

수돗물 생산 전과정의 환경성 평가

김용연, 오금선, 박동학

한국수자원공사 수도관리처

Life cycle assessment of drinking water treatment process

Kim yong yeon, Oh geum seon, Park dong hak

Kwater(Korea Water Resources corporation)

ABSTRACT

This study is about practicing LCA on the water treatment plant. The Environmental impact categories used is Abiotic resource depletion potentials, Global Warming potentials, Ozone depletion potentials, Acidification potentials, Photochemical oxidant creation potentials, Eutrophication potentials, Freshwater aquatic ecotoxicity potentials, Terrestrial ecotoxicity potentials, Human toxicity potentials. As a result of LCA, The most impact categories to produce clean water is abiotic resources depletion potentials(27.13%).

The most burdening stage in the entire production and supply system is transportation process of dehydrated sludge(89.2%) and chemicals(16.28%). It is important for Go-San WTP to shorten the transport distance for reducing environmental impact.

Key word : LCA, clean water, Abiotic resource depletion, transportation process of dehydrated sludge

요약문

본 연구에서는 전과정 평가기법을 적용하여 수돗물 생산에 대한 전과정 영향평가를 수행하였다. 사용되어진 환경영향 범주는 자원고갈, 지구온난화, 오존층 파괴, 산성화, 광화학적 산화물 생성, 부영양화, 담수생태 독성, 토양 생태 독성 및 인간독성 등이다. 전과정 영향평가의 결과, 자원소모가 27.13%로 가장 큰 환경부하를 가지는 것으로 나타났다. 9개 영향범주에서 가장 큰 영향을 미치는 요인은 탈수공정으로, 이는 운송에 의한 환경영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 전체 환경영향의 88.29%가 슬러지 운송, 16.28%가 PAHCS, PACI를 비롯한 화학약품의 운송에 의한 환경영향으로, 고산정수장 수돗물 생산과정의 환경영향을 개선하기 위해서는 슬러지 및 화학약품의 운반거리 단축이 가장 시급한 것으로 판단된다.

주제어 : LCA, 수돗물, 자원고갈, 슬러지 운송

1. 연구의 배경

최근 지속가능 경영의 환경부문에 있어 과거와는 다른 패러다임이 가속화 되고 있다. 크게 3가지로 구분할 수 있는데 첫째 사업장 중심에서 제품중심으로, 둘째 사후 오염관리에서 사전예방으로, 마지막으로 회사 내부 관리에서 전과정 관리로 패러다임이 급격히 전환되고 있다. 과거에는 성장위주, 제품의 품질위주의 정책이 지배적이었으므로 사업장만 잘 관리하면 문제가 없는 시대가 있었으나, 이제는 제품의 전과정 측면에서의 관리가 고려해야 할 기본적인 요소가 되었다. 제품의 가치와 나아가 기업의 가치를 평가할 때 해당제품과 기업의 환경성이 가장 중요한 요소가 되고 있는 요즘 제품과 기업의 친환경성 확보는 기업의 경쟁력 확보에 있어 가장 큰 과제라 할 수 있다.

우리가 매일 마시고 있는 수도물도 경쟁력 강화 요소로서 사업장 관리, 수도물 수질 관리(품질관리)를 넘어서서 수도물의 전과정과 각 단계의 환경영향을 이해함과 동시에 환경성적을 적극적으로 공개하고 개선함으로써 수도물의 친환경성을 확보할 필요성이 있다.

2005년 7월 국정홍보처에서 의뢰하여 실시한 수도물 불신해소 관련 전국민 여론조사에서, 수도물을 공급 받는 국민들은 수도물이 식수 사용에 57.8%가 부적합하다고 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 수도물 불신해소를 위해서는 수도물 정수과정 및 수도물 품질에 대한 홈페이지나 각종매체를 통하여 적극적인 정보제공 노력 활동이 필요하다. 하지만 단순한 수질검사 결과 공개에 그치는 것이 아닌 고객에게 수도물의 친환경적인 과정을 거쳐 처리됨을 함께 공개 및 홍보할 필요성이 있다.

