

"수직형 정수처리시설이 도입된 분산형 용수공급시스템 구축" 연구단



박 노 석 |

K-water 연구원, 상하수도연구소 책임연구원
nspark@kwater.or.kr



채 선 하 |

K-water 연구원, 상하수도연구소 책임연구원
shchae@kwater.or.kr



김 정 현 |

K-water 연구원, 상하수도연구소 소장
jhkim@kwater.or.kr



정 우 창 |

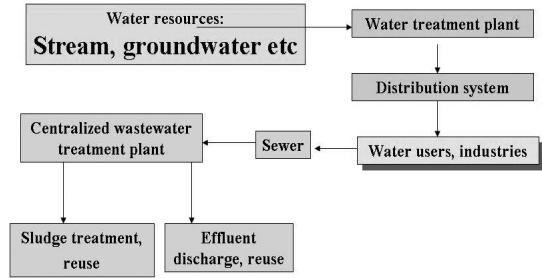
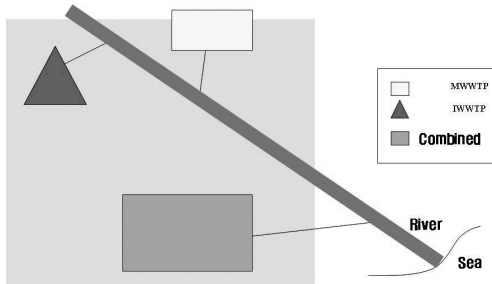
경남대학교 토목공학과 조교수
jeongwc@kyungnam.ac.kr

절의 기능이 있는 시스템을 일컫는다. 또한 분산형 시스템의 특징은 핵심이 되는 객체나 제어 주체가 없고, 동등한 자격의 수많은 요소들이 구성되어 안정된 구조를 형성한다. 이러한 분산형 시스템이 1995년 Tchobanoglous에 의해 하수처리에 적용되면서, 분산형 하수처리 시스템이란 오염원의 발생 지점으로부터, 발생지점이 개개인의 가정이든, 군락이든, 지역사회이든, 산업단지든 상관없이, 하수의 차집, 처리 및 슬러지처리 등 일련의 처리과정으로 처리수가 방류되는 시스템으로 정의되었다. 이후, 2008년에는 Zaini Ujang은 그림 1 및 2와 같이 하수처리에 있어서 대규모 집중형 시스템과 소규모 분산형 시스템을 개념적으로 분석·비교하는 도식도를 이용하여 “End-of-pipe” 개념과 “Sustainable sanitation” 개념을 표현하였다.

다음 그림에서 언급된 개념도는 모두 하·폐수 처리에 관련된 것이며, 각각의 하수처리장에서 강으로 방류되는 관로의 길이가 길어 보이지만 실제 하수처리장이 분산화됨에 따라 차집관로가 단축되는 이점을 가지고 있으며, 바다로 유출되는 하천 내의 유량 및 수질관리에 큰 이점이 있다. 또한 대규모 집중형 시스템의 경우 하나의 하수처리장이 재난(지진 및 홍수 등)에 의해 가동이 중지되는 경우, 처리되지 않은 하·폐수가 하천으로 직접 유입될 우려가 있는 반면에 소규모 분산형 하수처리시스템은 각각의 하수처리장을 연계시키는 관로의 매설을

1. 서론

일반적으로 분산형 시스템(Decentralized systems)이란 조직화된 중앙(center)이나 권력기구(authority) 없이 자연스럽게 발생하는 자기 조



MWWT : Municipal Waste Water Treatment Plant
 IWWT : Industrial Waste Water Treatment Plant

그림 1. 대규모 집중형 시스템과 End-of-pipe 개념

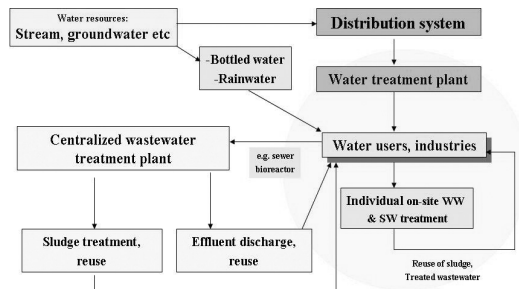
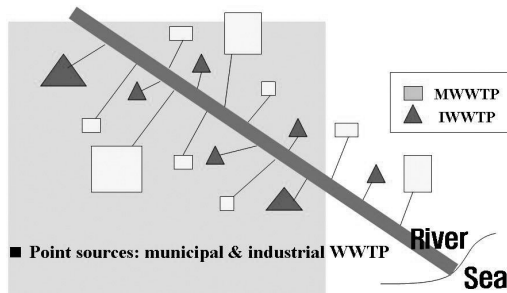


그림 2. 소규모 분산형 시스템과 Sustainable sanitation 개념

통해 물 안보적인 측면에서도 장점을 가질 수 있다.

