

국내 산업들의 물 발자국 산정에 관한 연구 A Study about Water Footprint Evaluation of Industrial Sectors

김준범 · 강 헌*[†] · 박기학*
Junbeum Kim · Kang, Hun*[†] · Kihak Park*

프랑스 트루아공대 환경정보기술학과 · *수원대학교 환경에너지공학부
Department of Environment & Information Technology, University of Technology of Troyes, France
*Department of Environmental and Energy Engineering, University of Suwon

(2012년 9월 18일 접수, 2013년 5월 22일 채택)

Abstract : Water footprint means the direct and indirect water resource amount used for the life cycle of different goods, services and industries. In this study, the direct and indirect water resource consumption in industrial sectors were calculated by using water footprint evaluation method. As a result, agriculture and marine product industry takes part of 93% of whole water resource amount, showing the greatest amount of basic unit of water coefficient (637 m³/won) following by petroleum and cool products industry of about 13 m³/won. In the agriculture and marine product industry, the direct water consumption was only 25 billion m³ compared to the indirect water, which is 130 billion m³. The next highest industry was chemical product industry, which consists of 2 billion m³ of the direct water and 4.5 billion m³ of the indirect water consumption. In case of industries which have high direct water, it would be more effective to reduce amount of water related to the industry than to reduce water in actual process. This water footprint of each industry and evaluation method will be useful tool and method for development of national water management policy and regulation.

Key Words : Water Footprint, Climate Change, Direct Water Consumption, Indirect Water Consumption, Input Output Table

요약 : 물 발자국(Water footprint)은 단위 제품 및 단위 서비스 생산 전과정(life cycle) 동안 직접 및 간접적으로 이용되는 물의 총량지표를 나타내는 것을 의미한다. 본 연구에서는 물 발자국 산정 방법을 이용하여 국내 산업에서의 직접 및 간접적인 용수량을 산정하여 효과적인 수자원 관리를 위한 하나의 방법을 제시하고자 하였다. 연구 결과로는 원단위 용수계수가 가장 큰 산업은 농림수산물로 약 637 m³/won으로 전체 산업의 93%를 차지했다. 농림수산물 다음으로 간접적인 원단위 용수계수가 큰 산업은 석유 및 석탄 제품으로 약 13 m³/won을 나타냈다. 산업연관용수량의 경우 간접적인 용수량이 가장 많은 산업 역시 농림수산물로 직접적인 용수량이 약 25억 m³인데 비해 간접적인 용수량은 약 130억 m³ 정도로 나타났으며, 조사한 전체 16개 산업 중 91%를 차지했다. 화학제품의 경우 직접적인 용수량이 약 2억 m³, 간접적인 용수량은 약 4억5천만 m³으로 나타났다. 연구결과 직접적인 용수량보다 간접적인 용수량이 전체적으로 큰 것으로 나타났으며, 이와 같이 국가적으로 전체 산업별 물 발자국 및 용수량의 흐름을 파악함으로써, 국가의 수자원 관리 정책 수립 시 기초자료로 활용 되어질 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 물 발자국, 기후변화, 직접 물 사용, 간접 물 사용, 산업연관표

1. 서론

오늘날의 범지구적 경제성장은 18세기 산업혁명이 일어나면서 빠르게 이루어졌다. 이에 따라 급속도로 도시화가 진행됐으며 인구가 증가함에 따라 물 사용량도 크게 증가하게 되었다. 이와 함께 최근 기후변화로 인해 세계 각국에서는 극심한 물부족, 또는 가뭄 등 환경재해가 심각해지고 있다. 2007년에 발간된 UN 밀레니엄 보고서¹⁾에서는 현재 7억 인구가 물 기근(1인당 1년에 1천m³ 이하)을 겪고 있는데, 2025년에는 30억 인구가 물 기근을 겪을 것이라고 전망하고 있다. 우리나라의 경우 다른 어떠한 나라보다도 빠르게 경제 성장을 이룩한 국가이며, 우리나라의 경제 성장의 양상은 대도시를 중심으로 한 경제 성장이었으며 도시화와 함께 물 사용량도 급격하게 증가하게 되었다. 국내 물

사용 수요를 살펴보면 2011년 현재 전체의 43%가 농업용수, 생활용수가 25%, 하천유지용수가 21%, 그리고 공업용수로 약 10%의 수자원이 이용되어지고 있다.²⁾

국내 연강수량이 약 1,300 mm로써 세계 평균 970 mm보다 1.3배이지만, 인구가 많기 때문에 1인당 총강수량으로 환산하면 약 3,000 m³로써 세계평균 1인당 총강수량 약 34,000 m³의 1/11 정도에 불과하다. 더구나 강우 형태가 여름에 집중되고 지역적으로 편차가 커서 효율적인 수자원관리가 절실히 요구되어진다고 할 수 있다.³⁾

