

농업 관련 환경정책 분석모형에 관한 기초연구

김 은 순 책임연구원



빈

면

머 리 말

지난 30여년간의 경제개발은 급속한 경제성장과 산업화의 급진전을 이룬 데 반하여 심각한 환경오염문제를 야기하였다. 일단 표면화 된 환경문제는 사후규제를 강화해도 그 영향이 최종적으로 감소되기까지는 긴 시차가 존재하며 때로는 회복이 거의 불가능하므로 환경문제는 사후규제보다는 사전 예방적 대책이 바람직하다. 그런데 물·대기 등의 환경자원은 소유가 특정인에 제한되어 있지 않고 또한 환경의 외부효과의 비배제성 비경합성의 속성으로 인하여 정책적 개입이 결여된 상황에서 환경은 오용될 가능성이 높고 더우기 환경의 개선은 기대하기 어렵다. 따라서 적절한 환경정책의 도입이 자원의 최적배분을 위하여 절실히 요청된다.

최근 환경에 대한 관심이 부쩍 높아지고 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 비하여, 농업을 둘러싼 여건 또는 정책의 변화에 따르는 근본적이고 포괄적인 인과관계에 입각한 농업환경모형에 관한 연구는 현재까지 이루어지지 않았다. 이러한 여건하에서 작은 규모이지만 우선 손쉽게 응용할 수 있고 실용성있는 분석모형으로부터 출발하여 단계적으로 보다 확장된 모형으로 발전해 나가는 것이 필요하다. 이러한 취지에서 이 연구에서는 본질적인 농업환경연구의 시발점으로서, 농업내의 여건의 변화에 따라 앞으로 수행 가능한 농업환경정책들의 분석을 위한 실용적인 모형의 개발을 위하여 이루어졌다. 앞으로 개발된 모형의 실증적 활용도를 높이고 분석에 필요한 자료들의 정비를 위하여 지속적인 노력이 이루어져야 할 것이다.

아무쪼록 이 연구가 농업환경정책에 관심있는 분들에게 널리 활용될 수 있기를 바라며, 끝으로 이 연구를 위하여 자료를 제공하고 협조하여 주신 환경부, 농촌진흥청 여러분과 모형의 구조에 관하여 상담과 조언을 해주신 익명의 여러분께 감사드린다.

1995. 12.

한국농촌경제연구원장 정 영 일

빈

면

목 차

제1장 서 론

1. 연구의 필요성과 목적	1
2. 보고서의 내용과 구성	2
3. 연구의 제약	3

제 2 장 경제발전과 농업환경

1. 경제발전과 환경문제	4
2. 농업환경오염원 증가추세	9
3. 농업의 환경에 대한 외부효과	11
4. 환경정책의 변천과 환경투자	14

제 3 장 환경정책 분석의 이론적 접근

1. 방법론의 검토	19
2. 환경정책 분석을 위한 이론모형	22
3. 환경정책 효과의 비교동태분석	31

제 4 장 농업관련 환경정책 분석모형

1. 환경정책의 필요성	36
2. 모형의 구조	37
3. 환경정책 효과분석 모형	44
4. 분석자료의 가용성	46

제 5 장 요약 및 결론	48
---------------------	----

표 목 차

제 2 장

표 2- 1	경제성장과 환경	6
표 2- 2	오염물질 배출 현황	6
표 2- 3	주요 수계별 수질오염 추이	7
표 2- 4	토양오염도	8
표 2- 5	농경지토양의 주요 성질 함량 변화	10
표 2- 6	농약 비료 사용량 변화	10
표 2- 7	환경오염의 사회적 비용	12
표 2- 8	대체법에 의한 농업의 환경보전기능 평가액 비교	13
표 2- 9	설문조사에 의한 농업·농촌의 유지를 위한 도시민 지불의사	13
표 2-10	분야별 환경예산 내역	16
표 2-11	중앙부처의 연도별 환경투자 현황	17
표 2-12	농업관련 환경투자 내역	17

제 1 장

서 론

1. 연구의 필요성과 목적

경제발전과 환경(의 질)은 상호영향을 주고 받는다. 질 높은 환경은 경제발전에 긍정적으로 영향을 미치는 반면 과도한 경제발전은 환경에 부정적 영향을 미친다. 일반적으로 환경문제는 생산 및 소비활동에 의해 초래된 외부효과(externalities)와 그에 따른 시장실패 때문에 나타난다고 본다. 후생경제학자들은 흔히 환경의 오염에 대한 댓가로서 정부가 투입자재세(input tax), 산출세(output tax), 또는 공해방출세(effluent fee)를 부과함으로써 희소한 환경자원의 남용을 경고한다고 주장한다.

농업은 환경보전적인 긍정적 측면을 갖는 반면 농업생산의 부산물로서 야기되는 환경오염은 농업의 지속적 성장을 저해하고 환경의 질을 저하시키는 부정적 측면을 갖고 있다. 특히 농업생산성 증가를 위한 과도한 화학비료 및 농약의 사용 그리고 가축사육두수의 증가에 따른 다량의 축산분뇨의 방출은 수질오염, 토양오염, 대기오염 등의 문제를 야기하여 사회후생을 저하시키며 장기적으로는 농업발전을 저해한다고 보고 있다.

그런데 환경자원은 소유가 특정인에 제한되어 있지 않고 또한 환경의 외부효과와 비배제성 비경합성의 속성으로 인하여 정책적 개입이 결여된 상황에서는 환경의 개선은 기대하기 어렵다. 다른 어떤 외부효과와 경우에 있어서와 마찬가지로 환경의 외부효과에 따른 왜곡을 시정하기 위해서는 경제정책이 필요하게 된다. 어떤 경제정책을 도입하기 전에 대안되는 정책들의 효과를 비교하여 여건에 맞는 최적의 정책을 선택하는 것이 필요하다. 따라서 농업의 지속적 발전과 농업환경보전의 병행을 위하여서 적절한 농업환경정책의 선택과 수립이 요구되는바, 환경정책의 수행에 앞서 수행 가능한 농업환경정책의 분석을 위한 기초적 연구가 필요하다고 본다.

본연구는 농업환경의 외부효과와 내부화를 감안한 녹색GNP(green GNP)의 극대화를 목적으로 하는 농업성장모형을 개발하여 적정 농업환경정책의 선택과 대안적 농업환경정책의 중장기적 효과 분석을 위한 방법을 제시하는 데 목적이 있다.

2. 보고서의 내용과 구성

보고서의 구성은 먼저 제2장에서는 환경정책 분석모형의 개발에 앞서 환경문제의 현주소를 파악하는 관점에서 농업분야를 중심으로한 환경의 외부효과와 경제발전과정에서 야기된 환경오염실태와 환경정책및 환경투자 현황을 살펴본다. 제3장에서는 환경의 외부효과에 대한 개념적 이론적 분석을 목적으로 농업생산에 있어서 환경의 외부효과를 반영하는 간단한 최적화 동태모형이 개발된 다음, 환경에 대한 효과가 감안된 경우에 사회적으로 최적인 자원의 배분조건을 검토하고 대안적 환경정책세의 효과를 비교동태 분석하였다. 제4장에서는 환경정책의 실증적 효과분석을 목적으로 제3장에서 개발된 모형을 현실에 적합하게 변형하여 농업성장모형을 개발함으로써 농업을 둘러싼 경제여건 변화에 따르는 다양한 대안적 환경정책의 효과 분석을 가능하게 하였다. 농업부문은 크게 재배업과 축산업으로 구분하였

다. 마지막으로 제5장에서는 요약 및 결론으로 끝을 맺는다.

3. 연구의 제약

본연구의 제약은 첫째, 축산부문의 생산 및 축산분뇨의 재활용에 대한 부분이 지극히 단순화 되었다는 점인데 앞으로 계속적인 축산수요의 증가에 따라 농업에서 축산이 차지하는 중요도는 점점 증가하고 그에 따르는 축산분뇨의 재활용 또한 중요한 과제로 부상할 것으로 볼 때, 앞으로 이 분야에 대하여 축산전문인과 연계된 연구가 필요하다고 본다. 둘째로, 기개발된 모형은 자료의 제약 및 시간·인력 등의 현실적 제약으로 인하여 실제자료를 이용한 실증적 분석을 이루지 못하였다는 한계를 가지고 있는데, 이는 앞으로 관련되는 제반 자료의 정비와 함께 이루어져야 하는 과제로 남긴다.

제 2 장

경제발전과 농업환경

본장에서는 환경정책 분석 모형의 개발에 앞서 급속한 경제성장과 산업화과정에서 야기된 환경의 문제를 농업분야를 중심으로 살펴보고 다음으로 농업이 환경에 미치는 두 가지 기능--환경보전적 기능과 환경파괴적 기능--에 대하여 논하고 마지막으로 환경정책의 변천과 환경투자 현황을 살펴본다.

1. 경제발전과 환경문제

1.1. 환경문제의 특성

환경문제는 인간의 모든 활동 즉 개발 생산 소비과정에서 다양하게 발생한다. 인간의 생존을 위한 농지 주택지 산업기지 도로 등의 개발은 자연환경의 파괴를 야기하고, 생산과정에서는 여러 가지 폐기물과 대기·수질오염물질은 물론 굉음 진동공해를 유발하게되며, 최종 소비단계에서도 각종 쓰레기와 대기·수질오염물질등을 다양하게 발생시킨다.

한편 일단 발생된 오염물질은 공기와 물 등을 통하여 광범위하게 확산되며 사회에 피해를 끼치는데 종종 환경문제는 오염물질의 발생에서부터 피

해의 발현까지는 상당한 시차가 존재하고 따라서 오염발생자와 피해자가 상이한 경우가 대부분이다. 또한 일단 표면화된 환경문제는 사후규제를 강화해도 그 영향이 최종적으로 감소될 때까지는 긴 시차가 존재하며 때로는 회복이 거의 불가능하므로 환경문제는 사후규제보다는 사전예방적 대책이 바람직하다.

그런데 공기·물 등의 자연자원 또는 환경의 질은 공공재적 성격의 재화로서 그 소유와 사용이 특정인에 제한되어 있지 않고 따라서 그 사용상의 비배제성과 비경합성으로 인하여 과도하게 오용될 가능성이 높으며 또한 일단 파괴된 환경의 질을 개선하는데 있어서 개인의 자발적 노력을 기대할 수 없다. 즉 정책적 개입 또는 집단적 담합이 결여된 상황에서는 환경의 파괴는 계속되고 따라서 적절한 환경개선은 기대할 수 없다는 특성이 있다.

1.2. 경제발전과 환경오염

지난 30여년간 개발위주의 경제성장은 산업화의 급진전과 인구의 도시집중 현상을 이루었다. 산업화·도시화의 급진전은 자연자원에 대한 이용의 증대와 각종 개발·생산·소비과정에서 많은 환경오염문제를 야기하였다. 1970년에서 1993년 동안에 전국인구는 연평균 1.5%씩 증가하였고, 동기간에 도시화율은 49.8%에서 약 80%로 증가함으로써 농촌인구의 급격한 감소를 가져왔다. 1970-93년에 국민총생산은 연 9.9%(1990 불변가격)라는 세계적으로 놀라운 성장을 보였으며, 동기간중에 농림어업은 연 3.8%씩 증가하여 전산업에서 차지하는 농림어업의 비중은 26.4%에서 7.5%로 감소하여 농림어업위주의 산업구조에서 비농림어업위주의 산업구조로 전환하였다 <표 2-1>.

한편 이러한 산업화의 진전과 인구의 증가 및 도시집중에 따라 각종 산업폐수·생활하수·폐기물 등이 증대하여 수질오염 토양오염 등의 문제를 야기하고 또한 공장의 매연, 자동차배기가스 등의 증대로 대기오염의 문제를 유발하여 쾌적한 국토환경을 파괴하고 농업생산기반을 악화시키고 있다. 오염물질의 배출현황을 <표 2-2>에서 보면 최근 10년간(1983-93)

표 2-1 경제성장과 환경

구 분	1970	1980	1990	1993	1970-93년 평균증감율, %
○ 전국인구(만명)	3,143	3,812	4,287	4,406	1.48
○ 도시화율(%)	49.8	66.0	79.6		
○ 경제성장('90불변,10억원)					
- 국민총생산	27,128	52,261	178,262	215,641	9.88
- 농림어업(비중 %)	7,153(26.4)	7,657(14.7)	15,592(8.7)	16,211(7.5)	3.79
○ 토지이용(천ha)					
- 전국토	9,848	9,899	9,927	9,939	0.04
- 농경지(비중 %)	2,298(23.3)	2,196(22.2)	2,148(21.6)	2,125(21.4)	-0.34
- 임야(비중 %)	6,611(67.1)	6,658(66.3)	6,657(66.1)	6,571(66.1)	-0.03

자료: 농림수산부, 「농림수산주요통계」, 1994.

환경처, 「환경백서」, 1994

환경처, 「한국환경연감」, 1994

표 2-2 오염물질 배출현황

구 분	1983	1987	1990	1993	1983-93년 평균증가율, %
○ 수질오염물질(천㎥/일)					
- 생활폐수	7,433	10,000	10,217	13,972	6.5
- 산업폐수	2,538	4,603	4,106	6,412	9.7
- 축산폐수	92	102	98	125	3.1
○ 하수종말처리율(%)	6		31	39	
○ 폐기물(톤/일)					
- 산업폐기물	28,058	40,307	61,642	69,439	9.5
- 일반폐기물	54,347	67,031	83,962	75,096	3.7
○ 대기오염물질					
- 배출시설(개소)	16,582	23,213	25,943	27,452	5.2
○ 자동차보급(천대)	785	1,611	3,395	6,274	23.1

자료: 한국은행, 「경제통계연보」, 1994.

환경처, 「환경백서」, 1994.

환경처, 「한국환경연감」, 1994.

