

환경친화적 농업자원관리를 위한 농업환경분석과 정책 개발

김 창 길	연구위원
김 태 영	초청연구원
신 용 광	전문연구원

머 리 말

환경친화적인 농업자원관리를 위해서는 과학적인 분석을 기초로 한 농업 생산 활동의 환경부하에 관한 정확한 진단 및 적절한 처방을 위한 다양한 정책 프로그램이 개발되어야 한다. 이러한 시대적 요구에 따라 우리 연구원에서는 농업과학기술원, 한국환경정책평가연구원 등 세 기관이 공동으로 참여하여 “친환경농업체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안”의 기획연구 과제를 2년과제로 수행하였다.

이 과제를 수행하면서 1차년도에는 친환경농업의 개념 설정, 유기농축산물의 생산기술 개발, 농업부문 비점오염원 관리 방안, 친환경농업연구 방향 등을 주제로 공동연구진 워크숍이 개최되었다. 2차년도에는 하천 유역의 농업생태환경 모니터링, 지역단위 농업형태별 환경영향 평가, 농업부문 총량관리제도 도입방안, 친환경농업시스템 전환을 위한 정책프로그램 개발 등에 관한 주제발표와 총리실·농림부·환경부의 정책담당자와 학계 전문가 등을 초청하여 세미나를 개최하였다. 워크숍과 세미나에서 발표된 자료와 토의 내용은 연구 과제를 수행하면서 매우 귀중한 자료로 활용되었다. 이 자료는 친환경농업에 관심을 가진 정책담당자와 연구자는 물론 농업인들에게 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

워크숍과 세미나에 참석하여 발표해주시고 토론해 주신 모든 분들께 감사를 드린다. 이 자료집이 발간될 수 있도록 별도의 작업을 수행한 연구진의 노고를 치하하며, 이 자료집이 해당분야 연구자 및 실무자들에게 유용한 기초 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

2004. 12.

한국농촌경제연구원장 이 정 환

차 례

□ 공동연구 워크숍 발표자료(기획연구과제 1년차)

공동연구 워크숍 개요	3
제 1 주제: 친환경농업의 개념 및 시스템 전환에 관한 논의	5
제 2 주제: 국내 유기농축산물 생산기반기술 개발 연구	21
제 3 주제: 우리나라 농업 비점오염원 실태 및 관리방안	35
제 4 주제: 친환경농업 연구동향과 향후 방향	51
요약 및 종합토론	70

□ 전문가 초청 세미나 발표자료(기획연구과제 2년차)

전문가 초청 세미나 개요	77
제 1 주제: 비점오염원 관리를 위한 농업부문 총량관리제도 도입방안	79
제 2 주제: 유역 농업생태환경 모니터링-발안시험유역을 중심으로	95
제 3 주제: 지역단위 영농형태별 농업환경영향 평가	121
제 4 주제: 친환경농업시스템 전환을 위한 정책프로그램 개발	133
요약 및 종합토론	149

『친환경농업체제로의 전환을
위한 전략과 추진방안』
공동연구 워크숍 발표자료

공동연구 워크숍 개요

1. 일시 및 장소

- 일시: 2003년 5월 12일(화), 15:00-17:30
- 장소: 농촌경제연구원 중회의실

2. 워크숍 일정

- 좌장 허길행 부원장
- 15:00-15:30 제1주제
 - 친환경농업의 개념 및 시스템 전환에 관한 논의(농경연 김창길 박사)
- 15:30-16:00 제2주제
 - 국내 유기농축산물 생산기술 개발 및 연구(농과원 최두희 박사)
- 16:00-16:10 휴식
- 16:10-16:40 제3주제
 - 우리나라 농업 비점오염원 실태 및 관리방안(KEI 최지용 박사)
- 16:40-17:10 제4주제
 - 친환경농업 연구동향과 향후 방향(농과원 곽한강 박사)
- 17:10-18:00 종합토론

제 1 주제

친환경농업의 개념 및 시스템 전환에 관한 논의

김 창 길(한국농촌경제연구원)

I. 문제의 제기

- 1990년대 중반부터 본격적으로 육성해온 환경농업(또는 친환경농업)의 개념 정립과 관련하여 아직 논의가 지속되고 있음.
 - 친환경농업의 개념은 1994년 농림부에 환경농업과가 신설되고, 1997년 친환경농업 육성법이 제정되면서 어느 정도 정립된 개념이나, 아직도 논의가 지속되고 있음.
 - 친환경농업의 개념과 범위에 대해서는 논란이 많으므로 여러 가지 다양한 의견을 수렴하여 보다 명확히 규정할 필요가 있음.
- 우리나라의 친환경농업은 발전단계상 아직 초기단계에 불과하며, 한단계 도약을 위해서는 친환경농업체제로의 전환을 위한 전략수립 및 대책추진이 필요함. 이러한 관점에서 친환경농업 시스템 전환에 관한 심층적인 논의가 필요함.

II. 농업과 환경과의 관계

1. 환경의 개념과 기능

- 환경은 생물의 생존에 관계하는 여러 가지 외적 조건을 의미함. 환경은 크게 물리적 환경, 화학적 환경, 생물적 환경, 사회적 환경, 문화적 환경

으로 분류되며, 크게는 자연적 환경과 사회적·문화적 환경(인위적 환경)으로 대별될 수 있으며, 이러한 환경은 서로 독립하여 존재하고 있는 것이 아니라 상호 복잡하게 영향을 주고받음.

- 자연적 환경의 3대 기능은 ①인간의 생산활동에 필요한 원료 및 자원을 제공, ②폐기물 또는 오염물질을 흡수·분해·처리하는 자정기능을 제공, ③인간의 삶의 공간과 정서를 순화시키는 기능 제공 등을 들 수 있음.

2. 농업과 환경과의 관계

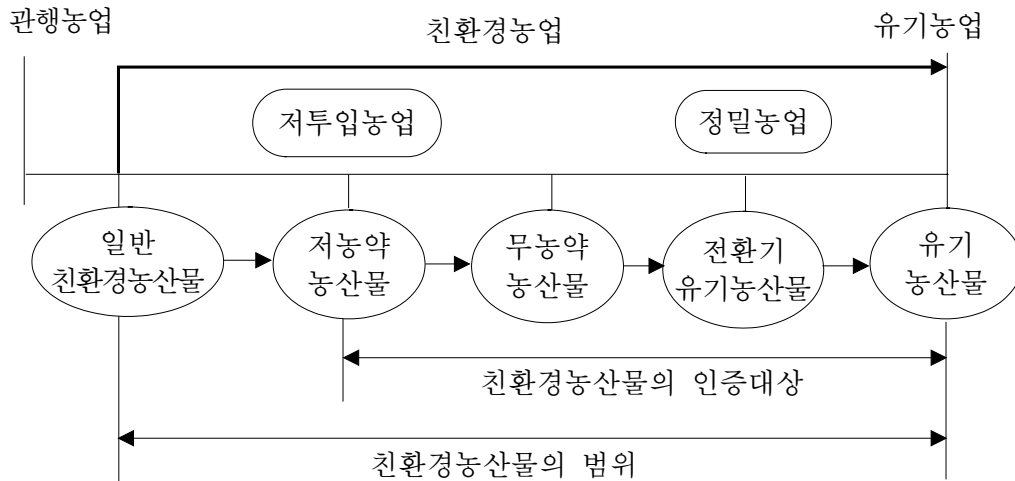
- 농업과 환경과의 관계는 농업생산활동의 환경부하에 미치는 정도에 따라 잠재적 환경오염원으로서의 부정적 역할과 환경보전을 담당하는 긍정적 역할 공유
 - 과도한 농화학 자재의 투입에 따른 농산물증산 및 부적절한 가축분뇨 처리에 따른 집약적 축산물생산으로부터 수질오염(지하수, 지표수), 토양오염 및 유실, 공기오염 및 식품안전성 위험 증가
 - 농업은 농산물생산에 따른 소득형성기능 외에도 환경보전·유지 기능으로 재해예방, 토양보존, 대기·오수정화, 수자원 함양, 휴양·문화적 기능과 식량안보기능 등 다양한 공익적기능을 가지고 있어 경제력 유지·증강을 위한 기간산업임.
- ※ 농업의 공익기능에 대한 계량적 평가는 가정조건 및 접근방법에 따라 크게 달라질 수 있으나, 최근 발표된 자료(농진청, 2002)에 의하면 계량화가 가능한 농업의 공익적기능에 대한 가치평가액은 사회안정기여 효과 4,000억원, 홍수조절 효과 8,098억원, 대기정화 효과 5,357억원 등 총 49조 8,161억원에 달하는 것으로 추정
 - 농업의 공익적 기능 가치평가액은 식량작물 및 축산 등 2000년 기준 농업생산액 31조 8,290억원의 1.6배에 달하는 규모로 경제적 외부효과가 상당히 큰 것으로 평가됨.

III. 친환경농업의 개념에 관한 논의

1. 제도적 측면에서 친환경농업의 개념 정립

- 친환경농업은 농업과 환경의 조화를 추구하는 ‘환경 친화적인 농업’ 또는 ‘환경보전에 도움이 되는 농업’을 축약하여 당초에는 ‘환경농업’이라는 용어로 사용되어 왔음. 정책담당자들은 2000년도 초반 ‘환경농업’은 환경 친화적인 농업이라는 의미를 충분히 전달하지 못한다는 시각에서 보다 강한 의미전달을 위해 접두어 ‘친’자를 부가하여 ‘친환경농업’으로 용어를 변경함.
 - 환경농업을 “농업과 환경을 조화시켜 농업생산을 지속 가능하게 하는 농업형태로서 농업생산의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 농업”으로 규정(『21세기를 향한 농림환경정책 (‘96. 7)』에서 개념 정립)
 - 정부는 「친환경농업육성법」(1997년 12월 제정, 2001년 1월 개정) 제2조에서 “친환경농업이라 함은 농약의 안전사용기준 준수, 작물별 시비기준량 준수, 적절한 가축사료첨가제 사용 등 화학자재 사용을 적정수준으로 유지하고 축산분뇨의 적절한 처리 및 재활용 등을 통하여 환경을 보전하고 안전한 농축임산물을 생산하는 농업을 말한다”라고 정의함.
- 친환경농산물의 분류와 관련 「친환경농업육성법」 제16조에서 “친환경농산물은 그 생산방법과 사용자재 등에 따라 일반친환경농산물·유기농산물·전환기유기농산물·무농약농산물 및 저농약농산물로 분류한다”라고 명시하고 있음. 「친환경농업육성법 시행규칙」에서 각 유형별 친환경농산물의 인증과 관련하여 상세한 규정을 제시하고 있음.
 - 친환경농산물의 범위는 화학적 투입재를 전혀 사용하지 않는 유기농산물로부터 투입재를 적절하게 사용하는 일반친환경농산물에 이르기까지 매우 포괄적임.

그림 1. 「친환경농업육성법」에서의 친환경농업의 범위



2. 친환경농업의 개념과 관련한 논의

- 친환경농업은 생명순환원리와 공생의 원리에 철학적 기초를 두고 있음.
 - 인간과 자연은 대기·물·에너지 등을 끊임없이 상호교환 함으로써 공생유지, 즉 인간은 자연의 정복자가 아니고 공생자라는 시각에서 인간과 자연과의 조화를 강조
 - 농업은 자연의 힘과 인간의 힘이 결합된 산업으로 농업과 자연생태계와의 불가분의 관계에 있으므로, 친환경농업은 공존공생의 원리와 생명순환의 원리에 기초를 두고 있음.
 - 환경농업의 생명관은 농업이 인간의 생명을 유지시키는 기본적인 식량을 생산하고, 식량으로 이용되는 동식물도 생명을 가진 존재라는 관점에서 비롯된다고 봄. 또한 공생의 원리는 자연과 인간간의 관계에 그치지 않고, 인간과 인간간의 관계도 중시함.
- 친환경농업의 개념과 관한 논의는 크게 「친환경농업육성법」에 규정된 포

괄적인 개념으로 보는 견해와 너무 포괄적이므로 높은 단계의 친환경농업으로 유기농업에 보다 초점을 맞추어야 한다는 견해로 대별될 수 있음.

① 포괄적인 견해: 농진청, 농과원 등의 입장

- 친환경농업이란 어떤 특별한 농법 만을 대상으로 한 것이 아니라 환경부하를 최소화하는 적절한 화학적 투입재를 사용하며 토양의 성질이 악화시키지 않는 농업으로 규정하고 있음. 따라서 현재 추진하고 있는 농법을 환경농법으로 간주하며, 유기 및 자연농법 등은 친환경농법의 특수농법으로 규정하여 약간은 비판적인 견해를 보이고 있음.

- 현실적으로 유기질 비료만으로 토양관리를 하기는 어려우므로 유기농법은 근본적으로 지속성 있는 농법에는 한계가 있다고 보고, 유기질 비료와 화학비료를 토양양분함량에 따라 조화롭게 사용하는 것을 보다 효과적인 친환경농업으로 보고 있음.

- 유기농업과 같은 특수한 친환경농법 등은 실제로 실천한다고 해서 반드시 환경부하를 경감시키는 것은 아니라고 주장하며, 오히려 환경부하를 가중시키거나 생태계에 위협요인으로 작용할 수 있다고 봄.

→ 친환경농업은 농약이나 비료를 전혀 사용하지 않고 유기질비료로만 작물을 재배하는 농업이 아니라 비료와 농약을 가장 적정하게 사용하면서 환경부하를 최소화시키는 농업으로 규정하고 있음.

② 친환경농업 범위의 축소 견해: 환경농업단체 및 환경 중시 학자 등의 입장

- 「친환경농업육성법」에서 친환경농업의 개념은 정부가 정한 농약 안전사용기준과 비료시비기준 등 각종 화학자재의 적정사용기준만 지키면 친환경농업이라고 보는 시각은 너무 포괄적이며 애매하다는 시각

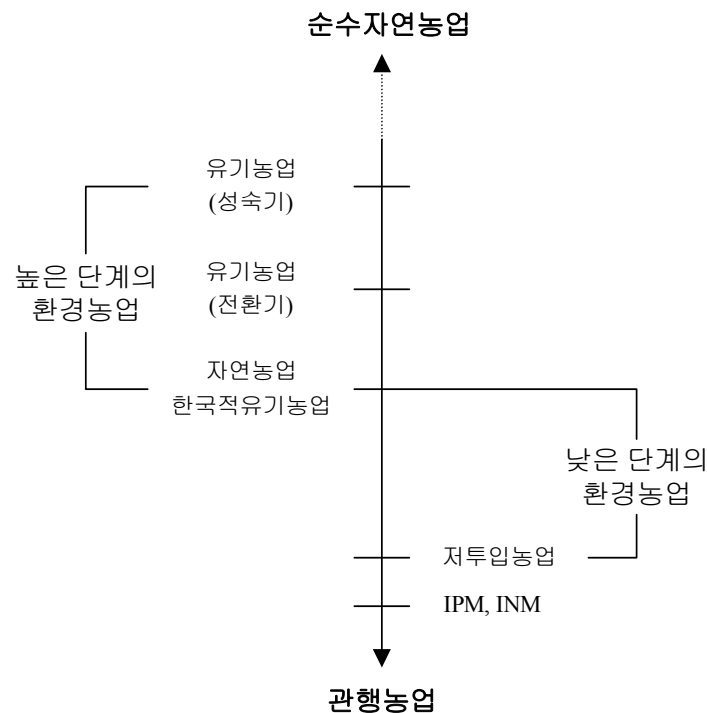
- 정부가 비료의 적정시비기준과 농약의 안전사용기준을 법으로 정하고 이의 준수를 농민들에게 지도해왔기 때문에 결국 환경농업과 관행농업의 본질적 차이가 불분명해져 친환경농업의 정체성에 대한 혼란을 가중시키는 것으로 보고 있음.

- INM과 IPM 등 저투입농업도 넓게 보면 친환경농업의 범주에 포함시킬

수는 있으나, 이들 농법을 친환경농업에 범주에 포함시키는 것은 혼란을 가중시키는 것으로 보고 있음. 저투입농업을 친환경농업의 범주에 포함시키기 위해서는 화학비료나 농약의 사용량은 불가피한 경우 사용이 허용된다 하더라도 최소량으로 제한되어야 한다는 견해를 보임.

→ 친환경농업의 범위는 유기농업을 궁극적으로 추구해야할 최고목표(높은 단계의 친환경농업)로 삼고, 전환기 유기농업, 그리고 그 전단계로서 극소량의 화학제재를 엄격한 법적규제하에 불가피한 경우에 한하여 제한적으로만 쓰는 경우의 저투입농업으로 한정시켜 규정해야 하는 것으로 봄 (<그림 2> 참조).

그림 2. 환경농업의 단계 및 범주



자료: 최양부, 2001. 『친환경농업의 철학적 기초: 자연과 농업, 인간의 올바른 관계설정』. 진한환경농업대학 특강자료.

③ 친환경농업과 유기농업에 대한 견해

○ 환경농업단체의 유기농업 및 자연농업에 대한 개념 규정

- 한국유기농업협회는 유기농업이란 “화학비료, 유기합성농약(농약 생장 조절제 제초제), 가축사료첨가제 등 일체의 합성화학물질을 사용하지 않고 유기물과 자연광석 미생물 등 자연적인 자재만을 사용하는 농법”으로 정의하고 있음.
- 유기농업과 유사한 농법으로 자연농업협회는 자연농업은 “식물과 동물의 기본권을 존중하면서 자연의 힘을 최대한 활용하는 농업이며 화학비료와 제초제 등으로 황폐화된 자연환경을 회복시킬 수 있는 환경보전형 농업”으로 정의하고 있음.

→ 유기농업을 제대로 실천하지도 않으면서 유기농업이라고 부르고, 진정한 유기농업의 실천을 목표로 설정하지 않고 자연농업만을 고집하는 것은 잘못이라는 비판적 지적이 있음. 이들 두 단체의 차이를 보면 한국유기농업협회는 외국에서 수입한 미생물의 사용을, 자연농업협회에서는 자가 제조한 토착미생물의 사용을 지도하고 있다는 차이를 나타내고 있음.

○ 친환경농업의 개념에 대한 이해도 조사(KREI, 2003)

- 친환경농업의 개념 설정과 관련하여 “유기농업과 동일한 개념으로 파악하고 있음”이 정책담당자들의 경우 6.9%, 정책대상자의 경우는 6.6%로 나타남. “유기농업 및 저투입농업을 포함하는 포괄적 개념임”이 정책담당자의 경우 79.3%, 정책대상자의 경우 91.8%로 나타남. “유기농업은 특수농법이며 오히려 저투입농업 또는 정밀농업에 가까운 개념임”이 정책담당자의 경우 10.3%, “개념이 모호하여 규정하기 어려움”이 정책대상자의 경우 3.4%, 정책대상자의 경우 1.6%로 나타남.
- 조사대상자의 85%정도는 친환경농업을 유기농업과 저투입농업을 포괄하는 포괄적인 개념으로 이해하고 있는 것으로 나타남.

3. 외국에서의 친환경농업 개념

- 외국에서도 친환경농업의 개념과 관련 통일된 규정은 없으며 개념설정과 관련 다양한 견해가 제시되고 있음.
 - 친환경농업의 범위는 환경부하에 영향을 미치는 화학적 투입재의 사용 정도에 따라 투입재 사용을 최소화하는 저투입지속농업(low input sustainable agriculture)과 투입재의 사용을 전혀 인정하지 않은 유기농업(organic agriculture) 등을 포괄하여 쓰이고 있음.
 - 친환경농업과 유사한 개념으로는 저투입지속형농업,¹ 지속가능한 농업(sustainable agriculture), 균형투입지속농업(balanced inputs sustainable agriculture), 대체농업(alternative agriculture), 유기농업, 정밀농업(precision farming) 등을 들 수 있음.
- OECD는 「농업과 환경의 정책통합」이라는 1993년도의 정책보고서에서 친환경농업과 유사한 개념으로 “지속가능한 농업”을 “농업생산력을 확보하면서 환경상의 목적도 달성할 수 있는 농업기술과 농법 체계로” 규정하며, 네 가지 조건으로 ① 경제적으로 성립하는 농업생산체계라는 것, ② 생산수단으로서 자연자원의 기반을 유지·향상시키는 것, ③ 농업이외의 생태계를 유지·향상시키는 것, ④ 농촌의 쾌적한 환경과 수려한 경관을 창출하는 것 등을 제시함.
- FAO는 친환경농업과 유사한 개념으로 지속가능한 농업을 “천연자원의 손실과 파괴를 방지하고 생태계를 건전하게 유지하면서 농업생산성 상승을 유지하는 것”이라고 정의하고 있음.
- 미국은 친환경농업을 지속가능한 농업으로 규정하여 저투입 지속가능농업(Low Input Sustainable Agriculture, LISA)을 들고 있음. ‘1990년 농업법’에서 지속가능한 농업을 “생산력을 가지며, 경쟁력이 있으며 수익성이 있

¹ 저투입지속농업은 “농업자재의 투입을 줄이면서 식량의 양과 질을 확보하며, 환경측면에서도 안전하며 생산도 지속될 수 있는 경제성있는 농업”으로 정의하고 있음(USDA, 1990).

고, 천연자원을 유지하여 환경을 보전하며, 국민의 건강과 안전성을 증진시키는 농업”으로 규정.

- 지속가능한 농업의 실현을 위한 구체적인 지침으로 자연생태순환과 통제와 통합 달성, 토양 비옥도와 자연자원 기반의 보호 및 개선, 농장내 자원 관리와 사용의 최적화, 재생불가능 자원과 생산자재의 사용 감소, 충분하고 꾸준한 농장 수입 제공, 가족농업과 농장 공동체 내의 기회 증진, 건강·안전·야생동물·수질 등 환경영향의 최소화를 제시하고 있음.
- 유럽에서의 친환경농업은 농업과 환경문제의 조화를 위해서 농지의 집약적 이용을 억제하여 농업생산에 의한 환경부하를 경감시킴과 동시에 경관 보전과 야생동물보호 등을 목적으로 하는 농업으로 규정하고 있음.
- 일본의 경우 친환경농업은 ‘환경보전형 농업’으로 지칭되고 있으며, 이는 “물질순환기능을 살리고, 생산성과 조화가 되도록 유의하면서 토양의 조성을 통하여 화학비료, 농약의 사용에 따르는 환경부하를 경감시키는 지속적 농업”으로 정의하고 있음.
 - 일본에서는 환경보전형 농업의 유형을 크게 타입 I과 II로 두 가지로 나누고 있음. 타입 I은 토양조성 등 기존의 기술을 활용하여 가능한 범위에서 화학비료와 농약을 줄임으로써 환경부하를 경감시키는 것을 말하며, 타입 II는 투입재의 감축수준에 따라 감농약, 감화학비료부터 무농약, 무화학비료까지 다양한 수준의 저투입농업과 유기농업으로 구분하고 있으며, 리사이클 농업을 통해서 시비, 방제기준을 다시 검토하고 신기술과 자재를 활용하여 환경부하를 경감시키고 있음.
- 유기농업의 개념에 대한 논의
 - 영국의 알버트 하워드는 「농업 성전(Agricultural Testament)」에서 최초로 유기농업이란 정립함. 화학비료와 농약에 의존하게 됨으로써 지력의 손실과 다양한 병충해를 입은 서양농업은 토양 황폐화를 불러오고 있는데 이를 해결하기 위해서는 유기농업에 의해 토양의 비옥도를 회

복하고 계속 유지하여야 한다고 주장. 특히 퇴비는 작물 생산 증대를 보증할 뿐만 아니라 작물의 생산을 건전하게 만들고 병충해를 물리치는 힘을 가졌다고 밝히고, 건전한 식량의 생산을 위해서 토양에 대한 유기물의 환원은 아주 중요하다고 주장함.

- 국제유기농업운동연맹(IFOAM)은 유기농업의 기본목적으로 여덟가지를 제시함.
- ① 가능한 폐쇄적인 농업시스템 속에서 적당한 것을 취하고, 또한 지역 내 자원에 의존하는 것, ② 장기적으로 토양비옥도를 유지하는 것, ③ 현대농업기술이 가져온 심각한 오염을 회피하는 것, ④ 영양가 높은 음식을 충분히 생산하는 것, ⑤ 농업에 화석연료의 사용을 최소화시키는 것, ⑥ 전체 가축에 대하여 그 심리적 필요성과 윤리적 원칙에 적합한 사양조건을 만들어 주는 것, ⑦ 농업생산자에 대해서 정당한 보수를 받을 수 있도록 하는 것과 더불어 일에 대해 만족감을 느낄 수 있도록 하는 것, ⑧ 전체적으로 자연환경과의 관계에서 공생·보호적인 자세를 견지하는 것.
- 특히 IFOAM은 이상의 목적에 도달하기 위해서는 ①앞에서 제시한 목적에 반하는 자재(농약, 화학비료 등 화학 물질)와 농법을 배제하는 것, ②자연의 생태학적 균형을 존중하는 것, ③ 농업생산자와 공존하는 것(미생물, 식물, 동물) 전반에 대해 적이나 노예로 삼지 않도록 공생의 방법을 모색하는 것 등을 제시함.
- 일본 유기농업연구회에서는 유기농업이란 퇴구비 등 유기물을 비료원으로 이용함으로써 자연환경을 보존하면서 지력을 높이고 건전한 작물을 재배하여 안전하고 맛이 좋은 농산물을 생산하는 것을 목적으로 하는 농업이며, 유기농산물은 생산에서 소비까지의 과정에서 화학비료, 농약 등 인공적 화학물 및 생물약제, 방사성 물질을 전혀 사용하지 않고 그 지역의 가용자원을 활용하여 자연이 본래 가지는 생산력을 존중한 방법으로 생산된 농산물이라고 정의하고 있음
- 영국에서의 유기농업의 기본은 동식물, 미생물 등으로부터 생긴 생화

학적인 순환을 발전시킨 것으로 윤작, 가축분뇨 및 식물성 부산물의 합리적 이용, 적절한 재배기술의 적용, 화학비료 사용 절제, 화학농약의 사용금지가 특징.

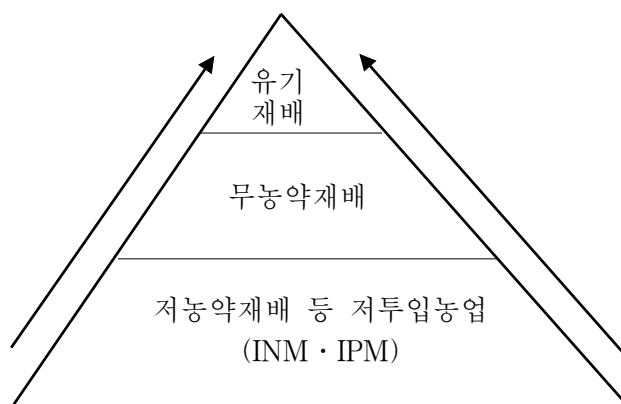
- 중국은 안전하고 고품질의 건강에 좋은 식품(원료 및 가공품 포함)을 충칭하여 우리가 통상적으로 쓰고 있는 유기식품(organic food) 대신 녹색식품(green food)이란 용어를 사용함. 녹색식품이란 안전하고, 고품질의, 영양분이 많은, 그리고 독성을 갖지 않은 식품을 말함. 녹색식품은 중국의 자원, 환경여건, 농업의 개발수준에 따라 A등급과 AA등급으로 나뉨. 즉 A등급은 소량의 그리고 일부 종류의 안전한 화학적 복합물질을 일정한 장소에서 사용하는 것이 허용되며, AA등급은 엄격한 유기농업 기준에 따라 생산된 것으로 생산과 가공의 과정에서 이 등급의 농산물은 모두 화학비료, 살충제, 수의약품, 생장조절제, 첨가제, 사료첨가제, 그리고 다른 환경과 인체에 해로운 물질들을 전혀 사용하지 않음.
- 외국에서의 친환경농업에 대한 대표적인 견해차
 - “근대적이며 집약적 농업을 『환경보전형 농업』으로 전환시키는 것”과 “근대적이며 집약적 농업의 부정적인 측면만 없애는 정도의 『환경보전형 농업』을 생물학적 순환을 활용하여 환경보전에 적극적으로 공헌하는 지속적 농업으로 육성하고자 하는 것”의 견해차로 요약될 수 있음.
 - 대표적으로 유럽과 미국정부의 견해를 살펴보면 궁극적으로 친환경농업이 추구하는 방향에 있어서 약간의 차이가 있음. 미국에서의 친환경농업의 육성은 INM과 IPM 등 저투입 지속적농법에 기초를 두고 정밀농업 정착에 초점을 맞추고 있음. 한편 유럽에서 영국의 경우 저투입농업은 농장관리의 기본적인 틀을 바꾸지 않고 그대로 둔 상태에서 농약, 비료 등 화학약제 및 에너지를 줄이는 것으로 이것은 한정된 범위에서는 환경보전에 공헌하겠지만 집약적농업에 있어서는 많은 문제를 가지는 것으로 보고 있음.

IV. 친환경농업체제로의 전환에 관한 논의

1. 친환경농업체제 전환의 의미

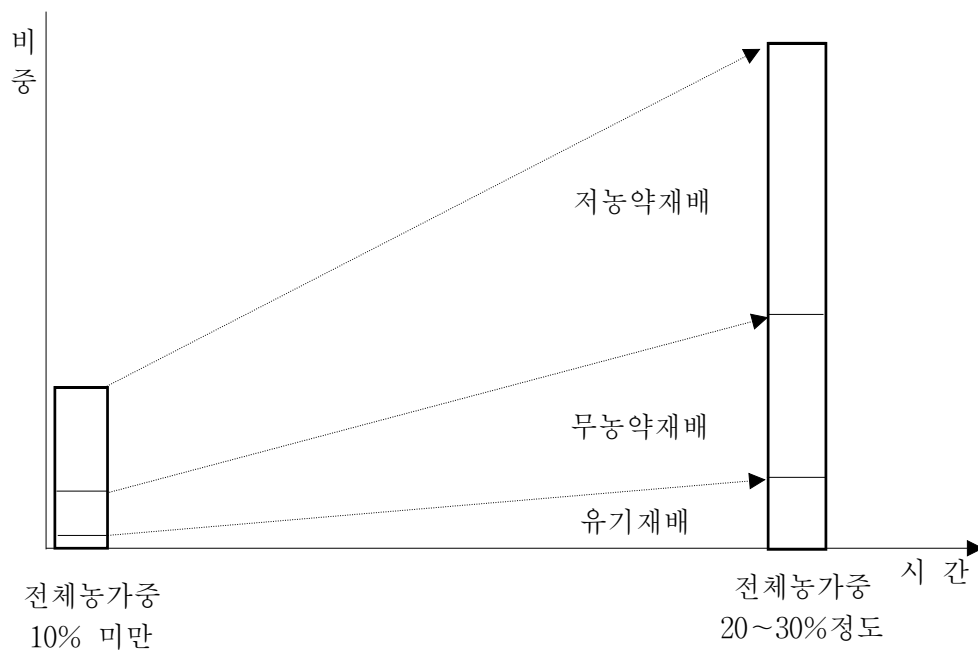
- 친환경농업체제(environmentally-friendly agricultural system)의 문자적 의미는 친환경농업을 구성하는 기술적 요인은 물론 생산-유통-소비 등 여러 구성요소들이 서로 유기적인 관련을 갖고 시스템의 목적을 달성하는 결합체를 말하는 것으로 파악됨. 실제로 친환경농업체제로의 전환은 ‘환경부하가 큰 농업시스템’에서 ‘환경부하가 적은 농업시스템’으로 전환하는 것’을 의미하며, 전체 농업시스템에 있어서 친환경농업의 생산-유통-소비 등이 차지하는 비중에 의해 파악될 수 있음.
- 친환경농업체제로의 전환이 이루어지는 경우 전체 농업에서 친환경농업 실천농가가 차지하는 비중이 크게 증가하여, 유형별 친환경농업 실천농가의 구성 및 비중도 증가하게 될 것임.
- 유형별 증가 정도는 정책프로그램의 내용 및 농가의 기술 수용도에 따라 달라지게 될 것이나 친환경농법의 실천 난이도에 따라 피라미드형으로 나타날 것으로 전망됨(<그림 3> 참조).

그림 3. 친환경농업체제로의 전환 유형



- 우리나라 농업 전반이 친환경농업체제로의 전환이 이루어진 경우 전체농업에서 친환경농업의 비중은 상당한 비중(약 20~30% 차지)을 차지하고, 유기재배 와 무농약재배 등 친환경농법의 비중도 크게 증가하게 될 것으로 보임(<그림 4> 참조).
- 친환경농업체제로 확실하게 정착되는 경우 전체농가에서 유기재배농가의 비중은 현재 0.2%에 불과하나 2~3%대로 증가하고, 친환경농업실천농가 중 유기재배농가의 비중은 현재 3%에서 10~20% 수준으로 증가될 것으로 보임.

그림 4. 친환경농업체제로의 전환시 실천유형별 구성변화



2. 친환경농업의 실천농가 및 인증 실태

- 통계청의 「2000년 농업총조사」에 따르면 총농가 1,383,468호 가운데 4.4%인 60,275호가 친환경농업 실천농가로 나타남. 2000년 기준 친환경농업실천 농가중 인증농가의 비중은 유기재배농가의 경우 20.1%, 무농약재배농

가 43.5%, 저농약재배농가 24.8%로 전체평균은 32.3%로 나타남. 친환경농업을 실천하고 있는 농가 가운데 60%이상이 친환경농산물 인증제도에 참여하지 않는 것으로 파악됨(<표 1> 참조).

표 1. 친환경농업 실천농가 실태(「2000년 농업총조사」 기준)

단위: 가구, %

실천유형 구분	농업총조사	인증농가수	인증농가비중
전체실천농가	60,275 (4.4)	19,444(1.4)	32.3
유기재배농가	3,327(0.2)	669(0.05)	20.1
전환기유기재배농가	-	82(0.0)	-
무농약재배농가	7,688(0.6)	3,348(0.2)	43.5
저농약재배농가	61,852(4.5)	15,345(1.1)	24.8

주: 1) 전체 친환경농업실천농가와 유형별 농가수와의 차이는 일부농가가 여러 가지 실천유형을 병행한데서 비롯된 것임.

2) ()내는 전체농가에서 차지하는 비중을 나타냄.

자료: 국립농산물품질관리원, 통계청.

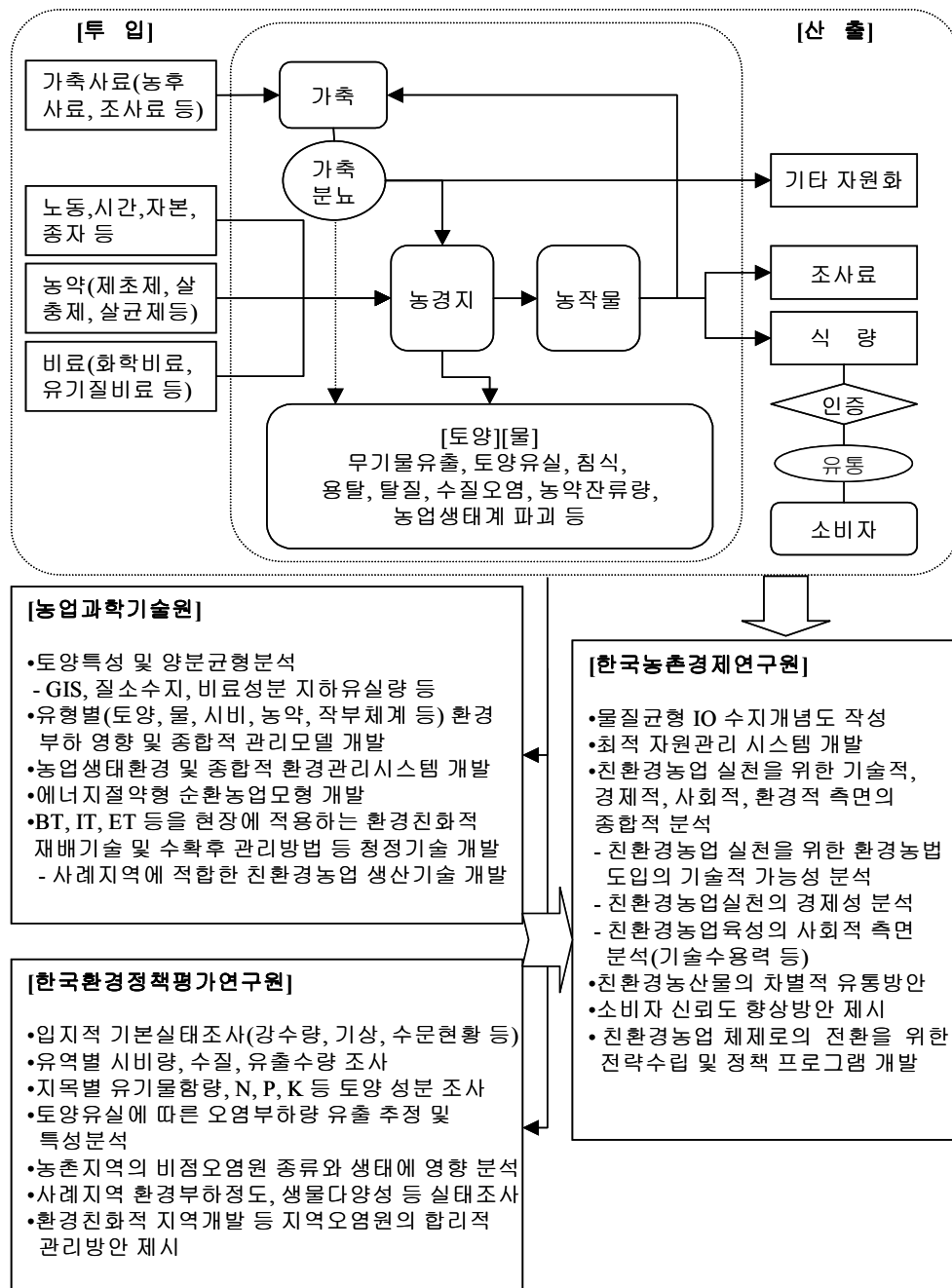
- 친환경농산물 인증농가는 1990년대 후반 이후 매년 큰 폭으로 증가해오고 있음. 친환경농산물 생산규모를 보면(표시인증농가 기준) 1998년의 경우 968호의 758ha에서 24,265톤을 생산하였으나, 1999년에는 13,764 농가가 10,222ha의 재배면적에서 209,334톤을 생산한 것으로 나타남. 2002년에는 1999년 대비 농가수는 2.3배 증가한 31,342호, 재배면적은 2.7배 증가한 27,675ha, 생산량은 2.8배 증가한 593,848톤으로 나타남.
 - 1999년 이후 2002년까지 친환경농산물 생산(농가수, 재배면적, 생산량 등의 기준)은 매년 약 50%정도로 급속하게 증가한 것으로 나타남. 유형별로 보면 1999년의 경우 유기재배농가가 4.3%, 전환기유기재배농가가 0.4%, 무농약재배농가가 15.3%, 저농약재배농가가 79.9%로 나타났음. 2002년의 경우에는 유기재배농가가 3.3%, 전환기유기재배농가가 2.1%, 무농약재배농가가 20.8%, 저농약재배농가가 73.3%로 나타남(<표 2> 참조).

