지역단위 농업환경 분석을 위한 연구

허 장*

A Study on the Analysis of the Regional Agricultural Environment

Jang Heo*

〈목 차〉

ABSTRACT
Ⅰ. 머리말
Ⅱ. 기존연구의 검토
Ⅲ. 투입/산출 수지분석 체계의 기본방향
Ⅳ. 수지 분석의 방안
Ⅴ. 실천계획 수립을 위한 과제
Ⅵ. 요약 및 결론
참고문헌

ABSTRACT

This paper aims to provide a basic framework to make a regional plan for the environment-friendly agriculture. To prepare the regional plan is mandated by the Environment-friendly Agriculture Promotion Act of 1998. Here is proposed the input/output analysis framework, which includes the shifts of fertilizers, herbicides, pesticides, and livestock manures. Basically, the discharged amount of polluted elements means the difference between the amount of the elements entered into the crop and livestock sectors and the amount of the elements absorbed or used by the crop and/or livestock. A few suggestions are offered for better regional environment-friendly agricultural plan. The foremost important thing is to establish a data collection system. The "Green Accounting System" is suggested. It is also crucial to create a standard guideline or manual which provides detailed procedures to follow in making the plan by

* 한국농촌경제연구원 부연구위원.

the local planners. More fundamentally, many experts on the regional planning will be demanded in the near future. Some compound model which links, for instance, the forestry, the livestock sector, and the crop sector, needs to be devised. Finally, it is argued here that more elaborated model will work as an integrated environmental improvement plan which embraces living environment as well as agricultural environment.

Key Words : regional specificity, input-output balance, agricultural environment, regional environment-friendly agriculture plan

Ⅰ. 머리말

1997년 12월에 제정(2001년 1월 개정)된 「친환경농업육성법」은 정부가 매 5년마다 친환경농업육성계획을 수립하도록 규정하였다. 또한, 시·도와 시·군은 이 육성계획에 따라 시·도별, 시·군별 실천계획을 수립·시행하도록 하고 있다(제6조, 제7조). 그런데 이를 위한 기본지침서 및 수집된 자료가 부족하여 지역 단위에서는 체계적인 자료의 분석에 입각하여 실천 가능한 계획을 수립·시행하지 못하고 있다.

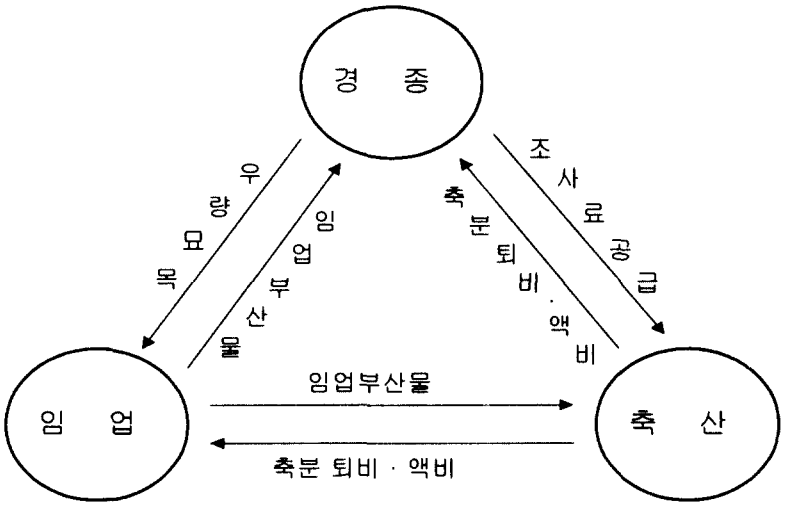
친환경농업 실천계획은 환경문제의 지역특수성(site-specificity)에 입각하여 지역단위에서 농업환경오염 부하를 경감하는 계획이어야 한다. 농업생산에서 발생하는 비료, 농약, 가축분뇨 등 유기자원과 같은 환경부하 물질의 합리적인 관리를 통해 토양, 물, 대기 등 농업과 생활환경의 유지, 보전을 추구하여야 할 것이다.

정부는 "친환경농업육성 5개년 계획"에서 경종, 축산, 임업이 연계하는 자연순환농업체계의 확립을 중요한 전략으로 제시하고 있다(농림부, 2001. 아래 〈그림 1〉 참조). 이는 농업을 중심으로 투입/산출되는 물질들이 지역의 범위 안에서 가능한 한 순환적으로 재활용됨으로써, 환경으로부터 추출(withdrawal)되고 환경으로 부가(addition)되는 자원과 에너지를 줄이고 농업환경을 보존하자는 취지라고 할 수 있다.

이러한 자원의 지역 내 순환적 이용체계를 확립하기 위해서는 무엇보다도 지역에 투입되는 자원, 그리고 흡수된 뒤 남아 배출되는 잠재적 자원의 흐름의 양과 경로를 정확히 파악할 필요가 있다. 이를 위해서는 비료·농약 등 투입재의 작물별, 토양특성별 흡수력, 유기자원의 비료성분 함유와 이용률 등에 관한 연구와 자료가 축적되어야 한다.

이 연구에서는 지역(시·군) 환경농업실천계획 수립을 위한 기본적인 분석방법을 제시하고자 지역단위 농업생산의 환경오염 부하요인에 대한 일정한 조건 아래에서의 투입/산출 수지분석을 위한 체계를 설정하고 현 단계에서 이를 활용할 수 있는 방안, 문제점들을 제시하고자 한다.

연구방법은 기존 지역단위 농업환경 관련 문헌을 검토하면서 원단위 등 기본자료를 수집하고 외국의 관련 연구를 참조하였다. 필요한 부분에서는 농업과학기술원이 작성한 인터넷 D/B인 「농업토양환경정보시스템」을 통하여 실제 자료를 수집하고 분석하였다.[1)]



〈그림 1〉 자연순환농법 체계도

Ⅱ. 기존 연구의 검토

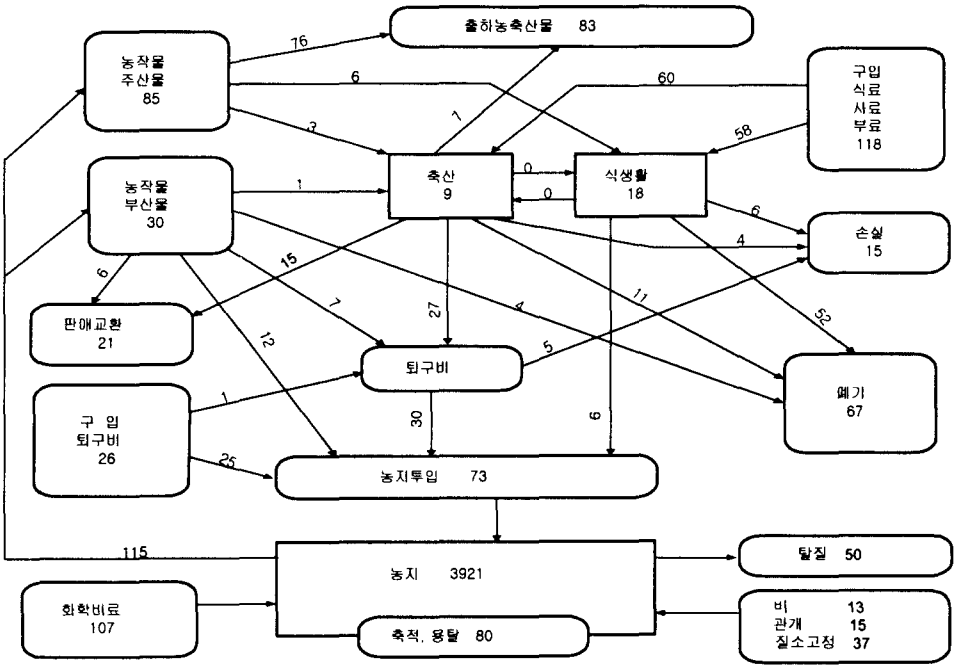
류순호 등(1997)의 연구는 우리 나라의 지형과 영농형태에 적합한 비점오염 예측모형의 개발에 초점을 두고 비점오염의 유출에 의한 수질오염 부하의 정도를 측정하였다. 지역은 행정구역이 아닌 소수계 단위로 분류되었고 수질에의 영향만 대상으로 하였으며, 대상지역의 영농특성, 농업자원 활용유형 등에 의한 오염부하 영향을 파악하지 않고 현재 상태에서의 오염의 정도를 예측하는 내용이다. 기본적으로 수문학적, 자연과학적 연구로, 개발된 비점오염 모형의 현실적 용을 위한 방안이 제시되지 못하였다.

