

2015

국토교통 R&D 동향조사

수자원분야

Ministry of Land,
Infrastructure, and
Transport

Korea
Agency for
Infrastructure Technology
Advancement



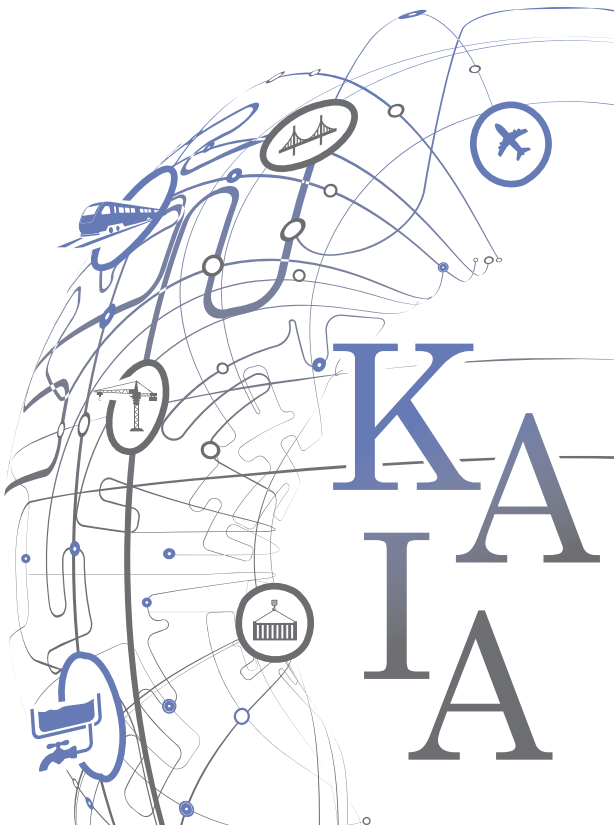
생활을 편리하게!
삶을 풍요롭게!

-creative dream builder-

KAIA

국토교통 R&D 동향조사
수자원분야

CONTENTS



01. 개요	04
I. 수자원의 정의 및 범위	04
II. 수자원 연구의 필요성	06
02. 국내외 주요 정책동향	08
I. 미국	08
II. EU	10
III. 프랑스	12
IV. 독일	15
V. 영국	16
VI. 네덜란드	20
VII. 일본	21
VIII. 싱가포르	23
IX. 한국	24
03. 용수이용	32
I. 주요 선진국 동향	32
II. 국내 동향	52
04. 하천 및 수재해	66
I. 주요 선진국 동향	66
II. 국내 동향	79
05. 국내외 동향 요약	94
I. 시장동향	94
II. 정책동향	95
III. 기술동향	96
06. 주요이슈 및 시사점	98
07. 참고문헌	100



01. 개요

I. 수자원의 정의 및 범위

- 수자원은 넓은 의미로 생물이나 인간의 생활에 이용되는 지구상의 모든 물이며, 좁은 의미로는 인간에 의하여 사용되는 경우에 한정¹⁾
 - 인류가 주로 이용하는 물은 대부분이 담수로서, 직접 이용되는 빗물을 포함한 하천수나 호수 등의 지표수와 지하수가 대부분
 - 하천수는 댐을 비롯한 여러 가지 저수 장치를 통해 음용수, 관개수, 발전용수 공급에서부터 교통로 역할, 위락기능까지 수자원 기능의 가장 많은 부분을 차지
 - 호수는 저장되어 있거나 일시적으로 정체된 물의 집합으로서, 넓은 의미로는 수량이 적은 늪지에서부터 자연발생적인 호수나 저수지와 같은 인공호수 등을 모두 포함
- 수자원 기술은 인간이 활용할 수 있는 용수를 공급하고, 하천을 설계/복원/유지관리하며 기후변화에 따른 수재해를 경감시키기 위한 기술로서 용수이용, 하천, 수재해로 구분
 - 용수이용 기술은 댐, 하천수, 지하수 등의 수자원을 인간생활, 생산활동 등의 다양한 목적(생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수 등)으로 이용하는 기술로 지표수, 지하수, 수처리, 상하수도 관망, 우수 및 용수재이용으로 구분
 - 지표수 기술은 댐, 저수지, 하천 등 지표에 있는 물을 원수로 사용할 수 있도록 용수분배 및 물공급능력 등을 평가하여 물 수급을 최적화하는 기술
 - 지하수 기술은 지하수를 효율적으로 이용하기 위한 지하수 개발, 함양 및 활용기술, 대수층 보호를 위한 제반기술, 지하수 처리기술과 지속적인 양질의 지하수 자원을 확보하기 위한 지하수 보존 및 관리기술
 - 수처리 기술은 원수의 수질을 사용 목적에 적합하게 개선하는 기술로서, 수돗물을 생산하는 정수처리 기술과 하·폐수를 수질기준에 맞추어 처리하는 물리, 화학, 생물학적 기술
 - 상하수도 관망 기술은 인간 활동에 필요한 물을 목적에 맞게 이동시키기 위해 연결관을 설치하고 유지관리하는 기술로서, 상수도 관망과 하수도 관망으로 분류하여 운영하는 기술

1) 수자원의 개념, 한국의 자연지리, 이민부, 2012



- 우수 및 용수재이용 기술은 건축물, 교통시설, 공공시설 등 불투수 지표면에 내린 빗물 및 하·폐수 처리수를 이수, 치수, 환경보호 및 물순환 진전화를 목적으로 활용하고 관리하기 위한 유출제어, 저장/저장, 침투, 여과, LID 기술
- 하천 기술은 하천 및 수리시설의 설계/유지관리에 필요한 기술, 치수/이수 기술, 하천환경 정비 등의 목적에 의해 인위적으로 훼손된 하천을 자연상태에 가깝게 복원시키기 위한 기술로 하천 및 수리시설, 생태하천, 통합수자원관리, 수자원 모니터링으로 구분
 - 하천 및 수리시설 기술은 수문, 수리, 유사조건 등 하천의 특성을 고려하여 하천형상, 제방 및 하천시설물을 최적화하기 위한 설계 기술
 - 생태하천 기술은 하천 안팎의 인공적인 생태계 교란요인을 제거하여 하천을 자연상태에 가깝게 복원하고 건강한 생태계가 유지될 수 있도록 관리하는 기술로 하천수질 정화, 하천생태 복원기술 등 포함
 - 통합수자원관리 기술은 수자원의 지속가능한 개발 및 이용을 위하여 수량, 수질, 생태, 환경 등을 종합적으로 고려하여 효율이 극대화되도록 유역단위로 수자원을 통합관리하는 기술
 - 수자원 모니터링 기술은 주요지점의 강수량/수위/유량/수질/유사/생물 등을 관측/분석하여 물순환 과정 및 하천 건강성을 정량적으로 규명하기 위한 기술
- 수재해 기술은 기후변화에 따른 홍수 및 가뭄피해를 최소화하기 위해 기상, 수문, 수리, ICT, 위성기술 등을 활용하여 홍수 및 가뭄 등의 수재해를 사전에 예측하고, 다양한 구조물적 대책과 비구조물적 대책을 적용하여 유역특성에 적합한 수재해 경감방안을 수립하는 기술로 통합홍수관리, 홍수예측 및 대응, 가뭄예측 및 대응으로 구분
 - 통합홍수관리 기술은 기후변화 등에 따른 홍수피해를 최소화하기 위해 유역개념에 의한 유역별 특성에 적합하도록 구조적 홍수대책과 비구조적 홍수대책을 통합하고 홍수 유형변화를 고려한 홍수분담 및 방어체계를 구축하는 기술
 - 홍수예측 및 대응 기술은 홍수피해 경감을 위해 홍수를 예측하고 대응하기 위한 기술로 강우예측, 홍수량예측, 홍수범람예측, 치수구조물 설계 및 시공, 홍수정보의 실시간 수집·전파 기술
 - 가뭄예측 및 대응 기술은 장기간에 걸친 강수량 부족으로 발생하는 물부족 피해를 저감시키기 위한 가뭄대응 모니터링, 예·경보 시스템, 가뭄재해 관리 및 대응기술

표 1 수자원분야 중분류 기술분야 정의 및 범위

용수이용	• 댐, 하천수, 지하수 등의 수자원을 인간생활, 생산활동 등의 다양한 목적(생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수 등)으로 이용하는 기술
하천	• 하천 및 하천시설의 설계 및 유지관리에 필요한 기술, 치수/이수 기술, 하천환경 정비 등의 목적에 의해 인위적으로 훼손된 하천을 자연상태에 가깝게 복원시키기 위한 기술
수재해	• 기후변화에 따른 홍수 및 가뭄피해를 최소화하기 위해 기상, 수문, 수리, ICT, 위성기술 등을 활용하여 홍수 및 가뭄 등의 수재해를 사전에 예측하고, 다양한 구조물적 대책과 비구조물 대책을 적용하여 유역특성에 적합한 수재해 경감방안을 수립하는 기술

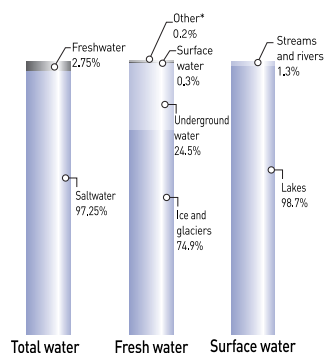
II. 수자원 연구의 필요성

- 수자원 공급의 자연적 한계와 수요의 급증으로 인해 물부족 문제가 심화됨에 따라 수자원 시장의 중요성이 날로 커지고 있으며 관련 시장의 급격한 성장 예상

- 지구의 물 자원은 약 14억km³이나 이 중 97.5%가 바닷물인 염수이고 담수 비율은 2.5%에 불과²⁾

– 담수 중 대부분이 얼음과 눈 형태의 빙설이며, 지하수를 제외하고 인간이 사용할 수 있는 담수호 및 하천수는 전체 물 자원의 0.3%인 42만km³에 불과

그림 1 가용 수자원량

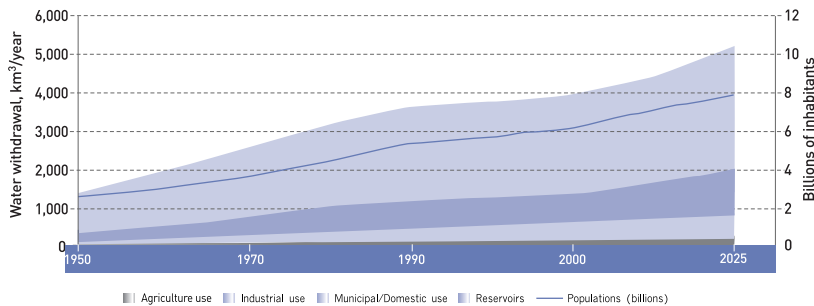


자료 : 국내 물산업의 해외진출 전략, 한국수출입은행, 2014

2) 국내 물산업의 해외진출 전략, 한국수출입은행, 2014

- 담수의 주요 공급원인 강수의 3/4가 전 세계 인구 1/3 미만이 살고 있는 지역에 집중되어 수자원의 지역 불균형이 심각하며, 지구 온난화로 인한 가뭄으로 수자원 고갈 심화
- 물의 공급은 제한적인데 반해 인구증가로 인한 물수요는 폭발적으로 증가할 것으로 예측
 - 연간 인당 최소 2,000리터를 소비하는 인류는 매년 8,000만 명씩 증가하여 '25년에는 '00년 대비 30%가 증가한 80억 명에 달할 것으로 예상
 - 현재 전 세계적으로 7억 명이 물부족으로 고통받고 있지만, '25년에는 세계 인구의 34%인 약 27억 명이 담수부족에 직면할 전망

그림 2 인구증가에 따른 물사용량



자료 : 국내 물산업의 해외진출 전략, 한국수출입은행, 2014

- 전 세계적으로 부족한 수자원의 효율적 활용과 친환경적 관리를 위해 기존 수량관리 위주의 정책 및 기술에서 통합수자원관리, ICT융합 스마트 수자원관리, 친환경 생태하천 등으로 트렌드 변화
 - 세계적으로 부족한 수자원 확보 및 효율적 활용을 위해 기존 수량관리 위주의 정책에서 수량, 수질, 생태, 대체 수자원 관련 정보를 통합하여 관리하는 통합수자원관리(IWRM : Integrated Water Resource Management) 정책으로 전환
 - ICT융합 기술의 발전에 따라 수자원 관리분야에도 ICT기술을 접목하여 스마트 워터 그리드, 상하수관망 누수 배수 감지, 수질에 따른 최적 수처리공정 자동화 시스템 등의 도입이 가시화
 - 유럽과 일본, 미국 등 선진국에서는 치수관리에 있어서 생태측면을 고려한 친환경 생태하천 정책을 추진 중
- 지속적인 수요증가가 예상되는 수자원 시장 진출 확대를 위해서는 트렌드 변화에 부합하는 기술력확보 필요



02. 국내외 주요 정책 동향

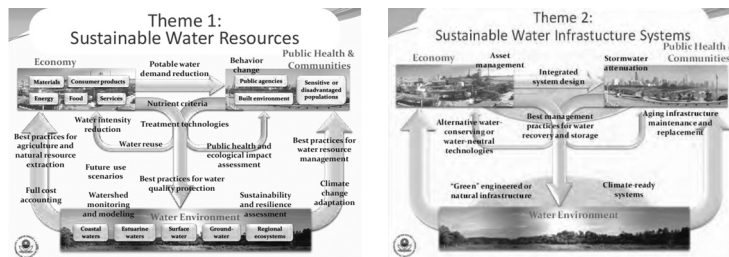
I. 미국

- EPA(환경보호청)는 '12년 국가 물 프로그램(National Water Program)을 통해 기후 변화, 미래 세대의 지속가능한 수자원 관리라는 목표를 달성하기 위한 장기 비전과 목표 설정³⁾
 - '12년 국가 물 프로그램에서는 음용수의 안전성을 확보하고, 지하수, 해역, 하천 등의 수질 개선을 통한 야생동식물의 생육 보호, 지속가능한 경제 활동과 재창조 추구
 - '08년 국가 물 프로그램 추진이 단기적 관점의 전략이었다면, '12년에 개정된 전략은 기후 변화에 직면한 미래 세대를 위한 지속가능한 수자원 관리라는 장기적 비전의 관점
 - 국가 물 프로그램의 주요 핵심 요소는 사회기반시설(Infrastructure), 유역 및 습지(Watersheds and Wetlands), 해안 및 수역(Coastal and Ocean Waters), 수질 보호(Protecting Water Quality), 이해관계자간의 협업(Working with Tribes)
 - 각각의 핵심 요소별 비전과 목표, 목표 달성을 위한 행동 전략(Strategy Action)을 수립하여 국가 물 프로그램 추진
- 미국 EPA ORD(환경보호청 연구개발부)에서는 물관련 Safe and Sustainable Water Resources 프로젝트를 통해 안전하고 지속가능한 수자원 개발 관련 연구전략 수립⁴⁾
 - 지속가능한 수자원 확보를 위해 비용효과적인 영양 오염 저감 전략 및 기준 수립, 신규 오염물질과 우선순위 오염물질의 효과적 관리 및 규제 전략 수립
 - 지속가능한 수자원 기반시설 수립을 통해 공중보건의 보호, 그린 인프라(green infrastructure)를 통한 물순환 체계 개선과 홍수저감, 기후 변화의 영향에 대한 대응 체계 구축

3) National Water Program 2012 strategy: Response to Climate Change, EPA, 2012

4) Safe and Sustainable Water Resource Strategic Research Action Plan 2012~2016, EPA, 2012

그림 3 Safe and Sustainable Water Resources의 주제별 개념도



자료 : Safe and Sustainable Water Resource Strategic Research Action Plan 2012~2016, EPA, 2012

○ FEMA(연방재난 관리청)는 자연영향 최소화를 고려해 홍수재해 대응 방안 추진

- 미국의 홍수피해 방지 정책은 자연환경에 영향을 최소화하는 방향으로 추진 중⁵⁾
 - 홍수유역의 생태시스템을 유지하며 복원되도록 개발 전의 수리수문순환의 기능을 유사하게 하여 생태시스템 파괴를 최소화하는 도시개발을 추구
 - 도시개발 사업 시 자연영향개발을 제도화하여 도심지의 도시화로 인한 유출증가 및 홍수에 대비⁶⁾
 - 워싱턴 주 Lacey, Tumwater에서는 무영향 배수 배출법(Zero Effect Drainage Discharge ordinance, 60% 이상의 자연적인 환경을 유지 및 불투수지구 0% 유지)을 제정
 - 도시에서의 대규모 수해피해를 방지하기 위해서 대심도 터널 등을 통한 우수유출저감시설을 적극 활용

○ 미국은 주정부별로 수립된 가뭄관리계획(Drought management plan)을 중앙정부에서 지원하는 유기적인 협력을 통해 가뭄관리에 대응

- 주정부의 가뭄관리계획을 중앙정부에서 지원함으로써 중앙과 지방이 협력하여 가뭄관리에 대응⁷⁾
 - 중앙정부 차원에서 가뭄 피해를 최소화하기 위해 주정부의 가뭄관리계획 수립을 적극적으로 지원
 - 미국 내 가뭄에 대한 사전 대비와 경감대책은 연방정부 중심으로 지질조사국(USGS), 미국농무성(USDA) 및 미국상무성 산하의 해양기후국(NOAA), 국립기상청(NWS) 등의 협조하에 진행
 - 지질조사국(USGS)은 실시간으로 하천 유량 부족분과 수문관측소에서 관측한 과거대비 유량 정보 제시

5) 기후변화대응 하천운영 및 관리기술 과제 기획보고서, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2011.6

6) 기후변화에 따른 새로운 도시방재 패러다임과 도시정책방안, 심우배, 국토연구원, 2011

7) <http://drought.unl.edu/Home.aspx>, 미국 가뭄관리 모니터링 홈페이지, 2015.4 검색

- 미국 농무성(USDA)에서 계절별 유량예측지도와 기상예측자료에 의한 토양수문 예측지도 제공
- 해양 기후국(NOAA)에서는 기온 및 강수량 예측지도와 계절별 가뭄예측지도 작성

그림 4 2013년 미국의 가뭄관리 계획 상황표



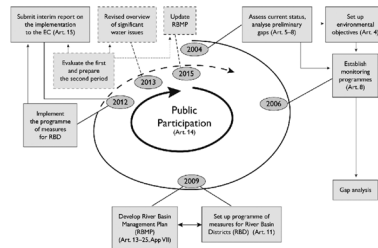
자료 : <http://drought.unl.edu/Planning/PlanninginfoByState.aspx> 2.2 EU

II. EU

- EU는 수자원 보호를 위한 통합적 접근 차원에서 유역단위의 통합적인 물관리 기본지침인 WFD⁸⁾를 제시하여 '15년 현재, 이에 근거한 수자원 정책을 추진 중
 - WFD는 지하수 및 지표수에 영향을 미치는 점오염원과 비점오염원 모두를 포괄하여 유역단위 관리를 추진하며, '15년까지 양호(Good status) 상태의 수질 달성을 주요 목표로 설정
 - 수질 및 생태학적 상태를 고도(High status), 양호(Good status), 적정(Moderate status)의 3단계로 구분하며, '15년에 유럽연합 내 수자원의 수질을 양호(Good status) 상태로 달성하는 것이 주요 목표
 - WFD의 관리 범주에는 지하수와 연안수, 해수, 지표수가 모두 포함되며, 수질의 평가 기준으로 수질의 화학적 상태를 종합적으로 고려하고, 화학적 상태의 양호성 유지를 중시
 - 점오염원과 비점오염원의 통합적 관리를 추진하며, 오염물질의 우선순위 평가와 오염물질의 누적적 환경 영향 평가를 수행
 - 지침에는 오염원별 관리 프로그램과 유역에서의 관리 계획, 자금 조달계획을 통한 비용 충당 계획들이 포함

8) Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC, EU, 2000

그림 5 WFD 실천을 위한 실행 스케줄



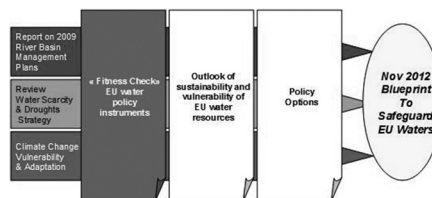
자료 : Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC, EU, 2000

- 수자원 오염 관리와 지하수 수질 보호를 목적으로 하는 WFD의 하부 지침 수립
 - 환경의 질 관리 기준(Directive on Environmental Quality Standards)을 통해 수자원 오염 관리 전략을 수립하고 유해물질 농도 감소를 위한 지침을 제시
 - 우선관리대상물질과 우선관리대상 유해물질 목록을 지속적으로 업데이트하며, 단계별 우선순위관리대상의 농도 감소를 위한 유럽 연합 국가들의 노력을 요구
 - 지하수 수질 보호를 목적으로 하는 지하수 지침(Groundwater Directive)을 통해 지하수의 화학적 상태에 중점을 둔 수질기준을 설정

○ 유럽연합은 '12년 A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources를 통해 물관리 관련 주요 정책인 물안보, 기후변화 대응, 유역단위의 관리를 연계한 시나리오를 제시

- 전 유럽인에게 양질의 풍부한 물을 공급하고 유럽 전 수역에 걸쳐 양호한 상태의 수질 보장을 목적으로 물관련 주요 정책 효과 및 성과에 대해 평가하고 목표 달성을 위한 주요 방안을 모색⁹⁾
 - 유역관리계획(RBMP)과 가뭄 및 물안보, 기후변화로 인한 물자원의 취약점을 분석 및 검토하고 주요 문제점을 도출하여 WFD의 목적을 효과적으로 달성할 수 있는 시나리오를 도출

그림 6 Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources의 구조

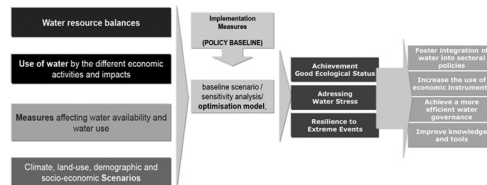


자료 : Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources(SWD 381 final), European Commission, 2012

9) Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources(SWD 381 final), European Commission, 2012

- 수질에 영향을 미치는 주요 변수와 양호 상태의 수질 달성, 재해 레질리언스 확대, 물 스트레스라는 주요 문제를 해결하기 위한 시나리오 도출¹⁰⁾
 - 수자원의 균형 유지, 경제적 활동에 의한 수자원 사용, 이용가능한 수자원량, 기후변화, 인구경제학적 관련 영향에 기반하여 현 상태를 분석
 - 분석 결과에 기반하여 생태학적인 양호 상태의 수질 달성, 물 스트레스 해소, 재해에 대한 레질리언스 확보를 위한 시나리오 제시

그림 7 A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources Baseline, Scenarios, Objectives, Policy Options



자료 : A water blueprint for Europe, European Commission, 2013

- HORIZON 2020의 Smart, Green and Integrated Transport 분야에서 혁신적이고 효율적인 수자원 관리 및 기후변화 대응을 위한 연구 프로그램들이 진행 중
- 기후변화 대응, 수자원 관리 분야에서의 정보통신기술 적용, 수자원 사용 효율화를 위한 연구 프로그램을 진행¹¹⁾
 - 수자원의 상용화 가능성 증대, 기후변화에 대응한 수자원 관리, WFD 달성을 위한 연구 지원, 개도국의 식량 안보 지원을 위한 관련 연구 프로그램 진행

III. 프랑스

- 프랑스 중앙정부는 WFD를 기반으로 대유역별 수자원 계획을 수립하고 지방정부는 유역내 해당 지역의 수자원 계획을 수립함으로써 유기적 수자원 관리 체계를 확립
- 중앙정부는 대유역별 유역수자원계획(SDAGE: the Schemas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux)을 수립하고 지방에서는 지역수자원관리개선계획(SAGE: the Schemas d'Aménagement et de Gestion des Eaux)을 수립¹²⁾

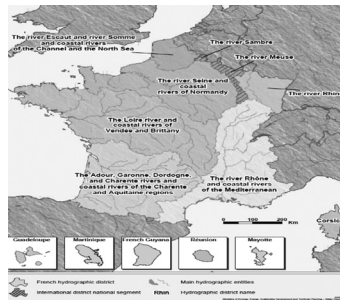
10) A water blueprint for Europe, European Commission, 2013

11) Horizon 2020 Work Programme 2014–2015, European Commission, 2014

12) Sdage 2016–2021, leau Loire-Bretagne, 2014

- 중앙정부는 13개 유역에 대한 유역수자원계획(SDAGE)을 수립하고 WFD의 주요 목표인 양호 상태의 수질 달성과 지표수와 지하수의 오염물질 제거를 목표로 설정
- 지방정부에서는 지역수자원관리개선계획(SAGE)을 통해 유역 내 지역 단위로 지방하천과 호수 및 저수지 등의 수자원 이용 및 개발에 대한 계획을 확정¹³⁾

그림 8 WFD 기반 프랑스 유역과 해외 유역 구분



자료 : 바람직한 물거버넌스를 위한 유역협의체 구성 방안, 국토환경연구소 최동진, 2014

○ 프랑스의 민간-공공 네트워크 조직인 IOW는 자국 기업의 해외 진출을 집중 지원하며, 국가 차원에서 자국 기업이 글로벌 기업으로 성장하도록 지원

- 프랑스 정부는 프랑스와 유럽의 수자원 관리 및 보호를 목적으로 민간-공공 네트워크 조직인 IOW(The International Office for Water)를 설립하였으며, '15년 149개 기관이 회원으로 참여¹⁴⁾
- 주요 수행업무는 직업훈련 및 엔지니어링, 계약체결 지원, 법, 기술, 경제, 교육 등의 개선, 국내외 기관에 대한 지원 업무 등
- 자국 내에서의 물 산업 육성 보다는 자국 기업의 해외 진출 지원 정책에 집중하여 글로벌 기업으로 성장시키기 위한 지원에 주력¹⁵⁾
 - '01년 상하수도 서비스 국제표준(ISO/TC224) 도입 제안 등 물기업 서비스의 국제 표준화를 통한 해외 물시장 점유 확대를 추구
 - 개도국 경제원조 시 물공급 체계 개선을 위한 경제적 지원의 조건으로 프랑스 물 기업이 해당 사업을 담당할 것을 요구하고 이를 통해 프랑스 물 기업의 진출을 지원
 - Veolia와 Suez 등 자국의 대형 물 기업 지원을 위하여 국내외 교육센터에서 수자원 기업들의 기술 개발과 전략 수립을 위한 특별 프로그램을 실시

13) <http://www.gesteau.eaufrance.fr>, SAGE 소개 홈페이지, 2015.4 검색

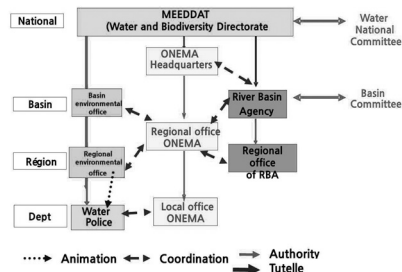
14) IOW홈페이지(<http://www.iowater.org>), 2015.3 검색

15) 창조경제와 물 산업, 한국과학기술기획평가원, 이종석, 김종욱, 2013.7

○ 프랑스는 공공환경 연구기관인 ONEMA에서 물관련 정책 수립 및 평가 기준을 수립하기 위한 과학기술적 연구 및 지원 업무를 수행¹⁶⁾

- ONEMA는 WFD 지침에 따라 '15년까지 환경 생태를 우수한 수준으로 복원하는 것을 목적
- ONEMA에서는 '13년~'18년까지 중점 연구 영역으로 생물 다양성 보존, 수자원의 양적 관리, 수환경 보존 및 복원, 수자원의 화학적 오염 관리, 도시지역의 수자원 관리 방안, 농촌지역 수질 개선 방안을 선정
 - 생물다양성과 관련하여 WFD 기반 유역 단위의 생물다양성 정도를 평가하고, 생물다양성 보존을 위한 국가 전략 수립 및 정책결정에서의 과학적 전문 지식 제공, 생물다양성 모니터링 방법 개발을 수행
 - 수자원의 양적 관리를 위해 수문 데이터 개발 및 이용 방법론 제공, 가뭄 예측 및 영향 조사, 지하수와 지표수의 통합 관리를 수행
 - 수환경의 보존 및 복원을 위해 수환경 진단 모니터링, 습지 환경평가, 수환경 복원 전략 수립 및 기술 개발을 추진
 - 수자원의 화학적 오염 관리를 위해 WFD 기반의 화학 물질 모니터링과 신종 오염물질 및 화학물질의 영향 평가, 오염 예방을 위한 전략 수립을 추진
 - 도시지역의 수자원 관리 분야에서는 산업 폐수의 처리 방식 개발, 하수도 개선 정책, 통합 빗물 관리 기준 수립을 위한 사례연구를 수행
 - 농촌지역의 수질 개선 분야에서는 농지에서의 오염 유기물질(질소나 인)의 과도한 유입을 예방하고 부영양화 감소 및 확산 방지를 위한 기술을 지원
- 프랑스의 연구조직(Irstea, CNRS, IFREMER, INRA, MNHN)과의 공동연구를 추진하며, 매년 예산의 12%를 R&D에 할애하여 주요 미션 달성을 위해 노력¹⁷⁾
 - 연간 예산 중 39%는 수환경 보호와 수자원 이용관련 지식확보를 위해 사용되며, 27%는 국토 보존 활동, 22%는 물이용 관련 조사 및 검사에 사용

그림 9 ONEMA의 업무흐름



자료 : 영국, 프랑스 민간투자사업의 서비스 성과평가 정책 및 사례조사, 공공투자관리센터, 2013.11

16) ONEMA 홈페이지(<http://www.onema.fr/>), 2015.4.1 검색

17) 영국, 프랑스 민간투자사업의 서비스 성과평가 정책 및 사례조사, 공공투자관리센터, 2013.11

IV. 독일

○ 독일은 지하수 원수 사용을 위해 지하수로의 오염물질 유입 방지 및 빗물 재이용을 통한 빗물의 상수 용수 사용에 대한 지하수법과 음용수법을 공포

