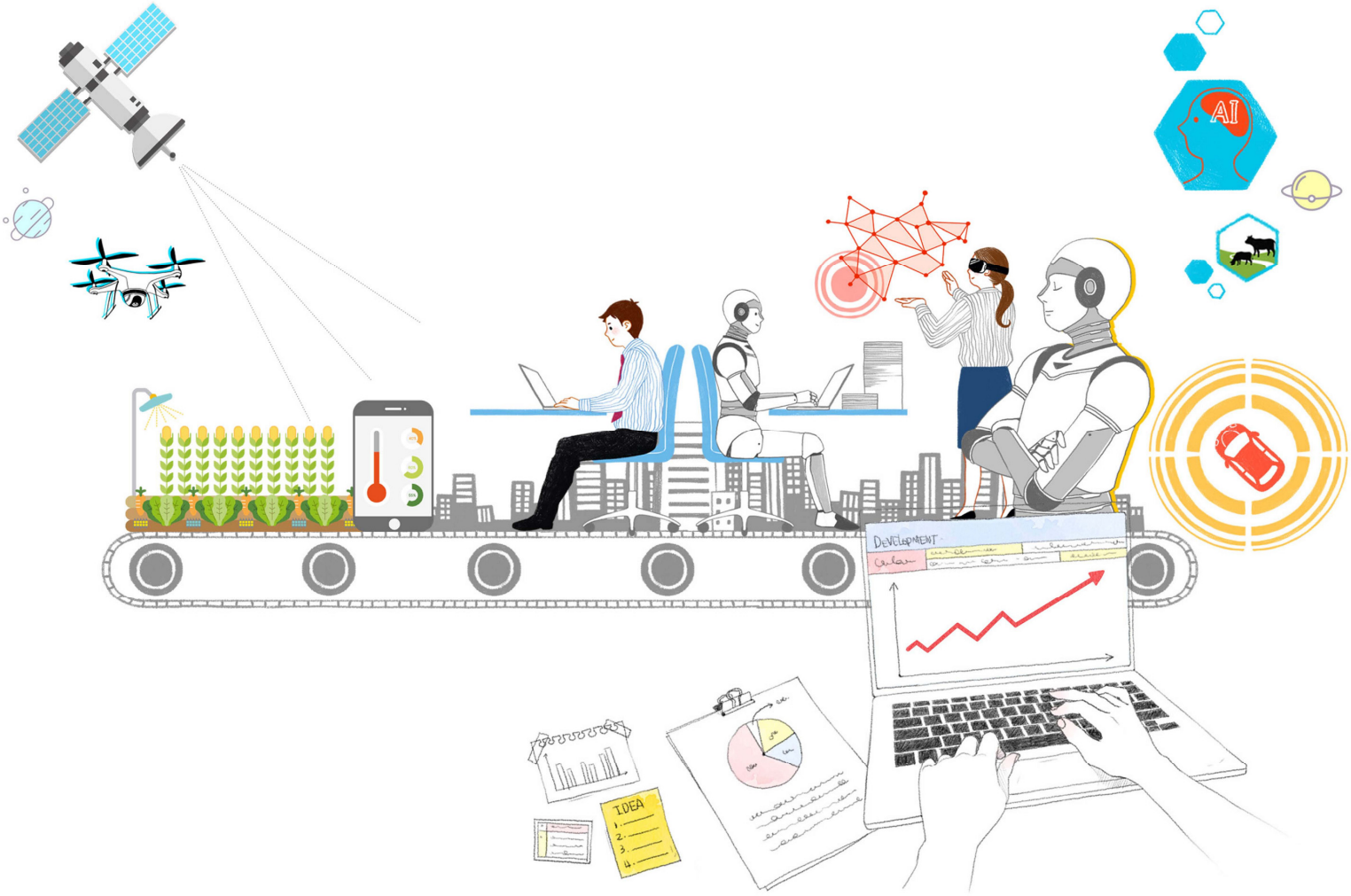
물관리 기술

박노언·이상호



KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

Contents

제1장 개요 1

제2장 기술동향 3

제3장 산업동향 11

제4장 정책동향 16

제5장 R&D 투자동향 20

제6장 결론 23

제1장 개요

1.1. 작성 배경

전 세계적으로 물 수요는 증가하고 있으나 국가/지역 간 물 공급과 수요의 불균형은 심화되는 추세[1)]

- 물 소비량은 1980년 이후 소비 패턴 변화 및 경제성장 등으로 매년 약 1%씩 증가하고 있으며, 2050년에는 현재보다 20~30% 확대될 전망
- 전 세계적으로 10명 중 3명은 안전한 식수를 이용하지 못하고 있으며, 사하라 사막 이남 아프리카에서는 절반 정도가 위험에 노출되어 있음

우리나라의 상·하수도 보급률은 높은 수준[2)]이나 국지적·계절적 물 부족과 수질오염 문제가 지속적으로 발생되고 있어 고도수처리 기술개발에 대한 니즈 확대

- 상수 및 하수의 국내 보급률은 각각 98.1% 및 93.6%이나 운영 중인 관로의 노후화로 안전한 물에 대한 국민의 불안감 여전

  ※ 예) 20년 이상 경과된 하수관로는 국내 전체의 40.2% 수준

- 이상기후로 가뭄발생 빈도 증가* 및 수질오염물질 누출 사고** 등으로 물관리 분야가 사회적 이슈로 부상

  * 1904년~2000년 35회(0.36회/년), 2001년~2018년 13회(0.72회/년)[3)]

  ** 인천 붉은 수돗물 현상(2019.5), 대구 과불화화합물 검출(2018.6) 등

본 브리프에서는 이러한 문제해결을 위한 국내외 물관리 기술 동향과 투자현황을 분석하고, 물관리 일원화 등 환경변화에 따른 정책적 시사점을 도출하고자 함

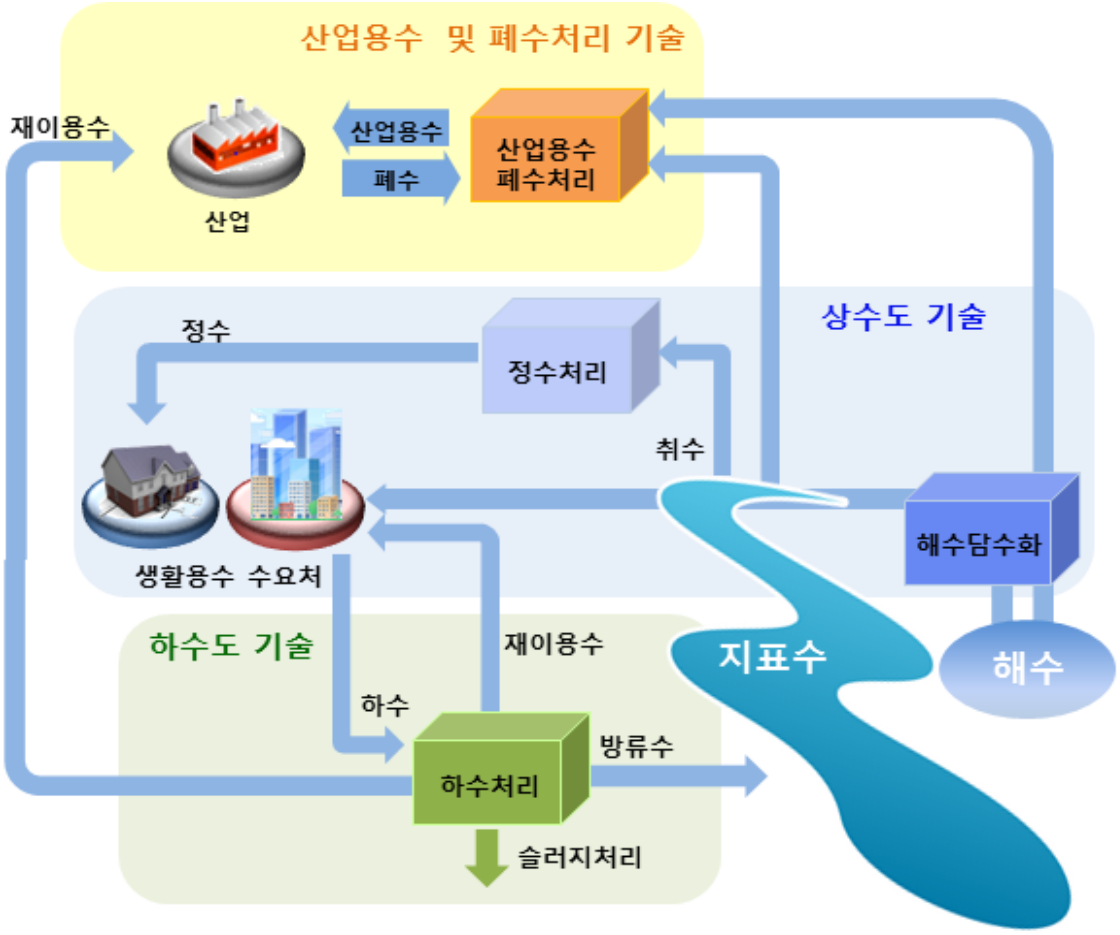
---

1) UNESDOC (2019) The United Nations World Water Development Report 2019.
2) 환경부(2019) 2017 상수도/하수도 통계.
3) 행안부(2019) 보도자료(정부 체계적 가뭄 관리체계 가동).