최지용, 신은성(1998)은 농촌지역을 토지용도별(논, 밭, 축사, 마을, 산지)로 구분하여 수질조사, 유출량 조사를 통해 BOD, COD, SS, 총인, 총질소 등 오염배출량을 측정하였다. 비점오염 유출모델을 통해 부하량을 산정할 수 있는 원단위와 기본식을 도출하여 쉽게 적용할 수

1) 예시를 위한 실제 자료는 농업과학기술원이 정밀농업을 위해 농업토양환경정보를 D/B화하여 인터넷으로 서비스 실시하는 최초 2개군(충북 진천군, 제주 남제주군, 2000년 5월 1일부터 운영)중 진천군을 선정하였다. 농업토양환경정보에는 토양의 물리·화학적 특성, 작물별 시비처방, 토지적성등급, 작물별 적지선정 등이 필지별, 행정구역별로 작성되어 있다.

있도록 하고, 대략적인 관리기법도 제시하였다. 그러나 수계와 유역을 기본 연구단위로 설정하고 N, P 영양소의 발생, 배출량을 수질 기준으로 측정하여 토양오염은 고려하지 않고 있으며, 또한 관리기법도 실천 프로그램화하기에는 미흡한 수준이라는 점에서 한계가 있다.

농업환경의 오염에 관한 연구에서 특히 생태계 내 물질의 순환에 초점을 맞추어 경험적으로 분석한 학자로는 마쓰모토(松本成夫, 1998)가 있다. 그의 연구는 농업생태계의 양분순환에 주목하여 농업이 초래한 환경부하가 어떤 메커니즘에서 일어나고 있는가를 밝히고 있다. 즉, 비료와 퇴구비로 작물에 공급된 양, 식품이나 가축사료의 형태로 외부에서 수입되는 양분 가운데 흡수할 수 없는 과잉양분은 농지를 포함한 환경으로 유출되어 오염시키는 것으로 전제하고 물질, 그 가운데 특히 질소 순환의 경로와 양을 측정하였다. 이바라키(茨城)현 우시쿠(牛久) 늪지 수역에 대한 사례연구의 결과, 순환경로와 양은 다음 〈그림 2〉와 같이 측정되었다.[2)]



〈그림 2〉 사례지역의 질소흐름(우시쿠 지역, kg N/ha/yr)

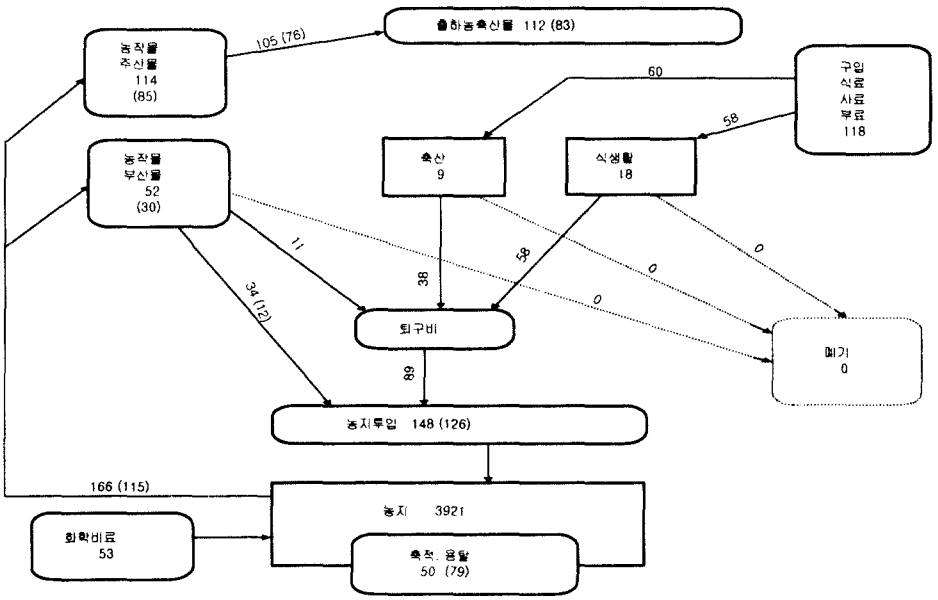
이 그림에 따르면, 농지에 투입되는 질소량은 퇴구비 등의 형태로 투입되는 유기물(73kg)과 화학비료 시용량(107kg)이 대부분이며, 농작물 주·부산물에 흡수되는 질소량(115kg)보다 많다.

2) 우시쿠 늪집 수역은 이바라키현 서부에 넓이 약 160㎢의 평지 농촌 지역이다. 총인구는 약 83,000명, 그 중 농가인구는 32%이다. 농지는 전체의 39%이고 그 중 논이 42%, 밭이 55%이다. 가축은 돼지 위주이고 농지 1ha당 1.9마리다.

탈질 등 자연적인 요소를 고려할 때, 농지에의 과잉 질소 공급량은 연간 *ha*당 80*kg*인 것으로 추측된다. 자원으로 쓰이지 않고 폐기되는 질소량도 67*kg*으로 적지 않은 양이다.

위의 질소 흐름 가운데 질소량이 많은 경로는 ①「농지」→「농작물 주산물」→「출하농축산물」→「구입사료 · 부산물(부산물)」→「축산」→「퇴구비」·「판매교환」·「구입퇴구비」→「농지 투입」→「농지」의 순환적 경로, ②「농지」→「농작물 주산물」→「출하 농축산물」→「구입 식품」→「식생활」→「폐기」의 경로, ③「화학비료」→「농지」의 경로이다. 이 밖에 지역 밖에서 공급되는 식품, 사료에 따른 질소유입도 많다.

이와 같은 주된 흐름별로 농업환경 오염을 줄이는 방향의 설정이 가능하게 된다. 첫째의 경로는 양분이 순환 이용되는 것이므로, 흐름에서 벗어나 폐기되는 양을 감축하는 것이 과제이다. 가령 가축분뇨를 농지에 환원하지 않고 폐기하는 경우 환경에 큰 부하를 초래하게 된다. 둘째는 식품소비와 관련된 것으로, 식생활 습관을 변화시키고 남은 음식물을 자원화하여 농지로 투입하는 것이 환경부하를 줄이고 순환체계를 완성시키는 것이다. 셋째는 투입되는 화학비료의 양을 가령 작물에 의한 흡수량의 절반으로 줄임으로써 다량의 질소가 농지에 남는 것을 방지한다. 한편, 농지에 남은 질소를 흡수하는 작물(호밀 등)을 도입하는 경우 수확물과 부산물에 질소가 흡수되며, 이 때 부산물은 그대로 농지에 놔두기 때문에 질소의 농지 투입량은 증가하지만 수확물에 의한 질소 흡수량은 더 많이 늘어나기 때문에 농지에 잔존하는 질소는 줄어든다. 이에 따라 다음 그림과 같이 농지에 축적, 용탈되어 환경에 부하를 주는 질소량을 연간 *ha*당 50*kg*으로 줄일 수 있게 된다는 것이다.



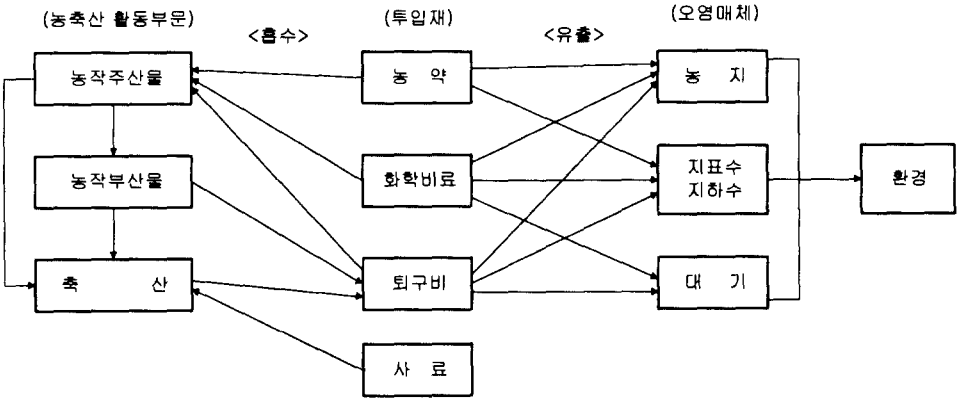
〈그림 3〉 대안의 실천에 따른 질소의 흐름과 양의 변화

Ⅲ. 투입/산출 수지분석 체계의 기본방향

1. 수지분석을 위한 틀

지역에 투입, 흡수, 배출되는 무기물의 흐름을 파악하기 위해 여기서는 기존 연구성과를 종합하여 일정한 조건 아래에서 무기물의 투입/산출 수지 평가를 수행하는 하나의 틀을 제시하도록 한다. 이것은 경종, 축산부문에 투입되어 흡수된 뒤 발생, 배출되는 오염물질을 그 경로별로 추적, 분석하는 것이다. 이를 통해 지역의 흡수능력과 환경부하 현황을 고려한 적절한 투입재의 투입으로 농업환경의 보전을 도모하기 위한 기초자료를 제공하도록 한다.

