



## 관개용 저수지 농업용수의 국가 전과정 목록분석 데이터베이스 구축

### Development of National Life Cycle Inventory Database on Irrigation Water by Agricultural Dam

김영득\* · 박필주\*\*†

Kim, Young Deuk · Park, Pil-Ju

#### ABSTRACT

The objective of the study is to develop life cycle inventory (LCI) database of dam, a major facility for irrigation water supply. The types of database developed are three out of nine dams according to the size of the water storage capacity: two kinds larger than 500,000 m<sup>3</sup> depending on gate for discharging (Type 1) and the other dam smaller than 500,000 m<sup>3</sup> (Type 2). According to the LCI analysis, type 1 larger than 500,000 m<sup>3</sup> storage capacity with gate has the lowest environment impact in the 6 impact categories. The impact of the type 1 accounts for 7~35 % of the type 2 for supplying irrigation water. Comparing with the environment impacts of water for other uses such as drinking and industrial water, the impacts of 1 m<sup>3</sup> irrigation water supply is 4~45 % of the one for industrial water supply and 1~16 % of the drinking water's. The three types of LCI DB on the irrigation water by dams will be useful in the application of Life Cycle Assessment in agricultural products and environmental labelling including carbon footprint since it is complied to the guidelines of LCI DB construction issued by Ministry of Environment and Ministry of Knowledge Economy.

**Keywords:** Environmental labelling; irrigation water; life cycle assessment; life cycle inventory database (LCI DB)

#### 1. 서 론

지속가능한 농업의 실현과 환경영향 저감을 위해서는 과학적이고 객관적인 환경부하의 정량화가 필요한데, 전과정평가(LCA, Life Cycle Assessment)는 정의된 시스템 전과정의 투입물과 산출물 목록을 분석함으로써 제품이나 서비스와 관련된 잠재적 환경영향을 평가하는 방법으로 1990년대부터 널리 활용되고 있다. 전과정평가는 일반적으로 목표 및 범위 정의, 전과정 목록 분석(Life Cycle Inventory analysis, 이하 LCI), 전과정 영향평가(Life Cycle Impact Assessment, 이하 LCIA) 및 전과정 해석의 4단계로 구성된다(ISO, 2006). 전과정평가의 첫 번째 단계인 목표 및 범위 정의에서는 연구목적이 무엇이며, 결과를 어디에 적용할 것인가를 설정하는 과정이다. 두 번째 단계인 LCI는 연구범위에서 설정한 시스템으로 들어오고 나가는 모든 에너지, 원료, 제품, 부산물 및 환경오염물 등의 종류와 양을 기

록하여 목록화하고 환경부하를 계산하는 과정이다. 세 번째 단계인 LCIA는 분류화, 특성화 및 가중치 부여 등의 단계로 구성되어 있으며, LCI 결과와 관련된 영향범주나 범주 지침을 사용하여 환경적 관점으로부터의 제품·시스템을 점검하고 전과정 해석 단계에 필요한 기본적인 정보를 제공한다. 마지막 전과정 해석단계에서는 도출된 결과의 분석, 한계점 및 권고사항의 제시, 투명한 방법으로 결과 보고를 실시한다.

그동안 국내 농업분야의 전과정평가는 다른 산업분야에 비해 그 적용이 미미하였다. 그 이유는 첫째로 농업 분야는 평가 범위가 넓고 기후를 비롯한 자연환경과 지리적 환경에 영향을 많이 받기 때문에 많은 데이터를 필요로 하기 때문이다. 둘째로 살아있는 유기체를 다루는 복잡한 생산공정을 포함하고 있어 다른 산업 분야보다도 정확하고 객관적인 기초 데이터를 습득하기 어렵기 때문이다. 마지막으로 농업 전문가들은 전과정평가의 실무 경험이 부족하고, 전과정평가 관련 전문가들은 복잡한 농업 생산 공정에 대한 이해가 부족했기 때문이라고 할 수 있다(So, 2010; Kim, 2006).

