

<http://www.ioree.re.kr>

수질오염총량제 시행에 따른
농업용 저수지 수질관리기법연구

A study on the water quality management practice
of agricultural reservoir for the TMDL execution

2008. 12.

농림수산식품부
(재)농어촌환경기술연구소

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 『수질오염총량제 시행에 따른 농업용 저수지 수질관리 기법연구』의 최종연구보고서로 제출합니다.

2008년 12월

주관연구기관 : (재)농어촌환경기술연구소

이 사 장 변 양식

연구책임자 윤 경섭

연 구 원 권 상필

이 광식

임 병호

류 성곤

허 기술

이 효찬

요 약 문

1. 연구과제명:

수질오염총량제 시행에 따른 농업용저수지 수질관리기법연구

2. 연구기간 : 2008.7 ~ 2008.12.(5개월)

3. 연구의 필요성 및 목적

3.1 연구의 필요성

국가수질관리정책이 개별오염원 중심의 농도규제에서 지역의 환경용량과 오염원 분포를 고려하고 지역환경관리 목표에 따라 배출되는 오염물질부하량(배출총량)을 규제 또는 관리하는 제도인 「오염총량관리제」로 정책의 대전환에 따라 이에 부응한 농업용수 수질관리기법이 도입 되어야 함

3.2 목적

농업용수 수질의 새로운 관리체계 기법 및 정립

4. 연구내용 및 결과

4.1 연구내용

- 1) 국가 수질오염 총량관리제의 구조적 분석
 - 오염총량관리제 관련 4대강 특별법, 훈령, 예규, 고시, 지침의 내용 분석
 - 총량관리 기본계획-실시계획의 지역적 적용 특성 분석

- 기본계획 수립 : 목표수질 설정방법, 오염부하량 할당
- 시행계획 수립 : 시행계획 기초조사, 개별 배출원 할당
- 제도시행에 따른 문제점 도출
- 농업용수 수질관리에 총량관리기법(조사-예측-개선계획 수립) 적용성 평가

2) 농업용수 수질관리 체계정립

- 현행 농업용수 수질관리 체계의 분석 평가
 - 조사 : 오염원조사, 조사시기, 조사횟수, 조사항목, 조사방법 등
 - 평가 : 조사결과 평가기법
 - 수질개선계획 : 계획내용 및 수립절차 등
- 국가 수질오염총량관리제와 연계관리 방법 제시
 - 조사기법, 예측방법, 평가방법, 수질개선계획 수립 방법 등
- 소유역별 자율환경관리제도 도입방법 검토
 - 주민참여제도 유인에 의한 자율환경관리제도로 발전 방안 제시

4.2. 연구 결과

4.1 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점

4.1.1 수질오염총량제의 이해

○ 수질오염 총량제는 하천의 허용 오염부하량을 고려하지 않는 배출허용 기준 중심의 농도규제만으로는 오염부하의 양적 증가에 대한 통제가 어려웠고, 중하류에 인구 및 산업시설이 과도하게 밀집되어 있는 우리나라 하천의 특성상 과거의 농도규제 방식만으로는 환경기준 달성에 한계가 있어, 관리하고자 하는 하천의 용수목적 등에 맞는 목표수질을 설정하고, 목표수질을 달성·유지하기 위한 수질오염물질의 허용 부하량을 산정하여 해당 하천수계의 배수구역에서 배출되는 오염부하 총량이 설정된 목표수질을 달성할 수 있는 허용량 이하가 되도록 규제 또는 관리하는 제도”.

○ 오염총량관리계획 개요는 시장·군수는 지역개발계획의 구체적인 내용, 지역 내에서 발생하는 오염 부하량의 총량 및 연차 별 삭감계획, 지역개발계획으로 인한 오염 부하량 및 오염 부하량 삭감계획 등이 포함된 지역 수질관리를 위한 오염총량관리계획을 수립하여 환경부장관의 승인 후 시행

○ 수질오염총량제 추진 절차는

① 환경부장관이 수계구간 설정 및 수계구간별 목표수질 고시② 환경부장관이 기본방침을 수립하여 광역시장 및 도지사에게 통보③ 광역시장 및 도지사는 기본계획 승인신청 전까지 환경부장관의 승인을 얻어 관할구역 수계구간의 목표수질을 공고④ 광역시장 및 도지사는 기본방침과 목표수질을 기준으로 총량관리 기본계획을 수립하여 환경부장관에게 승인 신청

⑤ 시장, 군수는 기본계획에서 지정한 지역별 할당부하량을 준수할 수 있도록 시행계획을 수립하여 도지사(광역시장은 지방환경관서의 장)에게 승인 신청이다.

○ 본 제도의 추진현황은 1단계(2004~2010) 기간 동안에는 생화학적산소요구량(BOD)만이 대상으로 2단계는 BOD와 TP(전인)을 대상으로 오염총량제를 실시 할 예정이며, 2008년8월현재 한강 수계는 경기도 광주시, 낙동강수계는 진주시 등 18개 시·군, 금강수계는 대전광역시 등 23개 시·군, 영산강·섬진강 수계는 곡성군 등 10개 군이 시행계획수립 이행 중 이다.

4.1.2 오염총량관리 기본계획 및 시행계획 사례의 시사점

○ 목표수질 달성을 위해서는 기준배출부하량이 많아 개발할당 부하량이 적게 할당 되어 개발사업의 추진이 어려운 실정으로 추가삭감계획으로 잦은 기본 계획 변경이 요구되고 있는 실정이고 삭감계획의 우선순위가 점오염원에 두고 있어 지방재정 형편이 어려운 시·군에서는 재정적인 부담이되고 있어 농촌지역에 산재되어 있는 수리시설인 농업용저수지의 비점오염원의 저감기능 등을 총량제에 반영하고 농림수산식품부에서 추진하는 수질개선사업과 상류유역대책과 병행하여 추진하면 최근 많이 논의되고 있는 “저탄소 녹색성장”에도 일익을 할 수 있을 것이다.

4.2. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화

○ 우리나라 수자원 총량은 1,240억 m^3 으로 그중 27%인 337억 m^3 만이 이용되고 있는 실정이며 농업용수로 160억톤(47%)이 사용되고 있어 농업용수의 적절한 관리가보다 주요한 것으로 판단되며 그중 수원공으로서의 저수지는 우리나라 기후 특성상 강우가 편중되어 있어 논농사를 위해 적절히 저류하여야만 부족한 시기에 용수공급이 가능케 하는 시설이었다.

○ 이렇게 조성된 농업용 저수지는 전국적으로 17,679개소로 90%이상이 유효저수량 100만톤 미만의 소규모 저수지로 설치한지도 30년이상 경과된 저수지가 90%이상으로 시설의 노후화는 물론 토사나 오염물질의 퇴적에 따른 저수지 기능이 현저히 저하되고 있으며 이에 따른 수질도 상당히 악화되고 있는 실정이다.

○ 이러한 농업용저수지들이 상류에서 유하되는 토사 유입의 저류기능으로, 하류에 미치는 수질개선 효과로는 전국적으로 개략적으로 인체거량이 6,798ton/yr로 추산되고 사방댐의 대체효과로도 대략 9,746억원에 상당하는 경제적 효과를 보고있다. 따라서 각 저수지의 체류시간과 토립자의 침강속도 등을 고려한 퇴사량 산정공식을 개발하면 저수지를 침사지(비점오염저감시설)로 활용하기 위한 기본적인 당위성을 제공하게 될 것이다.

4.3 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법

○최근 국내외 농업환경 여건의 변화로 다수확 농업에서 양질의 농산물을 추구하는 상황으로 정부에서 추진하는 친환경농업정책에 따른 농업용수도 양적인 공급에서 질적 공급으로 변하고 있어 보다 양질의 수질을 요구하고 있는 실정이다.

○현행 농업용수수질관리는 농림수산식품부가 총괄 관리 계획수립하여 시설관리자인 시·도와 한국농촌공사가 저수지의 ①수질오염감시 ②수질중점관리 ③오염원 분포현황조사 ④수리시설현황조사 ⑤수질육안조사 등으로 관리

하고 있고, 500개소에서 농업용수수질측정망 운영에 대한 모니터링과 농업용수 수질개선사업을 추진하고 있다.

○ 본 연구에서는 수질오염총량제를 고려한 저수지 수질관리 방안으로써 1999년부터 2007년까지 농업용수 수질측정망 조사자료와 표고자료를 이용하여 저수지 제당표고와 수질과의 상관성을 분석하고 저수지의 특성별 수질 특성을 고려한 수질개선 추진 방향을 제시키 위해 유형을 I ~ IV으로 구분 473개 저수지에 대해 수질개선접근 방향을 제시하였다.

○ 또한 논에서의 수질변화특성, 오염물질 제어를 위한 영농 방안과 휴경지를 활용한 오염부하량 삭감 방안에 대한 선행 연구를 고찰하여 수질오염총량제에서의 농업용수의 할당부하량 감축방안에 대하여 가능성을 제시하였다.

○ 농업용 저수지의 상류 관리 대책으로 유역의 토지이용과 자연적, 인위적 저감시설의 유무에 따른 비점오염물질의 영향을 고려할 수 있으므로 지역 오염부하량 할당 및 삭감시 비점오염배출량에 대해서도 적용하여 할당 및 삭감량을 산정할 수 있는 과학적 근거를 제공하여야 한다..

○ 수질오염총량관리제 도입에 따라 농촌지역에서 오염물질을 삭감하기 위해서는 농촌지역의 물관리에서 중요한 부분을 차지하는 저수지와 논, 그리고 강우시 토사유출과 함께 오염물질이 배출되는 밭을 대상으로 추진할 필요가 있다.

○ 저수지에 대하여 수질개선사업을 추진할 경우 해당 시·군의 총량제 시행계획과 연계하여 수질개선효과가 큰 저수지를 우선 대상으로 시행함으로써 오염부하삭감 효과가 크고, 삭감된 만큼 다른 분야의 개발이 가능하게 된다. 또한 저수지의 자정작용에 의한 수질개선효과를 증대시키기 위하여 수변에 수초대를 조성하는 등의 적극적인 활동을 통하여 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 지속적인 모니터링 자료의 축적이 필요한 것으로 제시하였다.

○ 논외의 경우 농지배수의 수질농도가 높아지는 썩레질기 및 이양기에 농지배수를 배출하지 않도록 물관리를 하는 무방류 영농을 실시하는 농가에 대해서는 친환경농업을 하는 것으로 인정하여 수질오염총량관리에서 오염부하량 삭감행위로 인정해 주는 방안도 모색할 필요가 있는 것으로 사료된다. 또한 농촌지역에서 증가되고 있는 휴경지를 수질개선시설로 이용하는 경우 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 정책적으로 지원할 필요가 있다.

○ 밭의 경우 강우시 토사와 함께 오염물질이 배출되므로 토양이 유실되지 않고, 2차 오염이 없는 친환경 멀칭재를 사용하는 농지에 대해서는 할당오염부하량 산정시 인센티브를 주는 등의 정책적 배려도 필요하다.

○ 수질오염총량제를 고려한 농업 저수지 수질관리 기법으로 상류유역의 비점오염원 관리로 최적관리기법을 제안하고 유형을 제시하였고 농업용저수지의 순기능 향상을 위한 유입수 대책 기법으로 인공습지, 습식 저류지, 초생수로, 식생여과대, 침투도랑, 생물포착지, 휴경답, 및 휴경농지 활용, 점축산화수로, 자연형 하천과 사상성 조류매트 산화지공법을 저수지내 대책으로는 침강지, 퇴적물 준설, 퇴적물 피복, 조류제거, 희석수 도입, 전층포기, 표층포기, 심층포기, 폭기분수, 응집침전과 인공식물섬 등의 도입을 제시하였다.

4.4 농업용수 수질관리를 위한 자율환경관리 제도의 검토

○ 자율환경관리의 의의와 추진배경을 고찰하고 유형과 국내의 사례로 대포천살리기 수질개선사례를 통하여 농업용저수지 상류유역에 도입 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

○ 수질오염총량제 실시지역에서는 저수지의 해당 유역의 기왕에 구성된 수질관리 협의체가 주축이되어 지자체와 자율협약을 체결하여 저수지 유역내의 자체오염부하삭감계획을 수립하여 지역개발할당 부하량을 할애받는 인센티브제를 시범적으로 추진하면 그 파급효과는 상당 할 것으로 판단된다.

5. 연구결과의 실용화 방안

○ 정책적 활용방안

-합리적이고 과학적인 농업용수 수질관리로 관련 정책수립자의 의사결정 과정에 기여

○ 기술적 활용

-합리적이고 과학적인 수질관리기법 정립

-농업용수 수질개선 기술발전에 기여

SUMMARY

1. Title :

A Study on Water Quality Management of Agricultural Reservoirs for TMDL(Total Maximum Daily Load) Execution

2. Period of Study :

July, 2008 ~ December, 2008

3. Objectives and Necessity of the Study

3.1 Necessity of the Study

The Korean government introduced the Total Maximum Daily Load (TMDL) program in 2000. The TMDL is a term used to describe the maximum amount of pollution that a stream can receive and still meet water quality standards. Under the TMDL program, a number of programs have been developed that attempt to improve, maintain, and restore water quality by limiting effluents and promoting pollutant load reduction. As enacting TMDL across the nation, it is needed to introduce water quality improvement measures for agricultural reservoirs to cope the government policy.

3.2 Objectives

The objectives of this study were to investigate the management system for agricultural water and introduce water quality improvement measures in agricultural reservoirs.

4. Contents and Results

4.1 Contents

The scope of this study includes (1) systematic analysis on TMDL program in Korea, (2) investigation on the management system for agricultural water, (3) providing ways to connect TMDL program and water quality improvement measures for agricultural reservoirs, and (4) introducing ways of local resident's participation in the measures.

4.2. Results

4.2.1 Introduction of TMDL

○ The TMDL is a water quality management system based on the idea that total pollutant loads from watersheds and internal sources should be controlled within the carrying capacity of receiving water body. Recently, Ministry of Environment (MOE) also implemented TMDL program for water quality improvement in the drinking water sources such as the Paldang Reservoir, and is trying to extend and implement the system in all the major river system.