물 발자국(water footprint)은 단위 제품 및 단위 서비스 생산의 전과정(life cycle) 동안 직접 및 간접적으로 사용되는 물의 총량을 뜻하는 것으로 우리가 일상생활에서 사용하는 제품을 생산 및 소비하는데 얼마나 많은 양의 물이 필요한가를 나타내는 지표이다.⁴⁻⁷⁾ 따라서 본 연구의 목적으

[†] Corresponding author E-mail: cantique@daum.net Tel: 031-220-2146 Fax: 031-220-2533

로는 물 발자국 산정 방법을 이용하여 국내 산업에서의 직접 및 간접적으로 사용되는 용수량을 산정하여 효과적인 수자원 관리를 위한 하나의 방법을 제시하고자 하였으며, 특히 국내 산업연관표^{8,9)}를 이용해서 간과될 수 있는 간접적인 용수량에 대해서 조사하여 산업간 물의 흐름 관계를 정량화하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 이론적 고찰

2.1.1. 물 발자국(Water Footprint) 산정

물 발자국은 2002년 네덜란드의 학자인 A. K. Chapagain 과 A.Y. Hoekstra가 처음 만들어 낸 개념이다. 우리나라에서는 환경발자국으로 탄소 발자국(carbon footprint)라는 개념이 많이 알려져 있는 상황이지만, 최근 전 세계적으로 물 발자국에 대한 학문이 이슈화되고 있다. 이러한 물 발자국의 기원은 가상수(Virtual water)와 생태 발자국(Ecology footprint)에서 찾을 수 있다. 첫 번째로 가상수는 1993년 영국의 Tony Allan(가상수의 개념 창시자로 King's College London교수로 2008년 스톡홀름 워터 프라이즈(Stockholm water prize) 수상)이 처음 사용했으며 식품과 소비자 제품을 생산할 때 소비되는 물의 양이라고 가상수를 정의하고 이것을 실증하는 중요한 돌파구를 열었다. 두 번째로 생태발자국의 개념은 캐나다의 경제학자 M. Wackernagel(생태발자국의 개념 창시자로 현재 Global footprint Network 소속)과 William Rees (M. Wackernagel)과 함께 생태발자국의 개념을 최초로 제시, 현재 University of British Columbia 교수가 인간이 소비하는 에너지 식량 주택 도로 등을 만들기 위해 자원을 생산하고 폐기물을 처리하는데 드는 비용을 토지로 환산한 것이다. 이것은 상징적인 개념으로 오염물질의 처리 능력을 표현한 것이다. 2004년 한국의 생태발자국지수는 1인당 4.05 ha로 지구가 감당해 낼 수 있는 기준인 1.8 ha보다 크며, 미국 9.7 ha, 캐나다 8.8 ha, 영국 및 프랑스 5.3 ha, 일본 4.8 ha 등 선진국일수록 높은 것으로 나타났다.¹⁰⁾

물 발자국을 산정하는 방법은 재화나 농작물 같은 제품에 적용하는 Blue water, Green water, Grey water로 분류하고 산업과 국가의 소비에 따라서 간접적인 물과 직접적인 물로 분류한다.⁴⁻⁷⁾ Blue water는 관개수로와 같은 농작물에 주는 영향에 대한 물의 사용량이고 Green water는 토양에 함유된 물이나, 비의 영향에 의한 물의 사용량이며 Grey water의 경우에는 오염을 정화하는데 사용되는 물의 양으로 산정된다. 그러나 산업이나 국가의 소비에 의한 물 발자국의 경우 위와 같이 3가지로 분류하기 어려움이 있기 때문에 직접적인 물(direct water)과 간접적인 물(indirect water)로 분류하여 나타낸다.⁴⁻⁷⁾ 본 연구에서도 우리나라 산업들을 대상으로 사용되어진 물 사용량을 직접(direct)과 간접(indirect) 부분으로 나누어 산정하였다.

2.1.2. 산업연관표(Input output table)와 산업총조사

한 나라의 국민경제에서는 재화와 서비스가 생산되고 그 생산과정에서 각 산업은 원재료의 거래관계를 토대로 직접, 간접적으로 연관을 맺게 되는데, 이와 같이 생산 활동을 통하여 이루어지는 산업간 상호연관관계를 수량적으로 파악하는 분석방법이 산업연관분석(inter-industry analysis) 또는 투입산출분석(input-output analysis)이다. 산업연관표에서는 재화와 서비스의 거래를 첫째, 산업 상호간의 중간재 거래 부분, 둘째, 각 산업부문에서의 노동, 자본 등 본원적 생산 요소의 투입부분, 셋째, 각 산업부문생산물의 최종소비자에 계로의 판매부분의 세 가지로 구분 기록한다.