- 독일 환경청(EA)은 물 시스템 내에 미생물병원체의 유입을 예방하는 지하수법을 통해 지하수 물 시스템 보호를 추구¹⁸⁾
 - 음용수인 지하수의 오염은 국민 건강과 직결되는 문제로 물 시스템 내의 미생물 병원체의 유입을 예방하기 위한 국가적 차원의 관리 방안을 제시
 - 음용수에 포함된 불순물은 국민의 건강을 위협하는 미생물 병원체가 잠재적으로 존재하게 하는 감염원이며, 지하수법은 미생물 병원체에 노출로 인한 질병과 사망을 감소시키기 위한 조치
- 독일은 음용수법을 통해 빗물 재이용을 적극적으로 추진¹⁹⁾
 - 음용수법(Drinking Water Act) 내에서 빗물을 상수용 용수로 사용하기 위한 관련 내용을 규정
 - Guideline for the planning, execution and care of roof planting(National natural conservation law)를 통해 지붕 녹화 계획과 수행 관리에 관한 지침을 제정
 - 독일은 전국적으로 20만 개 이상의 빗물이용 시설을 설치하여 운용 중이며, 빗물이용시설을 대규모 빌딩뿐만 아니라 주거단지 단위나 개별 주택을 대상으로 활발히 추진

○ 독일은 연방정부의 물관련 실무그룹인 LAWA(Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser)를 중심으로 WFD 기반의 물관리 및 홍수 재해대응, 오염물질 관리 등을 수행²⁰⁾

- LAWA는 '56년 최초로 수립되었으며, 물관리 및 물 관련 솔루션 제공, 물관련 정책의 이행을 목표로 국내외 다양한 조직의 연구결과를 규정에 반영
 - 목표 달성을 위해 물 관련 법률, 하천과 해안의 보존, 생태, 홍수방지, 해안보호, 지하수, 상수도, 산업폐수, 물오염 및 수처리 등 다양한 주제를 다루는 조직을 구성

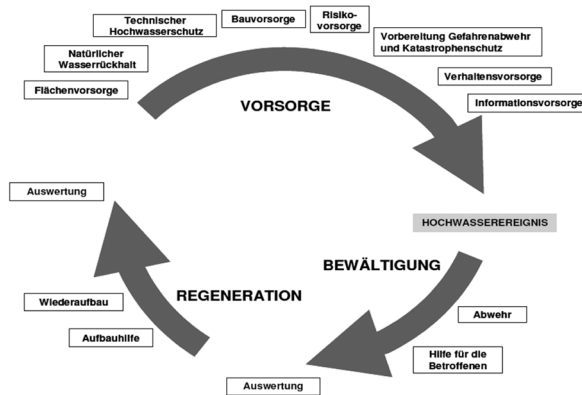
18) 먹는물의 미생물(일반세균) 수질기준 개선에 관한 연구, 국립환경과학원-한국미생물학회, 2010.11

19) 상수원 확보 및 대체수원 개발계획, 국가상수도정보시스템, 2014.3

20) LAWA(<http://www.lawa.de>), 2015.3

- LAWA는 유럽의 물관련 기본 지침인 WFD(European Water Framework Directive)의 주요 추진 조직으로, 홍수 관련 지침에서 요구하는 활동을 수행²¹⁾
 - 홍수관련 지침에 따라 홍수 예방을 위한 preliminary flood risk assessment, flood risk maps, flood hazard maps을 주기적으로 작성

그림 10 홍수위험관리 사이클



자료 : Recommendations for the Establishment of Flood Risk Management Plans, LAWA, 2010

- LAWA에는 '15년 기준 4개의 상임위원회가 조직되어 있고 매년 2회의 정기총회를 가지며, '16년에는 스투트가르트와 베를린에서 개최될 예정²²⁾
 - 상임위원회는 지하수 및 물공급, 물관리, 지표수 및 연안해역, 홍수방지 및 수문학 분야로 구성

V. 영국

○ 영국은 상하수도 관리 기관의 민영화를 통해 수자원 관리 및 효율화를 도모²³⁾

- 공공기관이던 10개 대구역의 유역관리청을 민간회사로 전환하였으며, 각 지역 수자원에 대한 전반적인 개발권을 상하수도 서비스 회사에서 보유
 - '89년 10개의 유역관리청(RWA)을 민간사업자로 전환하고 기존의 18개 소규모 상수도 전문회사(현재는 16개로 흡수, 통폐합)의 기득권을 인정해 주는 상하수도 서비스 민영화를 시행

21) Recommendations for the Establishment of Flood Risk Management Plans, LAWA, 2010

22) LAWA(<http://www.lawa.de>), 2015

23) 유역과 지방정부 중심의 물기본법 제정 방안, 경기개발연구원, 2014

- 대표적인 수자원 관련 규제 기관은 종합적 수자원 관리를 수행하는 환경청(EA)과 상하수도 관리 기관을 규제하는 물서비스 규제감시청(OFWAT)
 - 환경청(EA)은 수자원 관리의 효율화를 위해 이수, 치수, 하천 환경의 수질규제 등 종합적 수자원 관리를 수행
 - 물서비스규제감시청(OFWAT)은 물서비스 기관의 의무사항에 회복력 목표(Resilience Objective)와 지속가능한 취수 노력 등을 명시하여 상하수도 서비스 제공 수준을 유지할 수 있는 회복력을 갖출 것을 명시
 - 기후변화, 도시화, 인구증가, 환경오염 등 복잡한 환경변화에 따른 위험에 효과적으로 대처하여 적절한 상하수도 서비스 제공 수준을 유지할 수 있는 회복력을 갖출 것을 요구
 - 물기근에 대응하기 위한 작은 규모의 물저장시설 개발을 촉진하고 지속가능하지 않은 취수 제한 및 홍수보험 규정 등을 관리 감독
 - 기타 규제기관으로 음용수감시과(DWI) 및 물소리 평의회(Water Voice Council)를 설치하여 민간사업자의 전횡을 견제·감독하고 수자원 관리의 효율화를 추구
- '14년 5월 수자원 시장의 산업 활성화를 위하여 'Water Act 2014'를 제정하고 잉글랜드와 웨일즈 시장의 경쟁체제를 더욱 강화²⁴⁾
- '17년부터 기존 사업자 중 사업실적이 저조한 상하수도 운영사업자를 퇴출시켜 시장 유연성과 탄력성을 높여 물산업 경쟁체제 강화를 통한 성장을 추구
- 홍수와 해안침식 대응을 위해 국가 차원에서 홍수 및 해안 침식 위기관리 정책을 제시하고 지방에서 자체적으로 홍수위험관리를 수행
- 영국은 환경청(EA)을 주축으로 홍수 및 해안 침식 위기 관리 정책을 추진하며 홍수위험관리 수행, 위험관리를 위한 자금조달, 홍수비상사태 대처, 홍수 보험 등을 수행²⁵⁾
 - 지방에서는 홍수 및 해안 침식 위기관리 정책(FCERM)에 기반하여 지속가능한 지역사회 유지의 관점에서 홍수위험 평가결과에 기반한 지역적 실천 계획을 수립²⁶⁾
 - 영국의 홍수 및 수자원 관련 정책의 추진 체계는 아래의 그림과 같이 구성

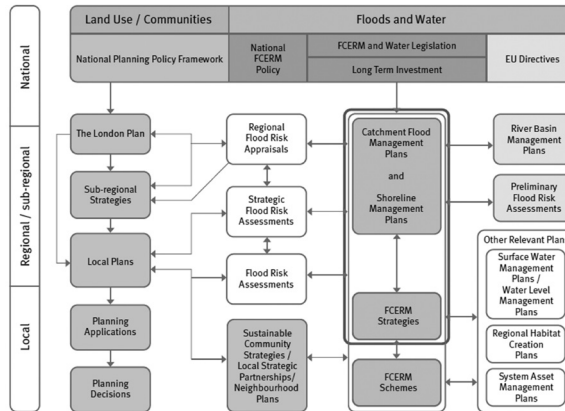
24) 유역과 지방정부 중심의 물기본법 제정 방안, 경기개발연구원, 2014

25) Flood and Water Management Act 2010 : implementation progress report, Dec 2012

26) Flood and coastal erosion risk management: current schemes and strategies, EA, 2014

<https://www.gov.uk/government/collections/flood-risk-management-current-schemes-and-strategies>

그림 11 영국의 홍수 및 수자원 관련 정책 거버넌스



자료 : TE2100 Plan, EA, 2012

- 홍수 및 해안 침식 위기관리 정책(FCERM, Flood and Coastal Erosion Risk Management)에 기반하여 잉글랜드와 웨일즈의 홍수 및 해안침식 위기관리의 전략적 접근을 추진²⁷⁾
 - 잉글랜드에서는 홍수 및 해안 침식 위기관리 정책을 통해 '15년부터 '21년까지 £2.3bn을 투자하며, 45%는 해안 침식 위기관리 정책에 55%는 홍수 위기관리 정책에 투입할 것을 계획
 - 관리 지역은 크게 16개 지역으로 구분되며, 지역별로 홍수 및 해안 침식에 관한 대응 전략을 세우고 추진할 것을 명시

그림 12 FCERM의 관리 지역 영역 구분

Our areas

- North and East
- 1 Northumberland Durham and Tees
 - 2 Cumbria and Lancashire
 - 3 Yorkshire
 - 4 Derbyshire Nottinghamshire and Leicestershire
 - 5 Lincolnshire and Northamptonshire
- West
- 6 Greater Manchester Merseyside and Cheshire
 - 7 Staffordshire Warwickshire and West Midlands
 - 8 Shropshire Herefordshire Worcestershire and Gloucestershire
 - 9 Wessex
 - 10 Devon and Cornwall
- South East
- 11 Cambridgeshire and Bedfordshire
 - 12 Essex Norfolk and Suffolk
 - 13 Hertfordshire and North London
 - 14 West Thames
 - 15 Solent and South Downs
 - 16 Kent and South London



자료 : TE2100 Plan, EA, 2012

27) Flood and coastal erosion risk management: current schemes and strategies, EA, 2014

- 지역별 홍수 및 해안 침식 위기 대응 프로젝트로 동남부 템즈강 하구유역 중심의 프로젝트인 Thames Estuary 2100 프로젝트가 처음으로 수립²⁸⁾
- Thames Estuary 2100 프로젝트는 Essex, Norfolk and Suffolk, Kent and South London 지역 전부와 Hertfordshire and North London 지역 일부를 포괄
- Thames Estuary 2100 프로젝트에서는 2010년~2100년을 세 단계로 구분하고 단계에 따른 홍수 및 해안 침식에 대한 대응책을 제시²⁹⁾

표 2 Thames Estuary 2100 계획의 주요 내용

단계	내용
1단계 (25년, 2010~2035)	- 홍수방어시설 유지관리 - 유역 전반의 홍수터 관리체계(비상대응 및 공간계획) 확보 - 장래 홍수방어시설의 변화가 요구되는 지역 보호 - 해수면 상승과 기후변화를 포함한 지표 모니터링 및 관련 계획 정비 - 새로운 동식물 서식처 창출 사업 착수
2단계 (35년, 2035~2070)	- 방조제의 상류와 하류의 홍수 방어 시설망 교체 및 개선 - 동식물 서식처 창출사업 계속 - 새로운 방조제 건설 여부 결정 및 계획 수립 착수
3단계 (30년, 2070~2100)	- 방조제 건설 계획 착수(현재 평가결과로는 Long Reach에 신규 방조제 건설 계획) - 추가적 홍수방어시설 구축 및 적응대책 시행

자료 : 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I) 총괄보고서, 2009

- 환경청(Environment Agency)은 홍수 및 해안위험관리국(Flood and Coastal Risk Management)에 기후변화 모델링 개발과 홍수 방어를 위한 투자를 계획
 - 기후변화 모델링 개발과 홍수 방어를 위한 투자에 연간 5.7억 달러를 투자하고 있으며, '35년까지 매년 10억 달러를 지원할 계획³⁰⁾
- 영국은 지하수를 숨은 자원으로 여기고 '위해성기반 접근 및 사전예방 원칙'에 기반하여 유해물질의 지하수 유출 방지를 중점으로 추진³¹⁾
 - 영국 지하수 법은 '위해성기반 접근 및 사전예방 원칙'을 가지고 오염물질로 인한 영향 평가를 중시
 - 관련 주요 규제로는 '동물 부산물 법규', '환경 허용 규제', '질소 오염예방 규제' 등

28) TE2100 Plan, EA, 2012

29) TE2100 Plan, EA, 2012

30) <http://www.environmentagency.gov.uk>, 영국 환경청 홈페이지, 2015

31) UK EPA, Groundwater Protection: Principles and practice (GP3), 2013

VI. 네덜란드

○ 네덜란드는 강의 통수 능력을 증대하여 기후변화 및 홍수 피해를 저감하면서 생태계 보호를 동시에 추진하는 'Room for the River' 프로젝트를 추진

- 잦은 홍수 피해에 대응하여 강에 공간적 여유를 주어 통수능력을 증대하는 'Room for the River' 프로젝트를 추진하여 치수 및 공간이용과 하천생태계 보호를 동시에 추진³²⁾
 - 네덜란드는 해수면보다 낮은 국토가 전체의 2/3를 차지하여 주기적으로 홍수로 인한 피해가 발생하는 국가이며, 기후변화로 인한 영향 최소화가 국가의 중대한 이슈³³⁾
- 수재해에 대비하기 위해 수자원 시설의 설계기준을 강화하고 기후변화 적응 프로젝트로 'Room for the River'를 추진
 - '07년부터 '15년까지 총 20억 유로를 투자하여 수변에 갈대나 나무를 심고 습지의 생태적 복원과 함께 다양한 공간적 활용을 실행

○ 기후변화에 따른 위험에 대응하기 위해 공간계획과 접목한 도시건설을 위해 Rotterdam Waterplan 2 프로젝트를 시행³⁴⁾

- 도시 홍수관리를 위해 Rotterdam 중앙역사 공간에 주차장과 지하 저류시설의 복합기능 시설 설치를 통한 홍수안전성을 확보
 - 도시 우수관리를 위해 주거단지 및 오픈스페이스의 활용을 통해 옥상녹화 및 빗물을 장·단기간 집수할 수 있는 공동 프로젝트를 추진
 - 물광장(Water Plaza)을 조성하여 주차장, 광장 등 불투수 지역을 일부 낮추거나 계단형 공간으로 조성하여 빗물 저류기능을 추가로 부여
 - 삼각주가 발달한 Brabantse Biesbosch 지역에 홍수안전성 확보를 위해 '08년에 시작된 강변저류지 조성은 '15~'20년 2단계 완료 예정으로 Noordwaard 지역은 경작지로, Oostwaard 지역은 친환경 레크레이션 용도로 활용

32) 하천관리 선진화 기술 기획-Part2.Green River 연구 기획, KAIA 홈페이지(지식-기획연구로 보는 기술 동향), 2012.12.27

33) 물 위에 띄운 '오픈스스 하우스', 허핑턴포스트, 2015.4.5

34) 도시 지하방수로설계·시공·운영기술 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 전경수, 2014

VII. 일본

- 일본은 자국 물기업의 해외진출 활성화와 산업육성을 위한 ‘물산업 육성 전략’과 ‘물산업 해외진출 활성화 방안’을 제정³⁵⁾
 - ‘20년까지 세계적 물 기업 8곳 육성 및 37,000개 일자리 창출과 ‘25년 세계 물시장 6%(1.8조 엔) 점유를 목표로 제시
 - 자국의 우수한 수처리 기술력 등을 활용한 범정부차원의 해외진출 활성화 지원정책을 본격 추진
- 일본은 국토교통성에서 하천과 하수도 정비 및 재해 상황별 피해를 저감하기 위한 수자원 정책을 수립 및 집행
 - 일본 국토교통성은 ‘14년도에 하수도 정비, 수재해 발생 시 하수도 서비스의 지속적 제공을 위한 정책 방향을 제시³⁶⁾
 - 일본은 ‘13년도에 일관되고 ICT와 융합된 하천 관리, 에너지로의 하천 활용 및 위기 관리 대응력 향상 측면에서의 하천관리 방향을 설정³⁷⁾
- 일본은 주정부의 기본 지침에 따라 지방자치단체에서 지하수질, 유해물질 관리 등을 수행하는 체계로 지하수를 관리³⁸⁾
 - 주정부 기관에서 지하수 관리의 기본 방향 및 지침 제공 등의 역할을 담당하고, 세부적인 업무는 각 지방자치단체에서 수행

표 3 오염지하수 관리 행정 체계

항목	주요내용
지하수질의 상시 감시	해당관청 → 지하수 조사(모니터링) → 결과발표
유해물질의 대수층 유입 금지	특정 시설 업체(공장, 단지) → 생산공정상 사용한 독성 물질을 지하수로 침투 → 보고서 작성/조사 → 제거지시 → 지시위반 → 벌금
오염된 지하수의 정화	특정 시설 업체(공장, 단지) → 특정 독성 물질 지하수로 침투 → 지하수 오염 → 정화지시 → 지시위반 → 벌금

자료 : 국가지하수 정보센터 Website(www.gims.go.kr)

35) 창조경제와 물 산업, 한국과학기술기획평가원, 이종석·김종욱, 2013.7

36) 新たな時代の下水道政策のあり方について, 国土交通省, 2014

37) 国土交通省(2013), 安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について,

38) 국가지하수 정보센터 Website(www.gims.go.kr), 2015.4

그림 13 주정부 및 지방자치 단체



자료 : 국가지하수 정보센터 Website(www.gims.go.kr)

○ 국토교통성은 하천사방기술 연구 R&D 프로그램을 통해 현안 대응적 연구개발을 추진³⁹⁾

- 하천사방기술 연구 R&D 프로그램을 통해 매년 하천, 방재, 사방, 해안, 지역 과제(하천, 사방, 생태하천), 유역 계획과 유역 관리 분야의 현안에 대응하기 위한 연구 개발을 수행
 - '15년에는 하천기술분야에서 포화·불포화 침투류 해석을 통해 파이핑의 발생 유무 평가와 파이핑으로 인한 하천 제방 변형 분석 및 평가 기술 과제를 신규로 공모
- 하천사방기술 연구 R&D 프로그램 추진을 위해 국토교통성에서는 연구 분야별로 연구개발 기간과 그에 따른 연구 지원액 상한을 정하여 관련 과제를 공모 및 지원

표 4 국토교통성 하천사방기술 연구프로그램 예산

공모 구분		비용부담 한도액	연구개발 기간
	하천기술	연구개발 기간동안 총 5,000만 엔까지 지원	3년 이내
	방재기술		
	사방기술		
	해안기술		
지역 과제	하천	연구개발 기간동안 총 500만엔	3년 이내
	사방		
	생태	FS연구 연간 500만 엔	1년 이내
	하천	일반연구 연간 1,000만 엔	5년 이내
유역 계획과 유역관리		연구개발 기간동안 총 500만 엔	3년 이내

자료 : 平成25 年度 河川砂防技術研究開発公募実施要領, 国土交通省, 平成25年1月

○ 국토교통성은 하수도 혁신 기술의 연구 개발 및 실용화를 지원하기 위해 B-DASH 프로젝트를 발주하여 하수도 사업의 비용 감축 및 재생수 이용 기술 개발을 지원⁴⁰⁾

39) 平成25 年度 河川砂防技術研究開発公募実施要領, 国土交通省, 平成25年1月

40) 일본 국토교통성 홈페이지(www.mlit.go.jp/), 2015.4 검색

- B-DASH 프로젝트는 함몰, 부식, 침수, 균열 등의 열화를 효율적으로 감지할 수 있는 기술과 재생수 이용 기술 개발을 포함하며 기술별 지원 금액은 아래와 같음
 - 함몰 징수 감지 기술: 400만 엔
 - 부식 발생 감지 기술: 2,000만 엔
 - 침수물 발생 위치 감지 기술: 2,000만 엔
 - 균열 등의 열화 감지 기술: 2,000만 엔
 - 재생수 이용 기술: 5억 엔

VIII. 싱가포르

- 싱가포르는 수자원 공기업인 PUB 주도로 수원 다원화 전략과 자국 물산업 플레그쉽 프로젝트를 추진하여 단기간에 세계 최고수준의 물산업 기술력을 확보
 - 수자원 공기업인 PUB는 다원화된 수자원 확보를 위해 수돗물 생산 및 공급, 하수차집, 재생에 이르는 물순환의 전반적인 과정을 관리하고 물수요의 증가에 대비⁴¹⁾
 - 인공저수지 확보, 말레이시아 원수수입, 하수처리수 재이용, 대심도터널 하수시스템, 해수담수화 등을 통해 다양한 수원 확보를 추진
 - 이중 하수 재이용(NEWater Factory)을 통해 전체 물수요의 50%, 해수담수화시설의 용량을 10배 늘려 30%를 확보한다는 목표를 세우고 향후 50년 동안 2배로 증가할 것으로 예측되는 물수요에 대비
 - 주요 수자원 확보를 위해 다국이 참여하는 물산업 클러스터를 조성하고 국제적 수준에서의 협력적 연구 개발을 추진
 - PUB는 물산업 허브의 운영기관으로서 기술개발 및 역량강화, 국제화 등 물산업 육성프로그램을 시행하는 등 물산업 클러스터 구성의 중심점 역할을 수행
 - 물산업 클러스터 내에는 50개 이상의 국내외 기업과 연구기관이 활동하고 있으며 대표적으로 GE, Siemens, Black & Veatch, CH2M Hill, Delft Hydraulics, Nitto Denko 등 물산업 분야의 세계적 기업이 활동
 - 싱가포르는 자국 물산업 플레그쉽 프로젝트에 자국 기업을 참여시켜 정부 주도로 물 전문 기업을 육성⁴²⁾
 - 정수시스템 제조회사인 Hyflux사는 싱가포르 정부 주도의 NEWater 프로젝트(물 재생 프로그램을 통해 하수를 재이용)에 참여하여 세계적 물 전문기업으로 성장

41) 대규모 청정 지하 저수지 개발 기술 기획, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2012.10

42) 창조경제와 물 산업, 한국과학기술기획평가원, 이종석, 김종욱, 2013.7

IX. 한국

○ 수자원 장기종합계획('11년~'20년)에서 녹색국토를 위한 물강국 실현을 위해 안정적 수자원 확보, 홍수 방어 및 하천 정비를 추진하며 수자원분야의 연구 및 기술개발을 계획⁴³⁾

- 수자원 장기종합계획('11년~'20년)은 국토종합계획의 목표인 균형국토, 개방국토, 복지국토, 녹색국토 및 통일국토를 위한 수자원 관련 국가 최상위 계획
 - '01년 제4차 수자원 장기종합계획이 수립되어 건전한 물 활용과 안전하고 친근한 물 환경 조성을 주요 기조로 선정
 - '06년 1차 수정을 통해 사람과 자연이 바라는 지속가능한 물 관리를, '11년 제2차 수정을 통해 녹색국토를 위한 물 강국 실현을 주요 기조로 선정

표 5 「수자원 장기종합계획('11년~'20년)」의 비전 및 추진목표

비전	“2020 녹색국토를 위한 물강국 실현”	
추진목표	1. 물이용 종합계획	⇒ 사람과 자연에 맑고 충분한 물 공급
	2. 치수 종합 계획	⇒ 기후변화에 안전한 국토기반 구축
	3. 하천환경 종합계획	⇒ 생명이 살아있는 물환경 조성
	4. 수자원 조사연구 및 기술개발 계획	⇒ 물관련 기술의 선진화
	5. 수자원 미래과제 대응전략 수립	⇒ 수자원 미래과제 선제 대응

- 수자원 장기종합계획에서는 물이용, 치수, 하천환경 분야에 대한 종합계획과 수자원 조사·연구 및 기술개발 계획, 수자원 미래과제 대응전략을 수립

- 안전한 물의 이용과 접근성 향상 기술, 개발과 기후변화로 인한 사회·경제적 문제 해결기술, 건강한 수자원 환경 조성 및 관리 기술, 경제발전 및 해외진출을 위한 생산적 물이용 기술 개발을 추진

○ 국토교통부는 ‘지하수 관리 기본계획’을 통해 지속가능한 지하수 활용을 통한 국민의 삶의 질 향상을 추구

- ‘지하수 관리 기본계획’은 지하수법뿐만 아니라 다른 법률에 의하여 관리되는 먹는 샘물, 온천수 등 모든 지하수를 포함하는 통합 지하수관리 계획⁴⁴⁾

43) 수자원장기종합계획('11~'20), 국토교통부, 2011

44) 청정지하수지 개발기술 기획연구보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10

- 개발·이용 계획, 보전·관리 계획, 수질관리 계획, 조사·관측 및 연구개발 계획, 관리기반 강화계획으로 구성⁴⁵⁾
- 지하수의 이용 및 활용을 극대화하기 위해 대용량 지하수원 개발과 유출 지하수 이용 방안 등을 추진

표 6 지하수 관리 기본계획의 세부 계획별 주요 과제

세부 계획	주요 과제
개발·이용	• 지하수의 활용가치를 극대화하기 위해 가뭄대비 지하수 지원체계 구축 • 대용량 지하수원 개발 • 유출 지하수 이용방안 마련 • 수변지역 지하수 관리 및 대응기술 개발 • 지하수 인공함양, 농어촌 지하수 개발
보전·관리	• 방치공 원상복구 및 미등록 지하수 시설 양성화 등 지하수 시설관리 • 보전구역지정 활성화와 주요 대수층 함양지역 보호 방안 제시를 통한 보전구역 관리 • 지하수 장애기준 및 방향 재설정을 통한 지하수 장애관리 • 먹는샘물 및 온천 산업의 발전을 위한 먹는샘물 및 온천관리 • 제주도 지하수 관리
수질	• 사전예방적 수질보전·관리 노력 • 수질보전을 통한 이용가치 제고를 위해 지표수-지하수 연계관리 및 지하수 보급 및 재난/재해 대비 시설관리 • 오염지하수의 정밀조사 및 정화사업을 통한 사후 관리 강화 • 정화관련 기술 개발 및 보급을 통한 수질관련 산업 육성
조사·관측	• '21년까지 전국 167개 지역의 지하수 기초조사 완료 • 지하수시설 전수조사 • '21년까지 국가, 지역의 지하수 관측망 설치 및 지하수 관측망 통합관리 • 지하수 정보의 공동활용 강화 및 연계관리 • 단계별 연구개발 추진계획 제시
관리기반 강화	• 제도 개선 • 관리 인프라 강화 • 교육 다변화 • 홍보 강화

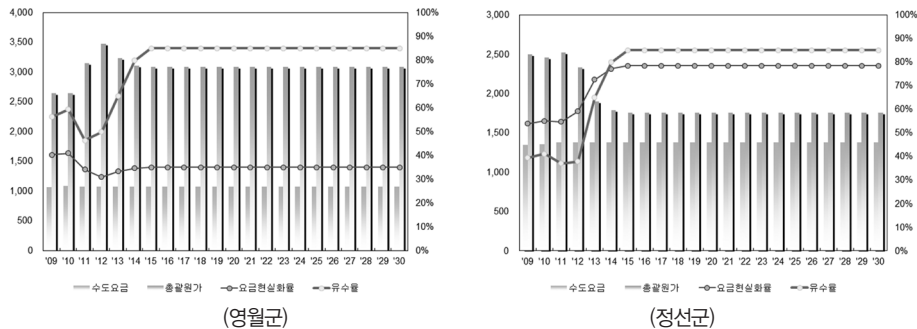
자료 : 지하수관리기본계획(2012~2021), 국토교통부, 2012

45) 지하수관리기본계획(2012~2021), 국토교통부, 2012

○ 각 지자체별로 상수관로의 송수 효율을 높이기 위해 배관의 누수를 관리하여 유수율을 증대하는 상수관망 최적관리시스템 구축 사업을 전개 중

- 전라남도 광양시는 '17년까지 유수율 목표치를 85%로 정하고 사업비 35억 원을 들여 상수도관망 최적화 시스템을 구축하여 유수율을 증대하기 위한 사업을 추진⁴⁶⁾
 - '14년까지 20억 원을 들여 실시설계 용역을 수행하고 '17년까지 15억 원을 들여 상수관망시스템 구축등을 통한 유수율 제고 사업을 완료할 계획
- 영월·정선군은 '10년부터 '15년까지 각각 총사업비 21.5억 원, 394.6억 원을 투입하여 85%의 유수율을 달성하고 매년 약 11억 원의 생산비용을 절감하는 사업을 추진 중⁴⁷⁾
 - 블록구축, 관로, 계량기, 각종 밸브 등을 교체 및 신설하여 수압관리에 따른 적정수압의 용수를 공급함으로써 수도서비스 품질을 향상시키고, 누수탐사 및 누수관 정비, 수압 관리, 불량관 정비 등을 통한 물 생산비용 감소를 추진

그림 14 유수율제고에 따른 생산비용 절감 및 요금현실화율



자료 : 한국환경과학공단 기관 성과제고 사례집-정수장 수돗물을 그대로 가정까지, 한국환경공단, 2014.12

○ 지속가능한 수자원 확보를 위한 우수, 중수도, 하·폐수의 재이용을 확대 추진하기 위해 '물 재이용 기본계획'을 수립

- '물의 재이용 기본계획'은 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행에 따른 계획으로 10년 단위의 계획⁴⁸⁾
- 기후변화로 인한 지역적 물수급 불균형 문제를 해소하기 위한 지속 가능한수자원 확보를 위해 물 재이용 확대, 관련 산업 육성 및 수요처 발굴을 주요 정책 방향으로 제시

46) 광양시, 2017년까지 상수도 유수율 제고사업 추진, 경향신문, 2014.10.2

47) 한국환경과학공단 기관 성과제고 사례집-정수장 수돗물을 그대로 가정까지, 한국환경공단, 2014.12

48) 도시 지하방수로설계·시공·운영기술 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 전경수, 2014

○ 박근혜 정부는 국정과제인 ‘기상이변 등 기후변화 적응’, ‘환경서비스 품질수준 제고’ 실천을 위해 지속가능한 하천순환, 건강한 하천환경 조성을 계획⁴⁹⁾

- ‘기상이변 등 기후변화 적응’ 국정과제 내 ‘지속가능한 물순환 체계 구축 및 적응 대책 수립지원’ 포함
 - 지속가능한 하천순환체계의 기반 구축을 위해 저영향 개발기법 적용확대, 빗물이용시설 확대 등을 위한 법령개정을 추진
 - 민간의 기후변화 적응대책 수립을 지원하고, 적응사업 해외진출을 추진
- ‘환경서비스 품질수준 제고’ 국정과제 실천을 위해 ‘건강한 물환경 조성’에 대한 추진 계획 수립
 - 건강한 생태하천 조성을 위해 오염·훼손된 하천의 수생태계 복원을 추진하고, 건강한 하천환경 조성을 위해 오염 저감 및 오염사고 예방을 위한 완충저류시설 확대 설치를 추진

