1. 표지

(뒷면) (옆면) (앞면)

3㎝

13RDPP-C069406-01

4㎝

도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획

(견고딕 14p)

2014

(견고딕13p)

국토교통부

국토교통과학기술진흥원

(견고딕 17p)

Land Infrastructure and Transport R&D Report

(견고딕 25p)

5㎝

3㎝

건설교통연구기획사업 최종보고서 (견고딕13p)

3㎝

0.5㎝ **13RDPP-C069406-01**

2.5㎝ 9㎝

(견고딕31p) 5㎝

도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획

(0.1㎝)

2014. 7. 19.

0.15㎝ (견고딕15p)

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

주관연구기관 / 성균관대학교 산학협력단

공동연구기관 / 고려대학교 산학협력단

충남대학교 산학협력단

(주)날리지웍스

(견고딕 15.5p)

(백색바탕)

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

(견고딕 20p)

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획"과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 7. 19.

주관연구기관명: 성균관대학교 산학협력단
주관연구책임자: 성균관대학교 교수 전경수
연구원: 성균관대학교 교수 유충식
성균관대학교 교수 김형수
성균관대학교 교수 장 암
성균관대학교 교수 박승희
성균관대학교 박사과정 권민성
공동연구기관명: 고려대학교 산학협력단
공동연구책임자: 고려대학교 교수 김중훈
연구원: 고려대학교 교수 유철상
고려대학교 박사 유도근
고려대학교 박사과정 이의훈
공동연구기관명: 충남대학교 산학협력단
공동연구책임자: 충남대학교 교수 정관수
연구원: 충남대학교 교수 손민우
충남대학교 박사과정 정안철
공동연구기관명: (주)날리지웍스
공동연구책임자: (주)날리지웍스 본부장 류형근
연구원: (주)날리지웍스 책임컨설턴트 손창수
(주)날리지웍스 책임컨설턴트 김황만
(주)날리지웍스 책임컨설턴트 방영민

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>13RDPP
-C069406-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>7개월</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">건설교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 과 제 명</td><td colspan="4">도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">전경수</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 17명
내부 : 17명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 85,000천원
기업: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 17명
내부 : 17명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 85,000천원
기업: 천원
계: 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">성균관대학교 산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="2">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="2">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>284</td></tr>
<tr><td colspan="6">◦ 본 연구는 홍수에 안전한 건전한 물순환 도시 구축을 비전으로 하여 도시 지하방수로 설계·시공·운영과 관련된 핵심기술을 도출하기 위한 기획연구임.

◦ 본 기획연구에서는 다음의 4가지 연구기획 중점 분야를 설정하였음.
- 도시 지하방수로 설계 기술
- 도시 지하방수로 운영 기술
- 도시 지하방수로 다목적 활용 기술
- 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술

◦ 연구과제 기획을 위해 기술수요조사 및 전문가 평가를 수행하였으며, 유관 분야의 전문가 및 연구결과 수요자를 대상으로 의견을 수렴함.

◦ 연구결과 중점분야 4개 세부과제에 대해 총 13개의 세세부 연구 과제를 도출함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어</td><td>한 글</td><td colspan="4">지하 방수로, 지하 저류조, 도시 유출수 관리, 수공 구조물, 물 재이용</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Underground Drainage Tunnel, Underground Water Storage, Urban Stormwater Management, Hydraulic Structures, Water Reuse</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

□ 도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획

Ⅱ. 연구기획의 목적

□ 도시 지하방수로의 설계, 시공, 운영, 활용에 대한 연구사업 성과를 극대화할 수 있도록 해당 분야의 기술을 선도할 수 있는 독자적이고 실용화 가능성이 높은 연구내용을 도출하고, 이에 대한 사전 타당성 검토 수행

Ⅲ. 연구기획의 내용 및 범위

□ 연구목표 및 연구내용, 추진전략 수립

◦ 사업의 추진방안, 연구성과 달성방안 및 계획 수립

◦ 단계별/연차별 연구내용 및 목표 제시

◦ 연구목표의 구체화 및 정량화

◦ 사전타당성 검토

□ 연구개발사업 제안서(RFP) 도출

◦ 주요 연구과제 도출 및 개발목표 설정

◦ 연구개발 내용 및 추진전략, 수행방법 도출

◦ 연구성과 활용방안 및 기대효과 제시

Ⅳ. 연구기획의 결과

□ 연구개발 추진방향

◦ 동향조사, 기술수요조사, 기술예측수준조사를 통해 연구 개발 대상 기술 구성

◦ 연구 관련성이 높고, 시너지 효과를 낼 수 있는 기술들을 세부과제 단위로 구성

◦ 우선순위조사 및 중복성 검토와 전문가들의 의견 수렴을 통해 도시 지하방수로 설계·시공·운영에 필요한 핵심 기술(세부 연구내용) 구성

□ 연구과제 및 연구개발내용

◦ 1세부과제 : 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계 기술 개발

· (1-1) 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발

· (1-2) 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발

· (1-3) 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발

· (1-4) 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발

◦ 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

· (2-1) 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측 기술 개발

· (2-2) 도시 지하방수로 통합 운영 기술 개발

· (2-3) 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발

◦ 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

· (3-1) 도시 지하방수로 저류수 처리 기술 개발

· (3-2) 도시 지하방수로 저류수 활용 기술 개발

· (3-3) 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

◦ 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성평가 기술 개발

· (4-1) 도시 지하방수로 테스트베드 운영 기술 개발

· (4-2) 도시 지하방수로 사업타당성 평가 기술 개발

· (4-3) 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선

Ⅴ. 연구기획 결과의 활용계획

□ 본 연구기획 결과는 과제 공모 및 기술개발 로드맵으로 활용

목 차

제 1 장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1

제 1 절 기술의 정의 ····· 1

제 2 절 연구개발 배경 및 필요성 ····· 2

1. 연구개발 배경 ····· 2

2. 연구개발 필요성 ····· 8

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 11

제 1 절 국내외 정책동향 분석 ····· 11

1. 국내 정책동향 ····· 11

2. 국외 정책동향 ····· 16

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망 ····· 24

1. 국내외 시장현황 ····· 24

2. 국내외 시장전망 ····· 52

제 3 절 기술동향 분석 ····· 56

1. 기술동향 분석 ····· 56

2. 특허동향분석 ····· 63

3. 논문동향분석 ····· 74

제 4 절 기술수요조사 및 기술예측·수준조사 ····· 90

1. 기술수요조사 ····· 90

2. 기술예측/수준조사 ····· 95

제 5 절 동향 분석에 기반을 둔 SWOT 분석 ····· 156

1. 내부역량 ····· 156

2. 외부환경 ····· 156

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 158

제 1 절 비전 및 목표 ····· 158

1. 비전 ····· 158

2. 목표 ····· 158

3. 중점 추진 분야 ····· 158

제 2 절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 ····· 159
1. 후보과제 도출 및 우선순위 평가 ····· 159
2. 연구과제 중복성 검토 ····· 167
3. 핵심기술요소 선정 ····· 170
4. TRL목표 설정 ····· 173
제 3 절 연구개발과제 구성 ····· 175
1. 연구개발과제 구성 ····· 175
제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 176
1. 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발 ····· 176
2. 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발 ····· 181
3. 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발 ····· 185
4. 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 기술 및 사업타당성 평가 기술 개발 ···· 190
제 5 절 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 197
제 6 절 세부과제 간 연계관계 ····· 198
제 7 절 성과의 활용방안 ····· 199
제 8 절 연구수행체계 제안 ····· 201
1. 연구추진체계 정립 ····· 201
2. 추진조직 ····· 201
3. 추진체계 ····· 202

제 4장 사전타당성 검토 ····· 203
제 1 절 정책적 타당성 ····· 203
1. 국가전략적 중요성 ····· 203
2. 상위계획과의 부합성 ····· 205
제 2 절 기술적 타당성 ····· 208
1. 기술개발 계획의 적절성 ····· 208
2. 기술수준 및 성공가능성 ····· 211
제 3 절 경제적 타당성 ····· 212

제 5 장 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 215
제 1 절 연구일정에 따른 인력계획 ····· 215
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 215
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 216
제 2 절 소요예산 산정 ····· 218
1. 예산 산정방법 ····· 218
2. 전체사업 소요예산 ····· 218
3. 세부과제별 소요예산 ····· 220
제 3 절 소요예산 적정성 검토 ····· 222
1. 소요예산 개요 ····· 222
2. 연구비 검토 결과 ····· 223
3. 예산의 적정성 검토결과 ····· 228

제 6 장 과제 제안요구서 ····· 229
제 1 절 과제 제안요구서(RFP) ····· 229
1. 연구단 RFP ····· 229
2. 1세부과제 RFP ····· 237
3. 2세부과제 RFP ····· 253
4. 3세부과제 RFP ····· 262
5. 4세부과제 RFP ····· 275
제 2 절 평가기준 설정 ····· 288

참고문헌 ····· 289

〈표 목 차〉

<표 1.2.1> 도시지역의 CSOs 발생오염농도 조사사례 ····· 6
<표 1.2.2> 세계 각국의 강수량 ····· 7
<표 1.2.3> 목표연도별 빗물 재이용 목표 ····· 8
<표 2.1.1> 댐 안전도 증대사업 계획 ····· 11
<표 2.1.2> 국토해양 R&D 연도별 예산투자 현황 ····· 14
<표 2.2.1> 서울시의 주요 연도별 홍수피해 현황 ····· 25
<표 2.2.2> 최근 5년간 해외 홍수예방 및 관리 관련 발주 현황 ····· 26
<표 2.2.3> 국외 지하방수로/저류지 개발 현황 ····· 27
<표 2.2.4> 와다야요이 우수저류시설 개요 ····· 28
<표 2.2.5> 이마이가와 저류시설 개요 ····· 30
<표 2.2.6> 가와사키시에서 추진 중인 우수저류관 설치 계획 ····· 31
<표 2.2.7> 가와사키 우수저류지의 시설 제원 ····· 32
<표 2.2.8> 가와사키 우수저류지의 연간 운영조건 ····· 32
<표 2.2.9> 나니와 대방수로 주요계획 ····· 33
<표 2.2.10> 나니와 대방수로 주요제원 ····· 33
<표 2.2.11> SMART 터널 시설개요 ····· 39
<표 2.2.12> 방수로 관련시설 ····· 40
<표 2.2.13> 서울시 수방사업 예산집행 현황 ····· 48
<표 2.2.14> 서울시 빗물저류조 설치계획 ····· 48
<표 2.2.15> 비점오염물질 배출량 증가전망 ····· 49
<표 2.2.16> 치수대책안별 비교 ····· 50
<표 2.2.17> 세부 분야별 세계 물시장 규모 ····· 52
<표 2.2.18> 서울시 저류조 건설사업 투자계획 ····· 54
<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황 ····· 56
<표 2.3.2> 국내 특허 현황 ····· 66
<표 2.3.4> 미국 특허현황 ····· 67
<표 2.3.5> 일본 특허현황 ····· 69
<표 2.3.6> 유럽 특허현황 ····· 72
<표 2.3.7> 논문 검색식 ····· 74

< 표 2.3.8> 국내 연구현황(연구보고서) ····· 79
< 표 2.3.9> 국내 연구현황(논문) ····· 80
< 표 2.3.10> 국외 연구현황(논문) ····· 84
< 표 2.4.1> 도시지하방수로 설계기술 분야 제안 기술 ····· 90
< 표 2.4.2> 도시지하방수로 시공기술 분야 제안 기술 ····· 92
< 표 2.4.3> 도시지하방수로 운영기술 분야 제안 기술 ····· 92
< 표 2.4.4> 도시지하방수로 다목적 활용기술 분야 제안 기술 ····· 93
< 표 2.4.5> 도시지하방수로 유지관리기술 분야 제안 기술 ····· 94
< 표 2.4.6> 도시지하방수로 사업타당성 평가기술 분야 제안 기술 ····· 94
< 표 2.4.7> Test-bed 활용기술 분야 제안 기술 ····· 95
< 표 2.4.8> 기술예측/수준조사 발송 및 응답 결과 ····· 96
< 표 2.4.9> 기술수준평가 기준 ····· 97
< 표 2.4.10> 기술격차추세 평가 기준 ····· 97
< 표 2.4.11> 기술기반 성숙도 평가 기준 ····· 97
< 표 2.4.12> 연구개발단계 평가 기준 ····· 98
< 표 2.4.13> TRL 평가 기준 ····· 98
< 표 2.4.14> 정부우선시행방안 구분 ····· 99
< 표 2.4.15> 기술적·사회경제적 실현시기(설계기술분야) ····· 101
< 표 2.4.16> 기술적·사회경제적 실현시기(시공기술분야) ····· 102
< 표 2.4.17> 기술적·사회경제적 실현시기(운영기술분야) ····· 103
< 표 2.4.18> 기술적·사회경제적 실현시기(다목적 활용기술분야) ····· 104
< 표 2.4.19> 기술적·사회경제적 실현시기(유지관리기술분야) ····· 105
< 표 2.4.20> 기술적·사회경제적 실현시기(사업타당성평가기술분야) ····· 106
< 표 2.4.21> 기술적·사회경제적 실현시기(Test- bed활용기술분야) ····· 107
< 표 2.4.22> 최고기술 보유국가 및 기관(설계기술분야) ····· 139
< 표 2.4.23> 최고기술 보유국가 및 기관(시공기술분야) ····· 143
< 표 2.4.24> 최고기술 보유국가 및 기관(운영기술분야) ····· 144
< 표 2.4.25> 최고기술 보유국가 및 기관(다목적 활용기술분야) ····· 145
< 표 2.4.26> 최고기술 보유국가 및 기관(유지관리기술분야) ····· 146
< 표 2.4.27> 최고기술 보유국가 및 기관(타당성평가기술분야) ····· 146
< 표 2.4.28> 최고기술 보유국가 및 기관(Test-bed활용기술분야) ····· 147
< 표 2.5.1> SWOT 분석 ····· 157

< 표 3.2.1> 설계기술 후보과제 리스트 및 실현시기 ····· 160
< 표 3.2.2> 운영 기술 후보과제 리스트 ····· 161
< 표 3.2.3> 다목적 활용 기술 후보과제 리스트 ····· 162
< 표 3.2.4> Test-bed운영 및 사업타당성평가 기술 후보과제 리스트 ····· 162
< 표 3.2.5> 기술개발환경 Needs 평가결과 ····· 163
< 표 3.2.6> 설계기술 우선순위평가 결과 ····· 164
< 표 3.2.7> 운영 기술 우선순위평가 결과 ····· 165
< 표 3.2.8> 다목적 활용 기술 우선순위평가 결과 ····· 165
< 표 3.2.9> Test-bed운영 및 사업타당성평가 기술 우선순위평가 결과 ····· 166
< 표 3.2.11> 과제 중복성 검토 ····· 167
< 표 3.2.12> 세부과제별 중복성 검토 ····· 168
< 표 3.2.13> 핵심기술요소 선정 체크리스트 ····· 170
< 표 3.2.14> 설계기술 핵심기술요소 ····· 171
< 표 3.2.15> 운영기술 핵심기술요소 ····· 171
< 표 3.2.16> 다목적 활용 기술 핵심기술요소 ····· 172
< 표 3.2.17> Test - Bed 운영 및 사업타당성평가 기술 핵심기술요소 ····· 172
< 표 3.2.18> 핵심기술요소별 현재 TRL수준 및 최종 TRL수준 목표 ····· 173
< 표 3.3.1> 연구개발과제 구성 ····· 175
< 표 3.8.1> '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 과제 분류 ····· 201
< 표 4.1.1> 제3차 과학기술기본계획(`13~`17)의 국가전략기술개발 추진전략 207

〈그 림 목 차〉

[그림 1.1.1] 도시 지하방수로 개념 및 기능 ····· 1
[그림 1.2.1] 전지구 및 한반도 연평균 기온 편차 ····· 2
[그림 1.2.2] 집중호우 발생 빈도 변화집 ····· 2
[그림 1.2.3] 기상재해에 따른 연평균 재산 피해액 ····· 3
[그림 1.2.4] 1962년과 2010년 물순환 변화 비교 ····· 3
[그림 1.2.5] 불투수율 변화 ····· 3
[그림 1.2.6] 집중호우에 의한 피해(2008~2011년) ····· 4
[그림 1.2.7] 인구의 도시집중 현상 ····· 4
[그림 1.2.8] 비점오염원 부하율(BOD 기준) ····· 5
[그림 1.2.9] CSOs 및 초기우수 하천 유입경로 ····· 5
[그림 1.2.10] 하천배출 오염물질 평균농도 변화 ····· 6
[그림 1.2.11] CSOs 및 초기우수의 오염 ····· 6
[그림 1.2.12] 서울시 물 자립률 ····· 7
[그림 1.2.13] 하천의 건천화와 하천유지용수 공급 ····· 8
[그림 1.2.14] 건설교통 분야 사회□경제적 니즈 중요도 ····· 9
[그림 1.2.15] 도시 지하방수로 도입 필요성 ····· 10
[그림 2.1.1] 2040년 국토교통의 미래상: 물관리 분야 ····· 12
[그림 2.1.2] 물관리 기술별 투자 현황 ····· 14
[그림 2.1.3] UDFCD 내의 홍수조절용 저류지 ····· 17
[그림 2.1.4] 일본의 지하방수로 ····· 20
[그림 2.2.1] 홍수로 인한 경제·인명 피해 추세 ····· 24
[그림 2.2.2] 도시규모에 따른 인구증가 추세 ····· 24
[그림 2.2.3] 이마이가와 저류시설 개념도 ····· 29
[그림 2.2.4] 이마이가와 저류시설 모식도 ····· 30
[그림 2.2.5] 우수저류시설 처리공정 ····· 32
[그림 2.2.6] 지하저류시설의 조감도 ····· 32
[그림 2.2.7] 칸다가와 환상형 지하 조절지 계획노선 ····· 35
[그림 2.2.8] 내경 12.5 m의 조절지 터널입구 및 펌프실 ····· 35
[그림 2.2.9] 신우지가와 방수로 계획 ····· 36

[그림 2.2.10] 터널 단면 및 방수로 종단면 모식도 ····· 36
[그림 2.2.11] 츠와치섬 터널 저수 공법 개요도 ····· 37
[그림 2.2.12] 츠와치섬 저수터널 표준 단면도 ····· 37
[그림 2.2.13] 도톤보리 우수터널 개요 ····· 38
[그림 2.2.14] SMART 터널 내부단면도 ····· 39
[그림 2.2.15] SMART 터널 개요 ····· 39
[그림 2.2.16] SMART 터널 작동시스템 ····· 41
[그림 2.2.17] 터널 내부 및 터널 청소 ····· 41
[그림 2.2.18] 싱가포르 오수이송터널 내부 현황 ····· 42
[그림 2.2.19] Atlanta CSOs 처리시설 개요 ····· 43
[그림 2.2.20] 시카고 TARP 시설 개요 ····· 44
[그림 2.2.21] Thames Tunnel 개요 ····· 46
[그림 2.2.22] Lee Tunnel 노선도 ····· 46
[그림 2.2.23] 해외 지하방수로의 기능적 분류 ····· 47
[그림 2.2.24] 서울시 자치구별 홍수취약도 ····· 47
[그림 2.2.25] 신월 빗물저류배수시설 사업개요 ····· 49
[그림 2.2.26] CSOs 처리개념도 ····· 51
[그림 2.2.27] CSOs 처리 시설계획 ····· 51
[그림 2.2.28] 각 시설에 대한 양적·질적 수준 만족도 ····· 53
[그림 2.2.29] 자연재해 방지를 위해 우선 보완할 방재시설 ····· 53
[그림 2.2.30] 국내 지하 방수로/저류조 계획 ····· 55
[그림 2.3.1] 연도별 특허출원 추이 ····· 63
[그림 2.3.2] 연도별 국가별 특허출원 추이 ····· 63
[그림 2.3.3] 국가별 특허 점유율 ····· 64
[그림 2.3.4] 상위5위 출원 현황 ····· 64
[그림 2.3.5] 특허 포트폴리오 분석 의미 ····· 65
[그림 2.3.6] 특허 포트폴리오 분석 ····· 65
[그림 2.3.7] 지하방수로 관련 논문 분포 ····· 75
[그림 2.3.8] 국가별 논문발표 현황 ····· 75
[그림 2.3.9] 국가별 논문발표 현황 ····· 76
[그림 2.3.10] 국가별 주제별 논문발표 현황 ····· 76
[그림 2.3.11] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 설계기술) ····· 77

[그림 2.3.12] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 시공기술) ····· 77
[그림 2.3.13] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 운영기술) ····· 78
[그림 2.3.14] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 유지관리기술) ····· 78
[그림 2.4.1] 분야별 기술수요조사 회신 기술 건수 ····· 90
[그림 2.4.2] 기술예측/수준조사 절차 ····· 95
[그림 2.4.3] 기술적·사회경제적 실현시기(총괄) ····· 100
[그림 2.4.4] 기술적·사회경제적 실현시기(설계기술분야) ····· 101
[그림 2.4.5] 기술적·사회경제적 실현시기(시공기술분야) ····· 102
[그림 2.4.6] 기술적·사회경제적 실현시기(운영기술분야) ····· 103
[그림 2.4.7] 기술적·사회경제적 실현시기(다목적 활용기술분야) ····· 104
[그림 2.4.8] 기술적·사회경제적 실현시기(유지관리기술분야) ····· 105
[그림 2.4.9] 기술적·사회경제적 실현시기(사업타당성평가기술분야) ····· 106
[그림 2.4.10] 기술적·사회경제적 실현시기(Test-bed활용기술분야) ····· 107
[그림 2.4.11] 기술수준 및 기술격차(총괄) ····· 108
[그림 2.4.12] 기술격차 추세(총괄) ····· 108
[그림 2.4.13] 기술수준 및 기술격차(설계기술분야) ····· 109
[그림 2.4.14] 기술격차 추세(설계기술분야) ····· 109
[그림 2.4.15] 기술수준 및 기술격차(최적위치 및 규모선정기술) ····· 110
[그림 2.4.16] 기술격차 추세(최적위치 및 규모선정기술) ····· 110
[그림 2.4.17] 기술수준 및 기술격차(수직구(Drop Shaft) 설계기술) ····· 111
[그림 2.4.18] 기술격차 추세(수직구(Drop Shaft) 설계기술) ····· 111
[그림 2.4.19] 기술수준 및 기술격차(수리학적 터널 설계기술) ····· 112
[그림 2.4.20] 기술격차 추세(수리학적 터널 설계기술) ····· 112
[그림 2.4.21] 기술수준 및 기술격차(구조적 터널 설계기술) ····· 112
[그림 2.4.22] 기술격차 추세(구조적 터널 설계기술) ····· 113
[그림 2.4.23] 기술수준 및 기술격차(시공기술분야) ····· 113
[그림 2.4.24] 기술격차 추세(시공기술분야) ····· 113
[그림 2.4.25] 기술수준 및 기술격차(대심도 터널시공기술) ····· 114
[그림 2.4.26] 기술격차 추세(대심도 터널시공기술) ····· 114
[그림 2.4.27] 기술수준 및 기술격차(운영기술분야) ····· 115
[그림 2.4.28] 기술격차 추세(운영기술분야) ····· 115
[그림 2.4.29] 기술수준 및 기술격차(강우-유출 예측기술) ····· 116

[그림 2.4.30] 기술격차 추세(강우-유출 예측기술) ····· 116
[그림 2.4.31] 기술수준 및 기술격차(통합 운영기술) ····· 116
[그림 2.4.32] 기술격차 추세(통합 운영기술) ····· 117
[그림 2.4.33] 기술수준 및 기술격차(다목적 활용기술분야) ····· 117
[그림 2.4.34] 기술격차 추세(다목적 활용기술분야) ····· 118
[그림 2.4.35] 기술수준 및 기술격차(저류수 처리기술) ····· 118
[그림 2.4.36] 기술격차 추세(저류수 처리기술) ····· 118
[그림 2.4.37] 기술수준 및 기술격차(저류수 활용기술) ····· 119
[그림 2.4.38] 기술격차 추세(저류수 활용기술) ····· 119
[그림 2.4.39] 기술수준 및 기술격차(유지관리기술분야) ····· 120
[그림 2.4.40] 기술격차 추세(유지관리기술분야) ····· 120
[그림 2.4.41] 기술수준 및 기술격차(터널 유지관리기술) ····· 120
[그림 2.4.42] 기술격차 추세(터널 유지관리기술) ····· 121
[그림 2.4.43] 기술수준 및 기술격차(안전관리기술) ····· 121
[그림 2.4.44] 기술격차 추세(안전관리기술) ····· 122
[그림 2.4.45] 기술수준 및 기술격차(사업타당성평가 기술) ····· 122
[그림 2.4.46] 기술격차 추세(사업타당성평가 기술) ····· 122
[그림 2.4.47] 기술수준 및 기술격차(경제성평가기술) ····· 123
[그림 2.4.48] 기술격차 추세(경제성평가기술) ····· 123
[그림 2.4.49] 기술수준 및 기술격차(대안분석기술) ····· 124
[그림 2.4.50] 기술격차 추세(대안분석기술) ····· 124
[그림 2.4.51] 기술수준 및 기술격차(Test-bed활용기술) ····· 124
[그림 2.4.52] 기술격차 추세(Test-bed활용기술) ····· 125
[그림 2.4.53] 기술수준 및 기술격차(Test-bed선정 및 실증운영기술) ····· 125
[그림 2.4.54] 기술격차 추세(Test-bed선정 및 실증운영기술) ····· 125
[그림 2.4.55] 기술수준 및 기술격차(Test-bed효과분석 및 영향평가기술) ····· 126
[그림 2.4.56] 기술격차 추세(Test-bed효과분석 및 영향평가기술) ····· 126
[그림 2.4.57] 기술성숙도(총괄) ····· 128
[그림 2.4.58] 기술성숙도(설계기술분야) ····· 129
[그림 2.4.59] 기술성숙도(최적위치 및 규모선정기술) ····· 129
[그림 2.4.60] 기술성숙도(수직구 설계기술) ····· 130
[그림 2.4.61] 기술성숙도(수리학적 터널설계기술) ····· 130

[그림 2.4.62] 기술성숙도(구조적 터널설계기술) ····· 131
[그림 2.4.63] 기술성숙도(시공기술분야) ····· 132
[그림 2.4.64] 기술성숙도(대심도터널 시공기술) ····· 132
[그림 2.4.65] 기술성숙도(운영기술분야) ····· 133
[그림 2.4.66] 기술성숙도(최적화 강우-유출 예측기술) ····· 133
[그림 2.4.67] 기술성숙도(통합운영기술) ····· 134
[그림 2.4.68] 기술성숙도(다목적 활용기술) ····· 134
[그림 2.4.69] 기술성숙도(저류수 처리기술) ····· 135
[그림 2.4.70] 기술성숙도(저류수 활용기술) ····· 135
[그림 2.4.71] 기술성숙도(유지관리기술분야) ····· 136
[그림 2.4.72] 기술성숙도(터널 유지관리기술) ····· 136
[그림 2.4.73] 기술성숙도(안전관리기술) ····· 137
[그림 2.4.74] 기술성숙도(사업타당성평가기술) ····· 137
[그림 2.4.75] 기술성숙도(경제성 평가기술) ····· 137
[그림 2.4.76] 기술성숙도(대안분석기술) ····· 138
[그림 2.4.77] 기술성숙도(Test-bed 활용기술분야) ····· 138
[그림 2.4.78] 기술성숙도(Test-bed 선정 및 실증운영기술) ····· 138
[그림 2.4.79] 기술성숙도(Test-bed 효과분석 및 영향평가기술) ····· 139
[그림 2.4.80] 정부 우선시행 방안(총괄) ····· 148
[그림 2.4.81] 정부 우선시행 방안(총괄 분야별) ····· 148
[그림 2.4.82] 정부 우선시행 방안(설계기술) ····· 149
[그림 2.4.83] 정부 우선시행 방안(설계기술 분야별) ····· 149
[그림 2.4.84] 정부 우선시행 방안(시공기술) ····· 150
[그림 2.4.85] 정부 우선시행 방안(시공기술 분야별) ····· 150
[그림 2.4.86] 정부 우선시행 방안(운영기술분야) ····· 150
[그림 2.4.87] 정부 우선시행 방안(운영기술 분야별) ····· 151
[그림 2.4.88] 정부 우선시행 방안(다목적 활용기술) ····· 151
[그림 2.4.89] 정부 우선시행 방안(다목적 활용기술 분야별) ····· 151
[그림 2.4.90] 정부 우선시행 방안(유지관리기술) ····· 152
[그림 2.4.91] 정부 우선시행 방안(유지관리기술 분야별) ····· 152
[그림 2.4.92] 정부 우선시행 방안(사업타당성 평가기술) ····· 152
[그림 2.4.93] 정부 우선시행 방안(사업타당성 평가기술 분야별) ····· 153

[그림 2.4.94] 정부 우선시행 방안(Test-bed 활용기술) ····· 153
[그림 2.4.95] 정부 우선시행 방안(Test-bed 활용기술 분야별) ····· 153
[그림 3.1.1] 비전 및 목표 ····· 158
[그림 3.4.1] 과제별·연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 197
[그림 3.8.1] 연구추진체계 ····· 202
[그림 4.1.1] 제 3차 과학기술기본계획(`13~`17) 비전목표 및 추진전략 ····· 206
[그림 4.3.1] 일본의 수도권 외곽방수로 건설 효과 ····· 212
[그림 4.3.2] 일본의 네야가와 지하방수로 건설 효과 ····· 213
[그림 5.3.1] 세부과제별 연구개발비 ····· 223
[그림 5.3.2] 비목별 예산 구성비 ····· 223
[그림 5.3.3] 1세부과제 연차별 소요예산 구성 ····· 224
[그림 5.3.4] 1세부과제 비목별 소요예산 구성 ····· 224
[그림 5.3.5] 2세부과제 연차별 소요예산 구성 ····· 225
[그림 5.3.6] 2세부과제 비목별 소요예산 구성 ····· 225
[그림 5.3.7] 3세부과제 연차별 소요예산 구성 ····· 226
[그림 5.3.8] 3세부과제 비목별 소요예산 구성 ····· 226
[그림 5.3.9] 4세부과제 연차별 소요예산 구성 ····· 227
[그림 5.3.10] 4세부과제 비목별 소요예산 구성 ····· 227

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

제 1 절 기술의 정의

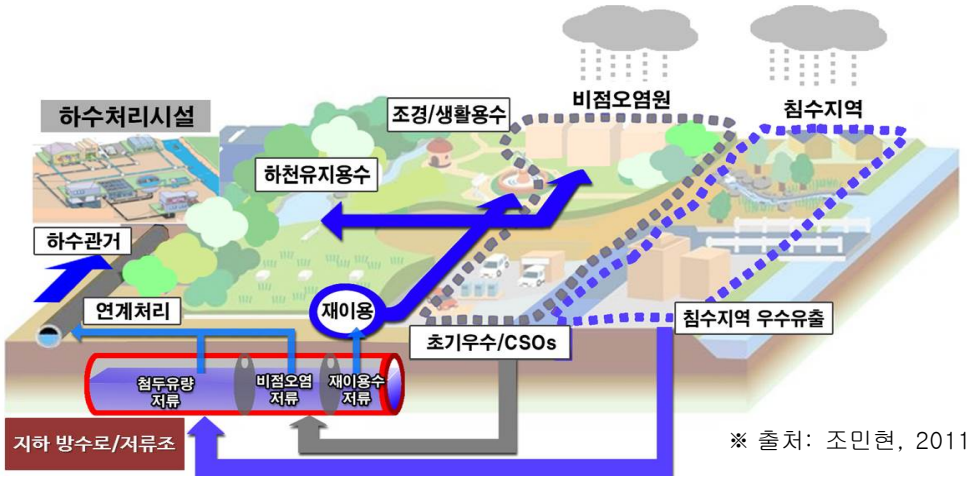
□ ‘도시 지하방수로’는 도심하천의 홍수소통용량을 초과하는 홍수량을 부담하여 하천의 범람을 방지하고, 도시 배수시스템의 처리 용량을 초과하는 우수를 저류시켜 도심지 침수를 예방하는 기술임.

□ ‘도시 지하방수로’는 분류식하수관거를 통해 하천으로 유입되는 오염도 높은 초기우수와 집중호우 시 합류식하수관거를 통해 방류되는 CSOs[1]를 차집하여, 하수처리시설과의 연계처리 또는 직접 처리하여 하천 수질을 개선하는 기술임.

□ ‘도시 지하방수로’는 우수 저류를 통해 수자원을 확보하고, 이를 도시하천의 유지용수로의 활용 등 우수 재이용 수요처에 용수를 공급하는 건전한 물순환 도시를 구축하는 기술임.

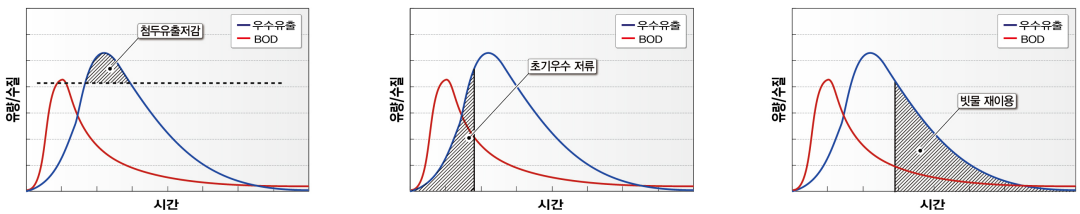
□ ‘도시지하방수로’는 유역내 홍수량을 방수로를 통해 유역 밖으로 배출하고, 비점오염 처리 및 수자원 재이용 등의 기능을 수행하므로 빗물저류지와 구별됨.

□ ‘도시 지하방수로’는 치수, 이수 및 환경기능을 동시에 고려하는 미래형 도시물관리 기술임.



※ 출처: 조민현, 2011

<도시지하방수로 개념>



< 치수 기능>　　< 환경 기능>　　< 이수 기능>

[그림 1.1.1] 도시 지하방수로 개념 및 기능

1) 합류식 하수도월류수(CSOs; Combined Sewer Overflows)를 말하며 합류식 하수도에서 우천시 우수와 오수가 혼합되어 우수토실, 빗물펌프장 등 하수도 시설에서 미처리된 상태로 하천이나 공공수역으로 월류 또는 방류되는 하수(환경부, 2007)

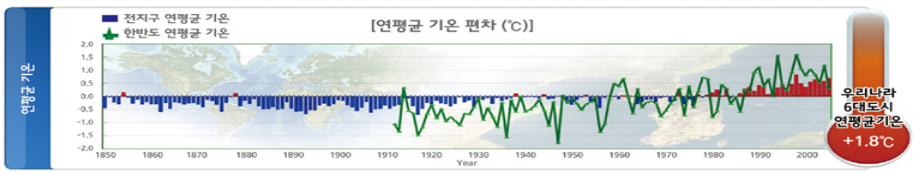
제 2 절 연구개발 배경 및 필요성

1. 연구개발 배경

가. 도시홍수 피해 증가

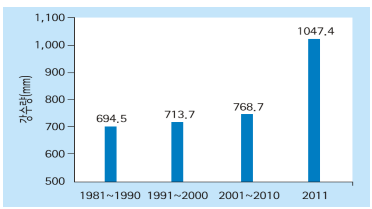
□ IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제4차 보고서에 따르면 1990년 이후 전 세계 평균 기온이 0.74℃상승하고, 금세기 말까지 4.4℃ 상승할 것으로 전망하고 있으며, 이로 인해 가뭄, 홍수 등 극한 기상현상이 심화될 것으로 예측하고 있다. 특히 기온이 3℃ 증가하였을 때, 아시아에서만 연간 7백만 명 이상이 홍수피해 위기에 처할 것으로 전망하고 있음.

□ 우리나라는 지구 평균기온 증가(0.74℃)의 2배인 1.5℃가 상승하였고, 강우강도도 증가하는 추세를 보이고 있으며, 21세기 말에는 4℃ 기온 상승과 17% 강수량 증가를 예상하고 있다. 최근 10년간(1999~2008년) 우리나라 1일 100 mm 이상 집중호우 발생빈도는 385회로, 70~80년대 222회에 비해 약 1.7배 증가였으며, 일 80 mm이상의 집중호우 발생일수가 70년대에 비해 2배 이상 증가하였음.

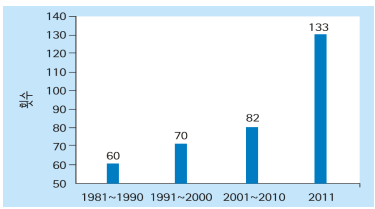


[그림 1.2.1] 전지구 및 한반도 연평균 기온 편차

□ 우리나라의 여름철 평균 강수량은 1980년에는 700 mm를 밑돌았으나, 2000년대에는 750 mm 이상으로 증가했고, 특히 2011년에는 1,000 mm가 넘는 많은 비가 내렸음. 시간당 30 mm 이상의 집중호우의 발생빈도는 1980년대에 비해 2000년대에 약 35% 증가하여 여름철 강수량보다 빠르게 증가 했고, 앞으로 더 많은 집중호우가 발생할 것으로 전망되어 집중호우에 의한 도심지 침수의 발생도 늘어날 것으로 예상됨.



<여름철(6~8월) 평균 강우량>



<여름철 30 mm/hr 이상 강우발생 빈도>

※ 참조: 기상청, 2012

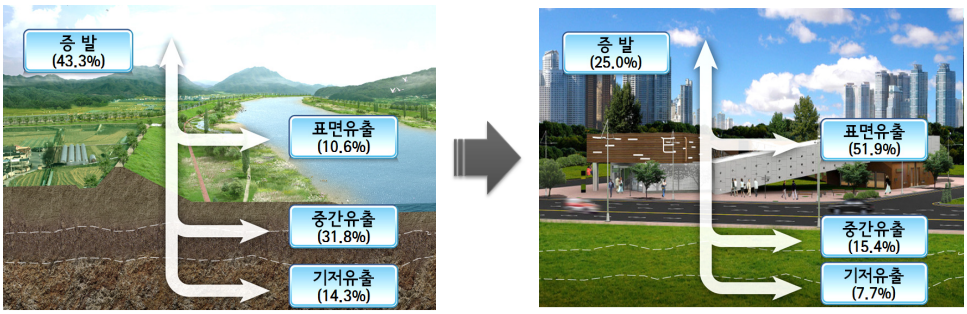
[그림 1.2.2] 집중호우 발생 빈도 변화집

□ 지구온난화로 야기된 기후변화로 자연재해가 빈번화, 대형화, 다양화 되면서 그에 따른 인적□물적 손실이 매년 급증하는 추세이고, 특히 도심지 침수가 과거에 비해 급격히 증가하고 있음.



[그림 1.2.3] 기상재해에 따른 연평균 재산 피해액

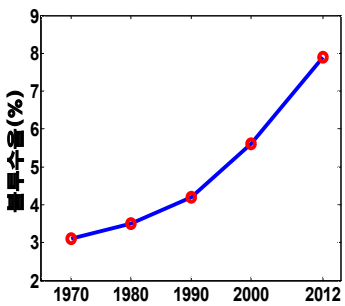
□ 도시홍수의 또 다른 원인으로 불투수면적의 증가를 들 수 있고, 불투수 면적의 증가는 물순환 체계의 변화를 초래하여 강우의 땅속 침투를 저해하고 직접유출을 크게 증가시킴으로써 도심지 저지대의 침수를 유발함. 서울시의 경우 1962년 10.6%이던 표면유출량이 2010년 51.9%으로 늘어나 집중호우에 대한 방재성능이 크게 약화되었음.



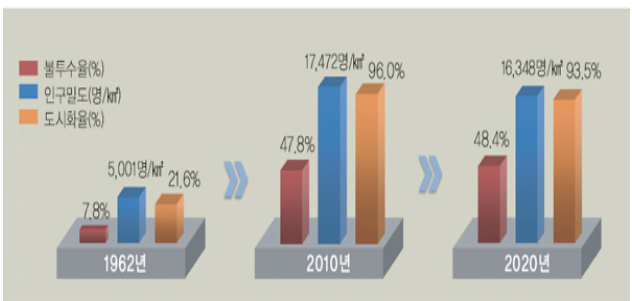
※ 출처: 서울특별시, 2013

[그림 1.2.4] 1962년과 2010년 물순환 변화 비교

□ 전국의 불투수 면적률은 1970년 3%에 불과하였으나 2012년에는 7.9%로 증가하였음(환경부, 2013). 특히 급격한 도시화로 인해 도시지역의 불투수 면적은 매우 빠르게 증가하였고, 도시지역의 불투수 면적 증가는 강우유출율의 증가로 이어져 도시홍수의 원인이 되고 있음.



<전국 불투수율 변화>



<서울시 불투수율 변화>

[그림 1.2.5] 불투수율 변화

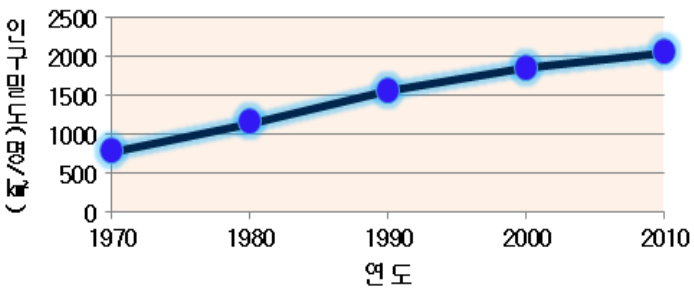
□ 불투수율 47.8%의 수치는 환경도시라 불리는 독일과 다르지 않지만 실질적으로 서울시의 외곽에 산림이 분포되어 있고, 시가지의 거의 85% 이상이 불투수면으로 덮어져 있음. 이는 비단 서울시만의 문제가 아닌 일반적인 도시의 문제로써, 비가 오면 땅속으로 스며드는 빗물은 상당히 적고, 대부분 유출되고 있는 상태임(김영란, 2012).

□ 최근 집중호우로 인한 도심지 침수가 빈번히 발생함. 특히 2011년 서울 및 경기북부에 발생한 300 mm/day 이상의 집중호우, 2010년 서울 전역에 내린 200 mm/day 이상의 집중호우로 도로 및 주택이 침수되어 막대한 피해가 발생하였음. 2010년 및 2011년 2년간 서울특별시, 경기도, 전라북도에서 침수로 인해 6,787억원의 재산피해를 입었고, 이의 복구금액으로 12,477억원, 피해 주민에 대한 보상으로 재난지원금 883억원을 집행하였음.

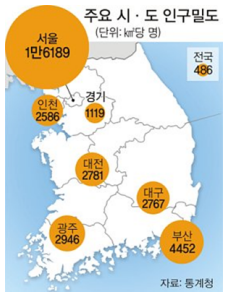


[그림 1.2.6] 집중호우에 의한 피해(2008~2011년)

□ 또한 산업화에 따른 인구의 인촌향도 현상으로 도시의 인구집중현상이 날로 심해짐. 대도시의 인구밀도는 매우 높은 수준이며, 서울의 경우 인구밀도가 약 1만7천명으로 전 세계에서 6번째로 높은 순위를 기록함. 재화와 인구가 밀집한 만큼 도시의 재해는 막대한 인적 물적 피해를 가져올 수 있음.



<수도권 인구밀도 변화(서울, 인천, 경기)>

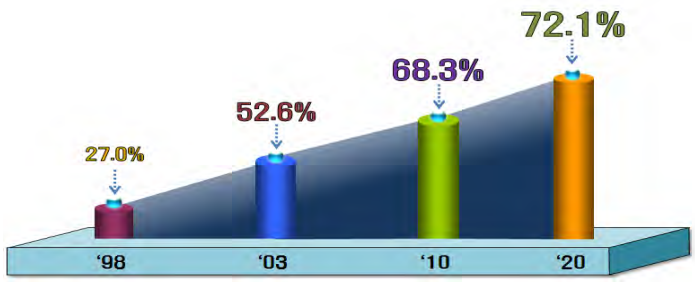


<주요 시·도 인구밀도>

[그림 1.2.7] 인구의 도시집중 현상

나. CSOs 및 초기우수에 의한 하천 오염

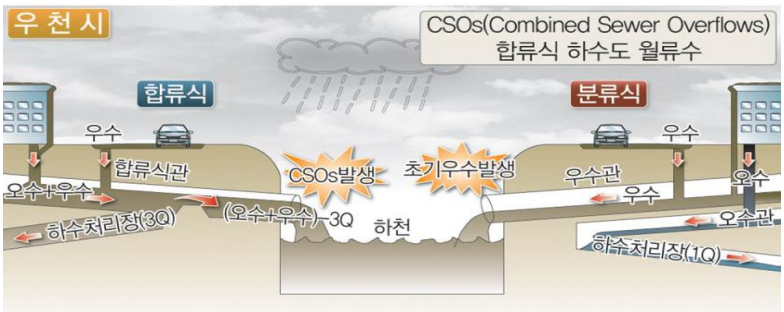
□ 정부는 '95년 전국 비점오염원 조사를 통해 비점오염원이 수질오염에 기여하는 비율이 T-N과 SS는 50% 이상을 점유하고 BOD, T-P도 20~30% 수준임을 밝혀냄. 비점오염물질은 '10년 하천오염 부하율의 약 68%를 차지하고 있고, 부하율이 비중이 점차 커지고 있어 2020년에는 약 72%에 달할 것으로 전망하고 있음(국립환경과학원, 2010).



※ 출처: 국립환경과학원, 2010

[그림 1.2.8] 비점오염원 부하율(BOD 기준)

□ 강우시 유기물, 중금속 등 지표면에 장기간 축적된 비점오염물질이 고농도로 일시에 하천으로 유출되어 수질오염을 가중시키고 있으므로 강우유출수[2]의 집중관리가 필요함. 합류식 하수관거는 배수시스템의 용량을 초과하는 오수와 우수를 하천으로 직접 방류하여 오염물질이 하천으로 유입되고, 분류식 하수관거는 지표면 비점오염물질에 의한 오염도 높은 우수가 하천으로 직접 유입되어 하천 수질을 악화시킴.



[그림 1.2.9] CSOs 및 초기우수 하천 유입경로

□ CSOs는 고농도의 오염물질을 포함하게 되는데 표 1.1에 나타난 바와 같이 강우초기에 수질 항목별로 청천시 발생하수 농도의 최고 30배까지 고농도로 하천으로 유출되고 있음.

2) 비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈녹은 물 등을 말함(수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제2조제5호)

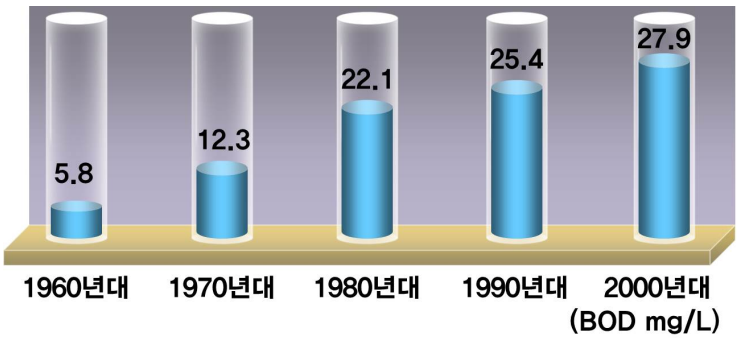
<표 1.2.1> 도시지역의 CSOs 발생오염농도 조사사례

(단위: mg/L)

항목	CSOs		청천시 유입하수 평균농도(EMC)
	평균농도	월류수 최대농도	
BOD	75～113	224～732	83～112
SS	110～639	632～1,550	50～140
T-N	11～25	32～66	9.2～32
T-P	2.1～2.4	4.3～15.1	2.2～3.1

※ 1. EMC (Event Mean Concentration): 유량가중평균농도
2. 출처: 환경관리공단, 2004

□ 점오염원 위주의 수질개선사업은 하천목표수질 달성에는 한계가 있는 것으로 밝혀짐. 한강수계의 경우, 13년('98~'10) 동안 점오염원 위주의 물환경 관리에 약 12조원를 투자하였으나, 목표수질에 이르지 못함(국무총리실 등, 2012). 그림 1.2.10은 하천배출 오염물질의 평균농도 변화로써 오염물질의 평균농도가 지속적으로 높아지고 있는 것을 알 수 있음.



[그림 1.2.10] 하천배출 오염물질 평균농도 변화

□ CSOs 및 초기우수에 의하여 상당량의 오염부하가 하천으로 방류되고 있고, 특히 단시간에 고농도로 배출되는 발생특성상 수계에서의 생태계에 미치는 영향이 매우 큼.



<강우시 발생되는 CSOs>



<초기강우 유입수>

※ 출처: 서울특별시, 2009

[그림 1.2.11] CSOs 및 초기우수의 오염

다. 빗물재이용 필요성 증대

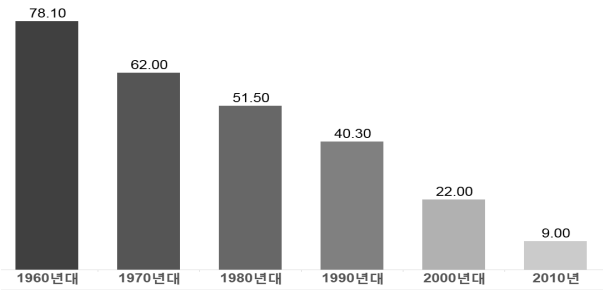
□ 지난 2008년 7월 UN은 세계 물 부족 인구가 현재 7억명에서 2025년에는 30억명에 이를 것이라고 전망함. 우리나라 연평균 강수량(1,277 ㎜)은 세계 평균(807 ㎜)보다 1.6배 많지만, 높은 인구밀도 때문에 1인당 연평균 강수량(2,692 ㎥)은 세계 평균(16,427 ㎥)의 1/6에 불과하며, 1인당 물 사용량 또한 OECD의 다른 나라에 비해 높은 편임(환경부, 2011b).

<표 1.2.2> 세계 각국의 강수량

구분	한국	일본	미국	영국	중국	캐나다	세계평균
연평균 강수량(mm)	1,277	1,690	715	1,220	629	537	807
1인당 강수량(㎥)	2,629	5,000	798,889	4,919	4,530	164,593	16,427

□ 특히 우리나라의 경우 강수량의 2/3가 여름철에 집중되어 수자원의 계절별·지역별 편중이 세계 최고 수준으로 안정적 수자원 확보에 큰 어려움을 겪고 있으며, 국토의 65%가 산악지형이고, 하천경사가 급한 지리적 특성으로 홍수가 일시에 유출되고, 갈수기에는 유출량이 적어 수자원 이용측면에서 불리한 자연조건을 가지고 있음.

□ 특히 도시화로 인해 도시지역의 인구 증가 및 물 사용량 증가로 물자립도는 지속적으로 낮아지고 있음. 서울시의 물 자립률을 살펴보면, 1960년에는 전체 용수공급량의 78 %를 자체적으로 공급할 수 있었으나 인구가 증가하고 도시화가 진행되면서 자립률은 낮아져 2000년에는 평균적으로 22%, 2010년에는 9%의 물 자립률을 보이고 있어 물 사용의 외부 의존율이 매우 높은 현실임을 나타냄(김영란, 2012).



[그림 1.2.12] 서울시 물 자립률

□ 도시유역의 경우 불투수 면적의 증가로 강우가 지표면으로 침투하지 못하게 되어 지하수위가 낮아지고, 이로 인해 하상으로 용출되어 나오는 지하수의 유출이 감소하게 되어 도시하천이 건천화 되고 있음.

□ 하천의 건천화는 건기 수질악화, 수량부족으로 인한 생물 서식환경 악화 및 생태통로로써의 하천의 역할이 제한됨. 또한 시민들에게 휴식 및 레크레이션 공간을 제공하는 친수공간으로서의 하천의 기능 또한 상실하게 됨. 도시 하천의 기능 회복을 위해 하천유지용수 공급의 필요성이 증대되고 있고, 현재 하천유지용수를 공급하는 하천의 수도 점차 늘어나고 있음.



[그림 1.2.13] 하천의 건천화와 하천유지용수 공급

□ 도시의 물 수요 증가에 대응하기 위해 물 재이용에 대한 국가적인 관심이 높아짐. 정부는 목표연도 2020년의 이용 가능한 총 빗물량(하수저류시설 재이용 포함)은 48,608천 ㎥/년으로 현재 653천 ㎥/년 대비 약 74배 증가될 것으로 예상하고 있고, 물 재이용 기술을 제3의 물산업으로 육성하여 녹색성장을 선도하는 물 재이용 산업 강국으로의 도약을 비전으로 제시하고 있음(환경부, 2011a).

<표 1.2.3> 목표연도별 빗물 재이용 목표

목표년도	2008	2011~2012	2013~2016	2017~2020
목표량 (백만 ㎥/년)	0.7	5.2	17.6	48.6

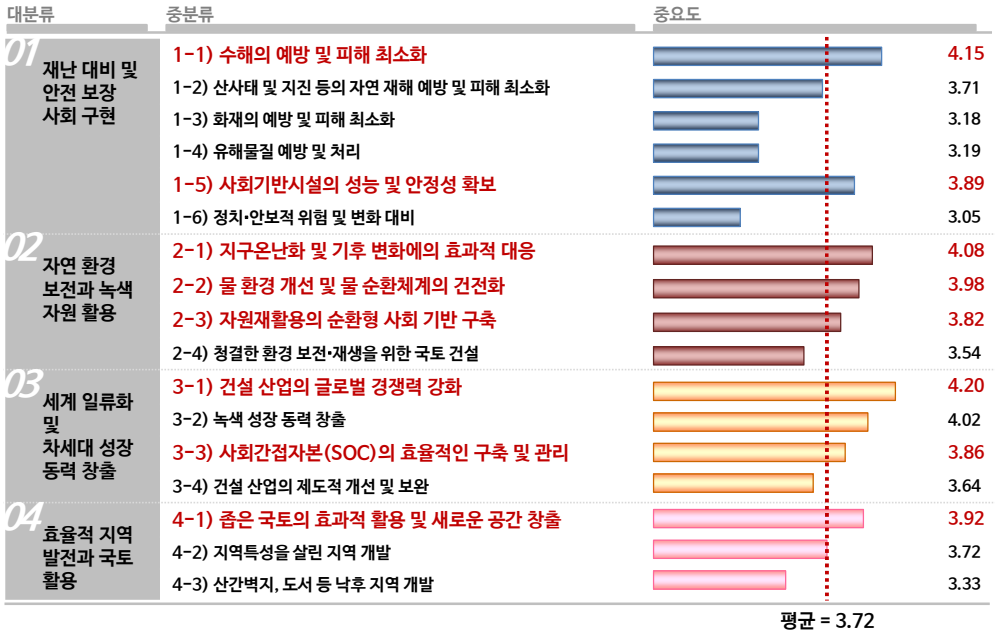
※ 출처: 환경부, 2011a

2. 연구개발 필요성

□ 도심지 침수피해 예방을 위해 배수펌프장 건설 등의 구조적인 대책을 적용하고 있으나, 집중호우 시 하수관거의 용량부족으로 배수가 원활하지 못해 빈번하게 발생하고 있는 도심지 침수에 대응하기에는 역부족인 현실임. 도심지 침수는 외수보다 내수에 의한 침수가 많이 발생하고 있어, 치수적으로 안전한 미래도시를 위해 항구적인 내수처리 대책이 필요함.

□ 건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)에 따르면, 건설교통 분야의 사회□경제적 니즈에 대해 전문가 설문조사를 한 결과 4가지 대분류 중 '재난 대비 및 안전보장 사회 구현'의 중요도가 가장 높게 나타났고, 17가지 중분류 중 '수해

의 예방 및 피해 최소화'가 가장 높게 나타났음. 또한 중분류 중 '지구온난화 및 기후 변화에의 효과적 대응'도 3번째로 높은 중요도를 나타내고 있음. 이렇듯, 수재해 예방 및 피해 최소화는 사회·경제적 니즈 중요도가 매우 높은 분야로 적극적인 대처가 필요함.



※ 출처: 국토해양부(2012)

[그림 1.2.14] 건설교통 분야 사회□경제적 니즈 중요도

□ 도시하천은 시민들에게 여가와 휴식을 제공해주는 장소로 도시민들의 생활과 밀접한 관계가 있고, 삶의 질을 높이는데 크게 기여함. 따라서 하천의 수질을 오염시키는 CSOs 및 초기우수를 처리하여, 하천환경을 개선하고 생태계 건전성을 확보할 필요성이 대두되고 있음.

□ 대부분의 비가 여름철에 집중되어 수자원 관리가 쉽지 않은 우리나라의 현실에서 빗물재이용을 통한 수자원 확보, 하수 재이용을 통한 지속가능한 물재이용 시설 확충의 필요성이 증가하고 있음.

□ 많은 전문가들에 의해 도심지의 침수피해 예방, CSOs 및 초기우수에 의한 수질오염 예방과 수자원 확보 시설로 도시 지하방수로가 제시되고 있음.

□ 도시 지하방수로는 도심지 대심도[3] 구간에 설치하는 시설로써 이수, 치수, 환경 각각의 개별적 문제를 해결할 뿐만 아니라, 복합적인 해결책을 제시할 수 있음. 또한 지하공간의 입체적인 이용이 가능하여 도심지 부지확보의 어려움을 극복하고 국토이용의 효율성을 높여줌.

3) 천심도 : 0~5 m, 저심도 : 20 m, 중심도 : 20~40 m, 대심도 : 40 m이상 (서울특별시, 2006)



[그림 1.2.15] 도시 지하방수로 도입 필요성

□ 도시 지하방수로는 도심지 지상 저류시설 설치를 위한 공간 확보의 어려움을 극복할 수 있어, 경로와 설치장소의 제약이 적을 뿐더러 기존 배수 시설의 용량 증설 및 배수 시스템 개선시 발생하는 제약과 도심지 지하공간의 사회기반시설 난립 및 사업대상 광범위 등, 을 해결할 수 있는 방안으로 제시할 수 있다.

□ 해외 여러 국가에서 도시지하방수로를 통해 도시의 이수, 치수, 환경적 문제를 해결하고 있지만, 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없고, 설계 및 시공 기준이 전무하다시피 할 뿐만 아니라, 관련 연구도 미미한 실정임. 그러므로 안전하고 경제적인 도시 지하방수로의 계획, 설계, 시공 및 운영을 위하여 관련 기술체계의 정립이 시급함.

□ 도시 지하방수로 기술 개발 및 통합관리기술 확보를 통해 홍수에 대한 도시민들의 불안감을 해소하고, 하천환경 개선을 통한 도시 어메니티를 향상시킬 뿐만 아니라, 빗물 재이용으로 건전한 도시 물순환 체계를 구축할 수 있음. 또한 전 지구적으로 기상이변에 의한 홍수피해가 급증하고 있어 지하방수로 기술을 통한 국내 건설업체의 해외시장 진출에 큰 역할을 할 것으로 기대됨.

□ 현재 일부 운영 중이면서 추가 건설 중인 일본의 Neyawaga 지하방수로는 토지보상 및 공사 중 시민 불편 등으로 인해서 공사가 지연되고 공기가 길어지는 등의 어려움을 겪고 있어, 국내 도시지하방수로 도입을 위해서는 법·제도 개선을 통해 지하방수로 도입을 원활하게 추진하기 위한 연구가 필요함.

제 2 장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책동향 분석

1. 국내 정책동향

가. 수해예방

□ 홍수, 가뭄 등 기후변화 대응능력 강화: 2014년 국토교통부의 주요정책 중 도시침수방지시스템 강화, 지류하천 정비, 기존 댐 안전도 증대사업 등을 홍수 안전도 강화 사업으로 추진(국토해양부, 2011)

◦ 분산형 빗물관리 시스템 확대: 도시화로 인한 빗물 유출율 증가에 효과적으로 대응

◦ 도시하천 유역내 침수방지를 위해 하천뿐만 아니라 하수도, 저류지, 유수지, 배수펌프장, 빗물저류시설 등을 종합적으로 연계한 치수대책 추진

◦ 4대강 살리기 사업으로 국가하천 주요 본류(1,965 km, 18개) 정비가 마무리됨에 따라 나머지 국가 및 지방하천에 대해서도 체계적인 정비

◦ 제방보강□보축, 하도개선, 강변저류지, 배수갑문 증설 등을 통한 홍수 방어능력 강화

◦ 기존댐 안전도 증대: '14년 현재 10개댐 완료

<표 2.1.1> 댐 안전도 증대사업 계획

구분	완료	공사중	설계중	장례계획
월류(13개)	광동, 영천, 수어, 연초, 소양강. 대암	대청, 임하, 섬진강, 안동	운문	충주, 남강
여유고부족(10개)	달방, 구천, 보령, 합천	주암, 밀양, 부안	-	선암, 안계, 사연

◦ 전 지구적인 기후변화 영향으로 집중호우 및 태풍 등이 빈번하여 수재해에 대한 관심이 급증했고 한국도 기후변화로 인한 국가적 물안보 체계 구축 필요성 증대

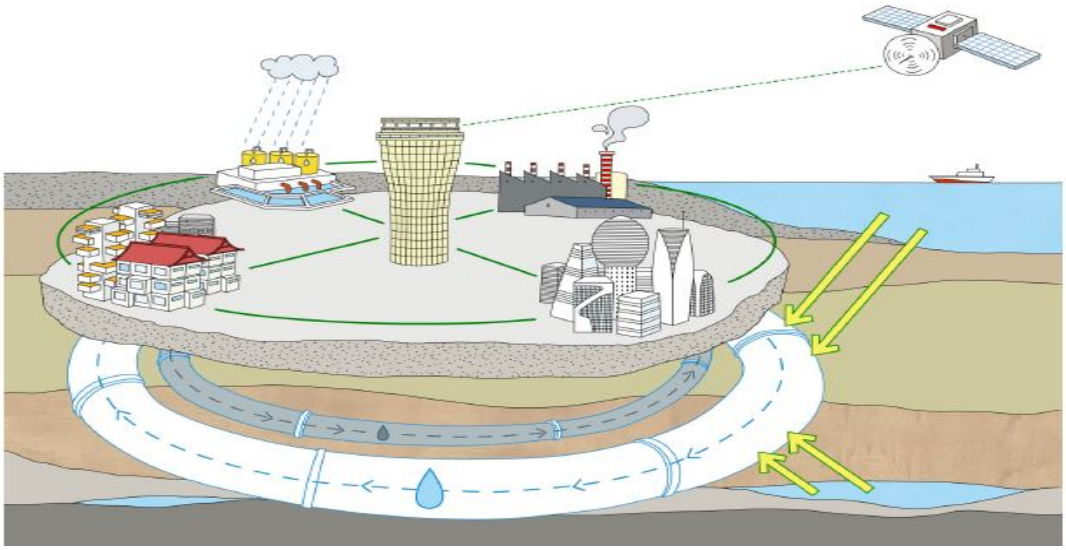
◦ 수재해 예방을 위해 수자원 네트워크를 이용한 홍수통합관리를 중점분야로 주목

◦ 국토교통부 중장기계획(2013~2017): 친환경적 하천유역관리기술 개발 중에서 “대도시 통합 수해방어체계 구축 기술” 확보의 중요성을 강조

◦ 대도시 통합 수해방어체계 구축 기술 중 도시 지하방수로 설계 및 운영기술 개발 포함(´14~´18)

◦ 침수대응기술 개발 및 공간홍수 예보/해석기술 개발
: 방수로 설계지침 및 대규격 제방 설계지침 개발(´10.6)

□ 국가 R&D 기술동향 : 기후 및 사회변화에 대처하기 위한 지속가능한 수재해 대응 통합관리기술에 대한 관심 증대



※ 출처: 국토교통부, 2013a

[그림 2.1.1] 2040년 국토교통의 미래상: 물관리 분야

◦ 국토교통부에서는 2013년 국토교통 연구기획사업을 통해 “도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발” 기획연구를 추진하여 핵심 기술을 선도할 수 있는 실용화 가능성 높은 연구 과제를 도출하여 연구사업 공모에 활용할 계획(총 연구기간: ´13.12~´14.7(7개월))

□ 최근 집중호우로 인해 증가하는 도시침수 피해로 인하여 관계 부처에서의 다양한 구조적 내수 침수 저감대책 수립

◦ 도시침수 예방 하수도정비 종합대책수립- 환경부(´12.3)

◦ 도시침수 예방을 위한 하수도정비 시범사업 추진- 환경부(´12~´15)

· 하수의 범람으로 인한 침수 우려지역에 대한 시범사업을 통해 침수 예방 하수도 정비 사업 모델 제시

· 대상지역 : 부천시, 천안시, 안동시, 김해시, 서천군, 보성군 6개

· 추진일정: ´12년 계획수립, ´13~´15년 본격 사업 추진

◦ 도시침수 예방능력 제고를 위한 하수도 관련 제도 개선-환경부(´12~´13)

· 하수도법에 하수도의 침수 예방 기능 명문화 및 국가, 지자체에 하수도 설치를 통한 침수 예방 의무 부여

· 하수의 범람으로 인한 침수 우려, 수질악화 우려 지역을 하수도 정비 중 중점관리지역으로 지정하여 관리하는 제도 도입

· 도시개발사업, 도로공사 등 하수도에 영향을 미치는 개발사업 및 하수도 점용허가 시 하수도의 통수능에 미치는 영향 검토 강화

◦ 도시침수 예방능력 제고를 위한 하수도 관련 연구 개발 추진-환경부(´12~´17)

· 침수대응 지표 개발, 하수도시설의 적정 내구연한, 우수관거 이상 판단 기준 등에 대한 연구

· 강우 유출량 해석의 정확도를 높이기 위한 적정 유출계수 적용 기준 및 조도계수 적용 방안 등에 대한 연구 추진

□ 신월동 대심도 빗물저류 배수시설 설치계획(서울특별시, 2012)

◦ 2010년 9월 21일 수도권 지역에 기록적인 강우로 인하여 발생한 집중호우 등 향후 기후변화로 인한 수해 예방을 위하여 강서구, 양천구 일대의 종합적인 수해예방 대책을 수립

◦ 양천구 신월, 신정동 지역 일대 저지대 지형으로 인한 상습 침수피해로 인한, 기습 폭우 등의 기상이변에 대한 대응능력을 높이기 위하여 대심도 빗물저류 배수시설 설치 실시

◦ 신월1동에서 목동빗물펌프장까지 총 4.7 km에 달하는 거리에 지하 40 m, 직경 7.5 m의 터널을 설치하는 사업으로 이 시설이 설치되면 신월, 신정지역 저지대에 몰린 우수를 목동빗물펌프장까지 일시에 배수가능

◦ 사업규모: 대심도 터널(D = 7.5 m, L = 3.38 ㎞), 유도수로 L=1.32 ㎞, 수직갱 2개소, 빗물펌프장 Q = 4,500 ㎥/min

◦ 광화문 일대 ´10~´11년 기습적인 폭우로 인하여 하수관거의 배수능력 상실로 인한 상습 침수 피해에 대하여 대응능력을 높이기 위해 대심도 빗물저류 배수터널 설치 계획

□ 국토교통부(국토해양부)의 물관리 연구 기술 투자현황 : 자연재해로 인한 피해액은 2000년 이후 연평균 2조원을 넘어서고 있으나 현재 방재와 관련된 R&D 예산은 전체 R&D 예산의 1 % 수준에 불과한 실정

◦ 최근 5년간 물 관리 연구개발 투자예산은 538억원 수준

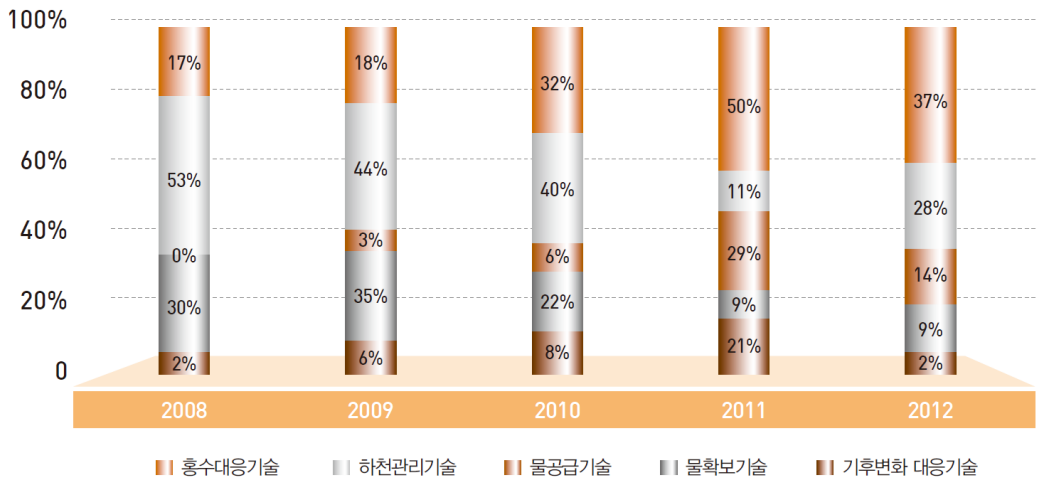
<표 2.1.2> 국토해양 R&D 연도별 예산투자 현황

구분	′7	′8	′9	′10	′11	계
국토해양 R&D	4,294	4,730	5,613	5,750	6,160	26,547
건설교통 R&D	3,277	4,359	3,924	,4,092	4,310	19,062
건설기술혁신사업	641	727	727	727	730	3,552
물관리 연구	70	101	91	156	120	539
SOC 연구	449	503	453	439	430	2,274
도로분야	122	123	183	131	180	739

※ 출처: 국토해양부, 2012

◦ 국토교통부, 소방방재청, 환경부, 기상청 등 홍수피해와 유관한 주요 정부부처와 지방자치단체는 침수 저감을 위해 지속적인 투자를 하고 있으나, 도심지 침수를 방지하기 위한 지하 방수로/저류조를 위한 설계 및 시공 기준이 전무하다시피 할 뿐 아니라 관련 연구도 미미한 실정

◦ 2008~2012년 국토교통부 물관리 연구 기술 분야별 투자현황을 홍수대응기술, 하천관리기술, 물공급기술, 물확보기술, 기후변화 대응기술별로 살펴보면, 홍수대응기술에 대한 투자가 지속적으로 필요할 것으로 보이며, 타 기술들에 비하여 기후변화 대응 기술에 대한 투자가 상대적으로 미흡



※ 출처: 국토교통부, 2013b

[그림 2.1.2] 물관리 기술별 투자 현황

나. 비점오염관리

□ 기후변화에 따른 강우특성 변화로 비점오염물질 유출 증대

◦ 강우강도 증가 등으로 지표면에 축적된 고농도의 비점오염물질이 하천으로 유출, 수질오염을 가중시키고 있으므로 강우유출수 집중관리 필요

□ CSOs 및 초기우수 오염부하 저감을 위한 시설 정비 기준 및 저감 사업 추진 (주관: 국무조정실, ´13)

□ 도시비점오염저감 및 상습적인 도시 침수 발생 지역의 침수 예방을 위한 하수저류시설 집중 투자

◦ 2032년까지 도심 비점오염 저감, 침수피해 예방, 물 재이용 등의 기능을 수행하는 다기능 하수저류시설 861개소 설치

□ 하수처리장 초과유입수의 적정처리를 위한 처리시설 설치

◦ CSOs 및 분류식관거 초기우수저류 시범사업(경기도 구리시, ´08)

◦ 하수도정비계획 수립지침 개정(´09.12)

◦ 하수저류시설 설치확대(´11)

다. 물 재이용

□「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」시행(´11.6.9)에 따른 법정 계획으로 물의 재이용을 촉진 하여 물 자원의 효율적 활용 및 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속 가능한 이용 도모(환경부, 2011a)

◦ 2008년 말 재이용량: 877백만톤(빗물 0.7, 중수도 198, 하수처리 678)

◦ 물 재이용 인센티브 확대 및 법, 제도 개선

◦ 물 재이용보급 확대를 통한 지역벽 건전한 물순환구축 도모

◦ 물 재이용 산업육성과 기술개발을 통한 민간에 새로운 투자기회 제공 및 국제 경쟁력 강화

◦ 적극적인 물 재이용 수요처 발굴 및 홍보

□「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」제5조 규정에 의거한 10년 단위의 '물 재이용 기본계획' 수립

◦ 기후변화로 인한 지역적 물수급 불균형 문제를 해소하기 위한 지속 가능한 수자원 확보방안으로서 빗물이용, 중수도, 하·폐수 처리수 등 물 재이용과 관련된 정부 최상위 계획

◦ 빗물이용시설의 보급 확대를 위한 제도적, 기술적 기반을 구축으로 전국의 빗물사용량 연간 49백만톤으로 증대

◦ 중수도시설의 활성화를 위한 제도개선과 관리기준 확립을 통한 중수도 사용량 연간 489백만톤으로 증대

◦ 하, 폐수처리수 재이용사업 확대 추진 및 수요처 확보로 연간 1,977백만톤으로 증대

◦ 물 재이용 산업육성을 위한 정부지원으로 7조 251억원 규모의 국내시장 창출 및 해외진출 기반확립

◦ 향후 10년간의 정책방향을 담은 “물 재이용 정책의 청사진”

2. 국외 정책동향

가. 수해예방

□ 미국: 기후변화 관련연구를 기반으로 지속적인 연구개발 투자와 치수사업 투자를 통해 홍수 통합관리를 추진

◦ 1979년 대통령 직속으로 설립된 연방정부의 독립기구인 연방재해관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA)을 통해 홍수재해관리 통합

◦ FEMA는 홍수재해를 방지하기 위해서 연간 30억 달러 이상의 예산을 사용

◦ 지질조사국과 육군공병단에서는 Levee safety inspection programs등의 사업을 통해서 데이터베이스 구축 및 홍수방어력 증대에 대한 정책 추진

◦ 1977년부터 홍수범람지 관리에 대한 ‘presidential executive order 11988'을 통해 도시계획시 토지이용계획, 홍수예방설계, 예·경보시스템, 건물법규 등의 비구조적 대응책을 함께 강구하도록 함으로써 균형적인 홍수방어에 기여

◦ 도시에서 대규모 수해피해를 방지하기 위해 우수저류지 및 중장기 CSOs 대책으로 대심도 터널을 이용한 우수유출저감시설 적극 활용

◦ 텍사스 주의회를 통해 설립된 Harris county 홍수관리지구는 홍수피해 저감을 위한 구조물적인 방법으로 생태, 환경, 치수의 복합목적을 고려한 저류지로 조성

◦ UDFCD(Urban Drainage and Flood Control District)는 1969년 덴버와 주위 6개군, 일부지역 및 33개 도시를 포함한 홍수조절과 친수공간을 조성. 이후 저류지를 체육시설, 공원시설, 골프코스 등으로 활용하여 지역 주민에게

다양한 편의시설 제공



Green Valley Ranch 골프장



Englewood 저류지



Aurora 엑스포 공원

※ 출처: 경기개발연구원, 2011

[그림 2.1.3] UDFCD 내의 홍수조절용 저류지

◦ 미국 뉴올리온스의 카트리나 피해 이후 재해정책: 2005년 허리케인 카트리나 피해 이후 3등급으로 설계된 방재시설물(제방 등)의 허리케인 목표 등급을 최상위인 5등급으로 상향

◦ 도시개발 사업시 “저영향개발(Low Impact Development, LID)"을 제도화하여 기후변화, 도시화에 따른 유출증가 및 물부족에 대응

□ 유럽연합(EU): 물순환을 위한 장기대책으로 도시 물관리 접근

◦ 1988년 이후 유럽에서 발생한 홍수 피해는 약 250억 유로에 이르며 EU는 회원국으로 하여금 홍수위험 지역에 대해 사전평가 의무화

◦ 물산업 관련 융복합 프로젝트로 물관리 정보기술(IT)의 개발이 주된 과제인 아쿠아네트워크(@qua Network) 프로젝트 추진

◦ 기후변화가 포함된 환경 관련 연구개발에 약 2.8조원의 예산 투입

◦ 회원국들은 홍수위험관리를 위해 예방, 보호, 준비에 초점을 두고 홍수취약지역에 대해 홍수피해를 예방할 수 있는 구조적 대응을 중장기대책으로 제시

◦ 공원, 녹지, 광장 등 도시기반시설에 고유기능 외의 방재기능을 부여하여 기후변화 영향에 종합적으로 대응

□ 영국: 기후변화 적응으로 위한 핵심적인 수단으로 도시공간 계획 수립과정에서 홍수위험을 고려하여 안전하고 지속가능한 개발 달성 추진

◦ 국토·도시계획체계 대폭 개편하면서 계획 및 개발과정에서 홍수방어를 위한 최상위계획정책지침인 PPS25 (Planning Policy Statement) 작성

◦ PPS25의 “지속가능한도시배수체계(Sustainable Urban Drainage System)"에서는 30년빈도 강우에 대응한 하수관 설치, 30년빈도를 초과하는 강우는 건물이 없는 지역으로 유도하여 건물침수 피해방지

◦ SUDS의 주요 실천수단으로 투수성 포장, 생태수로, 생태저류지, 연못 및 습지, 침투트렌치, 관거 등을 제시

◦ 계획정책의 위계에 상응하여 적절한 “홍수위험평가”가 명확한 지침에 의해 시행

◦ 방재계획과 도시계획의 연계성을 높이고, 도시계획 내 다양한 부문 계획에 방재에 관한 사항 제시

◦ 2010년 영국 환경청은 향후 100년간의 기후변화와 사회 경제적 여건을 고려한 템즈강 하구관리계획(Thames Estury 2100)을 발표하여 2조 3000억 규모의 예산 편성

◦ 런던의 인구성장에 의한 추가적인 하수처리 필요성이 증대됨에 따라 템즈강과 도심을 잇는 방수로 건설 발표

◦ 방수로를 이용한 추가적인 하수처리시설 도입, 농업지역 치수방업사업(agricultural defence project)의 일환으로 강변 저류지 도입

□ 네덜란드: 생태공원, 친환경 레크레이션 공간, 경작지 활용 등을 위한 다목적 강변저류지 조성

◦ 기후변화에 따른 위험을 기회로 활용하여 공간계획과 접목한 도시건설을 위해 로테르담(Rotterdam) Waterplan 2 프로젝트를 시행: 도시 홍수관리를 위해 로테르담 중앙역사 공간에 주차장과 지하 저류시설의 복합기능 시설을 설치

◦ 도시 우수관리를 위해 주거단지 및 오픈스페이스의 활용을 통해 옥상녹화 및 빗물을 장·단기간 집수할 수 있는 공동 프로젝트 추진

◦ 물광장(Water Plaza)을 조성하여 주차장, 광장 등 불투수 지역을 일부 낮추거나 계단형 공간으로 조성하여 기존의 기능 이외에 빗물저류기능부여

◦ 삼각주가 발달한 Brabantse Biesbosch 지역에 홍수안정성 확보를 위해 "de-poldering" 개발로 2008년 강변저류지 조성(2008), 향후 2015~2020년

2단계 완료 예정으로 Noordwaard 지역은 경작지로, Oostwaard 지역은 친환경 레크레이션 용도로 활용

◦ 2000년 정부차원의 Steenwaard Water Meadow Restoration Project를 통해 Lek강에 홍수안정성 확보 및 자연적인 목초지를 제공하기 위한 저류지가 조성되어 갈대밭 등의 식생 및 어류 산란 장소를 제공하며, 지역 농민들에 의해 목축을 위한 지역으로 관리

□ 독일: 땅이 넓은 지역에 홍수피해저감을 위한 다목적 저류지 계획 수립

◦ 라인강에 인접한 2개 지역에 홍수위험 경감과 습지 서식처 설치를 통한 생물다양성 확보를 위해 총면적 520 ha의 저류지 조성

◦ Strasburg와 Basel 사이 라이강의 제내 저류지 계획(river retention scheme)을 통해 홍수시 유량을 우회시키기 위한 인공하도 설치

◦ 베를린 포츠담 광장에 우수저류시스템을 조성하여 홍수 시 우수를 저류하여 하천의 부하를 줄이고 도시에 수환경을 조성함으로써 오픈스페이스 확보

◦ Freiburg Rieselfelf 지역의 도시계획에서 생태적 주거단지를 조성하여 녹지, 개방형 우수저장 및 정화를 위한 생태연못, 침투시설, 빗물이용시설, 생태하천 등을 연계하여 홍수문제를 도시개발 초기부터 고려

□ 일본: 일본정부는 최근 10년동안 매년 1조 엔 안팎의 치수방어를 위한 특별회계 편성하여 도시홍수저감을 위한 정책을 지속적으로 추진

◦ 1985년(12년간) 중앙정부 주관으로 대규모심지저류시설을 만들어 집중호우에 대비하는 계획을 설정하여 450억엔 예산 편성

◦ “워터 플랜 2000” 정책 이후 사회·경제 상황 변화, 도시가속화 등 물 부족 문제를 대비하기 위해 “새로운 전국종합수자원정책(워터 플랜 21)”을 2005년 발표

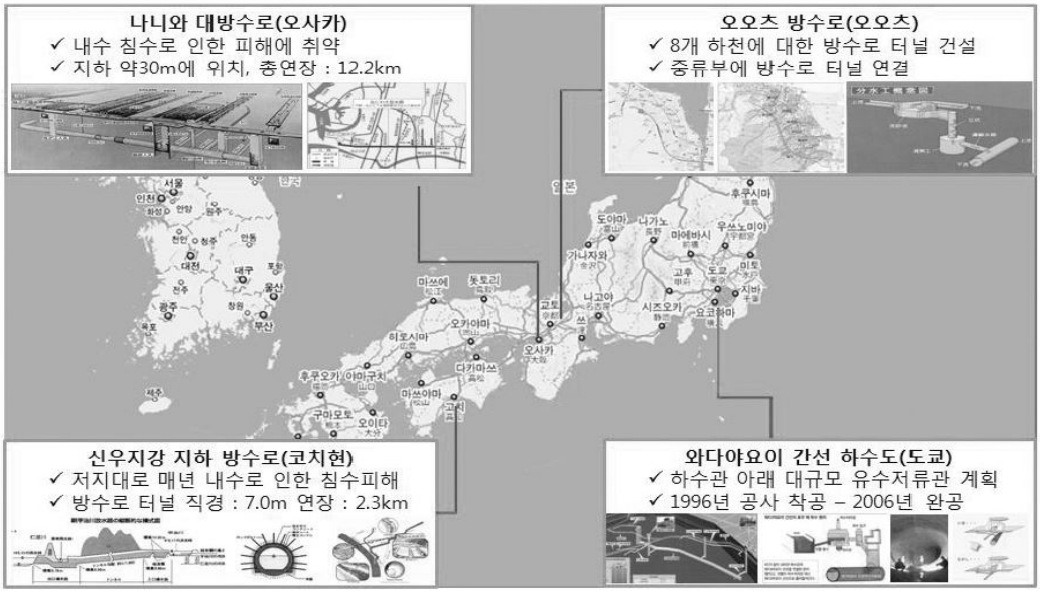
◦ 2010년부터 2025년 세계 물시장의 6%(1.8조 엔) 점유 목표로 자국 물산업의 강점(ODA, 기술력, 지자체 운영능력 등)을 활용한 정부차원의 해외진출 활성화 지원정책 추진

◦ 2001년 지하 40 m 이상 깊이의 대심도에서는 토지소유권자의 승낙이나 보상이 없어도 공공의 목적으로 공공사회 자본을 건설할 수 있도록 하는 “대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특별조치법”을 마련하여 대심도 도입을 위한 발판 마련

◦ 고베시의 대용량송수관정비사업에서 “대심도 지하의 공공적 사용에 관한 특

별조치법" 적용하여 시행

◦ 대형화된 집중호우, 태풍에 대응하기 위해 도쿄 칸다가와 지역 환상 7호선 도로 지하에 연장 4.5 km, 직경 12.5 m, 저장량 약 54만 톤의 터널식 조절지 조성



※ 출처: 이상만과 김지호, 2011

[그림 2.1.4] 일본의 지하방수로

◦ 토지 수용에 대한 부담감을 줄이고, 집중호우 발생 시 내수를 지하방수로로 초기에 배제하여 도시 침수 피해를 줄이기 위해 다양한 방수로를 건설하여 홍수를 처리

◦ 도시계획 시 재해위험도를 평가하여 계획과제, 추구하는 목표를 명확하게 설정하여 도시레벨과 지구레벨 대책으로 구분하는 방재도시만들기 계획 추진

◦ 수도권 외곽 방수로 관리 사무소 건물 지하 50m, 지름10 m, 길이 6.4km의 초대형 지하방수를 설치하여 극한 기후에 대비하기 위한 사전 방재 대책 추진

◦ 도시 내수침수 방지를 위한 지하방수로/저류조 등 지하공간을 이용한 우수유출저감시설 적극 활용

□ 말레이시아: 수도 쿠알라룸푸르의 즉각적인 홍수대책과 도시화로 인한 교통체증 해결을 위해 SMART Tunnel Project 추진

◦ 2007년 완공된 총연장 12.7 km의 대심도터널로 홍수시 전 구간을 수로터널로 이용하여 홍수를 저감하고 평소에는 도심지역 교통혼잡 개선을 위한 자동차 도로로 활용

□ 태국: 차오프라야강 유역의 물관리 시스템 개조를 위한 약 108억 달러 규모의 통합물관리사업 발주

◦ 2011년 태국 대규모 홍수 사례에서 보듯이 현대의 홍수는 도시화 및 산업화로 인해 단순히 물관리 실패로 그치지 않고 국가 전체의 사회, 경제, 안보 등 대규모의 국가적인 손실을 야기시키는 원인으로 작용

◦ 우리나라도 수자원공사를 중심으로 4대강 홍수관리 기술 및 시스템을 수출하는데 역량을 집중

◦ 예산의 3분의 1이 1,500 ㎥의 물을 방수로로 보내거나 차오프라야 강의 40%를 방콕으로 보내는데 사용되고 나머지는 저수지, 도시계획, 경보시스템 배수구역 구축 등에 쓰일 예정

나. 비점오염관리

□ 미국: 기존의 점오염원 규제만으로 수질개선에 한계가 있어, 「연방수질오염관리법(CWA)」을 개정(1987), 강우유출수 규제

◦ 도시지역, 건설지역, 공업지역의 강우유출수를 국가오염배출량감소제도(NPDES)에 따라 허가받도록 규정

◦ 지방정부가 자발적으로 비점오염원을 관리할 수 있도록 CWA를 근거로 국고보조금 지원

◦ 200년대 이후 : 강우유출량 저감을 위한 토지관리, 도시의 건전한 물순환 및 그린인프라 강조

□ 영국: 수자원법(Water Resources Act, 1991)에 '질소취약지역'을 지정, 운영하여 비점오염원 관리

◦ 다양한 비점오염원 기여도를 조사하고 개별 프로그램 운영관리

◦ 유역 내 토지용도, 농경행위의 밀집도, 인구밀도 및 유역특성(기후, 토양, 수문, 지형 등)에 따라 다양한 조사를 바탕으로 개별적 관리

□ 일본: 국토교통성은 '04년에 「하수도법」 시행령을 개정, 향후 10년간 분류식 관거 수준으로 합류식 하수관거 월류수(CSOs) 대책 추진 의무화

◦ 도시지역 : 투수성포장, 우수저류 및 침투시설 등 강우유출수의 침투를 증가시키는 대책, 합류식하수도의 월류부하량 대책, 보도, 측구, 택지 등의 청소, 녹지면적 확보

다. 물 재이용

□ 세계적으로 막여과를 이용한 고도처리 및 지능형 물생산, 공급시스템으로 물 재이용 기술이 발전

◦ 막 여과시스템 시장 19.6% 성장전망
('07년 $61억, '16년 $303억)

◦ IT를 접목한 상하수도 공급망 및 관망유지, 수요관리 등을 위한 관리기술로 발전(SMART WATER GRID)

□ 세계의 지역별 총 도시 하수재생설비는 약 3,000여개 이상으로 확인, 일본이 1,800개 이상으로 가장 많은 설비를 보유하고 있으며 북미(835), 오세아니아(456), 유럽(234) 순으로 나타남.