〈그림 4〉는 농업환경 오염의 개념도이다. 농업분야에서 투입재는 농약과 화학비료, 퇴구비 등 유기질비료, 사료이다. 경종부문에서 비료는 농작물(주산물과 부산물)에 흡수된다. 부산물은 축산부문을 거쳐 퇴구비로 만들어지고 다시 경종부문에 투입되는 물질순환을 만들어내게 된다. 한편 비료 가운데 작물과 가축에 의해 흡수되지 않고 발생되는 양은 농약 잔류량과 함께 토양(농지), 물(지표수와 지하수), 대기와 같은 오염매체를 거쳐 잠재적 또는 명시적으로 환경에 부하요인으로 작용하게 된다.[3)]



* 투입량 - 흡수량 = 발생량

〈그림 4〉 농업환경 오염의 개념도

2. 오염경로

농업환경 오염의 경로를 화학비료, 농약, 축산으로 나누어 보면 다음과 같다. 화학비료로 시용된 비료의 일부는 식물에 흡수되고, 나머지는 토양에 체류하거나 자연에 유실되어 농업환경

3) 이 연구에서는 양분의 경우 화학비료와 가축분뇨 등 유기질비료만을 다루고 사료는 제외한다.

의 오염을 유발한다(채제천 등, 1998 : 33-35).

첫째, 질소질 비료의 사용으로 온실가스인 아산화질소(N_2O)가 발생하며, 이는 메탄가스(CH_4)와 함께 논농업 분야에서 주된 대기오염 물질로 되고 있다. 1998년 농업분야에서 발생한 아산화질소는 8,853톤으로(윤성호 등, 1999 : 102), 전체 온실효과의 약 6%였다.

둘째, 비료성분이 지표수로 흘러들고 이것이 암모니아태 질소나 질산태 질소로 녹아 있다가 관개나 강우시 하천, 호소, 저수지의 부영양화를 촉진시킨다. 지하수를 식수 등으로 많이 사용하는 농촌에서는 청색증 등을 유발하면서 인축에 직접, 간접적인 피해를 주게 된다.

셋째, 과잉 비료성분은 토양에 잔류하여 염류집적, 토양산성화를 촉진시켜서 지력이 저하된다. 즉 이 성분은 작토층에 체류하여 농축될 뿐만 아니라 토양유기물의 탄소/질소 비율을 제고시켜 유기물 분해를 촉진함으로써 토양 유기물을 감소시킨다.

농약의 사용에 의한 오염은 첫째, 자연환경에의 유출에 의한 생태계의 파괴, 지표수와 지하수 등 수질오염, 둘째, 토양 미생물 감소와 물리성 악화 등 토양오염, 셋째, 농약 취급, 살포자의 중독 등 건강에의 위험, 넷째, 농작물에의 잔류 등의 피해로 나타난다.

현재 사용되는 농약은 대개 유기농약이라 일정 기간이 지나면 반감, 분해되지만, 미분해 상태에서 토층, 지하수로 침투한 농약성분은 분해가 지체되면서 강우 등에 의해 유실되어 수질오염의 우려가 있다. 또한 시설재배지의 토양을 중심으로 잔류농약이 검출되기도 한다(오세익 등, 1997 : 21-22, 31).

축산부문에서의 오염은 가축분뇨가 함유하는 질소, 인산, 박테리아 및 유기물로 인해 일어난다(허 덕 등, 2000 : 3 ; 최지용 등, 1999 : 31-35 ; 오세익 등, 1997 : 31). 유기물질을 분해할 때 높은 BOD, COD로 인해 하천, 호수의 산소를 고갈시켜 수중 생물체에 심각한 손상을 준다. 또, 다량의 질소와 인을 내포하고 있어 부영양화를 초래한다. 유기물이 분해되면서 생기는 암모니아와 메탄가스 역시 온실가스의 원인이 된다. 가축분뇨는 오염물질 배출량에서는 다른 분야에 비해 아주 적으나, 오염물질 발생량 기준으로 보면 부하정도가 매우 심한 오염원이다. 1997년의 경우 오염원 배출량 가운데 축산폐수는 0.9%이나, BOD(생물학적 산소요구량) 발생량 기준으로 한 수질오염 기여도는 15.1%나 된다.

〈표 1〉 진천군 토양의 화학적 특성

구 분		pH (1 : 5)	유기물 (%)	유효인산 (ppm)	양이온 (cmol+/㎏)			염기치환용량 (cmol+/㎏)	유효규산 (ppm)
					K	Ca	Mg		
논	군	5.3	2.1	51	0.28	3.0	1.1	9.2	77
	적정범위	6.0~6.5	2.5~3.0	80~120	0.3~0.5	5.0~6.0	1.5~2.0	10~15	130~180
밭	군	5.6	1.7	435.5	0.59	4.1	1.2	11.4	-
	적정범위	5.5~6.5	2.5~3.0	80~120	0.3~0.5	5.0~6.0	1.5~2.0	10~15	-

주 : 1 cmol+/㎏ = 200 ㎎/㎏.
자료 : http : //www.niast.go.kr(농업토양환경정보시스템)에서 작성.

진천군 토양의 화학적 특성에 관한 자료를 보면 화학적으로 적정한 범위에 속하지 않는 것이 많아 개선이 필요한 것으로 나타났다(<표 1> 참조). 논은 적정범위에 있는 항목이 하나도 없다. 산도(pH)의 경우 5.3으로 강한 산성을 나타내고 있다. 또한 논과 밭 모두 유기물이 부족한 상태이므로, 유기질비료를 쓰거나 석회, 규산과 같은 토양개량제를 사용하여 산성화를 방지하고 유기물 함량을 높여야 할 것이다. 논은 유효인산이 특히 부족하며 각종 양이온은 지나치게 많거나 지나치게 적어서 불균형 상태를 나타내고 있다. 밭은 유효인산이 최대 적정치의 2.7~3.6배로 특히 과잉이다. 논의 경우와 같이 양이온이 불균형한 편이다. 이들 각종 양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 작물성장에 직접 영향을 주는 양분은 아니지만 작물 생육을 돕는 물질로서 반드시 필요한 것들이다. 양이온은 작물생육을 돕는 물질이므로 과다보다는 과소의 경우가 문제가 된다. 모자라는 양이온을 적절하게 공급하기 위해서는 각종 미네랄 제재를 이용해야 하는데 토양을 빠른 시일 내에 균형 있게 조절할 수 있는 자재 개발과 그 사용을 권장해야 할 것이다.

3. 관계식 및 용어의 정의

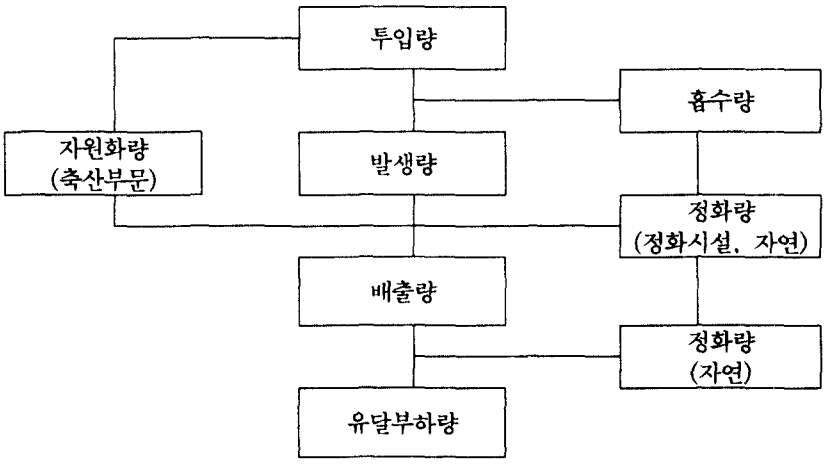
무기물의 투입/산출 분석에 사용되는 용어의 정의와 이들 사이의 관계를 단순화 하면 다음 <그림 5>와 같이 설정할 수 있다.