표 2. 친환경농산물 유형별 생산농가, 면적 및 생산량 변화

구 분		1998	1999	2000	2001	2002
전 체	농가수(호)	968	13,764	19,444	27,460	31,342
	면 적(ha)	758	10,222	15,266	25,260	27,675
	생산량(톤)	24,265	209,334	304,828	526,052	593,848
유 기	농가수(호)	270	601	669	899	1,035
	면 적(ha)	-	528	667	962	1,248
	생산량(톤)	5,844	16,805	19,257	31,105	69,693
전 환 기	농가수(호)	-	58	82	121	650
	면 적(ha)	-	45	77	76	531
	생산량(톤)	-	1,172	1,596	2,024	7,388
무 농 약	농가수(호)	377	2,107	3,348	5,256	6,525
	면 적(ha)	-	1,409	2,212	3,725	4,954
	생산량(톤)	13,872	60,840	87,979	137,306	153,871
저 농 약	농가수(호)	318	10,998	15,345	21,184	23,132
	면 적(ha)	758	8,240	12,310	20,497	20,942
	생산량(톤)	4,549	130,517	195,996	355,617	362,891

자료: 농림부 내부자료(2003).

**<참고자료> 친환경농업체제로의 전환을 위한 공동연구과제 연구
기관별 업무분담**



제 2 주 제

국내 유기농축산물 생산기반기술 개발 연구

최 두 회(농업과학기술원)

I. 일반현황

1. Organic farming 기원

- 유기농법은 서기전 4000년대 중국의 한주지역에서 벼에 대해 처음 시작
- 독일 Kassal 대학 유기농법개론 서론에 유기농업은 동북아시아지역의 전통농업에서 유래되었다고 기술
- 1940년 영국의 Albert. G에 의해 발간된 농업성전(Agricultural Testament)에 유기농업이론정립

2. 우리나라 유기농업(유기농법)

- 우리나라에서 유기농업이라는 것은 '70년대부터 민간주도(한국유기농업협회)로 안전농산물생산, 자연환경 및 생태계 보전에 목표를 두고 생산자와 소비자가 연계되어 발전되어 왔음
 - 실천농가 호수 : 1,065호(전체 농가호수의 0.09%)
 - 재배면적 : 913ha(총재배면적의 0.05%)

3. Organic farming 국제동향

- 유기식품에 관한 국제기준 계정 합의 ('99.7.3)
- 「Codex 유기식품규격」 발효 확정 ('00.5.6)

- WTO/OECD 회원국 유기식품의 국제규정은 「Codex 유기식품규격」을 적용함 ('00. 5. 6)
- 아시아 유기농업연구(ARNOA)발족 (중국, '01. 10)

II. 국내 민간환경농법의 종류 및 특성

Organic farming의 기본목적

- 가능한 지역적인 농업시스템 속에서 지역 내 자원에 의존
- 장기적인 토양비옥도 유지
- 현대농업기술에 의한 피해오염 최소화
- 농업에 화석연료의 사용 최소화
- 가축에 심리적·윤리적 원칙에 적합한 사양조건 조성
- 전체적으로 자연환경과 관계에서 공생·보호적인 자세를 견지

1. 유기농법

- 화학비료, 유기합성농약, 가축사료첨가제 등 일체의 합성화합물질을 사용하지 않고 유기물과 자연광물, 미생물 등 물리적 미생물적으로 제조된 자재만을 사용하여 안전한 농산물을 생산하는 농법

2. 자연농법

- 자연섭리에 따라 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산성을 지속 가능하게, 유기합성농약 및 화학비료 등 합성화합물질 사용을 가급적 지양하며, 토착미생물 등 식물활성효소 5종을 기본자재로 생산아미노산 등 3종의 보조자재를 사용하여 안전한 농산물을 생산하는 방법

3. 태평농법

- 무경운 건답직파 이모작 재배농법으로 하곡수확과 동시에 추곡을 파종하고 맥류의 짚으로 파종한 벼씨를 피복하여 추곡과 동시에 맥류를 파종하고 벼짚으로 맥류를 피복해주고 병충해방제 및 제초를 위한 약제살포나 별도 시비없이 벼·맥류를 순환적으로 재배하는 농법

4. 오리농법

- 벼이앙 후 10~15일경부터 출수기까지 오리방사에 의해 어린잡초 및 일부해충을 방제하고 오리배설물을 비료자원으로 활용하는 벼재배방법으로 농약과 화학비료의 사용량을 줄일 수 있는 농법

5. 왕우렁이농법

- 왕우렁이의 초식먹이습성을 이용하여 벼재배 기간동안 논잡초를 생물적으로 방제하여 제초제 사용량을 줄일 수 있는 농법

6. 쌀겨농법

- 쌀겨를 논에 살포하여 유효미생물을 증식하고 아브시신산(ABA)함유에 의한 잡초발아억제 및 지속적인 비료효과 등의 장점을 활용하여 화학비료를 사용하지 않고 벼를 재배하는 무농약농법

7. 기타

- 참깨농법은 무농약 논에서 참깨사육이 주목적이고 유기물시용으로 참깨 먹이 이용 이중효과를 기대하나 인력잡초제거, 부대시설설치 등 경영비 과다로 실효성이 매우 적으며 이외 자운영, 헤어리베치 및 아줄라 등을 유기물 및 비료원으로 이용하는 농법 등이 있다

Ⅲ. 민간환경농법에 대한 연구결과

1. 유기·자연농법 기술체계화 연구

○ 시험연구결과

- 유기농법에 의한 작물생산성
 - 수량성 : 벼 85%, 엽채류 56~87%, 과채류 21~51%
 - 유기농법가능작물 : 상추, 시금치, 쪽갯, 근대 등 단기성 작물
- 유기농법 실천농가 기술의 타당성 검토
 - 사용자재 : 목초액 등 22~25종, 단독자재 효과 입증 곤란
 - 자재비용 : 관행대비 2.9~4.7배

○ 문제점

- 국내 사용 유기·자연농법기술은 농법별, 농가별, 작물별 사용기술이 상이하여 체계화된 기술정립이 필요
- 퇴비 등 사용자재의 종류, 적정시용량, 시용방법 등이 다양하고 비옥도별, 재배방법별 시용기준이 없어 양분과다 집적 및 결핍 피해 우려

2. 민간환경 농업사용자재 특성 및 효과

○ 시험연구결과

- 사용자재의 종류 : 27종
 - 농약대체 : 현미식초 등 11종(비료혼용 1종)
 - 비료대체 : BMW등 10종
 - 기타 : 7종
- 유기농업 활용자재 비료성분 함량 조사('97~'99, 농과원)
 - 조사자재 : 목초액, 키토산, 맥반석 등 21품목 40종
 - 자재의 비료적 가치는 적으며 사용농가 및 제조방법에 따라 성분량 차이가 큼

- 유기농업 활용자재 작물보호제 측면효과('98 농과원, 충북)
 - 사과탄저병 억제효과 : 목초액, 현미식초, 과일효소
 - 사과겉무늬 썩음병에는 모든 자재 영향이 없음
 - 고추진딥물 제거효과 : 키토산, 현미식초

○ 관행농업대비 작물에 대한 자재별 수량성 ('98, 농과원 등 4기관)

자 재	벼	고 추	부 추	토마토	사 과
목초액, 키토산 등 10품목	80~98%	63~118%	87~106%	91~98%	39~129%
5% 이상 증수 자재	-	목탄분말, 미네랄C, 아미노산, 토탄	아미노산, 유산균	-	키토산

- 유기 농자재 탐색 및 효과 발현기작 구명
 - 목초액 : IAA 파괴감소 및 Ethylene 생성 증가로 발근촉진
 - 키토산 : 식물체의 Phytoalexin 생성 증가로 병해저항성 증대
 - 목 탄 : 유용미생물 증가로 질소, 인산 흡수향상
 - 유산균 : 잡초종자의 막투과성 증가로 발아촉진

○ 문제점

- 활용자재 투입원료, 제조방법 등에 따라 특성이 다양하며 자재효과, 품질 및 가격 등과 관련하여 생산과 사용자의 불평혼란야기
- 작물의 종류나 재배조건 토양 및 기상여건에 따라 농약, 비료적 효과 변이 폭이 큼
- 특정성분에 의한 품질기준 규격설정이 곤란하므로 제도권내에서의 품질관리에 어려움이 있음
- 자재효과에 대한 견해는 산업체, 생산자, 사용농민, 연구자 등이 보는 시각에 따라 차이가 있음

3. 오리농법에 대한 평가 분석

○ 시험연구결과

- 오리방사는 벼생육 환경('94, 작시)

처 리	표면 수탁도		고랑깊이 (cm)	매물깊이 (cm)	토양경도(mm)		Eh (EV)
	현탁물 mg/100ml	투과도 (%)			2cm	10cm	
오리방사	131	20.5	2.2	5.1	37	11	30
관 행	7	96.5	0	0	35	21	10

- 오리방사에 의한 잡초방제 효과 ('94, 작시)

처리	잡 초 발 생 량 (g/m ²)												
	3년차 방사직전								최고 분얼기				
	피	물달 개비	마리 꽃	올방 개	중대 가리	여귀	독새 풀	계	피	물달 개비	개구 리밥	계	방제 (%)
오리 방사	62	25	3	2	1	0	0	93	1	38	0	39	85
관행	2	0	0	0	0	4	3	9	0	0	27	27	88

- 표면수의 무기성분 ('93, 호시)

처 리	질 소		인산	칼리	칼슘	마그네슘
	암모니아태	질산태				
	mg/kg					
오리방사	1.56	7.81	0.56	3.9	11.9	7.59
관 행	0.44	5.18	0.30	2.6	9.0	7.60

- 오리방사에 의한 비료분 공급량 ('98, 농과원)

구 분	질소	인산	칼리
성분량(kg/10a)	5.7	6.6	1.8
공급율(%)	36	66	20

- 오리분 생산량 : 195.9kg/30수/60일
- 오리분 무기화율 : N-P-K = 70-70-90% 환산

- 오리방사에 의한 벼수량 ('92~'94 작시, '96~'98 농과원)

처 리	화학비료 50%				퇴비(50% 감비분량)			
	'92	'93	'94	평균	'96	'97	'98	평균
오리방사	539	575	649	588	721	610	564	632
관 행	593	546	629	589	750	578	575	634

4. 왕우렁이 농법

○ 시험결과

- 왕우렁이에 의한 제초효과
 - 다년생, (올방개 등 2종) 1년생 잡초(여뀌 등 7종)에 대한 방제효과는 98.6% (제초제 처리구 91.3%)
- 왕우렁이 월동여부 조사

조사지역	월동확인지역	비 고
6개도 10지역 (양평, 아산, 장항, 해남, 칠곡 등)	장항, 장성, 해남	· 조사시기 : 10월~익년 5월 · 월동형태 : 알과 중소형의 우렁이 · 1월 최저기온 기준 월동가능지역 : -2℃ 선 · 1월 최저기온 기준 월동예상지역 : -4℃ 선 · 겨울철 수온은 2~3℃ 유지됨 · 충주, 음성, 칠곡지역은 12월까지 우렁이 생존

○ 문제점

- 국내에서 왕우렁이에 의한 제초효과가 인정되면서 양식농가도 증가추세이나 국내환경에 적응 야생화되어 전남 일부 저수지, 수로에서 월동서식 확인
- 외국에서는 검역해충으로 지정 또는 양식전면금지조치를 하고 있으며 국내에서는 국내환경에 적응 변이종 발생으로 월동지역이 북상할 경우 해충우려가 있음
- 왕우렁이의 경우 직파재배지역에서는 해충으로 작용될 수 있어 왕우렁이에 의한 제초는 지양되어야 할 것임

IV. 국제기준에 준한 유기농업기술 개발연구

1. 연구 필요성

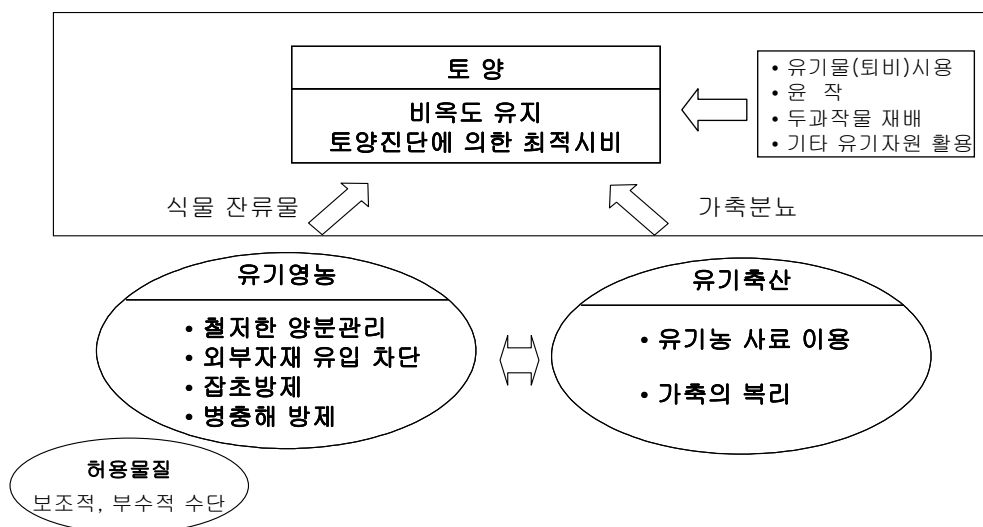
- 국내 유기농업은 ‘70년대부터 민간주도로 발전되어 왔으며, 유기농법 영농체계가 미정립
- 2005년부터 농산물수입개방에 따른 Codex 기준에 부응한 국내 유기 농축산물 생산기술 체계 확립이 요구되고 있음

2. 연구목적

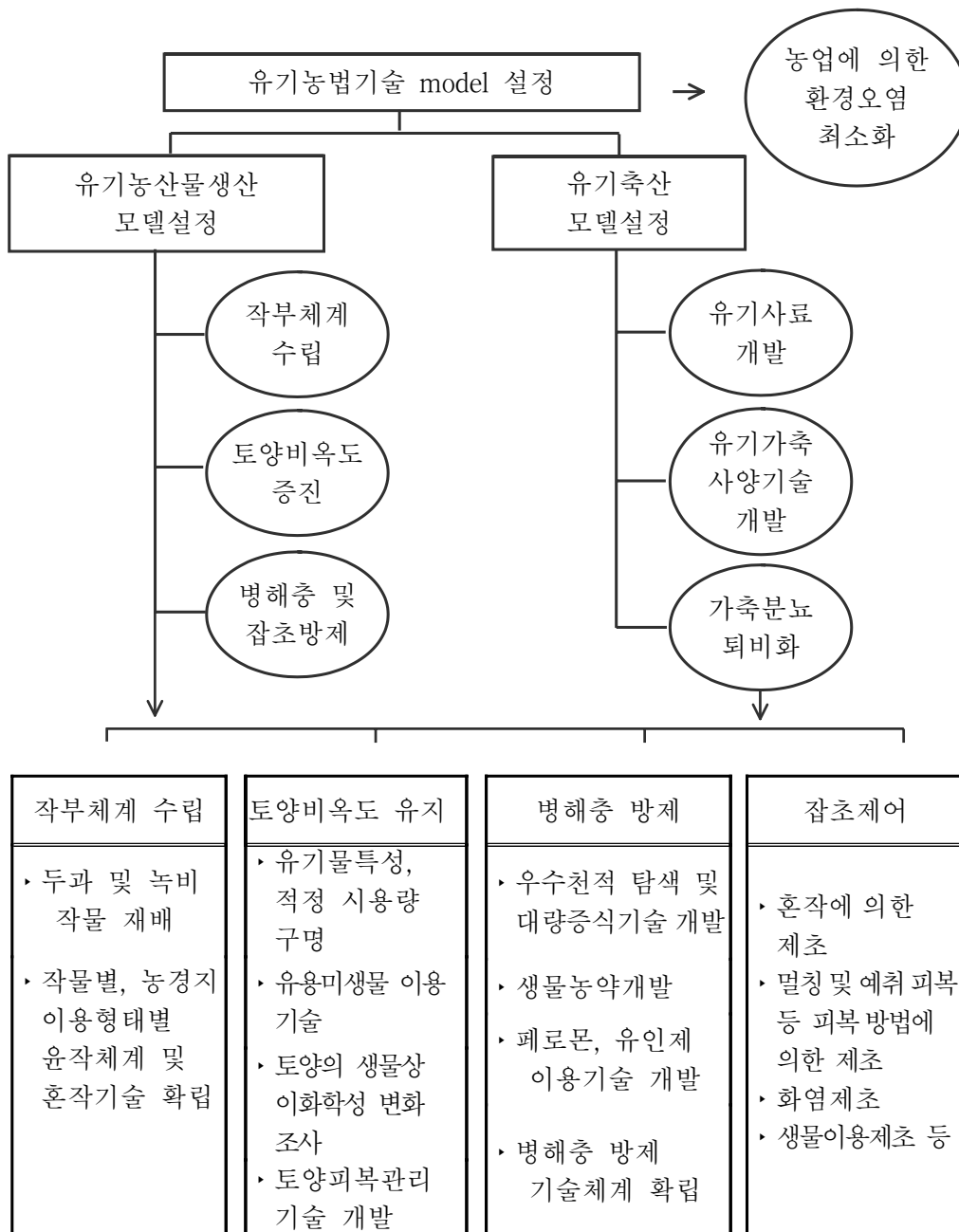
- 국내외 유기농업 기술에 대한 자료를 수집 분석하고 국내에서 Codex 기준에 준한 유기 농축산물 생산기술 연구 결과를 종합 분석하여 한국에서의 유기 농업기술 모델을 설정 코자함.

3. 유기농업 국제기준 (Codex 기준)

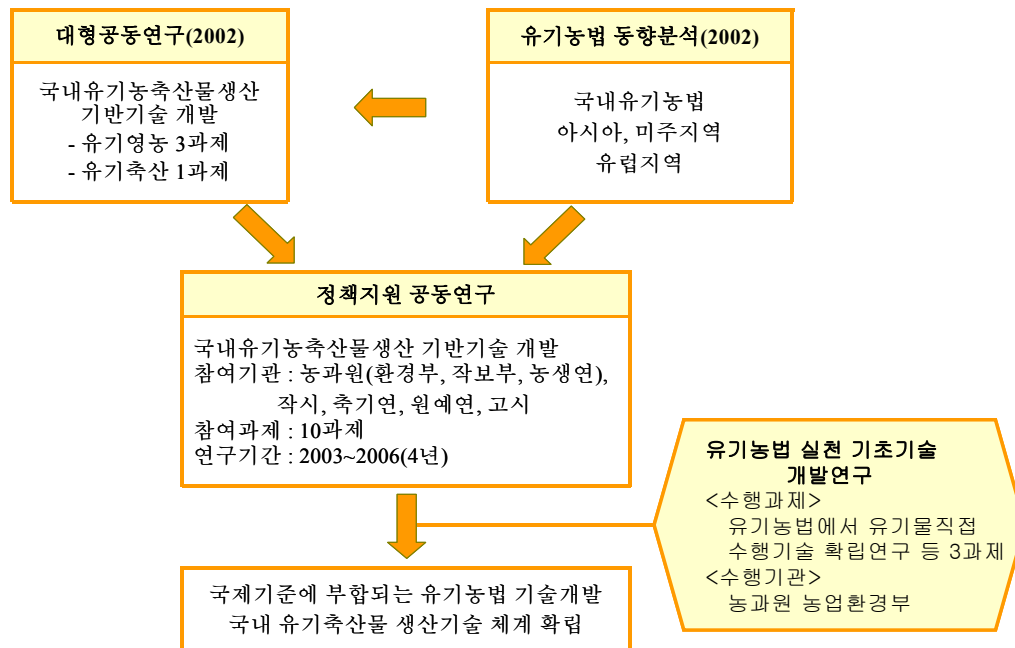
<국제기준>



4. 유기농업 기술체계



5. 연구체계



6. 연구과제 총괄

국내 유기 농축산물 생산기반 기술 개발	수행기관	담당자
1) 한국형 유기농법 model 설정	농과원 (농업환경부)	최두희
2) 유기농업을 위한 토양 관리 기술개발	농과원 (농업환경부)	이용환
3) 두과작물을 도입한 식량작물의 작부체계 기술 개발	작물시험장	김충국
4) 유기농업 채소윤작 체계 및 지력유지 기술개발	원예연구소	이인복
5) 유기농산물 재배지대별 병해충 발생 생태 연구	고령지농업시험장	류경열
6) 유기농산물의 식품영양학적 품질특성구명	농과원 (생활연구소)	조용식
7) 유기사양 방법에 의한 착유우의 유기우유 생산 연구	축산연 (종축개량부)	김현섭
8) 유기 조사료 생산체계 확립연구	축산연 (축산기술부)	윤세형
9) 유기한우 생산기술체계 확립에 관한 연구	축산연 (대관령지소)	전병수
10) 유기양계 기술의 체계확립에 관한 연구	축산연 (축산기술부)	서옥석

□ 연구과제별 주요연구 내용 및 목표

○ 유기 논 농업을 위한 토양 관리기술 개발 (농과원)

- 유기 벼생산을 위한 비옥도 유지기술 제시
- 유기물 자원별 토양의 이화학성 및 생물상 조사
- 유기 자원별 양분 가용화율 조사
- 비료대체 및 유기자원 시용에 의한 양분수지 분석



유기자원 활용 양분수지를 통한 유기벼 재배 기술 확립

○ 두과작물을 도입한 식량작물의 자부체계 기술 개발 (작시)

- 유기농법에 적합한 두과작물 선정 및 재배기술 확립
- 두과작물 재배에 의한 지력증진 기술확립
- 벼 재배시 윤작 및 동작물 재배에 의한 적합한 작부체계 정립



유기 벼재배를 위한 작부체계 확립

○ 유기농 채소 생산을 위한 윤작체계 및 지력유지 기술개발(원예연)

- 유기농산물 채소인증 농가 실태조사
- 재배작부체계 방법별 토양비옥도 유지기술 조사
- 유기농 채소 생산을 위한 유기물 적정 시용량 구명



유기 채소 생산 토양 비옥도 유지 기술 확립

○ 유기농산물 재배지대별 병해충 발생 생태연구 (고시)

- 고냉지대별 주 재배작물 및 유기농산물 인증 실태조사
- 지대별 병해충 발생조사 및 병충해방제 기술분석
- 지대별 병해충 발생 및 방제기술을 고려한 유기농법 가능작물 선정



유기 채소 생산 토양 비옥도 유지 기술 확립

- 유기양계의 과학적 가치 구명과 합리적 이용체계 (축산연)
 - 국내유기양계 유형분류 생산성 조사
 - 유기양계 유형별 성공 요인분석
 - 유기양계성공요인 과학적 근거 확보 및 경제성 분석



한국형 유기양계 체계모델 설정

- 유기한우 생산기반 설정에 관한 연구 (축산연)
 - 한우에 대한 유기사료 급여체계 정립
 - 유기조사료 급여에 의한 한우의 생산성 구명
 - 유기한우 고기의 육질평가
 - 유기한우 경제성 평가



유기한우 사육모델 설정

- 유기사양에 의한 착유우의 유기 우유 생산 연구 (축산연)
 - 착유우에 대한 유기사료 급여 체계 확립
 - 유기조사료 급여에 의한 착유우의 우유 생산성 구명
 - 유기 사양에 따른 착유우 영양, 대사 및 번식 특성 구명
 - 유기우유 생산 경제성 분석



유기우유 생산 모델 설정

- 유기조사료 생산체계 확립 연구 (축산연)
 - 유기조사료 생산물 위한 적합한 사료작물 및 두과작물 선발
 - 선발된 사료 및 두과작물 생산기술 확립
 - 지역 및 작부체계별 사료 생산성 및 경제성 구명
 - 유기조사료 생산작부체계 정립



유기조사료 생산모델 설정 및 연중 안전생산 공급기술 확립

- 유기농산물의 식품영양학적 품질특성 구명 (농과원 농생연)
 - 유기농 곡류의 이화학적 품질특성 조사
 - 유기농 채소류의 저장조건별 품질 안전성 평가
 - 유기농 채소류의 저장기간별 품질변화 조사



유기 농산물의 식품학적 품질평가에 의한 소비자 신뢰도 확보

- 유기농업 모델 개발 (농과원 환경부 최두회)
 - 논토양비옥도 관리 및 작부체계 기술 결과 분석
 - 유기채소 재배기술 및 병충해방제 기술 결과 분석
 - 국내유기사료 생산기술 및 가축사양기술 결과 분석
 - 국내외 유기 농업 실천기술 수집 분석
 - 유기농업 기술모델 개발 분석프로그램 도입 및 적용



국내 유기농업 실천기술 모델 설정

□ 기대효과

- 유기영농과 유기축산이 연계된 유기농·축산물 생산
- 유기농산물 생산 농가의 소득 증대 기여
- 국제기준에 부합되는 유기농산물 생산기술 체계확립

제 3 주 제

우리나라 농업 비점오염원 실태 및 관리방안

최 지 용(한국환경정책평가연구원)

1. 농업비점오염원의 특성

1.1. 우리나라의 농업 환경

- 우리나라의 전 국토면적은 99,611.723km²으로 논이 12,601.46km², 밭이 8,339.06km², 초지 511.15km² 등으로 농지가 19.52%를 차지하고 있으며, 지난 10년간 매년 평균 112km²씩 농지가 감소하고 있음. 그러나 단위면적당 생산성은 계속 증가하고 있으며, 이와같은 집약적 농지이용으로 비료 및 농약사용량의 증가, 농기계보급에 따라 비점오염원 유출가능성은 더욱 증가하고 있음.
- 최근에 정부는 물관리종합대책에 비점오염관리 방안을 도입하였고, 농업 부문에서는 병해충 종합관리사업, 작물양분종합관리사업 등을 추진하고 있음.

1.2. 농업비점오염원 발생

- 농업활동이 수질에 미치는 영향은 주로 농작물과 축산물의 생산활동에 의해 일어나며 농지의 경우 표토교란, 식생제거, 토층에 비료살포, 살충제살포, 관개용수의 공급 등, 축산의 경우 부적절한 축분처리, 비보전적 방목, 하천인근에서 가축방목 및 사육 등이 주요 요인임.

표 1. 토지용도별 주요비점오염원

토지용도	주요비점오염물
논	▪ 농약과 영양물 등을 흡착한 침식물 및 용존영양염과 박테리아등 미생물을 함유한 관개배수
밭	▪ 영양물과 농약을 흡착한 침식물
축사	▪ 박테리아, 바이러스, 기타 미생물, 용존 및 흡착 영양물, 침식물, 유기물질, 염, 금속, 항생제 등
마을	▪ 유기물, 박테리아, 염, 영양물, 등
산지	▪ 침식물, 영양물, 등

- 농지에서의 비점오염원유출은 강우와 재배행태(시비, 물관리, 토양관리 등)에 따라 변동하고, 적용시기에 따라 오염부하 유출특성이 변화함. 유출에 영향을 끼치는 요소는 다음과 같음.

- ① 토양의 종류
- ② 비료의 살포시기와 종류
- ③ 경작형태
- ④ 농작물 형태
- ⑤ 목장 및 초지관리방법

2. 농업비점오염원 유출 특성 및 유출량

2.1. 원단위 산정을 위한 토지이용 분류

- 비점오염원 발생과 유출에 영향을 미치는 많은 요소가 토지이용과 밀접한 관련을 가지고 있으므로 토지이용과 비점오염원 유출을 상호연관시키는 것이 타당함.

- 논: 비점오염문제의 공급원으로서 인위적 공급원으로 비료와 퇴비가 있고 자연적 공급원으로 관개용수, 대기강하물, 토양미생물의 질소고정 등이 있음.
- 밭: 논과 유사한 공급원을 가지며 논보다 비료 및 농약공급량이 많음. 관개를 하지 않으므로 지표면 유출량은 매우 작고 질소비료는 지하침투량이 많음.
- 축사: 농촌지역 비점오염원에 대한 기여도가 크며 관리부실 등으로 주변 하천과 호소의 부영양화를 유발함.
- 마을: 하수관거시설을 갖추지 못하고 있으며 무처리 방류하고 있음. 분뇨도 마찬가지로 토지환원방식으로 처리하는 것이 대부분 임.
- 산지: 배경농도로 사용하기 위하여 조사하였음

2.2. 조사지역선정

- 소규모 단일 토지이용단위별로 조사하는 것이 토지이용과 수질과의 관계를 보다 명확하게 규명할 수 있으며 토지이용에 따른 오염발생량과 배출량을 정확히 파악할 수 있음. 또한 장래 토지이용 변화에 의한 오염물질 배출변화를 파악하기도 용이함. 따라서 본 연구에서는 소규모의 시험유역을 선정하여 농업토지이용에 대한 세부원단위를 작성코자 함.
- 유역현황 - 토지 이용에 따른 조사지역을 크게 논, 밭, 과수원, 축산, 마을, 산지의 5종으로 분류하여 우세지역과 복합지역으로 나눔.
 - ① 팔미리 배수구역 - 팔미1지점은 팔미리유역 전체의 최종배수지역으로 복합지역이고 팔미2지점은 축사와 밭 우세지역, 팔미3지점은 인구가 밀집된 소규모 농촌마을지역임.
 - ③ 정족리 배수구역 - 정족1지점은 정족리유역 전체의 최종배수지역이고 정족2지점은 밭과 과수원으로 이루어져 있어 밭이 우세한 지역으로 구분하였음. 정족3지점은 논우세지역, 정족4지점은 축산우세지역, 정족5지점은 논밭 혼합지역, 마지막으로 정족6지점은 산림으로만 이루어져 있는 지역임.
 - ④ 학곡리 배수구역 -논우세지역.

- ⑤ 신촌리 배수구역 - 신촌2지점은 과수원우세지역이고 신촌1지점은 신촌리유역 전체의 최종배수지역으로 논, 밭 혼합지역임.
- ⑥ 거두리 배수지역 - 논우세지역.
- ⑦ 봉명리 배수구역 - 강원대학교 연습림으로 산림우세지역.
- 조사항목 및 방법 - 생물학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(T-N), 총인(T-P)
- 유량측정 - 정족1지점과 정족6지점, 학곡리 조사지점과 봉명리 조사지점에는 웨어를 설치하여 측정하고 나머지 조사 지점에서는 직접 유속계(MMI MODEL 2000)와 막대자를 이용하여 유속과 수심을 측정하였음.

2.3. 원단위 산정

- 원단위 산정기준은 발생량기준, 유출량기준, 유달량 기준의 세가지로 구분할 수 있으며 본 연구에서는 발생해서 비점오염원으로 수역으로 유출되는 양을 기준으로 한 유출량기준으로 비점오염원 유출부하원단위를 도출하였음

$$\text{원단위(ton/ha/yr)} = \sum c_i q_i \times f / A$$

- 여기서 c_i : i번째 강우사상에 대한 평균농도

q_i : i번째 강우사상의 총유출량[Q(m³/day) = CIA×10,

C : 토지용도별 유출계수, I : 강우량(mm), A : 면적(ha)]

f : 총강우량/실측기간 강우량(10mm이상)

표 2. 토지용도별 오염물질 유출원단위(kg/ha/yr)

토지용도	배수구역	SS	BOD	COD	T-P	T-N
논	정족-3, 학곡리	600.28	24.97	72.46	3.01	21.11
밭	신촌-2	400.61	16.68	55.94	1.27	26.16
축사	팔미-2	189.15	24.68	73.39	2.45	23.77
마을	팔미-3	46.80	7.59	19.92	0.64	11.54
산지	정족-6	172.13	8.20	43.61	0.66	11.15

- 논에서는 인이 많이 유출되었고, 밭에서는 질소의 유출이 더 많았음
- 기존 원단위산정치와 비교한 결과 1995년 환경부에서 수행한 전국의 비점오염원조사연구 결과에서는 논인 경우 질소가 23.93, 인이 2.22으로 본 연구의 21.11, 3.01kg/ha/yr보다 질소는 약간 크고 인은 약간 작게 나타났으며, 밭의 경우도 질소가, 34.45, 인이 0.88으로 본 연구의 26.16, 1.27kg/ha/yr보다 질소는 조금 크고 인은 약간 작게 제시되었음.

표 3. 비점오염원 원단위 조사결과의 비교

토지용도	SS	BOD	COD	T-P	T-N	출 처
논 (kg/ha/년)	-	-	18.41	0.65	9.70	柚山義人(1994)
	71.9	8.4	22.62	2.22	23.93	환경부(1995)
	600.3	25.0	72.53	3.01	21.11	금회조사
밭 (kg/ha/년)	-	-	4.0	0.25	23.00	柚山義人(1994)
	293.4	5.8	16.5	0.88	34.45	환경부(1995)
	400.6	16.7	55.9	1.27	26.16	금회조사

주: 1: COD_{Mn}(일본공정시험법); 2:COD_{Cr}(U.S. Standard Method); 3:COD_{Mn}(한국공정시험법)

2.4. 발생원 자료를 이용한 원단위 산정

- 농경지역의 주요 오염물질은 영양염류이므로 질소와 인을 중심으로 오염 부하량을 산정하고 강우시 유달율을 계산하였음. 영양염류 기여원으로 크게 비료와 가축배설물로 나누어 각각의 발생량을 산정하였음.
- 질소, 인 부하발생량은 크게 비료와 사료성 발생량으로 구분하였으며 통계자료와 설문조사결과를 바탕으로 산정하였음

① 비료사용에 의한 질소, 인 부하발생량

연도	소비량(ton/yr)	P발생량(ton/yr)	N발생량(ton/yr)
1994	2,100,635	116,375.2	495,397.0
1995	2,071,582	116,295.8	493,347.7
1996	1,966,945	107,081.0	474,110.9

② 가축배설물에 의한 질소, 인 부하발생량

- 가축오수의 발생부하량원단위는 정보가 불충분하여 직접 구하기가 곤란하며 가축사료공급량 및 축산생산량의 수치에서 추정된 수치가 보다 정확하다고 사료되어 가축사료를 오염발생원으로 보고 사료사용량으로부터 질소, 인 발생량을 계산하였음.²

축종	두수	사료투여량 kg/두/day	사료의 N함량	사료의 P함량	N 발생량 kg/day	P 발생량 kg/day
한우	2,735,432	7	0.0192	0.003	367,642	57,444
젖소	544,417	9	0.027	0.004	133,273	19,599
돼지	7,095,852	4.5	0.0256	0.005	817,442	159,657
닭	88,251,130	0.08	0.032	0.0055	225,923	38,830

○ 조사구역에서의 질소, 인 오염부하발생량 추정

① 비료사용에 의한 오염부하량

- 배수구역의 경지별 비료사용량을 산정하기 위해 직접 농가를 방문하여 사용하는 비료종류와 사용량을 논, 밭으로 구분하여 조사하였음. 각 배수구역별 논에 대한 총시비량과 그에 따른 질소, 인발생량은 다음과 같음.

구역	총시비량(ton/yr)		질소(ton/yr)		인(ton/yr)	
	논	밭	논	밭	논	밭
1 - 9	260	464.6	60.9	149.2	14.7	19.1

② 가축배설물에 의한 오염부하량

- 구역내 가축분뇨처리시설이 없었으므로 각 구역의 가축두수를 모두 부하발생원으로 보고 산정하였음

구 역	질소 (ton/yr)	인 (ton/yr)
1-9	364.4	99.6

² 國松孝男, 『河川汚濁のモデル解析』, 技報堂出版, 1990.

③ 사람에 의한 오염배출량

- 사람으로부터의 오염배출량을 산정하기 위하여 문헌상의 원단위를 사용

배수구역	인구수(명)	질소(ton/yr)	인(ton/yr)	BOD(ton/yr)
1-9	654	3.34	0.454	13.22

자료: 각 유역의 면사무소 통계자료 1998.6

○ 영양물질의 비점유출을 및 배출량

- 앞서 산정한 영양염류의 발생량에 대한 실측치를 바탕으로 배출량의 비로서 토지용도별로 유달율을 계산하였음

토지용도	배수구역	T-P			T-N		
		발생량	배출량	유달율	발생량	배출량	유달율
논	정족-3, 학곡리	18.9	3.01	15.9	153	21.11	13.8
밭	신촌-2	6.6	1.27	19.2	212	26.16	12.3
축사	팔미-2	56.8	2.45	4.3	52	23.77	46.0
마을	팔미-3	12.3	0.64	5.2	326	11.54	3.5

- 한편 각 조사수계에서의 단위면적당 질소 및 인 발생량과 하구에서의 실측치를 이용해 회귀분석을 하였음. 회귀분석을 위해 배경농도로서 산림 지역 원단위를 고려하였고 사람에 의한 배출량도 제외하였음.

표 4. 배수구역별 단위면적당 질소 발생량(ton/ha/yr)

유역	배출량 (ton/ha/yr)	발생량(ton/ha/yr)		
		가축	논	밭
1 - 9	0.023	3.754	0.000	0.000

표 5. 배수구역별 단위면적당 인 발생량(ton/ha/yr)

유역	배출량 (ton/ha/yr)	발생량(ton/ha/yr)		
		가축	논	밭
1 - 9	0.001	0.164	0.024	0.031

- 중회귀분석을 한 결과 다음과 같은 모델을 얻음.

$$Y(\text{질소배출량}) = 0.006X_1 + 0.066X_2 + 0.069X_3 \quad (R_2 = 0.89)$$

$$Y(\text{인배출량}) = 0.002X_1 + 0.075X_2 + 0.008X_3 \quad (R_2 = 0.73)$$

여기서 X_1 : 축분에 의한 단위면적당 영양염류발생량

X_2 : 논비료에 의한 단위면적당 영양염류발생량

X_3 : 밭비료에 의한 단위면적당 영양염류발생량이다.

이상의 결과를 사용하여 원단위 배출량을 산정한 결과는 다음과 같다.

표 6. 회귀식에 의한 질소의 원단위배출량

	면적당비료사용량 (kgN/ha/yr)	원단위 배출량 (kgN/ha/yr)
· 논	153	10.11
· 밭	425	29.33

표 7. 회귀식에 의한 인의 원단위배출량

	면적당비료소비량 (kgP/ha/yr)	원단위 배출량 (kgP/ha/yr)
· 논	36.6	2.75
· 밭	102	0.82

- 1995년에 환경부에서 수행한 전국의 비점오염원 조사연구의 결과와 비교하면 논인 경우 1995년도에는 질소 23.93, 인 2.22로 본 연구의 10.11, 2.75kg/ha/yr보다 질소는 약간 크고 인은 약간 작게 나타났으며, 밭의 경우 질소 34.45, 인 0.88로 본 연구의 29.33, 0.82kg/ha/yr보다 모두 컸음.

2.5. 비점유출량 조사결과 및 관리방안 도출에의 시사점

- 원단위 조사결과 농업지역에서의 단위면적당 오염물질유출은 농지에서 비교적 많은 양이 유출되고 축사와 마을에서는 우려만큼 많은 양이 유출되지 않음. 이는 축사에서 가축분뇨가 농지에 환원되었고 축사의 비가림시설 등이 비교적 잘 되어 있었기 때문으로 사료됨.

○ 비점오염원의 유출특성과 하천수질의 변화

- 용존형으로 배출되는 질소는 유량증가에 따라 농도가 감소하는 경향을 보였으나, SS, 인 등 입자형 항목은 유량증가에 비례하여 증가하는 경향이 나타남.
- 단위면적당 유출량과 단위면적당 부하량은 일반적으로 지수함수로 표현되며 조사결과를 가지고 산정된 지수함수는 다음 표와 같음.