1.2. 기술의 정의 및 범위

물관리 기술은 자연환경의 구성요소 및 사회·경제 활동의 필수요소인 물(水)을 보전하고 이용하는 것을 의미하며, 상수, 하수, 산업용수 및 폐수로 구분

- (상수) 가정용수, 소화용수 및 공공용수 등으로 사용되는 물이며 담수자원의 확보·관리 측면에서 정수처리, 해수담수화 및 상수관망 기술 등이 포함됨
- (하수) 사람의 생활이나 경제활동으로 인하여 액체성 또는 고체성의 물질이 혼합된 물과 건물·도로 그 밖의 시설물의 부지로부터 유입되는 빗물·지하수를 포함하며, 하수관거, 하수처리 및 재이용, 하수슬러지 처리 기술 등으로 구성됨
- (산업용수 및 폐수) 산업체에서 범용적 공업용수를 공급받아 자신의 용도에 맞게 재처리하여 사용하는 산업용수와 산업활동 등에 의해 오염물질이 포함된 산업폐수로 정의함



[그림 1] 물관리 기술의 구성

제2장 기술동향

2.1 국외 기술동향[4)]

가. 상수

(정수처리) 국민들에게 보다 안전하고 깨끗한 물을 공급하기 위해 모래여과에서 고도정수처리 방식으로 발전

- (1990년 이전) 원수 내 포함되어 있는 박테리아와 바이러스, 탁질 등을 제거하기 위해 전통 방식의 모래여과 기술이 개발됨

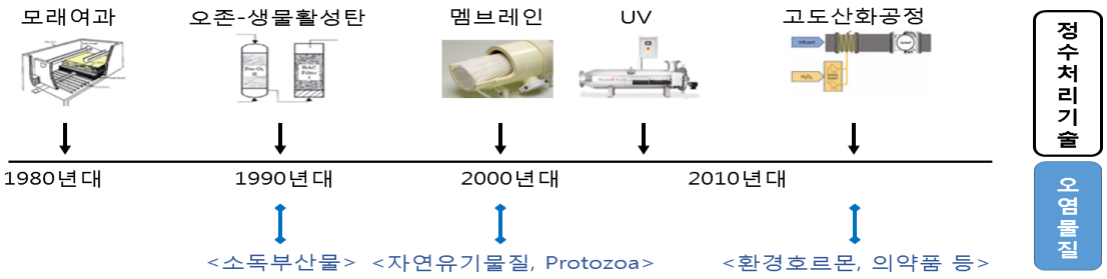
- (1990년 대) 미량유해물질이 선진국의 산업화로 인해 수계 내 유입되었으며 이를 제거하기 위해 오존-생물활성탄 공정이 개발되어 정수장에 도입됨

- (1993년) 미국 밀워키에서 크립토스포리디움에 의한 수질오염 문제가 발생하여 약 40만명이 감염됨에 따라 멤브레인(Ultrafiltration/Microfiltration) 및 자외선(UV) 적용 기술이 개발됨

  ※ 멤브레인 공정 : 특정 성분을 선택적으로 통과시킴으로써 입자부터 기체까지 분리 가능. 공극(Pore)의 사이즈에 MF/UF/NF/RO 등으로 구분

- (2000년 초) 환경호르몬, PPCPs*, 나노물질 등의 수질오염 가능성이 부각됨에 따라 고도산화(AOP: Advanced Oxidation Process), 나노 멤브레인(Nanofiltration) 등의 신기술 공정 개발됨

  * Pharmaceuticals and Personal Care Products



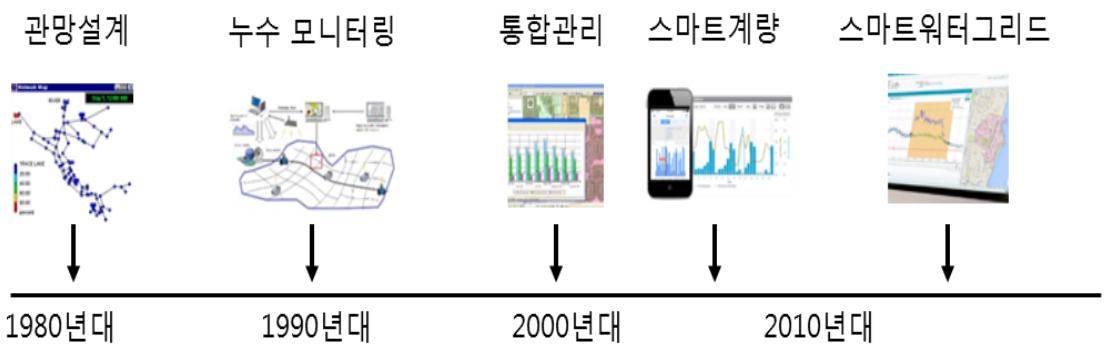
[그림 2] 정수처리 기술개발 동향

4) 미국, 유럽, 일본 등 물관리 분야 주요 선진국의 기술개발 추세를 요약·정리함

(상수관망) 정수처리된 수돗물을 일반 시민에게 공급하기 위한 기술로 통합화·지능화되는 추세

- 1980년 대 이전에는 복잡한 상수관망의 최적설계 기술이 다양하게 연구되었으며, 이후 선진국을 중심으로 누수저감과 공급수질 향상을 위한 모니터링 기술 등이 개발됨
- 2006년 이후에는 스마트그리드 기술을 응용한 스마트 수도계량기와 지능형 검침 인프라 기술이 개발되어 도입됨
- 2010년부터는 스마트 워터그리드와 상수도 시설물의 자산관리 등이 개발되어 선진국의 도입과 함께 개도국 관심 증가

※ 스마트 워터그리드 : 수자원의 관리, 물의 생산과 수송, 사용한 물의 처리 및 재이용 등 전 분야에서 정보화와 지능화를 구현하기 위한 기술[5)]



[그림 3] 상수관망 기술개발 동향

(해수담수화) 물부족 문제 해결 및 기후변화로 인한 수자원 확보 측면에서 1990년대 이후부터 기술개발이 본격화 되었으며, 증발법, 역삼투(RO: Reverse Osmosis), 정삼투(FO: Forward Osmosis) 등 기술이 다변화됨

- 가장 역사가 오래된 해수담수화 기술인 증발법은 해수를 증기로 변화시켜서 담수화하는 방식으로 현재에도 널리 사용됨
- 1990년 이후부터 역삼투 공정이 개발되기 시작하였으며, 2000년 대는 에너지를 대폭 저감할 수 있는 에너지회수장치 기술의 개발로 역삼투 공정이 시장을 주도함

5) 한국환경산업기술원(2016) 수자원관리를 위한 스마트워터그리드 기술 동향과 전망.

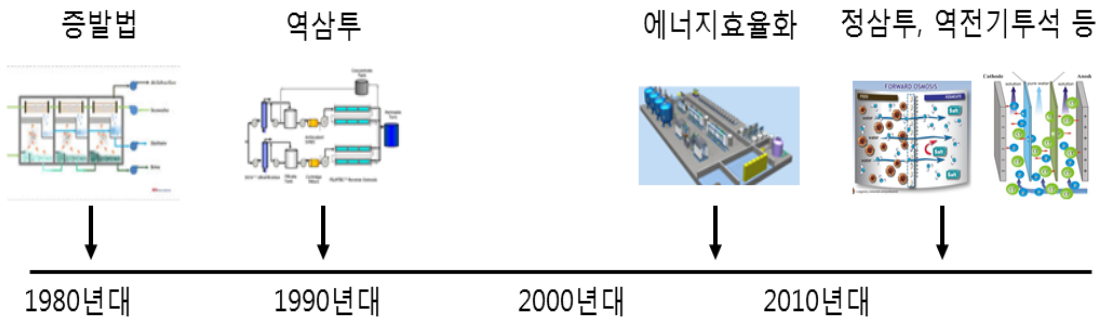
- 2010년 이후에는 역삼투 공정의 한계를 극복하기 위해 정삼투(FO)*, 압력지연삼투(PRO: Pressure Retarded Osmosis)**, 역전기투석(RED: Reverse Electrodialysis)*** 등이 실험실 및 파일럿 플랜트 규모로 연구됨

