

# 가뭄 단계에 따른 적응형 가뭄관리정책 연구

- 지역 차원의 비구조적 가뭄대책을 중심으로 -

김호정 | 강형식 | 정아영

■ 연구진

연구책임자 김호정 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
참여연구원 강형식 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
정아영 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

■ 연구자문위원 (가나다 순)

김 승 (한국건설기술연구원 수자원·하천연구소 선임연구위원)  
김연주 (연세대학교 토목환경공학과 교수)  
김용연 (K-water 차장, 한국환경정책·평가연구원 파견관)  
김익재 (한국환경정책·평가연구원 연구기획실장)  
이상진 (충남연구원 연구실장)  
이진영 (APEC기후센터 선임연구위원)  
이진희 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
황석태 (환경부 수도정책과 과장)

© 2016 한국환경정책·평가연구원

발행인 박광국  
발행처 한국환경정책·평가연구원  
(30147) 세종특별자치시 시청대로 370  
세종국책연구단지 과학·인프라동  
전화 044-415-7777 팩스 044-415-7799  
<http://www.kei.re.kr>

인 쇄 2016년 4월 26일  
발 행 2016년 4월 30일  
등 록 제17-254호 (1998년 1월 30일)  
ISBN 979-11-5980-023-8 93530

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처를 표시해 주십시오.  
김호정, 강형식, 정아영(2016), 「가뭄단계에 따른 적응형 가뭄관리정책 연구: 지역 차원의 비구저적 가뭄대책을 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원.

값 7,000원

# 서 언

2015년 충남 서북부 지역에서 발생한 가뭄은 우리나라의 물관리 취약성을 여실히 드러낸 사건입니다. 2014년부터 이미 가뭄이 진행되고 있었지만 제한급수를 목전에 두고서야 각종 대책들이 쏟아졌고, 상황이 급박하여 타당성이나 효용성을 제대로 검토할 틈도 없이 대책을 추진해야 했습니다. 기후변화로 강수의 공간적·계절적 불확실성이 높아지고 있어 가뭄은 앞으로 더 많은 지역에서, 더 심각한 수준으로 발생할지도 모릅니다.

그동안 여러 가뭄대책이 제안되었지만 가뭄 진행 상황에 따라 적용할 수 있는 수단의 종류나 효과 등 지역 차원에서 가뭄대책을 수립하고 이행하는 데 필요한 구체적인 정보는 여전히 부족합니다. 이에 본 연구에서는 2015년 충남 서북부지역 가뭄 사례, 대체수자원 개발과 수요관리 대책의 활용성, 생활용수 부족위기에 대한 대응체계 등을 조사·분석하여, 지역 차원에서 가뭄 진행단계에 맞게 적용할 수 있는 '적응형' 가뭄관리정책을 도출하고자 하였습니다.

본 연구를 수행한 본 원의 김호정 박사, 강형식 박사, 정아영 연구원에게 감사를 드립니다. 바쁘신 가운데도 연구에 많은 도움을 주신 한국건설기술연구원 김승 선임연구위원, 김연주 연세대학교 교수, 김용연 K-water 처장, 이상진 충남연구원 연구실장, 이진영 APEC기후센터 선임연구위원, 황석태 환경부 수도정책과 과장 등 외부 자문위원과 내부 자문위원으로 도움을 주신 김익재 박사, 이진희 박사께 깊은 감사를 드립니다.

2016년 4월

한국환경정책·평가연구원

원장 **박 광 국**



# 국문요약

가뭄은 경제·사회·환경에 심각한 영향을 끼치고 있지만 발생 지역이 제한적이고 느리게 진행되기 때문에 다른 재해에 비해 관심이 부족한 편이다. 이에 본 연구에서는 수요관리 등 비구조적인 대책을 중심으로 지역 차원에서 가뭄 단계에 따라 탄력적으로 적용할 수 있는 '적응형' 가뭄정책을 도출하고자 하였다.

먼저 2015년 충남 서북부지역의 가뭄대책을 분석하였다. 강수량이 2014년에 이어 2015년에도 평년을 크게 밑돌면서 보령시 등 8개 시군에 생·공용수를 공급하는 보령댐의 저수율이 20% 이하로 낮아져, 생활용수까지 감량 공급하는 상황이 발생하였다. 2012년 가뭄을 경험한 충남도는 2015년 초부터 농업가뭄에 대비해 왔지만, 생활용수 부족에 대한 대비는 부족하였다. 그 결과 생활용수 절수대책은 제한급수가 임박한 시점에서야 본격적으로 추진되었다. 정부는 개별 가정과 기업체를 대상으로 절수지원금 제도를 시행하였는데, 절수지원금이 소비자의 물 사용량을 근본적으로 줄이지 못하며 지원금 지급이 종료되면 물 사용량이 다시 원래대로 회복되는 문제점이 있었다. 또한 보령댐 급수지역 8개 시군에 동일하게 용수 공급량을 20% 감축한 것은 개별 시군의 물이용 형태나 물절약 잠재력에 대한 고려가 미흡했던 것으로 판단된다.

다음으로 가뭄 시 물공급 수단으로 대체수자원의 활용성을 검토하였다. 해수담수화와 하수재이용은 가뭄에 영향을 받지 않는 수자원으로 기능할 수 있으며, 규모가 확보된다면 빗물 이용이나 중수도도 가뭄에 대비한 용수공급 수단으로 활용될 수 있다. 대체수자원 개발·공급을 위해서는 대규모 투자가 필요한데, '규모의 경제'가 작동하기 위해서는 시설용량의 대형화가 필요하다. 문제는 가뭄이 심각할 때에는 대체수자원 개발을 위한 투자에 대한 사회적인 지지가 높으나, 가뭄이 해갈되면 대체수자원에 대한 사회적인 인식이 급변한다는 점이다. 따라서 해수담수화를 비롯한 대체수자원 개발은 경제적 타당성에 대한 면밀한 검토가 선행되어야 한다.

가뭄 시 수요관리 대책에 대해서도 활용성을 분석하였다. 국내 수요관리 대책은 주로

누수관리(유수율 제고 사업)에 의존하고 있는 반면, 미국호주 등 선진국은 물 사용자 및 용도에 따라 지원 및 규제수단을 복합적으로 활용하여 수요관리를 추진하고 있다. 수요관리는 '강력하지만 아직 충분히 활용되지 않은' 가뭄대책으로 절수형 제품 등 다양한 기술적인 방안과 물절약 행동을 통해 물 사용량을 줄일 수 있다. 중앙정부는 「국가 물 수요관리 종합 대책」에서 검토했던 물절약 제품에 대한 인센티브 제도를 도입할 필요가 있다. 지자체 또한 건축 조례로 절수기가설비 의무 설치대상을 확대하고, 공공기관 등을 대상으로 수요관리 시범사업을 추진하는 등 수요관리를 위한 자체적인 노력을 기울여야 한다. 한편, 해외에서도 가뭄 시 일반 시민의 물이용을 강제적으로 제한하는 조치는 '낭비적인 물이용'에 대해서만 적용되고 있다.

생활용수 대책의 경우, 위기 대비 및 대응 측면에서 미흡한 점이 있다. 지자체의 『수도정비기본계획』에는 댐의 이수안전도와 같은 물공급 서비스 수준에 대한 목표가 부재하며, 『수도정비기본계획』과 『국가 물 수요관리 종합계획』의 수요관리 대책이 차별성을 가지지 못하는 문제가 있다. 가뭄 관련 위기관리 매뉴얼은 생활용수 제한급수 등 가뭄 영향이 발생한 이후 또는 그에 임박한 시점에서야 작동되며, 사전 대비 기능을 발휘하지 못하고 있다. 가뭄 단계의 판단기준을 설정하고 대응조치의 물절약 효과를 정량화하여 가뭄 진행 상황별로 공급 및 수요관리 대책이 함께 마련되어야 한다. 그 외에도 「수도법」에 지자체장의 '사전 계획에 의한 제한급수'의 시행 권한을 명문화하는 등 제한급수의 법적 근거를 분명히 할 필요가 있다.

결론적으로 기후변화로 물관리 불확실성이 증가하고 있기 때문에, '항구적인' 가뭄대책이 아닌 '위기관리' 및 '적응형' 가뭄대책으로 접근해야 한다. 가뭄 모니터링 및 조기경보를 통해 가뭄 예방 및 대응이 이루어져야 한다. 또한 현재 최선의 지식을 바탕으로 수요관리 등 가뭄대책을 마련하되, 정책의 구성과 이행과정에서 유연성과 신속성이 확보되어야 한다.

주제어: 가뭄, 대체수자원, 수요관리, 위기대응, 제한급수, 해수담수화

# | 차례 |

제1장 서론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 연구 내용 및 방법	2
제2장 2015년 충남 서북부지역 가뭄대응 사례	3
1. 2015년 충남 서북부지역 가뭄 원인	3
2. 가뭄 진행에 따른 충청남도 가뭄대책	6
3. 중앙 및 지방정부의 가뭄대책	15
제3장 가뭄 시 대체수자원 활용성 검토	20
1. 대체수자원 확보의 필요성	20
2. 해수담수화의 활용성 및 한계	24
3. 중수도·빗물이용의 활용성 및 한계	34
4. 하수재이용의 활용성 및 한계	39
5. 소결	43
제4장 가뭄 시 수요관리 대책 활용성 검토	45
1. 수요관리 대책의 중요성	45
2. 국내 수요관리 정책	46
3. 해외 수요관리 정책	64
4. 수요관리를 통한 물절약 효과	77
5. 소결	88

제5장 생활용수 부족 위기 대응수단 검토 .....	91
1. 생활용수 부족 위기 대비능력 .....	91
2. 생활용수 부족 상황 대응능력 .....	103
3. 소결 .....	110
제6장 결론 및 정책 제언 .....	112
참고문헌 .....	115
Abstract .....	123



## | 표차례 |

〈표 3-1〉 최근 건설된 미국호주의 해수담수화시설 운영 상황 .....	32
〈표 3-2〉 중수도 및 빗물이용 적용 가능 분야 .....	36
〈표 3-3〉 중수도 및 빗물이용의 가뭄 시 적용성 .....	37
〈표 3-4〉 하수재이용 용도 및 한계 .....	40
〈표 4-1〉 수요관리 방안의 특징점 .....	46
〈표 4-2〉 물 수요관리 종합대책(2007) 주요 내용 .....	48
〈표 4-3〉 수자원의 체계적 통합관리 방안(2015) 중 대체수자원 또는 수요관리 관련 과제 .....	53
〈표 4-4〉 물 수요관리 종합계획 작성 기준 .....	54
〈표 4-5〉 절수설바기기 및 물재이용시설 설치의무 대상 .....	63
〈표 4-6〉 호주 SEQ의 시기별 물관리 정책 패러다임 .....	65
〈표 4-7〉 호주 SEQ 물절약 제품 리베이트 제도 .....	66
〈표 4-8〉 호주 SEQ 물 수요관리 제도 .....	67
〈표 4-9〉 호주 Brisbane 및 Melbourne의 가뭄 단계별 물이용 제한조치 .....	68
〈표 4-10〉 미국 New York 시 물 수요관리 전략 .....	70
〈표 4-11〉 미국 New York, Florida, Colorado의 가뭄 단계별 물이용 제한조치 .....	76
〈표 4-12〉 수요관리 수단별 물절약 효과 .....	81
〈표 4-13〉 물이용 부문별 물절약 효과 .....	82
〈표 4-14〉 미국 Wisconsin 주 물이용 Dataset .....	87
〈표 5-1〉 다목적댐 및 용수전용댐 설계빈도 .....	91
〈표 5-2〉 호주 Queensland 주 서비스 수준(LoS) 목표 .....	94
〈표 5-3〉 '식용수 분야' 위기대응 단계 판단기준 (장기간 가뭄에 따른 급수제한중단) .....	97
〈표 5-4〉 가뭄 단계별 생활용수 제한급수 대책 .....	98
〈표 5-5〉 가뭄 예경보 단계별 대응조치 .....	100

## | 그림차례 |

〈그림 2-1〉 2015년 누적강수량 및 표준강우지수 분포도 (2015.11.11. 기준) .....	3
〈그림 2-2〉 보령댐 저수율 변화 (2011~2015년) .....	4
〈그림 2-3〉 보령댐 광역상수도 공급량 변화 .....	5
〈그림 2-4〉 충청남도 지방상수도 취수시설 설계용량 변화 .....	5
〈그림 2-5〉 충청남도 가뭄대책 (~2015년 5월) .....	8
〈그림 2-6〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 6~7월) .....	9
〈그림 2-7〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 8~9월) .....	11
〈그림 2-8〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 10월) .....	12
〈그림 2-9〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 11~12월) .....	14
〈그림 2-10〉 가뭄지역의 물 사용량 증가에 대한 충남지역 언론보도 .....	18
〈그림 2-11〉 충남 8개 시군 상수도 관련 지표 .....	19
〈그림 3-1〉 2015년 보령댐과 대청댐의 누적강수량 및 저수위 변화 .....	21
〈그림 3-2〉 지역별 지하수 개발가능량 대비 이용량 (2011년) .....	23
〈그림 3-3〉 호주 해수담수화시설 설치 현황 .....	24
〈그림 3-4〉 미국 California 주 해수담수화시설 설치 및 설치제한 현황 .....	25
〈그림 3-5〉 해수담수화 생산단가 변화 추이 .....	26
〈그림 3-6〉 해수담수화 생산단가 변화 추이 .....	27
〈그림 3-7〉 해수담수화 생산단가 변화 추이 .....	28
〈그림 3-8〉 해수담수화 시설규모에 따른 설치비 및 생산단가 .....	29
〈그림 3-9〉 미국호주에 건설되었거나 제안된 해수담수화시설의 생산원가 .....	30
〈그림 3-10〉 연간 빗물이용량에 따른 빗물이용 비용 .....	38
〈그림 3-11〉 호주 Western Corridor Recycled Water Scheme .....	42
〈그림 4-1〉 가뭄관리 종합대책 수립연구(2002)에 제안된 정책 대안 .....	47
〈그림 4-2〉 물절약전문업(WASCO) 투자사업 추진 체계 .....	51

〈그림 4-3〉 물 수요관리를 통한 수돗물 절감량 .....	59
〈그림 4-4〉 물 수요관리 수단별 추진 계획 및 실적 비교 .....	60
〈그림 4-5〉 미국 New York 시 인구 및 도시 물수요 추이 .....	69
〈그림 4-6〉 미국 Arizona 주 인구 및 물 사용량 추이 .....	72
〈그림 4-7〉 미국 Arizona 주 최적 물절약 방안(BMP) 조건표 .....	74
〈그림 4-8〉 미국 Wisconsin 주 물절약 잠재량 산정방법 (누수관리) .....	84
〈그림 4-9〉 미국 Wisconsin 주 물절약 잠재량 산정방법 (절수기기 보급 등) .....	86
〈그림 4-10〉 국가별 가정용수 사용량 비중 .....	88
〈그림 5-1〉 다목적댐 이수관리 흐름도 .....	96
〈그림 5-2〉 호주 SEQ 지역의 단계별 가뭄대응조치 .....	102
〈그림 5-3〉 2009년 강원 남부지방 가뭄 시 업종별 산업피해액 .....	108



# 제1장

## 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

2015년 1월 1일부터 12월 21일까지의 전국 강수량은 944.4mm로 평년(1,303.0mm)의 72%에 그쳐, 1988년과 1994년에 이어 1973년 이래 강수량이 세 번째로 낮은 해로 기록되었다.<sup>1)</sup> 장마기간인 여름철에 내린 비가 평년 대비 절반 수준에 그쳤으며, 태풍으로 인한 강수량도 적었기 때문이다. 특히 충남 서북부지역에 용수를 공급하는 보령댐의 저수율이 지속된 가뭄으로 20% 이하로 낮아져, 2015년 10월 8일부터 2016년 2월 15일까지 보령, 서천, 청양, 홍성, 예산, 서산, 태안, 당진 등 8개 시·군에 제한급수가 시행되었다.

가뭄은 경제사회환경에 심각한 영향을 야기하는 재해임에도 발생 지역이 제한적이고 가뭄 사태가 느리게 진행되어 홍수 등 다른 수(水)재해에 비해 상대적으로 관심이 부족한 편이다. 가뭄이 발생했을 때에는 근본적인 대책 마련에 대한 요구가 높지만, 많은 비로 가뭄이 해결된 이후에는 가뭄에 대한 관심이 수그러지면서 가뭄대책이 흐지부지되는 경우가 흔하다. 가뭄이 발생할 때마다 가뭄예보체계 개선, 신규수자원 개발 및 수원 간 연계, 가뭄 컨트롤타워 구성 등의 가뭄대책이 반복적으로 제기되어 왔다. 가뭄과 관련된 정책연구가 여러 건 수행되었고 가뭄대응 매뉴얼이 각 부문별로 작성되었지만, 지역에서 물관리 여건과 가뭄 진행에 따라 적용하기에는 아직 부족한 점이 많은 것으로 판단된다. 그 결과, 가뭄이 발생하면 하천 유지용수 방류량을 우선적으로 줄여서 생·공·농·업용수를 확보하는 방식으로 수자원시설이 운영되면서 생태계가 가뭄으로 받는 영향이 더욱 심화되며, 신규댐 건설, 광역상수도 보급

1) 기상청 보도자료(2015.12.23).

지역 확대 등 공급확대 위주로 대책이 진행되기 때문에 수요관리 대책은 추진력을 얻기 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 지역 차원에서 가뭄 진행단계에 맞게 적용할 수 있는 ‘적응형’ 가뭄관리정책을 제안하고자 수행되었다. 지금까지 중앙·지방정부는 가뭄을 겪은 후 ‘항구적’ 가뭄대책이 필요함을 역설하였다. 그러나 기후변화로 물관리의 불확실성이 높아진 상황에서, 특히 우리나라처럼 홍수와 가뭄이라는 정반대의 상황을 동시에 대비해야 하는 조건에서, ‘항구적’ 가뭄대책을 현실에서 구현하기란 극히 어려울 것이다. 이에 본 연구에서는 수요관리 등 비구조적인 대책을 중심으로 가뭄 단계에 따라 탄력적으로 적용할 수 있는 ‘적응형’ 가뭄정책을 도출하고자 노력하였다.

## 2. 연구 내용 및 방법

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 먼저 2015년 충남 서북부지역 가뭄 사례를 통해 현행 가뭄대책의 성과와 한계를 분석하였다. 충남 서북부지역에서 금강-보령댐 간 도수로 공사, 대청댐 광역상수도 공급지역 확대 등의 대책이 이미 완공되었거나 예산을 배정받아 추진 중임을 고려해, 본 연구에서는 가뭄 시 대체수자원 개발 및 수요관리 대책의 활용성을 조사하였다. 사전 대비에도 불구하고 가뭄이 지속될 경우 취약지역에서는 제한급수 발생이 불가피할 것으로 판단되어, 생활용수 부족 위기에 대한 지자체나 수도사업자의 대응체계를 분석하였다.

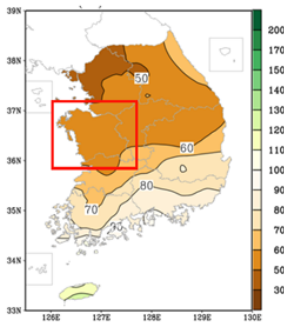
그리고 다음과 같은 연구방법이 사용되었다. 먼저 전문학술지 학술기사, 유관기관 정책보고서 등 가뭄에 대한 국내외 자료를 조사·분석하였고, 2015년 충남 서북부지역 가뭄, 2009년 강원 남부지역 가뭄, 2000년대 호주 Millennium Drought 등 국내외 가뭄 사례 및 대응정책을 조사·분석하였다. 호주 사례의 심층 분석을 위해 호주 Queensland 주정부, 대학 및 민간연구소를 방문하여, Millennium Drought 당시의 가뭄대책과 가뭄 이후 물관리 정책의 변화를 직접 조사하였다. 또한 전력 부문의 위기관리체계를 분석하여 가뭄위기 관리방안에 대한 시사점을 찾고자 하였다.

## 제2장

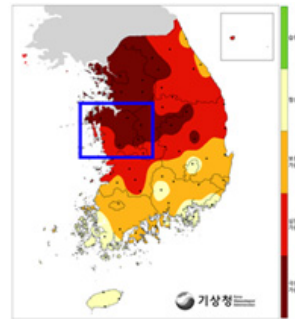
# 2015년 충남 서북부지역 가뭄대응 사례

### 1. 2015년 충남 서북부지역 가뭄 원인

2015년 1월 1일부터 11월 11일까지 충남 지역(대전·세종 포함)의 누적 강수량은 668.5mm로, 같은 기간 평년(1981~2010년) 강수량 1,221.9mm의 56.4%에 불과하였다. 누적 강수량을 이용해 가뭄 빈도를 나타내는 지수인 표준강우지수(SPI)<sup>2)</sup>가 2015년 11월 11일을 기준으로 충남지역 중 대전, 세종, 천안, 서산, 대전, 부여, 보은, 청주지역은 ‘극한가뭄’, 그 외 나머지 지역은 ‘심한가뭄’ 상태였다(그림 2-1).<sup>3)</sup>



(a) 누적강수량 분포도



(b) 표준강우지수(SPI6) 분포도

자료: 대전지방기상청(2015.11.12).

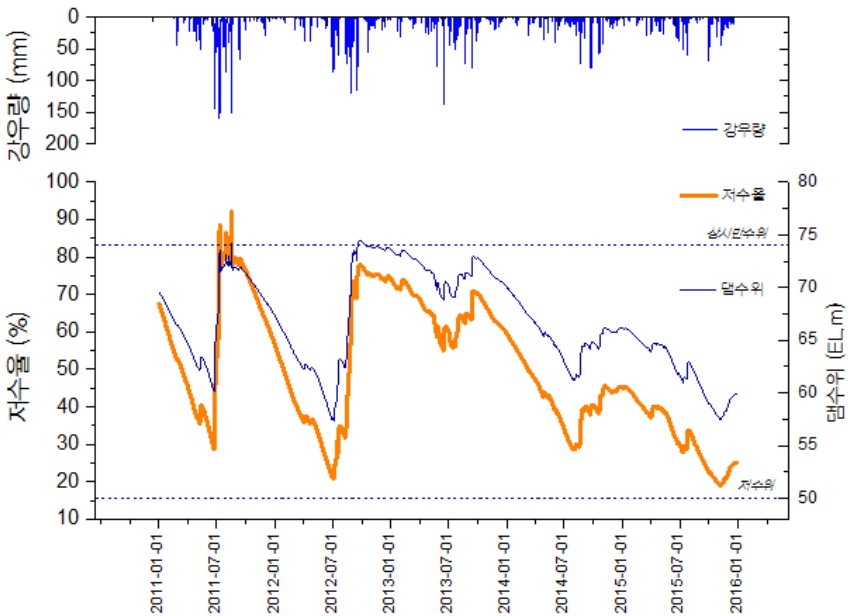
〈그림 2-1〉 2015년 누적강수량 및 표준강우지수 분포도(2015.11.11. 기준)

2) Standardized Precipitation Index

3) 대전지방기상청(2015.11.12).

보령댐은 '98년 10월 29일 준공된 유효저수용량 1억 870만<sup>m</sup> 규모의 다목적댐으로, 생·공용수 9,060만<sup>m</sup>, 농업용수 470만<sup>m</sup>, 하천유지용수 1,132만<sup>m</sup> 등 1억 660만<sup>m</sup>의 연간용수공급량을 가지며, 보령댐계통광역상수도를 통해 보령시, 서산시, 서천군, 청양군, 홍성군, 예산군, 태안군, 당진시 등 8개 시군에 28만 5,200<sup>m</sup>/일의 생·공용수를 공급한다.<sup>4)</sup>

보령댐이 위치한 충남 서부지역의 강수량이 2014년에 이어 2015년에도 평년을 크게 밑돌면서, 2015년 11월 6일과 7일의 보령댐 저수율이 18.9%까지 낮아졌다(그림 2-2).



자료: K-water(실시간 댐정보)를 토대로 저자 작성.

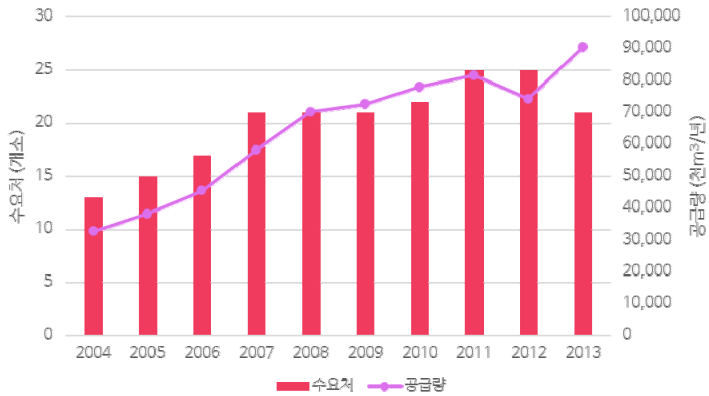
〈그림 2-2〉 보령댐 저수율 변화 (2011~2015년)

한편, 충남 지역은 내포 신도시개발, 발전소 및 산업단지 건설 등으로 용수수요가 계속 증가하고 있다. 보령댐광역상수도는 2004년 13개소에 3,278만 1,000<sup>m</sup>/년의 용수를 공급하였으나, 2013년에는 21개소에 9,048만 7,000<sup>m</sup>/년의 용수를 공급하였다(그림 2-3).

4) K-water(2015).

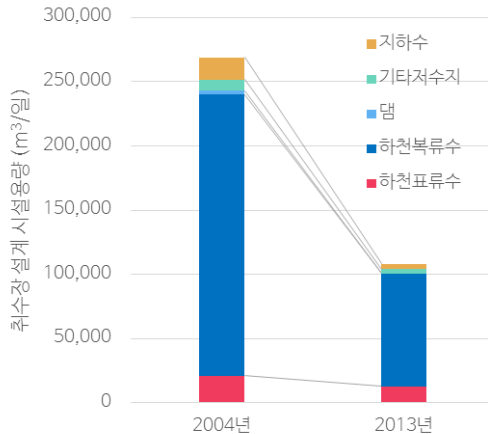


2004년에 비해 2013년의 보령담광역상수도 용수공급량이 2.8배나 증가한 것이다. 반면, 충청남도의 지방상수도 취수시설 용량은 설계용량( $m^3/일$ )을 기준으로 2004년 26만 9,054  $m^3/일$ 에서 2013년 10만 8,200 $m^3/일$ 로 감소하여 광역상수도에 대한 의존도가 증가하였다 (그림 2-4).



자료: K-water(2014a)를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-3〉 보령담 광역상수도 공급량 변화



자료: 환경부(2005); 환경부(2014)를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-4〉 충청남도 지방상수도 취수시설 설계용량 변화

## 2. 가뭄 진행에 따른 충청남도 가뭄대책

2015년 가뭄 진행에 따른 충청남도(이하 충남도)의 대책을 시기별로 나누어 살펴보면 다음과 같다.<sup>5)</sup>

### 가. 농업가뭄 예방 단계 (~2015년 5월)

2012년 5월과 6월의 전국 강수량은 83mm로 평년(268mm)의 31%에 그쳤으며, 충남지역 저수지의 저수율은 23.7%<sup>6)</sup>로 평년 저수율(57.3%)보다 크게 낮았고 저수율이 20% 미만인 저수지가 충남지역에만 42개에 달했다. 밭작물 생육이 저해되고 모내기가 지연되는 등 농업 부문에서 가뭄에 의한 영향이 발생하였으나, 관정개발, 저수지준설, 생·공용수의 농업용수 전환 등 농업용수 공급대책을 추진한 결과 심각한 피해는 발생하지 않았다.<sup>7)</sup>

2014년에 1월 및 2월 충남지역의 강수량이 평년 수준을 크게 밑돌자 충남도는 조기에 봄 가뭄 대비체제를 가동하였다.<sup>8)</sup> 2014년 3~5월의 강수량은 평년과 비슷하거나 다소 적은 것으로 전망되었지만, 2012년의 가뭄 경험 때문에 농업가뭄에 일찍 대비한 것이다. 가뭄 예방·대비책에는 가뭄 대응체제 준비·점검, 물 재이용률 제고, 물절약대책 추진 등이 포함되어 있지만, 주된 내용은 농촌용수개발, 수리시설 개·보수, 둑 높이기 사업 조기완료 등 농업용수 확보대책이었다. 2014년 가뭄으로 농작물이 시드는 정도의 피해가 발생하였지만 극심한 피해는 없었고, 충남 일부 마을에서 생활용수 부족으로 제한급수 및 운반급수가 실시되었다.<sup>9)</sup>

2015년에도 봄 가뭄에 대한 위기가 높아지자 충남도는 서산시, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 그리고 삼성토탈 등 대산산업단지 기업들과 ‘대산임해산업지역 안정적 물공급 실무협의회’를 구성하여, 물 부족 위기상황 발생 시 대응방안을 사전에 협의하였다.<sup>10)</sup> 충남도와

5) 충남도 가뭄대책은 충남도 보도자료를 토대로 정리·재구성하였음

6) 2012년 6월 30일 기준

7) 이응구(2015), pp.62-71; 관계부처합동(2013).

8) 충청남도 보도자료(2014.3.5).

9) 관계부처합동(2015a).

10) 충청남도 보도자료(2015.3.16).

서산시는 행정지원, 수자원공사와 농어촌공사는 위기상황 시 용수의 비상공급 방안 마련, 기업체들은 자체 용수공급시설 확보, 저류시설 우선 사용 등 실행계획 수립 등으로 기관 간 역할을 분담하였다. 2015년 3월 당시 충남도 내 223개 저수지의 평균 저수율은 92.7%로 최근 10년 평균 저수율(91%)보다 높았고, 5월 모내기 완료 시까지 농업용수 공급에 문제가 없을 것으로 전망되었지만, 충남도는 기상이변에 대비해 '봄 가뭄 용수공급 대책실'을 구성하였다.<sup>11)</sup> 대책실에는 용수관리 상황을 모니터링하고, 용수공급을 조정관리하고, 수자원공사 및 농어촌공사와 생·공·농업용수 확보대책 및 비상용수 공급 지원계획을 수립하는 역할이 부여되었다. 3월 30일에는 보령시가 상수도 공급량을 15% 줄이는 상황과 예당저수지 저수율이 70%로 감소하여 농업용수 부족이 발생하는 상황을 가정하여 충남도 주관으로 '봄 가뭄 대비 가상 모의훈련'을 실시하였다.<sup>12)</sup> 4월 17일에는 '물 통합관리 추진상황 실천 보고회'를 개최하여 충남도 용수수요 전망 및 공급방안, 가뭄 대비 조치 사항, 수질개선 사업 등을 논의하였다.<sup>13)</sup> 6월 11일에는 '분야별 가뭄피해 상황 및 대책 점검회의'를 개최하여, 가뭄 지속 시 피해 예상 및 대책을 논의하고, 가뭄이 지속될 것에 대비해 지하수 개발 등 비상체제를 가동하기로 결정하였다.<sup>14)</sup> 이 당시 충남도 내 천수답 간척지와 천수답지역에서 농업용수 부족으로 모내기가 늦어지고, 콩고구마의 생육부진이 발생하였지만 심각한 수준은 아니었다.

2015년 5월까지만 해도 심각한 가뭄이 우려되는 상황은 아니었다. 충남도 내 농업용 저수지의 평균 저수율이 49.6%에 불과했으나 모내기가 대부분 완료된 상황이었고, 댐 저수율이 대청댐 43.9%, 용담댐 37.9%, 보령댐 33.7%로 낮았으나 장마가 시작되는 7월 초까지는 안정적인 용수공급이 가능할 것으로 판단되었기 때문이다.<sup>15)</sup> 이러한 상황에서도 2012년 가뭄 경험을 토대로 2015년 초부터 농업가뭄대책을 지속적으로 점검한 충남도의 대책은 높게 평가할 수 있다.

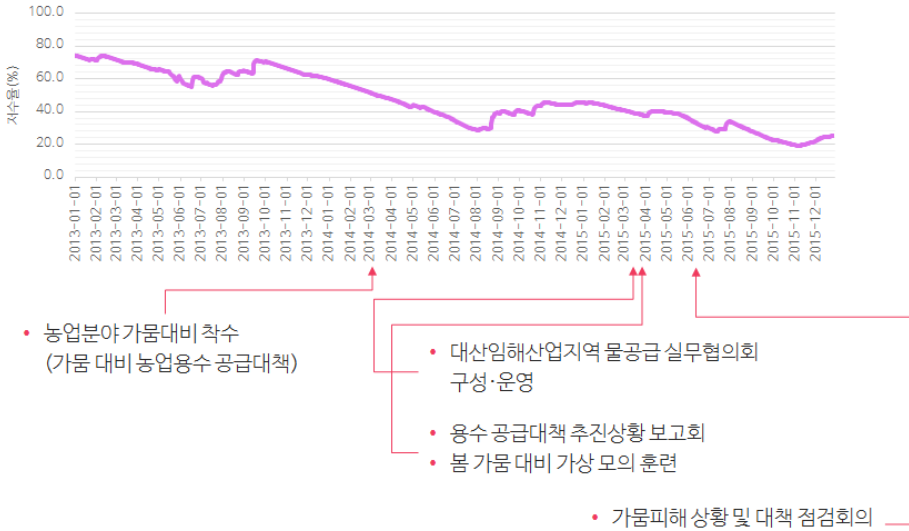
11) 충청남도 보도자료(2015.3.24).

12) 충청남도 보도자료(2015.3.30).

13) 충청남도 보도자료(2015.4.17).

14) 충청남도 보도자료(2015.6.11).

15) 충청남도 보도자료(2015.6.11).



자료: K-water(실시간 댐정보) 및 충청남도 보도자료를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-5〉 충청남도 가뭄대책 (~2015년 5월)

### 나. 농업가뭄 가시화 단계 (2015년 6~7월)

가뭄이 이어지자 충청남도는 2015년 6월 18~19일 가뭄지역 현장조사를 실시하고 농업용수 관정개발 등 기술지원을 추진하였다.<sup>16)</sup> 농업부문 피해는 고지대 발작물과 천수답에서 발생하고 있었으며, 생·공용수는 정상공급이 가능한 상황이었다. 태안 지역 간척지는 논에 댐 물의 염도가 시간이 지날수록 높아져 물을 갈아주어야 하나 농업용수 부족으로 66.8ha에서 논 물마름 현상이 발생하고 있었다. 이에 관정을 개발하고 들샘을 준설하여 간척지 논에 농업용수를 공급하였으며, 농촌용수 개발지원 사업을 조기에 추진하기로 결정하였다. 또한 공주, 아산, 홍성 및 태안의 천수답 43.8ha에서 농업용수 부족으로 이앙을 하지 못하고 있었다.<sup>17)</sup>

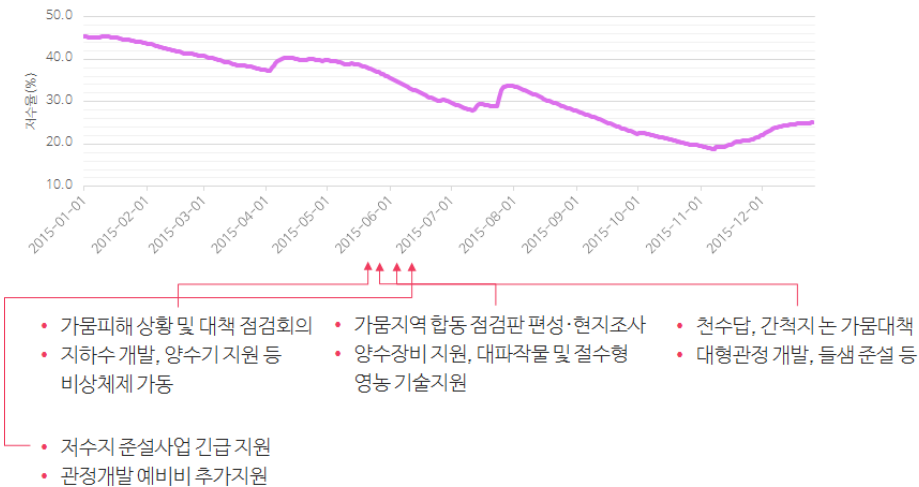
가뭄대책으로 관정개발, 하상굴착, 가물막이 건설, 저수지 준설 등 농업용수 확보대책이 추진되었다. 저수율이 30% 미만으로 낮아진 43개의 저수지 준설을 위해 24억 원이 지급되

16) 충청남도 보도자료(2015.6.18).

