연구 노트

대체법에 의한 쌀 농업의 환경보전 가치 평가

오 세 익* 박 현 태** 강 창 용***

1. 서 론
2. 쌀 농업의 환경보전 효과 계측
3. 환경보전 효과의 경제적 가치 평가
4. 결과 검토

1. 서 론

쌀 농업은 식량을 생산하는 내부경제효과 이외에도 환경을 보전하는 여러가지 외부경제효과를 가지고 있다. 즉, 논은 여름철 호우시에 빗물을 가두어 홍수피해를 경감하고, 토양유실을 억제하며, 수자원을 함양한다. 뿐만 아니라, 대기 및 수질을 정화하고 생태계를 보전하며 녹색공간의 제공, 지역문화의 보전 및 교육적인 기능까지도 수행한다. 이러한 쌀 농업의 비시장적 가치는 생산성의 증대와 쾌적한 삶의 공간을 제공함으로써 농민 뿐만 아니라 국민 전체의 복지증진에 크게 기여하고 있다.

이와 같은 쌀 농업이 환경에 미치는 외부효과는 경제발전 초기단계에서는 거의 인식되지 않았고 국가정책에도 반영되지 못하였다. 그러나 최근 국민소득이 증가함에 따라 쾌적한 환경과 안전식품에 대한 수요가 증가하면서 농업도 환경을 오염시키지 않는, 환경과 친화적인 방법으로 농산물을 생산하여야 한다는 여론이 높아지고 있다. 소위 환경보전형 지속적 농업 (sustainable agriculture)이 그것이다. 환경보전형 농업을 발전시키기 위해서는 농업으로 인한 환경오염을 억제하는 동시에 환경보전기능을 강화할 수 있는 강력한 지원정책의 수립이 필요하다.

그러나 쌀 농업의 환경보전기능은 대부분 비시장적 재화이기 때문에 경제적 가치평가가 매우 어렵고 따라서 정책에 반영하기도 어려운 실정이다. 특히 최근에는 WTO의 출범으로 농산물시장의 국제화·개방화가 급진전되고 있으나 이에 대한 우리나라의 대응정책에는 농업의 환경보전기능이 충분히 감안되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 현 시점에서 쌀 농업이 갖는 환경보전기능을 규명하고 그 가치를 계량화하여 쌀 농업의 중요성

* 연구위원
** 책임연구원
*** 부연구위원

을 부각시키는 동시에 농업의 환경보전효과에 대한 적절한 보상제도 (예, 직접지불제도 등)를 마련할 필요가 있다.

이 연구는 우리나라 쌀 농업의 환경보전효과 크기를 대체법을 이용하여 계측하는 동시에 그 경제적 가치를 평가, 산출함으로써 향후 쌀 농업 및 환경관련 정책 수립시 쌀 농업의 외부경제효과에 대한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다[1].

2. 쌀 농업의 환경보전 효과 계측

쌀 농업의 환경보전 효과는 홍수조절, 토양보전, 지하수 함양, 지반침하 방지, 대기 및 수질 정화, 폐기물 처리, 생태계 보전, 자연경관 유지 및 휴식공간 제공, 문화의 계승, 정서함양 및 교육효과 등 수없이 많다. 그 중 어떤 것은 쌀 농업으로 인한 효과라는 것이 분명하고 또 물리적 크기를 계측할 수 있는데 반하여 어떤 것은 그렇지 않다. 예를 들면 논의 생태계 보전 효과는 쌀 농업의 외부경제효과라는 것은 인정할 수 있으나 계량화가 곤란하고 또 정서함양 및 교육효과는 쌀 농업만의 효과라는 것을 인정하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 홍수조절, 지하수 함양, 대기정화, 수질정화, 토양유실 방지, 폐기물 처리 효과 등 6개 효과만을 평가대상으로 하였다[2].

쌀 농업의 환경보전 효과를 항목별로 계측하면 다음과 같다.

2.1. 홍수 조절 효과

우리나라는 지형의 경사가 급하고 강우가 여름철에 집중되어 홍수발생 가능성이 높다. 지난 5년 동안 발생한 풍수해에 의한 재해를 보면, 이재민, 사망 및 실종 등의 인명피해를 제외하더라도 총 재산피해가 연평균 3,700억원에 이르고 있다 (표 1). 재산피해 가운데 가장 큰 부분은 공공시설의 파괴에 따른 것으로 연평균 1,900억원이고, 농경지 및 농작물 피해만도 1,600억원에 이르고 있다. 이러한 피해의 직접적인 원인은 60% 이상이 장마철의 집중 호우에 있다.

그런데 논은 장마철에 집중적으로 쏟아지는 빗물을 일시에 저장하는 댐과 같은 기능을 수행하고 있어 하류의 홍수피해를 방지하거나 경감시키는 효과를 발휘하고 있다. 만약 논이 홍수 조절 기능을 발휘하지 못한다면 홍수로 인한 경제적 손실은 이보다 더욱 커질 것이며 인명피해 또한 적지 않을 것이다.

---

[1] 쌀 농업이 환경에 미치는 영향을 정확히 평가하기 위해서는 환경오염에 따른 비용과 환경보전에 따른 편익을 동시에 고려한 純便益(net benefit)을 산출하여야 한다. 그러나 비용평가에 필요한 오염원별 배출량, 오염원별 환경파괴 기작 및 그에 따른 사회적 비용 등이 아직까지 밝혀지지 않은 상태에 있고, 농업공해 중에서 쌀농업이 차지하는 비율을 분리해 내기가 어려워 본 연구에서는 쌀농업의 공익적 기능만을 평가대상으로 한다.

[2] 쌀 농업이 갖는 공익적 기능을 평가함에 있어 비교대상을 무엇으로 하느냐에 따라 평가결과가 달라질 수 있다. 만약 논면적이 산림화되거나 주택 또는 공장부지로 전환될 경우 환경보전효과는 전보다 더 크게 나타나거나, 負의 효과로 나타날 것이다. 그러나 이 경우 쌀 농업의 시장적 가치인 쌀의 생산·공급효과는 사라지게 되어 비교가 무의미해진다. 따라서 본 연구에서는 쌀농업의 내부효과는 그대로 유지된 상태에서 외부경제효과를 가져다주는 공익적 기능만을 계측하는 것으로 한다. 三菱總硏(1991)이나 엄기철외(1993)의 연구에서도 이러한 평가방법을 채택하고 있다.