(경종 부문)
비료, 농약 투입량 - 비료, 농약 흡수량 = 오염물질 발생량
(축산 부문)
가축분뇨 발생량 - 자원화량 - (시설)정화량 = 가축분뇨 배출량
(공통)
배출량 - (자연)정화량 = 유달부하량, 또는
배출량 × 유달률 = 유달부하량

여기서,
투 입 량 : 작물재배과정에서 투입된 비료, 농약 등의 양
흡 수 량 : 작물에 의해 흡수, 흡착된 비료, 농약의 양
발 생 량 : 오염원으로부터 아무런 정화과정을 거치지 않은 양
자원화 량 : 축분자원화 과정을 거쳐 퇴비, 액비화되는 양
정 화 량 : 정화시설(가축분뇨처리시설)에서 처리되는 양(시설정화량) 또는 자연정화되는 양(자연정화량)
배 출 량 : 정화처리를 거쳐 인근의 지천으로 배출되는 양
유 달 률 : 발생량에 대한 수계 유입량의 비율
유달부하량 : 배출량이 지천을 거쳐 수역에 들어오는 양

<그림 5> 관계식 및 용어의 정의

한편, 경종 부문의 경우 발생된 오염물질은 정화처리시설을 경유하지 않으므로 발생량 = 배출량으로 볼 수 있으며, 축산 부문은 가축분뇨 등 오염물질의 발생후 정화시설을 거친 것을 배출량으로 본다. 정화량은 가축분뇨 정화시설, 자원화시설과 같은 시설을 통한 정화량과 자연상태에서의 정화량으로 나눌 수 있다. 유달부하량은 경종부문에서의 발생량(=배출량)과 축산부문에서의 (시설)배출량이 자연적인 정화과정을 거쳐 주요 수계로 유입되는 양이다(최지용, 신은성, 1998 : 74). 이상을 그림으로 정리하면 다음 〈그림 6〉과 같다.



〈그림 6〉 투입/산출 분석의 흐름도

Ⅳ. 수지 분석의 방안

이하에서는 이와 같은 개념틀에 입각하여 지역단위 친환경농업 실천계획에 적용할 수 있는 수지분석의 구체적인 방안을 서술하기로 한다. 하지만 자료의 제약, 축적된 연구의 부족 등으로 이 연구에서는 경종부문과 축산부문에서의 오염물질 발생량과 배출량까지만 서술하기로 한다(즉, 정화량과 유달부하량은 제외).

1. 투입량

1) 비 료

지역 단위에 투입되는 비료량을 추산할 때에는 포함되는 비료의 성분량을 기준으로 하는 것이 좋다. 단비와 복비의 성분량은 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 주요 비료의 성분 함유율

(단위 : %)

구 분		질소	인산	가리	규산	석회	고토	알칼리토	한 포당 무게(kg)
질소질 비료	요 소	46							25
	석회질소	19				60			25
	유 안	21							45
인산질 비료	중과석		46			20			40
	용성인비		20		25	30	15	50	30
	용과린		20						
가리질 비료	염화가리			60					40
복합비료	22-22-11	22	22	11					25
	18-18-18	18	18	18					25
	14-37-12	14	37	12					25
	21-17-17	21	17	17					25
	17-21-17	17	21	17					25
규산질비료	1호				30		10	40	30
	2호				25		2	15	30
	3호				15		5	30	30
	규회석				15-20			40	-
석회질비료	탄산석회								-
	(석회석분말)							45	-
	소석회							60	30
유기질비료	볏 짚	0.63	0.11	0.85		7.31			
	퇴 비	0.60	0.30	0.60					

자료 : 농업과학기술원(http : //203.241.52.132/gishome/search/reference/).

지역에서 소비한 비료투입량 자료로는 농가경제조사 표본농가 중 일부를 대상으로 조사한 「농산물생산비통계」가 있는데 작목별 10a당 비료 투입량이 제시되어 있다. 평균 투입량 자료에 비료종류별 비료 성분(N, P, K) 함유율을 곱하여 성분량을 산출하고 작물별 10a당 투입량 원단위로 보도록 한다. 해당 지역의 비료성분별 투입량은 이것에 그 지역의 작물별 재배면적을 곱한 뒤 작물별로 나온 투입량을 모두 합하면 된다. 〈표 3〉에서 논벼의 예를 들면, 1998년의 경우 10a당 질소가 약 15kg, 인과 칼리가 각각 약 6kg 정도 투입되었다. 이에 따라 농촌진흥청이 설정한 표준시비량과 비교하여 각각 32%, 36%, 7% 정도 과투입되었음을 알 수 있다. 이 방법은 전국 평균 투입물량 숫자를 사용하므로 지역간의 편차를 반영하지 못한다는 단점이 있고 적용가능한 작물도 제한되어 있다.

이 밖에 시 · 군 통계연보를 활용하는 방안이 있는데 여기에는 비료 공급량이 비료의 종류별, 성분별로 제시되고, 특히 읍면별로 자료가 작성되어 있다. 그러나 퇴구비나 유기질비료 등의 경우 조사가 되지 않은 경우가 많다. 필요시에는 작물별로 일부 농가를 추출하여 실태조사를 통해 사용량을 파악하는 것이 좋다.

〈표 3〉 성분별 화학비료 투입량(10a당)

		성분량(kg)	표준 시비량(kg)	과투입 비율(%)
논 벼	N	14.57	11.0	32
	P	6.11	4.5	36
	K	6.11	5.7	7
겉보리	N	17.96	7.8	130
	P	6.40	6.8	△6
	K	5.68	3.0	89
쌀보리	N	19.08	7.8	145
	P	6.45	6.8	△5
	K	6.44	3.0	115
고 추	N	32.99	19.0	74
	P	13.06	11.2	17
	K	14.41	14.9	△3
참 깨	N	4.49	2.9	55
	P	3.55	3.1	15
	K	3.61	3.2	13

주 : 계산방식은 가령 논벼의 질소(N)투입의 경우, 15.81(요소 사용량)×0.46(요소비료중 N함유율)+0.31(유안 사용량)×0.21(유안중 N함유율)+0.15(기타 사용량)×0.19(석회질소중 N함유율)+31.83(복비21-17-17 사용량)×0.21(그 중 N함유율)+3.06(복비17-21-17 사용량)×0.17(그 중 N함유율)=14.57. 쌀은 평야지 보통 논, 보리는 도복정도 중약, 고추는 노지, 참깨는 기경지 기준임.

진천군이 1999년 사용한 화학비료는 복합비료와 요소비료가 전체의 97.2%로 대부분을 차지하고 있다(표 4). 성분별로는 질소가 27.5%, 인산 8.1%, 가리 11.1%이며, 기타(유기질비료 포함)가 53.3%이다.

〈표 4〉 진천군 종류별 비료공급량

(단위 : 천톤)

		유 안	요 소	용성인비	용과린	염화가리	복합비료	계
종류별	공급량	90	2,072	3	33	66	4,408	6,672
	비 율	1.3	31.1	0.0	0.5	1.0	66.1	100.0
		질소질		인산질		가리질	기 타	계
성분별	공급량	1,834		543		741	3,554	6,672
	비 율	27.5		8.1		11.1	53.3	100.0

자료 : 진천군 통계연보 (1999).

보통 농가의 관행적인 화학비료 사용형태를 살펴보기 위해 진천군 진천읍 성석리 A농가의 화학비료 사용량을 조사하였다. 그 결과 논 1,261평에 사용한 화학비료 사용량은 10a로 계산하면 〈표 5〉와 같다. 이를 성분별로 환산하면 10a에 질소 14.6㎏, 인산 6.3㎏, 칼리 7.8㎏을 사용하

였다. 이 농가는 토양성분을 분석하여 처방하기보다는 작물에 맞춰 복합비료를 우선 사용하고 있었다. 군 농업기술센터의 토양검사에 의한 시비 처방에 따르면 이 농가의 시비량은 질소는 퇴비에 의한 시용량을 제외할 때, 1.6배, 인산 2.1배, 칼리 2.6배 등 과다투여하고 있음을 알 수 있다(표 6).