17) 충청남도 보도자료(2015.6.24).

었으며, 관정개발, 저류지 및 양수장 설치 등 긴급 용수원 개발을 위해 40억 원의 예비비가 추가로 지원되었다.<sup>18)</sup> 위와 같은 노력을 통해 6월 23일까지 2,360명의 인력과 535대의 장비가 동원되어 가뭄지역 110.6ha에 농업용수 긴급급수가 실시되었다.<sup>19)</sup>

보령댐의 저수율을 2015년 6월 1일 35.5%에서 6월 30일에는 29.9%로 낮아졌지만, 강수량이나 저수지 저수율 모두 2012년보다는 양호한 상황이었다. 6월 20일에 내린 비로 서산 일부 지역의 작물 시들음 현상도 완화되었으며, 25일부터 남부지역을 중심으로 장마가 예보되었기 때문이다.<sup>20)</sup> 농업부문에서 가뭄 피해가 발생하고 있었으나, 농업용수 공급여건이 열악한 간척지와 천수답으로 피해지역이 한정된 상황이었다.



자료: K-water(실시간 댐정보) 및 충청남도 보도자료를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-6〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 6~7월)

18) 충청남도 보도자료(2015.6.25); 충청남도 보도자료(2015.6.29).

19) 충청남도 보도자료(2015.6.24).

20) 충청남도 보도자료(2015.6.24).

#### 다. 생활용수 공급 위기단계 (2015년 8~9월)

2015년 7월말 강수량 증가로 보령댐의 저수율이 33.8%까지 일시적으로 증가하였지만, 8월 19일에는 저수율이 다시 30% 아래로 낮아졌다. 2015년 8월 5일부터 보령댐은 주의 단계로 돌입하여 하천유지용수 방류량을 감축하여 운영 중이었다.<sup>21)</sup> 충남도의 6~9월 평균 강수량은 500~700mm 이상이었지만 2015년 6월부터 8월 25일까지 강수량은 300mm에도 미치지 못했다. 가을철(9~11월)의 강우량 또한 평년과 비슷한 수준으로 전망돼 댐 저수율이 크게 높아지는 것을 기대하기 어려운 상황이었다.

2015년 8월 충남도는 절수운동을 추진하고, 하천수, 지하수, 농업용저수지 등 자체 취수원 관리를 강화하였으며, 비상급수체계를 구축하였다. 유수율 제고(관망관리) 계획과 비상수원으로 기능하는 지하수의 총량관리제 도입 계획도 발표되었다. 충남도는 또한 K-water의 보령댐관리단 및 대청댐관리단과 상수도 가뭄대책 회의를 개최하여 용수공급 대책 등 현안에 대해 논의하였다.<sup>22)</sup>

보령댐 저수율은 2015년 8월 1일 33.6%에서 8월 31에는 27.8%로 9월 30일에는 22.4%로 급속하게 낮아졌다. 2015년 9월 1일부터 보령댐은 심각단계로 돌입하여 생·공용수 공급량의 9%인 2만 톤/일을 감축하여 공급하였다. 보령댐의 감축량은 용담·대청댐을 연계운영 하여 충남 서부지역에 공급하였다.<sup>23)</sup> 2015년 9월 15일 보령댐의 저수량은 3,000만 톤으로 1일 생활용수 공급량(20만 톤)을 감안하면 5개월을 버티기 어려운 수준이었다. 10월 초부터는 용수공급 '심각 II단계'에 진입할 것으로 예상되는 상황에서 충남도는 생활용수 확보를 위해 모든 행정력을 집중하였다. 특히 절수운동이 대대적으로 전개되었는데, 시·군청 문자전광판, 홈페이지, 거리 및 마을 앰프 방송, 유인물, 현수막, 게시판 벽도, 휴대폰 문자메시지 등 가용한 수단이 총동원되어 시민들을 대상으로 절수운동 동참을 호소하였다.<sup>24)</sup> 2015년 9월 23일에는 '가뭄 극복 긴급 합동 대책회의'를 개최하여 당시 '심각 I단계'인 용수공급 위기단계가 10월에 '심각 II단계'로 상향되는 것에 대비 가뭄대책을 점검하였다. 대책회의

21) 국토교통부 보도 참고자료(2015.9.25).

22) 충청남도 보도자료(2015.8.25).

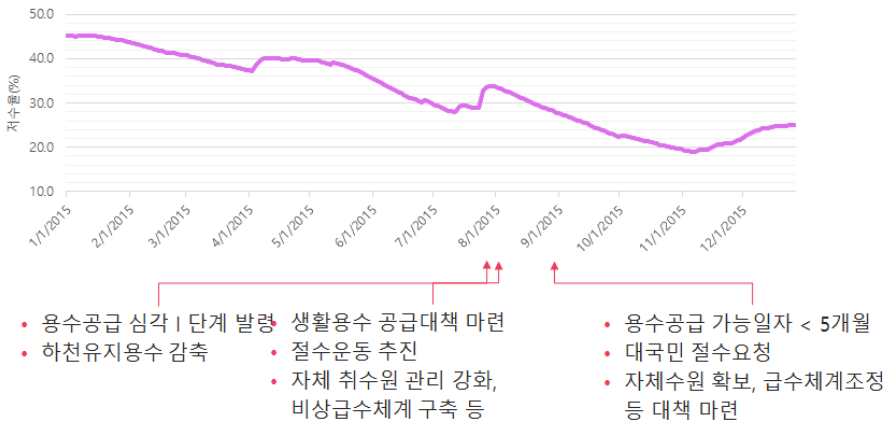
23) 국토교통부 보도 참고자료(2015.9.25).

24) 충청남도 보도자료(2015.9.16).

에서는 충남 서북권 광역상수도 조기 추진, 지방상수도 활용 및 신규 수원 발굴, 지하수 통합관리시스템 구축, 담수호 및 금강용수 활용방안, 수요관리를 위한 공급체계정비, 물 재이용 등의 방안이 논의되었다.<sup>25)</sup>

충남 서북부지역에 대한 제한급수가 임박하자, 충청도지사는 담화문을 발표하여 생활 속 물절약운동 실천을 당부하였다. 9월 22일 보령댐 저수율은 23.9%로, 10월 5일부터는 ‘심각 II단계’로 용수공급 위기수준이 상향되어 생활 및 공업용수 공급량이 20% 감축될 것으로 예상되는 상황이었다.<sup>26)</sup>

충남도는 10월 1일부터 가뭄대책본부를 가동하여, 제한급수가 실시되는 충남 8개 시·군의 도민 피해 최소화를 위해 관련 부서 간 연계 및 정보 공유, 핫라인 유지 등의 역할을 수행하였다. 제한급수에 대비해 10월 1일부터 4일까지 사전 적응 훈련을 실시하는 계획을 발표하였다. 중앙부처에 재난사태 선포를 건의하고 범국가적 지원을 요청하는 계획도 발표되었다. 생활용수 제한급수가 임박해오자 “절수운동에 참여하는 것이 가장 효과적인 대책”이라며 시민들의 참여를 촉구하였다.<sup>27)</sup>



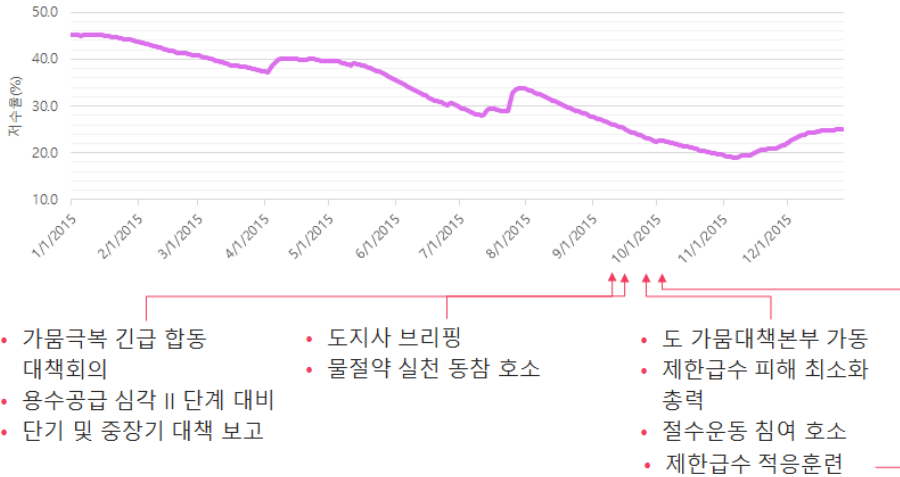
자료: K-water(실시간 댐정보) 및 충청남도 보도자료를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-7〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 8~9월)

25) 충청남도 보도자료(2015.9.23).

26) 충청남도 보도자료(2015.9.24).

27) 충청남도 보도자료(2015.9.30).



자료: K-water(실시간 댐정보) 및 충청남도 보도자료를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-8〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 10월)

### 라. 생활용수 제한급수 단계 (2015년 10월 ~ 2016년 1월)

2015년 10월 1일부터 4일까지 충청남도는 8개 시군에 대한 제한급수에 대비해 제한급수 적응훈련을 실시하였다. 서산시와 태안군은 블록별 감압밸브를 조정하였고, 당진시와 보령시는 배수지 수위를 낮추고 유출량을 줄여 제한급수 적응훈련을 실시하였다. 예산군, 청양군, 서천군에서도 관망밸브 조정, 유입/유출밸브 조절 등을 통해 사용량을 20% 감축하였다. 홍성군은 읍면에 따라 격일 시간대별로 제한급수를 실시했고, 홍성군은 대형 저수조에 물을 저장해 제한급수 시간대에 사용할 경우 강제 감량조치를 동원하는 계획을 발표하였다.<sup>28)</sup>

10월 8일부터 보령댐 급수지역 8개 시군에 대한 급수조정을 시행하였다. 단수 없이 감압급수 방식으로 생·공용수 공급량을 22만 톤/일에서 18만 톤/일로 20% 감축하였으며, 물 부족 지역에 임시 물탱크, 급수차, 병물 등을 지원하였다.<sup>29)</sup> 청양군은 대체관정 4공을 활용하고 예산군은 자체정수장으로 전환 공급하는 등 시군의 자체 물수급 능력을 높이는 방안이 추진되었다.<sup>30)</sup>

28) 충청남도 보도자료(2015.10.1).

29) 국무조정실 보도자료(2015.10.11).



10월 11일 국무조정실장 주재로 개최된 ‘제1차 물관리협의회’에서는 예비비를 지원하여 보령댐 도수로로 10월말 조기 착공하고, 고지대 등 취약지역의 지원대책을 마련하며, 절수 지원제를 도입하고, 국토부 주관으로 관계기관이 참여하는 “충남 서부권(보령댐) 가뭄대응 TF”를 운영하는 등의 대책을 논의하였다.<sup>31)</sup> 10월 27일에 열린 “급수조정 TF 관계기관 회의”에서는 급수조정 실적을 재점검하였다. 절감 목표량을 달성하지 못한 지역에 대해서는 광역상수도 밸브를 조정하는 등 자율적인 급수조정에서 강제적인 급수조정으로 전환할 수 있음을 경고하였다.<sup>32)</sup> 보령댐 도수로 건설공사 시행을 위한 인·허가 등 대부분이 행정절차가 10월 중으로 마무리되어, 10월 30일 보령댐 도수로 설치사업이 착공되었다.

2015년 10월 중에도 보령댐 저수율은 계속 낮아져 2011월 6일에는 18.8%까지 떨어졌다. 이후 11월부터 연이어 눈비가 내리면서 보령댐 저수율은 20% 수준으로 높아졌다. 2015년 11월~12월 충청남도 강우량은 예년 대비 299%인 229.5mm에 달했다.<sup>33)</sup> 2015년 12월 말 보령댐의 저수율은 25.1%까지 높아졌고, 다음해(2016년) 1월에도 20% 이상의 저수율을 유지하였다.

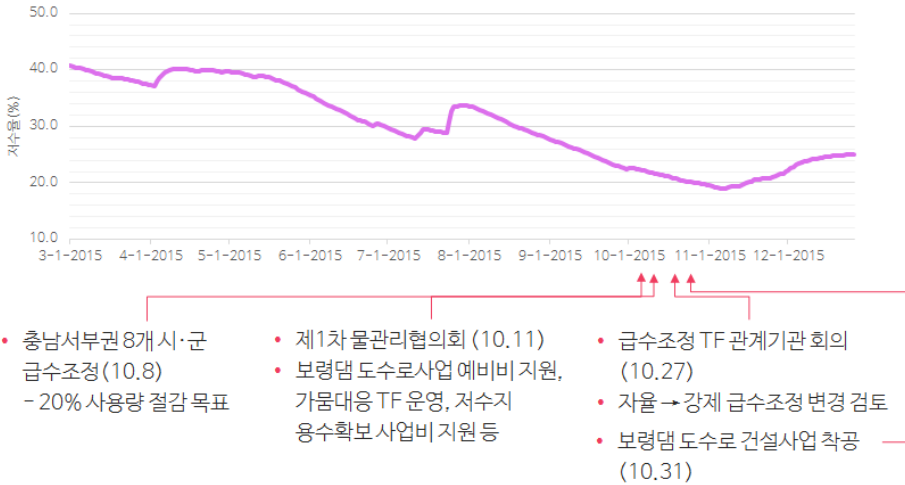
---

30) 신동현(2015).

31) 국무조정실 보도자료(2015.10.11).

32) 국토교통부 보도자료(2015.10.26).

33) 충청남도 보도자료(2016.2.15).



자료: K-water(실시간 댐정보) 및 충청남도 보도자료를 토대로 저자 작성.

〈그림 2-9〉 충청남도 가뭄대책 (2015년 11~12월)

#### 마. 생활용수 제한급수 해소 (2016년 2월)

2015년 10월 8일부터 급수조정을 시행한 지 127일이 되는 2016년 2월 16일 충남 8개 시군에 대한 급수조정이 해제되었다. 2015년 11월부터 강수량이 증가하였고 금강-보령댐 도수가 완공되었기 때문이다. 보령댐의 저수율은 2016년 2월 15일에는 22.9%로 회복되었으며, 심각 단계에서 경계 단계로 용수공급 조정기준이 완화되었다. 8개 시군의 급수조정을 통해 22일치의 정상공급량에 해당하는 404만 7,000톤의 물이 절약된 것으로 집계되었고, 절수지원금으로 2015년 11월부터 2016년 1월말까지 34억 1,000만 원이 지급되었다. 또한 서울시와 K-water의 지원으로 총 130개소 누수지점을 발견하고 조치를 취한 결과 4,793톤/일의 누수량을 줄일 수 있었다.<sup>34)</sup>

34) 충청남도 보도자료(2016.2.15).

### 3. 중앙 및 지방정부의 가뭄대책

#### 가. 중앙정부 가뭄대책

정부는 용담댐 전주권광역상수도 1만 톤과 대청댐 아산공업용수도 1만 6,000톤을 충남 서북부지역에 공급하였다[2015.9.1~30: 2만 톤/일 → 2만 6,000톤/일 (2015.9.1.~)]. 그리고 보령, 서산 등 보령댐 급수지역 8개 시·군 대상 생·공용수 공급량 20%를 감축하는 급수조정을 2015년 8월부터 실시하였다. 감압급수 방식으로 공급량을 22만 톤/일에서 18만 톤/일로 축소한 것이다. 특히, 전년 동기대비 절수량에 대해 광역상수도 정수요금(413원/톤)의 3배인 1,240원/톤 지원하는 절수지원제를 2015년 10월 8일부터 보령댐 도수로가 가동되는 2016년 2월까지 실시하였다.<sup>35)</sup>

가뭄대책으로 금강 본류에서 하천수를 취수하여 관로를 통해 11만 5,000톤/일을 보령댐으로 공급하는 보령댐 도수로가 건설되었다. 2015년 11월부터 2016년 2월까지 사업비 약 625억 원이 투입되어 부여대교 취수장에서 국도40호선을 따라 보령댐 상류까지 21km에 관로가 매설되었고 중간에 가압장 2개소가 설치되었다.<sup>36)</sup>

정부는 2016년 6월까지 보령댐의 용수공급 및 홍수조절 능력을 재평가하여, 효율적 댐운용방안을 마련할 계획이다. 비상 시 대청댐에 대한 용담댐의 하류 방류량을 증가하는 등 비상 시 용담댐을 탄력적으로 운영할 계획이다. 또한 언론매체, 지하철·버스, 지역단위 모임(반상회) 등을 통한 물절약 홍보를 강화하였고, 가정 및 업체를 대상으로 절수지원제 시행 안내문을 발송하였다.<sup>37)</sup>

2015년 충남 서북부지역 가뭄을 계기로 2016년부터 가뭄 예·경보제가 도입되어 시범시행 중이다. “국가가뭄정보분석센터”를 K-water에 설치하여 전국 차원의 가뭄 모니터링과 가뭄 예·경보를 위한 기술지원을 담당토록 하였다. 그 외에도 댐·보 연계운영체계를 가동하여 댐용수를 최대한 비축하고 있다. 용수수요량 등에 맞춰 필요한 최소량만을 댐에서 공급하고 있다.

35) 국무조정실 보도자료(2015.10.11).

36) 국토교통부 보도 참고자료(2015.9.25).

37) 국무조정실 보도자료(2015.10.11).

## 나. 지방정부 가뭄대책

2012년 가뭄을 경험한 충남도는 2015년 초부터 농업가뭄 대비에 착수하였다. 2015년 전반기까지 농업용수 확보 및 영농피해 최소화 대책을 활발히 추진하였다. 그러나 계속된 가뭄으로 2015년 8월부터 생활용수 부족에 대한 우려가 증가하였다. 2015년 10월부터 생활용수 공급이 20% 감축되자 가뭄대책의 초점이 농업에서 식용수 공급 부문으로 급선회했다. 2015년 9월부터 주민 대상 절수운동이 본격화되었는데, 가뭄이 2년간 지속되었지만 제한급수가 임박한 시점에서야 생활용수 절수대책이 본격적으로 추진된 것이다. 2014년~2015년 강수량이 부족했음에도 농업용수 이용자와 달리 일반 시민(소비자)은 가뭄에 대한 신호를 체감할 수 없었음을 보여주는 장면이다. 한편, 자율적인 제한급수 미이행으로 강제 제한급수, 절수명령제 등 강력한 조치의 필요성이 제기되었다.

충남도는 충남 서북부지역의 안정적인 용수공급을 위해 10만 $m^3$ /일 규모의 해수담수화시설을 설치하는 방안을 정부에 건의하였다. 해수담수화시설 설치를 위해 2018년부터 2019년까지 2년간 2,500억 원의 사업비가 투입되어야 하는데, 충남도는 2016년 중으로 사업대상지를 선정하여 국토교통부의 “해수담수화시설 중장기 마스터플랜”에 반영하고자 한다. 충남도는 해수담수화시설이 설치되면 산자부와 협의를 통해 화력발전소 용수공급원은 해수담수화시설로 전환하고 보령댐은 생활용수 전용수원으로 활용하겠다는 계획이다.<sup>38)</sup>

또한 충남도는 지역개발기금의 용자이율(연리 2.5%)을 노후 상수도시설 정비사업에 한해 2018년까지 무이자로 지원할 수 있도록 「충청남도 지역개발기금 설치 및 운영 조례」를 개정하였다.<sup>39)</sup>

## 다. 중앙 및 지방정부 가뭄대책의 잠재적 문제점

### 1) 상황 변화에 따른 대처능력 미흡

국토교통부와 충남도는 2015년 초부터 선제적으로 댐용수를 비축하고 농업용수 확보 대책을 추진하는 등 가뭄에 대비하였다. 당시에는 장마 전까지 농업 부문의 가뭄 위기를

38) 충청남도(2016).

39) 충청남도 입법예고 제2015-119호(2015.11.16).

극복하는 것이 대책의 초점이었다. 그러나 예상과 달리 가뭄이 지속되어 생활용수의 정상적인 공급마저 어려워지는 상황으로 사태가 급속히 악화되었고, 정부의 대응도 한계를 드러냈다.

위기관리 측면에서 살펴보면, 생활용수 공급 위기를 사전에 탐지하지 못했으며 가뭄 진행 단계에 맞는 차별화된 대책도 부족했다. 중앙 및 지방정부 모두 장마철 전까지의 농업용수 공급대책에만 집중한 나머지, 장마철이 지나서까지 가뭄이 지속되는 최악의 상황에 대한 대비가 미흡했던 것으로 판단된다. 현행 물관리 제도에서는 공업용수나 농업용수의 공급량을 실수요량 이하로 줄여서 생활용수를 최대로 확보하는 등의 전략적인 용수배분 조치가 불가능하다. 생활용수 공급 위기 단계에서 충남도가 취한 대책들을 살펴보면, 상황이 악화 되기 전에 이미 추진되어야 했거나(예를 들면, 자발적인 절수운동) 이행까지 장기간이 소요 되는 대책(예를 들면, 지하수 총량관리)들이 자체 취수원 관리 강화, 비상급수체계 구축과 같은 비상대책과 혼재되어 있었다. 보령댐의 상황이 용수공급 ‘심각 II단계’로 진입하고 제한급수가 실시되는 단계에서도 주민들을 대상으로 절수운동 동참을 호소하는 것 외에는 강제성이 있거나 효과성을 담보할 수 있는 지자체의 물절약 대책을 찾아보기 어려웠다.

## 2) 절수지원금 제도의 역효과

개별 가정 및 기업체가 전년 동기대비 수돗물 사용량 20% 절수 시, K-water가 매월 11억 원을 부담하는 대신 보령댐에 매월 93만 톤의 용수비축이 가능하며, 보령댐 도수로 건설 시까지 댐 저수율 저하속도를 늦출 수 있다는 점에 착안하여 절수지원금 제도가 도입 되었다. 정부는 절수지원금 제도를 통해 비교적 적은 비용으로 절수효과를 달성했다고 평가 하고 있다.

긴급 상황에서의 대책임을 고려하더라도, 절수지원금 제도는 소비자의 물 사용량을 근본 적으로 줄이는 대안이 되지 못한다. 절수지원금의 지급이 종료되자, 물 사용량이 다시 원래 대로 회복(bounce-back)하는 문제가 지역언론에 보도되었다(그림 2-10).<sup>40)</sup> 또한 낭비적 요소가 많은 물 사용자에게 더 많은 경제적 혜택(지원)이 부여되고, 평상시 물 소비량이 높게 유지될 위험이 있다.

40) 대전MBC뉴스(2016.3.16); 충청투데이(2016.2.11).



### 충남 서부 급수조정 성과 독... 상수도 사용량 증가

1월 중순이후 실적 급락

이현영 기자 g@bcctoday.co.kr 2016년 02월 11일 목요일 제2면 승인시간: 2016년 02월 10일 17시 51분

댓글 0

자면보기

최근 한파로 인해 상수도 사용량이 증가하면서 지난해 10월부터 실시중인 급수조정이 성과를 거두지 못하고 있는 것으로 나타났다. <이전 속출은 여자가 대세다>

자료: 대전MBC뉴스(2016.3.16); 충청투데이(2016.2.11)

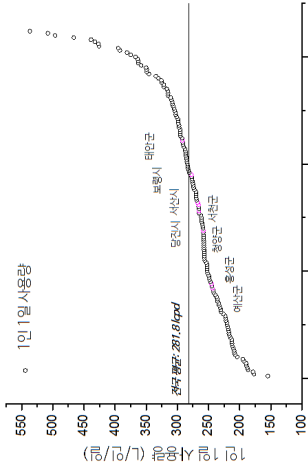
〈그림 2-10〉 가뭄지역의 물 사용량 증가에 대한 충남지역 언론 보도

### 3) 절수대상의 형평성 부족

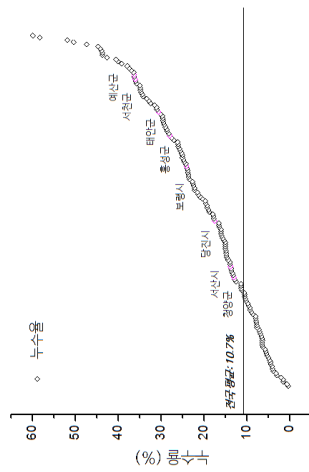
2015년 8월부터 보령댐 급수 대상 8개 시군에 동일하게 용수공급량을 20% 감축하는 급수조정을 시행하였는데, 상황의 시급성 때문이었겠지만 개별 시군의 물이용 형태 및 물질 약 잠재력에 대한 고려가 미흡했던 것으로 판단된다.

제한급수가 실시된 충남 서북부지역 8개 시군의 1인 1일 급수량은 서산과 당진을 제외한 6개 시군이 모두 전국 평균을 상회하지만, 이는 이들 지역의 누수율이 전국평균에 비해 크게 높기 때문이다. 1인 1일 수도물 사용량이나 1인 1일 가정용수 사용량의 경우, 당진, 서산, 보령, 태안 지역은 전국 평균과 비슷한 수준의 물이용량을 보이며, 예산, 홍성, 청양, 서천 지역의 물이용량은 전국 평균보다 적은 것으로 나타났다.<sup>41)</sup> 특히, 예산, 홍성, 청양, 서천 지역의 1인 1일 가정용수 사용량이 전국 평균을 크게 밑돌고 있어, 이들 지역의 주민들은 물사용량을 더 이상 줄이는 것이 다른 지역에 비해 더 어려울 것인데도 다른 지역과 동일한 비율로 물 사용량을 줄일 것을 요구받았다. 가뭄 시 시·군별로 절수량을 일률적으로 할당하면 이처럼 특정 지역의 주민들이 더 많은 불편을 감내해야 하므로 형평성 측면에서 문제가 있다.

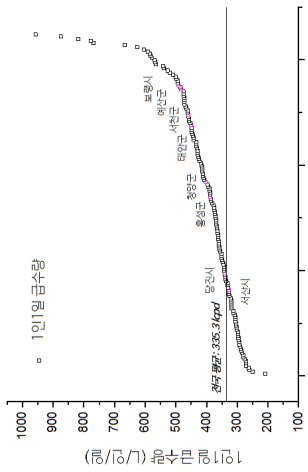
41) 환경부(2014).



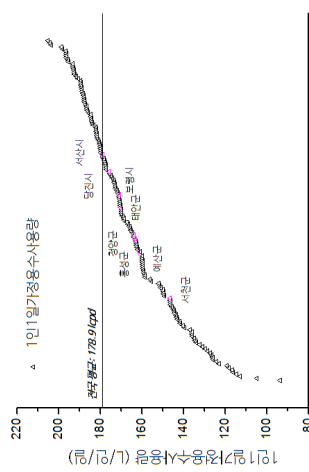
(a) 1인 1일 급수량



(b) 1인 1일 물 사용량



(c) 1인 1일 가정용수 사용량



(d) 누수율

(그림 2-11) 충남 8개 시군 상수도 관련 지표

자료: 환경부(2014)를 토대로 저자 작성.

## 제3장

# 가뭄 시 대체수자원 활용성 검토

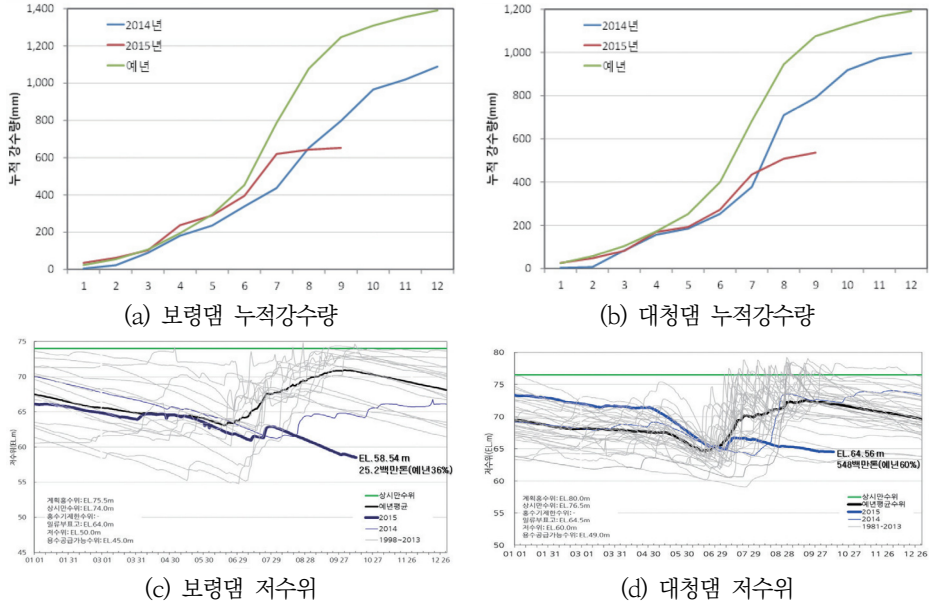
### 1. 대체수자원 확보의 필요성

2015년 충남 서북부지역의 가뭄에 따른 물공급 대책으로 보령댐 도수로 건설사업과 대청댐 및 용담댐 광역상수도로부터 대체공급이 추진되었다(그림 3-1).<sup>42)</sup> 이처럼 급수체계 간 네트워크를 구축하고 물이 남는 지역에서 부족한 지역으로 용수를 공급하는 방안은 한정된 수자원을 효율적으로 이용하고 물공급의 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다. 하지만 네트워크로 연결된 수원들이 모두 가뭄에 영향을 받는 지표수라는 점이 문제이다. 2015년 8~9월 보령댐의 강수량이 예전에 비해 크게 줄어들면서 2015년 10월 보령댐의 수위가 1999년 댐 운영 이후 가장 낮은 수준까지 떨어졌다. 2015년 7~9월 기간의 대청댐 강수량 또한 예년 강수량의 39.2%에 불과하였으며, 2015년 10월 대청댐의 수위는 1981년 댐 운영 이후 세 번째로 낮은 수준을 보였다.<sup>43)</sup> 보령댐과 대청댐의 광역상수도 급수구역이 서로 네트워크로 연결되어 있다 하더라도, 2015년 가뭄의 영향이 두 개의 댐을 비껴가지 않은 것이다.

42) 국무조정실 보도자료(2015.10.17).

43) 김정엽(2015), pp.14-21.





자료: 김정엽(2015).

〈그림 3-1〉 2015년 보령댐과 대청댐의 누적강수량 및 저수위 변화

지역별 및 용도별 수리권 개념·원칙이 정립되어 있지 않은 상황에서 가뭄 시 급수체계 네트워크를 통한 물이동은 지역 간 갈등을 야기할 가능성이 매우 높다. 2015년 충남 서북부 지역 가뭄에서도 지역 간 갈등의 조짐이 있었다. 2014년 감사원은 지천댐 건설 지연으로 충남 서북권 지역의 용수부족이 우려되자 대안 중의 하나로 용담댐을 수원으로 하는 전주권 광역상수도의 여유물량(13만 톤/일)을 충남지역에 공급하는 방안을 제시하였다.<sup>44)</sup> 이에 전 북지역 언론은 사설을 통해 향후 새만금 개발로 물수요가 증가할 것으로 예상되는 상황에서 “용담댐 지키기는 사활이 걸린 중대사”라며 용담댐 여유물량의 충남지역 공급방안에 대해 반대의를 분명히 하였다.<sup>45)</sup> 충남지역 언론 또한 사설을 통해 당장 필요한 지역에 물을 공급하는 것이 우선이라며, 전라북도에 “지역이기주의 중단”을 요구하였다.<sup>46)</sup>

44) 감사원(2014).

45) 전북일보(2015.3.23).

46) 금강일보(2015.3.24).

2001년 당시 건설교통부는 장래 금강유역의 물 부족에 대비해 충남 청양군 장평면 지천(之川)에 9,400만 $m^3$  규모의 댐을 건설하는 계획을 발표하였으나, 상수원보호구역 규제 및 지역개발 저해, 농작물 피해 등을 우려한 주민들의 반대로 무산되었다. 그 이전인 1990년, 1996년, 1999년에도 댐 건설이 제기되었으나 충남 청양, 금산 등 지역주민들의 반대로 추진되지 못했다.<sup>47)</sup> 이후 국토해양부의 『2025 수도정비기본계획』과 『댐건설장기계획 2012~2012』에서 내포신도시 등 용수수요 증가에 따른 물 부족에 대비해 지천댐 건설을 포함한 충남서부권 광역상수도 건설계획이 발표되었다.<sup>48)</sup> 지천댐의 규모(저수량)가 2,100만  $m^3$ 로 대폭 축소되었음에도, 자연환경 및 지역 공동체 파괴를 우려하는 지역주민의 반대로 여전히 추진되지 않고 있다.<sup>49)</sup>

2015년 가뭄으로 지천댐 건설 공론화 필요성이 제기되고 있으나<sup>50)</sup>, 지역주민의 반대가 과거에 비해 누그러질 것이라고 기대하기 어렵다. 최근(2013년) 중앙정부(국토교통부)는 댐 사업계획의 사전 검토를 강화하고 지역의 의견수렴 절차를 강화하는 등 댐 사업절차의 개선방안을 발표하였다.<sup>51)</sup> 따라서 댐건설로 인한 환경·생태계 훼손 문제에 대한 해결책이 제시되지 않고, 댐건설 예정지역 주민의 반대가 예전과 같이 지속된다면 지천댐 건설을 다시 추진하기 어려울 것이다. 또한 댐 건설에는 수몰예정지역의 토지를 수용하고, 댐 구조물을 건설하는 등 많은 시간이 걸린다. 『2025 수도정비기본계획』(국토해양부, 2009)에 따르면 지천댐의 사업기간이 2012년부터 2017년까지로 계획되어 있다.

이처럼 댐 건설 예정지역의 주민반대가 지속되고 있으며, 댐 건설에 5년 이상이 소요되며<sup>52)</sup>, 댐건설로 인한 환경 훼손 문제 등을 고려하면, 댐 건설은 수자원확보라는 분명한 효과 및 장점에도 불구하고 장기적인 방안으로 검토 가능할 뿐, 실현여부가 매우 불투명한 방안으로 판단된다.

47) 청양신문(2001.7.16).

48) 국토해양부(2009); 국토해양부(2012a).

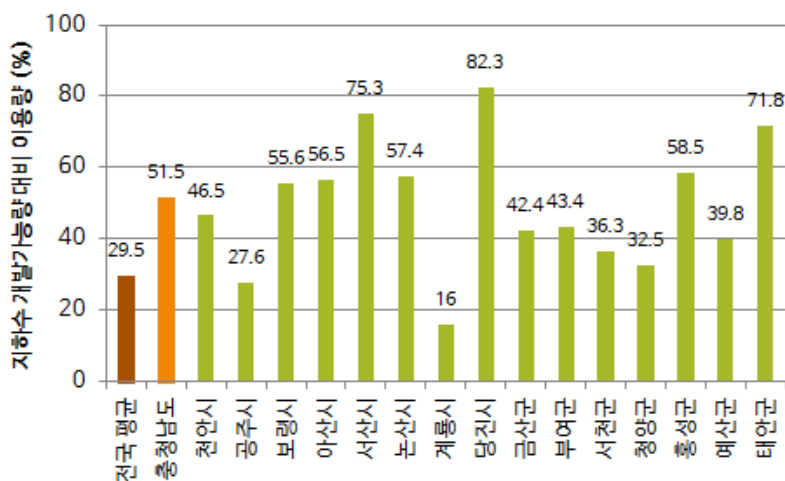
49) 충청투데이(2013.3.7).

50) 충청남도 도정뉴스(2015.9.29).

51) 국토교통부 보도자료(2013.6.14).

52) 한국에서는 댐 건설에 평균 5~6년이 소요되는 것에 비해, 일본에서는 평균 20년이 소요된다고 한다. 일본 역시 댐체 건설에는 5~6년이 소요되지만 생태계 조사·평가 및 보전계획 수립에 20년 이상 걸린다는 것이다 (강형식, 2015). 앞으로 댐 건설에 대한 환경영향평가가 선진국 수준으로 강화된다면 댐 건설에 소요되는 기간은 과거 댐건설 기간보다 더 늘어날 가능성이 높다.