생활하수, 산업폐수는 각각 연평균 6.5%, 9.7%씩 증가하였고 산업폐기물 배출은 연 9.5%씩 증대하였으며 대기오염물질 배출시설은 연 5.2%씩 증가하였다. 또한 가축사육 증가에 따라 축산폐수 배출은 연 3.1%씩 증가하였다.

한편, 국토의 개발과 이용은 자연환경의 보전과는 상반되는 관계에 있어 도시화·산업화의 급진전은 공장용지와 대지, 공공용지 등의 수요증가로 농경지와 산림의 녹지면적이 점차 감소하고있다. 1993년 현재 농경지와 산림은 각각 전국토의 21.4%, 66.1%를 차지하였고 1970년에 비해 각각 173천ha, 40천ha 감소한 것으로 나타났는데 이는 개발의 압력에 밀려 보존해야 할 자연환경이 점차 잠식당하고 있음을 의미한다<표 2-1>.

표 2-3 주요 수계별 수질오염 추이

단위: BOD, mg/l

구 분	1982	1985	1988	1990	1993
한강수계					
- 한강(보평)	4.9	3.8	3.7	2.8	3.5
- 안양천	126.6	84.4	102.6	68.9	27.7
낙동강수계					
- 낙동강(고령)	11.6	8.5	21.1	5.4	4.1
- 금호강	151.9	55.6	98.7	3.16	12.9
금강수계					
- 금강(부여)	2.4	2.5	3.2	3.1	3.1
- 갑천	67.7	18.4	31.9	15.5	8.7
영산강수계					
- 영산강(석곡)	2.0	1.2	1.4	1.6	2.1
- 광주천	36.7	41.8	35.8	25.0	15.9

○ 하천의 BOD(생물학적 산소요구량) 환경기준

- 상수원수 1급 : 1 BOD이하 - 공업용수 2급, 농업용수 : 8 BOD 이하
- " 2급 : 3 BOD이하 - 생활환경보전 : 10 BOD 이하
- 공업용수 1급 : 6 BOD이하

자료: 환경처, 「한국환경연감」, 각연도.

○ 수질오염

수질오염은 자연생태계의 동식물을 사멸시키고, 인체에 유해한 결과를 초래할 뿐만 아니라 축산 및 농업의 생육에도 악영향을 끼친다. 4대강 수계의 수질오염 상황을 보면, 영산강 일부(석곡)를 제외한 대부분의 수질이 상수원 2급(BOD 3이하)으로 부적절하다<표 2-3>.

○ 토양오염

토양오염은 각종 유해물질이 장기간에 걸쳐 축적됨으로써 일어나는 현상이며 대기오염과 수질오염을 모체로 하거나 농약·비료 등의 농업용 자재와 폐기물에서 유래한다. 토양에 축적된 유해 중금속으로 인한 피해는 중금속의 종류에 따라 다를 수 있으나, 작물생육에 직·간접적으로 피해를 주어 수확량을 감소시키며 카드뮴 등은 작물에 축적되어, 이것이 식품으로 섭취될 때 건강장해를 줄 수 있다.

표 2-4 토양오염도

	카드뮴(Cd)	구리(Cu)	비소(As)	단위 : mg/kg
				수은(Hg)
농경지				
- 1983	0.06~0.16	2.18~ 7.27	0.17~2.42	0.01~0.22
- 1993	0 ~0.42	0.14~33.06	0 ~1.51	0 ~2.49
금속광산지역				
- 1987	0.04~0.59	3.27~47.49	0 ~ 4.43	0.11~0.28
- 1993	0 ~6.03	0.31~64.65	0 ~ 5.72	0 ~1.00
전체				
- 1987	0.29	6.45	0.43	0.17
- 1993	0.21	4.87	0.51	0.11
농작물생육피해 한계농도	25	125	15	40~50
토양중금속 자연함유량*	0.02~0.27	0.69~9.56	0.10~1.50	0.01~0.31

자료: 환경처, 「한국환경연감」, 각연도.

* 국립환경연구원 조사연구 자료임 (1988).

현재까지 우리 나라 토양은 일부 광산지역을 제외하고는 중금속 오염정도가 심하지는 않으나, 최근 5~10년 사이에 전반적으로 오염정도가 심화되고 있다<표 2-4>.

2. 농업환경오염원 증가추세

화학비료의 사용은 토양중에 필요한 양분을 보충해 주어 농업생산성을 향상시키는 기능을 하는 반면 과용하게 되면 토양을 산성화시켜 지력을 저하시킨다. 우리 나라 농경지가 산성화되어가는 현상을 농촌진흥청(1989) 자료에 의거한 <표 2-5>에서 보면, 시간의 경과에 따라 논토양의 유기물 함량과 교환성 염기의 함량은 낮아지고 있으나 인산의 함량은 증가추세를 보이고 있어서 논 토질이 점차 산성화되어가는 현상을 뚜렷이 나타내고 있다. 한편 밭토양의 경우 유기물 함량은 낮은 편이지만 논토양에 비하여 유기인산과 가리의 함량이 높은 것이 특징이다. 이는 밭토양의 경우 작물을 집약적으로 재배하는 농지가 대부분으로서 균형을 잃은 화학비료의 사용에 의한 것으로 해석된다(유순호 외 1990).

한편 농업생산에 사용된 질소 인산질 비료 등이 인근하천 또는 지하수로 흘러들어가면 호수와 연안해역을 부영양화시키고 지하수 오염피해를 유발한다. 또한 화학비료에는 미량의 중금속이 포함되어 있는데 이것이 토양에 장기적으로 축적되면 토양의 질을 저하시키고 작물생육을 저해한다.

비료와 농약사용이 환경오염 및 생태계에 미친 영향을 분석한 자료가 가용하지 않아 대신 이들 각각의 사용량을 <표 2-6>에서 보면, ha당 농약의 사용량은 1993년 평균 11.8kg으로 1970-93년에 연평균 11.0%씩 증가하였고, ha당 비료의 사용량은 1993년 평균 426kg으로 동기간에 연평균 4.3%씩 증가하였다. 우리 나라의 ha당 농약사용량을 외국의 경우와 비교하여 보면, 미국 0.8kg보다 훨씬 높고 이스라엘 8.9kg보다 높으나, 이태리 13.1kg 일본 22.0kg보다 낮은 수준이다. ha당 비료사용량은 이스라엘 173kg 미국 106

표 2-5 농경지토양의 주요 성질 함량 변화

구 분	유기물 %	유기인산 ppm	교환성 염기(me/100g)			
			K	Ca	Mg	합계
○ 논토양						
1964~68	2.6	60	0.23	4.5	1.8	6.53
1969~79	2.4	88	0.31	4.4	1.7	6.41
1980~88	2.3	107	0.27	3.8	1.4	5.47
○ 밭토양	1.9	231	0.59	4.6	1.4	6.92

자료: 농촌진흥청, 「농토배양사업 10개년 사업 종합보고서」, 1989.

표 2-6 농약, 비료 사용량 변화

구 분	1970	1980	1990	1993	1970-93년 평균증가율, %
○ 농 약					
- 총사용량(성분량 톤)	3,731	16,132	25,082	27,008	9.0
- ha당 사용량(kg)	1.07	5.83	10.41	11.82	11.0
○ 비 료					
- 총사용량(천톤)	563	828	1,104	974	2.4
- ha당 사용량(kg)	162	299	458	426	4.3

자료: 농림수산부, 「농림수산주요통계」, 1994.

kg보다 훨씬 높고, 서독 423kg 일본 430kg과 비슷한 수준이다.

한편 최근 축산물 수요확대에 따라 축산업 규모가 점차 확대되면서, 가축분뇨 생산량이 증가하고 있다. 축산폐수가 하천의 수질오염에 미치는 영향을 <표 2-2>에서 보면 1993년에 하천 총배출량 중 생활하수가 68.1%, 산업폐수 31.3%인데 반해 축산폐수는 0.6%수준에 불과하나, 이를 오염부하량 기준으로 환산하면 각각 52%, 30%, 18%로서 축산폐수가 수질오염에 큰 몫을 차지하고 있는 실정이다(농촌진흥청 1994).

3. 농업의 환경에 대한 외부효과

농업은 농산물 생산기능외에 환경에 대한 외부효과를 부산물로서 수반한다. 농업의 환경보전적 기능(외부경제효과)으로서는 홍수조절, 수자원함양, 토양보전, 지반침하방지, 아름다운 자연환경 경관의 제공 또는 정신적 육체적 휴식공간제공 등을 들 수 있고, 농업의 환경파괴적기능(외부불경제효과)으로서는 비료 농약 축산폐수 등에 의한 환경오염을 들 수 있다.

3.1. 환경오염의 사회적비용

환경오염과 생태계의 파괴는 그 자체가 사회적 비용 또는 피해를 유발하는 것으로 피해의 구체적인 형태는 생산기반의 악화를 통한 농수산물의 생육저해, 오염물질이 먹이사슬을 통한 인체와 가축에 대한 건강장애, 생활환경의 악화 등을 들 수 있고 이러한 피해는 일반적으로 장기간을 걸쳐 나타난다. 이러한 환경오염의 사회적 비용의 계량화는 오염발생과 피해간의 시차, 오염발생자와 피해자의 상이함 등의 이유로 매우 어려운 일이다. 그러나 주어진 여러 제약과 가정하에서 오용선(1994)이 추계한 환경오염의 사회적 비용을 <표 2-7>을 보면 지난 20여년간에 연평균 8.5%씩(1990년 불변가격) 증가하였고, 그 평가액을 GNP와 對比하여 보면 0.8% 수준인 것으로 나타났다.

농업이 자연과 조화를 이루어 자연의 자정능력 안에서 농사를 지을 경우 환경파괴적인 부정적 측면은 나타나지 않는다. 농업이 환경에 부정적 영향을 미치는 대표적인 것으로는 화학비료와 농약의 과다한 사용, 인력과 축력을 대신한 기계화와 단작중심의 대규모경영, 관배수시설의 설치등에 따르는 토양, 수질, 생태계의 파괴라고 요약할 수 있다. 농업오염원에 의한 환경오염의 사회적비용(환경처 1991 자료에 근거하여 계측)은 수질오염, 대기오염 공히 전체환경오염의 사회적비용의 1%에도 훨씬 미치지 않는 것으로

표 2-7 환경오염의 사회적 비용

구 분	1971	1980	1990	1993	1971-93년 평균증가율, %
(’90불변, 억원)					
대기오염	1,517	2,923	7,298	9,177	8.5
- 농업원	7.2	8.0	12.6	12.7	2.6
수질오염	684	1,318	3,292	4,138	8.5
- 농업원	1.03	1.1	1.7	1.7	2.3
폐 기 물	597	1,151	2,875	3,615	8.5
합 계	2,798	5,392	13,465	16,930	8.5
GNP 對比(%)	0.79	0.77	0.76	0.79	

* 농업오염원에 의한 사회적비용은 환경처(1991)자료에 근거하여 계측되었음.
자료: 오용선(1994).

나타나서 현재까지 주된 오염원은 비농업부문에 의한 것으로 파악된다. 다만, 농업에 의한 환경오염 또한 꾸준히 증가추세에 있다<표 2-7>.

3.2. 농업의 환경보전적 기능

농업은 식량생산이라는 시장기능 외에도 홍수조절, 수자원함양, 대기 및 수질정화, 녹색환경 제공, 지역문화의 보존 및 창출, 자연을 통한 인간성의 육성 등과 같은 비시장적 기능을 수행하고 있다.

농업의 이러한 환경보전적 기능의 평가(대체법에 의거)에 대한 기존의 결과를 정리하면 <표 2-8>과 같다. 농경지의 홍수조절 및 수자원 함양기능만을 평가한 가치는(윤여창 외 1993) 농업생산액의 7.3%, 국민총생산액의 0.4% 수준으로 나타났다. 쌀농업의 수질·토양·대기자원에 대한 보전기능을 종합한 평가결과는(오세익 외 1995) 농업생산액의 19.7~49.2% 수준이며, 국민총생산액의 1.0~2.6% 수준으로 나타났다. 이와 같은 농업의 자연자원 보전기능에는 아름다운 자연경관이 가져다 주는 보건·휴양적 기

표 2-8 대체법에 의한 농업의 환경보전기능 평가액 비교

구 분	한 국(경상, 10억원)			일 본(경상, 10억엔)	
	농 협 (1993)	윤여창외 (1993)	오세익외 (1995)	농림수산성 (1980)	미즈비시 (1991)
수도작	1,638	-	3,146~7,845	-	1,868
농업전체	-	1,168	-	12,170	-
농업생산액대비(%)	10.3	7.3	19.7~49.2	118.6	16.3
GNP대비(%)	0.6	0.4	1.0~ 2.6	5.2	0.4

자료: 윤여창외(1993), 오세익외(1995), 이정환외(1991) 에서 재인용.

표 2-9 설문조사에 의한 농업·농촌의 유지를 위한 도시민 지불의사

구 분	윤여창외(1993)		오세익외(1995)	
	1인당 지불액 원/년	국민전체 억원/년	1인당 지불액 원/년	국민전체 억원/년
수도작	-	-	28,050	11,567
농업전체	115,200	53,194	-	-
농업생산액대비(%)		33.3%		7.3%
GNP대비(%)		2.0%		0.4%

농은 포함되지 않은 점에 유의해야 한다.

한편 농업의 수질·토양·대기자원의 보전기능외에 자연경관의 제공에 따르는 보건·휴양기능까지를 포함하여 농업의 환경보전효과를 평가한 결과는 <표 2-9>와 같다. 비농민을 대상으로 설문조사한 결과에 의하면 도시민 1인당 연간 115,200원을 농업·농촌의 유지를 위하여 지불할 의사가 있음을 나타냈고(윤여창 외 1993), 쌀농업 자체의 유지를 위하여는 도시민 1인당 연간 28,050원을 지불할 의사가 있음을 나타냈다(오세익 외 1995). 이를 농업생산액 對比하여 보면 각각 33.3%, 7.3%에 달하고 있음을 보여준다.