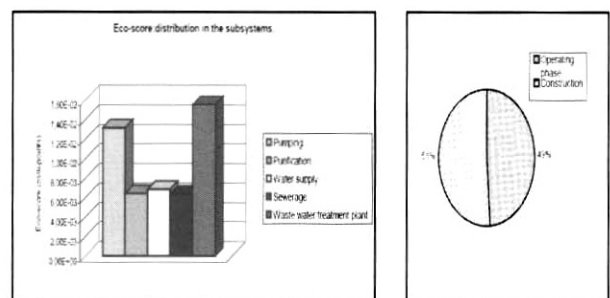
이를 위해 본 연구는 수자원공사 광역상수도 를 대상으로 수도물 정수처리 과정에서 수도물 에 대한 친환경성을 국내 처음으로 정량적으로 평가하여, 수도물 생산과정에서 환경영향을 줄일 수 있는 방안을 강구하고 일반시민들에게 자료를 제공하여 수도물의 신뢰도 향상에 기여하고자 한다.

2. 수자원 전과정평가 수행 사례

해외에서는 Cleaner Production, The Journal of Life Cycle Assessment 등의 저널을 통하여 전과정평가 연구 사례가 많지는 않지만 꾸준히 발표되고 있다. 수자원 분야에 대한 전과정평가 수행 사례는 그리 많지 않다. 베올리아 워터, 수에즈 등의 세계적인 수자원 관련 기업의 경우에도 수처리 과정에서의 환경영향 또는 에너지 소모량에 대해 지속적으로 평가하고 있으나 그 결과를 홈페이지 등에 공개하는 등의 두드러진 활동을 하고 있지는 않다.

2.1 벨기에 "La Vesdre"

벨기에의 "La Vesdre"를 대상으로 수행한 전과정평가로, 기능단위는 물 1m³이며, 시스템 경계는 원수 취수(pumping), 정수(purification), 공급(supply), 하수도(sewerage), 폐수처리(wastewater treatment), 슬러지 처리 단계(sludge treatment)를 포함하고 있다. 또한 각 단계의 설비에 대한 환경영향도 포함하였다.



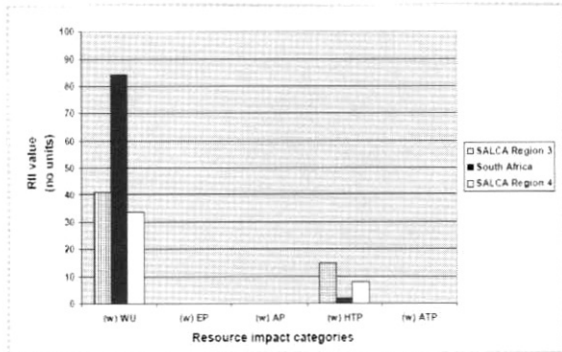
<그림 1> 벨기에 "La Vesdre" water cycle LCA의 전과정 단계별 환경영향 비교(1999~2000)

본 연구 사례에서는 위 그림에서 보는 바와 같이 operating 단계에서는 전과정 중 폐수처리 단계와 원수 채취 단계의 환경영향이 큰 것으로 나타났으며, operating 단계와 수처리 설비 건설 단계의 두 단계로 나눈 경우에는 그 영향이 51:49의 영향으로 나타났다.

2.2 남아프리카 공화국 "The Rosslyn industrial area"의 공업용수 공급 전과정평가

Gauteng 지역의 Rand Water사의 연간데이터를 기준으로 전과정평가를 수행하였다.

<그림2>는 영향평가 결과를 나타낸 그림으로, 5개 영향범주 중 용수사용에 대한 환경영향이 두드러진 것으로 나타났다.



