

물의 산업간 거래에 관한 연구
- 식량자급률 증가가 용수수요에 미치는 효과
Input-Output Analysis on Inter-Industrial Water Flow: Application to
water consumption change by increasing self-sufficiency ratio of
agricultural product in South Korea

김재준*, 박성제**, 이종근***, 류시생****
Jae Joon Kim, Sung Je Park, Jong keun Lee, Si Saeng Ryu

요 지

본 연구에서는 물이용을 포함한 투입산출모형을 구축하고 식량자급률 증가 시나리오를 이용하여 가상적 물의 소비량을 시산해 보았다. 이를 위해 산업별 물 이용량 자료를 경제활동의 투입요소로 가정하고 투입산출계정을 확장하였다. 시나리오는 농산물 수입이 감소(5%, 10%, 20%, 40%)함에 따라 및 국내 농산물의 최종소비가 증가하는 방식이다. 분석결과, 국내 농산물 소비가 증가함에 따라 농업부문 생산활동에 필요한 잠재적인 물 소비는 8.3%(3.8억 m³)~66.5%(30억 m³)로 증가하였다. 또한 순 가상수 유출량(수출-수입)은 시나리오별로 약 -24억 m³(SCE1)~-9.8억 m³(SCE4)로 나타났다. 이러한 결과는 농업생산이 물 집약적 산업으로 여타 산업과 비교해 물 이용량이 크고, 수출기반 산업이 아닌 국내 소비형 산업의 특성이 반영되었기 때문으로 판단된다. 한편으로 국내 농업의 활성화는 식량자급률 증가에도 기여할 것으로 기대된다. 본 연구의 결과는 국내 식량자급률 증가를 위해서 농업용수 등 수자원의 지속적 확보가 필요함을 시사한다.

핵심용어 : 투입산출모형, 식량자급률, 시나리오, 가상수, 농업용수

1. 서론

물이 희소성이 증가하면서 물의 경제적 가치 또한 중요해지고 있다. 수자원은 공공재적 성격을 지닌바 동시에 경제활동의 필수적인 요소로 쓰이고 있다. 특히, 물은 농림수산업의 생산활동과 밀접한 관련이 있다. 우리나라는 전체산업에서 농업부문이 차지하는 산출액 비중이 약 2.4%(한국은행, 2005)인 반면, 2003년 기준 총 수자원 이용량의 약 47%가 농업용수로 사용되고 있다. 반면 광업 및 제조업에 쓰인 공업용수는 약 26억 m³으로 8%가 사용되었다(건설교통부, 2006).

그러나 우리나라는 2009년 기준으로 약 26억 달러의 농산물(곡실류)을 수입하여 수입액 대비 수출액 비중이 약 5.5%인 대표적인 농산물 수입국이다(한국무역협회, 무역통계-산업별). 따라서 가상수의 개념²⁾에서 보면 우리나라는 다량의 농산물 수입으로 인해 물을 간접적으로 수입하는 국가로 인식 될 수 있다³⁾. 식량안

* 정회원 · 미래자원연구원 주임연구원 · E-mail : jaeikim99@gmail.com
** 정회원 · 미래자원연구원 원장 · E-mail : psungje@gmail.com
*** 정회원 · 미래자원연구원 주임연구원 · E-mail : jongkeum80@gmail.com
**** 정회원 · 미래자원연구원 수석연구위원 · E-mail : sisaeng@gmail.com
2) 물의 국가간, 산업간 거래에 대한 개념은 가상수(Virtual Water)의 거래(Trade)로 이해된다. 가상수는 최종생산물 생산과정에서 요구되는 물의 양으로 처음 소개되었다(Allan, 1996, 1998).
3) 가상수 개념을 도입해 추정한 우리나라의 물 수입 의존도는 약 68%로 나타났다(UNESCO-IHE, 2004).