○ The process of the TMDL is as follows; (1) public notification of water body boundaries and target water quality by the Environment Minister, (2) making basic plans of TMDL by the Environment Minister

and inform the plan to local governments, (3) Notification of water body boundaries and target water quality by local government before public approval of the basic plan by the Environment Minister, (4) finalizing basic plan of TMDL by local government and application of the plan to the Environment Minister, and (5) Making detailed plans of TMDL by local governments (Si and Gun) to meet allocated pollutant loads and application to the local governments (Provinces) to approve it.

○ For the 1st phase (2004 ~ 2010), only TMDL for Biochemical Oxygen Demand (BOD) has been established and performed. Since 2011, the TMDL for Total Phosphorus (TP) will be added.

○ But many problems have appeared in the current TMDL program; (1) the target discharge that is impossible to satisfy the target water quality all the year round, (2) the same unit load of generation for non-point sources that does not consider the regional runoff characteristics due to non-point sources, and (3) water management facilities in agricultural area that is not considered for reducing pollutant loads due to focus on reduction of point-source pollutants.

4.2.2 Changes of functions and roles in agricultural reservoirs

○ Total potential water resources in Korea was 124 billion m³, of which only 33.7 billion m³(27%) could be used. In detail, because the agricultural water use is 16.0 billion m³(47%), it is important to manage properly agricultural water.

Agricultural reservoirs as one of water sources played a storage role due to irregular rainfall pattern of the climatic condition in Korea and could be water supply facilities to the rice paddy at the water shortage periods.

○ The number of agricultural reservoirs is 17,679 in Korea, but more than 90% of total agricultural reservoirs is small facility of which effective storage capacity is less than one million m³, and also installed age is more than 30 years. The role of these agricultural reservoirs has been decreased and the water of them has been polluted because of sediment inflow and deposition.

○ Agricultural reservoirs played a storage role of sediment inflow and deposition to the drainage basin. It is estimated that the phosphorus removal quantity was 6,816ton/yr. The economic alternation value of debris barrier was about 977.1 billion KWon.

4.2.3 The water quality management practice of agricultural reservoir for the TMDL execution

○ The strategy of crop production was changing high harvesting to good and safe production and also the demand of agricultural water was changing quantity to quality for the governmental policy of environmentally-friendly agriculture.

○ The governmental policy of agricultural water has been concentrated on sufficient supply until self-sufficiency in staple grains. At the same time, agricultural reservoirs was polluted as urbanization and livestock policy. Water quality improvement project was established because demand of agricultural water quality management.

○ For the agricultural water quality management, the Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries establishes basic national plans and local governments and KRC which are responsible for maintenance of facilities manages throughout ①water pollution observation ②water

quality intensive management ③survey on pollution source distribution ④survey on agricultural infrastructure facilities ⑤ water quality sensible survey, operates 500 monitoring sites for agricultural water facilities and carries out water quality improvement project..

○ In this studies, the approach direction of the water quality management practice for the TMDL execution was suggested to 473 agricultural reservoirs divided as 4 types which derive from correlation analysis between physical specification and water quality of agricultural reservoirs data from agricultural water monitoring reports from 1999 to 2007.

○ In addition, the possibility of load quota reduction of agricultural water for the TMDL execution was suggested through literature review about characteristics of rice paddy water quality, farming practices for managing pollutants and pollutant loading reduction using fallow lands.

4.2.4 TMDL and water quality improvement project for agricultural reservoirs

○ In 1997, the Ministry of Agriculture and Forestry, which managed agricultural water at that time decided for the degree of water pollution of agricultural water to be serious and then planned and promoted the medium-and lone-term plan to execute water quality improvement projects in 24 lakes. An improvement project was commenced and promoted at Gamdon region, Mooan, Cheonnam at 2001, only with a poor result. And in 2004, a joint task force team which was formed among relevant agencies such as the Ministry of Agriculture and Forestry and that of Environment has investigated 260 lakes exceeding the standard of water quality for agriculture water and promoted a medium- and long-term plan to improve water quality in 72 lakes as of 2006.

○ From a result of monitoring on the model project at Gamdon region, a water purification facility of a nature type such as an constructed wetland and pollutant-depositing pond has been confirmed to have the effect of water quality improvement and been considered as a Korean improvement method of water quality.

○ As the water quality improvement project according to the introduction of the TMDL is promoted in connection with the execution plan of the TMDL of a local government, it is considered that 72 lakes at the regions of water quality improvement already planned should be prioritized.

○ And as a management method of water quality for an agricultural reservoir considering the TMDL, an optimal management method was suggested by controlling non-point pollution source at the upper reaches. And a countermeasure method to the inflow of water to improve the function of an agricultural reservoir includes an constructed wetland, hydro-retaining pond, planted waterway, plantation filter zone, infiltration ditch, organism-retaining pond, use of fallow paddy and fallow ground, contact oxidation waterway, river of a nature type and oxidation pond method with filamentous alga. And a countermeasure inside a reservoir includes a depositing pond, dredging, removal of deposit and alga, introduction of dilution water, aeration in all layers, aeration in a surface and deep layers, aerator, sedimentation by condensation and artificial vegetable island.

4.2.5 Examination on the self-manage system of environment for the agricultural water quality management

○ The self-manage system of environment was reviewed for its significance and background of promotion and it was analyzed that it might be introduced at the upper reaches of an agricultural reservoir through the domestic example that improved water quality in Daepo River.

○ It has also been suggested that it is necessary to derive the problems in the current management system of agricultural water and then to improve the function of a reservoir according to the execution of TMDL with an improvement plan, that it is necessary for a local government to import an optimal management method of non-point pollution source in the upper reaches and to use the buffering function of the TMDL of local pollution and, that it is required for citizens to participate in the improvement activities of water quality voluntarily and actively and to form and activate a water quality management council.

5. Plan for practical use from a result of research

○ Plan for political use

- Contribution to the decision-making process of policymakers in relation to the reasonable and scientific water quality management of agricultural water

○ Technical use

- Establishment of a reasonable and scientific water quality management method

- Contribution to the technology development to improve the water quality of agricultural water

< 목 차 >

1. 서 론	1
1.1 연구배경 및 목적	3
1.1.1 필요성	3
1.1.2 연구목적	4
1.2 연구의 범위 및 내용	4
1.2.1 연구의 범위	4
1.2.2 연구내용	5
1.3 연구 추진 방법	6
1.3.1 연구진 구성	6
1.3.2 연구추진방법	6
1.4 기대효과 및 실용화 계획	7
1.4.1 기대효과	7
1.4.2 활용방안	7
2. 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점	9
2.1 수질오염총량제의 이해	11
2.1.1 수질오염 총량제의 기본개념	11
2.1.2 수질오염 총량제의 도입배경	13
2.1.3 수질오염 총량제의 관리체계	16
2.1.4 수질오염 총량제의 추진현황	26
2.1.5 수질오염 총량제의 향후전망	32
2.2 오염총량관리 기본계획 및 시행 계획 사례	33
2.2.1 기본계획 사례(충청북도)	33
2.2.2 시행계획 사례(대전광역시)	40
2.2.3 시행계획 사례(청원군)	43
2.2.4 시행계획 사례(군산시)	46
2.3 수질오염총량제 실시 사례조사의 시사점	47
3. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화	51
3.1 수자원 총량 및 용도별 수요 전망	53
3.2 농업용수의 이용 현황	55
3.3 농업수리시설의 비점오염물질 저감기능	57
3.3.1 농업비점오염원의 부하에 관한 선행 연구 검토	57
3.3.2 수리시설의 의의와 기능	60

3.3.3 농업용 저수지의 비점오염원 저감기능	62
4. 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법	69
4.1 농업분야 친환경농업정책과 농업용수 수질 요구도	71
4.1.1 친환경농업육성법의 농업용수 수질	71
4.1.2 우수농산물관리제도(GAP)에 있어 농업용수 수질	79
4.1.3 수질오염총량제에서의 친환경농업의 역할	84
4.2. 농업용저수지의 수질관리 현황	95
4.2.1 현행 수질관리	95
4.2.2 농업용수수질관리체계	96
4.2.3. 수질관리내용	97
4.2.4. 수질현황	102
4.2.5. 농업용저수지의 상류유역 오염원 현황	114
4.2.6. 농업용저수지의 수질관리상의 주요문제점	120
4.3. 수질오염총량제 실시에 따른 농업용저수지의 수질관리 방안	133
4.3.1. 저수지 수질 특성	134
4.3.2. 저수지 수질개선에 도입된 주요기법 비교	142
4.3.3. 농업용저수지의 순기능 향상을 위한 개별기법 특징	148
4.3.4. 저수지의 자정작용을 활용한 오염부하량 저감방안	170
4.3.5. 농경지에서의 오염물질 유출저감방안	175
4.3.5. 농업용저수지 수질관리의 새로운 접근방향	187
5. 농업용수 수질관리를 위한 자율환경관리 제도의 검토	191
5.1 자율환경관리의 의의 및 도입배경	193
5.1.1 자율환경관리의 의의	193
5.1.2 자율관리정책의 추진배경	194
5.2 자율환경관리의 유형 및 국내외 사례	196
5.2.1. 자율환경관리의 유형	196
5.2.2 국내·외 사례	198
5.3. 자율환경관리 추진절차	204
5.3.1. 추진절차	204
5.3.2. 참여주체별 역할	207
5.4. 참여기업에 대한 지원	209
5.4.1. 규제완화	209
5.4.2 기술지원 및 환경관리실태 진단	210
5.4.3 자금지원 및 홍보	210
5.5. 수질환경개선을 위한 국내 사례	211

5.5.1. 대포천 살리기 수질개선 사례	211
5.5.2. 주민참여 프로그램 및 각종 집단 조직의 개발	213
5.5.3. 주민참여 활성화 방안	214
5.6. 현행 수질관리협의체구성 및 운영 실태	214
6. 결 론	217
6.1 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점	219
6.1.1 수질오염총량제의 이해	219
6.1.2 오염총량관리 기본계획 및 시행계획 사례의 시사점	220
6.2. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화	220
6.3. 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법	221
6.4. 수질오염총량제와 농업용 저수지의 수질개선사업	222
6.5. 농업용수 수질관리를 위한 자율환경관리 제도의 검토	223
참 고 문헌	225
부록1. 수계오염총량관리 기술지침	231

< 표 목 차 >

(표 2-1) 농도규제와 총량관리의 비교	14
(표 2-2) 수질오염총량관리제 도입 배경	15
(표 2-3) 수질오염총량관리 시행을 위한 법	17
(표 2-4) 오염총량관리계획 주요 내용	18
(표 2-5) 기본계획 보고서에 포함되어야 할 사항	20
(표 2-6) 시행계획 보고서에 포함되어야 할 사항	22
(표 2-7) 시·군별 개발할당 부하량(kg/일)	37
(표 2-8) 개발계획 할당량 재조정 내역	38
(표 2-9) 청주시 개발계획 할당량 재조정 내역	38
(표 2-10) 진천군 추가삭감 부하량 내역	39
(표 2-11) 청원군 추가 개발계획할당량 내역	39
(표 2-12) 변경 후 개발할당 부하량	40
(표 2-13) 각 단위유역별 할당부하량 (유달부하량)	44
(표 2-14) 청원군 시행계획 부하량 총괄표	45
(표 2-15) 단위유역 최종년도 소유역별 오염부하량 할당내역	47
(표 2-16) 지역별 무관개 주 수원공(저수지) 개소수	49
(표 3-1) 용도별 수자원 이용량 및 비율	54
(표 3-2) 전국 용수 수요전망(기준수요)	54
(표 3-3) 농업용수 수요전망(기준수요)	55
(표 3-4) 유효저수량 규모별 저수지 현황	56
(표 3-5) 준공연대별 저수지현황	57
(표 3-6) 우리나라 농업수리시설 현황	61
(표 3-7) 저수지 및 담수호의 유역면적 및 저수량 현황	62
(표 3-8) 저수지 퇴적량 분석	63
(표 3-9) 저수지의 개소당 평균 규모	64
(표 3-10) 저수지 개소당 표본지구의 비점오염원별 면적	64
(표 3-11) 저수지 표본지구 개소당 유역의 토양유실량	64
(표 3-12) 저수지 유역의 총 토양 유실량	65
(표 3-13) 토지이용별 토양의 주요 물리성 비교	65
(표 3-14) 농업용 저수지 퇴적물 특성	67
(표 4-1) 환경정책기본법상의 수질 기준(사람의 건강보호 기준)	76
(표 4-2) 환경정책기본법상의 수질 기준(생활환경 기준-하천)	77
(표 4-3) 환경정책기본법상의 수질 기준(생활환경 기준-호소)	77

(표 4-4) 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙상의 수질 기준	78
(표 4-5) GAP와 타제도와와의 비교	82
(표 4-6) 우수농산물관리기준(물관리분야)	83
(표 4-7) 경작지에서 비점오염원 억제를 위한 BMP	87
(표 4-8) 농지비점오염원 관리기법	88
(표 4-9) 농지비점오염원 관리기법(계속)	89
(표 4-10) 오염물질 발생원별 적정BMP의 선택	90
(표 4-11) 오염원별 적정BMP의 선택 (계속)	91
(표 4-12) 연도별 수질측정망 운영현황	98
(표 4-13) '08년 농업용수 수질측정망 현황	99
(표 4-14) 수질개선사업 추진 실적 및 계획 (단위: 백만원)	101
(표 4-15) 연도별 수질환경기준 등급별 분포현황	102
(표 4-16) 연도별 농업용수수질기준 초과율(COD기준)	103
(표 4-17) 기준초과 시설(101개소)의 수질현황	103
(표 4-18) 지역별 수질현황(COD기준)	104
(표 4-19) 시·도별 COD 환경기준 등급별 현황	106
(표 4-20) 권역별 수질현황(COD농도)	106
(표 4-21) 권역별 수질등급현황(COD기준)	108
(표 4-22) 수질지표별 농업용수수질기준 초과현황	109
(표 4-23) 연도별 영양상태에 따른 수질현황	110
(표 4-24) 지역별 영양상태에 따른 수질현황	111
(표 4-25) 설치년도별 수질현황	112
(표 4-26) 수리시설 종류별 수질현황	113
(표 4-27) 유효저수량 규모별 수질현황	114
(표 4-28) 주요오염원 현황(2000~2007)	115
(표 4-29) 오염원별 오염발생부하량(2007년)	115
(표 4-30) 지역별 주요오염원 분포현황	117
(표 4-31) 농업용수 수질기준을 초과한 시설의 주요오염원 분포현황	118
(표 4-32) 유역내 환경기초시설 현황	119
(표 4-33) 세계 주요 국가별 연평균강수량 및 1인당 강수량	120
(표 4-34) 주요하천의 유량변동	121
(표 4-35) 유역의 평균강수량 및 부존량	121
(표 4-36) 설치년대별 수질현황	122
(표 4-37) 유효저수량 규모별 수질현황	123
(표 4-38) 연도별 하수처리장 운영현황	124