표 1 **연도별 풍수해 추이**

단위: 백만원, 정보

구 분	총피해액	건 물	선 박	농 경 지		농작물	공공시설	기 타
				면적	피해액			
1989	550,090	5,914	5,306	6,489	14,625	230,339	204,204	89,702
1990	649,627	9,220	3,033	8,849	44,936	146,688	276,261	169,489
1991	386,868	4,949	2,190	5,951	38,362	-	297,516	43,851
1992	57,517	97	1,087	201	1,390	33,459	15,039	6,445
1993	197,113	1,173	10,615	1,567	10,066	-	153,404	21,855
연평균	368,243	4,271	4,446	4,611	21,876	136,829	189,285	66,268

자료: 건설교통부, 「건설통계편람」, 1995.

우리 나라의 지형과 강우 패턴은 지역에 따라 다양하고 홍수발생 회수도 지역별, 연도별로 상이하기 때문에 쌀 농업이 갖는 홍수방지 효과를 계측하기 위해서는 몇 가지의 가정이 필요하다. 이 연구에서 채택한 가정과 전제조건은 다음과 같다.

① 논둑의 높이는 경지정리가 완비된 논의 경우에는 30cm (농지개량조합연합회, 1992), 경지정리가 미비된 논은 10cm로 한다[3]. 모든 논에는 평상시 3cm의 물이 담겨있으나 이 물은 홍수기간 중 논바닥을 통하여 스며 내리는 것으로 한다.

② 우리나라의 총 논면적 가운데 배수개선 대상이 되고 있는 면적은 홍수조절기능이 없다고 판단되기 때문에 쌀 농업의 홍수방지 기능 평가에서 제외한다.

③ 우리나라 전 지역은 매년 1회의 홍수가능 강우량이 있는 것으로 가정한다.

쌀 농업이 갖고 있는 홍수방지 효과는 홍수시 논이 보유할 수 있는 총 저유량을 말한다. 논의 총 저유량을 산출하기 위하여 우리나라 전체 논면적 가운데 배수개선 대상면적을 제외한 논 면적을 산정한 다음 이것을 경지정리 완비 면적과 경지정리 미비 면적으로 구분하였다. 그 다음 경지정리된 논에는 논둑높이를 30cm로, 경지정리가 안된 논의 경우에는 10cm로 가정하여 각각의 저유량을 산출하고, 이것들을 합쳐서 우리나라 논의 총 저유량을 산출하였다(식 1). 산출된 총 저유량은 연간 21.4억톤에 달하며 이 양은 춘천댐 저수량의 14배에 달한다.

(1) 논의 총저유량 = (논면적-배수개선 대상면적) × {(경지정리율 × 논둑높이)+ (미경지정리율 × 논둑높이)}

단, 논면적 : 1,206천ha

배수개선 대상면적: 207천ha

경지정리율 : 57% (농림부, 「농림수산 주요통계」, 1996.)

2.2. 지하수 함양 효과

현재 우리나라의 이용 가능한 수자원 총량은 연간 1,267억톤에 이르고 있는 것으로 추정된다. 이 가운데 생활용수, 공업용수, 농업용수 등에 실제로 이용되고 있는 물의 양은

[3] 엄기철외(1993)의 연구에서는 논둑의 높이를 경지정리된 논과 미정리된 논으로 구분하지 않고 전체 논면적에 동일한 높이(27cm)를 적용하였음.

표 2 **용수 총수요량 예측**

단위: 백만톤

구 분	생활용수	공업용수	농업용수	유지용수	계
1991	4,892	2,509	15,094	5,742	28,387
1996	5,919	2,783	15,797	5,742	30,241
2001	7,086	3,052	16,430	6,436	32,986
2006	7,685	3,365	17,119	6,753	34,921
2011	8,199	3,663	17,770	7,383	37,015

자료: 한국수자원공사, 「수자원장기종합계획」, 1990.

전체의 21.5%인 272억톤에 불과하다 (임업연구원, 1992). 1995년 현재 우리나라의 연간 용수 수요량이 300억톤 내외임을 감안한다면 용수댐만으로는 28억톤 정도의 물이 부족한 실정이다. 따라서 부족한 28억톤의 용수량은 지하수에 의존하지 않으면 안된다. 더욱이 경제발전과 함께 앞으로 용수에 대한 수요는 계속 증가할 것으로 예측되어(표 2) 논의 지하수 함양기능에 대한 중요도는 상대적으로 커질 것으로 보인다.

벼 재배시 논은 평평한 면적에 물을 장시간 저장하면서 땅속에 물을 침투시킨다. 이렇게 침투된 지하수는 청정 음용수원이 될 뿐 아니라, 하천으로 천천히 유입되어 하천의 유량을 조절하고, 특히 가뭄시에는 취수량을 안정시키는 효과를 갖고 있다. 이와 같이 쌀 농업의 기반인 논은 물이 풍부할 때 그 물을 저장하였다가 필요시에 방류해 사용하는 다목적 댐과 같은 기능을 가지고 있다. 이와 같은 쌀 농업의 수자원 함양효과는 논면적이 넓어 그 효과도 클 것으로 판단된다.

논은 또한 지하수를 충전하여 지반을 떠받치는 역할도 담당한다. 만약 지하수 함량이 풍부하지 못하면 지반침하, 해수 및 오수 유입 등의 현상이 일어나게 되는데 이 경우 추가적으로 발생하는 재앙은 상상하기 어려울 정도이다.

쌀 농업의 수자원 함양효과를 계측하기 위해 이용한 가정들은 다음과 같다.

① 논 토양에서 지하로 침투되는 물 중에서 55%는 하천으로 유출되고 45%는 지하수로 저장되어 필요시 이용되는 것으로 가정한다 (엄기철외, 1993; 임업연구원, 1992).