49) 박근혜정부 국정과제, 2013

표 7 박근혜정부 국정과제 중 수자원 관련 추진계획

국정목표	전략	국정과제 (※ 숫자는 국정과제 번호)	수자원 관련 추진계획
1 일자리 중심의 창조경제	1. 창조경제 생태계 조성 2. 일자리 창출을 위한 성장 동력 강화 3. 중소기업의 창조경제 주역화 4. 창의와 혁신을 통한 과학 기술 발전 5. 원칙이 바로선 시장경제 질서 확립 6. 성장을 뒷받침하는 경제 운영	98. 온실가스 감축 등 기후변화 대응 99. 기상이변 등 기후변화 적응 • 기후변화 감시·예측 능력 확보 • 기후변화로 인한 건강 피해 최소화 및 생물 다양성 관리 • <u>지속가능한 물순환 체계 구축 및 적응대책 수립 지원</u>	[지속가능한 물순환 체계 구축 및 적응대책 수립 지원] - 개발사업 추진시 저영향개발기법 적용 확대, 빗물이용시설, 중수도 등 위한 「물의 재이용촉진 및 지원에 관한 법률」개정 - 민간 적응대책 수립을 지원하고, 적응사업 해외진출 추진
	2 맞춤형 고용·복지	100. 안정적인 에너지수급 및 산업구조 선진화 101. 신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성 102. 환경서비스 품질수준 제고 • 환 경 오 염 시 설 의 하기제도 선진화 • <u>건강한 물환경 조성</u> • 대기질 개선	[건강한 물환경 조성] : 농어촌 상수도 보급 확대, 가축분뇨 에너지화시설 확충, 영농폐기물 수거체계 확립으로 농촌환경을 개선하고, 정수장 고도화 및 수도관 정비로 안전한 수돗물 공급 - 녹조 발생 원인물질 적극 감축 등으로 수질오염을 저감하는 한편, 오염사고예방을 위해 완충 저류시설 확대 설치 - 오염·훼손 하천의 수생태계(하천 1,667km), 백두대간, DMZ 등을 복원하여 한반도 핵심 생태축을 보전
3 창의교육과 문화가 있는 삶	11. 꿈과 끼를 키우는 교육 12. 전문인재 양성 및 평생학습 체제 구축 13. 나를 찾는 문화, 모두가 누 리는 문화 구현	103. 환경과 조화되는 국토 개발 104. 해양환경 보전과 개발의 조화 105. 자원·에너지의 낭비를 줄여 자원순환사회 실현	
	4 안전과 통합의 사회		
5 행복한 통일시대의 기반구축	14. 범죄로부터 안전한 사회 구현 15. 재난재해 예방 및 체계적 관리 16. 쾌적하고 지속가능한 환경 조성 17. 통합과 화합의 공동체 구현 18. 지역균형 발전과 지방분권 촉진		
	19. 튼튼한 안보와 지속가능한 평화 실현 20. 행복한 통일로 가는 새로운 한반도 구현 21. 국민과 함께하는 신뢰외교 전개		

자료 : 박근혜정부 국정과제, 2013

○ 국토교통부는 하천의 치수·이수·환경문화 등을 종합적으로 고려한 하천의 복합 정비 사업을 추진⁵⁰⁾

- 과거 치수기능 중심의 하천정비를 집행하였다면 현재는 생태·수질·친수 등 하천의 다른 기능에 주목하여 하천을 다양한 문화·생태·레저공간으로 활용하기 위한 하천기능의 복합정비 사업을 추진

표 8 치수 및 하천정비 예산지원 체계

구 분	일반회계				
	국가하천정비지원			지방하천정비지원	
	국가하천정비	치수연구개발	댐직하류하천정비	수계치수	지방하천정비
대상	국가하천 분류 중 대강살리기 사업을 제외한 하천	하천법상 각종 계획수립 및 연구·기초조사	수공관리 다목적댐과 용수전용댐 직하류 (국가지방하천)	국가하천 분류에 직접 유입되는주요 지천(지방하천)	지방하천중 수해상습 국가지방 하천 하도준설
사업량	하천정비 2,570km	1식	하천정비 82km	하천정비 2,963km	하천정비 11,302km
사업비 (억 원)			1,800	57,417	
■ '11년 까지	(34,910)	(2,168)	(900)	(54,474)	(45,817)
■ '12년 예산	4,030	373	200	1,000	7,706
■ 장래		—	700	1,943	—
사업기간	계속	계속	'07년~'15년	'89년~'13년	계 속
사업주체	국가	국가	국가	국가	지자체
재원	전액국고	전액국고	국고 60% 수공 40%	전액국고	국고 60% 지방비 40%

자료 : 하천정비사업 및 예산지원, 국토교통부 홈페이지, 2012.8

○ 「제3차 과학기술기본계획('13년~'17년)」에서는 수자원분야와 관련하여 기후변화 대응력 강화, 환경 보전·복원시스템 고도화, 선제적 자연재해 대응과 피해최소화를 추진과제로 지정⁵¹⁾

- ‘깨끗하고 편리한 환경조성’ 분야에서 ‘기후변화 대응력 강화’와 ‘환경보전·복원시스템 고도화’를 추진과제로 선정

50) 하천정비사업 및 예산지원, 국토교통부 홈페이지, 2012.8

51) 제3차 과학기술기본계획(2013~2017), 2013

- ‘환경 보전·복원 시스템 고도화’의 국가전략기술로 환경통합 모니터링 및 관리기술, 자연생태계 보전 및 복원기술, 수자원 통합관리시스템 기술, 오염물질 제어 및 처리기술(수질, 대기 등)을 선정하여 하천환경 모니터링/보전/복원기술 확보를 추진
- 걱정없는 안전사회 구축 분야에서는 ‘선제적 자연재해 대응과 피해 최소화’를 추진과제로 설정하고 자연재해 모니터링·예측·대응기술, 기상기후 조절기술, 재난 정보통신체계기술을 국가전략기술로 제안

표 9 제3차 과학기술기본계획 중 수자원 관련 전략기술(안)

분야	추진과제	국가전략기술(안)	실현시기	
			기술적	사회적
4. 깨끗하고 편리한 환경 조성	기후변화 대응력 강화	기후변화 감시·예측·적응기술	’20년	’22년
	환경 보전·복원 시스템 고도화	환경통합 모니터링 및 관리기술	’20년	’24년
		자연생태계 보전 및 복원기술	’20년	’23년
		수자원 통합관리시스템기술	’17년	’22년
		오염물질 제어 및 처리기술(수질, 대기 등)	’20년	’24년
6. 걱정없는 안전사회 구축	선제적 자연재해 대응과 피해 최소화	자연재해 모니터링·예측·대응기술	’20년	’25년
		기상기후 조절기술	’20년	’25년
		재난 정보통신체계기술	’18년	’22년

자료 : 제3차 과학기술기본계획, 국가과학기술위원회, 2013.7

- ‘국가 기후변화 적응대책(’11년~’15년)’에서는 기후변화 영향 및 취약성 평가, 수재해 대책, 수질 및 수생태계 관리 등의 3대 과제를 제시⁵²⁾
 - ‘국가 기후변화 적응대책(’11년~’15년)’을 통해 재난 및 재해, 물관리, 해양/수산업 등 10개 분야에 87개 대과제를 제시
 - 물관리 분야의 경우 기후변화로부터 안전한 물관리 체계 구축을 목표로 기후변화 영향 및 취약성 평가, 홍수 및 가뭄대책, 수질 및 수생태계 관리 등의 3대 과제를 제시

52) 국가기후변화적응대책, 국무총리실·기후변화대책기획단, 2010

- 물관리 분야 기후변화 영향 및 취약성 평가를 지원하기 위해 기후변화에 따른 물관리 모니터링 보강, 기후변화에 따른 물관리 분야의 영향분석 및 취약성 평가를 세부과제로 추진
- 홍수 및 가뭄 대책 마련을 위해 홍수에 강항 국토기반 조성, 물이용 효율화를 통한 수요관리, 안정적 수자원 확보, 대체수원 기술개발과 시설 확충, 하천의 기후변화 적응능력 극대화, 기후변화에 적응하는 물관리 선진화 및 해외진출을 추진
- 수질 및 수생태계 관리를 위해 기후변화로 인한 하천 및 호소 수질악화 관리 대책 마련, 기후변화 적응을 위한 하천 수질개선 및 수생태계 보전 및 복원을 주요 과제로 추진

○ 수도권 집중호우 피해에 대응하기 위하여 국무총리실 주관으로 민관합동 TF를 수립하고 ‘기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책’을 마련⁵³⁾

- 기본전략과 핵심과제로 구성되었으며 기후변화 사전예측 능력 향상, 재해로부터 안전한 도시, 맞춤형 투자로 재해에 강한 국토 조성, 통합적 재난대응체계 구축, 재난 관리 인프라 강화의 기본전략을 수립
- 재해로부터 안전한 도시를 구축하기 위해 도시내 빗물처리기능 확보를 위한 도시내 배수 및 저류시설 확충, 빗물처리 능력 향상을 위한 제도 보완을 추진하고 유역단위의 관리를 시행할 예정
- 맞춤형 투자로 재해에 강한 국토 조성에서는 홍수·가뭄 등 대비 수자원 관리 관련 26개의 과제가 제시되었으며 국토 치수능력 제고를 위한 하천 및 댐 시설 정비, 홍수예측 및 대비 인프라 개선, 가뭄 대비 물 관리 강화, 해수면 상승에 대비한 재해취약 항만지역 개선 과제를 추진

○ 가뭄이 빈번하게 발생하고 있는 가뭄중심지역을 중심으로 지자체별로 가뭄백서 제작 및 가뭄극복을 위한 자구책을 마련⁵⁴⁾

- 제주도와 강원도 등은 가뭄백서를 통해 기후변화로 인한 가뭄 대응의 심각성을 알리고 자구책 마련을 위해 노력
- 제주도는 '13년 가뭄백서를 발간하여 하절기의 가뭄상황과 어승생 저수지의 격일급수 과정 등 가뭄극복 성과 및 반성과 항구적인 가뭄대책 등을 제시
- 강원도는 '09년 가뭄으로 인한 제한급수가 실시된 1월부터 4월까지의 가뭄상황과 극복 과정을 정리하고 가뭄피해에 대한 의식조사를 수행

53) 기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책, 소방방재청, 2013.4

54) 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10



03. 용수이용

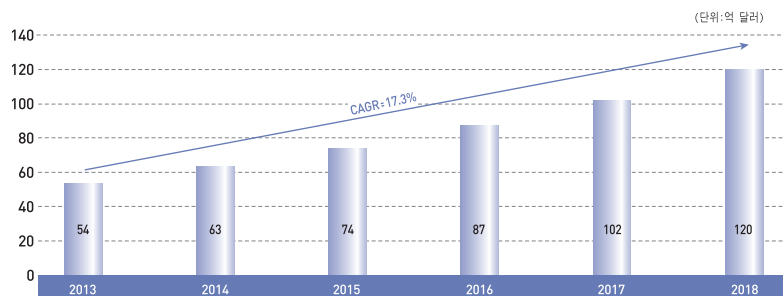
I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

- 물시장 규모는 '13년 5,560억 달러이며, 연평균 4.4%로 성장하여 '18년에는 6,890억 달러로 전망⁵⁵⁾

- 물시장은 세계 경제안정과 개도국의 성장세 회복과 맞물리면서 연평균 4.4%대의 빠른 성장세를 기록하여 '18년에는 6,890억 달러에 이를 것으로 전망

그림 15 세계 물시장 규모 및 전망



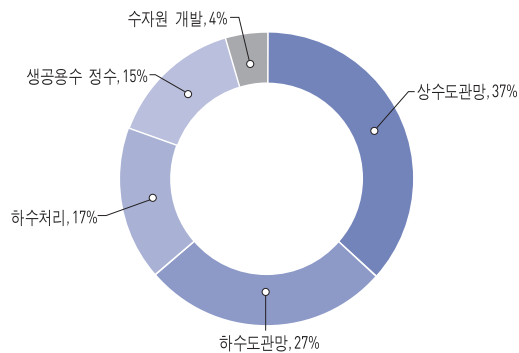
자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 향후 세계 물시장은 개도국이 주도할 것으로 예상되며, 이는 물수요 증대 및 공급제한으로 인한 수급불균형 현상이 지속될 것으로 전망되기 때문
 - 개도국의 경제성장 및 소득수준 향상, 급속한 도시화로 물수요가 증가할 것으로 전망되며, 특히 인구밀집 지역을 중심으로 기후변화로 인한 극심한 가뭄과 이에 따른 담수공급 제한은 물시장 성장의 주요 요인으로 분석
 - 수요증가와 물공급 제한으로 인한 수급 불균형은 효율적인 물관리로 해결되어야 하나, 개도국의 경우 재정 및 행정력의 부족으로 자체적으로 수행이 불가능하며 글로벌 물기업 의존현상이 지속될 것으로 전망

55) 국내 물산업의 해외진출 전략, 수출입은행, 2014/Global Water Market 2014, GWI, 2013

- '13년 기준으로 상수도관망과 하수도관망 시장이 전체 물시장의 약 64%를 차지하고 있으며, 향후에는 수자원 확보 관점에서 물시장이 활성화될 것으로 전망⁵⁶⁾
- '13년 전체 물시장에서 상수도관망 시장이 37%를 차지
 - 하수도관망 시장은 27%, 하수처리 시장은 17%, 생공용수 및 정수 시장은 15%, 수자원개발 시장은 4%의 비중을 차지

그림 16 '13년 전체 물시장 비중



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013, ISSUE 물의 시대가 열린다-세계 물산업, 2025년 1천조원 규모로 성장 전망, 나라경제, 2015년 3월호 재인용

- Mckinsey & Company는 최근까지 상하수도 중심의 물산업이 주로 진행되어 왔다면, 향후에는 수자원 확보 관점에서의 물 산업이 활성화될 것이라고 전망⁵⁷⁾
 - 기후변화와 토지이용 변화 등으로 발생하는 물부족 상태는 더욱 심화될 것으로 보이기 때문에 추가적인 수자원 확보를 위한 다각적인 노력이 산업에 반영될 것으로 전망

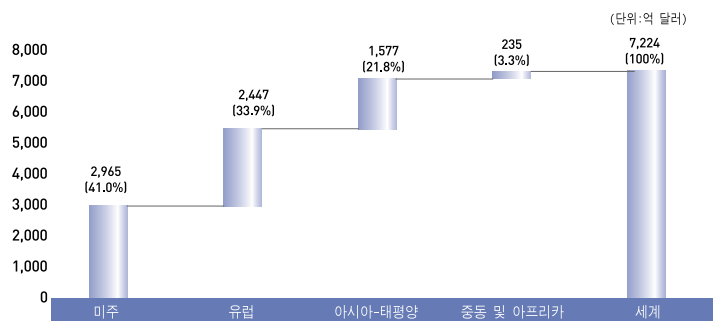
56) Global Water Market 2014, GWI, 2013

57) 청정지하저수지 개발기술 기획 연구보고서, 국토해양부-한국건설교통기술평가원, 2012.10

○ 물산업시장은 권역별로 구분할 경우 미주, 유럽이 각각 41.0%, 33.9%로 큰 비중을 차지⁵⁸⁾

- 미주 물산업시장은 2,965억 달러로 전체 시장의 41.0%를 차지
- 유럽 국가의 물산업시장은 2,447억 달러로 전체 시장의 33.9%를 차지
- 아시아 및 태평양 국가의 물산업시장은 1,577억 달러로 전체 시장의 21.8%를 차지

그림 17 물산업 부문 권역별 시장규모('12년 기준)



자료 : Global Water Utilities, Market Line, 2014

○ 물사업 상위 10대 건설기업의 매출은 135억 달러로 물사업 진출 건설기업 매출의 56%를 차지하며 높은 시장 점유율을 유지하는 기업은 대부분 유럽 기업⁵⁹⁾

- 10대 건설기업 중 지난 10년간 꾸준히 높은 매출을 기록한 기업은 대부분 유럽 건설기업
 - Grupo ACS(1위), Salini Impregilo(2위), Hochtief(3위), Strabag(5위), FCC(7위) 등 유럽계 기업과 브라질의 Odebrecht(4위)가 높은 매출을 기록
 - 중국 기업들이 10위 안에 신규 진입하였으며, '00년대까지 물사업 주요 기업이었던 Taisei, Obayashi 등 일본 기업 비중은 감소

58) Global Water Utilities, Market Line, 2014

59) CERIK Journal 특집-물산업이 뜨고 있다, 한국건설산업연구원, 2015.3

표 10 해외 물사업 10대 건설기업('13년)

순위	기업명	시장 점유율 (%) [*]	물사업 부문 매출액 (백만 달러) ^{**}			전체 사업 비중(%)					
			전체	Water Supply	Sewerage/Solid Waste	물사업	교통 시설	일반 건축	발전소	플랜트	기타
1	Grupo ACS, Spain	13.5	3,804	1,762	1,322	7	23	28	8	14	20
2	SALINI IMPERGILO, Italy	9.8	2,250	2,125	125	54	36	3	3	—	4
3	HOCHTIEF, German	7.6	1,742	1,045	697	5	21	34	3	11	26
4	NORBERTO ODEBRECHT, Brazil	6.9	1,580	1,383	198	16	49	5	11	20	—
5	STRABAG, Austria	5.4	1,231	770	462	8	49	35	—	7	—
6	SINOHYDRO, China	3.0	691	638	53	13	23	10	53	—	—
7	FCC, Spain	2.7	622	388	233	16	51	25	3	—	5
8	CWEI, China	2.6	595	595	—	47	23	3	26	—	—
9	ABEINSA, Spain	2.3	524	524	—	9	1	1	87	2	—
10	SAMSUNG ENGINEERING, S.Korea	2.2	499	—	499	7	—	—	6	84	3
17	GS ENGINEERING & CONSTRUCTION, S.Korea	1.4	330	238	47	7	11	8	9	59	6

* 시장 점유율 계산을 위해 필요한 물사업 시장 규모는 2013년 해외 250대 건설기업의 물사업 매출 합인 228.4억 달러를 사용

** 각 기업의 물사업 부문 매출은 ENR에서 제공하는 기업 총매출과 물사업의 매출 비중으로 계산

자료 : ENR, The TOP 250 International Contractors, August 25/September 1, 2014/CERIK Journal 특집-물산업이 뜨고 있다, 한국건설산업연구원, 2015.3

○ 산업용수의 세계 시장 규모는 '14년 약 43억 달러에서 '18년 약 82억 달러로 증가할 것으로 추정⁶⁰⁾

- 산업용수는 원수 또는 침전수 등 범용적 공업용수를 기업의 요구에 맞게 추가로 처리하여 사용 또는 공급하는 용수를 말함
- '14년에는 발전소분야에 이용되는 산업용수 비중이 가장 높으나, '18년에는 민자담수발전(IWPP)에 이용되는 산업용수 비중이 가장 높을 것으로 전망
 - '14년 기준으로 산업용수 중 발전소 분야에 이용되는 산업용수 비중이 26%로 가장 크며, 이어 민자담수발전(IWPP) 16%, 미세전자 15%, 제약 11%, Oil & Gas 10%, 채광 8%, 정제 및 석유 화학 7%, 음식료 6%, 펄프와 제지 1% 순으로 분석

60) 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부-k-water, 2015

표 11 세계 산업용수 시장 규모 및 전망

(단위: 백만 달러)

구분	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
Oil & Gas	452.4	765.3	829.1	1,095.2	1,477.8
정제 및 석유화학	308.2	348.2	390.8	544.5	765.9
발전소	1,095.7	1,200.7	1,267.2	1,475.3	1,711.9
음식류	241.6	264.3	287.8	313.8	340.6
제약	476.2	509	546.6	577.1	614
미세전자	625	667.7	710.7	757.3	823.2
펄프와 제지	27.2	28.3	29.5	30.3	32.4
채광	329.8	576.2	515.8	348.4	357.5
민자담수발전(WPP)	698.2	944.5	1,107.8	1,711.1	2,123.1
합계	4,254.3	5,304.2	5,685.3	6,853.0	8,246.4

자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부-k-water, 2015

그림 18 '14년 산업용수 시장규모

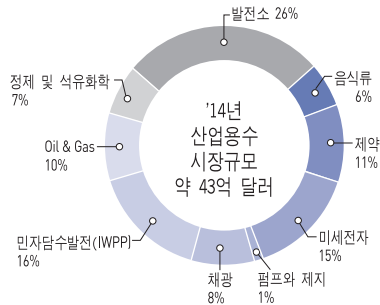
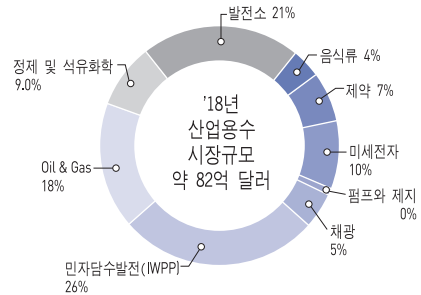


그림 19 '18년 산업용수 시장규모



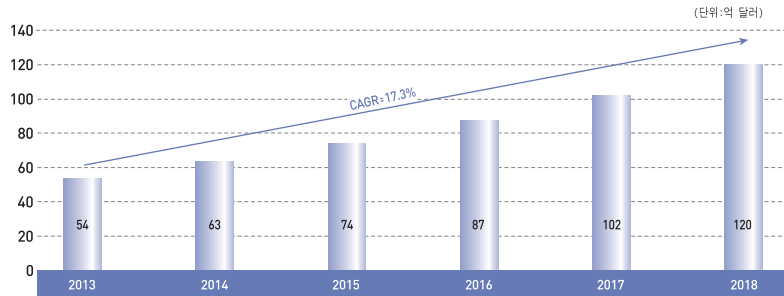
자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부-k-water, 2015

- 스마트 워터 그리드 분야의 세계 시장규모는 '13년 54억 달러에서 연평균 17.3% 증가하여 '18년에는 120억 달러로 성장할 것으로 예상⁶¹⁾

• Markets and Markets는 물·폐수 유틸리티에 대한 기업체의 자산관리, 물의 송·배수 관로와 관계된 네트워크, 최신기술에 의한 압력 조절, 측정 설비에 기반한 측정데이터 관리, 물의 효율적 관리를 위한 제반 소프트웨어 기술을 포함하여 스마트워터그리드 시장을 산정

61) Smart Water Management Market Worldwide Market Forecasts and Analysis (2013 - 2018), Markets and Markets, 2014

그림 20 스마트 워터 그리드 시장 규모 및 전망

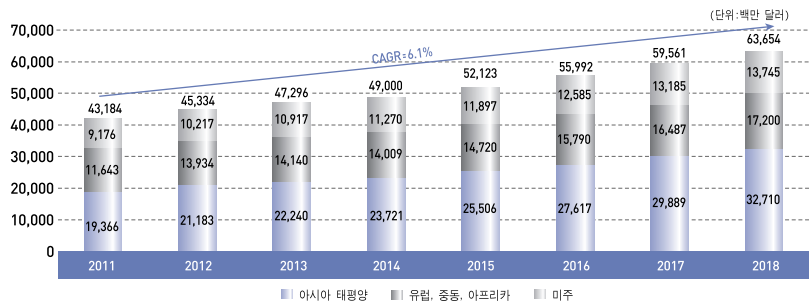


자료 : Smart Water Management Market Worldwide Market Forecasts and Analysis (2013 – 2018), Market sand Markets, 2014

○ 세계 분리막을 이용한 수처리 시장 규모는 '13년 13.6억 달러에서 매년 15.0%의 성장률로 급성장하여 '18년에는 28.2억 달러에 달할 것으로 전망⁶²⁾

- '13년 도시용수분야 수처리 시장 규모는 7.6억 달러로 분리막 이용 수처리 시장에서 56%의 비중을 차지
- 분리막 시장 자체는 매우 작은 편이나, 분리막을 이용한 수처리 시장은 규모가 크며 빠르게 성장 중

그림 21 세계 분리막 이용 수처리 시장 규모



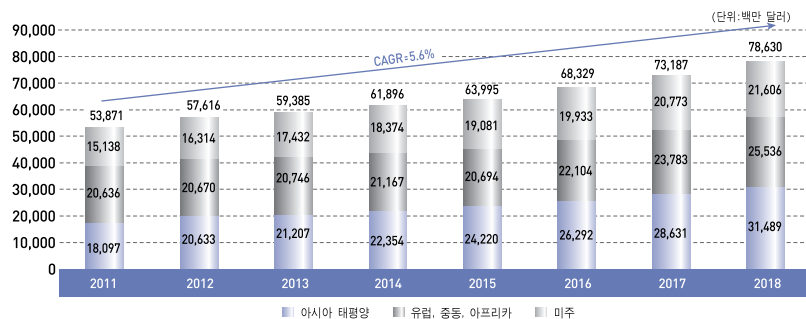
자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

62) Global Water Market 2014, GWI, 2013

- Frost&Sullivan에서는 분리막을 이용한 상하수처리 시장 규모를 '13년 58.9억 달러에서 '17년 82.8억 달러로 연평균 7.4% 증가율로 성장할 것으로 전망하였으며, 아시아-태평양 시장의 성장세가 두드러질 것으로 예측⁶³⁾

- 분리막을 이용한 상하수처리 시장은 음용수 수질, 폐수 재사용 및 재활에 대한 환경 규제 강화와 막이용 담수화의 증가로 인해 성장할 것으로 전망

그림 22 세계 막이용 상하수도 처리시장의 규모 및 전망

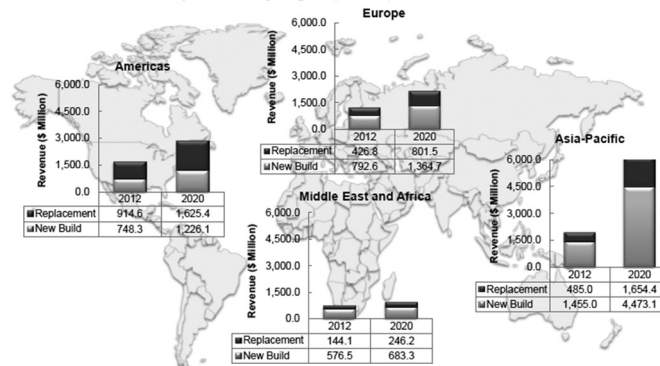


자료 : Frost&Sullivan, CEO 360 Degree Perspective on the Global Membrane-based Water and Wastewater Treatment Market, 2013

- 세계 분리막을 이용한 상하수도 처리시장의 변화를 권역별로 구분하면 '20년 아시아-태평양 지역의 신설 및 교체 시장의 성장이 확인

그림 23 세계 막이용 상하수도 처리시장의 구역별 신설 및 교체 시장 규모와 전망

Membrane-based Water and Wastewater Treatment Market: Revenue Forecast by New Build vs. Replacement by Regions, Global, 2012 and 2020

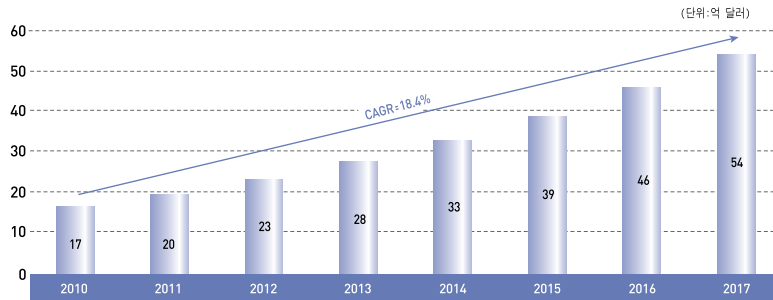


자료 : Frost&Sullivan, CEO 360 Degree Perspective on the Global Membrane-based Water and Wastewater Treatment Market, 2013

63) Frost&Sullivan, CEO 360 Degree Perspective on the Global Membrane-based Water and Wastewater Treatment Market, 2013

- 세계 상수도관망 시장 규모는 '13년 473억 달러, '18년 637억 달러로 연평균 3.8%의 성장이 전망되며, 세부 시장 중 토목 공학/건설 분야가 가장 큰 비중을 차지⁶⁴⁾
- '13년 세계 상수도관망 시장 473억 달러 중 토목 공학/건설 부문이 253억 달러로 54%의 비중을 차지

그림 24 세계 상하수도관망 시장 현황 및 전망



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 세계 상수도관망 시장 규모는 '13년 473억 달러, '18년 637억 달러로 연평균 3.8%로 성장이 전망되며, 세부 시장 중 토목 공학/건설 분야가 가장 큰 비중을 차지
- '13년 세계 상수도관망 시장 473억 달러 중 토목 공학/건설 부문이 253억 달러로 54%의 비중을 차지

표 12 항목별 세계 상수도관망 시장 현황 및 전망

(단위 : 백만 달러)

항목	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
파이프	5,952.8	6,306.3	6,571.9	6,806.4	7,219.1	7,745.7	8,230.7	8,787.1
펌프	1,531.4	1,628.0	1,700.7	1,762.7	1,876.5	2,018.5	2,149.8	2,300.3
밸브	3,226.8	3,428.7	3,580.9	3,711.1	3,949.9	4,247.6	4,522.6	4,837.9
계량기	2,202.7	2,340.7	2,444.7	2,533.6	2,696.8	2,900.1	3,088.0	3,303.4
기타 기계	2,317.4	2,621.6	2,912.9	3,210.9	3,636.9	4,161.8	4,715.6	5,368.4
기타	2,149.9	2,203.0	2,221.9	2,227.3	2,312.5	2,413.4	2,522.8	2,676.6
설계 및 엔지니어링	2,260.9	2,406.8	2,516.9	2,609.3	2,779.4	2,992.7	3,190.1	3,416.3
토목 공학/건설	23,083.8	24,398.5	25,346.5	26,139.1	27,651.85	29,512.1	31,141.4	32,964.3
합계	42,725.7	45,333.6	47,296.4	49,000.4	52,122.95	55,991.9	59,561	63,654.3

자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

64) Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 세계 하수도관망 시장 규모는 '13년 594억 달러, '18년 786억 달러로 연평균 3.6%의 성장이 전망되며, 세부 시장 중 토목 공학/건설 분야 시장이 가장 큰 비중을 차지
 - '13년 세계 하수도관망 시장 594억 달러 중 토목 공학/건설 부문이 370억 달러로 가장 큰 비중을 차지

표 13 항목별 세계 하수도관망 시장 현황 및 전망

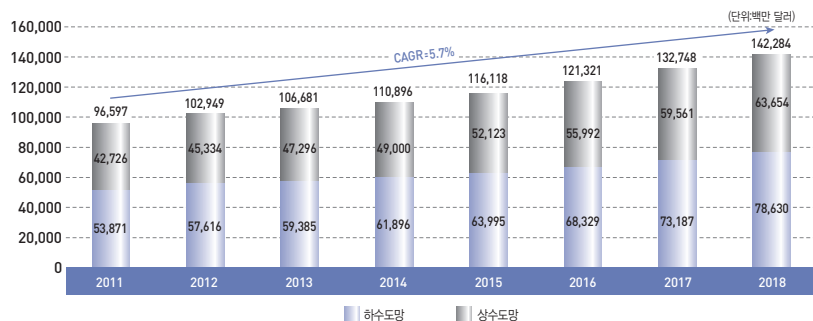
(단위 : 백만 달러)

