

논 농업용수의 외부효과 구분과 비용산정에 따른 경제성 분석

Economic Analysis by Cost Estimation and Externality Classification to Agricultural Water Supply

김 해 도* 허 승 오** 조 진 훈*** 나 민 철****

Kim, Hae Do · Hur, Seung Oh · Jo, Jin Hun · Na, Min Chul

Abstract

The subject of externality of agricultural water supply has been discussed in the OECD AC (Organization for Economic Cooperation and Development Agriculture Committee) while argued between monsoon Asian developing countries and the agricultural product export nations (Australia, EU, etc). It argued that a 'positive' approach to multifunctionality views agriculture as an economic activity with multiple, interconnected outputs or effects, and a 'normative' approach interprets multifunctionality in terms of the multiple roles assigned to agriculture. and the agricultural product export nations insisted 'negative' approach to externality of agricultural water supply like causing water pollution. So, in this study, define the externalities (positive, negative and economic, environmental) in terms of the agricultural water supply and calculate benefit and cost each the externalities by cost estimation. As results, BC is calculated to 1.28 which means that it is more economical to agricultural water supply and shows that although the negative externalities comes out while supply the agricultural water, it still more valuable to supply the agricultural water.

I. 서 론

호주나 미국 등에서는 물시장 창출을 통해 농업용수가 하나의 산업으로 자리매김을 하고

있으나 우리나라에서는 농업용수가 하나의 자원물이라는 인식보다는 무상으로 제공되는 자연물이라는 인식이 강해 산업으로 확장되기에는 사회적 합의가 부족하다. 특히 OECD

* 한국농어촌공사 농어촌연구원 (searoad@ekr.or.kr)

** 농촌진흥청 (soilssohur@korea.kr)

*** 한국농어촌공사 농어촌연구원 (jjhjo@ekr.or.kr)

**** 한국농어촌공사 농어촌연구원 (rmc3401@ekr.or.kr)

키워드 : 농업용수, 외부효과, 다원적기능, 경제성평가

(Organization for Economic Cooperation and Development) 농업분과위원회에서는 각국의 농업지원의 성격을 분석하여 무역을 왜곡시키는 지원을 줄여나가고 시장원리가 지배하도록 해 자유로운 무역질서를 구축해 나가고자 나라별 생산자지지추정치를 산정하고 있다. 하지만 수도작 위주의 작부체계를 갖고 있으며 소농위주인 우리나라 농업환경은 물소비가 크고 많은 농업수리시설을 요구함으로써 미국이나 EU, 오세아니아 국가들과의 농업정책과 같을 수 없음에도 불구하고 PSE (Produce Support Estimation)를 동일한 기준으로 적용하고 있다. 따라서 우리나라도 OECD 논의에 적극 참여하여 우리나라의 입장을 충분히 알려 해결방안을 모색할 필요가 있다(Song, 2008). 한편, 농업용수와 관련하여 OECD 농업위원회에서 논의되었던 주요 안건으로 우리나라 같은 아시아 몬순기후 국가에서 주장하고 있는 농업의 다원적기능에 대해 농산물수출국에서는 경제학용어인 외부효과(Externality)를 언급하면서 다원적기능을 공급하기 위한 정책수단은 농산물 생산과 비시장재와 결합성의 존재여부 및 시장실패, 공공재 성격의 여부 및 비용·편익 등에 대한 실증분석의 문제로 남겨놓아 수출·입국간 상호 유리한 방향으로 해석할 여지를 남겨놓았다(Kang, 2007). 따라서 수자원이 가지는 자본재에 대한 인식을 확보하면서 국외의 다양한 압력에 대응할 수 있는 농업용수에 대한 경제적 의미를 부여할 수 있는 대응방안이 필요한 시점이다. 본 연구는 지금까지 농업의 공익적 기능을 평가하면서 외면되었던 부정적외부효과의 비용환산을 통해 외부효과 평가에 대한 공정성을 확보하고, 경제적외부효과와

환경적외부효과 구분을 통하여 국내 등 아시아 몬순지역 국가에서 주장하고 있는 농업용수의 다원적기능의 평가에 대한 객관성을 확보하고자 한다.

II. 연구방법

1. 농업용수의 외부효과 분류

농업용수에 대한 외부효과는 긍정적 효과와 부정적 효과로 분류되는데, 이것은 농업의 다원적 기능에 대한 계량화된 자료의 신빙성을 의심하는 농산물 수출국과 홍수조절이나 지하수 함양 등의 계량화된 자료 외에 계량화가 어려운 농촌문화유지 등의 사회·문화적 기능까지도 포함시키려는 농산물 수입국 사이의 논쟁에 따라 농업의 공익기능에 더해 역기능까지도 포함하고 있다. OECD에서는 농업용수의 외부효과에 대한 평가방법을 판단할 수 있도록 수자원과 관련한 비용에 대한 분류를 제시하고 있다(OECD, 2006). 수자원 정책에 있어 경제적 부분의 역할을 고려해볼 때 수자원의 가치와 비용 사이의 차이를 명확히 구별하고, 그것들과 물의 가격을 서로 연관시킬 수 있는 방법을 찾는 것이 중요하므로, 수자원에 대한 가치와 비용에 대한 구분은 필요하며, OECD에서 분류하고 있는 농업용수의 비용은 다음과 같다.