Mattson (2003)는 농업 분야의 전과정평가 적용시 주요하게 다루어야 할 이슈들로 토양관련 정보와 사회 간접자본(social capital)을 언급하고 있다. 특히, 주요 사회 간접자본 중 하나인 수자원이 유한한 자원으로서 인식되는 시대적 조류를 고려할 때,

\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 (Tokyo City University)

\*\* 한국환경산업기술원 녹색기술전략실

† Corresponding author Tel.: +82-2-3800-320

Fax: +82-2-979-9879

E-mail: parkpj@keiti.re.kr

2011년 3월 8일 투고

2011년 5월 17일 심사완료

2011년 5월 20일 게재확정

농업분야에 전과정평가를 적용하기 위해서는 농업용수에 대한 전과정평가 수행과 데이터베이스 구축이 우선되어야 함을 강조하고 있다. 국외에서도 농업용수에 대한 전과정평가의 중요성을 인식하고 이에 대해 활발한 연구를 진행하고 있다 (Koehler, 2008). 국내에서 흙댐의 전과정평가 (Kim, 2003)와 여수로 건설에 따른 전과정평가 (Lee et al., 2008) 사례가 있으나, 농업용수 공급에 따른 전과정평가 사례는 전무한 상태이다. 무엇보다 농업용수를 사용하지 않는 농산물 생산과 가공은 불가능함에도 불구하고 전과정평가에서 농업용수사용에 따른 환경영향을 고려할 수 있는 농업용수 DB가 국가 LCI DB에서 제외된 상태이다.

따라서 본 연구는 농업용수 공급의 대표적 시설인 관개용 저수지에 대해 시설규모별 3가지 유형 총 9개 저수지를 대상으로 국가 전과정 목록분석 DB 구축방법에 의거하여 농업용수 LCI DB를 구축하고, LCIA 수행하여 환경영향을 정량화하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

우리나라의 농업용수 대표적인 공급시설은 저수지 (17,611개소, 56%), 양수장 (7,336개소, 24%), 취입보 (43,741개소, 20%)가 있는데, 이중 저수지가 전체 공급량의 56%를 차지하고 있다 (MIFAFF, 2009a). 농업기반시설에서 1종은 총 저수량 기준 50만톤 이상 저수지 등의 시설, 2종은 50만톤 이하 저수지와 1,000마력 이상 양·배수장 등을 포함한 시설물, 제3종 시설은 1, 2종 외 양·배수장 및 지하수 이용시설 등으로 분류하고 있다 (MIFAFF, 2009b). 저수지의 경우 Table 1에 나타낸 것처럼 17,611개 농업용 저수지중 50만톤 이하 시설인 16,753개의 2종 저수지가 개소수 기준 전체의 95% 이상을 차지하는 반면 나머지 5%에 불과한 50만톤 이상 1종 저수지의 유효저수량은 전체의 저수량의 82%를 차지한다.

환경부 지침 (MOE, 2003)에 의하면, 국가 LCI DB로서 대표성을 갖기 위해서는 누적시장 점유율 50% 이상의 시장현황을 반영하거나, 불가능할 시 대표성이 있는 곳 3개 이상을 대상으로 전과정평가를 수행해야 한다고 제시하고 있다. 본 연구

**Table 1 The number of agricultural dam by effective storage capacity (MIFAFF and KRC, 2009)**

Storage capacity (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Total	< 500	500~1,000	1,000~3,000	> 3,000
No. of facility (percent)	17,611 (100%)	16,753 (95.1%)	395 (2.2%)	347 (2.0%)	116 (0.7%)

에서는 점유율 측면에서는 1종 저수지가 관개용 저수지 공급량의 82% 이상을 차지하므로 6개소, 나머지 2종 저수지 3개소를 3개 유형으로 분류하였다. 기술적 측면에서 농업용저수지의 형식이 흙필댐 (Earthfill dam)으로 축조공법 및 재료가 동일하고, 데이터 취득이 가능한 지구를 선정하였다. 특히 구조적 측면에서 1종 (50만톤 이상) 저수지는 홍수배제를 위한 시설로서 수문의 존재유무에 따라 구조와 재료가 달라지기 때문에 Type 1은 1종 저수지중 수문이 있는 시설, Type 1'은 수문 없는 시설, Type 2는 50만톤 이하 용량의 농업용 저수지로 구분하였다. 또한 지역적 특성을 고려하여 전체 저수지의 81%가 위치한 전남·북과 경남·북에서 8개소, 경기지역에서 나머지 1개소를 선정하였다.