② 벼농사 기간은 평균 연간 137일로 한다. 벼농사 기간중 논을 통하여 침투되는 물의 양은 토성과 재배시기에 따라 1일 최저 15㎜, 최대 19㎜를 적용하였다 (엄기철외, 1993).

③ 지하수 함양에 따른 지반침하, 해수 및 오수 유입 방지효과는 고려하지 않는다.

논의 수자원 함유량은 논면적에 벼농사 일수와 논의 지하수 침투속도 그리고 지하수 유입률을 곱하여 산출하였다. 이러한 방법으로 산출된 논의 지하수 함양 효과는 일일 지하수 침투속도가 15㎜일 때는 112억톤, 19㎜일 때는 141억톤에 달한다. 이 양은 전 국민의 수도물 사용량의 2~2.5배나 된다.

2.3. 수질정화 효과

일반적으로, 수질오염이란 물의 자연정화 능력을 초과하는 오염물질이 생활하수, 산업폐수, 농림업 유거수 등의 형태로 배출됨으로써 물이 당초의 이용목적에 적합하지 않게 변

표 3 **폐수발생 및 처리량, 1994**

단위: 천㎥/일, %

구 분	발생량	방류량	미처리율
생활하수	14,632(62.6)	8,194	56.0
산업폐수	8,741(37.4)	2,375	27.2
계	23,373(100)	10,569	45.2

자료: 환경처, 「환경백서」, 1996.

질된 상태를 말한다. 수질을 오염시키는 주요 오염원은 중금속, 유해 화합물, 유기물 등이며 농업유거수에는 비료, 농약 및 가축분뇨 등이 많이 함유되어 있다. 이렇게 오염된 물은 인위적인 정화과정을 거쳐 하천으로 유입되기도 하지만, 대부분의 경우 오염된 물의 양이 처리능력을 상회하기 때문에 완전히 정화되지 않는 상태에서 각종 용수로 이용되고 있는 실정이다.

우리나라의 1994년도 1일 총 생활하수 발생량은 14,632천톤이었는데, 이 가운데 정화되지 않은 상태에서 공공수역으로 배출된 양은 전체 발생량의 56%에 해당하는 8,194천톤에 달하고 있다. 여기에 특별한 정화과정을 거치지 않고 방출되는 공장폐수, 광산폐수 및 축산폐수 등을 포함한다면 이들 공해물질에 의한 수질 오염정도는 상당히 심각한 상태에 이르렀을 것으로 판단된다(환경부, 1996). 사실 우리나라 4대 하천 중의 상당부분은 이미 3급수 이하로 수질이 악화되었으며 소하천, 지류 및 저수지 가운데는 농업용으로 쓰기에도 부적합한 곳이 많다(김복영외, 1989).

그런데 이와 같이 오염된 물은 논에서 농업용수로 이용되는 동안 상당부분 정화된다. 벼를 재배할 경우 수질 오염물질인 질소와 인산은 비료성분으로 벼에 흡수되며 또한 벼가 미처 흡수하지 못한 비료성분, 유기물 및 기타 오염물질은 토양이 흡수 또는 분해하기 때문에 벼농사는 그만큼 수질정화의 효과를 갖게 되는 것이다. 농촌진흥청의 자료에 의하면, 생활하수, 농림업 유거수, 공장폐수 등이 농업용수로 관개되었을 때 질소는 52.1~66.1%, 인산은 26.7~64.9%가 정화된다고 한다(엄기철외, 1993).

논의 연간 총 수질정화량은 농업용수 사용량에 정화처리 대상률을 곱하고 (즉, 총 농업용수 사용량 중 오염된 물의 양을 산출함), 여기에 정화처리율을 곱하여 산출하였다. 우리나라의 연간 총 농업용수 사용량은 150억톤 (표 2), 정화 처리 대상률은 생활하수 및 산업폐수의 미처리율을 적용하여 45.2%로 하였다 (표 3). 정화처리율은 농촌진흥청에서 제시한 질소 및 인산의 정화율 (26.7~66.1%)을 적용하였다.

이러한 방법으로 산출된 논의 연간 총 정화처리량은 최저 18.1억톤, 최고 44.8억톤이다.

2.4. 대기정화 효과

농림업은 식물의 광합성을 통해 탄수화물을 생성함으로써 대기 중의 탄산가스를 흡수하고, 산소를 방출하는 대기정화 기능이 있다. 벼는 생산량도 많고 당함량도 높기 때문에 다른 작물에 비하여 대기정화기능이 큰

것으로 알려져 있다. 특히 탄산가스는 지구온난화를 초래하여 기상이변, 농경지 침수, 생태계 변화 등 큰 재난을 초래하기 때문에 대기정화는 쌀 농업이 가지고 있는 중요한 환경보전 기능의 하나라고 할 수 있다.

쌀 농업의 대기정화 효과는 탄산가스 제거효과와 산소 방출 효과를 합하여 구하였다. 이 과정에서 가장 중요한 것은 벼의 연간 탄산가스 흡입 및 산소 방출량의 산정방법이다.[4] 벼는 주간에는 광합성으로 탄산가스를 흡입하고 산소를 방출하지만 밤에는 호흡으로 그 반대의 현상이 일어나며 이러한 결과는 벼의 건물중 생산으로 축적되어 나타난다. 따라서 여기에서는 벼의 정곡과 볏짚의 생산량을 이용하여 탄산가스 흡입량과 산소 배출량을 산출하였다[5].

벼의 탄산가스 흡입량은 먼저 벼의 생산량에서 벼의 수분함량 (14%)을 제외한 나머지에 탄소의 함량을 곱하여 벼의 탄소함량을 알아낸 다음, 여기에 탄소와 산소의 결합비율인 3.67를 곱하여 계산하였다. 이때 탄소함량은 정곡 (37.0%)과 볏짚 (39.1%)에 따라 다르기 때문에 각각 다른 비율을 적용하였다.

벼의 산소 배출량은 벼의 탄산가스 흡입량에 탄산가스 중 산소의 비율 (72.7%)을 곱하여 산출하였다 (농업기술연구소, 1994).