본고에서는 국토해양부(전문기관 : 한국건설교통기술평가원) 건설기술혁신사업의 일환으로 2010년 12월부터 2014년 4월까지 수행 중인 연구단 과제 "수직형 정수처리시설이 도입된 분산형 용수공급시스템 구축"에서 정의하고 있는 분산형 용수공급시스템을 소개하고 연구단에 대한 개략적인 소개를 하고자 한다.

2. 중앙 집중형 용수공급시스템의 한계

1970년대부터 국내 급수율을 높이기 위해 건설되어왔던 중앙 집중형 용수공급시스템은 그림 3과 같은 모식도로 나타낼 수 있다. 단일 수원으로부터 도수된 원수가 정수장에서 처리되어 송수펌프와 송수관로를 통해 고지대 배수지로 이송되며, 이 송된 용수는 다시 배·급수 관망을 이용해 소비자에게

공급된다. 통상 생활용수의 경우 고액분리공정으로 모래여과(최근 막 공정도 도입이 되고 있음)를 거쳐 정수지에서 염소소독을 마친 물이 공급되며, 공업용수의 경우 응집 및 침전공정으로 처리한 물이 개별 사업장으로 공급되어 용도에 맞게 사업자가 재처리하여 사용하는 것이 일반적이다. 물론 규모의 경제에서 얻을 수 있는 낮은 생산단가나 IT와 같은 고도의 운영기술 없이도 운전관리가 가능하다는 이점 등이 있다.

이러한 중앙 집중형 용수공급시스템은 대개 수량이 풍부하고 수질이 좋은 지역을 단일 수원으로부터 대량의 원수를 공급받는다. 그 예로 수도권 광역상수도의 경우 팔당댐 취수원으로부터 서울을 거쳐 인천광역시까지 원수를 공급하는 공급관로에서 여러 개의 정수장이 원수를 공급받고 있다. 이스라엘(www.mekorot.co.il) 및 호주(South East Queensland water grid)에서 구축하고 있는 "Water Grid"의 개념은 물이 풍부한 지역과 부족

