○ 공간의 효율적 활용 및 유지관리 필요시 정확한 위치 판단 가능으로 관리비용 절감 효과
○ 도심지의 홍수로 인한 초기침수 제어효과</td></tr>
</table>

1. 과제명	융합형 유역단위 LID 물순환 및 수문요소 정량화 해석 및 영향 평가 기술
2. 연구개발목표	▣ **최종 목표:** 정량적 유역 및 도시 물순환 메케니즘 규명을 기반으로 한 통합 LID 해석 및 영향평가 모형시스템 개발 ▣ **세부목표:** - 친환경 LID 기법 실적용을 위한 도시 물순환 및 수문요소의 메케니즘규명 - 융합형 LID 분석 및 설계 기술 개발을 통한 통합 LID 해석 모형 개발 - 도시 및 유역단위 LID 기술적용의 효과영향분석 및 평가 모형 개발 및 상용화
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	▣ 선진국의 경우 도시계획 및 시설설치시 LID 기술 적용을 녹색건설과 산업의 일환으로 적극적인 적용 및 시공이 실현되고 있음. ▣ 이는 실제로 미국의 경우 (USGS, EPA 및 지자체 LA, New York 등) LID 기술/시공/유지관리 분야의 표준화된 메뉴얼을 지역특성에 적합하게 지원하고 있으며 장려하고 있음. ▣ 또한 미국 University of Wisconsin 대학의 RECARGA와 같은 LID 요소기술 적용모형의 개발과 EPA 의 SWMM/LID 및 SUSTAIN 등의 통합LID해석모형시스템 개발이 활발하게 이루어지고 있음. ▣ 이에 따른 설계 및 시공 분야의 LID모형화 기술은 도시, 건설 및 환경 산업의 획기적인 개선 및 해외진출을 위한 녹색기술로서 다양한 시장개발의 여건조성을 위한 기초연구로 인식되고 있음.
4. 기존기술 활용방안	▣ 기존 과학기술부의 21C 프론티어연구개발사업(유역물관리운영기기술개발), 한국건설기술연구원의 통합유역관리방안연구, 국토해양부의 도시홍수재해저감연구사업 및 도시재생사업사업단 등에서 파생된 요소기술들을 적극적으로 연계하여 발전적으로 활용할 수 있음.
5. 기술개발 필요성	▣ 녹색환경 및 친환경도시재생을 위한 LID(저영향 개발)기술은 기후변화에 대응하기 위한 국토 및 물관리 분야의 저탄소녹색성장 정책의 성공을 위한 핵심 기술임 ▣ 특히, 도시 수문학적 물순환 과정의 정량화를 통한 통합적인 LID 해석 및 설계 기술 및 시스템의 개발은 현재 국내 다양한 신도시 및 도시재생, 그리고 친수도시 조성의 성공을 위하여 시급히 개발되어야할 요소기술임. ▣ 또한, 녹색도시의 최적설계 및 의사결정을 위한 융합현 LID/BMP 기술의 확립을 통한 친환경적 도시건설, 저탄소 녹색성장의 국토분야의 효율성 증대 및 도시해외수출을 위한 선진 기술 확립이 필요한 시점임. ▣ 현재 국내에서 도시 LID/BMP 기술 적용에 대한 요구는 증가하고 있으나, 도시 기후변화 및 수문특성의 불확실성, LID 요소를 설계하고 유지관리를 위한 선진적인 수문-물순환 LID 모형화 기술의 부재, 그리고 통합적인 도시 LID 유지관리를 위한 BMP 전략의 부재 등으로 인하여 녹색성장을 위한 파급이 한계에 있음.
6. 주요연구 개발내용	▣ **도시유역 물순환 및 수문요소 해석메카니즘 분석** - 국내외 도시 물순환 및 수문순환 연구 실태 분석 - 국내 도시 기상 및 강우 특성 메카니즘 분석 (유역별/도시별) - 국내 도시 유출 및 오염유출 특성 메카니즘 분석 (유역별/도시별) - 국내 도시 기후변화 및 탄소배출 메카니즘 분석 (유역별/도시별) - 통합 도시 기후변화-물순환 영향평가 지도 작성 ▣ **통합 도시설계형 LID 해석모형시스템 개발** - 국내외 도시유역 물순환 해석모형 평가 및 분석 - 도시설계형 LID적용 강우/유출 해석모듈 개발 - 도시설계형 LID적용 도시오염유출 해석모듈 개발 - 도시설계형 LID적용 기후변화 및 탄소저감 해석모듈 개발

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">- 통합 도시유역 LID 해석모형시스템 구동 및 매뉴얼 개발
▣ 친환경 LID 요소기술 해석모형시스템 개발
- 기존 국내외 LID 요소기술 적용실태 분석 및 개선방안 도출
- 저류형/도로형 LID 요소기술 효율성 분석 및 설계 시스템 개발
- 침투형/유역형 LID 요소기술 효율성 분석 및 설계 시스템 개발
- 도시 우수시스템 연계 LID 요소기술 분석 시스템 개발
- 통합 LID 요소기술 해석시스템 구동 및 매뉴얼 개발
▣ 한국형 통합 LID/BMP 설계 및 유지관리 시스템 개발
- 국내외 통합 LID/BMP 요소기술 분석
- 국내도시형 LID 기술 적용을 위한 통합 GIS/DB 구축 기술
- 사전 LID기술 적용 도시 계획 및 설계 기법
- LID 기술 최적의사결정(LID/BMP) 및 유지관리 기술
- 한국형 통합 LID/BMP 설계 및 유지관리 매뉴얼 개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="2">▣ 도시 LID/BMP 설계 및 시공 구현을 위한 핵심요소기술:
현재 국내의 도시 및 유역단위의 LID 모형화 및 분석 기술은 초보적인 단계이며, 아직 시장이 형성되지 않은 상황이고 또한 원리규명을 위한 연구성 분야임.
▣ 저탄소녹색성장 국토 분야의 핵심연구 기술:
정부의 국토분야 저탄소녹색성장 정책의 일환으로서 초기 연구개발 및 기반시스템 구축을 위한 적극적인 선제적인 연구투자가 필요한 시점임.
▣ 국내 녹색시장발생 및 개도국 친환경 도시수출을 위한 적용기술:
국가 녹색경제분야, 녹색건설환경 분야 뿐만 아니라 궁극적으로 개도국의 친환경적인 도시 해외수출을 위한 LID 도시설계, 요소기술 및 사업 분야의 발전에 적극 기여할 것으로 기대됨.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="2">▣ 기존 국가 연구성과의 적극적이고 연계적인 활용:
본 연구는 21C 프론티어사업(수자원), 도시홍수저감사업, 비점오염저감사업 등의 기초연구를 바탕으로 이들 기존 모형 및 분석 결과를 적극적으로 수용하고 접목하여 발전시킬 수 있도록 할 수 있음.
▣ LID 기술 선진 기관과의 국제공동연구 수행 :
미국 USGS 및 EPA 등 소속 연구기관과의 적극적인 기술교류를 통한 한국형 신기술의 개발이 필요하며, 또한 미국 선진연구기관인 LID 센터, 위스콘신대학, 콜로라도대학 및 플로리다 대학 연구팀과의 MOU를 통한 선도적 연구를 수행.
▣ 관련 다양한 분야의 융복합 연구 수행:
본 연구는 도시계획, 수문 및 수자원 공학, 환경공학 등의 건설관련 분야와 GIS/DB/시스템의 구형을 위한 ST/IT 분야 등의 다양한 분야의 공동연구가 필수적으로, 각 과업을 위한 효율적이고 융합적인 전문연구진의 구성을 도모함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>최종성과물</td><td>▣ 예상 최종성과물
- 한국 통합 도시 기후변화-물순환 영향 평가 지도 및 지침서
- 통합 도시유역형 LID 해석모형시스템 및 매뉴얼
- 통합 LID 요소기술 설계 및 평가 해석모형시스템/매뉴얼
- 한국형 통합 LID/BMP 설계 및 유지관리 매뉴얼</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td>▣ 활용방안: 성과물 수요자 별
- 정부 및 지자체 도시계획 담당자: 사전 도시계획 단계의 LID 선정 및 평가를 위한 Tool 제공
- 도시개발 공공기관: 신도시 개발, 도시재생 사업 및 친수도시 개발</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">시 도시 물순환체계 분석 및 LID 요소기술의 선정평가 Tool 제공
- 건설환경 설계 및 시공 업체: 침투형/저류형 등 다양한 LID 요소기술의 계획 및 시공시 우수저감효과, 오염저감효과, 탄소저감 효과 등의 시스템분석을 통한 사업경제성분석 및 시공타당성 분석에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,600</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,000</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">▣ 저탄소 녹색도시 구현을 위한 LID 적용 물순환 해석 및 평가 기술의 개발을 통한 선진형 요소기술 확보
▣ 도시 실적용을 위한 LID 요소기술/유역해석기술/유지관리기술의 통합해석평가모형시스템 개발
▣ 녹색국토 및 도시 정책, 설계 및 시공 단계별 LID 기술 해석 및 평가를 위한 실무형 LID-Tool 개발로 인한 실무 및 현장적용성 확보를 통한 녹색기술산업 파생</td></tr>
</table>

1. 과제명	실증적·실험적 LID 요소기술 효율성 분석, 검증 및 평가 기술
2. 연구개발목표	▣ **최종 목표:** 실험적 검증을 통한 LID 요소기술의 효율성 및 적용성 평가 기술 ▣ **세부목표:** - 친환경 LID요소기술 효율성 검증실험시설 구축 및 운영 - 도시유역 LID요소기술 실험적 검증기법 개발 및 표준화 방안 - 최적 LID요소기술 효율성 분석 및 지침서 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	▣ 선진국의 경우 도시계획 및 시설설치시 LID 기술 적용을 녹색건설과 산업의 일환으로 적극적인 적용 및 시공이 실현되고 있음. ▣ 이는 실제로 미국의 경우 (USGS, EPA 및 지자체 LA, New York 등) LID 기술/시공/유지관리 분야의 표준화된 메뉴얼을 지역특성에 적합하게 지원하고 있으며 장려하고 있음. ▣ 실제로 LID기법의 현장적용의 실효성 및 경제성을 확보하기 위하여 미국 USGS, EPA 및 대학 등에서는 체계적인 효율성검증 실험시설의 설치 및 운영을 수행하고 있음. ▣ 특히 실험적 LID요소기술의 효율성검증은 신기술 인증 및 녹색기술 인증을 위한 필수적인 절차로서 이는 기술의 신뢰성확보 및 산업/시장의 창출을 위한 필수적인 사항으로 연구되고 있음. ▣ 또한 설계 및 시공 분야의 실험적 LID요소기술 검증기술은 도시, 건설 및 환경 산업의 획기적인 개선 및 해외진출을 위한 녹색기술로서 다양한 시장개발의 여건조성을 위한 기초연구로 인식되고 있음.
4. 기존기술 활용방안	▣ 기존 과학기술부의 21C 프론티어연구개발사업(유역물관리운영기기술개발), 한국건설기술연구원의 통합유역관리방안연구, 국토해양부의 도시홍수재해저감연구사업 및 도시재생사업사업단 등에서 파생된 요소기술들을 적극적으로 연계하여 발전적으로 활용할 수 있음.
5. 기술개발 필요성	▣ 녹색환경 및 친환경도시재생을 위한 LID(저영향 개발)기술은 기후변화에 대응하기 위한 국토 및 물관리 분야의 저탄소녹색성장 정책의 성공을 위한 핵심 기술임 ▣ 특히 생태저류지설, 저류셀, 옥생녹화, 침투도랑, 우수정원, 침투성 포장 및 도로 등의 다양하고 분산적인 LID단위 요소기술의 초기홍수조절효율 및 비점오연저감효율의 정량화는 녹색도시 LID기술의 최적 설계/시공/유지관리에 있어 가장 기초적인 연구임. ▣ 국내에서는 이러한 도시LID요소기술의 효율성을 검증하기 위한 실험적인 연구 및 시설이 전문한 실정이며, 이로 인하여 다양하게 개발되고 있는 기술의 평가 및 경제성 검증이 효율적으로 이루어지지 못하고 있음. ▣ 또한, 도시 LID요소기술의 신기술 및 녹색기술의 인증 과정에서도 표준화된 효율성 실험기법 및 평가기술이 부재하여 기술의 시장적용 및 해외수출에 상당한 지장을 가져오고 있는 것이 현실임. ▣ 따라서, 녹색도시구현을 위한 물순환 LID요소기술의 성공을 위해서는 실험적 효율성 검증시설의 구축, 최적 효율성검증을 위한 실험기법의 체계화, 그리고 기존/장래 개발되는 다양한 LID요소기술의 효율성평가 지침서의 제시를 위한 연구가 필요한 시점임.
6. 주요연구 개발내용	▣ **친환경 LID 요소기술 효율성 검증실험시설 구축 및 운영** - 국내외 LID요소기술 효율성 검증 실험기술 실태 분석 및 실험시설 설계

	- 저류형 LID요소기술 효율성 검증 실험시설(강우-유출 시뮬레이터) 구축 및 운영 - 침투형 LID요소기술 효율성 검증 실험시설(강우-유출 시뮬레이터) 구축 및 운영 - 통합형 LID요소기술 효율성 검증 실험시설 모니터링 및 유지관리 방안 구축 - 실무형 LID 신기술의 실증적 녹색인증을 위한 정책적·기술적 방안 제시 **▣ 도시유역 LID 요소기술 실험적 검증기법 개발 및 표준화 방안** - 국내외 LID 요소기술 실험적 검증 기법 현황 조사 - LID요소기술(저류형/침투형) 초기우수 및 홍수저감 효율성 검증 실험기법 및 표준화 - LID요소기술(저류형/침투형) 유역오염저감 효율성 검증 실험기법 및 표준화 - 모형해석-실증실험 통합형 효율성평가 시스템 개발 - LID요소기술 설계/시공 효율성 평가 표준 실험지침서 구축 **▣ 최적 LID요소기술 효율성 평가 및 지침서 개발** - 국내외 LID 요소기술의 효율성 현황 조사 - 도시 포장면 LID-침투시설 실험적 효율성 평가 및 정량화 - 건축물 LID-옥상녹화시설 실험적 효율성 평가 및 정량화 - 생태저류형(저류셀, 습지) LID시설 실험적 효율성 평가 및 정량화 - 국내외 LID요소기술 효율성 사용자 가이드라인 개발	
7. 정부지원의 타당성	**▣ 도시 LID/BMP 설계 및 시공 구현을 위한 핵심요소기술:** 도시 LID요소기술의 실험적인 효율성검증 연구는 녹색도시 LID기술 성공을 위한 핵심요소기술이나 국내기반시설 및 연구의 부족으로 인하여 정부의 초기지원이 필요함. **▣ 국내 녹색시장발생 및 개도국 친환경 도시수출을 위한 공공요소기술:** 도시 LID요소기술의 실험저인 효율성검증 연구는 개발기술의 신뢰성 향상, 설계/시공의 안정성 확보 및 경제성 제고를 가져올 수 있으며 이는 궁극적인 녹색시장 창출과 녹색도시 수출을 위한 필수적인 공공요소기술로서 사기업에서 분산적인 수행하기 어렵고 신기술 및 녹색기술인증 요소로서 정부의 통합적인 연구 및 시설지원 필수적임.	
8. 기술확보 전략	**▣ 기존 국가 연구성과의 적극적이고 연계적인 활용:** 본 연구는 21C 프론티어사업(수자원), 도시홍수저감사업, 비점오염저감사업 등의 기초연구를 바탕으로 이들 기존 모형 및 분석 결과를 적극적으로 수용하고 접목하여 발전시킬 수 있도록 할 수 있음. **▣ 선진 효율성검증시설 구축을 위한 선진기관과의 국제공동연구 수행 :** 미국 USGS 및 EPA 등 소속 연구기관과의 적극적인 기술교류를 통한 한국형 신기술의 개발이 필요하며, 또한 미국 선진연구기관인 위스콘신대학, 콜로라도대학 및 플로리다 대학 연구팀과의 MOU를 통한 선도적 연구를 수행. **▣ 한국형 LID요소기술 시장 확보를 위한 산학연 연계 연구:** LID요소기술은 기상/지형/시공기술 등의 국가별, 지역별 수문특성의 반영이 필수적이며, 한국에 적합한 요소기술의 개발 및 확보를 위하여 다양한 관련 개발 산업체, 학계 및 연구기관의 통합적인 연계연구를 수행	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	**최종성과물**	**▣ 예상 최종성과물** - 통합 LID요소기술 효율성 검증 실험시설 및 센터 - 통합 LID요소기술 설계/시공 효율성평가 표준실험지침서 - 국내외 LID요소기술 효율성 사용자 가이드라인
	활용방안	**▣ 활용방안: 성과물 수요자 별** - 정부 및 지자체 도시계획 담당자: 사전 도시계획 단계의 LID요소기술 선정시 효율성 및 경제성 평가 지표 - 도시개발 공공기관: 신도시 개발, 도시재생 사업 및 친수도시 개발 시 기술적 경제적 타당성 분석 기본 자료 제공 - 건설환경 설계 및 시공 업체: 개발 LID 신기술의 체계적이고 공증

<table>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="5">화된 효율성 검증평가 수행을 통한 기술신뢰성 및 산업성 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>300</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>400</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>400</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,800</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">8 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,300</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">▣ 공공기반의 녹색 LID요소기술의 효율성 검증시설 및 기술 구축을 통한 한국형 기술의 신뢰성 확보 및 시장경제성 확대 가능
▣ 녹색도시의 설계/시공/유지관리를 위한 기초자료 생성 및 관리 방안 제공을 통한 보다 LID기술의 현장적응력 확보
▣ 차후 개발되는 LID요소기술의 신기술 및 녹색기술 인증을 위한 공공 센터의 설립 기반확보</td></tr>
</table>

1. 과제명	수자원 에너지 기반의 물순환 도시 조성을 위한 그린인프라 시스템 및 가이드라인 개발
2. 연구개발목표	-물순환 도시 실증화를 위해, 도시 내 상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등 수자원에너지원과 토지계획 연계 기준 개발 -물순환 도시 조성을 위한 관련 법·제도 여건 개선 필요성 분석 및 정비방향과 통합운영 가능성, 필요시 통합 법규 제시 -시범사업의 추진과 민간참여 확대를 위한 경직된 계획기준의 개선, 중복규제의 개선, 인허가절차의 간소화, 용적률 및 재정지원(보조금) 확대 등 인센티브 근거 마련 -도시 미기후 개선 및 COOLING 효과 확보를 위한 LID 적용 도시계획 가이드라인 개발 -도시용수 자족성 향상을 통한 저에너지 물순환 도시 조성 가이드 라인 개발 -노령화 사회에 대비한 친환경 물순환 도시 조성 기법 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	-도시 내 상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등을 에너지원으로 활용하고자 하는 움직임들이 건물 위주 등 개별 시설 차원에서 이루어지고 있음. -도시 미기후 개선 및 COOLING 효과 확보를 위한 LID 적용 도시계획은 아산 탕정 신도시에 적용을 계획하고 있으나, 개발 계획, 토지이용계획 단계에서 이루져야 함 -신도시에서 도시용수 자족성 향상을 통한 저에너지 및 수자원 에너지 활용을 위한 산업/시장 움직임은 미미함 -서울시에서는 비점오염원 경감 및 지하수자원 확보, 열섬화 현상 완화를 목표로 빗물가두고 머금기 사업을 추진중에 있음. -소방방재청에서는 사전재해영향성 검토시 사업지구 내 침투·저류 시설의 설치 의무 등의 제도 정비 -환경부에서는 빗물이용, 오수 및 하폐수처리수의 재이용 촉진을 목적으로 물 재이용과 촉진에 관한 법률 도입 -도시관리계획 차원의 정책 어젠다(美 뉴욕시, 그린인프라) 발굴과 물 재이용 을 위한 인프라(싱가포르, 지하 하수터널 구축 DTSS), 도시 물 부족을 해결하기 위한 빗물 재활용 제도 및 관리시스템(美 LA, 빗물관리시스템 구축 및 공익사업 재투자) 구축 활발
4. 기존기술 활용방안	-도시 내 상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등을 에너지원으로 활용하고자 하는 움직임에 대한 기존 연구 참조 -도시 미기후 개선 및 COOLING 효과 확보를 위한 아산 탕정 신도시에 적용 계획을 참조하고, 현장 설치 과정 모니터링 -다중 수원 확보 방안 등의 기존 연구를 검토하고, 국외 사례 조사 ○빗물관리 관련 현행 법규 및 지자체 조례·지침 검토 -관련 법규로는 수도법, 도시 및 주거환경 정비법, 자연재해대책법, 도시계획의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 등 -조례·지침으로는 서울특별시 빗물관리에 관한 조례, 서울특별시 빗물관리시설의 설치 및 지원에 관한 지침, 그 외 시도 조례 등 -기존 관련 법규·조례 등은 빗물이용시설의 정의, 설치 및 시설기준의 제시 수준이나 물순환 도시조성을 위한 종합적 관점의 법제도 운영과 민간참여 등을 위한 특례조항 도입을 위한 여건 검토로 활용 가능 ○녹색도시 등 유사분야의 계획가이드라인, 개발기준, 평가기준 검토 -물순환 도시조성을 위한 관련 법제도의 개선 및 통합운영을 위한 시사점 분석

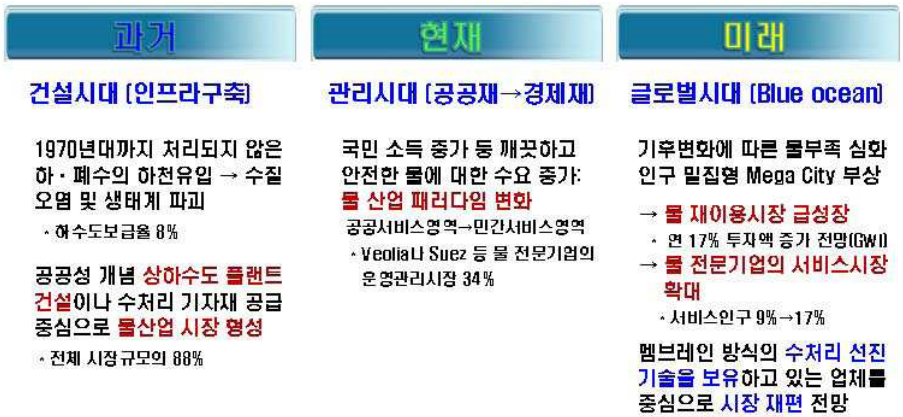
<table>
<tr><td></td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>관련내용</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>녹색도시개발계획수립 및 평가기준</td><td>공원녹지확보비, 생태면적률, 자연지반녹지율, 친환경건축물, 신·재생에너지이용, 우수이용, 중수이용</td><td>녹색도시등급 인센티브부여</td></tr>
<tr><td>생생(生生, Eco Rich)도시</td><td>CO2 배출저감, 에너지 이용효율향상, 친환경교통조성, 수자원재활용, 수생태계개선, 생태네트워크구축</td><td>지자체, 사업부문</td></tr>
</table>
○해외 녹색도시, 생태도시, 에너지순환도시 관련 지원제도 검토
-공공, 민간 분야간 협력체계 구축 및 관련 산업 육성 등을 위한 지원 제도 분석</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td>-도시 내 상수관, 우수관, 난방관, 오하수처리시설, 하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등을 에너지원으로 활용하고자 하는 개개 시설의 움직임을 도시 내에서 시스템화하고, 효율화하며, 의사결정하는 기술의 개발 필요
-미기후 개선 및 COOLING 도시 조성을 통한 저탄 녹색 물순환 도시 조성을 위하여는 토지계획과 조응하는 LID 가이드라인 필요
-도시 내 다중 수원 확보로 수자원 이송, 정화 및 시설 설치에 따른 에너지 저감 및 효율적 도시계획 기준 필요
-현재 물순환 도시조성을 위한 법제도는 미흡한 수준이며, 관련 법제도의 경우 방재·환경보호 차원의 시설설치 의무 위주로 운영되는 한계
-관련 정책사업의 추진의지와 물·에너지순환 도시 조성을 위한 관련 기술의 개발 수준은 비교적 높은 편인 반면 선진국 대비 지원제도가 미흡
-물순환 도시 조성 정책의 지속적 추진과 가시적 성과 달성을 위한 관련 법제도의 개선과 통합 운영방향의 기틀 마련이 필요</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td>-기존 국외 물순환 도시 비교, 분석, 조사
-도시 내 상수관, 우수관, 난방관 이용 수자원에너지 Harvesting 기술 개발
-수자원 에너지를 이용하는 분산형 오수처리 또는 gretwater 처리 기술 개발
-하천, 지하수, 호수, 소수력 및 빗물이용시설 등의 에너지원으로 활용 기술 개발
-도시 수자원에너지원의 시스템 및 의사결정 기술 개발
-미기후 개선 및 COOLING 도시 조성을 통한 저탄 녹색 물순환 도시 조성을 위하여는 토지계획과 조응하는 LID 가이드라인 개발
-도시 내 다중 수원 확보로 수자원 이송, 정화 및 시설 설치에 따른 에너지 저감 및 효율적 도시계획 기준 개발
-국내외 문헌조사 및 법제도 여건분석(국내외, 지자체별 법, 제도, 조례, 정책사업 추진현황 조사)
-관련 법제도 개선방향 제시(물순환 도시 조성을 위한 요소기술 개발수준, 계획가이드라인, 평가지표 등을 고려한 법•제도 운영방향 및 개선방향 제시)
-단계별 법제도 개선(안) 도출 및 운영방향 제시</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td>-토지계획과의 연계, 도시 내 각 수자원에너지원 활용은 정부의 의지와 기준 제시가 전제되어야 함. 이를 통한 새로운 물순환 도시 모델의 개발이 가능함.
-수자원에너지원의 적극적 활용을 통한 저탄소 녹색도시 조성의 주요 기준은 기후변화을 환화시키고, 그에 대응하는 방안이기도 하므로 민간의 참여와 더불어 국가의 지원 필요
-물순환 도시 조성 정책목표의 구현과 관련 사업의 신속하고 지속적인 추진을 위해서는 법제도의 정비가 시급하며 정부지원이 필수적임
-관련시설 설치 의무 위주의 법제도 운영에서 탈피, 국민의 실 생활에서 인지하는 도시공간에 물순환 기법 적용을 장려
-공공민간 공조 강화를 전제로 관련 사업의 원활한 추진과 민간 참여 활성화를 위한 인센티브 유도</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">-기존 국외 물순환 도시와의 비교, 분석
-경제적 도시 개발을 위한 물순환계획과 도시계획 및 수자원에너지원의 입지 계획 검토와 논의
-도시차원의 수자원에너지원의 정량적 확보량 추정을 통한 도시에너지 기여율 분석
-수자원, 도시와 단지 및 상하수도 분양의 융복합 기술로 개발
-국외 선진사례 반영을 위한 공동연구
-연구개발 추진시 문제점 해결방안, 국내외 공동연구, 산·학·연 협력, 융복합기술개발 등
-정부(국토부, 환경부, 소방방재청)의 관련 법제도 개편 방향, 지자체 조례•지침 및 관련 정책사업 관련 제도 분석
-해외의 물순환 도시 조성 관련 법제도 및 지원정책 분석
-관련 기술의 정량화 해석 결과와 관련 지침 및 설계기술의 적용성 등을 고려한 도시조성 관련 법제도 개선 방향 제시</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">-LID 기반의 저에너지 물순환 도시 조성 가이드라인 및 의살결정 시스템 개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">-최종 수요자는 LH 등 공사, 지자체 및 민간기업으로 수자원에너지원 활용 도시 조성을 위해 본 기술을 활용하고, 민간기업에의 확대적용을 위한 교육, 홍보 실시
-해외 수출신도시에 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,000</td><td>연도별 평균소요 인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 저탄소 녹색 신도시 조성 활성화
- 기후변화 적응을 위한 정책에 반영
- 첨단 도시 수출 전략화를 통한 국가 경쟁력 향상</td></tr>
</table>

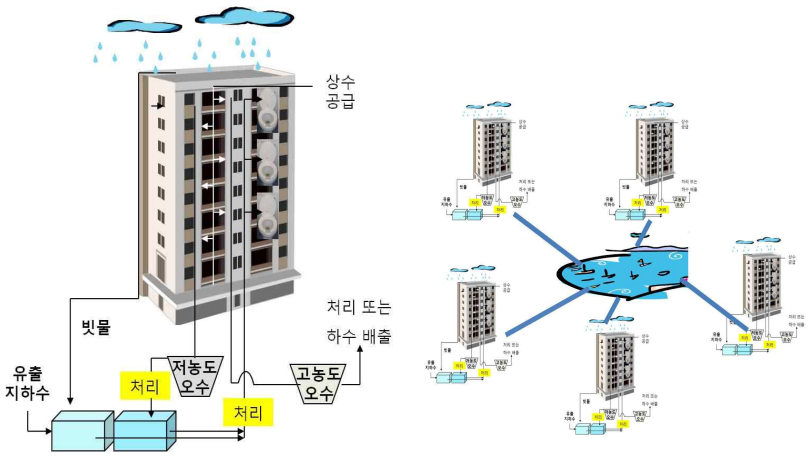
1. 과제명	**도시 유역 물·에너지·생태 통합 설계 기술 개발**	
2. 연구개발목표	물순환도시 실증화를 위한 도시 유역 물·에너지·생태 Nexus 통합 설계 기술 개발	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	물에너지 연계 기술개발 움직임은 있으나 아직 생태 영향과 생태계복원에 미치는 영향 연구는 미미한 수준임. 특히 LID 물순환 도시 조성이 도시차원에서 도시생태환경에 미치는 영향을 기후변화에 대비하여 진행하는 연구는 새로운 분야의 연구로 판단됨. 이는 탄소저감 분석 기술과 더불어 새로운 산업과 시장 창출과 연계되리라 봄	
4. 기존기술 활용방안	○도시설계 프로그램, 수생태조성 사업단 연구 결과물 활용	
5. 기술개발 필요성	○물, 에너지 ,생태를 아우르는 통합 NEXUS 설계기술의 확보는 수자원에너지 물순환 도시 의 실증화를 위한 주요한 도구이기에 실증화를 위해 선행 개발 필요 ○수자원과 에너지 사용을 통합적으로 파악할 필요성 ○도시 특성별 지속가능성 제고 대책 도출 필요 ○기후변화에 따른 도시지역의 물 순환계의 변화 동향 파악 필요 ○도시화에 의한 토지피복 및 지하 침투량의 변화에 따른 물 순환계 영향, 도시 생태계 영향 파악 필요 ○LID 물순환 복원이 도시 지하수에 미치는 영향 분석 필요 ○도시 물순환 기술 적용시 국내 기후에 맞는 한국형 물, 에너지, 생태 모델 개발 필요	
6. 주요연구 개발내용	○도시에서 물과 에너지의 흐름 및 상호연계 메카니즘 규명 ○도시 메타볼리즘 분석기술의 개발 및 적용 ○LID 물순환 도시 조성이 도시지역의 지하수, 토양 및 도시생태환경에 미치는 영향분석 시스템개발 ○개발이전(자연녹지) 수준의 물순환 조성을 위한 한국형 물에너지생태 통합 모델개발 ○녹지 및 비녹지 지역의 물순환 복원에 따른 에너지, 생태 연계성 및 종합 영향 설계 기술개발 ○LID 물순환 도시 조성에 따른 대기, 미기후, 열섬, COOLING, 토양 및 식생, 도시하천 생태 영향 통합 솔루션 개발	
7. 정부지원의 타당성	○기술개발로 인한 토목, 건축, 조경 및 도시설계 등 기술분야에 대한 파급효과가 큼 ○기후변화 적응에 기여 ○환경융합기술분야로 국가적인 지원이 필요	
8. 기술확보 전략	○산학연 연계 연구진행 ○실증 시설 기반의 설계 및 운영기술개발	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	**최종성과물**	○기술개발로 인한 토목, 건축, 조경 및 도시설계 등 기술분야에 대한 파급효과가 큼 ○기후변화 적응에 기여 ○환경융합기술분야로 국가적인 지원이 필요
	활용방안	○산학연 연계 연구진행 ○실증 시설 기반의 설계 및 운영기술개발

<table>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>200</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>600</td><td>300</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">12 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○도시 특성별 메타볼리즘 분석기술 확보
○해외 물순환 및 물에너지 기반 신도시 수출
○오염물질 처리 환경비용 절감
○LID 물순환의 복원에 의한 물,에너지, 생태 NEXUS 통합 틀 확보</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td>빗물, 중수 및 유출지하수 연계 활용 및 운영기술</td></tr>
<tr><td>2
연구개발목표</td><td>- 지역적 특성과 물이용 환경에 적합한 대체수자원의 활용 및 운영 시스템 개발로 물자립률을 30% 이상으로 유지하는 기술 개발
- 개별 건물 또는 클러스터 형태를 대상으로 한 저에너지 지능형 대체수자원 활용 시스템 구축 및 소프트웨어와 가이드라인 마련</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td>- 물산업 및 물관리 패러다임의 변화 (대체수자원 관련 산업 증가)
 

- 2001년부터 2011년까지 10년간 수행된 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 (연구비: 1,475 억원)을 통해 우수저류 및 활용기술개발과 물 재이용 기술 등 대체수자원 확보 기반 마련
- 물재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 제정 (환경부, 2009.6.2)
· 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 등 물 재이용시설의 설치 의무대상을 늘려 물의 재이용 확대 도모
· 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재처리 기술개발 촉진을 위한 연구개발 및 재정지원 등에 관한 사항 규정
- 2008년 현재 우리나라의 경우 300여개 이상의 빗물이용시설과 200여개 이상의 물재이용 시설이 설치됨
- 국내 물 재이용 산업은 아직까지 산업기반이 미흡하며, 규모는 8억 9천만 톤으로 수자원 이용량의 2.6%를 차지하고 있으며, 이 또한 청소용수, 하천 유지용수 등 용도가 제한임
- 2001년 지하수법 개정시 유출지하수 감소 또는 이용 법제화
· 유출지하수 활용은 지하철역사와 터널의 경우 1개소에서 300톤/일 이상, 건축물 1동에서 30톤/일 이상 유출되는 경우를 대상으로 함
· 2009년도 5678도시철도 지하수 발생량 및 활용 현황 (㎥/일)
<table>
<tr><td rowspan="2">집수정수</td><td rowspan="2">발생량</td><td colspan="6">세 부 활 용 (기존활용)</td><td rowspan="2">미활용 지하수량</td></tr>
<tr><td>소 계</td><td>하천 방류</td><td>도로 청소</td><td>공원 용수</td><td>역사 용수</td><td>외부건 물용수</td></tr>
<tr><td rowspan="2">190</td><td rowspan="2">61,566</td><td rowspan="2">50,393</td><td>42개</td><td>22개</td><td>12개</td><td>28개</td><td>1개소</td><td rowspan="2">11,172</td></tr>
<tr><td>49,331</td><td>283</td><td>314</td><td>443</td><td>15</td></tr>
</table>
- 세계적인 재이용수 시장은 2007년 1조원에서 2025년 20조원 이상으로 성장할 것으로 전망됨 (GWI, 2008)</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td>- 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 세부과제 “우수저류 및 활용기술”의 빗물이용 기술</td></tr>
</table>

	- 수처리선진화 사업단의 막이용 수처리 기술
5. 기술개발 필요성	- 기후변화 및 물부족 대비를 위한 대체수자원 활용 증가 추세 - 국가적인 물산업 육성 정책의 구현을 위한 경쟁력 있는 기술 개발 필요 - 우리나라의 기후 및 물사용 환경을 고려한 최적 대체수자원 활용 시스템 마련 시급 - 도시화 및 건물의 고층화에 적합한 대체수자원 활용 시설의 현장 관리가 부실한 상황이므로 체계적 관리 시스템이 필요. - 빗물, 중수 및 유출 지하수 등 개별 대체 수자원에 대한 활용 방안은 개별적으로 연구되고 있으나 통합 활용을 위한 시스템의 개발은 거의 이루어지지 않고 있음
6. 주요연구 개발내용	- 개별 대체수자원 (빗물, 중수, 유출지하수) 활용 시스템 설계 운영 방안 D/B구축 - 다중수원 대체수자원 연계 활용을 위한 건축물의 구조와 설비의 개선 및 수요처간 연계를 위한 인프라 구축 방안 도출 - 다중수원 대체수자원 연계 활용 시스템 설계를 위한 소프트웨어 개발 - 다중수원 대체수자원 연계 활용 시스템 모니터링 시스템 구축 및 운영 - 물 사용 용도별 맞춤형 수처리 및 공급 기술 개발 - 2개 이상의 건축물 또는 물 사용처를 대상으로 하는 클러스터 형태의 대체수자원 활용 시스템 구축 - 용수공급, 치수, 환경개선을 위한 스마트 운영 방안 제시 - 시스템의 설계 및 운영을 위한 가이드라인 마련 
7. 정부지원의 타당성	- 빗물, 재이용, 유출 지하수 개별 기술에 대해서는 민간 차원에서의 부분적 연구개발이 이루어지고 있으나, 건축물 및 도시계획 차원에서 통합적인 적용을 위한 접근에는 한계가 있으므로 정부지원을 통한 대체수자원 종합적 활용 방안 시급 - 물산업에 대한 투자는 시장 기구에 내재화하기 어려운 강한 긍정적 외부효과를 가짐에 따라 국가 차원의 투자와 관리 필요 - 물은 국가 경쟁력에 미치는 전방효과가 크고, 최근 들어 세계 물산업의 성장에 따라 민간 연관 산업 발전이라는 후방효과가 부각되고 있어 공공부문의 선도적인 역할 요구됨
8. 기술확보 전략	- 기 설치된 개별 대체수자원 시설들의 현황 및 문제점 파악을 통한 기술개발 방향 설정 - 생활용수공급뿐만 아니라 에너지 절감 및 환경개선 용수 공급 등의 효율적 용수 확보 방안 도출

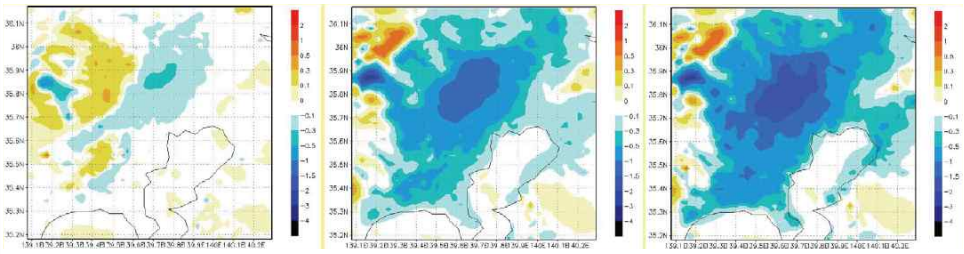
<table>
<tr><td></td><td colspan="7">- 테스트 베드 구축 및 운영을 통한 실증화 중심의 활용성이 높은 기술 마련
- 산학연 연계를 통한 개발기술의 사업화 및 지속적 관리와 개선을 통한 최적화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">다중수원 대체수자원 연계 활용 시스템 (제품),
시스템 설계 운영 소프트웨어,
시스템 설계 운영 가이드라인</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">건물 및 단지의 용수공급 시스템 설계
물공급 계획 수립시 반영
시설 표준화를 통한 관련 산업에 활용
물 자립률 향상을 위한 요소 시스템으로 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>50</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>50</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>250</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,300</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,700</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 빗물, 중수 및 유출지하수가 갖는 수질적 수량적 문제를 상호 보완하고 저에너지로 양질의 용수를 안정적으로 공급 가능
- 통합적 물관리 시스템으로 보다 안정된 수질을 확보하여 부족한 수자원의 재활용을 극대화하는 수처리 시스템의 기준 확보
- 대체수자원을 통합적으로 관리함으로 낭비되어지는 수자원의 최소화
- 장거리 물 수송의 최소화로 에너지 절감 및 탄소 발생량 저감
- 다중 대체수자원 연계기술의 수출 상품화</td></tr>
</table>

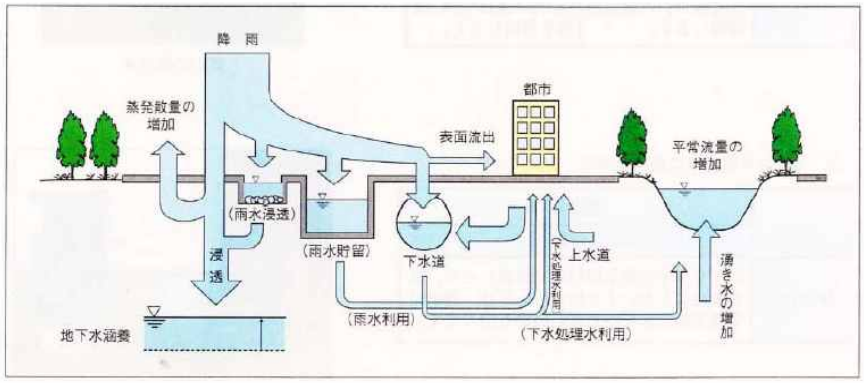
1. 과제명	물의 현열 및 증발산을 이용한 도시 열순환 개선 기술 개발
2. 연구개발목표	- 지붕, 도로 및 보도 등의 불투수면이 수분을 보유할 수 있도록 표면의 재질과 구조를 개선하고 빗물 등을 활용하여 물을 공급함으로써 물의 현열과 증발에 의한 냉각으로 도시의 열환경을 개선시키는 기술 개발 - 여름철 대기온도 평균 0.5℃ 저감 및 건축물 냉방에너지 20% 저감
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 도시화로 인한 열섬 현상으로 도시 최고 기온이 주변 교외 지역에 비해 0.5~3 ℃ 정도 증가됨 - 도시 기온 1℃ 증가시 냉방을 위한 전기에너지 소비는 3~4% 증가 - 기후변화와 세계적인 도시화 추세에 따라 저탄소 저에너지 절약형 신도시 조성 수요 급증 - 세계적으로 건축물에서 냉방과 환기에 소요되는 에너지 소비를 감소하고자 하는 움직임이 증가 - 특히 유럽연합 의회에서는 자연에너지를 이용한 패시브 냉방기술의 적용을 강조하고 있음 - 도시 녹화를 통한 증발산 증진을 위한 인공지반 녹화 기술 개발 및 확대 적용 추세 - 빗물, 중수 또는 하수 재이용수 등 대체수자원을 활용한 도로 및 보도의 온도 저감 연구 및 기술 개발에 대한 관심 증대 - ENVI-met 등 도시의 기상환경을 모의할 수 있는 프로그램들이 일부 개발되어 있음
4. 기존기술 활용방안	- 시범 적용중인 도로 살수 시스템의 연계 활용 - 옥상녹화 기술과 수분 공급 기술의 적극적 연계
5. 기술개발 필요성	- 에너지 다소비형에서 저탄소 에너지 절약형 도시 구조로의 전환 필요 - 도시의 불투수면으로 인한 열섬현상 심화 및 온난화로 인한 평균 기온 증가와 냉방에너지 사용의 증가 - 기존 화석연료를 이용한 건물 내부의 냉방에 중심을 둔 기술은 기술이 적용 될수록 도시 열환경이 저하되는 악순환이 반복되므로 패시브 냉방기술과 함께 도시의 기온을 낮출 수 있는 열환경 개선 전략의 근본적인 전환이 필요 - 대체수자원 활용시 용수 공급 이외에 에너지 생산 및 효율화의 목적으로 활용의 폭을 넓힐 필요가 있음 - 도시 기온을 낮추기 위한 요소기술 및 효과를 파악기 위한 모의 프로그램들의 개발이 미흡함
6. 주요연구 개발내용	- 물의 현열 및 증발산 열 이용을 위한 적용처별 쿨링 시스템 개발 - 빗물 등 대체수자원의 연계 활용 냉각 시스템 개발 - 녹지 및 인공지반 녹화면과의 적극적인 연계 시설 개발 - 적용 규모별 냉각 효과 모의 소프트웨어 개발 (단지 및 도시규모 열환경 개선 평가를 위한 프로그램 개발) - 탄소발생저감 및 에너지 사용량 절감 및 경제성을 평가하고 시스템 적용을 위한 가이드라인 마련 - 도시 물/열순환의 연계관리 평가를 위한 평가인자 개발 및 적용

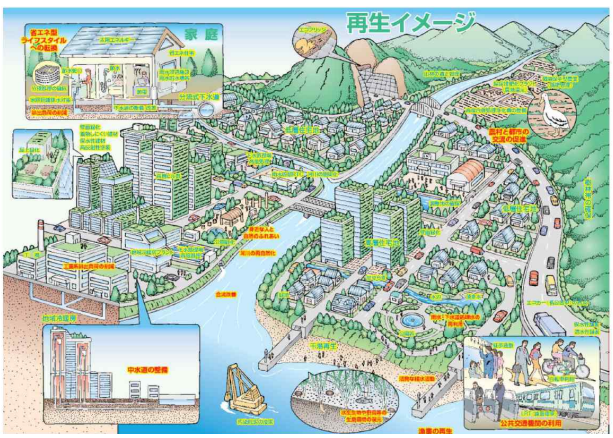
<table>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 저탄소 에너지 절약형 도시 조성을 위한 핵심기술로써 국가적인 녹색성장정책 구현을 위해 시급한 기술임
- 건축물에서부터 도시 규모에 이르기까지 적용성이 크므로 기술개발에 의한 사회적인 기여도가 큼
- 기술 개발을 위해 요소기술에서 실제 적용 및 모의에 이르기까지 정부에서의 지원을 통한 다양한 분야의 협업이 필요</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 도시열섬 및 열환경 악화의 원인 분석을 통한 근본적인 개선 방안 제시
- 도시의 자연적 사회적 특징을 반영한 특화된 기술 개발 전략
- 요소기술의 pool 구성을 통한 BMP (Best Management Practice) 기반 기술 구축
- 국내외 전문가 및 산업계와 연계한 실용화 기술 개발
- 기상청의 기후자료, 국토해양부의 도시 및 정책자료 활용 등 정부기관과의 긴밀한 협조를 통한 정책반영을 고려한 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">적용 대상지별 쿨링 시스템 (제품),
열환경 개선 모의 소프트웨어,
기술 적용 가이드라인</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">- 국가기관의 정책 및 도시계획에 반영, 산업 분야 창출 (시스템 제조업체, 설계사, 건설사), 도시개발 및 산업단지 등에 도입</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>300</td><td>300</td><td>400</td><td>300</td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>75</td><td>75</td><td>200</td><td>75</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>375</td><td>375</td><td>600</td><td>375</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,300</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">425</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">12 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,725</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- 저탄소/탄소중립적인 도시 냉각시스템의 도입
- 도시의 열섬현상 완화로 여름철 첨두 냉방부하 저감
- 열대야 현상을 약화시켜 야간의 쾌적성 유지
- 기존 건물내부 냉각시에는 외부로 열을 배출하는 시스템을 이용하고 있으나 증발냉각 활용시 도시 전체의 냉각효과를 가져올 수 있음
- 지하 저류 수자원은 겨울철에 외부기온에 비해 상당히 높기 때문에 겨울철 냉방을 위한 용도로도 이용 가능
- 기후변화 및 도시화에 적극적으로 대비할 수 있는 적응 기술로 새로운 산업분야 창출</td></tr>
</table>

1. 과제명	LID 기술 적용을 위한 통합 설계 및 의사결정 지원 시스템 구축 기술
2. 연구개발목표	- LID 기반의 저에너지 물순환 기술이 적용된 도시 조성시 설계, 운영, 평가 및 의사결정 지원을 위한 통합 프로그램 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	- 물순환 해석 프로그램으로 SWMM, STORM, SHER, CAT 등 다양한 소프트웨어가 상용화 되어 있으며, LID 시설물의 적용시 물순환 해석을 위한 프로그램으로 미국 EPA에서 개발한 SWMM LID, SUSTAIN 등이 있음. - 빗물저류 및 이용시설과 침투시설 등 빗물관리시설 설계를 위한 RainCity™ 프로그램이 개발됨 - BIM (Building Information Modeling) 개념을 적용한 건축물, 주거 및 상업단지, 도시개발 설계 확대 - 미국, 독일, 호주 등 세계 각국에서 통합 건축물 및 단지 설계를 위한 방안으로 BIM이 활용되고 있음 - BIM을 실현할 수 있는 프로그램으로 Archispace, AutoCAD Civil 3D 등이 있으며, 우리나라에서는 10여개의 관련 기업이 활동하고 있음  
4. 기존기술 활용방안	- 물순환 해석을 위해 개발된 소프트웨어와 도시설계를 위한 목적으로 개발된 프로그램들을 검토하여 LID 기반 물순환 도시 조성 설계 프로그램으로 특화
5. 기술개발 필요성	- 최근 탄소저감 및 저에너지 도시 조성을 위한 설계 기법의 필요성 증가 - 건축물, 단지, 도시 조성시 물순환은 부가적인 선택사항이 아닌 설계의 핵심적인 요소로 고려되고 있음. - 도시 설계 프로그램들과 물순환 해석 프로그램들의 연계 및 LID 기반의 환경 개선을 위한 요소들의 적극적 보완 필요 - LID 요소기술 및 테스트 베드 기반의 통합 실증화를 통한 프로그램의 검증 및 최적화 필요
6. 주요연구 개발내용	- 도시설계 및 물순환 관련 프로그램 D/B 구축 - 요소 모듈 프로그램 개발 및 평가지표 선정 (물순환, 토지이용, 시설 설계 및 배치, LID 기술 적용, 의사결정 등) - 요소 모듈 프로그램 검증 및 보정 (실증 시설에서의 모니터링 결과 활용) - 통합 설계 및 의사결정 프로그램 개발 (요소 모듈의 통합 및 테스트베드에서의 모니터링을 통한 검증 및 보정)

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">- 경제성 분석, 기술적용 효율 평가, 에너지 및 탄소발생량 평가, 치수안전도 평가 등 다차원적인 평가가 가능한 프로그램 구현
- 신도시 개발 및 도시 재생사업에서 활용을 통한 지속적 성능 개선</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">- 저탄소 녹색도시 구현을 위한 핵심 도시설계기술로써 프로그램 개발시 국가적인 에너지 효율화, 도시의 안전도 향상, 환경개선을 통해 국민들의 삶의 질 향상에 크게 이바지할 수 있음
- 토목, 건축, 설비, 도시계획 등 다양한 분야에 적용하는 기술로써 개발시 파급효과가 큼</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">- 요소기술과 테스트베드의 실증화를 바탕으로 한 프로그램의 개발
- 계획에서 운영 및 평가까지 통합적 프로그램 개발 전략 구현
- 업체 및 학계와 연계한 기술개발, 그리고 기존 소프트웨어 인프라를 바탕으로 한 효율적 연구개발 기반 확보
- 해외 전문가 및 현장 전문가들의 경험을 적극적으로 반영
- 연 1~2회 프로그램 시연 및 설명과 의견 교류를 위한 세미나 개최
- 웹을 통해 다양한 사용자들의 의견 수렴 및 이를 바탕으로 한 프로그램 개선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">통합 설계 의사결정 소프트웨어,
Database, 매뉴얼,
가이드라인,
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">신도시조성 및 도시재생사업 계획, 설계 및 평가
해외 도시 개발시 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td rowspan="2">연도별 평균소요 인력</td><td colspan="2" rowspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2500</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">- LID 기술 적용 효과의 정량화를 통한 최적 도시개발 설계 및 운영 방안 제시
- 물, 에너지, 생태를 고려하여 미래 지향적 도시 설계 및 물순환 분야 경쟁력 향상
- 에너지 절감 및 물관련 재해 대비를 통한 기후변화 적응성 향상
- 물순환 건전화 및 도시 기온 저감을 통한 삶의 질 향상
- 프로그램의 수입대체 및 수출을 통한 국가경쟁력 향상</td></tr>
</table>

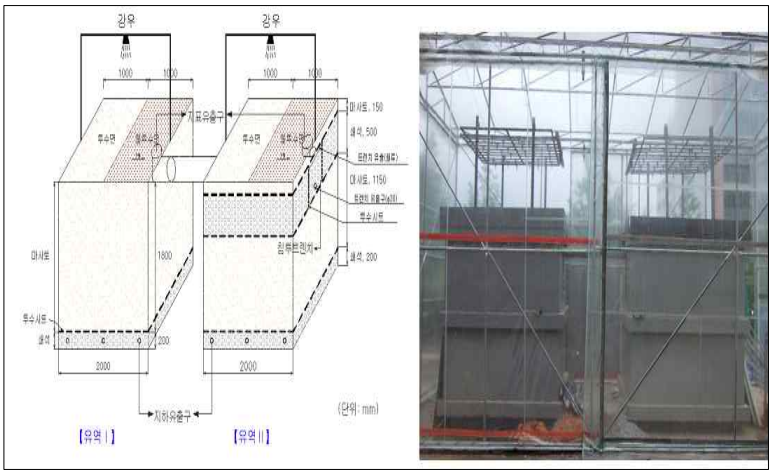
1. 과제명	수자원에너지 기반의 물순환 도시 평가지표 및 평가시스템 개발
2. 연구개발목표	물순환 도시 실증화를 위해, 기후변화대응·적응 도시모델로서 수자원에너지기반의 물순환 도시 실증화를 위한 구체적인 평가지표 및 인증 시스템을 개발하여, 기존 도시의 현 상태 진단 및 물순환 도시로의 전환을 위한 정책적·사업적·계획적 방향성을 제시하고, 목표하는 도시구현을 위한 중간점검 및 목표달성 정도를 확인할 수 있는 시스템을 통한 도시관리 수단을 제시하고자 한다.
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	미국 포춘지에 의하면 물산업은 20세기 석유산업과 같은 12세기 최대성장산업으로, 세계은행에서는 수천조원규모로 예상하고 있다. 특히, 녹색도시와 관련한 산업규모가 2025년 8,650억불 성장을 예상하고 있어, 물자원의 유효이용 및 하수재이용 등 물순환시스템 관련 기술에 대한 투자가 확대되고 있다. 이러한 관련 기술들은 결국, 기존 도시의 에너지순환에 변화를 가져올 것으로 판단되며 도시내 수자원과 에너지를 기반으로 하는 물순환도시로의 전환과정이 필수적이라고 할 수 있다.
4. 기존기술 활용방안	본 평가지표는 (1)물순환도시 조성을 위한 토지이용, (2)물순환도시의 도시환경개선, (3)물순환도시의 도시에너지순환과 같이, 계획·환경·에너지측면의 3가지로 구성된다. 먼저, 물순환도시 조성을 위한 토지이용부문은 기존 건축물 우수저류침투시설, 빗물저류시설, LID기법, 그린인프라계획등과 같은 기술을 ①녹지, ②도로, ③건축물(단지)등의 분야에서 정성적·정량적 지표로 활용할 예정이다.  <그림> 그린인프라계획 예시(세세케) 다음으로, 물순환도시의 도시환경개선부분은 ①물도입으로 인한 열섬완화, ②난방에너지 저감에 따른 탄소저감, ③우수침투에 의한 홍수조절/저감, ④수질 및 생태,경관등 환경개선의 분야에서 정성적·정량적 지표로 활용할 예정이다.  <그림> 요소도입별 열섬완화효과 시뮬레이션결과 (우:도로 보수율 향상, 중앙:건물냉방50%저감,옥상녹화, 좌:건물,도로30%녹지전환) 세 번째, 물순환도시의 도시에너지순환부분은 ①저에너지용수 공급, ②재이용등 자족형 물관리, ③물순환 및 융합에 의한 에너지 회수등의 분야에서 정성적·정량적 지표로 활용할 예정이다.

<table>
<tr><td></td><td> 

<그림> 도시용수 자족형 통합관리 이미지</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td>기후변화에 대응하고 저탄소 녹색성장을 실현하기 위한 저탄소녹색도시 구현 및 전국적 확산을 위한 전세계적 노력이 진행중이다. 우리나라에서도 국가차원에서 시범도시를 추진하고 있으나, 아직까지 가시적인 성과를 제시하고 있지 못한 실정이다. 국내외 계획 및 조성초기 사례를 살펴보면, 기후변화에 강하여 안전하면서 지구에의 에너지부하를 저감할 수 있는 다양한 기술들이 적용되는 공통점을 가지고 있으나, 다양한 분야·요소 중 지역적·정책적 특성이 맞는 특정 요소에 대한 특화로 미래형 도시 구현을 실현시키고 있다.
급격한 도시성장으로 비도시지역의 불투수화, 고밀개발 인한 열섬현상에 따른 에너지 소비 증가, 소비적 물사용 등의 특성을 갖는 우리나라의 미래형 도시상으로 ‘물순환’이라는 아이템이 중요한 요소로 부각되고 있다. 이와 더불어 물순환 관련 기술 개발이 급격한 성장세를 보이고 있으며 환경부하가 적은 물에너지측면의 효과가 부각되면서, 다양한 도시조성 대응 기술이 확보된 실정이다.
그러나, 아직까지 이들 기술들의 종합·융합적 기술적용에 대한 시도가 없었으며, 이에 대한 구현사례가 부재하여 실제 구현함에 있어서 세부적인 목표 및 효과설정에 어려움이 많다.
따라서 본 연구에서는 기획과제의 기술 종합연구로서 핵심요소별 가이드라인과 평가지표를 개발하고 이를 전국적으로 확산 추진 가능한 도시관리수단으로서의 평가시스템 구축을 목적으로 한다.