(표 4-39) 하수처리율의 외국과의 비교	124
(표 4-40) 시·도별 하수도 보급율 현황	125
(표 4-41) 운영중인 공법별 처리장 현황	126
(표 4-42) 하수관거 설비현황	126
(표 4-43) 시·도별 하수관거 설비율	127
(표 4-44) 연도별 가축사육두수	128
(표 4-45) 가축별 사육규모별 농가호수	128
(표 4-46) 연도별 축산폐수발생량	129
(표 4-47) 시·도별 축산농가 및 사육두수 현황	130
(표 4-48) 운영중인 축산폐수 공공처리시설 현황	131
(표 4-49) 연도별 토지계에 의한 오염을 변화추이	132
(표 4-50) 제당표고에 따른 저수지의 물화학적 특성	136
(표 4-51) 저수지 유형별 농업용저수지	139
(표 4-52) 인공습지의 장단점	148
(표 4-53) 국내에 설치된 인공습지의 수처리 효율	150
(표 4-54) 휴경논의 수질정화 효과	158
(표 4-55) 침강지 유형별 수질정화율	162
(표 4-56) 조류제거 기법에 의한 수질정화 효율	165
(표 4-57) 토양 보존법	182
(표 5-1) 농업용수 수질관리시범지구 역할 분담	216

<그림 목차>

<그림 2-1> 수질오염총량관리 구역 구분 및 개념도	12
<그림 2-2> 수질오염총량관리제 추진체계	24
<그림 2-3> 3대강수계광역시·도 경계지점의 목표수질	28
<그림 2-4> 낙동강수계 총량관리 단위 구역도	29
<그림 2-5> 금강수계 총량관리 단위 구역도	30
<그림 2-6> 영산강·섬진강수계총량관리 단위구역도	31
<그림 2-7> 충청북도 오염총량관리 소유역도	34
<그림 2-8> 충청북도 총량관리 수립대상 지역	35
<그림 2-9> 충청북도 관할 단위구역 목표수질	36
<그림 2-10> 대전광역시 시행계획 대상구역도	41
<그림 2-11> 단위구역별 할당 부하량	44
<그림 2-12> 군산시 오염총량관리 구역도	46
<그림 3-1> 국내 수자원 이용 구성	53
<그림 3-2> 토질별 구역면적별 유사 전달비 (TRB, 1980)	65
<그림 4-1> 「친환경농업육성법」에서의 친환경농업의 범위.	72
<그림 4-2> 농업용수 수질관리 체계(현행)	96
<그림 4-3> 저수지표고와 Chl-a의 관계	134
<그림 4-4> Chl-a를 이용한 농업용 저수지의 유형분류	138
<그림 4-5> 수처리 방식에 따른 분류	143
<그림 4-6> 수질개선기법의 설치위치에 따른 분류	143
<그림 4-7> 지표흐름 인공습지 사례(전남 감둔저수지)	149
<그림 4-8> 지하흐름 인공습지 설계사례(전남 움천천)	151
<그림 4-9> 지하조합형 인공습지 설치사례(충남 신휴지)	151
<그림 4-10> 표준형 습식저류지의 구조도	152
<그림 4-11> 초생수로	153
<그림 4-12> 식생여과대 설치사례(경기도 용인)	154
<그림 4-13> 침투도랑의 설계 단면도 예	156
<그림 4-14> 생물포착지 설치사례	157
<그림 4-15> 접촉산화수로 설치사례	159
<그림 4-16> 자연형하천 조성사례	160
<그림 4-17> 사상성 조류매트 공법 설치사례	161
<그림 4-18> 침강지 설치사례(전남 감둔지)	162

<그림 4-19> 퇴적도 준설사례(서천 신구저수지)	163
<그림 4-20> 퇴적물 피복 개념도	164
<그림 4-21> 조류제거 기법 적용사례	165
<그림 4-22> 표층포기에 의한 수질정화 개념도	167
<그림 4-23> 폭기분수에 의한 수질정화 적용사례	168
<그림 4-24> 알루미늄염에 의한 응집침전 기작도	169
<그림 4-25> 인공식물섬 설치사례	170
<그림 4-26> 농경배수 무방류 물관리 결과	177
<그림 4-27> 자동관계 시스템(농림부, 2001)	178
<그림 4-28> 저방류 영농법(지수판)	179
<그림 4-29> 멀칭 논 농법	181
<그림 4-30> 밭에서의 멀칭 농법	184
<그림 4-31> 휴경지를 이용한 수질정화	186
<그림 4-31> 농업용수 수질관리체계 개선(안)	187
<그림 5-1> 자율환경관리 기본개념	195
<그림 5-2> 자율환경관리 단계별 추진절차	204

1. 서 론

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1.1.1 필요성

- 현행 농업용수 수질관리 수단인 농업용수 수질측정망 운영은 수질오염 추이를 파악하여 정책 기초자료로 활용하고 있으나 적극적인 사전감시 기능의 강화와 오염총량관리제를 농업용수 수질관리 측면에서 어떻게 확대 적용 가능한지 여부를 구조적으로 분석검토 할 필요가 있고
- 기존의 농업용수 수질관리 방법은 개별 오염원 중심의 농도규제 관리로 되어 있으나 국가수질관리정책이 지역의 환경용량과 오염원 분포를 고려하고 지역 환경관리의 목표에 따라 배출되는 오염물질부하량(배출총량)을 관리 규제하는 제도로 정책 변화함에 따라 이에 부응하는 적절한 농업용수 수질관리 방법도 변화가 요구 되고 있으나
- 향후 국가 수질관리 정책의 변화에 따른 합리적이고, 과학적이며 효율적인 농업용수 수질관리 기법이 정착되어야 하며,
- 안전한 농산물의 생산을 위한 국가기본자원인 깨끗한 용수를 안정적으로 공급하여 “농수산물의 품질인증” 등 먹거리의 안전성을 확보하는 데 기여 하기 위함
- 농촌지역의 수자원의 합리적 이용과 수리시설의 복합적인 기능을 확보하기 위함
- 공공수역 수질목표 달성을 위한 오염총량관리제의 시행은 주로 상수원관리를 목표로 하고 있으며 농업용수원에 대한 관리는 수량관리에 치중하고 있는 실정으로 농업용수 수질관리에 대해서는 아직 정책개발이 미흡한 상태로 이를 극복하기 위한 연구가 필요 함

- 농업용수수질관리 측면에서 오염총량관리제의 기본계획에 반영할 사항, 실시계획에 반영할 사항 등에 대한 검토가 이루어져야 하며, 정부 부처간, 지자체간 역할분담에 대한 명확한 대안 마련이 요구 됨
- 공공수역의 일부분인 농업용수원의 수질관리의 과학화 및 체계화가 필요하며, 효율적인 농업용수 수질관리수단으로 오염총량관리제에 적극 반영이 가능할 것으로 기대

1.1.2. 연구목적

1) 연구목적

- 신개념 농업용수 수질관리 체계 정립 및 기법 제시

2) 연구 목표

- 오염총량관리 제도하에서의 농업용 저수지의 기능을 평가하고 기능향상을 위한 수질관리기법 제시
- 현행 수질개선 사업의 타당성 및 신개념 추진 체계 정립

1.2 연구의 범위 및 내용

1.2.1 연구의 범위

본 연구는 수질오염 총량제 시행에 따른 효율적인 농업용 호소의 수질관리 기법 연구로 농업용 저수지의 수질을 효율적으로 관리하기 위해 총량제 시행 계획 사례조사, 저수지의 수질개선 기능 고찰, 현행 수질관리 문제점 분석과 개선 방안을 도출

1.2.2 연구내용

1) 국가 수질오염 총량관리제의 구조적 분석

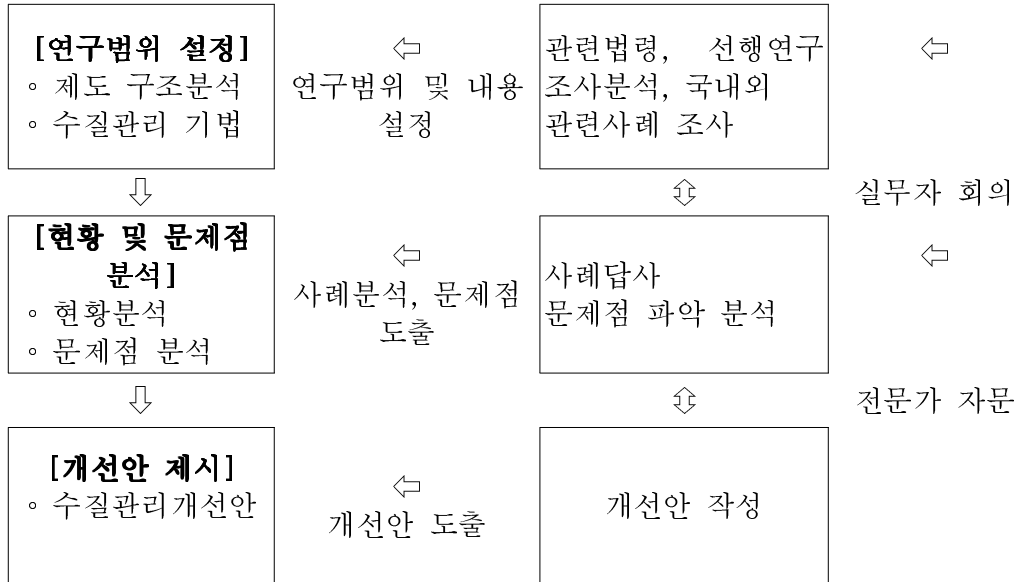
- 오염총량관리제 관련 4대강 특별법, 훈령, 예규, 고시, 지침의 내용 분석
- 총량관리 기본계획-실시계획의 지역적 적용 특성 분석
 - 기본계획 수립 : 목표수질 설정방법, 오염부하량 할당
 - 시행계획 수립 : 시행계획 기초조사, 개별 배출원 할당
 - 제도시행에 따른 문제점 도출
- 농업용수 수질관리 목표설정 및 총량관리제 적용성 평가

2) 농업용수 수질관리 체계정립

- 현행 농업용수 수질관리 체계의 분석 평가
 - 조사 : 오염원조사, 조사시기, 조사횟수, 조사항목, 조사방법 등
 - 평가 : 조사결과 평가기법
 - 수질개선계획 : 계획내용 및 수립절차 등
- 국가 수질오염총량관리제와 연계관리 방법 제시
 - 조사기법, 예측방법, 평가방법, 수질개선계획 수립 방법 등
- 소유역별 자율환경관리제도 도입방법 검토
 - 주민참여제도 유인에 의한 자율환경관리제도로 발전 방안 제시
- 농업용수 조사사업의 개선방안 제시
 - 수질측정망 운영개선 방안 제시

3) 연구흐름도

- 연구목표달성을 위해서 연구범위를 설정하고 현황 및 문제점을 분석하여 개선안을 제시



1.3 연구 추진 방법

1.3.1 연구진 구성

-농업용수수질관리 분야에 이론과 경험이 풍부한 수질환경 및 농업토목 전문가로 구성

1.3.2 연구추진방법

- 현행 법령 및 상위계획에 근거한 지침, 요령, 기준 등을 근간으로 하고, 기존 연구 자료를 최대한 활용

- 연구결과의 활용성을 높이기 위하여 관련분야의 관계 공무원 및 대외 전문가를 초빙하여 자문위원회 및 실무자 회의를 구성·운영하여 의견 수렴

1.4 기대효과 및 실용화 계획

1.4.1. 기대효과

- o 농업용수 수질관리 정책기술 개발
- o 새로운 국가 수질관리 정책의 조기정착 기대
- o 농업용수 수질관리 사업 효율화로 사업비 절약
- o 안전농산물 생산을 위한 기반 구축 기대

1.4.2. 활용방안

- o 농업수질관리 사업
 - 농업용수 수질관리사업 추진 관련기관
- o 정책(또는 사업) 반영내역 및 계획
 - 농림사업 시행지침서에 반영
- o 사업부서 교육 및 기술지원 내역 및 계획 등 기타활용 방안
 - 수질관리 담당자에게 수시교육 자료로 활용

2. 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점

2. 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점

2.1 수질오염총량제의 이해

수자원 관리를 위한 지난 수 십 년간의 노력에도 불구하고 수질관련 문제는 지속적으로 발생하고 있으며, 이해 당사자 간의 갈등과 분쟁도 끊이지 않고 있다. 그간 시행된 수질오염물질의 농도규제 정책은 오염배출업소 증가로 인한 오염총량의 증가를 억제할 수 없어 수질개선에 한계를 보여 왔다. 이에 정부는 배출농도 규제방식의 수질관리로는 4대강 상수원의 수질개선이 어려워 4대강 특별법 제정과 수질 및 수생태 보전에 관한 법(제4조)에 근거하여 목표수질 기준한도에서 유역의 오염물질 배출량을 총체적으로 관리하는 오염총량 관리체도를 새로이 도입하여 추진하고 있다. 이러한 수질오염총량제를 시행하는 국가는 미국을 포함하여 일본, 유럽연합 등이며 지속적으로 제도개선과 관리수단의 선진화를 통해 수질개선을 도모하고 있다.