농업의 이러한 환경보전적 효과의 가치평가액은 평가방법과 전제조건등에 따라 다양한 결과를 나타내고 있으나 일반적으로 그 효과의 크기는 농업의 환경파괴적인 부의 효과를 상쇄하고 남을 것으로 기대된다. 즉 농업

은 환경파괴적인 측면보다는 환경보전적인 기능이 큰 산업으로 유지·보전되어야한다. 농업의 이러한 기능을 효율적으로 유지하기 위하여는 농경지의 타용도 전환을 최소화하고 특히 방치되기 쉬운 산간 오지에는 농림업을 존속시키는 것이 중요하다.

4. 환경정책의 변천과 환경투자

4.1. 환경정책의 변천

○ 1960년대의 환경정책

1963년 공해방지법이 제정되면서 우리 나라의 환경정책이 시작되었다. 이 시대는 국민들의 환경에 대한 인식이 거의 없었으며, 정부의 환경관리정책도 1967년 2월에 보건사회부내에 설치된 환경위생과 공해계에서 전담할 정도로 미약한 실정이었다. 이 시대의 환경관리정책은 사업장에서 발생하는 오염에 의한 보건위생상의 피해방지에 중점을 두고 있었다.

○ 1970년대의 환경정책

제1차 경제개발5개년계획(1962-66)의 시작과 함께 등장한 자연파괴 및 환경오염문제는 1970년대에 이르러 더욱이 다양하게 나타났다. 특히 대단위 개발사업에 따른 환경오염문제는 광범위한 규모로 심각하게 노출되었다. 1977년 12월 31일 환경보전법을 제정·공포, 이 법률은 환경기준의 설정과 환경영향평가제의 실시 등을 내용으로 환경보전적인 성격의 환경정책의 기초가 되었다.

○ 1980년대의 환경정책

1980년 1월 5일 환경청이 중앙전담기구로 발족한 후, 이제까지 경제성장과 개발에 의해 소홀이 다루져 왔던 제반 환경보전책이 강구되었다. 이기

간에 환경영향평가제, 환경오염방지부담제, 총량규제 등이 강구되었고 한강 유역환경보전계획(1983년 12월)을 비롯하여 환경보전장기종합계획(1987~2001) 등이 수립되었다. 그러나 환경규제면이나 환경기반시설, 환경투자면에서 극히 부족한 실정이었다. 한편 이 시대는 환경오염문제 등이 심각하게 여론화되어 환경보전에 대한 인식이 고조되기 시작했다.

○ 1990년대의 환경정책의 방향

경제성장과 환경보전의 조화를 기조로하고, 1990년 8월 1일 환경정책 기본법 제정, 1990년을 환경보전 원년으로 설정하였다. 국제적인 환경규제 움직임에 대처하고, 오염된 환경을 개선하기 위한 각종 환경기준의 강화와 개발과 보전의 조화를 도모하고자 한다. 이와 같은 정책기조를 바탕으로 중·장기적인 시각에서 국가의 성장과 산업의 발전 수준에 맞는 환경개선목표를 설정, 이를 달성하기 위한 중·장기종합대책을 마련하여 범정부적으로 추진하고 있다. 이와 보조를 맞추어 금년(1995)초 환경처가 환경부로 승격되었다.

4.2. 환경보전형 농업정책

우리 나라에서 환경보전형 농업은 1970년대 후반에 정농회, 유기농업환경연구회(한국유기농업협회 전신) 등 민간단체 주도의 종교적 신앙운동으로부터 시작되었다. 한편 1980년대에 와서 국민소득수준 향상으로 안전 식품에 대한 사회적 관심이 고조되면서 생산자, 소비자단체가 형성되어 환경보전형 농업이 유기농업 위주로 발전되었다. 1990년대에는 정부차원의 관심과 학계의 연구가 시작되었으며, 특히, 금년초 농림수산부내에 환경농업과가 신설되었다.

환경보전형 농업육성 정책의 기본 목표는 국내·외적으로 관심이 고조되고 있는 「환경」문제와 「농업」의 조화로하고, 지속 가능한 농업생산을 위한 농업환경보전, 농업으로부터 발생하는 환경저해 요인 최대한 감축, 농업의 환경정화기능 극대화를 기본과제로 하고 있다.

환경보전형 농업의 기본방향은 농토 및 농업용수의 보전과 개량, 화학비료 및 농약사용량 절감, 민간주도의 유기농업·자연농업 발전기반 구축 등이다. 농토 및 농업용수의 보전과 개량을 위한 주요 추진상황에는 축산분뇨 처리시설 지원, 공동퇴비 제조장 설치, 토양개량제 공급사업, 객토사업, 불량폐기물 등에 의한 토양오염방지, 경사지 토양유실 방지 등이 포함된다.

4.3. 환경투자현황

환경에 대한 투자를 분야별로 보면, 예산의 대부분을(80% 전후) 수질보전에 대한 투자에 배분되었고, 대기보전에 대한 투자는 미미한 상태이다. 한편 환경기술 개발 및 관리 등에 대한 투자는 환경에 대한 총공공투자의 약 10% 내외를 차지하고 있다<표 2-10>.

부처별 환경에 대한 투자를 보면 건설부에 의한 수질보존사업 특히, 상하수도시설 확충에 전체투자의 80~40%가 이루어져 왔다. 농림수산부에 의한 환경투자는 최근까지 거의 일어나지 아니하였음을 나타내고 있다. 이는 농업관련 환경투자의 주된 부분을 차지하여 왔던 축산폐수 및 농공단지

표 2-10 분야별 환경예산내역

단위: 억원, %

분 야 별	1990	1991	1992	1993	1994	1995
수질보전	2,751 (79.8)	3,598 (80.5)	4,398 (77.6)	5,061 (74.8)	9,048 (80.6)	14,634 (84.1)
폐기물관리	164 (4.8)	358 (8.0)	663 (11.7)	767 (11.3)	1,193 (10.6)	1,456 (8.4)
대기보전	41 (1.2)	30 (6.7)	20 (0.4)	24 (0.4)	27 (0.2)	29 (0.2)
환경기술개발 및 환경관리기타	491 (14.2)	484 (10.8)	588 (10.4)	913 (13.5)	964 (8.6)	1,275 (7.3)
계	3,447 (100.0)	4,470 (100.0)	5,669 (100.0)	6,765 (100.0)	11,232 (100.0)	17,394 (100.0)

자료: 환경부.

표 2-11 중앙부처의 연도별 환경투자현황

단위: 억원, %

구 분	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
환경처	433 (21.0)	671 (26.1)	773 (26.9)	645 (25.6)	902 (28.4)	2,434 (56.8)	805 (15.4)	903 (15.2)
건설부	1,625 (79.0)	1,902 (73.9)	2,103 (73.1)	1,870 (74.4)	2,275 (71.6)	1,752 (40.9)	2,148 (41.1)	2,382 (40.1)
내무부	-	-	-	-	-	-	2,125 (40.6)	2,500 (42.1)
상공자원부	-	-	-	-	-	100 (2.3)	150 (2.9)	150 (2.5)
합 계	2,058	2,573	2,876	2,515	3,177	4,286	5,228	5,935
예산대비(%)	1.49	1.60	1.56	1.14	1.25	1.37	1.56	1.56
GNP대비(%)	0.23	0.24	0.23	0.18	0.19	0.21	0.23	0.23

자료: 환경부(처), 「환경백서」.

표 2-12 농업관련 환경투자내역

단위: 경상 억원(%)

내역	1990까지	1991	1992~96계획
총투자액	31,506(100.0)	13,394(100.0)	121,917(100.0)
- 농업관련 전체	3,112 (9.9)	575 (4.3)	6,623 (5.4)
수질보전	16,145 (51.2)	4,941 (36.9)	38,725 (31.8)
- 축산폐수 및 분뇨	1,452 (4.6)	247 (1.8)	3,262 (2.7)
- 농업관련 전체	1,603 (5.1)	319 (2.4)	3,702 (3.0)
폐기물관리	2,354 (7.5)	1,006 (7.5)	31,631 (25.9)
- 농어촌비닐수집	894 (2.8)	150 (1.1)	1,301 (1.1)
- 농업관련 전체	1,043 (3.3)	185 (1.4)	1,890 (1.6)
대기보전	12,091 (38.4)	7,241 (54.1)	4,648 (3.8)
- 농업관련 전체	0	0	0
토양보전	465 (1.5)	70 (0.5)	683 (0.6)
- 농토배양	0	0	75 (0.1)
- 광산증금속방지	465 (1.5)	70 (0.5)	608 (0.5)
자연환경보전	1 (0.0)	1 (0.0)	348 (0.3)
해양보전	258 (0.8)	60 (0.4)	1,911 (1.6)
환경연구개발	192 (0.6)	55 (0.4)	2,134 (1.8)

자료: 환경처, 「환경개선중기종합계획 1992~96」, 1992.

공동폐수처리시설, 토양측정, 농약사용 규제 등이 환경처에 의하여 주관되어 왔던 것에 기인한다고 본다.

한편 환경에 대한 총공공투자가 정부총예산액에서 차지하는 비중은 1.5% 전후 수준이며, GNP 대비는 1993년 현재 0.23%이다. 이는 OECD국들의 환경투자가 GNP 대비 0.5~1.7% 인데 비하여 매우 저조하다<표 2-11>.

1990년까지 농업관련 환경투자는 총환경투자액의 9.9%를 차지하였고 중기계획기간(1992~96) 중에는 5.4%로 상대적 비중이 감소하였다. 농업분야에 대한 환경투자는 축산폐수 및 분뇨시설에 대한 투자가 가장 큰 비중을 차지하고 다음은 농어촌 폐기물관리에 대한 순으로 나타났다.

제 3장

환경정책 분석의 이론적 접근

최근 환경에 대한 관심이 부쩍 높아지고 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 비하여 현재까지 농업환경에 관한 연구는 대부분이 지속적 농업의 개념정의에 편중되어 있고 일부에서 농업의 환경에 대한 외부효과 측정에만 그치고 있을뿐, 농업을 둘러싼 여건 또는 정책의 변화에 따르는 근본적이고 포괄적인 인과관계에 입각한 농업환경연구는 현재까지 이루어지지 않았다. 이러한 여건하에서 작은 규모이지만 우선 손쉽게 응용할 수 있고 실용성있는 모형으로부터 출발하여 단계적으로 보다 확장된 모형으로 발전해 나가는 것이 필요하다. 이러한 취지에서 본장에서는 본질적인 농업환경연구의 시발점이 되는 기초모형을 개발하고 그 이론적 함의를 도출한다.

1. 방법론의 검토

1.1. 방법론의 비교

여건의 변화에 따르는 정책의 효과를 분석하고 중장기 경제전망을 위한 모형개발에서 주로 사용되고 있는 방법으로는 산업연관모형(Input-Output

model), 최적화 모형(Optimization model), 계산가능한 일반균형모형(Computable General Equilibrium model: CGE 모형)등을 들 수 있다.

산업연관모형에 의한 분석은 국민경제의 모든 산업을 포괄하고 있으며 따라서 이들 상호간의 의존도 연관관계 등을 분석할 수 있는 장점이 있는 반면, 생산측면만이 고려되어졌다는 점과 따라서 주어진 자원의 합리적 배분을 위한 경제주체의 의사결정이 결여되어 있다는 단점이 있다.

CGE 모형은 생산부문 소비부문 요소수요부문 해외부문으로 구성되며 모든시장에서 각 경제주체의 효용 또는 이윤극대화를 전제로 전체경제가 일반균형상태에 있을 경우의 해를 구하는 분석방법으로 다양한 경제여건의 변화에 따르는 전반적인 파급효과분석에 적합하다. 그러나 CGE모형을 이용한 일반균형분석은 투입산출표를 포괄하는 사회계정행렬(Social Accounting Matrix)이 없는 실정에서 활용에 한계가 있다는 점과(한두봉), 분석을 위하여 많은 정보와 자료 그리고 인력을 필요로 한다는 어려움이 있다.

최적화 모형에는 선형 및 비선형 계획법(Linear or Non-linear Programming), 동태적 계획법(Dynamic Programming), 최적제어법(Optimal Control theory) 등의 수리계획모형이 포함된다. 선형 및 비선형 계획법은 단기정태분석에 주로 사용되며, 동태적 계획법과 최적제어법은 주로 중장기 동태분석에 이용되고 있다. 최적화 방법에 근거한 수리계획모형은 경제주체의 이윤 또는 효용 극대화를 위한 자원의 최적배분을 위한 정보를 제공한다는 점과, 목적함수 또는 정책선택함수의 설정이 임의적이어서 계획경제 체제의 경제개발을 위한 장기정책 수립에 유용하다.

본연구에서는 농업관련 환경정책의 적절한 선택과 그 중장기적 효과 분석을 목적으로하는 기초적인 모형의 개발을 위하여 동태적 계획법 또는 최적제어법에 근거한 최적화모형이 응용되며 모형의 해는 근본적으로 농업부문 부분균형해이다.

12. 선행연구검토

환경정책의 거시적 분석에 관한 국내 연구는 김일중(1993), 환경처(1991), 김홍균 외(1994), 홍금우(1993), 양봉민 외(1992), 이정전(1984) 등이 있다. 이정전(1984)은 산업연관표 분석에 의해 가능한 공해모델을 이론적으로 국내에 제시하는데 기여하였다고 본다. 양봉민 외(1992)와 환경처(1991)는 이정전에 의해 제시된 투입·산출 분석을 통하여 산업별 오염발생 계수 및 오염 영향력계수 등을 계측하고, 환경오염을 계량화하는데 크게 기여하였으며 아울러 적정 환경투자 규모를 추계하였다. 그러나 양봉민 외의 연구는 산업별·산업간 환경정책의 파급효과에 대한 분석은 이루어지지 않았다. 김일중(1993), 홍금우(1993)는 환경정책의 효과를 이론적으로 분석하는데 그쳤다. 한편 김홍균 외(1994)는 개방경제하의 일반균형 성장모형의 개발을 통하여 환경오염과 투자의 효과를 이론적 및 실증적으로 분석하였다. 이상의 국내의 연구는 모두 농업환경정책을 그 구체적 대상으로 다루지 않았다는 공통점을 가지고 있다.