① 전체공급비용(FSC, full supply costs) : 소비자들에게 물을 공급하는 것에 수반되는 비용. 이 비용은 두 개로 구성되어 있는데, 관개에 대한 농업보조를 측정하는 관점에서

Table 1. Classification of Externality by Agricultural Water Supply

Classification	Direct effect	Indirect effect	Externality
Positive externality	Productivity improvement	Food security Greenhouse absorption (CO ₂)***	ECE*
	Groundwater replenishment	Municipal · Industrial water supply	
	River-stream base flow		
	Water purification		EE**
	Biodiversity	-	
	Climate moderation	-	
Negative externality	Drought moderation	-	ECE
	Water contamination	-	
	Greenhouse emission (CH ₄)	-	EE
	-	Energy consumption	ECE

* ECE: Economic cost of externality, ** EE: Environmental externality
 *** : Classification with environmental externality

중요한 비용임.

- 유지관리비용(operation & maintenance costs): 펌프사용에 소모된 전력, 노동력, 수리비용처럼 매일같이 물을 공급할 수 있도록 하는 시스템을 유지하기 위한 비용
- 자본비용(capital costs): 댐이나 수로를 만드는 것과 같은 새로운 기반시설에 대한 자본투자 비용과 기존의 시설에 대한 재개발 투자비용을 포함

② 전체경제비용(FEC, full economic costs): 전체공급비용에 다음의 비용이 더해진 것임

- 기회비용(opportunity costs): 사용자를 선택해 물을 사용시 다른 사용자가 그 물을 사용함으로써 발생하게 될 가치를 상실하게 되는데 그 때 상실하게 된 가치를 기회비용이라 함.
- 경제적 외부효과(economic cost of externalities): 관개로 인한 지하수함양 같은 공익기능과 관개시스템에서 오염물질 방출 또는 상류지역에서의 수자원의

전용과 같은 역기능

- ③ 전체비용(FC, full costs): FSC + FEC + 환경적 외부효과(environmental externalities)
- 경제적 외부효과는 상류와 하류에서의 생산자와 소비자에 대한 비용을 포함하고 있는 반면에 환경적 외부효과는 공중보건이나 생태계와 관련 있음.

본 연구에서의 외부효과분류는 경제적 외부효과(ECE, economic cost of externality)와 환경적 외부효과(EE, environmental externality)로 구분하였고 이를 기준으로 긍정적 외부효과(positive externality)와 부정적 외부효과(negative externality)를 Table 1과 같이 구분하였다. 구분 기준은 계량적 수치의 계산이 가능한 인자만을 대상으로 하였다.

2. 외부효과의 편익 및 비용 산정

경제적 외부효과로서는 생산성향상, 지하수함양, 하천유지용수, 수질정화기능, 수질오염기능으로 구분하였으며, 각각의 편익 및 비용의

Table 2. Descriptive Statistics on Long-term Composting and Fertilization

Analysis period	Fertilizer	Ave.	Std. error	Median	Min.	Max.	Std. deviation	Variance
1990~2009	NF*	360.2	16.5	364	251	497	72.1	5,198
	3EF**	619.9	14.0	605	534	796	60.8	3,699

* NF: Non fertilizer, ** 3EF: 3 element fertilizer

산출기준을 설정하였다.

① 생산성향상기능(편익) : 농업용수 공급에 따른 농업생산성 향상 기여효과

② 지하수함양기능(편익) : 논에서 침투로 인한 지하수의 상승효과

③ 하천유지용수기능(편익) : 농업용수가 농경지 공급후 하천으로 유입된 수량에 대한 공급효과

④ 수질정화기능(편익) : 농경지 내의 양분 수치(유입수와 유출수간 농도차이)에 의한 정화효과

⑤ 수질오염기능(비용) : 농업용수 이용에 따라 발생하는 수질오염 효과

⑥ 에너지 소모(비용) : 농업용수 공급에 따른 에너지 소모효과

환경적 외부효과로서는 생물다양성기능, 기후순화기능, 온실가스방출기능, 온실가스흡수기능으로 구분하였으며, 각각의 편익 및 비용의

산출기준을 설정하였다.

① 생물다양성기능(편익) : 농업용수 공급으로 인한 생태계가 다양해지는 효과

② 기후순화기능(편익) : 농업용수의 공급시 잠열효과에 의한 기온저하효과

③ 온실가스흡수(편익) : 농업용수 공급에 따라 작물생육시 발생하는 이산화탄소 흡수효과

④ 온실가스방출기능(비용) : 논에서 농업용수 공급에 따른 메탄가스의 발생효과

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 경제적 외부효과의 편익 및 비용 산정 결과

가. 농업용수 공급에 따른 생산성 향상기능 편익 산정

농업용수 공급에 따른 농업생산성 향상기여율을

Table 3. Descriptive Statistics of Benefit on Productivity Improvement Function

Year	Benefit of productivity improvement function (won)	Descriptive statistics	
1998	3,478,462,353,878	Average	4,971,658,582,122
1999	4,402,842,518,725	Median	4,751,746,956,260
2000	7,618,833,077,940	Minimum	3,478,462,353,878
2001	5,551,429,110,000	Maximum	7,618,833,077,940
2002	5,712,215,043,080	Std. deviation	1,046,196,452,152
2003	4,751,746,956,260	Std. error.	240,013,926,843
2004	4,830,017,270,000		
2005	4,473,535,255,050		

편익으로 산정하는 방법은 농업용수 공급만으로 얻을 수 있는 벼의 수량을 산출하고 비용으로 환산하였다. 분석방법은 1990부터 2009년도까지 국립농업과학원에서 실험을 실시한 무벼구(비료투입 없음)에 대한 산출량을 통계 처리하여 생산량을 결정하였고, 비용으로의 환산가격을 추정하기 위해 “벼 조곡의 수매가격 및 관개량 변화 양상(www.wamis.go.kr)”에서부터 평균관개량을 구해 식(1)에 의해 편익으로 환산하였다.

$$[(\text{벼 수량(kg)/10a}) \times (\text{벼가격(원)/40kg})] \times (1/\text{관개량(mm)}) = \text{농업용수 잠재가치(원)/ton} \dots (1)$$

Table 2의 통계결과에 따르면 농업용수 공급만으로 얻을 수 있는 벼의 수량은 평균적으로 360kg로 산출되었다. 이러한 결과는 비료공급을 통한 평균산출수량인 619.9kg의 58%에 해당하는 수량이며, 범위는 최소값의 47%에서 최대값의 62%까지에 이른다. 따라서 농업용수 공급의 벼 수량에 대한 공헌도는 최소 47%부터 최대 62%까지라고 판단할 수 있으며, 나머지 53%에서 38%까지가 3요소에 의한 효과라고 판단할 수 있다.