보(Food Security) 및 식량자급률(Self sufficiency rate of Food)에 대한 인식이 부각되면서(황연수, 2009), 국내 농업생산의 안정성과 지속성을 추구하려는 노력이 요구된다. 이를 위해 농업생산 증가에 대비한 수자원 관리계획이 적절히 수립될 필요가 있다.

경제활동을 통한 물의 소비는 직접적인 소비 외에 산업간 거래에 사용되는 잠재적인 물이용량을 추가로 고려할 필요가 있다. Dabo and Hubacek(2007)⁴⁾은 투입산출자료, 물 이용량, 폐수발생량 등의 자료를 이용해 중국 북부지역의 산업별 순 가상수량⁵⁾을 추정하 바 있다. 본 논문에서는 국내의 농산물 식량자급이 증가하는 시나리오를 구축하고 투입산출모형을 통해 물의 소비변화를 추정해 보고자 한다. 연구수행절차는 다음과 같다. 먼저 산업별 물 이용량 자료를 수집한다. 그리고 산업별 물이용량을 포함한 투입산출자료를 구축한다. 다음으로 산업별 투입산출관계를 모형화하고 정량적인 계산 프로그램을 작성한다. 끝으로 시나리오를 작성·적용하고 분석결과를 도출한다.

2. 자료구축

본 연구는 투입산출계정에 산업별 물이용 계정을 추가로 구축하였다. 모형의 부문 분류는 다음의 Table 1과 같다. 농업부문은 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS: Water Management Information System)의 제공정보를 활용하였다. 또한 광업 및 제조업 부문은 2003년 기준 전국산업총조사의 용수량 자료, 그리고 서비스업은 상하수도 통계(환경부, 2004)의 생활용수 중 영업 및 업무용 물 이용량 자료를 활용한다.⁶⁾

Table 1. Composition of sectors

	Sectors	Code	Sectors	Code
Industry	Agriculture, fishing, forest	A1	Iron product	A17
	coal mining	A2	Metal Product	A18
	Metal mining	A3	Machine and Equipment	A19
	Non Metal mining	A4	Computer and Office	A20
	Food Products	A5	Other Electric Machine	A21
	Tobacco	A6	Electronic equipments	A22
	Fiber product	A7	Medical, Optical products	A23
	Clothes product	A8	Automobile and Trailers	A24
	Leather product	A9	Other Transports	A25
	Wood product	A10	Other Manufacturing	A26
	Pulp and Papers	A11	Electricity	A27
	Printing	A12	Gas and Heat	A28
	Oil product	A13	Water Supply	A29
	Chemical product	A14	Construction	A30
	Rubber and Plastic	A15	Services	A31
	Non Metallic Product	A16		
Final Demand	Household Consumption	Con	Export	Ex
	Government Consumption	Gov	Import	Im
	Investment	Inv		
Value Added	Labor	Lab	Capital	Cap
	Tax and Subsidy	Ts	Water Input	WAT

4) 최근에는 상품별 가상수의 추정방식(Allan, 1998; Hoekstra and Hung, 2003; Hoekstra and Hung, 2005) 외에도 산업 및 지역(해외)간 거래를 이용한 직·간접적 물 거래 흐름을 추정하는 방식이 활용되고 있다(Dabo and Hubacek, 2007).

5) Direct freshwater Coefficient (담수 투입계수)를 활용하여 Virtual freshwater Net Exports(가상수 순 수출), Value Added/Water(부가가치액/물 소비량) 시산

6) 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS: Rural Agricultural Water Resource Information System)에서는 용수구역, 행정구역, 수계, 권역별 농촌용수 수요량 정보를 제공한다. 그러나 WAMIS와 RAWRIS의 용수이용량 값은 차이가 있다. 현재까지 우리나라의 공업용수 이용에 대한 체계적인 자료수집이 부족하고 공업용수 사용량을 조사하는 기관과 조사 방법에 따라 상당한 차이가 있다. 또한 우리나라는 각 지방자치단체가 조례를 통해 생활용수의 급수업종별 세부구분을 규정하고 있다(윤석영 등, 2007). 따라서 전국적으로 일관된 통계가 작성된다고 하기 어렵다.