□ 녹색우수기반시설(미국): 환경청(USEPA)에서는 녹색우수기반시설(Green Stormwater Infrastructure)을 저영향개발(Low Impact Development)과 같은 개념으로, 개발이전 자연 상태의 수문상태 회복을 목적으로 하는 물순환관리 시스템으로 정의함.

◦ 녹색우수기반시설은 침윤, 증발산, 우수 재활용 등을 이용하여 유거수를 경감 시키는 최적관리기법(Best Management Practies) 등을 포함함.

◦ 녹색우수기반시설은 도시를 식물, 수목, 토양 등을 이용해 재설계하여 노면수를 정화하고 우수의 흐름을 관리하여 강우 시 발생하는 우수 및 노면수의 부정적인 영향을 줄이고자 하는 것임.

□ 독일: 독일은 다른 나라와는 달리 대부분의 도시에서 지하수를 원수로 사용하고 있어, 현재 유럽에서 빗물이용을 가장 적극적으로 추진하고 있는 나라중 하나, 현재 독일은 지하수 보전을 위해 빗물 이용을 적극적으로 권장하고 있으며 전국적으로 20만개 이상의 빗물이용시설을 설치,운영 하고 있다. 2010년에는 유출되는 빗물의 24%가 회수되어 활용되어 질 것으로 전망되고 있으며, 독일의 빗물이용시설은 1990년대에는 대규모 빌딩을 위주로 설치하였으나, 2000년 이후에는 주거단지 단위나 개별주택을 대상으로 추진함.

□ 일본: 1990년 이후 이상기후에 따른 도시홍수의 빈발과 지진 시 비상용수공급 등의 필요성에 의해 2003년 "특정도시하천침수피해대책법"을 제정하여 빗물 이용을 이수측면 이외에 치수측면도 고려하여 도시하천과 연계하여 관리하도록 제도를 마련함. 주요대용은 유역수해대책계획의 책정, 하천관리자에 의한 우수저류침투시설의 정비, 빗물의 유출 억제를 위한 규제 도시 홍수 예정구역 등의 지정 등 빗물관리와 관련된 내용을 수자원 관리 측면에서 하천과 연계하여 관

리하도록 규정함.

□ 태국: 부족한 하수용량을 처리하고 하수재이용 활성을 위한 멤브레인 기술을 도입한 하수처리장 건설(방콕 전체 하수의 50% 이상을 처리할 수 있도록 건설 중에 있음)

◦ 우기시에 저류된 물을 재처리하여 사용함으로써 건기의 물부족 문제 해결하기 위해 하수처리시설 건설 방안 추진 중

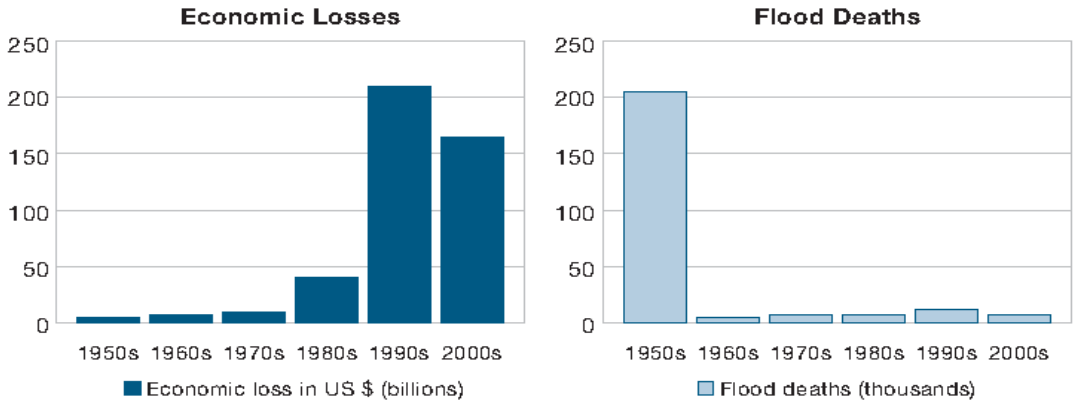
◦ 하수처리시설의 하수 재이용 계획을 통해 하수를 농업용수, 가정용수로 재이용하는 방안 모색

◦ 지속가능한 수질개선을 위한 마을 단위의 하수처리장 건설 계획

제 2 절 국내외 시장현황 및 전망

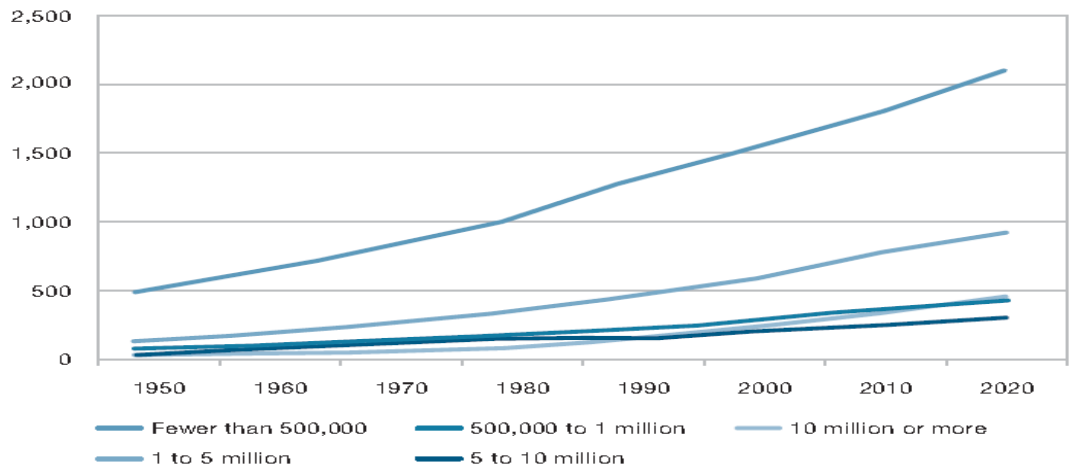
1. 국내외 시장현황

□ 전 세계적으로 도시화와 도시화에 의한 인구집중 현상으로 인해 도시홍수의 위험도에 대한 인식이 증가하고 있으며, 도시홍수에 대한 피해현황은 인명피해는 감소하고 재산피해는 증가하는 추세임(Jha et al., 2011).



※ 출처: Jha et al., 2011

[그림 2.2.1] 홍수로 인한 경제 · 인명 피해 추세



※ 출처: Jha et al., 2011

[그림 2.2.2] 도시규모에 따른 인구증가 추세

□ 과거 주요 홍수피해의 원인은 범람과 제방붕괴에서 최근의 홍수피해는 도시홍수로 변모하였으며, 여기서 도시홍수란 배수시설의 능력이 폭우를 감당하지 못해 도심이 물에 잠기는 현상으로 1993~2003년 전국 상습수해지구의 피해발생 원인조사 결과 하천범람에 의한 침수는 27%, 도시홍수는 73%로 대부분 도시홍수로 인한 피해임(김상준과 이양주, 2011).

□ 최근 홍수피해의 90%이상이 도시지역에서 발생하고 있어, 도시침수 문제는 매우 심각한 실정이라고 할 수 있으며 급속한 경제발전과 도시화 확대과정에서 저지대에의 인구 및 자산 집중, 포장율의 증가로 인한 도달시간의 단축, 첨두홍수량의 증가 등이 도시침수피해 우려를 더욱 높게 하고 있음(심우배, 2006).

□ 매년 반복되는 기상재해로 인한 피해액은 1960년대에는 약 1,300억원에서 2000년대 현재까지 22,900억원으로 급증하고 있는 상황에서 반복되는 도시내 침수피해에 대한 항구적인 대책이 시급함(국토해양부, 2013).

□ 1995년 이후 최근 10년간 우리나라의 전체 홍수피해액은 약 17조 5천억원으로 연평균 1조 7천억원의 피해가 발생하고 있으며 특히, 주목할 것으로 인구가 밀집되고, 기반시설이 집중된 도시에서 홍수로 인한 피해가 빈발하고 있음(심우배, 2006).

□ 김영란(2012)은 서울시의 홍수피해액이 1965~1980년까지 약 2.867억원이었던 것에 반해 1981~2010년에는 9.983억원으로 약 3.5배 증가한 것으로 나타나 홍수기 표면유출량 증가에 따라 서울시의 침수피해가 대형화되었음을 시사함.

<표 2.2.1> 서울시의 주요 연도별 홍수피해 현황

년도	인명(명)	이재민(명)	세대	피해액 (억원)	비고
1990	71	93,133	26,242	184.2	대홍수
1995	5	0	0	63.2	
1998	61	2,287	573	625.6	대홍수
1999	3	1,823	456	130.7	
2001	139	465	94	714.5	대홍수
2002	0	120	46	92.3	
2003	1	0	0	22.7	
2006	0	73	22	63	
2010	0	27,728	12,968	376.3	기습폭우

※ 참조: 김영란, 2012

□ 이상만과 김기호(2011)는 기후변화와 도시개발을 고려한 홍수처리대책으로 단·중·장기로 구분하여 단기에서 수행했던 지속가능성이 낮은 HID (High Impact Development)방식에서 중기에는 도시의 악영향을 최소화시키는 LID (Low Impact Development)방식으로 지속가능성을 유지하면서, 개발과 대책이 병행될 수 있는 방법으로 지하방수로를 대표적인 예로 들고 있음.

□ 급격한 도시화로 인한 기존 하천유역의 저류능력이 감소함에 따라 이미 국외에서는 방수로를 활용한 홍수재해 관리방안이 활용되어 왔으며 저류지와 더불어 도시화로 인한 홍수유출량 증가를 분담하는 홍수재해 관리방안으로 그 중요

성이 부각되고 있음(김창완과 이동섭, 2005).

□ 2004년과 2012년 중국의 수도인 베이징에서 홍수가 발생하였으며, 특히 2012년의 홍수는 79명의 인명피해와 11.64억RMB의 경제 손실 피해를 발생하였으며, 2007년에는 지난에서 발생한 홍수로 인해 34명의 인명피해와 1.23억RMB의 경제 손실 피해가 발생함에 따라 대책마련을 위한 국가의 지속적인 투자가 옥상녹화(green roof), 빗물 저류조, 빗물 침투시설 등에 이루어지고 있음(Tian and Ni, 2013).

□ 베트남에서는 2008년 6월과 11월, 2012년 7월에 수도 하노이에서 홍수가 발생하였으며, 이에 대한 대책으로 홍수위험지도 작성 및 도시홍수 예측 시스템 구축 등을 위한 투자가 이루어지고 있으며, 구조적 대책으로 상류지역에 댐건설, 제방증고, 준설 및 하상정비, 빗물 저류시설 구축 등이 거론되고 있음(Bich, 2009).

□ 2011년 태국 차오프라야(Chao Phraya river)에서 발생한 대홍수로 인해서 국토의 80% 이상이 피해를 입었으며 사망자가 500명 이상 발생하고 방콕이외의 지역에서만 70만채 가옥이 침수되어 11만명 이상의 이재민이 발생하였고, 방콕과 방콕 주변지역에 약 45억 달러 규모의 경제 손실 피해가 발생하였으며, 이를 위한 대책으로 장기적 관점에서의 대책마련을 위해 노력하고 있음(해외경제연구소, 2011; Ziegler, 2012).

□ 2013년 6월 캐나다 서남부에 발생한 홍수는 70년 만에 발생한 대규모 홍수로써 현장복구에 대해 앨버타주정부는 최대 10년이 걸릴 수 있다는 전망을 내놓았으며, 캘거리 일대 및 시내 중심가가 마비 상태에 빠짐(밴쿠버 조선일보, 2013).

□ 기후변화에 대응하기 위해 세계 각국에서 수해 예방을 위한 투자 확대되고 있음.

<표 2.2.2> 최근 5년간 해외 홍수예방 및 관리 관련 발주 현황

연도	발주금액 (억 US$)	발주국
2008	7.33	멕시코, 도미니카 공화국, 세인트루시아, 방글라데시
2009	1.25	예멘, 페루
2010	7.34	인도, 중앙아프리카공화국, 볼리비아 ,콜롬비아, 아르헨티나
2011	0.3	벨리즈, 베네수엘라
2012	111.90	베트남, 스리랑카, 태국
2013	5.04	토고, 중국, 카메룬, 브라질모잠비크, 트리니다드토바고
2014	3.24	브라질
합계	**136.4**	

주) '해외조달시장정보시스템' 내용을 기초로 작성
홍수 예방, 물관리를 포함한 전체 발주금액임.

<표 2.2.3> 국외 지하방수로/저류지 개발 현황

위치 및 시설명		시 설 규 모	하수터널 기능			
			오염 저감	침수 방지	수자원	기타
일 본	와다야요이 저류시설	(□본선) D8.5 m × 2.2 km (□지선) D3.0 m × 4.7 km ☑ = 150,000 ㎥	○	○		
	이마이가와 저류시설	□10.8 m × 2.0 km ☑ = 178,000㎥		○		
	가와사키 CSOs 저류시설	□1.7 m × 11.0 km ☑ = 26,000 ㎥	○	○		
	오사카 나니와 대방수로	□2.2 ~ 6.5 m × L8.5 km ☑ = 300,000 ㎥		○		
	칸다가와 지하조절지	□12.5 m × 4.5 km ☑ = 540,000 ㎥		○		
	신우지가와 방수로	□7.0 m × 2.3 km		○		
	츠와치섬 빗물저류시설	□6.0 m × 4 km ☑ = 140,000 ㎥			○	
	오사카 도톤보리 우수터널	□10.0 m	○	○		
말레이시아	쿠알라룸푸르 스마트터널	□11.8 m × 9.7 km ☑ = 1,000,000 ㎥		○		○ (도로)
싱가포르	오수이송터널 DTSS	□3.3 ~ 6.0 m × 45.7 km	○		○	
미 국	아틀란타 CSOs 처리시설	□4.8 ~ 8.0 m × 29.8 km	○			
	시카고 TARP	□3.0 ~ 11.0 m × 176 km ☑ = 3,783,000 ㎥	○	○		
영 국	런던 템즈 터널	□7.2 m × 84 km(계획중)	○			
	런던 LEE 터널	□7.0 m × 6.9 km(계획중)	○			

가. 국외 지하방수로 세부사항

(1) 東京(도쿄) 和田彌生(와다야요이) 우수저류시설

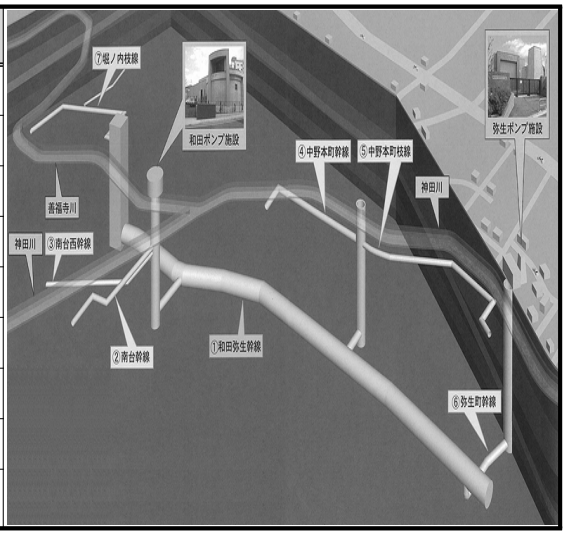
(가) 사업의 목적 및 배경

- 급속한 도시화로 우수침투가능 지역이 감소하여 우수유출량 증가에 의한 하천통수단면 부족
- 최근 동경도의 강우량증가로 침수발생
- 1991년부터 2005년까지 6회의 침수가 발생
- 주택 밀집지역의 침수를 방지하고 장래 필요한 다중시설로 개발

(나) 시설개요

<표 2.2.4> 와다야요이 우수저류시설 개요

구 분		내 용
유 역 개 요	유역면적	573 ha
	계획강우	50 mm/hr
	유출계수	0.8
저류량	계	15만 ㎥
	본선	12만 ㎥
	집수관	3만 ㎥
규모	본선	D8.5 m, L2.2 km
	집수관	D3.0 m, L4.67 km
저류수 처리		하수처리장 이송



(다) 세부운영 사항

- 저류조 사용후 청소
  - 특별한 청소는 없으며 바닥에 노즐을 설치하여 필요시 사용함(상수도)
  - 2년 동안 운영시 퇴적물이 거의 없음
  - 하류측에 약간의 퇴적이 있을 경우 인력으로 1~2회/년 청소
- 터널내부 조명시설 설치
  - 별도의 조명시설은 없으며 필요시 손전등 이용
  - 펌프동은 유지관리를 위해 침수위 아래는 방수조명 설치
- 전체적인 저류수 배제시간

- 약 48시간 소요

• 저류수의 처리방법

- 저류수는 청천시 하수처리장으로 전량이송 처리

(라) 기타

• 저류후 상등수 처리계획

하수도시설에 유입된 하수는 대장균등의 위험성 때문에 전량을 하수처리장에서 처리

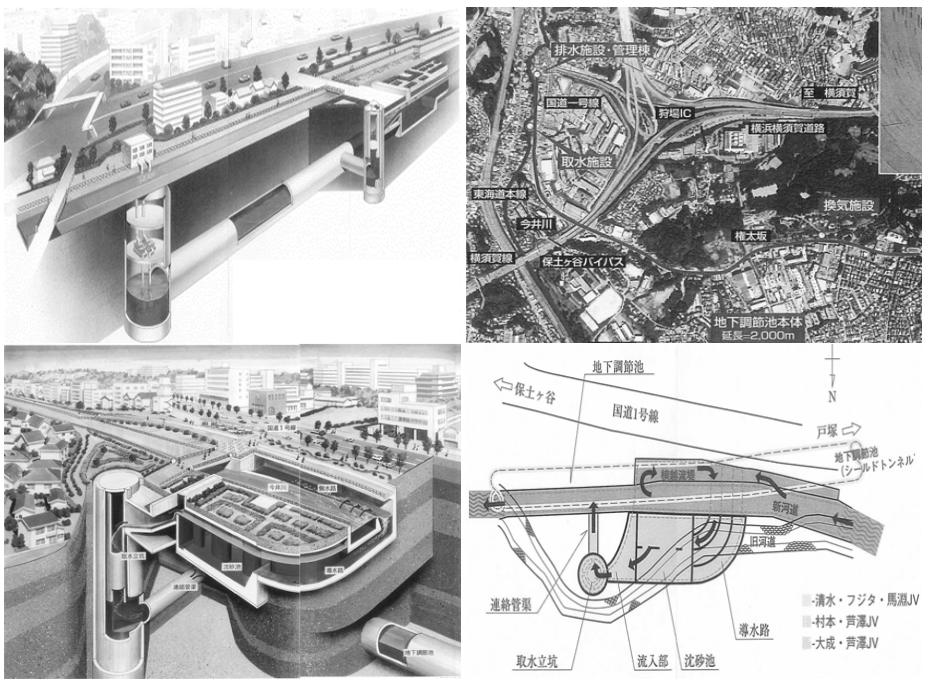
→ 초기우수의 전량을 하수처리장의 초기우수 처리시설에서 처리

(2) 이마이가와 저류시설

(가) 사업의 목적 및 배경

• 이마이가와(今井川)유역의 급격한 시가화로 하천통수단면 부족으로 1966부터 1994년까지 8회에 걸친 대홍수 피해가 발생하여 시급하고 근본적인 대책마련이 필요하게 됨

• 근본적인 치수 효과를 위해 대심도 터널형식의 지하 조절지를 설치

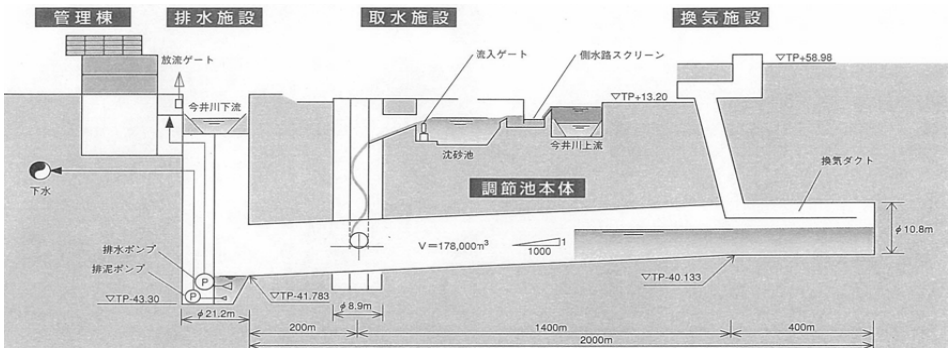


[그림 2.2.3] 이마이가와 저류시설 개념도

(나) 시설개요

<표 2.2.5> 이마이가와 저류시설 개요

유입시설	저류조	펌프시설	환기시설
· 계획유량: 65 ㎥/s · 월류웨어 연장: 86 m · 월류웨어고: 1.5 m · 침사지 용량: 4천 ㎥ · 취수입갱: D10.8 m, H56.4 m	· 터널규모: D10.8 m, L2.0 km · 저류량: 17.8만 ㎥ · 터널심도: 56 m · 터널경사: 1‰	· 용량 : 31 ㎥/분 x H52 m x 2대	· D2.0 m, 심도: 87 m



[그림 2.2.4] 이마이가와 저류시설 모식도

(다) 세부운영사항

- 사용회수: 1회/년으로 계획하였으나 웨어를 설치하여 10회/년 이용
- 저류된 우수 배제방법: 48시간 동안 하천으로 방류
- 침사지 청소방법: 인력으로 청소(400 ㎥/5년)

(라) 기타

- 유입 저류시설 설치 여부
  - 횡월류로 하천수 분수후 침사지 설치 : 침사용량: 4,500 ㎥
  - 드롭샤프트 설치부 복개로 유지관리 불가 : 유지관리를 위한 별도의 개구부 필요
  - 펌프장에 환기 및 탈취 설치 필요 : 결로현상방지로 사용기자재 수명연장

(3) 가와사키시 CSOs 저류시설

◦ 가와사키시에서는 강우시 우수저류시설로서 4개소의 우수 체수지와 14개소의 우수 저류관 설치 계획이 수립 시행 중

◦ 우수저류의 주된 목적은 침수방지이며 정비목표를 단기계획으로 5년 빈도, 중장기계획으로 10년 빈도, 장기계획으로 30년 빈도를 적용

◦ 우수 체수지는 질적 제어인 반면 우수 저류관거는 질적 제어 뿐만 아니라 양적제어를 동시에 수행 함

◦ 1991년에 우수 통신망 기지국을 설치하여 조기동원 체제, 펌프장 운전관리, 빗물 저류시설의 운전관리에 필요한 유용한 정보를 실시간으로 제공

<표 2.2.6> 가와사키시에서 추진 중인 우수저류관 설치 계획

명 칭	내경(m)	연장(m)	저류 용량(㎥)
다이시가와라 빗물 저장관	5.4	1,480	31,000
다이시가와라 1호 빗물 저장관	2.6	510	2,600
다이시가와라 2호 빗물 저장관	3.0	250	1,700
관음강빗물 저장관	2.4	1,960	8,200
관음강 1호 빗물 저장관	2.4	680	2,800
시부카와 빗물 저장관	10.4	2,560	210,000
에가와 빗물 저장관	8.5	1,490	81,000
도데 빗물 저장관	5.3	2,170	43,000
도데 1호 빗물 저장관	5.3~2.4	620	8,200
도데 2호 빗물 저장관	4.25	740	10,300
도데 3호 빗물 저장관	3.0~8.0	140	4,100
코무카이 빗물 저장관	2.4	1,210	5,400
후루이치바 빗물 저장관	3.75~3.0	1,470	15,300
히라마 빗물 저장관	2.4	1,180	5,300

◦ 우수 저류지는 도심지 침수대책 및 합류식 하수도 월류수 대책의 일환으로 강우시 특히 많은 오염부하를 함유한 초기강우를 제어하기 위한 일시 저류시설

◦ 4개의 미처리 하수저장시설을 설치하고 있으며, 5개의 우수 펌프장에서 염소 소독을 실시

◦ 분수시설을 통하여 차집관거 용량을 초과하는 CSOs를 저류시설에 저류시킨 후 청천시 상징수는 하천방류하고, 침전물은 하수관거를 통하여 하수처리장으로 이송

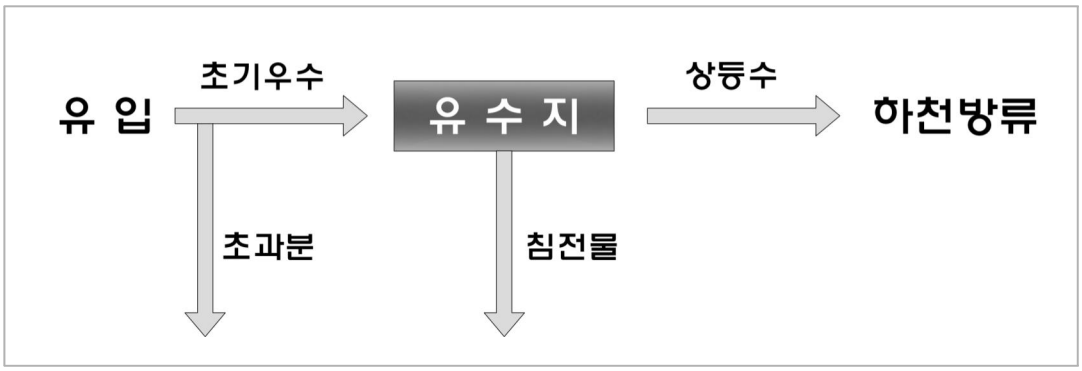
◦ 저류형식: 저류 침전조, 지하 저류관

<표 2.2.7> 가와사키 우수저류지의 시설 제원

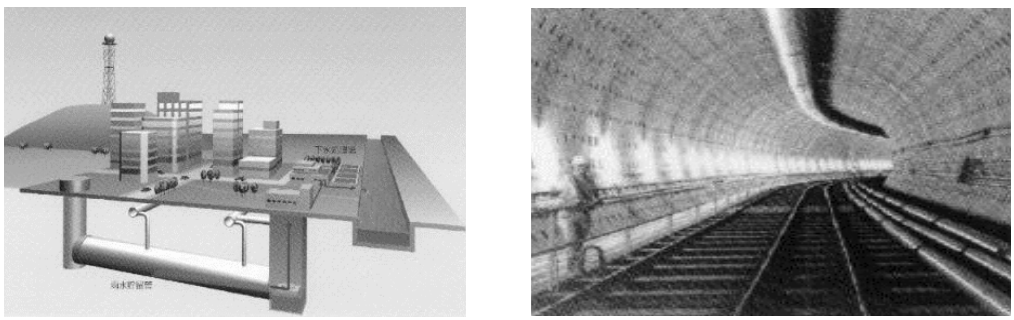
항 목	大島 우수체수지	京町 우수체수지	渡田 우수체수지	權音川 우수체수지
처리대상면적	386 ha	180 ha	241 ha	252 ha
설계우수량	5 mm/ha	10 mm/ha	10 mm/ha	10 mm/ha
최대처리용량	10,640 ㎥/일	9,000 ㎥/일	12,000 ㎥/일	13,000 ㎥/일
저류용적	21,280 ㎥ (저류침전)	18,000 ㎥ (저류방식)	24,000 ㎥ (저류방식)	26,000 ㎥ (저류관) (D=1,732 mm, L=11 km)
단위공정	스크린, 침전	스크린, 침전	스크린, 침전	스크린, 침전

<표 2.2.8> 가와사키 우수저류지의 연간 운영조건

항 목	단 위	처리농도	비 고
BOD	㎎/L	25이하	하수처리장에서 처리
SS	㎎/L	60이하	하수처리장에서 처리
대장균군	개/㎖	3,000이하	



[그림 2.2.5] 우수저류시설 처리공정



[그림 2.2.6] 지하저류시설의 조감도

(4) 오사카 나니와(難波) 대방수로

(가) 사업의 목적 및 배경

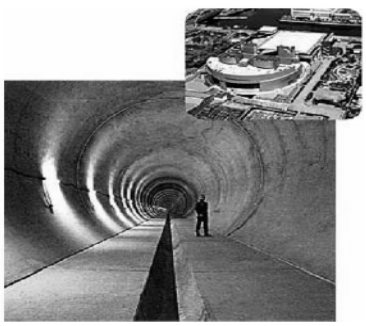
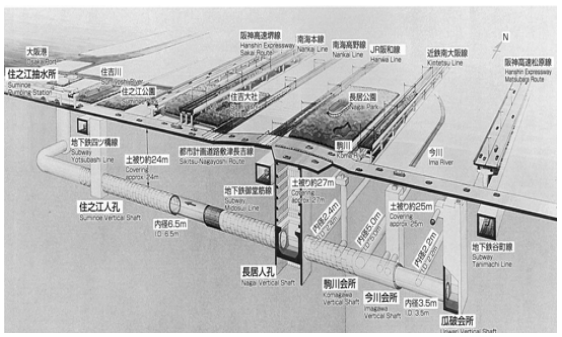
• 1979년과 1982년의 대규모 침수피해를 계기로 호우에 대비한 難波(나니와) 방수로 계획

- 大阪市(오사카시)는 시내의 약 90%의 지역을 배수펌프장에 의지
- 내수침수에 특히 약한 델타지대로 대부분이 낮고 평평한 지형
- 大阪市(오사카시)의 도시화가 급격히 진행되면서 자연배수가 어려운 상황이 되었으며 강우의 대부분이 지면에 침투하지 않고 하수관으로 유입하여 흘러넘치면서 오사카시는 거듭되는 침수피해를 받게 되었음

<표 2.2.9> 나니와 대방수로 주요계획

처리구	大野(오오노)처리구	十八條(쥬하치죠)처리구
계획배수량	105 ㎥/s	51 ㎥/s
계획개요 (하수도간선 및 펌프장)	· 전체계획: 내경(7.5~2.6 m), 연장(14 km) · 十八條~西島하수도간선: 내경(7.5~4.0 m), 연장(10 km) · 新高~御幣 하수도 간선: 내경(3.8~2.6 m), 연장(4 km) · 오오노 하수처리장 내 펌프장 계획배수량: 105 ㎥/s · 방류처: 新崎川(칸자키가와)	· 전체계획: 내경(6.0~2.0 m), 연장(8.5 km) · 大隅~十八條 하수도 간선: 내경(6.0~3.0 m), 연장(6.5 km) · 大桐~大隅 하수도 간선: 내경(2.4~2.0 m), 여장(2.0 km) · 十八條 하수처리장내 펌프장 배수량: 약 80 ㎥/s · 방류처: 新崎川(칸자키가와)

<표 2.2.10> 나니와 대방수로 주요제원

難波(나니와) 대방수로 터널 단면 및 墨繪(스미노에) 배수펌프장	難波(나니와) 대방수로의 개요도
	
· 배수펌프: D2.2 m×12.5 ㎥/s×6660PS×6 · 저류수 이송펌프: D350 mm×0.25 ㎥/s×132 kW×2대 D250mm×0.08㎥/s×75kW×2대	· 저류량: 30만 ㎥ · 규모: D6.5 m, L8.5 km(간선) D2.2~5.0 m, L3.7 km(준간선)

(5) 神田川(칸다가와) 환상형 지하 조절지

(가) 설치목적

◦ 수해가 빈발하고 있는 神田川(칸다가와)의 중류역에 '환상형 지하 조절지'를 우선적으로 정비해 이것을 우수조정용 연못으로 이용하는 시설

(나) 시설계획

◦ 환상 7호선의 도로 아래로 연장 4.5 ㎞, 내경 12.5 m의 터널을 건설

- 神田川과 善福寺川의 홍수 약 540,000 ㎥을 저장

◦ 환상 7호선으로부터 하류

- 약 시간당 50 mm 정도의 우량에 대한 안전성 확보와 동시에 환상 7호선 보다 상류로 하천 개수를 진행

(다) 칸다가와 환상형 지하 조절지 계획노선

◦ 神田川 지하 조절지 사업은 조기의 사업효과를 위해 1기와 2기로 분할

◦ 제1기 사업

- 神田川의 홍수 약 240,000 ㎥를 저장하기 위해 연장 2.0 ㎞의 터널과 홍수를 배제하는 취수시설을 건설

- 1987년도부터 착수해 1996년도 말에 완성

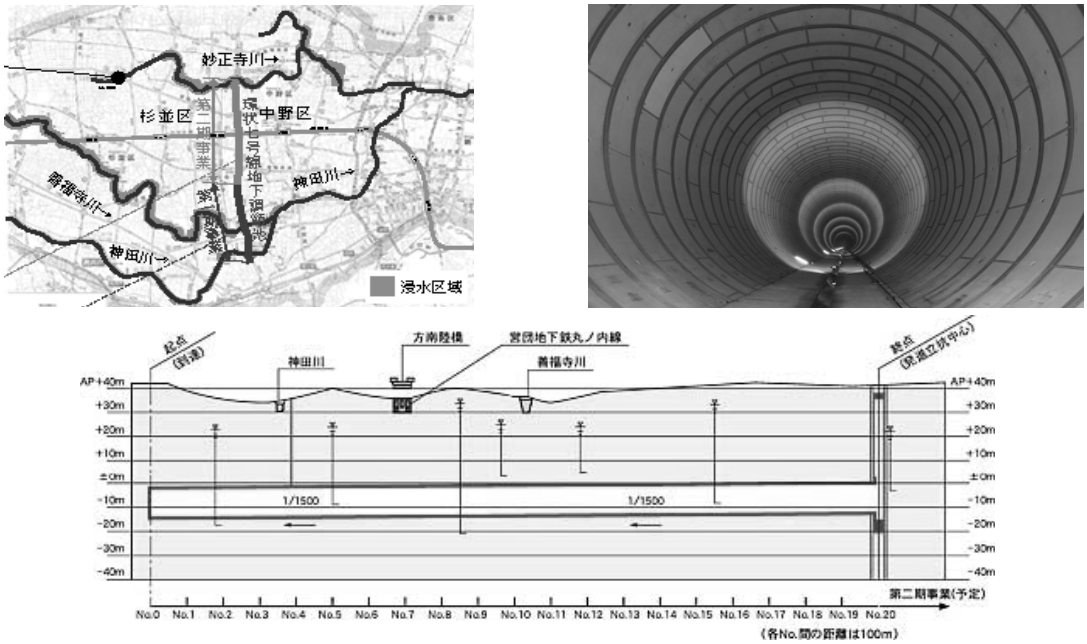
- 1997년 4월부터 약 240,000 ㎥의 조절연못으로서 사용을 개시

◦ 제2기 사업

- 神田川의의 홍수 약 300,000 ㎥를 저장하기 위해 연장2.5 ㎞의 터널과 홍수 취수시설을 건설

- 1990년도 착수, 현재(2006년) 善福寺川 취수시설의 터널공사를 실시

- 沙正寺川발진구터널은 용지취득을 완료, 터널공사의 조기 완성을 목표



[그림 2.2.7] 관다가와 환상형 지하 조절지 계획노선

(라) 시설

◦ 제1기 사업

- 공사용의 발진구용 터널(외경 28.2 m, 내경 25.0 m, 깊이 59.9 m)
- 지하 조절지용 터널(외경 13.7 m, 내경 12.5 m, 연장 2 ㎞)
- 홍수시에 취수 시설(월류시설, 도수로, 취수터널, 연결관거 등)
- 배수시설(1대 당 50 ㎥/분 × 배수펌프 2대)

◦ 펌프실이 지표면 51 m 아래, 도쿄만의 해면 16.5 m 아래에 설치

- 펌프실의 출입구에 잠수함용의 방수문 사용

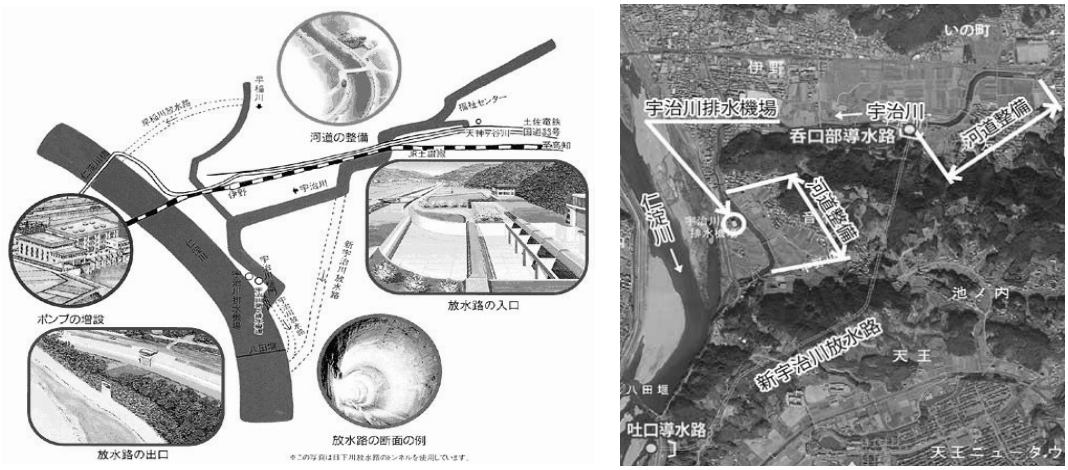
(마) 시설사진



[그림 2.2.8] 내경 12.5 m의 조절지 터널입구 및 펌프실

(6) 新宇治川(신우지가와) 방수로

◦ 宇治川(우지가와)유역과 관련하여 관계기관에 의해 종합적인 치수대책 실시



[그림 2.2.9] 신우지가와 방수로 계획

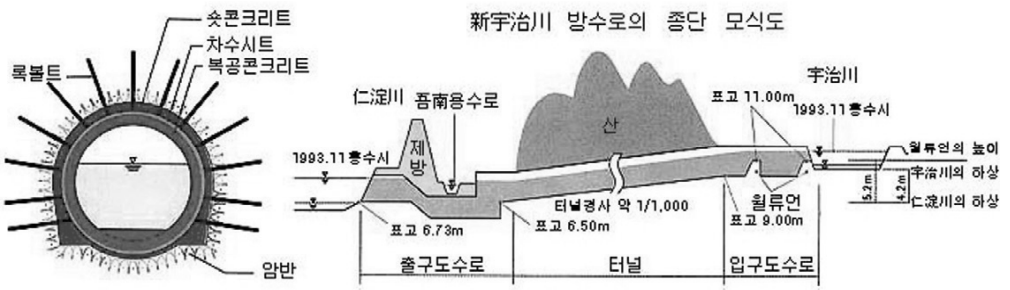
- 일본 高知縣(코오치현)에 위치한 宇治川(우지가와)는 저지대에 위치한 하천으로 매년 내수로 인한 침수피해가 끊이지 않고 발생하고 있는 상황

- 宇治川(우지가와) 유역은 근래에 도시화가 급격히 진행되고 있어서, 치수 안전도의 저하가 우려

◦ 2001년부터 유입부 측의 터널공사(연장 1,320 m)를 시작, 2002년부터 유출부 쪽 터널공사(연장 1,045 m) 및 도수로 공사시작

◦ 방수로 터널의 직경은 7.0 m, 55 m³/s의 배수능력을 확보

◦ 터널굴착으로 인하여 저하된 주변산지의 지하수위를 회복하기 위해 방수형 터널을 적용



[그림 2.2.10] 터널 단면 및 방수로 종단면 모식도

(7) 츠와치섬 빗물저류시설

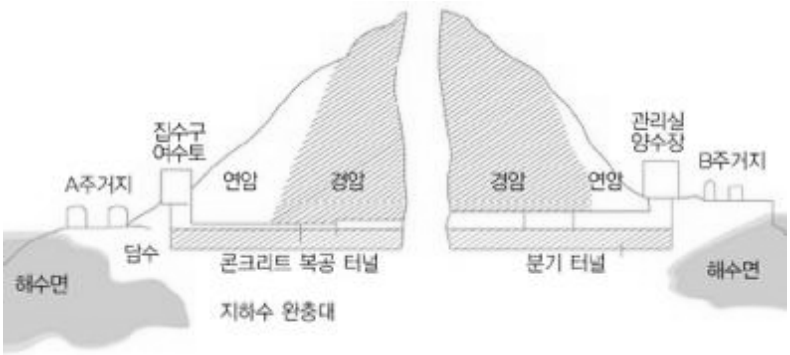
(가) 설치목적

◦ 가뭄 극복을 위한 빗물저류시설

(나) 시설개요

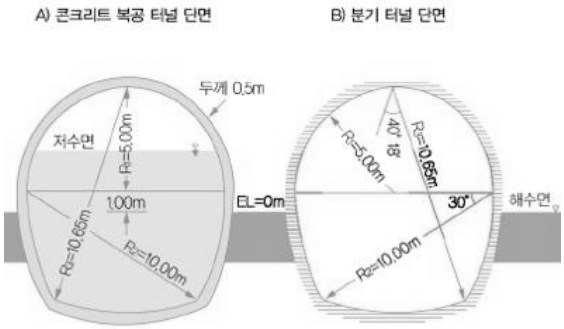
◦ 터널을 섬 외각의 여러 갱구로부터 산의 중심부 방향으로 굴착하여 조성

◦ 갱구의 도로측구 등을 이용하여 급경사지에서 유출되는 빗물을 받아 저수터널로 도수하는 방식



[그림 2.2.11] 츠와치섬 터널 저수 공법 개요도

◦ 저수터널은 아치형 인버트로 조성하여 저수효율을 증가 시키며 지름 10 m정도로 한다.



[그림 2.2.12] 츠와치섬 저수터널 표준 단면도

(다) 적용사례분석

◦ 자연경관의 훼손이나 특별한 용지를 필요하지 않아 토지이용에 유리

◦ 수리권 문제의 발생이 적다

◦ 지하공간에 빗물을 저수하기 때문에 수면증발 손실이 거의 없고 태양과에 의한 조류 번식 등의 수질오염을 방지

◦ 양질의 암반수가 터널내로 유입되어 추가적인 수자원으로 이용 가능

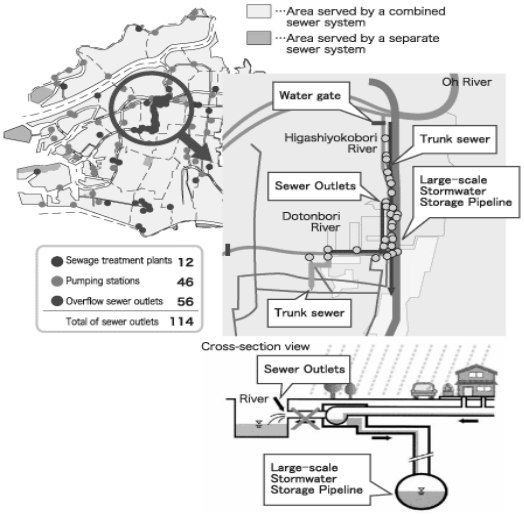
(8) 오사카 도톤보리 우수터널

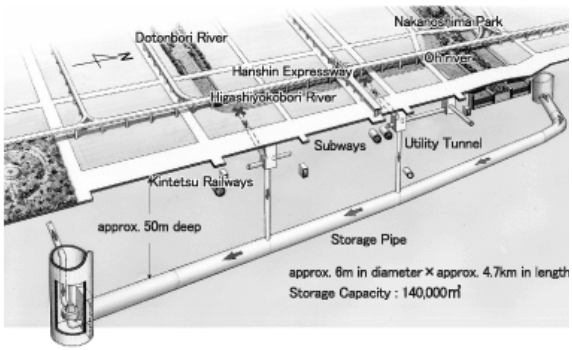
◦ 홍수 시 우수배제 시설, 소강우시 CSOs 저류 시설로 활용

◦ 28개의 합류식 우수토구가 도톤보리 강에 설치되어 있음

◦ 우수터널: 직경 6 m, 연장 4.7 km, 저류용량 140,000 ㎥

◦ 10년 빈도의 강우에 견딜 수 있도록 설계





<오사카 CSO 저류 터널 위치> <다목적 대형 우수관거 모식도>

[그림 2.2.13] 도톤보리 우수터널 개요

□ 현재 일부 운영 중이면서 추가 건설 중인 일본의 Neyawaga 지하방수로는 토지보상 및 공사 중 시민 불편 등으로 인해서 공사가 지연되고 공기가 길어지는 등의 어려움을 겪고 있음.

(9) 말레이시아 SMART 터널

(가) 목적(용도): 홍수제어 및 도로겸용 터널

◦ 쿠알라룸푸르 시내 중심가가 호우시 하천 통수능 부족으로 상습적으로 침수됨에 따라 이를 해소하기 위하여 건설계획을 수립

◦ 이후 도로의 상습정체 구역의 해소를 위하여 바이패스터널 전체 9.7 km 중 3.0 km는 도로기능을 적용한 다기능 터널로 계획함

◦ 바이패스터널을 포함한 홍수 유출전환시스템을 제공하고 더불어 바이패스터널의 일부분을 왕복 4차선 도로로 활용하여 시내 중심부와 남부 관문을 연결

◦ 전환수로터널은 Klang강과 Ampang강의 흐름을 유입한 지체 저류지로부

터 Tam an Desa 완화 저류지로 연결되고 전환된 흐름은 저류지로부터 박스암거를 통해 Kerayong강으로 방류

◦ SMART 사업의 시행으로 Klang강 중류부 도심지에서 약 200 m³/s의 홍수저감 효과를 거두고 있음

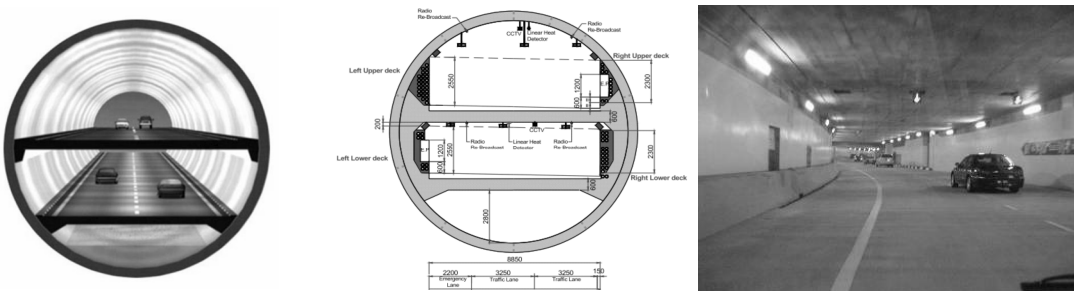
(나) 도입배경

◦ 쿠알라룸푸르 도심의 지속적인 홍수의 발생, 홍수저감을 위하여 바이패스 터널 설치

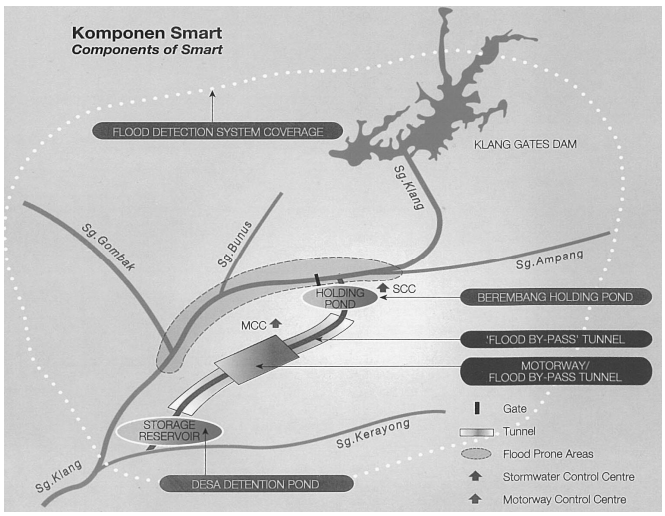
(다) 시설개요

<표 2.2.11> SMART 터널 시설개요

구 분	내 용	비 고
연 장	9.7 km	도로구간 3.0 km
터널직경	내경 11.8 m, 외경 13.2 m	
평균심도	20 m	
터널경사	1/650 ~ 1/1000	
건설비용	약 5,100억원 (정부 69%, 민간 31%)	



[그림 2.2.14] SMART 터널 내부단면도



[그림 2.2.15] SMART 터널 개요

<표 2.2.12> 방수로 관련시설

Holding pond(유입부 저류지)	Detention Pond(방류부 저류지)
	
· 저류용량: 60만 ㎥ · 저수면적: 10 ha · 설치목적: 홍수의 저장, 유속조절, 이물질 퇴적	· 저류용량: 140만 ㎥ · 저수면적: 22 ha · 설치목적: 홍수의 저장, 유속조절
· 방수로 기능뿐 아니라 유역전체에 대한 저류계획 도입 · 전체 계획홍수량 290CMS 중 280CMS가 방수로에 유입 · 자동차도로의 점검 및 통행금지를 고려하여 30분정도의 저류용량 확보 · 시·종점부의 저류지는 인공구조물이 아닌 기존의 주석광산을 개조 유용한 것	

(라) 운영 및 관리

1) 운영기구

◦ SSC (SMART Control Center): 홍수감지, 홍수예경보, SMART 시스템의 홍수방어 시설들의 운영을 담당

◦ MCC (Motorway Control Center): SMART 터널 내 도로 운영을 담당

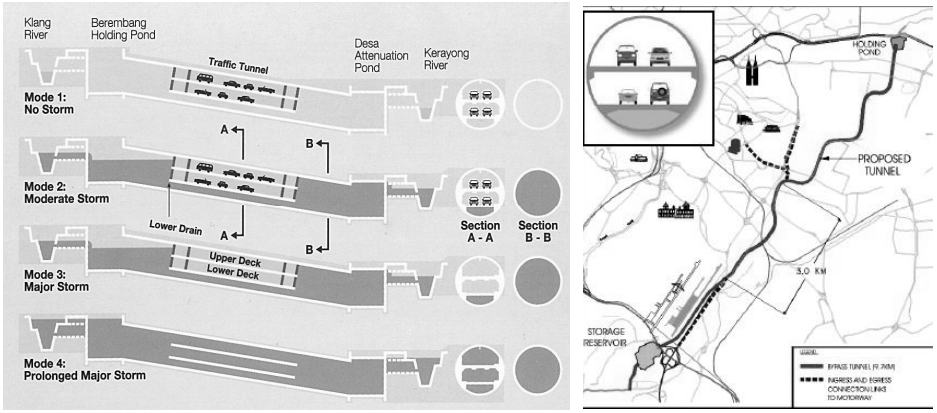
2) 운영방식

◦ 1단계(저강우) : SMART 시스템으로 우수의 유입이 없음

◦ 2단계(70~150 톤/초 강우 시): 강우유출수가 교통터널 하부의 우수터널로 돌려지며, 이 때 교통터널은 운영

◦ 3단계(150 톤/초 이상 강우 시): 교통통제 개시(차량대피는 일반적으로 1 hr 정도 소요). 교통터널 내 우수유입은 시키지 않으며 SCC의 통제에 따라 150톤/초 이상의 강우가 조기 종료시 2~8hr 내에 도로 재개통하고, 장기지속시 4단계 발령

◦ 4단계(150 톤/초 이상 강우 지속 시): 3단계 발령되고 1~2 hr 내에 SCC에서 4단계 발령을 결하며, 4단계가 발령되면 교통터널에 우수유입. 폐쇄 후 4일이내 도로 재개통



[그림 2.2.16] SMART 터널 작동시스템

(마) 도로복구시간

◦ 저류수 배제계획: 8시간

- 도로 구간: 8시간이내 완전 배수
- 방수로 구간은 24시간이내 완료

◦ 터널내부 청소: 24시간(1일)

- 터널벽체는 세라믹으로 코팅하여 세척이 쉽게 시설
- 벽면 및 천정부분은 청소차에서 압력수를 분사하여 세척
- 도로 바닥부는 소방시설인 소방호스를 이용하여 청소
- 청소 소요시간은 24시간
- 청소팀의 운영은 한 팀이 10명, 두개 팀 동시투입(상하층) 12시간 작업, 1일 2교대로 총 4개 팀 운영
- 청소는 전문용역업체에서 시행

◦ 시설물 점검 및 교체: 2.5일

- 청소후 도로시설물 및 안전시설 점검 및 교체

◦ 총 도로 복구 기간: 4일 소요



[그림 2.2.17] 터널 내부 및 터널 청소

(10) 싱가포르 오수이송터널 DTSS (Deep Tunnel Sewerage System)

(가) 설치목적

◦ 하수의 효율적, 집약적 처리 및 하수자원화

- 스콜의 영향으로 초기우수에 대한 문제는 발생되지 않음
- 지역이 좁고 평탄한 지역으로 하천이 없어 빗물저류시설 확보
- 자연유하로 하수를 집수하여 수집□처리□관리를 집약
- 94개의 펌프장을 없애고 6개 처리장을 2개로 집약

◦ 161 ha의 부지를 확보하고 하수의 자원화를 통해 수자원의 외부 의존도를 낮추는데 기여

(나) 사업개요 : 1997～2008(타당성 조사 1997～1999)

(다) 사 업 비 : $36억

(라) 터널제원

◦ 연 장 : 48.5 km

◦ 터널직경 : 3.3～6.0 m의 원형관

◦ 평균심도 : 50 m

(마) 연결하수관거제원

◦ 연 장 : 60 km

◦ 터널직경 : 0.75～3.0 m의 원형관

◦ 평균심도 : 20 m



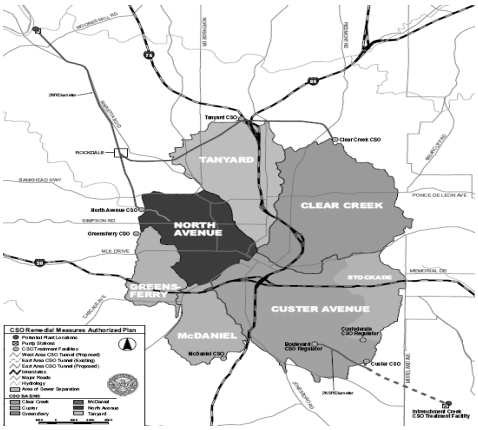
[그림 2.2.18] 싱가포르 오수이송터널 내부 현황

(11) 아틀란타 CSOs 처리시설 이송터널

(가) 사업 목적

◦ 중장기 제어전략수립(LTCP, Long-Term Control Plan) : 주정부와 연방정부의 법률에 의거하여 개발

- Georgia 주정부의 CSO 법률규제 준수
- 방류수체 수질 저하원인 규명
- 지역 주민의 동의와 환경의 질 개선을 목표함



<Atlanta 저류터널 노선도>



<Nancy Creek Tunnel 내부>

[그림 2.2.19] Atlanta CSOs 처리시설 개요

(나) 시설개요

◦ Nancy Creek Tunnel

- 4.8 m (16 ft) × 12.8 km(8 mile)
- North Atlanta와 Dunwoody 지역의 SSOs 70%감소(2000년 1,000, 2008년 300)
- 건설비 131 million $

◦ West Area CSOs Tunnel

- 8 m (26 ft) × 13.8 km (8.5 mile)
- 저류용량 670,000 ㎥ (177 million gallons)
- 건설비 250 million $

◦ East Area CSO Tunnel

- 8 m (26 ft)×3.2 km (2 mile)
- 저류용량 38,000 ㎥ (10 million gallons)

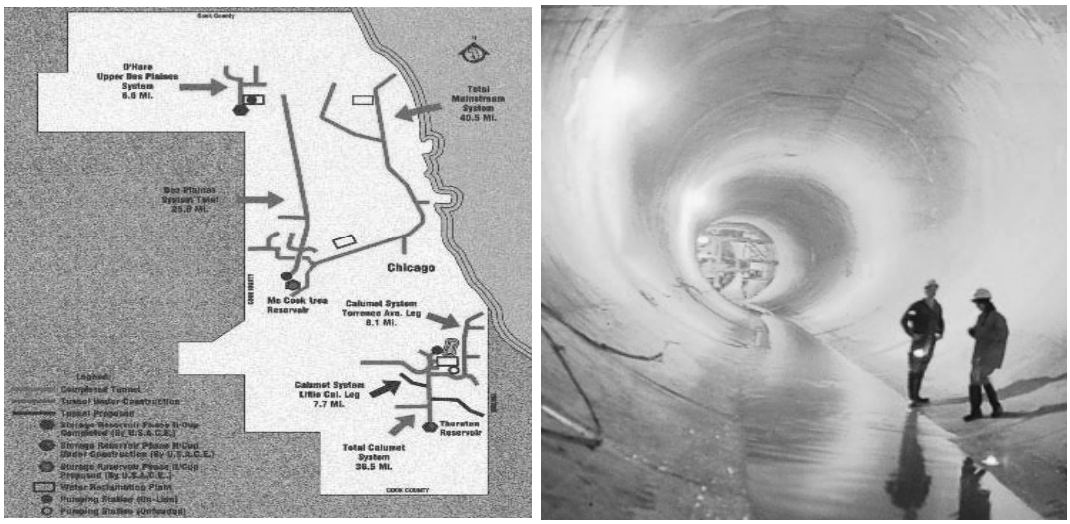
(12) 미국 시카고 TARP(하수이송+ 홍수방지+ CSOs저류)

(가) 설치배경

◦ 1885년 여름 홍수 시 오염물질이 미시간호에 대량 유입되면서 시카고의 12%의 인구가 장티푸스, 콜레라로 사망한 사건이 발생

◦ 빗물과 하수처리수가 미시간호에 유입되는 것을 원천 차단

◦ The Sanitary & Shipcanal 3개의 운하를 건설하여 강의 흐름을 역류시켜 빗물과 하수처리수를 미시간호 반대방향으로 방류



<TARP 터널 노선도> <TARP 터널 내부>

[그림 2.2.20] 시카고 TARP 시설 개요

(나) 설치목적

◦ 100년 빈도의 강우, 합류오수, 도시 하수처리수 저장

◦ 우수저류지 3개소를 개소 당 102,600천 톤 용량으로 건설

(다) 주요제원

◦ 연 장 : 176 km

◦ 터널 직경 : 3~11 m

◦ 평균 심도 : 50~90 m

◦ 펌프시스템 : 31 ㎥/s × 4대(10,713,600 톤/일)

◦ 미시간호 : 57,757 ㎢

◦ 유역현황 : 일리노이주(시카고 시), 인디애나주, 미시간주, 위스콘신주

(라) 총 사업비 : $34억

(13) 영국 런던 템즈 터널(Thames Tunnel)

(가) 설치개요

◦ 설치목적

- 2 mm의 적은 비가 온 후에도 미처리된 하수가 템즈강으로 배출되는 것을 막기 위함(1년에 50번 이상 하수의 역류 발생)
- 오래된 하수관으로 인한 처리용량의 한계 직면(설계당시 인구의 3배 이상 증가)
- 유럽의 환경기준을 충족시키기 위함

◦ 현재 심의 단계에 있으며 2013년 착공예정, 2020년 완공예정

(나) 시설개요

◦ Abbey Mills route (우선고려대상)

- 런던 서부에서 북동부의 Lee Tunnel이 있는 Abbey Mills까지
- 터널직경: 7.2 m
- 총 길이: 22 km
- 깊이: 서쪽(40 m), 동쪽(65 m)

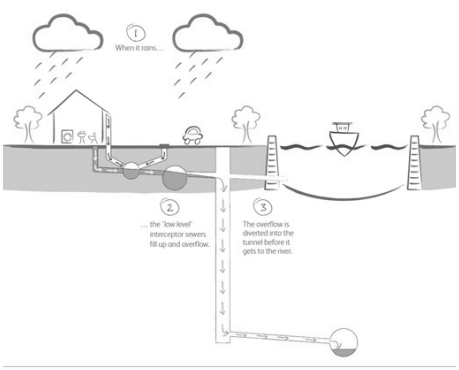
◦ Thames route

- 런던서부에서 런던동부의 Beckton STW (Sewage Treatment Works)까지
- 터널직경: 7.2 m
- 총 길이: 32 km
- 깊이: 서쪽(40 m), 동쪽(75 m)

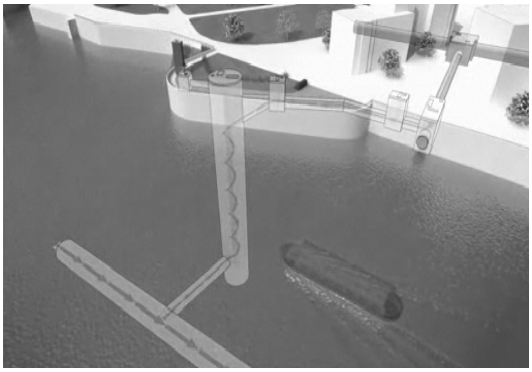
◦ Rotherhithe route

- 런던 서부에서 남동부의 Greenwich를 가로질러 Beckton STW 까지
- 터널직경: 7.2 m
- 총 길이: 30.2 km
- 깊이: 서쪽(40 m), 동쪽(75 m)

◦ 총사업비: 64,800억 원(36억 파운드)



<템즈 터널 기본 개념도>



<템즈 터널 조감도>

[그림 2.2.21] Thames Tunnel 개요

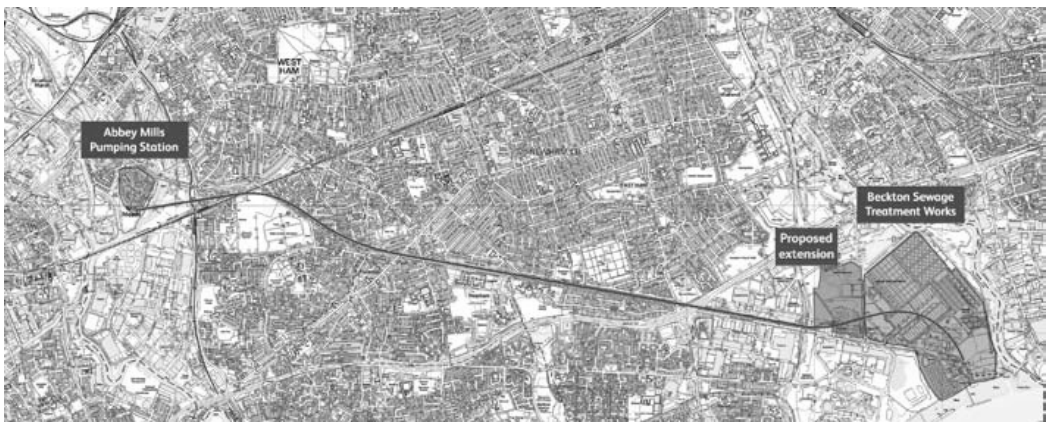
(14) 영국 런던 LEE 터널

(가) 설치개요

◦ 설치목적

- 강우시 미처리하수의 유입을 방지하여 Lee강과 템즈강의 수질을 개선
- 런던의 인구성장에 의한 추가적인 하수처리의 필요

◦ 2012년 착공예정, 2014년 완공예정



[그림 2.2.22] Lee Tunnel 노선도

(나) 시설개요

◦ Abbey Mills에서부터 Beckton STW (Sewage Treatment Works)까지

◦ 총 연장: 6.9 km

◦ 터널 직경: 7.0 m

◦ 깊이: Abbey Mills (55m) - Beckton STW (75 m)

◦ 총 공사비: 약 11,160억 원(6억3500만 파운드)

침수방지	비점오염저감	수자원 확보
• 칸다가와 지하조절지 • 나니와 대방수로 • 오오츠 방수로 • 신우지가와 지방수로 • 이마이가와 저류시설 • 말레이시아 SMART터널(도로겸용) • 도톤보리 지하터널	• 런던 템즈 터널 • 런던 LEE 터널	• 츠와치섬 빗물저류터널
• 와다야요이 저류시설 • 가와사키 저류시설 • 애틀란타 CSOs 이송터널 • 시카고 TARP		• 싱가폴 DTSS

[그림 2.2.23] 해외 지하방수로의 기능적 분류

나. 국내 지하방수로 시장 현황

□ 2012년 국립기상연구소는 서울에 홍수가 발생할 경우에 대한 침수피해를 분석한 결과, 구로구와 금천구의 현재 홍수취약도 지수가 110.173으로 이 수치는 강남·마포구의 100배 이상으로 홍수에 취약하다고 발표했으며 이에 대한 대책 마련의 필요성을 제시함(경향신문, 2012)



※ 출처: 경향신문, 2012

[그림 2.2.24] 서울시 자치구별 홍수취약도

□ 2010년과 2011년의 홍수로 인한 서울 침수 이후, 도시하천 유역의 국지성 집중호우 등으로 인한 침수피해 방지의 중요성에 대한 인식의 증가와 함께 서울

시는 내수침수 저감을 위하여 연간 5,000억 원씩 10년간 투자할 것으로 발표하였으며, 소방방재청은 도시방재성능 목표강우량을 지자체별로 공시하는 등 내수 침수로 인한 피해저감을 위한 지속적인 투자가 계속되고 있음(국토해양부, 2013)

<표 2.2.13> 서울시 수방사업 예산집행 현황

사업명	예산 (백만원)		지하방수로/저류조 관련여부
	2012년	2013년	
하수관거 종합정비	142,909	121,151	
침수지역관거 개량	149,637	153,057	△
빗물펌프장 신·증설	102,197	65,758	○
빗물저류조 신설	11,415	43,079	○
빗물저류배수 시설	10,834	20,943	○
산사태 방지	56,488	34,038	
하천정비	19,153	14,774	
주택침수방지시설 지원 등	24,202	13,264	
총계	516,835	466,064	

※ 참조: 서울시, 2012; 서울시, 2013

<표 2.2.14> 서울시 빗물저류조 설치계획

연번	지자체	설치지점	용량 (㎥)	사업비 (백만원)	설치예정	비고
1	관악구	관악산(서울대 입구)	40,000	14,700	2014년	공사중
2	관악구	관악산(공대 폭포)	5,000	2,000	2013년	공사중
3	관악구	관악산(버들골)	20,000	7,300	2013년	공사중
4	광진구	어린이대공원(구의문주차장)	16,000	7,200	2013년	공사중
5	용산구	남산공영주차장	1,316	2,290	2013년	공사중
6	강남구	삼릉공원(기존선릉공원)	6,930	5,400	2013년	설계중
7	중구	동국대운동장 옆	5,000	3,600	2013년	공사중
8	서초구	용허리공원	15,000	9,500	2014년	공사중
9	금천구	시흥계곡	27,000	12,700	2014년	설계중

※ 참조: 서울시, 2013

□ 2013년 대한건설협회 서울특별시회는 서울시의 인프라 투자방향 세미나에서 도심지 대규모 방수로 건설, 빗물펌프장과 저류조 용량 확대 등을 제시함(뉴스와이어, 2013)

□ 2006년 6월 서울지역에 30분간 6.5 ㎜의 국지성 강우로 인해 10여개의 청계천 우수관 수문이 개방되면서 빗물이 청계천 수로로 유입되었으며 이 과정에서 도로나 인도와 같은 불투수면에 있던 분진, 기름찌꺼기 등 비점오염물질이 빗물과 함께 청계천으로 유입되어 청계천 물고기 수백 마리가 집단 폐사하는 사

고가 발생(김석구와 이병철, 2006)

□ 비점오염물질 배출량이 증가추세로 전망되고, 특히 도시지역의 경우 2005년 배출되는 총 비점오염물질 중 55.8%의 비중을 차지하던 것이 2020년에는 65.2%로 증가하는 것으로 전망됨에 따라 도시유역의 비점오염원 관리에 대한 관심이 증가(박성순과 권은미, 2009)

<표 2.2.15> 비점오염물질 배출량 증가전망

구분	계	도시	농경지	산림	기타
2005년	305.3 (100%)	170.5 (55.8%)	31.7 (10.4%)	48.2 (15.8%)	54.9 (18.0%)
2011년	332.0 (100%)	198.5 (59.7%)	31.0 (9.3%)	47.9 (14.4%)	54.9 (16.5)
2020년	380.9 (100%)	248.4 (65.2%)	30.1 (7.9%)	47.5 (12.5%)	54.9 (14.4%)

※ 참조: 박성순과 권은미, 2009

다. 신월 빗물저류배수시설 등 방재시설 확충공사

□ 2010년 9월 21일 서울에는 1시간 최대 74mm, 3시간 최대 199.5mm의 기록적인 강우가 발생하여 서울시 북동부를 제외한 전 지역에 대규모의 침수피해가 발생하였음.

□ 이에 서울시는 집중호우 등 향후 기후변화로 인한 수해예방을 위하여 강서구, 양천구 일대의 종합적인 수해예방과 비점오염처리를 위해 대심도 빗물저류배수터널을 계획함.



[그림 2.2.25] 신월 빗물저류배수시설 사업개요

□ 신월 빗물저류배수시설을 통해 해당 유역의 30년 빈도 강우시 100%침수 예방 효과를 나타내었고, 50년 빈도 강우시 70%의 침수면적 감소 효과를 나타내었음.

□ 빗물저류배수시설 설치는 하수관거 통수능 확보, 빗물저류조 설치, 유역분리(빗물펌프장 신설) 등과 비교하였을 때 사업비, 사업기간, 사업효과가 가장 뛰어난 것으로 분석됨.

<표 2.2.16> 치수대책안별 비교

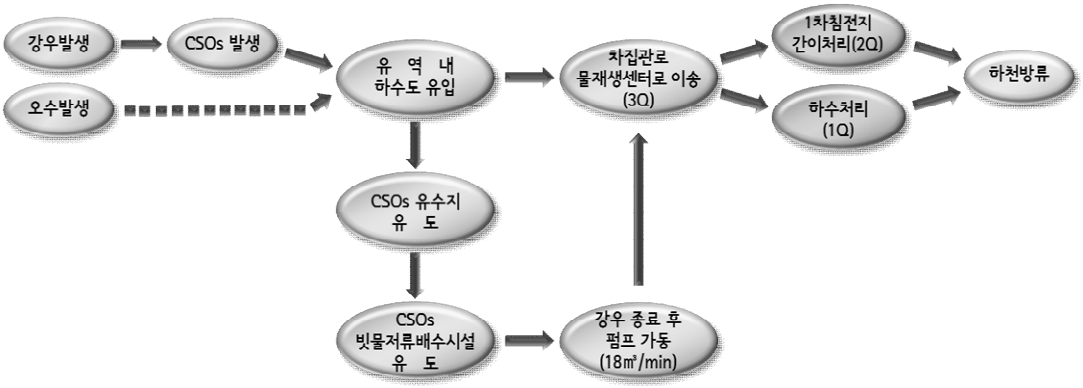
항 목	하수관거 통수능 확보	빗물저류조 설치	유 역 분 리	빗물저류배수시설 설치
사 업 계 획	■관거확장 L=10.120 km -저지수로 L=4.730 km -고지수로 L=5.390 km	■가로공원길, 신월IC, 서서울호수공원, 저지수로 하부 등 빗물저류조 4개소 설치 V=400,800 ㎥	■빗물펌프장 신설 Q=3,000 ㎥/min ■분기 및 유도수로 설치, L=5.22 km ■가로공원길, 저지수로 하부 등 빗물저류조 2개소 설치, V=168,100 ㎥	■빗물저류배수터널 설치, L=3.38km ■수직구 2개소 설치 ■유도수로 설치 L=1.32 km ■빗물펌프장 설치 Q=4,500 ㎥/min
치 수 안정성 (30년빈도)	■침수 완전 해소 164.5ha → 0ha	■침수면적 축소 164.5ha → 26.6ha	■침수면적 축소 164.5ha → 24.7ha	■침수 완전 해소 164.5ha → 0ha
장·단점	■지상에 근접된 방재시설 설치로 유지관리가 용이 ■관거 설치를 위한 부지(주거지)매입 필요 ■관거 설치로 인한 지장물 이설 필요 ■도로 구간내 공사로민원 및 주민 불편초래	■기존 도로 및 관거의 재설치로 민원 증가 ■공사 중 오수처리 대책 필요 ■유역내 완전 침수해소 어려움	■유도수로 매설 예정노선이 협소하고, 지장물 대책 필요 ■빗물펌프장, 빗물저류조 등 시설물 중복 설치에 따른 사업비 증가 ■유역 내 완전 침수해소 어려움	■수직구 설치를 위한 부지(주거지)매입 필요 ■수직구 공사시 민원 증가 ■터널공사시 민원 축소 가능 ■국내 기설치 유사 시설물 없음
사 업 기 간	약 5.5년 소요	약 4.5년 소요	약 4.5년 소요	약 3.5년 소요
개 략 사업비	16,961억원	3,150억원	3,372억원	1,435억원

※ 참조: 서울특별시, 2012

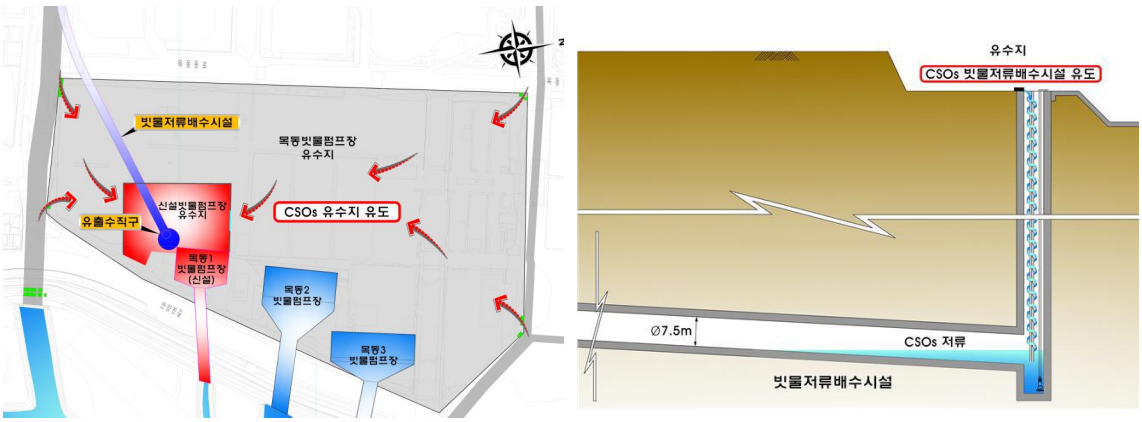
□ 신월 빗물저류배수시설은 침수예방 뿐만 아니라 CSOs처리를 위한 계획을 수립함.

□ 신설계획이 수립된 목동1빗물펌프장 유수지로 CSOs를 유도한 후 빗물저류배수시설에 저류하고, 저류된 CSOs를 안양천 좌안에 설치된 차집관로를 통해 서남물재생센터로 이송하여 처리하는 것으로 계획을 수립함.

□ CSOs 저류량은 서울특별시 하수도정비의 기준이 되는「서울특별시 하수도정비기본계획(변경)」에서 제시한 방법으로 산정한 91,441.00 ㎥를 채택함.



[그림 2.2.26] CSOs 처리개념도



※ 참조: 서울특별시, 2012

[그림 2.2.27] CSOs 처리 시설계획

2. 국내외 시장전망

□ 물이 향후 50년내 인류에게 닥칠 10가지 이슈 중 2번째로 중요한 사항으로 인식되고 있으며, 물산업은 경제성장에 따른 수요증가와 기후변화에 따른 홍수, 가뭄 등 재해가 빈발하면서 물관리 관점에서 보면 위기이나 물산업 관점에서 보면 신규 수자원확보, 대규모 홍수 예방 등 커다란 기회가 되고 있는 상황으로 물산업의 성장 가능성이 전망됨(Smalley, 2003).

□ OECD(2006)에 의한 세계 인프라 시장 전망에 의하면 2030년까지 세계 인프라 투자에서 수자원 인프라가 차지하는 비중이 2000~2010년까지는 35.4%에서 2020~2030년에는 57.6%까지 증가할 것으로 전망되었으며, 금액으로 본다면 576억 달러에서 1,037억 달러로 약 2배의 증가율을 보여 세계 인프라 시장 규모의 확대가 전망됨.

□ 영국의 물전문 리서치기관인 GWI(Global Water Intelligence)는 2010년 세계 물시장 규모는 4,828억 달러로 추정하였으며, 세계 물시장은 연평균 4.9% 성장하여 2025년 8,650억 달러로 성장할 것으로 전망함(강부식과 이승호, 2013).

<표 2.2.17> 세부 분야별 세계 물시장 규모

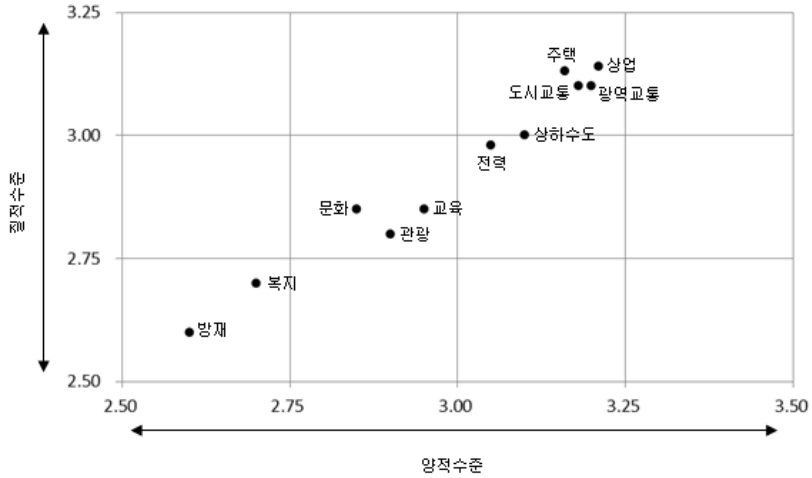
구분 (비중)		금액 (억달러)	비중	가치사슬	공급	재생
제조 (39.1)	설비	694	16.4	댐 등 수자원 취수시스템 관련 부품 송·배관 담수	정수처리부품 및 시스템 배관파이프	하수처리부품 및 시스템 배관파이프 고도수 처리
	관망	347	8.2			
	펌프, 밸브	223	5.3			
	화학약품	270	6.4			
	기타	120	2.8			
건설 (14.6)	토목	347	8.2	댐 건설 송·배관	정수처리시설 담수처리시설 배관시설	하수처리시설 배관시설
	파이프재생	272	6.4			
서비스 (46.4)	설계/운영/관리	1,966	46.4	수자원 관리	정수처리장 운영 및 관리	하폐수처리장 운영 및 관리
합계		4,239	100			

※ 참조: 강부식과 이승호, 2013
주) 2010년 세계 물시장 규모인 4,828억 달러에서 생수시장을 뺀 규모임

□ 2005년 개정된 수질환경보전법에 의거, 신규로 추진하는 대규모 개발사업이나 사업장의 경우 사업자가 개획 수립 단계부터 비점오염 저감대책을 수립하고,

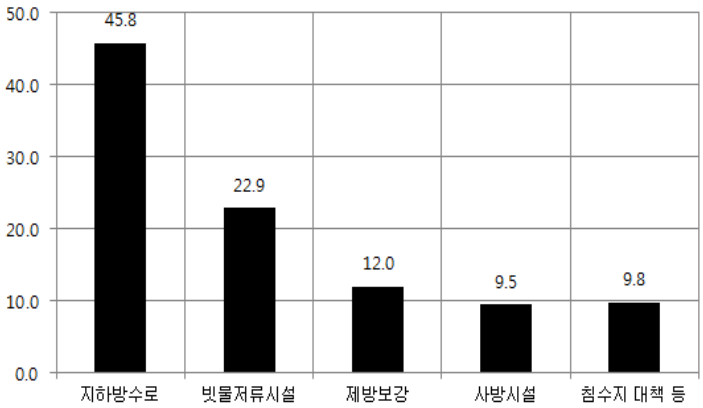
비점 오염 저감대책을 수립하여 비점오염 저감시설을 설치하여야 하며 환경부에서 발행한 비점오염 저감시설의 설치 및 관리 운영 매뉴얼(2008)에서는 대표적 비점오염저감시설 중 자연형 시설로 저류시설이 제시되어 있으므로 향후 저류시설 위치 및 규모 선정에 대한 수요가 증가할 것으로 판단됨.