한편, 국토해양부(2012b)에 따르면 2011년 시점에서 충남도는 지하수 개발가능량 중에 51.5%를 이용하였는데, 이는 전국 평균(29.5%)을 크게 상회하는 수치이다. 가뭄이 발생한 당진(82.3%), 서산(75.3%), 태안(71.8%) 등 충남 서북부지역은 이미 높은 비율로 지하수를 이용 중인 상황이다. 2023년에는 충남도의 지하수 개발가능량 대비 이용량이 54.5%로 상승하고, 당진과 서산 지역은 지하수 개발가능량 대비 이용량 비율이 81.5~83.2%까지 높아질 것으로 전망된다.<sup>53)</sup> 지하수는 가뭄 시에도 안정적으로 취수 가능하고 수질 또한 양호한 양질의 수자원이지만, 충남 서북부 지역은 이미 지하수를 많이 이용하고 있으며 미래에는 개발 가능한 양의 근접한 수준까지 지하수 개발이 이루어질 것으로 전망된다. 가뭄 시 일시적으로 개발가능량을 초과하여 지하수를 개발하여 공급할 수는 있겠지만, 대체수자원 확보 목적으로 충남 서북부 지역에서 지하수자원을 추가로 개발하는 것은 지속가능한 대안이 아닌 것으로 판단된다.



자료: 국토해양부(2012b)를 토대로 저자 작성.

〈그림 3-2〉 지역별 지하수 개발가능량 대비 이용률 (2011년)

53) 국토해양부(2012b).

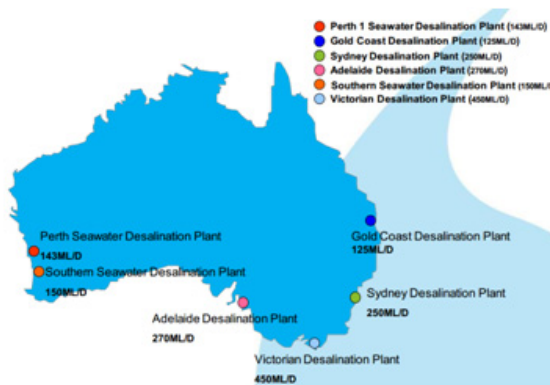
## 2. 해수담수화의 활용성 및 한계

### 가. 해외 동향

해안지역에서 해수담수화(desalination)는 가뭄에 영향을 받지 않는 안정적인 물공급 방안으로 “Climate-proof” 또는 “Drought-proof” 수원으로 불린다. 심각한 가뭄을 경험한 호주와 미국 California에서도 대체수자원으로 해수담수화를 도입하였다.

2000년대 Millennium Drought을 겪은 후 호주의 Perth, Gold Coast, Sydney, Adelaide, Victoria 등 해안 대도시들은 가뭄 및 기후변화에 대비해 먹는 물을 확보할 목적으로 12만 5,000~45만 $m^3$ /일 규모의 해수담수화 시설을 건설하였다(그림 3-3).<sup>54)</sup>

Pacific Institute(2012)에 따르면 미국 California에는 30 $m^3$ ~1만 600 $m^3$ /일 규모의 비교적 소규모 담수화시설이 건설되어 있는데, 2012년에는 규모가 950 $m^3$ ~57만 $m^3$ /일의 해수담수화시설 19개에 대한 건설계획이 제안되었다.<sup>55)</sup>

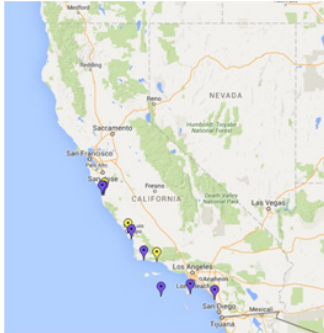


자료: Sanz(2012).

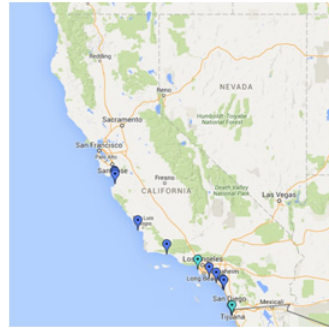
〈그림 3-3〉 호주 해수담수화시설 설치 현황

54) Sanz(2012).

55) Pacific Institute(2012).



(a) 설치



(b) 설치 제안

자료: Pacific Institute, <https://goo.gl/7leL4U>; <http://goo.gl/vmaF7O>.

〈그림 3-4〉 미국 California 주 해수담수화시설 설치 및 설치제한 현황

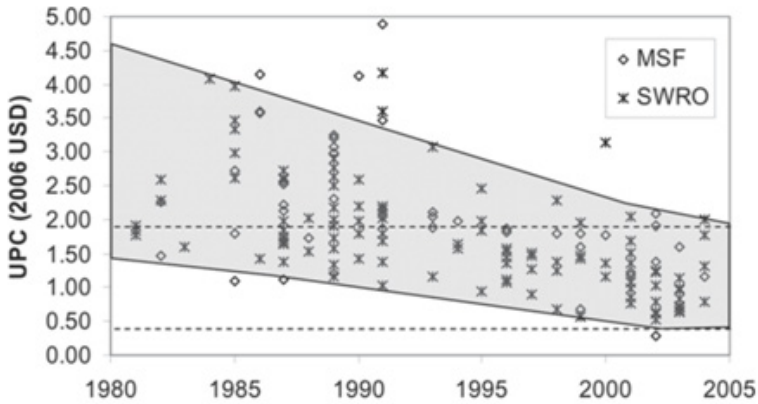
## 나. 해수담수화 생산비용

### 1) 해수담수화 생산비용 추이

Ghaffour et. al.(2013)에 따르면 2012년 1/4분기를 기준으로 전체 해수담수화시설 용량(6,640만 $m^3$ /일) 중 역삼투막(Reverse Osmosis: RO) 공법이 59.9%를 차지하며, 다단증발법(Multi-Stage Flash distillation: MSF) 공법이 26.0%를 차지한다.<sup>56)</sup> 과거에는 MSF 공법이 다수를 차지하였으나 역삼투막을 이용한 해수담수화(Seawater Reverse Osmosis: SWRO) 및 기수담수화(Brackish Water Reverse Osmosis: BWRO) 시설이 증가하는 추세이다. Wittholz et. al.(2008)이 1970년부터 2005년까지 건설된 331개 해수담수화시설의 생산비용 데이터베이스를 분석한 결과, 지난 20년간 해수담수화 생산비용은 0.5~2.0달러 수준까지 크게 감소한 것으로 나타났다(그림 3-5).<sup>57)</sup>

56) Ghaffour et al.(2013). pp.197-207.

57) Wittholz et al.(2008), pp.10-20.



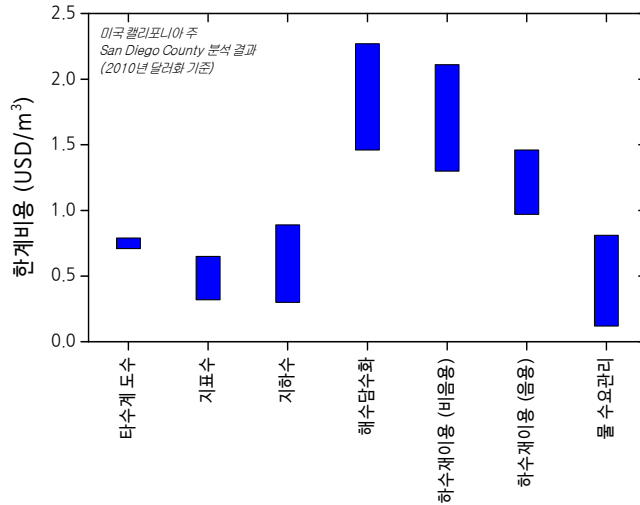
자료: Wittholz et al.(2008).

〈그림 3-5〉 해수담수화 생산단가 변화 추이

## 2) 해수담수화와 다른 수원과의 생산비용 비교

이처럼 해수담수화 생산단가가 과거에 비해 크게 낮아졌음에도 여전히 다른 수원에 비해서는 생산비용이 높은 수준이다. 미국 California 주 San Diego County에서 수원별로 용수생산에 소요되는 한계비용(marginal cost)을 분석한 결과, 해수담수화는 타수계 도수, 지표수, 지하수 등 전통적인 수자원을 이용하는 방식에 비해 비용이 월등히 높았다. 하수재 이용 또한 한계 생산비용이 높은 것으로 분석되었으며, 물 수요관리에 따른 비용은 지표수나 지하수 등 전통적인 수자원을 이용한 생산비용과 비슷한 수준이었다.<sup>58)</sup>

58) Equinox Center(2010).

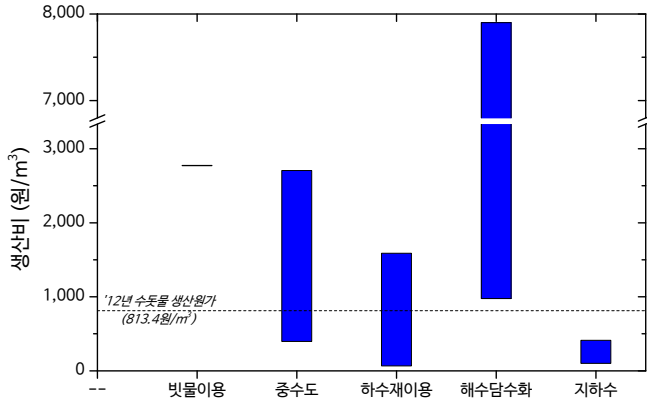


자료: Wittholz et al.(2008)을 토대로 저자 작성.

〈그림 3-6〉 해수담수화 생산단가 변화 추이

류문현(2014)이 국내 사례를 분석한 결과에서도 해수담수화는 2013년 수돗물 생산 원가인 813.4원/m<sup>3</sup>에 비해 최대 10배가량 소요되는 것으로 나타났다. 사여과 등 기본적인 처리를 거쳐 먹는 물 이외의 용도로 하수를 재이용하는 경우를 제외하면 빗물이용이나 하수 재이용 또한 수돗물 생산원가보다 2~3.4배가량 높았다.<sup>59)</sup>

59) 류문현(2014).



자료: 류문현(2014)를 토대로 저자 작성.

〈그림 3-7〉 해수담수화 생산단가 변화 추이

문제는 Pacific Institute(2012)가 지적한 것처럼 해수담수화 생산비용이 단기간에 획기적으로 줄어들 가능성이 낮으며, 에너지 비용이 증가할 경우 생산비용이 오히려 증가할 수 있다는 점이다.<sup>60)</sup> 미국 National Research Council 산하의 고도담수화기술 위원회는 미래 물공급 방안으로 해수담수화가 한 자리(niche)를 차지할 것으로 전망하면서도, 해수담수화 등 대체수자원 개발보다 물절약이나 거래(trading)를 통해 농업용수를 도시용수로 전환하는 것이 일반적으로 더 경제적이며 에너지 사용량 감소 등 부가적인 효과가 존재한다고 언급하였다.<sup>61)</sup>

### 3) 경제적 타당성 및 사회적 수용성 문제

해수담수화 생산단가는 시설규모를 대형화하여 낮출 수 있다. Wittholz et al.(2008)에 따르면 20만m<sup>3</sup>/일 규모의 SWRO 시설은 생산단가를 0.5달러/m<sup>3</sup> 수준으로 낮아지는 것으로 분석되었다.<sup>62)</sup> 하지만 〈그림 3-8〉처럼 규모의 경제를 확보하기 위해 설비용량을 키울

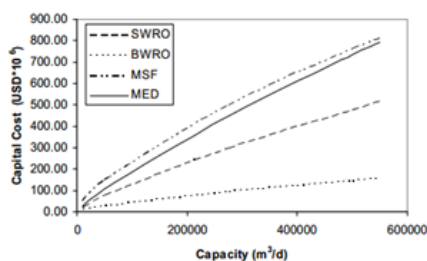
60) Pacific Institute(2012).

61) National Research Council(2008).

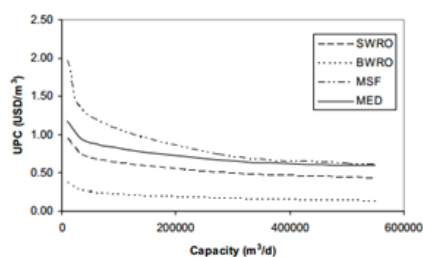
62) Wittholz et al.(2008), pp.10-20.



경우에 그에 비례하여 건설비가 증가하며, 그 결과 자금조달의 리스크가 커지고 담수화시설에 대한 수요변화에 더 취약해지는 문제가 발생한다.



(a) 시설규모에 따른 설치비



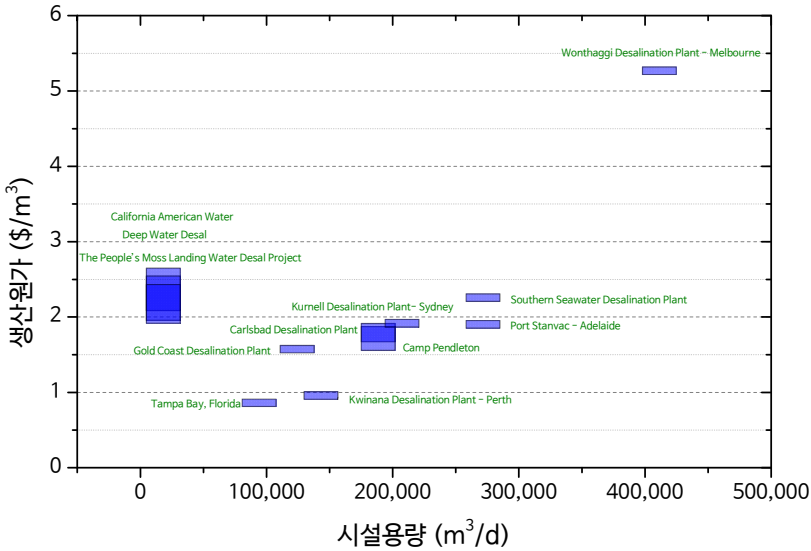
(b) 시설규모에 따른 생산단가

자료: Wittholz et al.(2008).

〈그림 3-8〉 해수담수화 시설규모에 따른 설치비 및 생산단가

시설용량이 커진다고 해서 생산단가가 반드시 낮아지는 것은 아니다. Pacific Institute(2012)가 미국과 호주에서 최근 완공되거나 제안된 담수화시설의 생산비용을 분석한 결과, 시설용량이 10만~20만m<sup>3</sup>/일로 큰 경우에도 생산단가는 1달러~2달러/m<sup>3</sup> 수준이었다. 호주 Melbourne에 건설된 Wonthaggi Desalination Plant는 시설규모가 41만 2,600m<sup>3</sup>/일에 달했지만, 생산단가는 5달러/m<sup>3</sup>을 넘는 것으로 나타났다(그림 3-9).<sup>63)</sup>

63) Pacific Institute(2012).



자료: Pacific Institute(2012)를 토대로 저자 작성.

〈그림 3-9〉 미국·호주에 건설되었거나 제안된 해수담수화시설의 생산원가

더 중요한 문제는 해수담수화시설이 가뭄이 발생한 시기에는 환영을 받지만 가뭄이 해소 되면 비난의 대상이 될 수 있다는 점이다. 미국 Florida 주와 호주에서 가뭄이 심했던 시기에 해수담수화시설이 건설되었지만, 가뭄이 해소되고 댐용수 등 저렴한 전통적인 수자원이 풍부한 상황이 되자 해수담수화시설의 운영을 중지하는 경우가 많았다(표 3-1).<sup>64)</sup>

높은 생산비용 때문에 해수담수화시설의 운영을 중지하더라도, 건설비를 회수해야 하므로 수도요금에 인상되어야 하며, 요금인상으로 주민들의 반발 또한 높아진다. 민-관 파트너십(public-private partnership)으로 건설된 해수담수화시설은 지자체 마음대로 시설의 운전을 중단할 수 없으며, 운전 중단으로 발생하는 민간사업자의 피해를 지자체가 보상해줘야 하는 문제가 있다.

해수담수화시설이 정치적인 문제로 비화되는 경우도 있다. 호주 Victoria 주에서는 강수량이 줄어들자 주정부가 Wonthaggi Desalination Plant의 운전을 재개하는 계획을 발표하였다. 시민들과 야당은 해수담수화시설의 운전이 불필요함에도 담수화시설의 건설을 합리화할

64) Pacific Institute(2012).

목적이라며 반대하였다. 반면, Victoria 주정부는 다음 해에 예상되는 물 부족 상황에 대비해 완충능력을 확보하기 위해 담수화시설 운전을 재개한다는 입장이다.<sup>65)</sup>

그 외에 본 연구에서는 다루지 않았지만 담수화공정에서 발생하는 농축액을 해안에 방류할 때의 생태계 영향에 대한 우려도 존재한다.

---

65) The Australian(2014.10.18); ABC NEWS(2016.3.6).

〈표 3-1〉 최근 건설된 미국호주의 해수담수화시설 운영 상황

시설명	위치	기동개시일	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	운영 상황 (2012년 기준)
Tampa Bay Desalination Plant	Tampa Bay, Florida, USA	2007	94,625	간헐적으로 가동
Tugun Desalination Plant	Gold Coast, Australia	2009. 2	124,905	운영비 문제로 2010년 12월부터 가동 대기 상태
Kurnell Desalination Plant	Sydney, Australia	2010. 1	249,810	댐저수량 확보로 2012년 7월부터 가동 대기 상태
Kwinana Desalination Plant	Perth, Australia	2006. 11	143,830	가동 중
Southern Desalination Plant	Binningup, Australia	2011. 9 (Phase I) 2012년 후반 (Phase II)	272,520	Phase I 가동 중 Phase II 건설 중
Wonthaggi Desalination Plant	Victoria, Australia	2012년 말	412,565	성능시험 중 2013년 1월부터 가동 대기 예정
Port Stanvac Desalination Plant	Adelaide, Australia	2013	272,520	2015년 가동 대기 예정

자료: Pacific Institute(2012)를 토대로 저자 작성.

#### 4) 국내 해수담수화시설 생산비용 논란의 시사점

국토교통부는 역삼투막 방식의 담수화기술을 적용한 해수담수화플랜트 시장을 선점하기 위해 2006년부터 2014년까지 해수담수화플랜트 R&D 사업을 추진하였다.<sup>66)</sup> 2009년 4월 한국건설교통기술평가원(現 국토교통과학기술진흥원), 광주과학기술원, 두산중공업 그리고 부산광역시 간에 「해수담수화플랜트 테스트베드 협약」을 체결하고, 부산시 기장군에 2009년부터 2014년까지 1,954억 원을 투입하여 해수담수화 플랜트를 건설하였다. 사업비 1,954억 원은 국비(823억 원), 시비(425억 원) 및 민자(706억 원)를 통해 조달되었다.<sup>67)</sup>

해수담수화시설의 높은 운영비는 이미 사업 초기부터 언론을 통해 문제가 제기되었고 시설 준공이 다가오면서 논란은 더욱 거세졌다. 2010년 부산시의회의 행정사무감사에서 수돗물 정수원가(450원/m<sup>3</sup>)와 해수담수화시설 담수원가(1,000원/m<sup>3</sup>) 차액의 비용보전 문제가 제기되었다.<sup>68)</sup> 2014년에도 지역 국회의원이 해수담수화시설 가동으로 지방재정이 더 열악해질 수 있음을 경고하면서 해수담수화 생산단가 인하를 위한 후속 R&D사업 예산확보를 정부에 촉구하였다.<sup>69)</sup>

2016년 부산시는 정수구입비로 낙동강 원수의 수돗물 생산원가를 기준으로 산정된 80억 원(2만 1,000m<sup>3</sup>)만을 부담하며, 실제 생산원가와와의 차액 18억 원은 정부가 2019년까지 보전할 계획이다. 부산시는 인수시점까지 해수담수화시설의 전력효율을 높이고 부산시 상수도요금을 현실화하면 m<sup>3</sup>당 1,000원 수준으로 담수화시설의 생산단가를 낮출 수 있다는 입장이다.<sup>70)</sup>

부산 기장에 건설된 해수담수화시설은 R&D 실증 플랜트라는 특수한 경우에 해당한다. 해외시장 진출 기반을 마련하기 위해 건설된 실증 플랜트이므로, 해수담수화 시설의 운영비의 국고보조가 가능하도록 「수도법」이 개정되었고,<sup>71)</sup> 에너지 저감기술 개발, 농축수 재활용·

66) 국토교통부(2013).

67) 부산광역시 상수도사업본부(2014.1.22).

68) 아시아투데이(2010.11.23).

69) 기장신문(2014.10.24).

70) 국제신문(2015.12.7); 에너지경제(2015.12.10); 부산일보(2014.12.24)

71) 2011년 7월 수도법 개정으로 해수담수화 시설의 운영비를 국고에서 보조할 수 있는 근거가 마련되었다(수도법 제75조(국고 보조 등)). 수도법 시행령은 총사업비의 30%를 기준으로 지자체의 수돗물 생산원가, 수도요금 등을 고려해 20% 범위 내에서 가감하여 보조율을 정할 수 있도록 국고보조 기준을 정하고 있으나[시행령

위해성 연구 등을 위해 2014년부터 2018년까지 국비 120억 원을 투입하여 후속 R&D 사업이 진행 중이다. 실제 담수화시설 생산원가와 기존 방식의 수돗물 생산원가와 차액에 대한 보전비용도 후속 R&D사업비에 포함되어 있다.<sup>72)</sup>

최근 부산시는 취수원 다변화사업의 일환으로 2021년까지 3,000억 원을 투자하여 부산시 강서구 일대에 10만m<sup>3</sup>/일 규모의 기수담수화시설(BWRO)을 건설하는 계획을 발표하였다. 해당 사업은 일반적인 상수원 확보사업으로 기수담수화시설의 운영비에 대한 정부 지원을 기대하기 어렵다는 점에서 기장에 건설된 해수담수화시설의 경우와 차이가 있다. 기수담수화 시설(BWRO)은 해수담수화시설(SWRO)에 비해 건설비와 생산단가가 30~40%에 불과한 것으로 보고되었지만,<sup>73)</sup> 역삼투막 공정의 특성 상 생산단가가 일반적인 수돗물 생산단가보다 낮아지기는 어려울 것으로 예상된다. 따라서 해수담수화시설의 건설비 및 운영비에 대한 면밀한 분석이 이루어져야 하며, 앞으로 주민들이 부담해야 하는 수도요금 인상수준에 대한 공감대 확보가 필요하다.

### 3. 중수도·빗물이용의 활용성 및 한계

#### 가. 중수도·빗물이용의 적용 가능 분야

미국 National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016)에 따르면 중수도나 빗물이용 시설을 단독주택 규모, 공동주택 규모 또는 광역 규모로 적용할 수 있다 (표 3-2).<sup>74)</sup> 단독주택 규모에서는 일반적으로 잡배수를 처리 없이 조경용수로 활용하는 방식으로 중수도가 적용되며, 비용 문제로 용량을 크게 하여 설치하기 어렵다. 빗물이용 역시 단독주택 규모에서는 용량이 제한적이며, 비가 내린 시점에서 인접한 시기에만 수돗물 대신에 조경용수와 실외용수로 사용될 수 있다. 지붕에서 집수된 빗물이 주로 이용되는데 이는 수질이 양호하기 때문이다. 공동주택 규모에서 소독 등 처리공정이 포함된 복잡한 형

제66조(수도사업자에 대한 국고보조)], 운영비에 대한 보조 기준은 마련되어 있지 않다.

72) 부산광역시 상수도사업본부(2014.1.22).

73) Wittholz et al.(2008), pp.10-20.

74) National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016).

대로 중수도 시스템을 적용할 수 있으며, 사람이 접촉하는 용도에도 활용될 수 있다. 공동주택 규모에서는 탱크나 저류조를 대용량으로 설치할 수 있으므로 비가 내리지 않는 시기에도 활용이 가능하며 지하수 함양 목적으로 빗물이용시설을 운영할 수 있다. 광역 규모에서는 신규 주택단지 개발 시 중수도를 도입하는 것이 적합하다. 광역 규모로 공원이나 레크리에이션 시설에 빗물이용시설을 설치할 수 있는데, 수질 문제 때문에 처리공정을 필요로 할 수 있다.<sup>75)</sup>

---

75) National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016).

〈표 3-2〉 중수도 및 빗물이용 적용 가능 분야

중수도		빗물이용	
규모	중수도	중수도	빗물이용
<p>단독주택 규모 (~4천m<sup>2</sup>)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비용 문제로 용량이 제한적</li> <li>· 처리 없이 침배수를 조정용수로 활용(가장 일반적인 형태)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 비용 문제로 용량이 제한적</li> <li>· 조정용수/실외용수 보조 역할 (비 내린 시점 부근에서 이용 가능)</li> <li>· 지붕에서 집수된 빗물을 주로 이용(수질 양호)</li> </ul>	
<p>공동주택 규모 (~2.6km<sup>2</sup>)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 소독 등 처리공정이 포함된 복잡한 시스템 구성 가능</li> <li>· 사람과 접촉하는 용도 등 적용 분야 확대 가능</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 대용량 탱크/저류조 설치 시 비가 내리지 않는 시기에도 이용 가능</li> <li>· 지하수 함양 시설로 도입 가능</li> </ul>	
<p>광역 규모 (2.6km<sup>2</sup> 이상)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 신규 주택단지 개발에 적합</li> <li>· 별도 배관공사가 필요하므로 기존건물엔 비경제적</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공원 경관시설, 위락시설에 적용 가능</li> <li>· 수질 문제 때문에 처리과정 필요</li> </ul>	

자료: National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016)을 토대로 저자 작성.



빗물이용시설 중에서 대규모 지하수 함양시설은 가뭄 대응능력을 높이는데 기여할 수 있지만, 단독주택 규모에서 빗물이용시설은 갈수기에 활용성이 낮다. 공동주택에 설치된 중수도 시설은 화장실 용수 등 옥내 물 사용량의 최대 20%를 대체할 수 있다. 특히 주거 시설은 상업·산업시설에 비해 잡배수 발생량이 크고 안정적이므로, 공동주택에서 비음용 목적으로 중수도가 활용될 수 있으며, 가뭄에 영향을 받지 않는 안정적인 수원으로 기능할 수 있다. 중수도 이용에서의 이슈는 재이용수 중의 병원성 미생물(pathogen) 및 유기물로, 이들 항목에 대해 위해성 평가에 근거해 용도에 적합한 합리적인 수준의 수질기준을 설정하는 것이 필요하다.<sup>76)</sup>

〈표 3-3〉 중수도 및 빗물이용의 가뭄 시 적용성

	중수도	빗물이용
단독주택 규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가뭄 시에도 활용 가능</li> <li>· 세탁기 → 정원조경 등 간단한 시스템이 경제성 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 집수용량이 작아 갈수기에 활용성 낮음</li> </ul>
공동주택 ~ 광역 규모	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공동주택에서 비음용 용도로 활용성 높음 (상업·산업시설에 비해 발생량이 크고 안정적임)</li> <li>· 가뭄에 영향을 받지 않는 안정적인 수원으로 기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빗물을 지하수함양에 사용하여 가뭄 시 지하수 이용가능량 제고 가능</li> <li>· 공동주택 옥내 물 사용량 대체효과</li> <li>· 충분한 용량 확보 시 안정적인 수원으로 기능(수원 다변화 효과)</li> </ul>

자료: National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016)을 토대로 저자 작성.

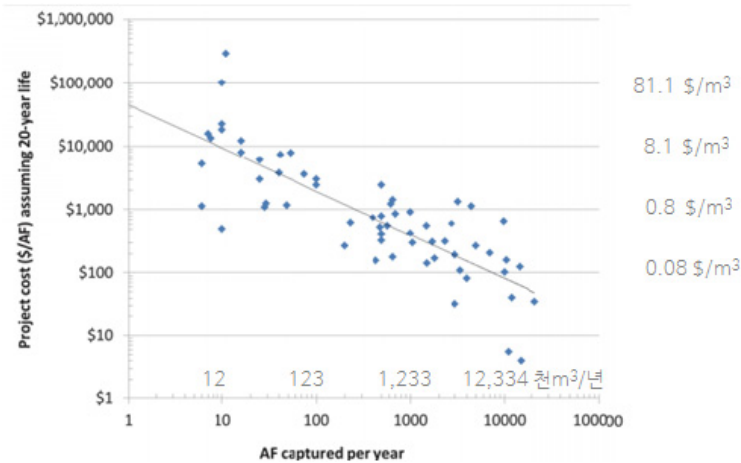
## 나. 중수도·빗물이용의 경제성

미국 California의 빗물이용 프로젝트 188건을 분석한 결과, ‘규모의 경제’ 효과가 분명히 나타났다. 연간 빗물집수이용 규모가 1,000만 $m^3$ /년을 넘으면 사용기간 20년을 기준으로 비용이 0.1달러/ $m^3$  수준으로 낮아졌다(그림 3-11).<sup>77)</sup> 국내에서 대규모로 빗물이 이용되는 곳은 스카이힐 제주CC(70만 3,000 $m^3$ /년)를 비롯해 대부분 골프장으로 주로 조경용

76) National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016).

77) National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016).

수로 빗물을 이용한다.<sup>78)</sup> 반면, 최근에 건설된 동대문디자인플라자의 빗물이용시설(1만 6,000m<sup>3</sup>/년) 등 공동주택이나 상업용 건물은 시설용량이 매우 작아 앞에서 언급한 규모의 경제 효과를 기대하기 어렵다.



자료: National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016).

〈그림 3-10〉 연간 빗물이용량에 따른 빗물이용 비용

실제로 환경부(2011a)에 따르면 국내 빗물이용시설 대부분은 운영이 지속될수록 적자가 커지는 것으로 분석되었다.<sup>79)</sup> 다만, 서울 광진구 주상복합단지인 스타시티는 성공사례로 제시되었는데, 서울시 광진구 지구단위계획에 따라 건설 시 빗물이용시설 설치가 권장되었으며, 빗물이용시설 설치 조건으로 용적률 3%의 인센티브가 부여되었기 때문이었다. 2007년 기준으로 스타시티 빗물이용시설 설치에 4억 5,000만 원이 들었으며, 2007년 6월부터 2008년 5월까지 1년간 전기요금 136만 원 소요되었다. 빗물이용시설 설치 및 유지 관리에 드는 비용에 비해 용적률 인센티브가 크기 때문에 수도물 사용량 절약에 따른 편익과 관계없이 경제성을 확보할 수 있었다.<sup>80)</sup>

78) 환경부(2015a).

79) 환경부(2011a).

80) 환경부(2011a).

중수도의 경우, 경기도 용인 에버랜드 중수도 시설은 상수도를 사용할 때와 비교해 연간 6억 원 절감효과가 있는 것으로 분석되었다. 인천공항에서 사용되는 중수도시설의 경제성을 분석한 결과, 2008년을 기준으로 시설의 운영에 56억 7,500만 원이 소요되고, 하수도요금, 수돗물 대체효과 등 운영수익이 53억 1,300만 원으로 나타났다.<sup>81)</sup>

#### 4. 하수재이용의 활용성 및 한계

##### 가. 하수재이용 적용 가능 분야

하수재이용은 가뭄 시에 안정적인 수원으로 기능할 수 있지만, 경제성 문제로 주로 처리장 인근에서 재이용된다. 국내에서는 2014년 기준으로 국내에서 하수의 13%가 재이용되며, 재이용수 중 장내용수로 이용되는 비중이 52.9%에 달하지만,<sup>82)</sup> 하수재이용은 장내용수 외에도 조경, 농업, 도시, 산업, 저수지, 환경보전, 지하수함양, 보조식수원 등의 분야용도로 활용될 수 있다(표 3-4).

하수재이용 용도 중에서도 가뭄과 관련해 하수처리수를 대수층에 함양시킨 다음, 이를 취수하여 먹는 물을 생산하는 간접적인 먹는 물 재이용(Indirect Potable Reuse)이 물 부족 지역에서 활성화 되어 있다.

81) 환경부(2011a).

82) 환경부(2015a).

〈표 3-4〉 하수재이용 용도 및 한계

유형	세부 용도	한계
조경용수	· 공원, 운동장, 공동묘지, 골프장, 도로, 녹지, 주택가 잔디 등	· 이종공급배관 설치비용 발생 · 시기별로 수요량이 크게 변화 · 용존 고형물(TDS)이 높을 경우 작물에 부정적 영향
농업용수	· 식량, 사료, 섬유작물, 종자, 양식, 잔디 양육, 임업, 서리방지 등	· 발생원에서 사용처까지 거리가 멀 · 이종공급배관 설치비용 발생 · 시기별로 수요량이 크게 변화 · 용존 고형물(TDS)이 높을 경우 작물에 부정적 영향
도시용수 (비음용)	· 대/소변기 플러싱, 소방용수, 에어컨 냉각수, 상업 부문 세탁용수, 차량 세차, 도로 청소, 분수 등	· 이종공급배관 설치비용 발생 · 건물 내 이종배관 설치 필요 · 교차오염 위험 높음
산업용수	· 냉각수, 보일러 공급수, 굴뚝 세정수, 공정	· 처리장에서 재이용 장소까지 거리에 따라 이종공급배관 설치비용 증가 · 사용 목적에 따라 추가처리 필요
저수지	· 경관, 레크리에이션 목적 (신체가 물에 접촉하는 형태 포함)	· 이종공급배관 설치비용 발생 · 녹조 관리를 위해 영양물질 제거 필요 · 처리수 수질 및 중 민감도에 따라 생태계 영향 가능성 존재
환경보전	· 하천유량 증진, 습지/소택지 물공급	· 영양염류 및 암모니아 제거 필요 · 처리수 수질 및 중 민감도에 따라 생태계 영향 가능성 존재
지하수 함양	· 대수층 저장/복원, 염수침입 제어, 지반 침하 제어	· 수리지질 조건이 적합해야 함 · 높은 수준의 추가처리가 필요할 수 있음 · 지하수 수질 악화 가능
보조 식수원	· 처리 후 수돗물로 공급	· 매우 높은 수준의 정수처리 및 처리 후 저장 필요 · 에너지 소모가 클 수 있음
기타	· 물고기 양식, 제설, 토양 압축, 분진 관리, 장비 세척, 가축 사육 등	-

자료: National Research Council(2012)을 토대로 저자 작성.

## 나. 먹는 물 용도의 하수재이용

### 1) 직접적인 먹는 물 용도의 재이용 사례

심각한 가뭄을 경험한 미국과 호주는 하수처리수를 직접 먹는 물로 재이용(Direct Potable Reuse)하는 방안을 추진하였다. 미국 California 주는 2012년부터 2016년까지 먹는 물로 하수처리수를 이용하기 위한 “Direct Potable Reuse Initiative”를 추진 중이며, 현재 하수처리수의 먹는 물 이용을 위한 수질기준을 수립 중에 있다.<sup>83)</sup> 호주 Queensland 주는 하수처리수를 먹는 물 수준으로 고도 처리 후 급수 네트워크에 연결하는 「Western Corridor Recycled Water Scheme」 사업을 2008년에 완료하였다.<sup>84)</sup>

이처럼 하수처리수를 직접 먹는 물로 이용하는 방안이 시도되는 이유는 해수담수화와 마찬가지로 하수재이용이 “Climate-proof” 또는 “Drought-proof” 수원으로 기능할 수 있기 때문이다. 한국뿐 아니라 미국에서도 지역에 따라 갈수기에는 취수원으로 이용되는 하천의 유량 중에서 하수처리장 방류수가 대부분을 차지하여 하수처리수가 사실상(‘de facto’) 먹는 물로 이용된다.<sup>85)</sup> 간접적으로 하수처리수를 재이용하는 경우에는 별도의 공급 배관을 설치하는데 비용이 발생하고 교차오염의 위험이 존재한다. 최근 막분리공정, 소독기술 등 정수처리기술의 발전을 고려할 때 하수처리수를 먹는 물 수준까지 처리하는 것이 가능하며, 기존의 수도배관을 이용해 공급하는 방안이 간접적인 하수재이용에 비해 더 비용-효과적이라는 의견도 있다.<sup>86)</sup>

### 2) 하수처리수 먹는 물 이용에 대한 주민 거부감 문제

그러나 호주의 사례를 보면 하수처리수의 먹는 물 이용에 대한 시민들의 거부감을 해소하는 것이 어려운 과제임을 알 수 있다. 호주 Queensland 주의 “Western Corridor Recycled Water Scheme”은 3개 고도하수처리장에서 처리한 하수를 200km 송수관로를 통해 상수

83) WaterReuse California(2015).

