

절수기기 보급에 따른 소비자의 비용절약과 이산화탄소 저감효과*

김정인** · 오창수***

요약

최근 우리나라는 기후변화에 따른 강수량 부족으로 인해 해마다 심각한 가뭄을 겪고 있다. 이로 인해 물의 효율적 사용필요성이 중요하게 대두되고 있다. 본 논문은 물 절약방안으로 가정, 상업시설, 오피스빌딩 등에 절수기기를 설치할 경우, 절약 가능한 수도물의 양과 CO₂ 감축량을 산출하여 제시하였고, 경제적 파급효과를 분석하였다.

분석결과 물 절약에 따른 사회적 편익은 연간 최소 1조 976억 9,908만원에서 최대 2조 2,133억 5,165만원이 발생하게 되며, 우리나라 전체 건축물에 절수기기를 설치할 경우 비용은 총 26조 7,028억 5,618만원이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 기존 건축물에 대한 교체비용을 산정한 것인데, 향후 신축 건축물의 증가에 따른 추가비용이 없고 절수기기의 내용연한이 길기 때문에 지자체별로 계획적인 보조금 정책을 도입하게 된다면 좋은 성과를 거둘 수 있을 것으로 확인되었다.

이러한 효과를 극대화하기 위해 가칭 '물 사용효율인증제'의 도입을 주장하였다. 물의 수요관리는 물 사용효율을 높이고, 절감된 CO₂ 감축분은 '물 효율 크레딧(WEC)'라 하여 상쇄배출권(KCU)으로 이용하게 한다면, 국내 배출권 거래시장의 거래 활성화에도 기여하면서 물 가격의 경직성을 완화하는 이중효과가 있을 것이다. 또한 장기적으로는 사회적 비용의 저감을 가져올 수 있다고 본다.

주요 단어 : 물 사용효율인증제, 물 효율크레딧, 물 수요관리, 배출권거래제,
상쇄배출권, 가뭄, 기후변화
경제학문헌목록 주제분류 : D6, H5, Q2

* 본 논문은 오창수(2016)의 중앙대학교 대학원 경제학과 박사학위 논문 「물 사용효율인증제 도입과 배출권거래제의 연계」에 기초하여 수정·보완한 논문입니다.
** 중앙대학교 경영경제대학 경제학부 교수 (주저자). jeongin@cau.ac.kr
*** 중앙대학교 대학원 경제학박사 (교신저자). ocs6611@naver.com

I. 서 론

세계의 에너지, 교통, 환경정책은 공급중심에서 수요중심으로 이동하고 있다. 대표적인 것이 생활부분에서의 에너지와 물 정책이다. 독일은 건물의 에너지나 물 사용량 증명서를 부동산 거래 시에 제출하도록 의무화하고 있고, 호주와 싱가포르도 제품의 물 사용효율증명을 의무화하고 있다. ‘미래는 효율 혁명’이라 했듯이 물도 효율적으로 사용해야 한다. 특히 생활부분에서의 효율적 물 사용은 이미 세계적인 추세이다.

매년 국토교통부가 발표하고 있는 4대강 수계의 평균 저수량이 평년의 절반 수준에도 미치지 못하는 현상이 반복되면서 우리나라도 기후변화에 따른 강수량 부족으로 인해 해마다 심각한 가뭄을 겪고 있어 물의 효율적 사용이 필요하다. 본 논문은 물 부족에 대응하기 위한 방안으로 가정, 상업시설, 오피스빌딩 등에 절수기기를 설치할 경우 절약 가능한 수돗물의 양과 CO₂ 감축량 그리고 경제적 파급효과를 분석하였다.

정책제안의 측면에서 본 논문의 중요성은 다음과 같다. 첫째, 절수기기 설치에 따른 물 절약효과를 정량적으로 제시함으로써 물 수요관리정책으로서의 절수기기 보급을 촉진시킬 수 있는 근거를 제시할 수 있다. 그 이유는 물 관리정책도 공급중심에서 수요중심으로 전환되고 있으므로 수도법의 개정을 통

해 신축건물과 기존건물 중 일부시설¹⁾에 대해 절수기기설치를 의무화하고 있다. 하지만 통계청(2013) 자료에 따르면 전체 가구의 24.3%만이 절수기기를 설치하고 있어 여전히 보급률이 낮다. 둘째, 물 절약에 따라 감축가능한 CO₂의 양을 정량적으로 제시할 수 있다. 수도물은 생산·공급 및 소비 그리고 사용 후 하수처리에 이르는 과정으로 구분할 수 있는데, 각 과정에서는 CO₂가 발생한다. 물 소비량은 생산·공급 및 하수처리량에 직접 영향을 미치기 때문에 절수기기 설치에 따른 CO₂ 감축잠재량의 산출은 환경정책 자료로 활용할 수 있다. 셋째, 가칭 ‘물 사용효율인증제’를 시행한다면, 물 분야의 수요관리와 물 사용효율을 높이게 된다. 또한 CO₂ 감축분은 가칭 ‘물 효율크레딧(Water Efficiency Credit, WEC)’라 하여 상쇄배출권(KCU)으로 이용하게 할 수 있다. 이러한 정책은 국내 배출권거래시장의 거래 활성화에도 기여하면서 물의 효율적 이용을 통해 물 가격의 경직성을 완화하여 장기적으로는 사회적 비용의 저감을 가져올 수 있다고 본다.

본 논문은 총 5장으로 구성되었다. II장에서는 정책안으로 제시할 물 사용 효율인증제도의 개념을 설명하고 선행연구와 관련제도, 절수기기 설치현황과 물 절약 방법 그리고 수도물 공급현황 및 하·폐수처리현황을 살펴보았다. III장은 비용·편익분석을 위한 정량적 분석방법 및 근거를 제시하였고, IV장은 연구결과로써 물 사용자와 공급자의 절수기기설치에 따른 효과와 비용을 분석하였다. 끝으로 V장은 논문의 전체 내용을 요약하고 시사점을 제시하였다.

II. 이론적 배경

1. 물 사용효율인증제도의 개념

1) 수도법에서 규정하고 있는 기존건물 중 절수기기 설치의무시설은 목욕업, 숙박업, 체육시설(골프장업) 등임(수도법 제15조).

자원의 효율적 사용 측면에서도 에너지와 물의 사용효율성은 강조되고 있다. 사용효율이란 동일한 기능을 수행하기 위해 더 적은 에너지 또는 물을 사용하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 ‘물 사용효율인증제도’는 공급자와 사용자 모두를 대상으로 한다. 즉, 공급자는 공공의 영역인 수자원공사와 수도사업소 그리고 사용한 물의 처리를 위한 하수처리장을 의미한다. 사용자는 가정, 상업시설, 오피스빌딩 등 물 사용요금의 납부당사자를 의미한다. 사용자는 공급자로부터 물의 효율적 사용에 따른 크레딧(credit)을 받게 되는데, 이 크레딧을 가칭 ‘물 효율크레딧(Water Efficiency Credit, WEC)’라 하며 발급된 크레딧은 재산권으로서의 가치를 갖는다. 공급자는 객관적인 측정, 보고, 검증(measurement, reporting, verification) 시스템을 통해 사용자에게 인증서를 발급하며 사용자의 효율적 물 사용을 위한 지원을 한다. 사용자는 절수기기 설치에 따른 지원과 물 절약에 따른 재산권을 확보할 수 있게 되며, 공급자는 사용자 지원을 위한 비용이 발생하지만, 물 생산·공급 및 하·폐수처리비용의 절감과 온실가스 감축에 따른 상쇄배출권(Korean Credit Unit, KCU)을 확보하게 됨으로써 상호 win-win할 수 있는 제도가 될 수 있다.

2. 선행연구의 검토 및 기존 연구와의 차별성

물의 수요관리는 다양한 분야의 연구들이 진행되고 있다. 최근 국내·외 친환경건축물인증제도의 인증심사기준들이 개정되고 있는데, 물 사용효율에 대한 평가항목의 배점과 배점비율이 높아진 사실(조수현 외, 2011)에서 알 수 있듯이 건물부문에서 물 사용효율의 중요성이 높아지고 있다.

강희찬(2010)은 공급중심의 먹는 물 관리와 낮은 수도요금 수준이 낭비를 유발하고 있어 국가차원에서 국민의 수도요금에 대한 반응과 물 소비패턴 등을 고려한 수요관리정책이 필요하다고 하였다. 먹는 물 소비의 62.9%를 차지하는 가정에 대한 의무감축 프로그램과 인센티브의 미흡으로 참여를 이끌어

내지 못하고 있다는 것이다. 수도물 사용량을 10% 절약하면 국가 전체편익이 연간 4,318억원 증가하고 생산비용 감소액은 4,241억원이 절약되며, 온실가스 배출 감소 편익은 77억 2,500만원에 이른다고 주장하였다. 다만, 물 절약에 대한 구체적인 방법에 대한 제시는 미흡하였다.

조수현 외(2010)는 공동주택에 사용되고 있는 수전의 수요 및 개수를 파악하여 절수기기 및 절수설비를 적용하였을 경우 절감가능한 물의 양을 산정하였다. 공동주택에 사용되는 수전은 부엌, 다용도실, 화장실의 세면기, 샤워기, 용변기 수전으로 구분할 수 있고 수전별로 절수부속을 설치하거나 절수수전을 교체하는 방식만으로도 기존의 물 사용량에 비해 20%~50%의 절수효과를 가져올 수 있음을 밝혔다.

조수현 외(2011)는 수자원 효율성 측면에서 “Zero Emission Building”을 실현하기 위한 공동주택의 수자원절감과 CO₂ 배출량 저감효과를 연구하였다. 옥내 모든 용도별 수전들에 절수기기를 적용할 경우, 1일 1세대에서 419ℓ의 상수만을 사용하게 돼 발생하는 CO₂ 배출량도 연간 208.97kgCO₂ 에서 116.72kgCO₂ 로 약 44% 감소된다고 하였다. 2012년 연구에서는 공동주택의 물 소비량을 절감하기 위한 수자원 사용량 평가방법을 개발하였다. 절수기기 적용 전 급수량을 산정한 후, 용도별 물 사용량으로 구분하고, 수전종류별로 물 사용량 및 절수기기에 의한 절수가능량을 대입하여 추정한 결과, 건물에서 42.2%의 물 절약이 가능했으며, CO₂ 감축량도 연간 1,957kgCO₂에 달했다.