식(1)을 이용해 농업용수의 잠재적 가치에 대한 기술통계량을 산정하였고 년도별 총 관개량을 곱하여 농업용수 공급으로 발생하는 외부효과의 생산성향상 기능의 편익을 4조9천억원으로 산정하였다(Table 3).

나. 농업용수 공급에 따른 지하수 함양기능 편익 산정

지하수 함양에 대한 편익 산출을 위해 Oh

et al.(2009)에 의한 분석자료를 바탕으로 산정하였다. Oh et al.(2009)에 따르면 지하수 함양량은 논으로부터의 침투로 인해 지하수의 상승을 가져오는 양을 합한 것으로 지하수위 변화로부터 계산한다. 이것은 두개의 구성성분을 가지고 있는데 하나는 순 지하수 함양량이고 다른 하나는 지하수로부터 하천으로 복류되어 환수되는 양이다. 그러나 복류되어 환수되는 물은 최종적으로 지하수로 활용되는 것이 아니기 때문에 지하수 함양량에 포함시키는 것은 무리가 있어 지하수 함양량만을 이용해 편익을 산정하였다. 지하수를 함양에 대한 편익 계산식은 식(2)와 같다.

$$\text{지하수평가액} = (\text{단위면적당 지하수 함양량}) \times (\text{논면적}) \times (\text{지하수개발비} + \text{유지관리비}) + \text{감가삼각비} \dots (2)$$

여기서, 단위면적당 지하수 함양량은 경기도 안성시 고삼저수지 관개지역에서 실측한 값으로, 719.5mm/yr로 하였으며, 지하수 개발비는 111원/톤, 지하수 유지관리비는 70원/톤, 감가삼각비는 연간이자율을 6%로 하고 감가삼각기산을 60년으로 계산하고 있다.

이러한 자료를 바탕으로 지하수 함양에 대한 편익을 산정하면 다음과 같다.

$$\text{① 지하수 함양량} = 719.55\text{mm} \times 1,010,287 \text{ha} (2009\text{년 논면적}) = 72\text{억 } 6\text{천 } 9\text{백만톤}$$

$$\text{② 지하수개발비} = 72\text{억 } 6\text{천 } 9\text{백만톤} \times 111\text{원/톤} = 8,069\text{억원}$$

$$\text{③ 감가삼각비} = [(\text{지하수개발비}) \times 0.06 \times (1+0.06)^{60}] / [(1+0.06)^{60} - 1] = 499\text{억원}$$

$$\text{④ 유지관리비} = 72\text{억 } 6\text{천 } 9\text{백만톤} \times 70\text{원}$$

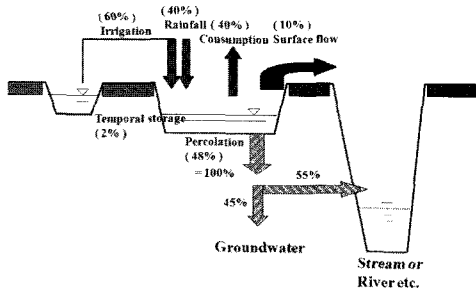


Fig. 1. Water Balance in Paddy Field

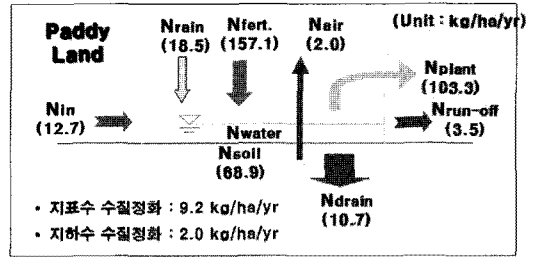


Fig. 2. Nutrient Balance in Paddy Field (Source: NAAS, 2008)

/톤 = 5,088억원

농업용수 공급에 의한 지하수 함양에 대한 긍정적 외부효과에 대한 편익은 ①, ②, ③, ④를 모두 더한 값으로, 1조 3천 656억원으로 계산하였다.

다. 농업용수 공급에 따른 하천유지용수 기능 편익 산정

농업용수 공급에 따른 하천유지용수 공급에 대한 편익산정은 방법은 농경지에서의 수분수지를 기준으로 산정하였다.

Fig.1은 농경지에서의 수분수지로서 농경지로부터 소하천으로 유출되는 유출수의 비율은 공급된 농업용수의 10%에 해당하며, 지하로 침투했다가 복류수로 해서 하천으로 유출되는 비율은 24.75%를 차지한다. 이러한 비율을 논 용수량(129억³m)에 적용하면 유출수로 하천으로 유입된 양과 복류수로 하천으로 유입된 양을 합하면 논에 공급된 농업용수가 하천으로

유입된 양이 되므로 농경지에 공급된 농업용수가 하천으로 유입된 양은 45.31억³m(2006년도)으로 환산하였다.

