

대하천 수량-수질-생태를 고려한 수리시설물 최적 운영기술 개발 기획 최종보고서

2016 . 4.

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국수자원공사
공동연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "대하천 수량-수질-생태를 고려한 수리시설물 최적 운영기술 개발 기획연구" 과제의 보고서로 제출합니다.

2016. 4.

주관연구기관명 : K-water

주관연구책임자 : 김동섭

연구원 : 황만하, 신강욱, 김호준,
최광순, 이을래, 이승윤,
장수형, 이혜숙,
박정수, 김진원

공동연구기관명 : (주)날리지웍스

공동연구책임자 : 류형근

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2014.12.29. ~ 2015.8.28.	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연 구 사 업 명	국토교통연구기획사업				
연 구 과 제 명	최 상 위 과 제 명	대하천 수량-수질-생태를 고려한 수리시설물 최적 운영기술 개발			
	단위과제명	(공동)대하천 수리시설물 운영 기술기획 가이드 및 기술수요조사			
연 구 책 임 자	김동섭	총연구기간 참 여 연구원수	총 : 11명 내부 : 11명 외부 : 명	총연구비	정부 : 90,000천원 기업 : 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	K-water (K-water연구원)		참여기업명	(주)날리지웍스	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	228p
• 대하천은 국가차원에서 매우 중요한 수자원이며, 물리적 환경변화에 따라 수 질·생태 분야에 변화가 나타나고 있으므로 이를 종합적으로 관리할 수 있는 기술개발이 필요함 • 이에, 대하천 수리구조물에 의한 종·횡적 물리구조 및 생태계 변화를 평가· 예측하여 수리구조물의 최적 운영기술 개발 전략을 제시하고자 함 • 본 기획연구 범위내에서의 기술분류체계를 기반으로 기술수요조사, 기술수준 및 예측조사, 후보과제 우선순위 평가 등 정량적인 평가 및 정성적인 전문가 기획위원회의를 통하여 연구단 운영과제 외에 5개 과제를 도출함 • 연구개발 시급성과 현장 활용성을 고려하여 예산은 정부출연금 215억원, 기간 은 총 8.5년 3단계로 구성하고 2개의 추진체계(안)을 제시하였음 • 1단계 이후 단계별 추진초기에 3개월 이내 재기획을 통하여 기술개발의 장기 적인 측면과 측면과 연구의 중복성과 활용성을 고려하고자 하였음					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	대하천, 수량-수질-생태, 수리구조물, 최적운영, 실용화			
	영 어	Major River, Water Quantity-Water Quality-Ecosystem, Hydraulic Structure, Optimal Operation, Practical Use			

요 약 문

I. 제목

- ☐ 대하천 수량-수질-생태를 고려한 수리시설물 최적 운영기술 개발 기획

II. 기획연구 필요성 및 목적

- ☐ 국가하천인 대하천의 수질 및 생태를 고려하여 중장기적인 수리구조물의 운영기술 고도화 및 통합관리 기술개발 기획
 - 대하천의 수리구조물 운영기반의 수생태계 건전성 증진을 위한 통합관리 기술개발 분야 도출, 기술개발 체계 및 추진계획 제시

III. 연구내용 및 범위

- ☐ 연구목표, 세부내용 및 추진전략 수립
 - 기술개발 추진방안, 연구성과 달성방안 및 계획수립
 - 단계별/ 연차별 연구 세부내용 및 목표 제시
 - 연구목표 제시 및 정량화
 - 사전타당성 검토
- ☐ 기술개발 제안서(RFP) 도출
 - 주요 연구과제 도출 및 기술개발 목표 설정
 - 연구개발 세부내용, 추진전략 및 수행방법 도출
 - 연구성과 평가항목, 활용방안 및 기대효과 제시

IV. 기획연구 수행내용 및 결과

- ☐ 추진방향 및 수행과정
 - 연구/시장/정책 동향조사, 기술수요조사 및 기술예측·수준조사를 통한 기술개발 범위 설정
 - 기 추진수행과제 및 부처간 업무의 중복성과 연계성 검토를 통한 우선순위 과제 도출

- 산학연 전문가 기획위원 및 기획타당성 검토위원회 의견수렴을 통한 핵심기술 및 추진방향 수립

□ 기술개발 과제 및 세부내용 도출

- (1과제) 대하천 하도관리기술 고도화
 - 수운영 자료 분석 및 수량계열 제시
 - 고정도 하도변화 모니터링 기술개발
 - 하도변화 예측모형 고도화 및 하도변화 평가
- (2과제) 대하천 건전성 훼손대응 기술개발
 - 대하천 건전성 훼손 평가 및 관리 기술개발
 - 건전성 훼손요인 규명 및 수리구조물 운영을 통한 제어기술개발
 - 건전성 훼손 사전예방 및 관리체계 구축
- (3과제) 대하천 수생태계 건전성 확보 기술개발
 - 생태계 생물폐사 사고 원인규명 기법 및 관리기술 개발
 - 생물 서식공간 확보 및 생태 건전성 유지 기술 개발
- (4과제) 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발
 - 대하천 하천공간-수질-생태 연계 모니터링 체계 구축
 - 수생태 기반 물정보 연계활용 플랫폼 구축 및 활용시스템 개발
 - 수질 및 생태 기반의 수운영 의사결정구조 개발
- (5과제) 대하천 어도 기능 고도화 기술개발
 - 어도 기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술개발
 - 극한 기상 대응 어도기술 개발
 - 국내 어류 적용형 원격자동 모니터링 기술개발
 - 어류 서식처의 연속성 및 이동성 평가 기술개발
- (연구단 운영)
 - Test-bed 운영 기획
 - 대하천 스마트 운영관리기술의 확산 및 인식증진

□ 연구수행 추진계획(안)

- 기획 프로세스를 통한 연구 구성(안)의 기획타당성 검토의견, 과제 구성(안)에 대한 내외부 전문가 검토의견 등을 반영하여 2개 안으로 제시하였음
- 단계별 재기획 수행을 통하여 대하천 관리와 관련된 정책, 연구 및 기 성과 활용방안이 포함될 수 있도록 함

구 분	1 안	2 안
요 약	○ 과제 : 5개 과제, 연구단 운영 ○ 기간 : 총 8.5년, 3단계 (단계별 재기획) ○ 예산 : 정부출연금 215억	○ 과제 : 중심 우선과제 1단계 추진 ○ 기간 : 총 8.5년, 3단계 (단계별 재기획) ○ 예산 : 우선과제 정부출연금 85억(총215억)
추진내용	○ (1과제) 하도변화 예측 고도화 및 모니터링 고정도 기술 개발 ○ (2과제) 건전성 훼손 대응 기술 ○ (3과제) 생물서식공간 확보 및 생물폐사 관리 기술개발 ○ (4과제) 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계 확립 및 수운영 의사결정구조 개발 ○ (5과제) 어도기능 고도화 기술 ○ (연구단) Test-bed 기획, 개발기술의 확산 및 인식 증진	○ (연구단) - 어도기능 개선 및 운영 고도화 - 생물(어도) 서식공간 확보 기술 개발 - 수운영(어도) 현황 분석 - 연구성과 및 개발기술 확산 ○ (2단계 이후 조건부 추진) : 대하천 운영 관련 연구결과 반영 - 하도변화 예측 고도화 및 고정도 모니터링 - 건전성 훼손대응 및 생물폐사 관리기술 - 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계확립 및 수운영 의사결정구조 개발

V. 연구성과 활용계획

- 기획연구 내용 및 결과는 본과제 RFP 및 기술개발 추진시 활용

목 차

1장. 개요	1
1절. 기획 과제 정의 및 범위	1
1. 기획 과제의 정의 및 필요성	1
가. 기획 과제의 정의	1
나. 과제 추진의 배경 및 필요성	1
2. 기획 과제의 범위	2
가. 기획 과제 목표	2
나. 주요 기획 내용	3
다. 기획연구 내용 개념도	4
2절. 기술분류 및 내용	5
1. 기술분류체계도	5
2. 기술분류별 기술내용	7
가. (대분류 1) 하천환경 적응관리 분야	7
나. (대분류 2) 공공수역 건전성 확보 기술 분야	8
다. (대분류 3) 하천 연속성 확보 기술 분야	9
라. (대분류 4) 정보 통합관리 및 운영기술 분야	10
2장. 동향조사 및 환경분석	11
1절. 국내외 정책동향	11
1. 국외 정책동향	11
2. 국내 정책동향	15
2절. 국내외 시장현황 및 전망	21
1. 국외 시장현황 및 전망	21

2. 국내 시장현황 및 전망	25
3절. 국내외 기술동향	26
1. 국외 기술동향	26
2. 국내 기술동향	29
3. 특허분석	32
가. 특허 조사방법	32
나. 특허 정량분석	33
4. 논문분석	34
가. 논문 조사방법	34
나. 논문 정량분석	35
4절. 연구개발 인프라 분석	37
1. 실험장비 및 관련 기자재 인프라	37
2. 해외 협력기관 인프라	37
 3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사	 40
1절. 기술수요조사	40
1. 개요	40
2. 기술수요조사 분석결과	42
2절. 기술수준 및 예측조사	44
1. 개요	44
2. 기술예측 및 수준조사 분석결과	50
가. 국내·외 기술 실현시기	50
나. 기술수준 및 기술격차	58
다. 기술성숙도(TRL)	77
라. 최고기술보유국	91
마. 기술기반(인프라) 성숙도	96
바. 기술획득 방식	106

사. 정부우선 시행방안	112
아. 기술수준-중요도 포트폴리오 분석	119
자. 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석	124
차. 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석	129
카. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석	134

4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 139

1절. SWOT / Issue-Tree 분석 139

1. SWOT 분석	139
가. 내외부 요인 분석	139
나. 포지션별 전략 수립	140
2. Issue-Tree 분석	142
가. 정책 · 기술 · 시장 동향 핵심 Keyword	142
나. 핵심이슈 및 R&D Needs	145

2절. 비전 및 목표 146

1. 비전 및 목표	146
2. 단계별 목표	146

3절. 중점추진분야 147

1. 개요	147
-------------	-----

4절. 연구개발과제 구성 147

1. 후보과제 Pool 구성	147
가. 후보과제 Pool 구성 방법	147
나. 후보과제 Pool 중복성 · 유사성 · 위계 검토	148
다. 후보과제 Pool list	150
2. 후보과제 우선순위 평가	152
가. 우선순위 평가 목적	152
나. 우선순위 평가 절차	152
다. 우선순위평가서 발송 및 응답개요	153

라. 우선순위평가 항목 설정	153
3. 후보과제 우선순위 평가결과	156
가. 하천환경변화 적응관리 기술	156
나. 대하천 건전성 확보기술	156
다. 대하천 연속성 확보 및 고도화기술	157
라. 연계모니터링 체계 구축 및 의사결정기술	157
4. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표	158
가. 개요	158
나. 핵심기술요소 도출 및 기술성숙도 평가	159
5. 연구개발 추진과제	160
가. (중점추진분야 1) 대하천 안정적인 수생태계 건전성 증진기술 개발	160
나. (중점추진분야 2) 대하천 생태기반 수리구조물의 스마트 운영기술 개발	160
5절. 과제별 주요내용 및 추진전략	162
1. (중점추진분야 1) 대하천 안정적인 수생태계 증진기술 개발	162
가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용	162
나. 주요 세부기술 및 요소기술	162
2. (중점추진분야 2) 대하천 생태기반의 수리구조물 스마트 운영기술 개발	163
가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용	163
나. 주요 세부기술 및 요소기술	163
6절. 과제 간 연계관계	164
1. 연구수행체계	164
2. 과제간 연계관계	165
7절. 과제별·연차별 기술로드맵	166
1. 과제별 로드맵	166
가. (1과제) 대하천 하도관리 기술 고도화	166
나. (2과제) 대하천 건전성 훼손 대응기술 개발	167
다. (3과제) 대하천 수생태계 건전성 확보 기술개발	168
라. (4과제) 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발	169
마. (5과제) 대하천 어도 기능 고도화 기술개발	170

바. 연구단 운영과제	171
8절. 성과의 활용방안 및 성과지표	172
1. 과제별 예상 성과물 (요약)	172
2. 최종성과물 측정지표	173
9절. 연구수행체계 제안	175
1. 연구수행 추진계획(안)	175
 5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정	 176
1절. 연구일정에 따른 인력계획	176
2절. 소요예산 산정	178
 6장. 사전타당성 검토	 179
1절. 정책적 타당성	179
1. 국가전략의 중요성	179
2. 상위계획 부합성	179
3. 정책적 추진의지	180
2절. 기술적 타당성	180
1. 기술개발 계획의 적절성	180
2. 기술수준 및 성공가능성	181
3. 기존 사업과의 중복성	181
3절. 경제적 타당성	182
1. 경제성 분석	182
2. 파급효과	183

7장. 과제 제안요구서 작성 184

1절. 과제 제안요구서(RFP) 184

1. 총괄 제안요구서(RFP) 1안 184

2. 총괄 제안요구서(RFP) 2안 190

3. 과제별 제안요구서(RFP) 196

표 목 차

<표 1-2-1> 하천환경 적응관리 분야 중분류 기술내용	7
<표 1-2-2> 하천환경 적응관리 분야 소분류 기술내용	7
<표 1-2-3> 공공수역 건전성 확보기술 분야 중분류 기술내용	8
<표 1-2-4> 공공수역 건전성 확보기술 분야 소분류 기술내용	8
<표 1-2-5> 공공수역 건전성 확보기술 분야 중분류 기술내용	9
<표 1-2-6> 하천 연속성 확보기술 분야 소분류 기술내용	9
<표 1-2-7> 정보 통합관리 및 운영기술 분야 중분류 기술내용	10
<표 1-2-8> 정보 통합관리 및 운영기술 분야 소분류 기술내용	10
<표 3-1-1> 기술수요조사 발송 및 응답개요	41
<표 3-1-2> 기술분야별 기술아이템	42
<표 3-2-1> 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요	45
<표 3-2-2> 기술수준/예측조사의 기술수준 평가 기준	46
<표 3-2-3> 기술수준/예측조사의 기술격차추세 평가 기준	46
<표 3-2-4> 기술수준/예측조사의 기술성숙도(TRL) 평가 기준	47
<표 3-2-5> 기술수준/예측조사의 기술기반 성숙도 평가 기준	47
<표 3-2-6> 기술수준/예측조사의 기술 핵심성 평가 기준	48
<표 3-2-7> 기술수준/예측조사의 시급성 평가 기준	48
<표 3-2-8> 기술수준/예측조사의 과학기술적 파급효과 평가 기준	48
<표 3-2-9> 기술수준/예측조사의 기술획득방식 조사 항목	49
<표 3-2-10> 기술수준/예측조사의 정부우선시행방안 조사 항목	49
<표 3-2-11> 하천환경 적응관리 기술의 기술실현시기	52
<표 3-2-12> 공공수역 건전성 확보기술의 기술실현시기	54
<표 3-2-13> 하천 연속성 확보기술의 기술실현시기	56
<표 3-2-14> 정보 통합관리 및 운영기술의 기술실현시기	57
<표 3-2-15> 하천환경 적응관리 기술의 최고기술보유국 조사결과	92
<표 3-2-16> 공공수역 건전성 확보기술의 최고기술보유국 조사결과	93
<표 3-2-17> 하천 연속성 확보기술의 최고기술보유국 조사결과	94
<표 3-2-18> 정보 통합관리 및 운영기술의 최고기술보유국 조사결과	95
<표 3-2-19> 수질 및 생태를 고려한 대한천 수리구조물 최적 운영기술의 기술획득 방식 조사결과	106
<표 3-2-20> 하천환경 적응관리 기술의 기술획득 방식 조사결과	107
<표 3-2-21> 공공수역 건전성 확보기술의 기술획득 방식 조사결과	109

<표 3-2-22> 하천 연속성 확보기술의 기술획득 방식 조사결과	110
<표 3-2-23> 정보 통합관리 및 운영기술의 기술획득 방식 조사결과	111
<표 3-2-24> 하천환경 적응관리 기술의 정부우선 시행방안 조사결과	113
<표 3-2-25> 공공수역 건전성 확보기술의 정부우선 시행방안 조사결과	115
<표 3-2-26> 하천 연속성 확보기술의 정부우선 시행방안 조사결과	116
<표 3-2-27> 정보 통합관리 및 운영기술의 정부우선 시행방안 조사결과	117
<표 4-4-1> 우선순위평가서 발송 및 응답개요	153

그 림 목 차

[그림 1-1-1] 기획연구 목표 달성을 위한 과정도	3
[그림 1-1-2] 기획연구 내용 개념도	4
[그림 2-3-1] 특허분석 프로세스	32
[그림 2-3-2] 최근10년 기획연구관련 특허건수 변화	33
[그림 2-3-3] 최근10년 기획연구관련 특허의 분야별 현황	33
[그림 2-3-4] 논문분석 프로세스	34
[그림 2-3-5] 최근10년 기획연구관련 논문건수 변화	35
[그림 2-3-6] 최근10년 기획연구관련 논문의 분야별 현황	35
[그림 2-3-7] 대분류 분야의 국가별 논문 현황	36
[그림 3-1-1] 기술수요조사 프로세스	41
[그림 3-1-2] 기술분야별 기술수요조사 회신결과	42
[그림 3-2-1] 기술수준/예측조사 프로세스	45
[그림 3-2-2] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 실현시기 빈도	51
[그림 3-2-3] 하천환경 적응관리 기술의 실현시기 빈도	52
[그림 3-2-4] 공공수역 건전성 확보기술의 실현시기 빈도	54
[그림 3-2-5] 하천 연속성 확보기술의 실현시기 빈도	55
[그림 3-2-6] 정보 통합관리 및 운영기술의 실현시기 빈도	57
[그림 3-2-7] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술수준 및 기술격차	58
[그림 3-2-8] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술격차 추세	58
[그림 3-2-9] 하천환경 적응관리 기술의 기술수준 및 기술격차	59
[그림 3-2-10] 하천환경 적응관리 기술의 기술격차 추세	59
[그림 3-2-11] 최적 수량관리기술의 기술수준 및 기술격차	60
[그림 3-2-12] 최적 수량관리기술의 기술격차 추세	60
[그림 3-2-13] 유지유량 산정기술의 기술수준 및 기술격차	61
[그림 3-2-14] 유지유량 산정기술의 기술격차 추세	61
[그림 3-2-15] 하도 관리기술의 기술수준 및 기술격차	62
[그림 3-2-16] 하도 관리기술의 기술격차 추세	62
[그림 3-2-17] 유사 관리기술의 기술수준 및 기술격차	63
[그림 3-2-18] 유사 관리기술의 기술격차 추세	63
[그림 3-2-19] 공공수역 건전성 확보기술의 기술수준 및 기술격차	64
[그림 3-2-20] 공공수역 건전성 확보기술의 기술격차 추세	64

[그림 3-2-21] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술수준 및 기술격차	65
[그림 3-2-22] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술격차 추세	65
[그림 3-2-23] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술수준 및 기술격차	66
[그림 3-2-24] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술격차 추세	66
[그림 3-2-25] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술수준 및 기술격차	67
[그림 3-2-26] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술격차 추세	67
[그림 3-2-27] 하천 연속성 확보기술의 기술수준 및 기술격차	68
[그림 3-2-28] 하천 연속성 확보기술의 기술격차 추세	68
[그림 3-2-29] 수리구조물에서의 종적 이동성 의 기술수준 및 기술격차	69
[그림 3-2-30] 수리구조물에서의 종적 이동성 의 기술격차 추세	69
[그림 3-2-31] 수변공간 횡적 연속성의 기술수준 및 기술격차	70
[그림 3-2-32] 수변공간 횡적 연속성의 기술격차 추세	70
[그림 3-2-33] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술수준 및 기술격차	71
[그림 3-2-34] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술격차 추세	71
[그림 3-2-35] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술수준 및 기술격차	72
[그림 3-2-36] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술격차 추세	72
[그림 3-2-37] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술수준 및 기술격차	73
[그림 3-2-38] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술격차 추세	73
[그림 3-2-39] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술수준 및 기술격차	74
[그림 3-2-40] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술격차 추세	74
[그림 3-2-41] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술수준 및 기술격차	75
[그림 3-2-42] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술격차 추세	75
[그림 3-2-43] 기술 확산 및 인식증진의 기술수준 및 기술격차	76
[그림 3-2-44] 기술 확산 및 인식증진의 기술격차 추세	76
[그림 3-2-45] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술성숙도	77
[그림 3-2-46] 하천환경 적응관리 기술의 기술성숙도	78
[그림 3-2-47] 최적 수량관리기술의 기술성숙도	79
[그림 3-2-48] 유지유량 산정기술의 기술성숙도	79
[그림 3-2-49] 하도 관리기술의 기술성숙도	80
[그림 3-2-50] 유사 관리기술의 기술성숙도	81
[그림 3-2-51] 공공수역 건전성 확보기술의 기술성숙도	82
[그림 3-2-52] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술성숙도	82
[그림 3-2-53] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술성숙도	83
[그림 3-2-54] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술성숙도	84

[그림 3-2-55] 하천 연속성 확보기술의 기술성숙도	85
[그림 3-2-56] 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술성숙도	85
[그림 3-2-57] 수변공간 횡적 연속성의 기술성숙도	86
[그림 3-2-58] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술성숙도	87
[그림 3-2-59] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술성숙도	88
[그림 3-2-60] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술성숙도	88
[그림 3-2-61] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술성숙도	89
[그림 3-2-62] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술성숙도	90
[그림 3-2-63] 기술 확산 및 인식증진의 기술성숙도	90
[그림 3-2-64] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 최고기술보유국 비중	91
[그림 3-2-65] 하천환경 적응관리 기술의 최고기술보유국 비중	91
[그림 3-2-66] 공공수역 건전성 확보기술의 최고기술보유국 비중	92
[그림 3-2-67] 하천 연속성 확보기술의 최고기술보유국 비중	93
[그림 3-2-68] 정보 통합관리 및 운영기술의 최고기술보유국 비중	94
[그림 3-2-69] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술기반 성숙도	96
[그림 3-2-70] 하천환경 적응관리 기술의 기술기반 성숙도	96
[그림 3-2-71] 최적 수량관리기술의 기술기반 성숙도	97
[그림 3-2-72] 유지유량 산정기술의 기술기반 성숙도	97
[그림 3-2-73] 하도 관리기술의 기술기반 성숙도	98
[그림 3-2-74] 유사 관리기술의 기술기반 성숙도	98
[그림 3-2-75] 공공수역 건전성 확보기술의 기술기반 성숙도	99
[그림 3-2-76] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술기반 성숙도	99
[그림 3-2-77] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술기반 성숙도	100
[그림 3-2-78] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술기반 성숙도	100
[그림 3-2-79] 하천 연속성 확보기술의 기술기반 성숙도	101
[그림 3-2-80] 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술기반 성숙도	101
[그림 3-2-81] 수변공간 횡적 연속성의 기술기반 성숙도	102
[그림 3-2-82] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술기반 성숙도	102
[그림 3-2-83] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술기반 성숙도	103
[그림 3-2-84] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술기반 성숙도	103
[그림 3-2-85] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술기반 성숙도	104
[그림 3-2-86] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술기반 성숙도	104
[그림 3-2-87] 기술 확산 및 인식증진의 기술기반 성숙도	105
[그림 3-2-88] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술획득 방식 비중	106

[그림 3-2-89] 하천환경 적응관리 기술의 기술획득 방식 비중	107
[그림 3-2-90] 공공수역 건전성 확보기술의 기술획득 방식 비중	108
[그림 3-2-91] 하천 연속성 확보기술의 기술획득 방식 비중	110
[그림 3-2-92] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술획득 방식 비중	111
[그림 3-2-93] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 정부우선 시행방안 비중	112
[그림 3-2-94] 하천환경 적응관리 기술의 정부우선 시행방안 비중	113
[그림 3-2-95] 공공수역 건전성 확보기술의 정부우선 시행방안 비중	114
[그림 3-2-96] 하천 연속성 확보기술의 정부우선 시행방안 비중	116
[그림 3-2-97] 정보 통합관리 및 운영기술의 정부우선 시행방안 비중	117
[그림 3-2-98] 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분	119
[그림 3-2-99] 하천환경 적응관리 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오	120
[그림 3-2-100] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오	121
[그림 3-2-101] 하천 연속성 확보기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오	122
[그림 3-2-102] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오	123
[그림 3-2-103] 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분	124
[그림 3-2-104] 하천환경 적응관리 기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	125
[그림 3-2-105] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	126
[그림 3-2-106] 하천 연속성 확보기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	127
[그림 3-2-107] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오	128
[그림 3-2-108] 기술격차-기술수준 포트폴리오 영역구분	129
[그림 3-2-109] 하천환경 적응관리 기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오	130
[그림 3-2-110] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오	131
[그림 3-2-111] 하천 연속성 확보기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오	132
[그림 3-2-112] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오	133
[그림 3-2-113] 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분	134
[그림 3-2-114] 하천환경 적응관리 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	135
[그림 3-2-115] 공공수역 건전성 확보 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	136
[그림 3-2-116] 하천 연속성 확보기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	137
[그림 3-2-117] 정보 통합관리 및 운영기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오	138
[그림 4-4-1] 우선순위평가 프로세스	153
[그림 4-4-2] ‘하천환경 적응관리 기술’분야 우선순위 평가결과	156
[그림 4-4-3] ‘대하천 건전성 확보기술’분야 우선순위 평가결과	156
[그림 4-4-4] ‘대하천 연속성 확보 및 고도화기술’분야 우선순위 평가결과	157
[그림 4-4-5] ‘연계모니터링 체계 구축 및 의사결정기술’분야 우선순위 평가결과	157



주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.

1장. 개요

1절. 기획 과제 정의 및 범위

1. 기획 과제의 정의 및 필요성

가. 기획 과제의 정의

- ☐ 대하천의 하천환경 변화 예측, 적응 및 개선을 위한 기술개발 기획
 - 물리적 환경변화에 의한 하천의 수량, 하도 및 유사량 등의 정량·정성적 변화 특성을 분석하여 대하천의 최적 수량관리 기술개발
 - 수리구조물 운영에 따른 상하류 유사 변화특성을 분석하여 상류의 퇴사 및 하류의 서식처와 관련된 하도지형 변화로 인한 수생태계 영향을 저감·개선에 필요한 종합적인 하도, 유사관리 기술
- ☐ 수리구조물 최적운동을 통한 대하천의 생태계 건전성 확보·유지관리 및 연속성 확보를 위한 기술개발 기획
 - 수리구조물 운영을 통한 대하천 생태환경 변화에 대응하여 건전성을 증진·유지관리가 가능하고 수량 및 하도관리와 서식처 확보방안을 상호 연계한 관리기술 개발
 - 하천 연속성을 기반으로 대하천 주변 및 유역의 인문생태학적 특성을 반영한 횡적연속성 평가기법을 개발하고 생태서비스 증진을 위한 기술개발
- ☐ 대하천 관리를 위한 정보의 연계성 및 활용성 증대를 위한 기술개발
 - 대하천의 수리구조물 운영의 의사결정을 위하여 분산되어 있는 수량관리 연계한 수질, 생태정보를 통합관리 뿐만 아니라 활용할 수 있는 기술개발을 기획하고자 함

나. 과제 추진의 배경 및 필요성

- ☐ 대하천의 수리구조물 운영에 따른 유사 이송의 차단 등은 퇴사로 인한 저수용량 감소, 하류 지형과 수생태계의 구조적, 기능적 변화를 유발시킬 수 있으므로 효과적인 유사관리 방안 마련이 시급함
 - 하천의 유사레짐 변화로 인한 지형과 생태계에 미치는 영향을 최소화하고,

물리적인 서식처 다양성을 개선하기 위해서는 유역차원의 유사공급 조건을 해석하고 상하류 간 유사의 질적, 양적 연속성을 확보할 수 있는 국내 기술 개발이 필요함

- 기후변화 및 대하천 환경변화에 따라 용수공급의 효율성 저하, 어류폐사 및 생물종 변화 등이 빈번하게 발생하고 있어 중장기적인 대하천의 안정적 관리기반 마련이 시급함
 - 대하천의 유량변화, 용수공급 현황의 다변화 및 물리적·생태환경적인 변화를 모니터링, 예측 기술을 적용함으로써 국민 생활의 향상과 생물의 안정적인 서식을 위한 물리적 한계조건을 도출하여 수리수문, 수질, 생태환경의 종합적인 건전성 확보가 필요함
- 또한, 수리수문, 수질 및 퇴적환경 변화에 따라 수생태계 뿐 아니라 사람에게 위해가능한 생물의 대발생 가능성이 증가함으로써 재해생물 발생의 예방 및 효율적인 관리대책 마련이 시급함
 - 국내 대하천에서 이취미 및 독소 유발 녹조의 번성, 큰빗이끼벌레, 갈따구, 동양하루살이 등의 대발생으로 생태계 건전성 위협 가능성과 물을 이용하는 사람에게 피해를 주는 빈도가 증가하고 있으므로 재해 및 재해 잠재생물의 생활사, 분포 분석을 통한 효율적 관리기술 개발이 필요함
 - 대하천의 어도기능을 개선함으로써 수리구조물 운영과 연계한 하천의 종적 연속성 증진기술 확보가 중요함
- 장기적이고 안정적인 대하천 관리를 위해서는 각 요소별 수리구조물 운영 및 대응기술을 통합 연계한 최적 운영관리 기반을 마련할 필요가 있음
 - 물리화학적 · 생물학적 환경요인 예측 및 생물적응관리모형 개발을 통한 하천의 지속가능한 건전성 확보와 안정성 유지에 필요한 수리·수문·수질·생태 통합 수리시설물 최적운영기술 확보가 중요함
 - 수량-수질-생태연계 통합관리시스템 구축과 대하천 관리 활용성을 극대화할 수 있는 모니터링 및 다목적 의사결정 시스템 구조를 확립해야 함

2. 기획 과제의 범위

가. 기획 과제 목표

- 대하천 수리구조물에 의한 중·형적 물리구조 및 생태계 변화를 평가·예측하여 수리구조물의 최적 운영기술 개발 전략을 제시하고자 함
 - 물리적 하천환경 변화를 장기적으로 예측하고 이에 따른 이와 연계한 생태

계 서식처 변화, 생물교란 등 평가, 대응방안 수립을 위한 기술개발을 기획하고자 함

- 대하천의 이·치수적 활용과 더불어 자연환경과의 공존을 위한 기술개발을 통하여 하천의 건전성 및 생태적인 안정성을 확보하기 위한 수리구조물의 최적 운영기술 실용화 전략을 도출하고자 함
- 대하천에서 재해생물, 재해 잠재생물에 대한 발생원인의 규명 및 효율적인 관리기술 개발 기획
- 하천의 중,황적 연속성을 증진 및 유지관리를 위한 기술개발 및 실증연구
- 수리수문, 생태환경을 고려한 종합적인 하천 관리 및 대응체계 구축을 위한 실증 테스트베드 검증을 통한 수리구조물 운영 의사결정 구조 제시



[그림 1-1-1] 기획연구 목표 달성을 위한 과정도

나. 주요 기획 내용

- 대하천의 물리적 환경변화 예측 및 대응 기술개발 기획
 - 대하천 주요 지점별 최적 관리유량 등급화 및 평가 기술개발
 - 대하천 하도변화 예측 고도화 및 고정도 모니터링 기술개발
 - 수리구조물 상하류 유사변화 분석 및 하도의 생태지형학적 평가 기술개발
- 대하천 건전성 확보를 위한 수량과 연계한 생태계 대응 기술개발 기획

- 체계적인 잠재재해생물, 생물폐사 사고 관리 및 대처방안 마련
- 대하천 어도의 기능 고도화 및 최적운영관리를 위한 기술개발
- 공공수역 중,황적 연속성 증진 및 평가기술 개발
- 수량, 수질, 생태환경 정보의 통합 및 공동 활용방안 수립 기획
 - 수리구조물 운영기술 Test-bed 운영 및 국민 인식증진 프로그램 개발

다. 기획연구 내용 개념도



[그림 1-1-2] 기획연구 내용 개념도

2절. 기술분류 및 내용

1. 기술분류체계도

대분류		중분류		소분류	
1	하천 환경 적응관리 기술	1-1	최적수량관리기술	1-1-1	수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술
				1-1-2	수환경 레질리언스 확보기술
				1-1-3	다차원 복합흐름 해석 고도화 기술
		1-2	유지유량 산정기술	1-2-1	유지유량 등급화
				1-2-2	유지유량 가치평가 모델
				1-2-3	GIS활용 유지유량 분석기술
		1-3	하도관리기술	1-3-1	하도거동 정밀 모니터링
				1-3-2	하안, 하상변동 예측 및 평가기술
				1-3-3	중, 횡단 하상변동제어 및 평가기술
				1-3-4	하도 최적관리기술
		1-4	유사관리기술	1-4-1	생태지형학적 하도 평가기술
				1-4-2	상하류 유사 연속성 확보기술
				1-4-3	퇴사 관리기술
2	공공수역 건전성 확보기술	2-1	수생태계 건전성 유지관리 기술	2-1-1	생물다양성 확보 기술
				2-1-2	수환경 건전성 확보 기술
				2-1-3	중장기 생태환경 변화 예측기술
		2-2	생태계 재해생물 관리 기술	2-2-1	생태계 교란생물 평가 및 모니터링
				2-2-2	생물폐사 사고 관리
				2-2-3	녹조 예측, 예방 및 경보 기술
				2-2-4	녹조활용기술
		2-3	건전성 훼손(위해성) 대응기술	2-3-1	건전성 훼손 평가시스템 개발
				2-3-2	건전성 훼손 제어시스템 개발
				2-3-3	수리구조물 소재의 건전성훼손 평가
3	하천 연속성 확보 기술	3-1	수리 구조물에서의 종적 이동성	3-1-1	어도 내 이동성 향상 기술
				3-1-2	어도 수위대응 기술
				3-1-3	어도 유인 기술

4		3-2	수변공간 형적 연속성	3-2-1	형적 연속성 평가 지표 개발
				3-2-2	서식처 조성 및 유지기술
				3-2-3	생태문화적 연속성 설계기술 개발
		3-3	수계 연속성 진단 및 평가	3-3-1	연속성 증진 기술 개발
				3-3-2	서식생물의 유영 능력 평가
				3-3-3	서식처 평가 기술
	정보 통합관리 및 운영기술	4-1	통합 모니터링 및 활용기술	4-1-1	대하천 맞춤형 하천조사
				4-1-2	표준 모니터링 기술
				4-1-3	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링
				4-1-4	lot기반 연계 실시간 모니터링 기술
		4-2	빅데이터 처리 및 활용기술	4-2-1	빅데이터 기반 DB표준화
				4-2-2	빅데이터 활용 S/W
				4-2-3	데이터 기반 모델
				4-2-4	정보관리시스템
		4-3	수리구조물 스마트 운영 기술	4-3-1	생물서식기반 수리구조물 운영기술
				4-3-2	수생태계 안정화 기술
				4-3-3	최적 의사결정시스템 구조
		4-4	기술 확산 및 인식증진	4-4-1	수환경 감시
				4-4-2	홍보 및 인식도 평가
				4-4-3	법제화

2. 기술분류별 기술내용

가. (대분류 1) 하천환경 적응관리 분야

□ 대하천의 물리적 변화에 의한 수량 변화 특성, 유지유량, 하도 및 하상변화, 유사특성 등의 변화를 야기시킬 수 있으며 이는 수량관리 측면뿐만 아니라 생태환경에도 영향을 미치게 됨

○ 수리구조물 운영에 따른 하천환경 변화의 정밀 모니터링 및 예측을 통하여 대응방안 수립함으로써 생태환경에 미치는 영향을 저감시킬 수 있음

〈표 1-2-1〉 하천환경 적응관리 분야 중분류 기술내용

중분류		기술내용
1-1	최적 수량관리기술	- 안정적인 수량확보 방안 및 수환경을 고려한 최적 수량관리기술
1-2	유지유량 산정기술	- 환경을 고려한 유지유량 산정 및 평가기술
1-3	하도 관리기술	- 물리적 환경변화에 따른 하도변화 모니터링 및 예측기술
1-4	유사 관리기술	- 유사량 특성 분석 및 유사 연속성 확보, 관리 기술

〈표 1-2-2〉 하천환경 적응관리 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류	기술내용
1-1	최적 수량 관리기술	1-1-1 수질, 생태를 고려한 관리 수위 산정기술	- 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리 구조물의 관리수위 산정기술
		1-1-2 수환경 레질리언스 확보 기술	- 대하천의 물리적 환경변화에 따른 수량확보, 수환경을 고려한 수량관리방안
		1-1-3 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술	- 대하천의 물수지 항목별 정밀 관측 기법 및 모델링 기술 개선
1-2	유지유량 산정기술	1-2-1 유지유량 등급화	- 수질, 생태를 고려한 유지유량 평가
		1-2-2 유지유량 가치평가 모델	- 용수의 가치제고를 위한 모델 개발
		1-2-3 GIS활용 유지유량 분석 기술	- 유지유량 지점별 비교, 평가도구 개발
1-3	하도 관리 기술	1-3-1 하도거동 정밀 모니터링	- 대하천 하도변화 정밀 모니터링 및 관리기술 개발
		1-3-2 하안, 하상변동 예측 및 평가기술	- 대하천 관리를 위한 하안, 하상변동 예측 및 평가기술 개발
		1-3-3 종, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술	- 대하천 정밀 하상변동 평가 및 제어 기술 개발
		1-3-4 하도 최적관리기술	- 대하천 하도관리기술 개발
1-4	유사 관리 기술	1-4-1 생태지형학적 하도 평가 기술	- 생태서식처를 고려한 하도평가기술
		1-4-2 상하류 유사 연속성 확보 기술	- 수리구조물 상하류 유사연속성 확보 기술
		1-4-3 퇴사 관리기술	- 수리구조물 주변 퇴사 관리기술

나. (대분류 2) 공공수역 건전성 확보 기술 분야

- 대하천 수리구조물 운영을 통한 생태환경 변화를 예측하여 수생태계 건전성 증진을 위한 수량관리방안을 제시하여 상호보완적인 기술을 확보하는 것이 필요함
- 생태계 교란 및 위해 생물, 독성물질에 대한 명확한 정의와 원인규명을 수행하여 잠재생물을 포함한 체계적인 관리방안을 수립하여 대하천의 건전성을 확보할 수 있음

〈표 1-2-3〉 공공수역 건전성 확보기술 분야 중분류 기술내용

중분류		기술내용
2-1	수생태계 건전성 유지관리 기술	- 수리구조물 주변 수생태계 건전성 확보 및 증진 기술 개발
2-2	생태계 재해생물 관리 기술	- 수리구조물 주변 생태계 교란생물, 위해생물 평가 및 관리기술 개발
2-3	건전성 훼손(위해성) 대응기술	- 수리구조물 주변 건전성 훼손 평가 및 저감기술 개발

〈표 1-2-4〉 공공수역 건전성 확보기술 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술내용
2-1	수 생 태 계 건전성 유 지관리 기 술	2-1-1	생물다양성 확보 기술	- 대하천 생물다양성 증진 · 유지기술
		2-1-2	수환경 건전성 확보 기술	- 수량 연계를 통한 생태계 건전성 확보 기술
		2-1-3	중장기 생태환경 변화 예측기술	- 대하천 물리환경 변화에 의한 생태환경 및 서식처 변화 예측 · 대응기술
2-2	생태계 재 해생물 관 리 기술	2-2-1	생태계 교란생물 평가 및 모니터링	- 대하천 교란생물 잠재성 평가 및 원인 규명
		2-2-2	생물폐사 사고 관리	- 생물폐사 원인분석 및 대응기술 개발
		2-2-3	녹조 예측, 예방 및 경보 기술	- 대하천 녹조대발생 사전예측 · 관리
		2-2-4	녹조활용기술	- 녹조활용을 위한 기술개발
2-3	건전성 훼손(위해성) 대응기술	2-3-1	건전성 훼손 평가시스템 개발	- 대하천 건전성 훼손물질의 유입특성 분석 및 관리 기술개발
		2-3-2	건전성 훼손 제어시스템 개발	- 대하천 건전성 훼손물질의 제어기술 개발
		2-3-3	수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가	- 수리구조물에 의한 건전성 훼손 영향 평가 · 관리

다. (대분류 3) 하천 연속성 확보 기술 분야

- 대하천의 물리적 환경변화와 수리구조물 운영으로 인한 하천의 연속성 변화를 분석·평가하여 중·횡적 연속성을 증진시킬 수 있는 기술개발 기획이 이루어져야 함
- 수리구조물에서의 종적 이동성 뿐만 아니라 수변공간의 생태적·인문사회적인 활용성을 고려한 횡적 연속성을 고려한 통합적인 연속성을 확보함으로써 체계적인 하천관리를 위한 기술개발을 기획하고자 함

〈표 1-2-5〉 공공수역 건전성 확보기술 분야 중분류 기술내용

중분류		기술내용
3-1	수리구조물에서의 종적 이동성	- 대하천 수리구조물에서의 생물 이동성 개선 및 유지를 위한 어도 중심의 기능개선 기술개발
3-2	수변공간 횡적 연속성	- 대하천 수변공간의 생물 활용성 증진과 횡적인 연속성 확보 및 평가를 위한 기술개발
3-3	수계 연속성 진단 및 평가	- 수계 전체 연속성을 확보하고 증진시키기 위한 모니터링 및 평가 기술개발

〈표 1-2-6〉 하천 연속성 확보기술 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술내용
3-1	수리구조물에서의 종적 이동성	3-1-1	어도 내 이동성 향상 기술	- 대하천 수리구조물 어도에서 생물(어류) 이동성 개선을 위한 기술
		3-1-2	어도 수위대응 기술	- 대하천 수리구조물 운영시 수위 변화를 고려할 수 있는 어도 운영기술
		3-1-3	어도 유인 기술	- 생물(어류)의 어도 활용성 증대를 위한 유인기술
3-2	수변공간 횡적 연속성	3-2-1	횡적 연속성 평가지표 개발	- 대하천 수변공간을 고려한 횡적 연속성을 체계적으로 통합평가하기 위한 기술
		3-2-2	서식처 조성 및 유지기술	- 대하천 수변공간 활용 및 생물 서식공간을 조성하여 유지하기 위한 기술
		3-2-3	생태문화적 연속성 설계기술 개발	- 대하천 수변공간의 생태 및 인문사회적인 연속성 증대를 위한 설계기술
3-3	수계 연속성 진단 및 평가	3-3-1	연속성 증진 기술 개발	- 대하천 수계 전체 연속성 유지·확보기술
		3-3-2	서식생물의 유영 능력 평가	- 대하천 서식생물의 유영능력을 평가하여 수계 연속성 진단
		3-3-3	서식처 평가 기술	- 수계연속성 증진을 위한 생물서식처 평가 및 유지기술

라. (대분류 4) 정보 통합관리 및 운영기술 분야

□ 대하천의 관리 및 수리구조물 운영 최적 의사결정을 위하여 분산되어 있는 수량, 수질, 생태정보를 통합관리 및 활용할 수 있는 기술개발 추진전략을 수립하고자 함

○ 대하천 관리와 관련한 부처간 자료공유의 용이성, 유연성 및 활용성 제고를 목적으로 하며 수량, 수환경의 요소기술을 Test-bed 검증을 통한 실용화 · 상용화를 확보하고자 함

〈표 1-2-7〉 정보 통합관리 및 운영기술 분야 중분류 기술내용

중분류		기술내용
4-1	통합 모니터링 및 활용기술	- 수량, 수질, 생태모니터링 표준화 및 연계 · 통합하여 활용할 수 있는 기술
4-2	빅데이터 처리 및 활용기술	- 수량, 수질, 수생태계 빅데이터 공동 활용 기술
4-3	수리구조물 스마트 운영 기술	- Test-bed 적용을 통한 수량, 수질, 생태환경의 다목적 수리구조물 의사결정 구조 확립
4-4	기술 확산 및 인식증진	- 대하천 관리, 수리구조물 운영기술의 대국민 홍보 및 인식증진

〈표 1-2-8〉 정보 통합관리 및 운영기술 분야 소분류 기술내용

중분류		소분류		기술내용
4-1	통합 모니터링 및 활용 기술	4-1-1	대하천 맞춤형 하천조사	- 대하천 조사에 적합한 수량, 수질, 생태 환경 조사방법 제시
		4-1-2	표준 모니터링 기술	- 조사항목별 표준화된 모니터링 기술
		4-1-3	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링	- 수량, 수질, 수생태 연계 및 통합관리를 위한 범용 조사기술
		4-1-4	IoT기반 연계 실시간 모니터링 기술	- 수리구조물 운영 의사결정에 활용가능한 실시간 모니터링 기술 개선
4-2	빅데이터 처리 및 활용 기술	4-2-1	빅데이터 기반 DB표준화	- 빅데이터 자료처리 및 DB 표준화 방안
		4-2-2	빅데이터 활용 S/W	- 수량, 수질, 생태 빅데이터 활용을 위한 S/W 설계
		4-2-3	데이터 기반 모델	- 수량, 수질, 생태정보를 연계한 데이터 활용성 제고 기술
		4-2-4	정보관리시스템	- 대하천 관리 및 수리구조물 운영을 위한 정보관리시스템 개발
4-3	수리구조물 스마트 운영 기술	4-3-1	생물서식기반 수리구조물 운영기술	- 수리구조물 운영을 활용한 생물서식처 유지관리기술 제시
		4-3-2	수생태계 안정화 기술	- 수생태계의 안정적인 유지를 위한 수량 관리 의사결정 구조
		4-3-3	최적 의사결정시스템 구조	- 수량, 수질, 생태를 고려한 다목적 의사결정구조 확립
4-4	기술 확산 및 인식증진	4-3-1	수환경 감시	- 대하천 수량, 생태환경 감시방안
		4-3-2	홍보 및 인식도 평가	- 대국민 홍보 및 인진증진 프로그램 개발
		4-3-3	법제화	- 대하천 관리에 관련한 법 · 제도적 개선 방안 수립

2장. 동향조사 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국외 정책동향

☐ 하천환경 적응관리

- 최근 일본, 미국, 스위스 등을 중심으로 수리구조물에 의한 하천환경 영향을 저감, 개선 그리고 동시에 생물서식처 복원을 도모할 수 있는 종합적인 최적 유량 및 유사관리 기술개발 연구가 진행중에 있음
- 유지유량 확보 기술
 - 미국의 경우, 하천 유지유량 관리를 위해 청정수법과 환경유량의 수리권을 주요 제도로 하여 환경부에서는 환경생태유량 조사 및 개선권고 등을 시행하고 있으며, 캘리포니아, 몬타나, 네바다 주 등 일부지역은 역사적 특성, 생태계 보호를 위해 환경생태유량을 부분적으로 관리함
 - 호주에서는 수자원법과 환경유량가이드라인을 주요 제도로 하여 모든 주에서 수법('07년)에 따라 환경용수를 공급, 취수제한으로 환경용수를 우선 확보한 후 생·농용수에 우선권을 부여, 이후 용수 재이용 등 효율적 물관리 및 수리권 재구매를 통한 자율거래를 시행함
 - 일본은 하천법과 정상유량산정지침을 근거로 하천법 개정('97년)으로 정상유량(유지 및 수리) 개념 도입으로 생물 서식지 및 염해방지 등 여러 요인을 고려한 시기별 정상유량을 결정함

☐ 공공수역 건전성 확보기술

○ 미국

- 1960년대부터 하천 생태계와 유사거동을 연계시켜 홍수터를 이용한 수생태계의 보전 및 복원에 집중하여 수자원개발법과 홍수터관리법 등을 통하여 홍수피해 저감 및 하천생태계보전을 도모하고 있음
- 외래종을 포함하는 생태계 교란생물의 모니터링은 외래생물의 퇴치 및 관리를 위한 기초단계에서 수행하고 있으며, 특정 생물종에 대한 환경영향평가는 국가환경정책법(National Environmental Policy Act)에 기재되어 있음

- 생태계 교란생물의 모니터링과 관리는 RS, GIS 기술 등을 포함하여 공간적인 분석을 시도하고 있음
- 특정 지역에서는 문제가 되는 교란 혹은 외래 생물을 박멸시키는 작업도 수행하고 있으며 이를 위해 연방 정부, 주정부 및 비정부기구(NGOs)와 협력하여 추진하고 있음

○ EU

- 독일을 중심으로 하천 복원기술을 개발·보급하고 있으며 독일의 하천 관련 기술은 연방 수리국(Federal Institute of Hydrology)에서 관할하고 있음
- 독일에서는 1970대년 후반부터 Erprobungs und Entwicklungsvorhaben를 통해서 하천 보전 및 복원, 자연형 하천 설계, 자연형 하천 유지관리 기술을 하천의 생태적인 기능을 중시하는 방향으로 실제 조사와 실험실증을 통해 개발하고 있음
- 네덜란드에서는 2000년대부터 ‘Room for the river’ 라는 개념을 도입하여 하천에 더 많은 공간을 할애하여 치수, 생태의 상대적인 목적을 동시에 추진하고 있음

○ 일본

- 1990년대 초 하천복원 공법을 도입하였으며, 과거 홍수량 기준으로 통수능을 확보하여 극단적인 홍수피해를 저감하여 하천지형에 적합한 공법을 적용하고 있음
- 1980년대 이후 “다자연형 하천공법”을 하천에 적용하였으며 이를 위한 기본적인 방안으로는 1) 다양한 하천형태를 보전, 2) 지속가능한 하천환경을 조성, 3) 하천주변 동식물을 보전, 4) 하천의 물순환을 유지, 5) 시민 등의 이해와 협력을 얻어 하천환경을 유지하는 것 등이 제시되었음
- 위해 외래생물에 의한 생태계 훼손방지 정책을 추진하고 있으며, 이 중에서 외래생물 도입과 도입후의 효과적인 관리방법에 대한 조사 연구를 수행하고 있음. 특히, 교육과 홍보를 강조하고 있음

○ 뉴질랜드

- 외래생물에 의한 자연생태계 훼손을 국가적인 재난으로 간주하고 조절 및 방제할 수 있는 정책을 추진함
- 위해 외래생물을 감소 혹은 박멸하기 위해 제도를 강화(Biosecurity Act, 1993)하였으며 (1) 정착을 원하지 않는 생물종의 도입방지, (2) 이미 정착된 생물종의 관리 내용을 포함하고 있음

□ 하천 연속성 확보기술

○ 독일의 라인란트-팔츠방법, 스페인의 IHG 평가방법 등이 기 개발되어 하천 복원 및 관리에 활용되고 있으며

- 대부분 횡적 연속성 지표가 아니라 하천의 환경평가 기법의 일부로 개발됨

○ 미국의 어도 관리 및 관련법

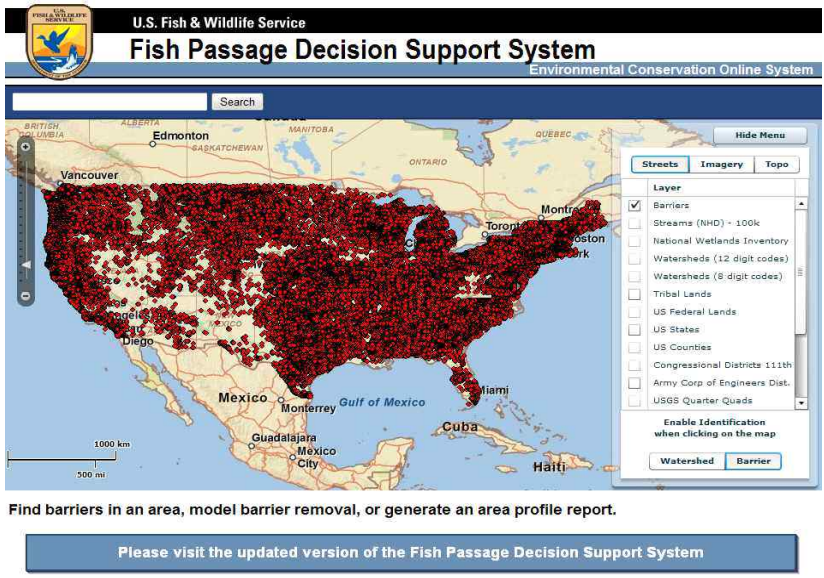
- 어도설치 관련법규 : 1992년 미의회에서 국가에너지 정책법(National Energy Policy Act, NEPA)이 통과되면서 어도에 관한 정의를 수립하기 시작, 어도 관련법은 연방전력법(Federal Power Act) 제18조에서 규정하고 있음

※ 연방전력법 제18조 : 『댐이나 보와 같은 유로변경 시설물을 설치하고자 하는 자는 어도를 설치해야 하며, 그 비용은 설치자가 부담함』 (Section 18 of the Federal Power Act)

- 어도를 설치하는 수리시설물은 전력생산을 위한 댐이 대부분이며, 농업용 보, 경관용 보 등에도 어도를 설치함. 이에 따라 댐이나 보를 설치 및 관리하는 기관은 연방정부(Federal)와 비연방정부(Non-Federal)로 구분됨

- 국가어도프로그램(National Fish Passage Program, NFPP)을 통하여 지역전문가들의 제안후, 지역전문가들과 위원회의 협의를 거쳐 어도 설치를 확정함

※ 국가어도프로그램 : 1999년 어류·야생동식물보호국(U.S. Fish and Wildlife Service)에서 시작, 어류이동을 지연, 방해하는 장애물들을 제거, 우회를 위한 생태복원프로그램

구 분	주요내용
목 표	• 단절된 서식지 재연결, 자생적 수준에서 고유어종과 나머지 종들을 복원
구 성	• 총 8개 지부 (지역주민들과 협의하여 어도가 우선 필요한 지역 선정)
추진전략	• 정부, 사립 보전 기구들 및 지역 주민들과 파트너쉽
web기반 어도결정 지원시스템	

□ 정보 통합관리 및 운영기술

- 빅데이터 관련기술의 발전 및 상용화는 상당수준 진척이 이루어지고 있으며 구글은 맵리듀스 및 NoSQL 등 대용량 데이터 처리를 위한 분산 플랫폼 및 분석기술을 2004년 이후 추진해 오고 있음
- 국제기상기구 WMO 산하 OGC(Open Geospatial Consortium)는 XML 기반의 수문데이터 표준언어인 WaterML을 개발하여 활용하고 있음
- 버전 2.0까지 개발된 WaterML은 수문기상관측 및 측정데이터를 교환하는 새로운 데이터 교환표준 언어로 CSIRO(호주), CUAHSI(미국), USGS(미국), BOM(호주), NOAA(미국), KISTERS(영국) 등에서 사용하고 있으며, 시계열의 수문 데이터 교환 포맷 제공, GML과 관측 및 측정과 같은 기존의 표준상에서 구축하며 품질, 유효기간, 보정에 관한 추가 정보를 포함하여 정보를 저장, 추가할 수 있도록 지원함
- 유엔
 - 유엔산하기구인 UNEP(United Nations Conference of the Environment Programme)은 물 보전을 위한 일환으로 대중인식 증진 가이드라인을 제시하고 회원국의 참여를 독려함
 - UNEP 프로그램 중 물보전인식(water conservation awareness, WCA)은 물의 효과적인 이용에 대한 가이드라인을 제시하고 나아가 하천유역관리를 위한 정보를 축적 및 공유하는 방안을 제시하고 있음
- EU
 - WFD(European water framework directive)에서는 2000년부터 대하천 유역 관리시스템에 시민참여를 유도하고 인식을 증진시키기 위한 프로그램 개발
 - HarmoniCOP(Harmonizing Collaborative Planning)를 통해 9개 유럽국가에서 유역크기에 따른 시민참여프로그램을 개발하고 정책입안 초기단계부터 시민 참여에 대한 프로그램을 이용하고 이후 인식증진을 평가
- 미국
 - 각 주마다 독립적인 대하천 운영 홍보와 시민참여 프로그램을 운영함
- 아시아
 - 말레이시아에서는 강유역 이니셔티브(River Basin Initiative) 일환으로 하천 유역 관리시 시민참여와 이해당사자들의 역할을 제시하고 있음
 - 생물다양성 협약, 랍사르 협약과 공동으로 국민인식증진 프로그램 개발·실시

- 메콩강 대학 네트워크(Mekong River Universities Network)는 중국, 태국, 캄보디아, 베트남 등 총 7개국 21개 대학이 참여하는 국제 네트워크로 대하천 관리의 중요성 및 공동 노력 필요성을 알리기 위해 2002년 설립·운영됨

2. 국내 정책동향

□ 하천환경 적응관리

○ 하천의 정의와 기능

- 국내 실정법상 소하천정비법상 ‘소하천’과 하천법상 ‘하천’으로 구분되어 관리되고 있으며 주요 기능은 이수, 치수 및 환경 기능으로 구분되며 관리적 측면에서 볼 때, 하천은 사회·문화적 공간으로서의 기능을 담당함
- 소하천 : 특별자치도지사·시장·군수 또는 자치구의 구청장이 구간과 명칭을 지정·고시한 하천으로 평균 하폭 2m이상, 시점에서 종점까지의 연장이 500m이상인 하천
- 하천 : 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로 공공의 이해에 밀접한 관계가 있어 국가하천, 지방하천으로 지정된 것으로 하천구역과 하천시설을 포함

○ 하천의 관리

- 최근까지 수리권, 수자원개발, 수운, 수력발전 등의 이수관리, 홍수조절, 하도정비 및 개수, 하천부지 관리 등의 치수관리, 하천보전, 유지유량 확보, 친수공간조성, 피난 및 방재공간 확보 등의 환경관리를 중심으로 이루어짐

〈하천의 기능별 관리 업무내용〉

하천의 기능			관리 업무
이수	이용 가치적 측면	공학적 기능	• 유수사용 분쟁조정
			• 수자원개발
			• 수운, 수력발전
			• 기타
치수	관리 대상적 측면	공학적 기능	• 홍수피해예방
			• 하천정비 및 하천공사
			• 하천구역의 점용허가 및 규제
			• 하천시설의 관리
환경	환경 가치적 측면	자연 기능	• 하천의 행정적 관리
			• 하천보전 및 복원
			• 기타

○ 수자원 장기 종합계획

- 비전 : 사람과 자연이 바라는 지속가능한 물 관리(경제발전, 안전한 국토, 물환경 보전의 조화)

〈수자원 장기 종합계획 목표 및 추진전략〉

부문별 비전과 목표	추진전략
물이용의 안정성 형평성과 효율성 향상 - 국민과 자연에 깨끗하고 충분한 물 공급	- 수요관리를 통한 건전한 물이용 체계 강화 - 하천유량 복원을 통한 하천생태계·수질보전 - 지역적 물이용 형평성과 안정성 확보 - 이상가뭄대비 위기대처능력 향상 - 지하수의 효율적 활용과 보전
홍수에 안전한 기반 구축 - 홍수에 대한 사회적 대응력 강화	- 구조적 대책의 다양화 및 활성화 - 선택적 방어개념의 도입 - 유역중심의 치수대책 수립 - 예방사업 위주의 치수투자정책 - 이상홍수에 대비한 홍수대책 활성화 - 홍수터관리계획 수립 - 홍수에 대한 사회적 인식의 전환
생명이 살이있는 물환경 조성 - 자연과 인간이 어울려 사는 하천 환경 복원	- 하천환경 현황조사 및 평가체계 구축 - 하천환경 보전·복원 강화 - 하천환경관리 제도·행정체계 정비 - 지역주민과 함께하는 하천 문화 및 공간창출 - 하천환경계획 수립방법 개선
수자원 정보 및 기술의 혁신 - 수자원 정보 고도화 및 기술선진화	- 수자원 정보화 혁신기술 개발 - 국가 물안보 확보기술 개발 - 홍수위험 극복 지역 사회 기반구축 기술개발 - 자연형 하천복원 및 관리 기술 개발

2020년 수자원 비전
• 지역별 수요대비 물부족 비율 10% 이하로 저감 • 홍수 피해액을 현재의 70%로 저감 • 생명이 살아있는 하천 환경 복원 • 수자원연구 조사기술의 OECD 선진국 대비 90% 수준 달성

○ 하천 유지유량 산정 및 의미

- 국내에서는 하천 지점별 유지유량을 산정하여 고시하고 있으며 수질악화를 최소화 할 수 있도록 고려하기 위하여 2012년부터 환경측면의 개념을 적용하고 있으나 유역별, 하천별 상대적 비교가 어려움
- 하천 유지유량이 가지는 수생태적인 측면의 경제적 효과 등 환경보전 용수로서의 가치가 낮게 평가되어 있으며 연구 및 기술이 미흡한 실정임

○ 하도 및 유사관리

- 하천의 하상변동은 자연적인 요인에 의한 발생 뿐만 아니라 하천정비, 골재채취, 하천구조물의 건설 등의 인위적인 요인에 의한 변화가 주요 원인으로 작용함
- 정부는 하천관리에 있어서 하상변동의 중요성을 감안하여 1970년대부터 주요하천에 대한 하상변동조사를 실시해 오고 있으나 하상변동에 의한 하천의 장·단기 영향은 제대로 평가되지 않는 실정임
- 유사관리를 통한 서식처 지형관리 및 수생태계 기능개선을 위한 국내 기반 확립을 위해서는 국제적인 전문인력을 확보하여 공동연구를 통한 연구기술 도입, 적용하는 단계가 필요함
- 수리구조물의 배사기능 평가 및 기술에 대해서는 첨단하천관리기술연구단의 성과를 최대한 활용할 수 있음
- 최근 국내의 유사관련 연구 동향은 다음과 같음

〈국내 유사관련 연구 동향〉

구 분	연구내용
유사이송	밀도류/탁수 모형화
	댐 퇴사/배사 모의
사립자 거동 (침강, 이송)	실트/진흙 입자의 침강/재부유 기작, 실험
	PIV/PTV를 이용한 사립자 침강/이송 속도 측정값 검토
	Rouse 농도분포식에서 β 값 검토
하상변동	2차원 하상변동 모형 개발 및 적용
	하상재료 조립화
	한국 하천에 기존모형의 적용사례
국부세굴 (교량세굴)	세굴보호공 모형실험
	세굴심 측정
	군말뚝, 합류부 교각 세굴
유사퇴적	관거 내 퇴적 특성
	점착성 퇴적토 퇴적 퇴적특성
유역 토양유실	SWAT, (M)USLE, GIS기반 모형 등 적용
	USLE 각 인자 검토
하천수리기학	하도형성유량
	보철거에 따른 하천형태변화
	하천분류체계
생태수리학	자갈하상과 부착미생물군집
	댐건설로 인한 사주상 식생이입

※출처: 하도안정화를 위한 유사관리계획 수립 보고서(2012년, K-water)

□ 공공수역 건전성 확보기술

- 생태계교란 야생 동·식물 5종(뉴트리아, 붉은귀거북, 황소개구리, 큰입배스, 블루길 등)을 환경부 자연환경보전법에서 지정하고 있으나 생태계 위해 동·식물의 과학적인 추가선정을 위한 선정기준을 검토중에 있으며 추가로 선정된 위해 동·식물에 대한 고시계획을 추진중임
 - 1995년 이후 국내에서는 생태계 위해 잠재 외래종에 대한 조사연구 사업과 주요 위해종에 대한 최적 포획방안 연구 등을 추진해 왔음
 - 그러나 외래종에 대한 기본적인 생리생태학적 정보 없이 퇴치나 관리방안을 수립하여 효율성 문제가 제기되기도 함
- 국가생물다양성전략(환경부, 1997)에서 외래 위해종 관리방안을 제시하고 있으나, 실행적 측면에서는 구체적인 방향이 부족한 실정임
- 한국건설기술연구원 「에코리버21연구단」
 - 하천의 치수 및 구조적 안전성 확보, 자연성 및 환경성 보전, 생태적 및 경제적 지속가능한 하천관리 실현을 위한 기술개발을 수행하였음
 - 치수 위주의 홍수터 및 하도관리기술과 생물서식환경조성 설계 기술개발 연구를 수행하였음
- 환경부 「차세대핵심환경기술개발사업」
 - 하천, 호수, 연안, 하구의 수생태계 유형별로 총 7개 복원기술개발 수행
 - 주요 개발기술 : (하천) 하도의 다양성 창출공법, 호안공법 등의 연구가 진행되었고, (호수) 수초대 복원기술, (연안) 사구식물의 번식기술, 사빈 및 사구의 보전기술, (하구) 하구역 습지복원기술 등
- 환경부 「수생태복원사업단」
 - 이·치수중심의 하천정비 사업으로 인해 훼손된 하천생태계의 물리적 구조를 개선하여 생물서식기반 중심의 자연적인 하천으로 복원하기 위한 기술중심으로 개발됨
 - 주요 개발기술 : 생물서식처 및 이동로 복원기술, 자연형 하상복원 및 하도육역화 관리기술, 자연하안 유도 및 창출기술 개발
- 한국해양과학기술원 「유비쿼터스 해양 유용유해 생물 관리기술 개발」
 - 국내 연근해 해양생태계에서 발생되었거나 발생 가능한 각종 유해한 적조의 생태적인 동향을 실시간으로 감시, 관리를 위한 기술개발사업을 진행하였음

□ 하천 연속성 확보기술

○ 대하천 어도 기준 및 현황

- 국토부 하천설계기준에 의하면 어류 등의 이동에 방해되는 시설물을 설치할 경우에 어도를 설치하는 것을 원칙으로 제시하고 있음
- 농림수산식품부(2010)의 조사·연구에 따르면 전국의 국가하천과 지방하천 3,528개소(한국하천일람, 2008)에서 보는 34,102개소, 어도는 5,081개소로 조사되어 전국 평균 어도 설치율은 14.9%인 것으로 나타남

〈전국의 보 및 어도 현황〉

권역	하천 현황(개소)	보 현황(개)	어도 현황(개)	어도 설치율(%)
총계	3,528	34,012	5,081	14.9
한강권역	877	6,995	1,302	18.6
금강권역	723	7,156	807	11.3
낙동강권역	1,170	12,350	1,605	13.0
영산강권역	337	2,459	492	20.0
섬진강권역	421	5,052	875	17.3

※ 출처: 농림수산식품부, 2010. 전국어도실태조사 및 DB구축 연구

- 국토부, 환경부, 해양부, 농림부가 공동기준으로 어도의 형식별 기준을 설정하고 있으며 이에 따라 다양한 기술을 제시하고 있지만 대부분이 어도형태에 따른 블록 생성 기준으로 제시되어 있음