표 8. 유출유량과 오염부하량과의 관계식

항 목	관 계 식	상관계수
· SS	$L = 19.274Q^{1.472}$	0.863
· DOC	$L = 3.451Q^{1.024}$	0.957
· T-N	$L = 3.508Q^{0.902}$	0.919
· T-P	$L = 0.227Q^{1.147}$	0.870

- 관계식에서 알 수 있듯이 SS가 유량의 영향을 가장 크게 받고 그 다음으로 T-P가 영향을 많이 받고, T-N은 지수치가 1이하로 오히려 유량증가에 따라 농도가 감소하는 것으로 나타났음.
 - 선행강우일수의 영향은 미미한 것으로 나타났으며 이는 농경지가 기존의 일과 질소함량이 높아 선행강우일수가 짧아도 강우강도만 강하면 토양침식이 일어나기 때문으로 고려됨. 이와같이 선행강우일수에 의한 영향이 적은 지역에서는 유량에 따른 오염물질 유출량을 산정할 수 있으므로 적은 빈도의 실측으로도 배출량을 계산할 수 있음
- 유달율의 경우 인은 4.3~42.9%, 질소는 4.0~35.1%의 범위로 나타났음. 농업수계에서의 유달율은 유역면적의 대소에 영향을 받지 않고 비료투입량과 유역의 농지특성에 크게 영향을 받는 것으로 나타났음.

토지용도	평균유달률(%)	
	T-P	T-N
논	15.9	13.8
밭	19.2	12.3
축사	4.3	46.0
마을	5.2	3.5

3. 농업비점오염원 관리기법의 특성

3.1. 농지비점오염원 관리기법

- 농업비점오염원의 가장 큰 비중을 차지하는 것은 침식물로 침식물 그 자체뿐만 아니라 침식물에 부착된 각종 오염물이 수질오염원으로 작용. 침식물의 주요 오염원의 발생억제 및 관리방안은 다음과 같음
- 친환경적 경작시스템 도입
 - 농경지에서 강우유출수량과 침식량을 감소 또는 조절하기 위한 작물 경작방법
- 보전경작시스템
 - 윤작과 비점오염원유출을 억제할 수 있는 환경농업으로 잡초, 병충해의 효율적 조절에 의한 비료 및 농약사용량 감소와 퇴적물 및 영양물질 부하량 감소를 위한 방법이 포함됨.
- 침식우려지역의 식생조성
 - 토양을 안정화하여 침적물로부터 손실을 줄이기 위해 나무, 넝쿨, 풀 또는 콩과식물 등을 심는 것
- 침식물저류조
 - 침식억제 및 실트, 모래, 자갈의 침전과 저장을 통해 오염을 감소시키기 위해 설치되는 댐
- 우회수로
 - 우수유출이 과다한 지역에서 유출수를 안전하게 사용 또는 처분될 수 있는 지역으로 우회시킴으로 토양손실을 줄여 수질을 개선하고 또는 표면강우유출수가 오염지역으로 유출되는 것을 막기 위한 수로
- 방풍림
 - 바람에 의한 토양과 수분손실을 방지하여 식생과 수질을 보호하기 위한 시설

- 초지여과대 조성
 - 강우유출수가 흐르는 동안 퇴적물을 여과하기 위해 조성된 식생대.
- 침식방지용 표면덮개
 - 식물잔재물 등을 토양표면에 뿌려주는 것으로 토양커버개선과 발아에 도움이 됨.
- 계획방목시스템
 - 2개 이상의 방목지를 이용해 1년 단위로 방목을 하지 않고 식생을 보존하는 시스템
- 침식조절 연못
 - 퇴적물·영양물질 부하량의 감소와 관개, 가축, 물고기와 야생동물보호, 침식조절 및 퇴적물 저류와 저장을 위해 건설
- 일렬심기
 - 작물을 줄을 따라 심어 적합한 배수와 토양침식조절을 통해 수질을 보호하고 강수와 관개수의 적절한 사용과 보존을 도모
- 축대
 - 경사면을 가로질러 시공된 흙둑, 수로 또는 이랑과 수로의 조합물로 경사길이 감소, 침식감소, 강우유출수내 침전물의 농도감소, 안전한 유출부로 강우유출수 배제, 수분보존, 침식형성억제, 경작성 개선의 효과를 가짐.
- 농로관리
 - 농기계의 효율적 이동과 침식에 의한 비점오염원 관리를 위해 적절한 구배의 안정화방법을 적용하여야 함.

3.2. 축산지역 비점오염원 관리기법

- 축사관리
 - 오염되지 않은 지표면과 지붕의 강우유출수를 우회시키고 식생여과대를 설치하는 것이 최적의 관리방안.

- 방목지관리
 - 토양침식을 예방하고 강우유출수량을 감소시키기 위한 초지관리를 포함하며 방목지내 가축수를 유지하고 순환방목시스템을 고려해야 함
- 물관리시스템 도입
 - 공기, 물, 토양과 식생의 오염장지를 위한 것으로 헹잡물조, 독, 우회로, 연못의 방수처리와 라이닝, 지표하배수, 울타리, 폐기물 저장연못, 식생수로나 유출부 관리, 폐기물 저장구조 처리라군, 폐기물 유용화와 처분이 포함됨
- 가축폐수 저장연못
 - 임시저장을 위한 웅덩이로 액상과 고형폐기물, 폐수, 오염된 강우유출수 저장에 사용됨
- 폐기물저장조
 - 가축이나 농경폐기물을 임시로 저장하는데 사용
- 과잉유출수 제거시스템
 - 지붕, 포장도로, 인도, 축분을 포함하고 있지 않은 초지나 경작지로부터 발생한 강우유출수의 폐기물 관리시스템으로의 유입을 최소화하기 위함
- 야외축분 저장 및 퇴비화
 - 고형폐기물의 임시저장을 위한 구조물이 시공이 부적절한 경우 소규모 나지에 축분을 야적하여 퇴비화하는 방법
- 폐기물의 이용과 처분
 - 폐기물의 처분시 환경에의 영향을 최소화하면서 영양물질을 최대한으로 회수하기 위한 방법. 환경친화적 축산을 위해서는 축산폐기물을 수용할 수 있는 토지면적을 확보하는 것이 중요
- 토양흡착지대
 - 여과와 침투율을 포함한 토양종류, 경사, 처분액비의 양과 성상, 사용할 때기, 식생커버, 지하수 오염에의 우려 등을 검토한 후 계획을 수립하여야 함.

4. 농업비점오염원 관리방안의 도출

4.1. 우리나라의 농업비점관리방안 적용여건

- 우리나라는 토지가 한정되어 있으므로 발생을 억제하고 공공수역으로 유출되지 않도록 하는데 목적을 두어야 함.

4.2. 환경농업의 도입

- 비료의 적정사용
 - 살포량과 시기를 토양과 비료의 영양물질 농도 그리고 작물의 요구량에 따라 결정하여야 함.
- 시비의 개선
 - 식물의 뿌리영역으로부터 질소성분 손실을 감소시키고 식물에 유용한 영양성분양을 조절하기 위해 필요한 시기에 필요한 양의 영양물질을 공급하는 것. 완효성 비료 및 피복비료의 사용이 주목되고 있음.
- 침식물 발생억제와 소규모 습지보호
 - 각 이랑사이에 콩과식물을 심거나 식생대 조성 등 침식조절장치가 필요. 자연습지는 보존하고 농수로 건설시 자연정화능력 유지를 도모
- 재배법의 개선
 - 물관리개선과 비경작재배를 통해 재배법을 개선
- 잡초의 종합관리
 - 생태계 조화형 잡초관리기술을 개발, 보급. 현실적으로 화학적인 방법을 조합시킬수밖에 없으나 화학약제 최소투입형을 지향해야 함
- 농약의 적정관리
 - ① 대안구제법 - 살충제의 필요량을 감소시키고 강우유출에 의한 살충제의 손실을 감소시켜 유입수체의 수질을 개선(예 : 순환경작, 위생

설비 강화, 대체숙주의 박멸, 생물학적 조절)

- ② 적정량의 농약사용 - 대상해충을 최대한으로 조절하고 수원에의 영향을 최소화하는 방법으로 살충제 살포. 기상, 기후, 지형, 대상해충, 축사, 수체 및 작물과의 거리, 장비활용성 등을 고려.

- ③ 농약병의 적정처리

- 환경농업자에 대한 보조금 지급

- 환경규제지역을 중심으로 환경농업을 실시하는 농가에 한해 보조금을 지급하여 환경영농에 대한 의식고취

4.3. 가축에 의한 비점오염원관리

- 가축분뇨의 적정살포

- ① 가축분뇨 적용지역 선정 - 위치, 토양종류, 지형도, 지표수, 지질, 수리학, 기존의 식생이나 작물생산의 잠재성, 어패류의 서식처 등에 대한 잠재적 영향을 고려하여 선정
- ② 적용전 고려사항 - 토양실험, 영양물질 분석, 현장선정의 사전단계를 취해야 함
- ③ 적용율 - 작물요구량, 토양의 영양물질결핍량, 축분중 영양물질 함량에 따라 결정
- ④ 적용시기 - 기후, 가축종류, 폐기물 취급방법, 작물종류가 영향을 미침. 일반적으로 식물을 심는 시기 약간 앞서 또는 인접해서 하는 것이 가장 효과적 임.
- ⑤ 적용방법 - 축분의 수분함량에 따라 다르며 즉각적인 혼합이나 액상의 경우 토양으로의 주입으로 대기중으로의 손실을 막을 수 있음.

4.4. 농촌마을에서의 비점오염원관리

- 개방형 하수도에서의 우수유출수와 정화조에서의 유출수가 주요오염원임. 정화조에서의 오염방지방안은 다음과 같음

- 유지관리
 - ① 화학약품의 투입금지
 - ② 교육
 - ③ 주방쓰레기 분리
- 구조개선
 - ① 탈질시스템
 - ② 부유수초시스템
 - ③ 불량시스템의 기능보완
 - ④ 토양흡수층의 교환
 - ⑤ Mound(Fill) Systems
 - ⑥ 모래여과
 - ⑦ 인공습지

5. 결론

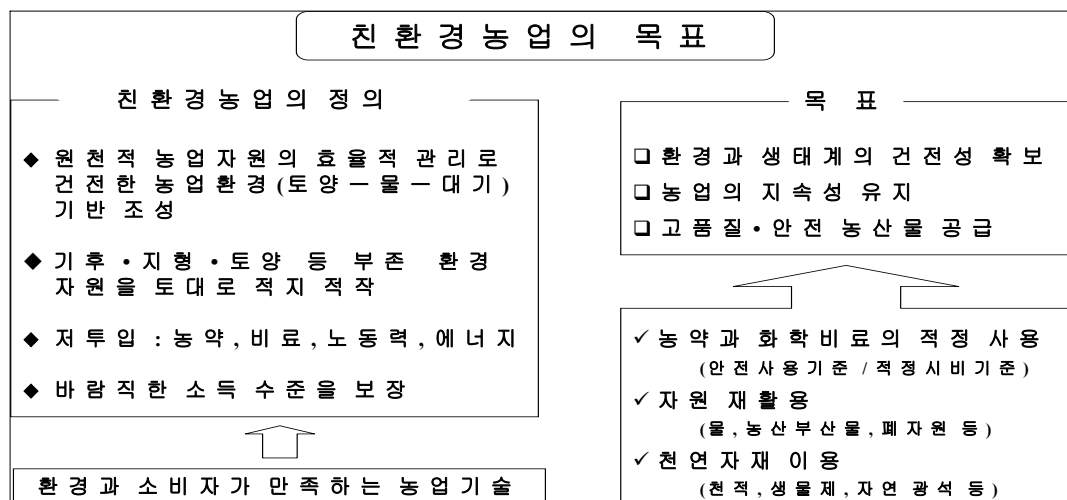
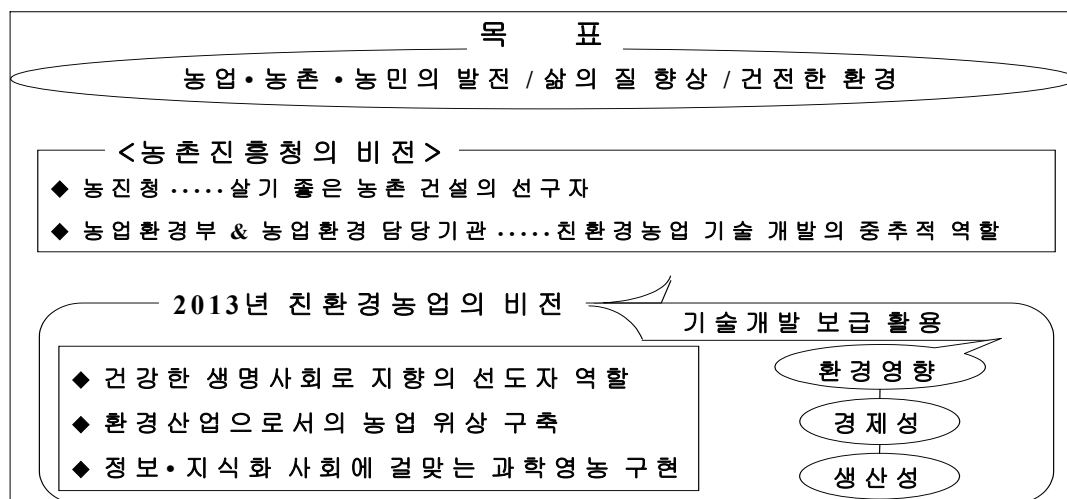
- 농촌지역의 환경개선은 친환경영농 차원에서 보다 확대되어 축산, 생활 등 전반적인 차원으로 확대되어야 함.
- 농촌지역 비점오염원 관리기술의 선정과 적용은 토지이용형태, 수계의 물리적 구조, 대상오염물질, 기타 수문학적 특징에 따라 달라짐.
- 우리나라의 농업비점오염원은 고밀도 농업에 따른 가축배설물 및 비료사용 등에 의한 영양물질임.
- 따라서 시설에 의한 비점오염원 조절보다 사전예방적이고 친환경적 영농방법에 보다 관심을 기울여야 함.

제 4 주 제

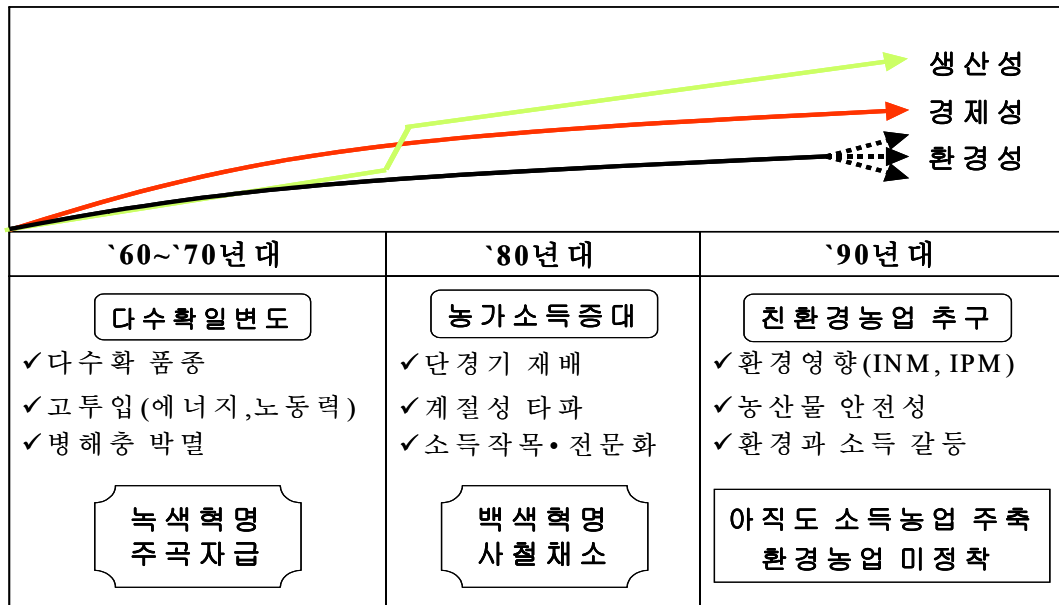
친환경농업 연구동향과 향후 방향

곽 한 강(농업과학기술원)

1. 목표 및 비전



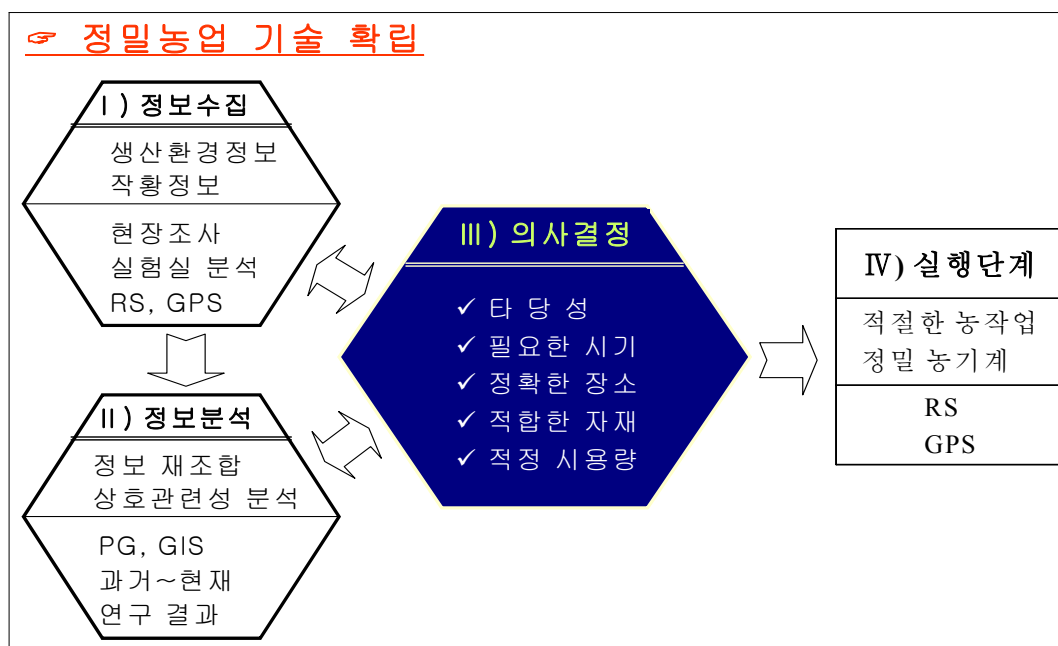
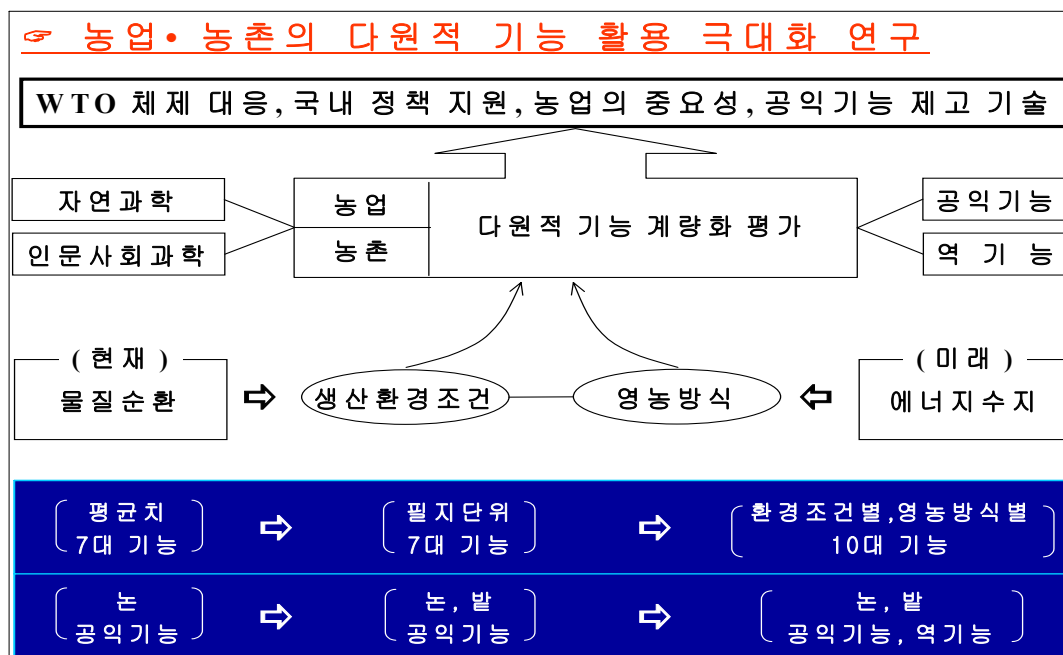
□ 우리나라 농업의 발전



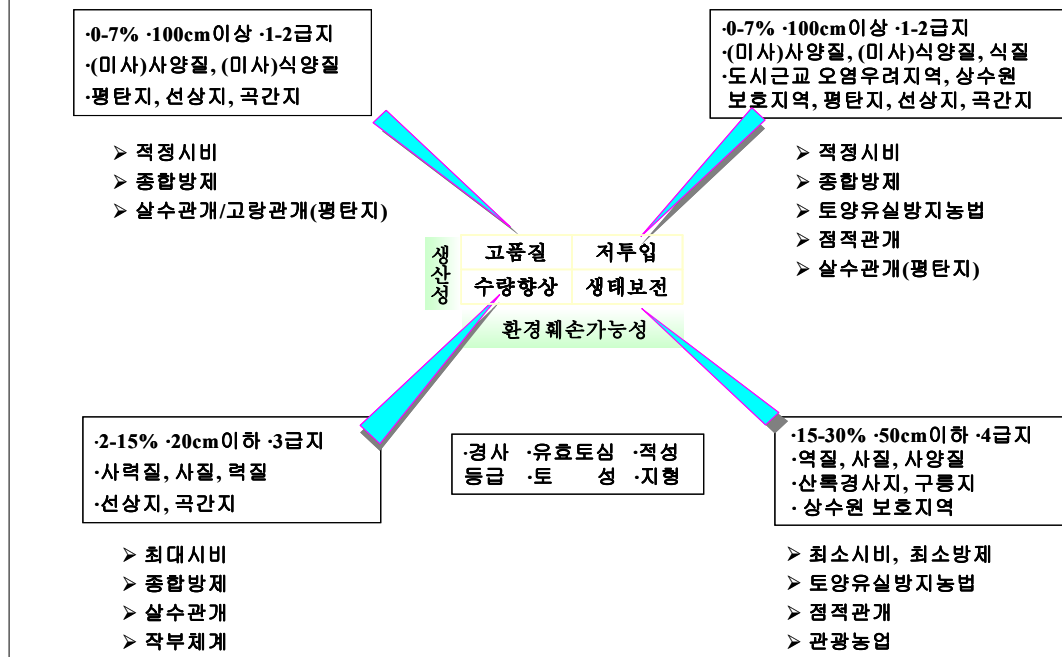
□ 우리나라 농업환경 특성

환경조건 고려 ⇒ 기술개발		
환경조건	특 성	고 려 사 항
기 후	여름 : 고온다우 / 겨울 : 저온건조	재배기간, 지역
지 형	논 : 평탄지(경사 7% 이하 : 77%) 밭 : 곡간지, 산록경사지, 구릉지, 산악지	토양 유실, 물관리, 비료
토 양	토양통 : 논 152, 밭 125 물리성 : 토성, 모암, 구조 발달 미흡 비옥도(고/저) : P, K / Ca, Mg	보수력, 보비력 토양산성 토양비옥도 불균형
수 자 원	한발, 집중강우(6下~9中)	관개, 배수, 자재
재배작물	곡류, 노지채소 ⇒ 과수, 시설원예	소득 위주로 환경부담 가중
작부체계	답리작채소, 소득작물 위주 혼재	농약, 비료, 노동력, 생산비
시비기술	과다시비(1.24배), 시비기준	시비기준 재설정

2. 친환경농업 관련 중점 추진방향

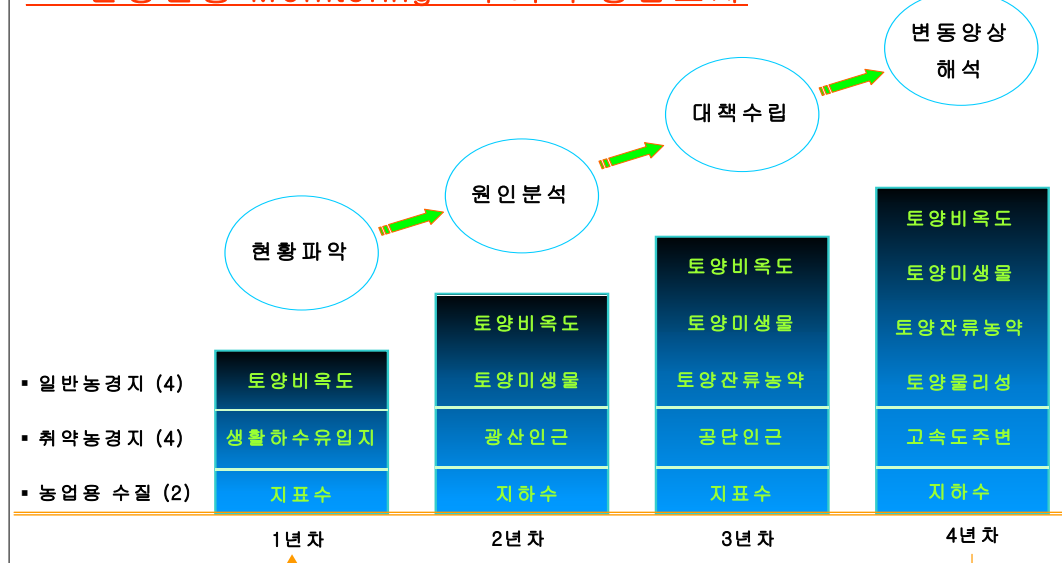


☞ 지역별, 필지별 여건에 맞는 친환경농업 기술보급



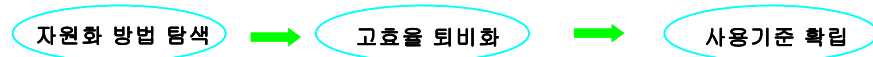
환경오염 저감 및 유용 폐자원 활용기술

☞ 환경변동 Monitoring : 주기적 정점조사

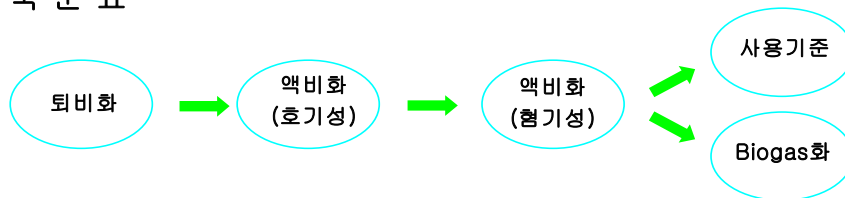


☞ 폐자원 재활용 기술개발

□ 음식물 찌꺼기



□ 가 축 분 뇨

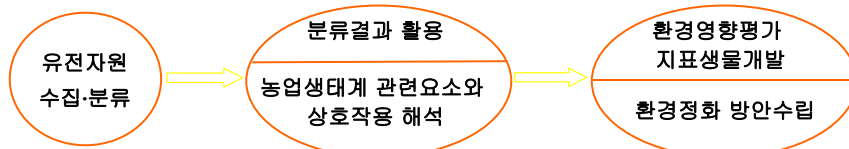


< 가축분뇨 ⇒ Biogas, 퇴비화, 액비화 동시해결 >

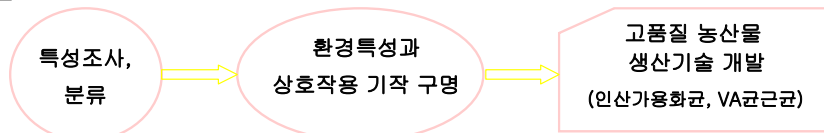
미생물 및 토양생물의 농업적 이용 기술개발

토양 소동물, 수서곤충, 토양미생물, 환경미생물의 활용도 제고

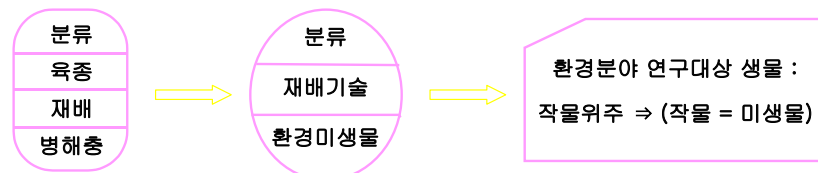
□ 생물자원



□ 근권미생물

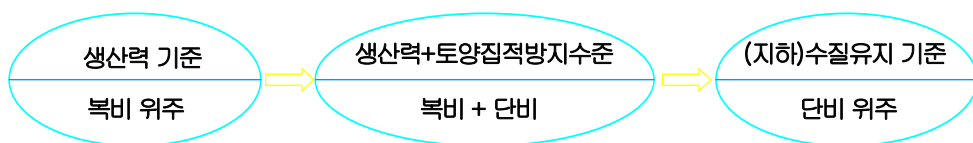


□ 버섯



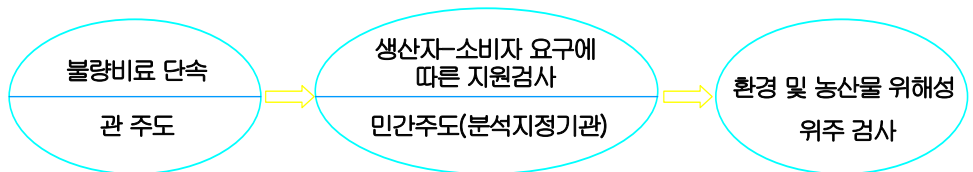
토양환경 보전 기술 개발

☞ 시비기준 재설정



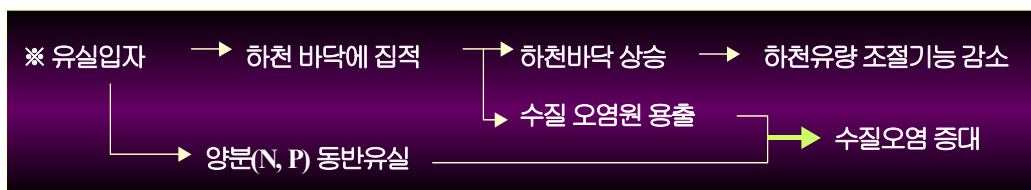
< 예 : 일본 — N 이용율 50% 이상 유지 >

☞ 비료품질 관리



토양유실 저감기술

□ 토양유실 결과 : 농업생산 기반 상실 ⇒ 수질오염

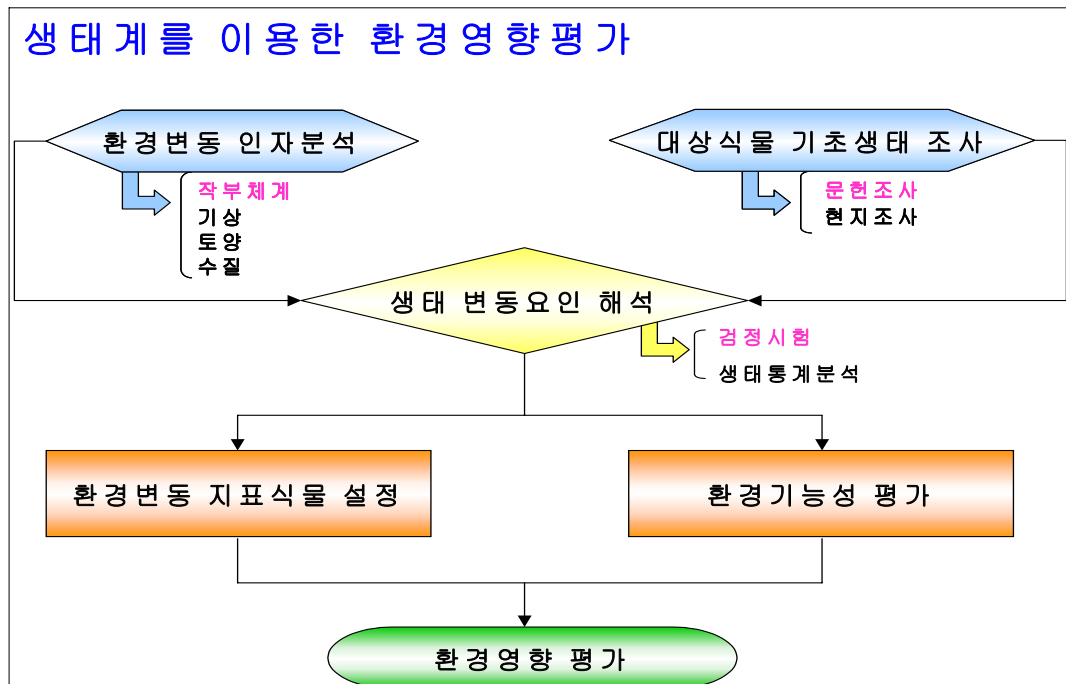
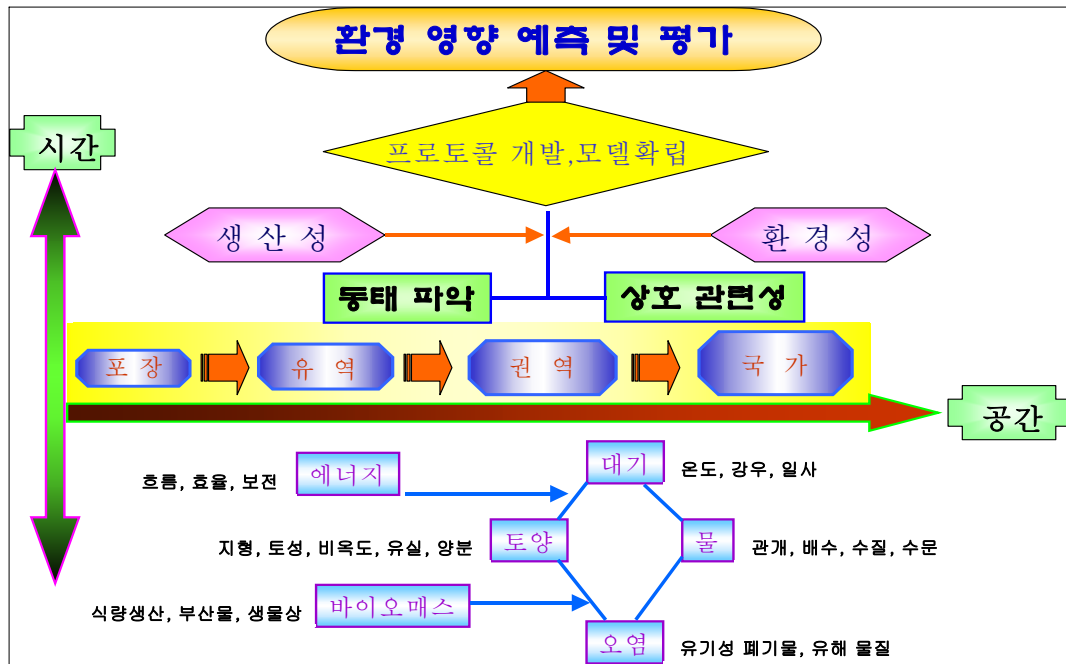


➢ 대관령 고냉지 채소단지 유효토심 ('60) 150cm ⇒ ('95) 30cm

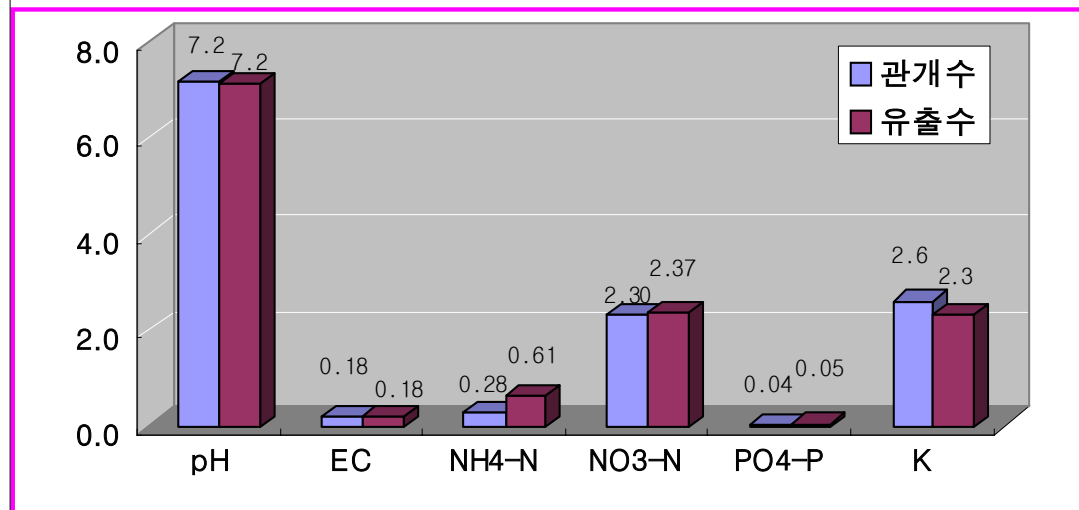
□ 토양보전 대책 : 계단전, 돌승수로, 초생대, 자갈띠, 간·혼작 등 ⇒ 토양유실 1/6, 강우유출 1/2

※ 사·군별 전시포 설치 추진 (2003 ~ 2008)

3. 주요 연구내용

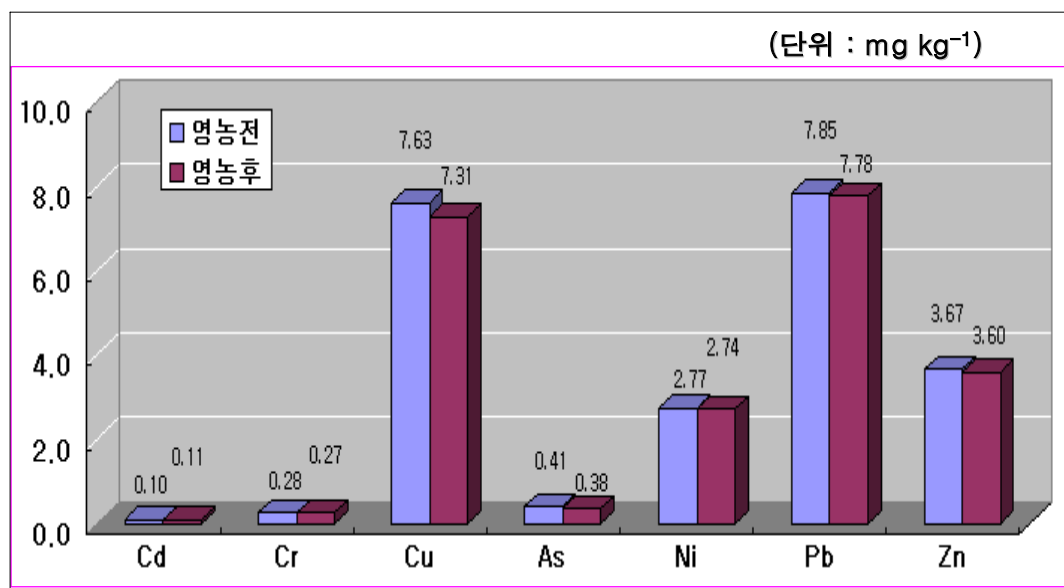


친환경농업 효과분석



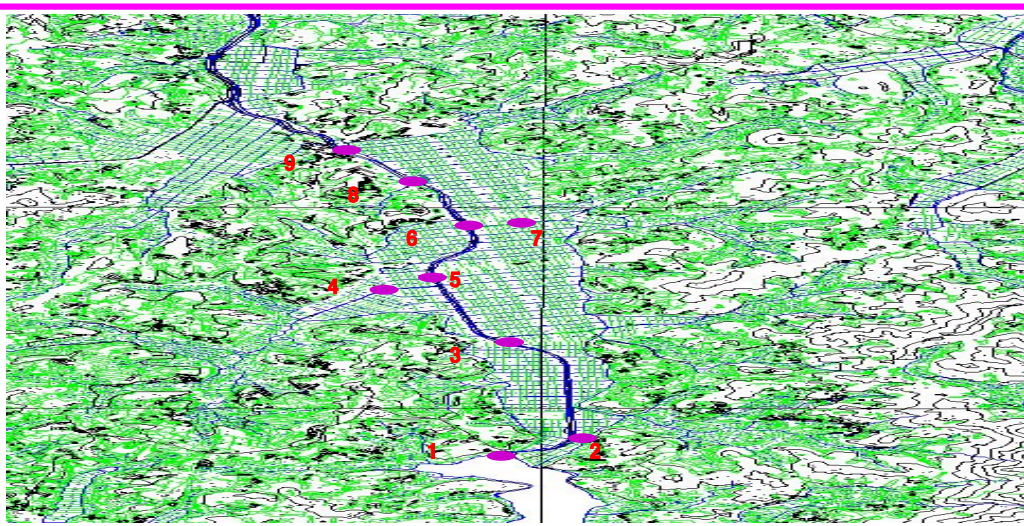
(그림 1) 친환경농업마을의 농업용수 변화

• 조사지점 : 38개소 • 조사일(3회) : 5, 6, 7월말



(그림 2) 영농전후 토양의 중금속 함량 변화

특수농법 유역내 농업용 수질조사 (9개소)