Yasutoshi Shimizu 외(2010)는 2007년 기준 일본의 온실가스 배출량은 약 13억톤이고 이중 가정에서 약 21%가 배출된 것으로 추정되고 있는데, 가정에서 절수기기를 사용하게 되면 2020년에는 1990년 대비 CO₂ 배출량의 약 1%²⁾를 감축할 수 있다고 하였다. 2012년 연구에서도 가정에서의 절수기기 사용으로 CO₂ 감축이 가능함을 주장하였다.

임원호와 김문준(2016)은 가정에서의 절수기기 사용만족도와 구매의도 평가를 하였고, 최태월과 서기원(2016)은 절수제품 사용 필요성 인식이 구매의도

2) 주방, 욕실, 화장실의 물 사용에 의한 CO₂배출의 25%에 해당함(Yasutoshi Shimizu 외, 2010).

에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 문승식 외(2010)는 절수기기 외에 식기세척기, 세탁기, 정수기 등의 제품에까지 물 사용량 표시제 도입과 수도법을 확대 적용해야 함을 주장하였으며, 이러한 주장은 유럽에서도 Kelly(2015), Phipps와 Aldhaddar(2013) 등의 연구에서 물 효율라벨링 제도를 법적으로 도입해야 함을 주장하였다.

본 논문은 조수현 외(2010, 2011)의 연구와 같이 수도물의 효율적 사용을 위해 절수기기를 설치하면 물 사용을 줄일 수 있고, 그에 따른 온실가스 감축량을 산출한다는 점에서는 유사하다. 다만 이들 연구의 한계점은 첫째, 절수기기 설치의 기준을 공동주택으로 한정하였고 둘째, 수도물 사용에 따른 기준도 4인 가족으로 고정한 가구당 기준을 적용하고 있으며 셋째, 수도물 급수량만을 기준으로 설정하여 CO₂ 감축량을 산출하였다.

본 논문에서는 첫째, 절수기기를 통한 물 절약의 기준을 국내 전체 건축물을 대상으로 하였고, 수도물 총 사용량(유수수량)을 세분화 한 용도별 물 사용량 즉, 가정용, 영업용, 업무용, 공업용, 기타로 구분하여 각각의 감축가능량을 산출하여 제시하였다. 둘째, 수도물 사용량의 기준도 1인당 물 사용량으로 설정하였다. 이는 4인 가구기준이 현재로서는 의미가 없을 정도로 1인 또는 2인 가구의 수가 많아졌기 때문이다. 셋째, 급수량만을 기준으로 수도부문의 온실가스 발생량을 산출 또는 추정하는 것은 대표성이 부족하다. 수도물의 생산에서부터 사용 후 하수처리까지는 물 사용에 따른 일련의 과정이다. 따라서 전 과정에서 발생하는 온실가스 배출량과 감축가능량을 도출하였다. 끝으로 절수기기 사용으로 인한 물 절약이 물 사용자들의 경제적 편익은 물론 공공부분인 공급자에게까지 경제적 파급효과가 미치게 되는 원리와 정량적 규모를 제시하였다.

3. 절수기기 관련 제도와 설치현황 및 물 절약방법

물 절약 및 효율성 향상에 관한 법과 제도는 여타 외국과 비교해도 부족함이 없다. 다만 실행 및 적용방법에 있어서는 부족함이 많다. 절수설비 및 절수기기 설치의 수도법에 근거하고 있고, 설치현황에 관한 통계는 미흡한 수준이다. 환경부(2013) ‘녹색생활조사’³⁾에 의하면, 전국 가구의 24.3%만이 물 절약을 위해 절수형 기기(수도꼭지, 변기, 샤워기 등)를 설치하여 사용하고 있다. 기기별 현황을 보면, 절수형 변기는 전국 아파트의 22.2%, 단독주택의 13.0% 그리고 기타 14.3%의 가구에서 사용되고 있으며, 절수형 샤워기는 아파트의 15.9%, 단독주택의 6.7% 그리고 기타 가구에서 11.1%만이 사용되고 있다. 그리고 상업용, 업무용 빌딩 등에 대해서는 통계조차도 없는 실정이다.

물 절약방법은 우리나라를 포함하여 세계적으로 유사하고⁴⁾, 절수효율에 관해서는 환경부(2013)와 수도법(제15조)에 기준이 마련되어 있다⁵⁾. 절수형 대변기는 기존 대변기(9~13ℓ)에 비해 33~66%의 절수효과가 있고, 수도꼭지 및 부속은 절수제품 설치에 따라 최대 토수유량 즉, 물 저감량이 20~66%까지 절약될 수 있음을 밝히고 있다(환경부 수도정책과, 2013).

일반적으로 가정에서도 절수를 위해 6ℓ급 변기나 대소변 구분형인 9ℓ급

3) 조사표본; 7대도시(특별시와 광역시) 및 9개 도지역 동·읍면부의 25개 층화로 구분하여 전국 9,720가구를 대상으로 조사(통계청, 2013).

4) 호주, 싱가포르, 뉴질랜드, 미국, 일본, 영국, 대만, 홍콩 등에서도 물효율인증제도를 시행중에 있음(오창수, 2016).

5) 절수형 수도꼭지의 기준은 “공급수압 98kPa에서 최대토수유량이 1분당 6.0ℓ 이하인 것. 다만, 공용 화장실에 설치하는 수도꼭지는 1분당 5ℓ 이하여야 한다. 샤워헤드는 “공급수압 98kPa에서 최대토수유량이 1분당 7.5ℓ 이하인 것”, 변기의 기준은 대변기와 대·소변기 그리고 소변기를 각각 구분하여 적용하고 있다. 2014년 1월 1일부터 적용하고 있는 “대변기는 사용수량이 6ℓ 이하인 것부터 대·소변 구분형 대변기는 대변용은 사용수량이 6ℓ 이하이고 소변용은 사용수량이 4ℓ 이하인 것. 이 경우 소변용으로 사용되는 물은 세척 성능을 제외한다.” 그리고 “소변기는 물을 사용하지 아니하거나 1회 사용수량이 2ℓ 이하인 것”으로 규정하고 있다(수도법).

변기를 설치함으로써 4인 가족이 하루 약 130~140ℓ 이상의 물을 절약할 수 있다. 주방에서 사용되는 물은 주로 설거지에 사용되는데, 이때 물을 틀어놓고 사용하게 되면 약 100ℓ의 물이 소요되는 반면 설거지통이나 절수형 식기세척기를 사용하게 되면 20~25ℓ의 물로 설거지를 할 수 있어, 약 60%의 물을 절약할 수 있다. 목욕탕에서는 절수형 샤워헤드를 설치함으로써 기존제품 대비 분당 6ℓ의 물을 절약할 수 있고, 샤워시간을 줄여 추가적인 물 절약을 할 수 있다. 칫솔질 후 30초 동안 양치질을 한다고 가정하면, 흘러보내는 물의 양이 6ℓ에 이른다. 이때 물컵을 사용하게 되면, 약 0.6ℓ만 사용돼 최소 5ℓ 이상을 절약할 수 있다. 4인 가족이 아침, 저녁으로 하루 두 번 양치질을 한다고 가정하면, 무려 40ℓ를 절약하게 되는 것이다(<표 2-1> 참조).

〈표 2-1〉 절수기기의 종류와 특징

구분	절수기기	특징	절수효과
수도꼭지	절수형	· 주방용, 세면기용, 샤워기용. · 수도꼭지 내 특수 제작된 디스크를 삽입, 수압의 변화없이 토출량을 줄임.	20~50%
	전자감지식	· 전자눈의 일정거리(약15cm) 내의 물체 감지.	50%
	포말식	· 수도꼭지 안의 촘촘한 그물을 통과한 물이 거품을 일으키며 토출.	40~50%
샤워기	절수형	· 샤워 시 물 분사강도를 줄이지 않고 40%를 절약.	40%
변기	절수형양변기	· 대소변을 구분하여 2단 레버로 토출량 조절.	40%

출처; 조수현 외(2011). “공동주택 건물의 상수도 절감량에 따른 CO₂ 배출량 저감효과에 관한 연구.”

4. 수돗물 공급현황 및 하·폐수 처리 현황

환경부 발표에 따르면 2013년말 우리나라 상수도 보급현황은 전국 162개 지방상수도사업자⁶⁾ 및 1개 광역상수도 사업자가 전체인구의 98.5%에게 수돗

6) 특·광역시 7개, 특별자치시 1개, 특별자치도 1개, 시 75개, 군 78개.

절수기기 보급에 따른 소비자의 비용절약과 이산화탄소 저감효과

물을 공급하고 있다(환경부, 2013). 같은 해 수돗물을 생산·공급한 총량은 61억 5,900만³m³이고 이 중 누수량 등을 제외한 실제 유효수량은 52억 8,000만³m³이며, 수도요금에 부과된 양인 유수량은 51억 8,400만³m³(유수율 84.2%)이다. 그리고 용도별 물 사용량은 2013년 유수량 기준 가정용이 63.51%(3,260백만³m³)로 가장 많고 영업용 26.55%(1,363백만³m³), 업무용 4.99%(256백만³m³), 공업용⁷) 2.96%(152백만³m³), 옥탕용 1.54%(79백만³m³), 기타⁸) 0.45%(23백만³m³) 순이며, 1인당 물 사용량은 282ℓ이다(<표 2-2> 참조).

<표 2-2> 연도별 상수도 총급수량과 업종별 수돗물 사용량 추이

(단위 : 백만³m³)

구분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
총급수량	5,723	5,909	6,002	5,749	5,747	5,804	5,760	5,910	6,021	6,029	6,159	
유수량	4,489	4,633	4,761	4,601	4,659	4,744	4,759	4,920	5,025	5,063	5,184	
유수율	78.4	78.4	79.3	80.3	81.1	81.7	82.6	83.2	83.5	84.0	84.2	
수 도 요 금 부 과 량	계	4,489	4,632	4,761	4,708	4,648	4,674	4,747	4,909	4,990	5,021	5,133 100%
	가정용	2,785	2,868	2,906	2,939	2,970	2,964	3,040	3,113	3,160	3,205	3,260 63.51%
	업무용	644	666	731	612	572	631	544	478	307	277	256 4.99%
	영업용	712	718	676	826	879	837	926	1,045	1,259	1,314	1,363 26.55%
	옥탕	106	106	107	106	107	97	92	90	88	83	79 1.54%
	공업용	206	212	290	216	76	110	101	134	146	118	152 2.96%
	기타	36	62	51	9	44	35	44	49	30	24	23 0.45%
1인당 물 사용량(ℓ)	267	270	272	276	275	275	274	277	279	278	282	

출처; 환경부(2015.01.21.). “2013 상수도통계”에 기초하여 재구성하였음.

