

# 전과정평가(LCA)기법을 이용한 농업수리시설의 환경영향 분석

## Environmental Impact Assessment of Agricultural Water Facilities using LCA Technique

김영득\* · 최요한\*\* · 김해도\* · 조진훈\*\*\*

Young Deuk Kim · Yo Han Choi · Hae Do Kim · Jin Hoon Jo

### 요 지

저수지와 양수장은 우리나라에서 용수공급면적기준으로 전체 공급량의 78%를 차지하는 중요한 용수 공급시설이다. 본 연구의 목적은 저수지와 양수장의 환경영향을 LCA기법을 이용해 비교·분석함으로써 두 시설들의 환경영향을 정량적으로 평가하는데 있다. 연구대상 수리시설로서 경기도 안성에 위치한 이동저수지와 은산양수장을 선정하여 각각에 대하여 농업수리시설의 전과정평가를 실시하였다. 평가를 위하여 네덜란드 Pre사가 개발한 소프트웨어 Simapro 7.1를 이용하였다. 두 시설에 대한 원료물질 취득 단계부터 건설, 운영, 유지관리 및 폐기단계까지 전과정의 환경영향을 분석한 결과, 두 종류의 시설 설치에 따른 토지이용, 상·하류의 생태적 영향 등이 고려되지 않았지만 저수지에 의한 농업용수 공급이 양수장에 의한 용수 공급보다 환경친화적이라고 볼 수 있다. 저수지의 경우 건설단계의 환경영향이 크고, 양수장의 경우, 운영단계에 환경영향이 큰 것으로 분석되었다. 단계별로 환경영향은 저수지는 건설단계에 건설재료 예를 들어 레미콘, 시멘트 등이 환경부하를 크게 발생시키기 때문이고, 양수장은 이용 단계에서 용수공급을 위한 전력사용에서 기인하는데, 이는 전력생산시 화석연료와 같은 자원소비가 많기 때문이다. 이번 연구는 토목시설물중 농업용수 공급시설의 전과정에서 환경영향을 종합적으로 평가하는데 LCA가 활용되었다는 점에서 의의가 있으며, 향후 하드웨어적인 시설뿐만 아니라 농업용수 공급에 따른 전과정평가를 수행하고, 농업용수 LCI D/B 구축에 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

**핵심용어 : 농업수리시설, 전과정평가(LCA), 환경영향, 저수지, 양수장**

### 1. 서 론

전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)는 정의된 시스템의 전과정에 관련된 투입물과 산출물의 목록을 취합하여 처리하고, 이러한 투입물 및 산출물과 관련된 잠재적 환경영향들을 평가하여 해석함으로써 제품이나 서비스와 관련된 환경적 측면과 잠재적 영향을 평가하는 기술이다(ISO 14040: Life Cycle Assessment -Principles and Framework)<sup>1)</sup>. 현재 국내에서 농업 및 토목분야에서 전과정평가의 적용은 다른 산업분야에 비해 미미한 수준이라고 할 수 있다 (안중필 외, 2005<sup>2)</sup>; 서성원 외<sup>3)</sup>, 2000; 황용우, 2000<sup>4)</sup>). 토목·건설분야의 전과정평가는 최종소비산업으로서 환경오염

\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : [youngkim@ekr.or.kr](mailto:youngkim@ekr.or.kr)

\*\* 아주대학교 환경건설교통공학부 박사과정 · E-mail : [aroma4god@ajou.ac.kr](mailto:aroma4god@ajou.ac.kr)

\*\*\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원 · E-mail : [jjhjo@ekr.or.kr](mailto:jjhjo@ekr.or.kr)

배출원에 대한 자료를 수집하기 어렵고, 다른 제품 및 공정들에 비해 많은 양의 자원과 방대한 항목들이 취급되어 정확한 전과정평가를 수행하기에는 어려움이 있는 것으로 보고되고 있다 (전호식, 2006)<sup>5)</sup>. 전과정평가방법에 의한 토목시설물의 환경영향평가는 흙댐의 LCA(김영득, 2003)<sup>6)</sup>와 여수로 건설에 따른 LCA (이시영, 2008)<sup>7)</sup>사례 등 관련 연구가 많지 않은 상태이다.

이 연구의 목적은 농업수리시설 (저수지, 양수장) 비교 LCA를 통해 전과정평가기법을 이용해 농업용수공급원으로 주로 이용되는 저수지와 운영관리단계에서 많은 에너지가 소요되는 양수장을 비교·분석하는데 있다.