항목	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
파이프	7,985.7	8,571.1	8,881.0	9,283.9	9,634.1	10,308.2	11,072.9	11,932.3
펌프	1,907.7	2,048.0	2,122.7	2,219.4	2,303.6	2,465.2	2,648.5	2,854.6
밸브	1,580.4	1,699.7	1,766.5	1,849.7	1,923.5	2,060.6	2,217.0	2,393.1
자동 제어	911.6	988.0	1,031.8	1,089.6	1,141.4	1,234.7	1,339.8	1,458.2
기타 기계	4,165.2	4,421.1	4,511.6	4,669.5	4,788.9	5,082.3	5,404.8	5,763.5
설계 및 엔지니어링	3,684.1	3,960.1	4,112.4	4,304.2	4,473.4	4,790.7	5,152.1	5,558.9
토목 공학/건설	33,636.63	35,927.7	36,959.0	38,479.5	39,730.0	42,386.9	45,351.8	48,669.3
합계	53,871.33	57,615.7	59,385	61,895.8	63,994.9	68,328.6	73,186.9	78,629.9

자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- '13년 권역별 상수도관망 시장은 아시아태평양 지역이 222억 달러로 가장 큰 비중을 차지
 - 아시아·태평양 지역은 경제성장에 따른 상수도관망 건설에 많은 투자를 할 예정이며, '18년 상수도 관망 시장규모는 327억 달러 규모로 확대될 전망

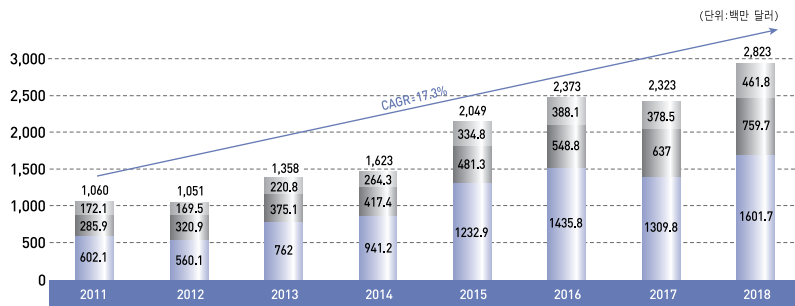
그림 25 권역별 세계 상수도관망 시장 현황 및 전망



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 북미, 서유럽 등의 선진국은 상수도관망 내용년수(60~80년)가 도래하여 노후 상수도관망의 교체 등 유지, 수선, 개량 위주의 투자가 증가할 전망이다⁶⁵⁾
 - '11년~'30년까지 상수도관망 교체를 위해 미국은 500조 원, 영국은 128조 원, 이탈리아는 60조 원, BRICs 국가는 8,375조 원을 투입할 것으로 예측
- '12년까지는 유럽·중동·아프리카 하수도관망 시장이 가장 큰 비중을 차지하고 있었으나, 아시아·태평양 지역의 하수도관망 시장이 급격하게 성장하여 '13년 이후에는 가장 큰 시장으로 대두될 것으로 전망
 - '13년 아시아·태평양 지역의 하수도관망 시장규모는 212억 달러이며, '18년에는 315억 달러 규모로 확대될 전망

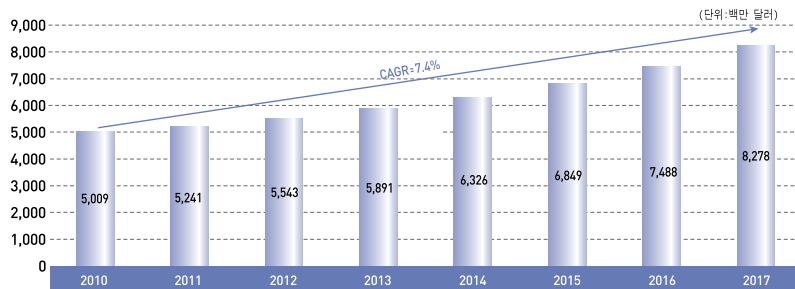
그림 26 권역별 세계 하수도관망 시장 현황 및 전망



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- 물재이용 시장 규모는 '13년 28억 달러이며, 연평균 18.4%로 성장하여 '17년에는 54억 달러로 전망⁶⁶⁾

그림 27 세계 물재이용 시장 현황 및 전망



자료 : 창조경제와 물 산업, 한국과학기술기획평가원, 2013.07

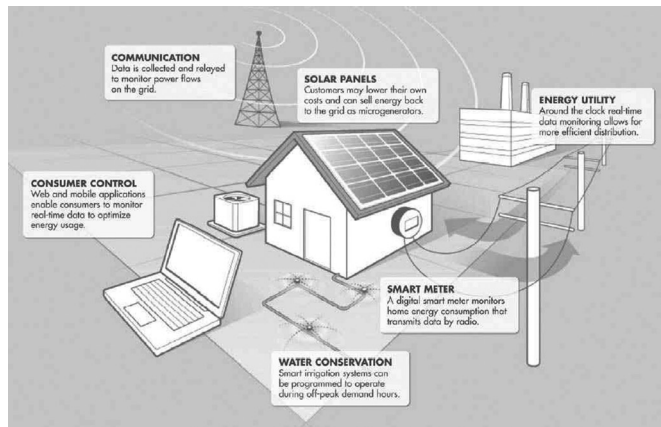
65) KATS 기술보고서-물관련 환경분야 표준화 동향, 지식경제부 기술표준원, 2013.1

66) 국내 물산업의 해외진출 전략, 수출입은행, 2014/Global Water Market 2014, GWI, 2013

2. 기술동향

- 국외에서는 첨단 ICT기술이 융합된 물산업을 미래의 새로운 물산업 영역으로 인식하고, 해당 시장을 선점하기 위한 기술경쟁이 매우 치열
 - 주요국들은 스마트 워터그리드 기술을 첨단 ICT기술 융합 통합 물관리 시스템으로 보고 관련 연구개발과 핵심기술 선점을 위해 노력⁶⁷⁾
 - 미국은 the Pecan Street 프로젝트를 통해 '15년까지 하수 재이용 기술 및 조경을 위한 지능형 관개 기술과 지능형 검침 인프라를 적용한 스마트 워터 그리드를 추진⁶⁸⁾
 - 지능형 검침인프라(AMI : Advanced Metering Infrastructure)는 물사용량 및 연속적인 유량과 역류량을 시간단위로 수집하고 암호화된 통신규약을 통해 데이터를 전송하는 수도계량기 및 통신모듈

그림 28 Pecan Street의 스마트 워터그리드



- IBM은 첨단 ICT 기술을 물관리에 활용하는 사업을 신전략 사업으로 선정하여 Smart Water Management라는 새로운 물시장 영역을 개척⁶⁹⁾
 - IBM은 전 세계 주요 하천과 바다를 대상으로 현지 기관과 협력하여 첨단 센서 네트워크와 컴퓨팅을 활용하는 물관리 솔루션 개발을 추진

67) 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술평가원, 2014

68) Water Grid 지능화 기술 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011

69) CERIK Journal 특집- 물산업이 뜨고 있다, K-water 연구원, 2015.3

표 14 IBM의 Smart 물관리 솔루션 개발현황

개발 거점	주요 진행 사항
미국 허드슨강	• 총연장 507km의 허드슨강 전구간에 첨단 센서 네트워크를 설치하여 실시간으로 강의 상태를 모니터링할 수 있는 데이터 플랫폼 개발 중
네덜란드 암스테르담	• 빈번한 홍수의 시시각각 변화하는 범람상태를 실시간으로 모니터링하고 대응할 수 있는 Smart Levees 구축 프로젝트 진행 중
아일랜드 Galway Bay	• ‘Smart Bay Galway’ 프로젝트를 통해 바닷물과 관련 해양자원 전반을 스마트하게 관리

자료 : 물산업의 새로운 패러다임 및 물산업 육성방안, 서울행정학회, 민경진·김동환·조은채, 2011.10

- EU는 IT기반 통합 물관리를 위한 아쿠아 네트워크(@qua network) 프로젝트를 추진⁷⁰⁾
 - 아쿠아 네트워크는 물 공급 및 이용의 효율성을 강화하기 위한 ICT 솔루션 제공을 목적으로 EU 수준의 물 효율성 달성을 목표로 추진

○ 스마트 워터그리드 기술분야에서는 기술표준을 정립하기 위한 연구가 추진⁷¹⁾

- ICT분야 국제표준화기구 중 하나인 ITU(International Telecommunication Union)는 스마트 물관리에 대한 표준화의 필요성을 인식하고 연구에 착수
- 독일의 가스수도산업협회와 전자전기산업연합회는 개방형 계량 시스템인 OMS(Open Metering System)를 통해 각 가정과 기업의 전력 에너지, 가스, 물 사용량 데이터를 수집할 수 있는 기술 표준을 공동으로 개발
- 호주 수자원정보 연구개발협력체인 WIRADA(Water Information Research and Development Alliance)는 WDTF(Water Data Transfer Format) 프로젝트를 통해 호주기상청의 의사결정을 위한 수자원 데이터 전송 표준 및 절차를 개발 중

70) 글로벌리포트- EU에서의 ICT 활용을 통한 수자원 관리, 국토교통과학기술진흥원 홈페이지(지식-글로벌리포트), 2013.6.17

71) 스마트 워터 그리드 기술개발 및 표준화 동향, ETRI, 2014

(1) 지표수

- 국외에서는 지표수를 상수원수로 활용하기 위해 최상류로부터 상수원수를 공급받고 있으며, 장거리 관망을 통해 공급
 - 미국 뉴욕시는 200km 상류에 있는 크로톤, 캐츠킬, 델라웨어 유역에 있는 27개 호소로부터 취수하여 상수원수로 활용⁷²⁾
 - 영국은 워터링메인(Water Ring Main) 프로젝트를 통해 런던과 같은 대규모 도심지역의 용수공급을 목표로 Ring Main을 건설⁷³⁾
 - 템즈 밸리에서 취수·정수 처리 후 워터링메인을 통해 1일 평균 1기가 리터(10억 리터)의 생활용수를 공급하며, 이는 런던에서 요구하는 1일 평균 공급량의 40% 수준
 - 타원 형태의 넓은 대심도 지하수도로 연장이 80km에 달하며, 직경이 2.1~2.9m의 터널 본관으로 구성
 - 펌프방식의 흐름이 아닌 자연유하식으로 워터링메인에서 샤프트를 통해 지상으로 물을 이송하는 방식

(2) 지하수

- 기후변화에 따른 지하수 취약성 증대와 지속적 수위 하강에 따른 지하수 자원 부족을 해결하기 위한 방안으로 인공함양이 주요 이슈로 부각⁷⁴⁾
 - 인공함양 기술의 경우 가뭄 피해 저감 및 재난으로 인한 정수처리 불능 시 부족한 용수공급을 위해 하수 고도 처리 후, 대수층에 주입하는 방식에 대한 연구가 지속
 - 캘리포니아 오렌지 카운티에서는 지하수보충 시스템에서 3단계 고도처리된 하수를 대수층에 주입하고 266,000m³/일의 지하수를 생산
 - 로스앤젤레스 카운티에서는 4개 함양 프로젝트를 통하여 처리된 하수를 포함하여 391,000m³/일의 물을 대수층에 주입
 - 애리조나의 Tucson, Scottsdale, Glendale, Peoria 및 버지니아의 Fairfax에서는 함양지를 이용하여 인공함양을 시키고 관정을 통하여 양수하는 토양 대수층 수질정화(soil aquifer treatment) 방법으로 양수하고 있음

72) "상수원수는 상류에서, 하수는 하류에서", 워터저널, 2015.3

73) 첨단 수자원관리 기술 기획 - Part 1, Water Grid 지능화 기술 기획, AIA 홈페이지(지식-기획연구로 보는 기술 동향), 2012.12

74) 청정지하저수지 개발기술 기획 연구보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10

- 애리조나 Tucson의 경우, 현재 연간 3,950,000m³를 양수하고 있으며, 향후 토양 대수층 수질정화 시설을 8,000,000m³로 확장할 계획

그림 29 미국 애리조나 Tucson의 인공함양 시설



자료 : 국내의 지표수-지하수 연계 운영 사례 분석, 김정곤, 한국수자원학회지, 2007

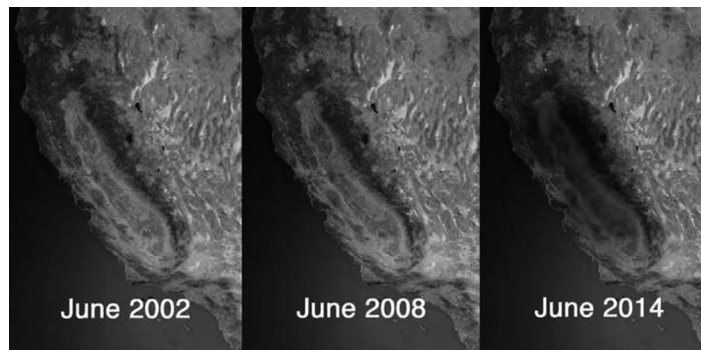
- 포르투갈에서는 가뭄에 대비한 통합수자원관리 차원에서 지하수 인공함양의 타당성을 검토하기 위한 GABARDINE Project를 수행⁷⁵⁾
- 선진국에서는 자연적으로 형성된 지하수를 이용하는 소극적 방식에서 간접적 인공함양 또는 주입관정을 통한 지하수의 적극적 활용 사례가 증가⁷⁶⁾
 - 유럽에서는 강변여과수의 간접취수방식을 상수원 취수 방식으로 공식 채택하여 이용하며 대표적으로 독일 Dusseldorf는 라인강 양안의 강변여과시설을 도입하여 강변여과에 의한 상수원수를 취수
 - 미국은 좁은 지역에서의 대용량 취수를 위해 대용량 방사형 수평 집수정을 이용하는 사례가 대부분이며, 캔자스 BPU(Board Public Utilities)에서 운영 중인 방사형 집수정은 세계에서 가장 큰 규모
- 미국은 기존의 기상 관측이 아닌 지구의 중력장을 측정하는 인공위성을 통해 월평균 지하수자원 변화량을 산정

75) 청정지하저수지 개발기술 기획 연구보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10

76) 상수원보호구역 관리개선 방안연구, 환경부, 2008

- 지구의 중력 변화를 정밀하게 측정하는 NASA의 위성 GRACE(Gravity Recovery and Climate Experiment)를 통해 미국 캘리포니아 주의 지하수 감소를 정확하게 측정⁷⁷⁾
 - 이를 통해 미국 서부지역에서 발생한 강 유역의 75% 이상의 물 손실이 지하수 자원의 손실로부터 비롯됨을 확인

그림 30 GRACE 촬영을 통한 지하수 손실량 변화 정도



자료 : GRACE 인공위성 중력 자료를 이용한 수자원변화량(TWSC) 산정, 한국수자원학회 학술발표회, 김준수·이상일, 2011

(3) 수처리

- 대규모 수처리 수요 증가로 멤브레인 제조 및 관련 기술이 다양화되고 있으며, 하수처리뿐 아니라 정수처리 시스템에도 멤브레인 기술이 발전할 것으로 전망⁷⁸⁾
 - 일본은 '92년부터 수처리에 멤브레인을 적용하고 있으며, '13년까지 지속적으로 증가하여 현재 809개의 시설에 멤브레인 기술이 적용
 - 시설규모별로 분류하면 500m³/일 규모가 5%, 500~1천m³/일 규모가 5%, 1천~5천m³/일 규모가 20%, 5천~1만m³/일 규모가 11%, 1만m³/일 규모가 59%로 대규모 수처리 시설물 비중이 높음
 - 809개 플랜트의 MF(Micro Filtration)막과 UF(Ultra Filtration)막의 비율은 무기 MF 20%, 유기 MF 27%, 유기 UF 53%로 MF와 UF 비율이 거의 비슷하지만 전체 플랜트 용량에서는 무기 MF 41%, 유기 MF 33%, 유기 UF 26%로 무기 MF가 많은 양을 차지

77) GRACE 인공위성 중력 자료를 이용한 수자원변화량(TWSC) 산정, 한국수자원학회 학술발표회, 김준수·이상일, 2011

78) 정수처리에 효과적인 멤브레인 기술 각광, 워터저널, 2014.9.5

- 일본 돗토리(Tottori) 지방과 도쿄 키누타(Kinuta) 지역의 정수처리시스템은 Vertical Single Casing 1-B 기술을 사용

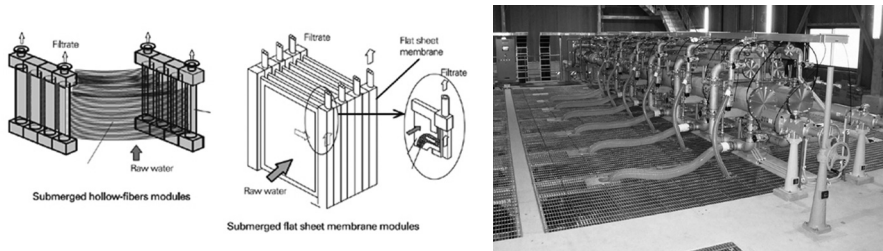
그림 31 Vertical Single Casing 1-B



자료 : 정수처리에 효과적인 멤브레인 기술 각광, 워터저널, 2014.9.5

- 일본과 싱가포르는 MF막과 NF막을 조합하여 하수처리부터 정수처리까지 가능한 수처리 시설 연구를 추진⁷⁹⁾
 - 일본은 MF막과 NF(Nano Filtration)막을 조합하여 모든 유형의 정수처리가 가능한 멤브레인 조합 공정을 실험 중

그림 32 일본 침지식 멤브레인 모듈



자료 :정수처리에 효과적인 멤브레인 기술 각광, 워터저널, 2014.9.5

- 싱가포르는 하수처리수를 음용수로 바로 사용할 수 있는 시스템을 구축하기 위하여 MF막과 NF막을 조합한 공정을 설계 중
 - 하수를 MF로 처리한 후 NF를 거쳐 상수로 사용할 수 있는 수처리 시설을 설계 중

79) 정수처리에 효과적인 멤브레인 기술 각광, 워터저널, 2014.9.5

(4) 상하수도관망

- 미국, EU, 일본 등 물 선진국에서는 IT기술을 활용하여 관망의 누수관리 및 배수량 정보를 수집하여 상하수도 관망을 효율적으로 관리
 - 미국은 관망 모니터링과 유지관리, 누수탐사 기술의 연구개발을 통해 해당 기술을 전 세계에 보급하는 것이 목표
 - 주요 기술로는 Smart Probe™ Technology, Smart Ball, XYZ Mapping 등이 있음⁸⁰⁾
 - EU는 배수관망 관리에 ICT 기술을 접목함으로써, 배수 네트워크, 누수, 수리·운영 정보, 리스크 평가 등을 수행⁸¹⁾
 - 스페인의 Udal Sareak는 '12년 빌바오지역의 2,300km 연장의 상수관망 관리를 위하여 TaKaDus Solution을 채택⁸²⁾
 - 관망의 이상 및 문제에 대한 감지, 탐지, 위치정탐과 문제해결 솔루션으로 조기누수 탐지 및 경보로 인한 물 손실 감소와 효율 증대를 추구
 - 일본은 지진에 의한 하수도관망 파괴로 인한 피해상황을 신속하게 파악하기 위해 ICT기술을 활용하여 관로 내 정보를 수집⁸³⁾
 - 하수관망이 손상될 경우 토양 및 지하수 오염 등 피해가 크게 발생하므로 이에 대한 신속대응이 목적
 - 일본의 Hitachi그룹은 정보제어 기술을 통해 배수 컨트롤 시스템과 물운용 계획 시스템을 실용화⁸⁴⁾
 - 실시간 관망 해석(distribution network analysis) 시뮬레이션에 의해 배수펌프 송출 압력(delivery pressure)을 적절한 값으로 유지하는 배수 컨트롤 시스템을 구축
 - 소비전력이나 정수장 발생도 등의 환경 부하를 최적화할 수 있는 물운용 계획 시스템을 실용화
 - 상하수도 솔루션 실현을 위한 정보제어 플랫폼인 신형 컨트롤러 XR1000을 개발 중
 - XR1000은 중소규모 시스템 전용으로 중앙 감시제어 조작 클라이언트와 서버의 기능을 1대로 통합한 시스템
 - 사업 광역화에 따른 한정된 인원에 의한 다수의 설비 유지관리 업무를 효율화하는 시스템인 AQUAMAX Web을 개발

80) ISSUE PAPER-스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술기획평가원, 2014

81) 水資源管理へのICT活用にEU全體として取り組む, NTTデータ, 2013

82) Bilbao's Udal Sareak pioneers the adoption of Smart Water Grid technology in Spain, PRWEB, 2012.10.2

83) 해외 주요국의 재난관리 ICT 동향과 시사점, 정재동, 한국과학기술기획평가원, 2014

84) 사회의 안전·안심에 공헌하는 물 환경 솔루션, KAIA 홈페이지(지식·글로벌리포트), 2013.12.26

○ 지역별로 수자원 편차가 존재하는 미국, 호주는 광역 파이프라인 네트워크를 통해 물이 부족한 지역에 수자원을 공급⁸⁵⁾

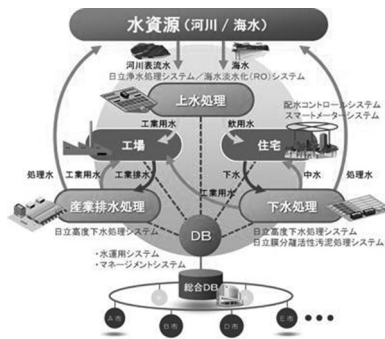
- 미국은 중부 지역의 하천으로부터 콜로라도 강과 서부지역으로 물을 이송하는 파이프라인을 구축하는 국가차원의 수자원 이송계획을 수립
 - 홍수피해가 빈번한 미시시피강과 미주리강에서 수자원 부족문제를 겪는 서부지역에 수자원을 이송함으로써 홍수방지와 가뭄해소를 동시에 달성하는 계획을 수립
- 호주는 SEQ Water Grid Project를 통해 수자원이 풍부한 지역에서 부족한 지역으로 이동시키는 535km의 파이프라인 네트워크 구축을 위해 총 90억 달러를 투입
 - 지역 내 주요 수원지와 수처리 플랜트 시설간 대용량 수자원이송 네트워크를 구축하였으며, Seqwater, WaterSecure, LinkWater, SEQ Water Grid Manager 등 여러 기관에서 역할을 분담
 - 동 프로젝트에 댐 12개, 정수장 10개, 재이용수 고도처리시설 3개, 담수화 시설 1개, 저수지 28개, 펌프장 22개, 파이프라인 535km 구축사업이 포함

(5) 우수 및 용수재이용

○ 일본과 싱가포르의 MBR 공정을 통해 생활공간 및 공장에서 용수를 재이용

- 일본은 MBR과 RO 기술을 사용한 해수담수화를 통해 안정적으로 용수를 공급⁸⁶⁾
 - 배수 컨트롤시스템을 적용하여 전력부하를 저감하는 한편 각 구역의 압력분포를 적정하게 유지
 - 스마트 미터 시스템에 의한 고객 정보와 각 수처리시설의 운영데이터를 통합 관리하며 운영 효율성을 추구

그림 34 일본 히타치의 스마트 미터시스템

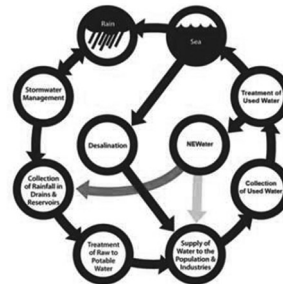


85) Water Grid 지능화 기술 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011.6

86) 첨단 수자원관리 기술 기획 - Part 1, Water Grid 지능화 기술 기획, AIA 홈페이지(지식-기획연구로 보는 기술 동향), 2012.12

- 싱가포르는 8년간 1조 9,000억 원을 투입하여 선진화된 멤브레인 수처리 시스템이 적용된 NEWater 하수재이용 시설을 구축⁸⁷⁾
 - 기존에는 말레이시아로부터 대부분의 용수를 수입하였으나, 국제정세에 따른 영향을 최소화하기 위해 물재이용시설을 활용
 - 4개 공장에서 하루 2억 900만 리터의 물을 생산하고 있으며, 이는 싱가포르 전체 물 수요의 15% 수준
 - NEWater를 통해 고도처리된 하수처리수는 산업용수 및 조경수 등으로 100% 재이용

그림 35 싱가포르 NEWater 개념도



자료 : Water Grid 지능화 기술 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011.6

○ 독일과 미국에서는 빗물 재이용시설 활성화를 위한 지침 및 도시개발사업을 추진

- 독일은 독일공업규격협회(DIN)와 물·하수·폐기물 협회(DWA; German Association for Water, Wastewater and Waste)를 중심으로 빗물이용시설과 침투기술 지침을 제시⁸⁸⁾
 - 독일공업규격협회에서는 빗물집수시스템에 대한 독일산업규격인 DIN 1989-1:2001-10을 통해 빗물이용시설에 대한 산업규격을 제시
 - 독일은 빗물이용 표준규격에 적합할 경우 신고를 통해 이를 설치 및 운영할 수 있으며 빗물이용 기술규정을 통해 공업 및 상업기관 외에 가정에서도 빗물이용 기술을 사용할 수 있도록 함
 - 독일표준규격에서는 음용수 공급과 빗물용 급수관망의 배출구 구분을 명확히 하여 집수장치의 빗물이 음용수관 시설에 유입되어 오염문제가 발생하지 않도록 명시
- 미국 Seattle은 녹색빗물기반시설 확충을 위해 개별 가정에서 우수를 효율적으로 관리할 수 있는 Rain Wise 프로그램을 배포⁸⁹⁾
 - Rain Wise 프로그램은 홍수의 위험을 줄이고 시민의 재산과 생명, 그리고 수자원 보호를 목표로 고안

87) 호주와 싱가포르의 사례에서 본 국내 스마트워터그리드 발전방향, Korea Water Resources Association, 김준하, 2011

88) 물순환 시스템 개선을 위한 시공소재 개별현황 및 과제, 에코아르케 생태도시건축연구소, 2015.4

89) 수질관리의 새로운 과제, 비점오염원 관리, 이기영, 송미영, 강상준, 경기연구원, 이슈&진단 제158호, 2014.9.3

○ 미국과 독일은 LID에 기반하여 도심지 불투수 면적을 줄이고 우수의 재이용을 증대하기 위한 도심개발을 지속적으로 추진⁹⁰⁾

- 미국은 Wicomico County에 위치한 Duck Crossing 주택개발 사업을 통해 LID 기법을 이용한 잔디조성 면적, 도로배치 등을 재설계하여 불투수 면적을 5% 줄이고 수질오염도 경감시키는 효과를 창출
 - Old farm 쇼핑센터의 초기 계획단계에서는 주차장, 판매시설, 빗물유출수 처리시설 및 조경지가 각각 50%, 16%, 24%로 자연지반은 10%에 불과하였으나, 건물배치를 변경하여 일부를 빗물유출 처리시설로 활용함으로써 총 자연지반을 19%로 늘림
- 독일 하노버 크론스베르크는 빗물관리 및 배수를 위해 총연장 5km에 달하는 저류습지-트렌치 복합시스템(Mulden-Rigolen-System)을 설치
 - 저류습지-트렌치 복합시스템은 종전의 저류습지와는 달리 저류/배수 기능을 강화하여 분산형 빗물 침투 시설을 설치하기에 적합하지 않은 대상지의 토양 투수계수($k_f = 3 \times 10^{-6} \text{m/s} \sim 10^{-8} \text{m/s}$)를 극복한 기술
 - 분산형 빗물 관리 방식 적용 시 기존의 하수관망 방식의 비용보다 약 8% 가량 저렴한 것으로 분석

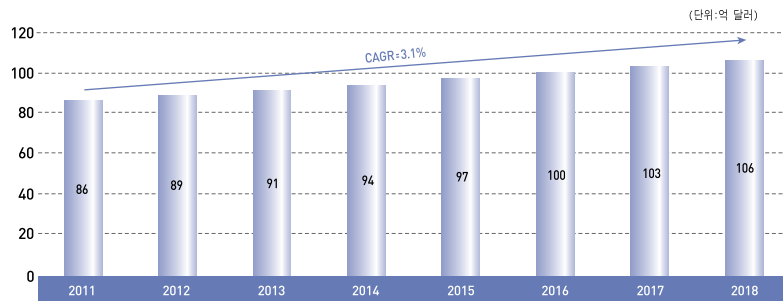
90) 수자원 에너지 기반의 물순환 기술 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011.6

II. 국내 동향

1. 시장동향

- GWI(2014)에 따르면 한국 물 시장 규모는 '13년 91억 달러이며 연간 3.1%의 성장률을 통해 '18년에는 106억 달러 규모로 성장할 것으로 전망⁹¹⁾

그림 36 국내 물시장 현황 및 전망



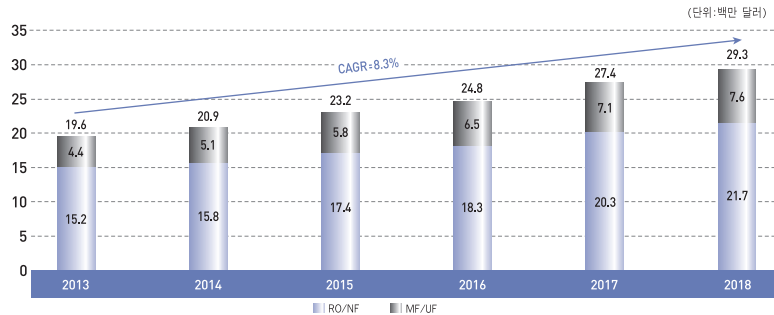
자료 : Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

- 국내 물 산업의 용도별 규모를 살펴보면 가정용 물산업 규모가 58억 달러로 전체 물 산업에서 89.4%의 가장 높은 비중을 차지⁹²⁾
 - 국내 물산업 용도별 시장규모는 가정용 58억 달러(89.4%), 공업용 6억 달러(8.6%), 농업용 1억 달러(2%) 순
- 분리막을 이용한 산업용 수처리 시장 규모는 '13년 19.6백만 달러에서 연간 8.3%의 증가율로 성장하여 '18년에는 29.3백만 달러에 이를 것으로 전망
 - '13년 MF/UF 시장은 15.2백만 달러, RO/NF 시장은 4.4백만 달러이며, 각각의 연평균 성장률은 11.5%, 7.3%

91) Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

92) Water Utilities in South Korea, Market Line, 2013

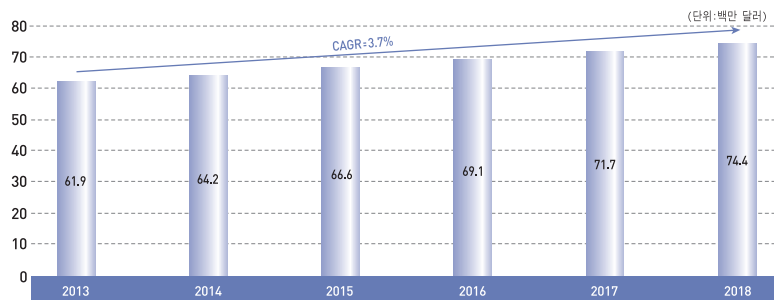
그림 37 국내 분리막 이용 수처리 시장 현황 및 전망



자료: Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

- '13년 기준 국내 비 멤브레인 방식을 이용한 산업용 수처리 시장 규모는 6,190만 달러이며, 연평균 3.7%로 성장하여 '18년에는 7,440만 달러 규모의 시장을 형성할 것으로 전망⁹³⁾

그림 38 국내 비멤브레인 방식 수처리 시장 현황 및 전망

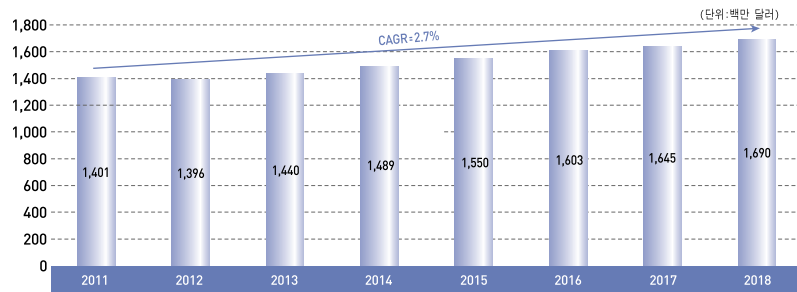


자료: Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

93) Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

- 국내 상하수도관망 시장 규모는 '13년 14.4억 달러이며, '18년 16.9억 달러로 연 2.7%로 성장할 전망

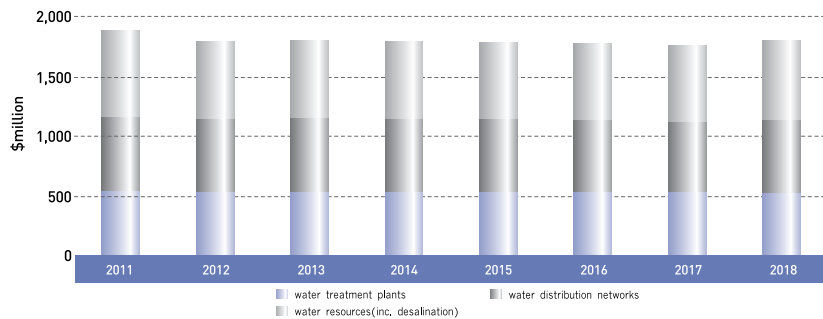
그림 39 국내 상하수도관망 시장 현황 및 전망



자료 : Global Water Market 2014, GWI, 2013

- '13년 상수시장 규모는 18억 달러이며, 이중 상수도관망 시장은 6억 달러 수준으로 '18년까지 현재 수준을 유지할 것으로 전망⁹⁴⁾

그림 40 국내 상수시장 현황 및 전망

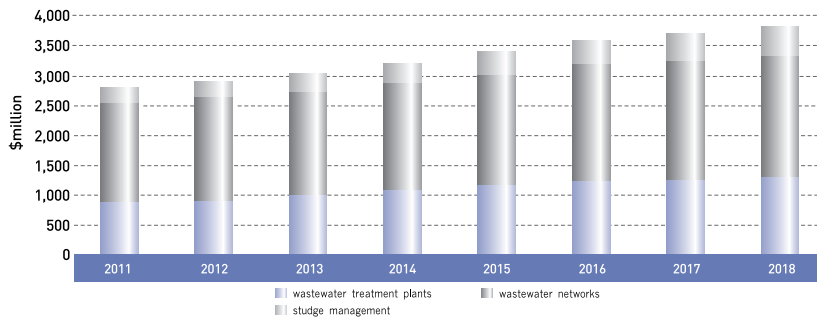


자료 : Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

94) Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

- '13년 하수시장 규모는 30억 달러이며, 이중 하수도관망 시장은 15억 달러 수준으로 '18년에는 약 20억 달러 수준까지 성장할 것으로 전망
 - 하수 처리율을 높이기 위한 하수처리 시설 및 관망 정비 부분에 연 5% 이상의 투자 증가가 예상되어 물시장 중 가장 사업 기회가 많을 것으로 예상

그림 41 국내 하수시장 현황 및 전망



자료 : Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013

- 환경부는 '13년부터 '17년까지 면단위 상수도확충사업(421개)에 2조 57억 원을 투자하여 62.2%('12년)의 상수도 보급률을 80%('17년)까지 제고⁹⁵⁾
 - (농어촌생활용수 확충) 지방상수도가 미보급된 농어촌 면단위 지역에 상수도 시설을 확충하여 안전하고 깨끗한 수도물을 공급함으로써 주민 삶의 질 개선
 - (도서지역 식수원 확충) 간이급수시설, 우물 등을 생활용수로 이용하고 있는 도서지역에 안정적인 취수원을 확보하여 양질의 깨끗한 수도물을 공급함으로써 지역주민 삶의 질 개선
 - '15년 중점관리 대상사업으로 시행 중
- 도시의 물 수요 증가에 대응하기 위해 물 재이용에 대한 기술을 발전시켜 이용 가능한 빗물량을 '20년 기준 48,608천 m³/년으로 증대시킬 계획⁹⁶⁾
 - 정부는 '20년 기준으로 이용가능한 총 빗물량(하수처리시설 재이용 포함)을 48,608천 m³/년 수준으로 달성하는 것을 목표로 하고 있으며, 이는 현재 653천 m³/년 대비 약 74배 증가한 수치

95) 환경부 홈페이지 (<http://www.me.go.kr>)

96) 물재이용 기본계획(2011~2020), 환경부, 2011

- 물 재이용 기술을 제3의 물산업으로 육성하여 녹색성장을 선도 하는 물 재이용 산업 강국으로의 도약을 비전으로 제시

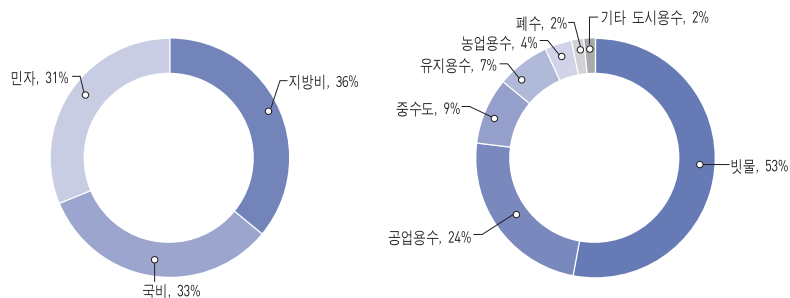
표 15 목표연도별 빗물 재이용 목표

목표연도	'08년	'11년~'12년	'13년~'16년	'17년~'20년
목표량(백만 m ³ /년)	0.7	5.2	17.6	48.6

자료 : 물재이용 기본계획(2011~2020), 환경부, 2011

- 물 재이용량 증대를 위한 마스터플랜을 통해 '12년부터 '20년까지 약 7조 5,000억 원을 투자할 계획이며, 빗물 재이용 시설 구축에 가장 많은 비용을 투입할 계획⁹⁷⁾
 - 지방비(36%), 국비(33%), 민간투자(31%) 등을 통해 재원을 조달하며 특히, 공업용수의 경우 민간투자를 활성화시킬 계획
 - 빗물(53%), 중수도(9.1%), 공업용수(24%)에 집중적으로 투자할 예정

그림 42 물재이용 자원 조달 계획



자료 : 물재이용 기본계획(2011~2020), 환경부, 2011

2. 기술동향

- 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용한 고효율 차세대 물관리 인프라 시스템 구축을 위해 Smart Water Grid 연구단을 발족하여 '15년 4차년도 연구를 수행 중⁹⁸⁾
 - 신도시 수자원 연계활용을 위한 지능형 수자원 확보기술 개발, 수자원 최적 활용을 위한 지능형 유역물관리 플랫폼 개발, Smart Water Grid 맞춤형 ICT 기반 물정보 관리 기술 개발을 추진

97) 물재이용 기본계획(2011~2020), 환경부, 2011

98) 스마트 워터 그리드 연구소개, 스마트 워터 그리드 연구단 홈페이지(<http://www.swg.re.kr/korean>), 2015.6.24 검색

- 신도시 수자원 연계활용을 위한 지능형 수자원확보 기술 개발 분야에서는 수자원 연속 활용을 위한 신도시 Micro 그리드 최적수처리 조합공정 및 워터루프 연계기술 개발과 수자원 최적 활용 및 분배를 위한 신도시 멀티 워터루프 시스템 등을 개발
- 지능형 유역물관리 플랫폼 개발 분야에서는 지역의 물 부족 위험평가 시스템 개발, 지능형 통합운영 및 업무지원 기술개발, SWG 물정보 통합 관리기술 개발을 수행
- ICT 기반 물정보 관리 기술 개발을 위해 AMI 네트워크 구축 및 물정보 서비스, 수자원 모니터링 및 관리를 위한 고기능센서와 다기능계측기 개발, Smart Water Grid 통합 물 정보 서비스 개발을 추진

그림 43 Smart Water Grid 연구단 과제별 연계도



자료 : 스마트 워터 그리드 연구소개, 스마트 워터 그리드 연구단 홈페이지(<http://www.swg.re.kr/korean>), 2015.6.24 검색

(1) 지표수

● 대수층 발달이 빈약하고 수질여건이 취약한 국내 하천환경에 적합한 지표수 취수 기술인 하상여과 공법이 개발되어 적용⁹⁹⁾

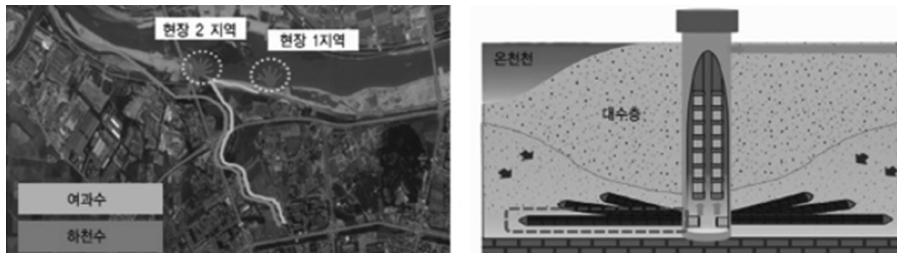
- 하상여과는 하천인근에 수평 혹은 수직집수정을 설치하여 하천표류수를 집수정으로 유도 후, 취수하는 기술
- 굴착·개착식 하상여과공법은 대수층의 발달이 빈약하고 취약한 수질상태에서 양질의 하상 및 강변 여과수를 취수하기에 적합한 수질정화 기술
 - 굴착식 하상여과는 대수층(4m 이상)에 수직정을 설치한 후, 수직정 하부에서 굴착장비를 이용하여 수평굴착을 통해 집수관으로부터 취수하는 공법
 - 개착식 하상여과는 대수층의 두께가 얇고, 규모가 작은 하천 및 수질개선을 필요로 하는 하천을 대상으로 하상아래 대수층을 걷어낸 후, 수평집수관을 설치하여 수질개선여재를 포설하는 공법

99) 특집/이슈-하상여과를 이용한 대용량 취수 및 수질정화기술, 워터저널, 2013.8.5

- 국내 하상여과공법은 대부분 대용량 취수를 목적으로 하는 굴착식 하상여과 공법으로 시공¹⁰⁰⁾

- '12년 기준, '08년에 시공된 서울 마포구 한강둔지(홍제천)의 하상여과시설을 포함하여 8개 지역에 적용
- '13년 충남 아산시 곡교천에는 장대집수관, 인공함양, 토양여과 기술이 접목된 굴착식 하상여과 시설이 건립

그림 44 굴착식 하상여과시설 현장(충남 아산시)



자료 : 특집/이슈-하상여과를 이용한 대용량 취수 및 수질정화기술, 워터저널, 2013.8.5

- 국내에서는 댐-보 운영기술과 ICT를 접목하여 실시간으로 댐-보 운영과 지표수 관리를 위한 수자원정보시스템을 구축¹⁰¹⁾

- 전국의 17개 다목적댐, 14개 용수전용댐, 2개 홍수조절용댐, 16개 다기능 보의 안정적 운영과 물관리를 위한 DB중심 웹기반 시스템을 구축하였으며, K-water에서 운영 중

- 실시간수자원정보시스템(RHDAPS)에 표출되는 수위, 유입·방류량, 강수량, 수질 등의 수문 자료는 댐-보 관측소에서 1분 단위로 계속되어 수집
- 수집된 1분 단위의 원시자료는 실시간으로 웹에 제공되며, 데이터베이스화되어 10분, 30분, 시간, 일 단위로 상세조화가 가능
- 실시간 모니터링을 통해 수계별로 분류된 댐과 보의 수위, 수위에 영향을 주는 댐들의 현황을 종단도를 통해 분석하고 댐-보의 수문방류상태, 소수력발전 상태 등의 파악 가능

- '10년부터 농촌지역의 농업용수 적정공급량과 정보통신기술을 접목한 스마트 물관리 시스템 시범 지구를 운영¹⁰²⁾

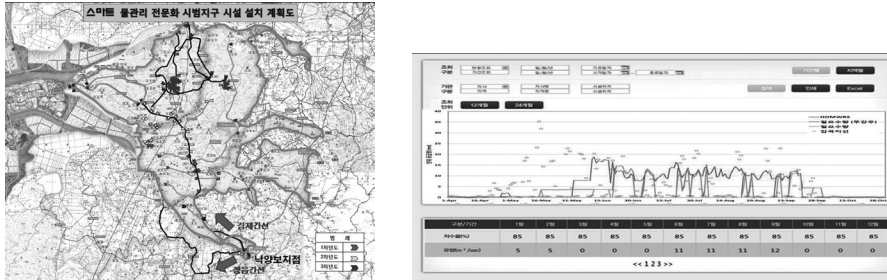
- 현장시설에 총 141개 지점에 계측시설을 설치하고 실시간으로 강우·영상, 유량, 수위 영상자료를 무선통신(CDMA, US)을 이용하여 시범지구 물관리 시스템에 제공하여 용수공급 현황 및 재해를 분석

100) 특집/이슈-하상여과를 이용한 대용량 취수 및 수질정화기술, 워터저널, 2013.8.5

101) 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부-k-water, 2015

102) 농업용수 최적 공급량 산정을 위한 스마트 물관리 기술, 한국관개배수학회 제53호, 2014.3

그림 45 시범지구 시설 설치 계획도와 적정용수공급량 산정 프로그램



자료 : 농업용수 최적 공급량 산정을 위한 스마트 물관리 기술, 한국관개배수학회지 제53호, 2014.3

(2) 지하수

○ 안정적 취수, 자연 정화기술을 이용하여 양질의 청정 원수를 생산할 수 있도록 '대규모 청정 지하저수지 기술 개발 연구단'을 운영 중¹⁰³⁾

- 연구단 세부과제는 지하저수지 토탈 솔루션 기술 개발, 지하저수지 시험시설 개발, 도서/산간지역 소규모 지하저수지 구축 기술로 구성되며, '15년 2단계 연구를 수행
 - 2단계에서는 수리모형 개발 및 기술 검증에 위해 수리모형 및 실험 시나리오 개발, 수리모형 기술 검증, 주입정 폐색 실험, 실험실 규모 생지구화학적 반응기 제작 및 자연저감 특성 평가를 추진 중
 - 시험시설 부지 평가 및 시험 시설 설치를 위해 대수층 생지구화학적 특성 평가 및 전처리 요구 사항 도출과 주입 및 양수계통, 수처리 시설, 관측 및 제어 항목 기본 설계를 수행

○ K-water는 '수변 지하수활용 고도화 연구단'을 통해 수변 지하수 관리 및 강변여과 취수능력 증대, 지하수열 활용 기술 등을 개발¹⁰⁴⁾

- '수변 지하수활용 고도화 연구단'은 '12년부터 '16년까지 247억 원의 예산이 투입되어 지하수 관리 및 개발 기술 고도화를 추진
- 수변지하수 대용량 간접취수 시공기술 선진화 과제를 통해 간접취수 시설의 취수 능력 향상 및 철/망간 등 중금속의 지중처리 기술을 확보
 - 간접취수 시설의 시공/설계 기술 개발을 통해 수평정호 단위 길이당 취수가능량을 66m³/day/m로 증대
 - 방사형집수정에 지표수를 취수할 수 있는 수증펌프를 설치하여 간접취수와 직접취수를 동시에 할 수 있는 시스템을 개발하였으며, 이를 통해 연중 안정적인 수질과 수량확보를 추구

103) 한국수자원학회지-물과미래, 한국수자원학회, 2013.9

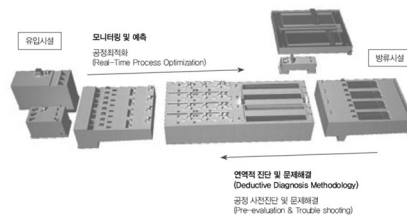
104) 수변지하수활용고도화 연구단 홈페이지(<https://www.geowater.re.kr>), 2015.4 검색

(3) 수처리

- 국내에서는 자가진단기술, MFC 기반 에너지 자립형 기술 등을 통해 저에너지 하수처리 및 수처리 효율성 향상을 도모¹⁰⁵⁾

- 국토교통부는 세계 최초 처리장 자가진단 시스템인 “Dr.WasteWater”를 개발하여 하수처리 효율성을 향상
 - 기본 개념은 하수처리공정의 방류수질 위험 원인을 연역적 자가 진단을 통해 분석하는 기술로 하수처리공정의 방류수질 위험원인을 유출수로부터 역으로 분석
 - 공정 사전진단을 통해 위험원인을 분석하고 문제를 해결하여 최적화된 공정으로 수처리가 가능

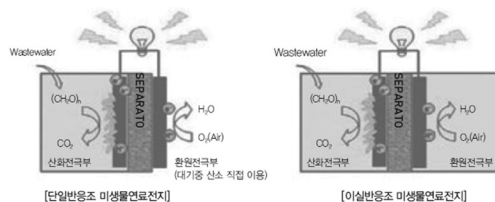
그림 46 Dr.WasteWater



자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

- MFC 기반의 수처리 공정 설계 및 요소기술 개발을 통해 에너지 자립율을 향상시키고 슬러지 감량화를 및 고품질 방류수 확보가 가능
 - 미생물을 촉매로 이용하여 유기물 제거과정에서 전기를 생산하는 미생물 연료전지(MFC : Microbial Fuel Cell)를 기반으로 한 에너지 자립형 수처리 기술
 - MFC 기반의 수처리 공정 설계 및 요소기술 개발을 통해 에너지 자립율을 향상시키고 슬러지 감량화를 및 고품질 방류수 확보가 가능

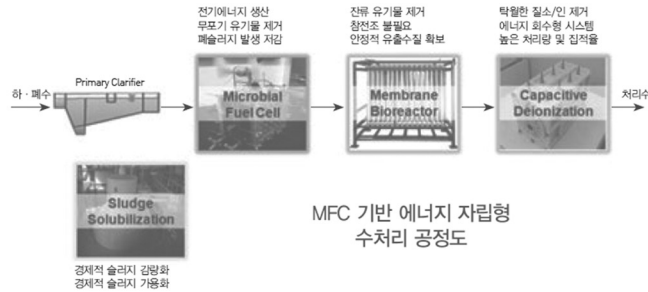
그림 47 MFC 기반의 에너지 자립형 하수처리 기술



자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

105) 국토교통부, k-water, 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 2015

그림 48 MFC 기반 에너지 자립형 수처리 공정도



자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

○ 고도정수처리시설용 내오존 방수방식제 시공기술을 통해 장기 내구성을 확보하고, 정수처리 효과를 향상시켜 먹는 물의 질적 향상을 도모¹⁰⁶⁾

- 국내 정수장에 용존/기체상 오존에 장기 노출되는 고도정수처리시설이 도입되면서 방수방식제의 내구성 강화가 중요
 - 수돗물의 맛·냄새 유발물질, 미량유기오염물질, 암모니아성 질소 등을 제거하기 위한 고도정수처리시설이 도입되었으나 내구성이 검증되지 않은 방수방식제가 시공될 경우 유지 관리 비용 증가 또는 먹는 물의 안전성 위협
- 국토교통부에서는 장기적 오존 및 수분 환경에 대한 내부식성 및 자연유기물질, 생물 부착 방지 성능이 부여된 고내구성 방수방식 시스템 개발과 시험표준개발, 평가기반 구축, 시공지침 개발 등 고도정수처리 시설물의 방수방식 시공기술개발을 추진

그림 49 고도정수처리시설의 내오존 방수방식시스템 시공단계별 시공방법



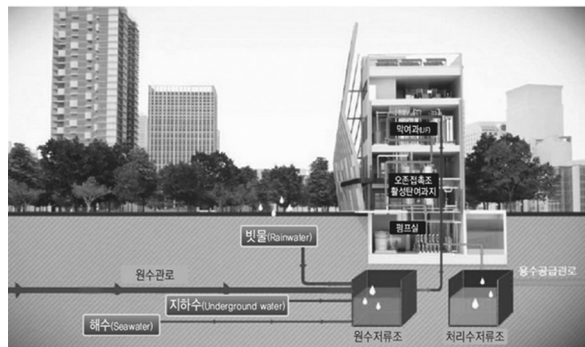
자료 : 'NET 인증' ... 도막 손상 최소화 수질향상 기여, 건설기술신문, 2013.10.28

106) 내오존성이 우수한 고도정수처리시설용 방수방식제 및 시공기술 개발, 국토교통과학기술진흥원, 신홍철, 2014

- 수직형 정수시설 구조물을 적용하여 소요 부지면적을 최소화할 수 있는 컴팩트형 정수처리시스템 설계 기술을 개발 후, 실증시설을 통해 다양한 검증을 수행 중¹⁰⁷⁾

- 수직형 정수시설 구조물을 수직형 플랜트 형태로 배열하여 소요부지 면적을 최소화하였으며, 일 1,000m³ 규모의 실증시설을 설치하여 정수된 물의 수질 검증과 공정 및 소비에너지 효율 최적화를 위한 다양한 검증을 수행
 - 수직형 정수시설은, 도심지의 경우 빌딩형으로 설치되고 공원이나 시설물의 경우 지하에 타워형으로 설치되어 주변 환경과 어우러지는 주민친화형 스마트 구조물로, 단위공정 설비들을 수직형 플랜트 형태로 배열함으로써 소요부지 면적을 최소화

그림 50 수직형 정수처리시설을 통한 용수공급 개요도



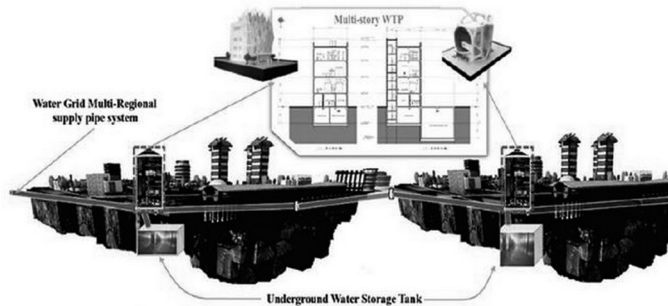
자료 : K-water, 신개념 수직형 정수처리시설 준공, 위터저널, 2014.2.5

(4) 상하수도관망

- 수요처 인근 지역에 분산형 용수공급 인프라를 구축하여 수질 안전성을 강화하고, 급수 및 배수관로의 길어도 줄일 수 있는 시설을 구축
 - 한국수자원공사는 급수 및 배수 관로의 길이를 줄인 분산형 용수 공급 시스템 기반기술을 개발하여 정수된 물이 소비자에게 도달하는데 걸리는 시간을 단축하고 물의 2차 오염 가능성을 줄여 안전하고 안정적인 용수 공급이 가능
 - 분산형 용수공급시스템은 비상시 대체 수원 및 저류조로서의 활용도 가능하며, 맞춤형 공정 구성이 가능하여 음용수 및 산업용수 등 다양한 용수별 활용이 가능

107) 2013 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통과학기술진흥원장, 2013.8

그림 51 분산형 용수공급 시스템



자료 : 2013 국토교통 R&D 우수성과 20선, 국토교통과학기술진흥원, 2013.8

(5) 우수 및 용수재이용

● 국내는 산업별로 요구하는 공업용수 수질조건에 최적화하여 수처리 후 재이용하는 시설을 개발하여 적용

- 포항의 철강산업 단지에서는 무기염류와 염분을 완벽히 제거한 공업용수를 공급하기 위해 MF막과 RO막을 통해 폐수를 재이용하는 기술을 개발하여 적용¹⁰⁸⁾
 - 폐수 내 미세한 부유물질 및 용존 오염물질은 전처리 분리막(MF막)을 활용하여 1차 수처리를 수행
 - 1차 처리수 중 녹아 있는 이온 성분은 역삼투막(RO막)을 활용하여 수처리하여 무기염류와 염분을 완벽히 제거
 - 포항시는 하수 23만t 중 10만t을 재이용하여 공업용수 부족 문제를 해소
- 아산 탕정 산업단지에서는 불순물이 적은 초순수 사용이 필요한 전자산업의 전자폐수를 공정용수로 전환하는 친환경적인 재이용 기술을 개발하여 적용¹⁰⁹⁾
 - 삼성엔지니어링은 대량의 전자폐수를 공업용수로 전환하는 친환경 재이용 기술을 개발하여 아산 탕정 산업단지에 구축
 - 대상폐수별 처리 및 재이용을 위한 SEMBR, SMIC, A-AOP 3가지 시스템으로 구성되며 3가지의 요소기술을 패키지화하여 삼성전자 반도체 및 디스플레이 생산 공정에서 발생하는 상당량의 폐수를 재이용하는데 성공

108) 롯데건설, 포항 하수처리수 재이용시설 준공, 아시아 경제, 2014.8.29

109) 하수재이용 국내외 동향, GIFT(녹색기술정보포털), 2014.12

표 15 삼성엔지니어링(주)의 폐수종류별 처리 및 재이용을 위한 시스템 개요

폐수처리수 및 재이용 시스템	대상 폐수	적용효과
SEMBR (Samsung Enhanced Membrane Bioreactor)	고농도 유기계 폐수	소요부지 50% 축소 투자비 20% 절감
SMIC (Specific Microbes Immobilized Cells)	저농도 유기계 폐수	소요부지 47% 축소 투자비 25% 절감
A-AOP (Solid-Advanced Oxidation Process)	초저농도 유기계 폐수	TOC 제거율 20% 향상 운영비 60% 절감

자료 : 하수재이용 국내의 동향, GIFT, 2014.12

○ 국내는 아산탕정 신도시 시범지구에 분산식 빗물관리 시스템과 저영향개발(LID)을 도입¹¹⁰⁾

- 아산탕정 신도시의 시범지구에는 기존 일괄 배제형 우수관리 방식이 아닌 침투도랑, 식생수로, 도심형 인공습지, 빗물 저류지 등을 적용하여 빗물을 처리하도록 계획
- 설치된 분산식 빗물관리시스템을 활용하여 1회 강우 기준으로 15mm 강우 시 5mm는 전량 침투, 10mm는 저류가 가능
 - 신도시 전체적으로는 1회 강우 기준으로 약 18만m²의 빗물 침투·저류가 가능
 - 침투도랑, 식생수로, 측구형 침투시설, 도심형 인공습지 등을 적용하여 도로면적을 기준으로 5mm의 빗물은 전량 침투가 가능하도록 설계
 - 도시 내 녹지축과 연계하여 되어 도시 경관 향상에도 효과가 있을 것으로 기대
 - 공원 및 녹지의 경우 식생도랑 및 빗물정원, 빗물 저류지 등 시설면적을 기준으로 10mm 이상의 빗물을 저장할 수 있는 빗물이용시설을 설치

그림 52 탕정 Display City 산업폐수처리장 전경



자료 : 하수재이용 국내의 동향, GIFT, 2014.12

110) LID 빗물관리시설 설치 해설집 작성 및 모니터링 연구, 토지주택연구원, 2012.12

○ '13년에는 급속시공이 가능한 빗물저류조 설계 및 제작 지침과 빗물처리 시스템 개발 연구를 진행¹¹⁾

- 도심지 사용을 목적으로 하는 급속시공 가능 빗물저류조 설계 및 제작 기술을 개발 하고 관련 지침을 수립
 - 국내 지리 및 기후학적 특징을 반영한 빗물처리 시스템을 개발하여 국내 강우에 대응가능하고 오염물질 저감과 물순환 회복 가능성을 제고할 것으로 기대

○ 국내에서는 저영향개발(LID) 기반의 '건전한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및 구축·운영기술' 연구단 프로젝트를 '12년 11월부터 약 5년간 추진 중¹²⁾

- '15년 3월부터 4차년도 연구를 시행 중이며 국가 녹색기반시설(GI)과 저영향개발(LID) 검증실험단지 구축 및 해석기술 개발, LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발, LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획&설계 통합모델 및 적용·운영기술 개발을 추진 중
 - 국가 GI & LID 검증실험단지 구축 및 해석기술 개발 분야에서는 국가 GI & LID 물순환 요소기술의 효율성 실험검증 및 평가기술을 개발하고 치수구역 LID 물순환 플랫폼 구축 및 최적 설계기술을 개발
 - LID 기반의 물순환 그린인프라 구축 기술 개발에서는 공간시설 및 공공·문화체육시설의 GI & LID 시스템 개발, 강우유출수 및 지하수위 연계의 LID 저류활용 시스템 개발을 진행
 - LID 기반의 물순환 도시 조성을 위한 계획&설계 통합모델 및 적용·운영기술 개발 분야에서는 LID 기반 물순환 도시 통합모델 및 적용기술 개발, LID 기반 물순환 신도시 운영기술 개발, 물순환 도시 조성을 위한 LID-BIM 적용 및 운영 기술 개발, LID 기반 물순환 도시 다변영향평가 기법 개발을 추진