84) JACOBS(2015).

85) Rice et al.(2013), pp.11099-11105.

86) Sedlak(2015).

원인 Wivenhoe 댐과 연결하는 것으로, 가뭄이 극심했던 2006년에 착공되어 2008년 11월에 완공되었다(그림 3-11).<sup>87)</sup>



자료: JACOBS(2015).

- **공사 개요**
  - 공사기간: 2006~2008.11
  - 공사비: 25억 호주달러 (한화 약 2조 2,000억 원)
  - 시설용량: 총 23만 2,000m<sup>3</sup>/d
  - 고도처리공정: MF + RO + UV
- **시설 운영·관리**
  - 관리 책임: Seqwater (공기업)
  - 시설 운영: Veolia (민간)

〈그림 3-11〉 호주 Western Corridor Recycled Water Scheme

2007년 호주 Queensland 주정부는 하수처리수의 먹는 물 이용에 대한 주민 지지가 부족한 상황에서, “Western Corridor Recycled Water Scheme”을 통해 하수처리수를 Wivenhoe 댐(식수원)에 공급하는 계획을 발표하였다. 당시 호주의 다른 주에서는 하수재이용에 대한 주민의 우려나 공포를 고려하여 먹는 물로 하수처리수를 재이용하는 것을 명시적으로 배제하던 것과는 상당히 다른 행보였다.<sup>88)</sup> 2008년 후반 강수량 증가로 가뭄이 완화되자 하수처리수의 댐 공급 계획을 연기하였고, 2009년 3월 Wivenhoe 댐의 수위가 회복되면서 댐 저수위가 40% 이하로 낮아질 경우에만 하수처리수를 댐에 공급하는 것으로 결정하였다.<sup>89)</sup>

87) JACOBS(2015).

88) Head(2014), p.33.

89) Head(2014), p.33.

2010년 12월에는 일부 고도처리시설의 운영을 잠정 중단(standby)했다. 향후 10년간 댐 수위가 40% 이하로 낮아지지 않을 것으로 전망되자, 2013년 7월에는 고도처리시설 운영을 아예 중단(decommission)하는 결정을 내렸다. 2014년 2월에는 고도처리시설과 댐을 연결하는 대형 송수관로까지 운영을 중단하는 결정이 내려졌다.<sup>90)</sup> 약 2조 2,000억 원을 들여 건설한 하수처리수 재이용시설이 먹는 물 공급이라는 당초 목적으로는 한 번도 이용되지 못하고 운영이 중단되는 것이다. 시설의 운영은 민간회사인 Veolia가 담당하므로, 관리 책임이 있는 공기업인 Seqwater는 하수처리수 재이용시설 및 송수관로의 운영 중단으로 민간회사가 입게 되는 손해를 산정하여 보상해야 하는 상황이다.

### 3) 시사점

해외 사례에서 보듯 가뭄 시 먹는 물 공급원으로 하수처리수를 이용하는 것은 기술적으로는 타당할 수 있으나 주민들의 거부감을 극복하기 어려울 것으로 판단된다.

환경부(2011a)에 따르면 간접적 편익을 제외할 경우 하수처리수를 공업용수로 재이용할 경우에만 경제성을 가지는 것으로 나타났다. 공업용수 용도의 하수재이용 시 경제성은 상·하수도요금, 공급량, 관로길이에 따라 차이는 있으나, 물 값이 3~400원에 불과한 냉각수 용도를 제외하면 대부분의 조건에서 경제성을 확보하는 것으로 나타났다.<sup>91)</sup> 따라서 가뭄 취약지역의 산업단지를 대상으로 하수처리수 공급을 확대하는 것이 합리적일 것이다. 용수 생산보다 용수 사용처 및 사용량 확보에 따라 하수재이용의 경제성이 좌우되므로,<sup>92)</sup> 경제성이 확보되는 사용처를 중심으로 민간투자를 통해 하수재이용 사업을 추진하는 것도 가능하다.

## 5. 소결

해수담수화와 하수재이용은 가뭄에 영향을 받지 않는 수자원으로 기능할 수 있으며, 규모가 확보된다면 빗물이용이나 증수도 또한 가뭄에 대비한 용수공급 수단으로 활용될 수 있

90) JACOBS(2015).

91) 환경부(2011a).

92) 환경부(2011a).

다. 대체수자원을 공급하기 위해서는 대규모 인프라 투자가 필요하며, ‘규모의 경제’가 작동하기 위해서는 시설용량이 대형화되어야 하는 것으로 나타났다.

문제는 미국과 호주 사례에서 보듯, 가뭄이 심각할 때에는 대체수자원 개발을 위한 투자에 대한 사회적인 지지가 높으나, 가뭄이 해갈되면 대체수자원에 대한 사회적인 인식이 급변한다는 점이다. 경제적인 기존 수자원(지표수)이 충분하기 때문에, 값비싼 대체수자원 이용을 기피하지만, 시설의 가동률이 낮거나 가동이 중단됨에도 불구하고 이미 투자된 금액의 회수를 위해 수도요금이 인상되며, 그로 인해 주민들의 반감 및 정치적 갈등이 심화되는 문제를 확인할 수 있었다. 특히, 민간투자 시설의 경우, 가동률 감소 또는 운영 중단에 대한 보상이라는 복잡한 문제가 얽혀있다.

따라서 가뭄에 대비한 대체수자원 개발은 경제적 타당성에 대한 면밀한 검토가 선행되어야 한다. 물 이용자가 가격이 더 비싼 대체수자원의 사용료를 감당할 능력이 있어야 하며, 에너지 회수장치, 태양광발전, 막분리·펌프기술 등 기술의 발전정도가 고려되어야 한다.

주의해야 할 부분은 McEvoy(2014)가 지적한 것처럼 대체수자원도 댐건설과 같은 공급 확대 정책으로, 가뭄에 대비해 수자원 관리를 효율화하는 등 물관리 제도를 개선하는 어려운 작업을 회피하게 만들 수 있다는 점이다. 수자원계획 역량을 높이는 등 물관리 제도를 개선하기 위한 투자가 선행되어야 하며, 대체수자원을 포함한 대규모 인프라투자는 마지막 수단(last resort)으로 고려하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.<sup>93)</sup>

---

93) McEvoy(2014), pp.518-541.



## 제4장

# 가뭄 시 수요관리 대책 활용성 검토

### 1. 수요관리 대책의 중요성

3장에서 살펴본 것처럼, 해외 국가들의 분석에 따르면 대부분의 경우에 대체수자원 개발에 비해 수요관리가 더 비용-효과적인 것으로 나타났다. 특히, 기후변화로 물수급 전망의 불확실성이 커진 상황에서, 물 수요관리는 ‘후회 없는(no-regret)’ 적응대책이라는 장점을 지닌다. 수요관리는 또한 주민 만족도, 환경성 등 경제적인 부문 외에서도 공급측면의 방안에 비해 장점을 가진다.

Nadel(1992)이 분석한 전력분야의 수요관리 방안의 특징점은 물관리에도 거의 그대로 적용된다(표 4-1).<sup>94)</sup> 경제성 측면을 살펴보면, 공급확대 위주로 물관리 정책이 추진된 결과 아직 도입되지 않은 비용이 적게 드는 수요관리 대책이 다수 존재한다. 또한 경기침체와 복지지출 확대로 댐건설과 같은 대규모 재정투자가 실현되기 어려운 조건이다. 주민 만족도 측면에서는, 요금 현실화율이 낮아 체감효과가 크진 않지만 물절약으로 수도요금이 줄어들면 주민 만족도가 증가하게 된다. 노후 급수설비기기가 신규 설비기기로 교체되면 생활에서 편리성이 증가한다. 환경보호에 이바지하는 수도사업자의 대외적인 이미지도 높일 수 있다. 환경성 측면에서, 수자원시설 건설에 따른 환경영향에 대한 우려가 높아지고 환경영향평가 등 인허가 제도가 강화되면서 신규 수자원시설의 후보지를 찾기가 예전보다 더 어려운 상황이다. 해외에서는 에너지, 상·하수도 등 공공서비스의 규제기구가 사업자로 하여금 수요관리를 추진하도록 제도적으로 장려한다. 규제기구가 수요관리를 직접 명령하기도 하

94) Nadel(1992), pp.507-535.

고, 수요관리를 이행하지 않는 사업자에게 과징금을 부과하기도 하며, 수요관리 시 인센티브를 제공하기도 한다.<sup>95)</sup>

〈표 4-1〉 수요관리 방안의 특징점

구분	수요관리 특징·장점
경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공급확대 기조에 밀려 수요관리에 대한 관심 부족</li> <li>· 공급 비용에 비해 비용이 적게 드는 수요관리 대책이 많이 존재</li> <li>· 경제 침체, 복지지출 확대로 대규모 재정투자가 어려움</li> </ul>
주민 만족도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물절약을 통해 수도요금도 줄어들어 주민 만족도 증가</li> <li>· 노후 급수설비/기기를 신규 절수설비/기기로 교체하여 사용 편리성 증가</li> <li>· 수도사업자의 대외적인 이미지 제고 (환경보호)</li> </ul>
환경성	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 허가조건 강화로 댐 등 신규 수자원시설의 후보지를 찾기 어려움</li> <li>· 수자원시설 건설에 따른 환경영향에 대한 우려 증가</li> </ul>
규제여건	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외의 경우, 공공서비스 규제기관에서 사업자의 수요관리를 장려 (수요관리 직접 명령, 수요관리 미이행 시 과징금 부과, '최소 비용 계획법' 적용 요구, 계획 수립 시 환경적 외부효과 고려, 수요관리 인센티브 제공 등)</li> </ul>

자료: Nadel(1992)을 토대로 저자 작성.

## 2. 국내 수요관리 정책

### 가. 수요관리 정책 현황

#### 1) 가뭄관리 종합대책 수립연구(한국수자원공사, 2002)

2002년 한국수자원공사는 「가뭄관리 종합대책 수립연구」에서 수자원관리 관점에서 물 관리 체계 개편 및 가뭄관리 대책을 종합적으로 제시하였다(그림 4-1).<sup>96)</sup> 항구적 가뭄대책으로 수자원시설 확충, 기존 댐 효율적 활용 등 공급대책이 주로 제시되었지만, 가뭄 모니터링/조기경보, 시민참여를 통한 가뭄계획 수립, 자연재해보험 보장범위의 확장, 대체수자원 개발, 구조적/비구조적 용수수요관리 등 수요관리와 관련된 중요한 대책들도 제안되었

95) Nadel(1992), pp.507-535.

96) 한국수자원공사(2002).

다.97) 주목할 점은 2002년에 제안된 정책 중에서 가뭄 예·경보제도, 조직 전문화 및 연구기능 강화 등의 대안이 이번에 가뭄대책으로 채택되었다는 것이다.

<ul style="list-style-type: none"> <li>가뭄관리 체계 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>〈하천법〉 개정                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가뭄관리(갈수관리) 법적 근거 마련</li> <li>- 물 이용 경쟁 조정방안 명시</li> </ul> </li> <li>가뭄계획 수립                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모니터링/조기경보, 영향평가, 대책실행</li> <li>- 가뭄경보제공시스템 구축</li> </ul> </li> <li>부처간 협업체계 구성</li> <li>가뭄계획수립 시 시민참여 보장</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>향구적 가뭄대책             <ul style="list-style-type: none"> <li>신규 수자원시설 확충                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 댐 건설, 광역상수도 공급 확대</li> </ul> </li> <li>권역별 통합급수체계 구축                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다목적댐-수력발전댐-생활·공업·농업용수 상호연계 (전국 12개 권역, 권역내/권역간 급수체계 구축 및 통합관리)</li> </ul> </li> <li>기존댐 효율적 활용                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 다목적댐-수력발전댐 연계운영</li> </ul> </li> <li>대체수자원 개발                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빗물 활용, 해수담수화, 인공강우</li> <li>- 용수수요관리 (구조적/비구조적 대책)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>가뭄관리 법령 및 제도 개선             <ul style="list-style-type: none"> <li>"수자원기본법" 제정, 국가수자원 관리 기본 원칙 정립/제도화, 유역관리위원회 설치</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조직 전문화 및 연구기능 강화             <ul style="list-style-type: none"> <li>가뭄특성파악, 가뭄 예측, 가뭄관련 정보 제공</li> <li>가뭄 예·경보</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>범국민적 대응체계 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>자연재해보험에 가뭄 포함</li> <li>주민, 민간단체, 유관기관간의 협력체계 구축</li> </ul> </li> </ul>	

자료: 한국수자원공사(2002).

〈그림 4-1〉 가뭄관리 종합대책 수립연구(2002)에 제안된 정책 대안

## 2) 국가 물 수요관리 종합대책(환경부, 2007b)

정부의 물 수요관리 정책의 핵심은 환경부가 담당하는 「국가 물 수요관리 종합대책」이라 할 수 있다. 물소비 억제를 위한 다각적인 시책을 강구추진하라는 '99년 대통령 지시에 따라 2000년에 「물절약 종합대책」이 추진되었다. 「물절약 종합대책」은 2006년 말까지 7억 9,000만 $m^3$ 이라는 국가 물절약 목표를 설정하고, 「수도법」에 물절약을 위한 의무화 규정을 신설하였다. 이후 「물절약 종합대책」의 성과평가를 통해 문제점을 보완하고 수요관리 정책수단을 새로 도입하여 2007년에 「국가 물 수요관리 종합대책」을 수립하였다. 「국가 물 수요관리 종합대책」은 2007년부터 2016년까지 총 10억 2,100만 $m^3$ 의 수도물 절수를 목표로 공급, 사용 및 재이용 단계별로 수요관리대책을 제시하였다(표 4-2).<sup>98)</sup>

공급단계에서는 유수율 제고, 관망관리시스템 구축, 수도사업 경쟁력 강화 등의 대책이

97) 한국수자원공사(2002).

98) 환경부(2007a).

제시되었으며, 세부적으로 노후수도관 개량, 유수율 제고 시범사업 확대, 지방상수도 광역 단위 통합관리 등의 추진계획이 마련되었다. 사용단계에서는 절수설비 설치, 절수기기 보급 및 수도요금 개선이 주요 대책으로, 신축건축물 절수설비 설치 및 사후관리, 물 사용량 표시제 도입, 세탁기, 식기세척기 등 절수기기에 대한 인센티브 또는 리베이트 도입 등의 세부 대책이 제안되었다. 재이용 단계의 대책은 빗물이용시설 및 하수처리수 재이용으로 구성되며, 물 재이용법을 제정하고 물 재이용 계획을 수립하며, 재이용시설 설치비 및 수도요금을 지원하고, 하수재이용 시범사업을 확대하는 등의 세부계획이 제안되었다. 홍보·교육 분야에서는 물의 날 기념행사나 물 사랑 홈페이지 등 다양한 매체를 동원한 시민 참여형 홍보를 확대하고, 어린이 대상 교육, 물 사랑 실천 체험관 건립 등 물 수요관리 교육을 강화하는 내용을 담았다. 그 외에도 물 수요관리 평가모니터링 체계를 구축하고, 절수량 산정, 절수효과 검증 등에 대한 연구사업을 추진하는 내용이 제시되었다.<sup>99)</sup>

〈표 4-2〉 물 수요관리 종합대책(2007) 주요 내용

구분	내용	세부 방안
공급 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유수율 제고</li> <li>· 관망관리시스템 구축</li> <li>· 수도사업 경쟁력 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 노후수도관 개량사업(경년 21년 이상), 계량기 관리 강화</li> <li>· 관망정보관리 종합정보시스템 구축</li> <li>· 유수율 제고 시범사업 확대, 지방상수도 광역단위 통합관리</li> </ul>
사용 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 절수설비 설치</li> <li>· 절수기기 보급</li> <li>· 수도요금 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신축건축물 절수설비 설치 및 사후관리</li> <li>· 물 사용량 표시제 도입</li> <li>· 절수기기(세탁기, 식기세척기)인센티브/리베이트 도입</li> </ul>
재이용 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 빗물이용시설 관리 개선</li> <li>· 하수처리수 재이용 범위 확대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물 재이용법 제정 및 계획 수립</li> <li>· 설치비 및 수도요금 지원</li> <li>· 하수재이용 시범사업 확대, 민간 자본/기술 참여 확대</li> </ul>
홍보 및 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시민 참여형 홍보 확대</li> <li>· 물 수요관리 교육 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물의 날 기념행사, 캠페인, 물 사랑 홈페이지 등 홍보 매체 다변화</li> <li>· 어린이 대상 교육 강화, 물 사랑 실천 체험관 건립</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수요관리 평가·모니터링 체계 구축</li> <li>· 연구사업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물 수요관리 평가항목 및 기준마련</li> <li>· 수요관리 모니터링 평가단 구성/운영</li> <li>· 절수량 산정, 절수효과 검증, 적정 요금 수준 등에 대한 연구 추진</li> </ul>

자료: 환경부(2007a)를 토대로 저자 작성.

99) 환경부(2007a).

2007년에 수립된 「물 수요관리 종합대책」의 수정안이 2011년에 마련되었는데 다음과 같은 내용이 추가되었다.<sup>100)</sup> 공급단계의 누수저감 방안으로 기존 노후관 개량사업, 노후 옥내급수관 개량사업 외에 상수도관망 최적관리시스템 구축 및 유량계·계량기 관리강화가 추가되었다. 상수도관망 최적관리시스템 구축사업은 2010년부터 2014년까지 한시적으로 재정자립도가 30% 미만인 46개 지자체에 대해 시행되었다. 유량계·계량기 관리와 관련해 유량계 설치기준을 마련하고 계량기 불감수량을 개선하는 계획이 제시되었다. 사용단계에서는 절수설비 보급, 물사용량 표시제, 교육·홍보 외에 물절약전문업(WASCO)이 새로 추가되었다. 물절약전문업(WASCO) 투자사업이란 전문업체가 계약기간 동안 누수율 저감, 절수설비 설치 등 자본을 먼저 투자하고 이후 수도요금 절감액 등을 통해 투자비를 회수하는 사업을 의미한다.<sup>101)</sup> 재이용 단계에서는 하수처리수 재이용 외에 중수도 및 빗물이용시설에 대한 사항이 보완되었다. 중수도시설의 설치대상이 숙박업, 대규모 점포, 운수시설에서 택지·관광단지·산업단지·도시개발사업 및 물류시설로 확대되었다. 빗물이용시설 설치를 활성화하기 위해 설치 의무대상이 공공청사 및 지붕면적 1,000m<sup>2</sup> 이상 시설로 확대되었고, 대형빗물저류시설 설치를 확대하는 방안이 제시되었다. 그 외 제도개선 방안으로 하수처리수 재이용수 공급 시 광역상수도사업자와 갈등 해소를 위해 환경부, 국토부, 지자체, 사용자 협의회, 사업자 등이 참여하는 물 순환이용 협의회 구성·운영하고, 절수제품 인증 및 사후 관리를 위한 절수설비 인증제도를 도입하는 방안이 제안되었다.<sup>102)</sup>

### 3) 절수설비·기기 설치 의무화

2001년 「수도법」이 개정되면서 목욕업, 숙박업, 체육시설(골프장업)을 대상으로 신축 및 기존 건물에 대해 절수기 설치 의무조항이 처음 마련되었다. 그로부터 10년이 지난 2011년에 기존 공중화장실 및 체육시설까지 절수기기를 설치하도록 설치의무대상과 기준이 강화되었다. 지자체장은 숙박업, 목욕장업, 체육시설업 등 의무설치 대상이 절수설비 또는 절수기기를 설치하지 않을 경우 이행명령을 내리고, 이행명령을 따르지 않거나 절수설비·기기 설치하지

100) 환경부(2011b).

101) 환경부 보도자료(2014.1.8).

102) 환경부(2011b).

않는 경우에 위반 횟수에 따라 과태료를 부과할 수 있도록 법적 근거가 마련되었다.<sup>103)</sup>

한국환경산업기술원(KEITI)이 절수설비·기기의 인증제도를 담당하며, 절수형 수도꼭지, 샤워헤드 및 수도꼭지 절수 부속, 절수형 양변기, 양변기용 부속, 수도 계량기, 난방용 자동 온도 조절장치, 수도용 급수관, 소변기, 비데 등 절수설비·기기에 대한 정보는 KEITI의 녹색제품 정보시스템(<http://www.greenproduct.go.kr>)에서 확인할 수 있다. 참고로, 절수설비란 별도의 부속기기를 장착하지 않아도 기존 제품에 비해 물을 적게 사용하도록 고안된 수도꼭지나 변기를 가리키며, 절수기기는 물 사용량을 줄이기 위해 수도꼭지나 변기에 추가로 장착하는 부속이나 기기로, 샤워헤드가 대표적이다.<sup>104)</sup>

절수형 수도꼭지나 부속을 설치할 경우, 최대 토수(吐水)유량이 일반 제품에 비해 20~66%가 줄어들어 물을 절약할 수 있으며, 절수형 변기 또는 양변기용 부속을 설치한 건물에서는 flushing 용량이 9~13리터인 기존 제품이 설치된 건물에 비해 변기에서 사용되는 물을 33~66% 줄일 수 있다. 또한 환경표지 인증이 없더라도 동등한 시험방법에 따라 토수량을 측정한 결과가 절수성능 기준을 만족하거나 테스트베드를 설치하여 사용수량이 절수성능을 만족하는 것으로 확인된 경우에는 절수기기로 사용할 수 있다.<sup>105)</sup>

#### 4) 물절약전문업(WASCO) 투자사업

물절약전문업(Water Saving Company: WASCO) 투자사업이란 에너지관리공단에서 에너지절약사업(ESCO)을 모태로 만들어진 사업으로, 물절약전문업체가 선(先) 투자하여 누수 등 물 낭비를 줄이고 그로 인해 절감되는 수도요금으로 투자금액을 회수하는 방식의 사업을 가리킨다(그림 4-2).<sup>106)</sup>

103) 환경부(2013).

104) 환경부(2013).

105) 환경부(2013).

106) 환경부 보도자료(2014.1.8).



자료: 환경부 보도자료(2014.1.8)

- (환경부) 법, 제도관리 및 총괄
- (한국환경공단) 업체등록, 제도운영, 기술지원, 위탁대행, 성과검증 등
- (발주자) 수도요금 절약을 희망하는 물 사용자 또는 시설 소유주
- (WASCO) 환경부에 물절약 전문기업으로 등록된 자(누수 분야, 절수기 분야)

〈그림 4-2〉 물절약전문업(WASCO) 투자사업 추진 체계

2013년 10월부터 「군부대 WASCO 시범사업」이 추진 중이다. 시범사업은 육군 2개 사단 및 공군 1개 비행단을 대상으로 2013년 10월부터 2018년 5월까지 56개월간 41억 원을 투입하여 202만 톤의 물 사용량을 줄일 계획이다.<sup>107)</sup> 환경부에 따르면 병원, 대학, 대형빌딩 등을 대상으로 WASCO 사업을 실시한 결과 5~37%의 수돗물 절감효과를 얻을 수 있으며, 국방부는 2019년까지 25개 군부대로 WASCO 사업을 확대하여 평균 누수율을 20%까지 낮추고 5년간 국방예산 1,000억 원을 절감하는 계획을 가지고 있다.<sup>108)</sup>

#### 5) 수자원의 체계적 통합관리 방안(관계부처합동, 2015)

한편, 2015년 가뭄으로 정부의 물관리 체계의 난맥이 불거지자 국가정책조정회의에서 수자원의 효율적 관리, 가뭄대비 수자원 확충, 물관리 컨트롤타워 설치 등의 내용이 담긴 「수자원의 체계적 통합관리 방안」이 논의되었다.<sup>109)</sup> 「수자원의 체계적 통합관리 방안」은 크게 수자원 통합관리 방안과 2016년 봄 가뭄 대처방안으로 구성되어 있는데, 물관리 컨트롤타워 설치, 수자원정보 통합관리 및 공유 확대, 다목적댐 긴축 운영 등 수자원관리대책을

107) 한국환경공단 보도자료(2013.10.4).

108) 환경부 보도자료(2014.1.8).

109) 관계부처합동(2015b).

중심으로 추진대책이 채워져 있다. 대체수자원 또는 수요관리와 관련된 과제를 살펴보면, 수자원 통합관리 방안에는 하수처리수 재이용, 우수저류지 설치, 해수담수화시설 개발, 노후상수관 실태조사 및 개량이 포함되어 있다(표 4-3). 2016년 봄 가뭄 대책방안에는 산간 도서지역 등 가뭄 취약지역의 비상용수 확보대책과 물절약 홍보 강화가 시행과제로 제시되었다. 그러나 대체수자원 관련 과제는 이미 계획이 수립되어 추진되고 있는 사업들이며, 물절약 홍보대책은 다른 추진과제에 비해 구체성이 부족한 문제가 있다.



〈표 4-3〉 수자원의 체계적 통합관리 방안(2015) 중 대체수자원 또는 수요관리 관련 과제

시행과제	세부내용	추진시기	관계부처
<i>수자원의 체계적 통합관리 방안</i>			
1. 기존 수자원의 효율적 관리 강화			
- 하수처리 재이용 확대	· 물재이용 수질기준 개선 (포항(완료), 민자사업으로 구마포천아산 추진 중)	'15.9~	환경부
- 노후 상수관 실태조사	· 정비대상 현장조사 및 단계적 개량 추진	'15~'16	환경부
2. 가뭄대비 수자원 확충			
- 우수저류지 설치 등	· 우수저류지 163개소 중 45개소 완료, 43 개소 추진 중 · 재해위험저수지 187개소 보수보강	계속	안전처
- 해수담수화 시설 개발	· 부산 기장 운영 예정 (R&D 사업으로 추진) · 현재 101개소 운영 중, 2개 신설 및 3개 증설	'15.12~ '16~	국토부 환경부
3. 수자원정보 통합관리 및 공유 확대			
- 수자원정보 통합관리 및 공유	· 현행 정보공유시스템 개선 · 가뭄 예측정보 생산제공 · 수자원정보센터(한강홍수통제소) 및 가뭄 정보분석센터(K-water) 확대개편/신설	'15~'16 '16~ '16~	국토부 외
<i>'16년 봄 가뭄 대처 방안</i>			
2. 농촌 등 가뭄 취약지역 비상용수 확보			
- 산간도서 등 취약지역 비상급수	· 수도시설 미흡 지역 탄력적 가뭄대응체계 마련	'15~	환경부
4. 국민인식 제고			
- 물절약 홍보 강화	· 가뭄 인식제고 및 절수를 위한 다각적 홍보 시행 (캠페인, 방송, 전광판, SNS 등)	'15.6~	국토부, 문체부 외

자료: 관계부처합동(2015b).

## 나. 물 수요관리 종합계획

### 1) 물 수요관리 종합계획 수립지침(환경부, 2015b)

「수도법」 제6조(물 수요 관리 목표제의 실시)에 따라 시도지사는 관할 시·군·구별로 물 수요관리 목표를 정하고 이를 달성하기 위한 종합계획을 5년마다 수립해야 한다. 현재

2차 종합계획(2012~2015년)에 이어 3차 종합계획(2016~2020년)의 시행을 앞두고 있다. 환경부의 「물 수요관리 종합계획 수립지침」(2015)에 따르면, 이전의 수요관리 종합계획은 공급자가 수요자를 관리하는 방식(Demand Management: DM)이었으나 제3차 종합계획에서는 수요자 측면의 본질적인 수요관리(Demand Side Management: DSM) 방식으로 전환되었다.<sup>110)</sup>

물 수요관리 종합계획에는 기초조사, 물 수요관리 목표설정, 추진계획, 추진성과 평가 및 환류, 재정계획 등의 사항이 담겨야 한다(표 4-4). 기존 종합계획에 비해 3차 종합계획에는 물사용 실태 및 낭비요인 조사, 비상시 물수요 대응, 성과평가결과 환류 등의 사항이 추가되었다. 또한 누수량 저감, 유수수량 증대 등의 사항은 『수도정비기본계획』으로 중수도, 빗물 이용시설 및 하폐수재이용에 대한 내용은 『물 재이용 관리계획』으로 대신할 수 있도록 하였다. 또한 「수도법」에 규정된 절수설비 외에 세탁기, 식기세척기, 비데, 정수기 등 물 사용기기를 포함하여 물사용 실태를 조사하여 물 수요관리 정책에 반영토록 하였다.<sup>111)</sup>

〈표 4-4〉 물 수요관리 종합계획 작성 기준

항목	작성 방법
<b>1. 추진 개요</b>	
1.1 종합계획 수립 목적 및 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역 고유의 종합계획 수립 목적 및 범위 설정</li> <li>물 수요관리 계획 수립 목적</li> <li>물 수요관리의 시공간적 범위</li> </ul>
1.2 기본 방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역적 특성을 고려한 물 수요관리 정책 방향 설정</li> <li>경제적이고 적용 가능한 물 수요관리 정책수단의 결정</li> </ul>
<b>2. 기초 현황</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>종합계획의 대상이 되는 지역의 공간적 영역의 인구, 면적 등 일반현황</li> <li>상하수도 일반현황(1일 1인당 물사용량 추이) 및 사용수량 변동요인 분석</li> <li>종합계획의 상·하위 계획과 본 종합계획 수립에 관련 있는 계획명</li> </ul>

110) 환경부(2015b).

111) 환경부(2015b).

〈표 4-4〉의 계속

항목	작성 방법
3. 물 수요관리 목표 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수도물의 수요처(가정용, 상업용, 공업용 등)별 사용량 계획</li> <li>• 물절약 목표설정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수치화 가능하고 검증 가능한 수단·방법을 제시</li> </ul> </li> <li>• 정책수단 도출 및 우선순위 결정               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시·군이 추진 가능한 정책수단을 분석·평가하여 사업우선순위를 결정</li> <li>- (1) 절수설비 보급, (2) 물사용 실태 및 낭비요인 조사, (3) 물절약 교육 홍보, (4) 비상시 물 수요 대응, (5) 수도요금 체계 확립 측면의 목표 설정</li> </ul> </li> </ul>
4. 물 수요관리 추진 계획	
4.1 절수설비·기기 보급	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신축건물 및 기존건물을 구분, 절수설비 보급, 유지관리 및 사후점검 계획               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수도법상 의무대상시설 외 물 다량 사용업소 절수설비 보급 및 확대방안</li> <li>- 설치 의무시설의 점검계획 등</li> </ul> </li> <li>• 수압조절밸브, 절수형 기기 도입 및 지원계획</li> <li>• 광역상수도 또는 공업용수도 이용 산업단지, 학교, 군부대 등도 포함</li> <li>• 사용이 편리하고 물절약 효과가 우수한 절수설비·기기 등을 보급토록 계획</li> <li>• 지자체별 재정 및 사업추진 여건 등을 고려, 실천 가능하도록 수립 (재원조달 및 재정지원 방안 포함)</li> <li>• 물절약 시설 설치를 위한 환급 및 인센티브 제공 계획</li> <li>• 물절약전문업 투자사업(WASCO) 보급·확대 계획 수립</li> </ul>
4.2 물사용 실태 및 낭비요인 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물을 사용하는 모든 설비 및 기기*의 물사용 실태와 물 낭비요인 조사 계획               <ul style="list-style-type: none"> <li>*수도법상 절수설비(수도꼭지·변기) 외에 세탁기·식기세척기·비데·정수기 등</li> </ul> </li> </ul>
4.3 물절약 교육·홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우수사례 중심 재유형화(절약교육(계층별), 참여프로그램, 홍보(언론 등), 절수생활 아이템 개발 등)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물절약 교육 프로그램 개발·보급 등 실천계획 수립</li> <li>- 물절약 범국민운동 등 홍보강화 방안 수립(시민참여형 계획 포함)</li> </ul> </li> </ul>
4.4 수도요금 체계 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다음 사항을 고려한 합리적인 수도요금 체계 확립 계획               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수요자의 물절약 유도</li> <li>- 수요자에게 수도물을 공급하는데 소요되는 총비용(필요 공급원가) 고려</li> <li>- 지속가능한 수도사업에 필요한 재원 확보</li> </ul> </li> </ul>
4.5 비상시 물 수요 대응	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가뭄 등에 대비한 지역 내 물 수요공급의 급격한 변동시 적응력 향상 계획</li> <li>• 기타 물 수요관리 관리 인프라 구축 지원 등</li> </ul>

<표 4-4>의 계속

항목	작성 방법
<b>5. 추진성과 평가 및 평가결과 환류</b>	
5.1 추진성과 점검·평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>추진성과를 점검·평가할 수 있는 지표 선정</li> <li>정책수단의 시행상황을 연도별로 평가할 수 있는 체계 제시</li> <li>성과관리를 위한 통계적인 평가방안 검토</li> </ul>
5.2 의견수렴 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>시민자문위원회 구성, 공청회 개최 등 시민참여 방법 및 의견수렴 절차 제시</li> </ul>
5.3 성과 평가결과의 환류	<ul style="list-style-type: none"> <li>추진성과를 점검·평가 결과를 반영하여 물 수요관리 정책에 반영할 수 있는 환류방안 제시</li> </ul>
<b>6. 종합계획 시행 및 재정계획</b>	
6.1 소요사업비	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업별로 구분하여 개략사업비 및 유지관리비 산출</li> </ul>
6.2 사업 시행 우선순위	<ul style="list-style-type: none"> <li>시·군·구별의 재정능력, 경제성 등을 고려하여 사업우선순위를 결정</li> </ul>
6.3 재원조달 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>소요재원의 국고·지방비·민자유치 등 실행 가능한 재원조달 계획을 수립</li> </ul>

자료: 환경부(2015b).

## 2) 충청남도 물 수요관리 추진계획(2012) 수립 사례

사도의 『물 수요관리 종합계획』 수립 사례로 충청남도의 『물 수요관리 추진계획』의 주요 내용을 살펴보았다.<sup>112)</sup> 충청남도 추진계획은 2012년에 수립되었기 때문에 환경부의 3단계 (2016~2020) 물 수요관리 종합계획 수립지침과는 차이가 있다.

충남도의 수요관리 계획은 크게 (1) 우수율 제고, (2) 절수시책 및 (3) 대체수자원 개발로 구성되어 있다. 우수율 제고를 위해 설치된 지 20년이 넘은 노후관을 교체하는 계획이 담겨 있다. 이를 위해 기본계획을 수립하고, 관망도를 전산화하며, 관망블록시스템을 구축하고, 우수율을 높이고, 정보화 시스템을 구축해 관망을 최적유지관리 하는 등의 계획이 제시되었다. 절수시책으로 절수기기 보급현황을 파악하고, 신규주택의 절수기기 보급 효과를 예측하며, 절수기기 미보급 또는 보급 미비지역에 절수기기를 공급하는 계획이 제시되었다. 대체수자원 개발에 대해서는 중수도, 하·폐수재이용, 빗물이용시설에 대한 현황을 파악하고,

112) 충청남도(2012).

경제적 효과 등 설치 타당성을 조사·분석하여 대체수자원 보급을 확대하는 방안을 제시하였다. 그 외에 지자체별로 단계적으로 2025년까지 수도요금을 100%까지 현실화하는 방안을 제시하였다. 충청도는 수요관리를 통해 2015년 용수 수요량 11억 500만 $m^3$ /년(일평균)의 12.8%인 1억 4,100만 $m^3$ /년을 절감하는 목표를 제시하였다.<sup>113)</sup>

그러나 위와 같은 충청도의 물 수요관리 계획 중에서 재원조달계획 등이 구체적으로 마련된 것은 우수율 제고 계획뿐이었다. 절수시책의 내용을 세부적으로 들여다보면 부족한 점을 쉽게 찾을 수 있다. 1999년부터 2003년까지는 환경부의 공공근로 사업과 시·군비로 기존 주택에 절수기기를 보급하였지만, 2004년부터는 시·군비만으로 일부 지자체에서 절수기기의 무상보급을 추진하였기에 보급물량이 크지 않았다. 특히, 2006년 충남도 수요관리 기본 계획에는 절수기기 보급 실적에 대한 조사결과가 담겨있지만, 2012년 기본계획에는 보급 실적에 대한 구체적인 조사 없이 지자체의 절수형 수도꼭지 및 양변기의 무상지원 개수만이 취합되어 제시되었다. 절수기기 설치효과를 분석한 부분에서도 서울 엠베서더 호텔의 사례만 제시되어 있을 뿐, 충청도의 사례는 없었다. 절수기기 보급계획을 세울 때에도 기존 건물의 절수기기 보급실태에 대한 파악이 이루어지지 않았고, 신규주택당 절수기기 2개(수도꼭지 1개, 양변기 1개)가 설치되는 것으로 가정하였다.<sup>114)</sup>

대체수자원 부문도 상황은 비슷했다. 중수도는 법적 의무대상인 충청도의 계획산업 단지에만 적용하는 것으로 계획하였다. 빗물이용시설 계획 또한 도시기본계획 상의 학교, 공공청사, 공원만을 대상으로 하였다. 하·폐수재이용의 경우, 충청남도의 하수처리수 재이용률은 21.1%로 전국 평균(10.9%)의 2배에 달했기 때문에(2009년 기준), 2025년까지 장내 이용량은 현재 수준을 유지하되 장외 이용량을 높여 장내 및 장외 재이용률이 각각 4.4% 및 21.0%가 되도록 계획하였다.<sup>115)</sup>

이처럼 물 수요관리 계획 중에서 ‘우수율 제고’ 과제에 대해서만 도전적인 목표치와 추진 계획이 제시되어 있었다. 절수시책 내용에는 절수기기 보급현황 등 기본적인 실태조사가 없었으며, 절수기기 보급량 및 절감가능량을 신규주택에 대해서만 그것도 매우 보수적으로

113) 충청남도(2012).