□ 2012년 한국건설산업연구원에서 수행한 기후변화에 대응한 건설산업의 역할 모색과 과제의 연구결과 중, 국민들의 질적·양적 만족도가 방재분야에서 가장 낮은 것으로 나타났으며 국민 37%가 기상이변으로 자연재해가 증가하는 것에 대비 및 방재시설 확충이 가장 시급한 과제로 꼽았으며 응답자 중 도시 홍수피해 방지를 위한 지하 방수로가 필요하다고 응답한 응답자가 45.8%, 빗물 저류시설이 필요하다고 응답한 응답자가 22.9%로 나타나 도시 지하방수로의 시장 확대가 예상됨.



※ 참조: 한국건설산업연구원, 2012

[그림 2.2.28] 각 시설에 대한 양적 · 질적 수준 만족도



※ 참조: 한국건설산업연구원, 2012

[그림 2.2.29] 자연재해 방지를 위해 우선 보완할 방재시설

□ 도시화와 산업화로 인해 하천변의 저지대 및 지하생활공간이 증가하면서 내수배재 불량에 따른 다양한 유형의 침수위험성이 증가함에 따라 2011년 수자원장기종합계획에서 도시 차원의 침수방지 기반 마련의 일환으로 도시내 빗물저류기능 향상을 위해 저류시설 확충 등을 제시함으로써 지속적인 투자 및 시장규모의 확대가 예상됨.

□ 국내 도시홍수의 재산피해액이 2008년 463억원에서 2011년 2,500억원으로 지속적으로 증가하는 추세로 이에 따라 도시 홍수피해와 관련된 국내 시장규모도 확대될 전망임.

□ 2006년 국토해양부에서는 기후변화 대응의 일환으로 국토해양분야 종합대책을 발표하였으며 이 발표에서 6가지 수자원 분야 영향을 발표하였으며, 그 중 기존 수자원시설 기능 저하, 극한 홍수 및 가뭄 발생빈도와 규모 증가, 수질악화 및 하천 생태계 변화가 포함되어 있어 저류조 및 지하방수로에 대한 투자 역시 기후변화 대처에 맞춰 커질 것으로 전망됨.

□ 청주시는 급격한 기후변화로 인한 집중호우에 대처하기 위해 2020년까지 2,000억 원을 투자하여 도시방재대책을 수립하고 있으며, 이 중 방수로 및 도시내 지하 저류조 설치도 함께 검토되고 있어 방수로 관련 운영기술, 유지관리기술 등의 필요성이 증가될 것으로 전망되며, 현재 14,029백만원을 투자하여 청주시 상당구 내덕동 일원에 20,000 ㎥ 규모의 우수저류시설을 2014년까지 완공할 예정에 있음(청주시, 2013).

□ 서울시는 현재 광화문 대심도 배수관 건설을 진행 중이며 신월·화곡동, 용상구 한강로, 강남역, 동작구 신대방역 일대 등 침수 취약지역에 대심도 배수관을 설치하는 사업을 추진함에 따라 향후 도심지 침수예방을 위해 지하 방수로/저류조 사업의 수요가 늘어날 것으로 전망됨.

<표 2.2.18> 서울시 저류조 건설사업 투자계획

(단위 : 백만원)

사업명	투자계획					
	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	계
신월 빗물저류배수시설		12,100	10,000	21,100	106,864	150,064
사당 빗물저류배수시설		7,700	8,700	12,000	10,000	68,400
서울미술관 앞 빗물저류조설치			33,000			33,000
관악산저류조 설치		20,650				20,650

※ 참조: 서울특별시, 2011



[그림 2.2.30] 국내 지하 방수로/저류조 계획

□ 환경부(2012)는 비점오염원 관리를 위해서 도시분야에 2조 8,144억원(35.2%), 농촌분야에 1조 5,134억원(18.9%), 산림·댐·하천분야에 3조 3,919억원(42.4%) 등 5개 분야의 53개 사업에 총 7조 9,897억원 투자계획 수립으로 도시지역의 비점오염원 관리에 대한 투자가 상당 비중을 차지해 시장규모 확대가 전망됨.

□ 한강수계의 경우 수질오염총량관리 의무제 시행에 따라 각 지자체에서는 비점오염원 관리를 위해 비점오염원 저감사업을 추진하고 있으며 수질오염총량관리 의무제 시행에 따른 전략적 대응방안을 강구하고 있는 상황으로 저류조 및 지하방수로의 시장진출 확대가 전망됨.

□ 국외에서는 대도시가 발달된 미국, 영국, EU, 일본 등을 중심으로 도시홍수에 대한 지속적인 투자가 되고 있으며, 특히 최근 미국의 기상청(National Weather Service)에서는 WFO (Weather Forecast Center)와 공동으로 차세대 통합 홍수관리를 목적으로 선진개념의 웹기반 하천예보 및 수문예측을 위한 시스템을 개발하는 등 도시홍수 피해 예방을 위한 투자가 활발해짐.

□ 태국에서는 2011년 대홍수의 여파로 12.4조원이 투입될 예정인 태국 통합 물관리 프로젝트를 추진 중에 있으며, 특히 구조적 대책으로 댐, 방수로, 홍수저류지 등이 계획되어 있어 국내기술의 해외시장 진출 가능성이 열려있는 것으로 전망됨.

제 3 절 기술동향 분석

1. 기술동향 분석

가. 관련 기술보유 현황

□ 미국과 유럽, 일본 등 선진국의 지하방수로 관련 기술은 우리나라에 비해 많으며, 지난 2000년대 이후 도시차원의 홍수대책과 지속가능개발이 강조되면서 지하방수로 관련 개념이 도입되고 있음.

◦ 미국의 경우 주별로 수문학적 특성, 여건 등이 매우 다르기 때문에 전국에 해당하는 설계빈도 규정이 존재하지 않으며 시설물별 방재 설계빈도 기준은 미국 육군 공병단에서 제시하고 있음.

◦ 미국(인공위성을 이용한 증발산량, 가뭄 등 예측에 활용), 일본(원격탐사와 레이더를 홍수 예측에 활용) 등 에서 IT를 이용한 수문환경 변동 감시기술 개발 선점함.

◦ 일본의 국토성 국토기술정책 종합연구소(National Institute for Land and Infrastructure Management; NILIM)에서 홍수 취약성 지수(Flood Vulnerability Index, FVI)를 개발하여 다양한 목적으로 사용되고 있음.

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
최적 위치 및 규모 선정 기술	미국	도시 유출 해석 기술	EPA	이중배수(Dual drainage system) 개념을 기반으로 한 도시 유출모델 / 지상부와 지하부의 유기적인 동시 해석 불가
	미국	XPSWMM 프로그램	XP solutions	분수와 침수의 연결 모의
	미국	PCSWMM 프로그램	CHI	분수와 침수의 연결 모의
	미국	도시 유출 해석 기술	EPA	이중배수(Dual drainage system) 개념을 기반으로 한 도시 유출모델 / 지상부와 지하부의 유기적인 동시 해석 불가
	미국	하천 범람 해석 기술	US-Army Corps of Engineers	하천 월류로 인한 범람 해석 가능 / 격자수의 제한 및 복잡한 도시지형 반영 불가 및 하수관망 해석 모델과의 연계 불가
	국내	불연속지형의 천수 흐름모의	건설기술연구원	불연속 지형의 2차원 천수 흐름 모의
	호주	도시홍수설계	CSIRO	Water sensitive urban design
	영국	도시배수	Thames Tideway Tunnel	Sustainable drainage using 'Super sewer'
	국내	배수터널설계	한국수자원공사	댐시공을 위한 가배수터널

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
수직구 설계 기술	일본	에너지감쇄시설 설계 및 수리모형실험	CTI	지하방수로에 적용할 수 있는 에너지 감쇄시설 설계기술 보유 수리모형실험 수행가능
	중국	연직유입부 배제기술	Uni. of Hong Kong	연직유입부를 이용한 배제기술의 기초연구결과 보유
	캐나다	수직 유입구 수리실험 수행	Uni. of Alberta	수직 유입구 수리실험 수행
	홍콩	유입구 설계 기술	Uni. of Hong Kong	접선식 유입부의 설계 방법 제시
	일본	지하하천계획 기술	국토개발기술연구센터	일본 지하방수로 계획에 대한 가이드라인 제시
	일본	조압수직갱 설계기술	일본 농업토목연구소	수치/수리모형 보유 설계 적용 가능 수준
	국내	유입부 수리 조건에 관한 기술	한국건설기술연구원	유입부 설계 지침 활용 수준
	일본	다단식 유입구	일본 토목연구소	접선식 유입구의 유입 특성 개선
	중국	유입수직구 유입유량평가기술	홍콩대학교	정밀도가 떨어지고 가이드라인으로 적용하는데 한계가 있음
	국내	유입수직구 유입량 분석기술	인제대학교	유입수직구 실험시설 완비 유사실험을 수행하여 기술 축적
수리학적 터널 설계 기술	미국	전산유체해석 프로그램	STI C&D	자유수면 해석 탁월, FLOW-3D
	국내	터널내 흐름평가 기술보유	인제대학교	유입시설 및 저류터널 실험시설 보유 터널내 흐름을 정량적으로 실험, 분석평가하는 기술보유
	일본	비산현상 제어기술	일본 토목연구소	각 시설에 대한 제어 방안을 실험을 통하여 제안
	미국	blow-up 제어기술	Uni. of Illinois	각 시설에 대한 제어 방안을 수치해석을 통하여 제안
	미국	와류식, 나선식, 접선식 유입구	W. M. Keck Observatory	국외에서 시공 중이거나 가동 중인 대형 지하방수로 유입구는 대체로 나선식 유입구가 많이 사용되고 있음.
	뉴질랜드	지하방수로 계획의 고낙차 유입시설	Pacific Consultants	지하방수로 계획의 고낙차 유입시설 형상 검토, 공기연행 및 단파발생 검토
	일본	수직구내의 공기배출 파이프	일본 토목연구소	수직구내의 공기배출 파이프 설계와 활용방안 검토
	국내	나선식, 접선식 유입구	한국건설기술연구원	현재 나선식 및 접선식 유입구에 관련된 연구를 수행 중
	일본	압력관 방식 방수로 운영 기술	일본 토목연구소	압력관 방식의 방수로 운영 기술 확립
	미국	3D 해석기술	FLOW3D Inc.	3D 해석기술

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
구조적 터널 설계 기술	카타르	수로터널 설계기술	Electrowatt Engineering	수로터널 안정성 해석/설계
	일본	필라부 보강공법	일본 토목연구소	초근접 병설터널 지보구조 구축기술
	국내	지하방수로 설계	삼안	지하방수로 설계 기술
대심도 터널 시공 기술	일본	도쿄외곽 방수로터널	사이타마현	도시 수방재기능 배수터널건설기술 다수
	국내	지하방수로 시공	대림	지하방수로 시공 기술
통합 운영 기술	일본	지하방수로 운영 시스템	Hitachi	지하방수로 성능 이상의 대규모 유입이 발생하는 것을 방지하는 기술
	일본	배수펌프 운영	Kubota	배수펌프 고장률을 최소화하는 운영방법에 대한 기술
	국내	통합 우수 관리시스템	한국건설기술 연구원	치수, 이수 및 환경보존 등을 목적으로 하는 원격 모니터링 및 제어시스템을 이용한 통합 우수관리 시스템 및 방법에 관한 기술
	유럽	통합홍수관리 기술	UNESCO	실시간 하천 모니터링 시스템 및 홍수통제
	일본	통합홍수관리 기술	ICHRAM	Network, GIS 기반 통합관리기술
	국내	Mobile Habor 통합관리기술	KAIST	Network를 통한 Mobile Habor 통합관리 및 운영기술
	국내	다기능 저류 시스템	㈜ 삼안	초기우수 오염저감 및 도심침수 방지를 위한 다기능 저류 시스템 및 저류 방법에 관한 기술
	일본	지하방수로 관련 기술	일본 토목연구소	개념 정립 단계
	국내	저류시설 최적 위치(용량) 설계	고려대학교	우수 유출 저감을 위한 하도외 저류시설의 최적 위치 및 용량 설계 프로그램
	국내	펌프장 운영 프로그램(FFC6)	고려대학교	빗물펌프장 최적 운영 기술

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
저류수 처리 기술	미국	효율적인 우수정화를 위한 전처리용 여과장치 StormFilter	Stormwater Management Inc.	Stormwater Management Inc.는 우수를 정화하는 획기적인 기술인 StormFilter를 개발 우수로 인한 오염물질의 유출을 막기위한 가장 좋은 방법은 오염물질의 근원을 감소시킴 StormFilter는 여과과정을 통해 우수에 의해 유출되는 비점오염원 물질 - 부유물질, 오일, 그리스, 용해성 금속, 영양염류, 유기물질, 쓰레기 등 을 걸러줌
	일본	빗물 여과 시스템	KANESO Co. LTD.	빗물을 탱크에 저수 하기 전에 빗물정화를 하는 시스템 빗물 컬렉터에 의해 초기 빗물 유입을 차단 바스켓에 의해 큰 혼합 쓰레기를 제거 빗물 여과기에 의해 침전, 여과, 세라믹을 이용해 물을 정화
	일본	세라믹막 제조	Metawater Co.	유효면적 25 ㎡의 제3세대 무기막 개발
	국내	복합 세라믹막 공정 시설	한국수자원공사	맛·냄새물질, 용존유기물, 소독부산물 및 망간 등 효과적으로 제거
	미국 중국	탄소기반물질이용 전기분해기술	하버드대학교 대련대학교	평판형태의 CNT 기반물질을 이용한 전기분해장치 개발 및 평가
	미국	탄소응용물질 개발	휴스턴대학교	유기물 결합제를 이용한 탄소물질 평가
	미국	스마트 터널 운영	미국 시카고 시	TARP (Tunnel and Reservoir Plan), 지자체의 오래된 합류식 하수체계로 인한 수질오염 및 침수방지
	국내	팽창흑연 기반기술	경희대학교	미량오염물 흡착용 탄소기반 소재 평가
	국내	무기소재 촉매기술	UNIST	오존촉매용 무기금속산화물 소재 개발
	영국 미국	지하의 대구경 수리구조물 활용 기술	영국 런던시, 미국 뉴욕, 시카고	선진국에서 건설한 지하 방수로의 경우 최적이나 최고라고 할 수 없음 지금도 많은 보수와 최적 운영을 위해 기술을 개발하고 있음
	일본	지하 방수로를 이용하여 우수를 배출하는 기술	일본 동경, 칸다가와 지하 조절지	
	유럽	수처리를 위한 ACTIFLOW™	Veolia Water Solution and Technology	수처리 용으로 상용화가 성공하였으나 우수 저류에는 많은 개선이 필요
	국내	가중 응집제 이용기술	인하대학교	수처리용으로 개발된 기술은 다수 있음
	국내	터널 및 콘크리트 폐수 처리기술	한국수자원공사	

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
저류수 활용 기술	국내	단위공정 적층 배열화 기술	한국수자원공사	단위공정 적층 배열화 기술
	국내	도시물순환 해석기술	건설기술연구원	물순환해석 모형 개발
	국내	빗물활용기술	서울대학교	우수저류시설에 의한 도시 물순환시스템 구축
도로 활용 기술	말레이시아	말레이시아 SMART Tunnel	Stormwater Management and Road	지하방수로를 3층터널로 구성하여 1,2층을 편도 2차로 도로로 활용 다목적 터널 2007년 완공 후 운영 중
안전 관리 기술	독일	Tunneldrive Laser Scanning	독일 Leica	레이저 스캐너 기반의 터널 형상 진단 시스템 상용화
	독일	Tunnel laser scanning	독일 Geodata	ORTHOS Laser Tunnel Scanner 및 이동차량을 이용한 터널 진단기술 보유
	미국	Laser vibrometer와 ACT 기반 손상영상화	Georgia 공학대학교	압전센서로 가진된 초음파 응답을 laser vibrometer와 ACT를 이용하여 초음파 전파 영상화
	독일	Laser Doppler Vibrometer	독일 Polytec	Laser Doppler Vibrometer를 개발하여 상용화
	캐나다	콘크리트 내구성 평가 기법	Laval University	콘크리트의 염화, 탄산화등 콘크리트 열화성능평가 기법
	미국	콘크리트 강도 계측기법	Uni. of Houston	콘크리트 매립용 센서 및 콘크리트 강도 추정 기법
	미국	압축공기분산 기술	CTIE	압축공기분산기술
	국내	3차원 터널스캐너	㈜ 지니언	자율주행로봇 기반의 3차원 터널스캐너
	국내	3차원 레이져 기반 시공관리 기술	고려대학교	3차원 레이저스캐너 및 시공오차 검출 소프트웨어기반의 시공관리 기술
	국내	PLS 기반 초음파 전파 영상화	전북대학교	PLS 시스템을 이용하여 초음파 전파의 고해상도 영상 획득
	국내	펄스 레이저 및 sagnac센서 기반 초음파 계측	한국과학기술원	펄스 레이저를 이용한 원격 초음파 발생 및 sagnac 센서를 이용한 비접촉 초음파 계측 장비 및 기술
	국내	구조열화평가 기술	한국전력공사 전력연구원	원전구조물의 열화 D/B 구축 및 구조물 건전성지수 산정 기법
	국내	열화된 콘크리트의 성능 평가 기법	(주)삼성물산	비선형 유한요소해석 기법을 이용한 열화된 콘크리트의 성능 평가 기법
	중국	무선센서네트워크를 이용한 지하구조물 모니터링 기법	Hongkong University of Science and Technology	무선센서네트워크를 이용한 지하구조물 모니터링 알고리즘
	국내	무선센서네트워크에 의한 지하 통신구 터널 모니터링 연구	KT 미래기술연구소	화재, 침수, 온도, 출입자 정보 네트워크를 이용한 지하 통신구 터널 모니터링 기법

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
안전관리기술	독일	Tunneldrive Laser Scanning	독일 Leica	레이저 스캐너 기반의 터널 형상 진단 시스템 상용화
	독일	Tunnel laser scanning	독일 Geodata	ORTHOS Laser Tunnel Scanner 및 이동차량을 이용한 터널 진단기술 보유
	미국	laser vibrometer와 ACT 기반 손상영상화	Georgia 공학대학교	압전센서로 가진된 초음파 응답을 laser vibrometer와 ACT를 이용하여 초음파 전파 영상화
	독일	Laser Doppler Vibrometer	독일 Polytec	Laser Doppler Vibrometer를 개발하여 상용화
	캐나다	콘크리트 내구성 평가 기법	Laval University	콘크리트의 염화, 탄산화등 콘크리트 열화성능평가 기법
	미국	콘크리트 강도 계측기법	Uni. of Houston	콘크리트 매립용 센서 및 콘크리트 강도 추정 기법
	미국	압축공기분산기술	CTIE	압축공기분산기술
	국내	3차원 터널스캐너	㈜ 지니언	자율주행로봇 기반의 3차원 터널스캐너
	국내	3차원 레이져 기반 시공관리 기술	고려대학교	3차원 레이저스캐너 및 시공오차 검출 소프트웨어기반의 시공관리 기술
	국내	PLS 기반 초음파 전파 영상화	전북대학교	PLS 시스템을 이용하여 초음파 전파의 고해상도 영상 획득
	국내	펄스 레이저 및 sagnac센서 기반 초음파 계측	한국과학기술원	펄스 레이저를 이용한 원격 초음파 발생 및 sagnac 센서를 이용한 비접촉 초음파 계측 장비 및 기술
	국내	구조열화평가기술	한국전력공사 전력연구원	원전구조물의 열화 D/B 구축 및 구조물 건전성지수 산정 기법
	국내	열화된 콘크리트의 성능 평가 기법	(주)삼성물산	비선형 유한요소해석 기법을 이용한 열화된 콘크리트의 성능 평가 기법
	중국	무선센서네트워크를 이용한 지하구조물 모니터링 기법	Hongkong University of Science and Technology	무선센서네트워크를 이용한 지하구조물 모니터링 알고리즘
	국내	무선센서네트워크에 의한 지하 통신구 터널 모니터링 연구	KT 미래기술연구소	화재, 침수, 온도, 출입자 정보 네트워크를 이용한 지하 통신구 터널 모니터링 기법

<표 2.3.1> 도시 지하방수로 기술보유 현황(계속)

분류	보유기술		기관명	기술 기능 및 성능 수준
사업 타당성 평가 기술	미국	LCC/LCA 기술	USACE	LCC/LCA 기술
	미국	AHP 산정 기술	UC-Davis	AHP 산정 기술
	미국	홍수피해액 산정	USACE	홍수피해액 산정
	미국	적합성 및 편익평가기술	USACE	적합성 및 편익평가기술
	미국	공학적 대안분석기술	University of Illinois	공학적 대안분석기술
	미국	MCDM 기술	USACE	MCDM 기술
	미국	사후평가기술	USACE	사후평가기술

2. 특허동향분석

□ 도시 지하방수로 관련 기술동향을 특허정보를 통해 파악함으로써 우리나라의 기술주순, 국제 기술 동향 등을 파악하여, 과제 개발에 활용하고자 함.

□ 특허동향 분석의 범위

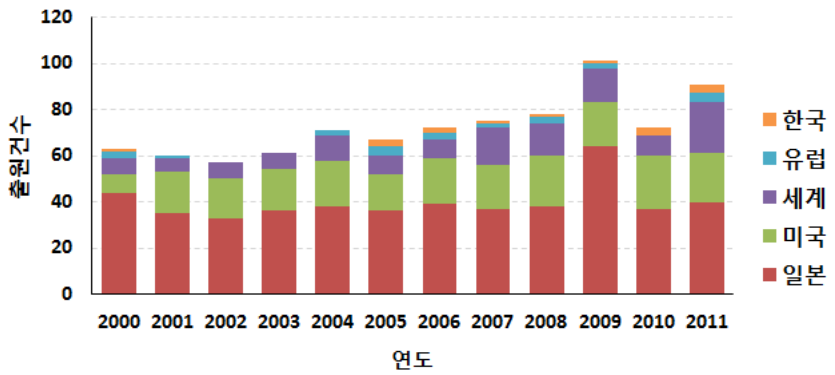
◦ 도시 지하방수로 설계·시공·운영 기술에 대한 동향 분석을 위해 관련 키워드를 도출하여 분석에 활용

◦ 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있으므로 정량분석 대상특허는 2000년부터 2012년까지 '한국, 일본, 유럽, 미국, 세계'로 구분함.

□ 연도별 특허 출원 건수가 증가하는 추세로 관련 기술에 대한 관심과 기술개발이 지속적으로 수행되고 있음.



[그림 2.3.1] 연도별 특허출원 추이

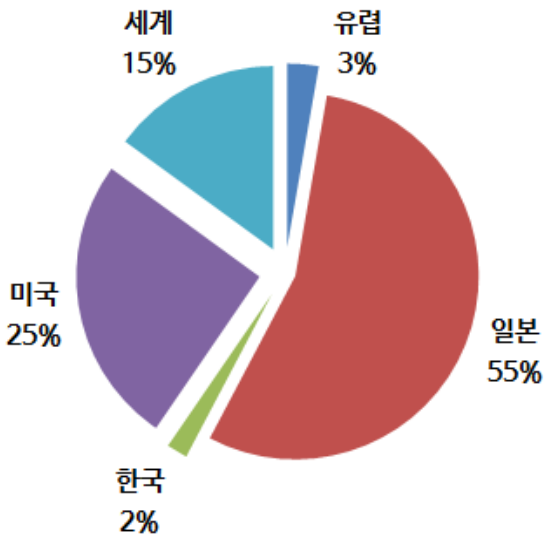


[그림 2.3.2] 연도별 국가별 특허출원 추이

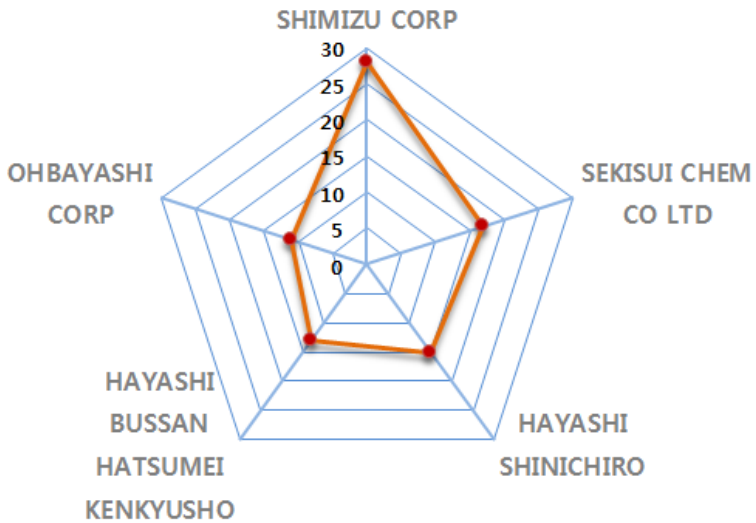
□ 전체 특허 중 일본이 55%의 점유율을 나타내고 있고, 다음이 미국으로 25%의 점유율을 나타내고 있음.

□ 특허출원 상위 5위 모두 일본 기업 및 개인으로 지하방수로 기술에 대한 일본 내 경쟁이 활발한 것으로 판단됨.

□ 지하방수로 시장의 경쟁이 확대되는 현재, 기술개발에 더욱 박차를 가할 필요가 있음.



[그림 2.3.3] 국가별 특허 점유율



[그림 2.3.4] 상위5위 출원 현황

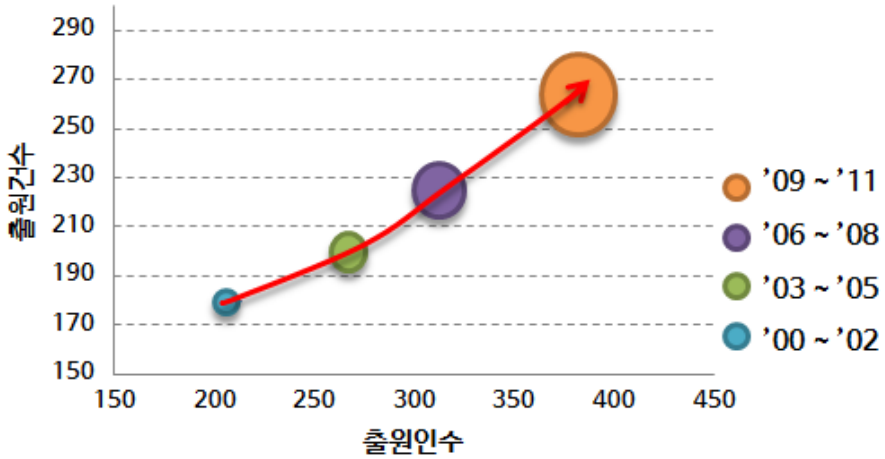
□ 특허 포트폴리오 분석

◦ 특허 포트폴리오 분석에서는 출원인수와 출원건수 변화의 상관관계를 통해 기술개발의 현재 위치를 설펴보고자 함.

◦ 특허포트폴리오 분석 결과 현재 도시 지하방수로 기술은 성장기에 있어, 관련 시장에 빠른 진입을 통해 기술 우위를 선점할 필요가 있음.



[그림 2.3.5] 특허 포트폴리오 분석 의미



[그림 2.3.6] 특허 포트폴리오 분석

가. 국내 특허

◦ 지하 방수로 관련 국내 및 국외 특허 현황을 조사하여 과제 기획에 참고하고자 함.

<표 2.3.2> 국내 특허 현황

발명의 명칭	등록번호	일자
복합구조 재료를 이용한 빗물 저류조 시공공법 및 저류조 구조	2007-0065997	2007.06.27
복합방수시공방법 및 그로 인해 형성된 복합방수층 구조	2009-0119008	2009.11.19
오염물질을 제거할 수 있는 지하 저류조	1011461250000	2012.05.08
홍수 예방을 위한 다목적 저류조와 빗물 유입 구조	1020130059013	2013.06.05
홍수 예방을 위한 다목적 저류조와 빗물 유입 구조	2013-0059013	2013.06.05
가변확장형 우수저류조	2013-0079289	2013.07.10
지하연속벽체를 이용한 터널 공법과 터널	1011215380000	2012.02.22
대심도 생물막법과 대심도 가압부상공법을 병행한 오수·하수·폐수처리방법 및 장치	1020040001188	2004.01.07
비개착식 지하터널 축조 장치 및 방법	1010223820000	2011.03.08
지하 터널 환기 장치 및 환기 방법	1012171910000	2012.12.24
수직구 굴착 장치 및 이를 이용한 지하시설의 시공방법	1010255740000	2011.03.22
수직공 굴삭장치	2001788240000	2000.02.03
폐수협잡물의 복합제거장치 및 그 방법	2001-0017879	2001.03.05
하천유량 조절기능을 갖는 대심도수로	1010234200000	2011.03.11
액상의 오염물질 처리장치	2005-0110952	2005.11.24
협잡물 종합처리기	2005-0117714	2005.12.15
우수저류연못을 이용한 비점오염물질 정화 및 친수시설 활용방법과 그 장치	2006-0020780	2006.03.07
비점오염원 초기우수 유출수 정화처리장치	1007914220000	2007.12.27
월류수및초기우수저류/처리시스템	1010958350000	2011.12.12
터널형 빗물 처리 시스템	1007715860000	2007.10.24
지리정보시스템과 연계된 하수관거 유지관리방법 및 그 기능을 탑재한 하수관거 유지관리시스템	1008289680000	2008.05.06
비점오염원 관리를 위한 무막힘 표면여과 탄성 포장	2010-0085885	2010.07.29
비점오염원 관리를 위한 무막힘 표면 여과 탄성포장	2010-0085200	2010.07.29
브러쉬형 미세 협잡물처리기	2012-0011990	2012.02.09
브러쉬 타입 수로 미세 협잡물 처리시스템	2012-0018968	2012.03.06

나. 미국 특허

<표 2.3.4> 미국 특허현황

발명의 명칭	등록번호	일자
Method of controlling a recovery and upgrading operation in a reservoir	8176982	20120515
Apparatus for constructing underground tunnels	4012916	19770322
Maintaining dynamic water storage in underground porosity reservoirs	8074670	20111213
Underground water storage tank	8028713	20111004
Water transfer device for underground water collection and storage chambers	2013 - 0008841	20130110
Hydrocarbon and water level sensor system used to monitor underground storage sites	4827246	19890502
Large area catch basin filter	7494585	20090224
Separator tank	6068765	20000530
Porous pavement for water quantity and quality management	6767160	20040727
Method for pre-engineering a system for environmental control of storm water	7780855	20100824
Electrochemical system and method for the treatment of water and wastewater	8460520	20130611
Continuous method of realisation of works underground, tunnels and excavations in general with works of consolidation, permeabilisation and drainage obtained through guided perforations	2004 - 0144003	20040729
Continuous method of realization of works underground, tunnels and excavations in general with works of consolidation, permeabilization and drainage obtained through guided perforations	6893188	20050517
Underground water storage tank	2007 - 0267418	20071122
Double walled underground storage containers for fluids such as heating oil which endanger the ground water and a method for their manufacture	4408420	19831011
Water-tight riser for underground storage tank manway	5595456	19970121

<표 2.3.4> 미국 특허현황(계속)

발명의 명칭	등록번호	일자
Auxiliary drainage system for eliminating water problems associated with a foundation of a building	4523875	19850618
Drainwater/sewage treatment installation for producing electrical power and for regulating a hydraulic flow	5389821	19950214
Method and device for keeping outfall drainage in service during sewerage construction	5743676	19980428
Underground alluvial water storage reservoir and method	2002-0172559	20021121
Water storage reservoir for an underground watering system	2003-0052183	20030320
Water storage reservoir for an underground watering system	6659368	20031209
Underground alluvial water storage reservoir and method	6840710	20050111
Method of increasing reservoir permeability	8287050	20121016
Clean water and clean air project (brine): method of water treatment, chemical production, and underground energy storage	2011-0214986	20110908
Method of recovering bitumen from a tunnel or shaft with heating elements and recovery wells	2009 -0139716	20090604
Method of collecting hydrocarbons using a barrier tunnel	7644769	20100112
Support molding for an underground water storage or attenuation structure	D595567	20090707
Maintaining dynamic water storage in underground porosity reservoirs	2008-0072968	20080327

다. 일본 특허

<표 2.3.5> 일본 특허현황

발명의 명칭	등록번호	일자
발전소의 취·방수로의 제패 장치	1995-224418	19950822
방수로의 제패 장치	1995-259061	19951009
발전소취 방수로의 패회수 장치	1995-331638	19951219
지하 방수로 장치	1997-158300	19970617
사이펀 방수로에 관한 장치	2000-154800	20000606
방수로 건조 어린이 터번	3107263	20041201
해수 방수로의 발포 방지 구조	2002-239304	20020827
방파형 방수로 및 그것을 이용한 임해 플랜트	2005-172684	20050630
저류조내 액체의 소용돌이 발생 방지 장치	1993-278787	19931026
빗물 저류조에의 빗물 도입 방법 및 그 장치	1995-207714	19950808
빗물 일시저류조 및 그 구축에 사용 하는 콘크리트제의 문형블록	1996-113974	19960507
저류조에 겸용시키는 강관 말뚝의 방식 설비 공사법	1994-081340	19940322
빗물 일시 저류조 및 그 구축에 쓰는 콘크리트제의 문형 블록	1997-279669	19971028
마찰재 저류조 부설 면진 지지 장치	2001-208130	20010803
빗물 저류조 및 그 구축 방법	2005-240507	20050908
저류조내 액체의 소용돌이 발생 방지 장치	1993-278787	19931026
대심도 연속 지중 벽용 철근의 접속 구조	1996-246443	19960924
대심도 대응의 연약 지반의 개량 공법	1996-296221	19961112
대심도 굴착용 릿파	1995-102589	19950418
대규모·대심도 대응의 자립 오펜 컷공법	1995-173847	19950711

<표 2.3.5> 일본 특허현황(계속)

발명의 명칭	등록번호	일자
초대구경 대심도 수직항 구축 방법 및 구축 장치	1998-140968	19980526
대심도 지하배수 시설 및 배수 펌프	1998-072861	19980317
대심도 수직갱 굴삭 방법과 그 장치	1998-096389	19980414
하천 및 대심도 지하를 이용한 수상 교통 시스템 및 방재 시스템	1998-195845	19980728
대심도 지하를 이용한 급수 시스템 및 대심도 지하에서의 저유지등의 구축 방법	1998-195935	19980728
대심도 지반 개량기 및 지반 개량 공법	2000-096551	20000404
대심도 대응의 지반 개량 공법	2000-178964	20000627
대심도 지하 공동의 구축 공법	2004-124615	20040422
대심도 대구경 입갱 기계 굴착 공법	2005-030106	20050203
대심도 진공 배수·압밀 탈수 공법에 있어 스트레이너 장치 및 그 스트레이너 장치에 의한 시공 방법	2005-232721	20050902
대심도 입갱 바닥판부 홈형 접합에 의한 입갱의 급속 시공 방법	2005-282091	20051013
대심도 진공 배수·압밀 탈수 공법과 병용하는 소정호의 배수 공법	2006-057294	20060302
대심도 준설 버킷 장치 및 그 준설 표시 장치 및 그 준설 버킷 장치의 자동 운전 방법	2006-118341	20060511
대심도 입갱의 구조와 구축 방법	2006-125148	20060518
대심도 굴착토 반출 장치	2007-056475	20070308
대심도 고수압하에서의 터널 시공 방법	2010-031556	20100212
대심도 인공용 준설 버킷 장치의 표시 장치 및 그 준설 버킷 장치의 운전 방법	2010-248907	20101104
대심도 준설 공법 및 그 장치	2001-132011	20010515
대심도 대응형 샘플러	2001-140579	20010522
대심도 압기 잠함에 있어서 호흡 시스템	2003-147776	20030521
대심도 보링 구멍내 계측 장치의 설치 시스템	2004-308197	20041104
단선 및 직선로 및 대심도 터널 고속 지하 전기철도	2011-109763	20110602

발명의 명칭	등록번호	일자
집합 주택용 배수 방법 및 그 설비 및 그것에 사용하는 저류조	1996-296256	19961112
자갈사이 저류조를 이용한 융설 설비	1997-111731	19970428
저류조 및 배출 호퍼(hopper) 및 물품의 자동 반송 장치	1994-144586	19940524
빗물 저류조 기구	1999-061896	19990305
액체 비료 저류조에 있어서 정화 교반 장치	3064727	19990929
방수로의 부유거품 제거 장치	1993-022092	19930323
방수로의 분리 장치	2012-052406	20120315
인공 방수로	1995-062632	19950307
하수 협잡물의 저류조	1993-033384	19930209
침강 농축 장치의 저류조 내에 있어서의 침전물 층의 비중과 계면 위치와의 검지 방법 및 장치	1993-306985	19931119
알루미늄도손실용 저류조	1996-283880	19961029
폐 플라스틱 가루립체의 저류조 및 이물 제거 방법	1998-147434	19980602
저류조내 세척 장치	1999-090278	19990406
집합 주택용 배수 방법 및 그 설비 및 그것에 사용하는 저류조	1996-296256	19961112
자갈사이 저류조를 이용한 융설 설비	1997-111731	19970428
저류조 및 배출 호퍼(hopper) 및 물품의 자동 반송 장치	1994-144586	19940524
빗물 저류조 기구	1999-061896	19990305
액체 비료 저류조에 있어서 정화 교반 장치	3064727	19990929
하수 협잡물의 저류조	1993-033384	19930209
침강 농축 장치의 저류조 내에 있어서의 침전물 층의 비중과 계면 위치와의 검지 방법 및 장치	1993-306985	19931119
알루미늄도손실용 저류조	1996-283880	19961029
폐 플라스틱 가루립체의 저류조 및 이물 제거 방법	1998-147434	19980602
저류조내 세척 장치	1999-090278	19990406
하수 저류조에 있어서의 하수 공급 구조	1998-331246	19981215
지하 방수로 환기 방법 및 그 제어 장치	1998-061398	19980303
지하 방수로 환기 방법	1999-062497	19990305

라. 유럽 특허

<표 2.3.6> 유럽 특허현황

발명의 명칭	등록번호	일자
Method for producing a pipelike underground cavity, e.g. a tunnel, gallery or the like, by means of shield driving, and device for carrying out the method	205853	19861230
Process and device for measuring characteristics of geological formations in a horizontal borehole coming from an underground tunnel	242256	19871021
Method for refurbishing a tunnel drainage system	1258596	20021120
Method for constructing underground waterproof tunnels with a concrete inner shell	1267035	20021218
Prop for use in underground mining or tunnel construction	824633	19980225
Hydrocolloids and hydrocolloid mixtures as additives for underground construction eg tunnels construction	846842	19980610
Underground structural work, particularly for building tunnels, underpasses, carparks and the like, a process for its production and a prefabricated element for such structure	861355	19980902
Tunnel drainage system	1091088	20010411
Drainage system for use in tunnels	1035300	20000913
Tunnel drainage system	722038	19960717
Beam with parallel belt, in particular for the extension of underground galleries and tunnels	1505253	20050209
Safety inner wall for underground structures, especially tunnels	1072289	20010131
A method for drilling an underground tunnel	1094198	20010425
Special tubing for lining an underground tunnel	1170461	20020109
Process to prevent the formation of scale deposits in tunnel drainage systems	1528222	20050504
Device for sealing the walls of underground tunnels	1785581	20070516
Method and device for constructing an underground tunnel	1028226	20000816
Process for preparing setting and binding materials used in mining, tunneling, for galleries and/or for underground constructions from waste products	1060854	20001220
Orientation system and method for use in underground mining and tunnel construction	1567828	20050831
Underground track replacement in tube tunnels	1775381	20070418

<표 2.3.6> 유럽 특허현황(계속)

발명의 명칭	등록번호	일자
Closed tunnel liner, especially for underground galleries	47897	19820324
Overhead wire for electrical railways, particularly underground railways, in a tunnel	111730	19840627
Apparatus for providing an underground tunnel	343800	19891129
Method of forming underground passage and tunnel excavator	393197	19901024
Apparatus for providing an underground tunnel	319527	19910102
An apparatus for forming an underground tunnel	2229505	20100922
Measurement of underground structures, in particular for underground tunnelling, with consoles	2256457	20101201
Method for constructing an underground tunnel or hole to create an impervious plug for the storage of hazardous, particularly radioactive, waste	2313614	20110427
Measurement of underground structures, in particular for underground tunnelling, having change plates	2325601	20110525
Method and device for leading in an underground micro-tunnel pipes	2423559	20120229
Process for preparing setting and binding materials used in mining, tunneling, for galleries and/or for underground constructions from waste products	1060854	20001220
Storm water retention chambers	1867794	20071219
Rain water treating device in combined sewage, and backwashing method therefor	1380330	20040114
Filter	1563887	20050817
Cleaning of fluids using filtration	1764142	20070321
Secure underground collection, accumulation and storage system for water (the "system")	1483455	20041208
Foldable weather-resistant textile aeration hose with airtight layer, especially for use in underground mining or in tunnel construction, in particula6r in coal mining. Method and apparatus for manufacturing such an aeration hose	393686	19901024

3. 논문동향분석

□ 논문동향조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향 및 기술수준, 주요 연구개발 주체의 연구개발 동향 등을 파악하여 본 연구기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함.

□ 검색범위, 대상, 기간을 설정하고 분석 대상 관련 keyword 도출 및 검색식 설정 및 중복 필터를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름.

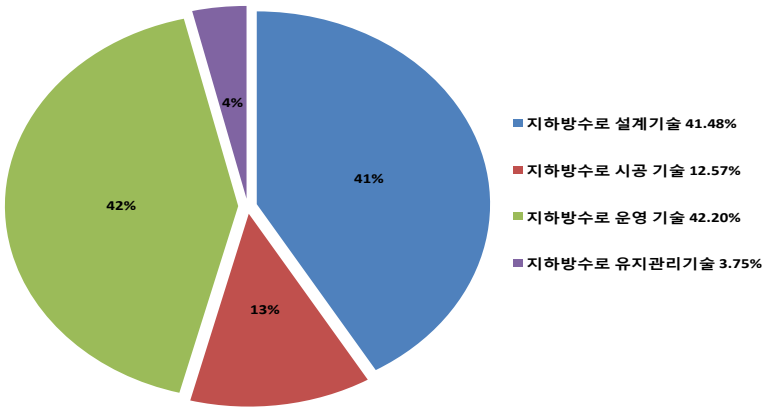
<표 2.3.7> 논문 검색식

분류	검색식
지하방수로 설계 기술	TITLE-ABS-KEY(subterra* OR tailrace* OR flood* OR waterway) AND (sewag* OR drain* OR rain* OR slug* OR oni*) AND (storag* OR resevoir* OR tunne* OR memor*) AND (design* OR analysi* AND NOT carbon* AND NOT dioxide* AND NOT ecolo*) AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1989
지하방수로 시공 기술	TITLE-ABS-KEY(subterra* OR tailrace* OR flood* OR waterway) AND (sewag* OR drain* OR rain* OR slug* OR oni*) AND (storag* OR resevoir* OR tunne* OR memor*) AND (construct* or propul or pod* AND NOT carbon* AND NOT dioxide* AND NOT ecolo*) AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1989
지하방수로 운영 기술	TITLE-ABS-KEY(subterra* OR tailrace* OR flood* OR waterway) AND (sewag* OR drain* OR rain* OR slug* OR oni*) AND (storag* OR resevoir* OR tunne* OR memor*) AND (control* or operat* or manage* AND NOT carbon* AND NOT dioxide* AND NOT ecolo*) AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1989
지하방수로 유지관리 기술	TITLE-ABS-KEY(subterra* OR tailrace* OR flood* OR waterway) AND (sewag* OR drain* OR rain* OR slug* OR oni*) AND (storag* OR resevoir* OR tunne* OR memor*) AND (observ* or watch* or superv* or validi* or restrain* AND NOT carbon* AND NOT dioxide* AND NOT ecolo*) AND DOCTYPE(ar) AND PUBYEAR > 1989

가. 주요국가 논문 동향

□ 지하방수로 관련 1990년 이후 발표된 논문은 총 3,787 건임.

◦ 분야별로는 지하방수로 설계 관련 1,571건, 지하방수로 시공 관련 476건, 지하방수로 운영 관련 1,598건, 지하방수로 유지관리 관련 142건으로 나타남.

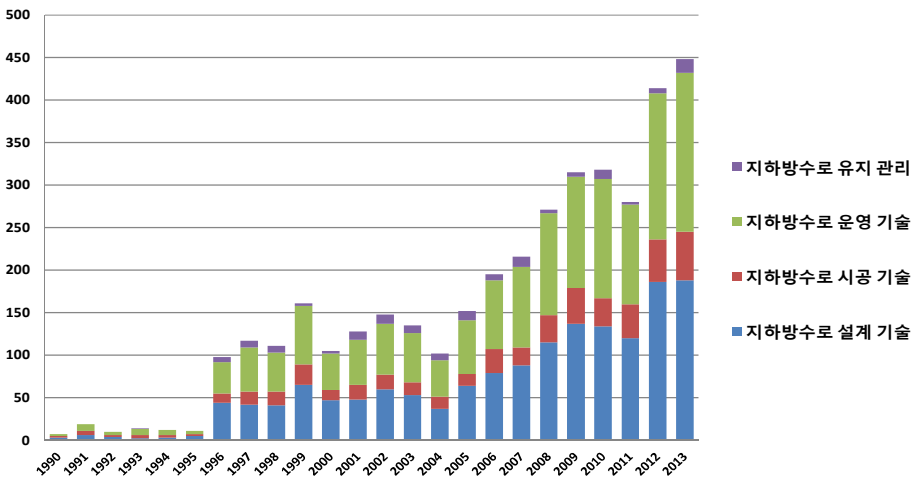


[그림 2.3.7] 지하방수로 관련 논문 분포

□ 연도별 논문발표추세를 보면, 1900년 7건에서 2013년 448편으로 지속적으로 증가 하여 연간 30편 정도 논문이 증가하는 성장세를 나타냄.

◦ 1900년부터 1995년대까지는 완만한 성장세였으나, 1996년 갑작스럽게 높은 성장률을 보이며 2005년 이후로는 급격한 증가세를 보이다 2011년 잠시 주춤한 이후 다시 성장세를 보이며 연구활동이 다시 활발해지고 있음을 확인함.

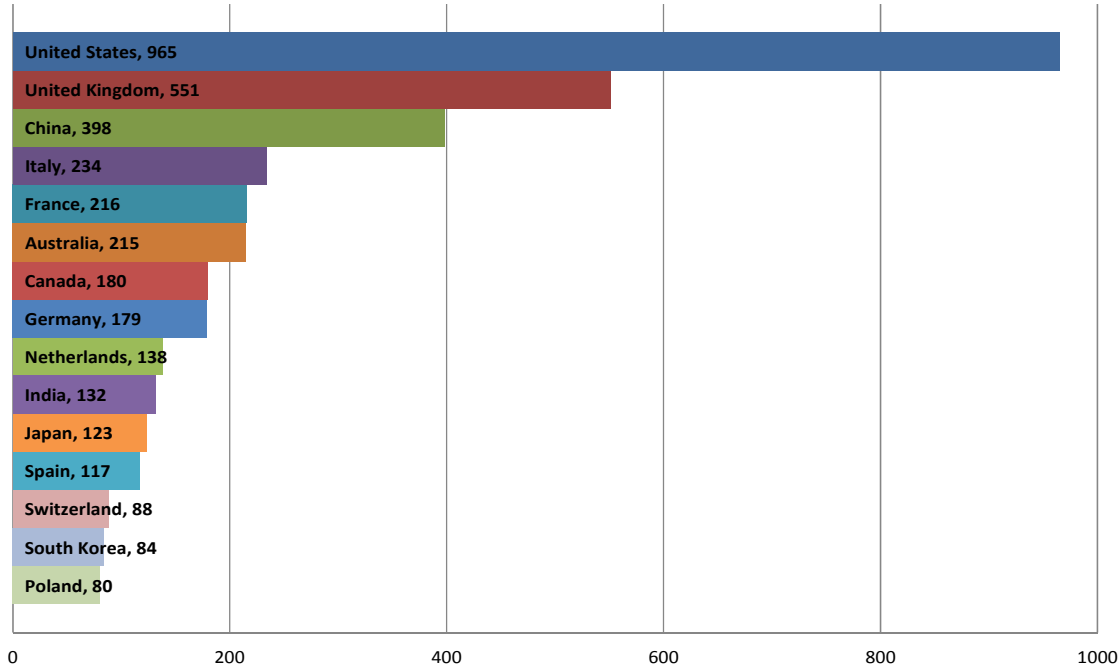
◦ 기술분야별로는 지하방수로 설계 기술, 운영 기술 관련 논문이 증가 추세를 나타내었음.



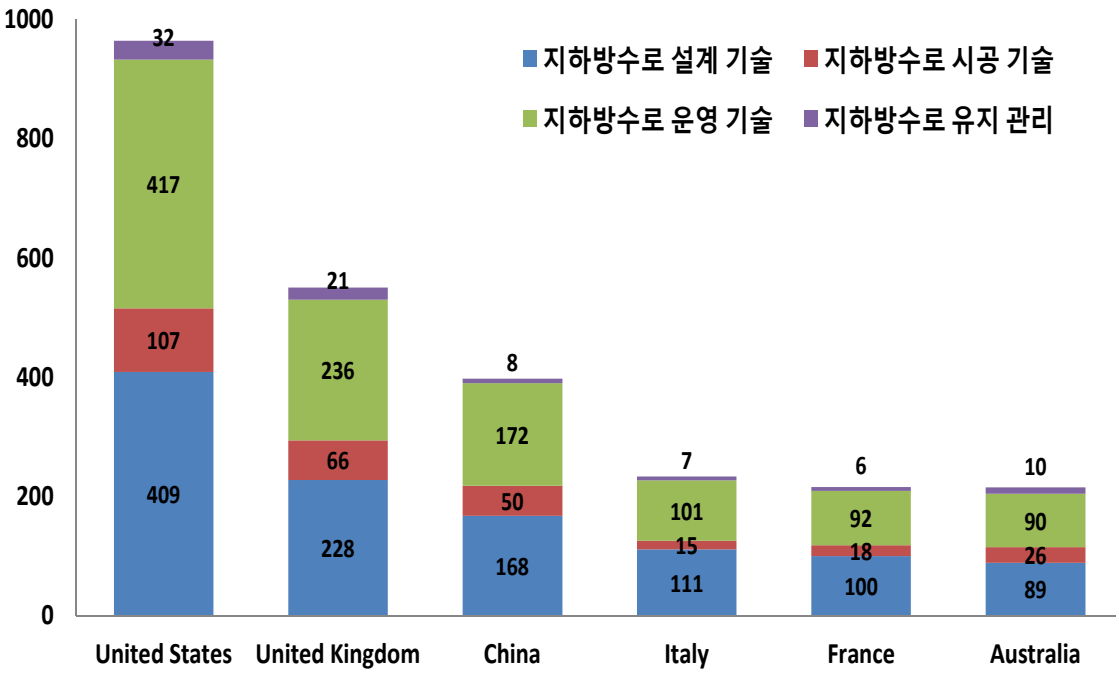
[그림 2.3.8] 국가별 논문발표 현황

□ 국가별 논문 발표 현황을 분석한 결과, 지하방수로 관련 논문을 가장 많이 발표한 국가는 미국이고, 그다음으로 영국, 중국, 이탈리아, 프랑스 순으로 나타났으며, 한국은 14위로 나타남.

□ 대체로 지하방수로 설계 기술, 운영 기술 관련 논문이 많았으며, 대체적으로 비슷한 비율을 보이는 것으로 나타남.

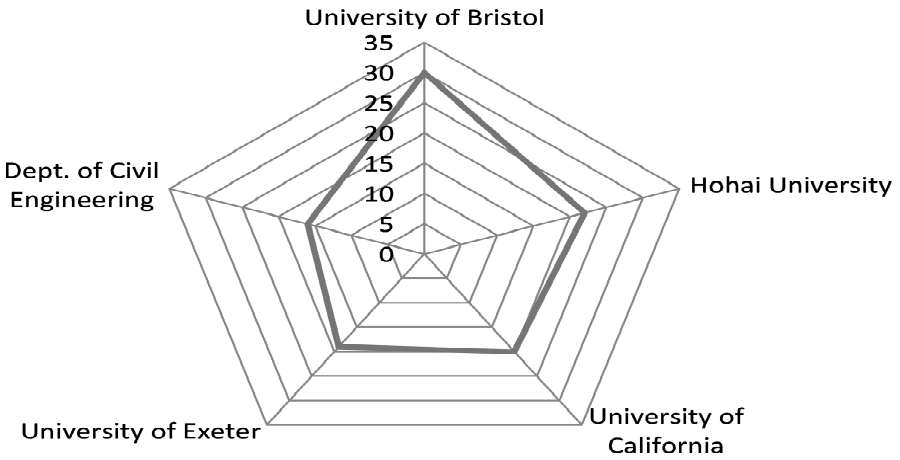


[그림 2.3.9] 국가별 논문발표 현황



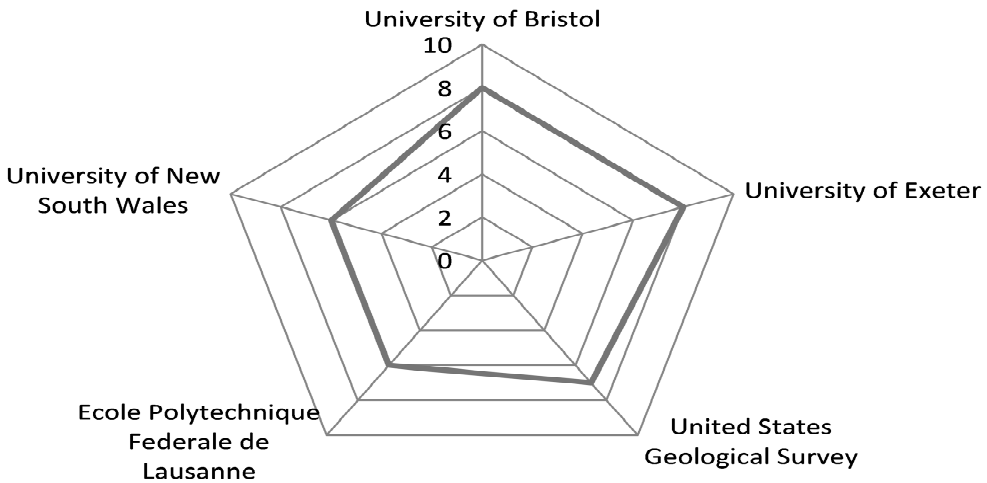
[그림 2.3.10] 국가별 주제별 논문발표 현황

□ 지하방수로 설계 기술분야의 상위 5개 기관 중 University of bristol 이 총 30편으로 가장 많은 논문을 발표 하였으며, Hohai Univ., University of california, University of exeter 순으로 나타남.



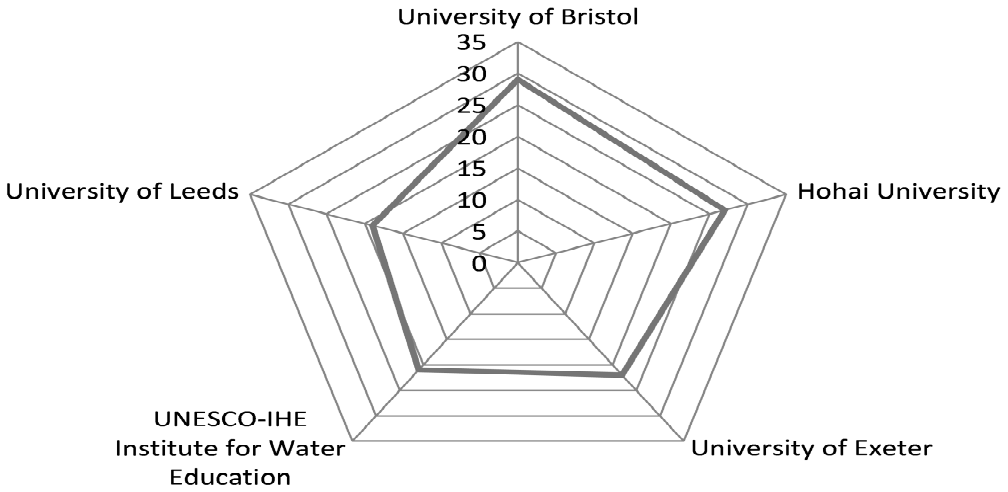
[그림 2.3.11] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 설계기술)

□ 지하방수로 시공 기술분야의 상위 5개 기관중 University of bristol 이 총 8편으로 가장 많은 논문을 발표 하였으며 University of exeter, United States Geological Survey, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, University of New South Wales 순으로 나타남.



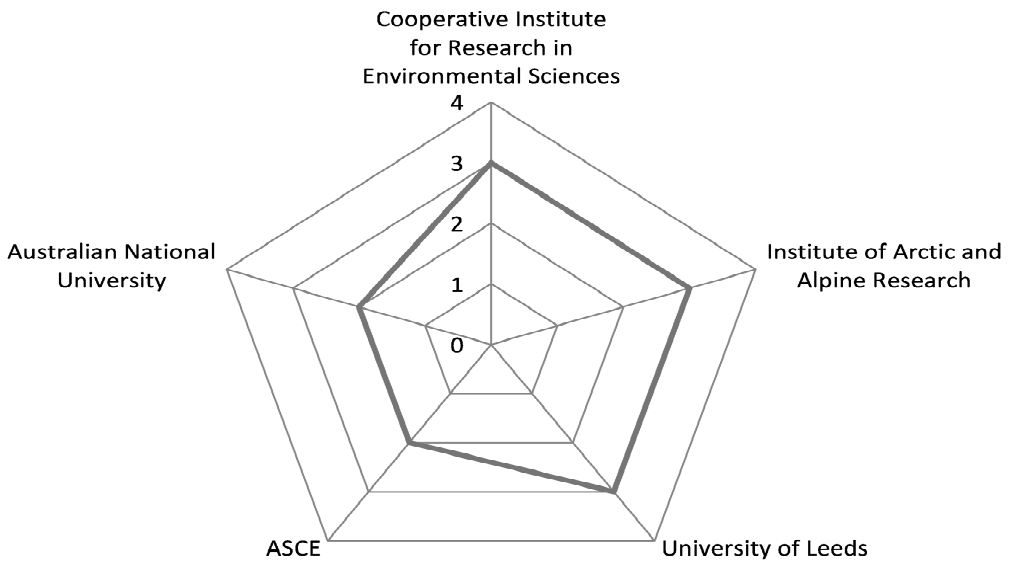
[그림 2.3.12] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 시공기술)

□ 지하방수로 운영 기술분야의 상위 5개기관중 University of bristol 이 총 29편으로 가장 많은 논문을 발표 하였으며 Hohai University, University of Exeter, UNESCO-IHE Institute for Water Education, University of Leeds 순으로 나타남.



[그림 2.3.13] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 운영기술)

□ 지하방수로 유지관리 기술분야의 상위 5개기관중 Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences 이 총 3편으로 가장 많은 논문을 발표 하였으며 Institute of Arctic and Alpine Research, University of Leeds, ASCE, Australian National University 순으로 나타남.



[그림 2.3.14] 상위 기관별 논문 발표 추이(지하방수로 유지관리기술)

나 연구 보고서

<표 2.3.8> 국내 연구현황(연구보고서)

발 행 처	연 구 명	발행년
도시홍수 재해관리기술연구단	도시하천의 배수시설 설계기술	2005
	국외 방수로 설계기준	2007
	방수로 설계 가이드라인	2008
	다목적 지하 저류지 설계 가이드라인	2008
소방방재청	내배수 홍수분담 최적화기술 개발	2009
	내배수 침수재해 저감기술 개발	2009
	내배수 홍수방재 시설물의 성능평가 및 최적 운영기술 개발	2013
한국건설기술연구원	다목적 지하저류지 설계기술 현황 조사 및 개발방향 수립	2004
	도시 내배수시설의 운영 및 유지관리 기술	2004
	도시유역 홍수유출 저감시설 설계기술	2004
	방수로 및 지하방수로 유입구 설계기술 개발	2004
	방수로(지하), 분수로 설계기술 현황 조사 및 개발방향 수립	2004
	국외 방수로 설계 기준	2007
	도시 빗물펌프장 및 유수지 설계 매뉴얼	2008
	도시 우수 배수 시설의 설계 가이드라인	2008
	수퍼제방 및 방수로 첨단 설계 기술	2009
서울특별시	빗물펌프장·수문설계 기준	1992
	빗물펌프장·수문유지관리 요령	2002
	우수유출 저감시설 타당성조사 및 기본계획	2006
	기상이변을 대비한 수방시설 능력 향상 타당성조사 보고서	2007
한국수자원공사	레이더강수를 이용한 단기강수 및 유출예측시스템 개발	2006
행정자치부, 국립방재연구소	유수지 및 배수펌프장의 효율적인 운영방안(Ⅰ)	2000
	유수지 및 배수펌프장의 효율적인 운영방안(Ⅱ)	2010

다. 국내 논문

◦ 국내 연구의 경우, 많은 논문이 내수 침수 저감을 위한 저수지에 대한 분석과 대책 방안에 대한 내용이었으며, 방수로의 유입/유출부 및 효율 개선, 홍수량 저감에 대한 연구도 활발한 것으로 조사됨.

◦ 방재성능의 증대를 위하여 국내의 경우 우수유출 저감시설과 관련된 많은 연구가 수행되어 왔으며 대표적으로 국립방재연구원의 경우 저류, 침투 시범시설에 대한 계측 수행을 통해 치수효과를 정량화하였음.

◦ 국내 연구의 경우, 2000년대 중반이후 많은 연구가 수행되었으며 2010년 전후를 최고점으로 2010년 이후 점점 늘어나고 있는 것으로 판단됨.

<표 2.3.9> 국내 연구현황(논문)

주 제	연구내용	저자/게재년
하류수위를 고려한 조정지댐 방류량 산정방안 검토	댐하류 방수로 계측을 시스템에 입력하고 방수로의 수위를 실시간으로 취득하여 방류량의 산정방법을 검토	이을래 등 2007
지하방수로 설계를 위한 적정위치 선정 및 규모결정에 관한 연구	지하방수로 설치위치에 따른 홍수위저감 효과분석 및 적정규모를 검토하기 위한 실용적인 수문□수리학적 접근방식을 제시	이종태 등 2008
지하방수로 설계를 위한 적정 위치선정 및 규모 결정에 관한 연구	하천 제방의 범람으로 연안의 침수피해가 막대할 것으로 예상되는 경우에 EAP 차원에서의 방수로 건설계획	이종태 등 2008
개수로 분기부에서의 수리학적 특성에 관한 실험적 연구	방수로 분기 조건을 다양하게 구현할 수 있는 실험 수로를 설치하여 방수로 폭을 변화시키면서 유입부분에서의 수리학적 특성을 분석	이동기 등 2006
유입구 경사변화에 따른 나선식 종경사형 유입구 수위-유량 관계 검토	나선식 종경사형 유입구의 경사변화에 따른 수위-유입량 관계를 제시	이동섭 등 2009
대심도 빗물배수터널의 접선식 유입구 흐름특성 분석	수리모형 실험의 물질적 및 시간적 한계를 극복하기 위하여 일반적으로 3차원 유체거동의 특성 분석	김정수 등 2012
유입량 변화에 따른 합류부 수위 변화에 관한 기초 연구	분수로 형태의 방수로가 일정한 합류각을 가지고 본류로 합류하는 경우 본류에서의 유황 변화 및 수위 상승 분석	이동섭 등 2012
유입량 및 합류각 변화에 따른 합류부 수위 및 유속 변화에 관한 연구	본수로와 분수로의 접근각도인 합류각을 다양한 조건에서 유량을 변화시키고 직경을 달리하여 합류부에서의 수위변화 및 유속변화에 대해 검토	이동섭 등 2013
문산천의 하구처리 개선 방안에 관한 연구	문산천 하구에서 수위 및 하상변동량 저감을 위한 궁극적인 대책으로서 새로운 문산천 방수로 건설 분석	이삼희 등 2006
저수지 취수시설 공기관내 공기량 산정식에 관한 고찰	공동현상 방지를 위해 취수시설 공기관 설계기준에 대하여 고찰	윤동균 등 2012
지하차도 부력저감을 위한 유도배수공법의 적용성	유도배수공법으로 지하수에 의해 발생하는 양압력을 효과적으로 저감	조선아 등 2013

<표 2.3.9> 국내 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
기상레이더 강우량 산정법을 이용한 유출해석	강우사상을 이용하여 레이더 관계식을 산정하고, 소유역별 보정계수를 산정. 레이더 관계식과 역거리법을 이용한 유역의 강우량 비교	김진극 등 2004
레이더 예측강우를 이용한 다중회귀 유출모형의 개발	불확실한 강우-유출과정을 예측하기 위하여 다중선형 회귀모형을 사용. 4시간 내외의 홍수예·경보 발령지점에 적용 가능성 제시	윤강훈 등 2004
도시 소유역 배수펌프장 운영 개선방안(1)-GIS기반 수문모형에 의한 홍수유출 수문곡선의 재현	도시 소유역에 위치한 배수펌프장의 운영개선 방안을 도출하기 위한 기초연구수행. GIS툴을 이용한 토지이용분석, 유출곡선지수, 홍수도달시간, 하도추적계수 등 산정	길경익 등 2005
실시간 물관리를 위한 정량적 강수예측기법에 관한 연구	실시간 통합 물관리 시스템의 일환으로 월별 일강수량 예측시스템에 관한 연구를 실시하였으며 강수진단 모형인 QPM을 이용하여 보정	오재호 등 2006
다차원 홍수피해 산정방법(II) : 적용	굴포천 방수로 사업에 대한 경제성분석을 위하여 기존 개선법과 다차원법을 적용	최승안 등 2006
서울지점 강수자료에 나타난 도시화의 간섭분석	서울지점에서 도시화의 영향을 강우자료의 분석을 통해 검증. 도시화의 영향에 해당하는 서울지점과 전주지점의 강우량 차이를 간섭모형을 이용하여 정량화	유철상 등 2007
레이더 및 강우수치 예보자료를 이용한 초단기강우-유출예측 시스템개발	최신 수자원 IT기술을 활용하여 홍수기 돌발홍수에 대응한 초단기 정량적강우-유출예측을 목적으로 분포형 유출 예측시스템 기반구축	박진혁 등 2007
우수유출저감 시설의 최적위치 결정	SCS-CN을 기반으로 유역을 적정크기의 HRU로 구분하여 D8 알고리즘을 통한 흐름해석을 수행하고 저감시설의 최적위치 및 개수를 결정	장수형 등 2008
레이더강우를 이용한 GIS기반의 분포형모형 적용성 분석	지상관측강우와 LB기법을 이용하여 보정된 분포형 레이더강우를 사용하여 홍수유출모의를 실시한 후 레이더강우를 이용한Vflo™ 모형의 정확성 및 적용가능성 검토	박진혁 등 2008
기상레이더 자료를 이용한 단시간 강우예측모형 개발	기상레이더를 이용한 단시간 강우예측모형을 개발하고, 연구결과 기상레이더를 이용한 국지성호우의 단시간강우 예측가능성을 제시	김광섭 등 2008

<표 2.3.9> 국내 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
정량강수모의를 이용한 실시간 유출예측	QPM 모의결과를 유역강수 정보로 변환하여, 장기연속 유출모형인 SSARR모형을 활용한 금강유역 내 주요지점에 대한 유량예측	강부식 등 2010
유출곡선지수를 이용한 소규모 저류시설의 유출저감효과 정량화	다양한 강우특성과 저류시설의 규모에 따라 설치전후의 NRCS 유출곡선지수 감소율을 정량화, 감소율을 나타내는 도표개발	유철상 등 2010
신경망에 의한 레이더강우 보정 및 유출해석	지상 우량계의 강우자료와 레이더 강우자료를 신경망 학습을 통하여 지상 우량계의 지점 강우의 정확성과 강우레이더 강우의 공간정보의 장점을 최대화하여 강우자료 보정	김수전 등 2010
이중 수로구조의 분배수로 내 다지점 유출유량의 균등성 평가에 관한 연구	정수장 분배수로내의 평균유속저하로 인한 플록의 침전, 유량분배의 불균등성을 해결할 수 있는 수리구조 개선안을 제안	김성수 등 2012
침수피해 저감을 위한 지하저류조 설치에 관한 연구	지하저류조 설치에 따른 유출 해석을 수행하여 월류량 발생을 저감시킬 수 있는 최적의 지하저류조 위치 및 규모 분석	최현구 등 2012
지구내 저류시설의 유출저감효과 정량화 및 적정용량 결정	시가지 유역에서 이용 가능한 지구내 저류시설의 유출 저감효과 정량화 및 지구내 저류시설설치 가능지역을 조사	박창열 등 2013
XP-SWMM을 이용한 도시하천에서의 홍수소통 능력평가	XP-SWMM 모형을 이용해 굴포천 방수로 확장에 따른 홍수소통 능력을 분석	홍준범 등 2006
홍수해 저감을 위한 문산천 하구처리의 최적방안 : 배수기장과 배수로의 도입	문산천 하구 및 문산천 합류부에서의 임진강 하도특성 등 하도형태 및 하상변동 특성에 대해 조사하고 합리적 문산천 하구 처리방안으로 하도 내배수 기장과 방수로를 제안	이삼희 등 2006
내배수시스템 실시간 운영 모형을 이용한 배수펌프장 운영기법 개발	SWMM 5.0 DLL을 이용하여 visual basic과 연계한 실시간 운영모형 개발로 펌프 운영조건에 따른 자동제어가 가능하도록 구성	이정호 등 2007

<표 2.3.9> 국내 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
도시 내배수시스템 실시간 운영모형의 개발	유수지 및 배수펌프장에서 배수효과를 반영하여 SWMM 5.0DLL과 visual basic을 연계한 도시내배수 시스템 실시간 운영모형 개발	전환돈 등 2007
FFC6 프로그램을 이용한 빗물펌프장 운영시스템 개선현황 및 도시유역 침수저감효과	FFC6 프로그램설치를 통하여 빗물펌프장으로 유입되는 우수의양을 예측하고, 이를 배수펌프운영에 활용할 수 있는 시스템을 구축	유도근 등 2010
빗물펌프장 운영시스템 개선 및 적용과 경제효과 분석	빗물펌프장 운영프로그램을 개선하여, 극한호우가 발생하였을 때 유수지의 수위를 현재시스템을 사용하는 것보다 낮게 유지	주진걸 등 2010
레이더 강우자료에 의한 홍수 예보 시스템 연구	CAPPI 프로그램 이미지 자료를 디지털 강우자료로 변환할 수 있는 레이더 영상 디지털 변환법을 개발하고, 레이더 강우자료를 분포형 모형에 적용하여 활용성을 검토	김원일 등 2008
광정 횡월류위어에서의 유량계수 특성 검토	광정 횡월류위어의 특성에 따른 산정된 유량계수의 변화에 초점을 두어 분석	이동섭 등 2008
지하방수로 설치에 따른 도시하천의 홍수저감효과 분석	도시하천을 대상으로 EAP수립을 위한 한 방안으로 계획규모를 초과하는 200년빈도 홍수에 대하여 하류부 수위 저감효과를 분석	허성철 등 2007
방수로를 이용한 치수효과 분석 (굴포천 방수로를 중심으로)	굴포천 방수로를 통한 굴포천 유역의 치수효과를 수치해석 및 실제 홍수처리 사례를 통해 분석	정의택 등 2008
화순 홍수조절지의 유입유출 구조물에 대한 수리모형실험 연구	저류지 운영시간동안 일정홍수량만을 배제해야 할 상황에 대해 설계의 적정성을 수리모형실험을 통해 검토	이상화 등 2012
사천만 방수로가 남강댐 하류의 홍수량 저감에 미치는 영향 평가를 위한 분포형 모형의 적용	분포형 강우-유출모형인 GRM (Grid based rainfall-runoff model)을 이용한 남강댐 하류유역의 홍수량저감 분석	최천규 등 2012
나선형 와류 유입구에 관한 수치적 연구	유입구 내부 낙차부의 에너지 감세 효율을 낙차부 길이 방향에 따른 총 수두 변화로 검토	김명환 등 2013

라. 국외 논문

◦ 국외 연구의 경우, 2000년대 중반이후 많은 연구가 수행되었으며 2008년을 최고점으로 2010년 들어서는 감소하고 있는 것은 이미 연구의 진행정도가 완성단계에 도달한 것이 주요한 원인으로 추측됨.

