Ⓒ2005-52 | 2005. 12 |

지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안 연구

김 창 길 연구위원
김 태 영 연 구 원
신 용 광 전문연구원

한국농촌경제연구원

연구 담당

김 창 길	연 구 위 원	연구총괄
김 태 영	연 구 원	양분분석
신 용 광	전문연구원	외국사례

머 리 말

우리나라는 1980년대부터 농업생산성을 높이기 위해 과다한 양분을 농경지에 투입해 왔다. 농업 생산에서 양분은 절대적으로 필요하나 과다하게 투입하면 물과 토양이 오염되고 온실가스 배출량도 증가한다. 이러한 과잉양분 문제를 해결하기 위해 정부는 1990년대 중반부터 화학비료 사용량 감축, 가축 분뇨의 적절한 처리 등 친환경농업정책을 추진해 왔다. 그럼에도 불구하고 양분투입량이 별로 줄어들지 않아 우리나라는 OECD 회원국 가운데 단위면적당 질소수지가 가장 높은 국가가 되었다.

정부는 과잉양분 문제를 해결하기 위한 조치로 2007년부터 '지역단위 양분총량제'를 도입하겠다고 발표하였다. 이 제도는 시군 지방자치단체가 해당 지역의 환경용량에 맞게 양분투입량을 적절하게 관리할 수 있도록 유도하는 정책 프로그램이다. 양분총량제가 소기의 정책 효과를 거두기 위해서는 각 지역의 여건은 물론 양분 투입-산출량을 과학적으로 진단하여 시행가능한 세부 시행방안을 마련하여야 한다.

이 보고서는 농림부 정책 과제로 추진된「지역단위 양분총량제 도입 시행방안」연구의 최종 결과물로서 지역양분산정 시스템 개발, 양분총량제 선결 요건, 기본 방침 및 시행체계 등을 제시하였다. 이 연구가 지역 단위 양분총량제의 추진에 지침서 구실을 하고 나아가 우리나라의 과잉양분 문제를 해결하는데 실질적인 기여를 하기를 기대한다. 아울러 이 연구의 모든 과정에서 양분총량제 연구자문단으로 참여하여 유익한 의견을 제시한 전문가, 관련 단체, 정책 담당자 등 여러분께 감사드린다.

2005. 12.

한국농촌경제연구원장 **최 정 섭**

요 약

○ 농경지에 투입되는 전체 비료성분량 가운데 약 절반정도만이 작물생산에 활용되고 나머지는 토양에 축적되거나 농업생태계 외부로 배출되어 환경부하에 영향을 미치는 요인으로 작용하고 있음. 우리나라는 그동안 과잉양분 감축을 위한 실효성 있는 대책이 지속적으로 추진되지 않아 OECD회원국 가운데 질소수지가 가장 높은 국가로 나타남.

○ 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 특단의 조치인 지역단위 양분총량제는 지역별 양분수지에 관한 과학적인 진단을 통해 농축산부문의 생산 활동과 투입자재를 조절함으로써 양분수지를 균형수준에 도달시키는 것을 정책목표로 하고 있음.

○ 양분총량제 시행방안 수립을 위한 연구방법으로 관련분야 선행연구검토, 새로운 제도 도입에 따른 농업계·축산계·학계 등 관련분야의 의견수렴, 지역별 물질수지 분석 및 양분수지 관련분야 이론정립, 양분수지 산정 프로그램 개발, 지역별 양분수지 D/B 구축, 전문가협의회를 통한 의견수렴 등을 적용함.

○ 지역별 양분수지지표 산정을 위해 관련 기초 자료를 입력하면 자동으로 분석지표(단위면적당 양분초과량과 양분초과율)가 계산될 수 있도록 엑셀 매크로를 활용한 지역단위 양분수지산정 프로그램을 개발하여 제시함.

○ 우리나라 농경지의 양분수지지표 산정 결과 작물재배면적은 지속적으로 감소하고 있는데 반해 화학비료 소비량 감소폭이 적고, 가축사육두수 증가로 가축분뇨 발생량이 크게 늘어나 1990년 이후 꾸준히 감소하던 양분수지가 2001년을 기점으로 다시 악화되고 있는 것으로 나타남.

○ 지역별 농경지의 양분수지 실태를 분석한 결과, 질소 성분의 작물 양분요구량 대비 초과량은 전북이 ha당 157kg으로 적정수준 보다 132.4%가 초과하여 가장 높게 나타났으며, 다음으로 충남 154.4kg(131.7%), 경기도 138.3kg (111.3%) 등의 순으로 높게 나타남. 반면 충청북도와 제주도는 질소성분 초

과량이 각각 84.9kg, 92.8kg 정도로 비교적 낮게 나타남.

○ 각 도별 시·군의 양분수지를 분석한 결과 해당지역의 농업환경자원 관리 상태여하에 따라 농경지의 양분수용수준 이하인 양분관리우수지역에서부터 적정수준에 비해 3～4배 초과되는 양분특별관리지역도 상당한 것으로 나타나 과잉양분관리를 위한 특단의 대책이 필요함.

○ 과잉양분을 관리하기 위해 새롭게 도입되는 지역단위 양분총량제는 사전예방원칙을 기초로 화학비료와 가축분뇨를 종합적으로 관리하는 방식으로 운영하고, 제도가 완전히 정착되기까지 '준비단계-실행단계-정착단계'의 3단계로 접근하도록 함. 또한 투명하고 공정한 제도운영을 위해 인터넷을 통한 정보관리와 추진과정에서 도출된 문제점을 효과적으로 다룰 수 있는 전문가 심의과정 등을 제시함.

○ 양분총량제 시행을 위한 선결요건으로 양분수지 산정을 위한 관련통계 D/B구축, 정확한 가축분뇨 발생원단위 산정을 위한 가축단위 설정, 지역별 양분수지 실태파악을 위한 지역양분산정시스템(ReNAS)의 보급, 효과적 정책추진을 위한 "양분총량제 모니터링팀(가칭)" 설치·운영, 양분총량제를 집행할 수 있는 법적·제도적 장치의 완비 등을 제시함.

○ 지역단위 양분총량제 세부 시행방안의 첫 단계로 ReNAS를 활용한 지역단위 양분수지지표를 산출하고, 양분관리 대상물질은 일차적으로 질소 성분을 기준으로 관리하고 어느 정도 제도가 정착된 후 인산 성분으로 전환하는 방안을 제시하였음. 지역별 관리대상 물질의 질소수지정도에 따라 전국평균 양분요구량 대비 지역단위의 양분초과량이 40kg/ha(양분초과율 30%) 미만인 지역을 '양분관리우수지역', 40～120kg/ha인 지역을 '양분관리유도지역'으로 분류하고, 양분초과량이 120kg/ha(양분초과율 100%) 이상인 지역의 경우 '양분특별관리지역'으로 설정하여 초과량 120～180kg/ha까지를 양분특별관리 I지역, 180kg/ha 이상인 지역을 양분특별관리 II지역으로 분류하였음.

○ 지역별 양분수지지표를 기초로 해당지역의 감축목표를 설정한 후 연차별로 감축토록 하며, 지역별 양분수지는 2년 단위로 재평가하여 양분총량 감축목표를 제시토록 함. 양분총량제의 시행체계와 관련 실제적인 운용을 위해

서는 농림부 훈령으로 “지역단위 양분총량제 기본방침(안)”을 제정해야 함. 여기에는 총칙, 용어의 정의, 양분관리대상 물질의 종류, 양분총량제 관리 목표, 양분수지 산정방법, 과잉양분 감축계획, 기본계획수립, 성과보고서 작성 등에 관한 내용이 포함되어야 함.

○ 양분총량제의 시행체계와 관련 관련주체별 역할분담으로 농림부는 양분총량제에 관한 기본방침을 시달하고, 지역별 양분수지 정도에 따라 양분관리 대상지역 및 특별관리지역 등을 지정토록 함. 지방자치단체 시장·군수는 지역별 여건을 고려하여 지역별 농경지 양분총량관리 시행계획을 수립하여 제출함. 농림부 장관은 각 시군이 제출한 양분총량관리 시행계획을 “양분총량제 모니터링 팀”의 검토를 거쳐 승인토록 함.

○ 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인작업이 필요하고, 양분총량제 운용과 관련 매년 전체 시군의 양분수지 실태를 지도로 작성하여 인터넷 웹사이트에 공개토록 하여 각 지역의 환경부하 상태 및 양분관리 노력 정도를 정책담당자와 농업인은 물론 일반 국민들도 쉽게 알 수 있도록 해야 함.

○ 양분관리 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식을 적용하여 과잉양분 관리계획에 따라 실제적으로 양분감축이 잘 이루어지는 지역에 대해서는 정책자금 우선 배정 등 적절한 인센티브를 부여하고, 양분감축 계획이 잘 이루어지지 않는 지역에 대해서는 정책자금 지원 중단 등 벌칙을 적용토록 함.

○ 양분총량제의 본격적인 추진과 앞서 정책성과를 극대화하기 위해서는 양분초과율이 매우 높은 특정지역을 선정(각 도별 1～2개 시·군 선정)하여 시범사업을 실시한 후 전국으로 확대하는 방식으로 추진하는 것이 바람직함. 양분총량제가 친환경농업 시스템 구축을 위한 유력한 프로그램으로 활용되기 위해서는 관련주체의 적절한 역할분담과 지방자치단체가 양분수지를 적절하게 관리할 수 있는 여러 가지 방안이 마련되어야 함. 중장기적으로 양분총량제가 친환경농업정책의 핵심프로그램으로 운용되기 위해서는 전담조직의 설치에 대한 면밀한 검토도 필요함.

ABSTRACT

Implementation Program for Introducing Regional-Based Maximum Nutrients Loading System

Excessive amount of nutrients have been used to farmland since the 1980s, when the intensive farming method called "High-Input, High-Yield" was expanded in earnest. So far several programs of environmentally friendly agricultural policies have been pursued to reduce the amount of chemical fertilizer use and to properly manage livestock manures. However, due to the lack of effective measures taken to reduce nutrient excess, Korea topped the list of nitrogen balance per unit area of cultivated land among the OECD member countries. The increasing nutrient excess pollutes surface as well as underground water. In addition, it causes soil acidification, deteriorates the ecological system, and increases greenhouse gas emission, thereby generating substantial amount of social costs. As a decisive measure to find out the nutrient balance status by region and properly resolve the nutrient excess problem, the Korean government announced its plan to introduce Region-based Maximum Nutrients Loading System (RMNLS) from 2007. In this note, this study is aimed to map out and suggest detailed plans to implement the RMNLS in a full scale.

This report is divided into six chapters. In Chapter 1, the necessity and purpose of the study are introduced, and the previous studies are reviewed. Chapter 2 takes a look at the meaning and significance of the maximum nutrients loading system. Chapter 3 explains the maximum nutrients loading system and the theory of nutrient balance analysis. In Chapter 4, the nutrient balance status of farmland is analyzed, and the analytical results of nutrient balance at the country and regional level are described. Chapter 5 describes the detailed implementation plan for the RMNLS, including the basic directions, prerequisites, and detailed action plans. It also proposes the plan for sustainable development of the RMNLS. Lastly, Chapter 6 summarizes the study and gives the conclusion.

To draw up the detailed implementation plan for the RMNLS, the review of previous studies, the collection of opinions from agricultural, livestock and academic sectors regarding the introduction of new RMNLS, the development of the program to calculate regional based nutrient balance, and the

establishment of the regional nutrient balance database were adopted as study methods. To calculate the nutrient balance, the Excel Macro program was utilized to develop the Regional Nutrients Accounting System (ReNAS).

When nutrient balance indicator at the national level was calculated, it turns out that while the cultivating land size has been on the continuous decline, the chemical fertilizer consumption was not reduced accordingly. It was also found that because of the increasing number of livestock operations, the nutrient balance, which has continued to go down since 1990, turned around and went up again since 2001. The analysis of farmland nutrient balance shows that the nutrient balance is quite different by region. When it comes to nitrogen balance, the nutrient amount per unit area of cultivated land in excess of the crop nutrient requirement amount was the highest in the Jeonbuk province with 157kg/ha, which is 132.4 percent higher than the appropriate level. The Chungnam province and the Gyeonggi province came next with 154.4kg/ha (131.7 percent) and 138.3kg/ha (111.3 percent) respectively.

The analysis of nutrient balance of cities and counties in each province has found that regions show a huge difference in nutrient management status. For example, there were some areas where nutrients are managed well below the acceptable nutrient use level, while other areas were subject to special nutrient management, since they use nutrients three to four times higher than the acceptable level. Therefore, it was found that a decisive measure shall be taken to put excess nutrients under control.

The basic direction of the newly introduced RMNLS is to comprehensively manage chemical fertilizers and livestock manures under the prevention principle and takes the three-step measures, including preparation, implementation, and settle-down, until the system takes a firm root. To ensure transparent and fair system operation, the Internet-based information management and the experts' review process on effective handling of the issues raised are suggested.

The study suggests the preconditions for smooth operation of the RMNLS. They include the building of relevant statistical database for nutrient balance calculation, the setup of a livestock unit to accurately calculate livestock manure sources, the distribution of the ReNAS to understand regional nutrient balance, the establishment & operation of the "Monitoring Team of Maximum Nutrients Loading System (tentatively named)" and the preparation of laws and institutions for the RMNLS implementation.

As the first step of the RMNLS implementation plan, the study proposed the calculation of regional nutrient balance indicator with ReNAS, the selection of materials subject to nutrient management based on nitrogen contents first and then the shift to phosphorous content when the RMNLS settles down to a

certain degree. According to the excess amount of materials subject to nutrient management by region, when compared with the national average nutrient demand, if the nutrient excess rate is less than 30 percent, the areas are classified as the "Areas of good nutrient management." If the nutrient excess rate is between 30 percent and 100 percent, the areas are classified as the "Areas for nutrient management motivation". Furthermore, the areas, whose nutrient excess rate is above 100 percent, are classified as the "Areas for special nutrient management". Among the areas for special nutrient management, if the excess rate is between 100 percent and 150 percent, they are classified as "Area I for special nutrient management," and if the excess rate is 150 percent or above, they are classified as "Area II for special nutrient management."

Based on the nutrient balance index by region, the reduction target of concerned regions shall be set, and using the evaluation of performance every two years, the maximum nutrients loading reduction goal shall be renewed. For practical operation of the RMNLS, the "Basic Guideline for the RMNLS" shall be prepared under the order of the Ministry of Agriculture and Forestry (MAF). The Guideline shall include general rules, definitions of terms, types of materials subject to nutrient management, the management goal of the RMNLS, the method of calculating nutrient balance, the excess nutrient reduction plan, the basic plan, and the performance report preparation.

In relation to the implementation of the RMNLS, relevant organizations shall divide their roles. The MAF shall prepare and transfer the basic guideline for the RMNLS and designate the areas subject to nutrients management and special areas under management depending on the level of nutrient balance by region. Considering specific conditions by region, mayors and county heads of local autonomous governments shall draw up and submit the RMNLS implementation plan by region. The MAF Minister shall approve the implementation plan for the RMNLS submitted by cities and counties after they are reviewed by the "Maximum Nutrients Loading System Monitoring Team."

To make the RMNLS properly work, the data reported for nutrient balance calculation by each region shall be verified. In relation to the operation of the RMNLS, each year a map of nutrient balance status of all cities and counties shall be prepared and made public on the Internet website. This will help policy makers, farmers, and the general public easily understand the level of efforts made by each region to reduce the environmental loads and control excessive nutrients

Depending on the level of excess nutrient reduction, differentiated incentives

shall be provided. Therefore, to the areas which achieve substantial excess nutrient reduction under the excessive nutrient management plan, appropriate incentives, including the prioritized policy fund allocation, shall be provided. To the regions, which are unable to reduce excess nutrients, shall be imposed with punishments such as the end of policy fund support.

Prior to the full-fledged and nationwide implementation of the RMNLS, it would be better to select a few areas which have high nutrient excess rate (1~2 cities or counties per province) for pilot test to maximize the policy results. To be utilized as a valid program to build the environmentally friendly agricultural system, diverse measures shall be mapped out to properly divide roles among relevant entities and enable local autonomies to properly manage their nutrient balance. In the mid to long term, to make sure that the RMNLS is utilized as a core program for the environmentally friendly agricultural policy, the plan to establish a dedicated organization shall be thoroughly reviewed.

Researchers: Chang-Gil Kim, Tae-Young Kim, and Yong-Kwang Shin
E-mail address: changgil@krei.re.kr

차 례

제1장 서 론

1. 연구의 배경과 필요성 ····· 1
2. 연구목적 ····· 3
3. 선행연구 검토 ····· 4
4. 연구 범위와 방법 ····· 5

제2장 양분총량제의 의미와 중요성

1. 지역단위 양분총량제의 의미 ····· 9
2. 양분총량제의 중요성 ····· 12
3. 양분총량제와 수질오염총량제와의 관계 ····· 13
4. 양분총량제 관련 주요 쟁점과 해결방안 ····· 17

제3장 양분총량제 및 양분수지분석 이론

1. 양분총량제의 이론적 기초 ····· 21
2. 양분수지 분석 방법론 ····· 24

제4장 농경지의 양분수지 실태 분석

1. 국가단위 양분수지 변화 ····· 31
2. 지역단위 양분수지 변화 사례(K도 사례) ····· 35

제5장 지역단위 양분총량제 시행방안

1. 양분총량제 시행의 기본 방향 ····· 43
2. 양분총량제 시행의 선결요건 ····· 45
3. 지역단위 양분총량제 세부 시행방안 ····· 48

4. 양분총량제의 지속적인 발전 방안 ····· 56

제6장 요약 및 결론 ····· 60

부록 1. 주요국의 양분관리제도 ····· 65

부록 2. 도별 양분수지 분석 결과 ····· 81

부록 3. 지역양분산정시스템(ReNAS) ····· 85

참고문헌 ····· 88

표 차 례

제2장

표 2-1. 한강, 낙동강 수계에 적용되는 총량관리제의 비교 ····· 14

제3장

표 3-1. 농도규제와 총량관리의 비교 ····· 22

제4장

표 4-1. 우리나라 농경지의 양분수지 변화 추이 ····· 32
표 4-2. 도별 양분수지 분석 결과 ····· 33
표 4-3. 표준시비량 및 경지이용율별 양분수지 변화 ····· 34
표 4-4. K도의 시군별 가축사육두수 및 분뇨발생량 ····· 36
표 4-5. K도의 가축분뇨 비료성분 활용량 및 화학비료 소비량 ····· 38
표 4-6. K도의 시군별 작물 재배면적 및 작물양분요구량 ····· 39
표 4-7. K도의 작물양분요구량 및 양분공급구조 ····· 40
표 4-8. K도의 시도별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정 ····· 41

제5장

표 5-1. 양분감축 시나리오별 양분수지 변화(2004년 기준) ····· 57

부록 1

부표 1-1. 오스트리아의 추천 질소·인산 비료 시비량 ····· 66
부표 1-2. 오스트리아의 가축단위 자료 및 정의 ····· 66
부표 1-3. 벨기에의 시비기준(2003년 1월 시행) ····· 67
부표 1-4. 자발적 관리협약하의 질산염 감축기준 달성 취약지구 농민 보상액 ····· 70

부표 1-5. 자발적 관리협약하의 질산염 감축기준 달성 취약지구 농민 장려금 ···· 70
부표 1-6. 덴마크의 토양 유형별 농작물에 대한 질소시용 기준 ····· 72
부표 1-7. 농가단위의 질소 초과사용 한도별 벌금 ····· 73
부표 1-8. 독일 농장단위의 평균 액비시용 상한 ····· 75
부표 1-9. 채택된 경종 생산방식 조방화 수단 및 MEKA 계획 하의 보상액 ··· 76
부표 1-10. 네덜란드의 가축분뇨 및 비료 사용량 규제 ····· 78
부표 1-11. MINAS 손실 기준과 세금부과율의 변화추이 ····· 79

부록 2

부표 2-1. A도의 양분수지 시산 결과 ····· 81
부표 2-2. B도의 양분수지 시산 결과 ····· 81
부표 2-3. C도의 양분수지 시산 결과 ····· 82
부표 2-4. D도의 양분수지 시산 결과 ····· 82
부표 2-5. E도의 양분수지 시산 결과 ····· 83
부표 2-6. G도의 양분수지 시산 결과 ····· 83
부표 2-7. H도의 양분수지 시산 결과 ····· 84

그 림 차 례

제1장

그림 1-1. 연구의 흐름도 ····· 7

제3장

그림 3-1. 환경관리를 위한 농도규제와 총량관리의 비교 ····· 23
그림 3-2. 농업계의 물질균형 투입-산출 수지의 개념도 ····· 24
그림 3-3. 지역단위 양분수지 진단 체계 ····· 27

제4장

그림 4-1. 농경지 양분초과율 변화 추이 ····· 32
그림 4-2. 전국 도별 양분(질소・인산) 초과율 ····· 33
그림 4-3. K도의 가축분뇨 처리 경로 ····· 37
그림 4-4. K도의 농업생태계 물질순환 구조(2004년) ····· 42

제5장

그림 5-1. 지역단위 양분총량제 단계적 추진 체계 ····· 44
그림 5-2. 지역단위 양분총량관리시스템 개념도 ····· 49
그림 5-3. 질소성분 양분초과량 기준 양분관리지역 지정 ····· 50
그림 5-4. 지역단위 양분총량제 시행절차 ····· 52
그림 5-5. 지역단위 양분총량제 운영과 관련 확인・점검 체계 ····· 53

부록1

부도 1-1. 무기물기장제도의 무기물 투입 및 산출 구조 ····· 77

부록2

부도 2-1. 전국 시군별 양분(질소・인산) 초과율 분포도 ····· 84

제 1 장

서 론

1. 연구의 배경과 필요성

○ 양분(nutrients)은 작물생산을 위해 외부로부터 섭취하는 물질로 필요 이상으로 공급되는 경우 작물생육 뿐만 아니라 생태계에도 부정적인 영향을 미침. 특히 작물생육에 이용되는 질소, 인산, 칼리 중에서 질소와 인산이 환경에 미치는 영향이 가장 크고, 칼리는 영향이 미미하여 거의 다루지 않고 있음.

- 질소와 인은 과다투입으로 유출되는 경우 부영양화를 유발시키는 주요한 원인 물질로써 관리의 중요성이 큼. 특히 질산성 질소는 지하수를 오염시켜 인체에 위해를 미침. 또한 질소질 비료나 가축분뇨의 분해과정에서 아산화질소(N_2O)는 지구온난화에도 큰 영향을 미침.

○ 그동안의 농축산업은 '고투입-고산출'의 집약적 생산시스템을 기초로 하고 있어 농경지내 과다한 양분을 배출시킴으로써 농업부문의 비점오염원과 점오염원으로 작용하여 환경부하 문제를 심화시켜 옴.

- 과잉양분 유출에 따른 환경문제는 누적적으로 서서히 이루어지기 때문에 가시적으로 농촌 현장에서 확인하는데 어려움이 있어 큰 환경문제로 인식하지 못하고 있음.
- 과잉양분의 누적 증가는 농촌지역의 지표수와 지하수의 오염, 토양산

성화, 자연생태계의 악화, 온실가스 배출 증가 등을 초래하여 상당한 사회적 비용을 초래하게 됨.

○ 실제로 농경지에 투입되는 전체 비료성분량 가운데 50% 정도만이 작물생산에 활용되고 나머지는 토양에 축적되거나 농업생태계 외부로 배출되어 환경부하를 가중시키는 요인으로 작용함.

- 농경지에 상당한 과잉 양분투입이 이루어지기 시작한 것은 1980년대 중반부터이며, 1990년대 중반까지 지속적으로 증가해오다가 친환경농업 육성정책 추진에 힘입어 점진적으로 감소추세에 있으나 아직도 높은 수준의 과잉 양분투입이 이루어지고 있음.
- 2004년의 경우 농경지 약 194만ha에 투입되는 화학비료 투입량(성분량 기준)은 약 69만톤이고, 가축분뇨의 자원화를 통해 투입되는 양분량은 약 25만톤으로 총 양분투입량은 약 94만톤에 달함. 이중 작물 생산을 위해 흡수되는 51만톤 정도를 제외하면 연간 약 43만톤(질소 25만톤, 인산 9만톤, 칼리 9만톤)이 토양에 축적되거나 하천에 유출되어 환경부하를 가중시키는 것으로 추정됨.

○ 우리나라는 그동안 과잉양분 감축을 위한 실효성 있는 대책이 지속적으로 추진되지 않아 OECD회원국 가운데 과잉 질소수지가 가장 높은 국가로 나타남.

- OECD농업환경지표 통계자료에 따르면 과잉 질소수지지표의 경우 1990년대 중반까지 네덜란드가 가장 높은 수준의 국가였고, 우리나라가 2위를 차지했음.
- 1990년대 후반이후 네덜란드는 과잉양분 감축을 위한 국책사업으로 10여년 동안 단계적인 특별대책을 추진함으로써 질소성분의 과잉 수지는 1985년 313kg/ha에서 2002년에는 44.7% 줄어든 173kg/ha으로 나타남. 반면 우리나라는 1985년 181kg/ha 수준이었으나 2002년의 경우 31.5% 증가한 238kg/ha로 수준으로 나타나 OECD 회원국 가운데 가장 높은 수준의 과잉 질소수지 국가가 되어 과잉 양분관리를 위한 특단의 조치가 필요한 것으로 나타남.

○ 농경지에 과다하게 투입되는 양분을 감축하기 위한 실효성 있는 정책프로그램 마련을 위해 농림부와 환경부가 합동으로 구성된 「축산분뇨 관리·이용대책 추진기획단」(2004. 4. 9～9. 30)에서 제안한 "지역양분총량제"를 2007년부터 도입키로 정부방침이 결정됨.

- 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위해서는 화학비료 사용을 크게 줄이도록 유도하는 친환경농업 육성정책과 가축분뇨 관리수단으로 가축분뇨자원화와 축산폐수 정화처리 확대 정책도 중요함. 그러나 새로운 정책프로그램으로 도입되는 지역단위 양분총량제는 지역별 환경용량에 적합한 수준으로의 양분수지 균형달성을 통해 농축산부분의 환경부하를 최소화할 수 있음.
- 지역단위 양분총량제는 기존의 정책패러다임과는 달리 과학적 분석과 지역적 양분수지에 관한 정확한 진단을 통해 이루어질 수 있는 것이기 때문에 정책실패를 최소화하고 정책성과를 극대화하기 위해서는 단계적인 세부 실행프로그램 수립이 필요함.

○ 국토환경에 대한 수질관리 측면에서 환경부에서 주관하는 수질오염총량관리제도가 2004년부터 본격적으로 추진됨에 따라 농업부문의 비점오염원 관리차원에서 다루게 되는 경우 농업부문에 상당한 영향을 미치게 될 것임. 따라서 양분관리 측면에서 수질오염총량제와 유사한 제도인 지역양분총량제는 향후 농업부문에 미치는 파급영향을 최소화하기 위한 능동적인 대처로 시사하는 바가 클 것으로 전망됨.

2. 연구목적

○ 이 연구는 농경지의 양분 수용능력에 비해서 과다한 양분투입이 이루어지고 있는 현실에서 양분총량제가 과잉양분관리를 위한 불가피한 제도라는 전제하에, 지역단위의 농축산부문의 생산 활동을 종합적으로 진단·평가하여 지역전체의 과잉양분 투입도를 체계적으로 관리하는 양분총량제의 추진방안을 제시하는데 목적이 있음.