환경부 통계에 의하면, 전국 가정에서 사용하는 가정용수는 1인당 1일 평균 179ℓ를 사용하고 있다. ‘물환경정보시스템’의 사용용도별 분석에 의하면, 변

7) 공업용 사용량은 전용공업용수시설이 아닌 생활용수로 공업용수를 공급하는 경우를 말함(환경부, 2013).

8) 기타는 기타업종(관광용수, 군부대용수, 항만용수, 공항용수 등)과 기타 부과량 값을 합산한 것을 의미한다(환경부; 2013; 환경부·국토교통부, 2014).

기용(25%)이 가장 많고, 싱크대용(21%), 세탁기용(20%), 목욕용(16%), 세면용(11%), 기타용도(7%)가 뒤를 잇고 있다(환경부, 2015).

2013년 기준 전국 수도요금 평균은 660.4원/m³으로 생산원가 849.3원/m³ 대비 요금현실화율이 77.8% 수준이다. 원가는 상승하고 있으나, 요금현실화율은 지속적으로 하락하고 있다. 때문에 2013년 총세출 6조 8,116억원의 부족분을 조달하기 위해 각종 보조금 외에도 총세입의 0.8%에 달하는 513억원의 기채수입⁹⁾을 조달하였다. 그 결과 2013년 말 누적부채액이 1조 146억원으로 나타나고 있다(환경부, 2015).

2013년 기준 전국에서 발생하는 1일 하수량은 15,148,298m³이다. 하수처리구역 내에서 발생한 하수량은 14,119,268m³이며, 구역 외에서 발생한 하수량은 1,029,030m³이다(<표 2-3> 참조).

〈표 2-3〉 우리나라 1일 하수발생량

(단위 : m³/일)

지역 (시·군·구)	하수 발생량		
	계	하수처리 구역 내	하수처리 구역 외
'08	17,113,106	15,661,509	1,451,597
'09	6,681,388	15,449,412	1,231,976
'10	16,111,195	15,033,969	1,077,226
'11	18,660,762	17,531,359	1,129,403
'12	15,722,166	14,705,087	1,017,079
전국('13)	15,148,298	14,119,268	1,029,030

출처; 국가통계포털(KOSIS). “하수도통계 : 하수 및 분뇨발생량.”

또한 2013년말 우리나라 총 인구 대비 하수도보급률은 92.1%이며, 전국에 가동 중인 공공하수처리시설은 1일 500m³ 이상이 569개소, 시설용량은 1일 25,085,810m³이고, 1일 500m³ 미만은 3,205개소, 시설용량은 1일 244,952m³이다(국가통계포털). 민간업체 위탁관리 공공하수처리시설도 2012년 기준 375개소에 1일 18,780,000m³에 달하고 있다(환경백서, 2014). 하수처리에 소요되는 비

9) 재정용자, 공채, 차관, 차입금 등의 부채를 의미함.

용¹⁰⁾은 연간 1조 2,454억원에 달하며, 하수 1톤당 처리비용은 169.7원이 소요된다(환경부 생활하수와, 2014).

하수처리시설은 하수의 수집 및 처리과정에서 다량의 에너지를 소비하는 시설이고, 사용되는 에너지의 98.6%가 전기에너지이다. 하수처리장에서 소비되는 전력량은 연간 약 16억KWh이며, 이는 연간 국내총전력 사용량의 0.5%에 해당한다(한국환경산업기술원, 2014). 또한 하수처리장, 소각장 등 환경기초시설에서 발생하는 온실가스의 직간접 배출량은 국내 총배출량의 3.5%를 차지하고 있어, 전력사용량과 온실가스 발생량을 저감하기 위한 다양한 방법이 시도되고 있다(김지원 외 2015).

하수처리는 처리목적에 따라 1차 처리, 2차 처리, 고도처리로 구분한다. 1차 처리는 비교적 큰 입자성 부유물질 제거가 목적이며, 주로 침전과 같은 물리학적 처리방법이 이용된다. 2차 처리는 1차 처리 후에 잔류하는 입자성 부유물질 및 용존 유기물의 제거가 목적이며, 주로 미생물을 이용한 생물학적 처리방법이 사용된다. 고도처리는 위의 방법으로 처리한 수질을 보다 낮게 정화하는 것이 목적이며, 주로 질소(N), 인(P)과 같은 영양염류의 제거를 위해 실행된다. 주요 하수처리공법은 고도처리공법이 530여개소로 94%이상을 차지하고 있다(환경부·환경관리공단, 2012).

Ⅲ. 분석 방법

1. 상수도부문의 CO₂ 발생량 산정방법

상수의 생산·공급과 하수처리에 따른 온실가스배출량 산정에 대한 선행연

10) 본 논문에서 제시하고 있는 하수처리비용이란 총 하수도제정 중 하수처리에 소요되는 비용만을 의미함. 2013년 연간 총 하수도 제정은 9조 128억원임(환경부, 2014).

구는 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 수돗물 생산 및 공급과 하수처리에 소요되는 전력사용량을 확인하여, 그에 따른 CO₂ 배출량을 계산하였다. 산출방법은 IPCC¹¹⁾와 한국의 ‘에너지열량환산기준’¹²⁾을 사용하였다. 전력의 발열량은 2,150kcal이고 석유환산계수는 0.215toe¹³⁾이다. 그리고 현재 우리나라에서 사용되고 있는 국가 고유전력부문 온실가스 배출계수는 0.4653톤CO₂/Mwh를 적용¹⁴⁾하고 있다.

상수의 공급은 ‘취수, 도수, 정수, 송수, 배수, 급수’의 각 과정을 거쳐 사용자에게 공급된다. 이때 고압 대용량 펌프모터¹⁵⁾가 가동되는 취수, 도수, 송수 과정에서 전체 에너지 사용량의 99%가 사용된다(정진관, 2015). 따라서 상수도 부문의 CO₂ 배출량은 전력사용량을 적용할 수 있는 것이다¹⁶⁾.

환경부 온실가스배출량 산정방법을 적용한 선행연구에 따르면, 수돗물 1m³ 생산·공급 시 에너지소비량은 1.8kWh/ton이다(조수현 외, 2011; 이상문, 2012). 그리고 위에 언급한 것과 같이 전기의 탄소배출계수는 0.4653kg/kwh이다. 따라서 수돗물 생산·공급을 위해 투여되는 전기에너지의 CO₂ 배출량 산정은 이러한 근거를 토대로 <표 3-1>과 같은 식을 산출할 수 있다.

<표 3-1> 수돗물 1m³ 생산·공급 시 CO₂ 발생량 산정방법

수돗물의 CO ₂ 발생량 (kgCO ₂ eq)	$\Sigma[\text{물 급수량(m}^3) \times 1.8(\text{KWh/톤}) \times 0.4653 \text{ kg/KWh(전기배출계수)}]$
--	---

- 11) 기후변화에 관한 정부 간 패널.
- 12) 에너지열량환산기준; 연료 및 발열량의 석유 환산기준을 의미함. 우리나라에서는 에너지이용 합리화법에서 정하고 있으며, IEA제출 통계, IPCC 온실가스 배출통계 작성 등에는 국제기준이 정한 에너지열량환산기준을 적용함.
- 13) toe; Ton of Oil Equipment, 석유환산톤.
- 14) 국가 고유 전력부문 온실가스 배출계수는 “CO₂ : 0.4653톤CO₂/MWh, CH₄ : 0.0054kgCH₄/MWh, N₂O : 0.0027kgN₂O/MWh”를 적용하고 있음(환경부·환경관리공단, 2012).
- 15) 취, 가압장 등에 사용되는 모터는 사용전압이 3.3KV 또는 6.6KV인 펌프모터가 사용되고 있음(노상천, 2014).
- 16) 전력사용에 따른 온실가스배출량 산정방법은 다음 식과 같다(환경부고시 제2013-180호).
“온실가스 배출량(tCO₂eq) = $\Sigma[\text{전력사용량(MWh)} \times \text{배출계수(tGHG(CO}_2\text{/CH}_4\text{/N}_2\text{O)/ MWh)} \times \text{지구온난화지수}]$ ”

2. 하·폐수처리부문의 CO₂ 발생량 산정방법

하·폐수처리시설에서의 CO₂ 배출량 산정에도 전력사용량을 기준으로 한다. 이유는 하수처리시설에서 사용되는 에너지의 98.6%를 전력에 의존하기 때문이다(조을생 외, 2012; 김영준 외, 2010; 환경부, 2010. 2). 하수 및 제거물질¹⁷⁾을 처리하기 위해 사용되는 단위당 전력사용량은 각각 다르다. 때문에 공공하수처리시설의 공법별 전력사용현황을 파악하여 각각의 전력사용량을 구해야 한다. 유순주와 권오상(2013)은 ‘공공하수처리시설(500m³/일 이상)의 공법별 전력사용 현황’을 제시하고 있어 본 논문에서는 이에 근거하여 5가지 고도처리법의 평균값을 구하여 단위당 전력사용량 분석에 사용하였다. 이유는 우리나라 정수장의 94% 이상이 고도처리법을 사용하고 있기 때문이다.

하수처리장에서는 각각 하수처리와 오염물질 제거를 위한 공정으로 구분할 수 있는데, 분석을 위해 각 공정마다 발생하는 CO₂량을 구해야 한다. 따라서 먼저 하수처리 과정에서 발생하는 CO₂의 양을 산정하기 위해 하수처리에 사용되는 단위당 전력사용량을 확인하고(<표 3-2> 참조), 이를 환경부에서 정하고 있는 ‘유입대비 유출하수량 기준(<표 3-3> 참조)’에 대입하여 발생하는 CO₂ 배출량을 계산해야 한다.

〈표 3-2〉 공공하수처리시설(500m³/일 이상)의 공법별 전력사용 현황

구분(대상 개소수)	유입					
	하수량당 전력 사용량 (kWh/m ³)	제거 BOD당 전력 사용량 (kWh/kgBOD)	제거 COD당 전력 사용량 (kWh/kgCOD)	제거 TN당 전력 사용량 (kWh/kg TN)	제거 TP당 전력 사용량 (kWh/kg TP)	
고 도 처 리	고도처리(담체)(65)	0.35	2.64	5.37	15.93	130.32
	고도처리(막)(7)	0.49	3.69	6.25	16.06	115.45
	기타고도처리(91)	0.46	3.12	5.92	19.47	149.05
	SBR(99)	0.53	4.37	8.08	23.58	177.52
	A2O(41)	0.65	4.23	6.78	23.36	162.92

17) 제거물질의 종류 : BOD, COD, TN, TP, 슬러지 등.