이러한 방법으로 산출한 쌀 농업의 연간 탄산가스 흡입량은 13,085천톤, 산소 방출량은 9,512천톤으로 나타났다. 쌀 농업의 탄산가스 흡입량을 단위면적당으로 환산할 경우 ha당 연간 10.1톤으로 산림의 7.8톤보다 많으며 산소배출량도 수도작의 경우 ha당 7.3톤인데 비해 산림은 5.3톤으로서 수도작의 단위면적당 산소 배출량이 많았다.[6]

2.5. 토양유실 경감효과

토양유실은 지형 (특히 경사도), 강우, 토양특성, 토양관리 방법, 작물의 종류 등 여러가지 조건에 따라 발생양상이 다르고 유실량에서도 차이가 있다. 우리나라는 비교적 경사지가 많고 여름철의 집중호우가 잦아 토양유실이 많은 편이다. 이러한 토양유실을 막기 위한 방법으로 경사지에 조림 또는 사방댐을 건설하는 방법이 많이 쓰여 왔다.

이와는 달리 경사지에 작물을 재배하는 것도 하나의 토양유실 방지대책이 될 수 있다. 특히, 경사지에 테라스 형태로 논을 조성하여 벼를 재배할 경우에는 논토양의 유실이 방지될 뿐 아니라, 논이 일종의 사방댐 역할을 하여 경사지 밭이나 야산에서 유실되어 내려오는 토사의 상당부분을 보전할 수 있다. 따라

---

[4] 식물광합성 작용의 화학공식은
$6CO_2+6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$ 임.

[5] 일반적으로 식물의 생장은 대기정화에 負의 효과(탄산가스 방출, 산소 흡수 기능)보다는 正의 효과(탄산가스 흡수, 산소 방출기능)가 큰 것으로 알려져 있다. 벼의 경우도 생장과정에서 正의 효과와 負의 효과가 반복되어 결국 純效果의 크기가 정곡 및 볏짚의 상태로 고정된다. 다만 정곡 및 볏짚이 사후 사용되는 과정에서 탄산가스 또는 메탄가스로 환원되는 양에 대한 평가의 필요성은 제기될 수 있다. 그러나 정곡이 人·畜의 위에서 소화될 때 발생하는 탄산가스 또는 메탄가스의 양을 현실적으로 계측하기 어렵고 볏짚이 사료로 사용될 경우에도 마찬가지이다. 또한 볏짚이 펄프 등 공산품의 원료로 사용될 경우는 상당기간 탄소로 고정되어 남아 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 정곡이나 볏짚이 사후 사용되는 과정에서 대기정화에 미치는 효과는 고려하지 않았다.

[6] 산림의 연간 탄산가스 흡수량 및 산소 배출량은 과학기술처 (1992) p166 참조.

서 쌀 농업은 토양유실을 경감하는 외부경제 효과가 있다.

쌀 농업의 토양유실 경감효과는 논의 위치, 경사도, 토성 등에 따라 매우 다르나 이 모든 경우를 고려하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 이 연구에서는 이러한 문제들을 단순화하기 위해 논을 경작하지 않고 방치했을 경우 토양유실은 경사도 7% 이상의 경사지에서만 발생하며, 여기서 유실되는 토양의 두께는 연간 0.4㎝라고 가정하였다 (엄기철 외, 1993).

논을 방치했을 때의 토양유실량은 우리나라의 논 면적중 경사도 7% 이상의 면적인 260,240ha (농진청, 한국토양해설, 1992.)에 연간 유실토양두께 0.4㎝를 곱한 다음, 흙 1㎤당 중량 (1.2g/㎤)을 곱하여 계산하였다. 산출된 토양유실 방지효과는 연간 1,249만톤이다.

2.6. 유기성 폐기물 처리효과

가축분뇨 및 일반분뇨의 경우에는 일부가 퇴비화되고 있으나 퇴비화 산업의 발달이 미미하고, 퇴비를 제조하는 농가가 적어 실질적인 퇴비화 수준은 낮다. 또한 근래 음식물쓰레기를 이용한 퇴비화가 일부 시도되고 있으나 아직 보편화되지는 못한 상태이다.

그런데 논은 토양 중에 미생물을 포함하고 있어 논에 투입된 음식물쓰레기, 분뇨, 생활하수 등의 유기성 폐기물을 분해하는 기능을 가지고 있다. 더구나 분해된 유기물은 농작물에 다시 비료로 환원되기 때문에 환경보전과 토양의 비옥도 증진의 이중효과가 있다.

논의 폐기물 처리 효과는 논에 투입되는 일반분뇨와 가축분뇨의 양을 합산하여 산출하였다. 일반분뇨의 연간 농지 투입량은 1994년 총 분뇨발생량 (15,541천톤)의 12.1%인 1,880천톤이며 (환경부, 1996), 가축분뇨의 투입량은 연간 10,554천톤이다(농림부, 「가축분뇨처리사업 기술교본」, 1995). 이러한 투입량은 경지면적 전체에 대한 것이기 때문에 논에 투입되는 양은 총 경지면적에 대한 논면적의 비율(50%)을 적용하여 일반분뇨 940천톤, 가축분뇨 5,277천톤으로 산출하였다.[7]

3. 환경보전 효과의 경제적 가치 평가

이상과 같은 쌀 농업의 환경보전 효과에 대한 경제적 가치를 계측하기 위해서는 일반적으로 비시장재화 가치평가 방법이 이용되고 있다. 비시장재화에 대한 가치 평가 방법은 크게 대체법, 여행비용법, 잠재가격법, 가상가치평가법 등이 있다.[8] 이 연구에서는 대체법을 활용하여 쌀 농업의 환경보전 효과를 평가하고자 한다.

대체법 (대체비용법)은 평가대상 재화와 대체가능한 시장재화의 가격을 이용하여 비시장재화의 가치를 평가하는 방법이다. 예를 들면 논의 홍수조절 효과는 같은 정도의 홍수조절 효과를 가져오는 치수댐의 건설비와 운영관리비로 평가하는 것 등이다.

이 방법은 계산방법이 간단명료하며, 결과가 상식적으로 이해된다는 장점이 있다. 반

---

[7] 경지면적 : 2,205천ha, 논면적 : 1,103천ha (1994년 기준, 농림부, 1995)

[8] 각 방법에 대한 구체적인 평가방법이나 장단점은 오세익외(1995), 유동운(1992) 참조.