그러나 전기, 가스 및 수도업 등의 물 이용량은 가용한 자료가 존재하지 않아 별도로 작성하지 않았다.⁷⁾

여기서는 2003년 전국산업총조사의 표준산업분류 대분류별 물 이용량 자료를 활용하였으며, 따라서 2003년 산업연관표를 표준산업분류에 맞도록 조정하였다. 산업간 거래 자료의 단위는 금액단위(백만원)이며, 물 이용량은 물리적 단위(m³)를 사용한다.

3. 투입-산출 모형

산업연관모형은 일정기간동안 이루어진 경제주체의 산업간 거래흐름을 보여준다. 투입산출 모형은 다음의 행렬식으로 표현된다.

$$X = (I - A)^{-1} Y, \quad Y = Y_D + Y_E - Y_M \quad (1)$$

X 는 산출량 벡터이며, $(I - A)^{-1}$ 는 레온티에프 역행렬 계수(또는 생산유발계수)이다. Y 는 최종수요 벡터이며, 국내 최종수요(Y_D), 수출(Y_E), 그리고 수입(Y_M)으로 구성된다.⁸⁾ 따라서 식 (1)에 의해 최종수요의 단위변화에 대한 직·간접적인 생산유발효과가 계산된다.

물이 생산활동의 투입요소라고 가정하면 각 산업별 물 소비계수(w_unit_i)는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$w_unit_i = \frac{W_i}{X_i} \quad (2)$$

W_i 는 i 산업의 최종 물 소비량이며, w_unit_i 의 단위는 m^3/won 이 된다. 여기서 물 소비계수는 산업의 단위 생산에 쓰이는 직접적인 물의 양을 의미한다(Bouhia, 2001). 그러나 물은 중간재 소비를 통해 간접적으로도 생산활동에 투입된다. 따라서 Dabo and Hubacek (2007)은 직·간접적인 물 소비를 포함한 총 물 소비량을 식 (3)과 같이 산정하였다.

$$\text{총 물 소비량} = \widehat{w_unit} (I - A)^{-1} Y \quad (3)$$

$$\text{순 물 수출량} = \widehat{w_unit} (I - A)^{-1} (Y_E - Y_M)^9 \quad (4)$$

식 (3)은 단위 물 소비계수와 생산유발계수를 곱하여 최종수요 단위 변화에 대한 직, 간접적인 유발효과를 포함한다. 가상수의 국내 유출입량은 식 (4)를 이용해 시산한다.

4. 시나리오 및 분석결과

4.1 시나리오

본 연구는 농산물 자급률 증가를 가정하기 위해 농산물 수입이 감소함에 따라 국내 농산물의 소비가 증가하는 시나리오에 대해 분석한다.¹⁰⁾ 시나리오 구축 방식은 농산물 수입액 감소분만큼 국내 농산물 최종소비를 증가시킨다. 농산물 수입 감소는 2003년 기준 수입액의 5%(SEC1), 10%(SEC2), 20%(SEC3), 그리고 40%(SEC4) 등 단계적으로 감소한다고 가정한다.

7) '공장폐수의 발생 및 처리' 자료에는 발전수도 업종의 용수사용량이 집계되어 있다. 그러나 발전수도 업종의 용수공급원 중 해수의 사용비중이 크고(약 70.5%), 통계값이 일단위로 제공되어 산업연관표의 자료와 일치시키기에 어려움이 있다. 이 밖에 우리나라 물 이용량 중 유지용수, 가계부문의 가정용수 등은 고려하지 않았다.

8) 설명의 편의를 위해 부문별 인덱스는 생략한다.

9) $\widehat{w_unit}$ 은 물 소비계수를 포함한 대각화된 정방행렬임.