하천유지용수는 현재 무료이기 때문에 편익을 산정하기 위해 비교적 요금이 저렴한 하수도 요금을 기준으로 산정하였다. 산정결과 8,730억원부터 1조 8855억원까지 존재하는데, 처리비용에 대한 상승을 감안해 18,855억원을 농업용수 공급에 따른 하천유지용수 공급 편익으로 산정하였다.

라. 농업용수 공급에 따른 수질정화기능 편익 산정

농업용수 공급에 따른 수질정화 기능의 편익 계산은 농경지내 유입수와 유출수의 농도 차이를 기반으로 농경지 내의 양분수지 계산을 통해 산출하였다. 수질지표는 질소로 하여 논에서 유입수와 유출수 및 천층지하수에 대한 수질을 측정하고 토양 잔존량과 식물체 흡수량

Table 4. Benefit on River-stream Base Flow Supply from Agricultural Water

Classification	Year	1997	2001	2003	2006
Estimation of river-stream base flow (10 ⁶ ton)		45.21	46.11	45.77	45.31
Sewer treatment cost (won/ton)		193.1	269.2	296.2	416.1
Benefit (10 ⁶ won)		8,730	12,414	13,556	18,855

및 휘산량을 측정·산정해 작성한 질소양분수지는 Fig. 2와 같다.

NAAS(2008)의 결과에 따라 지표수 수질정화량과 지하수 수질정화량을 합하여 11.2kg/ha/yr의 수질정화량을 결정할 수 있다. 이러한 수질정화 기능을 모수적 방법과 비모수적 방법에 의한 분석으로 화학비료와 농업용수를 대체할 수 있다는 Kim et al.(2003)의 연구에 따라 이렇게 설정된 질소 흡수기능을 화학비료 값으로 대체할 수 있다. 질소비료는 수입에 의존하기 때문에 시장상황에 따라, 수요에 따라 해마다 달라지지만, 최근의 가격을 반영해 계산해보면 다음과 같다.

$$[11.2(\text{kg}/\text{ha}/\text{yr}) \times 9,950\text{원}(4.2\text{kg 질소}/20\text{kg})] / 4.2 = 26,733\text{원}/\text{ha}/\text{yr}$$

여기서, 계산에 적용된 비료는 유안비료의 값을 적용했으며, 비료 1포당(20kg) 질소성분 함량이 4.2kg이어서 계산 값에 4.2를 나누어 주었음. 산정된 농업용수 공급에 따른 수질정화 편익을 농업용수가 공급된 논 면적(1,010,287ha, 2009년도)을 적용하여 연간 27,008백만원의 편익을 산정함.

마. 농업용수 공급에 따른 수질오염기능의 비용 산정

농업용수 공급과 수질오염의 관계는 유입수의 수질보다 배출수의 수질이 나쁘게 나타나야 수질이 오염되었다고 할 수 있는데, 실제로는 농업용수 공급이 수질을 악화시켰다기보다는 작물생육을 위한 시비로 인해 수질이 악화되었을 것이기 때문에 농업용수 공급과 수질 악화는 분명한 차이점이 존재한다. 따라서,

농업용수 공급에 따른 수질악화 문제는 농업용수 주공급원인 저수지의 수질을 평가해 오염의 유무를 논하는 것이 바람직하다. 배출수의 수질을 따져 오염의 유무를 판단하는 것은 농업용수 공급에 의한 효과라기보다는 농업용수 공급이 가져온 부수적 효과로 판단하는 것이 바른 방향일 것이고, 반대로 수질정화 기능 또한 농업용수 공급에 의한 간접적 효과로 보는 것이 타당할 것이다.

농업용수 수질을 판단함에 있어 다른 무기성분이나 유기성분들에 대한 언급 없이 질소나 인을 가지고 언급하는 것은 농업용수 공급으로 활성화되는 농업에 의한 자재 투입은 비료가 가장 우선적으로 투입이 되기 때문이다. 농약투입의 경우 병해충 발생과의 관련성이 높으나 병해충 발생이 정기적이거나 규모가 동일하거나 하지 않기 때문에 농약 잔류성분에 대한 분석은 포함시키지 않는 것이 일반화를 위해 바람직하다. 그리고 우리나라 수질기준에 비추어 볼 때 농업용 지표수의 수질정도는 오염이라고 판단할 농도가 아니다. 그러므로 농업용수 공급으로부터 발생하는 수질오염은 농업용수 수질기준을 상회하는 저수지의 총질소와 총인 농도를 감축시키기 위해 소요되는 비용을 산정하는 것이 논리적이다.

농림수산식품부에서는 농업용수원인 저수지·담수호의 수질개선을 위한 호소내 수질개선대책 및 퇴적물 처리를 통하여 깨끗한 용수 공급기반 구축, 쾌적한 농촌생활환경 조성을 위해 농업용수 수질개선 사업을 실시하고 있는데, 이 사업에 대한 집행되거나 집행예정인 사업비가 있어 이를 농업용수 공급에 따른 수질오염의 비용으로 산출하는 방법이다. 이 사업은 100% 전부를 국고에서 보조하는 사업

Table 5. Plan of Annual Investment for Agricultural Water Quality Improvement

(unit: million won)

Classification	Year	2007	2008	2009	2010	2011	Total
	Total		22,699	5,876	20,500	20,628	397,897
Water quality investigation		14,125	2,200	3,200	3,500	17,800	40,825
Improvement		8,574	3,676	7,300	7,128	380,097	406,775
Sediment disposal		-	-	10,000	10,000	-	20,000

으로, 2013년까지 수질이 『환경정책기본법』에 의한 호소의 생활환경기준 중 “약간나쁨” 등급을 초과하는 농업용저수지 53개소에 대한 수질개선사업을 실시하고 있다. 이 사업에 대한 근거법령은 농어촌정비법 제6조 내지 제10조, 제21조, 제108조, 제114조, 환경정책기본법 제4조가 있다. 농림수산식품부에서는 농업용 저수지나 담수호의 수질 개선을 위해 2007년까지 약 227억을 투입했고, 2008년에는 59억, 2009년에는 205억, 2010년에는 206억을 투입했다. 2011년 이후로는 약 4천억 정도가 투입될 예정이다. 따라서 농림수산식품부에서 농업용 저수지·담수호 수질개선을 목적으로 투입될 예산은 총 4천 676억원이다. 이러한 예산은 모두 부정적 외부효과로 판단이 되어지며, 외부효과의 경제적 비용(경제적 외부효과)으로도 산출될 수 있으며, 편익이 아니므로 전액이 농업용수 공급에 따른 부정적 외부효과의 비용으로 간주할 수 있다.