<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문)

주 제	연구내용	저자/게재년
Operating conditions and efficiency of underground drainage systems	초기수율에 미치는 시간에 따른 지하배수 시스템의 효율을 고려한 최적운영	Dobrin et al. 1974
Integrated design and analysis of drainage systems, including sewers, treatment plant and receiving waters	도시배수 시스템의 통합설계 및 하수도, 처리장 및 수역 등의 배수시스템의 분석	Harremoës et al. 1996
The study of seepage forces acting on the tunnel lining and tunnel face in shallow tunnels	얕은 터널에서 터널 라이닝 및 터널면에 작용하는 침투 세력의 연구	Lee et al. 2001
A web-based tunneling-induced building/utility damage assessment system: TURISK	터널링 수행시, 건물의 손상평가 예측을 수행하고, 심각한 피해를 방지하기 위해 체적손실에 대한 극한값을 결정할 수 있는 매개변수 값을 제시	Yoo et al. 2003
Supercritical flow in sewer manholes	현행 배수시스템에서의 하수도 맨홀의 초임계 흐름분석	Hager et al. 2005
Three-dimensional numerical investigation of multifaced tunneling in water-bearing soft ground	간극수압 유한요소모델을 이용하여 연약지반인 말뚝지지구조물 아래에서 터널링을 수행한 후 지하수와 터널링 사이의 상호적 관계를 제시	Yoo et al. 2008
An integrated assessment method of urban drainage system: A case study in Shenzhen City, China	AHP를 기반으로 한 도시배수 시스템의 통합 평가방법 제시	Dong et al. 2008
Multi regression analysis of water quality characteristics in lowland paddy fields	저지대 논 수질 특성을 고려하여 정량적 관개 시설의 다중 회귀 분석	Tasuku et al. 2012

<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
Effect of drainage conditions on porewater pressure distributions and lining stresses in drained tunnels	배수 터널 기공, 물, 압력분포 및 라이닝 스트레스 배수조건의 영향에 관한 연구	Ponlawich et al. 2008
Case studies of groundwater flow into tunnels and an innovative water-gathering system for water drainage	터널의 지하수 흐름과 배수를 위한 혁신적인 물 수집 시스템 연구 사례	Li et al. 2008
Using tracer tests and hydrological observations to evaluate effects of tunnel drainage on groundwater and surface waters in the Northern Apennines (Italy)	지하수와 지표수에서의 터널 배수의 효과를 평가하기 위한 추적 검사 및 수문 관측에 관한 연구	Valentina et al. 2009
Hydraulics of Tangential Vortex Intake for Urban Drainage	수직구에서의 안정된 흐름 유도를 위한 설계 가이드라인 제공	Yu et al. 2009
A model coupling discrete and continuum fracture domains for groundwater flow in fractured media	저수지 유역에서의 지하수 흐름을 분석할 수 있는 개별 네트워크 유체흐름 분석	Wang et al. 2004
Use of digital elevation models and drainage patterns for locating active faults in the Upper Gangetic Plain, India	DEM 모델 및 배수패턴을 사용한 유역의 active faults 분석	Bhosle et al. 2009
Rainfall induced instability of mechanically stabilized earth embankments	강우에 의한 지구제방의 불안정에 대해 분석	Roy et al. 2009
Adaption to Extreme Rainfall with Open Urban Drainage System: An Integrated Hydrological Cost-Benefit Analysis	비의 홍수 위험과 극단적인 강우에 대처하는 적응 능력을 통한 도시 치수 모델링 및 정량적 홍수위험 방식 제시	Zhou et al. 2013
Geographic information system(GIS)-aided per-segment scene analysis of multitemporal spaceborne synthetic aperture radar (SAR) series with application to urban areas	지리정보 시스템의 데이터 사용한 기초한 세그먼트 접근법의 제안	Trianni et al. 2010

<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
Monitoring and analysis of effects of drainage tunnel on crushed-rock slope	모니터링 및 분쇄 된 바위 경사면에 배수 터널의 효과 분석	Sun et al. 2008
How geographical information systems and remote sensing are used to determine morphometrical features of the drainage network of Kastro (Kasatura) Bay hydrological basin	지리정보 시스템과 원격탐사를 이용한 카스트로베이 수문유역의 배수 네트워크기능을 결정	Akar et al. 2009
Image analysis of soil failure on defective underground pipe due to cyclic water supply and drainage using X-ray CT	주기적인 물 공급 및 배수에 의한 결함이 있는 지하 배관의 토양 실패의 이미지 분석	Mukunoki et al. 2012
Interaction between Tunneling and Groundwater—Numerical Investigation Using Three Dimensional Stress-Pore Pressure Coupled Analysis	가상의 터널링 상태에 대한 분석에 대한 3차원 응력-공극수의 결과에 기반을 둔 터널링과 지하수 사이의 상호 메커니즘을 검토	Yoo et al. 2005
Two-dimensional shallow-water model with porosity for urban flood modelling	도시홍수를 고려하기 위해 2차원 모델을 사용하여 영향분석 및 대규모 실험을 통한 응용프로그램에 의해 증명	Soares-Frazao et al. 2008
A new algorithm to calculate weighted flow-accumulation from a DEM by considering surface and underground stormwater infrastructure	WASI(Weighted Adaptive Stormwater Infrastructure)라는 새로운 알고리즘을 제시하여 표면유출의 가중흐름을 축적 및 계산	Choi et al. 2012
IT-based tunnelling risk management system (IT-TURISK) -Developmen tand implementation	GIS와 ANN 기술의 뼈대로 개발된 IT-based tunnelling induced risk assessment system(IT-TURISK)의 제시	Yoo et al. 2006
Groundwater assessment through an integrated approach using remote sensing, GIS and resistivity techniques: a case study from a hard rock terrain	원격탐사, GIS기술을 사용하여 통합된 접근방식을 통해 지하수 평가	Pankaj et al. 2006
The underground sewer drainage design analysis of highway subgrade under evaporation	증발 및 배수를 고려한 지하 하수도 배수 설계 분석	Liu et al. 2013

<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
The Quality of Infiltrated Water Through Porous and Conventional Asphalt Pavements	기존 배수시스템에서 오는 다공성 포장 도로의 출구에서 수집된 유출 해역의 오염물질 부하량 비교	Legret et al. 2007
Dam-break flow through an idealised city	도시에서의 흐름과 속도의 영향을 조사하고 사격형 도시레이아웃 및 흐름방향을 고려한 분석	Soares-Frazao et al. 2008
Physical Modification to Improve a Channel's Flow Distribution	Baffle을 활용한 개량하도에 적용했을 때 기존 하도보다 30% 분배효율이 향상됨.	Lee et al. 2012
Tunneling performance prediction using an integrated GIS and neural network	GIS-ANN 방법의 터널링예측을 통해 의사결정을 효과적으로 사용될 수 있음을 증명	Yoo et al. 2007
Impacts of climate change on urban drainage systems -a case study in Fredrikstad, Norway	CSOs, 표면홍수, 지하홍수를 고려한 도시배수 시스템에 대한 기후변화의 영향을 분석	Nie et al. 2009
Seepage behavior of drainage zoning in a concrete faced gravel-fill dam via centrifuge and numerical modeling	원심 분리기 및 수치 모델링을 통한 댐의 배수 구역의 누수 문제를 분석	Choll et al. 2013
Error propagation analysis of DEM-based drainage basin delineation	DEM을 고려한 GIS유역 묘사를 몬테카를로 기반분석을 통한 불확실성 분석	Oksanenet al. 2005
Interaction between tunnel engineering and water environment	터널공학, 수질환경 사이의 상호작용에 관한 연구	Jiang et al. 2005
Hydraulic model study of the Tai Hang Tung Storage Scheme	극한 강우를 고려한 지하저장 탱크 건설에 대한 분석	Lee et al. 2008
Agrarian landscapes linear features detection from LIDAR: application to artificial drainage networks	환경문제를 고려한 선형기능 매핑에 대한 공중 LIDAR 데이터의 사용을 평가	Bailly et al. 2008
Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding	도시 유역에서의 홍수 모델링을 위한 오버랜드 흐름과 경로에 대한 분석	Maksimovic et al. 2009

<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
Evaluation of drainage tunnel effectiveness in landslide control	사면 경사지에서의 강우의 침수를 고려한 산사태 관리의 효과적인 방법에 대한 연구	Sun et al. 2010
Cleaner production for environmentally conscious manufacturing in the foundry industry	지속 불가능한 자원활용에 이르는 환경에 부정적인 관련 분야를 분석	Fore et al. 2010
Flood risk management for the riverside urban areas of Hanoi:The need for synergy in urban development and risk management policies	도시개발과 위험 관리 정책의 시너지 효과에 고려한 도시 지역 홍수 위험 관리	Hung et al. 2010
Stakeholder Management for Sustainable Development Implementation: The Case of a Sustainable Urban Drainage System	참여 이해관계자 및 상호작용, 프로세스의 복잡성을 고려한 지속발전 가능한 도시배수 시스템 설계	Kennedy et al. 2011
Stability analysis of the slope around flood discharge tunnel under inner water exosmosis at Yangqu hydropower station	IWE(Inner water exosmosis) 현상에 의해 영향을 받는 방수터널의 기울기의 수치해석 및 안정성 평가	Tao et al. 2013
Overview of urban drainage: environmental impacts and concerns, means of mitigation and implementation policies	환경에 미치는 영향을 고려한 도시배수시스템 구현 및 정책 수립	Ellis et al. 1996
The construction of a drainage tunnel as part of glacial lake hazard mitigation at Hualcán, Cordillera Blanca, Peru	페루에서 빙하 호수 위험 완화의 일환으로 배수 터널 건설에 관한 연구	Reynolds et al. 1998
Deformation behaviour of tunnel face reinforced with longitudinal pipes-laboratory and numerical investigation	수리모형 실험과 3차원 유한요소 해석을 통하여 수직파이프로 보강된 터널면의 변형거동에 대한 실험 및 수치적 연구의 결과를 제시	Yoo et al. 2003
Adaptive neuro-fuzzy inference system for prediction of water level in reservoir	수위예측 시스템을 위한 새로운 neuro-fuzzy model의 사용을 제안, 저수지 관리를 위해 적응형 네트워크를 기반으로 하는 fuzzy inference system(ANFIS)의 적용성과 실용성 조사	Chang et al. 2006

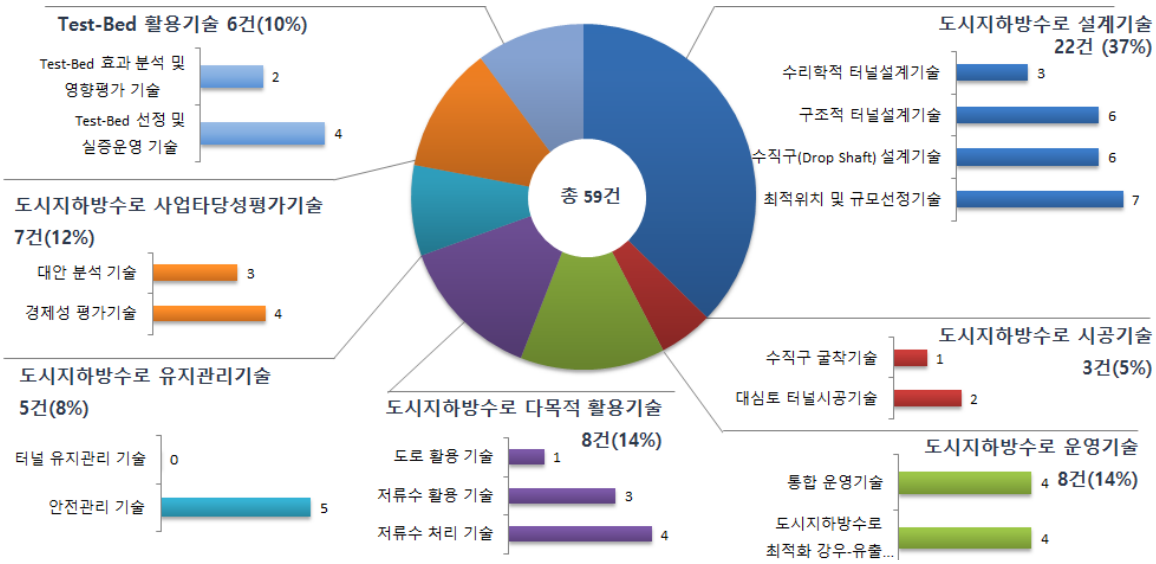
<표 2.3.10> 국외 연구현황(논문-계속)

주 제	연구내용	저자/게재년
Sust Best Management Practice: A Sustainable Urban Drainage System Management Case Study	물관리 프로젝트 3단계를 고려한 지속가능한 도시배수 시스템 관리 사례 연구	Scholz et al. 2006
Hydrofracturing in-situ Stress Measurement and Analysis for Drainage Tunnel Project in Hong Kong Island	원위치 수압 파괴법의 응력 측정 및 홍콩 섬에 있는 배수 터널 프로젝트에 대한 분석	Yin et al. 2006
The floods in Bari: What history should have taught	이탈리아 바리에서의 역사적인 홍수를 최근의 홍수와 비교, 분석	Mossa et al. 2007
Doing the first loop of planning for sustainable urban drainage system retrofits: A case study from Odense, Denmark	수문, 환경, 사회 문화적 측면의 연구를 고려한 지속가능한 도시배수 시스템 계획	Fryd et al. 2010
The Impact of Stormwater Treatment and Best Management Practices on Nutrient Concentration in the Florida Everglades	플로리다 에버글레이즈 지역에서의 빗물 처리 및 최적 관리 방법 분석	Entry et al. 2013
Experimental analysis of the water table of a beach equipped with a drainage system	배수시스템을 갖춘 물 테이블의 실험 분석	Giancarlo et al. 2005
Testing and statistical analysis of the performance of a pipe drainage system: A case study in north-eastern Italy	북동부 이탈리아의 사례 연구를 통한 도시 배수시스템의 성능에 대한 통계 분석	Borin et al. 1991
Description of the Tous Dam break case study (Spain)	홍수 모델 개발 및 검증을 위한 사례 연구와 댐 붕괴에 관한 연구	Alcrudo et al. 2007
Modeling water balance for the small-forested watershed in Korea	한국의 남부에 있는 산림유역의 물균형 모델의 성능을 하천유량, 증발산량, 지하수의 흐름을 고려하여 분석	Combalicer et al. 2008
Large-scale morphodynamic experiments on a beach drainage system	해변 배수시스템에 대규모의 morphodynamic 실험을 통한 대수층표면에 있는 동시에 동작하는 2개의 드레인을 분석	Ciavola et al. 2011
impact assessment of urban wet-weather sewer discharges on the Vernavola river (Northern Italy)	Vernavola 강에서의 우기시 하수배출의 영향을 평가하고 도시배수 시스템의 복잡성을 고려한 측정 및 수치모델링	Todeshini et al. 2011

제 4 절 기술수요조사 및 기술예측 · 수준조사

1. 기술수요조사

□ 기술수요조사 결과 분류



[그림 2.4.1] 분야별 기술수요조사 회신 기술 건수

◦ 대분류 기술분야별 제안기술

: 미개발 기술 분류 중 개발의 필요성이 높은 기술 제안

<표 2.4.1> 도시지하방수로 설계기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
최적위치 및 규모선정기술	최적 위치선정을 위한 도시 배수시스템 분석 기술	지하방수로 최적위치 선정을 위한 도시 배수시스템 성능평가 및 최적화 기술
	침수 예측 기술	집중 호우 발생에 따른 침수예측 모델의 개발
		집중호우 발생에 따른 도심지 침수예측 시뮬레이션 기술
	기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정 기술	불확실성 분석과 비정상성(Non-stationary) 빈도해석을 통한 최적 설계빈도 설정기술
	강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정 기술	강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적규모 결정 기술
		유입유량에 따른 최적 터널규모 산정기술
		도시 배수시스템 도달시간과 유출특성을 반영한 도시 지하방수로의 최적 규모 결정 기술

<표 2.4.1> 도시지하방수로 설계기술 분야 제안 기술(계속)

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
수직구(Drop Shaft) 설계 기술	낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술	낙차에너지 저감을 위한 에너지 감쇄시설 설계 기술
		도시 홍수 배제를 위한 수직 유입부 설계 기술
		지하방수로 유입부 설계를 위한 3차원 유동해석 기술
		유입부 공기 배출시설 설계
	유입·유출 및 조압 수직갱 설계기술	유입·유출 및 조압 수직갱 설계기술
	통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술	지하방수로 수직구 고효율/고용량 설계기술
수리학적 터널 설계 기술	공기·물 연계 이상유체 해석 기술	지하방수로 내 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 모델링 및 영향평가 기술
		지하방수로 3D 흐름해석 기술
		지하구조 접속 및 변단면부 흐름안정 설계기술
	동적 수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가 기술	미 제안
	지하구조 접속 및 변단면부 흐름 안정 설계 기술	미 제안
구조적 터널 설계 기술	수충격 하중이 고려된 터널 라이닝 설계 기술	방수로터널 우수흐름 급변동에 따른 반복하중 대응형 라이닝구조체 기술
	방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
	방수로 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	방수로 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
	터널운영에 의한 주변구조물에 미치는 영향 평가 기술	도시 지하방수로 운영 중 주변구조물 영향 평가 및 제어기술
		수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향 평가 및 제어기술
	시공 및 운영중 차폐수 설계기술	시공 및 운영 중 차폐수 설계 및 시공기술
	지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술	미 제안

<표 2.4.2> 도시지하방수로 시공기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
수직구 굴착기술	유입 수직구 급속 굴착 기술	유입 수직구 급속 굴착 및 버럭처리기술
대심도 터널시공 기술	터널 차폐수 성능 확보를 위한 시공 기술	시공 및 운영 중 차폐수 설계 및 시공기술
	대심도 장대 지하방수로 굴착기술	기계화굴착에 의한 라이닝 급속시공기술 또는 프리캐스트라이닝 시공기술
	도심지 다방향 지하근접구간 미소변형 구조체 및 지보기술	미 제안
	지속적 안정성능 확보를 위한 라이닝 재료 및 구조열화 대책기술	미 제안
	구조물 정량적 손상도평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술	미 제안
	근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술	미 제안
	접속부 및 변단면부 안정성 확보 기술	미 제안

<표 2.4.3> 도시지하방수로 운영기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술	Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측 기술	Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측기술
	Dynamic 기후모형을 통한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측 기술	Dynamic 기후모형을 통한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측기술
	수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측 기술	수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측기술
	강우예측 정확도 향상 기술	강우예측 정확도 향상기술

<표 2.4.3> 도시지하방수로 운영기술 분야 제안 기술(계속)

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
통합 운영기술	하천 수위별 방수로 하천 유량배분 기술	도시지하방수로 최적운영기술(도시지하방수로 통합 연계운영기술)
	3D 모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술	3D 통합 모델링 기법을 활용한 도시지하방수로 통합운영 시뮬레이션 플랫폼
	방수로 최적운영 의사결정지원 시스템 개발 기술	방수로 최적운영 의사결정지원 시스템 개발 기술
	수리적 운영기술	미 제안
	유입유출량 조절 운영 기술	지하방수로 저류수 배출을 위한 환경·수리학적 최적 펌프 운영기술 개발
	저류수 처리 및 재이용을 위한 운영기술	미 제안
	내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술	미 제안

<표 2.4.4> 도시지하방수로 다목적 활용기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
저류수 처리 기술	분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술	고효율 세라믹 막여과 공정기술을 이용한 저류수의 수요자 맞춤형 공급수 생산 기술
		분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술
	고도산화기법, 응집흡착을 이용한 저류수 수질개선 기술	미 제안
	저류시점 및 저류수 수질기준 수립	저류시점/기준 수립 및 저류수 수질관리기술
	초고속 고액분리 기술	초고속 고액 분리 기술
저류수 활용 기술	갈수기 초기 및 후기유입 우수 분리 기술	(갈수기) 강우시 초기 및 후기 유입수 분리 기술
	맞춤형 용수 공급 기술	맞춤형 용수공급 시스템 구축 기술
		저류수 재이용을 통한 도시 물순환시스템 체계 구축 기술
도로 활용 기술	방수로 도로활용 기술	지하방수로 도로 활용기술

<표 2.4.5> 도시지하방수로 유지관리기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
터널 유지관리 기술	터널 내부 유사 및 유송잡물 제어 및 처리 기술	미 제안
	악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술	미 제안
	유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어 기술	미 제안
안전관리 기술	구조물 손상진단, 실시간 모니터링 및 유지보수 기술	레이저 스캔 기반 3차원 형상관리를 통한 구조 안정성 모니터링 기술
		지하터널 콘크리트 라이닝 균열검출을 위한 비접촉 스캔 기반 비파괴검사 기술
		구조물 손상진단, 실시간 모니터링 및 유지보수 기술
	IT 융합 기술을 이용한 유지관리 계측 기술	무선센서네트워크 플랫폼 기반 내부 붕괴방지 모니터링 기술
	지하터널 내 압축공기 재난경감기술	지하터널 내 압축공기 재난경감기술

<표 2.4.6> 도시지하방수로 사업타당성 평가기술 분야 제안 기술

기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
경제성 평가기술	공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술	공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술
	다차원법에 의한 빈도별 홍수 피해액 산정 기술	도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해액 예측기술
	전문가 설문조사와 AHP 기법을 이용한 중요도 산정 기술	전문가 설문조사와 계층분석 기법을 이용한 중요도 산정기술
	LCC와 LCA 기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술	LCC와 LCA기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술
대안 분석 기술	지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria 도출기술	지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria 도출 기술
	MCA 기법을 이용한 최적지 선정평가 기술	MCA기법을 이용한 최적지 선정평가 기술 기술
	경제성 평가와 연계한 다기준 의사결정(MCDM) 지원 기술	경제성 평가와 연계한 MCDM지원 기술

<표 2.4.7> Test- bed 활용기술 분야 제안 기술

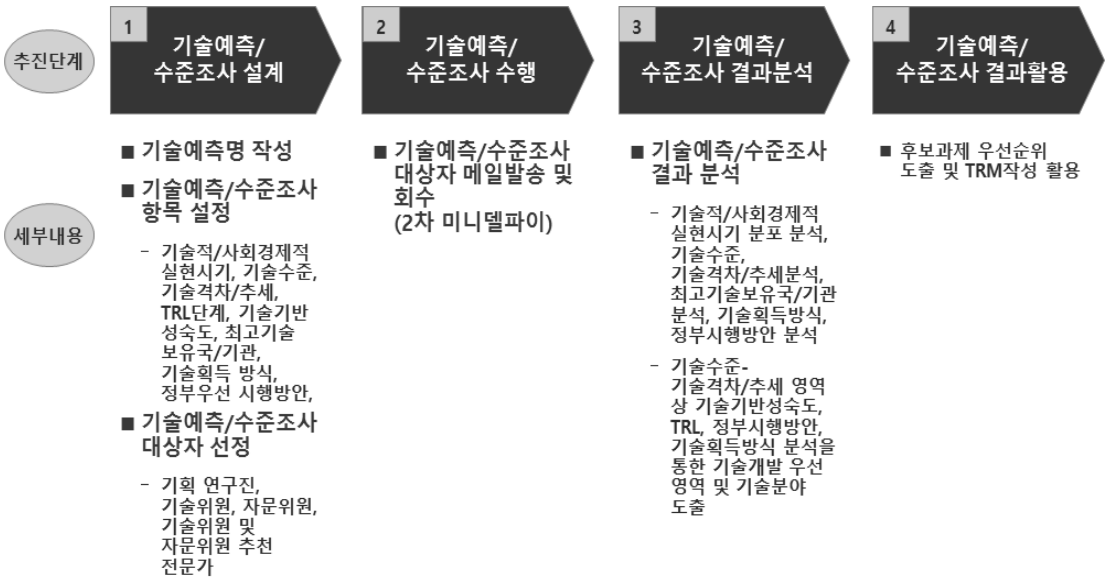
기술분류체계		제안기술
중분류	소분류	
Test-bed 선정 및 실증운영 기술	Test-bed 후보지 선정기술	Test Bed 후보지 선정 기술
	Test-bed의 스마트 그리드 구축 기술	Test Bed의 스마트그리드 구축 기술
	Test-bed 운영 최적화 기술	Simulation Test Bed 운영 최적화 기술
	시뮬레이션 Test-bed 구축 및 활용 기술	Simulation Test Bed 구축 및 활용 기술
Test-bed 효과 분석 및 영향평가 기술	Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	Simulation Test Bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술
	Test-bed에 대한 사후 영향 및 효과 분석 기술	Test Bed에 대한 사후 영향 및 효과 분석 기술

2. 기술예측/수준조사

가. 개요

□ 기술예측/수준조사 목적

◦ 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여 과제우선순위 평가를 수행하기 위한 기초자료로 활용함.



[그림 2.4.2] 기술예측/수준조사 절차

□ 기술예측/수준조사 활용

◦ 기술예측/수준조사 결과를 활용한 기술동향 및 환경분석 보완

◦ 향후 수행과제 선정에 활용

◦ TRM작성에 활용

□ 기술예측/수준조사 발송 및 응답 결과

◦ 기술예측/수준조사는 내부 기획연구진, 기술위원, 기술위원 추천 전문가를 대상으로 이메일을 통한 2차에 걸친 미니델파이 방법으로 조사함.

<표 2.4.8> 기술예측/수준조사 발송 및 응답 결과

구분	내용
조사기간	- 1차 : 2014년 3월 5일 ~ 3월 7일 - 2차 : 2014년 3월 10일 ~ 3월 11일
조사대상	- 내부 기획연구진, 기술위원, 자문위원, 그 외 추천 전문가
조사방법	- 이메일을 통한 2차 미니델파이조사
응답	- 38명(기업 : 9명, 대학 : 27명, 연구기관 : 1명, 기타 : 1명

□ 기술예측/수준조사 조사항목

◦ **'기술적 실현시기'**는 2013년 기준, 해당기술의 기술적인 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초의 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)임.

◦ **'사회경제적 실현시기'**는 2013년 기준, 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점(Single Point Time)임.

◦ **'최고기술보유기관'**은 '14년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가 및 기관임.

◦ **'국내 기술수준'**은 '14년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임.

<표 2.4.9> 기술수준평가 기준

기술수준	설명
100%	- 독보적 세계 최고
81% ~ 99%	- 기술 분야를 선도
61% ~ 80%	- 선진기술의 모방개량이 가능
41% ~ 60%	- 선진기술의 도입적용이 가능
1% ~ 40%	- 연구개발능력이 취약
0%	- 우리나라에서 관련 연구가 전혀 진행되고 있지 않음

◦ **'기술격차'**는 국내 기술수준이 세계최고기술에 도달하기까지 소요되는 시간(단위:년)임.

◦ **'기술격차추세'**는 세계 최고기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점척도로 제시함.

<표 2.4.10> 기술격차추세 평가 기준

구분	설명
5	- 최고기술과 기술격차가 "빠르게 확대 중"
4	- 최고기술과 기술격차가 "확대 중"
3	- 최고기술과 기술격차가 "유지되고 있음"
2	- 최고기술과 기술격차가 "축소 중"
1	- 최고기술과 기술격차가 "빠르게 축소 중"

◦ **'기술기반 성숙도'**는 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점척도로 제시함.

<표 2.4.11> 기술기반 성숙도 평가 기준

구분	설명
5	- 세계선도 연구인력 및 장비 등 확보
4	- 최고기술보유국과 동등한 수준
3	- 최고기술보유국보다 낮지만 자체연구개발 수행가능 인력 장비 확보
2	- 국내 관련 연구인력, 장비가 매우적어 해외협력연구가 필요한 수준
1	- 국내 관련 연구인력, 장비 인프라 전무

◦ **'연구개발단계'**는 해당 기술의 국내외 연구개발단계를 나타내는 지표임.

<표 2.4.12> 연구개발단계 평가 기준

연구개발 단계	설명
기초	- 특수한 응용 또는 사업을 직접적 목표로 하지 아니하고 자연현상 및 관찰가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위하여 행하여지는 이론적 또는 실험적 연구 단계
응용	- 기초연구의 결과 얻어진 지식을 이용하여 주로 실용적인 목적과 목표 하에 새로운 과학적 지식을 획득하기 위하여 행하여지는 독창적인 연구 단계
개발	- 기초연구·응용연구 및 실제 경험으로부터 얻어진 지식을 이용하여 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, 이미 생산 또는 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위하여 행하여지는 체계적 연구 단계

◦ **'TRL(기술성숙도)'**는 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표임

<표 2.4.13> TRL 평가 기준

기술성숙도 단계	설명
1단계	- 기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계
2단계	- 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계
3단계	- 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계
4단계	- 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계
5단계	- 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
6단계	- 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계
7단계	- 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이뤄지는 단계
8단계	- 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계
9단계	- 사업화가 완료된 단계

◦ **'정부우선시행방안'**은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책으로 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

<표 2.4.14> 정부우선시행방안 구분

구분	설명
인력양성	- 해당기술에 인력이 절실히 부족하여 인력양성을 위한 정책적 지원 필요
협력교류 활성화	- 기술의 성격상 다학제적 연구 또는 산학연 및 국제공동연구가 필요하며 협력교류 활성화를 위한 정책적 지원 필요
인프라구축	- 기술 개발을 위해 설비투자 등의 인프라구축이 필요
연구비확대	- 기술 개발을 위해 연구개발비 확대 및 신규 투자가 필요
제도개선	- 규제 완화/정책 수립/법규 제정/표준화 지원 등 연구개발을 촉진하기 위한 제도의 수립 또는 개선이 필요

나. 기술예측조사 결과

□ 국내외 기술적·사회경제적 실현시기 분포

◦ 총괄

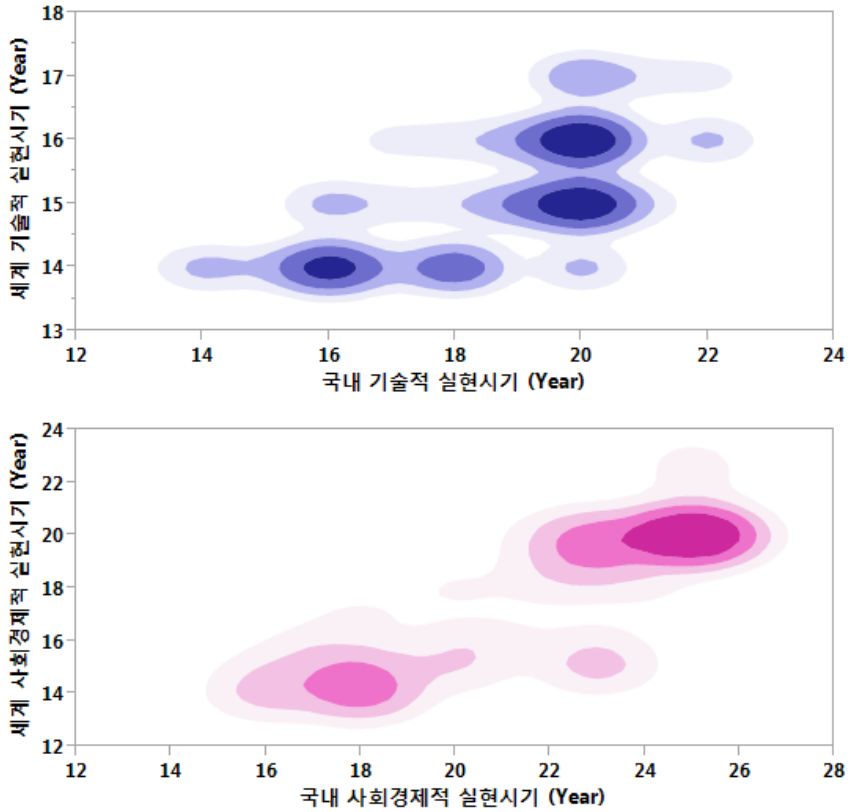
· 해외는 '14, '15, '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, '17년까지 도시지하방수로 건설기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 '16년에 10건을 비롯하여 '20년에 27건의 기술이 실현될 것으로 전망되고, '22년까지 도시지하방수로 건설기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 '20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, '23년까지 도시지하방수로 건설기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 '25년에 23건의 사회경제적 기술실현을 비롯하여 '18년과 '23년에 기술의 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, '25년까지 도시지하방수로 건설기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내와 해외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 5년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.3] 기술적 · 사회경제적 실현시기(종괄)

◦ 도시지하방수로 설계기술분야

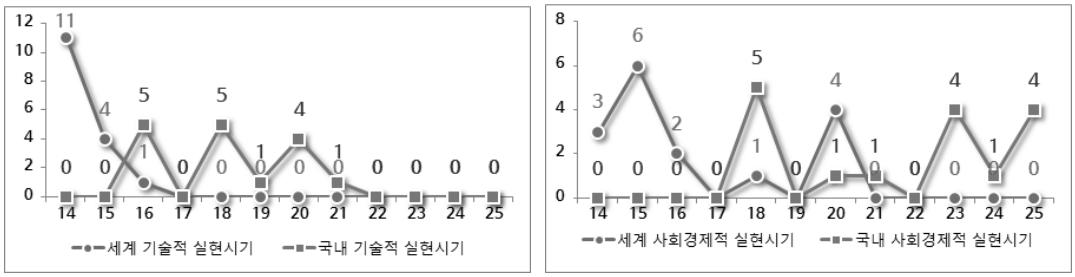
· 해외는 ′14, ′15년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ‘16년까지 도시지하방수로 설계기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′16년, ′18년, ′20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ‘21년까지 도시지하방수로 설계기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 ′15년과 ′20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ‘20년까지 도시지하방수로 설계기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′18년과 ′23년, ′25년에 기술의 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′25년까지 도시지하방수로 설계기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내와 해외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 5년의 시차가 발생할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.4] 기술적 · 사회경제적 실현시기(설계기술분야)

<표 2.4.15> 기술적 · 사회경제적 실현시기(설계기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
최적위치 및 규모선정기술	최적 위치선정을 위한 도시 배수시스템 분석 기술	‘15	‘20	‘20	‘25
	침수 예측 기술	‘14	‘20	‘20	‘25
	기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정 기술	‘15	‘21	‘20	‘25
	강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정 기술	‘16	‘20	‘20	‘25
수직구(Drop Shaft) 설계 기술	낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술	‘14	‘18	‘16	‘23
	유입·유출 및 조압 수직갱 설계기술	‘14	‘18	‘15	‘23
	통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술	‘14	‘18	‘15	‘23
수리학적 터널 설계 기술	공기·물 연계 이상유체 해석 기술	‘15	‘20	‘18	‘24
	동적 수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가 기술	‘14	‘18	‘16	‘21
	지하구조 접속 및 변단면부 흐름 안정 설계 기술	‘15	‘19	‘15	‘23
구조적 터널 설계 기술	수충격 하중이 고려된 터널 라이닝 설계 기술	‘14	‘18	‘15	‘20
	방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	‘14	‘16	‘15	‘18
	방수로 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	터널운영에 의한 주변구조물에 미치는 영향 평가 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	시공 및 운영중 차폐수 설계 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술	‘14	‘16	‘15	‘18

◦ 도시지하방수로 시공기술분야

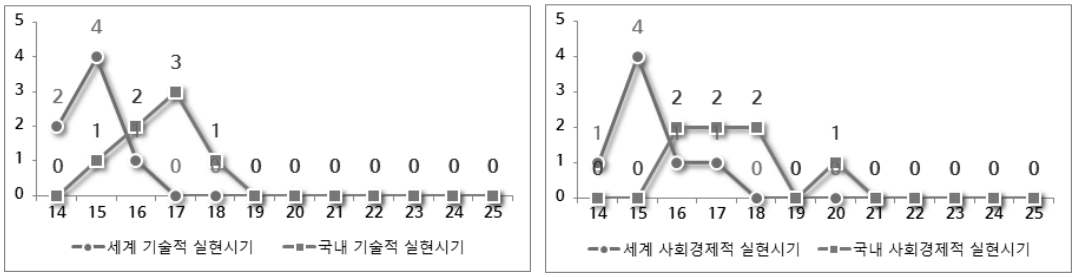
· 해외는 ´14, ´15년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ‘16년까지 도시지하방수로 시공기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ´16년, ´17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ‘18년까지 도시지하방수로 시공기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망되어 타분야 기술보다 격차가 적은 것으로 나타남.

· 해외는 ´15년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ‘17년까지 도시지하방수로 시공기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ´16년, ´17년, ´18년에 기술의 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ´20년까지 도시지하방수로 시공기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내와 해외 모두 기술적으로 실현된 후 1~2년 내에 사회경제적으로 실현가능할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.5] 기술적 · 사회경제적 실현시기(시공기술분야)

<표 2.4.16> 기술적 · 사회경제적 실현시기(시공기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
수직구 굴착기술	유입 수직구 급속 굴착 기술	‘14	‘15	‘14	‘16
대심도 터널시공 기술	터널 차폐수 성능 확보를 위한 시공 기술	‘15	‘18	‘15	‘20
	도심지 다방향 지하근접구간 미소변형 구조체 및 지보 기술	‘15	‘17	‘16	‘17
	지속적 안정성능 확보를 위한 라이닝 재료 및 구조열화 대책기술	‘14	‘17	‘15	‘18
	구조물 정량적 손상도평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술	‘16	‘17	‘17	‘18
	근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술	‘15	‘16	‘15	‘17
	접속부 및 변단면부 안정성 확보 기술	‘15	‘16	‘15	‘16

◦ 도시지하방수로 운영기술분야

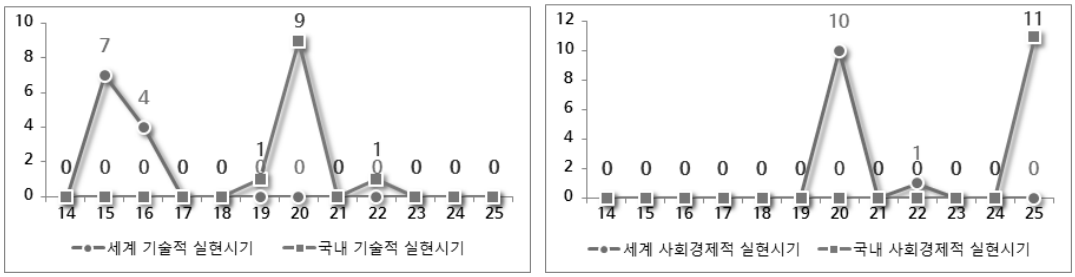
· 해외는 ′14, ′15년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′16년까지 도시지하방수로 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′22년까지 도시지하방수로 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 ′20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′22년까지 도시지하방수로 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′25년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′25년까지 도시지하방수로 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내와 해외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 5년의 시차가 발생할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.6] 기술적 · 사회경제적 실현시기(운영기술분야)

<표 2.4.17> 기술적 · 사회경제적 실현시기(운영기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
도시 지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술	Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측 기술	‘16	‘20	‘20	‘25
	Dynamic 기후모형을 통한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측 기술	‘16	‘22	‘20	‘25
	수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측 기술	‘16	‘20	‘20	‘25
	강우예측 정확도 향상 기술	‘16	‘20	‘20	‘25
통합 운영기술	하천 수위별 방수로 하천 유량배분 기술	‘15	‘’20	‘20	‘25
	3D 모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술	‘15	‘19	‘20	‘25
	방수로 최적운영 의사결정 지원 시스템 개발 기술	‘15	‘20	‘20	‘25
	수리적 운영기술	‘15	‘20	‘20	‘25
	유입유출량 조절 운영 기술	‘15	‘20	‘22	‘25
	저류수 처리 및 재이용을 위한 운영기술	‘15	‘20	‘20	‘25
	내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술	‘15	‘20	‘20	‘25

◦ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야

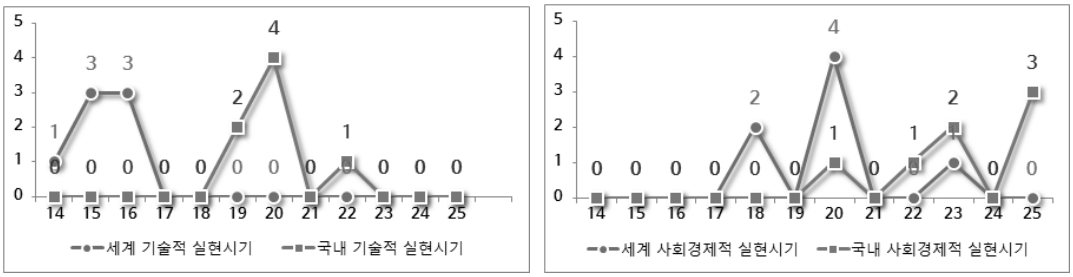
· 해외는 ′15, ′16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′16년까지 도시지하방수로 다목적 활용기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′22년까지 도시지하방수로 다목적 활용기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 ′20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′23년까지 도시지하방수로 다목적활용기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′25년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′25년까지 도시지하방수로 다목적활용기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 3~4년의 시차가 발생하며, 국내는 약 5년의 시차가 발생할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.7] 기술적 · 사회경제적 실현시기(다목적 활용기술분야)

<표 2.4.18> 기술적 · 사회경제적 실현시기(다목적 활용기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
저류수 처리 기술	분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술	‘15	‘20	‘20	‘23
	고도산화기법, 응집흡착을 이용한 저류수 수질개선 기술	‘16	‘19	‘20	‘25
	저류시점 및 저류수 수질기준 수립	‘15	‘20	‘18	‘20
	초고속 고액분리 기술	‘14	‘20	‘20	‘23
저류수 활용 기술	갈수기 초기 및 후기유입 우수 분리 기술	‘16	‘22	‘23	‘25
	맞춤형 용수 공급 기술	‘15	‘20	‘20	‘25
도로 활용 기술	방수로 도로활용 기술	‘16	‘19	‘18	‘22

◦ 도시지하방수로 유지관리기술분야

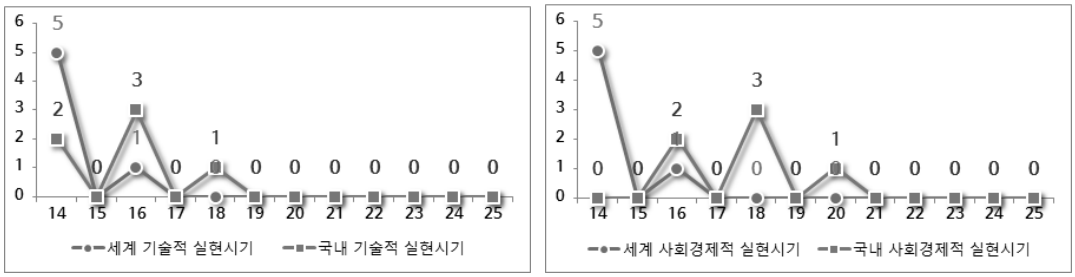
· 해외는 ′14년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′16년까지 도시지하방수로 유지관리기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′18년까지 도시지하방수로 유지관리기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 ′14년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′16년까지 도시지하방수로 유지관리기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′20년까지 도시지하방수로 유지관리기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 0~1년의 시차가 발생하며, 국내는 약 1~2년의 시차가 발생할 것으로 전망됨 .



[그림 2.4.8] 기술적 · 사회경제적 실현시기(유지관리기술분야)

<표 2.4.19> 기술적 · 사회경제적 실현시기(유지관리기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
터널 유지관리 기술	터널 내부 유사 및 유송잡물 제어 및 처리 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술	‘14	‘14	‘14	‘16
	유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어 기술	‘14	‘14	‘14	‘16
안전관리 기술	구조물 손상진단, 실시간 모니터링 및 유지보수 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	IT 융합 기술을 이용한 유지관리 계측 기술	‘14	‘16	‘14	‘18
	지하터널 내 압축공기 재난경감기술	‘16	‘18	‘16	‘20

◦ 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야

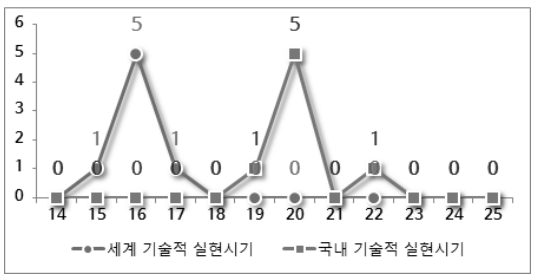
· 해외는 '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, '17년까지 도시지하방수로 사업타당성평가기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

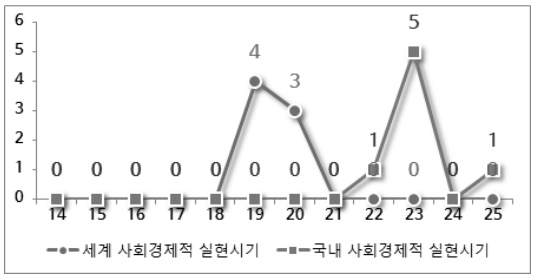
· 국내는 '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, '22년까지 도시지하방수로 사업타당성평가기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 '19년, '20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, '20년까지 도시지하방수로 사업타당성평가기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 '23년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, '25년까지 도시지하방수로 사업타당성평가기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 3년의 시차가 발생할 것으로 전망됨.





[그림 2.4.9] 기술적 · 사회경제적 실현시기(사업타당성평가기술분야)

<표 2.4.20> 기술적 · 사회경제적 실현시기(사업타당성평가기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
경제성 평가기술	공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술	'16	'20	'19	'23
	다차원법에 의한 빈도별 홍수 피해액 산정 기술	'16	'20	'19	'22
	전문가 설문조사와 AHP 기법을 이용한 중요도 산정 기술	'15	'19	'19	'23
	LCC와 LCA 기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술	'16	'20	'20	'23
대안 분석 기술	지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria 도출 기술	'16	'20	'20	'23
	MCA 기법을 이용한 최적지 선정평가 기술	'16	'20	'19	'23
	경제성 평가와 연계한 다기준 의사결정(MCDM) 지원 기술	'17	'22	'20	'25

◦ Test-bed 활용기술분야

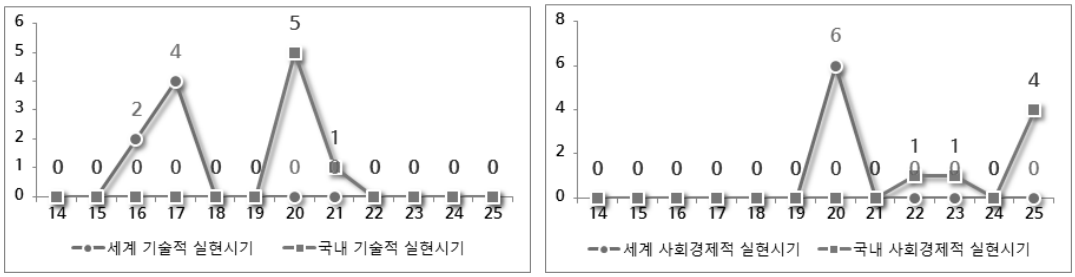
· 해외는 ′16년, ′17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′17년까지 Test-bed활용기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있고, ′21년까지 Test-bed활용기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 ′20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′20년까지 Test-bed활용기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 국내는 ′25년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있고, ′25년까지 Test-bed활용기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨.

· 해외는 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되기까지 약 3년의 시차가 발생하며, 국내는 약 5년의 시차가 발생할 것으로 전망됨.



[그림 2.4.10] 기술적 · 사회경제적 실현시기(Test-bed활용기술분야)

<표 2.4.21> 기술적 · 사회경제적 실현시기(Test-bed활용기술분야)

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
Test-bed 선정 및 실증운영 기술	Test-bed 후보지 선정기술	‘16	‘20	‘20	‘22
	Test-bed의 스마트 그리드 구축 기술	‘17	‘20	‘20	‘23
	Test-bed 운영 최적화 기술	‘17	‘20	‘20	‘25
	시뮬레이션 Test-bed 구축 및 활용 기술	‘16	‘20	‘20	‘25
Test-bed 효과 분석 및 영향평가 기술	Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	‘17	‘20	‘20	‘25
	Test-bed에 대한 사후 영향 및 효과 분석 기술	‘17	‘21	‘20	‘25

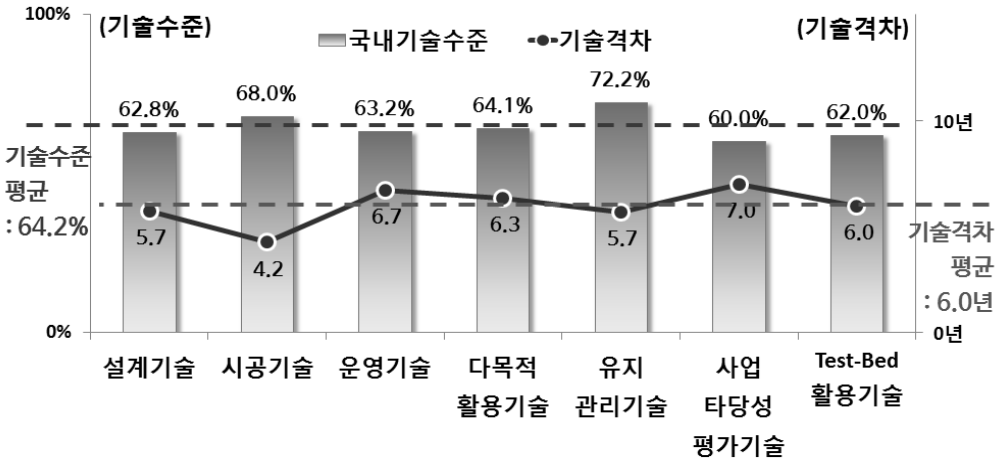
다. 기술수준및 기술격차

□ (총괄)기술수준 및 기술격차

◦ 도시지하방수로 건설기술의 전체 기술수준은 64.2%이며, 평균기술격차는 6.0년임.

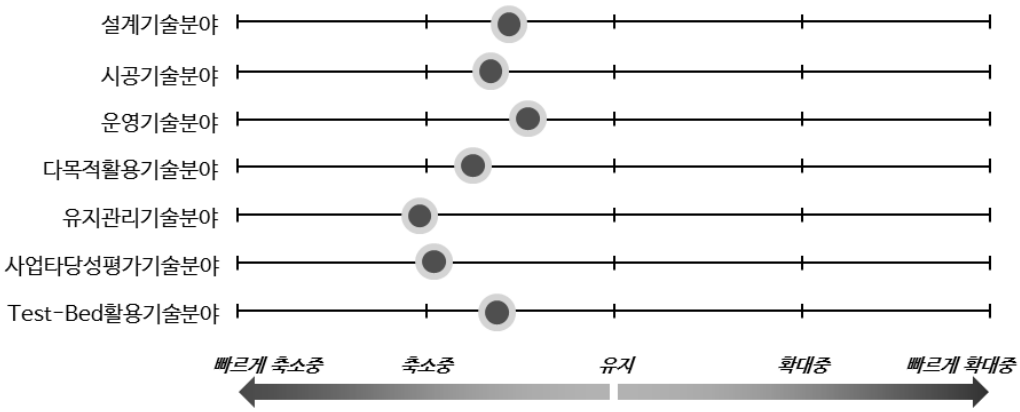
· 유지관리기술분야(72.2%)와 시공기술분야(68.0%)의 기술수준이 상대적으로 높고, 사업타당성평가기술분야(60.0%), Test-bed활용기술분야(62.0%), 설계기술분야(62.8%), 운영기술분야(63.2%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· 시공기술분야(4.2년)의 기술격차가 가장 적으며, 사업타당성평가기술분야(7.0년), 운영기술분야(6.7년), 다목적 활용기술분야(6.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.11] 기술수준 및 기술격차(총괄)

· 도시지하방수로 건설기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 도시지하방수로 유지관리기술분야의 기술격차는 상대적으로 가장 빠르게 축소 중이고, 도시지하방수로 운영기술분야의 기술격차는 상대적으로 느리게 축소 중임.



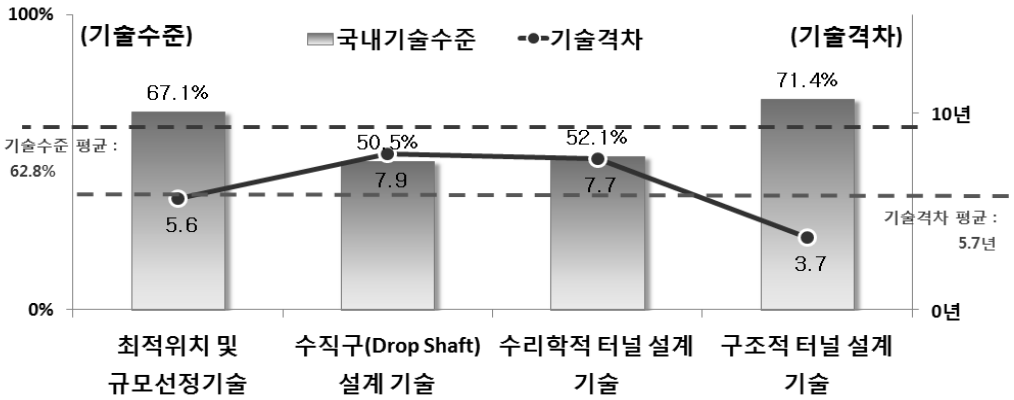
[그림 2.4.12] 기술격차 추세(총괄)

□ 도시지하방수로 설계기술분야 기술수준 및 기술격차

◦ 도시지하방수로 설계기술 분야의 기술수준은 62.8%이며, 평균기술격차는 5.7년임.

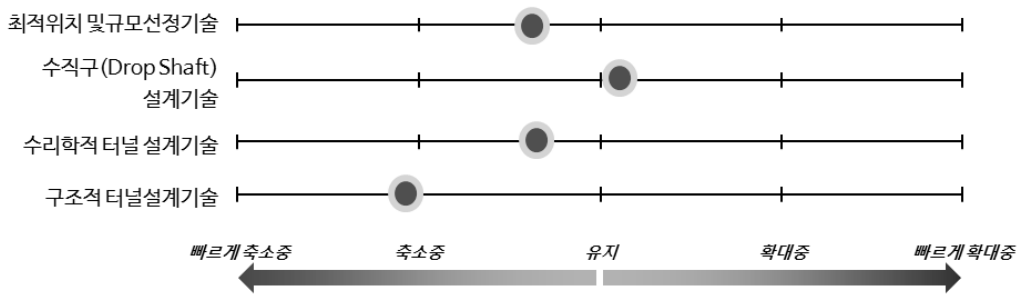
· 구조적 터널설계기술(71.4%)와 최적위치 및 규모선정기술(67.1%)의 기술수준이 상대적으로 높고, 수직구 설계기술(50.5%), 수리학적터널 설계기술(52.1%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· 구조적터널 설계기술(3.7년)의 기술격차가 가장 적으며, 수직구 설계기술(7.9년), 수리학적터널 설계기술(7.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.13] 기술수준 및 기술격차(설계기술분야)

· 도시지하방수로 설계기술분야의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 구조적 터널 설계기술의 기술격차는 상대적으로 가장 빠르게 축소 중이고, 수직구(Drop Shaft) 설계기술의 기술격차는 확대추세에 있음.



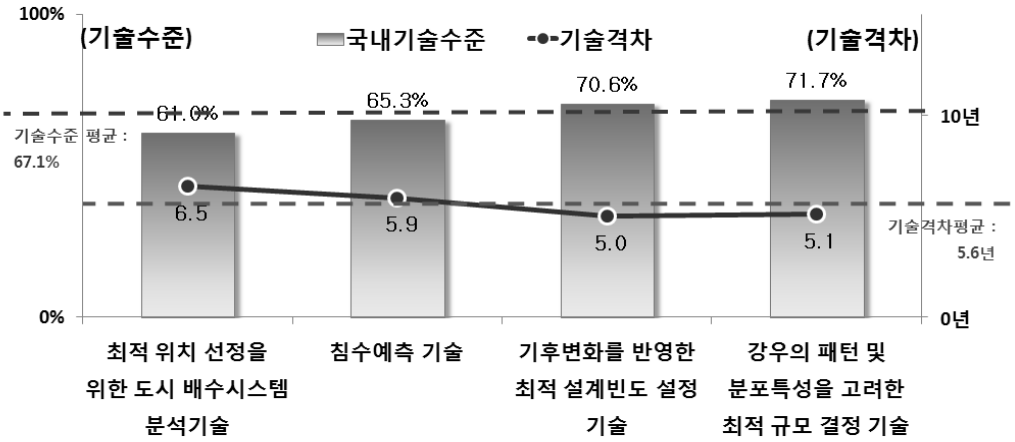
[그림 2.4.14] 기술격차 추세(설계기술분야)

▪ 최적위치 및 규모선정기술 기술수준 및 기술격차

· 강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적규모 결정기술(71.7%), 기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정기술(70.6%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 최적 위치 선정을 위한 도시배수시스템 분석기술(61.0%)의 기술수준

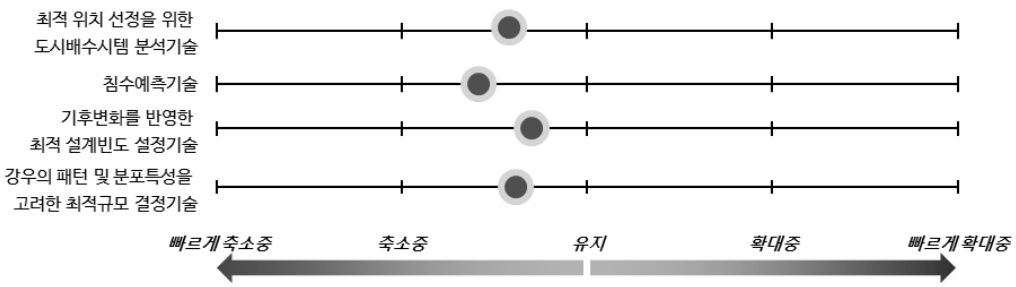
이 상대적으로 낮음.

· 기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정기술(5.0년), 강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정기술(5.1년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 최적 위치 선정을 위한 도시 배수시스템 분석기술(6.5년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.15] 기술수준 및 기술격차(최적위치 및 규모선정기술)

· 최적위치 및 규모선정기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 침수예측기술의 기술격차는 상대적으로 가장 빠르게 축소 중이고, 기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정기술의 기술격차는 상대적으로 느리게 축소 중임.

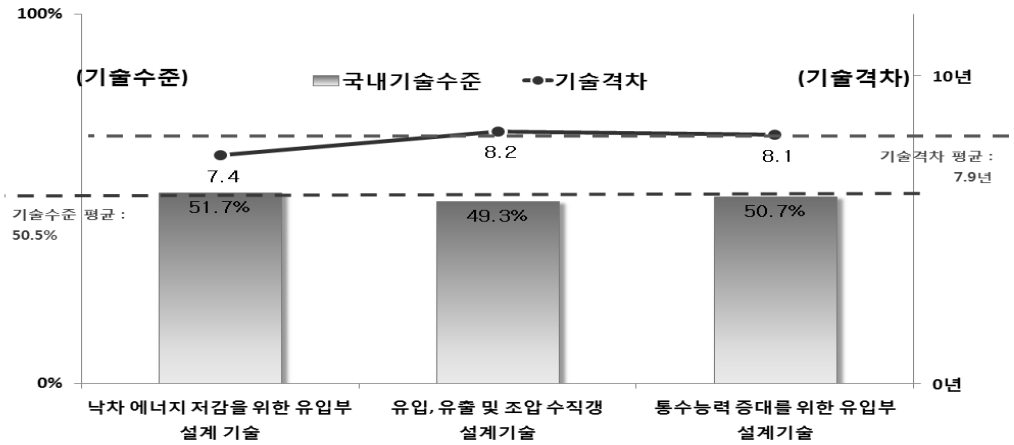


[그림 2.4.16] 기술격차 추세(최적위치 및 규모선정기술)

▪ 수직구(Drop Shaft) 설계기술 기술수준 및 기술격차

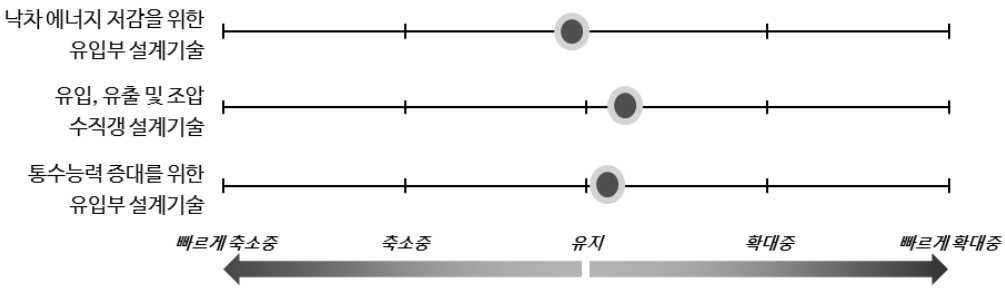
· 수직구(Drop Shaft)설계기술을 구성하는 소분류 기술의 기술수준 평균은 51.7%이며, 편차는 크지 않음.

· 수직구(Drop Shaft)설계기술을 구성하는 소분류 기술의 기술격차 평균은 7.9년이며, 편차는 크지 않음.



[그림 2.4.17] 기술수준 및 기술격차(수직구(Drop Shaft) 설계기술)

· 수직구(Drop Shaft) 설계기술의 기술격차는 전반적으로 확대 추세에 있으며, 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계기술의 기술격차는 완만한 축소 추세에 있고, 유입, 유출 및 조압 수직갱 설계기술, 통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술의 기술격차는 완만한 확대추세에 있음.



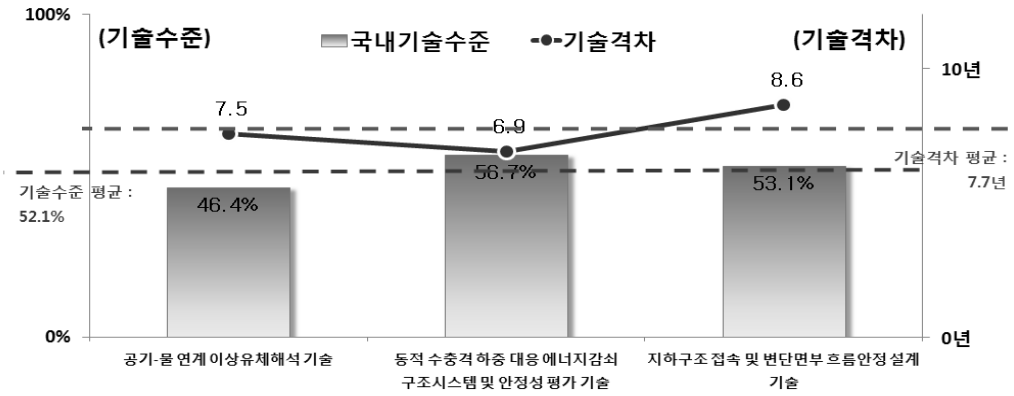
[그림 2.4.18] 기술격차 추세(수직구(Drop Shaft) 설계기술)

▪ 수리학적 터널 설계기술 기술수준 및 기술격차

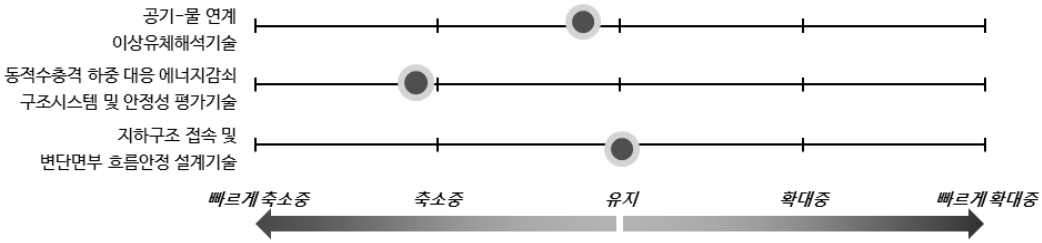
· 동적 수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가기술(56.7%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 공기·물 연계 이상 유체해석 기술(46.4%)의 기술수준이 상대적으로 낮음.

· 동적 수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가기술(6.9년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 지하구조 접속 및 단면부 흐름안정 설계기술(8.6년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 수리학적 터널 설계기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 동적수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가기술의 기술격차는 상대적으로 가장 빠르게 축소 중이고, 지하구조 접속 및 변단면부 흐름안정 설계기술은 현재 기술격차를 유지하고 있음.



[그림 2.4.19] 기술수준 및 기술격차(수리학적 터널 설계기술)

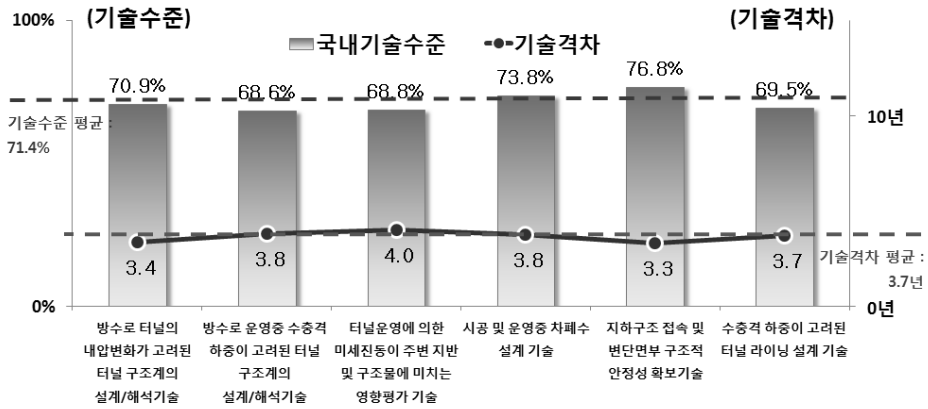


[그림 2.4.20] 기술격차 추세(수리학적 터널 설계기술)

▪ 구조적 터널 설계기술 기술수준 및 기술격차

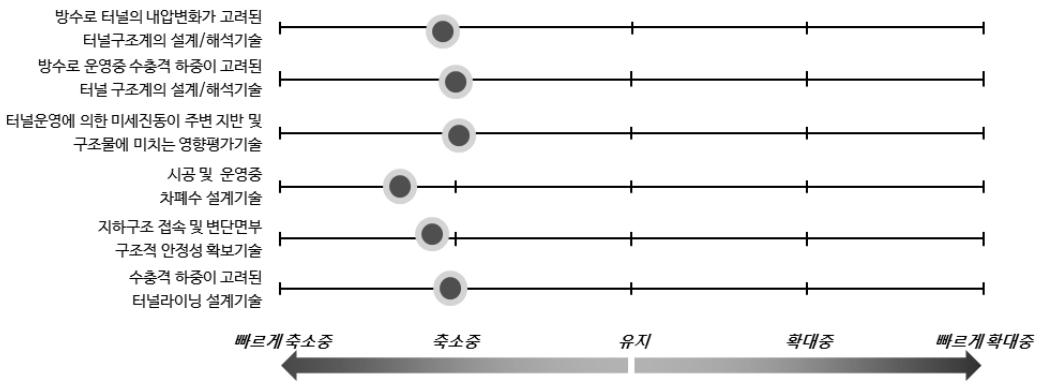
· 지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술(76.8%), 시공 및 운영 중 차폐수 설계기술(73.8%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 방수로 운영 중 수충격 하중이 고려된 터널구조계의 설계/해석기술(68.6%), 터널 운영에 의한 미세진동이 주변 지반 및 구조물에 미치는 영향평가기술(68.8%)의 기술수준이 상대적으로 낮음.

· 구조적 터널 설계기술을 구성하는 소분류 기술의 기술격차 평균은 3.7년이며, 편차는 크지 않음.



[그림 2.4.21] 기술수준 및 기술격차(구조적 터널 설계기술)

· 구조적 터널 설계기술의 기술격차는 빠르게 축소 추세에 있으며, 시공 및 운영중 차폐수 설계기술의 기술격차는 상대적으로 가장 빠르게 축소 중임

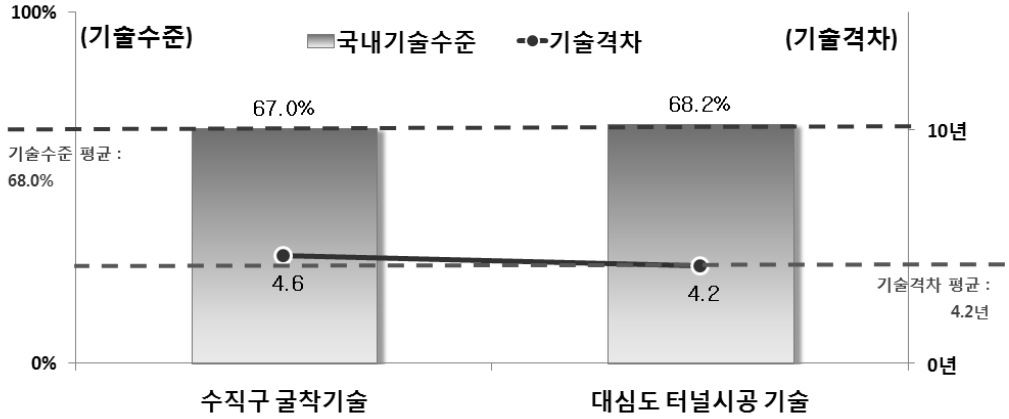


[그림 2.4.22] 기술격차 추세(구조적 터널 설계기술)

□ 도시지하방수로 시공기술분야 기술수준 및 기술격차

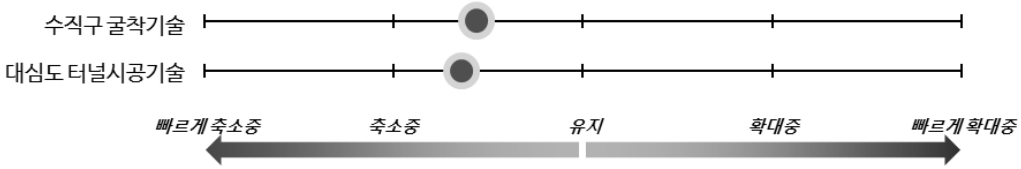
◦ 도시지하방수로 시공기술 분야의 기술수준은 68.0%이며, 평균기술격차는 4.2년임.

· 도시지하방수로 시공기술 분야를 구성하는 중분류 기술의 기술수준 및 기술격차의 편차는 크지 않음.



[그림 2.4.23] 기술수준 및 기술격차(시공기술분야)

· 도시지하방수로 시공기술분야의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.24] 기술격차 추세(시공기술분야)

◦ 수직구 굴착기술 기술수준 및 기술격차

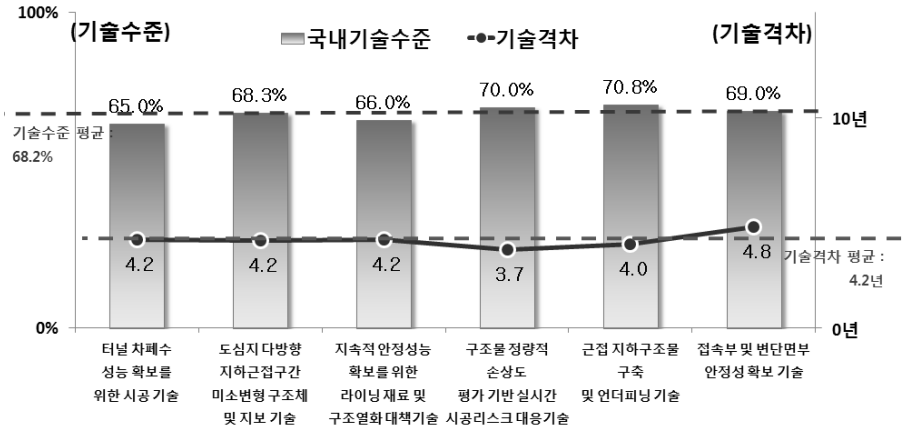
· 수직구 굴착기술을 구성하는 소분류기술인 수직구 급속 굴착기술의 기술수준은 67.0%, 기술격차는 4.6년이며 축소 추세에 있음.

▪ 대심도 터널시공기술 기술수준 및 기술격차

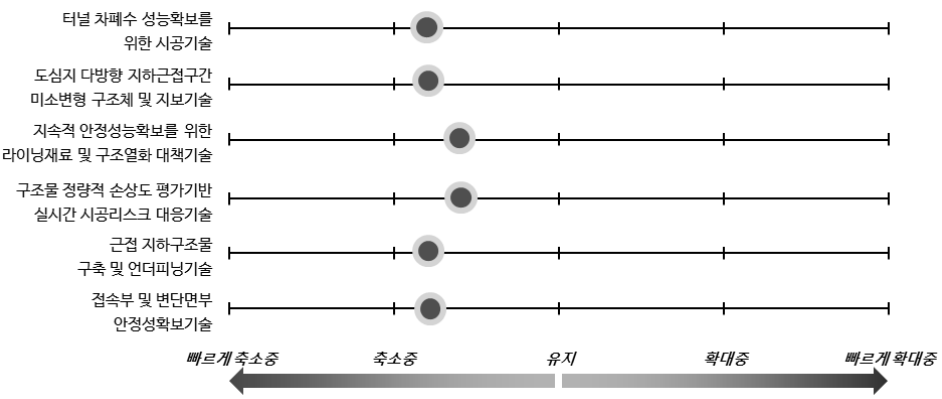
· 근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술(70.8%), 구조물 정량적 손상도평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술(70.0%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 터널 차폐수 성능 확보를 위한 시공기술(65.0%), 지속적 안정성능 확보를 위한 라이닝 재료 및 구조열화 대책기술(66.0%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· 구조물 정량적 손상도 평가기반 실시간 시공리스크 대응기술(3.7년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 접속부 및 변단면부 안정성 확보기술(4.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 대심도 터널시공기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.25] 기술수준 및 기술격차(대심도 터널시공기술)

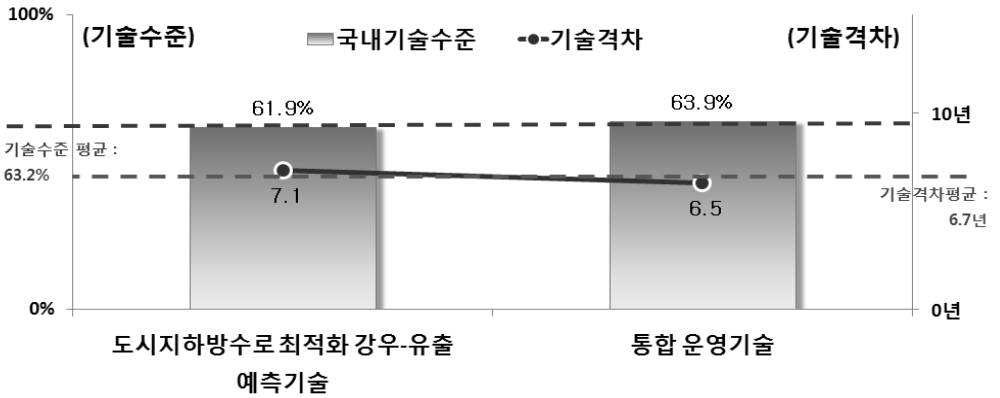


[그림 2.4.26] 기술격차 추세(대심도 터널시공기술)

□ 도시지하방수로 운영기술분야 기술수준 및 기술격차

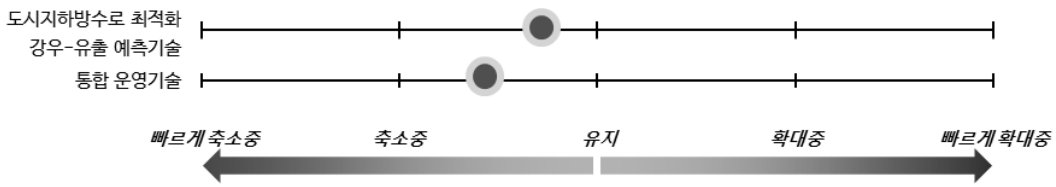
◦ 도시지하방수로 운영기술 분야의 기술수준은 63.2%이며, 평균기술격차는 6.7년임.

· 도시지하방수로 운영기술 분야를 구성하는 중분류 기술의 기술수준 및 기술격차의 편차는 크지 않음.



[그림 2.4.27] 기술수준 및 기술격차(운영기술분야)

· 도시지하방수로 운영기술분야의 기술격차는 축소 추세에 있으며, 통합 운영기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중임.



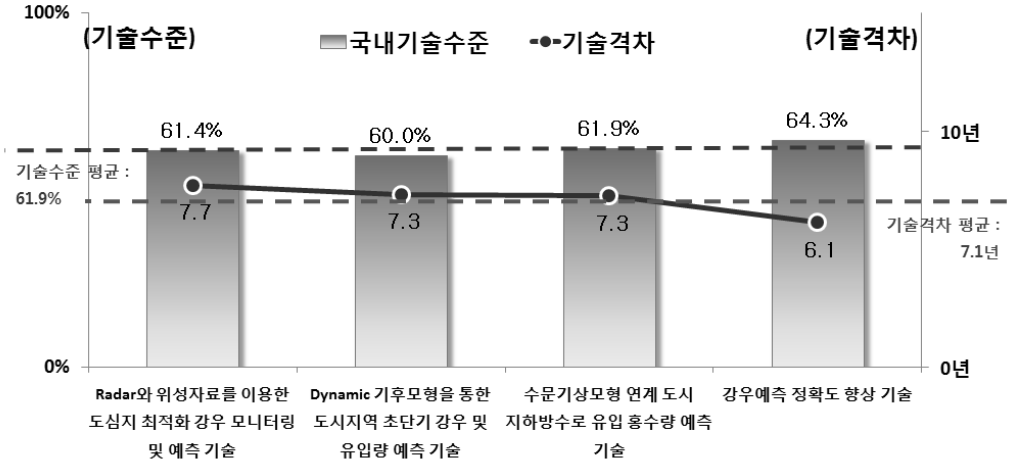
[그림 2.4.28] 기술격차 추세(운영기술분야)

▪ 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술 기술수준 및 기술격차

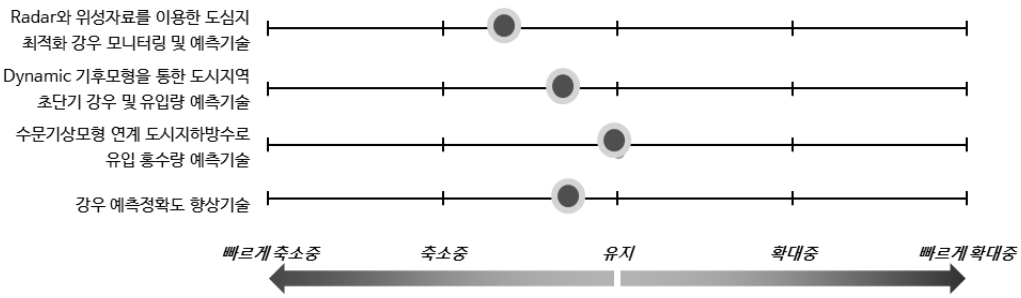
· 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술을 구성하는 소분류 기술의 기술수준 평균은 61.9%이며, 편차는 크지 않음.

· 강우예측 정확도 향상기술(6.1년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측기술(7.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우모니터링 및 예측기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중이고, 수문기상모형 연계 도시지하방수로 유입 홍수량 예측기술은 현재 기술격차를 유지하고 있음.



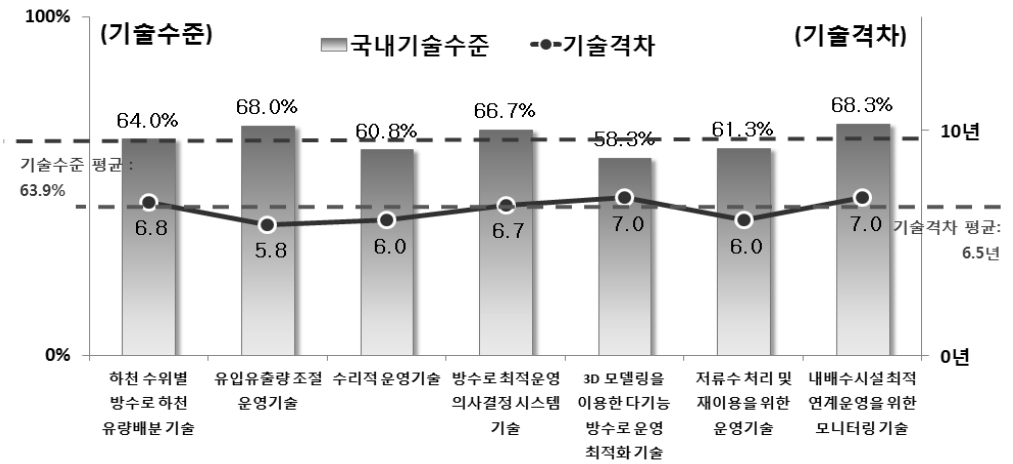
[그림 2.4.29] 기술수준 및 기술격차(강우-유출 예측기술)



[그림 2.4.30] 기술격차 추세(강우-유출 예측기술)

▪ 통합 운영기술 기술수준 및 기술격차

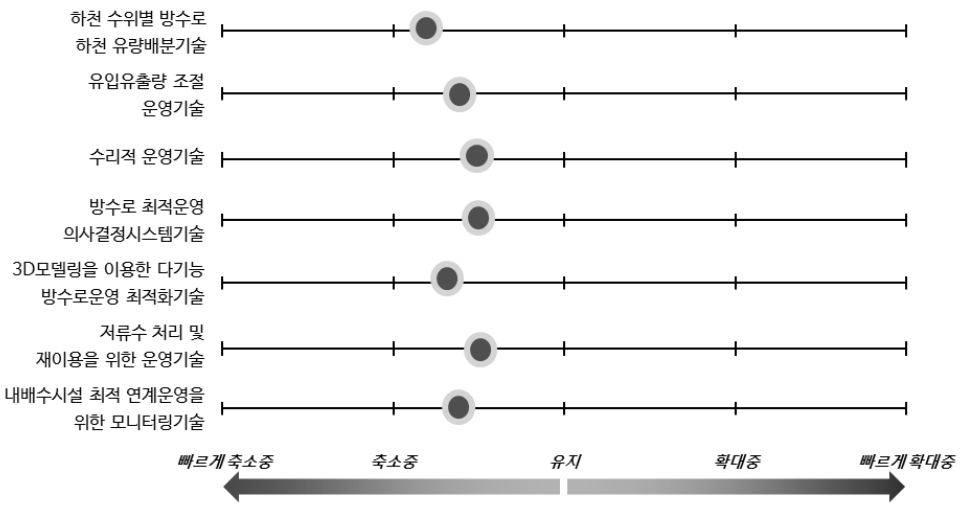
· 내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술(68.3%), 유입유출량 조절 운영기술(68.0%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 3D모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술(58.3%), 수리적 운영기술(60.8%), 저류수처리 및 재이용을 위한 운영기술(61.3%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.



[그림 2.4.31] 기술수준 및 기술격차(통합 운영기술)

· 유입유출량 조절운영기술(5.8년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 3D 모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술(7.0년), 내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술(7.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 통합 운영기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 하천수위별 방수로 하천 유량배분기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중임.



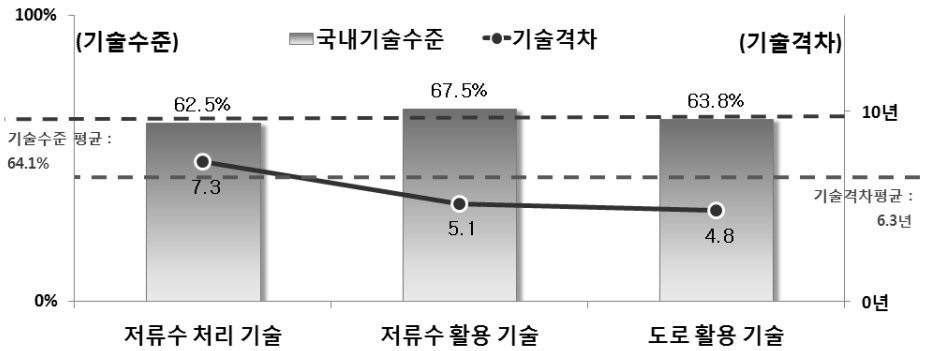
[그림 2.4.32] 기술격차 추세(통합 운영기술)

□ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야 기술수준 및 기술격차

◦ 도시지하방수로 다목적 활용기술 분야의 기술수준은 64.1%이며, 평균기술격차는 6.3년임

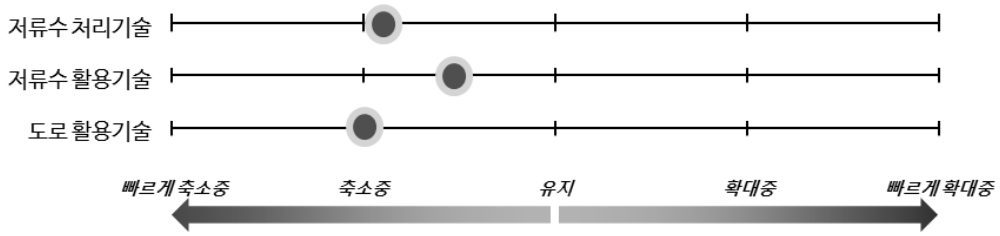
· 저류수 활용기술(67.5%)의 기술수준이 상대적으로 높고, 저류수 처리기술(62.5%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· 도로활용 기술(4.8년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 저류수 처리기술(7.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.33] 기술수준 및 기술격차(다목적 활용기술분야)

· 도시지하방수로 다목적활용기술분야의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 도로활용기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중이고, 저류수 활용기술은 상대적으로 느리게 축소 중임.



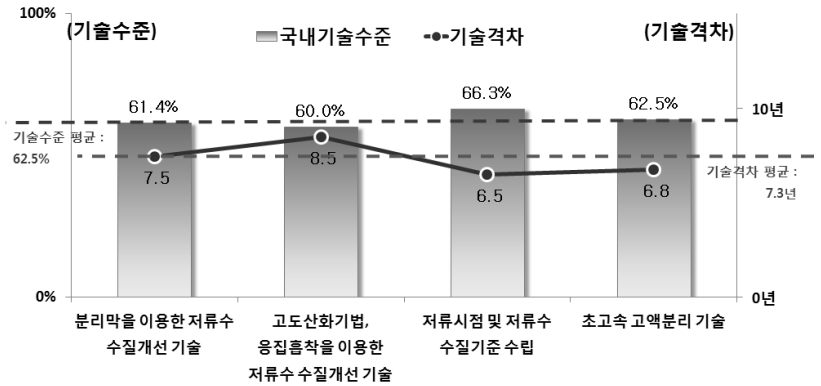
[그림 2.4.34] 기술격차 추세(다목적 활용기술분야)

▪ 저류수 처리기술 기술수준 및 기술격차

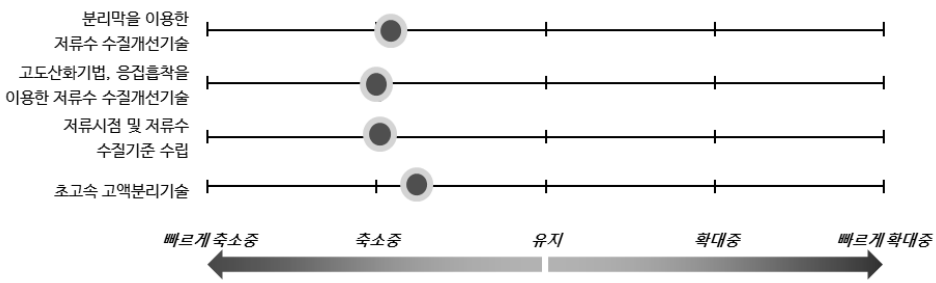
· 저류시점 및 저류수 수질기준 수립(66.3%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 고도산화기법, 응집흡착을 이용한 저류수 수질개선기술(60.0%)의 기술수준이 상대적으로 낮음.

· 저류시점 및 저류수 수질기준 수립(6.5년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 고도산화기법, 응집흡착을 이용한 저류수 수질개선기술(8.5년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 저류수 처리기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.35] 기술수준 및 기술격차(저류수 처리기술)



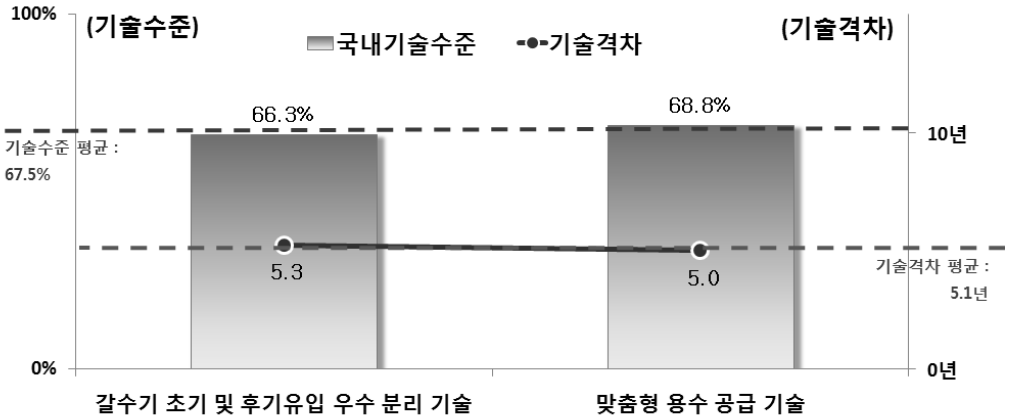
[그림 2.4.36] 기술격차 추세(저류수 처리기술)

▪ 저류수 활용기술 기술수준 및 기술격차

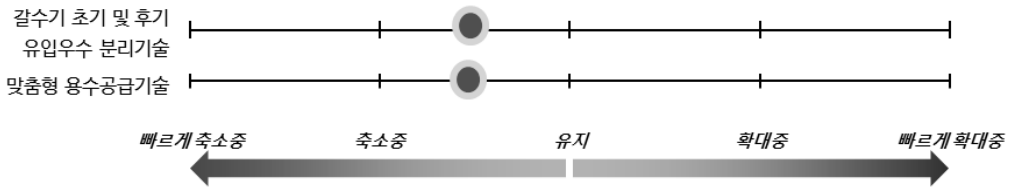
· 저류수 활용기술을 구성하는 소분류 기술의 기술수준 평균은 67.5%이며, 편차는 크지 않음.

· 저류수 활용기술을 구성하는 소분류 기술의 기술격차 평균은 5.1년이며, 편차는 크지 않음.

· 저류수 활용기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.37] 기술수준 및 기술격차(저류수 활용기술)



[그림 2.4.38] 기술격차 추세(저류수 활용기술)

▪ 도로활용 기술 기술수준 및 기술격차

· 도로 활용기술을 구성하는 소분류기술인 방수로 도로활용 기술의 기술수준은 63.8%, 기술격차는 4.8년이며 빠르게 축소 중임.

□ 도시지하방수로 유지관리기술분야 기술수준 및 기술격차

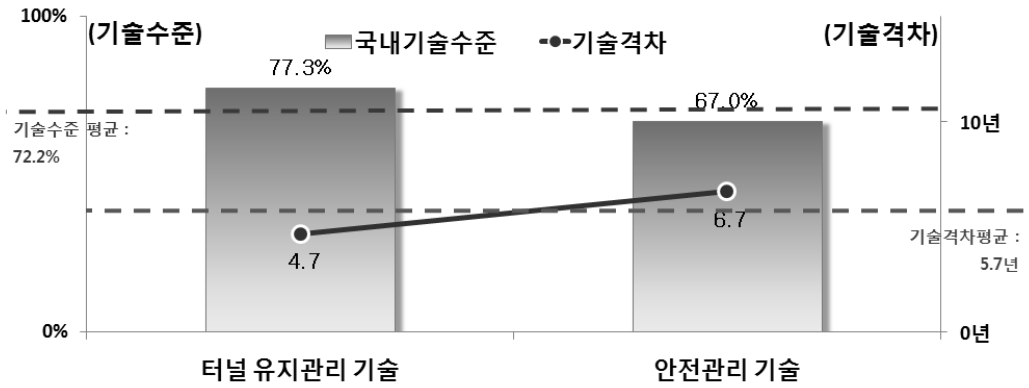
◦ 도시지하방수로 유지관리기술분야의 기술수준은 72.2%이며, 평균기술격차는 5.7년임.

· 터널유지관리 기술(77.3%)의 기술수준이 상대적으로 높고, 안전관리기술(67.0%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

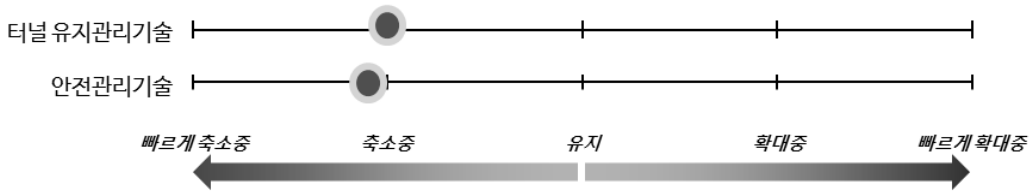
· 터널유지관리 기술(4.7년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 안전관리기술

(6.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 도시지하방수로 유지관리기술분야의 기술격차는 전반적으로 빠르게 축소하고 있음.



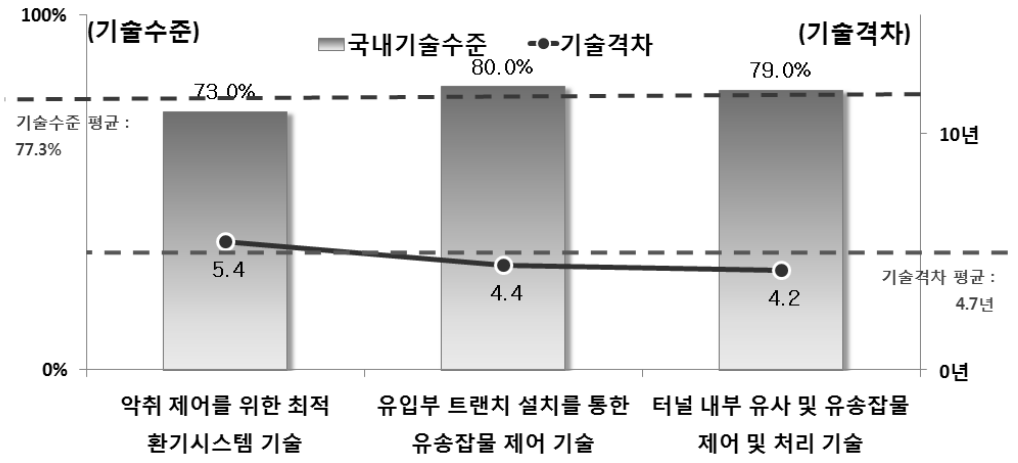
[그림 2.4.39] 기술수준 및 기술격차(유지관리기술분야)



[그림 2.4.40] 기술격차 추세(유지관리기술분야)

▪ 터널 유지관리기술 기술수준 및 기술격차

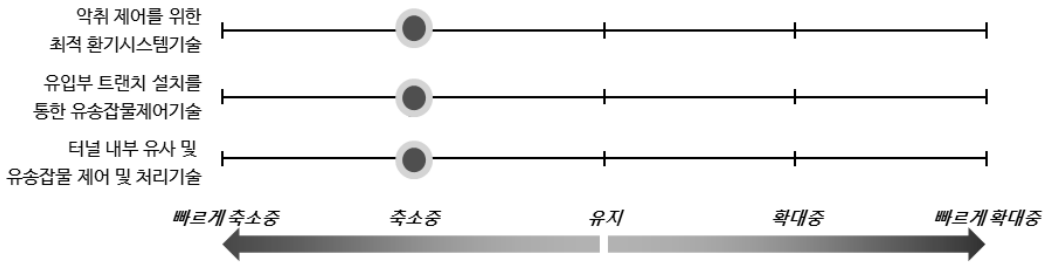
· 유압부 트렌치 설치를 통한 유송잡물 제어기술(80.0%), 터널 내부 유사 및 유송잡물 제어 및 처리기술(79.0%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술(73.0%)의 기술수준이 상대적으로 낮음.