○ 대하천 어도 개선 방향

- 대하천 어도에서 많이 사용하는 자연형하천어도(하도식 어도)에 대해서는 별도의 관련 기술이나 운영관리가 제시되어 있지 않음
- 대하천의 수리시설물 운영조건에 따른 어도의 최적 운영관리 및 이동효율 향상을 위한 기능개선 기술 개발을 통해 대하천의 생태건전성 증진 필요

○ 대하천 수변공간의 횡적 연속성 확보

- 하천평가 지표들이 개발되었으나 횡적 생태연속성을 평가하는 지표는 없으며 하천의 횡적 공간의 계획, 설계기법, 유지관리 기법도 미비한 실정임
- 국내의 관련기술 개발은 선진국 대비 횡적 생태연속성 평가기법의 경우에는 30%, 계획 및 설계기법은 50%, 유지관리 기법은 40% 정도로 파악됨

○ 생물 이동성 모니터링

- 생물의 보전, 생태적인 특성 파악, 자원확보, 기후변화 영향 평가 등의 목적으로 이동을 연구하고 있음

- 이동성 모니터링의 효율성을 높이기 위하여 표지-재포획(mark-recapture) 방식이 개발되기 적용되고 있으며 최근 담수어류의 이동과 개체구를 평가하기 위한 가장 많이 적용되는 기술임
- 최근 10년간 담수어류 이동에 관한 논문은 점차 증가하는 추세이며 경제성 어종 뿐만 아니라 다양한 어종을 대상으로 활발한 연구가 진행되고 있음

□ 정보 통합관리 및 운영기술

○ 국가 수량 및 수환경 측정망 현황

- 국토부, 환경부, 농식품부 등에서 수위, 수질, 지하수, 토양 측정망 등 중점 관리지점 위주의 자동측정지점이 구축 및 운영되고 있으며 많은 공공수역에 대해서는 수동측정방식이 적용되고 있음
- 수량, 수질, 생태를 통합 관리에 필요한 유량, 수환경 모니터링 지점 및 횡수에 일관성이 부족한 실정이며 특히, 생태환경 자료에 대한 불확실성 개선에 대한 연구가 미흡함

○ 빅데이터 표준화 관리 및 정보의 공동 활용방안

- 국내에서는 SAS에서 소셜미디어와 멀티미디어를 포함하는 대용량의 데이터 수집 관련 기술개발을, EMC는 정형 및 비정형 데이터를 동시에 한 애플리케이션에서 분석할 수 있는 기술을 개발하고 있음
- 2012년, TTA 표준화 전략포럼 지원으로 빅데이터포럼이 설립되어 운영되고 있으며, 포럼 표준제정 및 관련 표준화 동향을 조사중에 있음
- 대하천 수질개선 및 이·치수를 위해 저수지-댐-보 연계운영 규정(국토교통부훈령 제2013-90호) 및 환경부, 홍수통제소, K-water, 농어촌공사, 지자체 등 관련기관이 참여하는「수계별 댐·보·저수지 연계운영협의회」운영중임

○ 홍보 및 인식증진

- 4대강 이용도우미 홈페이지를 통해 대하천 관리 및 이용 정보를 대외적으로 홍보하고 있고 정부 3.0정책에 따라 대하천 관리 및 관련 정보 제공
- 최근 세계물포럼을 통해 정부, 학계, 민간, 시민단체 등 물 관련 이해당사자들이 물 문제 해결방안을 모색하는 기회가 됨
- 이외에도 K-water 서포터즈, 물사랑공모전, K-water 옴부즈만 운영 등을 통해 직간접적으로 물관리 홍보 및 감시할 수 있는 프로그램을 시행하고 있음
- 또한, 강살리기 네트워크, 강의날 대회 등 학계 및 시민단체 중심의 강 보전 활동 및 인식증진 사례 등을 홍보하고 있음

2절. 국내외 시장현황 및 전망

1. 국외 시장현황 및 전망

□ 미국의 수문환경 및 하천관리 현황

- 19세기 후반부터 수자원개발과 행정체계에 대한 연구가 진행되면서 1933년에 미국 유역관리의 대표기구로 언급할 수 있는 테네시유역관리청(TVA, Tennessee Valley Authority)이 발족됨
- TVA 발족 이후, 단순목적의 수자원개발이 아닌 유역종합개발이라는 측면에서 수자원을 개발하고 수자원정책을 추진함
- 현재는 연방정부, 주정부, 그리고 전문기관인 미공병단, 개척국, 지질조사국, 환경청(EPA), 테네시 유역 관리청(TVA) 등으로 분할되어 관리함

구 분		관할 내용
연방정부		최상위계획 수립 및 물 배분
주정부		정책의 유연한 적용, 가뭄 및 홍수에 대비한 수자원정책수립
전문 기관	환경청(EPA)	미국 내 수자원 관리를 환경 측면에서 규제, 운영 및 연구
	지질조사국(USGS)	물이용 자료, 유역조사 및 유역정보제공, 기술개발
	테네시유역관리청(TVA)	홍수피해 예방을 위한 개발 계획수립, 통합적 유역개발업무
	기상청(NWS)	강우예측 및 분석
	자연자원보호국(NRCS)	기상청과 함께 홍수예경보시스템의 운영
	개척국(USBR)	수자원 및 자연자원의 관리 및 개발
공병단(COE)		댐 개발, 하천관리, 홍수피해규모예측, 기술적 지원

□ 유럽의 하천관리 현황 및 추이

○ EU

- 유역관리는 행정적 단위가 아닌 자연지리 및 수문 단위에 따른 물 관리를 의미하며 하천의 생태적, 수량적, 화학적 상황 및 보호구역 등 하천 유역에서의 목표를 정하고 이에 도달하기 위한 계획을 수립 및 이행을 규정함
- 국가 공유하천의 경우는 위원회를 구성하여 정보와 기술을 교류하며 하천관리를 수행하고 있으며 하천유역 관리계획을 작성하고 6년마다 개정함

- 하천유역관리 계획이 유역 특성, 인간 활동이 유역 내 물에 주는 영향, 기존 법률의 효과와 목적 달성에 있어 부족한 간극 등을 정하고 있음

○ 영국

- 영국의 연평균 강수량은 1,100 mm, 스코틀랜드 고지대는 4,000 mm, 웨일즈는 2,500 mm, 잉글랜드 남부는 500 mm 정도에 이르며 연중 강우분포가 고르기 때문에 하천유량은 대체로 충분하고, 웨일즈 등에는 자연호수가 많아 용수개발이나 물 공급이 비교적 원활한 편임
- 영국은 담수가 부족한 국가는 아니나 세계적 기준에서 본다면 1인당 연간 물 사용 가능량이 1,400 m³로 물 공급부족국가에 속함

○ 독일

- 강수량은 서부와 남부 차이가 크며, 특히 남부 산지에는 연평균 1,400 mm, 상류 국가로부터 많은 강물이 유입되지만 증발량을 제외하면 가용수량은 연간 1,640억 m³, 1인당 사용가능한 하천수량은 2,000 m³에 불과하지만 지하수가 풍부하기 때문에 물은 부족하지 않음
- 독일의 하천은 동서 방향으로 건설된 운하에 의해 연결된 것이 많은데, 특히 북부에는 서쪽 끝에서 동쪽 끝까지 하천과 운하로 이어진 수로망이 존재함
- 물이 풍부해서 갈수관리에는 별 어려움이 없으며, 최근에는 다른 유럽 국가들과 마찬가지로 하천이 자주 범람하여 피해를 입는 경우가 증가하여 유럽 국가와 하천관리에 관한 협력을 강화하고 있음

○ 일본

- 연강수량이 1,600 ~ 1,700 mm에 이를 만큼 세계 연평균(1,000 mm)에 비하면 많은 편이지만 장마와 태풍에 의한 강수량이 10 ~ 40 %로 일시에 집중되고 바다로 소실되는 실정임
- 정부는 제방을 쌓아 홍수를 방지하고 댐과 제방을 설치하여 수위 조절을 하고, 관측소를 설치하여 수위모니터링을 통해 재해 발생을 방지하고 있음

□ 유지유량 산정 및 관리

- 유지유량 등급화, 가치평가, GIS활용, 신뢰성 평가 등 대부분 미국이 세계적인 수준의 기술을 보유하고 있으며, 일본과 유럽에서도 관련 연구가 시작단계에 있음

□ 하천의 유사관리

- 일본과 미국 등에서는 기존 수리구조물의 지속가능성을 높이고, 하천환경을

개선할 수 있는 종합적인 유사관리 계획을 수자원 환경분야의 미래기술로 적극적으로 개발하고 있음

- 이와 관련하여 하천 유사환원 기술, 유사 바이패스 기술, 드라이댐 기술은 이 분야의 새로운 시장으로 기술개발의 가치가 커지고 있음

□ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술

- 수생태계 교란 및 위해 위해생물에 의한 피해는 경제적으로 직결되는 부문에서 뿐 만 아니라 생물다양성 감소 및 생태계 건강성 악화로 인한 생태계 서비스 및 친수성의 저하 등 간접적인 측면에 있어서도 그 피해가 매우 큼

○ 담수 대형동물의 해외 피해사례 및 관리정책 사례조사(환경부, 2015)

- 미국에서 외래 교란생물에 의한 피해를 추정 한 결과에 따르면, 칠성장어에 의한 생태계 교란으로 약 1000만 달러의 피해, 얼룩말 홍합으로 인한 하수구 및 발전수 배수구 막힘과 선박 오손 피해 등으로 약 5억 달러 이상의 피해가 보고된 바 있으며 재해생물 관리와 관련된 시장규모와 전망은 매우 큼

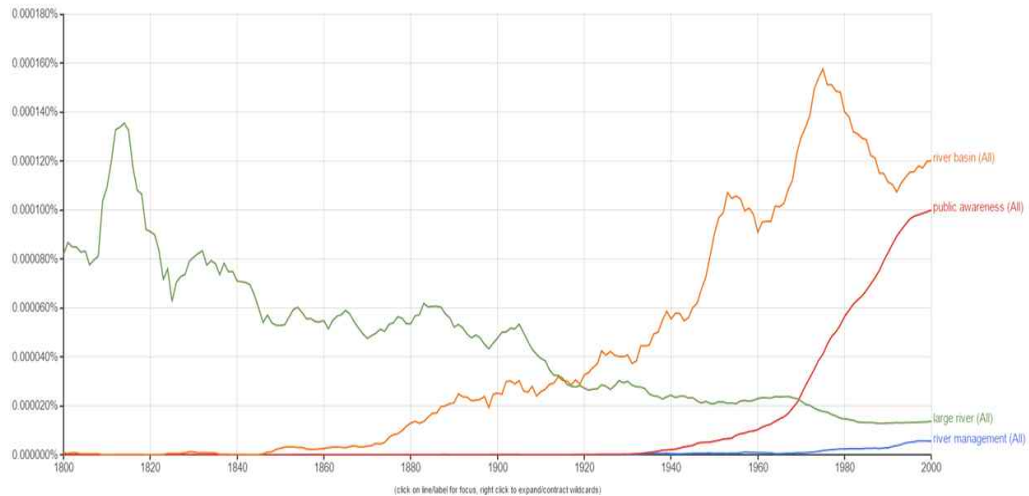
□ 주요 국가의 수자원 환경생태분야 시장규모

구 분	연도별 시장 규모						연평균 증가율
	1999년		2005년		2010년		
	건설관련 환경시장 규모	수자원 시장규모 (추정)	건설관련 환경시장 규모	수자원 시장규모 (추정)	건설관련 환경시장 규모	수자원 시장규모 (추정)	
세 계	4,950	248	6,942	347	8,850	443	3-6%
북 미	1,930	97	2,490	125	2,870	144	3-4%
서유럽	1,490	75	1,920	96	2,210	111	3-4%
일 본	760	38	980	49	1,120	56	3-4%
아시아	280	14	780	39	1,560	78	15-18%
남 미	110	6	220	11	350	18	9-12%
기 타	380	19	550	28	740	37	6-7%

※ 자료 : Environmental Business Journal & SRI Consulting('96) 자료 삼성지구환경연구소 추정(아시아는 일본 제외지역)

□ N-Gram (단어분석)을 통한 정보유통량 분석

- 1800년부터 현재까지의 국제적으로 출판된 문헌들에서 「하천관리」, 「대중인식」, 「대하천」, 「강유역」 포함 건수를 Google books N-gram으로 확인
- 「대중인식」 및 「강유역」 정보가 1960년대 이후에 꾸준히 증가하였으며 하천관리는 유역중심, 대중인식 증진에 초점을 맞추고 있음을 유추가능함



<N-Gram을 통한 정보유통량 (검색어: 하천관리, 대중인식, 대하천, 강유역)>

□ Google trend (검색량)을 통한 대중 관심도 분석

- 2004년 이후 「하천관리」, 「대중인식」, 「대하천」, 「강유역」에 대하여 대중들이 검색한 량을 Google trend로 분석
 - 「강유역」을 가장 높은 빈도로 검색하였으며 「강관리」, 「대하천」, 「대중인식」 순으로 검색량이 많았으며 적극적 참여가 유추 가능함
 - 「강관리」, 「대하천」은 북미(미국, 캐나다)에서 가장 높은 빈도로 검색하였으며 「대중인식」은 동남아시아(말레이시아, 인도)에서 검색량이 높았으며 하천관리 인식증진의 필요성을 인식하고 있음을 유추 가능함

<Google trend를 통한 대중 관심정도(검색어: 하천관리, 대중인식, 대하천, 강유역)>

2. 국내 시장현황 및 전망

- 미래 하천관리는 범지구적 기후변화로 집중호우의 강도, 발생빈도가 증가하고 태풍의 대형화 등으로 홍수, 토석류, 폭풍해일 등의 피해가 크게 증가할 것으로 예상됨
- 또한, 강우패턴의 변화와 기온상승으로 인한 증발산량 증가는 유출량과 지하수 함양량의 감소로 가용 수자원량의 부족이 심화될 것으로 예상됨
- 국내 환경용수 의미를 포함한 유지유량 산정은 50% 이상 정부주도 과제에 의해 기술이 개발되고 있으며, 정부-민간 공동 연구나 다른 나라의 기술을 도입하거나 국제 공동연구가 이루어지고 있음
- 대하천 관리 및 수리구조물 운영은 국가적인 차원에서 장기적으로 하천과학 분야를 연계하는 종합적인 개선방안 수립 및 관련 기술 개발에 우선적인 기술수요가 필요하다고 예상함
- 하천관리 여건에 따른 미래 하천관리를 위한 현재 하천관리 문제점을 다음 표와 같이 정리하였음

〈현재의 하천관리 문제점〉

구 분	제도적 측면	조직적 측면	운영지침 측면
이 수	• 이수종합계획 등 효율적인 수자원관리를 위한 종합계획 필요 • 갈수시 유수사용 조정을 위한 배분기준 필요	• 이수업무 수행을 위한 전문인력 부족 • 선진화된 취수정보관리 필요	• 유역내 저수지 및 보간 실시간 연계운영 지침 필요 • 양수장 등 취수시설 운영지침 정비필요
치 수	• 보운영을 반영한 홍수예보시스템개선 필요 • 보운영에 따른 안정하도 평가기술 확보 필요 • 지류하천을 고려한 수계단위 홍수예보기술 필요	• 중앙정부, 지자체, 공공기관간 홍수기 효율적 조직운영 필요	• 홍수기 댐 및 보간 최적 운영지침 필요 • 상·하류 및 본류·지류간 관계를 고려한 의사결정지원시스템 개발 필요 • 안정하도 유지를 위한 조사, 준설 등 운영기준 마련
환 경	• 하천환경보전 및 복원을 위한 모니터링 제도 활성화 필요	• 하천환경 관리, 감시 등을 위한 상시조직필요	• 하천내 수질정화시설의 운영규정 필요 • 수립대, 식생 등 관리 규정 필요
시설물 관리	• 예방유지수준의 시설물관리 미흡(사후 관리 수준)	• 시설물 관리인원의 부족 및 비전문성 • 하천의 특성을 고려한 시설물 관리종합시스템 필요	• 4대강사업에 따른 시설물관리 규정 정비 필요 • 강별 시설물관리 지침 제정 필요

□ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술

- 국내의 위해 혹은 재해성 생물에 의한 피해는 녹조 대발생에 의한 상수원 정수처리 비용의 증가, 수산 어로 활동의 피해 등을 제외하고는 직접적인 경제적인 측면보다는 물이용의 저해, 생활의 불편, 생태계의 심미성 저하, 생태계 건강성 악화 등 주로 간접적인 비용으로 나타나며 재화적 가치로 환산하면 시장 규모가 매우 큼
- 생태계 서비스로 나타나는 다양한 가치의 평가와 이용은 세계적으로 연구가 빈약한 분야이며, 국내의 현실도 매우 열악함

3절. 국내외 기술동향

1. 국외 기술동향

□ 하천 환경관리 시스템

○ 미국

- 하천의 오염물질 누출사고와 같은 긴급 상황에 대한 실시간 오염물질 이송, 확산을 모의하고 조기 경보를 위하여 GIS기반의 실시간수질예측시스템인 RiverSpill을 활용하고 있음

○ 유럽

- Danube강을 대상으로 오염사고 위기경보 및 방지시스템(The Danube Accident Emergency Warning and Prevention System, DAEWPS)을 개발하여 국가 경계를 넘는 홍수와 오염물질 누출사고에 대한 예측과 정보를 교환하기 위한 시스템으로 활용하고 있음

○ 일본

- 하천정보센터에서 전국 26개소 국토교통성 강우레이더 및 T/M 자료를 이용하여 유량을 모니터링하고 있으며, 개방형 모델링 시스템(Open Modeling Systems)을 적용한 모델링 기법, GIS 기법과 지능형 모형을 연계한 유출량 예보 모델링과 관련된 연구 등이 수행 중에 있음

□ 유지유량 산정기술

○ 미국

- 갈수량 7day-10year low flow를 이용하고 QUAL2E 모형 등을 적용함, 어류 서식처 조건을 수리량으로 환산하기 위해 IFIM(유지유량 증분 방법) 이용함

○ 일본

- 하천유지유량 산정을 위해 평균갈수량과 기준갈수량의 중간값을 이용하며, QUAL2E를 개선하여 적용하였음, 어류서식처 조건 및 경관유지를 위한 수리조건을 수리량으로 환산하여 반영함

○ 영국

- Q95와 갈수기 유량을 이용하며, 어업과 수생태계를 고려하기 위해 생물학적 수질지표를 이용함

□ 유사 관리

○ 일본

- 대형댐 하류의 회귀성 어류의 산란처 복원 및 먹이질 개선을 위하여 최근에 전국적인 규모에서 유사환원(sediment replenishment)을 실시함으로써 관련 기술 개발

○ 미국

- 1990년대 이후 캘리포니아주 세크라멘토-샌호아킨 유역의 어류 및 저서생물 군집 복원을 위하여 적극적인 유사 관리를 통한 서식처 지형개선 사업 실시
- 특히, 2010년 트리니티강 개선 사업에서는 유사 공급을 통한 자연 사주지형을 복원에 성공하여 다양한 수생태계 기능 개선을 유도함

○ 스위스, 일본

- 수리구조물 상하류 유사 연속성 확보를 위한 구조적 방안으로 유사바이패스 관련 기술을 개발하였고, 시범 사업을 거쳐 실적용 중에 있음

□ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술

○ 세계적으로 생태계 교란 생물이나 재해생물에 대한 관리기술 개발은 국가별로 많은 관심과 노력을 기울이고 있으나, 자연 생태계의 구성원으로 특정 환경 교란에 반응하여 나타나기 때문에 범용성 있는 기술의 개발이 매우 어려움

- 대상 생물에 대한 특정 고도기술의 개발보다는 서식조건 변경 및 대상생물의 직접적인 제거, 구제에 대한 가이드라인이나 매뉴얼 개발 형태로 접근함
- 특히, 해당 생물의 생리 및 생태에 대한 면밀한 조사와 평가 및 환경위해성의 평가 등을 통한 자료와 지식의 축적과 함께 관련되는 타분야와의 적극적인 협력이 보다 효과적인 관리를 위해 강조되고 있음

□ 어도 운영 및 관리 기술

- 일본, 북미 등에서 경제성 어종의 산란기 이동로 확보를 위해서 많은 투자가 진행되어 다양한 어도기술 개발 연구가 1960년대부터 활발하게 시작됨
- 또한, 대형댐이 주로 조성된 북미의 경우 댐마다 어도와 함께 다양한 조사 및 관람 시설을 병행 설치하여 지속적인 예산반영의 필요성을 유도함
- 한국과 일본, 미국의 하천환경생태분야 관련특허의 동향

대상 국가 대상 특허수	한국공개	일본공개	미국등록	PCT공개	합계
분석대상 유효 특허 수	278	424	45	13	760
점유율	37%	55%	2%	6%	100%

□ 국외 수질측정망 운영

- 독일
 - 수질관리는 연방정부-주정부-개별단위(District)로 구분하여 운영하고 있으며 각주마다 독특하고 고유한 표준절차(standard method)에 따라 운영·관리하고 있음으로 주·정부 수질자료는 on line으로 연결되어 없음
- 스페인
 - 9개의 큰 강을 따라 200여개의 측정소가 설치되어 있으며, 그 중 Duero강에는 29개의 측정소가 설치되어 있는데 데이터관리요원 1인을 제외하고 4명의 운영관리요원이 하루에 2~3개 측정소를 방문하여 점검하고 있음
- 일본
 - 수질 및 생태계의 광역적이고 급격한 변화에 대비하기 위해서 하천, 호소, 해역 등에 수질자동측정소 616개를 설치하여 상시 감시체계, 사전 경보체계를 구축하고 있음

□ 국민참여 프로그램

- EU
 - 유역관리 프로그램에 대중 참여를 유도하고 교육, 정보 전달체계 개발, 지역 특이성을 고려한 시민참여 기술개발을 기본으로 함
- 북미
 - 정보확산 및 인식증진을 위해 국내외 시민단체 및 환경단체와의 공조기술 개발 및 체계구축기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있음

2. 국내 기술동향

- 하천기능별 하천관리 기술범위는 하천의 이수·치수·환경기능에 따라 구분될 수 있으며, 하천의 기능유지를 위한 큰 범위뿐만 아니라, 개별 하천시설의 계획·설계·준공·유지관리의 단계별 유지관리 기술을 포함함

〈하천기능별 하천관리 기술범위〉

구 분	하천관리 기술범위	비 고
이 수	- 지속가능한 수자원개발 - 효율적인 수자원관리 - 하천유지유량의 확보 - 합리적인 유수사용 조정	계획, 설계 단계
치 수	- 항구적 홍수피해예방 - 하천의 종합적인 정비계획 - 하천구역의 보전	계획, 설계 단계
환 경	- 하천의 보전·복원·이용에 관한 사항 - 수환경(수량·수질) 관리	계획, 설계 단계
시설물 관리	- 제방 등 물길안정시설의 유지관리 - 댐 등 하천수위조절시설의 유지관리 - 운하 등 선박 운항시설의 유지관리 - 인공서식처 등 하천환경시설의 유지관리 - 기타 시설물의 유지관리	준공, 사후평가, 유지관리 단계

〈기술적 지원 분야〉

구 분	주요 내용
치 수	홍수관리 - 이상강우 및 국지성강우 등에 대한 강우예측능력 개선 - 상류부 댐, 중류부 저류 및 다기능보, 하류부 배수갑문 등 다양한 하천시설을 고려한 홍수예보 필요 - 비상상황에 대비한 피난·대피 등 방재기준 마련 - 하천유지용수의 안정적 공급을 위한 댐, 저류지, 다기능보 등의 비홍수기를 대비한 운영방안 정립 필요
	하도관리 - 공사 후 하상변동 상황에 대한 모니터링 기준 및 기술마련 - 실시간 하천측량기술의 개발 - 하천측량정보에 대한 DB구축 및 하상변동현황 평가를 위한 시스템 개발 - 하상변동예측을 위한 강별 모형개발 - 하상퇴적시 하천관리상 지장을 최소화할 수 있는 준설관리계획 수립
	시설물 안전관리 - 하천시설별 유지관리 기준마련 - 하천시설별 모니터링 및 계측시스템 정립
이 수	하천유지용수 - 댐, 저류지, 다기능보를 고려한 하천유지용수 평가기준정립 - 실시간 물관리를 위한 시스템 정립
	지하수 - 지하수 모니터링 시스템 구축 - 강별 지하수 영향예측 모형의 개발
환 경	수질보전 및 개선 수질개선 시설물의 종합운영관리
	환경사고 예방 및 대응 - 상시 수질감시체계 구축 - 비상대처계획의 수립

□ 유지유량 산정기술

○ 국토교통부, K-water

- 대하천의 물리적 환경변화를 고려한 유지유량 산정 및 고시자료를 실증 및 개선하여 장기 수자원 종합계획에 활용 가능한 수량관리 계획 수립
- 장기적으로 수질 및 생태환경을 고려한 유지유량 산정 및 평가 필요

○ 한국건설기술연구원 「에코리버21연구단」

- 하천의 치수 및 구조적 안전성 확보, 자연성 및 환경성 보전, 생태적 및 경제적 지속가능한 하천관리 실현을 위한 기술개발 수행
- 치수 위주의 홍수터 및 하도관리 기술과 생물서식환경조성 설계 기술개발 내용을 수행하였음

□ 하천 유사 및 하도관리

○ 첨단하천관리기술연구단에서 수행 중인 다기능보 배사효율 극대화 및 하류 세굴 방지 방안 연구의 성과와 연계할 수 있는 수리구조물의 구조적 개선 및 운영방안에 대한 기술적 검토가 필요함

○ 2010년 양양발전소 하부댐 하류역을 대상으로 유사공급의 최초 국내사례가 보고되었으나, 생물서식처 관리 및 수생태계 복원까지 연구를 발전시키지 못하였음

□ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술

○ 국내에서 녹조 제어 및 관리기술을 제외하고는 유해 혹은 재해생물 관리와 구제에 뚜렷한 대책과 기술이 개발되지 않은 상태임

○ 현재의 수준으로는 일부 위해 및 재해 잠재생물(큰빛이끼벌레, 끈벌레 등)에 대한 기초 수준의 생활사 및 생태 연구가 진행되고 있는 실정

□ 어도 운영 및 관리 기술

○ 국토부, 환경부, 해양부, 농림부가 공동기준으로 제시하고 있는 하천설계기준 어도편은 어도 형식별 기준을 설정하고 있고, 이에 따라 다양한 기술이 알려져 있음, 이러한 기술의 대부분은 어도형태에 따른 블록 제품임

○ 대하천에 필요한 실질적인 기술은 어도 길이에 적합하도록 길이에 따른 휴식과 서식공간의 배치기술, 수리적 대응, 중횡단면과 이의 설계 및 시공, 하천어류의 유인 시설 및 기술로, 항목별 현장평가와 실내 수리시험을 통하여 대하천 어도 기준이 제시되어야 함

□ 빅데이터 처리 및 활용기술

- 축적된 물관리 기술에 대한 정보를 요약 및 전달하기 위한 기술로 최근에 빅데이터에 대한 관심 증대
- 빅데이터를 이용한 신규 서비스 발굴 및 기회, 데이터 분석기술 등은 최근 3년간 빠르게 증진되고 있으나 물관리 기술개발에 적용은 미비하고, 현재까지 축적된 자료, 정보량에 비해 활용성이 부족함

□ 국가 수량 및 수환경 측정망 현황

○ 국토부, 환경부, 농식품부 등

- 수위측정망, 수질측정망, 지하수측정망, 토양측정망 등이 중점관리 지점 위주의 자동측정지점이 구축 및 운영되고 있으며 많은 공공수역에 대해서는 수동측정방식이 적용되고 있음
- 수량, 수질, 생태를 통합 관리에 필요한 유량, 수환경 모니터링 지점 및 횡수에 일관성이 부족한 실정이며 특히, 생태환경 자료에 대한 불확실성 개선에 대한 연구가 미흡함

○ 환경부

- 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가를 2007년부터 진행중이며, 4대강 하천 수생태계 측정망의 조사지점이 960개 지점으로 운영되고 있으며 하천생태계 복원사업의 기초자료로 활용하고자 함

3. 특허분석

가. 특허 조사방법

□ 분석 목적

- 특허조사는 특허기술정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향, 주요 주체별 특허동향을 파악하여 동 연구 기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

□ 분석절차

- 동 기획에서는 검색대상 기술을 분류하고 조사기간 및 검색범위 설정, 기술 키워드 선정 및 검색식 설정, 특허 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름



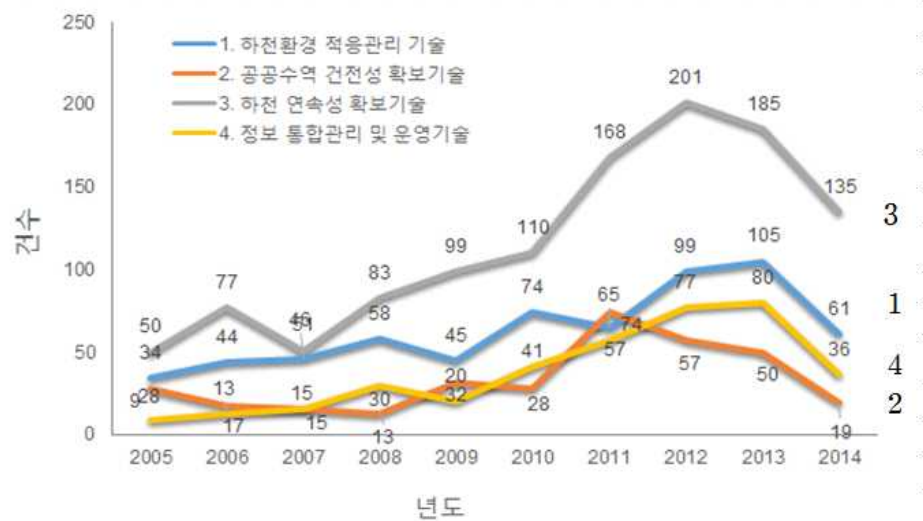
[그림 2-3-1] 특허분석 프로세스

□ 분석범위

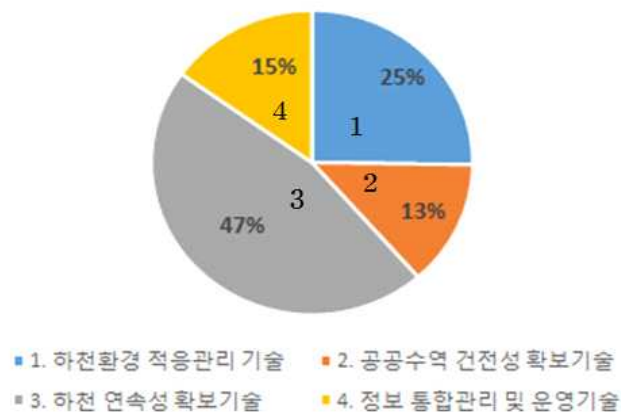
- 특허검색은 6개 대분류, 3개 소분류를 기준으로 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국 및 PCT에서 2005년 이후 공개, 등록된 특허를 대상으로 함
- 검색은 위즈도메인사의 Focust를 활용하였으며, 검색식 작성시 기술분야별로 특허청에서 제공하는 국제특허분류(IPC) 프로그램을 통해 section을 구분하여 1차적으로 노이즈를 제거함

나. 특허 정량분석

- 4개의 대분류별로 특허 검색수는 하천환경 적응관리기술 분야는 631건, 공공수역 건전성 확보기술 분야는 333건, 하천 연속성 확보기술은 1,159건, 정보통합관리 및 운영기술 분야는 378건으로 총 2,501건으로 조사되었음
- 분야별 년도에 따른 특허수는 연평균 10.5% 증가율을 보였으며 2010년부터 2012년 사이에 증가경향이 높다가 이후 다시 감소하는 것을 확인할 수 있었음
- 하천환경 적응관리 기술 분야는 연평균 9.6%의 증가추세를, 공공수역 건전성 확보기술 분야는 21.9%, 하천 연속성 확보기술 분야는 12.1%, 정보 통합관리 및 운영기술 분야는 26.3%의 증가율을 나타내었음



[그림 2-3-2] 최근10년 기획연구관련 특허건수 변화



[그림 2-3-3] 최근10년 기획연구관련 특허의 분야별 현황

4. 논문분석

가. 논문 조사방법

□ 분석 목적

- 논문조사는 논문문헌정보를 기술 분야별로 조사, 분류, 가공, 분석함으로써 과거부터 현재까지의 기술동향, 주요 주체별 논문동향을 파악하여 본 연구 기획의 중점추진분야 설정을 위한 객관적인 근거를 제시하기 위함임

□ 분석절차

- 동 기획에서는 검색대상 기술을 분류하고 조사기간 및 검색범위 설정, 기술 키워드 선정 및 검색식 설정, 논문 DB 검색 및 노이즈 제거를 거쳐 분석 대상을 확정하여 분석하는 절차를 따름

논문분석 절차	세부내용
1 검색대상 기술의 분류	■ 기획연구진 및 전문가 자문위원회 논의를 통해 검색 대상 기술을 대분류, 소분류로 분류 (특허분석 대상과 동일하게 설정)
2 조사 기간 및 검색범위 설정	■ 논문조사 기간 및 검색범위 설정 ■ 논문검색 프로그램 설정(Thomson innovation)
3 기술키워드 선정 및 검색식 작성	■ 기술분야별 전문가 자문을 통해 기술키워드 선정, 키워드에 따른 검색식 설정
4 검색결과 정리 및 노이즈 제거	■ 해당 기술분야의 논문검색 결과정리 ■ 기술분야별 전문가 자문을 통한 노이즈 제거
5 검색결과 분석	■ 해당 기술분야의 논문검색 결과정리 ■ 연도별, 기술분야별, 국가별, 주요연구기관 현황 등 정량분석 수행

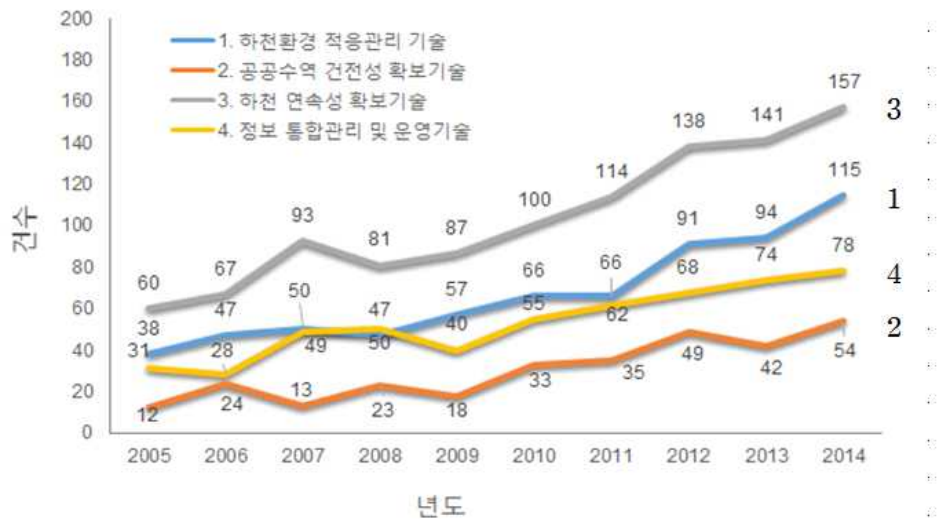
[그림 2-3-4] 논문분석 프로세스

□ 분석범위

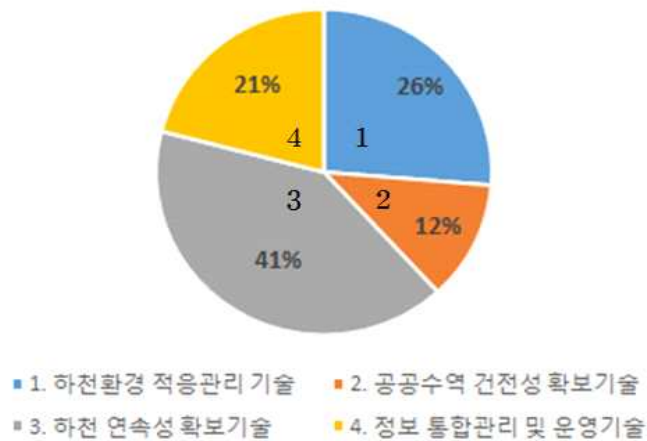
- 논문검색은 6개 대분류, 3개 소분류를 기준으로 2005년 이후 발표된 논문을 대상으로 함
- 검색은 Thomson innovation 프로그램을 활용함(web of science)

나. 논문 정량분석

- 4개의 대분류별로 논문 검색수는 하천환경 적응관리기술 분야는 671건, 공공수역 건전성 확보기술 분야는 303건, 하천 연속성 확보기술은 1,043건, 정보통합관리 및 운영기술 분야는 535건으로 총 2,552건으로 조사되었음
- 분야별 년도에 따른 논문수는 연평균 12.3% 증가율을 보였으며 2009년까지 완만한 증가세를 보이다가 점차 활발해지는 것을 확인할 수 있었음
- 하천환경 적응관리 기술 분야는 연평균 12.6%의 증가추세를, 공공수역 건전성 확보기술 분야는 19.1%, 하천 연속성 확보기술 분야는 12.1%, 정보 통합관리 및 운영기술 분야는 16.4%의 증가율을 나타내었음

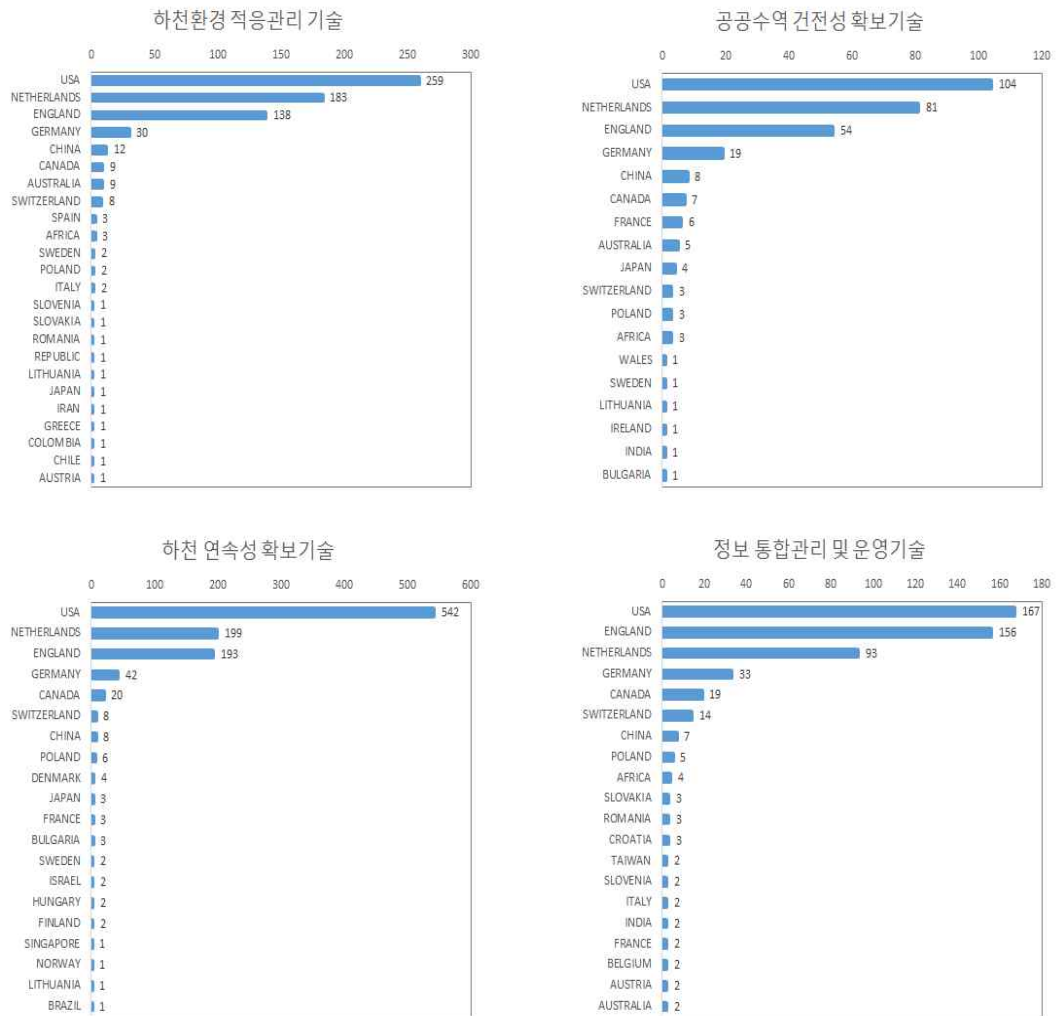


[그림 2-3-5] 최근10년 기획연구관련 논문건수 변화



[그림 2-3-6] 최근10년 기획연구관련 논문의 분야별 현황

- 대분류 4개 분야별 논문의 국가별 현황을 분석한 결과, 모든 분야에서 미국에서의 논문발표 현황이 가장 많았으며 다음으로 네덜란드, 영국, 독일에서 논문 검색수가 많은 것으로 분석되었음



[그림 2-3-7] 대분류 분야의 국가별 논문 현황

4절. 연구개발 인프라 분석

1. 실험장비 및 관련 기자재 인프라

- ☐ 최적 수량의 유지 및 관리를 위해 필요한 하천유량 산정 장비는 국내에서 개발된 전자과표면유속계, 시험중인 영상유량산정 장비 등 타 사업을 통해 개발된 장비를 활용하여 자체 연구개발 수행이 가능함
- K-water에서 개발한 전자과표면유속계, 설마천 시험유역에 설치 시험 중인 영상유량 산정 장치 등이 국내에서 개발되어 실용화 되고 있음
- ☐ 대하천 수리구조물에 의한 생태계 평가를 위해 환경 변화 분석이 가능함
- 환경변화의 효과적인 추적자로서 토사, 입상유기물, 부착조류, 저서무척추동물, 어류의 안정동위원소 분석기술과 장비
- 수리구조물 상하류 유사 이동에 대한 연속적인 모니터링 기술과 물리적인 서식처 지형 평가를 위한 GIS 분석 및 관련 장비 활용가능함
- 공급유사량 결정, 소류사 이동, 지형변화를 위한 수리모델이 적용되고 있음
- ☐ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술
- 생물학적 분석과 관련기술 개발을 위한 실험 장비나 기자재 인프라는 상대적으로 양호함
- 생물학 분야의 타 세부 분야의 장비와 기자재를 활용 가능함

2. 해외 협력기관 인프라

- ☐ 대하천의 수리구조물 운영에 의한 하천환경 영향을 평가하고, 종합적인 유사 관리 기술을 가진 해외연구기관은 한정되어 있음
- 일본의 교토대학교 방재연구소 수자원환경연구센터에서 유사환원과 유사바이패스 기술, 하천생태계 평가 등의 선도적 기술을 보유하고 있음
- 미국의 미연방개척국 산하조직인 트리니티강 하천복원 연구단에서 수십년 이상의 축적된 연구기술을 보유하고 있음
- 국내에서는 관련 기술과 인력이 부족한 현실을 반영할 때, 국내 전문가를 통하여 연구인력의 파견, 교류, 기술도입, 공동연구 등의 적극적인 국제협력이 필요함

□ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술

- 특정 교란생물(큰빛이끼벌레 등)에 대한 국내의 연구인력 인프라는 충분치 못하여 필요시 해외의 기관과 협력이 요구됨
- 특정 위해 및 교란생물에 대한 연구인력 인프라는 해외에서도 충분한 상태는 아님
 - 큰빛이끼벌레를 포함하는 대형동물 전문가는 세계적으로도 10인을 넘지 못하며 미국, 일본, 유럽, 국내 등에 1-2명 정도의 전문가들이 있음

□ 하천관련 기술시장을 선도하는 주요 기관 및 업체

국적	기관/업체명	주요 수행내용	중점 분야
미국	ERDC (Engineer Research Development Center)	- 미 공병단 하천연구 개발사업 대부분 수행	정부기관
미국	WES(수로실험소)	- 미공병단의 하천실험사업 연구수행	정부기관
일본	리버프론트 정비센타	- 하천 생태연구, 실제 하천 규모 실험실 운영	재단법인
일본	(주)건설기술연구소	- 하천계획 및 시공업체로 공법개발, 하천복원관련 자체 실험실 운영	업체
일본	토목연구소 자연공생센터	- 개별기술개발 및 하천복원을 위한 기초 연구수행	행정독립법인
영국	환경청(EA)	- 이수, 치수, 환경을 종합관리	정부기관
영국	하천복원센터	- 복원사업 감리, 복원사업관련 정보제공	비영리단체

□ 시민참여 및 인식증진 협력기관

○ 람사르협약

- 습지보전을 위한 국제협약으로 1997년 이후 습지 및 하천 등에 대한 시민참여를 독려하기 위한 인식증진프로그램을 개발 및 적용하고 있음
- 습지의날 행사를 통해 대국민 홍보를 실시하고 전 세계 168개국 2208개 습지 및 하천의 관리, 보전을 위한 기술축적은 물론 정보확산을 위한 가이드라인을 제공함

○ 호주 CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)

- 1926년 설립되어 전문가들의 연구결과가 정부의 환경관리 및 의사결정체계에 적용될 수 있는 기반을 제공하는데 목적이 있음
- 더불어 기술 및 정보가 대중들에게 확산될 수 있는 교육 및 홍보 시행하며 8개 정규프로그램을 계층별, 이해당사자별로 운영함

○ 미국 NEON (National Ecological Observatory Network)

- 생태연구시설 및 연구자 네트워크를 위해 설치된 기관이지만 축적된 자료의 공유를 위한 기술을 개발하고 있음
- 대표적 인식증진 프로그램인 시민과학아카데미(Citizen Science Academy)은 시민들이 요구하는 전문과학 지식을 빠르게 전달할 수 있는 방법으로 정규 또는 비정규과정에서 시민과학을 확대하기 위한 기술이 축적되어 있음

3장. 기술수요 및 수준 · 예측조사

1절. 기술수요조사

1. 개요

가. 기술수요조사의 목적

- ☐ 본 기획연구의 기술수요조사는 대하천 수리시설물의 최적 운영을 위해 기술개발이 필요한 기술아이템 도출을 목적으로 함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 대하천 수리시설물의 최적운영을 위해 기술개발이 필요한 기술아이템에 대한 기술수요를 조사함
- 기술수요조사는 기술개발 우선순위를 파악하고 기술개발 과제간의 효율적인 자원배분 방안을 마련하기 위한 사전 조사에 해당됨
- 대하천 수리시설물의 최적운영 기술의 분류체계를 제시하고 수요조사를 실시하여, 기술분류체계 상 연구개발 아이템이 많이 제안된 기술분야는 기술개발 니즈가 높은 기술분야로 볼 수 있음
- 연구개발 아이템이 제안되지 않은 분야는 기술개발 니즈가 없는 기술분야로 볼 수 있음

나. 기술수요조사의 절차

- ☐ 기술수요조사는 기술수요조사 설계, 기술수요조사 수행, 기술수요조사 결과 분석, 기술수요조사 결과 활용 순으로 추진함
- 기술수요조사 설계단계에서는 조사서 항목을 결정하고 대상자를 설정함
- 기술수요조사 수행단계에서는 조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
- 기술수요조사 결과분석단계에선 기술분류체계와 회신된 기술아이템을 매칭하고, 응답현황 및 기술분류체계별 기술수요를 분석함
- 기술수요조사 결과활용단계에서는 회신 조사서 내용으로 기술분류체계, 동향 및 환경분석 내용을 보완하고, 기술아이템은 후보과제로 구성하여 향후 중점분야 선정 및 수행과제 선정에 활용함



[그림 3-1-1] 기술수요조사 프로세스

다. 기술수요조사 발송 및 응답개요

- 기술수요조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가를 대상으로 E-mail을 통해 조사함

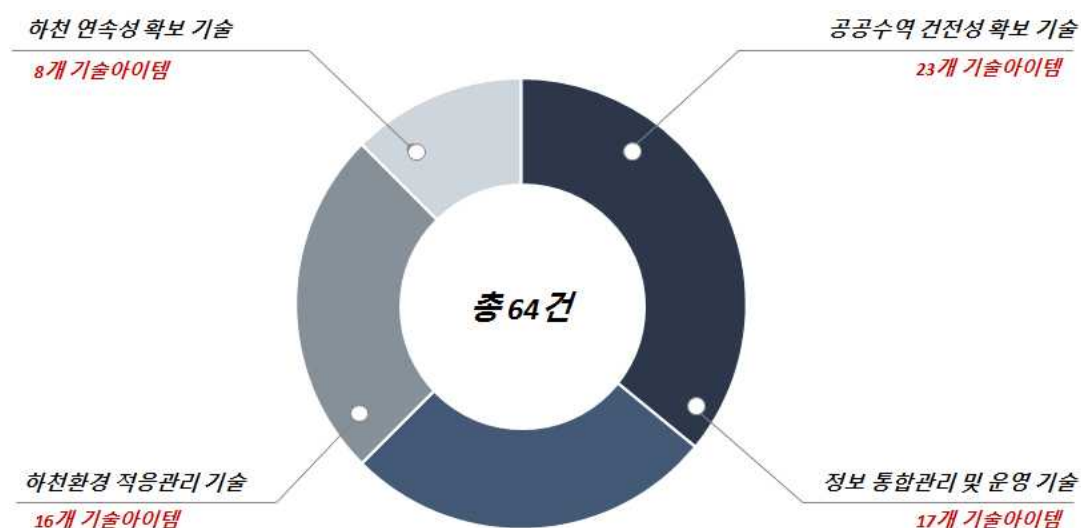
<표 3-1-1> 기술수요조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	2015년 3월 17일 ~ 4월 3일(3주간)
조사대상	내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	이메일을 통한 설문조사
기술아이템 건수	64건

2. 기술수요조사 분석결과

□ 제안받은 기술아이템은 총 64건이며, 4개 기술분야별로 구분할 경우 공공수역 건전성 확보기술분야에서 가장 많은 23건의 기술아이템을 제안 받음

○ 기술분야별로 공공수역 건전성 확보 기술분야 23건, 정보 통합관리 및 운영 기술분야 17건, 하천환경 적응관리 기술분야 16건, 하천 연속성 확보 기술분야 8건의 기술아이템을 제안받음



[그림 3-1-2] 기술분야별 기술수요조사 회신결과

<표 3-1-2> 기술분야별 기술아이템

기술분야	기술아이템
하천환경 적응관리 기술	정밀수위관측을 통한 분단위 수면증발량 모니터링 기술 개발
	퇴적과 침식으로 인한 하상변동 모니터링 기술 개발
	신뢰도 높은 실측자료를 활용한 물질수지 분석
	대하천 환경유량 설정 및 평가지수 개발
	하천복원 및 하천환경 경제성 평가 기법 개발
	생태수문학적 개념을 이용한 하천유황변화 분석 기술 개발
	유사레짐 변화에 따른 하도의 생태지형학적 반응 모델 개발
	지속가능한 생물 서식처 관리를 고려한 유사환원 기술 개발
	물순환 기법을 활용한 지속적인 수량확보 기술 개발
	기후변화와 유역환경변화를 연계한 시나리오별 수환경 변화 예측 기술 개발
	하도식생과 지형변화 예측 및 관리 기술 개발
	수리구조물 운영에 의한 생애주기 증가와 하류 교란 저감 관리 기술 개발
	수리구조물 운영에 따른 대하천 수문순환의 적응적 변화 예측
	유황 및 유사량 변화에 따른 하상과 예측 및 미소서식처의 관리 기술
	대하천 수리구조물 운영에 따른 유황변동 분석 기술개발
	보 상/하류 목표 수리특성 유지를 위한 보 운영 기술개발

기술분야	기술아이템
공공수역 건전성 확보 기술	홍수터와 수변을 이용한 수질 수생태 복원 및 횡적 연속성 확보기술
	수리구조물 하류의 하도 물리적 구조와 서식처 변화 예측 기술
	대발생 기능 생태계 위해종 발굴 및 관리방안 가이드라인 개발
	대하천 수위대응 저서생물 생태계 모니터링 장치 개발
	생태계 비훼손형 모니터링 장치 개발
	난분해성 물질 규명 및 관리방안 연구
	조류로부터 발생하는 독성물질 및 냄새물질 분석 및 위해성 연구
	3차원 수계별 수질분포 파악 및 수질관심지역 예보시스템 구축
	수리시설물 주변 공공수역 생태위해성 관리기술 개발
	수질악화, 생태계 교란 원인 규명 및 대응방안 제시
	물질순환과정 분석에 의한 생물서식처의 역할 분석
	생물서식환경 적응예측을 위한 ANN, GA 기법 적용
	적정방류량 적용시 조류대변성의 반응 시뮬레이션
	대하천 조류 및 악취 예측기법 개발
	탁수발생 원인 물질 모니터링 기술 개발
	수리시설물 소재의 생태독성 평가 및 독성원인 규명 체계 구축
	수리시설물 소재의 생태독성 저감 및 관리방안 가이드라인 제시
	녹조발생 저감을 위한 적정 유량 및 유속 산정
	큰빛이끼 벌레 서식 제어를 위한 적정 유속 산정
	수생태계 건전성 확보를 위한 적정 유량 공급 방안 제시
하천 연속성 확보 기술	대하천 수질, 생태 예측 모델링 기술 개선
	갈수기 적응형 서식공간 생태환경 적응, 관리기술 개발
	선박을 이용한 조류제거 및 자원화 기술개발
	수위변동 대응 어도기능 개선 기술 개발
	하천 연속성 속성에 기초한 하천 종횡적 연속성 평가지표 개발
	하천 연속성 종횡적 평가지표의 정교화
	서식처 제공을 위한 적정 수생, 수변 식물 평가
	수위변동 대응 어도기능 평가
정보 통합관리 및 운영 기술	장래 멸종/변식어종 예측 및 대응 기술
	하천 수리구조물 유형 및 운영에 따른 어류 서식처 영향 분석 기술
	유량변동에 대응 가능한 무동력 다변형 자기 조절식 생태친화적 어도 개발
	수리/수질/생태 통합 실시간 모니터링 및 네트워크 구축기술
	빅데이터 기반 수량/수질/수생태 센싱정보 분석/처리 기술
	대하천 수생태계 표준 생물 모니터링 기법 개발
	대하천 적용 가능 에코메트릭 평가 시스템 개발
	대국민 홍보 및 활용방안 수립
	대하천 수서생물 스마트폰 앱 개발에 의한 대하천 주요 생물종 관리 및 제어
	수공 구조물 영향에 따른 수량, 수질, 생태 연속성 평가 기법 개발
	대하천 상하류 연결 모니터링 연계 기술 개발 및 평가 항목 개발
	빅데이터 활용을 위한 소프트웨어 개발 연구
	표준 및 체계화된 대하천 모니터링 방법 정립
	3차원 수질 모니터링 예측기법 개발
	수량, 수질, 수생태 연계 모니터링 표준화 기술
	대하천 환경 변화를 고려한 하천 운영 및 관리 방안 수립: 법·제도적 측면
	데이터베이스 데이터 교환체계 표준화 구축
	법적 제도적 장치(수리권 등)와 관계기관의 협력 등에 대한 연구
	현상해석을 위한 필요 요소기술 및 모니터링 표준화
	개선되는 생태 환경에 대해 홍보를 통해 대국민 인식개선

2절. 기술수준 및 예측조사

1. 개요

가. 기술수준 및 예측조사의 목적

- 본 기획연구의 기술수준·예측조사는 관련 기술의 실현시기, 기술수준 등의 기술특성의 변화 속도를 정량적으로 평가하여 과제우선 순위 평가를 위한 기초자료로 활용을 목적으로 함
- 산·학·연 전문가를 대상으로 대하천 수리시설물의 최적 운영 관련 기술의 실현시기, 기술수준, TRL단계, 중요도 등을 조사함
- 대하천 수리시설물의 최적 운영기술의 기술혁신 동향예측을 토대로 효과적인 R&D계획을 수립하고 합리적인 의사결정 방안을 마련하기 위한 조사임
 - 연구개발 사업 계획과 전략 수립에 활용하기 위한 적합한 자료와 다양한 예측방법을 사용하여 미래의 기술변화에 관한 필요한 정보를 수집함
 - 현재 기술의 수준을 살펴봄으로써 기술변화를 예측하고, 이를 기반으로 기술개발의 방향과 목표를 설정함

나. 기술수준 및 예측조사의 절차

- 기술수준·예측조사는 기술수준·예측조사 설계, 기술수준·예측조사 수행, 기술수준·예측조사 결과분석, 기술수준·예측조사 결과 활용 순으로 추진함
- 설계단계에서는 조사항목을 결정하고 대상자를 설정함
 - 조사항목은 기술수준·예측조사를 수행한 선행연구의 조사항목을 검토하여 기술개발 추진방향 설정에 시사점을 줄 수 있는 항목으로 구성함
 - 세부 기술분야별 최고기술보유국과 국내의 기술적·사회경제적 기술실현시기, 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준, 기술격차, 격차년도, TRL, 인프라 성숙도, 기술적 중요도, 기술획득방식, 정부우선시행방안 등을 조사항목으로 설정함
- 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
 - 기술수준·예측조사는 2Round에 걸친 Mini-델파이 방법을 활용함
 - 응답자별로 본인의 1Round 응답결과와 전체 조사대상자 응답 통계자료를 함께 제공하여 조사항목별로 전문가의 합의를 유도함

- 2Round 응답결과 중 양 극단값을 평가한 조사자의 응답결과를 배제한 값의 평균치를 최종 결과값으로 설정함
- 기술수준/예측조사 결과분석단계에선 기술분류체계별 조사결과를 분석하고, 기술수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도의 포트폴리오 분석을 통해 기술개발 추진전략을 설정함
- 기술수준/예측조사 결과활용단계에서는 분석결과를 기반으로 한 사업추진방향 설정, 후보과제 우선순위 도출, TRM작성 등에 활용함



[그림 3-2-1] 기술수준/예측조사 프로세스

다. 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

- 기술예측/수준조사는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

<표 3-2-1> 기술수준/예측조사 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	- 1차 조사기간 : 2015년 3월 123일 ~ 4월 4일(2주간) - 2차 조사기간 : 2015년 4월 10일 ~ 4월 14일(1주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

라. 기술수준 및 예측조사 항목 설정

(1) 기술 실현시기

- ☐ ‘기술적 실현시기’는 해당기술의 기술적 문제가 해결되어 기술이 적용된 최초 시작품 등이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)임
- ☐ ‘사회경제적 실현시기’는 해당기술의 경제성이 확보되어 기술을 적용한 제품 등이 상업화되거나 해당기술이 사회적으로 널리 활용되는 예상시점(Single Point Time)임

(2) 국내 기술수준 및 기술격차

- ☐ ‘국내 기술수준’은 ‘15년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술보유국 대비 국내 기술수준임

○ 기술수준의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-2〉 기술수준/예측조사의 기술수준 평가 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 세계 최고기술에 도달하기까지 소요되는 시간(단위: 년)임
- ☐ ‘기술격차추세’는 세계 최고기술과 국내 기술수준 격차가 어떻게 변화하고 있는지를 나타내는 지표로 5점 척도로 평가함

○ 기술격차추세의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-3〉 기술수준/예측조사의 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”

(3) 기술성숙도(TRL)

□ ‘기술성숙도(TRL)’는 해당기술의 국내외 기술성숙도를 나타내는 지표임

○ 기술성숙도(TRL)의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-4〉 기술수준/예측조사의 기술성숙도(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

(4) 최고기술 보유국

□ ‘최고기술보유기관’은 ‘15년 현재 시점에서 해당기술의 최고기술을 보유한 국가임

(5) 기술기반 성숙도

□ ‘기술기반 성숙도’는 해당 기술과 관련된 국내 산업/기술 연구인력, 장비 등 인프라 수준을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 기술기반 성숙도의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-5〉 기술수준/예측조사의 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

(6) 기술적 중요도

□ ‘기술 핵심성’은 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 기술 핵심성의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-6〉 기술수준/예측조사의 기술 핵심성 평가 기준

구분	설명
5	- 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 높음
4	- 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 높음
3	- 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 보통임
2	- 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 낮음
1	- 해당기술이 ‘대하천 수리시설물 운영기술’내에서 차지하는 상대적인 중요도가 매우 낮음

□ ‘시급성’은 해당 기술이 적정 수준을 구현해야 하는 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 시급성의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-7〉 기술수준/예측조사의 시급성 평가 기준

구분	설명
5	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 매우 시급함
4	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급함
3	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급한 정도가 보통임
2	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 시급하지 않음
1	- 적정수준 구현시기를 고려 시 기술개발이 전혀 시급하지 않음

□ ‘과학기술적 파급효과’는 해당 기술이 타 요소기술 개발에 미치는 영향력을 나타내는 지표로 5점 척도로 제시함

○ 과학기술적 파급효과의 평가 기준은 다음과 같음

〈표 3-2-8〉 기술수준/예측조사의 과학기술적 파급효과 평가 기준

구분	설명
5	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 높음
4	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 높음
3	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 보통임
2	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 낮음
1	- 타 요소기술 개발에 미치는 영향력이 매우 낮음

(7) 기술획득방식

☐ ‘기술획득방식’은 해당 기술의 기술개발을 위해 적합한 연구 주체를 나타냄

○ 기술획득방식은 아래 4개 항목 중 하나를 선택하여 조사함

〈표 3-2-9〉 기술수준/예측조사의 기술획득방식 조사 항목

구분		설명
자체 개발	민간	- 기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 것이 바람직함
	정부	- 기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하고 기초 단계 연구개발이 필요하여 정부출연연구소 또는 기관을 중심으로 정부가 주도하는 것이 바람직함
	공동	- 정부와 민간이 매칭펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발을 추진하는 것이 바람직함
기술도입 및 국제공동연구		- 국내 개발 역량이 미흡하거나 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감할 수 있어 독자적 개발보다는 국제공동개발 또는 해외 기술을 도입하는 것이 바람직함

(8) 정부우선시행방안

☐ ‘정부우선시행방안’은 해당 기술의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 정책을 의미함

○ 정부우선시행방안은 아래 5개 항목의 중요도 비중을 조사함

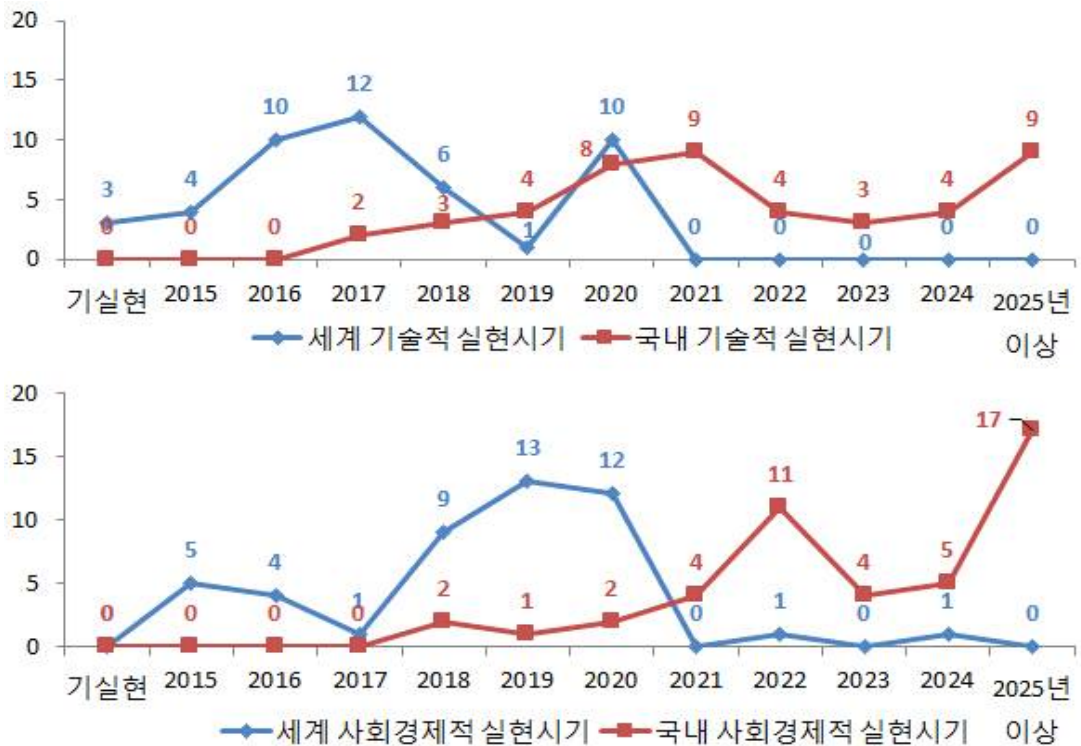
〈표 3-2-10〉 기술수준/예측조사의 정부우선시행방안 조사 항목

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

2. 기술예측 및 수준조사 분석결과

가. 국내·외 기술 실현시기

- ☐ 최고기술보유국의 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술은 국내보다 4년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
- ☐ 국외는 '20년까지 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국외는 '16, '17, '20년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- ☐ 국내는 '25년 이후 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '21, '25년 이후에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- ☐ 국외는 '24년까지 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국외는 '19, '20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- ☐ 국내는 '25년 이후 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '22, '25년 이후에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- ☐ 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술적 실현 이후 사회경제적 실현까지는 해외 0~3년, 국내 0~1년이 소요될 것으로 전망됨
- ☐ 해외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~3년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~1년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