<그림 2> 남아프리카 공화국 공업용수 공급 시스템 전과정 영향평가 결과

※ 그림설명

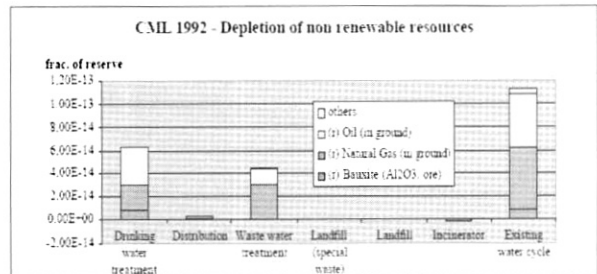
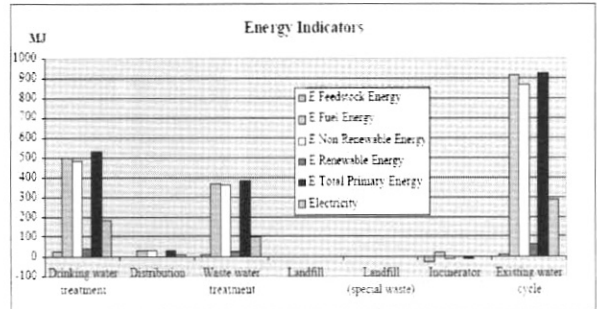
- WU(water use, 용수사용)
- EP(eutrophication potential, 부영양화)
- AP(acidification potential, 산성화)
- HTP(human toxicity potential, 인간독성)
- ATP(aquatic toxicity potential, 수상독성)

2.3 이탈리아 볼로냐시 수도물 전과정평가

이탈리아 볼로냐시를 대상으로 수도물 공급 및 하수처리 시스템에 대해 수행한 전과정평가로 기능단위는 볼로냐시에서 시민 한 사람이 하루 동안 생활하는데 사용되는 물로서 기준흐름은 180리터로 설정하였다.

볼로냐시의 수도물에 대한 전과정평가 결과는 대부분의 영향범주에서 수도물을 공급하기 전까지 원수를 처리하는 공정(Drinking water treatment and net)에서의 환경영향이 가장 큰 것으로 나타났다. <그림3>은 에너지 사용, 자원소모 범주의 예이며, 폐수처리 공정이 두

번째로 환경영향이 큰 것으로 나타났다.



<그림 3> 이탈리아 볼로냐시 수도물 전과정 영향평가 결과

3. 수도물에 대한 전과정 환경성 평가

3.1 목적 및 범위

3.1.1 평가대상, 기능 및 기능단위

본 연구의 평가대상은 음용수로서 한국수자원공사 전북지역본부 고산정수장(용담댐을 수원)에서 음용으로 적합하게 처리한 수도물이다.

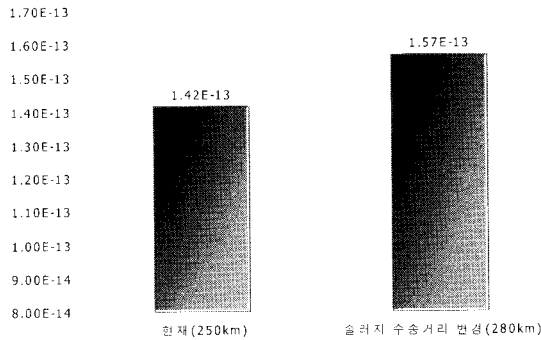
<표 1> 기능, 기능단위 및 기준흐름

기능	음용에 적합하게 처리한 정수로서의 기능
기능단위	수도물 1m ³ 생산
기준흐름	수도물 1m ³

3.1.2 시스템 경계 설정

본 연구의 대상인 수도물 생산에 대한 시스템 경계는 생산전 단계, 생산 단계로 구분되며, 각 단계의 수송 공정을 포함한다. 생산전 단계는 원료물질을 정수장으로 이송하는 과정에서

원료로의 재활용(280km) 각각의 경우 운반에 대한 데이터 수집은 가능하였으므로 슬러지 폐기방법 변화로 인한 운반데이터 변경에 의한 환경영향을 비교해 본 결과는 다음과 같다.