[그림 2.4.41] 기술수준 및 기술격차(터널 유지관리기술)

· 터널 내부 유사 및 유송잡물 제어 및 처리기술(4.2년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 악취제어를 위한 최적 환기시스템 기술(5.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 터널 유지관리기술의 기술격차는 전반적으로 빠르게 축소하고 있음.



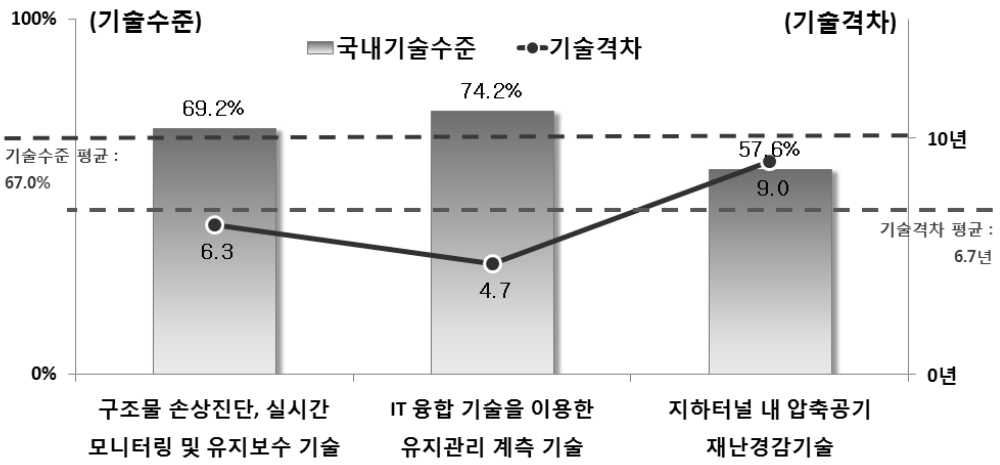
[그림 2.4.42] 기술격차 추세(터널 유지관리기술)

▪ 안전관리기술 기술수준 및 기술격차

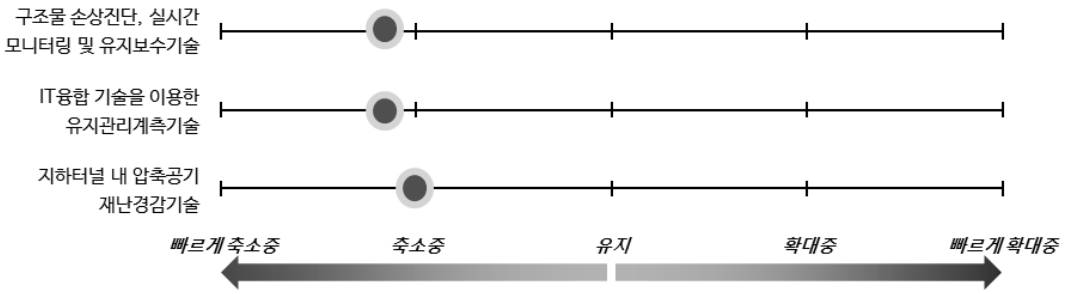
· IT융합기술을 이용한 유지관리 계측기술(74.2%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, 지하터널 내 압축공기 재난 경감기술(57.6%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· IT융합기술을 이용한 유지관리 계측기술(4.2년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 지하터널 내 압축공기 재난 경감기술(9.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· 안전관리기술의 기술격차는 전반적으로 빠르게 축소하고 있음.



[그림 2.4.43] 기술수준 및 기술격차(안전관리기술)



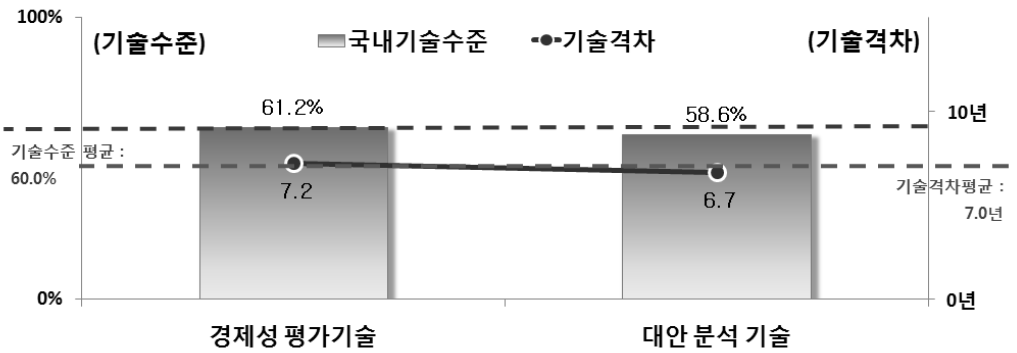
[그림 2.4.44] 기술격차 추세(안전관리기술)

□ 도시지하방수로 사업타당성평가 기술분야 기술수준 및 기술격차

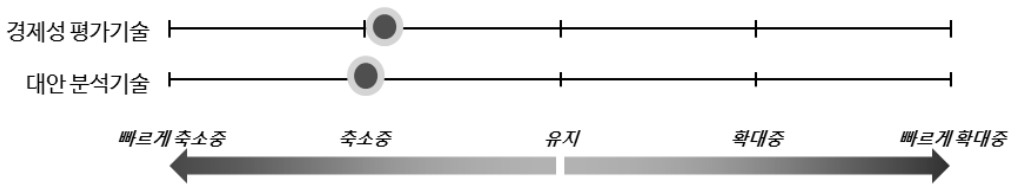
◦ 도시지하방수로 사업타당성평가 기술분야의 기술수준은 60.0%이며, 평균기술격차는 7.0년임.

· 도시지하방수로 사업타당성평가 기술분야를 구성하는 중분류 기술의 기술수준 및 기술격차의 편차는 크지 않음.

· 도시지하방수로 사업타당성 평가기술분야의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.45] 기술수준 및 기술격차(사업타당성평가 기술)



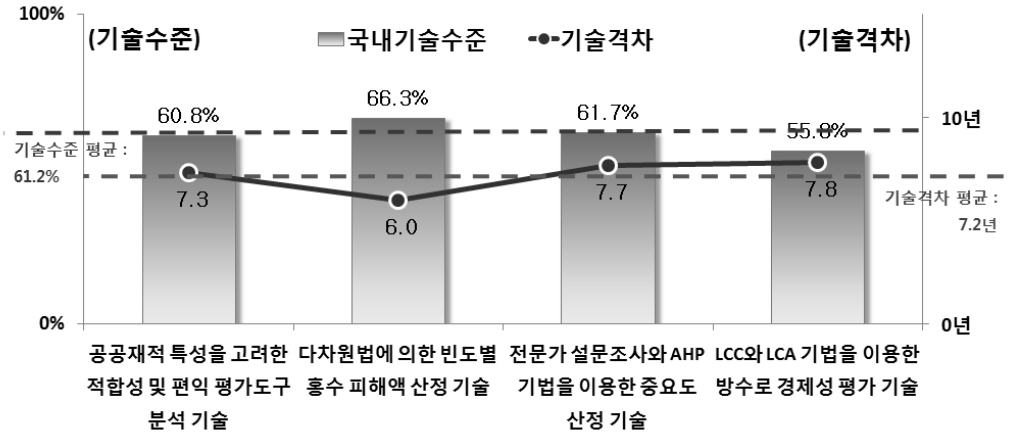
[그림 2.4.46] 기술격차 추세(사업타당성평가 기술)

▪ 경제성평가기술 기술수준 및 기술격차

· 다차원법에 의한 빈도별 홍수피해액 산정기술(66.3%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, LCC와 LCA기법을 이용한 방수로 경제성평가기술(55.8%)

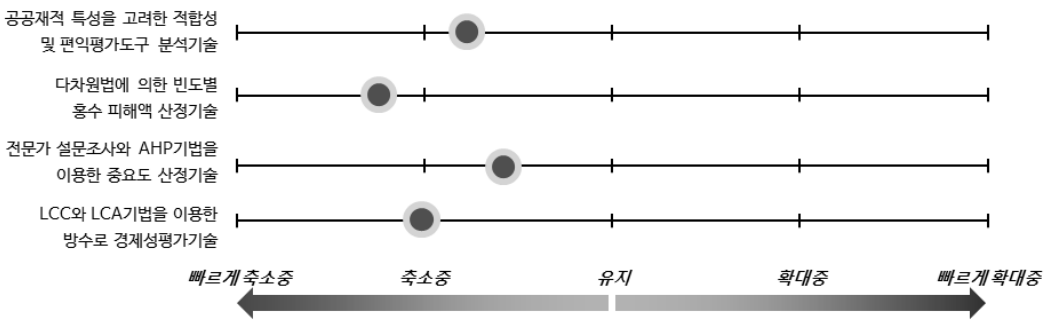
의 기술수준이 상대적으로 낮음.

· 다차원법에 의한 빈도별 홍수 피해액 산정기술(6.0년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, LCC와 LCA기법을 이용한 방수로 경제성 평가기술(7.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.47] 기술수준 및 기술격차(경제성평가기술)

· 경제성 평가기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 다차원법에 의한 빈도별 홍수피해액 산정기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중이고, 전문가 설문조사와 AHP기법을 이용한 중요도 산정기술은 상대적으로 느리게 축소 중임.

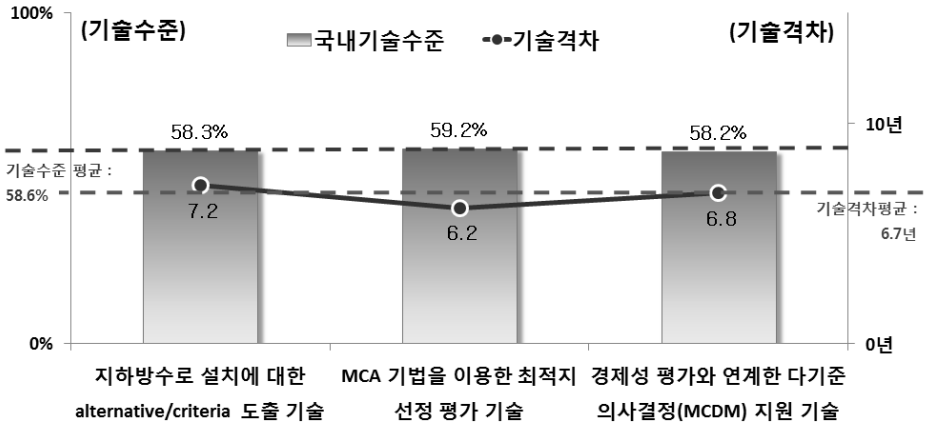


[그림 2.4.48] 기술격차 추세(경제성평가기술)

▪ 대안분석기술 기술수준 및 기술격차

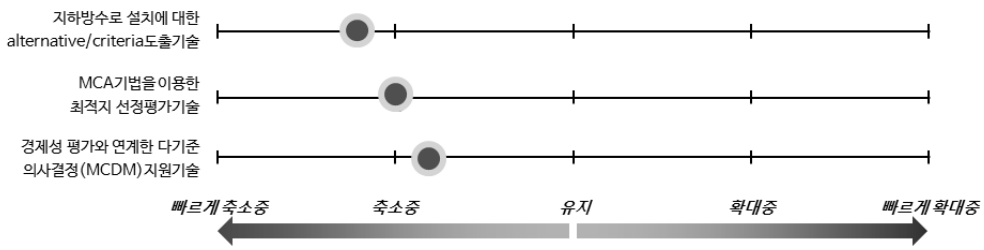
· 대안분석기술을 구성하는 소분류 기술의 기술수준 평균은 67.5%이며, 편차는 크지 않음.

· MCA기법을 이용한 최적지 선정평가기술(6.2년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, 지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria도출기술(7.2년)의 기술격차가 상대적으로 큼.



[그림 2.4.49] 기술수준 및 기술격차(대안분석기술)

· 대안분석기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, 지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria 도출기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중이고, 경제성 평가와 연계한 다기준 의사결정(MCDM)지원기술은 상대적으로 느리게 축소 중임.

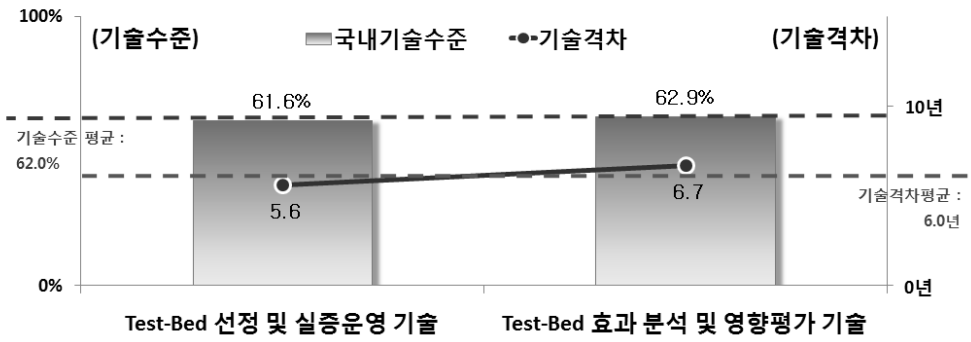


[그림 2.4.50] 기술격차 추세(대안분석기술)

□ Test-bed활용기술분야 기술수준 및 기술격차

◦ Test-bed활용기술분야의 기술수준은 62.0%이며, 평균기술격차는 6.0년임

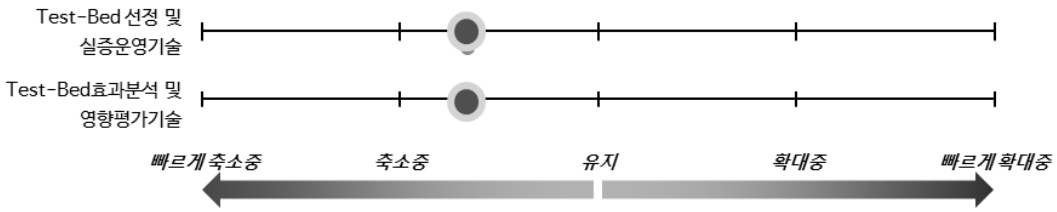
· Test-bed활용기술분야를 구성하는 중분류 기술의 기술수준의 편차는 크지 않음.



[그림 2.4.51] 기술수준 및 기술격차(Test-bed활용기술)

· Test-bed 선정 및 운영기술(5.6년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, Test-bed 효과분석 및 영향평가기술(6.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· Test-bed활용기술분야의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



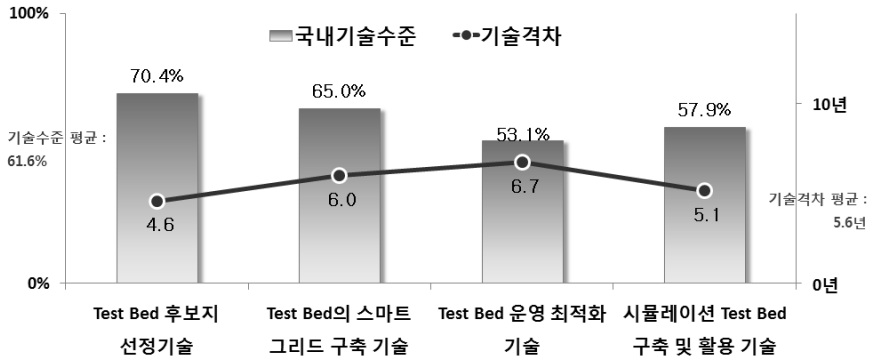
[그림 2.4.52] 기술격차 추세(Test-bed활용기술)

▪ Test-bed선정 및 실증운영기술 기술수준 및 기술격차

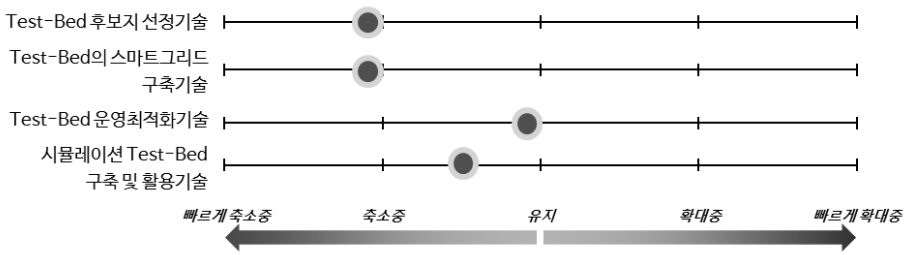
· Test-bed 후보지 선정기술(70.4%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, Test-bed 운영 최적화 기술(53.1%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· Test-bed 후보지 선정기술(4.6년)의 기술격차가 상대적으로 적으며, Test-bed 운영 최적화 기술(6.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼.

· Test-bed선정 및 실증운영기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있으며, Test-bed후보지 선정기술, Test-bed의 스마트그리드 구축기술의 기술격차는 상대적으로 빠르게 축소 중이고, Test-bed운영최적화 기술은 기술격차가 유지되고 있음.



[그림 2.4.53] 기술수준 및 기술격차(Test-bed선정 및 실증운영기술)



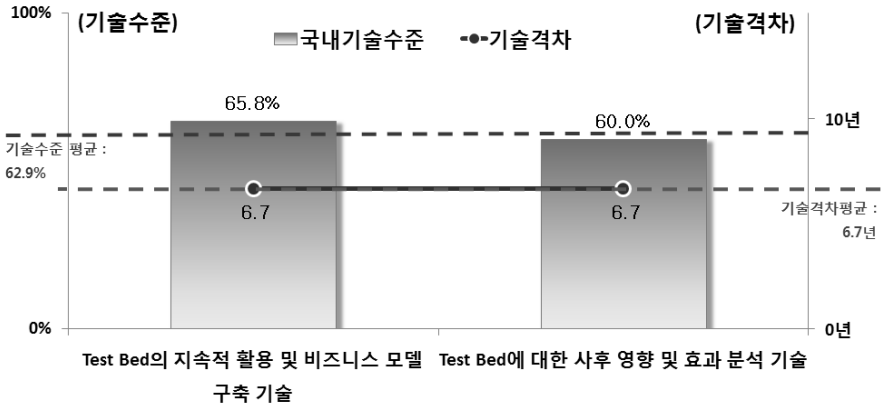
[그림 2.4.54] 기술격차 추세(Test-bed선정 및 실증운영기술)

▪ Test-bed효과분석 및 영향평가기술 기술수준 및 기술격차

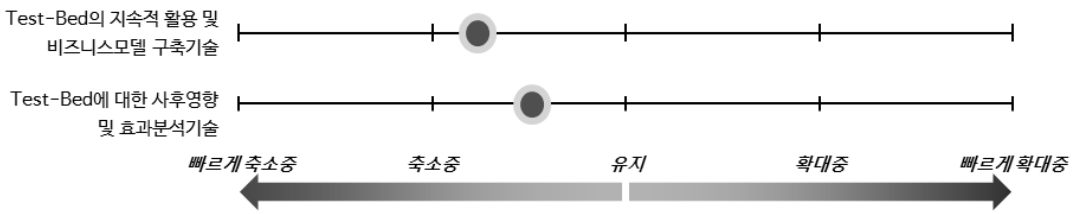
· Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델구축기술(65.8%)의 기술수준이 상대적으로 높으며, Test-bed에 대한 사후영향 및 효과분석기술(60.0%)의 기술수준은 상대적으로 낮음.

· Test-bed효과분석 및 영향평가기술을 구성하는 소분류 기술의 기술격차 평균은 6.7년이며, 편차는 크지 않음.

· Test-bed효과분석 및 영향평가 기술의 기술격차는 전반적으로 축소 추세에 있음.



[그림 2.4.55] 기술수준 및 기술격차(Test-bed효과분석 및 영향평가기술)



[그림 2.4.56] 기술격차 추세(Test-bed효과분석 및 영향평가기술)

라. 기술성숙도(TRL)

□ 기술성숙도(Technology Readiness Level)

◦ 미국 NASA에서 우주산업의 기술투자 위험도 관리의 목적으로 1989년 처음 도입한 이래로, 핵심요소기술의 성숙도에 대한 객관적이고 일관성 있는 지표로 널리 활용되고 있음.

기초 연구단계	**1단계**	기초 이론/실험	▪ 기초이론 정립 단계
	2단계	실용 목적의 아이디어, 특허 등 개념정립	▪ 기술개발 개념 정립 및 아이디어에 대한 특허 출원 단계
실험단계	**3단계**	실험실 규모의 기본성능 검증	▪ 실험실 환경에서 실험 또는 전산 시뮬레이션을 통해 기본성능이 검증될 수 있는 단계 ▪ 개발하려는 부품/시스템의 기본 설계도면을 확보하는 단계
	4단계	실험실 규모의 소재/부품/시스템 핵심성능 평가	▪ 시험 샘플을 제작하여 핵심성능에 대한 평가가 완료된 단계 ▪ 3단계에서 도출된 다양한 결과 중에서 최적의 결과를 선택하려는 단계 ▪ 컴퓨터 모사가 가능한 경우 최적화를 완료하는 단계
시작품 단계	**5단계**	확정된 소재/부품/ 시스템시작품 제작 및 성능 평가	▪ 확정된 소재/부품/시스템의 실험실 시작품 제작 및 성능 평가가 완료된 단계 ▪ 개발 대상의 생산을 고려하여 설계하나 실제 제작한 시작품 샘플은 1~수개 미만인 단계 ▪ 경제성을 고려하지 않고 기술의 핵심성능으로만 볼 때, 실제로 판매가 될 수 있는 정도로 목표 성능을 달성한 단계
	6단계	파일롯 규모 시작품 제작 및 성능 평가	▪ 파일롯 규모의 시작품 제작 및 평가가 완료된 단계 ▪ 파일롯 규모 생산품에 대해 생산량, 생산용량, 불량률 등 제시 ▪ 파일롯 생산을 위한 대규모 투자가 동반되는 단계 ▪ 생산기업이 수요기업 적용환경에 유사하게 자체 현장테스트를 실시하여 목표 성능을 만족시킨 단계 ▪ 성능 평가 결과에 대해 가능하면 공인인증 기관의 성적서 확보
실용화 단계	**7단계**	신뢰성평가 및 수요기업 평가	▪ 실제 환경에서 성능 검증이 이루어지는 단계 ▪ 부품 및 소재개발의 경우 수요업체에서 직접 파일롯 시작품을 현장 평가(성능 및 신뢰성 평가) ▪ 가능하면 인증기관의 신뢰성 평가 결과 제출
	8단계	시제품 인증 및 표준화	▪ 표준화 및 인허가 취득 단계
사업화	**9단계**	사업화	▪ 본격적인 양산 및 사업화 단계 ▪ 6-시그마 등 품질관리가 중요한 단계

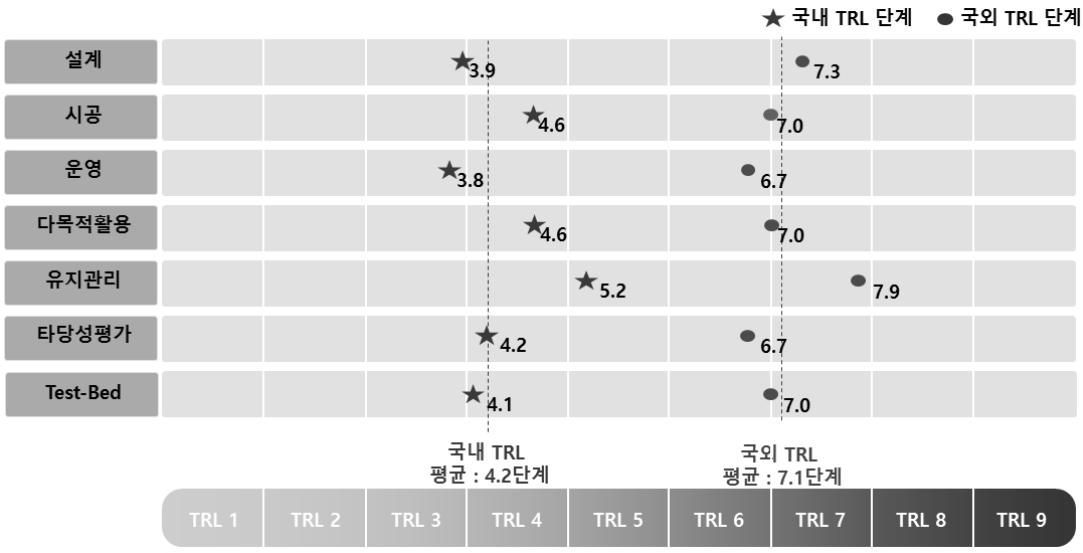
□ 총괄

◦ 도시지하방수로 건설기술의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계임.

· 국내와 국외 모두 도시지하방수로 유지관리기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내는 도시지하방수로 운영기술분야의 TRL수준이 가장 낮아 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 도시지하방수로 운영기술분야, 도시지하방수로 사업타당성평가 기술분야의 TRL수준이 가장 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 도시지하방수로 시공기술분야와 도시지하방수로 다목적활용기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 도시지하방수로 설계기술분야임.



[그림 2.4.57] 기술성숙도(종괄)

□ 도시지하방수로 설계기술분야 기술성숙도(TRL)

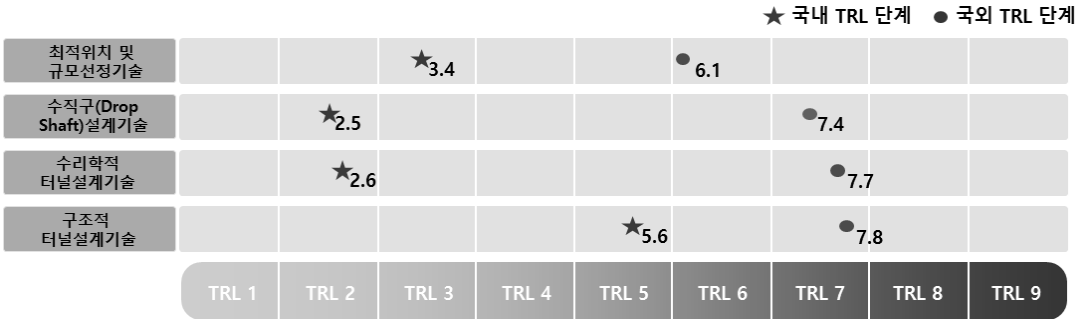
◦ 도시지하방수로 설계기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계임.

· 국내와 국외 모두 구조적 터널설계기술의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정

된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내는 수직구(Drop Shaft)설계기술의 TRL수준이 가장 낮아 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계이며, 국외는 최적위치 및 규모선정기술의 TRL수준이 가장 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 구조적 터널설계기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 수리학적 터널설계기술임.



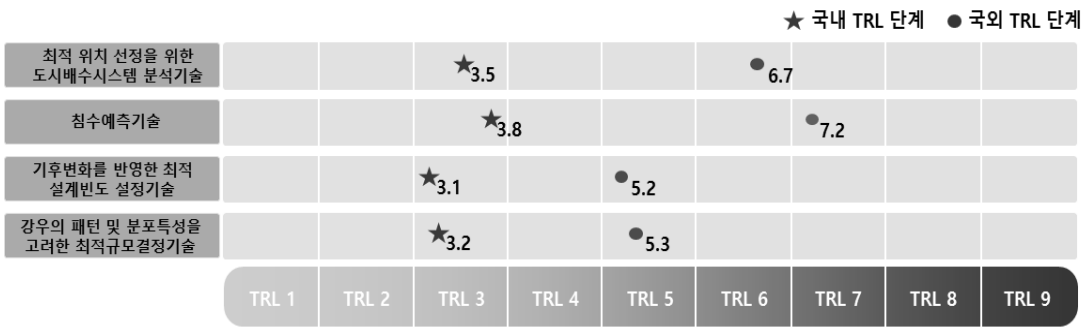
[그림 2.4.58] 기술성숙도(설계기술분야)

▪ 최적위치 및 규모선정기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내와 국외 모두 침수예측기술의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내와 국외 모두 기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음.

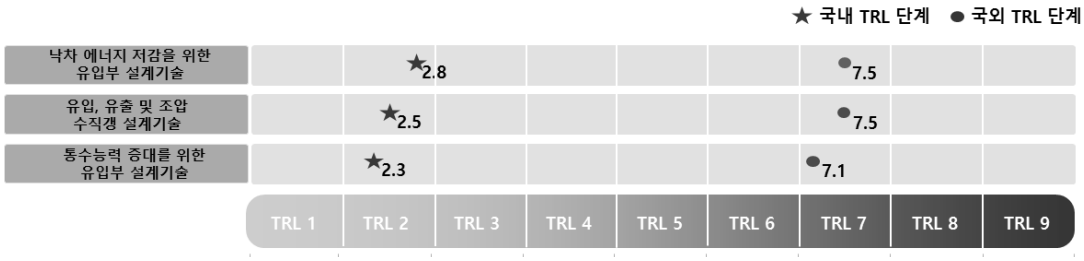
· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적규모 결정 기술, 기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 침수예측기술임.



[그림 2.4.59] 기술성숙도(최적위치 및 규모선정기술)

▪ 수직구(Drop Shaft) 설계기술의 기술성숙도(TRL)

· 수직구 설계기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편이며, 국내는 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계이며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.



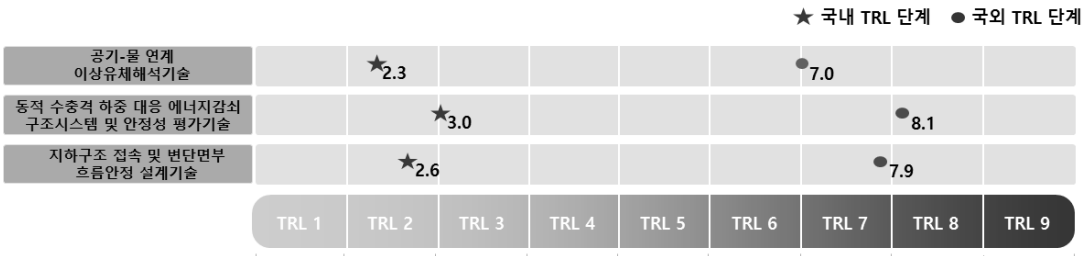
[그림 2.4.60] 기술성숙도(수직구 설계기술)

▪ 수리학적 터널설계기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내와 국외 모두 동적 수충격 하중 대응 에너지감쇠 구조시스템 및 안정성 평가기술의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음.

· 국내와 국외 모두 공기-물 연계 이상유체해석기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 국내는 실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계이며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준 격차가 가장 적은 기술은 공기-물 연계 이상유체해석 기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 지하구조 접속 및 변단면부 흐름안정 설계기술임.



[그림 2.4.61] 기술성숙도(수리학적 터널설계기술)

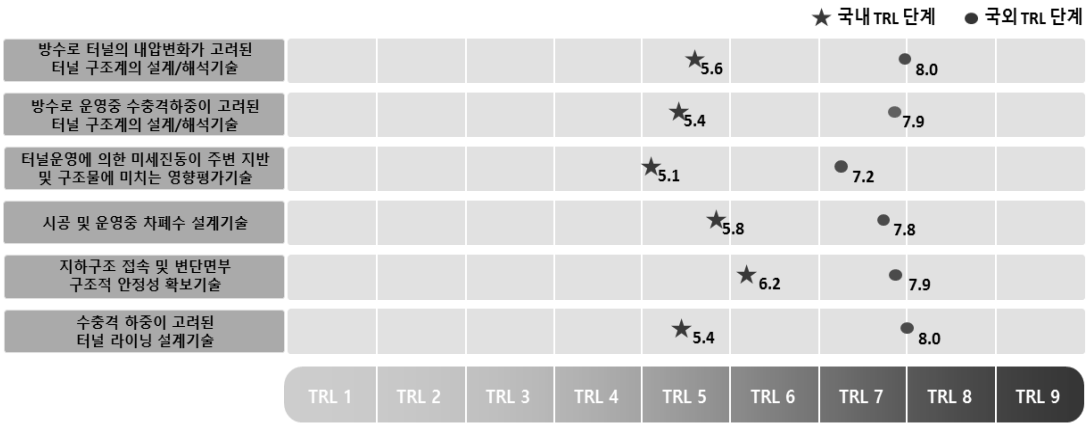
▪ 구조적 터널설계기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내는 지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술의 TRL수준이 높아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석기술, 수충격 하중이 고려된 터널 라이닝 설계기술의 TRL수준이 높아 시제품 제작 및

신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음.

· 국내와 국외 모두 터널운영에 의한 미세진동이 주변 지반 및 구조물에 미치는 영향평가 기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준 격차가 가장 적은 기술은 지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술임.



[그림 2.4.62] 기술성숙도(구조적 터널설계기술)

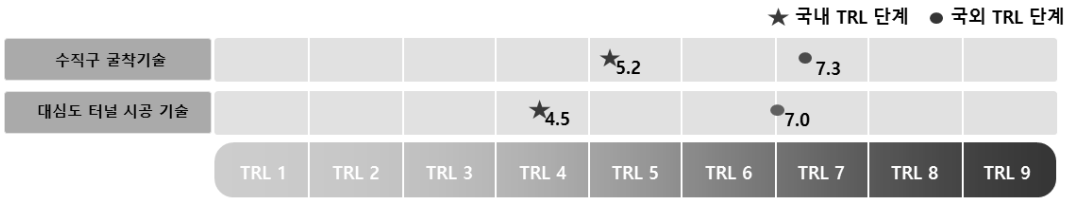
□ 도시지하방수로 시공기술분야 기술성숙도(TRL)

◦ 도시지하방수로 시공기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성 평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계임.

· 국내와 국외 모두 수직구 굴착기술의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내와 국외 모두 대심도 터널 시공기술의 TRL수준이 상대적으로 가장 낮아 국내는 실험실 규모의 핵심성능 평가가 수행되고 있으며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 있루어지고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 수직구 굴착기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 대심도 터널 시공기술임.



[그림 2.4.63] 기술성숙도(시공기술분야)

- 수직구 굴착기술의 기술성숙도(TRL)

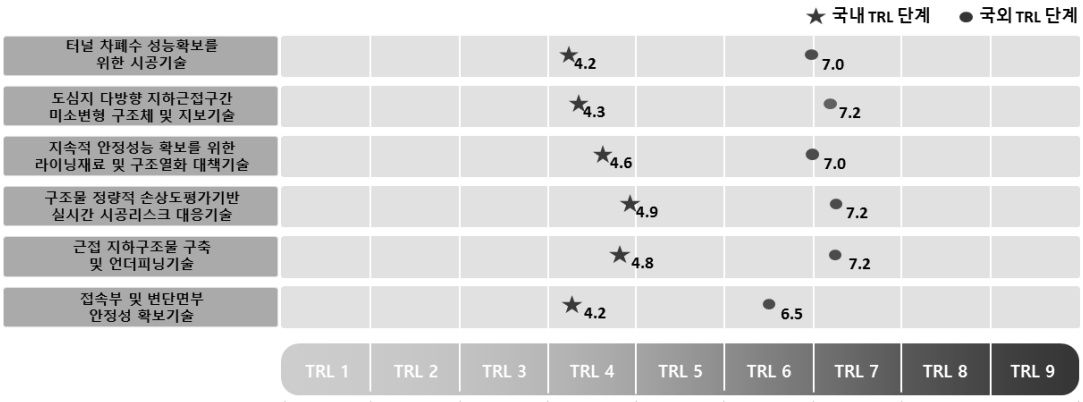
  · 수직구 굴착기술을 구성하는 소분류기술인 수직구 급속 굴착 기술의 TRL 수준은 국내의 경우 확정된 시스템의 시작품제작 및 성능평가가 수행되는 단계이며, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계임.

- 대심도 터널 시공기술의 기술성숙도(TRL)

  · 국내는 구조물 정량적 손상도 평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술의 TRL수준이 높아 실험실 규모의 핵심성능 평가가 수행되고 있으며, 국외는 도심지 다방향 지하근접구간 미소변형 구조체 및 지보기술, 구조물 정량적 손상도평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술, 근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술의 TRL수준이 높아 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

  · 국내는 터널 차폐수 성능 확보를 위한 시공기술, 접속부 및 변단면부 안정성 확보기술의 TRL수준이 가장 낮아 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 접속부 및 변단면부 안정성 확보 기술의 TRL수준이 가장 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음.

  · 국내와 국외의 TRL수준 격차가 가장 적은 기술은 구조물 정량적 손상도 평가 기반 실시간 시공리스크 구현기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술임.

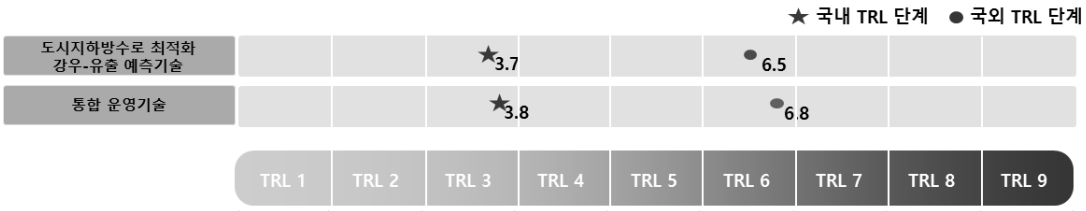


[그림 2.4.64] 기술성숙도(대심도터널 시공기술)

□ 도시지하방수로 운영기술분야 기술성숙도(TRL)

◦ 도시지하방수로 운영기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계임.

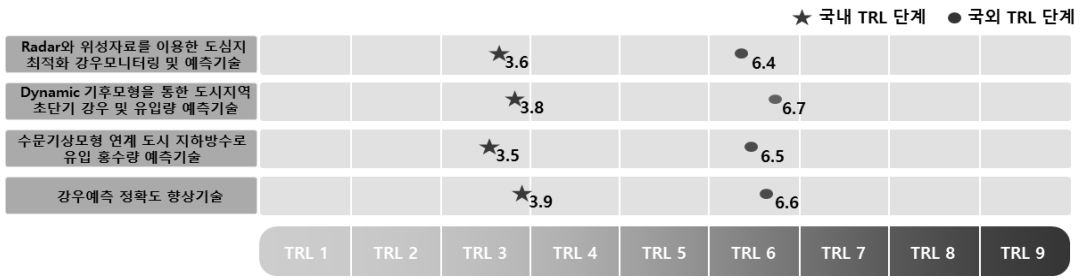
· 도시지하방수로 운영기술분야를 구성하는 중분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.65] 기술성숙도(운영기술분야)

▪ 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술의 기술성숙도(TRL)

· 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편이며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계이며, 국외는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임.



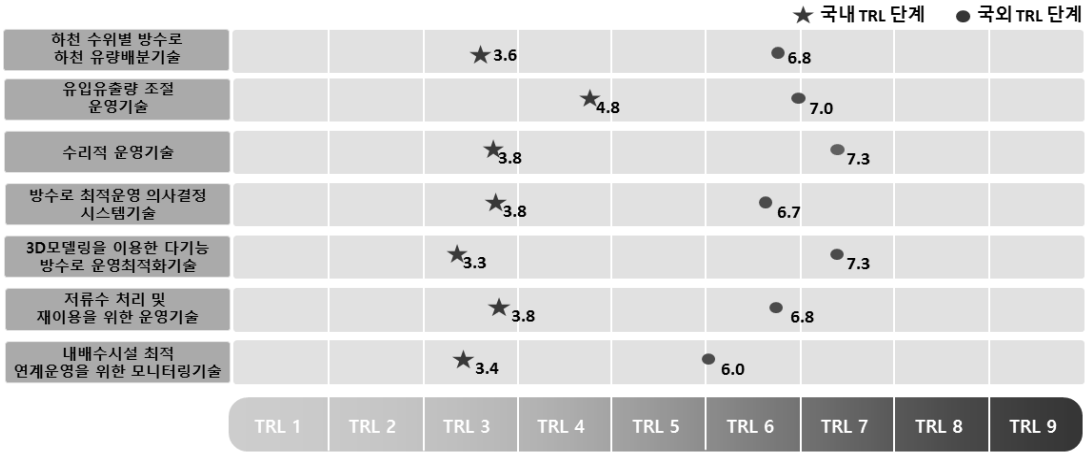
[그림 2.4.66] 기술성숙도(최적화 강우-유출 예측기술)

▪ 통합 운영기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내는 유입유출량 조절 운영기술의 TRL수준이 높아 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 수리적 운영기술, 3D모델링을 이용한 다기는 방수로 운영 최적화 기술의 TRL수준이 높아 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

· 국내는 3D모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화기술의 TRL수준이 가장 낮아 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술의 TRL수준이 가장 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음.

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 유입유출량 조절 운영 기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 3D모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술임.



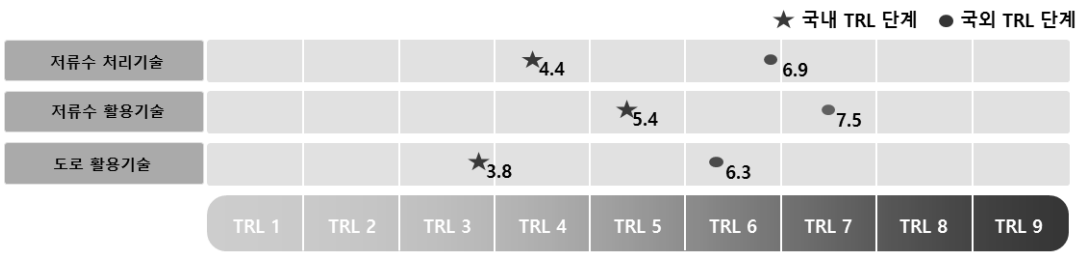
[그림 2.4.67] 기술성숙도(통합운영기술)

□ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야 기술성숙도(TRL)

◦ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계임.

· 국내와 국외 모두 저류수 활용기술의 TRL수준이 가장 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계임.

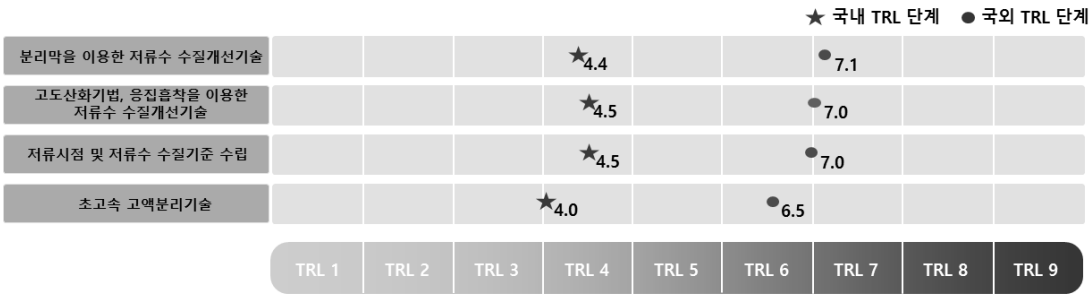
· 국내와 국외 모두 도로 활용기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계, 국외는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임.



[그림 2.4.68] 기술성숙도(다목적 활용기술)

▪ 저류수 처리기술의 기술성숙도(TRL)

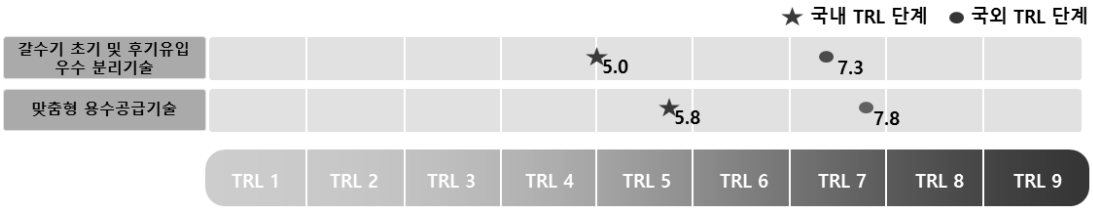
· 저류수 처리기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.69] 기술성숙도(저류수 처리기술)

▪ 저류수 활용기술의 기술성숙도(TRL)

· 저류수 활용기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.70] 기술성숙도(저류수 활용기술)

▪ 도로 활용기술의 기술성숙도(TRL)

· 도로 활용기술을 구성하는 소분류기술인 방수로 도로활용 기술의 TRL수준은 국내의 경우 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계이며, 국외는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임.

□ 도시지하방수로 유지관리기술분야 기술성숙도(TRL)

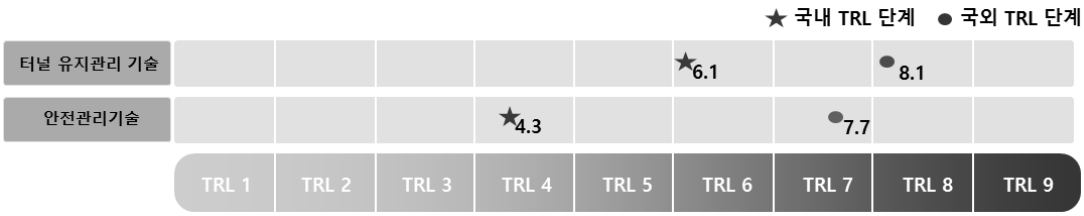
◦ 도시지하방수로 유지관리기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계임.

· 국내와 국외 모두 터널 유지관리 기술의 TRL수준이 가장 높으며, 국내는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계, 국외는 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계임.

· 국내와 국외 모두 안전관리기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 국내는 실험실

규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계임.

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 터널 유지관리기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 안전관리 기술임.



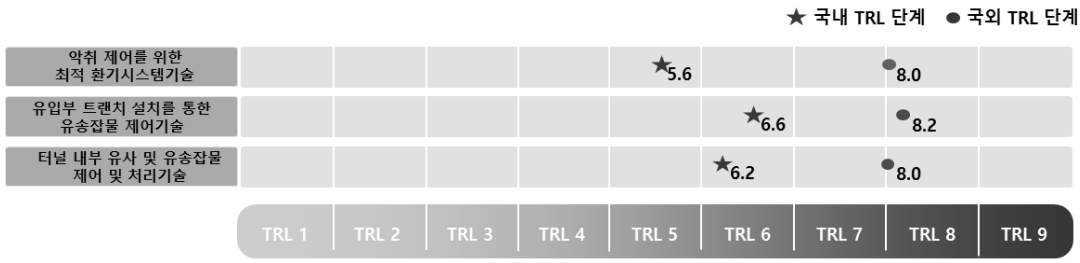
[그림 2.4.71] 기술성숙도(유지관리기술분야)

▪ 터널 유지관리기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내와 국외 모두 유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어 기술의 TRL 수준이 가장 높으며, 국내는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계, 국외는 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계임.

· 국내는 악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술의 TRL수준이 가장 낮으며, 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음

· 국내와 국외의 TRL수준의 격차가 가장 적은 기술은 유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어기술이며, 격차가 가장 큰 기술은 악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술임.



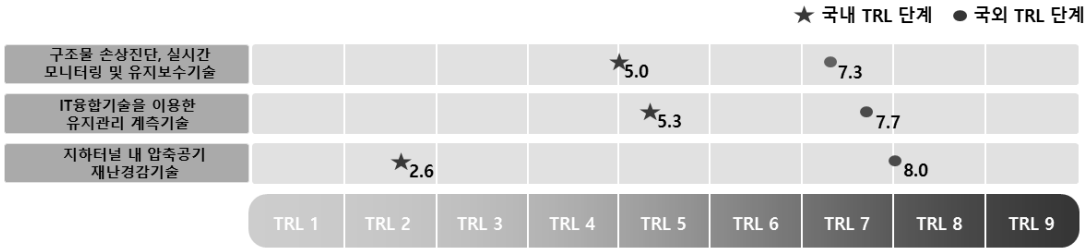
[그림 2.4.72] 기술성숙도(터널 유지관리기술)

▪ 안전관리기술의 기술성숙도(TRL)

· 국내는 IT융합 기술을 이용한 유지관리 계측 기술의 TRL수준이 가장 높아 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 지하터널 내 압축공기 재난경감기술의 TRL수준이 가장 높아 시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음.

· 국내는 지하터널 내 압축공기 재난경감기술의 TRL수준이 가장 낮아 실용

목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되고 있으며, 국외는 구조물 손상진단, 실시간 모니터링 및 유지보수 기술의 TRL수준이 가장 낮아 신뢰성평가 및 수요기업 평가가 이루어지고 있음.

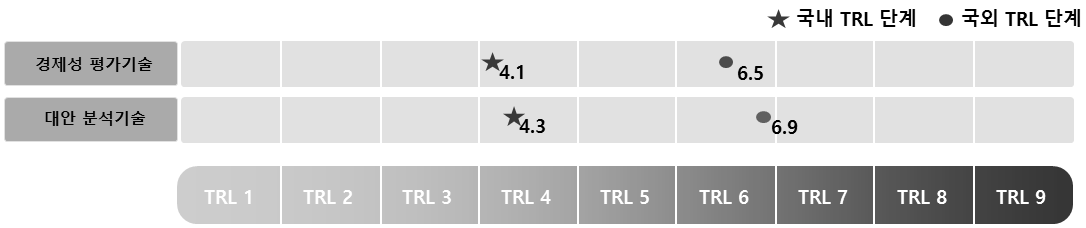


[그림 2.4.73] 기술성숙도(안전관리기술)

□ 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야 기술성숙도(TRL)

◦ 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계임.

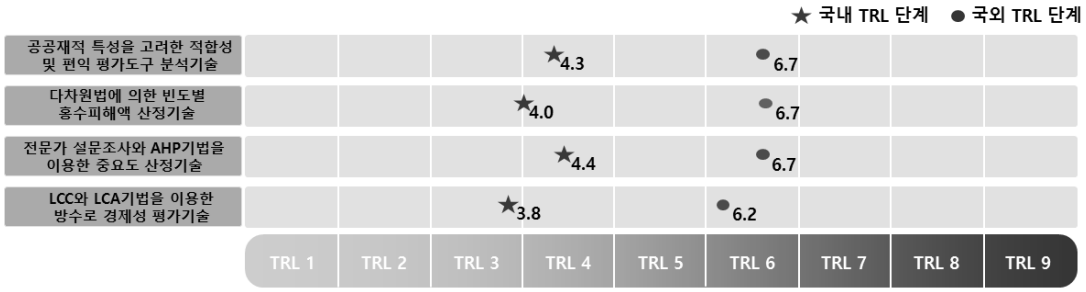
· 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야를 구성하는 중분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.74] 기술성숙도(사업타당성평가기술)

▪ 경제성 평가기술의 기술성숙도(TRL)

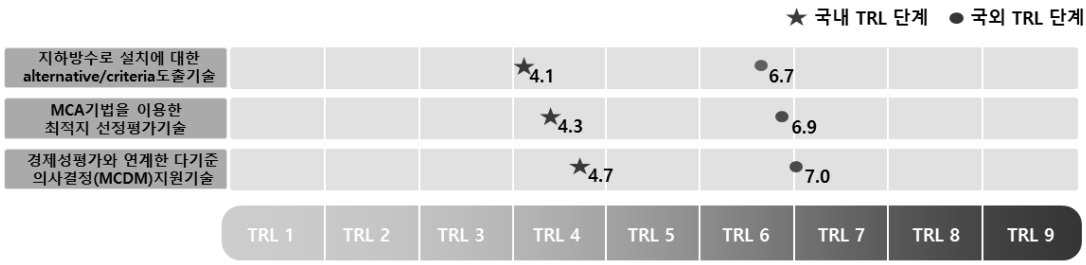
· 경제성 평가기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.75] 기술성숙도(경제성 평가기술)

▪ 대안분석기술의 기술성숙도(TRL)

· 대안분석기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.76] 기술성숙도(대안분석기술)

□ Test-bed활용기술분야 기술성숙도(TRL)

◦ Test-bed활용기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계이며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계임.

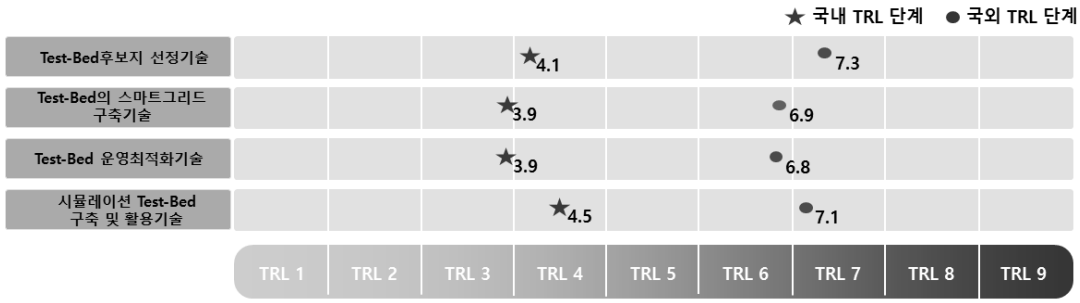
· Test-bed활용기술분야를 구성하는 중분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.77] 기술성숙도(Test-bed 활용기술분야)

▪ Test-bed 선정 및 실증운영기술의 기술성숙도(TRL)

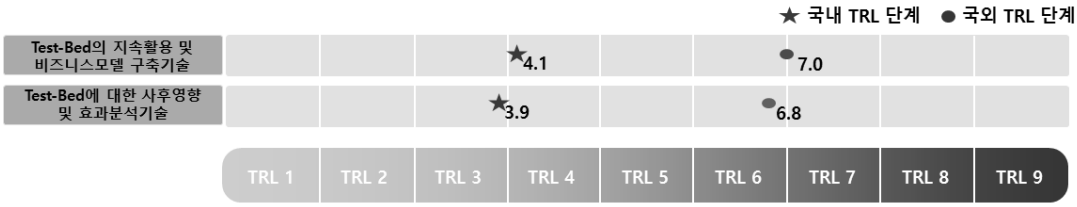
· Test-bed 선정 및 실증운영기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.78] 기술성숙도(Test-bed 선정 및 실증운영기술)

▪ Test-bed 효과분석 및 영향평가기술의 기술성숙도(TRL)

· Test-bed 효과분석 및 영향평가기술을 구성하는 소분류 기술의 TRL수준은 국내 국외 모두 편차가 크지 않은 편임.



[그림 2.4.79] 기술성숙도(Test-bed 효과분석 및 영향평가기술)

마. 최고기술보유국가 및 기관

□ 도시지하방수로 설계기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 설계기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(60%)으로 조사됨.

◦ 도시지하방수로 설계기술분야 소분류별 최고기술보유국가 및 기관은 다음과 같음.

<표 2.4.22> 최고기술 보유국가 및 기관(설계기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
최적위치 및 규모선정기술	최적 위치선정을 위한 도시 배수시스템 분석 기술	미국	EPA
			HEC
			NOAA-NWS
		일본	일본기술연구센터
			동경홍수통제소
			토목연구소
	침수 예측 기술	미국	EPA
			FEMA
		일본	동경홍수통제소
			토목연구소
			㈜건설기술연구소
		덴마크	DHI

<표 2.4.22> 최고기술 보유국가 및 기관(설계기술분야, 계속)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
최적위치 및 규모선정기술	기후변화를 반영한 최적 설계빈도 설정 기술	미국	NOAA
			USGS
			HEC
			기상청
		일본	토목연구소
		영국	Met Office
	강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정 기술	미국	EPA
			USBR
			Illinois Univ.
			덴버시
		일본	토목연구소
수직구(Drop Shaft) 설계 기술	낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
			세키수이
			㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	ETH Zurich
	유입·유출 및 조압 수직갱 설계기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
			세키수이
			㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
			세키수이
			㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	ETH Zurich

<표 2.4.22> 최고기술 보유국가 및 기관(설계기술분야, 계속)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
수리학적 터널 설계 기술	공기·물 연계 이상유체 해석 기술	미국	USACE_WES
		일본	토목연구소
			세키수이
			㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	동적 수충격 하중 대응 에너지 감쇠 구조시스템 및 안정성 평가 기술	미국	USACE_WES
		일본	토목연구소
			세키수이
			㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	지하구조 접속 및 변단면부 흐름 안정 설계 기술	미국	USACE_WES
			시카고시
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
구조적 터널 설계 기술	수충격 하중이 고려된 터널 라이닝 설계 기술	미국	Parsons Brinckerhoff
			USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	Elektrowatt
	방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	미국	Parsons Brinckerhoff
			USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	Elektrowatt
		프랑스	-
		영국	-

<표 2.4.22> 최고기술 보유국가 및 기관(설계기술분야, 계속)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
구조적 터널 설계 기술	방수로 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	미국	Parsons Brinckerhoff
			USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	Elektrowatt
	터널운영에 의한 주변구조물에 미치는 영향 평가 기술	미국	Parsons Brinckerhoff
			USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		영국	-
	시공 및 운영중 차폐수 설계 기술	미국	USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		스위스	Elektrowatt
		영국	-
	지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술	미국	USACE_WES
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
		영국	-

□ 도시지하방수로 시공기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 시공기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(51%)과 일본(49%)으로 조사됨.

◦ 도시지하방수로 시공기술분야 소분류별 최고기술보유국가 및 기관은 다음과 같음.

<표 2.4.23> 최고기술 보유국가 및 기관(시공기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
수직구 굴착기술	유입 수직구 급속 굴착 기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
대심도 터널시공 기술	터널 차폐수 성능 확보를 위한 시공 기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	대심도 장대 지하방수로 굴착기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	도심지 다방향 지하근접구간 미소변형 구조체 및 지보 기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	지속적 안정성능 확보를 위한 라이닝 재료 및 구조열화 대책기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	구조물 정량적 손상도평가 기반 실시간 시공리스크 대응기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영
	접속부 및 변단면부 안정성 확보 기술	미국	EPA
		일본	㈜퍼시픽컨설턴트
			㈜카지마건설
			㈜일본공영

□ 도시지하방수로 운영기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 운영기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(55%)과 일본(45%)으로 조사됨.

<표 2.4.24> 최고기술 보유국가 및 기관(운영기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술	Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측 기술	미국	NOAA
			EPA
			NASA
			시카고시
		일본	토목연구소
	Dynamic 기후모형을 통한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측 기술	미국	NOAA
			EPA
		일본	토목연구소
	수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측 기술	미국	NOAA
			EPA
			시카고시
		일본	토목연구소
			ICHARM
			JAXA
	강우예측 정확도 향상 기술	미국	USGS
			EPA
			NOAA
		일본	토목연구소
통합 운영기술	하천 수위별 방수로 하천 유량배분 기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
	3D 모델링을 이용한 다기능 방수로 운영 최적화 기술	미국	EPA
			HEC
		일본	토목연구소
	방수로 최적운영 의사결정 지원 시스템 개발 기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
	수리적 운영기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
	유입유출량 조절 운영 기술	미국	EPA
		일본	토목연구소
	저류수 처리 및 재이용을 위한 운영기술	미국	EPA
	내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술	미국	EPA
		일본	토목연구소

□ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(51%)이며, 이어 일본(14%)과 유럽(10%) 순으로 조사됨.

<표 2.4.25> 최고기술 보유국가 및 기관(다목적 활용기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
저류수 처리 기술	분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술	미국	NRCS
		싱가포르	뉴워터팩토리
			Hyflux
			PUB
	고도산화기법, 응집흡착을 이용한 저류수 수질개선 기술	미국	NRCS
		일본	히타치
		프랑스	Suez
	저류시점 및 저류수 수질기준 수립	미국	EPA
			NRCS
		일본	동경츠쿠바
			가와사키 하수도국
	초고속 고액분리 기술	미국	EPA
			NRCS
		프랑스	베올리아
저류수 활용 기술	갈수기 초기 및 후기유입 우수 분리 기술	미국	NRCS
		일본	동경츠쿠바
			가와사키 하수도국
		호주	-
	맞춤형 용수 공급 기술	미국	NRCS
		싱가포르	PUB
		한국	K-Water
도로 활용 기술	방수로 도로활용 기술	미국	FHWA
			NHTSA

□ 도시지하방수로 유지관리기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 유지관리기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(92%)으로 조사됨.

<표 2.4.26> 최고기술 보유국가 및 기관(유지관리기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
터널 유지관리 기술	터널 내부 유사 및 유송잡물 제어 및 처리 기술	미국	EPA
	악취 제어를 위한 최적 환기시스템 기술	미국	EPA
	유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어 기술	미국	EPA
안전관리 기술	구조물 손상진단, 실시간 모니터링 및 유지보수 기술	미국	EPA
			UIUC
	IT 융합 기술을 이용한 유지관리 계측 기술	미국	EPA
			UIUC
	지하터널 내 압축공기 재난경감기술	미국	EPA
		일본	CTIE

□ 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야 최고기술 보유국

◦ 도시지하방수로 사업타당성평가기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(95%)으로 조사됨.

<표 2.4.27> 최고기술 보유국가 및 기관(타당성평가기술분야)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
경제성 평가기술	공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술	미국	USACE
			EPA
			공병단
	다차원법에 의한 빈도별 홍수 피해액 산정 기술	미국	USACE
			EPA
			FEMA
	전문가 설문조사와 AHP 기법을 이용한 중요도 산정 기술	미국	USACE
			EPA
			Decision Lens
	LCC와 LCA 기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술	미국	USACE
			EPA
			NRMRL

<표 2.4.27> 최고기술 보유국가 및 기관(타당성평가기술분야, 계속)

기술분류체계		최고기술	
중분류	소분류	국가	기관
대안 분석 기술	지하방수로 설치에 대한 alternative/criteria 도출 기술	미국	USACE
			EPA
			Illinois Univ.
			EWG-MCDA
	MCA 기법을 이용한 최적지 선정평가 기술	미국	EPA
			EWG-MCDA
		일본	PWRI
	경제성 평가와 연계한 다기준 의사결정(MCDM) 지원 기술	미국	USACE
			EPA
			EWG-MCDA

□ Test-bed활용기술분야 최고기술 보유국

◦ Test-bed활용기술분야 관련 최고 기술을 가장 많이 보유한 국가는 미국(69%)이며, 이어 일본(16%)이 두 번째로 많은 최고 기술을 보유한 것으로 조사됨.

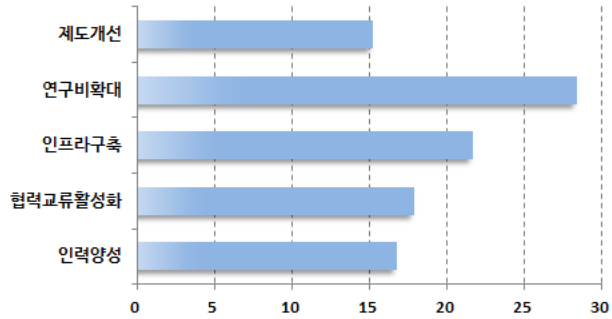
<표 2.4.28> 최고기술 보유국가 및 기관(Test- bed활용기술분야)

기술분류체계		최고기술보유	
중분류	소분류	국가	기관
Test-bed 선정 및 실증운영 기술	Test-bed 후보지 선정기술	미국	USACE_WES
			NOAA
			시카고시
		일본	-
		말레이시아	SMART터널
	Test-bed의 스마트 그리드 구축 기술	미국	USACE_WES
			IBM
		일본	-
	Test-bed 운영 최적화 기술	미국	USACE_WES
		일본	-
	시뮬레이션 Test-bed 구축 및 활용 기술	미국	USACE_WES
			IPCC
		일본	-
Test-bed 효과 분석 및 영향평가 기술	Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	미국	USACE_WES
		말레이시아	SMART터널
	Test-bed에 대한 사후 영향 및 효과 분석 기술	미국	USACE_WES
		말레이시아	SMART터널

바. 정부 우선시행 방안

□ 총괄

◦ 도시지하방수로 건설기술의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 28%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 22%, 협력교류활성화 18%, 인력양성 17%, 제도개선 15% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.80] 정부 우선시행 방안(종괄)

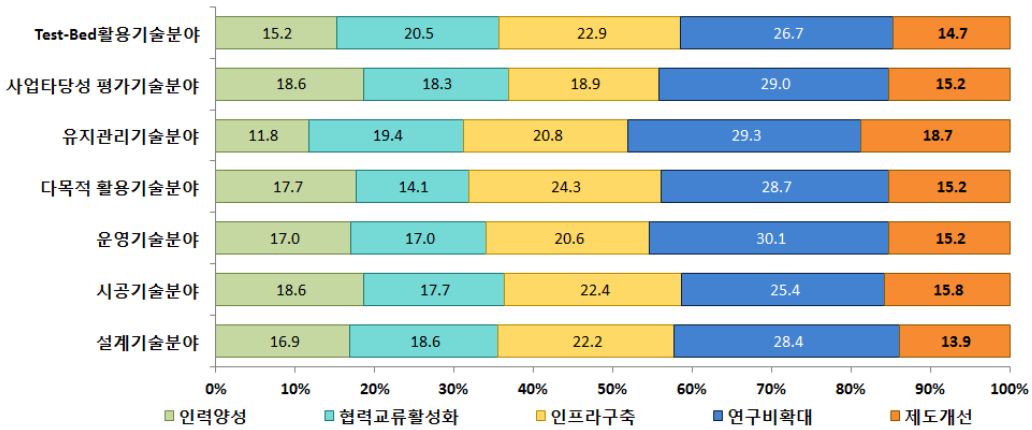
· 인력양성 지원이 필요하다는 의견비중이 가장 높은 기술분야는 도시지하방수로 시공기술분야, 도시지하방수로 사업타당성 평가기술분야임.

· 협력교류활성화 지원이 필요하다는 의견비중이 가장 높은 기술분야는 Test-bed활용기술분야임.

· 인프라 구축 지원이 필요하다는 의견비중이 가장 높은 기술분야는 도시지하방수로 다목적 활용기술분야임.

· 연구비확대가 필요하다는 의견비중이 가장 높은 기술분야는 도시지하방수로 운영기술분야임.

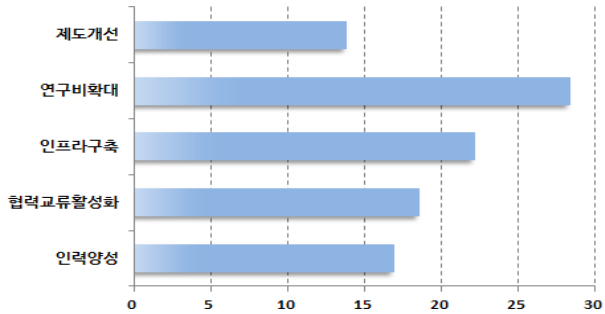
· 제도개선이 필요하다는 의견비중이 가장 높은 기술분야는 도시지하방수로 유지관리기술분야임.



[그림 2.4.81] 정부 우선시행 방안(종괄 분야별)

□ 도시지하방수로 설계기술분야 정부우선시행방안

◦ 도시지하방수로 설계기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 28%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 22%, 협력교류활성화 19%, 인력양성 17%, 제도개선 14% 순으로 조사됨.



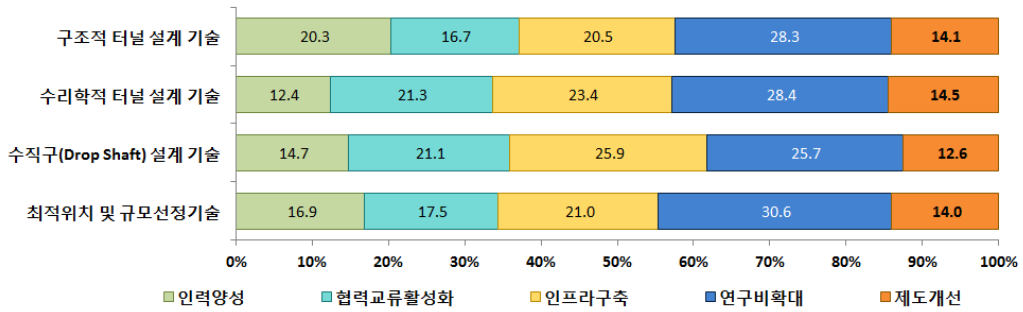
[그림 2.4.82] 정부 우선시행 방안(설계기술)

· 최적위치 및 규모선정기술은 타분야 기술대비 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

· 수직구(Drop Shaft)설계기술은 타분야 기술대비 인프라구축 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

· 수리학적 터널설계기술은 타분야 기술대비 협력교류활성화 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

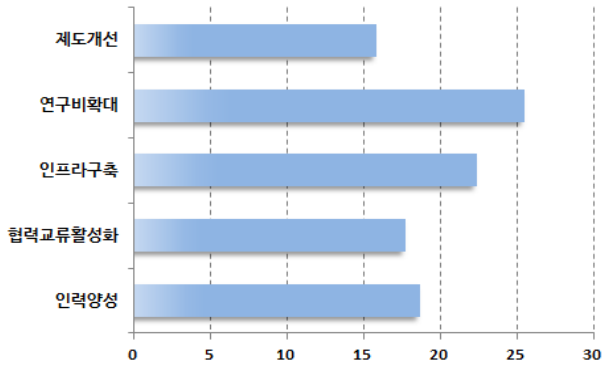
· 구조적 터널설계기술은 타분야 기술대비 인력양성 필요응답 지중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.83] 정부 우선시행 방안(설계기술 분야별)

□ 도시지하방수로 시공기술분야 정부우선시행방안

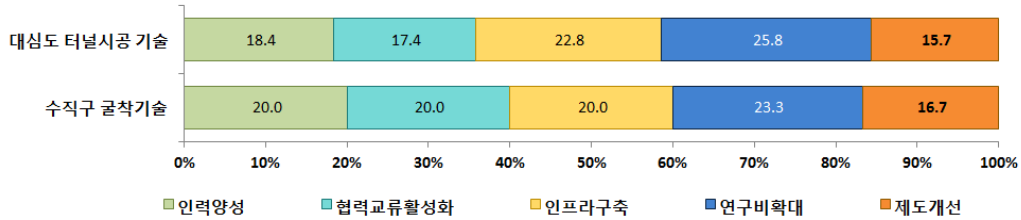
◦ 도시지하방수로 시공기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 25%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 22%, 협력교류활성화 18%, 인력양성 19%, 제도개선 16% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.84] 정부 우선시행 방안(시공기술)

· 수직구 굴착기술은 타분야 기술대비 인력양성, 협력교류 활성화 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

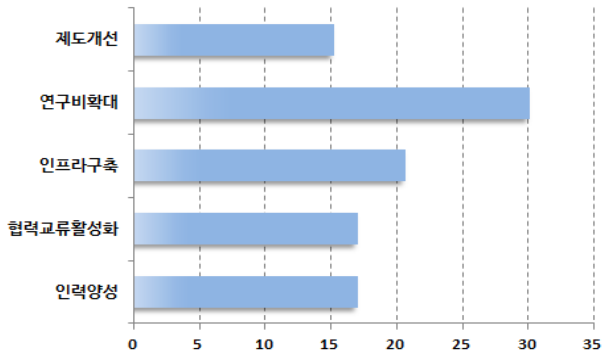
· 대심도 터널시공기술은 타분야 기술대비 인프라 구축, 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.85] 정부 우선시행 방안(시공기술 분야별)

□ 도시지하방수로 운영기술분야 정부우선시행방안

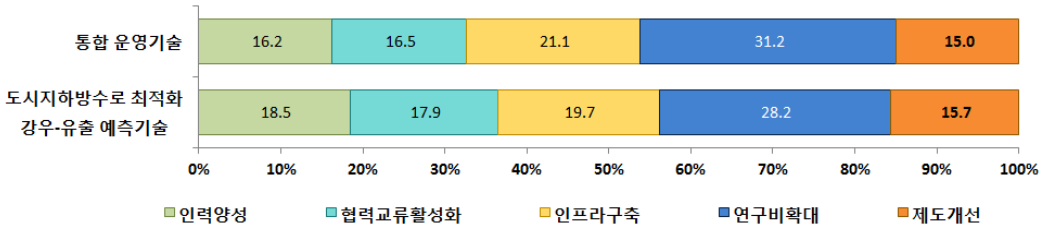
◦ 도시지하방수로 운영기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 30%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 21%, 협력교류활성화 및 인력양성이 17%, 제도개선 15% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.86] 정부 우선시행 방안(운영기술분야)

· 도시지하방수로 최적화 강우-유출 예측기술은 타분야 기술대비 인력양성 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

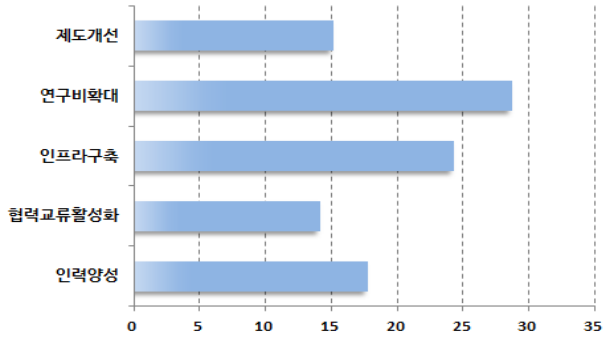
· 통합 운영기술은 타분야 기술대비 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.87] 정부 우선시행 방안(운영기술 분야별)

□ 도시지하방수로 다목적 활용기술분야 정부우선시행방안

◦ 도시지하방수로 다목적활용기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 29%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 24%, 인력양성 18%, 제도개선 15%, 협력교류활성화 14% 순으로 조사됨.

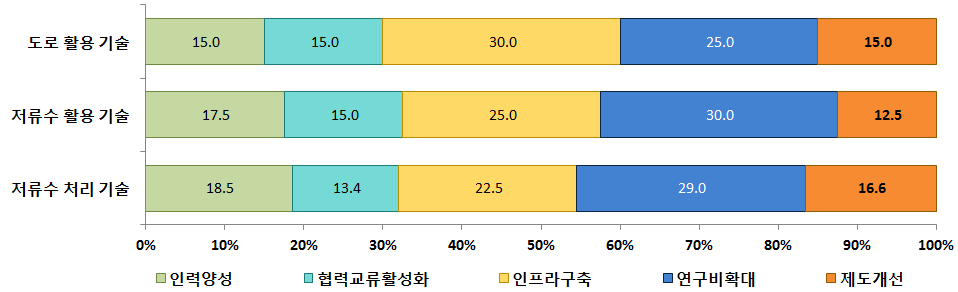


[그림 2.4.88] 정부 우선시행 방안(다목적 활용기술)

· 저류수처리기술은 타분야 기술대비 인력양성, 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

· 저류수 활용기술은 타분야 기술대비 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

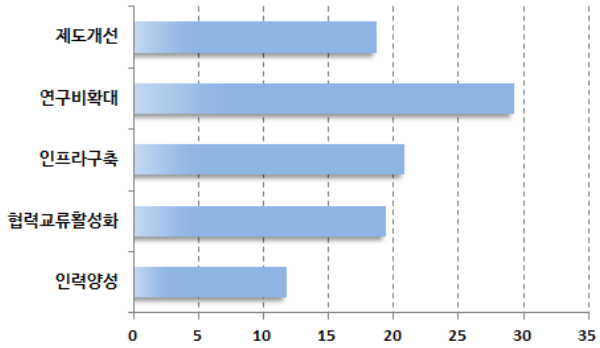
· 도로활용기술은 타분야 기술대비 인프라구축 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.89] 정부 우선시행 방안(다목적 활용기술 분야별)

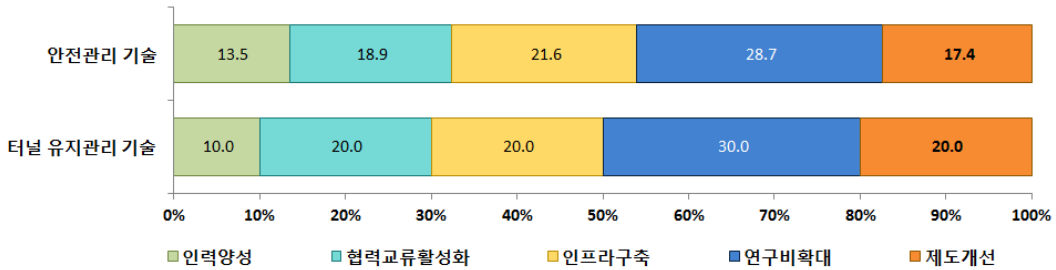
□ 도시지하방수로 유지관리기술분야 정부우선시행방안

◦ 도시지하방수로 유지관리기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 29%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 21%, 협력교류 활성화 및 제도개선이 19%, 인력양성 12% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.90] 정부 우선시행 방안(유지관리기술)

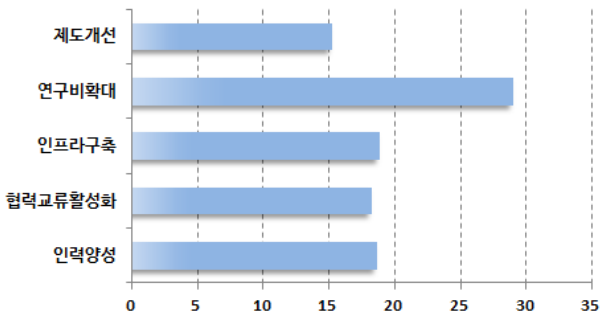
· 터널유지관리기술은 타분야 기술대비 연구비확대, 제도개선 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.91] 정부 우선시행 방안(유지관리기술 분야별)

□ 도시지하방수로 사업타당성 평가기술분야 정부우선시행방안

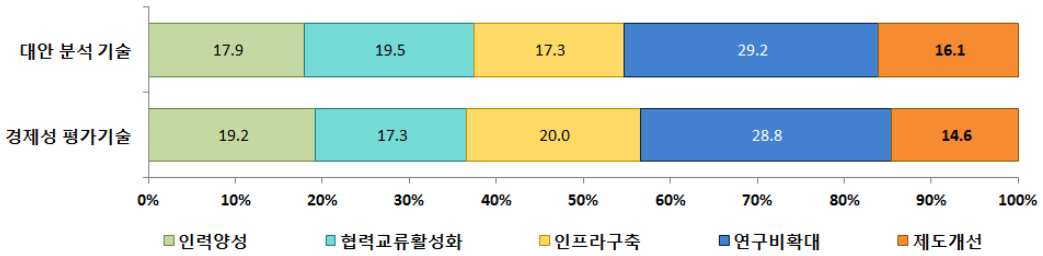
◦ 도시지하방수로 사업타당성 평가기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 29%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 및 인력양성 19%, 협력교류 활성화 18%, 제도개선이 15% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.92] 정부 우선시행 방안(사업타당성 평가기술)

· 경제성평가기술은 타분야 기술대비 인력양성 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.

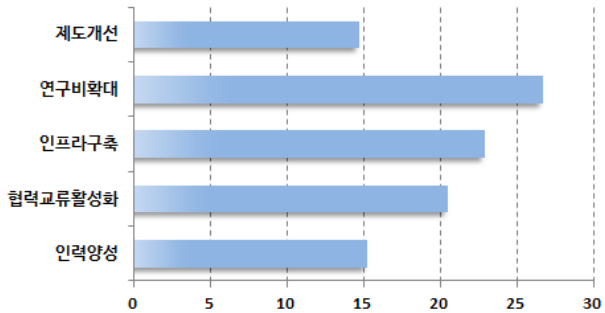
· 대안분석기술은 타분야 기술대비 연구비확대 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.93] 정부 우선시행 방안(사업타당성 평가기술 분야별)

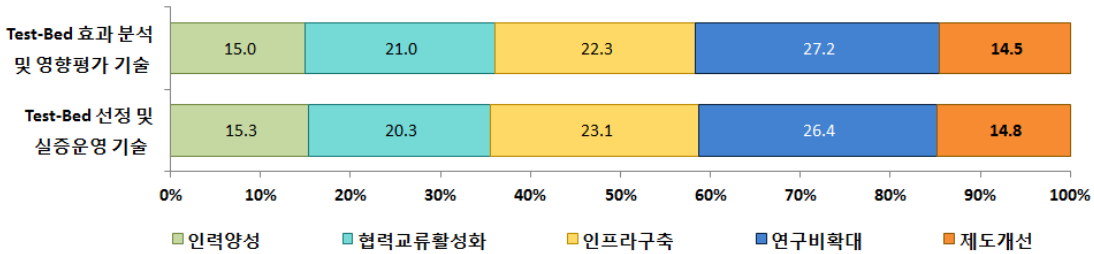
□ Test-bed 활용기술분야 정부우선시행방안

◦ Test-bed 활용기술분야의 정부우선시행방안은 연구비확대가 필요하다는 의견이 27%로 가장 높았으며, 이어 인프라구축 23%, 협력교류 활성화 20%, 인력양성 및 제도개선이 15% 순으로 조사됨.



[그림 2.4.94] 정부 우선시행 방안(Test- bed 활용기술)

· Test-bed선정 및 실증운영기술, Test-bed효과 분석 및 영향평가 기술은 타분야 기술대비 협력교류 활성화 필요응답 비중이 상대적으로 높은 편임.



[그림 2.4.95] 정부 우선시행 방안(Test- bed 활용기술 분야별)

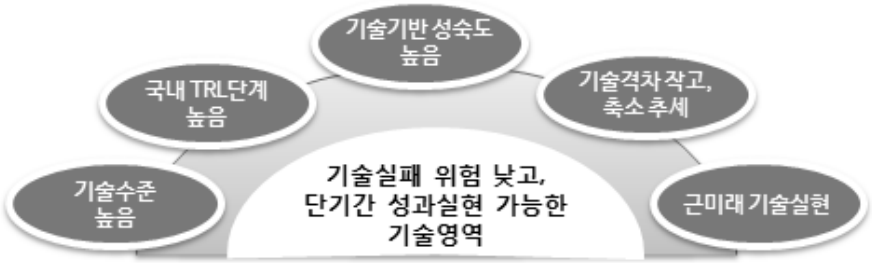
사. 종합분석

□ 기술예측/수준조사 분석을 통해 국가연구개발사업 추진 필요성이 낮은 기술분야를 파악하고, 추진 필요성이 높은 기술분야에 대한 과제기획을 우선적으로 수행하기 위함.

□ 단기간 성과 실현 가능 기술

◦ 국내 기술 수준/TRL단계/기술기반 성숙도가 높으며, 기술격차가 작고 축소추세에 근미래에 기술실현이 가능하고, 민간역량이 우수하거나 기술의 사업 직접 적용이 가능.

· 해당 영역에 속하는 기술은 기술개발 실패위험이 낮으며 단기간 성과실현이 가능한 기술영역으로 민간이 독자적으로 기술개발 수행이 가능한 기술임.



◦ 해당 영역에 속하는 소분류기술은 다음과 같음.

· (도시지하방수로 설계기술분야) '방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술', '방수로 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술', '시공 및 운영중 차폐수 설계 기술', '지하구조 접속 및 변단면부 구조적 안정성 확보기술', '수충격 하중이 고려된 터널 라이닝 설계 기술' 등 5건

· (도시지하방수로 시공기술분야) '근접 지하구조물 구축 및 언더피닝 기술', '접속부 및 변단면부 안정성 확보기술' 등 2건

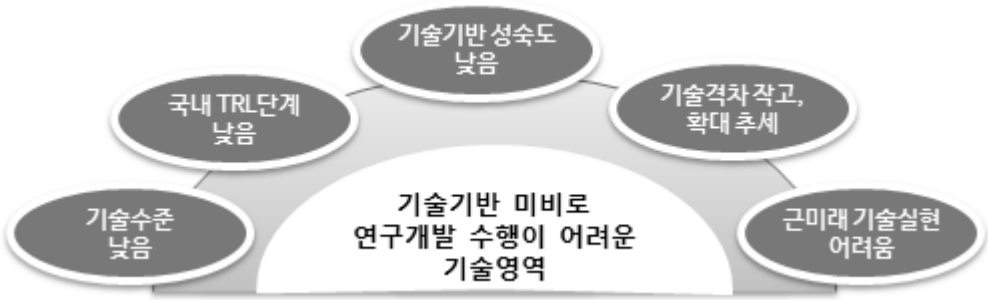
· (도시지하방수로 유지관리기술분야) '악취제어를 위한 최적 환기시스템 기술', '유입부 트랜치 설치를 통한 유송잡물 제어기술' 등 2건

□ 연구개발에 앞서 인프라기반 구축 우선추진 고려 기술

◦ 국내 기술 수준/TRL단계/기술기반 성숙도가 낮으며, 기술격차가 크고 확대추세에 근미래에 기술실현이 어렵고, 정부지원 항목 중 인프라확충에 대한 응답비중이 높은 기술분야는 인프라기반 구축을 우선적으로 고려할 수 있음.