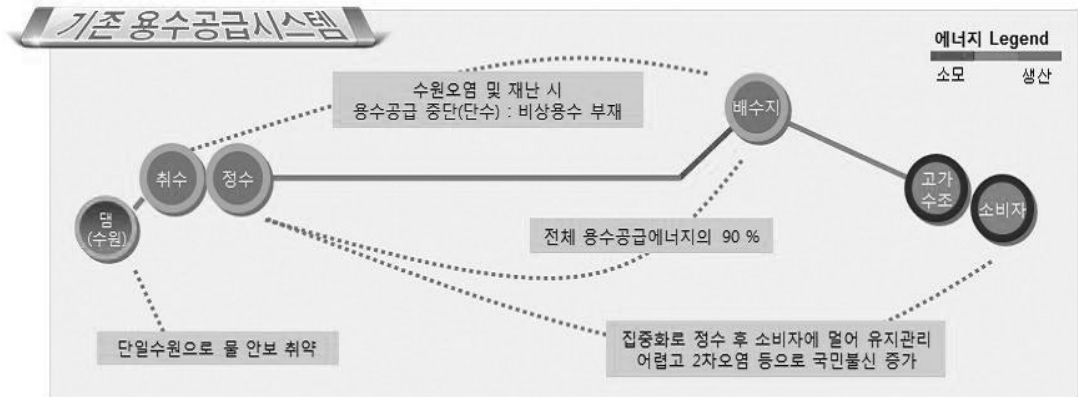


그림 3. 기존 중앙 집중형 용수공급시스템

한 지역의 경계를 없애고 각 수리권 주체 간의 협의 하에 용수를 주고받고 있다. 또한 지하수 및 해수담수화 등 보조수원의 활용이 포함되어 있어 양적인 확보 측면에서 지속적인 안정성에 초점을 맞추고 있다. 이스라엘과 호주의 water grid와 비교하자면 우리나라의 중앙 집중형 용수공급시스템은 수리권 주체 간에 물을 공유한다는 측면에서 완전하지는 않지만 부분적으로 water grid의 개념을 가지고 있다고 할 수 있다. 그러나 시스템 간의 가장 큰 차이는 우리나라의 경우 보조수원이 없기 때문에 최근 세계 곳곳에서 발생하고 있는 재난 및 테러발생시 단일수원의 기능이 손상되는 경우 원천적인 용수공급이 이루어 질 수 없다는 점이다.

또한, 기존 중앙 집중형 용수공급시스템은 정수처리시설로부터 생산된 정수를 소비자에게까지 공급하는데 필요한 송·배수 관로의 길이가 길어 2차 오염의 가능성이 높고 유지관리 비용이 많이 소요된다. 우리나라 용수공급 관로의 총연장은 138,478km가 되며 이 중 배수관은 67,340km로 46%를 차지하고, 급수관은 59,220km로 42.8%를 차지한다. 최근 지자체에서는 수도물의 홍보를 위해 정수장에서 생산한 음용수를 병물로 만들어 홍보에 이용하고 있으며, 때때로 시음대회를 통해 국민들의 수도물에 대한 신뢰도를 제고하기위해 노력하고 있다. 그러나 이러한 병물의 내용물인 수도물은 관로를 통해 소비자에게 공급되는 물이 아니라 정수장

에서 생산한 물이다. 즉 관로 이송에서 발생할 수 있는 2차 오염을 배제한 것이다. 이미 많은 연구자가 조사한대로 정수의 수질은 관로를 통해 이송되면서 2차 오염이 발생하고 이러한 오염은 수도물의 맛과 냄새에 영향을 줄 수 있으며, 궁극적으로 직접 음용율을 저하시키는 요인이 되기도 한다.

3. 분산형 용수공급시스템

앞 절에서 언급한 중앙 집중형 용수공급시스템의 문제점 및 한계를 극복하기 위해서 본고에서는 분산형 용수공급시스템을 제안하고자 한다. 광의적인 의미에서 분산형 용수공급시스템의 정의는 도시 기능과 맞물려 상당히 커질 수 있다. 그러나 여기서는 지금 수행 중인 “수직형 정수처리시설이 도입된 분산형 용수공급시스템 구축” 연구단에서 기획하고 정의했던 내용을 간추려 제시하고자 한다.

기존 중앙 집중형 용수공급시스템의 경우 용수 생산 및 공급에 막대한 에너지가 소비된다. 일본 동경시의 경우 도시 총 CO₂가스 발생량의 15%가 거주민이 사용하는 용수를 생산하고 이송시키는 작업으로부터 발생되는 것으로 조사되었다. 그림 5에 나타나 있듯이 2007년 기준 용수생산에 소요되는 전력 원단위는 톤당 21.32원이며, 기존 중앙 집중형 용수공급시스템은 분산형 용수공급시스템에 비해

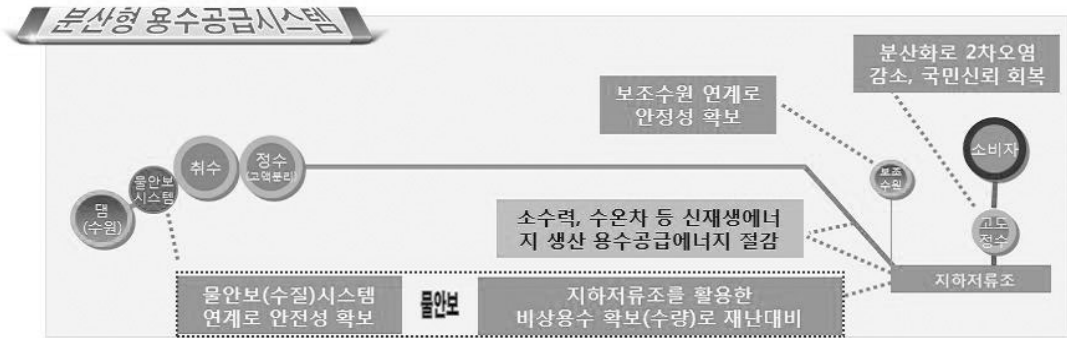


그림 4. 중앙 집중형 용수공급시스템 vs. 분산형 용수공급시스템

생산단가가 낮을 것으로 예상하고 있다. 그러나 분산형 용수공급시스템은 경제적인 측면에서 경쟁력이 낮기 때문에 도입이 수월하지 않을 수 있다.