  * 정삼투(FO) : 염도차에 의해 발생하는 삼투압 자연에너지를 구동 압력으로 사용하여 담수를 생산

  ** 압력지연삼투(PRO) : 염도차에 의해 생기는 삼투압을 이용해 터빈을 운전하여 전력 생산

  *** 역전기투석(RED) : 이온을 선택적으로 투과하는 이온교환막을 통한 이온의 극성 분리를 이용

- 최근에는 연료전지, 태양열 등 신·재생에너지와 융합한 해수담수화 기술을 개발하여 실현 가능성을 점검



[그림 4] 해수담수화 기술개발 동향

〈표 1〉 상수 분야 해외 연구사례

국가	연구개발 내용
(미국)	▪ Iowa주 Dubuque시는 클라우드 컴퓨팅을 활용한 지능형 검침 인프라 시스템 구축 ▪ 예일대는 정삼투 공정 및 생체모방 담수화 멤브레인 개발 연구를 수행
(EU)	▪ (스위스) 라인강 수질측정소에서 약 300여종의 미량오염물질 상시 분석 ▪ (네덜란드) 살충제 및 의약품에 대한 규제 강화 및 관련 기술을 개발
(싱가포르)	▪ PUB(Public Utilities Board)는 센서와 SW 기반으로 관망을 종합 관리
(이스라엘)	▪ 이스라엘 MIEW-미국 DOE 공동으로 에너지-담수화 융합시스템 연구 수행
(일본)	▪ 정부 주도로 지진에 대비해 상수관망의 내진화 연구 수행

나. 하수

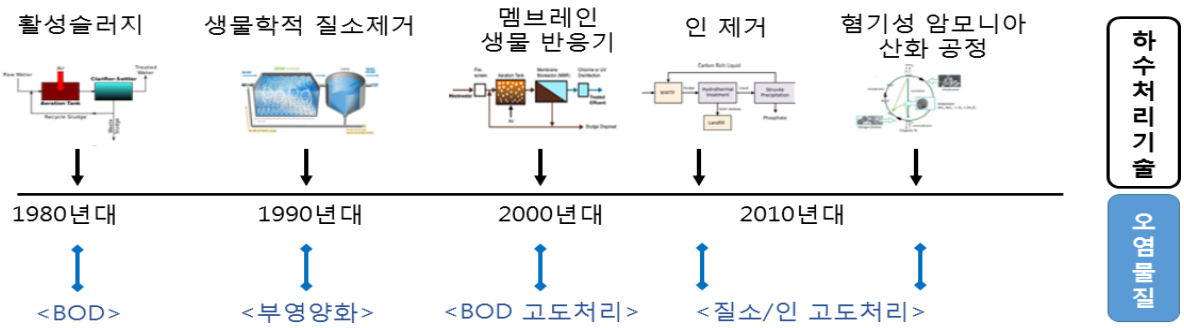
(하수처리) 과거 BOD(Biological Oxygen Demand) 제거 중심의 연구에서 질소와 인의 고도처리 중심으로 발전

- (1990년 이전) 하수 내 존재하는 BOD 제거가 중심이었으며 부영양화에 대한 우려가 증가함에 따라 생물학적 질소 제거 기술이 개발됨

- (2000년 대) 1980년대 말 일본에서 처음 개념이 소개된 침지식 MBR(Membrane Bio Reactor) 공정이 발전하여 1990년대 말부터 2000년대까지 개발이 진행됨

- (2010년 대) 수생태계 보전을 위해 질소와 인의 배출기준이 강화됨에 따라 Anammox 등 신기술이 개발되었으며, 하수를 식수원으로 공급하는 재이용기술은 인식 개선 및 융합 연구 등을 통해 적용 분야가 확대되고 있음

  * 예) 싱가포르 NEWater 프로젝트 : 하수를 UF-RO-UV 과정을 거쳐 안전한 물로 생산



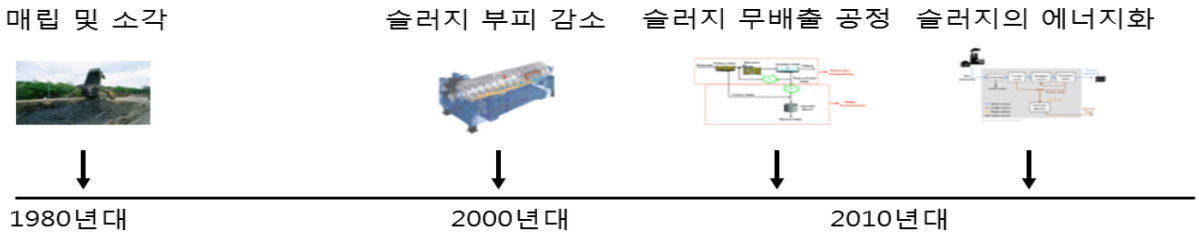
[그림 5] 하수처리 기술개발 동향

(하수슬러지 처리) 하수슬러지의 부피 및 함수량 감량과 함께 에너지 생산 등 재활용 연구 수행

- (2000년 이전) 하수처리장에서 발생한 슬러지를 육상에 매립하거나 소각하였으며, 슬러지의 부피와 함수율을 줄이는 기술이 개발됨

- (2000년 대) 하수처리 공정에서의 슬러지 발생량을 줄이기 위해 멤브레인 생물학적 반응기(MBR)과 오존 등을 이용하는 기술이 개발됨

- (2010년 대) 하수슬러지를 활용한 에너지 생산기술의 개발로 혐기성소화 뿐만 아니라 미생물 연료전지 기술이 개발됨



[그림 6] 하수슬러지 기술개발 동향

〈표 2〉 하수 분야 해외 연구사례

국가	연구개발 내용
(미국)	▪ 물재이용 재단은 하수 내 존재하는 나이트로사민(Nitrosamine)과 미량유기화학물질 제거를 위해 이온교환(IX), 고도산화 공정(AOP) 및 바이오여과 공정을 융합한 연구 추진 ▪ 캘리포니아 대학은 미세조류를 이용한 하수처리의 자원재활용 기술을 개발
(덴마크)	▪ 덴마크 공대는 이동형 베드 바이오필름 공정(MBBR) 개념을 적용하여 하수처리장에 존재하는 의약품 제거 연구 수행
(호주)	▪ 연방산업과학연구회(CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)는 하수 내 존재하는 인을 제거하기 위해 Alum 최적화 연구 수행
(일본)	▪ H4-N센서 등을 활용하고 실시간 공기공급량을 제어하여 하수처리와 에너지 절감 기술을 개발

다. 산업용수 및 폐수

상하수도 분야에 비해 규모가 적으나 최근 식품, 셰일가스 등 다양한 분야에 대한 기술개발 수요가 확대되고 있는 추세

- (1990년 대) 산업체에서 발생된 폐수 처리에 대한 수요가 확대됨에 따라 재이용 또는 처리 기술 개발
- (2000년 대) 멤브레인 기반의 산업용수 생산, 산업폐수의 고효율 처리 및 재이용 기술 등 개발
- (2010년 대) 셰일가스와 오일샌드 등에서 발생하는 폐수를 처리하는 등 다양한 분야로 확대
- 최근에는 산업현장에서 배출되는 유해물질의 수계 유입을 차단하기 위한 무방류 시스템 개발과 함께 저에너지화 기술개발 연구가 수행됨

2.2 국내 기술동향

가. 상수

(정수처리) 오존, 활성탄, 멤브레인 등 다양한 정수처리 기술들이 개발되었으며, 최근에는 정수처리 공정의 운영 고도화 및 핵심부품 국산화 연구 추진

- 1990년 대 G7 프로젝트와 2000년 대 차세대핵심환경기술개발(환경부) 등을 통해 전통 정수처리 기술과 고도정수처리(오존/활성탄) 등이 개발됨
- 2000년 초반에는 정수처리용 가압식 및 침지식 MF 멤브레인이 개발되어 영등포정수장에 시범사업으로 추진됨
- 2011년부터는 고성능의 멤브레인 소재연구가 진행되었으며, 정수처리 공정의 운영관리 고도화 연구도 진행
- 2019년부터는 상하수도 혁신기술개발사업(환경부)을 통해 핵심 기자재에 대한 저에너지·고효율화 기술개발 추진

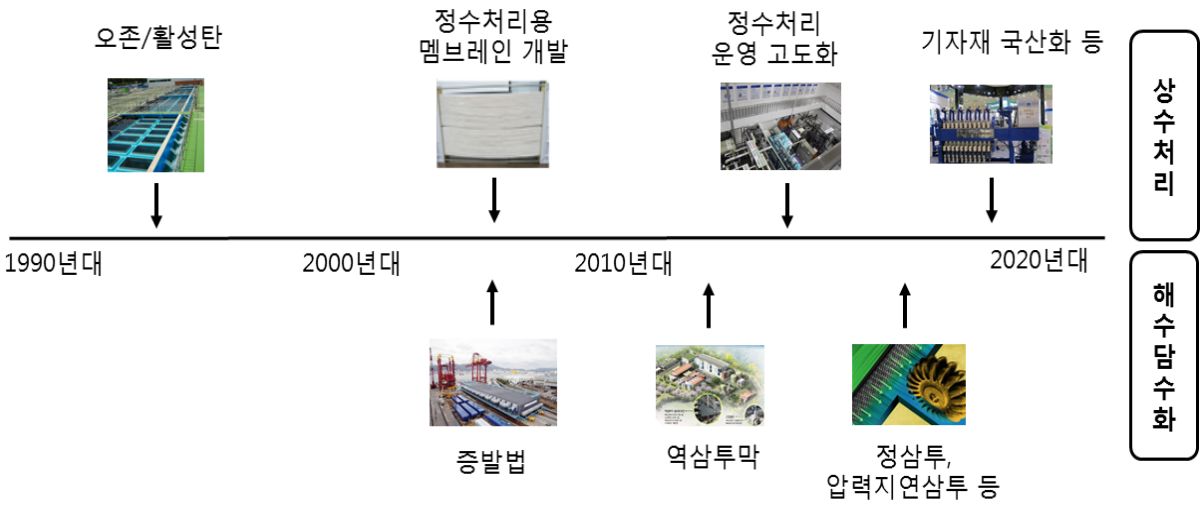
(상수관망) 상수관망의 누수방지 및 저감기술 개발에서 시작하여 관망 최적화 및 지능화 기술개발로 발전