표 4 임하댐 및 주암댐의 사업비 내역

단위: 백만원, 백만톤, kw/년

구 분	총사업비	총저수량	사 업 효 과			공사기간	톤당사업비(원)	
			홍수조절	용수공급	발전량		I	II
임 하	321,718	595	80	497	97	'84-91	540.7	4,021.5
주 암	370,633	707	80	487	45-73	'83-91	524.2	4,632.9
계	692,351	1,302	160	986	142-170	-	531.8	4,327.2

주: I) 다목적댐의 홍수조절비율 (12.3%)만을 고려한 사업비

II) 총저수량이 모두 홍수조절 기능을 가질 때의 사업비임.

자료: 건설교통부, 「건설통계편람」, 1995.

면에 평가하는 기능에 대하여 시장에서 적절한 대체재가 존재하지 않으면 이 방법은 적용이 불가능하다. 따라서 적절한 대체재 선택 및 가격 적용이 이 방법의 관건이 된다(嘉田良平外, 1995).

3.1. 홍수 조절 효과

논의 홍수조절 기능에 대한 대체재로 다목적댐을 선택하였다. 다목적댐은 홍수조절 기능외에도 발전, 용수공급 등 여러가지 기능을 갖고 있기 때문에 다목적댐의 건설 및 운영비용은 적절한 비율로 조정되어야 할 것이다. 또한 장마철에는 다목적댐의 기능 중 홍수방지기능이 상대적으로 크다는 것도 분석시 감안되어야 할 것이다.

홍수방지 효과의 경제적 가치는 논이 홍수시 보유할 수 있는 총 저유량 (21.4억톤/년)에 그 저유량을 확보하는 데 필요한 댐건설 및 댐의 유지관리비 (톤당)를 곱하여 산출하였다. 댐건설 사업비는 가장 최근에 완공된 임하댐과 주암댐을 기준으로 하고 홍수방지 기능 평가와 관련된 모든 비용은 1995년을 기준으로 환산하였다. 다목적댐에 대한 감가상각비는 상각기간 50년, 이자율 8%를 적용하여 산출하고, 연간 유지관리비는 연 감가상각비의 1%로 계상하였다 (건설교통부, 수자원공사 내부기준 적용). 댐의 감가상각비와 유지관리비를 산출하는 데에 이용된 임하댐과 주암댐의 사업내역은 <표 4>에 나타나 있다.

이 표에서는 저수량 톤당 사업비를 두가지로 구분하여 산정하였는데, I은 다목적댐의 저수량 가운데 홍수조절 비율만을 고려할 때의 사업비이며, II는 댐의 저수량 모두가 홍수조절 기능을 가진다는 전제하의 사업비이다. 톤당 사업비를 이렇게 구분한 이유는 다목적댐의 평상시 홍수조절 비율은 12.3%에 불과하지만 여름철 집중호우시는 총 저수용량 모두 홍수조절 기능을 가진다고 볼 수 있기 때문이다[9]. 이러한 댐의 저수톤당 사업비를 이용하여 산출한 저수량 톤당 감가상각비 및 유지관리비는 <표 5>에 나타나 있다.

논이 제공하는 홍수방지 효과는 댐의 총 저수량을 기준하여 평가할 경우 (II) 9,089억원, 댐의 총 저수량에서 가운데 홍수방지 비율을 고려하여 평가할 경우 (I) 1,117억원으로 평가되었다. 홍수방지 효과의 계측시 후자

[9] 엄기철외(1993)의 연구에서는 댐의 사업효과를 홍수조절, 용수공급, 발전 등의 구분없이 댐의 저수량이 모두 홍수방지 기능을 갖는 경우만을 계산하였음.

표 5 **톤당 감가상각비 및 유지 · 관리비**

단위: 원/ton

감 가 상 각 비		유지 · 관리비		계	
I	II	I	II	I	II
43.5	353.7	0.4	3.5	43.9	357.2

주: I 은 톤당사업비 I 기준, II는 톤당사업비 II 기준

(I)가 전자(II)보다 낮게 평가된 이유는 다목적 댐의 경우 저수된 물이 홍수조절외에도 용수공급이나 발전에 활용되고 있고, 따라서 이 부분이 평가에서 제외되었기 때문이다.

댐건설은 건설 및 유지관리 비용 이외에도 수몰지역의 발생으로 인한 농림산물의 생산량 감소, 유적지 수몰, 해당 지역주민의 생활기반 상실 등과 같은 추가적인 비용이 발생한다. 이와 같은 댐 건설에 따른 부정적인 요인까지 비용으로 계산하면 쌀 농업의 홍수방지 기능은 더 커지게 되나 이러한 비용은 계산하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 감안하지 않았다.

3.2. 지하수 함양효과

쌀 농업이 제공하는 지하수 함양효과에 대한 경제적 평가는 논의 지하수 함유량에 그 함유량을 확보하는데 필요한 댐건설 및 댐의 유지관리비를 곱하여 산출하였다. 이때 기존 댐 건설의 시점과 논의 지하수 함양효과 평가 시점과의 시차에서 발생되는 물가상승 문제는 물가지수를 이용하여 해결하였다.

댐의 저유량당 연간 감가상각비 및 유지관리비는 홍수방지 효과에서 이용한 산출기준과 방법을 그대로 이용하였다. 주암댐과 임하댐의 총사업비, 총저유량, 그리고 톤당 사업

표 6 **주암댐과 임하댐의 용수공급 시설비 내역**

단위: 원/ton

총사업비 (백만원)	총저유량 (백만톤)	용수공급 (백만톤)	톤당사업비(원)	
			I	II
692,351	1,052	986	531.8	702.2

주: I) 총저유량중 용수공급량만을 고려시 톤당사업비
II) 총저유량 모두 용수공급량으로 환산시 톤당사업비

표 7 **톤당 감가상각비 및 유지관리비 산출액**

단위: 원

감가상각비		유지 · 관리비		계	
I	II	I	II	I	II
43.5	57.4	0.4	0.6	43.9	58.0

주: I 은 톤당사업비 I 기준, II는 톤당사업비 II 기준

표 8 지하수 함양기능 가치평가액

단위: 억원

구 분	I	II
지하수 침투높이 15㎜적용시	5,846	7,724
지하수 침투높이 19㎜적용시	7,360	9,724

비는 <표 6>에 제시되어 있다.