따라서 이러한 생산단가의 차이와 도입의 타당성을 확보하기 위해서는 물의 수두차 및 지하공간을 이용하여 얻을 수 있는 소수력발전, 지열 및 수운차 냉난방 등의 신재생에너지와의 융합이 반드시 필요하다. 또한, 분산형 용수공급시스템의 도입은 정수의 수질 제고를 도모하여 국민으로부터 수돗물에 대한 신뢰성을 제고하여야 한다. 앞서 기존 중앙 집중

형 용수공급시스템이 가지는 문제점으로 최종 생산수가 장대관로로 이송되는 과정에서 수질이 변질되는 우려가 있는 반면 만약 대규모 정수장을 소규모로 분산화하여 거주 단위별로 설치한다면 최종생산수의 이송거리가 상당히 줄어들 것이다. 이는 곧 생산수의 관로상 2차 오염의 가능성과 맛·냄새에 대한 수질 저하의 우려를 줄일 수 있어 국민들의 직접 음용율을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 1년에 국민들이 직접음용을 위해 구입하는 병물은 2008년 기준으로 3천억에 달하며, 이는 가파른 성장곡선을

년도별 용수공급량 및 전력원단위('01~'07)

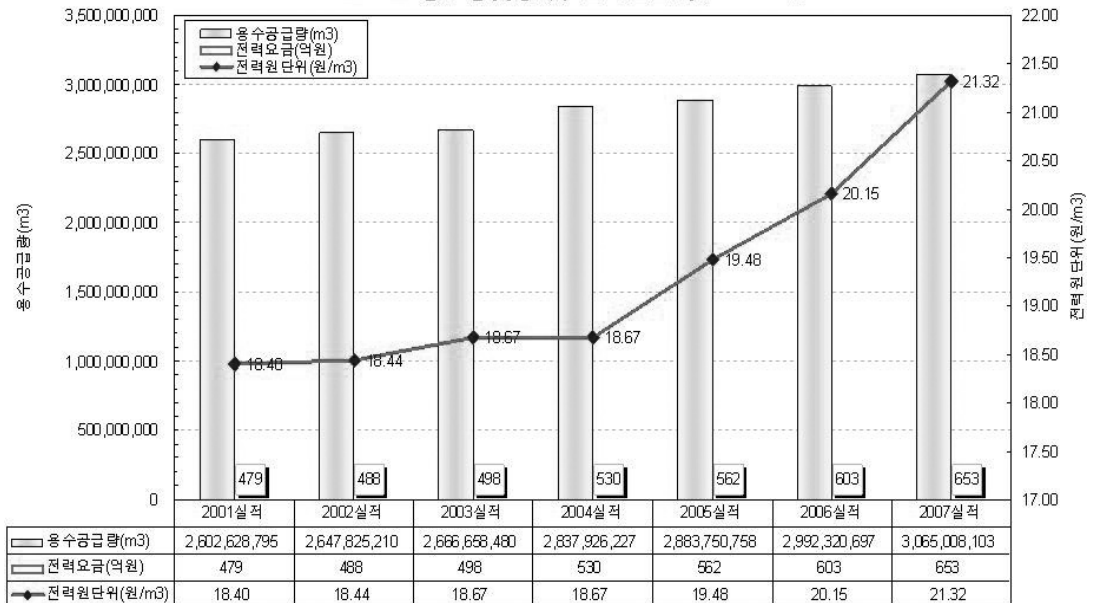


그림 5. 연도별 용수공급량 및 전력원단위('01~'07)

그리고 있다(환경부 홈페이지). 분산형 용수공급시스템의 주요한 개념 중 하나는 개인들의 주택에 비치되어 있는 정수기를 “Point of Entry(소비군 유입지점)”에 통합 설치하여 최종 생산수가 소비자에게 가는 동안 물의 건전성을 유지하겠다는 것이다.