산업연관표는 내생부문과 외생부문으로 구분되며, 재화와 서비스의 산업부문 상호간의 거래인 중간수요와 중간투입을 기록하는 부분을 내생부문이라 하고 최종수요와 부가가치를 기록하는 부분을 외생부문이라 한다. 용수량을 산출하기 위한 투입계수를 사용하려면 산업연관표에 작성되어 있는 투입계수표를 이용하는 것이 아니라 중간투입계와 중간수요계 즉, 내생부분만을 중심으로 한 투입계수표를 이용하여 산출할 수 있다.⁹⁾ 산업총조사는 5년에 한 번씩 자본 규모 고용인원, 산업별 용수량 등의 자료를 발간하고 있으며, 가장 최근에 발행한 2003년 산업총조사 보고서¹¹⁾의 산업별 용수량편을 이용하였다. 산업총조사에서는 광업과 제조업의 산업만 용수 사용량을 산출하고 있으며, 농림수산업에 대한 2003년 자료는 한국 농어촌 공사에서 발표한 용수량 자료를 이용하여 물발자국을 산정하였다.¹²⁾

이와 같이 산업연관표와 산업총조사를 동시에 활용하는 이유는 우리나라 표준산업분류체계에 기인한 것으로 산업 활동에 관련된 각종 통계자료를 산업 활동의 유사성에 따라 분류하고자 할 때 이용될 수 있는 일련의 산업 활동 유형을 제공하기 위한 것이다.

본 연구는 산업간 연관관계를 원(won)단위로 표현한 산업연관표와 물 발자국의 개념을 이용하여 산업에서 간접적으로 사용된 용수량을 수치화 및 정량화하고자 하였다. 실제 산업별 용수량은 산업총조사의 자료를 이용하였다. 산업총조사의 실제 산업별 용수량과 산업연관표의 산업간 연관관계를 이용하여 산업에서의 부품, 원자재로 사용되어 실제 용수량을 산정할 때 계산되지 않았던 간접적인 용수량을 산출하였다.

2.2. 직접 및 간접 용수량 계산

본 연구에서의 직접 및 간접 용수량 계산에 있어서 산업별 용수량을 직접 용수량 그리고 산업연관 용수량을 간접 용수량으로 간주하여 산정하였다. 산업연관표에서 원단위를 사용함으로써 산업간 연관관계를 비교 분석할 수 있다. 다음의 식 (1)과 같이 산업별 용수량은 국산 거래표의 중간투입계로 나누어 주어서 단위 원당 용수량으로 표현이 가능하며, 이를 본 논문에서는 원단위 용수계수라고 정의하였다. 다음의 식 (1)이 의미하는 바는 단위 m^3/won 을 가지는 가상계수가 만들어 진다.

$$\text{산업별 용수량}(m^3) / \text{국산거래표에서의 중간 투입계}(won) = \text{원단위 용수 계수}(y_i : m^3/won) \quad (1)$$

위의 식 (1)은 다음의 의미를 가진다. 앞서 설명 했듯이 산업연관표에서 중간 투입이라는 개념은 총투입계에서 부가가치계를 가감하여 산정한 값이다. 본 연구의 목적은 산업 간의 관계에 용수가 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구이므로 부가가치계는 제외하고 계산하였다. 산출한 원단위 용수투입계수를 각 산업별 투입계수(a_{ij})로 곱해지면 실제 산업간 물 사용의 영향력(y_i)을 산정할 수 있다. 투입계수의 단위는 없기 때문에 단위는 변함없이 m^3/won 이 적용된다(식 (2)).

$$\text{원단위 용수투입계수}(y_j : m^3/won) \times a_{ij} = \text{각 산업별 원단위 용수투입계수}(y_{ij}) \quad (2)$$

각 산업별 물을 기준으로 한 영향력이란 것은 국산 투입계수표가 산업과 산업 사이의 영향력을 나타낸 것이므로 즉, 기준을 물로 바꾸어 계산을 해 준 것이라고 할 수 있다. 이러한 계산이 가능하게 된 근거는 투입계수가 가지고 있는 특징 때문인데, 투입계수는 금액단위로 작성된 산업연관표에서 도출하여 사용한다.