저수지

유역내 농업용수의 무기성분함량

조사지점		pH		EC (dS m ⁻¹)		NH ₄ -N (mg L ⁻¹)		NO ₃ -N (mg L ⁻¹)		PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	
		1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차	1 차	2 차
소하천	1	7.9	7.2	0.17	0.18	0.34	0.33	1.68	1.89	0.05	0
	3	7.6	6.6	0.23	0.27	0.47	0.34	7.25	6.90	0.05	0.11
	5	7.8	6.5	0.22	0.29	1.59	0.81	6.71	8.64	0.07	0.12
	6	7.9	7.1	0.24	0.27	1.44	2.52	7.29	9.01	0.04	0
	8	7.8	7.3	0.22	0.25	1.29	0.57	6.21	3.21	0.03	0.10
지류	9	7.7	7.7	0.20	0.24	1.63	0.32	4.50	3.86	0	0
	2	7.4	6.5	0.19	0.22	0.14	0.89	6.53	9.25	0	0
	4	7.9	7.2	0.23	0.33	5.20	5.11	7.86	13.09	0.83	0
평균		7.7	7.0	0.21	0.27	1.68	2.07	5.56	7.13	0.13	0.06
이천		8.9	7.4	0.40	0.49	0.60	1.42	0.13	1.94	0.06	0.13

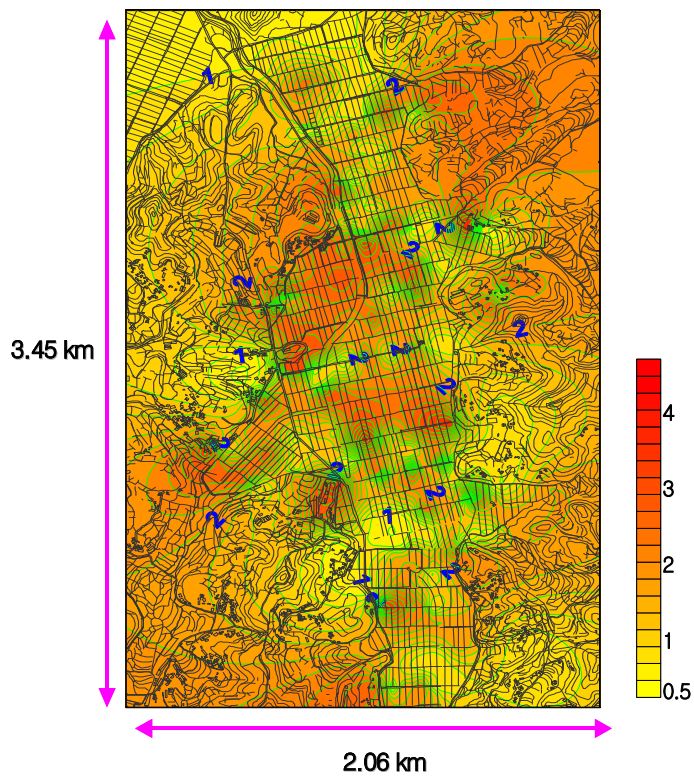
※ 조사일 : 1차 (7월 8일), 2차 (8월 2일)

유역내 표면수의 무기성분 농도

지 역	pH	EC (dS m ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
			mg L ⁻¹		
유 역	6.6	0.25	1.93	1.08	0.05
이 천	7.9	0.26	0.16	0.04	0.06

※ 조사지점 : 8개소, 조사일 : 8월 2일

유역의 악취 강도



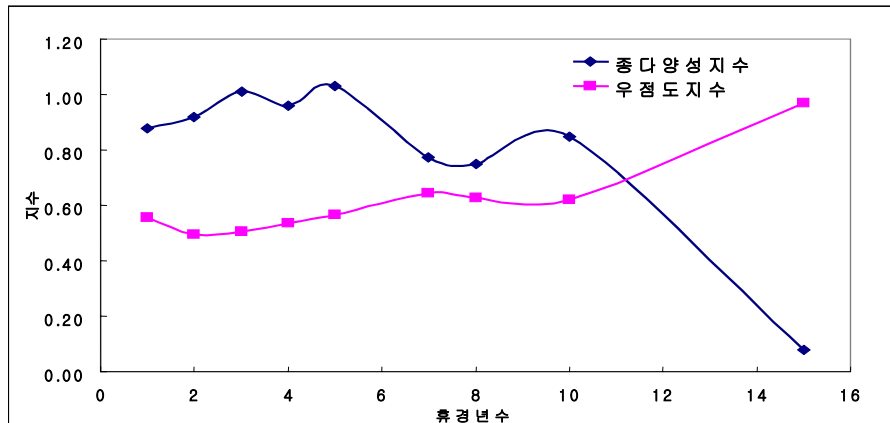
❖ 취기강도

단 계	냄새 정도
0	무 취
1	최소감지
2	최소인식
3	쉽게감지
4	강한냄새
5	강렬한냄새

※조사일: 8월2일, 인원8명

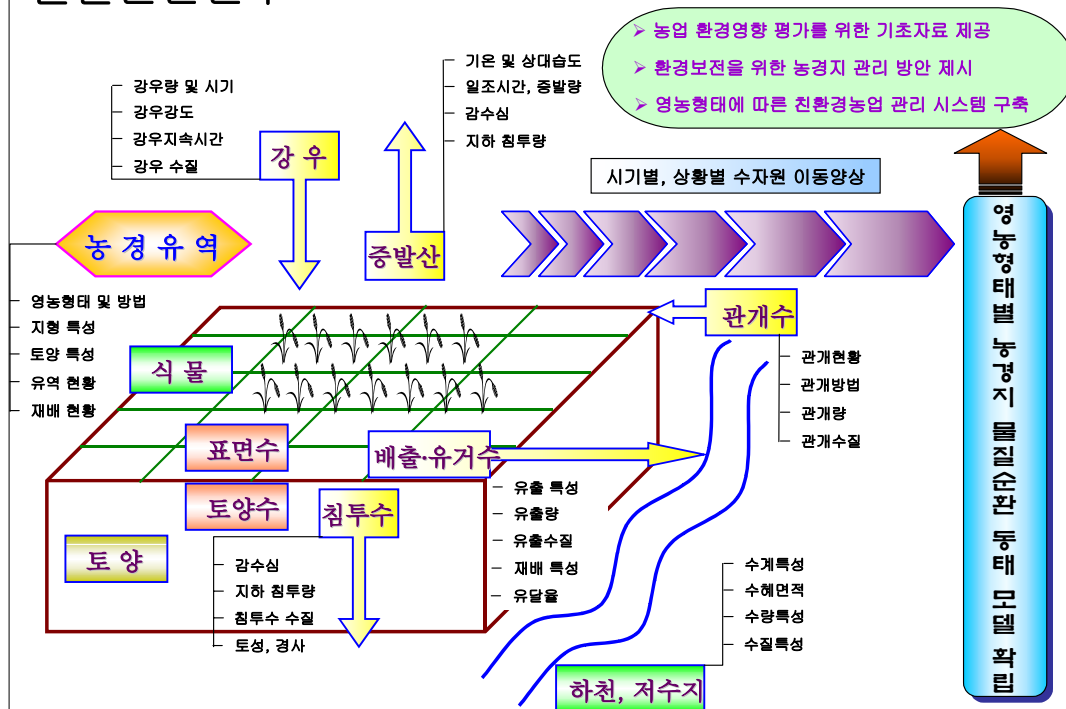
□ 휴경지의 생태 기능 분석

○ 휴경년수에 따른 휴경지에서의 종다양성 지수 및 우점도 지수의 변화



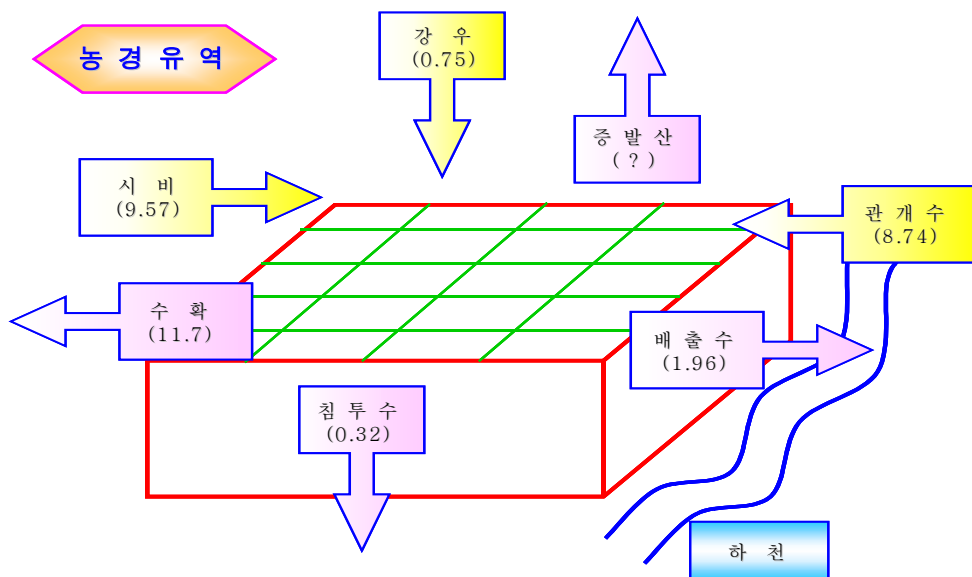
※ 휴경 5년 부터 다양성 지수가 감소하고 있으며, 농경지에서 휴경은 5년이 넘으면 휴경지의 기능을 상실, 즉 폐경지화됨을 의미

물질순환연구

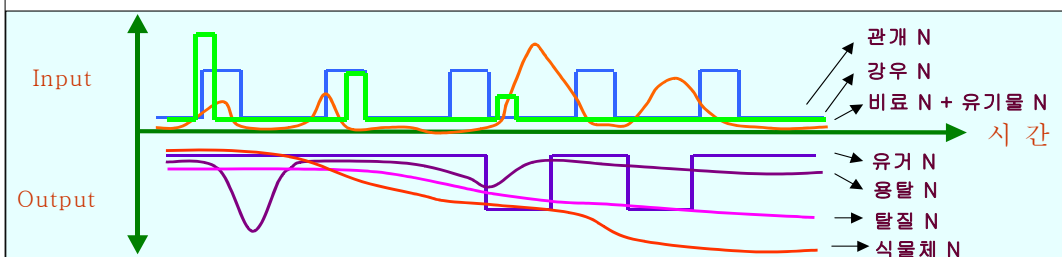


농경사 유역에서 물질수지 분석

◆ 조사기간동안의 분석 결과(단위 : kg/10a)



농경사 유역에서 질소수지기법을 이용한 수질 환경 평가



▶ 상대평가

(Input) - (Output) > 0 ➔ (+) 기능 ; 공익기능
(Input) - (Output) < 0 ➔ (-) 기능 ; 역기능

▶ 시기별 수질영향 요인 분석

항 목			
관개수 N량	+ ?	+ ?	+ ?
강 우 N량	+ ?	+ ?	+ ?
유 거 N량	- ?	- ?	- ?
침 투 N량	- ?	- ?	- ?
가 중 치	+ ?	+ ?	+ ?

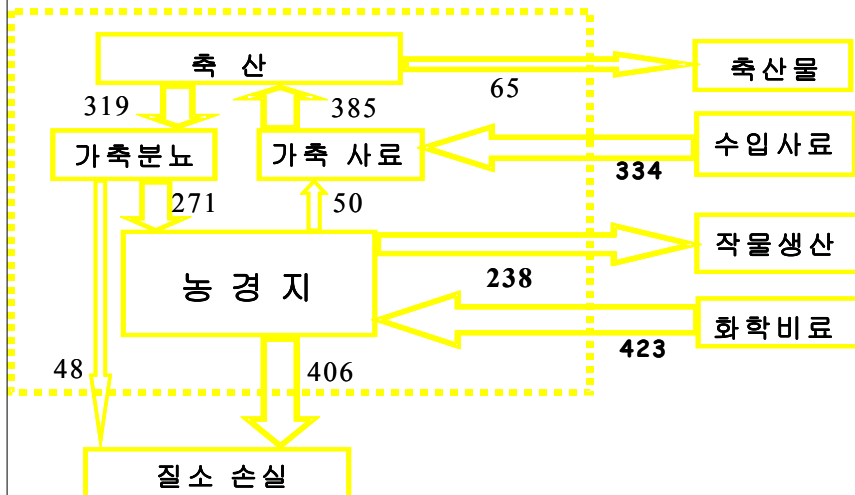
□ 요인별 절대평가 : 외부 유출량 분석

□ 요인별 상대평가

➔ 시기별, 요인별 수질영향기여도 분석

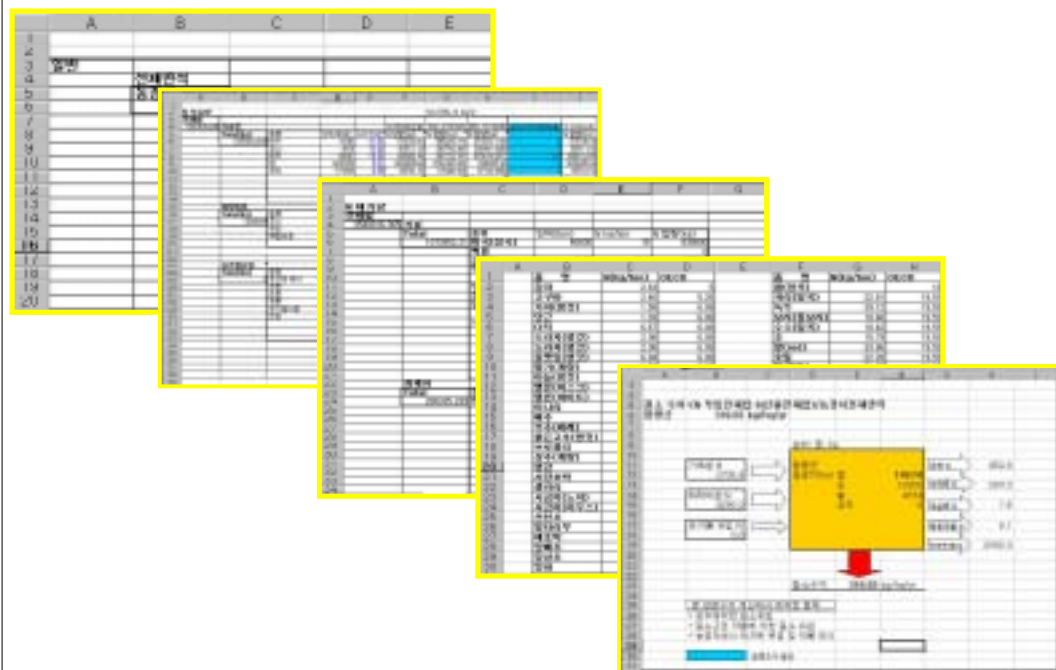
국내 농경지의 개략적인 질소 양분흐름

(2000년, 단위: 1000 톤)



* 수입사료는 국내 배합사료 생산량 기준

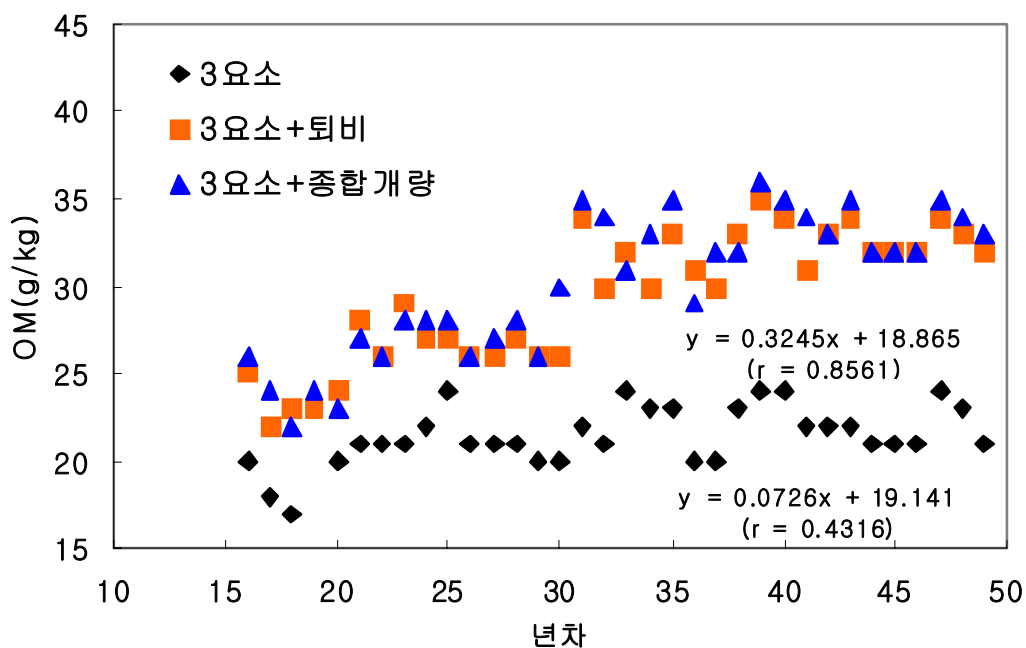
군 단위 양분수지 계산을 위한 엑셀 프로그램의 예



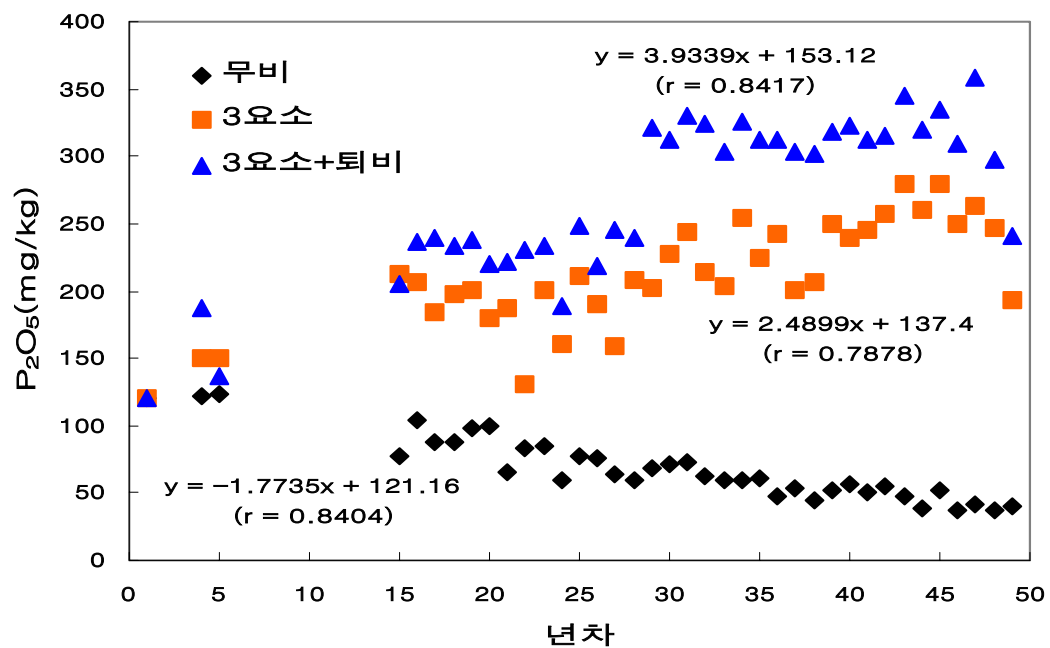
우리나라 논 및 밭의 지력 현황

구분	시기	작토심 (cm)	토양반응 (pH)	유기물 (g/kg)	양이온치환용량			유효인산 (mg/kg)	유효규산 (mg/kg)
					K	Ca	Mg		
논	'64~'68	8	5.5	26	0.23	4.5	1.8	60	78
	'80~'89	12	5.7	27	0.23	3.8	1.4	107	88
	'95	12	5.6	25	0.32	4.0	1.2	128	72
	'99	-	5.7	22	0.32	4.0	1.4	136	86
밭	'64~'68	7	5.7	20	0.32	4.2	1.2	114	-
	'76~'80	10	5.9	20	0.48	5.0	1.9	201	-
	'85~'88	12	5.8	19	0.59	4.6	1.4	231	-
	'92~'93	10	5.5	24	0.64	4.5	1.4	538	-
	'97	-	5.6	26	0.80	4.5	1.7	489	-
	'2001	-	5.9	24	0.81	5.8	1.6	547	-

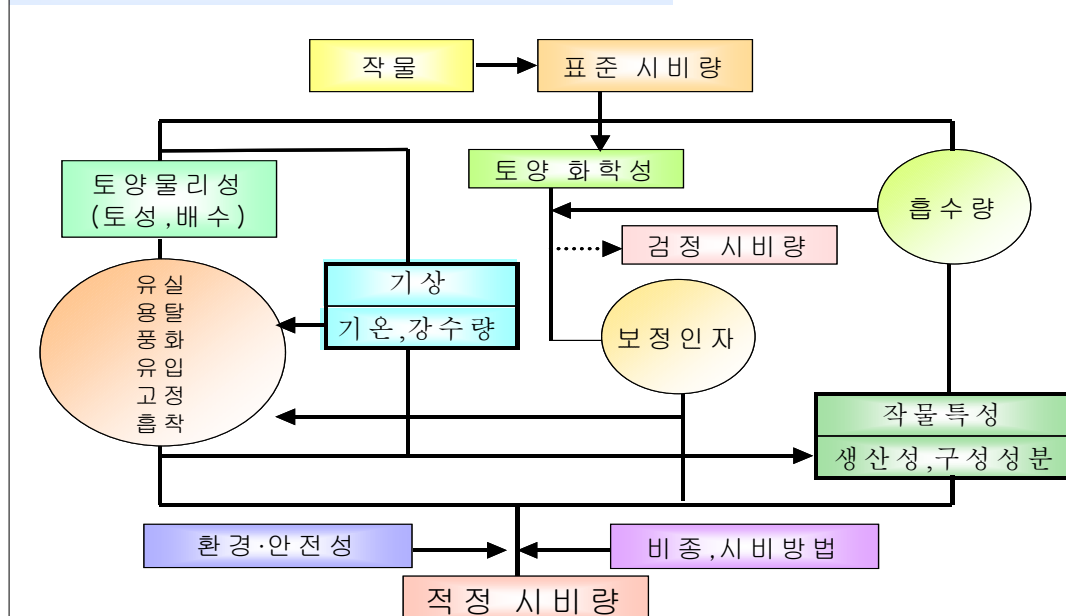
년차별 토양유기물 함량 변화

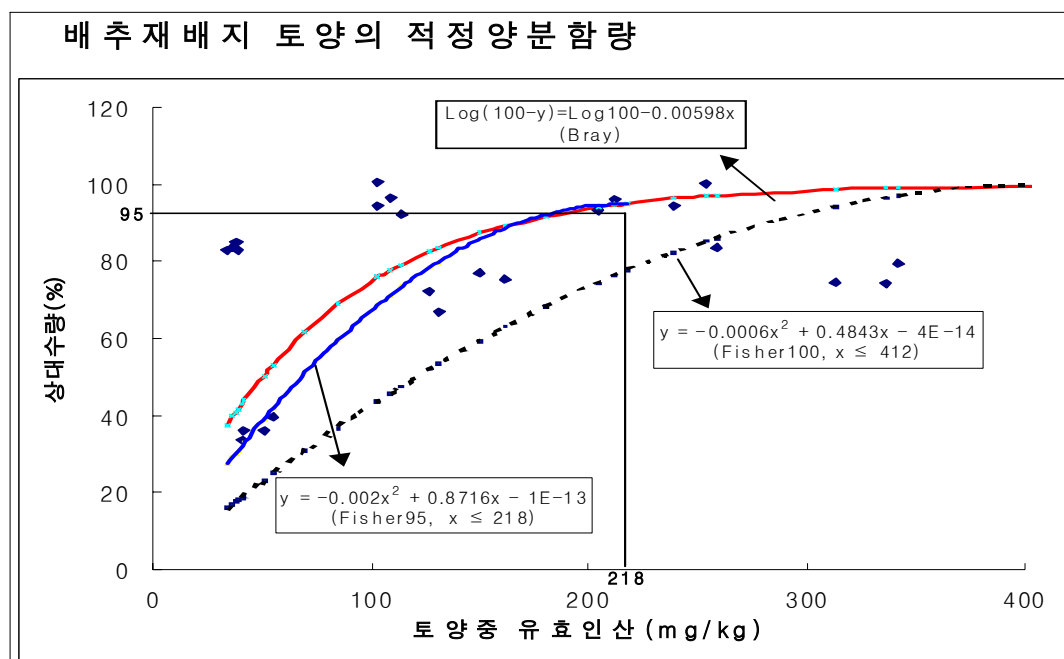


년차별 토양유효인산 변화



□ 작물별 시비량 결정 체계





Fisher's equation(95%)을 이용한 배추재배지의 유효인산 적정함량

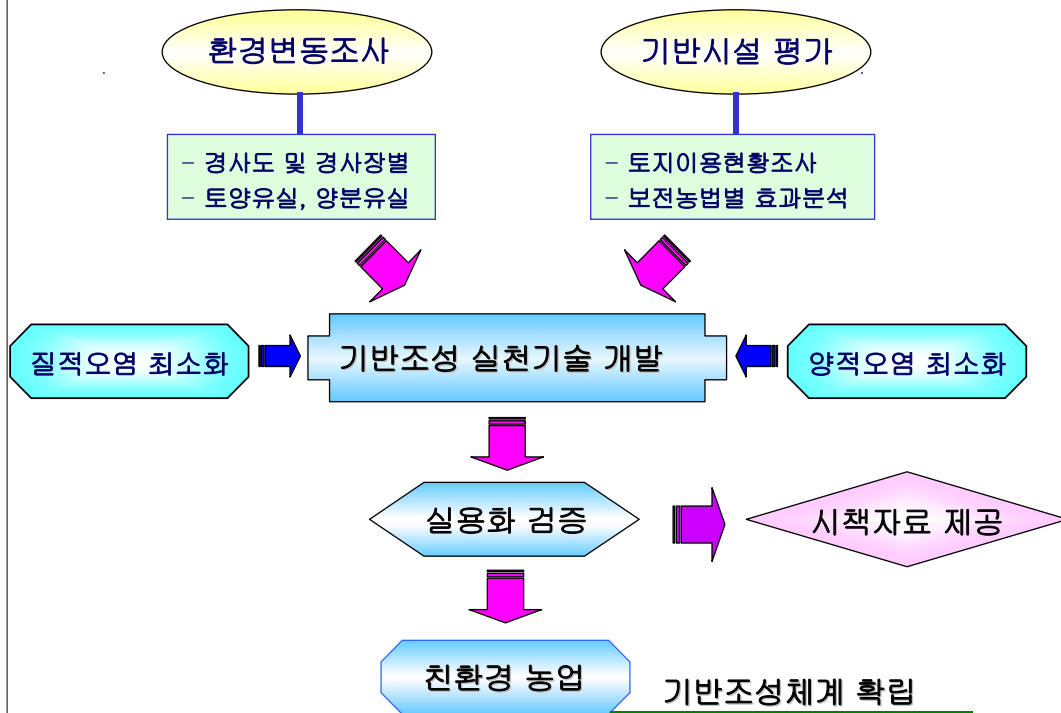
목표수량(%)	100	95	90	85	적정범위	
					현재	조정
토양중 인산함량 (mg/kg)	412 *	218	168	147	400 ~ 500	200 ~ 350

* Fisher식 (100%) 적용

Fisher's equation(95%)을 이용한 채소재배지의 적정양분함량

작물		상대수량(%)				적정범위	
		100	95	90	85	현재	조정
마늘	유효인산 (mg/kg)	341 *	148	114	100	300 ~ 400	150 ~ 300
	칼리 (cmol ⁺ /kg)	0.85 *	0.7	0.54	0.47	0.70 ~ 0.80	0.70 ~ 0.80
고추	유효인산 (mg/kg)	500 *	380	293	257	450 ~ 550	350 ~ 450
	칼리 (cmol ⁺ /kg)	1.29 *	0.64	0.49	0.43	0.70 ~ 0.80	0.65 ~ 1.00
배추	유효인산 (mg/kg)	412 *	218	168	147	400 ~ 500	200 ~ 350
	칼리 (cmol ⁺ /kg)	0.59 *	0.58	0.54	0.47	0.70 ~ 0.80	0.55 ~ 0.60

친환경농업 기반조성 실천 연구



토양보전

▶ 보전 처리효과

- ✓ 토양침식 방지효과 : 85.7톤/ha/년 ⇒ 13.9톤/ha/년
- ✓ 보존처리별 침식방지 효과 : 계단전>승수로>초생대 승수로>초생대
- ✓ 물유출 방지효과 : 1,604 톤/ha/년 ⇒ 860 톤/ha/년
- ✓ 양분유실 방지효과 : 72.8kg/ha/년 ⇒ 26.8kg/ha

※ 경토 1cm가 생성 발달하는데 약 300년 소요

강원 정선군 신동면 방제리, 고랭지 채소단지('95~'99)



미래의 우리나라 환경보전형 농경지



결론

○ 개방화 시대에 우리 농업이 살아남을 수 있는 유일한 길은

“친환경 농업의 실천”

- 농산물의 안전성 및 품질 경쟁력 확보, 국민의 신뢰성, 소비자의 선호
- 친환경농업 정책 (지대별 모델개발 및 환경농업 기반 조성)

○ 우리나라 작물 생산기술 체계를 환경친화적 측면에서 재검토

환경·생태계 위해성 요인 제거

**친환경농업은 지역의 농업여건 및 환경조건과의
조화가 가장 중요**

요약 및 종합토론

- “친환경농업체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안” 연구과제는 농촌경제연구원의 기획과제이면서 농업과학기술원과 한국환경정책평가연구원이 참여하는 협동연구과제로서 대내외적으로 많은 관심을 갖고 있는 매우 중요한 연구임.
- 이번 워크숍에서는 3개 공동연구기관 연구참여자들이 모여 기관별 친환경농업체제 전환과 관련된 주제발표와 토론이 이루어졌으며, 특히 친환경농업의 개념에 대한 각 기관의 견해를 밝히고 친환경농업의 개념을 재정립하는데 초점을 맞춤.
- 제1주제 발표(농촌경제연구원 김창길 박사)
 - “친환경농업의 개념 및 시스템에 관한 논의”라는 제목으로 현재 논의 중인 친환경농업의 개념을 정립할 필요성과 친환경농업체제 전환이 의미하는 바가 무엇인지에 대해 발표함.
 - 환경의 개념과 기능, 그리고 환경과 농업과의 관계에 대해 발표
 - 친환경농업의 개념에 대해서 제도적 측면의 개념과 국내외적인 논의 동향을 제시하고, 국가적으로 또한 연구참여기관 간에도 친환경농업의 개념을 정립할 필요성을 제기함.
 - 친환경농업체제 전환의 의미와 사례지역 선정 및 연구기관별 업무분담에 대해 언급함.
- 제2주제 발표(농업과학기술원 최두희 연구관)
 - “국내 유기농축산물 생산기반기술 개발 연구”라는 제목으로 발표.
 - 농과원의 친환경농업 개념에 대한 입장은 포괄적인 개념으로 환경정책평가연구원 입장과 동일하며, 본 발표에서 언급되는 유기농업은 친환경농업 중에서 하나의 농법으로 간주하고 있음. 또한 본 발표내용은 유기농업을 우리나라 전체 환경농업의 목표로 삼는 것은 아니며,

유기농업이 필요하거나 가능성이 있는 특정지역(상수원보호구역 등)과 특정작목을 대상으로 하고 있음.

- 현재 국내 유기농업은 허용물질만으로 평가하는愚를 범하고 있음.
- 또한 국내 각종 유기농법의 내용, 특성, 효과 등에 대해 설명하면서, 특히 우리나라에서 친환경농법의 주류를 이루는 오리농법과 왕우렁이 농법은 제초효과나 비료대체효과 면에서 어느 정도 인정을 받고 있지만 그에 따른 부작용도 있어 모두 이런 농법을 추구하는 것은 바람직하지 않으며 왕우렁이나 오리를 대체할 수 있는 다양한 방법(멀칭 등)이 있다는 것을 제시함.

■ 제3주제 발표(환경정책평가연구원 최지용 박사)

- “우리나라 농업 비점오염원의 실태 및 관리방안”에 대하여 발표.
 - 농업비점오염원의 특성, 농업활동이 수질에 미치는 영향에 대해 언급함.
 - 사례지역에서 실제로 농업활동에 의한 토양유실, 수질오염 등에 대해 현장 사진을 통해 상세히 소개함.
 - 특히 환경농업을 실천하고 있는 지역에서의 농업활동으로 인한 환경 파괴 사례를 소개하면서 과연 환경농업 자재를 사용만으로 환경농업을 실천했다고 할 수 있는지에 대한 의문 제시.
 - 따라서 농업활동으로 인한 비점오염원을 잘 관리하는 것이 진정한 친환경농업이며, 사전예방적이며 포괄적의미의 환경영농방법에 보다 큰 관심을 가져야 함을 강조함.
 - 단순히 농작물 생산방법만이 아니라 농업환경 전반을 하나의 시스템으로 간주하여 친환경농업의 개념을 규정해야 함.

■ 제4주제 발표(농과원 곽한강 연구관)

- “친환경농업 연구동향과 향후방향”이라는 제목으로 발표.
 - 농과원은 친환경농업을 “원천적 농업자원의 효율적 관리로 건전한 농업환경(토양-물-대기)기반조성, 기후·지형·토양 등 부존 환경자원을 토대로 한 적지적작, 저투입, 바람직한 소득수준 보장”으로 정의함.

- 또한 “농약과 화학비료의 적정사용, 자원재활용, 천연자재 이용을 통한 환경과 생태계의 건전성 확보, 농업의 지속성 유지, 고품질·안전 농산물 공급”을 친환경농업의 목표로 삼고 있음
- 현재 농과원은 정밀농업기술을 확립하고, 지역별·필지별 여건에 맞는 친환경농업기술을 보급하는데 주력하고 있음.
- 그 외 현재 농과원에서 연구를 진행중이거나 앞으로 할 연구내용으로 환경영향 예측 및 평가, 생태계를 이용한 환경영향평가, 물질순환연구, 작물별 시비량 결정 체계 등 다양한 연구내용을 소개함.

■ 친환경농업의 개념에 대한 주요 쟁점(종합토론)

- 농업측면과 환경측면에서 친환경농업 개념간의 괴리(최지용 박사)
 - 농업측면: 농업생산방식에 국한되어 있음.
 - 환경측면: 환경부하, 물질순환, 수계, 생물종다양성 등을 포괄적으로 고려
 - 합성화학제재의 사용을 금하는 수준의 유기농업을 실천한다고 하더라도 유기물 과다사용 등에 의해 환경부하가 심각해질 수 있음.
 - 농업활동으로 인한 비점오염원을 잘 관리하는 것이 진정한 친환경농업이며, 사전예방적이며 포괄적 의미의 환경영농방법에 관심을 가져야 함.
- ⇒ 즉, 친환경농업의 개념을 단순히 농작물생산 방법만이 아니라 농업 환경 전반을 하나의 시스템으로 간주하여 포괄적으로 친환경농업의 개념을 규정해야 함.
- FAO의 경우 포괄적인 입장에서 환경농업의 개념을 규정하고 있고, 앞으로 우리나라도 철학적·포괄적 입장에서 개념규정을 해야 할 것임(김창길 박사).
 - 그러나 사회에서 용인가능한 오염수준을 정하고 친환경농업의 개념을 정립할 필요는 있음.
 - 유럽의 경우(독일, 네덜란드) 유기농업을 위주로 하고 있으나, 미국과 같이 경지 면적이 넓은 지역에서는 주로 과학적 정밀농법을 추구하며, 유기농업은 매우 엄격하고 특수하게 취급함.

- 지역이나 위치 등에 따라 친환경농업의 개념과 추구하는 방향은 다를 수 있음.
- 친환경농업의 개념은 포괄적 입장에서 정립되고 사람들에게 인식되어야 함 (최두회 박사).
 - 유기농업은 친환경농업 범주에 있는 하나의 농법이며, 우리나라 전체 친환경농업의 목표가 될 수 없음.
 - 따라서 유기농업은 유기농업이 필요하거나 가능성이 있는 특정지역과 특정작목을 대상으로 적용할 수 있음.
 - 제대로 된 유기농업은 Zero Base를 유지하는 것이 중요함. 그러나 현재 국내 유기농업은 친환경자재를 과도하게 사용하는 등 잘못된 방식을 적용하고 있음.
- 농과원은 친환경농업을 “원천적 농업자원의 효율적 관리로 건전한 농업환경(토양·물·대기)기반조성, 기후·지형·토양 등 부존 환경자원을 토대로 한 적지적작, 저투입, 바람직한 소득수준 보장”으로 정의함(곽한강 박사).
 - 또한 “농약과 화학비료의 적정사용, 자원재활용, 천연자재 이용을 통한 환경과 생태계의 건전성 확보, 농업의 지속성 유지, 고품질·안전 농산물 공급”을 친환경농업의 목표로 삼고 있음.
 - 따라서 농산물 생산방식과 안전성만으로 친환경농업의 수준을 정하는 것은 모순이며, ‘특정 농법을 상위 친환경농업이다.’라고 규정할 수 없음.
- 친환경농업은 포괄적 개념으로 봐야하며, 저투입, INM, IPM, 유기농업 등을 친환경농업 내의 특수농법으로 규정하는 것이 바람직함(강창용 박사).
 - 각 농법의 친환경농업 수준은 수직관계가 아니라 수평관계로 하는 것이 바람직한 것으로 보임.
 - 즉, 특정 농법이 상위 친환경농업이 되는 것이 아니라 모든 농법이 환경에 미치는 영향을 포괄적으로 고려하여 친환경농업 수준을 정할 필요 있음.