최근 2011년 3월 11일 발생한 일본의 동북부 지방의 대규모 지진 사태는 자연 재해가 인간이 장시간에 걸쳐 이룩한 문명이나 인프라를 단시간 내에 기능을 상실토록 만들 수 있다는 것을 입증하였다. 그러나 이러한 사례는 이번뿐만이 아니고 국내·외적으로 수차례에 걸쳐 인재(人災)인지 천재(天災)인지 확실하지는 않지만 우리가 건설한 인프라를 무용지물로 만든 사례는 적지 않다. 특히, 최근 이슈가 되고 있는 지진의 경우, 1983년 일본 동해 중부 지진은 특히 그 지역의 상수도시설에 큰 피해를 주어 주변 아키타현 22,187호(戶), 아오모리현 23,380호, 홋카이도 3,217호의 급수가 중단되었다. 이 때 지진으로 손상된 상수도 인프라를 완전히 복구하는 데에는 3주 이상의 시간이 소요되었다. 용수공급 시스템의 인프라 및 기능을 손상 시키는 재해 및 사고는 지진뿐만이 아니라 우리나라 「재난 및 안전관리 기본법」에서는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해로 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 낙뢰, 가뭄, 황사, 적조를 포함시키며, 대통령령으로 정하는 규모의 피해로 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화재방사고, 환경오염사고 등을 포함시키며, 그 이외 에너지, 통신, 교통, 금융, 의료 등 국가 기반체계의 마비와 전염병 확산 등으로 인한 피해를 통틀어 “재난”으로 정의하고 있다. 이러한 재난은 궁극적으로 용수공급시스템의 인프라 및 기능을 하

시라도 손상시킬 수 있다. 따라서 분산형 용수공급시스템의 구축은 용수공급 중단에 의한 단수 발생의 피해를 최소화할 수 있는 보조수원의 활용 및 비상 용수 저류의 개념이 도입되어야 한다. 비상 용수의 저류는 지하공간을 활용하여야 하나 도시 내 비상시를 대비한 용수를 저류할 수 있는 공간의 확보는 쉽지 않은 일이다. 그런데 최근 기획되는 도시는 어느 일정 부분의 녹지 공원 및 국유 주차 공간의 확보를 정부차원에서 유도하고 있는데 이러한 국유지의 지하는 비상 용수의 자류공간으로 그 상부는 감성설계 근간의 분산형 용수공급시스템을 건설하는 것이 가능하다.

4. “수직형 정수처리시설이 도입된 분산형 용수공급시스템 구축” 연구단

국토해양부에서는 상기 언급한 분산형 용수공급시스템의 핵심요소기술의 개발을 위해 건설기술혁신사업의 일환으로 연구기간 2010년 12월부터 2014년 4월까지 수행 예정인 “수직형 정수처리시설이 도입된 분산형 용수공급시스템 구축” 연구단을 발족하였다. 연구단의 최종목표는 ① 수질 신뢰성 확보를 통한 음용용 제고, ② 비상용수 및 물안