114) 충청남도(2012).

115) 충청남도(2012).

전망하고 있었다. 대체수자원 이용계획도 새로 건설되는 법적 의무대상 시설에 한해 개략적으로 수립되어 있었다. 절수기기 보급이나 대체수자원 확대가 쉽지 않은 과제이며 그 규모나 효과를 전망하기에 불확실성이 높은 어려움을 감안하더라도, 현재의 물 수요관리 계획에서는 절수기기 보급 및 대체수자원 확대에 대한 지자체의 추진의지를 찾기 어려웠다.

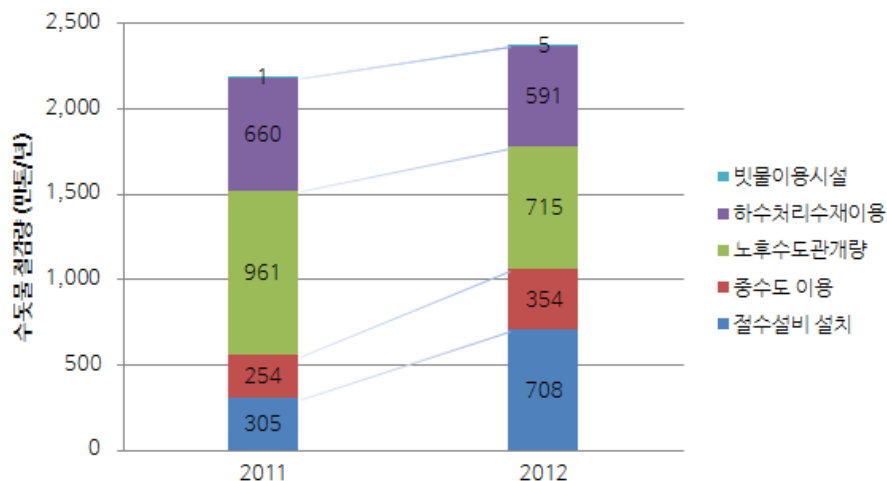
#### 다. 물 수요관리 종합계획 추진 성과 및 한계

##### 1) 물 수요관리 추진 실적

환경부는 『물 수요관리 종합계획』의 승인이 완료된 16개 시도를 대상으로 물 수요관리 추진성적을 평가하고 그 결과를 환류시켜 수요관리 정책이 효율적으로 이행되도록 노력하고 있다. 또한 물 수요관리 우수기관으로 선정된 지자체에는 포상금 지급과 유공자 표창의 혜택이 주어진다. 환경부가 보도자료로 배포한 자료를 바탕으로 물 수요관리 추진 성과를 분석하면 다음과 같다.

2011년과 2012년 전국적으로 수요관리를 통해 절감된 수돗물의 양은 각각 2,180만 톤/년 및 2,373만 톤/년에 달하는 것으로 집계되었다(그림 4-3). 2011년 및 2012년 모두 노후수도관 개량을 통해 절약된 수돗물의 양이 각각 961만 톤/년 및 715만 톤/년으로 절감량 중 가장 많은 부분을 차지했다. 2011년에는 노후수도관 개량에 이어 하수처리수 재이용(660만 톤/년), 절수설비 설치(305만 톤/년), 중수도 이용(254만 톤/년)이 그 다음을 차지하였다. 2012년에는 절수설비 설치를 통한 절감량이 708만 톤/년으로 2011년(305만 톤/년)에 비해 2배 가까이 증가하여 두 번째로 많은 절감량을 기록했다. 하수처리수 재이용(591만 톤/년)과 중수도이용(354만 톤/년)이 그 뒤를 이었다. 두 해 모두 빗물이용시설을 통한 절감량은 매우 미미했다.<sup>116)</sup>

116) 환경부 보도자료(2012.12.26, 2013.12.27).



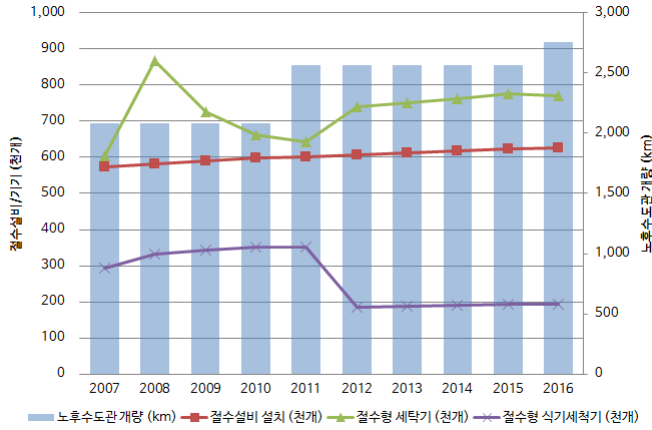
자료: 환경부 보도자료(2012.12.26, 2013.12.27)를 토대로 재구성

〈그림 4-3〉 물 수요관리를 통한 수돗물 절감량

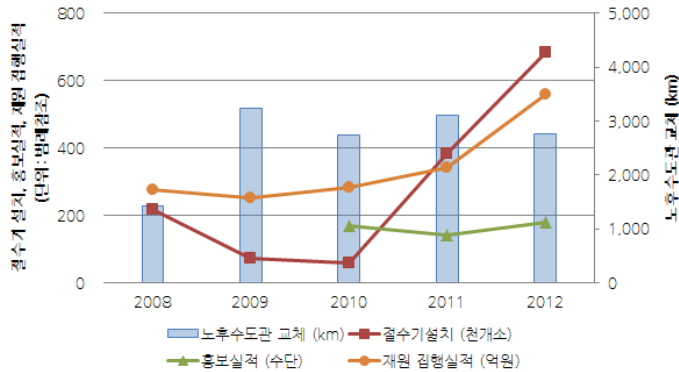
수요관리 수단별로 계획 대비 추진 실적을 살펴보면 〈그림 4-3〉과 같다. 2007년 발표된 환경부의 「국가 물 수요관리 종합대책」은 2007년부터 2016년까지 연간 2,079~2,760km의 노후수도관(총 2만 3,880km)을 개량하는 계획을 담고 있다. 절수설비는 2007년부터 2016년까지 매년 57만 3,000~62만 6,000개를 설치하여 총 602만 6,000개를 보급할 계획이다. 절수형 세탁기는 2007년 60만 5,000대를 시작으로 매년 650~850대를 보급하여 2016년까지 총 730만대를 보급하며, 절수형 식기세척기는 2007년 29만 2,000대를 시작으로 매년 180~360대를 보급하여 2016년까지 총 261만 9,000개를 보급할 계획이다.<sup>117)</sup> 물 수요 관리 추진성과에 대한 환경부 자료를 종합하면, 노후수도관 교체 물량은 2008년에는 1,418km로 당초 계획에 크게 미달했지만 2009~2012년에는 2,700~3,200km의 노후수도관이 교체되어 계획을 초과 달성하였다. 반면, 절수기기는 2008년부터 2010년까지 연간 6만~22만개가 설치되어 계획을 크게 밀돌았다. 2011년부터 절수기기 설치대수가 380여개로 증가하였고, 2012년에는 690여 개의 절수기기가 설치되었다. 즉 절수기기의 연간 설치실적은 2012년이 되어서야 계획을 따라잡은 것이다. 절수형 세탁기 및 식기세척기의

117) 환경부(2007a).

보급 실적은 환경부 자료에 제시되어 있지 않았다.<sup>118)</sup>



(a) 수요관리 추진 계획



(b) 수요관리 추진 실적

자료: 환경부 보도자료(2010.1.4., 2010.12.3., 2012.12.26, 2013.12.27)를 토대로 재구성.

〈그림 4-4〉 물 수요관리 수단별 추진 계획 및 실적 비교

118) 환경부 보도자료(2010.1.4); 환경부 보도자료(2010.12.3); 환경부 보도자료(2012.12.26); 환경부 보도자료(2013.12.27).



## 2) 물 수요관리 추진 성과 및 한계

환경부의 「물 수요관리 종합대책」 및 시·도의 『물 수요관리 종합계획』에 따라 노후관 개량, 절수기기 보급, 물절약 홍보 등 수요관리 정책이 지속적으로 추진되었다. 수요관리 수단 중에서도 노후관 개량 등 관망관리를 통한 수도물 절약량이 가장 많았다. 2010년 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」이 만들어지고 2011년부터 『물 재이용 기본계획(2011~2020)』이 추진되면서 중수도 및 하수재이용 시설 설치가 늘어났고 그에 따른 물 절약량도 크게 증가하였다. 환경부가 시·도별 수요관리 성과를 매년 평가했기 때문에, 수요관리 수단별로 추진 실적을 파악하고 우수사례를 선정하여 전파할 수 있었다.

그러나 문제는 수요관리 수단 중에서도 누수관리에 대한 의존도가 너무 높다는 데 있다. 관망관리 및 누수량 저감은 효과가 높은 대표적인 수요관리 수단임은 분명하나 비용이 많이 드는 대책이다. 환경부(2010)는 상수도관망 최적관리시스템 구축 시 목표유수율을 85% 이상으로 설정하되, 현재 유수율, 관로연장, 투자비 대비 누수손실비용 등을 비교·분석하여 목표치를 조정할 수 있도록 하였다.<sup>119)</sup> 그러나 동해시, 평창군, 고성군에 대한 상수도관망 최적관리시스템 구축사업의 2014년 목표 유수율이 85%로 높게 설정된 것을 볼 때,<sup>120)</sup> 누수관리 목표수준의 경제적 타당성이 충분히 고려되었는지 의문이다. 재정여건이 열악한 지자체를 대상으로 상수도관망 관리사업에 국고보조가 이루어지는 국내와 달리, 외국에서는 관망관리(누수저감) 사업이 수도사업자의 비용으로 수행되고 그 비용은 물 사용자의 수도요금을 통해 회수된다. 따라서 사회적, 공중보건 또는 산업계의 압력 등 다른 정치적인 이유가 없다면 실제 누수를 줄이는 한계비용이 절약되는 물의 한계가치와 같아지는 수준이 수도사업자의 궁극적인 누수관리 목표로 정해진다.<sup>121)</sup> 경제적인 누수관리 수준에 대한 정밀한 분석 없이 관망관리가 물 수요관리의 주요 수단으로 적용되는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다. 참고로, 환경부가 최근 발표한 「물 수요관리 종합계획 수립지침」에서는 누수량 저감, 유수수량 증대 등의 사항은 수도정비기본계획에 담고, 수요관리 종합계획은 수요자 측면의 수요관리 방안을 중심으로 구성하도록 하였다.

119) 환경부(2010).

120) 한국환경공단 보도자료(2010.5.13).

121) AWWARF and USEPA(2007).

절수기기·설비 및 물재이용시설의 설치를 통한 수요관리가 「수도법」 및 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」이 정한 법적 의무대상(표 4-5)에 한해서만 추진된다. 「수도법」은 신규 건축물 및 시설 외에 지자체 조례로 절수설비 설치대상을 정할 수 있다고 규정하고 있으나, 충남도를 비롯해 여러 지자체의 물 수요관리 종합계획에서 자체적으로 절수설비 설치대상을 확대 적용한 사례를 찾기 어려웠다. 수요관리 주관부서인 환경부도 책임에서 자유로울 수 없다. 「물 수요관리 종합대책」(2007년)에 절수형 세탁기 및 식기세척기의 보급을 위해 인센티브 또는 리베이트 도입 계획이 담겨 있으나, 현재 물 사용기기(전기세탁기 및 식기세척기)에 대한 물 사용량 표시만 시행될 뿐 인센티브나 리베이트 제도는 아직 도입되지 않은 상황이다.

최종사용자(end-user)나 용도별로 수요관리 대상을 특정해서(target-oriented) 수요관리를 추진하는 것이 아니라, 일반적인 접근법으로 수요관리가 추진되고 있었다. 사·도의 『물 수요관리 종합계획』에서 최종사용자나 물이용 용도별로 세부적인 물이용 형태와 낭비 요소에 대한 기초조사가 미흡한 것은 심각한 문제이다. 물이용 형태에 대한 기초조사가 없기 때문에, 물이 낭비되거나 물절약 효과를 기대할 수 있는 대상을 특정할 수 없다. 그 결과 물절약에 대한 국민인식 제고와 같은 일반적인 대책이 반복될 수밖에 없는 것이다.

〈표 4-5〉 절수설비·기기 및 물재이용시설 설치의무 대상

구분	절수설비	절수설비 및 절수기기	빗물이용시설	중수도	하·폐수재이용시설
설치의무 대상시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 신규 건축물 및 시설</li> <li>· 지자체 조례로 정하는 시설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 숙박업(객실 10실 이하 제외), 목욕장업, 체육시설업</li> <li>· 공중화장실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지붕 면적 1,000㎡ 이상 운동장·체육관, 공공업무 시설(군사·국방시설 제외), 공공기관 청사 신축(지붕 면적 1,000㎡ 이상 증축·개축 또는 재축 포함)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연면적 6만㎡ 이상 숙박업 또는 목욕장업 시설</li> <li>· 1일 폐수배출량 1,500㎥ 이상 공장</li> <li>· 관량단지 개발사업, 도시개발사업, 산업단지개발사업, 택지개발사업(국가·지자체, 공기업, 지방공기업 시행 사업에만 적용)</li> <li>· 연면적 6만㎡ 이상 대규모 점포, 물류시설, 운수시설, 업무시설, 교정시설, 방충국 및 진진전화국, 그 외 지자체 조례로 정하는 시설물(국가·지자체, 공기업, 지방공기업 시행사업에만 적용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 하수처리용량 5,000㎥/일 이상 하수처리시설 (하수처리량 10% 이상 재이용)</li> </ul>
근거법	수도법				

자료: 관련법을 토대로 저자 작성.

### 3. 해외 수요관리 정책

#### 가. 호주 South East Queensland

##### 1) 호주 SEQ 물관리 정책 기조의 변화

호주 Queensland 주 동남부(South East Queensland: SEQ)는 Queensland 주 인구 480만 명 중 340만 명이 거주하는 지역으로, Queensland 주도(州都)인 Brisbane, 관광도시인 Gold Coast와 Sunshine Coast, 산업도시인 Ipswich 등이 속해 있어 정치·행정적으로 중요한 지역이다. SEQ 지역은 2000년대 대가뭄(Millennium Drought)으로 심각한 물 부족 위기를 경험하였다.<sup>122)</sup>

University of Queensland의 Head(2014)에 따르면 호주 SEQ의 물관리 정책은 시기에 따라 다른 양상을 보였다(표 4-6). 1970년대에는 호주 SEQ에서도 경제성장과 인구증가에 맞춰 아치수 목적의 신규댐을 건설하는 것이 주된 물관리 패러다임이었다. 그러나 신규댐 후보지를 찾기가 점점 힘들어지고 상하수도사업이 민영화되면서, 1980년대에는 물관리 계획을 통합적으로 수립하고 경제성장을 효율적으로 관리하는 것이 물관리 정책의 중요한 화두였다. 대가뭄을 겪은 2000년대에는 물 부족 위기의 인식이 높아졌고 새로운 정책대안이 활발하게 탐구되었다. 이 당시에는 ‘지속가능한 발전’이 물관리 정책의 패러다임이었다. 대가뭄에 이어 2011년 Brisbane에 큰 홍수가 발생하면서 물 부족이 아니라 너무 많은 물(홍수)이 문제로 부상하였다. 일부 혁신적인 정책이 도입되었으며 홍수대응체계에 대한 정밀진단이 이루어졌다. 또한 세계적인 경제위기의 영향으로 2009년부터 2013년까지는 물관리 정책에서 성장이 더 중요하게 간주되었다.<sup>123)</sup>

---

122) Wikipedia. South East Queensland.

123) Head(2014), p.33.

〈표 4-6〉 호주 SEQ의 시기별 물관리 정책 패러다임

시기	정책 패러다임	물관리 패러다임	정책의 시사점
1970~80년대	· 경제성장 촉진 및 인구증가	· 이·치수 목적의 신규 댐 건설 (1974년 대홍수 영향)	· 기존 방식(business-as-usual) 고수 · 낮은 빈도의 대규모 홍수 관리 필요
1990년대	· 통합적인 계획 수립으로 경제성장을 효과적으로 관리	· 신규 댐 건설지역 찾기 어려움 · 기존 댐 보강 · 상하수도사업 민영화	· 통합적인 계획 수립이 필요하나, 매우 어려운 작업임
2001~2008년	· '지속가능한 발전'의 시각으로 성장을 관리	· 물 부족 위기의 인식 증가 · 수자원 자산·계획의 중앙집중화 · 새로운 정책 대안의 탐구	· 미래 리스크 파악 및 관리에 대한 관심 증가
2009~2013년	· 경기침체 시기에 성장은 선(善)	· 물 부족이 아니라 너무 많은 물이 문제 (2011년 초 Brisbane 홍수) · 일부 혁신적 정책 도입 (2009-2011) · 홍수대응체계 정밀 진단	· 짧은 기간 정책통합 실현 (Water Strategy) · 주정부 정권 교체 후 여야 갈등 고조

자료: Head(2014).

## 2) 호주 SEQ 물 수요관리 대책

Queensland 주정부는 Millennium Drought 당시 광역 수자원 네트워크 구축, 해수 담수화시설, 하수재이용시설 등 공급대책과 병행하여 수요관리 대책을 활발히 추진하였다.

수요관리를 위한 조식을 주정부 내에 신설하였으며, 물절약 기기의 보급 확대를 위해 시민의 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 수준으로 리베이트를 제공하였다(표 4-7). 용량에 따라 가격이 1,200달러~3,200달러에 달하는 빗물저장탱크에 대해서는 구매·설치 시 최대 1,000호주달러까지 리베이트를 지급하였다. 샤워헤드 등 저가제품은 구입가의 절반을 보전 해주었다.

리베이트 제도의 시행으로 물절약 제품의 구매가 활성화되고, 수요가 늘어나니 관련 제품의 제조·판매가 활성화되었다. 세탁기, 양변기, 샤워헤드 등 물절약 제품의 효율기준을 마련하고 고효율 제품에 대해서만 리베이트를 지급했기 때문에, 물절약 제품 보급으로 물 사용량이 줄어드는 것을 보장할 수 있었다.<sup>124)</sup>

〈표 4-7〉 호주 SEQ 물질약 제품 리베이트 제도

제품	물효율 기준	리베이트 수준	리베이트 지급 실적	
			(수량, 개)	(금액, AUD)
빗물저장탱크 (실외 사용)	최소 3,000리터 이상	구매/설치 시 최대 1,000호주달러	240,069	234,901,218
빗물저장탱크 (실내 사용)	최소 3,000리터 이상, 세탁기/화장실로 배관 연결	최대 1,000호주달러	17,025	25,180,159
세탁기	물효율 4 star 이상	200호주달러	234,846	46,968,485
듀얼플러싱 양변기	물효율 3 star 이상	개당 150호주달러	42,166	6,309,339
샤워헤드	물효율 3 star 이상	30호주달러 내에서 구입가의 ½	35,107	868,508
수영장 덮개/롤러	최소 25m <sup>2</sup> 이상 및 인증제품	200호주달러	25,791	5,142,145
중수도 시스템 (지상)		200 호주달러 범위 내에서 배관비용의 ½	3079	100,945
중수도 시스템 (지하)	급수설비 규정에 따라 설계/시공	500호주달러	118	54,331
정원 제품	식물, 토양/비료, 짚, 수정, 수분흡수 겔	50호주달러 범위 내에서 구입가의 ½	37,551	1,738,405
계			635,752	321,263,535

자료: Walton and Holmes(2009).

주목할 점은 호주 SEQ에서 절수제품 보급 확대 등 수요관리 대책이 시민들의 자발적인 참여에만 의존한 것이 아니라, 강제성 있는 규제를 통해 뒷받침되었다는 것이다. 호주 Queensland 주는 건축주, 수도사업자, 물이용자 등을 대상으로 물 수요관리를 의무화하는 “The Water and Other Legislation Amendment Bill(2007)”을 제정하였다. 건물의 물 이용 효율을 높이기 위해 상업산업용 건물을 신축 시 강화된 물효율 기준을 적용하고, 주택을 리노베이션할 때에도 절수설비 설치 및 구형변기 교체를 의무화하였다. 또한 물이용 규제 위반에 대한 벌금을 강화하고 수도사업자의 단속권한을 강화하였다. 가정용 지하수관정의 사용을 제한하고 실외 물이용 절약계획 수립을 의무화하는 등 물 사용자에게 대해서도

규제가 가해졌다(표 4-8). 그 외에 중수도 이용용도를 확대 허용하고, 학교·관광업을 대상으로 물교육 프로그램인 WaterWise 프로그램을 확충하고, 주택용 물효율 제품의 리베이트(Home WaterWise Rebate, Home Garden Rebate)를 확대하며, 빗물저장탱크에 집수된 물의 수리권을 개인의 것으로 명확하게 설정하는 등 기술, 교육, 경제적 유인 및 촉진 제도를 정비하였다.<sup>125)</sup>

〈표 4-8〉 호주 SEQ 물 수요관리 제도

구분		법 개정 사항	법 개정 외 사항
규제 (Enforcement)	건물 물이용 효율 규제	· 신규 상업·산업 건축물 물효율 기준 상향 조정 · 주택 리노베이션 시 절수설비 및 변기 교체 의무화 · 공동주택 및 비거주시설기구/사무실별 계량기 설치 · 물이용 규제 위반 시 벌금 인상 · 물이용 규제에 대한 수도사업자의 단속권한 강화	-
	물이용 규제	· 가정용 지하수 관정 사용 제한 · 지속적인 물절약 조치 의무화 (실외 물이용 절약계획 수립 의무)	-
기술 (Engineering)		· 중수도 이용용도 확대 · 하수처리구역 내 분뇨 이용 시범사업	-
교육 (Education)		· 지역 내 수도요금 청구기준 통일 (고지서 발송주기 등) · 임대주택 거주자 대상 물이용량 정보 제공	· WaterWise교육 프로그램 확충 (학교, 관광업)
경제적 유인 (Economic)		· 임대주택 거주자 수도요금 부과방식 개선 (사용량에 따라 요금 부과)	· 주택 물절약 제품 리베이트 확대 (Home WaterWise Rebate, Home Garden Rebate)
촉진 (Encouragement)		· 빗물저장탱크에 집수된 물의 개인 소유권 규정	

자료: Walton and Carter(2009).

호주는 2000년대에 발생한 Millennium Drought 이전에도 심각한 가뭄으로 물 부족 위기를 겪었기 때문에, 가뭄 시 물 사용자에게 대한 물이용 규제(water restriction)가 발달되어 있다. 다만, 이러한 규제는 수도물을 정원에 살수하는 등 ‘낭비적인’ 물이용 행위를 제한하는 것이 주된 내용으로, 일상생활에 필요한 실내에서 사용되는 물의 이용을 제한하는 것은 아

125) Walton and Carter(2009).

나라는 점을 인식할 필요가 있다. <표 4-9>에서 보듯 호주의 대도시인 Melbourne이나 Brisbane 모두 실외에서의 물사용을 제한하며, 제한 수준은 가뭄이 심각해질수록 더 높아진다. 그리고 심각한 수준의 물이용 제한이 빈번히 발생하지 않도록 서비스 수준(Level of Service: LoS)이 설정되어 있다.<sup>126)</sup>

<표 4-9> 호주 Brisbane 및 Melbourne의 가뭄 단계별 물이용 제한조치

가뭄 단계	Brisbane 시	Melbourne 시
1	· 자발적 조치	· 제한된 시간 내에 격일 간격 물주기 가능 · 꼭지 달린 호스 상시 사용 가능
2	· 스프링클러 사용 금지 · 격일로 낮 시간에 주 3회 호스사용 가능	· 잔디 물주기 금지
3	· 스프링클러 사용금지 · 실외 호스사용 금지	· 잔디 물주기 금지, 스프링클러 사용 금지 · 제한된 시간 내에 마당에 주 2회 물주기 가능
4	· 스프링클러 및 호스 사용금지 · 양동이 주 3회 사용 가능	· 물주기 금지
가뭄단계 판단기준	저수율	저수량
서비스 수준 (LoS)	· 2단계 물이용 제한이 50년 ~ 100년 1회 꼴로 발생	· 행위제한 발생 확률 5% 이하 · 12개월 이내에 물이용 제한조치 해제 · 가뭄단계 3단계 초과 방지

자료: Chong et al.(2009).

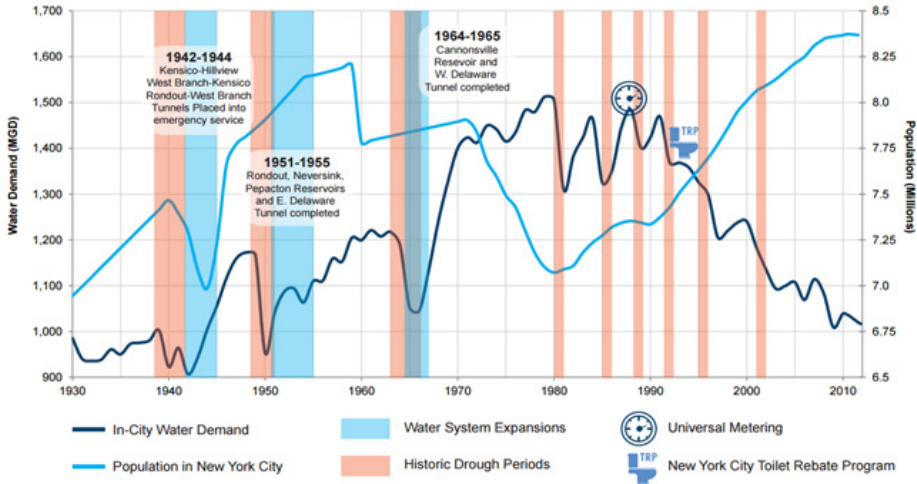
## 나. 미국

### 1) New York 시

미국 New York 시는 1980~1990년대 계량기 설치 확대 및 절수형 양변기 리베이트 프로그램 등 수요관리 대책을 적극적으로 추진한 결과, 1980년대에 비해 2010년의 인구가 19% 증가했음에도 불구하고 전체적인 물 수요가 약 30% 감소했다(그림 4-5). 특히, 건물 화장실 변기를 절수형 제품으로 교체하는 사업이 물 수요를 낮추는데 중요한 역할을 했다.<sup>127)</sup>

126) Chong et al.(2009).





자료: NYC DEP(2014).

〈그림 4-5〉 미국 New York 시 인구 및 도시 물수요 추이

2014년 발표된 New York 시의 “Water Demand Management Plan”을 살펴보면, 공공청사, 주택, 상업·산업 부문, 급수시스템(수도사업자) 등 물 사용자에 따라 차별화된 수요관리 대책이 추진되고 있으며, 물 부족 사태 시 위기관리계획이 마련되어 있음을 알 수 있다(표 4-10).<sup>128)</sup>

New York 시 환경보호국은 관계 기관과 파트너십을 체결하여, 학교, 공원, 체육시설, 레크리에이션 센터, 공립대학, 소방서, 공공주택 개발사업, 공공하수처리장 등 공공청사 시설의 물효율화 사업에 재정을 보조한다. New York 시는 미국의 다른 도시와 달리 실외에서 사용되는 물의 양이 작고 대부분의 물이 실내에서 사용된다. 따라서 단독·공동주택의 옥내 물이용 효율화를 위해 절수형 변기 리베이트 사업을 적극적으로 추진 중이다. 허리케인 샌디 피해지역의 복구사업 시에도 절수설비 설치를 지원하였다. 상업·산업 부문에서는 ‘Mayor’s Water Challenge’라는 일종의 자율경쟁 프로그램을 통해 자발적인 물절약을 유도하고 있으며, 상업·산업 부문의 수요관리 비용지원 대상을 확대하는 것을 검토 중이다.

127) NYC DEP(2014).

128) NYC DEP(2014).

수도사업자에 대해서는 수압조정, 누수탐지 확대, 수도관 보호 프로그램, 계량기 자동판독 기술 등을 통해 누수량을 줄이도록 하고 있다. 또한 누수의 조기탐지를 위해 계량기 자동 판독장치 설치 및 계량기 교체를 확대 중이며, 누수 발생 시 사용자에게 통지하는 시스템을 개발하였다.<sup>129)</sup>

가뭄 등 물 부족 사태에 대비한 비상계획도 마련되었다. 강수량 및 댐 저수위 부족 시 강제적 또는 자발적 물이용 제한이 발효되도록 하였으며, 물 부족 발생 시 기관 간 책임 및 역할을 명확하게 설정하였다. 주민 홍보 및 커뮤니케이션 프로그램을 개발하고, ‘My DEP Account’라는 인터넷 기반의 소비자별 물이용 정보 시스템을 구축하여 운영 중이다.<sup>130)</sup>

〈표 4-10〉 미국 New York 시 물 수요관리 전략

전략	적용대상 및 수요관리 수단
공공청사 물이용 효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 학교, 공원, 체육시설, 여가센터, 공립대학, 소방서, 공공주택 개발사업, 공공하수 처리장 등</li> <li>· 관계 기관과 파트너십 구축, 기관별 물 수요관리 재정 보조</li> <li>· 공공청사 물 수요관리 투자</li> </ul>
주택 물이용 효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단독·공동주택 옥내 물이용 효율화 (NY 특성상 실외 물이용 비중 작음)</li> <li>· 절수형 변기 리베이트, 구형 변기 교체 및 재활용</li> <li>· 허리캐인샌디 피해지역 복구사업에 절수설비 설치 지원</li> </ul>
상업·산업부문 물이용 효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 상업 건물 및 비주거시설</li> <li>· 물절약 자율 경쟁 (Mayor’s Water Challenge)</li> <li>· 상업·산업 부문 수요관리 비용 지원대상 확대 검토 중</li> </ul>
급수 시스템 최적화	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 급수시스템 누수 관리</li> <li>· 수압 조정, 누수탐지 확대, 수도관 보호 프로그램, 계량기 자동판독기술 등</li> <li>· 간선 급수관로 파손 40% 감소, 누수탐지 전문 부서 확대</li> <li>· 계량기 자동판독장치 설치 및 누수통지 시스템 개발, 계량기 교체 확대 등</li> </ul>
물 부족 사태 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가뭄 등 물 부족 사태 대비 비상계획 수립</li> <li>· 강수량 및 댐 저수위 부족 시 강제적/자발적 물이용 규제 발효</li> <li>· 물 부족 사태 시 기관 간 책임·역할 명확화</li> <li>· 공식적인 주민 홍보 및 커뮤니케이션 프로그램 개발</li> <li>· 인터넷을 이용한 소비자별물이용 정보 제공 (My DEP Account)</li> </ul>

자료: NYC DEP(2014)를 토대로 저자 작성.

129) NYC DEP(2014).

130) NYC DEP(2014).

## 2) Arizona 주

미국 Arizona 주 또한 인구가 급격히 증가하고 경제가 성장하는 환경에서도 수요관리를 통해 전체 물 이용량을 1957년 수준으로 낮추는데 성공하였다(그림 4-6).<sup>131)</sup> Arizona 주가 위치한 미국 남서부지역은 기후변화로 담수의 이용 가능성이 심각하게 위협받을 것으로 예측되는 지역인데, Arizona 주의 수요관리 정책은 기후변화 우수적응사례로 USEPA에 의해 선정되기도 하였다.

Arizona 주는 지역 수도사업자의 물관리 물수급 계획 수립을 의무화하고, 물절약을 위해 주정부 차원의 전폭적인 지원체계를 구축하며, 주정부 및 지방 기관 사이의 협력을 강화하는 등 통합적인 접근법으로 가뭄 대응 및 물수급 계획을 수립하였다.<sup>132)</sup>

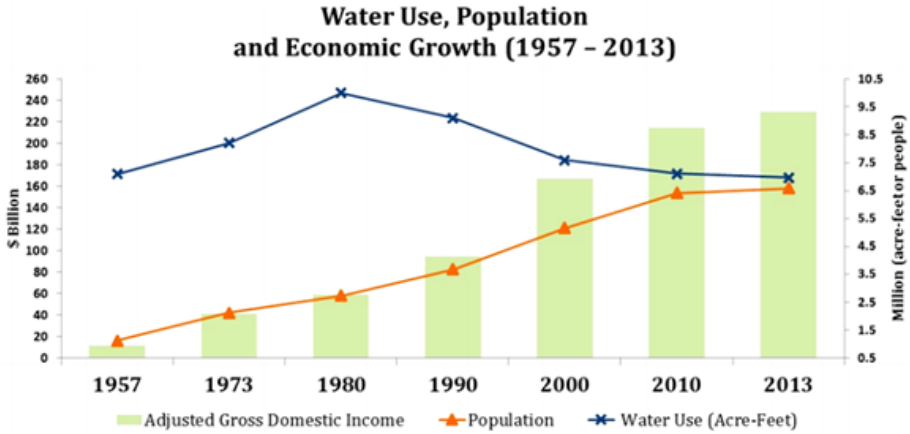
지방 수도사업자가 5년마다 수립하는 물수급 계획은 물공급, 물절약 및 가뭄대비로 구성되며 각각의 내용을 간략히 소개하면 다음과 같다. 물공급 계획에는 사업지역, 도·송수 시설, 월별 물 생산량, 과거 5년의 물수요 자료, 향후 5·10·20년의 물수요 전망이 담긴다. 물절약 계획에는 누수 및 불감수량 저감, 물이용 효율 제고를 위한 요금구조 개편, 물절약 홍보 및 교육 프로그램 등을 포함해 50개 이상의 최적 물절약 방안(Best Management Practices: BMPs)이 담긴다. 가뭄대비(Drought Preparedness) 계획은 가뭄 등 비상상황 시 대응전략으로, 물 부족 상황 시 행동계획과 주민 공지 및 교육 조치 등의 사항이 담긴다.<sup>133)</sup>

---

131) USEPA(2015).

132) USEPA(2015).

133) USEPA(2015).



자료: USEPA(2015).

〈그림 4-6〉 미국 Arizona 주 인구 및 물 사용량 추이

Arizona 주에서 물절약은 미래 물수급 전략의 토대로 기능한다. Arizona 주는 지하수 자원의 보전을 위해 1980년에 ‘Groundwater Management Act’를 제정하고 5개 지하수 관리지역(Active Management Areas: AMAs)을 지정하였다. 관리지역으로 지정된 지역에는 전체 주민의 80% 이상이 거주하는데, 해당 지역에서 벌어지는 모든 신규 개발사업은 재생 가능한 물공급 계획을 수립해야 하며, 의무적으로 절수설비를 설치해야 한다. 또한 관리지역 내 물 사용자들은 물 사용량을 계량보고해야 하며, 지하수 이용자도 매년 지하수 취수요금을 지불해야 한다.<sup>134)</sup>

주정부는 사용자의 물절약을 의무화하는 것에 그치지 않고, 수도사업자나 물 사용자가 효과적으로 물을 절약할 수 있도록 지원도구를 제공한다. 예를 들어, 지역 여건에 따라 최적 물절약 방안을 선택할 수 있도록 ‘BMP Matrix’가 제공된다(그림 4-7). 예를 들어 신규개발지역에서는 조례를 통해 대체수자원 이용을 의무화하고, 야외 조경시설의 물이용 효율을 높이도록 강제하는 것이 효과적이다. 반면 노후도시에서는 누수저감 등 급수시스템의 관리와 옥내 급수설비를 개선하는 것이 적합한 수요관리 방안이다. 주거부문에서 물을 많이 사용하는 경우에는 주민 홍보, 교육훈련이 강조되어야 하며, 상업·산업 부문에서 물을 많이 사용하는

<sup>134)</sup> USEPA(2015).