3. 선행연구 검토

○ 국내 연구동향

- 박승우 외 8인(2000)은 농업생태계의 구성요소(기상・수문인자, 지형・지세・토양・용배수 등)와 환경오염원, 영농관리 요소 간의 연관성 분석을 기초로 양분관리 모니터링 기술과 수학적 모델개발을 제시함. 특히 수문학적 측면에서 제시된 농업생태계 양분관리 모니터링 모델은 논과 밭에서의 비점오염원 관리방안을 모색하는데 기초 자료로 활용이 가능함.
- 김진수, 오광영(2000)은 농촌지역의 유기물 흐름 분석모형을 설정하여 사례지역(충북 청원군 가덕면 지역)의 질소순환을 평가하고 환경용량에 맞추기 위하여 축산규모 감축 등 농업생산규모의 조정방안 등을 제시함.
- 김창길, 강창용(2002)은 지역단위 농업환경모형을 기초로 사례지역인 경기도 양평군과 충북 진천군의 물질균형 분석을 시도하였고, 분석결과를 기초로 사례지역의 친환경농업의 발전 방향을 제시함.
- 이연 외 5인(2003)은 OECD에서 활용하는 농장기준의 양분수지(farm gate balance)의 계산 방식을 제시하였고, 실제로 이러한 계산방식을 적용하여 수도작, 시설하우스, 축산과의 복합영농 지역 등을 대상으로 양분수지 산정결과를 제시함.
- 김창길 외 7인(2004)은 농업생태계의 물질순환 이론의 체계화, 지역단위 물질순환 구조 및 환경부하 분석 방법을 제시하였고, 홍성군과 옥천군의 사례지역을 대상으로 물질순환 및 경제 분석, 물질균형 달성을 위한 추진전략을 제시함.
- 송주호, 김창길, 허덕, 임성진(2004)은 축산부문의 환경부하 감축을 위한 가축사육두수 총량제 도입방안에 대한 검토와 가축사육 밀집지역을 대상으로 양분총량제 실시방안 등을 제시함.

○ 국외연구 동향

- 松本成夫(1998)는 농업생태계의 질소 순환에 초점을 맞추어 농지에서의 양분수지, 분뇨, 짚 등 잔여물의 처리·이용, 식료 및 사료의 수입 등에 따른 환경부하 메커니즘을 종합적으로 분석함.
- Krug and Winstanley(2002)는 미국 미시시피 지역을 대상으로 질소수지를 기초로 한 양분수지분석을 시도하였고, 이러한 분석모형을 기초로 옥수수와 대두의 윤작시스템이 질소수지에 미치는 영향을 계측하였음.
- van Grinsven, et al.(2004)는 네덜란드에서 시행된 농가단위의 양분총량제인 무기물산정제도(MINAS)의 정책효과에 관한 분석에서 총량제도가 과잉비료성분(질소와 인산)을 30%정도 감축하는데 기여한 것으로 평가하였음. 그러나 MINAS는 상당한 정책비용이 소요되어 가축분뇨 처리비의 1%정도를 차지하는 것으로 추정함.

○ 이 연구는 그동안 추진되어 온 물질수지 분석에 관한 국내외 연구결과를 종합하여 지역단위 양분실태 분석의 정확도와 신뢰도를 제고시킬 수 있는 사용자 중심의 양분총량 분석모형을 제시하는 한편, 양분균형 달성을 위한 양분총량제의 세부 실행프로그램 개발 및 추진방안을 제시함.

4. 연구 범위와 방법

4.1. 연구범위

○ 양분총량의 결정 및 관리를 위한 지역단위의 범위 설정

- 양분총량제 시행에 있어서 지역단위는 양분의 투입과 산출이 이루어지는 영역과 양분관리가 이루어질 수 있는 관할지역을 의미하고 있어 행정적으로 사업집행이 가능한 시·군으로 설정하였음. 행정지역 가운데 특별시와 광역시 및 농업의 비중이 적은 시 지역(농경지 면적이 2,000ha 이하지역)은 제외하였음.

○ 양분총량의 결정에 있어서 농업부문의 분석대상

- 양분총량의 결정과 농업부문의 분석대상은 크게 경종부문과 축산부문으로 대별되며, 경종부문의 경우 농경지에서 재배되는 모든 작목을 대상으로 하였고, 축산부문의 경우 가축분뇨 발생량과 적절한 처리를 통한 양분환원량 산정시 소(한우, 육우, 젖소), 돼지, 닭 등 3개 축종으로 한정하였음.

○ 양분수지 결정과 관리에 있어서 분석대상 물질

- 양분총량제 시행과 관련 관리대상 물질은 질소와 인산 성분을 대상으로 하였으며, 실제로 정책집행 단계에서 최종적인 관리대상 양분 물질은 정책적 실행가능성과 파급영향 등을 종합적으로 고려하여 최종 결정토록 함.

○ 양분수지 산정을 위한 관련 파라미터

- 경종부문의 양분요구량(또는 양분수용량)은 농업과학기술원에서 제시한 파라미터(표준시비량 등)를 기준으로 하며, 축산부문의 분뇨발생원단위는 환경부에서 제시한 기준을 적용함.
- 축종별 가축분뇨의 양분 환산계수는 축산연구소에서 제시된 파라미터를 적용하였음. 축종별 성장단계별 분뇨발생량과 양분환산량의 차이는 가축단위가 결정되지 않아 반영되지 않았음.[1)]

4.2. 연구방법

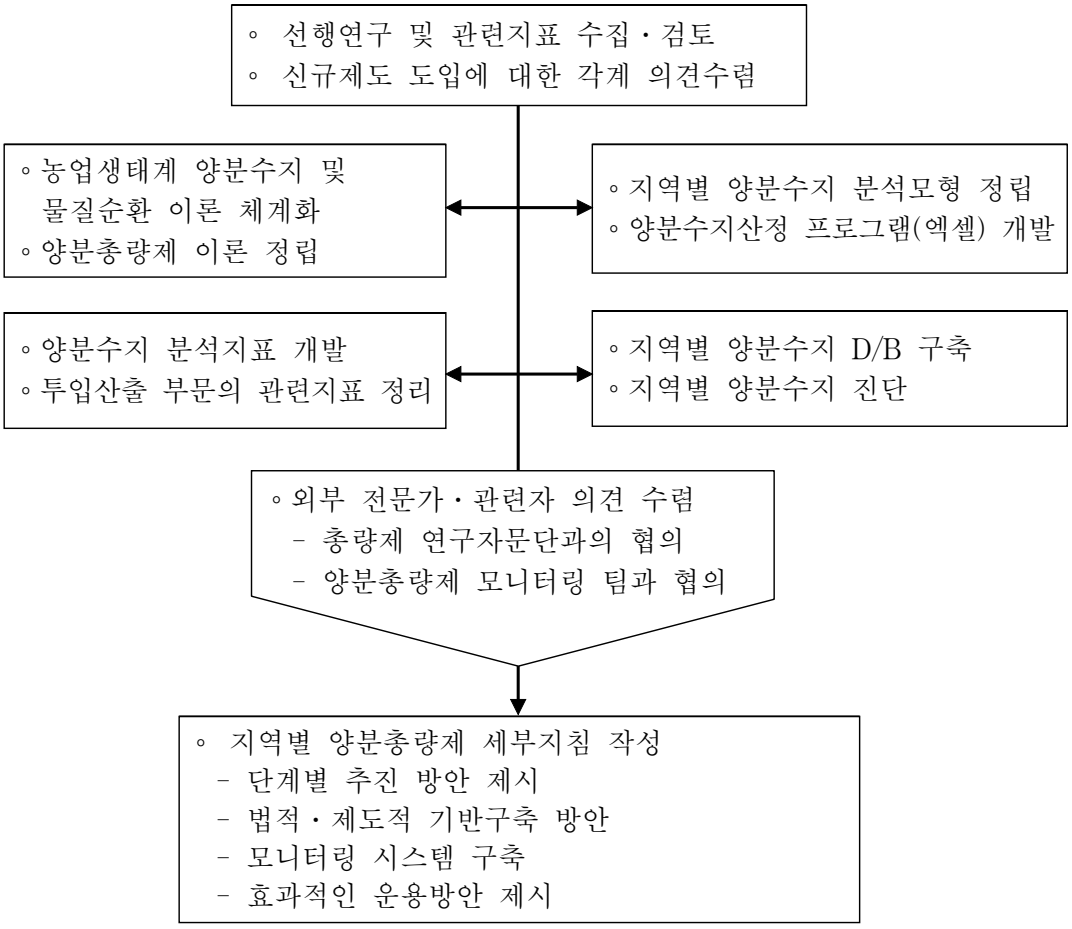
○ 연구진행은 분야별 연구방법과 연구내용에 따라 단계적으로 진행

- 연구방법은 관련분야 자료수집과 선행연구검토, 새로운 제도 도입에 따른 농업계·축산계·학계 등 관련분야의 의견수렴, 지역별 물질수진 분석 및 양분수지 관련분야 이론정립, 양분수지 산정 프로그램 개

1) 축종별 성장단계별 차이를 고려한 가축단위 설정작업은 농촌진흥청과 축산연구소 주관으로 특별팀을 구성(학계, 연구계, 정책담당자 등으로 특별팀 구성)하여 이루어지고 있으며, 2005년 8월부터 시작하여 2006년 상반기에 결정될 예정임.

발, 지역별 양분수지 D/B 구축, 전문가 의견 수렴 등을 거쳐 양분총량제 세부시행 방안을 수립함<그림 1-1>.

그림 1-1. 연구의 흐름도



○ 지역단위 양분수지 산정을 위한 기초자료

- 농업과학기술원의 작물별 표준시비량, 환경부의 “오수・분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률” 시행령(제20조 3항)에 제시된 가축분뇨의 배출원단위, 축산연구소의 가축분뇨의 비료성분 자료 등을 활용함.

- 전국 시군의 양분수지 실태를 파악하기 위해 농림부에서 각 도에 공문을 발송하여 경지면적, 면적별 재배작목, 가축사육두수, 가축분뇨처리실태, 화학비료 사용량 등에 관해 보고된 자료를 활용함.
- 지역별 양분수지 관련 자료를 D/B화함으로써 양분수지 변화 모니터링과 향후 정책평가시에 기초 자료로 활용할 수 있도록 함.

○ 지역단위의 농축산부문 양분투입량, 산출량 및 양분수지 산정

- 축종별 가축분뇨 발생량과 가축분뇨의 비료성분 환산계수 및 작물별 양분요구량에 관한 기초 자료와 지역별 양분수지 산출을 위한 관련변수(화학비료 투입량, 작물별 재배면적, 가축사육두수, 가축분뇨의 처리방식 등)에 관한 자료를 입력하면 자동적으로 산출될 수 있도록 엑셀 매크로 프로그램을 활용함(엑셀 프로그램은「부록 3」참조).

○ 양분관리를 위한 주요국 사례의 벤치마킹

- 농업부문의 양분관리 시스템이 잘 구축된 해외 선진지역(네덜란드, 독일, 덴마크 등 EU 지역)에 관한 관련 자료의 수집과 분석을 통해 우리나라에 적합한 양분총량제 도입을 위한 벤치마킹 자료로 활용함(주요국의 양분관리정책에 대한 자료는「부록 1」참조).

○ 양분총량제 도입과 관련 정보공유시스템 구축 및 세부시행 방안에 관한 관련분야 전문가의 의견반영

- 새로운 제도인 양분총량제 도입과 관련 정보공유시스템 구축을 위해 전문가협의회를 개최하고, 실효성 있는 실행 프로그램 개발을 위해 전문가, 관련단체, 정책담당자 등으로 연구자문단을 구성하여 의견을 수렴함.
- 양분총량제 연구자문단은 농림부, 농업과학기술원 양분관련 전문가, 축산연구소 가축분뇨관련 전문가, 농협, 대한양돈협회, 환경농업단체연합회 관계자 등으로 구성하였음. 두 차례의 연구자문단 회의를 개최하여 시행방안에 관한 심층논의와 의견수렴이 이루어졌음.

제 2 장

양분총량제의 의미와 중요성

1. 지역단위 양분총량제의 의미

1.1. 지역단위 양분총량제의 개념

○ 지역단위 양분총량제는 과학적 토대위에서 지역별 농경지의 양분 투입과 처리를 종합적으로 파악하여 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도임.

- 양분총량제는 농경지에 일정수준 이상으로 양분이 과다 투입되는 지역만을 대상으로 추진되는 정책프로그램으로 궁극적으로는 해당지역의 양분수지를 균형수준에 도달할 수 있도록 하는 양분관리 수단임.

○ 지역단위 양분총량제의 정책목표는 지역별 양분수지를 종합적으로 관리하여 궁극적으로 양분균형을 달성함으로써 농업부문의 환경부하를 최소화하는 친환경농업시스템을 구축하는데 있음.

1.2. 지역단위 양분총량제의 특성

○ 농업환경자원의 환경친화적인 관리를 위한 핵심적 친환경농업정책 프로그램

- 농경지에 투입되는 양분이 모두 작물이 흡수되어 양분수지가 균형을 이루게 되면 농업생산 활동이 환경에 부정적인 영향을 미치지 않게 됨. 양분총량제는 지역별 농경지의 양분 투입-산출 관계를 기초로 양분수지의 균형달성을 위해 해당지역의 과잉양분을 체계적이고 종합적으로 관리한다는 점에서 농업정책과 환경정책을 통합하는 핵심적인 친환경농업정책 프로그램이라 할 수 있음.

○ 양분관리 대상 범위는 농장단위가 아닌 지역단위로 광역적으로 설정

- 우리나라의 지역단위 양분총량제는 유럽에서 시행되는 개별 농가별(경종농가 및 양축농가) 양분수지를 기초로 양분을 관리하는 양분관리 정책 프로그램과는 달리 시군 지역을 기준으로 상당히 넓은 지역의 양분을 관리하는 정책임.
- 지역단위 양분총량제는 가축사육두수 감축과 직접적으로 연계된 정책 프로그램이 아니며 지역단위(시・군 행정구역 기준)에서 양분을 종합적으로 관리하는 정책수단임. 즉, 양분공급이 과다한 지역에서 더 이상 늘어나지 않도록 점차적으로 줄이며, 양분수용이 가능한 지역에서는 양분과잉 지역으로부터 양분을 수용하여 궁극적으로는 양분균형 수준이 유지됨으로써 지속가능한 농업시스템을 구축하는 것이 기본적인 취지임.

1.3. 지역단위 양분총량제 시행근거와 추진계획

○ 양분총량제의 도입 배경과 시행근거

- 경종부문의 경우 농업생산성 유지 또는 증가를 위해 상당한 화학비료 투입이 지속되고 있으며, 축산부문의 경우 규모화・전문화로 가축분뇨가 대량으로 발생하면서 일부가 해양배출 및 정화처리 됨에도 불구하고 자원화(퇴비화・액비화 등)를 통해 농경지에 상당한 과잉양분 투입이 지속되어 지역별 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 특단의 대책으로 양분총량제를 도입하게 됨.
- 가축분뇨 문제와 과잉양분 문제를 동시에 해결하기 위해 농업부와 환

경부가 합동으로 구성된 “축산분뇨 관리·이용대책 추진기획단”(2004. 4. 9 ~ 9. 30)에서 핵심적 정책프로그램으로 지역단위 양분총량제 도입 방안과 추진계획을 공표함.[2)]

- 농림부와 환경부가 공동으로 발의한 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률안(법제처의 심사를 마치고 국회에 제출 중임)”에서 양분총량제 시행에 관해 간접적으로 언급하고 있음.

○ 지역단위 양분총량제의 추진계획

- 지역단위 양분총량제 추진계획을 보면 2005~2006년까지 축산환경 모니터링 팀 구성·운영, 축산환경 관련 D/B 구축 및 양분총량 모델 설정, 각 지자체별 축산·경종농업 담당자를 대상으로 양분총량 개념에 대한 교육 및 추후 시책방향 교육실시, 정책차별화를 위한 1차 지역분류, 일정수준이상 초과지역 경고 및 정책방향 예고, 지자체 반응검토 및 지역단위 양분총량제 보완 등을 제시하고 있음.
- 세부적인 정책프로그램 개발 및 교육·홍보 등 준비단계를 거쳐 2007년 실행단계에는 정책차별화를 위한 2차 지역분류 및 통보, 일정수준이상 양분수지 과다지역에 대한 축산 및 비료관련 정책지원 중단, 차후년도 양분총량 감축목표 등을 제시함.
- 양분총량제가 본격적으로 시작되는 2007년부터 2011년까지는 양분수지 과다지역을 중심으로 토양검정을 실시하여 양분총량제를 모니터링하고, 이들 지역을 집중관리 지역으로 지정·관리하는 방안을 제시함.
- 양분총량제를 5년동안 실시하고 2011년 이후에도 과잉양분 문제가 지속되는 경우 축산부문에 가축사육두수 총량제의 도입도 검토하는 것으로 정부의 기본방침이 결정됨.[3)]

---

2) “축산분뇨 관리·이용대책 추진기획단”에서 제시한 지역단위 양분총량제 도입 및 향후 추진방안에 관한 구체적인 일정 등에 관해서는 농림부·환경부합동(2004, 79-84)에 상세하게 제시됨.

3) 가축사육두수 총량제는 가축분뇨처리 용량에 따라서 사육두수를 할당하는 제도를 의미함. 이 제도의 도입방안에 관한 상세한 내용은 송주호, 김창길, 허덕, 임성진(2004)에 잘 제시되어 있음.

2. 양분총량제의 중요성

○ OECD의 회원국별 양분수지 자료에 따르면 우리나라는 회원국 가운데 가장 높은 수준의 “양분과다 사용국(질소성분 기준)”임. 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 특단의 대책이 요구되고 있는 시점에서 지역단위 양분총량제는 효과성과 유연성(flexibility)이 높은 정책으로 평가됨.[4)]

○ 양분총량제는 일반 환경분야에서 추진되고 있는 오염총량관리제도와 유사한 제도로 우리나라 여건에서 농업부문 스스로 과잉양분을 관리함으로써 환경부하를 최소화하는 노력을 대내외적으로 알릴 수 있음.

- 현재 화학비료를 감축시키기 위해 다양한 친환경농업정책을 추진하고 있음에도 불구하고, 국가차원에서 양분수지를 제대로 관리하기 위한 정책프로그램은 아직 추진되고 있지 않음. 양분총량제를 계기로 농업부문도 본격적인 지역단위 환경용량에 부합하는 과학적이고 환경친화적인 양분관리정책이 마련됨.
- 지역단위 양분총량제는 유럽에서 추진하고 있는 농가단위 양분관리제도와는 달리 해당지역의 농경지에 투입되는 무기물은 물론 유기물까지도 종합적으로 관리할 수 있고, 이와 병행하여 경종-축산이 유기적으로 연계된 자원순환형 농업시스템 확산 등 건실한 친환경농축산업 시스템 구축에 기여할 것으로 기대됨.

○ 각 지방자치단체별로 친환경농업 육성을 위해 다양한 정책을 추진하고 있으나 해당지역 권역 내 양분수지에 대한 정확한 파악과 분석이 이루어지 않고 있고, 관련통계도 정비되어 있지 못한 실정임.

- 양분총량제 시행을 계기로 지자체의 친환경농업정책 수립 시 양분균형 달성에 관심을 갖게 됨은 물론 양분수지 산정과 관련된 여러 가지 통계가 정비될 것으로 기대됨.

---

4) 우리나라의 과잉 양분수지 관리를 위한 농업부문 환경오염 총량관리제도에 대한 상세한 설명은 김창길 외 7인(2004, 182-184)에서 제시됨.

3. 양분총량제와 수질오염총량제와의 관계

3.1. 수질오염총량제의 의미와 내용

○ 수질오염총량관리제도는 과학적 토대위에서 수계구간별 목표수질을 설정하고, 그 목표수질을 달성·유지하기 위하여 해당 수계구간 내에서 배출되는 오염물질의 총량을 관리하는 제도로서 환경부에서 총괄하고 있음.

- 수질오염총량관리제는 1999년 "한강수계상수원수질개선 및 주민지원에 관한 법률"에 시행근거가 마련됨. 시군의 자발적 시행을 기초로 한 한강에서의 오염총량관리제는 환경부가 하수종말처리장 인가의 조건으로 총량관리계획을 수립할 것을 권고하면서 1999년 당시 경기도 광주군이 최초로 계획수립에 착수하였음. 이후 "낙동강, 금강, 영산강 수계물관리및주민지원등에관한법률"이 통과되면서 대상지역에서는 총량관리제를 의무적으로 시행하게 됨<표 2-1>.
- 환경부에서 시행중인 수질총량규제는 특정수역의 목표수질을 달성·유지하기 위하여 유역으로부터 배출되는 오염물질의 양을 총량적으로 규제하는 제도임. 즉, 대상수역의 목표수질을 유지하기 위한 총부하량을 산정하고, 각 오염원별로 배출할 수 있는 오염물질의 최대 한도량을 정하여 그 양 이상은 배출하지 못하게 하는 제도임.
- 이 제도는 이미 적용되고 있는 배출허용기준을 잘 준수하더라도 배출원이 밀집되어 있거나 그 규모가 커서 배출총량이 수역의 환경용량을 초과하여 그 수역의 수질이 계속 악화되고 수질오염상태가 환경기준을 초과하여 주민의 건강, 재산이나 동·식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정되는 지역 또는 특별대책지역 중 사업장이 밀집되어 있는 구역에 적용함.
- 수역의 환경용량을 산정하고 목표수질을 달성·유지하기 위하여 수계

표 2-1. 한강, 낙동강 수계에 적용되는 총량관리제의 비교

구 분		한강수계 오염총량관리제	낙동강수계 오염총량관리제
근거법		▪ 한강수계상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률(1999)	▪ 낙동강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한 법률(2001)
관리목표		▪ 하천 수질환경기준	▪ 수계 구간별 목표수질
대상지역		▪ 팔당호 상류의 한강수계	▪ 낙동강 수계 전역
대상물질		▪ BOD기본, 선택적으로 COD, TN, TP	▪ BOD기본, 2010년 이후 TN,TP
시행체제	계획수립 및 이행	▪ 환경부: 총량관리계획수립지침 제공 ▪ 시장・군수: 해당지역의 총량관리시행계획 수립・이행	▪ 환경부: 오염총량제관리계획 기본방침 수립 ▪ 시・도지사: 기본방침에 따라 오염총량관리 기본계획 수립 ▪ 시장・군수: 기본계획에 근거하여 해당지역의 총량관리시행계획 수립이행
	승인	▪ 환경부장관이 총량관리시행계획(변경) 승인	▪ 지방환경관서의 장이 관할 도지사를 거쳐 제출된 총량관리시행계획(변경)승인
	평가	▪ 환경부장관이 해당 시장・군수가 매년 제출하는 이행평가보고서 평가	▪ 지방환경관서의 장이 해당 시장・군수가 관할 시・도지사를 통해 매년 제출하는 이행평가보고서 평가
	주기	▪ 5년	▪ 5년
감시・모니터링		▪ 총량관리대장 작성 ▪ 공공처리시설의 방류구 및 하천관리지점에 유기물 및 유량자동측정기 설치운영	▪ 총량관리대장 작성 ▪ 공공처리시설의 방류구 및 하천관리지점에 유기물 및 유량자동측정기 설치운영 ▪ 개별배출시설의 방류구에 유기물 및 유량자동측정기 설치 운영
집행수단		▪ 해당지역 시・군의 자발적 시행(시장・군수가 해당지역 부하량 할당) ▪ 총량관리 시행을 전제로 한 일부 행위제한의 완화 ▪ 오염총량관리 비용 등의 우선 지원	▪ 대상지역에서 의무적으로 시행(환경부장관 또는 시장군수가 사업장별 부하량 할당) ▪ 할당량 초과량에 대한 총량초과부과금 및 과징금 처분, 건축허가의 제한 ▪ 오염총량관리 비용 등의 우선 지원
제재수단		▪ 해당지역 시군에 대해 재정적 지원 중단 또는 삭감	▪ 할당량 위반 배출업체에 대한 처벌 ▪ 시・군의 도시개발사업 시행, 산업단지와 관광지 개발 및 대통령이 정하는 규모이상의 시설물에 대한 승인허가 금지 ▪ 해당 시・군에 대해 재정적 지원 중단 또는 삭감, 폐수배출시설의 설치 제한

자료: 이창희(2004, 5-6)에 제시된 내용을 보완하여 작성한 것임.

에 허용되는 오염물질 배출량을 결정함. 즉, 수계의 수리수문학적 특성, 오염원의 정성정량적 파악, 현재의 수질현황 및 자정능력 등 수계 특성자료를 근거로 하여 수질예측모델을 사용하여 수질의 장래변화를 예측하고 배출허용량을 결정함.

○ 수질오염총량관리제는 기존의 배출수질 기준을 규제하는 것만으로는 수질개선이 한계에 이르면서 도입된 제도로 우리나라를 비롯하여 미국, 유럽, 일본 등 대부분의 국가에서 주요 수질관리정책으로 추진하고 프로그램임.

- 수질오염총량관리제의 기본적인 취지는 관리대상 지역의 수생생태계가 감당할 수 있는 만큼의 오염물질이 유입되도록 관리하자는데 있음. 따라서 이 제도를 운영하기 위해서는 수계의 자정능력과 수용능력에 대한 정확한 정보와 현재 배출원 또는 예상되는 배출원의 배출허용 부하량의 재조정이 필요함.

○ 수질오염총량관리제도의 특징은 시행과 관련 의무지역과 비의무지역으로 나누어짐.

- 한강수계의 총량관리제는 자발적인 시행으로 이를 유도하기 위해 총량관리실시를 전제로 오수 및 축산폐수시설, 폐수배출시설, 학교설치 등과 관련된 행위제한의 완화 등의 인센티브를 제공함. 또한 시군의 기초자치단체가 직접 총량관리 계획을 수립·시행하고 중앙정부인 환경부가 승인하는 시행체계를 가지고 있음.
- 한편 낙동강, 금강 및 영산강 유역의 총량관리제는 한강과 달리 주요 상수원이 하류에 위치하며 특별대책지역과 같은 수질보전 목적의 입지제한이 설정되어 있지 않아 총량관리제 시행이 의무적임. 의무적인 총량관리제 시행을 담보하기 위해 사업장별 부하량 할당, 할당량 초과량에 대한 총량부과금 및 과징금 처분, 건축허가의 제한 등을 포함한 구체적인 집행수단이 제시되고 있음.

3.2. 양분총량제와 수질오염총량제와의 관계

○ 수질오염총량제는 수계구간별 총량관리 목표수질을 설정하고, 목표달성을 위해 유역으로부터 배출되는 오염물질의 양을 총량적으로 규제하는 제도임. 양분총량제는 행정권역별(시군 지방자치단체)로 과잉 양분관리 목표수준을 설정하고 목표달성을 위해 경종부문과 축산부문의 양분감축 방안을 수립하여 추진하는 제도임.

○ 수질오염총량제도는 낙동강·금강·영산강 유역은 총량관리 의무지역으로 한강 유역은 자발적 실천지역으로 구분하여 관리하고 있음. 한편 지역단위 양분총량제는 특별시와 광역시 및 농업의 비중이 적은 시 지역을 제외한 지역을 대상으로 과잉양분을 감축시키기 위한 시·군의 자발적 참여 프로그램임.

○ 수질오염총량의 경우 의무적으로 실천하는 지역의 경우 사업장별 부하량 할당, 할당량 초과분에 대한 총량부과금 및 과징금 처분, 건축허가의 제한 등 강력한 집행수단과 벌칙이 부과되고 있음. 양분총량제의 경우 시군 지방자치단체가 프로그램 추진 주체가 됨으로 강력한 집행수단을 적용하는데 한계가 있고, 해당지방 자치단체에 강력한 벌칙을 적용하는데도 한계가 있음. 따라서 집행수단과 벌칙에 있어서 양분총량제는 수질오염총량관리제에 비해 상대적으로 소극적인 수단을 적용하고 있음.

○ 수질오염총량제는 4대강 유역을 중심으로 환경민감지역을 대상으로 도시개발과 환경부하를 연계하여 추진되나 양분총량제는 주로 농촌지역의 농경지를 대상으로 환경부하를 관리하는 것임.

○ 수질오염총량제는 현재 실행 초기단계에 있어 주로 점오염원 관리에 초점을 맞추어 진행되고 있고, 비점오염원인 농업부문에 관해서는 크게 다루지 않고 있음. 그러나 4대강 유역에서 농업부문의 잠재적 환경오염 기여도가 큰 것으로 나타나 양분총량제의 도입은 수질오염총량제 실시에 대비한 농업부문의 중요한 자구책으로 평가될 수 있음.