〈표 5〉 진천읍 A농가 논의 비료 사용량

(단위 : kg/10a)

	복비(17-21-17)	요 소	N-K 복비
사용량	30	15	15
	질 소	인 산	칼 리
환산량	14.6	6.3	7.8

〈표 6〉 진천읍 A농가 논의 토양관리 처방

(단위 : kg/10a)

	질 소	인 산	칼 리	퇴 비				규 산	객 토 (톤)
				볏짚	우분	돈분	계분		
밑거름	4.5	3.0	2.1	800	800	320	280	330	130
웃거름	4.5	-	0.9	-	-	-	-	-	-

주 : 퇴비는 볏짚퇴비, 우분퇴비, 돈분퇴비, 계분퇴비 중 1종류만 선택.

2) 농 약

농약의 투입, 사용량은 현재 전국 차원에서이건 시·군 차원이건 조사하여 수집된 자료가 없는 실정이다. 농약공업협회가 매년 발간하는 「농약연보」는 작목별(수도용, 원예용 등), 약제별(살균제, 살충제, 제초제, 기타 제재)로 공장에서 농협 또는 시판장에 출하한 양을 제시하고 있어서, 농가가 실제로 소비한 양은 아니다. 「농산물생산비통계」는 농약구입비를 제시하고 있으나 사용량은 조사하지 않았다.

결국 농약의 투입량은 농가에 대한 실태조사를 실시하여 자료를 수집하는 수밖에 없다. 농약은 그 종류가 매우 다양하고 복합살포 등 사용방식도 다양하므로, 조사시에도 어려움이 있을 것이므로, 사용량보다는 작물별 사용회수로 환경에의 부하정도를 판단하는 것이 나을 것이다. 대체로 지역마다 관행 살포회수는 동일 작물에 대하여 큰 차이가 없으므로 별 다른 어려움 없이 조사가 가능할 것이다.[4] 농약 1회 살포에 쓰이는 평균사용량은 별도로 작물별로 조사를 하고, 살포시 평균 사용량에 관행 살포회수를 곱하여 농약 투입량을 추정하도록 한다.

4) 예를 들어 경북 영양군 지역의 경우 배추 10~12회, 고추 13회, 사과 13~15회의 농약을 친다고 함(제초제 포함).

2. 발생량

1) 비 료

시용된 비료가 작물에 흡수되지 않고 환경에 유출되는 양이 (오염물질) 발생량이다. 따라서 흡수량을 알게 되면 발생량은 투입량과 흡수량의 차이로써 바로 추정할 수 있다.

비료의 흡수량은 비료별 이용률 자료를 활용할 수 있으나 아직까지 체계적으로 제시된 자료는 없는 실정이다. 유실, 용탈, 휘산과 같이 비료성분의 흡수에 영향을 미치는 요인이 상당히 많아서 평균적인 이용률의 계측이 어렵기 때문이다. 이용률은 작물의 종류, 시비시기, 방법(엽면살포, 표층시비 등), 비료의 형태(속효, 완효, 지효성 비료)에 따라 달라진다. 농업과학기술원이 공표하는 표준시비량은 환경에의 유출을 손실로 고려하여 작물이 흡수하는 능력 이상으로 설정한 것으로, 작물에 100% 흡수되는 시비량을 구하기 위해서는 표준시비량(혹은 토양검정에 의한 시비량)에 비료의 이용률을 곱해주어야 할 것이다. 따라서 보통 비료에 비하여 작물 흡수력이 뛰어난 완효성 비료의 개발과 같이 비료의 이용률을 제고하는 것이 경제적, 환경적으로 매우 중요하다. 다음 〈표 7〉은 질소, 인산, 칼리와 가축분뇨의 이용률에 관한 자료를 예시한 것이나, 보다 다양한 조건 아래에서의 이용률 원단위의 생산이 시급하다.

〈표 7〉 비료성분 이용률(예)

구 분	질 소	인 산	칼 리
화학비료[1)]	29.0[3)]	13.4	30.5
우 퇴비[2)]	30	60	90
돈 퇴비[2)]	50	60	90
건 계분[2)]	70	70	90

1) 이규천 등(1998).
2) 최지용, 신은성(1999).
3) 표준시비량 기준.

2) 농 약

토양의 비료성분 함량에 따라 적정 시비량이 달라지는 비료와는 달리, 농약의 경우에는 농약 투입량과 흡수, 분해량이 같아지도록 하는 것이 바람직하다. 즉,

$$\Delta X = X_i - X_{dec} = 0$$

X_i : 농약투입량 (즉 X input)

X_{dec} : 시용된 농약의 분해된 양(홍종운, 1993 : 50-51).

농약의 환경(토양, 수자원)에의 잔류에 따른 오염의 정도는 시설재배지의 토양을 제외하고는

크지 않은 것으로 보고되고 있긴 하지만(오세익 등, 1997), 사례지역에 대한 측정치의 보고이며 정밀한 연구는 이루어지지 않고 있다. 특히 농약은 생물다양성 및 인체에 대한 위해성 논란이 있다는 점에서 농업환경에의 유출에 대한 정밀한 연구가 시급한 실정이다.

농약의 흡수량과 농업환경에의 유출, 발생량을 산정하기 위해서는 작물별 평균 적정 사용량 및 실제 사용량 사이의 차이를 조사하여 파악하여야 한다. 그런데 앞서 지적한 바와 같은 이유로 농약은 적정한 수준의 표준사용량을 책정하기가 어렵다. 농약제조회사에서 제시하고 있는 것에 따르면 사용적기 뿐만 아니라, 회석시 물 일정량 당 사용약량, 단보당 사용량, 사용횟수 등이 농약의 종류, 제품마다, 그리고 적용 작물마다 다르다. 이들 기준량은 작물의 흡수능력, 농약별 토양흡착력, 토양중·수중에서의 농약의 반감기, 농약의 형태 등에 따라 정해진다. 토양 중 농약의 소실 및 환경 중 위해 가능성을 간접적으로 추정할 수 있는 수단으로서의 농약별 토양흡착계수는 농업과학기술원을 중심으로 산정 중에 있다.

따라서 제회수립의 편의를 위해서는 사용량보다는 농촌진흥청 농업과학기술원이 설정한 농약의 안전사용기준에 따라 농약별 사용회수로 환경에의 부하정도를 판단하는 것이 나을 것이다.[5] 즉,

농약별 작물별 발생량 = (관행 살포회수 - 안전사용기준상 사용횟수) × 살포시 평균 사용량
총 발생량 = Σ (농약별 작물별 발생량).

관행 살포회수는 앞서 농약사용량을 추정할 때 사용한 지표를 말한다.

〈표 8〉 농약 안전사용기준의 예

농약명	품목명	대상작물	사용방법	사용시기	사용회수
도열병약	이소란유제	벼	살포	수확 23일전 한	3회 이내
멸구약	비피유제	벼	살포	수확 15일전 한	3회 이내
탄저병약	만코지수화제	사과	살포	수확 30일전 한	5회 이내
잿빛곰팡이병약	디크론수화제	오이	살포	수확 2일전 한	4회 이내

자료 : 농업과학기술원(1999).

3. 발생량(축산부문)

축산부문에서의 비료성분 발생량을 추정하는 방식은 가축분뇨의 비료성분 함유율 기준을 적용한다. 즉,

축종별 비료성분별 발생량 = 축종별 분뇨 발생량 × 축종별 분뇨의 비료성분별 함유율
비료성분별 발생량 = Σ 축종별 비료성분별 발생량.

5) 1999년말 현재 54작물 575종의 농약에 대해서 기준이 설정되어 있음.

배출(발생) 원단위와 비료성분 함유율은 환경부고시와 기존자료를 활용할 수 있다(표 9). 참고로 벨기에와 네덜란드의 질소, 인산의 축종별 발생량 원단위는 다음 <표 10>과 같다.