- 2000년 과기부 프론티어 연구개발사업을 통해 상수관망의 누수 및 저감 기술이 개발됨
- 에크스마트 상수도 사업단(환경부)은 2011년부터 상수관망의 통합운영 관리 솔루션 및 운영 모의 시뮬레이터 개발 연구를 수행
- 국토부는 스마트 워터그리드 연구를 통해 지능형 검침인프라 및 스마트수도계량기 기반 지능형 시스템을 구축하고 운영관리 기술을 개발

(해수담수화) 민간 기업 중심으로 해수 증발법이 개발되었으며, 역삼투, 정삼투 등 차세대 기술이 공공기관을 중심으로 개발

- 두산중공업은 증발법에 기반하여 해수담수화 기술을 개발하여 전세계 시장을 선도함
- 해수담수화 기술이 역삼투막 기법으로 전환됨에 따라 대용량 플랜트 설계, 국산소재 개발, 저에너지화 기술 등이 개발됨

- 2010년 이후에는 역삼투막 기술의 고도화 및 대체하기 위한 차세대 기술(정삼투, PRO 등) 개발 활발



[그림 7] 국내 상수 분야 기술개발 동향

나. 하수

하수처리 공정의 지능화와 자동화 연구가 활발하며, 하수슬러지의 재활용 연구도 지속적으로 추진되고 있음

- 활성슬러지 공법과 생물학적 질소·인 제거 연구가 개발되어 하수처리장에 적용되었으며, 2000년 이후에는 MBR 공정이 하수처리 및 재이용 기술에 응용

- 육상쓰레기의 해양투기를 금지하는 '런던협약 96의정서'가 2006년 발효됨에 따라 하수처리장에서 발생하는 슬러지의 감축 기술 연구가 활발해짐

- 2011년부터 하·폐수처리 사업단에서는 하·폐수 처리용 중공사막 개발, 저에너지 소비형 하이브리드 건조시스템 및 악취저감 통합 공정 개발 등의 연구를 수행

- 2016년 이후부터는 기존 하수처리장 공정의 자동화와 지능화 연구가 활발하며, 하수관거 인프라의 자산관리 기술 고도화, 안전한 도시배수 시스템 개발 등이 추진됨

다. 산업용수 및 폐수

산업폐수 내 존재하는 난분해성 물질의 처리, 무방류 기술 고도화 등의 연구가 수행되고 있음

- 과거에는 화학침전, 여과 등 물리화학적 폐수처리 공정에 대한 연구가 진행되었으며, 2000년부터는 멤브레인 기반의 폐수처리 기술이 개발됨

- 최근에는 산업폐수 내 존재하는 유해물질에 대한 국민들의 불안감이 고조되고 있어 무방류형(Zero discharge) 폐수처리 기술개발 연구가 추진됨

〈표 3〉 국내 물관리 분야 연구사례

연구기관	연구개발 내용
K water	▪ 정보통신(ICT)/사물인터넷(IoT) 기반 스마트 상수관망 운영관리시스템 개발
한국과학기술연구원 Korea Institute of Science and Technology	▪ 과망간산염(MnO4-)를 이용한 녹조 유래 독소물질 처리기술 개발
고려대학교 KOREA UNIVERSITY	▪ 에코스마트 상수도시스템개발 사업단을 통해 상수도 전반에 대한 운영 및 관리기술을 개발
GIST	▪ 두산중공업, 부산시 등과 함께 국내 최초의 역삼투막 방식의 해수담수화 기술 개발
서울대학교	▪ 탄소나노튜브 월(CNT Wall) 멤브레인을 개발하여 고투수율 수처리 기술 개발
TAEYOUNG	▪ 호기성 그래뉼 슬러지를 이용한 하수 내 질소저감 기술을 연구
인하대학교 INHA UNIVERSITY	▪ 정삼투 멤브레인 기술을 결합한 혐기성 유동상 MBR 시스템을 개발하여 에너지 절감형 하수재이용 기술을 개발
세종대학교 SEJONG UNIVERSITY	▪ 도금산업에서 발생되는 유해중금속 처리를 위해 나노여과 및 전기산화장치를 개발

제3장 산업동향

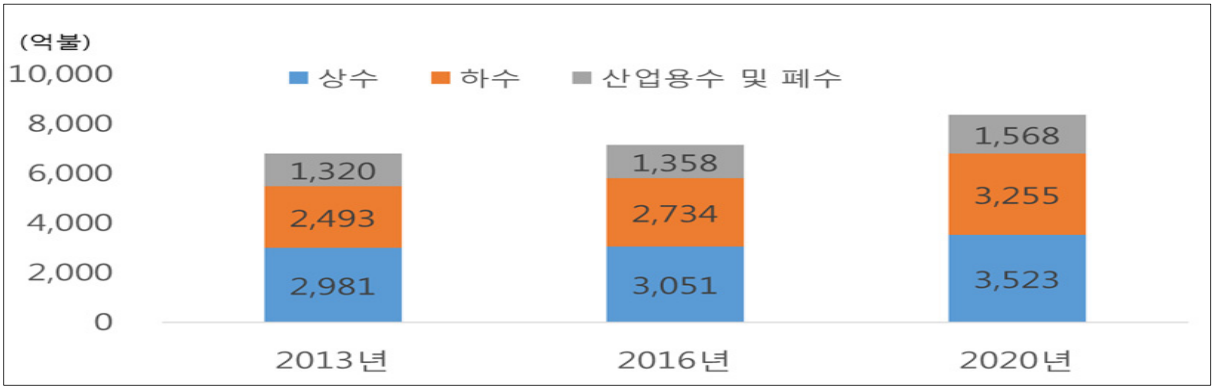
전 세계 물관리 시장규모(2016년 기준)는 7,143억불로, 2013~2020년 연평균 3.0%의 성장률을 보임[6)]

- GWI(Global Water Intelligence)에 따르면 상수, 하수, 산업용수 및 폐수 분야의 시장규모는 각각 3,051억불, 2,734억불 및 1,358억불임
- 2013~2020년 연평균 증가율은 하수(3.9%), 상수(2.5%), 산업용수 및 폐수(2.4%) 등의 순
- 물관리 운영 시장이 총 시장규모의 64.2%로 가장 높으며, 그 다음으로 기자재(16.8%), 건설(16.3%) 등의 순

〈표 4〉 물관리 분야별 시장규모(2016년) 및 연평균 성장률(2013~2020)

	시장규모(억불)				연평균 성장률(%)			
	상수	하수	산업용수 및 폐수	합계	상수	하수	산업용수 및 폐수	합계
운영	2,006	1,445	1,132	4,583	2.4	3.3	2.2	2.6
기자재	452	560	186	1,198	2.8	5	3.8	3.9
건설	510	631	20	1,161	2.2	4.3	4.5	3.3
설계 및 엔지니어링	72	88	20	180	2.5	4.6	4.4	3.7
기타	11	10	-	21	△0.2	0.2	-	-
합계	3,051	2,734	1,358	7,143	2.5	3.9	2.4	3.0

6) GWI(2017) Global Water Market 2017 및 조기숙(2019) 정수 및 하·폐수 기술 동향 재구성



[그림 8] 물관리 시장 전망(2013~2020)

아시아/태평양, 중동 등의 물관리 시장 성장률이 높으며, 미국/중국/일본 등 상위 3개국이 전 세계 시장의 48% 차지

- 상수 및 하수 분야는 아시아/태평양 시장이 2,199억불(38%)로 가장 크며, 유럽(27%), 아메리카(26%), 중동(5%) 등의 순
- 산업용수 및 폐수 분야는 아메리카 시장이 583억불(43%)로 가장 크며, 아시아/태평양(27%), 유럽(23%) 등의 순
- 아시아/태평양, 중동 등의 물관리 시장 성장률이 높으며, 특히 상하수도 분야는 중동 시장의 성장률이 8.8%로 높음
- 미국, 중국, 일본 등 상위 3개국의 시장 점유율이 각각 21.9%(1,567억불), 14.0%(997억불), 12.0%(857억불) 차지

〈표 5〉 글로벌 권역별 물관리 시장규모(2016) 및 성장률(2013~2020)