4. 양분총량제 관련 주요 쟁점과 해결방안

4.1. 축산업계에 미치는 영향

○ 최근 농림부·환경부의 “가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(안)”에 입법예고된 내용과 관련 양분총량제 도입을 위한 법적인 틀로 생각하거나 또는 양분총량제에 대한 이해가 부족하여 양축농가는 물론 관련업계의 우려의견이 많이 제시되고 있는 실정임.

○ 양분총량제가 농가단계에서 가축사육두수를 제한하는 정책프로그램이 아니라고 하지만 많은 양축농가(특히 양돈농가)는 사육두수 제한이 임박하고 있는 것으로 이해하여 두려워하고 있음. 양분총량제 시행으로 농가들을 압박하는 측면도 강하므로 해당 지자체별로 양분부하정도에 따라 목표관리를 위한 대안들도 제시해야 할 것이라는 의견이 제시됨.

○ 양축농가와 관련단체 관계자들 사이에 지역단위 양분총량제 실시로 인해 사육두수가 제한되어 양축가들의 재산권 행사를 압박하는 요인으로 작용할 것이라는 견해를 나타내고 있음.

- 과밀 사육되는 축산지역의 경우 신규농가 진입이 불가능하고 양분이동이 현실적으로 어렵다는 점에서 양분총량제 시행의 현실성에 문제를 제기하고 있음.

4.2. 새로운 제도 도입의 적절성 여부

○ 양돈농가들은 양분총량제를 시행하는 경우 가축사육두수 감축으로 이어져 국민들의 식품소비에 있어서 단백질 식품공급원의 수입의존도를 높이는 결과가 초래되고, 식품의 수입의존도 높아질 수 있음에 우려를 표시함(축산신문, 2005).

○ 일부 전문가들도 과잉양분 관리를 위한 돌파구로 양분총량제 시행의 필요성에 대해서 인식을 함께하고 있으나 현실적으로 대부분의 양축농가들의 경우 가축분뇨처리를 위한 자가 농지를 확보하지 못해 어려움이 있

는 현실에서 양분총량제 도입은 시기상조라는 견해가 제시되고 있음.

○ 축산관련 단체의 입장은 정확한 관련통계의 데이터베이스 구축과 관련 농가들의 충분한 이해를 위해 2007년 양분총량제 시행을 차후로 연기하거나 유예하는 것이 바람직하다는 의견도 제시됨.

○ 양분총량제의 경우 화학비료와 가축분뇨의 비료성분을 합해 적정 양분공급량이란 개념으로 쓰고 있으므로 양자 간 대체 등 융통성은 높일 수 있음. 그러나 현실적으로 화학비료는 경종농가의 의사결정에 의해 이루어지기 때문에 실질적인 통제가 어렵다는 점이 제시되고 있음.

4.3. 양분관리제도 발전을 위한 제언

○ 우리나라의 양분과잉 투입문제는 남한에 국한된 문제이므로 국토영역을 북한으로 확대하면 북한으로의 양분이동도 고려할 수 있어 남북한 전체를 대상으로 한 양분수지 문제를 논의하는 것도 바람직하다는 의견이 제시됨.

○ 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 양분수지 산정 및 모니터링 시스템구축이 관건임. 특히 지자체가 양분과잉 수준을 인위적으로 줄이기 위해 작물재배면적을 늘이거나 가축사육두수를 줄이는 경우 등을 검증할 수 있는 대책 마련이 이루어져야 할 것이라는 의견이 제시됨.

○ 양분관리를 위해 현실적으로 실천 가능한 대안모색이 필요하고, 양분총량제가 유력한 수단으로 인정되는 경우 정책시행에 앞서 양축농가는 물론 정책담당자와 관련업계의 충분한 공감대 형성이 필요하고, 이를 위한 여론수렴 및 홍보의 필요성을 강조함.

○ 양분총량제가 제대로 시행되기 위해서는 정확한 실태파악이 전제되어야 하나 실제로 지역별 화학비료사용량과 작물재배면적, 농경지 이용률, 가축분뇨 자원화 및 정화처리 실태 등에 관한 데이터베이스가 구축되어 있지 않음. 정책의 신뢰성 제고를 위해서는 관련 데이터베이스 구축이 선결되어야 함.

○ 정부의 양분총량제는 2단계로 구성되어 있어서 1단계에서는 지방정부가 자율적으로 양분감축 노력을 하되 농가에 대한 제한은 의무화하지 않고,

2단계로 대상 지역의 양분이 증가할 경우 신규진입만 제한하도록 하고 있는데 농가에 대한 제약을 최소화한다는 점에서는 현실적인 접근방법이라고 할 수 있으나 실제 감축목표 달성 가능성은 상대적으로 낮은 것으로 평가하는 견해도 있음.

○ 양분총량제는 운용하기에 따라서는 기존의 환경기준을 적용하는 규제 중심의 프로그램 보다 실제적으로 지역단위의 환경용량을 고려한다는 점에서 보다 강력한 제도로 볼 수 있어 성공적인 시행을 위해서는 법적 근거 마련이 필요하다는 견해도 제시됨.

- 현재 일부 지방자치단체에서 적용하는 것과 같이 상수원보호나 환경보호 등을 위해 조례를 통해 사육을 제한하는 정도의 규정으로는 정책효과를 기대하기 어렵기 때문에 일정 수준의 과잉 양분수지가 발생하는 경우 해당 지방자치단체가 의무적으로 환경 용량에 맞는 양분관리계획을 수립하도록 규정을 만들고, 신규 가축사육과 사육규모 확대 제한 근거에 대한 명문화가 필요하다는 의견도 제시됨.

4.4. 양분총량제 쟁점에 대한 해결방안

○ 양분총량제의 축산업계에 미치는 영향과 관련하여 양분총량제가 가축사육두수 감축과 재산권행사를 제약할 수 있다는 부정적 시각에 대해서는 양분총량제에 대한 정확한 인식을 위해 농업인과 양축가에 대한 적절한 교육 및 홍보가 이루어지면 해결될 수 있음.

- 양분총량제와 사육두수할당제를 직접적으로 연계시키는 것은 현시점에서는 적절치 않으며, 2007년부터 5년 동안 양분총량제를 시행한 후 과잉양분관리에 큰 성과가 없을 경우 사육두수할당제가 검토될 수 있음을 알려야 할 것임.
- 네덜란드의 경우 과잉양분관리에 양축농가가 소극적으로 임함으로써 양분수지가 크게 개선되지 않아 결국 가축사육두수 감축 관련법을 만들어 축산농가의 재산권 행사에 제약을 가했던 점을 상기시킬 필요가 있음. 또한 양분총량제는 축산업을 규제하는 정책수단이기 보다는 환

경친화적이고 건전한 축산시스템 구축을 위한 예방적 프로그램임을 알려야 할 것임.

○ 과잉양분관리를 위한 새로운 제도로 축산농가의 가축분뇨처리를 위한 적절한 농지확보가 어렵고 제도운영을 위한 관련통계 D/B가 구축되지 않은 현실에서 양분총량제 도입이 시기상조이므로 추후로 연기하자는 의견에 대해서는 현실여건에 대한 보다 면밀한 검토차원에서 이루어져야 함을 강조함.

- 축산농가의 자가경영권내 농지확보를 통한 자원순환은 요원한 과제이며 경종농가와 연계한 농지확보는 축산농가의 노력 여하에 따라 어느 정도 이루어질 수 있다는 점에서 양분총량제를 도입을 계기로 경종-축산의 연계한 자원순환형 농업시스템 구축이 보다 활성화될 수 있도록 유도해야 할 것임.
- 양분총량제 제도 운영에 관한 관련분야의 정확한 통계자료와 정보는 정책실패를 최소화하기 위한 관건이므로 정책시행에 앞서 관련 D/B 구축이 이루어져야 함. 지역별 양분투입과 산출, 가축분뇨 처리방식, 양분이동 등에 관한 통계는 단기간내 완벽하게 구축하기는 어려울 것이므로 일단은 지역별 시군통계와 유관기관의 자료를 이용하여 기본적인 D/B를 구축하고, 제도가 시행되면서 각 지역별로 정확한 자료가 보고되면 이를 기초로 D/B를 보완하고 확대해가는 방식으로 추진함.

○ 새롭게 도입되는 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 정확한 양분수지 산출과 모니터링 시스템 구축이 필요하므로 제도시행에 앞서 남은 기간동안 이 분야를 보완할 수 있는 조치가 이루어질 수 있도록 노력해야 함.

- 지역별 토양여건을 반영한 양분수지지표 산출에 관해서는 관련분야의 지속적인 연구에 의해 모델이 개발될 수 있도록 하고, 모니터링 시스템 구축을 위해서는 인력과 장비는 물론 제도적 장치 등이 구축되어야하므로 어느 정도 시간을 필요로 할 것임. 이에 대해서는 제도시행과 더불어 지속적인 프로그램 보완이 이루어지게 될 것임을 제시함.

제 3 장

양분총량제 및 양분수지분석 이론

1. 양분총량제의 이론적 기초

○ 지금까지의 환경관리는 주로 지휘-통제방식(command and control)과 농도규제가 주축을 이루어 왔고, 농도 및 배출량과 관련된 정보는 단위별 환경영향 계측과 총량적인 관점에서의 전체 환경영향 평가에 대한 기초 정보를 제공해 왔음.

- 농축산부문의 지속적인 성장으로 투입부문이 증가하면서 부산물과 폐기물 발생량도 증가하여 환경오염 총량이 지속적으로 증대됨으로써 농도규제에 의한 환경부하 감축방식에 한계가 있어 총량규제가 유력한 정책수단으로 제시되고 있음.
- 생태계의 수용능력(carrying capacity)을 고려하여 어느 수준이상으로 오염원 배출을 증가시키지 않는 것을 총량원칙(quantity principle)이라 함. 총량원칙은 지속가능성 도달을 위한 최소조건 혹은 필요조건이라 할 수 있음.

○ 환경오염을 관리하는 대표적인 수단으로 농도규제와 총량관리를 들 수 있으며, 각 수단별로 장단점을 가지고 있음<표 3-1>.

- 농도규제는 지역별 환경여건에 관계없이 환경기준을 일률적으로 적용

하며, 총량관리는 지역별 환경용량을 고려한 오염물질의 총량을 감축 또는 할당하는 방식임.

- 농도규제는 기준설정과 집행이 용이하여 정책비용이 적게 드나, 규제효과가 미흡하고 소규모 배출자에게 불리한 면이 있음. 총량관리는 환경용량 이하로 관리되므로 환경기준이 유지될 수 있고 배출량에 따라 오염부담의 차별화가 가능하여 오염자간 형평성이 유지되나, 지역별로 정확한 환경용량 및 양분수지 지표산출이 어려워 높은 정책비용이 수반됨.

표 3-1. 농도규제와 총량관리의 비교

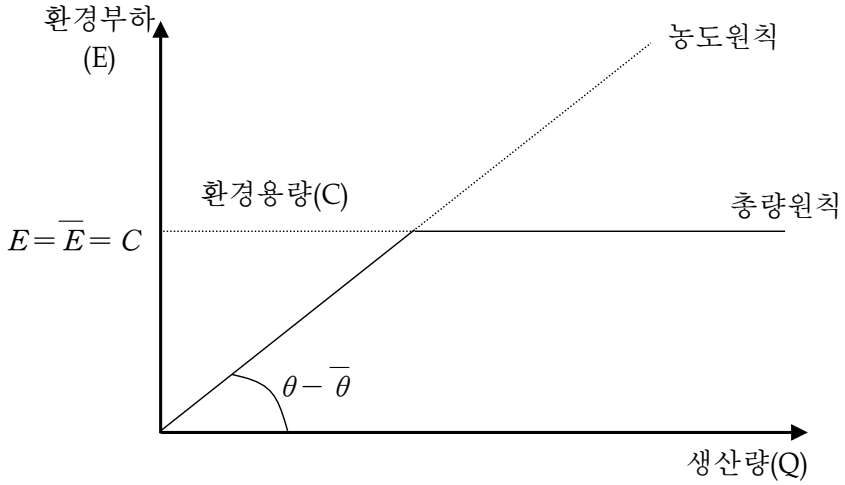
구 분	농도규제	총량관리
규제 방식	▪ 폐수중 오염물질농도를 규제 - 환경영향성(E)＝발생농도($\bar{\theta}$) ×생산량(Q)	▪ 폐수중 오염물질의 총량을 규제 - 환경용량(E)＝발생농도(θ) ×생산량(Q)
환경 기준과 관계	▪ 간접적 - 지역별 환경여건에 관계없이 환경기준의 일률 적용	▪ 직접적 - 지역별 환경용량을 고려한 오염물질의 총량을 감축 또는 할당
장 점	▪ 기준설정 용이 - 지역별로 기준농도만 정하면 되므로 기준설정이 용이 ▪ 집행용이 및 저비용 - 농도검사만으로 기준준수여부 확인이 가능하므로 단속 용이	▪ 환경용량을 고련한 시스템 관리 - 환경용량이하로 항시 유지되므로 환경기준 준수가 보장됨 ▪ 오염자간 형평성 유지 - 오염물질 배출량 정도에 따른 부담 차별화로 형평성 유지
단 점	▪ 규제효과 미흡 - 오염원 밀집지역의 경우 농도기준을 준수하더라도 오염물질 배출총량이 증가되어 환경기준 준수가 곤란 ▪ 소규모 배출자에게 불리 - 폐수량의 다소에 관계없이 동일농도기준이 적용되어 폐수가 적을수록 오염물질을 적게 내보내게 됨	▪ 허용 오염총량의 설정 지난 - 지역별 정확한 환경용량 및 양분수지지표 산출에 어려움 - 입력정보, 모델링 기법, 허용총량의 배분방법 등의 정확성에 대한 논란의 소지가 많음 ▪ 집행 지난 및 고비용 - 허용총량 이내로 배출이 이루어지는지에 대한 모니터링 어려움

자료: 환경부(2004)에 제시된 내용을 기초로 재작성함.

○ 농도규제와 총량관리의 규제방식을 간단한 수식을 이용하여 비교할 수 있음.[5)]

- E는 환경영향성, θ는 발생농도, Q는 생산량을 나타내는 것으로 상정하여 수리식으로 표현하면, 농도규제는 $E=\overline{\theta}Q$, 총량규제는 $\overline{E}=\theta Q$로 나타낼 수 있음. 농도규제는 발생농도(θ)를 법정기준치 $\overline{\theta}$로 규제하는 방식이며, 총량규제는 환경부하량(E)을 법정규제 수준($\overline{E}$)으로 설정하는 것을 말함<그림 3-1>.
- 농도규제의 경우 생산량(Q)이 증가하면 환경부하량(E)은 증가하게 되나, 총량규제의 경우 환경부하는 지역단위 환경자원의 수용능력 범위 내에서 관리가 가능하므로 환경친화적인 지속가능성을 유지할 수 있음.

그림 3-1. 환경관리를 위한 농도규제와 총량관리의 비교



○ 총량관리 수단의 하나로 지역단위 양분총량제는 해당지역의 농업환경자원 및 환경용량 등을 고려하여 양분관리 목표치($\overline{E}=C$)가 설정되고 이를 기초로 농축산부문의 생산 활동 조정과 투입물 감축 등의 적절한 조치가 수반되는 정책수단임.

---

5) 총량관리제도와 농도규제에 관한 상세한 설명은 우석훈(1997), 김창길 외 7인(2004)에 제시되어 있음.

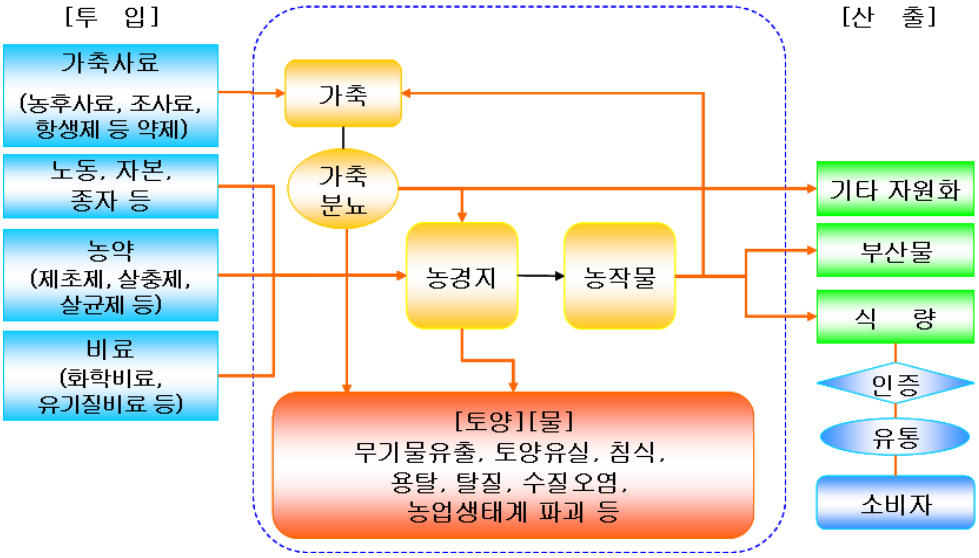
2. 양분수지 분석 방법론

2.1. 농업생태계의 물질순환 구조

○ 지역단위 농업생태계의 물질순환 구조를 파악하기 위해서는 우선 농업계의 범위(농장단위, 마을단위, 지역단위, 국가단위 등)를 결정하고 이 영역에서 투입·산출되는 물질흐름을 파악함. 다음으로 농업계내의 하부생태계(sub-ecological system)의 구성요소와 상호작용을 파악함.

- 농업계의 작물 및 가축생산 활동을 위한 투입물(화학비료, 농약, 퇴비, 사료)과 산출물(농축산물)의 순환구조를 흐름도(flow chart)를 이용하여 설명할 수 있음<그림 3-2>.
- 농업부문의 물질순환 투입-산출의 개념도에서 제시된 점선은 지역 단위 농업계를 나타내며, 외부에서 투입되는 부문은 크게 가축 생산을 위한 농후사료, 일부 조사료 등을 들 수 있음.
- 농업활동은 식량 생산을 주목적으로 하며 작물 생산의 경우 비료와

그림 3-2. 농업계의 물질균형 투입-산출 수지의 개념도



농약 등이 투입되고, 고기·우유·계란 등 가축 생산의 경우는 사료와 약품 등이 투입됨.

- 양축농가의 가축사양에 있어 농후사료는 배합사료의 형태로 구입하여 사용하게 되며, 조사료는 농산 부산물이나 인근의 볏짚 등을 이용하므로 지역 단위 농업생태계 내에서 이루어짐. 투입된 농후사료에 의해 가축 생산이 이루어지면 이 과정에서 주산물인 고기, 우유, 달걀 등이 생산되어 외부로 나가고, 또한 부산물로 가축 분뇨가 발생함.
- 가축분뇨가 퇴비화와 액비화 등의 자원화 방식에 의해 농경지에 살포되는 경우 농경지에는 화학비료로 투입된 성분량과 가축 분뇨로부터 공급된 비료성분량이 함께 투입되게 되며, 작물은 이들 양분을 이용하여 식량과 조사료 등을 산출하게 됨.
- 작물은 생육 과정에서 필요로 하는 양분요구량 이상으로 과잉 투입되는 경우 흡수하지 못하고 무기물의 유출, 침출, 용탈, 휘산 등이 이루어지게 됨. 이 과정에서 양분투입량이 환경의 자정 능력을 초과하는 경우 지역 단위 농업생태계의 환경오염 부하요인으로 작용하게 됨.
- 발생된 가축 분뇨는 자원화 또는 정화처리 방식에 의해 적절하게 처리되기도 하지만, 만약 부적절하게 처리되는 경우 폐기, 방치, 투기, 야적, 무단 방류 등에 의해 농업생태계의 환경부하 요인으로 작용하게 됨.

○ 농경지의 양분수지는 농경지 내에 투입되는 양분량에서 농작물 생산을 위해 작물생육과정에서 흡수된 양분을 제외하고 토양에 남아있거나 공기 중에 날아가거나 외부로 유출된 양분을 의미함.

- 일정면적의 양분수지를 투입과 산출과의 관계에서 보면 작물요구량 수준이상으로 투입되는 잉여양분지표를 나타내므로 양분수지가 높을 경우 환경부하도가 증가됨을 의미함.

2.2. 농경지의 양분수지 산정 방법

○ 양분총량제의 시행을 위한 양분수지 접근방식은 관리대상 물질의 적용범위에 따라 개별농장을 기초로 양분수지가 이루어지는 농장수지(farm-gate balance), 지역단위를 기초로 한 지역수지(regional balance), 지역단위를 합산한 국가수지(national balance)로 나누어 산출될 수 있음.

- 농장수지를 기초로 한 양분총량제는 영농장부 작성, 농가등록 및 농가의 경영실태에 관한 정확한 정보가 필요하므로 양분관리 측면에서 실제로 적용하는 데는 상당한 어려움이 따름.
- 지역단위의 양분수지를 기초로 한 양분총량제는 행정기관의 통계나 관련 정보만 구축되면 제도운영이 상대적으로 용이하여 과잉양분 감축을 위한 유력한 정책수단으로 활용될 수 있음.

○ 농업생태계의 양분수지의 측정은 일정기간 동안 농경지에 투입된 양분의 총량에서 농작물이나 부산물의 형태로 흡수되는 양분을 뺀 값으로 질소수지의 경우는 강우 중에 포함된 질소량이나 휘산 등의 형태로 대기중에서 제거되는 양도 계산에 포함되기도 함.[6)]

○ 지역별 환경여건을 반영하여 정확한 양분수지를 산정하기 위해서는 경종 및 축산 부문별로 여러 가지 파라미터가 필요함.

- 경종부문의 경우 작물생육과 관련 양분 요구량, 지표수와 지하수에 영향을 미치는 흡수량, 토양잔류량, 용탈량, 휘산량이 필요함. 특히 농경지의 경우 토양 특성별(세사양토, 사질, 사질식양토, 미사질양토, 사양질, 식질 등) 유출량과 오염부하량과의 관계식, 농법별(관행농법, 친환경농법 등) 환경부하 계수의 산출이 필요함.
- 축산부문의 경우 오염 부하량을 계측하기 위해서는 축종별・성장단계별 분뇨발생원단위, 축종별 분뇨발생량의 양분환산계수, 가축분뇨 처리방법별 자원화율・정화처리율・해양투기율・타지역이동률 등의 파라미터가 필요함.

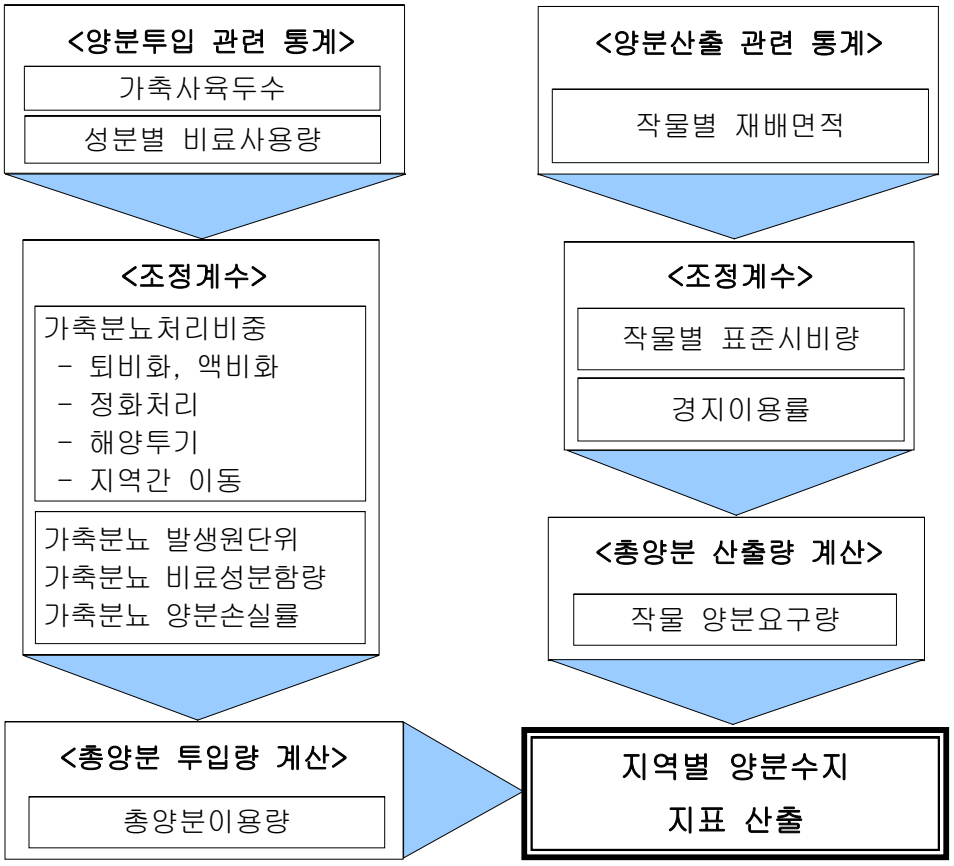
---

6) 작물잔사가 가축조사료나 연료 등으로 사용될 경우 양분수지의 산출의 흡수요인으로 포함시킬 수 있으나 적절한 관련통계자료를 제시하는데 어려움이 있음.

○ 지역단위의 양분수지는 양분투입과 산출과의 관계에서 결정됨<그림 3-3>.

- 투입부문의 기초자료는 가축사육두수와 비료사용량(화학비료와 유기질비료 포함)이며, 발생된 가축분뇨의 양분환산을 위해서는 가축분뇨 처리비중, 가축분뇨발생원단위 가축분뇨 비료성분함량, 가축분뇨 양분손실 등의 조정계수가 필요함.
- 산출부문의 기초자료는 작물별 재배면적이며, 작물이 흡수하는 양분량을 산정하기 위해서는 표준시비량, 경지이용률 등의 조정계수가 필요함.

그림 3-3. 지역단위 양분수지 진단 체계



○ 지역단위 양분총량관리를 위한 양분수지지표 산출방식을 <그림 3-3>에 제시된 기초자료와 조정계수를 적용하여 수식으로 나타낼 수 있음.

$$RNB_k = \sum_i \sum_j [CFERT_{ijk} + OFERT_{ijk}] \times ALNAD_{ij} - \sum_i \sum_j [CNREQ_{ijk} \times ALAND_{ij}] - \sum_i ABSL_{ik} \quad (3.1)$$

RNB_k : 지역단위 물질균형 양분별(k) 수지
$CFERT_{ijk}$: 농가별(i) 작물재배(j)시 성분별 비료 투입량
$OFERT_{ijk}$: 농가별 작물재배시 성분별 가축분뇨자원화 투입량
$ALAND_{ijk}$: 농가별 작물재배 면적
$CNREQ_{ijk}$: 농가별 작물재배 양분요구량
$ABSL_{ik}$: 농가별 경작지의 자정능력

- 위 식 (3.1)에서 제시된 양분수지 결정요소 가운에 비료투입량, 가축분뇨자원화량, 재배면적, 양분요구량 등은 관련 통계자료를 적용할 수 있음. 그러나 경작지의 자정능력($ABSL_{ik}$)은 토양특성과 영농기술에 따라 달라 질 수 있으므로 정확한 파악을 위해서는 농가단위의 환경영향 평가에 관한 심층적인 연구가 요구되어 현실적으로 고려하는데 어려움이 있음.
- 위 식 (3.1)을 지역단위의 단위면적당 성분별 양분수지지표 산출식으로 변형시키면 식 (3.2)와 같음.

$$RENV_{rk} = \frac{RCFERT_{rk} + ROFERT_{rk} - RCNREQ_{rk} - RABSL_{rk}}{RLAND_r} \geq A_r \times RENV_{rk} = \overline{RENVL_{rk}} \quad (3.2)$$

$RENV_{rk}$: 지역별(r) 단위면적당 성분별(k) 양분수지(양분초과량)
$RCFERT_{rk}$: 지역별 성분별 비료 투입량
$ROFERT_{rk}$: 지역별 성분별 가축분뇨자원화 투입량
$RCNREQ_{rk}$: 지역별 작물재배 양분요구량
$RLAND_r$: 지역별 작물재배면적
$RABSL_{rk}$: 지역별 성분별 환경자정능력에 의한 조정치
A_r : 지역별 과잉양분 감축 활동
$\overline{RENVL_{rk}}$: 지역별 양분관리 목표치

- 지역별 양분수지지표($RENV_{rk}$)는 식 (3.2)에서 제시된 바와 같이 투입량에서 산출량(흡수량)을 뺀 값으로 계산되며, 수지지표가 양(+)의 값이면 양분 초과량(surplus amount)을 나타내고, 부(-)의 값이면 양분 부족량(deficit amount)을 의미함.
- 양분수지는 총수지(gross balance)와 순수지(net balance)로 대별되며 총수지는 모든 투입물(화학비료, 유기질비료, 가축분뇨, 생물학적 질소고정, 질소화합물 대기분해, 종자 등)과 모든 산출물(농산물, 사료작물, 목초 등)이 지표산출과정에서 고려됨. 순수지의 경우 질소수지에 있어 암모니아 형태로 대기로 방출되는 부분을 제외하고 토양과 물로 배출된 부분만을 포함시킴.[7)]

○ 지역별 환경여건에 따라 자정능력을 초과하지 않는 범위에서 양분균형이 이루어지기 위해서는 지역별 환경부하 감축을 위한 다양한 프로그램인 A_r이 필요함. 건실한 친환경농업시스템이 구축되기 위해서는 지역단위 양분관리 목표치($\overline{RENVL_{rk}}$)가 초과되지 않도록 적절하게 양분을 관리하는 것이 필요함.