바. 농업용수 공급에 따른 에너지 소모 기능의 비용 산정

농경지에 농업용수를 공급하는 관개를 실시하는데 있어 에너지를 소비하는 것은 농업용수 공급에 따른 부정적 외부효과이다. 저수지의 경우는 중력을 이용한 내리흐림식 관개를 하기 때문에 에너지소모가 거의 없기 때문에

에너지에 대한 부정적 외부효과를 비용으로 산정하기위해 농업수리시설 중 에너지 소모가 큰 양·배수장을 대상으로 하였다.

양·배수장은 용수 공급 및 배수를 위해 원동기와 엔진을 사용하고 있으며 한국농어촌공사 관할의 시설들은 연간 737,779kW를 소비하고 있고, 지자체 관할의 시설들은 연간 151,409kW를 소비하고 있는 것으로 조사되었다 (Statistical yearbook of agriculture, Ministry for food, agriculture, forestry, and fisheries). 점유율은 공사 관할이 83%, 지자체 관할이 17%를 차지하고 있다. 장비종류별로는 원동기가 862,560kW를 소비해 97%를 점유하고 있고, 엔진이 26,628kW를 소비해 3%의 점유율을 갖고 있다.

본 연구에서는 한전에서 영업비용과 적정 투자보수비용 등을 포함해 계산한 적용단가를 이용해 비용을 산정하였다. 2009년 한전에서 산정한 적용단가는 84.23원/kWh이다. 이 비용은 수도와 관정용의 21.4원/kWh이나 시설 원예와 수산양식용의 37.8원/kWh보다 약 4배에서 2.2배 정도가 비싸다. 그리고 장비 한대당 부과되는 기본요금(5kW는 5,350원, 3kW는 3,210원)을 계산에 포함시켜야 한다. 각 비용에 대한 계산은 다음과 같이 한다.

$$\text{① 사용요금} = \text{사용용량(kW)} \times \text{적용단가(원)}$$

Table 6. Estimation of Benefit of Climate Purification by Agricultural Water Supply

Classification	Year	1997	2001	2003	2006
	Irrigation water for paddy (0.1million m ³)		13,010	13,270	13,170
Consumption water (0.1million m ³)		5,210	5,310	5,270	5,220
Domestic water rate (won/m ³)		6,400	6,400	6,400	6,400
Benefit of climate purification (0.1million won)		333,440	339,840	337,280	334,080

/kWh)

② 기본요금 = 장비대수 × 기본요금 × 12개월

③ 실제 총 요금 = ① + ②

위와 같이 계산된 에너지사용에 따른 비용은 공사와 지자체를 합하여 연간 755백만원으로 계산되었다.

2. 환경적 외부효과의 편익 및 비용 산정 결과

가. 농업용수 공급에 따른 생물다양성 기능의 편익 산정

논에 농업용수를 공급함으로써 생태계가 다양해진다는 것을 Han(2007)은 지속적인 연구를 통해 밝혀 왔다. 물을 공급받은 상시적으로 물을 보유할 수 있는 논은 작은 저수지의 형태를 띠고 있어, 물속에 다양한 생물군을 포함하고 있다. Han(2007)에 따르면 논에서 살고 있는 수서 동물은 갑각류, 패류, 수서 무척추 동물, 수서곤충 등 201종으로 관찰되었고, 토양미생물도 다양한 종이 분포하는 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 이에 대한 편익을 산정하기 위해 정부에서 제공하고 있는 습터조성을 위한 비용을 이용하였다. 생물다양성에 대한 환경적 외부효과를 위해 선택된 습터조성의 경우 ha당 2006년에 57만원의 돈을 지불하였다. 이러한 비용에 해당 년도 논의 재배

면적을 곱하여 논에 농업용수 공급에 따른 환경적 외부효과에 대한 편익비용을 산출할 수 있다. 계산결과 2006년도를 기준으로 하여 6,128억원의 편익으로 산정되었다.

나. 농업용수 공급에 따른 기후순화 기능의 편익 산정

Kim(2007)의 연구에 의하면 기후순화 기능(기후완화기능이라 표현함)은 두 가지 방식으로 계산되어 질 수 있는데, 하나는 논에의 잠열 효과에 의한 기온저하와 영향을 받는 세대수 및 냉방일수, 냉방전기로, 냉방시간을 고려해서 산정하는 방식과 다른 하나는 증발산량이 모두 증발잠열에 기여한다고 보고, 생활용수 가격을 적용하여 계산하는 방식이다. 두 가지 계산방식에 의한 결과는 전자의 경우에는 4,488억원이고 후자의 경우에는 4,348억원으로 산정이 되었다. 결과적으로 이 두 가지 방식이 유사한 값을 줌으로 인해 기후순화 기능의 편익 계산은 두 가지 방식 중 하나를 선택해도 문제는 없을 것이다. 본 연구에서는 증발산량이 모두 증발잠열에 기여하는 것으로 가정하여 생활용수 가격을 적용하여 계산하는 방식을 이용하였다. Fig. 1의 수분수지에 따르면 증발산으로 소모되는량은 투입된 농업용수의 40%에 이른다. 편익을 계산하기 위한 전제조건으로 Kim(2007)과 같이 생활용수