외국문헌의 경우 환경오염 및 정책의 효과분석에 관한 연구는 주로 일반균형론적 접근에 의한 간단한 동적 모형을 개발하여 환경오염의 외부불경제성의 동태적 영향을 분석하고 적정 오염규제 정책을 유도하고자 하였다. 이에 대한 연구는 많은 연구 중에서 Keeler 외(1971), Plourde(1972), Comolli(1977), Forster(1977), Tahvonon(1993)을 들 수 있다. 그러나 이들 연구는 이론적 개념적 연구에 국한되어 있으며, 농업환경오염정책의 효과 분석에 관한 연구는 대부분 특정지역에 있어서 특정작목의 경영성과분석에 제한되어 있다.

국내문헌 중에서 농업정책의 파급영향 분석을 위한 모형에 관한 연구는 이정환 외(1983), 한두봉(1994), 조재환 외(1994) 등이 있다. 이정환 외는 농업부문균형모형을 개발하여 여러 가지 대안적인 정책 시나리오들의 효과를 거시적이고 종합적으로 평가하고자 하였고, 한두봉은 일반균형이론에 기초한 농업중심의 거시경제모형을 개발하여 국내외 경제여건 변화에 따른

농업정책의 파급영향을 분석하고자 하였다. 이상의 연구의 공통점은 농업 환경(외부성)에 관한 고려가 이루어지지 않았다는 점이며 따라서 농업환경 정책의 효과를 분석하는 데 제약이 있다.

2. 환경정책 분석을 위한 이론모형

본절에서는 환경의 외부경제적·외부불경제적 효과의 동태성을 감안하여 단순화한 농업부문 최적화 모형을 개발하고 그에 따른 자원의 최적배분조건을 찾고, 다음으로 대안적인 농업환경정책들의 효과를 비교동태분석한다.

2.1. 모형의 설정

○ 농업총생산함수(Y)

농업부문 총생산(Y)은 토지, 노동 등의 관행적 생산요소(A), 비료, 농약, 대동물자본 등의 오염물질배출 생산요소(R), 농업자본(대동물제외, K) 및 농업투자(I), 그리고 농업부문 환경오염(E)에 의하여 결정된다고 본다. 즉, t기의 농업총생산은 다음과 같이 표기된다.

$$(3-1) \quad Y(t) = Y(A(t), R(t), K(t), I(t), E(t))$$

여기서 $Y(t)$ 는 오목((concave)하고 (A, R, K, I) 에 대하여 비감소적(nondecreasing)이며 E에 대하여는 비증가적(non-increasing)인 함수 형태를 가정한다. 농업생산요소는 토지·노동·자본 등 환경에 중립적인 생산요소와 비료·농약·대동물 등 오염적 생산요소로 구분하였다. 한편 환경오염(E)은 생산 자체를 저해하는 요소로서 취급되었다.

○ 농업자본스톡(K)

농업자본에는 대동물을 제외한 대농기구·대식물·토지개발자본·농용

건물 등이 포함된다. 대동물을 제외한 농업부문 자본스톡은 매년 농업총자본형성 또는 농업자본투자 (I)의 일정 부분 α ($0 < \alpha < 1$)에서 감가상각분을 제외한 만큼씩 증가한다.

$$(3-2) \quad \dot{K}(t) = \partial K(t) / \partial t = \alpha I(t) - \sigma K(t)$$

또는

$$(3-2)' \quad K(t+1) = \alpha I(t) + (1-\sigma)K(t)$$

여기서, α 는 농업총자본형성 중 대농기구·대식물·토지개량자본 등의 농업자본에 투자되는 비율 (나머지 $(1-\alpha)$ 는 환경부문에 대한 투자로 가정)을 나타내고 σ 는 농업자본의 감가상각률을 나타낸다.

○ 농업환경자본스톡(Ke)

한편 농업부문에 대한 총투자의 일정분 $(1-\alpha)$ 은 농업부문의 환경정화 및 개선을 위하여 투자된다고 가정하고 따라서 농업환경을 위한 자본스톡은 농업자본스톡과 같은 논리로 증가한다고 보았다.

$$(3-3) \quad \dot{K}_e(t) = \partial K_e(t) / \partial t = (1-\alpha) I(t) - \sigma K_e(t)$$

또는

$$(3-3)' \quad K_e(t+1) = K_e(t)(1-\sigma) + (1-\alpha) I(t)$$

○ 생산비용(C)

농업생산에 투하된 생산자재는 각각의 생산비용을 유발한다. 각각의 생산요소비용은 투하된 생산자재량에 생산요소 단위비용을 곱하여 산출된다. 따라서 농업총생산비용($C(t)$)은 이들 각각의 생산비용의 합으로서 계산된다.

$$(3-4) \quad C(t) = C(R(t), A(t), K(t), Ke(t)) \\ = P^R \cdot R(t) + P^A \cdot A(t) + P^K \cdot (K(t) + Ke(t))$$

여기서 P^R , P^A , P^K 는 각각 생산요소 R , A , K (또는 Ke)에 대한 단위비용을 나타낸다. 이때 P^R 은 비료·농약·대동물 단위비용의 벡터로서 해석될 수 있고 P^A 는 단위면적당 토지용역비와 노임률의 벡터로서, P^K 는 자본사용비용율로서 해석된다.

○ 농업의 환경에 대한 외부효과

1) 환경에 대한 외부불경제성 또는 환경오염

비료·농약·대동물 등의 생산요소의 사용은 농업생산을 증대시키는 반면에 농업부문의 환경오염을 유발하는 주된 요소이다. 이때 매기의 환경오염배출량($\ell(t)$)은 비료·농약·대동물 등의 생산요소가 증가함에 따라 증가하고 반면에 환경자본스톡이 증가할수록 감소한다고 가정한다.

$$(3-5) \quad \ell(t) = \ell(R(t), K(t), Ke(t))$$

여기서 $\ell(t)$ 은 농업부문에서의 환경오염배출량을 나타내며 (R, K) 에 대하여 증가함수이며 Ke 에 대하여 감소함수이다.

농업부문에 의한 환경오염스톡(E)은 매기 농업부문에서 유출되는 환경오염배출량에서 자연의 환경정화능력을 제외한 부분만큼 증가한다.

$$(3-6) \quad \dot{E}(t) = \partial E(t)/\partial t = \ell(R(t), K(t), Ke(t)) - \rho E(t)$$

또는

$$(3-6)' \quad E(t+1) = E(t)(1-\rho) + \ell(R(t), K(t), Ke(t))$$

여기서 ρ 는 자연의 환경정화능력($0 < \rho < 1$)을 나타낸다. 식 (3-6)은 만약 농업부문에 의한 환경오염이 자연의 환경정화능력 만큼만 배출된다면

환경오염스톡은 증가하지 않게되고 따라서 환경오염의 문제는 사라질 것을 암시한다. 그러나 실제로 생산에 의한 환경오염의 배출량은 자연의 정화능력을 상회하고 따라서 환경오염스톡은 점증하고 있으며 이로 인한 환경오염의 문제는 심화되고 있다.

2) 환경오염의 사회적 비용

한편 일단 배출된 환경오염은 지구상에서 오랜동안 잔존하며 물·대기·토양 등의 자원을 훼손하고 이는 먹이사슬을 통해 현재 또는 미래의 소비자들의 건강을 위해하며 또한 생산성을 저해한다. 이를 환경오염의 사회적 비용이라고 일컬어진다. 환경오염의 사회적 비용의 계량화에는 직접적 방법과 간접적 방법이 있다. 직접적 방법은 환경오염에 따르는 재해가 발생할 때에 초래하는 건강장애비용 및 생산성 저해 등을 직접적으로 산출하는 방법으로 매우 많은 정보를 필요로 한다. 반면에 간접적 방법으로는 환경오염에 따르는 재해가 발생하기 이전 시점에서 그 재해를 예방하기 위해 오염을 처리하는 비용으로 대체하는 방법으로서 최소비용법으로 통용되어지고 있다. 본 연구에서는 환경오염의 사회적 비용을 최소비용법에 의거하여 계측하는 것으로 가정하고, 환경오염물질단위처리비용에 환경오염스톡(총량)을 곱하여 산출된 값을 환경오염의 사회적 비용으로서 간주한다.

$$(3-7) \quad Cs(t) = Cs(E(t)) = e \cdot E(t)$$

여기서 $Cs(t)$ 는 환경오염의 사회적 비용을 나타내고, e 는 환경오염물질 단위당 처리비용을 나타내며 $Cs(.)$ 는 환경오염스톡(E)에 대하여 단조증가하는 것으로 가정하였다.

3) 환경의 외부경제성

농업은 홍수예방, 대기정화, 녹색경관제공 등의 공익적 기능을 농업생산의 부산물로서 수반한다. 이를 농업환경의 외부경제성이라고 할 수 있다. 농업의 공익적 기능은 경지면적이 많을수록 크고 환경의 질이 높을수록 클

것이다. 따라서 농업환경의 외부경제성(W)은 토지·노동(A)의 증가함수로서 농업오염스톡(E)의 감소함수로서 정의한다.

$$(3-8) \quad W(t) = W(A(t), E(t))$$

○ 농업부문 녹색 GNP(GGNP)

농업부문에 있어서 바람직한 발전방향은 농업생산과 환경과의 조화를 고려한 발전이어야 할 것이다. 농업부문 GNP의 극대화가 지표가 될 때 농업환경은 점차 열악해지고, 농업환경만을 강조할 때 농업성장이 크게 저해될 것이다. 따라서 이 두 가지 지표를 절충 또는 조화할 수 있는 사회적 지표로서 농업부문 녹색 GNP의 개념이 도입된다. 농업부문 녹색 GNP(GGNP)는 농업부문 GNP에서 환경의 외부경제효과와 외부불경제효과를 가감한 것으로 계산된다.

$$\begin{aligned} (3-9) \quad GGNP(t) &= GNP(t) - C_s(t) + W(t) \\ &= P^Y \cdot Y\{R(t), A(t), K(t), I(t), E(t)\} \\ &\quad - C\{R(t), A(t), K(t), K_e(t)\} - C_s(E(t)) \\ &\quad + W(A(t), E(t)) \\ &= P^Y \cdot Y(R(t), A(t), K(t), I(t), E(t)) \\ &\quad - \{P^R R(t) \cdot P^A A(t) + P^K (K(t) + K_e(t))\} \\ &\quad - e \cdot E(t) + W(A(t), E(t)) \end{aligned}$$

여기서 P^Y 는 농산물판매가격(지수)를 나타내고, 가격및 비용조건 P^Y , P^R , P^A , P^K , e 는 파라메타 또는 외생변수로서 취급된다.

○ 사회적 최적화 모형

어느 농정(계획)기간에 농업부문에 있어서 사회적 최적은 자본과 환경오염 수준의 주어진 제약 아래서 계획기간 동안에 농업부문 GGNP 흐름의 현재가치를 최대화하도록 자원을 적절히 배분함으로써 실현된다고 본다. 이를 모형으로 나타내면 다음과 같다.

[P]

$$\begin{aligned}
 \text{Max}_{\{R(t), A(t), I(t)\}} \quad & \sum_{t=0}^T \beta^t \text{GGNP}(t) \\
 = \quad & \sum_{t=0}^T \beta^t [P^Y \cdot Y(R(t), A(t), K(t), I(t), E(t)) \\
 & - \{ P^R \cdot R(t) + P^A \cdot A(t) + P^K (K(t) + Ke(t)) \} \\
 & - e \cdot E(t) + W(A(t), E(t))]
 \end{aligned}$$

$$\text{s.t. } K(t+1) = K(t)(1 - \delta) + \alpha I(t)$$

$$Ke(t+1) = Ke(t)(1 - \delta) + (1 - \alpha)I(t)$$

$$E(t+1) = E(t)(1 - \rho) + \ell(R(t), K(t), Ke(t))$$

$$K(0) = K_0$$

$$Ke(0) = Ke_0$$

$$E(0) = E_0$$

여기서 β 는 $(1 - \text{할인율 또는 이자율})$ 을 나타낸다. 한편 $R(t)$, $A(t)$, $I(t)$ 는 매기의 결정변수이며, $K(t)$, $Ke(t)$, $E(t)$ 는 매기의 상태변수를 나타낸다.