친환경농업 시스템 구축을 위한
전문가 초청 세미나 발표자료

전문가 초청 세미나 개요

1. 일시 및 장소

- 일시: 2004년 5월 25일(화), 14:00-17:30
- 장소: 강남 팔레스호텔 튜올림룸(12층)

2. 세미나 일정

- 좌장 이정환 원장
- 14:00-14:30 제1주제
 - 농업부문 총량제도 도입방안(KEI 최지용 박사)
- 14:30-15:00 제2주제
 - 농업생태환경 모니터링 시스템 개발(서울대 박승우 교수)
- 15:00-15:10 휴식
- 15:10-15:40 제3주제
 - 지역단위 영농형태별 생태계 및 수질영향 평가(농과원 노기안 박사)
- 15:40-16:10 제4주제
 - 친환경농업시스템 구축을 위한 정책프로그램 개발(농경연 김창길 박사)
- 16:10-17:30 종합토론
 - 정연만 국장(환경부 수질보전국)
 - 임문수 과장(총리실 수질개선기획단 평가관리과)
 - 이명규 교수(상지대학교 환경공학부)
 - 정황근 과장(농림부 친환경농업정책과)
 - 윤성이 교수(동국대학교 생명자원과학부)
- 17:40- 만찬(참석자 전원)

제 1 주 제

비점오염원 관리를 위한 농업부문 총량관리제 도입방안

최 지 용(한국환경정책평가연구원)

1. 오염총량관리제 개요

1.1. 배경 및 경위

- 그간 각 종 토지이용규제와 환경기초시설 확충으로 공공수역의 수질이 개선되어 왔으나 만족할 수준의 성과는 미흡
 - 특히 규제미만 배출시설 난립과 배출원의 수와 규모 증가에 따라 수질목표 달성이 어려워진 반면, 규제를 둘러싼 상·하류 지역간 이해관계의 괴리와 마찰 심화
 - 1995년 단체장 선거를 통해 지방자치제가 본격화된 이후 지역개발 압력 증대 및 수자원 이용에 대한 지역 이기주의 팽배
 - 이에 정부는 4대강 물관리종합대책을 통하여, 배출허용기준 한도에서 개별 배출원을 제어하는 종래의 농도규제에 더하여 목표수질 한도에서 유역의 배출량을 관리하는 오염총량관리제 도입
- ※ 한강대책: '98. 11. 20, 낙동강 대책: '99. 12. 30, 금강대책 및 영산강·섬진강대책: '00. 10. 24 확정

- 동 제도는 지역과 배출원에 오염배출 총량을 할당하여 공공수역 수질보전, 수자원 이용과 관련된 지역간 분쟁 해소, 유역공동체의 경제적·환경적 형평과 상생을 꾀하기 위한 것임
- 한강수계수질개선및주민지원에관한법률('99.2.8 공포), 3대강별 수계물관리및주민지원등에관한법률('02.1.14 공포)에서 제도추진의 법적 근거 규정
- 한강수계오염총량관리계획수립지침('99.9.15), 3대강 수계 오염총량관리기본방침(낙동강 수계: '02.10.14, 금강, 영산강·섬진강수계: '02.11.6), 오염총량관리기술지침('02.11) 제정
- 3대강수계 오염총량관리 수계구간과 단위유역(총 96개: 낙동강 41, 금강 32, 영산강·섬진강 23개) 고시('02.10~11)
- 낙동강수계 광역시·도 경계지점 목표수질 고시('03.9.3), 금강·영산강수계 광역시·도 경계지점 목표수질(안) 수립('03.12)

1.2. 제도의 골자

- 한강수계는 “팔당호 상류수계의 원하는 자치단체에 한하여 시장 및 군수가 지역수질을 고려하여 총량관리계획을 수립한 후, 환경부장관의 승인을 얻어 실시”하는 임의제
- 낙동강 등 3대강 수계는 “오염총량관리를 통하여 지역의 환경용량 한도에서 지방자치단체가 환경친화적 지역 개발을 조화롭게 추진하여 수질목표를 달성”하는 의무제
- 3대강 수계 광역시·도 경계지점의 목표수질은 환경부장관이 고시, 시·도 관할 수계구간의 목표수질은 시·도지사가 환경부장관의 승인을 득하여 공고(시·도지사가 공고치 않는 경우 환경부장관이 고시)
- 제1차 오염총량관리기간의 대상물질은 5일 생물학적 산소요구량(BOD₅), 기준유량은 10년 평균저수량

1.3. 시행 일정

- 3대강 수계의 광역자치단체는 기본계획, 기초자치단체는 시행계획을 5년 단위로 수립하여 시행토록 하고 있으나, 제1차 오염총량관리기간에 한해 종료시점은 일률적으로 2010.12.31일로 하되 시행시점은 자치단체 규모 및 상수원 유역에 따라 단계적으로 구분

표 1. 3대강 수계의 오염총량관리 시행일자

시행일		낙동강수계	금강수계	영산·섬진강수계
광역시		2004.8.1	2005.8.1	2005.8.1
시		2005.8.1	2005.8.1	2005.8.1
군	상수원상류	2006.8.1	2006.8.1	2006.8.1
	상수원하류		2008.8.1	2008.8.1

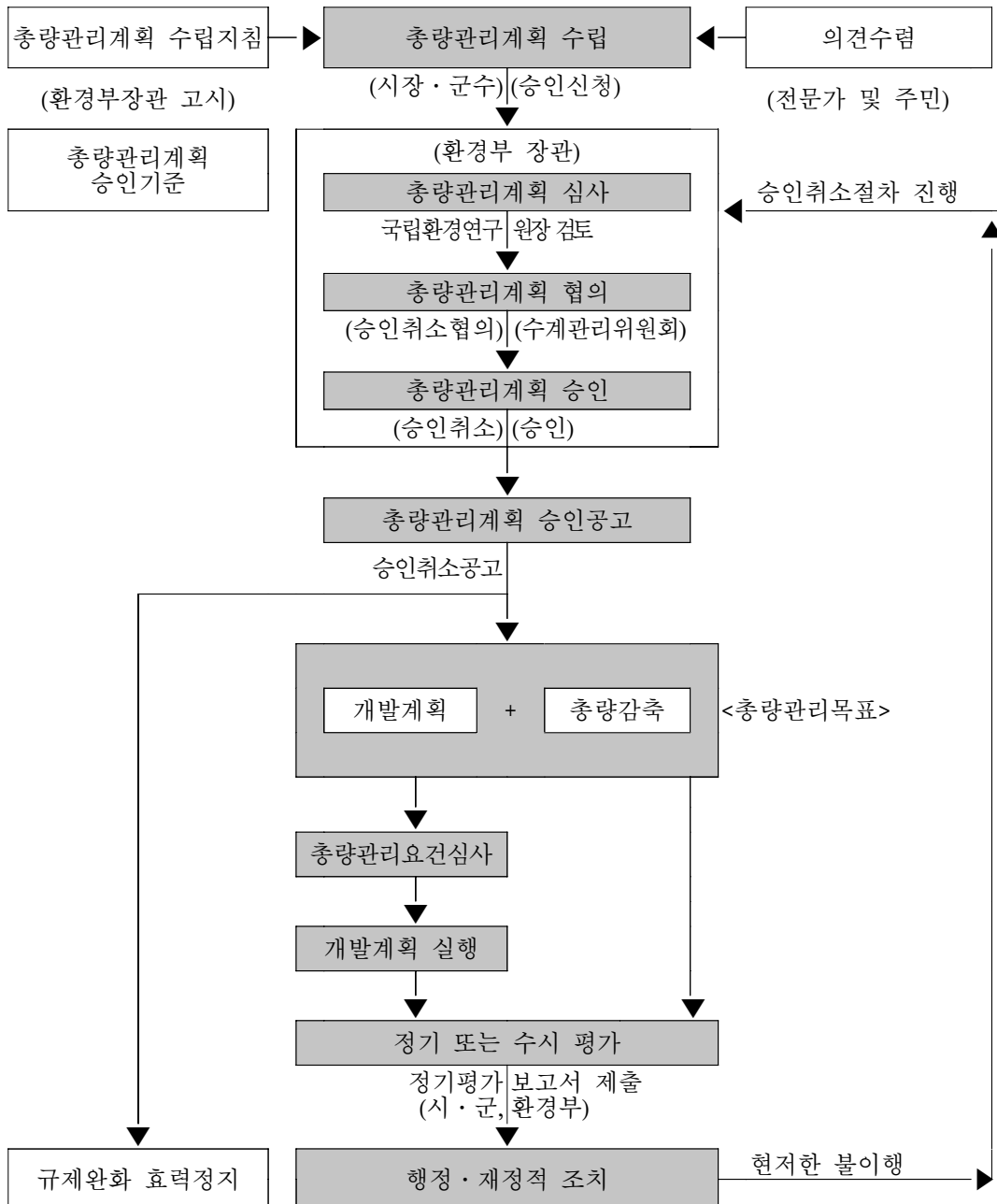
- 제2차 오염총량관리를 위한 대상물질은 '05년말, 기본방침 및 기술지침 등은 '06년말 확정하고, 이에 따라 기본계획은 '08년말, 시행계획은 '10년 9월말까지 수립토록 하고 있으며, '06년부터 제2차 오염총량관리 대상물질에 대한 모니터링을 실시할 계획임

1.4. 시행 체제

1.4.1. 한강수계

- 잠실수중보 상류의 대책지역에 한해 원하는 시장·군수가 지역개발계획의 구체적인 내용, 지역 내에서 발생하는 오염부하량의 총량 및 연차별 삭감계획 등이 포함된 오염총량관리계획을 수립하여 환경부장관의 승인 후 추진

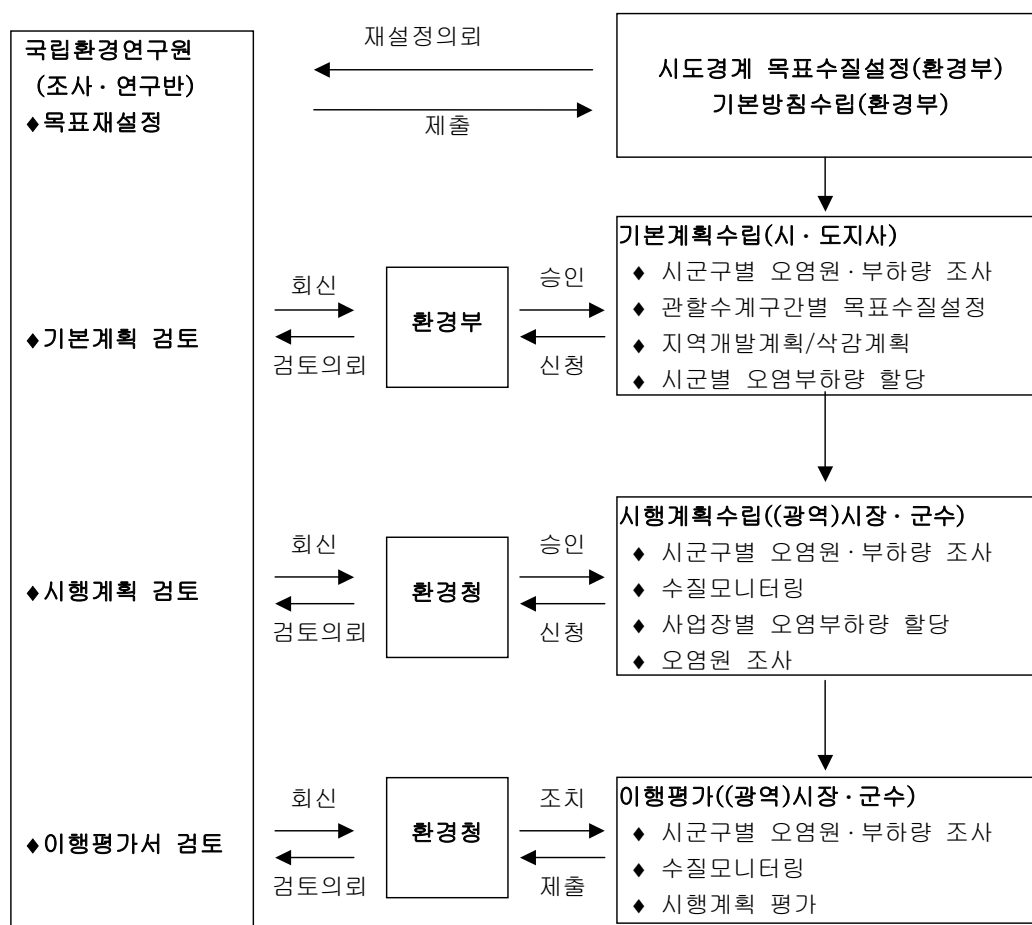
그림 1. 한강 수계 오염총량관리계획 수립·시행 절차



1.4.2. 3대강수계

- 수계구간별로 목표수질을 설정하고 목표수질을 초과하는 지역은 의무적으로 오염총량관리제를 실시하여 목표수질을 달성하도록 함
- 환경부장관은 시·도의 오염총량관리기본계획과 시·군의 오염총량관리시행계획 수립에 대한 기본방침을 수립하여 통보하며 그 주요 내용은 총량관리 목표, 대상물질의 종류, 오염부하량 할당, 오염부하량 산정방법 등

그림 2. 3대강 수계 오염총량관리계획 수립·시행 절차



- 시·도는 오염총량관리기본계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아야 하며 그 내용은 지역개발계획, 오염배출부하량의 총량 및 연차적 삭감계획 등이므로 이를 위해서는 유역환경과 오염원에 대한 기초조사 필요
- 시·군은 기본계획에 따라 시행계획을 수립하여 유역환경청의 승인을 받아 시행하여야 하며, 환경기초시설과 200m³/일 규모이상의 오·폐수 배출시설 등에 대하여 오염부하량과 배출량을 지정하는 구체적 계획을 수립하여야 함.

2. 외국의 오염총량관리 운영사례

2.1. 미국

- 미국은 1972년 청정수법(CWA, Clean Water Act)의 §303(d)항에서 기술기반(technology-based)의 배출수 기준을 준수했음에도 수체가 오염되는 경우 수질을 개선하기 위해서, 각 주로 하여금 오염된 수체를 규명하고 오염의 정도에 따라 순위를 정해서 계절적 변화와 불확실성을 반영한 안전율을 고려하여 수질기준을 달성할 수 있는 일최대총부하량(TMDLs, Total Maximum Daily Loads)을 설정케 함
- 수질기반(water quality-based)의 수질관리 도구로써 TMDL 시행계획의 수립이 본격화된 것은 1990년대부터이며, 이를 위한 TMDL 관련법령은 1987년과 1992년, 2000년 등 최근 꾸준히 개정되고 있음
- 미국환경청에서는 향후 20,000개의 손상된 수체에서 36,000개의 TMDL 계획을 이행하여 수질을 복원하는데 향후 10년에서 15년동안 매년 10억\$ 내지 43억\$가 소요될 것으로 추정

표 2. 미국의 TMDL 적용 수역의 수질관리 목표 및 대상물질

TMDL 적용 수역	관리목표	대상물질
South Platte River, Colorado, Denver	수질기준(용존산소)달성	NH ₃ , BOD, DO, 중금속, 독성물질
South Fork Salmon River, Idaho	연어서식지 회복	Sediments
West Fork Creek, Colorado	수질기준(중금속, 독성물질) 달성	중금속, 독성물질
Albemarle/Pamlico Estuary, North Carolina and Virginia	미적 가치와 생태계 보호	질소, 인
Minnesota River, Minnesota	수질기준 달성	BOD, NH ₃
Sycamore Creek, Michigan	수질기준 달성	Sediments
Boulder Creek, Colorado	수질기준(수생태계 보호)	암모니아, 질소, 인

- 미국의 총량관리에서는 일반적으로 점오염원에 대해서는 급성독성 영향 물질의 경우 1Q10(10년 빈도 1일 최소유량), 만성독성 영향물질은 7Q10(10년 빈도 연속 7일 최소평균유량)의 유량을 기준으로 일최대부하량을 할당하지만 비점오염원에 대해서는 하천의 유황조건에 따라 부하량을 할당하고 있음

표 3. 미국의 TMDL 적용 수역의 기준유량

주	주 오염원	기준유량
Colorado	도시개발 및 인구증가	7Q10 ¹⁾
	중금속 오염(폐광)	30E3 ²⁾ 와 7Q10을 사용
Idaho	유역개발에 의한 침전물	침전물 총량예측으로 기준유량미사용
Virginia	침식물과 영양물질(농업)	침전물 총량예측으로 기준유량미사용
North Carolina	농업, 임업, 도시지역	영양물, 침전물 총량산정으로 유량미사용
	농업, 도시지역	하구지역으로 미사용
Minnesota	농업	low flow(7Q10)
Michigan	농업	summer low flow(7Q10)
Delaware	농업, 도시지역	감조하천으로 미사용
Nevada	농업, 도시오염	과거 16년간 연평균 30일 low flow
Maryland	농업, 도시오염	low flow(7Q10)
	농업, 도시오염	low flow(7Q10), Average flow

주 1) 7Q10 : 10년 빈도 연속 7일 수문학적 저유량(hydrologically-based low flow)

2) 30E3 : 3년간 연속 30일 생물학적 저유량(biologically-based low flow)

2.2. 일본

2.2.1. 도입 배경 및 진행 과정

- 인구와 산업이 집중하여 오염이 심한 폐쇄성 수역(동경만, 이세만, 세또내해)이 종래의 농도규제 적용만으로는 수질이 개선되지 않음
- '78년 수질오탁방지법을 개정하여 '79년부터 제1차 총량규제를 적용한 이후로 매5년마다 계획을 변경하여
 - '94년부터 '99년까지 제4차 총량규제를 적용하였으나 수질 문제 계속 발생
- 2000년부터 시행되는 제5차 총량규제에서 질소·인을 추가키로 하였으나, 아직 구체적인 시행방법과 시행시기를 정하지 못하고 있음

2.2.2. 실시 개요

- 총량규제 배출기준설정 및 기본방침 수립(총리대신)
 - 사업장에 대하여 기존시설과 신규시설로 구분하여 업종별 총량규제 배출농도기준을 최대값과 최소값으로 설정
 - 인구·산업 성장, 폐수처리기술수준, 하수처리율 등을 감안하여 실시 가능한 삭감목표를 정하고 기본방침을 5년마다 수립
 - 발생원별 및 도도부현별 부하량 삭감목표량을 제시
- 기본방침에 따라 총량감소계획 수립하여 환경청의 승인을 받아 시행(도도부현 지사)
 - 해당지역내 개별사업장에 대하여 배출농도기준(환경청 기준이내)과 배출유량을 지정하여 COD배출량(지정된 농도×배출유량)을 할당하고, 오염부하량 측정 기록 의무를 부과
 - 생활계 오염부하량 삭감을 위해서 하수처리율 제고 및 처리방법 개선 등에 의한 삭감
 - 하천오니 준설, 초기우수 저류조 설치 등 환경개선사업 추진

3. 총량관리에서의 비점오염원 역할 및 농업부문 적용방안

3.1. 오염원그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분

- 총량관리에서 오염원산정은 점오염원과 비점오염원으로 구분하여 산정하고 있다. 오염원 그룹은 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 등으로 구분하여 산정한다. 구체적인 그룹별 구분은 다음 <표 4>와 같다.

표 4. 오염원 그룹별 점 및 비점오염원 구분

오염원그룹	비점오염원
생활계	가. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 생활계 누수
축산계	가. 개별배출수: 개별축사로부터 자원화 처리 또는 미처리되어 농지에 살포된 후 주로 강우에 의존하여 배출되는 고형물 성상의 축산계 배출수 나. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 축산계 누수
산업계	가. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 산업계 누수
양식계	가. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 양식계 누수
토지계	가. 개별배출수: 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수 나. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 토지계 누수
매립계	가. 개별배출수: 침출수처리시설을 갖추지 않은 비위생매립지로부터 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 관거누수: 관거로부터의 누수 중 매립계 누수

3.2. 토지계 비점 발생부하량 산정

- 토지계의 발생부하량은 유량과 수질을 연속 측정하여 수문곡선(hydrograph)과 오염부하곡선(pollutograph)을 도출하고 이로부터 월별 부하량을 산정한다. 지역의 특성에 따라 유역내 전체 토지계를 구획하여 조사하는 것을 원칙
- 제1차 오염총량관리 기간에 한하여 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하 원단위 및 강우배출비를 적용하여 다음의 산식으로 월별 발생부하량을 개략적으로 산정할 수 있다.

- 토지계발생부하량 = $\sum(\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위} \times \text{강우배출비})$
- 강우배출비 = $0.1 + 0.9 \frac{\text{연간일수}(=365,366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수}(=28,29,30,31)}$
- 월유효강우량비 = $\frac{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 월합계}}{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 연합계}$

표 5. 토지계 지목별 연평균발생부하원단위

(단위: kg/km² · 일)

지목	BOD	T-N	T-P
전	1.59	9.44	0.24
답	2.30	6.56	0.61
임야	0.93	2.20	0.14
대지	85.90	13.69	2.10
기타	0.960	0.759	0.027

- ‘전’은 지목별 면적중 전과 과수원을 포함
- ‘대지’는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함
- ‘기타’는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지를 포함

3.3. 삭감방안

- 비점오염원 저감시설의 설치: 도시지역내 우수토실 또는 지천과 경안천 본류의 합류지점 등에 점축산화지, 저류지 설치
- 대지면적 증가억제
- 기타 삭감방안
 - 시가화 지역에 저류지 설치하여 초기강우에 의한 비점오염원 침전처리후 방류
 - 강우시 합류식관거미처리 방류 유량을 처리하기 위해 하수처리장 유입전에 저류지 건설
 - 농업지역 비점오염원 최소화 : 친환경농법 확대, 습지정화시설 설치 및 자연정화방법에 의한 질소, 인 제거

- 자연형 오수정화지 건설 : 오수가 하천으로 유입되기 전 자갈, 갈대숲 등 자연적으로 정화가능한 정화지 건설
- 축산농가 비점오염원 대책 : 강우시 축사에서 오염물질이 배출되지 않게 운동장 지붕설치, 퇴비사 덮개 설치
- 나대지 피복 등에 의한 삭감

4. 농업지역의 총량관리제 도입방안

- 정부는 향후 10년간 농촌을 쾌적한 생활공간, 효율적 생산공간, 안정적 복지공간으로 바꾸는 농촌종합대책을 수립
- 또한 친환경농업 실천을 통한 농촌 및 농산물의 환경성 제고를 위해서도 많은 노력을 하고 있음
- 한편 수질환경관리를 위해서도 3대강에 의무적인 총량관리 시행이 추진되고 있으며 한강의 경우도 임의제에서 의무제로 전환 추진
 - 농촌은 도시보다 비교 우위에 있는 것이 깨끗한 환경이며 이를 확보하지 않고 서는 농촌이 존립할 수 없음
 - 총량관리는 국토의 85%를 차지하는 농촌지역을 방치하고서는 환경개선 목표달성은 불가능 함
 - 따라서 농촌의 존립과 국토환경개선을 위해서도 총량관리의 농촌지역 실시는 큰 의의가 있음

4.1. 농업지역 총량관리 필요성

4.1.1. 수질총량관리제 실행수단 강화

- 기존의 총량관리 시행 계획은 대상지역이 너무 큰 규모 임
 - 시행계획이 시군 단위를 기반으로 하기 때문에 규모가 너무 커서 효과적인 농촌지역 관리 곤란

- 친환경농촌마을 조성은 주민의 참여가 필수적이고 유역이 커질수록 대중의 참여를 이끌어내기 곤란
- 총량관리에서의 비점오염원 삭감은 정부의 시설투자도 중요하지만 주민의 참여를 통한 삭감이 필수적임
 - 따라서 농촌지역의 경우 지역 주민이 총량관리 계획 과정에서 직접 참여토록 하여야 함.
 - 지역 의식을 결여한 몇몇의 전문가와 기술자들만이 참가해서 계획을 완성 했을 때, 이것은 지역 주민들의 이해를 결여할 수 있음
 - 전문가에게만 과도하게 의존할 경우 지역 사람들이 총량계획을 이해하지 못하는 것을 의미할 수 있고, 그 결과 총량관리 계획에서 지역의 참여가 저조할 수 있음
- 현재의 총량관리제도하에서 오염원 삭감이 점 오염원 삭감 위주로 이루어 질 수밖에 없으며, 농업지역의 자발적인 참여 필요
 - 점오염원 삭감계획은 계획시부터 인정되나, 비점오염원은 삭감인정을 위한 시간 소요되어 적극적인 대책 수립에 한계가 있고, 비점오염원 삭감을 위한 투자비에 대한 저감 효과 검증을 위한 자료 부족
 - 비점오염원은 시설을 통한 삭감에는 한정이 있으며, 주민이 오염발생시부터 참여하지 않고서는 수질개선 효과를 발휘할 수 없음
- 국토 환경관리는 국토의 85%에 달하는 농업지역의 토지이용 관리가 가장 핵심적 사항임
 - 대부분이 도시적 토지이용에 대해서만 관심을 두고 있으며 추후 도시적 토지이용의 변화에 대한 사항에만 중점을 둠
 - 농업은 수환경을 근원을 형성하는 지역으로 이에 대한 정확한 원인 파악과 적극적인 관리방안 모색 필요

4.1.2. 도입시 이점

- 친환경농업의 가장 기본적이고 현실적인 실행목표 및 성공 여부를 판단할 수 있는 지표는 맑고 깨끗한 수자원이 될 것임

- 따라서 친환경 농업지역의 수환경 목표를 설정하고 총량관리를 실행할 경우 농촌 환경의 획기적 관리수단이 될 것임
- 물론 현재도 수질기준을 초과하는 지자체의 경우, 시행계획을 수립토록 되어 있으나 대부분의 오염 삭감량 할당이 점 오염원 중심으로 이루어질 것임
 - 그러나 농업 유역에서 자발적으로 총량관리 목표를 설정하고 관리할 경우 오염관리가 훨씬 효율적으로 수행가능
 - 현실적으로 점 오염원관리 만으로는 수질개선이 어렵다는 것이 증명되고 있는 이 시점에 농업지역에 총량관리 계획을 수립할 경우 환경정책을 선도할 수 있고, 친 환경기반 구축 사업으로 가장 바람직 함
 - * 총량관리는 점 오염원배출규제를 통해 수질목표 달성하지 못했을 경우 비점오염원 관리를 위해 가장 효율적인 제도
- 따라서 농촌지역에서 총량관리계획을 도입할 경우, 농촌이 가진 자연 정화력을 제고시키는 사업을 추진 할 경우 큰 초기투자비나 운영비 없이 수환경 관리가 가능 함

4.2. 친환경농업과 연계한 농업지역 총량관리 제도 도입 방안

4.2.1. 수립 주체

- 기존의 오염총량관리제도에서도, 농업부문으로 인해 수질기준을 달성치 못하는 경우 발생할 경우 시장 군수는 시행계획을 수립하여 관리 할 수 있음
 - 시행지역으로 될 경우 당해 지자체 단체장이 소 유역으로 나누어 농업지역에 대해 총량관리계획 수립하여 집행 가능
 - 농업지역의 총량관리제는 주민이 자발적으로 수립하여 추진토록 지원하는 시스템이 바람직하며 강제적인 시행은 바람직하지 않음

4.2.2. 목표 달성 수단

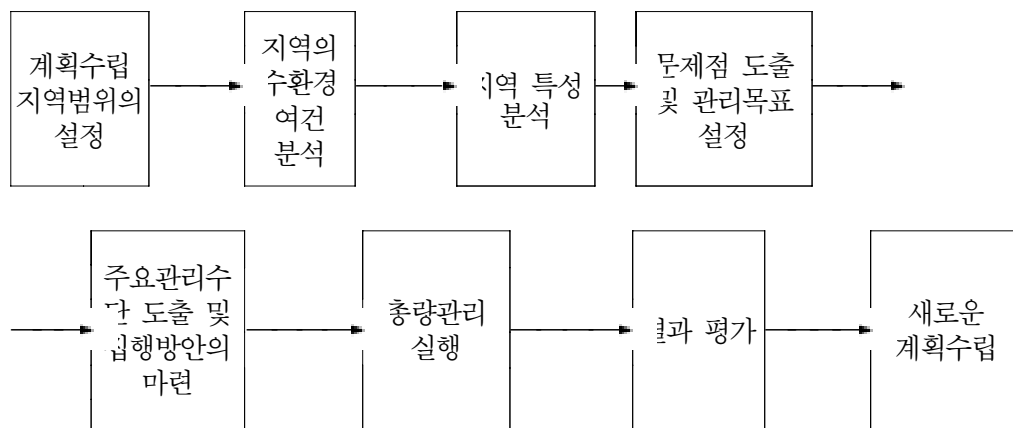
- 정부의 꾸준한 영농지도, 비점관리지도, 자연정화력 제고사업 등을 통해 수질개선 효과가 클 것으로 판단됨
 - 일부 축산 과밀지역의 경우 환경용량을 산정하여 적정량을 사육토록 하거나 또는 발생된 오염부하량을 타 수계로 이전 등을 통해 다양한 집행 수단 도입 가능

4.2.3. 구체적 시행방안

- 현 시군별 총량관리 계획서가 너무 길고 복잡하며, 이는 시군의 환경계획과 같은 역할을 하도록 하고 실제적인 시행계획은 소 마을별 관리계획 수립하여 집행하도록 하여야 함
 - 농촌의 총량관리 계획이 대중이 참여를 바탕으로 이루어져야 함
 - 주민이 직접 참여해 자გი지역의 논과 밭, 물의 흐름 등을 조사하여 기입하게 하고 오염원의 발생지점과 삭감방안에 대해 서로 논의하여 참여
 - 이해관계자들은 공통의 목표를 달성하기 위해서 함께 모여 총량 과정의 시작부터 함께 해야 하고, 특히 계획 과정에 참여해야 함
- 기존의 시군 총량시행계획은 점오염원 삭감 위주로 수립하여 집행하고, 농업지역은 환경부에서 추진하는 중소유역 수질보전계획 등을 통해 각 지천별 자발적인 총량관리계획으로 수립하여 시행 필요
- 농촌지역의 총량관리를 친환경농업과 연계하여 개발 필요
 - 최적 관리 대안과 시행 방법을 선택하고, 계획수립과 시행방안, 어떻게 결과를 평가할 것인가를 결정하는 것을 포함
 - 이해 당사자의 참여방안과 지금까지의 유역 상황, 그리고 미래를 고려해서 유역 관리의 목표를 정의
 - 목표는 환경, 생태, 영농 등에 이용할 수 있는 자원에 대한 바람직한 미래의 상황을 달성하는 것이어야 함

- 계획은 장기적으로 제시하고 이를 바탕으로 단계별 계획 수립
 - 장기적 계획이 없는, 단기적 계획들은 관리를 일관적이고 효율적이지 못하게 만드는 요소임
 - 농촌의 총량관리는 이용 가능한 유역의 자연, 경제, 사회적 특성을 평가한 자료에 기반하여 체계적으로 이루어져야 함
 - 계획은 분석을 위한 전략과 도구의 수집이 아니라 수질목표를 달성하는데 중점적인 농민들이 참여할 수 있는 구체적 수단을 담아야 함

그림 3. 농촌지역 총량관리 수립단계



5. 결론

- 환경의 중요성에 대한 국가적인 공감대가 형성되고 있는 가운데, 지속가능한 개발이 보편적인 가치로 자리잡아가고 있음과 동시에 전국적인 총량관리 시행을 목전에 둠
 - 농촌지역도 쾌적성(amenity)을 비롯하여 친환경적인 요소를 적극 도입하고 활용할 필요가 있음

- 친환경농업의 성공지표는 역시 깨끗한 물이 가장 중요한 지표이며, 수환경 개선을 통해 친환경농업의 성과를 가시적으로 나타낼 수 있음
- 농업부문에서도 수질, 토양오염 등 환경을 악화시키는 행위를 억제하고 적극적으로 환경정화를 통해 농촌지역을 풍요롭고, 생태적으로도 건강하게 가꾼다는 것이 농촌지역의 총량관리 목표가 될 것임

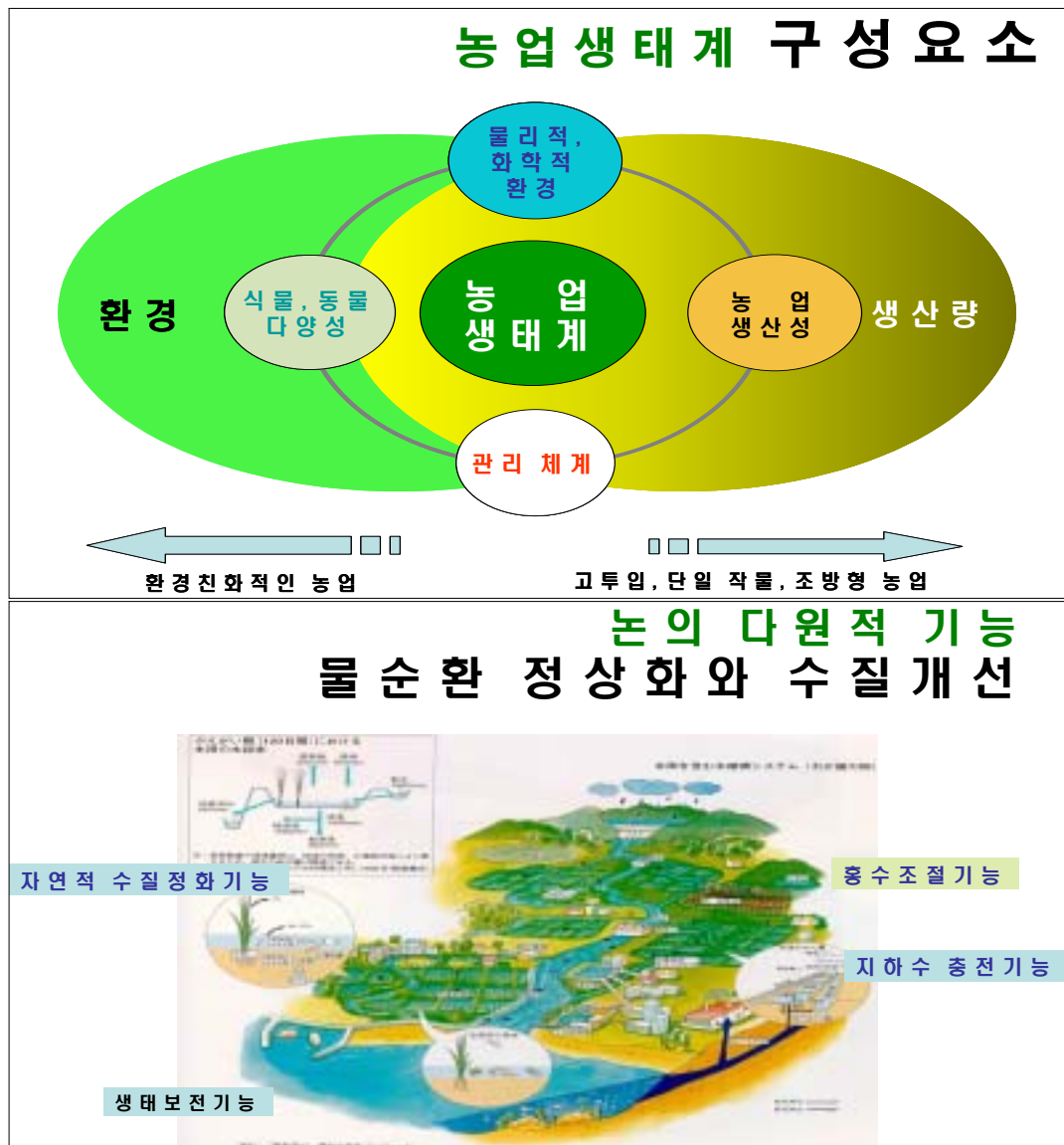
참 고 문 헌

- 국립환경연구원, 「총량관리제에서의 비점오염원 산정」, 오염총량관리시행계획 수립지원 워크샵, 2004
- 환경부, 「수질오염총량관리업무편람」, 2004
- 광주시, 「수질오염총량관리계획」, 2003
- 최지용, 「한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구 최종보고서」, 환경부, 환경정책평가연구원, 2000.
- 최지용, 오염총량관리제 효율적 시행방안, 한국환경공학회, 2001. 3.
- 최지용, 수질오염 총량관리제 특성 및 낙동강 추진체계, 제24차 국제환경문제심포지움, 2002.

제 2 주 제

유역 농업생태환경 모니터링

박 승 우(서울대학교)



논의 다원적 기능 지하수 충전

일본 Shirakawa (River)의 경우



- 관개기간 중 1백만 m³ 지하수 충전
- 하류 Kumamoto시 9십만 주민의 생활용수 공급

논의 다원적 기능 어떻게 생각하는가?