평균값	0.50	3.61	6.48	19.68	147.05
표준활성슬러지법(31)	0.24	1.92	4.11	15.42	100.27
산화구법(13)	0.67	6.89	14.21	39.68	342.29
접촉산화법(6)	0.79	3.81	7.77	33.36	214.80
회전원판접촉법(6)	0.47	7.05	9.02	35.91	300.79
계(359)	0.40	2.89	5.60	18.55	137.49

출처 : 유순주·권오상(2013)의 연구에 기초하여 재구성 및 재산정 하였음.

<표 3-2>의 고도처리법에서 산출된 각각의 전력사용 평균값은 유입하수량 당 전력사용량이 0.50kwh/m³, BOD제거를 위한 전력사용량 평균은 3.61kwh/BOD, COD는 6.48kwh/COD, T-N¹⁸⁾은 19.68kwh/TN, T-P는 147.05kwh/TP이다. 또 각각의 오염물질 양을 구하기 위해서는 오염물질별 연간 발생총량을 파악해야 한다. 방법은 총 유입수량에 포함된 각 제거물질별 함량을 기준으로 방류가능한 제거물질 함량을 빼주면 제거물질의 양을 산출할 수 있다. 환경부에서는 2013년 방류수질의 기준을 <표 3-3>과 같이 정하여 연평균 하수유입수질과 함께 발표하였다.¹⁹⁾

〈표 3-3〉 항목별 방류수질 현황

(단위: mg/ℓ)

연도	구 분	BOD	COD	SS	T-N	T-P
'13	유입수질(A)	152.7	87.9	153.9	36.2	4.0
	방류수질(B)	4.5	10.1	3.6	11.15	0.65
	제거율(A-B/A)	97.1	88.5	97.7	69.2	83.8

출처; 환경부 생활하수과(2014). “2013년도 공공하수처리시설 운영관리실태분석결과.”

그리고 각각의 제거물질 제거량을 구하기 위해 환경부의 제거량 산정식을 사용하였다(<표 3-4> 참조).

18) TN; 총질소, TP; 총인.

19) 환경부(2014.9.)에 따르면, 2013년 제거물질별 평균유입수질 계획은 159.6BOD, 152.5SS, 38.3TN, 4.7TP로 계획하였으나, 실제 유입된 항목별 연평균유입수질은 <표 3-3>과 같음.

〈표 3-4〉 오염물질의 제거량 산정식

연간 총 제거 BOD량(kg/년)	[유입유량(천톤/년) × BOD 연평균 유입농도(mg/L) - 방류유량(천톤/년) × BOD 연평균 방류농도(mg/L)]
연간 총 제거 T-N량(kg/년)	[유입유량(천톤/년) × T-N 연평균 유입농도(mg/L) - 방류유량(천톤/년) × T-N 연평균 방류농도(mg/L)]
연간 총 제거 T-P량(kg/년)	[유입유량(천톤/년) × T-P 연평균 유입농도(mg/L) - 방류유량(천톤/년) × T-P 연평균 방류농도(mg/L)]

출처; 환경부 생활하수과(2014. 5. 15). “공공하수도시설 관리업무 대행지침[개정].”

오염물질 제거량 산정식에 대입하여 산출한 2013년 연간 총 제거 BOD량은 819,416,884kg/년, COD량은 430,166,218kg/년, SS(부유물질)량은 831,028,054kg/년, T-N량은 138,504,676kg/년, T-P량은 18,577,873kg/년이다. 위와 같은 근거에 의해 하수유입량 기준 CO₂ 발생량과 제거물질 처리 시 CO₂ 발생량을 구하는 식을 산출하면 <표 3-5>와 같다.

〈표 3-5〉 하수처리 및 제거물질 1m³ 처리 시 CO₂ 발생량 산정방법

하수처리에 따른 CO ₂ 발생량(kgCO ₂ eq)	하수유입량(m ³) × 0.50(KWh/톤) × 0.4653 kgCO ₂ /KWh
제거물질처리에 따른 CO ₂ 발생량(kgCO ₂ eq)	오염물질 제거량(kg/년) × 처리물질별 평균전기투입량(KWh/톤) × 0.4653kgCO ₂ /KWh

3. 절수기기의 효율적용 기준

수도법(제15조) 및 환경부(2013) 기준 절수기기의 절감효율은 수도꼭지가 최소 22%, 최대 66%이고 대변기는 최소 33%, 최대 66%까지 절수가 가능하다. 그리고 조수현 외(2011)의 연구에 따르면, 수도꼭지는 최소 20%, 최대 50%이고 샤워기와 변기는 각각 40%의 절수가 가능하다. 그밖에 임원호와 김문준(2016)의 연구와 최태윌과 서기원(2016)의 연구에서 절수기기의 효율에 대해 언급하고 있으나 두 연구 모두 환경부와 조수현 외의 연구에서 제시한

효율을 인용하고 있다.

절수기기의 효율에 관한 연구는 많지 않고 여러 회사에서 생산된 다양한 제품들의 효율차이로 인해 기기별로 정확한 효율을 산정하는 것은 불가능하다. 다만 위의 두 데이터 값은 신뢰성이 있고 일정한 범위를 가지고 있다. 즉, 환경부 기준과 선행연구에서 제시한 기준 중 최솟값의 범위는 20%~22%이고 최댓값은 50%~66%이다. 이때 최댓값을 기준으로 정할 경우 과대계상으로 인한 결과 값의 왜곡우려가 있다. 따라서 보수적 기준을 적용하여 최솟값의 범위와 최댓값의 범위 중 작은 값을 본 논문에서 적용할 절수기기 효율로 산정한다. 이러한 근거에 의해 본 논문에서는 절수기기의 효율을 최소 20%에서 최대 50%로 한다.

4. 비용·편익분석을 위한 적용 기준²⁰⁾

편익분석을 위해 적용할 기준으로 절수에 따른 편익, 하·폐수처리비용 감소 편익, 배출권판매에 따른 편익을 설정하였다. 절수액 산정을 위해서는 환경부(2015)에서 제시한 2013년 수도물 생산원가인 849.3원/m³을 적용하였고, 하·폐수처리 비용의 절감액을 산출하기 위해서는 환경부 생활하수과(2014)에서 제시하고 있는 하수처리비용인 169.7원/ton을 적용하였다. 그리고 CO₂ 발생과 감축에 따른 비용과 수익을 산정하기 위한 방법으로 배출권거래소 거래기준 가격의 평균²¹⁾을 구하여 사용하되 거래기간은 2016년 1월 4일부터 2016년 5

20) 비용분석을 위해 적용할 기준은 수도꼭지, 샤워헤드, 대변기, 소변기 등의 가격과 기준설비의 절거 및 신설비의 설치비용을 탐색조사와 해당분야 종사자의 의견을 수렴하여 분석하였으며, 설치수량은 통계청 건축물현황을 참조, 재구성하여 분석에 사용하였다.

21) 배출권거래소의 거래기준가격을 사용한 근거 : 현재 시행중인 CDM사업은 배출권거래제도의 시행에 따라 할당대상 공공기관 및 민간기업을 대상으로 하고 있고, 이 사업을 통해 감축된 CO₂의 양은 환경부의 MRV(측정, 보고, 검증) 시스템을 통해 감축사업 인증실적(Korean Offset Credit KOC)으로 인정받게 된다. 이 실적을 거래가 가능하도록 전환한 것이 상쇄배출권(Korean Credit Unit, KCU)이고, KCU의 거래는 배출권거래소를 통해 이루어진다. 따라서 본 논문에서 제시하고 있는 '물효율크레디트(WEC)' 또한 외부감축사업을 통해 확보한 인증실적이므로 배출권거래제도에서 규정하고 있는 KCU의 거래방식에 따른 가격을 적용하였다.

월 31일까지의 증가평균을 기준가격으로 정하였다. 이와 같은 방법에 의해 산정된 기준가격은 15,642원/톤CO₂이다.

IV. 연구결과

1. 물 사용자의 절수기기 설치에 따른 효과 분석

우선 건물부문에서 절수기기 설치에 따른 수돗물 절약 가능량과 CO₂ 감축 가능량을 도출하기 위해 사용된 데이터는 환경부(2015) “2013 상수도 통계”에서 유수수량을 기준으로 하였다. 절수기기 사용에 따른 물 절약 가능량은 총 급수량이 아닌 사용자에게 실재 공급된 급수량, 다시 말해 수도요금이 부과되는 유수수량을 기준으로 해야 한다. 2013년 기준 유수수량은 51억 3,300만m³이다. 따라서 수돗물 사용기기를 효율이 높은 절수용 제품으로 교체하게 되면 건물부문에서 연간 최소 10억 2,660만m³에서 최대 25억 6,650만m³의 수돗물을 절약할 수 있다. 이중 가정용은 최소 6억 5,200만m³에서 최대 16억 3,000만m³, 영업용은 최소 2억 7,260만m³에서 최대 6억 8,150만m³, 업무용은 최소 5,120만m³에서 최대 1억 2,800만m³, 공업용은 최소 3,040만m³에서 최대 7,600만m³, 욕탕용은 최소 1,580만m³에서 최대 3,950만m³, 기타는 최소 460만m³에서 최대 1,150만m³의 수돗물을 각각 절약할 수 있다.

그리고 CO₂ 발생량 산정식²²⁾에 대입하여 수돗물 사용으로 인해 배출되는 CO₂량을 산정하면 연간 4,299,092톤CO₂ eq에 달하는데, 이때 절수기기 설치로 인해 감축가능한 CO₂량은 최소 859,818톤CO₂ eq에서 최대 2,149,546톤CO₂ eq이다.