가격을 가치판단을 위한 기준으로 정한다면 긍정적 외부효과로서의 기후순화에 대한 편익 계산은 아주 간단해진다. 보수적 해석을 위해 생활용수 중 가장 작은 가격을 나타내는 수자원공사에서 공시하는 원수의 기본요금을 생활용수 요금으로 가정하고 계산하면 Table 6과 같다. 농업용수 공급에 의한 긍정적 외부효과인 기후순화에 대한 경제적 외부효과는 평균적으로 3,362억원으로 산정되었다.

다. 농업용수 공급에 따른 온실가스 흡수 기능의 편익 산정

농업용수 공급으로 논에서 온실가스가 발생되는 이면에 농업용수 공급으로 작물의 생육이 활발해지면서 이산화탄소를 흡수하게 된다. 이러한 이산화탄소의 흡수는 탄소를 에너지원으로 삼는 작물의 호흡으로 발생하며, 이산화탄소가 흡수될 때 부산물로 산소가 방출된다. 이산화탄소는 주요한 온실가스의 하나로서 식물들은 이것을 에너지원으로 사용함과 동시에 동물들의 호흡에 필요한 산소를 방출함으로써 지구대기의 균형을 맞추는 중요한 기능을 한다. 농업용수가 공급된 논에서 작물이 생육함에 따라 흡수되는 이산화탄소의 양과 가치를 산정하기 위해 Lee et al.(2008)에서 산정한 이산화탄소 흡수량 산정 모형을 이용하였다.

이산화탄소 흡수량을 판단하기 위해서는 작물의 건물생산량, 식물체가 함유하고 있는 탄소 함량을 고려해서 작성하며 이산화탄소 흡수량을 계산하기 위한 수식은 다음과 같다.

이산화탄소 흡수량 = 연간 총건물생산량 (kg/ha) × 벼식물체 총탄소함량(%) × 탄소를

이산화탄소로 전환시 환산계수 × 벼재배면적 (ha) · · · (2)

온실가스 흡수량을 계산하기 위해 지상부 전체에 대한 건조중은 벼짚의 건조중량과 조곡수량을 활용하는데, 벼짚 건조중량은 조곡수량과 건조벼짚의 비율을 활용하였다. 조곡수량이 차지하는 비율인 수확지수를 이용하면 벼짚의 건조중을 결정할 수 있는데, 기존의 보고서를 통해 산정된 조곡수량과 벼짚의 비율은 1.158이었으며, 이를 수확지수로 환산하면 0.463이다. 벼의 탄소함량은 농업과학기술원에서 분석한 자료를 바탕으로 평균 42%의 탄소함량 계수를 적용하였다.

벼짚의 건조수량은 평균 단위 조곡수량 6,607kg/ha에 1.158비율을 곱해 7,651kg/ha의 값을 얻을 수 있었다. 지상부의 두개의 값을 합한 총 바이오매스량은 14,258kg/ha이었다. 환산계수 $CO_2/C=44/12$ 를 적용해 논에서 벼 생육에 따른 이산화탄소 흡수량을 산정했다. 계산된 건물(乾物) 내 탄소함량을 CO_2 함량으로 변환했을 때 평균 건물 내 CO_2 함량은 22톤/ha를 나타냈고, 흡수량은 평균 약 2천2백만톤 정도를 흡수한 것으로 나타났다. 그에 따른 긍정적 외부효과인 온실가스흡수에 대한 경제적 외부효과는 평균 약 6,860억원의 편익으로 산정되었다.

라. 농업용수 공급에 따른 온실가스 방출 기능의 비용 산정

Kim(2007)에 의하면 논에서 농업용수 공급에 따른 메탄가스의 발생은 1990년의 410.2천톤에서 2000년의 346.7천톤으로, 2005년의 324.8천톤으로 줄어들고 있다. 이렇게 메탄가스 발생이 줄어드는 것은 다양한 이유가

Table 7. Loading of CH₄ from the Paddy

Classification	Year	1990	2000	2005
CH ₄ loading (10 ³ ton)		410.2	346.7	324.8
Paddy area (ha)		1,345,280	1,149,041	1,104,811

있을 것이지만 논면적의 감소가 가장 우선한 이유이다.

농업용수 공급에 따른 온실가스의 비용을 평가하기 위해서 조세연구원에서 2010년에 추진한 ‘에너지 세제개편과 배출권 거래제 연구방안’ 보고서에 나와 있는 이산화탄소 배출권 평균 예상가격을 활용하였다. 동 보고서에 따르면 이산화탄소 배출권 평균예상가격을 25유로/톤(한화 3만1천328원/톤)로 가정하고 있기 때문에 이 가격을 바탕으로 온실가스 발생에 대한 비용을 산정하기로 하고, Table 7의 메탄가스 발생량을 이산화탄소 배출량으로 환산하여 온실가스의 발생비용을 추정하니 2005년도를 기준으로 2,137억원의 비용으로 산출되었다.