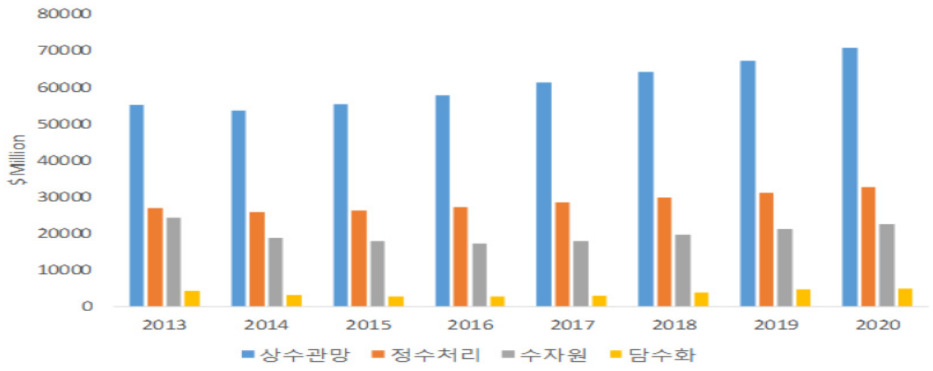
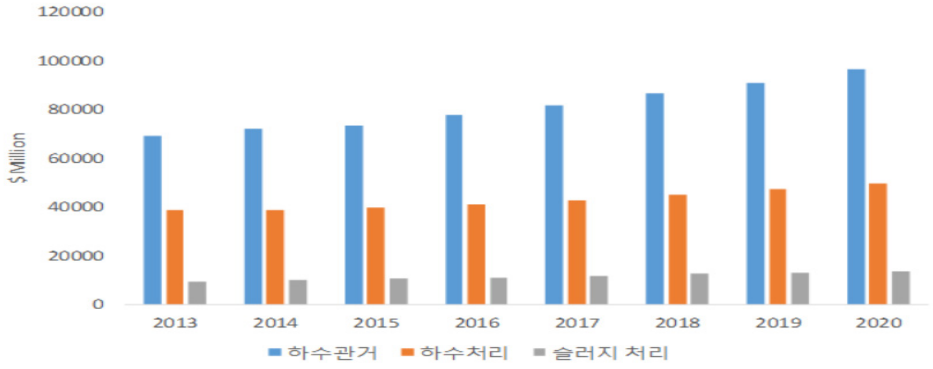
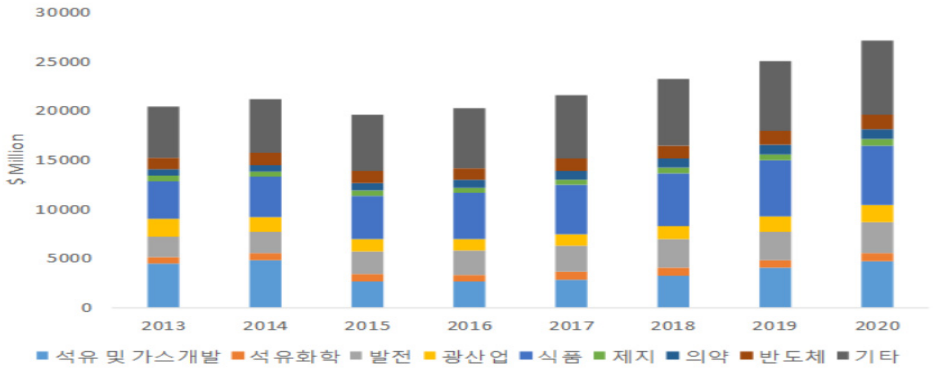
권역	공공(상수+하수)		산업(산업용수 및 폐수)	
	시장규모(억불)	성장률(%)	시장규모(억불)	성장률(%)
아시아/태평양	2,199	7.6	371	4.6
유럽	1,546	2.9	310	3.7
아메리카	1,533	3.0	583	3.5
중동	313	8.8	53	4.5
아프리카	187	6.0	25	4.7
기타	7	4.7	16	4.3
합계	5,785	3.1	1,358	2.5

물관리 분야의 자본적 지출시장(CAPEX)을 중심으로 살펴보면, 상수관망 및 하수관거 분야의 시장규모가 높음

- 건설, 설계 및 엔지니어링, 기자재가 주요시장인 자본적 지출시장의 경우 상수관망과 하수관거 분야의 시장규모가 가장 높으며, 지속적으로 성장을 보임

- 산업용수 및 폐수 분야의 자본적 지출시장규모는 식품산업, 석유 및 가스개발, 발전, 광산업, 반도체 등이 높음

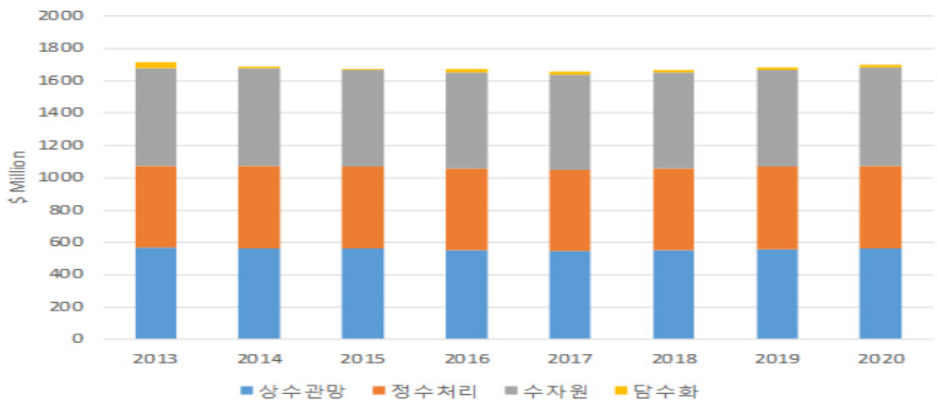
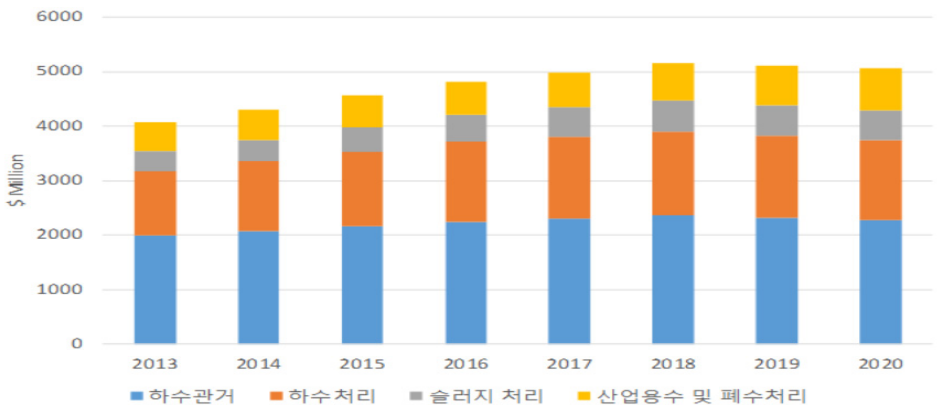
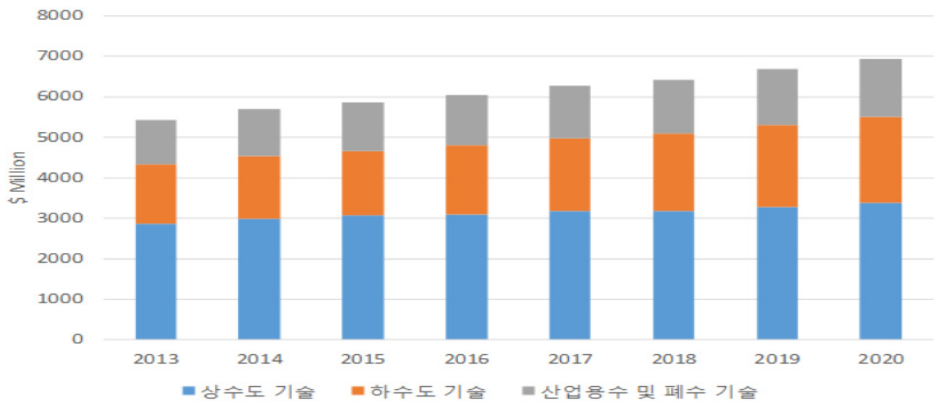
〈표 6〉 글로벌 자본적 지출시장 전망(2013~2020)

분야	자본적 지출시장 전망(CAPEX)
상수	
하수	
산업용수 및 폐수	

우리나라 물관리 분야 자본적 지출시장은 관련 시장의 둔화로 2018년 이후 일정 규모를 유지하며, 운영시장은 지속적인 성장이 전망됨

- 상수 분야는 상수관망/정수처리/수자원(지표수 등) 등의 시장규모가 유사하며, 하수 분야는 하수관거 및 하수처리 분야의 비중이 높음

〈표 7〉 우리나라 물관리 분야의 자본적 지출시장 및 운영시장 전망(2013~2020)