2.1.1 수질오염 총량제의 기본개념

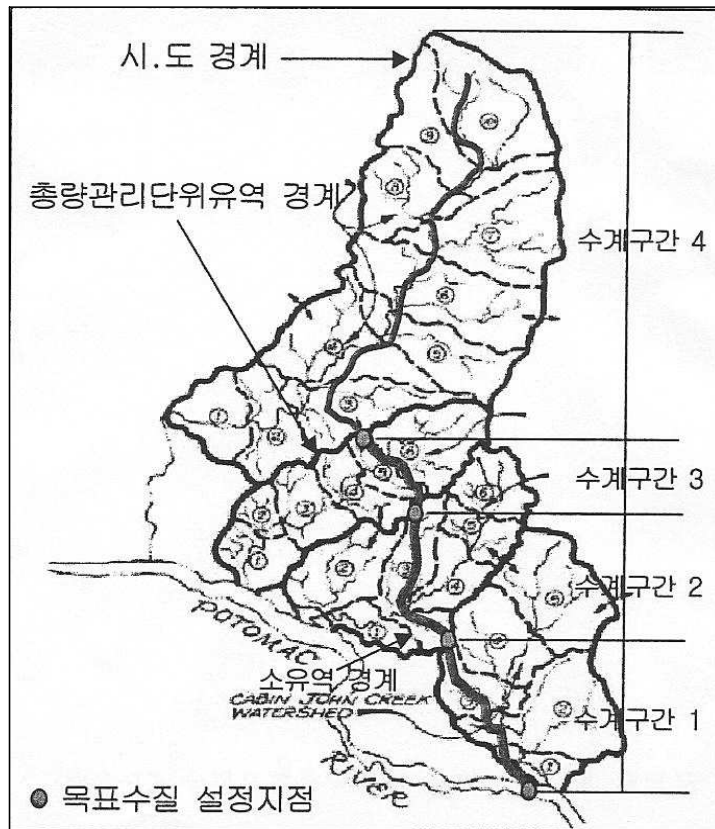
수질오염총량관리제도는 “관리하고자 하는 하천의 용수목적 등에 맞는 목표수질을 설정하고, 목표수질을 달성·유지하기 위한 수질오염물질의 허용부하량을 산정하여 해당 하천수계의 배수구역에서 배출되는 오염부하 총량이 설정된 목표수질을 달성할 수 있는 허용량 이하가 되도록 규제 또는 관리하는 제도(환경부, 2003)이다.

이는 해당 시·군에서 배출시킬 수 있는 오염물질 배출 허용량을 정해놓고 이 한도를 지킬 경우 자율적인 개발을 허용하려는 제도로서 오염부하량의 삭감계획 등이 포함된 지역 수질관리를 위한 오염총량관리계획을 시장·군수가 자발적으로 수립하여 환경부장관의 승인을 얻어 자체적으로 추진하게 된다. 따라서 오염총량관리계획은 시장·군수가 지역내에서 발생하는 오염부하량과 지역개발계획으로 인해 증가한 오염부하량을 총량적으로 관리하게 되며, 이에 따라 총량관리대상 오염물질의 종류, 총량관리의 목표, 기간, 오염부하량

산정·평가기준 등 시장·군수가 준수해야 할 오염총량 관리계획수립 지침은 환경부장관이 고시하게 된다.

이와 같은 수질오염총량제를 도입하게 된 배경에는 수도권 수질개선을 위한 정부의 노력에도 정책성과가 미비하여 국민의 상수도에 대한 불신 및 과거 면적 규제제도의 폐해에 대한 반성에 따른 것이다.

우리나라의 수질오염총량제는 과학적 토대 위에서 수계구간별 기준유량과 목표수질을 설정하고, 수질모델링 기법 등을 통하여 기준유량 조건에서 이를 달성·유지하기 위한 허용부하량을 산정하여, 해당 총량관리 단위구역내에서 배출되는 오염물질의 총량을 할당부하량 이내로 관리하는 제도이다.



<그림 2-1> 수질오염총량관리 구역 구분 및 개념도

대상물질, 기준유량 등 제도시행에 필요한 기본사항 및 총량관리계획 수립 지침 등은 환경부 훈령으로 규정한 기본방침에서 정하고 있으며, 목표수질은 광역시·도 경계지점은 환경부장관이 설정하고 시·도 관할지점은 환경부장관의 승인을 얻어 광역시·도지사가 설정하도록 하고 있다.

광역시·도지사는 환경부장관이 설정한 목표수질을 달성·유지할 수 있도록 단위유역별, 기초자치단체별 할당부하량을 결정하는 기본계획을 수립하여야 하며, 목표수질을 초과한 단위유역에서는 기본계획에서 정해진 할당부하량을 충족하도록 지역개발계획과 삭감계획을 결정하는 시행계획을 수립하여야 한다. 또한 시행계획을 수립한 시·군은 시행계획에 대한 전년도 이행사항을 평가받아야 한다.

2.1.2 수질오염 총량제의 도입배경

하천의 허용 오염부하량을 고려하지 않는 배출허용기준 중심의 농도규제만으로는 오염부하의 양적 증가에 대한 통제가 어려웠고, 중하류에 인구 및 산업시설이 과도하게 밀집되어 있는 우리나라 하천의 특성상 과거의 농도규제 방식만으로는 환경기준 달성에 한계가 있었다(표 2-1).

이에 정부는 「팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책(‘98.11.20 수립)」을 수립하면서 “지역의 총오염부하량을 감소시키면서 지역개발 욕구의 자율조절을 유도”하는 총량관리제도를 공식적으로 도입하게 되었다. 그 후 「한강수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률(‘99.2.8)」에서 “팔당호 상류수계의 원하는 자치단체에 한하여 시장 및 군수가 지역수질을 고려하여 총량관리계획을 수립한 후, 환경부장관의 승인을 얻어 실시”하는 시행근거가 마련되었다.

(표 2-1) 농도규제와 총량관리의 비교

구 분	농도규제	총량관리
규제방식	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐수중 오염물질농도를 규제 * 농도(C)= 오염부하량(L)/폐수량(Q) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐수중 오염물질의 총량을 규제 * 오염부하량(L)= 농도(C)×폐수량(Q)
환경기준과 관계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 간접적 - 폐수배출시설에만 환경기준에 따라 3단계의 차등기준 적용 - 하수처리장 등에는 환경기준과 관계없이 전국일률기준을 적용 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 직접적 - 환경기준을 달성할 수 있는 허용부하량 이내로 배출 오염물질의 총량을 할당·규제
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기준설정 용이 - 지역별로 기준농도만 정하면 되므로 기준설정이 용이 - 업소별 기준을 설정하지 않음에 따라 기준설정의 불공평 등 시비 소지가 없음 ○ 집행용이 및 저비용 - 순간의 채수에 의한 농도검사만으로 기준 준수여부 확인 가능하므로 단속 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규제의 효과가 높음 - 배출되는 오염물질의 총량이 환경용량이하로 항상 유지되므로 환경기준 준수가 보장됨 ○ 오염자간 형평성 유지 - 오염물질 다량 배출자에게는 많은 부담을, 소량 배출자에게는 적은 부담을 주게됨
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 규제효과 미흡 - 오염원 밀집지대 또는 폐수 다량 배출업소가 있는 경우 농도기준을 준수하더라도 오염물질 배출총량은 다량이 되어 환경기준 준수가 곤란 ○ 소규모 배출자에게 불리 - 폐수량의 다소에 관계없이 동일 농도 기준이 적용되어 폐수가 적을수록 오염물질을 적게 내보내게 됨 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 허용 오염총량의 설정이 어려움 - 수역별 오염원현황, 하천유량, 자연정화율, 환경기준(목표수질)등 방대한 정보를 바탕으로 모델링하여, 수역별 허용부하량을 산정하고 - 허용부하량 범위내에서 오염원별로 허용오염물질 총량을 정해주어야 하나 - 입력정보, 모델링 기법, 허용총량의 배분방법 등의 정확성에 대한 논란의 소지가 많음 ○ 집행이 어렵고 비용이 많이 든다. - 순간의 채수만으로 일정기간동안 허용총량 이내로 배출하였는지 알 수 없어 단속에 애로

정부는 「낙동강수계 물관리종합대책(‘99.12.39 수립)」과 「금강수계 물관리종합대책, 영산강수계 물관리종합대책(‘00.10.24 수립)」을 확정하면서, 지역의 환경용량 한도에서 지방자치단체가 자율적으로 환경친화적 지역개발을 조화롭게 추진함으로써 수질목표를 달성하는 총량관리제를 의무적으로 실시키로 하였으며, 3대강별 「수계물관리및주민지원등에관한법률(‘02.1.14 공포)」에서 법적 시행근거가 마련되었다. 이 법에서 광역자치단체와 기초자치단체

는 각각 오염총량관리 기본계획과 오염총량관리 시행계획을 수립하여 자치단체의 규모별로 단계적으로 시행키로 되어 있으며, 정부는 이에 대한 시행령, 시행규칙 및 오염총량관리 기본방침을 수립하였다(표 2-2).

(표 2-2) 수질오염총량관리제 도입 배경

팔당호 등 상수원의 수질 개선을 위한 사후처리의 한계	-오염원 차원의 관리대책 -처리장 확충효과의 한계 극복 -과학적 수단을 통한 관리의 필요성
지속적인 행위제한에 대한 지역주민의 반발	-규제의 타당성에 대한 재검토 필요 -합리적인 지역개발 전략이 필요 -규제지역 주민에 대한 지원필요
수질문제와 관련된 상·하류 간의 갈등 심화	-하류지역 수질의 안정성 확보 -물이용과 관련된 이해당사자 간의 공정한 역할 및 책임 분담의 필요성
과학적인 관리 수단의 발전과 적용 가능성	-오염원 및 처리시설에 대한 행정통계 확보 -부하량 및 배출경로에 대한 이해 증진 -수질모델 등을 이용한 부하량-수질간의 정량적 관계추정 -수질모니터링 및 감시기술의 개발
수질개선을 위한 정부의 정책의지 표명	-수동적 관리에서 적극적 수질관리 -단편적 관리에서 종합적 수질관리 -하향식에서 상향식 수질관리로 전환

자료: 이창희, 4대강수계 수질오염총량관리제 시행체제 및 문제점

- 1998.11. 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책
- 1999.02. 한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률
- 1999.09. 한강수계 오염총량관리계획 수립지침
- 1999.12. 낙동강수계 물관리종합대책
- 2000.10. 금강수계 및 영산강수계 물관리종합대책
- 2002.01. 3대강 수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률

2.1.3 수질오염 총량제의 관리체계

1) 수질오염총량관리제 개요

오염총량관리제도는 관리하고자 하는 하천의 목표수질을 정하고, 목표수질을 달성·유지하기 위한 수질오염물질의 허용부하량(허용총량)을 산정하여, 해당 유역에서 배출되는 오염물질의 부하량(배출총량)을 허용총량 이하로 규제 또는 관리하는 제도이다. 오염총량제의 도입은 기존 수질오염관리정책의 획기적인 전환이라고 할 수 있다. 지금까지의 개별오염원 중심의 규제에서 지역 오염총량규제를 추가한 전방위적 규제방식으로의 전환이다. 또한 오염관리 주체의 측면에서는 중앙정부 중심에서 중앙정부와 지자체의 공동정책 더 나아가서는 오히려 지자체 중심으로 전환되는 것이다.

(1) 수질오염총량관리제 시행을 위한 법

오염총량관리제는 낙동강수계물관리종합대책(1999.12), 금강수계물관리종합대책 (2000.10), 영산강수계물관리종합대책(2000.10)에 근거하고 있다. 이 3대 강수계 물관리종합대책을 법적으로 뒷받침하는 「낙동강, 금강, 영산강·섬진강수계물관리및주민지원등에관한법률」(2002.7.15)과 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(2007.5)이 제정됨으로써 법적 시행근거가 마련되었다. 한강의 경우는 예외적으로 오염총량관리제를 잠실수중보 상류 유역의 시·군에만 적용하되 자율적 결정에 맡김으로서, 3대강유역과 다른 형태로 적용되었으나, 최근 협의에 의해 강제적 적용의 기반을 마련하였다(표 2-3).