11) 빗물저류조 급속시공기술 및 친환경 빗물처리시스템 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 장정환, 2013

12) 국토교통과학기술진흥원 홈페이지(www.kaia.re.kr), 과제현황, 2015.1.22



04. 하천 및 수재해

I. 주요 선진국 동향

1. 시장동향

- '90년 이후 '12년까지 홍수, 태풍, 가뭄 등 수재해 관련 피해액은 약 1조 4,000억 달러 수준이며, 미주 지역의 피해가 가장 큰 것으로 조사¹¹³⁾
 - 미주지역의 수재해 관련 피해액은 '90년~'12년간 약 7,000억 달러 수준으로 조사됨
 - 아시아지역의 수재해 관련 피해액은 약 5,000억 달러, 유럽지역은 약 2,000억 달러로 조사
- 각 국가별로 홍수 범람 피해에 대응하고 추가적인 피해를 사전에 방지하기 위해 하천 정비 사업을 적극적으로 추진 중
 - 대만은 중요하천 환경건립 프로젝트를 통해 '09년부터 '20년까지 대만 내 26개 하천을 중심으로 보강 공사를 실시 중에 있으며, 약 129억 달러를 투입할 계획¹¹⁴⁾
 - 일본은 '14년 대규모 침수가 발생하였던 도쿠시마현과 고치현에서의 추가 재해 방지를 위한 하천 재해 방지 사업과 재해 발생이 예측되는 사이타마현 등에서 치수 안전도를 향상시킬 수 있는 예방적 하천 정비 사업에 '15년 약 31억 달러를 투입¹¹⁵⁾
 - 알제리는 수도 알제에서 동쪽으로 약 320km 떨어진 콘스탄티스를 지나는 루멜강과 부메르주그강의 총 11.72km 구간에서 저수로를 정비하고 수변부지에 수변공원, 산책로, 자전거 도로 등을 건설하는 하천정비 사업에 1억 9,200만 달러 투자를 계획¹¹⁶⁾
 - 영국은 동남부 템즈강 하구유역 중심으로 Thames Estuary 2100 Project를 추진하여 홍수 및 해안 침식에 대응하기 위한 홍수방어시설과 방조제 건설 계획을 수립¹¹⁷⁾

113) EM-DAT The International Disaster Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - CRED, 2013

114) 대만, 70년 만의 가뭄에 수자원산업정책 변화 예고, globalwindow홈페이지(<http://www.globalwindow.org/>), 2015.5.11

115) 平成27年度 水管理・国土保全局関係予算配分概要, 국토교통성, 平成27年4月

116) 대우건설, 알제리 콘스탄티 하천정비사업 수주, 뉴스와이어, 2014.11.3

117) TE2100 plan, EA, 2012

- 인도네시아는 유역단위의 홍수 대책을 위해 짜타루무강 상류 지천에서의 홍수 대책 사업에 약 3,200만 달러와 세마랑 지역 홍수 대책 사업에 약 1억 3000만 달러 등 하천 분야의 대규모 정비 프로젝트를 추진 및 계획 중에 있음¹¹⁸⁾
- 그 외 세계 각국의 기후변화로 인한 홍수예방 및 관리 관련 발주현황은 다음과 같음

표 17 해외 홍수예방 및 관리 관련 발주 현황

연도	발주금액(억 US\$)	발주국
'08년	7.33	멕시코, 도미니카 공화국, 세인트루시아, 방글라데시
'09년	1.25	예멘, 페루
'10년	7.34	인도, 중앙아프리카공화국, 볼리비아, 콜롬비아, 아르헨티나
'11년	0.3	벨리즈, 베네수엘라
'12년	111.9	베트남, 스리랑카, 태국
'13년	5.04	토고, 중국, 카메룬, 브라질, 모잠비크, 트리니다드토바고
'14년	3.24	브라질
합계	136.4	-

* '해외조달시장정보시스템' 내용을 기초로 작성, 홍수 예방, 물관리를 포함한 전체 발주금액

자료 : 도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발계획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014

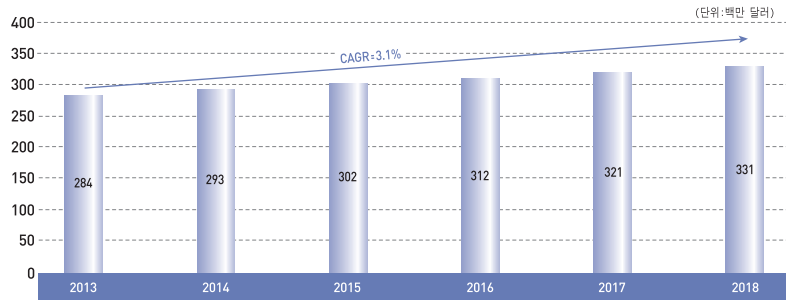
- 하천 모니터링을 위한 계측기기 시장은 '13년 2억 8400만 달러에서 '18년 3억 3,100만 달러로 매출이 증가할 것으로 전망¹¹⁹⁾

- 매출 증가에 주요한 영향을 미치는 계측기로 ORP, 전도도, 탁도계, TOC 측정기들이 있음
 - 미국의 수처리 계측기 시장은 최근 기술개발로 성숙기에 진입하였으나 연방정부 및 주정부의 규제 강화로 점진적으로 성장할 것으로 예상

118) 하천 분야 대규모 프로젝트(인도네시아의 사례), 일본 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/>), 2015.6.17 검색

119) 수처리 계측기 시장 증가, 워터저널, 2013.8.2

그림 53 하천 모니터링 기기 계측시장의 현황 및 전망



자료 : 수처리 계측기 시장 증가, 워터저널, 2013.08.02.

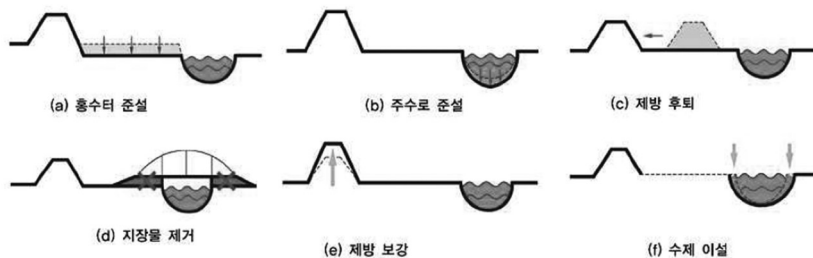
2. 기술동향

(1) 하천 및 수리시설

- 네덜란드는 하천의 최대 유량을 증대시켜 홍수 수용 공간을 확장하는 'Room for the River' 프로젝트를 수행 중¹²⁰⁾

- 치수측면에서 하천이 감당할 수 있는 최대 하천유량을 15,000m³/sec에서 16,000m³/sec로 확대하여 강의 홍수 수용 공간을 증대시켜 홍수 위험에 대응
- '07년부터 '15년까지 홍수방어 시설기준을 강화하고 신개념의 구조물을 설치하는 등 하천의 홍수 소통 공간 확보를 중심으로 40가지 정책수단에 총 23억 유로를 투입

그림 54 네덜란드 "Room for the river"의 주요수단



자료 : 물산업의 새로운 패러다임 및 물산업 육성방안, 서울행정학회, 민경진·김동환·조은채, 2011.10

120) 물산업의 새로운 패러다임 및 물산업 육성방안, 서울행정학회, 민경진·김동환·조은채, 2011.10

○ 일본은 폭우 시 하천 범람을 방지하기 위해 주거지역을 하천수위보다 상부에 위치시키고, 다목적 이용이 가능한 슈퍼제방을 활용¹²¹⁾

- 도쿄 스미다강과 오사카 지역의 요도강 유역에 슈퍼제방을 건설하여 기후변화에 따른 치수안전도를 강화하기 위해 노력
 - 슈퍼제방은 주거지역을 하천수위보다 상부에 위치시켜 저지대 침수로 인한 피해를 원천적으로 예방
 - 슈퍼제방은 완만한 경사가 적용되어, 평상시에는 공연장 및 자전거도로 등 문화공간으로 활용

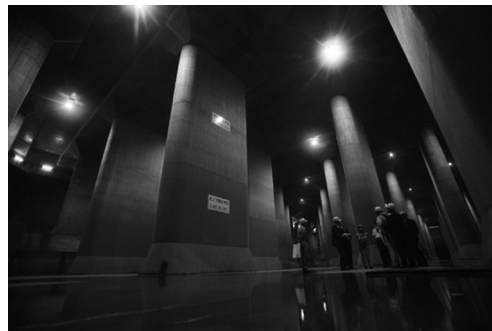
그림 55 일본의 슈퍼제방



자료 : 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.1

- 일본은 슈퍼제방과 함께 하천변에 지하저류시설을 구축하여 대홍수로 인한 피해를 저감
 - 사이타마현은 도시하천의 치수안전도를 강화하기 위하여 하천변에 지하저류시설을 구축

그림 56 일본 사이타마현의 하천변 지하저류시설



자료 : 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.1

121) 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.1

(2) 생태하천

- 독일은 멸종위기종이나 해당 하천 고유종 중 개체수가 감소하는 종을 IT기술을 활용하여 지속적으로 모니터링¹²²⁾
 - 개체수 감소 종을 대상으로 서식처를 복원 및 재생하기 위한 대체서식처 조성사업을 지속적으로 시행
- 일본은 실제 하천과 가까운 실험시설에서 연구를 수행하고 있으며, 연구를 통해 확보한 기술과 정책은 주민참여를 통해 지역사회에 보급
 - 자연공생연구센터를 설립·운영하며 하천과 호수의 생물 지형학적 자연재생을 위한 기초적·응용 연구를 실시
 - 연구 결과 및 성과를 자국 내에 널리 보급하고 있으며, 친환경 하천분야의 세계시장을 선도
 - 일본은 Biwa 호수 종합 개발 특별 조치법을 제정하고 상향식 주민참여형 환경보전 계획을 수립·시행
 - Tama강 하천정비 계획시 구상단계부터 이해관계자 참여와 정보의 공개를 통한 시민단체 등 모든 이해관계자의 협동과 참여를 유도
- 미국, 독일, 영국은 하천정비 사업추진 시 하천 생태계 보전 및 복원에 중점을 두고 있음
 - 미국은 홍수터를 이용한 하천 생태계의 보전 및 복원에 집중하고 있으며, 수자원개발법과 홍수터관리법 등을 통해 홍수피해 저감 및 하천생태계 보전을 도모
 - 유역개념에서 하천생태계가 유사 거동과 밀접한 관계에 있다는 사실에 입각하여 하천 생태계를 중점 관리
 - 독일은 신규 하천치수 사업 시 하천생태계를 고려하고 있으며, 정비가 완료된 하천을 대상으로도 하천생태계를 고려한 복원사업을 수행
 - 기존 저수로를 과감히 제거하고, 하천 스스로가 움직일 수 있도록 변동을 허용하여 움직일 수 있는 공간을 부여
 - 영국은 하천복원과 하천치수사업에서 환경을 고려한 자연형 하천을 적용
 - 그 동안 축적된 하천수변조사(RCS) 기술력을 기반으로 최근 RHS(River Habitat Survey) 기법 개발 프로그램을 통해 자연생태계조사 방법을 수치화하여 전국 하천조사에 사용

122) 하천관리 선진화 기술 기획 Green River 연구 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011

(3) 통합수자원관리

- 주요 선진국에서는 통합수자원관리를 위한 의사결정시스템을 개발하여 유역 단위에서 재해, 수질 오염 등 다양한 상황에서 합리적인 의사결정을 지원
 - 유럽연합은 통합하천유역계획을 위한 의사결정지원시스템인 Waterware를 개발하였으며, 네덜란드의 물 관리기관인 RIZA를 중심으로 유역 수자원관리를 지원하는 분석도구인 HarmoniCA(Harmonized modeling tool for Integrated Basin Management)를 구축¹²³⁾
 - Waterware는 GIS, 데이터베이스 기술, 모델링 기법, 최적화 기법과 전문가 시스템 기법을 복합적으로 수행할 수 있도록 설계¹²⁴⁾
 - 모의운영모형 등의 모델링 기법을 이용하여 각종 분석대안의 결과를 예측함과 동시에 최적화 기법과 전문가 시스템을 합성시킨 인공지능기법을 이용하여 최적의 대안을 선정할 수 있도록 지원
 - 호주의 CRC(Cooperative Research Center)는 통합수자원관리의 의사결정을 지원하는 시스템인 IQQM을 개발하였으며, 유역 단위의 대규모 모델링에 중점을 둔 연구개발사업을 추진 중
 - IQQM은 수량뿐만 아니라 수질 환경문제를 고려한 분석이 가능하며, 행정구역 경계간 환경적 이슈를 포함하는 이해관계가 얽힌 물사용 이해당사자간의 분쟁 발생 시에도 적용 가능한 모델
 - 일본의 경우 하천 유역 종합 정보 시스템인 FRICS(Foundation of River & Basin Integrated Communication System)를 운영하며, 하천 유역내의 하천·지진 재해, 환경에 관한 정보를 최첨단 기술을 활용하여 과거, 현재, 미래의 정보를 종합적으로 제공

(4) 수자원 모니터링

- 미국, 유럽, 일본은 첨단 IT기반 유량 측정 모니터링 기술을 중심으로 스마트 물관리 시스템의 핵심 기술 확보를 위한 연구개발에 주력
 - 미국은 대표적 물관리 기관인 개척국(USBR), 지질조사국(USGS), 테네시 유역관리청(TVA)이 참여하여 물관리 시스템을 운영¹²⁵⁾
 - 개척국(USBR)은 MMS(modular Modeling System)를 이용하여 해당 유역의 지점별 유량을 산정하고 있으며, 모니터링 결과는 WARSMP모형에 반영하여 물관리 시스템 운영에 활용
 - 지질조사국(USGS)은 지점별 유량자료를 수집하며, 수집자료는 유역 내 저수지 등 각종 시설물을 대상으로 RiverWare모델로 시뮬레이션하여 실질적 유출량을 산정

123) 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술기획평가원, 2014-17

124) 21세기의 수자원관리 기술, 유신기술, 2012.12.26

125) 한국과학기술평가원, 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점, 2014

- 테네시 유역관리청(TVA)은 개척국(USBR)과 유사한 방식을 적용하고 있으며, MMS 대신 WaterView를 이용하여 보다 정확한 유량을 산정
 - 저수지 운영모형은 RiverWare모델로 시뮬레이션하여 유량을 산정
 - 미국은 IBM과 수질·수량 통합관리기술을 개발하였으며, 허드슨강 507km 구간에 첨단 센서 네트워크를 통해 실시간 모니터링을 할 수 있는 데이터 플랫폼을 구축¹²⁶⁾
 - 개발 데이터 플랫폼을 기반으로 수자원 계측기기 분야와 정보시스템 분야에서 연관되는 산업을 육성하고 시장을 창출하기 위해 노력
 - 유럽은 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resource Model), STREAM 등으로 구성된 WaterWare를 이용하여 유량 및 수질을 산정하고 있으며, 이를 기반으로 물관리 시스템을 운영
 - WaterWare는 수자원 관리를 위한 통합정보 의사결정시스템으로 WFD(Water Framework Directive)에 근간하고 있으며 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resource Model), STREAM 등으로 구성
 - 일본은 하천 유역 종합 정보시스템(FRICS : Foundation of River & Basin Integrated Communication System)을 운영하며 과거부터 현재까지의 정보를 종합한 유역 관련 정보를 제공¹²⁷⁾
 - 유역 내 하천·지진 재해, 환경 관련 과거, 현재 및 미래 예측정보를 종합적으로 제공
 - 국토교통성 하천국, 기상청, 도도부현 등이 관할하는 다양한 대량 정보를 제공
- 최근에는 선진국을 중심으로 보다 정확한 유량계측을 위해 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler), 정밀 초음파 센서, Radar, Lidar기술을 활용¹²⁸⁾
- 미국은 ADCP를 하천 모니터링에 적용하기 위한 연구개발에 많은 투자를 진행하였으며, 현재 현장적용을 통한 실용화단계에 접어들었음
 - 일본은 영상을 이용한 표면유속 측정 방법 등 비접촉식 유량 측정 기술에 대한 연구를 활발히 진행 중이며, 이 외에 전파유속계, 수압식 수심 유속계, ADCP 등 첨단장비 개발을 활발하게 추진
 - 독일은 초음파 방식의 유량측정장비가 일반화되어 통상적인 유량 측정 업무에서 사용
 - 영국은 Electromagnetic에 의한 자동유량측정 기술, 구조물을 이용한 자동유량측정 기술을 개발하였으며, 실용화를 추진
 - 미국의 SonTek과 RDInstrument, 노르웨이의 Nortek, 독일의 Nivus와 OTT Hydromet 등이 초음파 유속계 시장을 선도

126) 물산업의 새로운 패러다임 및 물산업 육성방안, 서울행정학회, 민경진·김동환·조은채, 2011.10

127) 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술기획평가원, 2014

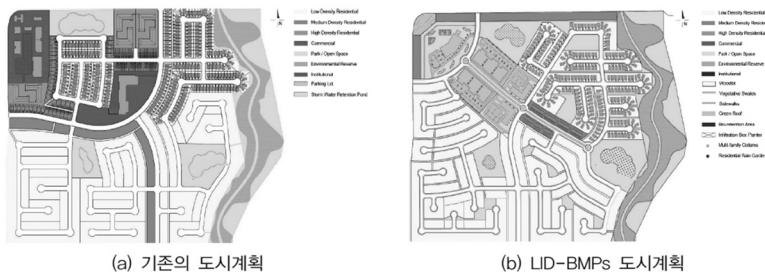
128) IoT 기반 생태환경 감시 및 예측 기술 동향, ETRI-ICT 기획시리즈, 2014.10

(5) 통합홍수관리

○ 유역단위에서 저영향개발(LID)을 적용한 빗물저류 시설을 건설하여 홍수 저감과 치수 효과를 동시에 분석하는 방법론을 개발

- 미국 환경보호국(EPA)의 SWMM 5.0 모형은 강우 주상도, 기상자료, 소 유역자료, 하수관거 자료를 입력하여 LID 빗물관리시설의 수문영향 분석이 가능하도록 기존 SWMM모형을 개선¹²⁹⁾
 - SWMM 5.0 모형은 유역의 유출수량 및 수질 예측과 오염물질 처리 모의 가능
 - '15년 4월 LID 관련 버그 및 LID 관련 보완사항의 추가, 프로그램의 내부 오류들을 개선하여 새로운 버전 v5.109를 공개¹³⁰⁾
- 캐나다 에드먼턴은 분산형 LID시설에 EPA의 SWMM 5.0을 이용하여 개발 전과 후의 유출 모의시험을 수행하고 LID 도시계획에 반영¹³¹⁾

그림 57 에드먼턴주의 도시계획



자료 : 저영향개발(LID) 기반의 친환경 도시 계획, K-water, 이상진, 2014.12

○ EU에서는 각 국가별로 상이한 홍수량 산정기법을 통합하기 위해 유역 단위의 표준 홍수량을 산정하는 통합홍수관리 연구개발 프로젝트 FloodFreq를 추진¹³²⁾

- EU 차원에서 기존 홍수량 산정방법을 보완하는 FloodFreq(European procedures for flood frequency estimation)라는 표준 홍수량 산정 연구를 수행
 - EU는 기존 홍수량 산정방식의 한계점과 복수국가를 관통하는 하천의 홍수량 산정을 위해 각 국가별 홍수빈도 산정 표준화 연구가 요구되는 상황

129) 치수 이수효과 정량적 평가 '눈길', 건설기술, 2012.5.11

130) SWMM5.1 모형의 저영향개발시설 설계 모듈 및 WMAM 모형, 송재열 외1, 2015

131) 저영향개발(LID) 기반의 친환경 도시 계획, K-water, 이상진, 2014.12

132) 물과 미래-유럽연합의 홍수빈도해석 연구 동향, 이효상, 한국수자원학회지, 2012

– FloodFreq에서는 각 국가별 홍수빈도 해석 방법을 비교 및 평가하여 우수한 홍수빈도 해석 방식으로 표준화하는 방안을 제시하였으며, 기후환경 변화가 홍수에 미치는 영향을 분석하는 것이 주요 목적

○ 하천시설물, 배수시설, 하수도 등 개별 구조물별로 홍수대책을 수립하는 방식에서 유역관점에서 구조적/비구조적 홍수방어 및 내외수 연계 홍수방어 개념이 도입¹³³⁾

- 미국은 국가홍수보험제도(NFIP), 스마트성장(Smart Growth) 정책 하에 침수위험 지역에 대해 Clustering Development, Low-Impact Development, Smart Design 등 소도시 차원의 내배수 시스템을 연계한 홍수방어개념을 도입하여 운용
- EU는 복수의 국가를 통과하는 하천을 대상으로 유역전체 관점에서 통합적인 예측이 가능한 유럽 홍수 조기경보 시스템(European Flood Early Warning System)을 개발하여 적용

○ 네덜란드 및 덴마크는 독자적인 홍수 및 내수범람모형을 상용화하여 통합홍수관리에 활용

- 덴마크 DHI(Danish Hydraulic Institute)는 홍수 및 내수범람 모형인 MIKE시리즈와 MOUSE를 상용화
 - 세계 각국에서는 MIKE시리즈와 MOUSE를 홍수 및 내수범람 모형으로 널리 사용
- 네덜란드의 Delft Hydraulics은 레이더 자료구축, 유역 및 하천 홍수추적, 범람해석, EAP 구축을 기반으로 내배수 재해를 포함한 통합홍수관리시스템을 구축하여 운영
- 네덜란드는 '08년부터 RWS와 IT기업 및 엔지니어링 기업 등 9개 기관이 참여하는 '홍수 통제 프로그램(Flood Control 2015)'을 수행 중이며, 각 제방에 설치된 센서 간 네트워크를 통해 도시 통합홍수관리기술을 확보

(6) 홍수예측 및 대응

○ 미국, EU, 일본 등은 도심지 홍수피해를 저감하기 위해 신속 도심홍수경보 시스템을 구축하기 위한 사업을 추진 중

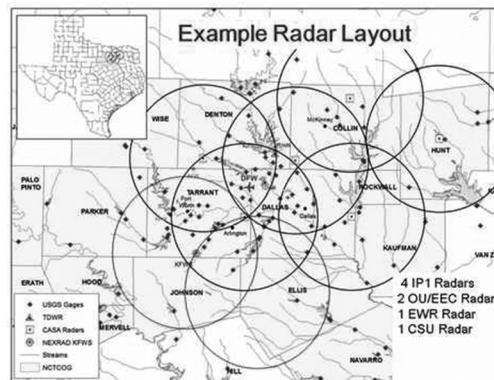
- 미국은 도심홍수경보 시스템을 구축하기 위한 CASA(Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere) 프로젝트를 추진¹³⁴⁾

133) 내외수를 연계한 도시 내배수 시스템 선진화 연구, 한국건설교통기술평가원, 2013.2

134) 수문레이더 기반 홍수폭설재해 예측 및 경보 플랫폼 개발, 한국건설기술연구원, 2013.12

- CASA-ERC와 NCTCOG(North Central Texas Council of Government)는 거대 도심환경에서 개선된 기상재해 예경보 시스템 구축을 목적으로 공동 프로젝트를 추진하며, 달라스/포트워스에 테스트베드(DFW)를 구축
 - 1단계에서는 4개의 X-밴드 레이더를 배치하여 데이터를 획득
 - 2단계에서는 OU/EEC 레이더 2대, EWR 레이더 1대, Ridgeline Instruments/CSU 레이더 1대를 추가하여 총 8대의 X-밴드 레이더로 레이더 망을 구축
 - 3단계에서는 구성 레이더 수를 16-20대로 확장시킬 계획
- 동 프로젝트는 오클라호마에 소형 X-밴드 편파 레이더들로 이루어진 시험 관측망을 설치하여 서로 중첩되는 관측범위를 가지는 저비용 X-밴드 편파 레이더로 강우를 관측
- 본격적인 상용화단계에는 도달하지 못하였으나, 연속성 있는 데이터를 축적

그림 58 미국 DFW 레이더망

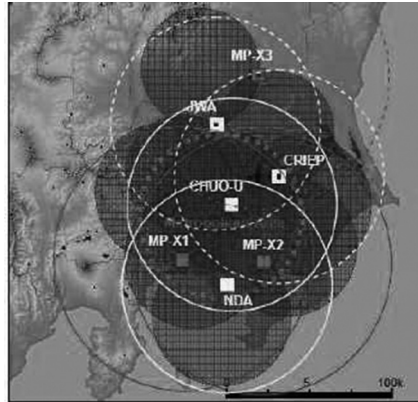


자료 : 수문레이더 기반 홍수폭설재해 예측 및 경보 플랫폼 개발, 한국건설기술연구원, 2013.12

- 일본 방재과학기술연구소(NIED)는 도시홍수에 대한 신속하고 효율적인 경보시스템 구축 연구개발을 수행¹³⁵⁾
 - 일본 기상청의 정규 C-밴드 레이더 관측망의 관측범위를 개선하는 X-NET 시스템 프로젝트를 실시
 - X-NET 시스템 연구개발 프로젝트를 수행하기 위해 3개 X-밴드 편파 레이더(X-NET) 시험 관측망을 도쿄 수도권 지역에 설치
 - X-NET은 2011년 7월 5일 홍수에 대해 일본 기상청보다 50분 빠르게 경보하였으며, 민간기업 및 철도기업 등에 QPE, QPF 정보를 제공

135) 초소형 레이더 우량계 및 강우량 분석기술 개발 기획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.8

그림 59 일본의 X-NET 시스템



자료 : 초소형 레이더 우량계 및 강우량 분석기술 개발 기획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.8

- EU는 홍수 조기경보를 위한 고해상도 강우·홍수 데이터 수집을 위한 연구 및 스마트 제방 관련 연구를 수행¹³⁶⁾
 - RainGain 프로젝트는 도시지역의 고해상도 강우·홍수 데이터 획득을 위한 연구개발 프로젝트이며, 네덜란드, 벨기에, 프랑스, 영국 등이 참여
 - 홍수 조기경보를 위한 UrbanFlood 센서활용 기술, 실시간 위기관리 기술, 스마트 제방 관련 연구는 네덜란드, 영국, 폴란드, 러시아의 산학이 참여하여 '09년부터 '12년 12월까지 수행
- 중국은 기상사각지대와 도심지 및 기상이변이 빈발하는 지역의 조기 홍수정보를 목적으로 기상 레이더를 증설하고, 이를 통합하는 시스템 개발을 계획¹³⁷⁾
 - 기상레이더를 통해 강우량의 측정, 강우지역 예상, 기상정보를 실시하고, 관리 2급과 보호 3급의 기상레이더를 이용해 기상정보의 보완 및 지원 시스템 구축을 계획
 - 차세대 기상레이더를 활용하여 관련 계획이나 기준을 하나로 통일하는 한편, 기상 예보는 물론, 수리(水利), 항공, 군사, 해양, 농작, 임업 등 다양한 분야에 활용을 목적
 - 차세대 기상 레이더 증설은 농촌, 연해지역, 주요 하천유역, 주요 철도근방, 주요 전략 경제구역, 재난피해 다발지역의 자연재해 발생 예측 정확도를 향상시켜 국지성 집중 호우 등의 자연재해 정보능력을 제고시키고 자연재해의 피해 저감에 기여할 것으로 예상

136) 수문레이더 기반 홍수폭설재해 예측 및 경보 플랫폼 개발, 한국건설기술연구원, 2013.12

137) 초소형 레이더 우량계 및 강우량 분석기술 개발 기획, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 2014.8

○ 각 국가별로 독자적인 홍수위험도 분석방법을 개발하여 정성·정량평가를 수행¹³⁸⁾

- 미국은 개척국과 공병단에서 연방 댐을 관리하고 있으며, 관리기관 주도로 정량적 위험도 해석기법 기반 댐 안정성을 평가
 - 홍수위험도를 적용한 홍수지도인 홍수위험경계지도(Flood Hazard Boundary Map)와 홍수보험요율지도(FM, Flood Unsurance Rate Map) 등을 제작하여 배포
 - 정량적인 위험도 해석기법을 통해 댐 재개발을 포함한 기후변화 영향을 저감하기 위한 대안 수립을 위해서 댐 위험도 해석 기법을 활용
- 영국은 정성적 평가방법을 기본으로 위험도를 분석하며 댐 및 저수지의 위험도 저감과 재개발 우선 순위를 결정하는 데에 활용
 - 댐관리자는 주로 FMEA(Failure Mode and Effects Analysis), FMECA(Failure Mode and Effects Critical Analysis)를 이용하여 댐의 위험도를 평가
- 네덜란드는 정량적 해석 기법이 발달하였으며, 주요 홍수조절 구조물 설계에 이용
- 스웨덴은 FMECA와 정량적 해석기법을 사용하고 있으며, 노르웨이는 댐 안전도 확보를 위해 위험도 분석을 고려하는 새로운 규정들이 추가로 제시

○ 도시공간 계획 과정에서 홍수위험에 대응하기 위한 지하 저류 및 배수시설 관련 기술개발 중

- 일본은 도시에서의 대규모 수해피해를 방지하기 위해서 대심도 터널을 이용한 우수유출 저감시설을 적극 활용¹³⁹⁾
- 영국은 국토·도시계획 및 개발 과정에서 투수성 포장, 생태수로, 생태저류지, 연못 및 습지, 침투 트렌치, 관거 등을 계획하고 지속가능한 도시 배수체계 건설을 추진
 - 홍수방어 최상위계획 정책지침인 PPS25에서는 지속가능한 도시배수체계를 구축하도록 명시
 - 30년 빈도 강우에 대응한 하수관을 설치하고, 30년 빈도를 초과하는 강우는 건물이 없는 지역으로 유도하여 건물 침수 피해를 방지하는 도시배수체계를 수립
- 네덜란드는 로테르담 Water Plan 2 프로젝트를 통해 도시 공간계획과 접목하여 주차장과 지하 저류시설의 복합기능 시설을 설치¹⁴⁰⁾

138) 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10

139) 도시 지하방수로 설계·시공·운영기술 개발 기획, 국토교통부-국토교통과학기술진흥원, 2014.7

140) 기후변화에 따른 새로운 도시방재 패러다임과 도시정책방안, 국토연구원 issue paper, 심우배, 2011

- 도시 홍수관리를 위해 로테르담 중앙역사 공간에 강우 시 지하 저류시설로 활용이 가능한 주차장을 설치
- 물광장(Water Plaza)을 조성하여 주차장, 광장 등 불투수 지역을 줄이고, 계단형 공간으로 조성하여 기존의 기능 외 빗물저류 기능을 부여
- 독일은 베를린 포츠담 광장에 우수저류시스템을 조성하여 홍수 시 우수를 저류하여 하천의 부하를 줄이고 도시에 수환경을 조성할 수 있는 다목적 저류지를 계획¹⁴¹⁾