산업연관 용수량 계산은 다음의 식 (3)에 나타낸 바와 같이, 각 산업별 물을 기준으로 한 영향력에 중간수요계를 곱해주면 산업별 물 사용량(m^3)을 산출할 수 있다. 원래 그 산업이 가지고 있던 원단위 용수계수에 중간수요계를 곱해주면 실제로 산업연관분석을 통한 용수량이 산정된다. 이 값

으로 산업별로 직접적인 용수량과 간접적인 용수량으로 표현되어진다.

$$\text{각 산업별 원단위 용수계수}(y_{ij} : m^3/won) \times \text{중간 수요계}(won) = \text{산업연관 용수량}(m^3) \quad (3)$$

원단위 용수계수는 가상의 계수로 표현되던 것이 중간수요계를 곱해주어 m^3 의 단위를 가지는 용수량으로 표현되는 것이다. 또한 실제 용수량과는 다르게 간접적인 용수량이라는 새로운 정보를 가진 데이터가 만들어 질 수 있다. 본 연구를 위해서 산업연관표의 경우 현재 2009년의 자료까지 제시되어있지만 산업 총 조사의 경우는 2003년의 자료밖에 제시되어 있지 않기 때문에 자료의 통일성을 위해서 2003년 자료를 기준으로 본 연구를 수행하였다.

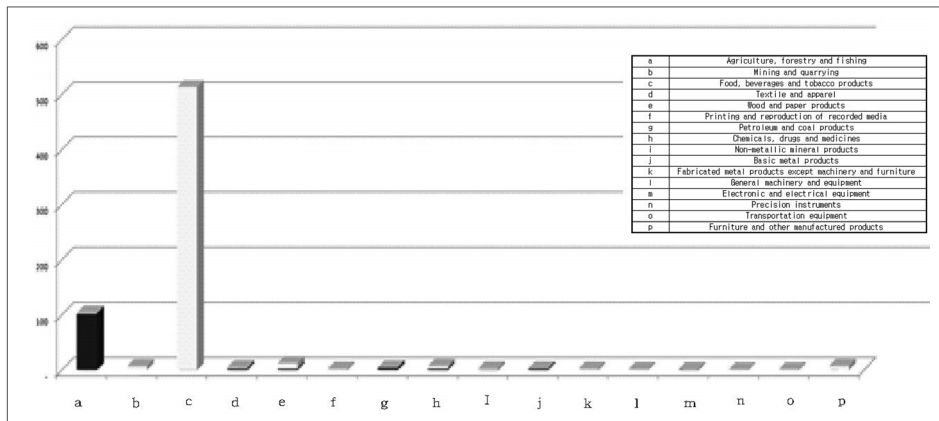
3. 연구결과

3.1. 원단위 용수계수(water coefficient)

직접적인 원단위 용수투입계수는 농림수산품이 102.44 m^3/won 로 가장 높은 수치를 나타냈고(Table 2) 다음으로 높은 수치를 기록한 산업은 석유 및 석탄 제품으로 4.16 m^3/won 를 나타냈다.

3.1.1. 원단위 용수투입계수(water input coefficient) 분석

Fig. 1을 살펴보면 원단위 용수투입계수가 가장 큰 산업은 음식료품이고 가장 적은 산업은 광산품임을 알 수 있다.



■ DWC: Direct Water Consumption Coefficient, □ IDWC: Indirect Water Consumption Coefficient (unit : m^3/won)

Fig. 1. The unit won of water input coefficient.

Table 1. Unit won of water coefficient (unit: m^3/won)

Item	1 2 3 4			
	Agriculture, forestry and fishing	Mining and quarrying	Food, beverages and tobacco products	Textile and apparel
1 Agriculture, forestry and fishing	102.443236	3.840371	512.694587	0.994268
2 Mining and quarrying	0.000160	0.000000	0.001277	0.001240
3 Food, beverages and tobacco products	0.279044	0.000000	0.155800	0.002258
4 Textile and apparel	0.065733	0.005840	0.005425	2.837570

많은 원단위 용수투입계수가 나타나는 산업은 음식료품과 농림수산물 산업이다. 실제 국내 농림수산물의 용수 사용량은 150억 m³의 규모로 다른 산업에 비해 월등히 많지만, 원단위 용수투입계수는 음식료품 산업보다 비교적 적다. 그 이유는 농림수산업의 많은 용수량에 비해서 중간투입계가 작기 때문이다. 산업연관표의 특징은 산업간 비교를 하기 위하여 모든 단위를 원단위로 표현하기 때문이며 농림수산물 산업의 경제규모가 다른 산업에 비해서 작다는 것을 의미한다. 여기에서 세로축은 원(Won)단위 용수투입계수를 나타낸다.