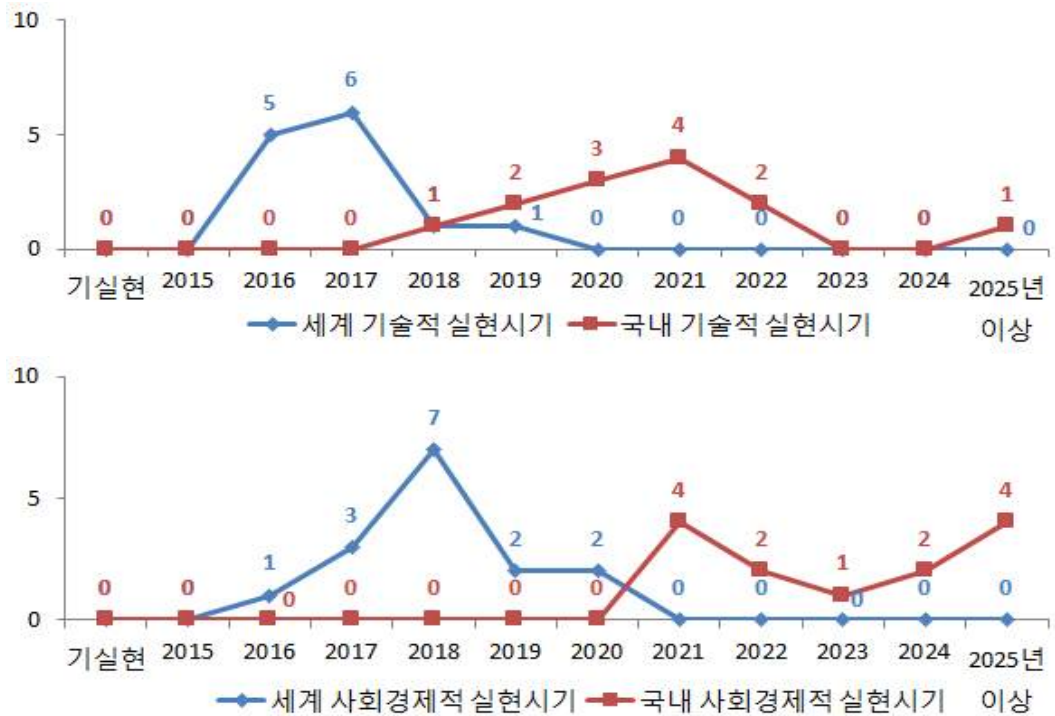
[그림 3-2-2] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 실현시기 빈도

(1) 하천환경 적응관리 기술

- 최고기술보유국의 하천환경 적응관리 기술은 국내보다 3~6년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
- 해외는 '19년까지 하천환경 적응관리 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '16, '17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '25년 이후 하천환경 적응관리 기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '20, '21년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 해외는 '20년까지 하천환경 적응관리 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '25년이후 하천환경 적응관리 기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '21, '25년 이후에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

□ 하천환경 적응관리 기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지는 해외 0~1년, 국내 0~3년이 소요될 것으로 전망됨

○ 해외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~1년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~3년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



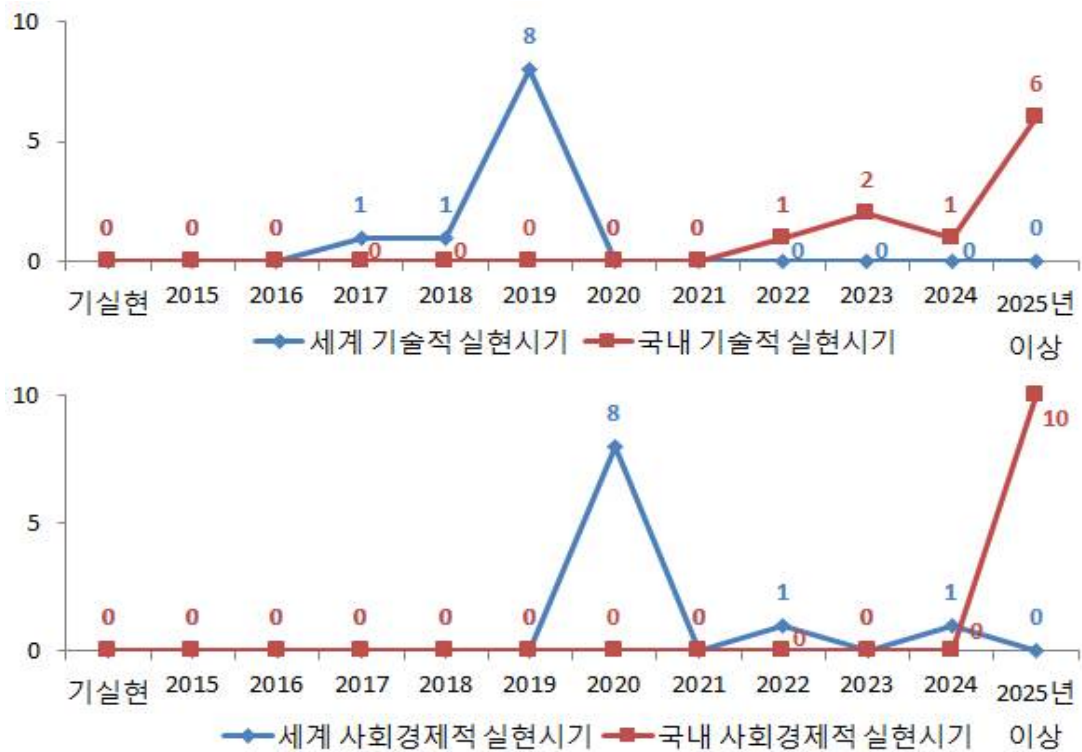
[그림 3-2-3] 하천환경 적응관리 기술의 실현시기 빈도

<표 3-2-11> 하천환경 적응관리 기술의 기술실현시기

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
최적 수량관리기술	수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술	17	21	18	24
	수환경 레질리언스 확보기술	19	25	20	26
	다차원 복합흐름 해석 고도화 기술	17	21	18	22
유지유량 산정기술	유지유량 등급화	17	19	18	21
	유지유량 가치평가 모델	17	18	19	21
	GIS활용 유지유량 분석 기술	16	19	17	21
하도 관리기술	하도거동 정밀 모니터링	16	20	16	21
	하안, 하상변동 예측 및 평가기술	16	20	18	22
	중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술	16	21	18	23
	하도 최적관리기술	16	22	20	25
유사 관리기술	생태지형학적 하도 평가기술	17	21	19	24
	상하류 유사 연속성 확보기술	18	22	18	25
	퇴사 관리기술	17	20	18	25

(2) 공공수역 건전성 확보기술

- ☐ 최고기술보유국의 공공수역 건전성 확보기술은 국내보다 5~6년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
- 해외는 '19년까지 공공수역 건전성 확보기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '19년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '25년 이후 공공수역 건전성 확보기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '25년 이후에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 해외는 '24년까지 공공수역 건전성 확보기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '20년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '25년 이후 공공수역 건전성 확보기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '25년 이후에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- ☐ 공공수역 건전성 확보기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지는 해외 1~6년, 국내 1~3년이 소요될 것으로 전망됨
- 해외의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 1~6년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망되며, 국내의 경우 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 1~3년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



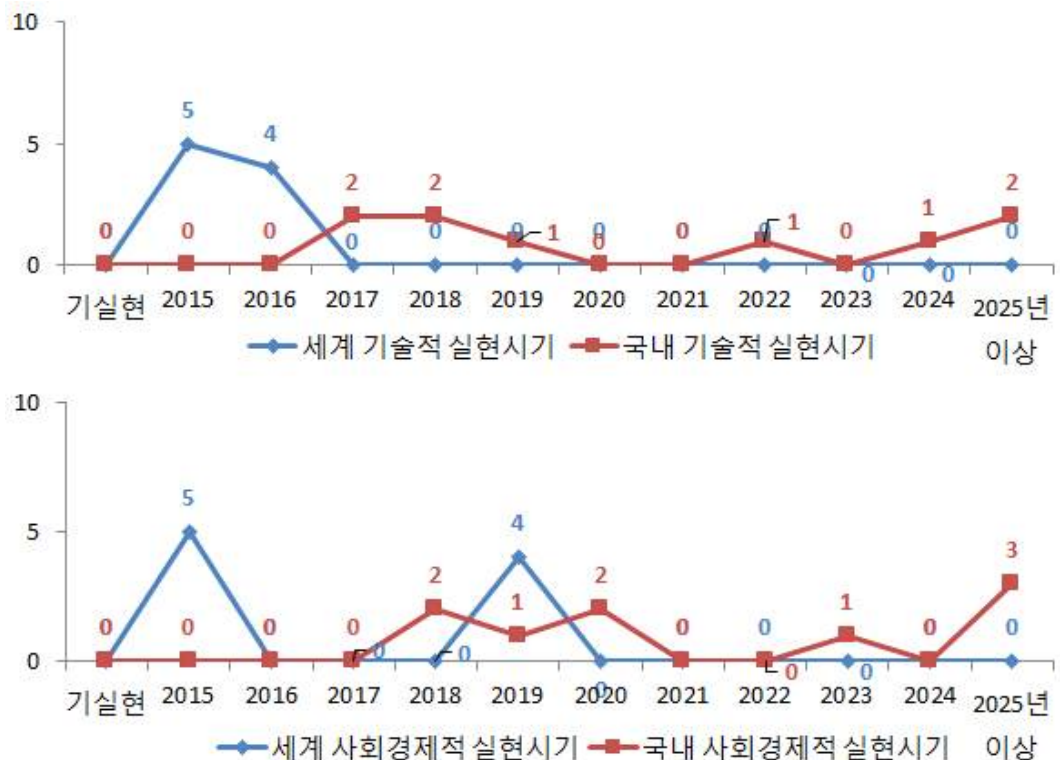
[그림 3-2-4] 공공수역 건전성 확보기술의 실현시기 빈도

<표 3-2-12> 공공수역 건전성 확보기술의 기술실현시기

기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
수생태계 건전성 유지관리 기술	생물다양성 확보 기술	20	25	20	25
	수환경 건전성 확보 기술	20	25	20	25
	중장기 생태환경 변화 예측기술	20	24	20	25
생태계 재해생물 관리 기술	생태계 교란생물 평가 및 모니터링	17	22	20	25
	생물폐사 사고 관리	20	25	24	26
	녹조 예측, 예방 및 경보 기술	18	23	20	25
	녹조활용기술	20	25	20	25
건전성 훼손(위해성) 대응기술	건전성 훼손 평가시스템 개발	20	23	20	25
	건전성 훼손 제어시스템 개발	20	25	22	25
	수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가	20	25	20	25

(3) 하천 연속성 확보기술

- 최고기술보유국의 하천 연속성 확보기술은 국내보다 2~9년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '16년까지 하천 연속성 확보기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '15, '16년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
 - 국내는 '25년 이후 하천 연속성 확보기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '17, '18, '25년 이후에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
 - 해외는 '19년까지 하천 연속성 확보기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '15, '19년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
 - 국내는 '25년 이후 하천 연속성 확보기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '18, '20, '25년 이후에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- 하천 연속성 확보기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지는 국내의 모두 0~1년이 소요될 것으로 전망됨
 - 국내외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~1년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



[그림 3-2-5] 하천 연속성 확보기술의 실현시기 빈도

〈표 3-2-13〉 하천 연속성 확보기술의 기술실현시기

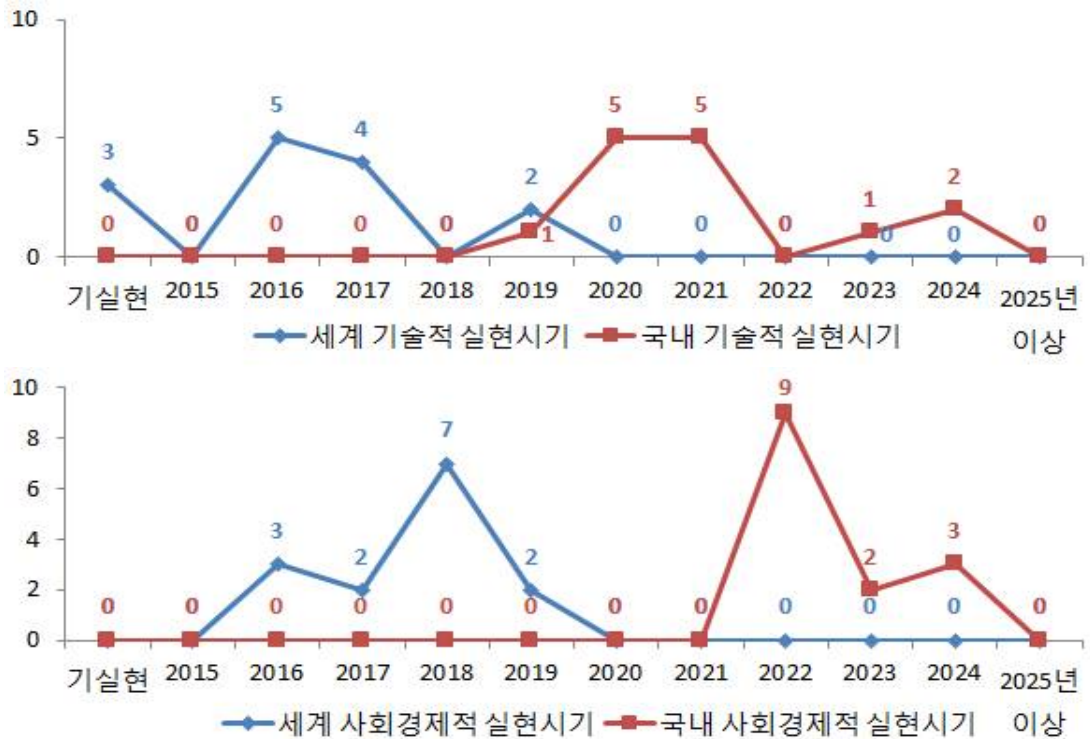
기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
수리구조물에서의 종적 이동성	어도 내 이동성 향상 기술	16	25	19	25
	어도 수위대응 기술	16	25	19	25
	어도 유인 기술	16	22	19	23
수변공간 횡적 연속성	횡적 연속성 평가 지표 개발	15	18	15	19
	서식처 조성 및 유지기술	16	19	15	20
	생태문화적 연속성 설계기술 개발	15	18	15	20
수계 연속성 진단 및 평가	연속성 증진 기술 개발	15	17	15	18
	서식생물의 유영 능력 평가	16	24	19	25
	서식처 평가 기술	15	17	15	18

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- ☐ 최고기술보유국의 정보 통합관리 및 운영기술은 국내보다 5년 이상 앞서 실현될 것으로 전망됨
- 해외는 '19년까지 정보 통합관리 및 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '16, '17년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '24년까지 정보 통합관리 및 운영기술이 모두 기술적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '20, '21년에 기술적 실현시기가 집중되어 있음
- 해외는 '19년까지 정보 통합관리 및 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 해외는 '18년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음
- 국내는 '24년까지 정보 통합관리 및 운영기술이 모두 사회경제적으로 실현될 것으로 전망됨
 - 국내는 '22년에 사회경제적 실현시기가 집중되어 있음

□ 정보 통합관리 및 운영기술의 기술적 실현이후 사회경제적 실현까지는 국·내외 모두 0~3년이 소요될 것으로 전망됨

○ 국·내외 모두 기술적으로 실현된 후 사회경제적으로 실현되는 시기가 약 0~3년 정도의 시차가 발생할 것으로 전망됨



[그림 3-2-6] 정보 통합관리 및 운영기술의 실현시기 빈도

<표 3-2-14> 정보 통합관리 및 운영기술의 기술실현시기

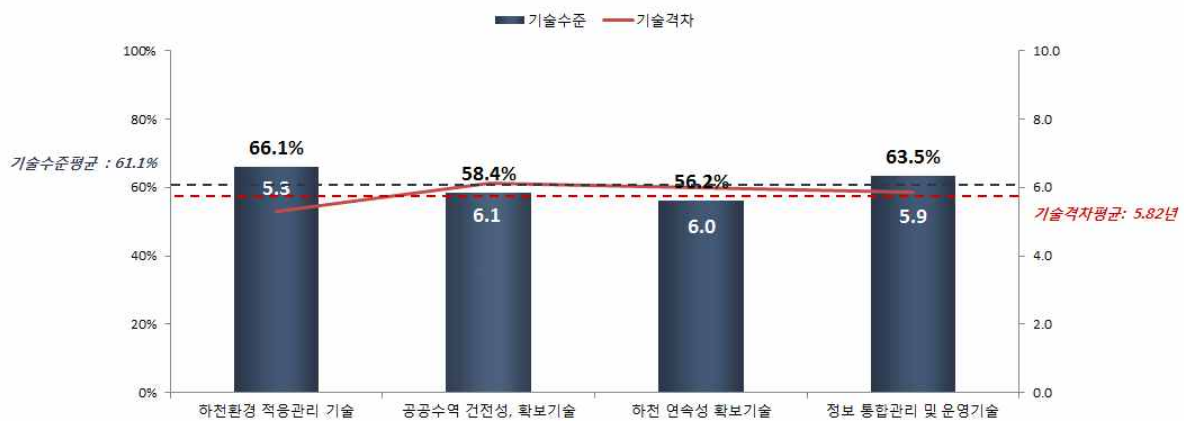
기술분류체계		기술적 실현시기		사회경제적 실현시기	
중분류	소분류	세계	국내	세계	국내
통합 모니터링 및 활용기술	대하천 맞춤형 하천조사	17	20	18	22
	표준 모니터링 기술	17	20	18	22
	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링	20	21	20	22
	IoT기반 연계 실시간 모니터링 기술	20	21	20	22
빅데이터 처리 및 활용기술	빅데이터 기반 DB표준화	17	21	19	22
	빅데이터 활용 S/W	17	21	19	23
	데이터 기반 모델	18	20	19	22
	정보관리시스템	17	19	19	22
수리구조물 스마트 운영 기술	생물서식기반 수리구조물 운영기술	18	24	19	24
	수생태계 안정화 기술	18	24	19	24
	최적 의사결정시스템 구조	18	23	19	24
기술 확산 및 인식증진	수환경 감시	14	20	16	22
	홍보 및 인식도 평가	14	20	16	22
	법제화	14	21	16	23

나. 기술수준 및 기술격차

□ 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 평균 기술수준은 61.1%, 기술격차는 5.8년임

○ 하천환경 적응관리 기술(66.1%), 정보 통합관리 및 운영기술(63.5%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 공공수역 건전성 확보기술(58.4%), 하천 연속성 확보기술(56.2%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음

○ 하천환경 적응관리 기술(5.3년)의 기술격차가 가장 적으며, 공공수역 건전성 확보기술(6.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼

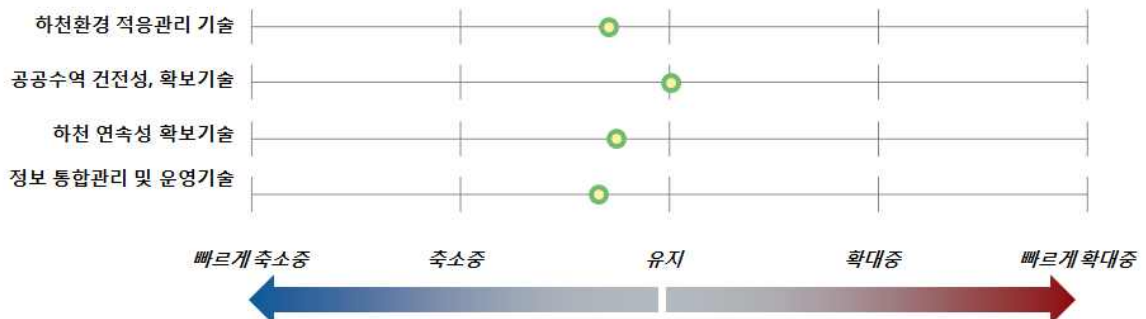


[그림 3-2-7] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술수준 및 기술격차

□ 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

○ 하천 연속성 확보기술을 제외한 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 하천환경 적응관리 기술의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음

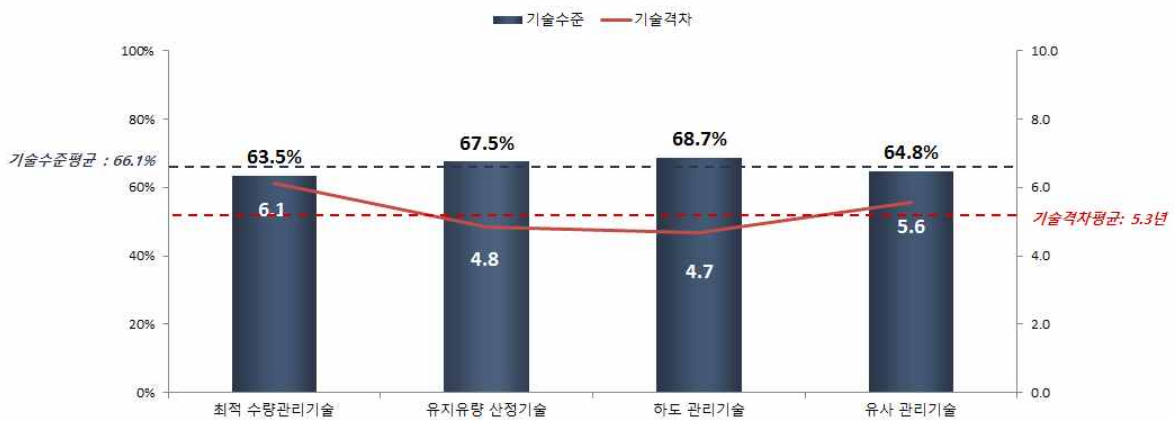
○ 공공수역 건전성 확보기술의 기술격차추세는 유지중임



[그림 3-2-8] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술격차 추세

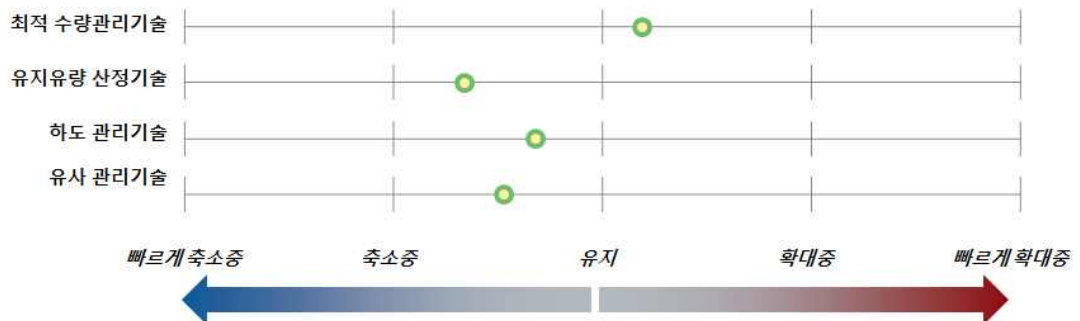
(1) 하천환경 적응관리 기술

- 하천환경 적응관리 기술의 평균 기술수준은 66.1%, 기술격차는 5.3년임
- 하도 관리기술(68.7%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 최적 수량관리기술(63.5%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 하도 관리기술(4.7년)의 기술격차가 가장 적으며, 최적 수량관리기술(6.1년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-9] 하천환경 적응관리 기술의 기술수준 및 기술격차

- 하천환경 적응관리 기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 최적 수량관리기술을 제외한 하천환경 적응관리 기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 유지유량 산정기술의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음
- 최적 수량관리기술의 기술격차추세는 확대되고 있음



[그림 3-2-10] 하천환경 적응관리 기술의 기술격차 추세

(가) 최적 수량관리기술

□ 최적 수량관리기술의 평균 기술수준은 63.5%, 기술격차는 6.1년임

- 수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술(65.0%), 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술(68.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 수환경 레질리언스 확보 기술(57.5%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술(5.4년)의 기술격차가 가장 적으며, 수환경 레질리언스 확보기술(7.5년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-11] 최적 수량관리기술의 기술수준 및 기술격차

□ 최적 수량관리기술의 기술격차추세는 전반적으로 확대 추세임

- 수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술, 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술이 확대 추세에 있으며 수환경 레질리언스 확보기술은 축소추세임

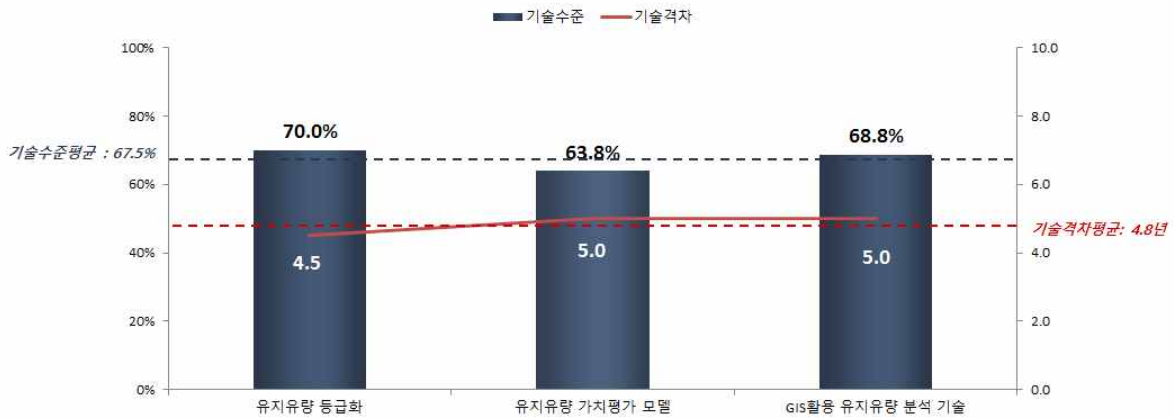


[그림 3-2-12] 최적 수량관리기술의 기술격차 추세

(나) 유지유량 산정기술

□ 유지유량 산정기술의 평균 기술수준은 67.5%, 기술격차는 4.8년임

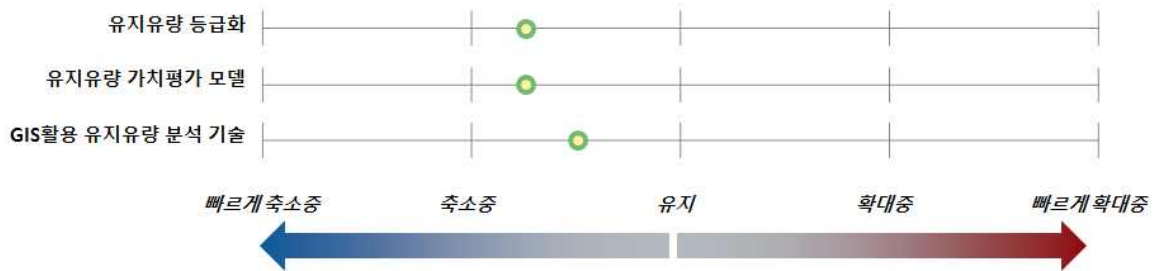
- 유지유량 등급화(70.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 유지유량 가치평가 모델(63.8%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 유지유량 등급화(4.5년)의 기술격차가 가장 적으며, 유지유량 가치평가 모델(5.0년), GIS활용 유지유량 분석 기술(5.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-13] 유지유량 산정기술의 기술수준 및 기술격차

□ 유지유량 산정기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

- 유지유량 산정기술의 기술격차추세의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 유지유량 등급화의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음

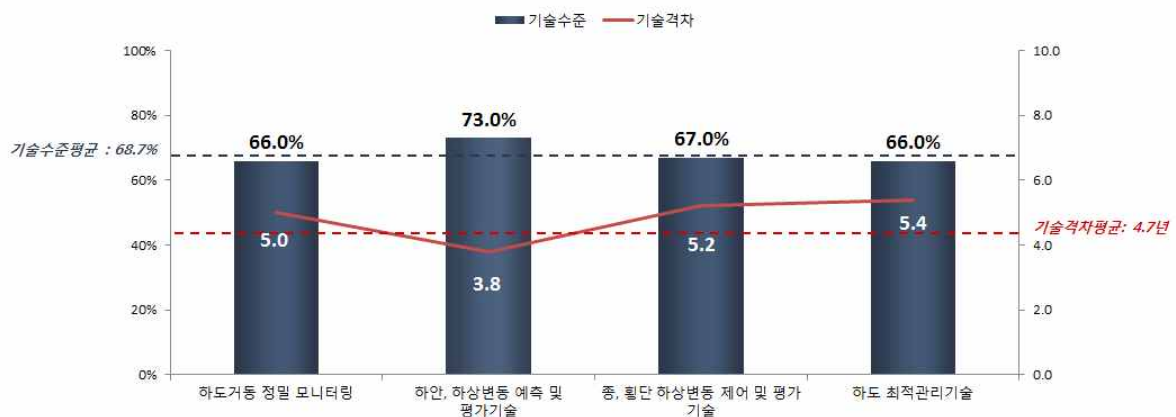


[그림 3-2-14] 유지유량 산정기술의 기술격차 추세

(다) 하도 관리기술

□ 하도 관리기술의 평균 기술수준은 68.7%, 기술격차는 4.7년임

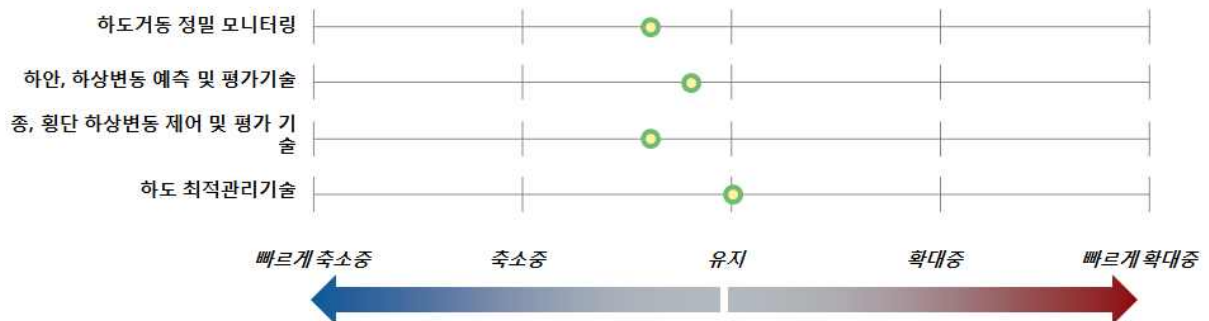
- 하안, 하상변동 예측 및 평가기술(73.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 하도거동 정밀 모니터링(66.0%), 하도 최적관리기술(66.0%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 하안, 하상변동 예측 및 평가기술(3.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 하도 최적관리기술(5.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-15] 하도 관리기술의 기술수준 및 기술격차

□ 하도 관리기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

- 하도 최적관리기술을 제외한 하도 관리기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 하도거동 정밀 모니터링의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음
- 하도 최적관리기술의 기술격차추세는 축소중임

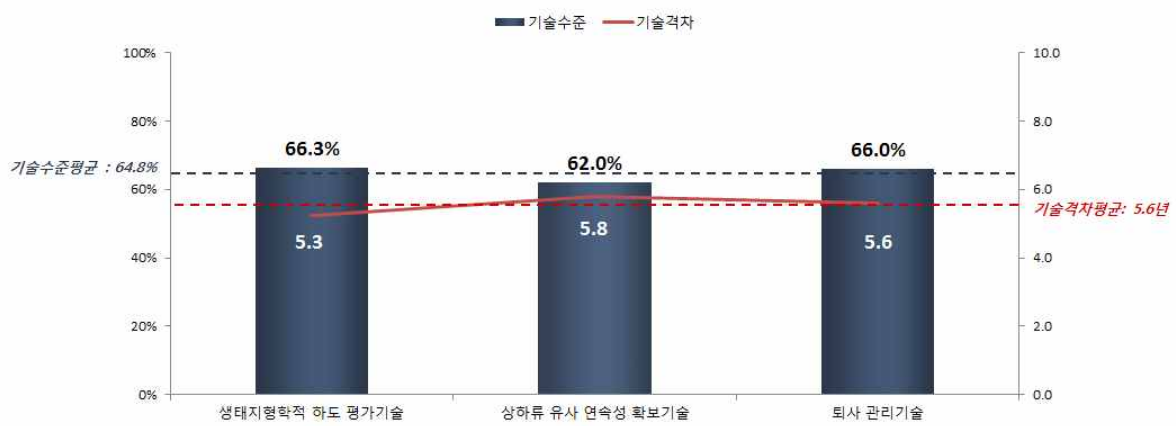


[그림 3-2-16] 하도 관리기술의 기술격차 추세

(라) 유사 관리기술

□ 유사 관리기술의 평균 기술수준은 64.8%, 기술격차는 5.6년임

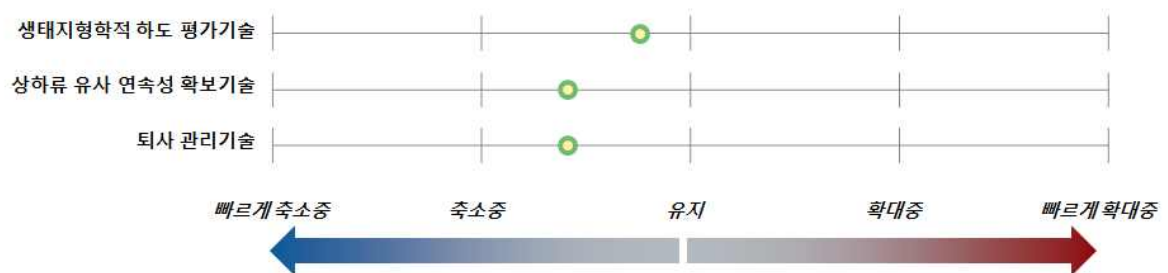
- 생태지형학적 하도 평가기술(66.3%), 퇴사 관리기술(66.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 상하류 유사 연속성 확보기술(62.0%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 생태지형학적 하도 평가기술(5.3년)의 기술격차가 가장 적으며, 상하류 유사 연속성 확보기술(5.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-17] 유사 관리기술의 기술수준 및 기술격차

□ 유사 관리기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

- 유사 관리기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 상하류 유사 연속성 확보기술, 퇴사 관리기술의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음



[그림 3-2-18] 유사 관리기술의 기술격차 추세

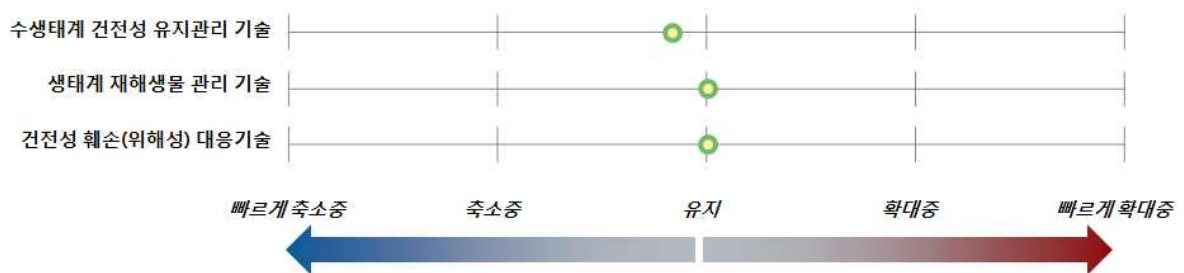
(2) 공공수역 건전성 확보기술

- 공공수역 건전성 확보기술의 평균 기술수준은 58.5%, 기술격차는 6.1년임
- 생태계 재해생물 관리 기술(63.3%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 수생태계 건전성 유지관리 기술(55.4%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 건전성 훼손(위해성) 대응기술(5.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 수생태계 건전성 유지관리 기술(6.7년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-19] 공공수역 건전성 확보기술의 기술수준 및 기술격차

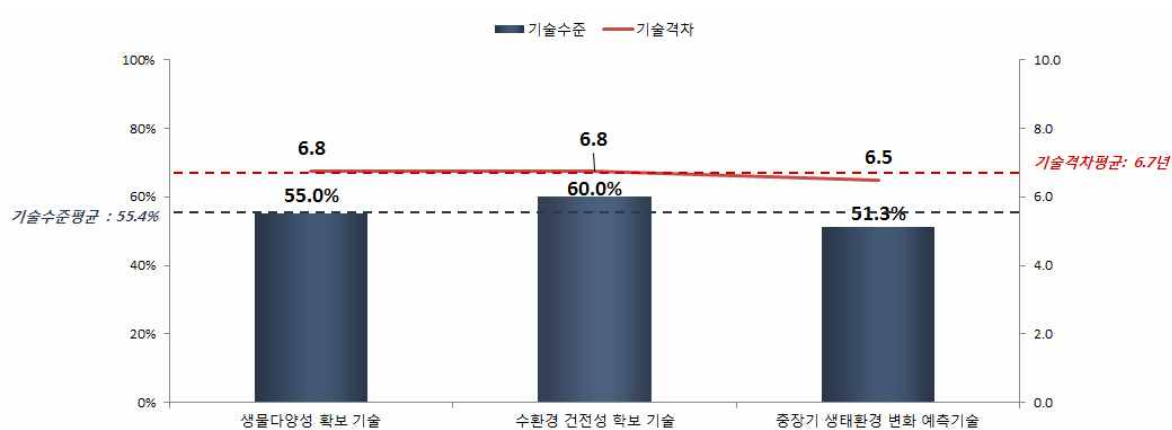
- 공공수역 건전성 확보기술의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임
- 수생태계 건전성 유지관리 기술을 제외한 공공수역 건전성 확보기술의 모든 세부기술이 격차추세가 유지중이며, 수생태계 건전성 유지관리 기술은 축소 추세임



[그림 3-2-20] 공공수역 건전성 확보기술의 기술격차 추세

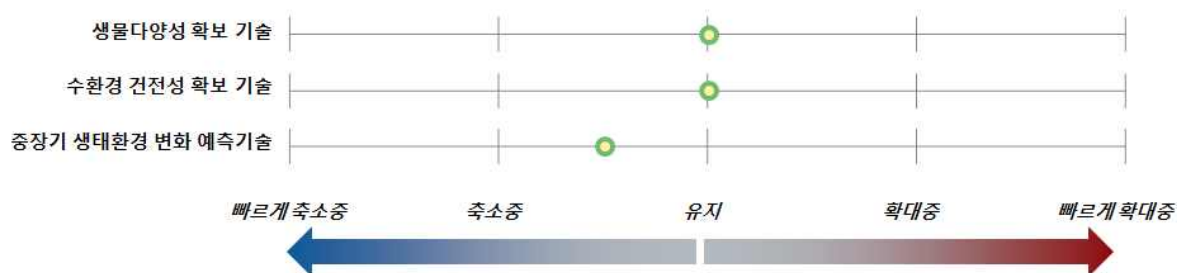
(가) 수생태계 건전성 유지관리 기술

- 수생태계 건전성 유지관리 기술의 평균 기술수준은 55.4%, 기술격차는 6.7년임
- 수환경 건전성 확보 기술(60.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 중장기 생태환경 변화 예측기술(51.3%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 중장기 생태환경 변화 예측기술(6.5년)의 기술격차가 가장 적으며, 수환경 건전성 확보 기술(6.8년), 수환경 건전성 확보 기술(6.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-21] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술수준 및 기술격차

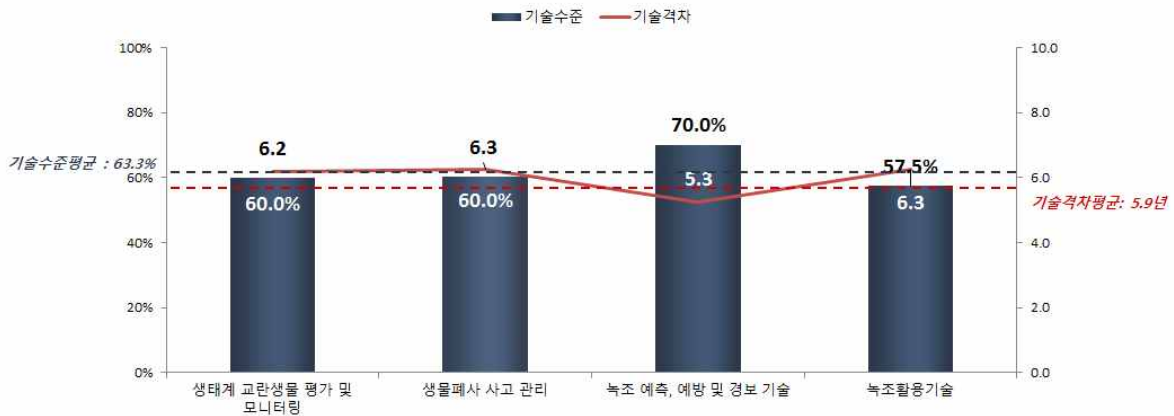
- 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임
- 생물다양성 확보 기술, 수환경 건전성 확보 기술의 기술격차추세가 유지중이며, 중장기 생태환경 변화 예측기술은 격차추세가 축소중임



[그림 3-2-22] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술격차 추세

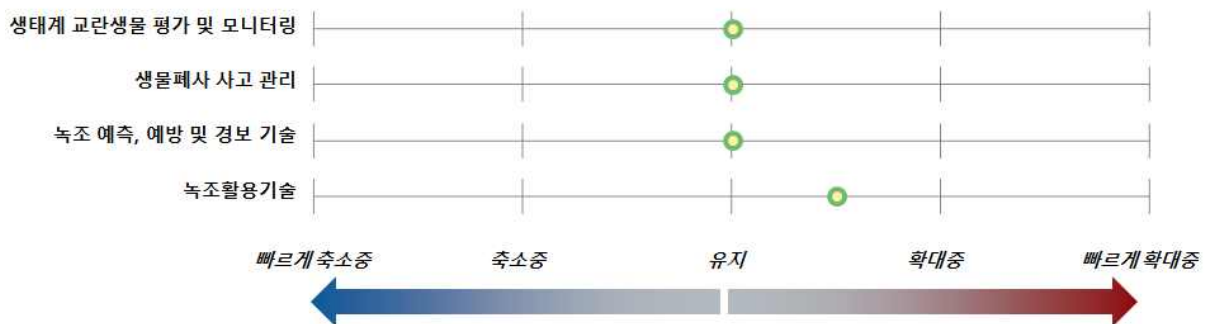
(나) 생태계 재해생물 관리 기술

- 생태계 재해생물 관리 기술의 평균 기술수준은 63.3%, 기술격차는 5.9년임
- 녹조 예측, 예방 및 경보 기술(70.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 녹조활용기술(57.3%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 녹조 예측, 예방 및 경보 기술(5.3년)의 기술격차가 가장 적으며, 녹조활용기술(6.3년), 생물폐사 사고 관리(6.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-23] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술수준 및 기술격차

- 생태계 재해생물 관리 기술의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임
- 녹조 활용 기술을 제외한 생태계 재해생물 관리 기술의 모든 세부기술이 축소 추세이며, 녹조 활용 기술은 확대되고 있음



[그림 3-2-24] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술격차 추세

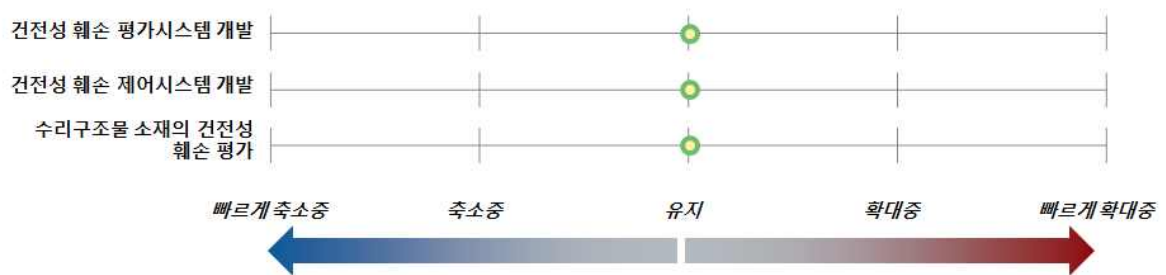
(다) 건전성 훼손(위해성) 대응기술

- 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 평균 기술수준은 56.7%, 기술격차는 5.8년임
- 건전성 훼손 평가시스템 개발(58.3%), 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가(58.3%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 건전성 훼손 제어시스템 개발(53.3%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 건전성 훼손 평가시스템 개발(5.3년)의 기술격차가 가장 적으며, 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가(6.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-25] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술수준 및 기술격차

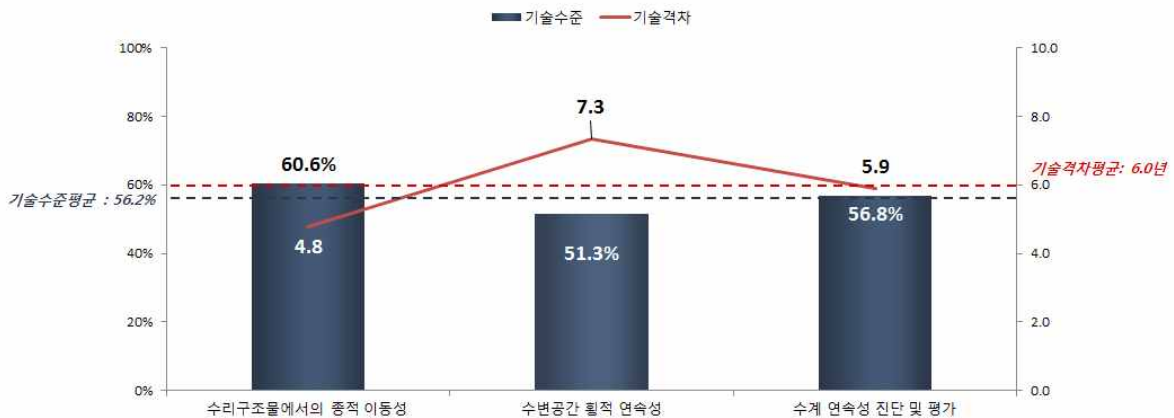
- 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임



[그림 3-2-26] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술격차 추세

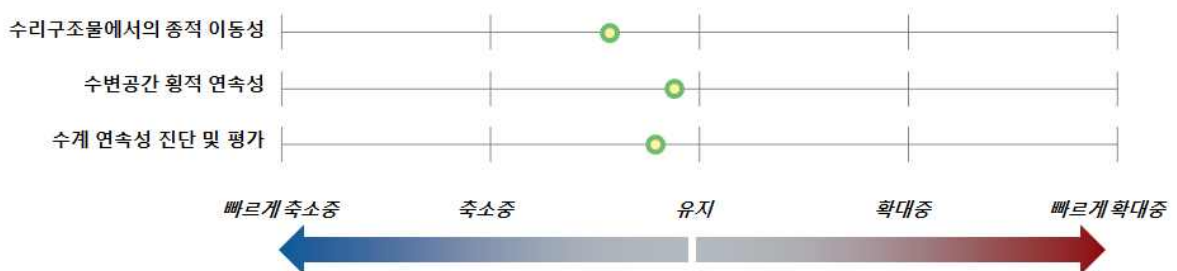
(3) 하천 연속성 확보기술

- 하천 연속성 확보기술의 평균 기술수준은 56.2%, 기술격차는 6.0년임
- 수리구조물에서의 종적 이동성(60.6%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 수변공간 횡적 연속성(51.3%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 수리구조물에서의 종적 이동성(4.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 수변공간 횡적 연속성(7.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-27] 하천 연속성 확보기술의 기술수준 및 기술격차

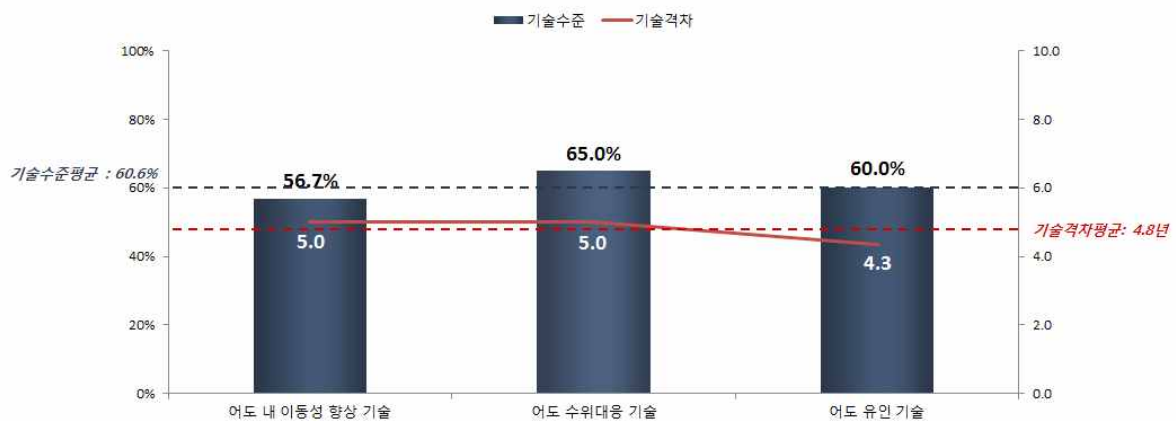
- 하천 연속성 확보기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 하천 연속성 확보기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 수리구조물에서의 종적 이동성의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음



[그림 3-2-28] 하천 연속성 확보기술의 기술격차 추세

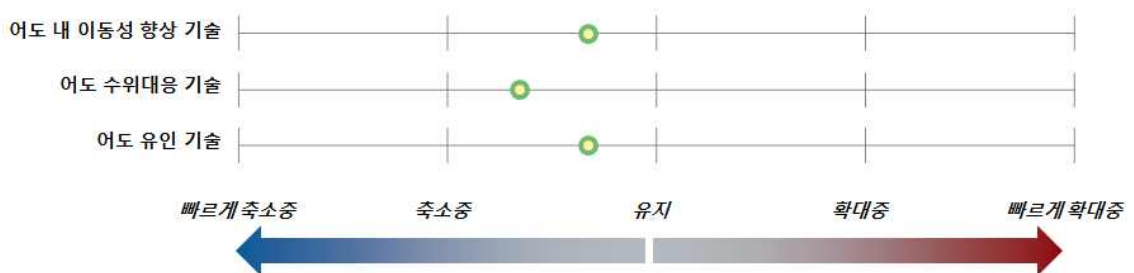
(가) 수리구조물에서의 종적 이동성

- 수리구조물에서의 종적 이동성의 평균 기술수준은 60.6%, 기술격차는 4.8년임
- 어도 수위대응 기술(65.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 어도 내 이동성 향상 기술(56.7%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 어도 유인 기술(4.3년)의 기술격차가 가장 적으며, 어도 수위대응 기술(5.0년), 어도 내 이동성 향상 기술(5.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-29] 수리구조물에서의 종적 이동성 의 기술수준 및 기술격차

- 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 수리구조물에서의 종적 이동성의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 어도 수위대응 기술의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음



[그림 3-2-30] 수리구조물에서의 종적 이동성 의 기술격차 추세

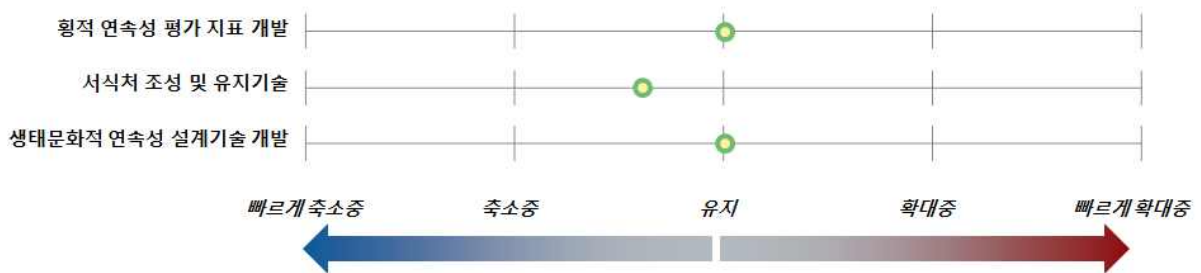
(나) 수변공간 횡적 연속성

- 수변공간 횡적 연속성의 평균 기술수준은 51.3%, 기술격차는 7.3년임
- 서식처 조성 및 유지기술(58.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 생태문화적 연속성 설계기술 개발(44.0%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 서식처 조성 및 유지기술(6.2년)의 기술격차가 가장 적으며, 생태문화적 연속성 설계기술 개발(8.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-31] 수변공간 횡적 연속성의 기술수준 및 기술격차

- 수변공간 횡적 연속성의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임
- 서식처 조성 및 유지기술을 제외한 수변공간 횡적 연속성의 모든 세부기술의 기술격차추세가 유지중이며, 서식처 조성 및 유지기술은 축소하고 있음



[그림 3-2-32] 수변공간 횡적 연속성의 기술격차 추세

(다) 수계 연속성 진단 및 평가

□ 수계 연속성 진단 및 평가의 평균 기술수준은 56.8%, 기술격차는 5.9년임

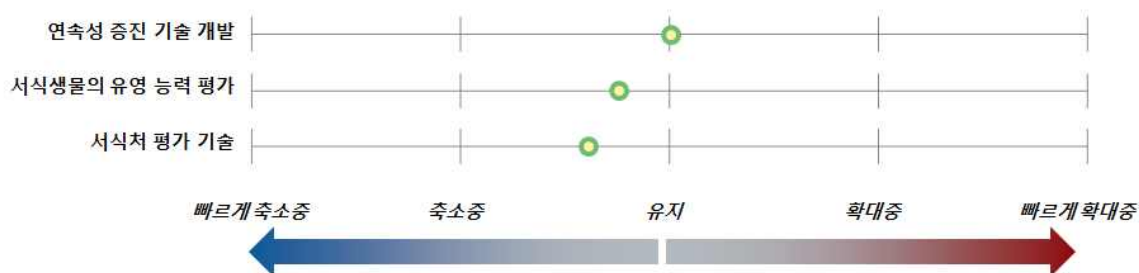
- 서식처 평가 기술(62.0%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 서식생물의 유영 능력 평가(52.5%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 서식처 평가 기술(5.0년)의 기술격차가 가장 적으며, 연속성 증진 기술 개발(7.4년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-33] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술수준 및 기술격차

□ 수계 연속성 진단 및 평가의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

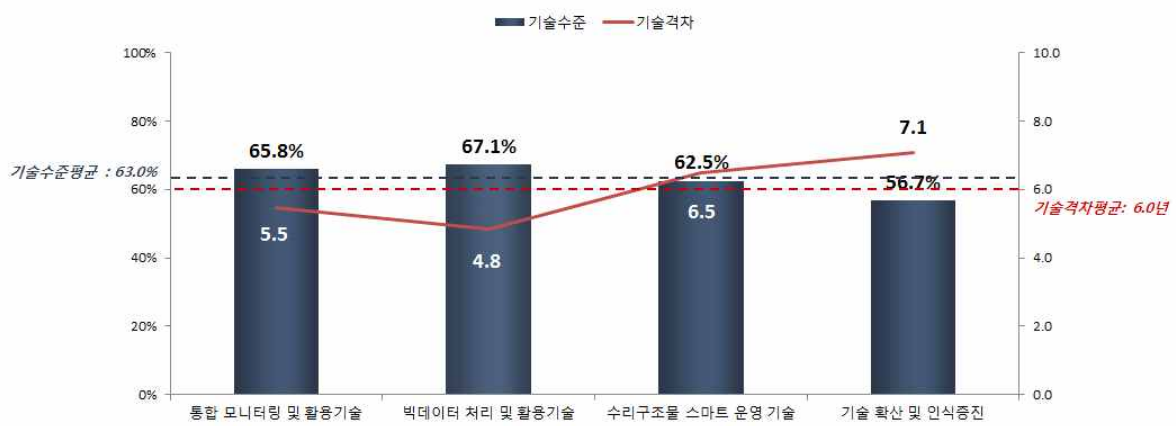
- 서식생물의 유영 능력 평가, 서식처 평가 기술이 축소 추세에 있으며 연속성 증진 기술 개발의 축소추세는 유지중임



[그림 3-2-34] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술격차 추세

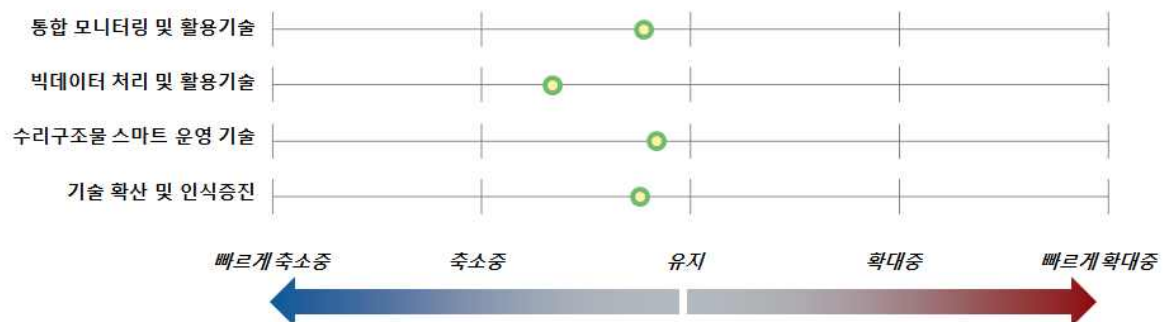
(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술의 평균 기술수준은 63.0%, 기술격차는 6.0년임
- 통합 모니터링 및 활용기술(65.8%), 빅데이터 처리 및 활용기술(67.1%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 기술 확산 및 인식증진(56.7%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 빅데이터 처리 및 활용기술(4.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 기술 확산 및 인식증진(7.1년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-35] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술수준 및 기술격차

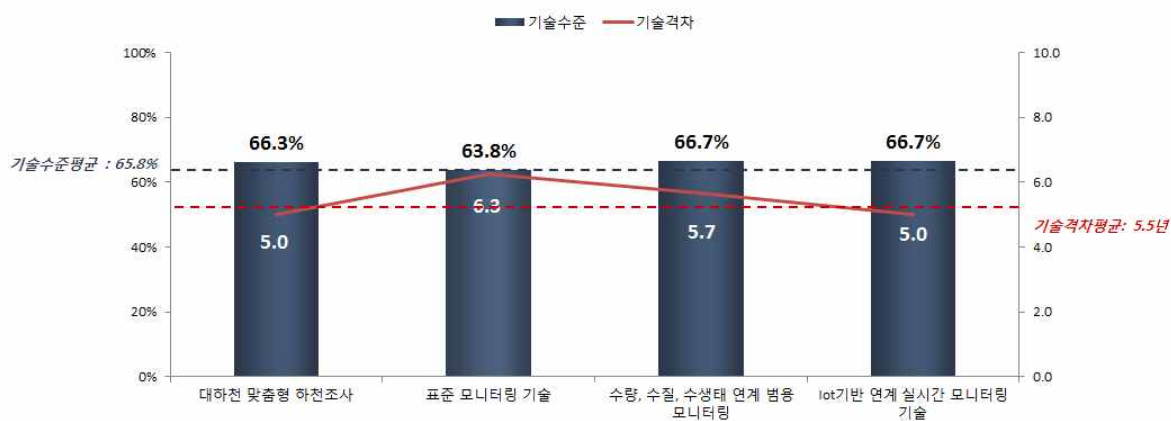
- 정보 통합관리 및 운영기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 정보 통합관리 및 운영기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 빅데이터 처리 및 활용기술의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음



[그림 3-2-36] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술격차 추세

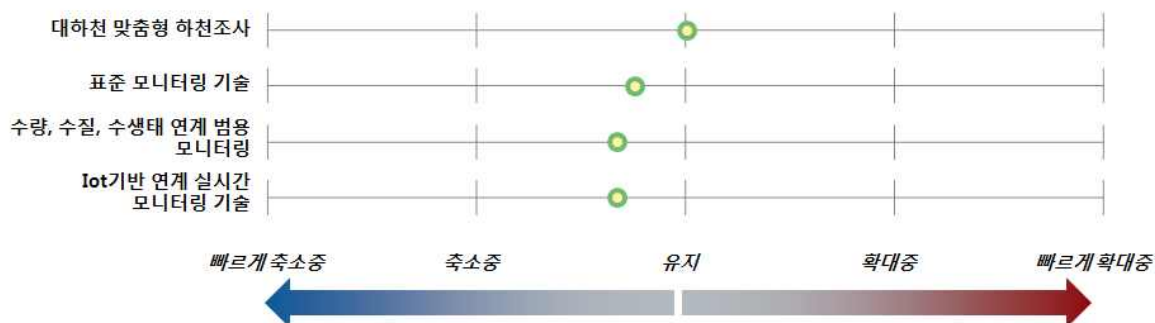
(가) 통합 모니터링 및 활용기술

- 통합 모니터링 및 활용기술의 평균 기술수준은 65.8%, 기술격차는 5.5년임
- 데이터 기반 모델(66.7%), 정보관리시스템(66.7%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 빅데이터 활용 S/W(63.8%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 빅데이터 기반 DB표준화(5.0년), 정보관리시스템(5.0년)의 기술격차가 가장 적으며, 빅데이터 활용 S/W(6.3년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-37] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술수준 및 기술격차

- 통합 모니터링 및 활용기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 빅데이터 기반 DB표준화를 제외한 통합 모니터링 및 활용기술의 모든 세부 기술이 축소 추세에 있으며 수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링의 축소 추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음
- 빅데이터 기반 DB표준화의 기술격차추세는 유지중임



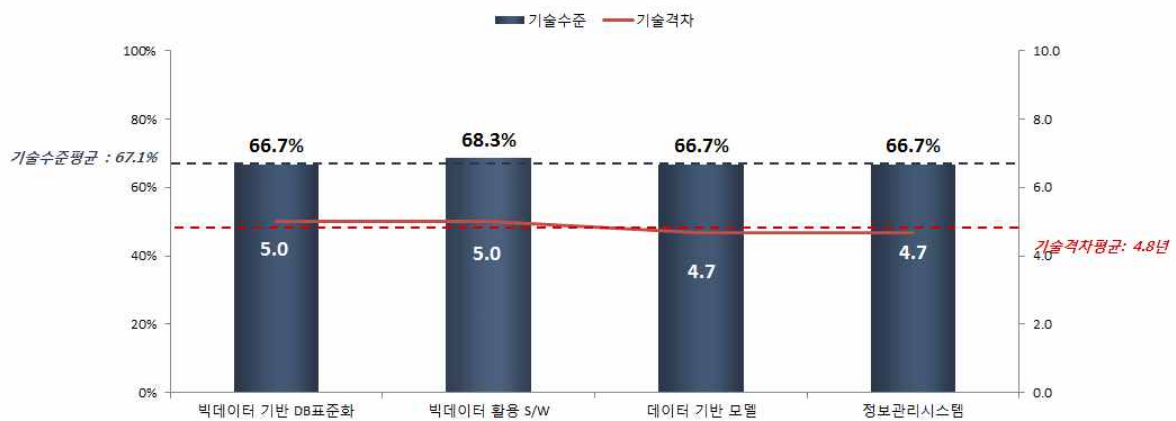
[그림 3-2-38] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술격차 추세

(나) 빅데이터 처리 및 활용기술

□ 빅데이터 처리 및 활용기술의 평균 기술수준은 67.1%, 기술격차는 4.8년임

○ 빅데이터 활용 S/W(68.3%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 빅데이터 기반 DB표준화(66.7%), 빅데이터 활용 S/W(66.7%), 정보관리시스템(66.7%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음

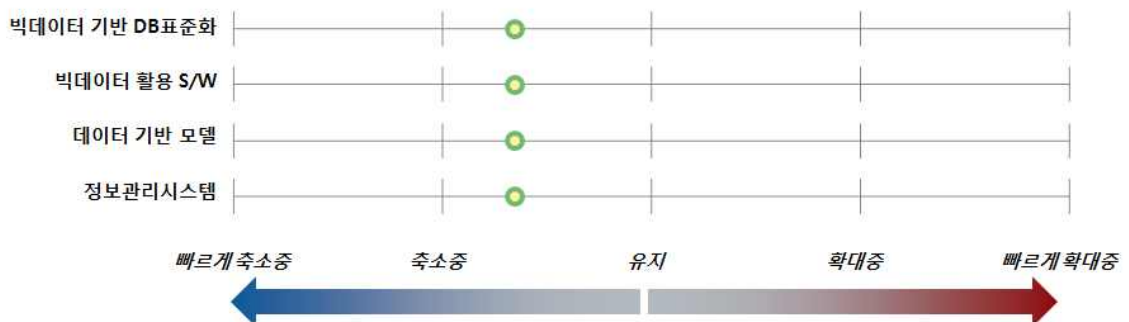
○ 데이터 기반 모델(4.7년), 정보관리시스템(4.7년)의 기술격차가 가장 적으며, 빅데이터 기반 DB표준화(5.0년), 빅데이터 활용 S/W(5.0년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-39] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술수준 및 기술격차

□ 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임

○ 빅데이터 처리 및 활용기술의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며, 세부기술별 축소추세가 동일함



[그림 3-2-40] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술격차 추세

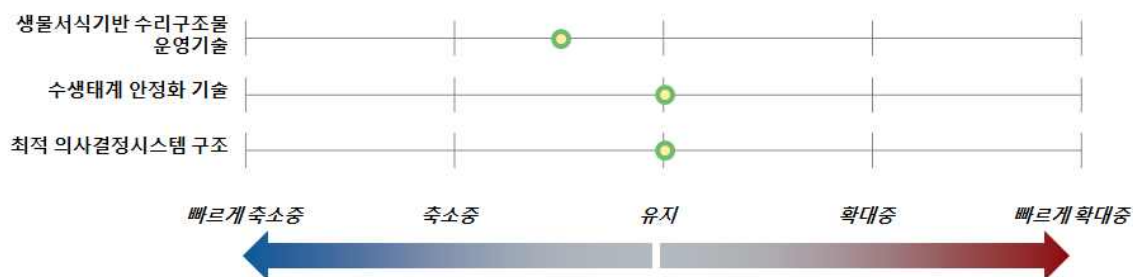
(다) 수리구조물 스마트 운영 기술

- 수리구조물 스마트 운영 기술의 평균 기술수준은 62.5%, 기술격차는 6.5년임
- 수리구조물 스마트 운영 기술의 세부기술들은 모두 기술수준이 62.5%로 동일하며, 기술격차도 6.5년으로 동일함



[그림 3-2-41] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술수준 및 기술격차

- 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술격차추세는 전반적으로 유지중임
- 수생태계 안정화 기술, 최적 의사결정시스템 구조의 기술격차추세가 유지중이며, 생물서식기반 수리구조물 운영기술은 축소 추세임



[그림 3-2-42] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술격차 추세

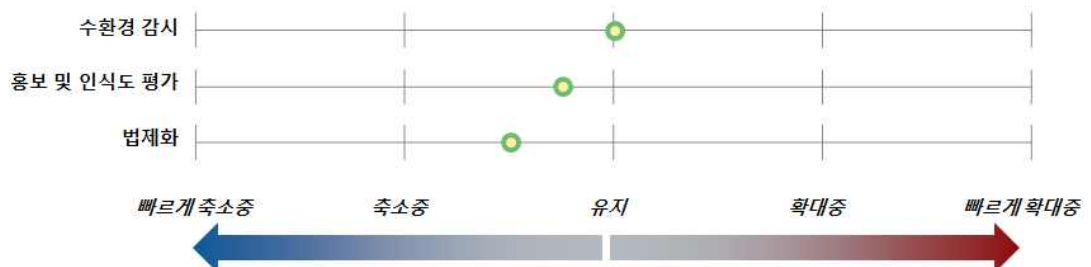
(라) 기술 확산 및 인식증진

- 기술 확산 및 인식증진의 평균 기술수준은 56.7%, 기술격차는 7.1년임
- 법제화(62.5%)분야는 상대적으로 기술수준이 높고, 홍보 및 인식도 평가(4.5%)분야의 기술수준이 상대적으로 낮음
- 수환경 감시(6.8년), 법제화(6.8년)의 기술격차가 가장 적으며, 홍보 및 인식도 평가(7.8년)의 기술격차가 상대적으로 큼