분야		시장 전망
자본적 지출시장	상수	
	하수 및 산업용수·폐수	
운영시장		

국내 물관리 분야 사업체수는 증가하고 있으나 기업규모는 영세함[7)]

- 국내 물관리 분야 사업체수는 6,665개로 환경관련 전체 사업체수(57,858개)의 11.5% 차지하고 있으며, 전년대비 6.3% 증가

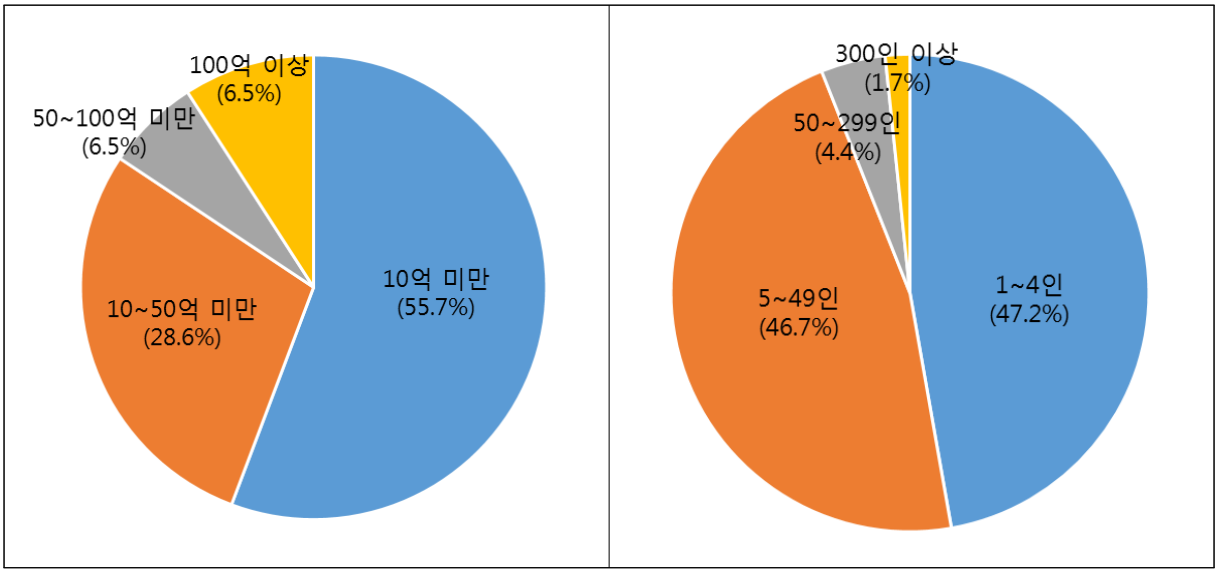
- 국내 환경 분야 매출액이 감소하였음에도 불구하고 물관리 분야 매출액은 전년대비 1.5%(123.67조원) 증가

- 매출액 규모가 10억 미만 및 종사자 규모 1~4인의 사업체 수가 많아 대체적으로 국내 물관리 분야 환경산업은 영세함

〈표 8〉 국내 물관리 분야 사업체수 및 매출액 규모

(조원, %)

구분	환경 분야			물관리 분야		
	2015년	2016년	증가율	2015년	2016년	증가율
사업체수	57,311	57,858	1.0	6,272	6,665	6.3
매출액(조원)	651.32	648.86	△0.4	121.81	123.67	1.5



[그림 9] 국내 물관리 분야 매출액 규모별 사업체수(좌) 및 종사자 규모별 사업체수(우)

7) 환경부(2018) 2016년 기준 환경산업통계조사보고서.

제4장 정책동향

4.1 국외 정책동향

(미국) 국토가 넓은 관계로 물관리 정책은 연방정부보다는 주정부 중심으로 되어 있음[8)]

- 연방정부는 물관리 정책 총괄을 담당하고 있으며, 유역 단위의 물관리 체계의 수립 및 법률 제정 등은 주정부 차원에서 추진

- 미국 환경청(EPA : Environmental Protection Agency)은 깨끗하고 안전한 물 공급을 위해 다양한 법률*을 제정하였으며, 「2018~2022 U.S. EPA Strategic Plan(2018.2)」을 통해 공격적인 정책 목표**를 제시

  * Clean Water Act, Safe Drinking Water Act 등

  ** 2022년 9월까지 환경보건 기준을 준수하지 않는 지역사회 물 시스템의 수(2017년 기준 3600개)를 2,700개로 축소, EPA 물 인프라 재정지원 프로그램에서 활용하는 비연방 예산 400억불 증가 등

- 캘리포니아는 5년 주기로 「California Water Plan」을 마련하여 현재와 미래 세대를 위한 지속가능한 물관리 및 개발 정책방향을 제시하고 있으며, Water Desalination Grant Program을 통해 해수담수화 개발자금 융자·지원 등을 추진

(영국) 환경식량농림부(DEFRA : Department for Environment Food & Rural Affairs)에서 물관리 정책을 총괄

- DEFRA 산하 환경청(Environment Agency)에서 홍수, 하천 환경관리 등 물관리와 관련된 전략과 가이드라인을 마련

- 환경청은 125만명의 사람과 2천억 파운드의 재산을 보호하기 위한 템즈강 하구의 홍수 위험 관리 프로젝트(Thames Estuary 2100)를 추진

- 유역 단위의 민영화 시스템을 도입하여 물 전문기업을 육성하였으며, 「기후변화법(2008)」을 제정하여 환경 및 국가기반시설 등을 통합하는 등 기후변화 적응 측면에서 물관리 대응 전략을 강화함

8) 환경부(2018) 통합 물관리의 일원화 정책과 주요국의 추진사례.

(일본) 「물순환 기본법」 및 「물순환기본계획(2015)」에 근거하여 물관리 정책을 시행하고 있으며, 관민일체형 협조체계를 구축

- 「물순환 기본법」에 따라 향후 10년 간 정책방향인 「물순환 기본계획(2015)」을 2015년 수립하였으며, 유역협력, 물의 유효 이용, 저류 및 함양, 국제협력, 인재육성 등의 시책을 제시

  ※ 기본방침 : 유역의 종합적이고 통합적인 관리, 건전한 물 순환의 유지 또는 회복을 위한 대응의 적극적인 추진, 물의 적절한 이용 및 물의 수혜 확보

- 일본 국토교통성은 「수자원 개발 추진법」, 「물순환 기본법」, 「하수도법」 등을 총괄하고 있으며, 경제산업성은 2025년 해외 물시장 6% 점유를 목표로 물산업 해외진출 로드맵을 수립함

(싱가포르) 정부 주도로 물부족 문제를 해결하기 위해 대규모 프로젝트를 추진하였으며, 관련 자국 기업의 적극적 참여를 유도

- 자국 내 취수원 부족 문제(수자원 자급률 약 42%)를 해결하기 위해 "4 National Taps*"라는 수자원 확보 전략을 추진하여 기술력을 확보하고 전문기업을 육성

  * 댐 건설을 통한 수자원 확보, 말레이시아로부터 원수 수입, NEWater(재이용처리수), 해수담수화 (2060년까지 싱가포르 물 수요량의 30%까지 확대)

- 글로벌 우수 기업이 참여하는 물산업 클러스터를 조성하여 물산업 허브를 구축하고 있으며, 수자원공사(PUB)가 Water-Hub의 운영 기관 담당

- 환경·물 연구프로그램의 추진 글로벌 공동연구를 확대하는 등 물관리 분야의 기술 개발 및 인재육성을 강화하고 있음

- Hyflux社는 1989년 정수기 필터 교체회사로 출범, 정부 주도형 사업(NEWater Program) 참여를 통해 연매출 5,700억원 규모의 싱가포르 최대 민간 수처리 회사로 성장

〈표 9〉 싱가포르 물관리 정책방향

기술개발 및 역량강화	클러스터 구축	국제화
▪ 환경·물 연구프로그램(EWRP) ▪ 글로벌 공동 R&D 강화 ▪ 자국의 글로벌 테스트베드화 ▪ 주요 프로젝트에 신기술 초기 도입 ▪ 신기술 상용화 및 인재육성	▪ 주요 다국적 기업 유치 ▪ 자국 기업을 세계적 수준으로 육성 ▪ 물산업 기술 분야 벤처 창업 활성화	▪ 정부 주도의 수출 촉진 (무역사절, 컨소시엄 등) ▪ 싱가포르 물산업 마켓팅 및 브랜드화 (IOs/NGOs 활용, 박람회 등)

※ 출처 : 조은채(2011) 주요 국가의 물산업 정책 동향.