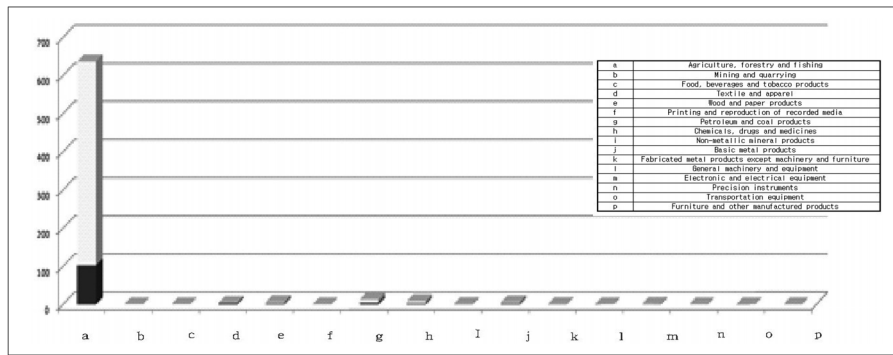
산업연관표의 국산거래표를 살펴보면 농림수산업의 중간투입계가 14,697,329 백만원으로 전체 765,666,167 백만원의 2% 정도의 규모이다. 반면 음식료품의 실제 용수 사용량은 38,207,908 m³ 정도이며 중간투입계는 전체의 5%이다. 또한 실제 DWC (Direct water consumption coefficient)는 0.16 m³/won이지만 IDWC (Indirect water consumption coefficient)는 513.44 m³/won으로 16개의 산업 중에 가장 큰

비율을 차지했다. 음식료품의 IDWC는 대부분은 농림수산품이 차지하고 있다. 투입구조만을 살펴봤을 때 음식료품의 원단위 용수투입계수는 농림수산품의 의존율이 매우 높다.

3.1.2. 원단위 용수사용계수(water output coefficient) 분석

원단위 용수사용계수에서는 특히 IDWC가 큰 산업은 물에 대한 영향력이 크다고 표현할 수 있다. Fig. 2에서 보는 것처럼 원단위 용수사용계수는 농림수산품이 월등히 높다. DWC도 높게 나타났으며 IDWC는 더욱 높다. 이것은 즉, 농림수산품이 경제규모에서는 다른 산업보다 작지만, 각각의 산업에 대한 물에 대한 영향력은 다른 산업보다 월등히 크다는 것을 나타내고 있다. 음식료품을 비롯하여 인쇄 출판 및 복제, 화학제품 등 여러 산업에 간접적으로 물을 제공하고 있는 것이라고 할 수 있다. 즉, 국가의 경제가 성장할 때 다른 산업에 비해서 경제규모가 조금만 증가 하더라도 물의 사용량은 매우 크게 증가할 것으로 예상된다.

농림수산품을 제외한 원단위 용수사용계수는 석유 및 석



■ DWC: Direct Water Consumption Coefficient, □ IDWC: Indirect Water Consumption Coefficient (unit : m³/won)

Fig. 2. The unit won of water output coefficient.

Table 2. Comparison of water consumptions

Industrial sectors	Water consumption coefficient with won unit (m ³ /won)	DWC (Direct Water Consumption Coefficient)	IDWC (Indirect Water Consumption Coefficient)
1	Agriculture, forestry and fishing	636.78	102.44
2	Mining and quarrying	0.45	0.45
3	Food, beverages and tobacco products	0.45	0.16
4	Textile and apparel	3.52	2.84
5	Wood and paper products	5.75	2.45
6	Printing and reproduction of recorded media	0.17	0.13
7	Petroleum and coal products	13.17	4.16
8	Chemicals, drugs and medicines	8.49	2.52
9	Non-metallic mineral products	1.12	0.71
10	Basic metal products	5.61	2.30
11	Fabricated metal products except machinery and furniture	1.01	0.33
12	General machinery and equipment	0.48	0.26
13	Electronic and electrical equipment	1.43	0.73
14	Precision instruments	0.12	0.09
15	Transportation equipment	0.38	0.30
16	Furniture and other manufactured products	0.05	0.03

탄제품, 화학제품, 목재 및 종이제품, 제 1차 금속제품, 섬유 및 가죽 제품의 순서로 높았다. 비교적 실제 용수량과는 차이가 나는 산업들이 몇 개 있다. 예를 들면, 석유 및 석탄 제품의 용수 사용량은 16개의 산업 중 6번째인 6천4백만 m³이지만 원단위 용수계수가 2번째로 많은 13.17 m³/won이었다. 농림수산업 다음으로 물에 대한 영향력이 크다는 것을 의미한다. Table 2는 원단위 용수사용계수를 DWC과 IDWC으로 나타낸 표이다. 원단위 용수사용계수가 큰 산업은 석유

및 석탄 제품산업이 대표적이라고 할 수 있다.

3.2. 산업연관 용수량

원단위 용수계수의 경우 각 산업별 용수에 대한 영향력이라고 정의 한다면 산업연관분석을 통한 용수량은 원단위 용수계수에 중간 수요를 곱해준 값으로 원단위 용수계수에 비해 실제 용수량과 비슷한 양상을 보인다. 아래의 Table 3는 산업연관 용수량을 정량화 한 것이다.