〈표 9〉 축산폐수의 배출원단위 및 성분함량

축 종	축산폐수 배출원단위 (kg/두/일)					가축분뇨의 비료성분 함유율 (%)		
	분	뇨	분뇨발생량	세정수	계	N	P_2O_5	K_2O
한 우	10.1	4.5	14.6	0.0	14.6	0.4	0.2	0.5
젖 소	24.6	11.0	35.6	10.0	45.6	0.5	0.1	0.5
돼 지	1.6	2.6	4.2	4.4	8.6	0.5	0.8	0.4
닭	0.12	-	0.12	-	0.12	1.7	1.6	0.9

주 : 배출원단위는 환경부고시 1999-109(1999. 7. 8).
자료 : 허 덕 등(2000 : 9).

〈표 10〉 축종별 질소, 인산 배출 원단위 외국사례

(단위 : kg/두/년)

축 종 별	인 산		질 소
	벨 기 에	네덜란드	벨 기 에
젖 소	37.3		121
새끼돼지(20kg 이하)	1.66		3.36
돼지(20~540kg 범위)	7.05		14.17
비육돼지		7.40	
자돈 딸린 모돈		7.1~20.3	
산 란 계	0.5	0.20	0.71
육 계	0.22	0.24~0.74	0.44
암평아리		0.50	
칠 면 조		0.79	

자료 : 기광석(1999).

4. 정화량 및 배출량(축산부문)

축산 부문에서 발생한 오염물질은 세 가지 경로를 거친다. 첫째, 해당 지역 안에 가동 중인 축산분뇨 자원화시설을 거치거나, 둘째, 정화방류시설을 거치게 되며, 셋째, 나머지는 정화되지 않은 채 환경에 배출된다. 첫째와 둘째 경로는 자원화 및 정화처리시설의 용량을 파악함으로써 지역내 시설을 통한 흡수, 처리량으로 본다.

이 가운데 둘째 경로에서 처리된 뒤 방류되는 양과 셋째 경로에서의 양이 축산부문에서의 오염물질 배출량이 되어 축산에 의한 환경부하량으로 남게 된다. 따라서,

축산부문 배출량 = 발생량 - 자원화량 - 정화후 방류량

한편 자원화되어 축분퇴비로 사용되는 양은 화학비료의 사용량과 합산하여 경종 부문에의 비료 투입량으로 간주할 수 있다. 이렇게 합산, 투입되는 비료량을 지역의 경종부문에서 흡수 가능한 양과 비교하게 되면 잉여 자원화량이 산출된다. 즉,

잉여 자원화량 = 축분퇴비 비료성분별 발생량 + 화학비료 사용량 - 경종 부문 비료성분별 소요량.

여기서는 진천군 내 사육 가축수를 기초로 축산부문에서의 연간 비료성분 발생량을 추산해 보았다. 연간 가축분뇨 발생량은 268,544톤으로 이 가운데 분뇨의 비료성분을 축종별로 환산하여 계산한 결과 질소 1,857톤, 인산 1,714톤, 그리고 칼리 1,424톤이 발생하는 것으로 나타났다(표 11).

〈표 11〉 진천군 사육 가축에 의한 분뇨 발생량과 비료 성분량

(단위 : 마리, 톤)

축 종	사육마리수	년간 분뇨발생량	비료성분 발생량		
			N	P_2O_5	K_2O
한 우	7,045	37,543	150.2	75.1	187.7
젖 소	6,344	82,434	412.2	82.4	412.2
돼 지	66,922	102,591	513.0	820.7	410.4
닭	1,049,679	45,976	781.6	735.6	413.8
계		268,544	1,857.0	1,713.8	1,424.1

주 : 축종별 분뇨배출 원단위와 비료성분 함유율을 적용하여 산출함.
자료 : 진천군 통계연보, 1999.

V. 실천계획 수립을 위한 과제

이상에서 투입/산출 수지분석을 위한 기본방향과 보다 구체적인 분석방안을 제시하였다. 이와 같은 방안이 실천계획에서 실현되기 위해서는 자료수집 및 계획수립의 체계가 확립되어야 하는 등 여러 가지 전제조건이 필요하다. 여기에서는 그 가운데 가장 시급한 것들을 중심으로 서술하기로 한다.

1. 자료수집 체계의 확립

1) 환경기장제도의 도입

정확한 자료를 수집하여 분석에 사용하는 것은 장단기 계획을 수립할 때 아주 중요한 출발점

이 된다. 위에서 보았듯이 기존 자료들 가운데에는 계획 수립에 동원할 수 있는 형태로 작성되어 있지 않은 것도 있고, 비료의 이용률과 같이 부분적으로 활용할 수 있는 것, 혹은 농약사용량과 같이 전혀 파악이 되지 않은 것도 있다. 농약사용량의 경우, 물론 앞서 제시한 대로 대상 지역 주민 또는 표본을 선정하여 농약사용량을 조사하고 그 평균치를 사용하거나 사용횟수를 대리지표(proxy)로 할 수도 있으나, 통계적 대표성의 확보문제를 해결해야 한다.

〈표 12〉 네덜란드 Minas 기록 항목의 종류

〈 투 입 〉	〈 농 장 〉	〈 산 출 〉
농 후 사 료 가 축 부 산 물 조 사 료 가 축 분 뇨 유 기 질 비 료 화 학 비 료	투입 - 산출 = 손실양분	가축 주산물 (우유, 고기, 알 등) 곡물과 채소 조사료 가축분뇨

자료 : Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries (2000).

정확한 자료수집을 위해서는 공공기관에 의한 일관된 자료수집과 축적이 바람직하나, 더욱 상세하고 체계적이기 위해서는 농약, 비료사용과 가축분뇨처리 등을 농가가 기재하도록 하는 환경기장제도(Green Accounting System)의 도입이 필요하다(21세기 농정비전 작업반, 1999 : 82). 이는 현재 유럽, 특히 네덜란드에서 시행 중에 있는 Minas(Mineral Accounting System, 무기질 기장시스템)와 유사한 것이다. 네덜란드는 1998년에 집약축산농가를 대상으로 이 제도를 도입하였는데 2001년에 모든 농가(경종, 원예 포함)로 확대할 예정이다. 이는 각 농가로 하여금 법률에 따라 인산과 질소의 투입, 산출에 관한 기록을 하도록 하고(mineral return, 양분신고서), ha당 최대허용 기준, 이른바 손실기준(loss standard)을 초과하여 발생하는 양분에 대하여 높은 과징금을 부과하는 것이다. 이에 따라 과거 가축분뇨에서의 인산배출만을 대상으로 했던 정책에서 벗어나 모든 화학비료와 퇴비 등 유기질비료에서의 질소까지 대상으로 하게 됨으로써, 모든 농가가 이로부터 영향을 받게 되는 획기적인 정책전환이 시행되고 있다(Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, 2000).

이 프로그램을 통하여 과잉영양분의 환경으로의 유출을 막는다는 목적 이외에도, 농업환경으로 투입되는 물질의 양에 대한 기록을 통해 체계적인 자료의 작성이 가능하고, 이를 근거로 우리나라의 실정에 맞는 손실기준의 설정에 도움이 될 것이다.

2) 원단위 자료의 개발

현황자료 이외에 각종 현장 실험, 반복 관찰 등을 토대로 원단위 자료, 파라미터가 산출되어야 할 것이다. 이러한 것들은 실험 상황에서 일정한 가정 아래에 만들어지겠지만, 현실에서 추정치를 만들어내는 데 중요한 자료가 된다. 농업환경모형에서 오염물질 배출량을 계산하기 위하여 파라미터를 산정하는 것이 중요하며, 일부는 현재의 연구수준에서 이용 가능한 것들이 제공되어 있다. 가령 앞에서 제시한 축종별 분뇨배출 원단위와 가축분뇨 안에 포함된 질소, 인산, 칼리 등 비료성분의 함유율은 가축분뇨로부터의 비료성분 배출량을 파악하기 위하여 매우 중요한 자료이다. 비료나 농약이 작물에 흡수되는 양 혹은 환경으로 유실되는 양은 토양의 조건, 기후, 지대, 시비나 살포 등의 사용법에 따라 달라지며, 따라서 일정한 조건 아래에서 흡수, 흡착되는 양에 대한 원단위 자료의 개발도 매우 중요한 과제이다. 또한 이 연구에서는 생략되었지만, 발생원으로부터의 배출량이 토양이나 지천 등을 경유할 때 자연 스스로 처리하는 정화능력을 모델링하고 정량화하여 투입/산출 분석에 반영할 필요가 있다. 한편 지속적이고 정기적인 현황 모니터링을 통하여 예상치와 실제치를 비교함으로써 모형에서 사용되는 파라미터들을 적절히 수정하는 작업도 병행되어야 한다(류순호 등, 1997).