## 2. 연구방법

농업수리시설의 LCA는 ISO (14044:2006) 기준에 따라 수행하였고, 원부자재와 에너지에 대해 각 공정별로 투입·산출물을 분석하고, Eco-indicator 99(E) 영향평가 방법론에 의해 11개 환경영향범주를 고려하여 평가를 실시하였다. 기준시설은 댐의 형식과 토지 이용 형태 등을 고려해 볼 때 전형적인 농업용수 저수지라고 할 수 있는 이동저수지 (경기도 용인시 처인구 이동면 어비리) 이고 비교시설인 은산양수장은 비교적 규모가 큰 양수시설로서 기준시설과 기후, 기상, 토지이용형태가 유사하고, 기준시설과 동일한 행정구역 및 유역내에 위치하고 있다.

### (1) 기능 및 기능단위

표1은 전과정평가에 필요한 기능, 기능단위 및 기준흐름을 나타낸 것이다. 저수지의 기준흐름은 70년간 공급하는 농업용수량(1,509,200천m<sup>3</sup>) 70년 수명의 저수지 1개소로 설정하였고, 양수장의 기준흐름은 70년간 공급하는 농업용수량(1,509,200천m<sup>3</sup>)/[(11,020 천m<sup>3</sup>/년)x 70년] 1.96개소이다.

표 1. 기능, 기능단위 및 기준흐름

구 분	저수지	양수장
기 능	농업용수의 공급 (Supplying water)	
기능단위	2,156 ha의 논에 2,156천m <sup>3</sup> /년씩 70년간 공급하는 양 (1,509,200천m <sup>3</sup> )	
기준흐름	저수지 1개소	양수장 1.96개소

### (2) 시스템경계

최종제품인 저수지(댐)에 대한 중량정보를 기준으로 원료취득에서부터 제조단계까지의 공정들 및 이와 관련된 투입물/배출물을 대상으로 하였고, 적용 라이프사이클은 원료취득, 건설, 운영-유지관리 단계까지 고려하였으며, 폐기단계는 두 시설 모두 해체하는 사례는 거의 없으므로 시스템경계에서 제외하였다.

### (3) 주요가정 및 제한사항

설계단계는 전문인력에 의한 현장조사, 사무기기 사용, 기술검토 등이 주요공정이므로 고려하지 않았고, 연료 생산에 따른 환경영향만을 고려하였다. 운송부분은 현장내 운송만 고려하였고, 외부 수송은 포함시키지 않았다. 데이터베이스 연결을 못한 경우 데이터 캡 처리하였다.

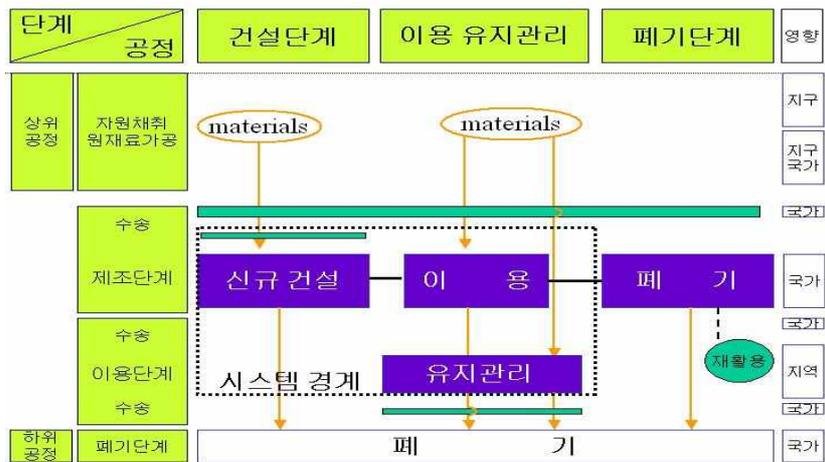


그림 1. 농업수리시설물의 전과정평가를 위한 시스템경계

#### (4) 데이터 수집 및 계산

건설단계의 자료는 경기도 평택지사에서 수집한 설계도서를 이용하였고, 유지관리 및 운영단계 자료는 지사수집자료, 전산시스템(RIMS)에 입력한 이력자료를 이용하였다. 투입물질중 원부자재는 설계서의 물량자료에 기초해 산출량을 무게단위로 환산하여 사용하였고, 상하위 흐름은 Simapro 7.1의 D/B를 사용하였다. 전력의 경우 Simapro 7.1 DB (네덜란드, 2009, Electricity MV use in UCPTES) 사용하였다. 연료소비량은 작업장비의 작업량(m<sup>3</sup>/시간)에 시간당 연료소비량(L/시간)를 곱하여 산출하였다. 공정에서 발생하는 부산물이 미미하여 할당은 고려하지 않았다.