3. 농업용수 공급에 따른 비용의 추정

전체공급비용은 농업용수 공급에 따른 공익 기능이나 역기능 또는 기회비용에 대한 고려가 없이 사용자들에게 물을 공급하는 것에 수반되는 비용을 말한다. 이 비용은 두 개로 구성되는데, 운영 및 유지관리(O&M) 비용과 자본비용이 대상이며, 관개에 대한 농업보조를 측정하는 관점에서 중요한 비용이다. 즉 OECD 농업 보조수준 측정을 위해 사용되는 재정비용의 대상으로서 전체공급비용은 중요하며, 이는 총지지추정치(Total Support Estimate: TSE)의 계산이 기회비용이나, 영농에 따른 환경비용

또는 농업용수 공급으로 발생하는 편익이 고려되지 않고 산정되기 때문이다.

운영 및 유지비용(Operation & Maintenance Costs)은 농업용수 공급체계를 운영이나 유지하기 위해 소요되는 비용과 농업용수 공급을 관리하고 집행하는 비용을 포함하고 있다. 펌프에 소모된 전력, 노동력, 수리비용 등과 같은 물을 지속적으로 공급할 수 있도록 하는 시스템을 유지하기 위한 비용이다.

자본비용(Capital Costs)은 전형적으로 저수지나 댐 및 수로 등의 농업용수공급시설의 개선 또는 신설을 위해 1년 이상의 사업기간에 걸친 투자비용을 포함하는데, 개보수를 위한 투자, 신규투자 외에도 자본금의 회수가 포함된다. 위와 같은 전체공급비용은 실제로 관개에 소요되는 비용을 나타내는데, 규정과 제도가 필요하며 개인이나 농장 수준의 관개, 구역이나 수리조합의 관개, 국가나 수자원 당국의 수준에서 다루어진다. 특히 우리나라와 같이 OECD의 여러 국가에서 공급된 물에 대한 비용을 농업부문이 전적으로 또는 부분적으로 지불하지 않는 정책이 적용되고 있는데, 이러한 정책에는 보조금적인 성격이 있게 마련이다. 보조지원은 정부의 재정 지불, 저리융자, 면세와 세금감면의 형태를 취할 수 있다.

O&M 비용과 자본비용 계산을 위해 연도별 농업생산기반정비사업비 자료를 이용해 유지관리비용과 자본비용을 산정하였다. 농업생산기반사업비의 사업내역별로 연도별 추이를 살펴

보면 해마다 약 1조원(1993년)에서 3조원(1997년, 1998년)이 농업생산기반사업비로 집행이 되고 있다. 사업도 저수지 등의 생사기반 확충사업, 농촌용수 개발사업, 대단위농업 개발사업, 방조제 축조사업, 농촌개발 행정을 포함하고 있어 이 사업들에 집행된 비용은 전부 유지관리비용과 자본비용으로 계산할 수 있는데, 평균 집행액은 2조 2천 3백억원이며, 중앙값은 2조 3천6백억원이다. 사업별로는 사업비의 52~71%가 생산기반확충사업에 쓰였고, 그 다음은 농촌용수개발사업, 방조제 축조사업, 대단위 개발사업, 농촌개발 행정의 순으로 사업비가 집행이 되었다 결론적으로 우리나라에서 농업용수 공급에 대한 전체공급비용(full supply costs)은 약 2조 2천3백억원으로 추산할 수 있다.

기회비용은 (opportunity costs) 하나의 사용자를 선택해 물을 사용하게 한다면 다른 사용자가 그 물을 사용함으로써 발생하게 될 가치를 상실하게 되는데 그 때 상실하게 된 가치를 말하는 것으로 기회비용의 추정은 농업용수 사용량에 증발산량비율을 곱하고 생활용수 이용료 및 생·공용수 이용료를 곱하여 계산하였고 그 결과 2006년도를 기준으로 4,851,936 백만원이 산정되었다.

IV. 농업용수 공급에 대한 경제성 분석

경제성 분석의 평가방법으로는 사전적 방법(ex-ante)과 사후적 방법(ex-post)으로 크게 나눈다. 사전적 방법은 미래효과를 예측하기 위한 것으로 점수모형(Scoring model) 편익-비용(Benefit-Cost) 분석, Simulation 모형,

수리계획법(Mathematical programming approach) 등이 있다. 과거로부터 수행된 연구사업에 대한 투자효과를 분석하는 사후적 방법으로는 지수적 접근방법(index number approach), 생산함수 방식의 모수적 접근방법 및 임의적인 모형설정을 회피하는 비모수적 접근방식이 존재한다. 본 논문에서는 경제성을 평가하기 위해 편익/비용 비율방법을 활용하는데, 이 방법은 편익의 현재(증가)가치를 비용의 현재(증가) 가치로 나눈 비율을 의미하며 비율이 높은 사업을 선정한다. 편익비용비율은 측정의 결과가 명확하여 널리 이용되고 있다.

1. 외부효과에 대한 경제성 분석의 결과

외부효과에 대한 경제성 분석을 실시하기 위해 본 연구에서는 다양한 경제성 분석방법 중에서 편익비용 비율 방법을 선택했다. 편익비용비율 방법은 소비자, 생산자 잉여의 분배가 가능하고 고용이나 환경 및 식량공급에 대한 연구효과가 어느 정도 존재한다. 또한 분석결과에 대한 의사결정자의 이해가 쉬운 편이다. 불확실성에 대한 조정이 가능하고 확산효과 추정이 가능하며 품목연구의 효과를 추정하는데 유리한 특성이 있다. 지금까지 언급되었던 다양한 외부효과 및 비용에 대해 상기해보면 유지관리비용과 자본비용을 포함하는 전체공급비용과 전체공급비용에 기회비용과 경제적 외부효과가 더해진 것이고 전체비용은 전체공급비용에 환경적 외부효과가 더해진 것이다. 따라서 우리나라에서 논에 대한 농업용수 공급이 불러오는 외부효과에 대한 비용이나 편익의