[그림 3-2-43] 기술 확산 및 인식증진의 기술수준 및 기술격차

- 기술 확산 및 인식증진의 기술격차추세는 전반적으로 축소 추세임
- 수환경 감시를 제외한 기술 확산 및 인식증진의 모든 세부기술이 축소 추세에 있으며 법제화의 축소추세가 상대적으로 가장 빠른 속도로 축소하고 있음
- 수환경 감시의 기술격차추세는 유지중임



[그림 3-2-44] 기술 확산 및 인식증진의 기술격차 추세

다. 기술성숙도(TRL)

- 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 공공수역 건전성 확보기술분야의 TRL수준이 높아 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 하천 연속성 확보 기술분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 정보 통합관리 및 운영기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 공공수역 건전성, 확보기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 하천 연속성 확보기술분야임

	★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계								
하천환경 적응관리 기술				★ 4.4			● 7.0		
공공수역 건전성, 확보기술				★ 4.9			● 7.0		
하천 연속성 확보기술				★ 4.3			● 7.7		
정보 통합관리 및 운영기술				★ 4.1			● 7.0		
	TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
	기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

[그림 3-2-45] 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술성숙도

(1) 하천환경 적응관리 기술

- 하천환경 적응관리 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 유사 관리기술분야의 TRL수준이 높아 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 유지유량 산정기술분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내는 최적 수량관리기술분야의 TRL수준이 낮아 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 유사 관리기술분야가 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 유사 관리기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 최적 수량관리기술분야임



[그림 3-2-46] 하천환경 적응관리 기술의 기술성숙도

(가) 최적 수량관리기술

- 최적 수량관리기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 수환경 레질리언스 확보기술분야의 TRL수준이 높아 국내는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 수환경 레질리언스 확보기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계

수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술			★ 4.0			● 7.0		
수환경 레질리언스 확보기술			★ 4.3			● 7.0		
다차원 복합흐름 해석 고도화 기술			★ 4.0			● 7.2		

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

[그림 3-2-47] 최적 수량관리기술의 기술성숙도

(나) 유지유량 산정기술

- 유지유량 산정기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 GIS활용 유지유량 분석 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 유지유량 가치평가 모델분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 GIS활용 유지유량 분석 기술, 유지유량 가치평가 모델분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 유지유량 등급화 분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계

유지유량 등급화			★ 4.3			● 7.3		
유지유량 가치평가 모델			★ 4.3			● 7.0		
GIS활용 유지유량 분석 기술			★ 4.5			● 7.3		

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

[그림 3-2-48] 유지유량 산정기술의 기술성숙도

(다) 하도 관리기술

- ☐ 하도 관리기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두하도 최적관리기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 하도거동 정밀 모니터링, 중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- ☐ 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 하안, 하상변동 예측 및 평가기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 하도거동 정밀 모니터링, 중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계

하도거동 정밀 모니터링			★ 4.2			● 7.0		
하안, 하상변동 예측 및 평가기술			★ 4.6			● 7.0		
중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술			★ 4.2			● 7.0		
하도 최적관리기술			★ 4.6			● 7.2		

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

[그림 3-2-49] 하도 관리기술의 기술성숙도

(라) 유사 관리기술

- ☐ 유사 관리기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 퇴사 관리기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내는 생태지형학적 하도 평가기술분야의 TRL수준이 낮아 국내는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 상하류 유사 연속성 확보기술분야가 낮아 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 상하류 유사 연속성 확보기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 생태지형학적 하도 평가기술분야임



[그림 3-2-50] 유사 관리기술의 기술성숙도

(2) 공공수역 건전성 확보기술

- 공공수역 건전성 확보기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성 평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 수생태계 건전성 유지관리 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성 평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 건전성 훼손(위해성) 대응기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 건전성 훼손(위해성) 대응기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 수생태계 건전성 유지관리 기술분야임



[그림 3-2-51] 공공수역 건전성 확보기술의 기술성숙도

(가) 수생태계 건전성 유지관리 기술

- 수생태계 건전성 유지관리 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 생물다양성 확보 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 중장기 생태환경 변화 예측기술분야의 TRL수준이 낮아 국내는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 수환경 건전성 확보 기술분야가 낮아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 수환경 건전성 확보 기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 중장기 생태환경 변화 예측기술, 생물다양성 확보 기술분야임



[그림 3-2-52] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술성숙도

(나) 생태계 재해생물 관리 기술

- 생태계 재해생물 관리 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 녹조 예측, 예방 및 경보 기술분야의 TRL수준이 높아 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 생태계 교란생물 평가 및 모니터링분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 생물폐사 사고 관리분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 녹조 예측, 예방 및 경보 기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 생태계 교란생물 평가 및 모니터링분야임



[그림 3-2-53] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술성숙도

(다) 건전성 훼손(위해성) 대응기술

- 건전성 훼손(위해성) 대응기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 건전성 훼손 평가시스템 개발분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내·외 모두 건전성 훼손 제어시스템 개발분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 건전성 훼손 제어시스템 개발 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 건전성 훼손 평가시스템 개발, 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계

건전성 훼손 평가시스템 개발				★ 5.0		● 7.0		
건전성 훼손 제어시스템 개발				★ 4.7		● 6.3		
수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가				★ 4.7		● 6.7		

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

[그림 3-2-54] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술성숙도

(3) 하천 연속성 확보기술

- 하천 연속성 확보기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 수계 연속성 진단 및 평가분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 수리구조물에서의 종적 이동성분야의 TRL수준이 낮아 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 수변공간 횡적 연속성분야가 낮아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 수변공간 횡적 연속성분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 수리구조물에서의 종적 이동성분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계								
수리구조물에서의 종적 이동성			★ 4.2				● 7.8	
수변공간 환경 연속성			★ 4.3				● 7.4	
수계 연속성 진단 및 평가			★ 4.5				● 7.8	
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

[그림 3-2-55] 하천 연속성 확보기술의 기술성숙도

(가) 수리구조물에서의 종적 이동성

- 수리구조물에서의 종적 이동성분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 어도 내 이동성 향상 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 어도 유인 기술분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 어도 내 이동성 향상 기술, 어도 수위대응 기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 어도 유인 기술분야임

★ 국내 TRL 단계 ● 국외 TRL 단계								
어도 내 이동성 향상 기술			★ 5.0				● 8.0	
어도 수위대응 기술			★ 4.7				● 7.7	
어도 유인 기술		★ 3.0					● 7.7	
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된 단계

[그림 3-2-56] 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술성숙도

(나) 수변공간 횡적 연속성

- 수변공간 횡적 연속성분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 서식처 조성 및 유지기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 생태문화적 연속성 설계기술 개발분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 서식처 조성 및 유지기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 횡적 연속성 평가 지표 개발분야임



[그림 3-2-57] 수변공간 횡적 연속성의 기술성숙도

(다) 수계 연속성 진단 및 평가

- 수계 연속성 진단 및 평가분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 서식처 평가 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시작품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 서식생물의 유영 능력 평가분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 서식처 평가 기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 서식생물의 유영 능력 평가분야임



[그림 3-2-58] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술성숙도

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 빅데이터 처리 및 활용기술분야의 TRL수준이 높아 국내는 실험실 규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 기술 확산 및 인식 증진분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
 - 국내는 수리구조물 스마트 운영 기술분야의 TRL수준이 낮아 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있으며, 국외는 통합 모니터링 및 활용기술분야가 낮아 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 통합 모니터링 및 활용기술분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 수리구조물 스마트 운영 기술분야임



[그림 3-2-59] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술성숙도

(가) 통합 모니터링 및 활용기술

- 통합 모니터링 및 활용기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 모두 대하천 맞춤형 하천조사, 표준 모니터링 기술분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있고, 국외는 파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있음
- 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 lot기반 연계 실시간 모니터링 기술 분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링분야임



[그림 3-2-60] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술성숙도

(나) 빅데이터 처리 및 활용기술

- ☐ 빅데이터 처리 및 활용기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내는 빅데이터 기반 DB표준화, 빅데이터 활용 S/W분야의 TRL수준이 높아 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국외는 정보관리시스템분야가 높아 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- 국내·외 모두 데이터 기반 모델분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음
- ☐ 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 빅데이터 기반 DB표준화, 빅데이터 활용 S/W분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 정보관리시스템분야임



[그림 3-2-61] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술성숙도

(다) 수리구조물 스마트 운영 기술

- ☐ 수리구조물 스마트 운영 기술분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있음
- 국내 수리구조물 스마트 운영 기술분야의 세부기술 모두 TRL수준이 3단계로 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있음
- 국외 수리구조물 스마트 운영 기술분야의 세부기술 모두 TRL수준이 7단계로 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

□ 국내·외 TRL수준의 격차는 모두 동일함

	★ 국내 TRL 단계				● 국외 TRL 단계			
생물서식기반 수리구조물 운영기술			★ 3.0			● 7.0		
수생태계 안정화 기술			★ 3.0			● 7.0		
최적 의사결정시스템 구조			★ 3.0			● 7.0		

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

[그림 3-2-62] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술성숙도

(라) 기술 확산 및 인식증진

□ 기술 확산 및 인식증진분야의 최고기술보유국 기술성숙도(TRL)는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있으며, 국내 기술성숙도(TRL)는 실험실규모의 핵심성능평가가 이루어지는 단계에 있음

○ 국내·외 모두 법제화분야의 TRL수준이 높으며, 국내는 확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

○ 국내·외 모두 홍보 및 인식도 평가분야의 TRL수준이 낮으며, 국내는 실험실 규모의 기본성능평가가 수행되고 있고, 국외는 신뢰성평가 및 수요기업평가가 이루어지는 단계에 있음

□ 국내·외 TRL수준의 격차가 가장 적은 분야는 법제화분야이며, 격차가 가장 큰 분야는 홍보 및 인식도 평가분야임

	★ 국내 TRL 단계				● 국외 TRL 단계			
수환경 감시				★ 4.3		● 7.5		
홍보 및 인식도 평가			★ 3.3			● 7.0		
법제화				★ 5.3		● 7.5		

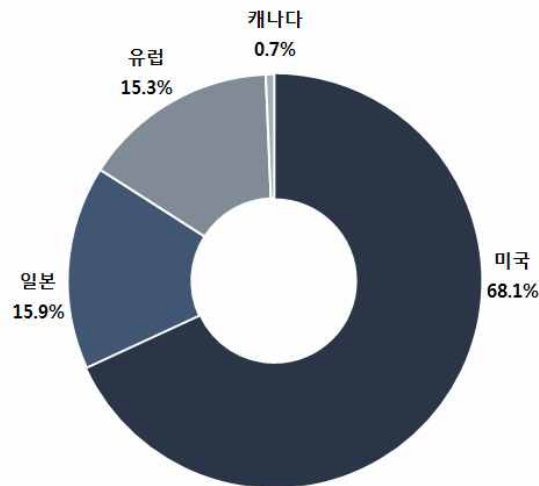
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
기초이론/실험 등 기초연구가 시작되고 응용연구로 전환되기 시작하는 단계	실용목적의 아이디어, 특허 등 개념이 정립되는 단계	실험실 규모의 기본성능평가가 수행되는 단계	실험실 규모의 핵심성능평가가 수행되는 단계	확정된 시스템의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	파일럿 규모의 시제품 제작 및 성능평가가 수행되는 단계	신뢰성 평가 및 수요기업 평가가 이루어지는 단계	시제품 제작 및 신기술 검증/인증/표준화가 수행되는 단계	사업화가 완료된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

[그림 3-2-63] 기술 확산 및 인식증진의 기술성숙도

라. 최고기술보유국

□ 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 68.1%, 일본 15.9%, 유럽 15.3%, 캐나다 0.7%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남

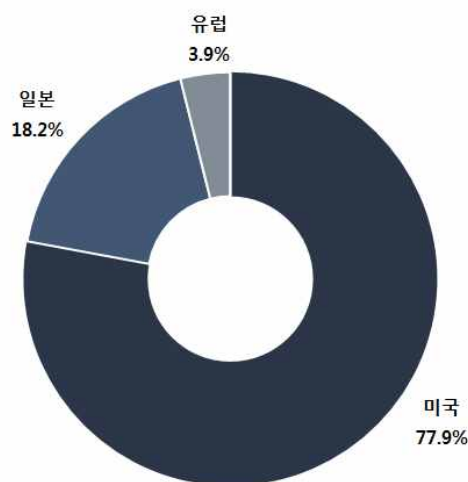


[그림 3-2-64] 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 최고기술보유국 비중

(1) 하천환경 적응관리 기술

□ 하천환경 적응관리 기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 77.9%, 일본 18.2%, 유럽 3.9%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



[그림 3-2-65] 하천환경 적응관리 기술의 최고기술보유국 비중

□ 하천환경 적응관리 기술의 모든 소분류기술이 미국이 높은 것으로 나타남

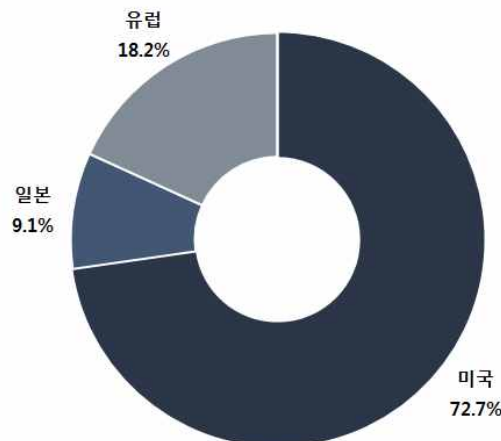
〈표 3-2-15〉 하천환경 적응관리 기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	소분류	최고기술보유국(비중)			
		미국	일본	유럽	캐나다
최적 수량관리기술	수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술	67%	17%	17%	0%
	수환경 레질리언스 확보기술	67%	17%	17%	0%
	다차원 복합흐름 해석 고도화 기술	80%	0%	20%	0%
유지유량 산정기술	유지유량 등급화	100%	0%	0%	0%
	유지유량 가치평가 모델	100%	0%	0%	0%
	GIS활용 유지유량 분석 기술	100%	0%	0%	0%
하도 관리기술	하도거동 정밀 모니터링	71%	29%	0%	0%
	하안, 하상변동 예측 및 평가기술	71%	29%	0%	0%
	중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술	71%	29%	0%	0%
	하도 최적관리기술	71%	29%	0%	0%
유사 관리기술	생태지형학적 하도 평가기술	83%	17%	0%	0%
	상하류 유사 연속성 확보기술	86%	14%	0%	0%
	퇴사 관리기술	71%	29%	0%	0%

(2) 공공수역 건전성 확보기술

□ 공공수역 건전성 확보기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 72.7%, 유럽 18.2%, 일본 9.1%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



[그림 3-2-66] 공공수역 건전성 확보기술의 최고기술보유국 비중

□ 공공수역 건전성 확보기술의 대부분의 소분류기술이 미국이 높은 것으로 나타남

- 공공수역 건전성 확보기술의 대부분의 소분류기술이 미국이 높은 비중을 차지하였으며, 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가는 미국 유럽이 동일한 비중을 차지함

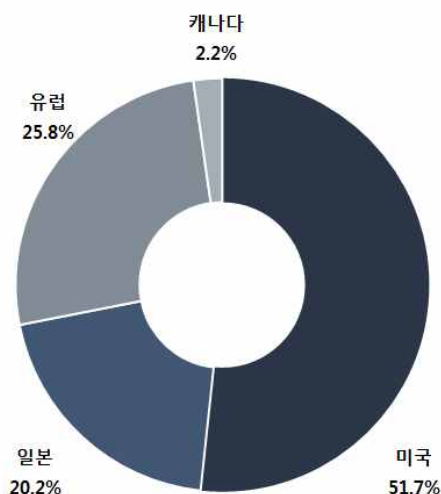
〈표 3-2-16〉 공공수역 건전성 확보기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	소분류	최고기술보유국(비중)			
		미국	일본	유럽	캐나다
수생태계 건전성 유지관리 기술	생물다양성 확보 기술	57%	0%	43%	0%
	수환경 건전성 확보 기술	86%	0%	14%	0%
	중장기 생태환경 변화 예측기술	86%	0%	14%	0%
생태계 재해생물 관리 기술	생태계 교란생물 평가 및 모니터링	75%	13%	13%	0%
	생물폐사 사고 관리	71%	14%	14%	0%
	녹조 예측, 예방 및 경보 기술	100%	0%	0%	0%
	녹조활용기술	100%	0%	0%	0%
건전성 훼손(위해성) 대응기술	건전성 훼손 평가시스템 개발	50%	33%	17%	0%
	건전성 훼손 제어시스템 개발	50%	33%	17%	0%
	수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가	50%	0%	50%	0%

(3) 하천 연속성 확보기술

□ 하천 연속성 확보기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

- 미국 51.7%, 유럽 25.8%, 일본 20.2% 캐나다 2.2%순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



[그림 3-2-67] 하천 연속성 확보기술의 최고기술보유국 비중

□ 하천 연속성 확보기술의 대부분의 소분류기술이 미국이 높은 것으로 나타남

○ 서식생물의 유영 능력 평가를 제외한 하천 연속성 확보기술의 대부분의 소분류기술이 미국이 높은 비중을 차지하였으며, 서식생물의 유영 능력 평가는 유럽이 높은 것으로 나타남

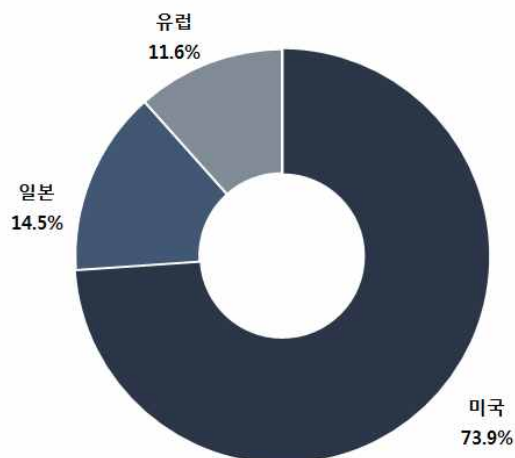
〈표 3-2-17〉 하천 연속성 확보기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	소분류	최고기술보유국(비중)			
		미국	일본	유럽	캐나다
수리구조물에 서의 종적 이동성	어도 내 이동성 향상 기술	50%	25%	25%	0%
	어도 수위대응 기술	50%	25%	25%	0%
	어도 유인 기술	50%	25%	25%	0%
수변공간 횡적 연속성	횡적 연속성 평가 지표 개발	70%	20%	10%	0%
	서식처 조성 및 유지기술	42%	17%	42%	0%
	생태문화적 연속성 설계기술 개발	50%	20%	30%	0%
수계 연속성 진단 및 평가	연속성 증진 기술 개발	50%	14%	21%	14%
	서식생물의 유영 능력 평가	33%	22%	44%	0%
	서식처 평가 기술	70%	20%	10%	0%

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

□ 정보 통합관리 및 운영기술의 최고기술보유국을 조사한 결과 미국이 가장 많은 최고기술을 보유한 것으로 나타남

○ 미국 73.9%, 일본 14.5%, 유럽 11.6% 순으로 최고 기술을 보유한 것으로 나타남



[그림 3-2-68] 정보 통합관리 및 운영기술의 최고기술보유국 비중

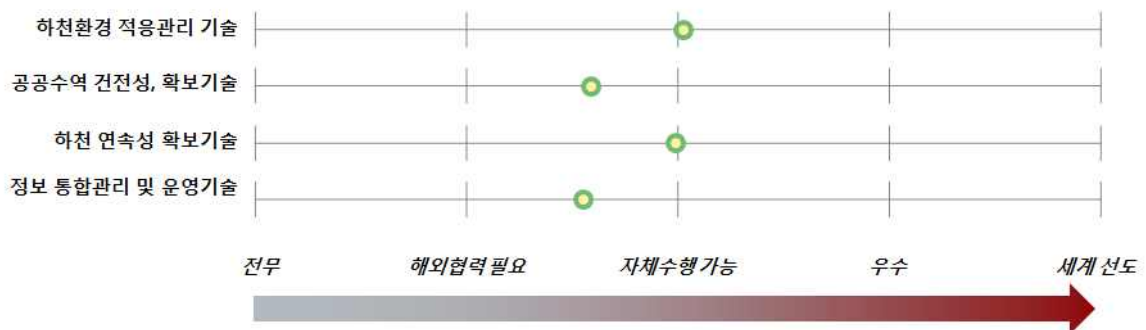
□ 정보 통합관리 및 운영기술의 모든 소분류기술이 미국이 높은 것으로 나타남

〈표 3-2-18〉 정보 통합관리 및 운영기술의 최고기술보유국 조사결과

중분류	소분류	최고기술보유국(비중)			
		미국	일본	유럽	캐나다
통합 모니터링 및 활용기술	대하천 맞춤형 하천조사	67%	17%	17%	0%
	표준 모니터링 기술	71%	14%	14%	0%
	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링	80%	20%	0%	0%
	IoT기반 연계 실시간 모니터링 기술	60%	20%	20%	0%
빅데이터 처리 및 활용기술	빅데이터 기반 DB표준화	100%	0%	0%	0%
	빅데이터 활용 S/W	100%	0%	0%	0%
	데이터 기반 모델	100%	0%	0%	0%
	정보관리시스템	100%	0%	0%	0%
수리구조물 스마트 운영 기술	생물서식기반 수리구조물 운영기술	50%	25%	25%	0%
	수생태계 안정화 기술	50%	25%	25%	0%
	최적 의사결정시스템 구조	50%	25%	25%	0%
기술 확산 및 인식증진	수환경 감시	50%	17%	33%	0%
	홍보 및 인식도 평가	83%	17%	0%	0%
	법제화	83%	17%	0%	0%

마. 기술기반(인프라) 성숙도

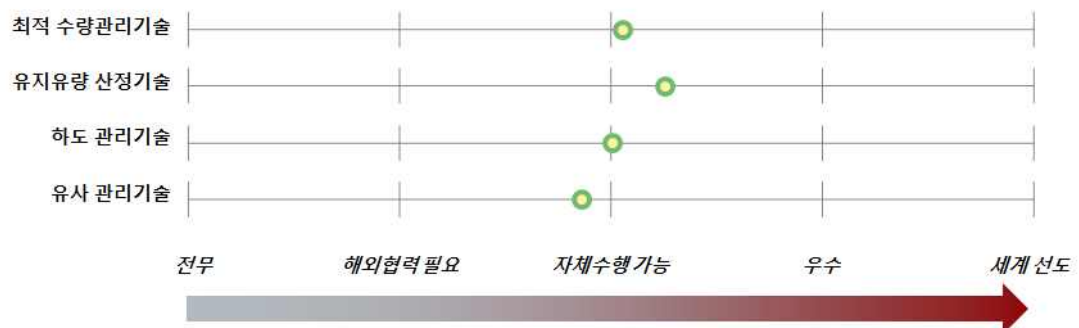
- 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 공공수역 건전성 확보기술, 정보 통합관리 및 운영기술의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 하천환경 적응관리 기술, 하천 연속성 확보기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타남
- 공공수역 건전성 확보기술, 정보 통합관리 및 운영기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-69] 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술기반 성숙도

(1) 하천환경 적응관리 기술

- 하천환경 적응관리 기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 하천환경 적응관리 기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 유지유량 산정기술의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨



[그림 3-2-70] 하천환경 적응관리 기술의 기술기반 성숙도

(가) 최적 수량관리기술

- 최적 수량관리기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 수환경 레질리언스 확보기술의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 최적 수량관리기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨
- 수환경 레질리언스 확보기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-71] 최적 수량관리기술의 기술기반 성숙도

(나) 유지유량 산정기술

- 유지유량 산정기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 유지유량 산정기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 전체적으로 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨



[그림 3-2-72] 유지유량 산정기술의 기술기반 성숙도

(다) 하도 관리기술

- 하도 관리기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 하도거동 정밀 모니터링, 하도 최적관리기술의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 하도 관리기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 하안, 하상변동 예측 및 평가기술의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨
- 하도거동 정밀 모니터링, 하도 최적관리기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-73] 하도 관리기술의 기술기반 성숙도

(라) 유사 관리기술

- 유사 관리기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 생태지형학적 하도 평가 기술, 상하류 유사 연속성 확보기술의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 자체 연구개발 수행이 가능함
- 유사 관리기술의 기술기반성숙도는 전반적으로 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 평가기술, 상하류 유사 연속성 확보기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-74] 유사 관리기술의 기술기반 성숙도

(2) 공공수역 건전성 확보기술

□ 공공수역 건전성 확보기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 일부 해외협력
력이 필요함

○ 공공수역 건전성 확보기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라
가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타났으며, 생태계
재해생물 관리 기술은 상대적으로 기술기반 성숙도가 낮은 것으로 나타남



[그림 3-2-75] 공공수역 건전성 확보기술의 기술기반 성숙도

(가) 수생태계 건전성 유지관리 기술

□ 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 일부
해외협력이 필요함

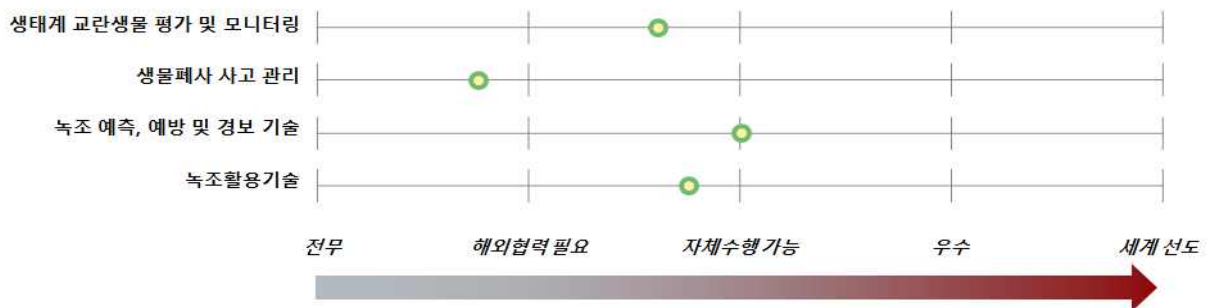
○ 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술기반성숙도는 상대적으로 인프라가
미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타났으며, 수환경 건정
성 확보기술이 기술기반성숙도가 더 낮은 것으로 나타남



[그림 3-2-76] 수생태계 건전성 유지관리 기술의 기술기반 성숙도

(나) 생태계 재해생물 관리 기술

- 생태계 재해생물 관리 기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 자체적으로 수행가능하지만 일부 해외협력이 필요하며 생물폐사 사고 관리는 국내 인프라가 마련되지 않아 해외협력이 필수적으로 필요함
- 녹조 예측, 예방 및 경보 기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 녹조활용기술, 생태계 교란생물 평가 및 모니터링은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남
- 생물폐사 사고 관리는 국내 기술기반이 마련되지 않아 해외협력이 필수적으로 필요함



[그림 3-2-77] 생태계 재해생물 관리 기술의 기술기반 성숙도

(다) 건전성 훼손(위해성) 대응기술

- 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 자체 연구개발 수행이 가능하지만 일부 해외협력이 필요함
- 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술기반성숙도는 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타났으며, 건전성 훼손 제어시스템 개발의 경우 특히 더 기술기반 성숙도가 낮은 것으로 나타남



[그림 3-2-78] 건전성 훼손(위해성) 대응기술의 기술기반 성숙도

(3) 하천 연속성 확보기술

- 하천 연속성 확보기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 수변공간 횡적 연속성의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 하천 연속성 확보기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 수계 연속성 진단 및 평가의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨
- 수변공간 횡적 연속성은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-79] 하천 연속성 확보기술의 기술기반 성숙도

(가) 수리구조물에서의 종적 이동성

- 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함



[그림 3-2-80] 수리구조물에서의 종적 이동성의 기술기반 성숙도

(나) 수변공간 횡적 연속성

- 수변공간 횡적 연속성의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 생태문화적 연속성 설계기술 개발의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 서식처 조성 및 유지기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 조사됨
- 횡적 연속성 평가 지표 개발, 생태문화적 연속성 설계기술 개발은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타났으며, 생태문화적 연속성 설계기술 개발의 기술기반성숙도가 더 낮은 것으로 나타남



[그림 3-2-81] 수변공간 횡적 연속성의 기술기반 성숙도

(다) 수계 연속성 진단 및 평가

- 수계 연속성 진단 및 평가의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함
- 수계 연속성 진단 및 평가의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 서식처 평가 기술의 인프라 성숙도가 상대적으로 우수한 것으로 조사됨



[그림 3-2-82] 수계 연속성 진단 및 평가의 기술기반 성숙도

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

□ 정보 통합관리 및 운영기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 수리구조물 스마트 운영 기술, 기술확산 및 인식증진의 경우 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함

○ 수리구조물 스마트 운영 기술, 기술확산 및 인식증진의 기술기반성숙도는 기반이 마련되지 않아 해외협력이 필수적으로 필요함

○ 통합모니터링 활용기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-83] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술기반 성숙도

(가) 통합 모니터링 및 활용기술

□ 통합 모니터링 및 활용기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 전반적으로 일부 해외협력이 필요하며 표준 모니터링기술은 자체 연구개발 수행이 가능함

○ 표준 모니터링기술을 제외한 통합 모니터링 및 활용기술은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남

○ 표준 모니터링기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타남



[그림 3-2-84] 통합 모니터링 및 활용기술의 기술기반 성숙도

(나) 빅데이터 처리 및 활용기술

□ 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 데이터 기반 모델의 경우 일부 해외협력이 필요하며 그 외 기술은 전반적으로 자체 연구개발 수행이 가능함

○ 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술기반성숙도는 자체수행이 가능한 수준인 것으로 나타났으며, 데이터 기반 모델은 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남



[그림 3-2-85] 빅데이터 처리 및 활용기술의 기술기반 성숙도

(다) 수리구조물 스마트 운영 기술

□ 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 기술기반 성숙도가 미흡하여 해외협력이 필수적으로 필요함



[그림 3-2-86] 수리구조물 스마트 운영 기술의 기술기반 성숙도

(라) 기술 확산 및 인식증진

□ 기술 확산 및 인식증진의 기술기반(인프라) 성숙도 분석결과 기술기반 성숙도가 미흡하여 해외협력이 필수적으로 필요함

○ 기술 확산 및 인식증진의 기술기반 성숙도가 미흡하여 해외협력이 필수적으로 필요하고, 법제화, 수환경 감시분야는 자체연구수행이 가능하지만 상대적으로 인프라가 미흡하여 일부 연구는 해외협력이 필요한 것으로 나타남

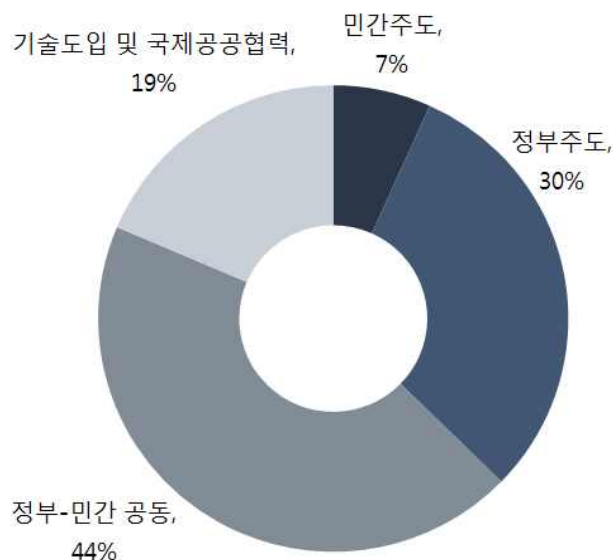


[그림 3-2-87] 기술 확산 및 인식증진의 기술기반 성숙도

바. 기술획득 방식

□ 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

○ 하천환경 적응관리 기술, 공공수역 건전성 확보기술은 정부주도 기술획득이 중요하며, 하천 연속성 확보기술, 정보 통합관리 및 운영기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요한 것으로 나타남



[그림 3-2-88] 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술획득 방식 비중

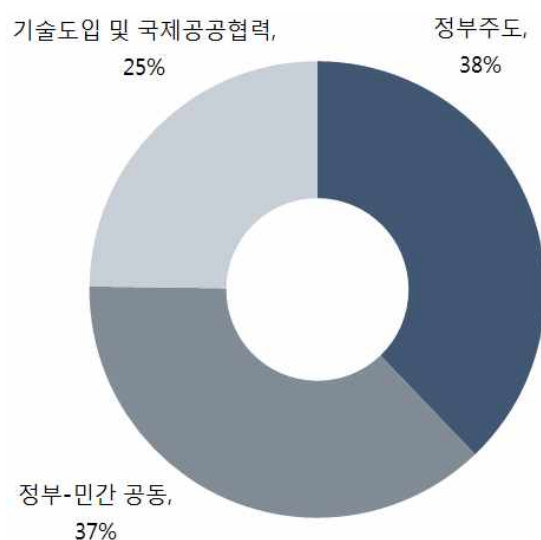
<표 3-2-19> 수질 및 생태를 고려한 대하천 수리구조물 최적 운영기술의 기술획득 방식 조사결과

소분류	기술획득방식			
	민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
하천환경 적응관리 기술	0%	38%	37%	25%
공공수역 건전성 확보기술	0%	47%	38%	15%
하천 연속성 확보기술	26%	12%	46%	16%
정보 통합관리 및 운영기술	1%	26%	55%	18%

(1) 하천환경 적응관리 기술

□ 하천환경 적응관리 기술의 기술획득 방식은 정부주도(38%)의 중요성이 높은 것으로 나타남

- 수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술, 수환경 레질리언스 확보기술, 유지유량 등급화, 유지유량 가치평가 모델, 생태지형학적 하도 평가기술은 정부주도 기술획득이 중요한 것으로 나타남
- GIS활용 유지유량 분석 기술, 하도거동 정밀 모니터링, 하안, 하상변동 예측 및 평가기술, 중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술, 하도 최적관리기술, 상하류 유사 연속성 확보 기술은 정부-민간공동 기술획득이 중요한 것으로 나타남
- 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술은 기술도입 및 국제공공협력이 중요한 것으로 나타났으며, 퇴사 관리기술은 정부주도, 정부-민간 공동, 기술도입 및 국제공공협력의 중요성이 동일하게 나타남



[그림 3-2-89] 하천환경 적응관리 기술의 기술획득 방식 비중

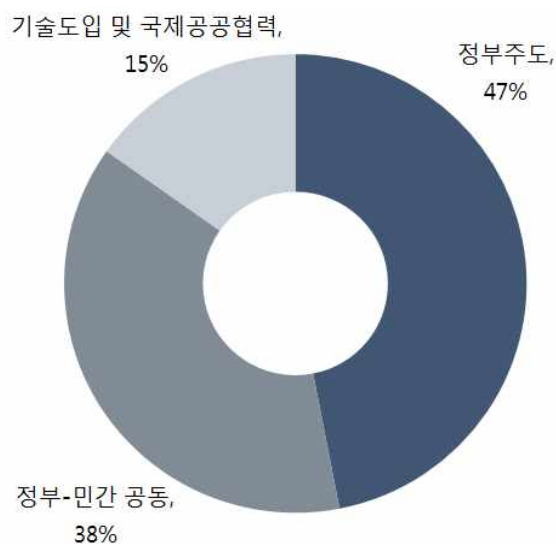
<표 3-2-20> 하천환경 적응관리 기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	소분류	기술획득방식			
		민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
최적 수량관리 기술	수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술	0%	57%	29%	14%
	수환경 레질리언스 확보기술	0%	57%	14%	29%
	다차원 복합흐름 해석 고도화 기술	0%	22%	33%	44%

중분류	소분류	기술획득방식			
		민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
유지유량 산정기술	유지유량 등급화	0%	57%	29%	14%
	유지유량 가치평가 모델	0%	57%	29%	14%
	GIS활용 유지유량 분석 기술	0%	29%	57%	14%
하도 관리기술	하도거동 정밀 모니터링	0%	22%	44%	33%
	하안, 하상변동 예측 및 평가기술	0%	22%	44%	33%
	중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술	0%	22%	56%	22%
	하도 최적관리기술	0%	33%	44%	22%
유사 관리기술	생태지형학적 하도 평가기술	0%	57%	29%	14%
	상하류 유사 연속성 확보기술	0%	22%	44%	33%
	퇴사 관리기술	0%	33%	33%	33%

(2) 공공수역 건전성 확보기술

- 공공수역 건전성 확보기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부주도(47%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 녹조 예측, 예방 및 정보 기술, 녹조활용기술을 제외한 공공수역 건전성 확보기술의 대부분이 정부주도 기술획득이 중요한 것으로 나타남
- 녹조 예측, 예방 및 정보 기술, 녹조활용기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요한 것으로 나타났으며, 생태계 교란생물 평가 및 모니터링은 정부주도, 정부-민간 공동 기술획득 중요성이 동일함



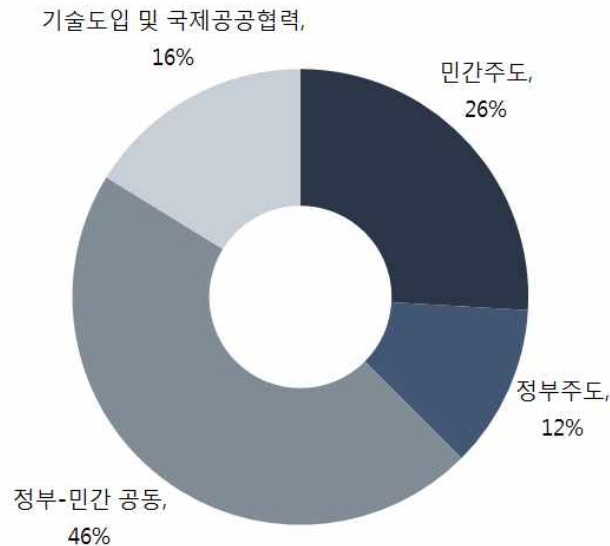
[그림 3-2-90] 공공수역 건전성 확보기술의 기술획득 방식 비중

〈표 3-2-21〉 공공수역 건전성 확보기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	소분류	기술획득방식			
		민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
수생태계 건전성 유지관리 기술	생물다양성 확보 기술	0%	57%	29%	14%
	수환경 건전성 확보 기술	0%	43%	29%	29%
	중장기 생태환경 변화 예측기술	0%	50%	33%	17%
생태계 재해생물 관리 기술	생태계 교란생물 평가 및 모니터링	0%	38%	38%	25%
	생물폐사 사고 관리	0%	50%	33%	17%
	녹조 예측, 예방 및 경보 기술	0%	33%	67%	0%
	녹조활용기술	0%	29%	57%	14%
건전성 훼손 (위해성) 대응기술	건전성 훼손 평가시스템 개발	0%	60%	20%	20%
	건전성 훼손 제어시스템 개발	0%	60%	40%	0%
	수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가	0%	50%	33%	17%

(3) 하천 연속성 확보기술

- ☐ 하천 연속성 확보기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동(46%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 연속성 증진 기술 개발을 제외한 하천 연속성 확보기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요한 것으로 나타남
- 연속성 증진 기술 개발은 정부주도 기술획득이 중요한 것으로 나타났으며, 서식생물의 유영 능력 평가는 정부주도, 정부-민간공동 기술획득의 중요성이 동일하였으며, 어도 수위대응 기술은 정부주도, 정부-민간공동, 기술도입 및 국제공동연구가 중요한 것으로 나타남



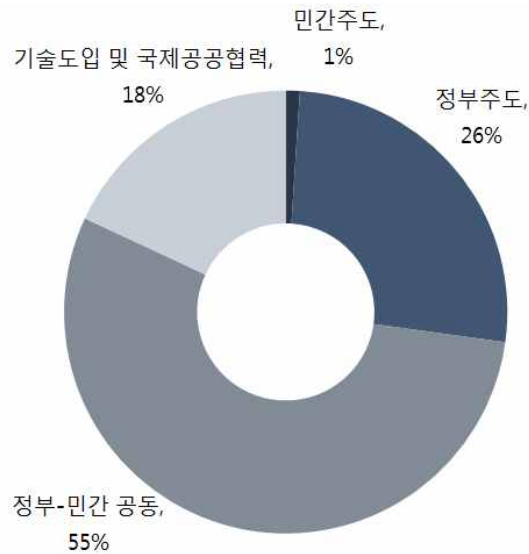
[그림 3-2-91] 하천 연속성 확보기술의 기술획득 방식 비중

<표 3-2-22> 하천 연속성 확보기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	소분류	기술획득방식			
		민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
수리구조 물에서의 종적 이동성	어도 내 이동성 향상 기술	33%	0%	50%	17%
	어도 수위대응 기술	33%	0%	33%	33%
	어도 유인 기술	33%	0%	50%	17%
수변공간 횡적 연속성	횡적 연속성 평가 지표 개발	0%	25%	63%	13%
	서식처 조성 및 유지기술	0%	13%	75%	13%
	생태문화적 연속성 설계기술 개발	25%	13%	50%	13%
수계 연속성 진단 및 평가	연속성 증진 기술 개발	50%	13%	25%	13%
	서식생물의 유영 능력 평가	33%	17%	33%	17%
	서식처 평가 기술	25%	25%	38%	13%

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술의 기술획득 방식은 대체적으로 정부-민간 공동 (55%)의 중요성이 높은 것으로 나타남
- 홍보 및 인식도 평가, 법제화정보를 제외한 통합관리 및 운영기술은 정부-민간 공동 기술획득이 중요하며, 그 중 은 정부-민간 공동의 중요성이 80% 이상으로 나타남
- 홍보 및 인식도 평가, 법제화정보는 정부주도 기술획득이 중요하며, 대하천 맞춤형 하천조사, 최적 의사결정시스템 구조, 수환경 감시는 정부주도, 정부-민간 공동 기술획득의 중요성이 동일하게 나타남



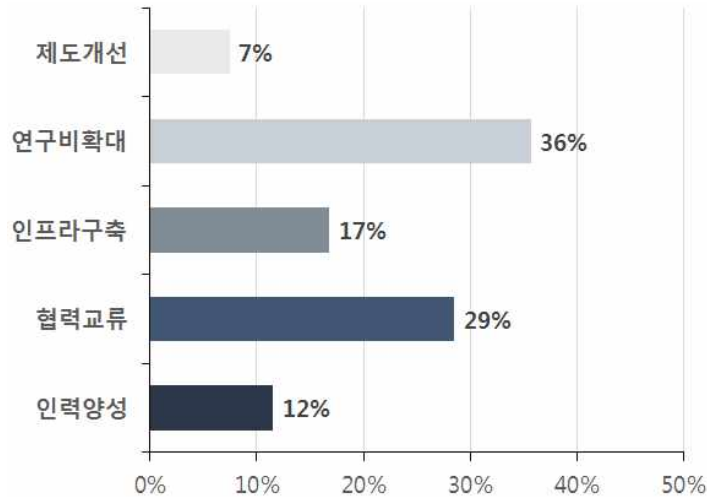
[그림 3-2-92] 정보 통합관리 및 운영기술의 기술획득 방식 비중

<표 3-2-23> 정보 통합관리 및 운영기술의 기술획득 방식 조사결과

중분류	소분류	기술획득방식			
		민간주도	정부주도	정부-민간 공동	기술도입 및 국제공동연구
통합 모니터링 및 활용기술	대하천 맞춤형 하천조사	0%	38%	38%	25%
	표준 모니터링 기술	0%	25%	50%	25%
	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링	0%	0%	83%	17%
	Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술	0%	17%	67%	17%
빅데이터 처리 및 활용기술	빅데이터 기반 DB표준화	0%	33%	50%	17%
	빅데이터 활용 S/W	0%	0%	83%	17%
	데이터 기반 모델	0%	0%	83%	17%
	정보관리시스템	0%	17%	67%	17%
수리구조물 스마트 운영 기술	생물서식기반 수리구조물 운영기술	0%	20%	60%	20%
	수생태계 안정화 기술	0%	20%	60%	20%
	최적 의사결정시스템 구조	0%	40%	40%	20%
기술 확산 및 인식증진	수환경 감시	0%	43%	43%	14%
	홍보 및 인식도 평가	14%	43%	29%	14%
	법제화	0%	71%	14%	14%

사. 정부우선 시행방안

- 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

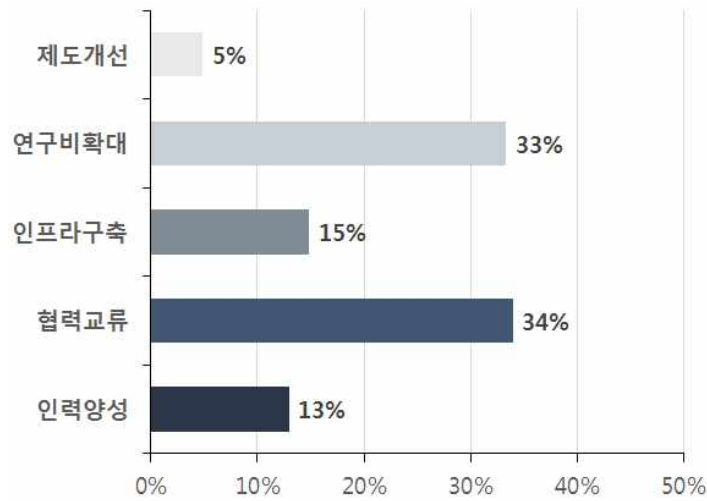


[그림 3-2-93] 수질 및 생태를 고려한 하천 수리구조물 최적 운영기술의 정부우선 시행방안 비중

(1) 하천환경 적응관리 기술

- 하천환경 적응관리 기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 협력교류인 것으로 나타남

- 다차원 복합흐름 해석 고도화 기술, 유지유량 등급화, 유지유량 가치평가 모델, 중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술, 생태지형학적 하도 평가기술, 상하류 유사 연속성 확보기술, 퇴사 관리기술은 협력교류가 가장 시급한 것으로 나타남
- 수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술, 수환경 레질리언스 확보기술, GIS 활용 유지유량 분석 기술, 하도거동 정밀 모니터링, 하안, 하상변동 예측 및 평가기술, 하도 최적관리기술의 경우 협력교류 활성화가 가장 시급한 것으로 나타남



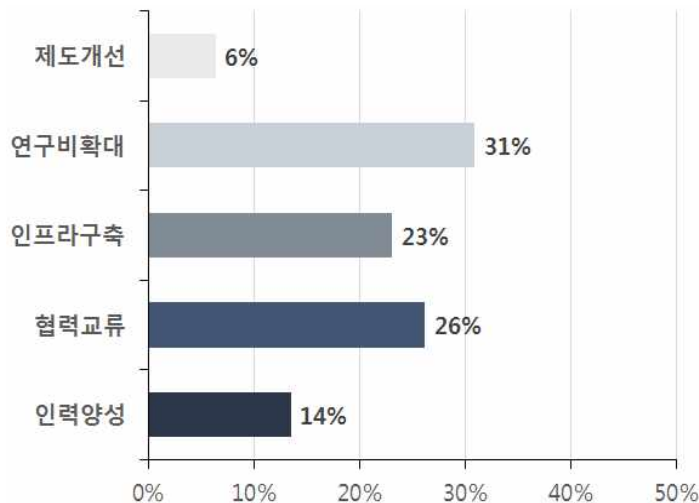
[그림 3-2-94] 하천환경 적응관리 기술의 정부우선 시행방안 비중

<표 3-2-24> 하천환경 적응관리 기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	소분류	정부 우선 시행방안				
		인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
최적 수량관리 기술	수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술	8%	25%	25%	33%	8%
	수환경 레질리언스 확보기술	17%	33%	0%	42%	8%
	다차원 복합흐름 해석 고도화 기술	13%	40%	13%	33%	0%
유지유량 산정기술	유지유량 등급화	8%	42%	8%	25%	17%
	유지유량 가치평가 모델	8%	42%	0%	33%	17%
	GIS활용 유지유량 분석 기술	8%	25%	25%	42%	0%
하도 관리기술	하도거동 정밀 모니터링	13%	20%	27%	33%	7%
	하안, 하상변동 예측 및 평가기술	13%	27%	20%	33%	7%
	중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술	13%	40%	13%	33%	0%
	하도 최적관리기술	13%	27%	20%	40%	0%
유사 관리기술	생태지형학적 하도 평가기술	25%	42%	8%	25%	0%
	상하류 유사 연속성 확보기술	13%	40%	13%	33%	0%
	퇴사 관리기술	13%	40%	20%	27%	0%

(2) 공공수역 건전성 확보기술

- 공공수역 건전성 확보기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 중장기 생태환경 변화 예측기술, 녹조활용기술, 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가 제외한 공공수역 건전성 확보기술 분야 하위기술의 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 녹조 예측, 예방 및 경보 기술, 녹조활용기술, 건전성 훼손 평가시스템 개발, 건전성 훼손 제어시스템 개발의 경우 협력교류 활성화가 가장 시급한 것으로 나타남
- 중장기 생태환경 변화 예측기술, 생물폐사 사고 관리의 경우 인력양성이 가장 시급한 것으로 나타났으며, 생물폐사 사고 관리, 건전성 훼손 제어시스템 개발, 수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가 인프라 구축이 가장 시급한 것으로 나타남



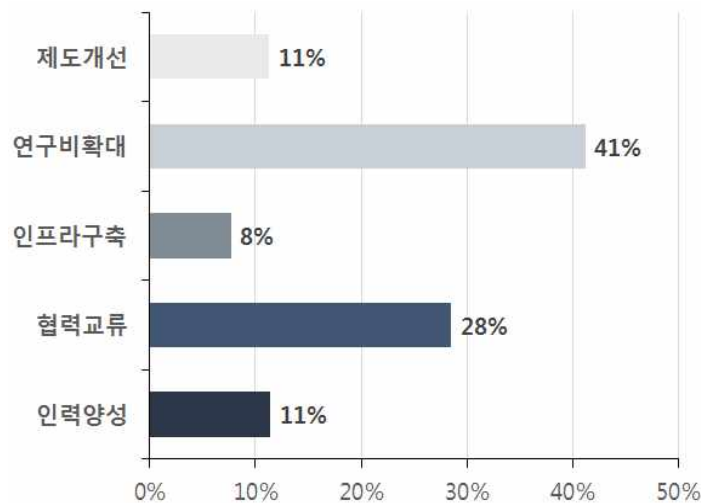
[그림 3-2-95] 공공수역 건전성 확보기술의 정부우선 시행방안 비중

〈표 3-2-25〉 공공수역 건전성 확보기술의 정부우선 시행방안 조사결과

중분류	소분류	정부 우선 시행방안				
		인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
수생태계 건전성 유지관리 기술	생물다양성 확보 기술	0%	25%	33%	42%	0%
	수환경 건전성 확보 기술	0%	18%	27%	45%	9%
	중장기 생태환경 변화 예측기술	33%	25%	8%	25%	8%
생태계 재해생물 관리 기술	생태계 교란생물 평가 및 모니터링	20%	20%	13%	33%	13%
	생물폐사 사고 관리	25%	17%	25%	25%	8%
	녹조 예측, 예방 및 경보 기술	17%	33%	17%	33%	0%
	녹조활용기술	0%	33%	17%	25%	25%
건전성 훼손 (위해성) 대응기술	건전성 훼손 평가시스템 개발	20%	30%	20%	30%	0%
	건전성 훼손 제어시스템 개발	10%	30%	30%	30%	0%
	수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가	10%	30%	40%	20%	0%

(3) 하천 연속성 확보기술

- ☐ 하천 연속성 확보기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남
- 하천 연속성 확보기술 분야분야 하위기술의 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남
- 어도 수위대응 기술, 어도 유인 기술의 경우 협력교류 활성화와 연구비 확대가 시급성이 같은 것으로 나타남



[그림 3-2-96] 하천 연속성 확보기술의 정부우선 시행방안 비중

<표 3-2-26> 하천 연속성 확보기술의 정부우선 시행방안 조사결과

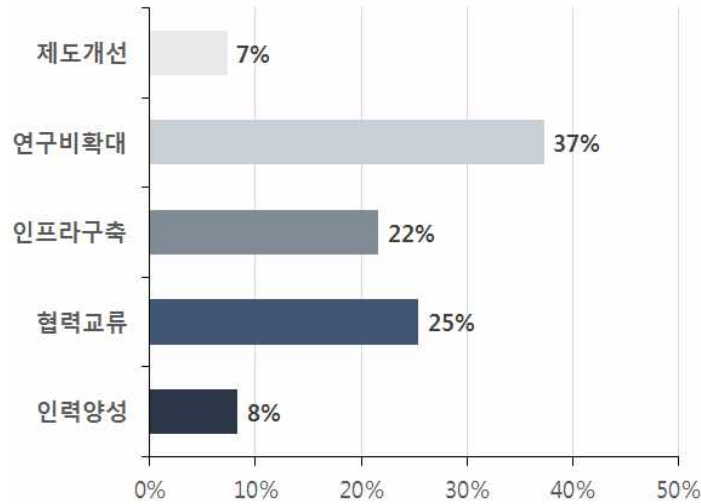
중분류	소분류	정부 우선 시행방안				
		인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
수리구조물 에서의 종적 이동성	어도 내 이동성 향상 기술	20%	30%	0%	40%	10%
	어도 수위대응 기술	10%	40%	0%	40%	10%
	어도 유인 기술	10%	40%	0%	40%	10%
수변공간 횡적 연속성	횡적 연속성 평가 지표 개발	8%	17%	0%	50%	25%
	서식처 조성 및 유지기술	18%	18%	9%	36%	18%
	생태문화적 연속성 설계기술 개발	21%	14%	14%	29%	21%
수계 연속성 진단 및 평가	연속성 증진 기술 개발	7%	29%	21%	43%	0%
	서식생물의 유영 능력 평가	0%	40%	10%	50%	0%
	서식처 평가 기술	7%	29%	14%	43%	7%

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

□ 정보 통합관리 및 운영기술 분야의 기술적 실현을 위해 정부가 우선적으로 시행해야 할 방안은 연구비 확대인 것으로 나타남

○ 정보 통합관리 및 운영기술 분야 하위기술의 대부분이 연구비 확대가 가장 시급한 것으로 나타남

- 빅데이터 기반 DB표준화, 빅데이터 활용 S/W, 수환경 감시, 법제화의 경우 협력교류 활성화와 연구비 확대 시급성이 동일하며, Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술, 데이터 기반 모델의 경우 인프라 구축과 연구 확대 시급성이 동일함



[그림 3-2-97] 정보 통합관리 및 운영기술의 정부우선 시행방안 비중

<표 3-2-27> 정보 통합관리 및 운영기술의 정부우선 시행방안 조사결과

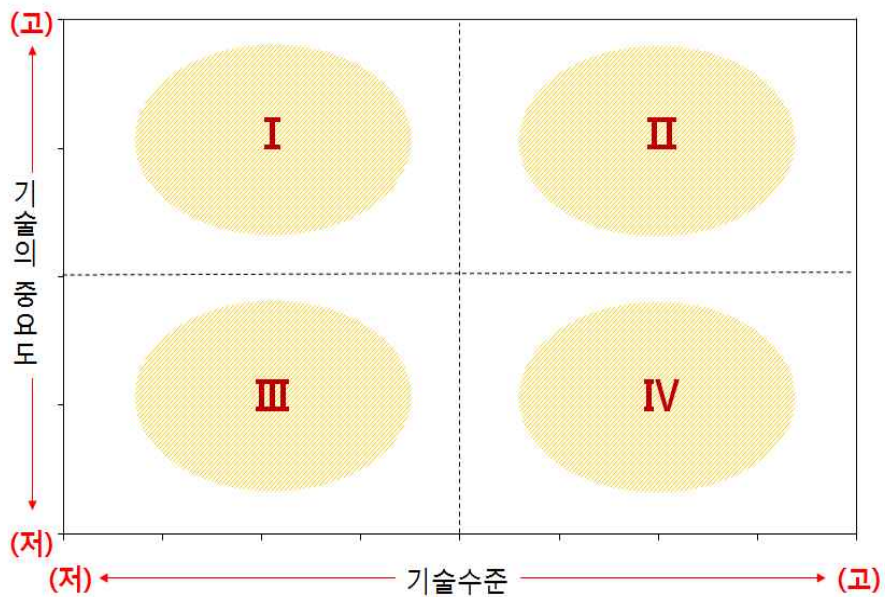
중분류	소분류	정부 우선 시행방안				
		인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
통합 모니터링 및 활용기술	대하천 맞춤형 하천조사	17%	25%	17%	33%	8%
	표준 모니터링 기술	8%	25%	17%	33%	17%
	수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링	0%	22%	22%	44%	11%
	Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술	11%	22%	33%	33%	0%
빅데이터 처리 및 활용기술	빅데이터 기반 DB표준화	11%	33%	22%	33%	0%
	빅데이터 활용 S/W	11%	33%	22%	33%	0%
	데이터 기반 모델	22%	11%	33%	33%	0%
	정보관리시스템	11%	11%	33%	44%	0%

중분류	소분류	정부 우선 시행방안				
		인력양성	협력교류 활성화	인프라 구축	연구비 확대	제도개선
수리구조물 스마트 운영 기술	생물서식기반 수리구조물 운영기술	13%	25%	13%	50%	0%
	수생태계 안정화 기술	13%	25%	13%	50%	0%
	최적 의사결정시스템 구조	0%	38%	13%	50%	0%
기술 확산 및 인식증진	수환경 감시	0%	30%	10%	30%	30%
	홍보 및 인식도 평가	0%	25%	25%	33%	17%
	법제화	0%	30%	30%	20%	20%

아. 기술수준-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술 수준과 기술의 중요도를 축으로 함

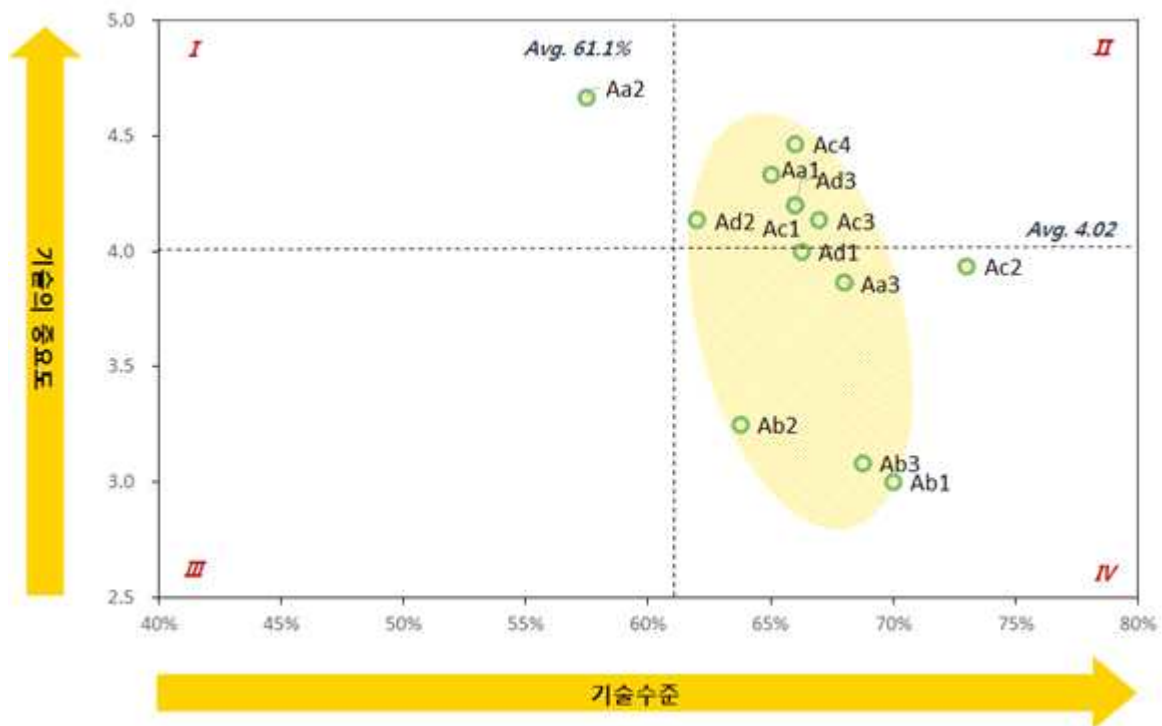
- I : 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역
- II : 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능한 유망한 영역
- III : 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요한 영역
- IV : 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야 하는 영역



[그림 3-2-98] 기술수준-중요도 포트폴리오 영역구분

(1) 하천환경 적응관리 기술

- 하천환경 적응관리 기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 분 II, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Aa2(수환경 레질리언스 확보기술)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- Aa1(수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술), Ac1(하도거동 정밀 모니터링), Ac3(중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술), Ac4(하도 최적관리기술), Ad2(상하류 유사 연속성 확보기술), Ad3(퇴사 관리기술)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- Aa3(다차원 복합흐름 해석 고도화 기술), Ab1(유지유량 등급화), Ab2(유지유량 가치평가 모델), Ab3(GIS활용 유지유량 분석 기술), Ac2(하안, 하상변동 예측 및 평가기술), Ad1(생태지형학적 하도 평가기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야함



[그림 3-2-99] 하천환경 적응관리 기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오

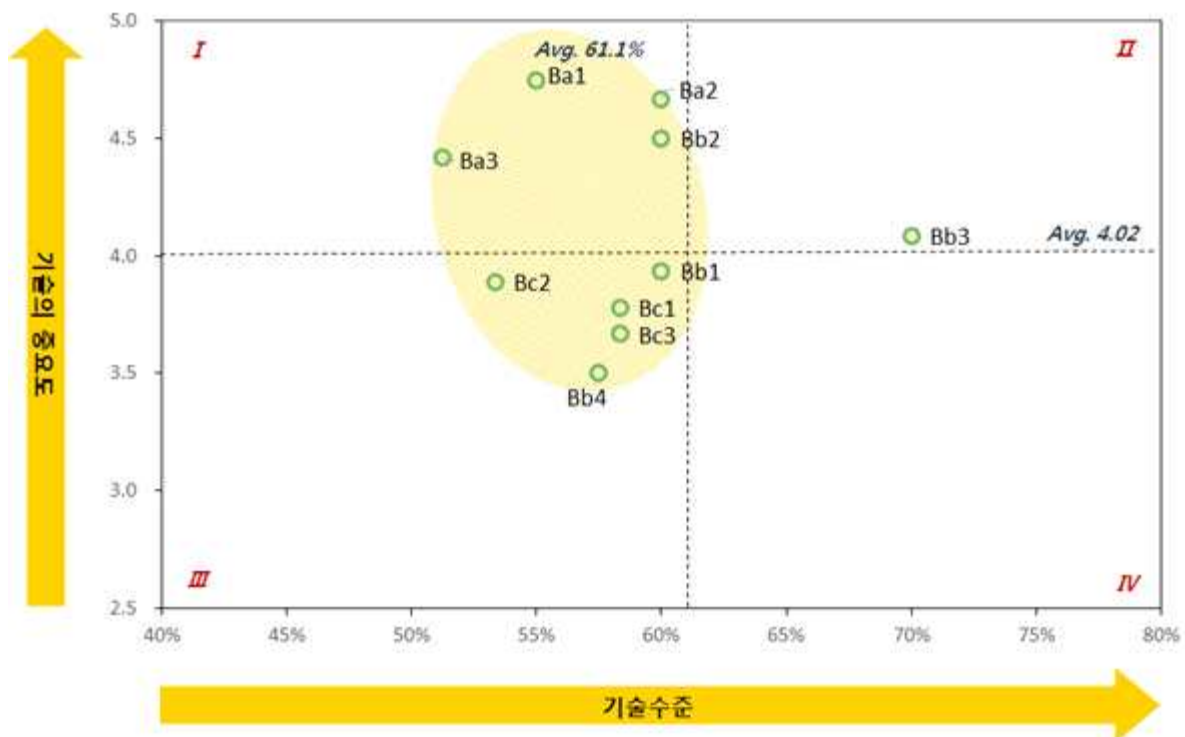
(2) 공공수역 건전성 확보기술

□ 공공수역 건전성 확보기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남

○ Ba1(생물다양성 확보 기술), Ba2(수환경 건전성 확보 기술), Ba3(중장기 생태 환경 변화 예측기술), Bb2(생물폐사 사고 관리)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함

○ Bb3(녹조 예측, 예방 및 경보 기술)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함

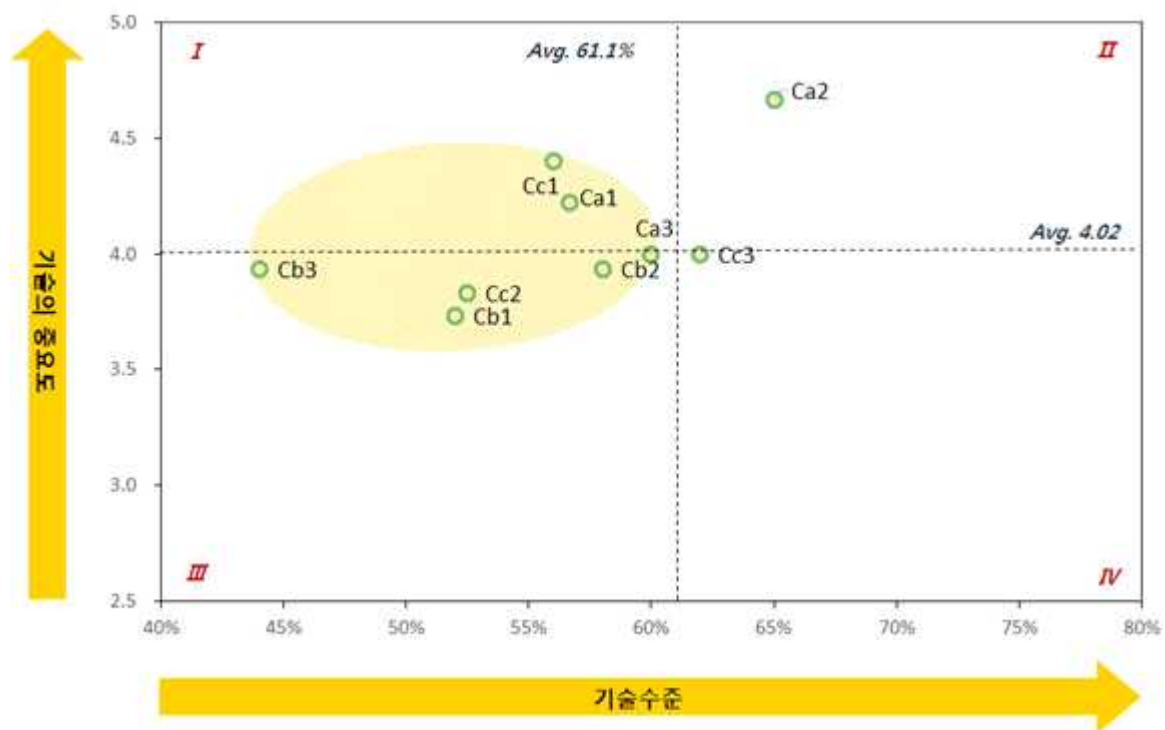
○ Bb1(생태계 교란생물 평가 및 모니터링), Bb4(녹조활용기술), Bc1(건전성 훼손 평가시스템 개발), Bc2(건전성 훼손 제어시스템 개발), Bc3(수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가)은 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함