(7) 가뭄예측 및 대응

- 가뭄 대응을 위한 기상조절 프로젝트에서는 인공강우를 통한 가뭄 대응 분야 연구를 주도적으로 개발 중¹⁴²⁾
 - 국가별 기상조절 프로젝트에서는 인공강우 기술이 주도적이며, 우박억제와 폭우 완화 등으로 연구 범위가 확대되고 있는 추세
 - 기상조절 관련하여 미국, 멕시코, 오스트레일리아, 태국, 이스라엘, 러시아, 중국, 일본, 아르헨티나, 그리스, 남아프리카공화국 등 세계 37개국에서 총 150여개의 다양한 프로젝트가 추진 중
 - 미국 국립대기연구센터 내 응용과학팀은 지속적인 수자원 확보를 목적으로 네바다주와 유타주의 록키산맥에서 인공강설 실험연구를 수행 중
 - 중국은 '07년부터 11차 5개년 계획을 통해 기상조절 기술을 개발하여 수자원 확보 및 대기질 개선에 기여할 수 있는 연구를 추진 중
- 미국은 지표수문해석모델(LSM : Land Surface Model) 및 인공위성을 통해 가뭄예보에 활용
 - 미국 기상청 기후예보센터는 4개의 LSM을 이용하여 미국전역에 대한 수문순환을 해석하고 표준화된 유출 가뭄지수를 통해 가뭄예보에 활용¹⁴³⁾
 - 지표수문해석모델(Land surface model, LSM)은 에너지수지, 물수지, 탄소순환을 포함하는 지표수문과 대기순환의 연계과정을 규명하기 위해 개발
 - 4개 LSM 결과의 양상불을 제공하여 모델간의 구조적 불확실성 정량화 시도
 - 그 외에도 인공위성을 활용하여 증발산량 및 가뭄을 예측

141) 저류·침투시설 최적관리를 위한 기술개발 전략 수립, 안전행정부·국립재난안전연구원, 2013.12

142) 응용기상기술개발연구-기상조절 기술개발 보고서, 국립기상연구소, 2013

143) 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10

II. 국내 동향

1. 시장동향

- 국토교통부에서는 국가하천의 정비 지원에 '12년 4,603억 원을 지방하천정비지원에 8,706억 원을 투입

표 18 치수 및 하천정비 예산 현황

(단위: 억 원)

구분	'02년	'03년	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년
▶국가하천정비지원	1,683	1,706	3,444	3,280	3,430	3,660	3,729	3,490	3,040	4,120	4,603
– 국가하천정비	1,683	1,706	3,265	3,100	3,200	3,300	3,300	3,090	2,370	3,500	4,030
– 치수연구개발			179	180	230	210	279	250	420	420	373
– 댐직하류정비						150	150	150	250	200	200
▶지방하천정비지원	7,073	8,000	7,800	7,173	6,480	6,987	7,233	10,730	8,434	7,520	8,706
– 지방하천정비	2,450	2,500	3,040	2,769	3,200	3,435	3,998	6,890	6,119	6,020	7,706
– 수계치수	4,623	5,500	4,760	4,404	3,280	3,552	3,235	3,840	2,315	1,500	1,000

자료 : 하천정비사업 및 예산지원, 국토교통부 홈페이지, 2012.8

- 국토교통부는 '12년부터 '20년까지 3.7조 원을 투입하여 4대강에서 제외된 지천에 대한 하천정비 사업을 추진할 계획¹⁴⁴⁾

- 신규사업 3.4조 원, 계속사업 0.3조 원을 투입하여 지천에 대한 하천정비사업 추진 계획을 수립
 - 지천사업의 대상은 4대강사업에서 제외 된 국가하천 43개소(1,023km)

표 19 국가하천 정비사업 연차별 투자계획

(단위: 억 원)

구분	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년~'20년	계
예산	4,000	4,000	4,000	4,000	21,000	37,000

자료 : 4대강 외 국가하천 종합정비계획 보고서, 2011.7 사업내용

144) 4대강 외 국가하천 종합정비계획 보고서, 2011.7

표 20 국가하천 정비사업 주요 내용 및 사업비(신규사업)

사업내용	사업량	사업비(억 원)
제방보강	291km	6,601
하도개선(준설 등)	190km(0.45억m³)	11,282
강변저류지/배수갑문	6개소/1개소	1,286/347
보 신설 개량	21개소	927
생태하천 조성(비도심지)	478km	4,650
하천환경정비(도심지, 관광지등)	186km	5,247
자전거길 및 탐방로	718km	1,741
설계, 감리비등 기타	-	1,574
총계		33,655

자료 : 4대강 외 국가하천 종합정비계획 보고서, 2011.7

표 10 4대강 권역별 국가하천 정비사업 주요 내용 및 사업비

구분	총사업비	주요 사업내용
한강 권역	7,954억 원	보 3개소 / 준설비 3,473억 원 / 제방보강 1,477억 원 하천환경정비 1,650억 원 / 생태하천 523억 원
낙동강 권역	11,453억 원	보 11개소 / 준설비 3,095억 원 / 제방보강 3,248억 원 하천환경정비 1,839억 원 / 생태하천 1,269억 원
금강 권역	10,499억 원	보 6개소 / 준설비 4,029억 원 / 제방보강 954억 원 하천환경정비 614억 원 / 생태하천 2,655억 원
영산·섬진강 권역	3,767억 원	보 1개소 / 준설비 692억 원 / 제방보강 915억 원 하천환경정비 1,193억 원 / 생태하천 154억 원

자료 : 4대강 외 국가하천 종합정비계획 보고서, 2011.7

- 국가하천 외 지방하천에 대해서도 '18년까지 11조 3,370억 원(국고 60%, 지자체 40%)을 투입하여 정비사업을 추진할 계획¹⁴⁵⁾

- 지방하천 정비사업의 사업내용을 보면, 제방보강, 준설, 보 신설 및 개량 등의 치수사업에 7조 6,000억 원, 생태하천 조성, 고향의 강 사업 등 친수사업에 3조 7,000억 원을 투입할 계획

145) 국정감사 보도자료-김진애 의원실, 2011.9.26

- 환경부는 '생태하천 복원사업 중장기 계획'을 통해 '11년~'15년 동안 총 412개 하천(1,667km)에 3.2조 원, 800개 도랑·실개천(200km) 복원에 800억 원을 투입¹⁴⁶⁾
 - 90개 하천(325km)의 계속사업에 8,239억 원을 투자하였으며, 319개 하천(1,324km)와 도랑·실개천 800개소의 복원을 위한 신규사업에 2조 3,595억 원을 투자할 계획
 - 생태하천 복원사업 예산편성 권한은 '15년부터 지자체에서 자율적으로 편성하는 지역발전특별회계 생활기반계정으로 전환¹⁴⁷⁾

표 10 년도별/수계별 투자계획

(단위: 억 원)

구분	수계	개소수	사업비					
			계	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년
수질개선· 생태복원	계	412	31,834	11,462	8,785	5,747	3,098	2,742
	4대강	232	16,750	6,426	5,112	2,919	1,353	940
	한강	94	8,664	3,430	2,275	1,787	743	429
	낙동강	61	2,977	1,320	842	350	216	249
	금강	21	1,693	531	959	107	80	16
	영산강·섬진강	56	3,416	1,145	1,036	675	314	246
	기타	180	15,084	5,036	3,673	2,828	1,745	1,802
도랑· 실개천 살리기	계	800개	800	150	350	100	100	100
	4대강	500	500	150	350	—	—	—
	한강	135	135	41	94	—	—	—
	낙동강	120	120	36	84	—	—	—
	금강	130	130	39	91	—	—	—
	영산강·섬진강	115	115	34	81	—	—	—
	기타	300	300	—	—	100	100	100

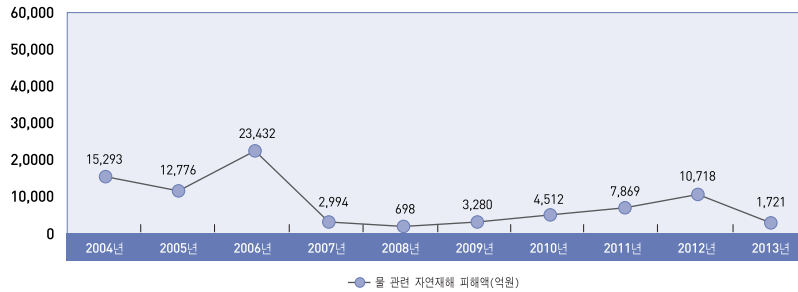
- 최근 10년간('04년~'13년)의 국내 평균 물 관련 재해 피해액을 분석한 결과, 물관련 재산 피해액은 '08년 698억 원에서 '12년 10,718억 원으로 증가하는 추세¹⁴⁸⁾

146) 생태하천 복원사업 중장기 추진계획, 환경부 수생태보전과, 2010.9

147) 생태하천복원사업 업무처리지침(7차개정), 환경부, 2014.12

148) 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

그림 60 물 관련 자연재해 피해액 현황('04년~'13년)



자료 : 물과 미래-2015 세계 물의 날 자료집, 국토교통부 k-water, 2015

표 23 연도별 재해 피해액 규모

(단위: 억 원)

연도		태풍	호우	대설	강풍	풍랑	합계
'04년	가	4,245	2,672	8,376	—	—	15,293
	나	3,416	2,150	6,739	—	—	12,305
'05년	가	1,686	4,284	6,693	113	—	12,776
	나	1,385	3,520	5,500	93	—	10,498
'06년	가	142	22,990	62	169	69	23,432
	나	118	19,063	52	140	57	19,430
'07년	가	1,913	517	88	82	394	2,994
	나	1,609	435	74	69	331	2,518
'08년	가	9	636	40	12	—	697
	나	9	581	36	11	—	637
'09년	가	—	2,798	140	77	264	3,279
	나	—	2,549	128	70	241	2,988
'10년	가	1,824	1,911	701	2	74	4,512
	나	1,725	1,808	663	2	70	4,268
'11년	가	2,163	5,228	475	—	3	7,869
	나	2,183	5,276	480	—	3	7,942
'12년	가	9,876	387	200	263	—	10,726
	나	10,037	384	204	267	—	10,892
'13년	가	17	1,581	113	9	—	1,720
	나	17	1,581	113	9	—	1,720
합계	가	21,875	42,995	16,890	728	805	83,293
	나	20,498	37,347	13,989	662	703	73,199

* 가의 피해액은 2013년 환산가격기준임 / 나 의 피해액은 당해연도 가격 기준

자료 : 소방방재청 중앙재난안전대책본부, 재해연보 2012, 2013

2. 기술동향

(1) 하천 및 수리시설

- 기후변화와 대하천 정비사업으로 변화된 하천에 관한 분석 및 예측 관련 연구 인프라 구축을 위한 ‘첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단’을 운영¹⁴⁹⁾
 - 대하천 친환경 시설물 및 하도 유지관리 기술 개발, 첨단기술 기반의 하천 계측 및 운영기술 개발, 한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발, 물안보 확보를 위한 하천의 탄력적 물관리 기술 개발로 구성
 - 대하천 친환경 시설물 및 하도 유지관리 기술 개발에서는 유역침식을 고려한 하도 안정화 기술 개발, 하천시설 관리 최적화 기술 개발 등을 추진
 - 첨단기술기반 하천계측 및 운영기술 개발에서는 하천 계측 센서 및 모니터링 기술, Smart River 정보 관리 기술, 하천 정보 분석모델 및 첨단하천관리 통합운영 시스템을 개발
 - 한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발 분야에서는 하도추적 및 홍수위 산정기술 개발, 홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 일반화, 한국형 유역 특성인자 및 홍수량 산정 통합시스템 구축을 추진
 - 하천의 탄력적 물관리 기술개발 분야에서는 하천수량의 평가방안 및 매개변수 추정지원 시스템 개발, 하천유량관리 고도화 기술 개발, 외부환경변화에 따른 물순환 복원기술 평가 시스템 개발 과제 등을 수행
- 안정적인 수자원 확보를 위한 2차원 하천해석 소프트웨어인 RAMS를 개발
 - RAMS는 국내 최초의 하천해석 소프트웨어로 수자원의 지속적인 확보를 위해 하천흐름 및 하상변동해석기술 개발 후, RAMS 개발, RAM 적용에 따른 연구 결과
 - RAMS는 복잡한 지형과 흐름 조건을 갖는 자연하천의 흐름, 오염물질의 이송 및 확산, 하상변동을 모의할 수 있는 SU/PG 기법을 이용한 유한요소 수치해석 프로그램
 - 흐름해석 모형인 RAM2, 수질해석 모형인 RAM4, 하상변동해석 모형인 RAM6의 3개 해석엔진 모듈과 이들을 연계하고 사용자의 편의성을 도모한 그래픽 사용자 환경의 전·후처리 모듈 RAMS-GUI로 구성

149) 한국수자원학회지-물과미래, 한국수자원학회, 2013.5

○ 국내 하천에는 많은 구조물이 존재하나 이를 고려한 하천흐름 해석 수리모형은 초기 개발단계로 하천 구조물의 안전성 검증을 위해 관련 기술개발이 필요¹⁵⁰⁾

- 국내 하천은 국외와 달리 하천 내에 매우 많은 구조물이 존재하므로 복잡한 특성을 보여 타국의 모형 적용이 어려움
 - 국내 하천은 하천 내 교량, 보, 댐과 같은 구조물로 불규칙한 하상경사 및 하천단면이 형성되는 등 복잡한 특성을 보이고 있음
- 최근에는 댐 붕괴, 제방 붕괴 등에 대한 관심이 증가하여 불연속 흐름에 대한 정확도 향상 기법의 개발 및 적용에 대한 연구가 증가
- 구조물이 존재하는 하천의 흐름 해석을 위한 수리모형은 아직 연구초기 단계이며, 현재까지 상용화된 모형은 전무

(2) 생태하천

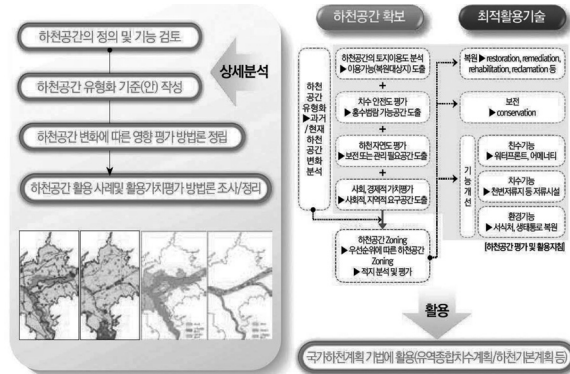
○ 국토교통부에서 추진되고 있는 ‘Green River 연구단’에서는 하천공간의 적지 판정 및 활용을 위한 기술을 개발¹⁵¹⁾

- ‘자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성기술’ 연구를 추진
 - 주요 연구과제는 ‘환경변화에 대응하는 하천관리 기술 개발’, ‘하천복원 소재 응용 및 하천환경 평가 모니터링 체계구축 기술 개발’, ‘하천구역 내 물질순환을 고려한 자연정화기술 개발’
- 홍수에도 안전하며 하천생물에게 서식처를 동시에 제공하여 유역홍수 관리와 생태 공간을 연계한 하천유역 통합계획 및 복원을 위한 연구 개발을 추진
 - 환경변화에 대응하는 하천관리 기술 개발 분야에서 하천공간 확보 및 최적활용 기술 개발의 세부 과제를 추진 중
 - 하천공간 복원을 위해 하천공간 복원유형 분류체계, 하천복원공간의 가치평가 기술을 개발하고, 하천공간 유형별 복원기법 제시 및 복원에 따른 환경/치수 영향 분석 방법을 표준화함으로써 하천 공간의 확보 및 하천 공간 최적 활용 기술을 개발

150) 차세대 홍수방어 기술개발에 관한 연구 보고서, 한국건설교통기술평가원, 2012.6

151) special issue 자연과 인간이 공존하는 생태하천-환경변화에 대응하는 하천관리 기술, 한국수자원학회지, 2013

그림 61 하천공간 확보 및 최적활용 기술개발 모식도



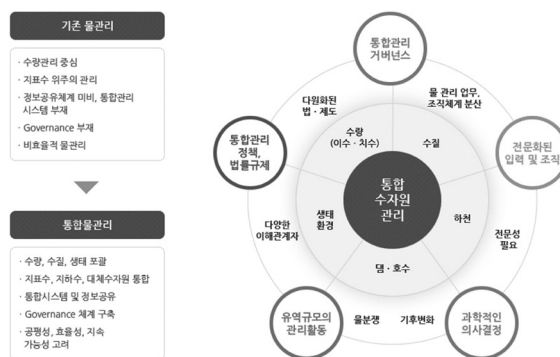
자료 : special issue 자연과 인간이 공존하는 생태하천-환경변화에 대응하는 하천관리 기술, 한국수자원학회지, 2013

(3) 통합수자원관리

- K-WATER는 한정된 수자원 이용을 극대화하고, 물 복지를 실현하기 위해 섬진강수계에서 유역단위의 통합물관리 시범사업을 추진 중¹⁵²⁾

- 통합물관리란 기존의 수량, 지표수 위주의 관리 체계에서 지속가능한 물이용을 위하여 수량, 수질, 생태, 문화(주민)를 고려한 유역 단위의 통합관리 체제

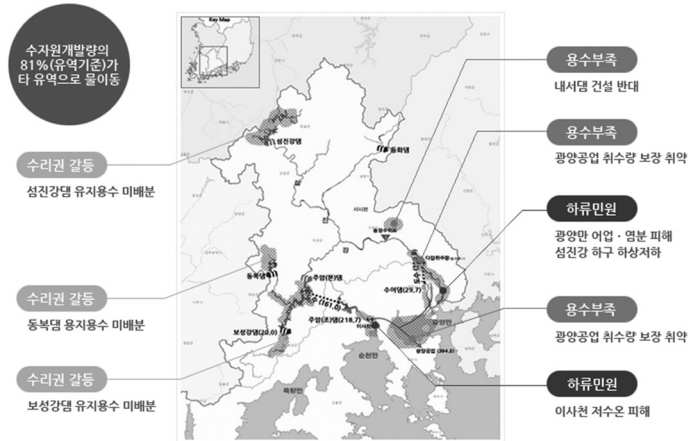
그림 62 통합물관리의 기본 개념



- 수자원개발량의 81%가 타유역으로 배분되어 댐 유지용수의 미배분, 수리권 갈등, 하구의 용수부족 및 수문 변화 문제가 발생하는 섬진강 수계에서 통합수자원관리 시범사업을 실시 중

152) k-water 홈페이지(www.kwater.or.kr), 통합물관리 사업소개, 2015.4.26 검색

그림 63 섬진강 수계 유역시범사업 현안 및 이슈



○ 통합물관리센터에서는 국내의 물환경에 맞춘 통합물관리의사결정시스템(K-HIT)을 통해 유역통합 의사결정 지원 시스템을 구축¹⁵³⁾

- 통합물관리센터에서는 다양한 데이터 분석을 통한 강우예측과 의사결정 기술을 발전시켜 빈번한 이상가뭄 발생과 지역·계절적 편차가 심한 국내 물관리 상황에 맞는 맞춤형 물관리 예측 및 운영 기술을 개발

- 통합물관리의사결정시스템(K-HIT)에서는 최신 ICT와 융합하여 실시간 수문자료 모니터링 및 이·치수를 고려한 개별 물관리 기술이 결합된 유역통합 의사결정을 지원
- 강우예측시스템(PFS)은 전국을 3km×3km 격자로 나누어 댐유역의 상세 지형 등 물리적 환경에 최적화된 정량적인 장·단기 강우예측정보 생산
 - 단기예측 K-PPM, 장기예측 CAM
- 용수공급시스템(RWSS)은 시설물별 예상 유입량과 수계내 수요량을 고려하여 댐-보 연계운영을 위한 최적 방류량을 결정하며, 이를 물수지 분석모형과 수질모형에 적용하여 수질사고시 방류가능량 산정과 수질개선 효과 분석이 가능한 시스템 기술
- 발전운영시스템(GIOS)은 댐·보 발전, 송·배전 및 수문설비에 대한 실시간 원격감시제어 및 종합적인 발전 운영현황과 통계분석자료를 제공
- 강우량 및 하천유량 빈도분석 시스템(K-FAT)은 수문자료를 온라인으로 취득 후 전처리가능하며, 14개 확률분포형에 대한 매개변수를 추정, 적합도검정, 최적확률분포형 선정 등 홍수 및 갈수에 대한 빈도분석을 수행

153) k-water 홈페이지(www.kwater.or.kr), 통합물관리 사업소개, 2015.4.26 검색

○ 유역-기상-댐-하천 모형을 연계한 실시간 수질 예측·모니터링 시스템인 SURIAN을 통해 수질 변화로 인한 생태계 영향을 실시간으로 예측 및 분석¹⁵⁴⁾

- 유역-기상-댐-하천 모형을 연계한 실시간 수질 예측·모니터링 시스템인 SURIAN을 통해 수질 변화로 인한 생태계 영향을 실시간으로 예측 및 분석하고, 다양한 수생태 복원 기술을 적용
 - 통합수질예측시스템인 SURIAN은 유역-기상-하천-저수지모형을 연계하여 보다 정확도 높은 수질 예측 자료를 제공하며, 수질 사고에 대한 신속한 의사결정을 지원
 - 수상이동형 고효율 녹조 제거 시스템 구축을 통해 하천과 저수지에서 발생하는 녹조를 물리·화학적 방법을 활용하여 응집 및 부상시켜 수체로부터 녹조를 신속하게 직접 제거

(4) 수자원 모니터링

○ IT 산업의 발달로 타분야에서는 IT융복합 첨단기술이 널리 활용되고 있으나, 하천모니터링 분야에 대한 실적은 미미한 상황¹⁵⁵⁾

- 통신망, 인공위성 등을 활용하는 국내 IT 기술은 상당히 발달되어 있으나, 실제 하천모니터링분야에 대한 적용은 타분야에 비해 아직까지는 미미한 상황
 - 국내에서는 단거리 무선주파수 기술을 이용한 블루투스, 전력선을 이용한 PLC, 빌딩 등의 자동화를 위해 사용되는 ZigBee 기술 등이 개발되어 다양한 분야에 접목되고 있는 상황
 - 하천분야에서 IT융합 첨단기술의 적용은 미미한 수준으로 자동계측기기 개발, 광케이블에 의한 제방 모니터링 분야 정도만 적용

○ 수자원 관련 예측 정밀도를 향상시키기 위한 위성, 레이더, 자동기상관측장비(AWS¹⁵⁶⁾) 활용 수자원 모니터링 기술 연구가 활발하게 진행¹⁵⁷⁾

- 가용가능한 국내외 관측자료를 수집하고, 이를 통합 분석하여 수재해 예측정보 정확도를 제고하기 위한 기술개발이 이루어지고 있음
- 환경부는 녹조현상의 발생 원리 규명을 위해 초분광 센서를 장착한 무인헬기를 통해 주요 호소(의암호)에 대한 원격 수면감시를 실시할 계획

154) k-water 홈페이지(www.kwater.or.kr), 통합물관리 사업소개, 2015.4.26 검색

155) 기후변화대응 하천운영 및 관리기술 과제 기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011

156) Automatic Weather System

157) 위성정보를 활용한 글로벌 수자원 감시, 평가, 예측 시스템 개발 기획, 채효석, 2013

- 항공 좌표 인식시스템과 동일 고도 및 지점에서 먼단위 원격영상 촬영이 가능한 초분광 센서가 탑재된 무인헬기를 활용하여 Chl-a, SS(Suspended Solid, 부유물질)를 측정 가능
- 향후 조류의 종별 분류까지 가능할 수 있도록 지속적인 연구를 추진할 계획

(5) 통합홍수관리

- 차세대 홍수방어 기술개발 연구단에서는 홍수조사 선진화 및 모니터링, 치수능력 증대, 유역통합홍수 대응기술 연구 및 국가 홍수관리시스템 구축 수행¹⁵⁸⁾
 - 차세대 홍수방어 기술개발 연구단(08년~13년)에서는 기후변화로 인해 홍수위험이 증가하는 상황에서 홍수피해 저감을 위한 구조적 및 비구조적 대책수립 및 실행을 통한 통합홍수관리(Integrated Flood Management) 체계 구축을 수행
 - 비정상성 강우를 고려한 빈도해석 프로그램 및 제방의 인증기술을 개발하였고, 치수계획 관련법과 제도 개선방안을 도출하였으며, 치수경제성 분석을 위한 다차원 홍수피해산정 시스템을 제시
 - 홍수예보의 정확도 향상을 위해서 강우레이더 자료에 의한 정량적 강우산정 기술과 편파 강우레이더를 활용한 단시간 강우예보기술을 개발하여, 레이더 강우와 단기예보의 분포 모형을 연계한 홍수예보 활용기술을 확보
 - 기후변화 등에 대비한 차세대 홍수정보 시스템으로서 K-AHPS(Advanced Hydrologic Prediction System), K-FFG(Flash Flood Guidance), 지자체 홍수정보관리시스템 등을 구축
- 기후변화에 따른 피해를 최소화하기 위한 '기후변화 대비 수자원 적응기술 개발 연구단'이 추진되어 기후변화에 대비한 유역관리 적응기술을 개발¹⁵⁹⁾
 - 기후변화 상황에서 유역별 취약성 종합 평가와 효율적 적응전략 수립을 위한 통합평가시스템 개발을 목적으로 기후변화 대비 유역관리 적응 기술을 개발
 - 기후변화에 따른 국내 유역의 건전성을 평가할 수 있는 유역건전성 통합평가기술, 기후변화 적응 유역관리 시행기술, 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원 기술 등을 개발하고 기후변화에 따른 수자원 영향 및 취약성 통합 평가시스템을 구축

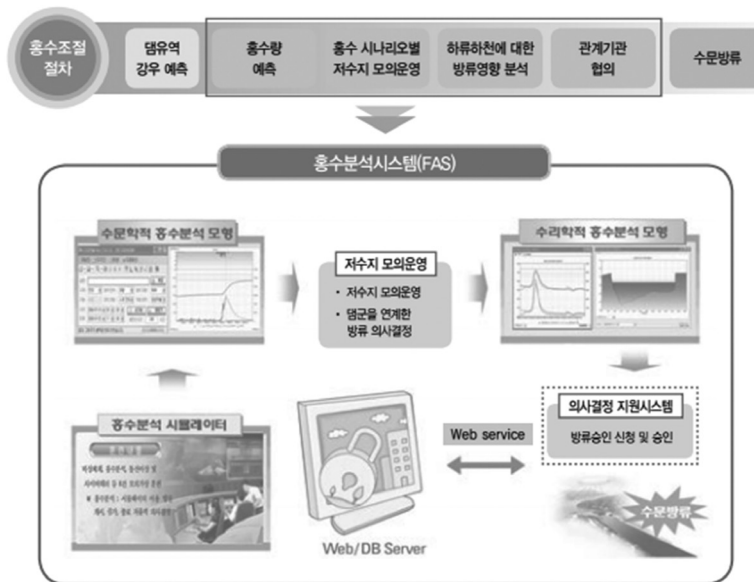
158) 차세대홍수방어기술개발연구단 소개, 차세대홍수방어기술개발연구단 홈페이지(<http://www.iflood.re.kr/>), 2015.7.8 검색

159) 한국수자원학회지-물과미래, 한국수자원학회, 2015.2

○ K-WATER는 홍수시 댐-보-하천의 통합해석을 위한 홍수분석시스템과 홍수 대응을 위한 의사결정지원 시스템을 운영 중¹⁶⁰⁾

- 기존 댐들을 통합 운영하여 홍수조절의 효율성을 높이고 유역단위의 물관리체계 구축을 위하여 전 수계에 댐군 통합 홍수분석시스템(FAS, Flood Analysis System)을 구축하여 운영 중
- 홍수조절에 따른 방류 및 승인 등의 업무를 지원하는 의사결정지원시스템(DSS, Decision Support System)을 구축하여 홍수 시 각 유관기관 간의 유기적인 통합운영을 지원

그림 64 홍수분석시스템(FAS) 체계



자료 : 2014 세계 물의 날 자료집 -물과 미래, 국토교통부K-WATER, 2014.3

160) 2014 세계 물의 날 자료집 -물과 미래, 국토교통부K-WATER, 2014.3

(6) 홍수예측 및 대응

- 내외수 연계 홍수위험 및 침수예측 선진화 연구에서는 확률론적 위험도 기반의 홍수위험도를 산정하고 홍수 예경보기술 개발 및 실용화를 목적으로 연구를 추진 중¹⁶¹⁾
 - 확률론적 위험도 기반 외수위 불확실성 정량화 기술과 내외수 연계 침수예측을 통한 홍수 위험지역 산정 기술을 연구 중
 - 본류와 지류하천을 연계하여 침수예측을 실시하고, 합류부 배수위 영향 분석 및 홍수위험분석을 통한 홍수 예·경보 활용 기술을 연구 중
 - 도시하천의 내외수 연계 침수해석 모형구축으로 보다 신뢰성 있는 내수침수 위험지역 산정기법을 개발하고, 홍수위험 및 침수예측 기술의 시범지역 적용으로 기술의 실용화 가능성을 확보하기 위한 연구를 수행 중
- 국토교통부에서는 주요 하천의 홍수예보를 목적으로 S-밴드 이중편파 레이더 설치 및 운영을 시작하여 '16년까지 이를 확대 설치할 예정¹⁶²⁾
 - 향후 주요 도시에 X-밴드 레이더를 설치하여 운영할 계획을 수립 중이며, 서울시는 자체 홍수예경보 시스템을 위해 X-밴드 레이더망 구축 계획을 수립

그림 65 국내 자이스 구관 현황 및 계획



자료 : 수문레이더 기반 홍수폭설재해 예측 및 경보 플랫폼 개발, 한국건설기술연구원, 2013

161) 내외수를 연계한 도시 내배수 시스템 선진화 연구, 국토교통과학기술진흥원, 문영일, 2012

162) 수문레이더 기반 홍수폭설재해 예측 및 경보 플랫폼 개발, 한국건설기술연구원, 2013

○ 초소형 레이더 우량계를 활용한 강우량, 강설, 바람장 측정을 통한 홍수관련 예보기술을 연구 중¹⁶³⁾

- 정확한 홍수량 산정을 위해 지형지물의 영향을 받지 않고 지상강수량의 공간분포를 측정할 수 있는 기술 개발을 추진 중
- 기존 원통형 지상우량계가 갖는 공간적 대표성 부족 문제를 극복하면서 강우, 강설, 바람장을 동시에 측정할 수 있는 전자파 기반의 다목적 강수계 개발을 추진 중