· 해당 영역에 속하는 기술은 기술기반 미비로 연구개발 수행에 장애요인이 많은 기술영역으로 인프라기반이 선행되어야 기술개발 성공가능성을 높일 수 있는 기술임.

※ 해당 영역에 속하는 기술 중 기술력 확보가 시급한 기술들은 해외 기술도입 및 국제 공동연구를 수행하는 방안을 고려할 수 있음.



◦ 해당 영역에 속하는 소분류기술은 다음과 같음.

· (도시지하방수로 설계기술분야) '낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계기술', '유입, 유출 및 조압 수직갱 설계기술', '통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술', '공기-물 연계 이상유체해석기술' 등 4건

※ '낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계기술', '유입, 유출 및 조압 수직갱 설계기술', '통수능력 증대를 위한 유입부 설계기술' 등 3개 기술은 해외 기술도입 및 국제공동연구 추진 응답률이 타분야 기술대비 상대적으로 높은 기술임.

· (도시지하방수로 운영기술분야) '수문기상모형 연계도시 지하방수로 유입 홍수량 예측기술', '수리적 운영기술', '내배수시설 최적 연계운영을 위한 모니터링 기술' 등 3건

※ '수문기상모형 연계도시 지하방수로 유입 홍수량 예측기술'은 해외 기술도입 및 국제공동연구 추진 응답률이 타분야 기술대비 상대적으로 높은 기술임.

제 5 절 동향 분석에 기반을 둔 SWOT 분석

1. 내부역량

□ 강점 (Strength)

◦ 지하방수로와 관련한 수자원, 환경, 구조, 지반 분야의 우수한 연구수행 능력을 가진 연구 인력을 보유함.

◦ 물관리 분야의 다양한 연구 경험과 우수한 선행연구 실적을 보유하고 있음.

◦ 다목적 지하방수로 기술개발에 대한 산·학·연 관련 전문가들의 공감대가 형성되고, 관련 연구에 참여 의지가 매우 큼.

◦ 국내 대규모 지하구조물 시공 경험이 다수임.

□ 약점 (Weakness)

◦ 지하방수로와 관련된 연구 실적이 미미하고, 특허 출원 실적도 미국, 일본, 유럽 등 선진국에 비해 적은 현실임.

◦ 지하방수로의 설계·시공·운영 기준이 전무한 실정이고, 관련 가이드라인도 제시되어 있지 않음.

◦ 국내 지하방수로 건설 및 운영 경험이 전무 하여, 기술 개발 분야에 대한 접근성이 부족함.

◦ 대규모 연구개발을 위한 독자적인 파이낸싱 역량이 부족함.

2. 외부환경

□ 기회 (Opportunity)

◦ 도시홍수예방, 비점오염관리 및 물 재이용 분야가 모두 국가적 관심 사항이며, 지속적으로 관련 정책들을 추진하고 있음.

◦ 국가적인 관심사항으로 많은 투자가 이루어질 것으로 전망됨.

◦ 최근 도심지 침수가 빈번히 발생함에 따라 도시홍수예방에 대한 국민 관심과 방재시설 확충에 대한 요구가 증가함.

◦ 기후변화로 인해 세계 물관리 시장이 점차 확대될 것으로 전망됨.

◦ 하수 재이용, 음용수 수요 등의 증가로 분리막 등 수처리 시장의 급격한 증가가 예상됨.

□ 위협 (Threat)

◦ 일본, 미국, 홍콩 등에서는 침수예방, 비점오염관리 및 물 재이용 등의 목적으로 이미 지하방수로를 운영 중으로, 한국보다 기술·경험적으로 우위에 있어 해외시장 진출 시 경쟁에서 불리함.

◦ 지하방수로의 다기능 활용이 아닌 치수적인 기능으로만 활용을 생각하여, 우기에 일시적인 사용을 위한 막대한 예산투입이라는 지적이 있음.

◦ 대규모 토목사업에 대해 국민들이 거부감을 가지고 있음.

◦ 개발된 기술의 적용을 위한 Test-bed 사업은 예산, 장소 등의 문제점으로 실행이 어려움.

<표 2.5.1> SWOT 분석

내부역량 / 외부환경	강점(S)	약점(W)
기회(O)	**우선수행(SO전략)** □지하방수로 설계 기술개발의 예산을 확보하여 조속한 연구개발 사업 추진 □홍수예방, 수처리, 빗물 재이용 등의 관련 기수행 연구와의 연계를 통한 기술 개발 추진 □지하방수로 관련 시장의 확대에 대응하여 다수의 우수한 연구인력 투입과 실용화 가능성이 높은 기술 개발 추진 □개발된 기술을 토대로 국내 건설사, 엔지니어링사의 해외 지하방수로 시장 진입	**우선보완(WO전략)** □지하방수로 설계·시공·운영기술 관련 연구 추진, 핵심기술 개발의 시급성과 필요성 제고 □해외 지하방수로 설계·시공·운영 현황을 벤치마킹하여 가장 필수적인 기술에 대한 개발계획 수립 및 추진 □지하방수로 기술 개발을 위한 정부 R&D예산 지원의 필요성 제고
위협(T)	**RISK해결(ST전략)** □선진 기술과의 격차를 줄이고 기술 장벽을 극복하기 위하여 체계적인 사업 추진과 독자적인 기술 개발 추진 □지하방수로의 다기능 활용방안 및 도입 장점에 대한 홍보를 통한 대규모 토목사업에 대한 거부감 해소 □기술의 실증의 필요성이 매우 높은 부분에 대해 부분적인 수리모형 실험 또는 Simulation을 통한 실증 구현	**장기보완(WT전략)** □기술개발과 함께 지하방수로 설계기준, 시방서, 가이드라인 제공. □추진중인 지하방수로 사업과 연계를 통한 개발 기술의 실증 방안 추진 □사업성 높은 분야를 발굴하고, 민간기업 연구개발을 추진 □지하방수로 다목적 활용 연구에 대한 지속적인 지원으로, 과련 연구인력 양성.

기술개발 전략	- 체계적인 연구개발 사업의 조속한 추진으로 지하방수로 핵심기술 개발 - 독자적 기술 개발로 선진국과의 기술격차 해소 및 해외시장진출 지원 - 치수, 이수, 환경을 아우르는 다목적 활용기술 개발

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 비전

□ Vision 2020 : 홍수에 안전한 건전한 물순환 도시 구축

2. 목표

□ 2020년 까지 지하방수로 핵심기술 개발 및 실용화

□ 2025년 까지 선진국 수준의 지하방수로 기술경쟁력 확보

□ 다기능활용 기술 개발로 지하방수로 연중 활용

3. 중점 추진 분야

□ 도시 지하방수로 설계기술 개발

□ 도시 지하방수로 운영기술 개발

□ 도시 지하방수로 다목적 활용기술 개발

□ 도시 지하방수로 테스트베드 운영 기술 개발



[그림 3.1.1] 비전 및 목표

제 2 절 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

1. 후보과제 도출 및 우선순위 평가

가. 개요

□ 후보과제는 기술수요조사를 통해 제안받은 기술개발아이템 중 비전목표와 부합하는 기술개발아이템을 선별하고 과제규모에 따른 조정을 통해 도출

◦ 기술수요조사를 통해 제안받은 기술개발아이템을 동 사업의 목표별로 분류하여 사업목표에 부합하지 않는 기술개발아이템은 기획대상에서 제외

◦ 동 사업의 목표와 부합하는 기술개발아이템은 연구내용이 중복되거나 유사한 기술개발아이템 병합, 기술분류체계 상 소분류 수준으로 과제 분할 및 병합하여 후보과제화

◦ 후보과제는 해당 기술개발아이템 제안 전문가가 과제카드를 작성하여 구체화

□ 후보과제 우선순위평가는 QFD(Quality Function Deployment) 방법론을 이용하여 평가함

◦ 기술개발환경 Needs를 도출

· 기술개발환경 Needs Pool은 내부 기획연구진 및 기술위원들로부터 제안받고, 브레인스토밍을 통해 사업목표에 부합하며 모든 후보과제들에 대한 평가가 가능하도록 설정

◦ 기술개발환경 Needs에 대한 평가 수행

· 기술개발환경 Needs에 대한 평가항목은 연구진 브레인스토밍을 통해 정책적 관점에서 '정부지원 필요성', 기술적 관점에서 ' 기술개발 시급성', '기술개발 실현가능성', 사회경제적 관점에서 '사회경제적 파급효과' 등 4개 항목으로 도출

· 기술개발환경 Needs에 대한 평가는 내부 기획연구진 및 기술위원이 5점 척도로 수행하고, 개별 전문가가 평가한 결과의 평균값을 최종적인 기술개발환경 Needs에 대한 평가 결과값으로 설정

※ 매우 낮음 : 1점, 낮음 : 2점, 보통 3점, 높음 4점, 매우 높음 5점

· 기술개발환경 Needs평가 결과는 기술개발환경 Needs별 가중치로 활용

◦ 후보과제가 기술개발환경 Needs를 얼마나 반영하는지 후보과제와 기술개발환경 Needs연관성 평가 수행

· 후보과제와 기술개발환경 Needs의 연관성 평가는 내부 기획연구진 및 기술위원 대상으로 5점척도로 수행하고, 개별 전문가가 평가한 결과의 평균값을 최종적인 평가 결과값으로 설정

※ 연관성 없음 : 0점, 연관성 매우 낮음 : 1점, 연관성 낮음 : 2점, 연관성 보통 3점, 연관성 높음 4점, 연관성 매우 높음 5점

◦ 기술개발환경 Needs 가중치를 고려한 후보과제별 기술개발환경 Needs연관성 평가점수 합을 후보과제의 평가점수로 산정

· 후보과제별 기술개발환경 Needs 연관성 평가점수와 해당 기술개발환경 Needs 평가점수를 곱하고 이를 합산함

◦ 후보과제별로 평가점수값이 가장 높은 순서로 나열하고, 순위에 따라 추진과제 선정

나. 후보과제 리스트

□ 도출된 후보과제 및 후보과제가 속하는 기술군의 기술수준 및 기술실현시기는 다음과 같음

<표 3.2.1> 설계기술 후보과제 리스트 및 실현시기

후보과제명	기술 수준	실현시기			
		기술적		사회적	
		세계	국내	세계	국내
지하방수로 최적위치 선정을 위한 도시 배수시스템 성능평가 및 최적화 기술	61.0%	15	20	20	25
집중호우 발생에 따른 도심지 침수예측 시뮬레이션 기술	65.3%	14	20	20	25
도시 배수시스템 도달시간과 유출특성을 반영한 도시 지하방수로의 최적 규모결정기술	71.7%	16	20	20	25
유입유량에 따른 최적 터널규모 산정기술	71.7%	16	20	20	25
강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정기술	71.7%	16	20	20	25
도시홍수배제를 위한 수직 유입부 설계기술	51.7%	14	18	16	23
지하방수로 유입부 설계를 위한 3차원 유동해석기술	51.7%	14	18	16	23
낙차에너지 저감을 위한 에너지 감쇄시설 설계기술	51.7%	14	18	16	23
터널 내 흐름안정을 위한 경사 및 단면결정 기술	53.1%	15	19	15	23
불확실성 분석과 비정상성(Non-stationary) 빈도해석을 통한 최적 설계빈도 설정기술	70.6%	15	21	20	25
지하방수로 수직구 고효율/고용량 설계기술	50.7%	14	18	25	23
지하방수로 3D흐름해석기술	46.4%	15	20	18	24
지하구조 접속 및 변단면부 흐름안정 설계기술	53.1%	15	19	15	23
유입, 유출 및 조압 수직갱 설계기술	49.3%	14	18	15	23

<표 3.2.1> 설계기술 후보과제 리스트 및 실현시기(계속)

후보과제명	기술 수준	실현시기			
		기술적		사회적	
		세계	국내	세계	국내
지하방수로 내 공기-물 이상유체(Two-Phase Flow) 모델링 및 영향평가	46.4%	15	20	18	24
유입부 공기배출시설 설계기술	51.7%	14	18	16	23
도시지하방수로내 압축공기 재난경감기술	57.6%	16	18	16	20
도시 지하방수로 운영 중 주변구조물 영향평가 및 제어기술	68.8%	14	16	14	18
방수로터널 우수흐름 급변동에 따른 반복하중 대응형 터널구조 기술	69.5%	14	16	14	18
방수로 터널 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석기술	68.6%	14	16	14	18
방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석기술	70.9%	14	18	15	20
수리역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향 평가 및 제어기술	68.8%	14	16	14	18
시공 및 운영 중 차폐수 설계 기술	73.8%	14	16	14	18

<표 3.2.2> 운영 기술 후보과제 리스트

후보과제명	기술 수준	실현시기			
		기술적		사회적	
		세계	국내	세계	국내
방수로 최적운영 의사결정지원 시스템 개발기술	60.8%	15	20	20	25
도시지하방수로 최적운영기술	64.0%	15	20	20	25
3D 통합 모델링기법을 활용한 도시지하 방수로 통합운영 시뮬레이션 플랫폼	58.3%	15	20	22	25
지하방수로 저류수 배출을 위한 환경·수리학적 최적 펌프운영 기술	68.0%	15	19	20	25
수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측기술	61.9%	16	20	20	25
강우예측 정확도 향상기술	64.3%	16	20	20	25
Dynamic 기후모형을 이용한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측기술	60.0%	16	22	20	25
Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측기술	61.4%	16	20	20	25

<표 3.2.3> 다목적 활용 기술 후보과제 리스트

후보과제명	기술 수준	실현시기			
		기술적		사회적	
		세계	국내	세계	국내
저류수의 재이용을 통한 도시 물순환시스템 구축기술	68.8%	15	20	20	25
고효율 세라믹 막여과 공정기술을 이용한 저류수의 수요자 맞춤형 공급수 생산기술	61.4%	15	20	20	23
저류시점/기준 수립 및 저류수 수질관리기술	66.3%	15	20	18	20
(갈수기) 강우시 초기 및 후기 유입수 분리기술	66.3%	15	20	18	20
분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술	61.4%	15	20	20	23
맞춤형 용수공급 시스템	68.8%	15	20	20	25
방수로 도로활용 기술	63.8%	16	19	18	22
초고속 고액분리 기술	62.5%	14	20	20	23

<표 3.2.4> Test- bed운영 및 사업타당성평가 기술 후보과제 리스트

후보과제명	기술 수준	실현시기			
		기술적		사회적	
		세계	국내	세계	국내
Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술	53.1%	17	20	20	25
Simulation Test Bed 구축 및 활용	57.9%	16	20	20	25
Test-bed의 스마트 그리드 구축 기술	65.0%	17	20	20	23
Test-bed 후보지 선정기술	70.4%	16	20	20	22
Test Bed에 대한 사후영향 및 효과분석 기술	60.0%	17	21	20	25
Simulation Test Bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	65.8%	17	20	20	25
지하방수로 설치에 대한 Alternative/criteria 도출기술	58.3%	16	20	20	23
MCA 기법을 이용한 최적지 선정 평가 기술	59.2%	16	20	19	23
LCC와 LCA 기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술	55.8%	16	20	20	23
경제적 평가와 연계한 MCDM 지원 기술	58.2%	17	22	20	25
도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해액 예측 기술	66.3%	16	20	19	22
전문가 설문조사와 계층화분석(AHP) 기법을 이용한 중요도 산정 기술	61.7%	15	19	19	23
공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술	60.8%	16	20	19	23

다. 기술개발환경 Needs 평가결과

□ 내부연구진 및 기술위원 대상으로 기술개발환경 Needs 평가를 진행한 결과 '홍수량 최적유입' 대응 기술이 가장 필요하고, 이어 '배수효율 증대', '지하 대형시설물 안전성 확보' 순으로 도출됨

<표 3.2.5> 기술개발환경 Needs 평가결과

기술개발환경Needs	기술개발환경 Needs 평가항목 (5점 척도)				점수	순위
	정부 지원 필요성	기술 개발 시급성	기술 개발 실현 가능성	사회 경제적 파급 효과		
홍수량 최적 유입	4.1	4.4	4.2	4.0	16.8	1
배수 효율 증대	4.3	4.2	3.9	3.6	15.9	2
지하 대형시설물 안전성 확보	4.0	4.0	4.0	3.5	15.5	3
건설 및 운영 비용절감을 위한 도시 지하방수로 설계/시공/운영/유지보수	4.0	4.0	3.8	3.4	15.2	4
용수자립율낮은도시내빗물/저류수 재활용을 통한 수자원 확보	3.6	3.5	3.5	3.6	14.3	5
빗물/저류수 수질개선	3.5	3.6	3.6	3.5	14.1	6
방수로기능 겸비 도심지 신규 지하 교통시설 구축	3.4	2.9	3.5	3.0	12.8	7
지하방수로로 인한 비산 및 흐름역류현상, 소음 제어	2.9	3.0	3.3	2.8	12.0	8

라. 중점추진분야별 우선순위평가결과

□ 후보과제와 기술개발환경 Needs연관성을 평가하고, 점수에 따라 중점추진분야별로 후보과제의 우선순위를 부여함

<표 3.2.6> 설계기술 우선순위평가 결과

후보과제명	*기술개발환경 Needs								점수	순위
	A	B	C	D	E	F	G	H		
지하방수로 최적위치 선정을 위한 도시 배수시스템 성능평가 및 최적화 기술	3.96	3.79	2.14	1.5	1.61	2.5	3.07	1.68	303.99	1
집중호우 발생에 따른 도심지 침수예측 시뮬레이션 기술	4.25	3.32	2.36	1.21	1.43	2	2.36	1.54	278.84	2
도시 배수시스템 도달시간과 유출특성을 반영한 도시 지하방수로의 최적 규모결정기술	3.71	3.25	2.29	1	1	1.57	3	1.11	257.39	3
유입유량에 따른 최적 터널규모 산정기술	3.11	2.93	2.61	1.46	0.75	1.61	3	1.07	249.57	4
도시 지하방수로 운영 중 주변구조물 영향평가 및 제어기술	1.71	1.79	3.75	1.64	1.07	0.79	3.21	1.96	234.81	5
방수로턴널 우수흐름 급변동에 따른 반복하중 대응형 터널구조 기술	1.93	2.21	3.96	1.36	0.68	0.75	2.82	1.75	230.28	6
강우의 패턴 및 분포특성을 고려한 최적 규모 결정기술	3.75	2.43	2.07	0.71	0.93	1.75	2.39	1.07	229.84	7
도시홍수배제를 위한 수직 유입부 설계기술	3.68	2.96	2.21	0.71	0.71	0.89	2.32	1.5	228.17	8
지하방수로유입부설계를위한3차원유동 해석기술	3.68	2.86	1.71	0.71	0.75	0.89	2.32	2.18	227.35	9
방수로터널 운영중 수충격하중이 고려된 터널구조계의 설계/해석기술	1.82	1.93	4.21	1.29	0.71	0.79	2.75	1.75	226.82	10
방수로터널의 내압변화가 고려된 터널구조계의 설계/해석기술	1.75	1.93	4.14	1.36	0.71	0.82	2.79	1.71	226.06	11
낙차에너지 저감을 위한 에너지 감쇄시설 설계기술	2.57	2.57	2.75	0.79	0.82	0.79	2.46	2.21	223.28	12
터널 내 흐름안정을 위한 경사 및 단면결정 기술	2.25	3.04	3	1.11	0.71	0.71	2.04	1.79	219.07	13
불확실성분석과 비정상성(Non-stationary) 빈도해석을 통한 최적 설계빈도 설정 기술	3.61	1.96	2.43	0.68	0.86	1.82	1.71	1.25	216.95	14
지하방수로 수직구 고효율/고용량 설계기술	2.86	3.11	2.21	0.71	0.61	0.86	2.54	1.39	216.64	15
지하방수로 3D 흐름해석 기술	2.46	3.04	2.04	0.93	0.71	0.93	2.14	2.32	216.56	16
지하구조 접속 및 변단면부 흐름안정 설계기술	2.25	3.07	2.61	0.79	0.64	0.71	2.25	2.18	216.41	17
유입, 유출 및 조압 수직갱 설계 기술	2.82	2.79	2.46	0.75	0.64	0.68	2.43	1.64	214.57	18
지하방수로내 공기-물 이상유체(Two-PhaseFlow) 모델링 및 영향평가	2.36	2.79	2.29	0.82	0.64	0.75	2	2.04	204.15	19
수리역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향 평가 및 제어기술	1.61	1.86	3.46	1.11	0.61	0.64	2.64	1.71	202.61	20
유입부 공기배출시설 설계기술	2.86	2.68	2.04	0.71	0.68	0.86	1.96	1.54	201.09	21
시공 및 운영 중 차폐수 설계 기술	1.18	1.39	3	0.96	1.61	1	2.79	1.5	197.85	22
도시지하방수로내 압축공기 재난경감기술	1.11	1.39	3.04	0.79	0.68	0.75	2.25	1.36	168.4	23

<표 3.2.7> 운영 기술 우선순위평가 결과

후보과제명	*기술개발환경 Needs								점수	순위
	A	B	C	D	E	F	G	H		
방수로 최적운영 의사결정지원 시스템 개발기술	3.04	2.82	1.82	1.07	1.50	1.96	3.79	1.36	260.54	1
도시지하방수로 최적운영기술	2.96	2.82	1.50	1.11	1.54	2.00	3.54	0.96	247.34	2
3D 통합 모델링기법을 활용한 도시지하 방수로 통합운영 시뮬레이션 플랫폼	2.43	2.64	1.32	1.07	1.79	1.79	3.39	1.21	233.60	3
지하방수로 저류수 배출을 위한 환경·수리학적 최적 펌프운영 기술	1.96	3.36	1.43	1.00	1.43	1.75	2.71	1.04	219.91	4
수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입 홍수량 예측기술	3.79	2.43	1.14	0.75	0.68	1.61	1.86	1.18	204.10	5
강우예측 정확도 향상기술	3.29	2.00	1.50	0.75	0.71	1.61	1.93	0.89	192.61	6
Dynamic 기후모형을 이용한 도시지역 초단기 강우 및 유입량 예측기술	3.14	2.00	1.43	0.68	0.89	1.46	1.54	0.79	181.42	7
Radar와 위성자료를 이용한 도심지 최적화 강우 모니터링 및 예측기술	3.11	1.79	1.36	0.68	0.89	1.43	1.50	0.75	174.84	8

<표 3.2.8> 다목적 활용 기술 우선순위평가 결과

후보과제명	*기술개발환경 Needs								점수	순위
	A	B	C	D	E	F	G	H		
저류수의 재이용을 통한 도시 물순환시스템 구축기술	0.93	1.32	0.93	0.96	2.86	4.00	2.11	0.93	203.72	1
고효율 세라믹 막여과 공정기술을 이용한 저류수의 수요자 맞춤형 공급수 생산기술	0.93	0.89	0.89	0.86	3.93	3.71	2.00	0.75	202.26	2
저류시점/기준 수립 및 저류수 수질관리기술	0.79	0.79	0.89	0.75	4.00	3.54	2.04	0.82	196.66	3
(갈수기) 강우시 초기 및 후기 유입수 분리기술	1.04	1.07	0.86	0.79	3.54	3.43	2.07	0.71	196.47	4
분리막을 이용한 저류수 수질개선 기술	0.64	0.75	0.86	0.71	4.04	3.54	2.18	0.75	194.51	5
맞춤형 용수공급 시스템	0.79	1.11	0.82	0.82	2.43	4.00	2.32	0.61	187.80	6
방수로 도로활용 기술	0.79	0.93	1.96	4.04	0.96	0.82	2.57	1.11	187.57	7
초고속 고액분리 기술	0.79	0.82	0.93	0.75	3.14	2.61	1.32	0.79	161.16	8

<표 3.2.9> Test- bed운영 및 사업타당성평가 기술 우선순위평가 결과

후보과제명	*기술개발환경 Needs								점수	순위
	A	B	C	D	E	F	G	H		
Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술	2.11	2.14	2.00	1.50	1.46	2.11	3.39	1.57	240.56	1
Simulation Test Bed 구축 및 활용	2.21	2.21	2.07	1.11	1.18	1.64	3.07	1.43	222.33	2
Test-bed의 스마트 그리드 구축 기술	2.07	2.25	1.93	0.96	1.21	1.86	3.04	1.14	216.06	3
Test-bed 후보지 선정기술	2.14	2.18	1.96	1.07	1.32	1.79	2.86	1.14	215.82	4
Test Bed에 대한 사후영향 및 효과분석 기술	1.93	2.04	2.07	0.79	1.29	1.50	3.00	1.04	204.28	5
Simulation Test Bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	2.00	1.93	1.93	0.86	1.18	1.68	2.89	0.86	199.75	6
지하방수로 설치에 대한 Alternative/criteria 도출기술	1.82	1.43	1.89	1.07	1.25	1.36	3.46	0.79	195.26	7
MCA 기법을 이용한 최적지 선정 평가 기술	2.11	1.86	1.79	0.86	0.89	1.50	3.14	0.82	195.00	8
LCC와 LCA 기법을 이용한 방수로 경제성 평가 기술	1.79	1.18	1.71	1.00	1.00	1.32	3.71	0.71	185.93	9
경제적 평가와 연계한 MCDM 지원 기술	1.61	1.50	1.61	1.18	1.14	1.29	3.21	0.86	184.28	10
도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해액 예측 기술	2.00	1.43	1.75	0.68	0.93	1.21	3.00	0.82	177.82	11
전문가 설문조사와 계층화분석(AHP) 기법을 이용한 중요도 산정 기술	1.54	1.61	1.61	0.68	1.07	1.14	2.79	0.68	166.70	12
공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가도구 분석 기술	1.43	1.29	1.64	0.71	1.39	1.18	2.82	0.61	165.53	13

2. 연구과제 중복성 검토

가. 기존 R&D 사업과의 중복성 검토

□ 기존연구과제와의 중복성 검토를 통해 중복투자를 방지하고, 독자적인 기술을 기획하기 위함.

◦ 중복성 조사를 위해 NTIS, KAIA를 통해 과거 수행연구 및 진행연구와 관련성을 조사하고 연계방안 및 차별 방안 제시.

<표 3.2.11> 과제 중복성 검토

과제명	연계방안 및 차별화 방안
수자원의 지속적확보 기술개발 사업단 (2001~2011)	하천흐름 해석모형, 유사이동 및 하상변동 해석모형, 하천오염확산 해석모형을 개발하였으나, 본 연구에서는 지하 방수로 내 이상(two-phase)유체 모델링 해석 기법 개발로 차별화
도시홍수 재해관리 기술 (2003~2007)	방수로 설계 가이드라인을 제공하였으나, 지하방수로를 설계를 위한 내용이 충분하지 않음. 본 연구에서 구체적이고, 실무에서 활용 가능한 기술 개발 및 가이드라인 제시로 차별화 도시홍수 연구단에서 개발한 강우빈도해석관련 요소기술을 검토하여 유입홍수량 예측을 위한 연구에 참고
차세대 홍수방어 기술개발 (2008~2013)	도시 배수시스템의 평가, 극한홍수 해석기술, 치수경제성 평가 및 법·제도 개선 등의 연구결과는 본 연구에서 참고할만한 내용이나, 본 연구과제와 중복성은 없는 것으로 판단
복합지하공간 수해방지를 위한 저류공동 건설기술 개발 (2010~2012)	복합지하공간에 대한 수해방지를 위한 지하 저류공동 건설과 관련 설계, 시공 지침 수립 및 굴착보강 공법 연구. 본 연구에서는 도심지 침수 예방을 위해 기존 배수시템과의 연계를 통한 빗물 및 CSOs 저류를 목적으로 한 기술개발 및 대심도 터널 시공을 위한 수직구 굴착과 터널 공법 개발에 초점을 두고 차별화
건전한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및 구축·운영기술 (2012~2017)	최근 시작된 연구로 자연적인 물순환에 초점을 맞춘 기술개발을 목표로 하고 있음. 빗물이용과 관련하여 연구내용을 중첩되지 않고, 상호 보완할 수 있도록 하여 차별화

<표 3.2.12> 세부과제별 중복성 검토

지하방수로 연구단 세부 과제명	유사 국가 R&D 과제		연계방안 및 차별화
	과제명	주요내용	
1. 도시 지하방수로 설계 기술 개발	차세대 홍수방어 기술개발 (2-4 세부과제) 도시 배수시설 설계 선진화 기술	· 도시환경 변화에 따른 배수시스템의 홍수대응 기술 · 도시배수시스템 통수능력 평가 및 증대방안 · 도시 홍수재해 저감을 위한 우수관망시스템 최적설계 기술	금회 연구는 기존 배수시스템을 고려한 대심도 지하방수로의 최적위치를 찾기 위하여 다양한 형태의 기존 배수시스템과의 연결, 위치에 따른 침수예측을 수행으로 차별화
	복합지하공간 수해방지를 위한 저류공동 건설기술 개발	· 지하 저류공동 건설기술 개발 · 복합지하공간의 침수위험도 평가기술 개발 · 최적규모 설계기법에 따른 지하 저류공동배수시스템 개발	도심지 침수 예방을 위해 기존 배수시템과의 연계를 통한 빗물 및 CSOs 저류를 목적으로 한 기술개발 및 대심도 터널 시공을 위한 수직구 굴착과 터널 공법 개발에 초점을 두고 차별화
	도시홍수 재해관리 기술 (3-2 세부과제) 방수로(지하)·분수로 설계 기술	· 국내외 설계기준 검토 및 방수로 설계 · 횡월류위어 설계 · 방수로 유입구 설계	구체적이고, 실무에서 활용 가능한 기술개발 및 가이드라인 제시로 차별화
	도시홍수 재해관리 기술 (3-3 세부과제) 다목적 지하 저류지 설계기술 개발	· 다목적 저류지(지하) 설계기술 현황조사 및 개발방향 수립 · 다목적 저류지(지하) 유입부 설계기술 개발 및 해석기술개발 · 다목적 저류지(지하) 유입부 설계 및 운영 지침 개발	
	수자원의 지속적확보 기술개발 (2-3-1) 하천흐름 및 하상변동 해석기술 개발	· 하천흐름 해석모형 개발 · 유사이동 및 하상변동 해석모형 개발 · 하천오염확산 해석모형 개발	방수로 구조물 내의 이상(two-phase) 유체 모델링 해석 기법 개발로 차별화
	지하구조물 최적설계를 위한 암반물성 통합평가시스템 개발	· 연속/불연속체에 대한 통합암반물성평가 프로그램 개발 및 적용	중복성 없음
	해저시설물 차폐기술 개발 (4 세부과제) 해저에너지저장시설 차폐 및 시공시뮬레이션 기술 개발	· 해저 대단면 에너지 저장시설을 위한 Water-curtain 등 차폐구조 설계기술, 시공 시뮬레이션 프로그램 개발	설계시공 기술 중 차폐수 기술 개발과 연계
	도시홍수 재해관리 기술 (3-4 세부과제) 도시유역 홍수유출 저감시설 설계기술	· 유출저감시설의 최적관리 기법 · 도시유역 저류지 유입 유사량 예측 모의기법 개발 · 배수관로 내 토사이동 특성 검토	중복성 없음

<표 3.2.13> 세부과제별 중복성 검토(계속)

지하방수로 연구단 세부 과제명	유사 국가 R&D 과제		연계방안 및 차별화
	과제명	주요내용	
2 도시 지하방수로 운영 기술 개발	차세대 홍수방어 기술개발 (3-2 세부과제) 공간홍수 예보 및 극한홍수 해석기술	· 강우레이더를 이용한 강우산정 및 예측기술 · 유역 공간홍수 예보 기술 · 수공구조물 붕괴에 의한 극한 홍수 관리기술 개발	중복성 없음
	도시홍수 재해관리 기술 (2-1 세부과제) 도시유역의 강우분석 및 예측기술	· 도시지역 강우지역빈도해석기법 개발 · 불확실성 분석을 이용한 도시지역 설계강우량의 표준화 · 기후변화 및 도시화를 고려한 강우특성의 변화 추정 · 기후변화 및 도시화의 영향을 고려한 강우특성의 변화 추정	도시홍수 연구단에서 개발한 관련 요소기술을 적극적으로 사용하여 지하방수로 유입량 예측기술 개발
	도시홍수 재해관리 기술 (4-2 세부과제) 도시 내배수시설의 통합적 운영 및 유지관리 시스템 개발	· 내배수시설에 대한 통합적인 실태조사 및 개선방향 · 빗물펌프장 운영 프로그램의 개발 및 적용성 연구 · 도시내배수 시설의 최적 침수저감 방안 선정 지침 연구	도시홍수 연구단에서 수행한 예비연구 성격의 결과를 이용한 지하방수로 운영 기술 개발
	내외수 연계 도시 침수저감 능력향상 기술 연구	· 비구조적 홍수방어기술수준 향상 및 구조적/비구조적 홍수방어기술의 연계대응 기술 개발 · 내외수를 연계한 통합운영 시스템 기술 개발	기존 연구과제에서는 지하방수로는 포함하고 않고 있으며, 기존 연구결과를 도시 지하방수로 통합 운영 기술 개발 관련 내용 참고
3 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	자원순환체계 구축을 위한 도시계획 지원 시스템 개발	· 빗물 등 용수 자립형 도시 시스템 개발 · 물순환, 수자원에너지 기반 도시 조성을 위한 도시계획 가이드라인(안) 도출	지하방수로에서의 저류수, 우수, 재용수 이용에 관한 연구로서 완전히 다른 연구임
4 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발	도시홍수 재해관리 기술 (4-1 세부과제) 도시하천 유역종합치수계획 수립기술	· 구조물적 홍수방어 후보대안 조합 · 대안별 투자우선순위 결정 및 최적대안 수립 기술 · 최적 홍수방어 대안 평가 및 선정 지침	지하방수로 사업타당성 평가 기술 개발에 관련 내용 참고
	도시홍수 재해관리 기술 (4-3 세부과제) 도시홍수 피해발생 잠재위험도 및 피해액 평가기법	· 도시홍수 피해발생 잠재위험도 및 소유역의 설계빈도 설정 지침서 제시 · 홍수방어 최적 대안의 방법 및 사례 제시 및 보완	
	차세대 홍수방어 기술개발 (2-3 세부과제) 치수경제성 평가 및 법·제도 개선방안 수립	· 유역대응 다변화 치수경제성 평가 기술 · 치수관련 법 제도 개선 방안 · 치수대응 홍수 이해 당사자 갈등 조정 기술	법·제도 개선을 연구하는 것은 비슷하나 본 연구는 지하방수로의 실용화를 위한 법·제도 개선으로 완전히 다른 연구임

3. 핵심기술요소 선정

가. 개요

□ 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 및 핵심기술요소 선정 체크리스트를 활용하여 최종 핵심기술요소를 선정함.

◦ 후보과제에 대한 우선순위 평가 결과를 토대로 우선순위가 높게 평가된 후보과제를 예산범위를 고려하여 연구진 논의, 중간 평가, 자문 등을 통해 기획대상 과제로 선정함

◦ 선정된 기획대상 과제 중 핵심기술요소 선정 체크리스트를 활용하여 최종 핵심기술요소를 선정.

· 핵심기술요소 선정 체크리스트는 국토교통과학기술진흥원의 '국토교통 R&D 기술성숙도(TRL) 시범적용방안'에서 제시한 체크리스트를 활용함

<표 3.2.13> 핵심기술요소 선정 체크리스트

연번	체크리스트	비고
1.	이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	반드시 충족
2.	해달 기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?	하나 이상 충족
3.	해당 기술이 새롭거나 독창적인가?	
4.	기존에 성공적으로 적용된 이후에, 이번에 개발시 변경된 기술인가?	
5.	해당기술이 유사환경에서 실현되도록 재개발되는가?	
6.	이 기술이 임의의 환경에서 작동할 것으로 기대되거나 당초의 설계의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	

나. 핵심기술요소 리스트

□ 우선순위 평가 결과 및 핵심기술요소 선정 체크리스트를 토대로 도출된 동 기획의 핵심기술요소 리스트는 다음과 같음

<표 3.2.14> 설계기술 핵심기술요소

핵심기술요소
도시 배수시스템 성능평가 기술
집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술
강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적규모 산정 기술
낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술
유입부 공기배출 시설 및 조압설계 기술
통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술
지하방수로 공기-물 이상(Two-Phase Flow) 유체 해석 기술
지하방수로 3D 흐름 해석 기술
흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술
지하방수로 터널의 내압변화 및 수충격하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술
수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술

<표 3.2.15> 운영기술 핵심기술요소

핵심기술요소
도시 강우 예측기술
도시 내배수시설을 고려한 강우-유출 분석 기술
지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정 기술
지하방수로 유입-유출량 조절 운영 기술
도시 지하방수로 최적 운영 기술
지하방수로 통합 운영을 위한 3D모델링 기술
지하방수로-내배수시설 연계 운영기술
지하방수로 통합운영 시스템

<표 3.2.16> 다목적 활용 기술 핵심기술요소

핵심기술요소
초고속 고액분리 기술
분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술
흡착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술
저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링(TMS)
갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술
저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술
도시 지하방수로 도로활용 기술

<표 3.2.17> Test - Bed 운영 및 사업타당성평가 기술 핵심기술요소

핵심기술요소
도시 지하방수로 도로활용 기술
Simulation Test-Bed 구축 및 활용 기술
Simulation Test-Bed 활용을 통한 운영최적화 기술
Simulation Test-Bed 의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술
Simulation Test-Bed 활용 지하 방수로 사후영향 및 효과 분석 기술
도시침수 특성 고려 고해상도 홍수피해 예측 기술
공공재적 특성 고려 적합성 및 편익 평가분석 도구
LCC/LCA기법 이용 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템
도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준 도출, 중요도 산정기술
도시지하방수로 최적 대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구
제적 평가와 연계한 MCDM의사결정모형

4. TRL목표 설정

가. 개요

□ 최종 핵심기술요소별 현재 TRL수준은 전문가 기술수준조사를 통해 파악함.

□ 수행단계(연차)별 및 최종 TRL수준은 기획연구진 논의를 통해 최종 핵심기술요소의 TRL수준 목표치를 제시함.

나. 핵심기술요소별 현재 TRL수준 및 연구수행단계별 TRL수준 목표

□ 최종 핵심기술요소별 현재 TRL수준과 최종 TRL수준 목표는 다음과 같음

<표 3.2.18> 핵심기술요소별 현재 TRL수준 및 최종 TRL수준 목표

핵심기술요소	TRL 수준	
	현재	최종
도시 배수시스템 성능평가 기술	3단계	7단계
집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술	3단계	7단계
강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적규모 산정 기술	3단계	7단계
낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술	2단계	7단계
유입부 공기배출 시설 및 조압설계 기술	2단계	7단계
통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술	2단계	7단계
지하방수로 공기-물 이상(Two-Phase Flow) 유체 해석 기술	2단계	7단계
지하방수로 3D 흐름 해석 기술	2단계	7단계
흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술	2단계	7단계
지하방수로 터널의 내압변화 및 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술	5단계	8단계
방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술	6단계	8단계
수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술	5단계	8단계

<표 3.2.18> 핵심기술요소별 현재 TRL수준 및 최종 TRL수준 목표(계속)

핵심기술요소	TRL 수준	
	현재	최종
도시 강우 예측기술	3단계	7단계
도시 내배수시설을 고려한 강우-유출 분석 기술	3단계	7단계
지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정 기술	3단계	7단계
지하방수로 유입-유출량 조절 운영 기술	3단계	7단계
도시 지하방수로 최적 운영 기술	3단계	7단계
지하방수로 통합 운영을 위한 3D모델링 기술	4단계	7단계
지하방수로-내배수시설 연계 운영기술	4단계	7단계
지하방수로 통합운영 시스템	4단계	7단계
초고속 고액분리 기술	4단계	7단계
분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술	4단계	7단계
흡착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술	4단계	7단계
저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링(TMS)	4단계	7단계
갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술	5단계	7단계
저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술	5단계	7단계
도시 지하방수로 도로활용 기술	3단계	7단계
Simulation Test-Bed 구축 및 활용 기술	4단계	7단계
Simulation Test-Bed 활용을 통한 운영최적화 기술	3단계	7단계
Simulation Test-Bed 의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술	4단계	7단계
Simulation Test-Bed 활용 지하 방수로 사후영향 및 효과 분석 기술	3단계	7단계
도시침수 특성 고려 고해상도 홍수피해 예측 기술	4단계	7단계
공공재적 특성 고려 적합성 및 편익 평가분석 도구	4단계	7단계
LCC/LCA기법 이용 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템	3단계	7단계
도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준 도출, 중요도 산정기술	4단계	7단계
도시지하방수로 최적 대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구	4단계	7단계
제적 평가와 연계한 MCDM의사결정모형	4단계	7단계

제 3 절 연구개발과제 구성

1. 연구개발과제 구성

<표 3.3.1> 연구개발과제 구성

구 분		과 제 명
1세부 과제		1. 도시 지하방수로 설계 기술 개발
	1세세부 과제	1.1 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발
	2세세부 과제	1.2 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발
	3세세부 과제	1.3 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발
	4세세부 과제	1.4 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발
2세부 과제		2. 도시 지하방수로 운영 기술 개발
	1세세부 과제	2.1 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발
	2세세부 과제	2.2 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발
	3세세부 과제	2.3 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발
3세부 과제		3. 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발
	1세세부 과제	3.1 도시 지하방수로 저류수 처리 기술 개발
	2세세부 과제	3.2 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발
	3세세부 과제	3.3 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발
4세부 과제		4. 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성평가 기술 개발
	1세세부 과제	4.1 도시 지하방수로 테스트베드 운영
	2세세부 과제	5.2 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발
	3세세부 과제	4.3 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선

제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세부과제의 개념	▫ 집중호우로 증가하는 도심지 침수에 대응을 위해 도시 지하방수로를 계획하고 설계하기 위한 수리/수문학적, 구조적 설계 기술 개발
연구개발 목표	▫ 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계 가이드라인 제시 ▫ 도시 지하방수로 설계를 위한 침수예측 시뮬레이션 및 이상유체(Two-phase) 모델링 프로그램 개발 ▫ 도시 지하방수로 터널의 구조적 설계 기술 개발
연구내용 및 범위	▫ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발 · 도시 배수시스템 성능평가 기술 개발 · 집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술 개발 · 강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적 규모 산정 기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발 · 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술 개발 · 유입부 공기배출 시설 및 조압 설계 기술 개발 · 통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발 · 지하방수로 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 해석 기술 개발 · 지하방수로 3D 흐름 해석 기술 개발 · 흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술 ▫ 도시 지하방수로 터널의 구조적 설계 기술 개발 · 지하방수로 터널의 내압변화 및 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술 · 방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술 · 수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술
연구개발 추진전략	▫ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 ▫ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진 ▫ 기술 개발과 함께 모형실험을 통한 기술 평가 및 신뢰성 확보
기대효과 및 파급효과	▫ 도시 지하방수로 수리/수문학적, 구조적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방 ▫ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감 ▫ 선진국 수준의 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

나. 연차별 주요 연구내용

세부	세세부	연차	주요 연구내용 및 기술개발내용	
1 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계 기술 개발	**1- 1** 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발	1차년도	• 도시 배수시스템 성능평가 기술 개발	
		2차년도	• 집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술 개발	
		3차년도	• 침수예측 시뮬레이션 프로그램 개발 • 최적 위치 선정기술 개발	
		4차년도	• 강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적 규모 산정 기술 개발	
		5차년도	• 설계 가이드라인 제시	
	1- 2 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발	1차년도	• 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술 개발	• 수리모형실험을 통한 개발 기술 검증 및 피드백
		2차년도		
		3차년도	• 유입부 공기배출 시설 및 조압 설계 기술 개발	
		4차년도	• 통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술 개발	
		5차년도	• 설계 가이드라인 제시	
	1- 3 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발	1차년도	• 공기-물 이상유체 (Two-phase flow) 해석 기술 개발	• 수리모형실험을 통한 개발 기술 검증 및 피드백
		2차년도		
		3차년도	• 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발	
		4차년도	• 흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술	
		5차년도	• 설계 가이드라인 제시	
	1- 4 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발	1차년도	• 방수로 터널 설계 요소기술 분석 및 도출 - 내압 및 수충격 고려 방안	
		2차년도	• 터널내 내압변화 및 수충격하중이고려된 터널 구조계 해석 및 라이닝 설계 기술 개발	• 모형실험 및 수치실험을 이용한 개발 기술 검증 및 피드백
		3차년도	• 도시 지하방수로에 의한 주변구조물 영향 평가 및 제어 기술 개발	
		4차년도	• 방수로 터널 운영중 차폐수 확보를 위한 터널 구조계 설계 기술	
		5차년도	• 설계 가이드라인 제시	

다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

◦ 기존 도시 내배수 시스템의 구조적 문제점을 진단하고 저지대 집중호우에 대비할 수 있도록 도시내 유하시설 뿐만 아니라 배수시스템의 성능 평가를 실시하여 상습침수 지역과 취약지구 분석을 통한 지하방수로의 최적위치 선정 기술 개발로 항구적인 도시홍수 대책 연구 수행이 필요함.

◦ 지하방수로의 최적 위치 선정 및 규모 산정과 관련한 연구는 실적은 미미한 실정으로, 실무 적용에 많은 시행착오가 예상되므로 이에 대한 대응책을 마련하기 위한 설계 기술 및 가이드라인 제시가 필요함.

◦ 지하방수로 장기간에 걸쳐 대규모의 공사비가 투자되므로, 최초 계획 및 설계단계에서 최적 위치 및 용량 산정을 위한 기술의 개발이 시급함.

◦ 수문학적 유출해석과 수리학적 도시유출을 동시에 수행하여 내수배제불량으로 인한 내수 침수의 발생 유무, 외수 범람 및 하천수위 상승으로 인한 도시지역 내수배제불량의 상호작용을 효율적으로 해석할 수 있는 기술의 개발 및 모델 구축이 필요함.

◦ 도시홍수는 단기간 내에 대규모의 유량이 유입되는 특성을 가지고 있고, 이로 인해 초기 유입 시 다양한 수리학적 현상(Choke 효과, Water Hammer, Bottle Neck 등)이 발생하게 되며 효율적인 홍수의 유입 및 배제에 불리한 조건을 가짐. 따라서 좁은 공간에서 효율적으로 우수를 유하시킬 수 있으며 시설물의 안정도 및 장기간 유지관리가 가능한 유입부 설계 기술이 필요함.

◦ 지하방수로 흐름해석에 적용되는 상용프로그램의 경우 고가의 프로그램들로 국내 대체 프로그램 또는 보안 수치기법 개발이 필요함.

◦ 홍수기 흐름에서 급격히 유입되는 특성상 공기유입 처리·제어기술에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보이며, 또한 다양한 부유사를 함유하여 그 물리적 성질을 달리하고 있으므로 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 모델링 기술 개발이 필요함.

◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름 급변동함에 따른 터널 내압변화 및 발생 충격 하중은 터널 구조계에 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기함으로 이러한 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함.

◦ 수충격 하중이 고려된 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용 해석 모델링 기술은 방수로 터널의 지보재 및 라이닝 설계에 필요한 요소기술 개발의 원천 기술로 인정되고 있어 국내 방수로 터널 설계/시공 기술 정립 및 국외 수요에 대응할 수 있는 세계 일류 원천기술 확보에 반드시 필요한 기술임.

◦ 터널 내부압력 변화는 터널라이닝의 안정성에 중요한 영향을 미치며 사업 특성상 도심지에서 지하매설물과 인접 구조물의 기초에 근접하여 건설될 수 있어 운영 중 지반응력 변화가 주변구조물에 상당한 영향을 미칠 수 있으므로, 일반터널과는 상이한 지하방수로 터널주변 응력분포에 대해 여러 지질조건(lithology, structural geology, special geological features, etc.)에 따라 미치는 영향을 평가하고 영향을 최소화할 수 있는 기술을 개발하는 것이 필요함.

◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름의 급변동이 발생하고 이로 따른 수충격 하중은 터널 구조계에는 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기 시키므로 이러한 지반-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함

□ 정부지원 필요성

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계 기술개발과 관련하여 기술 개발 및 기술 검증을 위해서는 많은 예산과 시간이 필요하므로, 민간 기업이 단독으로 기술개발을 추진하기는 어려운 실정임. 또한 도심지 침수 예방을 위한 도시 지하방수로의 필요성이 매우 높아지고 있으므로 정부 주도의 기술 개발이 절실함.

◦ 최근 발생한 도시 홍수 및 침수의 대표적인 사례가 서울 및 수도권에 집중되어 있으며, 그 피해는 경제적인 문제 뿐 아니라 국가 경쟁력 및 안보와도 밀접한 관련이 있으므로, 정부 차원의 연구비 투자와 인력양성이 필요함.

◦ 기후변화로 인한 도심지 수재해 예방을 위한 국외 투자가 늘어날 것으로 예상되는 바, 도시 지하방수로의 수리/수문학적 핵심 설계 기술을 확보함으로써, 국내 건설회사 및 설계회사의 해외 물관리 시장 진출의 기회를 넓힐 수 있도록 국가적 차원의 지원이 필요함.

라. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
도시 지하 방수로 수리/ 수문학적 설계 기술 개발	도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발	설계 매뉴얼 제시	설계 매뉴얼 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모를 산정하기 위한 설계 매뉴얼 필요
		침수예측 시뮬레이션 프로그램 개발	침수예측 시뮬레이션 프로그램 개발 여부	건	1	도시 지하방수로 계획 수립을 위한 침수예측 시뮬레이션 필요
	도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발	설계 매뉴얼 제시	설계 매뉴얼 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계를 위한 매뉴얼 필요
	도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발	설계 매뉴얼 제시	설계 매뉴얼 제시 여부	건	1	도시 지하 방수로 유체 흐름안정 설계 매뉴얼 필요
		지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발	지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발 여부	건	1	도시 지하방수로 흐름 분석을 위한 유체 모델링 기술 필요
	도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발	설계 매뉴얼 제시	설계 매뉴얼 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 최적 설계를 위한 설계 매뉴얼 필요
		지반-내압-수충격 상호작용 모델링 기술	지반-내압-수충격 상호작용 모델링 기술 개발 여부	건	1	도시 지하방수로 터널 구조 설계를 위한 해석 모델링 기술 필요
		도시 지하방수로에 의한 주변구조물 영향 평가 및 제어 기술	도시 지하방수로에 의한 주변구조물 영향 평가 및 제어 기술 개발여부	건	1	도시 지하방수로에 의한 주변 구조물 안전성 확보를 위해 주변구조물 영향 평가 및 제어 기술 개발 필요
	설계 기술 검증	수리모형실험을 통한 설계 기술 검증	수리모형 실험 적용 여부	건	1	수리모형실험을 통한 개발 기술 검증 필요
	학술적 성과	학술지 게제 건수	학술지 게제 여부	건	15	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술 발표 여부	건	24	
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	원천기술 확보 근거 마련
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
		프로그램 등록 건수	프로그램 등록 여부	건	2	
	연구성과 확산	연구개발 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 시행 여부	건	2	개발된 기술의 활용 증대를 위한 홍보/교육 필요

2. 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세부과제의 개념	▫ 도시 지하방수로 운영에 따른 침수저감 효과 극대화를 위한 지하방수로 최적 운영기술 및 기존 내배수시설과의 연계를 통한 통합 운영 기술 개발
연구개발 목표	▫ 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발 ▫ 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발
연구내용 및 범위	▫ 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발 ・원격탐사기술을 활용한 도시강우 예측 및 정확도 향상 기술 개발 ・도시 내배수시설을 고려한 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발 ・지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정 기술 개발 ・지하방수로 유입-유출량 조절 운영 기술 개발 ・도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발 ▫ 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발 ・지하방수로 통합 운영을 위한 3D 모델링 기술 개발 ・지하방수로-내배수시설 연계 운영기술 개발 ・지하방수로 통합운영 시스템 개발
연구개발 추진전략	▫ 기 계획된 지하방수로의 기본 및 실시설계 보고서 등 대상유역에 대한 자료 수집 및 분석 ▫ 기존의 내배수시설 설계 및 운영지침, 국내외 전문가 자문단 운영을 통하여 요소기술 개발 ▫ 기존의 국내에서 축적된 내배수시설 운영 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 지하방수로 통합 운영기술 개발 ▫ 우리나라의 기후, 내배수시설의 특성을 적절하게 고려할 수 있는 한국형 지하방수로 운영기술 개발 ▫ 연구개발 단계에서부터의 산・학・관의 긴밀한 협조를 통해 연구성과 실용화 달성
기대효과 및 파급효과	▫ 내배수시설-지하방수로의 통합 운영을 통한 내수침수 저감시설의 효율 향상 및 치수관리 능력 증대로 내수침수로 인한 피해액 90%이상 경감 ▫ 첨단기술 융복합에 의한 지하방수로 및 내배수시설 운영기술 개발 유관 분야의 산업 활성화 ▫ 지하방수로 건설시 소요되는 막대한 예산을 최적화하여 효율적인 예산 집행에 기여 ▫ 내수침수피해 저감으로 인한 국민의 삶의 질 개선

나. 연차별 주요 연구내용

세부	세세부	연차	주요 연구내용 및 기술개발내용	
2 도시 지하방수로 운영 기술 개발	**2- 1** 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발	1차년도	• 강우예측 관련 국내외 연구 및 기법 조사 • 지하방수로 운영을 위한 기상청 예보강수량 활용 방안 수립	• 도시유출 해석 및 모의를 위한 국내외 연구 및 기법 조사 • 시험유역의 내배수시설을 고려한 강우-유출 모의 체계 구축
		2차년도	• Radar와 위성자료를 이용한 도심지 단기(12~72hr) 강우 예측기술 개발	• 단기 예측강수량을 활용한 내배수시설 유출량 예측기술 개발
		3차년도	• Dynamic 기후모형을 이용한 도시지역 중기(3~10일)강우 예측기술 개발	• 중기 예측 강수량을 활용한 도시하천 유량-수위 예측기술 개발
		4차년도	• 지하방수로 운영을 위한 레이더 강우자료 활용 기법 개발	• 수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입홍수량 예측 기술개발
		5차년도	• 예측 강수량 정확도 향상 기술 개발 • 강우예측 결과의 지하방수로 운영연계 방안 구축	• 유입홍수량 예측 정확도 향상 기술개발 • 유입홍수량 예측 결과의 지하방수로 운영 연계방안 구축
	2- 2 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발	1차년도	• 최적 모니터링 지점 선정을 위한 국내외 연구 및 기법 조사 • 최적 모니터링 지점 선정을 위한 방법론 검토	• 지하방수로 수리구조물 설계동향 및 요구사항 분석 • 지하방수로내 수리구조물 조사 • 국내외 지하방수로 운영 기법 조사 분석
		2차년도	• 도심지 최적화 강우 모니터링 기술 개발	• 하천 수위 예측을 통한 지하저류조 유입수문 운영기술 개발 • 예측강우에 따른 유입량 조절 운영기술 개발
		3차년도	• 유입량 예측을 위한 최적 수위, 유량 모니터링 지점 선정기술 개발	• 홍수피해 저감을 위한 지하방수로 유출유량결정 및 펌프 운영기술 • 저류수 배수를 위한 펌프운영 기술 개발
		4차년도	• 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정기술 개발	• 지하방수로 최적운영 시스템 개발
		5차년도	• 내배수시설-지하방수로 연계운영을 위한 최적 모니터링 기술개발	• 지하방수로 최적운영 시스템 실용화 기술 개발 • 지하방수로 최적운영 시스템 매뉴얼 작성

세부	세세부	연차	주요 연구내용 및 기술개발내용
2 도시 지하방수로 운영 기술 개발	**2- 3** 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발	1차년도	• 내배수시스템 운영 기술동향 및 요구사항 분석 • 내배수시스템 내 수리구조물 조사 • 국내외 내배수시스템-지하방수로 연계 운영기법 조사 분석
		2차년도	• 지하방수로 운영 방식(조건)에 따른 내배수 처리 분담율 산정 및 효율분석 기술 개발 • 3D 통합 모델링 기법을 활용한 도시지하방수로 통합운영 시뮬레이션 기술 개발
		3차년도	• 지하방수로-내배수시설을 연계한 통합운영 기술 개발 • 하천 수위별 방수로-하천 유량 배분기술 개발 • 지하방수로 통합운영을 위한 의사결정 지원 시스템 개발
		4차년도	• 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템 개발 • 지하방수로-내배수시설 연계운영 지침 개발 • 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템의 테스트배드 적용 및 현장활용성 검증
		5차년도	• 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템 보완 • 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템 매뉴얼 작성

다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

◦ 국내 도시유역의 침수 저감을 위하여 여러 가지 구조적 대책 및 비구조적 대책을 실시하고 있음에도 불구하고 침수피해는 증가하고 있는 실정이며, 내수침수 저감을 위한 다른 대안들은 한계가 있음

◦ 지하방수로 설치는 매년 반복되는 내수침수로 인한 피해를 획기적으로 저감할 수 있을 것으로 기대되나, 아직 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없으며, 설계, 시공 기준 및 운영 관련 연구가 미미한 실정임.

◦ 특히, 도시 지하방수로의 운영 및 기존 내배수시설과의 연계운영 관련 기술은 전무한 실정임

◦ 막대한 예산이 투입될 도시 지하방수로의 침수피해 저감 효과 극대화를 위하여 운영 및 기존 내배수시설과의 연계 기술체계의 정립이 시급함

◦ 도시 지하방수로의 최적운영 및 기존의 내배수시설과의 연계운영을 통한 통합 내배수시설 운영기술은 지하방수로의 침수저감 효과를 극대화할 것임.

□ 정부지원 필요성

◦ 도시 지하방수로의 시공 및 운영은 매우 제한적으로 이루어지며, 기술 개발 및 검증에 많은 예산과 시간이 필요한 과업으로 민간 기업이 기술개발을 추진하기에는 부담이 큰 사업임.

◦ 내배수시설 및 지하방수로 통합 운영은 기술의 수혜 측면에서 공익적 측면이 강하며, 기술 개발 초기에 적용 및 활용할 수 있는 분야가 공공에 집중되어 있어, 민간의 초기 투자가 곤란한 분야임.

◦ 특히, 본 연구의 개발을 통한 혜택이 국가 경쟁력 향상과 안보에 밀접한 연관이 있어 정부 차원의 연구비 투자와 인력양성이 필요함.

◦ 또한, 본 기술을 공공부문에서 활용하여 정착되면 민간으로의 확대가 이루어질 수 있으며, 특히 신흥 개발도상국 및 국내 건설 및 물관리 기술이 활발하게 진출하고 있는 동남아시아와 중남미 등에 기술 수출이 가능할 것으로 판단됨.

라. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
도시 지하방수로 운영 기술 개발	도시 지하방수로 우수 유입량 예측 기술 개발	도시 지하방수로 유입량 산정을 위한 강우-유출 모형 개발	강우-유출 모형 개발 여부	건	1	도시 지하방수의 유입량 산정의 정확성 향상을 위한 강우-유출모형 필요
		유입량 산정 프로그램 개발	유입량 산정 프로그램 개발 여부	건	1	유입량 산정을 위한 강우-유출모형 적용 프로그램 개발 필요
	도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발	운영 매뉴얼 제시	운영 매뉴얼 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 최적운영을 위한 운영 매뉴얼 제시 필요
	도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발	도시 내배수시설 연계 통합운영 시뮬레이션 기술 개발	도시 내배수시설 연계 통합운영 시뮬레이션 기술 개발 여부	건	1	도시 내배수시설과 연계 시설 운영의 효율성 향상을 위한 통합운영 시뮬레이션 기술 개발 필요
	학술적 성과	학술지 게제 건수	학술지 게제 여부	건	15	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술 발표 여부	건	24	
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	원천기술 확보 근거 마련
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
		프로그램 등록 건수	프로그램 등록 여부	건	2	
	연구성과 확산	연구개발 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 시행 여부	건	2	개발된 기술의 활용 증대를 위한 홍보/교육 필요

3. 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세부과제의 개념	▫ 도시 지하방수로의 활용 방안을 다각화 하여 치수기능 뿐 아니라 환경, 이수, 도로 기능을 겸비한 도시지하방수로 구축 기술 개발
연구개발 목표	▫ 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발
연구내용 및 범위	▫ 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발 · 초고속 고액분리기술 개발 · 분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술 · 흡착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술 · 저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링 (TMS) 기술 ▫ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발 · 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술 · 저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술 ▫ 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발 · 도시 지하방수로 도로활용 기술 · 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대응 시나리오 수립
연구개발 추진전략	▫ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 ▫ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진
기대효과 및 파급효과	▫ 저류수 처리 및 활용 기술 개발을 통한 도시 하천의 기능 회복 및 비점오염원 저감 ▫ 도시 지하방수로 다목적 활용 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

나. 연차별 주요 연구내용

세부	세세부	연차	주요 연구내용 및 기술개발내용	
3 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	**3- 1** 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발	1차년도	• 합류식 하수도 월류수 및 초기 우수 유량 및 수질 특성 파악 • 초고속 고액분리기술 개발	
		2차년도	• 저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링(TMS) 기술	• 수리 실험을 통한 기술 검증 및 피드백
		3차년도	• 흡착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술	
		4차년도	• 분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술	
		5차년도	• 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선을 위한 가이드라인 제시	
	3- 2 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발	1차년도	• 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술 개발	
		2차년도	• 저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술 개발	
		3차년도	• 도시 물 순환 해석 모형 개발 • 수리실험을 통한 기술 검증 및 피드백	
		4차년도	• 도시 지하방수로 저류수 활용 가이드라인 제시	
		5차년도	-	
	3- 3 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	1차년도	• 터널 내 도로운영 전략 및 시설기준 개발 • 터널 집입/진출 시 교통류 관리기술 및 시설기준 개발 • 교통류 모니터링 및 정보제공 기술 개발	
		2차년도	• 차로운영 설계기준 개발 • 교통안전 시설물 및 설치 기준 정립	
		3차년도	• 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 설계 가이드라인 제시	
		4차년도	• 도시 시하방수로 다목적 활용을 위한 위기상황 대처 시나리오 제시	
		5차년도	-	

다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

- 홍수조절을 위해 설치할 지하 방수로에 막대한 양의 수자원 저장이 가능하며, 이를 재이용한다면 물 부족 해결뿐만 아니라 물 재이용이라는 세계적 연구 추세에 부합할 수 있으며, 지하 방수로 내 저장된 저류수를 효과적으로 재이용하기 위한 적절한 처리 기술이 필요함.
- 갈수기 저류수 재사용을 통합 맞춤형 수자원 확보 및 활용 문제 해결과 다목적 지하 방수로의 수자원 재활용을 목적으로 하는 막중심 공정과의 결합을 통한 시너지 효과 극대화를 통해 도시 물 순환 환경의 수질정화에 대한 취약성 문제 해결을 위해 필요함.
- CSOs 및 초기우수에 포함된 비점오염물질을 분리막 공정을 이용하여 저류수에 유입된 오염물질을 용도에 맞게 처리하여 재이용할 수 있는 방안 제시를 위해 필요함.
- 최근 행복도시와 대전광역시와의 용수공급 갈등에서 나타나듯 용수 자립율이 낮은 도시 내 수자원 확보율 제고를 위한 기술 니즈가 지속적으로 제기됨.
- 일본, 미국 등 선진국에서 건설한 지하방수로의 경우, 운영에 있어 침전물이 큰 장애를 일으키는 등 현재 지하방수로 시스템기술은 최적이나 최고라고 할 수 없으므로 연구개발을 통해 국내 기술력을 확보해 세계 시장에서 선두그룹으로 도약을 위해 필요함.
- 이/치수를 목적으로 강우를 강제 유출 및 저류하기 위해서는 방류수 및 저류수의 수질관리가 최우선되며 신설되는 지하방수로에서는 세계에서 가장 빠른 속도로 부유탁질과 물을 분리하는 기술이 필요함.
- 강우시 하수처리장에서는 초기 우수의 3Q를 받아 2Q는 1차 침전만하고 방류되며, 1Q는 하수처리과정의 정상운영을 위해서 처리되며, 도시 내 치수를 위해 지하 방수로가 건설 운영되는 경우 이러한 우량 배분의 문제를 반드시 고려해야 함.
- 최근 모든 용도의 생활용수를 음용수 수질 수준으로 공급하는 현 수자원 시스템의 자원낭비 및 에너지 소비가 큰 사회적 문제로 대두됨에 따라 최소한 음용수 수질이 소요되진 않는 잡용수, 청소용수, 화장실 세척수 등 생활용수뿐만 아니라 소화전 용수, 공업용수 등 용도에 맞게 수질을 관리하여 공급할 수 있는 시스템의 개발이 필요함.

◦ 신도시를 중심으로 한 최근의 연구 및 사업추진을 참고하여 기존 도심의 건전한 물순환 체계 구축 및 개선을 위한 연구가 필요함.

◦ 물과 친화된 지속가능한 도시개발이 세계 곳곳에서 추진되고 있으며, 홍수 및 재난으로부터 안전함과 도시에 친수 시스템을 도입한 U-city의 건설에 필요한 기술개발이 요구됨.

◦ 우리나라의 자동차 등록대수는 2010년 1,679만대를 넘어섰고, 2014년에는 2,000만대에 도달할 것으로 예측되며, 그에 따른 교통혼잡비용이 23조원을 넘어서 교통 혼잡은 앞으로 더 큰 사회문제가 될 것으로 예측되므로 지하방수로의 공간을 도심통행의 입체화 된 통행로로 활용하여 혼잡한 도심구간의 지체를 감소시키는데 기여하고, 이를 위해 교통류의 터널 유/출입에 따른 지체발생을 교통운영 관리기술 개발을 통해 방지하고, 도로설계 기술개발을 통해 터널 내 교통류의 원활한 흐름 및 안전성 확보가 필요함.

□ 정부지원 필요성

◦ 빗물의 이용은 개인적 차원에서의 물 절약 외에 사회적인 측면에서도 그 필요성이 매우 크므로 향후 물 부족에 대비하기 위해서도 빗물이용에 대한 사회적 인식의 전환이 필요한 시점이고, 빗물에 대한 올바른 인식, 빗물을 이용했을 때의 경제적 이득, 빗물이용을 활성화하기 위한 법규의 제정과 정책적 지원이 필요함.

◦ 기후변화 및 광역 용수공급 시스템의 제한사항 및 문제점이 대두되는 시점에서 이·치수의 관점에서 정부, 산업체, 학계의 유기적인 연대를 관할하는 것이 필요하고, 특히 이수 차원에서의 물을 공공재로 인식되는 전 세계적인 관점에서 정부는 Leading Agency가 되어야 함.

◦ 현재 지방자치단체별로 추진 중인 생태하천 복원 사업 및 빗물 모으기 운동 등 물의 재이용을 통한 건전한 도시 물순환 시스템의 구축과 관련된 사업이 곳곳에서 추진 중이므로 이를 뒷받침하기 위한 연구가 절실한 상황이며 정부 주도의 다학제적 접근 및 지원이 필요한 상황임

◦ 일반적인 연속류와 단속류의 교통운영이나 관리기술은 도시부 교통체계의 개선을 위해 각종 R&D 과제들이 수행되고 있으나, 본 연구에서 다루는 지하방수로 도로활용 기술은 세계적으로도 아직까지 일부에서만 적용되고 있는 기술이고, 도심에지하방수로가 설치되어 지하도로로써 활용되기 위해서는 터널과 관련된 도로운영 기술, 교통류 관리기술 등의 원천기술의 개발이 필요

함에 따라 아직까지 세계적으로 축적된 기술이 부족한 본 연구과제의 실용화와 현장적용을 위해 정부의 지원과 유관기관의 협조가 필요함.

라. 최종성과물 및 성과지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	도시 지하방수로 저류수 처리 기술 개발	도시 지하방수로 저류수 수질개선을 위한 가이드라인	가이드라인 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 저류수 처리 및 수질개선을 위한 가이드라인 필요
	도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발	지침서 개발	지침서 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 저류수 활용을 위한 지침서 필요
		도시 지하방수로를 고려 가능한 도시 물 순환 해석 모형 개발	모형 개발 여부	건	1	도시 지하방수로를 고려한 도시 물 순환 해석 모델링 기술 필요
	도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	설계 가이드라인	설계 가이드라인 제시 여부	건	1	도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 설계 가이드라인 필요
	도시 지하방수로 위기대응 시나리오 제시	위기대응 시나리오	위기대응 시나리오 제시 여부	건	1	다목적 활용에 대비한 위기상황 대응 시나리오 필요
	개발 기술 검증	수리모형실험을 통한 기술 검증	수리모형 실험 적용 여부	건	2	수리모형실험을 통한 개발 기술 검증 필요
	학술적 성과	학술지 개제 건수	학술지 개제 여부	건	15	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표 건수	학술 발표 여부	건	24	
	지적재산권	특허 출원 건수	특허 출원 여부	건	2	원천기술 확보 근거 마련
		특허 등록 건수	특허 등록 여부	건	2	
		프로그램 등록 건수	프로그램 등록 여부	건	1	
	연구성과 확산	연구개발 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 시행 여부	건	2	개발된 기술의 활용 증대를 위한 홍보/교육 필요

4. 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 기술 및 사업타당성 평가 기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

세부과제의 개념	▫ 도시 지하방수로 관련 개발 기술의 검증을 통해 실용화율을 높이기 위한 테스트베드 운영 기술 개발, 사업타당성 평가 기술 및 관련 법제도 개선을 제안
연구개발 목표	▫ 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발 ▫ 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법·제도 개선
연구내용 및 범위	▫ 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발 · Simulation Test-bed 구축 및 활용 기술 · Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술 · Simulation Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술 · Simulation Test-bed를 활용한 지하방수로의 사후영향 및 효과 분석 ▫ 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발 · 도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시 · 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구 개발 · LCC/LCA 기법을 이용한 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발 · 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산정기술 개발 · 도시 지하방수로 최적대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구 제시 · 제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발 ▫ 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도 개선 · 도시지하방수로 설계/운영 관련 국□내외 법□제도 비교 분석 · 현행 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도의 문제점 도출 · 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 개선안 도출 · 법□제도 개선에 따른 효과 분석 · 개선된 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 도입방안 제시
연구개발 추진전략	· 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 · 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진
기대효과 및 파급효과	· 지하방수로 시뮬레이션 Test Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오 감소 · 다양한 가상 시나리오에 따른 도시 지하방수로의 최적 운영방안을 도출 · 안정적 도시 지하방수로 설계 및 시공기술 확보를 통한 국가 기술경쟁력 향상 및 기술수출을 통한 경제적 파급효과

나. 연차별 주요 연구내용

세부	세세부	연차	주요 연구내용 및 기술개발내용
4 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발	**4- 1** 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발	1차년도	-
		2차년도	• 다양한 시나리오에 적용 가능한 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축
		3차년도	• 시뮬레이션 Test-bed를 활용한 최적 후보지 적절성 및 개발 요소기술의 실증적 검토
		4차년도	• 시뮬레이션 Test-Bed를 이용한 지하방수로의 사후 영향 및 효과 분석
		5차년도	• 시뮬레이션 Test-bed 기술의 사업화를 위한 목표시장에 대한 Biz-model 제시
	4- 2 도시 지하방수로 사업타당성 평가 기술 개발	1차년도	• 도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시 • 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구 개발 • LCC/LCA 기법을 이용한 도시 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발
		2차년도	
		3차년도	• 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산정기술 개발
		4차년도	• 도시 지하방수로 최적대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구 제시 • 경제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발 • 최적대안 선정절차 종합 지침서 제시
		5차년도	
	4- 2 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선	1차년도	• 도시지하방수로 설계/운영 관련 국□내외 법□제도 비교 분석 • 현행 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도의 문제점 도출
		2차년도	• 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 개선안 도출 • 타 법□제도와의 연계방안 도출 • 법□제도 개선에 따른 효과 분석
		3차년도	• 개선된 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 도입방안 제시
		4차년도	-
		5차년도	-

다. 연구개발 필요성 및 정부지원 필요성

□ 연구개발 필요성

- Simulation Test-bed 정의 : 도시 지하방수로 실증테스트의 한계를 극복하고 최적 대안을 찾기 위하여, 가상현실(VR) 및 증강현실(AR)과 관련 Simulator를 연계한 모의체계에 기초한 Test-bed임.
- 우리나라 대도시에 대한 근본적인 수방재 역량 강화 방안인 도시지하방수로 기술의 특성상, 개발된 요소기술을 다양한 시나리오에 적용하여 검증할 Test-bed 설치에는 비용적, 기간적 한계가 있음.
- Simulation Test-bed의 장점은 다양한 시나리오에 대하여 개발 요소기술의 통합적용이 가능하며, 기대되는 막대한 비용절감 및 시간적 효율성은 실제 Test bed에서 구현할 수 없는 한계를 극복함.
- Simulation Test-bed 기술의 지속적 활용과 사업화를 위해 국내활용에 대한 사회□정책적 지원과 더불어 국가 R&D 투자가 절실히 필요함.
- 실제 Test bed 설치에 한계가 있는 상황에서, Simulation Test-bed에 대한 개발 요소기술의 통합적용 없이는 개발 기술의 검증과 최적 후보지 선정 및 우선순위 제시가 불가능함.
- Simulation Test-bed를 이용하여 검증하는 기술은 IT, 생태, 생물, 건물관리 분야에서 이미 적용되고 있음.
- 선정된 최적 후보지의 적절성과 개발된 핵심 요소기술의 종합적·실증적 검토를 위해 다양한 시나리오에 대하여 개발 요소기술의 통합적용이 가능한 시뮬레이션 Test-bed를 이용한 실증 도구의 개발이 필요함.
- 구조적 홍수방어대책의 다양화를 위해 지하공간을 활용한 지하방수로가 고려되고 있으나, 도시 지하방수로 설계기준 및 제반기술의 부족으로 인해 발생하는 시행착오의 감소가 필요하며, 이에 제반기술의 검토 및 설계기준의 검토가 수행되어야 함. 지하방수로 시뮬레이션 Test-Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오를 줄이고, 나아가 다양한 가상 시나리오에 따른 최적 운영방안을 도출하여야 함.
- 해외 벤치마킹과 시장조사를 통해 도시지하방수로 Simulation Test-bed 기술의 사업화를 위한 Biz-model 구축하여 관련 기술수준 경쟁력이 확보될 경우 건설기술 분야의 미래성장 동력이 될 수 있음.

◦ Simulation Test-bed의 구성

제목	내용	관련 프로그램
Rainfall-Inundation Simulator	강우-유출-침수 모의	자체개발 프로그램
Stormwater Tunnel Simulator	방수로 낙하부-터널부-유출부 모의	국토교통과학기술진흥원에서 개발 중인 3D 흐름 해석 프로그램* 또는 상용 Flow3D 프로그램
Multi-drainage Network Simulator	기존 하수관거-하천부-방수로 연계 시스템 모의	자체개발 프로그램

* 병렬 컴퓨팅기법을 통한 고속처리 3D 유체 시뮬레이션 시스템

• 상기의 Simulator로 구성된 Simulation Test-bed의 기존 프로그램에 대한 차별성은 해석정확성의 향상과 고속연산체계 도입 및 통합과 연계 모의의 유연성에 있음.

◦ Simulation Test-bed 추진방향

· Simulation Test-bed에 대해서 다양한 홍수조건(돌발홍수, 침수발생 및 우수관거 월류 등)에 대한 실증적 모의를 통해서 도시지하방수로 설치 시 나타날 수 있는 상황에 대한 사전분석과 문제점 발생시 feedback이 가능한 기술 확보

· 매우 제한적인 조건에 적용 가능한 실제 Test-bed와 달리, 영구적인 사용성을 가지므로 대상지역 변화, 개발기술의 적용, 사후관리 등에 대한 실증 도구로 활용할 수 있는 기술 구축

· 해외 벤치마킹과 시장조사를 통해 도시지하방수로 Simulation Test-bed 기술의 사업화를 위한 Biz model 구축. 관련 기술수준 경쟁력이 확보될 경우 건설기술분야의 미래성장 동력이 될 수 있음

◦ 도시 지하방수로 사업의 정확한 효과판단을 위해서는 고해상도의 GIS 주제도 및 통계자료를 활용한 보다 실제적인 도시침수 피해예측기술과 방수로 설치에 대한 편익을 객관적인 경제적 가치로 환산하기 위해 고안된 경제성 분석 도구 및 평가분석 절차가 개발되어야 함.

◦ 우리나라 대도시의 수방재 역량 강화를 위하여 대도시 전반에 대해 도시특

성별 홍수원인 및 홍수위험도 조사에 기초한 수재해 방지와 경제적 이익을 극대화 할 수 있는 최적후보지 선정과 이에 대한 타당성과 투자우선 순위에 대한 기술적/경제적 분석이 요구됨.

◦ 도시지하방수로 설치 계획수립에 있어 국내 대도시 지역의 배수구역 특성과 유역환경을 고려한 도시 지하방수로의 연계운영 및 유역연계운영 방안과 실증자료 확보를 위한 관측체계구축 필요함.

◦ 도시 지하방수로 사업의 성공적 수행을 위해서는 지역 간 이해관계, 예산분배, 신뢰성, 환경성, 운영 연계성 등 서로 상충되는 여러 사회, 경제, 정책적 문제를 효과적으로 고려하여 평가할 수 있는 기준의 도출이 우선되어야 하며, 기준의 적합성과 중요도를 산정할 수 있는 전문가의 설문조사 및 AHP 기법을 활용한 객관적인 평가기법의 개발이 필요함.

◦ 공공재적 특성을 가진 도시 지하방수로 사업 시행 시 다양한 stakeholder의 동의를 얻을 수 있는 지하방수로 최적 대안 선정을 위해서는 사업의 총비용과 잠재적 환경영향 등을 통합 가치분석하는 경제성 평가와 더불어 지하방수로 시공 중 발생할 수 있는 민원문제 등과 시공완료 후 예상되는 잠재적인 지역발전 기여, 스마트 그리드 구축과 같은 운영 연계성 등의 정성적 요소를 통합 분석할 수 있는 도시 지하방수로 사업에 적합한 MCA, MCDM 통합분석 기술개발이 필요함.

◦ 수재해 방재관련 선진국에서는 도시침수의 근본적인 해결을 위하여 도시지하방수로를 적극적으로 설치□운영하고 있는 실정이며, 최근 국내에서도 치수사업 계획 시 지하방수로 시설의 도입이 고려되고 있으나 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도는 다면적으로 분석되고 개선안이 도출되어야 하는 실정임.

□ 정부지원 필요성

◦ 도시침수에 대한 가장 적극적 대응방안인 도시 지하방수로 기술은 개발의 필요성에 비해 국내 기술수준이 매우 낮은 실정이며 도시 지하방수로 R&D 투자도 미비한 실정임. 도시 지하방수로 기술개발의 시급성을 고려할 때 정부의 적극적인 투자와 유관 부처간의 긴밀한 협조가 수립되어야 함.

◦ Simulation Test-bed 기술을 활용한 도시 지하방수로 운영기술의 최적화를 통해 국내 기술의 고도화를 이룰 수 있으며 이를 통해 기술 선진국과의 기술격차를 줄이며 미래 목적시장의 진입을 위한 기술경쟁력의 확보가 시급하며

이를 위해 국내 활용에 대한 정부의 사회·정책적 지원 및 적극적인 R&D 투자 지원이 필수적임. 지하방수로는 지하시설물 간섭이나 입지조건, 저류배수 연계방안이 고려된 중·대규모의 공동건설이므로 정부지원을 통해 부족한 관련 설계기준 및 제반기술의 보완, 기존 공공 시설물과의 연계가 필수적임.

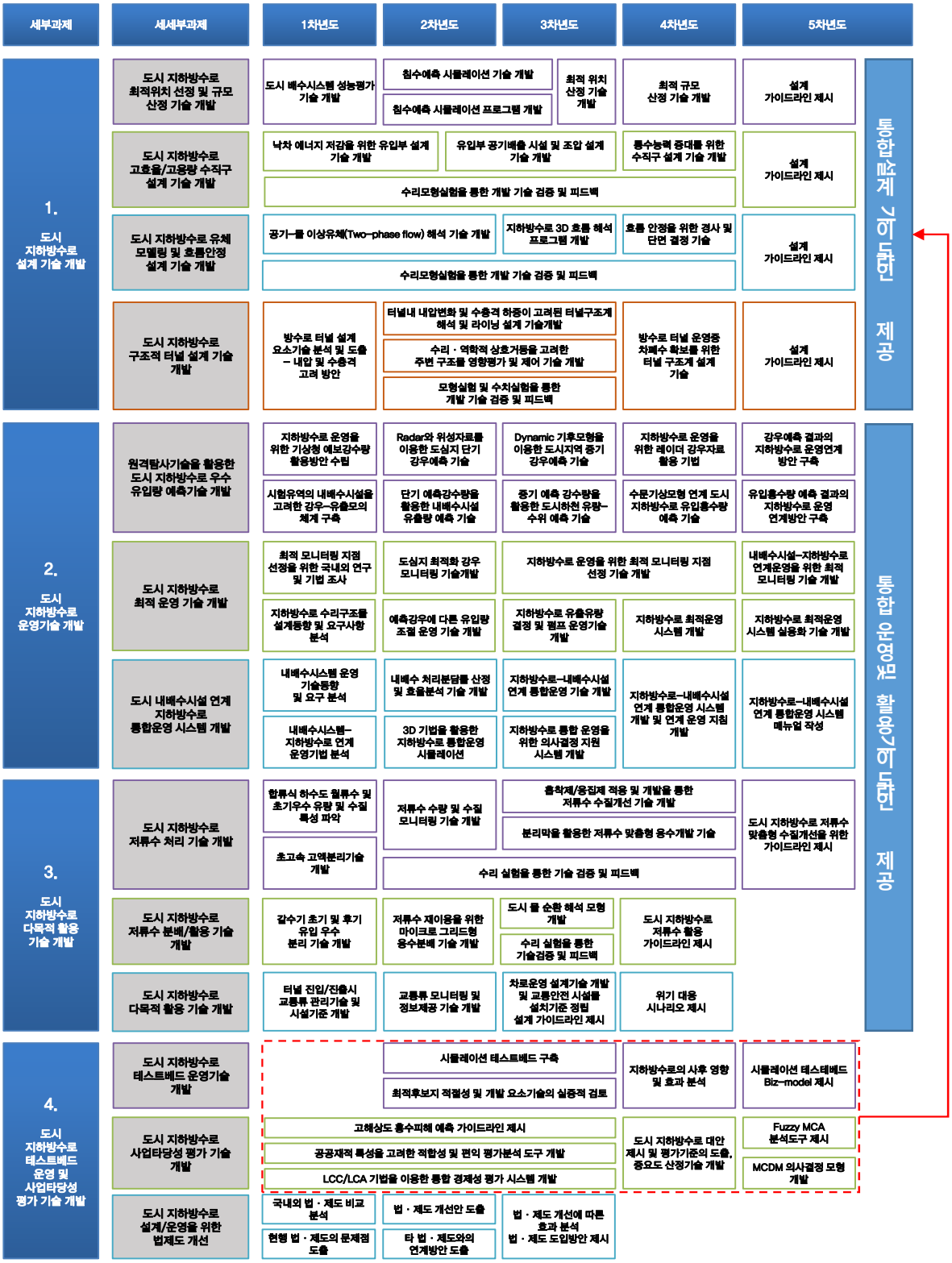
◦ 본 연구는 도시 지하방수로와 같은 공공재적인 성격이 강한 치수사업에 대하여 평가기준의 중요도 평가 시 발생할 수 있는 지역 간의 이해관계 대립 및 예산분배 문제 등을 합리적으로 해야 하므로 이를 위한 평가기준의 개발 및 중요도 선정 사업은 정부차원의 적극적인 지원 및 참여가 필요함.