Table 2는 3가지 유형의 DB 구축 대상저수지의 기본 정보를 나타낸 표이다. 표에서 보는 것처럼 Type 1에서 이동저수지의 축조년도가 다른 시설과 20년 이상 차이가 나지만, 원자재는 동일하고 차이가 있는 목재나 합판과 같은 부자재는 다른 지구와 동일한 재료를 사용하는 것으로 변환하여 이용하였다.

### 2. 기능, 기능단위 및 기준흐름

전과정평가 수행을 위해서는 연구대상이 제공하는 본래의 기능이 무엇인지 규명하고, 분석기준인 기능단위 및 기준흐름을 결정해야 한다. 연구 대상인 저수지는 농업용수의 공급 뿐만 아니라 홍수조절 등의 다양한 기능이 있는 경우도 있지만, 본 연구

**Table 2 Location and basic information on the facilities**

Class	Facilities name	Storage capacity (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Water supply per year (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Location	Completion year
Type 1 (with gate)	Idong reservoir	28,319	20,906	Gyeonggi Yongin-si	1972
	DongHwa dam	36,235	32,242	Jeonbuk Jangsu-gun	1999
	SungJu Dam	42,913	28,150	Gyeongbuk Sungju-gun	1997
Type 1' (no gate)	Seosang reservoir	4,747	1,370	Gyeongnam Hamyang-gun	2007
	Dogok reservoir	2,579	1,050	Gyeongbuk Youngyan-gun	2004
	Baekam reservoir	1,811	990	Jeonnam Jangsung-gun	1998
Type 2	Walheon reservoir	542	392	Gyeongnam Kosung-gun	2007
	Daegok reservoir	612	400	Gyeongnam Kosung-gun	2007
	Haegyeong reservoir	496	348	Jeonnam Bosung-gun	1998

에서는 저수지의 주요 기능을 농업용수의 공급으로 간주하였다. 기능단위 및 기준흐름은 저수지에서 눈에 관개하기 위해 공급하는 1 m<sup>3</sup> 농업용수로 설정하였다. 이 때 저수지의 내구수명은 경제분석시 일반적으로 적용하는 70년으로 간주하였다 (Economic Planning Board, 1982; KARICO, 2005).

### 3. 시스템 및 시스템 경계

본 연구에서는 최종제품인 저수지 (댐)에 대한 중량정보를 기준으로 원료취득에서부터 제조단계까지의 공정, 이와 관련된 투입물·배출물과 이용·유지 단계를 시스템 경계에 포함시켰다. 이용·유지 단계에서는 농업용수가 저수지에서 방류되는 지점까지를 시스템에 포함시켰으며, 수로 길이는 지형여건에 따라 다르므로 수로와 수로손실은 포함시키지 않았다. 외부 수송(원재료의 현장까지 수송)과 사업지구내 내부 수송을 연구범위에 포함하였다. 반면 저수지의 수명이 70년 정도로 매우 길며, 해체되는 사례도 거의 없어 폐기단계는 시스템 경계에서 제외하였다.

Fig. 1은 Type 1 (수문이 있는 1중 저수지)의 시스템 경계와 공정흐름도를 나타낸 그림이다. Fig. 1에 나타낸 것처럼 세로방향으로는 저수지 건설, 이용·유지단계에서의 레미콘, 시멘트, 철근, 철판 등의 주요 원료 및 농업용수에 대한 주요흐름(main flow)을 표시하였으며, 가로방향 흐름에는 보조물질, 에너지 및 폐기물 등의 흐름을 표시하였다. 3가지 유형 모두 동일한 공정으로 구성되어 있지만, Type 1의 공정은 수문제작에 필요한 원자재인 철판과 유지·이용 단계에서의 전력 항목이 추가된다는 것이 공정도 상의 차이점이다.