하지만 현재의 영농방식 등 농지, 수자원 이용을 고려한 오염부하 유출에 관한 정보는 아직도 매우 적은 형편이다(최지용, 신은성, 1998 : 25). 다음 <표 13>은 보다 효율적인 계획수립을 위해 시급히 정비, 수집이 필요한 자료들 가운데 일부분으로, 이 연구에서는 대리지표(proxy)를 사용하였거나 자료부족으로 분석을 생략한 것들이다.

〈표 13〉 실천계획 수립에 필요한 자료들의 예

필 요 자 료	내 용
농약사용량, 흡수량	농가의 작물별 농약사용량과 작물의 농약흡수량 자료를 통하여 농업환경에 유출되는 농약성분의 양 파악
농작물부산물의 비료로의 활용량	볏짚, 톱밥 등 부산물을 통한 퇴구비, 유기질비료의 생산량, 그것의 작물별 시용량 파악을 통하여 비료성분별 발생량 파악(자가제조, 구입 모두 포함)
비료성분의 작물흡수량	농업환경에 유출되는 비료성분의 양을 작물, 시비방법, 토양조건, 비료종류 등을 고려하여 추정
유달률, 유달부하량	오염물질의 발생량에 대한 수계 유입량의 비율, 이를 적용하여 배출량이 지천을 거쳐 수역에 들어오는 양을 산출

3) 농업환경정보시스템의 구축

현재 농업과학기술원에서 작성하고 있는 인터넷 데이터베이스 「농업토양환경정보시스템」은 토양환경을 위주로 구축되고 있다. 여기서는 GIS형태로 구성된 토양환경정보주제도와 필지별 토양환경정보, 토양환경통계분석정보 등이 제공되고 있다. 자료는 행정구역별, 토지이용별, 작

물별 통계를 이용할 수 있고, 필지별 토양환경정보에서는 각 필지별로 토양의 물리적, 화학적 성질, 추천시비량, 토지이용추천, 적성등급, 필지별 작물추천 등의 정보가 있다. 특히 필지별 자료는 해당 필지의 경작자가 편리하게 자신의 경작지에 대한 정보뿐만 아니라 추천시비량 등 영농에 큰 도움을 주는 정보를 가지고 있다. 이 정보들은 농업환경을 보호하기 위하여 쓸모 있는 것들이다.

하지만 농업환경에 관한 정보에서는 토양에 관한 것뿐만 아니라 해당지역의 지표수, 지하수와 그 지역을 포함하는 수역에 관한 정보도 포함되어 있어야 한다. 즉 질산염, 인의 농도나 유실된 농약성분의 검출내용을 소수계의 주요 지점별로 체계적으로 측정하여 수자원의 오염정도를 정보화하여야 할 것이다. 이는 지역의 토지이용 내용과 이용정도, 즉 농지나 가축사육의 집약성, 조방성 등에 따른 오염정도, 오염물질의 주요 수계에의 유달률과 유달부하량을 산출하는 것이며, 지역의 지형적, 기상적 특성까지도 반영한 파라메터를 체계적으로 생산해내는 작업을 말한다. 이렇게 수집된 자료는 지역의 친환경농업 실천계획의 수립에 반영되도록 한다.

현재의 농업토양 환경정보와, 추가로 농업수질 환경정보를 바탕으로 한 「농업환경정보시스템」을 구축하게 되면, 이를 바탕으로 지역 단위에서의 친환경농업을 위한 적절한 시비와 농약사용의 억제, 지역별 작물배치, 축산단지의 적정배치와 적정 사육두수의 산정 등이 쉽게 이루어질 것이다.

2. 계획수립 체계의 확립과 지역 단위 종합모형의 개발

1) 표준 계획수립절차의 확립

지역 단위에서 손쉽게 자율적인 친환경농업 실천계획을 수립할 수 있도록 표준화된 절차가 마련되어야 한다. 자료의 소재지나 수집방법, 분석요령, 문제점에의 대처방안 등이 계획 수립을 위한 지침서(guideline) 혹은 교본(manual)을 통해 소개되어야 한다. 이 글의 제4장에서 소개한 방식이 참조가 될 것이다. 물론 실제로는 각 지역의 특성과 목표를 반영하여 나름대로의 계획이 수립되어야 할 것이다. 이를 위해서는 특히 지역의 현황을 분석하고 특성을 파악할 수 있는 지표를 독자적으로 발굴하는 것이 바람직하다.

계획을 수립할 때에는 물론 여러 가지 상위계획의 검토가 선행되어야 할 것이다. 시·군 단위에서의 실천계획은 친환경농업육성 5개년계획과 시·도 단위에서의 실천계획을 밑받침으로 하는 하위계획이다. 따라서 상위계획에서 수립된 친환경농업 사업들, 가령 논농업직접지불제, 친환경농업지구조성사업 등 지역내 해당사항이 있는 경우 그 사업의 구체적 추진방안이 포함되어야 할 것이다. 뿐만 아니라 전국, 도 단위에서 수립된 친환경농업 추진목표나 일정, 목표치 등이 반영되어야 한다.

2) 계획 수립 전문가의 확보

지역의 농업환경을 분석하고 계획을 수립할 전문가 확보가 필요하다(농정평가자문위원회, 1999 ; 21세기 농정비전 작업반, 1999 : 81). 이들은 농업환경에 대한 실태조사, 그리고 지역단위의 환경농업설계 및 지역별 시스템 구축 등을 담당하도록 한다. 이러한 전문가를 체계적으로 육성하기 위하여 「농업 · 농촌환경설계사」 또는 「환경농업설계사」 제도를 도입하는 방안도 모색할 필요가 있다.

3) 지역 단위 복합경영 모델의 개발

친환경농업은 지역 단위에서건 또는 개별농가 단위에서건 자원의 순환적 이용을 근본으로 한다. 친환경농업 실천계획을 수립하기 위해서는 지역 단위에서 축산, 경종, 원예, 과수 등이 서로 연계하여 자원을 순환적으로 활용할 수 있도록 하는 복합경영 모델이 개발되어, 실천계획에서 바로 적용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

이를 위해서는 가령 임업부산물을 활용하여 축분퇴비를 생산하고 이 축분퇴비를 경종농업에서 친환경농산물을 생산하는데 사용하도록 하며, 경종부문에서 나오는 부산물은 사료로 유기축산에 사용하거나 가축분뇨와 혼합하여 퇴비로 만들어 다시 경종 부문에 투입하거나 초지에 시용하도록 하는 것이다. 지역 단위를 폐쇄된 공간으로 상정할 때 이와 같은 임업, 경종농업, 축산업 사이의 순환체계를 내용으로 하는 복합경영 모델이 개발되어야 한다.

실천계획에서는 이러한 모델을 지역의 여건에 따라 변형시켜 사용할 수 있을 것이다. 예를 들어 산림으로부터의 부산물 생산이 여의치 않은 경우에는 경종과 축산업을 연결시키되 톱밥 등은 다른 지역에서 수입하고 대신 잉여축분을 수출하도록 한다. 가축분뇨의 획득이 어렵거나 축산업이 발달하지 않은 경우에는 "유통정보센터"를 설치하여 지역간 가축분뇨 및 유기질 비료의 수급조절, 수매비축 등을 통해 해결하도록 할 수도 있다(오세익 등, 1997 : 109).

4) 지역 종합환경개선 방안의 모색

지역 단위 농업환경모형이 친환경농업의 수행을 위한 것이긴 하지만, 궁극적으로는 지역의 생활환경을 포함한 종합적 환경개선을 지향하여야 한다. 이러한 점에서 보다 발전된 모형에서는 생활쓰레기나 폐비닐 등 영농쓰레기로 인한 오염이나 비농업적 활동, 가령 관광지나 공장으로부터의 오염 등도 종합적으로 고려하여야 할 것이다. 환경문제의 해결은 분야별 문제의 해결로서는 부족하기 때문이다. 따라서 친환경농업 프로그램뿐만 아니라, 마을의 생태적 개발이나 환경기초시설 투자사업과 같은 여러 가지 친환경적 농촌발전 프로그램들이 종합적으로 계획에 포함되어야 할 것이다.