<그림> 수자원에너지 기반의 물순환도시 이미지</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td>주요연구내용은 수자원에너지 기반의 물순환도시 평가 지표 개발 및 평가시스템 구축이다.
세부적으로 살펴보면, 먼저 ‘수자원에너지 기반의 물순환도시’에 대한 정의 및 비전·목표를 설정하고, 문헌 및 사례, 전문가조사등을 통하여 평가부문을 도출한다. 평가지표는 원칙적으로 정량적 기준으로 정하고, 부득이한 경우, 정성적 기준을 도입하되 최종적으로 정량적 결과 도출이 가능하도록 피드백과정을 수행한다.
다음으로, ‘수자원에너지 기반의 물순환도시’ 평가부문 및 세부 지표를 설정한다. 먼저</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>국내외 유사관련사례 평가지표를 조사하고 국내 추진현황분석을 통하여 평가부문 및 세부지표를 도출한다.
그리고 ‘수자원에너지 기반의 물순환도시’의 평가체계 및 인증 시스템을 구축한다. 국내외 관련 유사 평가사례를 조사하고 운영주체(중앙정부)와 사용주체(지자체 및 사업시행자)의 의견을 반영하여 사용자가 사용하기 쉬운 형태로 제시한다. 시스템의 효율성 및 지표적용의 적정성 판단을 위해 테스트베드에 대한 시뮬레이션을 수행하여 검증한다.
마지막으로 평가시스템 활용방안 및 국내외 확산전략을 수립한다. 세부 평가지표 기준을 활용한 가이드라인 및 시스템 활용·운영방안을 제안하고, 필요한 중앙정부차원의 행정적·재정적 지원방안 검토를 수행한다.</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td>도시조성은 공공재의 성격이 강하며, 개별사업행위에 대한 총합적이고 장기적인 관점에서의 지속적 관리가 필요하기 때문에 중앙정부의 관리가 필수불가결하며, 필요에 따라서는 법제도적 정책지원등도 병행되어져야 하기 때문에 반드시 정부지원이 요구되는 분야이다.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td>본 과제에서 필요로 하는 평가 지표는 본 기획과제에서 수행하는 (1)요소 적용을 위한 현황분석 기술, (2)지침 및 설계기술의 적용성에 대한 적용기술, (3)수 순환 및 에너지 융합 기술 적용에 대한 효과 평가기술, 그리고 (4)이상의 기술적용가능한 법제도 구축과 테스트베드 구현 기술을 확보할 예정이며, 부분적으로 국내외 선진 관련기관과의 협업·공동작업으로 보완 예정이다.</td></tr>
<tr><td>9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td>
<table>
<tr><td>최종성과물</td><td>수자원에너지 기반 물순환도시 평가시스템</td></tr>
<tr><td>활용방안</td><td>○ 현행 도시의 물순환 현행 수준 파악
○ 기존 도시 단계적 구현 목표 설정 가능
○ 사업 및 정책 수립시 계획적 목표설정 및 효과 검증
○ 관련 사업 평가 및 인증제도등을 통한 추진성 제고</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td>
<table>
<tr><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>80</td><td>80</td><td>160</td><td>160</td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>20</td><td>20</td><td>40</td><td>40</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">480</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">4년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">120</td><td rowspan="2">연도별 평균소요 인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">600</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td>단기적으로는 기존 도시의 현상태 진단 및 물순환도시로의 전환을 위한 정책적·사업적·계획적 방향성을 제시하고, 목표하는 도시구현을 위한 중간점검 및 목표달성 정도를 확인할 수 있는 시스템 구축으로 ‘수자원에너지 기반의 물순환도시’ 조성의 구체적인 방안 제시 및 활성책으로서의 효과가 기대된다.
반면, 장기적으로는 기후변화대응 도시구현은 국가범위를 넘는 글로벌차원의 요구에 국외에도 통용가능한 한국형 미래 도시모델 제안효과가 기대된다.</td></tr>
</table>

1. 과제명	친환경 침투·저류기술을 이용한 홍수저감 효과분석
2. 연구개발목표	○물순환 도시 실증화를 위한 친환경 침투·저류시설 적용에 의한 홍수저감 효과분석 기법 개발 ○침투·저류시설 정량화를 통한 시설설치규모 및 범위산정 기준 마련 ○홍수저감을 위한 친환경 침투·저류기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○물순환 건전화 대안기술의 효과분석(21C프론티어연구개발사업) -안양천 유역의 물순환 상세모의 -침투시설 실험을 통한 물순환 개발모형 신뢰도향상 및 모형수정 -투수성포장 및 침투트렌치 실험, 수치모델링을 통한 유출저감 효과분석 -투수성포장과 침투트렌치 및 지하수양수를 고려한 SWMM-GE개발 ○사전재해영향성검토제도의 합리적 평가기준수립연구(토지주택연구원) -현장 침투시험에의한 유역 침투능 측정 -제주도를 연구대상유역으로 침투저류지 홍수저감효과분석
4. 기존기술 활용방안	○ SWMM-GE(Groundwater Enhanced) 및 침투트렌치 실험 -21C프론티어 연구개발사업에서 개발된 모형모듈분석 및 연계방안모색 -투수성포장 및 침투트렌치 실험결과 활용  그림 1. 침투 트렌치에 대한 실험장치 개념도 및 실험모형  그림2. 투수성포장에 대한 실험모형 ○SWMM-LID모형 개발(미환경보호국) -기존의 SWMM모형에 LID 빗물관리시설(침투·저류시설포함)의 수문영향 분석모듈추가

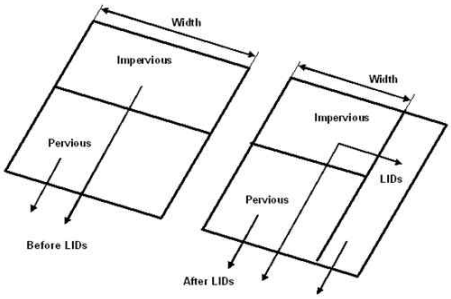
<table>
<tr><td></td><td>수정개발
-본 모형을 활용하여 침투·저류시설의 홍수저감효과 분석
-미환경보호국과의 연구협력방안 모색
 

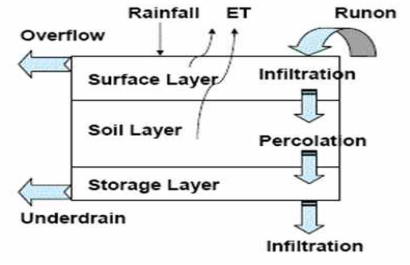
그림 3. SWMM-LID 모형의 지표면 유출
 

그림 4. Bio-retention cell의 구상도</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td>○최근의 도시개발방향은 저영향개발 기법으로 불려지는 LID(Low Impact Development)기법을 적용하도록 시대적 방향이 변하고 있음.
○국내에서는 영구저류지로만 홍수조절시설을 국한하고 있는 실정이며 이러한 도시개발 시 홍수조절과 관련된 국내조성여건을 최근 정부의 녹색성장정책과 부합하여 친환경 침투·저류기술을 개발하고, 이러한 기술을 이용하여 홍수에 대한 근원적인 해결책 모색이 필요함
-소방방재청 등에서는 사전재해영향성검토에서 사업지구 내 침투·저류시설의 설치를 의무적으로 반영하도록 지침화하고 있으나 국내에서는 침투·저류시설의 수문학적영향에 대한 정량화 분석기술 부족으로 침투·저류시설 계획 시 규모와 설치면적, 설치개수 등에 대한 범위와 관련 가이드라인이 희박한 실정임.
-국내에서 이러한 침투·저류시설과 지역내 저류시설, 영구저류지와의 관계를 종합적으로 분석하고 도시개발 시 유역내 친환경 침투·저류 기술을 이용하여 홍수저감 및 침투·저류시설 정량화의 방법론을 마련하는 연구가 시급함.
 

그림 5. 빗물침투·저류시설 예</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td>○국내외 문헌조사 및 대상유역 모니터링
-국내·외 관련법규 및 제도검토
-테스트베드 홍수량 측정
-테스트베드 건기 유량/수질 측정
-테스트베드 침투율 측정에 의한 투수계수 조사
○친환경 침투·저류시설 설치 및 설치효과분석
-침투·저류시설 홍수수문/침투능 분석
-침투·저류시설의 토지이용특성별 배치계획 및 규모설정
-침투·저류 시설의 침투능 분석</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">-침투·저류시설 설치규모의 정량화(유량/수질) 방안 마련
-침투시설, 지역내 저류 및 영구저류지의 상호관계에 따른 효과차이 분석
-침투능 확보 및 유지관리방안 검토
○토지이용계획과 연계한 ·친환경 침투·저류시설의 홍수저감예측 방법론 개발
-홍수저감 예측분석 모형 적용 및 수정개발
-테스트베드 적용결과 분석 및 경제적 친환경 침투·저류시설 설치방안 구축</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○기존의 마을이나 마을의 집합체인 도시는 빈번하게 발생하는 홍수 및 가뭄으로부터 보다 안전하고 아름다운 형태로의 전환이 필요함.
○본 연구에서 수행될 친환경 침투·저류시설에 대한 정량적인 평가와 실험 및 테스트베드적용을 통한 특성분석 연구는 정부지원이 필수적으로 필요하며 도출될 연구성과는 홍수에 안전한 도시, 친환경적인 도시 등의 공공의 안전과 목적에 활용.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">○본 연구와 관련된 주요기술은 크게 21C프론티어 연구개발사업에서 개발된 기술과 미환경보호국에서 개발된 기술임. 국내기술의 경우 기 개발된 연구결과의 검토 및 본 연구와의 연계방안을 살펴보고, 국외의 경우 필요할 경우 국제 연구협력방안을 추진할 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">침투·저류시설 정량화 및 홍수저감 효과분석 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">변형된 물 순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 침투·저류시설을 정량적으로 평가할 수 있음. 적절한 공간선정과 경제적인 현장적용은 많은 시민의 여가활용과 휴식공간을 마련할 수 있으며, 홍수에 대한 부담을 완화시킬 수 있음</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모

(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td><td>400</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td><td>600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">3,000</td><td>연도별 평균소요 인력</td><td colspan="2">15 명</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">○환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 개념의 도입과 더불어 국민 의식수준의 향상에 따라 보다 쾌적한 주거환경 및 친수공간에 대한 요구가 증가하고 있음.
○본 연구의 성과는 변형된 물 순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 침투·저류기술을 정량적으로 평가할 수 있음.
○적절한 공간선정과 경제적인 현장적용은 도시 내 친수공간을 제공할 수 있으며 많은 시민들의 여가활용과 휴식공간을 마련할 수 있음.
○시범유역을 통한 기술적용의 검증결과는 현장적용에 대한 구체적인 설치기준과 각종 시설의 제품화를 이룰 수 있으며, 다른 유역에 적용될 경우 경제적, 산업적인 효과도 클 것으로 예상됨.
○장기적으로 본 연구에서 수행될 친환경 침투·저류시설에 대한 정량적인 평가와 실험을 통한 특성분석 및 테스트베드 적용결과는 향후 현장적용에 지침으로 활용될 것이며, 이러한 요소기술과 현장적용 지침은 기술적으로 파급효과가 클 것으로 사료됨</td></tr>
</table>

1. 과제명	수자원 에너지기반의 물순환 도시 탄소저감 분석기술(경제성 평가 포함)
2. 연구개발목표	○물순환 도시 실증화를 위해, 물순환 과정에서 '효율적 온실가스 감축', '탈석유·에너지 자립강화', '기후변화 적응역량 강화'를 달성하기 위한, 취수, 송수, 수처리의 에너지 효율과 처리효율을 고려한 온실가스 (CO_2, CH_4, N_2O)배출량의 최적화를 실현시킬 Green technology optimization 기술과 Carbon calculator를 개발 ○물순환 시스템에서 온실가스 배출량 (에너지 사용 포함) 저감과 그 효과를 산출 할 수 있는 Carbon calculator를 개발 ○Carbon calculator를 도시의 물순환 시스템에 접목시키고, 에너지 및 온실가스 최적화 운전을 위한 통합 솔루션을 제안하여, 차후 물시장과 탄소시장에서 우위를 점하고 수자원에너지 물순환 도시를 조성하기 위한 핵심 기술을 확보 ○수자원에너지의 효율적 활용과 저영향개발 기번의 적용에 따른 계획, 설계, 시공 및 관리 등의 경제성 평가와 물순환 복원에 의한 도시 열순환의 복원과 cooling효과 및 미기후 개선 등에 따른 탄소 저감 분석기술 개발 ○수자원에너지 기반의 물순환 도시 LCA(전과정평가)를 이용한 온실가스배출량 (탄소발자국) DB 구축 ○수자원에너지 기반의 물순환 시스템의 편익 분석
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	**- 국내 연구개발 동향** ○지금까지 물순환 시스템에서 운전조건 최적화는 처리효율에만 초점이 맞춰져 왔다. ○물순환 시스템에서 처리효율 대비 에너지 사용량 및 온실가스 배출량과 그 감축효과를 산정할 수 있는 최적화 기법의 개발 또한 미비한 실정이다. ○아산탕정 등에 수자원에너지, 저영향개발 기법의 물순환 시스템을 적용하고 있으며, 확대추세임. **-국외 연구개발 동향** ○비올리아와 수에즈는 물관리 분야에서 유입, 처리, 방류, 모니터링 부분에 LCA 및 SDA 기법을 도입하여 에너지 사용량을 줄이는 기술을 개발하고 있다. - 시장 동향 ○환경시장은 지속적으로 성장하고 있으며, 이중 물산업 시장은 36%($3181 billion)에 달한다. CDM 사업 또한 매년 급속하게 증가하고 있으며, 특히 탄소 저감기술과 연계되는 물관리 분야의 비중이 확대되는 추세이다. 탄소시장 확대와 탄소배출권 가격 상승에 따라, 물산업 분야에서의 CO_2 저감으로 막대한 이윤창출 가능할 것으로 기대된다. ○또한, OECD/IEA의 보고에 따르면 CO_2 예상 감축 부분 중 45%가 물관련 설비의 에너지 소비 효율과 관련되며, 이는 Green optimization을 통해 저감가능하다. **- 정책 동향** ○의무감축국이 아닌 우리나라는 현재 CDM 사업에만 참여가 가능하며, 2013년 post 교토체제에서는 의무감축국이 될 가능성이 매우 높다. ○2009년 당사국총회에서 정부는 2020년까지 온실가스 배출량을 배출전망치(BAU) 대비 30% 줄이기로 했으며, 또한 온실가스 배출권거래제도에 관한 법률안이 2010년 11월 17일 입법예고 됐다. 국회를 통과하면, 2013년부터 단계적으로 실시되어 2021년부터는 해당사업장은 배출권을 100% 경매방식으로 구입해야 한다.
4. 기존기술 활용방안	○ 기후변화와 물 순환의 예측 및 기후변화 대비 국가 물 안보 방안 등 정부기관에서의 학술 연구 결과 연계 및 활용 ○ 물순환 도시 조성에 따른 실 규모 용수관리 변화와 도시 환경 개선에 따른 실증 자료 확보 및 기존 자료 분석 및 연계 ○ 수자원에너지를 적용한 해외 사례지의 탄소저감 및 질산화물 저감 등의 자료 활용 및 저영향 개발 기법의 적용에 따른 해외의 종합적 도시환경 개선효과 자료 활용

<table>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">○친환경적 생태도시 기반 조성을 위하여 물순환 시스템의 탄소소비량을 DB화 하여 도시규모에 맞는 물관리 정책이 필요
○저탄소 녹색성장의 일환으로 친환경적인 인프라 구축과 자원재활용 등 녹색기술이 대두됨
○기후변화가 물순환에 미치는 영향 연구는 다소 있으나, 물순환 도시 조성이 기후변화에 대응하는 영향을 연구한 사례는 미흡한 실정</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">○아산탕정 물순환 도시 조성을 현장으로 하여 이곳에서의 수자원에너지 기반의 저영향 개발 기번 물순환 시스템 적용에 의한 탄소 저감 분석
○현재 상용되고 있는 LCA 기법을 활용하여 환경영향을 정량화 한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축
○현재 구축된 물순환 시스템 시설에서의 LCA를 활용한 온실가스배출량(탄소발자국)을 산정하여 DB 구축
○우수활용에 대한 온실가스배출량(탄소발자국) 구축
○물순환 시스템이 갖는 편익 분석
○현재 운영되고 있 물관리시스템을 선정하여 이를 중심으로 취수, 송수, 수처리 과정을 포함하는 물순환 전과정에서 사용되는 에너지를 분석, CO_2로 산출
○측정 및 실험 data를 기초로, 운전조건과 온실가스 배출량 (에너지 사용 포함), 처리효율간의 정량적 상관관계를 도출하여 Carbon calculator의 algorithm을 개발하고, SDA(system decomposition analysis)기법을 이용하여 물순환 시스템에서 조건 변화에 따라 에너지 사용량과 온실가스 배출량 및 저감량(변화량)을 산출할 수 있는 Carbon calculator를 개발
○Carbon calculator를 토대로 Montecarlo simulation과 민감도 분석을 실시하여 물순환 시스템의 처리효율대비 stochastic 온실가스 배출량을 평가한다. 또한, 관련된 주요 영향인자를 파악하여 물순환 시스템의 에너지 및 온실가스 최적화 방안을 도출한다. Carbon calculator의 신뢰성은 실험을 통하여 검증
○Carbon calculator와 Green technology optimization를 융합한 저탄소 물순환 시스템을 신재생에너지와 연계하여, CDM 사업화 방안과 수자원에너지 물순환 도시 조성에 적용/활용화 방안 수립</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○기후변화에 적응하고 급성장하는 탄소시장과 물시장을 선점하기 위해서는, 오염물질 제거만 고려하던 기존의 물관리 시스템을 도시 물순환 시스템의 복원에 의한 온실가스 저감 및 에너지 효율증진 기술로 개선시킬 필요가 있음
○온실가스 감축실적을 CER로 인정받기 위해선 온실가스 배출량과 저감량에 대한 정확한 산출근거가 필요하므로 이와 관련한 배출량 산정 모델의 개발이 절실</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">아산 탕정 현장의 수자원에너지 기반 물순환 도시 조성 성과를 통한 탄소 저감 효과 분석을 진행하고, D/B 구축 등의 사전 작업과 병행하며, 물공급, 소비 위주의 물관리에서 물순환의 복원과 저영향개발기법의 적용에 따른 미기후 개선, 증발산량의 변화와 열순환의 변화에 대한 국제 연구 모색 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">○물순환 시스템 등의 온실가스배출량(탄소소비량) 및 환경적 효과 와 편익분석
○기존 물관리 대비 에너지 및 온실가스의 최적화를 실현시킬 Green technology optimization 기술 개발
○SDA(system decomposition analysis)기법을 이용하여 물순환 시스템에서 조건 변화에 따라 에너지 사용량과 온실가스 배출량 및 저감량(변화량)을 정량적으로 산정할 수 있는 Carbon calculator를 개발 및 저탄소 물순환 시스템 평가모델을 확보</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">신도시 개발 사업자 또는 지자체가 최종 수요자로 신도시나 수변 공간에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">10. 연구개발 과제의 규모</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td>연차별</td><td>정부</td><td>300</td><td>300</td><td>200</td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="6">(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td rowspan="2">연구비
(백만원)</td><td>민간
(추정)</td><td>150</td><td>150</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>450</td><td>450</td><td>300</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총
연구비
(백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">800</td><td rowspan="2">총
연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,200</td><td>연도별
평균소요인력</td><td colspan="2">9 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과
및 파급효과</td><td colspan="6">○물순환 과정에 에너지 및 온실가스 저감시스템을 도입함으로써 국내외 CDM 및 ETS 시장의 활성화를 촉진
○저탄소 물순환 시스템은 탄소시장뿐만 아니라 물시장과 에너지시장에서도 산업적 수요와 경제적 이익을 창출
○향후, 저탄소 물순환 시스템의 실용화/사업화를 통해 시스템의 에너지 효율 증진 및 온실가스 배출량 저감을 유도하여 CER을 취득할 수 있다. 추후 개발도상국에서 CDM 사업 진행시 본 기술을 적용하여 수출이익과 CER을 동시에 확보
○저탄소 물순환 시스템의 최적화 기술과 온실가스 배출량 평가 모델을 이용하여, CDM 및 ETS 시장을 선도할 수 있는 기술경쟁력을 확보
○물순환 시스템의 에너지 및 온실가스 저감 기술과 Carbon calculator관련 database는 몇몇 부분의 calibration을 거친 후 다양한 산업분야의 공정에 적용 가능하고, 각 산업 분야에서 에너지와 온실가스를 효과적으로 저감시키는 기술로 발전할 수 있다. 또한, 다양한 종류의 규제에 대해 적극적인 해결책과 이를 이용한 새로운 사업을 제시
○본 기술은 국내 물관리 및 IT 분야의 새로운 핵심기술 사업 각광 가능
○저탄소 물순환 시스템과 온실가스 산정 모델의 개발을 통해, 공공부문의 에너지와 온실가스 저감 및 배출권 확보로 기후변화에 적극적으로 대응
○본 기술은 추후 수자원에너지 물순환 도시 구축에 기초가 될 것이며, 도시·국가 단위의 기후변화 적응 및 2013년 post 교토체제 준비를 위한 가이드라인 제시에 이용 가능
○본 기술과 관련된 탄소시장, 물시장, 에너지시장의 확대 및 새로운 시장의 형성은 새로운 녹색 일자리를 창출
○물순환시스템의 탄소발생량 DB 구축을 통해 저탄소 시설(인프라) 구축에 기여
○편익분석을 통한 효과적인 물순환 도시 조성에 기여
○신도시 등에 저탄소 물 관리 시스템 구축을 통한 녹색성장 기여</td></tr>
</table>

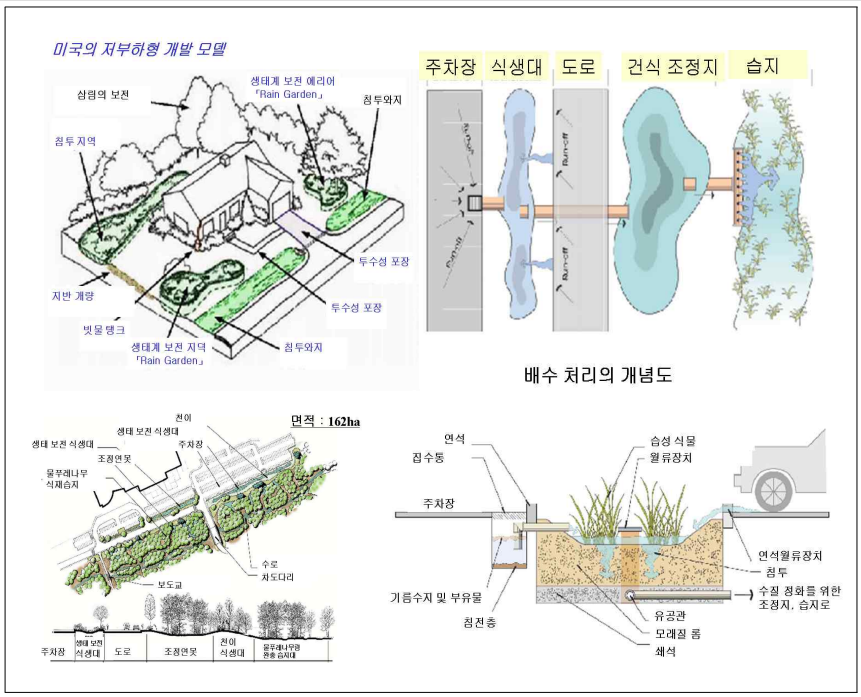
1. 과제명	포장면 물순환 건전화계획 및 평가기법 개발
2. 연구개발목표	물순환 도시 실증화를 위해, 도시내 20%이상를 차지하고 있는 지표 포장면에 대한 물순환 건전화 방침과 이를 도시내 구현하기 위한 계획방향을 수립하여, 도시내 적용가능한 물순환 계획기법을 도출하고 이를 현장에 적용함으로써 포장면 물순환 개선에 따른 도시SOC 관련 요소들의 시스템적인 친환경 도시계획 전략(도시SOC 그린인프라)을 제안하고, 이를 현실화하기 위한 개별 요소 기술의 융합기술 개발 및 계획 수립 지침을 제시하여 도시내 물건전성 평가기법을 개발하는 데 목적이 있다.
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	도시내 지표 포장면의 대표적인 유형인, 도로 포장면에 대한 투수성, 보수성 포장 재료 및 기술, 상용상품화가 완료되어 있는 실정이다. 또한, 정책적으로도 물순환의 건전화 계획이 기후변화대응·적응 및 재해안전성 측면에서 전략적으로 추진되고 있어, 향후 이에 대한 관련 시장 성장이 지속될 것으로 예상된다.
4. 기존기술 활용방안	본 연구는 도시의 다양한 포장면 요소에 대한 기존의 기술개발 현황을 바탕으로, 이들 요소가 물을 기반으로 하는 도시 인프라를 계획, 구축하기 위한 관련 기술 및 계획 기법에 대한 개발을 목적으로 하고 있다. 따라서 테스트베드 적용을 통한 기존 기술들을 적용원칙 및 한계, 효과, 개선방안, 계획적파급효과 측면에서의 검토, 활용될 예정이다.
5. 기술개발 필요성	그동안 도시내 불투수성 공간별 재료 개선을 위한 요소개발과 상용상품화 기술부분에 집중되어왔다. 그러나 이들 기술들이 종합적으로 도시공간내 적용되기 위해서는 각 요소간, 각 공간별 연계·접목을 위한 관련 기술 및 설계에 대한 보조적 관련 기술개발이 불가결하다. 따라서 이들 기술들이 종합적으로 융합되면서 발생되는 도시공간 관련 SOC 계획에 대한 영향성을 검토한 새로운 도시인프라에 대한 계획방향 및 효과, 평가기법에 대한 제시는 요소간 조합에 따른 시너지효과 증대, 도시계획적 물순환 건전화요소 계획기법 정착, 그리고 향후 물순환 건전화 관련 기술 및 산업에 새로운 시장을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.
6. 주요연구 개발내용	연구내용은 크게 (1)도시공간별 불투수성 현황 및 요소기술개발 수준 진단, (2)도시내 건전한 물순환 체계 구축을 위한 요소간 융합기술 및 계획 (3)도시내 포장면 물순환 건전화 계획을 위한 분석 툴 및 정보 활용, (4)포장면 물순환 건전화 계획(도시SOC 그린인프라 구축 계획) 수립 및 관련 기술, 적용효과, (5)도시내 포장면 물순환 건전화에 따른 적용기술에 대한 평가기법 개발, 5단계로 구성되어 추진될 예정이다.
7. 정부지원의 타당성	물이라는 활동범위가 지구 전체를 대상으로 움직이며, 이에 대한 관련 대책이 한 국가가 아닌 전 세계적인 해결방안 모색이 진행되고 있는 추세이다. 또한 도시개발사업, 특히 도시내 SOC 관련 계획은 공공재로서의 인식이 강하여 민간주도만으로는 현실성을 가질수 없는 한계를 가진다. 더군다나 물순환의 검토영역이 개발사업지구 주변을 포함하는 광대한 범위에서의 검토가 필요하며, 결과에 대한 영향 또한 광역적으로 사업지구 주변과 연계되어 발생되기때문에 반드시 정부차원에서의 참여가 필요한 분야이다.
8. 기술확보 전략	본 연구는 원천적 요소기술개발을 활용하는 응용기술의 성격이므로, 산·학·연 협력체계를 통한 융복합기술개발을 목표로 수행할 예정이다. 내부적으로는 포장재료 물순환 건전화를 위한 요소기술부문에 대한 산업부문, 도시공간내 융합 적용 및 물순환건전화계획기법 제시를 위한 토목(구조, 물), 도시, 조경. 교통등의 분야에 대한 학·연의 연구체계로 추진할 예정이다. 비정기적인 국외 선진 공동연구기관과의 연계를 통한 계획 및 평가 관련 기술의 객관성 및 적용범위에 대한 검증과 피드백 과정으로 추진할 예정이다.

<table>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">도시 물순환 건전화 계획 수립 매뉴얼 및 물순환성 평가분석 툴</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">정책지원자 : 도시의 물순환성 향상 및 효과 검증
사업시행자 : 계획수립 지침 및 효과 예측</td></tr>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>200</td><td>200</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>100</td><td>100</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">600</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">300</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">900</td><td>연도별 평균소요 인력</td><td colspan="2">9 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">테스트베드 적용 결과를 근거로 하는 제안 기술에 대한 신뢰성있는 현장적용성, 물순환 건전화를 통한 도시지역내 SOC의 그린인프라 대체를 통한 기반시설 계획 용량 감소에서 오는 조성 및 관리 비용 절감, 구체적 매뉴얼 및 정량적 평가툴 제시로 계획 및 활용 효과 검증 용이성, 등의 효과가 기대된다.</td></tr>
</table>

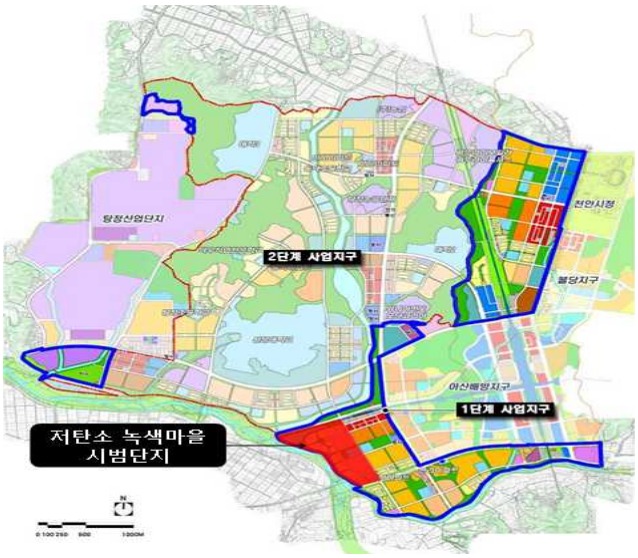
1. 과제명	저에너지 친환경 생태용수 실증 공급기술개발
2. 연구개발목표	물순환도시 실증화를 위한 지속가능하며 저에너지 친환경적인 생태용수 공급 실증 기술개발 태양광을 이용하여 생산, 저장한 에너지를 동력원으로 이용하는 인공습지 등의 생태정화용수 기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	-인공습지: 1990년부터 활발, 주로 농촌지역에서 소규모 분산형 마을하수처리시설로 운영 중 -공동주택단지 등의 오수 배관분리를 통한 저오염의 greywater를 저에너지 공습지로 정화하여 생태용수 등으로 활용하는 기초연구 수행 -비점오염원 관리: 2004년부터 자연형 (인공습지, 식생수로 등) 저감시설 설치 및 운영 **ㅇ국외** -호주에서는 인공습지를 이용하여 유출 빗물을 정화하여 활용 -유럽 등 선진국: 생태학적 물관리를 위한 EcoSan(ecological sanitation) 시스템 확립 -미국: 저영향개발을 위한 LID(low impact development) 시스템 확립 -독일: 습지를 활용한 비점오염원, 오하수 관리를 포함한 하천 복원 활발
4. 기존기술 활용방안	ㅇ최근 태양전지 등 대체에너지 생산 기술의 급속한 발전이 이루어지고 있으나 현재 수처리 동력원으로 이용되는 경우는 적음. 이에 따라 태양광, 태양열 등의 에너지 생산기술을 저오염의 greywater를 인공습지로 정화하는 기술에 접목 ㅇ공동주택단지 등의 오수 배관분리를 통한 저오염의 greywater를 저에너지 인공습지로 정화하여 생태용수 등으로 활용하는 기초연구와 마을 하수 처리시설의 성과를 분석하여 물순환 도시의 지속성을 위한 도시 내 생태용수 공급 기술개발 및 실증화에 활용
5. 기술개발 필요성	ㅇ최근에 자연정화방식을 도입한 생태공학적인 수질관리 및 생태용수 공급 시스템 (인공습지, EcoSan 등)이 다시 주목을 받고 있음 ㅇ지금까지의 기술들은 인공습지 단일 방법에 초점이 맞추어져 있었으나, EcoSan 시스템에서는 습지 식생과 더불어 수변대의 육상 식생대를 복합 활용하고, 단지계획, 토지계획 및 배관분리 계획과 연계하여 지속적인 생태용수 공급 확보 필요 ㅇ또한, 도시 개발로 증가하는 불투수면에 의한 도시 하천의 건천화를 방지하고, 도시민의 친수공간을 확보하기 위한 지속적인 최소 수량의 도시 내 저에너지적인 확보방안 필요 ㅇ궁극적으로 EcoSan 시스템은 도시 실개천, 하천의 최수량을 확보에 기여하고, 공원 등의 공간에서 습지의 종 다양성 보존을 이룰 수 있다는 점에서 진정한 의미의 녹색성장과 환경생태가 조화된 기술임 ㅇ기후변화에 따른 도시 가뭄의 빈번화와 폭염의 증가 등으로 인한 도시 안정성을 확보하기 위한 최소한의 저에너지 친환경 생태정화 용수 확보 필요
6. 주요연구 개발내용	ㅇ단지, 공원 및 학교 등을 연계하는 배관분리 및 greywater 활용기술 개발 ㅇEcoSan 시스템 적용을 위한 복합 자생식물 설계 및 조성 ㅇ자생식물을 이용한 EcoSan 시스템 개발 ㅇEcoSan 시스템 실증화 - EcoSan 시스템 설계인자 도출 및 현장 설치 - EcoSan 시스템의 정화 효율 및 다원적 생태가치 평가 - 태양광 등을 이용하는 에너지 생산 및 저장시스템의 생태용수 확보에 활용 ㅇ생산 에너지로 가동 가능한 에너지 자립형 저파울링형 막여과 수처리 시스템과 인공습지 공법의 융합 기술 개발
7. 정부지원의 타당성	기후변화와 더불어 물순환 왜곡으로 인해 발생하는 하천의 건천화, 가뭄 및 도시 문제 해결을 위해 저에너지 생태정화 기술을 이용한 도시 내 생태용수 공급기술의 실증화는 수자원의 절감과 생산비용의 저감, 신재생에너지와 결합한 생태용수의 확보 산업으로의 전개 및 수자원 정책의 도시 공간으로의 진출과 해외수출신도시의 도시 수자원 아이템 확보로 연결됨. 또한, 기존의 도시계획, 하천계획, 도시용수 자족성, 도시 물순환 복원, 상하수도 정책 등 여러 분야와의 접점을 형성하는 과제이며, 기술개발임. 이에 이러한 기술과 그 시스템의 적용에 정부의 역할이 필요함.
8. 기술확보	ㅇ단지, 공원 및 학교 등의 배관분리 계획 및 기술의 연계를 위한 토지계획과의 조율

<table>
<tr><td>전략</td><td colspan="8">필요
○EcoSan 시스템 실증화를 위한 독일, 미국과의 공동연구 검토
- EcoSan 시스템 설계인자 도출 및 현장 설치
- EcoSan 시스템의 정화 효율 및 다원적 생태가치 평가
- 태양광 등을 이용하는 에너지 생산 및 저장시스템의 생태용수 확보에 활용
○태양광 등을이용한 소독 기술 개발, 에너지 자립형 수처리 시스템과 인공습지 공법의 융합을 위한 신재생기술과의 산학연 협력 필요
○본 연구는 물순환 실개천 및 하천 계획, 신재생에너지, 인공습지, 토지계획, 조경 분야 등의 융복한 분야임</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="7">물순환도시 실증화를 위한 지속가능하며 저에너지 친환경적인 생태용수 공급 실증 기술 개발
- 인공습지를 활용한 EcoSan 시스템
- 에너지자립형 친환경생태용수 공급 실증화</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="7">신도시 개발 사업자 또는 지자체가 최종 수요자로 신도시나 수변 공간에 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>200</td><td>400</td><td>400</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>200</td><td>200</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>300</td><td>600</td><td>600</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">3 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">500</td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">9 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="8">도시 내 자체적인 생태용수 공급, CO_2 감축, 도시 친수 공간 종 다양성 확보</td></tr>
</table>

1. 과제명	LID 현장적용 계획 설계 및 모니터링 기술개발
2. 연구개발목표	○ 토지이용계획과 연계한 LID시설 테스트베드설치 계획수립 ○ LID 현장설치 계획에 따른 LID 시설설치규모 및 범위 설계방안개발 ○ LID 시설설치에 따른 수리수문·환경·생태 모니터링 및 기술개발 ○ LID 시설 설치지구와 미설치지구 비교분석 모니터링
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 최근 환경부와 국토해양부에서는 국내 도시개발방향을 저영향개발 기법으로 불려지는 LID(Low Impact Development)기법의 적용을 거의 의무화하도록 요구하고 있음. 또한 소방방재청 등에서는 사전재해영향성검토에서 사업지구 내 침투·저류시설의 설치를 권장사항에서 의무사항으로 반영하도록 요구하고 있는 추세임. ○ 개발 이전의 수문 순환 상태에 최대한 근접하여 개발로 인한 영향을 최소화하는 저영향 개발과 발생원 관리(Source Control) 또는 분산형 빗물관리(Decentralized Rainwater Management)는 유사 개념의 빗물관리 방식임. ○ LID는 도시와 개발 유역의 개발 이전 수문학적 체계유지와 향상을 위해 광범위한 토지계획 및 공학적 설계를 고려하는 방식이며, 가능한 발생원 가까운 곳에서 빗물을 관리함으로써 지표유출과 오염부하를 줄이기 위해 설계된 일련의 시설들과 그 관리방법임.
4. 기존기술 활용방안	 [그림 1] 아키시마 츠츠지가오카 하이츠의 LID시설적용사례  [그림 2] LID시설 설치지구와 재래공법 지구의 비교

<table>
<tr><td></td><td>


[그림 3] 미국의 LID형 빗물관리모형 및 모니터링
</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td>
○ 최근의 도시개발방향은 저영향개발 기법으로 불려지는 LID(Low Impact Development)기법을 적용하도록 시대적 방향이 변하고 있음.
○ 빗물의 발생원 관리는 수질관리, 홍수 방지 및 담수 부족 문제 등의 해결에 기여할 수 있는 다기능적인 방법임. 유럽의 많은 도시들이 빗물관리를 위하여 발생원 관리 기술을 선택하고 있다. 이러한 발생원 관리 기술들은 거대한 관 위주(End-of-pipe) 시설들에 비해 저렴하고, 좀 더 자연적인 물순환에 부응하며, 빗물 유출량을 저감하고, 기존의 하수관거 네트워크의 재건 없이도 도시 확장을 가능하게 할 수 있음. 이렇듯 개발 이전의 자연 상태에 최대한 근접하도록 빗물이 순환하고 자연친화적 공간으로서의 신도시를 개발하려면 LID와 친수개발과의 접목, 새로운 빗물관리 및 토지이용계획과의 조응이 필요함.
• 최근 현장 사업지구 내 LID 시설의 설치를 의무적으로 반영하도록 지침화 하고 있으나 국내에서는 LID시설의 수문·환경·생태·열순환 등의 영향에 대한 정량화 분석기술 부족으로 LID시설 계획 시 규모와 설치면적, 설치개수 등에 대한 범위와 설치관련 가이드라인이 희박한 실정임. 국내에서 이러한 LID 시설설치규모 및 범위산정에 대한 설계계획과 LID시설 설치전·후의 효과에 대한 모니터링 및 방법론을 개발하는 연구가 시급함
</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td>
○ LID시설 설치 및 LID 시설설치규모 및 범위산정
• LID시설 홍수수문/침투능 분석
• LID시설 토지이용특성별 배치계획 및 규모설정
• LID시설의 침투능 분석
• LID시설 설치규모의 정량화 방안 검토
○ 국내외 문헌조사 및 테스트베드 LID설치효과 모니터링
• 국내·외 관련법규 및 제도검토
• 테스트베드 LID시설 설치/미설치 지구 홍수량 모니터링
• 테스트베드 LID시설 설치/미설치 지구 건기 유량/수질 모니터링
• 테스트베드 LID시설 설치/미설치 지구 침투율 모니터링
• 테스트베드 LID시설 설치/미설치 지구 생태·열환경 등 모니터링
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td colspan="6"> 

[그림 4] LID 시설 현장적용 계획 설계 및 모니터링 대상유역</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="6">○ 본 연구에서 수행될 LID시설에 대한 수량·수질·생태 등에 대한 정량적인 모니터링기술 개발 및 모니터링 분석은 실험 및 테스트베드적용을 통한 특성분석 연구로 정부지원이 필수적으로 필요하며 도출될 연구성과는 공공의 환경과 목적에 활용될 것임.</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="6">○ 본 연구와 관련된 주요기술은 크게 21C프론티어 연구개발사업에서 개발된 기술과 미환경보호국에서 개발된 기술임. 국내기술의 경우 기 개발된 연구결과의 검토 및 본 연구와의 연계방안을 살펴보고, 국외의 경우 필요할 경우 국제 연구협력방안을 추진할 수 있음.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="4">LID시설 정량화 및 모니터링을 통한 효과분석 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="4">변형된 물 순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 LID 시설을 정량적으로 평가할 수 있음. 적절한 공간선정과 경제적인 현장적용은 물순환 건전화 및 환경개선 등에 일조할 것임.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>100</td><td>200</td><td>150</td><td>50</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>100</td><td>75</td><td>25</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">6,000</td><td rowspan="2">총 연구기간</td><td colspan="2" rowspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">3,000</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">9,000</td><td>연도별 평균소요인력</td><td colspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="6">○ 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 개념의 도입과 더불어 국민 의 식수준의 향상에 따라 보다 쾌적한 주거환경 및 친수공간에 대한 요구가 나날이 증가하고 있음.
○ 본 연구의 성과는 변형된 물 순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 LID기술을 정량적으로 평가하고 모니터링 결과물을 축적할 수 있음.
○ 적절한 공간선정과 경제적인 현장적용은 도시 내 친수공간을 제공할 수 있으며 많은 시민들의 여가활용과 휴식공간을 마련할 수 있음.
○ 아산탕정 테스트베드를 통한 기술적용의 검증결과는 현장적용에 대한 구체적인 설치</td></tr>
</table>

	기준과 각종시설의 제품화를 이룰 수 있으며, 다른 유역에 적용될 경우 경제적, 산업적인 효과도 클 것으로 예상됨. ○ 장기적으로 본 연구에서 수행될 LID시설에 대한 정량적인 모니터링과 실험을 통한 특성분석 및 테스트베드 적용결과는 향후 현장적용에 지침으로 활용될 것이며, 이러한 모니터링기술과 현장적용 지침 및 축적된 모니터링 자료는 기술적으로 파급효과가 클 것으로 사료됨

1. 과제명	도시 물환경 평가 및 용수관리 기술
2 연구개발목표	◦ 수변도시 물 환경 평가 가이드라인 제시
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 최근 기후변화, 산업화 등으로 양질의 이용가능한 수자원 확보가 어려워짐에 따라, 도시내 건전한 물순환을 유도하기 위한 물 자족형 도시개발이 이루어지고 있으며, 이와 연계한 용수수요예측 및 분배 설계, 처리 및 공급설비의 개발, 관련 시공 및 유지관리 기술 등 관련 산업이 꾸준히 성장 ◦ 친수구역 특별 활용법(2010.12)에서 물순환 건전화와 연계하여 도시계획시 환경평가등 제도적 방안 수립 ◦ 환경부는 점•비점 오염원 관리제도 및 수질 오염 총량 관리제도 시행 ◦ 미국의 경우 법률을 제정, 실천 중이며 유역의 수질, 수량, 여가문제등 경관성과 연계하여 LID를 도입, 적용중 -빗물관리규정, 녹지총량제, 주차장설계기준, 친환경도로설계기준 등 ◦ 영국은 지표수와 지하수 체계를 지속가능하게 관리하고 비점오염을 저감하는 기술로서 도시 환경을 평가하고 지속 관리함 -수량, 수질, 여가 문제를 고려하는 지표수 배수방법을 연계한 시스템 구축
4. 기존기술 활용방안	◦ LID 분야의 기존 기술은 주로 빗물 이용 및 침투 시철 개발, 유출저감 분석, 설치규모 연구에 중점 : 일부 요소기술 또는 부분 적용만 시도 ◦ 물 재이용 기술 및 상하수도 통합관리 체계 구축을 위한 처리기술로서 막여과 기술과 IT기반의 감시 및 설비 제어기술들이 개발되고 있으며, GIS 공간분석과 SCADA 시스템의 통합 S/W 등의 기존 기술 활용 가능
5. 기술개발 필요성	◦ 수변형 친수도시 조성시 수량, 수질 및 생태 분야를 연계한 물환경 평가 지침이 부족 ◦ 수변친수구역은 이수, 치수, 생태적으로 건전화 물순환형 도시로의 개발이 요구되며, 이에 대한 물환경 평가 도구 정립이 필요함 ◦ 물수지 분석과 GIS 자료 및 공간분석기술을 통한 용수수요 예측, 적정분배를 통해 도시용수의 건전한 순환을 유도하고, 상하수의 수직적, 수평적 연계를 통하여 용수이용을 극대화 하여 향후 더욱 심각해질 수자원의 지역적, 계절적 불균등의 문제에 능동적으로 대처할 수 있는 기술 개발 필요
6. 주요연구 개발내용	◦ 수변도시 물환경 평가 기술 -하천연계 생태환경 조성 및 적용 -비점 및 점오염 모니터링 연계 물순환 관리 시스템 -수변도시 환경 연계 용수통합 평가 기술 -수변도시 물환경 평가 지표 및 가이드라인 제시 ◦ 도시용수 자족시스템 구축을 위한 수량 평가 의사결정체계 시스템 개발 -도시지역 물 순환 체계 분석기술(물수지분석) -도시내 상・하수의 수직적 재이용, 재공급 프로세스 구축 -물수지 분석을 통한 용수목적별 생산 및 공급가능량 산정 및 분배 기술 -GIS와 물수지 분석 연계를 통한 최적 구역화(Regionalization) 기법 개발 -자족가능수량 확보 및 평가지표 개발

<table>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">◦미래 물 부족에 따라 자급자족형 water-free 도시개발과 산업단지 조성이 필요함에 따라 국가 경제성장을 위한 물 관련 인프라 시설 구축</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">◦국외 조성된 water village 조성 기술 벤치마킹 및 한국형 구축
◦재이용, 이중화 등 생산 및 공급 고도기술 개발을 위해 선진 전문기관과의 공동 연구시행
◦국내 시범 지역 공동연구 수행 (LH 공사, 농어촌연구원 시범지역 대상)
◦수변형에 특화된 훼손 자연구역 재생
◦비점오염원 및 물순환시스템 연계, 생태성, 유지관리등 요소기술 검토
◦수변구역에 적정한 기법 선정 및 맞춤형 적용
◦서식지 주변 완충지대 적용효과 분석
◦건전한 물순환체계 구축 및 치수기능이 확보된 수변형 친수도시 조성사업에 적용할 체계화된 LID 적용 및 요소기술 효과 분석
◦기존 소하천과 직접 연계한 물순환 환경 조성</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">S/W, 인프라, 가이드라인</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">◦수변구역 개발시 환경과 조화된 체계적 계획 및 설계 수립
◦친환경 도시개발 자체수행을 위한 융합기술 확보
◦고부가 물산업기술로 기술기반 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>250</td><td>250</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td></td><td></td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>750</td><td>750</td><td>750</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">750</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,750</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦수변지구 물순환 구조 건전화
◦도시-녹지-하천-저수지 연계 물환경평가 지침 구축으로 타 사업 확장시 적용 가능
◦도시 물사용 안정성 확보와 상하수도 통합에 따른 관리비용 절감
◦통합운영에 따른 서비스 일원화 및 주민만족도 향상</td></tr>
</table>

1. 과제명	도시 용수 공급시스템 적용 및 관리 기술	
2 연구개발목표	◦ 도시용수 공급 안정성 확보를 위한 공급관리시스템 개발 및 네트워크(관망) 구축	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 기후변화에 따른 이용가능 수자원의 절대량이 부족하고 강우의 지역적, 계절적 편중이 심해짐에 따라 수원별, 지역별 연계를 통한 용수공급 시스템 개발이 활발히 진행되고 있음. ◦ Smart Water Grid는 IT 기반의 양방향 정보교환을 통하여 안정적인 용수확보 및 분배, 실시간 감시 및 대응, 운영관리 최적화 등을 목적으로 관련 기술이 접목되고 있음. ◦ 현재 전세계 SWG시장은 약 $530 million이고 향후 10년뒤 $16.3billion이 될 것으로 예상 (Lux Research, 2010)	
4. 기존기술 활용방안	◦ 수자원확보사업단(지경부)에서 다수원(하천, 지하수, 해수 등)에 대한 수요예측 및 활용기술을 개발하였으며, 본 연구에서 제안하는 도시용수의 확보를 위한 물수지 분석에 활용될 수 있음 ◦ K-water, LH공사에서는 최근 수변과 녹지를 테마로 하는 신도시 건설계획을 수립하였으며, 도시내 하천, 빗물, 상하수도 등의 물순환 요소사이의 연계와 건전성 제고 방안을 제시하였음	
5. 기술개발 필요성	◦ 최근 기후변화에 따른 이상강우로 인하여 이용가능 수자원의 지역적 계절적 편중이 심화되고 있으며, 기존 도시의 상하수도시스템 즉, 대규모 중앙집중식 처리시설과 크고 긴 수송시설에 의한 용수 확보 및 공급 방식으로는 이러한 기후변화에 대응하기 어려움. ◦ 도시내 절대 수요량과 이용가능 수자원에 대한 물수지 분석을 통하여 도시내 용수변동을 완충시켜줄 수 있는 새로운 개념의 저장 및 공급시스템 도입 필요.	
6. 주요연구 개발내용	◦ 도시내 수자원 물수지 분석 기법 개발 -1차 수자원 수지분석(지표수, 지하수, 해수) -2차 수자원 수지분석(하・폐수 재이용수) -이용가능 및 불가능 수자원 수지분석(이수,치수 용량 산정) ◦ 홍수방재 및 용수저장용 네트워크(지하터널) 설계 및 적용기술 개발 -규모설정(물수지 분석) 및 지하구조물 설계 및 시공기술 -공급시스템 연계 설계기술 ◦ 대심도 터널 활용기술 개발 -3차 수원, 홍수방재, 분산형 처리시설 ◦ 용수저장 및 공급 운영관리 기술 -이수 및 치수 목적별 수량/수질 감시 및 대응 알고리즘 개발 -IT 연계한 Smart Water Grid 응용기술 개발	
7. 정부지원의 타당성	본 연구는 안정적인 수자원을 확보하고 도시내 건전한 물순환을 유도하기 위한 새로운 개념의 물저장 및 공급 시스템으로서 정부의 적극적인 지원을 토대로 Water-free형 차세대 도시건설의 모델을 제시할 수 있을 것으로 기대	
8. 기술확보 전략	◦ 미국, 영국 등 선진국에서 이미 구축한 대심도 터널(Water ring main)의 구축사례와 활용방안 분석하여 우리에게 필요한 설계 및 시공 요소기술을 선정 ◦ 대심도 저류조의 상반된 목표(이수vs치수, 저장vs분배) 달성을 위해서는 지능형 운영관리 기술개발이 중요하며 이를 위해서 수자원, 상하수도, IT 등 여러분야 기술의 접목이 필요하고, SWG구현을 위하여 국내외 선진기관과 협업체계를 구축	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	◦ 도시용수 물수지 분석 기법 ◦ 지하 공급 네트워크 설계 및 운영관리 기법 ◦ 용수저장 및 공급 최적화를 위한 통합운영관리 시스템(S/W
	활용방안	◦ 국내・외 도시건설시 새로운 용수공급 모델로 활용가능

<table>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>150</td><td>150</td><td>250</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>50</td><td>50</td><td>100</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>200</td><td>350</td><td>750</td><td>750</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,550</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">700</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,250</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">방재 및 용수재이용을 포함한 새로운 물공급 패러다임을 제시함으로써 향후 도시 물관리 선도기술을 확보할 수 있을 것으로 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>1. 과제명</td><td colspan="7">물순환 과정의 에너지 최적화 설계 및 적용기술</td></tr>
<tr><td>2
연구개발목표</td><td colspan="7">· 물순환 도시 조성을 위해 필요한 에너지의 20% 절감</td></tr>
<tr><td>3. 기술개발 및 산업/시장 동향</td><td colspan="7">· 산업 현장에서 생산에 필요한 에너지를 절감하기 위하여 다양한 기술들이 적용되고 있음
· 이와 함께 민간의 에너지 소모도 비율이 증가하고 있는 추세로 향후 민간의 에너지 중 많은 부분을 차지하는 냉난방 등에 대한 에너지 절감 기술이 필요
· 북유럽 및 일본을 비롯한 주요 선진국에서는 자연에너지를 활용한 에너지 효율 향상과, 신기술을 적용하고 고효율 기기 적용을 통해 기존 기술 대비 에너지 효율을 저감하려는 관련 연구가 활발히 진행되고 있음
· 국내에서도 ESCO사업 등을 통한 기존 설비의 에너지 사용량을 최대로 저감시키려는 노력을 정부 주도로 진행
· 정부는 에너지 사용량이 많은 품목에 대해서는 고효율 인증제도 등을 활용하여 고효율의 제품을 사용하도록 유도</td></tr>
<tr><td>4. 기존기술 활용방안</td><td colspan="7">· 에너지 절감을 위한 기존 설비의 최적화 방안 등에 대한 실적을 분석하고, 관련 연구 성과에 대한 평가, 분석도 필요
· 각 요소 기술과 더불어 각 분야에 대한 융합한 기술적용</td></tr>
<tr><td>5. 기술개발 필요성</td><td colspan="7">· 에너지 소비량에 대한 종합적인 평가를 통해 일부 단계에서의 에너지 효율화가 아닌 전체 도시 측면에서의 에너지 효율화를 평가할 필요
· 에너지 효율화가 개개 설비 기준이 아닌 전체 도시를 기준으로 평가될 필요성</td></tr>
<tr><td>6. 주요연구 개발내용</td><td colspan="7">· 도시 소모 주요 에너지원 분석 및 절감 우선 순위 평가
· 선정된 우선 순위에 따른 최적화 시나리오 분석
· 에너지 사용 수준에 대한 요소별 평가 프로그램 구축</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">· 수자원 활용이 가능한 도시 조성 시 에너지 최적화 기술은 반드시 도시 조성과 연계되어 적용되어야 하며, 이는 단순한 개개 요소 기술에 적용되는 것이 아니라 통합 적용 필요</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">· 에너지, 플랜트, 토목, 환경 등의 각 전문가 그룹의 종합적 평가를 통한 성과 도출</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">· 설계 기준, 평가 프로그램</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">· 수자원 활용이 가능한 도시 조성자가 최초 도시 조성 시기에서부터 활용</td></tr>
<tr><td rowspan="3">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>100</td></tr>
<tr><td>민간
(추정)</td><td>100</td><td>250</td><td>250</td><td>250</td><td>100</td></tr>
</table>

	합 계		200	500	500	500	200
	총 연구비 (백만원)	정부	950		총 연구기간	5 년	
		민간	950				
		총합계	1,900		연도별 평균소요인력	15 명	
11. 기대효과 및 파급효과	· 에너지 사용량 기존 대비 20% 저감 · 연구 성과를 활용한 기술 적용으로 향후 도시 조성 시에 활용						

1. 과제명	수자원 신재생에너지 설계 및 적용 기술
2 연구개발목표	· 물순환 과정의 수자원을 활용한 신재생에너지 생산으로 탄소배출 저감(30%)
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	· 정부는 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색강국 진입을 목표로 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화에 107.4조원('09~'13) 투자 계획 수립 · 현재 OECD 국가 중 최하위 수준인 신재생에너지 보급률('08년 2.4%)을 '30년까지 11%까지 확대하여 화석연료에 대한 의존도를 줄이고, 탄소배출 저감을 유도 · 일본은 '05년도 에너지 분야의 R&D에 39억$를 투자하는 등 세계 최고 수준의 환경, 에너지 기술을 통해 아시아 환경시장을 석권하여 자국의 경제 활성화로 연결 도모하고, '50년까지 온실가스를 현재 대비 60~80% 감축 목표 · EU는 '20까지 온실가스 20% 감축, 신재생에너지 비율 20%까지 확대, 에너지 효율 20% 제고를 목표로 녹색기술 육성 및 환경규제를 통한 신성장동력 추진 · Vestas社(덴마크)는 당초 선박, 자동차, 건설장비 부품 생산 업종에서 신재생에너지 분야로 전환하여 매출액을 지속 성장시키고, 풍력발전기 생산 세계1위 기업으로 변신 · 물의 위치 및 운동에너지를 이용하여 발전하는 소수력발전은 '05년 4조7천억원 규모의 시장을 형성하고 있으며, 환경에 미치는 영향이 적은 친환경 수차 개발 노력 · 해외 선진국에서는 "쾌적한 생활환경 조성"과 "에너지 절약, 지구환경의 보호"라는 목표를 동시에 만족하는 수열원 온도차에너지(원수, 해수, 하천수, 하수 등) 적용 시행중 · 특히 집단냉난방 설비에 기존 화석연료 및 공기열원을 사용한 경우에 비해 큰 전력비 절감 효과를 거두고 있으며, 관련 기술들은 하훼단지 등의 분야에도 적용
4. 기존기술 활용방안	· 기존에 개발된 신재생에너지 요소기술들을 통합하여 도시계획 단계에서부터 적용할 수 있도록 하기 위한 각 요소 기술들의 적용을 위한 제한 사항 등을 활용할 필요 · 국가연구개발 과제로 수행되었던 미활용에너지 활용 전략, 소수력발전설비 개발 과제 등 신재생에너지 관련 과제의 통합화 필요
5. 기술개발 필요성	· 신재생에너지 개발을 통한 탄소저감 노력은 세계적 추세이며, 향후 도시 조성 단계에서의 최적화 및 통합화된 신재생에너지 적용 기술은 시급한 개발과제 · 기존 시설물을 활용한 신재생에너지 적용 기술은 개발되고 많은 연구가 진행되고 있으나, 도시 계획 단계에서부터 도시 환경 조성 등의 다목적에 맞게끔 통합 적용된 사례가 없어 이에 대한 종합적인 신재생에너지 적용 기술 필요
6. 주요연구 개발내용	· 수자원 위치, 열에너지를 이용하기 위한 도시 계획 요소기술 도출 · 수자원 위치에너지를 활용하기 위한 설비 설계 및 시공기술 개발 · 생활 수준 향상에 따른 하천 유지용수를 확보하기 위한 발전 기술 적용 · 수자원 열에너지(원수, 하천수)와 생활용수에서 발생하는 하수를 이용한 집단에너지 보급을 위한 타당성 검토 기술 개발 · 신재생에너지 적용에 따른 탄소저감 효과 평가 기술 개발
7. 정부지원의 타당성	· 신재생에너지를 활용함에 있어 통합적으로 설계, 적용하여 관리하지 않고 개별적으로 적용되고 보다 높은 효율의 운영을 위해서는 통합적 관점에서의 신재생에너지 적용 기술의 개발이 필요 · 신재생에너지 적용에 따른 탄소저감 효과를 추적하고, 객관적 과학적 효과분석이 가능하도록 기술개발이 필요

<table>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">· 각 요소 기술에 대한 국내외 관련 기술 동향의 분석을 바탕으로 응용기술 도출
· 전력생산을 위한 터빈, 열교환기 등의 플랜트 설비와 생산된 전력의 처리 기술, 최적 전력 생산을 위한 기반 설비의 융합 설계 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">· 설계기준, 시제품, 평가 프로그램</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">· 수자원 활용이 가능한 도시 계획 단계에서 도시 계획자가 신재생에너지 적용 기술이 활용되며, 평가기술이 적용</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>100</td><td>250</td><td>250</td><td>500</td><td>100</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td>100</td><td>250</td><td>250</td><td>500</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>200</td><td>500</td><td>500</td><td>1,000</td><td>200</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">1,200</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">1,200</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">20 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,400</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">· 신재생에너지 적용에 따른 탄소배출 30% 저감
· 신재생에너지 적용기술의 개발로 향후 수자원 활용이 가능한 도시 개발에 활용
◦에너지 연계 물순환 시스템에 의한 관리체계의 최적화 도모</td></tr>
</table>