[그림 3-2-100] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오

(3) 하천 연속성 확보기술

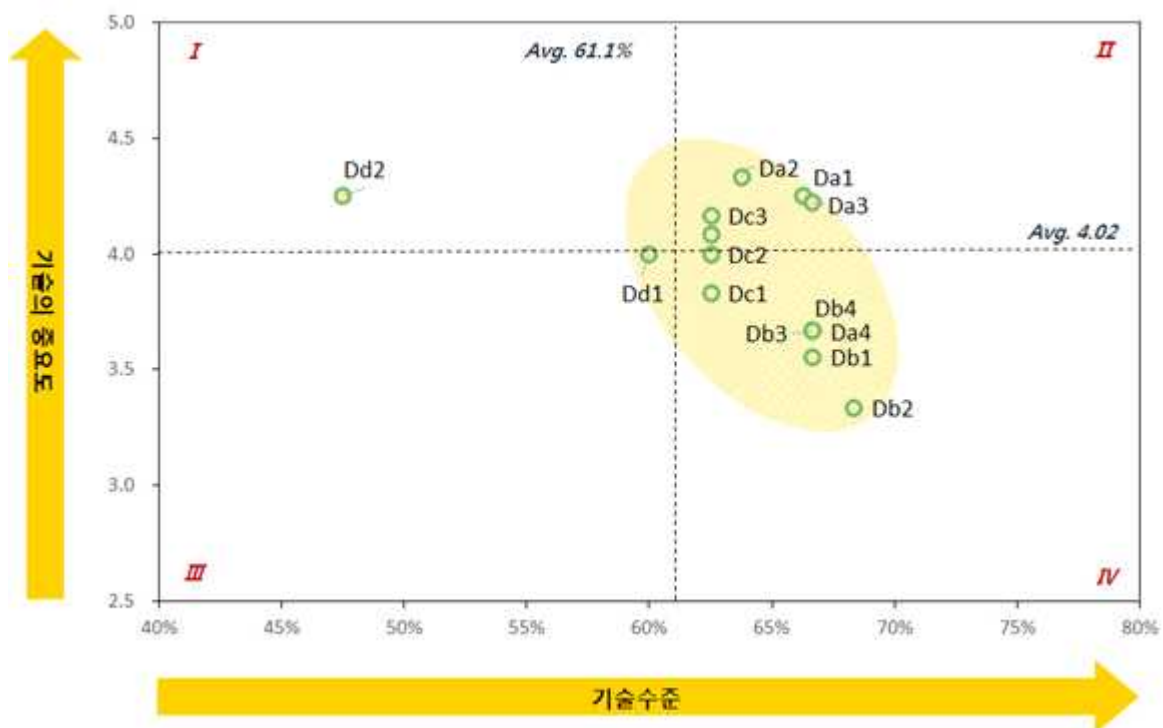
- 하천 연속성 확보기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남
- Ca1(어도 내 이동성 향상 기술), Cc1(연속성 증진 기술 개발)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- Ca2(어도 수위대응 기술)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- Ca3(어도 유인 기술), Cb1(횡적 연속성 평가 지표 개발), Cb2(서식처 조성 및 유지기술), Cb3(생태문화적 연속성 설계기술 개발), Cc2(서식생물의 유영 능력 평가)은 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
- Cc3(서식처 평가 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야함



[그림 3-2-101] 하천 연속성 확보기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술분야의 기술수준-중요도 포트폴리오 분석결과 대부분 II, IV영역에 포함되는 것으로 나타남
- Dd2(홍보 및 인식도 평가)은 I 영역에 포함되어 재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야함
- Da1(대하천 맞춤형 하천조사), Da2(표준 모니터링 기술), Da3(수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링), Dc3(최적 의사결정시스템 구조), Dd3(법제화)은 II 영역에 포함되어 기술혁신을 통해 더 넓은 시장창출이 가능함
- Dd1(수환경 감시)은 III영역에 포함되어 기술 및 시장변화에 따른 대응이 필요함
- Da4(Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술), Db1(빅데이터 기반 DB표준화), Db2(빅데이터 활용 S/W), Db3(데이터 기반 모델), Db4(정보관리시스템), Dc1(생물서식기반 수리구조물 운영기술), Dc2(수생태계 안정화 기술)은 IV 영역에 포함되어 기술시급성이나 파급효과는 상대적으로 크지 않으나, 다른 핵심 기술과의 연계성을 전략적으로 고려해야함

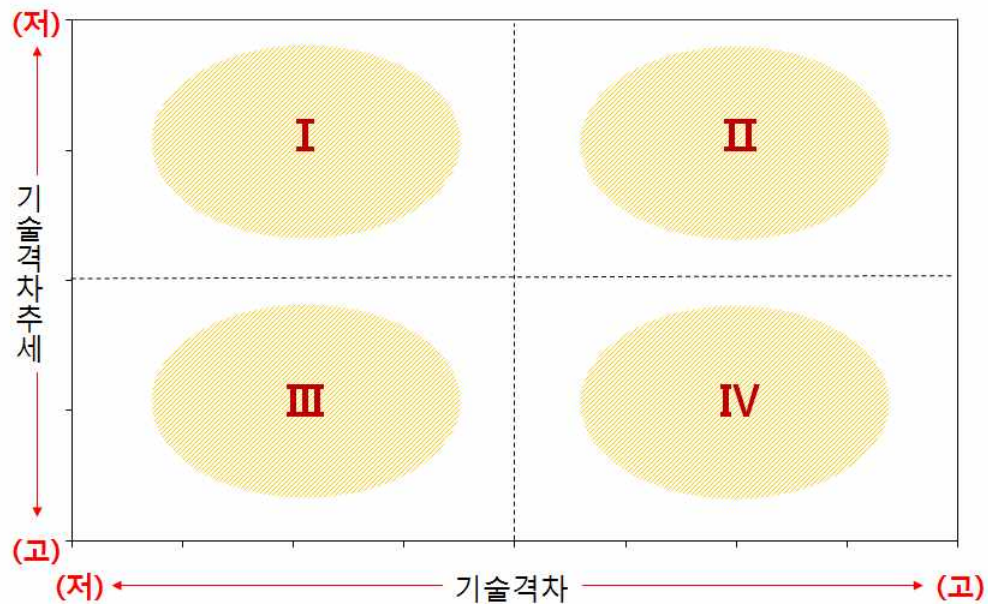


[그림 3-2-102] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술수준-중요도 포트폴리오

자. 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술격차추세와 기술격차를 축으로 함

- I : 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려하는 영역
- II : 기술개발을 가속화할 필요가 있는 영역
- III : 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요한 영역
- IV : 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역



[그림 3-2-103] 기술격차-격차추세 포트폴리오 영역구분

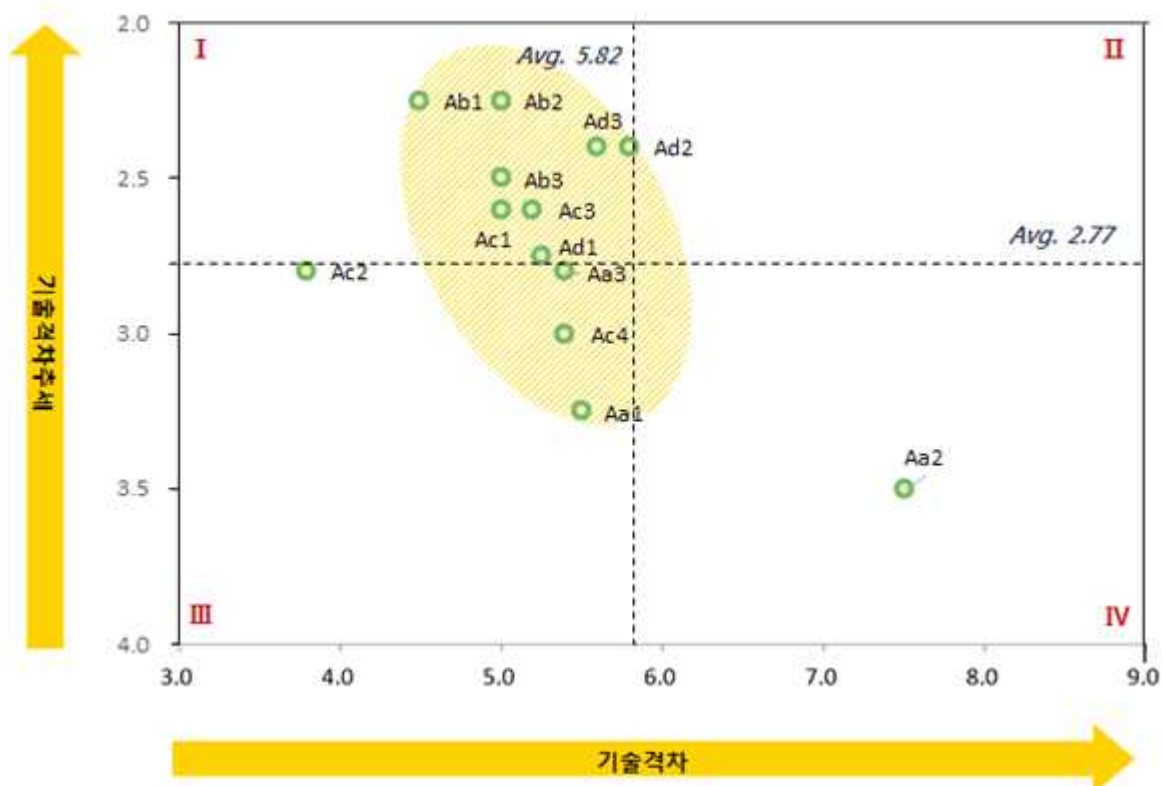
(1) 하천환경 적응관리 기술

□ 하천환경 적응관리 기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남

○ Ab1(유지유량 등급화), Ab2(유지유량 가치평가 모델), Ab3(GIS활용 유지유량 분석 기술), Ac1(하도거동 정밀 모니터링), Ac3(중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술), Ad1(생태지형학적 하도 평가기술), Ad2(상하류 유사 연속성 확보기술), Ad3(퇴사 관리기술)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함

○ Aa1(수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술), Aa3(다차원 복합흐름 해석 고도화 기술), Ac2(하안, 하상변동 예측 및 평가기술), Ac4(하도 최적관리기술)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함

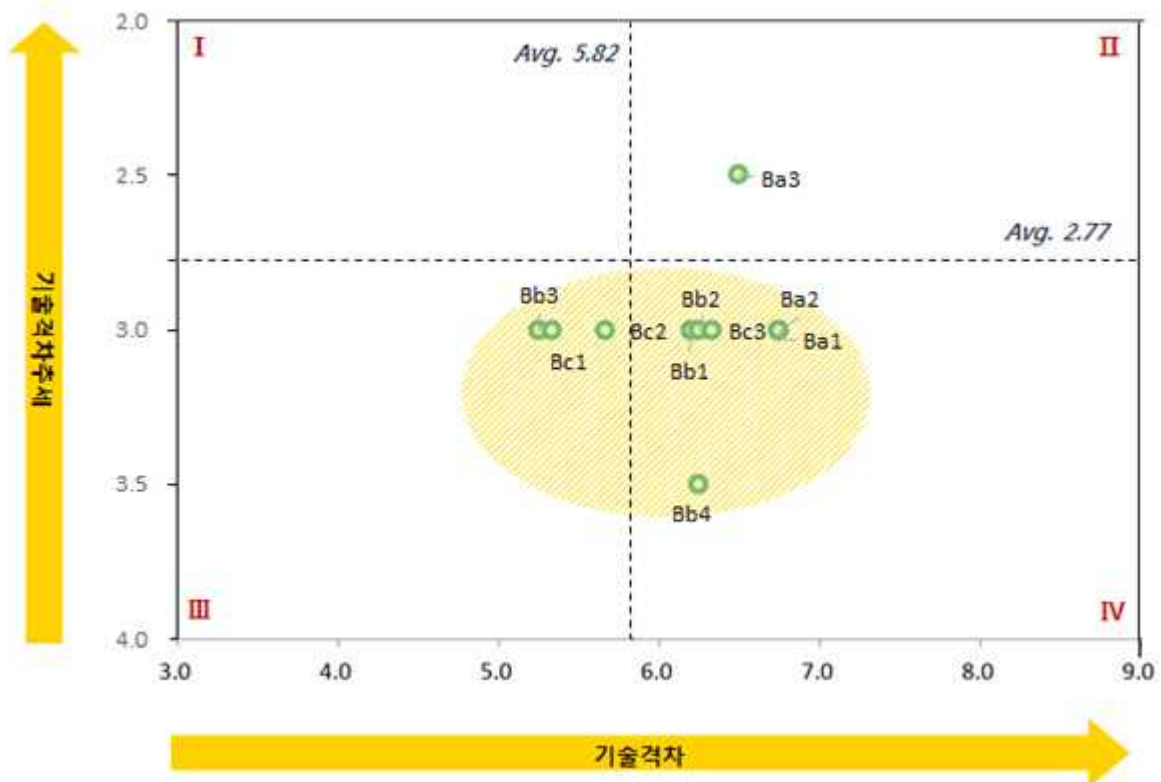
○ Aa2(수환경 레질리언스 확보기술)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야함



[그림 3-2-104] 하천환경 적응관리 기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오

(2) 공공수역 건전성 확보기술

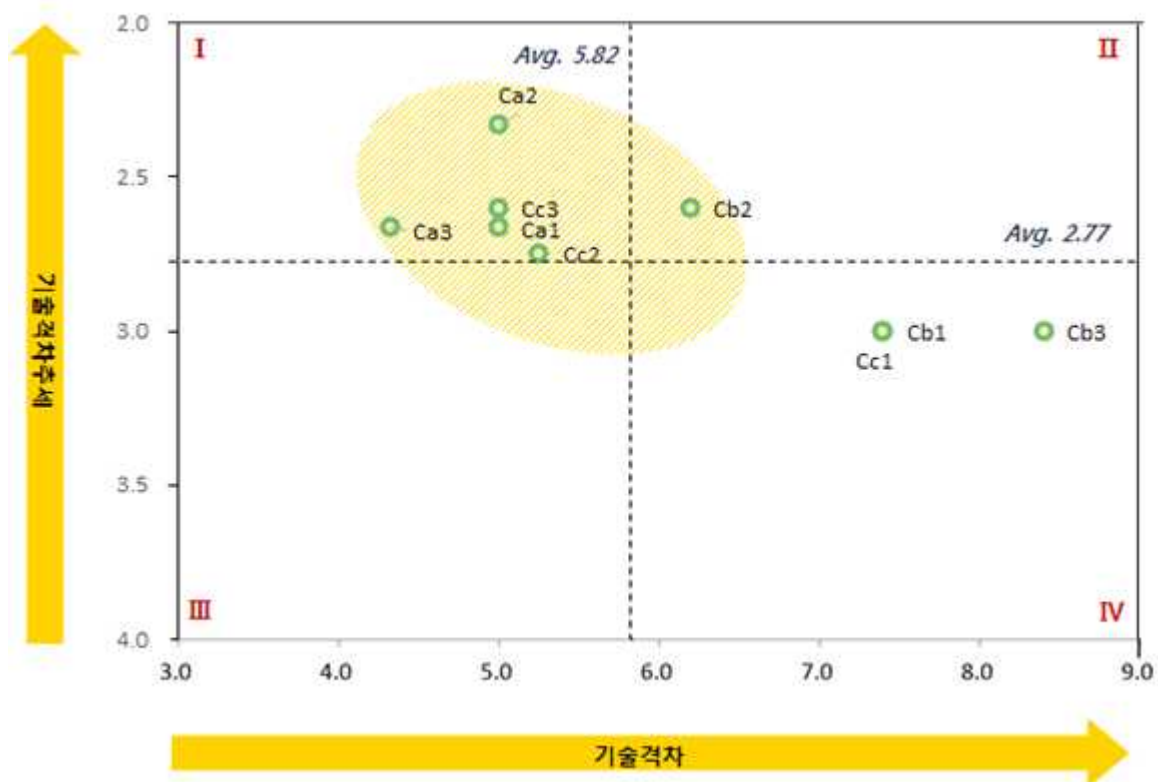
- 공공수역 건전성 확보기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 분 III, IV영역에 포함되는 것으로 나타남
- Ba3(중장기 생태환경 변화 예측기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발을 가속화할 필요함
- Bb3(녹조 예측, 예방 및 경보 기술), Bc1(건전성 훼손 평가시스템 개발), Bc2(건전성 훼손 제어시스템 개발)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- Ba1(생물다양성 확보 기술), Ba2(수환경 건전성 확보 기술), Bb1(생태계 교란 생물 평가 및 모니터링), Bb2(생물폐사 사고 관리), Bb4(녹조활용기술), Bc3(수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가)은 IV영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야함



[그림 3-2-105] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오

(3) 하천 연속성 확보기술

- 하천 연속성 확보기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 I, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Ca1(어도 내 이동성 향상 기술), Ca2(어도 수위대응 기술), Ca3(어도 유인 기술), Cc2(서식생물의 유영 능력 평가), Cc3(서식처 평가 기술)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- Cb2(서식처 조성 및 유지기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발을 가속화할 필요함
- Cb1(횡적 연속성 평가 지표 개발), Cb3(생태문화적 연속성 설계기술 개발), Cc1(연속성 증진 기술 개발)은 IV 영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야함

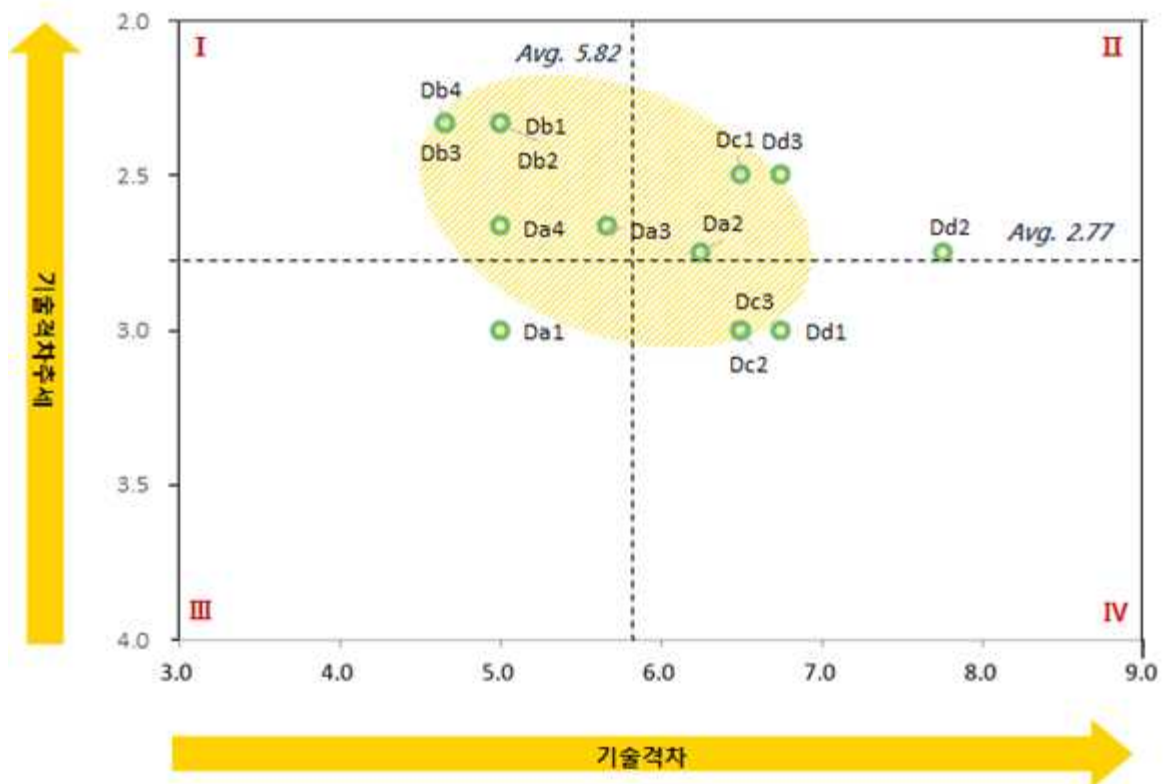


[그림 3-2-106] 하천 연속성 확보기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

□ 정보 통합관리 및 운영기술의 기술격차-격차추세 포트폴리오 분석결과 대부분 분 I, III, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

- Da3(수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링), Da4(Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술), Db1(빅데이터 기반 DB표준화), Db2(빅데이터 활용 S/W), Db3(데이터 기반 모델), Db4(정보관리시스템)은 I 영역에 포함되어 지속적인 모니터링 및 관리-유지하거나 최고 기술수준에 이르기 위한 기술개발을 고려해야함
- Da2(표준 모니터링 기술), Dc1(생물서식기반 수리구조물 운영기술), Dd2(홍보 및 인식도 평가), Dd3(법제화)은 II 영역에 포함되어 기술개발을 가속화할 필요함
- Da1(대하천 맞춤형 하천조사)은 III영역에 포함되어 기술격차가 확대되는 이유를 조기에 파악하여 이에 대한 대응이 필요함
- Dc2(수생태계 안정화 기술), Dc3(최적 의사결정시스템 구조), Dd1(수환경 감시)은 IV 영역에 포함되어 효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체 개발 이외의 전략을 구사해야함

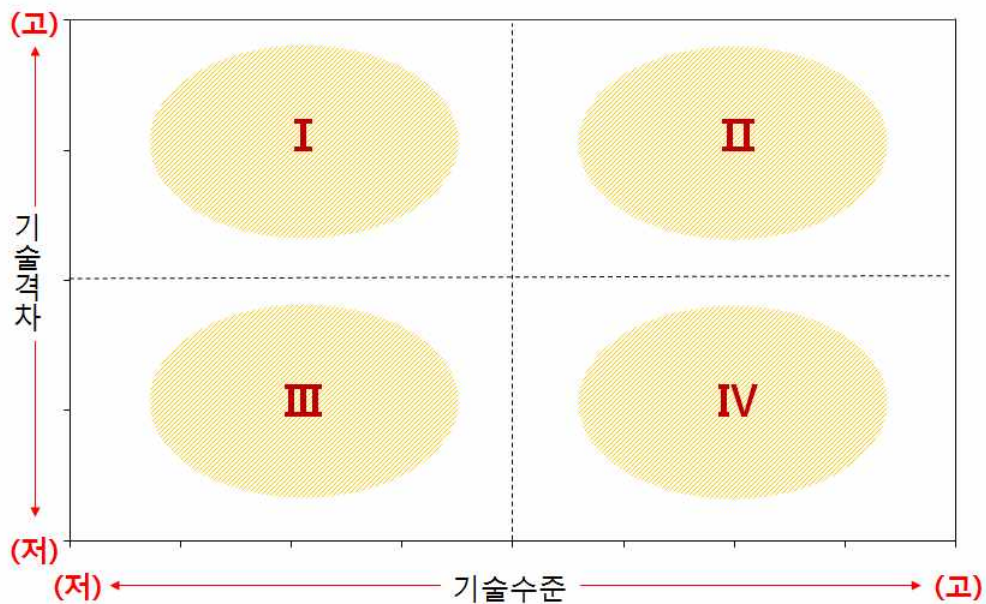


[그림 3-2-107] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술격차-격차추세 포트폴리오

차. 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술격차와 기술수준평균을 축으로 함

- I : 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요한 영역
- II : 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요가 있는 영역
- III : 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야 하는 영역
- IV : 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요한 영역



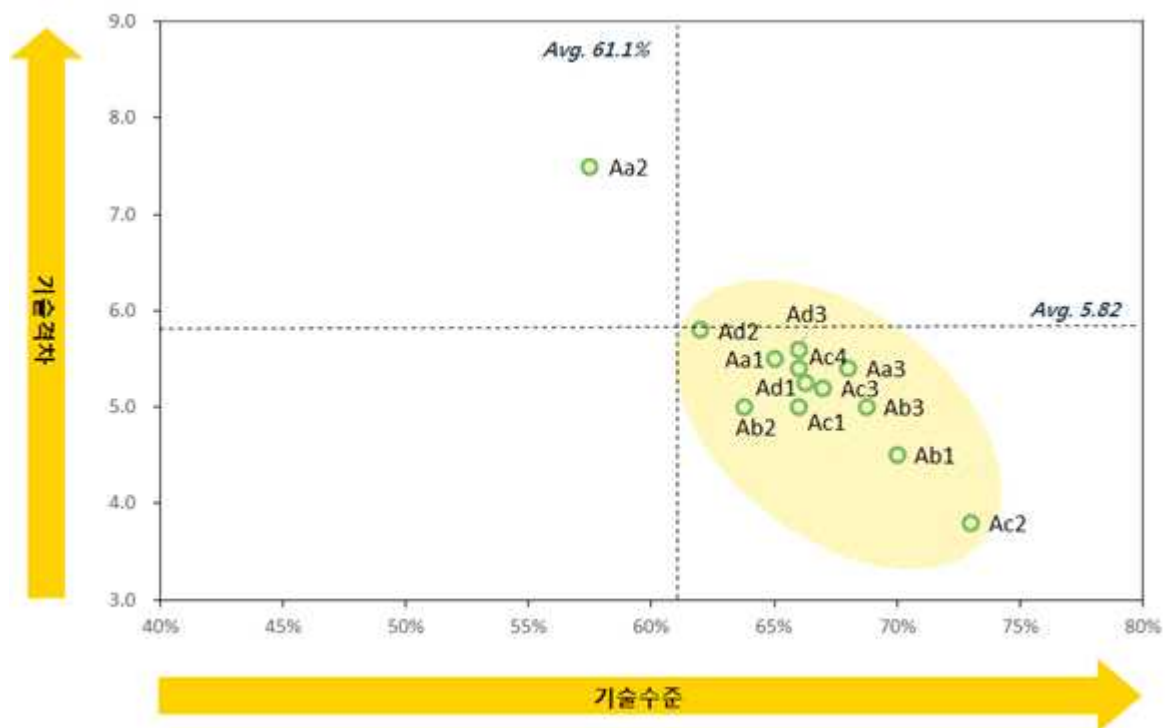
[그림 3-2-108] 기술격차-기술수준 포트폴리오 영역구분

(1) 하천환경 적응관리 기술

□ 하천환경 적응관리 기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 IV 영역에 포함되는 것으로 나타남

○ Aa2(수환경 레질리언스 확보기술)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함

○ Aa1(수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술), Aa3(다차원 복합흐름 해석 고도화 기술), Ab1(유지유량 등급화), Ab2(유지유량 가치평가 모델), Ab3(GIS활용 유지유량 분석 기술), Ac1(하도거동 정밀 모니터링), Ac2(하안, 하상변동 예측 및 평가기술), Ac3(중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술), Ac4(하도 최적관리기술), Ad1(생태지형학적 하도 평가기술), Ad2(상하류 유사 연속성 확보기술)은 IV 영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

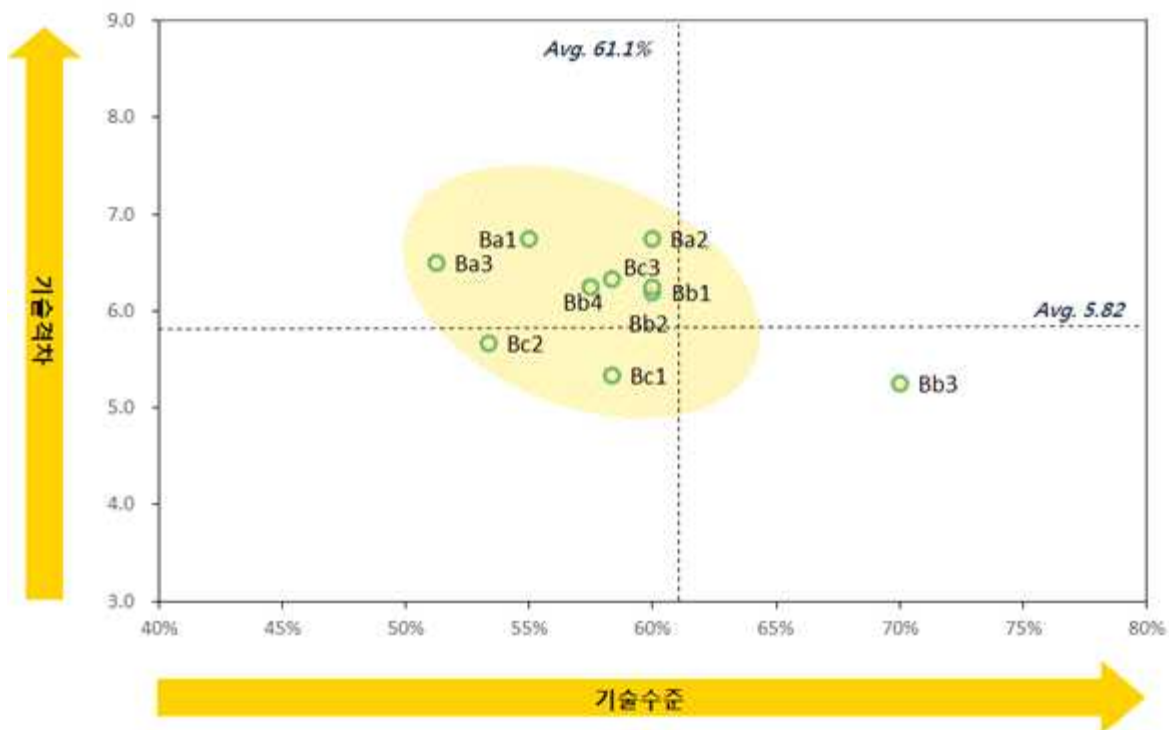


[그림 3-2-109] 하천환경 적응관리 기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오

(2) 공공수역 건전성 확보기술

□ 공공수역 건전성 확보기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 Ⅰ, Ⅲ영역에 포함되는 것으로 나타남

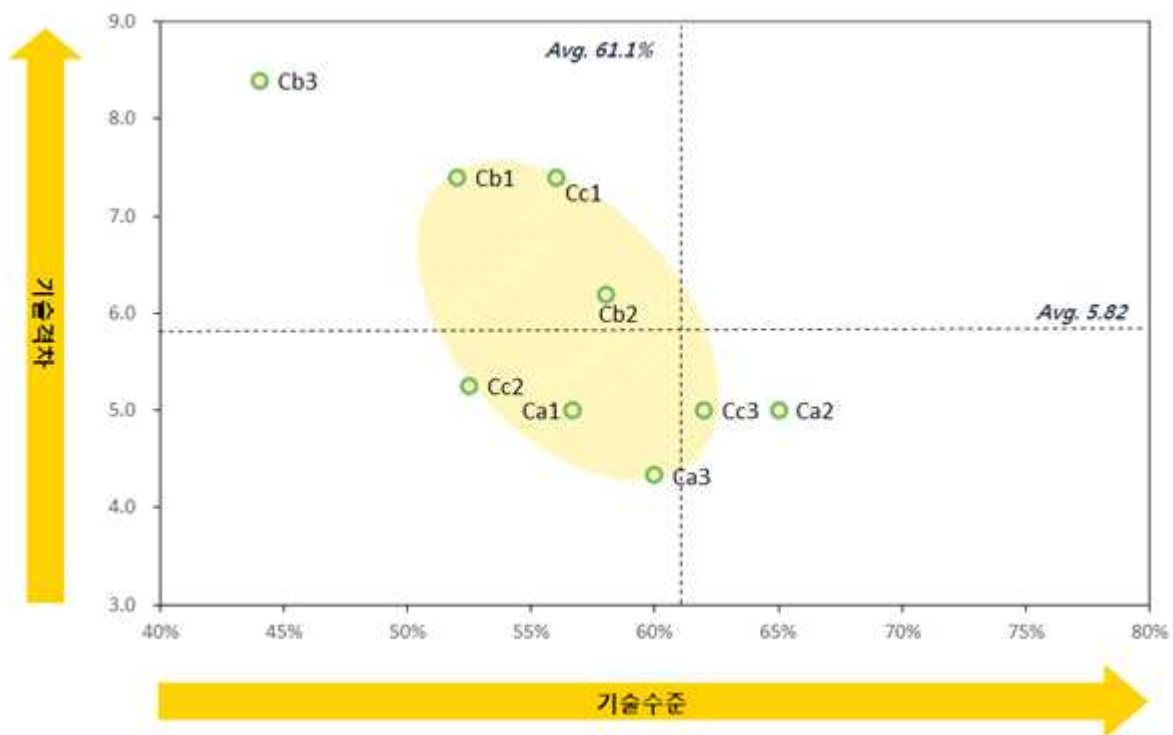
- Ba1(생물다양성 확보 기술), Ba2(수환경 건전성 확보 기술), Ba3(중장기 생태 환경 변화 예측기술), Bb1(생태계 교란생물 평가 및 모니터링), Bb2(생물폐사 사고 관리), Bb4(녹조활용기술), Bc3(수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가)은 Ⅰ 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- Bc1(건전성 훼손 평가시스템 개발), Bc2(건전성 훼손 제어시스템 개발)은 Ⅲ 영역에 포함되어 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야함
- Bb3(녹조 예측, 예방 및 경보 기술)은 Ⅳ영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함



[그림 3-2-110] 공공수역 건전성 확보기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오

(3) 하천 연속성 확보기술

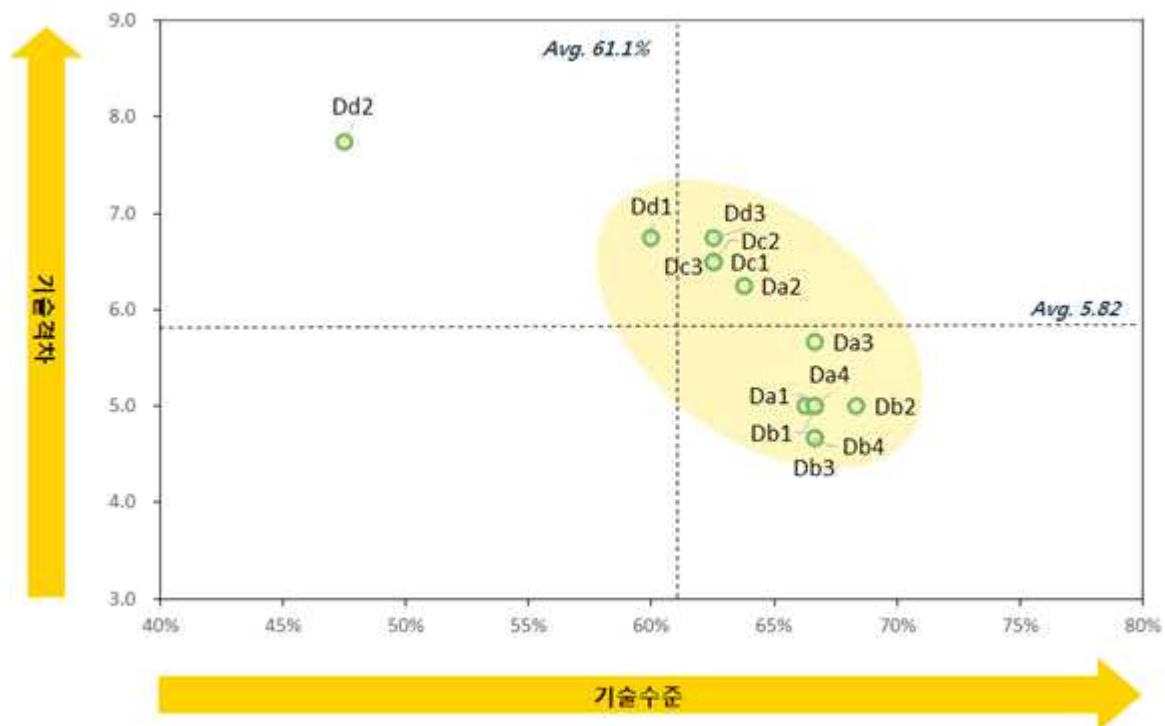
- 하천 연속성 확보기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 I, III영역에 포함되는 것으로 나타남
- Cb1(횡적 연속성 평가 지표 개발), Cb2(서식처 조성 및 유지기술), Cb3(생태 문화적 연속성 설계기술 개발), Cc1(연속성 증진 기술 개발)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- Ca1(어도 내 이동성 향상 기술), Ca3(어도 유인 기술), Cc2(서식생물의 유영 능력 평가)은 III영역에 포함되어 기술수준 향상을 위한 정부-민간의 역할을 적절히 고려해야함
- Ca2(어도 수위대응 기술), Cc3(서식처 평가 기술)은 IV영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함



[그림 3-2-111] 하천 연속성 확보기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술의 기술수준-기술격차 포트폴리오 분석결과 대부분 II, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Dd1(수환경 감시) Dd2(홍보 및 인식도 평가)은 I 영역에 포함되어 기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요함
- Da2(표준 모니터링 기술), Dc1(생물서식기반 수리구조물 운영기술), Dc2(수생태계 안정화 기술), Dc3(최적 의사결정시스템 구조), Dd3(법제화)은 II 영역에 포함되어 기술격차 해소를 위한 정부 역할 확대를 고려할 필요함
- Da1(대하천 맞춤형 하천조사), Da3(수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링), Da4(Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술), Db1(빅데이터 기반 DB표준화), Db2(빅데이터 활용 S/W), Db3(데이터 기반 모델), Db4(정보관리시스템)은 IV 영역에 포함되어 세계 최고 수준의 기술을 확보하기 위한 민간의 역할 증대가 필요함

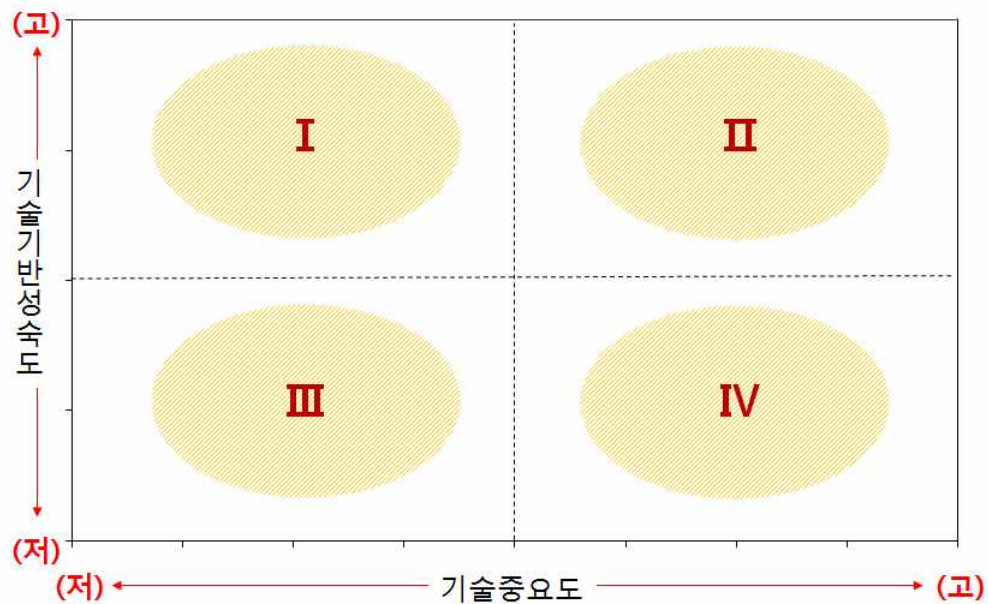


[그림 3-2-112] 정보 통합관리 및 운영기술분야 기술격차-기술수준 포트폴리오

카. 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 분석

□ 4분면별 전략은 기술기반성숙도와 평균 중요도를 축으로 함

- I : 기술기반 관리-유지 영역
- II : 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있는 영역
- III : 점진적으로 기술기반을 확보해 나아가야 할 영역
- IV : 기술기반 확보가 시급한 영역

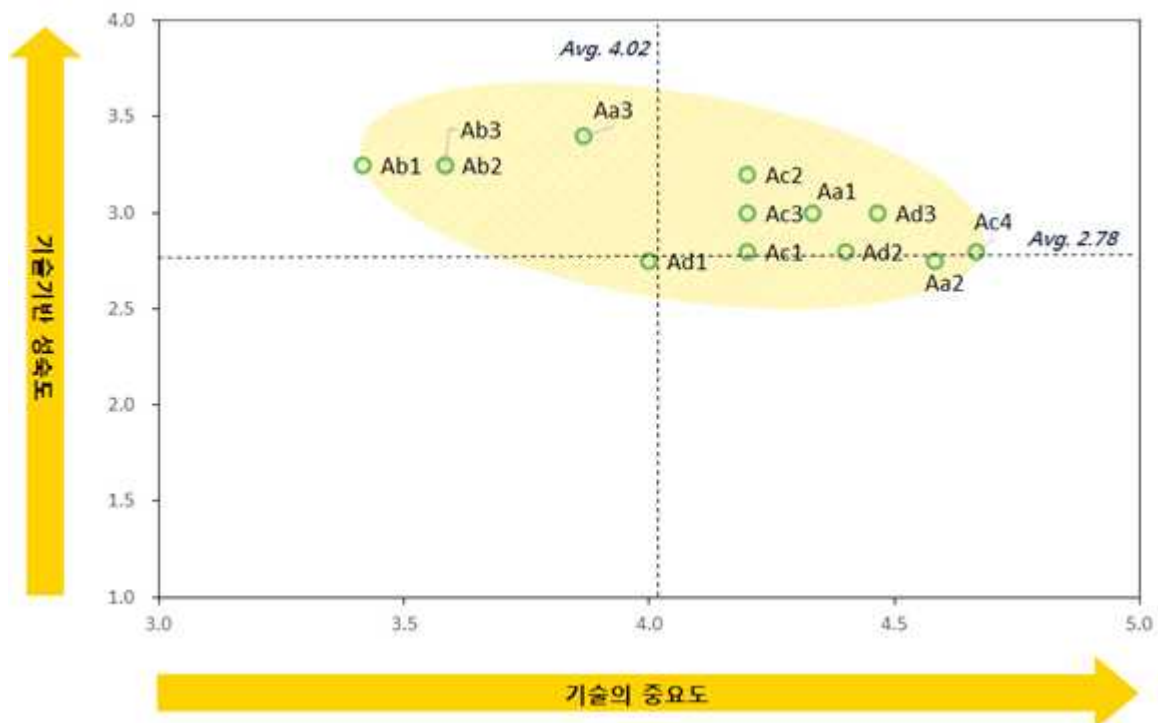


[그림 3-2-113] 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오 영역구분

(1) 하천환경 적응관리 기술

□ 하천환경 적응관리 기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, II 영역에 포함되는 것으로 나타남

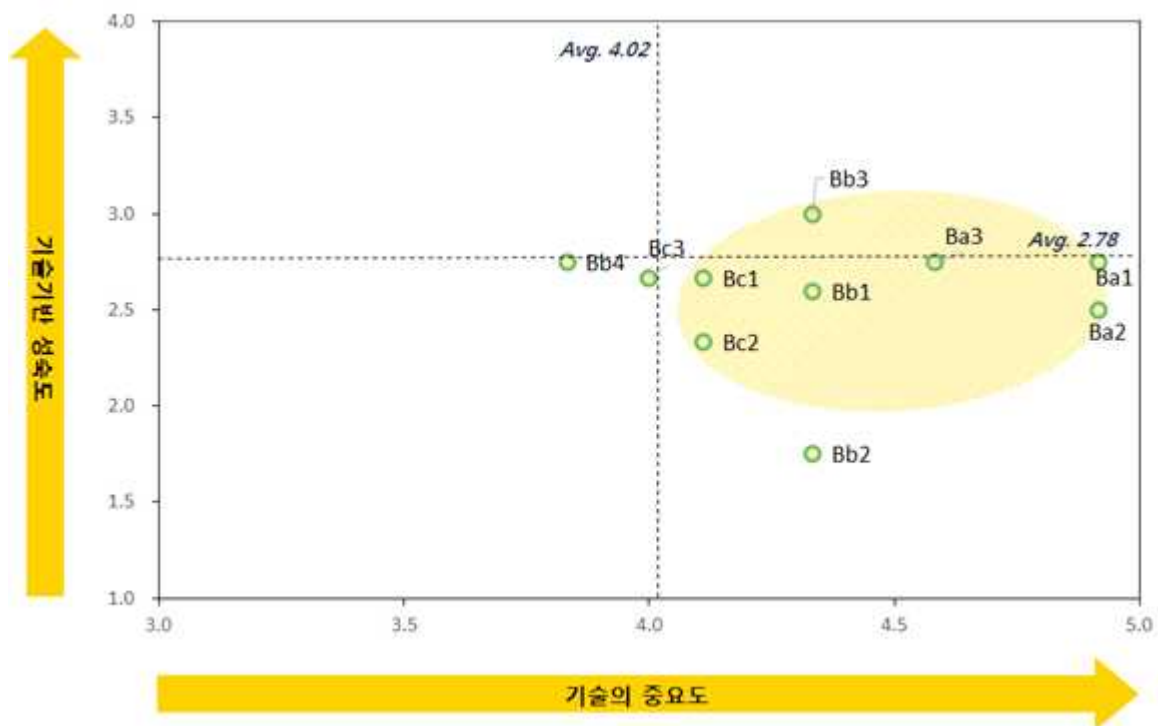
- Aa3(다차원 복합흐름 해석 고도화 기술), Ab1(유지유량 등급화), Ab2(유지유량 가치평가 모델), Ab3(GIS활용 유지유량 분석 기술)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 필요함
- Aa1(수질, 생태를 고려한 관리수위 산정기술), Ac1(하도거동 정밀 모니터링), Ac2(하안, 하상변동 예측 및 평가기술), Ac3(중, 횡단 하상변동 제어 및 평가 기술), Ac4(하도 최적관리기술), Ad2(상하류 유사 연속성 확보기술), Ad3(퇴사 관리기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- Ad1(생태지형학적 하도 평가기술)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야함
- Aa2(수환경 레질리언스 확보기술)은 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함



[그림 3-2-114] 하천환경 적응관리 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

(2) 공공수역 건전성 확보기술

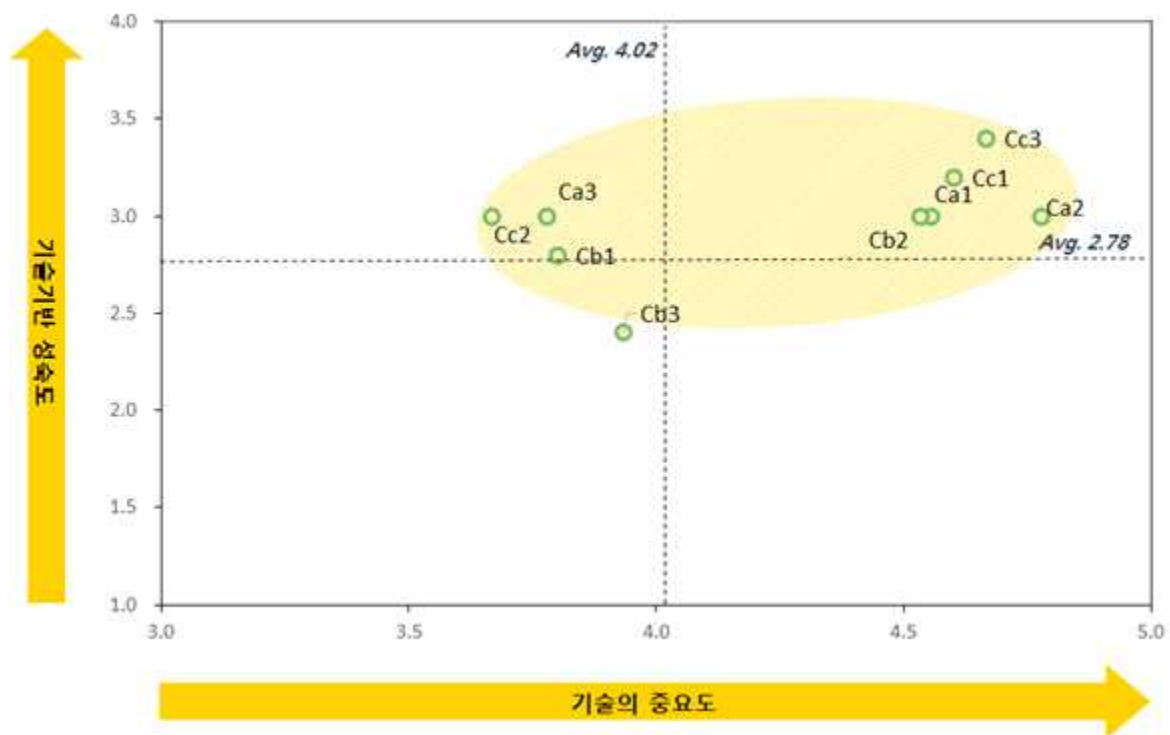
- 공공수역 건전성 확보기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석 결과 대부분 IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Bb3(녹조 예측, 예방 및 정보 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- Bb4(녹조활용기술), Bc3(수리구조물 소재의 건전성 훼손 평가)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야함
- Ba1(생물다양성 확보 기술), Ba2(수환경 건전성 확보 기술), Ba3(중장기 생태 환경 변화 예측기술), Bb1(생태계 교란생물 평가 및 모니터링), Bb2(생물폐사 사고 관리), Bc1(건전성 훼손 평가시스템 개발), Bc2(건전성 훼손 제어시스템 개발)은 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함



[그림 3-2-115] 공공수역 건전성 확보 기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

(3) 하천 연속성 확보기술

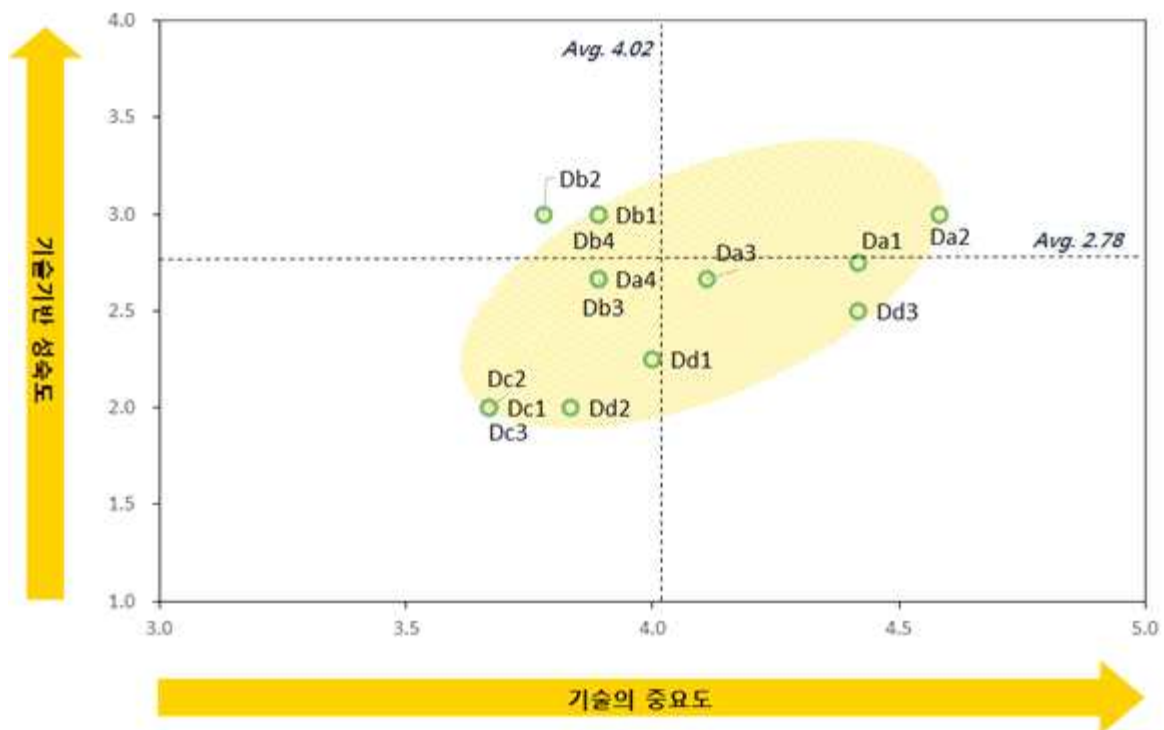
- 하천 연속성 확보기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석결과 대부분 I, II 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Ca3(어도 유인 기술), Cb1(횡적 연속성 평가 지표 개발), Cc2(서식생물의 유영 능력 평가)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 필요함
- Ca1(어도 내 이동성 향상 기술), Ca2(어도 수위대응 기술), Cb2(서식처 조성 및 유지기술), Cc1(연속성 증진 기술 개발), Cc3(서식처 평가 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나갈 필요가 있음
- Cb3(생태문화적 연속성 설계기술 개발)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야함



[그림 3-2-116] 하천 연속성 확보기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

(4) 정보 통합관리 및 운영기술

- 정보 통합관리 및 운영기술분야의 기술 중요도-기반성숙도 포트폴리오 분석 결과 I, III, IV 영역에 포함되는 것으로 나타남
- Db1(빅데이터 기반 DB표준화), Db2(빅데이터 활용 S/W), Db4(정보관리시스템)은 I 영역에 포함되어 기술기반 관리-유지가 필요함
- Da2(표준 모니터링 기술)은 II 영역에 포함되어 기술개발 추진과 동시에 기술기반을 지속적으로 확대해 나아갈 필요가 있음
- Da4(Iot기반 연계 실시간 모니터링 기술), Db3(데이터 기반 모델), Dc1(생물 서식기반 수리구조물 운영기술), Dc2(수생태계 안정화 기술), Dc3(최적 의사결정시스템 구조), Dd1(수환경 감시), Dd2(홍보 및 인식도 평가)은 III 영역에 포함되어 점진적으로 기술기반을 확보해야함
- Da1(대하천 맞춤형 하천조사), Da3(수량, 수질, 수생태 연계 범용 모니터링), Dd3(법제화)은 IV 영역에 포함되어 기술기반 확보가 시급함



[그림 3-2-117] 정보 통합관리 및 운영기술분야의 기술기반성숙도-중요도 포트폴리오

4장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. SWOT / Issue-Tree 분석

1. SWOT 분석

가. 내외부 요인 분석

(1) 강점(Strength) 및 약점(Weakness) 분석

- ☐ 생태환경 기능개선에 대한 인식 증가로 인해 수리구조물 운영을 통한 생태환경 관리가 입지적으로 유리한 상황임
- ☐ 주요 구간 위주의 수해방지가 가능하고 미래 용수 수요예측을 고려한 계획이 수립되어 있어 이를 실증하고 개선하기 위한 대하천의 수량관리 계획이 가능함
- ☐ 국가 및 국민적 관심이 지대하며 필요시 충분한 재정적 지원 가능하고 하천관리기술에 대한 정보가 축적되어 있음
- ☐ 하천생태지형학적 평가를 기반으로 종합적인 유사관리 전략수립에 대한 체계적인 연구기반이 부족함
- ☐ 대하천의 양질과 지속적인 용수공급에 대한 수요가 증가하고 있는 상황으로 이와 더불어 생태환경 기능개선에 대한 인식이 증가하고 있음
- ☐ 풍부하고 맑은 물의 안정적인 확보를 위한 관련 부처간 체계적인 협력방안 수립이 미흡함
- ☐ 인식증진 프로그램 및 기술확산 체계 부족함
- ☐ 기후변화로 인한 집중호우 및 가뭄 등으로 하천관리의 어려움이 예상되며 이에 대응한 수량관리 전략이 부족한 실정임
- ☐ 생태계 재해생물 관리를 위한 연구인력 인프라가 적어 다양한 연구를 동시에 수행하기 어려운 점이 있고, 가뭄 및 고온 등으로 인한 생물관리는 본질적 어려움이 존재함

(2) 기회(Opportunity) 및 위협(Threat) 요인 분석

- ☐ 하천의 다양한 기능에 대한 국민적 수요와 하천관리에 대한 수량-수질-생태를 고려한 통합관리, 상호교류 필요성에 대한 인식이 증가하고 있음
 - 하천관리를 위한 부처간 공감대 및 협력에 대한 인식이 개선되고 있으며 미진한 연구분야를 발전시키고 제도적 정책적 기반을 강화할 수 있음
 - 하천 생태계 및 지형에 보전, 복원에 대한 국민적 관심과 함께, 하천관리에 대한 생태-토사-유량을 고려한 통합관리 필요성에 대한 인식 증가
 - 수리구조물 완공후 저수지 퇴사율이 비교적 낮은 초기일수록 생태계 영향이 낮고 유사관리의 효과가 높을 것으로 기대함
- ☐ 대하천 수리구조물로 인한 하천환경 변화에 대한 국민의 불신이 존재하고 있으며 연구 및 기술개발 추진에 어려움을 줄 수 있음
- ☐ 또한, 기후변화로 인한 자연재해의 원인과 피해규모 예측에 대한 불확실성이 존재하며 이를 점차 개선시킬 필요가 있음
 - 자연 생태계에서 발생하는 생물의 반응을 유도하는 요인들이 복잡하거나 매우 커서(기후변화 등) 범용적인 해결방안 마련에는 어려움 존재

나. 포지션별 전략 수립

- ☐ 대하천 관리 및 수리구조물 운영을 위한 강점(S), 약점(W), 기회(O), 위협(T) 내외부 환경분석을 수행한 후 각 상환별 전략을 분석하였음
 - 대하천 관리를 위한 수해방지, 용수공급에 대한 수요와 통합 하천관리 중요성을 기반으로 대하천 관리 부처의 활용성을 고려한 기술개발 추진전략을 수립함
 - 수량관리를 통한 생태환경 개선이 가능하도록 수량과 생태환경이 연계된 기술개발 추진이 이루어질 수 있도록 함
 - 대하천 관리 실행을 담당하는 부처간 공동 활용이 가능하고 변화에 유연한 정보관리 전략을 수립하여 다목적 의사결정 구조개발이 가능하도록 추진하도록 함
 - 대하천 수리구조물에 대한 국민 불신을 해소하고 명확한 정보제공을 위한 대국민 홍보 및 인식증진 프로그램 개발을 포함시켜 추진토록 함

내부 환경 분석	【 강 점(S) 】 • 용수공급의 입지적인 유리성 및 미래 용수 수요예측량에 따른 계획 확보 • 주요 구간 위주의 수해방지가 가능하고 이를 활용한 대하천 기능 개선 가능 • 양질의 용수, 지속적인 용수공급에 대한 수요 증가 • 생태환경 기능개선에 대한 국가 및 국민적 관심이 지대하며 필요시 충분한 재정적 지원 가능 • 하천관리기술에 대한 정보 축적	【 약 점(W) 】 • 풍부하고 맑은 물의 안정적인 확보를 위한 체계적인 관리방안 미흡 • 집중호우 및 가뭄 등으로 인한 하천관리 곤란 • 하천생태지형학적 평가 기반의 종합적인 유사관리 대응에 대한 체계적 기반 부족 • 다양한 연구를 동시에 수행하기 위한 인력 인프라가 부족 • 인식증진 프로그램 및 기술확산체계 미흡
	【 기 회(O) 】 • 하천환경의 다양한 기능에 대한 국민적 인식과 수요의 증가 • 하천관리를 위한 관련 부처간 공감대 및 협력에 대한 인식 개선 • 수량-수질-생태 통합관리에 대한 필요성 및 수요 증가 • 하천관리에 대한 생태-토사-유량을 고려한 통합관리 필요성 증가 • 미진한 연구분야를 발전시킬 수 있으며, 제도적 정책적 기반을 강화	【 위 험(T) 】 • 하천 시설물의 개발 여건 악화 • 기후변화로 인한 자연재해의 원인과 피해 규모 예측의 어려움 • 대하천 수리구조물로 인한 국민의 불신 • 자연 생태계에서 발생하는 문제들의 범용적인 해결방안 마련 어려움 존재 • 정부생산 자료에 대한 불신 및 정보공개 제한

SO 전략	○ 대하천 관리의 국가적 필요성, 국민적 관심을 이용한 적극적 기술개발 ○ 선진화된 대하천 통합관리의 뉴패러다임 구축	WO 전략	○ 부처간 공동 활용이 가능하고 유연한 정보관리 및 의사결정구조개발 기획 ○ 하천환경 평가에 기반한 체계적인 기술개발
ST 전략	○ 수량관리와 연계한 생태환경 개선 기술개발 기획 ○ 국제협력연구 강화 ○ 복합적 기술, 지식 및 정보를 이용한 효율적 연계	WT 전략	○ 홍보, 교육 및 인식증진 프로그램을 포함한 국민 관심의 긍정화 유도 ○ 정부자료 불신 해소를 위한 정보공개 방안 포함

2. Issue-Tree 분석

가. 정책 · 기술 · 시장 동향 핵심 Keyword

(1) 정책동향 핵심 Keyword

- ☐ 대하천 및 수리구조물 운영시 기존의 수량관리 측면과 더불어 수생태계를 고려한 관리의 필요성에 대한 공감대가 증가하고 이를 위한 최적 운영기술 개발을 추진하고자 함
 - 기존의 수량중심의 단일 목적의 대하천 관리에서 생태환경을 고려한 장기적인 관리가 필요함에 따라 이를 위한 다목적의 수리구조물 운영 기술개발 전략을 수립하고자 함
- ☐ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술
 - 기후 및 하천환경변화에 따른 위해 및 교란생물에 의한 자연생태계 훼손은 국가적인 재난이 될 수 있음
 - 위해 교란생물에 의한 생태계 훼손방지 정책을 추진하고 있으나, 실행적 측면에서는 구체적인 방안이 마련되지 못하고 있는 실정
 - 복잡한 하천환경에서 나타나는 재해생물의 반응을 다각적으로 파악할 수 있는 종합적 접근이 필요하며, 국민적 인식의 확대를 위한 교육과 홍보의 중요성 증대
- ☐ 생태, 경제적으로 지속가능한 하천 및 생물서식기반의 하천을 위한 관리를 추구하고자 함
 - 물리적인 하천변화를 장기적으로 예측, 평가하여 하천의 종 · 횡적 연속성을 개선시키고, 생물 이동성과 교란생물 관리를 통한 하천의 건전성을 증진시키고자 함
 - 대하천의 수량관리에서 이·치수 및 생태환경 측면을 고려한 유지유량을 산정하고 있으며 연중 상시 유량관리의 중요성이 증가하고 있음
 - 대하천의 생물 이동성과 연속성 개선에 적합한 향상된 어도의 유지관리를 위한 기술력 확보를 위해서는 수량과 연계된 전략이 수립되어야 함
- ☐ 연구성과 및 정보공유 중요성
 - 수량, 생태환경 연계 및 통합관리는 대하천 수리구조물 운영의 의사결정에 기초자료로 정보공유와 활용성을 고려한 제공이 뒷받침 되어야 함

(2) 기술동향 핵심 Keyword

- ☐ 기존의 하천유량관리는 이수, 치수 및 수생태적 측면에서 각 해당기관별로 분석하고 방안을 제시하여 특정기관의 결과를 사용할 수 있는 근거가 미약하였기 때문에 각 측면을 고려한 최적의 수량유지 및 관리기술 개발에 초점을 맞추어 기획
 - 이수, 치수 및 수생태에 필요한 수량의 수요기간이 달라 효율적인 물관리의 중요성이 증가하고 있음
- ☐ 하천변화에 따른 모니터링 기반의 하도관리기술이 부족한 실정으로 기존의 연구성과는 하도변화 예측과 지류 하천의 복원에 초점을 맞추고 있음
 - 수리구조물의 상하류 종합적인 유사관리를 위해서는 유사의 이동성과 입자 특성에 대한 지속적인 모니터링을 통해서 유사 연속성 확보기술 필요함
 - 또한, 유사 관리를 통하여 서식처 복원 등 생물 서식기반의 유사관리방이 이루어져야 함
- ☐ 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술
 - 자연생태계의 구성원으로 나타나는 생물이므로 범용성 있는 기술의 개발이 매우 어려움
 - 따라서 이들이 서식하는 환경조건의 변경 및 대상생물의 직접적인 제거 혹은 구제에 대한 가이드라인이나 매뉴얼의 형태로 접근
 - 해당 생물의 생리 및 생태에 대한 면밀한 조사와 평가 및 환경위해성의 평가 등을 통한 자료와 지식의 축적이 강조
- ☐ 친수환경 고려한 하천관리 기술력 확보의 요구가 증대하고 있으며 대하천에 적합한 생물 이동성과 생태·인문사회적 연속성에 대한 확보가 필요함
 - 대하천에서 발생하는 위해생물 발생과 독성에 대한 평가 및 관리를 위한 기술개발이 부족한 실정이며 생물 이동을 위한 기술로 대하천 맞춤형 어도의 설계, 운영기술이 개선되어야 함
- ☐ 표준화된 모니터링 및 자료관리 기술의 개선 필요
 - 대하천 관리를 위한 수량, 수질, 생태 항목별 모니터링 방법과 지점, 횡수 등이 일관성 있게 수행되어야 이를 이용한 의사결정에 활용성이 높아짐
 - 각 관련 부처별 산재되어 있는 정보의 연계 및 활용성 제고를 위해서는 분산된 정보관리 및 표준화가 뒷받침 되어야 함

□ 정보공개 플랫폼 및 인식증진 프로그램 개발

- 하천 관리 및 수리구조물 운영에 필요한 어플리케이션 및 스마트 기술 기반의 정보공개 플랫폼 개발

(3) 시장동향 핵심 Keyword

□ 국민의 생활 수준이 증가함에 따라 점차 쾌적하고 자연스러운 하천을 선호하고 있으며, 수량뿐만 아니라 생태계와 연계된 관리가 필요하다고 인식함

- 하천의 유지유량의 구체적인 목적에 대한 인식과 유지유량 의미에 내포되어 있는 환경용수에 대한 국민의 인지도 부족한 실정임

- 하천의 주요 지점에서 이수, 치수 및 수생태을 고려한 최적의 유지유량관리의 중요성이 증가하고 있으며 하천의 수자원이 갖는 사회·경제적 가치를 체계적으로 평가하여 공감대를 형성하는 것이 필요함