(표 2-3) 수질오염총량관리 시행을 위한 법

수계	법류/지침	특징
한강수계	한강수계상수원수질개선 및주민지원등에관한법률(1999) -한강수계수질오염총량관리계획수립지침고시(1999)	-임의적 수질오염총량관리제도 -수변구역지정, 물이용부담금 도입
3대강수계	낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률, 금강수계물관리및주민지원등에관한법률, 영산강·섬진강물관리및주민지원등에관한법률(2002) -3대강수계 목표수질설정, 수계구간 및 유역고시(2002) -3대강수계 오염총량관리기본방침 훈령(2002) -수계오염총량관리기술지침(2002) -낙동강수계 목표수질달성·유지 인정을 위한 평가규정(2004) -오염부하량 할당대상자가 설치해야하는 측정기기의 종류 및 부착방법 고시(2004)	-의무적 수질오염총량관리제도 -수변구역지정 물이용부담금 도입
기타수계	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률(제4조)	-수질 및 수생태계의 목표 기준 달성 여부를 평가한 결과 그 기준을 달성·유지하지 못하는 지역 등

(2) 오염총량관리계획 개요

시장·군수는 지역개발계획의 구체적인 내용, 지역 내에서 발생하는 오염 부하량의 총량 및 연차 별 삭감계획, 지역개발계획으로 인한 오염 부하량 및 오염 부하량 삭감계획 등이 포함된 지역 수질관리를 위한 오염총량관리계획을 수립하여 환경부 장관의 승인 후 시행하도록 한다. 총량관리대상 오염물질의 종류, 총량관리의 목표, 기간, 오염 부하량 산정·평가기준 등 시장·군수가 준수해야 할 오염 총량관리 계획 수립 지침은 환경부 장관이 고시하며, 오염총량관리계획의 주요 내용은 다음과 같다.(표 2-4)

(표 2-4) 오염총량관리계획 주요 내용

대상오염물질	I 단계(2004~2010)는 BOD 원칙적으로 BOD를 대상으로 하며 생활계, 산업계, 축산계 및 비점오염원에 적용 II 단계(2011~2015)는 BOD와 T-P(금강권역은 대청호상류 지역에 한함) 적용	
오염부하량의 산정	인구, 산업, 축산, 토지 등 오염원 별로 오염부하량을 산출하기 위해 발생, 삭감, 배출 원단위를 표준화하고 시·군별로 실시한 오염원 전수조사 결과에 표준 원단위를 적용하여 오염 부하량을 산정	
목표수질	오염총량관리 목표수질은 용도(상수원수, 농업용수 등), 오염원 밀도, 지역 개발정도, 환경기초시설 투자정도, 수량 및 수질, 수중생태계의 건전성 등을 고려하여 설정	
	낙동강 수계	물금 상수원 수질을 2급수로 달성·유지하는 것을 목표로 개발지역과 낙후지역간 형평성, 그간의 수질개선노력 등을 고려하여 하천수질이 BOD1.5mg/L를 초과하는 지역은 삭감량을 할당, 그보다 양호한 지역은 허용량 부여
	금강·영산강 수계	2003년 목표수질 측정결과와 과거 3년간 인접 수질측정망 측정결과와의 평균치를 초과하지 않은 수준으로 설정(Anti-degradation원칙) 2000년 물관리종합대책 수질목표를 크게 상회하지 않는 수준으로 설정
목표연도의 오염총량 및 삭감방법	목표 연도의 오염총량은 목표연도의 예상 배출부하량에서 삭감 가능량을 제한한 것이며, 목표 연도 내에서 연차적으로 삭감하여 달성, 총량 관리계획의 적정한 이행과 이행상황 평가를 위해 연차별 삭감 목표량을 설정하여 관리, 해당연도의 삭감목표량은 삭감가능량을 고려하여 설정하되, 오염부하량이 전년도의 오염부하총량을 초과하지 않도록 설정	
오염부하량 할당방법	오염부하량의 할당은 목표수질을 초과한 오염총량관리 단위유역내의 하수 및 오·폐수처리시설 등 점오염원, 농업, 축산 등 비점오염원 등 모든 수질오염원을 대상으로 하며, 단위 유역별→소유역별, 지자체별(기본계획)→오염원그룹별→사업장별 할당(시행계획)으로 이루어짐. 할당시 ① 실행가능성 ② 형평성 ③ 오염삭감비용④ 지역의 정책을 고려함	

자료: 문현주 등, 총량관리체계하에서의 지역환경관리(2005)

2) 수질오염총량제 추진체계

오염총량관리제의 주요 추진절차는 다음과 같다<그림 2-2>.

- ① 환경부장관이 수계구간 설정 및 수계구간별 목표수질 고시
- ② 환경부장관이 기본방침을 수립하여 광역시장 및 도지사에게 통보
- ③ 광역시장 및 도지사는 기본계획 승인신청 전까지 환경부장관의 승인을 얻어 관할구역 수계구간의 목표수질을 공고
- ④ 광역시장 및 도지사는 기본방침과 목표수질을 기준으로 총량관리 기본계획을 수립하여 환경부장관에게 승인 신청
- ⑤ 시장, 군수는 기본계획에서 지정한 지역별 할당부하량을 준수할 수 있도록 시행계획을 수립하여 도지사(광역시장은 지방환경관서의 장)에게 승인 신청

(1) 목표수질의 설정

목표수질은 오염총량관리 목표설정을 위한 기준치로서, 물사용 용도, 오염원 밀도, 지역개발 정도, 환경기초시설 투자정도, 수량 및 수질, 수중 생태계의 건전성 등을 고려하여 설정한다. 광역시·도 관할지점은 시·도지사, 광역시·도 경계지점은 환경부장관이 설정한다.

(2) 오염총량관리계획의 수립 및 승인

목표수질을 달성 유지할 수 있도록 소유역별, 기초자치단체별 오염물질 할당부하량을 결정하는 기본계획, 기본계획에서 정해진 소유역별, 기초자치단체별 오염부하량 할당량을 충족하도록 지역개발계획과 오염사감계획을 결정하는 시행계획 등 오염총량관리계획을 수립하고 관계 전문가 및 지역주민의 의견을 수렴하여 승인신청을 한다.

기본계획은 시·도지사가 수립하여 환경부장관이 승인하며 기본계획 보고서에 포함되야 할 사항과 승인신청시 제출자료는 (표 2-5)와 같다.

(표 2-5) 기본계획 보고서에 포함되어야 할 사항

목 차	내 용
1.기본계획 개요	1-1. 계획수립 주체 1-2. 계획수립 목적 및 범위 1-3. 계획수립 추진경과 1-4. 기본계획 요약(총량관리단위유역별로 요약) ○ 총량관리단위유역별 유역개요, 수질현황, 목표수질 ○ 총량관리단위유역별 오염원 현황 및 전망 ○ 총량관리단위유역별 오염부하량 현황 및 전망 ○ 총량관리단위유역별·지방자치단체별 할당부하량 ○ 시행계획 수립대상 총량관리단위유역
2.유역환경 조사	2-1. 유역구분 ○ 총량관리단위유역의 소유역 구분 ○ 오염총량관리유역도(1/10만) 작성 제시(보고서 수록이 곤란한 경우 보고서에는 축소분을 수록하고 원본은 별도 제출) ※ 유역도 작성방법 - 총량관리단위유역 경계선은 빨간색 실선, 소유역 경계는 녹색실선, 하천은 청색 실선으로 표시 - 단위유역, 소유역, 행정구역, 하천명칭(기호)을 표시 - 행정구역별 표시색상 구분 2-2. 수계환경자료 조사 ○ 총량관리단위유역별 또는 소유역별 수계환경자료 2-3. 토지이용 지정실태조사 ○ 총량관리단위유역별 또는 소유역별 지역·지구·구역의 지정현황 ○ 토지지정 현황도(1/10만 평면도)를 작성하여 제시
3.오염원 조사	3-1. 오염원 조사방법 및 조사결과 ○ 총량관리단위유역별·소유역별·행정구역별 오염원 3-2. 오염원 예측방법 및 예측결과 ○ 총량관리단위유역별·소유역별·행정구역별 장래오염원
4.개발계획 및 삭감계획 현황조사	4-1. 개발계획 조사 ○ 총량관리단위유역별·지방자치단체별 개발계획 현황 4-2. 삭감계획 조사 ○ 총량관리단위유역별·지방자치단체별 삭감계획 현황

목 차	내 용
5.오염부하량 산정	5-1. 오염부하량 산정방법 5-2. 오염부하량 산정결과 ○ 총량관리단위유역별·소유역별 오염부하량
6.수질모델 구축	6-1. 수질모델의 선정 6-2. 수계 모식도 작성 6-3. 수질모델의 보정 및 검증
7.총량관리 단위유역 목표수질 설정	7-1. 기준유량 산정 ○ 기준유량 산정방법 및 산정결과 7-2. 목표수질 설정 ○ 총량관리단위유역 목표수질 설정방법 및 설정결과
8.총량관리 할당부하량 산정	8-1. 오염부하량 할당방법 ○ 고려대상 할당방법의 종류 및 결정과정 ○ 총량관리단위유역 오염부하량 할당에 적용된 할당방법 8-2. 기준배출부하량 산정 ○ 수질모델링 ○ 기준배출부하량 8-3. 할당부하량 산정 ○ 총량관리단위유역별·소유역별 할당부하량 ○ 지방자치단체별 할당부하량
9.지역개발 부하량및 삭감목표 부하량	9-1. 지역개발부하량 및 개발계획 ○총량관리단위유역별·소유역별·지방자치단체별 지역개발 부하량 ○총량관리단위유역별·소유역별·지방자치단체별 지역개발계획 9-2. 삭감목표부하량 및 삭감계획 ○총량관리단위유역별·소유역별·지방자치단체별 삭감목표 부하량 ○ 총량관리단위유역별·소유역별·지방자치단체별 삭감계획
10.시행계획 수립대상지역	10-1. 총량관리단위유역 목표수질지점 수질평가 10-2. 시행계획 수립대상 총량관리단위유역
※ 승인신청시 제출자료	① 유역환경조사 자료 ② 오염원 현황 및 예측자료 ③ 오염부하량 산정자료 ④ 수질모델링 보정 및 검증자료 ⑤ 기준유량 산정자료 ⑥ 할당부하량 산정에 이용된 수질모델링 자료 ⑦ 기준배출부하량 산정자료 ⑧ 총량관리단위유역별·소유역별 할당부하량 산정자료 ⑨ 지방자치단체별 할당부하량 산정자료

근거: 3대강 수계 오염총량관리기본방침 제17조(별표2와 3)

시행계획은 시장·군수가 지침에 따라 수립하여 시·도지사 또는 지방환경 관서장의 승인을 얻으며 시행계획 보고서에 포함되어야 할 사항과 승인신청 시 제출자료는 (표 2-6)과 같다.

(표 2-6) 시행계획 보고서에 포함되어야 할 사항

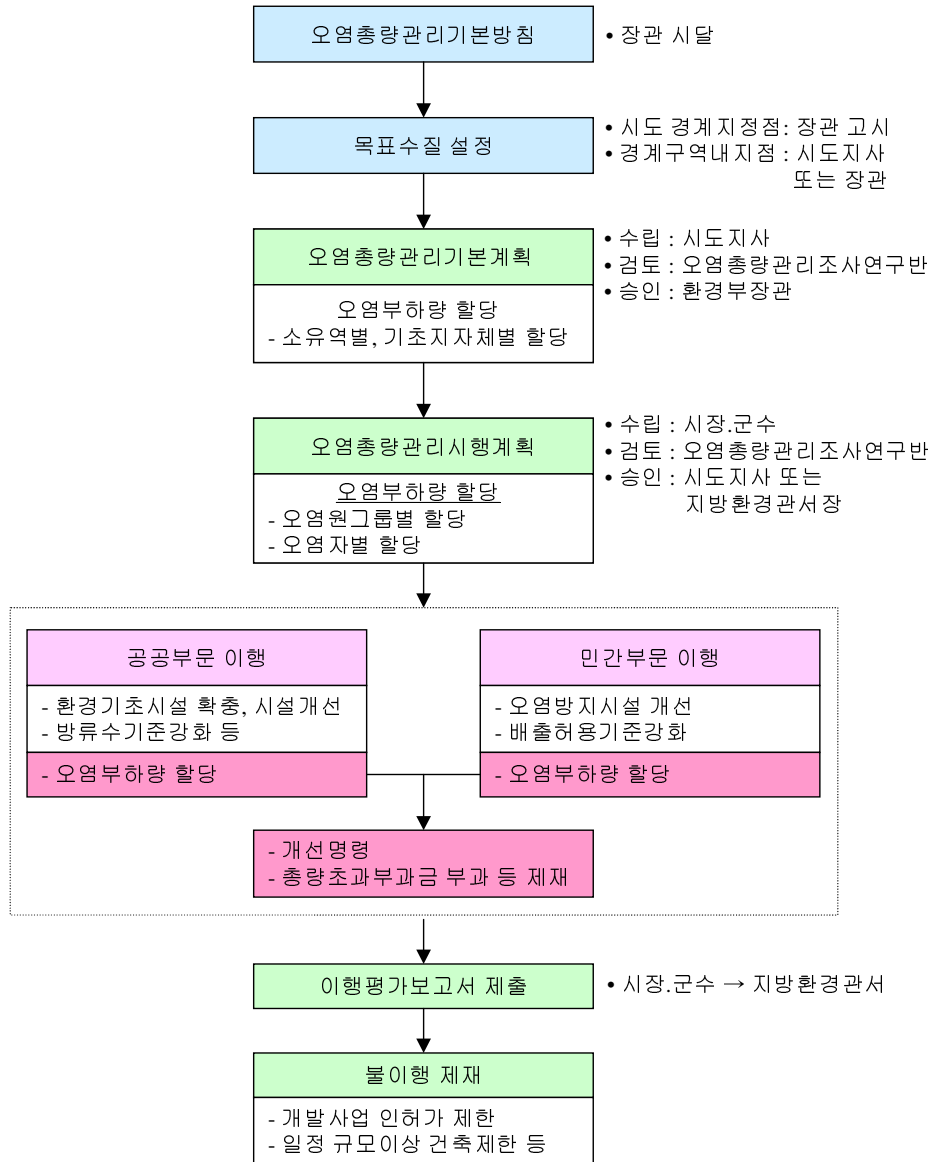
목 차	내 용
1.시행계획 개요	1-1. 계획수립 주체 1-2. 계획수립 목적 및 범위 1-3. 계획수립 추진경과 1-4. 총량관리 목표 1-5. 시행계획 요약 <ul style="list-style-type: none"> ○ 시행계획 대상유역 ○ 오염원 현황 및 전망 ○ 오염부하량 현황 및 전망 ○ 지역개발계획 ○ 총량관리 할당부하량 ○ 연차별 할당부하량 ○ 개별오염원 할당내역 ○ 이행관리 및 이행평가계획
2.시행계획 대상유역	2-1. 시행계획 대상유역 현황 <ul style="list-style-type: none"> ○ 시행계획 수립대상 총량관리단위유역·관할 지자체 유역현황 2-2. 시행계획 대상유역의 소유역 구분 <ul style="list-style-type: none"> ○ 대상유역 중 관할지역의 소유역 구분
3.오염원 조사	3-1. 오염원 조사 <ul style="list-style-type: none"> ○ 소유역별·행정구역별 오염원 3-2. 오염원 예측 <ul style="list-style-type: none"> ○ 소유역별·행정구역별 장래오염원
4.개발계획 및 삭감계획 조사	4-1. 개발계획 조사 <ul style="list-style-type: none"> ○ 관할지역 개발계획 및 개발에 의한 오염원변화 조사 4-2. 삭감계획 조사 <ul style="list-style-type: none"> ○ 관할지역 삭감시설 설치계획 및 삭감목표부하량
5.오염부하량 산정	5-1. 자연증가에 의한 오염부하량 산정 <ul style="list-style-type: none"> ○ 오염원그룹별·소유역별 오염부하량 5-2. 개발사업에 의한 오염부하량 산정 <ul style="list-style-type: none"> ○ 오염원그룹별·소유역별 오염부하량 5-3. 삭감계획을 고려한 오염부하량 산정 <ul style="list-style-type: none"> ○ 오염원그룹별·소유역별 오염부하량