10) 본 연구에서는 생산자가격평가표를 이용하므로 국산품과 수입품을 차별화하지 않는다. 따라서 최종소비 증가 시나리오가 순수하게 국산생산물의 최종소비인지 구분되지 않는다. 그러나 2003년 산업연관표의 국산거래표와 수입거래표를 보면 총 농산물 최종소비 중 국산품의 비중이 92.9%에 이른다. 수입 농산품은 90% 이상 농산물 생산의 중간재로 쓰이고 있다. 따라서 생산자거래표의 민간소비지출 증가가 국내 생산활동에 기여하고 농림수산물 자급률을 높인다는 본 연구의 가정은 큰 무리가 없다고 판단된다.

4.2 분석결과

우리나라는 농업부문은 수입이 수출보다 크기 때문에 농림수산업의 순 가상수 수출(net virtual water export)은 음(-)의 값을 갖는다.¹¹⁾ 시나리오 분석결과, 농산물의 국내 소비가 증가하고 농산물 수입이 감소함에 따라 가상수의 순 수출은 증가하였다. 그 범위는 기준년도 대비 최소 7.9%(SCE1)에서 최대 63.1%(SCE4)에 이른다. 또한 농산물 소비 증가는 국내 생산활동에 영향을 미쳐 전체적인 물 소비를 증가시키는 것으로 나타났다. 잠재적인 물 소비량은 농업부문이 기준년 대비 3.85억m³(SCE1) ~ 30.7억m³(SCE4) 증가하였다. 국내 산업의 총 물 소비량은 농산물의 국내 소비가 약 40% 증가한다는 시나리오(SCE4) 하에서 기준년 대비 54.5% 증가한 54.5억m³가 요구되는 것으로 계산되었다.

우리나라의 농업생산구조에서는 대부분 수입된 농산물이 농업부문의 중간재로써 사용되고 일부만이 최종 소비 된다. 반면 국내에서 생산된 농산물 최종생산품은 대부분 민간소비로 지출된다. 따라서 농산물 최종소비 증가는 국내 농업부문의 생산활동 증가를 유발하는 효과가 커서 국내 식량자급률 증가로 나타나게 된다. 이 경우 산업연관효과에 의해 전체 산업활동에 요구되는 직·간접적 물 소비량은 상당히 증가할 것으로 예상된다. 이러한 결과는 국내 농산물 자급이 증가할 경우 농업부문을 포함하여 전체 산업의 생산활동 증가를 위해 안정적인 수자원 공급이 필요함을 의미한다.

Table 2. Virtual Water Change

unit: million m³

Scenarios	net virtual water trade ¹⁾		total water consumption change ³⁾	
	A1	total	A1	total
	EX-IM	EX-IM		
SCE1	-2,468	2,021	385	682
SCE2	-2,257	2,530	769	1,363
SCE3	-1,834	3,546	1,538	2,726
SCE4	-989	5,548	3,077	5,453
range(rate of change)	7.9%~63.1% ²⁾	33%~268% ²⁾	8.3%~66.5%	6.8%~54.5%

1) 농업부문과 전체 산업의 순 가상수 수출 값.

2) 기준년 대비 농업부문 및 전체 산업의 순 가상수 수출 변화율

3) 기준년 대비 총 가상수 소비량 변화.

Table 3. Economic Impacts

unit: billion won

Scenarios	GDP change		lab	cap
	A1	total		
SCE1	767	2,022	164	499
SCE2	1,534	4,044	327	998
SCE3	3,068	8,088	655	1,997
SCE4	6,135	16,176	1,309	3,994
rate of change	1.96%~15.64%	0.08%~0.67%	0.05%~0.38%	0.15%~1.17% ¹²⁾

11) 농업부문 수입 감소에 따라 가상수 순 유입(유출)은 감소(상대적 증가)하게 된다. 2003년 농업부문의 수입은 수출의 약 13배에 이른다. 따라서 가상수의 순 수출은 시나리오 적용 결과 모두 음의 값이 나타난다. 투입산출분석은 최종수요 부분을 외생변수로 한다. 그러므로 수입과 소비가 변하는 반면 수출과 투자는 기준년과 같이 주어진다. 따라서 농산물 수입감소는 가상수 유입의 감소를 의미하게 되고 결국 변화율은 가상수 수입 감소율과 같다.