Table 3. Water quantity by inter-industry

(unit: m³)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2,582,453,325	96,810,490	12,924,326,616	25,064,141	226,031,738	-	-	80,886,099
2	543	-	4,339	4,213	9,829	-	144,703	11,640
3	7,236,969	-	4,040,647	58,556	91,666	-	3,537	143,057
4	1,001,579	88,984	82,662	43,236,322	854,400	257,430	109,627	717,076
5	2,274,360	1,506,321	2,181,417	1,306,886	39,529,406	27,891,920	135,661	1,094,550
6	9,492	13,573	23,105	37,397	74,200	1,336,222	67,184	44,128
7	23,565,494	87,559,065	6,308,790	10,018,696	14,507,060	5,335,836	134,217,491	46,386,406
8	58,718,184	15,837,099	13,906,021	64,949,317	37,997,127	23,315,315	33,493,685	193,166,841
9	70,133	50,434	624,210	64,093	435,804	16,305	194,557	606,531
10	599,841	534,641	64,136	65,544	349,718	51,190	1,717,600	1,149,267
11	90,920	297,172	842,231	269,074	331,879	53,931	1,858,110	559,608
12	433,674	1,180,076	108,173	231,202	305,658	264,292	1,108,832	765,897
13	332,266	624,015	43,553	117,771	195,373	358,238	406,299	132,761
14	4,980	510	349	383	1,032	777	12,539	2,326
15	97,707	1,494,432	32,023	27,639	81,152	98,557	80,054	48,070
16	875	1,378	10,492	21,323	1,675	283	578	853
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-	25,311	-	-	-	-	-	116,823,577
2	1,321,688	32,413	2,118	2,171	2,285	224	137	7,220
3	15,024	-	-	-	19	-	-	17
4	333,470	58,296	298,007	214,084	258,549	456,535	955,507	4,720,120
5	1,741,915	138,547	1,090,833	629,368	1,156,312	1,056,101	287,480	10,872,530
6	19,965	4,264	25,167	16,297	40,554	29,948	7,669	47,594
7	42,693,578	15,143,168	11,815,561	7,126,550	3,563,427	4,085,138	4,191,492	8,471,956
8	13,212,379	4,345,260	18,581,552	17,547,654	33,160,850	25,065,674	38,935,619	59,287,425
9	15,717,844	1,124,451	303,166	319,757	2,001,938	1,198,503	575,813	1,377,068
10	2,911,474	152,292,295	93,106,972	44,184,593	15,141,443	8,954,697	19,852,067	31,100,087
11	459,626	276,034	7,825,312	3,595,459	1,114,161	1,905,852	1,372,139	2,712,497
12	590,514	401,583	1,163,084	12,786,826	943,641	655,755	2,752,069	442,861
13	344,968	251,632	499,665	5,309,340	32,071,724	16,082,320	4,557,400	1,327,084
14	965	1,410	3,742	42,478	24,137	281,109	18,033	1,541
15	257,320	20,170	76,279	198,941	21,644	43,048	10,441,935	60,564
16	438	65	369	1,309	798	4,275	80,474	122,512

- | | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 1. Agriculture, forestry and fishing | 2. Mining and quarrying | 3. Food, beverages and tobacco products |
| 4. Textile and apparel | 5. Wood and paper products | 6. Printing and reproduction of recorded media |
| 7. Petroleum and coal products | 8. Chemicals, drugs and medicines | 9. Non-metallic mineral products |
| 10. Basic metal products | 11. Fabricated metal products except machinery and furniture | |
| 12. General machinery and equipment | 13. Electronic and electrical equipment | 14. Precision instruments |
| 15. Transportation equipment | 16. Furniture and other manufactured products | |

원단위용수 계수총괄표와 같이 Table 3은 산업연관 용수량을 표현한 것이다. 이 표에서도 짙게 표현된 부분은 동 산업의 직접적인 산업연관 용수량이다. 나머지는 간접적인 산업연관 용수량을 나타내고 있다.

3.2.1. 산업연관 용수투입량

원단위 용수투입계수와 비슷한 패턴을 나타내는데, 특히 음식물품의 경우에는 직접 용수투입량은 4백만 m³인 반면 간접적인 용수투입량이 매우 높게 나타났는데 특히 농수산품에 차지하는 양이 130억 m³으로 압도적으로 높은 양을 나타냈다. 농수산품과 음식료품을 제외한 나머지 산업에 대한 그래프를 다음의 Fig. 3에 나타내었다.

3.2.2. 산업연관 용수사용량

산업연관 용수사용량도 농림수산품이 총 합계 160억 m³의 양으로 가장 많은 용수가 사용되는 것으로 나타났으며 다른 산업의 용수 사용량은 실제 용수 사용량과 비슷한 결과를 나타내었다. 아래 Fig. 4는 가장 많은 양을 차지한 농림수산품을 제외한 나머지 산업들의 용수 사용량이다.