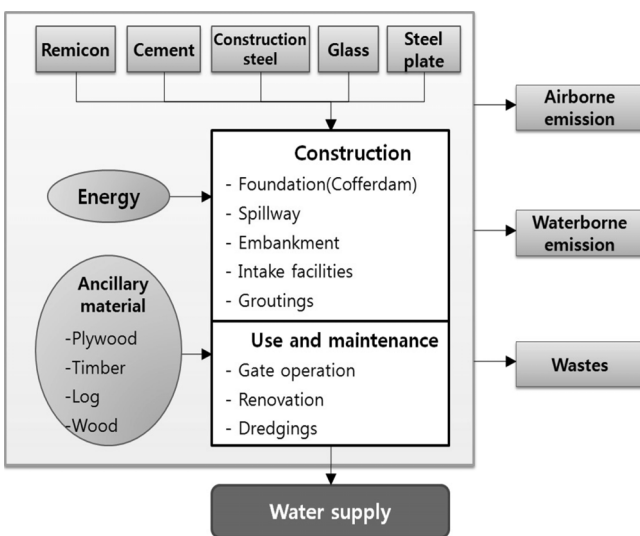


Fig. 1 Process diagram of water supply by type 1 facility

### 4. 주요 가정

본 연구에서 사용된 중요한 4가지 가정은 다음과 같다. 첫째, 70년 동안의 농업용수 공급량은 각 저수지별 년평균 공급량의 70배로 하였으며, 연간 용수공급량은 2007년부터 2010년까지 4개년 평균치를 사용하였다. 둘째, 연료 사용에 의한 대기 배출물과 제조 공정의 가동 중에 발생하는 연소 배출량은 IPCC 추정식을 사용하였다 (IPCC, 2006). 셋째, 댐 건설시 발생하는 고철은 100 % 재활용되므로 내부흐름으로 간주하여 투입물(철근)에서 해당되는 양 만큼을 제외하는 방식의 닫힌 고리 재활용(closed loop recycling) 할당방법을 사용하였다. 마지막으로, 공정상에서 발생하는 폐유는 재활용되기 때문에 이에 따른 환경상 이득을 정량화해야 하지만, 전체 환경영향에서 차지하는 비율이 미미하기 때문에 시스템 경계에서 제외하였다.

### 5. 데이터 수집 및 계산

데이터의 품질측면에서 일반적으로 현장에서 직접 조사된 데이터의 신뢰수준이 가장 높고, 계산데이터, 유사 공정 데이터 순서로 신뢰성이 높다. 농업용수 공급에 필요한 저수지의 건설 및 이용·유지단계에서의 모든 투입물·산출물 데이터는 사업계획서 및 농업기반시설 관리시스템(RIMS, Rural Infrastructure Management System) 자료, 현장수집 자료를 이용하였다(KRC, 2010). 수집된 데이터는 각 저수지 운영기관에서 관리하는 실측 데이터이며, 수집된 데이터에 대해서는 물질수지를 통해 검증하였다. 기능단위를 기준으로 한 데이터 전환 및 합산은 전과정평가 수행시의 일반적인 원칙을 준수하였으며, 유형별 3개소의 데이터 합산방법은 수직적 합산법을 사용하였다(MOE, 2003).

Table 3에 1 m<sup>3</sup> 농업용수 생산시 필요한 투입물량을 유형별로 나타냈다. Table 3에서와 같이 농업용수 생산에서 주요 원자재는 저수지 건설단계의 토공, 레미콘, 시멘트, 철근 등이고, 부자재는 콘크리트 작업과 토공에 필요한 합판, 각재, 토공 작업에 필요한 중장비 가동에 필요한 경유, 이용단계에서 수문 작동에 필요한 전기가 주요한 투입물이다.

각 원료물질 및 보조물질, 에너지의 생산과 관련된 상위흐름에 대한 LCI DB는 Table 4에 나타낸 것처럼 모두 국가 LCI DB를 적용하였다. 토공은 토석재료를 자연에서 채취하여 사용하기 때문에 작업에 소모되는 연료사용량만을 고려하고 원료 자체는 별도의 DB를 연결하지 않았다.