- 지역단위 과잉양분을 감축하는 방법에는 투입물량을 줄여 양분발생량을 감축하는 방법, 발생된 폐기물을 적절하게 처리하여 재활용 또는 재이용함으로써 오염원의 수용능력을 높이는 방법, 발생된 과잉양분을 양분수용력이 높은 타 지역(양분부족지역)으로 이동시키는 경우 등을 고려해 볼 수 있음.

※ 지역단위 양분총량제의 양분수지와 OECD의 국가단위 양분수지의 차이점

- OECD에 제출한 국가단위 양분수지 산정방법은 생산된 농작물 내의 양분함량을 기준으로 양분산출량(양분요구량)을 계산하는 방식임(이연 외5인, 2003).
- 지역단위 양분총량제의 양분수지 산정방식은 작물별 재배면적을 기준

7) 총수지에 있어서 질소수지의 경우 가축분뇨의 처리, 저장, 살포 등의 과정에서 암모니아 형태로 배출되는 물량을 고려함. 따라서 질소수지 산정결과 잉여질소는 환경오염에 기여하는 잠재적 기여분을 나타냄(OECD, 2003a).

으로 양분산출량을 계산하는 방식으로 OECD 국가단위 양분수지 산정 방식과는 차이가 있음.

- 그러나 OECD 방식(농작물 내의 양분함량을 기준으로 양분산출량을 계산하는 방식)은 국가별 양분수지를 비교하기 위한 수단일 뿐 지역 내 적정 양분관리를 위한 수단으로서의 지표로는 적합하지 않음.
- 지역단위 양분총량제는 일정한 지역 내의 단위면적당 양분발생총량을 규제하는 제도이므로 양분산출량을 작물재배 면적을 통해 산정하는 것이 적정 양분관리 수단으로 더 적합함. 네덜란드와 덴마크에서도 과잉 양분관리정책 프로그램에서 지역단위 양분수지를 구할 때는 작물 재배면적을 기준으로 하고 있음(「부록 1」참조).
- OECD에 제출한 양분수지지표와 지역단위 양분총량제의 양분수지지표의 값은 산정방식이 다르기 때문에 직접 비교에 어려움이 있음. 통상적으로 OECD의 국가단위 양분수지는 작물이 함유하고 양분을 기준으로 양분수용량을 구하기 때문에 작물별 재배면적을 기준으로 한 양분수용량보다 낮음. 따라서 OECD국가단위 양분수지가 지역단위 양분수지보다 높게 나타남.

제 4 장

농경지의 양분수지 실태 분석

1. 국가단위 양분수지 변화

○ 우리나라의 농경지의 양분수지 분석은 작물의 양분요구량에 의한 양분산출량과 화학비료 및 가축분뇨에 의한 양분투입량의 차이를 통해 이루어짐.

- 작물의 양분요구량(ha당 기준)의 경우 2000년 질소 120kg, 인산 60kg 수준이 유지되고 있음.
- 반면 화학비료 ha당 투입량은 1990년에 질소 211.9kg, 인산 90.5kg에서 2001년에 질소 166.7kg, 인산 64.7kg까지 감소했다가 이후 다시 증가하여 2004년에는 각각 191.8kg, 73.1kg 수준에 이르고 있음. 가축분뇨에 의한 비료성분 공급량도 1990년 이후 꾸준히 증가추세에 있음.

○ 이러한 양분의 투입과 산출에 의해 계산된 ha당 양분초과량(양분수지)은 1990년에 질소 130kg, 인산 52kg에서 2001년에 각각 98.7kg, 34.4kg 수준까지 감소했다가, 이후 가축분뇨 발생량 증가와 화학비료 사용량 증가로 인해 다시 증가하여 2004년 현재 질소 128.5kg, 인산 46.7kg에 이르고 있음. 이에 따라 ha당 양분초과율은 2001년에 질소, 인산이 각각 82.1%, 57.8%(평균 87.6%)로 최하수준에 이르렀다가 다시 증가하여 2004년 현재 각각 105.8%, 78.6%(평균 96.9%)에 이르고 있음.

○ 작물재배면적이 지속적으로 감소하고 있는데 반해 화학비료 소비량 감소폭이 적고, 가축사육두수가 증가되어 1990년 이후 꾸준히 감소하던 양분수지가 2001년을 기점으로 다시 악화됨. 특히 2004년의 경우 2005년부터 화학비료 보조금 폐지가 예고되면서 화학비료 소비량이 일시적으로 증가하여 양분수지가 더욱 악화된 것으로 나타남<표 4-1, 그림 4-1>.

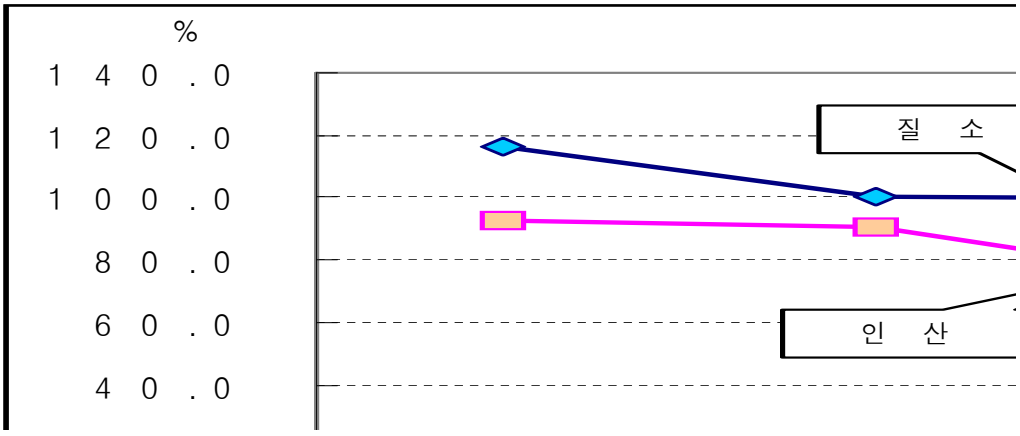
표 4-1. 우리나라 농경지의 양분수지 변화 추이

단위: kg/ha, %

	양분요구량[1] (A)		총양분 공급량 (B)		화학비료 공급량[2]		가축분뇨 성분공급량[3]		[양분수지] 양분초과량 (A-B)		양분초과율(%) (A-B)/A	
년도	질소	인산	질소	인산	질소	인산	질소	인산	질소	인산	질소	인산
1990	112.1	56.4	242.3	108.8	211.9	90.5	30.4	18.2	130.2	52.4	116.2	92.9
1995	118.5	58.6	237.1	111.7	190.5	83.2	46.5	28.5	118.6	53.2	100.1	90.8
2000	120.5	59.7	240.4	102.8	189.4	73.8	51.0	29.0	119.9	43.1	99.5	72.2
2001	120.2	59.5	218.9	93.9	166.7	64.7	52.2	29.2	98.7	34.4	82.1	57.8
2002	118.3	59.1	223.0	95.6	168.3	65.0	54.7	30.6	104.7	36.5	88.5	61.8
2003	120.0	58.9	232.3	99.9	174.8	67.7	57.5	32.2	112.3	41.0	93.6	69.7
2004	121.5	59.4	249.9	106.1	191.8	73.1	58.1	33.0	128.5	46.7	105.8	78.6

주 1) 양분요구량은 작물재배면적(국립농산물품질관리원, 2005a)에 작물별 표준시비량(농협중앙회, 2001)을 곱하여 계산함.
2) 화학비료공급량은 2004년말 기준 성분별 화학비료 판매량(농협중앙회 제공)임.
3) 가축분뇨성분공급량은 가축사육두수(국립농산물품질관리원, 2005b)에 축종별 분뇨발생원단위와 가축분뇨 비료성분함량(축산연구소, 2000)을 곱하여 계산함.

그림 4-1. 농경지 양분초과율 변화 추이



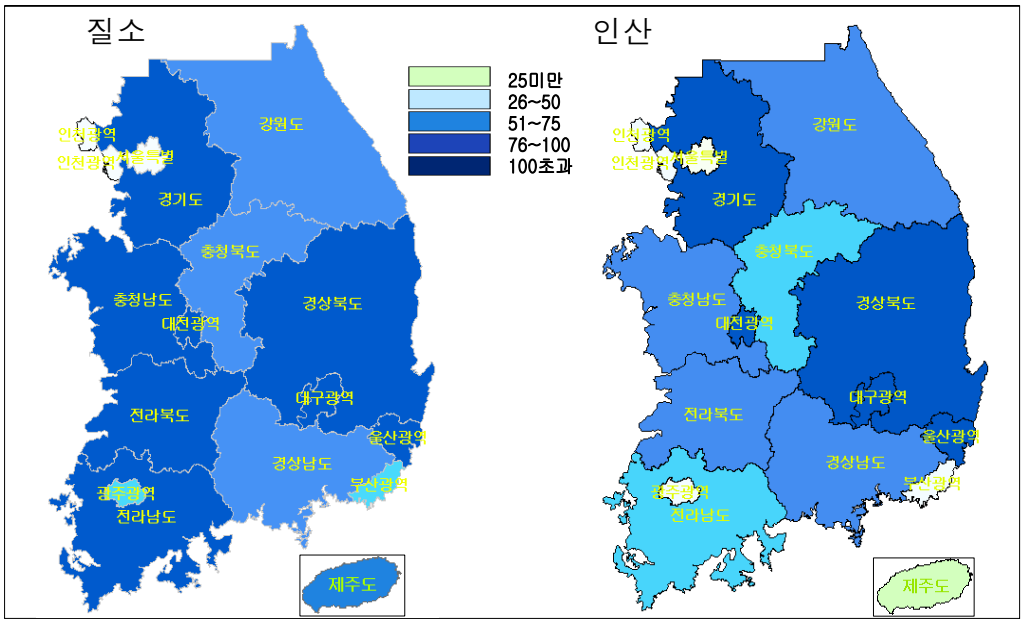
○ 우리나라의 2004년 기준 도별 양분수지(양분초과량) 분석결과, 작물 양분요구량 대비 질소성분 초과량은 전북이 ha당 157kg으로 양분요구량을 132.4% 초과하여 가장 높게 나타났으며, 그 밖에 충남 154.4kg(131.7%), 경기도 138.3kg (111.3%) 등의 순으로 높게 나타남. 반면 충청북도와 제주도는 질소성분 초과량이 각각 84.9kg, 92.8kg 정도로 비교적 낮게 나타남<표 4-2>, <그림 4-2>.

표 4-2. 도별 양분수지 분석 결과

도 명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	평균
경 기 도	138.3	63.4	201.7	113.9	40.3	61.2
강 원 도	134.0	60.9	195.0	110.3	38.7	59.2
충청북도	84.9	30.5	115.4	69.9	19.4	35.0
충청남도	154.4	51.5	205.9	127.1	32.7	62.5
전라북도	157.0	50.8	207.8	129.3	32.3	63.1
전라남도	125.4	31.4	156.8	103.2	20.0	47.6
경상북도	122.0	53.8	175.7	100.4	34.2	53.3
경상남도	105.4	48.6	154.0	86.8	30.9	46.8
제 주 도	92.8	25.9	118.7	76.4	16.4	36.0
계/평균	128.5	46.7	175.2	105.8	78.6	96.9

주: 도별 양분수지는 2004년 기준 작물재배면적(국립농산물품질관리원a, 2005), 성분별 화학비료 판매량(농협중앙회 제공), 가축사육두수(국립농산물품질관리원a, 2005) 자료를 이용하여 분석함.

그림 4-2. 전국 도별 양분(질소・인산) 초과율



- 한편 양분요구량 대비 인산성분 초과량은 경기도가 ha당 63.4kg으로 양분요구량을 112% 정도 초과하여 가장 높았으며, 강원도 60.9kg(96.5%), 경북 53.8kg(101%), 충남 51.5kg(97.4%) 등의 순으로 나타남.

○ 표준시비량 및 경지이용율 변화에 따른 양분수지 산정 결과 검토

- 양분수지 산정에 있어서 벼의 질소성분 양분요구량(표준시비량 기준)을 11kg에서 9kg으로 적용하는 경우, 2004년의 질소성분 초과량은 ha당 128.5kg에서 138.7kg으로 8% 정도 증가하는 것으로 나타남.[8)]
- 작물재배면적의 경지이용율을 5% 정도 증가시킬 경우, 2004년 기준 양분초과량은 질소 128.5kg, 인산 46.7kg에서 질소 122.4kg, 인산 43.7kg으로 평균 5.2%% 정도 감소하는 것으로 나타남. 또한 경지이용율을 10% 정도 증가시키면 ha당 양분초과량이 질소 116.2kg, 인산 40.7kg으로 평균 10.5% 정도 하락하여, 양분초과율이 각각 87%, 62.3% 수준에 이르는 것으로 나타남<표 4-3>.

표 4-3. 표준시비량 및 경지이용율별 양분수지 변화(2004년 기준)

구 분	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	평균
현재 상태	128.5	46.7	175.2	105.8	78.6	96.9
벼 표준시비량 감축시 (11kg → 9kg)	138.7	46.7	185.4	124.8	78.6	108.7
농경지이용률 5% 증가시	122.4	43.7	166.1	96.0	70.1	87.5
농경지이용률 10% 증가시	116.2	40.7	156.9	87.0	62.3	78.9

8) 작물재배에 있어서 표준시비량은 양분수용도를 결정하는 중요한 요소임. 농촌진흥청은 미질 향상을 위해 단백질 함량을 7%수준 이하로 유지하기 위해 질소 표준시비량을 단보당 11kg에서 9kg으로 18.2% 하향조정하여 영농지침을 운영하고 있음.

2. 지역단위 양분수지 변화 사례(K도 사례)

○ 지역단위의 양분수지 실태를 분석하기 위해서는 농업생태계의 투입과 산출 부문에 대한 정확한 자료가 필요함.[9)]

- 양분수지지표 산출을 위해 필요한 기초 자료는 <그림 3-3>에서 제시된 바와 같이 투입부문의 경우 가축사육두수와 성분별 비료사용량에 관한 자료가 필요하며, 산출부문의 경우 작물별 재배면적이 필요함. 이들 자료는 시군 통계자료나 유관기관(비료출하량에 관한 자료는 시군 농협)의 통계자료를 통해 구할 수 있음.
- 투입부문의 조정계수와 관련 투입부문에서 가축분뇨처리 방법별 실태에 관한 자료는 공식적인 자료는 발표되고 있지 않으나 해당 시군 축산담당(또는 환경업무 담당) 부서에서 개략적인 실태 관련 자료를 파악하고 있음. 그러나 가축분뇨자원화를 통한 지역간 이동에 관한 자료는 거의 구할 수가 없어 여기서는 지역간 이동은 고려하지 않았음을 밝혀둠.
- 산출부문의 조정계수 중에서 경지이용율은 지역의 입지적 특성과 노동력 여하에 따라 큰 차이가 있으므로 반영하지 않았음을 밝혀둠.

○ 지역별로 개략적인 양분수지 상태를 진단하기 위해 농림부를 통해 각 시도에 관련 자료를 요청하여 입수된 자료를 기초로 양분수지지표를 시산하여 결과치를 제시하였음.

- 지역별로 산출된 양분수지지표에 대한 공개는 제출된 자료의 정확성에 대한 검토가 완벽하게 이루어지지 않았고, 가축분뇨의 지역간 이동과 화학비료 사용량 및 유기질비료 사용량 등에 관한 정확한 통계가 구축되어 있지 않아 각 시군의 실명을 공개하지는 않았음. 다만 각 시도의 지역별 환경부하 실태를 개략적으로 파악할 수 있도록 지역 명칭은 문자를 사용하여 제시하였음을 밝혀둠. 각 도별·시군별 지역단위의 양

9) 지역단위 환경부하 분석과 토지계의 물질순환 구조 및 양분수지 산정방법에 관한 상세한 설명은 김창길 외 7인(2004, 21-27)에 상세하게 제시되어 있음.

분수지지표 산출결과와 양분초과율 분포도는 「부록 2」에 상세하게 제시하였음.

○ 우선 K도의 축산에 의한 양분투입량 산출을 위해 K도의 시군별 가축사육두수 현황을 보면, K도 전체 가축사육두수는 한우가 약 29만두, 젖소가 약 4만두, 돼지가 92만두, 닭이 2,725만수로 나타났으며, 특히 R3 지역의 경우 젖소, 돼지, 닭의 사육두수가 다른 시군에 비해 가장 많은 것으로 나타남<표 4-4>.

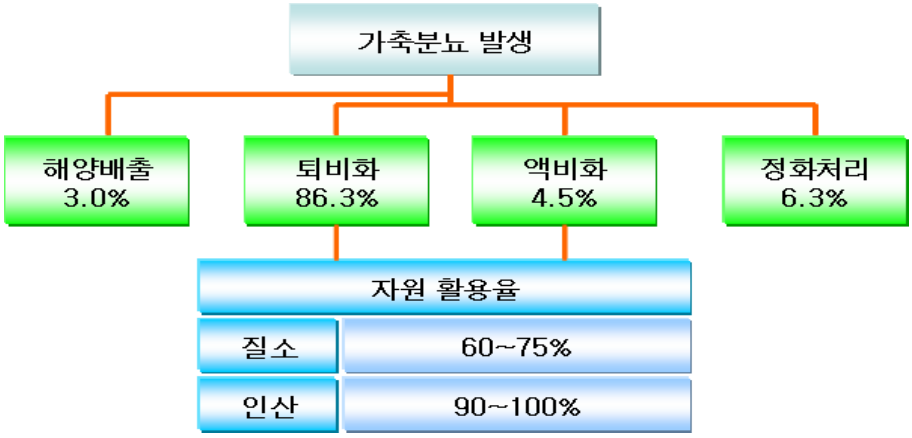
표 4-4. K도의 시군별 가축사육두수 및 분뇨발생량

시군명	사육두수(두, 수)				분뇨발생량(톤)		
	한우	젖소	돼지	닭	분	뇨	총계
R1	8,438	48	34,273	764,328	85,031	46,577	131,608
R2	13,109	4,854	49,546	604,771	147,334	88,039	235,374
R3	22,864	9,934	207,270	4,976,491	512,502	274,138	786,640
R4	17,961	1,559	32,098	523,898	121,903	66,221	188,125
R5	8,108	1,933	17,665	1,334,952	116,034	37842	153,876
R6	5,336	623	24,824	382,677	56,524	34,824	91,347
R7	23,192	2,518	15,038	207,265	125,967	62,474	188,441
R8	14,222	3,243	18,078	307,100	105,557	53,536	159,093
R9	7,499	1,317	51,045	769,650	102,991	66,047	169,038
R10	28,958	500	18,482	618,080	149,109	67,110	216,219
R11	17,897	896	16,597	1,150,095	134,089	48,744	182,833
R12	15,367	1,423	35,400	1,211,822	143,179	64,548	207,727
R13	24,627	5,409	39,982	2,905,809	289,979	100,110	390,089
R14	23,755	1,760	134,388	3,932,033	354,081	173,618	527,700
R15	16,379	4,661	68,138	4,880,271	355,781	110,279	466,060
R16	10,012	1,398	68,922	1,837,669	170,202	87,465	257,667
R17	11,763	1,202	37,090	669,694	105,150	59,345	164,495
R18	7,378	-	4,496	3,948	29,998	16,385	46,383
R19	2,687	-	7,533	79,434	17,784	11,562	29,346
R20	8,543	-	27,097	35,389	48,868	39,747	88,615
계	292,984	43,548	921,808	27,247,274	3,202,869	1,530,867	4,733,737

- 가축사육두수와 가축분뇨발생원단위를 통해 계산된 K도의 가축분뇨 발생량은 약 473만톤이며, 역시 R3 지역이 약 79만톤(16.7%)으로 가축분뇨 발생량이 가장 많고, 다음으로 R14 지역이 약 53만톤, R15 지역이 47만톤 등으로 나타남.

○ K도의 시군별 가축분뇨 처리경로를 보면 퇴비화가 평균 86.3%, 액비화가 평균 4.5%로 총 자원화율은 90.8%로 나타났으며, 그밖에 정화처리가 평균 6.3%, 해양배출이 평균 3% 수준으로 나타남<그림 4-3>.

그림 4-3. K도의 가축분뇨 처리 경로



○ 가축분뇨발생량에서 가축분뇨 비료성분량을 계산한 후, 지역별 가축분뇨 자원화율과 양분손실율을 고려하여 가축분뇨 비료성분 활용량을 계산함. K도의 가축분뇨 비료성분 활용량은 질소 17,165톤, 인산 10,275톤 등 총 27,440톤으로 나타남.

○ 또한 K도의 화학비료 성분투입량을 시군별 화학비료 소비량(농가판매분)을 통해 보면, 질소 76,112톤, 인산 26,281톤 등 총 98,786톤으로 나타남 <표 4-5>.

표 4-5. K도의 가축분뇨 비료성분 활용량 및 화학비료 소비량

시군명	가축분뇨 비료성분 활용량(톤) (자원화율, 손실율 고려)			화학비료 소비량(톤)		
	질소	인산	계	질소	인산	계
R1	472	280	753	2,081	803	2,884
R2	725	421	1,146	3,288	1,182	4,470
R3	2,972	1,653	4,625	6,048	1,995	8,044
R4	580	373	953	1,754	603	2,357
R5	629	379	1,008	1,616	571	2,187
R6	221	129	350	1,065	480	1,544
R7	374	267	641	5,443	1,682	7,125
R8	433	280	713	3,646	1,226	4,872
R9	677	382	1,059	1,945	687	2,632
R10	674	484	1,158	3,010	1,012	4,022
R11	636	419	1,055	3,009	994	4,003
R12	794	489	1,284	8,826	3,084	11,910
R13	1,414	870	2,284	4,965	1,482	6,447
R14	2,172	1,254	3,425	3,712	1,397	5,109
R15	2,038	1,190	3,228	3,216	1,207	4,423
R16	915	520	1,435	5,241	1,664	6,905
R17	593	358	951	3,120	990	4,110
R18	125	96	221	1,480	597	2,077
R19	111	69	180	2,809	2,269	5,078
R20	312	193	506	4,806	1,230	6,036
계	17,165	10,275	27,440	72,812	25,974	98,786

○ 투입된 양분의 흡수량을 계산하기 위해 K도의 작물 재배면적을 통해 작물 양분요구량을 계산함.

- K도의 작물재배면적은 논작물 224,390ha, 밭작물 108,412ha, 과수가 15,171ha로 총 347,872ha에 이르는 것으로 조사됨.
- 이러한 작물 재배면적에서의 작물 양분요구량은 질소 40,961톤, 인산 19,471톤 등 총 60,432톤으로 계산되었으며, 작물 양분요구량이 가장

높은 지역은 R12 지역으로 6,554톤(10.8%) 수준에 이르는 것으로 나타남<표 4-6>.

표 4-6. K도의 시군별 작물 재배면적 및 작물양분요구량

시군명	작물 재배면적(ha)				작물양분요구량(톤)		
	논	밭	과수원	계	질소	인산	계
R1	3,608	5,814	306	9,728	1,112	537	1,649
R2	8,316	4,923	235	13,474	1,669	761	2,430
R3	16,122	6,828	237	23,187	2,745	1,262	4,007
R4	7,990	1,490	332	9,812	1,062	476	1,538
R5	5,917	2,566	399	8,882	970	511	1,480
R6	3,781	1,578	14	5,373	624	298	921
R7	15,417	6,626	1,619	23,662	2,921	1,246	4,167
R8	12,665	2,303	1,679	16,647	1,773	847	2,620
R9	7,847	4,016	250	12,113	1,448	706	2,154
R10	13,660	10,547	551	24,758	3,118	1,600	4,718
R11	13,512	3,792	3,140	20,444	2,155	1,037	3,192
R12	25,931	11,194	255	37,379	4,425	2,129	6,554
R13	18,207	5,107	1,013	24,327	2,759	1,250	4,009
R14	10,521	9,681	374	20,475	2,749	1,222	3,970
R15	10,711	4,038	980	15,729	1,925	945	2,870
R16	14,828	3,229	1,607	19,664	2,194	1,050	3,245
R17	7,431	3,427	-	10,858	1,216	574	1,791
R18	3,463	4,538	521	8,522	987	494	1,481
R19	7,672	4,870	777	13,319	1,590	855	2,444
R20	12,375	9,513	587	22,475	2,687	1,300	3,987
계	224,390	108,412	15,171	347,872	40,961	19,471	60,432

○ K도의 농경지의 양분수지 분석은 작물의 양분요구량에 의한 양분산출량과 화학비료 및 가축분뇨에 의한 양분투입량의 차이를 통해 이루어짐.

- K도의 작물양분요구량을 충족시키기 위해 외부에서 공급되는 총양분량은 화학비료와 가축분뇨 양분 실제이용량을 합한 질소 89,977톤, 인

산 36,249톤 등 총 126,226톤이며, 이중에서 작물양분요구량을 제외한 양분초과량은 질소 49,016톤, 인산 16,778톤 등 총 65,794톤으로 나타남.

- 한편 K도의 ha당 작물요구량은 질소 111.7kg, 인산 56kg이며, 화학비료와 가축분뇨에 의한 ha당 양분투입수준은 질소 258.6kg, 인산 104.2kg으로 나타나, ha당 양분초과량(양분수지)은 질소 140.9kg, 인산 48.2kg으로 양분초과율이 평균 108.9%에 이르는 것으로 나타남<표 4-7>.

표 4-7. K도의 작물양분요구량 및 양분공급구조

구 분		질소	인산	계/평균
작물양분요구량(A)	(톤)	40,961	19,471	60,432
화학비료 소비량(B)		72,812	25,974	98,786
가축분뇨 양분 실제이용량(C)		17,165	10,275	27,440
총양분이용량(B+C)		89,977	36,249	126,226
양분초과량(B+D-A)		49,016	16,778	65,794
경지면적당 작물양분요구량	(kg/ha)	117.7	56.0	173.7
경지면적당 화학비료 소비량		209.3	74.7	284.0
경지면적당 총양분이용량		258.6	104.2	362.9
경지면적당 양분초과량(양분수지)		140.9	48.2	189.1
양분초과율((B+D-A)/A)	(%)	119.7	86.2	108.9

○ K도의 시군별 양분수지 시산 결과를 통해 양분초과량(질소성분 기준) 수준별 양분관리 지역을 지정함<표 4-8>.[10)]

- 질소성분을 기준으로 양분초과량 수준이 ha당 40kg 미만인 R10 지역은 양분관리가 우수한 지역으로 분류됨.
- 질소성분 초과량 수준이 ha당 40～120kg 수준에 있는 R20을 비롯한 5개 지역은 지자체의 노력을 통해 적정한 양분수지 달성이 가능한 지역으로서, 지자체가 자발적으로 양분수지 목표 달성을 위해 노력하도록 적절한 유인책이 필요한 지역임.
- 질소성분 초과량 수준이 ha당 120～180kg 수준에 있는 R2를 비롯한 13

10) 양분관리지역 선정기준 및 적절한 양분관리 방안은 다음 제5장의 지역단위 양분총량제 시행방안에 자세히 제시되어 있음.