○ 서울시는 집중호우 등 향후 기후변화로 인한 수해예방과 비점오염원처리를 위해 대심도 빗물저류배수 터널을 계획하였으며, '17년 완공 예정¹⁶⁴⁾

- 신월 빗물저류배수시설을 통해 해당 구역의 30년 빈도 강우시 100% 침수 예방이 가능하였으며, 50년 빈도 강우시 70%의 침수면적 감소 효과 확인¹⁶⁵⁾
- 빗물저류배수시설 설치는 하수관거 통수능력 확보, 빗물저류조 설치, 구역분리(빗물펌프장 신설) 등과 비교하였을 때 사업비, 사업기간, 사업 효과가 가장 뛰어난 것으로 분석

그림 66 신월 빗물저류배수시설 사업개요



○ 지하저류공동 배수 시스템 개발을 통하여 기후변화로 인한 홍수 재해 시 침수피해를 저감시키기 위한 지하공간 침수위험도 평가기법 및 가이드라인을 도출¹⁶⁶⁾

- ‘복합지하공간 수해 방지를 위한 지하 저류공동 건설기술 개발’ 연구를 통해 지하공간 침수 위험도 평가기법을 개발

163) 초소형 레이더 우량계 및 강우량 분석기술 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 김원, 2014

164) 신월 빗물저류배수시설 저류용량 확대합니다, 서울특별시 홈페이지(<http://infra.seoul.go.kr/>), 2015.6.4

165) 신월 빗물저류배수시설, 서울특별시, 2012

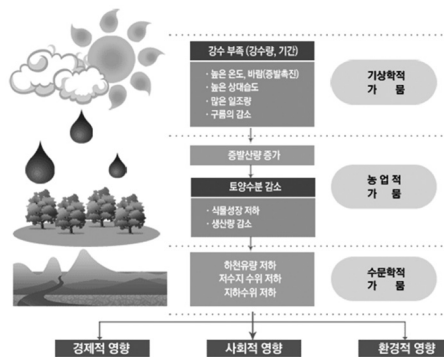
166) 복합지하공간 수해방지를 위한 지하저류공동건설기술 개발 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2014.11

- 침수위험인자 분석 결과 강우특성 외 사람이 제어 가능한 영향인자 중 구조물의 적극적인 배수시설이 중요하며, 그 중에서도 저류공동·배수로 터널 등의 구조적 수방 시설이 상대적으로 중요한 것으로 분석
- 수치시뮬레이션에 의한 지하공간내 유입 우수의 동적유출거동분석을 통해 저류공간 설치를 통한 빗물배수에 의해 지하공간 내 침수심을 절반으로 감소시키는 효과가 있음을 확인

(7) 가뭄예측 및 대응

- K-Water는 가뭄정보시스템을 개발하여 현재 기상학적 가뭄(SPI), 수문학적 가뭄(MSWSI) 등 다양한 가뭄지수를 실시간으로 제공¹⁶⁷⁾
 - 수문학적 가뭄 지수에는 수문학적 가뭄지수인 수정-지표공급지수 MSWSI(Modified SWSI)와 용수공급가뭄지수 WADI(Water supply Drought Index)가 포함
 - 수문학적 관점에서의 가뭄은 강우량의 부족으로 인한 유역의 토양수분 감소로 하천유량 및 저수량 등의 결핍상태, 즉 기 확보된 가용 수자원의 부족현상을 의미

그림 67 가뭄의 진행과정 및 수문학적 가뭄의 영향



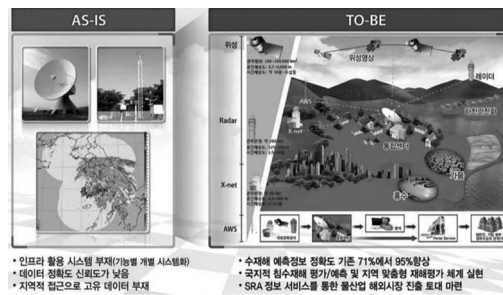
- 수재해 정보를 체계적으로 수집·분석하고 이를 정부부처와 민간에 제공하여 국가 차원의 수재해 대응 및 관리 체계를 구축하는 '수재해 정보플랫폼 융합기술 연구'가 '14년 7월부터 수행¹⁶⁸⁾
 - 국토교통 R&D 물관리연구사업의 일환으로 '14년 7월부터 '19년까지 연구를 추진하며, 정부와 민간 등에서 총 301억 원의 예산을 투자할 예정

167) 가뭄을 수문학적으로 파악하고 대응하기 위한 정책적 방안, 한국수자원학회, 김성준, 2014.3

168) 한국수자원학회지-물과미래(Vol 47 No11), 한국수자원학회, 2014.11

- 수재해 정보플랫폼 융합기술 연구는 X-net 기반 수문정보 생성 및 예측 기술 개발, 물안보 강화를 위한 선제적 가뭄/하천건천화 평가 및 예측 기술 개발, 수해경감을 위한 맞춤형 홍수재해 평가 및 예측기술 개발, 빅데이터기반 수자원정보 서비스 플랫폼 기술 개발로 구성

그림 68 재해 정보플랫폼 융합기술 연구단 최종목표



자료 : 한국수자원학회지-물과미래(Vol. 47 No.11), 한국수자원학회, 2014.11

- 자연재해예측 및 저감연구개발사업에서 수재해를 예측하고 이를 근원적으로 대처함으로써 실질적 피해를 저감시키기 위한 수재해 대응기술 개발이 추진
 - '15년 기준 133.5억 원을 투자할 계획이며, 기후변화에 대비한 수재해 환경변화 예측 및 방재기준에 미치는 영향에 대한 연구 개발을 중점 추진
 - 사업 내, 수재해 관련 연구로는 기후변화 적응을 위한 연안도시지역별 복합원인의 홍수 취약성 평가기술개발 및 대응방안 연구, 저수지 정량적 위험도 분석 및 보수보강 우선순위 평가기술개발, 풍수해 직접·간접 피해를 고려한 피해 산정 및 예측 기술개발 등을 수행



05. 국내외 동향 요약

I. 시장동향

- '18년 해외 수자원분야 시장은 약 6,890억 달러 규모, 국내 수자원분야 시장은 1.6조 원 규모로 추정
 - GWI의 Global Water Market 2014에서 전망한 물산업시장에 CAGR을 적용하여 외삽하면, '18년 물산업시장 규모는 6,890억 달러로 추정
 - '14년~'18년 국가재정운용계획에서는 '18년도 수자원분야 투자계획을 1조 6,630억 원으로 수립

구분	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년
해외 수자원분야 시장 (단위 : 백만 달러)	488,700	510,200	532,600	556,000	580,400	605,800	632,400	660,100	689,000
국내 수자원분야 시장 (단위 : 억 원)	52,620	48,450	35,250	20,700	23,830	23,050	18,450	17,870	16,630

II. 정책동향

구분	내용
미국	미국은 '08년에 이어 '12년 National Water Program을 통해 장기적인 지속가능한 수자원 관리의 비전 및 목표를 설정하고, 중앙정부와 50여개 주정부의 유기적 관계를 통해 수자원분야 정책을 추진
EU	EU는 '00년 초 물관리 지침인 WFD를 수립하고, '15년까지 양호 상태의 수질 달성이 어려운 지역에 대해 가뭄정책과 기후변화 영향을 고려한 해결 방안 모색, 홍수 발생 가능성이 있는 유역별 사전홍수위험평가 실시, 홍수 피해 및 위험지도 작성 완료를 목표
프랑스	프랑스는 EU의 WFD에 기반하여 5년 단위 대유역별 수자원 계획을 수립('16년~'21년)하고 있으며, WFD 달성을 위해 '13년~'18년까지 연구개발을 지원하고 IOW 설립을 통해 자국 물기업의 해외진출을 지원
독일	독일은 연방정부의 물관련 실무그룹인 LAWA를 중심으로 EU의 WFD 기반 물관리, 홍수 재해대응, 오염관리 정책을 추진하고 있으며, 지하수 및 빗물의 상수 용수 사용을 위한 법률을 제정하여 시행
영국	최근 영국은 수자원 시장의 활성화를 위해 상하수도 관리의 민영화 및 경쟁체제를 도입('14년도 Water Act 2014을 개정)하고 있으며, 2010년부터 2100년까지의 홍수 위험 관리, 기후 변화 대응, 지속가능한 토지 이용, 생물다양성 유지를 위한 계획을 수립
일본	일본은 '14년 중장기적으로 자국 물기업의 해외진출 활성화를 위해 물산업 육성을 위한 지원정책을 시행('20년까지 세계적 물기업 7곳 육성, '25년 세계 물시장 6% 점유를 목표)하고 있으며, 최근 하천 및 하수도 정비와 재해에 대응한 수자원정비 정책을 수립
한국	국내에서는 수자원 장기종합계획('11년~'20년), 물의 재이용 기본계획('11년~'20년) 등을 통해 지속가능한 하천환경 조성 및 수자원 확보를 위한 정책을 추진하고, 중앙정부-지방정부-민간 협동으로 수재해에 대응하기 위한 종합대책을 수립, 이에 대한 연구를 추진

Ⅲ. 기술동향

분야	주요 기술동향
용수이용	• ICT기술을 융합한 물관리 기술이 개발되고 있으며 스마트 워터 그리드 분야에서는 기술표준을 정립하기 위한 연구를 추진 중 • 지표수를 상수원으로 활용하기 위해 최상류로부터 상수원수를 공급받고 있으며, 장거리 관망을 통해 공급 • 자연적으로 형성된 지하수를 소극적으로 활용하던 방식에서 지하수를 적극적으로 활용 - 미국은 기존의 기상 관측이 아닌 지구의 중력장을 측정하는 인공위성을 통해 월평균 지하수 자원 변화량을 모니터링 • 대규모 수처리 수요 증가로 멤브레인 제조 및 관련 기술이 다양화되고 있으며, 하수처리뿐 아니라 정수처리 시스템에도 멤브레인 기술이 발전할 것으로 전망 - 일본과 싱가포르의 MF막과 NF막을 조합하여 하수처리부터 정수처리까지 가능한 수처리 시설 연구를 추진 • 미국, EU, 일본 등 물 선진국에서는 IT기술을 활용하여 관망의 누수관리 및 배수량 정보를 수집하여 상하수도 관망을 효율적으로 관리하고 있으며 광역 파이프라인 네트워크를 통해 물이 부족한 지역에 수자원을 공급 • 생활공간, 공장, 도시 등에서 우수 및 용수를 재이용 - 일본과 싱가포르는 MBR 공정 등을 통해 생활공간 및 공장에서 용수를 재이용하고 있음 - 독일과 미국에서는 빗물 재이용시설 활성화를 위한 지침 및 도시개발사업을 추진 - 미국과 독일은 LID에 기반하여 도심지 불투수 면적을 줄이고 우수의 재이용을 증대하기 위한 도심개발을 지속적으로 추진 • 국내에서는 부족한 수자원을 효율적으로 확보하기 위해 국내환경에 적합한 취수 및 물재이용, 수처리기술이 개발
하천	• 일본과 네덜란드에서는 하천의 범람에 대응하기 위한 기술개발을 추진 중 - 네덜란드는 하천의 최대 유량을 증대시켜 홍수 수용 공간을 확장하는 'Room for the River' 프로젝트를 수행 중 - 일본은 폭우 시 하천 범람을 방지하기 위해 주거지역을 하천수위보다 상부에 위치시키고, 다목적 이용이 가능한 슈퍼제방을 활용 • 독일은 멸종위기종이나 해당 하천 고유종 중 개체수가 감소하는 종을 IT기술을 활용하여 지속적으로 모니터링 • 일본은 실제 하천과 가까운 실험시설에서 연구를 수행하고 있으며, 연구를 통해 확보한 기술과 정책은 주민참여를 통해 지역사회에 보급 • 미국, 독일, 영국은 하천정비 사업추진 시 하천 생태계 보전 및 복원에 중점을 두고 있음 • 주요 선진국에서는 통합수자원관리를 위한 의사결정시스템을 개발하여 유역 단위에서 재해, 수질 오염 등 다양한 상황에서 합리적인 의사결정을 지원 • 미국, 유럽, 일본은 첨단 IT기반 유량 측정 모니터링 기술을 중심으로 스마트 물관리 시스템의 핵심 기술 확보를 위한 연구개발에 주력

분야	주요 기술동향
하천	● 최근에는 선진국을 중심으로 보다 정확한 유량계측을 위해 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler), 정밀 초음파 센서, Radar, Lidar기술을 활용 ● 국내 수변환경에 적합한 하천유량 모니터링 및 해석, 친환경 생태 고려 하천변 시설물 및 생태계 조성, 유역관점의 통합수자원관리를 위한 연구개발이 추진 중
수재해	● 주요 선진국은 유역단위 홍수관리 기술을 개발 - 미국과 캐나다는 유역단위에서 저영향개발기법(LID)을 적용한 빗물저류 시설을 건설하여 홍수 저감과 치수 효과를 동시에 분석하는 방법론을 개발 - EU에서는 각 국가별로 상이한 홍수량 산정기법을 통합하기 위해 유역 단위의 표준 홍수량을 산정하는 통합홍수관리 연구개발 프로젝트 FloodFreq를 추진 - 미국과 EU에는 하천시설물, 배수시설, 하수도 등 개별 구조물별로 홍수대책을 수립하는 방식에서 유역 관점에서 구조적/비구조적 홍수방어 및 내외수 연계 홍수방어 개념이 도입 중 - 네덜란드 및 덴마크는 독자적인 홍수 및 내수범람모형을 상용화하여 통합홍수관리에 활용 ● 해외 선진국에서는 홍수에 신속하게 대응하기 위한 경보시스템, 홍수위험도 분석, 지하 배류시설 기술 개발을 수행 중 - 미국, EU, 일본 등은 도심지 홍수피해를 저감시키기 위해 신속한 도심홍수경보 시스템을 구축하기 위한 사업을 추진 중 - 각 국가별로 독자적인 홍수위험도 분석방법을 개발하여 정성·정량평가를 수행 - 도시공간 계획 과정에서 홍수위험에 대응하기 위한 지하 배수시설 관련 기술을 개발 중 ● 해외에서는 가뭄에 대응하기 위해 인공강우, 가뭄예보 등의 기술을 개발 중 - 가뭄 대응을 위한 기상조절 프로젝트에서는 인공강우를 통한 가뭄 대응 분야에서의 연구 개발이 가장 큰 비중을 차지 - 미국은 지표수문해석모델(LSM : Land Surface Model) 및 인공위성을 통해 가뭄예보 ● 국내에서는 기후변화에 의한 홍수, 가뭄 등 수재해 대응 및 피해저감을 위한 기술이 개발 중 - '14년 7월부터 국가 차원의 수재해 대응 및 관리 체계를 구축하는 수재해 정보플랫폼 융합기술 연구가 진행 중 - 국토교통부에서는 주요 하천의 홍수예보를 목적으로 S-밴드 이중편파 레이더 설치 및 운영을 시작하여 '16년까지 이를 확대 설치할 예정 - K-Water는 가뭄정보시스템을 개발하여 현재 기상학적 가뭄(SPI), 수문학적 가뭄(MSWSI) 등 다양한 가뭄지수를 실시간으로 제공



06. 주요이슈 및 시사점

- 수자원 시장은 물부족 현상과 개발도상국을 중심으로 한 물수요 증대, 기후변화로 인한 수재해 증가로 인해 지속적인 성장이 전망

 - 개발도상국은 경제성장 및 소득수준 향상과 도시화로 인한 인구급증 및 산업활성화로 가정 및 산업에서 물수요가 급증할 것으로 전망
 - 중국은 세계 최대 인구를 보유한 국가로 급격한 산업화를 통해 다양한 산업용수가 요구되고 있으며, 가정 및 산업체로부터 대량의 하·폐수가 배출되고 있어 하수 및 산업용수 재이용 필요성이 높은 국가
 - 기후변화로 인한 수재해에 대응하기 위해 전세계적으로 하천 정비 및 수재해 방어시설 구축사업이 꾸준히 발주되고 있음
- 전반적으로 수자원 공급은 민간부분으로 이양되는 추세이며, 하천관리 및 수재해 대응은 정부차원에서 관련 정책사업으로 추진

 - 미국, 프랑스, 영국 등 선진국에서는 대형 물기업에 수자원 공급역할을 이양하여 물관리 효율화, 서비스 질 향상, 산업발전을 추구하는 한편, 규제기관을 설립하여 수질 등 수자원을 관리
 - 프랑스, 일본은 자국의 물산업을 육성하고, 이들의 해외진출을 위해 적극적인 정책을 추진
 - 하천관리 및 홍수 대응은 중앙 정부차원에서 종합적인 전략 및 계획을 수립하는 한편, 지역별로 상위계획에 따라 자체적인 위험관리 및 대응 역할을 수행
- ICT융합 기술의 발전에 따라 ICT 기술을 수자원관리 분야에 접목하여 효율적인 용수공급을 위한 기반 조성

 - 국내외에서는 스마트 워터그리드 연구를 진행하며, 각 네트워크간 신속한 정보공유를 통해 수자원을 풍부한 지역에서 부족한 지역으로 이동시켜 물부족 문제 해소를 추구
 - GIS와 전기 누수감지 시스템 등을 통해 상하수관망의 누수지점을 파악하고 신속하게 보완하여 수자원 유출을 방지하는 한편, 하·폐수 유출로 인한 토양오염 및 지상구조물 안전성 확보에 기여
- 선진국에서는 치수관리 사업수행 시, 생태친화적 하천을 함께 고려

 - 미국은 Wicomico County에 위치한 Duck Crossing 주택개발 사업을 통해 LID 기법을 이용한 잔디조성 면적, 도로배치 등을 재설계하여 불투수 면적을 5% 줄이고 수질오염도 경감시키는 효과를 창출
 - 독일 하노버 크론스베르크는 빗물관리 및 배수를 위해 총연장 5km에 달하는 저류습지-트렌치 복합시스템(Mulden-Rigolen-System)을 설치



- EU국가는 홍수방어를 위한 하천 시설물 구축 시 생태영향을 최소화하기 위해 콘크리트 구조물을 제거하는 한편, 자연적인 하천이동이 이루어질 수 있도록 하천변을 관리
- 전세계적으로 기존 지역관점의 하천 수량관리에서 벗어나, 유역관점에서 수량, 수질, 생태환경을 포괄하여 각종 정보를 수집하고 이를 기반으로 통합관리 하는 통합수자원관리를 추진
 - 기존 수자원관리는 지표수 위주의 수량관리 중심으로 수행되었으며, 정보공유체계가 미흡하고, Governance의 부재로 수자원관리 및 수재해관리가 비효율적
 - 통합 수자원관리(IWRM : Integrated Water Resource Management)를 통해 유역관점에서 다양한 정보를 공유하며, 최적 수자원관리 및 홍수방어를 위해 전략을 수립
 - 유럽과 동남아시아 및 중남미와 같이 하나의 대형하천을 복수의 국가가 공유하고 있는 경우 각 국가별 표준화된 정보를 공유하여 홍수예警정보를 보다 신속하게 수행함으로써 피해 경감 가능
 - 수자원을 풍부한 지역에서 부족한 지역으로 이송하여 용수부족 현상을 해소하는 한편, 하나의 컨트를 타워로 수리권 갈등 문제를 해결
- 선진국에서는 기후변화로 증가하는 수재해 대응을 위해 정확도가 향상된 ICT기반 홍수방어기술, 통합 홍수관리 개념 등이 도입되고 있으며, 국내 지역별 특성에 적합한 미래 홍수방어 추진전략 수립 검토 필요
 - 기후변화로 발생하는 돌발홍수 대응을 위해 미국, 일본 등 선진국에서는 첨단 ICT 기반 도시 홍수방어기술 선진시스템과 함께 통합 홍수관리 개념이 도입
 - 미국, 유럽, 일본은 정확한 유량계측을 위해 ADCP, 정밀 초음파 센서, Radar, Lidar, X-net 기술을 활용
 - 미국과 EU는 하천시설물, 배수시설, 하수도 등 개별 구조물별로 홍수대책을 수립하는 방식에서 유역관점에서 구조적/비구조적 홍수방어 및 내외수 연계 홍수방어 개념이 도입
 - 국내 지역특성별 침수 및 배수문제를 해결하기 위해서는 통합 홍수관리 개념을 도입한 홍수방어 전략 수립이 필요
 - AWS 관측망, 기상청 및 국토교통부의 기존 레이더 자료 이외에도 X-밴드 이중편파 레이더망 등의 첨단기기를 추가로 설치하여 기존 레이더 시스템의 보완과 돌발홍수 예보의 정확도 향상이 필요
 - 지역특성별 침수 및 배수문제를 해결하기 위해서 현재의 평면적 개념에서 공간적/입체적 개념의 치수계획 수립이 필요
 - 다양한 홍수분담시설물에 대한 정량적 평가 및 운영 표준화와 함께 도시, 산지, 전원, 해안지역 등 지역특성에 적합한 홍수분담시설의 설치가 요구



07. 참고문헌

- “상수원수는 상류에서, 하수는 하류에서”, 워터저널, 2015.3
- 2014 세계 물의 날 자료집-물과 미래, 국토교통부·K-WATER, 2014.3
- 21세기의수자원관리기술, 유신기술, 2012.12.26
- 4대강의 국가하천 종합 정비계획 보고서, 2011.7
- CERIK Journal 특집-물산업이 뜨고있다, K-water연구원, 2015.3
- GRACE 인공위성 중력자료를 이용한 수자원 변화량(TWSC)산정, 한국수자원학회학술발표회, 김준수·이상일, 2011
- IoT 기반 생태환경감시 및 예측기술 동향, ETRI-ICT기획시리즈, 2014.10
- ISSUE PAPER-스마트시대의 물산업생태계 조망과시사점, 한국과학기술기획평가원, 2014
- KATS 기술보고서-물관련 환경분야 표준화 동향, 지식경제부 기술표준원, 2013.1
- LID 빗물 관리시설설치 해설집 작성 및 모니터링연구, 토지주택연구원, 2012.12
- special issue 자연과 인간이 공존하는 생태하천-환경변화에 대응하는 하천관리기술, 한국수자원학회지, 2013
- Water Grid 지능화기술기획보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011.6
- 가뭄을 수문학적으로 파악하고 대응하기 위한 정책적방안, 한국수자원학회, 김성준, 2014.3
- 광양시, 2017년까지 상수도 유수율 제고 사업추진, 경향신문, 2014.10.2
- 국가기후변화적응대책, 국무총리실·기후변화대책기획단, 2010
- 국내물산업의해외진출전략, 한국수출입은행, 2014
- 2015 세계 물의 날 자료집-물과 미래, 국토교통부·K-WATER, 2015
- 기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책, 소방방재청, 2013.4
- 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.1
- 기후변화 대응하천 운영 및 관리기술 과제 기획보고서, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2011.6
- 기후변화에 따른 새로운 도시방재패러다임과 도시정책방안, 심우배, 국토연구원, 2011
- 내오존성이 우수한 고도정수처리시설 용방수·방식재 및 시공기술 개발, 국토교통과학기술진흥원, 신홍철, 2014
- 내외수를 연계한 도시내 배수시스템 선진화 연구, 국토교통과학기술진흥원, 문영일, 2012
- 농업용수 최적공급량 산정을 위한 스마트물 관리기술, 한국관개배수회지제53호, 2014.3
- 대규모 청정지하저수지 개발기술기획, 국토해양부·한국건설교통기술평가원, 2012.10
- 대만, 70년만의 가뭄에 수자원 산업정책 변화예고, KOTRA & golbalwindow.org, 2015.5

- 대우건설, 알제리 콘스탄틴 하천정비 사업수주, 뉴스와이어, 2014.11.3
- 도시지하방수로설계·시공·운영기술개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 전경수, 2014
- 롯데건설, 포항하수처리수재이용시설준공, 아시아경제, 2014.8.29
- 먹는물의 미생물(일반세균)수질기준 개선에 관한 연구, 국립환경과학원·한국미생물학회, 2010.11
- 물위에 띄운 '오픈소스하우스', 허핑턴포스트, 2015.4.5
- 2015 세계 물의 날 자료집—물과 미래, 국토교통부·K-WATER, 2015
- 물과 미래—유럽연합의 홍수빈도 해석연구동향, 이효상, 한국수자원학회지, 2012
- 물산업의 새로운 패러다임 및 물산업 육성방안, 서울행정학회, 민경진·김동환·조은채, 2011.10
- 물순환 시스템 개선을 위한 시공소 재개별 현황 및 과제, 에코아르케 생태도시건축연구소, 2015.4
- 복합 지하공간 수해방지를 위한 지하저류공동 건설기술개발 최종보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2014.11
- 빗물 저류조 급속시공기술 및 친환경 빗물처리 시스템 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 장정환, 2013
- 사회의 안전·안심에 공헌하는 물환경 솔루션, KAIA홈페이지(지식-글로벌리포트), 2013.12.26
- 상수원 확보 및 대체수원 개발계획, 국가상수도정보시스템, 2014.3
- 상수원 보호구역 관리 개선방안 연구, 환경부, 2008
- 수문레이더 기반 홍수폭설재해예측 및 경보플랫폼개발, 한국건설기술연구원, 2013.12
- 수자원의 개념, 한국의 자연지리, 이민부, 2012.
- 수질관리의 새로운과제, 비점오염원관리, 이기영, 송미영, 강상준, 경기연구원, 이슈 & 진단 제 158호, 2014.9.3
- 수처리 계측기 시장증가, 워터저널, 2013.8.2
- 스마트시대의 물산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술기획평가원, 2014
- 스마트워터그리드 기술개발 및 표준화동향, ETRI, 2014
- 영국, 프랑스 민간투자 사업의 서비스 성과평가 정책 및 사례조사, 공공투자관리센터, 2013.11
- 위성정보를 활용한 글로벌 수자원 감시, 평가, 예측시스템개발기획, 채효석, 2013
- 유역과 지방정부 중심의 물기본법 제정방안, 경기개발연구원, 2014
- 응용기상기술개발연구-기상조절기술개발보고서, 국립기상연구소, 2013
- 저류·침투시설 최적관리를 위한 기술개발 전략수립, 안전행정부·국립재난안전연구원, 2013.12
- 저영향개발(LID) 기반의 친환경 도시계획, K-water, 이상진, 2014.12

- 정수처리에 효과적인 멤브레인기술 각광, 워터저널, 2014.9.5
- 차세대 홍수방어 기술개발에 관한 연구보고서, 한국건설교통기술평가원, 2012.6
- 청정 지하저수지개발 기술기획 연구보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2012.10
- 초소형 레이더 우량계 및 강우량 분석기술 개발, 국토교통부·국토교통과학기술진흥원, 김원, 2014
- 치수이수 효과 정량적 평가'눈길', 건설기술, 2012.5.11
- 특집/이슈-하상여과를이용한대용량취수및수질정화기술, 워터저널, 2013.8.5.
- 하천관리 선진화 기술기획 GreenRiver 연구기획 보고서, 국토교통과학기술진흥원, 2011
- 스마트 시대의 물산업 생태계 조망과 시사점, 한국과학기술평가원, 2014
- 한국수자원학회지-물과미래(Vol.47 No.11), 한국수자원학회, 2014.11
- 한국환경과학공단 기관성과제고 사례집-정수장 수돗물을 그대로 가정까지, 한국환경공단, 2014.12
- 해외주요국의 재난관리 ICT동향과 시사점, 정재동, 한국과학기술기획평가원, 2014
- 호주와 싱가포르의 사례에서 본 국내 스마트워터그리드 발전방향, Korea Water Resources Association, 김준하, 2011
- A water blueprint for Europe, European Commission, 2013
- Bilbao's Udal Sareak pioneers the adoption of Smart Water Grid technology in Spain, PRWEB, 2012.10.2
- Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources(SWD 381 fianl), European Commission, 2012
- CEO 360 Degree Perspective on the Global Membrane-based Water and Wastewater Treatment Market, Frost&Sullivan, 2013
- EM-DAT The International Disaster Database, Centre for Research on ther Epidemiology of Disasters - RED
- Flood and coastal erosion risk management: current schemes and strategies, EA, 2014
- Flood and Water Management Act 2010 : implementation progress report, Dec 2012
- Global Water Market 2014, Global Water Intelligence, 2013
- Global Water Utilities, Market Line, 2014
- Horizon 2020 Work Programme 2014-2015, European Commission, 2014
- International Statistics for Water Service 2012, IWA, 2012
- National Water Program 2012 strategy: Response to Climate Change, EPA, 2012
- Recommendations for the Establishment of Flood Risk Management Plans, LAWA, 2010
- Safe and Sustainable Water Resource Strategic Research Action Plan 2012~2016, EPA, 2012
- Sdage 2016-2021, l'eau Loire-Bretagne, 2014
- Smart Water Management Market Worldwide Market Forecasts and Analysis (2013~2018), MarketsandMarkets, 2014

- TE2100 plan, EA, 2012
- UK EPA, Groundwater Protection: Principles and practice (GP3), 2013
- Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC, EU, 2000
- Water Utilities in South Korea, Market Line, 2013
- 水資源管理へのICT活用にEU全體として取り組む, NTTデータ, 2013
- 新たな時代の下水道政策のあり方について, 国土交通省, 2014
- 安全を持続的に確保するための今後の河川管理のあり方について, 国土交通省, 2013
- 平成25年度河川砂防技術研究開発公募実施要領, 国土交通省, 平成25年1月
- 平成 2 7 年度水管理・国土保全局関係予算配分概要, 国土交通省, 平成 2 7 年 4 月
- 국가지하수정보센터(www.gims.go.kr)
- 독일 LAWA(www.lawa.de)
- 미국 가뭄관리 모니터링(drought.unl.edu)
- 수변지하수활용 고도화연구단(www.geowater.re.kr)
- 영국 환경청(www.environmentagency.gov.uk)
- 일본국토교통성(www.mlit.go.jp/)
- 프랑스 IOW(www.iowater.org)
- 프랑스 ONEMA(www.onema.fr/)
- 프랑스 SAGE(www.gesteau.eaufrance.fr)



2015 국토교통 R&D 동향조사 수자원분야

발행인 김병수

발행처 국토교통과학기술진흥원

발행일 2015년 12월



경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~6F
TEL. 031-389-6313

이 책의 저작권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.
이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가없이 어떠한 형태로든 무단으로 복사, 전재하거나 변형하여
사용할 수 없습니다.

이책의 내용은 우리원 홈페이지 e-book으로 보실 수 있습니다.