◦ 도시침수의 근본적인 해결을 위하여 도입이 필요한 도시지하방수로의 설계와 운영 관련한 법과 제도에 대한 다면적으로 분석과 개선안 도출관련 연구는 국민의 안전을 최우선하는 현 정부의 국정지표뿐만 아니라 공공재적 성격상 정부지원에 의한 연구와 연구 결과에 대한 입법 및 제도화 과정이 절실함.

라. 최종성과물 및 성과지표

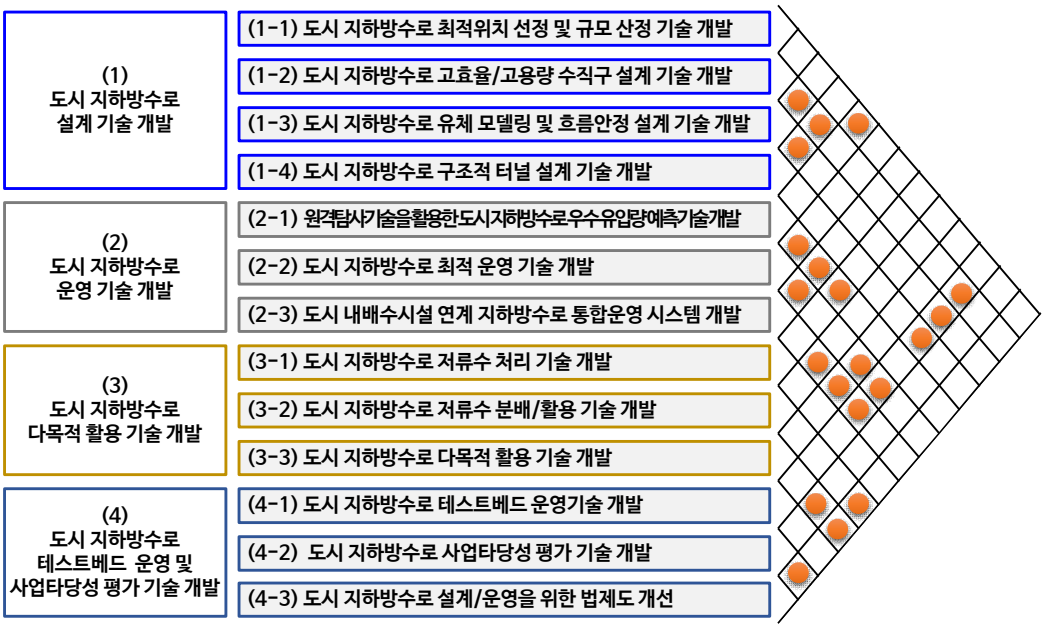
과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	목표치 설정근거
도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발	도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발	도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축	도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축여부	건	1	최적 후보지의 적절성과 개발된 핵심 요소기술의 종합적·실증적 검토 필요
		도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술 사업화를 위한 Biz- model	기술 사업화를 위한 Biz-model 제시여부	건	1	개발된 기술의 지속적 활용과 사업화를 위한 다양한 목표시장에 적합한 Biz-model 도출 및 경제적·정책적 파급효과 분석 필요
		도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서	도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서 제시여부	건	1	시뮬레이션 Test-bed에 적용을 통한 지하방수로의 치수, 이수, 환경에 대한 종합적 영향평가와 효과분석 필요
	도시 지하방수로 사업타당성 평가 기술 개발	고해상도 홍수피해 예측 가이드라인	고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시 여부	건	1	도시 자산특성을 고려한 실제적인 피해액 추정을 위한 가이드라인을 제시하여 설계기준에 반영 및 치수계획 수립시 활용필요
		도시 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템	지하방수로 통합 경제성 평가 시스템 개발여부	건	1	도시 지하방수로 사업의 정확한 가치분석을 통한 경제성평가 필요
		MCA 및 MCDM 기법을 활용한 최적대안 선정 절차 종합 지침서	최적대안 선정절차 종합 지침서 제시여부	건	1	공공재적 특성을 가진 도시 지하방수로 사업의 경제성 평가 및 정성적 요소를 고려한 최적대안 선정기술 개발필요
	도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선	도시지하방수로관련 법 제도 개선방안	도시지하방수로관련 법 제도 개선방안 제시 여부	건	1	도시지하방수로 설계/운영관련 국내·외 법·제도의 비교분석과 문제점 도출에 따른 개선안 제시 필요
		치수관련 법 제도 개선에 따른 효과분석 보고서	치수관련 법 제도 개선에 따른 효과분석 보고서 제시여부	건	1	개선된 도시지하방수로 설계/운영관련 법·제도 도입에 따른 수재해 방어능력 향상의 효과분석 보고서 제시 필요
	학술적 성과	학술지 게제	학술지 게제 여부	건	15	개발 기술의 검증과 학술적 가치 인정 필요
		학술대회 발표	학술 발표 여부	건	24	
	지적재산권	특허출원	특허출원 여부	건	2	원천기술 확보 근거 마련
		특허등록	특허등록 여부	건	2	
	연구성과 확산	연구개발 관련 홍보/교육 건수	홍보/교육 시행 여부	건	2	개발된 기술의 활용 증대를 위한 홍보/교육 필요

제 5 절 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵



[그림 3.4.1] 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

제 6 절 세부과제 간 연계관계



연계과제	연계내용
(1-1), (2-1)	도시 지하방수로 유입량 예측기술 개발 내용을 활용하여 최적 규모 산정기술 개발
(1-2), (1-3), (1-4)	고효율/고용량 수직구 설계기술 및 흐름안정 설계기술과 구조적 설계 기술 간의 상호 보완을 토대로 기술 개발
(2-1), (2-2), (2-3), (3-1), (3-2), (3-3)	도시 지하방수로 유입량 예측기술을 활용하여 최적운영 기술과 내배수시설 연계 통합운영 시스템을 개발하고, 저류수 처리를 위한 용량 산정의 기초기술로 활용. 최적 운영기술 및 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영 시스템과 저류수 분배 활용기술 및 다목적 활용 기술 개발을 상호 연계하여 기술개발 수행
(3-3) (1-1)	도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술과 다목적 활용기술을 연계하여 기술 개발
(4-1) (1-2) (1-3) (1-4) (2-3)	설계 기술, 운영 시스템 등과 연계하여 테스트베드 운영 기술 개발
(4-2) (4-3) (3-3) (3-2)	다목적 활용방안과 저류수 재이용 계획 등의 기술 개발과 연계하여 법제도 개선 수행

제 7 절 성과의 활용방안

세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
1세부과제 도시 지하방수로 설계기술 개발	설계 가이드라인	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 도시 지하방수로 설계 시 가이드라인의 적용 의무화
	침수예측 시뮬레이션 프로그램	설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 기술 개발 시 산업계 참여 유도, • 업계 및 연구기관에 연구 결과 홍보와 교육을 통해 개발 기술 적용 확대
	지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발	설계사, 연구기관, 건설사, 학계	
	특허	건설사, 설계사	• 기술 개발 시 산업계 참여 유도, • 특허 및 기술 이전
2세부과제 도시 지하방수로 운영 기술 개발	프로그램	지하방수로 운영 및 관리를 위한 정부 및 지방자치단체, 설계사, 학계	• 기존의 국내에서 활용 중인 내배수시설 운영 프로그램과의 상호 호환성 강화 • 우리나라의 기후, 내배수시설의 특성을 적절하게 고려할 수 있는 프로그램 개발
	운영 가이드라인	지하방수로 운영 및 관리를 위한 정부 및 지방자치단체, 설계사, 학계	• 연구개발 단계에서부터의 기술 수요처의 요구분석을 통하여 사용자 친화적 기술 개발
	특허	설계사, 건설사	• 적극적인 산업체 기술 이전 수행

세부과제	목표성과물	기술수요처	실용화 방안
3세부과제 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발	도시 지하방수로 저류수 처리를 위한 지침서	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 도시 지하방수로 설계 및 운영시 지침서 내용 준수 의무화
	도시 지하방수로 저류수 활용을 위한 지침서	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	
	도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 설계 가이드라인	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 도시 지하방수로 설계시 가이드라인의 적용 의무화
	도시 지하방수로 위기대응 시나리오	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 도시 지하방수로 다목적 활용 시 위기대응 시나리오 제시 의무화
	도시 물 순환 해석 모형	설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 업계 및 연구기관에 연구 결과 홍보와 교육을 통해 개발 기술 적용 확대
	특허	건설사, 설계사	• 기술 개발 시 산업계 참여 유도, • 특허 및 기술 이전
4세부과제 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업 타당성 평가 기술 개발	도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed	설계사, 연구기관, 건설사, 학계	• 기술 개발 시 산업계 참여 유도, • 업계 및 연구기관에 연구 결과 홍보와 교육을 통해 개발 기술 적용 확대
	MCA 및 MCDM 기법을 활용한 최적대안 선정 절차 종합 지침서	설계사, 연구기관, 건설사, 학계	
	도시 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	
	도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서	정부, 지자체, 설계사, 연구기관, 건설사, 학계	
	도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선(안)	정부, 지자체, 설계사, 건설사	• 도시지하방수로 설계 및 운영 관련 법 · 제도의 입법화와 제도화
	특허	건설사, 설계사	• 기술 개발 시 산업계 참여 유도, • 특허 및 기술 이전

제 8 절 연구수행체계 제안

1. 연구추진체계 정립

□ “도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획”은 건설산업의 기반이 되는 핵심요소기술 개발 및 유기적 연계를 통한 패키지화된 기술의 성격으로 “연구단 수준”의 구성이 적합한 것으로 판단됨.

<표 3.8.1> ‘국토교통부소관 연구개발사업 운영규정’ 의 과제 분류

사업단 과제	기술별 총괄시스템의 개발과 연구개발결과의 시범적 적용을 포함한 사업단이 수행하는 과제
연구단 과제	단위·요소기술의 유기적 연계를 통하여 패키지화된 기술을 개발하는 과제
일반 과제	단위·요소기술을 개발하는 연구과제

2. 추진조직

□ “도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획”은 기초·원천기술, 실용화 기술, 관리정책의 다양한 성격의 연구를 총괄해야 하므로 산, 학, 관과 유연한 관계를 유지하고 객관적 관리가 가능한 연구기관 및 총괄 연구책임자 필요함.

□ 원천성격의 기술은 이론정립, 실험 등의 위주로 기술정립이 필요하므로 학교 또는 연구기관에서 주도하도록 추진함.

□ 실용화 기술은 현장적용 가능기술로 생산현장 또는 시공현장을 보유한 기업에서 주도하도록 추진함.

□ 4세부 “도시 지하방수로 테스트베드 운영 기술 개발” 과제는 연구단 개발성과물의 실용화를 위한 Test-bed(또는 Simulation Test-bed)를 계획 및 추진관리가 가능한 적정규모의 연구기관 및 기업체로 구성함.

□ 전체 연구조직은 산, 학, 연이 연계되어 상호보안 및 지원이 이루어지도록 구성함.

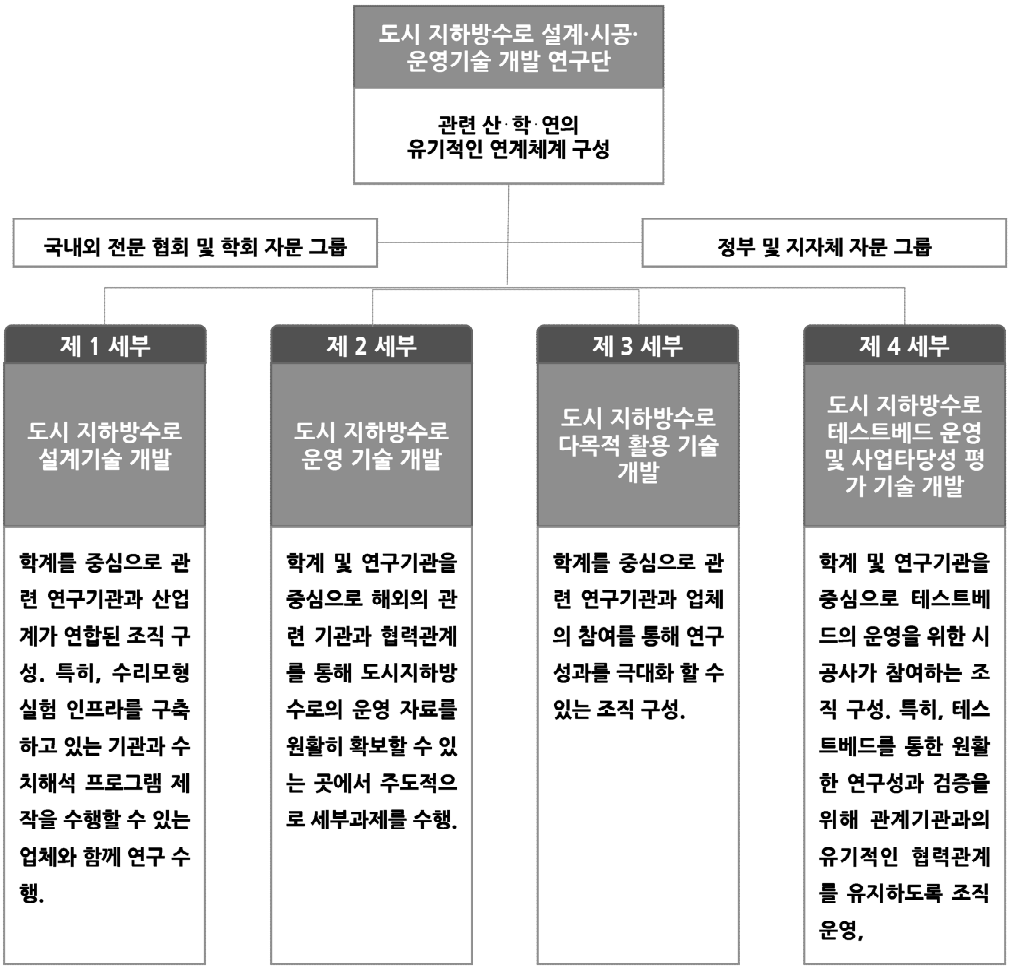
3. 추진체계

□ 연구추진시 주관 및 협동, 위탁기관 및 참여기업은 모두 성과물이 발생되고, 이의 활용이 이루어지도록 연구추진체계를 구성함.

□ 달성이 가능한 성과목표 및 성과지표를 제안·유도하고 연구진행 중 성과목표의 달성 및 관리방안을 정립하며, 주기적으로 성과를 관리함.

□ 성과물의 실용화를 우선하여 기술실시 대상기업을 명확히 결정하고, 대상기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계를 수립함.

□ 상호 정보를 공유하고, 상호활용, 기술지원이 가능한 체계를 수립함.



[그림 3.8.1] 연구추진체계

제 4장 사전타당성 검토

제 1 절 정책적 타당성

1. 국가전략적 중요성

가. 정책적 중요성

□ 국민의 안전을 최우선하는 현 정부 정책에 부합함.

□ 본 연구단의 기술개발을 통한 정부 정책 실현

기관	관련 정책	
정부 국정과제	국민안전	• 총체적인 국가 재난관리체계 강화 • 기상이변 등 기후변화 적응
국토교통부	도시/건축정책	• 재해로부터 안전한 도시 조성
	수자원정책	• 홍수, 가뭄 등 기후변화 대응능력 강화
환경부	기상이변 등 기후변화 적응	• 지속가능한 물순환 체계 구축
	환경서비스 품질 수준 제고	• 건강한 물환경 조성
안전행정부	국민안전 컨드롤 타워 구축	• 안전 인프라 및 현장 대응력 강화 - 재난안전 R&D 투자예산을 확보 및 분야별 전문 인력을 보강

□ 집중호우에 의한 도심지 침수에 대한 최적의 대책으로 도시 지하방수로를 제안하고 있으며, 국외에서도 이를 통해 큰 효과를 보고 있어, 국내 도입에 대한 요구가 커지고 있음. 본 연구단에서 침수예방 및 비점오염저감, 우수 재이용 기능을 수행하는 다기능 도시 지하방수로의 최적 설계·시공·운영·활용기술 개발로 도시 지하방수로 시장 확대에 대한 대비가 필요함.

나. 정부지원 타당성

□ 본 연구단은 집중호우에 대비한 도심지 방재시설, 비점오염 유출 저감 및 빗물 재이용 등의 기능을 통합적으로 수행할 수 있는 도시 지하방수로의 설계·시공·운영을 위한 기술개발을 목적으로 함. 이는 국민 삶의 질 향상을 위한 사회기

반시설이나, 기술개발을 위해서는 많은 예산과 시간이 필요하므로 민간 기업이 단독으로 추진하기는 어려운 실정임. 또한 도심지 침수 예방을 위한 도시 지하방수로의 필요성이 매우 높아지고 있으므로 정부 주도의 기술 개발이 절실함.

□ 최근 발생한 도시 홍수 및 침수의 대표적인 사례가 서울 및 수도권에 집중되어 있으며, 그 피해는 경제적인 문제 뿐 아니라 국가 경쟁력 및 안보와도 밀접한 관련이 있으므로, 정부 차원의 연구비 투자와 인력양성이 필요함.

□ 기후변화로 인한 도심지 수재해 예방을 위한 국외 투자가 늘어날 것으로 예상되는 바, 도시 지하방수로 핵심 설계 기술을 확보함으로써, 국내 건설사 및 설계사의 해외 물관리 시장 진출의 기회를 넓힐 수 있도록 국가적 차원의 지원이 필요함.

□ 본 연구 개발을 통하여 초정밀 손상탐지를 통해 터널의 효율적인 유지관리가 가능하며, 구조물 유지관리 산업 및 터널 NDT 기술의 국내 성장 및 세계적인 우위를 점할 수 있음. 이를 위해서는 정부의 연구비 지원 및 구조물 유지관리의 표준화 및 관련 정책 수립 등 정부의 전폭적인 지원이 필요함.

□ 지하방수로의 지하도로 활용을 위해서는 터널과 관련된 도로운영 기술, 교통류 관리기술 등의 원천기술의 개발이 필요함에 따라 아직까지 세계적으로 축적된 기술이 부족한 본 연구과제의 실용화와 현장적용을 위해 정부의 지원과 유관기관의 협조가 필요함.

□ 도시침수의 근본적인 해결을 위하여 도입이 필요한 도시지하방수로의 설계와 운영 관련한 법과 제도에 대한 다면적인 분석과 개선안 도출관련 연구는 공공재적 성격상 정부지원에 의한 연구와 연구 결과에 대한 입법 및 제도화 과정이 절실함.

다. 사업추진의 시급성

□ 해외 여러 국가에서 도시지하방수로를 통해 도시의 이수, 치수, 환경적 문제를 해결하고 있지만, 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없고, 설계 및 시공 기준이 전무하다시피 할 뿐만 아니라, 관련 연구도 미미한 실정임. 그러므로 안전하고 경제적인 도시 지하방수로의 계획, 설계, 시공 및 운영을 위하여 관련 기술체계의 정립이 시급함.

□ 최근 지하 방수로/저류조의 국내 도입을 위한 계획이 실행 중에 있으며, 빠르면 3~4년 이내에 가동을 할 것으로 예상되나, 효율적이고 안전한 운영을 위한 관련 연구와 기준이 매우 미흡한 실정임.

2. 상위계획과의 부합성

가. 정부/부처의 상위 유관계획과의 부합성

□ 도심지 홍수재해를 저감하는 도시 지하방수로 기술을 개발하는 동 연구단은 '박근혜정부 국정목표 및 국정과제('13)', '국가재정 운용계획('13~'17)', '건설산업진흥기본계획('13~'17)', '건설기술진흥기본계획'의 안전 및 재난·재해 예방을 추구하는 방향성에 부합.

◦ '박근혜정부 국정목표 및 국정과제('13)'는 국정목표인 '안전과 통합의 사회' 달성을 위해 '재난·재해 예방 및 체계적관리'를 추진전략으로 설정하고 재해예방적 토지이용체계 확립, 도시하천유역 종합치수계획 마련, 강우레이더 구축, 홍수위험지도 제작, 하수관 확충 및 저류시설 설치 등을 수행할 계획임.

◦ '국가재정 운용계획('13~'17)'은 '국민생활과 밀접한 공공기반 R&D투자 확대', '공공질서·안전' 등 12대 분야별 투자방향을 제시하고 국가적 재난·재해 대응에 대한 R&D지원을 강화하고, 기상이변에 대응하는 선제적 재해예방 투자를 지속적으로 확충할 계획임.

◦ '건설산업진흥기본계획('13~'17)'은 '신시장 발굴 등 수요기반 확충'을 주요 과제로 제시하고, 재난재해예방 및 안전 측면의 생활형 SOC확충 및 민간 건설시장 활성화를 위해 기후 변화에 따른 홍수예방 시설 확충 등의 SOC건설사업을 추진할 계획임.

◦ '건설기술진흥기본계획'은 '건설기술 경쟁력 기반 구축'을 전략으로 설정하고 'Green & Smart건설기술개발' 과제를 통해 재난 및 안전관리 분야 R&D를 지속적으로 추진할 계획임

- 재난 및 안전관리 분야 R&D는 위험요소 관리를 통한 SOC안전 및 유지관리, 자연재해 예방을 위한 선제적 대응체계극 구축하는 R&D로 시설물 안전 및 유지관리기술, 자연재해 대응 기술을 전략과제로 제시함.

□ 본 연구단 개발기술은 교통인프라 활용, 저류수 오염물질 처리, 저류수의 재이용 등을 함께 고려하고 있어 '박근혜정부 국정목표 및 국정과제('13)', '건설산업진흥기본계획('13~'17)'의 쾌적하고 지속가능한 환경조성 및 생활형 SOC확충을 추구하는 방향성에 부합

◦ '박근혜정부 국정목표 및 국정과제('13)'는 국정목표인 '안전과 통합의 사회' 달성을 위해 '쾌적하고 지속가능한 환경 조성'을 추진전략으로 설정하고 개

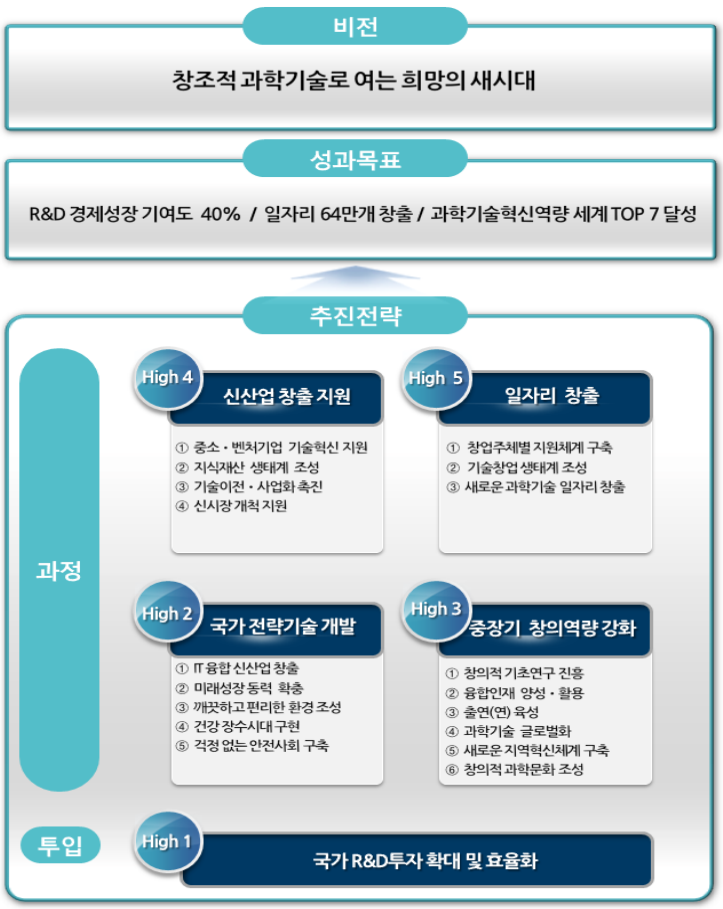
발사업 추진 시 저영향개발기법 적용 확대, 빗물이용 시설, 중수도 확대 등을 위한 '물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률' 개정 등을 통해 지속적으로 이용가능한 물순환 체계 구축 및 적응대책 수립을 지원할 계획임.

◦ '건설산업진흥기본계획('13~'17)'은 '신시장 발굴 등 수요기반 확충'을 주요 과제로 제시하고, 도심지 교통문제 해소 관점의 생활형 SOC확충을 위해 혼잡도가 높은 도시 내 교통 인프라를 확충할 계획임.

나. 정부/부처의 중장기 R&D계획과의 부합성

□ 본 연구단 개발기술은 도심지 홍수재해 저감을 도모함에 따라, 재난 및 안전관리 기술개발을 추구하는 '제 3차 과학기술기본계획('13~'17)', '건설교통 R&D 중장기계획('12)' 등의 상위 R&D계획의 방향성 및 연구범위와 부합됨.

◦ '제 3차 과학기술기본계획('13~'17)'의 '2. 국가전략기술개발'추진전략 중 5대분야 30개 중점기술로 선제적 자연 재해 대응과 피해 최소화 '자연재해 모니터링·예측·대응기술'을 설정.



[그림 4.1.1] 제 3차 과학기술기본계획(`13~`17) 비전목표 및 추진전략

<표 4.1.1> 제3차 과학기술기본계획(`13~`17)의 국가전략기술개발 추진전략

5대 분야	중점기술(예시)
1. IT융합 신산업창출	-차세대 유무선 통신 네트워크 기술(5G 등) -첨단 소재기술, 환경친화 자동차 기술 등 10개
2. 미래성장동력 확충	-태양에너지기술, 우주발사체 기술 등 12개
3. 깨끗하고 편리한 환경 조성	-수질.대기 등 오염물질 처리기술 -고효율 에너지 빌딩 기술 등 4개
4. 건강 장수시대 구현	-맞춤형 신약기술, 질병진단 바이오칩 기술 등 6개
5. 걱정없는 안전사회 구축	-사회적 재난 예측.대응기술(원자력 안전, 환경사고 등) -식품 안정성 평가.향상 기술 등 6개

◦ ‘건설교통 R&D 중장기계획(´12)’의 5대 목표 중 ‘위험으로부터의 안전한 사회 실현’을 달성하기 위해 세부목표로 ‘기후변화 대응 물관리 체계 구축, 대도시 수재해 피해규모 10%저감’을 설정하고, 하위 사업영역을 구성함.

- 하위 사업 중 물관리연구사업의 5대 전략프로젝트로 ‘대도시 통합 수해방어 체계 기술(Climate-Aegis)’을 설정하고, ‘대도시 지하방수로 설계 및 운영기술 개발’ 등의 기술개발과제를 추진할 계획임.

□ 본 연구단 개발기술은 비점오염으로 인한 저류수의 수질개선을 도모함에 따라, 깨끗한 환경 조성 기술개발을 추구하는 ‘제 3차 과학기술기본계획(´13~´17)’, ‘건설교통 R&D 중장기계획(´12)’ 등의 상위 R&D계획의 방향성 및 연구범위와 부합됨.

◦ ‘제 3차 과학기술기본계획(´13~´17)’의 ‘2. 국가전략기술개발’추진전략 중 5대분야 30개 중점기술로 깨끗하고 맑은 수질과 대기질 제공 ‘오염물질 제어 및 처리기술’을 설정함.

◦ ‘건설교통 R&D 중장기계획(´12)’의 5대 목표 중 ‘에너지·자원의 효율적 이용’을 달성하기 위해 세부목표로 ‘맑고 풍부한 유량확보, 효율적인 물공급 및 물재해 최소화’를 설정하고, 하위 사업영역을 구성함.

- 하위 사업 중 물관리연구사업의 5대 전략프로젝트로 ‘기후변화 대응 기후-물-환경 융합기술’을 설정하고, ‘기후변화 영향평가를 위한 수문모니터링 기술 및 통합 수문해석’, ‘자원순환형 하천유지유량 관리기술 개발’ 등의 기술개발과제를 추진할 계획임.

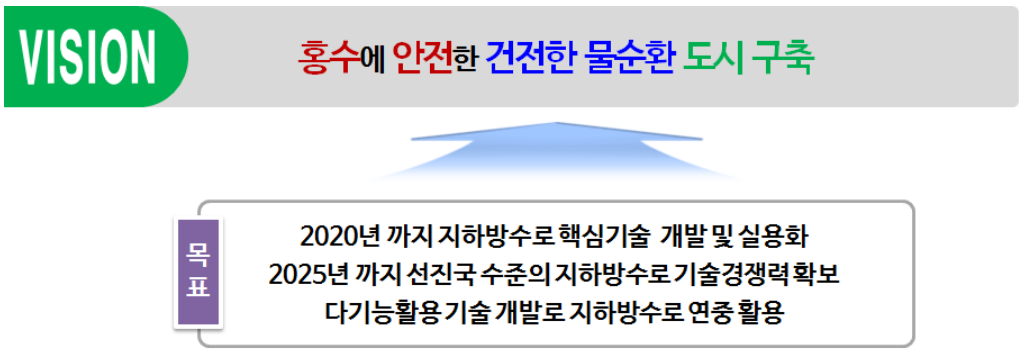
제 2 절 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

가. 사업목표와 내용의 구체성

□ 본 연구단의 비전으로 제시하고 있는 '홍수에 안전한 건전한 물순환 도시 구축' 달성을 위해 본 연구단의 사업목표를 '2020년 까지 지하방수로 핵심기술 개발 및 실용화', '2025년 까지 선진국 수준의 지하방수로 기술경쟁력 확보', '다기능 활용기술 개발로 지하방수로 연중 활용'으로 구체적으로 제시함.

□ 중점추진분야로 '도시지하방수로 설계·시공기술개발', '도시지하방수로 운영·활용기술개발', '도시지하방수로 유지관리기술개발', '도시지하방수로 테스트베드 운영 기술 개발'을 설정하고, 이를 실현하기 위한 최적의 과제 구성을 제시함.



□ 기술수요조사, 기술수준예측조사, 우선순위조사 등을 통해 관련 전문가들의 의견을 적극적으로 반영한 과제 발굴 및 구성으로 객관성을 확보함.

□ 본 연구단의 사업목표를 달성하기 위해 각 세부과제와 세세부과제를 구성하였으며, 적절한 연구개발 목표와 연구내용 및 범위를 설정하여 제시함.

◦ 1세부과제는 도시 지하방수로 수리/수문학적, 구조적 설계 기술을 개발하고, 설계 가이드라인 제시 및 침수예측시뮬레이션, 이상유체 모델링 프로그램 개발을 목표로 함.

- 국내 도시 지하방수로의 수리/수문학적, 구조적 설계기술에 대한 연구가 미미하며, 실무적용을 위한 가이드라인 및 설계기준이 전무하여 이에 대한 기술개발 및 가이드라인 제시가 필요하며, 또한 지하방수로 내 급격한 유체변화를 해석할 수 있는 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 모델링 기술

개발이 필요함.

- 유수 흐름 급변동에 따른 터널 내압변화 및 발생 충격 하중은 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기하므로, 모델링 기술 및 설계 기술을 개발하고 설계 가이드라인의 제시가 필요함.

◦ 2세부과제는 도시 지하방수로로의 원격탐사기술을 활용한 우수 유입량 예측 기술 개발, 최적 운영 기술 개발, 도시 내배수시설 연계 통합운영시스템 개발을 목표로 함.

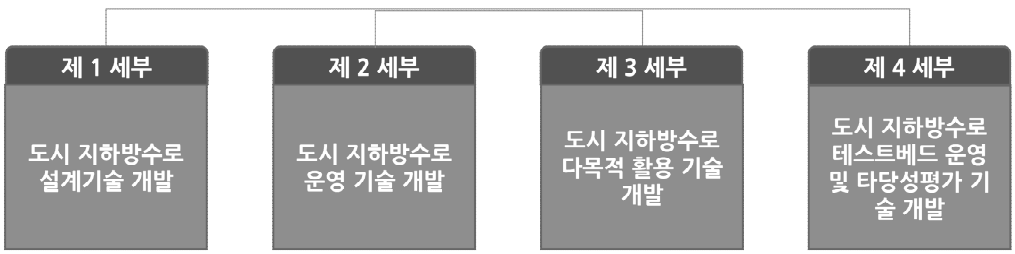
- 아직 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없으며, 도시 지하방수로 운영 관련 연구도 미미한 실정임. 도시 지하방수로 운영에 따른 침수저감 효과 극대화를 위한 지하방수로 최적 운영기술 및 기존 내배수시설과의 연계를 통한 통합 운영 기술 개발이 필요함.

◦ 3세부과제는 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발, 저류수 분배/활용 기술 개발, 다목적 활용 기술 개발을 목표로 하고 있음.

- 도시 지하방수로의 연중활용 빈도를 높이기 위해 활용 방안을 다각화 하여 치수기능 뿐 아니라 환경, 이수, 도로 기능을 겸비한 도시지하방수로 구축 기술 개발이 필요함.

◦ 4세부과제는 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술, 사업타당성평가 기술 개발 및 설계/운영을 위한 법□제도 개선(안) 제시를 목표로 함.

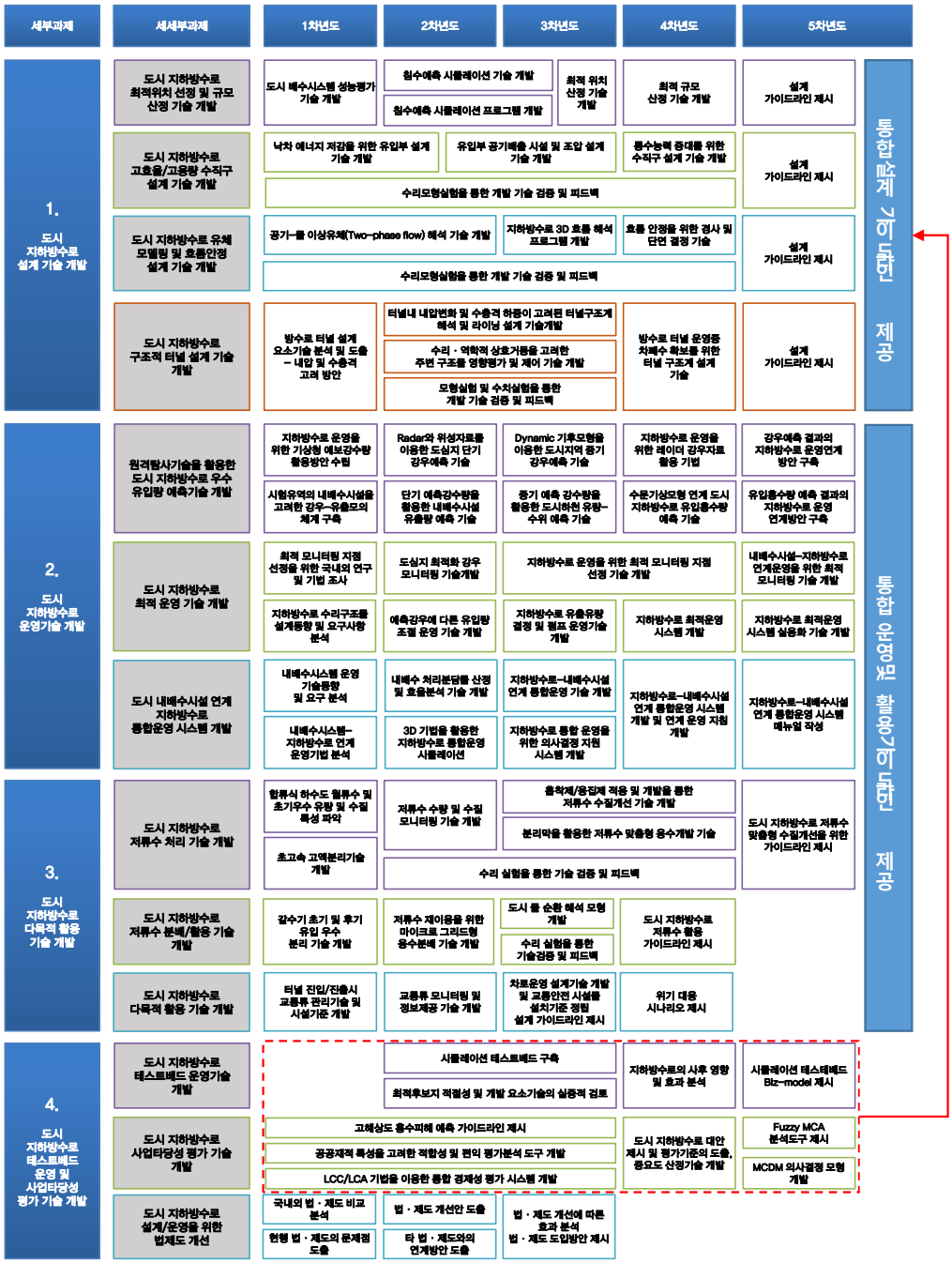
- 도시 지하방수로 관련 개발 기술의 검증을 통해 실용화율을 높이기 위한 테스트베드 운영 기술, 사업타당성 평가 기술 개발 및 원활한 사업 추진을 관련 법제도 개선이 필요함.



나. 기술개발로드맵의 우수성

□ 본 연구단의 기술개발 로드맵은 국내외 동향 및 환경 분석 결과를 반영하여 도출된 세부과제를 대상으로 하고 있으며, 비전 및 목표 달성을 위하여 세부과제별 연차별 연구 목표를 제시하였고, 과제간 연계방안을 고려하여 기술로드맵을 작성하였음.

□ 기술개발로드맵에서 세부과제별 요소기술간 선후관계가 명확히 제시되어, 체계적으로 연구를 수행하고 목표한 결과를 달성할 수 있도록 구성되어 있음.



2. 기술수준 및 성공가능성

가. 보유기술수준 및 기술개발의 기대수준

□ 도시 지하방수로의 국내 기술수준을 파악하기 위해, 국내 전문가들을 대상으로 기술수준조사를 수행한 결과 선진국 대비 64%수준으로 평균 기술격차가가 6년으로 나타났음.

□ 기술동향조사에서 특허 조사 결과 일본이 약 55%를 점유하고 있고 다음이 미국으로 25%의 점유율을 나타내고 우리나라는 2%로 나타남. 논문조사결과 미국, 영국, 중국 순으로 논문을 많이 발표하였고, 우리나라는 14위를 기록함.

□ 기술동향조사결과에 비해 전문가들의 기술수준 판단은 상대적으로 높아 보이나, 지하방수로의 기반기술 분야인 수자원, 환경, 구조, 지반 분야의 우수한 연구 성과와 연구 인력을 보유하고 있는 현황을 반영한 것으로 판단됨.

□ 도시지하방수로 관련한 기술 수준이 낮아 연구개발에 어려움이 있으나, 관련분야의 다양한 연구경험과 연구시스템을 보유하고 있어 정부의 적극적인 지원으로 도시지하방수로 기술수준을 5년 내 선진국 수준으로 끌어올릴 수 있을 것으로 판단됨.

나. 기술개발 성공가능성

□ SWOT 분석을 통하여 내부적 강점과 약점을 파악하고, 외부적 기회와 위협에 대해 명확히 분석하여, 우선수행 및 보완 전략과 RISK해결 전략 및 장기보완 전략을 수립하였음.

□ 이를 통해 기술개발이 성공적으로 이루어질 수 있는 연구 전략을 수립하여 기술개발 성공가능성을 높임.

□ 홍수예방, 수처리, 빗물 재이용 등의 관련 기수행 연구와의 연계를 통한 기술개발 추진하고, 수요기간인 산업체의 연구 참여 및 정부기관의 의견 수렴을 통해 성공가능성을 향상함.

□ 기획연구를 통해 꼭 필요하고 개발가능성 높으면서 실용화 가능성이 큰 기술을 발굴하여 기술개발 성공가능성을 높임.

제 3 절 경제적 타당성

□ 국내에서는 기후변화로 인해서 시간당 50 mm이상의 호우가 1960년대에는 8회였지만, 2000년대에는 111회로 약 14배가 증가하였으며, 강우의 일수는 감소하고 호우의 일수는 증가하고 있는 추세임

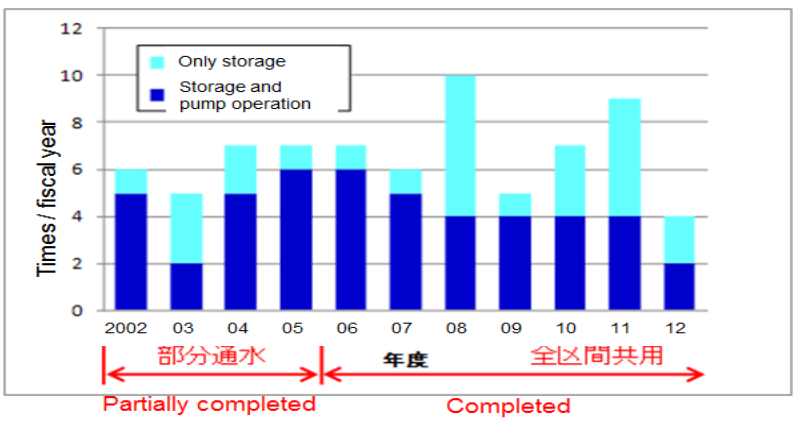
□ 서울시의 홍수 피해액이 1965~1980년까지 약 2.867억원이었던 것에 반해 1981~2010년에는 9.983억원으로 약 3.5배 증가한 것으로 나타나 홍수기 표면유출량 증가에 따라 서울시의 침수피해가 대형화되었음을 시사함.

□ 서울시는 침수취약지역 수해 최소화 10개년 계획에서 전통적 대책인 하수관거 확충, 빗물펌프장 시설용량 증대에 새로운 대책인 빗물저류조, 빗물저류배수시설, 분산형 시설 등이 도입되어야 함을 시사함.

□ 방수로는 기존 하도와 더불어 첨두 홍수량을 분담하여 홍수피해의 잠재적인 기능성을 완화할 수 있고, 설계 방법에 따라 도시 미관을 증진 시킬 수 있으므로 최근 증가하고 있는 홍수 피해를 저감시킬 수 있는 실용적인 방안으로 외국에서는 지하방수로의 적극적 활용 사례가 증가하고 있는 추세임.

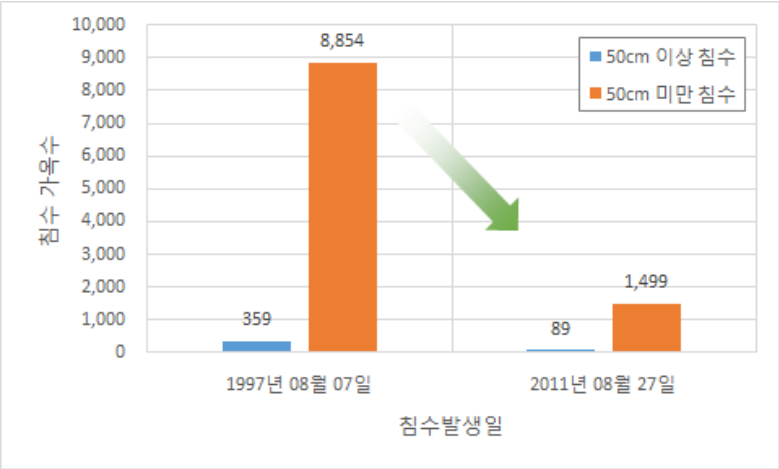
□ 싱가포르는 DTSS 계획 및 건설을 위해 10년간 약 36억 USD를 투자하였으며, DTSS의 준공으로 싱가포르의 하수처리 문제는 향후 100년 동안 근원적으로 해결될 것으로 예상하고 있음.

□ 일본 도쿄 외곽에 건설된 수도권 외곽 방수로가 건설되기 이전인 2000년에 발생한 160 mm의 호우로 137 ha의 248가구가 침수되었지만, 건설 중이던 2004년의 199 mm 호우에는 73 ha의 126가구, 건설 후인 2006년의 177 mm 호우에는 33 ha의 85가구만이 침수됨.



[그림 4.3.1] 일본의 수도권 외곽방수로 건설 효과

□ 일본의 네야가와 지방에서는 1997년 116 mm 강우에 의해서 약 9,213의 침수가옥이 발생하고 그 중에서 359가옥이 50 cm 이상 침수된 것으로 나타났으나, 네야가와 지하방수로 건설 이후에 89 mm 강우에 의해서 약 1,588의 침수가옥이 발생하고 그 중에서 89가옥만이 50 cm 이상 침수된 것으로 나타나 홍수방어에 대한 지하방수로의 능력은 뛰어난 것으로 나타남.



[그림 4.3.2] 일본의 네야가와 지하방수로 건설 효과

□ 미국 시카고에서는 하수체계의 과부하로 인한 역류로 저지대 지역이 침수되는 문제가 발생하여 TARP을 25년 이상을 투자하여 계획 및 건설하였으며, 많은 비용이 소요되지만 합류식 하수관거체계를 교체하는 것보다는 훨씬 경제적이고, 파생효과로 발생하는 이익이 건설비용을 상회한다고 보고됨.

□ 영국 템즈강에 CSOs의 유출방지를 위해 건설된 LEE 터널은 39만톤의 CSOs를 처리하며 이것은 총 하수량의 40%를 차지함.

□ 말레이시아 쿠알라룸프르의 SMART터널은 515백만 USD를 투자하여, 약 30년 이상 15.8억 USD 이상의 홍수방어와 교통혼잡으로 발생하는 경제적 손실 중 12.6억 USD를 절감할 수 있을 것으로 예상함.

□ 일본의 오오츠 방수로는 건설 효과를 모의하기 위해 홍수범람시뮬레이션을 수행한 결과 범람 면적과 피해액 모두 대략 40%정도가 감소하는 것으로 나타남

□ 지난 30~40년 동안의 댐과 제방에 의한 치수대책으로는 기본적인 치수 안전도 확보만 가능하고 최근과 같이 매년 반복되는 기상재해로 인한 피해액은 1960년대에는 약 1,300억원에서 2000년대 현재까지 22,900억원으로 급증하고 있음.

□ 국내 도시의 홍수대책은 도시라는 특성에 따라 시설부지 선정이 어렵고 협소하여 제한적인 홍수처리대책을 가질 수 밖에 없으며, 기후변화 및 도시특성을

고려하지 않은 제방과 배수펌프장에 의존한 기존 대책들은 한계점을 가질 수 밖에 없음.

□ 지하공간은 지상공간의 하부에 공간을 확보하므로 지상시설과의 간섭문제가 줄어들고 이용상 제약을 받지 않으며, 지상이용이 활발히 진행되고 있는 지역일지라도 지하이용은 이루어지지 않는 경우가 많아 개발 가능성이 크고, 지가가 높은 지역 내에서도 비교적 경제적으로 이용이 가능하여 도시공간을 효율적으로 활용할 수 있음(정상훈과 윤성필, 2013).

□ 지하 방수로는 도시의 지하에 대규모 터널수로를 시공하여 토지수용에 대한 부담을 줄일 수 있으며, 토지보상 불필요로 인허가 상의 민원이나 개발 지연에 대한 위험성이 줄어들고, 이상기후로 인한 집중호우 발생 시 내수를 지하 방수로로 초기에 배제하여 제내지 침수피해를 줄일 수 있음.

□ 현재의 홍수방어대책이 한계에 도달했으며 지난 30~40년 동안의 댐과 제방에 의한 치수대책으로는 기본적인 치수안전도 확보만 가능하고 최근과 같이 돌방홍수 및 이상홍수와 같은 현상에 대응하기 위해서는 새로운 치수대책이 필요함(김병식, 2009)에 따라 다목적으로 사용 가능하여 경제적으로 유리한 지하방수로는 그 대표적인 사례가 될 수 있음.

□ 국외의 지하방수로를 이용한 도심지에서의 홍수방어 사례를 살펴본 결과, 지하방수로의 홍수방어는 물론 CSOs 방지, 도로이용 등의 다방면에서 매우 효과적인 것으로 나타났으며, 과거 지속적으로 홍수방어를 해왔음에도 불구하고 피해규모가 증가하는 국내 현실에서 도심지의 특성 홍수방어를 장기적인 안목을 가지고 고려했을 때 경제적으로 타당한 구조적 홍수방어 대책으로 판단됨.

제 5 장 인력투입계획 및 소요예산 산정

제 1 절 연구일정에 따른 인력계획

1. 전체사업 인력투입계획

가. 연차별 투입 연구인력

(Man-Year)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	9.6	12.8	12.8	12.0	10.0	57.2
2세부	8.0	8.0	8.0	8.0	7.2	39.2
3세부	7.2	8.4	8.4	8.0	2.4	34.4
4세부	3.4	7.4	7.4	5.7	5.7	29.6
합계	**28.2**	**36.6**	**36.6**	**33.7**	**25.3**	**160.4**

나. 상세 투입연구인력

(Man-Year)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
책임연구원	4.6	4.9	4.9	4.6	3.8	22.8
연구원	9.2	10.1	10.1	9.5	7.9	46.8
연구보조원	9.6	12.8	12.8	12.0	9.2	56.4
보조원	4.8	8.8	8.8	7.6	4.4	34.4
합계	**28.2**	**36.6**	**36.6**	**33.7**	**25.3**	**160.4**

2. 세부과제별 인력투입계획

가. 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발

(Man-Year)

세세부	분류	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
1-1 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	1.2	1.2	1.2	0.8	5.2
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	3.2
	소계	2.4	3.2	3.2	3.2	2.4	14.4
1-2 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	5.6
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	3.2
	소계	2.4	3.2	3.2	3.2	2.8	14.8
1-3 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	1.2	1.2	1.2	0.8	5.2
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4	2.8
	소계	2.4	3.2	3.2	2.8	2.4	14.0
1-4 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	1.2	1.2	1.2	0.8	5.2
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.4	0.4	2.8
	소계	2.4	3.2	3.2	2.8	2.4	14.0
합계		**9.6**	**12.8**	**12.8**	**12.0**	**10.0**	**57.2**

나. 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

(Man-Year)

세세부	분류	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
2-1 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	3.6
	소계	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	13.6
2-2 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.4	3.6
	소계	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	13.6
2-3 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	보조원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	소계	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	12.0
합계		**8.0**	**8.0**	**8.0**	**8.0**	**7.2**	**39.2**

다. 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

(Man-Year)

세세부	분류	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
3-1 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.0
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	3.2
	소계	2.4	2.8	2.8	2.8	2.4	13.2
3-2 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.0	1.6
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	3.2
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	3.2
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.8	0.0	2.8
	소계	2.4	2.8	2.8	2.8	0.0	10.8
3-3 세세부	책임연구원	0.4	0.4	0.4	0.4	0.0	1.6
	연구원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	3.2
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	3.2
	보조원	0.4	0.8	0.8	0.4	0.0	2.4
	소계	2.4	2.8	2.8	2.4	0.0	10.4
합계		**7.2**	**8.4**	**8.4**	**8.0**	**2.4**	**34.4**

라. 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발

(Man-Year)

세세부	분류	1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	합계
4-1 세세부	책임연구원	-	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2
	연구원	-	0.9	0.9	0.9	0.9	3.6
	연구보조원	-	1.6	1.6	1.6	1.6	6.4
	보조원	-	1.2	1.2	1.2	1.2	4.8
	소계	-	4.0	4.0	4.0	4.0	16.0
4-2 세세부	책임연구원	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.5
	연구원	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	3.0
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	4.0
	보조원	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	소계	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	8.5
4-3 세세부	책임연구원	0.3	0.3	0.3	-	-	0.9
	연구원	0.6	0.6	0.6	-	-	1.8
	연구보조원	0.8	0.8	0.8	-	-	2.4
	보조원	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0
	소계	1.7	1.7	1.7	-	-	5.1
합계		**3.4**	**7.4**	**7.4**	**5.7**	**5.7**	**29.6**

제 2 절 소요예산 산정

1. 예산 산정방법

□ 세부과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 산정하고, 이를 토대로 중점추진 분야의 연구비를 산정하여 총 사업예산 규모를 확정함.

□ 인건비는 '2014년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성

□ 항목별 예산은 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용.

2. 전체사업 소요예산

□ 본 연구개발과제의 최종목표를 달성하기 위해 필요로 하는 세부과제별 연구개발예산을 추정하여 전체 연구개발기간내에서 연도별로 제시함.

가. 총괄 소요예산

(단위 : 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	965,246	1,629,212	2,304,812	1,878,472	1,222,258	8,000,000
2세부	697,990	1,082,787	1,147,587	1,142,787	928,849	5,000,000
3세부	700,362	968,543	1,172,543	1,099,174	559,378	4,500,000
4세부	403,502	773,090	893,090	770,959	659,359	3,500,000
합계	**2,767,100**	**4,453,632**	**5,518,032**	**4,891,392**	**3,369,844**	**21,000,000**

나. 예산 항목별 소요예산

(단위 : 천원)

구분		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비 (%)
인건비	책임연구원	72,451	333,275	355,010	355,010	333,275	275,314	1,651,884	7.9
	연구원	55,554	511,098	561,096	561,096	527,764	438,877	2,599,931	12.4
	연구보조원	37,136	356,505	475,340	475,340	445,631	341,651	2,094,467	10.0
	보조원	27,853	133,695	245,107	245,107	211,683	122,554	958,146	4.6
	소계		1,334,573	1,636,553	1,636,553	1,518,353	1,178,396	7,304,428	34.8
직접비	연구장비/재료비		400,000	910,000	1,220,000	1,093,000	540,000	4,163,000	19.8
	연구활동비		280,000	590,000	690,000	610,000	540,000	2,710,000	12.9
	연구과제추진비		145,000	246,000	283,000	276,000	221,000	1,171,000	5.6
	연구수당		146,089	328,699	328,699	328,699	328,699	1,460,885	7.0
	위탁연구개발비		0	0	440,000	250,000	0	690,000	3.3
	소계		971,089	2,074,699	2,961,699	2,557,699	1,629,699	10,194,885	48.5
간접비			461,438	742,380	919,780	815,340	561,749	3,500,687	16.7
합계			**2,767,100**	**4,453,632**	**5,518,032**	**4,891,392**	**3,369,844**	**21,000,000**	**100.0**

3. 세부과제별 소요예산

가. 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발

(단위 : 천원)

구분		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비 (%)
인건비	책임연구원	72,451	115,922	115,922	115,922	115,922	115,922	579,610	7.2
	연구원	55,554	177,773	177,773	177,773	177,773	177,773	888,865	11.1
	연구보조원	37,136	118,835	178,253	178,253	178,253	133,690	787,284	9.8
	보조원	27,853	44,565	89,130	89,130	66,847	44,565	334,237	4.2
	소계		457,095	561,078	561,078	538,795	471,950	2,589,996	32.4
직접비	연구장비/재료비		150,000	400,000	520,000	400,000	150,000	1,620,000	20.3
	연구활동비		100,000	200,000	240,000	230,000	200,000	970,000	12.1
	연구과제추진비		45,000	80,000	83,000	80,000	80,000	368,000	4.6
	연구수당		51,800	116,550	116,550	116,550	116,550	518,000	6.5
	위탁연구개발비		0	0	400,000	200,000	0	600,000	7.5
	소계		346,800	796,550	1,359,550	1,026,550	546,550	4,076,000	51.0
간접비			161,351	271,584	384,184	313,127	203,758	1,334,004	16.7
합계			**965,246**	**1,629,212**	**2,304,812**	**1,878,472**	**1,222,258**	**8,000,000**	**100.0**

나. 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

(단위 : 천원)

구분		단가 (연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비 (%)
인건비	책임연구원	72,451	86,941	86,941	86,941	86,941	86,941	434,705	8.7
	연구원	55,554	133,330	133,330	133,330	133,330	133,330	666,650	13.3
	연구보조원	37,136	89,126	89,126	89,126	89,126	89,126	445,630	8.9
	보조원	27,853	55,706	55,706	55,706	55,706	33,424	256,248	5.1
	소계		365,103	365,103	365,103	365,103	342,821	1,803,233	36.1
직접비	연구장비/재료비		100,000	250,000	300,000	300,000	150,000	1,100,000	22.0
	연구활동비		50,000	150,000	150,000	150,000	150,000	650,000	13.0
	연구과제추진비		30,000	56,000	60,000	56,000	50,000	252,000	5.0
	연구수당		36,065	81,145	81,145	81,145	81,145	360,645	7.2
	위탁연구개발비		0	0	0	0	0	0	0.0
	소계		216,065	537,145	591,145	587,145	431,145	2,362,645	47.3
간접비			116,822	180,539	191,339	190,539	154,883	834,122	16.7
합계			**697,990**	**1,082,787**	**1,147,587**	**1,142,787**	**928,849**	**5,000,000**	**100.0**

다. 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

(단위 : 천원)

구분		단가(연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비(%)
인건비	책임연구원	72,451	86,941	86,941	86,941	86,941	28,980	376,744	8.4
	연구원	55,554	133,330	133,330	133,330	133,330	44,443	577,763	12.8
	연구보조원	37,136	89,126	89,126	89,126	89,126	29,709	386,213	8.6
	보조원	27,853	33,424	66,847	66,847	55,706	11,141	233,965	5.2
	소계		342,821	376,244	376,244	365,103	114,273	1,574,685	35.0
직접비	연구장비/재료비		100,000	160,000	250,000	250,000	140,000	900,000	20.0
	연구활동비		80,000	150,000	200,000	150,000	110,000	690,000	15.3
	연구과제추진비		30,000	50,000	80,000	80,000	31,000	271,000	6.0
	연구수당		31,494	70,861	70,861	70,861	70,861	314,938	7.0
	위탁연구개발비		0	0	0	0	0	0	0.0
	소계		241,494	430,861	600,861	550,861	351,861	2,175,938	48.4
간접비			116,047	161,438	195,438	183,210	93,244	749,377	16.7
합계			**700,362**	**968,543**	**1,172,543**	**1,099,174**	**559,378**	**4,500,000**	**100.0**

라. 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발

(단위 : 천원)

구분		단가(연봉)	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계	구성비(%)
인건비	책임연구원	72,451	43,471	65,206	65,206	43,471	43,471	260,825	7.5
	연구원	55,554	66,665	116,663	116,663	83,331	83,331	466,653	13.3
	연구보조원	37,136	59,418	118,835	118,835	89,126	89,126	475,340	13.6
	보조원	27,853	0	33,424	33,424	33,424	33,424	133,696	3.8
	소계		169,554	334,128	334,128	249,352	249,352	1,336,514	38.2
직접비	연구장비/재료비		50,000	100,000	150,000	143,000	100,000	543,000	15.5
	연구활동비		50,000	90,000	100,000	80,000	80,000	400,000	11.4
	연구과제추진비		40,000	60,000	60,000	60,000	60,000	280,000	8.0
	연구수당		26,730	60,143	60,143	60,143	60,143	267,302	7.6
	위탁연구개발비		0	0	40,000	50,000	0	90,000	2.6
	소계		166,730	310,143	410,143	393,143	300,143	1,580,302	45.2
간접비			67,218	128,819	148,819	128,464	109,864	583,184	16.7
합계			**403,502**	**773,090**	**893,090**	**770,959**	**659,359**	**3,500,000**	**100.0**

제 3 절 소요예산 적정성 검토

1. 소요예산 개요

가. 총괄 예산

(단위 : 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
총액	2,767,100	4,453,632	5,518,032	4,891,392	3,369,844	**21,000,000**

나. 세부과제별 예산

(단위 : 천원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	965,246	1,629,212	2,304,812	1,878,472	1,222,258	8,000,000
2세부	697,990	1,082,787	1,147,587	1,142,787	928,849	5,000,000
3세부	700,362	968,543	1,172,543	1,099,174	559,378	4,500,000
4세부	403,502	773,090	893,090	770,959	659,359	3,500,000
합계	**2,767,100**	**4,453,632**	**5,518,032**	**4,891,392**	**3,369,844**	**21,000,000**

다. 연차별 투입 연구인력(세부과제별)

(Man-Year)

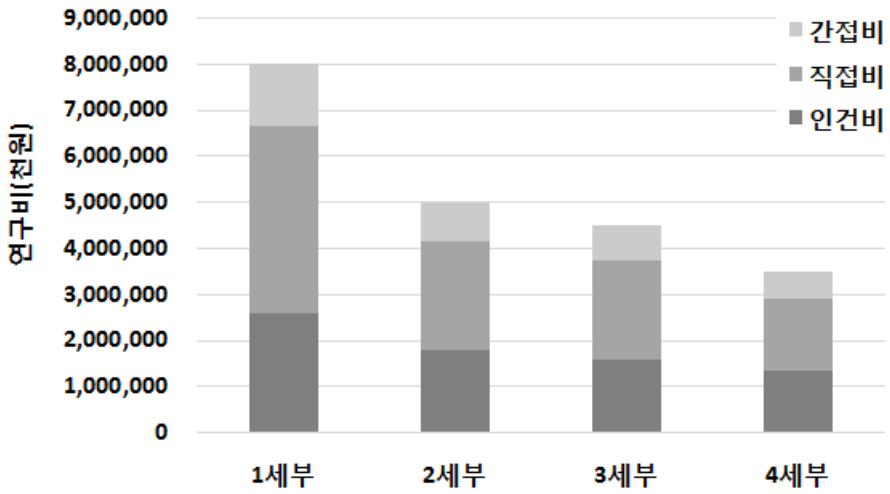
구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	합계
1세부	9.6	12.8	12.8	12.0	10.0	57.2
2세부	8.0	8.0	8.0	8.0	7.2	39.2
3세부	7.2	8.4	8.4	8.0	2.4	34.4
4세부	3.4	7.4	7.4	5.7	5.7	29.6
합계	**28.2**	**36.6**	**36.6**	**33.7**	**25.3**	**160.4**

2. 연구비 검토 결과

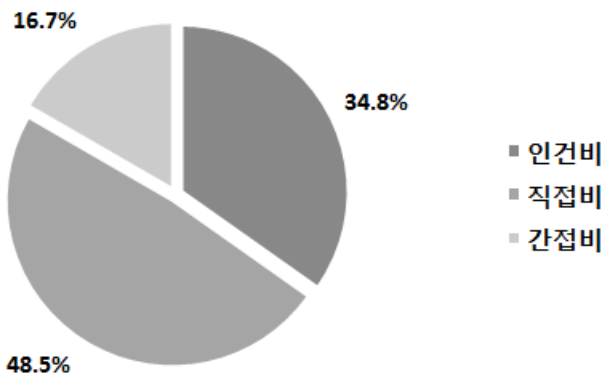
가. 총괄 예산

□ 세부과제별로 연구개발비는 1세부과제가 80억원, 2세부과제가 50억원, 3세부과제가 45억원, 4세부과제가 35억원으로 편성됨.

□ 전체 연구기간 중 인건비가 약 34.8%, 직접비가 약 48.5%, 간접비가 약 16.7%로 편성됨.



[그림 5.3.1] 세부과제별 연구개발비



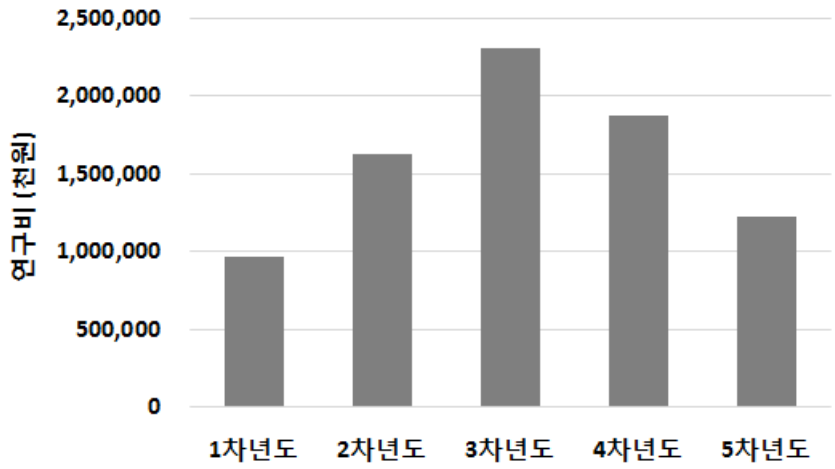
[그림 5.3.2] 비목별 예산 구성비

나. 1세부과제 예산

(1) 연차별 소요예산 구성

□ 전체 연구개발비 중, 1세부과제 연구개발비가 80억원 수준으로 전체 연구개발비의 약 38% 수준임.

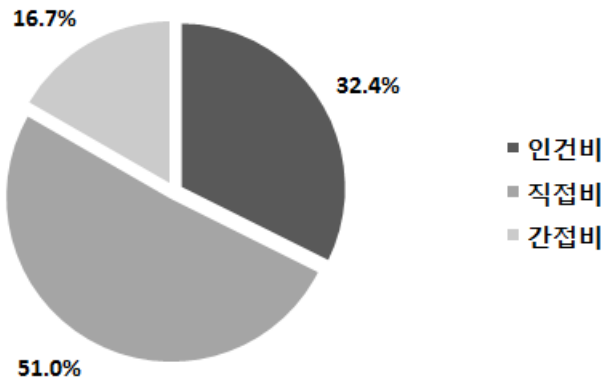
□ 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도, 3차년도, 4차년도의 예산 비중이 높게 책정되어 있음.



[그림 5.3.3] 1세부과제 연차별 소요예산 구성

(2) 비목별 소요예산 구성

□ 전체 연구기간 중 인건비가 약 32.4%, 직접비가 약 51.0%, 간접비가 약 16.7%로 편성됨.



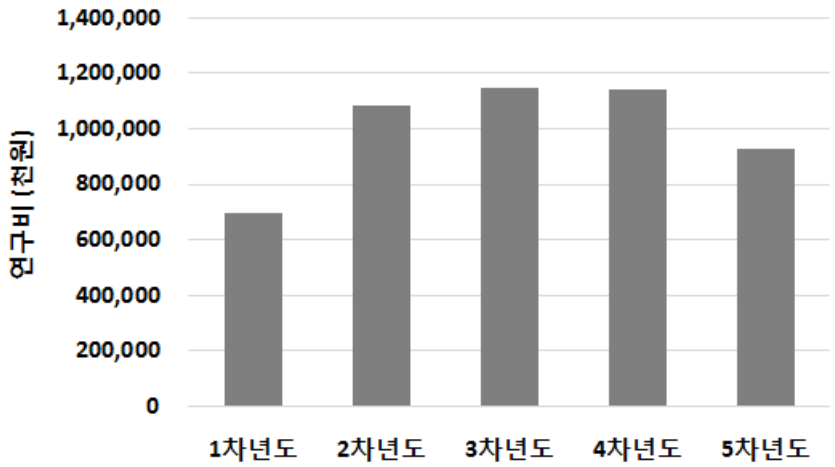
[그림 5.3.4] 1세부과제 비목별 소요예산 구성

다. 2세부과제 예산

(1) 연차별 소요예산 구성

□ 전체 연구개발비 중, 2세부과제 연구개발비가 55억원 수준으로 전체 연구개발비의 약 24% 수준임.

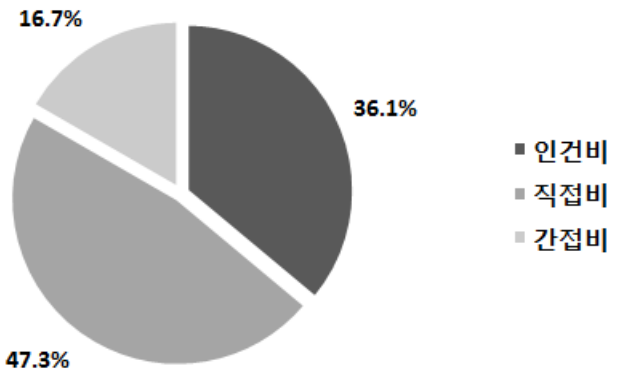
□ 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도, 3차년도, 4차년도의 예산 비중이 높게 책정되어 있음.



[그림 5.3.5] 2세부과제 연차별 소요예산 구성

(2) 비목별 소요예산 구성

□ 전체 연구기간 중 인건비가 약 36.1%, 직접비가 약 47.3%, 간접비가 약 16.7%로 편성됨.



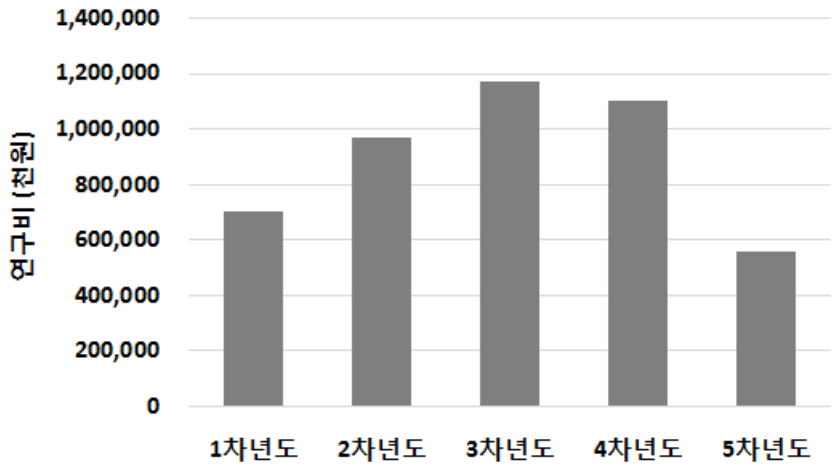
[그림 5.3.6] 2세부과제 비목별 소요예산 구성

라. 3세부과제 예산

(1) 연차별 소요예산 구성

□ 전체 연구개발비 중, 3세부과제 연구개발비가 45억원 수준으로 전체 연구개발비의 약 21% 수준임.

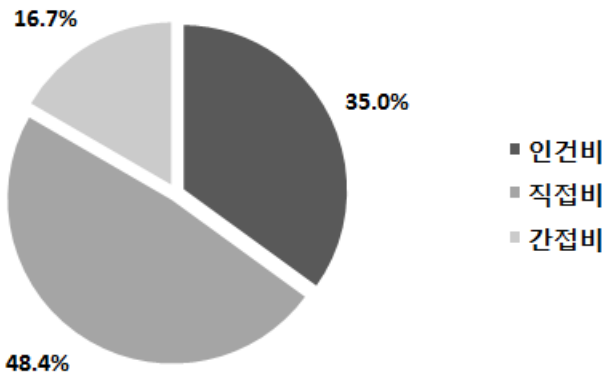
□ 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도, 3차년도, 4차년도의 예산 비중이 높게 책정되어 있음.



[그림 5.3.7] 3세부과제 연차별 소요예산 구성

(2) 비목별 소요예산 구성

□ 전체 연구기간 중 인건비가 약 35.0%, 직접비가 약 48.4%, 간접비가 약 16.7%로 편성됨.



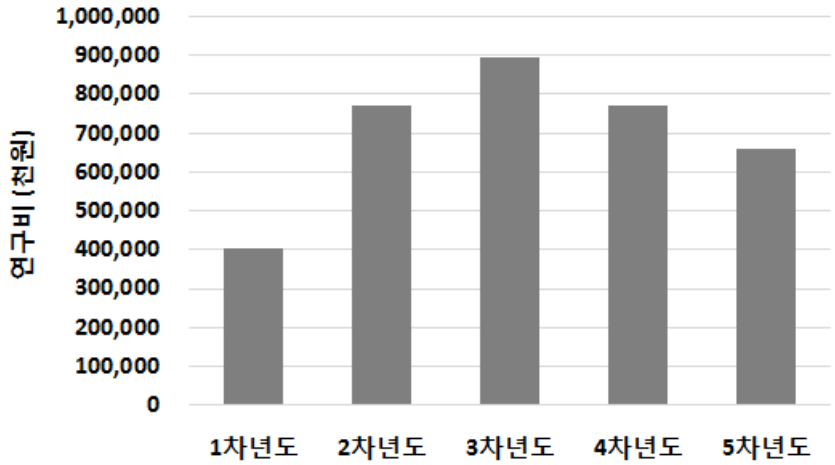
[그림 5.3.8] 3세부과제 비목별 소요예산 구성

마. 4세부과제 예산

(1) 연차별 소요예산 구성

□ 전체 연구개발비 중, 4세부과제 연구개발비가 35억원 수준으로 전체 연구개발비의 약 17% 수준임.

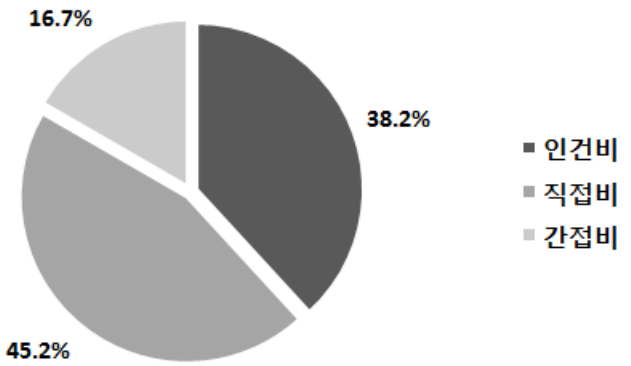
□ 연구가 활발히 진행 될 것으로 예상되는 2차년도, 3차년도, 4차년도 예산 비중이 높게 책정되어 있음.



[그림 5.3.9] 4세부과제 연차별 소요예산 구성

(2) 비목별 소요예산 구성

□ 전체 연구기간 중 인건비가 약 38.2%, 직접비가 약 45.2%, 간접비가 약 16.7%로 편성됨.



[그림 5.3.10] 4세부과제 비목별 소요예산 구성

3. 예산의 적정성 검토결과

가. 종합 검토결과

(1) 예산계획 수립체계 및 과정의 적절성

□ 세부과제별 기획위원회를 구성, 최소연구 단위인 공동과제를 수행하는데 소요되는 적정 비용을 분석하고 상향식 방법으로 예산을 산출하여, 체계적으로 예산계획이 수립된 것으로 보임.

◦ 인건비는 '2014년 학술연구용역 인건비기준단가'를 기준으로 작성함.

◦ 항목별 예산은 '국토교통부소관 연구개발사업 운영규정'의 '별표 2 연구개발비 비목별 계상기준'을 작성기준으로 활용.

□ 본 연구개발과제의 소요예산은 210억원 수준이며, 세부적인 소요예산에 대해서는 과제수행 추진단계에서 보다 구체화될 수 있을 것으로 판단됨.

(2) 과제별 예산 작성 및 배분의 합리성

□ 각 세부과제의 구성기술별 예산을 연차별로 구분하고, 인건비, 직접비, 간접비를 세부적으로 구분하여 제시하여 각 항목에 소요되는 예산이 비교적 명확하게 제시된 것으로 분석됨.

◦ 인건비는 연구원을 4단계로 구분하여 참여율을 고려하여 산정함.

◦ 직접비는 연구장비/재료비, 연구활동비, 연구과제추진비, 연구수당, 위탁연구개발비로 구분하여 산정함.

(3) 인력 투입 및 확보계획의 적절성

□ 5년간 연구개발과제의 총 소요 연구인력은 약 160.4 Man-Year으로 세부과제별 투입연구인력을 연구일정에 맞추어 제시하고 있음.

제 6 장 과제 제안요구서

제 1 절 과제 제안요구서(RFP)

1. 연구단 RFP

연구과제명	도시 지하방수로 설계 · 시공 · 운영기술개발 (제안 과제명: 도시 지하방수로 설계 · 운영 · 활용 · 평가기술 개발)
1. 연구목표	
	◦ 2020년 까지 도시 지하방수로 핵심기술 개발 및 실용화 ◦ 2025년 까지 선진국 수준의 도시 지하방수로 기술경쟁력 확보 ◦ 다기능활용 기술 개발로 도시 지하방수로 연중 활용
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ 지구온난화로 야기된 기후변화로 자연재해가 빈번화, 대형화, 다양화 되면서 그에 따른 인적·물적 손실이 매년 급증하는 추세이고, 특히 도심지 침수가 과거에 비해 급격히 증가하고 있음. ◦ 급격한 도시화로 인하여 불투수면적이 증가(서울시: 1962년 7.8% → 2010년 47.8%)함에 따라 강우가 땅속으로 침투되지 않고 곧바로 저지대로 집중되어 도심지 침수가 빈번히 발생함. ◦ 배수펌프장 건설 등으로 도심지 침수피해 예방을 위한 구조적인 대책을 적용하고 있으나, 집중호우 시 하수관거의 용량부족으로 배수가 원활하지 못해 최근 빈번히 발생하고 있는 도심지 침수에 대응하기에는 역부족임. ◦ 2010년 및 2011년 2년간 서울특별시, 경기도, 전라북도에서 침수로 인해 6,787억원의 재산피해를 입었고, 이의 복구금액으로 12,477억원, 피해 주민에 대한 보상으로 재난지원금 883억원을 집행하였음. ◦ 강우시 유기물, 중금속 등 비점오염물질 배출량이 증가하고, CSOs 및 고농도 초기 빗물이 처리되지 않은 상태로 하수관거를 통해 하천으로 방류되어 하천에 가해지는 오염부하가 높아지고 있음. ◦ 대부분의 비가 여름철에 집중되어 수자원 관리가 쉽지 않은 우리나라의 현실에서 빗물재이용을 통한 수자원 확보, 하수 재이용을 통한 지속가능한 물재이용 시설 확충의 필요성이 증가함. ◦ 집중호우에 의한 도심지 침수방지, CSOs에 의한 수질오염을

	예방, 빗물재이용 등 기후변화에 대한 적응력을 높이기 위해 도시지하방수로의 도입이 필요함. ◦ 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없고, 설계 기준이 전무하다시피 할 뿐만 아니라, 관련 연구도 미미한 실정임. ◦ 도심지 침수의 항구적안 예방, 비점오염 유출저감 및 빗물 재이용 등의 기능을 수행하는 도시지하방수로의 설계, 운영, 다목적활용, 테스트베드활용 기술에 대한 연구개발이 절실히 필요함. ◦ 위 기술의 연구개발을 통해 안전하고, 비용대비 최대 효과를 낼 수 있는 도시 지하방수로의 계획·운영·활용을 도모할 수 있음.
□ 기술개발 동향	◦ 국내 기술동향 - '도시홍수 재해관리기술('03~'08. 건설교통부)'에서 방수로(지하)/분수로 설계 기술, 다목적 지하 저류지 설계기술, 도시유역 홍수유출 저감시설 설계 기술 등을 연구한 바가 있음. - 국립재난안전연구원, 서울연구원 등을 중심으로 내배수 홍수분담시설과 빗물유출 저감시설에 대한 연구가 실시되고 있음. - 관련 연구내용은 도시 지하방수로의 설계 및 시공을 위한 기술적 자료로는 불충분함. - 국내에 대규모 지하방수로가 실제로 적용된 사례가 없어 제반기술이 전무한 실정이며 설계 및 시공 시 많은 시행착오가 예상됨. ◦ 국외기술동향 - 일본, 미국, 홍콩, 말레이시아, 영국, 싱가폴 등에서 도심지 침수예방, 비점오염관리, 수자원확보 등의 목적으로 도시 지하방수로를 적극 활용하고 있음. - 미국, 영구, 중국 등에서 관련 연구를 활발히 진행하고 있으며, 도시 지하방수로를 다수 운영하고 있는 일본은 특허 출원이 매우 활발히 이루어지고 있음. - 말레이시아 SMART 터널은 평소에는 자동차 도로로 활용하다가 홍수 시에는 수로터널로 이용함으로써 평상시 도심지역의 교통 혼잡을 감소시키는 한편, 홍수 시에는 도심 침수를 예방하는 일석이조의 효과를 거두고 있음.
3. 연구개발 내용	

□ 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발

◦ (1-1) 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발

- 도시 배수시스템 성능평가 기술 개발
- 집중호우 발생에 따른 침수예측 시물레이션 기술 개발
- 강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적 규모 산정 기술 개발

◦ (1-2) 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발

- 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술 개발
- 유입부 공기배출 시설 및 조압 설계 기술 개발
- 통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술 개발

◦ (1-3) 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발

- 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 해석 기술 개발
- 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발
- 흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술

◦ (1-4) 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발

- 지하 방수로 터널의 내압변화가 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
- 터널 운영중 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
- 방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술

□ 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

◦ (2-1) 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발

- 원격탐사기술을 활용한 도시강우 예측 및 정확도 향상 기술 개발
- 도시 내배수시설을 고려한 지하방수로 우수 유입량 예측 기술 개발

◦ (2-2) 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발

- 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정 기술 개발

- 지하방수로 유입-유출량 조절 운영 기술 개발
- 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발

◦ (2-3) 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발

- 지하방수로 통합 운영을 위한 3D 모델링 기술 개발
- 지하방수로-내배수시설 연계 운영기술 개발
- 지하방수로 통합운영 시스템 개발

□ 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

◦ (3-1) 도시 지하방수로 저류수 처리 기술 개발

- 초고속 고액분리기술 개발
- 분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술
- 흡착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술
- 저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링(TMS) 기술

◦ (3-2) 도시 지하방수로 저류수 활용 기술 개발

- 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술
- 저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술

◦ (3-3) 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

- 도시 지하방수로 도로활용 기술 등
- 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오 수립

□ 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발

◦ (4-1) 도시 지하방수로 테스트베드 운영

- Simulation Test-bed 구축 및 활용 기술
- Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술
- Simulation Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술
- Simulation Test-bed를 활용한 지하방수로의 사후영향 및 효과 분석

◦ (4-2) 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발

- 도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시
- 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구

개발

- LCC/LCA 기법을 이용한 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발
- 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산정기술 개발
- 도시 지하방수로 최적대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구 제시
- 제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발

◦ (4-3) 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선

- 도시지하방수로 설계/운영 관련 국□내외 법□제도 비교 분석
- 현행 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도의 문제점 도출
- 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 개선안 도출
- 법□제도 개선에 따른 효과 분석
- 개선된 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 도입방안 제시

4.연구개발 추진방법

□ 추진전략

◦ 연구성과의 실용화를 위한 전략 수립

- 연구내용, 개발기술, 성과물간 연계가 표출되는 기술개발 및 성과 로드맵 수립
- 개발기술의 현장적용을 통한 검증 강화 및 적용사례 확보
- 실직적인 기술사업화 추진을 위한 기업의 기술개발 참여확대 전략 수립

◦ 각 과제별로 현장 적용할 기술, 검증내용(달성목표), 검증방법, 검증시기, 현장적용 대상지(테스트베드)의 범위 등을 구체적으로 설정하고, 관계기관과 지속적인 협조 체계를 구축하는 등 개발기술의 현장적용을 위한 전략 수립

◦ 개발결과물의 특허출원 등을 통한 실수요처 기술이전 추진 및 현장 활용성 도모

□ 추진체계

◦ 본 연구단은 개발기술의 실용화 및 사업화를 위해 산업체, 연구기관 및 학계 컨소시엄으로 구성하여 공동연구 수행

◦ 관련 정부기관, 수요기관, 운영기관 등과의 연계를 통해 실용화 등을 위한 협력체계 구축

◦ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업 수행실적이 있고, 과제추진 시 역할이 명확하여야 하며, 연구개발 결과를 직접 활용하고자 하는 기업으로 제한

◦ 필요시 외국 전문가 또는 외국기관 활용

◦ 각계 전문가 자문단을 구성하여, 연구개발의 기술적□정책적□경제적 보완사항에 대한 자문

◦ 과다한 기관의 참여로 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성 도모

◦ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고

◦ 성과물의 실용화를 우선하여 기술실시 대상기업을 명확히 결정하고, 대상기술이 실용화가 가능한 수준으로 성과물이 도출되도록 상시 관리체계 수립

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

□ 1세부과제 : 도시 지하방수로 설계 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 설계 매뉴얼

◦ 침수예측 시뮬레이션 프로그램

◦ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 매뉴얼

◦ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 매뉴얼

◦ 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램

◦ 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 매뉴얼

◦ 지반-내압-수충격 상호작용 모델링 기술

◦ 도시 지하방수로에 의한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술

□ 2세부과제 : 도시 지하방수로 운영 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 우수 유입량 예측 프로그램

◦ 도시 지하방수로 운영 매뉴얼

◦ 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템

□ 3세부과제 : 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 저류수 처리 지침서

◦ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 지침서

◦ 도시 지하방수로를 고려 가능한 도시 물순환 해석 모형

○ 도시 지하방수로 다목적활용 설계 지침서

□ 4세부과제 : 도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업타당성 평가 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축

◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술 사업화를 위한 Biz-model

◦ 도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서

◦ 도시 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템

◦ MCA 및 MCDM 기법을 활용한 최적대안 선정 절차 종합 지침서

◦ 도시지하방수로관련 법 제도 개선방안

◦ 치수관련 법 제도 개선에 따른 효과분석 보고서

6.기대효과 및 파급효과

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적, 구조적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방

◦ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감

◦ 도심지 지하방수로 특성이 고려된 터널설계/시공 유지관리 기술 개발을 통한 침수피해 예방 및 관련 소요 예산 절감

◦ 선진국 수준의 도심지 지하방수로 터널설계/시공 유지관리 기술 개발을 통한 요소기술 확보 가능 및 관련 기술 패키지화를 통한 기술 수출 가능

◦ 내배수시설-지하방수로의 통합 운영을 통한 내수침수 저감시설의 효율 향상 및 치수관리 능력 증대로 내수침수로 인한 피해액 90%이상 경감

◦ 첨단기술 융복합에 의한 지하방수로 및 내배수시설 운영기술 개발 유관 분야의 산업 활성화

◦ 지하방수로 건설시 소요되는 막대한 예산을 최적화하여 효율적인 예산 집행에 기여

◦ 내수침수피해 저감으로 인한 국민의 삶의 질 개선

◦ 저류수 처리 및 활용 기술 개발을 통한 도시 하천의 기능 회복 및 비점오염원 저감

◦ 지하방수로 시뮬레이션 Test Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오 감소

◦ 다양한 가상 시나리오에 따른 도시 지하방수로의 최적 운영방

안을 도출 ◦ 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보 ◦ 안정적 도시 지하방수로 설계 및 시공기술 확보를 통한 국가 기술경쟁력 향상 및 기술수출을 통한 경제적 파급효과
7.연구개발기간 및 소요예산
◦ 총 연구기간 : 5년 ◦ 총 연구비 : 21,000백만원 이내
8. 기타

2. 1세부과제 RFP

1세부과제명	도시 지하방수로 설계 기술 개발

1. 연구목표

- 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계기술 개발
- 도시 지하방수로 수리/수문학적 설계 가이드라인 제시
- 도시 지하방수로 설계를 위한 침수예측 시뮬레이션 및 이상유체(Two-phase) 모델링 프로그램 개발
- 도시 지하방수로 구조적 설계 기술 개발 및 가이드라인 제시

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

- 기존 도시 내배수 시스템의 구조적 문제점을 진단하고 저지대 집중호우에 대비할 수 있도록 도시내 유하시설 뿐만 아니라 배수시스템의 성능 평가를 실시하여 상습침수 지역과 취약지구 분석을 통한 지하방수로의 최적위치 선정 기술 개발로 항구적인 도시홍수 대책 연구 수행이 필요함.
- 지하방수로의 최적 위치 선정 및 규모 산정과 관련한 연구는 실적은 미미한 실정으로, 실무 적용에 많은 시행착오가 예상되므로 이에 대한 대응책을 마련하기 위한 설계 기술 및 가이드라인 제시가 필요함.
- 지하방수로 장기간에 걸쳐 대규모의 공사비가 투입되므로, 최초 계획 및 설계단계에서 최적 위치 및 용량 산정을 위한 기술의 개발이 시급함.
- 수문학적 유출해석과 수리학적 도시유출을 동시에 수행하여 내수배제불량으로 인한 내수 침수의 발생 유무, 외수 범람 및 하천수위 상승으로 인한 도시지역 내수배제불량의 상호작용을 효율적으로 해석할 수 있는 기술의 개발 및 모델 구축이 필요함.
- 도시홍수는 단기간 내에 대규모의 유량이 유입되는 특성을 가지고 있고, 이로 인해 초기 유입 시 다양한 수리학적 현상(Choke 효과, Water Hammer, Bottle Neck 등)이 발생하게 되며 효율적인 홍수의 유입 및 배제에 불리한 조건을 가짐. 따라서 좁은 공간에서 효율적으로 우수를 유하시킬 수 있으며 시설물의 안정도 및 장기간 유지관리가 가능한 유입부 설계 기술이 필요함.
- 지하방수로 흐름해석에 적용되는 상용프로그램의 경우 고가의 프로그램들로 국내 대체 프로그램 또는 보안 수치기법 개발이

	필요함. ◦ 홍수기 흐름에서 급격히 유입되는 특성상 공기유입 처리·제어 기술에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보이며, 또한 다양한 부유사를 함유하여 그 물리적 성질을 달리하고 있으므로 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 모델링 기술 개발이 필요함. ◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름 급변동함에 따른 터널 내압변화 및 발생 충격 하중은 터널 구조계에 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기함으로 이러한 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함. ◦ 수충격 하중이 고려된 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용 해석 모델링 기술은 방수로 터널의 지보재 및 라이닝 설계에 필요한 요소기술 개발의 원천 기술로 인정되고 있어 국내 방수로 터널 설계/시공 기술 정립 및 국외 수요에 대응할 수 있는 세계 일류 원천기술 확보에 반드시 필요한 기술임. ◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름의 급변동이 발생하고 이로 따른 수충격 하중은 터널 구조계에는 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기 시키므로 이러한 지반-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함.
□ 기술개발 동향	◦ 현재까지 국내의 경우, 하수처리장과 같은 소규모 침전지의 경우에는 유입부 설계를 위해 수치실험이 김남일 등(2005, 상하수도학회지)에 소개되었지만 이는 대규모 방수로 유입부와는 다른 목적을 가지는 시설임. ◦ 2008년 국토해양부의 '도시홍수재해관리기술연구단'에서 방수로-분수로 설계기술 개발 과제의 결과로 방수로 설계 가이드라인(한국건설기술연구원)의 내용 중 지하방수로 유입부의 종류 및 형식이 과거 자료 조사에 기초하여 5페이지 내외로 소개되고 있으나 설계 자료로는 부족한 현실임. ◦ 이동섭 등(2006, 대한토목학회 정기 학술대회)은 횡월류위어에 국한된 유입부 유량계수를 실험적으로 산정하여 발표하고, 이 결과는 횡월류위어 형식이 유입부에 설치되는 경우에 한해 참고자료로 이용될 수 있음. ◦ 국내에서 기상레이더와 위성자료를 융합한 강우 모니터링 기술은 1993년도 수행되었던 위성 및 레이더자료를 이용한 단시간 강수예보시스템 개발연구가 있었으며, 이후에 거의 수행되지 않고 있음.