그래프를 보면 실제 용수 사용량과 비슷한 패턴을 보이고 있으며, 간접적인 용수의 양이 표현되어있다. 간접적인 용수의 양이 많을수록 그 산업이 가지고 있는 다른 산업에 대

한 영향력이 커진다는 것은 원단위 용수사용계수의 개념과 같지만 Fig. 4는 실제 산업에서의 간접적인 용수의 양이 표현된 것이다. 실제로 많은 산업들이 간접적인 용수량이 높게 나왔으며, 이것은 간접적으로 많은 양의 물이 사용된다는 것을 의미한다.

다음의 Table 4는 실제 용수 사용량과 산업연관 용수사용량을 비교한 것이다. 실제 용수 사용량 보다 산업연관 용수 사용량이 높은 경우는 그만큼 간접적인 용수 사용량이 높다는 것을 나타내는 것이다. 또한 산업연관표에서 다른 산업에 비해서 산업의 규모가 크기 때문에 간접적인 용수 사용량도 높게 표현이 되어서 아래와 같은 결과가 도출 되었다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 산업 총 조사의 실제 용수사용량과 산업연관표를 이용한 2가지 용수 사용패턴을 분석하였다. 첫 번째가 원단위 용수계수이고 두 번째가 산업연관용수량이다. 두 가지 산출된 용수량 모두 직접과 간접적인 용수량으로 나누어 표현하였고, 또한 산업연관표의 특징에 따라서 투입량과 사용량으로 나누어서 분석하였다. 이러한 산업 총 조사의 실제용수량과 원단위 용수계수, 산업연관용수량은 각각

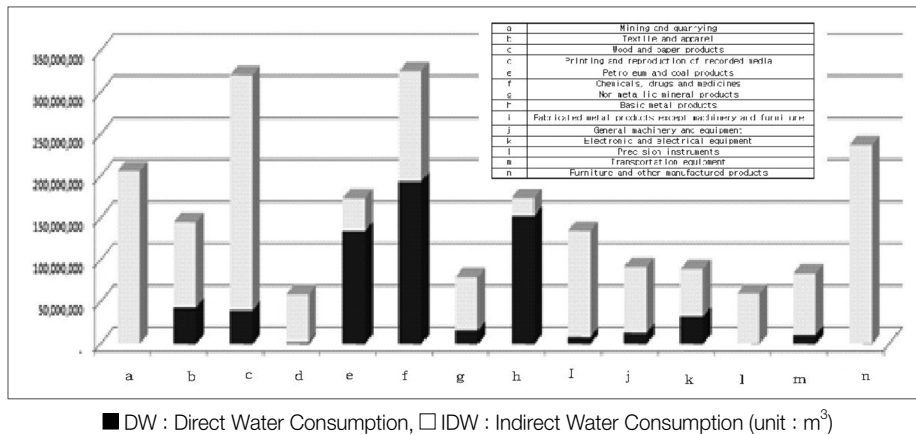


Fig. 3. Input water quantity by inter-industry except agriculture industry sector.

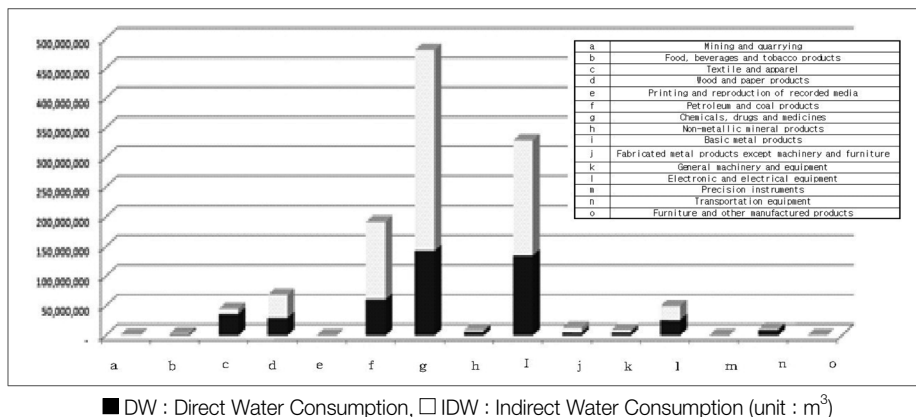


Fig. 4. Output water quantity by inter-industry except agriculture industry sector.