2.2. 사회적 최적조건과 함축성

사회적 최적화 모형[P]를 (분석의 편의상) 연속적 시차모형으로 전환하

면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{[P']} \\
 & \text{Max}_{\{R(t), A(t), I(t)\}} \int_0^T e^{-\beta t} \text{GGNP}(t) dt \\
 & = \int_0^T e^{-\beta t} \{ P^Y \cdot Y(R(t), A(t), K(t), I(t), E(t)) \\
 & \quad - (P^R \cdot R(t) + P^A \cdot A(t) + P^K \cdot (K(t) + Ke(t))) \\
 & \quad - e \cdot E(t) + W(A(t), E(t)) \} dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{s.t.} \quad & \dot{K}(t) = \alpha I(t) - \delta K(t) \\
 & \dot{Ke}(t) = (1 - \alpha) I(t) - \delta Ke(t) \\
 & \dot{E}(t) = \ell(R(t), K(t), Ke(t)) - \rho E(t) \\
 & K(0) = K_0 \\
 & Ke(0) = Ke_0 \\
 & E(0) = E_0
 \end{aligned}$$

다음은 최적화조건을 도출하기 위하여 최적제어이론(Optimal Control Theory)을 도입한다. 문제[P']에 대한 해밀토니안(The current value Hamiltonian)식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 (3-10) \quad & H^C(R, A, I; K, Ke, E) \\
 & = [P^Y \cdot Y(R, A, I, K, E) \\
 & \quad - \{ P^R \cdot R + P^A \cdot A + P^K \cdot (K + Ke) \} - e \cdot E + W(A, E) \\
 & \quad - \lambda (\alpha I - \delta K) + \gamma \{ (1 - \alpha) I - \delta Ke \} \\
 & \quad + \varepsilon \{ \ell(R, K, Ke) - \rho E \}
 \end{aligned}$$

식 (3-10)에서 시간변수 t 는 생략되었다. 여기서 $H^C(R, A, I, K, Ke, E)$ 는 해밀토니안식을 나타내며, $\lambda, \gamma, \varepsilon$ 는 각각 K, Ke, E 에 대한 조상태변수(costate variables)로서 $\lambda (\lambda > 0)$ 는 농업자본(대동물제외) K 의 잠재가격을, $\gamma (\gamma > 0)$ 는 농업환경자본 Ke 의 잠재가격을, $\varepsilon (\varepsilon > 0)$ 는 농업환경오염 E 의 잠재비용을 의미한다. 최적해를 위한 조건은 다음과 같다.

$$(3-11) \quad \partial H / \partial R: (P^Y \cdot Y_R - P^R) + \varepsilon \cdot \ell_R = 0$$

$$(3-12) \quad \partial H / \partial A: (P^A \cdot Y_A - P^A) + W_A = 0$$

$$(3-13) \quad \partial H / \partial I: (P^Y \cdot Y_I - P^K) + \lambda \alpha + \gamma (1 - \alpha) = 0$$

$$(3-14) \quad \dot{\lambda} = \lambda \beta - \partial H / \partial K = \lambda \beta + P^Y \cdot Y_K - P^K - \lambda \delta + \varepsilon \cdot \ell_K$$

$$(3-15) \quad \dot{\gamma} = \gamma \beta - \partial H / \partial Ke = \gamma \beta - P^K - \gamma \delta + \varepsilon \cdot \ell_{Ke}$$

$$(3-16) \quad \dot{\varepsilon} = \varepsilon \beta - \partial H / \partial E = \varepsilon \beta + (P^Y \cdot Y_E - e + W_E) - \varepsilon \rho$$

$$(3-17) \quad e^{-\beta T} \lambda(T) = 0, \quad e^{-\beta T} \gamma(T) = 0, \quad e^{-\beta T} \varepsilon(T) = 0$$

$$(3-18) \quad \dot{K} = \alpha I - \delta K$$

$$(3-19) \quad \dot{Ke} = (1 - \alpha)I - \delta Ke$$

$$(3-20) \quad \dot{E} = \ell - \rho E$$

여기서 아래첨자(R, A, I, K, Ke, E)는 각각에 대한 편미분을 나타낸다. 모든 시간 $t(0 \leq t \leq T)$ 에 대하여 이상의 조건식 (3-11) ~ (3-17)과 (3-18) ~ (3-20)을 만족하는 해(R, A, I, K, Ke, E)가 사회적 최적을 실현한다. 이상의 각각의 조건식은 다음과 같이 해석된다. 식 (3-11)은 비료, 농약, 대동물 등의 환경오염유발요소에 대한 최적배분조건식으로서 이들 요소 한 단위의 사용에서 비롯되는 한계수입($P^Y \cdot Y_R$)이 이들 요소 한 단위 사용에 유발하는 요소비용과 환경오염의 사회적 비용의 합($P^R - \varepsilon \cdot \ell_R$)과 같은 점에서 결정되어야 함을 의미한다. 만일 이들 생산요소의 환경에 대한 외

부효과가 고려되어지지 않을 때(즉 $\varepsilon \cdot \ell_R = 0$), 식 (3-11)은 $P^Y \cdot Y_R = P^R$ ($< P^R - \varepsilon \cdot \ell_R$)을 나타내게 되며 따라서 생산요소 R은 사회적 최적수준보다 많이 사용되어질 것이다.

식 (3-12)는 토지·노동 등의 환경에 중립적인 생산요소에 대한 최적배분조건식으로서 이들 요소 한 단위 사용에 따르는 한계수입($P^Y \cdot Y_A$)은 이들 요소 한 단위 사용에 따라 유발하는 요소비용과 환경에 대한 공익적 기능의 차액($P^A - W_A$)과 같아지는 수준에서 결정되어야 함을 의미한다. 만일 환경에 대한 외부효과가 고려되어지지 않을 때(즉 $W_A=0$) 식 (3-12)는 $P^Y \cdot Y_A = P^A$ ($> P^A - W_A$)를 나타내게 되며 따라서 생산요소 A는 사회적 최적보다 작게 사용되어질 것이다. 즉 농업생산의 환경에 대한 공익적 기능이 고려되어지지 않을 때 농지의 폐경화·휴경화가 빠르게 진행될 것이고 이는 곧 사회적으로 최적의 자원배분이 되지 않음을 함축한다고 보겠다.

식 (3-13)은 농업에 대한 자본투자조건식으로서, 자본의 한 단위 투자에 따르는 현재의 한계수입($P^Y \cdot Y_I$)과 미래에 유발되는 사회적 잠재가치($\lambda \alpha + \gamma(1-\alpha)$)의 합이 자본투자에 따르는 현재 사용비용(P^K)과 같은 수준까지 투자가 이루어져야 함을 의미한다. 만일 분석모형이 정태분석에 그칠 경우 투자에 따르는 사회적 잠재가치($\lambda \alpha + \gamma(1-\alpha)$)는 고려되어지지 않게되고 그 결과 식 (3-13)은 $P^Y \cdot Y_I = P^K$ ($> P^K - (\lambda \alpha + \gamma(1-\alpha))$)가 되고 따라서 투자는 사회적 최적수준 이하에서 이루어질 것이다.

식 (3-14)는 농업자본의 잠재가치는 할인율(β)에 사회적 순편익($P^Y \cdot Y_K - P^K - \lambda \delta + \varepsilon \cdot \ell_K$)의 변화율을 더한 비율로 증가됨을 의미한다. 그 증가율이 β 보다 큰지 작은지는 사회적 순편익의 변화율의 크기에 달려있다. 식 (3-15)는 식 (3-14)와 유사한 방법으로 해석된다. 식 (3-16)은 환경오염의 잠재비용(즉 사회적 비용)은 사회적 할인율(β)보다 빠른 비율로 증가함을 나타내는데 이것은 곧 시간이 감에 따라서 환경오염에 대한 사회적 회피가 체증하는 것을 의미한다. 식 (3-17)은 계획기간이 일정하게 주어졌을 경우에 계획기간 말기에 있어서 자본과 오염의 잠재가치(비용)의 현재가치가 영이 되도록 하는 것이 합리적이라는 것이다.

3. 환경정책 효과의 비교동태분석

3.1. 대안적 정책

농업생산의 환경에 대한 외부효과의 내부화를 위하여는 적절한 환경정책이 채택되어야 한다. 환경오염은 농민은 물론 불특정한 다수의 국민에게 피해를 주게되며, 환경의 공익적 기능 또한 국민 전체의 후생을 증진시키는 역할을 하고 있다. 이처럼 환경의 외부효과는 공공재적 성격을 지니는 것으로서 정책의 개입없이 외부효과의 내부화를 기대할 수 없다. 즉 환경의 외부효과에 따른 시장실패는 적절한 정책의 개입에 의하여 조정되어질 수 있다.

환경의 외부불경제 효과에 대하여는 환경오염세의 부과를 통한 외부효과의 내부화가 가능하고 환경의 공익적 기능에 대하여는 생산자에 대한 직간접 보조를 통해 내부화가 가능하다(Baumol & Oates 1971).

환경오염세의 적정수준은 환경오염 한 단위가 사회에 미치는 피해 또는 환경오염의 사회적(잠재적) 비용이라고 볼 수 있다. 그런데 식 (3-16)에서 볼 수 있듯이 환경오염의 사회적(잠재적) 비용은 매기마다 변동한다. 따라서 적정 환경오염세 수준 또한 변동하여야 한다. 이러한 환경세의 부과는 행정절차상 많은 어려움과 많은 비용이 필요하다. 이러한 문제점을 해소할 수 있는 대안적 정책(세제)으로서 환경오염 유발자재에 대한 세금부과(이하 '투입자재세'로 칭함), 환경오염발생품목에 대한 세금부과(이하 '산출세'로 칭함), 또는 환경오염처리비용의 인상(이하 '오염처리세'로 칭함)등을 들 수 있다.

한편 환경의 공익적 기능에 대하여는 외부경제효과의 정확한 계량화를 통하여 적정수준의 직간접보조가 이루어져야 하나 이에 대한 정확한 계량화가 어려운 실정에서 대안적 정책으로서는 생산자에 대한 일정 수준의 직

접소득보조, 또는 생산자재가격인하, 산출품목가격의 인상등을 들 수 있다.

여기서 언급하여야 할 것은 이상의 대안적 정책들은 최선의 정책(best policy)이 아니어서 사회적 최적(social optimality)의 실현을 보장할 수 없다는 단점이 있으며 따라서 차선의 정책(second best policy)으로서 사회적 최적에 접근하도록 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 대안적 정책으로서 투입자재세, 산출세, 오염처리세, 직접 보조 등으로 국한한다. 본 모형 [P] 또는 [P']에서 투입자재세는 비료·농약·대동물 등 환경오염유발자재 단위비용(P^R)의 인상으로, 산출세는 오염배출 품목인 축산물 가격(본 모형에서는 단순히 산출물 가격 P^Y)의 인하로, 오염처리세로는 오염처리단위비용(e)의 인상으로 대체될 수 있고, 농업 부문에 대한 직접보조는 새로운 정책 변수 s 를 매기의 GGNP에 더함으로써 대체될 수 있다.

3.2. 정책 효과의 비교동태 분석

이들 대안적 환경정책변수를 벡터 Ω 로서 표시하면 다음과 같다.

$$(3-21) \quad \Omega = [P^Y, P^R, e, s]'$$

대안적 환경정책 변수들이 농업총생산·생산요소수요·환경오염 등에 미치는 질적효과(qualitative effects)를 분석하기 위하여는 Caputo(1990)에 의한 dynamic primal-dual방법론을 도입한다.

여기서 $J^*(\Omega)$ 를 임의의 벡터 Ω 에 대하여 최적화모형[P] 또는 [P']의 최적해가 얻어진 상태에서 극대화된 목적함수(value function)라고 한다. 즉,

$$\begin{aligned}
(3-22) \quad J^*(\Omega) &= \int_0^T GGNP^*(t : \Omega) e^{-\beta t} dt \\
&= \int_0^T \{P^Y \cdot Y^*(t : \Omega) - C^*(t : \Omega) \\
&\quad - C_S^*(t : \Omega) + W^*(t : \Omega)\} e^{-\beta t} dt \\
&= \int_0^T \{P^Y \cdot Y[R^*(t : \Omega), A^*(t : \Omega), K^*(t : \Omega), \\
&\quad I^*(t : \Omega), E^*(t : \Omega)] \\
&\quad - [P^R \cdot R^*(t : \Omega) + P^A \cdot A^*(t : \Omega) \\
&\quad + P^K \cdot (K^*(t : \Omega) + Ke^*(t : \Omega))] \\
&\quad - [e \cdot E^*(t : \Omega) + W(A^*(t : \Omega), E^*(t : \Omega))]\} e^{-\beta t} dt
\end{aligned}$$

이때 $[R^*(t : \Omega), A^*(t : \Omega), K^*(t : \Omega), I^*(t : \Omega), Ke^*(t : \Omega), E^*(t : \Omega)]$ 는 임의의 벡터 Ω 에 대하여 모형 $[P]$ 또는 $[P']$ 의 최적해를 나타낸다.

Caputo에 의한 Envelope Theorem을 적용하면 식 (3-23) ~ (3-25)가 얻어진다.

$$(3-23) \quad J_P^Y(\Omega) = \partial J^*(\Omega) / \partial P^Y = \int_0^T e^{-\beta t} Y^*(t : \Omega) dt > 0$$

$$(3-24) \quad J_P^R(\Omega) = \partial J^*(\Omega) / \partial P^R = - \int_0^T R^*(t : \Omega) e^{-\beta t} dt < 0$$

$$(3-25) \quad J_e^*(\Omega) = \partial J^*(\Omega) / \partial e = - \int_0^T E^*(t : \Omega) e^{-\beta t} dt < 0$$

식 (3-23)은 산출세의 부과는 전체 계획기간 $[0, T]$ 동안에 농업 총산출의 총화(현재로 할인됨)를 감소시킴으로써 전체 기간의 농업부문 녹색 GNP를 감소시키는 효과를 가져온다는 것을 의미한다. 이는 산출세 부과기간 동안에 단기적으로는 농업 총산출의 증가 또는 농업부문 녹색 GNP의 증가를 가져올 수 있음을 허용하되 중장기적으로는 산출세의 부과는 농업부문 녹색 GNP의 총화의 감소를 야기함을 의미한다.

식 (3-24)는 비료·농약 등의 오염유발자재에 대한 투입자제세의 부과

는 중장기적으로 해당생산자재 수요의 총화를 감소시킴으로써 궁극적으로 농업부문 녹색 GNP의 감소를 야기함을 의미한다. 마찬가지로 식 (3-25)는 오염처리세의 부과는 중장기적으로 환경오염을 감소시키되 그 결과(농업부문 생산의 위축을 가져와서) 농업부문 녹색 GNP의 감소를 야기한다는 것을 나탄낸다.