연산과정은 먼저 Table 3에 나타낸 3가지 유형별 투입물 및 산출물 데이터와 Table 4에 나타낸 상위공정의 LCI DB를 전과정평가 전용 소프트웨어인 TOTAL에 입력하고, 연산을 실시

**Table 3 Main inputs for 1m3 irrigation water supply**

Class	Materials (unit)	Type 1 (with gate)	Type 1' (no gate)	Type 2
Raw material	Earthworks (kg)	3.71E+00	7.89E+00	1.18E+01
	Remicon (kg)	1.49E-02	4.32E-02	1.70E-01
	Cement (kg)	4.22E-04	2.06E-03	1.19E-02
	Construction steel (kg)	8.99E-05	8.49E-04	3.52E-03
	Glass (kg)	2.34E-07	2.68E-06	4.71E-06
	Steel pipe / plate (kg)	1.32E-05	-	-
Ancillary material	Plywood (kg)	3.18E-06	1.78E-05	4.70E-05
	Timber (kg)	6.72E-05	3.76E-04	9.93E-04
	Log (kg)	1.61E-04	1.02E-03	2.48E-03
Energy	Wood (kg)	2.71E-06	1.72E-05	4.18E-05
	Diesel (L)	5.84E-04	2.04E-03	3.36E-03
	Electricity (kwh)	5.29E-05	-	-

**Table 4 Data sources for LCI DB construction**

Class	Name	DB source
Raw material	Earth works	Regarded as a raw material
	Remicon	National LCI DB (remicon 25-210-12)
	Cement	National LCI DB (Portland cement type 1)
	Construction steel	National LCI DB (Construction steel)
	Glass	National LCI DB (Plate glass)
	Steel pipe / plate	National LCI DB (Rail production process)
Ancillary material	Plywood	Data gap
	Timber	Data gap
	Log	Regarded as a raw material
	Wood	Data gap
Energy	Diesel	National LCI DB (Diesel)
	Electricity	National LCI DB (Electricity)

하여 농업용수의 LCI DB를 도출하였다. 도출된 농업용수 LCI DB 목록에 대해 LCIA 단계중 각 영향범주별 상응인자 모델을 이용하여 각 항목들이 미치는 잠재적인 환경영향을 평가하는 특성화를 수행하였다. 이때 특성화 인자는 환경성적표지제도에서 사용하는 6대 영향범주와 범주별 특성화 계수를 사용하였으며, 일반적으로 고려하는 6대 영향범주에 대해 정량화하였다 (MOE, 2011).

### III. 결과 및 고찰

저수지 유형별 1 m<sup>3</sup>의 농업용수 공급에 필요한 국가 LCI DB 분석결과를 토대로 주요 물질별 환경부하 발생량을 Table 5에 나타내었다. 전체적으로 1종 저수지에서 생산되는 농업용수가 2종 저수지에 비해 모든 목록항목에서 그 값이 낮게 나타났다.

**Table 5 Summary of LCI DB of 1 m3 irrigation water by three types of dam**

Class	Criteria	Materials	Unit	Type 1 (with gate)	Type 1' (no gate)	Type 2
Input	Resource	crude oil	kg	7.94E-04	2.97E-03	7.01E-03
		fluorspar (CaF <sub>2</sub> )	kg	6.17E-05	1.98E-04	8.65E-04
		graphite	kg	1.89E-07	1.56E-06	6.48E-06
		hard coal	kg	2.59E-04	8.72E-04	3.75E-03
		natural gas	kg	5.28E-05	2.00E-04	5.42E-04
		nickel (Ni)	kg	2.08E-15	7.39E-15	2.38E-14
		Output	Air	carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	kg	3.61E-03
carbon monoxide (CO)	kg			2.43E-04	7.81E-04	3.41E-03
CFC-11	kg			1.39E-14	4.24E-14	1.67E-13
ethane	kg			1.29E-08	3.84E-08	1.54E-07
halon-1301	kg			2.58E-11	7.67E-11	3.08E-10
HCFE-22	kg			3.28E-15	9.95E-15	3.93E-14
hydrocarbons	kg			6.29E-07	2.14E-06	8.96E-06
methane	kg			2.77E-06	8.93E-06	3.81E-05
nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> )	kg			3.85E-06	1.26E-05	5.27E-05
n-pentane	kg			3.46E-11	1.03E-10	4.14E-10
Water	sulfur oxides (SO <sub>x</sub> )		kg	1.53E-06	5.29E-06	2.16E-05
	ammonia (NH <sub>3</sub> )		kg	8.46E-10	2.70E-09	1.15E-08
	arsenic (As)		kg	4.66E-12	1.39E-11	5.62E-11
	barium (Ba)		kg	4.18E-11	1.31E-10	5.07E-10
	cadmium (Cd)		kg	5.47E-12	1.66E-11	6.74E-11
	COD		kg	7.89E-08	2.40E-07	9.59E-07
	nitrogenous matter		kg	2.76E-09	1.10E-08	3.04E-08
Waste	phosphorous matter	kg	5.55E-11	2.31E-10	4.74E-10	
	toluene	kg	1.40E-09	4.14E-09	1.66E-08	
	zinc (Zn)	kg	7.70E-11	2.49E-10	1.04E-09	
	hazardous waste	kg	3.53E-05	1.94E-04	8.01E-04	
	industrial waste	kg	1.07E-03	3.47E-03	1.50E-02	