1. 과제명	유역-하천-저수지 연계 LID 적용 기술	
2 연구개발목표	◦ 상류 저수지 및 하천과 연계한 유역 확장 저영향 개발 기술 개발	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	◦ 광역차원에서의 상수도 관리기술 기반은 확보하고 있으나 친수도시를 광역 자연유역 전반으로 확장하여 연계하는 설계 구상은 이루어 지지 않는 실정 ◦ 물 공급망 기술에 대한 관심이 높아지고 도시내 빗물 자족율을 향상시키는 기술은 발전하고 있으나, 하천과 상류 중소규모 댐을 연계한 유역 LID 관련기술의 확보가 미비한 실정 ◦ 유럽 등 여러 선진 국가에서 자국시장 보호와 해외진출 확대를 위해 정책적으로 물산업 공기업의 육성을 추진하고 유역을 통합관리하는 방안을 제시 ◦ 다양한 분야별 연계로 물산업 클러스터 구축을 통한 연관 산업 육성정책 추진(이스라엘, 싱가포르 네덜란드 델프트, 미국 실리콘 벨리 등)	
4. 기존기술 활용방안	◦ 유역내 생산 소비되는 수량 및 수질을 통합 관리하는 의사결정지원시스템은 구축되어 현재 권역별 시험 적용중임(2011. K-water) ◦ 하천과 상류 중소규모 저수지를 연계한 유역 LID에 대한 구상 필요 ◦ LID 분야의 기존 기술은 주로 빗물 이용 및 침투 시철 개발, 유출저감 분석, 설치규모 연구에 중점 : 일부 요소기술 또는 부분 적용만 시도	
5. 기술개발 필요성	◦ 수변형 친수도시 조성시 적용가능한 이수•치수•친수•녹색 에너지 분야를 연계한 체계화된 LID기법 적용지침이 없는 실정 ◦ 선진국을 중심으로 유역 특성에 맞는 LID 기술이 확보되어 있음. 국내의 경우 수자원을 상위계획으로 하는 친수도시 구축 시 광역차원에서 하천과 댐을 연계한 유역 LID 관련기술의 적용성 검토와 평가 필요 ◦ 수변구역으로 연결되는 유역전반의 이수, 치수, 생태적으로 건전화 물순환 체계검토와 이에따른 친수도시 개발이 필요하며 이에 대한 실행도구인 LID기법 활용	
6. 주요연구 개발내용	◦ 유역 확장 LID 적용 기술 -상류 중소규모 댐 연계 유역 수자원(용수) 계획 및 평가 -유역 수량 최적 활용 및 수질영향 최소화 설계 및 적용 -유역내 수자원 이•치수 자원화 확보 기술 ◦ 물관리 통합시스템 구축 기술 -유역 최적 물배분 모델 개발 및 적용 -유역 순환 Water accounting 적용 및 물이용/생산/소비 지표 개발 -도시/하천/저수지 연계 물순환 평가 모의 기술	
7. 정부지원의 타당성	◦ 건전한 물순환체계 구축 및 치수기능이 확보된 수변형 친수도시 조성의 요소기술로 국가정책적으로 추진되는 재해에 강건한 도시 조성을 보다 구체적 실현으로 그 파급효과가 크며, 본 과제 기술로 해외기술과의 기술경쟁력 강화가 가능함에 따라 국가적인 지원 필요	
8. 기술확보 전략	◦ 친수도시와 연계한 유역 확장 LID적용성 제고 ◦ 비점오염원 및 우수유출저감, 물순환시스템 연계, 생태성, 유지관리, 경제성 등 요소기술 검토 ◦ 현실성 있는 도시연계 하천 및 유역관리 전략 ◦ 건전한 물순환체계 구축 및 치수기능이 확보된 수변형 친수도시 조성사업에 적용할 체계화된 LID 적용 및 요소기술 효과 분석	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	S/W, 인프라, 가이드라인
	활용방안	◦ 수변구역 개발시 환경과 조화된 체계적 계획 및 설계 수립 ◦ 친환경 도시개발 자체수행을 위한 융합기술 확보 ◦ 고부가 물산업기술로 기술기반 구축 및 해외기술수출 교두보 확보

<table>
<tr><td rowspan="7">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>250</td><td>250</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td></td><td></td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>750</td><td>750</td><td>750</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">750</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,750</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">◦ 유역의 저영향 기술술 적용 방안 및 기술지침 마련</td></tr>
</table>

1. 과제명	친수수변도시형 LID 적용 및 효과분석
2 연구개발목표	◦수변형 특화 친수도시 조성 기술 구현 ◦용수자족률 30% 향상 및 수변도시 설계 가이드라인 제시
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	[국내] ◦기후변화 대비, 저탄소 녹색성장을 위한 물순환 건전화와 연계하여 도시계획시 LID를 일부 도입•추진 중 -도시계획 시설의 결정•구조 및 설치기준에 관한 규칙('09.2) -저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획 수립지침('09.7) -지속가능한 신도시 계획기준('10.1) [독일] ◦빗물저장시스템 법제화('87) : 모든 빗물은 잡용수로 이용 ◦주거단지에 의무적으로 조성 유수지로 유도, 지하침투 활용 [영국] ◦지속가능한 지표 및 지하수체계를 관리하고 비점오염을 저감하는 LID기술 활용 -도심지 홍수 저감을 위한 유량관리, 수질 보호 및 향상, 야생서식지 제공, 지하수 함량과 연계하여 설계 구상 -수량, 수질, 여가 문제를 고려하는 지표수 배수방법을 총칭하여 LID기술 적용 [일본] ◦1980년 이후 도시생태계 복원 및 빗물을 수자원으로 활용하는 다양한 방안 수립하여 도시설계에 적용 -우수침투시설 기술지침(일본우수저류침투기술협회) -수자원 신재생에너지(수온차에너지 등)와 연계한 친수 단지 조성 -요코하마 유수지, 나고야시 빗물유출억제 시설 현장 설계 적용
4. 기존기술 활용방안	◦LID 분야의 기존 기술은 주로 빗물 이용 및 침투 시설 개발, 유출저감 분석, 설치규모 연구에 중점 : 일부 요소기술 또는 부분 적용만 시도 ◦수자원 활용 신재생 에너지 분야에서 국제규격에 적합한 소수력 성능 시험설비 구축 ◦지중열과 하천 수온차 히트펌프 시스템 개발/적용 및 강변여과수 활용 에너지 회수기술 추진
5. 기술개발 필요성	◦수변형 친수도시 조성시 적용가능한 이수•치수•친수•녹색 에너지 분야를 연계한 체계화된 LID기법 적용지침이 없는 실정 ◦선진국을 중심으로 각 나라의 상황에 특성화 되어 있어 LID기법은 국내실정에 부합하는 기술로 전환 필요 -미국 : 대규모 부지 이용이 가능하여 생태 및 경관성을 고려한 저밀도개발 -독일, 일본 : 주로 빗물관리에 중점을 두고 추진 -각 나라별 다른 토지환경으로 수문특성 및 오염부하량 상이 ◦수변친수구역은 이수, 치수, 생태적으로 건전화 물순환형 도시로의 개발이 필요하며 이에 대한 실행도구인 LID기법에 대한 도입 검토 필요성이 대두
6. 주요연구 개발내용	◦수변형 친수도시 조성을 위한 저영향 개발 설계지침 수립 -LID기법 현황조사 및 분석 -요소 기술 특성분석 및 적용 방안 수립 -수변구역에 적정한 핵심 요소기술 도출 및 적용효과 적용 -LID 설계/시방/유지관리지침 개발 ◦시범지구연계 LID 적용 및 효과 분석 -Test Bed(시험지구)선정 및 요소기술 모니터링 -친수구역 분석용 최적 LID 모형 개발 및 시뮬레이션

<table>
<tr><td></td><td colspan="7">-도시이용계획, 오염부하 발생량 등을 고려 친수구역 물순환체계에 맞는 요소기술개발</td></tr>
<tr><td>7. 정부지원의 타당성</td><td colspan="7">○기술개발로 인한 토목, 건축, 조경 및 도시설계 등 기술분야에 대한 파급효과가 큼
○수변 에너지를 회수 및 활용으로 친환경 에너지 구축기술은 환경융합기술분야로 국가적인 지원이 필요</td></tr>
<tr><td>8. 기술확보 전략</td><td colspan="7">◦수변형에 특화된 친수도시 사례분석을 통한 LID적용성 제고
◦비점오염원 및 우수유출저감, 물순환시스템 연계, 생태성, 유지관리, 경제성 등 요소기술 검토
◦수변구역에 적정한 기법 선정 및 맞춤형 적용
◦건전한 물순환체계 구축 및 치수기능이 확보된 수변형 친수도시 조성사업에 적용할 체계화된 LID 적용 및 요소기술 효과 분석
◦수변형 친수도시 조성사업에 필요한 설계 가이드라인 정립</td></tr>
<tr><td rowspan="2">9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안</td><td colspan="2">최종성과물</td><td colspan="5">S/W, 인프라, 가이드라인</td></tr>
<tr><td colspan="2">활용방안</td><td colspan="5">◦친환경 도시개발 자체수행을 위한 융합기술 확보
◦고부가 물산업기술로 기술기반 구축 및 해외기술수출 교두보 확보</td></tr>
<tr><td rowspan="6">10. 연구개발 과제의 규모
(50억원 이내)
(연구기간 5년 이내)</td><td colspan="2">구분</td><td>1차연도</td><td>2차연도</td><td>3차연도</td><td>4차연도</td><td>5차연도</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연차별 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td>250</td><td>250</td><td>500</td><td>500</td><td>500</td></tr>
<tr><td>민간 (추정)</td><td></td><td></td><td>250</td><td>250</td><td>250</td></tr>
<tr><td colspan="2">합 계</td><td>250</td><td>250</td><td>750</td><td>750</td><td>750</td></tr>
<tr><td rowspan="3">총 연구비 (백만원)</td><td>정부</td><td colspan="2">2,000</td><td>총 연구기간</td><td colspan="2">5 년</td></tr>
<tr><td>민간</td><td colspan="2">750</td><td rowspan="2">연도별 평균소요인력</td><td colspan="2" rowspan="2">10 명</td></tr>
<tr><td>총합계</td><td colspan="2">2,750</td></tr>
<tr><td>11. 기대효과 및 파급효과</td><td colspan="7">수변구역 친수도시 조성을 위한 최적 LID기술 개발 및 적용 기술 확립</td></tr>
</table>

<표지>

(뒷면) (옆면) (앞면)

3㎝

10기 술혁신C04

4㎝

Green-up 30

(별권)

○○○○○○○

과제 기획보고서

(견고딕 14p)

2011

(견고딕13p)

국토해양부

한국건설교통기술평가원

5㎝

3㎝

(견고딕 17p)

Land Transport and Maritime R&D Report

(견고딕 25p)

미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업

3㎝

0.5㎝ R&D / ○○○○-○○○○

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

[Green-up 30] (별권) 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획보고서

(0.1㎝)

2011. 6. 20.

0.15㎝ (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 한국토지주택공사
한국수자원공사
부산대학교
(주)날리지웍스 2㎝

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

(견고딕 20p)

<표지-뒷면>

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 미래핵심기술 기획과제 건설기술혁신사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

<제출문>

제 출 문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "첨단 수자원관리 기술기획: 수자원 에너지 기반의 물 순환 기술 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2011 . 6.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원
주관연구책임자 : 오 현 제
주관연구팀장 : 김 이 호
연 구 원 : 문 정 수
연 구 원 : 박 종 빈
공동연구기관명 : 한국토지주택공사
공동연구책임자 : 현 경 학
공동연구기관명 : 한국수자원공사
공동연구책임자 : 이 상 진
공동연구기관명 : 부산대학교
공동연구책임자 : 신 현 석
공동연구기관명 : (주)날리지웍스
공동연구책임자 : 이 재 희

<보고서 요약서>

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>10기술혁신
C04</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>6개월</td><td>단 계 구 분</td><td>(1)/(1)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">건설기술혁신사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">첨단 수자원관리 기술기획: 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">오현제</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 15명
외부 : 7명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 2억원
기업: -
계: 2억원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 22명
내부 : 15명
외부 : 7명</td><td>총연구비</td><td>정부: 2억원
기업: -
계: 2억원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원
건설환경연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 : -</td><td colspan="3">상대국연구기관명 : -</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 : -</td><td colspan="3">연구책임자 : -</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">1. 기술의 정의: 기후변화에 대비한 물관리 체계의 확립과 수자원 확보 및 도시의 안전도와 가치의 향상을 목적으로 저영향개발(LID)기법을 활용한 그린인프라 기술을 개발, 적용 및 확산시키기 위한 기술</td></tr>
</table>

2. 국내외 동향 및 환경분석

○ 전세계적인 Green Race 및 물순환 회복을 위한 기술 수요 증가

○ 우리나라에서 저탄소 녹색도시, 친수구역 개발 등 저탄소 녹색 물순환 도시 개발 정책의 확대

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

○ 비전 및 추진목표

- 비전: 물로 소통하고 재해에 강건한 생태도시 (People to Nature with Sound Water Cycle)
- 목표: LID 기반의 물순환형 도시 구축 기술 개발
- 연구체계: 연구단 규모 3개의 세부과제 및 7개의 세세부 과제로 구성됨

4. 정책적, 기술적, 경제적 타당성을 분석하여 제시함

5. 인력투입 계획(소요인력, 5년간) 406명, 5년간 총 소요예산 (정부지원금: 185.80 억원)

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	저영향개발, 물순환, 그린 인프라, 녹색 도시, 빗물, 우수
	영 어	Low Impact Development (LID),Green Infrastructure, Green City, Rainwater, Stormwater

목 차

[국문 요약문]

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 ····· 1
2절. 필요성 ····· 5

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 11
1절. 국내외 정책동향 ····· 11
2절. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 21
3절. 기술동향분석 ····· 26
4절. 연구개발 인프라 분석 ····· 67
5절. 종합분석 ····· 77

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 82
1절. 비전 및 목표 ····· 82
2절. 기술개발에 따른 미래상 ····· 83
3절. 연구개발과제 구성 ····· 86
4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 86
1. 1세부과제 (LID 기반의 저탄소 물순환 도시 조성 계획·설계 기술 개발) 개요 ····· 86
2. 2세부과제 (LID 기법에 의한 도시 물순환 복원 기술 개발) 개요 ····· 93
3. 3세부과제 (LID 기반의 도시 인프라 구축을 통한 빗물 관리 및 활용 기술 개발) 개요 ····· 98
5절. 세부과제간 연계관계 ····· 105
6절. 연구추진체계 제안 ····· 107

4장. 사전타당성 검토 ····· 111
1절. 정책적 타당성 ····· 111
2절. 기술적 타당성 ····· 114
3절. 경제적 타당성 ····· 121
4절. 종합평가 및 결론 ····· 127

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정 ····· 131
1절. 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 131
2절. 소요예산 산정 ····· 132

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정 ····· 135
1절. 과제 제안요구서(RFP) ····· 135
1. 연구단 RFP ····· 135
2. 1세부과제 RFP ····· 146
3. 2세부과제 RFP ····· 150
4. 3세부과제 RFP ····· 154
2절. 평가기준설정 ····· 158

<국문 요약서>

요 약 문

1. 기술의 정의 및 필요성

○ 기술의 정의

- 기후변화에 대비한 물관리 체계의 확립과 수자원 확보 및 도시의 안전도와 가치의 향상을 목적으로 저영향개발(LID)기법을 활용한 그린인프라 기술을 개발, 적용 및 확산시키기 위한 기술

○ 기술의 필요성

- 기후변화 적응과 도시 수문 특성의 건전화 절실
- 수자원의 관리 및 이용의 중요성 확대
- 도시 운영을 위한 에너지 효율화 및 물순환 녹색 도시 구현 시급
- 재해에 강건하고 자연 자원을 보전하기 위해 수량과 수질 및 생태를 동시에 고려한 저영향개발(Low Impact Development, LID) 기반의 녹색도시 조성 기술 필요

2. 국내외 동향 및 환경분석

○ 국내 정책동향

- 정부의 정책방향을 저탄소 녹색성장으로 설정하였으며, 2020년 온실가스 감축 목표를 2020년 온실가스 배출 전망치 대비 30%를 감축 목표로 설정
- 지속가능한 저탄소 녹색도시 조성을 위한 계획기준 (국토해양부, 2001.1)이 마련되고 친수구역특별법 (국토해양부, 2010.12)이 제정되어 물순환의 회복과 신재생에너지의 사용을 적극적으로 요구하는 물순환 녹색도시 개발 정책 확대
- 물재이용 촉진에 관한 법률 (환경부, 2010.6.9)이 제정되는 등 빗물의 이용과 물 재이용 정책의 확대
- 물은 에너지 생산을 위해서도 사용되고 있어, 향후 정부 차원에서 물관리와 에너지 생산시스템의 관리 및 운영에 있어 통합적인 접근 필요
- 테스트베드 중심의 실증연구의 확대

○ 국외 정책동향

- 주요 선진국들은 기후 변화에 대응하고자 녹색산업, 녹색기술을 국가 경쟁력의 원천으로 인식하고 있음
- 국가별로 물 순환 도시 조성 기술 개발에 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입, 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하는 정책 추진
- 미국, 일본, 유럽 등 주요 선진국을 중심으로 물관리 에너지의 효율성을 높이기 위한 기술들에 대한 관심이 높아지고 있음.

- 전세계적으로 물순환 녹색도시 구축을 위한 다양한 사업들이 진행되고 있음

○ 국내 시장동향 및 전망

- LID기술을 활용한 도시조성 및 물ㆍ물질순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요 급증
- 빗물의 저류 및 침투, 하천 정비 등 물관리 사업에 대한 정부의 투자 증가
- 국내 녹색건설시장 규모는 약 41조원 (2012년)에서 76조원 (2030년)으로 증가 예상

○ 국외 시장동향 및 전망

- 수자원과 이와 관련된 녹색도시 조성에 대하여 거래가 가능한 하나의 산업이라는 인식이 커지면서 세계적으로 물 순환 녹색도시 및 물산업의 성장을 전망
- 세계 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억$(2007)에서 8,650억$(2025)로 증가 예상
- 전세계 상하수도 분야 시장규모는 2007년 3,200억 달러 (물시장의 약 90%)에서 2025년에 6,430억 달러(물시장의 약 85%)로 성장이 예상되어 기존 상하수도 인프라를 보완 또는 대체하는 LID 물관리 인프라 기술의 적용 시장 규모가 확대될 것으로 전망됨
- 해외의 LID 적용사업 분석결과 경제성 확보가 가능한 것으로 평가됨.

○ 국내 기술동향

- 국내의 LID 물순환 도시기술 관련 관심 고조
- 빗물의 이용과 관련된 기술들이 개발되고 있으며, 물순환 건전화를 위한 LID 기반의 빗물관리 연구에 대한 관심이 높아지고 있음
- LID 관련 특허 조사결과 우리나라는 5위권 안에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있는 것으로 파악됨
- 특허 및 논문 분석 결과 특허에 비해 논문 건수가 상대적으로 낮아 기초보다는 응용 연구가 활발한 것으로 융복합 시범사업이 필요할 것으로 판단됨

○ 국외 기술동향

- 국가별로 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 분산형 빗물관리 기술이 도입되고 있음
- 영향 최소화 개발(Low Impact Development, 미국), 자연 순응형 개발(Sound Water Cycle on National Planning, 일본), 분산식 도시계획(Decentralized Urban Design, 독일), 지속가능한 도시계획(Water Sensitive Urban Design, 호주) 등 발생원 빗물관리를 기반으로 국가별로 다양한 기술들이 도입되고 있음.
- 미국의 경우 (USGS, EPA 및 지자체 LA, New York 등) LID 기술/시공/유지관리 분야의 표준화된 메뉴얼을 지역특성에 적합하게 지원하고 있으며 장려하고 있음.
- LID 요소기술 및 LID 기반 자원화 기술은 2000년대 이후 가파르게 성장함.
- 일본은 LID 요소기술 관련 특허를 집중적으로 출원고 있으며, 미국, 독일, 호주, 우리날 등이 그 뒤를 잇고 있음.

○ 연구개발 인프라분석

- 선진국 대비 국내의 연구인력, 산학연 공동연구기반, 기술이전 및 거래 등의 인프라가 매우 부족한 실정
- 국내 연구기관들이 해외 기관들과 활발히 MOU를 체결하고 있으나, 구체적인 성과

물 중심으로 교류 활성화 추진 필요

- 연구기자재의 경우 일부 갖추어져 있으나 선진국 대비 다소 미흡한 것으로 나타났으며, 관련 업계들에서의 관심도 증가하고 있음

3. 연구개발과제 구성 및 추진전략

○ 비전 및 추진목표

- 비전: 물로 소통하고 재해에 강건한 생태도시 (People to Nature with Sound Water Cycle)
- 목표: LID 기반의 물순환형 도시 구축 기술 개발
- 세부목표: 강우 총량의 80% 이상 관리를 위한 물순환 기술 개발
  침수저감형 스마트 공원, 물순환형 도로, 입체형 친환경 주차장 개발
  LID 기술 검증 및 표준화 DB 구축
  도시 물순환 인프라 통합설계 모형 개발

○ 연구개발과제 구성

- 연구단명: 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 연구단
  (건전한 물순환 도시 조성을 통한 수자원 확보 및 재해 저감 기술 연구단)
- 세부과제: 3개의 세부과제로 구성

○ 1 세부과제: LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발

- 개념: 공간시설, 공공·문화체육시설, 녹지, 도로, 주차장 등의 인프라를 대상으로 물순환 기능을 고도화하고 열환경 개선과 생태계 회복 기능을 갖게 하여 그린 인프라 시스템으로 구축하기 위한 기술
- 내용 (세세부 과제)
  · 공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발
  · 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발

○ 2 세부과제: LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발

- 개념: LID 기반의 기술 적용을 위해 요소기술들의 효율성을 검증하고 표준화하며, 물순환, 열환경 및 생태계를 통합적으로 모의할 수 있는 모형을 개발하고, 친수구역에 적합한 물순환 시스템을 개발하기 위한 기술
- 내용 (세세부 과제)
  · 융합 LID 물순환 요소 기술의 효율성 분석 및 평가 기술 개발
  · 통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발
  · 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발

○ 3 세부과제: LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발

- 개념: LID 적용을 위한 도시 계획, 설계, 운영 기술을 개발하고 모니터링 및 운전자료의 확보와 ICT 기반의 실시간 관리 시스템을 개발하기 위한 기술
- 내용 (세세부 과제)
  · LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발
  · LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영 기술 개발

4. 사전타당성 검토

○ 정책적 타당성 분석

- 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 국가 정책동향 분석을 통해 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구 사업의 중요성 및 정책적 일관성에대해 기술함
- 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토해양부의 관련사업 추진의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따른 정부지원의 필요성에 대해 서술하였으나 국내외 법, 기술 등의 위험요인에 따른 별도 대비책에 대한 추후 논의가 필요할 것으로 판단됨

○ 기술적 타당성 분석

- 기술개발 계획의 경우 사업목표 및 설정 근거가 구체적으로 제시되었고 세부사업의 내용이 사업목표를 달성하는데 충분하게 구성되었음. 또한 사업추진전략 및 추진체계에 대해 상세히 기술하였음
- 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음
- 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

○ 경제적 타당성분석

- 경제성 분석의 경우 비용/혜택 분석(Cost/Benefit Analysis)을 통해 본 사업의 경제적 측면을 긍정적으로 판단함
- 예산수립 체계, 과정의 분석을 통해 검토결과 본사업의 예산은 적정한 것으로 판단됨

5. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

○ 인력투입 계획

- 총 소요인력 (5년간): 407명
- 세부과제별 소요인력 (5년간): 1세부 144명, 2세부 157명, 3세부 105명
- 연차별 소요인력: 1년차 61명, 2년차 90명, 3년차 90명, 4년차 90명, 5년차 90명

○ 소요예산

- 5년간 총 소요예산 (정부지원, 민간예산): 311.11 억원(193.24 억원, 117.87 억원)
- 5년간 세부과제별 소요예산 (정부지원, 민간예산): 1세부 98.71 억원(57.78 억원, 40.93억원), 2세부 120.95 억원(80.24 억원, 40.71 억원), 3세부 91.45 억원(55.22 억원, 36.23 억원)
- 연차별 소요예산 (정부지원, 민간예산): 1년차 8.58 억원 (5.00 억원, 3.58 억원), 2년차 48.76 억원(30.00 억원, 18.76 억원), 3년차 103.11 억원(64.12 억원, 38.99 억원), 4년차 75.33 억원(47.06 억원, 28.27 억원), 5년차 75.33 억원(47.06 억원, 28.27 억원)

1 기술의 정의 및 필요성

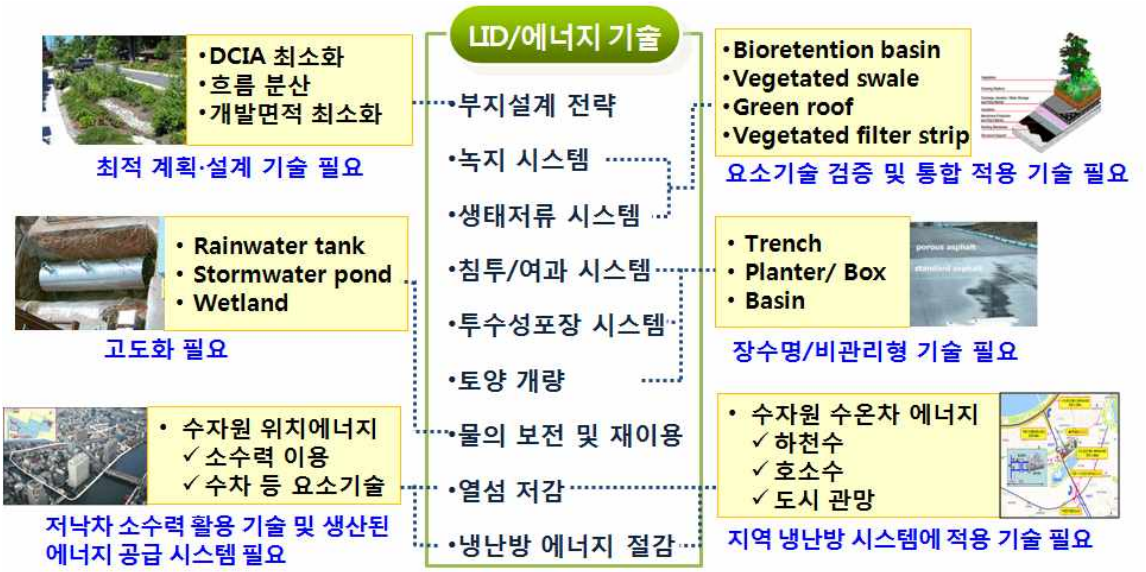
1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

1. 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 정의 및 개요

○ 기후변화에 대비한 물관리 체계의 확립과 도시의 안전도 및 가치의 향상을 목적으로 저영향개발(LID)기법을 활용한 그린인프라 기술을 개발, 적용 및 확산시키기 위한 기술

○ LID 및 물순환 관련 기술분야 및 요소기술



* LID(Low Impact Development) 기술은 강우유출수를 최대한 발생지역에서 관리하는 토지개발 방식으로 홍수 및 수질오염 저감을 위한 우수의 침투, 저류, 물순환 체계를 고려한 토지이용 계획기법 (친수구역 조성지침, 2011. 11)

○ LID 기반 녹색 물순환 기술의 접근 전략

구분	내용	연구 필요 분야
식생과 토양의 보전·재생	· 자연지형 및 원래의 토양에 가능한 식생 최대한 보전 · 수문학적으로 배수가 좋은 토양의 보존 · 토양의 압밀 및 교란 최소화, 자연배수 기능과 지세 유지계 · 지표유출 지연 및 강우의 지하 침투, 지하수 함양 유도 · 식생수로, 빗물 정원 등 자연 체류시스템 활용, 흐름 지연	◦ 도시계획 및 토지이용 계획 단계부터 LID 기반 물순환을 포함하는 계획·설계 기술

불투수 지표면 최소로 부지 설계	· 관련 당사자들의 협업을 통한 공통의 가치 및 합의 도출 필요 · 지붕, 도로, 주차장 등의 불투수성 지표면 최소화 · 불투수면의 단절 유도	
강우 발생 부근 관리	· 분산형 빗물관리로 접근 (빗물정원, 침투도랑, 빗물저류, 연못 등) · 친환경 경관 조성을 위해 빗물 관리 기능을 부지 설계안으로 통합 · 다양한 시설 활용으로 시스템의 신뢰도 향상 및 실패가능성 감소 · 기존 우수관, 하수관 등에 직접 연결되는 불투수면 (Directed Connected Impervious Area, DCIA)의 최소화	◦ LID 기반 도시 인프라 및 물순환 요소 기술 ◦ DCIA (Directed Connected Impervious Area) 최소화 중심의 강우 유출수 배제 기술
적극적 순환형 물관리	· 물순환의 회복을 통해 도시에서 필요로 하는 다양한 용수 확보 · 빗물 저류 침투에 의한 치수 안전도 향상 · 증발산 증진에 의한 도시 열환경 및 생태환경의 개선 · 물이송의 최소화 및 사용용도별 수질에 맞는 물 생산 및 공급 · 물의 위치에너지와 열에너지를 활용하여 에너지를 생산함으로써, 도시 에너지 자립률 향상에 기여	◦ 분산형 물관리에 의한 물관련 도시의 안전도 향상 기술 (이수, 치수) ◦ 물순환 복원에 의한 생태·열환경 개선 기술 ◦ 수자원 신재생에너지 활용 기술 ◦ LID 기반 물순환 기술 적용 효과 모니터링 기술
유지 관리 및 교육	· 모든 관계자들의 이해와 교육 및 관련 전문가의 육성 · 토지소유주의 시설 소요 비용에 대한 지불의사 유도 · 명확한 가이드라인을 가진 장기적인 유지 및 운영 계획 마련	◦ 녹색 물순환 모델도시의 구축 및 운영·유지관리 기술

2. 수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 범위

○ 저에너지 물순환 도시 조성을 위한 LID 물순환 계획 · 설계 기술 개발

- 기후변화에 적응하고 도시 개발로 인한 영향을 최소화한 물순환 도시 조성을 위해 기존 도시에 경제적으로 LID 기술을 적용하고, 신규 개발 도시에 계획 단계에서부터 LID 기술을 반영할 수 있도록 하는 최적의 LID 계획 설계 기술



○ LID 기법에 의한 그린 인프라 구축 기술 개발

- 녹지 및 비녹지 지역을 대상으로 개발 이전 수준의 수문학적 특성으로 회복하기 위해 요구되는 LID 물순환 복원 기술의 고도화 및 융합 기술



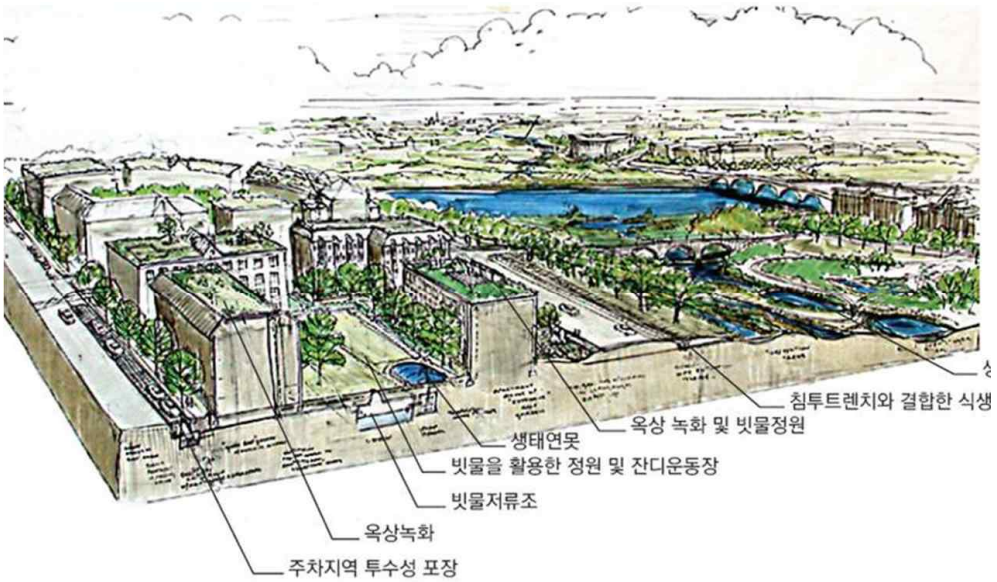
○ LID 기반의 강우유출수 관리 및 활용 기술 개발

- 기후변화에 적응하고 재해에 강건한 도시 조성을 위해 강우유출수를 가능한 발생 지역에서 관리하여 도시 홍수를 예방하고 저류된 강우유출수를 적극 활용하는데 요구되는 LID 기반 분산식 강우유출수 관리 기술



○ 물순환 녹색 모델도시 구축 및 운영기술 개발

- LID 기반 물순환 모델 도시를 제시하기 위해 테스트베드를 조성하고 LID 물순환 기술의 적용효과를 실증, 운영 기술



2절. 필요성

기후변화에 의한 홍수피해, 물 부족현상 및 열환경 악화 등에 대응하고 생태적인 도시를 조성하기 위해 도시 내 모든 물을 자원화하고 물순환 과정에서의 에너지를 절약하고 회수하는 적극적인 물 관리 기술이 필요한 시점에서 국가주도의 에너지 기반의 물순환 기술개발을 위한 연구과제 도출이 요구됨

□ 기후변화 적응과 도시 수문 특성의 건전화 절실

- ○ 물순환 체계 파괴로 인하여 땅 속으로 스며드는 빗물량이 감소하여 지하수는 고갈되고 하천은 건전화됨
- ○ 하수처리장의 처리용량을 초과하는 초기 강우의 유출로 하천 생태계는 교란되고 있음
- ○ 도시 내 증발산량의 감소는 열 순환 왜곡을 야기하여 열대야 및 열섬 현상이 빈번해지고 있음

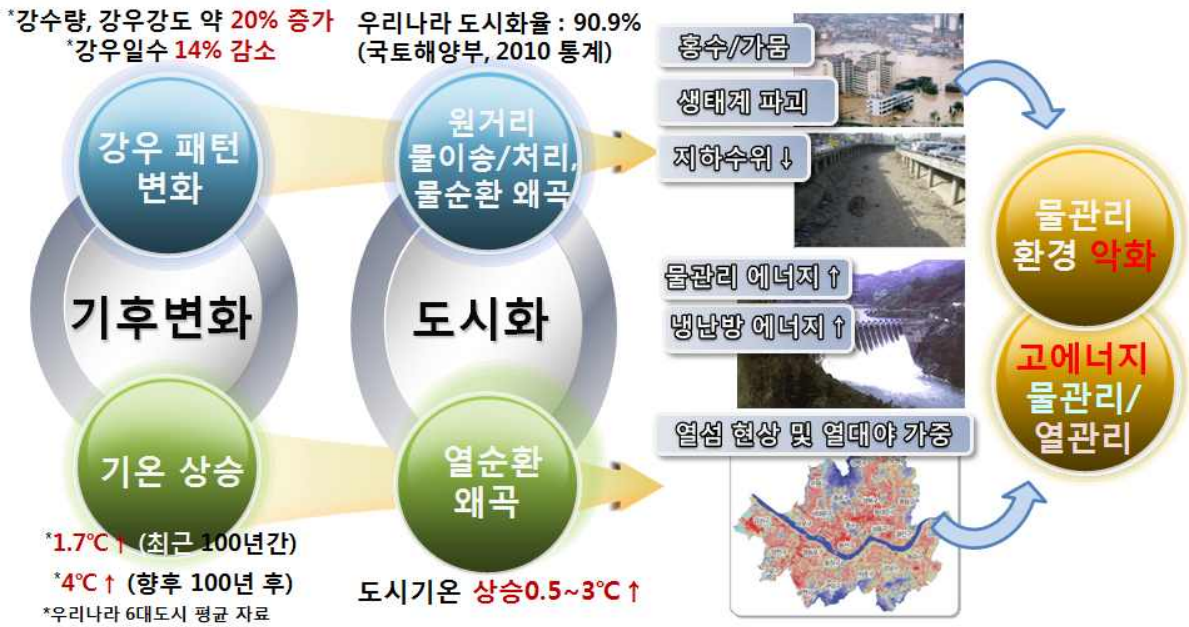


그림 1.1 순환체계의 파괴에 따른 문제

□ 수자원의 관리 및 이용의 중요성 확대

- ○ 세계적으로 물 부족 문제가 대두되고 있으며 이에 따라서 지속가능한 수자원의 확보가 중요하게 인식되고 있음. 한국이 물 압박국가로 분류되어 있음 (Engelman and LeRoy, 1993)
- ○ 국토해양부의 수자원장기종합계획 Water Vision 2020 (2006)에 따르면 국내의 연

평균 강수량은 1,245mm로써 세계평균 강수량의 1.4배이나 인구밀도가 높기 때문에 1인당 연강수총량은 2,591㎥으로 세계 평균의 약 1/8임을 고려할 때, 적절한 물 관리 기술 및 물관리 체계 확립이 필요한 상황임

- ○ 하천 취수율이 36%로써 OECD 국가에서 높은 수준으로 물부족과 수질관리에 취약한 환경임
- ○ 수자원관리가 어려운 기후 및 지형 특성
  - 연강수량의 2/3가 6~9월에 집중되고, 갈수기인 11월부터 익년 4월까지 6개월간은 연강수량의 1/5에 불과하여 연중 고른 강수량을 갖는 외국에 비해 홍수와 가뭄 빈발
  - 하천경사가 급해 유량변동계수가 300~400으로 외국의 주요 하천과 비교하여 10배이상 큼.
- ○ 60년대 이후 연강수량의 변동폭이 커져 가뭄과 홍수의 크기가 갈수록 증가하는 추세로 기존 수자원 시설물의 용수공급과 홍수방어 능력을 취약하게 하는 원인으로 작용
- ○ 따라서, 기존 수자원관리 및 치수 시스템을 보완하기 위한 다변화된 분산형 시스템의 도입 시급

□ 도시 운영을 위한 에너지 효율화 및 저탄소 도시 구현 절실

- ○ 생활용수와 공업용수를 위해 수처리와 펌프에 사용되는 에너지가 전 세계 에너지 소비의 2~3%에 해당함
- ○ 미국을 중심으로 도시 물공급 시스템의 에너지 효율화에 대한 관심이 높아지고 있음
- ○ 지난 40여 년간 많은 도시들이 한국에서 조성되어 도시 환경을 향상시켜왔으나 여전히 에너지 다소비적이며, 생태성이 결여된 소비 지향적 성격의 도시를 벗어나지 못하고 있어 기후변화에 취약한 도시 구조를 가지고 있음
- ○ 기후변화에 대응하고 생태적인 저탄소 녹색도시를 조성하기 위해 수량과 수질 및 생태를 동시에 고려한 자연 친화적 물순환 도시 조성 기술과 빗물, 유출지하수, 상·하수, 저수지 등 모든 물 자원을 연계 활용하는 통합 순환시스템이 요구됨

□ 재해에 강건하고 자연 자원을 보전하는 녹색도시 조성 기술 필요

- ○ 지난 100년간 강우량은 17% 증가하고, 강수일수는 18% 감소하는 등 일 80mm 이상의 집중호우 발생일이 70년대에 비해 2배 이상 증가
- ○ 2010년과 2011년에 서울 도심에서 침수발생
- ○ 집중호우 등 기후변화에 대응하고 생태적인 도시를 조성하기 위해 발생한 강우를

그 지역 내에서 적극적으로 관리하는 기술이 필요함

○ 이를 위해 수량과 수질 및 생태를 동시에 고려한 저영향개발(LID) 기반의 물 순환 도시 조성 계획·설계 기술의 확보가 요구됨

□ **도시 내 물의 능동적 자원화 및 통합 관리 시스템 확보 필요**

○ 도시용수의 자족성을 향상시키기 위해, 도시홍수 등 도시 내에서 발생한 강우 유출수를 자원화 하는 기술 및 물 사용량이 많은 공업용수 대상의 여러 번 재이용 가능한 맞춤형 재이용 기술의 확보가 필요함

○ 빗물, 유출지하수, 상·하수, 저수지 등 모든 물 자원을 연계 활용하는 통합 순환시스템이 요구됨

□ **물관리 에너지 효율화 기반 기술 확보 필요**

○ 에너지 소비가 많은 물 관련 시설을 대상으로 한 용수 생산과 공급 효율성을 향상을 위한 기술 개발이 필요함

□ **물 산업 육성 필요**

○ 골드만삭스는 주요 관심 산업군 중 하나로 물 산업을 명기

○ 통합 물관리 기술의 세계시장 규모는 2008년 5억 달러에 불과하였으나 2020년에는 163억 달러 이상으로 성장할 것으로 전망됨

○ 물 관련 기업으로 구성된 블룸버그 물 펀드 2004～2006년 평균 수익률 41%

○ 2007년 정부는 현재 11조 원 정도인 국내 물 산업 규모를 2015년까지 20조 원 이상으로 키우고 세계 10위권에 드는 기업을 2개 이상 육성한다는 “물 산업 육성 5개년 세부 추진 계획”을 공포함

○ 국내 시장을 선점을 위해 이미 국내에 진입해 있거나, 향후 진출을 도모하고 있는 세계적인 물 관련 기업들과 차별화 된 물 관리 시스템 개발을 통해 국부 유출을 사전에 방지할 수 있음

2 국내외 동향 및 환경분석

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

가. 저탄소 녹색성장 정책

□ 기후변화 협약

○ 우리나라는 기후변화 대응 온실가스 감축의무대상국은 아니나, 포스트 교토협약에 임박하여 감축의무대상국에 포함될 가능성이 높고, 이는 국내 산업에 큰 영향

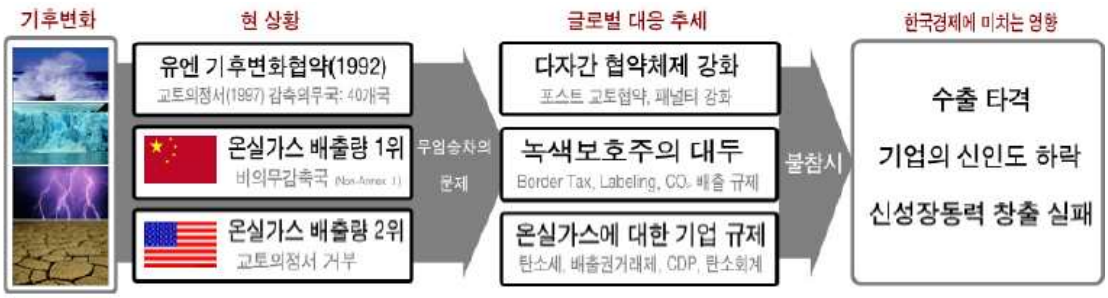


그림 2.1 기후변화 대응 글로벌 동향과 한국경제에의 영향

* 삼성경제연구소, CEO Information 「기후변화협약위기인가 기회인가」2009.7.29

□ 정부는 (2008.8.15) '저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Korea)'국가 비전을 수립하고, 지자체의 기후변화 대응 10대 과제와 분야별 추진과제를 설정

○ '저탄소 녹색성장'은 기존의 화석연료 중심의 에너지 소비체제에서 벗어나 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장이며 녹색기술과 청정에너지로 신 성장동력과 일자리를 창출하는 신 국가 발전의 패러다임을 의미

○ 친환경 도시 사례 분석 결과 친환경 저탄소 도시 내 이수관련 (용수 수송에너지의 절감 및 보조 수자원으로서 중수 및 우수의 활용) 기술과의 융합이 필수적임

□ 국가 신성장 동력 종합 추진계획

○ 포스트 교토체제(~2012년) 형성을 위해 새로운 무역규제와 인센티브 도입 추진, 정부는 21세기 전세계적 자원·환경 위기 및 초고령 사회에 대비한 미래준비와 녹색성장의 본격 추진하기 위해 『신성장동력 비전 및 발전전략』 (2009.1.13), 녹색성장 국가전략 5개년 계획(2009.7.6) 발표

□ 녹색성장 국가전략 및 5개년 계획(녹색성장위원회, 2009. 7)

○ 저탄소 녹색성장 기본법의 주요 내용은 녹색경제, 녹색산업의 창출 및 단계적 전환 촉진, 녹색산업투자회사 설립, 기후변화, 에너지 목표 관리제, 총량제한 배출권 거래제 등 도입

○ 녹색국토 조성, 저탄소 교통체계 구축 등 2020년까지 세계 7대, 2050년까지의 세계 10대 녹색강국 진입을 비전으로 설정

○ 기후변화 적응 및 에너지 자립, 신성장 동력 창출, 삶의 질 개선과 국가위상 강화를 3대 전략으로 채택

○ 효율적 온실가스 감축, 탈석유·에너지 자립강화, 기후변화 적용역량 강화, 녹색기술개발 및 성장동력화, 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성, 산업구조의 고도화, 녹색경제 기반 조성, 녹색국토·교통의 조성, 생활의 녹색혁명, 세계적인 녹색성장 모범국가 구현을 10개 정책방향으로 설정

□ 저탄소 녹색 성장 융합을 위한 정책방향 설정

○ 정부는 2009년 11월 17일 1년여의 논의 끝에 2020년 온실가스 감축 목표를 2020년 온실가스 배출 전망치 대비 30%를 감축 목표로 설정하고 국내총생산(GDP)의 2%를 녹색성장에 투자할 계획(청와대 정책소식, 2009, 11)

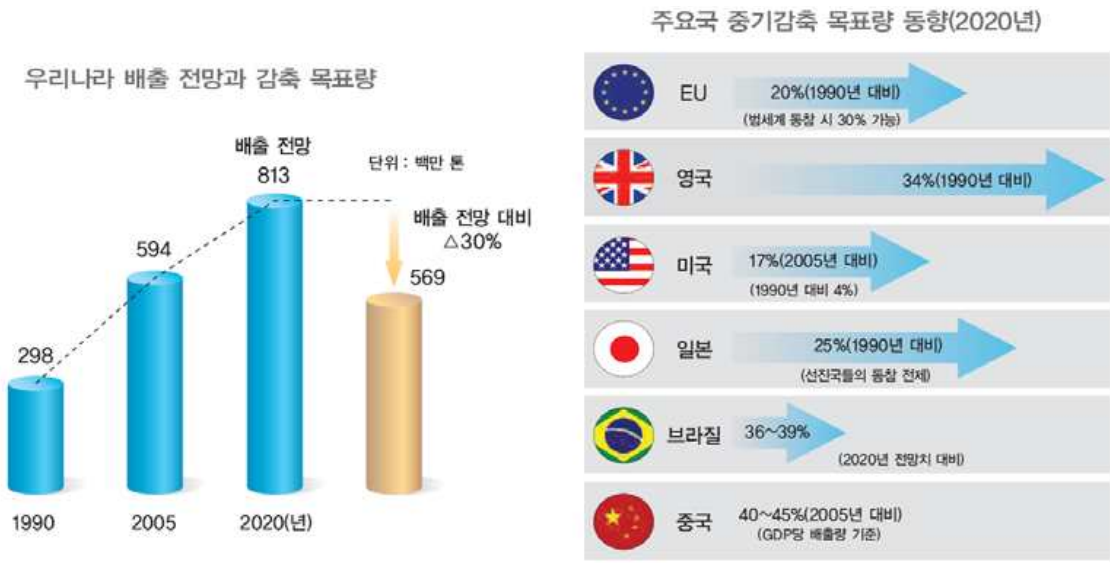


그림 2.2 우리나라 온실가스 배출전망 및 감축목표량 (청와대 정책소식, 2009, 11)

나. 녹색도시 조성 확대

□ 국토해양부(2008. 12)는 2009년 업무 보고에서 '물과 함께하는 국토 재창조' 등 『3대 핵심 정책 과제』와 공기업·민간 투자 유발효과가 커서 내수 진작 효과가 높은 프로젝트를 "한국형 뉴딜 10대 프로젝트"로 제시

[3대 핵심정책과제]

- 공공부문이 경기회복을 견인하고 과감한 규제완화 추진
- 재정조기 집행과 건설시장 정상화로 침체된 경제 회복
- 3대 핵심과제의 성공적 추진에 모든 역량 집중



그림 2.3 3대 핵심정책 과제

□ 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 (국토해양부, 09. 7)

○ 기후변화에 대비하여 도시계획 차원에서 온실가스 감축을 통한 종합적인 기후변화 완화 및 적응계획을 수립하여 대응할 필요성이 제시됨에 따라 본 지침은 기후변화에 대응한 도시공간적 적응 역량을 강화하고 저탄소 녹색도시 조성을 위한 제도적 기반을 마련하고자 함

- 온실가스 감축과 자원절약형 개발 및 관리를 위하여 한계자원인 토지, 화석연료 등의 소비를 최소화하고 효율적으로 이용할 수 있는 저탄소 녹색도시 조성을 유도할 수 있도록 계획(지침 1-4-3)

□ 지속가능한 신도시 계획기준 (국토해양부, 2010. 1) 「택지개발촉진법」 제8조 및 동법시행령 제7조 제5항의 규정에 의하여 신도시의 개발계획 및 실시계획을 수립함에 있어 지

속가능한 녹색성장이 이루어질 수 있도록 필요한 사항을 규정

- ‘지속가능한 신도시 계획기준’, ‘도시 계획시설의 결정·구조 및 설치에 관한 규칙’ 등을 개정하여 신도시 건설시 적용 예정임
- 자원・에너지를 재활용하는 자원순환형 도시구조로 유도, 지속성 및 자족성 확보기준 설정 및 계획 수립
- 신도시 자족성 확보기준 검단(Zero 에너지타운), 동탄2(에너지자립마을), 아산탕정(저탄소 녹색마을)에 “저탄소 녹색도시 시범마을” 조성을 위해 “녹색도시 마스터 플랜” 마련

□ 저탄소 에너지절약형 신도시 조성방안 연구 (국토해양부, 2010. 4)

- 기존 도시의 운영보다는 도시 계획적 측면에서 주거부문, 에너지 부문, 환경기초시설 부문(상하수도 인프라 포함) 등 다양한 분야에 대한 탄소 저감 및 에너지 절약을 위한 전략이 요구됨을 강조함
- 기후변화에 대응해 앞으로 조성되는 신도시는 신재생에너지활용, 분산형 빗물관리 시스템 도입 등 저탄소 에너지절약형 신도시를 조성하기로 결정함
- 기후 변화를 초래하는 화석연료를 줄이고, 태양광, 지열, 풍력 등 환경친화적인 신재생 에너지 사용의 확대

□ 친수구역특별법 (2010, 10)

- 4대강 하천 경계로부터 2km 안팎에 있는 지역을 수자원공사 등 공공기관이 ’친수구역’으로 지정해 주택, 관광시설 등을 개발할 수 있도록 하는 것이 주요 골자로 하는 특별법(주관처-수자원공사)
- 친수구역으로 지정된 곳은 아파트, 주거・상업・산업・문화・관광・레저시설을 조성해 운영할 수 있게 함, 또한 필요할 경우 사업 시행자에 대해 법인세・소득세・관세・취득세・등록세・재산세 등의 조세를 감면함
- 2010년 12월8일 국회를 통한 친수구역 활용 특별법에 따라 국가하천 주변지역을 친수구역으로 지정해 개발하는 사업이 내년 본격화, 이를 위해 2011년 7월 사업계획을 수립한 뒤 후보지를 선정해 12월 지정할 방침
- 4대강 수변구역 20개소에 물 순환형 중소규모의 도시 혹은 물길 조성을 구상에 있음

다. LID 물순환 관리에 의한 수자원 확보, 수생태 회복 및 재해저감 정책

□ 자연재해대책법(소방방재청, 2004.12 타법개정)

○ 근래 극심한 가뭄으로 인하여 농업용수는 물론 생활용수가 부족하여 물에 대한 위기가 고조되고 있으며, 앞으로도 기후변화에 따른 자연재해가 빈발할 것으로 전망됨에 따라 「풍수해대책법」을 제정, 1995. 12.6 「자연재해대책법」(법률 제4993호)으로 전문개정 공포함

- 가뭄방재를 위한 조사·연구, 재해정보 및 비상지원, 재해복구, 자연재해저감 연구 및 기술개발에 관한 사항을 규정, 자연재해예방을 위하여 재난관리책임기관의 장이 필요하다고 인정하는 사항 등에 해당하는 조치를 취하도록 함

○ 태풍, 홍수 등 자연현상으로 인한 재난으로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설(基幹施設)을 보호하기 위하여 자연재해의 예방·복구 및 그 밖의 대책에 관하여 필요한 사항을 규정

○ 제2조(정의) '우수유출저감시설*'

- 우수(雨水)의 직접적인 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를 지하로 스며들게 하거나 지하에 가두어 두는 시설

○ 제3조(책무)

- 풍수해 예방 및 대비: 우수유출저감시설 설치 기준 제정·운영
- 가뭄대책: 빗물모으기 시설을 활용한 가뭄 극복대책

○ (우수유출저감대책의 수립 및 우수유출저감시설기준의 제정·운영)

- 자연대해대책법 시행령 제16조(우수유출저감시설의 설치 대상사업 등)

□ 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(환경부, 2007.5)

○ 하천·호소 등 공공수역의 수질 및 수생태계를 적정하게 관리·보전하기 위해 제정

○ 제2조(정의) '점오염원', '비점오염원', '강우유출수' 정의

○ 제4조(수질오염총량관리) 제4의3(오염총량관리기본계획의 수립 등)

○ 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침(2010. 6)

○ 제2장(공공수역의 수질 및 수생태계 보전)

□ 물재이용 촉진에 관한 법률 (환경부, 2010.06.)

○ 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재이용 촉진을 제도적으로 뒷받침하기 위해 "물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률"을 제정 및 공포하였고 수도법 개정 내용을 반영한 하위규정을 마련 중에 있음

- 물의 재이용정책을 체계적으로 추진하기 위해 환경부장관이 10년마다 물 재이용기본계획을 수립·시행토록 하였고 시장·군수는 관할 지역에서 물 재이용

관리계획을 수립하도록 함

- 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 등 물 재이용시설의 설치 의무대상을 늘려 물의 재이용 확대를 도모
- 하·폐수처리수 재이용업과 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업을 새로 도입해 하·폐수처리수 재이용사업을 하려는 경우 환경부장관의 인가를 받아 재처리수를 공급할 수 있도록 함
- 빗물이용, 오수 및 하·폐수처리수의 재처리 기술개발 촉진을 위한 연구개발 및 재정지원 등에 관한 사항 규정

□ 친수구역 조성 지침(2011. 11)

○ 친수구역내 홍수 및 수질오염 저감을 위해 LID기법 적용 명시

○ (LID 정의) 홍수 및 수질오염 저감을 위한 우수의 침투, 저류, 물순환 체계를 고려한 토지이용 계획기법

○ (기본방향) 토지이용계획에 저영향 개발 기법(LID)을 적용하여야 함

○ (물순환계획) LID적용 등으로 오염원 배출이 최소화되도록 계획하여야 함

2. 국외 정책동향

가. LID 기반의 물순환 기술 개발 확산 동향

□ 1990년대 초에 Prince George's County, Maryland에서 본격적으로 LID 기술을 적용하기 시작함.

○ 이후, 중앙정부(Department of Housing and Urban Development 및 EPA)와 지자체(Maryland, Washington, Los Angeles 외)에서 적극적으로 확산하여 불투수면적을 줄이고 자연 보전용 토지면적을 증가시켜 강우유출을 효과적으로 저감함으로써 자연지역을 보존하고 개발 및 관리비용을 줄이며 자산가치를 증가시키는 핵심방안으로 계획단계부터 관련사항을 검토하도록 권장하고 있음.

□ 해외 국가들의 'Green Race'

○ 전 세계적으로 2050년까지 녹색성장 분야에 45조 달러에 달하는 투자가 예측 (도이취은행, 2009) - 표 2.1

○ 주요 선진국들은 기후 변화에 대응하고자 녹색산업, 녹색기술을 국가 경쟁력의 원천으로 인식하고 있음

○ 2005년 선진국이 온실가스 감축에 구속력을 부여한 교토의정서가 발효되었고, 선진국들은 2008~2012년까지 연평균 온실가스 배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 감축해야 함

○ 지속가능한 신도시 정의: 거시적으로 지구환경을 보전하는 관점에서 에너지, 자원폐기물 등 한정된 지구자원을 고려하고, 미시적으로 정주지 주변 환경과 친밀하고 아름답게 조화를 이루게 하며, 도시의 경제발전 및 사회 조화를 이룸

표 2.1 주요 선진국의 녹색 기술관련 투자 및 노력

국가	투자 및 노력
영국	2020년까지 207조원 투자
독일	2020년까지 50만 명의 고용창출
미국	온실가스 감축, 그린에너지를 통해 고용확대 전략(오바마 행정부)
EU	6개 부분(물산업, 자원 재활용, 재생에너지 등) 시장육성전략('08.1)
일본	환경을 경쟁력으로 활용하여 세계 환경시장 진출과 경제활성화 전략 추진

자료 : 저탄소 에너지 절약형 신도시 계획 수립보고서 (LH연구소, 2009.5)

□ 국가별로 물 순환 도시 조성 기술 개발에 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입, 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하는 정책을 추진

나. 국가별 LID 물순환 관리 동향

□ 미국, 독일, 영국, 일본 등 선진국을 중심으로 국토의 자연자원을 보전하고 생물다양성 및 하천의 건강성을 위해 물순환(water cycle city) 시대를 열어가고 있음. 더욱이 기후변화에 적응하기 위한 일환으로 물에 민감한 도시(water sensitive city)를 구현하려는 물관리 정책으로 변모하고 있음 (그림 2.4)

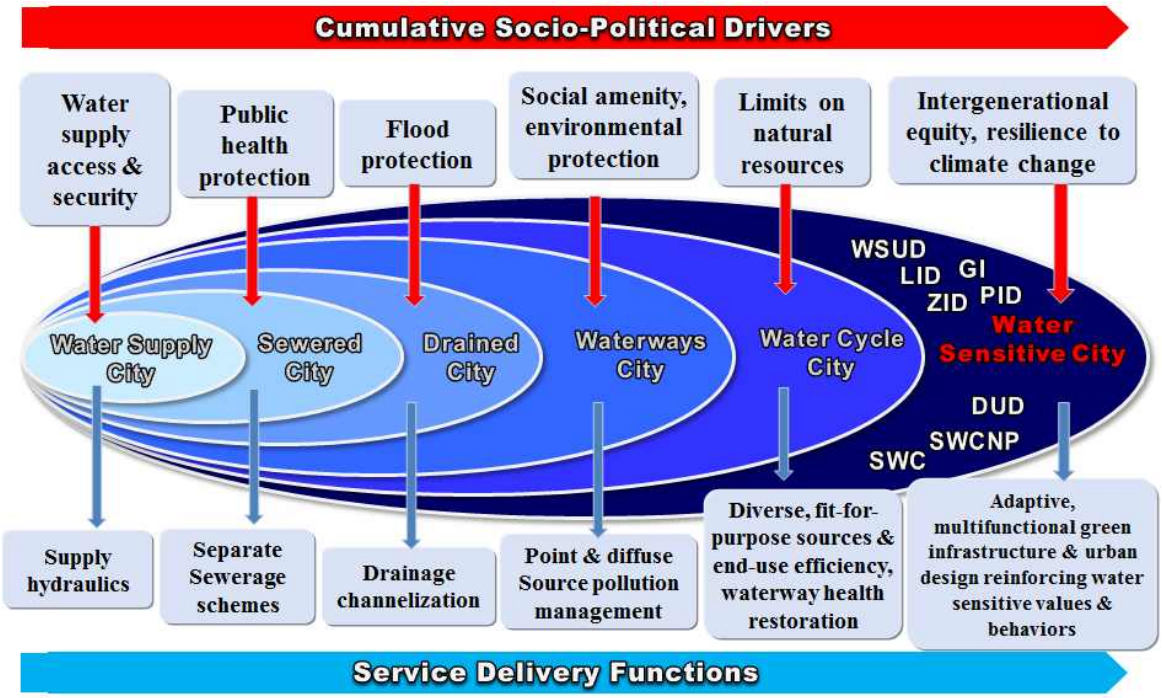


그림 2.4 물관리의 변천사 (Brown et al. 2008-일부수정)

□ 미국

○ 2009년 10월 5일 오바마 대통령은 행정부 지시(Executive Order 13514, Section 14)를 통해, 465 m^2 이상 규모인 연방시설물의 개발 또는 재개발할 경우, 강우 유출수의 수온, 용량, 유출률과 유출기간 등이 개발 전 수준의 수문학 특성을 갖도록 유지하거나 복원하는 계획, 설계, 시공 및 유지관리 지침(빗물관리 지침, Stormwater Guidance)을 60일 이내에 작성하도록 미국환경청(EPA, Environmental Protection Agency)에 요구하여 빗물관리 지침 작성

□ 일본

○ 유역 내에 내린 빗물을 하천으로 빨리 배제하기 보다는 가능한 저류하고 침투시키도록 하고 있으며, 더욱이 하천수를 유역 내로 유입시켜 하류의 침수를 방지하도록 유수지를 조성하고 있음

○ 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 빗물관리가 활발하게 진행되고 있음

○ 84개 회원사, 지자체 중심의 89개 특별회원으로 구성된 국토교통성 인가 법인인

(사)우수저류침투기술협회를 중심으로 기술지침, 민간에서 수행하는 빗물저류침투기술을 평가하여 인증하고 있음

□ 독일

○ 독일공업규격협회(DIN)와 물·하수·폐기물 협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술지침을 제시하고 있음

□ 물순환 녹색모델 도시구축에 따른 적용효과 실증 및 운영기술 개발

○ 미국, 독일, 폴란드 등 선진국에서는 물순환 녹색도시 구축을 위하여 다양한 프로젝트를 진행하고 있다. 규모에 따른 사례는 다음과 같다.