Table 8. Benefit and Cost of Each Externalities

Classification	Externality and cost	Cost (billion won)	Benefit (billion won)
Total supply cost	O&M + Capital cost	2,230	-
	Opportunity cost	4,850	
Positive (Benefit)	Productivity improvement		4,970
	Groundwater replenishment		1,370
	River-stream base flow		1,890
	Water purification		27
	Biodiversity		610
	Climate moderation		340
	Greenhouse absorption (CO ₂)		690
Negative (Cost)	Water contamination	470	
	Greenhouse emission (CH ₄)	210	
	Energy consumption	0.8	

$$\frac{B}{C} = \frac{9조8천9백7십억원}{7조7천6백1십억원} = 1.28$$

산정을 위해 외부효과들에 대해 경제적 외부효과와 환경적 외부효과로 구분하고 이들을 바탕으로 편익-비용비율을 산정할 수 있다. 전체공급비용(FSC)과 기회비용에 경제적 외부효과 중 부정적 외부효과는 비용으로 산정하며, 경제적 외부효과와 환경적 외부효과에 포함되어 있는 긍정적 외부효과는 모두 편익으로 산정하였다.

비용(cost) = 전체공급비용(유지관리비용+자본비용)+기회비용+부정적 외부효과

편익(benefit) = 생산성향상+지하수함양+하천유지용수+수질정화+생물다양성+기후순화+온실가스 흡수

Table 8은 전체공급비용 및 전체경제비용의 기회비용 및 긍정적 외부효과와 부정적 외부효과에 대한 비용과 편익을 나타내 주고 있다. 비용은 비용대로 계산하고 편익은 편익대로 계산한 결과는 다음과 같으며, 그를 바탕으로 계산한

두비용의 차이(B-C)는 2조 1천 3백 6십억원이고 이러한 차이는 논에 농업용수 공급이 가져오는 편익이 비용에 비해 2조원 이상의 가치를 지닌다는 것을 의미한다. Table 8의 총비용과 총편익을 이용해 B/C를 계산하면 다음과 같다.

B/C 비율이 1.28이라는 것은 농업용수 공급으로 가져올 수 있는 편익이 비용에 비해 많아서 28%의 수익을 거둘 수 있다는 뜻이면서, 논 농업에서 농업용수 공급이 생태계 등의 다양한 부분을 고려하더라도 효율적이고 경제적이란 것을 의미한다. 따라서 벼를 재배하는 논에서는 물을 공급해 주는 것이 공급하지 않는 것보다 부정적인 면을 상쇄하고도 남을 가치를 제공한다고 결론지을 수 있다.

Ⅶ. 결 론

OECD 등 국제회의에서 언급되고 있는 농업용수의 외부효과에 대해 경제적 외부효과와

환경적 외부효과를 구분하였고, 한편으로 긍정적 외부효과와 부정적 외부효과를 재분류하여 각각의 외부효과에 대한 편익과 비용을 산출하였다. 그리고 각각의 산출한 외부효과를 총비용과 총편익으로 재산정하여 최종적인 경제성 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 농업용수의 가치를 평가하기 위해 농업용수를 공급하여 발생하는 경제적 외부효과와 환경적 외부효과중 정량적으로 산출이 가능한 범위내에서 산정하였고 이것을 긍정적 외부효과와 부정적 외부효과를 구분하여 각각을 편익과 비용으로 환산하였다.

둘째, 각각의 긍정적 외부효과와 부정적 외부효과를 합산하여 B/C를 산정한 결과 농업용수 공급으로 인한 편익이 비용보다 약 28% 이상 높은것으로 도출됨에 따라서 벼를 재배하는 논에서는 물을 공급해 주는 것이 공급하지 않는 것보다 부정적인 면을 상쇄하고도 남을 가치를 제공한다고 결론지을 수 있다.

본 연구는 지금까지 농업의 공익적 기능을 평가하면서 외면되었던 부정적 외부효과의 비용환산을 통해 외부효과 평가에 대한 공정성을 확보하고, 경제적 외부효과와 환경적 외부효과 구분을 통하여 국내 등 아시아 몬순지역 국가에서 주장하고 있는 농업용수의 다원적기능의 평가에 대한 객관성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Han, M. S., 2007, Evaluation of Biodiversity in the Paddy Field Ecosystem, National Academy of Agriculture Science, Rural Development Administration(in Korean).
2. Kang, H. K., 2007, OECD Trend of Multifunctionality of Agriculture, KERI World Agriculture Information(in Korean).
3. Kim, S. S., 2007, Research on Reformation of Economical Efficiency Analysis in Water Resources Project, J. of Korea Association for Policy Analysis and Evaluation Vol. 17-1, pp.217~238(in Korean).
4. Kim, W. H. and Kwon, O. S. and An, D. H., 2003, Analysis of Latent Price of Agricultural water, J. of Agriculture Economic Vol.44, 2, pp153-170(in Korean).
5. Lee, D. B,m and Go D. B,m and Kang K. G., 2008, Evaluation of the environmental performance of a CBD program using wild species diversity indicator in Korea, Ramsar general Meeting(in Korean).
6. Mifaff, 2010, A statistical yearbook of Agriculture, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(in Korean).
7. National Academy of Agriculture Science(NAAS), 2008, Study of Agricultural Reservoir water quality management by enforcement of Total water pollution load, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(in Korean).
8. OECD, 2006, Water and Agriculture(Sustainability, Markets and Policies), OECD Publishing.
9. Oh, S. T. and Lee, Y. J. and Kim, J. T., 2009, Operation of the Experimental Site for Rural Water Supply and Demand, Rural Research Institute(in Korean).
10. Song, J. H., 2008, OECD discussion brief in Agriculture, KERI Internet Bulletin board(in Korean).