이는 1종 저수지에서 생산되는 농업용수가 2종 저수지에서 생산되는 농업용수에 비해 환경에 미치는 영향이 적다는 것을 의미한다. 이와 같은 결과는 규모의 경제에 의해 농업용수 공급량이 큰 1종 저수지 건설시 사용된 단위공급량 기준 원자재 사용량이 2종 저수지에 비해 적기 때문이다.

구축된 LCI DB를 토대로 저수지 유형별 농업용수 LCIA 특성화 결과 값을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 2종 저수지에서 공급되는 농업용수에 비해 1종 저수지에 의한 농업용수 공급이 각 영향범주별 환경영향이 7~35 % 수준에 불과한 것으로 나타났다. 유형별 저수지에서 생산되는 단위 농업용수의 환경영향을 비교한 결과, Type 1의 환경영향이 가장 작게 나타났는데 이와 같은 결과는 수문이 설치된 저수지

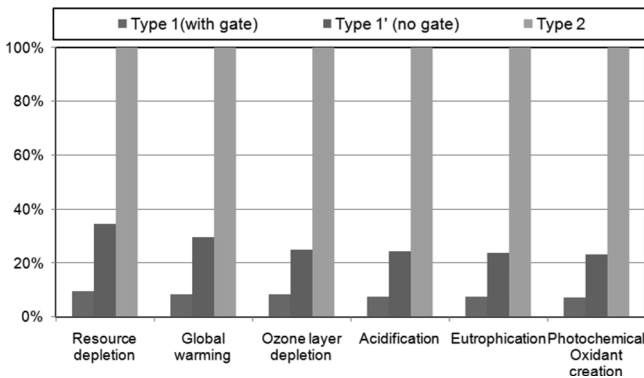


Fig. 2 The comparison of characterization results for 1 m<sup>3</sup> irrigation water supply by three types

가 상대적으로 유효 저수량이 크고, 수문의 설치로 인해 여수로 건설에 필요한 건설재료의 사용량이 적기 때문이다. 수문이 없는 저수지의 경우 구조적으로 홍수배제를 위한 여수토의 규모가 크기 때문에 건설단계에서 원·부자재에 의한 환경부하가 크게 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 반면 이용·유지 단계에서의 수문 조작을 위한 전력 사용에서 기인하는 환경부하는 상대적으로 적다고 할 수 있다. Kim 등 (Kim, 2003; Kim et al., 2010)의 연구결과, 흙 댐에 대한 전과정평가에서 건설단계의 환경부하가 전체 환경부하의 94.9 %에 이르고, 건설단계에서 여수로 공정의 환경부하가 건설단계의 환경부하의 92.9 %를 차지한다고 보고하고 있어 여수로 크기의 최적화는 농업용수이용에 따른 환경영향저감에 중요한 요인임을 알 수 있다. 한편, Type 1'의 경우 이용단계에서 수문조작을 위해 전력을 사용하고 있으나, 전체 환경부하에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