Large Scale			
Project	Location	Main Problem	Main Aim
From Grey to Green	Portland, Oregon, USA	periodic combined sewer overflows during heavy rain events	develop sustainable stormwater management programmes to counteract combined sewer overflows while enhancing cities'' greenery
Waterplan2	Rotterdam, Netherlands	effects of climate change (intensive rain events, rising sealevel) causing local flooding	use synergies between water management and spatial development to manage water problems and enhance cities attractiveness
Blue-Green Network	Lodz, Poland	quantitative and qualitative problems of the entire water system	develop an integrated watershed management plan involving all affected stakeholders

Medium Scale			
Project	Location	Main Problem	Main Aim
Tanner Springs Park	Portland, Oregon, USA	public park - urban - - residential/commercial	use decentralised stormwater management to re-establish natural wetland in a dense urban area that can also be used for recreation
Trabrennbahn Farmsen	Hamburg, Germany	new development district - suburban - residential	apply on-site stormwater management through the implementation of an open drainage system that is the key design element of the new development
Hohlgrabenäcker	Hamburg, Germany	new development district - - suburban - - residential	save costs for stormwater management through the application of green roofs, cisterns and pervious pavement instead of enlarging sewer system for rainwater drainage

Small Scale			
Project	Location	Main Problem	Main Aim
Potsdamer Platz	Berlin, Germany	building complex - central -- mainly commercial	create a sustainable and aesthetically pleasing building complex managing all stormwater on-site
10th@Hoyt Apartments	Portland, Oregon, USA	housing block - urban - residential	turn rainwater into art to contribute to the quality of life in the apartment complex
Prisma Nürnberg	Nürnberg, Germany	housing block - urban - commercial/residential mixed	use decentralised stormwater management for playful stormwater design to establish a balanced indoor climate while providing an attractive living and working environment

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국내 시장동향

가. LID 빗물관리 사업 및 시장 동향

□ LID기술을 활용한 도시조성 및 물 · 물질순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요가 급증하고 있음.

□ 그러나 국내의 빗물관리시설 현황은 대부분 수도권에 집중되어 있고, 시설용량에서는 서울시, 경기도, 대전광역시 순으로 나타났으며 기타 시도의 경우에는 미미한 수준임([그림 2.5] 분산형 빗물관리 시스템의 설계 및 유지관리 가이드라인 개발, 구자용 참조)

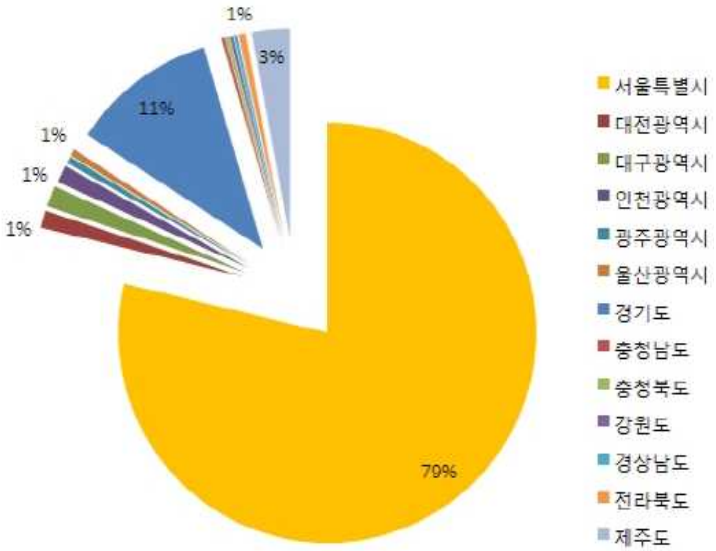


그림 2.5 국내 빗물관리 시설 도입 현황(시설용량)

□ 특히 서울특별시의 수해방지용 빗물저류조는 총 16개소로 208,157m^3의 저류용량(공사중, 예정포함)을 보유하고 있으며, 빗물 침투시설은 872,854m^2(공사중, 예정포함), 빗물이용시설은 총 297개소로 88,485m^3의 이용량(공사중, 예정포함)을 보유하고 있음(표 2.9 참조)

□ 관련 정부부처 계획 및 현황

○ 교육과학기술부에서는 초·중등학교에 2009년에서 2012까지 200개 학교에 8,000억원을 투자하여 생태녹지 공간조성, 빗물이용시설 등 친환경 기법이 적용된 그린스쿨(Green School) 사업 추진 중에 있음

○ 환경부에서는 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률을 2009.06.02 정부입법안으로 확정 (빗물이용시설 공공청사로 확대(안 제8조), 중수도 설치 관광단지, 산업단지, 택지개발사업 등 개발 사업으로 확대(안 제9조), 4대강 수질개선 등 비점오염원 관리를 위해 2006년~2015년까지 1조2천6백억 원 투자 계획

□ 소방방재청에서는 2009년 추경예산안 우수저류지시설 설치비용으로 148억을 편성받아 2014년까지 우수저류시설 설치사업으로 3,500억 원 투자 중이며, 부산시에 4만 5,000m^3 저장 규모로 공공시설 및 산중턱, 공원 등에 빗물저장시설 설치하기 위해 공사비 200억 원 중 120억 원 국고 지원

표 2.2 서울특별시의 빗물관리시설 설치현황('07.12월)

구 분	계	완료	공사중	예정
수해방지용 빗물 저류조	208,157m^3 (16개소)	69,424m^3 (8개소)	5,560m^3 (2개소)	13,3173m^3 (6개소)
빗물침투시설 설치 현황(면적)	872,854m^2	763,653m^2	26,030m^2	83,171m^2
빗물이용시설 (대규모 건축물 등)	76,661m^3 (234개소)	14,674m^3 (69개소)	38,390m^3 (107개소)	23,597m^3 (58개소)
빗물이용시설 (설치비지원)	11,824m^3 (63개소)	서울시지원(55개소) : 개인주택 60.24m^3, 소형복합건축물 54m^3 민간단체 설치(8개소) : 4m^3		

출처: 분산형 빗물관리시스템의 개발 및 유지관리 가이드라인, 구자용

나. LID 녹색 물순환 도시 조성 시장 동향

□ 정책변화로 인한 수자원에너지 기반의 물 순환 도시조성 기술 개발요구는 녹색도시 조성 건설시장 규모를 지속적으로 확대시켜나가는 중요한 요인으로 작용할 것으로 전망됨(U-Eco City 사업단 사전기획 연구, 건설기술교통평가원)

□ 중소규모 신도시 조성 현황

○ 최근 조성되고 있는 중소규모 신도시(혁신도시, 행복도시, 기타 공공기관 주도의 신도시 건설사업)의 규모가 100조원 이상이 될 것으로 예상됨

○ 이 가운데 약 15% 정도의 공사규모만을 예상하더라도 녹색도시 조성을 위한 건설시장 규모는 약 15조원 이상이 될 것으로 추정

표 2.3 수자원에너지 기반의 물순환 도시 관련 산업의 국내 시장규모 전망

구 분	2005년	2010년	2015년	2020년
녹색도시 조성(억원)	10,000	30,000	50,000	60,000

□ 대규모 공사 수주액 기준으로 생태·친수공간 조성 등 녹색도시 관련 기술 적용분야의 2007년도의 국내 건설시장 규모는 868억 달러로 세계 건설시장과 동일한 성장률을 적용할 경우 2012년은 1,026억 달러, 2030년에는 1,874억 달러로 증가할 것으로 예상됨

□ 녹색도시 관련 기술이 적용될 분야의 녹색건설 시장 규모는 2012년은 384억 달러, 2030년에는 700억 달러 정도로 추산할 수 있음(R&D focus 2009-10호, 한국과학기술기획평가원)

표 2.4 국내 시장 전망치 (단위 : 백만달러, %)

구 분		2007년	2012년	2020년	2030년	비 고
국내 건설수주액		86,864	102,669	134,154	187,417	성장률 3.4%
	주택	47,975	56,704	74,094	103,511	
	토지조성	3,997	4,724	6,173	8,624	
	도로 및 교량	7,245	8,563	11,189	15,631	
	상하수도	1,190	1,407	1,838	2,568	
녹색건설		3,020	41,813	52,558	69,950	
	녹색주택	2,399	33,208	41,741	55,555	
	생태적 토지조성	200	2,767	3,478	4,628	
	생태 도로	362	5,015	6,304	8,389	
	생태적 물순환	60	824	1,036	1,378	

※ 국가통계포털(www.kosis.kr) 자료 / 환율 1$ = 1,200원(2007년) 적용

□ 관련 정부부처 계획 및 현황

○ 국토해양부에서는 2012까지 주택 500만호, 공공택지 1억3000만평 개발을 추진 중에 있으며, 분산형 빗물관리로 수자원 절약 및 도시 쾌적성 향상을 위해 저탄소 에너지 절약형 신도시 조성 중에 있음

2. 국외 시장 동향

가. LID 빗물관리 및 빗물이용 현황

□ 독일, 일본, 네델란드 및 프랑스의 빗물관리 및 이용 현황은 표 2.5와 같음

표 2.5 국가별 빗물이용 현황

국 가	내 용
독 일	‣대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있어 가장 적극적으로 빗물이용 추진 ‣Vauban Freiburg는 지구 전체의 80% 정도에 우수체계를 도입. 옥상녹화 및 각종 우수관거를 통해 우수를 집수하고 중수를 이용하는 시스템을 구축하였으며 오염도가 낮은 생활폐수의 경우 바이오필름을 통해 정화 후 물순환 체계로 보내도록 계획함.
일 본	‣1980년 이후부터 도시생태계의 복원과 아울러 빗물이 새로운 수자원으로 인식되면서 빗물을 용수로 활용하는 다양한 기술과 제품들이 개발되고 있으며 공공시설과 민간시설에 설치된 빗물이용시설수는 약 8,000개소로서 저류용량은 3십5만m^3 정도임. (빗물저류 및 침투시설의 관리 및 적용_특집/물순환 회복을 위한 빗물관리Ⅰ)
네덜란드	‣GWL terrein은 수자원 순환과 관련해서 우수 집수 및 재활용계획을 수립했음. 우수 또한 자연배수를 통해 중앙연못으로 집수하여 수자원 순환의 집결지이자 계절별 변화에 대응하기 위한 우수 저장 공간의 역할을 도모하도록 하였음. 저층 건물의 경우 플라스틱 혹은 콘크리트 우수저장탱크를 건물지하에 설치 관리하고, 옥상우수로 재활용하거나 일부는 생활용수로 이용함. 고층건물 블록에서는 옥상녹화를 통해 빗물을 흡수 및 저장, 관리하고 폐기물을 재활용함. ‣Stad Van des Zon은 수공간으로 둘러싸여 있어 물순환이 이루어지며 반시계 방향으로 물이 순환되면서 정화되어 레크레이션 활동이 가능할 정도의 수질을 지니고 있음. 주거단지에서 나온 하수는 '달의 공원(Park of Moon)'이라는 남쪽에 위치한 인공습지에서 자연 정화되도록 함.
프 랑 스	‣Clichy-Batinolles의 공원에 계획된 대규모 수공간은 비오톱 연못과 수공간으로 계획되었음. 연못에서 우수를 집수하고 집수된 우수는 10m 높이의 1,500m^3의 집수정을 통하여 저장한 후 재활용토록 함. 또한 우수 필터링을 통해 중간 수준의 오염된 물을 정화하여 생활용수로 재활용토록 함. 상기 시스템을 통해 일반 프랑스 가정에서 사용하는 물의 양 대비 50% 정도를 절감할 계획에 있음.

나. LID 물순환 녹색도시 조성 시장

○ 세계 시장에서의 물순환 녹색도시 조성 및 물산업 기술동향을 살펴보면, LID기술을 활용한 도시조성 및 물순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요가 급증하고 있음

○ 이러한 추세를 통해 물 산업 분야에서 지능형 물생산·공급 시스템으로 패러다임으로 변화하고 있다는 것을 알 수 있음

○ 이미 수년 전부터 국내외 기관에서는 수자원에너지의 중요성을 주장하는 한편, 세계 물산업의 성장 역시 전망하고 있음

○ 또한 수자원과 이와 관련된 녹색도시 조성에 대하여 거래가 가능한 하나의 산업이라는 인식이 커지면서 세계적으로 물 순환 녹색도시 및 물산업의 성장을 전망하고 있음

○ 선진외국은 천연 대체수자원으로 빗물을 이용하고자 1980년대부터 기술을 개발하여 보급

○ 세계 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억$(2007)에서 8,650억$(2025)로 증가 예상

○ 전세계 상하수도 분야 시장규모는 2007년 3,200억 달러 (물시장의 약 90%)에서 2025년에 6,430억 달러(물시장의 약 85%)로 성장이 예상되어 기존 상하수도 인프라를 보완 또는 대체하는 LID 물관리 인프라 기술의 적용 시장 규모가 확대될 것으로 전망됨

3절. 기술동향분석

1. 특허분석

□ 분석절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

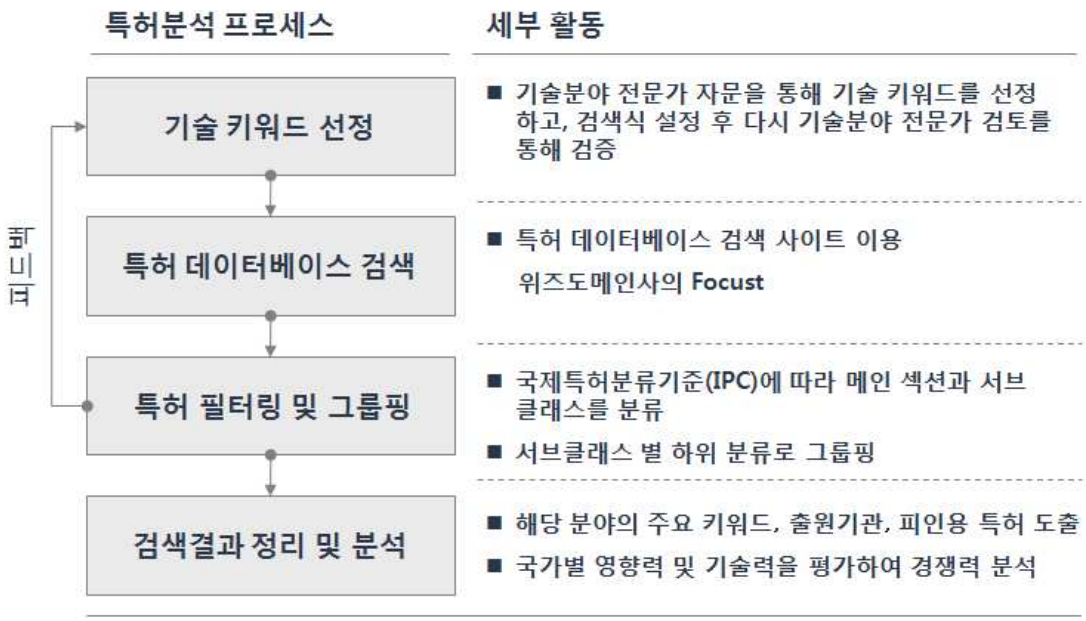


그림 2.6 특허 분석 프로세스

□ 분석범위

○ 특허 검색은 미국, 일본, 유럽 및 PCT에서 1991년 이후 공개•등록된 특허를 대상으로 하였음

○ 검색은 위즈도메인사의 FOCUST를 활용하였으며, 검색 범위는 명칭(Title), Abstract(요약), Claim(청구항)으로 함

○ 검색수준은 1장의 기술체계도상의 중분류 수준으로 키워드 검색하고, 분석은 대분류 수준에서 수행함

표 2.8 기술별 특허 검색식

대분류	중분류	검색식	특허수
LID 기술	LID 요소 기술	계획설계기술	(house or building or urban or district) and ("watercycle" or "hydr* cycle") and (plan* or design*)	3
		비점오염원 저감모델링기술	(stormwater and (veget* or filt* or sediment* or vortex*)) or ((nonpoint or "non point" or "non-point") and pollut*)	196
		분산형 빗물관리시스템	(rainwater and (tank or harvest* or infilt*)) AND ICH=(E03B-003 or E04D-013)	588
		포장면 물순환 건전화 기술	(drain* or retentive* or infiltrat* or permeable) and (water* or rainwater)) and (road* or street* or way) and pavement	476
		물순환에 의한 도시 열순환 개선 기술	("micro climate" or " heat island" or "tropical night") and evapor*	37
		모니터링기술	("water cycle" or "hydr* cycle") and (measur* or monitor* or detect* or sens*)	61
	자원화 기술	영향•효과분석	("water cycle" or "hydr* cycle") and (effect* or econom*) and (evaluat* or asses*)	0
		홍수, 빗물 등 자원화 기술	((flood or stormwater) near/3 (collect* or reus*))	44
		오수, 공업용수 등 재이용 기술	(rainwater or greywater or "industrial water") and (reus* or recycl*)	345
		물자원통합관리 /활용시스템	(water near/2 (manage* or utiliz* or system)) and interated	100
		인공습지 정화기술	wetland and treat*	156
		다중수원 확보기술	((multi near/3 "water source*") and secur*)	0
물순환 과정 에너지 회수 기술		소수력,자가발전형전기공급장치	((micro or "small scale") and "hydr* power")	51
		하수열 회수 및 활용 기술	(((rainwater or graywater or greywater or sewage) near/2 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*))	17
		지열, 하수열 융합기술	(geothermal near/3 (water or rainwater)) and hybrid	3
		물에너지자원화 도시기반시스템	(water near/1 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*) and (system or infra*)	145

가. 전체동향

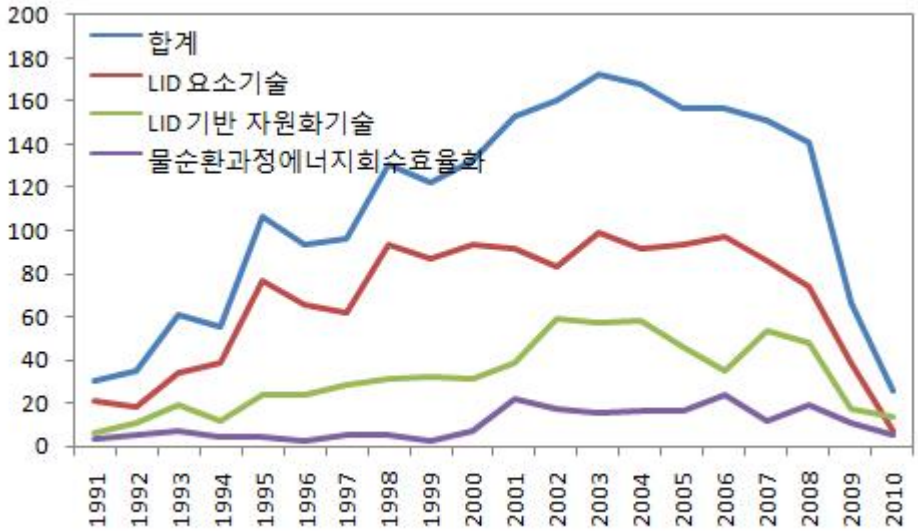
□ 연도-기술분야별 특허출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 미국, 유럽, 일본, PCT에 등록 및 공개된 특허는 총 2,211건임

- 분야별로는 LID요소기술 1,352건, LID기반 자원화 기술 643건, 물순환과정에너지회수효율화 216건으로 나타남

○ 연도별 특허출원추세는 1991년 31건에서 2008년 141건으로(최근 2년은 출원미공개 특허가 존재하여 연평균성장 분석에서 제외함) 연평균 9%의 성장세를 나타냄

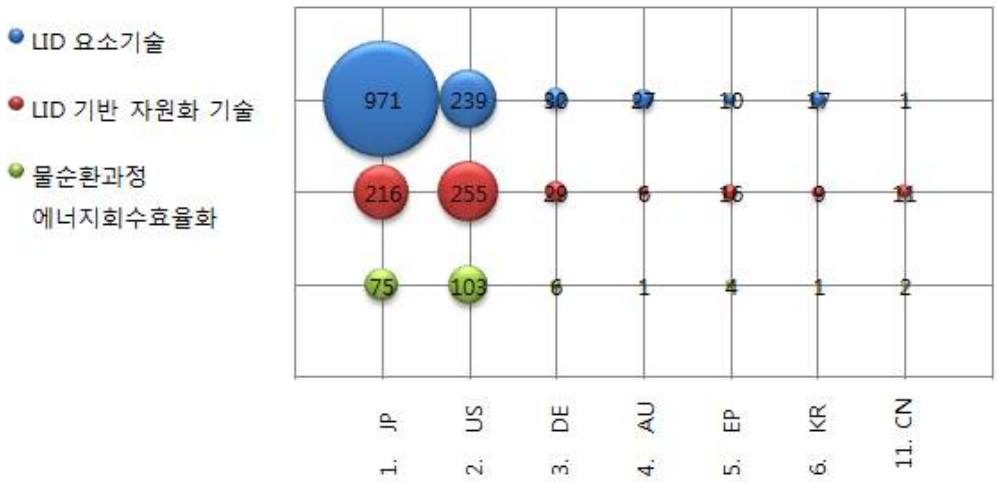
- LID요소기술은 1991년부터 지속적으로 성정하여 2003년 188건으로 가장 활발한 특허 출원•등록 활동을 나타내었으나, 이후 소폭감소함
- LID기반 자원화 기술, 물순환과정에너지회수효율화 분야는 1990년대에는 특허출원이 저조하였으나, 2000년대 이후 가파른 성장세를 보임



□ 국가-기술분야별 특허출원등록 현황

○ 국가별 특허출원등록 현황을 분석한 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 특허를 가장 많이 출원•등록한 국가는 일본이고, 그다음으로 미국, 독일, 호주, 스페인, 우리나라 순으로 나타남

- 일본은 LID 요소기술과 관련된 특허를 집중적으로 출원•등록함
- 미국은 전분야에서 골고루 특허 활동이 활발함
- 우리나라는 상대적으로 LID 요소기술 관련된 특허를 많이 출원•등록하였음



□ 기술분야별 국가경쟁력 순위

○ 우리나라는 LID 요소기술, LID 자원화 기술에서 5위권 안에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있음

- 특히 특허건수보다 영향력지수, 기술력지수가 높게 나오는 경향으로 미루어보아 양질의 특허를 많이 보유하고 있음
- 그러나 물순환과정에너지회수효율화 부분의 특허활동이 미미하여, 관련된 연구활동의 활성화가 필요함

기술분야	국가	특허건수		영향력지수		기술력지수	
		건수	순위	지수	순위	지수	순위
LID 요소기술	대한민국	17	5	1.88	3	32.02	4
	미국	239	2	4.97	1	1188.34	1
	일본	971	1	0.04	8	34.39	1
	중국	1	17	-	-	-	-
LID 기반 자원화 기술	대한민국	9	10	0.06	5	0.55	5
	미국	255	1	0.22	2	55.45	1
	일본	216	2	0.01	10	1.70	2
	중국	11	8	-	-	-	-
물순환과정 에너지 회수효율화	대한민국	1	12	-	-	-	-
	미국	103	1	0.15	4	15.23	1
	일본	75	2	-	-	-	-
	중국	2	7	0.04	5	0.08	6

나. 세부동향

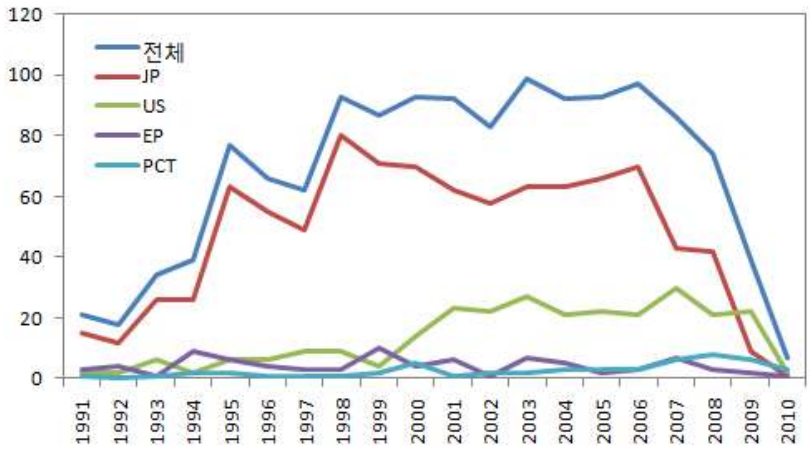
(1) LID 요소기술

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ LID 요소기술과 관련한 특허는 총 1,352건이 검색되었고, 꾸준히 증가하여 연평균

7%의 성장세를 나타냄

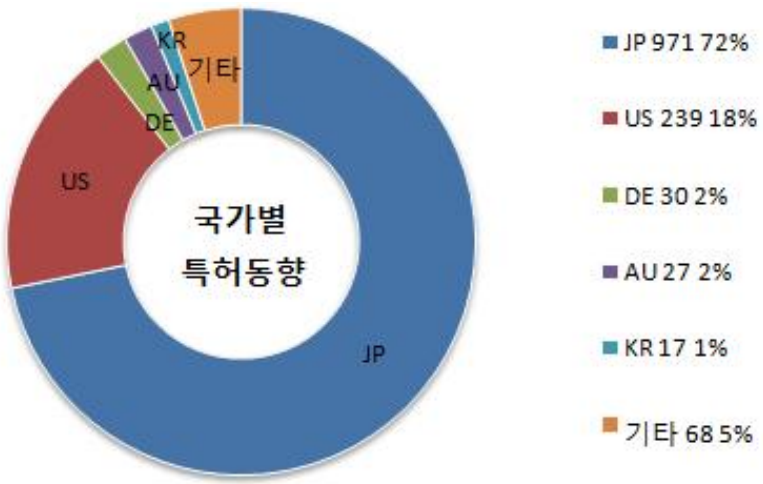
- 일본 특허청에서 944건이 출원되어 일본 내 기업을 중심으로 기술개발과 지재권 확보 노력이 활발함
- 1990년대에는 일본에서 출원•등록된 특허가 주를 이루다가, 2000년대 들어서 미국의 특허활동이 활발해짐



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 LID 요소기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 일본으로 971건으로 전체의 72%를 차지하고 있음

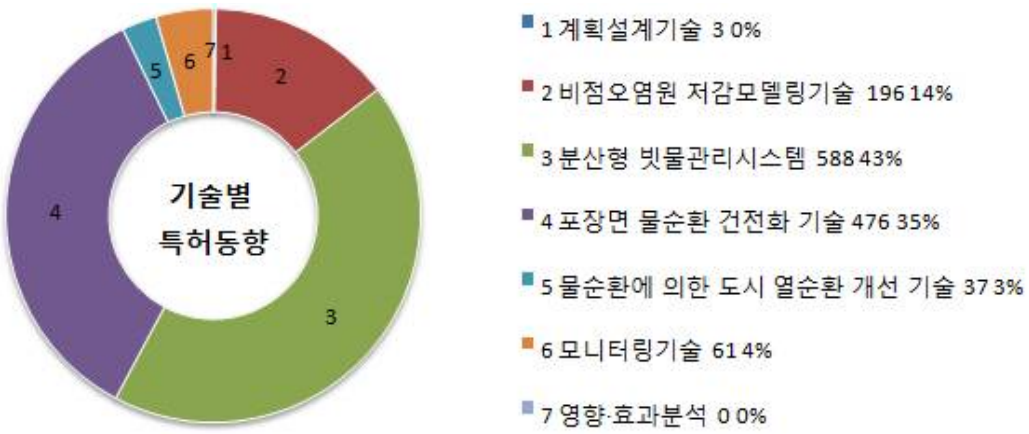
- 일본 다음으로는 미국, 독일, 호주, 우리나라 순으로 나타남



□ 기술별 특허출원등록 현황

○ 기술분야별로는 분산형 빗물관리시스템, 포장면 물순환건전화기술에 집중적으로 특허가 출원•등록되었음

- 계획설계기술, 영향효과분석과 관련된 특허출원이 미미함

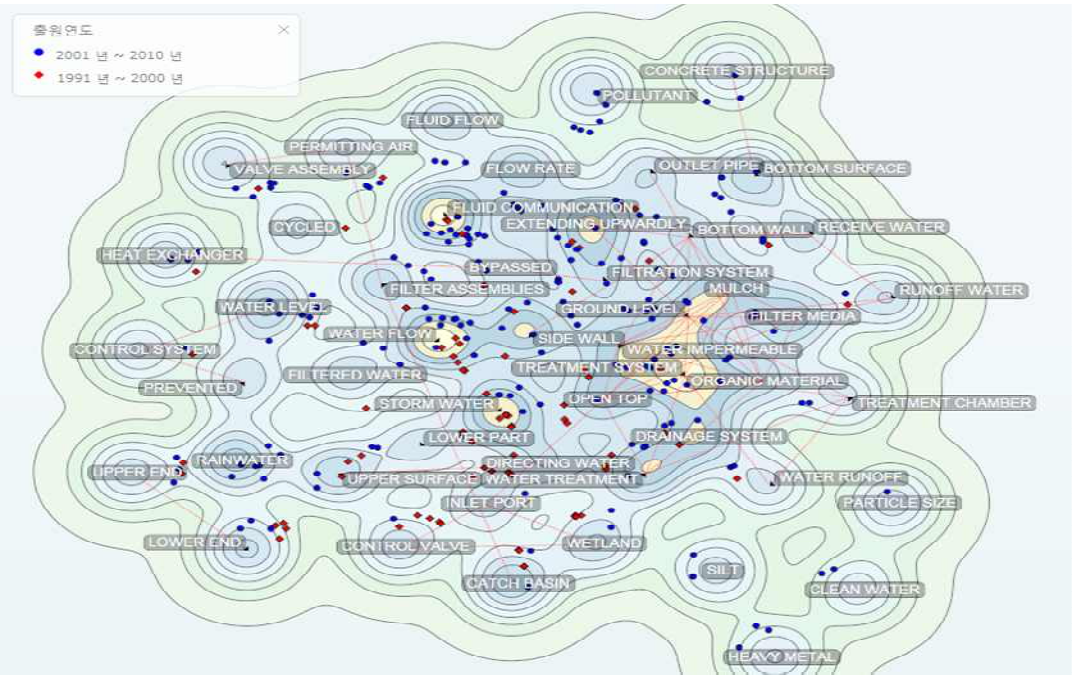


□ 특허 키워드맵 분석

○ 특허 키워드맵은 WISDOMAIN사의 특허분석 Tool인 FOCUST에서 제공하는 이미지로, 등고선은 키워드의 빈도를 나타내고 키워드 간의 연결선은 상호 연관성을 의미함

- 특허문서에 포함되어 있는 주요 기술용어를 데이터 마이닝 기법을 이용하여 추출한 후, 각 키워드별 출현빈도 및 상호연관성을 맵형태로 제시함

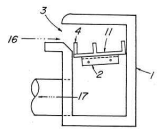
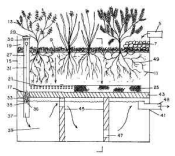
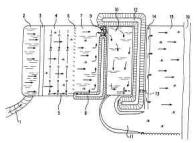
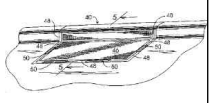
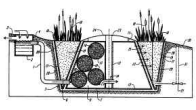
○ LID 물순환도시 관련 특허검색 결과의 키워드맵을 작성한 결과, 포장면 물순환 건전화기술과 연관된 water impermeable, mulch, organic material 등 의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있고, water flow, Fluid communication 등도 높은 출현빈도를 나타냄



주요 출원기관 현황

순위	미국		일본		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	CONTECH STORMWATER SOLUTIONS INC.	17	MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO LTD	4	SAMSUNG GENERAL CHEMICALS CO LTD	1
2	CDS TECHNOLOGIES, INC.	16	NISSAN MOTOR CO LTD	2	LG ELECTRONICS INC	1
3	SUPERIOR DRAINAGE, LLC	16	ISHIHARA SANGYO KAISHA LTD	2		
4	SAFETY PRECAST, INC.	16	MITSUI CHEMICALS INC	2		
5	KEYSTONE RETAINING WALL SYSTEMS, INC.	16	HANOGUMI KK	2		

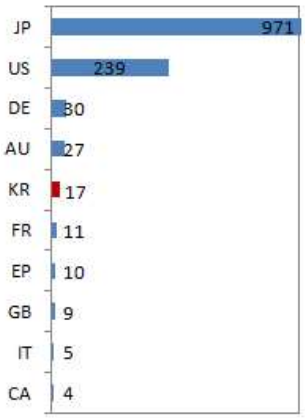
□ 주요 피인용 특허 정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US5232587	Stormwater inlet filter 우수 유입구 필터	DANDY PRODUCTS, INC.	1993	64	
US6277274	Method and apparatus for treating stormwater runoff 우수 빗물 양을 처리하기 위한 방법과 장치	AMERICAST, INC.	2001	43	
US5174897	Constructed wetlands to control nonpoint source pollution 비점오염원 오염을 제어하기 위한 인공 습지	UNITED STATES OF AMERICA DEPARTMENT OF AGRICULTURE	1992	39	
US5954952	Stormwater catch basin filter assembly 우수 수챗구멍 쓰레기 받이 필터 어셈블리	SLAMMER MANUFACTURING, L.L.C.	1999	35	
US5437786	Stormwater treatment system/apparatus 우수 처리 시스템/장치	STORMTREAT SYSTEMS INC	1995	34	

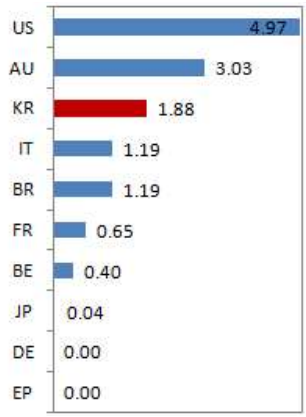
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 일본이 가장 많은 특허를 출원하였으나, 영향력 지수와 기술력지수는 미국이 우위를 나타냄

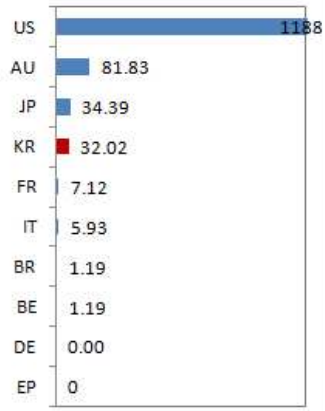
- 우리나라는 특허건수로는 5위였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 1.88(1이상이 유의값)로 3위를 기록하고, 기술력지수는 4위로 나타남



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



국가별 기술력지수

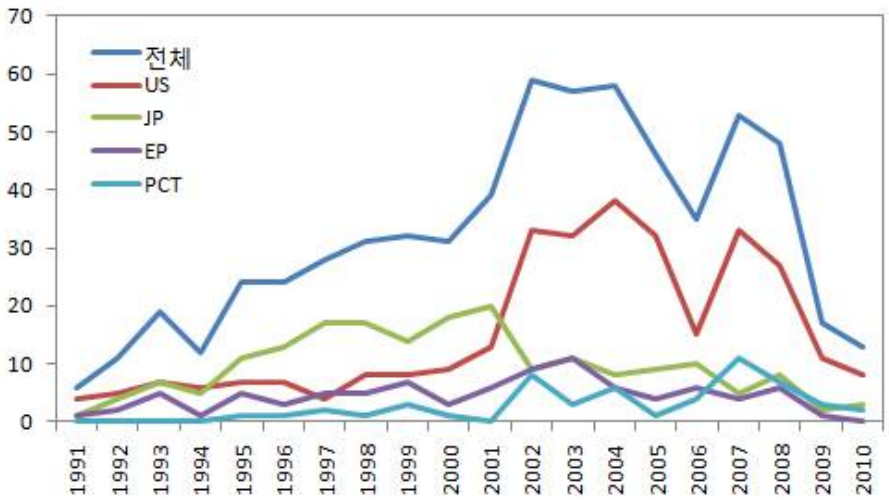
(2) LID 기반 자원화 기술

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ LID 기반 자원화 기술관련 특허는 총 643건이 검색되었고, 연평균 12%의 성장세를 나타냄

- 1990년대에는 일본에서 출원•등록된 특허가 주를 이루었으나, 2001년 이후 특허 활동이 주춤한 상황임

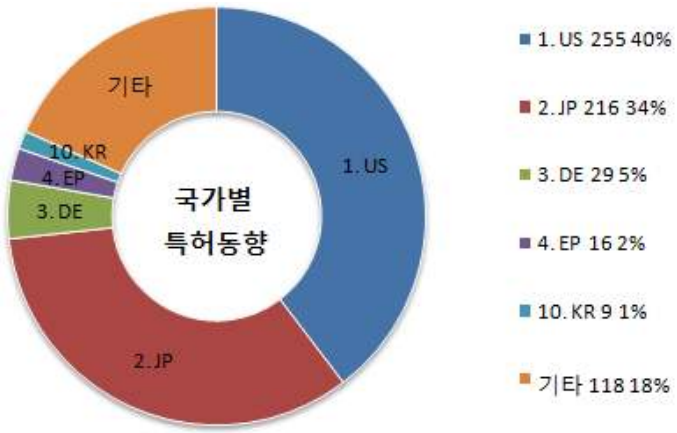
- 미국은 갑자기 특허가 감소한 2006년을 제외하고는 2000년대 들어서 통합물자원관리와 관련된 기술개발과 지재권 확보 노력이 활발함



□ 국가별 특허출원등록 현황

○ 우선권주장국가별로는 LID 기반 자원화 기술관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 미국, 일본 순으로 두국가가 전체의 74%를 차지하고 있음

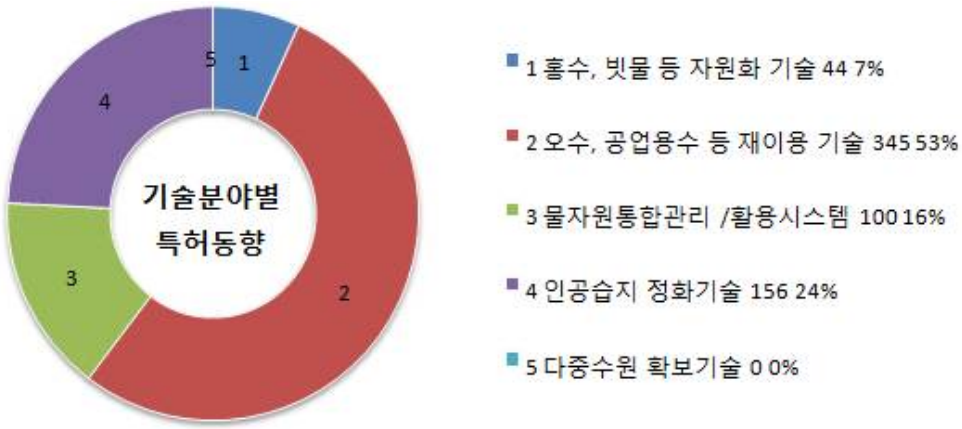
- 우리나라는 9건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남



□ 기술별 특허출원등록 현황

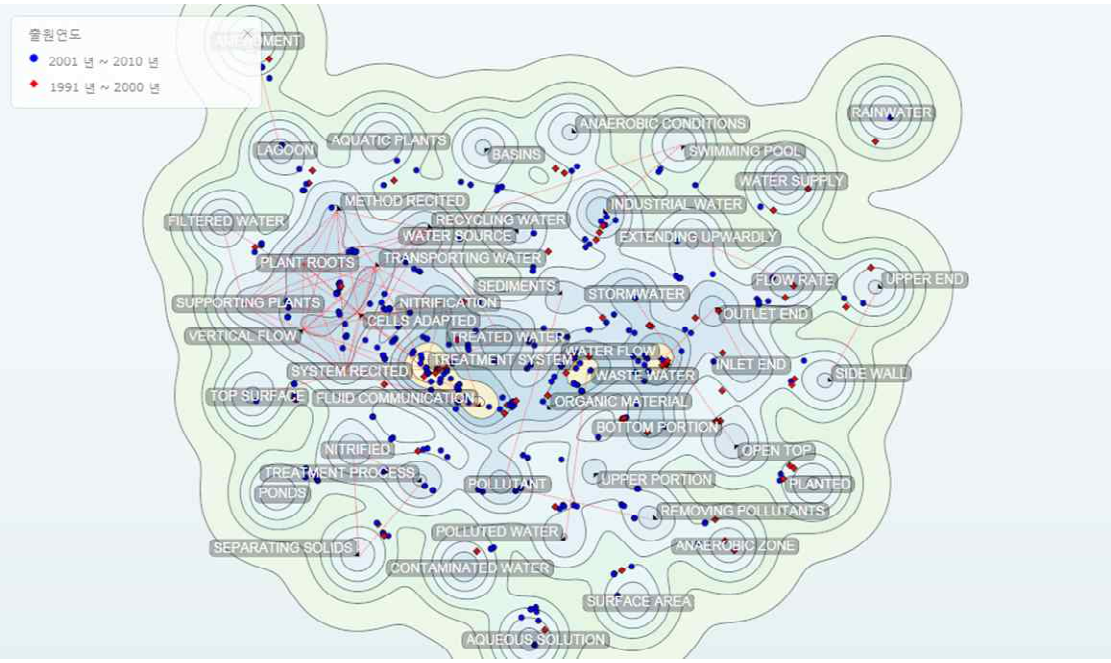
○ 기술분야별로는 오수, 공업용수 등 재이용 기술과 관련된 특허가 345 건으로 전체의 53%로 나타남

- 다중수원 확보기술과 관련된 특허출원은 검색되지 않음



□ 특허 키워드맵 분석

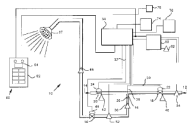
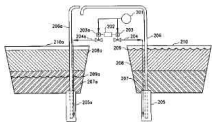
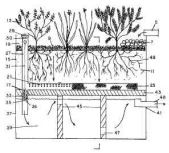
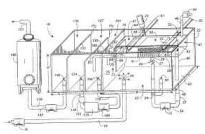
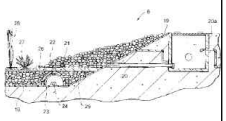
○ 통합물자원관리 기술 관련 특허검색 결과를 텍스트 마이닝툴을 적용하여 특허키워드맵을 분석한 결과, Fluid communication, Treatment system, Nitrification 등의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있고 Global Market이 형성되고 있음



□ 주요 출원기관 현황

순위	미국		일본		대한민국	
	특허권자	건수	특허권자	건수	특허권자	건수
1	DHARMA GROUP, LC	8	TOKYO ELECTRON LTD	2	ACCULAB CO LTD	4
2	UNIVERSITY OF FLORIDA RESEARCH FOUNDATION	6	OMEGA CO LTD	2	SAMSUNG	3
3	MODULAR WETLAND SYSTEMS INC	5	TAISEI CORP	2	BLUE ENVIRONMENT N TECH CO LTD	1
4	BION TECHNOLOGIES INC	5	SHARP CORP	2	KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY	1
5	CLEMSON UNIVERSITY	4	NICHIAS CORP	2	KOREA RURAL COMMUNITY CORP	1

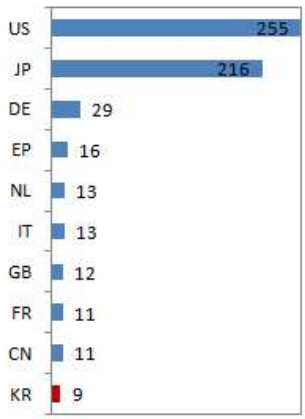
□ 주요 피인용 특허 정보

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US6286764	Fluid and gas supply system 유체와 가스 공급 시스템	FLUID DYNAMICS CORPORATION	2001	49	
US5863433	Reciprocating subsurface-flow constructed wetlands for improving wastewater treatment 폐수 처리를 개량하기 위한 왕복 지하 흐름 인공 습지	ABX AIR, INC.	1999	46	
US6277274	Method and apparatus for treating stormwater runoff 우수 빗물 양을 처리하기 위한 방법과 장치	AMERICAST, INC.	2001	43	
US5496469	Apparatus for reducing and separating emulsions and homgeneous components from contaminated water 오염수로부터 에멀젼과 homgeneous 성분을 감소시키고 분리시키기 위한 장치	Charles R. Jack R. Alonzo L.	1996	39	
US5893975	Enhanced subsurface flow constructed wetland 개선된 지하 흐름 인공 습지	ROUX ASSOCIATES INC	1999	39	

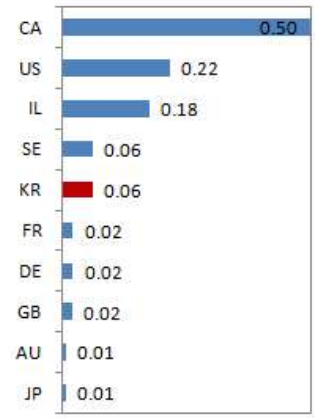
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 기술력지수에서도 1위를 기록하였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 캐나다가 우위를 나타냄

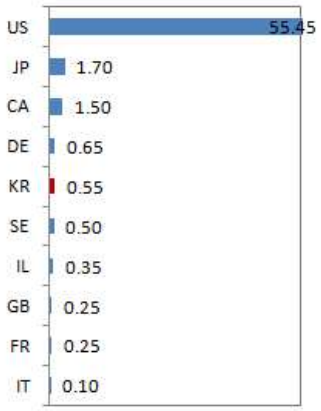
- 우리나라는 특허건수로는 10위였으나, 영향력지수 및 기술력지수에서 순위가 5위로 높아짐



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



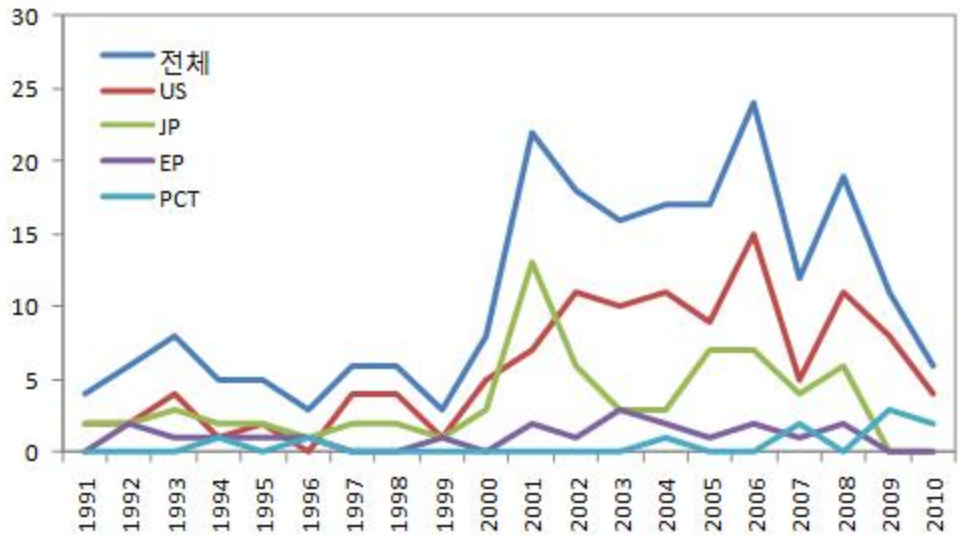
국가별 기술력지수

(3) 물순환 과정의 에너지 회수 효율화 기술

□ 연도별 출원등록 현황(최근 2년은 출원미공개 특허존재)

○ 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술과 관련한 특허는 총 216건이 검색되었고, 연평균 10%의 성장세를 나타냄

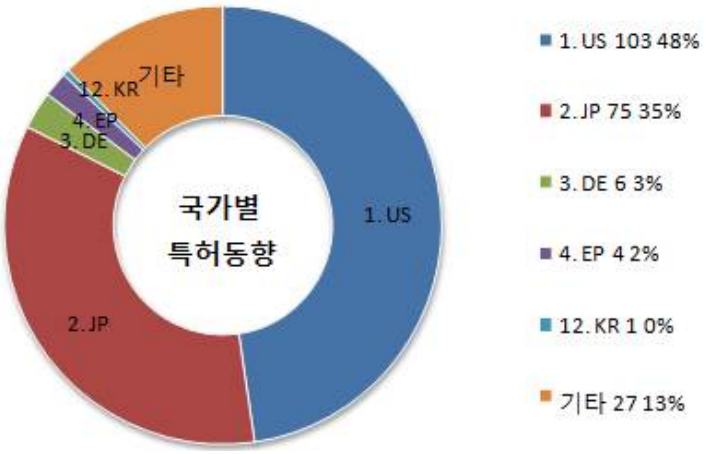
- 연도별 출원등록 추세가 비정형화된 패턴을 보이지만, 전반적으로 특허출원등록이 증가하였음



□ 국가별 특허출원등록 현황

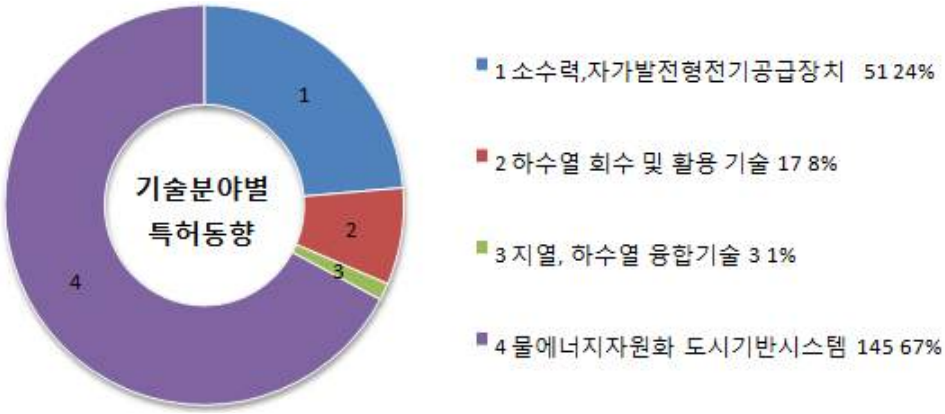
○ 우선권주장국가별로는 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허를 가장 많이 보유하고 있는 국가는 미국, 일본 순으로 두 국가가 전체의 83%를 차지하고 있음

- 우리나라는 1건의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남



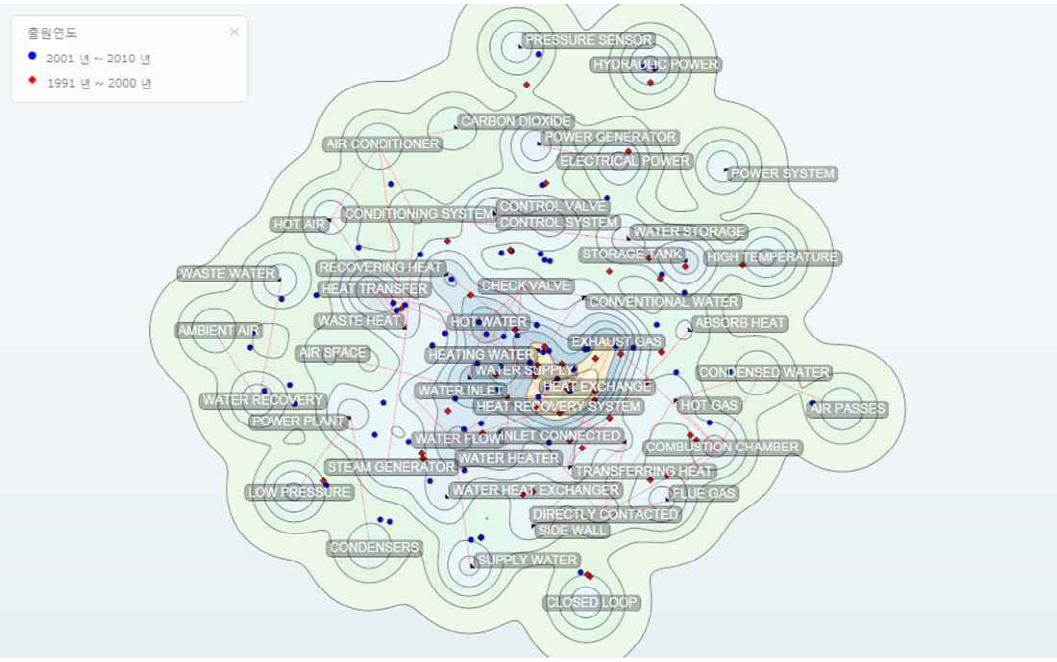
□ 기술별 특허출원등록 현황

○ 기술분야별로는 물에너지자원화 도시기반시스템과 관련된 특허가 145건으로 전체의 67%로 나타남

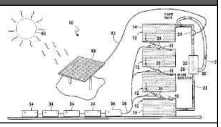
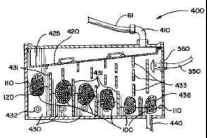
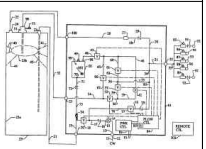
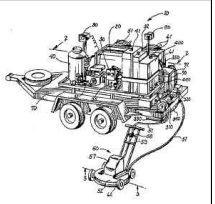
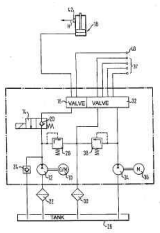


□ 특허 키워드맵 분석

○ 물순환과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허검색 결과를 텍스트 마이닝툴을 적용하여 특허키워드맵을 분석한 결과, Heat recovery system, Heat Exchange 등의 키워드를 가지는 분야에 특허가 집중되어 있음



□ 주요 출원기관 현황

등록번호	특허제목	권리권자	특허일	피인용 횟수	대표도면
US6051892	Hydroelectric power system 수력발전 시스템	Toal, Sr.; Timothy Michael	2000	18	
US5718015	Mobile power wash device with water reclamation and hydrocarbon removal apparatus 물 재생과 탄화수소 제거 장치를 가진 단말기 파워 세정 장치	NILFISK-ADVANCE TECHNOLOCIES, INC.	1998	14	
US5351712	Hot water recovery system 고온수 회수 시스템	Houlihan; John A.	1994	12	
US5500976	Mobile cyclonic power wash system with water reclamation and rotary union 물 재생과 로터리 유니온을 가진 모바일 격렬한 파워 세정 시스템	NILFISK-ADVANCE TECHNOLOCIES, INC.	1996	12	
US5505043	Hydraulic lift device for battery operated industrial trucks or the like 조종된 산업용 트럭 배터리 또는 기타 등등을 위한 수력 리프트 장치	JUNGHEINRICH AG	1996	10	

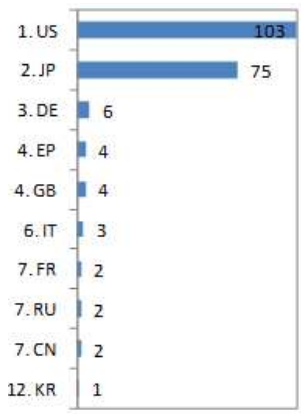
□ 주요 피인용 특허 정보

순위	미국		일본		대한민국	
	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
1	GENERAL ELECTRIC CO	8	OSAKA GAS CO LTD	6	YUN, MYUNG HYUK	1
2	HTE WATER CORP	2	TOKYO ELECTRIC POWER CO INC	4		
3	KUBOYAMA BIOKEN CO., LTD.	2	TOSHIBA CORP	4		
4	WAHLER METALURGICA LTDA	2	NORITZ CORP	4		
5	SPX CORPORATION	2	SEIBU GAS CO LTD	3		

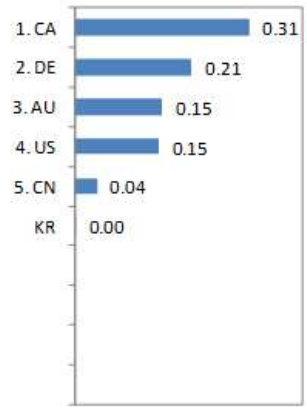
□ 국가 경쟁력 순위

○ 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 기술력지수에서도 1위를 기록하였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 캐나다가 우위를 나타냄

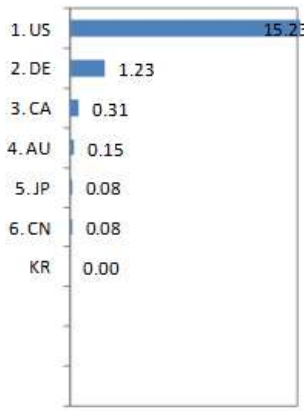
- 우리나라는 1건으로 특허건수로는 12위이고, 보유하고 있는 특허가 피인용되지 않아서 영향력지수 및 기술력지수에서 제외됨



국가별 특허건수



국가별 영향력지수



국가별 기술력지수

2. 논문분석

□ 분석절차

○ 본 기획에서는 조사항목, 대상, 기간, 검색범위를 설정하고 분석 대상 관련 Keyword 도출 및 검색식 설정, 논문 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름