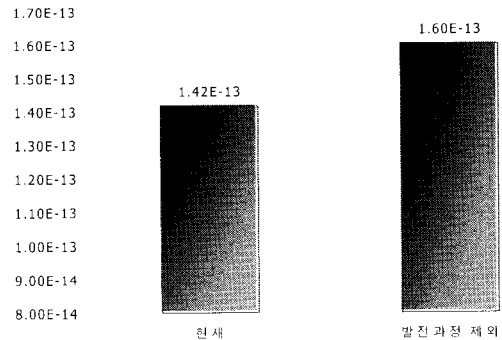


<그림 16> 슬러지 운반거리에 따른 환경부하 비교 (250km vs. 280km)

운반거리가 250km에서 280km로 증가됨에 따라 현재 환경영향에 비해 10.63%의 환경영향이 증가되는 것으로 나타났다. 운반거리가 30km증가된 것이지만 고산정수장이 수돗물을 생산하는 데 따른 전체 환경영향의 10.63%가 증가된 것으로 슬러지 운반이 모든 환경영향범주에서 주요 환경영향 원인으로 나타났기 때문에 단일항목의 변화이지만 상당 부분의 환경영향을 가지는 것으로 풀이된다.

나. 발전공정에 의한 환경영향 비교

본 전과정평가에서 발전공정이 시스템 경계 내에 포함된 이유는 수돗물 생산을 위해 취수탑에서 물을 끌어오는 과정에서 고산정수장으로 유입되기 전에 용담댐을 거쳐 수력 발전을 하고 있기 때문이다. 발전이 끝난 물이 고여 있는 곳을 취수원으로 본다면 발전과정은 포함되지 않으므로 시스템 경계에서 발전과정을 제외한 시나리오를 적용하여 환경영향을 비교분석해 보았다.

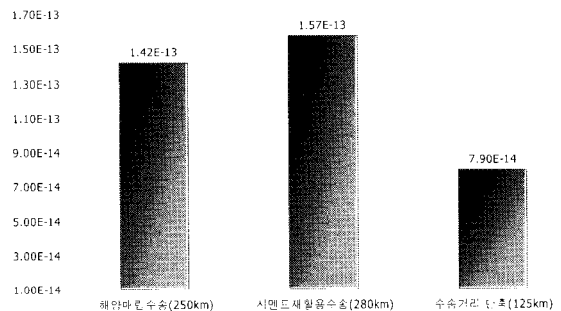


<그림 17> 시스템경계 변경에 따른 환경부하 비교 (현재 vs. 발전과정 제외)

순수하게 고산정수장에서의 환경부하를 100%로 봤을 때 원수를 끌어오는 과정에서 지역의 특성을 잘 살려 발전시스템을 구축한 결과 고산정수장의 수돗물을 생산하는 과정의 환경부하를 발전시스템을 통하여 88.44%까지 낮추는 (환경부하 11.56% 감소) 효과가 있음을 알 수 있다.

3.4.3 환경성 개선 대안 도출

가. 폐기물 및 화학물질의 운반거리 단축



<그림 18> 슬러지 운반거리에 따른 환경영향 비교(가중화 결과)

슬러지를 운반하는 단계가 영향범주별로 적게는 84.29%에서 많게는 90.90%를 차지하는 것으로 나타나 수돗물 생산과정의 환경부하를 감소시키기 위해서는 슬러지 운반거리를 단축하는 것이 가장 시급히 요구된다. 슬러지 운반거리가 현재의 50%로 줄어든다면(250km에서 125km로) 44.17%의 환경부하 저감 효과를

및 친환경 소수력 발전의 극대화를 들 수 있겠다.
이번 고산정수장의 수돗물에 대한 환경성평가는 국내 처음으로 수돗물에 대한 환경성 평가 기법을 적용하여 환경성적표지 인증을 받았으며(인증번호:제2007-002호), '07년에는 대청호를 수원으로 하는 청주정수장의 수돗물과 병물에도 확대 적용하여 나갈 계획이다.

5. 참고문헌

1. 김민주, 로하스 경제학, 미래의창, 2006
2. 환경부, 수돗물 불신해소 관련 전국민 여론조사, 국정홍보처, 2005년 7월
3. Laboratoire de Chimie industrial – Universite de Liege 연구결과 (<http://www.ulg.ac.be/cior-fsa/publicat/10lca-wm.pdf>)
4. Water SA Vol. 32 No. 2 April 2006 (<http://www.wrc.org.za/downloads/watersa/2006/April%2006/1929.pdf>)
5. 4th IRCEW Conference, Fortaleza, Brazil(2001) (http://www.ensic.inpl-nancy.fr/COSTWWIP/Work_Group/Wg3/Bologna/Tarantini.pdf)