농업용수와 수돗물, 공업용수는 각기 그 용도가 서로 다르기 때문에 원칙적으로 비교대상은 아니지만, 수자원이용이라는 측면에서 환경부 (MOE, 2003)가 구축한 다른 수자원 LCI DB와 이번에 구축된 농업용수 LCI DB를 간접적으로 비교하였다. 공업용수 LCI DB는 하천·댐 등에서 취수하여 응집·침전, 여과 소독, 가압공정 등을 포함하여 구축되었으며, 공업용수 데이터는 지역별로 총 6종의 국가 LCI DB (전북, 전남, 경북, 경남, 서울, 충청)의 산출평균 값이다. 수돗물의 경우 댐·하천수의 취수, 혼화, 응집, 침전, 여과 등의 공정을 통해 생산된 총 5종 (한강, 금강, 낙동강, 영산·섬진강, 제주)의 지역별 국가 LCI DB가 구축되어 있으나, 이중 수돗물 데이터는 타 지역에 비해 40배 이상 차이가 나는 영산·섬진강 DB를 제외한 4종의 산출평균값을 표시하였다 (Ahn and Kim, 2007; Kim et al., 2007).

Table 6은 3가지 유형의 LCI DB값을 환경성적표지제도에서 사용하는 상용인자 모형을 이용해 LCIA 특성화 결과 값으로 계산한 후 비교한 수치이다. Table 6에 나타난 바와 같이 농업용수 1 m<sup>3</sup>은 공업용수 및 수돗물 1 m<sup>3</sup>에 비해 환경영향이 현저

Table 6 The comparison of characterization results between water resources

Impact categories	Type 1 (with gate)	Type 1' (no gate)	Type 2	Industrial water	Drinking water
Resource depletion (1/yr · m <sup>3</sup> )	2.37E-05 (1.5%)	8.57E-05 (5.4%)	2.48E-04 (15.5%)	1.40E-03 (87.5%)	1.60E-03 (100%)
Global warming (kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>3</sup> )	3.67E-03 (1.3%)	1.29E-02 (4.6%)	4.39E-02 (15.6%)	9.82E-02 (34.8%)	2.82E-01 (100%)
Ozone lay depletion (kg CFC11-eq/m <sup>3</sup> )	3.10E-10 (18.1%)	9.21E-10 (53.9%)	3.70E-09 (216.4%)	2.69E-12 (0.2%)	1.71E-09 (100%)
Acidification (kg SO <sub>2</sub> -eq/m <sup>3</sup> )	3.31E-06 (0.5%)	1.09E-05 (1.5%)	4.49E-05 (6.4%)	1.81E-04 (25.7%)	7.05E-04 (100%)
Eutrophication (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq/m <sup>3</sup> )	5.53E-07 (0.6%)	1.81E-06 (2.0%)	7.58E-06 (8.3%)	3.20E-05 (35.0%)	9.15E-05 (100%)
Photochemical Oxidant creation (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq/m <sup>3</sup> )	7.62E-06 (3.3%)	2.44E-05 (10.6%)	1.05E-04 (45.7%)	7.58E-05 (33.0%)	2.30E-04 (100%)

히 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서 구축한 3개 유형의 농업용수 LCI DB 중 환경영향이 가장 큰 Type 2의 지구온난화 영향범주는 공업용수의 44.7 %, 수돗물의 15.6 % 수준으로 분석되었다. 또한 Type 1 (수문 있음)의 영향은 공업용수의 3.7 %, 수돗물의 1.3% 수준으로 매우 낮은 결과로 나타났다.

#### IV. 결 론

농업분야의 전과정평가 수행에 있어서 필수적인 농업용수 LCI DB 구축을 위해 환경부와 지경부에서 국가 LCI DB 구축시 사용한 방법론을 토대로 규모별 3가지 유형의 관개용 저수지 농업용수에 대한 국가 LCI DB를 구축하였다. 구축된 LCI DB를 토대로 LCIA 분석을 수행한 결과, 1종 저수지에서 생산되는 농업용수 (Type 1)가 2종 저수지에서 생산되는 농업용수 (Type 2)에 비해 환경영향이 7~35 % 수준에 불과한 것으로 나타났으며, 사용단계의 환경영향이 적은 농업용 저수지의 특성상 건설단계의 원자재 사용으로 인한 환경영향이 전체 환경영향의 대부분을 차지함을 알 수 있다. 또한 용도는 다르지만 공업용수나 수돗물에 비해서 농업용수의 사용으로 인한 환경영향이 상대적으로 매우 적은 것으로 분석되었다.