그림 2.8 논문 분석 프로세스

□ 분석범위

○ 논문 검색은 1991년 이후에 SCI에 발표된 논문을 대상으로 하였음

○ 검색은 Web of Science를 활용하였으며, 검색 범위는 주제어로 함

○ 검색수준은 1장의 기술체계도상의 중분류 수준으로 키워드 검색하고, 분석은 대분류 수준에서 수행함

표 2.8 기술별 논문 검색식

대분류	중분류	검색식	논문수
LID 요소기술	계획설계기술	(house or building or urban or district) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (plan* or design*)	88
	비점오염원 저감모델링기술	((nonpoint or "non point" or "non-point") near/2 pollut*) and (reduc* or diminish* or decreas*)	300
	분산형 빗물관리시스템	rainwater and (tank or harvest* or infilt*) and (dispers* or decentral*)	24
	포장면 물순환 건전화 기술	(drain* or retentive* or infiltrat* or permeable) and (water* or rainwater) and (road* or street* or way) and pavement	53
	물순환에 의한 도시 열순환 개선 기술	("micro climate" or " heat island" or "tropical night") and evapor*	46
	모니터링기술	(LID or "low impact development" or "low carbon" or green) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (measur* or monitor* or detect* or sens*)	22
	영향•효과분석	(LID or "low impact development" or "low carbon" or green) and ("water cycle" or "hydr* cycle") and (effect* or econom*) and (evaluat* or asses*)	5
LID 기반 자원화 기술	홍수, 빗물 등 자원화 기술	((flood or stormwater) near/3 (resourc* or reus* or recycl*))	343
	오수, 공업용수 등 재이용 기술	(rainwater or greywater or "industrial water") and (reus* or recycl*)	348
	물자원통합관리/활용시스템	(water near/2 (manage* or utiliz* or system)) and interated	0
	인공습지 정화기술	artificial* and wetland and treat*	186
	다중수원 확보기술	(multi near/3 "water source*")	19
물순환 과정 에너지 회수 효율화	소수력,자가발전형 전기공급장치	(micro or "small scale") and "hydr* power"	48
	하수열 회수 및 활용 기술	((rainwater or graywater or greywater or sewage) near/2 (energy or heat)) and (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*)	106
	지열, 하수열 융합기술	(geothermal near/3 (water or rainwater)) and hybrid	5
	물에너지자원화 도시기반시스템	((water near/1 (energy or heat)) near/3 (harvest* or recover* or withdraw* or reus* or recycl*)) and (system or infra*)	374

가. 전체동향

□ 연도-기술분야별 논문발표 현황

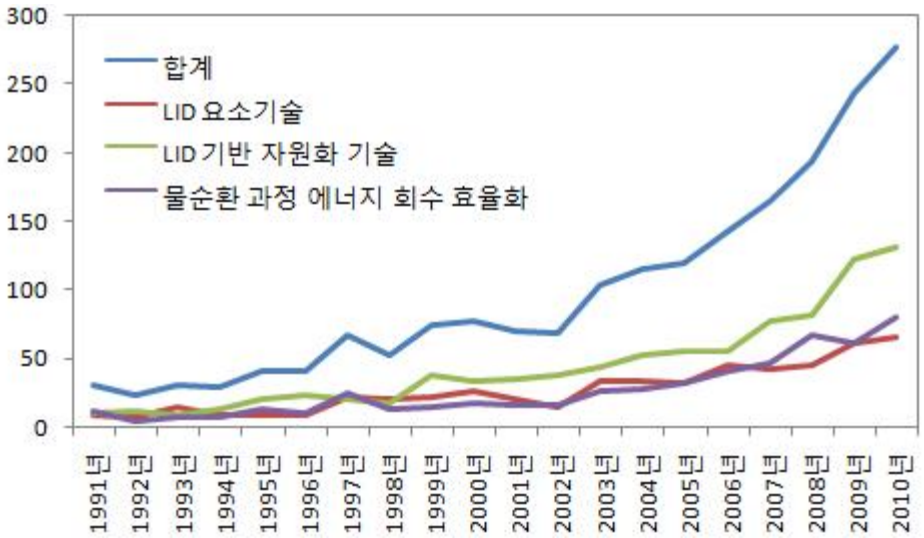
○ 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 발표된 SCI급 논문은 총 1,963건임

- 분야별로는 LID 요소기술 538건, LID 기반 자원화 기술 893건, 물순환과정에너지회수효율화 532건

○ 연도별 논문발표추세는 1991년 30건에서 2010년 277건으로 지속적으로 증가하여

연평균 12%의 높은 성장세를 나타냄

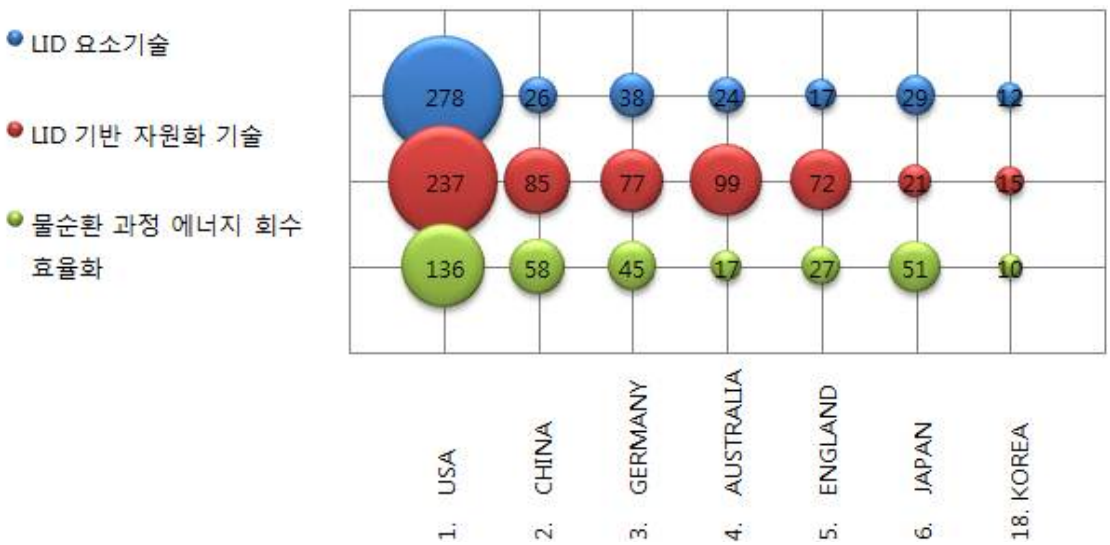
- 1991년부터 2000년대까지는 완만한 증가세였으나, 2001년부터 연평균 16%의 높은 성장률을 기록하여 연구활동이 활발해지는 분야임을 확인할 수 있음
- 기술분야별로는 LID 기반 자원화 기술이 14%로 가장 높은 성장세를 보였고, LID 요소기술 12%, 물순환과정에너지회수효율화 11%로 순으로 나타남



□ 국가-기술분야별 논문발표 현황

○ 국가별 논문발표 현황을 분석한 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 논문을 가장 많이 발표한 국가는 미국이고, 그다음으로 중국, 독일, 호주, 영국, 일본 순으로 나타났으며, 우리나라는 18위를 기록함

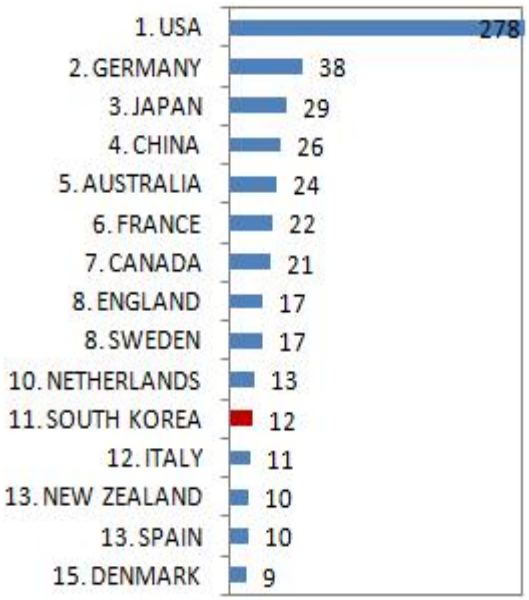
- 우리나라는 특허출원•등록 현황에 비하여 낮은 논문발표 순위를 기록하여 상대적으로 기초분야의 연구보다는 응용•개발분야에 집중하였음



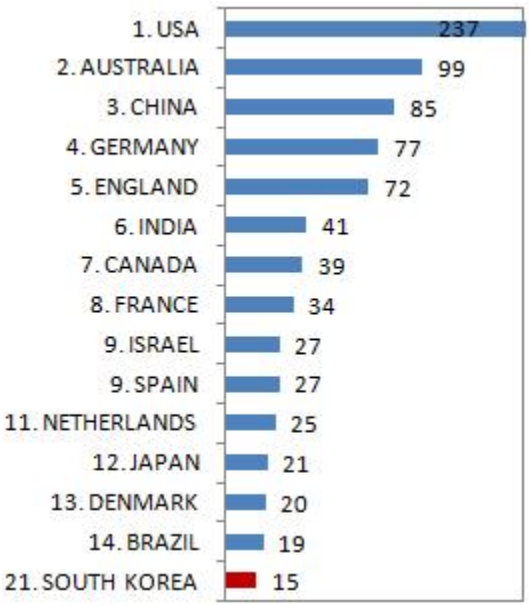
□ 기술분야별 국가경쟁력 순위(논문건수 상위 15개국)

○ 우리나라는 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 발표된 논문건수로 비교한 결과 18위로 나타남

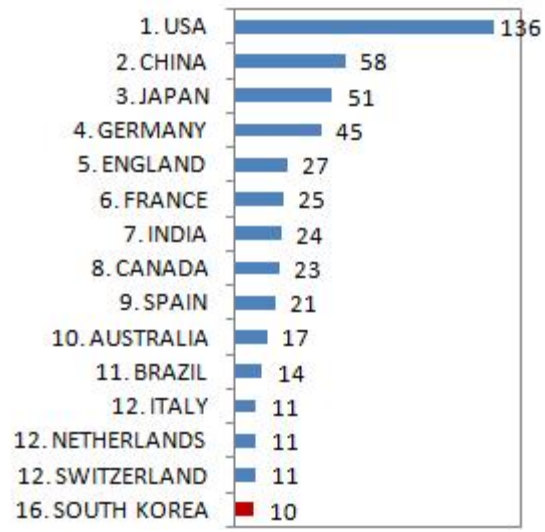
- 분야별로는 LID 요소기술 11위, 물순환과정에너지회수효율화 16위, LID 기반 자원화 기술 21위를 기록함



LID 요소기술



LID 기반 자원화 기술



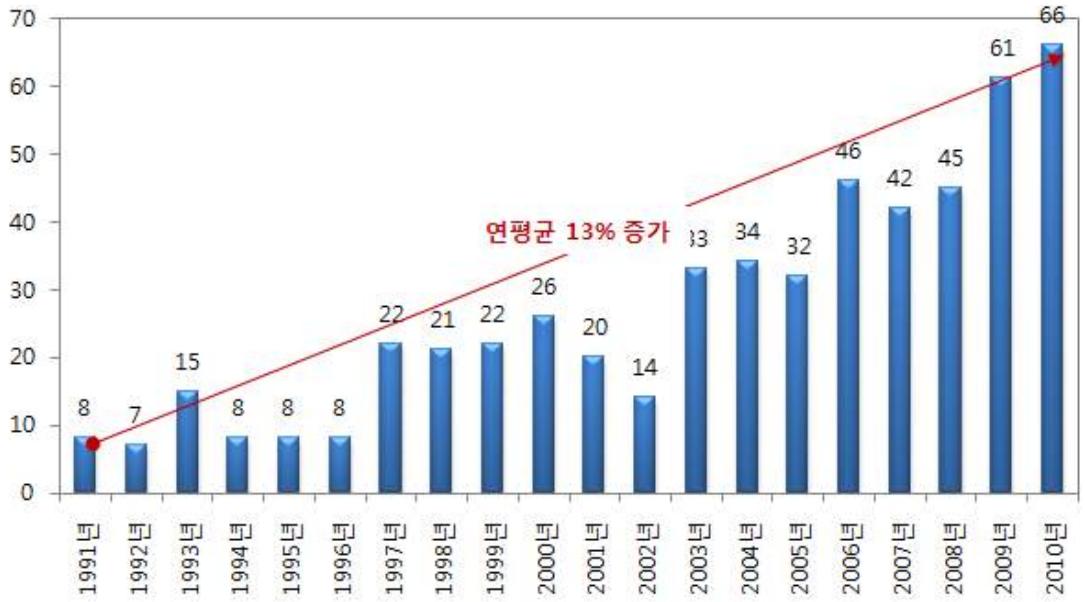
물순환 과정 에너지 회수 효율화

나. 세부동향

(1) LID 요소기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

○ 1991년 이후 총 538편이 발표되었고, 1991년에 8편, 2010년에 66편이 발표되어 연평균 13%의 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 국가별 LID 요소기술 논문 발표 현황을 살펴보면 전체 발표 논문의 42%가 미국에서 발표되었고, 우리나라는 13편으로 11위를 차지함

- 미국 다음으로는 독일(38편, 6%), 일본(29편, 5%), 중국(26편, 4%), 호주(24편, 4%) 순으로 연구활동이 활발한 것으로 나타남

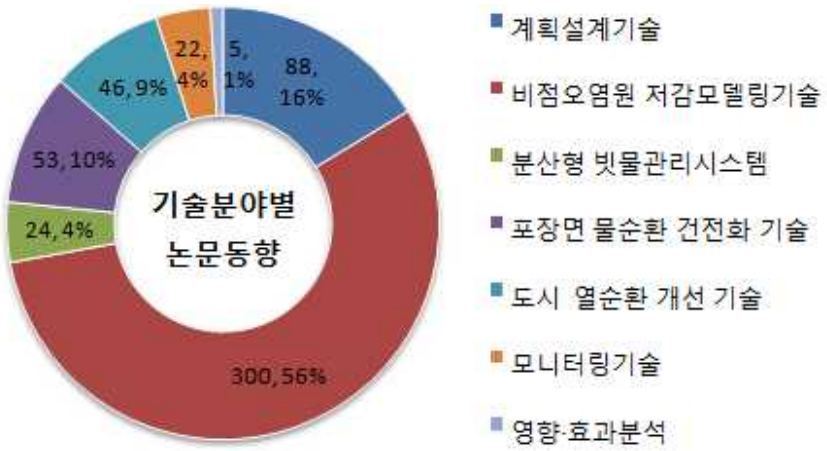


□ 기술분야별 논문발표 현황

○ LID 물순환 도시 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 비점오염원 저감모

델링기술이 300건이 발표되어 전체의 56%를 차지하여 중요 관심 분야임을 나타냄

- 다음으로 논문발표가 활발한 분야는 계획설계기술로 88편 16%를 나타냄
- 나머지 분야는 50여건 이하의 논문이 발표되었고, 특히 영향•효과분석과 관련된 기술분야가 가장 적은 논문이 발표된 것으로 나타남



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ LID 요소기술과 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, USDA ARS, CHINESE ACAD SCI, OHIO STATE UNIV, UNIV WISCONSIN 등으로 나타남

- USDA ARS는 LID 요소기술 분야에서 40건의 논문발표로 7%의 점유율 차지함

○ 주요 연구자로는 TRB(UNIV TOLEDO, USA)가 7건, SCHULZ, R(Univ Koblenz Landau, Germany)이 6건의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ LID 요소기술과 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION, OURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION 순으로 나타남

- WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY는 LID 요소기술 분야에서 40편의 논문이 발표되어 7%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
USDA ARS	40	TRB (UNIV TOLEDO, USA)	7	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	40
CHINESE ACAD SCI	10	SCHULZ, R (Univ Koblenz Landau, Germany)	6	JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION	26
OHIO STATE UNIV	10	BINGNER, RL (USDA ARS, USA)	5	JOURNAL OF SOIL AND WATER CONSERVATION	19
UNIV WISCONSIN	9	EDWARDS, DR (Univ Kentucky, USA)	5	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY	17
PURDUE UNIV	8	MOORE, PA (USDA ARS, USA)	5	ECOLOGICAL ENGINEERING	15

□ 주요 피인용 논문 정보

○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	The land surface climatology of the community land model coupled to the NCAR community climate model	JOURNAL OF CLIMATE	Bonan, GB; Oleson, KW; Vertenstein, M; Levis, S; Zeng, XB; Dai, YJ; Dickinson, RE; Yang, ZL	2002	190
2	Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen	ECOLOGICAL APPLICATIONS	Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, et al.	1998	1,017
3	DYNAMIC-MODEL OF THE GENESIS OF CALCRETES REPLACING SILICATE ROCKS IN SEMIARID REGIONS	GEOCHIMICA ET COSMOCHIMICA ACTA	WANG YF, NAHON D, MERINO E	1994	25

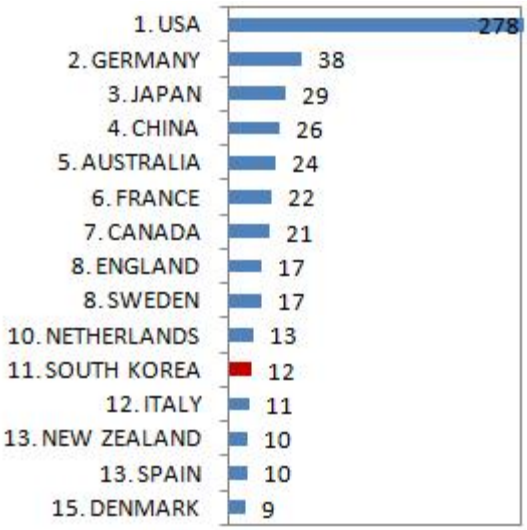
분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
4	Characterization of solid and metal element distributions in urban highway stormwater	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	Sansalone JJ, Buchberger SG	1997	48
5	A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models	BOUNDARY-LAYER METEOROLOGY	Masson V	2000	190
6	Swing of the lever arm of a myosin motor at the isomerization and phosphate-release steps	NATURE	Suzuki Y, Yasunaga T, Ohkura R, et al.	1998	124
7	Assessment of green water flows to sustain major biomes of the world: Implications for future ecohydrological landscape management	PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH PART B-HYDROLOGY OCEANS AND ATMOSPHERE	Rockstrom J, Gordon L	2001	19

□ 국가 경쟁력 순위(상위 15개국)

○ 논문 경쟁력 분석은 1991년 이후 SCI급 저널에 게제된 논문들을 대상으로 국가별 논문등재건수를 통해 국가별 기술수준을 정량화하여 분석함

○ LID 요소기술과 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 12건을 발표하여 11위로 나타남

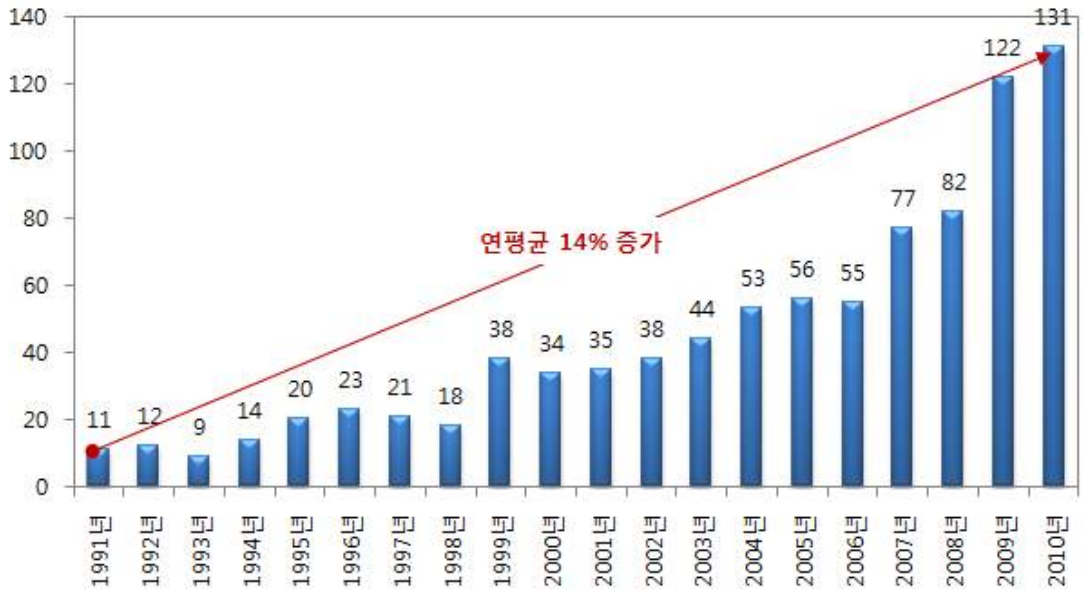
- 특허분석 결과와 비교했을 때, 유럽 선진국의 논문경쟁력이 현저히 높게 나타났음
- 우리나라는 해외진출을 염두에 두고 해외 특허 출원은 활발하였으나, 논문의 양적·질적 수준이 미흡한 것으로 나타남



(2) LID 기반 자원화 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

○ 1991년 이후 총 893편이 발표되었고, 지속적으로 논문발표가 증가하여 연평균 14%의 높은 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 질적으로 우수한 논문을 발표하고 있는 나라는 미국, 호주, 중국 순으로 나타났고, 우리나라는 15건을 발표하여 21위로 나타남

- 미국은 237편을 발표하여 21%의 비중을 차지하고 있고, 호주는 99편 9%, 중국은 85편 7%로 나타남

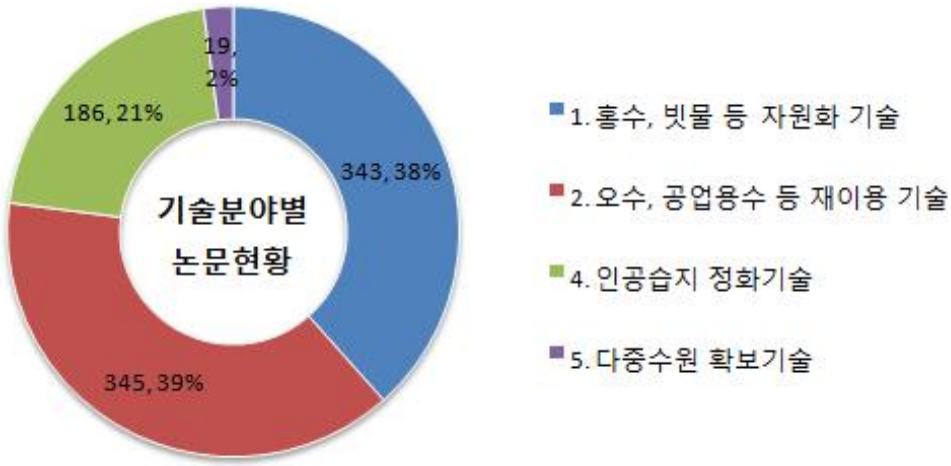
- 상위 5개국과 우리나라를 제외한 기타 국가의 비중이 49%를 차지하고 있어서 전세계적으로 연구가 확산되어 있음



□ 기술분야별 논문발표 현황

○ LID 기반 자원화 기술 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 비오수, 공업용수 등 재이용 기술 345건, 39%, 홍수, 빗물 등 자원화 기술 343건, 38%으로 많은 비중을 차지하고 있음

- 다중수원확보기술과 관련된 논문은 19건으로 전체 2%에 불과하였고, 특히 물자원 통합관리/활용시스템 관련된 논문이 SCI급 저널에서 발표되지 않았음



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ LID 기반 자원화 기술과 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, CRANFIELD UNIV, CHINESE ACAD SCI, US GEOL SURVEY, BEN GURION UNIV NEGEV, CSIRO 등으로 나타남

- CRANFIELD UNIV는 LID 기반 자원화 기술 분야에서 20편의 논문이 발표되

어 2%의 점유율을 나타냄

- CHINESE ACAD SCI는 LID 기반 자원화 기술 분야에서도 높은 순위를 차지하여 수자원 에너지 기반의 물순환 기술과 관련된 다양한 분야에서 활발한 연구활동을 나타내고 있음

○ 주요 연구자로는 JEFFERSON, B(Ben Gurion Univ Negev, Israel)가 13편, FRIEDLER, E(Technion Israel Inst Technol, Israel)가 11편의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ LID 기반 자원화 기술과 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, JDESALINATION, ECOLOGICAL ENGINEERING 순으로 나타남

- WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY는 LID 기반 자원화 기술 분야에서 96편의 논문이 발표되어 11%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
CRANFIELD UNIV	20	JEFFERSON, B (Ben Gurion Univ Negev, Israel)	13	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	96
CHINESE ACAD SCI	19	FRIEDLER, E (Technion Israel Inst Technol, Israel)	11	DESALINATION	60
US GEOL SURVEY	13	STEPHENSON, T (Cranfield Univ, England)	10	ECOLOGICAL ENGINEERING	32
BEN GURION UNIV NEGEV	12	GROSS, A (Ben Gurion Univ Negev, Israel)	9	WATER RESEARCH	23
CSIRO	11	OTTERPOHL, R (Hamburg Univ Technol, Germany)	9	RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING	17

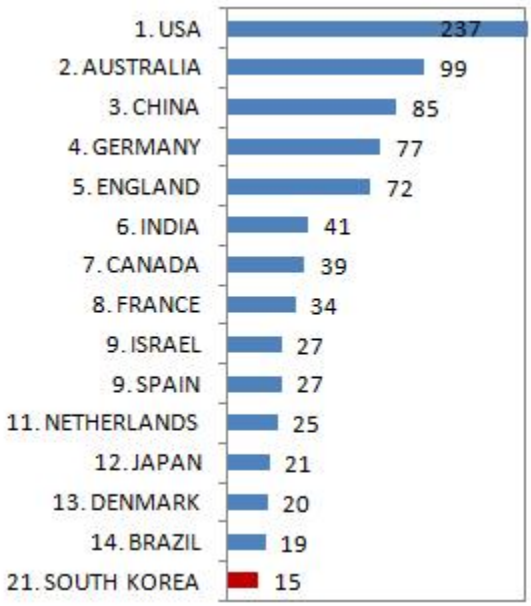
□ 주요 피인용 논문 정보

○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	REMOBILIZATION OF THE CONTINENTAL LITHOSPHERE BY A MANTLE PLUME - MAJOR-ELEMENT, TRACE-ELEMENT, AND SR-ISOTOPE, ND-ISOTOPE, AND PB-ISOTOPE EVIDENCE FROM PICRITIC AND THOLEIITIC LAVAS OF THE NORILSK DISTRICT, SIBERIAN TRAP, RUSSIA	CONTRIBUTIONS TO MINERALOGY AND PETROLOGY	LIGHTFOOT PC, HAWKESWORTH CJ, HERGT J, et al.	1993	140
2	The role of dissolved organic matter, particularly free amino acids and humic substances, in freshwater ecosystems	FRESHWATER BIOLOGY	Thomas JD	1997	78
4	POTENTIAL USE OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATERS CONTAINING METALS	SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	DUNBABIN JS, BOWMER KH	1992	114
5	Groundwater recharge: an overview of processes and challenges	HYDROGEOLOGY JOURNAL	de Vries JJ, Simmers I	2002	74

□ 국가 경쟁력 순위

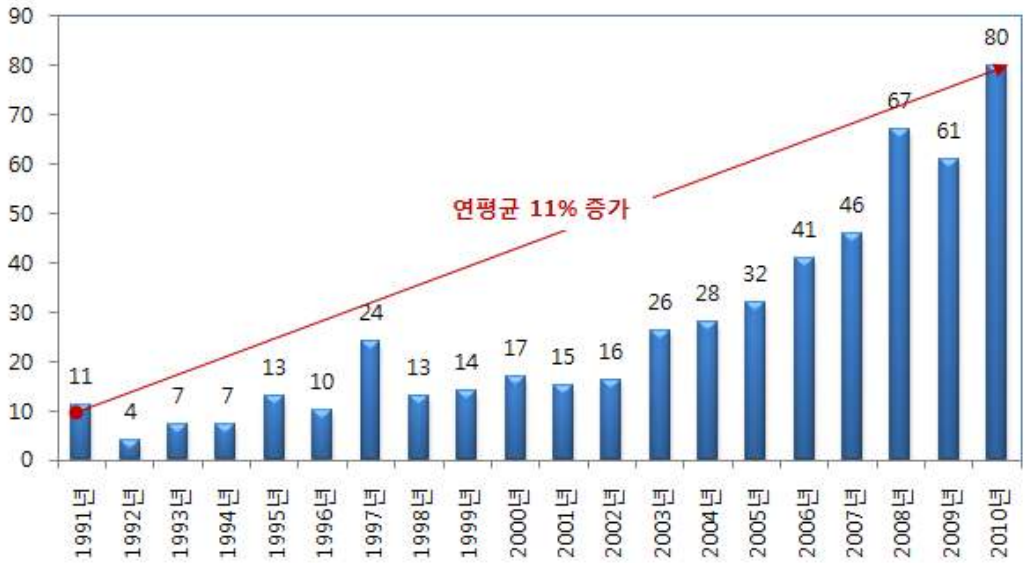
○ LID 기반 자원화 기술와 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타낸 국가는 미국이고, 우리나라는 12건을 발표하여 11위로 나타남



(3) 물순환 과정 에너지 회수 효율화 기술 관련 논문 동향

□ 연도별 논문발표 현황

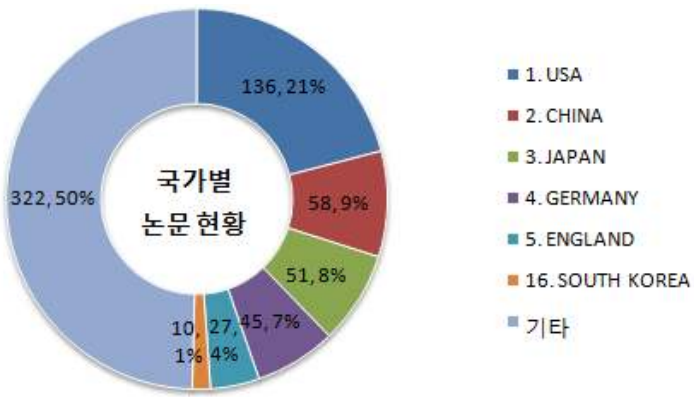
○ 1991년 이후 총 532편이 발표되었고, 1991년에 11편, 2010년에 80편이 발표되어 연평균 11%의 증가율을 나타냄



□ 국가별 논문발표 현황

○ 질적으로 우수한 논문을 발표하고 있는 나라는 미국, 중국, 일본 순으로 나타났고, 우리나라는 10건을 발표하여 16위로 나타남

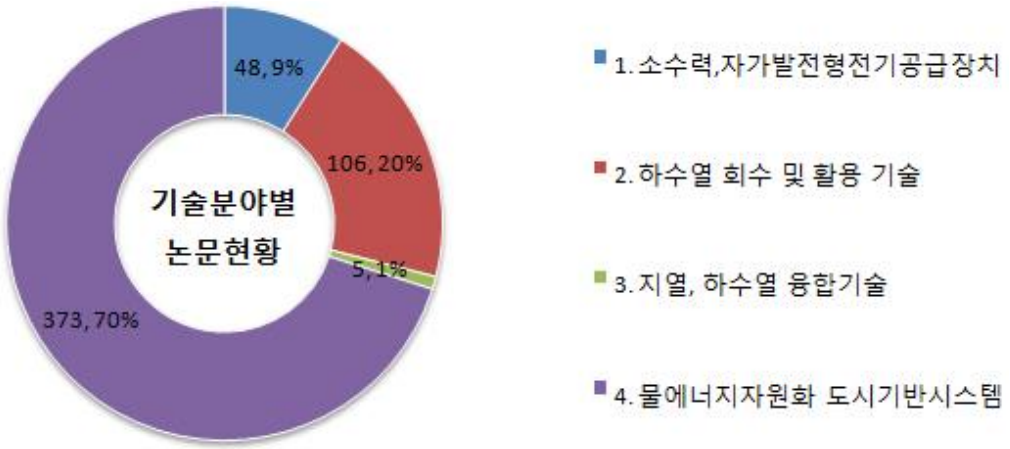
- 미국은 136편을 발표하여 21%의 비중을 차지하고 있고, 중국은 58편 9%, 일본은 51편 8%로 나타남
- 상위 5개국과 우리나라를 제외한 기타 국가의 비중이 50%를 차지하고 있어서 전 세계적으로 연구가 확산되어 있음



□ 기술분류별 논문발표 현황

○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화 분야 세부기술별 논문발표 현황을 살펴보면 물에너지자원화 도시기반시스템 기술이 373건이 발표되어 전체의 70%를 차지하여 중요 관심 분야임을 나타냄

- 다음으로 논문발표가 활발한 분야는 하수열 회수 및 활용기술로 106편, 20%, 소수력, 자가발전형 전기공급장치 48편, 9%으로 나타남
- 지열, 하수열 융합기술과 관련된 SCI급 저널에서의 논문발표는 5편에 불과한 것으로 나타남



□ 주요 연구기관 및 연구자 현황

○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화와 관련된 주요 연구기관을 살펴보면, INDIAN INST TECHNOL, CHINESE ACAD SCI, USDA ARS, CSIC, UNIV FLORIDA 등으로 나타남

- CHINESE ACAD SCI는 수자원 에너지 기반의 물순환 기술과 관련된 다양한 분야에서 활발한 연구활동을 나타내고 있음

○ 주요 연구자로는 BLAIS, JF, DROGUI, P, MERCIER, G(Univ Quebec, Canada)가 각각 5편의 논문을 발표한 것으로 나타남

○ LID 물순환 도시와 관련된 연구가 주로 발표되는 저널은 DESALINATION, WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY, BIORESOURCE TECHNOLOGY 순으로 나타남

- DESALINATION는 통합 물자원 관리 분야에서 31편의 논문이 발표되어 6%의 점유율을 나타내는 주요 저널임

연구기관		연구자		주요저널	
기관명	건수	연구자명 (소속, 국가)	건수	저널명	건수
INDIAN INST TECHNOL	9	BLAIS, JF (Univ Quebec, Canada)	5	DESALINATION	31
CHINESE ACAD SCI	8	DROGUI, P(Univ Quebec, Canada)	5	WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY	18
USDA ARS	7	MERCIER, G (Univ Quebec, Canada)	5	BIORESOURCE TECHNOLOGY	12
CSIC	6	JAUNCEY, K (Univ Stirling, Scotland)	4	RENEWABLE ENERGY	11
UNIV FLORIDA	6	MU, Y(Univ Queensland, Australia)	4	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	10

□ 주요 피인용 논문 정보

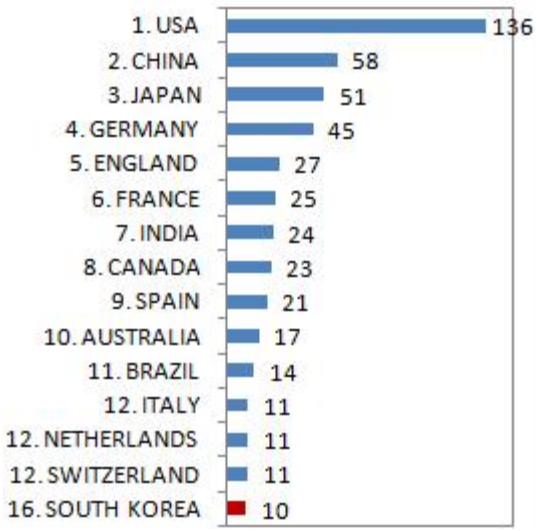
○ 세부기술별로 가장 많은 피인용도를 보인 논문은 아래와 같음

분야	제목	저널명	저자	연도	피인용 횟수
1	Small hydro power: technology and current status	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Paish O	2002	36
2	The role of dissolved organic matter, particularly free amino acids and humic substances, in freshwater ecosystems	FRESHWATER BIOLOGY	Thomas JD	1997	78
3	Use of solar assisted geothermal heat pump and small wind turbine systems for heating agricultural and residential buildings	ENERGY	Ozgener O	2010	5
4	Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna	OCEANOGRAPHY AND MARINE BIOLOGY - AN ANNUAL REVIEW, VOL 33 Book Series: OCEANOGRAPHY AND MARINE BIOLOGY	Diaz RJ, Rosenberg R	1995	693

□ 국가 경쟁력 순위

○ 물순환 과정 에너지 회수 효율화와 관련하여 가장 높은 SCI 논문 점유율을 나타

낸 국가는 미국이고, 우리나라는 10건을 발표하여 16위로 나타남



3. 국내기술동향

가. LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발

□ 우리나라는 도시화에 의한 물순환 왜곡과 기후변화 대응을 위해 1990년대 후반부터 도시 물순환의 건전화 기술에 대한 관심이 커지고 있음

□ 2001년부터 10년간 수행중인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 (연구비: 1,475 억원)의 일환으로 우수저류 및 활용기술개발과 안양천 유역의 물순환 건전화 기술적용 연구 등이 진행되어 분산형 빗물관리와 유역단위에서의 물순환 건전화를 위한 기술들이 확보되고 있음

□ 요소기술과 부분 적용을 중심으로 한 국내의 LID 연구 사례

○ LID 기술은 주로 빗물 이용 및 침투 시설 개발, 유출 저감 분석, 설치 규모 및 공동주택단지 내 일부 적용 방안 등 주로 요소 기술과 부분 적용에 관련된 연구들이 수행되어 옴 (현경학, 2010)

○ 현장에 설치한 도로 침투통의 강우 및 수위 자료를 이용하여 실제 강우 사상에 대해 평균 70%의 총유출량 저감 효과 등 실측 (장복진, 여운광, 2002)

○ 한국의 총 세대수 중 거의 50%를 차지하는 공동주택단지의 건설로 인한 빗물 유출 증가율은 개발 이전에 비해 약 10-40% 증가하는 것으로 분석되었으며 (이태구, 한영애, 2006), 이는 공동주택단지 개발 이전의 물순환 상태를 유지하기 위해서는 10-40%에 이르는 유출 증가량을 단지 내에서 침투, 저류시켜야 자연적인 물순환을 도모할 수 있다는 의미임

□ LID 기술의 적용 방안

○ LID 기술은 개발로 인한 영향을 최소화 하는 것으로써 개발이전 상태의 물순환과 식생 및 토양층의 유지를 기반으로 함.

○ 적용 가능한 기술로는 빗물침투, 저류, 식재, 물길조성 등이 있으며, 적용사례를 그림 2에 나타냄.

○ 홈통받이: 지붕면 등 불투수면에서 유출되는 빗물을 일부 정화단계를 거쳐 토양층으로 침투 유도함

○ 침투연못: 침투가 가능한 투수성 바닥과 식생으로 구성된 연못으로 저류와 침투의 기능을 가지며, 수생태계의 조성이 가능함

○ 충전쇄석: 침투된 빗물의 침루를 효율적으로 유도함

○ 자갈충전배수로: 빗물유출수를 하천 또는 배수 관거 시스템으로 유도하면서 정화, 증발, 저류 기능을 가짐

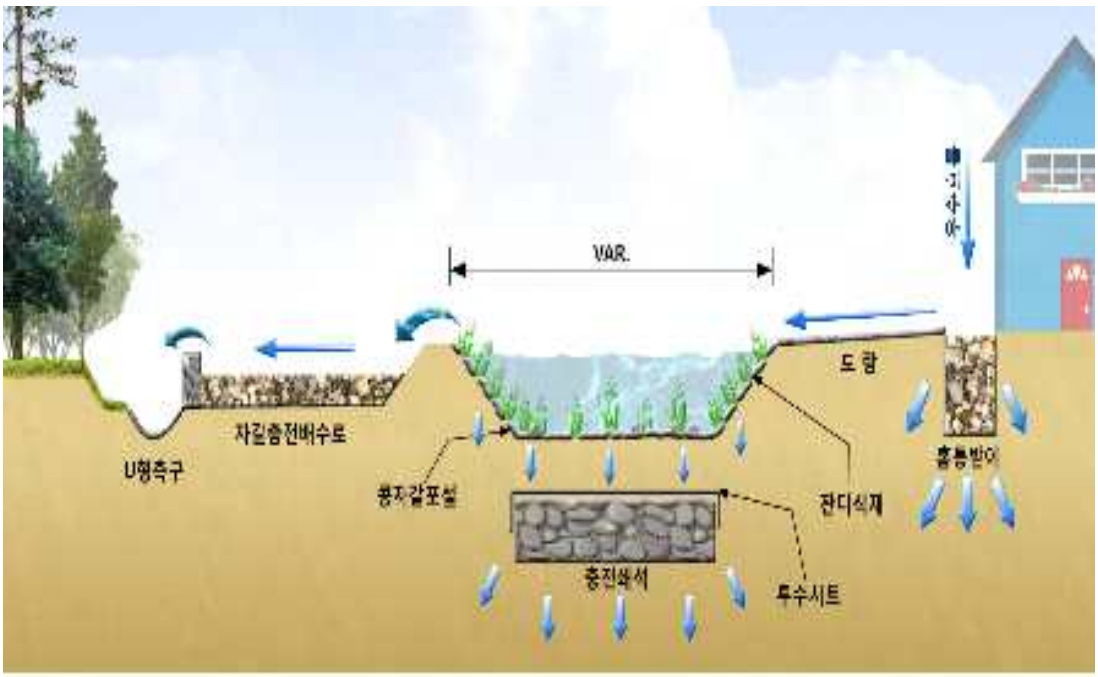


그림 2.7 공동주택, 공공시설 또는 학교 및 녹지 빗물관리(안)(현경학 등, 2008)

□ 국내 빗물관리 시설은 2008년 조사에 의하면 총 372개소이며 저류용량은 24만 ㎥/d인 것으로 나타남

○ 빗물관리 시설의 17만 ㎥이 서울시에 위치한 시설로서 지역적인 편중도가 높음

○ 빗물관리 시설 전체 시설의 37%가 아파트 등 공동주택단지에 설치된 시설로서 공동주택에서의 빗물관리가 중요한 것으로 나타남

□ 빗물관리 관련 외국 기술의 무분별한 수입을 억제하고, 저탄소 녹색도시 조성을 위한 국내 독자기술의 고도화 및 빗물산업 육성을 위해 이에 대한 지속적인 연구개발이 필

요함

세부기술명	LID 기반의 물순환 도시 조성 기술			
국내 업체 보유기술	업체 (국가)	보유 기술	기술 특징	기술적용 효과
	한국인공지반녹화협회	인공구조물에 식재 또는 수공간 조성	저관리 경량형, 관리 중량형, 혼합형 인공지반 녹화	에너지 비용절감, 경관향상, 도시생태계 복원, 기후조절, 오염저감
국내 기관 연구개발	기관 (국가)	연구개발 실적	연구개발 내용	성과물 및 상용화
	한국건설기술 연구원	수처리 기능의 집수, 저류 장치	지표면으로부터의 우수 등의 물이 투수되도록 하고, 투수된 물이 정화되어 저류될 수 있도록 한, 수처리 기능형 집수 및 저류 장치	·불투수층 감소 ·우수유출 억제로 홍수피해 저감 ·조경용수, 소방용수 등 으로 활용
		도로의 온도상승 방지용 포장시스템	도로 지하에 설치된 열교환장치를 이용하여 도로에서 발생한 열을 히트파이프를 이용하여 열교환하여 냉각시켜 도로의 지면온도를 저감	·도심지 열섬현상 제어 ·살수용수, 조경용수 등 활용

나. 국내 LID 기반의 물순환 도시 조성 사례

□ 아산탕정 신도시

○ 국내에서 처음으로 분산식 빗물관리 시스템과 저영향개발(Low Impact Development, LID)을 도입한 아산탕정 신도시의 시범지구는(1,753,385 m2) 기존의 일괄 배제형 우수관리 방식이 아닌 침투도랑, 식생수로, 도심형 인공습지, 빗물저류지 등을 적용하여 빗물을 처리하도록 계획됨.

○ 분산식 빗물관리시스템 설치를 통하여 1회 15 mm이하의 소강우시는 전량 침투(5 mm), 저류(10 mm)가 가능하며 1회 강우시 신도시 전체적으로 약 18만 m2의 빗물을 침투·저류할 수 있음.

○ 아산의 년 평균 강우량(1,313 mm)의 40%에 해당하는 505 mm의 빗물을 침투·저류할 수 있으며, 년 강우일수의 70%이상은 신도시 밖으로 빗물의 유출이 없음.

○ 침투도랑, 식생수로, 측구형 침투시설, 도심형 인공습지 등을 적용하여 도로면적의 5 mm의 빗물은 전량 침투가 가능하도록 설계되었으며 도시내 녹지축과 연계되어 도시 경관 향상에도 효과가 있을 것으로 기대됨.

○ 공원 및 녹지의 경우 식생도랑 및 빗물정원, 빗물 저류지 등 시설면적의 10 mm 이상의 빗물을 저장할 수 있는 빗물이용시설을 설치함.

□ 새만금 개발 사업

○ 국토해양부에서는 기후변화와 급속한 도시개발에 따른 물순환 환경악화와 재해영향 저감을 위하여 새만금 개발 사업시 저영향개발(LID) 기술을 적용・계획 함.

○ 새만금개발사업은 군산~부안을 연결하는 시계 최장의 방조제 33.9 km를 축조하여 간척토지 282.9 ㎢와 호소 118 ㎢를 조성하여, 녹색성장과 청정생태환경의 '글로벌 명품 새만금'을 건설하는 국책사업임.

○ 새만금지구의 특성인 수변공간을 적극 활용하여 LID 기법을 단지에 적용하여 빗물이용시설, 건축물 녹화, 투수성 포장, 녹지내 식생수로, 인공습지, 습식 연못 등 다양한 시설을 적용하고 대형 지하저류시설을 설치하여 초기 빗물을 관리할 계획임.

4. 국외기술동향

가. LID 기법

□ 저영향 개발 (Low Impact Development, LID) 정의 및 개념

○ 도시개발 등으로 인한 유역 물순환 구조 개선을 위해 단순하면서도 효과적인 방안으로 최근에 주목받고 있는 개념

○ 녹색 공간의 확보, 자연형 공간 조성, 자연상태의 수문순환 기능의 유지 기법 등을 활용한 개발 대상지에서의 강우유출 및 비점오염원의 영향 최소화

○ 자연 상태의 강우-유출 양상을 유지시키는 소규모 기술의 조합

○ 오염원 유출 부하량 최소화, 강우시 첨두유출 및 총유출량 등의 조절을 소규모 구획단위에서 유도하여 최종적으로 개발이전의 자연상태의 수문순환 구조에 가깝도록 관리하는 방식

□ 기존 개발 방식과 비교



□ 기술적 배경

○ 자연적 수문특성 및 식생 보전

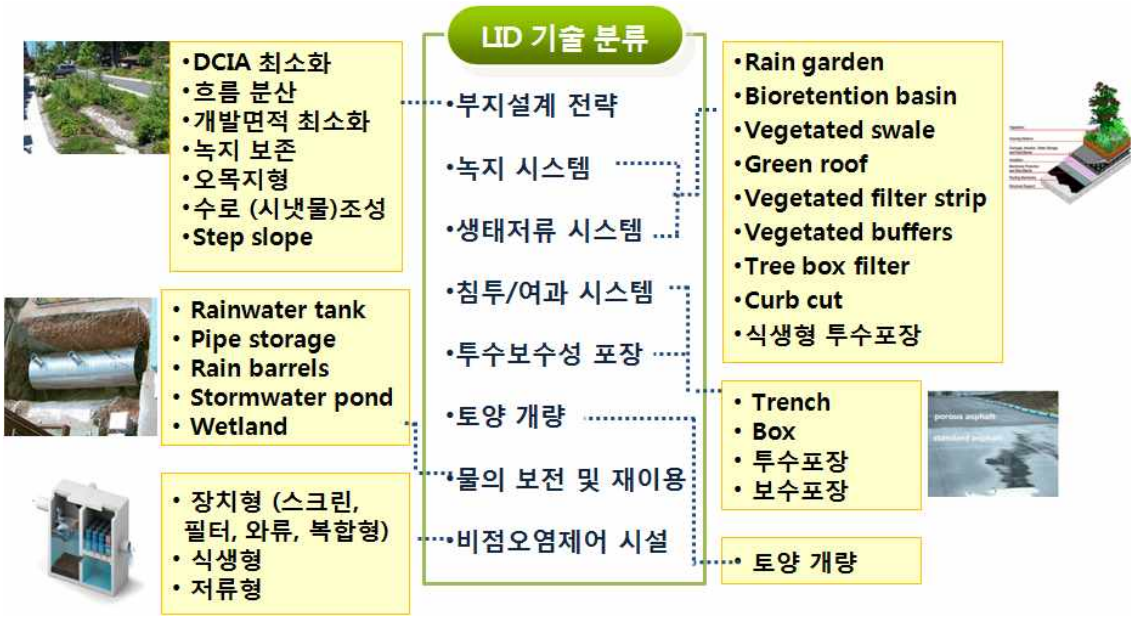
○ 불투수면 저감

○ 강우유출수의 분산 관리

○ 하천 및 습지와 완충지 보전

○ 생태학적 조경

□ 주요 요소기술



나. LID 기반의 물순환 도시 조성 기술 개발

□ 국가별로 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입되고 있음

○ LID는 미국에서 유래한 개념으로, 지표수와 지하수 보호 능력을 키우고, 수생 자원과 생태계를 유지하기 위한 개발 방식임

○ LID 기술개발의 기본적인 목표는 개발 전 상태로 해당 유역의 수문 특성을 유지하여 그 수역의 생태학적 완결성을 최대한 보호하는데 있음

○ 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하고 이용하고 있음

○ 선진국에서는 자연 순응형 개발(Sound Water Cycle on National Planning), 분산식 도시계획(Decentralized Urban Design), 영향 최소화 개발(Low Impact

Development, LID), 지능형 물 그물망(Smart Water Grid), 지속가능한 도시계획(Water Sensitive Urban Design, WSUD) 등 다양한 새로운 용어가 만들어 지고 있음

○ 주요 LID 기술에는 빗물정원(Rain garden), 옥상녹화, Bioretention, 빗물통, 수직홈통 배관 분리, Infiltration planter, Flow-through planter, 빗물이용, 투수성 포장, 경관 도랑, 도로 도랑, 주차장 도랑, 식생 여과대 등이 있음

□ 일본에서는 물순환 건전화 및 도시침수위험 저감을 위한 빗물관리가 활발하게 진행되고 있음

○ 유역 내에 내린 빗물을 하천으로 빨리 배제하기 보다는 가능한 저류하고 침투시키도록 하고 있으며, 하천수를 유역 내로 유입시켜 하류의 침수를 방지하도록 유수지를 조성하고 있음

○ 84개 회원사, 지자체 중심의 89개 특별회원으로 구성된 국토교통성 인가 법인인 (사)우수저류침투기술협회를 중심으로 기술지침, 민간에서 수행하는 빗물저류침투기술을 평가하여 인증하고 있음

□ 미국 LID 기술 및 적용 현황

○ 분포형 혹은 분산형 소규모 시설을 이용하여 자연적인 강우 유출특성과 지하수 흐름을 조성함으로써 내수침수 관리 및 하천수질보전을 도모하고 있음

○ 실행방법으로 배수구역 말단에 대규모 유수지 혹은 빗물펌프장을 조성하여 빗물을 운송, 처리하는 대신에, 소규모 빗물관리 및 활용 시설의 설치로 자연적인 배수 특징과 형태를 보전하고 있음

○ 2009년 10월 5일 오바마 대통령은 행정부 지시(Executive Order 13514, Section 14)를 통해, 465 m2 이상 규모인 연방시설물의 개발 또는 재개발할 경우, 강우 유출수의 수온, 용량, 유출률과 유출기간 등이 개발 전 수준의 수문학 특성을 갖도록 유지하거나 복원하는 계획, 설계, 시공 및 유지관리 지침(빗물관리 지침, Stormwater Guidance)을 60일 이내에 작성하도록 미국환경청(EPA, Environmental Protection Agency)에 요구함

○ 미국환경청은 2009년 12월에 빗물관리 목표량 산정 기술 및 녹지기반시설(Green Infrastructure) /영향최소화개발(LID) 기반시설을 중심으로 빗물관리 지침을 작성하여 비가 내리는 대상 지역에서 1) 침투와 함양, 2) 증발산, 3)빗물이용을 적용하여 개발 전 수준의 수문학적 특성을 유지하거나 복원하도록 제시하고 있음

□ 유럽의 통합 도시 물관리 프로젝트 네트워크 (The network of European research projects on integrated urban water management) (http://daywater.enpc.fr/www.daywater.org/)

○ 발생원 통합 우수관리를 통한 지속가능한 도시 물관리 전략 (the Integration of Stormwater Source Control into Sustainable Urban Water Management Strategies) 추진을 위한 의사결정지원 시스템 (An Adaptive Decision Support

System) 과제를 진행함

○ 영국, 프랑스, 스웨덴, 덴마크, 독일, 네덜란드와 그리스가 참가하여 진행한 것으로 빗물의 발생원 관리 촉진을 목표함

□ 독일의 경우 독일공업규격협회(DIN)와 물·하수·폐기물 협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술 지침을 제시하고 있음

○ DWA는 지자체, 연구소, 엔지니어, 대학 및 산업체 등 약 14,000명의 회원으로 구성된 단체로서, ATV-DVWK 등 협회 규정의 개발, 전문가 그룹을 통한 교육 훈련 프로그램의 운영, 전문서적을 발간하고 있음

○ 다양한 LID 기술이 도입되어 활용되고 있음



그림 2.8 베를린 Rummelsburg 1 단지 주차장 빗물 유입 도랑(현 등, 2008a)

다. LID 기반의 물순환 도시 조성 사례

□ 미국 매릴랜드 주택 및 상업건물 LID 적용

○ Wicomico County에 위치한 Duck Crossing 주택개발 사업

- 1990년대 8개의 단독주택이 들어서면서 본래보다 불투수면적이 8% 증가
- LID 기법을 이용하여 잔디조성 면적, 도로배치 등을 변경하여 재설계한 결과 불투수면적을 5% 줄이고 수질오염도 경감시키는 효과를 가져옴.

○ Old farm 쇼핑센터

- 계획단계에서는 주차장, 판매시설, 빗물유출수 처리시설 및 조경지가 각각 50%, 16%, 24%를 차지하며 자연지반은 10%에 그침.
- 건물배치를 변경하여 동선을 줄이고 주차면적을 최소화하며 일부를 빗물유출 처리시설로 활용함으로써 총 자연 지반을 19%로 늘림.

□ 미국 시카고시의 LID 적용 개발 사례

○ 도시면적 590 km^2, 인구 290 만 명으로 미국에서 세 번째로 큰 도시로서 하천 수질을 개선하기 위한 종합적인 노력을 기울이고 있으며, 대규모 토목공사를 지양하고 발생원 단계에서 빗물을 관리하는 사업을 추진하고 있음.

○ 식생배수로, 침투도랑, 저류지, 토사/유류오염물질 제어장치, 빗물정원 등 적용

○ 시카고 그린 테크놀로지 센터는 에너지 효율과 친환경적인 설계의 모델로 만들어진 건물로서 옥상녹화, 빗물저류조, 식생수로, 빗물정원 등이 설치됨.

□ 독일 하노버 크론스베르크

○ 엑스포 2000 프로젝트의 일환으로 하노버의 크론스베르크 지역에 150 ha 농경지를 주거단지로 개발하였으며, 가장 현대적인 생태적 건설 기술과 아젠다 21의 취지를 반영함.

○ 빗물관리 및 배수를 위해 총 연장 5 km 에 달하는 저류스웨일-트렌치 복합시스템(Mulden-Rigolen-System)을 설치함.

○ 저류스웨일-트렌치 복합시스템은 종전의 저류 스웨일과는 달리 저류/배수 기능을 강화해서, 분산형 빗물 침투 시설을 설치하기에 적합하지 않은 대상지의 토양 투수계수 ($kf = 3 \times 10^{-6}$ m/s ~ 10^{-8} m/s)를 극복함.

○ 이러한 분산형 빗물 관리 방식 적용 시 기존의 하수관망 방식의 예상 비용 24,656,000 DM 보다 저렴한 22,686,000 DM 이 소요됨 (하노버시, Water Concept Kronsberg. Part of the EXPO project -Ecological Optimisation Kronsberg)

□ 스웨덴 말뫼 (Malmo)

○ 도시개발로 늘어난 첨두유출을 제어하기 위해 습지를 설치하여 유출되는 빗물을 일시적으로 채류시키고, 자연정화를 통해 오염부하 유출을 저감하는 시설을 설치함.

○ 옥상녹화 사업을 통해 빗물의 유출을 저감할 뿐만 아니라, 주민들의 휴식공간을 마련하였으며, 도심형 수로를 설치하여 첨두유출량 저감 및 미경관을 향상시킴.

○ 투수블럭, 침투수로 등으로 빗물 유출을 저감하였으며, 도심 저류 연못으로 미경관 향상 및 홍수 저감 효과를 증대시킴.



그림 2.9 인공수로와 식생수로 (VA SYD, 2008)

라. 도시지역 수자원 확보를 위한 LID 도입 및 검토 사례

□ LID 적용에 의한 미국 LA지역 물공급 가능량 분석 (City of Los Angeles, 2009)

- ○ LA 지역은 상시적으로 물부족을 겪고 있으며 자급자족할 수 있는 수자원이 생성되지 않음.
- ○ LA 시의 급수량 가운데 13%만 지역 내 지하수에서 공급.
- ○ LA 시 급수량의 48%는 Mono Basin 또는 Owens Valley 수로에서 공급.
- ○ 로스앤젤레스 시에 사용되는 전체 상수량 가운데 30% 이상은 옥외에 사용.
- ○ LA카운티의 빗물침투, 집수 및 재이용의 확대는 2030년까지 외부로부터 공급되는 물을 연간 74,600 - 152,500 평방피트 절감할 수 있음. (456,300 - 929,700명의 물 사용량에 해당됨.)
- ○ LA의 부지 1/4에이커는 매년 우수를 10만 갤런 생성할 수 있음.
- ○ 포틀랜드에서 측구 낙수홈통 6만 개를 분리하여 매년 우수 15억 갤런을 취수함.