22) “온실가스 배출량(tCO₂eq) = ∑[전력사용량(MWh) × 배출계수(tGHG(CO₂/CH₄/N₂O)/MWh) × 지구온난화지수]”

수돗물 사용량을 앞서 살펴 본 <표 2-2>을 참조하여 사용자별로 세분화하면 가정에서 63.51%의 물을 사용하고 있고, 영업용이 26.55%, 업무용이 4.99%, 공업용이 2.99%, 욕탕용이 1.54% 그리고 기타용도로 0.45%를 사용하고 있다. 이를 기준으로 CO₂ 발생량을 산정하면 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 수돗물 사용 용도별 CO₂ 발생량

구 분	사용량(m ³)	비중(%)	CO ₂ 발생량(CO ₂ 톤)
가정용	3,260,000,000	63.51	2,730,353
영업용	1,363,000,000	26.55	1,141,409
업무용	256,000,000	4.99	214,525
공업용	152,000,000	2.96	127,253
욕탕용	79,000,000	1.54	66,206
기 타	23,000,000	0.45	19,346
합 계	5,133,000,000	100.00	4,299,092

따라서 절수제품이 우리나라 가정에 보급될 경우, 최소 546,071톤CO₂eq에서 최대 1,365,177톤CO₂eq의 CO₂ 감축이 가능하고, 영업용은 최소 228,282톤CO₂eq에서 최대 570,705톤CO₂eq, 업무용은 최소 42,905톤CO₂eq에서 최대 107,263톤CO₂eq, 공업용은 최소 25,451톤CO₂eq에서 최대 63,627톤CO₂eq, 욕탕용은 최소 13,241톤CO₂eq에서 최대 33,103톤CO₂eq 그리고 기타용도는 최소 3,869톤CO₂eq에서 최대 9,673톤CO₂eq의 감축이 가능하다.

위와 같은 물 사용자의 절수기기 설치에 따른 물 절약과 CO₂ 감축량을 경제적 가치인 편익으로 환산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\text{총 편익} = \{(\text{절수총량}(\text{m}^3) \times \text{생산원가}/\text{m}^3) + (\text{CO}_2\text{감축총량}(\text{톤CO}_2) \times \text{CO}_2\text{평균거래가격})\} \dots\dots\dots\text{식 ①}$$

이러한 방법으로 산정한 물 사용자의 절수기기 설치로 인한 수돗물 절약액은 생산원가(849.3원/m³) 기준²³⁾ 최소 8,718억 9,138만원에서 최대 2조 1,797억

2,845만원이다. 그리고 CO₂ 감축에 따른 수익²⁴⁾은 최소 134억 4,927만원에서 최대 336억 2,320만원이다. 따라서 물 사용자들의 총 수익은 최소 8,853억 4,065만원에서 최대 2조 2,133억 5,165만원이다.

2. 상수도부문의 과급효과 분석

건물부문에서 물 사용자의 절수기기 설치에 따라 공공부문의 영역인 수자원공사와 수도사업소의 수돗물 생산·공급 시 절감량과 CO₂ 감축량에 대해 분석하였다. 분석에 사용된 데이터는 환경부(2015) “2013 상수도 통계”에서 제시된 총 급수량을 기준으로 하였다.

환경부 통계에 따르면 2013년 우리나라 연간 총 급수량은 61억 5,900만m³이다(<표 2-2> 참조). 따라서 건물부문에서의 절수기기 사용에 따라 수돗물 생산과 관련된 공공부문에서 최소 12억 3,180만m³에서 최대 30억 7,950만m³의 물 생산을 줄일 수 있다. 또 급수량을 기준으로 우리나라 수돗물 생산에 따른 연간 CO₂ 발생량을 산정하기 위한 산정식은 다음과 같다.

$$\text{CO}_2\text{배출량} = \sum\{\text{물 급수량}(\text{m}^3) \times \text{물 생산에 따른 에너지소비량}(\text{KWh}/\text{m}^3) \times \text{전기배출계수}(\text{kgCO}_2 / \text{KWh})\} \dots\dots\dots\text{식 ②}$$

이와 같은 방법에 의해 산정한 수돗물 급수량 기준 CO₂ 배출량은 <표 4-2>와 같다.

23) 수돗물 사용요금을 기준으로 산정해야 하나 지자체별로 수도요금이 모두 다르기 때문에 생산원가를 기준으로 하였음.

24) CO₂ 감축수익이란 물 효율크레딧(WEC)의 재산적 가치를 의미하며, 배출권거래소 거래평균가격인 톤당 15,642원을 적용한 수익을 의미함.

〈표 4-2〉 수돗물 급수량 기준 CO₂ 발생량

	연간 급수량 (m ³)	투입 전기소비량 (Kwh/m ³)	전기의 CO ₂ 배출계수	총CO ₂ 발생량 (CO ₂ eq톤)
수돗물 연간 총CO ₂ 발생량	6,159,000,000	1.8	0.4653	5,158,409

수돗물 생산·급수과정에서 발생하는 CO₂량은 연간 5,158,409톤CO₂ eq인데, 물 사용자들의 절수기기 사용에 따른 과급효과로 최소 1,031,682톤CO₂ eq에서 최대 2,579,205톤CO₂ eq의 CO₂ 감축효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 효과를 경제적 가치로 환산하기 위해 위 식 ①을 적용하면 수자원공사와 수도사업소의 수돗물 생산비용감소는 원가인 849.3원/m³ 기준 최소 1조 461억 6,774만원에서 최대 2조 6,154억 1,935만원이다. 그리고 CO₂ 감축수익²⁵⁾은 최소 161억 3,757만원에서 최대 403억 4,392만원이다. 따라서 건물부문에서의 물 절약에 따른 과급효과로 수자원공사와 수도사업소의 총 비용절약과 감축수익을 반영한 총 편익은 최소 1조 623억 531만원에서 최대 2조 6,557억 6,327만원이다.

3. 하수처리부문의 과급효과 분석

가정, 상업시설, 업무용건물 등의 건물부문에 절수기기를 설치하였을 경우, 하·폐수처리과정에서의 비용절감과 CO₂ 배출감소를 분석하였다. 분석을 위해서는 총 하수유입량과 전력사용량 등의 데이터가 필요한데, 분석에 사용된 데이터는 <표 2-3>의 국가통계포털(KOSIS) “하수도 통계”에서 제시된 하수유입량을 사용하였고, 전력사용량 등은 위 ‘III장 2절의 하·폐수처리부문의 CO₂ 발생량 산정방법’과 데이터의 내용을 기준으로 하였다.

25) 이때의 CO₂ 감축수익이란 공공부문인 수자원공사와 수도사업소 그리고 하수처리장은 상쇄 배출권(KCU)을 인정받을 수 있는데, 상쇄배출권은 배출권거래소에서 매매가 가능함. 따라서 이때의 수익을 의미함.

국가통계포털(KOSIS)에 따르면 2013년 우리나라 총 생활하수 유입량은 1일 15,148,298m³이며, 연간 5,529,128,770m³의 하수가 하수처리장으로 유입된다. 따라서 건물부문의 물 절약 파급효과에 따른 하수유입량의 감소는 최소 연간 11억 583만m³에서 최대 27억 6,456만m³이다. 또, 하수유입량을 기준으로 우리나라 하수처리에 따른 연간 CO₂ 발생량을 산정하기 위한 방법은 위의 <표 3-5>와 같고, 이에 대입한 산정식은 식 ③과 같다.

$$\text{하수처리 시 CO}_2 \text{ 발생량} = \sum\{\text{하수 유입량(m}^3\text{)} \times \text{하수처리에 따른 에너지 소비량(KWh/m}^3\text{)} \times \text{전기배출계수(kgCO}_2 \text{ /KWh)}\} \dots\dots\dots\text{식 ③}$$

그리고 제거물질 처리에 따른 CO₂ 발생량을 산정하기 위한 산정식은 식 ④와 같다.

$$\text{제거물질처리 시 CO}_2\text{발생량} = \sum\{\text{오염물질 제거량(kg/년)} \times \text{물질별 에너지 소비량(KWh/m}^3\text{)} \times \text{전기배출계수(kgCO}_2 \text{ /KWh)}\} \dots\dots\dots\text{식 ④}$$

이때 연간 하수유입량은 5,529,128,770m³이고 전력사용량은 0.50kwh/m³, 전기의 CO₂ 배출계수는 0.1653kgCO₂ /kwh이므로 식 ③에 대입하여 하수처리 시 CO₂ 배출량을 구한다. 그리고 식 ④에 대입해 제거물질처리에 따른 CO₂ 배출량을 구하면 <표 4-3>과 같다. 이때 제거해야 할 각 오염물질별 연간 총량은 III장 2절에서 제시²⁶⁾하였다.

26) 연간 총 제거 BOD량은 819,416,884kg/년, COD량은 430,166,218kg/년, SS(부유물질)량은 831,028,054kg/년, T-N량은 138,504,676kg/년, T-P량은 18,577,873kg/년이 산출됨.

〈표 4-3〉 연간 하수처리 및 제거물질 처리에 따른 CO₂ 발생량

	연간 하수유입량 (m ³)	평균전기투입량 (kwh/m ³)	전기CO ₂ 배출계수	연간 CO ₂ 발생량 (CO ₂ 톤)
하수처리 시 CO ₂ 발생량	5,529,128,770	0.5	0.4653	1,286,352
	연간 오염물질 제거량(kg/년)	평균전기투입량 (kwh/m ³)	전기CO ₂ 배출계수	연간 CO ₂ 발생량 (CO ₂ 톤/년)
BOD제거 시 CO ₂ 발생량	819,416,884	3.61	0.4653	1,376,402
SS제거 시 CO ₂ 발생량 ²⁷⁾	831,028,054	3.61	0.4653	1,395,905
COD제거 시 CO ₂ 발생량	430,166,218	6.48	0.4653	1,297,013
T-N제거 시 CO ₂ 발생량	138,504,676	19.68	0.4653	1,268,302
T-P제거 시 CO ₂ 발생량	18,577,873	147.05	0.4653	1,271,142
연간 하수처리 및 제거물질 처리에 따른 CO ₂ 발생 총량				7,895,116

따라서 하수처리 시 CO₂ 배출량은 1,286,352톤CO₂ eq이고, 제거물질 중 BOD제거 시 발생하는 CO₂의 양은 1,376,402톤CO₂ eq, SS제거에는 1,395,905톤CO₂ eq, COD제거에는 1,297,013톤CO₂ eq, T-N제거에는 1,268,302톤CO₂ eq, T-P제거에는 1,271,142톤CO₂ eq의 CO₂가 각각 배출된다. 이들의 합인 연간 하수처리 및 제거물질 처리에 따른 CO₂ 발생 총량은 7,895,116톤CO₂ eq이다. 그리고 감축가능량은 최소 1,579,023톤CO₂ eq에서 3,947,558톤CO₂ eq이다.