#### (5) 전과정 영향평가방법

Eco-indicator 99 방법론은 네덜란드의 건설부와 환경부가 개발하여 세계적으로 널리 사용되는 종말점 수준의 영향평가방법론이고, 영향범주는 발암성물질, 호흡기질환(유·무기 물질), 지구온난화, 방사선 피폭, 오존층, 생태독성, 산성화·부영양화, 토지이용, 광물질, 화석연료 영향 모두 11가지이다.<sup>8)</sup>

### 3. 결과 및 고찰

전과정 목록분석결과에 기초해 투입물 및 산출물의 잠재적 환경영향을 정량화한 특성화 값은 저수지 1개소에서 용수공급에 따른 각 영향범주별로 미치는 환경 영향을 나타낸다. 이 수치는 영향범주별로 단위가 다르기 때문에 상대적 비교의 의미를 갖지는 못하지만, 특정 영향범주 내에 관여하는 투입물과 산출물 간의 상대적인 영향은 비교 가능하다. 그림 2는 기준시설과 비교시설의 11개 영향범주의 특성화 결과를 비교한 그래프로 모든 영향범주에서 양수장의 전과정 환경영향이 큰 것으로 나타났다. 이는 저수지를 통해 농업용수를 공급하는 것이 양수장에 의해 용수를 공급하는 것보다 환경부하가 적다는 것을 의미한다.

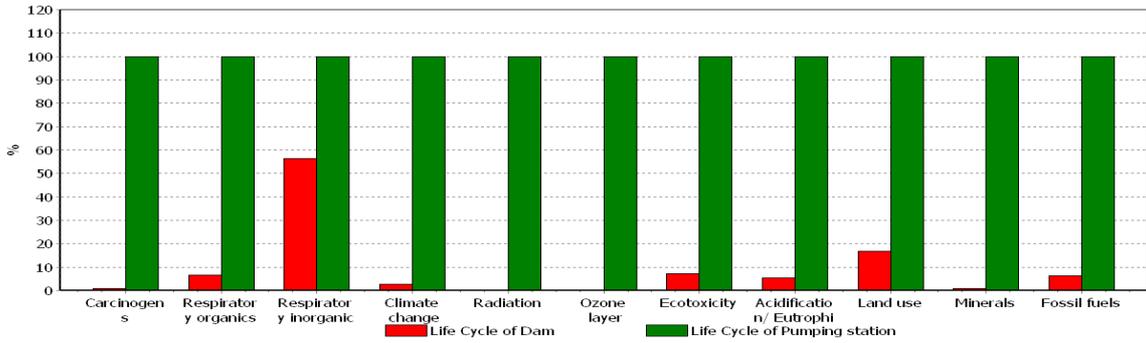


그림 2. 기준시설과 비교시설 특성화 결과 비교

그림 3은 저수지의 단계별 특성화결과를 나타낸 것으로 방사성물질(radiation)을 제외한 10개 영향범주에서 건설단계의 영향이 주를 이루고 있음을 알 수 있다. 이는 여수토 축조를 위해 사용되는 콘크리트의 주성분인 시멘트와 철근에 기인하고, 방사성물질은 운영단계에서 전력사용에 기인하는 것임을 알 수 있다.

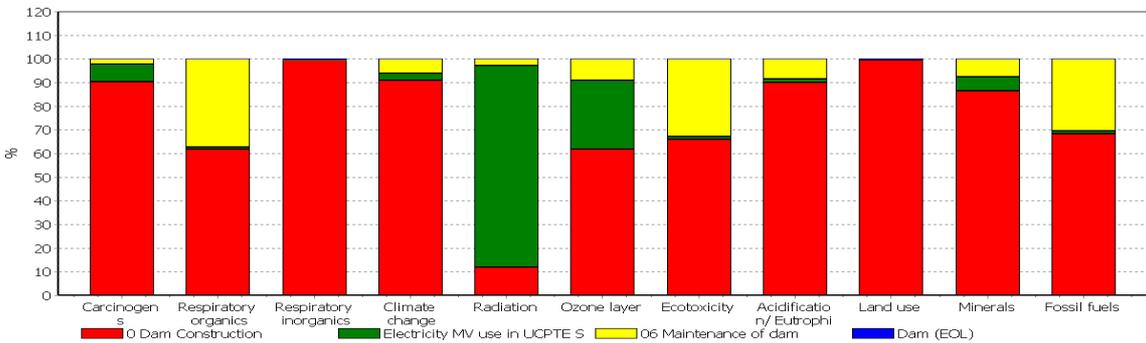


그림 3. 저수지의 환경영향범주별 특성화 결과

그림 4는 양수장의 단계별 특성화 결과를 나타낸 것으로 11개 영향범주에서 사용단계의 영향이 주를 이루고 있음을 알 수 있다. 이는 용수공급을 위해 양수장 가동시 전력을 사용함으로써 전력 생산에 의한 환경영향에서 기인한다고 할 수 있다.