12) 계산 결과에 의하면 부가가치 증가에서 노동보다 자본이 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 농업부문의 투입구조에서 확인할 수 있다. 2003 생산자가격평가표에서 노동과 자본의 투입계수는 각각 0.07과 0.51로써 우리나라 농업이 상당히 자본집약적인 산업인 것으로 나타났다. 따라서 최종소비가 유발하는 부가가치는 자본에 의한 효과가 더 크게 나타나게 된다. 이러한 우리나라 농업생산 구조는 농업부문의 노동공급이 꾸준히 감소한 것에 기인한다.

5. 결론

본 연구에서는 투입산출분석을 이용해 가상의 물의 소비량을 시산해 보았다. 분석결과, 국내 농산물 소비가 증가함에 따라 농업 생산활동에 필요한 잠재적인 물 소비는 8.3%(3.8억^m)~66.5%(30억^m)가 필요한 것으로 나타났다. 또한 농업부문의 순 가상수 유출량은 시나리오별로 약 -24억^m(SCE1)~-9.8억^m(SCE4)으로 나타났다. 농업은 물 집약적 산업으로 생산활동 증가에 따라 투입요소인 수자원의 안정적인 공급이 요구된다. 또한 국내 농업의 활성화는 식량자급률 증가에도 기여할 것이다. 따라서 본 연구의 결과는 국내 식량자급률 증가를 위해서 농업용수 등 수자원의 지속적 확보가 필요함을 시사한다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 갖는다. 첫째로 전력 산업 등 산업별 물 이용현황을 모두 반영하지 못하고 있다. 두 번째로 물의 투입부문만을 고려하고 산업활동을 통해 배출되는 과정을 고려하지 못하였다. 따라서 불완전한 투입산출 계정을 갖고 있다. 세 번째로, 생산자가격평가표를 자료로 활용하여 국산거래와 수입거래를 경쟁관계로 보고 분석하였다. 농산품은 점진적인 시장개방이 이루어지고 있으나 아직까지 국내 관세율이 상당히 높기 때문에 상품별로는 중간재 또는 최종생산물 시장에서 차별화되는 경우가 빈번하다. 그러나 국산농산물과 수입농산물의 차별화를 포함한 분석으로 발전하기 위해서는 세부 농산물 분류별로 용수이용량에 대한 자료구축이 선행되어야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사의 물산업 핵심분야 지원사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2006). 수자원장기종합계획 2006-2020.
2. 김종호 외(2007). 환경경제통합계정 작성기반 구축 및 활용방안 연구, 한국환경정책·평가연구원.
3. 윤석영 외(2007). 물이용 특성평가 체계 연구보고서, 건설교통부.
4. 한국은행(2003; 2005). 산업연관표.
5. 한국무역협회(2009). 무역통계(web).
6. 황연수(2009). 식량자급률 제고의 필요성과 정책과제, 지역사회연구 17권 1호, pp 29~58.
7. Allan, J. A.(1996). The political economy of water: reasons for optimism but long-term caution. In *Eater, Peace and the Middle East: Negotiating Resources in the Jordan Basin* by Allan, J. A. (Ed). Tauris Academic Studies, London.
8. Allan, J. A.(1998). Virtual Water: A strategic resource, global solutions to regional deficits. *Ground Water* 36, 545-546.
9. Dabo, G. and Hubacek, K.(2007). Assessment of regional trade and virtual water flows in China, *Ecological Economics*, Volumn 61(1), 159-170.
10. Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra.(2004). *Water Footprints of Nations*, Volumn 1: Main Report, UNESCO-IHE.
11. Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung.(2003). Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change* 15, 45-56.
12. Leontief, W.(1970). Environmental repercussion and the economic structure: An Input-output approach, *Review of Economics and Statistics*, 52, pp. 262-277.