위와 같은 건물부문의 절수기기 사용에 따른 하·폐수처리부문의 과급효과를 경제적 가치인 편익으로 환산하기 위한 식은 다음과 같이 식 ⑤를 적용할 수 있다. 이때 처리비용은 환경부 생활하수과(2014)에서 제시하고 있는 169.7 원/m³을 적용하였다.

$$\text{총 편익} = \{(\text{총하수유입 감소량}(m^3) \times \text{처리비용}/m^3) + (\text{CO}_2\text{감축총량}(톤\text{CO}_2))$$

27) SS(부유물질) 처리에 따른 CO₂ 발생량은 BOD처리공정과 같기 때문에 평균전기투입량을 같게 대입하였음.

× CO₂평균거래가격}}식 ⑤

산출된 하수처리장의 처리비용감소는 처리원가 기준 최소 1,876억 5,935만
원에서 최대 4,691억 4,583만원이다. 그리고 CO₂ 감축수익은 최소 246억 9,908
만원에서 최대 617억 4,770만원이다. 따라서 건물부문에서의 물 절약에 따른
파급효과로 하수처리장의 총 편익은 최소 2,123억 5,843만원에서 최대 5,308억
9,353만원이다.

4. 절수기기 설치에 따른 비용 분석

1) 비용적용 기준

절수기기 설치에 따른 비용분석은 수도꼭지, 대변기²⁸⁾, 소변기, 샤워헤드를
기준으로 한다. 분석을 위해 가정용과 그 외의 건물로 구분하여 분석하였다.
가정에 사용되는 물 사용기기는 수도꼭지, 대변기 샤워헤드의 설치비용을 분
석하였고, 그 외 건물은 수도꼭지, 대변기, 소변기의 설치비용을 분석하였다.
우리나라 절수기기 보급률에 대한 자료는 확인할 수 없었다. 단지 통계청
(2013) 녹색생활조사에서 우리나라 가구의 24.3%에서 절수기기를 설치하여
사용 중인 것으로 확인되었다. 하지만 본 절에서는 우리나라 전체 건물에 설
치할 경우를 가정한 산정이므로 보급률은 고려하지 않는다.

절수형 제품의 종류를 확인하기 위해 환경산업기술원의 녹색제품정보시스
템을 확인하였고, 제품의 시장가격 확인을 위해 인터넷 쇼핑몰 및 가격비교
사이트를 확인하였다. 확인된 일반적인 제품기준 가격수준은 수도꼭지가
25,000원에서 60,000원이고 대변기는 100,000원에서 130,000원, 소변기²⁹⁾는

28) 본 논문에서의 대변기는 양변기를 의미함.

29) 소변기는 물내림 방식에 따라 버튼식과 전자감응식이 있는데, 최근 설치패턴에 맞춰 전자감
응식을 기준으로 하였음.

120,000원에서 210,000원 그리고 샤워헤드의 가격은 5,000원에서 80,000원 수준으로 확인되었으나, 가격의 편차로 인한 기준가격을 설정하기 어려워 3개 업체에 자문을 구하여 보급형 가격과 설치공임을 확인하고 이에 대한 평균을 산정하여 분석에 사용하였다(<표 4-4> 참조).

<표 4-4> 절수기기의 가격 및 설치공임

(단위: 원)

구 분	R사	D사	K사	평균가격	설치공임
대변기	130,000	130,000	100,000	120,000	50,000
소변기	150,000	150,000	120,000	140,000	50,000
수도꼭지	50,000	50,000	60,000	53,300	20,000
샤워헤드	20,000	10,000	10,000	13,300	

2) 절수기기 설치비용 분석

먼저 가정용 절수기기 설치비용 분석을 위한 산정식은 식 ⑥과 같고, 우리나라 전체 가구에 대한 설치비용은 가구당 설치비용에 전체가구수를 곱하여 산출한다.

$$\text{가구당 설치비용} = \{(\text{수도꼭지 평균단가} \times \text{평균설치개수}) + (\text{대변기 평균단가} \times \text{평균설치개수}) + (\text{샤워헤드 평균단가} \times \text{개수}) + \text{설치비용}\} \dots \dots \dots \text{식 ⑥}$$

2010년 통계청에서 발표한 총 가구수는 17,339,000가구이고, 환경부(2010) 통계에 의하면 가정에 설치된 수도꼭지는 평균 4.97개³⁰⁾, 변기는 1.26개 샤워기는 1.2개이다. 그리고 <표 4-4>의 설치공임을 적용하여 산출한 가구당 설치공임은 162,400원이다. 따라서 위 식 ⑥에 대입한 가구당 가정용 절수기기

30) 화장실 수도꼭지 1.34개, 주방수도꼭지 1.01개, 기타 수도꼭지 2.62개(환경부, 2010).

절수기기 보급에 따른 소비자의 비용절약과 이산화탄소 저감효과

및 설치공임 등 비용총액은 594,461원이고, 우리나라 전체 가구에 대한 절수 기기 설치비용은 10조 3,073억 5,928만원이다.

〈표 4-5〉 용도별·층수별 건축물 현황

(단위: 동, 층, %)

용도별 건축물 현황									
구분	합계	주거용	상업용	공업용	교육·사회용	기타			
전국 계	6,986,913	4,568,851	1,198,932	293,051	186,721	739,358			
비중	100	65	17	4	3	11			
층수별 건축물 현황									
구분	합계	1F	2-4F	5F	6-10F	11-20F	21-30F	31F이상	기타
전국 계	6,986,913	4,356,666	2,279,814	154,587	76,542	80,836	16,413	1,478	20,577
비중	100	62	33	2	1	1	0	0	0

출처; 통계청 국가지표체계. "건축물 현황."

우리나라 총 건축물의 용도별 현황은 <표 4-5> 상단과 같다. 앞서 산정한 가정용 외에 상업용, 업무용 등의 건축물에 대해서는 설치기준을 남·녀 화장실 숫자를 기준으로 하였다. 이들 건축물에는 주로 각 층의 남·녀 화장실에 물 사용기기들이 설치되어 있기 때문에 우리나라 전체 건축물 층수를 확인하여 층별 평균 화장실 개수와 각 화장실에 설치된 절수기기들의 평균개수를 대입하면 산출할 수 있다. 화장실 숫자 또는 설치된 절수기기의 종류 및 숫자에 대한 선행연구 및 문헌자료는 확인할 수 없었다. 때문에 실측을 통해 평균적인 화장실 개수와 물 사용기기들의 개수를 파악하였다. 그 결과 10층 이하 건물은 남·녀 각 1.5개씩, 11층 이상의 건물은 각 2개씩을 산정하였다. 건축물의 총 층수는 <표 4-5> 하단과 같이 통계청 자료를 사용하였다. 자료 중 기타 건축물은 층수를 알 수 없어 5층으로 분류하였고, 31층 이상은 40층까지로 분류하였으며, 범위가 지정되어 있는 층은 중간값으로 산정하였다.

이때 <표 4-5>에서 각 층수별 건축물 중 주거용 건축물의 비율인 65.4%만큼을 빼준다. 그리고 각각의 비율(34.6%)에 따라 <표 4-5> 하단을 재구성하면 <표 4-6>과 같다.

〈표 4-6〉 지역별·층수별 건축물 현황 재구성

구분	합계	1F	3F	5F	7.5F	15F	25F	35F
전국 계	2,418,062	1,507,406	788,816	60,607	26,484	27,969	5,679	511
비중(%)	100	62	33	2	1	1	0	0
층수		1,507,406	2,366,448	303,035	198,630	419,535	141,975	17,885
층수합계	4,954,914	4,375,519			579,395			

상업용 및 기타 건물의 총 층수는 4,954,914층이고 이중 10층 이하가 4,375,519층, 11층 이상이 579,395층이다. 실측 및 설비업체의 확인을 통해 남녀 화장실에 설치된 수도꼭지의 개수는 각각 2개, 대변기의 개수는 남자는 2개, 여자는 4개, 소변기의 개수는 남자만 3.5개로 산정하였다. 각 남녀 화장실 1개씩을 1개의 세트(set)로 정하여 설치해야 할 절수기기의 개수를 산출하면 수도꼭지 4개, 대변기 6개, 소변기 3.5개이다.

설치비용 분석을 위한 산정식은 식 ⑦과 같고 우리나라 전체 상업용, 업무용 등의 건축물에 대한 설치비용은 세트당 설치비용에 전체 화장실 세트를 곱하여 산출한다. 이렇게 산출된 우리나라 상업용, 업무용 등의 건축물에 설치된 화장실 총 세트 수는 7,722,069세트이다.

$$1\text{세트당 설치비용} = \{(수도꼭지\ 평균단가 \times 개수) + (대변기\ 평균단가 \times 개수) + (소변기\ 평균단가 \times 개수) + 설치비용\} \dots \dots \dots \text{식 ⑦}$$

설치공임은 대량으로 설치하는 영업용, 업무용 건물에는 할인율을 적용받기 때문에 <표 4-4>의 개별단가를 그대로 적용할 수 없다. 따라서 시공업체에 견적을 의뢰한 결과 기존설치제품의 제거 및 폐기물 수거 그리고 새로운 제품설치를 포함한 설치공임이 남녀 화장실을 1세트로 하여 700,000만원 수준임을 확인하였다. 따라서 위 식 ⑦에 대입한 1세트당 절수기기 구매 및 설치공임에 대한 비용은 2,123,200원이며, 비용총액은 16조 3,954억 9,690만원이다.

위와 같은 산정결과를 정리하면, 우리나라 전체 가정에 절수기기를 설치할

경우, 비용은 10조 3,073억 5,928만원이고 상업용, 업무용 건축물 등에는 16조 3,954억 9,690만원으로써 도합 26조 7,028억 5,618만원의 총 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

V. 연구의 요약 및 시사점

1. 연구의 요약

물 절약에 따른 직·간접 효과는 <표 5-1>과 같다.

<표 5-1> 물 사용자의 절수기기 설치에 따른 직·간접 물 절약 효과
(단위: 천m³)

구 분	물 사용/생산/처리 총량	감축 가능량	
		최소	최대
건물부문(사용량 감소)	5,133,000	1,026,600	2,566,500
수자원공사·수도사업소(생산량 감소)	6,159,000	1,231,800	3,079,500
하수처리장(하수처리량 감소)	5,529,130	1,105,830	2,764,560

물 사용자의 절수기기 설치에 따른 직접적인 물 절약 효과는 연간 최소 10억 2,660만m³에서 최대 25억 6,650만m³이고, 이로 인한 파급효과로 수자원공사와 수도사업소에서의 물 생산량 감축분은 최소 12억 3,180만m³에서 최대 30억 7,950만m³이다. 또한 사용한 물의 하수처리과정에서의 처리량도 감소하는데, 하수감소량은 최소 11억 583만m³에서 최대 27억 6,456만m³이다.