□ 호주 Figtree Place 주택단지 사례

- ○ 호주 뉴케슬의 해밀턴에 위치한 27가구로 구성된 Figtree Place에 빗물이용시설, 침투 트렌치, 저류조를 설치하여 2년간 수자원 확보량 및 수질을 모니터링함 (그림 2.10)

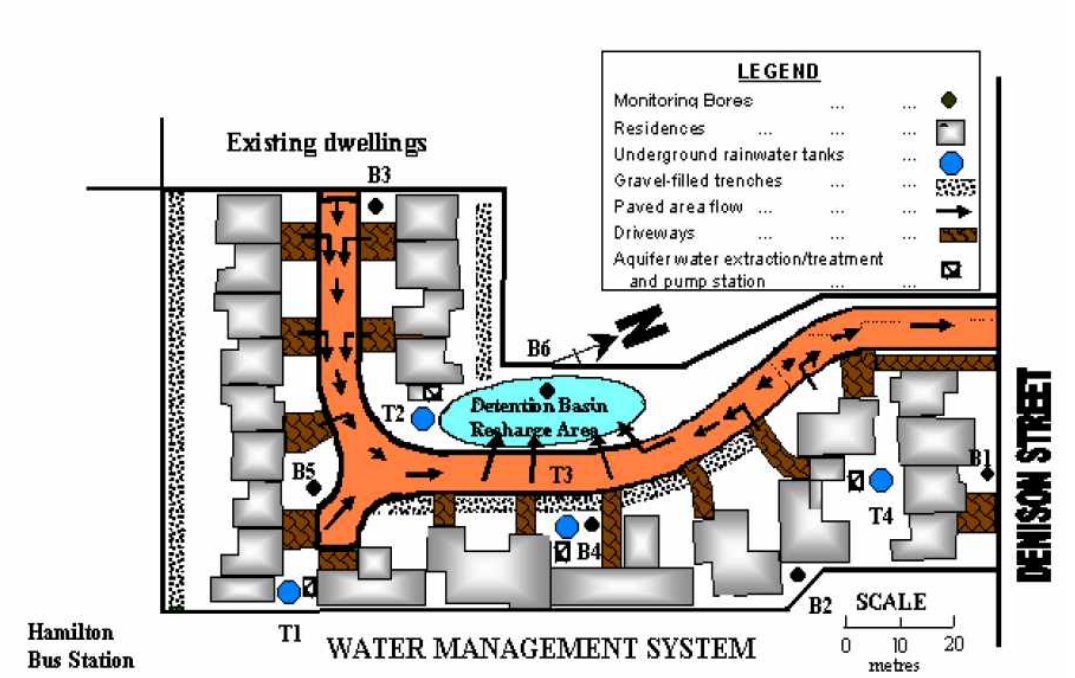


그림 2.10 Figtree Place LID 시설 적용 layout

○ 빗물이용을 통해 필요한 수자원의 60 % 정도까지 확보가 가능한 것으로 평가됨.

○ 55℃와 63℃의 온수로 공급되는 빗물의 수질은 미생물 항목에서 호주 먹는물 수질지침에 적합한 것으로 나타남.

○ 지붕에서 유출되는 빗물에 포함된 암모니아, pH, 철 및 납 항목의 경우 지침 기준을 초과하는 경우가 있으나 빗물 저류조와 온수 공급 시스템의 빗물은 지침의 화학적 항목과 금속항목의 기준에 적합했음. 빗물의 저류를 통해 수질이 개선되는 효과가 있음.

○ 빗물이용과 온수 공급 시스템의 조합은 빗물의 수질을 개선시키는데 유용한 방안임.

○ 빗물이용을 통해 온수와 화장실 세정용수의 45%까지 공급이 가능했음.

○ LID 적용시 기존 시스템에 비해 비용이 절감되는 효과가 있는 것으로 평가되었음.

□ 호주 New South Wales에 위치한 2개의 도시 (인구 290,000~450,000)에 LID 도입을 통한 수자원 확보 및 상수도 시스템에 미치는 영향 검토 사례 (Coombes et al, 2002)

○ 빗물이용, 침투 트렌치, 식생 수로, 저류시설 및 인공생태습지 등의 LID 시설 도입 시 경제적 편익과 수자원 확보 및 물공급 인프라 수명 연장 등의 효과 발생

○ Lower Hunter 지역을 대상으로 한 모의결과

- Lower Hunter는 인구 약 450,000명의 도시로써 LID 도입 시 화장실 세정용수와 온수 공급을 위한 수돗물 요구량을 상당부분 감소시키는 것으로 나타남

- 물공급 headworks 인프라의 신설을 34년 늦출 수 있음.
- 상수도 시설만 구축하는 경우에 비해 LID 수자원 확보 및 관리 시스템을 설치할 경우 최소한 6,700만 호주$의 절감 효과가 기대됨

○ Central Coast 지역을 대상으로 한 모의결과

- Central Coast는 인구 약 289,100명의 도시로써 LID 도입 시 화장실 세정용수와 온수 공급을 위한 수돗물 요구량을 상당부분 감소시키는 것으로 나타남
- 물공급 headworks 인프라의 신설을 28년 늦출 수 있음.
- 상수도 시설만 구축하는 경우에 비해 LID 수자원 확보 및 관리 시스템을 설치할 경우 최소한 4,700만 호주$의 절감 효과가 기대됨

□ 브라질 남동부 195개 도시에서 LID 빗물이용에 의한 수자원 확보 검토사례 (Ghisi et al., 2007)

○ 브라질의 경우 지역적 환경에 따라 차이가 있으나 빗물이용을 통해 전체 필요한 용수의 48~100%까지 확보가 가능한 것으로 보고되고 있음.

○ 남동부 브라질의 연간 1인당 활용가능한 수자원량은 약 4,500㎥이지만, 2100년 이후에는 1,000㎥이하로 줄어들 것으로 예상되고 있음.

○ 분석 대상도시의 연간 수돗물 사용량의 12~79%를 빗물로 공급 가능한 것으로 분석됨.

○ 물사용량이 적은 가구의 경우에는 1가구당 2~20㎥ 용량의 빗물저류조가 적당하며 물사용량이 많은 가구의 경우에는 1가구당 3~7㎥ 용량의 빗물저류조가 적당한 것으로 파악됨

○ 남동부 브라질에서 빗물의 평균 상수대체 가능비율은 41%로 분석됨.

4절. 연구개발 인프라 분석

□ 분석절차

○ 본 과제에서 연구 인력, 연구 기자재, 해외 협력기관에 대한 인프라 현황을 정량적으로 조사하기 위하여 검색범위를 설정

○ 본 과제와 밀접한 관계가 있는 각 기관의 웹사이트 검색 및 기관의 전문가를 대상으로 연구 인력 인프라, 연구 기자재 인프라 조사

○ 본 과제와 연계되어 있는 각 기관의 웹사이트의 검색 및 국가 R&D 정보 지식 포털 등을 통한 협력 해외기관의 인프라 조사

○ 검색된 자료를 기반으로 본 과제의 기획 연구 분류에 따라 자료 필터링

○ 검색된 결과를 바탕으로 인력, 기자재, 해외협력 기관에 대한 인프라 현황을 정략적으로 분석

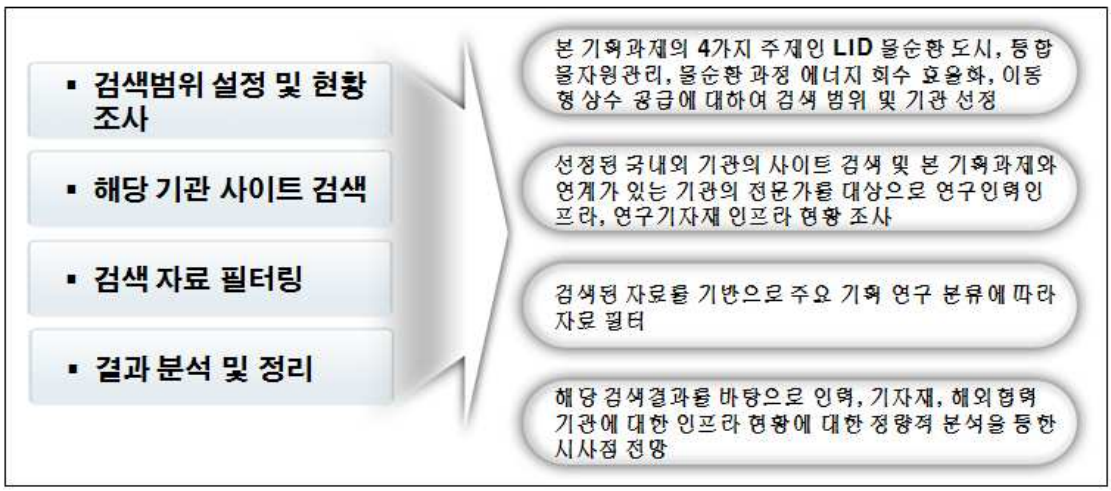


그림 2.11 인프라 분석 절차 체계도

□ 분석범위

○ 인프라 현황 조사는 국내·외 연구소 및 대학 기관이 다양하나 본 과제에 참여하고 있는 한국건설기술연구원, 한국수자원공사, 한국토지주택공사를 주요 대상으로 하였음

○ 이외 한국환경정책평가연구원, 환경관리공단 등을 대상으로 인프라 현황 조사를 실시하였음

○ 해외협력 기관의 인프라 현황조사는 국내의 주요 기관의 검색을 통하여 협력 기관을 조사하였음

○ 본 조사는 각 해당 연구기관의 본 과제와 관련되는 연구영역 및 연구방향 등에 적합한지 타당성 검토 후 실시하였음

표 2.9 국내외의 연구기관 및 대학

기관별	국 내	국 외
연구소	◆ 한국건설기술연구원 ◆ 한국토지주택공사 ◆ 한국수자원공사 ◆ 환경관리공단 ◆ 한국환경정책평가연구원 ◆ 한국환경공단 ◆ 한국과학기술연구원 ◆ 한국에너지기술연구원 ◆ 국토연구원 ◆ 과학기술정책연구원	◆ 대만건설연구원(TCRI) ◆ 중국장강과학원 ◆ 중국요녕성건축과학연구원 ◆ 중국산동성수리과학연구원 ◆ Ground Water Solution, Inc(GSI) ◆ Tellus Institute ◆ Hydrologic Research Center ◆ United States Geological Survey ◆ Center for Energy and Environmental Policy Research ◆ Institute for Global Environmental Strategies ◆ National Institute for Environmental Studies ◆ Singapore Institute of International Affairs ◆ Thailand Environment Institute ◆ The Energy and Resources Institute ◆ Institute of Biology and Soil Sciences ◆ Tunis International Center for Environmental Technologies ◆ UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment
대학	◆ 서울대학교 ◆ 부산대학교 ◆ 공주대학교 ◆ KAIST	◆ 브라운슈바이크기술대학 ◆ Colorado State University ◆ TU Berlin (베를린공과대학) ◆ University of Waterloo ◆ Auburn University ◆ University of Koblenz Landau ◆ University of ◆ Washington ◆ Ohio State University ◆ University of Central Florida ◆ Auburn University ◆ McGill University ◆ University of california, berkeley ◆ University of delaware ◆ Yanbian University ◆ Far-Eastern National Technical University

1. 분석결과

□ 연구 인력 인프라

○ 성공적인 R&D 사업을 위해서는 실제 R&D 사업을 수행하는 역량있는 인력이 중요함

○ 국내 건설교통 R&D 인력 중 본 기획과제인 수자원에너지 기반의 물순환 기술과 연관된 학문분야의 연구인력을 비교한 결과 수리 및 수문 분야는 약 400명, 상하수도 분야는 약 200명 정도의 연구인력이 있는 것으로 나타남(건설교통부, 2006)

○ 대략적인 학위분포는 수리 및 수문 분야 박사 25%, 석사 25%, 학사 50%으로 박사인력의 대부분이 교수인 것으로 나타났고, 상하수도 분야 박사 35%, 석사 15%, 학사 50%로 나타남

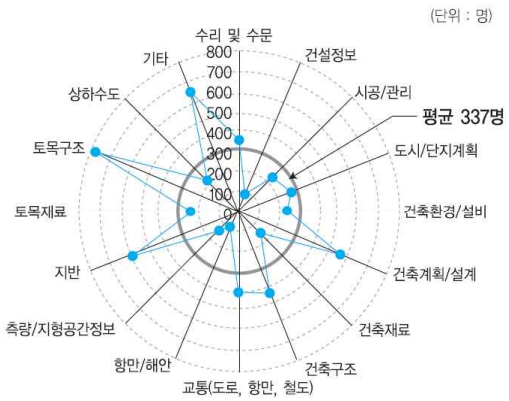


그림 2.12 국내 건설 R&D 인력분포

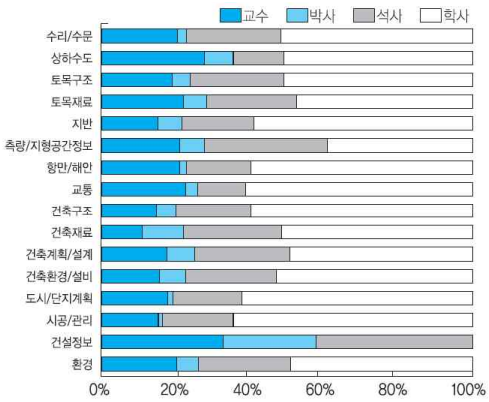


그림 2.13 국내 건설인력 학위분포

※ 출처: 건설교통 R&D 혁신로드맵, 건설교통부, 2006

○ 국내 대학의 우수한 연구인력을 육성하기 위한 BK21 사업단[1] 중 본 기획과제인 수자원에너지 기반의 물순환 기술과 연관된 사업단은 공주대, 세종대, 연세대에 설치되어 있고, 주요 내용은 다음 표와 같음

대학	사업단	주요내용
공주대	비점오염 방재 전문인력양성사업	비전오염 방재전문 지식과 현장감을 겸비한 지역선도형 인재양성 등
세종대	토목시설물방재 기술사업팀	이상기상현상을 고려한 토목시설물 수리•수문분석 기술 등
연세대	미래사회기반시설 산학연공동사업단	미래사회기반시설 분야의 4개 특화부분(기반시설 시스템, 수자원환경시스템, 정보경영 시스템 및 기술융합시스템)에서 연구중심대학으로서의 핵심영략 구축

1) Brain Korea 21 사업은 교육과학기술부에서 지식기반사회를 주도할 창조적 고급인력을 양석하기 위한 세계수준의 대학원 및 지역 우수대학 육성을 내용으로 1999년부터 지원되었음

○ 국내 주요 연구기관의 분야별 연구인력현황은 아래표와 같음

구 분	한국건설 기술연구원	한국수자원공사	한국토지 주택공사	계
LID 요소기술 개발	45	15	30	90
LID 기반 자원화 기술개발	40	10	3	53
물순환과정 에너지 회수 및 효율화 기술개발	10	5	2	17
계	95	30	35	160

□ 연구 기자재 인프라

○ 국내 주요 연구기관의 분야별 연구시설 및 장비 보유현황은 아래표와 같음

분야별	주요시설	기자재	보유기관
LID 요소기술 개발		- 적외선 열측정장치 - 콘크리트 믹서기 - 모르타르 믹서기 - 열화상 카메라 - 만능재료 시험기 - 토양수분측정기 - 건축재료 투습성 측정장치 - 공극구조 측정장치 - 초기우수시설 평가장치 - 알베도 측정센서	한국건설기술 연구원
		- 일축압축시험기(1000N) - 표준관입시험기 - 피에조콘 - 오가보링기 - 현장밀도시험기(6,8,12 inch) - 휴대용 초음파 유속계 - 휴대용 관유속계	한국토지주택 공사
	- 용담댐 시범유역(수리, 수문, 수질, 기상 자료 생성) - 하천 수질정화 파이롯 플랜트 - 유속계 검정 시험장 - 막여과 정수처리공정	- 열전도율측정기 - 진동삼축압축시험기 - 콘크리트초음파측정기 - Coupling Capacitor - 프로토콜아날라이져 - DC 내압용 Recorder - Wedge Tightness Detector - 저수심용 ADCP - 산업용 내시경 - 변압기 권선저항시험기 - 고압시험용 케이블 - 부분방전 신호변환기	한국수자원 공사
LID 기반 자원화 기술 개발		- 수질계측기 - 초음파 DIPT 시스템 - 토양비저항 측정기	한국건설기술 연구원

분야별	주요시설	기자재	보유기관
		- 형광현미경	
	- 정수공정 자동화 실증 플랜트 - 생물학적 하폐수 고도처리 시설	- 유량수질측정시스템 - 전자유량계 - 전원발생시험기 - 피뢰기 열화시험 장비 - 전력품질 분석모듈 - 휴대용 초음파 유량계 - 전력케이블 열화시험장비 - COMPRESSION TESTING MACHINE - 일축압축강도시험기 - CYLINER MOLDMOTER - MIXER PORTABLE - CONCRETE MIXER - 변수위투수시험기 - CUTTING MACHINE FOR CONCRETE	한국수자원공사
물순환과정 에너지 회수 및 효율화 기술개발		- 가스분석기 - 데이터로거 - 전기식 로타리 킬른 - 열전도측정기 - 이동식 초음파 유량계 - 가스여과장치	한국건설기술연구원
	- 용담댐 시범유역(수리, 수문, 수질, 기상 자료 생성)	- 압밀시험기 - 동탄성계수측정기 - 일축압축시험기 - 함수율시험기 - 항재하시험기 - 열전도율측정기 - 진동삼축압축시험기 - 콘크리트초음파측정기 - 핸디strainmeter내공변위계 - 수중촬영 장비셋트 - 수중강도 시험기 - 전자식 균열진행 Comperssometer - 자동다짐시험기 - 프레임워크스테이션시스템 - 자동제어계측 시스템 - Pressure Control Panel - 인디게이터내수압변위계	한국수자원공사

□ 해외 협력기관 인프라

○ 한국건설기술연구원은 대만, 중국, 독일, 미국 등 주요국과 국제기구인 UN등과 MOU를 체결하고, 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
대만	대만건설연구원(TCRI)	2010.10.19	- 신재생 에너지분야 국제협력 연구방안 구축 - 건설재료분야 협력방안 구축
중국	장강과학원(CRSRI)	2010.04.23	- 수자원분야 첨단 기술 공유 - 향후 공동연구과제 수행을 위한 기반 수립
UN	유엔아시아태평양 경제사회위원회(UNESCAP)	2008.04.15	- 효율적인 수자원 물관리 및 물관련 재해 관리
독일	브라운슈바이크기술대학(Technical University of Brauns Chweig)	2007.11.01	- 자연친화적 하천복원 기술 및 연구 성과교류
미국	Colorado State University	2007.10.15	- 자연친화적 하천복원 기술 및 연구 성과교류

○ 한국수자원공사는 인도네시아, 인도 등과 MOU를 체결하고, 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
인도네시아	- ADB(아시아개발은행)	2009.08	- 수량, 수질 모니터링을 통한 DB 구축 및 수자원관리 및 계획 평가, 수질개선방안 성과교류
인도	- 인도 NEC Energy	2005.08	- Nagaland 수력발전사업 설계/ 시공 운영관리 MOU 체결

○ 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 경우, 독일, 중국, 캐나다, 미국, 호주 등 주요국의 18개 기관과 기술교류를 하는 것으로 나타남

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
독일	배를린 공과 대학	2004.08.01	- 한국의 강우 특성을 고려한 공동주택 빗물 관리 최적화 모형 개발
중국	산동성 수리과학원	2004.09.01	- 연해 지역 지하댐중 남아 있는 염수 관리 기법 연구
캐나다	University of Waterloo	2004.07.01	- Evaluation of Groundwater Vulnerability and Remediation Design
미국	Auburn University	2004.07.01	- Development and Validation of Efficient Numerical Schemes for Solving Reactive Transport Problems I
독일	Institut fuer Grundwasseroekologie GbR	2004.07.01	- Monitoring and prediction of water quality and vulnerability mapping in Artificial recharge area
미국	Groundwater Solution, Inc(GSI)	2004.07.01	- Development of ASR(Aquifer Storage and Recovery) System and Radial Collector Well Design
캐나다	University of Waterloo	2004.07.01	- Numerical Modelling of Integrated Groundwater/Surface Water Flow and Contaminant Transport
미국	Colorado State University	2004.04.01	- 경제성 및 지표수-지하수연계이용을 고려한 의사결정지원시스템 개발
호주	Tjurunga	2004.08.01	- OpenGIS SensorWeb-Enabled Systems
독일	Koblenz-Lan dau University	2003.02	- Development of management technique forartificially recharged groundwater using stygofauna
미국	Tellus Institute	2003.02	- K-WEAP의 이수안전도 평가 모듈 개발
미국	Hydrologic Research Center	2003.02	- 기상예보-수문모형 연계운영의 불확실성 해석
미국	United States Geological Survey	2002.08	- SF6를 이용한 지하수 연령 및 유동 특성 분석
미국	Ohio State University	2001.10	- SAT 수치모델 개발
미국	University of Central Florida	2001.10	- 분리막을 이용한 용수재이용 시스템 개발 및 평가
미국	Auburn University	2001.10	- Development of modeling tools for managing groundwater contamination problems
캐나다	McGill University	2001.10	- Development and testing of a pestcide fate and transport model
미국	Colorado State University	2001.10	- 수계내 물수지를 고려한 저수지군 준최적화 모형개발

○ 한국환경정책평가연구원은 일본, 중국 등 주요기관과 32건의 협약을 체결하여 수자원에너지 기반의 물순환 기술에 관한 교류를 하고 있음

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
러시아, 몽골	- 러시아 BINMSB RAS - 몽골 IGMAS	2009.05.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase III. Development and Evaluation of Integrated Water Management Model
아제르비아잔	- 아제르바이잔 National Geological Exploration Service	2009.03.	- 아제르바이잔 환경개선 마스터플랜 수립사업
몽골	- Mongolian Nature/Energy and Environment Consortium (MNEC)	2008.10.	- Review of Environmental Impact Assessment of Mongolia
베트남	- 베트남 기상수리연구소	2008.09.	- 베트남 환경교육센터 설립사업
러시아, 몽골	- 러시아 BINM SB RAS - 몽골 IGMAS	2008.06.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase II. Basin Assessment and Integrated Analysis
러시아	- 러시아 국립기술대학교 - 러시아과학원 극동분원	2008.01.	- 동북아지역 월경성 생태건전성평가 표준화를 위한 한-러 공동연구
중국	- 연변대학교	2008.02.	- 동북아 생태네트워크 추진체계 구축을 위한 연구
베트남	- 베트남 환경보호청	2007.110	- 베트남 지역별 환경보전장기계획 수립
러시아, 몽골	- 러시아 BINM SB RAS - 몽골 IGMAS	2006.12.	- Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin - Phase I. Status Survey and Prioritization
영국	- Abt Associates	2006.11.	- 환경오염저감정책의 건간편익산정 모형확립 및 적용연구
	- UNEP	2006.07.	- 기후변화영향평가 및 적응시스템 구축 II - 개발도상국의 기후변화 적응사례 연구(Bangladesh, Brazilian, China, South Africa, India)
	- World Bank	2006.04.	- Development of Options for Effluent Trading in water Quality Management Area
몽골	- 몽골 MNEC	2005.10.	- 북몽골 월경성 하천유역 수질환경 및 오염에 대한 한-몽골 공동연구
	- OECD	2005.05.	- OECD Environmental Outlook

국가명	체결기관명	체결일자	협약내용
중국	- 중국 CAEP	2005.01.	- 동북아 환경협력체계 효율화 방안 연구
	- World Bank	2004.11.	- Development of Implementing Rules and Regulations of Selected Provisions of the Philippine Clean Water Act
몽골	- 몽골 IGMAS	2004.08.	- Joint Pilot Studies between Korea and Mongolia on Assessment of Environmental Management System in Gold Mining Industry of Mongolia
베트남	- World Bank, - 베트남 VENETCO	2004.05.	- VIETNAM - Regional Environmental Management for Traditional Village
일본	- 일본 IGES	2003.10.	- Environment Management of SMEs and Industrial Zones for China
일본	- 일본 IGES	2003.10.	- Northeast Asia Sustainable Development Indicators
중국	- 중국 연변대	2003.11.	- Comparative Study on the Environmental Impact Assessment between the Republic of Korea and China -in case of golf courses
필리핀	- World Bank, - 필리핀 Lichel Technologies, INC	2003.07.	- 2,003.07Integrated Watershed Management for Laguna de Bay for Philippines
	- 필리핀 SAGIP-Env, - 베트남 CEER ,중국 PRCEE	2001.12.	- 대아세안 환경협력분야 조사사업
	- World Bank	2000.03.	- Development of Environmental Management System for Small and Medium-Sized Enterprises

(3) 시사점

○ <표 2-10>과 같이 선진국 대비 국내의 연구인력, 기자재, 해외협력기관과 비교한 결과, 선진국 대비 인프라 수준이 부족한 실정임

○ 따라서 국내의 경우, LID 요소기술 개발, LID 기반 자원화 기술 개발, 물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발에 있어 선진국 대비 부족한 인프라를 구축하는 것이 시급한 문제임

○ 이에 본 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구과제 기획으로 전략적인 연구개발의 수립이 필요함

표 2.10 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력		○			
기자재		○			
산학연 공동연구기반		○			
기술이전 및 거래	○				
국제기술협력기반	○				
업계현황		○			

5절. 종합분석

□ 국내 정책동향

- ○ 정부의 정책방향을 저탄소 녹색성장으로 설정하였으며, 2020년 온실가스 감축 목표를 2020년 온실가스 배출 전망치 대비 30%를 감축 목표로 설정
- ○ 지속가능한 저탄소 녹색도시 조성을 위한 계획기준 (국토해양부, 2001.1)이 마련되고 친수구역특별법 (국토해양부, 2010.12)이 제정되어 물순환의 회복과 신재생에너지의 사용을 적극적으로 요구하는 물순환 녹색도시 개발 정책 확대
- ○ 물재이용 촉진에 관한 법률 (환경부, 2011.6.9)이 제정되는 등 빗물의 이용과 물재이용 정책의 확대
- ○ 테스트베드 중심의 실증연구의 확대

□ 국외 정책동향

- ○ 주요 선진국들은 기후 변화에 대응하고자 녹색산업, 녹색기술을 국가 경쟁력의 원천으로 인식하고 있음
- ○ 국가별로 물 순환 도시 조성 기술 개발에 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념이 도입, 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리하는 정책 추진
- ○ 미국, 일본, 유럽 등 주요 선진국을 중심으로 물관리 에너지의 효율화에 대한 관심이 높아지고 있음.
- ○ 전세계적으로 물순환 녹색도시 구축을 위한 다양한 사업들이 진행되고 있음

□ 국내 시장동향 및 전망

- ○ LID기술을 활용한 도시조성 및 물 · 물질순환도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시에 대한 수요 급증
- ○ 빗물의 저류 및 침투, 하천 정비 등 물관리 사업에 대한 정부의 투자 증가
- ○ 친수구역 개발로 인한 수자원 신재생에너지 사업의 확대 및 투자 증가 기대
- ○ 국내 녹색건설시장 규모는 약 41조원 (2012년)에서 76조원 (2030년)으로 증가 예상

□ 국외 시장동향 및 전망

- ○ 수자원과 이와 관련된 녹색도시 조성에 대하여 거래가 가능한 하나의 산업이라는 인식이 커지면서 세계적으로 물 순환 녹색도시 및 물산업의 성장을 전망

○ 세계 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억$(2007)에서 8,650억$(2025)로 증가 예상

○ 전세계 상하수도 분야 시장규모는 2007년 3,200억 달러 (물시장의 약 90%)에서 2025년에 6,430억 달러(물시장의 약 85%)로 성장이 예상되어 기존 상하수도 인프라를 보완 또는 대체하는 LID 물관리 인프라 기술의 적용 시장 규모가 확대될 것으로 전망됨

□ 국내 기술동향

○ 국내의 LID 물순환 도시기술 관련 관심 고조

○ 빗물의 이용과 관련된 기술들이 개발되고 있으며, 물순환 건전화를 위한 LID 기반의 빗물관리 연구에 대한 관심이 높아지고 있음

○ LID 관련 특허 조사결과 우리나라는 5위권 안에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있는 것으로 파악됨

○ 물순환 과정의 에너지 회수 분야는 특허 활동이 미미 하므로 관련 연구의 활성화 필요

○ 특허 및 논문 분석 결과 특허에 비해 논문 건수가 상대적으로 낮아 기초보다는 응용 연구가 활발한 것으로 융복합 시범사업이 필요할 것으로 판단됨

□ 국외 기술동향

○ 국가별로 접근하는 방식은 일부 다르나 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 분산형 빗물관리 기술이 도입되고 있음

○ LID 요소기술 및 LID 기반 자원화 기술은 2000년대 이후 가파르게 성장함.

○ 일본은 LID 요소기술 관련 특허를 집중적으로 출원고 있으며, 미국, 독일, 호주, 우리나라 등이 그 뒤를 잇고 있음.

○ 물순환 과정 에너지 회수 분야의 특허는 미국에서 가장 많이 보유하고 있으며, 일본과 함께 전체 특허의 83%를 차지하고 있음

□ 연구개발 인프라분석

○ 선진국 대비 국내의 연구인력, 산학연 공동연구기반, 기술이전 및 거래 등의 인프라가 매우 부족한 실정

○ 국내 연구기관들이 해외 기관들과 활발히 MOU를 체결하고 있으나, 구체적인 성과물 중심으로 교류 활성화 추진 필요

○ 연구기자재의 경우 일부 갖추어져 있으나 선진국 대비 다소 미흡한 것으로 나타났으며, 관련 업계들에서의 관심도 증가하고 있음

3 연구개발 과제 추진체계

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

1. 비전

비전

물로 소통하고 재해에 강건한 생태도시
People to Nature with Sound Water Cycle

2. 목표

목표

LID 기반의 물순환형 도시 구축 기술 개발

- 재해에 강건하고 친환경적인 LID 물순환 그린인프라 구축
- LID 요소기술 검증시스템 구축 및 수변형 친수도시 플랫폼 구축
- BIM/GIS 기반 LID 물순환 도시 계획·설계·운영 모형 개발

과제 정의

기후변화에 대비한 물관리 체계의 확립과 도시의 안전도 및 가치의 향상을 목적으로 저영향개발(LID)기법을 활용한 그린인프라 기술 개발, 적용 및 확산시키기 위한 중점 연구과제를 도출하고 추진전략을 수립함.



3. 세부목표

	정량적 목표	정성적 목표
수자원 에너지 기반의 물순환 기술 개발 (건전한 물순환 도시 조성을 통한 수자원 확보 및 재해 저감 기술 개발)	▪ 강우 총량의 80% 이상 관리를 위한 물순환 기술 개발 ▪ 침수저감형 스마트 공원, 물순환형 도로, 입체형 친환경 주차장 개발 ▪ LID 기술 검증 및 표준화 DB ▪ BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형	▪ LID 물순환 그린 인프라 구축 ▪ LID 물순환 요소기술 검증, 표준화 및 통합 효과 모의 모형 확보 ▪ LID 물순환 도시 계획, 설계 및 운영 기술 확보 ▪ 도시재정비사업, 신도시 개발 및 친수도시 조성사업 수행 LID 기술 구축
LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발	▪ 시간 방재 성능 30% 향상 도심침수 저감형 스마트 공원 조성기술 개발 ▪ 강우총량 80% 관리, TSS 제거 80% 이상 물순환형 도로 개발	▪ 친환경 생태녹지 조성 및 단지 물순환 시범 사업 적용기술 확보 ▪ 스마트 공원 조성사업 적용 기술 확보
LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발	▪ LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축 ▪ 물순환, 수생태계 및 열환경 개선 모의를 위한 통합 LID 모형 개발	▪ LID 기술의 체계적 적용 및 효율성 향상 ▪ 수변형 친수도시 플랫폼 구축
LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발	▪ BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형 개발 ▪ LID 시설의 모니터링 자료 및 시설별 적용효과 분석 자료 DB 구축	▪ 개발 이전 수준의 수문특성 회복 ▪ 물순환 녹색도시 조성에 따른 효과검증 ▪ 물순환 녹색 도시 운영 및 유지관리 기술 확보

2절. 기술개발에 따른 미래상

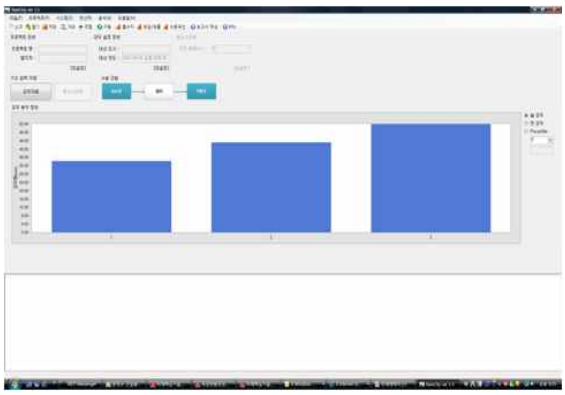
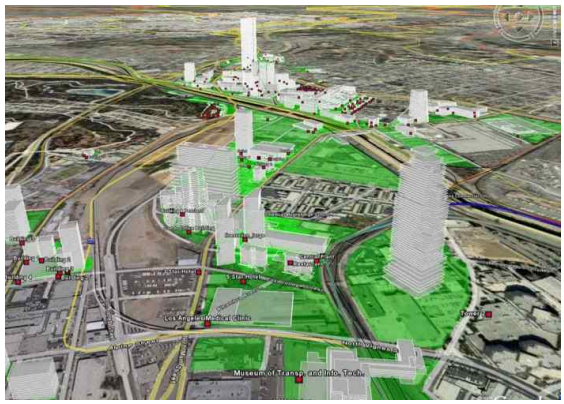
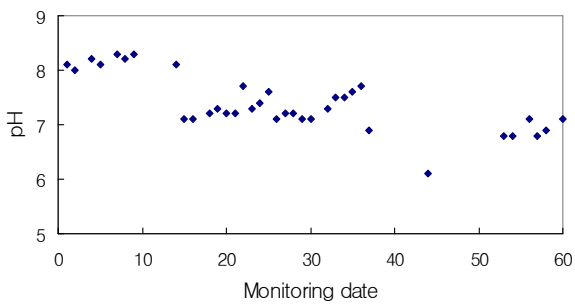
1. LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
○ **방향** 이수 및 치수 중심의 분산형 물순환 시설 요소 기술 ○ **목표** · 개별 물순환 요소 기술의 개발 · 해외 기술의 도입 · 시설의 경제성 확보 ○ **요소기술** · 치수용 빗물저류시설 · 건축물 대상 빗물이용시설 · 투수성 포장 · 옥상녹화	○ **방향** 물순환 회복 및 도시 환경 개선을 위한 다목적 융합 기술 ○ **목표** · 강우총량의 80% 이상 관리를 위한 도시 LID 물순환 인프라 구축 핵심기술 개발 ○ **융·복합시스템** · 시간방재성능 30% 향상 침수저감형 공원 조성기술개발 · 공공·문화 체육시설의 저비용 스마트 그린인프라 · 불투수면과 녹지 연계형 강우유출수 저류 및 침투기술 · 강우총량의 80% 관리 및 TSS 80% 제어 물순환 도로 · 장수명 투수성 블록포장 및 열환경 개선 포장시스템
 ▶투수성포장	

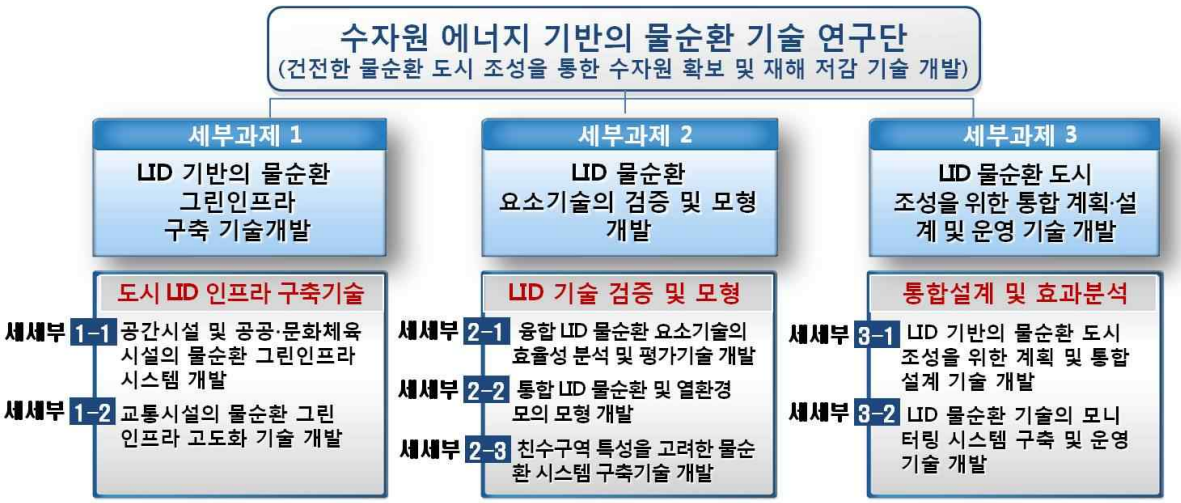
2. LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
○ **방향** 환경여건 및 요소기술 성능 검증을 고려하지 않고 국외사례 및 기술을 적용함으로서 효율성 저하 ○ **목표** · 개별 물순환 요소 기술 적용 · 해외 기술의 도입 ○ **요소기술** · 빗물저류시설 · 빗물이용시설 · 투수성 포장 · 옥상녹화 등 단일 시설  ▶옥상녹화  ▶빗물이용시설	○ **방향** LID 기법 효과 극대화를 위한 요소기술 표준화 및 한국형 통합 물순환 모형 개발 ○ **목표** · LID 물순환 요소기술의 적용을 위한 검증 시스템 구축 및 수변형 친수도시 플랫폼 구축 ○ **융·복합시스템 표준화 및 통합 설계** · LID 요소기술 표준화 방법 프로토타입 구축 · LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축 · 유역 및 도시 인프라를 대상으로 통합 LID 적용시 효과 극대화를 위한 설계 기반기술 개발 · LUD 물순환 수생태계 및 열환경 개선 통합 모의모형 · 수변형 친수도시 플랫폼 · 친수구역 물순환 최적관리 기술 

3. LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영기술 개발

현재 (As-Is)	미래 (To-Be)
○ **방향** · 단일 시설 중심의 LID 물순환 시설 설계 · 기존 도시 일부에 시범적인 물순환 시설의 도입 및 신도시에 제한적으로 적용 ○ **목표** · 개별 LID 물순환 시설의 성능을 고려한 설계 · 건축물 중심의 설계 기법 · 환경성을 고려한 설계 기법의 미흡 · 단기적 모니터링 및 모의 위주의 시설 평가 · 제한적 LID 물순환 시설에 대한 적용 및 모니터링 ○ **요소기술** · 빗물관리시설 설계 프로그램 · 유역단위 물순환 해석 · 친환경 건축물 인증 · 유량 계측 설비	○ **방향** · 토지이용 연계형 통합 LID 물순환 계획 및 설계 · 도시계획단계에서 능동적 물관리 기반의 녹색도시 구현 ○ **목표** · LID 물순환 도시조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영기술 개발 ○ **통합 시스템** · LID 적용을 위한 도시 및 단지 계획 기술 개발 · LID-BIM 기반의 도시 물순환 인프라 통합 설계 모형 · LID 물순환 도시 운영 효율화 기술 · LID 물순환 통합운영 및 관리 시스템
 ▶Rain City	 ▶3D BIM
 ▶모니터링 데이터(pH)	 ▶생태도시

3절. 연구개발과제 구성



4절. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 1세부과제 (LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발) 개요

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	▪ 기후변화에 적응하고 재해에 강건한 도시 조성을 위해 빗물을 가능한 한 발생 지역에서 관리하는 도시 물관리 인프라를 시스템적으로 구축하여 다양한 용도의 수자원을 확보하고 도심지 침수의 위험을 저감시키는 기술 개발
세부과제의 범위	▪ 도시 기반시설(공간시설, 공공·문화체육시설, 교통시설)의 물순환 그린인프라 구축 기술 고도화
기술개발목표	▪ 최종목표: 강우총량 80% 이상 관리를 위한 도시 LID 물순환 인프라 구축 핵심기술 개발 ▪ 세부목표 - 시간 방재 성능 30%향상 도심침수 저감형 스마트 공원 조성 기술 개발 - 강우총량 80%, TSS 80% 이상 관리 물순환형 도로 개발 - 친환경 생태녹지 조성 및 단지 물순환 시범사업 적용기술 확보 - 스마트 공원 조성사업 적용 기술 확보

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

○ 도시의 우수 관리는 하수도를 통한 배제 위주로 이루어지며, 하류에서 유수지에 의해

강우 유출수 관리가 이루어짐

- ○ 우리나라의 경우 연강우의 30% 정도가 홍수를 통해 바다로 유출됨
- ○ 불투수포장 비율이 약 50%(2009)로써 도심지 강우 유출수로 인한 내수 침수 발생 위험성이 높으며, 많은 양의 강우 유출수가 풍수기에 바다로 유실
- ○ 기후변화 및 물부족 대비를 위한 대체수자원 활용 증가 추세
- ○ 2001년부터 2011년까지 10년간 수행된 수자원의 지속적 확보기술개발 사업을 통해 우수저류 및 활용기술개발과 물 재이용 기술 등 대체수자원 확보 기반 마련
- ○ 빗물이용은 주로 지붕면에서의 강우 유출수를 대상으로 하며, 「수도법」 및 「물재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에서 빗물이용의 법적 기반을 마련하고 있음
- ○ 우수를 하수도를 통해 배제시키는 것에 치중하여 하천과 하수도의 개보수 및 빗물배제용 펌프장건설에 막대한 비용 소모하고 있으며 영구저류지로만 홍수조절시설을 국한하고 있는 실정으로 근본적인 대책이 필요
- ○ 침투·저류시설과 지역내 저류시설, 영구저류지와의 관계를 종합적으로 분석하고 도시개발 시 유역내 친환경 침투·저류 기술을 이용하여 도심지 침수저감 및 침투·저류시설 정량화의 방법론을 마련하는 연구가 시급함

□ 정부지원 필요성

- ○ 도시계획 단계에서 홍수 및 가뭄 등 물관련 재해에 대한 안전도 증진 방안 마련 가능
- ○ 민간 차원에서의 부분적 연구개발이 이루어지고 있으나, 건축물 및 도시계획 차원에서 통합적인 적용을 위한 접근에는 한계가 있으므로 정부지원을 통한 강우 유출수의 종합적 활용 방안 시급
- ○ 빗물활용 기술은 공공부문 뿐만 아니라, 민간부문에서의 활용시 보다 파급효과가 크며, 빗물의 활용은 궁극적으로 물부족 문제와 도심지 침수의 제어효과 및 열섬현상 감소 등 공공의 이익과 연결된 환경적 문제를 해결함에 따라 국가적인 차원에서의 움직임 필요
- ○ 본 연구에서 수행될 친환경 침투·저류시설에 대한 정량적인 평가와 실험 및 테스트베드적용을 통한 특성분석 연구는 정부지원이 필수적으로 필요

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

- ○ 수자원의 지속적 확보기술개발 사업 세부과제 “우수저류 및 활용기술”의 빗물이용 기술 연계 및 개선
- ○ 일본, 독일 등 선진국의 기술수집 및 응용
- ○ 국토해양부의 도시홍수재해 저감 연구 사업단에서 파생된 요소기술들을 일부 수용하여 적극적으로 연계 활용

라. 연구개발 주요내용

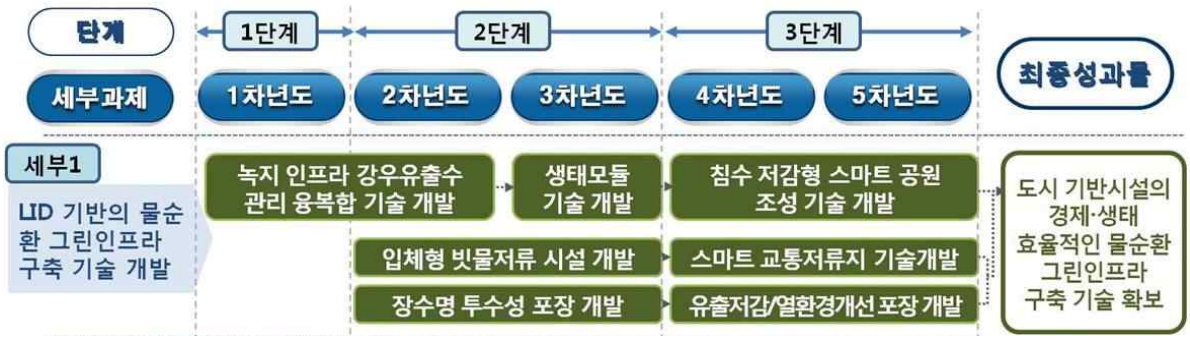
(1) 1세세부과제

세세부과제의 개념	▪ 녹지에서 발생하는 강우 유출수를 자원화 하여 침투와 증발을 증진시키고 수자원을 확보하기 위한 기술 ▪ 공원 등 공공시설에서 다양한 빗물관리 기술의 효율적, 경제적 적용을 위한 시스템 개발
세세부과제의 범위 및 특징	▪ 물순환 회복을 위한 녹지 표면 조성 기술 ▪ 강우 유출수 활용을 위한 녹지 활용 시스템 기술 ▪ 공원 등 공공시설을 대상으로 한 분산식 빗물관리 기술 ▪ 공공시설과 기존 연구되어 온 학교, 공동주택, 공공청사 등 개별 분산형 빗물관리 시설의 통합 적용 시스템 구축 및 고도화 ▪ T/B에 LID 통합 기술로 적용
기술개발목표	▪ 녹지에서 발생하는 강우유출수 자원화를 위한 표면 조성 기술 및 녹지 활용 수자원 확보 시스템 기술 개발 - 물순환 회복을 위한 녹지 조성과 식재 수종 선정 및 적용 기술 - 녹지 활용 수자원 확보 시설 및 pilot 제작 ▪ 공원 등에 적용하는 경제적 효율적 분산식 빗물관리 시스템 개발 - 공원을 대상으로 한 분산식 빗물관리기술 개발 - 적용 대상처 별 LID 기반 빗물관리시설 통합 구축 및 운영 최적화 시스템 개발

(2) 2세세부과제

세세부과제의 개념	▪ 도로, 주차장 등의 포장면에서 발생하는 강우 유출수의 수량 및 수질을 효율적으로 관리 및 활용하기 위한 구조물 설치 및 운영 관리 기술
세세부과제의 범위 및 특징	▪ 강우총량의 80% 이상 및 TSS 제거 80% 이상 관리를 위한 포장면 인프라 시설 개발 ▪ 현장 여건에 따라 효율적인 침투 및 저류 효과를 얻기 위한 관로형 저류 침투 시설 개발 ▪ 투수성 포장의 공극막힘현상 및 보수성 포장의 구조적 안정을 개선한 장수명 포장 기술 개발 ▪ T/B에 LID 요소기술로 적용
기술개발목표	▪ 포장면의 특성 및 수질을 고려한 맞춤형 강우 유출수 자원화 시설 개발 - 포장면 유출수 80% 이상 활용을 위한 관로형 저류 시스템 (교통 저류지) 개발 - 장수명/비관리형 강우 유출수 관리 시스템 개발

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
1세세부	녹지 활용 수자원 확보 시스템	Pilot 제작	Pilot 제작 여부	건	1	녹지활용 수자원 확보를 위한 시스템 개발 필요
	물순환 회복을 위한 녹지 조성 및 식재 기술	녹지 조성 및 식재기술	식재종 특성, 식재 및 유지관리 방안 매뉴얼	건	1	LID 물순환의 핵심 요소기술인 녹지 조성 및 적합 식재 기술 개발 필요
	공원 등을 대상으로 한 분산식 빗물관리 시스템	시스템 개발	시스템 개발 여부	건	1	공공시설 대상 경제적 분산식 빗물관리 적용 방안 구축 필요
	적용 대상처 별 LID 기반 빗물관리시설 통합 구축 및 운영 최적화 시스템	시스템 개발	시스템 개발 여부	건	1	통합 분산형 빗물관리 적용 방안 구축 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	1	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	2	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
2세세부	관로형 저류 시스템 (교통 저류지)	포장면 유출수 80% 이상 활용 시스템 개발	시스템 개발 여부	건	1	불투수면의 많은 부분을 차지하는 도로의 빗물관리를 위한 시스템 필요
	장수명/비관리형 강우 유출수 관리 시스템	시스템 개발	시스템 개발 여부	건	1	경제적이고 유지관리의 편이성을 확보한 강우 유출수 관리 시스템 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	3	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	3	
		신기술 등록 건수	신기술 등록 여부	건	1	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	8	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	2	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	1	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		'12	'13	'14	'15	'16
1세세부	녹지 활용 수자원 확보 시스템 1건	Pilot 설계	Pilot 구축	Pilot 운영 및 성능평가 1건		
	물순환 회복을 위한 녹지 조성과 식재 기술 및 매뉴얼 1건	녹지 설계방안 마련	식재종 특성 검토	식재를 통한 종 선별	식재 기술 및 식재종 List	
	공원 등을 대상으로 한 분산식 빗물관리 시스템 1건	대상처별 빗물관리 요소기술 특성 검토	시스템 설계	시스템 구축 및 운영	시스템 모니터링 및 설계지침 1건	
	적용 대상처 별 LID 기반 빗물관리시설 통합 구축 및 운영 최적화 매뉴얼 1건					매뉴얼 1건
	지적재산권 2건	특허출원 1건	특허출원 1건	특허등록 1건	특허등록 1건	

	논문 및 발표 15건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건
	기술이전/거래 1건					이전 1건
	연구성과 확산 2건		교육1건		홍보1건	
2세세부	관로형 저류 시스템(교통 저류지) 1건		시스템 설계	시스템 구축	시스템 운영	시스템 모니터링 및 개선 1건
	장수명/비관리형 강우 유출수 관리 시스템 1건		시스템 설계	시스템 구축 및 운영	시스템 모니터링 및 개선 1건	
	지적재산권 4건		특허출원 2건	특허출원 1건 특허등록1건	특허등록2건	신기술 등록 1건
	논문 및 발표 13건		학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건
	기술이전/거래 2건					이전2건
	연구성과 확산 1건				홍보1건	

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발	공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라시스템 개발	·녹지 인프라 시설(광장·공원·가로변 녹지 등)의 물순환 구축 기술 개발 ·침수위험도 저감과 주민친화성을 고려한 시설 구축 ·관거직접연결 불투수면 최소화 기술 개발 ·침투 및 저류 빗물의 용수 활용 기술 개발	정부, 지자체	·도시 수자원 확보 정책에 반영 ·기존 하수도 개선비용과 민원 발생을 최소화
			민간 업계 (도시계획, 설계 및 시공 관련)	·기술 실시계약을 통한 개발 기술 적용의 활성화 ·시범 사업을 통한 사례 확대 보급 ·설계 시공시 설계 매뉴얼 활용
	교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발	·교통시설(도로, 보도, 주차장 등)의 불투수면을 대상으로 물순환 그린인프라(투수, 침투, 처리, 저류, 여과 기능부여) 조성 기술	민간 업계 (시공업체, 조경 및 LID 관련 시설 생산/판매 업체)	·특허 및 기술 이전 ·신기술 취득에 의한 설계 반영시 가산점 ·지속적 유지관리 및 모니터링을 통한 기능 개선

		개발 ·강우 유출수 수질개선, 유출저감 및 활용 기술 개발 ·저비용 포장체 열환경 개선 기술 확보		

2. 2세부과제 (LID 물순환 요소기술의 검증 및 모형 개발) 개요

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	▪ 효율적인 LID 요소기술의 적용을 위한 요소기술 검증 기법 개발 및 표준화를 마련하고, 도시 특성에 따른 효과를 분석하기 위한 모의 모형 개발
세부과제의 범위	▪ 융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가기술 개발 ▪ 통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발 ▪ 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발
기술개발목표	▪ 최종목표: LID 물순환 요소기술의 적용을 위한 검증시스템 구축 및 수변형 친수도시 플랫폼 구축 ▪ 세부목표 - LID 요소기술 효율성 검증 시험시설 구축 및 표준화 방안 제시 - LID 물순환 수생태계 및 열환경 개선 통합 모의 모형 개발 - 수변형 친수도시 플랫폼 구축

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

○ 기후변화에 대응하기 위한 국토 및 물관리 분야의 저탄소녹색성장 정책의 성공을 위해 녹색환경 및 친환경도시재생을 위한 핵심 기술인 LID(저영향 개발)기술에 대한 관심 증가

○ 도시화에 의한 토지피복 및 지하 침투량의 변화에 따른 물 순환계 영향, 도시 생태계 영향 파악이 필요하나, 이와 관련한 연구는 미미한 수준임.

○ 국내에서는 LID요소기술의 효율성을 검증하기 위한 실험적인 연구 및 시설이 전무한 실정이며, 이로 인하여 다양하게 개발되고 있는 기술의 평가 및 경제성 검증이 효율적으로 이루어지지 못하고 있음.

○ 녹색도시구현을 위한 물순환 LID요소기술의 성공을 위해서는 실험적 효율성 검증시설의 구축, 최적 효율성검증을 위한 실험기법의 체계화를 위한 연구가 필요한 시점임

○ 오염 최소화, 홍수에 안전 및 지속가능성 향상을 위한 친수구역 LID 적용 전략 및 LID 적용목표 부재

□ 정부지원 필요성

○ 도시 LID 요소기술 개발 연구는 녹색도시 LID기술 성공을 위한 핵심요소기술이나 국내기반시설 및 연구의 부족으로 인하여 정부의 초기지원이 필요

○ LID 물순환 기술은 궁극적인 녹색시장 창출과 녹색도시 수출을 위한 필수적인 공공기술로서 사기업에서 분산적인 수행하기 어렵고 신기술 및 녹색기술인증 요소로서 정부의 통합적인 연구 및 시설지원이 필수적임

○ LID 물순환 기술은 건전한 물순환체계 구축 및 생태계 복원이 확보된 요소기술로 국가차원에서 정책적으로 추진되는 재해에 강건한 도시 조성을 보다 구체적 실현함

으로써 그 파급효과가 크며, 본 과제에서 개발된 기술을 통해 해외기술과의 기술경쟁력 강화가 가능하므로 국가적인 지원 필요

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 도시설계 프로그램, 수생태조성 사업단 연구 결과물 일부 수용 및 활용

○ 기존 과학기술부의 21C 프론티어 연구개발사업 (유역물관리 운영기술개발), 한국건설기술연구원의 통합유역관리방안연구, 국토해양부의 도시재생사업단 등에서 파생된 요소기술들을 적극적으로 연계하여 개선하여 활용

라. 연구개발 주요내용

(1) 1세세부과제

세세부과제의 개념	▪ LID 물순환 요소 기술의 효율성 검증 및 평가 기술 개발
세세부과제의 범위 및 특징	▪ 국내 실정에 맞게 LID 요소기술의 개선 및 고도화 ▪ LID 요소기술(저류형/침투형) 효율성 검증 및 표준화 구축 - LID 요소기술 효율성 검증 실험시설(강우-유출 시뮬레이터) 구축 및 운영 ▪ T/B에 LID 요소기술 적용시 활용
기술개발목표	▪ 친환경 LID요소기술 효율성 검증실험시설 구축 및 운영 ▪ LID요소기술 실험적 검증기법 개발 및 표준화 방안 도출

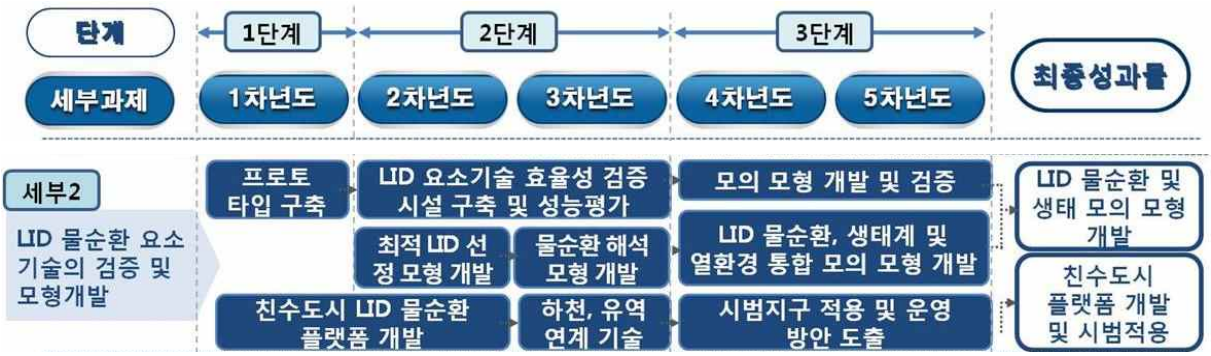
(2) 2세세부과제

세세부과제의 개념	▪ 유역 및 도시 인프라를 대상으로 통합 LID 적용 시 효과의 극대화를 위한 설계기반 기술 개발
세세부과제의 범위 및 특징	▪ LID 기반 안전한 도시 구축을 위한 효과 모의 모형 개발 ▪ LID 기반의 물순환 해석 모형 개발 ▪ LID 수생태계 및 열환경 모의 모형 개발
기술개발목표	▪ LID/GI(Green Infrastructure) 시설의 구축을 통한 물순환 개선 모의를 위한 한국형 강우유출모형 개발 ▪ 유역단위 물순환, 수생태계 및 열환경 개선 통합 모의 모형 개발

(3) 3세세부과제

세세부과제의 개념	▪ 친수구역 특성을 고려한 수변형 특화 저영향 개발 설계 기술 및 물순환 시스템 개발
세세부과제의 범위 및 특징	▪ 친수도시 조성을 위한 세부 마스터플랜 수립 및 설계지침 마련 ▪ 수변형 특화 LID 설계기술 개발 ▪ 하천 및 유역내 시설물을 연계한 친수구역 물순환 최적관리 기술 개발 및 극대화 장안 제시
기술개발목표	▪ 친수 도시 조성을 위한 마스터플랜 수립 및 설계기술 개발 ▪ 친수구역 물순환 최적관리 기술 개발 및 플랫폼 구축

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
1세세부	LID 요소기술 효율성 검증 및 표준화	효율검정 pilot 설비 및 D/B 구축	Pilot 설비 및 D/B 구축 여부	건	1	LID 기술 적용을 위한 요소기술의 D/B 확보 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	3	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	3	
		신기술 등록 건수	신기술 등록 여부	건	1	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	2	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	3	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
2세부	LID 수생태계 및 열환경 모의 모형	프로그램 개발	프로그램 개발 여부	건	1	미기후 개선을 위한 물순환 개선 방안의 최적화를 위한 모의 프로그램 개발 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
		소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록 여부	건	1	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	3	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	8	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	1	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	1	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요
3세부	친수구역 LID 플랫폼	플랫폼 구축	플랫폼 구축여부	건	1	친수구역 특성 및 수출산업화를 위한 플랫폼 구축 필요
	친수구역 시범현장구축	시범현장구축	시범현장구축 여부	건	1	국내에서는 LID의 친수구역 적용사례 미비로 인한 LID 적용효과, 운영 등 모니터링 검증 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	3	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요

사. 연차별 성과목표

과제	성과목표	연차별 목표				
		'12	'13	'14	'15	'16
1세세부	LID 요소기술 효율성 검증 및 표준화 D/B구축 1건	Pilot 설비 설계	Pilot 구축 및 시운전	Pilot 이용 효율성 검증	효율성 검증 및 결과 D/B 구축	표준 D/B 1건
	지적재산권 4건	특허출원1건	특허출원 1건 특허등록1건	특허출원 1건 특허등록1건	특허등록1건	신기술 등록 1건
	논문 및 발표 15건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건
	기술이전/거래 2건					이전2건
	연구성과 확산 3건	홍보1건	교육1건		홍보1건	
2세세부	LID 수생태계 및 열환경모의모형1건			프로그램 1건		
	지적재산권 3건		특허출원 1건	특허출원 1건 특허등록1건 소프트웨어 등록 1건	특허등록1건	
	논문 및 발표 11건		학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건
	기술이전/거래 1건					이전1건
	연구성과 확산 1건				홍보1건	
3세세부	친수구역 LID 플랫폼 개발 1건	친수구역 마스터플랜 구축	친수구역 LID 플랫폼 개발 1건	하천, 유역 연계 기술 개발		
	친수구역 LID 시범구축 1건	한국형 친수구역 특화 요소기술 개발	친수구역 설계	친수구역 LID 효과 모의 분석	친수구역 LID 시범구축	운영 및 모니터링 지침1건
	지적재산권 2건	특허출원 1건	특허출원 1건	특허등록1건	특허등록1건	
	논문 및 발표 15건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건	학술지1건 학술발표2건
	연구성과 확산 3건	교육1건		홍보1건		홍보1건

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
LID 물순환 요소기술의 검증 및 모형 개발	융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가 기술 개발	·통합 LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 ·LID 요소기술 효율성 검증 및 표준화 DB	정부, 지자체	·물순환 도시 조성을 위한 그린인프라 기술 정책에 반영하여 제도화
			민간 업계 (시공업체, 조경 및 LID 관련 시설 생산/판매 업체)	·특허 및 기술 이전 ·신기술 취득에 의한 설계 반영시 가산점
	통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발	·LID 물순환 해석 모형	민간 업계 (설비, 환경, 조경 및 LID 관련 시설 생산/판매 업체)	·기술 실시계약을 통한 개발 기술 적용의 활성화
		·LID 수생태계 및 열환경 개선 회복 모의 모형	정부, 지자체	·도시 개발 계획시 미기후 개선과 열환경 개선 전략으로 제도화
			민간 업계 (도시계획, 설계 및 시공 관련 업체)	·소프트웨어 활용 기술실시계약 체결 ·지속적인 개선을 통한 소프트웨어의 적용성 향상
	친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발	·친수구역 특화 핵심 요소기술개발 ·수변형 친수도시 플랫폼 개발	도시계획, 설계, 조경 및 도시개발 관련 회사	·시스템 기술 활용 실시 계약 체결 ·지침의 보급

3. 3세부과제 (LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발) 개요

가. 연구개발 목표

세부과제의 개념	LID 기반 물순환 모델 도시를 제시하기 위해 테스트베드를 조성하고 LID 물순환 기술의 적용 효과를 실증하고 운영 기술을 개발
세부과제의 범위	▪ LID 기반 물순환 녹색 모델도시의 구축, 모니터링, 적용 효과분석 및 운영 기술 개발
기술개발목표	▪ 최종목표: 물순환 녹색도시의 확대 적용을 위한 모델 제시 및 운영 기술 확보 ▪ 세부목표 - LID 기반 물순환 모델도시 구축 - LID 물순환 기술의 모니터링 및 적용 효과 분석 - LID 물순환 적용 시설의 운영기술 개발

나. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

○ 최근의 도시개발방향은 저영향개발 기법으로 불려지는 LID(Low Impact Development)기법을 적용하도록 시대적 방향이 변하고 있음.