(중동) 기후변화 대응 및 석유 의존도를 낮추기 위한 경제 개혁 진행 중, 이에 따라 기존 해수담수화 플랜트에서 발생하는 이산화탄소 배출량 저감을 위한 국제사회 활동에 동참

- 파리 기후변화협약(2015.12) 이후 저탄소 해수담수화 기술개발을 위한 Global Clean Water Desalination Alliance "H_2O-CO_2" 발족
- 사우디아라비아, UAE 등 중동 국가들이 참여하고 있으며, 신재생에너지 융합형 해수담수화 플랜트 개발에 대한 수요 확대

2.2 국내 정책동향

정부는 지난 6월 환경부(수질) 및 국토부(수량)로 이원화된 물관리를 환경부로 일원화하였으며, 이러한 정책방향에 따라 관련 조직을 개편함

- 국토부의 '수자원의 보전·이용·개발' 기능이 환경부로 이관되었으며, 이에 따라 기존 수자원 R&D사업 중 하천관리 관련 과제를 제외한 모든 과제가 환경부로 조정됨

기 존 (국토부)	변 경	
	환경부 이관	국토부 존치
▪ 하천 점용허가 ▪ 하천공사 및 유지보수 ▪ 하천시설 관리 ▪ 홍수통제(수량결정) ▪ 수문조사 ▪ 수자원산업 육성 ▪ 댐 운영관리 ▪ 광역상수도	▪ 수문조사 ▪ 수자원산업 육성 ▪ 댐 운영관리 ▪ 광역상수도 ▪ 홍수통제(수량결정)	▪ 하천 점용허가 ▪ 하천공사 및 유지보수 ▪ 하천시설 관리

- 지속가능한 물순환 체계 확립 및 물산업 진흥을 위해 물관리의 기본이념 및 원칙 등이 규정된 「물관리 기본법」 및 「물기술 산업법」이 2019년 6월부터 시행될 예정

환경 R&D 분야 최상위 계획인 「제4차 환경기술·환경산업·환경기술인력 육성계획(2018.4)」에 따르면 2022년까지 다음의 주요 전략과제가 추진될 예정

- (전략 1-1 환경안전사회 구축 기반 기술개발) 수질 분야의 환경오염물질의 영향 등에 대한 실시간 감시 및 모니터링 기술 개발

- (전략 1-2 국민체감형 환경서비스 기술개발) 수자원 관리 및 확보, 수질오염 예방 및 처리 등 통합 물이용·관리 기술 개발

- (전략 2-1 미래유망 환경산업 육성) 물관리 분야에 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT) 기술 등을 접목하여 최적의 감시·관리 체계로 전환 유도, 에너지 효율 제고 및 고부가 가치화 추진

물관리 분야 주요 부처인 환경부는 지능형 기반의 상하수도 관리 혁신, 미량 및 신종 오염물질 관리 확대, 대체 수자원 개발 및 도시 수자원 관리 최적화 등의 R&D 중기계획을 제시[9)]

- 국내 상하수도 실시간 측정 및 모니터링, 최적 공정 자동제어, 인공지능 기반 통합 운영·유지관리 등 3세대 지능형 관리로 상하수도 인프라 혁신 추진

- 인체 위해성이 높은 의약물질, 내분비계장애물질, 잔류유기오염물질 등 새로운 미량오염물질에 대한 관리 확대·강화

- 유역·하천의 통합 수재해 저감과 기후변화 대응의 Two-Track 접근을 통해 사회현안 해결형 R&D 지원 추진

- 차세대 담수화 기술 및 중동시장 맞춤형 기술 투자 강화와 대체 수자원 확보를 위한 해상 이동형 담수화 플랜트 개발등 담수 플랜트 서비스 기술 개발 추진

- 스마트시티 물공급 및 물순환 관리 최적화를 위한 첨단 ICT 기반 도시 수자원 관리 시스템 개발 및 실증화 연구 수행

9) 환경부(2019) 중기사업계획(2019~2023).

제5장 R&D 투자동향

(총괄) 물관리 분야 정부 R&D 투자규모(2017년)는 941억원이며, 정부 R&D 총 투자의 0.49% 차지

- 최근 3년(2015~2017) 간 물관리 분야 정부 R&D 투자규모는 약 900억원 내외이며, 2017년도 R&D 투자규모는 941억원으로 전년대비 61억원 증가

- 정부 R&D 총투자 대비 물관리 분야 투자비중은 2015년 0.52%에서 2017년 0.49%로 소폭 감소

〈표 10〉 국내 물관리 분야 R&D 투자추이(2015~2017)

(억원, %)

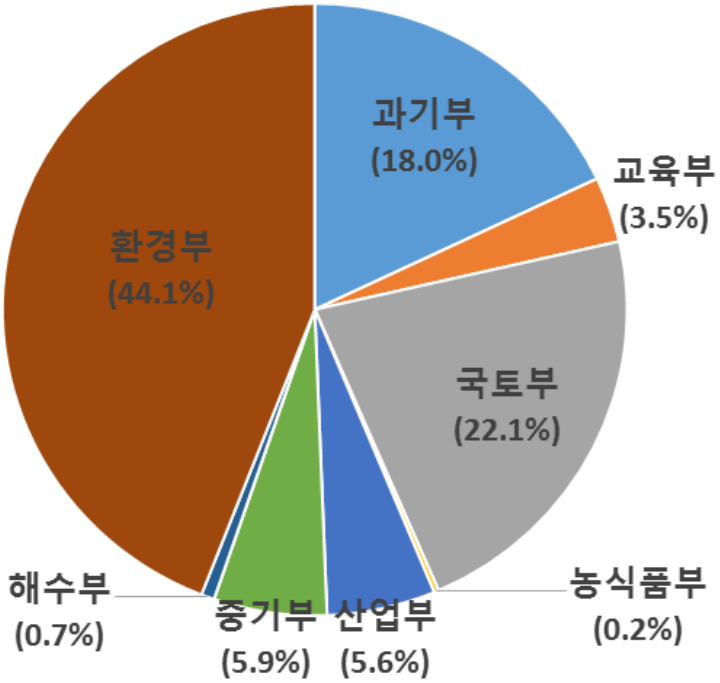
구분	2015년	2016년	2017년	증가율
물관리 R&D(A)	975	880	941	△1.8
정부 R&D(B)	188,747	190,044	193,927	1.4
비중(A/B)	0.52	0.46	0.49	

※ 국가과학기술지식정보서비스(NTIS) 키워드 검색

(부처) 총 8개 부처에서 물관리 분야에 투자하고 있으며, 환경부가 총 투자의 44.1% 차지

- 최근 3년 간 부처별 R&D 투자비중은 환경부(44.1%), 국토부(22.1%), 과기부(18.1%), 산업부(5.6%) 등의 순

- 물관리 분야 주요 정부연구개발사업(2017년도 기준)은 플랜트연구(국토부, 205억원), 글로벌탑 환경기술개발사업(환경부, 147억원), 환경정책기반공공기술개발사업(환경부, 72억원), 조류감시 및 제거활용기술개발 및 실증화(환경부, 34억원) 등임

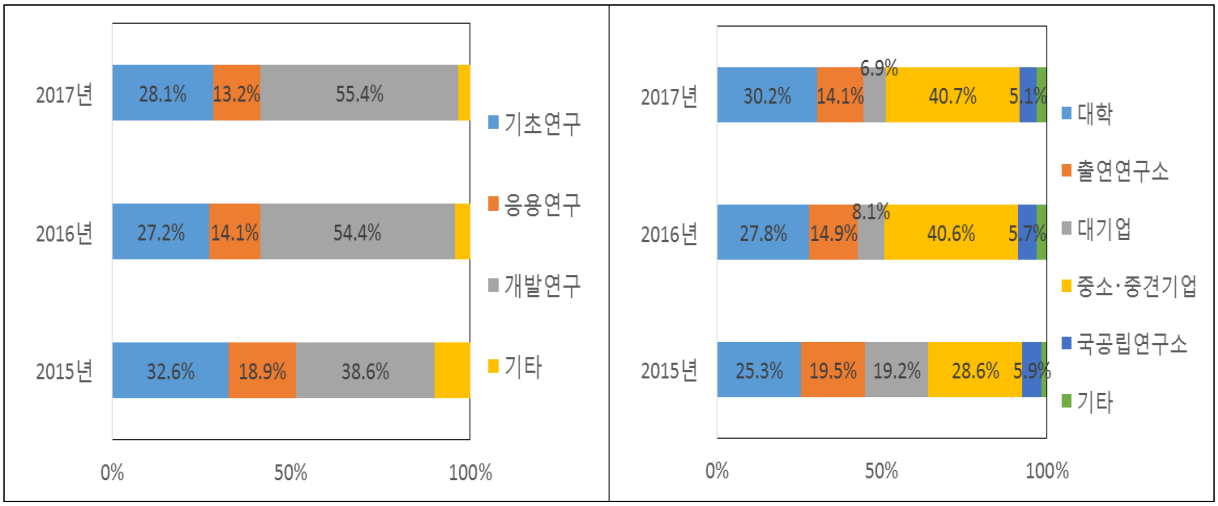


[그림 10] 물관리 분야 부처별 R&D 투자비중

(연구단계/수행주체) 개발연구의 투자비중이 55.4%이며, 중소·중견기업과 대학을 중심으로 연구 수행

- 개발연구 R&D 투자비중은 38.6%(2015년)에서 55.4%(2017년)로 증가한 반면, 기초연구는 감소 추세(32.6%→28.1%)