다음으로 물 사용자의 물 절약에 따른 CO₂ 감축량에 대한 직·간접효과는 <표 5-2>와 같다.

〈표 5-2〉 물 사용자의 절수기기 설치에 따른 직·간접 CO₂감축 효과

구 분	총CO ₂ 발생량 (톤CO ₂ eq)	CO ₂ 감축가능량(톤CO ₂ eq)	
		최소	최대
건물부문	4,299,092	859,818	2,149,546
수자원공사·수도사업소	5,158,409	1,031,682	2,579,205
하수처리장	하수처리과정	1,579,023	3,947,558
	제거물질처리과정		
합 계		3,470,523	8,676,309

물 사용자의 물 절약에 따른 CO₂ 배출량 감축효과는 최소 859,818톤CO₂ eq에서 최대 2,149,546톤CO₂ eq이다. 이로 인한 수자원공사와 수도사업소의 물 생산량 감소에 따른 CO₂ 감축분은 최소 1,031,682톤CO₂ eq에서 최대 2,579,205톤CO₂ eq이다. 그리고 하수처리장에서의 CO₂ 감축분은 최소 1,579,023톤CO₂ eq에서 최대 3,947,558톤CO₂ eq이다. 따라서 절수기기 사용으로 인한 CO₂ 감축 가능량과 파급효과를 포함하면, 연간 최소 3,470,523톤CO₂ eq에서 최대 8,676,309톤CO₂ eq이다.

그런데 이러한 방법으로 CO₂ 배출총량과 감축가능량을 계산하게 되면, 물의 생산·공급에서부터 사용 그리고 사용 후 하수처리까지의 과정 전체에서 발생하는 CO₂ 배출량 산정에 있어서는 이중 계상 문제로 위 각각의 배출량의 합으로 계산해서는 안 된다. 왜냐하면 물 사용자의 CO₂ 배출량은 물 사용과정에서 직접 발생하는 것이 아니라 수자원공사 또는 수도사업소에서 물 생산·공급 시에 발생하는 CO₂가 감축되는 것이기 때문이다.

다만 탄소포인트제도와 에코마일리지제도에서도 이와 같은 이중계상의 문제는 있으나 사용자의 참여를 이끌어 냄으로써 공급자에게도 감축효과가 이어지게 되는 제도의 효과적인 면을 강조하고 있기 때문에 본 논문에서도 물 사용효율인증제에서 물 사용자의 감축효과로 인정하는 것이 타당하다고 본다. 따라서 물 절약 효과로는 인정하고 배출권거래소에서의 거래가능량으로도 계상이 가능하지만, CO₂ 감축량 중복계산의 문제로 인해 전체 감축량에는 산정하지 않는다. 이렇게 하여 수돗물 라이프사이클에서의 CO₂ 발생총량은 <표

5-2>에서 건물부문의 CO₂ 발생량 4,299,092톤CO₂ eq을 배제한 13,053,525톤 CO₂ eq이 발생하는 것으로 추정할 수 있다.

이러한 결과를 통해 각 부문에서의 비용절감 및 수익발생에 따른 효과와 국가전체 편익을 도출하였다(<표 5-3> 참조).

<표 5-3> 비용절감 및 수익발생 효과

(단위: 천원)

구 분		비용절감	수익발생	총 편익
건물부문	최소	871,891,380	13,449,270	885,340,650
	최대	2,179,728,450	33,623,200	2,213,351,650
하수처리장	최소	187,659,350	24,699,080	212,358,430
	최대	469,156,830	61,747,700	530,893,530
국가전체편익	최소			1,097,699,080
	최대			2,213,351,650

건물부문의 물 절약에 따른 수도요금 절감액은 연간 최소 8,718억 9,138만 원에서 최대 2조 1,797억 2,845만원이고, 물 절약에 따른 가칭 ‘물 효율크레디트(WEC)’의 재산권적 가치에 따른 수익발생은 연간 최소 134억 4,927만원에서 최대 336억 2,320만원이다. 따라서 건물부문에서의 총 편익은 연간 최소 8,853억 4,065만원에서 최대 2조 2,133억 5,165만원으로 산정할 수 있다.

수자원공사와 수도사업소의 물 생산·공급 시 원가절감액은 연간 최소 1조 461억 6,774만원에서 최대 2조 6,154억 1,935만원이고, 잉여 할당배출권(Korean Allowance Unit, KAU)³¹⁾ 또는 상쇄배출권(Korean Credit Unit, KCU)³²⁾의 확보로 인한 수익발생은 연간 최소 161억 3,757만원에서 최대 403억 4,392만원이다. 따라서 수자원공사와 수도사업소에서의 연간 총 편익은 최소 1조 623억 531만원에서 최대 2조 6,557억 6,327만원으로 산정할 수 있다.

31) 할당대상업체에 할당된 온실가스 배출허용량.

32) 배출권거래제법 제29조에 따라 외부사업 온실가스 감축량에서 전환된 배출권을 의미하며, 특정 이행연도별로 외부사업 온실가스 감축량(CDM사업)에서 전환된 배출권이 상쇄배출권(KCU)으로 상장된다. 상쇄배출권(KCU)은 대상업체의 전환신청과 주무관청의 승인 절차가 필요하여, 상장시기는 특정되지 않고 유동적임.

하지만 건물부문과의 이중계상의 문제가 있어 본 논문의 총 편익에는 포함하지 않는다.

하수처리비용 절감액은 원가기준 연간 최소 1,876억 5,935만원에서 최대 4,691억 5,683만원이고, 민간부문 절수기기 설치지원에 따라 확보하게 되는 상쇄배출권(KCU)으로 연간 최소 246억 9,908만원에서 최대 617억 4,770만원의 수익을 확보하게 된다. 따라서 하수처리부문에서의 총 편익은 연간 최소 2,123억 5,843만원에서 최대 5,308억 9,353만원으로 산정할 수 있다.

위와 같은 분석을 통해 국가 전체 편익을 산정해 보면, 연간 최소 1조 976억 9,908만원에서 최대 2조 2,133억 5,165만원의 편익을 발생할 수 있을 것으로 추정된다.

이러한 편익을 발생시키기 위한 소요비용은 우리나라 전체 가정에 절수기기를 설치할 경우 10조 3,073억 5,928만원이 소요되고, 상업용, 업무용 건축물 등에는 16조 3,954억 9,690만원이 소요되어 도합 26조 7,028억 5,618만원의 총 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

2. 시사점

이상에서 방대한 물 관리 영역 중 생활과 관련된 부분인 물 수요관리에 초점을 맞춰 가정, 상업시설, 오피스빌딩 등에서 물 절약을 실천하고 사용효율을 향상시키는 것이 향후 부족한 물 공급에 대비하는 것임을 분석을 통해 제시하였다. 정부는 친환경건축물인증제도의 시행과 함께 물 사용효율을 향상시킨 절수기기 보급을 위해 노력하고 있다. 하지만 환경부(2013)가 발표한 ‘녹색생활조사’ 자료를 통해 알 수 있듯이 전국 가구의 24.3%만이 물 절약을 위해 절수형 기기를 설치하여 사용하고 있는 것으로 나타나 절수기기가 보편화되기 위해서는 관계기관의 많은 노력이 필요하다.

이러한 낮은 보급률을 개선하고 절수기기 보급을 보편화 하여 물 사용효율

의 가시적 성과를 도출하기 위해서는 민간부문의 참여를 유도할 수 있는 정책적 유인이 필요하다. 그 방법으로 본 논문은 측정(measurement), 보고(reporting), 검증(verification)이 가능한 수도물 사용자인 가정, 상업시설, 오피스빌딩의 건물주와 공급자인 수자원공사, 수도사업소, 하수처리장 등을 대상으로 선정하여 물 절약에 따른 CO₂감축량을 정부가 상쇄배출권(KCU)으로 전환이 가능한 가칭 ‘물 효율크레디트(WEC)’를 발급하고, 이를 배출권거래소에서 거래하게 함으로써 물 사용효율을 높이고, 동시에 수요·공급의 불균형이 심각한 배출권거래소에 활력소로 작용할 수 있음을 주장하는 것이다.

제도의 시행을 위해서는 적정규모의 배출권을 마련할 수 있는가가 중요한데, 연구결과 절수기기의 성능을 현재의 기술수준으로 고려했을 때 건물부문과 상수도부문, 그리고 하수처리부문에서의 CO₂ 감축량을 고려하면, 연간 최소 3,470,523톤CO₂eq에서 최대 8,676,309톤CO₂eq의 배출권을 공급할 수 있는 것으로 분석되었다. 이를 2016년 평균거래가격인 15,642원에 대입하여 시장규모를 산정해 보면 연간 최소 542억 8,592만원에서 최대 1,357억 1,482만원 규모의 새로운 공급량이 마련되는 것이다.

결국 가칭 ‘물 사용효율인증제도’의 시행으로 배출권거래소에 미치는 과급효과와 물 절약에 따른 생산비용 및 하수처리비용의 절감에 따른 국가 총 편익은 연간 최소 1조 976억 9,908만원에서 최대 2조 2,133억 5,165만원 규모로 확인되었다. 이는 공공부문의 누적적자해소에 도움을 주며, 물 사용자들에게 절수기기 보급을 위한 지자체의 재원으로 사용될 수 있다.

절수기기 보급확대를 위한 비용분석결과 총 26조 7,028억 5,618만원의 비용이 소요되는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 비용은 기존 건축물의 교체비용만을 고려하면 되고, 1회성 지출이기 때문에 추가비용이 거의 들지 않는다. 친환경건축물인증제, 건물에너지효율등급인증제 등과 같은 정부정책은 신축건축물에 절수형 기기 설치를 강제하는 효과와 함께 인증을 득한 건축물은 분양에 있어 상대적으로 유리한 면이 있기 때문에 유인효과도 있다. 따라서 신축건축물 증가에 따른 추가비용은 발생하지 않는다. 그리고 현재 생산되고 있

는 절수기기의 내용연한도 10년 이상으로 길기 때문에 한 번 설치하면 장기간에 걸쳐 편익의 누적효과로 인해 비용상각이 이루어질 수 있다. 따라서 기존 건축물을 대상으로 외국의 사례³³⁾처럼 지자체별로 계획적인 보조금을 단계적으로 지급하고, 환경공단에서 시행하고 있는 민간기업의 물 사용효율향상 투자 사업인 WASCO제도³⁴⁾와 연계한다면 좋은 성과를 거둘 수 있다고 본다.