○ 환경부와 국토해양부에서는 국내 도시개발 시 LID(Low Impact Development)기법의 적용을 의무화하는 움직임을 보이고 있음

○ 소방방재청 등에서는 사전재해영향성검토에서 사업지구 내 침투·저류시설의 설치를 권장사항에서 의무사항으로 반영하도록 요구하고 있는 추세임

○ 개발 이전의 자연 상태에 최대한 근접하도록 빗물이 순환하고 자연친화적 공간으로서의 신도시를 개발하려면 LID와 친수개발과의 접목, 새로운 빗물관리 및 토지이용계획과의 조응이 필요함.

○ 최근 현장 사업지구 내 LID 시설의 설치를 의무적으로 반영하도록 지침화 하고 있으나 국내에서는 LID시설의 수문·환경·생태·열순환 등의 영향에 대한 정량화 분석기술 부족 및 토지이용특성을 반영하여야 하는 LID 적용 토지계획 부재로 인한 LID 시설설치규모 및 범위산정이 어려운 상태임.

○ 이에 설계계획과 LID시설 설치 전·후의 효과 모니터링에 따른 계획, 설계 개선 기술과 방법론을 개발하는 연구가 시급하며, 실제적 효과 획득을 통한 Feed back를 위한 비교적 대규모 현장에서의 연구 필요

○ 토지 및 도시계획, 미기후 개선, 조경, 상하수도, 환경, 도시홍수, 수자원, 하천의 건천화 영향 등이 매우 복합적으로 서로 영향을 미치고 효과를 내는 multidisciplinary 연구이므로 그 성과를 확인하고, 향상시키기 위해서는 실제적 적용 SITE가 LID 요소기술의 적용 차원을 넘어서는 비교적 대규모의 종합 훈련

장이 필요

□ 정부지원 필요성

○ 국가 차원에서 본 연구의 결과물을 기후변화 적응을 위한 물순환 녹색 도시 계획 모델과 지침 및 해외신도시 수출모델로 활용

○ 본 연구에서 수행될 LID시설에 대한 수량·수질·생태 등에 대한 정량적인 모니터링기술 개발 및 모니터링 분석은 다양한 소규모, 대규모 테스트 베드 적용을 통해 실제적 성과를 확보하여야 함

○ 이를 통한 전국적 지침화 및 물순환 수출 신도시 기반을 확보하고, 복합적 특성(도시홍수, 도시용수 자족, 미기후, 폭염, 수자원에너지, 도시생태, 도시 물순환 복원 등) 때문에 각 세부과제가 가지는 서로간의 연계성 등을 테스트 베드에서 장기적, 종합적으로 분석하기 위해서는 정부지원이 필수적임.

다. 기존 연구와의 중복성 및 연계방안

○ 일본 연구 사례 연계 활용 (아키시마 츠츠지가오카 하이츠의 LID 시설적용 사례)



○ 미국의 연구 사례 연계 활용 (시애틀, LA, 샌프란시스코 등의 LID 시설적용 사례) 필요. 단, 단순한 물순환의 복원이 아닌 증발산 변화, 미기후 변화, 도시용수 자족 및 도시홍수 저감 등에 대한 정량화 결과 확보를 위한 참조, 비교 사례로 연구 활용

라. 연구개발 주요내용

(1) 1세세부과제

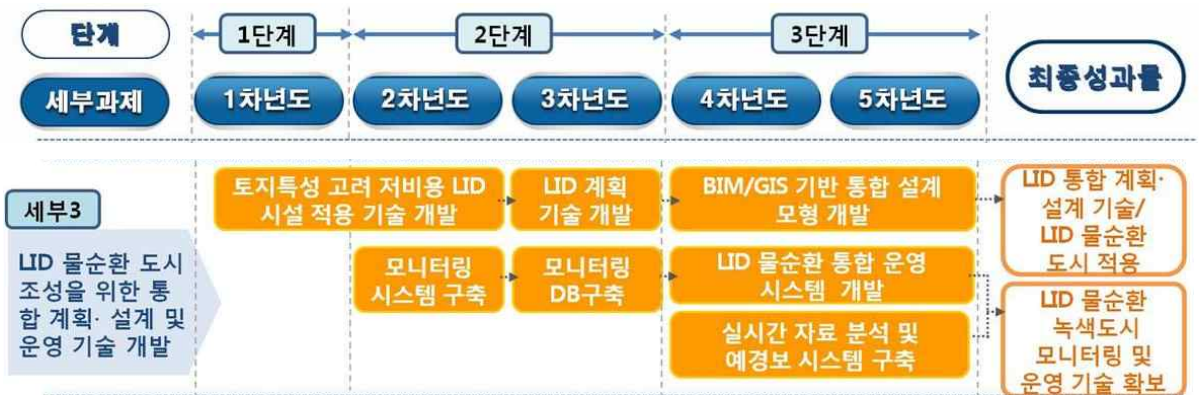
세세부과제의 개념	▪ LID 시설 도입 및 물순환 녹색도시 조성 시 대상 도시의 여건을 고려한 계획 기법 개발

세세부과제의 범위 및 특징	▪ BIM 개념 적용 통합 물순환 녹색 도시설계 프로그램 개발 ▪ 적용 도시별 (기존도시, 신도시 및 수변도시) LID 물순환 기술 도입 방안 구축 ▪ 매뉴얼 및 가이드라인 제시 (필요시) ▪ 토지이용계획 단계에서부터 물순환을 고려한 설계 프로그램의 개발 및 적용 도시의 특성을 고려한 기술 개발 ▪ T/B를 이용한 개발기술의 개선 및 보완
기술개발목표	▪ 기존도시, 신도시 및 수변도시 LID 물순환 최적화 설계 기술 개발 - 3개 이상의 도시 형태에 적용 가능한 저탄소 물순환 도시 최적 설계 프로그램 개발 - 물순환 녹색도시 운영 모의 시뮬레이터 개발

(2) 2세세부과제

세세부과제의 개념	▪ LID 물순환 기술이 적용된 테스트 베드를 대상으로 강우시 및 비강우시 모니터링과 적용 효과를 수량적, 수질적, 미기후 및 생태계 복원 측면에서 다양하게 분석을 통한 적용시설의 운영 및 유지관리 기술 개발
세세부과제의 범위 및 특징	▪ LID 물순환 기술의 모니터링 (LID 시설/미설치 지구 비교) ▪ LID 물순환 기술 적용 효과 분석 (기상, 유출저감, 홍수량 감소, 용수확보, 수질, 침투, 생태, 열환경, 탄소흡수) ▪ LID 기반 녹색 물순환 LID 요소기술 및 통합 적용시 효과 분석 자료 부재 ▪ 도시규모의 T/B에 분산형 빗물관리 기술을 적용한 후 효과 분석 ▪ LID 물순환 적용 시설의 개별 운영 방안 확보 ▪ LID 물순환 적용 시설들의 연계 운영 방안 확보 ▪ LID 물순환 적용 시설의 유지관리 방안 도출 ▪ 도시규모 T/B의 운영을 통한 유지관리 기술 확보
기술개발목표	▪ LID 물순환 기술의 적용 효과 파악 - LID 시설운영 모니터링 결과 DB 구축 ▪ 물순환 녹색 모델 도시 운영 기술 제시 - 물순환 녹색 모델도시 운영 기술 확보 - 물순환 녹색 모델도시 유지관리 매뉴얼 제시 (필요시)

마. 연구개발과제 TRM



바. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
1세세부	LID 물순환 도시 통합 계획 설계 모형	LID 물순환 도시 통합 계획 설계 모형 개발	프로그램 개발 여부	건	1	국내실정에 맞는 LID 물순환 도시 최적 설계 구현을 위한 프로그램 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	1	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	1	
		소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록 여부	건	2	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	1	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	2	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요
2세세부	LID 시설운영 모니터링 결과 DB	DB 구축	DB 구축 여부	건	1	LID 시설 운영 최적화를 위한 모니터링 및 결과 DB 구축 필요
	물순환 녹색 모델도시 운영 기술	운영 매뉴얼 확보	운영 매뉴얼 확보 여부	건	1	LID 물순환 모델도시의 운영 기술 필요
	물순환 녹색 모델도시 유지관리 매뉴얼	유지관리 매뉴얼 마련	유지관리 매뉴얼 마련 여부	건	1	물순환 녹색 모델도시 유지관리를 위한 지침 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
	논문 및 발표	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보 건수	홍보 여부	건	3	개발된 기술의 확산을 위한 홍보 필요

사. 연차별 성과목표

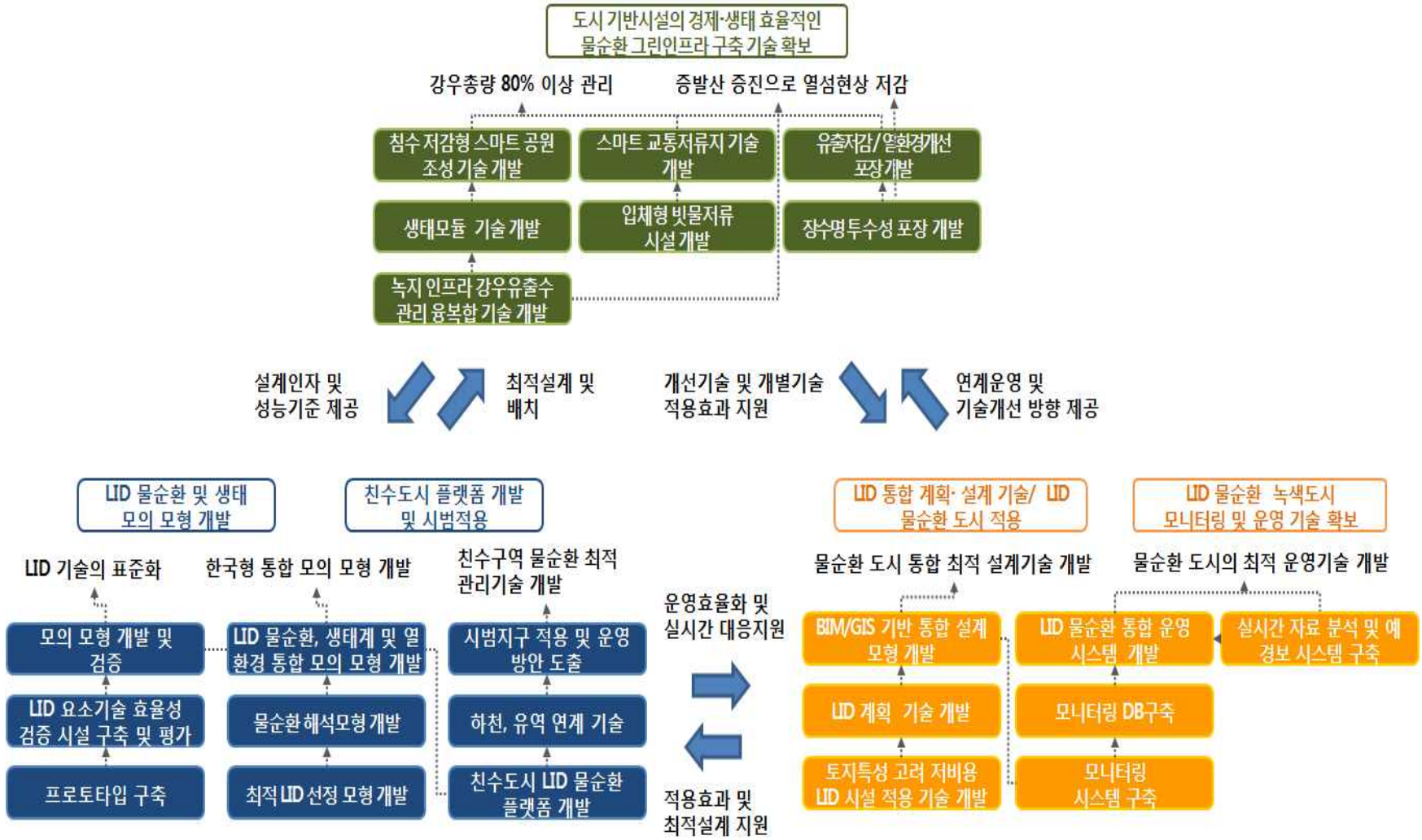
과제	성과목표	연차별 목표				
		'12	'13	'14	'15	'16
1세세부	LID 물순환 도시 통합 계획 설계 모형					모형 1건
	지적재산권 1건		특허출원 1건		특허등록 1건	
	논문 및 발표 5건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건
	기술이전/거래 2건					이전 1건
	연구성과 확산 3건	교육1건		교육1건	홍보1건	
2세세부	LID 시설운영 모니터링 결과 DB 1건					DB 구축
	물순환 녹색 모델도시 운영 매뉴얼 1건				매뉴얼 1건	
	지적재산권 1건		특허출원 1건	특허등록1건		
	논문 및 발표 4건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건	학술지1건 학술발표 2건
	연구성과 확산 6건	홍보1건	홍보1건 교육1건	홍보1건 교육1건		홍보1건

아. 기술수요처 및 사업화 방안

세부과제	세세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발	LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발	·LID 기반의 녹색 모델도시 제시	정부, 지자체	·저탄소 녹색성장을 위한 물순환 녹색도시 조성 사례로 활용 ·물순환 녹색도시 해외 수출모델로 활용
			민간 업계 (도시계획, 설계, 시공, LID 관련 업체 등)	·모델도시 조성 기술의 이전을 통한 사업화 ·모델도시 견학 활성화 ·물순환 녹색도시 해외 수출모델로 활용

	LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영 기술 개발	·물순환 녹색 모델도시 운영 매뉴얼 개발 ·물순환 녹색 모델도시 유지관리 매뉴얼 개발	도시 시설 관리 주체 (관리대행사, 관련 지자체, 시설관리공단 등)	·LID 녹색 물순환 도시 운영 및 유지관리 시 활용 의무화 ·물순환 녹색도시 운영 유지관리 기준으로 활용 ·물순환 녹색도시의 지속성 강화 및 주민 참여를 위한 운영모델로 활용
			민간 업계 (도시계획, 설계, 시공, LID 관련 업체, 등)	·LID 시설의 운영 및 유지관리 방안 필요 시 활용

5절. 세부과제간 연계관계




오픈 스페이스 물순환 기술
빗물-경관 디자인
한국형 빗물정원
녹지-물투수면 연계기술
친환경 포장
공간시설의 물순환 그린인프라
식생 수로
침투 화분
보수성 포장
투수성포장
스마트 공원 및 체육시설
설계인자 및 성능기준 제공
최적 설계 및 배치
요소기술 효율성 분석, 평가 기술
통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형
LID 물순환 요소기술 검증 및 모형 개발
LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발
LID 물순환 공동주택
에코스쿨
스마트 물순환 공원/체육시설
생태녹지
교통 저류지
친환경 주차장
LID 거리 (LID 화단)
습지
친수도시 LID 물순환 플랫폼
적용효과 및 최적설계 지원
운영 효율화/ 실시간 대응지원
침투도랑
보수성 및 투수성 강화 포장
식생수로
수목여과 박스
여과
입체형 저류조
친환경 입체 주차장
물순환형 도로 (교통 저류지)
보수성 강화 포장
연석 식생지
투수성 포장
개선기술 및 개별 기술 적용효과 지원
연계운영 및 기술 개선 방향 제공
LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발
ICT 기반 통합운영
통합 운영 및 관리
모니터링
모니터링 시스템 및 효과 분석
LID 물순환 도시통합 계획·설계 기술

6절. 연구추진체계 제안

연구단 (1)	세부과제 (3)	공동과제 (7)
연구단명 **수자원 에너지 기반의 물순환 기술 연구단 (건전한 물순환 도시조성을 통한 수자원확보 및 재해저감 기술개발)**	세부과제명 LID 기반의 물순환 그린인프라 구축기술 개발	· 공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발 · 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발
연구단 목표 **· 재해에 강건하고 친환경적인 LID 물순환 인프라 구축** **· LID 요소기술 검증 시스템 구축 및 수변형 친수도시 플랫폼 구축** **· LID 물순환 도시 계획, 설계 및 운영 모형 개발**	세부과제명 LID 물순환 요소기술의 검증 및 모형 개발	· 융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가기술 개발 · 통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발 · 친수구역 특성을 고려한 LID 물순환 시스템 구축기술 개발
	세부과제명 LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발	· LID기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합설계 기술 개발 · LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영기술 개발

4 사전타당성 검토

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

○ 산업・국토개발 정책적 중요성

- 정부는 저탄소 녹색성장 선언을 통해 세계 일류의 녹색선진국 건설을 목표로 2020년까지 세계 7대, 2050년까지 세계 5대 녹색 강국 진입을 비전으로 선포
- 지속가능한 저탄소 녹색도시 조성을 위한 계획기준 (국토해양부, 2001.1)이 마련되고 친수구역특별법 (국토해양부, 2010.12)이 제정되어 물순환의 회복과 신재생에너지의 사용을 적극적으로 요구하는 물순환 녹색도시 개발 정책 확대
- 포스트 교토 의정서에 대비하여 정부 및 지자체는 2012년 신재생에너지 의무할당제(RPS) 제도 시행, 지역 에너지 보급 사업 등 신재생에너지 보급 정책에 따라 발전사에 의한 신재생에너지 발전원에의 투자가 불가피하여 시장 확대가 기대

○ 정부지원의 타당성

- LID 기술은 공공부문 뿐만 아니라, 민간부문에서 활용시 보다 파급효과가 크며, 궁극적으로 물부족 문제와 도심지 침수의 제어효과 및 열섬현상 감소 등 공공의 이익과 연결된 환경적 문제를 해결함에 따라 국가적인 차원에서의 움직임 필요
- 물은 에너지 생산을 위해서도 중요하므로, 정부 차원에서 물과 에너지 생산시스템의 관리 및 운영에 있어 통합적인 접근이 필요
- 수자원이 갖는 에너지의 활용 연구는 물안보와 에너지 안보를 동시에 고려할 수 있는 다목적 연구 과제로써 다양한 부처의 협력이 필수적임

○ 사업 추진의 시급성

- 기후변화에 의한 홍수피해, 물 부족현상 및 열환경 악화 등에 대응하고 생태적인 도시를 조성하기 위해 도시 내 모든 물을 자원화하고 물순환 과정에서의 에너지를 절약하고 회수하는 적극적인 물 관리 기술 필요
- 국내 정부전략으로 추진 중인 녹색도시에 대하여 기후 환경 변화 대응 LID 기술, 친환경/에너지 생산 기술 등 구체적으로 기술 구현 방안이 없는 관계로 많은 어려움이 있어 이에 대한 해결이 시급함
- 또한, 최근 동남아시아 등 여러 나라에서 녹색도시 건설에 대하여 관심을 가지면서 모델도시의 해외 수출을 위한 타 선진 국가와의 경쟁력 확보차원에서 사업 추진의 시급함

2. 상위계획과의 부합성

○ 정책적 일관성 분석

- 국내 정책동향의 분석을 통해 각 정부부처의 녹색성장 및 지속가능한 저탄소 녹색도시 조성을 위한 정책과 부합함



그림 4.1 국내 주요 정책과 본 사업과의 연계성

3. 사업추진상의 위험요인과 대응방안

○ 국내외 법, 제도적 요인

위험요인	대응방안
수자원 에너지 기반의 물순환 녹색도시 조성관련 지침 및 제도적 기반 미약	· 도시유형별 적용 가능 기술 분석 및 가이드라인 마련 · 물순환 녹색도시 및 수변도시 구축으로 모델 제시 · 현행 관련 법들의 실행을 위한 지침마련

○ 기술의 부정적 영향

위험요인	대응방안
LID 기반의 능동형 수자원 확보 기술의 신뢰성과 경제성 미흡	· 기후변화 대비 도시안전성 확보 수단으로 녹색 물순환 모델도시의 구축을 통한 실증적 LID 기반 수자원 확보 기술 개발
국제시장에서 통용 가능한 한국형 특화기술 부재	· 핵심기술 조기 국산화와 한국형 특화기술의 전략적 보급 지원

○ 사업의 장기화/연장 요인

위험요인	대응방안
물순환 에너지분야의 융합기술 및 전문인력 부족	· 산,학,연 협동 및 다분야 융합연구를 통한 다차원적인 기술축적 및 전문인 양성
국내 및 세계시장 진출에 대비한 체계적인 전략 부재	· 선진국 대비 현실적인 기술 격차 파악 및 아시아권 시장 확보

○ 권리 확보 계획

위험요인	대응방안
경쟁국의 기술개발 및 시장개척 본격화로 경쟁심화	· 한국형 물순환 도시 조성을 통한 해외 기술 수출 기반 구축 · UNESCAP 등과의 긴밀한 협조 및 자료 확보 등으로 지속적 시장 개척 방안 지원
원천기술 부족으로 인한 기술주도권 상실	· 핵심기술 조기 국산화와 한국형 특화기술의 전략적 보급 지원 · 개발기술의 지적재산권 조기 확보 및 신기술 인증을 통한 산업경쟁력 강화 · 국제공동연구의 활성화를 통한 선진 기술의 국산화 및 기술 개발의 조기 목표 달성 구현

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

□ 사업목표와 내용의 적절성

○ 사업 목표의 구체성 분석

- 사업 목적과 목표를 구체적이고 측정 가능하도록 제시
- 사업목표를 달성하기 위한 5개의 각 세부과제별 정량적 및 정성적 목표를 제시하였으며, 각 세세부과제의 목표도 구체적으로 제시함.
- 목표: 강우총량의 80% 관리를 위한 물순환 기술 개발
- 세부목표

  · 시간방재 성능 30% 향상 홍수저감형 스마트 공원 조성기술개발
  · 강우총량 80% 이상 TSS 제거 80% 이상물순환형 도로 개발
  · LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축
  · BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형 개발
- 세부과제별 목표

	정량적 목표	정성적 목표
수자원 에너지 기반의 물순환 기술 개발 (건전한 물순환 도시 조성을 통한 수자원 확보 및 재해 저감 기술 개발)	▪ 강우 총량의 80% 이상 관리를 위한 물순환 기술 개발 ▪ 침수저감형 스마트 공원, 물순환형 도로, 입체형 친환경 주차장 개발 ▪ LID 기술 검증 및 표준화 DB ▪ BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형	▪ LID 물순환 그린 인프라 구축 ▪ LID 물순환 요소기술 검증, 표준화 및 통합 효과 모의 모형 확보 ▪ LID 물순환 도시 계획, 설계 및 운영 기술 확보 ▪ 도시재정비사업, 신도시 개발 및 친수도시 조성사업 수행 LID 기술 구축
LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발	▪ 시간 방재 성능 30% 향상 도심침수 저감형 스마트 공원 조성기술 개발 ▪ 강우총량 80% 관리, TSS 제거 80% 이상 물순환형 도로 개발	▪ 친환경 생태녹지 조성 및 단지 물순환 시범 사업 적용기술 확보 ▪ 스마트 공원 조성사업 적용 기술 확보
LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발	▪ LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축 ▪ 물순환, 수생태계 및 열환경 개선 모의를 위한 통합 LID 모형 개발	▪ LID 기술의 체계적 적용 및 효율성 향상 ▪ 수변형 친수도시 플랫폼 구축
LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발	▪ BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형 개발 ▪ LID 시설의 모니터링 자료 및 시설별 적용효과 분석 자료 DB 구축	▪ 개발 이전 수준의 수문특성 회복 ▪ 물순환 녹색도시 조성에 따른 효과검증 ▪ 물순환 녹색 도시 운영 및 유지관리 기술 확보

- 사업 목적 또는 목표를 설정한 근거를 구체적 제시함.
- 기술동향분석결과

  · LID 기술은 주로 빗물이용 및 침투시설 개발, 유출저감 분석, 설치 규모연구 등 일부 요소기술에 대하여 진행되었으며, 부분적으로 적용되고 있으므로 통합적 연구 및 테스트 베드 운영에 의한 실증화 기술 필요

· 선진국에서는 국가 또는 주 단위로의 활발한 기술 개발추진으로 인하여 국내의 기술수준은 선진국의 약 60~80% 수준으로서 국가경쟁력 강화 필요

- 시장동향분석결과

· 국내 녹색도시 건설시장의 전체규모는 2012년 41조원, 2030년에는 76조원으로 성장 예상
· 세계적으로 살펴볼 경우, 물순환 녹색도시 조성 관련 산업은 2007년 3,630억 $, 2025년 8,650$ 까지 확대 예상
· 최근 CO_2 등 온실가스 배출에 대한 규제가 강화되어짐에 따라 저탄소 녹색도시은 세계적으로 성장할 것으로 판단되며, 이로 인하여 수자원 에너지 기반의 물순환 녹색도시 조성 기술개발은 국내 뿐만 아니라 해외시장으로의 진출이 매우 긍정적으로 분석됨.
· 국내의 경우, LID 기술의 시장은 아직 미미한 단계로서 정부지원의 강화 및 단계별 시장 진입 유도가 필요한 것으로 판단됨.
· 도시에서의 LID 기술 적용은 토목, 건축, 환경, 조경, 도시계획, IT 분야 등 다양한 분야의 융합이 필요한 것으로 판단되어 최근 다분야 연계 융합기술 기조에 부합하는 것으로 판단됨.
· 국내의 세계 최고의 IT분야 인프라 및 세계시장 진출 경험을 응용한 전략 구축이 필요할 것으로 분석됨.

- 특허분석결과

· 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 미국, 일본, PCT에 등록 및 공개된 특허는 총 2,211건임
· 1991년에서 2008년의 특허출원 추세는 연평균 9%의 성장세를 나타냄
· 전반적으로 LID 기술 및 물순환과정 에너지 회수 효율화 분야는 2000년 이후 가파른 성장세를 보임
· 한국의 LID 기술에서 세계 5위권에 드는 국가경쟁력을 갖추고 있는 것으로 나타났으며, 특허건수보다 영향력 지수, 기술력지수가 높게 나오는 경향으로 미루어보았을 때, 양질의 특허를 많이 보유하는 것으로 나타났음.

- 논문분석결과

· 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 1991년 이후 발표된 SCI급 논문은 총 1,963건임
· 연도별 논문발표추세는 1991년 30건에서 2010년 277건으로 지속적으로 증가하여 연평균 12%의 높은 성장세를 나타냈으며, 특히 2001년부터 연평균 16%의 높은 성장률을 기록함.
· 한국의 경우, 특허출원·등록 현황에 비하여 낮은 논문 발표순위(18위)를 기록하여 타 국가에 비하여 상대적으로 기초분야의 연구보다는 응용 및 개발

분야에 집중한 것으로 판단됨.

- 사업 목표의 달성 여부에 대한 성과지표 및 기준을 적절하게 제시함.

  · 각 세세부 과제별로 최종성과물에서 성과목표, 성과지표, 측정방법, 목표치 및 목표치 설정 근거를 제시함

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
1세세부	저탄소 물순환 도시 최적 설계 프로그램	3개 이상의 도시형태에 적용 가능한 최적 설계 프로그램 개발	프로그램 개발 여부	건	1	저탄소 물순환 도시 최적 설계 구현을 위한 프로그램 필요
	물순환 녹색도시 운영 모의 시뮬레이터	시뮬레이터 개발	시뮬레이터 개발 여부	건	1	물순환 녹색도시 운영 모의를 위해 설계 프로그램과 연계한 시뮬레이터 필요
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	1	기술보호 및 경쟁력 확보 획득
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	1	
		소프트웨어 등록 건수	소프트웨어 등록 여부	건	2	
	논문 및 발표	학술지 게재 건수	학술지 게재 여부	건	5	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술발표 여부	건	10	
	기술이전/거래	기술실시기업 협약 건수	협약 여부	건	1	실시기업 확보 필요
	연구성과 확산	연구개발 성과 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 달성 여부	건	2	개발된 기술의 확산을 위한 홍보/교육 필요

그림 최종성과물 및 성과지표 (제3-1세세부과제의 사례)

- 하위 사업/과제의 목표는 최종 목표 달성을 위해 충분하게 구성됨

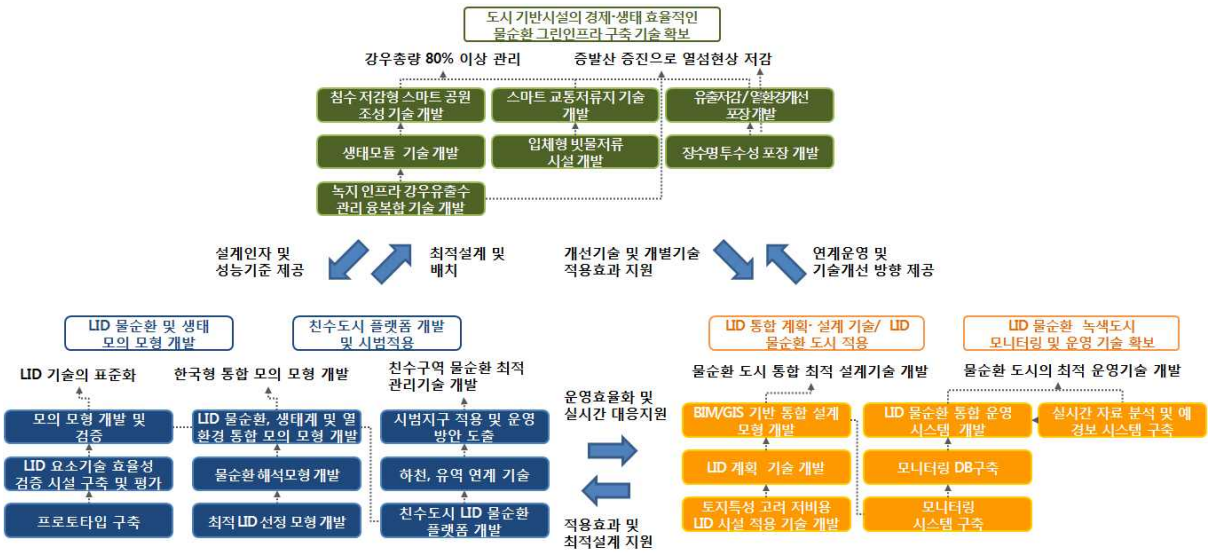


그림4.2 과제 목표 및 세부과제 관계도

○ 사업 내용의 논리성 및 적절성

- 하위 사업/과제의 내용, 기술개발범위 등이 구체적으로 정의하였음.

  · 세부과제 및 세세부과제에 대하여 기술의 정의 및 과제의 범위, 성과물 등을 제시함.



그림 4.3 세부과제 1 및 세세부과제 1-1의 과제 내용 및 기술범위, 성과물 제시모습

□ 사업추진전략의 적절성

○ 전체 사업 추진전략 및 세부과제의 추진 전략에 대해 상세히 제시함

- 사업목표를 계획된 기간 내에 효율적으로 달성하기 위해서 검토해야할 위험요소와 공헌요소에 대해 분석
- 핵심기술 위주의 개발 전략 수립
- 철저한 실험검증 및 테스트 베드에 의한 실증화 전략 및 기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략
- 실용화 및 사업화와 관련한 성과목표 및 지표를 구체적으로 제시하고, 증명이 가능한 검증방안을 수립, 추진

○ 전체 사업 추진 전략

- 저탄소 녹색 성장 기조에 적합한 기술 개발 전략 수립

  · 재해에 강건하고 자연 자원을 보전하는 녹색도시 조성 기술 마련
  · 물순환 과정의 에너지 회수 및 수자원 에너지 효율화 기반 기술 확보-

- 관련 기술들과 연계한 개발 전략 수립

  · 사업개발 관련기술의 적극 활용을 통한 단기간 중간진입 전략 수립
  · 사업국가개발연구사업에서 개발된 기존 기술과 접목하는 전략 수립

- 플랫폼 기반의 프로그램 구축
- 구체적인 기술개발 성과물의 도출을 목표로 한 과제 수행

  · 사업현장적용 및 실용화를 위해 철저한 실험검증 및 테스트 베드 구축
  · 사업 테스트 베드 기반의 신뢰성 있는 데이터 확보 전략 수립

- 기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략
  - ·사업 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립

□ 사업추진체계의 적절성

- 산학연 연계 조직 구성
  - ·정부, 정부출연구원, 대학, 시공사, 제품생산업체 등과 유기적인 협력 체계 구축
  - ·수자원 에너지 기반의 물순환 기술의 실용화 촉진을 위해 확보된 요소기술별로 시범적용 등 테스트 베드의 운영이 가능하도록 조직 구축
- 세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축
- 실용화를 목표로 하는 세부과제는 개발 제품의 생산 주체인 기업의 참여를 기본으로 산·학·연 공동연구
- 필요시 해외 주요 기관 및 전문가와 협력 추진 및 국내외 관련기관 네트워크 활용 전문 정보 수집 시스템 구축
- 전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용
- 관련 부처 및 업계 간 유기적 협조체계 구축을 통한 의견 수렴 및 교류

2. 기술수준 및 성공가능성

□ 기술수준 및 역량 분석

○ 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

- 국내외 특허 논문 분석을 통한 기술 수준 조사
  - ·LID 요소기술과 관련한 특허는 총 1,352건이 검색되었고, 꾸준히 증가하여 연평균 7%의 성장세를 나타내고 있으며, 1990년대에는 일본에서 출원등록된 특허가 주를 이루다가, 2000년대 들어서 미국의 특허활동이 활발해짐
  - ·LID 기술분야별로는 분산형 빗물관리시스템, 포장면 물순환건전화기술에 집중적으로 특허가 출원·등록되었으며, 계획설계기술, 영향효과분석과 관련된 특허출원이 미미하고 특허건수로는 일본이 가장 많은 특허를 출원하였으나, 영향력 지수와 기술력지수는 미국이 우위를 나타냄
  - ·LID 분에에서 우리나라는 특허건수로는 5위였으나, 피인용도를 고려한 영향력지수에서는 1.88(1이상이 유의값)로 3위를 기록하고, 기술력지수는 4위로 나타남
  - ·물순환과정 에너지 회수 효율화 기술과 관련한 특허는 총 216건이 검색되었고, 연평균 10%의 성장세를 나타내고 있으며, 연도별 출원등록 추세가 비정형화된 패턴을 보이지만, 전반적으로 특허출원등록이 증가하였음

· 물순환 과제 에너지 회수 효율화 기술 관련 특허건수로는 미국이 가장 많은 특허를 출원하였고, 우리나라는 관련 특허가 미미함.

- 국내외 논문 분석을 통한 기술 수준 조사

· 국가별 논문발표 현황을 분석한 결과, 수자원 에너지 기반의 물순환에 관련하여 논문을 가장 많이 발표한 국가는 미국이고, 그다음으로 중국, 독일, 호주, 영국, 일본 순으로 나타났으며, 우리나라는 18위를 기록함

· 1991년부터 2000년대까지는 완만한 증가세였으나, 2001년부터 연평균 16%의 높은 성장률을 기록하여 연구활동이 활발해지는 분야임을 확인할 수 있음

· 기술분야별로는 LID 기반 자원화 기술이 14%로 가장 높은 성장세를 보였고, LID 요소기술 12%, 물순환과정 에너지 회수효율화 11%로 순으로 나타남

- 기술격차 분석: 세세부 과제 수준에서 최고 기술보유국과의 기술격차 분석

과제 번호	세세부과제	현재 최고기술 보유국가	최고기술 수준대비 기술수준(%)	
			현재	개발 완료 후
1-1	공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발	미국	70	90
1-2	교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발	일본	70	90
2-1	융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가기술 개발	미국	60	90
2-2	통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발	미국	60	80
2-3	친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발	스웨덴	80	95
3-1	LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발	호주	70	90
3-2	LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영기술 개발	독일	60	80

○ 기술개발 역량 및 잠재력

- 기술개발과 관련한 각종 인프라에 대해 분석함

· 선진국 대비 국내의 연구인력, 기자재, 해외협력기관과 비교한 결과, 선진국 대비 인프라 수준이 다소 부족한 실정임

· 수자원, 상하수도, 건축, 조경 등 인력인프라를 연구에 활용하는 것이 가능할

것으로 분석됨

· 국내의 경우, LID 요소기술 개발, LID 기반 자원화 기술 개발, 물순환 과정의 에너지 회수 기술 개발에 있어 선진국 대비 부족한 인프라를 구축하는 것이 시급한 문제임

표 4.1 선진국 대비 국내연구 인프라 수준

인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
	부족	다소부족	동등	우월	보다우월
전문인력		○			
기자재		○			
산학연 공동연구기반		○			
기술이전 및 거래	○				
국제기술협력기반	○				
업계현황		○			

3. 기존 사업과의 중복성

□ 기존사업과의 중복성

○ 중복성 조사는 NTIS 자료 및 각 부처 R&D 계획 자료를 이용하여 이루어졌으며, 1차적으로 KICT 연구진이 중복가능성이 있는 사업, 과제들을 스크리닝 한 후, 전문가 위원회를 통해 중복 여부에 대한 정밀 진단 추진

- 기존 사업과의 내용 및 주요 기술등에서 중복성 분석

· 각 세부과제별 유사과제에 대한 내용 및 주요기술 및 중복여부에 대한 분석이 이루어짐

- 기존연구 결과물들의 연계, 활용 또는 차별화 전략에 대해 제시함

3절. 경제적 타당성

1. 경제성

□ LID 기법의 경제성은 단순히 설치비용만을 근거로 평가하게 되어 유지관리비, 기존 시설대비 효율의 증대, 다양한 환경적 및 경제적 편익을 고려하지 못하는 경우가 대부분임.

□ 현재까지 LID기법의 경제성에 대한 평가 사례가 많지 않으므로 기존 방법대비 시설비 절감 측면과 편익의 정량화 측면으로 나누어 사례를 제시함.

□ LID 도입 사례를 통한 경제성 분석

○ 기존 배제 위주의 우수관리 시스템과 LID 기술 모두 강우유출수를 관리하는 측면에서는 같은 기능을 갖지만 LID 기술의 경우 강우유출수 관리 뿐만 아니라 물관련 재해 예방 및 생태계 회복과 같은 다양한 효과를 제공함

○ LID 적용에 의한 효과로는 환경보호, 홍수피해 저감, 수질개선 및 공공 위생 증대, 지하수 충전, 우수관리 인프라 비용의 감소, 에너지 사용량 저감, 대기질 향상 및 심미성과 재산가치의 증대 등이 있음 (표 4.2).

표 4.2 LID 기법의 편익 항목

LID 기법의 편익 항목	
1. 환경보호의 효과	강우로부터 유출되는 오염물질을 저감하고, 강우의 유출량을 줄이며, 하천 및 습지 등의 수환경 지역의 수자원 확보
2. 홍수 저감과 재산 보호	불투수면적을 줄이고, 식재지역의 증가, 강우유출수의 분산 및 침투의 결과로 강우유출량이 줄어 홍수를 저감함으로써 인명과 재산 보호의 효과 확보
3. 공공 위생 증대	강우시 오염물질의 유출을 저감함으로써 수원의 오염 예방
4. 식수원 보호	강우의 침투를 통한 지하수 함양, 오염물질 저감 및 해수 유입의 저감 효과
5. 사회적 비용 감소	비점오염원 저감효과에 따른 정화 비용의 감소 및 추가적인 정화시설의 설치비용 감소
6. 도심 경관의 향상	빗물관리시설은 도심 내 수목의 설치 증가와 불투수면적의 감소 효과로 녹색 성장 및 녹색 도시 기반 확보
7. 공공의 안정성 확보	좁은 도로에서 빗물관리시설로 인한 차량 통행 속도 감소로 도보자의 불의의 사고 예방효과
8. 그 외의 효과	수원 확보, 용수사용량 저감 등의 효과로 댐 건설비 및 댐주변 지원비 감소 효과

○ 국내사례

- 아산탕정

· LID 도입에 따른 비점오염처리장치 면제 편익 발생

구 분	비용투자	편 익	비 고
내용	약 50억원	약 20억원	유출저감효과 고려시 초과편익 발생

- 친수사업시 LID 요소기술 적용에 따른 강우유출관리 비용편익 검토

· 홍수저감편익

구 분	편익 내용	비 고
단위용량당 유수지 설치 비용	6.4억톤/만톤(저류용량)	기존설치 평균비용
LID 기술적용 강우유출 저감목표	10%	소방방재청
LID 기술적용 단위용량당 편익	0.22억원/만톤	
친수구역 단위면적당 유수지 비용	6.3억원/1,000m^2	석관동 저류조 기준

· 비점오염저감편익

구 분	설치공사비		유지관리비		총비용	
	STP	LID	STP	LID	STP	LID
단위면적당 소요비용(원/m^2)	42,099	17,041	1,401	259	43,500	17,300
대비(%)		40.48%		18.49%		39.77%

○ 국외사례

- 미국 EPA의 보고에 따르면, 기존방식에 비해서 LID 방식은 평균 30% 정도의 비용절감효과가 있는 것으로 나타남 (표 4.3).
- 비용절감 항목으로는 도로포장, 연석 및 측구의 제거나 절감을 통한 자재비용 절감, 부지정비 및 준비, 우수기반 시설 설치 등의 조성비용 절감 등이 있음.
- LID 기술이 기존의 하수도 시설계획보다 비용이 저렴하게 소요된다는 생각은 이미 미국 내에서 보편적인 생각으로 받아들여 지고 있음

· 미국 환경청이 ASLA(미국 조경가협회) 회원들을 대상으로 설문 조사한 결과에 따르면, 각종 개발 사업이나 조경 사업에 그린인프라를 적용하는 것이 사업 전체 비용을 줄이거나(44.1%) 또는 비용에 영향을 미치지 않는다(31.4%)고 함.

표 4.3 LID 적용에 의한 비용절감 사례 (USEPA, 2007)

사업명	기존 방식 개발시 소요 비용	LID 개발 시 소요 비용	비용 절감	절감 비율
2nd avenue SEA street (Washington)	$868,803	$651,548	$217,255	25%
Auburn Hills (Wisconsin)	$2,360,385	$1,598,989	$761,396	32%
Bellingham City Hall (Washington)	$27,600	$5,600	$22,000	80%
Bellingham park (Washington)	$52,800	$12,800	$40,000	76%
Gap Creek (Arkansas)	$4,620,600	$3,942,100	$678,500	15%
Garden Valley (Washington)	$324,400	$260,700	$63,700	20%
Kenshington Estates (Washington)	$765,700	$1,502,900	-$737,200	-96%
Laurel Springs (Wisconsin)	$1,654,021	$1,149,552	$504,469	30%
Mill Creek (Illinois)	$12,510	$9,099	$3,411	27%
Prairie Glen (Wisconsin)	$1,004,848	$599,536	$405,312	40%
Somerset (Maryland)	$2,456,843	$1,671,461	$785,382	32%
Tellabs Corporate Campus (Illinois)	$3,162,160	$2,700,650	$461,510	15%

- 세부적으로 미국의 Auburn Hills 및 Laurel Springs 사례를 살펴보면 다음과 같음.

- Laurel Springs 사업

  · 기존방식에 비하여 약 30% 비용 절감 예상

  · 총 절감비용 중 약 60%가 강우유출수 관리로부터 절감

구분	기존방식 ($)	LID 기술 ($)	비용절감액 ($)	절감비율 (%)	총비용대비 절감액 (%)
부지타당성 조사	441,600	342,000	99,600	23	20
강우유출수 관리	439,956	136,797	303,159	69	60
포장 및 보도 계획	607,465	515,755	91,710	15	18
조경	165,000	155,000	10,000	6	2
총계	1,654,021	1,149,552	504,469	-	-

(참조: Reducing Stormwater Costs through LID Strategies and Practices (EPA, 2007))

- Alburn Hill 사업

  · 강우유출수 관리(홍수저감 및 비점저감) 및 포장·도로 계획분야의 절감요인이 큼을 알 수 있음.

구분	기존방식 ($)	LID 기술 ($)	비용절감액 ($)	절감비율 (%)	총비용대비 절감액 (%)
부지타당성 조사	699,250	533,250	166,000	24	22
강우유출수 관리	664,276	241,497	422,779	64	56
포장 및 보도 계획	771,859	584,242	187,617	24	25
조경	225,000	240,000	15,000	-7	-2
총계	2,360,385	1,598,989	761,396	-	-

(참조: Reducing Stormwater Costs through LID Strategies and Practices (EPA, 2007))

- 독일의 크론스베르크 주거단지

  · 기존의 하수관망 방식에 약 2,460만 마르크 (2000년 유러화 이전 화폐 기준, 1마르크는 약 700원) 소요될 대상지를 LID 방식을 적용해서 약 2,268만 마르크로 조성하였으며, 이를 통해, 개발 전과의 자연물수지를 유지함. (Hannover, 2000)

□ LID 적용에 의한 비점오염저감 효과

○ 미국 미시건주 Beecher Water District(BWD)의 CSO 저감 사례

- 1994년 미국 미시건주에 위치한 Beecher Water District(BWD)에서는 6,020 가정의 낙수 홈통을 제거함
- US＄15,000를 지출하였으나 우수관리시설 관리 비용 절감과 CSO 저감으로 인해 월 US＄8,000의 비용을 절감함
- 이외에도 CSO와 관련된 민원의 감소, 지하수 충전, 호수의 수질개선 등 다양한 효과 경험

○ 유역전체를 대상으로 LID에 의한 CSO관리는 대규모 집중식 수로나 저류 시설에서 강우유출수를 저류하는 방법에 비해 비용적으로 더 경제적임을 보고한 사례들도 있음 (ECONorthwest, 2007).

○ 미국 뉴욕시의 Green Infrastructure Plan (2010)

- 앞으로 20년 동안 총 24억 달러를 그린인프라(LID 요소기술) 구축에 투자해서, 시 전체 불투수면적의 10%에서 발생하는 빗물을 그린인프라를 통해 저류/침투
- 기존 및 계획 하수도 시설의 효율 최적화를 통해 합류식 하수관거 월류수(CSO) 약 7천6백만 톤 감소시키고, 수질 유지를 위해 소요되는 비용을 총 68억 달러에서 53억 달러로 15억 달러 감소시키고자함.

2. 과학기술적 파급효과

□ 과학기술적 및 기타 파급효과 분석

○ 사회적 활용도

- 정부 및 지자체에서 도시 개발(친수도시 등)과 재생 사업 시(신도시, 도시재생정비사업 등) 투수율 증대, 방재성능 향상, 물순환 생태도시 조성 등에 활용

  · 지속가능한 신도시 계획 기준(국토해양부, 2010), 저탄소 녹색성장 기본법(국토해양부, 2010), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙(국토해양부, 환경부, 2010), 친수구역 활용에 관한 특별법(국토해양부, 2010)에 의한 친수구역 조성지침(국토해양부, 2011) 등 법령 시행을 위한 비용 효율적 기술 확보 및 설치기준 등에 활용'

  · 신도시 개발 및 도시 재정비 시 국가차원에서의 방향 설정 및 기준제시

- 스마트 물순환 도시 조성 기술 개발을 통한 물산업 신성장 동력으로 육성

- 세계적인 수준의 새로운 기술영역을 개척하고 폭 넓은 영역에서의 활용 가능

  · 기후변화 및 도시화 문제점 개선

  · 전 세계적으로 필요성이 커지고 있는 LID 물순환 기술의 Platform 구축 및 도시 개발 시 활용

  · LID 기반 도시 조성 기술의 수출 및 지원에 의한 국격 향상: KOICA 및 UNESCAP 등과 협력을 통해 기술의 Package와 Platform을 구축하고 필리핀, 인도네시아, 몰디브 등의 동남아시아에 우선적 진출

- 기업체의 경우, 국내·외 도시개발 사업에서 LID 기반 물순환 도시 조성사업의 사업타당성 분석, 계획, 설계 및 시공 최적화에 활용

○ 경제적 기대효과

- 국내·외 환경적 측면에서 기후변화에 대응하는 핵심적 기술로써, 물순환 회복, 생태계 복원, 에너지 절감 차원에서 기대가치와 파급효과가 매우 큼

  · 발생원에서 강우 총량의 90%를 관리할 수 있는 LID 물순환 기술 확보로 기후변화 적응력 향상 및 도시 하천 및 지하 생태계 보전

  · 물순환 건전화를 통한 열환경 개선으로 도시기온 1℃이상 저감, 냉난방에너지 4%이상 절감 효과 및 CO_2 배출량 저감 극대화

- 기존도시 개발 방식에 비하여 LID 기반 도시 개발시 사업비용이 약 30% 절감

  · 도시내 친환경 어메니티의 제공 및 녹색화 등의 순영향이 고려된 환경적, 경제적 기대효과는 더욱 클 것으로 판단됨.

○ 기술적 기대효과

- 지적 재산권 및 학술적 성과

  · 각 세부과제별 성과목표에 도달 할 경우 논문 49건 이상, 학술발표 36건 이상, 특허출원 및 등록 32건 이상, 소프트웨어 등록 10건 이상 및 신기술 2건 이상의 과학기술적 성과 기대

- 변형된 물순환 체계의 건전화를 이루기 위한 친환경 LID 기술을 정량적으로 평가하고 모니터링 결과물을 축적함에 따라 향후 축적된 자료는 기술적으로 파급효과가 클 것으로 판단됨.

○ 정책적 기대효과

- 기후변화에 대비한 물관리 체계를 확립하고, 도시의 안전도와 가치를 향상시키는 물순환 그린인프라 구축에 요구되는 핵심 융복합 기술 개발로 국가정책방향에 부응

□ 예산 적정성 분석

○ 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

- 세부과제별 기획위원회를 구성, 최소연구 단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 분석하고 상향식 방법으로 예산을 산출함

○ 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

- 각 세부과제의 세세부과제별 정부지원 및 민간 예산을 연차별로 구분하여 제시함

○ 인력 투입 및 확보계획이 적절하게 수립됨

- 5년간 연구단 총 소요 연구인력은 406명으로 세부과제별, 세세부과제별 투입 연구인력을 연구일정에 맞추어 제시하고 있음

○ 2~4차년도 연구인력과 연구비가 높게 나타난 이유는 모델도시 구축, 모니터링 및 제품 개발을 위한 직접비(연구장비/재료비, 연구활동비, 연구수당)의 증가로 인한 것으로 분석됨

4절. 종합평가 및 결론

1. 정책적 타당성 분석

□ 정책적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성, 2. 사업추진의지 및 위험요인이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- ○ 국가전략적 중요성 및 상위계획과의 부합성의 경우 국가 정책동향 분석을 통해 수자원에너지 기반의 물순환 기술 연구 사업의 중요성 및 정책적 일관성에대해 기술함
- ○ 사업추진의지 및 위험요인의 경우 본 사업과 관련한 국토해양부의 관련사업 추진의지에 대해 기술하고 사업추진상의 위험요인과 이에 따른 정부지원의 필요성에 대해 서술하였으나 국내외 법, 기술 등의 위험요인에 따른 별도 대비책에 대한 추후 논의가 필요할 것으로 판단됨

2. 기술적 타당성 분석

□ 기술적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 기술개발 계획의 적절성 2. 기술수준 및 성공가능성 3. 기존사업과의 중복성 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- ○ 기술개발 계획의 경우 사업목표 및 설정 근거가 구체적으로 제시되었고 세부사업의 내용이 사업목표를 달성하는데 충분하게 구성되었음. 또한 사업추진전략 및 추진체계에 대해 상세히 기술하였음
- ○ 기술수준 및 성공가능성의 경우 국내외 논문, 특허, 시장, 기술동향 및 인프라 분석을 통해 구체적인 분석이 이루어 졌음
- ○ 기존사업과의 중복성의 경우 각 세부과제별 유사과제에 대해 연계가능성 및 고도화 방안을 통해 차별화 방안을 제시함

3. 경제적 타당성분석

□ 경제적 타당성 분석에서의 주요 쟁점은 1. 경제성 2. 과학기술적 파급효과 이며, 이에 대한 최종 검토의견은 다음과 같음

- ○ 경제성 분석의 경우 국외 선진국의 사례를 통해 본 사업의 경제적 측면을 긍정적으로 판단함 (기존방식 대비 약 30% 비용절감)
- ○ 예산수립 체계, 과정의 분석을 통해 검토결과 본사업의 예산은 적정한 것으로 판단됨.

5 인력투입 계획 및 소요예산 산정

5장. 인력투입 계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

○ 연구단 전체 소요인력을 세부과제 단위로 연차별 집계하여 다음 표에 나타내었음

○ 소요인력의 단위 1명은 12M/M에 해당되며, 1M/M는 연구원 1명이 1개월간 100% 참여함을 뜻함

연구단소요인력 (단위 : 명)

세부과제		1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1세부		**16**	**32**	**32**	**32**	**32**	**144**
	1세세부	16	16	16	16	16	80
	2세세부		16	16	16	16	64
2세부		**21**	**34**	**34**	**34**	**34**	**157**
	1세세부	13	13	13	13	13	65
	2세세부		13	13	13	13	52
	3세세부	8	8	8	8	8	40
3세부		**24**	**24**	**24**	**24**	**24**	**105**
	1세세부	11	11	11	11	11	55
	2세세부	13	13	13	13	13	50
합계		**61**	**90**	**90**	**90**	**90**	**406**

2절. 소요예산 산정

1. 산정개요

○ 세부과제별 기획위원회를 구성하여 예산을 산출함

○ 최소 연구단위인 세세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정

2. 수자원 기반의 물순환 기술 연구단 과제 소요예산

(단위 : 억원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		5차년		합계		
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	계
연구단 총괄	4.81	3.44	28.85	18.04	61.65	39.49	45.25	27.18	45.25	27.18	185.80	113.33	299.13
1세부과제	1.25	1.25	5.65	6.49	18.50	12.56	13.58	9.53	13.58	9.53	55.56	39.35	94.91
1-1	1.25	1.25	5.77	5.77	10.58	10.58	8.17	8.17	8.17	8.17	33.94	33.94	67.88
1-2	-	-	2.88	0.72	7.92	1.98	5.40	1.36	5.40	1.36	21.61	5.41	27.03
2세부과제	1.73	1.09	12.02	5.89	25.69	13.36	18.86	9.40	18.86	9.40	77.15	39.14	116.29
2-1	0.87	0.22	4.81	1.20	9.24	2.31	6.35	1.59	6.35	1.59	27.60	6.90	34.51
2-2	-	-	3.37	0.85	7.21	1.81	6.26	1.57	6.26	1.57	23.10	5.79	28.88
2-3	0.87	0.87	3.85	3.85	9.24	9.24	6.25	6.25	6.25	6.25	26.45	26.45	52.90
3세부과제	1.87	1.11	8.17	5.68	17.46	11.58	12.82	8.25	12.82	8.25	53.09	34.84	87.93
3-1	0.87	0.87	4.81	4.81	9.62	9.62	6.73	6.73	6.73	6.73	28.75	28.75	57.50
3-2	0.96	0.24	3.37	0.85	7.85	1.96	6.09	1.52	6.09	1.52	24.35	6.09	30.43

○ 1세부과제는 요소기술 개발 및 시범적용을 구축하여 성과검증 연구를 진행함으로서 이를 위한 예산을 반영

○ 2세부과제는 요소기술 개발 및 시범적용을 구축하여 성과검증 연구를 진행함으로서 이를 위한 예산을 반영

○ 3세부과제는 T/B 조성 및 개발기술들을 T/B에 적용하고 모니터링 하는 부분까지 포함하고 있으므로 예산 규모는 적정하게 산출함.