□ 하천의 생태적 관리에 대한 높은 국민적인 관심과 국내외적인 기술수준을 고려할 때, 수리구조물과 하천의 지속가능한 유사관리 기술 개발이 필요함

□ 수자원의 개발과 수량관리에서 점차 수생태계 지속가능성을 위해서는 생물 다양성에 대한 인식이 점차 확산되고 있음

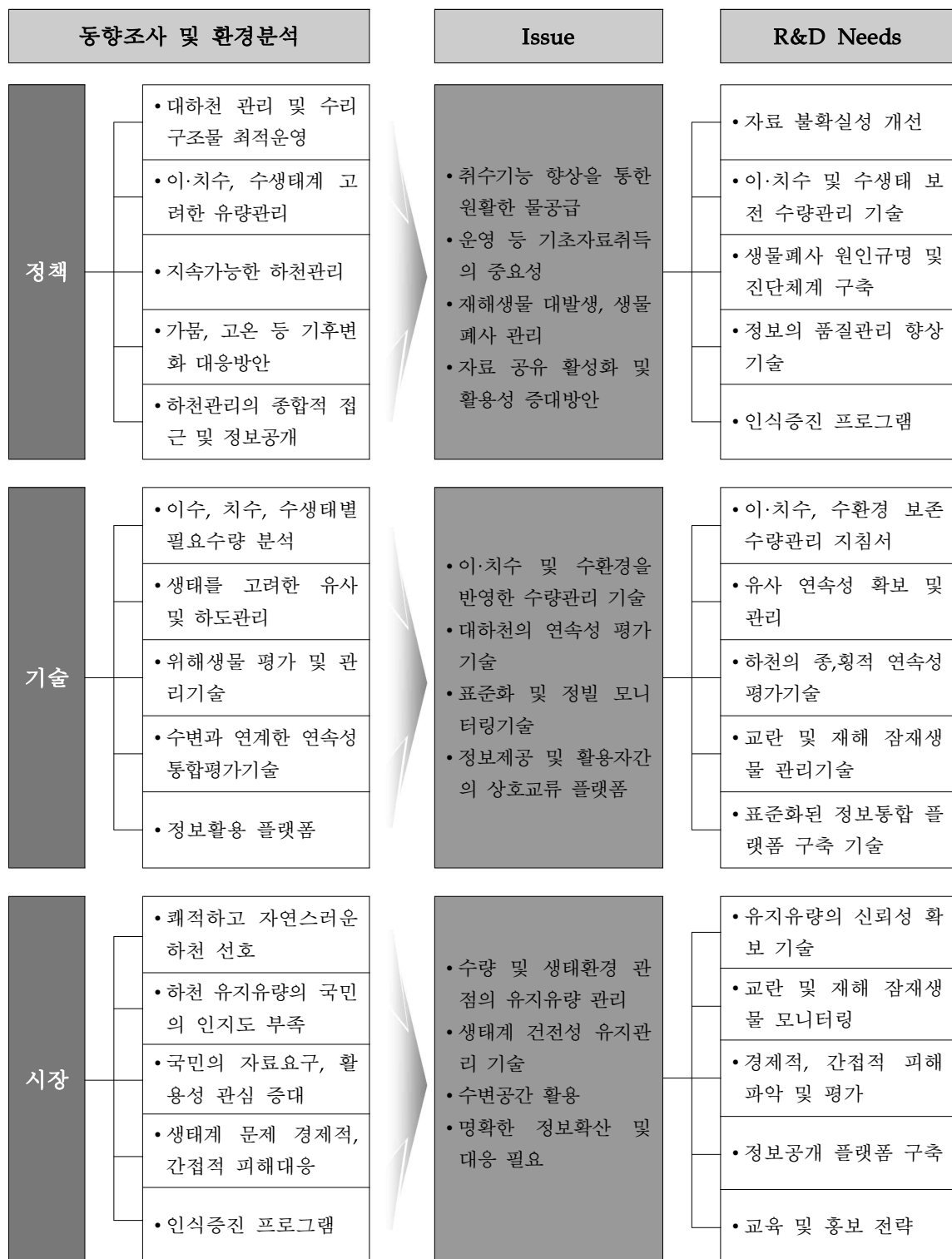
- 생물 단순 대발생과 생태계 교란의 명확한 의미를 정의하고 발생원인 규명 및 대응방안 수립이 필요함

- 수생태계 교란 및 위해 위해생물에 의한 피해는 경제적으로 직결되며 생물 다양성 감소 및 생태계 건강성 악화로 인한 피해가 매우 크기 때문에 재해 생물 관리와 관련된 시장의 규모와 전망은 매우 큼

□ 수리구조물 운영과 연계한 생물 이동성과 관련된 어도의 개선, 수변의 효율적인 활용에 요구도가 증가하고 있음

나. 핵심이슈 및 R&D Needs

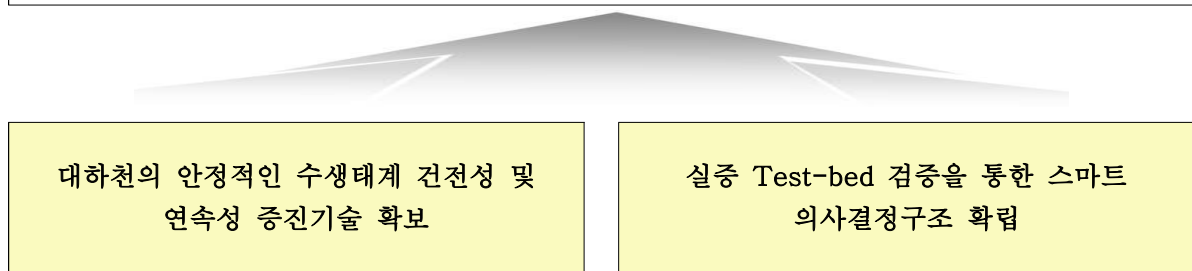
□ 정책, 시장 및 기술동향 분석을 통하여 각 분야별 핵심적인 주요 이슈와 R&D 니즈를 도출함



2절. 비전 및 목표

1. 비전 및 목표

(비 전) 국민이 신뢰하는 대하천 운영기술 고도화
(총괄목표) 2025년 수질 및 생태기반의 대하천 수리구조물 운영기술 확보



<비전 및 목표>

2. 단계별 목표

- 기술개발을 3단계로 구분하여 각 목표를 설정하여 주요 추진내용을 정의함
- (1단계) 생태기반 대하천 하도예측 및 건전성 증진 기반기술 확보
 - (2단계) Test-bed 중심 수환경관리 실용화 기술 확보
 - (3단계) 안정적 대하천 관리 상용화 기술 확보



3절. 중점추진분야

1. 개요

- ☐ 국내외 동향분석, 기술분류체계에 따른 기술수요조사, 기술수준 및 예측조사를 수행하고, 기획타당성 검토위원회 의견을 반영하였음
- ☐ 통합형 관리 구현을 통한 대하천의 건전성 확보를 위한 중점 추진 2개 분야를 도출하였음

순서	중점추진분야	개요
1	대하천 안정적인 수생태계 증진기술 개발	- 수량, 하천환경 변화 예측, 대응기술 확보를 통한 적응관리 기술개발 - 재해생물관리기술 개발, 어도 이동성 확보, 수변 공간의 생태연속성 확보
2	대하천 생태기반의 수리구조물 스마트 운영기술 개발	- 모니터링 표준화, 빅데이터 처리 활용 기술, test bed 운영을 통한 의사결정 구조 확립 - 대국민 인식도 증진

<중점추진분야 개요>

4절. 연구개발과제 구성

1. 후보과제 Pool 구성

가. 후보과제 Pool 구성 방법

- ☐ 내부 참여연구진, 자문위원, 외부 전문가 대상의 기술수요조사를 수행하여 각 중점추진분야별로 요소기술을 리스트화하여 그룹핑을 수행함
- ☐ 기술분류체계에 따른 기술수준 및 예측조사를 통하여 현재의 기술력 평가, 연구추진방안, 보완과 협력이 필요한 분야에 대한 대응방안 등 전문가 분석을 수행함
- 대하천 수리구조물 운영기술 연구범위 내에서의 필요한 요소기술 중에서 기개발된 연구, 추진중이거나 추진예정인 기술과의 중복성을 검토하여 배제하였음

나. 후보과제 Pool 중복성 · 유사성 · 위계 검토

□ 중점추진분야별로 필요한 요소기술을 리스트화 하여 후보과제 Pool을 구성한 후에 타 연구와의 중복성, 유사성을 검토하여 배제, 개선 및 활용방안을 검토하였음

○ 본 기획연구와 상관성이 있다고 판단된 국토교통부, 환경부의 연구단, 사업단의 세부과제와 단일과제로 수행되었던 연구를 목록화하여 후보과제 Pool의 내용과 세부내용을 검토하였음

후보과제명	유사과제명	활용 · 고도화 · 차별화방안		
- 대하천 수위대응 생태환경 관리 기술 개발 - 서식처 제공을 위한 적정 수생, 수변 식물 평가	부처명: 국토교통부 사업명: 자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성 기술 개발	활용		- 생태하천 조성을 위한 생태환경 관리 기술을 대하천 및 수위대응 목적으로 차별화하여 기술개발 추진
		고도화		
		차별화	0	
- 환경 변화에 따른 대하천의 하도관리기술 개발 - 생태환경 개선을 위한 대하천의 유사관리 기술개발 - 정밀관측기법을 통한 물수지 분석 기술개발 - 대하천 횡적 연속성 확보 기술 개발 - 수량, 수질, 수생태 빅데이터 표준화 및 통합관리 기술 개발 - 대하천 환경 변화를 고려한 하천 운영 및 관리 방안 수립 (법·제도적 측면) - 법적 제도적 장치(수리권 등)와 관계기관의 협력 등에 대한 연구	부처명: 국토교통부 사업명: 첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단	활용	0	- 유사량 모니터링 성과를 활용하여 대하천 적용가능한 정밀 모니터링 및 하도관리 기술 개발 - 수변 연속성 평가기술을 활용하여 대하천 적용가능한 통합평가기법 설계 및 생물 활용방안 수립 - 하천정보관리 표준화의 기 성과를 활용하여 수량 및 생태계 관리 모니터링 항목 연계 및 활용방안 수립
		고도화		
		차별화	0	
- 하도식생과 지형변화 예측 및 관리 기술 개발 - 수리구조물 운영에 의한 하류 교란 저감 관리 기술 개발	부처명: 국토교통부 사업명: 에코리버21 연구단	활용		- 대하천 수리구조물 운영과 연계한 하도식생, 지형변화 예측 및 하류 교란 저감을 위한 기술확보
		고도화		
		차별화	0	
- 기후변화와 유역환경변화를 연계한 대하천 환경관리 기술 개발 - 수리구조물 운영에 따른 대하천 수문순환 변화 예측 기술 개발	부처명: 국토교통부 사업명: 기후변화 대비 수자원 적응기술 연구단 부처명: 국토교통부 과제명: 기후변화에 따른 댐저수지 수환경 취약성 평가 및 대응방안 수립	활용	0	- 불확실성이 개선된 기후변화 시나리오를 활용한 수문순환 및 대하천 환경변화 예측
		고도화		
		차별화		

- 수량-수질-생태 연계(통합) 모니터링 정보 활용기술 개발	부처명: 국토교통부 과제명: 하천변화 모니터링 및 특성분석 연구	활용		- 대하천 수질 및 생태환경 모니터링 자료관리를 위한 항목의 표준화에서 체계적인 방법 및 활용을 위한 기술 확보
		고도화	0	
		차별화		
- 대하천 수환경 레질리언스 강화를 위한 수량관리 기술 - 대하천 최적 유지유량 평가기술	부처명: 국토교통부 과제명: 4대강 수자원 활용 개선방안 수립 댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립	활용	0	- 대하천의 물리적 환경변화를 고려한 유지유량 산정 및 고시자료를 실증 및 개선하여 장기 수자원 종합계획에 활용가능한 수량관리 계획 수립 - 장기적으로 유지유량 산정시 수질 및 생태환경을 고려한 산정 및 평가방법을 제시
		고도화		
		차별화		
- 대하천 조류제거 및 자원화 기술개발 - 수리구조물 방류량 조절을 통한 조류영향 분석 및 관리기술 개발	부처명: 국토교통부 과제명: 하천구조체를 활용한 녹조관리기술 개발	활용	0	- 대하천의 녹조관리를 위한 기술을 활용하여 수리구조물 운영과 연계한 녹조제어방안 제시
		고도화	0	
		차별화		
- 3차원 수환경 변화 분석 및 관심지역 예보시스템 구축기술 개발 - 3차원 수환경 모니터링 계측기법 및 실시간 관리기술 개발 - 대하천 수환경 예측 모델링 기술 개선 연구	부처명: 환경부 과제명: 수질예보제	활용	0	- 대하천 수환경 모니터링, 3차원 수질모델링 및 예보시스템을 활용하여 수리구조물 운영을 고려한 예측 및 관리방안 제시
		고도화		
		차별화		
- 적정 방류량 조절을 통한 조류대번성 및 이취미 관리기술 개발	부처명: 국토교통부 사업명: 녹조기원성 냄새물질의 동적예측 및 선제적 대응기술 연구	활용		- 모니터링 및 수질모델링 기법을 활용하여 녹조 기원성 이취미 물질 예측 및 대응 기술을 수리구조물 운영과 연계한 예측 및 대응방안 제시
		고도화		
		차별화	0	
- 대하천 수리구조물에서의 종적 이동성 확보 기술개발 - 장래 멸종/번식어종 예측 및 대응 기술 - 대하천 수계 연속성 진단 및 평가 기술개발 - 유량변동에 대응 가능한 무동력 다변형 자기 조절식 생태친화적 어도 개발	부처명: 환경부 사업명: 수생태 복원 사업단	활용		- 하천에서 적용가능한 생물 이동로 및 어도기술을 개선하여 대하천의 수리구조물 운영에 따른 이동성 증진을 위한 어도개선 기술 제시
		고도화		
		차별화	0	

- 대하천 수생태계 건전성 유지 기술개발 - 대하천 생태계 위해생물 관리 기술 개발 - 대하천 건전성 훼손 대응기술 개발	부처명: 환경부 사업명: 수생태계 건강성평가	활용		- 수생태계 건강성 평가를 위한 생물 모니터링에서 체계적인 평가 및 유지관리 위한 대응기술 확보
		고도화		
		차별화	0	

〈활용, 고도화, 차별화 방안〉

다. 후보과제 Pool list

중점추진분야	연번		후보과제명	후보과제 정의
대하천 안정적인 수생태계 증진기술 개발	하천 환경 변화 적응 관리	1	대하천 수환경 레질리언스 강화를 위한 최적수량관리 기술	대하천의 물리적 환경변화에 따른 수량확보방안 및 수환경을 고려한 수량관리방안 수립
		2	대하천 최적 유지유량 산정 기술	대하천 물리적 환경변화와 수질 및 생태환경을 고려한 유지유량 산정 및 평가를 위한 기술개발
		3	하천환경 변화에 따른 대하천의 하도관리기술 개발	대하천 수량변화에 따른 유사량 변화 및 하도변화 모니터링 및 관리기술 개발
		4	하천환경 개선을 위한 대하천의 종합적인 유사관리 기술개발	대하천 수리구조물 상하류 유사 연속성을 확보하고, 유사 특성 및 생태환경을 고려한 유사관리 기술개발
		5	정밀관측기법을 통한 물수지 분석	대하천의 물수지 분석을 위한 항목별 정밀 관측기법 개발 및 적용
		6	기후변화와 유역환경변화를 연계한 수환경 변화 예측 기술 개발	기후변화와 유역의 환경변화를 고려한 대하천 장단기 수환경 예측 및 대응방안 수립
		7	하도식생과 지형변화 예측 및 관리 기술 개발	대하천 관리를 위한 하도 식생 및 지형변화 예측
		8	수리구조물 운영에 의한 생태주기 증가와 하류 교란 저감 관리 기술 개발	수리구조물 운영으로 인한 생물 생태주기 변화 관리 및 교란 저감을 위한 관리방안 수립
		9	수리구조물 운영에 따른 대하천 수문순환의 적응적 변화 예측	수리구조물 운영으로 인한 대하천의 수문순환 변화 예측 및 대응관리방안 수립
	건전성 훼손 대응 및 확보 기술	1	수리구조물 주변 공공수역 수생태계 건전성 유지관리 기술개발	수리구조물 주변 수생태계 건전성 확보 및 유지관리를 위한 기술개발
		2	수리구조물 주변 공공수역 생태계 재해생물 관리 기술 개발	수리구조물 주변 생태계 교란 및 위해생물 평가 및 대응기술 개발
		3	수리구조물 주변 공공수역 건전성 훼손 대응기술 개발	수리구조물 주변 독성에 의한 건전성 훼손 평가 및 대응기술 개발
		4	3차원 수환경 변화 분석 및 관심지역 예보시스템 구축	수리구조물 운영시 대하천의 수환경 변화의 3차원 모니터링·모델링 기술을 통한 장단기 예보시스템 구축

		5	적정 방류량 조절을 통한 조류대번성 및 이취미 관리기술 개발	수리구조물 운영에 따른 조류대발생 억제 및 이취미 물질 저감기술 개발
		6	선박을 이용한 조류제거 및 자원화 기술개발	대하천 조류 대발생시 선박을 이용한 제거후 자원화 기술 개발
		7	대하천 수위대응 생태환경 모니터링 기술 개발	수리구조물 운영시 수위변화에 대응한 주변 공공수역의 생태환경 모니터링 기술 개발
대하천 생태기반의 수리구조물 스마트 운영기술 개발	연속성 확보 및 기능 고도화	1	대하천 수리구조물에서의 종적 이동성 확보 기술개발	대하천 수리구조물에서의 생물 이동성 개선 및 유지를 위한 어도 중심의 기술개발
		2	대하천 수변공간의 횡적 연속성 확보 기술개발	대하천 수변공간의 생물 활용성 증진과 횡적인 연속성 확보 및 평가를 위한 기술개발
		3	대하천 수계 연속성 진단 및 평가 기술개발	수계 전체 연속성을 확보하고 증진시키기 위한 모니터링 및 평가 기술 개발
		4	서식처 제공을 위한 적정 수생, 수변 식물 평가	수리구조물 주변 수생, 수변식물을 이용한 생물 서식처 제공 기술개발 및 평가
		5	유량변동에 대응 가능한 무동력 다변형 자기 조절식 생태친화적 어도 개발	수리구조물 운영에 의한 유량변동시 대응가능한 다변형 및 생태친화적 어도 기술개발
		6	장래 멸종/번식어종 예측 및 대응 기술	대하천의 수리구조물 운영으로 인한 장래 어종변화 및 대응방안 수립
	연계 모니터링 체계 구축 및 의사결정	1	수량-수질-생태 연계(통합) 모니터링 정보 활용기술 개발	수량, 수질, 생태모니터링 표준화 방안 및 연계·통합하여 활용할 수 있는 기술개발
		2	수량, 수질, 수생태 빅데이터 표준화 및 통합관리 기술 개발	수량, 수질, 수생태계 DB 연계를 위한 표준화 및 공동 활용방안 수립
		3	수량-수질-생태환경을 통합한 수리구조물 스마트 운영 기술 개발	테스트베드 적용을 통한 수량, 수질, 생태환경의 다목적 수리구조물 의사결정 구조 실용화
		4	대하천 스마트 운영관리기술의 확산 및 인식증진	대하천 관리 및 수리구조물 운영기술에 대한 대국민 홍보 및 인식증진
		5	대하천 환경 변화를 고려한 하천 운영 및 관리 방안 수립(법·제도적 측면)	법·제도적 측면에서의 대하천 관리를 위한 개선방안 수립
		6	법적 제도적 장치(수리권 등)와 관계기관의 협력 등에 대한 연구	대하천 물리적 환경변화와 용수 수요량 변화에 따른 수리권 등 제도개선 방안 수립
		7	대하천 수환경 예측 모델링 기술 개선 연구	물리적 환경변화, 오염원 변화, 다양한 시나리오를 고려한 모델링 기술 개선
		8	3차원 수환경 모니터링 계측 기법 개발	대하천 수환경의 3차원 정밀 모니터링을 위한 계측기법 개발을 통한 수리구조물 의사결정 활용방안 수립

〈후보과제 Pool〉

2. 후보과제 우선순위 평가

가. 우선순위 평가 목적

- ‘대하천 수량·수질·생태를 고려한 최적 수리시설물 운영기술 개발기획’ 연구에서 도출된 후보과제 중 동 사업 수행에 필요한 과제를 선정하고, 선정과제 중 추진 우선순위를 설정하기 위함임
- 산·학·연 전문가를 대상으로 대하천 수량·수질·생태를 고려한 최적 수리시설물 운영기술 개발기획에서 도출된 후보과제의 기술적 중요도, 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성 등에 대한 평가를 수행함

나. 우선순위 평가 절차

- 우선순위 평가는 후보과제 선정, 우선순위평가서 설계, 우선순위평가 수행, 기술수요조사 결과분석 및 활용 순으로 추진함
- 후보과제 선정단계에서는 기술수요조사 결과를 바탕으로 중복성검토, 유사성 및 위계검토를 통해 후보과제 pool을 설정, 과제카드를 작성하고, 기술분류체계에 매칭함
 - 후보과제 카드는 우선순위 평가시 평가자의 판단을 돕기위해 참고자료로 활용함
- 우선순위 평가서 설계단계에서는 우선순위평가 항목을 결정하고 평가 대상자를 설정함
 - 기술적 중요도(기술의 중요도, 시급성, 과학기술적 파급효과), 기술개발 실현가능성, 사회경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 평가항목으로 설정함
 - 기술적 중요도의 경우 후보과제에 매칭되는 기술분류체계 소분류의 기술수준/예측조사 결과를 활용함
 - 우선순위평가시 참고자료로 후보과제에 해당하는 소분류의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술격차-기술수준, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 결과를 제공하여 우선순위평가자의 객관성을 도모함
- 우선순위평가 수행단계에서는 기술수준/예측조사 대상자에게 조사서를 발송하고 회신함
- 우선순위평가 결과분석 및 활용단계에서는 평가결과를 통해 사업 추진과제를 선정하고 과제추진 우선순위 선정에 활용함



[그림 4-4-1] 우선순위평가 프로세스

다. 우선순위평가서 발송 및 응답개요

- ☐ 우선순위평가는 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가들을 대상으로 메일을 발송하여 조사함

<표 4-4-1> 우선순위평가서 발송 및 응답개요

구분	내용
조사기간	- 2015년 4월 24일 ~ 2015년 4월 30일 (1주간)
조사대상	- 내부 기획연구진, 분과별 기술위원, 자문위원 및 외부전문가
조사방법	- 이메일을 통한 설문조사

라. 우선순위평가 항목 설정

- ☐ ‘기술 중요도’ 항목은 ‘기술의 핵심성’, ‘기술개발 시급성’, ‘과학기술적 파급효과’로 구분되며, 기술수준/예측조사 결과를 활용함
- ‘기술의 핵심성’은 해당기술이 ‘대하천 수리구조물 운영 기술’ 내에서 차지하는 상대적인 중요도를 5점 척도로 평가함

- ‘기술개발 시급성’은 적정 수준을 구현해야할 시기를 고려하여 기술개발이 시급한 정도를 5점척도로 평가함
- ‘과학기술적 파급효과’는 해당기술이 과학기술 발전에 미치는 영향력을 5점척도로 평가함
- ‘기술개발 실현가능성’ 항목은 연구개발 사업 추진 시 과제카드 목표 수준까지 실현 가능한지 여부를 5점척도로 평가함
- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-격차추세, 기술기반 성숙도-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

〈표 2〉 기술개발 실현성 평가예시

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			기술개발 실현가능성
수환경 레질리언스 확보기술	재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.7	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3

- ‘사회경제적 파급효과’ 항목은 목표수준까지 기술개발 완료 시 사회경제적으로 미치는 파급효과를 5점척도로 평가함
- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

〈표 3〉 사회경제적 파급효과 평가예시

참 고 자 료						후보과제 우선순위 평가	
소분류	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			사회경제적 파급효과
수환경 레질리언스 확보기술	재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.7	1 ○○○	4
						2 ○○○	3
						3 ○○○	3

- ‘정부지원 필요성’ 항목은 기술개발 사업을 통해 기술을 획득하는 데에 정부지원이 필요한 정도를 5점척도로 평가함

- 해당항목은 후보과제가 속한 소분류 기술분야의 수준-중요도, 기술격차-기술수준 포트폴리오 분석결과 및 후보과제카드를 참조하여 평가함

〈표 4〉 정부지원 필요성 평가예시

소분류	참 고 자 료					후보과제 우선순위 평가	
	포트폴리오분석결과				기술중요도 평가결과	후보과제	평가 항목
	수준-중요도	기술격차-격차추세	기술격차-기술수준	기술기반 성숙도-중요도			정부지원 필요성
수환경 레질리언스 확보기술	재원에 따라 적극적인 투자로 기술수준 향상을 추구해야 하는 영역	효과적인 기술개발 전략이 마련되지 않는다면 자체개발 이외의 전략을 구사해야 하는 영역	기술수준을 끌어올리고자 한다면 정부의 역할이 매우 중요한 영역	기술기반 확보가 시급한 영역	4.7	1 ○○○	4
						2 ○○○	4
						3 ○○○	5

3. 후보과제 우선순위 평가결과

가. 하천환경변화 적응관리 기술

- 9개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘대하천 수환경 레질리언스 강화
를 위한 수량관리 기술’의 우선순위가 가장 높게 평가됨



[그림 4-4-2] ‘하천환경 적응관리 기술’ 분야 우선순위 평가결과

나. 대하천 건전성 확보기술

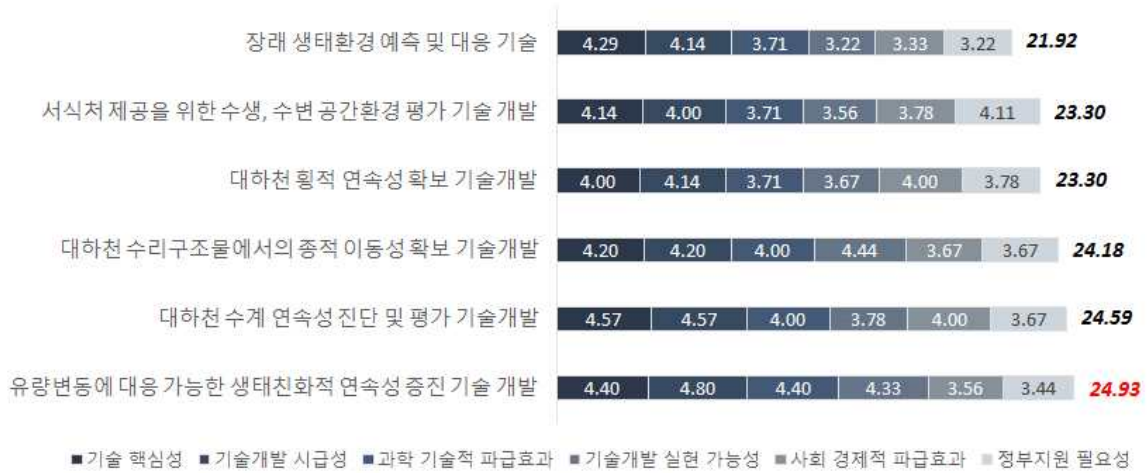
- 건전성 분야의 7개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘대하천 수생태계 건전성
유지기술’의 우선순위가 가장 높게 평가됨



[그림 4-4-3] ‘대하천 건전성 확보기술’ 분야 우선순위 평가결과

다. 대하천 연속성 확보 및 고도화기술

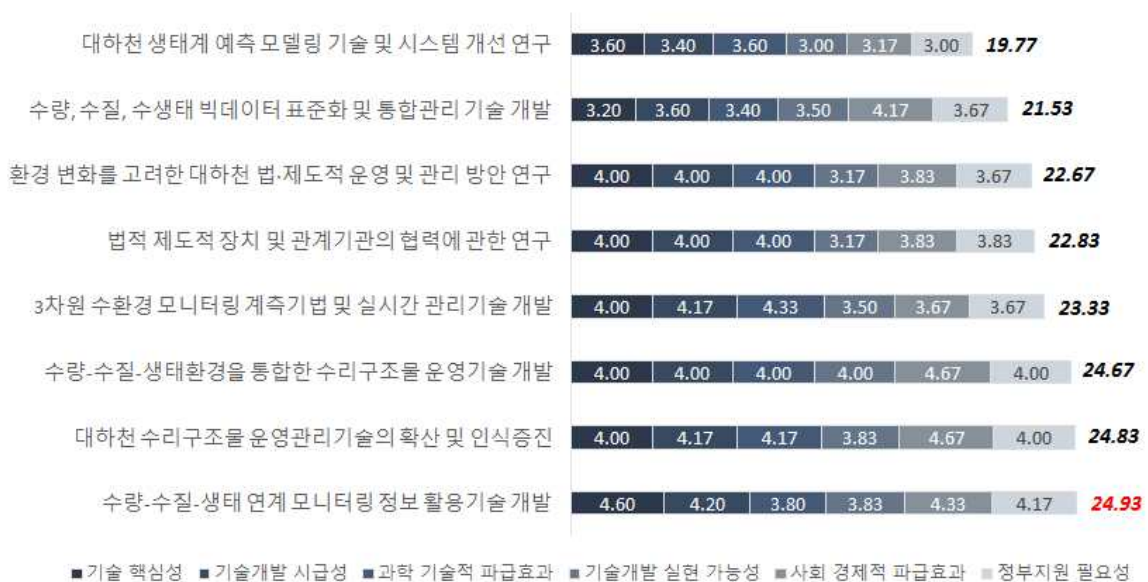
□ 연속성 분야의 6개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘유량변동에 대응 가능한 생태친화적인 연속성 증진기술’의 우선순위가 가장 높게 평가됨



[그림 4-4-4] ‘대하천 연속성 확보 및 고도화기술’ 분야 우선순위 평가결과

라. 연계모니터링 체계 구축 및 의사결정기술

□ 8개 후보과제에 대한 우선순위 평가결과 ‘수량·수질·생태 연계 모니터링 정보활용기술’의 우선순위가 가장 높게 평가됨



[그림 4-4-5] ‘연계모니터링 체계 구축 및 의사결정기술’ 분야 우선순위 평가결과

4. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

가. 개요

- ☐ 후보과제에 대한 우선순위 평가결과와 핵심기술요소 선정과정을 통하여 최종 핵심기술요소를 선정함
- ☐ 기술개발 연구대상 과제로 선정된 과제를 대상으로 핵심기술요소(CTE, Critical Technology Elements) 선정하여 최종 기술성숙도(TRL, Technical Readiness Level)를 평가하였음
- ☐ 핵심기술요소 후보군을 도출하고 선정을 위한 체크리스트를 활용하여 최종 핵심기술요소를 선정함

연번	체크리스트	비고
1	이 기술이 사용요구조건, 비용, 일정 등에 직접적으로 영향을 미치는가?	반드시 충족
2	해당기술을 개발하거나 시연하는데 중대한 (실패)위험이 예상되는가?	하나 이상 충족
3	해당기술이 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 설계 의도 혹은 규정된 성능을 뛰어넘는 성능을 달성할 것으로 기대되는가?	

- ☐ 기술성숙도는 시스템, 공법·기법, 재료·자재, 소프트웨어, 장비·장치 5가지의 국토교통 R&D 유형에 따른 9단계별 정의에 따른 현수준 단계와 기술개발 최종 단계로 평가함

구분		세부단계	
T1	기초연구단계	1단계	기초실험
		2단계	개념정립
T2	실험단계	3단계	기본성능검증
		4단계	부품/시스템 성능 검증
T3	시작품단계	5단계	부품/시스템 성능 제작
		6단계	시제품 성능 평가
T4	실용화단계	7단계	시제품 신뢰성 평가
		8단계	시제품 인증
T5	양산단계	9단계	사업화

<기술성숙도(TRL) 분류>

나. 핵심기술요소 도출 및 기술성숙도 평가

□ 핵심기술도출을 위한 체크리스트 항목을 토대로 검토하여 각 중점추진분야에 대한 핵심기술요소를 다음과 같이 도출하였음

○ 해당 핵심기술요소가 최종 목표달성과 직접적으로 달성가능해야 하며 달성가능성, 독창성, 적용성 등에 해당되는지 평가하였음

○ 각 핵심기술요소를 대상으로 내외부 전문가 기술수준조사와 기획연구 참여한 논의를 통해 현수준의 기술성숙도 단계와 최종 목표 수준을 평가하였음

구분	No.	유형	핵심기술요소명	TRL 단계	
				현재	최종
하천변화 적응관리	1	시스템	대하천 맞춤형 하도 예측기술	4단계	7단계
	2	기법	대하천 수운영을 고려한 하도관리기술	4단계	7단계
	3	기법	하도변화 고정도 모니터링 기술	3단계	7단계
건전성 훼손대응 및 유지관리	4	장치	건전성 훼손도 사전 모니터링 기술	3단계	7단계
	5	시스템	건전성 훼손도 등급화 기술	2단계	7단계
	6	시스템	생물폐사 관리 기술	2단계	7단계
	7	장치	대하천 생물 서식처 증진 기술	3단계	7단계
	8	장치	생태(저서생물) 장기 모니터링 기술	3단계	7단계
	9	시스템	생태건전성 평가시스템 신기술	2단계	7단계

<중점추진분야 1 핵심기술요소>

구분	No.	유형	핵심기술요소명	TRL 단계	
				현재	최종
연속성 확보 고도화	1	장치	어도 유입·유출구 개선 기술	3단계	8단계
	2	기법	대하천 맞춤형 어도 설계기술	2단계	7단계
	3	장치	어류 서식처 확보기술	3단계	7단계
	4	장치	어도 원격 자동 모니터링 기술	2단계	8단계
모니터링 체계구축 및 의사결정	5	기법	대하천 표준 생물모니터링 기술	3단계	7단계
	6	기법	대하천 하천공간정보 계측기술	3단계	7단계
	7	장치	수질관리 모니터링 불확실도 향상기술	4단계	7단계
	8	시스템	수질 및 생태기반 수운영 의사결정기술	2단계	7단계
	9	시스템	수운영기반 물관리정보 운영 플랫폼	3단계	7단계

<중점추진분야 2 핵심기술요소>

5. 연구개발 추진과제

가. (중점추진분야 1) 대한천 안정적인 수생태계 건전성 증진기술 개발

□ 후보과제 우선순위 평가 결과와 1, 2차 기획타당성 검토위원회 및 최종성과 발표회 의견을 반영하여 3개의 과제를 도출하였음

○ 기술개발 실현가능성과 정부지원 필요성을 고려하여 대한천 건전성 훼손 대응기술 개발을 세부과제로 포함시켰음

구분	과제명
1 과제	대한천 하도관리 기술 고도화
1구성기술	수운영 자료 분석 및 수량계열 제시
2구성기술	고정도 하도변화 모니터링 기술개발
3구성기술	하도변화 예측모형 고도화 및 하도변화 평가
2 과제	대한천 건전성 훼손대응 기술개발
1구성기술	대한천 건전성 훼손 평가 및 관리 기술개발
2구성기술	건전성 훼손요인 규명 및 수리구조물 운영을 통한 제어 기술개발
3구성기술	건전성 훼손 사전예방 및 관리체계 구축
3 과제	대한천 수생태계 건전성 확보 기술개발
2구성기술	생태계 생물폐사 사고 원인규명 기법 및 관리기술 개발
3구성기술	생물서식공간 확보 및 생태건전성 유지기술 개발

〈중점추진분야 1 추진과제〉

가. (중점추진분야 2) 대한천 생태기반 수리구조물의 스마트 운영기술 개발

□ 후보과제 우선순위 평가 결과 및 1, 2차 기획타당성 검토위원회 의견을 반영하여 2개의 과제와 연구단 운영과제를 도출하였음

○ 기술개발 실현가능성, 사회·경제적 파급효과, 정부지원 필요성을 고려하여 수량, 수질, 수생태 빅데이터 표준화 및 통합관리 기술개발을 세부과제로 포함시켰음

○ 중점추진분야간 연계성 기반하에 유지유량 평가기술의 경우, 기술개발 실현가능성 및 정부지원 필요성을 고려하여 세부과제로 포함시켰음

○ 과제간 내용을 검토하여 소범위의 후보과제를 통합시켜 구성함

구분	과제명
4 과제	수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정 구조 개발
1구성기술	대하천 하천공간-수질-생태 연계 모니터링 체계 구축
2구성기술	수생태 기반 물정보 연계활용 플랫폼 구축 및 활용시스템 개발
3구성기술	수질 및 생태 기반 수운영 의사결정구조 개발
5 과제	대하천 어도 기능 고도화 기술개발
1구성기술	대하천 어도 기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술
2구성기술	극한 기상 대응 어도기술 개발
3구성기술	국내 어류 적용형 원격자동 모니터링 기술개발
4구성기술	어류 서식처의 연속성 및 이동성 평가 기술개발

〈중점추진분야 2 추진과제〉

구분	과제명
연구단	연구단 운영
1구성기술	(1단계) Test-bed 운영 기획
2구성기술	대하천 스마트 운영관리기술의 확산 및 인식증진

〈연구단 운영 과제〉

5절. 과제별 주요내용 및 추진전략

1. (중점추진분야 1) 대하천 안정적인 수생태계 증진기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

중점추진분야 1	대하천 안정적인 수생태계 건전성 증진기술 개발
배경 및 필요성	- 수리구조물 운영에 의한 하도관리를 위해서 고정도 모니터링과 예측모형 고도화 기술개발이 필요함 - 대하천의 수환경 및 기후변화에 따른 수생태계 건전성 악화는 경제적 손실, 친수성 감소 및 국가적 생태자원의 소실 등을 야기할 수 있음 - 특히, 수리구조물 건설에 생태계 교란에 대한 국민적 관심이 지속적으로 증가하여 이에 대한 해결방안 모색이 시급함
연구목표	- 수리구조물 운영을 고려한 대하천 맞춤형 하도예측, 모니터링 기술개발 - 건전성 훼손대응방안 수립 및 수리구조물 운영과 연계한 제어기술 개발 - 대하천 생물폐사 관리 기법 개발 및 핵심생물군 서식처 확보기술 개발
연구개발 추진전략	- 수행중인 「4대강 수자원 활용 개선방안 수립」과 「댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립」 결과의 활용 - 수생태복원사업단 연구성과 최대 활용하여 이·치수 및 생태를 고려한 최적수량 유지 및 관리 기술 개발 필요 - 첨단하천관리기술연구단(ARCROM 연구단)의 연구성과를 최대한 활용
기대효과 및 파급효과	대하천 수량 및 수리시설물 운영과 연계한 생태계 관리를 통한 생태계 건전성 증진

나. 주요 세부기술 및 요소기술

기술명	요소기술
(1과제) 대하천 하도관리 기술 고도화	- 하도거동 분석 및 예측모형 고도화를 통한 하상변동 평가 - 대하천 고정도 하도변화 모니터링 기술개발 - 수리구조물 운영과 연계한 수운영 시계절 자료 평가
(2과제) 대하천 건전성 훼손대응 기술 개발	- 대하천 건전성 훼손 평가 및 관리 기술개발 - 건전성훼손 요인 규명 및 수리구조물 운영을 통한 저감기술 개발 - 생태독성 사전예방 및 관리체계 구축
(3과제) 대하천 수생태계 건전성 확보 기술개발	- 생태계 생물폐사 사고 원인규명 기법 및 관리기술 개발 - 대하천 극한기후대응 서식공간 확보를 통한 생물다양성 증진 - 대하천 생태건전성 통합 평가 및 유지관리기술

2. (중점추진분야 2) 대하천 생태기반의 수리구조물 스마트 운영기술 개발

가. 연구개발 목표 및 주요 연구내용

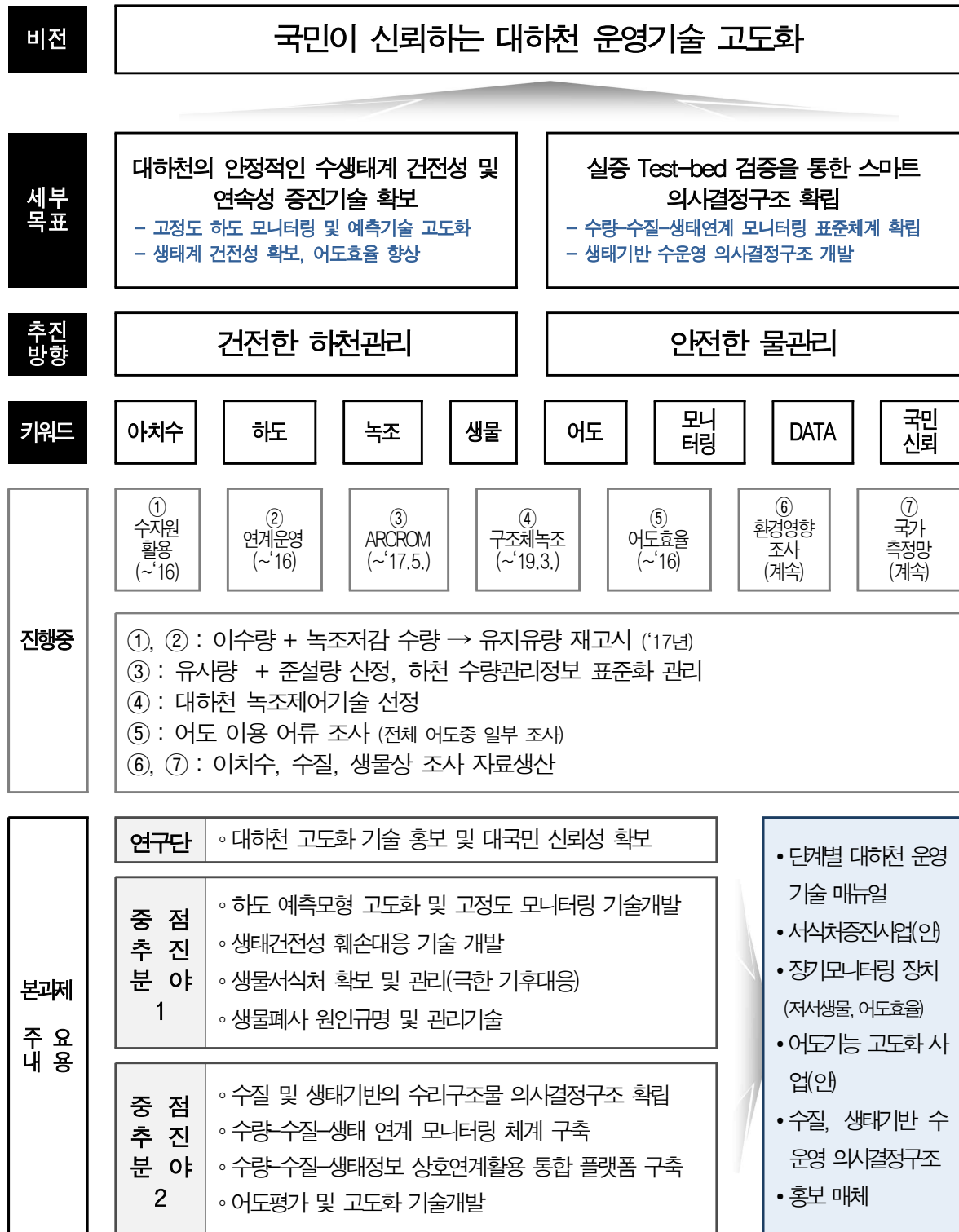
중점추진분야 2	대하천 생태기반의 수리구조물 스마트 운영기술 개발
배경 및 필요성	- 수량-수질-생태 등 하천정보의 통합관리 및 실시간 관리가 필요함 - 하천공간정보-수질-생태 모니터링 정보를 연계활용한 수리구조물 운영 의사결정방안과 평가시스템 필요함 - 수리구조물로 인한 대하천 연속성 확보를 위한 어도기능개선이 필요함 - 대하천 관리주체와 국민간의 인식 간격 최소화가 필요함
연구목표	- 하천공간-수량-수질-생태 표준 모니터링 체계 구축 - Test-bed 검증을 통한 수리구조물 최적 운영 의사결정지원 구조 확립 - 대하천 어도의 구조적인 설치기준, 어도 자동모니터링 장비 개발, 운영 및 평가 지침 개발을 통한 최적 운영관리기준 작성 - 대하천 효과 및 운영관리기술의 효율적 확산
연구개발 추진전략	- 연구결과의 철저한 실용화 사전검증 및 사업화를 위한 기술 수요처와의 사전협력체계 및 사후평가체계의 구축을 통한 접근 - 수리수문(수량), 하천공간, 수질, 생태 등 분야별 전문가 구성을 통하여 산학협동 융합연구로 추진 - Test-bed 지점 선정을 위하여 국토부와 지속적으로 협조 및 논의
기대효과 및 파급효과	수량, 수질, 생태 연계를 통한 통합물관리 실현 및 대국민 인식증진 효과

나. 주요 세부기술 및 요소기술

기술명	요소기술
(4과제) 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의 사결정구조 개발	- 대하천 하천공간-수질-생태 연계 모니터링 체계 구축 - 대하천 물정보 연계활용 플랫폼 구축 및 해석 tool 개발 - 통합 물관리의 정책적 실현을 위하여 제도개선 방안 제시 - 수질 및 생태 기반의 수리구조물 운영 의사결정구조 확립
(5과제) 대하천 어도 기능 고도화 기술 개발	- 어도 기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술개발 - 극한 기상 대응 어도기술 개발 - 국내 어류 적용형 원격자동 모니터링 기술개발 - 어류 서식처의 연속성 및 이동성 평가 기술개발
(연구단 운영)	- Test-bed 운영 기획 및 세부추진계획 수립 - 대하천 스마트 운영관리기술의 확산 및 인식증진

6절. 과제 간 연계관계

1. 연구수행체계



2. 과제간 연계관계

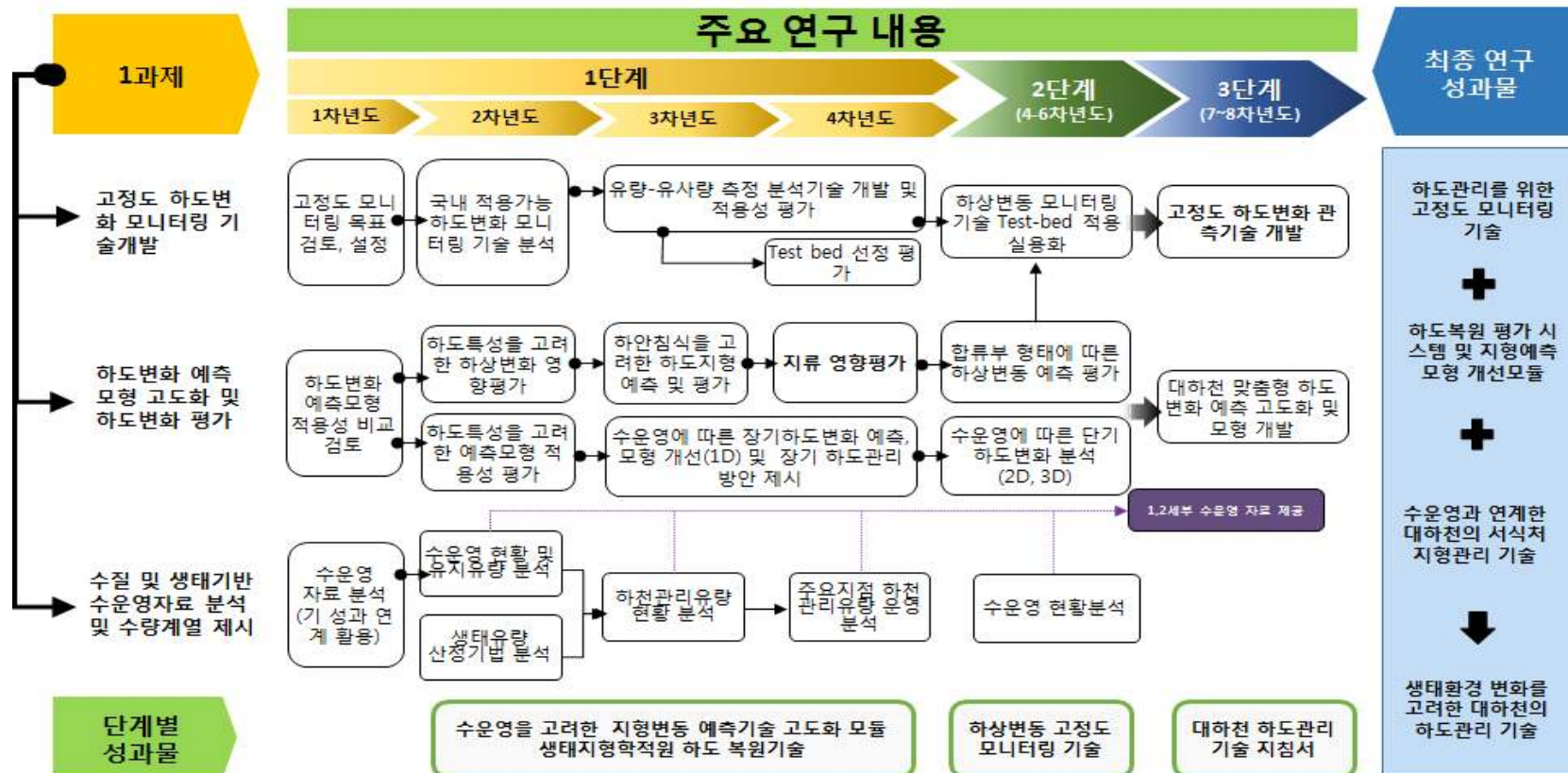
추진과제명	연계내용
1과제 대하천 하도관리 기술 고도화	○ 대하천 수리구조물 운영과 주요지점 수량자료의 연계성을 분석하여 각 과제수행이 제공(2,3,4,5과제) ○ 생물 서식처에 확보기술에 필요한 하천 지형변화 분석결과 제공(3과제)
2과제 대하천 건전성 훼손대응 기술개발	○ 과거 수리구조물 운영 및 대하천 수량변화(1과제)를 고려한 훼손저감방안 수립후 수리구조물 운영 의사결정에 필요한 정보 제공(4과제)
3과제 대하천 수생태계 건전성 확보 기술개발	○ 하도변화 및 수량변화(1과제), 건전성 훼손(2과제)를 고려한 생물폐사 관리 및 생물서식처 확보기술 개발, 그 결과를 수리구조물 운영 의사결정구조 개발에 제공(4과제)
4과제 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발	○ 하도변화(1과제), 건전성 훼손(2과제), 생물폐사관리 및 서식처(3과제), 어도 운영(5과제) 결과를 활용한 수리구조물 의사결정구조 시나리오 분석
5과제 대하천 어도기능 고도화 기술 개발	○ 수리구조물 운영 의사결정(4과제)에 따른 어도기능 개선 기술개발 및 피드백
연구단 운영	○ 1단계에 각 과제별 test-bed 세부 운영계획을 기획함

<추진과제별 연계내용>

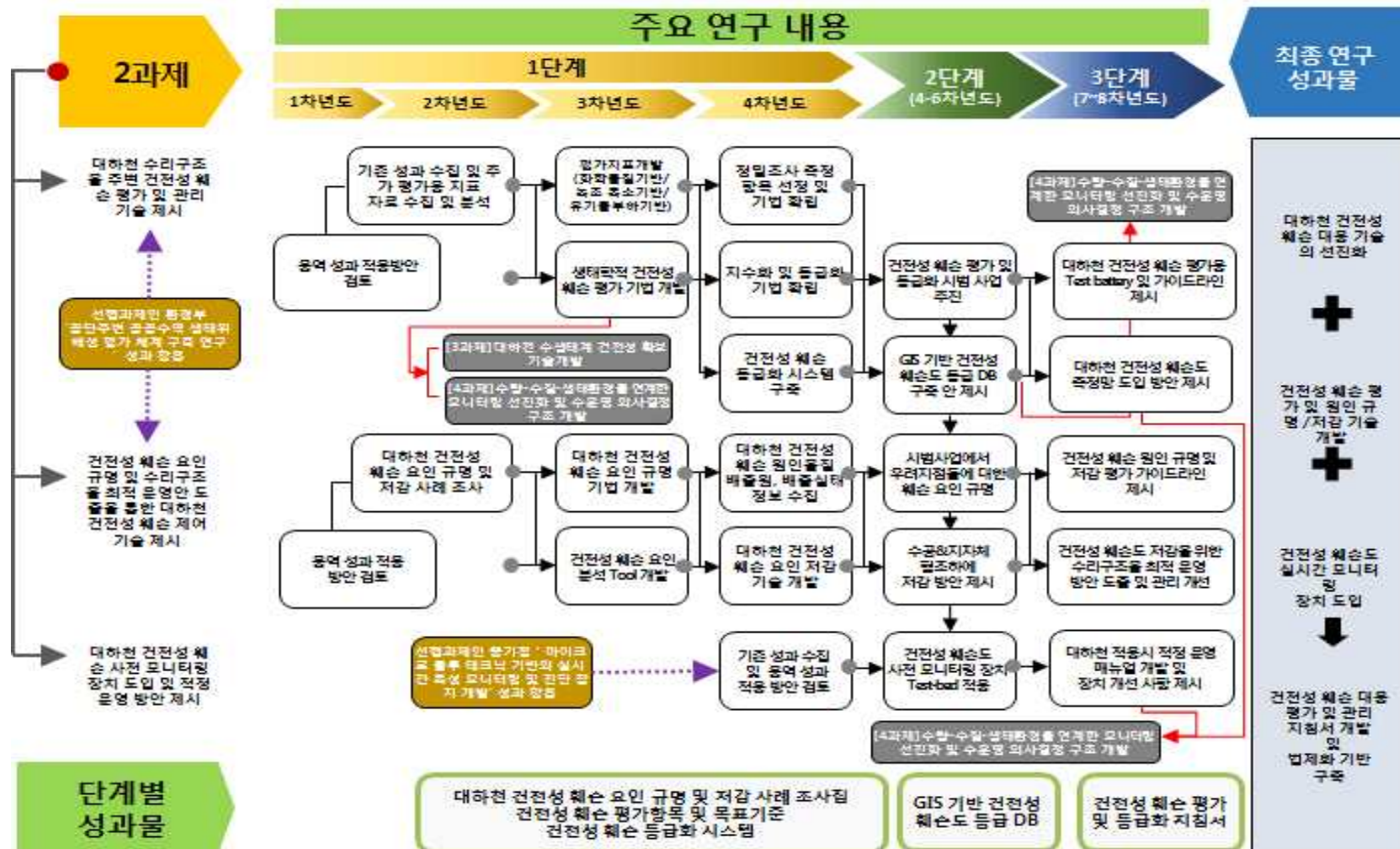
7절. 과제별·연차별 기술로드맵

1. 과제별 로드맵

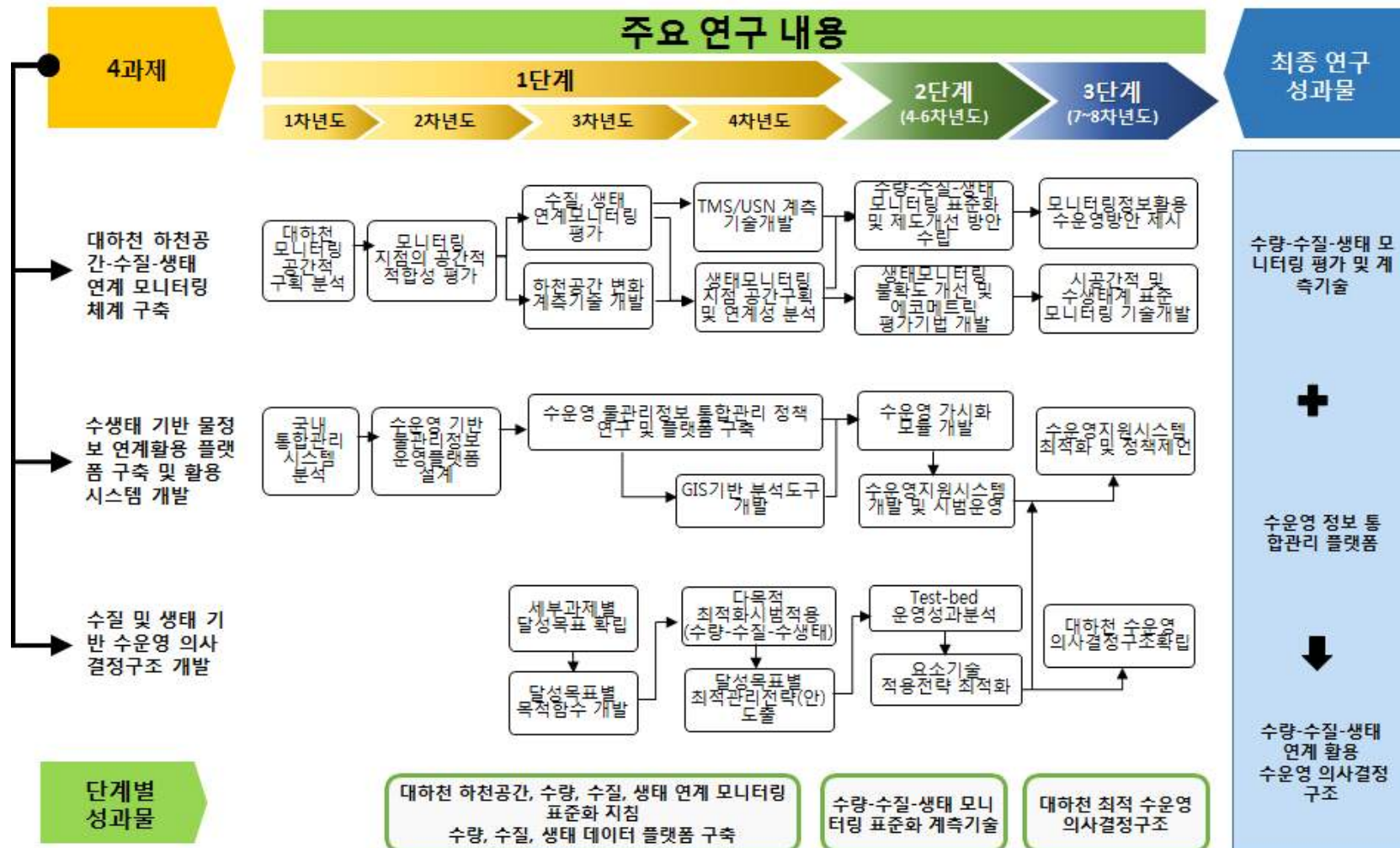
가. (1과제) 대한천 하도관리 기술 고도화



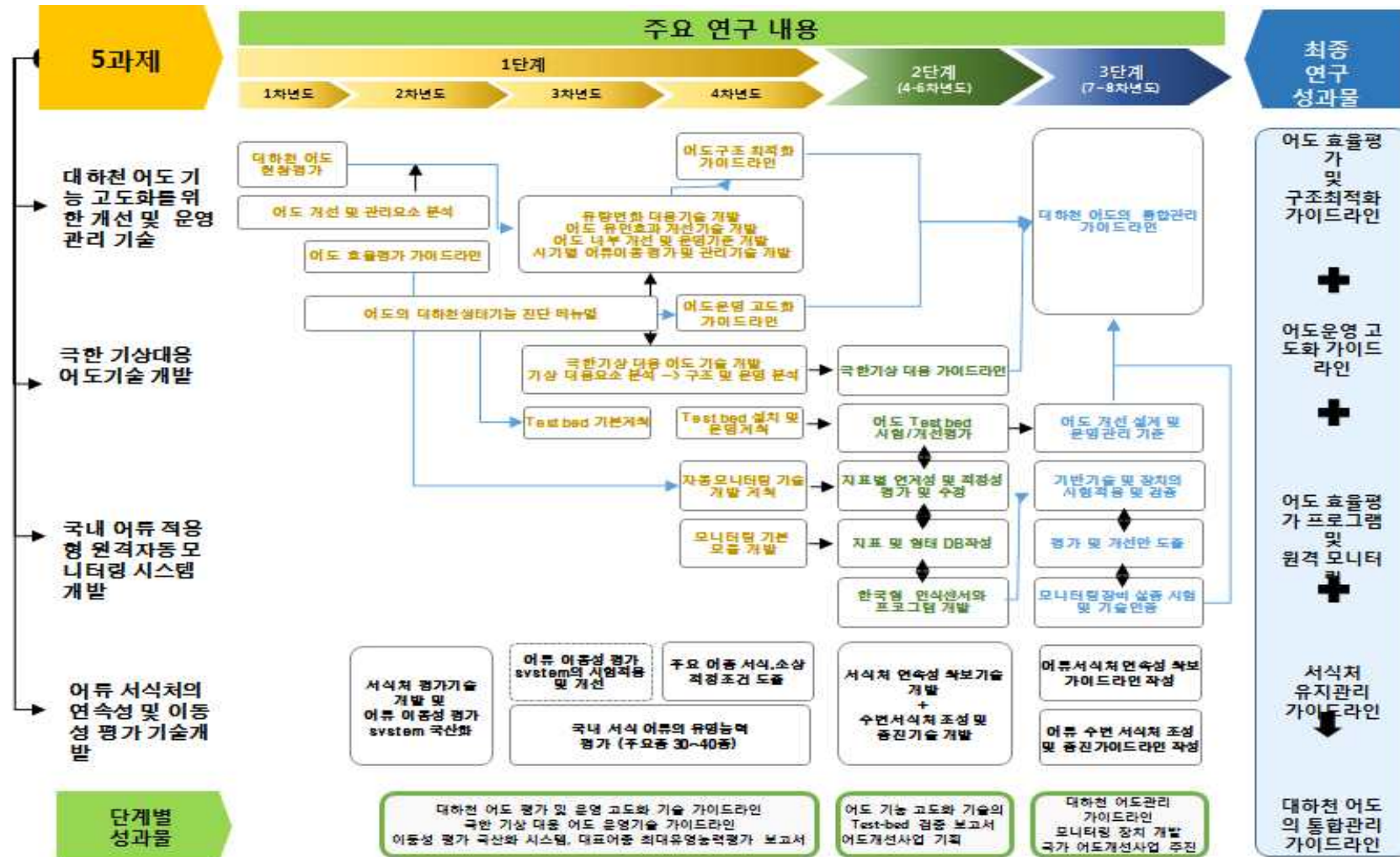
나. (2과제) 대한전 건전성 훼손 대응기술 개발



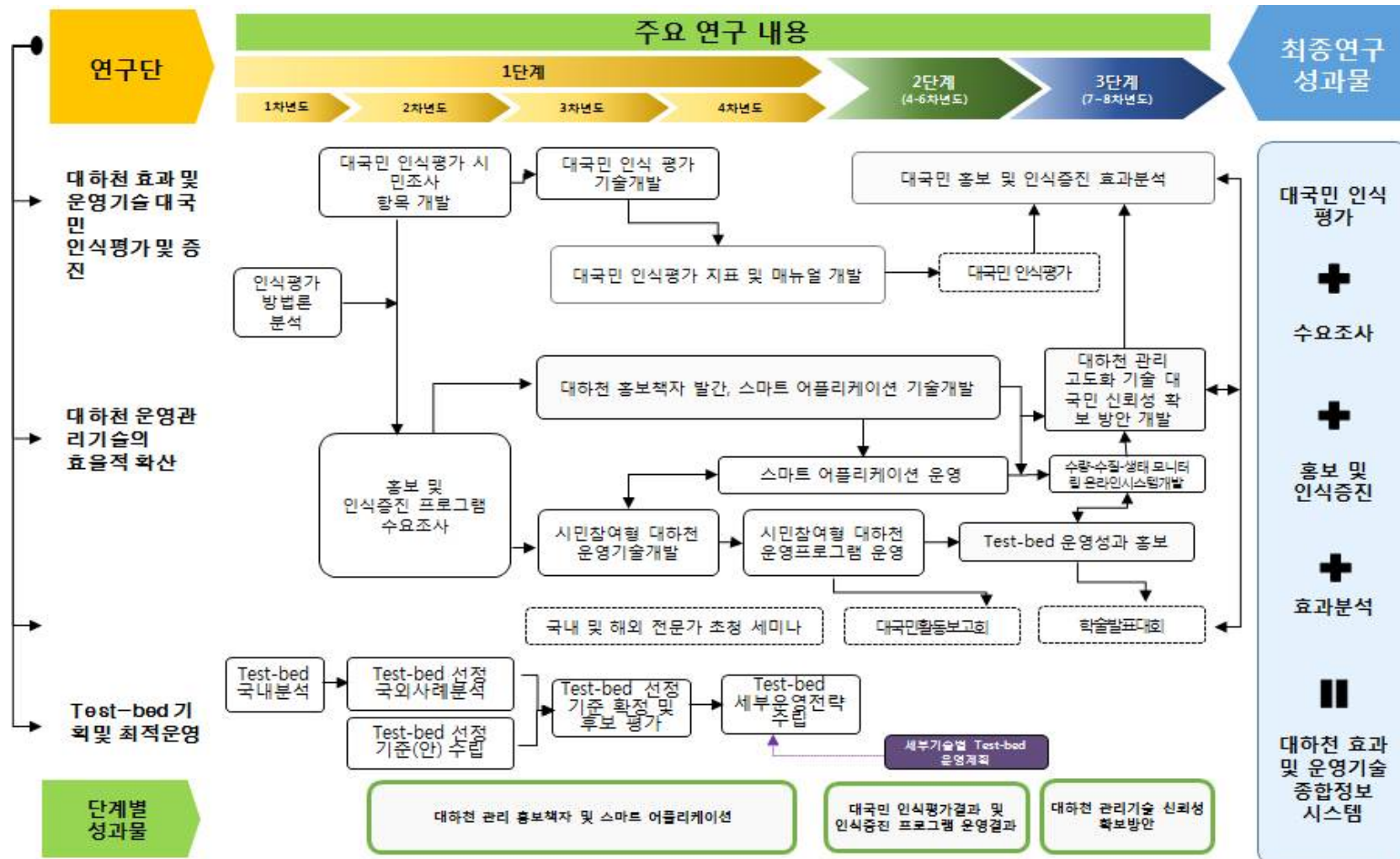
라. (4과제) 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발