본 논문에서 다음과 같은 내용은 연구의 제약요인과 한계였음을 밝힌다. 첫째, 절수기기의 효율과 성능, 그리고 보급률에 관한 공신력 있는 국내·외의 자료나 선행연구가 부족하여 절수기기 종류별 효율과 설치에 따른 편익과 비용 산정에 있어 제약 및 한계가 있었다. 특히 절수기기 생산량 증가에 따른 CO₂증가분은 비용으로 산정되어야 하나 자료의 미흡으로 산정할 수 없었다.

둘째, 본 논문의 상수도 부문은 수도물 생산·급수과정에서의 톤당 전력사용량과 하수처리부문의 하수처리 및 제거물질처리에 소요되는 전력사용량을 기준으로 CO₂ 배출량 등을 산정하였다. 그런데 일부 사업장 단위별로 태양광, 풍력, 소수력발전 등 자체 생산된 전력량이 있고, 사업장별 전력사용 효율성도 각각 다를 것이다. 따라서 본 논문에서의 정량적 배출량은 이론적 배출량이며, 우리나라 전체 수자원공사와 수도사업소 그리고 하수처리장의 CO₂ 배출 총량과는 차이가 있을 수 있다.

셋째, 물 절약으로 인한 비용감소가 사회전체적으로 편익만 있는 것은 아니다. 소비량이 줄어들면 공기기업의 매출이 감소하게 되고, 이는 국가에서 보전

33) 호주 시드니의 사례는 보조금 지급 방식의 모델이 될 수 있다. 호주 시드니의 'SydneyWATER'는 우리나라 서울시 수도사업소와 같은 역할을 하고 있다. SydneyWATER는 소비자가 기존 대변기를 물 사용량이 적은 4Ster급 대소변 구분변기로 교체 시 다음과 같은 절차에 따라 보조금을 지급하고 있다. 우선 소비자가 SydneyWATER 홈페이지에서 변기의 종류와 자신이 부담할 금액을 선택한다. 선택기준은 세 가지인데, 가격이 660달러인 기본형의 경우 330달러의 보조금을 지급하고 나머지는 소비자가 부담한다. 가격이 810달러인 중급형의 경우는 370달러의 보조금을 지급하고 440달러를 소비자가 부담한다. 870달러인 고급형은 320달러의 보조금을 지급하고 550달러를 소비자가 부담한다. 이렇게 소비자가 선택을 하게 되면 SydneyWATER는 지정 설치업자를 보내 설치를 하게 되는데, 이때 제품은 제조업자의 10년 보증서를 포함하게 된다. 설치 후 소비자가 부담할 비용은 보조금을 공제하고 일시불 또는 4개월 할부로 수도요금과 함께 납부하게 된다(오창수, 2016).

34) 물절약전문업(WASCO; WAter Saving COmpany) 등록제도.

절수기기 보급에 따른 소비자의 비용절약과 이산화탄소 저감효과

하는 예산의 증가로 이어질 수 있음을 밝힌다. 다만, 공기업의 비용감소 및 배출권 판매수익에 따른 편익으로 상쇄될 수 있는지는 본 논문에서는 고려하지 않았다. 그리고 수도서비스와 관련된 하청업체나 관련 기업들의 매출감소 및 고용감소 가능성도 있다. 비용·편익분석에 따른 이러한 한계점이 있음을 인정한다. 향후 진행될 연구에서는 이러한 점을 반영한 결과가 도출될 수 있기를 기대한다.

접수일(2016년 11월 24일), 수정일(2016년 12월 22일), 게재확정일(2017년
1월 12일)

◎ 참고 문헌 ◎

- 강희찬. 2010. "시장 중심적 먹는 물 관리 방안." SERI경제포커스, 2010. 8. 31. 제307호. pp. 1-10.
- 김영준, 이종연, 강용태. 2010. "하수처리시설의 에너지 자립화 방안 연구." 설비공학논문집, 22(1), pp. 49-55.
- 김지원, 최현호, 김삼열, 박재홍, 이대선, 박상태, 김규식, 유재철. 2015. "부산시 환경기초시설 내 태양에너지(태양광/태양열) 이용시설 설치 타당성 확인." 한국기후변화학회지, 6(2), pp. 73-85.
- 노상천. 2014. "수도사업장 에너지효율 향상방안에 대한 연구." 한양대학교 공학대학원 석사학위논문.
- 문승식, 하현철, 이임호, 김현우. 2010. "절수형 기기 보급확대방안 마련 연구." 한국환경산업기술원. pp. 1-166.
- 오창수. 2016. "물 사용효율인증제 도입과 배출권거래제의 연계." 중앙대학교 대학원 경제학과 박사학위논문.
- 유순주, 권오상. 2013. "에너지·온실가스 저감 하수처리 고도화 방안." 첨단환경기술 제 21권 제4호 pp. 5-13.
- 이상문. 2012. "저탄소 도시계획 요소별 탄소감축량 산정방법 연구." 환경논총, 51, pp. 145-161.
- 임원호, 김문준. 2016. "수돗물을 사용하는 절수형 수전기구의 물 절약효과 분석." 경영컨설팅리뷰, 7(1), pp. 111-122.
- 전재경, 황은주, 전정남. 2010. "온실가스 감축을 위한 상쇄프로그램 운영제도 연구." pp. 1-288.
- 조수현, 강혜진, 박진철, 이언구. 2010. "공동주택의 절수전략 적용에 따른 수자원 사용에 관한 연구." 대한건축학회 2010년도 학술발표대회 논문집, 계획계 제30권 제1호,

pp. 479-480.

- 조수현, 강혜진, 이언구. 2011. "공동주택 건물의 상수도 절감량에 따른 CO₂ 배출량 저감효과에 관한 연구." 한국태양에너지학회 논문집, 31(5), pp. 126-133.
- 조수현, 강혜진, 박진철, 이언구. 2012. "공동주택의 수자원 절약방법에 관한 연구." 한국생활환경학회지, 19(4), pp. 525-535.
- 조을생, 한대호, 하종식. 2012. "공공하수처리장의 에너지 소비현황 및 효율성 평가." 환경정책연구, 11(4), pp. 88-105.
- 최태일, 서기원. 2016. "가정에서의 물 절약 인식이 절수제품 구매의도에 미치는 영향." 산업진흥연구, 1(1), pp. 123-128.
- 한국환경산업기술원. 2014. "공공하수도시설의 에너지자립화를 위한 재생에너지기술." Konic Report, 2014-7호.
- 통계청. 2013. "2013년 녹색생활조사 보고서."
- 환경부. 2010. "물재이용 기본계획 수립을 위한 연구(부록2-1), 해외 하수처리수 재이용 현황."
- 환경부. 2010.2. "저탄소 녹색성장 실현을 위한 환경부 중앙추진계획."
- 환경부. 2013. "2013 상수도통계."
- 환경부. 2014. "하수도 통계."
- 환경부고시. 2013. "제2013-180호. 공공부분온실가스, 에너지목표관리운영 등에 관한 지침."
- 환경부, 국토교통부. 2014. "상수도 수요량 예측 업무편람."
- 환경부 생활하수과. 2014. 5. 15. "공공하수도시설 관리업무 대행지침[개정]."
- 환경부 생활하수과. 2014. 9. "2013년도 공공하수처리시설 운영관리실태 분석결과."
- 환경부 수도정책과. 2013. "절수설비 및 절수기기 설치의무화 설명자료."
- 환경부·환경관리공단. 2012. "폐기물부문 온실가스배출량 산정 매뉴얼."
- Kelly, D. A. 2015. "Labelling and water conservation: A european perspective on a global challenge." *Building Services Engineering Research & Technology* 36(6) : pp643-657.
- Phipps. D. A., Aldhaddar. R. 2013. "Personal Behavior, Technological Advance

Controlling the Domestic Use of Water in a Consumer Society.” *World Environmental and Water Resources Congress* 2013 : pp2656-2664.

Yasutoshi Shimizu, Kanako Toyosada and Kiyoshi Nakashima. 2010. “Prediction of CO2 Emissions Associated with Residential Plumbing Equipment(in Japanese).” *Transactions of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan* 163 : pp11-18.

Yasutoshi Shimizu, Satoshi Dejima and Kanako Toyosada(2012). “The CO2 Emission Factor of Water in Japan.” *Water* 4(4) : pp759-769.

◎ 참고 사이트 ◎

기상청 4대강 살리기 홈페이지<http://web.kma.go.kr/4rivers/sub_02_02.jsp>.

통계청 국가지표체계, 건축물 현황. <<http://www.index.go.kr/>>.

KOSIS(국가통계포털). 하수도통계 : 하수 및 분뇨발생량.<<http://kosis.kr>>.

ABSTRACT

Effect of Consumer's Cost Saving and Reduction
Effect of Carbon Dioxide due to Supply for
Water Saving Devices

Jeongin Kim* and Changsoo Oh**

Recently, Korea is suffering from a severe drought due to the lack of precipitation. So, the necessity of efficient use has come to the fore. This study analyzed the reductions amount of tap water and CO₂ and then economic ripple effect if water saving devices were installed to home, commercial facilities and business buildings as the way of response for the lack of water.

It was found that national benefit from emission right sales and cost saving is generated from minimum 1,097,699,080,000 won/year to maximum 2,213,351,650,000 won/year. We calculated cost arising from water-saving unit provision. It was found that total 26,702,856,180,000 won if we install water-saving units in the entire buildings in our country. The cost was for replacement of water-saving units in existing buildings. It is found that good result can be achieved also if it is paid to be planned subsidy for installation of water-saving units by local governments.

To maximize these effect it is desirable to implement so called, 'Water Use Efficiency Authentication System'. If we maximize water use efficiency through demand control and reduce quantity of CO₂ through water saving, 'Water Efficiency Credit(WEC)' then we can use it as Korean Credit Unit(KCU), it will contribute to alleviating imbalance between supply and demand of the emission trading system. Also, it will contribute to revitalize the ETS.

Key Words : Water Use Efficiency Authentication System, Water

Efficiency Credit, Water Demand Management, Emission
Trading System, Korean Credit Unit, Drought, Climate
Change

-
- * Professor. Dept. of Economics, College of Management and Economics,
Joongang University(main author). jeongin@cau.ac.kr
** Ph. D of Economics, Joongang University(corresponding author).
ocs6611@naver.com