- 물관리 분야 총 투자의 40.7%를 중소·중견기업에서 수행하고 있으며, 대학의 R&D 수행 비중은 25.3%(2015년)에서 30.2%(2017년)로 증가 추세



[그림 11] 물관리 분야 연구단계(좌) 및 연구수행주체별(우) R&D 투자비중

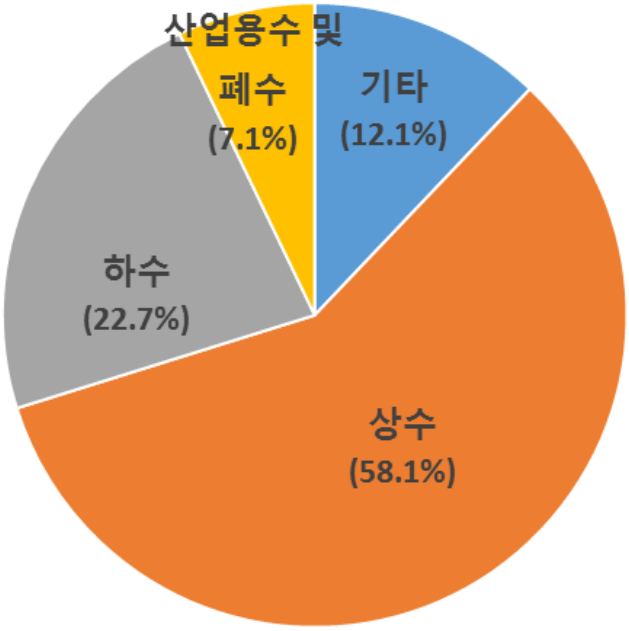
(분야) 물관리 분야 R&D 투자의 약 80%가 상수와 하수 분야에 투자

- 최근 3년 간 상수 및 하수 분야의 R&D 투자규모는 각각 1,624억원(58.1%) 및 634억원(22.7%)
- 산업용수 및 폐수 분야*는 물관리 R&D 투자의 약 7% 수준이나 최근 3년 간 증가 추세

  * R&D 투자규모(억원) : (2015년)55 → (2016년)70 → (2017년)74

- 해수담수화 기술의 2017년도 투자규모는 273억원이며, 최근 3년 간 연평균 19.1%로 증가 추세

  ※ R&D 투자규모(억원) : (2015년)192 → (2016년)212 → (2017년)273



[그림 12] 물관리 세부분야별 R&D 투자비중(2015~2017)[10)]

10) 기타 : 기획평가관리비, 인력양성, 정책연구, 정보시스템 등 포함

제6장 결론

6.1 요약 및 정리

국민들에게 보다 깨끗하고 안전한 물을 공급하기 위해 전통 수처리방식에서 고도수처리로 발전하였으며, 물관리 기술의 통합화·지능화되는 추세

- 과거 원수 내 존재하는 박테리아와 탁질 등이 주요 오염대상물질이었으나 최근에는 환경호르몬, 의약품 등 신종 및 미량환경오염물질로 확대
- 상수 및 하수처리 과정에서 이러한 환경오염물질을 제거하기 위해 멤브레인 공정 및 고도산화 공정 등이 개발되었으며, 물관리 공정의 에너지 사용을 줄이고 대국민 서비스를 강화하기 위해 기술의 통합화·지능화 추세

GWI 보고서에 따르면, 글로벌 물관리 시장규모(2016년)는 7,143억불이며 연평균(2013~2020) 3.0%의 성장이 전망됨

- 아시아/태평양 및 중동을 중심으로 물관리 시장의 성장이 전망되며, 미국/중국/일본 등이 글로벌 물 시장의 48% 차지
- 국내 물관리 분야 사업체수는 증가하고 있으나, 매출액 규모 10억 미만 및 종사자 규모 1~4인으로 산업생태계가 열악함

국가별 여건에 따라 물관리 정책이 다양하며, 우리나라는 최근 물관리 일원화로 정책의 큰 변화가 있었음

- 미국은 넓은 국토로 인해 연방정부보다는 주정부 중심으로 물관리 정책이 추진되고 있으며, 수자원이 부족한 싱가포르는 정부 주도로 대규모 프로젝트를 추진
- 우리나라는 지난 6월 환경부(수질)와 국토부(수량)로 이원화된 물관리 정책을 환경부로 일원화
- 국내 물관리 분야 R&D 투자규모는 약 900억원(정부 R&D 총 투자의 0.49%) 내외 수준

6.2 정책제언

물관리 기술의 전략적 투자를 강화하기 위해 수요 맞춤형 R&D 확대 필요

- 아시아/태평양, 중동 등 글로벌 시장이 확대되는 국가에 진출하기 위해서는 국가별 특성 및 시장수요를 기반으로 전략적 기술개발 필요
- 물관리 시장의 민영화 비율이 점차 확대될 것으로 전망됨에 따라 통합화·지능화에 기반한 운영 및 관리 R&D의 지속적 확대 필요

국가 및 유역단위의 효율적인 물관리 및 수재해 대응을 위해 관계부처 간 유기적 협력체계 구축 필요

- 물관리 일원화 정책(2018.6)으로 하천 관리 R&D를 제외한 수량, 수질, 재해예방 등 대부분의 물관리 기능이 환경부로 이관
- 지속가능한 물순환 정책 추진 및 유역의 통합 관리 등을 위해 환경부 및 국토부 등 관계부처 간 공동기획 필요

국내 물관리 산업생태계 활성화를 위해 다양한 지원방안 마련 필요

- 개발된 기술이 사업화로 이루어지기 위해서는 트랙레코드 확보가 필요하므로 실증 연구 확대와 함께 성능검증을 위한 인프라 지원 방안 마련 필요
- 국내 물관리 분야 기업들이 대부분 영세하므로 유관기관 간 연구협력을 촉진하여 연구역량 강화 필요

  * 글로벌 물기업은 타 기관과의 제휴 및 아웃소싱 등을 통해 토탈 솔루션 역량을 확보 후 시장 특성별 전략을 수립하고 있음

- 「제4차 환경기술·환경산업·환경기술인력 육성계획」에서 제시된 다양한 기업 지원방안(미래환경산업펀드 조성, 전주기적 컨설팅 지원 등)이 효과적으로 추진될 수 있도록 이행점검 및 모니터링 필요

| 참 고 문 헌 |

- UNESDOC(2019), The United Nations World Water Development Report 2019, United Nations Education, Scientific and Cultural Organization.
- GWI(2017), Global Water Market 2017, Global Water Intelligence.
- 박세환(2018), 통합 물관리(IWRM)의 일원화 정책과 주요국의 추진사례, 한국환경산업기술원.
- 여국현(2016), 수자원관리를 위한 스마트워터그리드 기술 동향과 전망, 한국환경산업기술원.
- 조기숙(2019), 정수 및 하·폐수 기술 동향, KISTEP.
- 조은채(2011), 주요 국가의 물산업 정책 동향, Journal of Water Policy & Economy.
- 환경부(2018), 2016년 기준 환경산업통계조사보고서, 환경부.
- 환경부(2018), 제4차 환경기술·환경산업·환경기술인력 육성계획(2018~2022), 환경부.
- 환경부(2019), 2017 상수도 통계, 환경부.
- 환경부(2019), 2017 하수도 통계, 환경부.
- 환경부(2019), 중기사업계획(2019~2023), 환경부.
- 행안부(2019), 정부 체계적 가뭄 관리체계 가동, 2019.01.10.
- https://www.epa.gov/
- https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs
- https://www.ntis.go.kr/

| KISTEP 기술동향브리프 발간 현황 |

발간호	제목	저자 및 소속
2019-01	인공지능(반도체)	나영식·조재혁(KISTEP)
2019-02	입자가속기술	윤수진·함선영·이상경(KISTEP)
2019-03	과학기술 인력양성 정책 동향	김승균·임상우·김홍영(KISTEP)
2019-04	원전해체	여준석(KISTEP)
2019-05	농업용 드론	염경환(KISTEP)·정회종(숙명여대)
2019-06	UHD 방송	진영현·김동현(KISTEP)
2019-07	물관리 기술	박노언(KISTEP)·이상호(국민대)

|저자소개|

박 노 언

한국과학기술기획평가원 거대공공사업센터 연구위원

Tel: 02-589-2855 E-mail: ecoenv@kistep.re.kr

이 상 호

국민대학교 건설시스템공학부 교수

Tel: 02-910-4529 E-mail: sanghlee@kookmin.ac.kr

|편집위원소개|

이 길 우 선임연구위원,

이 승 필, 김 가 영, 이 현 경 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 02-589-2283 E-mail: feel86@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

KISTEP 기술동향브리프 | 2019-7호

물관리 기술

KISTEP 한국과학기술기획평가원
Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

(06775) 서울 서초구 마방로 60(양재동) 동원F&B빌딩 4층~6층
한국과학기술기획평가원 사업조정본부
T. 02-589-2931 E. grdc@kistep.re.kr