일본의 경우	전국	도시	평야	중산간
생물/생태환경의 보존 기능	19.1	2.4	18.5	18.4
경관 보존 기능	8.9	7.6	9.8	9.3
건강/휴양 기능	5.2	5.5	4.8	5.4
주거환경보존기능	2.6	2.6	2.8	2.4
수자원 확보/관리기능	19.4	19.1	20.1	19.0
기후완화 기능	6.1	6.4	6.1	5.9
수질개선 기능	15.8	16.5	15.5	15.5
토양보전/침식, 사태 방지 기능	10.9	9.3	11.1	12.3
대기 자정 기능	12.0	12.8	11.5	11.6

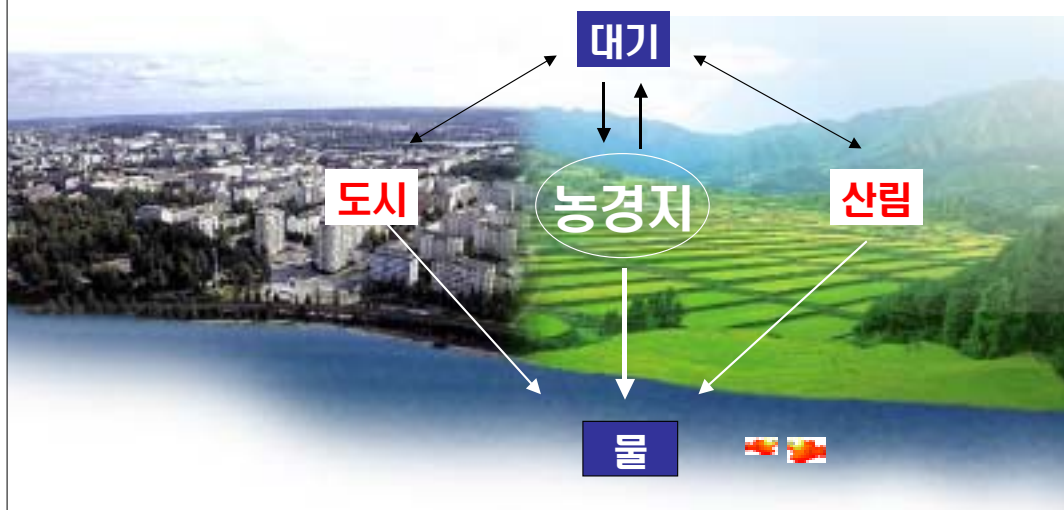
자료: Nakashima (2003)

논과 주변 생태계의 관계



• 논은 생태계 종다양성 유지에 중요한 역할을 담당

농업생태계, 주변생태계 수질오염 경로



지속가능농업 영농관리 - 농업생태계 개선



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1) Integrated Pest Management(IPM) | 6) Crop/Landscape Diversity |
| 2) Rotational Grazing | 7) Nutrient Management(INM) |
| 3) Soil Conservation | 8) Agroforestry |
| 4) Water Quality/Wetlands | 9) Marketing |
| 5) Cover Crops | |

농업생태계 모니터링/모델링 학제간 공동 연구

농업생태계에 구성요소

- 기상,수문 인자
- 지형, 토양, 토지이용, 배수체계 물리적 인자
- 농경지 동물, 식물 생태환경인자
- 경운, 시비, 농약살포 등 영농관리 인자
- 농경지 관개, 배수 및 수문순환 등 물관리 인자
- 하천, 토양 등 환경오염
- 지표생물 선정, 주변생태계와의 관계 등

유역 모니터링, 데이터베이스시스템 구축

유역수질모델링

농업생태계 모니터링 발안시험유역

발안시험유역 개요

- 위치 : 경기 화성 발안저수지
- 면적 : 29.8 km²
- 강수량 : 2개소+수원측후소
- 저수지 수위/방류량 : 2개소
- 관개량 측정 : 7개소
- 시험포장담수심/배수량 1개 구획
- 하천유량측점 : 7개소
- 수질측점 : 9개소
- 토양유실조사 : 1개소 (인접지역)
- 병원성 미생물 조사
- 농업생태조사 (식물/동물)
- 수서생태 환경 조사
- 산림/하천식생조사
- 영농관리조사 (비료사용량)



농업생태계 모니터링 수문/물관리 모니터링 개요



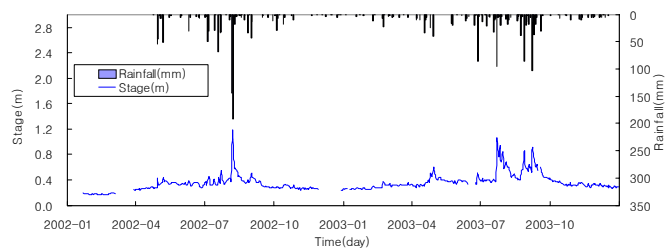
[발안유역도]

HP	#2	#6	#7	#14
면적 (ha)	2648.80	412.50	1068.75	506.25
형상 계수	0.1280	1.5620	2.2724	0.5184
유로장 (km)	14.40	1.63	6.95	3.13
최대기복량 (m)	316	246	246	266
기복량비	0.0220	0.0895	0.0354	0.0832
하천평균경사 (m/m)	0.0076	0.0178	0.0127	0.0218
하천빈도 (개/km ²)	0.8683	0.9697	2.3392	1.9735

유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 수문 모니터링(1)

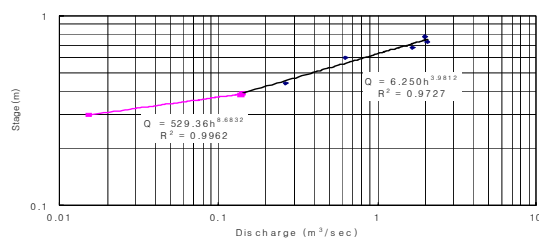


수문 자료 관측 광경

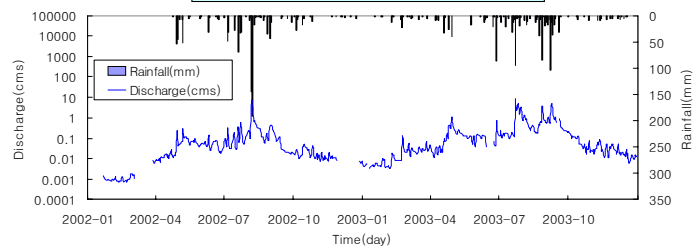


HP#07 수위 자료

유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 수문 모니터링(2)



수위-유량관계 곡선 (HP#07)



유량자료 (HP#07)

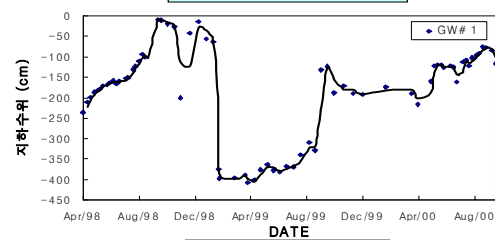
유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 지하수 계측망



[지하수위관측망]



지하수위 관측 광경

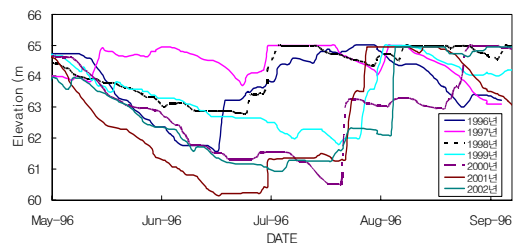


지하수위 변화

유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 관개량



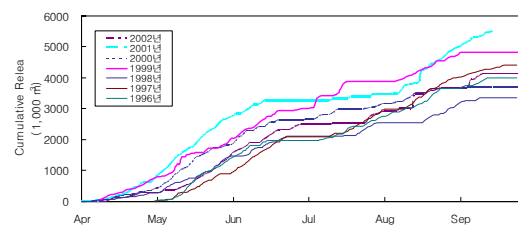
저수지 광경



기천저수지 수위 변화

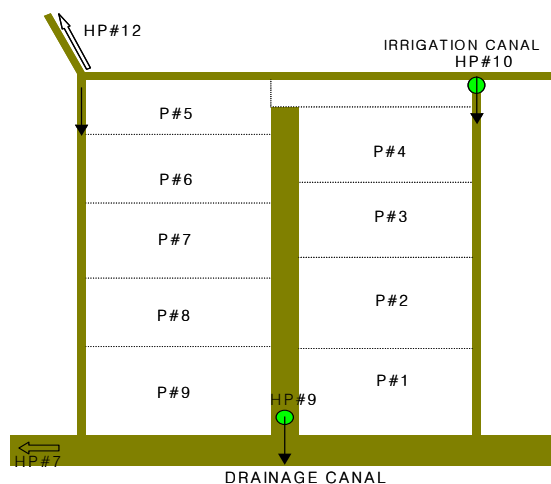


관개수로 유량측정



기천저수지 누가관개량

유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 포장물관리(1)



시험 지역의 용배수체계



관개량 측정



배수량 측정

유역 농업생태계 모니터링 수문/물관리 - 포장물관리(2)



물고 높이 측정

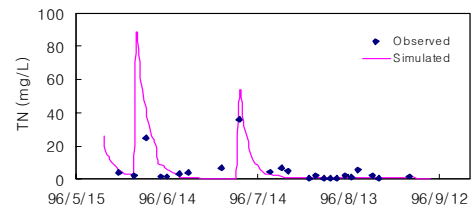
날짜	1996		2000	
	평균높이 (16 지구)	표준편차	평균높이 (8 지구)	표준편차
6/E	99	47	95	10
6/M	79	20	94	8
6/L	67	38	72	12
7/E	52	32	83	23
7/M	53	25	72	12
7/L	74	30	100	22
8/E	57	22	78	12
8/M	73	24	88	12
8/L	86	31	50	15

순별 물고높이 (1996, 2000)

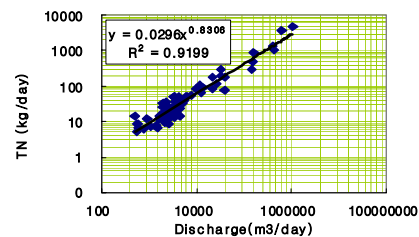
농업생태계 모니터링 논, 하천, 호소수질 - 1. 수질



수질 샘플링 광경



포장에서 수질변화(TN)

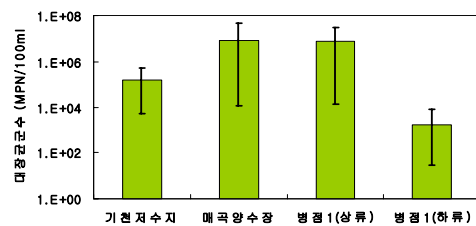


HP#6 유량-부하량 관계

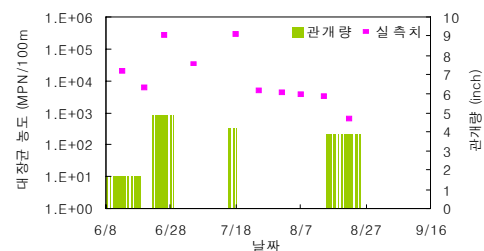
농업생태계 모니터링 논, 하천, 호소수질 - 2. 미생물

대장균 모니터링

- 주 기 : 유역(월 2회) 포장(월 4회)
- 하천측점 : 4개소(저수지포함)
- 포장측점 : 2개소
- 대비지구 : 기천저수지
(관개용수 수질기준 만족)
- 생활오수 오염지구 :
매곡양수장, 병점 상하류



대장균 군수 분석 결과(2003)



대장균 모니터링 결과(시험포장)

농업생태계 모니터링 밭 비점오염 - 유출/토양유실



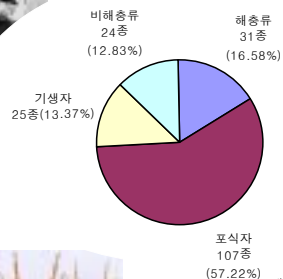
토양유실량 조사



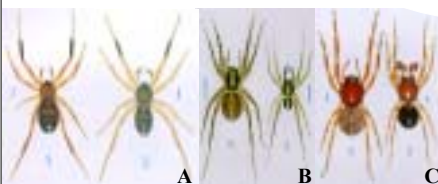
토양유실량 측정

- 조사항목
 - 영농/생육상황
 - 토양 함수량
 - 강우/유출량
 - 유사량
 - 영양물질 (TN, TP)
- CREAMS모델
- WEPP모델
- 토양수분 예측모델

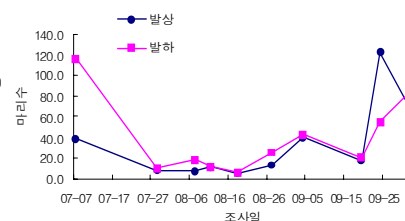
농업생태계 모니터링 곤충/절지동물생태

논에 서식하는 절지동물의
기능군별 종수 및 비율

A: 검정토시교마거미
B: 가시늑대거미
C: 십자삼지거미



전체 절지동물 밀도 변동



농업생태계 모니터링 주변생태 - 하천생태

위해식물 **귀화 식물종** **2003년도 새로 발견된 하천습지식물**

식물상

• 환삼덩굴 9과 21종 • 나도냉이 • 김의털

어류상

• 드렁허리 • 강준치 • 돌고기

※ 2003년도 새로 확인된 어류종
강준치, 돌고기, 쌀미꾸리, 메기, 드렁허리,
베스, 밑어, 얼룩동사리, 미꾸라지 9종류

양서파충류

• 두꺼비 • 참개구리 • 산개구리

※ 2003년도 새로 확인된 종 (두꺼비,
참개구리, 용개구리, 산개구리)

조류상

• 깍도요 • 뺨뺨도요 • 홍머리오리

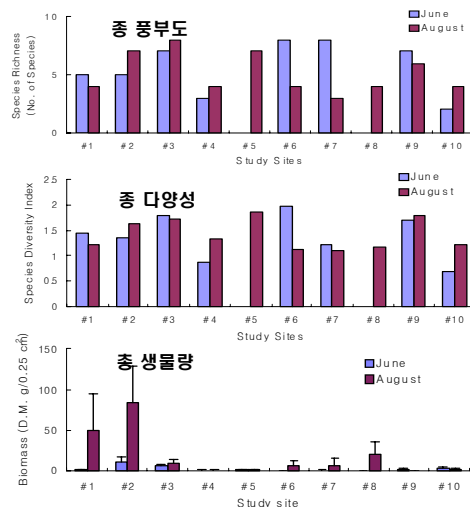
※ 2003년도 새로 확인된 조류종
깍도요, 뺨뺨도요, 홍머리오리

농업생태계 모니터링 주변생태 - 하천 식물

연구 조사 지점 선정

지점	표시	위치	하변폭 (m)
HS-5	#1	기천지 방류구 하류	10
HS-51	#2	기천지 농경지 근처	15
HS-52	#3	기천지 하류 농노다리	6
HS-4	#4	팔탄-기천지 다리 상류	9
HS-2	#5	발안지 방류구 하류	3
HS-21	#6	녹생토 진입 다리 상류	8
HS-22	#7	차량 통과가능지 상류	10
HS-23	#8	약수터 하류	10
HS-1	#9	구장교 상류	26
HS-1*	#10	HS-1 상류 사주부근	4

연구 지점별 종 풍부도, 종 다양성, 생물량 조사



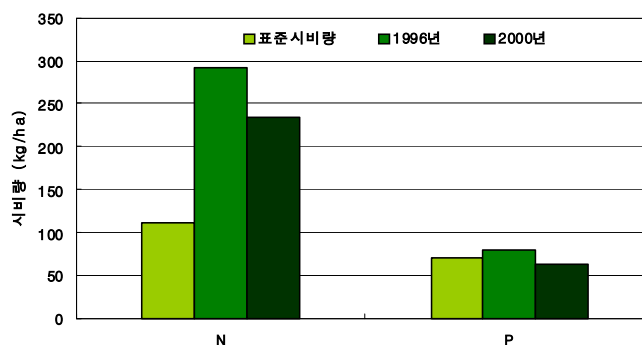
농업생태계 모니터링 주변생태 - 산림 식물



- 1: 저수지 2km외측 상수리 나무림
2: 저수지 2km외측 리기다소나무림
3: 저수지 0.5km이내의 상수리 나무림
3: 저수지 0.5km이내의 리기다소나무림

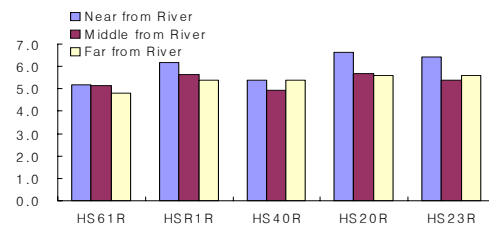
조사지		수관층위	종수
저수지 2km 외측	상수리나무림 (2차림; 5년생이상)	교목층(T1)	2
		아교목층(T2)	2
		관목층(S)	18
		초본층(H)	13
		종 수	35
	리기다소나무 조림지 (20년생이상)	교목층(T1)	3
		아교목층(T2)	6
		관목층(S)	12
		초본층(H)	11
		종 수	31
저수지 0.5 km 내측	상수리나무림 (2차림; 15년생이상)	교목층(T1)	3
		아교목층(T2)	5
		관목층(S)	18
		초본층(H)	14
		종 수	40
	리기다소나무 조림지 (20년생이상)	교목층(T1)	3
		아교목층(T2)	3
		관목층(S)	20
		초본층(H)	22
		종 수	48

농업생태계 모니터링 영농관리 - 비료/농약사용량

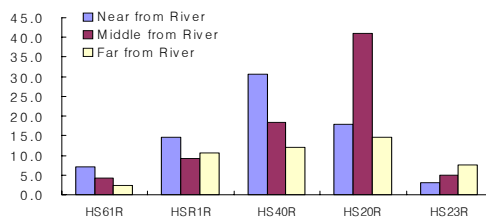


- 관개 기간동안 기비, 분얼비, 수비 등 세번에 걸쳐 비료를 살포함
- 시험 포장에 대해 질소와 인의 비료시비량을 표준시비량과 비교 분석함
- 질소의 경우 표준시비량과 우리나라 평균 시비량인 212.8kg/ha에 비해 많은 양이 시비됨
- 인의 경우 표준시비량과 비슷한 양이 시비됨

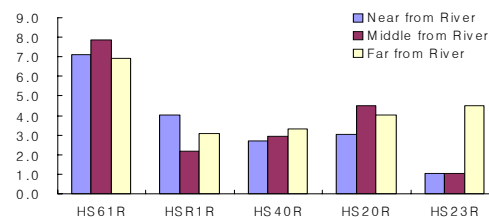
농업생태계 모니터링 토양 - 토양환경



측점별 pH 조사 결과



측점별 토양 수분 조사 결과

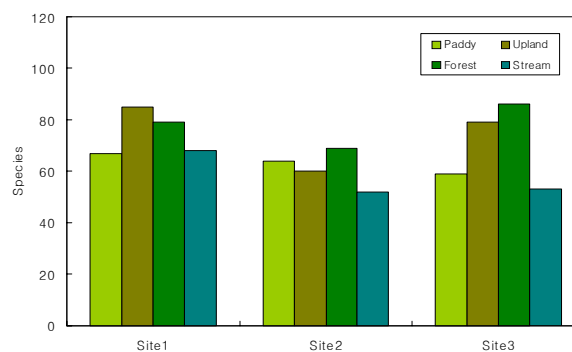


측점별 유기물량 조사 결과

농업생태계 모니터링 생물 종다양성 - 지표생물

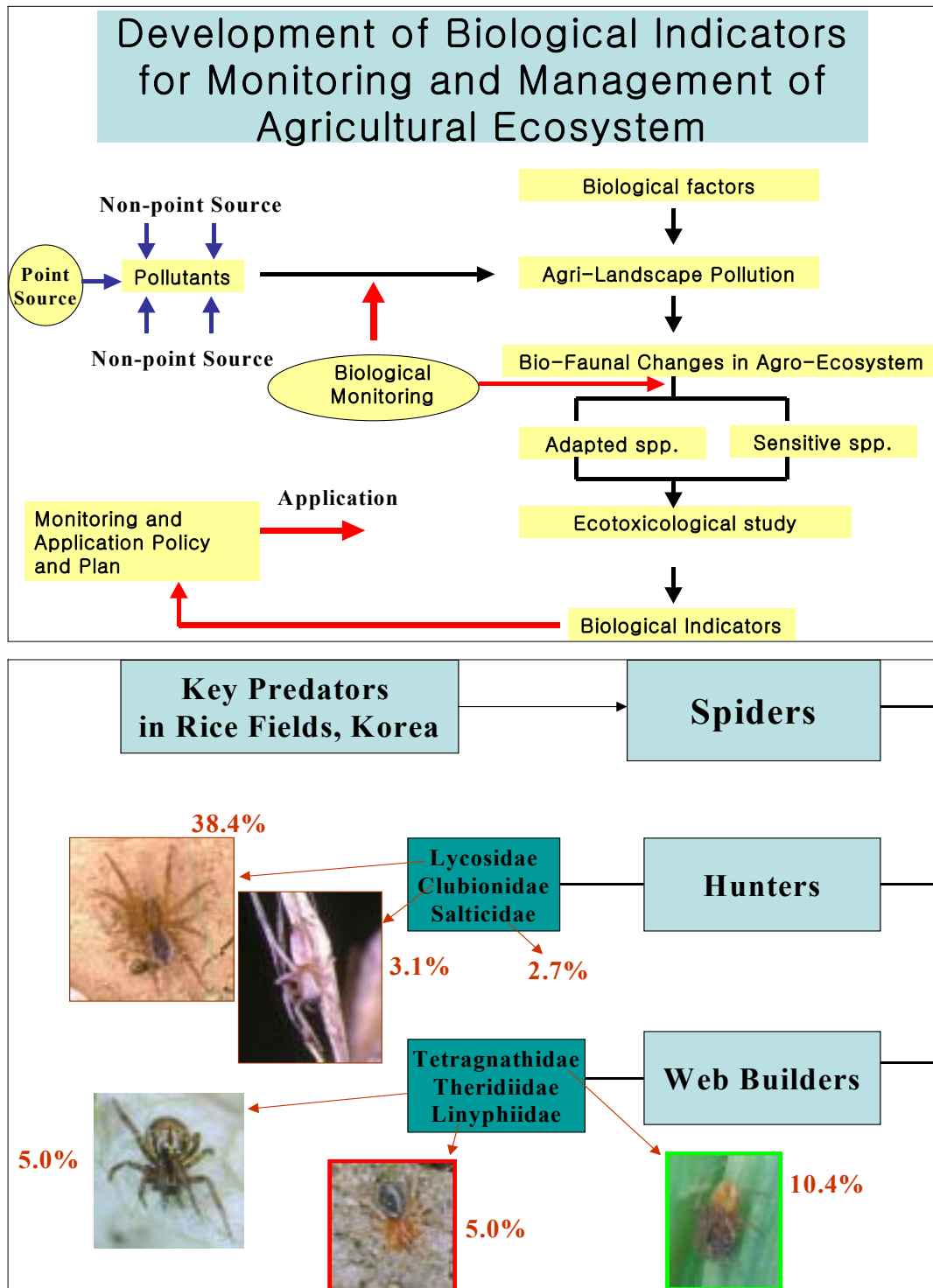


- 농업지역(site1), 공업지역(site2), 취락지역(site3)
- 각 사이트별 인접한 4개의 서식처 선정(논둑, 밭둑, 야산, 하천둑)



토지이용에 따른 지표생물 모니터링 구축

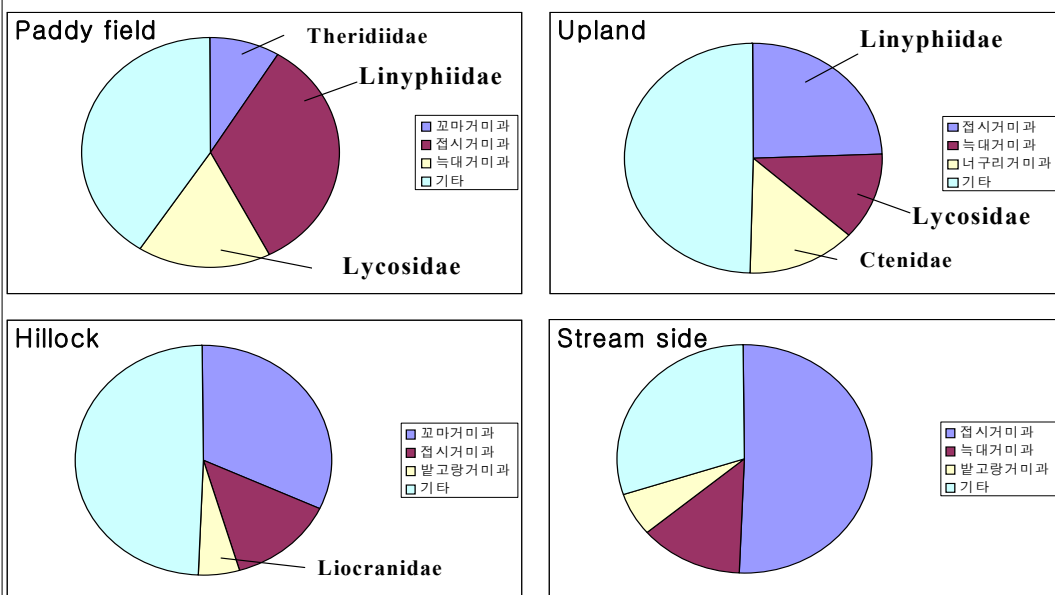
서식처에 따른 토양성거미의 종수 변화



지표생물 Study Sites



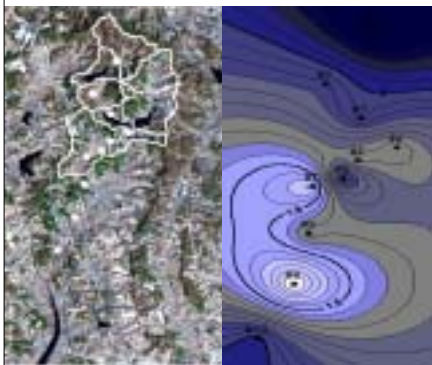
지표생물 Dominant Spider Families



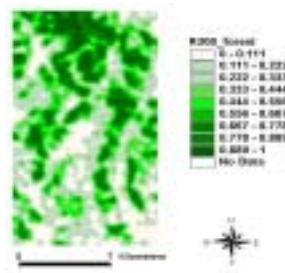
Similarities in Spider species among Ecological Habitats

		Agriculture				Industry				Village			
		논	밭	산	하천	논	밭	산	하천	논	밭	산	하천
		12	16	10	14	11	8	7	10	9	11	11	14
Agriculture	논	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	밭	0.5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	산	0.1	0.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	하천	0.3	0.3	0.3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Industry	논	0.4	0.4	0.1	0.4	*	*	*	*	*	*	*	*
	밭	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	*	*	*	*	*	*	*
	산	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	*	*	*	*	*	*
	하천	0.4	0.3	0.2	0.3	0.7	0.3	0.0	*	*	*	*	*
Village	논	0.9	0.3	0.2	0.3	0.6	0.4	0.0	0.5	*	*	*	*
	밭	0.4	0.3	0.2	0.6	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	*	*	*
	산	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.3	0.1	0.4	0.3	0.4	*	*
	하천	0.2	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.5	0.3	*

지표생물 지형, 토지이용의 영향



조사 위치별 지표생물지수



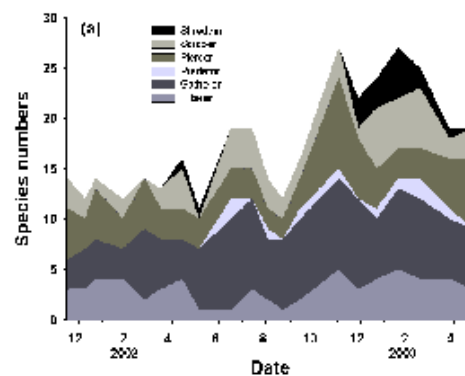
토지이용, 지형
영향인자의 예

지표생물의 시공간적 변화

- 시기별, 위치별 지표생물조사
- 상관성 분석
- 지형특성해석 및 영향인자 도출

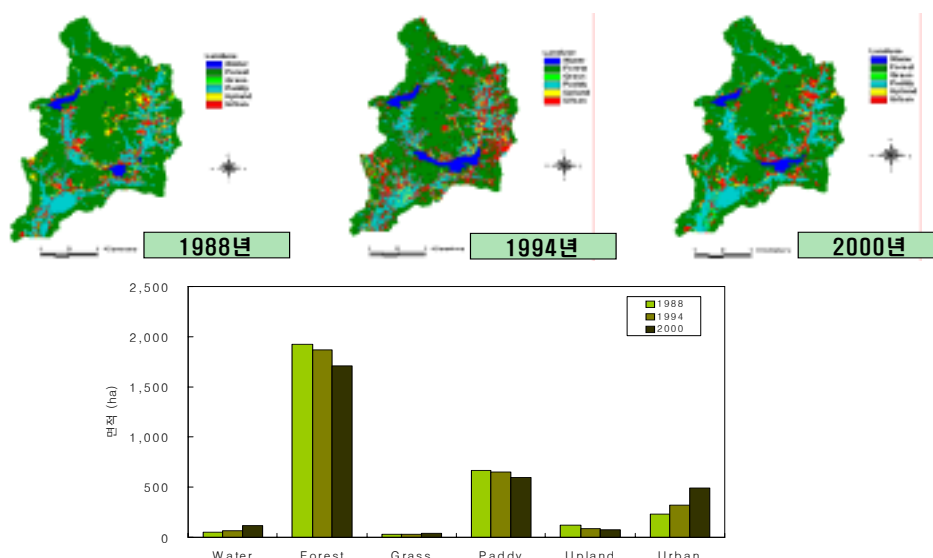
지표생물 수서생물지표-수질과의 관계

- 지표생물: 꼬마줄날도래
- 호소수질환경지표생물: 플랑크톤



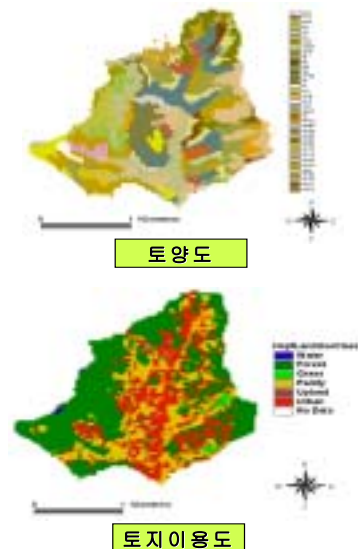
발안시험유역 섬식기능군별
출현종수

농업생태계 모니터링 토지이용 - Remote Sensing



농업생태계 모니터링 지형자료 구축 - GIS data

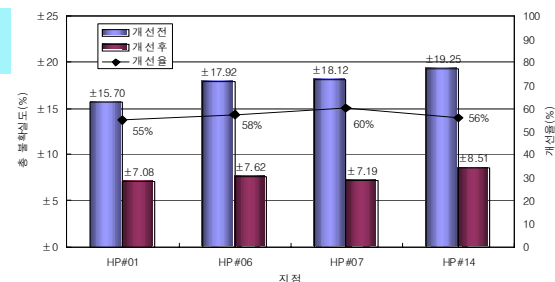
- 기본자료 구축
 - 국립지리원의 NGIS 1/5000 수치지도
 - 농촌진흥청의 1/25,000 정밀토양도
 - Landsat-5 TM 위성영상 (1996, 1998년)
- 주제도 구축
 - 수치지도 -> DEM, 하천도, 유역경계도
 - 정밀토양도, 유역경계도 -> 토양도
 - 위성영상, 유역경계도 -> 토지이용도



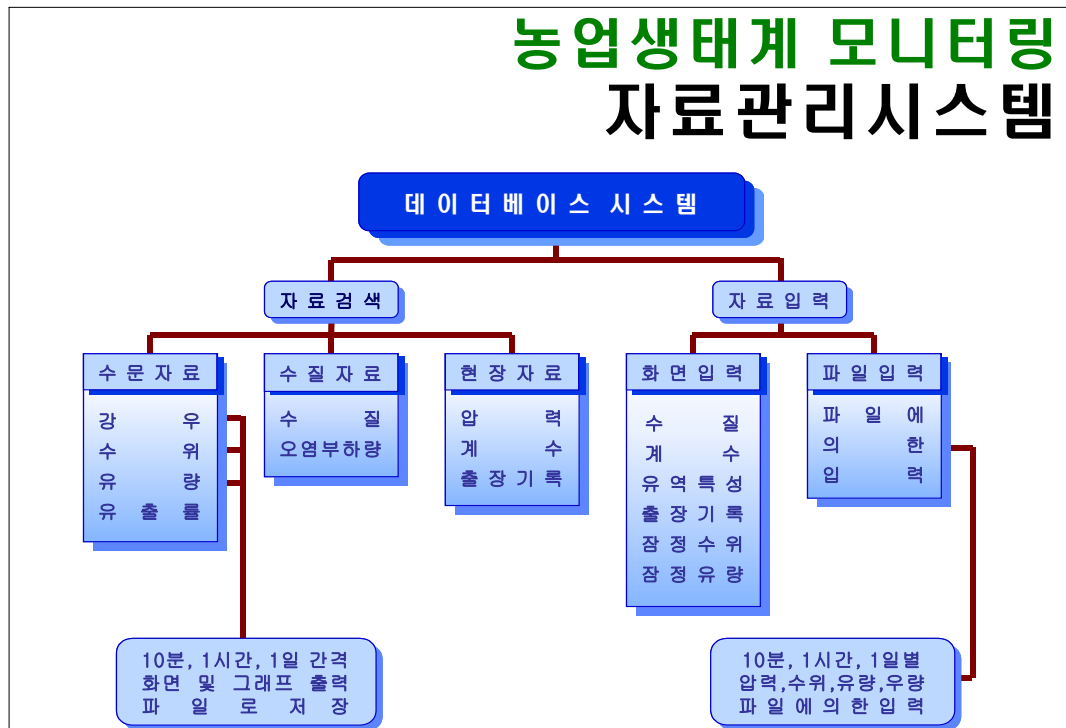
농업생태계 모니터링 자료 품질관리 (QA/QC)

- 수문자료의 불확실도 구성 요소
 - 하폭, 수심, 유속측정 불확실도
 - 평균유속 추정 및 유량계산시 발생하는 불확실도 [유속계 측정시간, 유속 측선수, 측선당 측정수, 유속계 검정]

수문자료 불확실도 개선



농업생태계 모니터링 자료관리시스템



농업생태계 모니터링 자료관리시스템

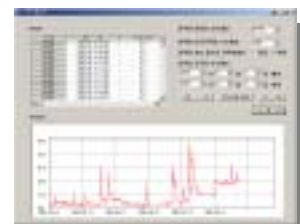
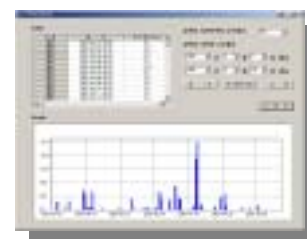
유역 수문/수질 자료 수집



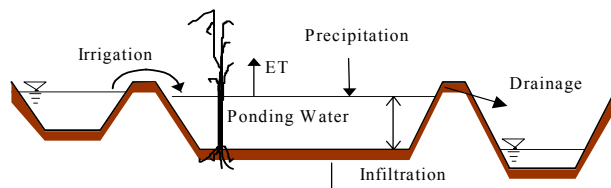
수문/수질 자료 입력



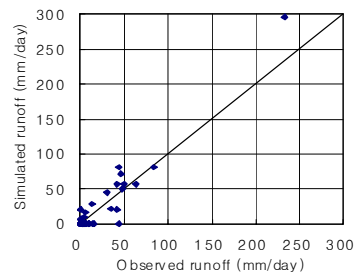
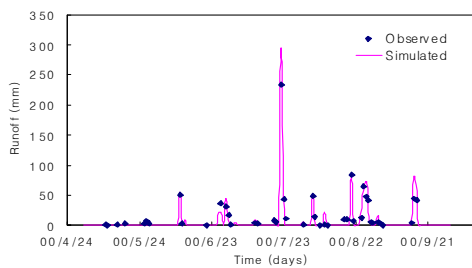
수문/수질 자료 검색 및 출력



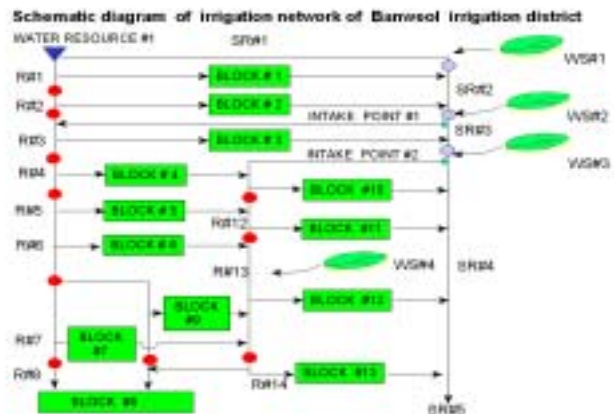
유역 수문모델링 포장 물수지 모델링



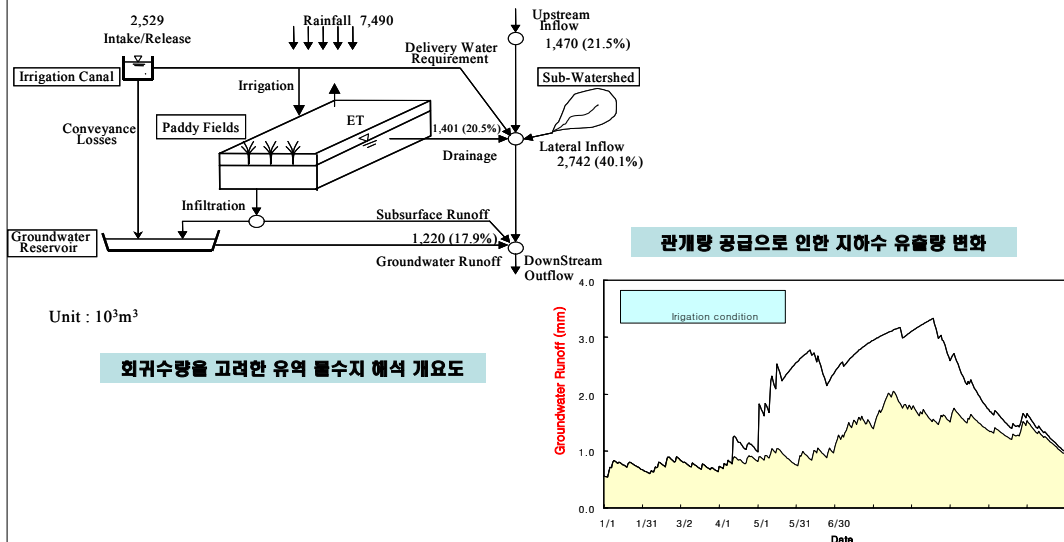
논에서의 수문순환



유역 수문모델링 관개조직 모델링



유역 수문모델링 회귀수량 모델링



비점오염 모델링 논(포장) 물질수지 모델링

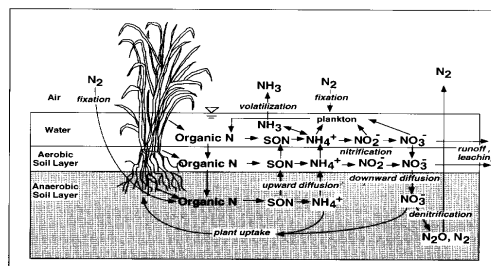
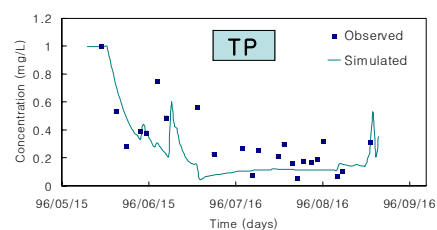
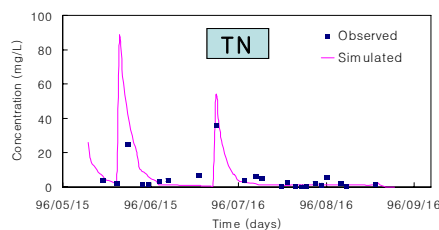


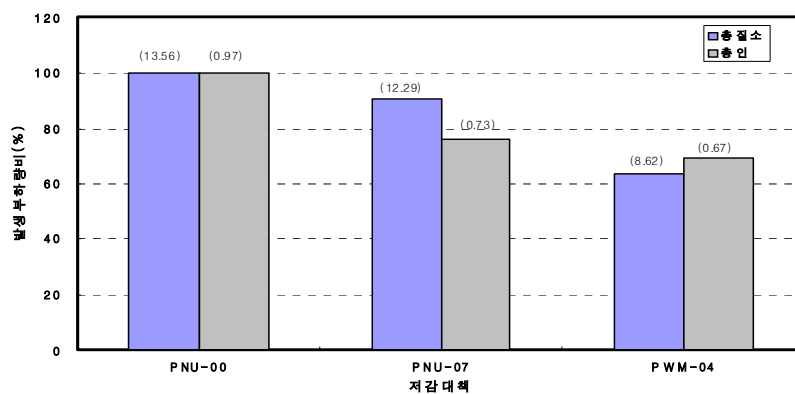
Figure 5-8. Nitrogen transformations in wetlands. SON indicates soluble organic nitrogen.