Table 4. Comparison of water consumptions

Industrial sector	Water consumption (m ³)	Input output table water consumption (m ³)	DW (m ³)	IDW (m ³)
1 Agriculture, forestry and fishing	15,000,000,000	16,052,421,298	2,582,453,325	13,469,967,972
2 Mining and quarrying	2,747,728	1,543,522	-	1,543,522
3 Food, beverages and tobacco products	38,207,908	11,589,491	4,040,647	7,548,844
4 Textile and apparel	145,046,217	53,642,648	43,236,322	10,406,326
5 Wood and paper products	51,813,675	92,893,608	39,529,406	53,364,202
6 Printing and reproduction of recorded media	6,112,870	1,796,757	1,336,222	460,535
7 Petroleum and coal products	64,265,682	424,989,708	134,217,491	290,772,217
8 Chemicals, drugs and medicines	285,835,258	651,520,000	193,166,841	458,353,159
9 Non-metallic mineral products	42,782,138	24,680,608	15,717,844	8,962,764
10 Basic metal products	152,959,276	372,075,562	152,292,295	219,783,267
11 Fabricated metal products except machinery and furniture	28,831,589	23,564,005	7,825,312	15,738,693
12 General machinery and equipment	26,737,767	24,134,135	12,786,826	11,347,309
13 Electronic and electrical equipment	111,143,405	62,654,408	32,071,724	30,582,684
14 Precision instruments	2,900,233	396,311	281,109	115,202
15 Transportation equipment	46,966,785	13,079,533	10,441,935	2,637,598
16 Furniture and other manufactured products	4,997,855	247,698	122,512	125,186

의 원리에 따라서 물의 양이 다르게 나타나는데, 원단위 용수계수가 큰 산업은 경제가 성장하여 산업의 규모가 커질 때 다른 산업에 비해 용수 사용량이 크게 늘어날 것이라고 예측할 수 있다.

산업연관 용수량은 실제 용수량과 비슷한 패턴을 나타낸다. 원단위 용수계수가 가장 큰 산업은 농림수산물로 약 637 m³/won으로 전체의 93%를 차지했다. 농림수산물 다음으로 간접적인 원단위 용수계수가 큰 산업은 석유 및 석탄 제품으로 9.01 m³/won을 나타냈다. 산업연관 용수량의 경우 간접적인 용수량이 가장 많은 산업 역시 농림수산물로 직접적인 용수량이 약 25억 m³인데 비해 간접적인 용수량은 약 130억 m³ 정도로 나타났으며, 조사한 전체 16개 산업 중 91%를 차지했다. 다음은 화학제품으로 직접적인 용수량이 약 2억 m³인데 비해 간접적인 용수량은 약 4억5천만 m³로 나타났다. 광산품의 경우 직접적인 용수량이 0 m³에 가깝고 간접적인 용수량만이 1백5십만 m³을 나타냈다. 이와 같이 직접적인 용수량보다 간접적인 용수량이 전체적으로 크다.

산업에 대한 평가와 분석 시 어느 정도의 수자원이 사용되고 있는지, 산업간 수자원이 어떤 식으로 연관되어 이동되는지 정확한 분석이 없다면 효과적인 수자원 이용계획 수립이 어려울 것이다. 본 연구에서 산업연관표를 이용하여 직접적인 용수량뿐만 아니라 간접적으로 용수가 많이 사용되는 산업에 대한 수치화하여 제시함으로써 국내 수자원의 장기 전략수립을 위한 방법으로 사용될 수 있을 것으로 기대한다. 산출된 간접적인 용수량이 많은 산업에 대한 직접적인 산업조사와 분석이 이루어져야 할 것이며, 간접적인 물이 많이 사용된 이유에 대한 분석과 그에 따른 연구가 진행되어야 될 것이다. 산업연관표를 활용한 본 연구는 직접적인 공정에서의 용수량의 감소를 이끌어 낼 수는 없으

나, 국가적으로 전체 산업별 용수량의 흐름을 파악함으로써, 국가 물 사용 정책을 세울 때 근거 자료나, 산업별 수자원 관리 정책을 세울 때 참고자료로 사용 가능할 것으로 사료된다.

KSEE

참고문헌

1. UN, "The Millennium Development Goals," The Millennium Development Goals Report, United Nations, (2007).
2. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Water Vision 2020," (<http://www.waterplan.go.kr/>)
3. Kim, J. H., "Flood measures in Korea, 5th disaster management seminar," National Disaster Management Institute. (2000).
4. "Water Footprint Network," www.waterfootprint.org.
5. Chapagain, A. K., "The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands," *Ecol. Economics*, (2007).
6. Chapagain, A. K., "Water footprints of nations Volume 1: Main Report," UNESCO-IHE, (2010).
7. Hoekstra, A. Y., "Water Footprint Manual," Water footprint network, (2009).
8. THE BANK OF KOREA, "inter-industry relations table 2003," THE BANK OF KOREA
9. THE BANK OF KOREA, "inter-industry analysis," THE BANK OF KOREA
10. 52 ways to reduce your ecological footprints, Green Korea United
11. Statistics Korea, water quantity by regions industrial classification of industrial census. Statistics Korea
12. Korea rural community corporation, <http://www.ekr.or.kr/Kkrpub/index.krc>