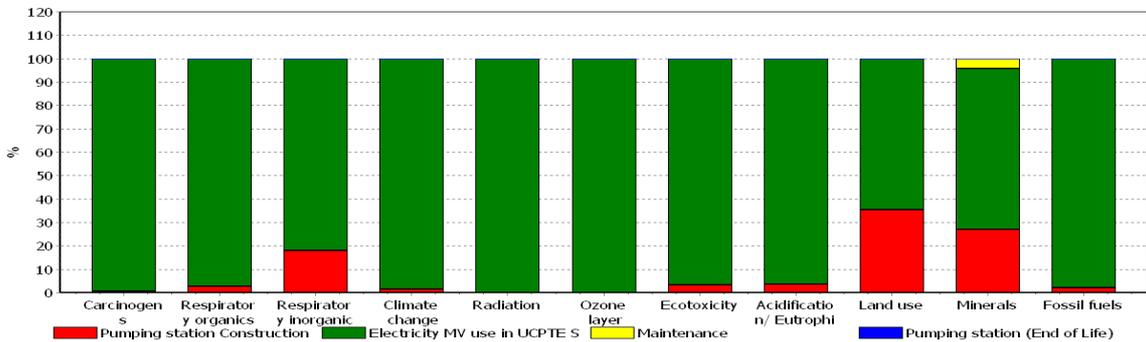


그림 4. 양수장의 환경영향범주별 특성화 결과

저수지와 양수장의 전과정 단계별로 단일지표로 계산된 환경 특성화 영향평가 결과를 그림 5에 나타내었다. 저수지는 20,579,309 pt, 양수장은 95,762,522 pt로 양수장의 환경영향이 저수지에 비하여 약 5배 큰 것으로 분석되었다.

#### 4. 결론 및 제안

경기도 안성에 위치한 이동저수지와 은산양수장 두 종류의 농업수리시설에 대해 원료물질 취득 단계부터 건설, 운영, 유지관리 및 폐기단계까지의 전과정 환경영향을 분석·평가한 결과, 두 종류의 시설 설치에 따른 토지이용, 상·하류의 생태적 영향 등이 고려되지 않았지만, 저수지에 의한 농업용수 공급이 양수장에 의한 용수 공급보다 환경친화적이라고 볼 수 있다. 저수지의 경우 건설 단계의 환경영향이 크고, 양수장의 경우, 운영단계에 환경영향이 큰 것으로 분석되었다. 단계별로 환경영향은 저수지는 건설단계에 건설재료 예를 들어 레미콘, 시멘트 등이 환경부하를 크게 발생시키기 때문이고, 양수장은 이용 단계에서 용수공급을 위한 전기사용에서 기인하는 데, 이는 전력생산에 화석연료와 같은 자원소비가 많기 때문이다. 이번 연구는 토목시설물중 농업용수 공급시설의 전과정에서 환경영향을 종합적으로 평가하는데 LCA가 활용되었다는 점에서 의의가 있으며, 향후 하드웨어적인 시설뿐만 아니라 농업용수 공급에 따른 전과정평가를 수행하고, 농업용수 LCI D/B 구축에 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- 1) ISO14040: Life Cycle Assessment -Principles and Framework
- 2) 안종필, 박경호, 서재우 (2005) LCA를 고려한 VE 및 LCC 사례분석, 대한토목학회 정기학술대회, pp 1086 - 1089
- 3) 서성원, 지재성 (2000) 건설산업에서의 LCA 적용 방법론, 대한토목학회지, 제48권, 제1호, pp 19-26
- 4) 황용우 (2000) 건설산업의 종합적인 환경부하 평가를 위한 LCA 필요성, 대한토목학회지, 제 48권 제1호, pp 13-18
- 5) 전호식 외 (2006) 친환경적 설계를 위한 전과정평가(LCA), 대우엔지니어링기술보 제22권 제1호
- 6) 김영득 (2003) LCA of an earthfill dam, University of Surrey MSc thesis
- 7) 이시영 (2008) 전과정평가를 이용한 공공시설물의 환경부하량에 따른 환경영향평가에 관한 연구 : S-댐 비상여수로 건설사업 사례연구, 대한토목학회, 제56권제5호 pp. 47-53 .
- 8) PRe (2001) The Eco-indicator 99: A damaged oriented method for Life Cycle Impact Assessment, the Netherlands, pp. 10, 11, 53