담수 상태에서의 물질수지



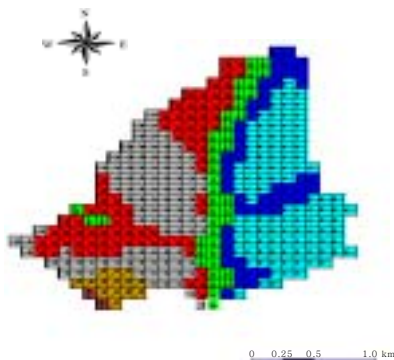
비점오염 모델링 논 물질수지 모델링

- 논 물질수지 모델링 CREAMS-PADDY
- 영농관리(시비량 삭감, 담수심 변화)에 따른 논 오염부하량 변화

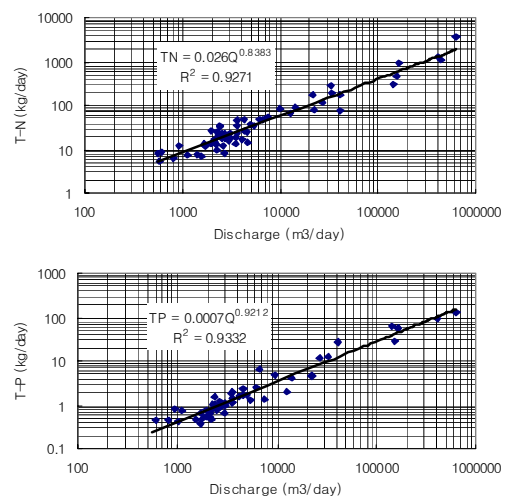


비점오염 모델링 [폭우사상] 유역 비점오염 모델링

- 폭우사상 비점오염 모형의 적용
- AGNPS 모형
- 폭우시 유역 비점오염 부하량 추정



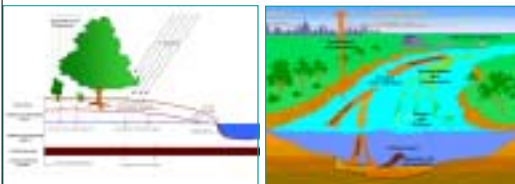
모형의 흐름방향도



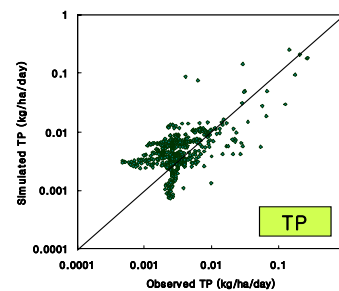
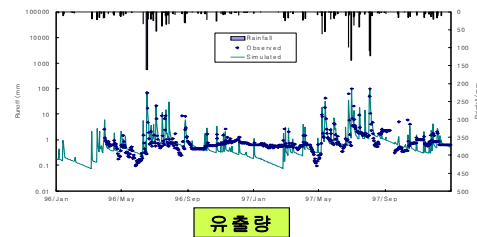
모형의 적용결과 (TN, TP)

비점오염 모델링 유역 비점오염 모델링

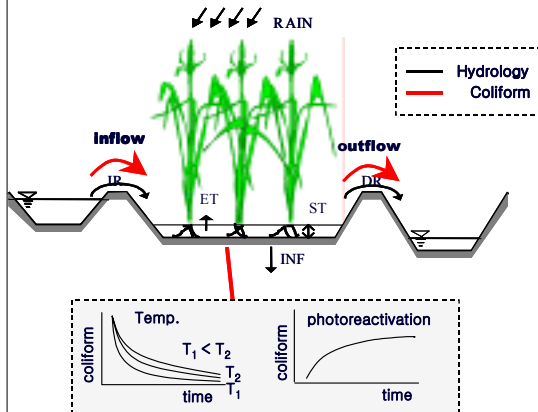
- 농업유역 비점오염 모형의 적용
 - HSPF 모형
- BMP등에 따른 유역 비점오염 저감효과 분석



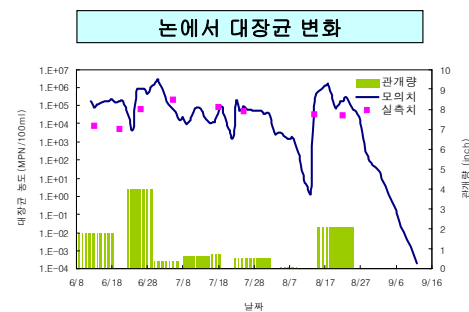
유역단위 수질모델링



비점오염 모델링 논-미생물 모델링



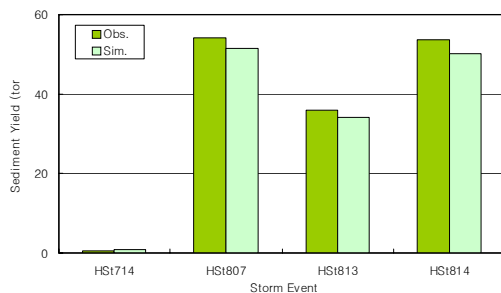
논에서의 대장균 Fate 모델링



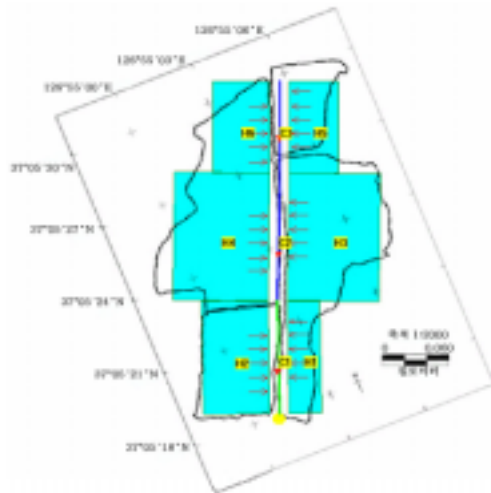
비점오염 모델링 밭 - 토양유실/비점오염 모델링

WEPP 모형

- 물리적 기반의 process-based 침식 모형
- 경사지에서 지표유출에 의한 토양유실 및 퇴적, 수로에서 집중류에 의한 토양유실 및 퇴적, 수리구조물에 의한 유사퇴적 예측



토양유실량 추정결과



모형의 적용

US EPA EMAP

Environmental Monitoring and Assessment Program

생태자원 현황 지표의 모니터링을 통해

- 생태자원의 현황, 규모 및 지리적 분포 파악하고,
- 이들 자원이 어디에서 어떤 정도로 개선/악화되는 지,
- 부정적 변화의 원인은 무엇인지?
- 다양한 개선계획에서 예상하는 정도나 수준의 생태계 부정적 영향이 나타나고 있는지?

US EPA EMAP

생태환경지표

미국 환경성의 생태계 현황지표:

- **반응지표 (Response Indicators)**
인간활동 스트레스에 대한 생태계 반응 정도
병해충정도, 오염물질 민감 생물의 상태,
유용생물상태, 생물다양성
- **노출지표 (Exposure Indicators)**
생태계가 오염물질, 서식처악화, 기타 악조건에
노출되었는지를 나타내는 지표
대기오염정도, 동식물 세포내 독성물질량, 서식조건
- **스트레스지표 (Stressor Indicators)**
환경 스트레스로 알려진 사회경제적, 인구, 규제수단 등의 계수
석탄생산량, 인구수, 농약사용량, 오염 배출원, 토지이용

농업생태계 모니터링/모델링 맺는 말

- 농업생태계: “농업생산의 극대화를 목적으로 인위적인 보조 에너지가 투입되는 생태계”, “논, 밭, 과수원, 초지 등의 경지에서의 생태계”
- 면적규모로 23%를 차지
- 다원적 기능 (multifunctionality): 농산물 생산 + 환경보전기능
- 관리기법에 따라 심각한 영향
- 인접 생태계 (도시, 산림, 하천/호소)와 밀접한 상호 관련성
- 모니터링/모델링-생태환경 분석의 도구

제 3 주 제

지역단위 및 영농형태별 농업환경영향평가

노 기 안(농업과학기술원)

1. 일반현황

1.1. 우리나라 농업의 발전과정

'60년대	적박한 토양 비옥도 증진	○ 비료, 농약 사용량 증대
'70년대	식량증대	
'80년대	국민 식생활문화 고급화 부응	



- 농경지 염류집적에 의한 생산량 감소
- 토양 및 농산물오염에 의한 생태계 파괴
- 농경지 영양분에 유출에 의한 하천수질 오염



'90년대 이후	○ 농업의 지속가능성, 친환경농업 및 환경보전에 대한 요구 증대 ○ 소득증대에 따른 안전농산물에 대한 요구 증대
----------	---

1.2. 친환경농업의 개념

- 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산성을 지속 가능케 하는 농업 형태로서 농업생산 성의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 농업

1.3. 친환경농업의 올바른 추진 방향

- 농업생산의 지속적 안정성 확보

- 저투입·안전농산물의 생산기술 체계화
- 지역 내 부존자원(양분)이용 극대화, 물질순환기능 활용 및 환경부하 극소화
- 지역의 환경특성 및 농업의 공익적 기능(환경 보전기능) 활용 극대화

2. 농업환경영향평가의 필요성

- 농업과 농업환경보전을 위해 자연생태계의 물질순환과 농업의 공익적 기능의 종합적 분석·평가가 필요
- 농업환경의 종합적 평가를 바탕으로 영농방법, 수계, 지역의 특성에 알맞은 친환경농업기술 및 실행프로그램 개발이 요구됨

3. 농업환경영향평가

3.1. 우리나라의 환경영향평가 제도

3.1.1. 환경영향평가 목적

- “환경영향평가 대상사업의 사업계획을 수립·시행함에 있어서 미리 당해 사업이 환경에 미칠 영향을 평가·검토하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발이 되도록 함으로써 쾌적한 환경을 유지·조성함을 목적”

※ 환경보전을 위한 개발행위의 제한

3.1.2. 환경영향평가 대상사업(17분야)

- 도시개발, 산업입지 및 공업단지 조성, 에너지개발, 항만건설, 도로건설, 수자원 개발, 철도건설, 공항건설, 하천개발, 매립 및 개간, 관광단지 개발, 체육시설, 산지개발, 특정지역개발, 폐기물·분뇨처리시설설치, 국방·군사시설, 토석·광물 등의 채취

3.1.3. 환경영향평가 검토항목 및 항목별 주요 평가 내용(3개 분야, 23개 항목)

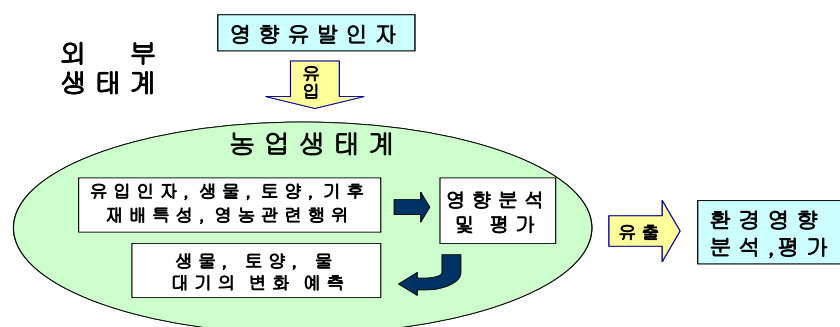
- 자연환경 : 기상, 지형·지질, 동·식물, 해양환경, 수리·수문
- 생활환경 : 토지이용, 대기질, 수질, 토양, 폐기물, 소음·진동, 악취, 전파장해, 일조장해, 위락·경관, 위생·공중보건
- 사회·경제환경 : 인구, 주거, 산업, 공공시설, 교육, 교통, 문화재

※ 농업부분은 평가내용에 없음

3.2. 농업환경영향평가의 목적

- 주변 환경이나 영농활동이 농업과 농업생태계 또는 주변 환경에 미치는 영향을 사전에 조사·분석·평가·예측함으로써 농업과 환경에 부정적인 영향은 제거 또는 경감시키고 긍정적인 영향을 확대시키기 위한 적절한 방법을 제시하여 건전한 환경과 생태계를 보전하고, 지속가능한 농업이 유지되도록 함을 목적으로 한다

3.3. 농업환경영향평가의 대상



3.3.1. 농업(관련사업 포함)행위에 대한 영향 평가

: (다른 분야의 환경영향평가와 동일)

- 농업행위가 제한될 수 있다

- 일본의 경우
 - 농업용 댐 : 담수면적 200ha 이상
 - 매립, 간척 : 조성면적 50ha 이상
 - 농용지 개발 : 조성면적 500ha 이상
- 자연생태계의 물질순환과 농업의 공익적 기능 활용 강화
- 농업의 공익기능 활용 증대, 친환경농업기술개발 및 농업경쟁력 강화

3.3.2. 외부환경, 다른 부문의 행위, 각종자재 때문에 농업이 받게 될 영향 평가

: (다른 분야의 환경영향평가에는 없는 사항)

- 농업이 외부로부터 받게 될 어떤 영향으로부터 보호될 수 있음

3.4. 농업환경영향평가의 연구 분야

- 농지가 갖는 환경보전 기능 및 영향평가 관련 자료의 DB화
- 농업환경에 대한 영향을 종합적으로 평가하기 위한 지표 및 평가기법 개발
- 농업환경영향평가를 위한 시스템 구축 및 자료생산
- 관련기관 또는 환경관리체계와의 공동 연구체계 확립

3.5. 농업환경영향평가 분야

3.5.1. 유럽에서의 농업환경영향평가 (5개 분야)

: 토양 침식, 부영양화, 농약사용, 생물다양성 소실, 경관변화

3.5.2. 우리나라

- 농업(관련사업 포함)행위에 대한 영향평가
 - 환경오염 및 부영양화, 토양 침식, 농약사용, 생물다양성 소실, 경관변화
- 외부환경 또는 다른 부문의 행위 때문에 농업이 받게 될 영향 평가

- 대기오염, 수질오염, 토양오염
- 각종 건설공사(아파트, 고속도로, 가로등 등)
- 농업용 자재(비료, 농약, 유기성폐기물, 각종 농자재 등)

3.6. 농업환경영향평가를 위한 조사항목

3.6.1. 농업행위에 대한 영향평가

- 조사항목: 토양, 물, 대기, 생물
- 조사내용:
 - 개발사업(간척, 매립, 댐)
 - 영농형태(논농사, 밭농사, 시설재배, 유기농업 등)
 - 투입자재(종류, 특성, 사용량, 사용방법, 배출량)
 - 영농방법(재배작물, 비배관리, 생육상황, 생육단계, 수확량, 병충해 발생 등)
 - 농경지 환경특성 및 변화(토양, 식생, 미생물)
 - 주변 환경(기후변화, 지형, 토양, 수질, 식생, 미소동물 등)
 - 경제성, 기타 관련자료 등

※ 농경지토양 특성조사

- 물리적 성질: 표토의 두께, 유효 토층의 깊이, 표토의 토성, 표토의 점착, 투수성, 보수성, 습윤도, 토양의 분산율, 용적중, 치밀도
- 화학적 성질: 산도, 유기물 함량, 표토의 유리산화철 함량, Gley화, CEC, 인산 고정력, 토층의 염기 상태, 유해물질의 유무
- 생물학적 성질 : 미소동물, 토양미생물

3.6.2. 외부환경이 농업에 미치는 영향평가

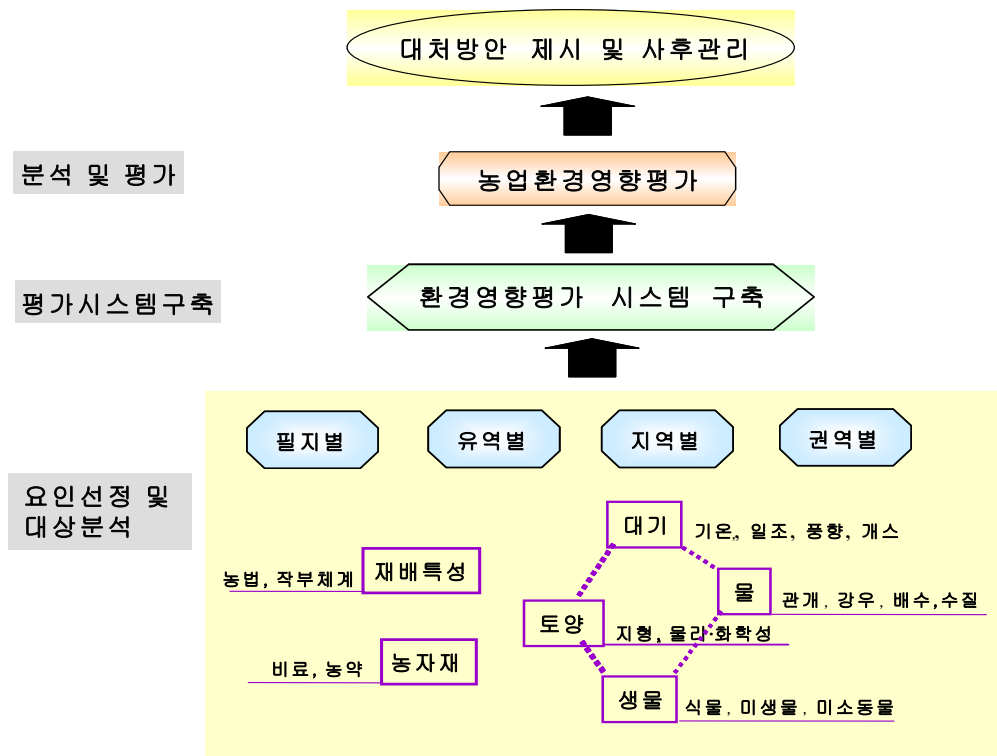
- 대기오염
 - 조사항목: 아황산가스, 이산화황(SO₂), 불화수소(HF), 염소(Cl₂), 질소산화물(NO_x), 오존(O₃), PAN, 분진, 황사 등

- 조사내용: 발생원 특성 및 발생위치, 지형특성, 접촉시간, 피해 내용, 주변 및 농경지식생, 냄새, 풍향, 풍속, 발생원의 한계농도 지표, 관련 연구자료 등
- 수질오염
 - 조사항목: 질소, 유기물, 산도, 부유물질, 염류, 계면활성제, 유류, 중금속, 악취 등
 - 조사내용: 오염원 특성 및 발생위치, 인근지역의 지형특성, 수질오염 현황(pH, 전질소, 암모니아태 질소, BOD, COD, SS, 전기전도도, ABS, 유류) 지표별 기준치 농경지 특성 및 식생, 피해발현 특징, 오염물질 제거방법 등
- 토양오염(중금속)
 - 조사항목: 카드뮴, 동, 비소, 아연, 수은, 연, 크롬(6가지)
 - 조사내용: 오염원 및 주변환경(지형, 토양, 수질, 식생, 미소동물 등) 특성, 농경지 특성, 재배작물, 한계농도, 농작물의 피해증상, 인체에 대한 영향, 복원방법 등
- 농업용 자재
 - 조사항목: 비료, 농약, 유기농자재 등
 - 조사내용: 농자재 특성(함량, 수분, 형태, 잔류성, 분해양상, 이동성, 독성, 약해, 사용방법, 혼용성 등) 주변 환경, 농경지 특성, 사용방법(양, 시기, 횟수 등), 식생(작물종류, 생육상황, 생육단계, 수확량), 피해발생 여부(증상, 면적 등)
- 각종 건설공사
 - 조사항목: 아파트, 도로, 가로등설치 등
 - 조사내용: 지형, 위치(거리, 방향, 높이), 교통장애, 일조장애, 야간조명, 수로, 대상작물, 작물의 환경생리, 병충해발생, 경제성, 주민의견, 관련자료 등

3.7. 환경영향평가의 방법

- 영향의 동정(Screening, Scoping)
 - : 대상범위와 평가항목 결정(Check list, Matrix, Network)
- 현황조사 : 실사, 문헌조사, 의견조회 등
- 예측(predictive) 및 평가(Evaluation) : 수치 Model, 모형실험(대기확산의 풍동실험 등), 몽타주(경관예측)
- 저감방안 제시
- 홍보 및 전달(Communication)
- 사후관리

3.8. 농업환경영향평가 단계



4. 지역단위 및 영농형태별 환경영향평가 사례(충남 홍성, 충북 옥천)

※ 과제명: 친환경농업의 종합적 성과평가와 최적자원 관리방안 구축

- 지역단위 영농형태별 생태계 수질영향 평가 연구 (농과원)
- 친환경농업의 경제적 분석과 발전 방안 연구 (KREI)
- 친환경농업의 환경부하 오염원별 관리방안 연구 (KEI)
- 사례지역(옥천) 영농형태별 농업 환경 특성분석 연구 (충북 농기원)
- 사례지역(홍성) 영농형태별 농업환경 특성분석 연구 (충남 농기원)
- 지역여건에 알맞은 친환경 토양관리 모델 개발 (농과원)

4.1. 연구추진체계



4.2. 연구목적

- 사례지역을 중심으로 농업생산 활동의 기술적, 환경적, 경제적 측면에서 종합적인 영향의 조사·분석을 기초로 농업에 의한 환경오염부하를 줄이고

지속가능한 농업을 달성하기 위한 실질적이고 구체적 추진방안 제시

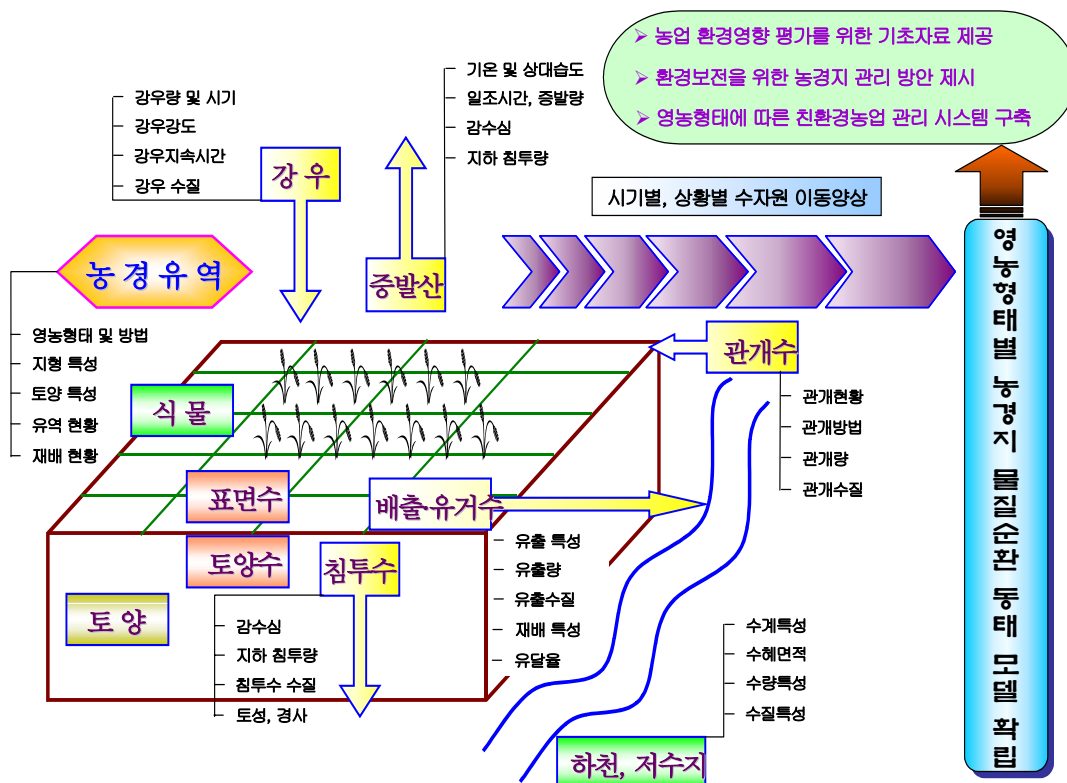
- 친환경농업체제로의 전환을 위한 전략수립 및 정책 프로그램 개발을 위한 기초 자료 확보

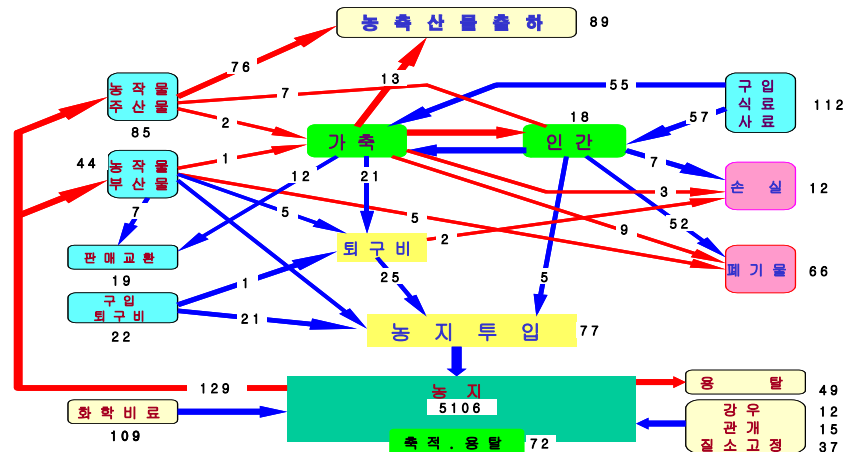
4.3. 조사지역

- 충남 홍성군 홍동면 문당리
- 충북 옥천군 청성면 산계리

4.4. 농경지 및 지역생태계내의 물질수지 구도

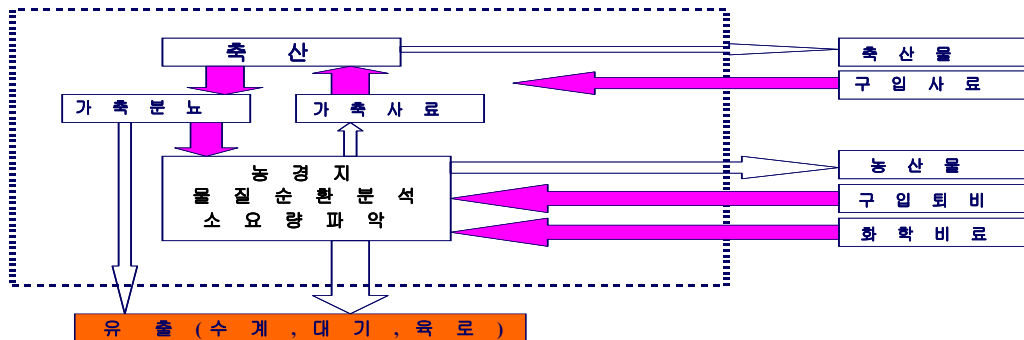
- 농경지내의 물질순환





일본 차성현 지역 단위 양분의 Flow chart Model (일본 농환연, $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)

□ 지역단위 농업생태계 내에서의 양분수지 구도



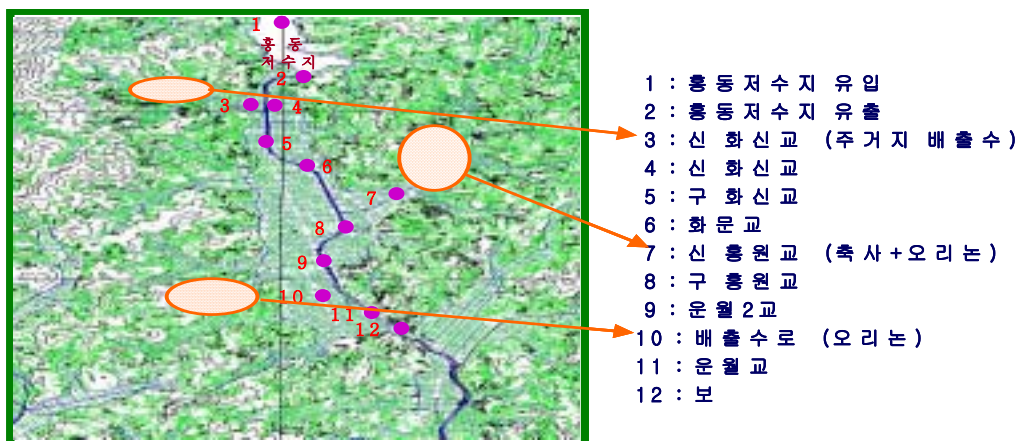
4.5. 기관별 담당업무

- 농과원: 수계 및 필지단위 수질조사, 생물상 조사, 하천수, 관개수, 배출수, 논 표면수 수질조사(pH, COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, T-N, T-P 등), 단위필지별 양분수지조사(관개유입량, 빗물유입량, 투입양분량, 지하침투량, 유출량, 작물흡수량, 논표면수 수질변화, 토양중 질소 함량 변화), 생물상조사
- KREI: 농업생태환경 여건 및 SWOT 분석, 농가경영수지 분석, 유역면적, 지역내 농경지면적, 작목별 재배 면적, 작부체계, 시비량 및 투입 농자재 종류 및 투입량, 오리 사료량, 오리 입식수, 입식기간

- KEI: 오염물질의 유출특성 분석, 원단위 분석, 유역내 가축 사육두수, 분뇨발생량, 분뇨 처리방법, 가축분배 의한 NPK 발생량 및 농경지 유입량
- 도농기원: 농업환경기초조사, 영농현황조사, 지형특성, 토양물리·화학적, NPK 투입량, 토양 중 질소함량 변화, 수량
- 농과원: 최적 토양관리 실행 프로그램 개발

4.6. 2003년 조사내용

- 2003년 홍성 수질조사 지점



- 조사지점별 농업용수 수질의 경시적 변화 (홍성)

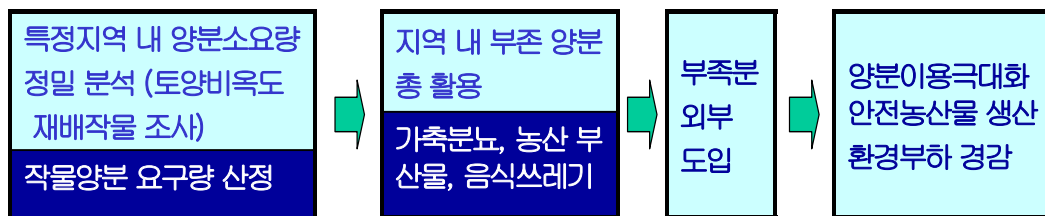
조사지점	조사위치	pH	EC	COD _{cr}	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	T-P
			(dS m ⁻¹)					
1	저수지 유입수	7.2	0.19	18.0	0.62	16.71	0.05	0.51
2	저수지 유출수	8.7	0.13	17.3	0.53	6.02	0.14	0.45
3	주거지, 축산단지	7.9	0.24	29.9	2.42	35.96	0.23	1.22
4	소하천	7.6	0.16	26.7	4.61	9.49	0.15	0.49
5	소하천	7.3	0.17	25.9	0.56	14.97	0.06	0.54
6	소하천	7.3	0.18	28.8	1.16	16.95	0.15	0.80
7	축산단지 유출수	7.3	0.33	31.3	5.02	37.28	0.19	2.20
8	소하천	7.3	0.20	25.2	1.02	18.83	0.19	0.89
9	소하천	7.2	0.20	30.4	0.91	18.59	0.09	0.93
10	오리단지 배출수	7.4	0.24	29.6	0.687	28.89	0.26	1.33
11	소하천 하류	7.3	0.20	27.2	0.89	18.76	0.19	0.82
12	소하천 하류	7.3	0.20	26.8	1.04	16.67	0.17	0.86

4.7. 예상결과

- 하천수 수질변동 및 오염 원인 규명
- 하천수 생물상 파악
- 수계 오염원별 부하량 분석
- 벼농사의 영농방법별 수질환경 영향 구명 및 계절별 변화
- 오리농법, 관행농법
- 전체적인 양분 balance 규명
- 농가경영수지 규명

4.8. 기대 및 파급효과

- : 친환경농업 달성을 위한 지역단위 최적자원 관리방안 및 종합적 전략개발
과 실행 프로그램 제시
- 영농형태 및 지역 환경조건과 조화된 친환경농업 기술 제시
 - 친환경농업의 기반조성에 적용 가능한 농업환경 관리기술 개발
 - 환경부하 경감 및 지역 환경 개선을 위한 정책자료 도출
 - 양분수지를 활용한 양분 종합관리체계 구축



제 4 주 제

친환경농업시스템 구축을 위한 정책프로그램 개발

김 창 길(한국농촌경제연구원)

1. 문제 제기

- 친환경농업은 지역별 환경용량에 맞추어 농축산물 생산규모를 조정하고 자연순환농법과 저투입농법(유기농법 포함)을 확산시켜 환경부하를 최소화하고 안전한 농축산물을 지속적으로 생산하는 농업임.
 - 친환경농업은 화학적 농자재의 투입감축을 기초로 한 농법 적용은 물론 생태환경 측면에서 물질순환 체계와 농산물의 안전성 및 경제성 등을 종합적으로 고려하는 포괄적인 개념임.
- ※ 주요국의 친환경농업에 대한 개념 규정을 보면, 미국은 “생산력을 가짐은 물론 경쟁력과 수익성이 있고, 자연환경자원의 보전과 유지 및 국민의 건강과 안전성을 증진시키는 농업”으로, EU에서는 “농업과 환경의 조화를 위해서 농지의 집약적 이용을 억제하고 농업생산에 의한 환경부하 경감과 동시에 경관보전 등을 목적으로 하는 농업”으로, 일본은 “물질순환 기능을 살리고, 생산성과 조화가 되도록 유의하면서 토양의 조성을 통하여 화학비료, 농약의 사용에 따르는 환경부하를 경감시키는 지속적인 농업”으로 정의하고 있음.
- 농산물의 안전성 및 환경보전 차원에서 친환경농업에 대한 관심이 높아져 1994년에 농림부 환경농업과가 설치된 이후 환경농업육성법 제정(1997), 친환경농업 직접지불제 도입(1999) 등으로 제도적 기반이 구축되었음.
- 그동안 추진되어 온 친환경농업정책은 생산측면에서 실천농가의 확산과

상품측면에서 친환경농산물 생산·인증 등에 초점을 맞추어 친환경농업의 실천 가능성 타진 등 어느 정도의 성과를 거두었음.

- 그러나 지역별 농업환경자원 및 환경용량 등을 고려한 화학적 농자재 사용량 감축, 농업생산 규모와 농법 조정 등의 분야는 소홀히 다루어짐으로써 농촌현장에서 가시적인 환경 질의 개선 성과는 매우 미흡한 수준임.
- 지역별·수계별 물질균형과 건전한 생태계가 보전되도록 과학적인 분석을 기초로 농업자원관리와 농업생산규모 및 농법 등을 적절하게 조정하는 친환경농업 시스템 구축을 위한 정책 프로그램 개발이 시급함.

2. 친환경농업 시스템 전환을 위한 정책프로그램 개발

2.1. 정책프로그램 개발의 기본 원칙과 방향

- 친환경농업 시스템 전환을 위한 실행 프로그램 개발을 위해서는 통합적 접근원칙(integrated approach principle), 오염자부담원칙(polluter pays principle), 제공자수혜원칙(provider gets principle), 수익자부담원칙(beneficiary pays principle), 공동부담의 원칙(shared responsibility principle), 사전예방원칙(precautionary principle) 등 여섯 가지 원칙으로 접근할 수 있음(<표 1> 참조).
 - 친환경농업 시스템 구축을 위한 여섯 가지 기본원칙들은 경우에 따라서 서로 상충되는 측면을 가지고 있으나, 합리적이고 효과적인 정책 프로그램 개발을 위해서는 이들 원칙을 종합적으로 고려하여 정책프로그램을 개발해야 함.
 - 친환경농업시스템 전환에 따른 정책비용을 최소화 수 있는 기본적인 원칙 하에서 정책 프로그램을 개발하고 전략을 수립해야함.

표 1. 시스템 전환을 위한 정책프로그램 개발의 기본원칙

방 식	원 칙	의미(농업과 환경의 관련)
농업정책과 환경정책의 통합 (규제와 지원 등)	통합적 접근원칙	농업의 외부경제 및 외부불경제의 내부화
오염원 발생 농업인의 부담 (세금, 부과금 등)	오염자부담 원칙	농업부문 외부불경제의 내부화
농업인에 대해 보상을 수반하는 규제 (환경요건)	공동 부담원칙	농업부문 외부경제의 내부화
환경 질 개선을 제공하는 자원관리자에 대한 인센티브 부여	제공자 수혜원칙	농업부문 외부경제의 내부화
환경질 개선 수혜자의 상응한 대가 지불 (물 이용부담금 등)	수익자 부담원칙	발생비용의 수익자 분담화
불확실한 결과에 대한 사전적 예방 (교육, 홍보 등)	사전예방 원칙	사회적비용 발생 최소화

- 친환경농업 시스템 구축을 위한 정책개발의 기본방향
 - 「감축(Reduced)↔재활용(Recycled)↔재사용(Reuse)」등 3R을 기초로 지역 단위 자연순환형 친환경농업 정착
 - 농법 측면에서 최대에서 최적으로의 전환
 - 과학적인 분석을 기초로 한 정책프로그램 개발 및 추진
 - 규제와 보상 및 지원 수단의 적절한 결합
 - 「농업인-소비자-연구자-정책담당자」간 관련 주체별 역할분담

2.2. 시스템 전환을 위한 정책수단

- 친환경농업 체제로 전환키 위한 정책프로그램 개발을 위해서는 위에서 제시한 기본원칙을 기초로 실제적으로 실천 가능한 프로그램, 현장에서 제시된 문제의 합리적 해결, 경종과 축산의 유기적인 연계 강화, 선진 프로그램의 벤치마킹 등이 필요 함.
- 친환경농업 시스템 구축을 위한 정책수단은 크게 규제 프로그램과 자극 프로그램으로 대별될 수 있으며, 규제수단에서는 규제 및 통제, 자극수단에는 직접적 자극수단으로 경제적 수단, 간접적 자극수단으로 교육 및 자

발적 협정 등을 들 수 있음. 정책효과의 극대화를 위해서는 여러 정책수단 간의 적절한 결합(policy mix) 필요

- 경제적 수단은 생산요소 가격변화 및 비용부과 등을 통한 경제활동의 유인책을 제공하는 것으로 구체적인 수단으로 환경세(또는 부과금) 및 보조금 등을 들 수 있음. 대표적인 실행프로그램으로 잉여양분부과금제, 가축사육두수할당제, 가축생산권거래제, 휴경보상제도, 예치금제도, 환경보호시설자금 등을 들 수 있음.
- 규제적 수단은 특정 활동의 환경적 효과가 불확실하거나 환경변화에 필요한 농업경제활동의 신속한 변화가 요구되는 경우 유효한 정책수단으로 농약잔류량 허용기준, 액비살포기준 등을 들 수 있음.
- 상호준수수단은 규제적 수단과 경제적 수단을 결합한 프로그램으로 친환경농법실천 직불제, 지역단위 물질균형 달성을 위한 직불제 등 다양한 메뉴방식을 친환경농업직불제를 들 수 있음.
- 기술지원과 교육은 친환경농업 실천기술의 보급과 교육을 통해 현장 적용농법과 환경문제에 대한 인식도 제고를 위한 유력한 수단임.
- 표시기준 및 인증은 친환경농산물에 대한 편향적 정보를 보완하는 수단으로 소비자의 신뢰도 제고에 유력한 수단이며 또한 마케팅 프로모션을 통한 시장차별화 수단임.
- 모니터링 및 정보는 과학적 분석을 기초로 정책수립 및 집행을 위한 분석지표를 제시할 수 있고, 또한 투명한 정책수립을 위해 정보를 제공하는 수단임.
- 자율적 협정은 설정된 기준의 이행에 자발적으로 참여하는 방식으로 환경친화적 농업생산 활동을 소비자에게 알리거나 환경성 개선에 대한 이미지 제고에 유력한 수단임. 특히 영농장부 작성은 실천농가의 자율적 조정과 생산이력 정보를 투명하게 제시함으로써 신뢰도제고에 기여할 수 있으며 궁극적으로는 농가의 부가가치를 높일 수 있는 수단으로도 활용될 수 있음.