목 차	내 용
6.수질모델링	6-1. 목표수질 및 기준유량 ○ 시행계획 총량관리단위유역 목표수질 및 기준유량 6-2. 수질모델링 ○ 소유역별 최종부하량 변화에 대한 총량관리단위유역 목표수질 만족여부 검토
7.연차별 총량관리 부하량	7-1. 최종연도 총량관리 부하량 ○ 최종연도의 기존오염원부하량, 자연증가부하량, 지역개발부하량, 삭감목표부하량, 최종부하량 7-2. 연차별 총량관리 부하량 ○ 오염원그룹별 연차별 할당부하량 ○ 오염원그룹별 연차별 지역개발부하량 ○ 오염원그룹별 연차별 삭감목표부하량 ○ 오염원그룹별 연차별 여유부하량 ○ 연차별 총량관리 부하량 총괄표
8.삭감이행계획	8-1. 할당방법에 의한 삭감이행계획 ○ 할당대상시설의 삭감이행계획 8-2. 기타방법에 의한 삭감이행계획 ○ 할당대상시설이외의 오염원에 대한 삭감이행계획
9.이행모니터링 및 이행평가계획	9-1. 이행모니터링 계획 ○ 개별할당시설 수질·유량 모니터링 ○ 수계구간 주요하천 수질·유량 모니터링 9-2. 이행평가계획 ○ 이행사항 평가를 위한 계획
※ 승인시청시 제출자료	①오염원 현황 및 예측자료②오염부하량 산정자료③오염원그룹별 할당부하량 산정자료④오염원그룹별 지역개발부하량 산정자료⑤연차별 오염원그룹별 지역개발부하량 산정자료⑥개발계획별 부하량 중 할당대상자별 할당부하량 산정자료⑦개발계획별 부하량 중 할당대상자이외의 오염원에 대한 부하량 산정자료⑧연차별 여유부하량 산정자료⑨연차별 삭감목표부하량 산정자료⑩할당대상자의 연차별 삭감목표부하량 산정자료⑪할당대상자이외의 오염원에 대한 연차별 삭감목표부하량 산정자료

근거: 3대강 수계 오염총량관리기본방침 제25조(별표4와 5)

이 경우 오염부하량 및 삭감량 산정 등 전문적 사항에 대해 오염총량관리 조사·연구반의 검토를 통해 전문의견을 수렴하도록 한다.

오염총량관리제 추진체계



<그림 2-2> 수질오염총량관리제 추진체계

(3) 오염총량관리계획의 시행

오염총량관리계획이 승인·공고되었을 경우, 시장·군수는 계획대로 오염총량 관리계획을 성실히 이행하여야 한다. 지역내 오염총량 관리계획의 이행을 위해 광역시·시·군 및 지방환경관서는 할당된 오염부하량 또는 지정된 배출량을 초과하여 배출하는 사업자에 대하여 개선 등 필요한 조치 명령, 조업정지 또는 시설폐쇄 명령 등을 할 수 있으며, 총량초과 부과금을 부과할 수 있다.

(4) 이행상황의 평가 및 제재조치

시행계획을 수립한 광역시장·시장·군수는 환경부장관이 고시하는 ‘오염총량관리시행계획 이행평가지침’에 따라 매년 이행평가보고서를 작성하여 지방환경관서장 및 수계관리위원회에 제출하고, 지방환경관서장은 조사·연구반의 검토를 거쳐 오염총량관리의 원활한 이행을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 광역시장·시장·군수에게 필요한 조치나 대책을 수립·시행하도록 요구할 수 있다. 이행평가에 따라 필요한 경우, 개발사업의 승인이나 시설허가 등의 제한, 재정적 지원의 중단·삭감 등 조치를 할 수 있다.

(5) 총량관리계획의 이행

① 할당부하량 및 배출량 미 이행시 제재

이행시기 이후 할당된 오염부하량 또는 배출량을 초과하여 배출한 오염부하량 할당 대상자에 대하여 총량초과부과금을 부과한다.

② 조치명령

할당부하량 및 배출량 초과 배출 사업자에 대하여는 오염방지시설의 개선 등 필요한 조치명령을 취하고, 이를 이행하지 않는 경우 조업정지 또는 과징금을 부과하거나 시설폐쇄 명령을 내릴 수 있다.

③ 건축허가의 제한

3대강 특별법에 의하여 광역시장·시장·군수 등 관계기관은 목표수질을 초과하는 경우 건축물의 신축을 제한할 수 있다.

(6) 시행계획 이행평가

광역시장·시장·군수는 매년 이행평가서를 작성하여 지방환경관서 및 수계관리위원회에 제출하며, 지방환경관서는 이행평가서를 검토하고 원활한 이행을 위해 필요한 사항에 대하여 대책수립 및 시행을 요구한다.

(7) 오염총량관리 불이행에 대한 제재

광역시장·시장·군수는 오염총량관리기본계획 또는 시행계획을 수립·시행하지 않거나 할당된 오염부하량을 초과하는 경우 1단계 개발제한이 이루어진다.

관계행정기관의 장이 제1단계 승인, 허가 등의 제재를 하지 않거나,광역시장·시장·군수가 지방환경관서에서 오염총량관리시행계획 이행평가서 검토 후 필요한 조치나 대책수립 등 요구사항을 이행하지 않은 경우는 2단계 제재로 재정적 지원의 중단 또는 삭감 그 밖의 필요한 조치, 폐수배출시설의 설치 또는 변경을 제한한다.

2.1.4 수질오염 총량제의 추진현황

수질오염총량관리제는 2004년부터 2010년까지 제1단계가 수립되어 추진중에 있으며 이후 5년 단위로 새로운 계획을 수립할 예정이다. 1단계 기간 동안에는 생화학적산소요구량(BOD)만이 대상으로 오염총량제를 실시하였으며, 2단계 이후부터는 대상물질을 더욱 확대해 나갈 계획이며, 2단계는 BOD와 TP(전인)을 대상으로 오염총량제를 실시 할 예정이다. 제1단계 총량관리계획 추진현황은 4대강 수계별로 살펴보면 다음과 같다.

1) 한강 수계

- '04.07. 경기도 광주시 총량관리계획 승인
- '07.09. 경기도 광주시 2006년 이행평가 완료
- '07.11. 경기도 광주시 총량관리계획 변경 승인
- '07.01.~현재 경기도 광주시 2006년 이행평가 완료
- '08.03.~현재 경기도 광주시 2007년 이행평가

2) 낙동강 수계

- '03.09. 낙동강수계 광역시·도 경계지점 목표수질 고시
(환경부고시 제 2003-156호(2003.9.3))
- '04.07. 부산광역시 기본계획 승인
- '04.08. 대구광역시 기본계획 승인
- '05.02. 경상남도 기본계획 승인
- '05.03. 경상북도 기본계획 승인
- '05.05. 강원도 기본계획 승인
- '05.12.~'06.10. 진주시 등 18개 시·군 시행계획 승인

3) 금강 수계

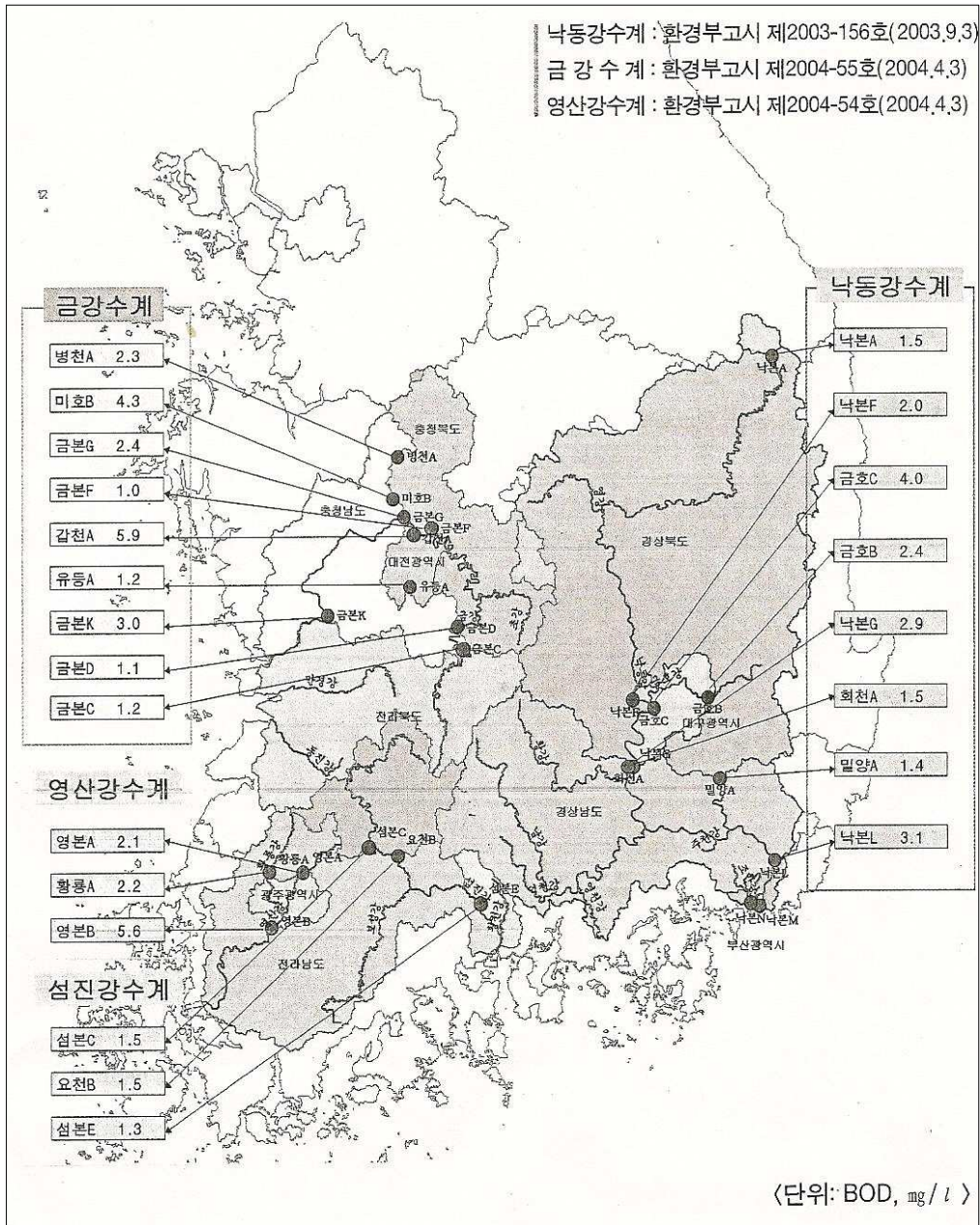
- '04.04. 금강수계 광역시·도 경계지점 목표수질
고시(환경부고시 제 2004-55호(2004.4.3))
- '05.03. 충청북도, 충청남도, 대전광역시 기본계획 승인
- '05.05. 전라북도 기본계획 승인
- '06.07.~'08.05. 대전광역시 등 23개 시·군 시행계획 승인

4) 영산강·섬진강 수계

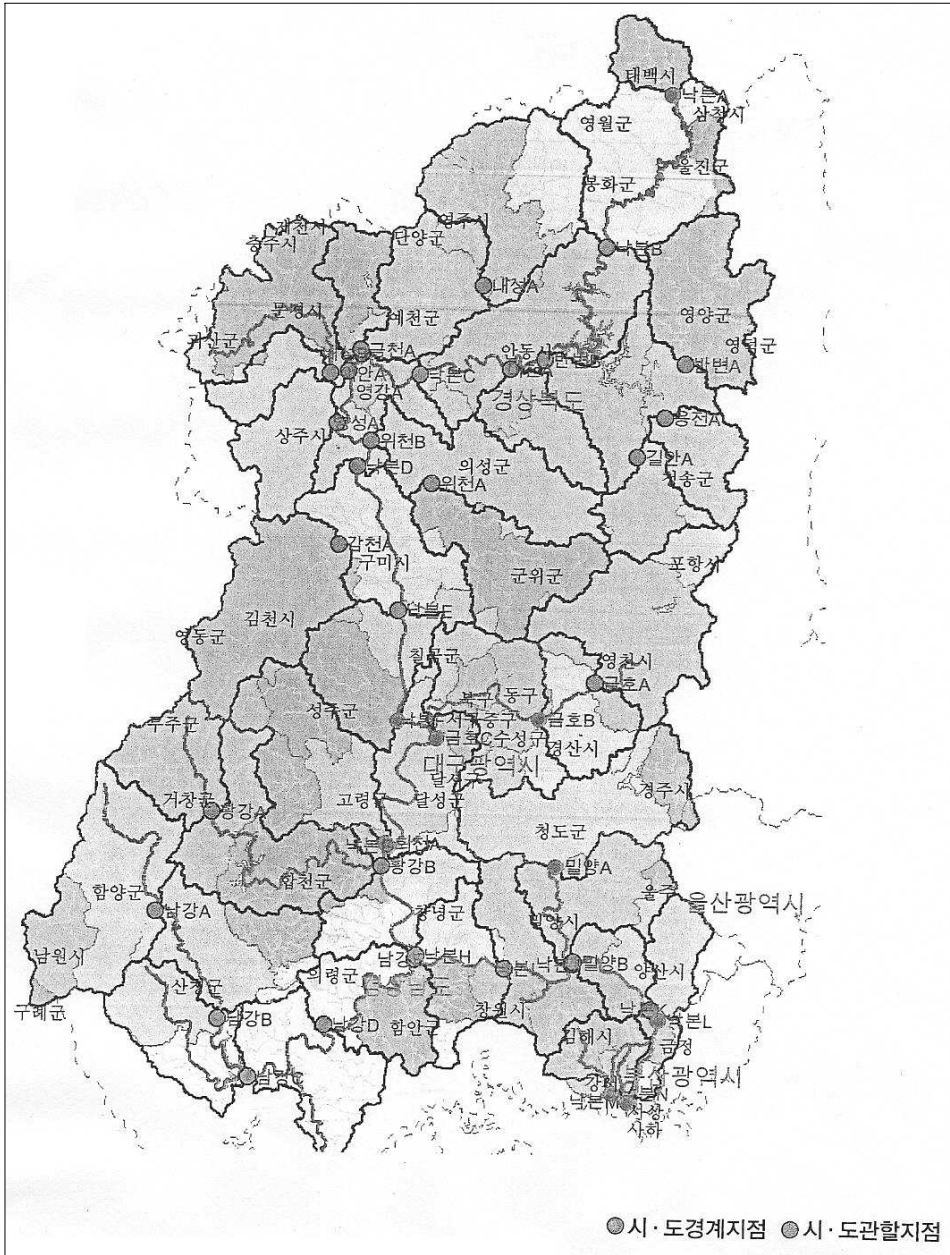
- '04.04. 영산강·섬진강수계 광역시·도 경계지점 목표
수질고시(환경부고시 제 2004-54호(2004.4.3))
- '05.05. 전라북도, 전라남도, 광주광역시 기본계획 승인
- '05.12.~'06.07. 광주광역시 등 7개 시·군 시행계획 승인
- '08.08. 곡성군 등 10개 군 시행계획 승인 예정