마. (5과제) 대하천 어도 기능 고도화 기술개발



바. 연구단 운영과제



8절. 성과의 활용방안 및 성과지표

1. 과제별 예상 성과물 (요약)

추진과제명	목표 예상성과물
1과제 대하천 하도관리 기술 고도화	대하천 맞춤형 하도 예측력 향상 모형
	하도변화 고정도 모니터링 기법
2과제 대하천 건전성 훼손대응 기술개발	건전성 훼손도 통합관리 시스템
	건전성 훼손도 감시 사전 모니터링 장치
3과제 대하천 수생태계 건전성 확보 기술 개발	생물폐사 관리 가이드라인
	대하천 생물 서식처 증진 사업(안)
	생태 장기 모니터링 장치(저서생물)
	생태건전성 평가시스템 신기술
4과제 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발	수질, 생태기반 수운영 의사결정구조
	단계별 대하천 운영기술 매뉴얼
	대하천 수질 및 생태관리 유량 산정기술
	불확실도 향상된 수질관리 모니터링 장치
5과제 대하천 어도기능 고도화 기술 개발	어도기능 고도화 사업(안)
	어도 유입,출입구 개선기술, 어도효율 모니터링 장치
	대국민 인식증진 프로그램 운영결과 보고서, 홍보자료

<추진과제별 목표 예상성과물>

2. 최종성과물 측정지표

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
1과제	제도개선	고정도 모니터링 기법	제시 여부	건	1	0.2	
		관련 지침 및 가이드라인	발간 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	학술지 게재	게재 여부	건	10	0.1	
		학술대회 발표	발표 여부	건	20	0.1	
	지식재산권	특허출원	출원 여부	건	10	0.2	
		특허등록	등록 여부	건	4	0.1	
		신기술인증	출원 여부	건	2	0.1	
2과제	제도개선	건전성 훼손 저감방안	제시 여부	건	1	0.2	
		관련 지침 및 가이드라인	발간 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	학술지 게재	게재 여부	건	10	0.1	
		학술대회 발표	발표 여부	건	20	0.1	
	지식재산권	특허출원	출원 여부	건	10	0.2	
		특허등록	등록 여부	건	4	0.1	
		신기술인증	출원 여부	건	2	0.1	
3과제	제도개선	서식처조성 기법	제시 여부	건	1	0.2	
		관련 지침 및 가이드라인	발간 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	학술지 게재	게재 여부	건	10	0.1	
		학술대회 발표	발표 여부	건	20	0.1	
	지식재산권	특허출원	출원 여부	건	10	0.2	
		특허등록	등록 여부	건	4	0.1	
		신기술인증	출원 여부	건	2	0.1	

과제	성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
4과제	제도개선	수리구조물 운영 의사결정구조	제시 여부	건	1	0.2	
		관련 지침 및 가이드라인	발간 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	학술지 게재	게재 여부	건	10	0.1	
		학술대회 발표	발표 여부	건	20	0.1	
	지식재산권	특허출원	출원 여부	건	10	0.2	
		특허등록	등록 여부	건	4	0.1	
		신기술인증	출원 여부	건	2	0.1	
5과제	제도개선	대하천 어도 설계기준	제시 여부	건	1	0.2	
		관련 지침 및 가이드라인	발간 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	학술지 게재	게재 여부	건	10	0.1	
		학술대회 발표	발표 여부	건	20	0.1	
	지식재산권	특허출원	출원 여부	건	10	0.2	
		특허등록	등록 여부	건	4	0.1	
		신기술인증	출원 여부	건	2	0.1	
연구단 운영	제도개선	정책제안	제시 여부	건	1	0.2	
		단계별 기획	제시 여부	권	4	0.2	
	학술적 성과	국제 심포지움 등	개최여부	건	10	0.1	
		국내 학술발표회 등	개최 여부	건	20	0.1	
	홍보매체	책자	발간 여부	건	4	0.2	
		스마트앱	개발 여부	건	2	0.1	
		인식평가	시행 여부	건	4	0.1	

9절. 연구수행체계 제안

1. 연구수행 추진계획(안)

- 기획 프로세스를 통한 연구 구성(안)의 기획타당성 검토의견, 과제 구성(안)에 대한 내외부 전문가 검토의견 등을 반영하여 2개 안으로 제시하였음
- 공통적으로 단계별 재기획 수행을 통하여 대하천 관리와 관련된 정책, 연구 및 기 성과 활용방안이 포함될 수 있도록 함
- 기술개발 결과물의 실 구현 가능성과 현장 적용성을 위하여 필요시 산학연 공동 연구 수행함
- 1단계 연구단 운영과제에서 test-bed 운영을 위한 기획을 통해 2단계의 각 과제별 연구수행내용의 test-bed 운영이 유기적으로 수행될 수 있도록 함
- 1안 : 5개 과제를 독립적으로 구성하여 3단계 장기적인 관리측면에서 추진 하되, 단계별 후속과제 추진 초기에 재기획하여 세부 추진계획 수립
- 2안 : 시급성 및 활용성을 고려하여 우선 추진과제(어도 기능 고도화 중심) 1단계 추진하고 이후 단계별 추진내용은 5개 과제 내용을 기반으로 재기획하여 수행함

- 기간 : 총 8.5년, 3단계, I 단계 (3년) → II 단계 (3년) → III 단계 (2년)

구 분	1 안	2 안
요 약	○ 과제 : 5개 과제, 연구단 운영 ○ 기간 : 총 8.5년, 3단계 (단계별 재기획) ○ 예산 : 정부출연금 215억	○ 과제 : 중심 우선과제 1단계 추진 ○ 기간 : 총 8.5년, 3단계 (단계별 재기획) ○ 예산 : 정부출연금 215억 (우선과제 85억)
추진 내 용	○ (1과제) 하도변화 예측 고도화 및 모니터링 고정도 기술 개발 ○ (2과제) 건전성 훼손 대응 기술 ○ (3과제) 생물서식공간 확보 및 생물폐사 관리 기술개발 ○ (4과제) 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계 확립 및 수운영 의사결정구조 개발 ○ (5과제) 어도기능 고도화 기술 ○ (연구단) Test-bed 기획, 개발기술의 확산 및 인식 증진	○ (연구단) - 어도기능 개선 및 운영 고도화 - 생물(어도) 서식공간 확보 기술 개발 - 수운영(어도) 현황 분석 - 연구성과 및 개발기술 확산 ○ (2단계 이후 조건부 추진) : 대하천 운영 관련 연구결과 반영 - 하도변화 예측 고도화 및 고정도 모니터링 - 건전성 훼손대응 및 생물폐사 관리기술 - 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계확립 및 수운영 의사결정구조 개발

5장. 인력투입계획 및 소요예산 산정

1절. 연구일정에 따른 인력계획

1. 연차별 투입 인력계획

가. 연차별 투입 연구인력

(단위 : 명)

분류	1단계(3.5년)					2단계 (3년)	3단계 (2년)	합계 (8.5년)
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	소계			
전체	36.0	58.0	58.0	80.0	232.0	145.0	98.0	475.0
1과제	6.0	10.0	10.0	16.0	42.0	26.0	17.0	85.0
2과제	6.0	8.0	8.0	8.0	30.0	18.0	14.0	62.0
3과제	6.0	10.0	10.0	16.0	42.0	26.0	17.0	85.0
4과제	7.0	11.0	11.0	16.0	45.0	28.0	18.0	91.0
5과제	7.0	11.0	11.0	16.0	45.0	28.0	18.0	91.0
연구단운영	4.0	8.0	8.0	8.0	28.0	19.0	14.0	61.0

나. 상세 투입연구인력

(단위 : 명)

분류		총 개발인력(명)							비고
		1단계 (3.5년)				2단계 (3년)	3단계 (2년)	계	
		1차년도	2차년도	3차년도	4차년도				
1과제	책임연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	3.0	16.0	
	연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	7.0	4.0	19.0	
	연구보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	7.0	5.0	25.0	
	보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	7.0	5.0	25.0	
	소계	6.0	10.0	10.0	16.0	26.0	17.0	85.0	
2과제	책임연구원	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	14.0	
	연구원	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	14.0	
	연구보조원	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	4.0	17.0	
	보조원	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	4.0	17.0	
	소계	6.0	8.0	8.0	8.0	18.0	14.0	62.0	
3과제	책임연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	3.0	16.0	
	연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	7.0	4.0	19.0	
	연구보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	7.0	5.0	25.0	
	보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	7.0	5.0	25.0	
	소계	6.0	10.0	10.0	16.0	26.0	17.0	85.0	
4과제	책임연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	3.0	16.0	
	연구원	2.0	3.0	3.0	3.0	7.0	5.0	23.0	
	연구보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	8.0	5.0	26.0	
	보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	8.0	5.0	26.0	
	소계	7.0	11.0	11.0	16.0	28.0	18.0	91.0	
5과제	책임연구원	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	3.0	16.0	
	연구원	2.0	3.0	3.0	3.0	7.0	5.0	23.0	
	연구보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	8.0	5.0	26.0	
	보조원	2.0	3.0	3.0	5.0	8.0	5.0	26.0	
	소계	7.0	11.0	11.0	16.0	28.0	18.0	91.0	
연구 단 운영	책임연구원	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	14.0	
	연구원	1.0	2.0	2.0	2.0	5.0	3.0	15.0	
	연구보조원	1.0	2.0	2.0	2.0	5.0	4.0	16.0	
	보조원	1.0	2.0	2.0	2.0	5.0	4.0	16.0	
	소계	4.0	8.0	8.0	8.0	19.0	14.0	61.0	

2절. 소요예산 산정

1. 전체사업 소요예산

가. 총괄 소요예산

(단위 : 억원)

분류		합계		1단계 (3.5년)								2단계 (3년)		3단계 (2년)		
				1차년도		2차년도		3차년도		4차년도						소계
		정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
1안	1 과제	39		3		5		5		5		18	13		8	
	2 과제	29		2		4		3		4		13	10		6	
	3 과제	31		2		4		5		4		15	10		6	
	4 과제	51		3		6		6		6		21	18		12	
	5 과제	51		3		6		6		6		21	18		12	
	연구단 운영	14		1		2		2		2		7	5		2	
	전체 (1안)	215		14		27		27		27		95	74		46	
2안	우선 과제	85		5		10		10		10		35	32		18	
	2단계 이후	130		—		—		—		—		—	78		52	
	전체 (2안)	215		5		10		10		10		35	110		70	

6장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

1. 국가전략의 중요성

- ☐ 기후변화로 인한 하천의 홍수량과 갈수량이 극치 값으로 예상되며, 과거의 가뭄이 전국단위의 가뭄이라면 최근의 가뭄은 지역적 가뭄양상을 나타내어 하천유량의 유지와 관리 환경이 열악해지고 있는 상황임
- 우리나라 수원의 많은 부분이 하천수에 의존하고 있기 때문에 하천수 유량 관리가 매우 중요하며, 국민소득의 증가와 생활수준 향상으로 하천수가 생태환경에 기여하는 정도가 높아지고 있음
- 또한, 대하천 수리구조물 주변에서 생태계 교란은 전국민적인 관심사로 부상하여 이의 해결 및 효율적 관리기술 개발이 시급함
- 대하천 생태계 건전성 및 종횡적인 연속성 확보 기술은 수리구조물의 지속 가능한 운영 뿐만 아니라 하천생태계의 건전성을 살리고 하천지형의 다양성을 유지할 수 있는 미래 수자원기술을 확보할 수 있음
- ☐ 하천 수량 및 수생태의 통합적 관리사례가 전무한 상황에서 대하천에서의 수리구조물 운영조건과 수생태의 건전성 증진에 가장 크게 기여할 것으로 판단되는 어도의 기능성 확대와 최적화를 위한 실증 기술개발에 중요
- 통합관리의 표본으로 활용하기 위해서는 관련 지표의 개발과 개별지표의 항목과 기준을 현장에서 평가할 수 있도록 장기간의 조사분석 자료의 축적이 반드시 필요함
- 단기적으로 대하천의 수리구조물에 적용하고, 장기적으로는 통합수자원관리를 위한 수자원분야의 중요한 미래지향적 기술이 됨

2. 상위계획 부합성

- ☐ 대하천의 수질 및 수생태계의 효율적 관리를 통한 생태계의 건강성 확보와 국민의 친수성 증진이 국토교통부, 환경부의 주요한 하천관리 계획의 주요한 목표로서, 상위계획과 긴밀히 부합됨
- ☐ 또한, 수리구조물을 통하여 구획단 하천구간에 대하여 하천의 연속성을 확보

하고 수생태 건전성 증진을 위해서는 최근 생물다양성 협약 등과 같이 국제적으로 제시하고 있는 지속가능한 개발에 부흥하는 방향임

- ☐ 지속가능한 수자원 관리 기술분야로 하천환경계획수립, 수자원장기종합계획에 반영될 수 있음
- ☐ 점차 증가하는 하천수 사용으로 점용허가를 최소화하고 있으며 이로 인해 관련 기관간 마찰이 발생할 수 있으므로 최적의 하천관리를 위해서는 신뢰성 있는 하천 관리기술의 확보가 중요함

3. 정책적 추진의지

- ☐ 대규모 수리시설물에 의한 새로운 하천관리 패러다임이 필요한 시점으로 본 연구를 통해 최적의 대하천 관리의 효율화를 증대할 수 있음
- ☐ 하천의 생태적 복원과 관리에 대한 높은 국민적인 관심과 국내외적인 기술 수준을 고려할 때, 수리구조물과 하천의 지속가능한 유사관리 방안을 국내 하천관리와 복원사업에 적극적으로 도입할 시기가 되었음
- ☐ 효율적인 대하천 관리 및 수리구조물 운영을 위하여 생태계 건전성 확보가 연계되어 있으며 궁극적으로 물관리 주요 정책방향인 통합물관리가 가능함
- ☐ 현재 진행되고 있는 대하천 관련 연구 및 기술개발로 보았을 때 본 연구는 향후 수자원 통합정책의 수립과 추진을 위하여 반드시 요구된다고 판단됨

2절. 기술적 타당성

1. 기술개발 계획의 적절성

- ☐ 현재 추진중인 「4대강 수자원 활용 개선방안 수립」과 「댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립」과제를 통해 2016년도 하천유지유량 재고시 및 운영규정 개선 예정에 있음
 - 그 성과를 연계 활용하여 수질, 생태 측면에서 대하천 주요 지점의 시공간적 수운영 특성 분석이 가능함
- ☐ 생태계 건전성 확보를 위한 생물폐사 및 서식공간 확보 관리기술은 대하천 관리에 중요한 분야로서 적절한 계획으로 포함됨
- ☐ 또한, 대하천의 수리적 조건변화와 서식환경 변화에 따른 어도시설 운영 및 관리 기술 확보내용이 포함되어 있어 통합물관리 정책 및 관련 시장 접근을 위한 기술개발로 장기적인 관점에서 단계별로 구축되어 있음

- (1단계) 수리구조물 운영 및 하도와 하천의 환경변화와 어도의 관계에 대한 과학적 평가를 통한 현안 분석과 어도 개선기술 개발
- (2단계) 어도 기능 증진을 위한 어도입구, 내부, 출구의 개선 기술 적용 및 실용화기술 검증
- (3단계) 수량·수질·수생태의 통합적 관리가 가능한 어도 최적 운영관리를 위한 상용화 기술확보와 상용화의 기반이 되는 지침 및 매뉴얼 작성

2. 기술수준 및 성공가능성

- 2001년부터 시작된 수자원 분야 국책연구를 통해 기술 수준이 향상되었고, 기술수준조사 결과, 선진국 대비 기술격차가 평균 6년 이내로 나타났음
- 하천환경 적응관리 기술 분야에서 선진국과의 기술격차가 가장 작게 분석되어 본 연구를 통하여 선진국 수준의 기술확보가 가능할 것으로 판단됨
- 생태계 관리 기술 수준이 높은 상태는 아니지만 분야의 특성상 선진국에서도 국내보다 훨씬 높은 기술수준을 보유하고 있지는 않는 것으로 분석됨
- 대하천 생태계 관리에 대한 국민적 관심과 사회적 기대수준은 매우 높은 상태로서 적극적인 지원과 국내 환경여건과 현황을 면밀히 조사함으로써 기술개발 성공가능성을 높일 수 있음

3. 기존 사업과의 중복성

- 하천 관리는 과거부터 많은 연구가 되어 왔으나, 대하천 수리구조물에 의한 하천환경 변화와 수환경을 고려한 하천유량 유지 및 관리를 위해서는 신개념의 기술이 필요함
- 국토교통부 및 K-water「4대강 수자원 활용 개선방안 수립 댐-보-저수지 최적연계운영 방안 수립」의 성과를 연계하여 추진하고자 함
 - 대하천의 유지유량 산정 및 고시자료를 활용하여 수질, 생태를 고려한 대하천 관리과 수리구조물 최적 운영기술을 개발하고자 함
- 에코리버21연구단
 - 하천의 치수 및 구조적 안전성 확보, 자연성 및 환경성 보전을 위한 기존 사업과 달리 수질, 생태 측면에서 수운영과 연계한 건전성을 확보하고자 함
- 첨단기술기반 하천운영 및 관리 선진화 연구단
 - 기존사업의 모니터링 및 예측기술력을 활용하되, 수리구조물 운영, 표준화된

모니터링 체계 및 생물서식공간 확보기술 등과 연계하고자 함

- ☐ 담수 환경에서 생물폐사는 특히 어류폐사가 주요한 이슈로, 이에 대한 원인 규명 및 진단체계 구축에 대한 연구는 없는 실정임
- ☐ 하천 구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발
 - 본 기획연구에서는 필요시 기존 성과를 활용하되, 중복성으로 기술개발 내용으로는 제외하였음
- ☐ 자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성기술 개발
 - 하천의 연속성과 관련한 생물 이동로 조성기술을 개발하고 있으나 본 기획 연구에서는 대하천에서의 어도로 범위를 설정하여 기능고도화가 목적임
- ☐ 어도 관련 사업은 현재 국가사업으로 진행되고 있지 않음
 - 어도관련 부처인 해양수산부는 과거 하천어도에 대한 설계기준과 관련법령을 정비한 이후 관련사업을 시행하지 않고 있으면 사후관리만 지원하고 있는 실정임
 - 국토교통부의 하천설계기준에도 어도는 하천어도에 대한 형식과 설계기준과 제시되어 있을 뿐 댐이나 대하천에서 요구되는 어도형식과 설계기준에 대해서는 연구나 기술개발이 진행되고 있지 않음.
 - 본 과업을 통하여 댐과 대하천의 어도형식과 기준을 정립할 필요가 있음
 - 따라서 국가 어도의 요소별 구축과 통합적 기술개발 달성을 위해 대하천 어도의 기능 최적화 기술개발은 반드시 요구됨

3절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석

- ☐ 최적의 대하천 관리가 이루어진다면 국민들이 요구하는 양질의 수량을 공급하게 됨으로써 경제적 편익은 수질, 생태 측면에서 수백~수천억원의 경제적 효과 추정가능함
 - 생물다양성 감소, 건강성 악화로 나타나는 생태계 서비스, 친수성 저하 측면에서 경제적 편익은 상당할 것으로 유추할 수 있음
- ☐ 어도효율평가 자동모니터링 장비개발을 통하여 많은 인력으로 인한 비용으로 인한 조사빈도 한계점 개선에 기여할 수 있음

- ☐ 또한, 어도의 기능개선 및 관련 설계지침 등은 실증평가를 통하여 국가 투자 비용의 효율성을 높일 수 있음

2. 파급효과

- ☐ 수자원의 운영 측면에서 더 많은 국민들이 하천 주변의 물관련 문화활동에 기여하고 참여하는 측면이 클 것으로 예상됨
- ☐ 지역간 물분쟁 최소화로 사회적 경제적 손실을 최소화 할 수 있으며 대하천 생물폐사 사고에 대한 선제적 대응 및 효율적인 대처가 가능함
- ☐ 대국민의 수생태인식과 정책 과제 도출 및 국가사업 투자효율성 향상

7장. 과제 제안요구서 작성

1절. 과제 제안요구서(RFP)

1. 총괄 제안요구서(RFP) 1안

□ (총괄) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	수리구조물 운영 기반의 대하천 수생태 건전성 증진기술 확보
1. 연구개발 목표	○ 국가하천인 대하천의 수질 및 생태를 고려하여 중장기적인 수리구조물의 운영기술 고도화 및 통합관리 기술개발 ○ 대하천의 수리구조물 운영기반의 수생태계 건전성 증진을 위한 기술개발 - (하도관리) 대하천 환경을 고려한 하도변화 예측모형 고도화 기술 개발 - (하도관리) 유량-유사량 및 하도지형변동 모니터링을 위한 고정도 관측기술 제시 - (건전성 훼손대응) 건전성 훼손요인 규명 및 수리구조물 운영을 통한 건전성 훼손 제어기술 개발 - (건전성 훼손대응) 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 도입 및 적정 운영 방안 수립 - (건전성 확보) 생물폐사 원인규명 기법 및 관리기술 개발 - (건전성 확보) 생물 서식공간 확보 및 생태건전성 유지기술 개발 - (수리구조물 운영) 수질 및 생태기반의 수리구조물 운영 의사결정구조 확립 - (수리구조물 운영) 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계 및 평가시스템 구축 - (어도 기능개선) 대하천 어도의 기능 고도화 및 운영관리 기술
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 대하천 하도변화 대응을 위한 선진화된 예측 및 모니터링 기술개발 - 수리구조물 운영에 따른 물리환경 변화가 예상되며 국외 모델링 기술을 국내 대하천에 효율적으로 활용할 수 있는 기반 구축이 필요함 - 또한, 장기적으로 수생태계 서식처 확보 및 유지를 위해서는 하도지형 형성, 하상재료 등이 복합적인 영향을 미치기 때문에 생태계 측면에서도 선진화된 하도변화 예측 및 고정도 모니터링 기술확보가 중요함 ○ 대하천 건전성 훼손 대응 기술 확보 - 국토교통부 관리대상인 대하천의 경우에 각종 생태학적 위해성에 적극적 대응방안과 통합적 유지관리 체계가 절실히 요구되고 있는 실정임 - 화학물질, 녹조 유래 독소, 유기물 부하 등 요인평가 및 저감을 위한 대하천 건전성 훼손 평가 관리제도 도입 ○ 대하천 건전성 유지관리 기술개발 - 가뭄, 홍수 등 극한기후와 퇴적물 축적, 급격한 수위변동 등으로 인한 수생태계 건

□ 기술동향	전성 약화는 지속적인 경제적 손실, 국가적 생태자원의 소실 등을 야기할 수 있음 - 이에 대하천에서 발생 가능한 생태학적 위해 가능성 등에 적극적으로 대비하여 대응방안 및 통합적 관리체계 수립이 절실한 실정임 ○ 대하천 수량-수질-생태정보 통합관리 및 의사결정 필요성 확대 - 다양한 부처에서 모니터링이 이루어지므로 대하천의 통합관리가 어려운 실정으로 체계적인 모니터링 정보의 연계 활용과 수리구조물 의사결정기준 확보가 요구됨 ○ 대하천 어도의 기능개선 기술개발 - 수리구조물에 설치된 어도는 이동성 향상, 어도형식별 개별 운영, 수리구조물 운영 등과 연계되는 측면에서 광범위한 이동성 향상 및 평가기술 개발이 필요함 ○ 대하천 하도변화 대응을 위한 선진화된 예측 및 모니터링 기술개발 - 각 기관 및 연구단에서 정기적인 관측과 하도변화 예측을 수행하고 있으나 수리구조물 운영, 생태계 측면과 연계한 자료생산과 품질관리에는 한계가 있는 실정임 - 하도변화 예측 기술은 국외 모형을 활용하고 있으나 대하천 맞춤형 모델링 기술의 고도화를 통한 선진화가 필요한 실정임 ○ 대하천 건전성 훼손 대응 기술 확보 - 미국은 수질기준을 수생태계 보호를 위한 기준과 인체 건강 보호를 위한 기준으로 구분하고 있으며 유럽은 효과적인 모니터링을 통한 수환경 관리시스템 개발과 사후 관리방안 도출, 일본은 유해물질에 대해 감시항목 설정후 모니터링 진행함 - 국내 하천 생활환경기준은 깨끗한 물에 초점을 두고 있어 수생생물 위해성 평가를 위한 모니터링과 보호지침(기준)이 도출되어 있지 않은 실정임 ○ 대하천 건전성 유지관리 기술개발 - 국외는 미국 EPA에서는 “원인분석 및 진단결정 정보시스템”을 개발하여 지속적으로 발전해나가고 있으며 국내는 에코리버21연구단, 수생태복원사업단 등에서 자연성 보전, 복원후 지속가능한 하천관리 기술개발 중심으로 연구가 진행되었음 - 수생태계 건전성을 반영하는 주요 지표생물 모니터링 시스템은 중장기적인 측면에서 보완점이 많으며 각종 조사로 인한 생태계 훼손 등이 야기되기도 함 ○ 대하천 수량-수질-생태정보 통합관리 및 의사결정 필요성 확대 - 국내 각 부처에서 수량, 수질, 생태 모니터링은 개별적으로 수행되므로 수리구조물 운영을 위한 연계 활용이 미비하며 국외에서도 부족한 실정임 - 수리구조물 운영 및 대하천 관리를 위하여 점차 수질 및 생태환경 측면을 고려하여 수환경 문제를 최소화할 수 있는 방향으로 물관리가 이루어지고 있음 ○ 대하천 어도의 기능개선 기술개발 - 관련 부처 공동기준으로 제시하고 있는 「하천설계기준-어도편」은 대부분 어도의 형식별 규격기준으로 대하천에 적합한 배치 및 구성 등 제시가 부족한 실정임 - 국내 어도기술 수준은 국외 기술과 유사한 수준이나 어도 운영관리, 모니터링, 수리구조물 운영과 연계한 측면에서 부족한 실정임
3. 연구개발 내용	【1과제】 대하천 하도관리 기술 고도화 ○ 국내 적용가능 고정도 하도변화 모니터링 기술개발 - 대하천 유량-유사량, 하도 지형변동 관측기술 수준 분석 - 수리구조물 운영 조건을 고려한 하도변화 관측기술 개발

- 국내 대하천 적용가능한 최적 기술 선정
- Test-bed 실증을 통한 고정도 하도변화 모니터링 및 평가기법 제시
- 하도변화 예측모형 정확도 개선 및 하도지형 평가
 - 예측모형 고도화를 위한 고정도 모니터링 연계성 분석
 - 하도변화 예측모형 개선 및 장단기 하도지형 평가
 - 유량변화 및 수리구조물 운영에 따른 하도변화 예측모형 적용성 평가
- 수리구조물 운영을 고려한 대하천 하도관리 기술개발
 - 수리구조물 운영 조건에 따른 수질 및 생태기반 수운영자료 분석
 - * “4대강 수자원 활용 개선 방안 수립” 및 “댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립” 성과 활용
- 대하천 맞춤형 장단기 하도관리방안 제시

【2과제】 대하천 건전성 훼손대응 기술개발

- 대하천 건전성 훼손 평가 및 관리기술 개발
 - 생태학적 건전성 훼손 평가 항목 및 방법 확립
 - 건전성 훼손 평가 및 등급화를 통한 훼손요인 규명 및 저감방안 제시
 - 건전성 훼손 평가 및 등급화 시스템 확립 및 가이드라인 제시
- 대하천 건전성 훼손 사전 대응 체계 구축
 - 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 대하천 활용성 검증 및 적용방안 수립
 - 대하천 건전성 훼손도 측정망 도입 방안 수립
 - 건전성 훼손 대응을 위한 법제화 방안 제시
- 수리구조물 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 방안 도출

【3과제】 대하천 수생태계 건전성 확보 기술 개발

- 대하천 생물폐사 원인 규명기법 및 관리기술 개발
 - 생물폐사 원인분석과 진단을 위한 조사 및 평가기법 개발
 - 생태건전성 보전, 평가 사례 분석 기법 제시
 - 대하천 생물폐사 관리 가이드라인 제시
- 생물 서식공간 확보 및 생태 건전성 유지기술 개발
 - 홍수, 가뭄, 퇴적물, 수위변동 등 훼손 요소별 서식처 확보 및 훼손 저감 기술 개발
 - 생태건전성(비교란형) 유지를 위한 장기모니터링 시스템 운영체계 구축
 - 대하천 건전성 유지관리를 위한 수리구조물 운영 기준 개발
 - 대하천 생태건전성 평가시스템 및 운영 가이드라인

【4과제】 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발

- 대하천 하천공간-수질-생태 연계 모니터링 체계 구축
 - 모니터링 자료의 신뢰성 향상 및 불확도 개선 기술개발
 - 수생태계 표준 생물 모니터링 기술 체계화
 - 대하천 수량-수질-생태 모니터링 계측 기술 표준화 방안 수립
 - 통합 물관리의 정책적 실현을 위하여 제도개선 방안 제시

- 수생태 기반 물정보 연계활용 플랫폼 구축 및 활용시스템 개발
 - 대하천 모니터링 정보기반 물관리정보 운영 통합플랫폼 개발
 - 모니터링 정보를 활용한 대하천 수운영방안 제시
 - 빅데이터 기반 정형, 비정형 자료 분석을 통한 수리구조물 운영지표 가시화 모듈 설계
 - * 국토부 “Smart River 정보관리 기술개발” 및 환경부 수질 및 생태모니터링 정보관리 시스템 연계활용
- 수질 및 생태 기반 수운영 의사결정구조 개발
 - 수리구조물 운영지원 분산형 물관리정보시스템 최적화
 - 다목적 수리구조물 운영 시스템 시범적용 및 평가
 - 대하천 수리구조물 최적 의사결정구조 확립

【5과제】 대하천 어도기능 고도화 기술 개발

- 대하천 어도 기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술
 - 대하천 및 댐 운영 어도시설 및 운영 현황 분석 및 비교평가
 - 수리구조물의 구조 및 운영 조건에 따른 어도 효율 평가
 - 수리모형을 통한 기능개선 요인 시험 평가
 - 대하천 어도 통합관리 방안 수립(어도설계기준)
- 극한 기상대응 어도기술 개발
 - 유량 및 수위변화 어도 운영 대응기술 개발
 - 가뭄 및 홍수 등에 따른 어도 운영조건 제시
- 국내 어류 적용형 원격자동 모니터링 시스템 개발
 - 어도 효율평가용 형태DB 구축 및 검증
 - 모니터링장비 Test-bed 실증 및 기술인증
- 어류 서식처의 연속성 및 이동성 평가 기술개발
 - 어류 이동성 평가시스템의 국산화 및 장비 개발
 - 수위변동에 대한 적응적 서식처 조성 및 유지관리 기술개발
 - 대하천 어도효율 및 하천생태기능 증진 진단 기술 개발
 - * 해수부 어도개선사업 및 국가 어도개선사업 등과 연계한 사업기획

【연구단 운영】

- 대하천 운영관리기술의 효율적 확산
- 대하천 운영기술 국민 인식평가 및 증진
- Test-bed 기획 및 최적운영(1단계 수행)
 - 2단계 과제별 Test-bed 세부 운영계획 수립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국토교통부 기 연구성과 및 국가 R&D 성과 활용을 극대화 하고 현업 수요자 맞춤형 기술개발 추진
- 선도적 연구 및 실무경험과 축적된 선진기술을 보유한 국외 연구기관과 기술 및 인적 교류를 시행하여 추진
- 현실 적용가능성 증진을 위한 산학협동 연구 추진 및 개발기술에 대한 기술인증 추진을 통해 사업화 기반 확보

☐ 추진체계	○ 수량-수질-수생태계 통합관리 전략 수립을 위하여 과제간 지속적인 연구성과 피드백 ○ 수공학 전문가 뿐만 아니라 수생태계 서식처 관리와 복원을 연계하여 연구를 수행할 수 있는 생태수리지형학적 지식과 연구수행 경험을 가진 전문가 및 기관에서 수행 ○ 대하천 수리구조물 운영기관 담당자가 참여하거나 자문위원으로 포함되어 정보의 공유 및 품질관리가 이루어질 수 있도록 추진체계 구성 ○ 산학연 콘소시엄으로 추진하여 연구개발 성공적 추진 및 개발 기술의 실증적 적용을 위하여 수요처와의 협력체계 구축 ○ 국제적 수준의 연구 네트워크 구축 및 공동연구를 통한 검증화 추진
5. 최종성과물	
☐ 주요 최종성과물	【1과제】 대하천 하도관리 기술 고도화 ○ 대하천 장기 하도변화 평가를 위한 예측력 향상 모형 ○ 대하천 하도변화 고정도 모니터링 기술 ○ 수리구조물 운영을 고려한 하도관리 기술 지침서 【2과제】 대하천 건전성 훼손대응 기술개발 ○ 대하천 건전성 훼손도 평가 통합적 등급화 시스템 ○ 건전성 훼손도 사전 모니터링 장치 ○ 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 관리 법제화 기반 수립 【3과제】 대하천 수생태계 건전성 확보 기술 개발 ○ 대하천 생물폐사 사고원인 규명기준 및 관리 기술지침 ○ 극한기후 대응 지표생물군 서식처 확보기술 ○ 생태건전성 훼손대응 장기모니터링 및 저감기술 ○ 대하천 생태건전성 평가시스템 기술인증(신기술) 【4과제】 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발 ○ 수량-수질-생태 모니터링 계측기술 표준화 지침서 ○ 통합 물관리의 정책적 실현을 위하여 제도개선 방안 ○ 대하천 수운영 물관리정보 통합관리 플랫폼 ○ 대하천 수량, 수질, 생태 정보를 연계한 수운영 의사결정구조 【5과제】 대하천 어도기능 고도화 기술 개발 ○ 대하천 어도 기능개선된 설계기준 및 어도관리 가이드라인 ○ 어류 수변 서식처 평가 및 확보기술 ○ 대하천 표준 어도구조 및 운영 기준 ○ 어도 원격자동 모니터링을 위한 장치(시스템)

【연구단 운영】 ○ 대하천 운영기술 확산 및 인식증진 보고서 ○ Test-bed 기획 및 운영 가이드라인	
6. 연구기간 및 지원예산	
☐ 전 체	○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 215억원(정부출연금 : 215억원)
7. 기 타	
	○ 연구개발계획서는 각 과제별 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 목적달성에 필요하다고 판단되는 경우 발주기관과 협의하여 가감할 수 있음 ○ 각 과제별 제시한 단계별(3단계, 총8년) 연구내용을 참고하되, 단계별 후속과제 추진 초기 3개월 이내의 재기획을 통하여 각 부처의 정책계획 및 기 성과 활용방안을 포함할 수 있도록 연구개발계획서 작성 필요함 ○ 실용화를 위하여 필요시 산학연 공동 연구계획을 포함하여 작성해야 함

2. 총괄 제안요구서(RFP) 2안

□ (총괄) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	수리구조물 운영 기반의 대하천 수생태 건전성 증진기술 확보
1. 연구개발 목표	○ 국가하천인 대하천의 수질 및 생태를 고려하여 중장기적인 수리구조물의 운영기술 고도화 및 통합관리 기술개발 ○ 대하천의 수리구조물 운영기반의 수생태계 건전성 증진을 위한 기술개발 - (하도관리) 대하천 환경을 고려한 하도변화 예측모형 고도화 기술 개발 - (하도관리) 유량-유사량 및 하도지형변동 모니터링을 위한 고정도 관측기술 제시 - (건전성 훼손대응) 건전성 훼손요인 규명 및 수리구조물 운영을 통한 건전성 훼손 제어기술 개발 - (건전성 훼손대응) 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 도입 및 적정 운영 방안 수립 - (건전성 확보) 생물폐사 원인규명 기법 및 관리기술 개발 - (건전성 확보) 생물 서식공간 확보 및 생태건전성 유지기술 개발 - (수리구조물 운영) 수질 및 생태기반의 수리구조물 운영 의사결정구조 확립 - (수리구조물 운영) 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계 및 평가시스템 구축 - (어도 기능개선) 대하천 어도의 기능 고도화 및 운영관리 기술
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 대하천 하도변화 대응을 위한 선진화된 예측 및 모니터링 기술개발 - 수리구조물 운영에 따른 물리환경 변화가 예상되며 국외 모델링 기술을 국내 대하천에 효율적으로 활용할 수 있는 기반 구축이 필요함 - 또한, 장기적으로 수생태계 서식처 확보 및 유지를 위해서는 하도지형 형성, 하상재료 등이 복합적인 영향을 미치기 때문에 생태계 측면에서도 선진화된 하도변화 예측 및 고정도 모니터링 기술확보가 중요함 ○ 대하천 건전성 훼손 대응 기술 확보 - 국토교통부 관리대상인 대하천의 경우에 각종 생태학적 위해성에 적극적 대응방안과 통합적 유지관리 체계가 절실히 요구되고 있는 실정임 - 화학물질, 녹조 유래 독소, 유기물 부하 등 요인평가 및 저감을 위한 대하천 건전성 훼손 평가 관리제도 도입 ○ 대하천 건전성 유지관리 기술개발 - 가뭄, 홍수 등 극한기후와 퇴적물 축적, 급격한 수위변동 등으로 인한 수생태계 건전성 약화는 지속적인 경제적 손실, 국가적 생태자원의 소실 등을 야기할 수 있음 - 이에 대하천에서 발생 가능한 생태학적 위해 가능성 등에 적극적으로 대비하여 대응방안 및 통합적 관리체계 수립이 절실한 실정임 ○ 대하천 수량-수질-생태 정보 통합관리 및 의사결정 필요성 확대 - 다양한 부처에서 모니터링이 이루어지므로 대하천의 통합관리가 어려운 실정으로 체계적인 모니터링 정보의 연계 활용과 수리구조물 의사결정기준 확보가 요구됨 ○ 대하천 어도의 기능개선 기술개발 - 수리구조물에 설치된 어도는 이동성 향상, 어도형식별 개별 운영, 수리구조물 운영

□ 기술동향

등과 연계되는 측면에서 광범위한 이동성 향상 및 평가기술 개발이 필요함

- 대하천 하도변화 대응을 위한 선진화된 예측 및 모니터링 기술개발
 - 각 기관 및 연구단에서 정기적인 관측과 하도변화 예측을 수행하고 있으나 수리구조물 운영, 생태계 측면과 연계한 자료생산과 품질관리에는 한계가 있는 실정임
 - 하도변화 예측 기술은 국외 모형을 활용하고 있으나 대하천 맞춤형 모델링 기술의 고도화를 통한 선진화가 필요한 실정임
- 대하천 건전성 훼손 대응 기술 확보
 - 미국은 수질기준을 수생태계 보호를 위한 기준과 인체 건강 보호를 위한 기준으로 구분하고 있으며 유럽은 효과적인 모니터링을 통한 수환경 관리시스템 개발과 사후 관리방안 도출, 일본은 유해물질에 대해 감시항목 설정후 모니터링 진행함
 - 국내 하천 생활환경기준은 깨끗한 물에 초점을 두고 있어 수생생물 위해성 평가를 위한 모니터링과 보호지침(기준)이 도출되어 있지 않은 실정임
- 대하천 건전성 유지관리 기술개발
 - 국외는 미국 EPA에서는 “원인분석 및 진단결정 정보시스템”을 개발하여 지속적으로 발전해나가고 있으며 국내는 에코리버21연구단, 수생태복원사업단 등에서 자연성 보전, 복원후 지속가능한 하천관리 기술개발 중심으로 연구가 진행되었음
 - 수생태계 건전성을 반영하는 주요 지표생물 모니터링 시스템은 중장기적인 측면에서 보완점이 많으며 각종 조사로 인한 생태계 훼손 등이 야기되기도 함
- 대하천 수량-수질-생태정보 통합관리 및 의사결정 필요성 확대
 - 국내 각 부처에서 수량, 수질, 생태 모니터링은 개별적으로 수행되므로 수리구조물 운영을 위한 연계 활용이 미비하며 국외에서도 부족한 실정임
 - 수리구조물 운영 및 대하천 관리를 위하여 점차 수질 및 생태환경 측면을 고려하여 수환경 문제를 최소화할 수 있는 방향으로 물관리가 이루어지고 있음
- 대하천 어도의 기능개선 기술개발
 - 관련 부처 공동기준으로 제시하고 있는 「하천설계기준-어도편」은 대부분 어도의 형식별 규격기준으로 대하천에 적합한 배치 및 구성 등 제시가 부족한 실정임
 - 국내 어도기술 수준은 국외 기술과 유사한 수준이나 어도 운영관리, 모니터링, 수리구조물 운영과 연계한 측면에서 부족한 실정임

3. 연구개발 내용

【1과제】 대하천 하도관리 기술 고도화 ※2단계 초기 재기획후 추진

- 국내 적용가능 고정도 하도변화 모니터링 기술개발
 - 대하천 유량-유사량, 하도 지형변동 관측기술 수준 분석
 - 수리구조물 운영 조건을 고려한 하도변화 관측기술 개발
 - 국내 대하천 적용가능한 최적 기술 선정
 - Test-bed 실증을 통한 고정도 하도변화 모니터링 및 평가기법 제시
- 하도변화 예측모형 정확도 개선 및 하도지형 평가
 - 예측모형 고도화를 위한 고정도 모니터링 연계성 분석
 - 하도변화 예측모형 개선 및 장단기 하도지형 평가
 - 유량변화 및 수리구조물 운영에 따른 하도변화 예측모형 적용성 평가
- 수리구조물 운영을 고려한 대하천 하도관리 기술개발
 - 수리구조물 운영 조건에 따른 수질 및 생태기반 수운영자료 분석

- * “4대강 수자원 활용 개선 방안 수립” 및 “댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립” 성과 활용

－ 대하천 맞춤형 장단기 하도관리방안 제시

【2과제】 대하천 건전성 훼손대응 기술개발 ※2단계 초기 재기획후 추진

- 대하천 건전성 훼손 평가 및 관리기술 개발
 - － 생태학적 건전성 훼손 평가 항목 및 방법 확립
 - － 건전성 훼손 평가 및 등급화를 통한 훼손요인 규명 및 저감방안 제시
 - － 건전성 훼손 평가 및 등급화 시스템 확립 및 가이드라인 제시
- 대하천 건전성 훼손 사전 대응 체계 구축
 - － 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 대하천 활용성 검증 및 적용방안 수립
 - － 대하천 건전성 훼손도 측정망 도입 방안 수립
 - － 건전성 훼손 대응을 위한 법제화 방안 제시
- 수리구조물 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 방안 도출

【3과제】 대하천 수생태계 건전성 확보 기술 개발

- 대하천 생물폐사 원인 규명기법 및 관리기술 개발 ※2단계 초기 재기획후 추진
 - － 생물폐사 원인분석과 진단을 위한 조사 및 평가기법 개발
 - － 생태건전성 보전, 평가 사례 분석 기법 제시
 - － 대하천 생물폐사 관리 가이드라인 제시
- 생물 서식공간 확보 및 생태 건전성 유지기술 개발
 - ※1단계부터 어류중심 서식공간 확보 추진
 - － 홍수, 가뭄, 퇴적물, 수위변동 등 훼손 요소별 서식처 확보 및 훼손 저감 기술 개발
 - － 생태건전성(비교란형) 유지를 위한 장기모니터링 시스템 운영체계 구축
 - － 대하천 건전성 유지관리를 위한 수리구조물 운영 기준 개발
 - － 대하천 생태건전성 평가시스템 및 운영 가이드라인

【4과제】 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발 ※2단계 초기 재기획후 추진

- 대하천 하천공간-수질-생태 연계 모니터링 체계 구축
 - － 모니터링 자료의 신뢰성 향상 및 불확도 개선 기술개발
 - － 수생태계 표준 생물 모니터링 기술 체계화
 - － 대하천 수량-수질-생태 모니터링 계측 기술 표준화 방안 수립
 - － 통합 물관리의 정책적 실현을 위하여 제도개선 방안 제시
- 수생태 기반 물정보 연계활용 플랫폼 구축 및 활용시스템 개발
 - － 대하천 모니터링 정보기반 물관리정보 운영 통합플랫폼 개발
 - － 모니터링 정보를 활용한 대하천 수운영방안 제시
 - － 빅데이터 기반 정형, 비정형 자료 분석을 통한 수리구조물 운영지표 가시화 모듈 설계

* 국토부 “Smart River 정보관리 기술개발” 및 환경부 수질 및 생태모니터링 정보관리

시스템 연계활용

- 수질 및 생태 기반 수운영 의사결정구조 개발
 - － 수리구조물 운영지원 분산형 물관리정보시스템 최적화
 - － 다목적 수리구조물 운영 시스템 시범적용 및 평가
 - － 대하천 수리구조물 최적 의사결정구조 확립

【5과제】 대하천 어도기능 고도화 기술 개발 ※1단계부터 추진

- 대하천 어도 기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술
 - － 대하천 및 댐 운영 어도시설 및 운영 현황 분석 및 비교평가
 - － 수리구조물의 구조 및 운영 조건에 따른 어도 효율 평가
 - － 수리모형을 통한 기능개선 요인 시험 평가
 - － 대하천 어도 통합관리 방안 수립(어도설계기준)
 - 극한 기상대응 어도기술 개발
 - － 유량 및 수위변화 어도 운영 대응기술 개발
 - － 가뭄 및 홍수 등에 따른 어도 운영조건 제시
 - 국내 어류 적용형 원격자동 모니터링 시스템 개발
 - － 어도 효율평가용 형태DB 구축 및 검증
 - － 모니터링장비 Test-bed 실증 및 기술인증
 - 어류 서식처의 연속성 및 이동성 평가 기술개발
 - － 어류 이동성 평가시스템의 국산화 및 장비 개발
 - － 수위변동에 대한 적응적 서식처 조성 및 유지관리 기술개발
 - － 대하천 어도효율 및 하천생태기능 증진 진단 기술 개발
- * 해수부 어도개선사업 및 국가 어도개선사업 등과 연계한 사업기획

【연구단 운영】

- 대하천 운영관리기술의 효율적 확산 ※1단계부터 추진
- 대하천 운영기술 국민 인식평가 및 증진 ※2단계 초기 재기획후 추진
- Test-bed 기획 및 최적운영 ※2단계 초기 재기획후 추진
 - － 2단계 과제별 Test-bed 세부 운영계획 수립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국토교통부 기 연구성과 및 국가 R&D 성과 활용을 극대화 하고 현업 수요자 맞춤형 기술개발 추진
- 선도적 연구 및 실무경험과 축적된 선진기술을 보유한 국외 연구기관과 기술 및 인적 교류를 시행하여 추진
- 현실 적용가능성 증진을 위한 산학협동 연구 추진 및 개발기술에 대한 기술인증 추진을 통해 사업화 기반 확보
- 수량-수질-수생태계 통합관리 전략 수립을 위하여 과제간 지속적인 연구성과 피드백

□ 추진체계

- 수공학 전문가 뿐만 아니라 수생태계 서식처 관리와 복원을 연계하여 연구를 수행할 수 있는 생태수리지형학적 지식과 연구수행 경험을 가진 전문가 및 기관에서 수행
- 대하천 수리구조물 운영기관 담당자가 참여하거나 자문위원으로 포함되

	어 정보의 공유 및 품질관리가 이루어질 수 있도록 추진체계 구성 ○ 산학연 컨소시엄으로 추진하여 연구개발 성공적 추진 및 개발 기술의 실증적 적용을 위하여 수요처와의 협력체계 구축 ○ 국제적 수준의 연구 네트워크 구축 및 공동연구를 통한 검증화 추진
5. 최종성과물 ☐ 주요 최종성과물	【1과제】 대하천 하도관리 기술 고도화 ○ 대하천 장기 하도변화 평가를 위한 예측력 향상 모형 ○ 대하천 하도변화 고정도 모니터링 기술 ○ 수리구조물 운영을 고려한 하도관리 기술 지침서 【2과제】 대하천 건전성 훼손대응 기술개발 ○ 대하천 건전성 훼손도 평가 통합적 등급화 시스템 ○ 건전성 훼손도 사전 모니터링 장치 ○ 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 관리 법제화 기반 수립 【3과제】 대하천 수생태계 건전성 확보 기술 개발 ○ 대하천 생물폐사 사고원인 규명기준 및 관리 기술지침 ○ 극한기후 대응 지표생물군 서식처 확보기술 ○ 생태건전성 훼손대응 장기모니터링 및 저감기술 ○ 대하천 생태건전성 평가시스템 기술인증(신기술) 【4과제】 수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발 ○ 수량-수질-생태 모니터링 계측기술 표준화 지침서 ○ 통합 물관리의 정책적 실현을 위하여 제도개선 방안 ○ 대하천 수운영 물관리정보 통합관리 플랫폼 ○ 대하천 수량, 수질, 생태 정보를 연계한 수운영 의사결정구조 【5과제】 대하천 어도기능 고도화 기술 개발 ○ 대하천 어도 기능개선된 설계기준 및 어도관리 가이드라인 ○ 어류 수변 서식처 평가 및 확보기술 ○ 대하천 표준 어도구조 및 운영 기준 ○ 어도 원격자동 모니터링을 위한 장치(시스템) 【연구단 운영】 ○ 대하천 운영기술 확산 및 인식증진 보고서 ○ Test-bed 기획 및 운영 가이드라인
6. 연구기간 및 지원예산	

□ 전 체	○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 215억원(정부출연금 : 215억원)
7. 기 타	○ 연구개발계획서는 각 과제별 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 목적달성에 필요하다고 판단되는 경우 발주기관과 협의하여 가감할 수 있음 ○ 각 과제별 제시한 단계별(3단계, 총8년) 연구내용을 참고하되, 단계별 후속과제 추진 초기 3개월 이내의 재기획을 통하여 각 부처의 정책계획 및 기 성과 활용방안을 포함할 수 있도록 연구개발계획서 작성 필요함 ○ 실용화를 위하여 필요시 산학연 공동 연구계획을 포함하여 작성해야 함

3. 과제별 제안요구서(RFP)

☐ (1과제) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	(1과제) 대하천 하도관리기술 고도화
1. 연구개발 목표	○ 대하천 환경을 고려한 하도변화 예측모형 고도화 기술 개발 ○ 유량-유사량 및 하도지형변동 모니터링을 위한 고정도 관측기술 제시
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	☐ 연구개발의 필요성 ○ 대하천 수리구조물 운영에 따른 물리환경 변화가 예상되며 국외 모델링 기술을 국내 대하천에 적합하게 활용할 수 있는 기반 구축이 필요함 ○ 또한, 장기적으로 유량-유사량 및 하도지형변동 모니터링이 필요하며 체계적이고 고정도의 관측기술이 뒷받침 되어야 함 ○ 연속적으로 연결되어 있는 대하천의 수리구조물 운영으로 인한 흐름 및 유사이송 변화에 대한 분석이 마련되지 않을 경우, 저수용량, 하류하천 및 하구역에 이르기까지 지형변화 뿐만 아니라 생물 서식처 변화 등 생태계에 광범위하고 중장기적인 구조적, 기능적 변화를 유발시킬 가능성이 높음 ○ 수생태계 서식처 다양성 유지 및 복원을 위해서는 대하천 하도지형 형성, 하상재료 및 유사공급 조건 등이 복합적으로 영향을 미치고 있기 때문에 생태지형학적 측면에서도 하도변화 예측, 해석 및 대응 기술개발 확보가 중요함 ☐ 기술동향 ○ 국토부(유량조사사업단) 및 K-water 등 관련 기관에서 정기적으로 수문 관측(유량-유사량)을 수행하고 있으나, 물리적인 하도지형변화와 양적인 유사변화 중심의 조사가 이루어지고 있어 생태지형학적인 측면에서 자료 생산과 품질관리에는 한계가 있는 실정임 ○ 첨단하천관리기술연구단(ARCROM)은 대하천의 하도변화 예측을 하는데 초점이 맞추어져 있으며, 그린리버 연구단에서는 지류하천의 복원 및 관리를 위한 연구를 수행하고 있으며 그 결과를 활용 및 연계하여 지속적인 하도변화에 대응할 수 있는 자료축적이 이루어져야 할 것임 ○ 하도변화 모델링 기술력은 국외 개발된 모형을 활용하여 분석되고 있으나 국내 대하천 수리구조물 운영을 고려할 수 있는 대하천 맞춤형 모델링 기술의 고도화가 뒷받침 되어야 함
3. 연구개발 내용	【1단계】 대하천 생태지형학적 지형변화 예측기술 고도화 (1단계-1차년도) ○ 하도변화 예측모형 적용성 검토 및 평가

- 선진모형의 대하천 하도변화 예측 적용성 비교 검토
- 국내 적용가능 하도변화 모니터링 기술 분석
 - 하도관리를 위한 고정도 모니터링 목표 설정
- 대하천 수운영자료 분석
 - 대하천 주요지점별 수운영 자료 조사 및 분석
(“4대강 수자원 활용 개선 방안 수립” 및 “댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 수립” 성과 활용)

(1단계-2차년도)

- 하도변화 예측모형 적용성 검토 및 평가
 - 예측모형 고도화를 위한 고정도 모니터링 연계성 분석
 - 하도특성을 고려한 하상변화 영향평가
- 국내 적용가능 하도변화 모니터링 기술 분석
 - 하도관리를 위한 고정도 모니터링 목표 설정
 - 국외 첨단 하도변화 관측기술 비교 검토
 - 대하천 유량-유사량 분석, 하도 지형변동 관측기술 수준 분석
- 대하천 수운영자료 분석
 - 대하천 주요지점별 수운영 자료 조사 및 분석

(1단계-3차년도)

- 대하천 유량변화 따른 장기하도변화 예측모형 개선 및 하도지형 평가
 - 대하천 장기 하도변화 예측모형(1D) 적용을 통한 모형 평가
 - 유량변화 및 수리구조물 운영에 따른 장기 하도변화 예측모형 개선
 - 하안 침식을 고려한 흐름 특성 및 하도지형 평가
- 유량-유사량 측정 분석기술 개발
 - 하도의 지형변동 자료 수집 및 분석
 - 수리구조물 운영 조건을 고려한 유량-유사량 관측 및 분석
 - 국내 대하천 적용가능한 최적 기술 선정
- 대하천 수리구조물 운영 조건에 따른 수운영자료 연계 분석
 - 수리구조물 운영 조건별 수운영 특성 분석

(1단계-4차년도)

- 대하천 지류영향 평가 및 장기 하도관리방안 제시
 - 대하천 하도변화의 지류영향 평가
 - 하안침식을 고려한 하도변화 장기에측 모형 적용성 검증
 - 1D 예측모형을 활용한 대하천 장기 하도관리방안 제시
- 유량-유사량 분석 개발기술 적용성 평가
 - 정밀 수문자료(유량-유사량, 하도변화) 평가 기법 제시
 - 고정도 하도관측기술 Test bed 적용을 위한 지점 선정 평가

- Test-bed 운영을 위한 대하천 수운영 시계열 자료 제시
 - 수리구조물 및 Test-bed 운영에 따른 수운영 시계열 자료 분석

【2단계】 Test-bed 운영을 통한 대하천 하상변동 고정도 모니터링 기술 실증

- 대하천 유량변화에 따른 단기 하도변화 분석 및 평가
 - 유량 및 수리구조물 운영에 따른 단기하도변화 분석(2D, 3D)
 - 합류부 형태에 따른 하상변동 예측 및 평가
 - 합류부 변화 모형의 적용 및 Test-bed 평가
 - 수리구조물 운영을 고려한 하도변화 예측모형 적용성 검토
- 하상변동 모니터링 기술 Test-bed 적용 실용화
 - 고정도 관측기술(유량-유사량, 하도변화) 시험적용 및 실용성 평가
 - Test-bed 하도복원 평가

【3단계】 대하천 맞춤형 하도관리 기술지침 개발

- 대하천 맞춤형 하도변화 예측 고도화 및 모형 개발
 - 대하천 하도지형 변동 예측모형 실증 완료
 - 지류유입을 고려한 합류부 관리 가이드라인 개발
 - 수리구조물 운영에 따른 하도변화 예측모형 가이드라인 개발
- 고정도 하도변화 관측기술 개발
 - 수리구조물 운영을 고려한 하도관리 지침
 - 하도관리를 위한 하도 모니터링 및 분석 매뉴얼 개발
- 수운영을 고려한 하도관리기술 개발
 - 대하천 최적 하도관리 가이드라인 제시

4. 연구개발 추진방법

☐ 추진전략

- 국토교통부 하천유량관리시스템, 유량조사사업단 및 첨단하천관리기술 연구단(ARCROM), K-water 등 대하천 관리 및 운영기관에서 도출된 연구 성과를 최대한 활용하여 자료 연속성을 확보하고 수생태계 관련 정보는 기존의 자료를 최대한 활용할 수 있도록 함
- 기술개발에 필요한 Test-bed 운영시 대하천 관리 및 운영기관과 상호 정보를 공유함으로써 실무적인 측면에서 수요자 요구에 맞는 연구성과 도출이 이루어질 수 있도록 추진
- 본 연구는 생태환경 기반의 물리적 환경변화 분석의 각 분야간 지속적인 협업과 교류가 이루어질 수 있도록 하고 선도적인 연구 및 실무경험과 축적된 선진기술을 보유한 국외 연구기관과 기술 및 인적 교류를 시행하여 추진
- 또한, 다양한 기관간(국토교통부, 농림축산식품부, 환경부 등) 지속적인 협업이 이루어 질 수 있도록 연구 수행기간동안 부처간 정보공유를 위한 계획이 구체적으로 포함되어야 함

☐ 추진체계	○ 수공학 전문가 뿐만 아니라 수생태계 서식처 관리와 복원을 연계하여 연구를 수행할 수 있는 생태수리지형학적 지식과 연구수행 경험을 가진 전문가 및 기관에서 수행 ○ 대하천 수리구조물 운영기관에서 생산되는 유량 및 유사량 정보 공유를 위하여 해당 기관 담당자가 참여하거나 자문위원으로 포함되어 정보의 공유 및 품질관리가 이루어질 수 있도록 추진체계 구성 ○ 국제적 수준의 검증된 선진모형 및 관측기술 도입과 국내 대하천 맞춤형 기술개발 및 고도화를 위하여 국외 전문가 네트워크를 구축 및 필요한 요소기술 개발을 위하여 공동연구 추진
5. 최종성과물	
☐ 주요 최종성과물	【1단계】 ○ (1단계-1차년도) - 하도변화 모니터링 기술 수준분석 보고서 ○ (1단계-2차년도) - 대하천 하도변화 예측모형 적용성 검토결과 보고서 - 수리구조물과 연계한 유사관리 기술검토 보고서 ○ (1단계-3차년도) - 대하천 장기 하도변화 평가를 위한 예측 모형 - 국내 대하천 적용가능한 최적 기술 선정결과 보고서 ○ (1단계-4차년도) - 대하천 하도변화 예측모형을 활용한 장기 하도관리방안 - 수리구조물 운영을 고려한 하도변화 예측모형 개선 모듈 【2단계】 - Test-bed 운영 현황 및 대하천 하도 관리 기술의 적용성 평가결과 - 대하천 하도변화 첨단 고정도 모니터링 기술 【3단계】 - 하도지형 변화 예측모형 가이드라인 - 하도관리를 위한 하도 모니터링 및 평가 매뉴얼 - 수리구조물 운영을 고려한 하도관리 기술 지침서
6. 연구기간 및 지원예산	
☐ 전 체	○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 39억원(정부출연금 : 39억원)
7. 기 타	
	○ 없음

□ (2과제) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	(2과제) 대하천 건전성 훼손대응 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 대하천 건전성 훼손 평가 및 관리 기술 개발 ○ 건전성 훼손요인 규명 및 수리구조물 최적 운영안 도출을 통한 건전성 훼손 제어 기술 개발 ○ 대하천 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 도입 및 적정 운영 방안 수립
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 대하천 수리구조물 운영을 통한 수질개선에 대한 기대가 증가함에 따라, 대하천 수질변화에 따른 생태계 건전성 훼손 정도를 정확히 파악하고, 그 변동 원인 파악 및 관리의 필요성 증대 ○ 2013년 ‘금강 수계 보 유역별 수질 영향인자 인벤토리 구축 사업’을 통해 수리구조물 중심의 주변 오염원 및 지천 합류 여부 등 주변 환경조사를 실시하였으나, 구체적인 후속 관리 방안 및 대책 마련이 필요함 ○ 효율적인 수질 관리를 위해 대하천 수리구조물을 중심으로 한 유역 단위의 지속적 건전성 훼손 평가 및 원인 규명 사업이 실시되어야 함 ○ 수계로 유입되는 화학물질의 종류와 사용량의 증가가 예상되나, 현행 화학물질 중심의 규제로 공공수역을 생태적으로 건강하게 유지·관리하는 데는 한계가 있음 ※ 국내 유통 화학물질 41,000여종 중 400종은 공공수역으로 배출('07년 기준) ※ 수질 및 수생태계 환경기준(사람의 건강보호) 22종, 폐수배출허용기준 46종 - 특히, 본류와 지류의 합류지점이라고 볼 수 있는 보 주변 공공수역의 하천은 오염에 대하여 취약함 ○ 환경부는 ‘수질 및 수생태계 보전에 관한 법률’에 근거하여 수생태계 보전을 담당하고 있으나, 국토교통부가 관리하고 있는 대하천의 경우, 발생될 수 있는 각종 생태학적 위해성 등에 대비한 적극적 대응방안 수립 및 이에 따른 통합적 유리관리 체계가 절실히 요구되고 있는 실정임 ○ 현재 운영중인 수질일반측정망과 생태독성 배출관리제도로는 구조적 특성이 다른 대하천 수리구조물 주변 유역의 생태적 안전을 담보할 수 없음 ○ 2008~2015년까지 ‘공단주변 공공수역 생태위해성 평가체계 구축 사업’이 진행되었으며, 화학물질 유래 위해성을 생태적 기법과의 융합을 통해 생태위해성 등급화 시스템을 구축함으로써, 공단주변의 수계의 안전성을 확보하고 관리하기 위한 방안을 제시하였으나, 이 시스템을 대하천 수리구조물 주변 공공수역에 적용하고 보완함으로써, 대하천 생태계의 건전성을 관리하고 유지할 수 있는 기술로 활용하고자 함 ○ 대하천 건전성 훼손 평가 관리제도의 도입이 필요함. 화학물질, 녹조 유래 독소, 유기물 부하 등의 원인으로 발생될 수 있는 수질 및 퇴적물의 오염에 의한 생태계의 영향을 평가하고 요인까지 저감할 수 있는 체계적인 제도적 관리방안 마련이 필요함 ○ 건전성 훼손 감시 및 방제를 위한 수질 변화의 상시 분석과 평가 등을 실시하여 수질변동 원인 분석 및 이에 대응하는 수리구조물 최적 운영방안을 도출함으로써 대하천 건전성 관리 업무의 효율성 제고가 필요함

□ 기술동향

○ 국외 기술동향

- 미국: 오염물질의 농도와 환경 또는 인간의 건강에 대한 상관성에 대한 과학적 판단 기준에 의거한 Clean Water Act (CWA) 제도 마련함. 1999년에 National Recommended Water Quality Criteria를 발표하였고 2009년 현재의 미국 수생태계 보호를 위한 수생생물 보호기준을 도출. 미국은 수질 기준 (Criteria)을 수생태계 보호를 위한 기준 (Criteria)과 인체 건강 보호를 위한 기준 (Criteria)으로 구분. 수생태계 보호를 위한 수질 기준 (Criteria)은 담수 및 해수에서의 오염물질 별 급성 농도 기준 (Criteria Maximum Concentration, CMC)과 만성 농도 기준 (Criteria Continuous Concentration, CCC)을 설정하고 있는데 pH와 경도에 따라 독성 값이 변하는 경우에는 이를 보정한 계산식에 근거하여 재설정함
- 캐나다: 1987년 수질관리 기준 (Water Quality Guideline)을 제정한 이후로, 여러 가지 목적 (인간의 건강 보호, 수생생물 보호, 농업용수 보호, 레크레이션 또는 정서적 목적, 퇴적물, 토양 대기, 생체 잔류량 등)을 갖는 환경관리 기준으로 확대하여 운영
- 유럽: 수질관리정책으로 Water Framework Directive(WFD) 틀 안(Article 16)을 만들어 수생태계 (인간의 건강 포함) 보호를 목적으로 수생생물 보호기준을 두고 운영하고 있음. 이에 따라 WFD의 Annex X (Environmental Quality Standard in the field of water policy)에는 수생태계 및 인간의 건강 보호를 위한 우선순위 물질이 열거되어 있음 (Decision 2455/2011/EC). River Basin Management Plan (2009)의 예를 보자면 2007-2008년에 실시된 WFD 계획하에 수행된 모니터링 자료를 기반으로 생성되었는데 WFD의 ANNEX V에 지표수(surface water)에 대하여 요구하고 있는 법적기준으로 생태학적 수질상태를 분류하기 위한 질적 요인, 생태학적 상태 분류에 대한 정의, 모니터링 방법-surveillance monitoring (biological), operational monitoring (chemical), investigative monitoring (quantitative) 등과 모니터링 횟수, 보호구역의 모니터링, 질적 요소의 모니터링을 위한 기준, 생물학적 모니터링과 화학적 모니터링결과와 상관성등에 대한 상세한 지침이 기술되어 있음. 기본 정신은 효과적 인 모니터링으로 결국 보다 개선된 수환경 관리 시스템의 고안과 사후 관리 방안 창출이 가능하고, 보다 정밀 하게 수질 상태 분류하게 되며 건전성 훼손 경향을 시의적절하게 진단하게 해준다는 것임. WFD에는 수생태계 보호를 위한 수질환경기준 (Environmental Quality Standard) 도출 절차 가운데 특히 조류, 수생대형식물, 어류, 물벼룩류 등의 급성 및 만성데이터를 이용하며, 수집된 자료에 따라 4단계로 구분되어 있는 Safety Factor를 적용하여 설정한다고 되어 있음
- 일본: 공공지역의 수질환경 기준은 인간의 건강보호와 생활환경의 보전에 초점을 두어 설정되어 있는데 이러한 수질환경 기준 외에도 수생생물 보전과 관련한 수질유해물질에 대해 주요감시항목으로 설정하고 모니터링 작업도 진행하고 있음. 일본의 수생태계 보호 목적의 수질환경 기준은 수역구분, 수생생물구분, 수생태 독성평가 등의 자료를 토대로 설정.