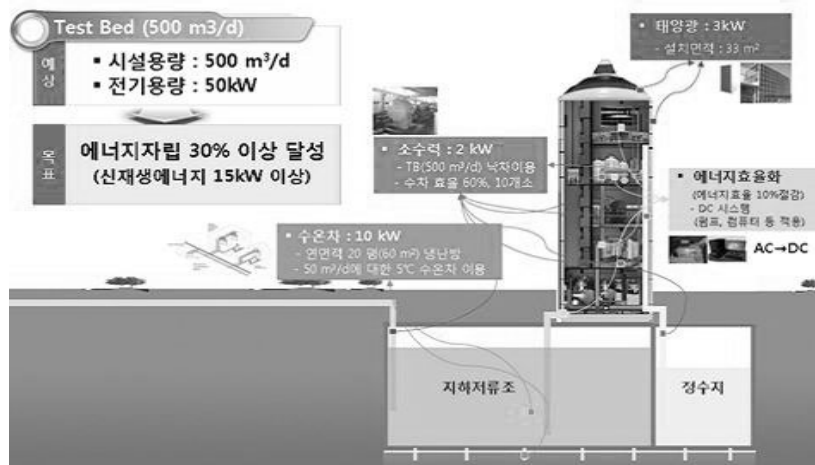


그림 6. 수직형 정수처리시스템의 개략도

표 1. 분산형 용수공급시스템 연구단 세부과제 및 연구단 추진방향

세부과제	추진방향	세부연구내용
1세부과제 : 분산형 정수처리 설계기술 개발 및 Prototype 제작	분산형 용수공급 시스템의 기본설계 및 수직형 정수처리 시스템 상세 설계 기술 개발	1-1 : 분산형 용수공급시스템 설계 기술 개발 및 법/제도 연계방안 수립
		1-2 : 콤팩트(수직)형 정수처리 시스템 설계 기술 개발 및 Prototype 제작
2세부과제 : 분산형 용수공급 시스템 테스트베드 구축	테스트베드 구축을 통한 분산형 용수공급 시스템 설계 기술 검증 및 시공 기술 개발	2-1 : 콤팩트(수직)형 정수처리시설 시공기술 개발
		2-2 : 기존 광역 용수공급 및 급/배수 시스템 연계 기술 개발
3 세부과제 : 분산형 용수공급 시스템의 운영·유지관리 기술 개발	수송에너지 절감 및 물안보 확보를 위한 용수공급 시스템의 운영관리 기술 개발	3-1 : 용수공급 및 신재생에너지 통합 운영관리 기술 개발
		3-2 : 용수공급 및 신재생에너지 통합 운영관리 시스템 구축
		3-2 : 용수공급 위치에너지 활용 소수력발전 기술
		3-3 : 수운차 시스템 개발 및 구축

보 확보를 통한 수질사고 제로, ③ 수직형/분산형 수처리시설물 설계기술 개발, ④ 수질사고 및 재해 대비 시스템 기술 확보 및 ⑤ 용수공급시스템의 에너지 자립도 30%이상 달성을 위한 신재생에너지 활용 기술 개발로 요약할 수 있다. 그림 6은 본 연구단에서 주안점으로 고려되고 있는 수직형 정수처리시스템을 나타낸 것이다.

본 연구단은 2010년 12월 K-water 연구원 상하수도연구소 김정현 박사를 연구단장으로 15개 기관(6개 대학교, 8개 산업체 및 1개의 국책연구소)으로 구성되어 있으며, 약 100여명의 연구원들이 참여하고 있다. 현재 2010년 12월 29일부터 2011년 4월 29일까지 4개월간의 1차년도 연구가 진행되고 있으며, 표 1은 본 연구단에서 수행하고 있는 세부과제와 연구내용을 개괄적으로 정리한 것이다.

5. 맺음말

정수처리 및 저류 시설의 분산화를 근간으로 하는 분산형 용수공급시스템은 연구 및 기술개발을 통한 경제적 경쟁력을 제고시키는 것이 큰 관건이다.

만약 이러한 문제가 연구단의 성공적인 과업의 수행으로 결실을 맺는다면, 지역별 용수공급의 양적 측면에서 안정성을 확보할 수 있고, 수질을 제고시켜 국민들의 수돗물에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

또한, 최근 이슈가 되고 있는 녹색성장과 이수(利水)의 융합측면에서 신재생에너지의 활용은 새로운 산업 성장 동인의 역할을 기대할 수도 있으며, 글로벌 물시장을 주도할 국가 요소기술로서 자리매김할 수 있을 것이다.

1989년 기준으로 국내 용수공급시스템의 통수탁도 기준은 2도(1989년 탁도 단위)였으나 이후 정부의 수질기준 강화의 노력으로 지금은 0.5NTU(탁도 단위)로 규제하고 있다. 이러한 수질 기준의 강화는 40년 이상 된 노후시설의 체계적인 개량(갱생 및 교체) 없이 운전 및 유지관리 측면에서의 해결책 모색은 한계가 있다. 결론적으로 본고에서 제시하는 분산형 용수공급시스템의 도입이 용수공급에 관련된 모든 문제점과 한계를 극복하는 최상의 선택이라고 주장할 수 없지만 중앙 집중형 용수공급시스템에 분산화를 접목하는 시도는 상기 언급한 국내 용수공급에 내재된 문제점 해결에 충분한 가능성이 있다고 판단된다. ☞

참고문헌

1. 환경부 홈페이지 <http://www.me.go.kr>
2. 국토해양부 한국건설기술평가연구원(2008.8). 차세대 미래도시·비상용수공급시스템 구축 기획연구보고