5) 목표 수질 및 단위유역 구분

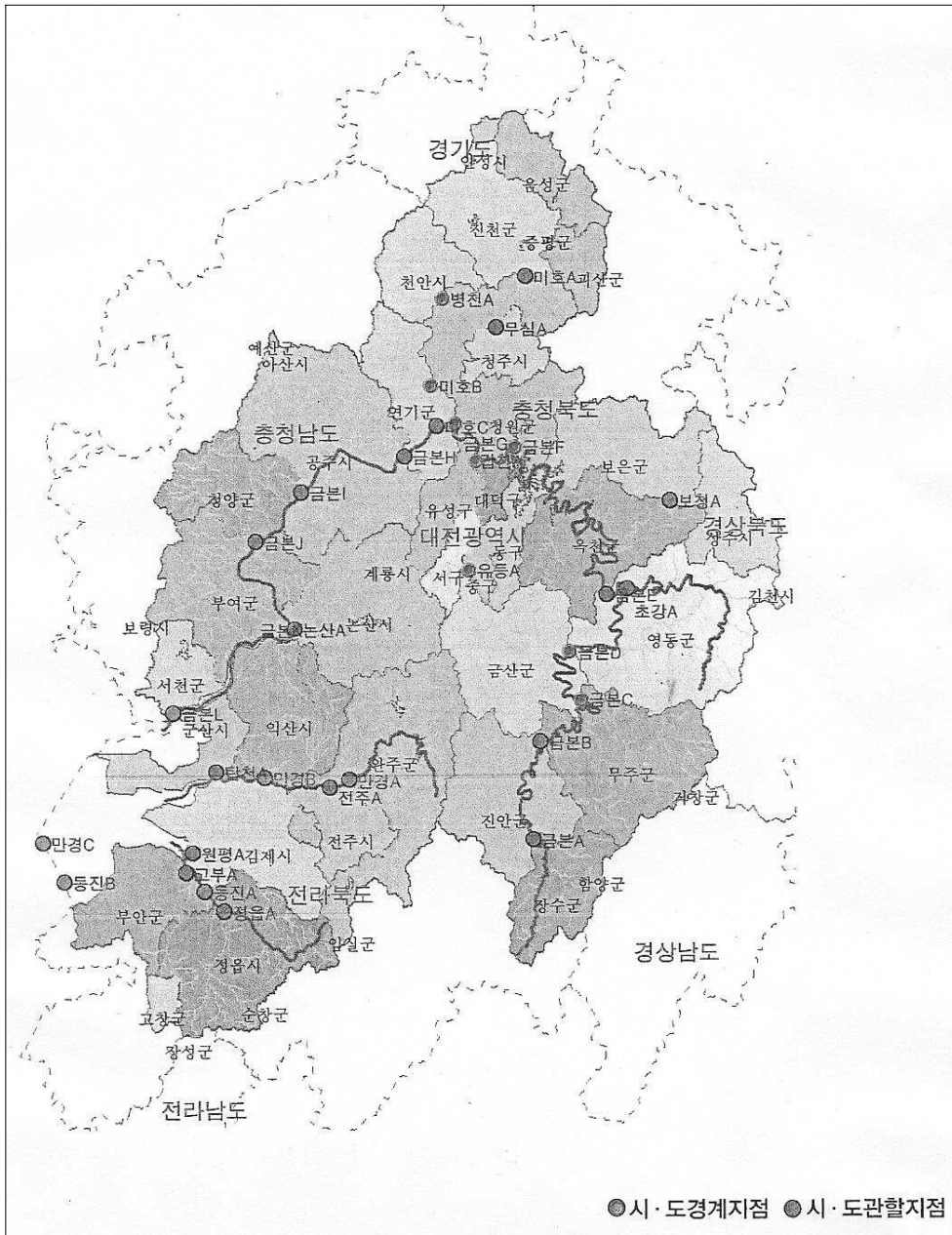
3대강 수계 목표수질은 환경부고시 제2003-156호(2003.9.3), 제2004-54(2004.4.3) 와 제2004-55호(2004.4.3)에 의한 <그림 2-3>과 같으며 수계별 단위유역도는 <그림 2-4>, <그림 2-5>와 <그림 2-6>과 같다.



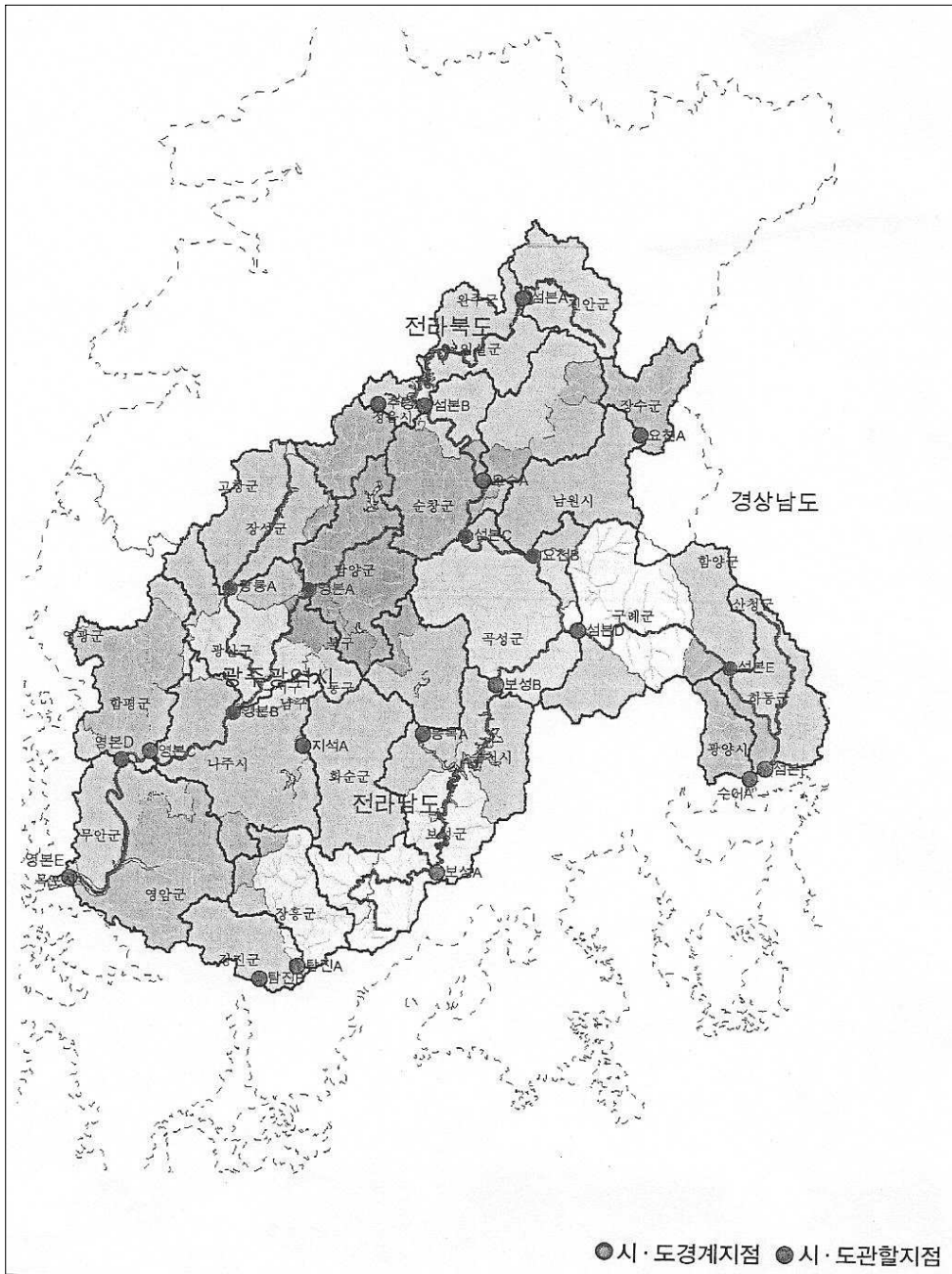
<그림 2-3> 3대강수계광역시도 경계지점의 목표수질



<그림 2-4> 낙동강수계 총량관리 단위 유역도



<그림 2-5> 금강수계 총량관리 단위 유역도



<그림 2-6> 영산강·섬진강수계총량관리 단위유역도

2.1.5 수질오염 총량제의 향후전망

수질오염총량제는 기존의 농도규제에 더하여 목표수질기준 한도에서 유역의 오염물질 배출량을 관리하는 제도이며, 오염원 DB의 축적, 오염물질 허용총량 산정, 오염부하량 증감에 따른 수질예측 기법 등을 도입한 과학적이고 체계적인 선진 유역관리 정책이라 할 수 있다.

그러나, 수질오염총량제는 수질 전 항목을 대상으로 실시하는 것이 아니라 2010년까지는 BOD, 2011년 이후부터는 총인 항목을 추가하여 실시할 예정이다. 수질오염물질에는 일반물질과 특정유해물질이 있는데 이중 특정유해물질의 경우 환경 및 국민건강에 미치는 영향이 크기 때문에 오염총량관리보다는 발생원별로 철저한 관리가 요구된다. 따라서 수질오염총량제를 통하여 모든 수질문제에 효과적으로 대응할 수 있다고 볼 수는 없다.

또한 지역별, 수계별 환경용량과 오염정도에 차이가 있기 때문에 이미 환경용량을 초과하여 수질오염이 심각한 지역에서는 오염총량관리제도를 실시한다고 해도 단기간에 수질개선을 기대하기는 어렵다.

이렇듯 수질오염총량제는 한계와 제약을 가지고는 있으나, 그럼에도 불구하고 이 제도를 실시하는 이유는 지역의 총오염부하량을 감소시키면서 지역개발 욕구의 자율조절을 유도하여 공공수역의 수질을 보전하고, 각 자치단체에 허용 가능한 오염배출량을 할당하여 관리함으로써 수질오염에 대한 지역간 책임소재를 분명히 하고, 수자원 이용과 지역발전에 대한 유역전체의 형평과 상생을 기함으로써 오염물질의 허용총량 범위 안에서 지역개발을 허용함으로써 수질보전과 지역개발이라는 두 가지 목표를 조화롭게 달성할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

정부와 자치단체, 전문가 등 각각의 유역구성원들이 스스로의 위치에서 오염총량제의 장점을 최대한 살리고, 그 효과를 극대화 한다면 만병통치약은 아니더라도 수질문제와 지역개발 문제를 함께 풀 수 있는 효과적인 처방이 될 수 있을 것이다.

2011년부터 2015년까지 시행되는 2단계 오염총량제 기간 동안에도 점오염원에 대한 삭감대책 위주로 실시해 나갈 계획이며, 비점오염 분야에 대해서는 재정여건 등을 고려하여 단계적인 적용이 이루어질 예정이다. 또한 1단계 총량제 시행 과정에서 나타난 문제점 등에 대한 정비를 실시하여 이를 2차 총량제에 적용할 계획이며, 4대강 외의 기타 수계에 대해서도 오염총량제를 도입할 계획이다.

2.2 오염총량관리 기본계획 및 시행 계획 사례

사례조사는 시행단계별로 기본계획과 시행계획으로 구분하였고 권역별로 금강수계권역에서 충청북도의 기본계획과 광역시·시·군은 대전광역시, 군산시와 청원군의 시행계획 사례의 자료를 수집하여 검토하였다.