◦ 국외의 경우, 일본(수도권 외곽, 네야가와 북남부 등), 싱가포르, 미국(시카고, 애틀란타 등), 홍콩, 영국, 말레이시아(Smart Tunnel) 등에서 다양한 목적의 지하방수로 및 저류조가 설치 및 운영 중으로 해당 기술에 대한 선도적 입장을 점유하고 있음.

◦ 퍼시픽컨설턴츠(일본)에서는 지하방수로 계획의 고낙차 유입시설 형상 검토 및 지하방수로 전체에서 발생하는 (공기연행 및 단파발생 검토) 비정상적이며 복잡한 수리현상 재현

◦ 교토(Kyoto)대학과 히타치 조선 주식회사가 공동 연구를 실시한 무동력이면서 인적 조작이 불필요한 육상 설치형 플랩게이트(Flap gate, 방수 설비)가 실용화됨. 다양한 수해 대책 설비에서 이용 가능.

3. 연구개발 내용

◦ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발
- 도시 배수시스템 성능평가 기술 개발
- 집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술 개발
- 강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적 규모 산정 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발
- 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술 개발
- 유입부 공기배출 시설 및 조압 설계 기술 개발
- 통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발
- 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 해석 기술 개발
- 지하방수로 3D 흐름 해석 기술 개발
- 흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술

◦ 도시 지하방수로 터널의 구조적 설계 기술 개발
- 지하방수로 터널의 내압변화 및 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 설계/해석 기술
- 방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술
- 수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 산업계가 연합된 조직 구성. 특히, 수리모형실험 인프라를 구축하고 있는 기관과 수치해석 프로그램 제작을 수행할 수 있는 업체 참여

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

◦ 기술 개발과 함께 모형실험을 통한 기술 평가 및 신뢰성 확보

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 설계 매뉴얼

◦ 침수예측 시뮬레이션 프로그램

◦ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 매뉴얼

◦ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 매뉴얼

◦ 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램

◦ 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 매뉴얼

◦ 지반-내압-수충격 상호작용 모델링 기술

◦ 도시 지하방수로에 의한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방

◦ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감

◦ 선진국 수준의 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 8,000백만원 이내

8. 기타

가. 1- 1세세부 RFP

1- 1세부과제명	도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 기술 개발

1. 연구목표

◦ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 설계 매뉴얼 제시

◦ 침수예측 시뮬레이션 프로그램 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 기존 도시 내배수 시스템의 구조적 문제점을 진단하고 저지대 집중호우에 대비할 수 있도록 도시내 유하시설 뿐만 아니라 배수시스템의 성능 평가를 실시하여 상습침수 지역과 취약지구 분석을 통한 지하방수로의 최적위치 선정 기술 개발로 항구적인 도시홍수 대책 연구 수행이 필요함.

◦ 실제 하수관망 배수시스템의 자료 구축을 바탕으로 수문학적인 개념에 기반한 유출해석 뿐만 아니라 하수 관망 해석을 동시에 수행하여 내수 배제불량으로 인한 침수 및 하천 수위 상승으로 인한 외수 침수예측을 동시에 수행할 수 있는 기술을 개발하여 도시지역에서 일어나는 내수 침수 및 외수 범람을 동시에 효율적으로 해석 및 예측 할 수 있는 모델의 개발이 필요함.

◦ 지하방수로의 최적 위치 선정 및 규모 산정과 관련한 연구는 실적은 미미한 실정으로, 실무 적용에 많은 시행착오가 예상되므로 이에 대한 대응책을 마련하기 위한 설계 기술 및 가이드라인 제시가 필요함.

◦ 지하방수로 장기간에 걸쳐 대규모의 공사비가 투입되므로, 최초 계획 및 설계단계에서 최적 위치 및 용량 산정을 위한 기술의 개발이 시급함.

◦ 수문학적 유출해석과 수리학적 도시유출을 동시에 수행하여 내수배제불량으로 인한 내수 침수의 발생 유무, 외수 범람 및 하천수위 상승으로 인한 도시지역 내수배제불량의 상호작용을 효율적으로 해석할 수 있는 기술의 개발 및 모델 구축이 필요함.

□ 기술개발 동향

◦ 국외의 경우, 일본(수도권 외곽, 네야가와 북남부 등), 싱가포르, 미국(시카고, 애틀란타 등), 홍콩, 영국, 말레이시아(Smart Tunnel) 등에서 다양한 목적의 지하방수로 및 저류조가 설치 및 운영 중으로 해당 기술에 대한 선도적 입장을 점유하고 있음.

◦ 일본 문부과학성에서는 2000년 이후 기후변화 및 지구온난화로 인한 극한 강우 예측을 위한 연구분야에 지속적으로 연구비를 투자하고 있으며 최근 2012년도 부터는 수문학적 유출해석과 수리학적 침수예측을 통합하기 위한 프로젝트가 진행되고 있음.

◦ 미국 EPA에서는 지상부 유출 해석과 지하부의 관망해석을 동시에 해석하기 위한 SWMM모델의 지속적인 업데이트를 진행하고 있으나 아직 수문학적 유출 해석과의 연계는 이루어지지 않았음.

3. 연구개발 내용

◦ 도시 배수시스템 성능평가 기술 개발

◦ 집중호우 발생에 따른 침수예측 시뮬레이션 기술 개발

◦ 강우 패턴, 강우 분포특성, 도시 배수시스템 및 유출 특성을 반영한 최적 규모 산정 기술 개발

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 산업계가 연합된 조직 구성. 특히, 수리모형실험 인프라를 구축하고 있는 기관과 수치해석 프로그램 제작을 수행할 수 있는 업체 참여

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

◦ 기술 개발과 함께 모형실험을 통한 기술 평가 및 신뢰성 확보

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 최적위치 선정 및 규모 산정 설계 매뉴얼

◦ 침수예측 시뮬레이션 프로그램

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방

◦ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감

◦ 선진국 수준의 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장

진출 시 경쟁력 확보
7. 연구개발기간 및 소요예산
◦ 총 연구기간 : 5년 ◦ 총 연구비 : 2,000백만원 이내
8. 기타

나. 1- 2세세부 RFP

1- 2세부과제명	도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 기술 개발

1. 연구목표

◦ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 매뉴얼 제시

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 도시홍수는 단기간 내에 대규모의 유량이 유입되는 특성을 가지고있고, 이로 인해 초기 유입 시 다양한 수리학적 현상(Choke 효과, Water Hammer, Bottle Neck 등)이 발생하게 되며 효율적인 홍수의 유입 및 배제에 불리한 조건을 가짐.

◦ 유입유량의 흐름형상과 배제효율을 결정하는 낙차공의 중요 구조인 유입부에 대한 연구결과가 미흡한 실정이므로 유입부에서의 흐름특성 및 통수능력의 분석 연구를 통한 최적 유입부의 개발 연구가 필요함?'.

◦ 좁은 공간에서 효율적으로 우수를 유하시킬 수 있으며 시설물의 안정도 및 장기간 유지관리가 가능한 유입부 설계 기술이 필요함.

□ 기술개발 동향

◦ 2008년 국토해양부의 도시홍수재해관리기술연구단에서 방수로-분수로 설계기술 개발 과제의 결과로 방수로 설계 가이드라인(한국건설기술연구원)의 내용 중 지하방수로 유입부의 종류 및 형식이 소개되고 있으나 국내의 특성에 부합하는 신기술 개발로 고려되지 않음.

◦ 국외의 경우, 일본(수도권 외곽, 네야가와 북남부 등), 싱가포르, 미국(시카고, 애틀란타 등), 홍콩, 영국, 말레이시아(Smart Tunnel) 등에서 다양한 목적의 지하방수로 및 저류조가 설치 및 운영 중으로 해당 기술에 대한 선도적 입장을 점유하고 있음.

◦ 일본은 사이타마현 나카가와유역 대심도 방수로는 지하터널(직경 10m, 연장 6.35km), 세 개의 유입 수직갱, 두 개의 조압 수직갱, 유출 수직갱, 펌프시설 등으로 구성되어 있음.

◦ Zhao et al.(2006)은 접선식 유입부에 대해 높이 3.15m, 수직 낙차부 지름 0.2333m인 모형을 이용하여 수리모형실험을 수행하여 에너지소산실과 공기연행 특징을 연구하여 접선식 유입부가 에너지 분산효율이 높다는 것을 확인함.

◦ Yu and Lee(2009)는 접선식 유입부에 대해 서로 다른 구조

제원을 가진 15개의 유입부 모형들에 대한 수리실험을 실시하여 접선식 유입부에서의 흐름특성을 분석하고, 접선식 유입부 설계를 위한 일반적인 가이드라인을 제공함.

◦ Giusepe Del Giudice et al(2010)은 소용돌이형 유입부에 사류흐름이 유입되었을 때에도 도수현상이 발생하지 않는 안정적인 흐름이 형성될 수 있도록 접근수로에 계단형태의 하강을 두어 구조적인 해결책으로서 낙차부의 설계 제원을 제시함.

◦ Gebhard Weiss and Hansjoerg et al.(2010)은 나선식 유입부에서 높은 수위의 유입흐름이 접근하는 경우 흐름의 수위를 감소시키기 위한 구조물(vortex killer)를 제안함.

3. 연구개발 내용

◦ 낙차 에너지 저감을 위한 유입부 설계 기술

◦ 유입부 공기배출 시설 및 조압 설계 기술

◦ 통수능력 증대를 위한 수직구 설계 기술

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 산업계가 연합된 조직 구성. 특히, 수리모형실험 인프라를 구축하고 있는 기관과 수치해석 프로그램 제작을 수행할 수 있는 업체 참여

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

◦ 기술 개발과 함께 모형실험을 통한 기술 평가 및 신뢰성 확보

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 고효율/고용량 수직구 설계 매뉴얼

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방

◦ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감

◦ 선진국 수준의 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장

진출 시 경쟁력 확보
7. 연구개발기간 및 소요예산
◦ 총 연구기간 : 5년 ◦ 총 연구비 : 2,000백만원 이내
8. 기타

다. 1- 3세세부 RFP

1- 3세부과제명	도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 기술 개발

1. 연구목표

◦ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 매뉴얼 제시

◦ 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 급격한 도시화로 인한 하천 저류능력의 감소와 부적절한 하수시설의 설계로 도시유역의 홍수 위험성이 증가하면서 적극적인 구조물적 홍수방어대책으로 지하방수로의 필요성이 대두됨.

◦ 단순 액체상태의 유입수의 거동만을 대상으로 방수로 유체거동 해석 시 발생하는 복잡한 현상으로 인한 피해를 예측하기 어려움.

◦ 빠른 유체속도와 국부적으로 발생하는 압력의 변화는 불균일한 힘 및 공동현상(Cavitation)을 야기하며, 이로 인해 발생되는 진동에 의하여 과도한 마모, 관벽의 파손, 소음 등이 발생할 수 있음.

◦ 국외에서는 터널 내 흐름 등에 관한 실험 및 수치모의 연구가 1980년대 이후로 지속적으로 수행되고 공기압에 대한 연구도 이미 진행되어 있음.

◦ 홍수기 흐름에서 급격히 유입되는 특성상 공기유입 처리·제어 기술에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 보이며, 또한 다양한 부유사를 함유하여 그 물리적 성질을 달리하고 있으므로 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 모델링 기술 개발이 필요함.

□ 기술개발 동향

◦ 퍼시픽컨설턴츠(일본)에서는 지하방수로 전체에서 발생하는 (공기연행 및 단파발생 검토) 비정상적이며 복잡한 수리현상을 재현함.

◦ Department of Civil Engineering, University of Pretoria(2012, South Africa)에서는 관내 공기를 효과적으로 제거하기 위한 공기밸브, 관 구부림에 대한 연구를 수행함.

3. 연구개발 내용

- 공기-물 이상유체(Two-phase flow) 해석 기술 개발
- 지하방수로 3D 흐름 해석 기술 개발
- 흐름 안정을 위한 경사 및 단면 결정 기술

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 산업계가 연합된 조직 구성. 특히, 수리모형실험 인프라를 구축하고 있는 기관과 수치해석 프로그램 제작을 수행할 수 있는 업체 참여

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

◦ 기술 개발과 함께 모형실험을 통한 기술 평가 및 신뢰성 확보

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 유체 모델링 및 흐름안정 설계 매뉴얼

◦ 지하방수로 3D 흐름 해석 프로그램

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시 지하방수로 수리/수문학적 핵심 설계 기술 개발 및 설계 가이드라인 제시로 관련 계획 추진 시 시행착오 예방

◦ 효율적 설계를 통한 침수피해 예방 및 소요 예산 절감

◦ 선진국 수준의 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 2,000백만원 이내

8. 기타

라. 1- 4세세부 RFP

1- 3세부과제명	도시 지하방수로 구조적 터널 설계 기술 개발

1. 연구목표

◦ 지하 방수로 터널의 내압변화 및 수충격 하중이 고려된 터널 ㅠ구조계의 설계/해석 기술 개발

◦ 수리·역학적 상호거동을 고려한 주변 구조물 영향평가 및 제어 기술 개발

◦ 방수로 터널 운영시 차폐수 설계/해석 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름 급변동함에 따른 터널 내압변화 및 발생 충격 하중은 터널 구조계에 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기함으로 이러한 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함

◦ 수충격 하중이 고려된 지반-내압변화-수충격하중-라이닝 상호작용 해석 모델링 기술은 방수로 터널의 지보재 및 라이닝 설계에 필요한 요소기술 개발의 원천 기술로 인정되고 있어 국내 방수로 터널 설계/시공 기술 정립 및 국외 수요에 대응할 수 있는 세계 일류 원천기술 확보에 반드시 필요한 기술임

◦ 일반 육상 터널 구간에 대한 설계/해석 기술은 잘 정립되어 있으나 터널 수충격 하중이 고려된 안정성 해석 및 설계 기술에 대한 이론정립은 매우 미비함

◦ 방수로 터널의 운영중에는 유수 흐름의 급변동이 발생하고 이로 따른 수충격 하중은 터널 구조계에는 일반 육상 터널과는 다른 지반-구조물 상호작용 메카니즘을 야기 시키므로 이러한 지반-수충격하중-라이닝 상호작용이 고려된 터널 거동 메카니즘 이론 정립 및 관련 설계기술의 개발이 필요함

◦ 방수로 터널의 운영중 환경이 고려된 지반-수충격하중-라이닝의 상호작용을 반영하는 안정성 해석 요소기술 개발은 방수로 터널 설계단면에 대한 장□기 안전성 확보를 위한 설계에 필요한 핵심요소기술로서 안전하고 경제적인 방수로 터널 건설에 절대적으로 필요함

◦ 수충격 하중이 고려된 지반-수충격하중-라이닝 상호작용 해석 모델링 기술은 방수로 터널의 지보재 및 라이닝 설계에 필요한 요소기술 개발의 원천 기술로 인정되고 있어 국내 방수로

	터널 설계/시공 기술 정립 및 국외 수요에 대응할 수 있는 세계 일류 원천기술 확보에 반드시 필요한 기술임 ◦ 터널 내부압력 변화는 터널라이닝의 안정성에 중요한 영향을 미치며 사업 특성상 도심지에서 지하매설물과 인접 구조물의 기초에 근접하여 건설될 수 있어 운영 중 지반응력 변화가 주변구조물에 상당한 영향을 미칠 수 있으므로, 일반터널과는 상이한 지하방수로 터널주변 응력분포에 대해 여러 지질조건(lithology, structural geology, special geological features, etc.)에 따라 미치는 영향을 평가하고 영향을 최소화할 수 있는 기술을 개발하는 것이 필요함.
□ 기술개발 동향	◦ 도시유역 수방목적의 지하배수터널 사례로 TARP(미국), Ivry-Massena(프랑스), 특히 일본에서는 동경 수도권외곽방수로, 칸다가와 지하조절지 및 와다야요이 우수저류터널 등을 건설하여 도심홍수에 적극적으로 대처하였고, 도로-배수 터널 복합목적의 SMART PJ.(말레이시아), HKWDT 시스템(홍콩) 계획 등 아시아권에서 장대터널을 이용한 수방시스템을 적극적으로 활용하고 있음 ◦ 국내의 경우 최근 우기시마다 빈번히 발생하는 홍수피해에 대비하여 정부·지자체는 각종 법규·규정들을 정비하였고, 서울시는 “기후변화대응 침수피해 저감대책(2011)”을 수립여 광화문광장 방수로터널, 신월동빗물배수터널 건설사업 등 지하방수로를 이용한 유역 침수대책을 추진, 계획하고 있음. ◦ 도시하부 공간에 설치되는 우수배수시설이나 터널시설의 설계사항은 터널설계기준(국토교통부, 2007), 터널표준시방서(국토교통부, 2009) 등 기준서 적용을 기본으로 하며, 해당 설치목적에 따하 상수도시설기준(환경부, 2010), 수로터널 설계 및 시공지침(K-WATER, 1997) 등에 준하여 설계시공하고, 또한 사업계획시에 미국 및 일본 등에서의 해외 설계시공사례를 고려하여 활용하고 있음. 상수로용 또는 발전수로용 터널이나 수직갱 구조물 설계 시에는 시공단계별 또는 터널 운용시 토압과 내외부 작용수압 등 해당 현장조건을 고려하여 일반 무근 또는 철근 콘크리트 라이닝을 적용함.
3. 연구개발 내용	
	◦ 터널내 흐름 변동으로 인한 내압변화가 고려된 터널 구조계의 해석 모델링 기술 ◦ 터널 내압변화 및 수충격 하중이 고려된 터널 구조계의 응력-유체 연계 해석 기술

◦ 터널 내 수압 변화로 인한 지반-내수압-라이닝 장단기 안정성 해석 기술

◦ 터널 내압 및 수충격 하중이 고려된 방수로 터널 1차 지보재 및 2차 라이닝 설계기술

◦ 지반의 응력변화와 다양한 지질조건(lithology, structural geology, special geological features, etc.)에 따라 인접 지하 매설물 및 구조물 기초에 미치는 영향 분석 및 평가

◦ 도시 지하방수로 운영에 따른 장기침하 분석 및 평가

◦ 지하방수로 인접 배수형 터널 운영 및 유지보수 비용 증가 가능성 평가

◦ FSI (Fluid-Sturcture Interaction)개념이 도입된 수치모형의 개발 및 기존에 개발된 수치모형과의 비교를 통한 검증

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 산업계를 중심으로 연구개발 추진. 특히, 대형 터널 및 지하구조물 설계, 시공 경험이 풍부며, 자체 연구인력을 보유한 기관이 참여하여, 과제를 이끌어 갈 수 있도록 구성

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

◦ 기술개발 시 모형실험 및 고급 수치실험을 통한 기술 개발 및 평가를 통한 신뢰성 확보

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 구조적 터널 설계 매뉴얼

◦ 지반-내압-수충격 상호작용 모델링 기술

◦ 터널내 수압 변화가 고려된 지반-내수압-라이닝 장단기 안정성 해석 기술

◦ 도시 지하방수로에 의한 주변구조물 영향 평가 및 제어

◦ FSI (Fluid-Sturcture Interaction) 개념이 도입된 수리·역학적 상호작용 모의 분석 소프트웨어

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도심지 지하방수로 특성이 고려된 터널설계/시공 유지관리 기

술 개발을 통한 침수피해 예방 및 관련 소요 예산 절감

- 지하매설물 파손 등으로 인한 지반침하 및 싱크홀 발생 사전 방지
- 지반침하로 인한 인근 구조물 파손방지 및 민원방지
- 선진국 수준의 도심지 지하방수로 터널설계/시공 유지관리 기술 개발을 통한 요소기술 확보 가능 및 관련 기술 패키지화를 통한 기술 수출 가능

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 5년
- 총 연구비 : 2,000백만원 이내

8. 기타

3. 2세부과제 RFP

2세부과제명	도시 지하방수로 운영 기술 개발

1. 연구목표

- 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발
- 도시 지하방수로 운영 기술 개발
- 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

- 국내 도시유역의 침수 저감을 위하여 여러 가지 구조적 대책 및 비구조적 대책을 실시하고 있음에도 불구하고 침수피해는 증가하고 있는 실정이며, 내수침수 저감을 위한 다른 대안들은 한계가 있음.
- 지하방수로 설치는 매년 반복되는 내수침수로 인한 피해를 획기적으로 저감할 수 있을 것으로 기대되나, 아직 국내에서 설치되어 운영되고 있는 사례가 없으며, 설계, 시공 기준 및 운영 관련 연구가 미미한 실정임.
- 특히, 도시 지하방수로의 운영 및 기존 내배수시설과의 연계운영 관련 기술은 전무한 실정임
- 막대한 예산이 투입될 도시 지하방수로의 침수피해 저감 효과 극대화를 위하여 운영 및 기존 내배수시설과의 연계 기술체계의 정립이 시급함.
- 도시 지하방수로의 최적운영 및 기존의 내배수시설과의 연계운영을 통한 통합 내배수시설 운영기술은 지하방수로의 침수저감 효과를 극대화할 것임.

□ 기술개발 동향

- 국내의 경우 지하방수로의 최적운영과 관련된 연구 성과는 전무함.
- 건설기술연구원에서 치수, 이수 및 환경보존 등을 목적으로 하는 원격 모니터링 제어시스템을 이용한 통합 우수관리 시스템 및 방법을 포함한 통합우수관리 기술을 보유하고 있음.
- 고려대학교 수자원시스템 연구실에서 유수지로의 유입량을 예측하여 펌프를 운영하는 실시간 최적 빗물펌프장 운영기술을 보유하고 있음.
- 빗물펌프장 최적운영 기술(2008, 국토해양부), 내외수 연계

내배수시설 최적운영 기술(2018, 국토해양부) 등 기존의 내배수시설 통합 및 연계 운영기술의 성과를 활용할 수 있음.

◦ 일본의 Hitachi사는 지하방수로 성능 이상의 대규모 유입이 발생하는 것을 방지하는 기술을 포함하는 지하방수로 운영 시스템을 개발하였으며, Kubota사는 배수펌프 고장률을 최소화하는 운영방법을 포함한 배수펌프 운영기술을 보유하고 있음.

3. 연구개발 내용

◦ 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발

- 도시 강우 예측기술 개발
- 도시 내배수시설을 고려한 강우-유출 분석 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발

- 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정 기술 개발
- 지하방수로 유입-유출량 조절 운영 기술 개발
- 도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발

◦ 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템 개발

- 지하방수로 통합 운영을 위한 3D 모델링 기술 개발
- 지하방수로-내배수시설 연계 운영기술 개발
- 지하방수로 통합운영 시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

◦ 학계 및 연구기관을 중심으로 해외의 관련 기관과 협력관계를 통해 도시지하방수로의 운영 자료를 원활히 확보할 수 있는 곳에서 주도적으로 세부과제를 수행.

◦ 기 계획된 지하방수로의 기본 및 실시설계 보고서 등 자료 수집 및 분석

◦ 기존의 내배수시설 설계 및 운영지침, 국내외 전문가 자문단 운영을 통하여 요소기술 개발

◦ 기존의 국내에서 축적된 내배수시설 운영 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 지하방수로 통합 운영기술 개발

◦ 우리나라의 기후, 내배수시설의 특성을 적절하게 고려할 수 있는 한국형 지하방수로 운영기술 개발

◦ 연구개발 단계에서부터의 산·학·관의 긴밀한 협조를 통해 연구성과 실용화 달성

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
- 원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측 프로그램
- 도시 지하방수로 운영 매뉴얼
- 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영시스템

6. 기대효과 및 파급효과

- 내배수시설-지하방수로의 통합 운영을 통한 내수침수 저감시설의 효율 향상 및 치수관리 능력 증대로 내수침수로 인한 피해 경감
- 첨단기술 융복합에 의한 지하방수로 및 내배수시설 운영기술 개발 유관 분야의 산업 활성화
- 지하방수로 건설시 소요되는 막대한 예산을 최적화하여 효율적인 예산 집행에 기여
- 내수침수피해 저감으로 인한 국민의 삶의 질 개선

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 5년
- 총 연구비 : 5,000백만원 이내

8. 기타

가. 2- 1세세부과제 RFP

2- 1세세부과제명	원격탐사기술을 활용한 도시 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발
1. 연구목표	
	◦ 원격탐사기술을 활용한 도시강우 예측 및 정확도 향상 기술 개발 ◦ 도시 내배수시설을 고려한 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ 최근 기후변화의 영향으로 도시지역에서 국지성 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며, 도시 지하방수로의 효과적이고 신뢰성 있는 운영을 위해서 강우 및 유입량 예측기술 개발이 필요함. ◦ 원격탐사기술의 발달과 함께 시공간적으로 고해상도의 강수정보 생산이 가능해졌으며, 이를 도시 내배수시설의 최적운영에 활용할 수 있는 기술의 개발이 필요함
□ 기술개발 동향	◦ 기상청은 2010년부터 북한을 포함한 한반도 전역에 대하여 강수량, 강수형태 등의 기상실황과 강수형태, 강수량, 하늘상태 등의 예측요소를 6시간 이내의 기상상황을 1시간 간격으로 초단기예보를 하고 있음 ◦ 자연재해저감기술개발사업(2011), 기후변화에 따른 수질 및 수생태 영향평가개발(2012)에서 역학적 기후모형과 수문모형을 연계하고자 하는 연구가 수행되었음 ◦ 도시 유출을 모의하기 위한 Chicago, RRL, ILLUDAS, STORM, SWMM, MOUSE 등의 외국모형이 개발되어 사용되고 있으며, 국내에서는 2008년 FFC2Q가 개발되었음 ◦ 기상레이더와 수문모형을 연계한 연구는 다수 수행된 바 있으나, 시스템화 단계까지 수행되지 않았으며, 기상레이더, 인공위성, 기후모형을 함께 적용한 사례는 아직 국내에서 이루어지지 않았음.
3. 연구개발 내용	
	◦ 원격탐사기술을 활용한 도시강우 예측 및 정확도 향상 기술 개발 - 강우예측 관련 국내외 연구 및 기법 조사 - 지하방수로 운영을 위한 기상청 예보강수량 활용방안 수립 - Radar와 위성자료를 이용한 도심지 단기(12~72hr) 강우예측기술 개발 - Dynamic 기후모형을 이용한 도시지역 중기(3~10일)강우

예측기술 개발

- 지하방수로 운영을 위한 레이더 강우자료 활용 기법 개발
- 예측 강수량 정확도 향상 기술 개발
- 강우예측 결과의 지하방수로 운영연계 방안 구축

◦ 도시 내배수시설을 고려한 지하방수로 우수 유입량 예측기술 개발

- 도시유출 해석 및 모의를 위한 국내외 연구 및 기법 조사
- 시험유역의 내배수시설을 고려한 강우-유출 모의 체계 구축
- 단기 예측강수량을 활용한 내배수시설 유출량 예측기술 개발
- 중기 예측 강수량을 활용한 도시하천 유량-수위 예측기술 개발
- 수문기상모형 연계 도시 지하방수로 유입홍수량 예측 기술개발
- 유입홍수량 예측 정확도 향상 기술개발
- 유입홍수량 예측 결과의 지하방수로 운영 연계방안 구축

4. 연구개발 추진방법

◦ 기 개발되어 운영되고 있는 기상청 초단기예보 기술의 적극적인 활용

◦ 도시 유출 모의를 위한 상용 프로그램 활용 및 원격탐사기술-강우예측-유출 모의의 일원화 된 시스템 구축

◦ 지하방수로 운영 효율화를 위하여 원격탐사기술을 활용한 도시강우 및 유출량 예측

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 우수 유입량 예측 프로그램

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시지역 초단기 강우 및 홍수량 예측 기술을 통하여 효율적이고 신뢰성 높은 지하방수로 운영 달성

◦ 홍수피해 최소화로 국민의 인명과 재산을 보호함으로써 삶의 질 향상

7. 연구기발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 1,700백만원 이내

8. 기타

나. 2- 2세세부과제 RFP

2- 2세세부과제명	도시 지하방수로 최적 운영 기술 개발
1. 연구목표	
	◦ 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정기술 ◦ 지하방수로 최적운영 시스템 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ 이상기후로 인한 홍수피해가 매년 발생하고 있으며, 특히 도시지역에서의 내수의 범람으로 인한 침수 피해가 급증하고 있음. 이에 우수관거 설계빈도 상향을 통한 통수능 증대, 도시 지하방수로 설치 등 구조적 대책을 통하여 내수침수 피해를 저감하려는 노력이 지속되고 있음. ◦ 그러나 도시 지하방수로 및 저류조 설치 등의 구조적인 대책은 막대한 시간과 비용을 필요로 함에도 불구하고 내수침수 저감 시설의 효율적인 운영을 통한 홍수피해저감 노력은 부족함 것이 현실임.
□ 기술개발 동향	◦ 지하방수로의 최적운영과 관련된 국내 연구 성과는 전무한 실정임. ◦ 빗물펌프장 최적운영 기술(2008, 국토해양부)은 유수지로의 유입량을 예측하여 펌프를 운영하는 실시간 최적 운영기술이 개발된 바 있음.
3. 연구개발 내용	
	◦ 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정기술 - 최적 모니터링 지점 선정을 위한 국내외 연구 및 기법 조사 - 최적 모니터링 지점 선정을 위한 방법론 검토 - 도심지 최적화 강우 모니터링 기술 개발 - 유입량 예측을 위한 최적 수위, 유량 모니터링 지점 선정기술 개발 - 지하방수로 운영을 위한 최적 모니터링 지점 선정기술 개발 - 내배수시설-지하방수로 연계운영을 위한 최적 모니터링 기술개발 ◦ 지하방수로 최적운영 시스템 개발 - 국내외 지하방수로 운영기법 조사 분석 - 하천 수위 예측을 통한 지하저류조 유입수문 운영기술 개발

- 예측강우에 따른 유입량 조절 운영기술 개발
- 홍수피해 저감을 위한 지하방수로 유출유량결정 및 펌프 운영기술
- 저류수 배수를 위한 펌프운영 기술 개발
- 지하방수로 최적운영 시스템 개발
- 지하방수로 최적운영 시스템 실용화 기술 개발
- 지하방수로 최적운영 시스템 매뉴얼 작성

4. 연구개발 추진방법

◦ 기 계획된 지하방수로의 기본 및 실시설계 보고서 등 자료 수집 및 분석 활용

◦ 지하방수로가 국내 시공된 실적이 없으므로, 해외의 관련기관과 협력관계를 통하여 도시지하방수로의 운영 자료를 확보하여 활용

◦ 기존의 국내에서 축적된 내배수시설 운영 기술 및 연구역량을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 지하방수로 운영기술 개발

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
◦ 지하방수로 운영을 위한 모니터링 매뉴얼
◦ 도시 지하방수로 운영 매뉴얼

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 효과적인 운영을 통하여 물리적 시설의 증대없이 방재효과 향상이 가능하여 치수방재 사업관련 예산절감효과

◦ 시민의 재산과 인명 피해 최소화

7. 연구기발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 1,700백만원 이내

8. 기타

다. 2- 3세세부과제 RFP

3- 3세세부과제명	도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영 시스템 개발
1. 연구목표	
	◦ 지하방수로 통합 운영을 위한 3D 모델링 기술 개발 ◦ 지하방수로-내배수시설 연계 운영 기술 개발 ◦ 지하방수로 통합운영 시스템 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ 도시유역에서 매년 반복되는 침수피해를 저감하기 위하여 지하방수로의 설치는 적절한 대안이 되고 있음 ◦ 막대한 예산이 투입될 도시 지하방수로의 침수피해 저감효과 극대화를 위하여 기존 내배수시설과의 연계 운영이 필수적이나 관련 기술이 전무한 실정임 ◦ 지하방수로의 침수저감 효과 극대화를 위하여 내배수시설과의 연계운영 기술 개발이 필요함
□ 기술개발 동향	◦ 국내의 경우 빗물펌프장 최적운영기술(2008, 국토해양부), 내외수연계 내배수시설 최적운영 기술(2018, 국토해양부) 등의 기술이 개발되어 있음 ◦ 일본의 Hitachi 사는 지하방수로 운영시스템을 개발하였으며, Kubota 사는 배수펌프 고장률을 최소화하기 위한 펌프운영 기술을 보유하고 있음
3. 연구개발 내용	
	◦ 국내외 내배수시스템-지하방수로 연계 운영기법 조사 분석 ◦ 지하방수로 운영 방식(조건)에 따른 내배수 처리분담율 산정 및 효율분석 기술 개발 ◦ 3D 통합 모델링 기법을 활용한 도시지하방수로 통합운영 시뮬레이션 기술 개발 ◦ 지하방수로-내배수시설을 연계한 통합운영 기술 개발 ◦ 하천 수위별 방수로-하천 유량 배분기술 개발 ◦ 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템 개발 ◦ 지하방수로-내배수시설 연계 통합운영 시스템 운영 매뉴얼 작성
4. 연구개발 추진방법	
	◦ 국내에 기 설치된 지하방수로가 없으므로, 해외의 관련기관과

	협력관계를 통하여 운영 자료를 확보 ◦ 기 계획된 지하방수로의 기본 및 실시설계 보고서 등 자료를 활용 ◦ 기존의 내배수시설 설계 및 운영지침을 활용하여 지하방수로 연계운영 방안 구축 ◦ 국내외 전문가 자문단 운영을 통하여 요소기술 개발 및 국내 실정에 적합한 지하방수로 통합운영 기술 개발
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	◦ 도시 내배수시설 연계 지하방수로 통합운영 시스템
6. 기대효과 및 파급효과	
	◦ 내배수시설과 지하방수로의 연계 운영을 통한 내수침수 피해 저감 ◦ 첨단기술과 방재시설과의 융합으로 유관 분야의 산업 활성화 ◦ 내수침수 피해 저감으로 국민의 삶의 질 개선
7. 연구기발기간 및 소요예산	
	◦ 총 연구기간 : 5년 ◦ 총 연구비 : 1,600백만원 이내
8. 기타	

4. 3세부과제 RFP

3세부과제명	도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

1. 연구목표

- 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발
- 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발
- 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

- 홍수조절을 위해 설치할 지하 방수로에 막대한 양의 수자원 저장이 가능하며, 이를 재이용한다면 물 부족 해결뿐만 아니라 물 재이용이라는 세계적 연구 추세에 부합할 수 있으며, 지하 방수로 내 저장된 저류수를 효과적으로 재이용하기 위한 적절한 처리 기술이 필요함.
- 갈수기 저류수 재사용을 통합 맞춤형 수자원 확보 및 활용 문제 해결과 다목적 지하 방수로의 수자원 재활용을 목적으로 하는 막중심 공정과의 결합을 통한 시너지 효과 극대화를 통해 도시 물 순환 환경의 수질정화에 대한 취약성 문제 해결을 위해 필요함.
- CSOs 및 초기우수에 포함된 비점오염물질을 분리막 공정을 이용하여 저류수에 유입된 오염물질을 용도에 맞게 처리하여 재이용할 수 있는 방안 제시를 위해 필요함.
- 최근 행복도시와 대전광역시와의 용수공급 갈등에서 나타나듯 용수 자립률이 낮은 도시 내 수자원 확보율 제고를 위한 기술 니즈가 지속적으로 제기됨.
- 일본, 미국 등 선진국에서 건설한 지하방수로의 경우, 운영에 있어 침전물이 큰 장애를 일으키는 등 현재 지하방수로 시스템 기술은 최적이나 최고라고 할 수 없으므로 연구개발을 통해 국내 기술력을 확보해 세계 시장에서 선두그룹으로 도약을 위해 필요함.
- 이/치수를 목적으로 강우를 강제 유출 및 저류하기 위해서는 방류수 및 저류수의 수질관리가 최우선되며 신설되는 지하방수로에서는 세계에서 가장 빠른 속도로 부유탁질과 물을 분리하는 기술이 필요함.
- 강우시 하수처리장에서는 초기 우수의 3Q를 받아 2Q는 1차 침전만하고 방류되며, 1Q는 하수처리과정의 정상운영을 위해서

	처리되며, 도시 내 치수를 위해 지하 방수로가 건설 운영되는 경우 이러한 우량 배분의 문제를 반드시 고려해야 함. ◦ 최근 모든 용도의 생활용수를 음용수 수질 수준으로 공급하는 현 수자원 시스템의 자원낭비 및 에너지 소비가 큰 사회적 문제로 대두됨에 따라 최소한 음용수 수질이 소요되진 않는 잡용수, 청소용수, 화장실 세척수 등 생활용수뿐만 아니라 소화전용수, 공업용수 등 용도에 맞게 수질을 관리하여 공급할 수 있는 시스템의 개발이 필요함. ◦ 신도시를 중심으로 한 최근의 연구 및 사업추진을 참고하여 기존 도심의 건전한 물순환 체계 구축 및 개선을 위한 연구가 필요함. ◦ 물과 친화된 지속가능한 도시개발이 세계 곳곳에서 추진되고 있으며, 홍수 및 재난으로부터 안전함과 도시에 친수 시스템을 도입한 U-city의 건설에 필요한 기술개발이 요구됨. ◦ 우리나라의 자동차 등록대수는 2010년 1,679만대를 넘어섰고, 2014년에는 2,000만대에 도달할 것으로 예측되며, 그에 따른 교통혼잡비용이 23조원을 넘어서 교통 혼잡은 앞으로 더 큰 사회문제가 될 것으로 예측되므로 지하방수로의 공간을 도심통행의 입체화 된 통행로로 활용하여 혼잡한 도심구간의 지체를 감소시키는데 기여하고, 이를 위해 교통류의 터널 유/출입에 따른 지체발생을 교통운영 관리기술 개발을 통해 방지하고, 도로설계 기술개발을 통해 터널 내 교통류의 원활한 흐름 및 안전성 확보가 필요함.
□ 기술개발 동향	◦ 막여과 공정 기술은 전 세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있으며, 국내에도 막여과 공정 기술이 적용된 정수장과 하수처리장이 다수 운영 중임. ◦ 분리막 기반 수처리 세계 시장은 2012년 55.4억 달러에서 2020년 120.7억 달러 규모로 성장할 것으로 예상되며, 한국의 경우 2012년 약 1.4억 달러에서 2017년 약 2.4억 달러 규모로 확대될 것으로 추정 ◦ 막여과 공정 기술은 유기막을 중심으로 연구·개발되어 왔으나, 최근 유기막의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 무기막에 대한 관심이 증대되고 있으며, 향후 분리막 시장에서 큰 비중을 차지할 것으로 예상됨. ◦ 세라믹 분리막은 유기막 대비 높은 제조비용으로 인해 수처리 현장에 적용되기 어려웠으나, 지속적인 연구·개발을 통한 제조비용의 하락으로 유기막의 제조비용에 근접하고 있어 시장 규모의 확대가 예상됨.

◦ 현재 미국, 일본, 유럽 등은 세라믹 분리막 상용화 연구가 진행되어 플랜트가 설치되고 있는 시점이지만, 국내에서는 아직 체계적인 연구가 전무한 상태이며, 일부 실시되고 있는 세라믹 분리막을 이용한 수처리 시스템 평가의 경우 분리막 소재는 외국 수입품을 이용하여 평가하고 있는 실정으로 선진국과의 기술 격차가 큼.

◦ 말레이시아는 Smart tunnel을 통해 차량통행과 방수로 기능을 복합적으로 활용하는 기술을 보유하고 있음.

3. 연구개발 내용

◦ 도시 지하방수로 저류수 맞춤형 수질개선 기술 개발

- 초고속 고액분리기술 개발
- 분리막을 활용한 저류수 맞춤형 용수개발 기술
- 착제/응집제 적용 및 개발을 통한 저류수 수질개선 기술
- 저류수 수량 및 수질(pH, DO, ORP, 탁도, 수온, 전도도) 모니터링(TMS) 기술

◦ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발

- 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술
- 저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술

◦ 도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

- 도시 지하방수로 도로활용 기술
- 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오 수립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 업체의 참여를 통해 연구성과를 극대화 할 수 있는 조직 구성

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 저류수 처리 지침서

◦ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 지침서

◦ 도시 지하방수로를 고려 가능한 도시 물순환 해석 모형

◦ 도시 지하방수로 다목적활용 설계 지침서

◦ 시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 저류수 처리 및 활용 기술 개발을 통한 도시 하천의 기능 회복 및 비점오염원 저감

◦ 도시 지하방수로 다목적 활용 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 4,500백만원 이내

8. 기타

가. 3- 1세세부과제 RFP

3- 1세세부과제명	도시지하방수로 저류수 처리 기술 개발

1. 연구목표

- ◦ 분리막을 이용한 저류수 수질 개선 기술 개발
- ◦ 저류시점 및 저류수 수질기준 수립
- ◦ 초고속 고액분리 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

- ◦ 홍수조절을 위해 설치할 지하 방수로에 막대한 양의 수자원 저장이 가능하며, 이를 재이용한다면 물 부족 해결뿐만 아니라 물 재이용이라는 세계적 연구 추세에 부합할 수 있으며, 지하 방수로 내 저장된 저류수를 효과적으로 재이용하기 위한 적절한 처리 기술이 필요함.
- ◦ 갈수기 저류수 재사용을 통합 맞춤형 수자원 확보 및 활용 문제 해결과 다목적 지하 방수로의 수자원 재활용을 목적으로 하는 막중심 공정과의 결합을 통한 시너지 효과 극대화를 통해 도시 물 순환 환경의 수질정화에 대한 취약성 문제 해결을 위해 필요.
- ◦ 최근 행복도시와 대전광역시와의 용수공급 갈등에서 나타나듯 용수 자립률이 낮은 도시 내 수자원 확보율 제고를 위한 기술 니즈가 지속적으로 제기됨.
- ◦ CSOs 및 초기우수에 포함된 비점오염물질을 분리막 공정을 이용하여 저류수에 유입된 오염물질을 용도에 맞게 처리하여 재이용할 수 있는 방안 제시를 위해 필요.
- ◦ 일본, 미국 등 선진국에서 건설한 지하방수로의 경우, 운영에 있어 침전물이 큰 장애를 일으키는 등 현재 지하방수로 시스템 기술은 최적이나 최고라고 할 수 없으므로 연구개발을 통해 국내 기술력을 확보해 세계 시장에서 선두그룹으로 도약을 위해 필요함.
- ◦ 이/치수를 목적으로 강우를 강제 유출 및 저류하기 위해서는 방류수 및 저류수의 수질관리가 최우선되며 신설되는 지하방수로에서는 세계에서 가장 빠른 속도로 부유탁질과 물을 분리하는 기술이 필요함.

□ 기술개발 동향	◦ 막여과 공정 기술은 전 세계적으로 활발한 연구가 진행되고 있으며, 국내에도 막여과 공정 기술이 적용된 정수장과 하수처리장이 다수 운영 중임. ◦ 분리막 기반 수처리 세계 시장은 2012년 55.4억 달러에서 2020년 120.7억 달러 규모로 성장할 것으로 예상되며, 한국의 경우 2012년 약 1.4억 달러에서 2017년 약 2.4억 달러 규모로 확대될 것으로 추정 ◦ 막여과 공정 기술은 유기막을 중심으로 연구·개발되어 왔으나, 최근 유기막의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 무기막에 대안 관심이 증대되고 있으며, 향후 분리막 시장에서 큰 비중을 차지할 것으로 예상됨. ◦ 세라믹 분리막은 유기막 대비 높은 제조비용으로 인해 수처리 현장에 적용되기 어려웠으나, 지속적인 연구·개발을 통한 제조비용의 하락으로 유기막의 제조비용에 근접하고 있어 시장 규모의 확대가 예상됨. ◦ 현재 미국, 일본, 유럽 등은 세라믹 분리막 상용화 연구가 진행되어 플랜트가 설치되고 있는 시점이지만, 국내에서는 아직 체계적인 연구가 전무한 상태이며, 일부 실시되고 있는 세라믹 분리막을 이용한 수처리 시스템 평가의 경우 분리막 소재는 외국 수입품을 이용하여 평가하고 있는 실정으로 선진국과의 기술 격차가 큼.

3. 연구개발 내용

◦ 합류식 하수도 월류수 및 초기 우수 유량 및 수질 특성 파악
◦ 저류시점 및 저류수 수질 기준 수립
◦ 분리막을 이용한 저류수 수질 개선 기술 개발
◦ 초고속 고액분리기술을 이용한 저류수 수질 개선 기술 개발
◦ 수리 실험을 통한 기술 검증 및 피드백
◦ 도시 지하방수로 저류수 처리를 위한 지침서 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략	◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시 ◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 업체의 참여를 통해 연구성과를 극대화 할 수 있는 조직 구성 ◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
- 도시 지하방수로 저류수 처리를 위한 지침서
- 도시 지하방수로 저류수의 수질 기준 지침서

6. 기대효과 및 파급효과

- 저류수 처리 및 활용 기술 개발을 통한 도시 하천의 기능 회복 및 비점오염원 저감

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 5년
- 총 연구비 : 2,000백만원 이내

8. 기타

나. 3- 2세세부과제 RFP

3- 2세세부과제명	도시 지하방수로 저류수 분배/활용 기술 개발

1. 연구목표

◦ 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술 개발

◦ 저류수 재이용을 위한 마이크로 그리드형 용수분배 기술 개발

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 이/치수를 목적으로 강우를 강제 유출 및 저류하기 위해서는 방류수 및 저류수의 수질관리가 최우선되며 신설되는 지하방수로에서는 세계에서 가장 빠른 속도로 부유탁질과 물을 분리하는 기술이 필요함.

◦ 강우시 하수처리장에서는 초기 우수의 3Q를 받아 2Q는 1차 침전만하고 방류되며, 1Q는 하수처리과정의 정상운영을 위해서 처리되며, 도시 내 치수를 위해 지하 방수로가 건설 운영되는 경우 이러한 우량 배분의 문제를 반드시 고려해야 함.

◦ 최근 모든 용도의 생활용수를 음용수 수질 수준으로 공급하는 현 수자원 시스템의 자원낭비 및 에너지 소비가 큰 사회적 문제로 대두됨에 따라 최소한 음용수 수질이 소요되진 않는 잡용수, 청소용수, 화장실 세척수 등 생활용수뿐만 아니라 소화전용수, 공업용수 등 용도에 맞게 수질을 관리하여 공급할 수 있는 시스템의 개발이 필요함.

◦ 신도시를 중심으로 한 최근의 연구 및 사업추진을 참고하여 기존 도심의 건전한 물순환 체계 구축 및 개선을 위한 연구가 필요함.

◦ 물과 친화된 지속가능한 도시개발이 세계 곳곳에서 추진되고 있으며, 홍수 및 재난으로부터 안전함과 도시에 친수 시스템을 도입한 U-city의 건설에 필요한 기술개발이 요구됨.

□ 기술개발 동향

◦ 하천 건천화 방지를 위한 물 재이용을 통한 도시하천 물순환 개선을 위한 연구, 도시 물순환 체계 구축을 위한 정책관련 연구, 각 시도별로 물순환 회복 및 저영향 개발을 위한 조례가 제정 중에 있음.

◦ 판교 신도시, 안산시, 파주 운정 신도시 등의 신도시에서 물순환 시스템을 구축.

3. 연구개발 내용

◦ 갈수기 초기 및 후기 유입 우수 분리 기술 개발
◦ 맞춤형 용수 공급 기술 개발
◦ 도시 물 순환 해석 모형 개발
◦ 수리실험을 통한 기술 검증 및 피드백
◦ 도시 지하방수로 저류수 활용 가이드라인 제시

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략
◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시
◦ 학계를 중심으로 관련 연구기관과 업체의 참여를 통해 연구성과를 극대화 할 수 있는 조직 구성
◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
◦ 도시 지하방수로 저류수 분배/활용 지침서
◦ 도시 지하방수로를 고려 가능한 도시 물 순환 해석 모형

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 도시 내 건전하고 지속가능한 물 순환체계 수립을 통한 하수도 운영 효율증가 및 담당 공공기관 과 건설기업의 운영 로직 수립.
◦ 미래의 기후변화에 대비한 수자원의 다변화 도모 및 지역적 수자원 확보의 제고를 통한 경제성 있는 용수 공급시스템 구현.
◦ 도심지역에 건전한 물순환 시스템 회복방안을 적용함으로써 환경생태 도시 조성을 위한 기반 마련.
◦ 효율적인 빗물관리 시스템의 활용을 통한 대체 수자원의 확보.
◦ 도시 지하방수로 저류수 활용 가이드라인 및 도시 지하방수로를 고려 가능한 도시 물 순환 해석 모형 개발을 통한 도시의 물 자립율 개선.

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 4년
◦ 총 연구비 : 1,500백만원 이내

8. 기타	

다. 3- 3세세부과제 RFP

3- 3세세부과제명	도시 지하방수로 다목적 활용 기술 개발

1. 연구목표

◦ 도시 지하방수로 도로 활용 기술 개발

◦ 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오 제시

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

◦ 우리나라의 자동차 등록대수는 2010년 1,679만대를 넘어섰고, 2014년에는 2,000만대에 도달할 것으로 예측되며, 그에 따른 교통혼잡비용이 23조원을 넘어서 교통혼잡은 앞으로 더 큰 사회문제가 될 것으로 예측됨.

◦ 특히 도시지역의 교통문제를 살펴보면 우리나라의 도로교통 혼잡비용의 80% 이상이 도시지역과 주변에서 발생되고 있으며 이를 해결하기 위한 방안이 요구됨.

◦ 따라서 지하방수로의 공간을 도심통행의 입체화 된 통행로로 활용하여 혼잡한 도심구간의 지체를 감소시키는데 기여할 수 있음.

◦ 이를 위해 교통류의 터널 유/출입에 따른 지체발생을 교통운영 관리기술 개발을 통해 방지하고,

◦ 위기대처 시나리오를 통해 터널 내 안전성을 확보함.

□ 기술개발 동향

◦ 말레이시아는 Smart tunnel을 통해 차량통행과 방수로 기능을 복합적으로 활용하는 기술을 보유하고 있음.

◦ ITS 분야는 전 세계적으로 교통문제 해결을 위한 전략적 사업으로 추진되고 있으며 각국의 기간산업으로서 많은 관련 산업의 발전을 주도하고 있기 때문에 향후 국가 기간망 역할 뿐 아니라 거대한 재원이 투자되는 대규모 시장형성이 기대됨.

◦ ITS 전체 세계시장은 2011년 130억$에서 2015년 186억$ 규모로 연평균 10%성장추세 (우리나라도 연 2,500억원 규모로 연평균 11.5% 성장).

◦ 7개의 ITS 서비스 분야 중 본 연구와 관련이 있는 첨단교통관리시스템(ATMS: Advanced Traffic Management System) 분야는 세계 ITS의 주도적인 분야이며 2008년 39억달러, 2010년 46억달러로 매년 성장하고 있음.

◦ ATMS 분야의 시장점유율은 미국이 40% 정도로 가장 큰 규모

를 차지하고 있고, 점차 아시아와 유럽 남미 시장이 확대되고 있으며, 지하도로와 터널 관리부문은 아직까지 선진국과의 기술의 발전 및 격차가 크지 않으므로, 본 연구를 통해 기술확보를 한다면 해당분야의 시장을 차지할 수 있을 것으로 예상함.

3. 연구개발 내용

- 터널 진입/진출 시 교통류 관리기술 개발
- 교통류 모니터링 및 정보제공 기술 개발
- 터널 내 도로 운영기술 및 전략 개발
- 차로운영 설계기준 개발
- 교통안전 시설물 및 설치 기준 정립
- 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 설계 가이드라인 제시
- 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오 수립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시
- 학계를 중심으로 관련 연구기관과 업체의 참여를 통해 연구성과를 극대화 할 수 있는 조직 구성
- 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

- 도시 지하방수로 다목적활용 설계 지침서
- 도시 지하방수로 도로활용 시 관리 가이드라인
- 도시 지하방수로 다목적 활용을 위한 위기대처 시나리오

6. 기대효과 및 파급효과

- 지하방수로 도로활용 기술을 개발함으로써 도시 지하방수로 의 다목적 활용에 직접적으로 활용
- 지하방수로 터널의 교통류 이동성 향상 및 이동류의 안전 확보
- 터널의 유입부/유출부의 지/정체 방지
- 지하방수로를 평상시에 차량의 통행을 위한 도로로 활용하여 지하방수로 주변 교통수요를 처리함으로써 주변도로의 통행량

감소 및 지체감소 효과 발생하고, 그에 따른 온실가스 저감, 대기오염 및 소음감소효과, 교차로 사고감소 등의 사회적 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상

- 지하방수로의 도로활용 기술을 활용하여 기존의 지하도로 및 터널부의 교통운영/관리, 차로운영 기준 정립 등에 활용이 가능
- 도시 지하방수로 다목적 활용 기술개발로 국내 기업의 지하방수로 해외시장 진출 시 경쟁력 확보

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 4년
- 총 연구비 : 1,000백만원 이내

8. 기타

5. 4세부과제 RFP

4세부과제명	도시 지하방수로 테스트베드 운영 및 사업 타당성 평가 기술 개발

1. 연구목표

- 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발
- 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발
- 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도 개선

2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향

□ 연구개발 필요성

- 도시지하방수로 설치 계획수립에 있어 국내 대도시 지역의 배수구역 특성과 유역환경을 고려한 도시 지하방수로의 연계운영 및 유역연계운영 방안과 실증자료 확보를 위한 관측체계구축 필요함.
- 선정된 최적 후보지의 적절성과 개발된 핵심 요소기술의 종합적·실증적 검토를 위해 다양한 시나리오에 대하여 개발 요소기술의 통합적용이 가능한 시뮬레이션 Test-bed를 이용한 실증도구의 개발이 필요함.
- 구조적 홍수방어대책의 다양화를 위해 지하공간을 활용한 지하방수로가 고려되고 있으나, 도시 지하방수로 설계기준 및 제반기술의 부족으로 인해 발생하는 시행착오의 감소가 필요하며, 이에 제반기술의 검토 및 설계기준의 검토가 수행되어야 함.
- 지하방수로 시뮬레이션 Test-Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오를 줄이고, 나아가 다양한 가상 시나리오에 따른 최적 운영방안을 도출하여야 함.
- 해외 벤치마킹과 시장조사를 통해 도시지하방수로 Simulation Test-bed 기술의 사업화를 위한 Biz-model 구축하여 관련 기술수준 경쟁력이 확보될 경우 건설기술분야의 미래성장 동력이 될 수 있음.
- 도시 지하방수로 사업의 정확한 효과판단을 위해서는 고해상도의 GIS 주제도 및 통계자료를 활용한 보다 실제적인 도시침수 피해예측기술과 방수로 설치에 대한 편익을 객관적인 경제적 가치로 환산하기 위해 고안된 경제성 분석 도구 및 평가분석 절차가 개발되어야 함
- 도시 지하방수로 사업의 성공적 수행을 위해서는 지역 간 이해관계, 예산분배, 신뢰성, 환경성, 운영 연계성 등 서로 상충되는 여러 사회, 경제, 정책적 문제를 효과적으로 고려하여 평가할

	수 있는 기준의 도출이 우선되어야 하며, 기준의 적합성과 중요도를 산정할 수 있는 전문가의 설문조사 및 AHP 기법을 활용한 객관적인 평가기법의 개발이 필요함. ◦ 공공재적 특성을 가진 도시 지하방수로 사업 시행 시 다양한 stakeholder의 동의를 얻을 수 있는 지하방수로 최적 대안 선정을 위해서는 사업의 총비용과 잠재적 환경영향 등을 통합 가치분석하는 경제성 평가와 더불어 지하방수로 시공 중 발생할 수 있는 민원문제 등과 시공완료 후 예상되는 잠재적인 지역발전 기여, 스마트 그리드 구축과 같은 운영 연계성 등의 정성적 요소를 통합 분석할 수 있는 도시 지하방수로 사업에 적합한 MCA, MCDM 통합분석 기술개발이 필요함. ◦ 수재해 방재관련 선진국에서는 도시침수의 근본적인 해결을 위하여 도시지하방수로를 적극적으로 설치□운영하고 있는 실정이며, 최근 국내에서도 치수사업 계획 시 지하방수로 시설의 도입이 고려되고 있으나 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도는 다면적으로 분석되고 개선안이 도출되어야 하는 실정임.
□ 기술개발 동향	◦ 지하방수로와 같은 치수사업의 홍수피해 예측기술은 대부분 해당 국가에서 정한 가이드라인을 토대로 수행하게 되나, 아직까지 그 절차 및 방법에 대한 체계가 확립되었다고 보기는 어려움. ◦ 미국 육군 공병단(USACE)에서는 다양한 수공구조물의 건설 및 시설물의 성능 향상시 다양한 대안의 도출과 제약조건을 분석하는 작업을 실시하고 있음. ◦ 일본의 국토교통성에서는 도시홍수저감을 위한 방류시설, 침투시설, 저류시설, 지하하천 등에 대한 종합적인 검토를 시행한 후 시설물의 설계 및 시공을 실시하고 있음. ◦ Malaysia SMART 터널의 경우 철저한 종합적인 영향평가와 효과분석을 통하여 체계적인 지하방수로 운영을 실시하고 있음. ◦ 대규모 토목사업, 특히 도시지하방수로 관련 시뮬레이션 Test-bed는 전무한 실정임. ◦ 한국개발연구원은 예비타당성조사를 위하여 공학적, 경제적, 정책적 분석과 같은 평가기준을 통한 의사결정이 수행되어야 하며, 이러한 다양한 기준을 정량화하는 과정에서 가장 적합한 기법으로 AHP를 선택하였고, 건설교통부는 '치수사업 대안 선정을 위한 의사결정 방안 연구'에서 AHP기법을 이용하여 평가기준별 가중치를 산정하고, 속성별 효용함수를 적용하여 대안의 우선순위를 결정하는 모형을 제시함.

◦ 하지만 전문가 설문조사 및 AHP 기법을 적용한 도시지하방수로 사업에서의 사업추진 시 고려되어야 하는 평가기준 선정 및 중요도 산정에 관한 기술은 미흡한 수준임.

◦ 미국 육군 공병단(USACE)에서는 다양한 수공구조물의 건설 및 시설물의 성능 향상시 다양한 대안의 도출과 제약조건을 분석하는 작업을 실시하고 있음.

◦ 일본의 국토교통성에서는 도시홍수저감을 위한 방류시설,침투시설,저류시설. 지하하천 등에 대한 종합적인 검토를 시행한 후 시설물의 설계 및 시공을 실시하고 있음.

◦ 미국 Utah 대학 연구팀에서는 기존 및 신설 수공구조물의 성능개선을 위해 서 경제성분석과 다기준의사결정법을 조합한 Risk 기반의 알고리듬을 개발 하여 미국 및 호주 등지에 작용하고 있음

◦ 미국 미시시피 대학 연구팀에서는 홍수피해 저감을 위한 다양한 분석을 위해 서 다기준의사결정법을 Spatial Compromise 기법에 의해 제시하였고, 이를 실제유역에 대해 적용하였음.

◦ Malaysia SMART 터널의 경우 철저한 종합적인 영향평가와 효과분석을 통하여 체계적인 지하방수로 운영을 실시하고 있음.

3. 연구개발 내용

◦ 도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발

- Simulation Test-bed 구축 및 활용 기술
- Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술
- Simulation Test-bed의 지속적 활용 및 비즈니스 모델 구축 기술
- Simulation Test-bed를 활용한 지하방수로의 사후영향 및 효과 분석

◦ 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발

- 도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시
- 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구 개발
- LCC/LCA 기법을 이용한 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발
- 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산

정기술 개발
- 도시 지하방수로 최적대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석도구 제시
- 제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발

◦ 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도 개선
- 도시지하방수로 설계/운영 관련 국□내외 법□제도 비교 분석
- 현행 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법□제도의 문제점 도출
- 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 개선안 도출
- 법□제도 개선에 따른 효과 분석
- 개선된 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도 도입방안 제시

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략
◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시
◦ 학계 및 연구기관을 중심으로 테스트베드의 운영을 위한 시공사가 참여하는 조직 구성. 특히, 테스트베드를 통한 원활한 연구성과 검증을 위해 관계기관과의 유기적인 협력관계를 유지하도록 조직 운.
◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축
◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술 사업화를 위한 Biz-model
◦ 도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서
◦ 도시 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템
◦ MCA 및 MCDM 기법을 활용한 최적대안 선정 절차 종합 지침서
◦ 도시지하방수로관련 법 제도 개선방안
◦ 치수관련 법 제도 개선에 따른 효과분석 보고서

6. 기대효과 및 파급효과

	◦ 지하방수로 시뮬레이션 Test Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오 감소 ◦ 다양한 가상 시나리오에 따른 도시 지하방수로의 최적 운영방안을 도출 ◦ 통합 경제성 분석 및 중요도 산정기술을 토대로 한 최적대안 선정 및 적합성 분석기법을 이용하여 도시 지하방수로 사업의 효과 극대화 ◦ 안정적 도시 지하방수로 설계 및 시공기술 확보를 통한 국가 기술경쟁력 향상 및 기술수출을 통한 경제적 파급효과
7. 연구개발기간 및 소요예산	
	◦ 총 연구기간 : 5년 ◦ 총 연구비 : 3,500백만원 이내
8. 기타	

가. 4- 1세세부과제

4- 1세세부과제명	도시 지하방수로 테스트베드 운영기술 개발
1. 연구목표	
	◦ Simulation Test-bed 구축 및 활용 기술을 개발 및 활용을 통한 운영 최적화 기술 개발 ◦ Simulation Test-bed의 비즈니스 모델 구축 기술 개발 ◦ Simulation Test-bed를 활용한 사후영향 및 효과 분석 기법 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ Simulation Test-Bed 에 대해서 다양한 홍수조건(돌발홍수, 침수발생 및 우수관거 월류 등)에 대한 모의를 통해서 향후 방수로 설치시 나타날 수 있는 상황 에 대한 사전 분석과 문제점 발생시 feed back이 필요함. ◦ 최적 후보지의 적절성과 개발된 핵심 요소기술의 종합적·실증적 검토를 위해 다양한 시나리오에 대하여 개발 요소기술의 통합적용이 가능한 시뮬레이션 Test-bed를 이용한 실증도구의 개발이 필요함. ◦ 지하방수로 시뮬레이션 Test-Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오를 줄이고, 나아가 다양한 가상 시나리오에 따른 최적 운영방안을 도출하여야 함. ◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술의 지속적 활용 및 사업화 방안을 도출하여 개발된 주요 요소기술의 가치를 높이며 경제적 파급효과 및 국민홍보효과를 창출하는 것이 필요함. ◦ 구조적 홍수방어대책의 다양화를 위해 지하공간을 활용한 지하방수로가 고려되고 있으나, 도시 지하방수로 설계기준 및 제반기술의 부족으로 인해 발생하는 시행착오의 감소가 필요하며, 이에 제반기술의 검토 및 설계기준의 검토가 수행되어야 함. ◦ 해외 벤치마킹과 시장조사를 통해 도시지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술의 사업화를 위한 Biz-model 구축하여 관련 기술수준 경쟁력이 확보될 경우 건설기술분야의 미래성장 동력이 될 수 있음.
□ 기술개발	◦ Malaysia SMART 터널의 경우 철저한 종합적인 영향평가와

동향	효과분석을 통하여 체계적인 지하방수로 운영을 실시하고 있음. ◦ 대규모 토목사업, 특히 도시지하방수로 관련 시뮬레이션 Test-bed는 전무한 실정임. ◦ 도시 지하방수로 기술개발을 통한 시뮬레이션 Test-bed 구축 계획임.

3. 연구개발 내용

◦ Simulation Test-bed를 활용한 도시 지하 방수로·저류조 겸용 다기능형 도심지 장대터널 운영 기술

◦ Simulation Test-bed를 활용한 도시 지하방수로 부속 시설물의 피로도를 고려한 최적운영 방안

◦ Simulation Test-bed를 활용한 도시 지하방수로 비상상황 발생시 EAP/SOP 확립기술

◦ Simulation Test-bed 활용을 통한 운영 최적화 기술

◦ Simulation Test-bed를 활용한 지하방수로의 사후영향 및 효과

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계 및 연구기관을 중심으로 테스트베드의 운영을 위한 시공사가 참여하는 조직 구성. 특히, 테스트베드를 통한 원활한 연구성과 검증을 위해 관계기관과의 유기적인 협력관계를 유지하도록 조직 운.

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물	◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 구축 ◦ 도시 지하방수로 시뮬레이션 Test-bed 기술 사업화를 위한 Biz-model ◦ 도시 지하방수로의 사후영향 및 효과분석 지침서

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 지하방수로 시뮬레이션 Test-Bed 구축을 통해 제반기술 및 설계기준의 부족으로 인한 시행착오 감소

◦ 다양한 가상 시나리오에 따른 도시 지하방수로의 최적 운영 방안을 도출

◦ 안정적 도시 지하방수로 설계 및 시공기술 확보를 통한 국가 기술경쟁력 향상 및 기술수출을 통한 경제적 파급효과

◦ 도시 지하방수로의 Simulation Test-bed를 활용한 핵심 요소기술의 종합적·실증적 검토 및 가치증대

◦ Simulation Test-bed 기술을 활용한 설계 및 운영계획 사전 검토와 운영 중 민원발생과 유지보수비용 최소화

◦ 이해당사자 및 전문가 VOC 청취를 통해 지역특성에 적합한 Simulation Test-bed를 수행하여 사회적 갈등 해소

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 4년

◦ 총 연구비 : 2,000백만원 이내

8. 기타

나. 4- 2세세부과제

4- 2세세부과제명	도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발
1. 연구목표	
	◦ 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구 개발 ◦ LCC/LCA 기법을 이용한 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발 ◦ 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산정 기술 개발 ◦ 제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향	
□ 연구개발 필요성	◦ 도시 지하방수로 사업의 성공적 수행을 위해서는 지역 간 이해관계, 예산분배, 신뢰성, 환경성, 운영 연계성 등 서로 상충되는 여러 사회, 경제, 정책적 문제를 효과적으로 고려하여 평가할 수 있는 기준의 도출이 우선되어야 하며, 기준의 적합성과 중요도를 산정할 수 있는 전문가의 설문조사 및 AHP 기법을 활용한 객관적인 평가기법의 개발이 필요함. ◦ 공공재적 특성을 가진 도시 지하방수로 사업 시행 시 다양한 stakeholder의 동의를 얻을 수 있는 지하방수로 최적 대안 선정을 위해서는 사업의 총비용과 잠재적 환경영향 등을 통합 가치분석하는 경제성 평가와 더불어 지하방수로 시공 중 발생할 수 있는 민원문제 등과 시공완료 후 예상되는 잠재적인 지역발전 기여, 스마트 그리드 구축과 같은 운영 연계성 등의 정성적 요소를 통합 분석할 수 있는 도시 지하방수로 사업에 적합한 MCA, MCDM 통합분석 기술개발이 필요함.
□ 기술개발 동향	◦ 한국개발연구원은 예비타당성조사를 위하여 공학적, 경제적, 정책적 분석과 같은 평가기준을 통한 의사결정이 수행되어야하며, 이러한 다양한 기준을 정량화하는 과정에서 가장 적합한 기법으로 AHP를 선택하였고, 건설교통부는 '치수사업 대안선정을 위한 의사결정 방안 연구'에서 AHP기법을 이용하여 평가기준별 가중치를 산정하고, 속성별 효용함수를 적용하여 대안의 우선순위를 결정하는 모형을 제시함. ◦ 하지만 전문가 설문조사 및 AHP 기법을 적용한 도시지하방수로 사업에서의 사업추진 시 고려되어야 하는 평가기준 선정 및 중요도 산정에 관한 기술은 미흡한 수준임.

◦ 미국 육군 공병단(USACE)에서는 다양한 수공구조물의 건설 및 시설물의 성능 향상시 다양한 대안의 도출과 제약조건을 분석하는 작업을 실시하고 있음.

◦ 일본의 국토교통성에서는 도시홍수저감을 위한 방류시설,침투시설,저류시설. 지하하천 등에 대한 종합적인 검토를 시행한 후 시설물의 설계 및 시공을 실시하고 있음.

◦ 미국 Utah 대학 연구팀에서는 기존 및 신설 수공구조물의 성능개선을 위해 서 경제성분석과 다기준의사결정법을 조합한 Risk 기반의 알고리듬을 개발 하여 미국 및 호주 등지에 작용하고 있음

◦ 미국 미시시피 대학 연구팀에서는 홍수피해 저감을 위한 다양한 분석을 위해 서 다기준의사결정법을 Spatial Compromise 기법에 의해 제시하였고, 이를 실제유역에 대해 적용하였음.

◦ Malaysia SMART 터널의 경우 철저한 종합적인 영향평가와 효과분석을 통하여 체계적인 지하방수로 운영을 실시하고 있음.

3. 연구개발 내용

◦ 도시 지하방수로 사업타당성평가 기술 개발

- 도시침수 특성을 고려한 고해상도 홍수피해 예측 가이드라인 제시
- 공공재적 특성을 고려한 적합성 및 편익 평가분석 도구 개발
- LCC/LCA 기법을 이용한 지하방수로의 통합 경제성 평가 시스템 개발
- 도시 지하방수로 대안 제시 및 평가기준의 도출, 중요도 산정기술 개발
- 도시 지하방수로 최적대안 선정에 대한 Fuzzy MCA 분석 도구 제시
- 제적 평가와 연계한 MCDM 의사결정모형 개발

4. 연구개발 추진방법

◦ 대학, 연구기관, 설계업체 등 관련 연구자와 기술자가 공동으로 참여하는 산학연 연구단 형태로 국내 자체 개발 실시

◦ 학계 및 연구기관을 중심으로 테스트베드의 운영을 위한 시공사가 참여하는 조직 구성. 특히, 테스트베드를 통한 원활한 연구성과 검증을 위해 관계기관과의 유기적인 협력관계를 유지하도록 조직 운.

◦ 관련 기술력과 경험을 보유하고 있는 해외 전문 기업 및 기관과의 협력 체계 구축 및 기술 자문을 적극적으로 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

◦ 도시 지하방수로 통합 경제성 평가 시스템

◦ MCA 및 MCDM 기법을 활용한 최적대안 선정 절차 종합 지침서

6. 기대효과 및 파급효과

◦ 통합 경제성 분석 및 중요도 산정기술을 토대로 한 최적대안 선정 및 적합성 분석기법을 이용하여 도시 지하방수로 사업의 효과 극대화

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간 : 5년

◦ 총 연구비 : 1,000백만원 이내

8. 기타

다. 4- 3세세부과제

4- 3세세부과제명	도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법제도 개선

1. 연구목표

- 도시지하방수로 관련 법 제도 개선방안 제시
- 치수관련 법 제도 개선에 따른 효과 분석

2. 연구개발 필요성

□ 연구개발 필요성

- 수재해 방재관련 선진국에서는 도시침수의 근본적인 해결을 위하여 도시지하방수로를 적극적으로 설치□운영하고 있는 실정이며, 최근 국내에서도 치수사업 계획 시 지하방수로 시설의 도입이 고려되고 있으나 도시지하방수로 설계/운영 관련 법□제도는 다면적으로 분석되고 개선안이 도출되어야 하는 실정임.
- 도시 지하방수로와 같이 자산밀집도가 높고 지역 간의 이해관계 대립, 예산분배 문제 등 다양한 문제가 복합적으로 상충되는 사업에 대하여 우선적으로 건설/운영에 대한 법제도의 분석 및 개선을 통해 향후 발생할 수 있는 민원문제 등을 원만히 해결할 수 있는 법적인 틀을 사전에 구축해야 함.

3. 연구개발 내용

- 도시 지하방수로 설계/운영 관련 국내·외 법·제도 비교분석
- 현행 도시 지하방수로 설계/운영을 위한 법·제도의 문제점 도출
- 도시 지하방수로 설계/운영 관련 법·제도 개선안 도출
- 법·제도 개선에 따른 효과분석
- 개선된 도시 지하방수로 설계/운영 관련 법·제도 도입방안 제시

4. 연구개발 추진방법

- 국내 실정을 고려한 법·제도 개선안 제시 및 효과분석
- 수자원 사업에 대한 설계/시공 전문가뿐만 아니라 사회·경제 및 법·제도 분석 전문가와의 긴밀한 협조
- 국외 선진국의 법·제도에 대한 상세한 조사 및 분석

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물
- 도시지하방수로 관련 법 제도 개선방안
- 치수관련 법 제도 개선에 따른 효과분석 보고서

6. 기대효과 및 파급효과

- 제안된 법제도 개선안 도입을 통해 개발기술 적용의 근거마련 및 직접비용 저감효과
- 효과적인 지하공간 활용을 통해 한정된 공간의 효과적인 활용으로 사회적 갈등 해소
- 안정적 도시 지하방수로 설계 및 시공기술 확보를 통한 도시 침수 방어기술 완성하여 국가신임도 향상과 안정적 경제 기반 확보
- 법제도 개선안을 통해 개발되는 요소기술의 적용 및 향후 발생할 수 있는 이해당사자간의 대립을 원만히 해결할 수 있는 근거를 마련

7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 3년
- 총 연구비 : 500백만원 이내

8. 기타

제 2 절 평가기준 설정

기준항목	세부항목
연구개발목표 (10점)	최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성 및 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)

참고문헌

경기개발연구원(2011) 도심형 빗물저류공간 조성을 위한 기초연구.

경향신문(2012) 서울 구로·금천구, 홍수에 취약… 강남·마포구보다 110배나 위험, 경향신문.

관계부처합동(2012) 제2차 비점오염원관리 종합대책('12~'20).

국립환경과학원(2010) 전국오염부하량 산정 및 전망

국무총리실, 농림수산식품부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부, 소방방재청, 농촌진흥청, 산림청(2012) 제2차 비점오염원관리 종합대책.

국토교통부(2013a) 2040 국토교통미래기술예측조사.

국토교통부(2013b) 2013 국토교통 R&D 동향조사.

국토해양부(2012) 2013 ~ 2017 건설교통 R&D 중장기 계획.

국토해양부(2012) 2013~2017 건설교통 R&D 중장기계획.

권오현(2012) 기후변화에 대응한 건설산업의 역할 모색과 과제, 한국건설산업연구원.

김병식(2009) 미래의 기후변화에 따른 홍수대응 방안

김상준, 이양주(2011) "천사의 선택을 위한 장마철 홍수대책", 경기개발연구원.

김석구, 이병철(2006) "도시지역 비점오염원 관리 현황", 대한토목학회지, 제54권, 제8호, pp. 129-136.

김영란(2012) 도시화가 물순환에 미치는 영향과 서울시 현황, 워터저널, 제97호, pp.27-31.

김영란(2012) 도시화가 물순환에 미치는 영향과 서울시 현황, 2012 물순환 도시포럼 발표자료.

김창완, 이동섭(2005) "도시지역의 홍수피해 경감을 위한 방수로의 필요성", 대한토목학회지, 제53권, 제9호, pp. 43-49.

뉴스와이어(2013) 건설협회, '글로벌 톱 5 도시를 향한 서울시의 인프라 투자 방향 세미나' 개최, 뉴스와이어.

박성순, 권은미(2009) "도심하천 수생태계 복원을 위한 효율적인 비점오염물질 처리기술", 한국하천협회지, 제5권, 제4호, pp. 126-134.

배재현(2012) 기후변화에 따른 도시홍수와 방재대책, 국회입법조사처.

밴쿠버 조선일보(2013) 홍수에 몸살 앓는 앨버타주… 한인 피해 발생, 벤쿠버 조선일보.

서울시립대학교(2013) 내외수를 연계한 도시 내배수 시스템 선진화 연구, 국토해양부.

서울특별시(2009) 2020서울특별시하수도정비기본계획.

서울특별시(2011) 2011~2015년 중기지방재정계획.
서울특별시(2012) 신월 빗물저류배수시설 등 방재시설 확충공사 기본계획.
서울특별시(2013) 빗물관리 기본계획(보완).
심우배(2006) "대형화되는 도시홍수! 어떻게 대응할 것인가?", 한국수자원학회지, 제39권, 제9호, pp. 59-64.
이상만, 김지호(2011) "기후변화를 고려한 기존도시 홍수처리대책에 대한 고찰(지하방수로 및 도시물순환을 중심으로)", 한국수자원학회지, 제44권, 제9호, pp. 124-131.
정만태(2012) 물산업 기초분석, 지역발전연구센터.
정상훈, 윤성필 (2013) "최근 국내외 대심도 지하공간 개발 사례 및 전망", 쌍용건설 기술연구소, 제69권, pp. 28-43.
청주시(2013) 2013년 주요업무 시행계획, 청주시.
해외경제연구소(2011) "태국 홍수의 정치·경제적 영향 분석", 해외경제연구소 국별조사실.
환경관리공단(2004) 도심지 합류식 하수관거 월류수 및 분류식 우수관거 우수유출 오염부하 기초조사 연구
환경부(2007) 합류식하수도월류수(CSOs) 오염부하 저감시설설치 타당성 조사용역.
환경부(2011a) 물재이용 기본계획(2011~2020).
환경부(2011b) 생명을 위한 물.
환경부(2012) 제2차 비점오염원관리 종합대책(2012~2020).
환경부(2013) 2013.10.7. 보도자료.
Jha, A.K., Bloch, R., Lamond, J.(2011). Cities and flooding, The World Bank, Washington, D.C., pp. 19-30.
Lien, T.B.(2009) "Paper for meeting on innovative strategies towards flood resilient cities in Asia-Pacific", Bangkok.
OECD(2006) Infrastructure to 2030, OECD.
Smalley, R.E.(2003) "Top ten problems of humanity for next 50 years", Woodrow Wilson Institute, Washington, D.C.
Tian, F., Ni, G.(2013) "Real-time flood forecasting and efficient use for sound water cycle in densely populated urban area", 7th UN-CERAR International Conference on Leadership in Sustainability.
Ziegler(2012) "Water management: reduce urban flood vulnerability", Nature, Vol. 481, pp. 145.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.