○ 국내 연구동향

- 1990년에 제정된 「환경정책기본법」에 따라 수질 및 수생태계 환경기준을 도입하여 제도적으로 운영하고 있음. 그러나 하천의 생활환경기준을 pH, BOD,

	COD, TOC, SS, DO, TP, 대장균군 등으로 깨끗한 물(환경)에 초점을 두고 있기에 수생생물 보호를 위한 기준으로 판단하기 어려움. 또한, 오염물질 배출 허용기준의 경우도 수질오염물질에 대한 기준설정으로 수생태계 보호에 기여할 수 있으나, 수생생물에 대한 위해성 평가를 통해 산출되는 수용체 중심의 기준 값이라고 보기 어려움 － 환경부는 환경보전 종합계획 (2011-2020)을 수립하여 유해물질에 대한 위해성 평가를 실시할 수 있는 ‘환경유해인자의 위해성평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침’ 을 마련하여 선진국처럼 생태계의 위해성 평가를 수행하도록 하고 있으나 현 시점까지 위해성 평가를 위한 모니터링 자료와 종 민감도 분포 (Species Sensitivity Distribution) 기법 등을 활용한 수생생물 보호를 위한 지침 (Guideline) 또는 수생생물 보호 기준이 도출되어있지 않음
3. 연구개발 내용	【1단계】 : 건전성 훼손 평가 및 유지관리 기법 개발 (1단계-1차년도) : 기 성과 및 추가 자료 분석 ○ 기존 성과 수집 및 분석 － 선행과제인 환경부 ‘공단주변 공공수역 생태위해성 평가 체계 구축 연구’ 성과 인수 － 대하천 건전성 훼손 요인 규명 및 저감 사례 조사 (1단계-2차년도) : 기 성과 및 추가 자료 분석을 통한 적용 방안 제시 ○ 기존 성과 수집 및 분석 － 화학물질 이외에 녹조 유래 독소 및 유기물 부하에 의한 생태계 영향 평가 지표 자료 수집 － 대하천 건전성 훼손 요인 규명 및 저감 사례 조사 － 용역 성과 적용 방안 및 평가를 위한 분석 (1단계-3차년도) : 건전성 훼손 평가 기법 및 훼손 요인 규명 기법 개발 ○ 생태학적 건전성 훼손 평가 기법 개발 － 평가 대상 지표(화학물질, 녹조 유래 독소, 유기물 부하 등) 선정 － 각 지표별 최적 생물종 선정 및 평가 방법 확립 － 최적 평가항목(criteria) 및 목표기준(standards) 설정 ○ 건전성 훼손 요인 규명 기법 개발 － 기존 화학물질 원인 규명 기법의 대하천 적용 가능성 검증 및 보완 － 건전성 훼손 요인 분석 Tool을 개발하여, 신규 훼손 가능 요인 파악 및 규명 방법 확립 (1단계-4차년도) : 건전성 훼손 등급화 시스템 구축 및 저감 기술 개발 ○ 건전성 훼손 등급화 시스템 구축 － 정밀조사 측정 항목 선정 및 기법 확립 － 대하천 수리구조물 주변 공공수역 측정 지점 및 횡수 선정 방법론 확립 － 평가 지표별 지수화 기준 선정 및 등급화 기준 선정 ○ 대하천 건전성 훼손 요인 저감 기술 개발 － 대하천 건전성 훼손 원인물질 배출원, 배출실태 등 환경조사 및 정보수집 － 기존 화학물질 대상 저감 평가 방법 검증 및 보완

- 화학물질 이외 요인들에 대한 저감 평가 방법 확립
- 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 도입을 위한 기존 성과 수집 및 분석
- 선행과제인 중기청 ‘마이크로 블루테크닉 기반의 실시간 독성 모니터링 및 진단 장치 개발’ 성과 인수 및 적용 방안 검토

【2단계】 : 건전성 훼손 평가 및 유지관리 기술 적용 및 사전 모니터링 장치 도입 방안 제시

- 건전성 훼손 평가 및 등급화 시범 사업 추진
 - 유역별 Test-bed 선정
 - 건전성 훼손 평가 시스템 적용
 - 유역별 분석 자료를 통한 등급화 및 DB 구축안 제시
- 등급화에서 우려이상 지점들에 대한 훼손 요인 규명 추진
 - 지점의 TIE를 위한 세분화
 - 훼손 요인 규명 실시
 - 점오염원 및 비점오염원 추적을 통한 훼손 요인 검증
- 건전성 훼손 요인 저감 방안 제시
 - 수공, 환경부 & 지자체 협조하에 저감 방안 제시
 - 현장 적용을 통한 저감 확인
- 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 Test-bed 적용
 - 실시간 생태독성 진단장치 도입을 통한 사전모니터링 가능성 확인 및 보완

【3단계】 : 대하천 건전성 훼손 대응 관리 체계 구축 및 제도화 기반 수립

- 대하천 건전성 훼손 평가 및 등급화 시스템 개선 확립 및 법제화 기반 수립
 - 건전성 훼손 평가 및 등급화 시스템 개선 확립
 - 대하천 건전성 훼손 평가용 Test battery 및 가이드라인 제시
 - 대하천 건전성 훼손도 측정망 도입 방안 제시
- 건전성 훼손요인 원인 규명, 저감평가 방법 개선 및 법제화 기반 수립
 - 건전성 훼손 요인 원인 규명 및 저감 평가 방법 개선 확립
 - 가이드라인 제시
- 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 방안 도출 및 관리 개선
- 건전성 훼손도 사전 모니터링 장치의 대하천 적용시 적정 운영 매뉴얼 개발 및 장치 개선 확립

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 2008~2015년 진행된 “공공수역 생태위해성 평가 체계 구축 및 원인물질 규명 및 저감 방안 마련 연구”의 성과를 최대한 활용하여 대하천 수리구조물 평가 적합한 최적의 관리 기술 개발 필요
- 하천의 주요 오염물질 배출원의 관리 주체가 환경부이고, 수질 및 퇴적물 측정망 자료 활용 및 검증을 위해서는 이 관리부서와의 연계가 절대적으로 필요
- 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 개발은 기존의 성과물들을 충분히 활용하고, 이들의 댐-보-저수지 등에 적용하였을때의 운용 성능을 비교하고 개선하는 전략이 필요함
- 세부간의 긴밀한 협조를 통한, 효율적 과제 수행 필요
- 본 연구수행을 위해 국토부, 환경부 및 각 유역 지자체의 협조가 절실함

☐ 추진체계	○ 환경부 수질측정망과 각 지방 유역환경청의 수리구조물 주변 수질 및 퇴적물 환경 조사 사업에서 생산되는 정보 공유 ○ 기존 ‘공단주변 공공수역 생태 위해성 평가 체계 구축’ 사업의 등급화 결과를 활용하고, 주요 원인물질들에 대한 결과 정보 활용 ○ 상기 기관을 통해 과업을 수행한 경험이 있는 기관에서 수행하여야 함
5. 최종성과물	☐ 주요 최종성과물 【1단계】 ○ (1단계-1차년도) - 기존 ‘생태위해성 평가체계 구축’ 성과 인수 ○ (1단계-2차년도) - 대하천 수리구조물 주변 공공수역에 건전성 훼손 평가 시스템으로서 적용 방안 제시 ○ (1단계-3차년도) - 물리화학적, 생물학적 요인의 융합적 priority 평가 지표 개발 - 평가항목 및 목표기준 제시 - 건전성 훼손 요인 규명 기법 제시 ○ (1단계-4차년도) - 대하천 건전성 훼손도 통합적 등급화 시스템 제시 - 건전성 훼손 요인별 저감 방안 제시 - 수생태 보전적 측면에서 유역별 건전성 훼손도 관리 방안 제시 - 건전성 훼손 사전 모니터링 장치 기존 성과 수집 및 적용 방안 제시 【2단계】 - 개발된 건전성 훼손 평가 및 원인 규명을 통한 관리의 적용 - Test-bed을 통한 기존 운영자료 검증 - GIS 기반 건전성 훼손도 등급 DB 구축안 제시 - 사전 모니터링 장치 Test-bed을 적용을 통한 검증 【3단계】 - 건전성 훼손 평가 및 등급화 지침서 개발 및 법제화 기반 수립 - 대하천 건전성 훼손도 측정망 도입 방안 수립 - 건전성 훼손 요인 규명, 저감 평가 방법 개선 및 법제화 기반 수립 - 건전성 훼손도 저감을 위한 수리구조물 최적 운영 관리 법제화 기반 수립 - 현장 재현성 및 정밀성이 확보된 건전성 훼손도 사전 모니터링 장치의 대하천 적정 운영 매뉴얼 개발
6. 연구기간 및 지원예산	☐ 전 체 ○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 29억원(정부출연금 : 29억원)
7. 기 타	○ 없음

□ (3과제) 과제제안 요구서(RFP)

세부과제명	(3과제) 대하천 수생태계 건전성 확보기술 개발
1. 연구개발 목표	○ 대하천 생물폐사 원인규명 기법 및 관리기술 개발 ○ 대하천 생물 서식공간 확보 및 생태건전성 유지기술 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	□ 연구개발의 필요성 ○ 대하천 건전성 유지관리 기술개발 － 최근 이상기후 등으로 인한 대하천 수생태계 건전성 약화는 지속적인 경제적 손실, 국가적 생태자원의 소실 등을 야기할 수 있음 － 특히, 가뭄, 홍수, 퇴적물 축적, 급격한 수위변동 등의 각종 극한기후에 대한 생태변화를 반영하는 주요 저서생물군에 대한 중장기적인 모니터링과 통합평가 시스템은 개발되어 있는 않은 실정임 － 이에 대하천에서 발생가능한 생태학적 위해 가능성 등에 적극적으로 대비하여 대응방안 및 통합적 관리체계 수립이 절실한 실정임 ○ 횡적 연속성 평가 및 관리기술 － 하천의 횡적인 생태연결성은 수변림, 하천생태계와 유지생태계의 추이대 형성 등과 직접 연결되어 있고, 하천으로 유입되는 오염원 대부분이 횡적방향으로 발생됨에 따라 오염원 관리와 하천의 생태적 건전성 증진 측면에서 하천주변의 생태적 조성, 연결, 평가 및 유지관리는 매우 중요한 항목임 □ 기술동향 ○ 생물폐사 관리기술 － 대하천 수리구조물에 의한 유사 퇴적, 이로 인한 용존산소 감소는 어패류 및 저서생물에 영향을 미치고, 산소가 희박한 퇴적 환경의 영향에 대한 우려가 제기되고 있으나 이에 대한 모니터링 및 관리기법이 정립되어 있지 못한 상황임 － 국외의 경우 생물폐사(주로 어류) 조사 및 원인규명을 위한 기법과 가이드라인을 개발하여 활용중에 있으며 미국 EPA에서는 수생태계내의 해로운 변화 원인 및 원하지 않은 생물학적 상태에 eogs 원인을 판단하기 위한 실용적인 도구로 “원인분석 및 진단결정 정보시스템”을 개발하여 이용하고 있으며 지속적으로 발전해나가고 있음 － 전반적인 수생태계 교란 및 피해 내용 보다는 실제적인 생물폐사 사고와 같은 현실적으로 대처 가능한 가이드라인 개발이 이루어지고 있음 － 지난 30년 이상 국외 기술개발 및 적용경험 결과를 분석하면 조류제어 기술은 대상 수체와 유역 특성에 따라 효과에 상당한 차이가 나타나고 범용적인 적용성 확보와 높은 효과를 지속적으로 발휘하기 어려운 것으로 나타남 － 따라서 단일 기술보다는 복합적인 시스템 기술을 통한 시너지 효과 창출을 고려한 기술개발 추진이 필요함 ○ 횡적 연속성 평가 및 관리기술 － 횡적 생태연속성을 평가하는 지표는 개발되지 않았으며 대하천의 횡적

	공간에 대한 별도의 설계기법 혹은 증진 기법은 개발되지 않았음 - 선진국의 경우 독일의 라인란트-팔츠방법, 스페인의 IHG 평가방법 등이 이미 개발되어 하천 복원 및 관리에 활용되고 있으며 대부분 횡적 연속성만을 위한 지표들이 아니라 하천변 환경평가 기법 일부로 개발됨 ○ 대하천 건전성 유지관리 기술개발 - 국토부 에코리버21연구단에서 하천의 치수 및 구조적 안전성 등의 보장과 함께 자연성 및 환경성을 보전, 복원시켜서 생태적, 경제적으로 지속가능한 하천관리 실현하기 위한 기술 개발한 바 있음 - 환경부 수생태복원사업단에서는 이,치수중심의 하천정비 사업으로 인해 훼손된 하천생태계의 물리적 구조를 개선하기 위한 기술 중심으로 개발이 진행되었음 - 반면 수생태계의 건전성을 반영하는 주요 지표생물을 위한 모니터링 시스템은 일부 개발되어 있지만, 대부분 많은 양의 변동을 중장기적으로 모니터링하기에는 적합하지 않은 실정이며 특히 각종 조사에 따른 생태계 훼손 등은 불가피한 실정임 - 미국은 1960년대부터 홍수터를 이용한 하천 생태계의 보전 및 복원에 집중하여 수자원개발법과 홍수터관리법 등을 통해 홍수피해 저감 및 하천생태계보전을 도모하고 있으며 유역개념에서 하천생태계를 유사거동과 가장 밀접하게 취급하고 있음. 더불어 각종 다양한 방법의 생태모니터링 기법으로 다변량 분석을 중장기적으로 진행하고 있음 - 네덜란드의 경우에는 2000년대부터 'Room for the river'라는 개념을 도입하여 하천에 더 많은 공간을 할애함으로써 치수와 생태의 목적을 동시에 만족시키기 위한 프로젝트를 추진하고 있음
3. 연구개발 내용	【1단계】 (1단계 - 1차년도) ○ 대하천 생물폐사 조사 및 원인규명 기법 분석 - 생물폐사 사고 국내 사례 및 경제적 피해 사례 분석 ○ 대하천 생태건전성 평가지표 제시 - 횡적 생태연속성의 평가 공간적 범위 및 모니터링 범위 설정 (1단계 - 2차년도) ○ 대하천 생물폐사 조사 및 원인규명 기법 분석 - 생물폐사 사고 국외 사례 및 경제적 피해 사례 분석 - 생물폐사 원인규명 기법 및 진단체계 적용사례 조사 및 분석 ○ 대하천 생태건전성 평가지표 제시 - 횡적 생태연속성의 평가 공간적 범위에 따른 평가지표 분석 - 생태건전성 보전, 평가 사례 분석 및 모니터링 기법 사례집 작성 - 비교란형(훼손 억제) 생태건전성 장기모니터링 모듈 개발 (1단계 - 3차년도) ○ 대하천 생물폐사 진단체계 구축

- 현장조사 및 모니터링 기법 제시
- 대하천 생물폐사 원인 분석 및 진단체계 구축
- 생물폐사 원인분석과 진단을 위한 조사평가 항목 도출 및 목록화
- 대하천 생태건전성 평가 및 관리 계획 수립
 - 횡적 생태연속성 구성 요소별 서식처 이용현황 및 평가
 - 홍수, 가뭄, 퇴적물, 수위변동 등 훼손 요소별 서식지 영향 분석 및 적합성 평가
 - 생물폐사, 횡적 생태연속성 연계기술 평가지표 도출
 - 생태건전성 장기모니터링 평가시스템 체계 구성

(1단계 - 4차년도)

- 대하천 생물폐사 관리 가이드라인 제시
 - 하천의 수문 및 유사관리와 연계방안 제시
 - 대하천 생물폐사 관리를 위한 행동지침 제시
(필요시 기존 활용모델을 이용한 예측 및 평가)
- 대하천 생태건전성 유지관리 및 훼손 저감기술 개발
 - 생태건전성 통합평가 가이드라인(안)
 - 생태건전성 장기모니터링 평가시스템 운영체계 구축
 - 국내 대하천에 적합한 횡적 생태연속성 평가 통합지표 개발
 - 생태건전성 훼손 저감기법 및 운영관리 가이드라인(안)

【2단계】

- 생태건전성 유지관리기술 효율평가 및 평가시스템 시험운영
 - 생태건전성 평가시스템 시험운영 및 지표 적합성 평가
 - 생태건전성 훼손 저감기법 적합성 및 효율성 평가
 - 대하천 생태건전성 지표생물군 핵심서식지 확보기술 개발
 - 통합지표를 이용한 대하천 횡적 생태연속성 시범 평가 및 정교화

【3단계】

- 대하천 생태건전성 통합 가이드라인 개발
 - 횡적 생태연속성 증진을 위한 계획 및 설계 실무 가이드라인 작성
 - 수리구조물 운영관리에 따른 수리, 수질, 생태요소 연계성 재평가
- 대하천 건전성 유지관리를 위한 수리시설물 운영 지침 및 기준 작성
 - 기상이변/퇴적물에 의한 생태건전성 훼손 저감 가이드라인
(필요시 기존 활용모델을 이용한 예측 및 평가를 통한 예측가능한 건전성 훼손에 대한 저감방안 포함)
 - 대하천 생태건전성 평가시스템 기술인증(신기술) 및 운영 가이드라인

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 기 수행된 해외 연구성과의 면밀한 분석 및 국내 활용성 제고
 - 선행 연구결과의 수리구조물 주변 공공수역 적응성 극대화
 - 유사 국책사업 결과 및 기존 가이드라인 등 비교 평가를 통하여 기 개발된 유사 기술의 단점 보완 및 개발 기술의 우수성 확보

- 기 성과물을 충분히 활용하고 적용시 운용 성능을 비교개선 추진
- 현실 적용가능성 증진을 위한 산학협동 연구
 - 수리, 토목, 생물, 수생태환경, 하천경관 등을 종합적으로 분석평가
 - 현장에서의 활용성 증진을 위하여 호안, 둔치, 습지 공간 설계 및 복원사업 업체와 공동으로 연구
 - 기술개발 기업 및 연구소 등과 협력을 통한 공동 연구 추진
 - 정기적인 연구진 내부 워크숍을 통한 유기적 연구체계 구축
- 선진기술 활용을 위한 국제 네트워크 구축 및 현장 방문
 - 선진 사례를 활용하기 위하여 관련 국제 워크숍 개최 현장 방문
 - 개발 기술의 국제적 홍보 및 검증을 위하여 국제 저널에 논문투고
- 수생태계 건전성 유지관리기술은 현실적으로 기개발된 요소기술의 개선 및 통합적 융합이 매우 중요함
 - 기존 선행기술개발 기업을 중심으로 대학, 연구소 등과 상호 정보를 공유하며, 적극적인 공동연구를 추진
 - 특히 환경부(생물자원관, 지방유역청, 환경과학원 등)에서 수행한 그간의 생물모니터링 자료협조가 필요함
 - 국토부, 환경부 및 각 유역 지자체의 협조가 절실함
- 연구 기술개발 결과의 철저한 실용화 사전검증 및 사업화를 위한 기술 수요처와의 사전협력체계 및 사후평가체계의 구축을 통한 접근
 - 단위기술별 달성목표를 구체화하고, 향후 신기술등록 추진 등 사업화를 위한 기반 구축
 - 하천설계기준 등 수생태, 하천관리를 위한 시설 및 운영기준 제시 등 기술의 표준화로 사업화 접근

□ 추진체계

- 산학연 콘소시엄으로 추진하여 연구개발 성공적 추진 및 개발 기술의 실증적 적용가능성 극대화
 - 기업은 원천기술을 제공하며, Test-bed 운영에 참여
 - 학계는 원천기술 개선, 요소기술 시스템화 및 기술의 환경적 안정성 분석 수행
 - 유사 과업을 수행한 경험이 있는 기관에서 수행
- 관련 분야의 현안과 정책분석 및 컨설팅 인력구성을 통한 전략적 연구 계획과 연구진 구성
 - 하천 관련 생물, 식물, 서식처, 경관 및 인문사회 전문가와 설계 실무자를 포함하는 통합적 접근방법 활용
 - 대하천 특성을 고려하여 각 수계별 전문가 활용하여 연구진 구성
 - 총괄 연구팀은 연구 총괄 및 평가지표 개발, 일부 증진기술 개발, 가이드라인 작성에 참여
 - 설계 실무팀은 횡적 생태연속성 확보 계획 및 설계기술 개발과 가이드라인 작성에 참여
- 국제적 수준의 연구 네트워크 구축 및 공동연구를 통한 검증화 추진

5. 최종성과물	□ 주요 최종성과물 【1단계】 ○ (1단계-1차년도) - 대하천 생태계 생물폐사 사고 국내 사례분석집 - 대하천 생태건전성 평가사례 자료집 ○ (1단계-2차년도) - 대하천 생태계 생물폐사 사고 국외 사례분석집 - 통합적 횡적 생태연속성 평가지표 - 대하천 생태건전성 평가사례 및 모니터링 기법 자료집 ○ (1단계-3차년도) - 극한기후에서의 건전성 훼손에 따른 지표생물군 서식환경 자료집 - 생태건전성 장기모니터링 평가시스템 개발 ○ (1단계-4차년도) - 대하천 생물폐사 원인규명 기법 및 관리를 위한 가이드라인 - 생태건전성 훼손 저감기법 적용 및 운영관리 가이드라인(안) - 생태건전성 통합평가 및 관리를 위한 가이드라인(안) 【2단계】 - Test-bed에서의 생태연속성 횡적 연속성 모의 평가 - 대하천 생태건전성 평가시스템(장치 및 체계) 및 운영 가이드라인 【3단계】 - 극한기후에 의한 생태건전성 훼손 저감 가이드라인 - 대하천 생태건전성 평가시스템 기술인증(신기술) 및 운영 가이드라인
6. 연구기간 및 지원예산	□ 전 체 ○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 31억원(정부출연금 : 31억원)
7. 기 타	○ 적용성 및 경제성이 높은 기술 개발을 통한 시장 확대 및 해외 수출기반 마련 ○ 저개발국에 국내 기술 및 노하우 적용 및 전수

□ (4과제) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	(4과제)수량-수질-생태환경을 연계한 모니터링 선진화 및 수운영 의사결정구조 개발
1. 연구개발 목표	○ 대하천 수량-수질-생태 연계 모니터링 체계 및 평가시스템 구축 ○ 수질 및 생태기반의 수리구조물 운영 의사결정구조 확립 ○ 대하천 수리구조물 운영 지원을 위한 물관리정보 운영 플랫폼 개발
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
☐ 연구개발의 필요성	○ 대하천 수량-수질-생태 등의 하천정보 통합관리 필요성 확대 - 국내 대하천은 국토교통부, 환경부, 농림축산식품부, 해양수산부 등 다양한 부처에서 운영, 관리되고 있어 통합관리가 어려운 실정임 - 수리구조물 운영에 의해 하천공간 변화 및 수생태계 환경이 장기적으로 변화 가능성이 높아 이를 관리하기 위해서는 물리학적(수리·수문정보), 이화학적(수질), 생물학적(생태) 요소에 대한 지점, 횡수 및 방법 등을 개선 및 연계한 체계적인 모니터링 정보의 관리기술이 필요함 - 최종적으로 대하천의 장기적인 대하천 운영 및 관리를 위해서는 하천 공간정보-수량-생태 모니터링 정보 기반의 평가시스템이 구축되어야 하지만 국내에는 이러한 통합적 연구가 매우 부족한 실정임 - 국외에서는 하천을 복원하기 위해 공간, 수리수문, 수질, 생태 등의 생지구화학적 하천특성 정보를 활용하고 있음 ○ 빅데이터 대한 시각변화와 품질관리의 중요성 - 초기 빅데이터는 비정형의 정확성이 낮은 대량 데이터를 의미하였으나 점차 정부, 공공부문의 데이터 관점에서도 행정, 공공, 민간정보가 연계·공유되어 목적에 맞는 최적의 데이터 분석이 가능한 환경을 구축하는 것으로 공공데이터의 공개 개념을 포함한 범위로 확대됨 - 데이터는 대량, 세밀한 수준, 소유자가 불분명성 등의 특성으로 구분될 수 있기 때문에 각 특성에 맞는 품질관리가 필요할 뿐만 아니라 사용목적, 정확성, 완전성, 적시성, 일관성 등에 따른 적합한 품질관리 전략이 필요함 ○ 대하천 정보 활용에 필요한 표준플랫폼 구축 및 관리전략 필요 - 국토교통부의 기 구축되어 있는 수량정보 관리시스템과 환경부 생산자료 데이터베이스와 연계하여 대하천 운영 및 관리에 특성화 되어 활용할 수 있는 표준 플랫폼을 구축함으로써 빅데이터 자원 특성에 맞는 저비용의 정보활용이 가능한 환경으로의 변화가 필요함 - 대하천의 수생태계는 기후-기상-수량-수질과 복잡하게 연관되어 있으며 수리구조물 운영은 수량 관점에서는 긍정적인 효과를 나타낼 수 있지만 수생태계에 부정적 영향을 포함하고 있기 때문에 이에 대한 영향을 최소화하고 상호 협력적인 운영전략구조가 시급함

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 대하천에서 수량, 수질, 생태 모니터링은 각 부처 및 기관에서 지속적으로 이루어지고는 있으나 개별적으로 수행되고 있어 통합적인 관점에서의 대하천 관리는 미흡한 실정이고, 수량-수질-생태를 연계한 통합 모니터링 정보활용 측면에서도 연계성, 품질관리 연구는 부족한 상황임
- 국내에서는 주요 지점별 유지유량을 고시하고 이를 달성할 수 있도록 하고 있으며 수질 및 생태환경 측면에서 환경유량, 생태유량 등의 개념을 적용하여 수환경 문제를 최소화할 수 있는 방향으로 물관리가 이루어지고 있음
- 하지만 어류 이동성, 저서무척추동물 군집 유지, 남조류 대번성 저감 등 단일 목적의 대증적 관점에서의 유량 조절 가능성이 제시되고 있으나 수량-수질-수생태계를 통합하는 전략 개발은 시행된 바 없음

○ 국외기술동향

- 수량-수질-생태를 연계한 통합 모니터링 정보가 수리구조물의 최적 운영을 위해 활용된 연구는 국외에서도 상당히 부족한 실정임
- 호주, 유럽, 미국 등 여러 환경 선진국에서는 수리구조물이 갖고 있는 부정적인 영향을 인식하고, 인간 사회와 생태계가 공존할 수 있도록 유량을 관리하는 사례가 많음
- 또한, 이를 종합적으로 평가할 수 있는 평가체계를 지속적으로 구축 및 개발하여 현장에 적용하며, 거기에서 도출되는 정보를 바탕으로 관리전략을 세부적으로 조정하고 있음

3. 연구개발 내용

【1단계】

(1단계-1차년도)

- 국내 통합운영 기술사례 검토 및 국내 여건 분석
 - 국내 수량-수질-수생태계 통합관리 시스템 환경 분석
- 대하천 하천공간, 수량, 수질, 생태 모니터링 현황조사
 - 대하천 수질 모니터링 지점의 공간적 구획 분석

(1단계-2차년도)

- 선진 통합운영 기술사례 검토 및 국내 여건 분석
 - 국내외 수량-수질-수생태계 통합관리 시스템 환경 분석
 - 통합물관리를 위한 연계 모니터링 국외 정책 분석
- 대하천 하천공간, 수량, 수질, 생태 모니터링 현황조사 및 평가
 - 대하천 수질 모니터링 지점의 공간적 구획 분석 및 적합성 평가
 - 모니터링 자료의 신뢰성 향상 및 불확도 개선을 위한 현황 분석
 - 모니터링 지점의 공간적 적합성 평가 및 정보화
- 대하천 운영관리 기반 물관리정보 운영 플랫폼 표준화 계획 수립
 - 모니터링 정보를 활용한 대하천 운영플랫폼 표준방안 기획
 - 국토교통부 하천정보 표준데이터 모델 및 공동 활용모델 연계성 분석 (ARCROM Smart River 정보관리 기술개발성과 연계활용)
 - 환경부 수생태정보 공동 활용체계 활용성 분석 (국립환경과학원 수생태정보관리시스템 구축결과 연계활용 검토)

(1단계-3차년도)

- 대하천 수질, 생태 모니터링 자료 개선방안 및 평가
 - 대하천 생태 모니터링 현황 조사 및 모니터링 지점의 공간적 구획 분석
 - 서식처 관리 개념의 하천공간 변화 계측기술 제시
 - 모니터링 자료의 신뢰성 향상 및 불확도 개선을 위한 현황 분석
 - TMS/USN 기반 수질 계측기술 검토 및 대하천 적용성 평가
 - 통합물관리를 위한 국외 모니터링 체계 분석
- 대하천 및 수리구조물 운영 물관리정보 통합관리 플랫폼 설계
 - 정보활용 통합관리체계를 위한 표준 통합플랫폼 설계
 - 빅데이터 기반 정형, 비정형 자료 분석을 통한 수리구조물 운영지표 가시화 모듈 설계
- 수생태계 요소별 달성목적 확립
 - 세부기술별 대하천 관리 및 수리구조물 운영에 필요한 달성목표 확립
 - 요소기술 달성목표별 수리구조물 운영 의사결정 목적함수 개발
 - 전략군 최적화를 위한 목적함수(안) 설계

(1단계-4차년도)

- 대하천 생태모니터링 지점 구획 연계성 분석 및 모니터링 기술개발
 - 생태모니터링 지점 구획 평가를 통한 수생태계 표준 생물 모니터링 기술 체계화
 - 대하천 횡적 하천공간변화 계측기술 개발
 - 대하천 TMS/USN 기반의 수질자동측정기기의 기술 개발
- 대하천 및 수리구조물 운영 물관리정보 통합관리 플랫폼 구축
 - 통합물관리를 위한 국외 시스템 분석
 - 정보활용 통합관리체계를 위한 표준 통합플랫폼 구축
 - 빅데이터 효율적인 정보 교환 및 유통을 위한 표준화된 통합 서비스 플랫폼 구축
- 다목적 수리구조물 운영 시스템 시범적용 및 평가
 - 각 세부과제별 달성 목표를 충족시킬 수 있는 전략군 탐색
 - 목적함수를 적용한 최적전략(안) 평가 및 최적 관리전략(안) 도출

【2단계】

- 대하천 수량-수질-생태 모니터링 계측 기술 표준화 방안 수립
 - 대하천 하천공간정보의 변화 실시간 모니터링 기술 적용성 평가
 - 대하천 TMS/USN 기반의 수질자동측정기기의 기술 적용성 분석
 - 모니터링 자료의 신뢰성 향상을 위한 매뉴얼 작성
 - 하천공간정보-수질-생태 모니터링 정보를 활용한 에코메트릭 평가 시스템 개발
- 대하천 수리구조물 최적운영기술 지원체계 구축
 - 대하천 수리구조물 운영 시스템 가시화 모듈 개발
 - 수운영지원시스템 개발 및 시범운영
 - 대하천 수리구조물 최적운영 정보관리 가이드라인 작성
 - 대하천 수리구조물 최적운영기술 지원 정보관리체계 구축

- 대한천 통합물관리를 정보관리 방안 제시
- 세부과제별 적용전략 최적화 방안 수립
 - 세부과제별 Test-bed 현장적용 성과 분석
 - 전략 상충 리스크 파악 및 최소화 방안 수립
 - Test-bed 운영상황과 대한천 수운영계획간 괴리성 최소화 분석
 - 각 세부별 대한천 수리시설물 운영기술 지원 물관리정보시스템 개발

【3단계】

- 시공간적 및 수생태계 표준 모니터링 기술개발 및 활용방안 제시
 - 수생태계 표준 생물 모니터링 기술 개발
 - 하천공간정보-수질-생태 모니터링 정보를 활용한 에코메트릭 평가 시스템 적용
 - 모니터링 정보를 활용한 대한천 수운영방안 제시
- 수리구조물 운영 지원시스템 최적화
 - 데이터 품질관리 프레임워크 구축
 - WaterML 기반 자료유통 지원체계 구축
 - 수리구조물 운영지원 분산형 물관리정보시스템 최적화
- 대한천 수운영 의사결정구조확립
 - 2단계 Test-bed 성과에 근거한 전략군 재설정
 - 수리구조물 최적 의사결정 지원시스템 확립
 - 대한천 통합물관리를 위한 모니터링 및 운영정책 제언

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

- 국토교통부 기 연구성과 및 국가 R&D 성과 활용을 극대화 하고 현업 수요자 맞춤형 기술개발 추진
- 개발기술에 대한 기술인증 추진을 통해 사업화 기반 확보
- 분야별 전문성을 극대화를 위한 수리수문(수량), 하천공간, 수질, 생태 전문가 참여시스템을 구성하여 융합연구 추진
- 선진화된 기술 및 연구 활용을 위한 국제 전문성 네트워크 구축 및 현장 실무기술의 습득
- 수량-수질-수생태계 통합관리 전략 수립을 위하여 타 세부과제 연구진과 지속적인 연구성과 피드백

□ 추진체계

- 관련 분야의 현안, 정책분석 및 컨설팅을 위한 물정보 분야 뿐 아니라 데이터과학, 컴퓨터 공학 전문가 등 전략적 연구진 구성
- 산학관 전문가의 자문을 통한 현장 적용성 높은 기술개발 추구
- 연구결과의 철저한 실용화 사전검증과 사업화를 위한 기술 수요처와의 협력체계 구축
- 다양한 계측 프로그램 개발, 모니터링 장비 구축 및 운영관리컴퓨터 필요한 설비 개발을 위하여 산업계와 긴밀한 현업체계 구축
- 각 세부별 핵심성과의 효율적 활용 및 연계를 위한 지원체계 구축

5. 최종성과물	☐ 주요 최종성과물 【1단계】 ○ (1단계-1차년도) - 국내 수량-수질-수생태계 통합관리 및 모니터링 현황 검토서 ○ (1단계-2차년도) - 수량,수질,생태 모니터링 지점 공간적 적합성 평가 보고서 - 수리구조물 운영기반 물관리정보 운영 플랫폼 설계서 ○ (1단계-3차년도) - 대하천 하천공간정보 계측기술 - 수질, 생태 연계모니터링 평가결과 보고서 - 하천정보 표준 데이터모델 및 공동활용모델 설계서 ○ (1단계-4차년도) - 대하천 관리 달성목표별 최적관리전략(안) 제안서 - 대하천 수운영 물관리정보 통합관리 플랫폼 - 대하천 TMS/USN 기반의 수질자동측정기기 계측기술 【2단계】 - 대하천 하천공간정보-수질-생태모니터링 정보를 활용한 에코메트릭 평가시스템 - 수량-수질-생태 모니터링 계측기술 표준화 지침서 【3단계】 - 대하천 수리수문, 수질, 생태 정보를 연계한 수운영 의사결정구조
6. 연구기간 및 지원예산	☐ 전 체 ○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 51억원(정부출연금 : 51억원)
7. 기 타	○ 없음

□ (5과제) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	(5과제) 대하천 어도 기능 고도화 기술개발
1. 연구개발 목표	○ 대하천 어도의 기능 고도화 및 운영관리 기술 - 어도 기능 고도화를 위한 기능진단 기술 · 어도 조성 및 운영 현황평가 · 어도 효율평가 및 하천 생태건전성 증진 진단 · 어도 이용어류 Calendar 작성에 의한 운영관리 · 극한기상 대응 어도관리 · 어도 수치모의 및 수리모형 시험 - 대하천 어도 입구, 출구, 내부의 형식별 개선기술 · 어도 입구의 어류유인 및 서식처 연계기술 · 어류 이동성 평가 및 이동성 평가시스템 국산화 장비 개발 · 어류 유영능력 평가기술 · 어류 유영능력에 따른 어도 내부의 형식개선 기술 · 어도 출구의 유량 및 수위 대응기술 · 어도 출구와 종적 연속성 개선 기술 ○ 대하천 종적 연속성 및 생태건전성 통합평가와 증진 기술 · 종적 연속성 증진 및 생물서식처 증대를 위한 수리 구조물의 적정 유지유량 산정 기술 개발 · 대하천 서식처의 종적연속성 및 생태건전성 평가 기술 · 어류 서식처의 종적연속성 및 생태건전성 증진 기술 ○ 어도 최적 운영관리를 위한 원격자동 모니터링 프로그램 및 장치 개발 - 어도효율 평가를 위한 수중 인식센서(분별도 2mm 이상) 개발 - 어도 효율평가를 위한 형태DB(어류 40종 이상) 구축 - 모니터링 장치의 효율평가 및 운영 프로그램
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 대하천 수리구조물에 설치된 어도는 다음의 측면에서 지금까지의 하천어 도 기술과 구별되어야 함. - 이동성 향상과 서식지 복원 기술 - 수리구조물 관리와 연계한 어도시설 운영관리 기술 - 다양한 어도형식별 개별 운영 기술 - 어도에 대한 통합 평가 및 운영 기술 ○ 대하천 수리구조물에 설치된 어도는 규모와 길이 면에서 일반 중소하천 의 어도와 다르며 유속,수심 및 하상재료 등 본류 특성을 고려하고 수리 구조물 운영관리에 따른 어도관리 및 운영기술이 필요함 - 일정 길이 이상에서는 반드시 이동중 요구되는 서식환경의 구비 필요 - 대하천의 본류 수역과 비슷한 특성(유속과 수심, 하상재료 등)의 현장 적용이 요구 ○ 어도시설과의 효율적인 운영관리를 위해서는 어도의 어류이동만이 아닌 대하천 특성에 적합한 생태적 기능의 기여에 대한 진단평가 기술개발이

선행되어야 하며, 단순 시설기준의 충족으로는 생태기능 증진을 달성하기는 어려움

- 향후 이러한 진단평가를 통하여 최적의 운영관리를 위한 시설개선 공법의 개발과 적용이 요구됨
- 따라서 어도의 생태적 기능 진단기술 개발, 어도 상하부의 서식지 연계에서 출발하여 어도 유인 및 소상을 위한 어도 재배치 및 구조개선 기술개발, 그리고 이러한 공법의 경제적이고 생태적인 운영을 위한 통합관리기술의 구축을 통해 향후 대하천 생태기능 증진에 기여

○ 대하천의 어도는 인접 구간에 없는 대형어류의 구조와 특성을 가짐

- 이동로의 역할과 함께 산란과 특정 생물의 서식공간 특성에 적합한 구조와 기능을 부여

○ 대하천의 어도는 수리구조물이 2개 이상 연속되고 여러 형식의 어도가 조성되어 어느 하나에서 제한상황이 발생하면 생물의 회유나 국지 이동에 영향이 발생. 또한 어도를 포함한 수리구조물은 기존 하천어도와 달리 수위와 수량이 관리되는 특징을 가져 이에 대한 대응력이 이동효율의 달성에 관건이 됨.

- 연속된 수리구조물은 하나의 수리현상이 상하류의 다른 수리구조물에 동일하게 적용될 수 없다는 점에서 개별특성과 공통인자를 구분하여 기술개발에 접근하여야 함.

- 상하류 수리구조물의 수위와 수량관리에 대응 가능한 어도 구조 및 운영기술 개발

- 대하천에 배치된 수리구조물의 제원 및 규모 조사, 구조물 특성별 어류의 이동, 휴식공간조성의 필요성, 동일 형식의 구조물이라도 제원에 따른 수리특성변화로 이동과 휴식공간 구조의 변화가 필요

※따라서 다양한 어도형식과 연속된 시설물에서의 광범위한 이동을 위해 수리적 조건의 변화에 따른 종적 이동성 향상을 위한 기술개발과 함께 어도구조물과 이동성 분석을 위한 장치 및 평가 기술이 요구됨

※이러한 기술은 국제적인 수자원 이용동향과 하천생물자원의 중요성으로 볼 때 우리나라뿐만 아니라 해외에서도 중요하게 활용될 수 있는 기술기반이 될 것임

※또한 본 개발 기술은 대댐 및 저수지 등의 어도 등에도 적용 가능하여 활용성이 높을 것으로 판단됨.

○ 대하천의 종적연속성과 생태건전성은 어도시설에서의 어류 이동 만으로 달성되는 것이 아니며, 마찬가지로 대하천의 종적연속성 및 생태건전성 증진없이 어도기능을 논할 수 없음. 어도에서 이동어류의 증가는 하천 생태건전성을 담보하는 것으로 어류의 이동능력 평가, 어류서식지의 종적연속성과 밀접하게 관련되나 아직 이러한 접근에서의 평가와 기술개발을 통한 하천관리를 달성하지 못하고 있음. 현재의 수자원 및 수산자원 보전을 위해서는 앞으로 이러한 수량과 어도를 포함한 생태시설, 그리고, 생태건전성이 통합된 하천 운영관리가 필요

□ 기술동향

○ 국내기술동향

- 국토부, 환경부, 해양부, 농림부가 공동기준으로 제시하고 있는 기존 「하천설계기준-어도편」은 어도의 형식별 기준을 설정하고 있으나 대부분 어도 형태에 따른 규격기준으로, 대하천 어도에 필요한 배치 및 구성 등에 대한 기술제시가 부족한 실정임. 또한 수리시설물의 수문운영과 연계된 대하천 어도 운영관리에 대한 사례가 전무하여 수리조건의 변화에 따른 운영과 기능진단의 선행을 통하여 시설개선과 생태기능 증진을 위한 매뉴얼의 구축이 요구됨
- 대하천에 필요한 실질적인 기술은 이러한 진단기술을 바탕으로 늘어나는 어도길이에 적합하도록 길이에 따른 휴식과 서식공간의 배치기술, 수리적 대응, 종횡단면과 이의 설계 및 시공, 하천어류의 유인 시설 및 기술이라고 할 수 있음. 따라서 기존의 어도 제품은 어도설계 기준의 어도형식 규격을 준용한 것으로 보아 기술적 차이가 거의 없다고 봄. 다만 설계기준을 제대로 지키지 않거나 시공상에서 고려되어야 할 사항이 미흡한 제품이 있어서 생물이동이라는 기본 기능도 갖추지 못한 것은 여전히 남은 숙제임. 이를 개선하기 위해서는 하천설계 기준에서 항목별로 세부사항이 현장평가와 실내 수리시험을 통하여 규명되고, 이를 바탕으로 대하천 어도 기준이 제시되어야 마땅함.
- 국내의 어도설치율은 전체 수리시설물의 25%에 미치지 못하는 실정으로 향후 어도설치 및 개선에 대한 요구가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨

○ 국외기술동향

- 외국의 어도기술 환경이나 어도기술 수준은 국내와 비슷하나 어도의 운영관리, 평가 모니터링시스템 등에서 우수함
- 특히 국외에서는 보시설 보다는 댐과 저수지 등 대하천 수계와 연계된 수리시설물의 어도가 발달하였으나 이를 그대로 국내기준으로 적용하기는 어렵고, 국내의 수리적 특성과 어류상 및 생태특성과 연계한 관리기준의 수립이 요구됨
- 국외에서는 어류의 이동성 및 어도효율평가를 위해 이미 오래전부터 PIT telemetry, radio telemetry를 활용한 다양한 기술들이 발달하였으며, 상당한 수준에 이르고 있음. 또한 댐이나 보의 방류량 결정시에도 어류의 유영능력 평가 결과를 활용하여 대상 어류가 산란, 서식을 할 수 있도록 하고 있음. 뿐만 아니라 유영능력 평가시 어류의 피로도 및 산소소모량까지 파악하는 등 다양한 기술들이 개발되고 있음
- 국외의 경우도 하천의 복원 및 관리에 하천 자체와 종적 연결성(특히 어류이동) 증진 측면에서 많은 연구 및 복원사업이 이루어져 왔음.
- 근래에는 하천의 종적 연속성확보를 목표로 많은 복원사업이 시행되고 있음 (오스트리아 다뉴브 강 복원사업, 미국의 미시시피 상류 복원사업, 프랑스의 론강 복원사업 등)
- 해외 사례에서의 시사점은 기술평가에 대한 시행이 뒷받침되므로써 기술개발을 확대하는 계기가 됨

3. 연구개발 내용

【1단계】

(1단계-1차년도)

- 대하천의 수리구조물 및 어도 현황 분석
 - － 대하천 시설물 및 구조물 규모 및 제원조사
 - － 대하천 어도시설 및 운영 현황 조사
- 대하천의 어도기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술 개발
 - － 수리구조물의 구조 및 운전조건에 따른 어도 운영특성 분석
 - － 전체 구조물의 운영관리에 따른 수리특성 평가
 - － 어도 이용효율의 영향요소 분석
 - － 대하천 어도효율 진단 및 생태건전성 평가요소 개발
 - － 수리모형 시험시설 조성 및 시험을 위한 국내외 사례 분석

(1단계-2차년도)

- 대하천의 수리구조물 및 어도 현황 분석
 - － 대하천 어도시설 및 운영 현황 조사 및 활용성 분석
 - 대하천 어도 조성 및 운영 자료집 작성
 - － 어도시설 개선 및 관리요소 분석
 - － 국내외 어도 조성 및 운영 사례조사
 - 국내외 어도 사례집 작성
- 대하천의 어도기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술 개발
 - － 수리구조물 운영관리에 따른 어도 효율 평가
 - 어도효율평가 방안 및 지표 발굴
 - 어도 효율평가 가이드라인 작성
 - － 대하천 어도 형식별 효율 및 운영사례 평가
 - － 수리모형 시험시설 조성 및 시험
 - 어도 종합 시험시설 조성 및 운영
 - 하천 구조 및 어도시설에 따른 수치모의
 - 어도 공간구성 및 구조에 따른 수리시험 및 평가
 - 대하천 어도의 개선요소 및 기능 고도화요소 시험 평가
 - － 유량 및 수위변화 대응기술 개발
 - － 어도 개선 기술 및 설계기준 작성
- 어류 이동성 평가시스템의 국산화 및 장비 개발
 - － 국내 기술을 토대로 어류이동 모니터링 기술 및 장비 개발
 - ： 실시간 자료 전송 방식 적용한 사용자 편의성 증대 및 기존 외국 기술과 차별성 확보
 - ： 국내 종에 적용성 평가 및 test bed 적용
 - ： 평가시스템의 현장 적용을 위한 매뉴얼 작성
 - － 어류 이동성 평가시스템 국산화 및 개발
 - ： 국내 종에 적용성 평가 및 장비 소형화를 통한 휴대성 확보기술과 기존 장비와의 차별성 확보

(1단계-3차년도)

- 대하천의 수리구조물 및 어도 현황 분석

- 대하천 시설물 및 구조물 규모 및 제원조사
- 대하천 어도시설 및 운영 현황 조사 및 활용성 분석
- 어도시설 개선 및 관리요소 분석
- 대하천의 어도기능 고도화를 위한 개선 및 운영관리 기술 개발
 - 수리구조물의 구조 및 운전조건에 따른 어도 운영특성 분석
 - 전체 구조물의 운영관리에 따른 수리특성 평가
 - 수리구조물 운영관리에 따른 어도 효율 평가
 - 대하천 어도 형식별 효율 및 운영사례 평가
 - 시기별 어도이용 어류 분석 및 calendar 제작
 - 연간 어도운영관리 표준안 작성
 - 수리모형 시험시설 조성 및 시험
 - 어도 종합 시험시설 조성 및 운영
 - 하천 구조 및 어도시설에 따른 수치모의
 - 어도 공간구성 및 구조에 따른 수리시험 및 평가
 - 대하천 어도의 개선요소 및 기능 고도화요소 시험 평가
 - 대하천 어도 표준수리시험 가이드라인 작성
- 대하천 어도효율 진단 및 생태건전성 평가요소 개발
 - 어도 상하부의 서식지 연계효율 평가
 - 대하천 어도의 하천생태기능증진 진단 기술 개발
- 어류 이동성 평가시스템의 국산화 및 장비 개발
 - 국내 기술을 토대로 어류이동 모니터링 기술 및 장비 개발
 - : 실시간 자료 전송 방식 적용한 사용자 편의성 증대 및 기존 외국 기술과 차별성 확보
 - : 국내 종에 적용성 평가 및 test bed 적용
 - : 평가시스템의 현장 적용을 위한 매뉴얼 작성
 - 어류 이동성 평가시스템 국산화 및 개발
 - : 국내 종에 적용성 평가 및 장비 소형화를 통한 휴대성 확보기술과 기존 장비와의 차별성 확보
- 극한기상 대응 어도 운영관리 기술 개발
 - 한발 및 홍수 등 기상요소 영향 분석
 - 한발 및 홍수 등에 따른 어도 운영조건 평가
 - 어류 이동특성 비교평가
- 어도기능 고도화 Test bed 조성 및 운영 기본계획
 - Test bed 조성 기본계획

(1단계-4차년도)

- 대하천의 기능 고도화를 위한 어도 운영관리 기술
 - 수리구조물 운영관리에 따른 어도 효율 평가
 - 수리모형 시험시설 조성 및 시험
 - 어도 종합 시험시설 조성 및 운영
 - 하천 구조 및 어도시설에 따른 수치모의
 - 어도 공간구성 및 구조에 따른 수리시험 및 평가
 - 대하천 어도의 개선요소 및 기능 고도화요소 시험 평가
 - 어도 기능 고도화를 위한 기본 운영안 기획

- 극한기상 대응 어도 운영관리 기술 개발
 - 한발 및 홍수 등에 따른 어도 운영조건 평가
 - 어류 이동특성 및 대하천 어도 운영특성 비교 평가
- 어도의 기능 고도화를 위한 원격자동모니터링 시스템 개발
 - 원격자동 모니터링 기술 및 적용 사례조사
 - 어도 자동모니터링 장치 사례집 작성
 - 어도 효율평가용 형태DB 구축을 위한 기초조사 및 사전평가
 - 모니터링 장치 기본 모듈 개발
 - 어도 효율평가를 위한 인식센서의 개발 및 현장분석 :10종 이상
 - 어도 효율평가를 위한 인식센서 제품 비교평가
 - 어도 효율평가를 위한 인식센서의 제품 및 구성기준 수립
- 어류서식처 평가 및 이동성평가 통합지표 개발
 - 어류 이동성 평가시스템의 시험 적용을 통한 문제점 파악과 지속적 인 안정성 확보
 - : 대상 장비를 통한 구조물의 효율성 시험 평가 (통과율, 유집율, 통과시간 등 파악)
 - 어류 이동성 평가시스템의 국내 토착종에 시험 적용을 통해 문제점 파악 및 안정성 확보
 - 어류의 유연능력 평가
 - : 우점종을 대상으로 유연능력 평가 기술 개발 (어류 소상 및 돌진, 순항능력 등 평가)
 - : 국내종에 적합한 어도 구조 평가와 연계 및 어도개선/운영관리 계획에 반영
- 어도기능 고도화 Test bed 조성 및 운영 기본계획
 - Test bed 설치 및 운영계획
 - Test bed 운영 평가 계획
- 대하천 종적연속성 및 생태건전성 평가기술 개발
 - 어류 서식지 연속성 확보 기술개발
 - 생태건전성 평가 기술개발
- 대하천 어도구조 최적화 가이드라인 작성
- 대하천 어도운영 고도화 가이드라인 작성

【2단계】

- 어도의 기능 고도화를 위한 원격자동모니터링 시스템 개발
 - 원격자동 모니터링 인식센서 현장적용 및 평가
 - 적용 대상 어도선정
 - 인식 센서 기능 및 규격 설정
 - 어도 효율평가용 형태DB 구축 : 40종 이상
 - 모니터링 장치 운영 및 관리 프로그램 개발
 - 어류 개체 및 수량 인식센서와 평가 프로그램 개발 및 연동
 - 어도 운영관리 프로그램 규격 기준 수립
- 어도기능 고도화 Test bed 운영 및 평가
 - Test bed 운영
 - 기술개선 및 관리지표 도출

- 수치모의 및 수리모형시설 시험
 - － Test bed 결과 평가 및 모의
 - 어도입구, 내부, 출구 수리특성 평가
 - 대하천 어도의 입구, 내부, 출구 설계기준 작성
- 어류 유연능력 평가 및 모니터링 평가시스템 활용 방안 마련
 - － 어류 유연능력 평가 결과를 어류 서식처 영역결정 및 적응적 유지관리 계획 수립에 반영
 - ： 유연능력 평가결과와 수리모형 실험을 통해 어류의 서식지 영역 평가
 - ： 서식지의 유지유량, 유속, 수심 등 평가
- 극한기상 대응 어도 운영관리 기술 개발
 - － 극한기상 대응 어도 운영관리 가이드라인 작성
- 하천의 종적연속성 및 생태건전성 증진 기술 개발
 - － 어류서식지 연속성 향상 기술
 - － 어류서식지 및 이동성평가를 통한 건전성 증진 기술
- 국가 어도개선 사업 등과 연계한 어도시설 시범개선사업 및 진단평가를 통한 향후 사업기획
- 통합지표 검증 및 연속성 증진기법 개발
 - － 통합지표를 이용한 대하천 종적 생태연속성 시범 평가
 - － 어류 유연능력 평가 및 모니터링 system 활용 방안 수립
- 생태건전성 유지관리기술 효율평가 및 평가시스템 시험운영
 - － 생태건전성 훼손 저감 기법 적합성 및 효율성 평가
 - － 대하천 생태건전성 지표생물군 핵심서식지 확보기술 개발
 - － 생태건전성 평가지표 적합성 평가

【3단계】

- 대하천 어도 통합관리 지침
 - － 어도모니터링 결과에 따른 수량 배분, 수문 관리, 어도운영(시기별) 등 통합관리 방안 수립
 - － 대하천 어도 설계기준 작성
 - － 대하천 어도 통합관리 가이드라인 작성
- 수위변동에 대한 적응적 서식처 조성 및 유지관리 방안 연구
- 어류 서식처 및 산란장 확보를 위한 수리시설물의 적정유량 산정
 - － 어류 이동성 평가시스템을 활용하여 방류량과 어류의 활동에 관한 연관성 평가
 - ： 방류량과 서식 위치 및 범위 변화 파악
 - ： 산란기 방류량과 산란 성공 여부, 산란 위치 관련성 평가
 - ： 어류의 서식 및 산란을 최대화하기 위한 유지유량 산정
 - － 어류 유연능력을 활용한 방류량과 어류의 활동에 관한 연관성 평가를 통한 유지유량 산정
 - ： 수리모델분석을 적용하여 방류량과 어류 종별 서식처 활용성 평가
 - ： 생물 서식을 최대로 할 수 있는 적적 유지유량 제시
- 통합지표를 이용한 하천의 종적 생태연속성 평가 가이드라인 작성
- 대하천 생태건전성 증진 가이드라인 작성
- 어도 원격자동 모니터링 시스템 기술인증

	- 기술 현장 시험평가 자료 분석 · 설치 설계 및 시공 분석 · 세부도면 작성 · 시설 운영 및 평가 분석 · 운영관리 기준 작성 - 환경신기술 인증 신청 - 해수부 어도개선사업 등과 연계한 대하천 어도시설의 구조개선 및 생태기능향상 사업화
4. 연구개발 추진방법	
☐ 추진전략	○ 어도 구조에 따른 수리특성 분석 및 수중생물의 이동생리, 대하천 수리 구조물의 운영 및 어도 구성특성을 연계한 접근 ○ 수리, 토목, 생물, 수생태환경, 하천경관 등을 종합적으로 분석평가하고, 미세한 어류 감지센서의 개발과 Big data를 활용한 어도구조물 운영관리로 안정성과 경제성 달성을 추진 ○ 단위기술별 달성목표를 구체화하고, 향후 신기술등록 추진 등 산업화를 위한 기반 구축 ○ 소하천이나 지방하천의 어도보다 어종의 다양성과 대형화 등의 차이점을 고려하고 반영한 세부구조 제시, 시설 및 평가체계의 자동화로 기술 경쟁력 확보 ○ 현실 적용 가능성 증진을 위한 산학협동 연구 - 현장에서의 활용성 증진을 위하여 호안, 둔치, 습지공간 설계 및 복원사업 업체와 공동으로 연구 ○ 선진기술 활용을 위한 국제 네트워크 구축 및 현장 방문 - 북미 및 유럽의 선진 사례를 활용하기 위하여 관련 전문가를 초청한 국제 워크숍 개최 및 선진 사례 현장 방문 ○ 개발기술의 국제적 홍보, 검증을 위한 국제 저널에 논문투고 지원 ○ 그린리버, 티사업, 에코스타 등의 유사 국책사업 결과 및 기존 가이드라인 등의 비교 평가를 통하여 기 개발된 유사 기술의 단점 보완 및 개발 기술의 우수성 확보 ○ 정기적인 연구진 내부 워크숍을 통한 유기적 연구체계 구축 ○ 연구 기술개발 결과의 철저한 실용화 사전검증 및 사업화를 위한 기술 수요처와의 사전협력체계 및 사후평가체계의 구축을 통한 접근 ○ 하천설계기준 등 수생태 및 하천관리를 위한 시설 및 운영기준 제시 등 기술의 표준화로 사업화 접근
☐ 추진체계	○ 관련분야의 현안과 정책분석 및 컨설팅 인력구성을 통한 전략적 연구계획과 연구진 구성 ○ 대하천 특성을 고려하여 각 수계별 전문가 활용하여 연구진 구축 ○ 수리시설물 구조와 운영현황, 수리특성 평가분석 - 수자원공사 ○ 개체 및 동작인식 센서와 프로그램, 모니터링 장비 구축과 운영관리에 필요한 설비개발에는 학계 및 산업계의 역할이 중요 - IT 및 전자 업체, 학계 ○ 수중생물의 이동과 서식지 환경 및 연계성, 어도 구조와 수리특성에 따

	른 생물의 반응과 이동성 평가 등은 학계의 전문적인 평가기법의 도입이 필요 - 학계 ○ 총괄연구팀은 연구총괄 및 평가지표 개발, 일부 증진기술 개발, 그리고 가이드라인 작성에 참여 ○ 설계 실무팀은 종횡적 생태연속성 확보 계획 및 설계기술 개발과 가이드라인 작성에 참여 ○ 또한 생물군별 전문가 그룹과 각종 현장 자료를 구축하고 있는 연구기관을 접목하여 기존 실적을 활용한 기술개발 접근 - 학회/협회
5. 최종성과물	☐ 주요 최종성과물 【1단계】 ○ (1)차년도 - 국내외 어도 조성 및 운영 사례집 ○ (2)차년도 - 대하천 어도 조성 및 운영현황 자료집 - 어도관리를 위한 효율 평가 가이드라인 ○ (3)차년도 - 대하천 어도 표준 수리시험 가이드라인 - 어도 이용어류 Calendar ○ (4)차년도 - 어도 모니터링시스템 개발 사례집 - 어도 효율평가를 위한 동작인식 센서 및 모듈 - 어류 수변 서식처 평가 기술 개발 - 서식처 및 서식처 연속성 평가 가이드라인 - 어도구조 최적화 가이드라인 - 어도운영 고도화 가이드라인 * 학술발표 8건, 학술지 게재 3건, 특허출원 3건 【2단계】 - 극한기상 대응 어도관리 가이드라인 - 어도 효율평가를 위한 형태DB 자료집 - 어도 원격자동 모니터링을 위한 장치(시스템) - 원격자동 모니터링 운영 및 효율평가 프로그램 - 어류의 서식을 고려한 보의 유지유량 조절 가이드라인 - 어도 모니터링 시스템 운영관리 가이드라인 - 국가 어도개선사업과 연계한 어도개선 시범사업 * 학술발표 8건, 학술지 게재 4건, 특허출원 3건 【3단계】 - 대하천 어도의 기능 고도화를 위한 설계 및 시공 가이드라인 - 대하천 어도의 설계기준 매뉴얼

- 어류서식처 확보 가이드라인 - 어류 이동능력에 따른 서식처 적응적 유지관리 가이드라인 - 대하천 어도 통합관리 가이드라인 - 어도 원격자동 모니터링 시스템 * 학술발표 6건, 학술지 게재 4건, 특허출원 3건, 특허등록 2건, 모니터링시스템 환경신기술 기술인증 1건	
6. 연구기간 및 지원예산	
☐ 전 체	○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 51억원(정부출연금 : 51억원)
7. 기 타	국가사업 활용 및 사업화 ○ 하천설계기준 및 국가하천관리 정책에 반영 ○ 어도개선사업 등 국가사업에 반영 ○ 국산화 및 개발된 장비의 활용 - 국산화된 장비의 국외 수출 ○ 저개발국에 국내 기술 및 노하우 적용 및 전수

□ (연구단 운영) 과제제안 요구서(RFP)

세세부과제명	연구단 운영
1. 연구개발 목표	○ 대하천 운영관리기술 확산 및 인식증진 ○ (1단계) Test-bed 운영 기획
2. 연구개발 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 대하천 운영기술 홍보의 필요성 - 대하천 운영관리기술의 확산과 인식증진은 국민의 알권리 확보는 물론 국민의 지지와 지원, 관리기관의 발전을 위해서 매우 중요한 항목임 - 이를 위해서는 국민의 요구에 맞추어서 대하천 운영기술 특성을 변화시킴으로서 대국민 지지를 증진시킬 필요가 있음 - 대하천 효과 및 운영기술에 대한 시민 인식평가를 통해 대하천 관리를 위한 요구사항에 대한 정보제공과 피드백이 가능함 ○ 시민참여형 대하천 운영기술개발 및 인식증진의 중요성 - 대하천 운영기술개발에 시민참여를 유도함으로써 운영주체와 국민간의 인식 간격을 최소화방안이 필요함 - 심포지엄, 워크샵, 교육프로그램 등의 전통적인 인식증진 방법을 포함하여 스마트시스템, 유비쿼터스 등의 프로그램을 통한 쌍방향의 교류가 중요함
□ 기술동향	○ 국내동향 - 국토교통부 “4대강 이용도우미, K-water 문화관, 홍보관 운영을 통해 수자원관리기술을 홍보하고, 시민들의 견학 서비스를 제공하고 있음 - 또한, K-water 서포터즈 및 물사랑공모전 등의 행사를 통해 시민들이 직접 수자원관리 홍보에 참여할 수 있는 프로그램들을 시행중에 있음 ○ 국외기술동향 - European water framework directive (WFD)에서는 2000년부터 대하천 유역관리시스템에 시민들의 참여를 유도하고 많은 유럽국가에서 정책입안 초기단계부터 시민참여에 대한 프로그램을 이용하고 있음 - 미국에서는 독립적인 대하천 운영 홍보를 실시하고 시민참여 프로그램을 운영하고 있음
3. 연구개발 내용	【1단계】 (1단계 - 1차년도) ○ 대하천 효과 및 운영기술 대국민 인식평가를 위한 방법론 분석 ○ Test-bed 국내외 운영사례 분석 (1단계 - 2차년도) ○ 대하천 효과 및 운영기술 대국민 인식평가방법 개발

- 대국민 인식증진 프로그램 및 인식평가 항목 개발
- 사회분석망 분석기술을 이용한 인식평가 기술개발
- Test-bed 선정기준안 수립

(1단계 - 3차년도)

- 대하천 효과 및 운영기술 대국민 인식평가
 - 대국민 인식평가 시민조사
 - 사회분석망 분석기술을 이용한 인식평가
- 대국민 홍보 프로그램 및 책자개발
 - 대하천 효과 및 운영기술 관련 홍보 프로그램 수요조사
 - 스마트 어플리케이션 기술개발
 - 대국민홍보 책자발간
- 대국민 인식증진 프로그램 운영
 - 전문가초청 대하천 운영기술 세미나 개최
 - 이해당사자 및 관련기관 역량강화 워크샵 개최
- Test-bed 선정 기준 확정 및 후보 평가

(1단계 - 4차년도)

- 대하천 효과 및 운영기술 대국민 인식평가
 - 대국민 인식평가 시민조사
 - 사회분석망 분석기술을 이용한 인식평가
- 대국민홍보 프로그램 개발
 - 시민참여형 대하천 운영기술개발
 - 스마트 어플리케이션 운영 관리
- 대국민 인식증진 프로그램 운영
 - 시민참여 모니터링 교육세미나
 - 대하천 운영기술 청소년 워크샵 개최
 - 대하천 효과 및 운영기술 인식증진 프로그램 매뉴얼 개발
- Test-bed 세부운영전략 수립

【2단계】

- 대하천 효과 및 운영기술 대국민 인식평가
 - 대국민홍보 및 인식증진 평가
 - 사회분석망 분석기술을 이용한 인식평가
- 대국민홍보 프로그램 운영 및 홍보책자 발간
 - 시민참여형 대하천 모니터링 사업운영
 - 스마트 어플리케이션 개발
 - 대국민 홍보 책자 발간
- 대국민 인식증진 프로그램 운영
 - 대하천 운영기술 국제세미나 개최
 - 시민참여 대하천 모니터링 성과보고회 개최
 - 대하천 효과 및 운영기술 홍보 프로그램 제시

	【3단계】 ○ 대하천 효과 및 운영기술 대국민 홍보기술 제안 － 수요조사, 시민조사, 사회분석망 분석 결과 분석 － 대국민홍보 및 인식증진 효과분석 ○ 대국민홍보 프로그램 개발기술 평가 － 대하천 효과 및 운영기술 종합정보 스마트 어플리케이션 개발 － 시민참여형 대하천 모니터링 사업평가 ○ 대국민 인식증진 프로그램 운영 － 대하천 운영기술 종합정보 간담회 개최 － 시민참여 대하천 모니터링 성과보고회 개최 － 스마트 어플리케이션 활용 보고회 개최 ○ 대하천 효과 및 운영기술 홍보 및 인식증진 방안 제시
4. 연구개발 추진방법 ☐ 추진전략 ☐ 추진체계	○ 전문 설문조사기관과 관련 교육기관, 시민단체와의 협업을 통해 진보적이고 실효성 있는 기술개발 ○ 세미나 및 워크숍은 관련 학회 및 기관과 공동개최 ○ 스마트 어플리케이션 개발 (전문업체) ○ 인식평가 항목개발 (학계 및 관련 부처) ○ 인식평가 및 수요조사 (전문업체, 학계) ○ 인식증진프로그램 실시 (학계 및 학회, 관련부처)
5. 최종성과물 ☐ 주요 최종성과물	【1단계】 ○ (1단계－1차년도) － 시민조사 인식평가서 ○ (1단계－2차년도) － 인식분석 평가 매뉴얼 ○ (1단계－3차년도) － 설문평가결과 보고서 － 대국민 홍보 프로그램 수요조사 평가서 － 대하천 홍보 책자 ○ (1단계－4차년도) － 대국민 홍보프로그램 매뉴얼 － 스마트 어플리케이션 【2단계】 － 대하천 홍보 책자 － 대국민 인식증진 프로그램 【3단계】 － 대하천 홍보 책자 － 대국민 인식증진 프로그램 운영결과 보고서

6. 연구기간 및 지원예산	
☐ 전 체	○ 총 연구기간 : 2017년 7월 ~ 2025년 12월(8년 5월) ○ 연구비 예산 : 14억원(정부출연금 : 164원)
7. 기 타	
	○ 없음