이 표에서도 저유 톤당 사업비를 두가지로 구분하여 산정하였는데 I은 다목적 댐의 저수량 가운데 용수 공급량만을 고려할 때의 톤당 사업비이며, II는 댐의 저수량 모두가 용수공급 기능을 가진다는 가정하의 톤당 사업비이다. 이러한 톤당 사업비를 이용하여 저수량 톤당 감가상각비 및 유지관리비를 계산한 것은 <표 7>에 나타나 있다.

논의 지하수 함양효과는 4가지로 구분하여 산출하였다. 먼저 논의 지하수 함유량을 지하수 침투율의 최고, 최소에 따라 구분한 다음, 평가의 대체재로 이용된 댐의 감가상각 및 유지관리비는 댐의 총 저수량을 기준한 경우와 총 저수량 중 용수공급 비율을 고려한 경우로 구분하였다. 이와같은 구분에 의해 산출된 논의 지하수 함양효과의 경제적 가치는 적게는 연간 5,846억원에서 많게는 연간 9,724억원으로 평가되고 있다 (표 8).

3.3. 수질정화 효과

쌀 농업의 수질정화효과에 대한 가치평가는 논의 연간 폐수 정화처리량 (18.1~44.8억톤)에 폐수처리시설에서 폐수를 정화할 때 소요되는 폐수 톤당 처리비와 톤당 감가상각비를 합한 톤당 총처리비를 곱하여 산출하였다. 이 때 논이 정화한 수질과 폐수처리시설에서 정화한 수질은 동일한 것으로 가정하였다.

논의 수질정화 가치를 평가하기 위해 대체재로 이용된 폐수처리시설은 그 종류에 따라 폐수 톤당 사업비가 다르다 (표 9). 본 연구에서는 공단폐수, 하수, 오폐수처리시설의 총사업비를 합한 다음 이것의 가중평균치를 이용하여 폐수 톤당 사업비를 산정하였다. 폐수처리시설의 감가상각비는 상각기간은 40년, 연 이자율은 8%로 하였다. 이상의 방법에 의해 산출된 폐수 톤당 감가상각비는 2.8원이다.

폐수 톤당 처리비도 폐수의 성격에 따라 차이가 많아 생활하수의 경우는 톤당 160원이며, 산업폐수는 톤당 400원으로 조사되었다. 이 연구에서는 이들 두가지의 폐수 톤당 처리비를 가중평균한 249.8원을 적용하였다.

표 9 폐수처리 시설내역

구 분	처리용량 (천톤/일)	총사업비 (백만원)	톤당사업비 (원)	비 고
공단폐수처리시설	668	352,465	36.1	권역별계획치
하수종말처리시설	2,047	932,107	31.2	'94완공예정치
오·폐수처리시설	91	89,800	67.6	권역별계획치
계	2,806	1,374,372	33.5	

자료: 환경처, 「환경백서」, 1994.

표 10 **탄산가스 처리 방법 및 비용**

처 리 방 법			비용($)/탄소 1톤
공학적 고정방법	흡수방법[1]	천연가스복합발전	95
		미분탄발전	117
		IGCC발전	46
	폐기방법	해양폐기 (용해)	30
		육상폐기	75
		지하수폐기 (용해)	79
		폐천연가스정 폐기	32
		폐석유정 폐기	32
		석유 추출과정에 투입	0
			39.8
생물학적 고정법		산림경영	3.5

주: [1] 발전에 사용된 화석연료에 따라 미분탄발전, 천연까스복합발전 및 IGCC(Integrated Coal-Gasification Combined Cycle)발전 등이 있음.

자료: 한국에너지기술연구소, 「에너지 부문 환경공해 저감대책수립(Ⅱ)」 1991.
W.G.Ormerod et al. "An overview of large scale co_2 disposal options," Energy conversion & management, vol 34. no 9-11,1993.

가중치는 우리나라 생활하수와 산업폐수의 발생 비율을 이용하였다(표 3 참조). 조사자료로 산출된 톤당 처리비(249.8원)와 톤당 감가상각비(2.8원)를 합한 폐수 톤당 총처리비는 252.6원이며 이 금액을 쌀 농업의 수질정화 기능의 경제적 가치평가에 이용하였다[10].

논의 수질정화 효과 평가액은 연간 정화처리량을 최저(18.1억톤)로 하였을 경우 (Ⅰ)와 최고(44.8억톤)로 하였을 경우 (Ⅱ)로 구분하여 산출하였다. Ⅰ의 경우 논의 수질정화 효과는 4,572억원으로, Ⅱ 경우는 11,316억원으로 평가되고 있다.

3.4. 대기정화 효과

쌀 농업의 대기정화 효과의 경제적 가치는 탄산가스 제거 비용과 산소 생산 비용을 산정한 다음 이 둘을 합산하여 구하였다. 탄산가스 제거 비용은 쌀 농업의 탄산가스 흡수량에 인위적 처리비용 (톤당)을 곱하였고, 산소 생산비용은 쌀 농업의 산소방출량에 산소 제조원가 또는 산소 소매가격을 곱하여 구하였다.

탄산가스를 처리하는 방법은 기본적으로 분리와 폐기라는 두 단계를 거쳐야 하기 때문에 처리비용은 분리비용과 폐기비용을 합산해야 한다. 탄산가스 처리방법은 다양하며 비용도 차이가 많은데 <표 10>은 여러 가지 처리방법별 비용을 보여주고 있다.[11] 이러한 방법 외에 산림을 이용한 생물학적 방법은 흡수와 폐기 과정이 동시에 수행되며 처리비용이 저렴하나 처리기간이 수년 내지 수십년이 걸리는 단점이 있다.

[10] 엄기철외(1993)의 연구에서는 폐수공동처리시설 설치 및 처리비를 기준으로 연간 톤당 3,073원을 적용하였음.