다음 환경정책 변수 벡터 Ω 가 모형 $[P]$ 의 목적함수에서 선형으로 나타나고 기타 다른 곳에는 나타나지 않으므로 Caputo의 Curvature Theorem을 사용할 수 있다. Curvature Theorem에 의하면 $J^*(\Omega)$ 의 Hessian 매트릭스 $J_{\Omega\Omega}^*(\Omega)$ 는 symmetric positive semi-definite이다. 이 성질을 이용하면 다음의 식들이 유도될 수 있다.

$$(3-26) \quad J_{P^Y P^Y}^*(\Omega) = \partial J_{P^Y}^*(\Omega) / \partial P^Y = \int_0^T e^{-\beta t} (\partial Y^*(t; \Omega) / \partial P^Y) dt \geq 0$$

$$(3-27) \quad J_{P^R P^R}^*(\Omega) = \partial J_{P^R}^*(\Omega) / \partial P^R = \int_0^T e^{-\beta t} (\partial R^*(t; \Omega) / \partial P^R) dt \geq 0$$

$$(3-28) \quad J_{e e}^*(\Omega) = \partial J_e^*(\Omega) / \partial e = - \int_0^T e^{-\beta t} (\partial E^*(t; \Omega) / \partial e) dt \geq 0$$

식 (3-26)은 산출세의 부과(P^Y 의 인하)는 전체 계획기간 $[0, T]$ 동안에 있어서 총공급의 총화(현재로 할인됨)의 감소를 야기한다는 것을 의미한다. 이는 산출세 부과시 계획기간 동안에 매기마다 생산의 감소를 의미하는 것(이는 정태분석결과에 해당됨)이 아니고, 전체 기간의 생산의 총화가 감소함을 의미하는 것에 유의하여야 한다. 즉, 어느 특정기에는 생산의 증가를 가져올 수도 있으나 전체적으로는 농업생산이 감소하는 추세인 것을 나타낸다.

식 (3-27)은 비료·농약 등의 환경오염유발자재에 대한 투입자재세의 부과는 전체 계획기간 동안에 있어서 그 해당 자재수요의 총화가 감소한다는 것을 의미한다. 이 또한 일시적으로 세금부과 생산자재의 수요가 증가할 수 있음을 허용하되 중장기적으로 보면 세금부과된 자재의 수요가 감소추세인 것을 의미한다. 마찬가지로 식 (3-28)은 오염처리세의 부과는 중장기적으로 환경오염의 감소를 가져옴을 의미한다.

한편 농업부문에 대한 직접소득보조 (s)는 (본 모형의 구조에서) 여타의 요인들과 아무런 연계(feedback)를 갖지 못함으로써 농업생산 · 생산요소 수요 · 환경오염 어느 것에도 직접적인 영향을 주지 않는다.

제 4 장

농업관련 환경정책 분석모형

1. 환경정책의 필요성

농업의 환경파괴적 기능은 현재 또는 미래의 농업환경자원의 사용에 사회적비용을 낳는 반면, 농업의 환경보전적 기능은 현재 및 미래의 사회적 편익을 창출한다. 이 같은 농업환경의 외부효과는 시장기능에 의한 최적자원배분의 실패를 야기한다. 따라서 적절한 환경정책의 수립은 자원의 최적 배분을 위하여 필요하다

앞으로의 농업의 발전방향은 단순한 농업 GNP의 극대화가 아니고 농업의 환경외부효과를 고려한 녹색 GNP를 극대화하는 환경조화형 농업이 추진되어야 한다. 환경보전형농업의 추진은 환경보전이라는 공공재적 성격을 유발하는 것으로 환경보전에 대한 효과는 불특정다수의 국민전체가 누리는데 반해 그 수행자에게는 단기적으로 생산비 증가를 초래하기 때문에 정책수단의 개입없이는 저절로 적절한 수준에서 이루어 질 수 없다.

지속적 농업의 효율적 추진을 위한 직접적인 정책수단으로서는 비료나 농약의 적정사용량의 규제, 축산분비물의 배출량한도 규정, 작부체계의 규

정 등의 직접적인 규제를 들 수 있다.

대안적인 정책수단으로는 정부가 농업의 환경보전이라는 공익적기능에 대해 직간접적 보조를 하고 농업의 환경파괴적 기능에 대해서는 공해세, 자재투입세, 산출세 등의 세제를 활용할 수 있다.

이장에서는 농업환경관련정책들의 수행에 앞서 수행가능한 정책수단들이 농업환경오염, 농업생산, 생산요소수요, 녹색 GNP 등에 미치는 효과를 분석하기 위해 농업부문의 성장모형을 개발하고 그 현실적 운용에 관하여 논의한다. 이 장에서의 모형개발은 제3장의 방법을 원용하되 현실에 맞게 응용한다.

2. 모형의 구조

2.1. 농업총생산 결정

농업부문을 크게 재배업과 축산업으로 구분한다. 재배업부문의 총생산량은 비료(F), 농약(N), 토지(A), 농업노동력의 투하량(L)과 대동물제의 농업자본(K), 연구개발자본(R), 농업환경오염수준(E) 등의 요소에 의하여 결정된다고 보고 식 (4-1)과 같이 재배업부문 생산함수를 설정한다. 축산업부문 총생산은 노동력(L), 대동물자본(M), 대동물제의 농업자본(K), 연구개발자본(R) 등에 의하여 결정된다고 가정하고 축산부문 생산함수는 식 (4-2)와 같이 나타낸다.

$$(4-1) \quad Y^c(t) = Y^c(F(t), N(t), L^c(t); A(t), K(t), R(t), E(t))$$

$$(4-2) \quad Y^l(t) = Y^l(L^l(t); M(t), K(t), R(t))$$

여기서 Y 는 총생산함수를 나타내며 위첨자 c, l 은 각각 재배업, 축산업을 나타낸다. 비료, 농약, 노동력은 가변요소로서, 대동물자본, 대동물제의 농업자본, 축산시설자본, 연구개발자본, 농업환경오염은 고정요소로서 취급되

었다. 여기서 대동물제외 기타 농업자본에는 대농기구, 농용건물, 토지개량 자본중에서 농업에 투하된 자본을 나타낸다. 제반요소들은 생산에 正의 기여를 하는 반면 환경오염은 재배업 부문 생산에 負의 기여를 한다고 본다.

2.2. 농업총공급과 생산요소수요의 결정

식 (4-1), (4-2)와 쌍대관계에 있고 이윤극대화원리에 부합하는 가변이윤함수(restricted profit function) π 가 존재한다.

$$\begin{aligned}
 (4-3) \quad \pi(t) &= P^{yc} Y^c(F(t), N(t), L^c(t); A(t), K(t), R(t), E(t)) \\
 &\quad + P^{y\ell} Y^\ell(L^\ell(t); M(t), K(t), R(t)) \\
 &\quad - (P^f F(t) + P^N N(t) + P^W(L^c(t) + L^\ell(t))) \\
 &\equiv \pi(P^{yc}, P^{y\ell}, P^f, P^N, P^W; A(t), K(t), M(t), R(t), E(t))
 \end{aligned}$$

여기서 π 는 극대화된 가변이윤(조수익-가변요소비용)을 나타내며 P^{yc} , $P^{y\ell}$ 은 각각 재배부문가격지수, 축산부문가격지수를 나타내며, P^f , P^N , P^W 는 각각 비료, 농약, 농업노동력의 가격을 나타낸다.

식 (4-3)으로부터 호텔링 정리에 의해 재배부문총공급함수, 축산부문총공급함수, 가변요소(비료, 농약, 농업노동력) 수요함수가 도출된다. 즉

$$(4-4) \quad \partial \pi(t) / \partial P^{yc} = Y^c(P^{yc}, P^f, P^N, P^W : A(t), K(t), R(t), E(t))$$

$$(4-5) \quad \partial \pi(t) / \partial P^{y\ell} = Y^\ell(P^{y\ell}, P^W : M(t), K(t), R(t))$$

$$(4-6) \quad \partial \pi(t) / \partial P^f = F(P^{yc}, P^f, P^N, P^W : A(t), K(t), R(t), E(t))$$

$$(4-7) \quad \partial \pi(t) / \partial P^N = N(P^{yc}, P^f, P^N, P^W : A(t), K(t), R(t), E(t))$$

$$\begin{aligned}
 (4-8) \quad \partial \pi(t) / \partial P^W &= L(P^{yc}, P^{y\ell}, P^f, P^N, P^W : A(t), M(t), K(t), \\
 &\quad R(t), E(t))
 \end{aligned}$$

농업총생산함수가 생산요소와 산출간의 기술적인 관계인데 반하여 농업총공급함수식 (4-4), (4-5)는 이윤극대화의 실현에 의한 산출물공급을 나타낸다. 마찬가지로 생산요소수요함수식 (4-6) ~ (4-8)도 이윤극대화 실현에 요구되는 생산요소의 수요를 나타낸다. 따라서 이들 공급함수식과 요소수요함수식의 도입은 농업내부의 가격조건의 변동 또는 산출세 또는 투입자재세의 변동에 따르는 농업부문전체의 합리적인 의사결정을 가능하게 한다.

2.3. 농업환경오염의 결정

○ 환경오염배출량

농업생산은 그 부산물로서 환경에 대한 오염을 수반한다. 재배업부분 생산을 위한 비료와 농약의 과다한 사용은 수질과 토양에 오염원을 발생시키며, 축산업은 축산분뇨의 배출을 통하여 환경을 오염시킨다.

재배업부분에 의한 환경오염의 배출은 비료, 농약투하량, 농업자본이 많을 수록 증가하고 반면에 축산부분에 의한 환경오염의 배출은 대동물자본이 많을 수록 증가한다고 가정하였으며, 농업환경개선에 대한 자본은 재배업 축산업 양부문에 있어서 오염배출을 감소시킨다고 가정한다.

$$(4-9) \quad \ell_i^c(t) = \ell_i^c(F(t), N(t), K(t), Ke(t))$$

$$(4-10) \quad \ell_i^l(t) = \ell_i^l(M(t), Ke(t)) \quad i = \text{BOD, SO}_2 \text{ 등}$$

여기서 $\ell(t)$ 은 t 기간에 배출된 환경오염량을 나타내며, 위첨자 c , ℓ 은 각각 재배업, 축산업에 의한 것을 나타내며, 아래첨자 i 는 다양한 환경오염원을 의미한다($i = \text{SO}_2, \text{BOD, TSP}$).

○ 축산분뇨의 재활용 또는 자원화

한편, 축산분뇨를 그대로 방치할 경우 농업부문 환경오염의 주된 부분을 차지하나 반면에 이를 유기질 비료화하여 자원으로 재활용(recycling) 될

경우 사회적 편익을 낳는다. 축산부문의 자원화는 환경오염이라는 사회적 비용을 감소시키는 한편으로 비료자원의 재생산이라는 이중효과가 있다. 그러나 축산분뇨의 재활용을 위해서는 노동력투입과 톱밥 등의 자재투입의 비용을 필요로 한다. 따라서 축산분뇨의 재활용은 사회적 편익이 비용보다 클 경우 사회적으로 권장되어야 한다.

(4-11) 만일 $\varepsilon(t) + P^{f(t)} \geq MC^R(t)$ 이면,

$$F^R(t) = F^R(r \cdot \ell^{\ell}(t), L^R(t))$$

여기서 ε 은 축산분뇨(오염) 방치가 가져오는 한계적 사회비용, P^f 은 비료 한 단위 비용, MC^R 은 축산분뇨자원화를 위한 한계비용을 나타내며, F^R 은 축산분뇨재활용에 의해 생산된 유기질비료량, L^R 은 축산분뇨재활용에 투입되는 노동력, r 은 배출된 축산분뇨를 기술적으로 가능한 재활용화 비율을 나타낸다. 개별 양축가 입장에서는 축산분뇨의 재활용의 편익으로써 축산분뇨방치시 가져올 사회적 비용(ε)은 고려되지 않고 다만 대체재인 비료가격만을 고려하게 될 것이다. 따라서 축산분뇨의 재활용을 사회적으로 권장하기 위해서는 ε 에 해당하는 부분만큼을 재정적으로 보조하는 것이 바람직할 것이다.

식 (4-11)에서와 같이 방출한 축산분뇨의 r 비율($0 \leq r \leq 1$)만큼이 재활용될 때 농업부문총오염배출량(ℓ)은 재배업부문의 배출량(ℓ^c)과 재활용되지 않는 축산분뇨의 합으로 이루어 진다.

$$(4-12) \quad \ell_i(t) = \ell_i^c(t) + (1-r) \ell_i^{\ell}(t)$$

○ 환경오염 스톡

새로이 방출된 환경오염은 기존의 환경오염총량에 누적되어 토양중,수중, 대기중에 오래 동안 존재하면서 토양, 대기, 수질오염을 야기시킨다. 한편

총오염량의 일정부분 α 는 자연의 자연정화기능에 의하여 자정될 것이다. 따라서 t 기의 환경오염총량(스톡)은 다음과 같이 표현된다.

$$(4-13) \quad E_i(t) = (1 - \alpha_i) E_i(t-1) + \ell_i(t)$$

여기서 i 는 다양한 환경오염원(SO₂, BOD, TSP 등)을 나타내며, α_i 는 각 오염원별 자정능력을 나타낸다. 만일 연간 환경오염의 자연정화능력 $\alpha_i E_i(t)$ 가 연간 환경오염배출량 $\ell_i(t)$ 를 능가할 경우 환경오염문제는 존재하지 않을 것이다. 그러나 경제성장과정에서 보통은 환경오염배출량이 자연정화능력을 훨씬 상회하고 따라서 환경오염의 문제는 심각해지고 있다.

○ 환경오염의 사회적 비용

일단 방출된 환경오염은 토양, 대기중에 잔존하면서 이들 자원을 이용하는 국민전체의 건강을 위해하며 또한 장기적으로 생산력을 저하시킨다. 이러한 피해를 통칭하여 환경오염의 사회적비용이라 한다. 환경오염의 사회적비용의 계량화는 직접법과 간접법(제3장 2절 참조)이 있는데 간접법에 의한 계량화가 현실적으로 가능한 방법이며 또한 사건발생 이전에 예방한다는 측면을 가지고 있어서 사회적으로 바람직한 방법이라고 본다. 환경오염총량의 사회적비용 C_s 는 간접법에 의하여 다음과 같이 계산된다.

$$(4-14) \quad C_s(t) = \sum_i e_i(t) \cdot E_i(t)$$

여기서 C_s 는 농업환경오염총량이 유발하는 사회적비용 또는 총 농업환경오염처리비용을, e_i 는 오염원 i 의 단위당 처리비용(treatment cost)을 나타낸다.