개 지역(양분특별관리 I지역)은 자발적 양분관리가 미흡한 지역으로서, 적극적인 양분관리 특별대책이 필요한 지역임.

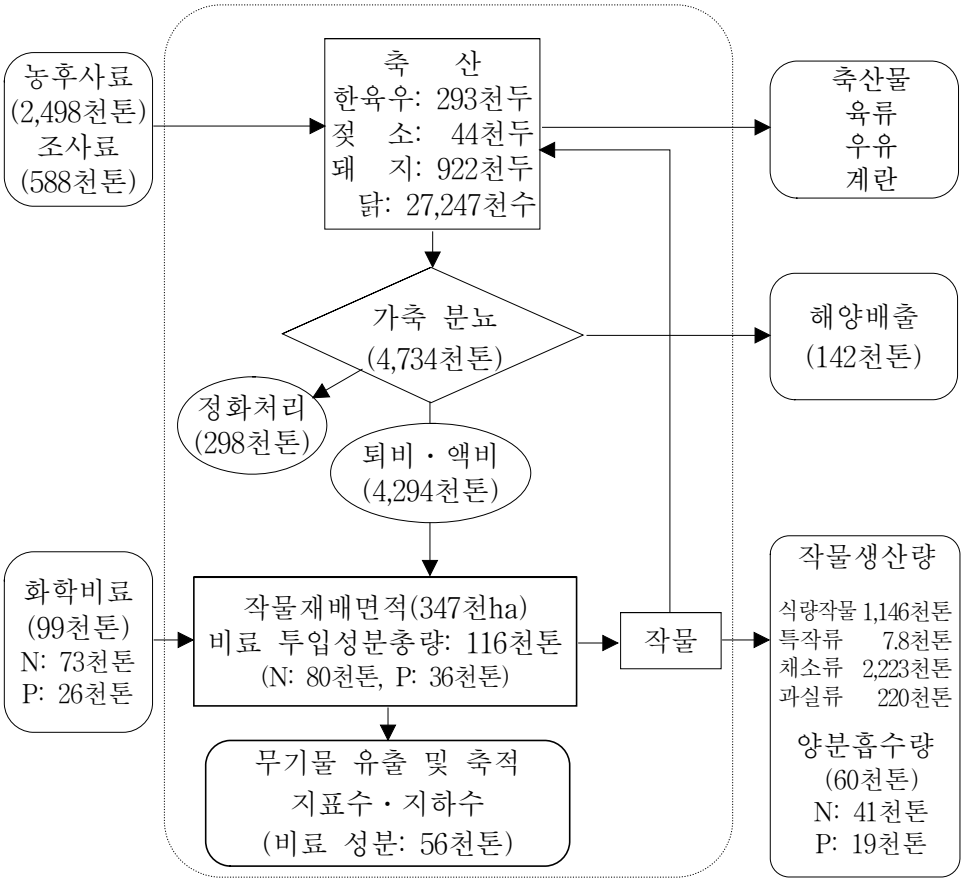
- 질소성분 초과량 수준이 ha당 180kg을 초과할 정도로 높은 지역(양분특별관리 II지역)은 R3, R17, R15, R16 등 4개 지역이며, 이 지역은 양분 특별관리지역으로서 양분수지 달성을 위한 강력한 규제수단 등 특단의 대책을 강구할 필요가 있는 지역임.

표 4-8. K도의 시도별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역 (180kg 초과)	R3	270.7	102.9	373.6	228.6	189.2	216.2
	R17	229.9	71.2	301.2	205.2	134.6	182.6
	R15	211.7	92.3	304.0	173.0	153.6	166.6
	R16	201.4	57.7	259.1	180.5	108.0	157.0
양분특별관리 I지역 (120～180kg)	R2	174.0	62.5	236.5	140.4	110.7	131.1
	R14	153.1	69.8	222.9	114.1	117.0	115.0
	R13	148.8	45.3	194.1	131.2	88.1	117.8
	R1	148.1	56.1	204.3	129.6	101.7	120.5
	R5	143.6	49.5	193.1	131.5	86.1	115.8
	R12	139.0	38.7	177.6	117.4	67.9	101.3
	R8	138.5	39.6	178.1	130.0	77.9	113.2
	R4	129.7	51.0	180.6	119.8	105.1	115.3
	R6	123.3	57.9	181.2	106.3	104.5	105.7
	R7	122.4	29.7	152.1	99.1	56.4	86.4
양분관리 유도지역 (40～120kg)	R20	108.2	5.5	113.7	90.5	9.5	64.1
	R19	99.9	111.4	211.2	83.7	173.6	115.1
	R9	96.9	30.0	126.9	81.1	51.4	71.4
	R11	72.9	18.4	91.3	69.1	36.3	58.5
	R18	72.5	23.4	95.9	62.6	40.4	55.2
양분관리우수지역 (40kg 이하)	R10	22.8	-4.2	18.6	18.1	-6.5	9.8
계		140.9	48.2	189.1	119.7	86.2	108.9

⇒ K도의 양분균형 측면에서의 분석결과를 물질순환 흐름도를 통해 종합해 보면, 전체 농경지면적 348천ha에 화학비료와 가축분뇨를 통해 투입되는 비료성분(질소・인산) 총량은 116천톤이며 이중 약 52%인 60천톤이 작물에 흡수되고 나머지 48%인 약 56천톤이 유출되어 지하수와 지표수를 오염시키는 요인으로 작용하는 것으로 나타남. 최근 K도의 친환경농업 실천농가가 빠른 속도로 증가하여 화학비료 소비가 줄어들고 있긴 하나 건실한 친환경농업시스템이 구축되기 위해서는 과잉양분을 효과적으로 관리할 수 있는 특단의 조치가 필요한 것으로 판단됨<그림 4-4>.

그림 4-4. K도의 농업생태계 물질순환 구조(2004년)



제 5 장

지역단위 양분총량제 시행방안

1. 양분총량제 시행의 기본 방향

○ 사전예방원칙을 기초로 지역별 환경용량을 고려한 화학비료와 가축분뇨의 환경친화적 관리

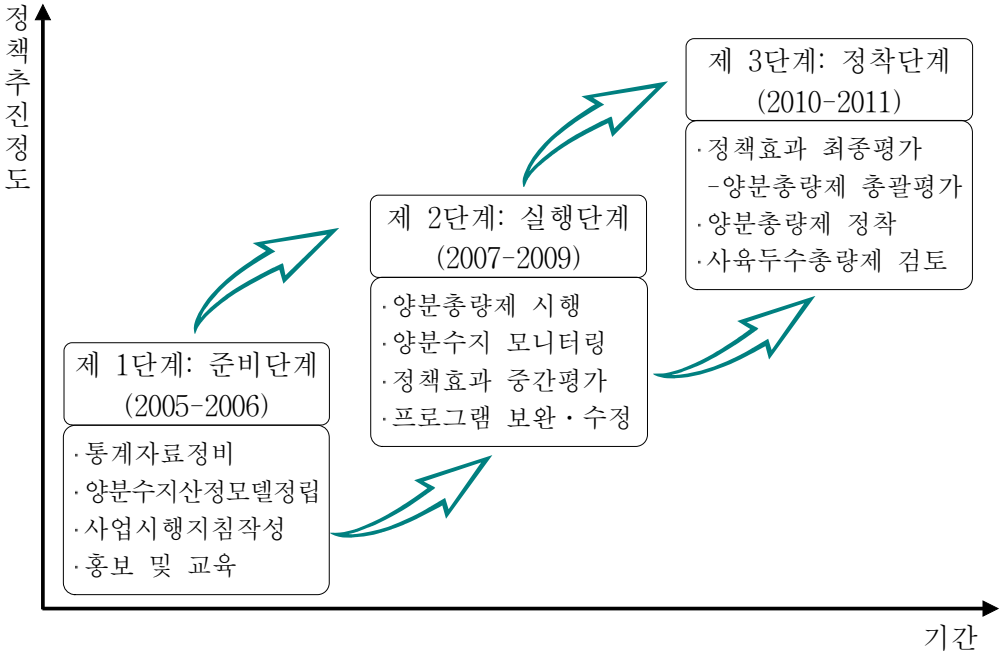
- 양분총량제는 과잉양분이 누적되거나 배출됨으로써 농업생태환경을 악화시킬 우려가 높기 때문에 사전예방원칙(precautionary principle)을 기초로 지역별 농업환경 부존자원 및 관리 여건을 고려한 환경용량 범위 내에서 농축산 활동이 이루어질 수 있도록 경종부문의 화학비료와 축산부문의 가축분뇨에 대한 종합적인 관리를 지향함.

○ 양분총량제는 환경친화적인 농업환경자원 관리를 위해 새롭게 도입되는 정책프로그램이므로 정책실패를 최소화하기 위해 단계적으로 추진됨

- 새로운 양분총량제 제도 도입에 따른 문제점을 최소화하고 정책효과를 극대화하기 위해 제도정착까지 3단계의 단계적 추진 필요
  - 1단계 준비단계(2005-2006)로 관련 통계 D/B 구축, 지역단위 양분수지 분석모델 정립, 사업운영 세부지침 작성 등 사전준비 사항을 완료하고 정책담당자(지방정부)와 정책대상자(농업인, 축산인 등) 교육 실시

- 2단계 실행단계(2007-2009): 사업시행, 감축방안 및 모니터링 시스템 구축
- 3단계 정착단계(2010-2011): 총괄평가 및 보완, 가축사육두수 총량제 검토

그림 5-1. 지역단위 양분총량제 단계적 추진 체계



○ 과학적이고 투명하며 공정한 프로그램 운용으로 제도의 수용성 제고

- 지역별 양분수지 산정은 여러 가지 관련 변수들에 따라 결정되므로 지역단위 농업환경부하 분석을 기초로 한 지역별 지역양분산정프로그램(Regional Nutrients Accounting Program, ReNAS)을 보급하여 실제로 해당지역에서 활용할 수 있도록 하며, 또한 인터넷을 통해 신속하고 투명하게 처리될 수 있는 웹 프로그램 방식으로 운용
- 지역단위 양분수지 산출에 문제가 있는 경우 절차에 따라 이의를 제기할 수 있도록 하고 이를 심사할 수 있는 “양분총량제 전문가위원회(가칭)”를 설치하여 제기된 이슈를 분석하고 심의할 수 있도록 함.

- 양분총량제 시행에 따른 지역별 양분수지 관리목표와 감축률은 지역별 양분수지 정도와 농업환경 여건 등을 고려하여 설정될 수 있도록 함으로써 신규제도의 수용성(acceptability)을 제고시킴.
- 지역단위 양분관리 프로그램 운용 및 양분수지 실태 모니터링 시스템이 작동될 수 있도록 관련주체의 적정한 역할 분담이 이루어지도록 함.

2. 양분총량제 시행의 선결요건

2.1. 양분수지 산정을 위한 관련통계 D/B구축

○ 지역단위 양분수지 산출을 위한 작물재배 면적, 경지이용률, 화학비료 및 유기질 비료소비량, 성장단계별 가축사육두수, 가축분뇨의 처리실태(퇴비화, 액비화, 정화처리, 해양투기 등) 및 자원화 형태로 타지역 이동량 등에 관한 통계자료 및 실적자료의 D/B구축

- 2007년도 실제로 양분총량제가 시행되면 경지이용률을 높게 설정하여 지역별 경지면적이 갑자기 증가하거나 화학비료 사용량이 줄어들 수 있으므로 적어도 2004년부터 2006년까지 관련 통계치가 D/B화 되어야 추세변화를 확인할 수 있을 것임.

2.2. 가축분뇨 발생원단위의 정확한 산정을 위한 가축단위 설정

○ 축산부분에는 축종별로 다양한 특성을 가지고 있어 효과적인 양분관리정책을 추진하기 위해서는 여러 상이한 축종을 통합적으로 관리할 수 있는 가축단위(Livestock Unit, LU) 도입이 필요하며, 이는 성장단계별 가축분뇨 발생량 및 축종별 가축분뇨의 비료 성분량 등을 고려하여 설정되어야 함.

- 모든 가축의 축종별·성장단계별 특성을 고려한 종합적 단위로 환산하기 위한 방식으로 대체로 육우(1,000파운드 체중) 1두를 1LU로 정하고 있음.

- 우리나라의 가축단위 설정에 관한 작업이 축산연구소 주관으로 특별 작업반을 구성하여 작업 중에 있음.

2.3. 지역별 양분수지 실태파악을 위한 지역양분산정프로그램의 보급

○ 농업생태계의 물질수지 변화를 정확하게 반영할 수 있는 지역양분산정시스템(Regional Nutrients Accounting System, ReNAS) 프로그램을 개발하여 해당 지방자치단체 업무담당 부서에 보급

- 양분총량제 시행초기에 이용자가 쉽게 접근할 수 있도록 엑셀 매크로를 이용한 ReNAS를 인터넷에 연결하여 웹 사이트에서 관계자만이 제한적으로 접근하여 관련정보를 보완하고 활용할 수 있도록 함. 이 연구에서는 양분관리 업무담당자가 쉽게 활용할 수 있도록 ReNAS를 개발하여 실제 활용토록 하였음(지역양분산정시스템은 「부록 3」참조).
- ReNAS는 농림부의 양분관리 담당부서에서 총괄토록 하고, 지방자치단체 담당공무원, 농업과학기술원 양분관리 연구자, 한국농촌경제연구원 연구자 등이 이용할 수 있도록 패스워드를 부여하고 이들 정보를 활용하여 지속적인 제도 보완이 이루어지도록 함.

2.4. 효과적 정책추진을 위한 “양분총량제 모니터링팀(가칭)” 구성

○ 양분관리 업무는 전문성이 요구되는 특수한 분야이므로 양분총량제 시행과정에서 도출되는 문제 해결과 효과적인 프로그램 운용을 위해서는 양분 관련분야 전문가, 경종 및 축산부분 대표, 농협 등의 관계자로 구성된 “양분총량제 모니터링팀(가칭)”을 설치・운영

- 모니터링 팀은 양분관련분야 전문가로 농업과학기술원, 축산연구소, 한국농촌경제연구원, 학계 등으로부터의 전문가와 양돈협회, 낙농・육우협회, 양계협회, 농협 등의 관계자로 구성하여, 양분총량제 관련 모니터링은 물론 정책추진 단계에서 제기되는 정책적 이슈에 대한 심의와 자문을 받도록 함.

2.5. 양분총량제 집행할 수 있는 법적·제도적 장치의 완비

○ 지역단위 양분총량제를 효과적으로 집행하기 위해서는 제도 시행에 앞서 법적·제도적 장치가 완전하게 구비되어야 함.

- 현재 양분총량제 시행을 지원하는 관련 법률로 "가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률안"이 입법예고 단계와 법무부와의 합의를 거쳐 국회에 제출된 상태임.

※ "가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률안" 제7조에서 양분총량제를 구체적으로 명시하지 않았으나 함축적인 내용을 제시하고 있음.

① 1항에서 "농림부장관은 지방자치단체별로 농경지의 양분 현황을 고려하여 적정한 규모의 가축이 사육될 수 있도록 유도하기 위하여 농림부령이 정하는 바에 따라 주요 작목별 비료 수요량, 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료 공급량 등을 조사할 수 있다"라고 규정함.

② 2항에서 "농림부장관은 제1항의 규정에 따른 조사 결과 토양에 포함된 비료 함량 및 비료 공급량이 비료 수요량을 초과하는 지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우에는 농림부령이 정하는 바에 따라 그 축사의 이전비 또는 철거비 등을 지원할 수 있다"라고 규정함.

- "가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률안"이 국회를 통과하여 공포되면 관련 시행령과 시행규칙이 제정될 것이므로 이 단계에서 양분총량제 시행과 관련한 제반 사항을 구체적으로 명시해야 효과적인 정책집행이 가능할 것임.

○ 지역단위 양분총량제도 궁극적으로는 농업부문의 환경부하 최소화를 통한 친환경농업시스템 구축을 목표로 하고 있으므로 친환경농업육성법에 규정된 시·도지사가 "친환경농업육성기본계획" 수립시 해당지역의 양분수지를 기본적으로 고려하여 계획을 수립하여 명시토록 하는 것이 바람직함.

○ 양분총량제의 정책목표를 달성하기 위해서는 가축분뇨자원화 산물인 퇴비와 액비의 인근지역 및 타시도 지역으로의 이동을 관리하고 모니터링할 수 있는 제도적 장치가 구축되어야 함.

3. 지역단위 양분총량제 세부 시행방안

3.1. 지역단위 양분수지지표 산출

○ 지역별 양분수지지표 산출은 지역양분산정프로그램(ReNAS)을 통해 이루어지도록 함. 정책프로그램 시행 전에 해당 시군의 양분수지 산출 근거자료와 관련통계자료의 D/B 구축을 통해 기준시점의 지역별 양분수지 산정결과를 공표함.

- ReNAS의 운영과 관리는 프로그램 운영 선결요건에서 제시된 바와 같이 인터넷을 통해 운영되며, 지자체 담당공무원과 관련분야 전문가 협의회 위원들에게 패스워드를 부여하여 정보를 활용・관리토록 함.

3.2. 지역단위 양분관리 방식

○ 지역단위 양분수지 관리대상 물질의 선정

- 해당 지역별로 부존 농업환경자원과 농업생산 형태에 따라 질소 및 인산성분의 발생량과 잉여도도 달라짐. 양분관리 대상물질을 질소 및 인산 성분 가운데 특정 성분만을 대상으로 할 것인지 아니면 두 성분 모두를 관리대상으로 할 것인지에 관해서는 지역별 양분관리의 파급영향과 실행 가능성 등을 종합적으로 고려하여 결정해야 할 것임.[11)]
- 현재 우리나라 농경지(논토양)의 경우 인산집적도 문제가 심각하므로 인산 성분을 기준으로 관리한다면 농업부문의 환경문제를 실질적으로

---

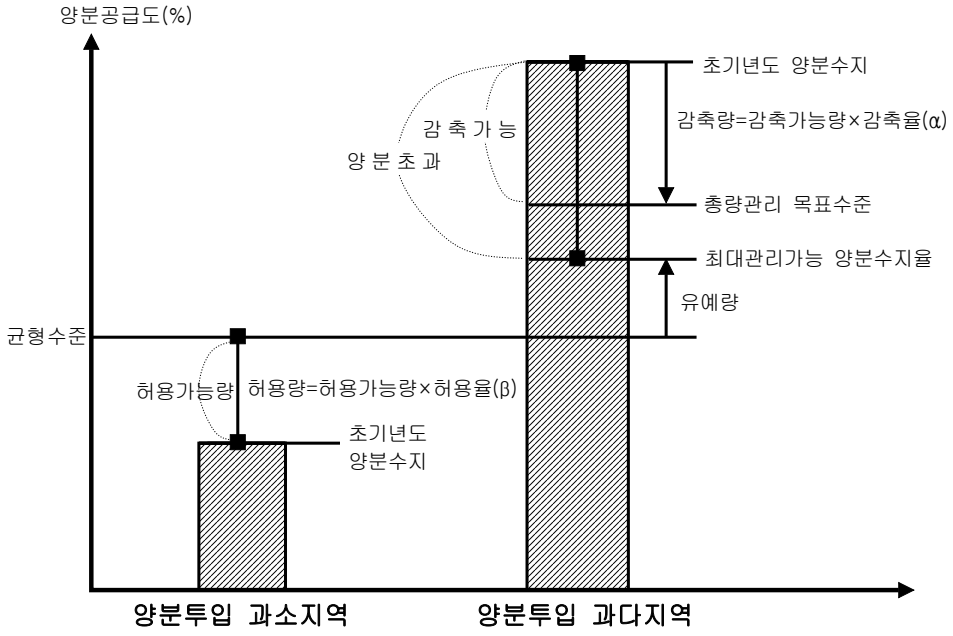
11) 농림부・환경부 합동(2004)의 “축산분뇨 관리・이용대책 추진기획단”에서 제시된 양분총량의 기준물질의 경우 질소는 작물생산에 미치는 영향이 크지만 이동성이 커서 토양환경에 축적되는 경향이 적고, 인산은 하천・호소 부영영화에 미치는 영향이 크고 토양 중에 집적되어 양분투입이 많은 나라의 경우 인산을 허용량 규제기준으로 이용되고 있다는 점을 제시함. 따라서 우리나라도 인산의 토양집적이 우려되는 상황이므로 인산을 양분허용총량 기준물질로 선정하는 것이 바람직하다는 견해가 제시됨.

관리하는 수단으로 작용할 수 있을 것이나 가축분뇨 함량의 인산 구성비를 고려한다면 축산농가에 상당한 압박요인으로 작용할 수 있음. 따라서 새롭게 도입되어 운영되는 양분총량제 프로그램에서는 실행 초기단계에서는 질소성분을 관리대상 물질로 정하여 양분수지를 관리하고, 정착단계에 도달하면 인산성분도 관리대상 물질에 포함시켜 관리하여 농업계에 미치는 영향을 어느 정도 줄이도록 해야 함.

○ 지역별 관리대상 물질의 양분수지 과잉 정도에 따라 양분투입 과소지역과 양분투입 과다지역으로 대별될 수 있음<그림 5-2>.

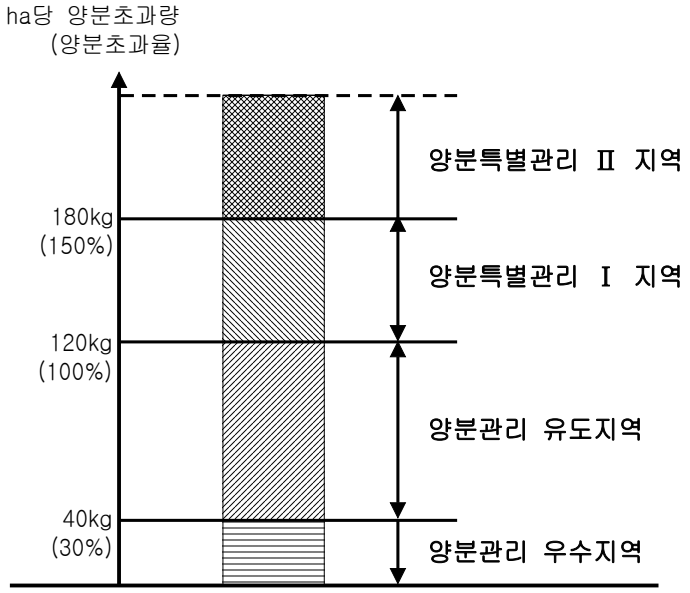
- 양분투입 과소지역의 경우 외부로부터 양분투입의 허용이 가능한 지역이며, 허용 가능량은 양분수지 균형수준에서 결정되나 허용률(β)은 지역의 환경용량과 입지적 여건 등을 종합적으로 고려하여 결정됨.

그림 5-2. 지역단위 양분총량관리시스템 개념도



- 양분투입 과다지역의 양분관리 체계를 보면 해당지역의 환경용량을 기초로 최대관리가능 양분수지율이 설정되면 유예량이 결정됨. 과잉 양분 투입도가 높을 경우 해당지역의 여건에 따라 관리 가능한 총량 관리 목표수준이 결정됨. 총량관리 목표수준이 정해지면 연차별 양분 감축 정도에 따라 감축율(α)이 결정됨.
- 질소성분 기준 양분수지지표([양분투입량-양분산출량]kg/ha)를 기준으로 양분초과량 40kg/ha(양분초과율 30%) 이하 지역을 '양분관리 우수지역', 양분초과량 120kg/ha(양분초과율 100%) 초과 지역을 '양분특별관리 지역(Ⅰ, Ⅱ)'으로 구분함<그림 5-3>.
  - 양분관리 우수지역: 양분초과량 40kg/ha(초과율 30%) 이하 지역
  - 양분관리 유도지역: 양분초과량 40～120kg/ha(초과율 30～100%) 지역
  - 양분특별관리 I지역: 양분초과량 120～180kg/ha(초과율 100～150%) 지역
  - 양분특별관리 II지역: 양분초과량 180kg/ha(초과율 150%) 초과 지역

그림 5-3. 질소성분 양분초과량 기준 양분관리지역 지정



주: 양분초과율 기준은 전국 평균 양분요구량(약 120kg/ha) 대비 양분초과량을 의미함.

○ 지역별 양분수지지표를 기초로 해당지역의 감축목표를 설정하고 연차별로 감축하도록 함. 지역별 양분수지는 2년 단위로 재평가하여 양분총량 감축목표를 제시토록 함.

- 예를 들어 어떤 지역의 질소성분 양분수지가 120kg/ha로 결정된 경우, 2013년 달성목표가 40kg/ha로 설정되면 100kg/ha(2005년) → 80kg/ha(2007년) → 60kg/ha(2010년) → 40kg/ha(2013년)로 단계별 관리목표를 설정하여 잉여양분 감축을 추진토록 함.

3.3. 지역단위 양분총량제의 시행체계(안)

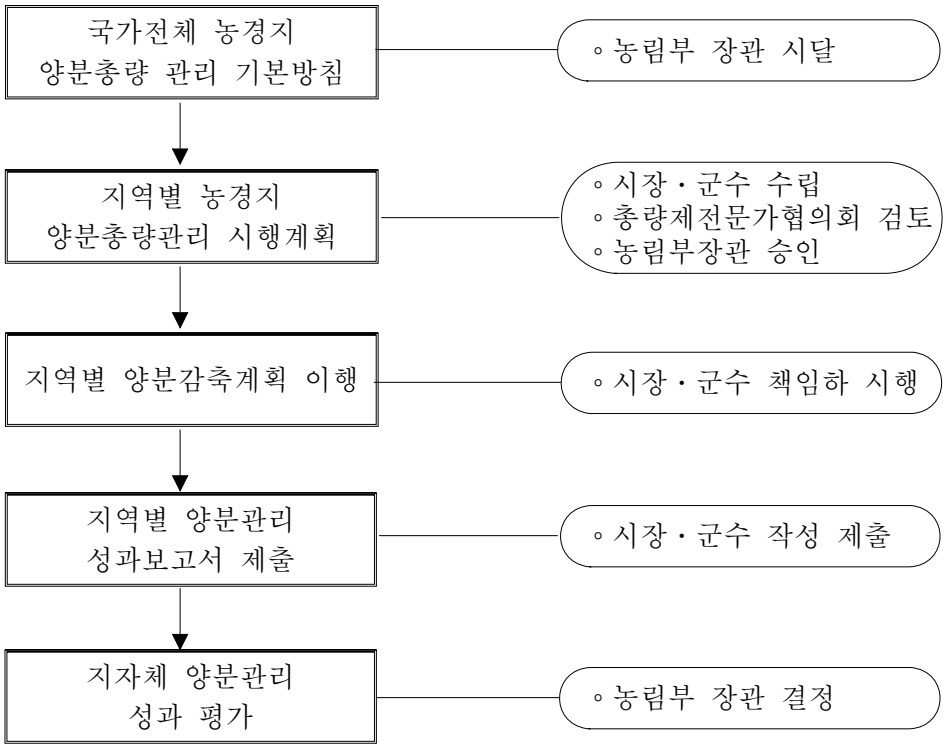
○ 지역단위 양분총량제의 실제적인 운용을 위해서는 농림부 훈령으로 "지역단위 양분총량제 기본방침"을 제정해야 함.

- 기본방침에는 총칙, 용어의 정의, 양분관리대상 물질의 종류, 양분총량제 관리목표, 양분수지 산정방법, 과잉양분 감축계획, 기본계획수립, 성과보고서 작성 등에 관한 내용이 포함되어야 함.