이와 관련하여, 현재 환경부가 추진하는 지역환경기술개발센터 설립과 농업환경 보전을 위한 계획수립을 연계시키는 방안도 모색할 필요가 있다. 지역환경기술개발센터는 "지역환경문제 해

결을 위한 연구역량을 집중시키고, 지역특화 환경기술개발의 거점을 형성하여 지역 특유의 환경오염 현상을 연구·규명하고, 이를 해결하기 위해 필요한 환경기술을 개발하기"(환경부 훈령 제417호 「지역환경기술개발센터설립·운영규정」의 제1조. 1998. 11. 16) 위하여 설립되고 있다. 이러한 지역환경기술개발센터와 같은 곳을 통해 지역의 연구소, 대학 등과 연계하여 지역의 농업환경 여건을 비롯한 환경의 상태(state)분석하고 개선대책을 포함한 정책을 연구, 개발하도록 추진하면 지역 단위의 종합적 환경개선 계획의 수립이 용이해질 것으로 생각된다.

아울러 지역별 특성을 고려한 지역내 환경용량(environmental capacity)을 파악하고 이에 입각한 목표치를 설정하는 것이 중요하다. 환경용량은 환경정책기본법 등에서 정하고 있는 환경기준, 오염물질 배출허용기준 등의 법적 허용용량을 사용할 수 있다. 혹은 지역에서 운영하고 있는 각종 환경관련 기초시설, 가령 축산폐수정화처리시설 등의 용량과 수역에서의 자연정화능력 등을 고려하여 설정할 수도 있다. 여하튼 환경용량은 농업환경개선 실천계획을 비롯한 지역단위 환경개선 계획의 설정에서 중요한 목표를 제시하여 줄 것이다.

Ⅵ. 요약 및 결론

증산을 통한 식량문제의 해결과 농가소득의 증대를 목표로 하고 있는 관행농업은 그 동안 많은 성과에도 불구하고 농업환경에 부정적인 영향을 적지 않게 끼쳐 왔다. 자연생태계가 흡수, 처리할 수 있는 능력 이상으로 화학적으로 합성된 물질이 농업분야에 투입되면서 토양과 수질의 오염 문제가 심각해져 왔다. 또한 농업생태계 안에서의 물질순환보다는 외부로부터의 유입에 의존하면서 자원을 낭비하는 비효율성을 초래해 온 것도 사실이다. 유기농업, 저투입농업 등 친환경농업에 대한 관심이 늘어나고는 있지만 아직은 실천농가나 생산되는 농산물의 양은 아주 미미한 실정이다.

정부는 친환경농업을 육성하고 농업환경을 보호, 유지하자는 취지에서 1997년 「환경농업육성법」을 제정하고 이후 친환경농업지구조성사업, 친환경가족농육성사업, 친환경농산물 표시인증제도 등의 사업을 추진해 오고 있다. 이 법에서는 친환경농업을 보다 체계적으로 추진하기 위해 중앙정부 단위에서는 5개년계획을 수립하고, 시·도, 시·군 등에서는 그에 입각하여 실천계획을 수립하도록 하고 있다. 하지만 지방정부 수준에서 구체적인 실천계획을 수립하기에는 여러 가지 어려움이 많아 이 조항은 현실적으로 제대로 적용되지 않고 있는 실정이다. 이 연구는 지역 단위에서 친환경농업 실천을 위한 계획을 수립할 때 참고로 할 수 있는 지침을 작성하기 위한 기초연구로 추진되었다. 즉, 지역단위 농업생산의 환경오염 부하요인에 대한 일정한 조건 아래에서의 투입/산출 수지분석을 위한 체계를 설정하였다.

이 연구를 위해 기존 국내외 지역단위 농업환경 관련 문헌을 검토하고 각종 원단위 등 기본자료를 수집하였다. 사례조사는 충북 진천군을 대상으로 하였으며, 농업과학기술원이 작성한

인터넷 데이터베이스인 「농업토양환경정보시스템」을 통하여 자료를 수집하고 분석하였다.

경종, 축산부문에 투입되어 흡수된 뒤 발생, 배출되는 오염물질을 그 경로별로 추적, 분석하기 위해 무기물의 투입/산출 수지 평가를 수행하는 방법을 제시하였다. 경종부문에서는 비료, 농약의 투입량에서 작물흡수량을 뺀 것을 오염물질 발생량으로 보았고, 축산 부문에서는 가축분뇨 발생량에서 정화량을 뺀 것을 가축분뇨 배출량으로 보았다.

지역 단위 농업환경의 현황을 파악하고 구체적인 실천계획을 수립하기 위해서는 정확한 자료의 수집과 분석이 필수적이다. 이에 따라 이 연구에서는 환경기장제도를 도입할 것을 제안하였다. 또한 각종 연구를 통해 원단위 자료, 계수가 산출되어야 할 필요성을 제시하였다. 기초자료의 축적을 위하여 토양과 수질을 포함한 농업환경정보시스템 구축의 필요성을 제기하였다.

계획수립의 체계를 확립하기 위하여서는 표준 계획수립절차를 확립하여, 지역 단위에서 자율적인 환경농업 실천계획을 수립할 수 있도록 표준화된 절차가 마련되어야 함을 지적하였다. 또, 지역의 농업환경을 분석하고 계획을 수립할 전문가를 체계적으로 육성하고자 「농업 · 농촌환경설계사」 또는 「환경농업설계사」 제도를 도입할 것을 제안하였다. 지역단위 복합경영모델을 개발하고, 농업과 일반 환경을 아우르는 종합환경개선 방안을 모색하기 위하여 지역환경기술개발센터와의 연계를 추진하도록 한다. 지역내 환경용량의 파악을 통한 환경개선 목표치의 수립은 계획수립에서 중요한 기반이 될 것이다.

이와 같은 제도적 밑받침이 이루어질 때 「환경농업육성법」이 규정하고 있는 현실성 있는 실천계획이 수립될 수 있다. 아울러 이렇게 만들어진 계획에 입각해서 지역의 농업환경을 유지, 개선하고 친환경농업을 육성하는 구체적 대안이 마련될 수 있을 것이다.

참고문헌

21세기 농정비전 작업반. 1999. 「21세기 농업 · 농촌 비전과 정책과제」. 한국농촌경제연구원.

기광석. 1999. "유럽나라들의 분뇨처리 정책 소개." http : //www.kanet.co.kr.

농림부. 2001. 「친환경농업육성 5개년 계획」. 농림부.

농업과학기술원. 1999. 「농약의 안전성과 작물보호」. 농촌진흥청.

류순호 · 박무언 · 노희명. 1997. 「한국의 지형 및 영농형태에 적합한 농업환경오염예측모형 개발」. 농촌진흥청.

오세익 · 박현태 · 김은순 · 위용석. 1997. 「환경보전형 농업 발전을 위한 정책과제」. 한국농촌경제연구원.

윤성호 · 신용광 · 이상철. 1999. "지구환경변화와 기후변화협약." 세계농업규범 관련 쟁점 대응을 위한 심포지엄. 농촌진흥청.

이규천 · 김은순 · 정수봉 · 손상목 · 육완방 · 함병석 · 장철훈 · 김상준 · 김덕순. 1998. 「조건불리

지역 및 환경보전에 대한 직접지불제 조사연구」. 한국농촌경제연구원.

채제천 · 손상목 · 최준수 · 권태진 · 김연중 · 오세익. 1998. 「작물생육 시뮬레이션 모델 및 환경보전형 최적시비 전문가 시스템 개발」. 농림부.

최지용 · 신은성. 1999. 「국토환경용량을 고려한 축산오염 관리방안 연구」. 한국환경정책 · 평가연구원.

최지용 · 신은성. 1998. 「농업지역 비점오염원 관리방안 연구」. 한국환경정책 · 평가연구원.

최지용. 1995. 「비점오염원 조사연구사업 보고서」. 환경부.

허 덕 · 정민국 · 김창길 · 유철호. 2000. 「가축분뇨처리시설의 시설비 및 운영비 조사 연구」. 한국농촌경제연구원.

홍종운. 1993. "유기자원의 활용현황과 전망 - 유기농업을 중심으로." 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지엄. 한국토양비료학회.

진천군 통계연보. 1999.

松本成夫. 1998. "農業生態系の物質循環." 陽 捷行 編著. 「環境保全と農林業」. 朝倉書店.

Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries. 2000. *Manure and the Environment : The Dutch Approach to Reduce the Mineral Surplus and Ammonia Volatilisation.*

http : //www.niast.go.kr.