2.4. 농업의 환경에 대한 공익적 기능

농업생산은 환경오염을 유발하여 환경에 부정적 영향을 주는 반면, 농업생산을 지속함으로써 홍수조절, 대기정화, 녹색경관의 제공등과 같은 공익

적 기능을 수반한다. 이러한 농업의 환경에 대한 공익적 기능은 경지면적이 많을수록 증가하고, 농촌환경의 오염수준이 낮을 수록 증가한다. 즉 농업의 환경에 대한 공익적 기능(W)은 경지면적(A)의 증가함수로서, 환경오염(E_i)의 감소함수로서 정의한다.

$$(4-15) \quad W(t) = W(A(t), E_i(t))$$

여기서, $W_A > 0$, $W_{E_i} < 0$

2.5. 농업부문 고정자본 결정

본 모형에서 농업부문의 고정자본(요소)은 대동물자본, 대농구·대식물·농용건물·축산시설·토지개량자본 등의 대동물제외 농업자본, 연구개발자본, 농업환경자본으로 구분되었으며 또한 경지면적이 포함된다. 농업에 대한 투자는 각자본별로 재배업 부문과 축산부문에 대한 투자를 구분하고 그에 따라 재배업 축산업 부문에 대한 자본스톡을 구분하는 것이 바람직하나 현실적인 자료의 제약을 고려하여 이들을 구분하지 않았다.

대동물자본은 대동물 자체증식 또는 투자증식의 복잡성을 피하기 위하여 단순히 매년 일정비율로 증가하는 것으로 가정하고, 경지면적은 추세에 준하여 매년 일정 면적이 감소하는 것으로 가정한다. 즉 대동물 자본과 경지면적은 다음과 같은 논리로 증감한다.

$$(4-16) \quad M(t) = M(t-1) \cdot (1 - \dot{M})$$

$$(4-17) \quad A(t) = A(t-1) - \Delta A$$

여기서, $\dot{M}$ 은 연간 대동물자본 증가율, ΔA 는 연간 총경지감소면적을 나타낸다.

농업부문에 대한 정책적 지원 또는 기술개발과 직접적인 관련이 있는 연구개발자본, 농업환경자본도 또한 정책적 목적에 의하여 매년 일정비율로

증가하는 것으로 가정하되 일반자본과 같이 매년 감가상각되는 것으로 가정한다.

$$(4-18) \quad R(t) = R(t-1) \cdot (1 - \dot{R} - \delta)$$

$$(4-19) \quad Ke(t) = Ke(t-1) \cdot (1 - \dot{Ke} - \delta)$$

여기서, δ 는 자본의 감가상각률을 나타내며, $\dot{R}$, $\dot{Ke}$ 은 각각 연구개발자본의 연간 증가율, 농업환경자본의 연간 증가율을 나타낸다.

○ 대동물제외 농업자본

(대동물을 제외한) 농업자본투자는 위에서 언급된 바와 같이 대농구·대식물·농용건물·축산시설·토지개량자본 등에 대한 투자를 포함한다. 대동물을 제외한 농업자본에 대한 총투자(I)는 농업총산출, 실질농업정책금리(i_A), 전년도 투자액의 함수로서 정의된다.

$$(4-20) \quad I(t) = I(Y^c(t) + Y^l(t), i_A(t), I(t-1))$$

이때, 대동물을 제외한 농업부문 자본스톡은 다음과 같이 정의된다.

$$(4-21) \quad K(t) = K(t-1) \cdot (1 - \delta) + I(t)$$

한편, 농업부문에 대한 연간 총투자($Is(t)$)는 연구개발자본, 농업환경자본, 대동물자본, 대동물제외 농업자본에 대한 투자의 합으로 이루어진다.

$$(4-22) \quad Is(t) = R(t-1) \cdot \dot{R} + Ke(t-1) \cdot \dot{Ke} + M(t) \cdot \dot{M} + I(t)$$

2.6. 농업부문 녹색 GNP 결정

농업부문 녹색 GNP는 농업부문 투입·산출에 따르는 부가가치에 환경에 대한 외부효과를 가감한 것으로 정의한다. 본모형에서 농업부문 녹색 GNP(GGNP)는 재배업, 축산업부문의 부가가치와 농업의 환경에 대한 외

부효과의 순편익 그리고 축산분뇨의 재활용에 따르는 순편익의 합으로 이루어진다.

$$\begin{aligned}
 (4-23) \quad GGNP(t) = & [Y^c(t) \cdot v^c + Y^l(t) \cdot v^l] \\
 & + [W(t) + Cs(t)] \\
 & + [F^R(t) \cdot (P^f + \varepsilon(t)) - L^R(t) \cdot P^w] \\
 \equiv & GGNP(P^{yc}, P^{yl}, P^f, P^N, P^w; A(t), M(t), \\
 & K(t), R(t), E(t))
 \end{aligned}$$

여기서, $\varepsilon(t)$ 는 환경오염 단위당 사회적비용(또는 잠재비용)을, v^c, v^l 은 각각 재배업부문 부가가치율, 축산업부문 부가가치율을 나타낸다. 식 (4-20)에서 등호 오른쪽의 첫번째 각괄호 안은 재배업과 축산업부문의 부가가치를, 두번째 각괄호 안은 농업의 환경에 대한 외부효과의 순편익을, 그리고 세번째 각괄호 안은 축산분뇨의 재활용에 따르는 순편익을 나타낸다.

3. 환경정책 효과분석 모형

3.1. 사회적 최적을 위한 동태 모형

주어진 자원제약조건과 외생변수 수준 하에서 계획기간동안 농업부문 녹색 GNP의 흐름의 현재가치를 극대화하도록 모든 자원을 배분하고 투자를 결정하게 하는 사회적 최적을 위한 동태모형의 구조는 다음과 같다.

[Ps]

$$\begin{aligned}
 \text{MAX}_{(F(t), N(t), L(t), I(t))} \quad & \sum_{t=0}^T \beta^t \text{GGNP}(P^{yc}, P^{y\ell}, P^f, P^N, P^w; \\
 & A(t), M(t), K(t), R(t), E_i(t)) \\
 = \quad & \sum_{t=0}^T \beta^t \{ [Y^c(t) \cdot v^c + Y^\ell(t) \cdot v^\ell] \\
 & + [W(t) + Cs(t)] \\
 & + [F^R(t) \cdot (P^f + \varepsilon(t)) - L^R(t) \cdot P^w] \}
 \end{aligned}$$

s.t.

$$E_i(t+1) = (1 - \alpha_i)E_i(t) + \ell_i(t), \quad E_{i0}(0) = E_{i0},$$

$i = \text{BOD}, \text{SO}_2, \text{etc.}$

$$K(t+1) = K(t) \cdot (1 - \delta) + I(t) \quad K(0) = K_0$$

$$M(t+1) = M(t) \cdot (1 - \dot{M}) \quad M(0) = M_0$$

$$A(t+1) = A(t) - \Delta A \quad A(0) = A_0$$

$$R(t+1) = R(t) \cdot (1 - \dot{R} - \delta) \quad R(0) = R_0$$

$$Ke(t+1) = Ke(t) \cdot (1 - \dot{Ke} - \delta) \quad Ke(0) = Ke_0$$

$$\text{If } \varepsilon(t) + P^f(t) \geq MC^R(t), F^R = F^R(r \cdot \ell^\ell(t), L^R(t))$$

$$Cs(t) = \sum_i e_i(t) \cdot E_i(t)$$

$$W(t) = W(A(t), E_i(t))$$

$$I(t) = I(Y^c(t) + Y^\ell(t), i_A(t), I(t-1))$$

$$\ell_i(t) = \ell_i^c(t) + (1-r) \ell_i^\ell(t)$$

$$\ell_i^c(t) = \ell_i^c(F(t), N(t), K(t), Ke(t))$$

$$\ell_i^\ell(t) = \ell_i^\ell(M(t), Ke(t))$$

여기서 β 는 (1- 할인을 또는 이자율)을 나타낸다.

3.2. 환경정책의 효과분석 가능성

상태변수들의 초기치를 비롯한 외생변수의 수준과 각함수의 파라메타들이 주어지면 모형 [Ps]를 동태적 계획법(Dynamic Programming)에 의하여 사회적 최적해를 구할 수 있다. 주어진 가격조건 하에서 전계획기간에 걸쳐서 농업부문 녹색 GNP(GGNP)를 최대화시키도록 매기에 있어서 최적의 비료, 농약, 농업노동력의 수요량이 결정되고 동시에 최적의 농업부문에 대한 투자가 결정된다. 따라서 이때 매기의 재배업 축산업 부가가치와 농업부문 자본스톡, 그리고 농업생산에 의한 환경오염량과 축산분뇨의 재활용량이 산출된다. 또한 매기의 농업자본의 잠재가치와 환경오염의 잠재비용이 산출된다.

만일 가격조건에 변화가 오거나 어떤 외생변수 또는 정책변수의 수준에 변동이 주어지면 최적 생산요소수요와 농업투자에 영향을 미쳐서, GGNP, 환경오염, 농업자본스톡 등의 변화를 초래한다. 이러한 구조를 이용하여 비료 농약등에 대한 투입자재세의 부과(해당 자재가격의 인상), 축산물에 대한 산출세의 부과(축산물 가격의 하락), 오염세의 부과(오염처리 단위비용의 인상) 등의 환경정책에 대한 효과 분석이 가능하다(3장 2절 참조). 또한 농업부문에 대한 정책투자(연구개발 및 환경개선을 위한 투자) 수준의 변화, 총경지면적의 변동, 대동물스톡의 변동 등에 따르는 효과 분석이 가능하다.

4. 분석자료의 가용성

재배업 축산업 부문에 대한 총공급함수와 비료 농약 농업노동력 등의 가변요소 수요식을 추정하기 위하여는 부문별 생산액과 요소수요량, 농산물 판매가격 및 자재구입가격, 그리고 제반 농업자본에 대한 시계열 자료가 필

요하다. 생산액에 대한 시계열 자료는 「국민소득계정」에서, 비료 농약 농업 노동력 등의 요소수요량에 대한 자료는 「농림수산통계연보」 「비료연감」 「농약연감」 등에서, 제반가격에 관한 자료는 「농촌물가총람」에서 가능하다. 반면에 제반 농업자본, 즉 대동물자본, 대농구·대식물·농용건물·토지개발 등의 기타농업자본, 연구개발자본 등에 관한 자료는 1964~85년 기간은 이정환외(1987)에서 계상되었으나, 1985년 이후의 자료는 정리되지 않고 있어서 이에 대한 정비가 필요하다. 한편 축산시설자본에 대한 시계열 자료는 현재까지 정리되어 있지 않은 상태이다. 한편 농업환경자본에 대한 자료는 현재까지 이루어지지 않았으나, 1970년 이후 점차적으로 진행되어진 환경에 대한 총투자 중에서 농업관련분야에 대한 투자를 분류함으로써 시계열 자료의 산출이 가능하다.

농업환경오염에 관한 자료는 현실적으로 계측하기 어려운 부분으로 실제자료는 가용하지 않으나 환경처(1991)에서 발표된 자료에 의하면 투입-산출 분석을 통하여 65개 전산업부문별로 환경오염원별(BOD, SO₂, TSP) 오염발생계수, 오염영향력계수, 단위당오염처리비용에 관한 계측이 이루어진 바, 이들 계수를 이용하여 과거 환경오염에 관한 자료의 역추계가 가능하다.

한편 농업의 환경에 대한 공익적기능에 관한 자료는 제2장에서 본바와 같이 두세번에 걸쳐서 각기 다른 연구자에 의하여 조사된 연구결과에 그칠 뿐 현재까지는 시계열 자료를 구하기 어려운 실정이다.

제 5 장

요약 및 결론

지난 30여년간의 경제개발은 급속한 경제성장과 산업화의 급진전을 이룬 데 반하여 심각한 환경오염문제를 야기하였다. 환경문제는 일단 표면화 되면 사후규제를 강화해도 그 영향이 최종적으로 감소되기까지는 긴 기간이 필요하며 때로는 회복이 거의 불가능하므로 사후규제보다는 사전예방적 대책이 바람직하다. 그런데 물, 대기 등의 환경자원은 소유가 특정인에 제한되어 있지 않고 또한 환경의 외부효과의 비배제성 비경합성의 속성으로 인하여 정책적 개입이 결여된 상황에서는 환경은 오용될 가능성이 높고 더우기 환경의 개선은 기대하기 어렵다. 따라서 적절한 환경정책의 도입이 절실히 요청된다.

농업은 환경보전적인 긍정적 측면을 갖는 반면 농업생산의 부산물로서 야기되는 환경오염은 농업의 지속적 성장을 저해하고 환경의 질을 저하시키는 부정적 측면을 갖고 있다. 특히 농업생산성 증가를 위한 과다한 화학비료 및 농약의 사용 그리고 가축사육두수의 증가에 따른 다량의 축산분뇨의 방출은 수질오염, 토양오염, 대기오염 등의 문제를 야기하여 사회후생을 저하시키며 장기적으로는 농업발전을 저해한다고 보고 있다.

따라서 농업의 지속적 발전과 농업환경보전의 병행을 위하여서 적절한 농업환경정책의 선택과 수립이 요구되는바, 환경정책의 수행에 앞서 수행

가능한 농업환경정책의 분석을 위한 기초적 연구가 필요하다고 본다. 본 연구는 농업환경의 외부효과의 내부화를 감안한 녹색GNP(green GNP)의 극대화를 목적으로 하는 동태적 농업부문 최적화모형을 개발하여 농업 환경정책의 적절한 선택과 대안적 농업환경정책의 중장기적 효과 분석을 위한 방법을 제시하였다.