○ 양분총량제의 시행체계는 기본방침에 따라 단계별로 진행됨<그림 5-4>.

- 농림부는 양분총량제에 관한 기본방침을 시달하고, 지역별 양분수지 정도에 따라 양분관리 대상지역 및 특별관리지역 등을 지정함.
- 지방자치단체 시장·군수는 지역별 여건을 고려하여 지역별 농경지 양분총량관리 시행계획을 수립하여 제출함. 농림부 장관은 각 시군이 제출한 양분총량관리 시행계획을 "양분총량제 모니터링 팀"의 검토를 거쳐 승인함.
- 지역별 양분관리 감축계획은 시장·군수의 책임 하에 이루어짐. 감축계획이 이루어지면 해당 시군은 지역별 양분관리 성과보고서를 제출함.
- 지자체로부터 양분관리 성과평가의 제출된 자료는 "양분총량제 모니터링팀"의 검토를 거쳐 목표달성도에 대한 평가와 확인 및 검증절차가 이루어지게 됨. 이 과정에서 평가결과 목표에 도달한 시군에게는 인센티브를 부여하고, 목표 미달성시에는 수립된 계획에 대한 보완, 목표달성도가 매우 부진한 지역에 대해서는 제재를 가함.

그림 5-4. 지역단위 양분총량제 시행절차



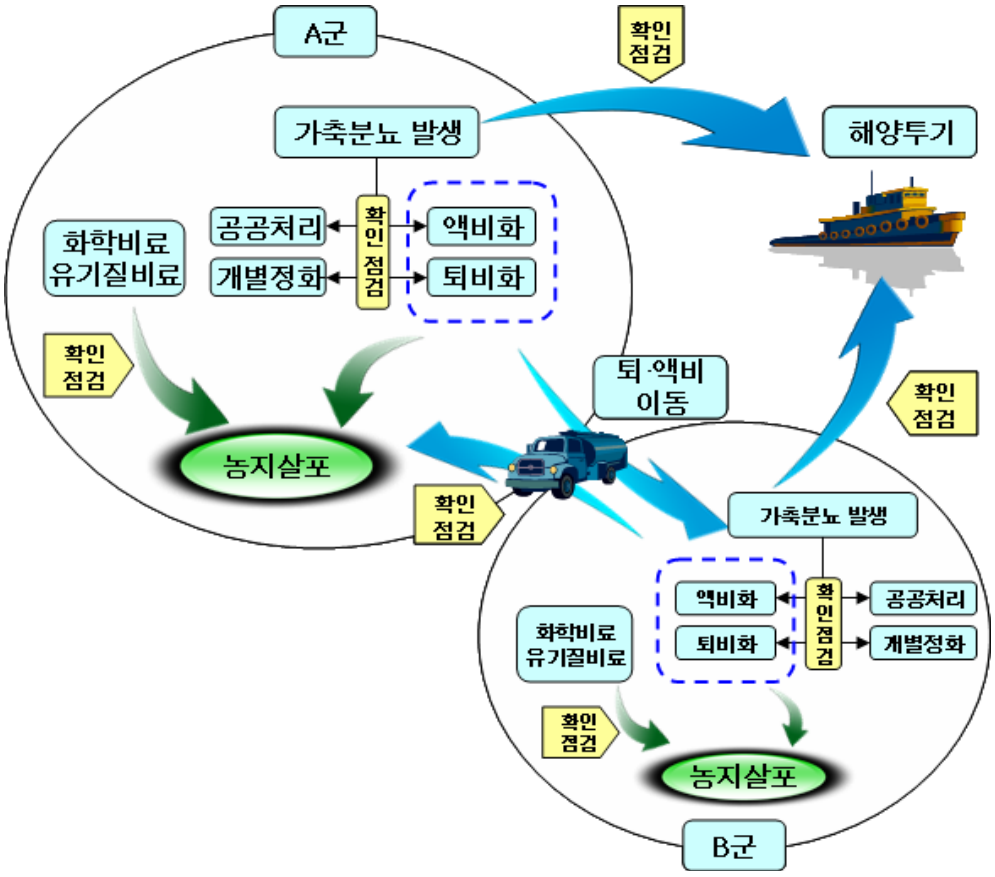
3.4. 지역별 양분수지 모니터링 및 관련정보 공개

○ 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인작업이 필요함<그림 5-5>.

① 가축분뇨의 퇴비화 및 액비화 등 자원화 실태에 관한 확인・점검이 필요함. 이는 축산업등록제가 이루어지면 정확하게 파악될 수 있을 것임.

② 가축분뇨의 해양투기는 양분관리 측면에서 쉽게 처리될 수 있으므로 확실하게 해양투기를 통한 처리량이 관계기관(해양경찰청 등)에서 확인되는 양만 인정해주는 방식으로 이루어져야 함. 양분총량제가

그림 5-5. 지역단위 양분총량제 운영과 관련 확인·점검 체계



본격적으로 시행되면 해양투기 처리물량이 차지하는 비중이 크게 증가될 것으로 보여 보고된 해양투기 물량과 관계기관에서 인정해 준 지역별 해양투기 물량을 확인·점검하는 절차가 확실하게 이루어져야 함.

③ 가축분뇨의 자원화(퇴비화 또는 액비화)를 통해 지역간 이동되는 물량이 각 지자체에서 보고되는 경우 이동된 지역을 분명하게 명기토록 하며, 이러한 이동 물량은 이동된 지역의 양분수지 산정시 투입량으로 포함되기 때문에 지역간 이동에 대한 확인·점검이 이루어

져야 함.[12] 현실적으로 지역간 이동을 정확하게 확인하는 작업에는 상당한 거래비용이 필요하므로 제도 운영 초기에는 지역간 이동을 인정해주고 이러한 물량이 D/B화되면 지역간 이동되는 물량에 대한 개략적인 파악이 가능함으로써 해당지역의 양분수지 산정시 기초 자료로 활용하면 됨.

④ 화학비료 사용량에 관한 기초 자료는 실제로 대부분의 화학비료와 유기질 비료가 농협을 통해 이루어지고 있으므로 해당 시·군 농협의 비료공급량과 재고량 자료를 통해 확인할 수 있음. 또한 지자체간의 화학비료 이동내역을 파악하기 위해 화학비료 판매처(주로 농협)에서 화학비료 판매시 판매내역(구입자 정보, 판매량 등)을 기록하여 보고토록 하는 장치가 필요함.

○ 양분총량제 운용과 관련 매년 전체 시군의 양분수지 실태를 지도로 작성하여 인터넷 웹사이트에 공개토록 하여 각 지역의 환경부하 상태 및 양분관리 노력 정도를 정책담당자와 농업인은 물론 일반 국민들도 쉽게 알 수 있도록 함.

3.5. 양분관리 감축정도에 따른 인센티브와 벌칙

○ 과잉양분 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식

- 양분총량제 시행에 따른 차별적 정책지원 프로그램에 대한 사전예고를 통해 양분관리 정책효과를 극대화함.
- 양분 잉여도가 일정수준 이상(양분초과량 120kg/ha 이상)인 '양분관리 특별대책 Ⅰ지역' 이상을 대상으로 양분수지지표가 증가한 시군은 가축분뇨관리 정책자금, 축분퇴비차손보전사업 등의 지원을 중단하거나 또는 적절한 벌칙을 부과하고, 이와 아울러 집중관리 대상지역으로

12) 가축분뇨의 지역간 이동을 엄격하게 감시하면 오히려 지자체간 가축분뇨의 이동에 제약을 받을 수 있고, 실질적으로 모든 이동물량을 파악하는데 한계가 있으므로 시행 초기에는 각 지자체에서 가축분뇨 이동내역(이동량, 이동지역)을 증거자료와 함께 보고토록 하고, 해당 지자체간의 보고내용을 상호 검토하여 조정하도록 함.

전환하여 지정 관리토록 함.

- 과잉양분 관리계획에 따라 양분감축이 이루어지는 지역에 대해서는 정책자금 우선 배정 등 적절한 인센티브를 부여함.

○ 지방자치단체는 지역경제의 발전과 지역 주민과의 유대관계 유지를 위해 지역 주민의 경제적 행위에 제한을 가하는 행위를 회피하는 경향이 있음. 양분총량제가 실효성을 거두기 위해서는 양분관리 특별지역의 경우 구체적인 지침을 만들어 해당 지자체가 구체적인 양분 삭감계획을 세우도록 의무화하고, 중앙정부와 지자체의 역할 분담과 예산 지원 방안 등이 명시되어야 함.

3.6. 특별관리지역을 대상으로 양분총량제 시범사업 추진

○ 양분총량제의 본격적인 추진에 앞두고 당초의 정책목표를 달성하기 위해서는 과잉양분수지가 매우 높은 특정지역을 선정하여 시범사업을 실시한 후 전국으로 확대하는 방식이 바람직함.

- 양분총량제 시행에 앞서 선결요건이 어느 정도 충족되었는지를 종합적으로 검토하여 제도시행 준비가 부족하다고 판단되는 경우 시범사업 추진단계를 거쳐 본격적인 사업으로 확대하는 것이 바람직함.
- 양분총량제는 2007년부터 본격적으로 운영될 계획으로 준비 중에 있으나 실제로 지역단위 양분총량제가 전국으로 확대하여 추진되는 경우 관련통계자료의 정확성 문제와 지역간 양분이동에 대한 모니터링 문제 등 여러 가지 문제점이 제기될 수 있으므로 사업시행 첫 년도는 시범사업으로 추진하고, 이를 평가하여 2008년부터 전국적으로 확대 시행하는 경우 정책실패를 최소화 할 수 있음.
- 양분총량제 시범지역은 각 도에서 양분초과량이 가장 높은 1~2개 시군을 선정하여 추진토록 함.

○ 시범사업으로 추진되는 지역의 경우 양축농가의 불만이 고조될 수 있으므로 적절한 지원책과 병행하여 추진하는 것이 바람직함.

4. 양분총량제의 지속적인 발전 방안

4.1. 양분감축을 위한 정책 프로그램

○ 양분총량제가 과잉양분관리는 물론 친환경농업 시스템 구축을 위한 유력한 정책프로그램으로 정착할 수 있도록 하기 위해서는 중앙정부 및 지방자치단체가 양분수지를 적절하게 관리할 수 있는 여러 가지 방안이 제시되어야 함.

① 화학비료 사용량을 과감하게 줄이고 적절한 유기질비료(가축분뇨 퇴·액비 포함)가 투입될 수 있는 방안 모색 필요

- 친환경농업 실천농가의 확산을 위한 친환경농업지구조성사업 확대
- 필지별 시비처방에 의한 맞춤비료(Bulk Blending, BB) 공급을 확대하고 중장기적으로 완효성 비료를 사용할 수 있도록 중앙정부와 협조하여 단계적으로 추진
- 현실적으로 대부분의 경종농가들이 가축분뇨 퇴·액비 사용을 기피하는 이유에 대한 철저한 분석과 대책이 필요함(중앙정부의 지원 필요)

② 물질균형의 환경부하 용량 수준으로 가축사육두수를 상당히 감축할 수 있는 방안 모색

- 친환경농업 실천에 따른 소득감소 및 축산부문의 사육두수 감축 시 두수감축에 따른 보상방안 검토(중앙정부의 적극적인 지원책 필요)

③ 사례지역 내에서 생산된 가축분뇨를 양분투입 과소지역 등 지역 외로 배출하는 방안 강구 필요

④ 사료를 통한 가축분뇨의 양분저감 기술개발(중앙정부의 역할)

- Phytase를 배합사료(돼지와 닭 사료)에 첨가하는 경우 가축분뇨를 통해 배출되는 인산성분을 20～30%를 낮출 수 있으므로 Phytase 첨가 사료를 양축농가에서 많이 활용할 수 있도록 실용화 기술개발 적극 지원

○ 양분감축 시나리오별 양분수지 변화

- 주요 양분감축 정책프로그램 중에서 화학비료 감축과 가축분뇨 발생량 감축 수단을 이용한 시나리오별 양분수지를 시산함<표 5-1>.
- 「시나리오 1」에서 화학비료 사용량을 현 수준보다 30% 감축할 경우, 질소기준 양분초과량(양분수지)은 ha당 71.3kg으로 44.5% 정도 감소하는 것으로 나타남.
- 「시나리오 2」에서 화학비료 사용량을 현 수준보다 30% 감축함과 동시에 가축분뇨 발생량을 현 수준보다 15%(돼지 250만두 수준) 정도 감축할 경우, 질소성분 초과량은 ha당 62.4kg으로 51.4% 정도 감소하는 것으로 나타남.
- 「시나리오 3」에서 정부가 2013년까지 화학비료 사용량을 2004년 사용량 대비 40% 감축하는 정책목표를 반영할 경우, 질소성분 초과량은 ha당 52.1kg으로 여전히 '양분관리 유도지역' 수준(질소 양분초과량 40~120kg/ha)에 머물 것으로 예상됨.
- 「시나리오 4」에서 화학비료 사용량을 2013년까지 40% 감축함과 동시에 가축분뇨 발생량을 15% 감축하는 경우, 질소성분 초과량은 ha당 43.2kg으로 '양분관리 우수지역'(질소 양분초과량 40kg/ha 미만)에 근접할 것으로 예상됨.

표 5-1. 양분감축 시나리오별 양분수지 변화(2004년 기준)

구 분		양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
현재 상태		128.5	46.7	175.2	105.8	78.6	96.9
시나리오1	화학비료 30% 감축시	71.3	25.0	96.3	58.7	42.0	53.2
시나리오2	화학비료 30% 감축 + 가축분뇨 15% 감축	62.4	20.7	83.1	51.4	34.8	46.0
시나리오3	화학비료 40% 감축시	52.1	17.7	69.8	42.9	29.7	38.6
시나리오4	화학비료 40% 감축 + 가축분뇨 15% 감축	43.2	13.4	56.6	35.6	22.5	31.3

주: 가축분뇨 15% 감축수준은 양돈 약 250만두(전체 돼지사육두수의 약 30%) 분량임.

4.2. 양분총량 관리를 위한 전담조직 설치 검토

○ 지역단위 양분총량제의 효과적인 운영을 위한 전담조직 설치 검토

- 양분총량제가 농업환경분야의 중요한 정책프로그램으로 정착되고 효과적으로 운용되기 위해서는 중장기적으로 전담조직의 신설이 필요한 것으로 판단됨. 지방자치단체 기본계획에 대한 검토, 양분총량제 모니터링 및 확인·점검, 양분 감축계획 및 총량제 성과에 대한 평가 등의 작업이 체계적으로 이루어지기 위해서는 적절한 조직의 신설과 인력 확충이 필요함.

※ 환경부의 수질오염총량관리제도 도입에 따른 전담조직 설치 사례

▫ 2004년부터 수질오염총량관리제도가 본격적으로 시작되면서 2005년 1월에 수질보전국에 수질총량제도과를 신설되었고, 9명의 전담인력이 업무를 담당하고 있음.

▫ 수질총량업무는 전국적으로 수질관리의 중요한 업무로 지방자치단체별(도·시·군) 1~2명의 신규인력이 배치됨에 따라 283명의 T/O가 확보되었고, 2005년 11월말 현재는 177명이 충원되어 업무를 담당하고 있음.

▫ 수질오염총량제가 과학적인 분석과 모니터링을 기초로 하고 있어 국립환경과학원에 수질총량센터가 설치되었고 25명의 석박사급 신규인력이 업무를 전담하고 있음.

4.3. 정책효과 극대화를 위한 정책연계 및 관련주체의 역할 분담

○ 친환경농업육성을 위한 광역친환경농업단지화사업 및 친환경농업시범마을 조성사업시에도 지역별 양분수지지표 및 양분관리 방안을 사업선정기준에 포함시키도록 함.

○ 농림부, 시·군 지방자치단체, 농촌진흥청(농업과학기술원, 축산연구소), 시군농업기술센터, 한국농촌경제연구원, 농협 등 유관기관의 적절한 역할 분담이 필요함.

- 농림부는 양분총량제의 기본방침, 추진계획 등을 수립하고 총괄관리하는 역할을 담당함.
- 시·군 지방자치단체는 지역별 양분총량관리 시행계획을 수립하고, 양분감축계획의 이행, 지역별 양분관리 성과보고서 작성 등을 담당함. 또한 지역별 양분이동량 및 가축분뇨의 처리실태 등을 모니터링하는 역할을 담당토록 함.
- 농촌진흥청(농업과학기술원, 축산연구소)은 지역별 양분수지 산정방식의 결정, 해당지역의 토양 및 농업환경 여건을 고려한 양분수용량 산정(농업과학기술원 담당), 가축분뇨의 발생원단위 및 양분환산량 산정(축산기술연구소 담당) 등의 역할을 담당함. 양분총량 관리를 위한 전담조직이 설치되기 이전까지 농업과학기술원에서 ReNAS 프로그램을 관리하고 보완하는 역할을 담당토록 함.
- 시·군농업기술센터 해당지역의 양분총량관리 계획수립과 지역별 양분수지 산정에 대한 이의 신청시 현장 확인 등의 역할을 담당토록 함.
- 한국농촌경제연구원은 양분총량제의 사전적·사후적 정책평가를 담당하고 지속적으로 제도가 발전할 수 있도록 모니터링하는 역할을 담당토록 함.
- 농협은 지역별 화학비료 및 유기질비료의 소비량에 대한 정확한 통계자료 구축과 농가들이 구입하는 비료량에 대한 관리·기록 업무를 담당토록 함.

제 6 장

요약 및 결론

○ ‘고투입 - 고산출’의 집약적 농축산업 생산시스템으로 인한 양분의 과다 배출은 농업생태계의 환경부하를 심화시키는 요인으로 작용함. 또한 양분 과잉배출은 농촌지역의 지표수와 지하수의 오염, 토양산성화, 자연생태계의 악화, 온실가스 배출 증가 등을 초래하여 상당한 사회적 비용을 초래함.

○ 실제로 농경지에 투입되는 전체 비료성분량 가운데 약 절반 정도만이 작물 생산에 활용되고 나머지는 토양에 축적되거나 농업생태계 외부로 배출되어 환경부하에 영향을 미치는 요인으로 작용하고 있음. 우리나라는 그동안 과잉양분 감축을 위한 실효성 있는 대책이 지속적으로 추진되지 않아 OECD 회원국 가운데 질소수지가 가장 높은 국가로 나타남.

○ 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 특단의 조치인 지역단위 양분총량제는 지역별 양분수지에 관한 과학적 진단을 통해 농축산부문의 생산 활동과 투입자재를 조절함으로써 양분수지를 균형수준에 도달시키는 것을 정책목표로 하고 있음.

○ 양분총량제 시행방안 수립을 위한 연구방법으로 관련분야 선행연구검토, 새로운 제도 도입에 따른 농업계 · 축산계 · 학계 등 관련분야의 의견수렴, 지역별 물질수지 분석 및 양분수지 관련분야 이론정립, 양분수지 산정 프로그램 개발, 지역별 양분수지 D/B 구축, 전문가협의회를 통한 의견수렴 등을 적용하였음.

○ 지역별 양분수지지표 산정을 위해 관련 기초자료를 입력하면 자동으로 분

석지표(단위면적당 양분초과량과 양분초과율)가 계산될 수 있도록 엑셀 매크로 프로그램을 활용한 지역양분수지산정시스템(ReNAS)을 개발하여 제시하였음.

○ 우리나라 농경지의 양분수지지표 산정 결과 작물재배면적은 지속적으로 감소하고 있는데 반해 화학비료 소비량 감소폭이 적고, 가축사육두수 증가로 가축분뇨 발생량이 크게 늘어나 1990년 이후 꾸준히 감소하던 양분수지가 2001년을 기점으로 다시 악화되고 있는 것으로 나타남.

○ 지역별 농경지의 양분수지 실태를 분석한 결과 지역별로 큰 차이가 있는 것으로 나타났음. 질소 성분의 작물 양분요구량 대비 초과량은 전북이 ha당 157kg으로 적정수준 보다 132.4%가 초과하여 가장 높게 나타났으며, 다음으로 충남 154.4kg(131.7%), 경기도 138.3kg(111.3%) 등의 순으로 높게 나타남. 반면 충청북도와 제주도는 질소성분 초과량이 각각 84.9kg, 92.8kg 정도로 비교적 낮게 나타남.

○ 각 도별 시·군의 양분수지를 분석한 결과 해당지역의 농업환경자원관리 상태여하에 따라 농경지의 양분수용수준 이하인 양분관리우수지역에서부터 적정수준에 비해 3～4배 초과되는 양분특별관리지역도 상당한 것으로 나타나 과잉양분관리를 위한 특단의 대책이 필요함.

○ 과잉양분을 관리하기 위해 새롭게 도입되는 지역단위 양분총량제는 사전예방원칙을 기초로 화학비료와 가축분뇨를 종합적으로 관리하는 방식으로 운영하고, 제도가 완전히 정착되기까지 '준비단계-실행단계-정착단계'의 3단계로 접근하도록 함. 또한 투명하고 공정한 제도운영을 위해 인터넷을 통한 정보관리와 추진과정에서 도출된 문제점을 효과적으로 다룰 수 있는 전문가 심의과정 등을 제시하였음.

○ 양분총량제 시행을 위한 선결요건으로 양분수지 산정을 위한 관련통계 D/B구축, 정확한 가축분뇨 발생원단위 산정을 위한 가축단위 설정, 지역별 양분수지 실태파악을 위한 지역양분산정시스템(ReNAS)의 보급, 효과적 정책추진을 위한 "양분총량제 모니터링팀(가칭)" 설치·운영, 양분총량제를 집행할 수 있는 법적·제도적 장치의 완비 등을 제시하였음.

○ 지역단위 양분총량제 세부 시행방안의 첫 단계로 ReNAS를 활용한 지역단위 양분수지지표를 산출하고, 양분관리 대상물질은 일차적으로 질소 성분을 기준으로 관리하고 어느 정도 제도가 정착된 후 인산 성분으로 전환하는 방안을 제시하였음. 지역별 관리대상 물질의 질소수지정도에 따라 전국 평균 양분요구량 대비 지역단위의 양분초과량이 40kg/ha(양분초과율 30%) 미만인 지역을 '양분관리우수지역', 40～120kg/ha인 지역을 '양분관리유도지역'으로 분류하고, 양분초과량이 120kg/ha(양분초과율 100%) 이상인 지역의 경우 '양분특별관리지역'으로 설정하여 초과량 120～180kg/ha까지를 양분특별관리 I 지역, 180kg/ha 이상인 지역을 양분특별관리 II지역으로 분류하였음.

○ 지역별 양분수지지표를 기초로 해당지역의 감축목표가 설정되고 연차별 감축을 이행토록 함. 지역별 양분수지는 2년 단위로 재평가하여 양분총량 감축목표를 제시토록 함.

○ 양분총량제의 시행체계와 관련 실제적인 운용을 위해서는 농림부 훈령으로 "지역단위 양분총량제 기본방침(안)"을 제정해야 하고, 여기에는 총칙, 용어의 정의, 양분관리대상 물질의 종류, 양분총량제 관리목표, 양분수지 산정방법, 과잉양분 감축계획, 기본계획수립, 성과보고서 작성 등에 관한 내용이 포함되어야 함.

○ 양분총량제의 시행체계와 관련 관련주체별 역할분담으로 농림부는 양분총량제에 관한 기본방침을 시달하고, 지역별 양분수지 정도에 따라 양분관리 대상지역 및 특별관리지역 등을 지정토록 하였음. 지방자치단체 시장·군수는 지역별 여건을 고려하여 지역별 농경지 양분총량관리 시행계획을 수립하여 제출함. 농림부 장관은 각 시군이 제출한 양분총량관리 시행계획을 "양분총량제 모니터링 팀"의 검토를 거쳐 승인토록 함.

○ 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인작업이 필요하고, 양분총량제 운용과 관련 매년 전체 시군의 양분수지 실태를 지도로 작성하여 인터넷 웹사이트에 공개토록 하여 각 지역의 환경부하 상태 및 양분관리 노력 정도를 정책담당자와 농업인은 물론 일반 국민들도 쉽게 알 수 있도록 해야 함.

○ 양분관리 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식을 적용하여 과잉양분 관리계획에 따라 실제적으로 양분감축이 잘 이루어지는 지역에 대해서는 정책자금 우선 배정 등 적절한 인센티브를 부여하고, 양분감축 계획이 잘 이루어지지 않는 지역에 대해서는 정책자금 지원 중단 등 벌칙을 적용토록 함.

○ 양분총량제의 본격적인 추진과 앞서 정책성과를 극대화하기 위해서는 양분초과율이 매우 높은 특정지역을 선정(각 도별 1~2개 시·군 선정)하여 시범사업을 실시한 후 전국으로 확대하는 방식으로 추진하고, 친환경농업 시스템 구축을 위한 유력한 프로그램으로 활용되기 위해서는 관련주체의 적절한 역할분담과 지방자치단체가 양분수지를 적절하게 관리할 수 있는 여러 가지 방안이 마련되어야 함. 중장기적으로 양분총량제가 친환경농업정책의 핵심프로그램으로 운용되기 위해서는 전담조직의 설치에 대한 면밀한 검토가 필요함.

○ 2007년 본격적인 정책 시행을 앞두고 새로운 제도 도입을 우려하는 견해가 제시되고 있으나 좀더 적극적으로 잘 대처한다면 지역단위 양분총량제는 과잉양분에 대한 효과적인 관리가 가능하고 일반 환경 분야에서 시행되고 있는 수질오염총량제에 능동적으로 대처함으로써 우리나라 농축산업을 친환경농업체제로 전환하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 평가됨.

○ 네덜란드와 덴마크 등 주요국가에서 경험한 바와 같이 과잉양분 문제를 전략적으로 다루지 않는 경우 비점오염원으로 농축산업의 생산 활동에 큰 제약이 수반됨을 타산지석으로 삼아야 할 것임. 남은 준비기간 동안 이 연구에서 제시된 세부시행 방안에 대해 관계자들의 철저한 검토와 프로그램에 대한 교육 및 홍보가 잘 이루어진다면 양분총량제의 정책성과를 극대화 할 수 있을 것임.

부 록 1

주요국의 양분관리제도[1)]

1. 오스트리아

○ 오스트리아는 연방정부에서 양분관리와 관련 물 정책을 총괄하고 있고, 농림・환경・물관리부(Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment, and Water Management)는 지하수와 지표수의 수질에 대한 기준과 관리를 담당하고 있음.

- 수질보전을 위한 법률로는 수질보호법(Water Act, No 215/1959), 수로법(Hydrography Act, No 58/1979), 수질개선법(Water Quality-Raising Decree, No 338/1991), 배출법(Emission Decree, No 179/1991), 지하수임계치법(Groudwater-Threshold Value Decree, No 502/1991), 환경관리법(Environmental Control Law, No 152/1998) 등이 있음.

○ 오스트리아는 1995년에 유럽연합에 가입하면서 농업부문의 질산염에 의한 수질보호와 관련된 EU지침(91/676/EEC)를 이행해오고 있음.

- 2000년까지 모범영농준칙의 요소를 규정하는 다양한 법적 근거가 마련되었고, 2000～2006년까지 농업환경계획을 수립하면서, 포괄적 참조수준(reference level)을 설정(비료, 작물보호물질, 토양보전, 가축생산 등)함.

1) 주요국의 양분관리정책에 관한 자료는 Clercq, P.D. et al.(2001), Wossink(2004)에 제시되어 있음.

○ 양분관리를 위한 추천시비 지침

- 추천시비량 지침은 농림・환경・물관리부에 의해 관리되며 이는 토양검정과 추천시비량의 두 부문으로 이루어져 있음. 자발적 기준이지만 수자원법(Water Act)에 따라 미피복토양(uncovered soil) 농경지에는 175kg/ha, 피복토양(covered soil)이나 윤작 및 질소수요가 높은 작물의 경우 210kg/ha로 질소시비량을 제한하고 있음.