경우에는 물질약 계획을 수립하도록 하고 BMP 적용에 따른 비용을 보조(용자)하는 방안이 효과적이다. 건물 매매가 활발한 지역에서는 주택 매매 시에 급수설비 개선을 의무화하는 것이 대안일 수 있다.<sup>135)</sup>

---

135) Arizona Dept of Water Resources(2009).



### 3) 물이용 제한조치

호주와 마찬가지로 미국에서도 가뭄 시 물이용 제한조치는 낭비적인 물이용 부문에 대해 가해지며, 가뭄이 심해질수록 제한조치의 수준이 강화된다(표 4-11).<sup>136)</sup> New York 시, Florida 주, Colorado 주의 물이용 제한조치를 살펴보면, 건물 물청소, 자동차 세차, 인공 연못 등 야외 조경시설, 수영장 등 필수적이지 않은 부문의 물이용이 가뭄 시 제한된다. 그 외에 레스토랑과 호텔에 대해서도 물이용 제한이 가해지는데, 1단계에서는 자발적인 조치가 권장되지만, 가뭄이 심해지면 강제성이 부여된다. 단순히 가뭄 단계별로 필요한 조치를 나열하는 국내의 가뭄대응 매뉴얼과 달리, 미국의 도시나 주는 각 단계에 따라 물사용량 절감 목표를 설정하고 있으며, 가뭄 2단계부터는 물이용 제한조치를 위반할 경우에 벌금이 부과되며 3단계에서는 벌금 수준도 높아지는 점을 주목할 필요가 있다.

---

136) 한국환경정책·평가연구원 물환경연구실(2015).

〈표 4-11〉 미국 New York, Florida, Colorado의 가래 단계별 물이용 제한조치

가래 단계	New York 시	Florida 주	Colorado 주
1단계 (자발적 조치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 수도기구의 누수 및 낭비 점검</li> <li>모든 야외 공간(차도, 공원 등) 살수 행위 금지</li> <li>조정시설 물공급 금지</li> <li>잔디 물주기 금지 (일부 조건에서 허용)</li> <li>화재 진압 외의 소화전 사용 금지</li> <li>식당에서 수돗물 무료제공 금지</li> <li>수영장 물 보충 금지</li> <li>8.36% 감축 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지반 정비구역(차도, 주차장 등) 살수 행위 금지</li> <li>건물 물청소 금지</li> <li>조정시설 물공급 금지</li> <li>세차 금지</li> <li>조경대피 훈련 중단</li> <li>소방 대피 물 제공 금지</li> <li>레스토랑 무료 물 제공 금지</li> <li>누수개선 통보 미이행 고객 물공급 중단</li> <li>누수 점검 및 수선 강화</li> <li>신규 관계시설 설치 중단</li> <li>교육, 홍보 프로그램 지속 수행</li> <li>가정 20%, 기타부문 15% 감축 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>레스토랑에서 고객요청과 무관한 물 제공 제한</li> <li>1일 이상 투숙고객 침대시트 교체빈도 자발적 감축</li> <li>낮 시간 야외 물이용 제한</li> <li>물 다사용 업소 물사용량 감축(계절 평균 10%)</li> <li>추가요금 부과</li> <li>10% 감축 목표</li> </ul>
2단계 (강제성 부여, 행동규칙 강화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1단계와 동일</li> <li>(감축 목표 상향 조정)</li> <li>11.48% 감축 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1단계와 동일</li> <li>가정 25% 감축, 기타 부분 20% 감축 목표</li> <li>위반 시 50달러~500달러 벌금 부과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고객 요청 시에만 식수 제공</li> <li>장기투숙객 시트 4일에 1회 교체</li> <li>잔디 물주기 15분 이내</li> <li>호스 이용 세차 금지</li> <li>불투수지표면 물사용 금지</li> <li>30% 감축 목표</li> <li>위반 시 250달러~1,000달러 벌금 부과</li> </ul>
3단계 (강제성 및 행동규칙 강화)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1, 2단계와 동일</li> <li>수돗물 사용 수생식 에어컨 사용 금지</li> <li>13.94% 감축 목표</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가정 30% 감축, 기타 부분 25% 감축 목표</li> <li>위반 시 50달러~500달러 벌금 부과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고객 요청 시에만 식수 제공</li> <li>장기투숙객 시트 4일에 1회 교체</li> <li>잔디 물주기 15분 이내</li> <li>호스 이용 세차 금지</li> <li>불투수면 물사용 금지</li> <li>위반 시 1,000달러~1,500달러 벌금 부과</li> </ul>

자료: 한국환경정책평가연구원 물환경연구실(2015).



## 4. 수요관리를 통한 물절약 효과

### 가. 수요관리 수단별 물절약 효과

Inman and Jeffrey(2006)는 서구 선진국에서 보고된 최근의 수요관리 문헌을 분석하여 수요관리 수단별로 주거부문에서의 물절약 효과를 분석하여 *Urban Water J.*에 발표하였는데, 주요 결과를 소개하면 다음과 같다.<sup>137)</sup>

수요관리 방안 중 경제적인 수단으로 계량기 설치와 물절약 가격 구조의 효과는 다음과 같다. 계량기 설치는 물 사용자가 깨끗한 물의 가치를 인식할 수 있도록 신호를 주는 역할을 한다. 미국에서 계량기 설치로 평균 20%의 물절약이 가능함이 보고되었다. 특히 계량기 설치로 실내보다 실외에서의 물 사용량을 크게 줄이는 것으로 분석되었다. 물 가격 또한 신호기능을 하며, 미국에서는 전력요금 분야에서 한계비용을 고려한 요금부과 구조가 1970~80년대에 도입되었다. 사용량이 많을수록 요금단가가 높아지거나 계절별로 요금을 차등화하는 것을 물절약형 요금부과(conservation pricing)라 하는데, 이러한 요금구조는 소비자에게 주는 가격 신호를 증폭시키기 때문에 수요관리의 효과를 높일 수 있다. 하지만 대부분의 연구결과에서 물 수요는 가격 인상에 비탄력적(inelastic)으로 반응하는 것으로 나타났다. 또한 가격 메커니즘의 지속성이 없는 경우에는 초반에 물 소비가 줄었다가 나중에 더 높은 수준으로 반등하는(rebounding) 현상도 발견되었다. 단, 주목해야 할 점은 일반적으로 가정의 물 수요는 비교적 가격에 비탄력적으로 반응하지만, 지역별 및 소득수준별로 세부적으로 살펴보면 물 수요가 가격에 따라 탄력적으로 반응한다는 점이다. 기온이 높을수록 탄력도가 민감하게 반응했고, 실내에서 보다 실외에서 사용되는 물 수요가 가격에 더 탄력적으로 반응하는 것으로 조사되었다. 미국 California 주 8개 도시에서 물 수요의 가격 탄성도는 여름철에 더 컸으며, 미국 Santa Barbara에서는 저소득층 가구일수록, 주택 부지면적이 클수록 물수요가 가격에 더 민감하게 반응했다.<sup>138)</sup>

절수기기·설비 등 기술적 수단의 효과는 다음과 같다. 미국·호주에서의 연구결과, 절수형 샤워헤드처럼 기존 기기·설비를 교체(retrofit)하면 실내 물 사용량이 9~12% 줄어드는 것

137) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

138) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

으로 나타났다. 세탁기처럼 물을 사용하는 제품을 절수형 제품으로 완전히 교체하는 경우에는 물 사용량이 35~50% 줄어들어, 절수기기·설비 교체보다 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 미국 Seattle, San Francisco, Tempa 지역의 수요관리 효과를 세부적으로 분석한 결과, 화장실 변기와 세탁기 교체를 통한 물절약 효과가 가장 컸다. Tempa와 San Francisco에서 얻어진 물절약량의 대부분은 절수형 변기 설치와 기존의 변기와 연결된 밸브에서 새는 물을 줄여서 얻어진 것이었다. 화장실에서 누수 되는 물을 줄이는 것이 효과가 크다는 점은 New York 시 사례에서도 드러난다. New York 시의 화장실 변기 리베이트 프로그램을 통해 변기를 교체한 결과 교체 전에 비해 평균적으로 물 사용량이 약 37% 줄어들었는데 기존 변기에서 누수 되는 양을 크게 줄인 결과로 분석되었다. 가정에서 실외용수는 주로 정원에서 사용되는데, 미국의 경우 자동 스프링클러가 설치된 가정에서는 호스나 양동이를 이용하는 가정에 비해 실외용수 사용량이 11.2% 증가하는 것으로 조사되었다. 절수기기·설비에 의한 물절약 효과는 시민들의 행동양태에 따라 달라질 수 있음을 주목해야 한다. 절수형 샤워헤드로 교체한 이후 샤워를 더 길게 하는 등 물절약 효과를 상쇄시키는 행동(offsetting behavior)을 하는 사례도 있었다. 따라서 단순히 절수기기·설비를 보급하는 것에 그쳐서는 물절약 효과를 크게 기대할 수 없으며, 시민들과의 효과적인 커뮤니케이션이 동반되어야 한다.<sup>139)</sup>

물 수요관리에서 교육·홍보가 중요한 역할을 하지만 그에 따른 물절약 효과만을 별도로 분석한 논문은 많지 않다. 방송 광고 등 시민의식을 높이는 방식으로 2~5%의 물 사용량을 줄일 수 있으나 그 효과는 대부분 일시적이었다. 그러나 지역공동체와 협력하여 주민들의 절수 참여를 독려하는 등 장기적인 전략 하에서 교육·홍보가 진행된 경우 지속적인 절수효과를 기대할 수 있다. 스페인 Zaragoza의 경우, 절수기기 보급과 함께 박람회, 학교 방문교육, 지역공동체 발표를 통해 물절약의 장점과 실용성에 대한 홍보·교육을 병행한 결과 1년 후에도 도시의 연간 물 소비량이 5.6% 감소하였다. 미국 Delaware에서는 시범적으로 수도요금 고지서에 절수 팸플릿을 첨부한 결과 여름철 물 수요가 4.8% 감소하였다.<sup>140)</sup>

상수도 급수망에서 발생하는 누수량은 물 수요의 상당 부분을 차지하는데, 이탈리아와

139) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

140) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

불가리아의 누수율은 각각 30% 및 50%에 달하는 것으로 보고되었다. 영국에서는 1997년부터 수도사업자에게 의무적인 누수율 저감 목표를 설정하고 시민들에게 급수관 누수 탐지 및 수선 서비스를 무료로 제공하여, 가구당 1일 누수량을 228L/hh/d<sup>141)</sup>에서 174 L/hh/d로 31% 줄이는 데 성공하였다. 이때, 수도사업자의 누수율 저감 목표는 누수로 인한 손실비용과 누수 개선에 소요되는 비용을 분석하여 경제적으로 타당한 수준에서 결정되었다. 이처럼 급수시스템의 누수를 줄여 전체 물 수요량을 크게 낮출 수 있기 때문에 누수관리는 다른 수요관리 수단에 비해 더 효과적이며 중요하게 다루어져야 한다.<sup>142)</sup>

수요관리 규제는 수요관리 수단의 이행을 장려하거나 물 소비를 제한하는데 사용될 수 있으며, 자발적인 수준에서 강제적인 조치까지 물이용 규제에 대한 수준을 달리할 수 있다. 미국과 호주에서는 고효율 물이용 제품에 대한 표시제도(labeling)를 도입하고 절수기기 설치를 의무화한 결과, 10년에 걸쳐 5~10%의 물절약 효과가 나타난 것으로 분석되었다. 미국 California의 Goleta에서는 과거 물 사용량 기록을 토대로 가구당 사용량을 할당하고 할당량을 초과한 양에 대해 과태료를 부과한 결과 가정에서의 물 사용량이 28.2% 감소하였다. 낮 시간대에 도로 물청소, 세차, 조경용수 등을 제한하는 조치는 미국 California와 그리스에서 물 사용량을 각각 29% 및 25~35% 감소시킨 것으로 나타났다. 최근 들어 명령과 통제(command and control) 방식의 강제적인 규제는 비효과적이라는 비판이 높다. 하지만 강제적인 규제는 시장이 실패한 상황에서 가장 효과적인 수요관리 수단이며 수요관리 결과(outcome)의 확실성이 높다는 장점이 분명히 존재한다.<sup>143)</sup>

Vickers(2005)가 문헌으로 발표된 수요관리 효과를 취합·분석한 연구에서도 조건에 따라 차이는 있으나 수요관리 수단별로 10~50%가량 절수효과가 있는 것으로 나타났다.<sup>144)</sup> 수도사업자는 누수관리, 계량기 및 센서 정비, 시스템 물수지 분석(audit) 등을 통해 물절약을 추진할 수 있으며, 효과는 사업조건에 따라 다르게 나타났다. 주택 내에서 사용되는 물 사용량을 줄이기 위해 물절약 요금제도, 각종 절수기기·설비 설치, 절수형 세탁기 및 식기세척기 설치, 물절약형 온수장치, 옥내 누수관리 등의 수단을 적용할 수 있으며, 그에 따른

141) liter per household per day

142) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

143) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143.

144) Vickers(2005).

절수효과는 10~50%로 나타났다. 실외 조경에 사용되는 물 사용량을 줄이기 위해 조경 설계를 효율화하고, 내건성 식물을 식재하는 등 설계단계의 노력, 정원 살수 제한, 시비제한·금지 등 규제조치, 빗물이용 등 대체수자원 활용 등의 방안을 이용할 수 있으며 그에 따른 절수효과는 15~100%에 달했다. 산업·상업·공공 부문에서도 사무실별 계량기 설치, 냉난방 효율화, 절수형 온수장치, 누수관리 등을 통해 물 사용량을 10~50% 줄일 수 있었다. 농업 부문 또한 최적 물절약 방안을 적용하고, 관개 스케줄을 조정하며, 영농 및 토지이용방식을 변경하여 10~50%까지 물절약 효과를 거둘 수 있는 것으로 나타났다.<sup>145)</sup>

---

145) Vickers(2005).

〈표 4-12〉 수요관리 수단별 물절약 효과

구분	수단	절수효과	비고
경제적 수단	계량기 설치	20% 감소 (미국) 14% 감소 (영국)	실의 이용량 저감에 효과 큼 지역/계절적 편차 큼
	수도요금 인상	탄력도: -0.17 (미국 서부지역) 탄력도: -0.60 ~ -0.80 (호주) 9~12% 감소 (미국, 호주)	일반적으로 요금에 비탄력적 지역·소득수준별로 구분 시 탄력성 확인 수도꼭지, 샤워헤드 등
기술적 수단	물절약 제품 이용	35~50% 감소 (미국, 호주)	실내에서는 화장실 및 세탁기의 물절약 잠재력이 가장 높음 (화장실 밸브 등 옥내누수 개선이 물절약의 상당부분을 차지)
	자동 스프링클러	11.2% 증가 (미국 LA) 2~5% 감소	대부분 일시적 효과에 그침
교육	방송 캠페인	탄력도: -0.05 (미국 AZ) 5.6% 감소 (스페인 Zaragoza) 4.8% 감소 (미국 DE, 여름철)	절수설비 공급업자 대상 집중 교육 청구서에 팸플릿 동봉
	누수개선	누수율 31% 개선 (영국) 5~10% 감소 (미국, 호주)	가장 효과가 높은 수단
규제	물효율 등급	28.2% 감소 (미국 CA)	
	과거대비 사용량 증가 시 과태료 부과	29% 감소 (미국 CA) 25~35% 감소 (그리스)	

자료: Inman and Jeffrey(2006)을 토대로 저자 작성

〈표 4-13〉 물이용 부문별 물질약 효과

물이용 부문	수요관리 수단	절수효과
수도사업자	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 무수량(NRW) 저감</li> <li>· 시스템 물수지 분석(audit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 누수관리</li> <li>· 계량기, 센서 정비</li> </ul> <p>사업조건에 따라 다름</p>
주택 (우내)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물질약 유도 요금, 리베이트, 인센티브</li> <li>· 변기, 샤워헤드, 수전 교체</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 절수형 세탁기/식기세척기</li> <li>· 물질약 온수장치</li> <li>· 우내 누수관리</li> </ul> <p>10~50%</p>
조경	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물질약 유도 요금, 리베이트, 인센티브</li> <li>· 조경 설계 효율화</li> <li>· 내건성 식물 식재</li> <li>· 정원 살수 제한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 관개시스템 효율화</li> <li>· 시비 제한/금지</li> <li>· 빗물이용</li> <li>· 누수저감</li> </ul> <p>15~100%</p>
상업·산업·공공 부문	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물질약 유도 요금, 리베이트, 인센티브</li> <li>· 사무실별 계량기 설치</li> <li>· 냉난방 효율화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 절수형 온수장치</li> <li>· 누수관리</li> </ul> <p>10~50%</p>
농업	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 물질약 유도 요금, 리베이트, 인센티브</li> <li>· 계량기 설치</li> <li>· 최적 물질약 방안 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 관개 스케줄 조정</li> <li>· 토지이용방식 변경 (경운 방식, 유기농, 통합병충해방지 등)</li> </ul> <p>10~50%</p>

자료: Vickers(2005).

### 나. 수요관리를 통한 물절약 잠재량 (미국 Wisconsin 사례)

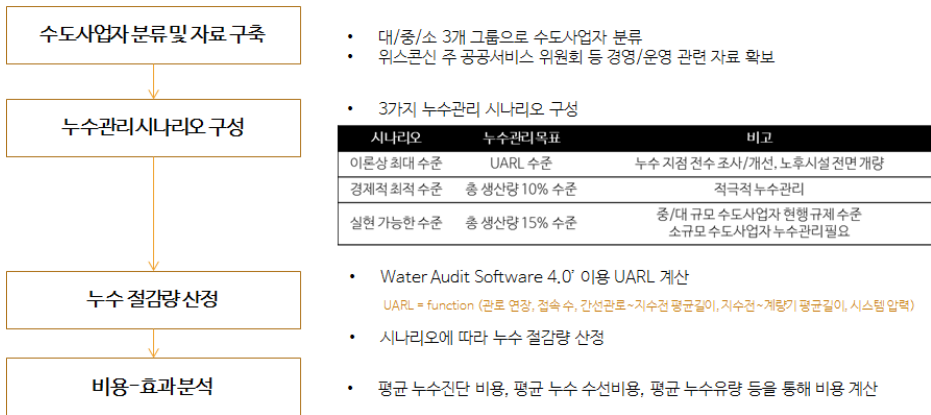
장래 물수급 계획을 수립하거나, 비상 시 물이용 제한조치를 취하기 위해서는 수요관리에 따른 물절약량을 파악해야 한다. 수요관리에 따른 절수 가능량을 과소산정하면 물공급 계획이 필요 이상으로 크게 산정되는 문제가 발생하고, 반대로 절수 가능량을 과대평가할 경우 장래에 물 부족이 발생할 위험이 높아진다. 지자체의 수도정비기본계획을 살펴보면 절수기기·설비 보급이나 빗물이용, 중수도, 하수재이용 등 물재이용 계획이 포함되어 있으나, 그에 따른 물절약 효과는 보수적으로 산정·반영되고 있었다. 수요관리 수단 중 우수율 제고 계획에 대해서만 물절약 효과를 비교적 구체적·정량적으로 평가하여 장래 물수급 계획에 반영하고 있었다. 수도정책 담당자들도 수요관리 대책을 추진하기 위해서는 물절약 잠재력이 높은 분야를 파악해야 하나, 국내에서 그에 대한 연구가 부족해 정책수립에 어려움이 있음을 지적하였다.

반면, 미국 Wisconsin 주는 물 수요관리에 따른 잠재적인 물절약량을 다음과 같이 시나리오별로 구체적으로 산정하였다.<sup>146)</sup> 수도사업자의 누수관리를 통한 물절약 잠재량을 분석한 내용을 살펴보면 다음과 같다(그림 4-8). 첫 번째 단계로 Wisconsin 주의 수도사업자를 대/중/소의 3개 그룹으로 분류하고, Wisconsin 주 공공서비스 위원회 등으로부터 수도사업자의 경영·운영 자료를 확보하였다. 그리고 누수관리 시나리오를 (1) 이론상 최대수준, (2) 경제적 최적 수준, (3) 실현가능한 수준의 3가지로 구성하여 절감량을 각각 산정하였다. 이론상 최대수준이란 누수관리를 위한 최대한의 노력에도 불구하고 불가피하게 발생하는 누수량으로<sup>147)</sup>, International Water Association(IWA)이 제시한 누수관리 지표인 UARL(Unavoidable Annual Real Loss)까지 낮추는 것을 의미한다. 이는 수도사업자가 누수지점을 전수 조사하여 개선하며 노후시설을 전면 개량해야 함을 의미하는 것으로 이상적인 시나리오에 해당한다. 경제적 최적 수준이란 총 생산량의 10% 수준으로 누수를 관리하는 것으로, 이론상 최대수준까지는 아니지만 수도사업자가 적극적으로 누수관리를 해야 하는 수준이다. 실현가능한 수준이란 누수량을 총 생산량의 15% 수준으로 관리하는 것으

146) Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources(2011).

147) 구자용(2008), pp.10-17.

로, 현재 Wisconsin 주에서 중/대규모 수도사업자에게 요구하는 누수관리 수준이며, 소규모 수도사업자의 추가적인 노력이 요구되는 시나리오에 해당한다. 이론상 최대수준 시나리오의 UARL은 관로 연장, 접속 수, 간선관로~지수전 평균길이, 지수전~계량기 평균길이, 시스템 수압 등을 입력자료로 하여 'Water Audit Software 4.0'이란 프로그램을 이용해 계산하였고,<sup>148)</sup> 나머지 시나리오에 대해서도 누수 절감량을 산정하였다. 최종적으로 평균 누수진단 비용, 평균 누수 수전비용, 평균 누수유량 등을 토대로 누수관리에 따른 비용-효과를 분석하였다.<sup>149)</sup>



자료: Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources (2011)를 토대로 저자 작성

〈그림 4-8〉 미국 Wisconsin 주 물절약 잠재량 산정방법 (누수관리)

절수기기 보급 등에 의한 물절약 잠재량은 누수관리와는 다른 방법으로 산정하였다(그림 4-9). 먼저 수도사업자를 대/중/소로 구분한 다음 고객 계정(account)당 1일 물사용량을 파악하였다. 그리고 Wisconsin 주 자료와 전미수도협회 통계, 타 도시 조사자료 등 가용한 자료를 취합분석하여 물이용 dataset을 구축하였다. 물이용 dataset은 주거지역

148) 환경부, K-water(2015)에 따르면 UARL 산정을 위해서는 '대지경계에서 계량기까지 관로 연장', '구역 내 평균수압' 등의 입력 자료가 필요하나 상수도 통계에서 이들 항목이 없으며, 계산식에 사용된 계수도 국내 실정에 맞는 값으로 조정되어야 하므로 현 단계에서 UARL을 산정하기엔 어려운 상황이다.

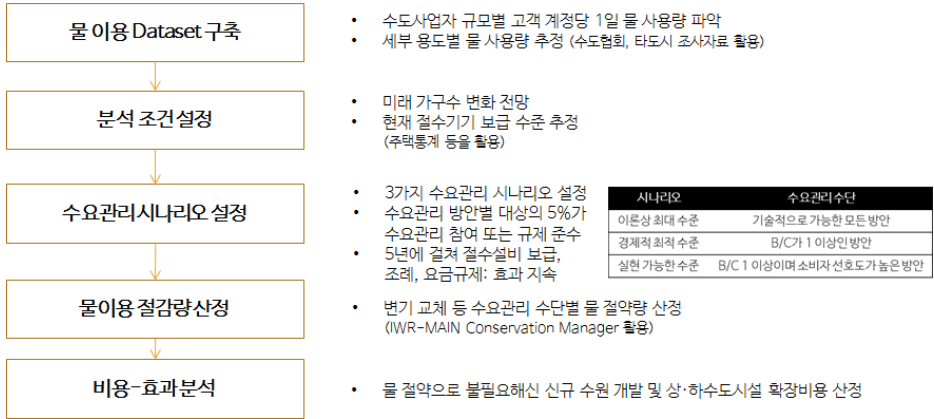
149) Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources(2011).



(residential) 및 비주거용(nonresidential)으로 구분하여 실내 및 실외용수의 사용량으로 구성되어 있으며, 주거용 실내용수는 화장실, 샤워, 목욕, 수전(수도꼭지), 식기세척기, 연수기, 세탁기 등으로, 비주거용 실내용수는 화장실, 샤워, 수전, 상업·산업용 식기세척기, 세탁기, 소변기, 공정수, 냉각응축수 등으로 세분하였다(표 4-14). 분석조건으로 미래 가구수 변화를 인구통계 등을 이용해 전망하였으며, 주택통계를 활용하여 현재 절수기 보급 수준을 추정하였다. 앞의 누수관리 시나리오처럼 수요관리 시나리오 또한 이론상 최대수준, 경제적 최적수준, 실현가능한 수준의 세 가지로 설정하였다. 이론상 최대수준이란 기술적으로 가능한 모든 수요관리 수단을 적용하는 것을 의미한다. 경제적 최적 수준이란 기술적으로 가능한 수요관리 수단 중 비용/편익(B/C)이 1 이상인 수단만을 적용하는 시나리오이다. 실현 가능한 수준은 B/C 1 이상인 수요관리 수단 중에서도 설문조사 결과 소비자 선호도가 높게 나타난 수단만을 적용하는 것을 의미한다. 수요관리 방안별로 대상의 5%가 수요관리에 참여하거나 규제를 준수하는 것으로 가정하였다. 그리고 5년에 걸쳐 절수설비를 보급하며, 조례나 요금규제는 그 효과가 분석기간인 2030년까지 지속되는 것으로 가정하였다. 그 다음으로 IWR-MAIN Conservation Manager라는 프로그램을 이용하여 변기 교체 등 수요관리 수단에 따른 물절약량을 산정하였다. 위 프로그램은 Wisconsin 주의 공공서비스위원회 및 다른 지역·기관의 수요관리 자료를 토대로 만들어졌으며, 비용/편익 분석기능을 탑재하고 있다. 마지막으로 물절약을 통해 투입하지 않아도 되는 신규 수원 개발이나 상하수도 시설 확장비용을 고려하여 비용-효과를 분석하였다.<sup>150)</sup>

---

150) Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources(2011).



자료: Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources (2011)를 토대로 저자 작성

〈그림 4-9〉 미국 Wisconsin 주 물절약 잠재량 산정방법 (절수기기 보급 등)

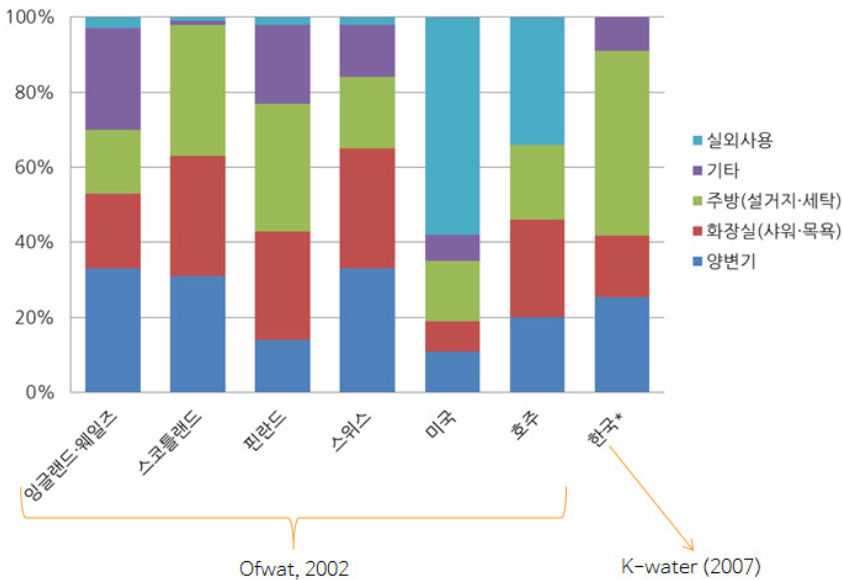
〈표 4-14〉 미국 Wisconsin 주 물이용 Dataset

구분	주거용 물 사용량 (고객 계정당)			비주거용 물 사용량 (고객 계정당)		
	대규모	중규모	소규모	대규모	중규모	소규모
	gallon/day	gallon/day	gallon/day	gallon/day	gallon/day	gallon/day
<b>실내용수</b>						
화장실	29.0	23.6	20.9	322.8	200.2	148.2
샤워	29.0	23.6	20.9	64.6	40.0	29.6
목욕	4.8	3.9	3.5	0.0	0.0	0.0
수전	29.0	23.6	20.9	16.1	10.0	7.4
식기세척기	1.6	1.3	1.2	-		-
예비세척용 스프레이 밸브	-	-	-	52.5	32.2	22.8
상업-산업용 식기세척기	-	-	-	205.9	128.3	95.9
세탁기	29.0	23.6	20.9	80.7	50.1	37.1
연수기	3.2	2.6	2.3	0.0	0.0	0.0
소변기	0.0	0.0	0.0	64.6	40.0	29.6
증발식 냉각기	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
보일러 공급수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
공정수	0.0	0.0	0.0	209.8	130.1	96.3
냉각/응축수	0.0	0.0	0.0	226.0	140.1	103.7
기타	19.3	15.7	13.9	96.8	60.1	44.5
<b>실외용수</b>						
조경용수	11.3	9.2	8.1	274.4	170.2	126.0
수영장	1.6	1.3	1.2	0.0	0.0	0.0
세차	1.6	1.3	1.2	0.0	0.0	0.0
기타	1.6	1.3	1.2	0.0	0.0	0.0
<b>합계</b>						
	161.0	131.0	116.0	1,614.0	1,001.0	741.0

자료: Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources(2011)

## 5. 소결

국내 수요관리 대책은 누수관리(유수율 제고 사업)에 주로 의존하고 있는 반면, 미국·호주 등에서는 물 사용자 및 용도에 따라 지원 및 규제수단을 복합적으로 활용하여 수요관리를 추진하고 있었다. <그림 4-10>처럼 외국과 한국의 물이용 패턴이 다르고, 특히 수요관리 성공사례로 소개된 미국과 호주는 실외에서의 물이용 비중이 높은 나라이므로, 이들 나라에서의 수요관리 성공사례를 국내에 그대로 적용하기는 어렵다.<sup>151)</sup> 그러나 미국·호주와 국내의 물이용 패턴의 차이를 고려하더라도, 누수관리 외에도 국내에 적용 가능한 수요관리 수단들이 폭넓게 존재한다는 것은 분명한 사실이다.



자료: Inman and Jeffrey(2006); 김주환 외(2007)을 토대로 저자 작성.

<그림 4-10> 국가별 가정용수 사용량 비중

수요관리는 “강력하지만 아직 충분히 활용되지 않은” 가뭄대책으로 절수형 제품 등 다양한 기술적인 방안과 물절약 행동을 통해 물 사용량을 줄이는 효과를 발휘할 수 있다.<sup>152)</sup>

151) Inman and Jeffrey(2006), pp.127-143; 김주환 외(2007), pp.864-869.

지속적인 수요관리로 총 물수요가 감소하면 물공급 시설을 새로 만들거나 확대할 필요가 없어지므로 국가재정에도 도움이 된다. 예를 들어 미국 Massachusetts Water Resource Authority는 1990년대 초부터 누수저감, 공업용수 효율제고, 절수설비 설치 등 수요관리 프로그램을 적극적으로 추진하여 물수급 부족량을 해소하였으며, 그 결과 논란이 있던 5억 달러 규모의 Connecticut River 댐 건설계획을 철회할 수 있었다.<sup>153)</sup>

국내에서도 '충분히 활용되지 않은' 수요관리 대책을 쉽게 찾을 수 있다. 미디어를 통한 절수홍보 외에도 청소년·성인 등 대상을 특정하고, 지역공동체 모임을 활용하는 등의 방법을 통해 교육홍보에 의한 물절약 효과를 높일 수 있다. 샤워헤드 등 절수기기·설비를 교체하는 것보다 세탁기, 식기세척기 등을 물절약형 제품으로 교체하는 것이 물절약 효과가 영속적으로 발생한다는 연구결과에서 보듯, 절수형 세탁기·식기세척기에 대한 특별소비세 감면방안 등 「국가 물 수요관리 종합대책」(환경부, 2007b)에서 검토했던 인센티브 제도를 도입할 필요가 있다. 가정 외에 상업·산업 부문에서도 수요관리가 이루어지도록 지원하는 제도도 검토되어야 한다. 호주 사례에서 보듯 인센티브 또는 리베이트의 수준은 사용자의 선택에 영향을 미칠 정도로 설정되어야 한다. 에너지 부문을 보더라도 에너지 고효율 제품에 대한 인센티브를 확대하고 있다. 기존에는 에너지사용기자재만이 에너지 효율관리 대상이었으나, 절전S/W, 열차단 필름, 빌딩에너지관리시스템(BEMS) 등 직접적으로 에너지를 사용하지는 않지만 에너지소비에 영향을 미치는 제품을 '에너지관련기자재'로 분류하여 에너지효율 관리대상에 포함시켰다. 실생활과 밀접한 내용으로, 에너지 프론티어 및 1등급 제품(TV, 냉장고, 에어컨, 세탁기)은 개별소비세를 면제하였다. LED조명, 인버터 등 고효율기기의 설치보조금 규모를 확대하고, 전력저장장치, 프리미엄 전동기 등 보조금 지원대상을 확대하였다.<sup>154)</sup>

지자체 차원에서도 최소한 「수도법」이 규정한 절수기기·설비 의무설치 대상에 대해서는 관리를 강화해야 한다. 충남 천안시는 절수설비기기 설치 의무대상에 해당하는 공중화장실을 파악하고, 해당 시설에 대해 절수설비기기 시험성적서나 설치 전/후의 사진이 첨부된

152) Vickers(2005).

153) Vickers(2005).

154) 녹색성장위원회 보도자료(2012.6.13); 관계부처합동(2012).

결과보고를 요구하는 계획을 2015년 10월 발표하였다.<sup>155)</sup> 공중화장실을 의무대상으로 추가하는 「수도법」 개정안이 2011년 11월 통과되어 2012년 2월부터 이미 시행 중이었던 것을 고려하면, 「수도법」이 규정한 수요관리 조치마저도 그동안 적극적으로 추진되지 않은 것으로 풀이된다. 지자체의 건축 조례를 통해 기존 건축물 리모델링 시 절수기기·설비 설치를 의무화하는 등 수요관리 적용대상을 확대하는 것이 가능하며, 공공기관 등을 대상으로 수요관리 시범사업을 선도적으로 추진하여 물절약 성공사례를 만들어내는 것도 방안이 될 수 있다. 선진국은 물절약 행동이 시민들 몸에 배어 수요관리 효과가 지속되도록 하는 것에 관심을 두고 있었으며, 시민의 행동변화를 불러올 수 있도록 홍보·마케팅 관점에서 수요관리 정책에 접근하는 사례가 있었다. 국내에서도 수요관리 수단이 지금보다 다양화되고 수요관리 정책이 활성화된다면, 마케팅 관점에서 수요관리 정책을 모색할 필요가 있을 것이다.

한편, 언론에 보도된 가뭄 시 물이용 제한조치의 경우 미국 호주에서 일반 시민에 대한 물이용 규제는 실외 조경용수 등 ‘낭비적인 물이용’에 대해 적용되고 있었다. 가뭄이 심해질 수록 규제 대상이 넓어지고 규제 강도가 높아지는 것은 사실이나, 일상생활에 필수적인 물 이용을 제한하는 조치는 생활용수 공급 중단 등 극심한 물 부족 상황에 임박했을 때 적용되는 것으로 판단된다. 따라서 비상조치로 일반 시민의 물이용을 제한하는 조치를 도입할 수는 있겠으나, 그러한 상황이 발생하지 않도록 사전에 일반 시민 및 상업·산업·공공 부문을 대상으로 자발적 및 규제적인 물절약 조치를 마련하여 물 사용량을 줄여야 하는 부담을 이용자들이 공평하게 분담하도록 하는 제도가 함께 마련되어야 한다.