[11] 이 부분에 대한 상세한 설명은 위용석외(1995)를 참고하기 바람. 엄기철외(1993)의 연구에서는 이러한 다양한 처리방법 중에서 가장 비용이 높은 미분탄발전만을 적용하였음.

표 11 **쌀 농업의 대기정화효과 평가액**

단위: 억원

처리법 \ 흡수법		I			II		
		미분탄 발전	천연가스 복합발전	IGCC발전	미분탄 발전	천연가스 복합발전	IGCC발전
공학적 폐기법	해양폐기	22,528	21,928	20,428	44,910	44,310	42,810
	육상폐기	23,755	23,155	21,655	46,137	45,537	44,037
	지하수폐기	23,864	23,264	21,764	46,246	45,646	44,146
	폐가스정폐기	22,582	21,982	20,483	44,964	44,364	42,865
	폐석유정폐기	22,582	21,982	20,483	44,964	44,364	42,865
	석유추출과정	27,945	22,195	20,696	45,177	44,577	43,078
생물학적 고정법	산림경영	18,615			37,135		

주: I)산소의 생산비용 기준
II)산소의 소비자가격 기준.

한편, 산소의 생성 (구입)비용을 산출하는 기준은 두가지로 나누어 볼 수 있다. 하나는 수도작에서 산소가 방출되는 시점에 대응하는 개념으로 공업용 산소의 제조원가 (194.7천원/톤)를 기준하는 것이며, 다른 하나는 사람이 방출된 산소를 마시는 시점과 대응하는 개념으로 산소 소매가격 (430천원/톤, 한국물가정보, 1995.12)을 기준하는 것이다. 본 연구에서는 이 두가지의 기준을 모두 적용하였다.

이러한 방법으로 산출한 쌀 농업의 탄산가스 처리효과는 공학적 방법에 의할 경우 적게는 1,908억원에서 많게는 5,344억원까지 나타나고 있다. 또한 생물학적 방법에 의할 경우 95억원으로 공학적 방법과의 큰 차이를 보이고 있다. 한편, 산소 방출의 평가액은 산소의 생성가격에 의할 경우 18,520억원이고, 산소의 소매가격에 의할 경우에는 40,902억원이다.[12]

이 두가지 효과를 합산한 수도작의 총 대기정화효과는 최고 46,246억원, 최저 18,615억원 수준으로 산출되었다 (표 11).

쌀 농업은 탄산가스 제거 및 산소방출 효과 이외에도 대기중의 유해가스 (아황산가스, 아질산가스 등)를 흡수하여 대기를 정화하는 효과가 있다. 그러나 벼의 유해가스 흡수효과는 그 흡수량을 조사한 자료를 구할 수 없고 또 그 가치평가도 어렵기 때문에 이 연구에서는 제외하였다.

3.5. 토양유실 경감효과

쌀 농업의 토양유실 방지효과에 대한 편익은 논을 경작하지 않고 방치했을 경우에 논에서 유실되는 토양을 객토로서 도로 제자리에 돌려 놓는다고 가정했을 때의 비용 또는 사방댐의 토사유출 방지비로 대체하였다. 객

[12] 이것에 대해서는 이견이 있을 수 있음. 즉, 현재 대기 중에 있는 산소는 인류의 생존에 충분한 양이기 때문에 새로 생성된 산소의 기회비용은 0이라는 것임. 그러나 대기중의 산소는 계속 소모되고 있고 (탄산가스, 오존, 질소산화물 등) 대기의 질은 비가역성 (irreversibility)이 있으며 대기의 선택가치 (option value)를 감안하면 이 연구에서 적용한 대체재 및 그 가격은 당위성이 있을 것임.

토비용은 '95년 객토비용 120만원/1ha을 톤당 비용으로 환산한 7,940원/톤을 이용 (농협지원금 기준)하였으며, 토사유출 1 m^3당 방지비는 산림청의 '95사방사업 단비표를 기준으로 4,229.8원으로 산출하였다.

논이 갖고 있는 토양유출의 경감효과는 다른 기능에 비해 낮게 나타나고 있다. 사방댐 공사비를 기준하여 평가한 논의 토양유출 경감효과는 528억원, 객토비용을 기준한 경우는 992억원이다. 이러한 평가액은 우리나라 경사지 논 중 경사도 7% 미만의 논을 제외시켰고 또한, 경사지 밭과 야산에서 내려오는 토사를 논이 받아 보전하는 효과를 계상하지 않았기 때문에 과소평가된 감이 있다.

3.6. 유기성 폐기물 처리효과

논의 폐기물 처리가치는 논에 폐기되는 일반분뇨와 가축분뇨의 처리비용을 합산하여 산출하였다. 일반분뇨의 처리비용은 논에 폐기되는 분뇨량에 분뇨 톤당 처리비용을 곱하여 산출하였으며, 가축분뇨의 처리비용도 일반분뇨 처리비용의 산출방법과 비슷한 방법을 통해 산출하였다. 분뇨 톤당 처리비용은 22,450원 (서울시청 폐기물관리과 자료), 가축분뇨 처리비용은 18,000원/4.5톤 (축협 조사자료)을 적용하였다.

이러한 기준으로 논이 갖고 있는 폐기물 처리효과를 평가한 결과는 일반분뇨 211억원, 가축분뇨 211억원으로 총액은 422억원으로 나타났다.