부표 1-1. 오스트리아의 추천 질소・인산 비료 시비량

작물	kg N/ha	kg P/ha
밀	110-130	24
보리	50-70	24
옥수수	120-140	37
감자	110-130	28

○ 양분이용과 관련한 자발적 관리협약은 EU규정 2078/92에 따라 이루어짐. 1995년 계획에서 제공된 주요 조방화 수단으로 ① ha당 가축생산 2.0LU로 제한, ② 피복작물 재배 등을 들 수 있음.

- 2000년의 새로운 농업환경계획(ÖPUL 2000)에서는 1995년 계획에 다양한 수정사항이 부가되어 좀더 엄격해졌고, 농가들에게 무기물 장부(mineral bookkeeping)를 작성토록 함.

부표 1-2. 오스트리아의 가축단위 자료 및 정의

축종	ÖPUL 농업환경정책	EU 취약지구 지불단위	EU CMO beef	금융평가를 위한 가축단위	가축단위 (수질보호법: DGVE)
송아지(1-2년생)	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60
젖소	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
젖먹이 송아지	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
비육돈(50-80kg)	0.15	-	-	0.15	0.17
비육돈(80-110kg)	0.15	-	-	0.15	0.17
비육둔(110kg이상)	0.15	-	-	0.15	0.17
암퇘지+ 새끼돼지(20kg이하)	-	-	-	-	0.43
산란계(0.5-1.5년)	0.004	-	-	0.018	0.013
산란계(1.5년이상)	0.004	-	-	0.018	0.013

2. 벨기에

○ 벨기에의 대표적인 축산단지인 Flemish 지역은 체계적인 양분관리정책이 적용되는 지역임.

- Flemish 정부는 1989년에 환경자연계획(MINA plan 2000)을 수립하여 운영해오고 있고, 1991년부터 비료 생산 및 사용에 따른 환경오염 방지를 위한 가축분뇨법령(manure decree)을 제정함. 이 법의 목적은 플랑드르 지역에서 지속가능한 양분수지에 도달하여 질산염 지침의 규정을 준수하기 위한 것임.

○ 시비기준과 관련하여, 농민들은 고정시스템(fixed system)과 양분수지시스템 두 가지 시스템 중에서 선택할 수 있음. 고정시스템을 선택하면 농민들은 법에 규정된 시비규정을 따라야 하며, 질소・인산 비료의 한도는 시간이 경과에 따라 점진적으로 강화됨.

부표 1-3. 벨기에의 시비기준(2003년 1월 시행)

작물	인산	총질소	가축분뇨 및 기타 비료에 의한 질소	화학비료에 의한 질소
초지	57	500	250	350
옥수수	44	275	250	150
저질소 작물	44	125	125	100
기타 작물	44	275	200	200

○ 양분수지시스템은 농장수지(farm gate balance), 배출수지(excretion balance), 토양수지(soil balance) 등 세 가지 산정방식으로 구성됨.

- 농장수지는 실제 질소손실 고려가 가능하고, 배출수지는 실제 배출기준 고려가 가능하며, 토양수지는 시비기준에 제시된 질소, 인산 시비기준을 준수해야 함. 기준에 도달하기 위해 “가축분뇨/기타 비료”의 비율을 농민이 선택할 수 있음.
- Flemish 정부는 환경적으로 민감한 지역을 민감수역(sensitive waters), 생태적으로 가치 있는 농업지역, 자연보전지역, 인산집적 지역 등 네 가

지 유형으로 구분하고, 각각 차별화된 실행프로그램을 적용하고 있음.

○ 1991년에 설립된 가축분뇨은행은 가축분뇨법 이행을 위해 Flemish 정부로부터 여러 관련자료(예: 경지면적, 가축단위, 가축분뇨 및 비료 사용량 등) D/B 구축, 가축분뇨 처리 및 농가 지원과 관련한 연구 촉진 등 광범위한 책임을 부여받음. 이외에도 가축분뇨 운송 및 처리의 중계자 역할과 가축분뇨 운송업자의 인가도 담당함.

○ 관할지역 내 질소와 인산 성분 관리기준을 1992년도의 생산량 수준(인산 33백만kg, 질소 169백만kg)을 상한선으로 설정하여 관리하고 있음.

- 모든 플랑드르 지역은 1992년에 허용된 생산압력에 따라 4가지 색상별 그룹(white, light grey, dark grey, black/인산성분 기준)으로 구분됨. 각각의 가축 소유주에게 질소, 인산 양분배출량이 할당되고, 최소한 2005년까지 신규 가축소유에 대한 환경허가뿐만 아니라 허용된 가축분뇨 생산량을 증가시킬 수 있는 축사 개조도 허용되지 않음.
- 규칙 위반에 대한 벌칙이 가축분뇨법에 규정되어 있으며, 경제적인 수단으로 수입세(import levy)와 가축분뇨 처분에 대한 과세(처분세) 등이 있음.

○ 플랑드르 지역의 모범영농준칙 적용 사례

- 플랑드르 지역에 대한 모범영농준칙이 ALT(Administration of Agriculture and Horticulture)에 의해 공포됨. 경종작물 양분관리, 초지 및 사료작물 양분관리, 채소·과일류의 양분관리 등 3종류의 책자로 배부
- 각 책자는 동일한 구조로 되어 있음. 첫 번째 부분은 시비, 녹색-피복 및 침식에 대한 원리로 구성되며, 두 번째 부분은 다양한 작물에 대한 최적 및 생태적으로 적절한 시비 계획 지침 및 기술이 제공됨.
- 예를 들어 경종작물에 대한 책자에서는 ① 윤작, 전작, 피복작물, ② 기본 시비 기준, ③ 질소비료 시용방법(필요량, 시비 추천, 시비 시기 및 순서 등)을 다룸

○ 양분 관련 Walloon 지역의 환경 규제

- Walloon 지역은 플랑드르 지역에 비해 조방적인 농업생산 지역임

- Walloon 지역의 농업의 질산염 오염에 대한 지하·지표수 보호 수단; 1994년 5월 5일에 EU 질산염지침을 채택하면서, 두 개의 취약지구 (subsoil basin of the Cretaceous of Hesbaye 300㎢, subsoil basin of Brussels sands 1240㎢)를 설정함.
- 취약지구에 대한 다섯 가지 모범영농준칙이 적용되고 있음.
  ① 비료, 가축분뇨, 오수에 대한 저장 및 처리 조건 규정
  ② 눈덮인 토양, 포화상태의 토양, 지표수와 4m 미만, 두과작물로 피복된 토양에 대한 유기질 비료 살포 금지. 무기질 비료 살포는 9월 1일부터 1월 31일까지 금지
  ③ 총질소 시용은 350kg N/ha를 초과해서는 안됨. 기타 몇몇 작물에 대한 최대 질소 시용율(예: 감자 330kg, 옥수수 300kg 총질소/ha/년)이 설정되어 있음.
  ④ 각 농가는 다음 식을 이용하여 농장단위의 "토양평가"(LS-base)를 실시해야 함

$$\text{LS-Base} = \frac{\text{유기질 질소 생산량} + \text{수입 유기질 질소량}}{[\text{초지면적(ha)} \times \text{유기질 질소 사용량(kg N/ha)}] + [\text{경지면적(ha)} \times \text{유기질 질소 사용량(kg N/ha)}]}$$

  · 만약 LS ≤ 1 : 모범영농 실천
  · 만약 LS > 1 : 값을 줄이기 위해 몇 가지 수단(가축사육두수 감축, 농경지를 초지로 전환, 경지면적 확대, 유기질 분뇨 수입 감축)의 도입 필요

○ 양분사용과 관련한 자발적 관리협약으로 초지 조류 관리, 한계지 관리 및 복원, 소규모 경관 요소 개발 및 보전 등을 들 수 있음.
- 다른 유형의 자발적 관리협약으로 취약지구에 있는 농민들은 5년 동안 Flemish Land Agency와 관리협약을 맺을 수 있으며, 다음과 같은 조건을 포함함.
  · ha당 최대 질소 시비율 유지(초지: 280kg, 곡류: 175kg, 옥수수 및 기타 작물: 200kg)

· 농민은 가축분뇨로부터 질소 최대 170kg 또는 140kg 사용하는 것 중에서 선택 가능
· 시비 계획은 각 필지별로 매년 수립되어야 함
· 필지별 NO_3^--N 성분이 90cm 깊이에서 매년 측정되어야 하며, ha당 90kg을 초과해서는 안됨

부표 1-4. 자발적 관리협약하의 질산염 감축기준 달성 취약지구 농민 보상액

(목표기준: NO_3^--N 90kg/ha)

연간 ha당 가축분뇨 최대 사용량	보상액(유로/ha/연)	
	초지	농경지
140kg N	520	345
170kg N	420	295

- 토양 내 질산염 성분 감축을 위해 추가적인 노력을 하는 농민에 대해서는 추가 보상함.

부표 1-5. 자발적 관리협약하의 질산염 감축기준 달성 취약지구 농민 장려금

(목표기준: NO_3^--N 85kg/ha)

질산염 잔여물 (NO3⁻-N kg)	장려금(유로/ha/연)	
	초지	농경지
< 30	80	55
≥ 30 and < 45	45	30
≥ 45 and < 75	30	20
≥ 75 and < 85	20	15

○ 벨기에는 국가적인 양분관리 차원에서 가축분뇨를 효과적으로 관리하기 위해 가축분뇨은행(Manure Bank)을 설치하여 운영하고 있음. 가축분뇨 은행의 주요한 업무는 양축농가의 신고 및 등록업무, 축분퇴비와 액비의 유통업무, 부과금 부과와 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무, 통제와 감시업무, 허가권, 환경관리 업무 등을 담당함.

- 과잉 양분문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 가축분뇨처리 및 비

료(화학비료, 유기질비료 등)의 사용실태를 정확하게 파악하는 것이 필수적이므로 매년 농가들의 관련정보(평균 가축사육두수, 농가 경작 면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연말 기준 저장된 가축분뇨량 등)를 상세하게 기록하고 관리함. 기록된 자료를 기초로 관리영역에 따라서 조합단위, 지구단위(또는 지역단위) 및 도 단위 등 다양한 단위로 양분수지 산출과 과잉양분을 관리함.

- 비료 유통경로를 추적할 수 있도록 모든 비료 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가간 비료 판매 현황까지도 기록하여 관리함.
- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 비료판매 중계 업무도 수행하며, 비료 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대해서는 판로확보를 위한 역할도 수행함.
- 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무도 담당함. 이밖에도 행정상 점검 및 확인 업무로 각종 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류 점검, 비료판매 및 공식적으로 허가된 비료 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등의 업무도 담당함.
- 농민 또는 영농단체를 대상으로 관련정보를 제공하는 업무와 경제적·과학적 연구에 대한 지원업무도 담당함.

3. 덴마크

○ 덴마크는 1980년대 초부터 농업활동의 환경영향에 대한 사회적 및 정치적 관심이 증가하기 시작하여(1981-82년에 농업지역의 70kg N/ha 이상의 질소배출에 의해 호수, 강, 해변의 산소결핍 사고 증대) 단계별 특단의 대책을 마련하여 추진해옴.

- 실천계획 I(Action Plan I)은 1987년에 농업부문으로부터 질소 유출수준

을 기준시점의 총 230,000톤에서 2003년 이전까지 130,000톤으로 감축하도록 하는 조치임.

- 실천계획 II(Action Plan II)는 1997년 유럽 위원회가 덴마크 의회에 수환경에 대한 Action Plan I이 질산염 지침 목표에 도달하는데 충분하지 않다는 사실을 전달함. 이를 충족시키기 위해 간작, 최대 질소함량에 대한 규제 강화, 수변구역, 민감지역, 조림지역, 유기농업, 사료의 효율적 이용 등을 포함한 Action Plan II를 도입함.
- 실천계획의 목표달성을 위해 각 농민들은 토질, 전작, 강수량 등에 따라 차별화된 질소기준(N-norms)에 따라 농경지에 허용된 질소 할당량을 매년 계산해야 함
- 실천계획 I과 II를 이행함에 있어서 모범영농준칙(GFP)도 의무적으로 준수해야 함.

부표 1-6. 덴마크의 토양 유형별 농작물에 대한 질소시용 기준

작물/토양유형	거친 사질 옥토	점토
	질소기준(kg N/ha)	
겨울 밀	158	176
보리	130	122
목초	290	307

○ 농장단위의 질소 초과 사용에 대한 벌칙

- 처음 규정위반시 이의 제기를 할 수 있는 서한을 받게 됨. 만약 규정위반이 지속될 경우 적절한 제제조치가 부과됨.
- 사소한 위반(ha당 질소 0～1kg 초과)의 경우 제제조치를 취하지 않으며, 1～5kg 초과시 규정위반 알림, 5～10kg 초과시 경고조치, 10kg 초과시부터는 지침에 따라 벌금이 부과됨.

부표 1-7. 농가단위의 질소 초과사용 한도별 벌금

총 질소 초과사용량(kg)	벌금(유로)	질소사용량이 ha당 60kg을 초과할 경우 벌금(유로)
< 500	400-670	1,080
500-1,999	1,040	1,880
2,000-4,999	1,880	개별 결정
> 5,000	개별 결정	개별 결정

○ 가축분뇨 관리정책

- 환경보호법에 의해 허가된 농가는 가축분뇨 등의 저장과 관련한 규정을 따라야 함. 저장용량은 가축분뇨 살포가 허용되지 않는 기간동안 저장할 수 있을 만큼 충분해야 함(최소 6개월, 보통 9개월).
- 암모니아 가스 방출을 줄이기 위해 슬러리의 경우 덮개를 씌워야 하는 등의 규정이 있음.
- 가축분뇨 살포시기는 수확기부터 2월 1일까지 슬러리 및 액비 살포는 금지됨. 다만 예외적으로 농지가 풀이나 동계 작물로 덮여 있을 경우 수확기부터 10월 1일까지 슬러리 및 액비 살포가 허용됨. 한편 고형물 퇴비의 경우 만약 작물이 다음해 겨울에도 재배된다면 수확기부터 10월 20일까지 살포가 가능함.

○ 양분이용과 관련한 자발적 관리 협약으로 농업인이 다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천하게 되는 경우 직불금을 지급함.

- 선택메뉴로는 질소사용 감축, 무농약 재배, 호수와 개울 및 울타리 등의 인근지역에 12m 무농약 지대(pesticide-free zone)를 설치할 경우, 영구초지의 친환경적 조성·관리, 초지 및 자연지역에서의 방목(grazing), 개간(clearing), 수확, 라이그라스 재배시, 농경지 휴경, 영구초지 휴경, 배수로 변경 등을 들 수 있음.

○ 효과적인 양분관리를 위한 상호준수 프로그램

- 양분관리를 철저하게 이행하는 농가에 대해서는 적절한 직불금을 지급함. 이 경우 농민의 준수사항으로는 양분투입 영농장부 제출, 작물

요구량 수준 이상의 과잉시비 금지 등을 들 수 있음. 준수사항 이행 정도에 따라 보조금 전부 또는 일부가 철회됨.

○ 덴마크의 양분관리업무 총괄은 작물관리청(Danish Plant Directorate)에서 담당하고 있고, 농민의 등록관련 업무와 무기질비료 구입 기록 등 양분투입에 관한 자료를 D/B로 구축하여 관리하고 있음.

- 일정수준의 경영규모를 가진 농민은 매년 9월 1일까지 질소 사용 계획을 작성하여 의무적으로 등록해야 하고, 이때 농민들은 재배품목, 재배면적 계획도 작성해야 함. 양축농가는 매년 3월 31일까지 경작기 직전에 가축분뇨처리 및 양분관리 사항을 작성하여 제출해야 함.
- 작물관리청에서는 모든 개별 농작물에 대한 질소 허용량, 축종별 가축분뇨와 슬러리의 질소 함량 및 최소 시용량 등을 농민에게 알려주고, 농민은 이를 기초로 농장에 사용가능한 최대 질소 허용량, 질소 쿼터, 가축분뇨 및 슬러리에서 이용가능한 질소량 등을 계산함.
- 작물관리청은 농가별 관련정보를 연차별로 각 농가에 일정양식을 보내어 이를 기초로 D/B를 구축하여 관리하고 있음. 농가별 입력 자료에는 가축 사육두수와 가축분뇨 발생량 및 처리량, 녹비작물 재배면적 등이 포함되고, 비료구입 정보는 판매상에 의해 작물관리청에 보고됨.
- 작물관리청은 2003년에 67,000개 연차보고서를 컴퓨터로 체크하고, 6개 지역사무실의 175명의 검사자가 현장점검을 실시함.

4. 독일

○ 독일에서는 16개 주에서 매우 다양한 환경법(environmental law)을 시행하고 있으며, 국가는 이를 위한 가이드라인을 제시해주고 있음. 농업부문에서 양분이용과 관련하여 가장 중요한 제도로는 비료법, 연방수질보호법, EU의회 지침 2078/92이며, 이들 모두가 법률적 틀을 제공함.

○ 독일의 비료법(1977년 제정, 1999년 개정)은 비료에 대한 가이드라인을 제시함. 토양보전에 초점을 맞추어 유기질 비료, 무기질 비료, 하수 슬러지 등 비료성분의 이용 및 이동 등을 관리하고 있음. 비료법에 따르면 비료의 시용은 모범영농준칙에 따라서 시용하도록 되어있음.

○ EU 질산염 지침에 대응하여 액비를 이용하는 경우 총질소 사용량 상한(upper limit)은 농경지 170kg N/ha, 초지 210kg N/ha로 설정되어 있음. 저장과 살포과정에서 피할 수 없는 손실을 감안할 경우 농경지 236kg N/ha, 초지 292kg N/ha 수준을 인정함.

부표 1-8. 독일 농장단위의 평균 액비시용 상한

단위: 질소kg/ha/년

	농경지	초지
축산부문의 최대질소생산량	236.1	291.6
저장과정에서의 10% 손실	23.6	29.1
소계	212.5	262.5
살포과정에서의 20% 손실	42.5	52.5
유기질비료 최대질소시용량	170.0	210.0

○ 독일의 경우 양분이용 관련 자발적 관리 협약이 활성화되고 있음. 1993년 이래로 [EU위원회 지침 2078/92]를 근거로 독일은 25개의 다양한 농업환경 프로그램을 통해 친환경적이고 지속가능한 생산방법을 장려해왔음.

- 기본 프로그램은 국가적 차원에서 고안되어 운영되었으며, 각 주 정부에서 상황에 따라 선택적으로 선택하여 시행하거나, EU 지침을 근거로 독자적인 개별 환경 프로그램을 개발하여 시행하기도 함.
- 자발적인 참여 프로그램이지만 독일의 경우 농민의 참여율이 높은 편임

○ 프로그램의 핵심적인 세 가지 요소: ① 농업인과 Länder 간의 자별적 협약, ② 개별 수단에 대한 보상금 지불, ③ 일정기간 동안의 수단 이행 의무

- 지불액은 가능한 경제적 손실에 대한 보상 및 친환경적 생산에 대한 인센티브 제공 차원에서 도입함. 수단의 종류와 범위 및 보상액은 특정 지역조건에 따라 달라짐.

○ Baden-Württemberg의 시장 출시 및 문화적 경관 보상(Market Release and

Cultural Landscape Compensation, MEKA)

- MEKA는 경관보전에 대한 농업의 기여도를 재정적으로 장려하고, 친환경적이고 시장 면제된 생산물에 대한 보상 수단을 제공하기 위한 프로그램임. 재원은 EU와 Baden-Württemberg 주정부가 동일하게 출현하여 1996년에 총 87백만 유로 정도임.
- 프로그램은 1점당 10유로의 신용점수를 부여하는 방식임. 즉 농민들은 자유롭게 여러 수단들을 결합하여 특정 신용점수를 획득할 수 있으며, 재정적 지원을 받기 위해 최소한 5년 동안 그 수단을 이행할 의무가 부여됨. 자발적으로 참여방식으로 1999년에 55,000농가(770,000ha)가 참여함.
- 2000년에 MEKA Ⅱ 프로그램이 도입되어 특히 초지, 친환경적 농장관리 및 채소, 과일, 와인 관련 프로그램 등으로 범위가 확대됨.

부표 1-9. 채택된 경종 생산방식 조방화 수단 및 MEKA 계획 하의 보상액

수 단	신용점수/ha
정기적 토양 분석	max.
초지	1
기타 소구역 < 3ha	4
모든 추가 면적	2
액비분석 추가	3 pts./holding
친환경 유기질 비료 시용	2 - 4
소구역 단위의 모든 환경적으로 적절한 수단의 기록	10 pts./holding
초지 조방화	9
농작물 생산 조방화(무기질 비료 및 농약 미사용)	8
유기농법 도입 및 지속	
경작 지역	17
초지	13
원예농업 지역	50
영구 작물 지역	60
작물재배시 제초제 미사용	7
밀 생산지역에서 성장 호르몬 사용 금지	10
곡물 생산에 있어 횡단배열 증대	6
깔짚 파종(Mulch seeding)	6

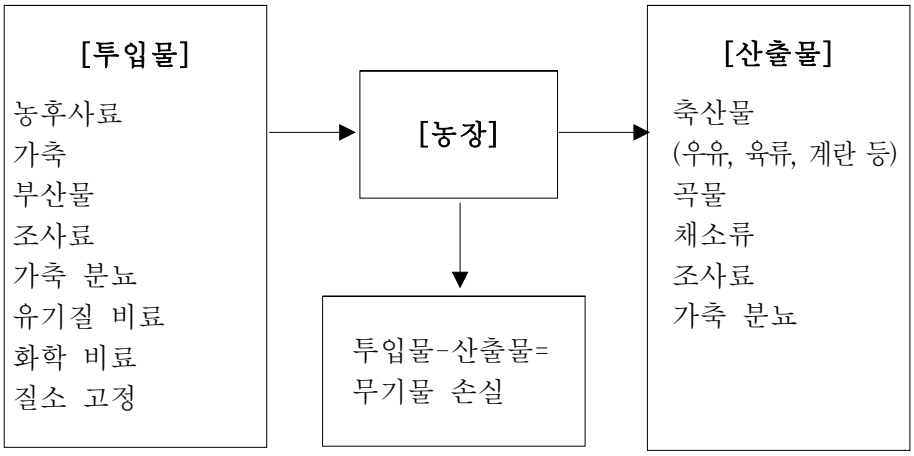
5. 네덜란드

○ 네덜란드는 잉여양분을 효과적으로 관리하기 위해 1987년부터 가축분뇨 사용과 관련한 규정이 제정되어 운용됨. 초기에는 투입물을 기준으로 연간 가축분뇨 살포량을 인산성분 기준으로 제한하였는데, 정책 목적은 가축사육두수 증가를 막는데 있었음.

○ 1990년대 중반부터 정책결정자, 환경운동가 및 농민 단체들은 오염문제가 가축분뇨 투입량에 의해서만 결정되는 것이 아니라 투입량과 산출량의 차이, 즉 잉여양분에 의해 결정됨을 인식하면서 무기물산정시스템(Mineral Accounting System, MINAS)이 발전하게 됨.

- MINAS는 환경규제와 경제적 유인책이 결합된 네덜란드만이 가지는 독특한 양분관리 시스템임. 이 시스템의 핵심은 농민들은 누구나 농장에서의 무기물(양분) 투입물과 산출물을 정확하게 기록하여 매년 무기물기장 보고서를 감독기관에 제출하고, 이를 기초로 농가단위 및 국가적인 양분관리의 기초 자료로 활용함.

부도 1-1. 무기물기장제도의 무기물 투입 및 산출 구조



- MINAS에서는 개별 농가가 작성한 무기물의 투입과 산출의 차이가 농장의 무기물 손실 또는 잉여양분이 되며, 화학비료 또는 가축분뇨를

농경지에 살포하는 경우 일정량의 무기물 손실(loss standard)이 발생되는데 이는 양분수지 산정시 일차적인 허용기준이 됨.

- 농가가 작성한 기록 장부를 기초로 제대로 기록된 것인지에 대한 확인작업이 이루어지고 농가단위의 양분관리(인산과 질소 성분)에 있어서 정해진 기준보다 잉여양분이 발생하는 경우 세금이 부과됨.
- ha당 2.5LU 이상 농가는 의무적으로 등록해야 함. 등록에는 투입부문에서 비료 구입, 농후사료, 건초, 가축분뇨 및 사육두수에 관한 정보를 기입해야 하고, 산출부문에서는 작물생산, 가축분뇨 처리 등을 기입해야 함.

부표 1-10. 네덜란드의 가축분뇨 및 비료 사용량 규제

단위: kg/ha/y

년도	최대 허용 가축분뇨 시용량			최대 허용 질소·인산 잉여				
				질소				인산
	농경지 (옥수수 제외)	목초지	옥수수	보습 토양	건사토	보습 토양	건사토	농경지 및 목초지
1987	54	108	150	-	-	-	-	-
1991	54	108	86	-	-	-	-	-
1995	47	64	47	175	175	300	300	-
1998	43	52	43	175	175	300	300	17
2000	37	37	37	150	150	275	275	15
2003	-	-	-	100	60	180	140	9

- MINAS에서 투입이 산출을 초과하면 잉여분에 대해 과세를 부과하나, 일정 수준(임계치)까지는 과세가 면제됨. 2003년에 인산은 9kg/ha까지, 질소는 작물 품목에 따라 가중 평균되어 경종작물의 경우 60～100kg/ha, 초지의 경우 140～180kg/ha 수준임. 면세 수준을 초과하는 경우 인산 잉여분 kg당 3유로, 질소 잉여분 kg당 2유로의 과징금을 부과(환경기준을 충족시킬 수 있을 만큼의 고액의 세금 부과 수준임).

부표 1-11. MINAS 손실 기준과 세금부과율의 변화추이

			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
질소 (kg/ha)	초지(기타)		300	300	275	250	220	220	180	180
	초지(보통)		-	-	-	250	190	190	160	140
	경작지(사질토)		175	175	150	150	150	150	135	125
	경작지(보통)		-	-	150	125	100	100	80	80
	경작지(기타)		-	-	150	125	110	110	100	100
인 (kg/ha)	초지		40	40	35	35	25	25	20	20
	경작지		40	40	35	35	30	30	25	20
세금부과액 (유로/kg)		인	1.1/4.5	1.1/4.5	2.3/9.1	2.3/9.1	9.1	9.1	9.1	-
		질소	0.7	0.7	0.7	0.7	1.15/2.3	2.3	2.3	-

○ 네덜란드 2003년 10월 2일(암흑의 목요일, Black Thursday)에 EU법무청으로부터 무기물양분기장제도가 EU「질산염 지침」을 위반하는 제도로 판정되어 2006년 초부터는 시용기준제도로 대체하여 새로운 양분관리정책을 추진해야 함.

○ 네덜란드 양분관리정책의 주요 담당기관은 부과금관리청(Levy Office), 중앙등록소(Central Registration Office), 중앙검사청(General Inspection Service) 등임.

- 부과금관리청은 농자연식품부 산하기관으로 가축분뇨 및 양분 규제, 가축사육두수 기록 및 감시, 쿼터배정 및 거래, 무기물기장제도 등을 총괄하는 국가기구로 1987년에 설치되어 2004년 현재 400여명의 인력이 75,000호의 등록 농가를 관리하고 있고, 연간 사업비는 1,700만유로(약 247억원)임.
- 중앙등록소는 농가의 등록업무를 총괄하는 국가기구로 현재 60여명의 인력으로 운용하며 거의 전산 시스템으로 운영되고 있음. 사업비는 1,400만 유로(약 203억원)이고 GIS-토지대장, 토양도, 항공도 등을 기초로 농가 전체 약 80,000 가구의 농경지를 대상으로 필지별 경영, 양분관리 등을 종합적으로 관리함.

- 중앙검사청은 농자연식품부 산하기관으로 무기물관리의 이행, 가축분뇨수송, 가축사육의 지침 이행, 가축등록의무 이행 등을 종합적으로 관리하는 점검하는 농업부문의 사법경찰기관이라 할 수 있음. 전국에 지소를 두고 있으면 전체 인력은 약 500명 정도임.

○ 네덜란드 가축분뇨의 70%정도의 처리는 약 1,200개의 민간부문 중개업자(수송업자)가 담당하고 있으며, 농업검사관이 가축분뇨의 산출 및 적출하량과 관련한 규정위반을 감시함.