---

155) 충남넷(2015.10.28).

## 제5장

# 생활용수 부족 위기 대응수단 검토

### 1. 생활용수 부족 위기 대비능력

#### 가. 용수공급 목표 불분명

광역상수도 취수원으로 사용되는 다목적댐이나 용수전용댐은 이수안전도를 의미하는 설계빈도가 각 댐별로 설정되어 있다(표 5-1). 공급능력이 큰 댐을 예를 들면, 충주댐은 20년 빈도, 대청댐은 13개년 간 100%, 소양강댐은 갈수량의 증가분 36m<sup>3</sup>/s 공급으로 설계빈도가 정해져 있다. 2009년 강원 남부지방 가뭄 시 이슈가 되었던 광동댐은 10년 빈도로 설계되었다.<sup>156)</sup>

〈표 5-1〉 다목적댐 및 용수전용댐 설계빈도

댐명		공급능력 (백만m <sup>3</sup> /년)	비상용수 공급량 (백만m <sup>3</sup> )	설계빈도
다 목 적 댐	소양강	1,213.0	370.0	갈수량의 증가분 36m <sup>3</sup> /s 공급
	충주	3,380.0	496.0	20년 빈도
	횡성	119.5	10.2	26년 빈도
	대청	1,649.0	270.0	13개년간 100%
	용담	650.4	25.1	'67~'68년, '82~'83년 기준 갈수
	보령	106.6	5.4	20년 빈도

156) 국토해양부(2009).

〈표 5-1〉의 계속

댐명		공급능력 (백만m <sup>3</sup> /년)	비상용수 공급량 (백만m <sup>3</sup> )	설계빈도
다 목 적 댐	섬진강	350.0	78.0	-
	주암	270.1	15.0	20년 빈도
	주암조절지	218.7	12.0	20년 빈도
	부안	35.1	1.3	10년 빈도
	장흥	128.7	4.2	15년 빈도
	안동	926.0	130.0	'67~'68년 갈수조건
	임하	591.6	84.0	21년간 100%
	합천	599.0	130.0	13년간 100%
	남강	573.0	-	16년간 100%
	밀양	73.0	3.3	15년 빈도
용 수 전 용 댐	광동	26.4	-	10년 빈도
	달방	14.6	-	10년 빈도
	평립	11.8	-	10년 빈도
	수어	29.7	-	'67년 갈수에도 전량 공급
	운문	167.9	-	-
	영천	107.3	-	10년 빈도
	감포	1.6	-	30년 빈도
	안계	-	-	조절지댐
	대암	18.3	-	10년 빈도
	사연	36.5	-	10년 빈도
	대곡	32.9	-	10년 빈도
	선암	-	-	조절지댐
	구천	7.5	-	10년 빈도
연초	6.3	-	10년 빈도	

주: 비상용수공급량: 이상기뭄 발생 시 공급 가능한 저수위 이하의 저수량  
 설계빈도: 용수수요량을 공급할 수 있는 확실성, 계획기준년 갈수의 발생빈도로 표현  
 자료: 국토해양부(2009).



반면, 소규모 저수지, 국가지방하천, 지하수 등을 취수원으로 하는 지방상수도는 얼마나 심한 가뭄까지 용수공급이 가능한지에 대한 목표 또는 기준이 불분명하다. 「상수도시설기준」은 지리적 조건이나 경제적인 이유로 “댐(저수지)의 신규개발수량은 계획대상의 갈수빈도가 10년에 1회 정도로 결정되는 경우가 많다”면서, 수원 및 저수시설의 계획기준년으로 10개년에 제1위 정도의 갈수를 표준으로 제시하고 있다.<sup>157)</sup> 「수도정비기본계획수립지침」이나 지자체의 기본계획에서도 계획기준년 범위 내에서 수원 및 저수시설의 운영 책임이나 계획기준년을 초과하는 가뭄 발생 시 대응은 찾아볼 수 없다. 다목적댐과 용수전용댐의 경우에도 설계빈도만 규정되어 있을 뿐, 용수공급 안전도의 확보 주체나 책임한계에 대한 규정은 없는 상황이다.

#### 〈상수도시설기준〉 이수안전도 관련 규정<sup>158)</sup>

- 수원 및 저수시설 계획기준년  
“계획취수량을 확보하기 위하여 필요한 저수용량의 결정에 사용하는 계획기준년은 원칙적으로 10개년에 제1위 정도의 갈수를 표준으로 한다”

반면, 호주 Queensland 주는 수자원 관리법인 「Water Regulation 2002」에서 “지역 내에서 물이용 제한이 발생할 것으로 예상되는 빈도, 심각성 및 지속기간을 기반으로 한 물안보 확보 목표”로 서비스 수준 목표(LoS objective)를 정의하며, South East Queensland (SEQ) 지역의 평균 물수요 공급, 가뭄 시 공급 및 최소 필수 공급량에 대한 서비스 수준을 〈표 5-2〉와 같이 규정하고 있다.<sup>159)</sup> 가뭄 시의 수자원공급시스템(bulk water supply system)에 대한 LoS 목표로 주거 및 주거 부문에서 중간 수준의 물이용 제한(mediaum level water restriction)이 평균 10년에 1회를 넘지 않으며, 그 지속기간은 평균 1년을 넘지 않도록 설정하였다. 여기서 ‘중간 수준의 물이용 제한’이란 댐 수위가 ‘가뭄 대응 수위’ 이하로 낮아질 때 주거 및 비주거 부문에 가해지는 물이용 제한을 의미한다.<sup>160)</sup>

157) 한국상하수도협회(2010).

158) 한국상하수도협회(2010)

159) seqwater(2015).

또한 극심한 가뭄 상황인 ‘최저 운영 수위’가 Baroon Pocket 댐, Hinze 댐 및 Wivenhoe 댐에서 1만년에 1회 이상 발생하지 않으며, 주거·비주거 부문에 ‘최소 필수 공급량’인 평균 1인 1일 100리터 만큼은 공급할 수 있도록 LoS 목표가 설정되어 있다.<sup>161)</sup> 위와 같은 호주 Queensland 주의 LoS 목표가 반드시 지켜야 하는 법적 의무는 아니지만, LoS 목표는 수자원시설운영자(seqwater) 및 수도사업자가 증장기 계획을 수립하는 기준이 되며, LoS를 달성하기 위해 가뭄 진행단계별로 공급 및 수요관리 대책이 구성된다.

〈표 5-2〉 호주 Queensland 주 서비스 수준(LoS) 목표

평균 물수요 공급	가뭄 시 공급	최저 운영 수위 및 최소 필수 공급량
<ul style="list-style-type: none"> <li>공급 권역 내 평균 수요량 전망치를 충족</li> </ul>	<b>주거 부문 물공급</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>중간 수준 물이용 제한 평균 10년에 1회</li> <li>평균 1인1일 물 사용량 140L이상</li> </ul> <b>비주거 부문 물공급</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>중간 수준 물이용 제한 평균 10년에 1회</li> </ul>	<b>최저 운영 수위 발생 빈도 (3개 주요 댐)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1만년에 1회 이내</li> </ul>
<b>댐 운영기관 의무</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>수도사업자와 공동으로 장래 평균 수요량 예측 및 결과 공개</li> <li>평균 수요량 예측 적절성을 매년 평가 및 결과 공개</li> </ul>	<b>물이용 제한 지속 기간</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>평균 1년 이내</li> </ul>	<b>필수 공급량</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>최소 필수 공급량 발생 빈도 1만년에 1회 이내</li> </ul>
<b>평균 물수요량</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>향후 30년간 주거 및 비주거 부문의 1인 1일 물수요(L)</li> </ul>	<b>중간 수준 물이용 제한</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>댐 수위가 ‘가뭄 대응 수위’ 이하로 낮아질 때 주거 및 비주거 부문에 가해지는 물이용 제한</li> </ul>	<b>최소 필수 공급량</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>주거·비주거 부문 평균 1일 1인 100L 공급 가능량</li> </ul>

자료: Seqwater(2015)를 토대로 저자 작성.

160) 가뭄 대응 수위(drought response level)란 호주 South East Queensland 지역의 수자원관리계획에 따라 가뭄대응 행동이 취해지는 기준으로 지역 내 수자원시설 총 저수량의 40%로 설정되어 있다.

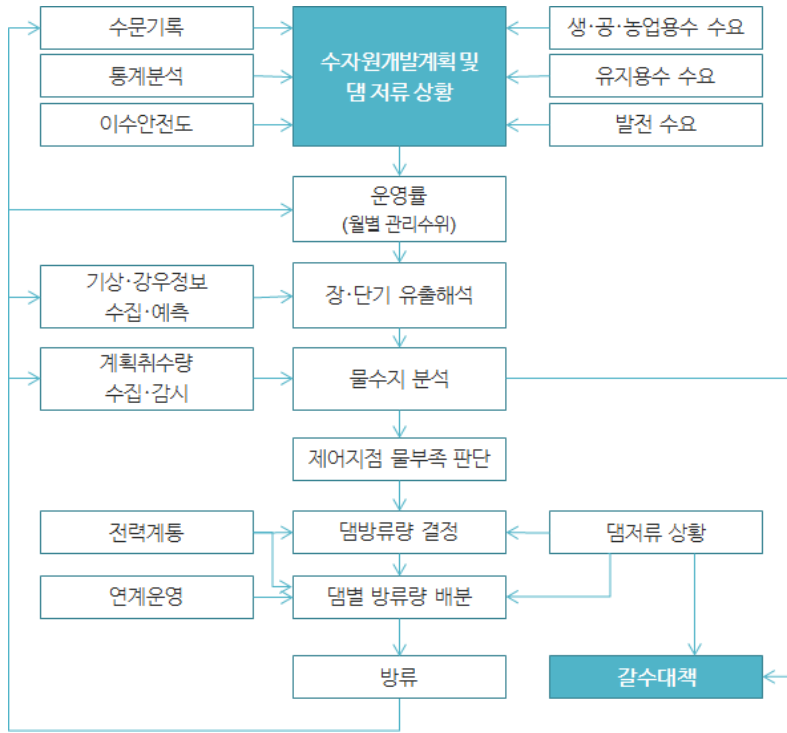
161) seqwater(2015).

### 나. 가뭄에 따른 취수원 영향 예측능력 미비

광역상수도는 다목적댐이나 국가하천을 취수원으로 사용하며, 특히 다목적댐은 기상·강우 정보 및 예측 결과를 토대로 댐 유입량을 분석하고, 그 결과를 토대로 방류량을 조정할 수 있는 운영 시스템을 구비하고 있다(그림 5-1).<sup>162)</sup> 광역상수도과 달리 지방상수도는 2013년 시설용량 기준으로 하천표류수(72.3%) 및 하천복류수(8.4%)가 취수원의 대부분을 차지하며<sup>163)</sup>, 가뭄에 따라 취수원인 하천 유량의 변화를 분석·예측할 수 있는 시스템이 구비되어 있지 않다. 「수도법」 제7조의3(상수원 정보관리체계 구축 및 운영)에 따라 환경부장관은 ‘상수원 정보관리체계’를 구축·운영하고 있으나, 상수원 수질관리를 위해 필요한 정보로 대상을 한정하고 있어 수량 등 가뭄과 관련된 정보관리는 미흡한 것으로 판단된다.

162) 한국수자원공사(2002).

163) 환경부(2014).



자료: 한국수자원공사(2002)

〈그림 5-1〉 다목적댐 이수관리 흐름도

환경부는 이러한 문제점을 인식하고 지방상수도의 취수원 형태별로 제한급수 위험 등 가뭄 예측기술을 개발하는 연구를 수행하고 있으며, 그 전까지는 취수원 수위, 강수량 등을 기준으로 제한급수 시기를 예상하는 등 지방상수도의 예·경보제도를 운영할 계획이다.

#### 다. 가뭄 대응 기준(trigger) 미흡

##### 1) 식·용수 분야 위기대응 실무매뉴얼

식·용수 분야 위기대응 실무매뉴얼(환경부·국토해양부, 2009)은 지속적인 수질악화, 가뭄, 유해물질 유입, 수도시설 파과·파손, 수도시설 마비와 같은 상황 발생 시 기관별 역할을 구체적으로 규정하고 있다. 위기단계는 관심(Blue) - 주의(Yellow) - 경계(Orange) - 심각

(Red)으로 구분되는데, 첫 번째 단계인 관심단계는 1개 시·군 내 3개소 이상 마을상수도의 급수가 중단되었을 때, 두 번째 단계인 주의단계는 특정지역의 지방상수도에서 감량급수가 실시될 때에 해당한다(표 5-3). 실무매뉴얼은 가뭄으로 인한 급수제한이나 중단 시 기관별 역할을 비교적 상세히 규정하고 있으며, 다음과 같은 대응조치를 기술하고 있다.<sup>164)</sup>

- 주민공지
- 민방위 급수시설, 저수조 및 배수지 등의 저류량 활용
- I/II 단계 운반급수 시행
- 물사용 제한 등 행정적 대응
- 광역상수도 연계 검토
- 비상용수원 개발 (지하수, 댐사수용량, 농·공용수 전용 등)

〈표 5-3〉 ‘식용수 분야’ 위기대응 단계 판단기준 (장기간 가뭄에 따른 급수제한중단)

위기 단계	판단기준	비고
관심	마을상수도의 급수중단 ※ 1개 시·군 내 3개소 이상의 마을상수도 급수중단을 가뭄징후로 판단	징후활동 감지
주의	특정지역 지방상수도 감량급수 실시	협조체계 가동
경계	지방상수도 10% 이상 감량급수 실시	대비계획 점검
심각	지방상수도 30% 이상 감량급수 실시	즉각 대응태세 돌입

자료: 환경부, 국토해양부(2009)를 토대로 저자 작성.

위기대응 실무매뉴얼이 ‘국가적 위기상황’ 발생에 대비한 것임을 고려해야 하겠지만, 마을상수도 급수중단이나 지방상수도 감량급수와 같은 ‘가뭄에 의한 영향’이 실제로 발생했을 때 위기대응이 개시되는 한계점이 있다. 급수중단이나 감량급수까지 진행되지 않도록 가뭄 진행 상황에 따라 자율적 또는 강제적인 수요관리 조치를 취하는 것과 같은 사전적인 대응 방안은 실무매뉴얼에서 규정하고 있지 않다.

164) 환경부, 국토해양부(2009).

## 2) 가뭄 단계별 생활용수 제한급수 대책

지자체의 가뭄대책으로 흔히 제시되는 것이 환경부의 「2007년 생활용수분야 가뭄대비대책」에 따른 「가뭄 단계별 생활용수 제한급수 대책」이다. 제한급수 대책은 지역실정에 따라 1단계(지방상수도 10~30% 감량공급)부터 4단계(급수중단)까지 구분되며, 단계별로 운반 급수, 절수 홍보, 물다량사업소 규제, 비상용수 공급, 최소 생활용수 공급, 식수배급제 등의 대응방안이 규정되어 있다(표 5-4).<sup>165)</sup>

〈표 5-4〉 가뭄 단계별 생활용수 제한급수 대책

가뭄 단계	판단 기준	공급대책	수요관리 대책
1 단계	1-1 10% 감량공급	· 급수불량지역 운반급수 · 상수도 수질관리 강화	· 절수 홍보 (방송, 캠페인)
	1-2 10~30% 감량공급	· 비상급수대책상황실 운영 · 상수도 수질관리 강화 · 식수용 지하수 개발 · 농업용수원지 활용	· 물다량 사용업소 영업시간 단축 또는 임시휴업 · 공공건물, 대형빌딩 등 절수 확대 · 공업용수 절약/재활용 확대 · 각 가정별 절수 적극 유도 · 제한급수 실시 (격일/3일제)
2단계	30~50% 감량공급	· 인근 지자체간 긴급 급수지원 · 식수용 관정개발 확대 · 민방위 비상관정 이용 · 군부대 지원을 통한 비상급수	· 물다량 사용업소 자율휴무 · 수도물 다량사용 공장 조업단축
3 단계	3-1 50~60% 감량공급	· 개인 및 민방위 관정, 전용상수도 공동이용 확대	· 3~5일제 급수 · 산업용수 공급 감축/중단
	3-2 > 60% 감량공급	· 지하수 개발	· 최소한의 생활용수 공급 · 수도물 다량 사용업소 격일제 영업
4단계	급수 중단	· 먹는 샘물 공급 · 개인관정 공동 이용	· 최소한의 식수배급제 실시

자료: 환경부(2007)을 토대로 저자 작성.

165) 환경부(2007a).

실무매뉴얼과 마찬가지로 생활용수 제한급수 또한 가뭄으로 수돗물 감량공급이 임박한 시점에서야 수요관리에 돌입하는 한계가 있다. 최초 가뭄대응 단계인 ‘1-1단계’의 판단기준이 지방상수도 10% 감량공급 시로, 제한급수 대책을 기계적으로 해석한다면 용수공급 위기를 예상하여 사전적인 대응을 할 이유가 없는 셈이다.

### 3) 가뭄 예·경보제도

2016년 3월부터 농식품부, 환경부, 국토부, 기상청 등 관계부처 공동으로 가뭄 예·경보제도를 시범운영 중이다. 기상가뭄, 생활·공업용수, 농업용수 등 3개 분야별로 현재, 1개월 및 3개월 뒤의 상황에 대한 가뭄 예·경보가 발표된다. 각 분야별로 주의(yellow), 심함(orange), 및 매우 심함(red)으로 구분되며 각 상황별로 부처별 조치사항이 제시되어 있다 (표 5-5).<sup>166)</sup>

농업용수의 가뭄상황은 영농기 저수지 저수율로 판단하며, 주의 단계에서 관계기관은 피해 예상지역을 관리하고, 물절약 교육홍보를 추진하는 등의 조치를 취하며, 물 사용자인 농민을 대상으로 양수시설을 점검하고 영농기 전에 논수로에 물을 가두는 등 가뭄 준비단계의 대응조치를 제시하고 있다. 그러나 생활 및 공업용수의 경우에는 주의, 심함, 매우심함 등 가뭄상황이 일부 물 부족 발생, 급수제한 및 급수제한 확산에 따라 결정되므로 가뭄 준비단계 없이 바로 가뭄대응 단계로 이동하게 된다. 또한 생·공업용수의 경우, 부처별 조치상황에 비해 물 사용자가 취해야 할 조치들은 빈약하다는 문제가 있다.

166) 국민안전처 보도자료(2016.3.10).

〈표 5-5〉 가뭄 예경보 단계별 대응조치

구분	가뭄상황	부처 조치사항	국민 행동요령
농 업 용 수	주의 영농기(4~9월) 저수지 저수율 평년 70% 이하	· 관계부처 합동 TF팀 운영(국민안전처) · 가뭄 피해 예상지역 관리(농식품부) · 유관기관별 장비 점검·정비, 가동준비(농식품부) · 물절약 교육 및 홍보(농식품부)	· 물을 끌어올 수 있는 시설(수로)이나 물을 퍼 올릴 수 있는 장비(양수기), 호스 등 점검·정비 · 영농기 전에 논, 수로 등에 물 가두기
	심함 영농기(4~9월) 저수지 저수율 평년 60% 이하, 가뭄피해가 발생했거나 예상되는 경우	· 관계부처 합동 TF팀 운영(국민안전처) · 소방차 등 소방력 동원 급수지원(국민안전처) · 가뭄대책을 위한 특별교부세 지원(국민안전처) · 가뭄 피해 예상지역 관리(농식품부) · 저수지 물 채우기(농식품부) · 관정개발·간이양수장 등 용수원 개발(농식품부)	· 주의단계의 국민 행동요령 준수 · 농업용수 확보가 원활하지 않아 가뭄이 우려되는 지역에서는 관정·우물 등 용수원 개발
	매우 심함 영농기(4~9월) 저수지 저수율 평년의 50% 이하, 대규모 가뭄피해가 발생하거나 예상되는 경우	· 필요시 중앙재난안전대책본부 운영(국민안전처) · 소방력 광역 급수지원체계 가동(국민안전처) · 가뭄대책을 위한 특별교부세 확대 지원(국민안전처) · 가뭄피해 예상지역 관리(농식품부) · 저수지 물 채우기(농식품부) · 관정개발·간이양수장 등 용수원 개발(농식품부)	· 심함단계의 국민 행동요령 준수 · 주변 하천수 등 이용 가능한 물을 끌어올 수 있는 방안 강구
생 활 및 공 업 용 수	주의 하천, 댐 및 저수지, 지하수 수위가 낮아져 일부 물 부족 발생	· 관계부처 합동 TF팀 운영(국민안전처) · 상황별 비상·대체급수 점검(환경부) · 용수수급상황실 운영(국토부) · 다목적댐 하천유지유량 감량(국토부)	· 낭비되는 물이 없는지 점검하기 · 가정, 학교 등에서 물절약 실천하기
	심함 물부족 확산 및 일부지역 급수제한	· 관계부처 합동 TF팀 운영(국민안전처) · 소방차 등 소방력 동원 급수지원(국민안전처) · 가뭄대책을 위한 특별교부세 지원(국민안전처) · 필요시 중앙사고수습본부 가동(환경부, 국토부) · 물절약 운동 등 대국민 홍보(환경부) · 대체자원 투입 및 예비시스템 가동(환경부) · 용수수급상황실 운영 강화(국토부) · 다목적댐 농업용수 감량(국토부)	· 절수용품 설치하기 · 빗물 및 재활용수 이용하기
	매우 심함 하천, 댐 및 저수지, 지하수의 물 부족으로 급수제한 확산	· 필요시 중앙재난안전대책본부 운영(국민안전처) · 소방력 광역 급수지원체계 가동(국민안전처) · 가뭄대책을 위한 특별교부세 확대 지원(국민안전처) · 중앙사고수습본부 운영(환경부, 국토부) · 물절약 운동 등 대국민 홍보(환경부) · 다목적댐 생활 및 공업용수 감량(국토부) · 댐·보 비상용량 활용 공급(국토부)	· 국가 가뭄대응 단계별 대응요령에 적극 동참하기(제한급수 등)

자료: 국민안전처 보도자료(2016.3.10).



#### 4) 호주 SEQ 가뭄 대응 기준

앞에서도 살펴본 호주의 SEQ 지역의 수자원관리계획은 SEQ 지역 내 주요 댐·저수지의 통합저수율이 가뭄 단계 및 대응조치의 기준(trigger)으로 사용된다(그림 5-1). 댐·저수지 통합 저수율이 70% 이상 유지되는 조건에서는 일반적인 물절약 홍보조치가 취해지만, 저수율이 70% 이하로 내려가면 가뭄 준비(drought readiness) 단계로 물절약 홍보가 확대 시행된다. 저수율 60%로 낮아지면 Queensland 주의 Gold Coast 지역에 건설된 해수담수화시설의 운영을 개시하여 SEQ 지역의 급수네트워크로 생산된 물을 공급한다. 저수율 50% 단계에서는 주거부분의 1인당 1일 물 사용량을 150L/p/d로 낮추는 것을 목표로 하는 수요관리 대책이 취해진다. 비주거 부분의 자발적인 물절약 프로그램이 취해지며 요금 인상 등 추가적인 수요관리 방안의 검토가 이루어진다.<sup>167)</sup>

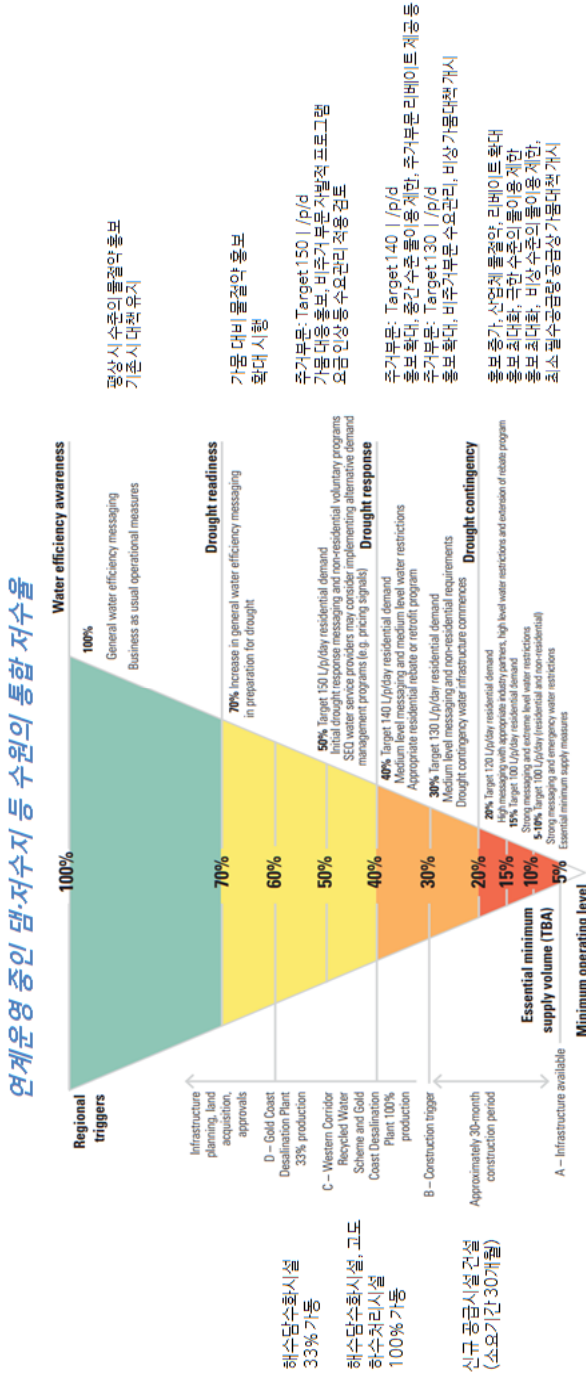
저수율이 40% 이하로 내려가면 가뭄 대응(drought response) 단계에 돌입하며, 강화된 공급 및 수요관리 조치가 취해진다. 공급대책으로는 고도하수처리시설인 Western Corridor Recycled Water Scheme과 Gold Coast의 해수담수화시설을 100% 가동하여 SEQ 지역 급수네트워크로 생산된 물을 공급한다. 수요관리 측면에서는 주거부분의 물절약 목표가 140L/p/d로 상향 조정되며, 중간수준의 물이용 제한이 적용되고 물절약 조치에 대한 리베이트가 제공된다. 저수율이 30%까지 낮아지면 새로운 물공급시설(해수담수화시설 또는 하수재이용 시설)의 건설에 착수하며, 주거 부분의 수요관리 목표가 130L/p/d로 상향 조정된다.<sup>168)</sup>

저수율이 20% 이하로 낮아지면 가뭄 비상대응(drought contingency) 단계로 최대한의 물절약 홍보를 진행하며, 물절약 리베이트를 확대하고, 물이용 제한수준을 강화한다. 저수율이 5%까지 낮아지는 최악의 상황에서는 최소 필수공급량(100L/p/d)만을 공급한다.<sup>169)</sup>

167) Seqwater(2015).

168) Seqwater(2015).

169) Seqwater(2015).



자료: Seqwater(2015).

〈그림 5-2〉 호주 SEQ 지역의 단계별 가뭄대응조치

홍상시 수준의 물 절약 홍보  
기후시대 준비

가뭄 대비 물 절약 홍보  
확대 시행

주거부문: Target 150 l / p/d  
가뭄 대응 물보, 비주거 부문 개발 프로젝트  
외도 인상을 수요관리 적용 검토

주거부문: Target 140 l / p/d  
물보 확대, 중간 수준 물이용 제한, 주거부문 리베이트 제공 등  
주거부문: Target 130 l / p/d  
물보 확대, 비주거부문 수요관리, 비상 가뭄대응 개시

물보 증가, 산업체 물 절약, 리베이트 확대  
물보 확대, 극한 수준의 물이용 제한  
물보 확대, 비상 수준의 물이용 제한,  
최소 필수 공급량 공급상 가뭄대응 개시

호주 SEQ 사례는 사전에 준비된 가뭄 진행단계에 따른 대체수자원 공급계획 및 수요관리 대책을 통해 법이 규정한 서비스 수준(LoS) 목표를 준수하고자 한다는 점에서 의의가 있다. 물절약 조치를 열거한 우리의 제한급수 대책과 달리, 각 단계별로 주거부문에 대한 수요관리 목표(1인 1일 물사용량)가 설정되어 있으며, 이를 달성하기 위한 홍보, 자발적 물절약 프로그램, 리베이트 제공, 물이용 제한 조치 등의 수단이 마련되어 있다.

공급측면에서도 지표수 외에 해수담수화시설과 하수처리수 고도처리시설이라는 가뭄에 영향을 받지 않는(Drought-proof) 대체수자원 공급시설이 구비되어 있으며, 가뭄이 심해질 때에만 이들 시설을 가동한다. 기존 대체수자원 시설로는 부족할 정도로 가뭄이 진행되면 신규 시설의 건설에 착수한다. 주목할 부분은 환경영향평가 등 허가부터 시공까지 소요되는 시간(30개월)을 고려해 저수율이 바닥을 드러내는 시점이 아니라 저수율이 30%로 내려가는 시점에서 건설에 착수한다는 점이다. 2015년 충남 서북부지역 가뭄에서의 금강-보령댐 도수로 건설계획과 같은 공급계획이 사전에 준비가 되었다면, 가뭄의 심각성 및 시공기간을 고려하여 환경영향평가 등 필요한 절차를 거쳐 건설될 수 있었을 것이다.

## 2. 생활용수 부족 상황 대응능력

### 가. 제한급수 등 비상조치의 법적 근거 미비

#### 1) 전력분야 사례

여름철과 겨울철 냉난방 전력수요가 급증하여 전력수급대책 마련에 부심하는 전력분야에서는 피크시기의 수요관리 방안이 물 분야에 비해 체계적으로 구성되어 있다. 전기사업에 관한 기본적인 사항을 담은 「전기사업법」은 전기 공급중지나 사용제한에 대한 규정이 없지만, 한국전력공사(한전)의 「기본공급약관」에 공급중지 및 사용제한의 조건과 그에 따른 사업자 면책조항이 비교적 자세히 규정되어 있다.

「기본공급약관」 제47조는 한전이 전기공급을 중지하거나 전기사용을 제한할 수 있는 부득이한 사유를 구체적으로 열거하고 있다. 특히 약관의 제49조는 관련법에 따라 산업통상부장관이 지사하는 경우, 전기의 수급조절로 인해 부득이한 경우, 비상재해 및 기타 불가항력

으로 인한 경우 등 부득이한 사유로 인해 전기공급 중지 또는 사용제한이 발생하여 벌어지는 손해에 대해서는 배상책임을 지지 않음을 규정하고 있다.<sup>170)</sup>

**한국전력공사 「기본공급약관」 중 공급중지·사용제한 관련 규정<sup>171)</sup>**

- 제47조(공급의 중지 또는 사용제한)
  - ① 한전은 ... 부득이 전기공급을 중지하거나 전기사용을 제한할 수 있습니다.
    - 1. 법령의 규정에 따라 산업통상자원부장관이 지시하는 경우
    - 2. 전기의 수급조절로 인해 부득이한 경우
    - 6. 비상재해 및 기타 불가항력으로 인한 경우
  - ② 한전은 ... 그 내용을 신문, 방송 또는 기타방법으로 미리 고객에게 통지 ...
- 제49조(손해배상의 면책)
  - 한전은 ... 손해에 대하여는 배상책임을 지지 않습니다.
    - 3. 제47조(공급의 중지 또는 사용의 제한) 제1항 제1, 2, 6호에 따라 전기 공급을 중지하거나 사용을 제한한 경우

그동안 법원은 공급약관을 근거로 부득이한 정전에 대해서는 한전의 손해배상 책임을 인정하지 않았다. 그러나 2011년 9월 15일 발생한 순환정전에 대해 서울중앙지방법원은 한전은 지식경제부, 전력거래소, 6개 발전회사 등과 협조하여 순환단전에 대한 사전 예보·홍보 등을 해야 하는 주의의무를 현저히 위반하였고, 정부 또한 전력거래소와 한전의 과실을 사전에 인지하고 필요한 지시를 했다면 순환정전을 방지할 수 있었다며 한전과 국가의 책임을 인정하였다.<sup>172)</sup> 현재 항소가 진행 중이어서 속단할 수는 없지만, 비교적 비상 시 수요관리 규정이 자세히 규정된 전력분야에서 사업자인 한전의 면책을 인정하지 않은 판결이 나온 점을 고려할 때, 가뭄으로 인해 제한급수나 단수가 발생한 경우에 대한 손해배상 문제가 향후에 제기될 수 있을 것으로 판단된다.

170) 한국전력공사(2016).

171) 한국전력공사(2016).

172) 서울중앙지방법원(2013.12.24).

## 2) 수도법 및 급수조례 검토

「수도법」 제39조는 일반수도사업자는 정당한 이유 없이 수도의 공급을 거절해서는 안 되며, 부득이한 이유로 일시적으로 수돗물을 공급할 수 없는 경우에 이를 사전에 공지하도록 규정하고 있다. 수도공급의 거절이 가능한 정당한 사유는 시행령 제53조의3(수돗물의 공급 거절)에 따라 수도시설의 파괴 또는 고장, 정수시설의 교체오작동 또는 유해물질 유입으로 인해 수질기준이 초과하는 상황으로 정의된다. 다시 말해, 「수도법」의 수돗물 공급거절의 사유에는 가뭄으로 인한 물 부족 상황이 해당되지 않는다.

가뭄 시 제한급수로 인해 물 사용자에게 발생하는 손해에 대한 배상책임 문제가 발생하는 것에 대비하기 위해서는 「수도법」의 급수의무 조항에 “가뭄 시 사전 계획에 따라 제한급수를 하는 경우”를 제한급수의 사유로 규정하는 것이 필요하다. 그리고 위의 규정이 가뭄 대비를 잘못된 수도사업자에 대한 면죄부로 기능하는 것을 방지하기 위해, 앞에서 논의했던 서비스 수준 목표를 함께 규정할 필요가 있다. 수도사업자가 가뭄 시에도 필수적인 급수량을 확보하도록 의무를 부여하기 위해 「수도법」 급수의무 조항에 “일반수도사업자는 가뭄 시에도 국민의 공중위생 및 경제활동에 필수적인 급수량이 확보되도록 노력하여야 한다”라는 규정을 둘 수 있다.

### 「수도법」 급수의무 관련 조항 개정안

- 제39조(급수 의무)
  - ① 일반수도사업자는 ... 대통령령으로 정하는 정당한 이유 없이 그 공급을 거절하여서는 안된다.
  - ② 일반수도사업자는 ... 부득이한 이유로 일시 수돗물을 공급할 수 없는 경우에는 미리 그 구역과 기간을 정하여 공고하여야 한다.
  - 일반수도사업자는 가뭄 시에도 국민의 공중위생 및 경제활동에 필수적인 급수량이 확보되도록 노력하여야 한다. (신설)
  - 일반수도사업자는 가뭄 시 사전 계획에 따라 제한급수를 시행할 수 있다. (신설)

한편, 환경부와 행정안전부의 「표준급수조례」와 K-water의 「수돗물공급규정」이 급수정지 및 사용제한에 대한 사유를 규정하고 있으나 면책에 대한 규정이 서로 다른 문제가 있다.

「표준급수조례」에 따르면 지자체장은 부득이한 경우나 공익 상 필요한 경우에 급수정지 및 사용제한이 가능하지만, 그로 인해 수도사용자에게 손해가 발생한 경우 정액요금의 4%에 중지일수를 곱한 금액을 감액하도록 규정하고 있다.<sup>173)</sup> 성남시, 평택시 등의 수도급수조례가 이처럼 급수정지 및 사용제한 시 요금감액 규정을 두고 있다.

반면, K-water의 「수돗물공급규정」은 비상재해나 공익상 불가피한 경우에 수돗물의 공급중지나 사용제한이 가능하지만, 그에 따른 고객의 손해에 대해서는 배상책임이 없음을 규정하고 있다.<sup>174)</sup> 서울시, 광명시, 안성시 등의 수도조례 또한 부득이한 사유에 따른 수도 사용 제한 시, 그에 따른 손해가 발생한 경우에도 시장은 책임을 지지 않는다고 규정하고 있다.