4. 결과 검토

대체법을 이용한 쌀 농업의 환경보전효과에 대한 평가액을 본 연구와 선행연구를 비교 검토하면 <표 12>와 같다. 홍수방지 등 쌀 농업이 제공하는 6가지 기능에 대한 본

표 12 **대체법에 의한 쌀 농업의 환경보전효과 평가결과 비교**

단위: 억원, 억엔, %

구 분	본 연구 (1995)		엄기철외 (1993)		농 협 (1993)	三菱總硏 (1991)	비 고
	최 저	최 고	최 저	최 고			
홍수방지	1,117	9,089	15,824	15,824	8,184	12,310	9,089
	(3.6)	(11.7)	(15.2)	(11.8)	(50.0)	(65.9)	(44.9)
수자원함양	5,846	9,724	-	-	8,200	5,953	9,724
	(18.8)	(12.5)	-	-	(50.0)	(31.9)	(48.1)
수질정화	4,572	11,316	59,616	59,616	-	-	-
	(14.7)	(14.5)	(57.3)	(44.4)	-	-	-
토양유실경감	528	992	667	2,061	-	370	992
	(1.7)	(1.3)	(0.6)	(1.5)	-	(2.0)	(4.9)
폐기물처리	422	422	-	-	-	43	422
	(1.4)	(0.5)	-	-	-	(0.2)	(2.1)
대기정화	18,615	46,246	27,979	56,869	-	-	-
	(59.8)	(59.5)	(26.9)	(42.3)	-	-	-
계	31,100	77,789	104,086	134,370	16,384	18,676	20,227
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

주: 비고란은 본 연구와 三菱總硏의 평가를 비교하기 위한 4개 기능에 대한 본 연구의 최고액임

연구의 평가결과는 최저 3조 1,100억원에서 최대 7조 7,789억원에 이르고 있다. 논의 외부경제효과 가운데 가장 큰 것은 대기정화효과로서 최저 1조 8,615억원에서 최대 4조 6,246억원에 달하여 전체의 약 60%를 차지하고 있다. 다음은 수질정화효과로서 최저 4,572억원, 최대 1조 1,316억원으로 전체평가액의 약 15% 수준이다. 최대 평가액이 최저 평가액보다 2배이상 많은 것은 전체 평가액의 약60%를 차지하고 있는 대기정화효과의 최대액이 최저액의 약 2.5배에 이르고 수질정화와 홍수방지효과의 편차 또한 7천억원을 상회하고 있기 때문이다.

엄기철외 (1993)의 평가결과에 의하면 논이 갖는 효과는 최저 10조 4,086억원에서 최고 13조 4,370억원으로 본 연구의 평가액보다 최저액기준 3.3배, 최고액기준 1.7배 이상으로 나타나고 있다. 또한 평가를 행한 4개 기능 모두 본 연구보다 높게 평가되었다. 특히 수질정화효과가 5조 9,616억원으로 본 연구의 최고평가액보다 약 5배 이상 높게 평가되고 있는데, 그 이유는 엄기철외의 연구에서는 폐수 톤당 처리비가 3,073원으로 본 연구의 252.6원보다 약 12배 이상 높게 계산되었기 때문이다.

또한 대기정화 효과의 경우에도 벼생산량의 기준시점과 탄산가스 처리방법에서 비용이 가장 높은 공학적방법 하나만을 적용하였기 때문에 본 연구보다 높게 평가되었다.

한편 농협(1993)에서 홍수방지와 수자원함양 기능을 대상으로 三菱總硏의 평가방법을 우리나라에 그대로 적용한 평가결과는 각각 8,200억원 수준으로 본 연구의 최고 평가액보다 약간 낮은 수준에 머물고 있다.

본 연구와 三菱總硏의 연구결과를 직접 비교하는 것은 일본과 우리나라의 경제·사회적 여건의 차이가 크고 평가기준 연도가 다르기 때문에 무의미하다. 그러나 三菱總硏이 평가한 4개 기능의 효과를 본 연구의 평가가운데 三菱總硏과 동일한 기능(최고액 기준)만을 비교했을 때, 홍수방지효과는 본 연구가 전체의 44.9%로 三菱總硏의 65.9%에 비해 낮게 평가된 반면 수자원 함양효과는 본 연구가 三菱總硏의 31.9%보다 더 높은 48.1%로 나타났다.

이와 같이 쌀 농업의 환경보전 효과는 연구자에 따라 편차가 크게 나타나고 있다. 그것은 평가대상이 비시장재화이고 연구자에 따라 대체재 선정, 대체재 가격 적용, 평가시점 등에 차이가 있으며 각 효과에 따른 부수적인 기능은 평가에서 제외시켰기 때문이다(예, 지하수 함양효과 중 지반침하 방지 기능, 대기정화 효과 중 유해가스 제거 기능 등). 따라서 앞으로 많은 연구를 통하여 쌀 농업의 공익적 기능에 대한 가치평가 방법을 정립하고 그 평가결과에 대한 사회적 합의를 도출하는 것이 중요하다.

참 고 문 헌

건설교통부. 1995. 「건설교통통계연보」.

김복영외 12인. 1989. "농업용수의 수계별 오염도 조사," 「농업수자원의 보존관리 종합연구」, 농업기술연구소, 농촌진흥청.

농림부. 1995. 「농림수산 주요통계」.

농림부. 1995. 「축산분뇨처리사업 기술교본」.

농업기술연구소. 1994. 「시험연구보고」.

농지개량조합연합회. 1992. 「경지정리사업시행체제개선과 금후의 발전방향 정립에 관한

연구」.
농촌진흥청. 1992.「한국토양해설」.
농협중앙회. 1993.「논의 외부경제효과에 관한 계량적 분석」.
엄기철외. 1993. "논의 공익기능,"「한국토양비료학회지」, Vol.26(4).
오세익, 강창용. 1993. 「환경보전과 농업발전을 위한 기초연구」, 연구보고 R283, 한국농촌경제연구원.
오세익, 김은순, 박현태. 1995. 「쌀 농업의 환경보전효과에 관한 연구」, 연구보고 R321, 한국농촌경제연구원.
유동운. 1992. 「환경경제학」, 비봉출판사.
임업연구원. 1991, 1992, 1993. 「산림의 공익적 기능의 계량화 연구」, 과학기술처.
임업연구원. 1995. 「사방사업단비표」.
한국수자원공사. 1990. 「수자원 장기 종합계획」.
한국에너지기술연구소. 1991. 「에너지 부문 환경공해 저감대책수립(II)」.
환경부(환경처). 1994, 1995, 1996. 「환경백서」.
嘉田良平外. 1995.「農林業の外部經濟效果と環境農業政策」, 多賀出版.
三菱總合研究所. 1991.「水田のもたらす外部經濟效果に關する調査研究報告書」.
日本農業土木總合研究所. 1993.「農村の役割定量化に關する報告書」.
Ormerod, W. G. et al. 1993. "An Overview of Large Scale CO_2 Disposal Options," *Energy Conversion & Management,* vol. 34, no. 9-11.