제2장에서는 환경정책 분석모형의 개발에 앞서 환경문제의 현주소를 파악하는 관점에서 농업분야를 중심으로한 환경의 외부효과와 경제발전과정에서 야기된 환경오염실태와 환경정책및 환경투자 현황을 살펴보았다.

제3장에서는 환경의 외부효과에 대한 개념적 이론적 분석을 목적으로 농업생산에 있어서 환경의 외부효과를 반영하는 간단한 동태적 농업부문 최적화모형이 개발된 다음, 환경에 대한 효과가 감안된 경우에 사회적으로 최적한 자원의 배분조건을 검토하고 대안적 환경정책세의 효과를 비교동태분석하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

1) 비료, 농약, 대동물 등의 환경오염유발요소에 대한 최적배분은 이들 요소 한 단위 사용에 따르는 한계수입이 요소사용에 따라 유발하는 한계요소비용과 환경오염의 한계적 사회비용과 같은 점에서 결정되어야 한다. 만일 이들 생산요소의 환경에 대한 외부효과가 고려되어지지 않을때 사회적 최적수준보다 많이 사용되어 환경은 점차 황폐되어질 것이다.

2) 토지·노동 등의 환경에 중립적인 생산요소에 대한 최적배분조건은 이들 요소 한 단위 사용에 따르는 한계수입이 이들 요소 한 단위 사용에 따라 유발하는 한계요소비용과 환경에 대한 한계적 공익적 기능과의 차액과 같아지는 수준에서 결정되어야 한다. 만일 환경에 대한 외부효과가 고려되어지지 않을 때 이들 생산요소는 사회적 최적수준 보다 적게 사용되어질 것이다. 이는 곧 농업생산의 환경에 대한 공익적 기능이 고려되지 않을 때 농지의 폐경화·휴경화가 빠르게 진행될 것이고, 따라서 사회적으로 최적의 자원배분이 되지 않음을 함축한다고 보겠다.

3) 농업에 대한 자본투자는 자본의 한 단위 투자에 따르는 현재의 한계수입과 미래에 유발되는 사회적 잠재가치의 합이 자본투자에 따르는 현재

사용비용과 같은 수준까지 투자가 이루어져야 한다. 만일 분석모형이 정태적일 경우 투자에 따르는 사회적 잠재가치는 고려되어지지 않게되고 그 결과 투자는 사회적 최적수준 이하에서 이루어질 것이다.

4) 환경오염의 잠재비용(즉 사회적 비용)은 사회적 할인율(β)보다 빠른 비율로 증가하는 것으로 나타났는데 이것은 곧 시간이 감에 따라서 환경오염에 대한 사회적 회피가 체증하는 것을 의미한다. 환경오염세의 적정수준은 환경오염 한 단위가 사회에 미치는 피해 또는 환경오염의 사회적 비용이라고 볼 수 있다. 환경오염의 사회적(잠재적) 비용은 매기마다 변동하고, 따라서 적정 환경오염세 수준 또한 변동하여야 한다. 이러한 환경세의 부과는 행정절차상 많은 어려움과 높은 비용을 필요로 한다. 이러한 문제점을 해소할 수 있는 대안적 정책(세제)으로서 환경오염 유발자재에 대한 세금부과(이하 '투입자재세'로 칭함), 환경오염발생품목에 대한 세금부과(이하 '산출세'로 칭함), 또는 환경오염처리비용의 인상(이하 '오염처리세'로 칭함)등을 들 수 있다. 그러나 이러한 대안적 정책들은 최선의 정책이 아니어서 사회적 최적(social optimality)의 실현을 보장할 수 없다는 단점이 있으며 따라서 차선의 정책(second best policy)으로서 사회적 최적에 접근하도록 이루어져야 할 것이다.

5) 대안적 환경정책세제(산출세, 투입자재세, 오염처리세)의 도입은 중장기적으로 농업부문 녹색 GNP의 감소를 초래한다. 산출세의 부과는 전체 계획기간동안에 있어서 농업 총산출의 총화(현재로 할인됨)를 감소시킴으로써 전체 기간 동안의 농업부문 녹색 GNP를 감소시키는 효과를 가져온다. 이는 산출세 부과기간 동안에 단기적으로는 농업 총산출의 증가 또는 농업부문 녹색 GNP의 증가를 가져올 수 있음을 허용하되 중장기적으로는 산출세의 부과는 농업부문 녹색 GNP의 총화의 감소를 야기함을 의미한다. 비료·농약 등의 오염유발자재에 대한 투입자재세의 부과는 중장기적으로 해당생산자재 수요의 총화를 감소시킴으로써 궁극적으로 농업부문 녹색 GNP의 감소를 야기한다. 마찬가지로 오염처리세의 부과는 중장기적으로 환경오염을 감소시키되 그 결과(농업부문 생산의 위축을 가져와서) 농업부

문 녹색 GNP의 감소를 야기한다.

6) 한편 산출세, 투입자재세, 오염처리세 각각이 농업산출, 생산요소수요, 환경오염에 미치는 중장기적 효과는 다음과 같다. 산출세의 부과는 계획기간 동안에 있어서 어느 특정기에는 생산의 증가를 가져올 수도 있으나 전 기간에 걸쳐서 보면 농업생산의 감소를 초래하고 그결과 환경오염을 감소시키는 간접효과가 있다. 또한 비료·농약 등의 환경오염유발자재에 대한 투입자재세의 부과는 전계획기간 동안에 있어서 그 해당 자재수요의 감소를 초래하고 또한 그결과 환경오염을 감소시키는 간접효과가 있다. 오염처리세의 부과는 중장기적으로 직접적으로 환경오염의 감소를 가져온다.

7) 한편 농업부문에 대한 직접소득보조는 여타의 요인들과 아무런 연계(feedback)를 갖지 못함으로써 농업생산·생산요소수요·환경오염 어느 것에도 직접적인 영향을 주지 않는다.

제4장에서는 환경정책의 실증적 효과분석을 목적으로 제3장에서 개발된 모형을 현실에 적합하게 변형하여 농업성장모형을 개발함으로써 농업을 둘러싼 경제여건 변화에 따르는 다양한 대안적 환경정책의 효과 분석을 가능하게 하였다. 농업부문은 크게 재배업과 축산업으로 구분하였다.

8) 개발된 모형에 파라메타와 외생변수의 수준 그리고 가격조건이 주어지면 전계획기간에 걸쳐서 농업부문 녹색 GNP를 최대화시키는 사회적 최적수준의 요소(비료, 농약, 농업노동력)수요량이 결정되고 동시에 농업부문에 대한 최적투자가 결정된다. 이때 매기의 재배업과 축산업부문 부가가치와 농업부문 자본스톡, 그리고 농업생산에 의한 환경오염량과 축산분뇨의 재활용량이 산출되며, 또한 매기의 농업자본의 잠재가치와 환경오염의 잠재비용이 산출된다.

9) 농업을 둘러싼 여건의 변화에 따라 가격조건에 변화가 오거나 어떤 외생변수 또는 정책변수의 수준에 변동이 주어지면 최적 생산요소수요와 농업투자에 영향을 미쳐서, 농업부문 녹색 GNP, 환경오염, 농업자본스톡 등의 변화를 초래한다. 이러한 모형의 구조를 이용하여 비료 농약등에 대한 투입자재세의 부과(해당 자재가격의 인상), 축산물에 대한 산출세의 부

과(축산물 가격의 하락), 오염세의 부과(오염처리 단위비용의 인상) 등의 환경정책에 대한 실증적 수량적 효과(quantitative effects) 분석이 가능하다. 또한 농업부문에 대한 정책투자(연구개발 및 환경개선을 위한 투자) 수준의 변화, 총경지면적의 변동, 대동물스톡의 변동 등에 따르는 효과 분석이 가능하다.

10) 축산분뇨를 그대로 방치할 경우 농업부문 환경오염의 주된 부분을 차지하나 반면에 이를 유기질 비료화하여 자원으로 재활용(recycling)될 경우 사회적 편익을 낳는다. 축산부문의 자원화는 환경오염이라는 사회적 비용을 감소시키며 또 다른 한편으로는 비료자원의 재생산이라는 이중효과가 있다. 개별 양축가 입장에서는 축산분뇨의 재활용의 편익으로써 축산분뇨방치시 가져올 사회적 비용은 고려되지 않고 다만 대체재인 비료가격만을 고려하게 될 것이다. 따라서 축산분뇨의 재활용을 사회적으로 권장하기 위해서는 방치된 분뇨가 낳을 사회적 비용에 해당하는 부분만큼을 재정적으로 보조하는 것이 바람직할 것이다.

11) 본 모형의 제약은 첫째, 축산부문의 생산 및 축산분뇨의 재활용에 대한 부분이 지극히 단순화 되었다는 점인데 앞으로 계속적인 축산수요의 증가에 따라 농업에서 축산이 차지하는 중요도는 점점 증가하고 그에 따르는 축산분뇨의 재활용 또한 중요한 과제로 부상할 것으로 볼 때 앞으로 이 분야에 대하여 축산전문인과 연계된 연구가 필요하다고 본다. 둘째로, 기개발된 모형은 자료의 제약 및 시간·인력 등의 현실적 제약으로 인하여 실제 자료를 이용한 실증적 분석을 이루지 못하였다는 한계를 가지고 있는데, 이는 앞으로 관련되는 제반자료의 정비와 함께 이루어져야 하는 과제로 남긴다.

참 고 문 헌

- 김민재. 1995. 5. “환경보전형 농업의 현황과 정책과제,” 유기성폐기물자원의 활용과 환경보전형농업의 육성방안 심포지움. 한국유기농업학회. 한국 유기성폐기물자원화 협의회.
- 김일중. 1993. “一成長模型下에서의 최적환경투자와 재원조달,” 「환경경제연구」 2(1): 33.
- 김홍균, 남준우, 조장욱. 1994. 「2개국일반균형모형에서 본 환경오염과 투자의 후생 및 파급효과 분석」, 연구보고서 RE07. 한국환경기술개발원.
- 농촌진흥청. 1989. 「농토배양 10개년사업 종합보고서」.
- 양봉민, 김진명, 이태진. 1992. 「오염원인자 부담제도시행에 관한 연구」. 환경관리공단.
- 오세익, 김은순, 박현태. 1995. 「쌀농업의 환경보전효과에 관한 연구」, 연구보고 321. 한국농촌경제연구원.
- 오용선. 1994. “지탱 가능성 경제복지 지표를 이용한 한국의 경제성장에 대한 평가,” 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 유순호, 서운수. 1990. 9. “우리 나라 농업용수의 수질과 토양오염 실태,” 환경오염과 농업에 관한 국제심포지움. 서울대학교 농과대학, 국립환경연구원.
- 윤여창, 이규석 외. 1993. 「농업이 환경에 미치는 공익적 기능평가」, 제1차년도 보고서. 서울대학교 농업생명과학대, 농촌진흥청.
- 이재욱, 양승룡. 1995. 「국제환경 및 자원보전협약에의 추이와 전망」, 연구자료 D101. 한국농촌경제연구원.
- 이정전. 1983. “환경오염 억제가 국민경제에 미치는 영향의 계량화,” 서울대 「경제논집」 3: 105-119.
- 이정환, 권태진, 김은순. 1987. 「농업부문의 투융자동향과 효과」, 연구보고 141. 한국농촌경제연구원.
- 이정환, 조덕래, 조재환. 1991. 「경제사회발전과 농림수산업의 역할 변화」, 연구보고 236. 한국농촌경제연구원.

- 조재환, 성명환, 사공용. 1994. 「농업부문 총량지표 증장기 전망」, 연구보고 R31 4. 한국농촌경제연구원.
- 환경처. 1991. 2. 「환경오염유발 부담금제도에 관한 연구」.
- _____. 각연도. 「환경연감」.
- _____. 각연도. 「환경백서」.
- 홍금우. 1993. “환경오염의 경제학적 분석과 그 대책에 관한 연구,” 「환경경제 연구」 2(1): 53-72.
- Baumol, W. J. and W. E. Oates. 1971. “The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment,” *Swedish Journal of Economics* 73 : 42-54.
- Caputo, Michael R. 1990. “Comparative Dynamics via Envelope Methods in Variational Calculus,” *Review of Economic Studies* 57-4 : 689-697.
- Caputo, Michael R. 1990. “How to do Comparative Dynamics on the Back of an Envelope in Optimal Control Theory,” *Journal of Economic Dynamics and Control* 14 : 655-683.
- Comolli, P. M. 1977. “Pollution Control in a Simplified General-Equilibrium Model with Production Externalities,” *Journal of Environmental Economics and Management* 4 : 289-304.
- Forster, B. A. 1977. “Pollution Control in a Two-Sector Dynamic General Equilibrium Model,” *Journal of Environmental Economics and Management* 4 : 305-312.
- Gim, Uhn-Soon and V. R. Eidman. 1994. “Evaluating Policy Altenuative to Control Nitrate Pollution in Groundwater: A Conceptual Approach,” *Jourual of Rural Development* 17: 235-250.
- Keeler, E., M. Spence and R. Zeckhauser. 1971. “The Optimal Contol of Pollution,” *Journal of Economic Theory* 4: 19-34.
- Plourde, C. G. 1972. “A Model of Waste Accumulation and Disposal,” *Canadian Journal of Economics* 5(1) : 119-125.
- Tahvonen, O. and J. Kuuluvainen. 1993. “Economic Growth, Pollution, and Renewable Resources,” *Journal of Environmental Economics and Management* 24 : 101-118.

연구보고 R332

농업 관련 환경정책 분석모형에 관한 기초연구

찍은 날	1995. 12	펴낸날	1995. 12
발행인	정 영 일		
펴낸곳	한국농촌경제연구원(962-7311~5) 130-050 서울특별시 동대문구 회기동 4-102		
등 록	제5-10호(1979. 5. 25)		
찍은곳	동양문화인쇄주식회사 737-2101~5		

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.