본 연구에서 구축된 LCI DB는 토지이용, 상·하류의 생태적 영향, 수질 등이 고려되지는 않았지만, 향후 환경부에서 운영하는 환경 (탄소)성적표지 인증을 목적하는 전과정평가와 다양한 농업분야 전과정평가에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 농촌개발시험연구사업과제인 “농업용수 공급시스템의 환경적 가치평가 연구”의 지원을 받아 수행되었습니다.

## REFERENCES

1. Ahn, C. J., and Y. Y. Kim, 2007. Life Cycle Assessment of drinking water treatment process. *Water Resources Information* 43: 49-57. K-Water (in Korean).
2. Economic Planning Board, 1982. List of duration of fixed asset, In *Guideline for investment evaluation <Agriculture sector>*, 735. Seoul: Economic Planning Board (in Korean).
3. IPCC, 2006. Energy-Mobile combustion, Ch. 3. In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. 2*, ed. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe, 6-25. Kanakwa: Institute for Global Environmental Strategies
4. ISO, 2006. ISO 14044: Environmental Management-Life Cycle Assessment-requirement and guidelines. International Organization for Standardization.
5. Kim, Y., G. S. Oh, and D. H. Park, 2007. Life cycle assessment of drinking water treatment process. *The Journal of Korean Life Cycle Assessment* 8(1): 41-51 (in Korean).
6. Kim, Y. D., 2003. Life Cycle Assessment of earthfill dams. MSc. Diss., Guildford: University of Surrey.
7. Kim, Y. D., 2006. LCA and Environmentally Friendly Agriculture. *Rural and Environmental Engineering Journal* 91: 116-124. Korea Rural Community Corporation (in Korean).
8. Kim, Y. D., N. Itsubo, and Y. H. Choi, 2010. Simplified LCA of Irrigation Facilities: A Case Study of Dam and Pumping Station. In *Proc. The 9th International Conference on EcoBalance Towards & Beyond 2020*, 33. Tokyo, Japan: Institute of Life Cycle Assessment.
9. Koehler, A., 2008. Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13: 451-455.
10. Korea Rural Community Corporation (KRC), 2010. Rural Infrastructure Management System (RIMS). <http://rims.ekr.or.kr/> Accessed 10 Oct. 2010.
11. Lee, S. Y., S. J. Byeon, S. G. Park, and K. H. Jo, 2008. Environmental assessment at public facilities using the LCA: A case study of the construction industry for emergency spillway of S-dam. *The Journal of Korean Society of Civil Engineers* 56(5): 47-53 (in Korean).
12. Mattson, B., 2003. The development from 1st to 4th LCA-Food Conference: Methodological Gains and improvements in inventory. In *Proc. 4th International Conference: Life Cycle Assessment in the Agri-food sector*, Horsens, Denmark: Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences.
13. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and fisheries (MIFAFF), 2009a. Evaluation of Environmental Values at Agricultural Water Supply System, 17. Ansan: Rural Research Institute (in Korean).
14. MIFAFF, 2009b. Regulation on Rural Infrastructural Facilities (Ministry For Agriculture, Food, Forestry and Fisheries Cod No. 158 Article 2). Revised 17 September 2009 (in Korean).
15. MIFAFF and KRC, 2009. Statistical Yearbook on Agricultural Infrastructure Development Project, Kwacheon: MIFAFF (in Korean).
16. Ministry of Environment (MOE), 2003. LCI Database Construction, Ch. 1. In *Guidelines for LCI Database*, 1-147. Kwacheon: Ministry Of Environment (in Korean).
17. MOE, 2011. TOTAL (Tool for type III labelling and LCA). <http://www.edp.re.kr>. Accessed 10 Mar. 2011 (in Korean).
18. Korea Agriculture & Rural Infrastructure Corporation (KARICO), 2005. Study on a Scheme of Rearranging Technologies for Repairing & Reinforcing Irrigation & Drainage Structure Damaged or Deteriorated, 14. Ansan: KARICO (in Korean).
19. So, K.-H., 2010. Life Cycle Assessment as a Tool of Evaluation of Sustainable Agriculture. Wooriansanet. Ansan Internet News. <http://www.ansansm.co.kr/bbs/list.html>. Accessed 28 Nov. 2010 (in Korean).