6 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

6장. 과제 제안요구서 작성 및 평가기준 설정

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 제안요구서(RFP)

연구과제명	수자원에너지 기반의 물순환 기술 개발 (건전한 물순환 도시 조성을 통한 수자원 확보 및 재해저감 기술개발)
1. 연구 목표	
	○ 저영향개발 (LID)기반의 물순환형 녹색도시 구축 기술 개발 - 강우 총량의 80% 관리를 위한 물순환 기술 개발 - 물순환 건전화를 통한 열환경 개선으로 도시기온 2℃이상 저감, 냉난방 에너지 절감 효과 및 CO_2 배출량 저감 극대화 - 저영향 물순환 회복을 통한 대체수자원 확보, 하천수질개선 및 도시 생태계 보전의 통합 관리 ○ LID 물순환 그린 인프라구축기술 개발 - 재현빈도 30년 이상인 저빈도 강우에서 도시 첨두 유출량을 30% 이상 저감시킬 수 있는 물순환형 공원 조성 기술 - 강우 총량의 80% 이상 관리 및 TSS(Total Suspended Solids) 80% 이상 제거를 위한 물순환형 도로 및 주차장 조성 기술 개발 ○ LID 기술 효율성 검증 및 해석 모형 개발 - LID 요소기술 효율성 검증기술 개발 및 시스템 구축 - 물순환-생태-열환경 통합 LID 효과모의 모형 개발 - 수변형 친수도시 플랫폼 구축 ○ LID 물순환 도시 조성 계획·설계 및 운영 기술 개발 - 도시 물순환 인프라 계획 및 통합 설계 모형 개발 - 녹색 도시내 물순환 시설 운영 및 유지관리 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 기후변화로 인해 홍수와 가뭄의 위험도가 증가하고 있으며, 도시화로 증가된 불투수면으로 인해 물순환 체계 왜곡이 심각한 상태에 이름. - 기후변화로 인하여 지난 100년간 강우량 17% 증가, 강수일수 18% 감소, 집중호우 70년대 대비 2배 증가 - 급격한 도시화(90.8%, '10년 국토부 기준)로 인한 불투수면의 확대에 기인한 도시홍수량 증가에 따른 침수피해 증가 - 서울시의 경우 불투수면의 확대로 인해 강우 시 표면유출량이 1962년 7.8%에서 2009년에는 47.7%(일부 지역은 80%이상)로 증가 - 물순환 체계의 파괴로 인하여 지하수 고갈, 하천의 건천화와 생태계 교란, 열대야 및 열섬현상 심화 ○ 수자원의 효율적 관리와 이용의 중요성 확대

- 우리나라 1인당 수자원이용률은 세계 평균의 약 1/8 수준임.
- 높은 하천 취수율, 여름철 집중강우 패턴, 높은 유량 변동계수 등으로 인해 안정적 수자원 관리·이용에 차질 발생 우려가 항시 존재함
- 도시용수의 자족성 향상을 위해 빗물, 유출수, 지하수, 중수, 저수지 등 도시내 수자원의 이용을 극대화하고 재활용할 수 있는 통합 도시물순환 관리 및 시스템 요구 증가

○ 도시내 홍수재해 및 물관리 문제를 극복하기 위해 최근 미국, 유럽 및 일본 등 선진국에서는 도시의 수문순환 회복을 통한 생태·비용·에너지 효율적인 방법으로서 유역의 저영향개발(LID) 기법의 적극적인 적용을 위한 관련 기술의 개발과 확산에 박차를 가하고 있음.

- LID 개발 방식 적용시 기존 개발방식 대비 투입비용 15%~80% 절감 (USEPA, '10)

○ 국내에서도 지속가능한 신도시 계획 기준(국토해양부, '07), 저탄소 녹색성장기본법(국무총리실, '10), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙(국토해양부, 환경부, '10), 친수구역 활용에 관한 특별법(국토해양부, '10), 친수구역조성지침(국토해양부, '11) 등 녹색성장 및 물순환 도시 조성을 위한 다양한 법/제도 기반을 구축하였으나, 이를 구현하기 위한 최적의 비용효율적 융복합 기술과 설치기준 등이 미비한 실정

○ 따라서, LID 기반의 물순환 기술 관련 핵심요소기술 및 융복합 기술의 확보와 테스트베드 운영을 통한 실용화 확대방안 마련 필요

□ 기술동향

○ 국외동향

- 세계적으로 LID기술을 활용한 도시조성 및 물순환 도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임 전환이 이루어지고 이루어지고 있으며, 해외 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억 달러('07)에서 8,650억 달러('25)로 가파른 성장이 전망됨.
- 저영향 개발(Low Impact Development, 미국), 자연 순응형 개발(Sound Water Cycle on National Planning, 일본), 분산식 도시계획(Decentralized Urban Design, 독일), 지속가능한 도시계획(Water Sensitive Urban Design, 호주) 등 발생원 빗물관리를 기반으로 국가별로 다양한 기술들이 도입되고 있음.
- 미국의 경우 (USGS, EPA 및 지자체 LA, New York 등) LID 기술/시공/유지관리 분야의 표준화된 매뉴얼을 지역특성에 적합하게 지원하면서 녹색도시계획 및 개발시 물순환 LID 기술의 적용을 적극 장려하고 있으며, 시애틀의 도심 내 빗물정원 설치, 각 가정내 우수관리 프로그램 권장 등 LID 기법 적용, 포틀랜드의 Green street 적용 등을 통해 불투수 면적 감소, 오염물질 저감, 교통안정성 제고 등의 성과를 얻은바 있음
- 스웨덴의 수변도시 하마비(Hammarby)시는 재개발 단계부터 친수, 자원순환형 생태학적 계획도시를 표방하며 빗물을 폐수처리를 거쳐 정화하는 대신 강우유출 발생지역에서 정화하여 침투 또는 연해로 배출되도록 하고, 도심지 수로를 통해 조성된 수변공간에 주거단지를 배치하는 등 생태적으로 지속가능하면서도 주민이 쾌적한 도심환경을 조성하는 데에 성공하였음
- 스웨덴 말뫼(Malmö)시의 경우는 버려진 습지지역을 활용하여 첨두유

출 제어 및 자연정화로 오염부하 유출을 저감하는 시설을 설치하고, 옥상녹화, 투수블럭, 침투수로, 도심 저류 연못 등 다양한 LID 시설을 활용하여 홍수저감 효과와 함께 도시 전반의 경관 향상 효과까지 확보함으로써 쇠락하던 산업도시에서 친환경 도시의 롤모델로 변모

- LID 기법 도입을 통한 빗물이용 및 물순환 도시개발에 의한 관심이 급증하면서, 도시지역 재해저감 및 수자원 확보를 위한 LID 도입시의 효과분석 또한 세계 각국에서 활발히 수행되고 있음

- 호주의 경우는 New South Wales 지역 인구 약 30만~45만명 규모의 2개 도시에서 LID 시설 도입시의 경제적 편익을 분석한 결과, 빗물이용, 침투 트렌치, 식생 수로, 저류시설 및 인공생태습지 등의 LID 시설 활용으로 필요 수자원의 상당부분의 확보, 물공급 인프라의 수명 연장 등에 뚜렷한 효과를 기대할 수 있다는 검토결과 도출

- 브라질에서는 남동부지역의 195개 도시에 대하여 LID 시설 도입을 통한 빗물 이용시 수자원 확보 가능량을 검토한 결과, 대상도시 연간 수돗물 사용량의 12~79%(평균 41%)를 빗물로 대체하는 것이 가능하다는 분석결과 도출

○ 국내동향

- 국토관리 및 물관리 분야에서 기후변화에 대응하고 저탄소 녹색성장을 달성하기 위해 녹색환경 및 친환경 도시재생을 위한 핵심 기술로서 LID(저영향 개발) 기술에 대한 관심 증가하면서 녹색도시 조성을 위한 각종 근거법 및 지침, 기준 등이 마련되고 있음

- 이와 같은 정책방향에 맞추어 아산탕정 신도시 시범지구(분산식 빗물관리시스템 등), 새만금개발사업(수변공간, 초기빗물관리 등 빗물이용시설 등)와 같은 일부 사업에 저영향(LID)을 적용하여 계획을 수립하고 사업을 추진 중에 중에 있으며 친수도시로서 부산 에코델타 시티 등에서 LID기술 적용을 계획 중에 있음.

- 그러나 현재까지 국내 도시 개발시 적용되고 있는 기술은 비점오염저감을 목적으로 설치되는 시설(침투 트렌치, 침투저류지, 여과형 시스템 등)과 같이 부분적인 물순환 기술에 국한되어 있고, 도시계획 및 설계단계에서 운영에 이르는 체계적인 LID 기술의 적용기술 및 운영기술 미비로 인해 기술적용의 확산에 한계가 존재

- 따라서 기후변화 대응과 지속가능한 도시 조성을 위한 국가적, 국제적 패러다임 전환에 대응하고 구현하기 위하여 물순환 그린인프라 구축에 요구되는 핵심 융복합 기술의 개발 필요

3. 연구개발 내용

□ 세부과제 1 : LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발

○ (1-1) 공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발 (금회 컨소시엄 공모)

- 침수 위험도 저감과 주민친화성을 고려한 공원시설 구축
- 저비용 고효율 공공·문화 체육시설 빗물관리 시스템 구축
- 녹지 인프라 시설의 물순환 구축 기술 개발

- 하수/우수관거와 직접 연결되는 불투수면 최소화 기술 개발
- 저비용 고효율 빗물자원화 기술 개발

* 공간시설(Open space) : 건물 및 구조물이 많지 않고 거의 대부분이 비건폐지로 유지되는 토지로서 공원·녹지를 포함한 녹지공간

** 녹지인프라시설 : 전략적으로 계획되고 관리되는 자연지반 및 경관과 생태적 가치를 보전하는 공간으로써, 주민들에게 복합적인 편익을 제공하는 녹지 공간들의 연결 시스템

○ (1-2) 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발 (2013년 분리공모)
- 도로, 보도, 주차장 등 교통시설 내 불투수면 대상의 투수, 침투, 처리, 저류, 여과 등 물순환 기능이 부여된 그린인프라 조성 기술 개발
- 강우 유출수 저감, 수질개선 및 유출수 활용 기술 개발
- 물순환 및 열환경 개선이 가능한 저비용 포장체 개발

□ 세부과제 2 : LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발

○ (2-1) 융합 LID 물순환 요소 기술의 효율성 분석 및 평가 기술 개발 (금회 컨소시엄 공모)
- LID 요소기술의 실험적 우수저감 및 비점저감 효율성 검증기법 개발 및 표준화 방안 마련
- LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축 및 운영
- 최적 LID요소기술 효율성 분석 모듈 및 지침서 개발을 통한 기술 인증 방안 제시

○ (2-2) 통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발 (2013년 분리공모)
- LID 기반 안전도시 구축을 위한 도시 침수 저감 효과 모의 모형 개발
- 비용 효율적 설계를 위한 LID 및 그린 인프라 시설 선정 모형 개발
- LID 적용 시 물순환 해석 모형 개발
- LID 물순환-생태계-열환경 통합 모의 모형 개발

○ (2-3) 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발 (금회 컨소시엄 공모)
- 전원도시, 첨단산업도시 및 관광레져도시 등 도시 유형별 적용 가능한 LID 요소기술 선정 방안 및 적용방안 제시
- 친수구역 특화 LID 설계 기술 개발
- 전원도시, 첨단산업도시 및 관광레져도시 등 도시 유형별 조성 세부 마스터플랜 수립 및 설계지침 마련
- 하천/유역 내 시설물을 연계한 친수구역 물순환 최적관리 기술 개발
- LID 시설 도입을 통한 수자원의 시공간적 배분 효율화 방안 및 이용 극대화 방안 제시와 가이드라인 개발

□ 세부과제 3 : LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발

○ (3-1) LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개

발 (금회 컨소시엄 공모)

- LID 기술 적용을 위한 도시 및 단지 계획 기술 개발
- 토지용도별 LID 및 그린인프라 시설 설계 및 효과 예측 기술 개발
- 토지특성을 고려한 LID 및 그린인프라 시설의 저비용 고효율 적용 기술 개발
- LID 도시 인프라 적용 효과 극대화를 위한 계획, 설계 기반 기술 개발
- BIM/GIS 연계형 LID 물순환 도시 통합 계획·설계 기술 개발
- 신도시, 기존도시 및 산업단지 등 적용 유형별 LID 요소기술과 최적 기술 조합 선정 기법 및 적용방안 제시

○ **(3-2) LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영 기술 개발 (금회 분리공모)**

- LID 물순환도시 운영에 요구되는 모니터링 항목 도출 및 모니터링 시스템 구축 기술 개발
- 오염저감, 유출 및 침수위험도 저감, 열환경 개선 등 LID 기술 적용 효과 분석 및 시설별 적용효과 분석 자료 DB 구축
- LID 물순환 도시 운영 기술 구축 및 가이드라인 제시
- LID 물순환 도시 운전자료 축적
- 수질오염, 도시침수 및 물순환 관리를 위한 LID 시설 실시간 운영 기술 개발
- 도시 유형별 LID 시설 모니터링 특성화 기술 및 적용방식 제시

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 기 개발된 기술들과 연계한 개발 전략 수립
- 국가 또는 민간 주도로 기 개발된 LID 요소기술들을 적극 활용하거나 접목하여 단기간에 시장 중간진입이 가능한 연구개발 전략 수립

○ 수자원, 환경, 도시계획, ICT, 조경, 토목 분야 등 다양한 분야의 전문가를 포함한 연구진을 구성을 통한 각 분야간 협조체제 구축

○ 타 부처 영역과 중복 우려가 있는 연구내용에 대해서는 부처 간의 협력방안 또는 공동 활용방안 등 제시

○ 기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략 수립
- 테스트베드 구축을 통한 적용사례 확대 및 기술의 현장 보급
- 실직적인 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립
- 개발성과물의 제도 반영을 위해서 개발하는 기술의 유지관리비 절감 방안, 요소기술별 설치기준 마련 방안 제시

○ 계획에서 시공 및 운영까지 통합적 기술 개발 전략 구현

○ 각 단위과제별 성과의 연계 및 적용 시나리오 제시

○ 각 단위과제별로 테스트베드 적용할 기술을 명시하고 테스트베드 적용 대상지의 범위를 구체적으로 제시
- 시범적용 대상지 범위(예) : 친수도시, 산업단지, 신도시, 기존도시(도시재생 사업 또는 개선사업 대상지) 등으로 대상지에 대한 내용을 구체적으로

제시

○ 세부과제별 추진전략

- 1세부과제
  - · 수문특성을 반영한 한국형 녹지 기반의 LID 기술 개발
  - · 공동연구과제 1-1, 1-2의 개발기술(녹지 기반 물순환 생태모듈 기술, 장수명 투수성 블록포장 시스템 등)에 대하여 테스트베드 구축·적용 및 성능 검증 실시
  - · 다양한 LID 요소기술 및 융합기술의 설계·시공·유지관리 방안에 대한 한국형 시스템구축방안 제시
  - · 물순환-에너지 절감 포장면의 효과개선을 위한 환경, 에너지, 건설 분야 등 다양한 전문가로 구성된 융복합 기술개발 연구진 구성
- 2세부과제
  - · LID 요소기술 관련 국내외 기술의 D/B 구축 및 개선방안 도출
  - · 기개발된 LID 요소기술 및 도시물순환 해석과 도시설계 프로그램의 적극 활용을 통하여 단기간 내 시장 중간 진입 전략 수립
  - · 공동연구과제 2-1의 기술개발 및 시스템 등 성과물에 대하여 실험시설 대상부지 및 건축, 실험시설 설계 및 운영 계획을 제시
  - · 공동연구과제 2-2의 기술개발 및 시스템 성과물은 통합모형으로 제시하되, 개발 모형의 구조, 시스템 연계 및 활용 방안을 제시
  - · 공동연구과제 2-3의 개발기술(물순환형 친수도시 조성 플랫폼 구축 기술 등)에 대하여 테스트베드 구축 및 그 적용 효과 검증
  - · 국외 대학 및 관련기관과의 해외공동연구 및 협력 방안 구축
  - · 정부출연 연구원, 대학, 행정기관, 설계사 등과 유기적인 협력 체계 구축
- 3세부과제
  - · LID 기반의 도시계획설계·요소기술·통합기술 등 관련 기술들을 통합적으로 연계한 개발 전략 수립
  - · 공동연구과제 3-1, 3-2의 개발기술(LID 기반의 도시 물순환 인프라 계획 및 통합설계 기술, 최적 기술조합 선정 기술, LID 물순환 통합운영 및 관리 시스템 등)에 대한 테스트베드를 구축하고 적용성 검증
  - · 공동연구과제 3-1은 개발기술 및 시스템의 통합형, 융합형 및 한국형 프로토콜 구현 방안을 제시하고 시범도시 적용 방안 제시
  - · 공동연구과제 3-2의 개발기술 및 시스템은 최적 LID 시설 모니터링 및 유지관리 방안과 시범도시 적용 방안을 포함하여 제시
  - · 국내외 물순환 친환경 도시의 사례 분석을 통한 모니터링 전략 마련
  - · 지자체 공무원, 도시계획 전문가, 설계 전문가 및 민간의 참여를 유도하여 지속적인 feed back 시스템 구축

□ 추진체계	○ 연구내용, 기술개발 로드맵, 정부지원 예산규모 등을 고려하여 2012년 우선 추진이 필요한 일부과제만 금회 컨소시엄 형태로 발주하되 일부 요소기술 개발과제는 금회 분리공모형태로 나누어 공모하고, 나머지 과제는 2013년 분리공모 예정 **○ 본 공모는 '분리공모과제'를 제외한 '연구단 컨소시엄 공모'임**

- 분리공모과제의 연구수행기관은 별도 선정되며, 추후 본 연구단내 각 세부연구기관의 공동연구기관으로 편입예정임
- 연구단 컨소시엄 신청자는 금회 컨소시엄 공모과제만으로 연구계획을 수립하여 제안하되, 금회 분리공모과제 및 2013년 분리공모 예정과제와의 통합추진을 고려하여 연계전략(통합착수보고회, 통합워크샵, 정기회의 등)을 면밀히 수립하여 제시 바람

○ 과제착수 이후 총연구기간 중 2회에 걸쳐 연구단 연구성과에 대한 정기적인 성과점검·분석을 실시

○ 참여연구기관간 협력을 통한 기술개발 과제간 연계성 확보 및 협조체계 구축

○ 실용화 중심의 연구개발사업임을 감안하여 산학연 공동연구 추진방안을 모색

○ 필요시 유럽, 일본, 미국 등 선진국 대학, 기업 및 연구기관과의 해외기술교류 및 공동연구 포함

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 침수 위험 저감형 공원 조성기술
○ 물순환형 도로 및 주차장 조성 기술
○ LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 및 표준화 기술
○ 물순환, 수생태계 및 열환경 개선 모의를 위한 통합 LID 모형
○ 수변형 친수도시 플랫폼
○ BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형
○ LID 시설의 모니터링 및 운영 기술

□ 세부과제별 최종성과물

□ 세부과제 1 : LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발

○ (1-1) 공간시설 및 공공·문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발 (금회 컨소시엄 공모)

- 저빈도(재현빈도 30년 이상) 강우에서 도시첨두유출량 30% 이상 저감형 공원 조성을 위한 분산식 빗물관리 시스템
- 공공·문화체육시설에 적용할 수 있는 저비용 분산형 빗물관리 시설의 통합 적용 기술 및 시스템
- 녹지 기반의 수자원 확보를 시스템 개발을 위한 녹지 기반 생태모듈
- 불투수면과 녹지 연계형 융합 강우유출수 저류·침투 기술
- 녹지 인프라를 활용한 저비용 고효율 빗물자원화 시스템

○ (1-2) 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발 (2013년 분리공모)

- 강우총량 80% 이상을 관리할 수 있고, 80% 이상의 TSS를 제거할 수 있는 물순환형 도로 시스템
- 포장면 강우 유출수 관리를 위한 교통저류지
- 기존 대비 50% 이상 내구성이 향상된 장수명 투수성 블록 포장 시스템
- 표면온도 7℃ 이상 저감형 열환경 개선 포장 시스템

□ 세부과제 2 : LID 물순환 요소 기술의 검증 및 모형 개발

○ **(2-1) 융합 LID 물순환 요소 기술의 효율성 분석 및 평가 기술 개발 (금회 컨소시엄 공모)**
- LID 요소기술 효율성 검증 실험시설
- LID 요소기술 성능평가 및 분석 지침서
- LID 요소기술 효율성 검증 및 검증결과서
- LID 요소기술 성능평가 모의 모형
- LID 요소기술 표준화 DB

○ (2-2) 통합 LID 물순환 및 열환경 모의 모형 개발 (2013년 분리공모)
- 비용 효율적 LID 시설 선정 모형
- LID 기반의 도시 물순환 해석 모형
- LID 물순환, 생태계 및 열환경 개선 통합 모의 모형

○ **(2-3) 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발 (금회 컨소시엄 공모)**
- 친수구역 LID 적용을 위한 플랫폼 구축
- 친수구역 특화 핵심 요소기술 설계 기술
- 시범지구 설계 및 적용 효과 분석

□ **세부과제 3 : LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발**

○ **(3-1) LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발 (금회 컨소시엄 공모)**
- LID 기술 적용을 위한 도시 및 단지 계획 기술
- BIM/GIS 기반의 도시 물순환 인프라 통합설계 모형
- 토지특성을 고려한 LID 및 그린 인프라 시설의 저비용 적용 기술
- 계획, 설계, 운영 각 과정별 효율적 피드백 시스템 구축
- 도시 유형별 LID 요소기술 및 최적 기술조합 선정기술과 적용방안

○ **(3-2) LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영 기술 개발 (금회 분리공모)**
- LID 물순환도시 운영에 요구되는 모니터링 항목 도출 및 모니터링 시스템 구축 기술
- LID 시설의 모니터링 자료 및 시설별 적용효과 분석 자료 DB
- LID 물순환 모니터링 최적화 기술
- LID 물순환 통합운영·관리 시스템 및 가이드라인

6. 기대효과 및 파급효과

○ 지속가능한 신도시 계획 기준(국토해양부, '07), 저탄소 녹색성장 기본법(국무총리실, '10), 친환경건축물의 인증에 관한 규칙(국토해양부, 환경부, '10), 친수구역 활용에 관한 특별법(국토해양부, '10)에 의한 친수구역 조성지침(국토해양부, '11) 등 법령 시행을 위한 비용 효율적 기술 확보로 실제 물순환 도시 구현을 위한 LID 및 그린인프라 시설물 설치기준 마련

○ 정부 및 지자체에서 신도시 개발 또는 구도심 재생사업 시 투수율 증대, 방재성능 향상, 물순환 녹색도시 조성 등에 활용할 수 있는 물순환 인프라 구축 기술, 통합 계획·설계·운영 기술 제공
○ 기존 도시개발 방식에 비하여 LID 기반 도시개발시 사업비용 절감 가능
- 부지타당성, 강우유출수 관리, 포장 및 보도계획, 조경분야로 나누어 사업비용 분석결과 총 약 30% 비용절감 효과(미국, Album Hill 사업비용 사례)
○ 발생원 강우 관리를 위한 LID 물순환 기술 확보로 기후변화 적응력 향상, 대체수자원 확보 및 도시 하천과 생태계 보전에 기여
○ 공간시설, 공공·문화체육시설 및 교통시설에 물순환 그린인프라 구축 시 시간방재 성능 향상으로 도시의 안전도 증대
○ 물순환 건전화를 통한 열환경 개선으로 도시기온 저감, 냉난방에너지 절감 및 CO_2 배출량 저감 극대화
○ 스마트 물순환 도시 조성 기술 개발을 통해 물산업 신성장동력으로 육성
○ LID 물순환 기술 플랫폼 구축과 킬러컨텐츠(killer contents) 개발을 기반으로 물순환 도시 조성·운영 기술의 해외 수출산업화 기반 마련
○ 친환경 물순환 도시 조성 관련 개발도상국 지원으로 국격 향상

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 2012.08 ~ 2017.02 (4년 7개월)
- 1차년도 연구기간 : 2012.08 ~ 2013.02(7개월)

○ 총 정부출연금 : 18,580 백만원 이내
· 연구단 컨소시엄 과제(1-1, 2-1, 2-3, 3-1) : 11,671 백만원 이내
· 금회 분리공모 과제(3-2) : 2,439 백만원 이내
· 2013년 분리공모 과제(1-2, 2-2) : 4,470 백만원 이내
- 1차년도 정부출연금: 481 백만원 이내
· 연구단 컨소시엄 과제(1-1, 2-1, 2-2, 2-3, 3-1): 381 백만원 이내
· 금회 분리공모과제(3-2) : 100 백만원 이내

※ 각 단위과제별 정부출연금은 별첨 기획보고서의 예산편성에 준하여 제시할 것
※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정에 따라 조정될 수 있음
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토해양부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제 별로 기업부담금 비율 준수
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기타

○ 연구단컨소시엄 신청시 연구단장 신청자는 반드시 세부주관연구책임자로 참여하여야 함
○ 유관 국가연구개발사업과의 차별성을 반드시 제시하고 연계 및 활용방안을 검토하여 제시할 것
- 유관 국가연구개발과제들과의 차별화된 본과제명 제안 포함

○ 연구단 비전-전략목표-미션-기대효과의 전체 체계를 설정하여 제시하되 구체적이고 의욕적인 성과목표를 제시하고, 성과목표 달성을 검증할 수 있는 연계체계를 구성하여 제시할 것

※ (예시) 연구수행내용-시험평가단계-실증과정-보완단계 등

- 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부과제별로 As-is와 To-be를 구체화·가시화하여 제시

○ 제안서에 세부과제간 연구내용 및 성과의 연계/활용을 위한 전략 제시

- 기획보고서에서 제시한 기술개발 TRM을 기반으로 전체 연구단의 개발기술과 성과물간의 유기적 연계를 파악할 수 있는 체계 제시

※ (예시) 개발기술 상호간, 성과물 상호간, 개발기술-성과물간 연계성)

- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구개발 성과목표·지표 등을 연구개발계획서 및 성과점검기준표에 필히 제시

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제시

- 개발된 기술·성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안 제시(성과점검기준표 별도작성, 제출)

- 제시한 성과지표에 건설기술혁신사업의 공통성과지표가 없거나 부족하다고 판단될 경우, 협약시 조정(추가) 가능

- 연구성과의 실용성 검증 계획을 반드시 제시해야 함

※ 성과목표·지표체계와 성과점검기준표는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

※ 신청자가 작성한 성과점검기준표의 성과목표, 지표, 목표치에 대한 타당성은 선정평가 등을 통해 정밀검토 예정이며 결과에 따라 보완 후 협약체결 예정

○ 연구성과의 실용화·사업화 예상성과를 구체적으로 명시

- 연구성과의 정량적·정성적 파급효과 제시
- 연구성과의 실용화, 사업화로 예상되는 기술, 경제, 사회·문화적 파급효과 및 산출근거 제시
- 연구성과의 실용화·사업화 달성전략을 구체화하여 제시

○ 세세부 과제별 기술의 적용 범위 예시

- 1세부의 개발기술은 기존 도시에도 적용이 가능하나, 신도시에 보다 효율적으로 적용할 수 있음. 또한, 기술 적용 범위는 공공·문화체육시설, 교통시설 등 개별 인프라 시설임.
- 2세부의 융합 LID 요소기술의 효율성 분석과 평가 기술 및 모의 모형의 경우 기존도시와 신도시 모두에 적용 가능한 기술임
- 2세부의 친수구역 특성을 고려한 LID 물순환 시스템 구축기술은 신도시에 적용됨.
- 3세부의 계획 및 통합설계 기술은 주로 신도시에 적용되지만, 기존 도시의 인프라를 유지하면서 LID시설을 구축하는 경우에도 사용할 수 있음.

○ 연구개발 성과의 적용을 위해 현재 제도와 법률적 분석을 실시하고 장애요

인 극복을 위한 전략을 제시

- 장애요인 극복전략으로서 법 및 제도의 개선이 필요한 경우, 유관 전문가를 과제 연구진으로서 참여 유도

○ 연구성과의 확산을 위한 기술이전 설명회, 기술강좌/강습 등 기술교육, 성과홍보 계획을 검토하여 제시할 것

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진시 역할(자료・기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 기업 참여시 기업부담금은 연차별로 "국토해양부소관 연구개발사업 운영규정"의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안

- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용 계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구단 운영계획 및 연구개발계획은 수정・보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음

- 본 과제의 연구기간은 추후 협약시 변경될 수 있음

- 연구단장 및 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정・보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화・명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행과정에서 실험이 필요한 경우, 건설기술혁신사업「분산공유형 건설연구 인프라 구축」과제의 "분산공유 6대 실험시설" 적극 활용

○ 제안 연구내용의 지식서비스 분야 (디자인, 설계, 소프트웨어 개발 등) 해당여부를 사전검토, 선정평가 등을 통해 심층검토하고 해당되는 경우 협약시 반영 예정

○ 기타 연구내용, 주요성과물, 세부과제별 연구비(안) 등은 '수자원에너지 기반의 물순환 기술 기획' 최종보고서 참조

2. 세부과제 제안요구서(RFP)

세부과제명	LID 기반의 물순환 그린 인프라 구축 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 녹지 인프라 시설의 LID 물순환 구축 기술 고도화 ○ 재현빈도 30년 이상인 저빈도 강우에서 도시 첨두 유출량을 30% 이상 저감시킬 수 있는 물순환형 공원 조성 기술 ○ 강우 총량의 80% 이상, 및 TSS 제거 80% 이상 관리를 위한 물순환형 도로, 주차장 등 포장면 인프라 시설의 물순환 구축 기술 개발 ○ 장수명 투수성 포장 및 보수성 향상 포장 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	**ㅇ 국내 환경 측면의 필요성** - 불투수면에서 발생하는 강우 유출수를 기존의 하수도를 통해 배제 위주로 관리해 오던 방식의 보완 필요 - 포장면 자체를 개선하는 기술에는 한계가 있으므로 포장면에서 발생하는 강우 유출수를 효율적이고 생태적으로 처리할 수 있는 기술 개발 시급 - 강우유출수 관리 및 활용을 위한 녹지의 이용 및 연계 부재 - 녹지 기능화를 위한 인프라 기술 미비 - 공원 및 체육시설의 체계적 LID 적용 기술 부재 - 지역내 저류 및 침투의 활성화를 통해 수자원의 확보 및 홍수를 대비하기 위한 기술의 필요성 증가 **ㅇ 국외 환경 측면의 필요성** - 도시화에 의한 토지피복 및 지하 침투량의 변화에 따른 물 순환 파괴 및 도시 생태계 훼손 증가 - 기후변화 및 불투수면 증가로 인한 문제들에 대비한 오픈 스페이스에서의 LID 빗물관리 기술 적용 증가 추세 - 기후변화 및 물부족 대비를 위한 대체수자원 활용 증가 추세
□ 기술동향	**ㅇ 국내기술동향** - 생태적 기반이 되는 토양 및 물순환 체계의 건전성 유도하고 환경계획지표로서 도시생태 문제를 도시계획 및 건축계획 차원에서 해결할 수 있는 계획수단으로 생태면적률을 도입 - 공공 인프라인 공원 및 체육시설을 물관리 인프라와 별개로 설계 및 운영 - 현재 대규모 체육시설을 중심으로 개별적인 빗물이용시설 도입중임 - 포장면에서 유출되는 강우 유출수의 관리를 위해 포장면의 투수성 개선, 침투 트렌치 및 일시 저류공법 등의 연구개발이 이루어지고 있음 - 도로 포장면에 대한 투수성 포장 기술이 적용 되고 있으며, 보수성 포장 기술이 개발되고 있음.

	○ 국외기술동향 - 분산형 빗물관리 시스템에 의한 발생원에서 빗물의 유출 및 물순환 회복을 위한 연구가 활발히 진행중임 - 파이프의 사용을 줄이고, 침투면적 보전 및 확대를 통해 불투수면을 최소화 - 유출수 발생원에서의 체류시간을 확보하도록 흐름을 만곡시키고 연장 - 개발 전 상태로 회복될 수 있도록 빗물을 저류, 체류, 침투 시키는 분산형 통합관리시설을 적용 - 일본의 경우, 열섬현상 제어를 위한 환경포장 도쿄 프로젝트를 실시하여 보수성 포장 15만㎡, 차열성포장 5만㎡ 시공(2005 기준) - 시애틀의 LID 적용 및 포틀랜드의 Green street 적용을 통해 불투수면적 감소, 오염물질 저감, 교통안정성 제고 등의 성과 얻음
3. 연구개발 내용	
	○ 1-1세세부과제: 공간시설 및 공공문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발 - 개념: 기후변화에 대응하고 재해에 강건한 생태도시를 조성하기 위해 LID 기반의 친환경적인 물순환 그린인프라 구축 - 내용 ・침수 위험도 저감과 주민친화성을 고려한 공원시설 구축 ・저비용 고효율 공공・문화 체육시설 빗물관리 시스템 구축 ・녹지 인프라 시설의 물순환 구축 기술 개발 ・하수/우수관거와 직접 연결되는 불투수면 최소화 기술 개발 ・저비용 고효율 빗물자원화 기술 개발 * 공간시설(Open space) : 건물 및 구조물이 많지 않고 거의 대부분이 비건폐지로 유지되는 토지로서 공원・녹지를 포함한 녹지공간 ** 녹지인프라시설 : 전략적으로 계획되고 관리되는 자연지반 및 경관과 생태적 가치를 보전하는 공간으로써, 주민들에게 복합적인 편익을 제공하는 녹지 공간들의 연결 시스템 ○ 1-2세세부과제: 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발 - 개념: 강우유출수 수량과 수질 관리를 위한 도로, 주차장 등 포장면 인프라 시설의 기술향상 및 물순환 구축기술 개발 - 내용 ・도로, 보도, 주차장 등 교통시설 내 불투수면 대상의 투수, 침투, 처리, 저류, 여과 등 물순환 기능이 부여된 그린인프라 조성 기술 개발 ・강우 유출수 저감, 수질개선 및 유출수 활용 기술 개발 ・물순환 및 열환경 개선이 가능한 저비용 포장체 개발

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○기 개발된 기술들과 연계한 개발 전략 수립 ○기상/지형/시공기술 등의 지역별 수문특성을 반영한 한국형 녹지 기반의 LID 기술 개발 ○기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략 - 시범 사업을 통한 사례 확대보급 - 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립 ○계획에서 시공 및 운영까지 통합적 기술 개발 전략 구현
□ 추진체계	○산학연 연계 조직 구성 - 정부출연구원, 대학 및 관련 업체 등과 유기적인 협력 체계 구축 - LID 기반 물순환 복원 기술의 실용화 촉진을 위해 다분야 협력이 가능한 조직 구축 - 수자원, 환경, 생태조경 등 다양한 분야의 전문가를 포함한 연구진을 구성을 통한 각 분야간 협조체제 구축 ○국외 선진사례 반영을 위한 협력강화 ○전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용 ○해외 전문가 및 현장 전문가들의 경험을 적극적으로 반영 ○세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	<관련 연구의 연차별 성과물> ○1세세부과제: 공간시설 및 공공문화체육시설의 물순환 그린인프라 시스템 개발 - (1)차년도: 특허출원1건/학술지1건/학술발표2건 - (2)차년도: 녹지기반 수자원확보시스템1건/특허출원1건/학술지1건/학술발표2건/교육1건 - (3)차년도: 공원대상 분산식빗물관리시스템1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건 - (4)차년도: 분산식빗물관리시스템 지침1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (5)차년도: 빗물관리 통합 구축/운영 최적화 매뉴얼 1건/학술지1건/학술발표2건/기술이전1건 ○2세세부과제: 교통시설의 물순환 그린인프라 고도화 기술 개발 - (1)차년도: 특허출원2건/학술지1건/학술발표2건 - (2)차년도: 교통저류지 시스템 구축1건/장수명 비관리형 강우유출수 관리시스템 1건/특허출원1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건 - (3)차년도: 특허등록2건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건

	- (4)차년도: 신기술1건/소프트웨어등록1건/학술지1건/학술발표 2건/기술이전2건
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2012년 8월 ~2017년 2월(4년7개월) ○ 연구비 예산 : 정부출연금 55.56 억원 이내
7. 기 타	
	○ 녹색물순환 도시 조성을 위한 LID 물순환 계획·설계 기술개발 시 타 세부과제의 요소기술, 시스템기술 및 테스트베드의 연구 결과물이 함께 반영 될 수 있도록 함 ○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세 기획연구보고서를 참조하여 작성

세부과제명	LID 물순환 요소기술의 검증 및 모형 개발
1. 연구개발 목표	
	○ LID 요소기술 효율성 검증기술 개발 및 시스템 구축 ○ 물순환-생태-열환경 통합 LID 효과모의 모형 개발 ○ 수변형 친수도시 플랫폼 구축
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	**ㅇ 국내 환경 측면의 필요성** - 도시화에 의한 토지피복 및 지하 침투량의 변화에 따른 물 순환 파괴 및 도시 생태계 훼손 증가 - 불투수포장 비율이 약 50%(2009)로써 불투수면에서의 발열로 인한 열섬현상 및 열대야 현상 심화 - 녹색도시구현을 위한 물순환 LID요소기술의 성공을 위해서는 실험적 효율성 검증시설의 구축, 최적 효율성검증을 위한 실험기법의 체계화를 위한 연구가 필요한 시점임 **ㅇ 국외 환경 측면의 필요성** - 도시화로 인한 열섬 현상으로 도시 최고 기온이 주변 교외 지역에 비해 0.5~3 ℃ 정도 증가됨(도시 기온 1℃ 증가시 냉방을 위한 전기에너지 소비는 3~4% 증가) - 물에너지 연계 기술개발 움직임은 있으나 아직 생태 영향과 생태계복원에 미치는 영향 연구는 미미한 수준
□ 기술동향	**ㅇ 국내기술동향** - 기후변화에 대응하기 위한 국토 및 물관리 분야의 저탄소녹색성장 정책의 성공을 위해 녹색환경 및 친환경도시재생을 위한 핵심 기술인 LID(저영향 개발)기술 부재 - 국내에서는 LID요소기술의 효율성을 검증하기 위한 실험적인 연구 및 시설이 전무한 실정이며, 이로 인하여 다양하게 개발되고 있는 기술의 평가 및 경제성 검증이 효율적으로 이루어지지 못하고 있음. **ㅇ 국외기술동향** - 시애틀(LID 적용) 및 포틀랜드(Green street) 등의 해외 사례에서 강우 유출수의 현장제어를 통해 불투수면적 감소, 오염물질 저감 및 교통안정성 제고 등의 성과를 얻음 - 빗물 등 대체수자원을 활용한 도로 및 보도의 온도 저감 연구 및 기술 개발에 대한 관심 증대
3. 연구개발 내용	
	○ 2-1세세부과제: 융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가 기술 개발 - 개념: 기술의 신뢰성 확보 및 산업 시장 창출을 위한 LID 요소기술의 효율성 검증시설 구축 및 운영과 함께 표준화 방안 도출 · LID 요소기술의 실험적 우수저감 및 비점저감 효율성 검

증기법 개발 및 표준화 방안 마련
- LID 요소기술 효율성 검증 실험시설 구축 및 운영
- 최적 LID요소기술 효율성 분석 모듈 및 지침서 개발을 통한 기술 인증 방안 제시

○ 2-2세세부과제: 통합 LID 물순환의 열환경 모의 모형 개발
- 개념: 유역 및 도시 인프라를 대상으로 통합 LID 적용 시 효과의 극대화를 위한 설계 기반기술을 개발
- 내용
  - LID 기반 안전도시 구축을 위한 도시 침수 저감 효과 모의 모형 개발
  - 비용 효율적 설계를 위한 LID 및 그린 인프라 시설 선정 모형 개발
  - LID 적용 시 물순환 해석 모형 개발
  - LID 물순환-생태계-열환경 통합 모의 모형 개발

○ 2-3세세부과제: 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발
- 개념: 친수구역 내 오염최소화와 도시 안전성 및 지속가능성 향상을 위한 LID 적용 전략 및 기준 개발
- 내용
  - 전원도시, 첨단산업도시 및 관광레져도시 등 도시 유형별 적용 가능한 LID 요소기술 선정 방안 및 적용방안 제시
  - 친수구역 특화 LID 설계 기술 개발
  - 전원도시, 첨단산업도시 및 관광레져도시 등 도시 유형별 조성 세부 마스터플랜 수립 및 설계지침 마련
  - 하천/유역 내 시설물을 연계한 친수구역 물순환 최적관리 기술 개발
  - LID 시설 도입을 통한 수자원의 시공간적 배분 효율화 방안 및 이용 극대화 방안 제시와 가이드라인 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 관련 국내외 기술의 D/B구축 및 개선방안 도출

○ 기 개발된 기술들과 연계한 개발 전략 수립
- 개발된 LID 요소기술들의 적극 활용을 통한 단기간 중간진입 전략 수립
- 국가개발연구사업에서 개발된 기존 기술과 접목하는 전략 수립

○ 기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략
- 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립
- 개발된 소프트웨어의 웹기반 활용 및 사용자들의 의견을 반영한 개선
- 시범 사업을 통한 사례 확대보급

	- 지속적인 성능개선을 통한 기술의 적용성 향상
□ 추진체계	○ 한국형 LID요소기술 시장 확보를 위한 산학연 연계 연구 - 대학, 연구원, 기업 및 프로그램 개발사 등과 유기적인 협력 체계 구축 - 녹색 물순환 도시 조성 설계 기술의 실용화 촉진을 위해 다분야 협력이 가능한 조직 구축 - 수자원, 환경 및 도시계획 등 다양한 분야의 전문가를 포함한 연구진을 구성을 통한 각 분야간 협조체제 구축 ○ 세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축 ○ 전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용 ○ 해외 전문가 및 현장 전문가들의 경험을 적극적으로 반영
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 1세세부과제: 융합 LID 물순환 요소기술의 효율성 분석 및 평가기술 개발 - (1)차년도: 특허출원1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (2)차년도: LID 검증 시험시설구축1건/특허출원1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건/교육1건 - (3)차년도: 특허출원1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건 - (4)차년도: 특허등록1건/학술지1건/학술발표2건/기술이전2건 - (5)차년도: 표준DB1건/신기술등록1건/학술지1건/학술발표2건/기술이전2건 ○ 2세세부과제: 통합 LID 물순환의 열환경 모의 모형 개발 - (1)차년도: 특허출원1건/학술발표2건 - (2)차년도: LID수생태계 및 열환경 모의모형 1건/특허출원1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건 - (3)차년도: 특허등록1건/소프트웨어 등록1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (4)차년도: 학술발표2건/학술지1건/기술이전1건 ○ 3세세부과제: 친수구역 특성을 고려한 물순환 시스템 구축기술 개발 - (1)차년도: 마스터플랜1건/친수구역특화 요소기술 개발1건/특허출원1건/학술지1건/학술발표2건/교육1건 - (2)차년도: 플랫폼개발1건/특허출원1건/학술지1건/학술발표2건 - (3)차년도: 특허등록1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (4)차년도: 시범구축1건/특허등록1건/학술지1건/학술발표2건 - (5)차년도: 지침 및 매뉴얼1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건
6. 연구기간 및 지원예산	

□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2012년 8월 ~2017년 2월(4년7개월) ○ 연구비 예산 : 정부출연금 77.15억원 이내)
7. 기 타	
	○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성

세부과제명	LID 물순환 도시 조성을 위한 통합 계획·설계 및 운영 기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 도시 물순환 인프라 계획 및 통합 설계 모형 개발 ○ 녹색 도시내 물순환 시설 운영 및 유지관리 기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	**ㅇ 국내 환경 측면의 필요성** - 저탄소 녹색성장의 일환으로 친환경적인 인프라 구축과 자원재활용 등 녹색기술이 대두됨 - 개발 이전의 자연 상태에 최대한 근접하도록 빗물이 순환하고 자연친화적 공간으로서의 신도시를 개발하려면 LID와 친수개발과의 접목, 새로운 빗물관리 및 토지이용계획과의 조응이 필요함 - 기후변화, 노령화 대비 순환형 안전 도시 구축을 위한 물순환 인프라 계획, 설계 기술 부재 - LID 시설설치규모 및 범위산정에 대한 설계계획과 토지이용특성을 고려한 경제적인 저비용의 LID 적용 기술 부재 - LID 적용을 위해서는 현재의 2차원 계획·설계 기술에는 한계가 있으며, 개발 밀도가 높고 지하공간의 활용도가 높은 도시지역의 특성을 고려한 LID 적용 기술이 필요함 - 최근 통합 설계 기술로써 BIM (Building Information Modeling) 개념을 적용한 건축물, 주거 및 상업단지, 도시 개발 설계가 확대되고 있음 - 도시 단위의 LID/GI 운영 및 운전 자료 축적 미비 - LID 물순환 도시는 물순환 효과 개선뿐만 아니라 수자원, 환경, 생태, 열순환, 하천 등 전반적인 도시 환경 및 삶의 질 등과 연계되어 있기에 이들에 대한 복합적인 모니터링 필요 **ㅇ 국외 환경 측면의 필요성** - 주요 선진국들은 기후 변화에 대응하고자 녹색산업, 녹색기술을 국가 경쟁력의 원천으로 인식하고 있음 - 해외 물순환 녹색도시 조성관련 산업규모는 3,630억$(2007)에서 8,650억$(2025)로 증가 예상 - 도시 설계 프로그램들과 물순환 해석 프로그램들의 연계 및 LID 기반의 환경 개선을 위한 요소들의 적극적 보완 필요 - 미국, 독일, 호주 등 세계 각국에서 통합 건축물 및 단지 설계를 위한 방안으로 BIM이 활용되고 있음 - 세계 시장에서 LID기술을 활용한 도시조성 및 물순환 도시개발에 의한 녹색도시로의 패러다임이 변화하고 있으며 용수자족형 도시 조성에 대한 수요가 급증하고 있음
□ 기술동향	**ㅇ 국내기술동향** - 국내 녹색건설시장 규모는 약 41조원 (2012년)에서 76조원 (2030년)으로 증가 예상 - 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시계획수립 (국토해양부, 2009.

	7), 친수구역 활용에 관한 특별법 (국토해양부, 2010. 12) 및 조성 지침 (국토해양부, 2011.11) 등의 제정으로 녹색도시 조성을 위한 LID 적용이 확대되고 있음 - 도시 설계 프로그램들과 물순환 해석 프로그램들이 개발되고 있으나 이러한 프로그램들의 연계 및 LID 기반의 환경 개선을 위한 요소들의 적극적 보완 필요 - 물순환 해석 프로그램으로 CAT 등의 소프트웨어가 개발되어 있으며, LID 시설물의 적용시 빗물이용·침투시설의 설계를 위한 RainCityTM이 개발됨 - 도시설계를 위한 BIM (Building Information Modeling)의 적용이 도입되고 있음 ○ **국외기술동향** - 물순환 해석 프로그램으로 SWMM, STORM, SHER 등 다양한 소프트웨어가 상용화 되어 있으며, LID 시설물의 적용시 물순환 해석을 위한 프로그램으로 미국 EPA에서 개발한 SWMM LID, SUSTAIN 등이 있음. - 미국, 독일, 호주 등 세계 각국에서 통합 건축물 및 단지 설계를 위한 방안으로 BIM이 활용되고 있음 - 녹색 물순환 모델도시 사례로는 스웨덴 하마비, 독일의 포츠다머 플라츠 등이 있음
3. 연구개발 내용	
	○ 3-1세세부과제: LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발 - 개념: BIM (Building Information Modeling) 개념을 적용히여 LID 시설설치규모 및 범위산정에 대한 설계계획과 토지이용특성을 고려한 경제적인 LID 적용 기술 개발을 위한 체계화된 LID 기반의 설계 기법 - 내용 · LID 적용을 위한 도시 및 단지 계획 기술 개발 · 토지용도별 LID 및 그린인프라 시설 설계 및 효과 예측 기술 개발 · 토지특성을 고려한 LID 및 그린인프라 시설의 저비용 고효율 적용 기술 개발 · LID 도시 인프라 적용 효과 극대화를 위한 계획, 설계 기반 기술 개발 · BIM/GIS 연계형 LID 물순환 도시 통합 계획·설계 기술 개발 · 신도시, 기존도시 및 산업단지 등 적용 유형별 LID 요소기술과 최적 기술조합 선정 기법 및 적용방안 제시 ○ 3-2세세부과제: LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영

	기술 개발 - 개념: 물순환 적용시설의 운영 및 유지관리 기술 개발 - 내용 · LID 물순환도시 운영에 요구되는 모니터링 항목 도출 및 모니터링 시스템 구축 기술 개발 · 오염저감, 유출 및 침수 위험도 저감, 열환경 개선 등 LID 기술 적용 효과 분석 및 시설별 적용효과 분석 자료 DB 구축 · LID 물순환 도시 운영 기술 구축 및 가이드라인 제시 · LID 물순환 도시 운전자료 축적 · 수질오염, 도시침수 및 물순환 관리를 위한 LID 시설 실시간 운영 기술 개발 · 도시 유형별 LID 시설 모니터링 특성화 기술 및 적용방식 제시
4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 요소기술과 테스트베드의 실증화를 바탕으로 한 녹색 물순환 모델도시 구축 ○ 설계·요소기술·통합기술 등 관련 기술들을 통합적으로 연계한 개발 전략 수립 - 현재 조성되어 있는 신도시의 사례 분석을 통한 문제점 분석 및 해결 방안 적용 - 국가개발연구사업에서 개발된 기존 기술과 접목하는 전략 수립 ○기 개발된 기술들과 연계한 개발 전략 수립 - 도시 물순환 해석 및 도시설계 프로그램들의 적극 활용을 통한 단기간 중간진입 전략 수립 - 국가개발연구사업에서 개발된 기존 기술과 접목하는 전략 수립 ○기술사업화 추진을 통한 실용화 효율 극대화 전략 - 기술사업화 추진을 위한 실시기업 연계 및 실시기업의 기술개발 참여도 확대전략 수립
□ 추진체계	○산학연 연계 조직 구성 - 연구원, 대학, 관련 기업 등과 유기적인 협력 체계 구축 - 녹색 물순환 도시 조성 설계 기술의 실용화 촉진을 위해 다분야 협력이 가능한 조직 구축 - 토목, 도시계획, 환경, 수자원 및 ICT 등 다양한 분야의 전문가를 포함한 연구진을 구성을 통한 각 분야간 협조체제 구축 ○세부과제간 연구 연계성을 고려한 협조체계 구축 ○전문위원회 및 자문위원 등의 인적 인프라 활용 ○해외 전문가 및 현장 전문가들의 경험을 적극적으로 반영
5. 최종성과물	

□ 주요 최종성과물	○ 1세세부과제: LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획 및 통합 설계 기술 개발 - (1)차년도: 학술지1건/학술발표2건 - (2)차년도: 특허출원1건학술지1건/학술발표2건 - (3)차년도: 학술지1건/학술발표2건/교육1건 - (4)차년도: 특허등록1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (5)차년도: 모형1건/학술지1건/학술발표2건/기술이전1건 ○ 2세세부과제: LID 물순환 기술의 모니터링 시스템 구축 및 운영기술 개발 - (1)차년도: 학술지1건/학술발표2건/홍보1건 - (2)차년도: 특허출원1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건/교육1건 - (3)차년도: 특허등록1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건/교육1건 - (4)차년도: 매뉴얼1건/학술지1건/학술발표2건 - (5)차년도: DB구축1건/학술지1건/학술발표2건/홍보1건
6. 연구기간 및 지원예산	
□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2012년 8월 ~2017년 2월(4년7개월) ○ 연구비 예산 : 정부출연금 53.09 억원 이내
7. 기 타	
	○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 상세기획연구보고서를 참조하여 작성

2절. 평가기준 설정

□ 현재 전 세계는 기후변화와 도시화에 의해 물순환 문제와 에너지 고갈 문제가 심화되고 있으며 특히 지구온난화 방지를 위한 전세계적 탄소 배출 저감을 위한 노력이 요구됨.

□ 우리나라 온실가스 배출량 중 42.3%로 높은 비중을 차지하고 있는 건설분야에서도 2020년 대비 온실가스 30% 감축목표가 설정됨.

□ 이러한 상황을 바탕으로 본 과제는 물 에너지 연계 녹색 물순환 기술의 실증을 위해 저에너지 물순환 도시 조성을 위한 LID 물순환 계획, 설계, 요소기술, 융합기술을 개발하고 테스트베드의 구축 및 운영을 통한 모델도시의 제시를 목표로 하고 있음.

□ 따라서 과제의 선정 및 평가지표는 단순히 개별 요소 기술개발 관점에서만 도출되어서는 않되며 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 관련 실용화 및 사업화 수준, 사회/경제적 파급정도, 관련 전문인력 양성 등 다각적인 관점에서 도출되어야 할 것임

1.평가항목

기준항목	세 부 항 목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성(5점)
	성과지표 설정의 명확성 및 적정성(5점)
연구개발내용 (20점)	RFP와의 적합성(5점)
	과제목표달성을 위한 세부과제 구성 및 상호연계성(5점)
	연구개발내용의 완성도 및 실현가능성(5점)
	연차별 연구내용의 차별성 및 창의성(5점)
추진전략 및 계획 (20점)	연구수행체계 적정성 및 연구진 전문성(5점)
	연구추진 전략의 구체성 및 타당성(5점)
	연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성(5점)
	연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성(5점)
개발기술의 실용성 및 경제성 (40점)	개발기술의 혁신성 및 차별성(10점)
	활용방안의 적절성 및 구체성(10점)
	개발기술의 실용성 및 사업성(10점)
	개발기술의 경제적 기대성과(투자 및 파급효과 등)(10점)
연구책임자의 전문성 및 관리능력 (10점)	연구전문성 및 해당분야 실적(5점)
	연구과제 관리 및 운영 능력(5점)

※총점은 100점이며, 총점의 60% 미만인 경우에는 탈락

부합성 평가	평가위원 과반수 이상이 연구개발계획서가 과제제안요구서(RFP)와 부합되지 않는다고 판정시 탈락 조치
중복성 평가	평가위원 과반수 이상이 기 수행되었거나, 수행중인 과제와 중복되는 것으로 판정시 탈락 조치

가. 연구개발 목표

○ 물순환 회복과 에너지 효율화라는 시대적 요구에 부응하는 수자원 에너지 물순환 기술개발의 최종목표에 부합되도록 각 과제의 구성과 연차별 목표 및 최종목표를 설정하여 제시.

○ 연차별 목표 및 최종목표의 달성에 대한 정량적인 평가를 위하여 국토해양부의 '건설교통 R&D 성과지표'에 따라 명확한 성과지표 설정과 평가기준 제시.

나. 연구개발 내용

○ 기술개발과 실현을 위한 체계적이고 실천적인 과제 구성이 필요함.

○ 기획과제에서 제시한 연구목표 및 기술 개발 요청 사항에 대하여 제안과제가 적정하게 제시되었는지, 상향된 목표를 제시하였는지 평가.

○ 체계적인 과제 구성 여부 평가.

○ 최종 목표 달성을 위한 각 과제간 연계가 이루어졌는가 및 과제간 개발 사항이 중복되지않고 차별되는가의 적정성 평가.

다. 추진전략 및 계획

○ 지원한 기관 및 연구진은 기초/원천기술, 응용기술, 실용화기술 등 과제 성격에 따른 성과물을 얻을 수 있는 기관 및 연구진인가.

○ 기술 개발의 성공적 수행을 위한 산, 학, 연의 기관이 적정하게 구성되었는가 및 연계되었는가.

○ 과제의 단계별 추진 사항이 연구목표 달성을 위해 타당한가를 평가하고 연구개발 사항과 이를 위한 구체적 추진방안이 수립되었는가.

○ 과제의 목표달성을 위한 연구기간의 단계설정과 연구개발비가 적정하게 편성되었는가.

라. 개발기술의 실용성 및 경제성

○ 현재 기술수준과 비교하여 목표한 개발기술의 향상 정도, 기술선도국 대비 예상수준, 기술의 경쟁력 수준 등에 대하여 정성적 또는 정량적 평가가 이루어졌는가.

○ 연구기관 또는 참여기관을 통한 개발기술의 실용화 및 사업화 방안이 성과지표의 구제적 항목으로 제시되었는가.

○ 개발되는 과제 결과는 실험실 내의 제한된 범위와 조건과는 달리 현장의 여건과 환경을 고려한 실질적이고 실현가능한 기술인가.

○ 개발기술의 경제적 기대성과로서 투자 및 파급효과 등에 대한 평가방안이 구체적으로 제시되었는가.

마. 연구책임자의 전문성 및 관리능력

○ 연구책임자는 과제 내의 세부과제 및 세세부과제 간에 유기적인 결합이 원활하게 추진되도록 할 필요가 있음.

○ 연구책임자는 각 과제의 연구기관과의 협조체제구축은 물론 과제내에서 진행되는 과제 관리, 대외기술협력 등 해당 사업의 원활한 추진을 위한 역할을 수행해야 함.

○ 연구책임자는 국토해양부에서 실시하는 해당 분야의 산업 육성, 발전 정책 및 종합계획 수립 등 관련 업무 추진 시 기술 자문 및 적극적인 업무 협조 역할을 수행해야 함.

2. 가점 및 감점 기준

가. 연구수행 형태에 따른 가점

○ 대기업이 주관연구기관으로서
- 중소기업이 참여하지 않는 경우 : 1점
- 중소기업이 참여하는 경우 : 2점

○ 기업 이외의 기관이 주관연구기관이고, 참여기업이 있는 경우 : 1점

나. 총연구개발비에 대한 연구신청기관의 연구개발비 부담비율에 따른 가점

○ 총연구개발비에 대한 연구신청기관이 부담하는 연구개발비(현금)의 비율에 따라 신청기관 별로 가점 부여(단, 경쟁응모인 경우에 한함)

- 신청기관 중 연구개발비(현금) 부담비율이 가장 높은 기관 : 1.0점

- 그 외 기관은 최대 연구개발비(현금) 부담비율을 기준으로 연구개발비(현금) 부담비율에 따른 가점 부여

$$\cdot \text{부여가점} = 1.0 \times \frac{\text{해당 기관 연구개발비 부담비율}}{\text{신청기관 중 최대 연구개발비 부담비율}}$$

다. 추적평가결과에 따른 가점

○ 국토해양부기술 연구개발사업 관리지침의 가점 및 감점 기준에 따르되, 이 지침

시행 이전에 협약체결된 과제의 추적평가결과에 따른 가점 및 감점은 종전 지침에 의함

라. 보안과제 등과 관련된 가점 및 감점

○ 현재 개정 작업중에 있는「국토해양부소관 연구개발사업 관리지침」이 신청서 접수전에 완료될 경우에 한하여 반영하되, 이 경우 가점 및 감점기준은 별도 공지 예정

*『국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정('11.3.28)』제7조 4항 1호 및 [별표 1의3] 관련

마. 기타

○ 과제제안자가 본 과제의 주관(공동)연구책임자로 참여시 : 가점 2점
○ 여성연구자가 신규과제 주관연구책임자로 참여시 : 가점 1점
○ 최근 3년 이내에 우수 논문(임팩트팩터 15 이상) 실적이 있는 연구책임자가 신규과제를 신청할 경우 : 가점 1점
○ 연구개발과제 선정 후 협약포기 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점
○ 연구개발과제의 연구수행 도중 연구를 포기한 경력이 있는 주관 또는 협동연구책임자나 기업의 경우(「국토해양기술 연구개발사업 관리지침」제정('09. 6. 30) 이후 협약과제 대상) : 3점 감점