부 록 2

도별 양분수지 분석 결과

부표 2-1. A도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	A1	306.6	139.8	446.4	253.7	265.5	257.3
	A2	264.2	105.6	369.8	223.0	206.1	217.9
	A3	234.0	80.3	314.3	206.5	166.0	194.4
	A4	216.4	54.2	270.6	189.5	110.9	165.9
	A5	206.9	88.5	295.4	169.1	165.3	167.9
	A6	199.7	75.1	274.7	168.4	146.2	161.7
	A7	198.5	92.7	291.2	156.3	165.1	159.0
	A8	187.4	67.5	254.9	160.4	134.2	152.5
	A9	185.5	84.9	270.4	153.3	160.9	155.6
	A10	181.3	63.4	244.7	158.9	129.9	150.2
양분특별관리 I지역	A11	179.9	77.8	257.7	144.1	141.7	143.4
	A12	154.4	68.1	222.6	118.2	117.1	117.9
	A13	138.2	38.6	176.8	118.5	76.9	106.0
양분관리유도지역	A14	80.5	25.3	105.8	61.6	43.4	56.0
	A15	72.1	16.9	88.9	58.5	31.2	50.2
계/평균		190.2	72.5	262.7	158.7	139.1	152.7

부표 2-2. B도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	B1	411.4	157.5	568.9	377.7	261.2	336.2
	B2	175.3	68.9	244.2	175.9	132.8	161.1
	B3	154.5	68.7	223.2	130.8	123.5	128.5
	B4	145.8	67.0	212.7	128.1	123.5	126.6
양분특별관리 I지역	B5	116.8	45.3	162.1	106.2	77.7	96.3
	B6	115.5	40.6	156.1	106.1	74.8	95.6
	B7	113.1	38.7	151.8	88.2	58.2	77.9
	B8	86.2	26.8	113.0	64.3	37.2	54.8
	B9	83.5	34.2	117.7	73.2	54.3	66.5
	B10	83.3	32.1	115.4	79.3	60.9	73.2
	B11	80.6	26.9	107.5	68.7	49.4	62.6
	B12	72.2	26.9	99.1	61.5	43.8	55.4
계/평균		125.2	49.6	174.8	110.1	85.4	101.7

부표 2-3. C도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	C1	404.9	198.2	603.2	332.4	372.8	344.7
	C2	364.3	108.7	473.0	376.3	241.3	333.4
	C3	315.5	157.3	472.8	239.4	279.4	251.4
	C4	291.1	138.4	429.5	234.1	240.3	236.1
	C5	286.7	151.4	438.0	161.1	236.3	181.0
	C6	246.8	122.7	369.6	207.5	221.2	211.8
	C7	202.4	105.7	308.1	201.9	209.3	204.4
	C8	201.3	92.5	293.8	190.3	167.2	182.4
	C9	199.3	104.8	304.0	162.7	190.1	171.2
양분특별관리 I지역	C10	161.4	78.7	240.1	135.9	151.0	140.5
	C11	148.5	62.4	210.9	132.5	126.8	130.8
	C12	147.1	64.5	211.7	128.5	128.4	128.5
	C13	139.9	68.7	208.6	123.4	126.4	124.4
	C14	137.7	74.5	212.2	90.5	123.9	100.0
	C15	130.2	62.3	192.5	104.1	105.9	104.6
	C16	122.2	62.2	184.3	104.6	126.1	111.0
양분관리유도지역	C17	59.5	14.6	74.1	44.6	23.0	37.7
계/평균		180.5	84.5	265.0	147.6	148.6	147.9

부표 2-4. D도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	D1	480.5	185.3	665.9	426.4	282.5	373.5
	D2	229.2	105.4	334.7	176.9	176.2	176.7
	D3	204.8	103.2	308.1	149.0	143.2	147.0
	D4	193.6	69.0	262.6	144.1	106.0	131.7
	D5	157.0	47.6	204.7	133.6	79.6	115.4
	D6	146.4	303.5	449.9	55.7	396.4	132.5
	D7	144.1	57.1	201.2	127.8	108.9	121.8
	D8	138.3	96.5	234.8	120.5	198.4	143.7
	D9	130.0	28.1	158.2	113.0	40.8	85.9
양분특별관리 I지역	D10	119.5	29.9	149.5	61.2	32.3	51.9
	D11	118.4	77.2	195.5	83.1	130.0	96.9
	D12	86.1	47.3	133.4	70.5	86.5	75.5
	D13	81.5	39.9	121.4	62.4	64.1	63.0
	D14	79.9	52.3	132.2	39.1	73.1	47.9
	D15	67.1	38.3	105.4	54.3	71.5	59.5
	D16	63.5	-37.3	26.3	111.6	-41.2	17.8
양분관리우수지역	D17	-9.1	-7.7	-16.7	-6.5	-11.3	-8.1
계/평균		129.0	46.4	175.4	104.9	66.0	90.8

부표 2-5. E도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	E1	306.4	108.9	415.3	249.7	186.7	229.4
	E2	281.0	117.5	398.4	246.5	214.1	236.0
	E3	246.2	81.1	327.4	224.1	149.7	199.5
	E4	243.0	89.4	332.4	216.1	179.6	204.9
	E5	223.5	83.4	306.9	197.9	167.1	188.4
	E6	213.8	56.5	270.3	190.2	109.0	164.6
	E7	195.4	74.4	269.8	165.7	123.1	151.3
	E8	185.1	61.0	246.1	144.7	106.7	133.0
양분특별관리 I지역	E9	176.1	60.4	236.4	159.1	94.8	135.6
	E10	173.9	61.1	235.0	149.6	125.5	142.5
	E11	171.3	53.9	225.2	155.6	101.4	137.9
	E12	164.8	66.3	231.1	137.8	116.5	131.0
	E13	159.9	70.1	230.0	132.9	134.7	133.4
양분관리유도지역	E14	102.2	30.9	133.1	94.9	51.6	79.4
계/평균		211.3	78.5	289.8	181.2	145.3	169.8

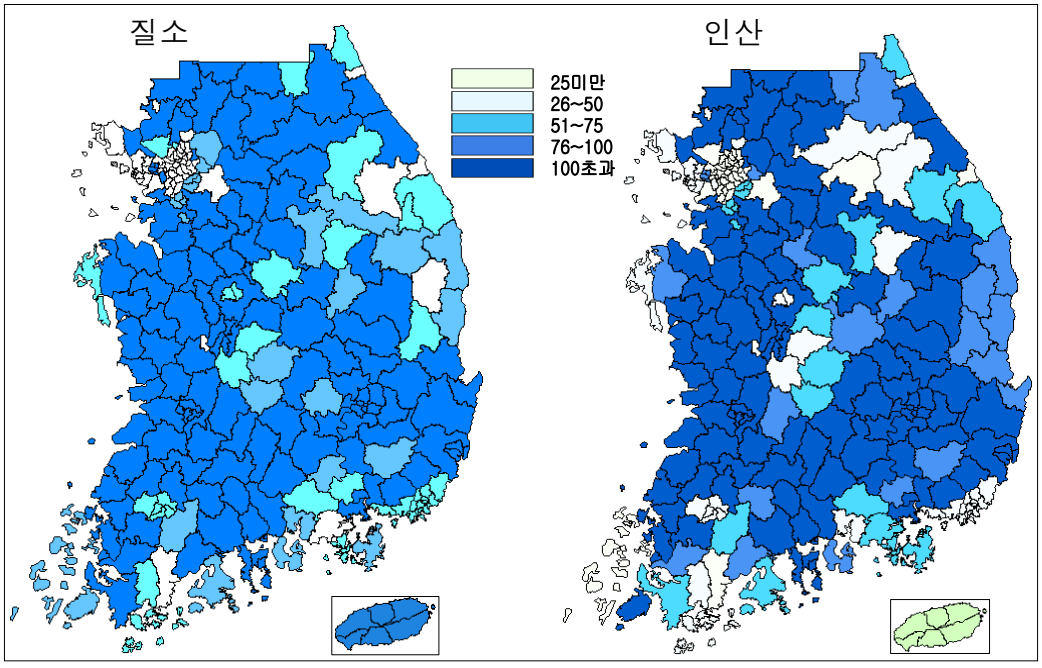
부표 2-6. G도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	G1	225.3	118.5	343.8	234.3	285.0	249.6
	G2	225.0	81.6	306.5	196.6	156.9	184.2
	G3	215.8	107.1	322.9	188.9	206.3	194.3
양분특별관리 I지역	G4	176.3	84.6	260.9	139.0	143.2	140.3
	G5	160.0	69.7	229.7	151.2	148.1	150.2
	G6	155.6	66.0	221.6	134.7	125.4	131.8
	G7	150.2	86.8	236.9	143.5	186.9	156.8
	G8	149.9	101.8	251.7	127.9	190.1	147.4
	G9	149.3	85.4	234.7	125.9	157.0	135.7
	G10	147.7	62.0	209.6	150.1	144.7	148.5
	G11	141.7	60.6	202.3	130.8	124.9	128.9
	G12	138.2	56.7	194.9	118.2	106.2	114.4
양분관리 유도지역	G13	120.2	70.7	190.9	98.7	125.8	107.3
	G14	105.5	44.4	149.9	101.5	96.5	99.9
	G15	90.3	39.7	130.1	82.6	80.8	82.0
	G16	88.9	43.1	132.0	85.4	93.6	87.9
	G17	88.2	44.5	132.8	83.6	94.9	87.1
	G18	82.6	57.3	139.9	86.4	138.8	102.2
	G19	65.5	47.8	113.3	51.8	81.2	61.1
	G20	46.6	45.3	91.8	37.4	78.3	50.3
양분관리 우수지역	G21	-3.7	-0.8	-4.5	-2.6	-1.2	-2.2
계/평균		134.1	64.4	198.5	122.5	130.9	125.1

부표 2-7. H도의 양분수지 시산 결과

		[양분수지]양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
양분특별관리 II지역	H1	410.3	205.1	615.4	318.6	347.8	327.8
	H2	226.1	163.5	389.6	196.3	308.8	231.7
	H3	223.4	102.1	325.5	163.6	156.9	161.4
	H4	220.5	101.6	322.1	203.5	204.5	203.8
양분특별관리 I지역	H5	180.0	75.1	255.1	136.2	121.3	131.4
	H6	159.7	65.7	225.4	144.0	125.9	138.2
	H7	159.5	65.1	224.6	137.5	118.4	131.4
	H8	146.8	78.2	225.0	130.5	161.5	139.8
	H9	124.1	57.6	181.6	98.7	93.1	96.8
양분관리 유도지역	H10	119.0	80.4	199.4	98.3	157.9	116.0
	H11	118.5	37.9	156.4	98.1	68.0	88.6
	H12	98.8	28.9	127.7	84.9	49.1	72.9
	H13	86.1	48.8	134.9	79.8	89.6	83.1
	H14	83.5	45.5	128.9	72.0	91.5	77.9
	H15	81.4	33.9	115.3	59.1	52.5	57.0
	H16	67.4	33.0	100.4	60.4	66.7	62.3
	H17	60.4	30.5	90.9	45.2	57.5	48.7
계/평균		138.0	69.6	207.6	116.1	128.0	119.8

부도 2-1. 전국 시군별 양분(질소・인산) 초과율 분포도



부 록 3

지역양분산정시스템(ReNAS) 소개

○ 지역양분산정시스템은 축종별 가축분뇨 발생량과 가축분뇨의 비료성분 환산계수 및 작물별 양분요구량에 관한 기초 자료와 지역별 양분수지 산출을 위한 관련변수 자료를 입력하면 양분수지가 자동적으로 산출될 수 있도록 엑셀 매크로를 활용하여 제작되었음.

□□ 양분투입량 계산

○ [1단계] 지역별(도별, 시군별) 가축사육두수 입력

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	C	D	E	F
1	투입: 축산부문		가축사육두수 입력			
2	도별	시군별	사육두수			
3		2004	한우	젖소	돼지	닭
4	경기도		161432	189190	1838924	25396363
5	강원도		119128	19616	407772	4282202
6	충청북도		129026	27370	514201	7585696
7	충청남도		214748	79990	1587561	15524573
8	전라북도		158998	39108	1001221	14500831
9	전라남도		255077	37737	834452	12691014
10	경상북도		347665	50879	1060195	16347737
11	경상남도		199537	35038	1080287	6837795
12	제주도		21525	5603	411012	1287614
13	계		1607136	484531	8735625	104453825

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop

○ [2단계] 축종별 가축분뇨 발생원단위 및 가축분뇨 비료성분 함량 적용

매뉴얼용

	A	B	C	D	E	F	G
5	가축분뇨발생량						
6		분	뇨	분뇨발생량	세정수	총계	
7	한우	10.1	4.5	14.6	0.0	14.6	
8	젖소	24.6	11.0	35.6	10.0	45.6	
9	돼지	1.6	2.6	4.2	4.4	8.6	
10	닭	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	
11							
12	비료성분함유량(축기연 기준)						
13		질소		인산		칼리	
14		분	뇨	분	뇨	분	뇨
15	한우	0.34	0.48	0.29	0.006	0.09	0.48
16	젖소	0.26	0.34	0.1	0.03	0.14	0.31
17	돼지	0.77	0.83	0.5	0.07	0.25	0.2
18	닭	1.05	0	0.37	0	0.46	0

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop are

○ [3단계] 가축분뇨 처리율(자원화율) 적용

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	가축분뇨 처리비중		2004년 기준				단위: %		
2	FULL_NAME	SHORT_NAME	자원화		정화처리		해양배출	기타	자원화율
3			액비화	퇴비화	공공처리	개별정화처리			
4	경기도		6.5	75.2	5.8	5.1	2.2	5.2	86.9
5	강원도		11.3	81.3	1.1	1.1	1.1	4.1	96.7
6	충청북도		8.9	83.0	4.9		1.8	1.7	93.6
7	충청남도		9.5	73.9	9.5		5.0	2.0	85.4
8	전라북도		8.0	82.4	5.1	0.0	4.5	0.0	90.4
9	전라남도		4.5	84.8	2.4	3.9	3.0	1.5	90.7
10	경상북도		5.6	77.0	0.9	0.7	10.4	1.0	83.6
11	경상남도		6.3	71.4	1.0	0.7	17.3	3.3	81.0
12	제주도			100.0					100.0
13	계		60.6	728.9	30.7	11.5	45.3	18.8	808.4
14	평균		6.8	81.4	3.4	1.3	5.1	2.1	90.2

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-out

○ [4단계] 가축분뇨 비료성분 발생량 및 실제 활용량 시산

- 축종별 사육두수에 가축분뇨 비료성분 함유량을 곱하여 가축분뇨 비료성분 발생량을 구하고, 여기에 가축분뇨 처리율 및 양분손실율을 적용하여 가축분뇨 비료성분 실제 활용량을 계산함.

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO
1	투입: 축산부문		가축분뇨 비료성분 발생량											
2	도별	시군별	비료성분 종합				비료성분 활용량(자원화율 적용)				비료성분 활용량(자원화율+손실율적용)			
3		2004	질소	인산	칼리	전체	질소	인산	칼리	전체	질소	인산	칼리	전체
4	경기도		44729	14375	17833	76938	38882	12496	15502	66880	23329	12496	15502	51328
5	강원도		10173	3641	4057	17871	9837	3520	3923	17281	5902	3520	3923	13346
6	충청북도		13498	4743	5385	23627	12634	4440	5041	22115	7581	4440	5041	17061
7	충청남도		34128	11338	12866	58331	29137	9680	10984	49802	17482	9680	10984	38147
8	전라북도		23751	8052	9043	40846	21478	7282	8178	36937	12887	7282	8178	28346
9	전라남도		22766	8184	9160	40111	20656	7426	8311	36393	12394	7426	8311	28131
10	경상북도		29618	10719	12021	52357	24759	8960	10049	43769	14855	8960	10049	33865
11	경상남도		21882	7490	8117	37489	17724	6067	6575	30366	10635	6067	6575	23276
12	제주도		6325	1971	2021	10317	6325	1971	2021	10317	3795	1971	2021	7787
13	계		206869	70513	80504	357886	181433	61842	70584	313859	108860	61842	70584	241286

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-out / P-out / K-out / Result(성분별) / Res

○ [5단계] 화학비료 소비량 입력

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			비료 소비량 입력(성분별)							
2	도별	시군별	공급량				소비량			
3			질소	인산	칼리	계	질소	인산	칼리	계
4	경기도		30332	11875	15036	57242	28327	11133	13821	53281
5	강원도		27600	11493	15203	54297	25266	10533	13814	49613
6	충청북도		22608	8841	10661	42110	20152	7894	9303	37350
7	충청남도		55983	18397	23918	98299	52183	17103	21784	91069
8	전라북도		55647	19517	22797	97961	51782	17721	20296	89799
9	전라남도		90003	29558	35786	155348	83062	26470	31617	141149
10	경상북도		59066	24829	31332	115227	52883	22355	27593	102830
11	경상남도		36361	15482	17343	69186	32640	14040	15298	61978
12	제주도		14231	10486	10229	34947	13237	9815	9293	32345
13	계		391831	150479	182307	724617	359531	137064	162818	659413

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-out

□□ 재배작물별 양분반출량 시산

○ [1단계] 작물재배면적 입력

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Nutrient	Output	작물재배면적 입력								
2	도별	시군별	미곡			맥류					
3			소계	논벼	밭벼	소계	겉보리	쌀보리	밀	호밀	맥주보
4	경기도		111,093	110,766	327	350	112	218	20		
5	강원도		43,838	43,646	192	243	197	18	28		
6	충청북도		55,232	55,045	187	203	202	1	0		
7	충청남도		168,336	167,878	458	405	201	200	4		
8	전라북도		146,598	145,286	1,312	12,145	2,330	8,999	816		
9	전라남도		204,401	191,849	12,552	34,799	84	15,377	1194		1
10	경상북도		132,085	131,628	457	1,705	1,598	62	45		
11	경상남도		93,869	93,168	701	8,871	3,206	1,170	848		
12	제주도		1,071	61	1,010	2,703	0	38	120		
13	계		956,523	939,327	17,196	61,424	7,930	26,083	3,075	-	24,

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-out / P-out

○ [2단계] 작물별 양분요구량 계수 적용

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	양분요구량 계수											
2			미곡			맥류						잡곡
3			소계	논벼	밭벼	소계	겉보리	쌀보리	밀	호밀	맥주보리	소계
4		N	11	11	11	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	17.4
5		P	4.5	4.5	4.5	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	3
6		K	5.7	5.7	5.7	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	6.9

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-out / P-out / K-out / Resu

○ [3단계] 작물별 양분요구량 시산(양분산출량)

- 작물별 재배면적에 작물별 양분요구량을 곱하여 총양분요구량 계산

ReNAS_ver2(도별04)051124

	A	B	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB
1	작물별 양분 요구량						총양분 요구량 시산(질소)			
2	도별	시군별					실제 재배면적의 질소 요구량			
3			대추	매실	기타과수		논(A)	밭(B)	과수원(C)	계(A+B+C)
4	경기도		-	-	14	-	12,216	11,773	461	24,450
5	강원도		-	-	18	-	4,823	11,040	130	15,993
6	충청북도		-	-	9	-	6,073	9,023	698	15,794
7	충청남도		-	-	11	-	18,503	11,075	482	30,061
8	전라북도		-	-	45	-	17,087	10,381	363	27,830
9	전라남도		-	-	203	-	24,270	21,785	1,107	47,162
10	경상북도		-	-	66	-	14,634	14,738	2,700	32,072
11	경상남도		-	-	168	-	11,056	10,750	1,389	23,195
12	제주도		-	-	31	-	253	6,793	4,018	11,064
13	계		-	-	566	-	108,916	107,358	11,348	227,621

설명 / Livestock / Coef(LS) / Coef(%) / Chem.fertil / Crop area / Coef(out) / N-ou

□□ 양분수지 분석결과

○ 지역별 양분수지 시산(ha당 기준):

{총양분투입량} - {총양분산출량(양분요구량)} = 양분수지(양분초과량)

메뉴얼용

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	양분수지 분석결과(2004년 기준)																		
2		양분요구량			화학비료 공급량			가축분뇨공급량			총양분공급량			양분초과량(양분수지)			양분초과율		
3		N	P	계	N	P	계	N	P	계	N	P	계	N	P	계	N	P	계
4	경기도	124	57	181	144	57	201	119	64	182	263	120	383	138	63	202	111	112	111
5	강원도	141	63	204	223	93	316	52	31	83	275	124	399	134	61	195	95	96	95
6	충청북도	112	57	169	143	56	199	54	32	85	197	88	285	85	31	115	76	53	68
7	충청남도	117	53	170	203	67	270	68	38	106	272	104	376	154	52	206	132	97	121
8	전라북도	119	56	174	221	76	296	55	31	86	276	107	382	157	51	208	132	91	119
9	전라남도	122	57	179	216	69	284	32	19	51	248	88	336	125	31	157	102	56	88
10	경상북도	110	53	163	181	76	257	51	31	81	232	107	339	122	54	176	111	101	108
11	경상남도	122	57	179	171	74	245	56	32	88	227	106	333	105	49	154	87	85	86
12	제주도	172	157	329	206	153	358	59	31	90	265	183	448	93	26	119	54	16	36
13	계	121	59	181	192	73	265	58	33	91	250	106	356	128	47	175	106	79	97

P-out / K-out / Result(성분별) / Result(요약) / Analysis

참 고 문 헌

국립농산물품질관리원. 2005a.「1990-2004 작물통계」.

국립농산물품질관리원. 2005b.「1990-2004 가축통계」.

김상민, 강문성, 박승우. 2003. “수질 모니터링과 원단위법을 이용한 농업소유역의 오염부하량 추정.”「한국농공학회지」. 45(3): 94-102.

김진수, 오광영. 2000. “농촌지역에서의 농업 유기물 흐름의 평가.”「한국농공학회지」. 42(5): 114-124.

김창길, 강창용. 2002.「지역단위 농업환경모형 체계화에 관한 연구」. 연구보고 R441. 한국농촌경제연구원.

김창길 외 7인. 2004.「친환경농업체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안」. 연구보고 R469. 한국농촌경제연구원.

김창길, 김태영. 2004. “지역단위 농업생태계의 물질균형 분석.”「농업경제연구」. 45(4): 191-222.

농림부・환경부 합동. 2004.「가축분뇨 관리・이용대책」.

농업과학기술원. 1999.「작물별 시비처방기준」.

류순호, 노희명. 1996.「한국의 지형 및 영농형태에 적합한 농업환경오염예측모형 개발」. 농촌진흥청.

박승우 외 8인. 2000.「농업생태환경 모니터링 및 종합적 환경관리시스템 개발 사업」. ARPC 최종보고서. 농림부.

송주호, 김창길, 허덕, 임성진. 2004.「가축 사육두수 총량제의 도입방안에 관한 연구」. 연구보고 R487. 한국농촌경제연구원.

심영규 외 9인. 2005.「가축분뇨 관리제도 개선을 위한 법령정비 방안 연구」. 환경부.

우석훈. 1997.「총량시대와 환경제도」. 현대환경연구원.

이승헌, 최우정. 2002. “농업생태계의 특징과 지속가능 관리 방안.” 농업기반공사.「농어촌과 환경」. 76: 100-112.

이종호. 2003. “수계 오염총량관리제와 환경영향평가제도의 통합운영방안.”「환경영향평가」. 12(5): 359-367.

이 연 외 5인. 2003. “한국농경지의 양분수지와 문제점.” 농업과학기술원.「양분수지를 이용한 친환경농업 실천방안 심포지엄 자료집」. pp.35-59.

이 연. 2005. “양분총량제의 이해.” 「2005년 축산환경 상담원교육」. 농협중앙회. pp.143-165.

이창희. 2004. 「영산강 · 섬진강수계 수질오염총량관리제 실무」. 한국환경정책평가연구원.

이혜영, 박석순. 2004. “오염총량관리를 위한 의사결정 지원시스템 적용.” 「한국물환경학회지」. 20(2): 151-156.

축산신문. 2005. “양분총량제 실시 따른 대책마련 간담회” (8월 3일자).

축산연구소. 2000. 「가축분뇨자원화 및 이용기술개발(제1권)」.

환경부. 2004. 「수질오염총량관리 업무 편람」.

岩元明久·三輪太郎. 1985. “わが國の有機物動態と地力”. 圃場と土壤.

松本成夫. 1998. “農業生態界の物質循環.” 陽 悽行 編著. 「環境保全と農林業」. 朝昌書店. pp.157-167.

松本成夫·袴田共之. 1992. “茨城縣取手市における有機物フローの評価”. システム農學. 8(1): 14-23.

Ayres, Rober U. 1998. “Eco-thermodynamics: Economics and the Second Law.” *Ecological Economics* 26: 189-209.

Brouwer, F.M. etal. 1995. *Mineral Balances at Farm Level in the European Union*. Den Hagg: The Netherlands. Onderzoekverslag 137. Research Institute (LEI-DLO). 1995.

Clercq, P.D., etal., eds. *Nutrient Management Legislation in European Countries*. The Netherlands: Wageningen Pers. 2001.

Dijk, Jan, Hans Leneman and Marianne van der Veen. 1996. “The Nutrient Flow Model for Dutch Agriculture: A Toll for Environment Policy Evaluation.” *Journal of Environmental Management*, 46: 43-55.

Griffin, Ronald C. and Daniel W. Bromley. 1982. “Agricultural Runoff as a Nonpoint Externality: A Theoretical Development.” *American Journal of Agricultural Economics*, 64: 547-552.

Jager, A. De, S.M. Nandwa, and Okoth. 1998. “Monitoring Nutrient Flows and Economic Performance in African Farming System: I. Concepts and Methodologies.” *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 71: 37-48.

Krug, E.C. and D. Winstanley. 2002. "The Need for Comprehensive and Consistent Treatment of the Nitrogen Cycle in Nitrogen Cycling and Mass Balance Studies." *The Science of the Total Environment*, 293: 1-9.

OECD. 2003a. *Handboodk: OECD/EUROSTAT Gross Nitrogen Balances.*

OECD. 2003b. *Handbook: OECD/EUROSTAT Phosphorus Balance*s.

OECD. 2004. *Agriculture, Trade and Environment: The Arable Crops Sector.* COM/AGR/CA/ENV/EPOC(2004)30.

Schroder, Hans. 1995. "Input Management of Nitrogen in Agriculture." *Ecological Economics*, 13: 125-140.

Shortle, J.S. and D.G. Abler. eds. 2001. *Environmental Policies for Agricultural Pollution Control.* Oxon, U.K.: CABI Publishing.

Steinborn, Wolf and Yuri Svirezhev. 2000. "Entropy as an Indicator of Sustainalbility in Agro-Ecosystems: North Germany Case Study." *Ecological Modelling*, 133: 247-257.

Turnbull, B.W. 1976. "The Empirical Distribution with Arbitrarily Grouped, Censored and Truncated Data". *Journal of Royal Statistical Society*, Series B, 38(3): 290-295.

van Eerdt, M.M. and P.K.N. Fong. 1998. "The Monitoring of Nitrogen Surpluses from Agriculture." *Environmental Pollutio*n, 102: 227-233.

van Grinsven, Hans, et al. 2004. "Evaluation of the Dutch Manure and Fertilizer Policy, 1998-2002". Paper presented *in the OECD Workshop on Evaluating Agri-Environmental Policies*. Paris.

Wossink, Ada. 2004. "The Dutch Nutrient Quota System: Past Experience and Lessons for the Future." in *OECD. Tradable Permits: Policy Evaluation, Design, and Reform*. Paris. pp.99-120.

Zessner, Matthias and Christoph Lampert. 2002. "The Use of Regional Balances in Water Quality Management." *Urban Water*, 4: 73-83.

□□ **2005-52 | 2005.12**

지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안 연구

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25)
인 쇄 2005. 12.
발 행 2005. 12.
발행인 최정섭
발행처 한국농촌경제연구원
130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102
전 화 02-3299-4000 팩시밀리 02-965-6110 http://www.krei.re.kr
인 쇄 (주)문원사 02-739-3911

• 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.