표 2. 친환경농업시스템 전환을 위한 정책수단

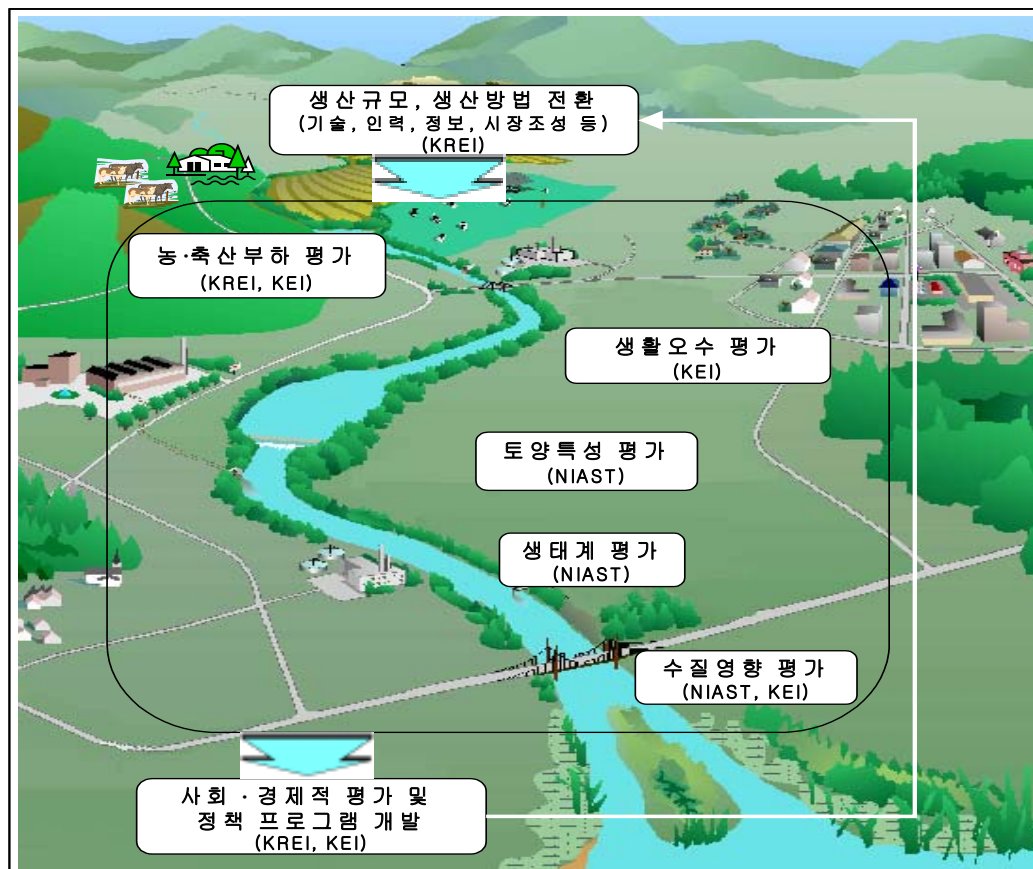
구 분	특 징	실행 프로그램
경제적 수단	· 농업활동에 경제적 유인책 제공 · 생산요소 및 생산물의 상대가격변화 유도 · 정책수단 선정을 위한 비용 및 편익 계측의 한계	· 환경세 및 부과금 부과 · 보조금 지급 · 가축사육두수할당제 · 가축생산권거래제 · 잉여양분 부과금제 · 휴경보상제도 · 환경보호시설자금지원 · 식부제한 지원제도
규제적 수단	· 특정 활동의 환경적 효과가 불확실하거나 자원손실의 복원이 어려운 경우 유효한 수단 · 환경변화에 필요한 농업경제활동의 신속한 변화 유인수단 · 재정중립적인 정책수단	· 화학비료 취급등록제 · 친환경농자재 사용기준 · 농약사용량 규제 · 농약 및 비료판매상 거래등록·보고제 · 농약잔류허용기준설정 · 가축사육밀도제한 · 축사시설기준 보완 · 가축분뇨처리기준 - 퇴비·액비 살포기준 설정
상호준수 수단	· 준수요건에 대한 명확한 제시와 요건이행에 따른 적절한 보상 · 보조금 지원의 정당성 확보	· 친환경농업직불제 확대 및 보완 -지역단위(지구단위)물질균형 달성을 위한 친환경직불제 -메뉴방식 직불제 프로그램 도입
기술지원 및 교육	· 친환경농업 실천기술의 보급 · 환경문제에 대한 인식제고 · 신기술개발 및 정보전파	· 최적영농지침(BMP) · 정밀농업지원 · 유기농업 육성 · 농가자가진단 프로그램 · 친환경농업보급교육
표시기준 및 인증	· 친환경농산물에 대한 편향적 정보에 대한 보완 · 친환경농산물의 마케팅 프로모션	· 인증제도(그린 라벨링 제도) · 친환경농업 실천지역(청정지역)으로 생산된 농산물의 브랜드화
모니터링 및 정보	· 과학적 분석을 기초로 한 정책추진 · 모니터링 가능 · 투명한 정책개발	· 지역단위 농업환경 종합정보시스템개발 · 지역별 모니터링 시스템 구축
자율적 협정	· 환경문제 인식도 제고 수단 · 정책비용 최소화 · 비점오염원의 효과적인 관리수단	· 관련 주체별·주체간 자율적 협약 · 모범영농준칙(GFP) · 영농장부작성(Green Recording)

3. 정책 프로그램개발을 위한 농업생태환경 모형 구축

3.1. 농업생태환경 모형 구축을 위한 통합적 접근

- 지역단위 물질균형을 기초로 한 친환경농업 시스템 구축을 위해 농업생산 활동의 환경부하 평가, 오염원별 환경부하 평가, 수질영향 평가, 토양 특성 평가, 생태계영향 평가와 사회·경제적 영향평가 등 통합적 접근하고 해당기관의 전문성에 따라서 적절한 역할분담이 필요함.
- 실효성있고 설득력있는 친환경농업정책 프로그램 개발을 위해서는 과학적 분석 연구로부터 농업생태환경모형 구축시 필요한 파라미터가 제시되어야 함.

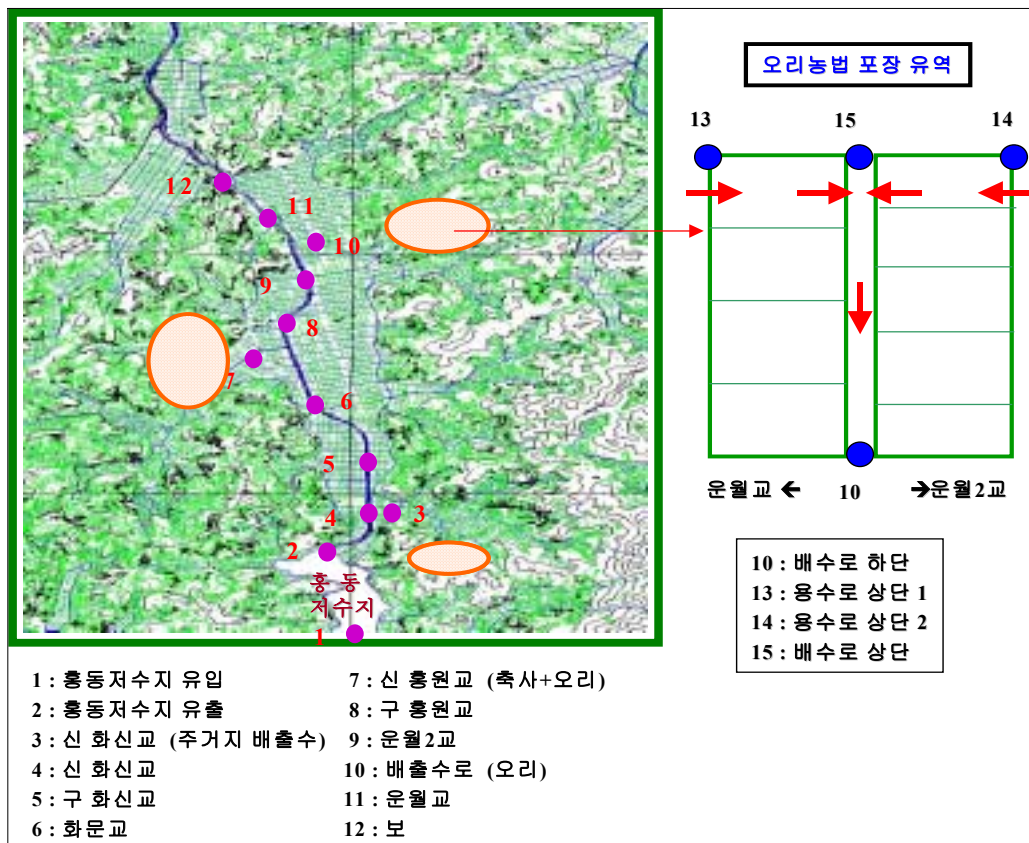
그림 1. 시스템 구축을 위한 통합적 접근의 역할분담



○ 사례지역의 수질조사 연구

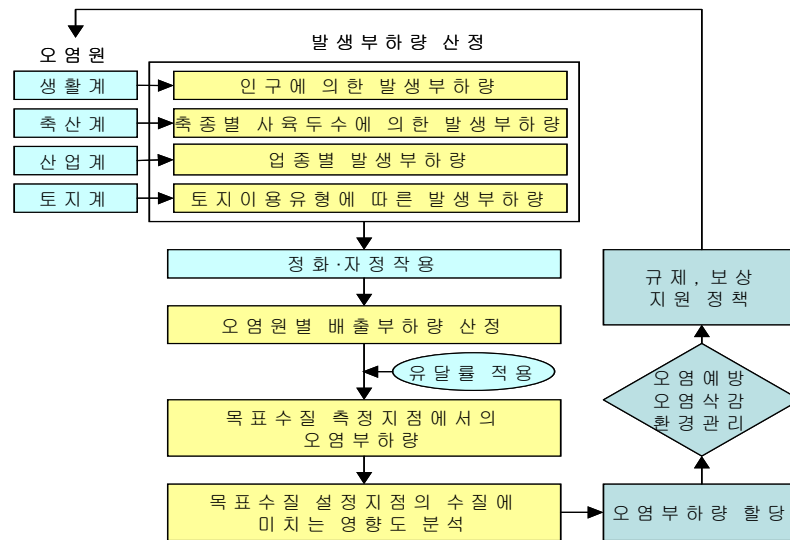
- 홍성군 사례지역의 경우 홍동저수지 유역의 수질변화 실태조사지점은 장곡면 저수지 입구부터 홍동면 관개수로에 이르는 4.7km구간에 걸쳐 조사지점을 선정
- 조사지점의 분석항목은 pH, EC, COD, NH₄-N, NO₃-N, PO₄, T-P, K, Ca, Mg, Na 등임.

그림 2. 홍성 사례지역(홍동저수지 유역)의 수질실태 조사지점



⇒ 농업생산 활동에 따라 시기별 · 조사지점별로 수질이 어떻게 변화하고 있고, 현행 수질의 오염도 상태를 분석하여 오염원별 기여도에 대한 평가와 수질개선 목표를 설정함. 이를 위해서는 오염원별 부하량 평가 및 물질수지 분석을 위해 상당한 과학적 분석이 뒷받침 되어야 함.

그림 3. 오염원별 부하량 산정 과정



○ 오염원별 조사

- 생활계 오염원 조사: 인구, 하수 및 분뇨처리 시설 현황
- 축산계 오염원 조사: 축산현황(축종별 사육두수 등), 분뇨처리현황 및 시설 현황
- 산업계 오염원 조사: 산업현황, 폐수처리 유형 및 처리시설 현황
- 토지계 오염원 조사: 토지이용현황 및 특성, 유역면적

○ 발생부하량 산정(환경부, 「수질오염총량관리 업무편람」, 2004 참조)

i) 생활계

- 가정인구 발생부하량 = 가정인구수×가정인구발생부하원단위
- 영업인구 발생부하량 = 영업인구오수발생유량×영업인구오수발생농도

ii) 축산계

- 축산폐수발생부하량 = $\sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산폐수발생부하원단위})$
- 축산고형물발생부하량 = $\sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산고형물발생부하원단위})$
- 축산계발생부하량 = 축산폐수발생부하량+축산고형물발생부하량

iii) 산업계

- 산업계발생부하량 = $\sum(\text{업종별폐수발생유량} \times \text{업종별폐수발생농도})$

iv) 토지계

- 대표유역선정: 토지이용유형에 따라 세분화(농업지역의 경우 지목, 토양종류, 경사, 작물, 관개방법, 시비량 등에 따라 분류)
- 조사항목: 조사대상 유역면적, 토지이용현황 및 특성, 유량 및 수질조사항목 조사
- 토지계발생부하량 = $\sum(\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위} \times \text{강우배출비})$

○ 배출량 산정

i) 각 오염원의 배출량은 월별 또는 일별로 배출원에 따라 산정

- 배출원배출량 = 배출원(개별배출량+관거배출량+방류량-직접정화량)
- 배출원개별배출량 = 배출원별[발생량-개별삭감량-직접이송량-관거유입량]
- 오염원별배출량 = 오염원별 $\sum$ 배출원배출량

ii) 축산계 개별배출량

- 점오염원개별배출량 = 폐수발생량-개별삭감량-직접이송량-관거유입량
- 비점오염원개별배출량 = (자원화개별삭감대상량-자원화개별삭감량-고형물관거유입량+폐수처리농지환원량-농지삭감량)×강우배출비

iii) 유달율 산정

- 오염원으로부터 배출된 오염물질이 수체의 특정지점에 도달하는 비율을 유달율이라 함.
- 유달율은 월 또는 일별 배출부하량의 평균치와 해당 시기에 수계환경자료 조사를 통해 산출된 유달부하량(=유량×수질)으로부터 산출

○ 오염부하량 할당

- 유달율 산정, 수질모델 보정, 수질모델 검증(수질모델링 과정)을 통해 오염물질 배출원이 목표수질 설정지점의 수질에 미치는 영향도를 분석
- 지역 또는 배출원간의 형평성과 오염부하 삭감의 효율성을 고려하여 오염부하량을 할당함.

○ 오염원별 부하량 산정 및 정책개입 판단 기준

- 점오염원오염부하량 = {(점오염원별발생부하원단위×점오염원)
×점오염원별배출부하원단위×유달률}
- 비점오염원오염부하량 = (농법별작종별발생부하원단위×비점오염원)
- 토양별작종별농지삭감량×강우배출비×유달률
- 정책개입 판단기준: (목표지점의 점오염원 오염부하량 + 비점오염원
오염부하량) ≤ 수질 목표지점의 참조수준

3.2. 농업생태환경모형 구축을 위한 파라미터

○ 농업환경생태모형 구축을 위해 필요한 주요 파라미터

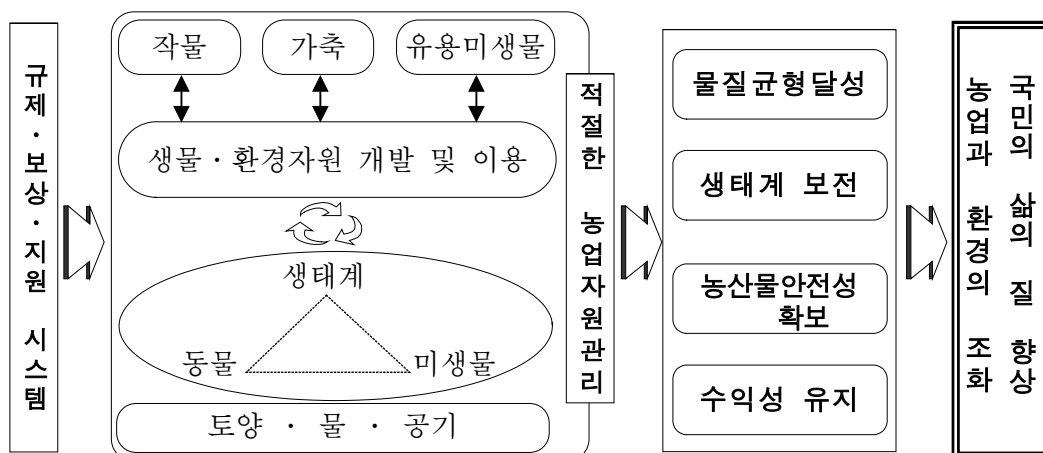
- 농경지별, 농법별 비점오염원 발생원단위
- 축종별, 성장단계별 발생원단위
- 가축배설물의 비료성분 함유량
- 가축분뇨의 처리방법별 자원화율
- 가축분뇨처리실태(퇴비화, 액비화, 정화처리, 해양투기 등)
- 토양유실량
- 작물생육과 관련 양분 요구량, 흡수량, 토양잔류량, 용탈량, 휘산량 계측
- 유출량과 오염부하량과의 관계식
- 잔류농약모니터링, 농약의 토양이동성 및 용탈성 평가
- 농법별 환경부하 정도 분석
- 볏짚 등 부산물의 농지환원 유기물량
- 부산물 비료의 비료성분 파악
- 토지이용현황 및 특성, 작물, 시비량, 유량 등을 고려한 연평균 오염발
생원단위 산출
- 사례지역의 지역별 환경자정용량 파악
- 농경지와 축사지역의 비점오염원 관리기법
- 사례지역의 적절한 환경질 유지를 위한 환경기준의 목표치인 참조수
준 설정

4. 시스템 전환을 위한 추진전략

4.1. 전략수립의 접근방법

- 친환경농업체제로의 전환을 위한 전략수립의 기본 틀은 비전, 목표, 원칙, 실행계획 및 정책수단 등 다섯 가지 항목으로 구성. 이들 항목은 비전 달성을 위해 유기적인 연계를 이루고 있음.
- 시스템 전환을 위한 효과적인 실천전략으로 전략적 분석(strategic analysis), 전략적 선택(strategic choice), 전략적 실천(strategy implementation) 3단계로 나누어 사례지역의 맞춤형전략을 제시함.
- 친환경농업 발전의 비전(vision)은 농업과 환경과의 조화를 통해 국민(현재세대는 물론 미래세대 포함)의 삶의 질 향상으로 설정함.
 - 저비용으로 국토를 관리하고 보전함으로써 깨끗하고 아름다운 강산을 유지하고 안전한 먹거리를 공급하는 국토관리 생명산업으로 정착시키는데 있음.
 - 시스템 구축을 위한 정책목표는 작물, 가축, 미생물 등 생물·환경자원의 환경친화적인 자원관리를 통한 물질균형 달성, 생태계 보전, 농산물 안전성 확보 및 수익성 유지 등을 들 수 있음(<그림 4> 참조).

그림 4. 친환경농업 발전을 위한 비전과 목표

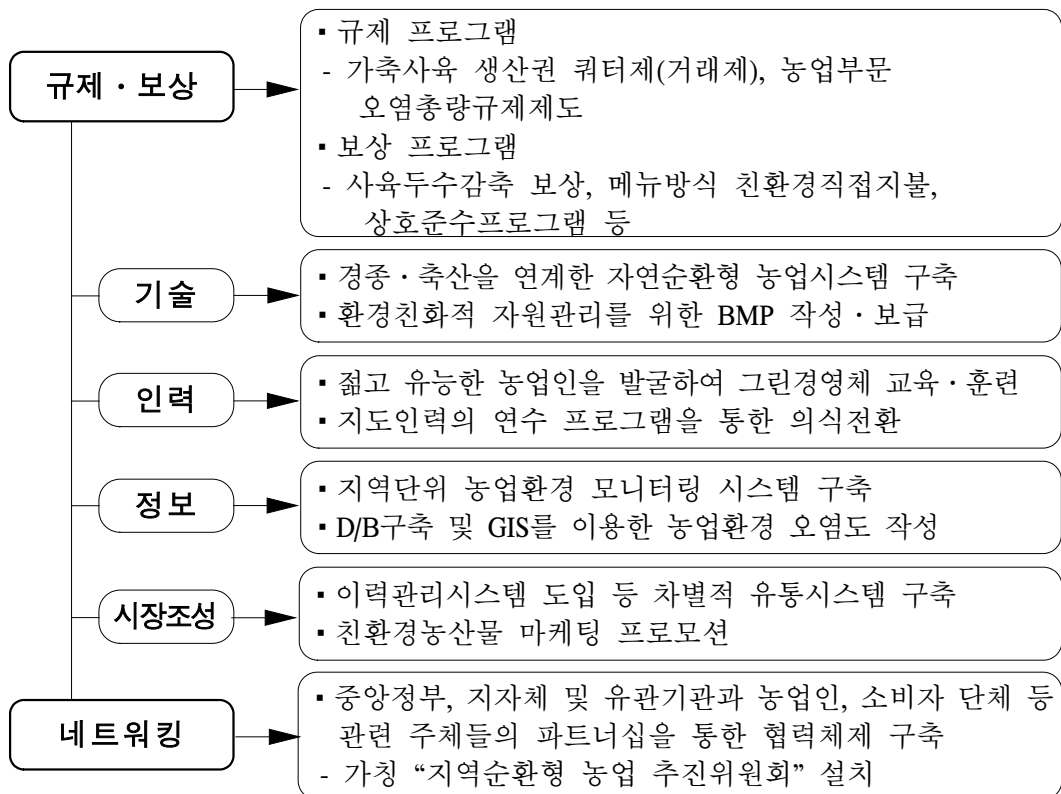


4.2. 추진전략

4.2.1. 전략추진 체계

- 친환경농업의 시스템 구축을 위한 통합적 접근의 실제적 운용을 위해서는 생산규모와 생산방법 전환을 위한 규제·보상·지원의 정책프로그램과 기술, 인력, 정보, 시장조성 등이 유기적인 연계될 수 있는 네트워크 구축이 필요함.
- 친환경농업체제로 전환시키기 위해서는 상당한 기간이 소요되므로 단기 및 중장기 프로그램 등 단계별 전략프로그램 제시
- 전략 프로그램 추진 주체와 관련 중앙정부와 지방정부로 나누어 접근

<그림 5> 시스템 전환을 위한 실행 프로그램 추진 체계



4.2.2. 주요 전략 프로그램

① 규제와 보상의 정책프로그램 개발

- 지역단위 물질균형 달성과 연관성이 있는 농업정책과 환경정책을 통합하는 규제와 보상 및 지원수단 간의 정책결합(policy mix) 추진
- 수계별·지역별로 환경부하 허용량을 초과하지 않는 범위에서 농업생산 규모 및 농법 전환을 위한 규제와 보상프로그램 개발
 - 축산농가별로 사육경력을 기초로 사육생산권(쿼터)를 부여하고, 하천별 수질유지 목표치와 실제치와의 차이에 따라 총사육쿼터를 조정하는 방안 검토
 - 사육쿼터의 양축농가간 거래를 통해 사육두수가 조정될 수 있도록 하고 정부는 필요시 사육쿼터를 매입하여 사육규모를 조정하는 방안 검토
- ※ 양분수지를 기초로 한 사례지역의 물질균형 분석결과 홍성군 지역의 경우 군내 농경지에서 처리 가능한 용량을 초과하는 과다한 가축분뇨가 발생하는 것으로 나타나 농업경영규모 및 농법 전환을 위한 구체적인 프로그램 제시
 - ① 화학비료를 과감하게 줄이고 적절한 유기질비료(가축분뇨퇴비 포함)가 투입될 수 있는 방안 모색(축분퇴비 차손보전제도의 확산, 화학비료 보조금 폐지, 중장기적으로 화학비료, 농약의 환경세 도입 검토)
 - ② 물질균형의 환경부하 용량 수준으로 가축사육두수 감축 유도방안 모색
 - 사례지역의 환경용량 범위 내에서 적절한 가축분뇨처리를 고려한 축종별 적정사육두수 할당제와 분뇨처리 능력 초과농가에 대한 부담금 부과 등 새로운 프로그램 개발
 - 사례지역의 친환경농업 실천에 따른 소득감소 및 축산부문의 사육두수 감축시 두수감축에 따른 보상방안(직접지불제 도입) 제시

- ③ 사례지역 내에서 생산된 가축분뇨를 양분투입 과소지역 등 지역 외로 배출하는 방안 강구
- 홍성군 지역의 경우 인근 서산 AB간척지(논 면적 약 10,121ha)에 저장 액비화하여 살포하는 경우 돼지 15만 8천두(답 ha당 15.6두 살포가능)의 가축분뇨를 처리할 수 있는 수용능력이 있음.
 - 가축분뇨의 완전자원화 처리시스템 도입(양질의 축분퇴비 및 액비 생산, 바이오 가스 생산 등)으로 지역의 양분배출 촉진

② 물질균형에 입각한 최적관리방안 개발

- 최적관리방안(BMP)은 사례지역 농업환경관리시스템(RAMS)을 적용하여 환경부하 정도 및 물질균형분석을 통한 농업환경 문제의 진단 및 문제해결을 위한 최적의 관리방안을 의미함. 지역별 특성에 따라 관리방안이 달라질 수 있기 때문에 특정한 프로토콜이 있는 것이 아니고, 다양한 관리방안이 제시될 수 있음.
 - BMP는 영농방법과 환경보전 방법 등 모든 가능한 수단을 포괄하므로 실효성있는 방안 마련을 위해서는 지역단위 농업환경자원에 관한 지속적인 연구는 물론 실제로 농업인들에 의해 수용 가능한 방법인지와 BMP를 실제로 도입하는 경우 환경관리 목표가 달성될 수 있는지 사전적·사후적 평가 실시
- 경종 및 축산의 유기적인 연계를 위해서는 작물·가축 생산과정에서 발생한 부산물의 재활용과 지역적 환경용량 등을 고려 토양·양분·병해충·관개 등을 종합적으로 접근하는 지역단위 자연순환형 작물-가축생산 시스템 구축 방안 제시
 - 지역단위의 자연순환형 시스템 구축을 확대키 위해 시범단지 조성 및 보급 확대주요 지역별 경종농가·양축농가·농협 등이 협의체를 구성, 축분퇴비 및 액비의 효율적 활용 시스템을 구축하고, 특히 사례지역에 “지역순환농업지원센터”를 설치하는 방안 등 실효성 있는 정책 프로그램 개발

- 지역별·작물별·영농규모에 적합한 유기농업·유기축산 육성을 위한 실효성있는 프로그램 개발과 관련 유기농업단지 및 유기축산 단지 육성방안 개발
- 농업부문 전과정분석(Life Cycle Assessment, LCA) 도입 방안 검토

③ 환경친화적 농업영농경영 유도

- 농가단위의 친환경농법 실천기술이 정착시까지의 이행기에는 소득보전차원의 년차별 차등적 친환경농업 직접지불금을 지불하고, 생산기술 및 판로망이 구축되는 시점에는 기본적인 직접지불보조금을 지급하는 방안으로 친환경농업 직접지불제도의 보완 프로그램 제시
- 환경친화적 영농경영을 위한 의식전환을 위한 체계적인 교육 프로그램 개발 및 친환경농업 실천 선도농업인을 중심으로 에코팜 네트워크 구축
- 개방화시대 친환경농업 체계 구축을 통해 친환경영농조합법인과 경영능력을 갖춘 영농지도자가 중심이 되는 21세기 한국농업의 비전과 에코팜 모델 제시
 - 2~5ha의 경영규모에 경종과 축산을 연계하여 친환경농업(유기농업 포함)을 실천 하는 한국형 가족농 중심의 자연순환형 지역자립농 모델 제시
 - 전업농 육성정책을 에코팜 모델과 연계하여 추진하는 방안 제시
 - 지역별 친환경농업 선도농업인의 발굴 및 교육·훈련 프로그램 개발
- 친환경농법체제로의 전환을 위한 실천농법의 기술적 선택은 지역별 여건에 따라 몇 가지 농법의 조합으로 이루어지도록 기술지도 및 보급
 - 대규모단지를 중심으로 INM과 IPM을 중심으로 한 한국형 정밀농법의 추진
 - 유기농산물 생산시 제초관리, 퇴비 등 유기질비료 만들기, 비배관리의 체계화, 선진농가의 경험과 작법을 중심으로 작성한 매뉴얼을 작성하여 보급

④ 사례지역 농업환경자원 데이터베이스 구축

- 사례지역의 농업생태계의 환경자정능력을 고려한 물질균형 양분별 수지 지표 산출 및 GIS를 이용한 지역별 환경부하실태 분포도(농업환경오염도) 제시
- 친환경농업 실천지역과 기존의 관행농업지역간의 오염발생량 분석과 관련 사례지역의 농업환경자원에 대한 D/B 구축
 - 지역별 농업환경여건, 수질, 토양특성, 생물다양성 등 관련분야별 지표 개발 및 D/B 구축

⑤ 중장기적으로 농업부문 환경오염 총량관리제도 도입

- 농촌지역의 하천과 상수원의 수질개선을 위한 농업환경오염 총량관리제도를 중장기적으로 도입하여 농촌지역의 오염물질의 과학적·합리적인 삭감체제 구축
 - 지역별 농업환경자원의 환경용량에 따라 목표기준을 설정하고, 농업생산활동의 투입과 산출을 관리하는 제도로 지자체가 총량관리제도의 실시여부는 임의 결정하나 시행하는 지자체에 대해서는 인센티브 제공
- 지역단위로 질소성분과 인산성분 관리기준을 설정하거나, 또는 수계단위로 관리대상물질(BOD, T-N, T-P 등) 지정 및 목표수질 기준 설정
- 사례지역의 오염총량관리 목표량을 설정하고 이를 달성하기 위한 삭감계획을 수립하여 단계적으로 추진하는 방안 제시
 - 우선 낙동강·금강·영산강 수계 등 환경특별지역을 대상으로 한 의무제 오염총량관리제를 실시하는 수계지역을 중심으로 실시하는 방안 검토

⑥ 정책프로그램의 효과적인 추진을 위한 사회학적 접근

⑦ 친환경농산물 시장차별화를 위한 마케팅 프로모션 프로그램 개발

요약 및 종합토론

- 한국농촌경제연구원에서 추진 중인 “친환경농업 체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안” 기획연구과제에 대한 공동연구 진행상황에 대한 점검과 연구방향에 대한 정책담당자 및 전문가의 의견수렴과 친환경농업 시스템 구축을 위한 실효성있는 실행 프로그램 개발을 위해 관련부처 정책담당자 및 관련 전문가를 초청하여 세미나를 개최하였음.
- 세미나에서 제시된 내용은 우리 연구원에서 농업과학기술원 및 한국환경정책평가연구과 함께 공동으로 기획과제로 추진 중인 “친환경농업 체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안”의 연구에 반영되어 친환경농업 정책수립의 기초 자료로 활용될 것임.
- 이정환 원장은 인사말씀을 통해 환경문제는 장차 지구문제이며, 농업이 환경에 기여하고 소비자에게 안전한 먹거리를 제공하는 것은 농업의 존재의미와 직결되므로 친환경농업을 근본적으로 개선할 필요가 있음을 강조하고, 이번 협의회를 통해 관련 공무원 및 연구자의 지혜를 짜내고 논의하여 농업이 국토를 보전하고 소비자를 안심시킬 수 있는 계기가 되기를 기원함.
- 제1주제: 비점오염원 관리를 위한 농업부문 총량관리제도 도입방안(최지용, 한국환경정책평가연구원)
 - 오염총량관리제도는 지역과 배출원에 오염배출총량을 할당하여 공공수역 수질보전, 수자원이용과 관련된 지역간 분쟁해소, 유역공동체의 경제적·환경적 형평과 상생을 꾀하기 위해 필요한 제도임을 강조하고, 오염총량관리제의 도입 배경 및 경위, 제도의 골자 및 시행경위, 오염총량관리 운영사례, 추진상 문제점 및 발전방안 등을 소개함.
 - 특히 현재 대부분의 오염삭감량 할당이 점 오염원 중심으로 이루어지고 있으나, 농업지역에서 자발적으로 총량관리목표를 설정하고 비점

오염원을 관리할 경우 오염관리를 훨씬 효율적으로 수행가능할 것이며, 현 시점에서 농업지역에 총량관리계획을 수립할 경우 친환경기반 구축사업 및 환경정책을 선도할 수 있을 것임을 강조함.

■ 제2주제: 유역 농업생태환경 모니터링-발안시험유역을 중심으로(박승우, 서울대)

- 농업생태계는 국토 자연환경생태계의 주요 인자중의 하나로서, 농작물 생산 기능 이외에도 환경보전 기능을 가지며, 환경적으로 안전하게 보전되고 관리되어야 함에도 불구하고, 지난 30여년 동안 토지 생산성 위주의 관리에 따른 과도한 농업화학물질의 사용으로 농경지 토양오염과 비점오염에 의한 수질오염 피해가 확산되어 농업 생태계의 안정성을 위협받고 있음을 설명하고, 농업생태환경 모니터링의 필요성을 강조함.

- 특히 농업생태환경관리와 관련하여 그 주요 인자인 농경지 기반시설 환경, 유역의 수문·수질환경, 작물생육환경, 주변생태환경, 미생물·곤충생태환경 등에 대한 종합적인 농업생태환경 모니터링과 관리기술의 개발·소개 함.

■ 제3주제: 지역단위 영농형태별 농업환경영향 평가(노기안, 농업과학기술원)

- 농업과 환경보전을 위해 자연생태계의 물질순환과 농업의 공익적 기능의 종합적 분석·평가를 통한 농업환경영향평가의 필요성을 강조하고, 이러한 농업환경의 종합적 평가를 바탕으로 영농방법, 수계, 지역 특성 등에 맞는 친환경농업 기술 및 실행 프로그램 개발방안을 제시함.
- 농업환경영향평가의 분야를 ① 농업행위에 대한 영향평가로 환경오염 및 부영양화, 토양침식, 농약·비료 사용, 생물다양성 소실, 경관변화 등 평가, ② 외부환경이 농업에 미치는 영향평가로 대기오염, 수질오염, 토양오염, 각종 건설공사, 농업용 자재에 대한 영향 평가로 나누고, 분야별 영향평가를 위한 조사항목을 상세히 제시함.
- 농경지내의 물질순환 체계 구축을 위한 영농형태별 농경지 물질순환 동태모델 구축방안을 제시하고, 지역단위 농업생태계 내에서의 양분수지

구도를 제시함.

■ 제4주제: 친환경농업 시스템 구축을 위한 정책프로그램 개발(김창길, 한국 농촌경제연구원)

- 친환경농업 시스템 전환을 위한 정책프로그램 개발의 기본원칙과 방향 및 다양한 정책수단을 제시하고, 농업생태환경 모형구축을 위한 통합적 접근방안과 모형 구축을 위해 필요한 구체적인 파라미터를 제시함.
 - 지역별·수계별 물질균형과 건전한 생태계가 보전되도록 과학적인 분석을 기초로 농업자원관리와 농업생산규모 및 농법 등을 적절하게 조정하는 친환경농업 시스템 구축을 위한 정책 프로그램 개발이 시급함을 강조함.
 - 이를 위해 농업정책과 환경정책을 통합하는 규제와 보상 및 지원 수단간의 정책결합 방안과 물질균형 달성을 위한 최적자원관리방안, 환경친화적인 농업경영유도 방안, 농업환경자원 데이터베이스 구축 및 중장기적으로 농업부문 환경오염총량관리제 도입방안 등을 제시함.

■ 종합토론에서 친환경농업 관련부처의 주요 정책담당자인 농림부 정황근 과장(친환경농업정책과), 환경부 변대주 과장(수질정책과), 총리실 임문수 과장(수질개선기획단 평가관리과)이 참석하여 실효성 있는 정책프로그램 개발을 위한 단계적 접근 및 해당부처의 역할분담 방안에 관한 의견을 제시하였고, 관련분야 전문가로 상지대학교 이명규 교수(환경공학부)는 지역단위 순환농업 시스템 구축을 위한 경종과 축산의 연계방안과 액비화의 애로요인 및 개선방안 등을 제시하였고, 동국대학교 윤성이 교수(생명자원과학대)는 유기농업을 기초로한 순환농업시스템 구축의 방안과 오염발생원단위가 미정립된 상태에서 물질균형 분석의 한계를 지적함.

■ 사안별 토론 요약(종합토론)

- 농업지역 오염총량관리제도 도입문제 및 비점오염원 관리 문제
 - 오염총량관리제도에서 현행의 원단위에 의한 총량규제의 한계와 원단위 제도 자체의 개선이 필요하다는 지적이 있음. 1년차에 한해 원단위

를 사용하고, 2년차부터 점진적으로 실측에 의한 지역에 맞는 원단위를 점진적으로 구축하는 것이 현행 방침임.

- 농업지역 오염총량관리제에 대한 농민들의 자발적인 참여를 유도하기 위해서는 주민의 의식수준을 향상시키기 위한 교육뿐만 아니라 강력한 규제에 따른 적절한 인센티브가 필요함. 특히 농림부에서는 주민 의식수준을 향상시키기 위한 좀 더 강력하고 적극적인 참여유도 수단이 필요함을 강조하고, 이를 위한 연구진의 협조를 당부함.
- 비점오염원 통제를 통한 수질개선 효과를 규명하는데 10년 이상의 시간이 걸리므로 정책방안과 현실과의 괴리가 발생할 수 있으므로 중장기적으로 추진하되, 친환경농업의 성과를 다른 시각에서 평가할 필요 있음.
- 팔당지역의 완충지역 도입을 위한 토지매입의 경우처럼 농업지역에서도 토지구입, 임대, 위탁 등을 통한 완충지역 도입과 주민의 자발적인 완충지역 도입에 대한 인센티브 등도 중장기적으로 고려할 필요 있음. 또한 이를 위한 개인, 지자체, 정부 등 주체별로 다양한 제도 마련 필요
- 한편 비록 농업활동으로 환경부하가 발생되긴 하지만 농업이 가지는 환경정화기능도 간과해서는 안될 것임. 또한 총량규제제도 오염원별 기여도에서 40%가 농업부문이라는 연구결과는 오염에 대한 책임을 농민에게 전가하는데 대한 반발이 있을 것으로 예상되므로 정확한 연구결과 제시가 필요하며, 발표에 신중을 기할 필요 있음.
- 친환경농업 시스템 전환을 위한 단계별 프로그램과 친환경농업에 대한 평가 프로그램을 정량화된 모형으로 개발할 필요가 있음.
 - 본 과제에 대한 수요자(농민, 정부 등)를 명확히 하고 주체별로 구체적인 정책프로그램 제시 필요.
- 농업환경영향평가와 관련하여 환경을 고려한 농업의 방향을 제시한 것은 바람직하나 평가항목이 많아서 오히려 부작용을 초래하고 이상적인 방안으로 그칠 수 있음. 따라서 실제 적용시 중요한 몇 가지 평가항목만을 선택하여 이용할 필요가 있음. 또한 친환경농업지역에서 현재 다양하게 사용하고 있는 친환경농법 및 자재에 대한 검증작업도 필요

- 농업환경영향평가에 필요한 평가목록 중에서 실제로 농진청이나 농과원에서 구축되어있는 자료가 많으나 효과적인 자료활용 및 정보공유가 이루어지지 않은 문제점이 있음. 앞으로 농진청에서 구축한 실용가능한 자료를 실제 정책제안에 반영할 수 있기 위해서는 효율적인 정보공유시스템이 구축되어야 할 것임.
- 가축분뇨자원화 문제
 - 가축분뇨 자원화와 관련하여 이미 많은 연구를 거듭하여 실용가능한 기술은 어느 정도 확립된 상황이나 액비성분 최대허용량, 살포지역 제한, 저장기간 등의 제약으로 인해 실제 적용하는데 어려움이 있음. 가축분뇨 자원화를 위해서는 이 부분에 대한 제도 개선이 선행되어야 함.
 - 가축분뇨를 폐기물로 인식하는 데 대한 발상의 전환이 시급함.
 - 농촌의 환경문제는 축산부문의 문제이며 이를 해결하는 것이 관건임. 농업환경문제 해결을 위해서는 첫째 토양을 중심으로 토양환경용량 내에서 개선할 수 있는 방안, 둘째 발생된 오염물을 재활용할 수 있는 방안, 셋째 재활용이 안 될 경우 공공처리하는 방안제시 필요.
 - 가축분뇨자원화 문제는 농림부와 환경부가 공동으로 T/F팀을 구성하여 활동하고 있으므로 바람직한 방안이 곧 제시될 것으로 예상됨.
- 현재 서울대 박승우 교수팀에서 구축한 농업생태환경 예측모형은 정부에서 개발하여 인증한 것이 아니므로 이를 실제로 적용하기 위해서는 정부에서 인증을 해주어 신뢰성을 높여야 할 것임.
- 소비자 중심의 발상전환 필요
 - 식품안전성 등에 소비자 관심이 높아지고 있으므로 소비자 중심의 농업생산 및 농정 필요. 특히 친환경농업 육성을 위해서는 소비자와 연결할 수 있는 판로망 구축이 매우 중요함.
 - 농산물의 수요자와 공급자의 경제적인 면을 감안하여 수익모형이 필요함. 이 경우에 공급부족에 따른 가격폭등으로 인한 시장경제의 문제성을 충분히 검토할 필요 있음.

연구자료 D194

환경친화적 농업자원관리를 위한 농업환경분석과 정책개발

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25)

인 쇄 2004. 12.

발 행 2004. 12.

발행인 이정환

발행처 한국농촌경제연구원

130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102

전 화 02-3299-4000 팩시밀리 02-959-6110 <http://www.krei.re.kr>

인 쇄 (주)문원사 02-739-3911~5

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