---

173) 환경부, 행정안전부(2011).

174) K-water(2014b).

### 수돗물 급수정지 및 사용제한 관련 급수조례 조항

- 환경부-행정안전부 「표준급수조례」 제19조(급수정지 및 사용제한)
  - ① 시장은 재해나 기타 부득이한 경우와 공익 상 필요하다고 인정하는 경우에는 ... 급수를 정지하거나 수도의 사용을 제한할 수 있다. 이 경우 수도사용자의 손해를 최소화하기 위하여 노력하여야 한다.
  - ③ 제1항의 규정에 따른 급수정지 및 사용제한으로 인하여 수도 사용자에게 손해가 발생한 경우 시장은 다음과 같이 요금을 감액한다.
 
$$\text{감액요금} = \text{구경별 정액요금} \times 4\% \times \text{중지일수}$$
- K-water 「수돗물공급규정」 제19조(수돗물 공급의 중지)
  - ② 공사는 ... 일시적으로 수돗물공급을 중지하거나 사용을 제한할 수 있습니다.
    3. 비상재해 또는 공익상 불가피한 경우
 

제56조(손해배상의 면책)

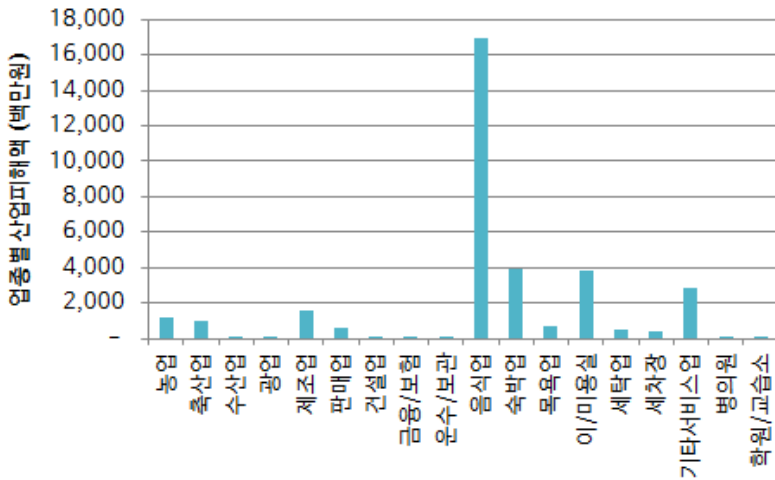
공사는 다음 ... 사유로 인하여 고객이 받은 손해에 대하여는 배상의 책임을 지지 아니합니다.

      2. 제19조제2항에 따라 수돗물의 공급을 중지하거나 사용을 제한한 경우
- 서울시 「수도조례」 제21조(급수정지 및 사용제한) ① ...
  - ② 시장은 재해나 기타 부득이한 경우와 공익상 필요하다고 인정하는 경우 ... 급수를 정지하거나 수도의 사용을 제한할 수 있다. 이 경우 수도사용자의 손해를 최소화하기 위하여 노력하여야 한다.
  - ③ 제1항의 규정에 따른 급수정지 및 사용제한으로 인하여 수도 사용자에게 손해가 발생할지라도 시장은 그 책임을 지지 아니한다.

만약 가뭄 시 수도사업자가 제한급수를 실시한다면, 「표준급수조례」에 따라 요금을 감액 해줘야 하며, 제한급수로 인한 수도요금 수입 감소까지 겹쳐 수도사업자의 재정이 더 악화 될 수 있다. 실제로 2009년 강원 남부지방 가뭄 시 태백시가 제한급수 기간에 대해 월 3m<sup>3</sup>의 수도요금을 감면해 주었는데, 이러한 조치는 제한급수에 따른 피해와 감면금액 사이의 상관성이 없으며 상하수도 지방공기업의 책임경영을 강조하는 정책방향과도 어긋나는 것이다. 제한급수를 극한 가뭄으로 용수부족이 발생할 때에 행해지는 '사전에 계획된 수요관리 조치'로 본다면, 제한급수에 따른 요금감액 규정은 타당하지 않은 것으로 판단된다.

### 나. 제한급수 대상의 형평성 부족

〈표 5-4〉의 단계별 생활용수 제한급수 대책을 보면, 가뭄 1단계부터 물다량 사용업소에 집중적으로 규제가 가해진다. 가뭄 관련 매뉴얼에서 물다량 사용업소에 대한 정의가 제시되어 있지는 않지만, 지자체의 가뭄대응방안을 보면 목욕탕, 식당, 숙박업소에 대해 가뭄 1-2 단계부터 영업시간을 단축하거나 임시휴업을 명령하는 내용이 담겨있다. 만약 수도사용량 중 가정용수나 산업용수가 차지하는 비율이 상업용수보다 높다면, 목욕탕, 식당, 숙박업소를 대상으로 가뭄 초기단계부터 규제를 가하는 것은 합리적이지도 않고 물절약 효과를 기대하기도 어렵다. 숙박 및 음식점업은 자영업 비율(개인사업체 비중)이 97.6%에 달하는데,<sup>175)</sup> 가뭄으로 이러한 영세 업종에 피해가 가중되는 문제도 있다. 실제로 2009년 강원 남부지방 가뭄으로 산업 부문에서는 음식업의 피해가 가장 큰 것으로 조사되었다(그림 5-3).<sup>176)</sup>



자료: 태백시(2009).

〈그림 5-3〉 2009년 강원 남부지방 가뭄 시 업종별 산업피해액

175) 산업연구원(2013).

176) 태백시(2009).



한편, 전력부문에서는 2011년 9·15 순환정전 후에 비상 시 단전 순위를 기존 ‘산업계 피해 최소화’에서 ‘국민피해 축소’ 및 ‘사회적 혼란 최소화’ 관점으로 전환하였다. 긴급단전 1순위가 일반가정이었으나 이를 비상발전기를 소유한 단독선로 소비자로 변경하였다. 동시에 국민안전이나 취약계층과 관련된 시설의 보호는 강화하였다. 국가중요시설, 경제, 안전, 생활과 관련된 시설은 차단(단전)에서 제외하는 등 순환정전 제외대상을 구체화하였다.<sup>177)</sup>

#### 전력부문의 순환정전사태 재발방지 대책<sup>178)</sup>

- 위기대응 매뉴얼 개선
  - 순환정전 사전예고 시스템 구축
    - 메시지 자동발송, 실시간 재난예고방송 등
  - 단전조치 대상 재검토 및 예비전력체계 강화
    - 민감 시설(소규모병원, 은행지점) 단전대상 제외
    - 국민안전 관련시설(신호등, 엘리베이터) 예비전원 공급체계 마련
- 수요예측 및 계획정비
  - (전력수급체계) 공급과 수요조절을 같이 중시하는 방향으로 전환
  - (설비용량) 발전용량 신규확보를 통해 2014년 이후 예비율 14% 이상 유지

따라서 현행 제한급수 대상을 수도사업자별로 수도사용량, 물절약 잠재력, 취약성 등을 고려해 구체적으로 설정할 필요가 있다. 부문별·업종별로 물 사용량을 검토하여 물다량 사용업소의 목록을 구축해야 한다. 긴급단전 순위를 참고하여 지하수관정 등 자체적인 취수원을 보유한 물 사용자를 제한급수 우선순위로 설정하는 방안도 검토할 수 있다. 의료기관, 소방서(소화전), 복지시설 등 공공안전 및 공공복리에 필수적인 시설에 대한 급수대책은 현행 가뭄위기 매뉴얼에 비교적 상세히 서술되어 있는 것으로 판단된다.

177) 지식경제부(2011); 지식경제부 보도 참고자료(2011.9.18).

178) 지식경제부(2011); 지식경제부 보도 참고자료(2011.9.18).

### 3. 소결

생활용수 부문의 위기관리 현황을 살펴본 결과, 위기 대비(preparedness)와 대응(response) 측면에서 보완해야 할 점이 많은 것으로 분석되었다.

지자체의 『수도정비기본계획』은 장래 물수급 전망을 기반으로 상수도 공급시설을 확충하는 내용을 중심으로 구성되어 있을 뿐, 댐의 이수안전도에 해당하는 물공급 서비스 수준(LoS) 목표가 제시되어 있지 않은 문제가 있었다. 가뭄 등에 대비한 무단수공급체계를 구축하기 위해 1일평균급수량 이상의 원수저류지를 설치하는 등의 방안이 최근에 제안되었지만,<sup>179)</sup> 이는 수질사고나 시설고장 등 국부적이고 단기간의 물공급 중단 사태에 대응 가능한 수단으로 가뭄으로 인한 생활용수 부족 위기에서는 효과를 발휘하기 어렵다. 따라서 수도정비기본계획의 수립 목표에 가뭄에 대비한 서비스 수준이 담길 수 있도록 「수도정비기본계획 수립지침(안)」을 개정하는 것이 필요하다. 4장에서 언급된 것처럼 『수도정비기본계획』상의 수요관리 계획은 누수관리처럼 수도사업자가 일상적으로 수행하는 수요관리 수단을 중심으로 구성하고, 『물 수요관리 종합계획』에는 자발적 절수조치부터 비상 시 제한급수까지 가뭄 단계별로 적용 범위나 강제성을 달리하는 수요관리 방안이 제시될 필요가 있다.

가뭄과 관련된 위기관리 매뉴얼이나 대책들은 생활용수 제한급수 등 가뭄에 의한 영향이 발생한 이후 또는 그에 임박한 시점에서야 작동되며, 사전대비 기능을 구현하지 못하는 문제가 있었다. 올해 시범 도입된 가뭄 예·경보제도는 가뭄 위기를 사전에 탐지하여 수도사업자 등 관계기관에 알릴 수 있기 때문에 중앙 및 지방정부의 가뭄 위기관리에서 중요한 역할을 할 수 있다. 실제로 지자체 가뭄 담당자들은 공신력 있는 기관에서 행정구역 단위로 가뭄 정보가 제공될 경우 활용할 의사가 있다는 의견을 제시하였다.<sup>180)</sup> 생·공용수는 농업용수 등 다른 부문에 비해 예·경보 판단기준과 사전 대응조치가 미흡하지만, 환경부가 계획 중인 ‘지방상수도 가뭄예측 및 대응체계 개발’ 사업을 통해 개선될 것으로 기대된다. 지방상수도 취수원은 관측 인프라가 부족하므로 취수원으로 이용되는 하천수와 지하수의 모니터링이 확대되어야 하며, 불가피한 경우 위성정보를 활용해 미계측 구역의 기상이나 강수 정보를

179) 상하수도공동연구협의회(2015), pp.88-94.

180) 이진영(2015).

분석하는 방안도 활용될 수 있다. 수요관리 대책이 실효성을 보이기 위해서는 강제성과 효과성이 다른 물절약 대책이 가뭄 단계별로 구비되어야 하며, 각각의 조치에 따른 물절약 효과를 가능한 수준까지 정량화하는 작업이 진행되어야 한다.

한편, 가뭄의 장기화로 제한급수가 불가피한 상황에서 지자체장이나 수도사업자의 강제적인 수요관리 조치에 대한 법적 근거가 미비하였으며, 특히 전력부분과 비교했을 때 차이가 뚜렷했다. 「수도법」에서 가뭄 시 ‘필수적인 급수량’의 확보·공급 의무를 수도사업자에게 부여하고, 수도사업의 관리책임이 있는 지자체장에게 ‘사전에 계획에 의한 제한급수’의 시행권한을 부여할 필요가 있다. 「급수조례」에 제한급수를 시행할 수 있는 불가피한 상황을 구체적으로 규정하고, 사전 계획에 따른 제한급수의 경우 그 피해에 대한 수도사업자나 지자체장의 면책규정이 일관성 있게 정비되어야 한다. 또한 수도사업자별로 급수구역 내 물다량 사용자를 파악하고 물절약 잠재력을 산정하여 제한급수의 범위와 우선순위를 조정하는 등 가뭄 대응과 관련된 위기관리 매뉴얼을 정비할 필요가 있다.

## 제6장

### 결론 및 정책 제언

물관리 불확실성 증가로 공급확대든, 수요관리든 항구적인 물 부족 해소방안이라는 것이 요원하다는 점을 고려할 때, '위기관리' 및 '적응형' 가뭄대책으로 접근하는 것이 필요하다. 본 연구에서 여러 차례 인용된 호주 Queensland 주는 가뭄·홍수를 예외적인 상황이 아닌 일상적인 조건으로 인식하고 물관리 계획에 반영하고 있었다. 위기관리 차원의 가뭄 관리란 가뭄 취약성에 대한 이해를 바탕으로 적절한 가뭄 예방 및 대응 조치를 취하는 것이라 할 수 있다. 이를 위해 중요한 것이 가뭄 모니터링 및 조기경보이며, 가뭄 통합 모니터링, 예경보 능력 향상, 정보전달 체계 개선 등의 작업이 진행되어야 한다. 적응형 관리란 지식이 불완전하고 불확실성이 존재하는 상황에서 정책 이행과정의 학습을 통해 정책을 추진하는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서 중점적으로 살펴본 수요관리 정책은 적응형 관리 차원에서 접근해야 하며, 이를 위해서는 최선의 지식을 바탕으로 정책을 마련하되 정책의 구성과 이행과정에서 유연성과 신속성이 확보되도록 해야 한다.

본 연구를 통해 도출된 주요 정책제언은 다음과 같다. 가뭄 대응을 위해 대체수자원을 개발하는 경우, 사업의 경제적 타당성 및 지역주민 수용성의 면밀한 검토가 선행되어야 한다. 『수도정비기본계획』 등 관련된 계획에서 가뭄이 심각해질 경우 추진 가능한 대체수자원 도입계획을 미리 준비해두는 것이 필요하며, 환경영향평가 등 절차에 소요되는 시간도 고려되어야 한다. 만약 대체수자원 개발에 대한 중앙정부의 지원이 물수급 예측관리에 실패한 지자체에 대한 보상으로 받아들여진다면, 지자체가 가뭄 대응역량을 키우는 것이 아니라 중앙정부의 의존도를 높이는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 대규모 투자가 수반되는 대체수자원 개발보다 수자원을 효율적으로 관리하도록 하는 물관리 제도개선 부문에 먼저 관심

을 기울여야 한다.

신규댐 건설지역을 찾기 힘들고 대체수자원 개발처럼 대규모 인프라 투자의 추진이 어려운 조건에서 수요관리에 대한 관심은 커질 수밖에 없다. 누수관리나 절수기기 보급 외에도 다양한 수요관리 수단을 활용할 수 있음을 인식해야 한다. 수요관리가 효과를 발휘하기 위해서는 수요관리 대상을 파악하고, 물절약량을 예측하며, 규제제도를 강화하거나 인센티브를 확대하는 등 대체수자원 타당성 검토와 비슷한 수준의 노력이 투입되어야 한다. 특히 물절약 제품의 설치이용 확대를 통한 물절약 효과가 시민 개개인의 물낭비 행동으로 상쇄되지 않도록, 시민들의 물이용 행동을 변화시키고 이를 유지하도록 하는데 관심을 두어야 한다.

생활용수 공급 위기상황에 효과적으로 대응하기 위해서는 수도사업자의 의무와 제한급수 시행 근거를 「수도법」에 명시하는 등 제도개선이 필요한 것으로 판단된다. 지자체(수도사업자)의 특성에 따라 제한급수 대상을 파악하고 우선순위를 정비하는 등의 작업도 진행되어야 한다. 호주 사례에서 보듯 낭비성 물이용을 제한하는 조치는 시민들의 필수적인 물이용에 미치는 영향을 최소화하면서도, 가뭄 시에도 안정적으로 수자원을 확보·공급하는데 기여할 수 있다. 낭비성 물이용의 제한 조치부터 긴급 상황 시 제한급수까지 가뭄 단계별로 사전 계획에 따라 구비된 물이용 제한조치는 물관리 실패의 결과라기보다 물관리 불확실성을 관리하기 위한 수단으로 인식할 필요가 있다.

한편, 본 연구에서는 다루지 못했지만 가뭄관리를 포함하여 물관리 정책은 통합물관리 및 유역관리 차원에서 다루어져야 하며, 이를 위한 후속 연구들이 추진되어야 한다. 통합물관리 차원에서 수자원을 전략적으로 배분하고, 유역의 물관리 여건에 맞는 산업구조가 정착 되도록 해야 하며, 가뭄 시에도 안정적으로 이용 가능한 지하수 활용방안 등이 연구를 통해 마련되어야 한다. 특히 지금처럼 가뭄 초기 단계에서 하천유지용수 방류량을 줄여 물을 비축하는 것은 생태계에 악영향을 야기하므로, 생태계에 필요한 물과 인간이 사용하는 물 사이의 지속가능한 경계를 찾는 연구가 추진되어야 할 것이다.



## | 참고문헌 |

## [국내문헌]

- 감사원(2014), 「지방상수도 건설사업 집행실태 감사결과보고서」.
- 강형식(2015), 「해외출장보고서」. 한국환경정책·평가연구원
- 관계부처합동(2012), 「에너지 고효율제품 보급 확대방안」.
- 관계부처합동(2013), 「2012년 이상기후 보고서」.
- 관계부처합동(2015a), 「2014년 이상기후 보고서」.
- 관계부처합동(2015b), 「수자원의 체계적 통합관리 방안」.
- 구자용(2008), “상수관망에서의 누수 방지 및 저감 기술”, 「물과 미래」, 41(6), pp.10-17.
- 국무조정실 보도자료(2015.10.11), “제1차물관리 협의회 개최 결과”.
- 국무총리실 보도자료(2015.10.17), “보령댐 도수 공사, 이달 내 착수하라’ 가뭄 현장서 지시”.
- 국민안전처 보도자료(2016.3.10), “국민안전처, 첫 가뭄 예·경보 발표”.
- 국제신문(2015.12.7), “분쟁의 바다에 잠긴 기장... 충선 블랙홀 되나”.
- 국토교통부(2013), 「해수담수화플랜트R&D 정책실명제 사업관리이력서」.
- 국토교통부 보도자료(2013.6.14), “댐 갈등예방 위해 소통 강화”.
- 국토교통부 보도자료(2015.10.26), “충남 서부 급수조정 ‘자율→강제’로 단계별 전환 검토”.
- 국토교통부 보도 참고자료(2015.9.25), “보령댐 비상용수공급 총력 추진”.
- 국토해양부(2009), “2025 수도정비기본계획(광역상수도 및 공업용수도)”.
- 국토해양부(2012a), 「댐건설장기계획(2012~2021)」.
- 국토해양부(2012b), 「지하수관리기본계획」.
- 기상청 보도자료(2015.12.23). “2015년 기상특성 분석 및 2016년 연 기후전망”.
- 기장신문(2014.10.24), “하태경, 기장군 해수담수화플랜트 사업 좌초될 위기 경고”.
- 김정엽(2015), “2015년 충남지역의 가뭄 상황 및 대응”, 「하천과 문화」, 11(4), pp.14-21.
- 김주환, 김희수, 이두진, 김기형(2007), “가정용수의 용도별 사용량 모니터링을 통한 물 수요

- 특성 분석”, 「대한환경공학회지」, 특집, pp.864-869.
- 녹색성장위원회 보도자료(2012.6.13), “‘녹색생활 활성화’·‘고효율 제품 보급 확산’ 적극 추진”.
- 대전지방기상청(2015.11.12), 「대전, 세종, 충남지방 가뭄 기상정보 서비스」.
- 류문현(2014), “스마트 워터 그리드 사업성 평가 및 제도개선방안”, 「국토교통과학기술진흥원 연차실적보고서」.
- 부산광역시 상수도사업본부(2014.1.22), 「부산시의회 보사환경위원회 2014년도 주요업무계획」.
- 부산일보(2014.12.24), “‘예산 먹는 하마’ 뻔한데... ‘해수담수화 댐’에 걸린 부산시”.
- 산업연구원(2013), 「자영업 문제를 어떻게 볼 것인가」.
- 상하수도공동연구협의회(2015), “무단수 공급체계 구축을 위한 기준 마련 연구”, 「2015 한국 상하수도협회기술지」, Vol. 9, pp.88-94.
- 서울중앙지방법원(2013.12.24), 선고 2012가단113238 판결 [손해배상(기)].
- 신동현(2015.11.25), “가뭄극복 방안 및 보령댐 도수로 건설사업 추진현황”, 「충청남도 수자원 관리 토론회」, 충남연구원.
- 아시아투데이(2010.11.23), “부산시 상수도사업본부 ‘해수담수화 R&D사업 민원봉착 난항’”.
- 에너지경제(2015.12.10), “해수담수화 ‘밀지는 장사’”.
- 이용구(2015), “농업수자원 현황 및 가뭄대처 사례”, 「물과 미래」, 48(7), pp. 62-71.
- 이진영(2015). “위성 및 장기예측자료의 기계학습을 통한 가뭄예측”. 「APCC기후센터 연구보고서」.
- 지식경제부 보도 참고자료(2011.9.18), “순환정전사태 관련 재발방지대책 마련”.
- 지식경제부(2011), 「정전재발방지를 위한 단기제도 및 비상대응체계 개선연구」.
- 충청남도(2012), 「충청남도 물수요관리 추진계획」.
- 충청남도(2016.2), 「국가정책에 반영해야 할 지역현안」.
- 충청남도 보도자료(2014.3.5), “1·2월 강수량 ‘뚝’…봄 가뭄 대비체제 가동”.
- 충청남도 보도자료(2015.3.16), “대산석유화학단지 ‘봄 가뭄 걱정’ 던다”.
- 충청남도 보도자료(2015.3.24), “봄 가뭄 ‘위기’…대비체제 본격 가동”.
- 충청남도 보도자료(2015.3.30), “봄 가뭄 대비 가상 모의훈련 실시”.
- 충청남도 보도자료(2015.4.17), “‘물 통합관리’ 추진상황 점검”.



- 충청남도 보도자료(2015.6.11), “늦은 장마 예상…가뭄대비 비상체제 가동”.
- 충청남도 보도자료(2015.6.18), “농작물 가뭄피해 최소화 총력대응 나선다”.
- 충청남도 보도자료(2015.6.24), “천수답·간척지 논 가뭄피해 최소화 총력”.
- 충청남도 보도자료(2015.6.25), “‘가뭄 극복’ 저수지 준설사업비 24억 지원”.
- 충청남도 보도자료(2015.6.29), “가뭄해소 관정개발 예비비 40억 추가지원”.
- 충청남도 보도자료(2015.8.25), “‘생활용수 공급 대책 마련’ 팔 걷는다”.
- 충청남도 보도자료(2015.9.16), “가뭄 위기 대대적인 절수운동으로 넘는다”.
- 충청남도 보도자료(2015.9.23), “제한급수 초읽기, 가뭄 극복 대책 점검”.
- 충청남도 보도자료(2015.9.24), “안희정 지사 사상 첫 제한급수 앞두고 ‘도민께 드리는 말씀’ 발표”.
- 충청남도 보도자료(2015.9.30), “‘도민피해 최소화’ 도 가뭄대책본부 가동”.
- 충청남도 보도자료(2015.10.1), “제한급수 앞두고 시·군별 적응훈련 돌입”.
- 충청남도 보도자료(2016.2.15), “서부 8개 시·군 급수조정 16일 해제”.
- 충청남도 입법예고 제2015-119호(2015.11.16), 「충청남도 지역개발기금 설치 및 운영 조례 일부개정조례안 입법예고」.
- 태백시(2009), 「가뭄백서」.
- 한국상하수도협회(2010), 「상수도시설기준」.
- 한국수자원공사(2002), 「가뭄관리 종합대책 수립연구」.
- 한국전력공사(2016), 「기본공급약관」.
- 한국환경공단 보도자료(2010.5.13), “한국환경공단 “상수관망 관리시스템 구축 사업” 추진”.
- 한국환경공단 보도자료(2013.10.4), “군부대에서 누수로 버려지는 수돗물 매년 50만톤 절약”.
- 한국환경정책·평가연구원 물환경연구실(2015.10.28), 「2015년 가뭄 극대화에 대응한 가뭄극복 물절약 및 대응방안」, 미발간.
- 환경부(2005), 「2004 상수도통계」.
- 환경부(2007a), 「2007년 생활용수분야 가뭄대비대책」.
- 환경부(2007b), 「국가 물 수요관리 종합대책」.
- 환경부(2010), 「상수도관망 최적관리시스템 구축 및 유지관리 표준업무처리지침」

- 환경부(2011a), 「물 재이용 효율성 제고를 위한 정책방안 연구」.
- 환경부(2011b), 「물 수요관리 종합대책 변경(안)」.
- 환경부(2013), 「절수설비 및 절수기기 설치의무화 설명자료」.
- 환경부(2014), 「2013 상수도통계」.
- 환경부(2015a), 「2014 하수도통계」.
- 환경부(2015b), 「물수요관리 3단계('16~'20) 물 수요관리 종합계획 수립지침」.
- 환경부 보도자료(2010.1.4), “2009년 지자체별 물 수요관리 추진성과 평가결과 발표”.
- 환경부 보도자료(2010.12.3), “2010년 지자체별 물 수요관리 추진성과 평가결과”.
- 환경부 보도자료(2012.12.26), “물 수요관리로 수돗물 2,180만 톤 절약”.
- 환경부 보도자료(2013.12.27), “2012년 수도사업자 물 수요관리 추진성과 평가결과 발표”.
- 환경부 보도자료(2014.1.8), “수돗물 사용량 줄이는 물절약전문업 등록제 시행”.
- 환경부, 국토해양부(2009), 「식·용수 분야 위기대응 실무매뉴얼」.
- 환경부, 행정안전부(2011), 「표준 급수 조례」.
- 환경부, K-water(2015), 「지방상수도 운영 관리 성과측정지표 개발을 위한 연구」.
- K-water(2014a), 「2013년 수도관리연보」.
- K-water(2014b), 「수돗물공급규정」.
- K-water(2015), 「법관리규정」.

#### [국외문헌]

- Arizona Dept of Water Resources(2009), *Suggestions for Matching Service Area Characteristics with Best Management Practices(BMPs)*.
- AWWARF and USEPA(2007), *Leakage Management Technologies*.
- Chong, J., J. Herriman, S. White, and D. Campbell(2009), *Review of Water Restrictions. Institute for Sustainable Futures and ACIL Tasman, National Water Commission, Canberra*.
- Equinox Center(2010), *San Diego's Water Sources Assessing the Options*.
- Ghaffour, N., T.M. Missimer, and G. L. Amy(2013), “Technical Review and

- Evaluation of the Economics of Water Desalination: Current and Future Challenges for Better Water Supply Sustainability”, *Desalination*, Vol. 309, pp.197-207.
- Head, B. W.(2014), “Managing Urban Water Crises: Adaptive Policy Responses to Drought and Flood in Southeast Queensland, Australia”, *Ecology and Society*, 19(2), p.33.
- Inman, D. and P. Jeffrey(2006), “A Review of Residential Water Conservation Tool Performance and Influences on Implementation Effectiveness”, *Urban Water Journal*, 3(3), pp.127-143.
- JACOBS(2015), *Independent Review of Cost Forecasts Western Corridor Recycled Water Scheme*.
- McEvoy, J.(2014), “Desalination and Water Security: The Promise and Perils of a Technological Fix to the Water Crisis in Baja California Sur, Mexico”, *Water Alternatives*, 7(3), pp.518-541.
- Nadel, S.(1992), “Utility Demand-side Management Experience and Potential—a Critical Review”, *Annual Review of Energy and the Environment*, 17(1), pp.507-535.
- National Academy of Science, Engineering and Medicine(2016), *Using Graywater and Stormwater to Enhance Local Water Supplies: An Assessment of Risks, Costs, and Benefits*.
- National Research Council(2008), *Desalination: A National Perspective*.
- National Research Council(2012), *Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply Through Reuse of Municipal Wastewater*.
- NYC DEP(2014), *Water Demand Management Plan*.
- Pacific Institute(2012), *Key Issues in Seawater Desalination in California*.
- Public Service Commission of Wisconsin and Wisconsin Department of Natural Resources(2011), *Water Efficiency Potential Study for Wisconsin*.

- Rice, J., A. Wutich, and P. Westerhoff(2013), “Assessment of de Facto Wastewater Reuse Across the US: Trends Between 1980 and 2008”, *Environmental Science & Technology*, 47(19), pp.11099-11105.
- Sanz, M. A.(2012.3.14), “Australia Success of Desalination in Solving Water Challenges”, *6th World Water Forum*, Marseille. France.
- Seqwater(2015), *South East Queensland’s Water Security Program 2015-2045*.
- USEPA(2015), *2015 State Water Agency Practices for Climate Adaptation. Ensuring Water Supply Sustainability: The Arizona Department of Water Resources’ Drought and Water Supply Planning*.
- Vickers, A.(2005), “Managing Demand: Water Conservation as a Drought Mitigation Tool”, *Drought and Water Crises*, p.173.
- Walton, C. and D. Carter(2009.10.25~28), “Queensland’s Demand Management Regulatory Package”, *5th IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Urban Water (Efficient 2009)*, Sydney, Australia.
- Walton, C. and K. Holmes(2009), “How Much Water Efficiency Does \$321 Million Buy?”. *In Proceedings of the 5th IWA Specialist Conference ‘Efficient 2009’*, eds.
- WaterReuse California(2015), *Direct Potable Reuse a Key Part of California’s Water Supply Solution*.
- Wittholz, M. K. et al.(2008), “Estimating the Cost of Desalination Plants Using a Cost Database”, *Desalination*, 229(1), pp.10-20.

#### [온라인 자료]

- 금강일보(2015.3.24), “충남 전복과 물싸움, 지역이기주의 중단해야”.  
<http://www.ggilbo.com/news/articleView.html?idxno=219278>, 검색일: 2016.4.4.
- 대전MBC뉴스(2016.3.16), “가뭄 고통 벌써 잊었나?..물 소비 ‘평평’”.  
<http://www.tjmbc.co.kr/040101/view/id/87537>, 검색일: 2016.4.4.
- 전북일보(2015.3.23), “충남도의 용담댐 물 요구는 어불성설이다”.

<http://www.jjan.kr/news/articleView.html?idxno=543728>, 검색일: 2016.4.4.  
 청양신문(2001.7.16), “청양 미래가 물에 잠긴다”.

<http://www.cynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=3805>, 검색일: 2016.4.4.  
 충남넷(2015.10.28), “절수설비·절수기기설치 의무화 한다”.

<http://goo.gl/DapXTm>, 검색일: 2016.4.4.  
 충청남도 도정뉴스(2015.9.29), “금강-보령댐 도수관로 내년 2월까지 마쳐야”.

<http://goo.gl/3KV32z>, 검색일: 2016.4.4.  
 충청투데이(2013.3.7), “마구잡이 댐건설 강력저지 나선다”.

<http://m.cctoday.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=757352>, 검색  
 일: 2016.4.4.

충청투데이(2016.2.11), “충남 서부 급수조정 성과 푹… 상수도 사용량 증가”  
<http://www.cctoday.co.kr/?mod=news&act=articleView&idxno=955958>,  
 검색일: 2016.4.4.

K-water. “실시간 댐정보”,  
[https://www.kwater.or.kr/info/sub02/sub01/sub01/dam/hydr.do?s\\_mid=13  
 32](https://www.kwater.or.kr/info/sub02/sub01/sub01/dam/hydr.do?s_mid=1332), 검색일: 2016.4.4.

ABC NEWS(2016.3.6), “Victoria to Switch Desalination Plant on Next Summer,  
 Following Decline in Water Storages”, <http://goo.gl/qfCBPp>, 검색일:  
 2016.4.4.

Pacific Institute, <https://goo.gl/7leL4U> , <http://goo.gl/vmaF7O>, 검색일 2016.4.4.  
 Sedlak, D.(2015.9), “4 Ways We Can Avoid a Catastrophic Drought”, TEDxMarin.  
<https://googl/udJlYE>, 검색일: 2016.4.4.

The Australian(2014.10.18), “Billions in Desalination Costs for Not a Drop of Water”.  
<http://goo.gl/nICdVe>, 검색일: 2016.4.4.

Wikipedia, “South East Queensland”.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/South\\_East\\_Queensland](https://en.wikipedia.org/wiki/South_East_Queensland), 검색일: 2016.4.4.



# Abstract

## **A Study on Adaptive Drought Management Policy to Drought Stages: Focused on the Non-structural Measures at Local Scale**

Hojeong Kim, Hyeongsik Kang, A Young Jeong

Consecutive low rainfall from 2014 to 2015 had lowered the level of Bo-ryeong multi-purpose dam at Chung-nam Province below 20% in the fall of 2015. Eight cities whose municipal water is supplied from the Bo-ryeong dam had to restrict the water supply. Although the Government had prepared the drought since early 2015, it focused mainly on the agricultural drought prior to the coming rainy season. However, the drought were still prolonged after the rainy season, and the response measures on the municipal water drought were far insufficient. The preparedness for the municipal drought was initiated just before the water supply restriction and the countermeasures lacked of systematization and effectiveness. Although the monetary incentive was provided to customers based on the curtailed amount of the domestic water use, its impact on water conservation was temporarily. The restriction of water supply did not consider either the water-use characteristics or the water conservation potential of different cities.

Desalination and wastewater reuse are climate-proof or drought-proof water resources. Rainwater harvesting or grey water reuse can be used in drought if they are constructed at sufficient scale. Those alternative water resources require massive capital investment, and the large-sized plant is preferred for 'economies of scale'. While the public support for the

investment on the alternative water resources is high during the drought, it rapidly diminishes as the drought is relieved. Therefore, the development of the alternative water resource should pass through the scrutiny on the economic as well as technical feasibility.

Demand-side management in Korea heavily depends on the leakage control, while other countries such as United States and Australia, use the policy mix composed of both voluntary and enforced measures. The various water-saving techniques and the behavior change of water users can result in significant effect on water conservation. Central government can promote demand-side management by introducing the incentive policies for water-saving appliances such as laundry machine. Simultaneously, local government can toughen rules on the installation of the water-saving devices and carry out the water conservation pilot project with public institutes. It is noteworthy that the compulsory restriction on domestic water use is generally applied to the wasteful end-uses in drought.

Current policies on the drought of the municipal water have many shortcoming in a viewpoint of risk management. Similar policy measures on demand-side management were repeatedly presented at ‘water-supply master plan’ and ‘demand-side management plan’. The drought emergency plan comes into operation in the vicinity of the water-supply restriction and it hardly contributes to the drought preparedness. Both supply-side and demand-side measures should be prepared for different drought stages. For instance, it is necessary to set drought triggers and quantify the effectiveness of the various water conservation measures. In addition, the legal basis of local governor’s drought-related executive order needs to be established in <Water Supply and Waterworks Installation Act>.



In conclusion, the risk management and adaptive policy should be encouraged for the drought. Drought risk can be prevented or managed by the monitoring and early-warning system. Drought mitigation measures including demand-side management should be prepared based on current best knowledge. At the same time, the implementation process of such measures should be flexible.

Keywords: Alternative Water Resources, Demand-side Management, Desalination, Drought, Risk Management, Water-use Restriction.



## ■ 저자약력

### 김호정 (연구책임)

KAIST 생명화학공학 박사  
한국환경정책·평가연구원 부연구위원(현)  
E-mail : tingker@kei.re.kr

#### 주요 논문 및 보고서

- 비점오염원 관리 실효성 제고를 위한 토지 소유·이용자의 합리적 책임부여 방안 연구 (2014)
- 물환경 관리여건 변화를 고려한 수질오염총량제도의 개선방안 연구 (2013)

### 강형식

연세대학교 토목공학 박사  
한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)  
E-mail : hskang@kei.re.kr

#### 주요 논문 및 보고서

- 도시하천의 물환경 서비스 제고를 위한 물인프라 자산관리 방안 (2014)
- 물문화 선진화의 정책방향 설계(III) (2014)

### 정아영

중앙대학교 환경경제학 석사  
한국환경정책·평가연구원 연구위원(현)  
E-mail : ayjeong@kei.re.kr

#### 주요 논문 및 보고서

- 지속가능한 상하수도 재정체계 구축 및 운용방안 연구(II) (2014)
- 물환경서비스와 물인프라의 지속가능성 평가 (2014)