2.2.1 기본계획 사례(충청북도)

1) 수질오염총량관리 개요

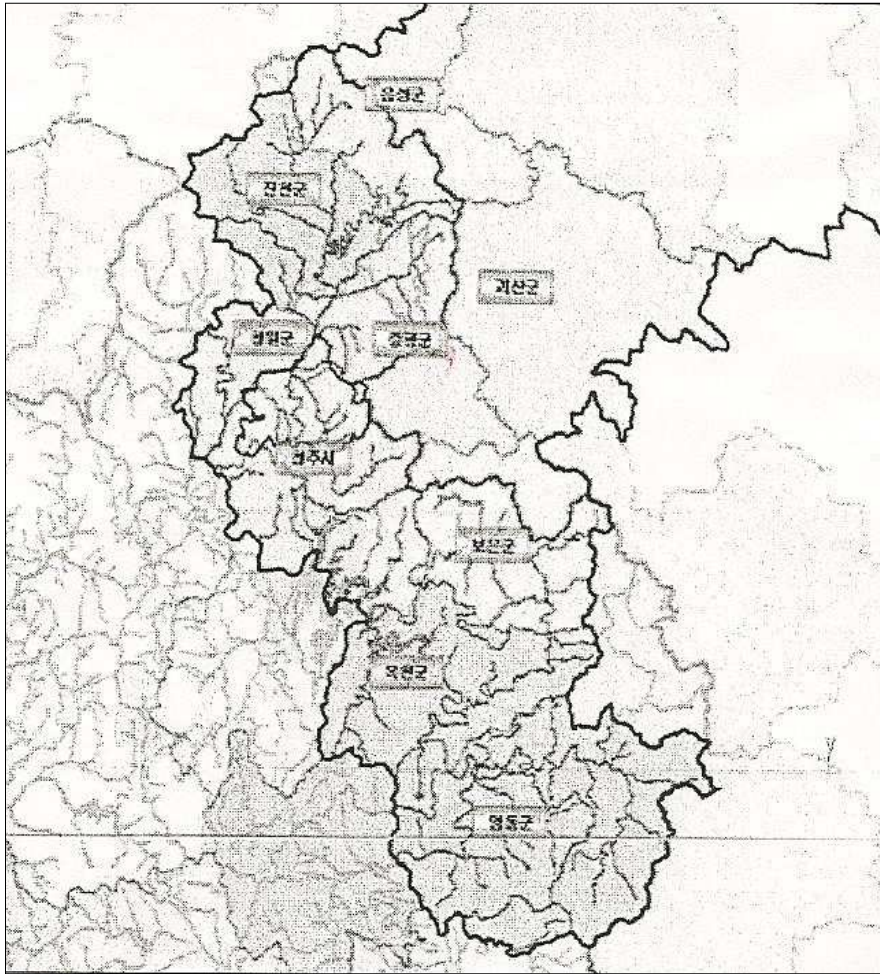
「금강수계물관리및주민지원등에관한법률」과 「금강수계오염총량관리기본방침」에 의하여 해당유역에 대한 수계의 오염총량관리기본계획 대상 총량관리단위유역은 <그림 2-7>과 같이 총8개(금본E, 금본F, 금본G, 초강A, 보청A, 미호A, 미호B, 무심A)이다.



<그림 2-7> 충청북도 오염총량관리 소유역도

○총량관리 수립대상지역

금강수계의 충청북도 총량관리 해당 행정구역은 <그림 2-8>과 같이 1개시 8개군 (청주시, 청원군, 보은군, 옥천군, 영동군, 증평군, 진천군, 괴산군, 음성군)이다.



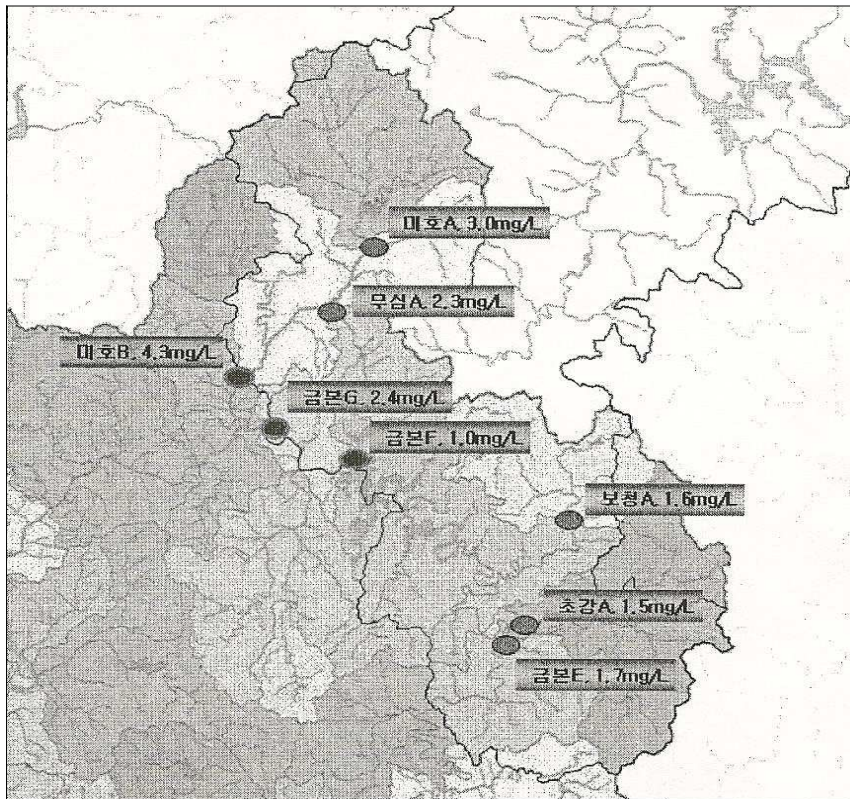
<그림 2-8> 충청북도 총량관리 수립대상 지역

- 총량관리 추진현황
 - 목표수질 고시('05.4.1)
 - 기본계획 승인('05.4.1)
 - 청주시 시행계획 승인('06.12.5)
 - 청원군 시행계획 승인('07.5.2)
 - 음성군('08.7.28), 진천군('08.8.7) 시행계획 승인

2) 기본계획 주요내용

○ 단위유역 목표수질

단위유역에 대한 목표수질은 광역자치단체 경계지점의 목표수질을 달성하는 범위 내에서 해당지역의 최근 몇 년간 수질변화 추이, 지역의 수질오염 특성, 장래 오염부하 전망, 그리고 수질악화 금지원칙 등을 고려하여 <그림 2-9>와 같이 목표수질을 설정하였다.



<그림 2-9> 충청북도 관할 단위유역 목표수질

○ 시·군별 개발할당 부하량(kg/일)

해당 시·군별 개발할당 부하량은 (표 2-7)과 같다.

(표 2-7) 시·군별 개발할당 부하량(kg/일)

시·군	기존배출량 (2002년)	최종배출량 (2010년)	할당 부하량	개발할당부하량(개발허용량)		
				소계	점배출	비점배출
청주시	13,006.0	13,367.0	7,740.0	366.9	267.6	99.3
청원군	14,237.0	14,488.0	10,371.6	38.0	0.0	38.0
보은군	4,401.0	4,234.0	3,810.6	169.0	0.0	169.0
옥천군	4,125.0	4,179.0	3,761.1	18.0	15.0	3.0
영동군	5,981.0	5,622.0	5,059.8	28.0	19.0	9.0
증평군	1,916.0	1,729.0	1,556.1	110.0	70.0	40.0
진천군	6,846.0	6,261.0	5,634.9	101.0	78.0	23.0
괴산군	1,695.0	1,130.0	1,017.0	0.0	0.0	0.0
음성군	4,659.0	4,815.0	4,333.5	172.2	110.2	62.0
총계	56,866.0	55,825.0	43,284.6	1,003.1	559.8	443.3

○ 기준배출부하량 산정

최종배출부하량(2010년)에 대하여 목표수질 달성여부를 평가한후 목표수질을 달성할 경우에는 기존배출부하량=최종배출부하량으로 하고, 목표수질 초과시는 개발계획을 축소하여 목표수질을 달성하는 기준 배출부하량을 산정하였다.

○ 기준배출부하량의 문제점

충청북도 괴산군 0.0kg/일 , 옥천군 18.0 kg/일, 영동군 28.0kg/일 등 개발할당 부하량이 적어 개발사업이 추진에 어려움을 겪는다.

○개발할당부하량으로 승인받지 못한 지역 개발사업 사례

- 청원군 현도 국민임대주택단지 조성사업('06.7.20)
개발할당부하량(금분G 0.0kg/일)부족
- 청원군 소로리 전원마을조성사업('06.8.2)
개발할당부하량(미호B0.0kg/일)부족
- 청원군 가덕면 간이골프장 건설사업('06.3.15)
개발할당부하량(무심A02 0.0kg/일)부족

3) 기본계획 변경

(1) 1차 기본계획변경('06.11.16 승인)

- 변경사유: 기본계획에 반영되지 않은 추가삭감계획을 수립하여 개발 할당부하량 확보
- 변경 내역: 개발계획할당량 2,089.6kg/일 추가 확보

(표 2-8) 개발계획 할당량 재조정 내역

자치단체	단위유역	추가삭감계획		개발계획 할당량	
		충북도 요구	검토결과	기존	변경
총계		8,884.7	2,089.6	635.7	2,725.3
청원군	금분F/G,무심A,미호B/C	4,163.9	405.0	38.0	443.0
보은군	금분F,보청A	793.4	188.7	169.0	357.7
옥천군	금분F,초강A,보청A	898.1	460.0	18.0	478.0
영동군	금분C/E/F,초강A	431.6	172.3	27.8	200.1
증평군	미호A/B	664.2	285.9	109.9	395.8
진천군	미호A/B	521.1	89.0	101.0	190.0
괴산군	미호B	191.7	90.8	0	90.8
음성군	미호A/B	1,220.7	397.9	172.0	569.9

(2) 2차 기본계획 변경(2006.12.1)

- 청주시 시행계획 수립에 따른 기본계획 변경

(표 2-9) 청주시 개발계획 할당량 재조정 내역

자치단체	구분	기준배출 부하량	할당 부하량	개발계획 할당량
충북 청주시 (금분G/무심A/미호B)	변경 전	8,600	7,740	368
	변경 후	8,604	7,744	656

(3) 3차 기본계획 변경(2007.2.1)

- 진천군 추가삭감계획에 따른 변경('06.12.28신청)

(표 2-10) 진천군 추가삭감 부하량 내역

지자체	단위유역	추가삭감 부하량			비고
		계	점	비점	
진천군	계	443.3	66.7	376.6	* 하수관거 정비, 하수처리장 수질 개선, 축산폐수공동처리장 설치 등
	미호A	286.0	66.7	219.3	
	미호B	157.3	0.0	157.3	

(4) 4차 기본계획 변경(2007.5.15)

- 청원군 시행계획에 따른 변경

(표 2-11) 청원군 추가 개발계획할당량 내역

단위유역	당초	변경	증감량
계	405.0	1,053.2	648.2
금분 G	12.7	134.6	121.9
무심 A	71.8	78.3	6.5
미호 B	320.5	840.3	519.8

(5) 5차 기본계획 변경(2008.1.21)

- 청주시 삭감계획 조정에 따른 개발계획할당량 318.9kg/일 추가 확보로 변경

(6) 6차 기본계획 변경(2008.8.5)

- 영동군 삭감계획 및 오염원 재조사에 따른 변경으로 개발계획할당량 307.9kg/일 추가 확보로 변경

(표 2-12) 변경 후 개발할당 부하량

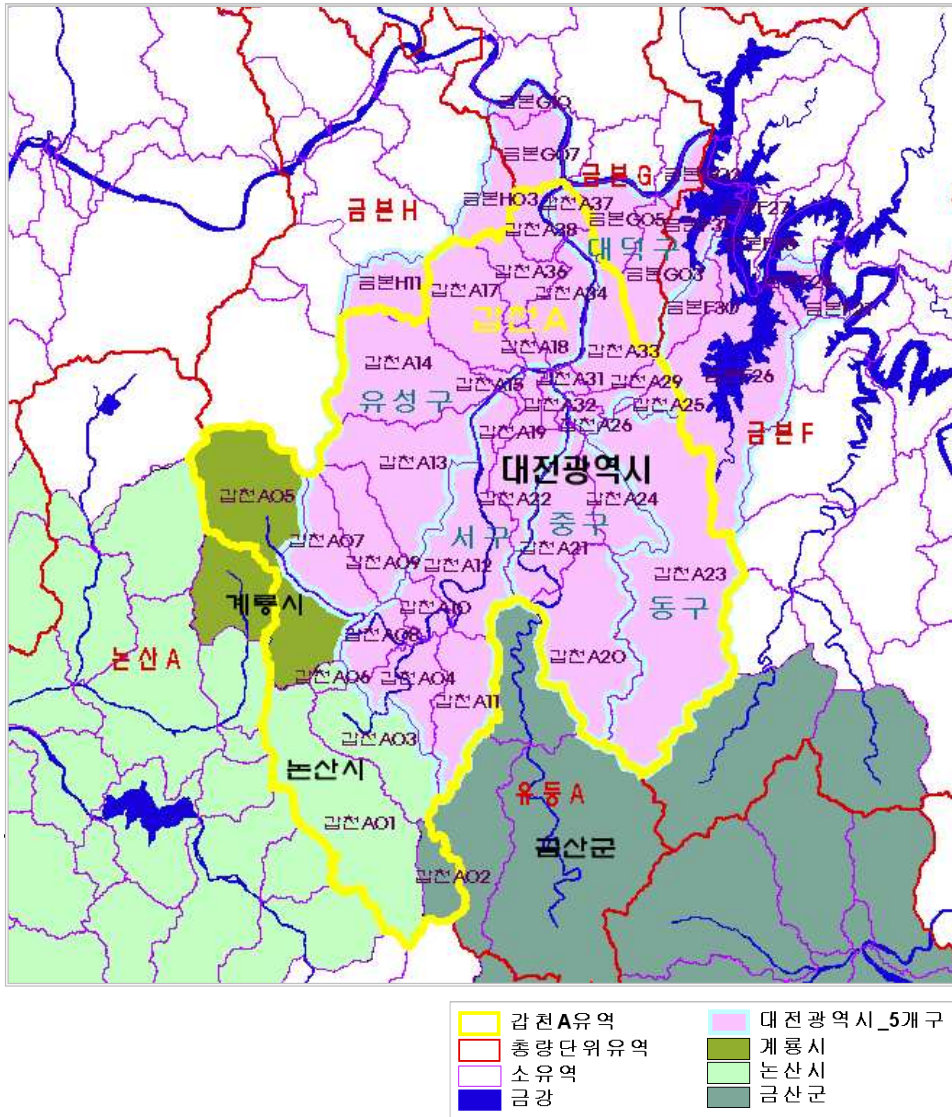
구분	단위 유역	기준배출부하량								
		합계	할당부하량							안전 부하량
			계	점배출부하량			비점배출부하량			
				소계	자연 증감	개발 계획	소계	자연 증감	개발 계획	
변경전	금분C	214.0	192.6	35.6	26.6	9.0	157.0	157.0	0.0	21.4
	초강A	2,891.0	2,601.9	532.9	527.4	5.5	2,069.0	1,988.0	81.0	289.1
	금분E	2491.0	2,241.9	569.0	506.2	62.8	1,672.9	1,631.0	41.9	249.1
	금분F	26.0	23.4	2.1	2.1	0.0	21.3	21.3	0.0	2.6
	계	5,622.0	5,059.8	1,139.8	1,062.4	77.4	3,920.0	3,797.3	122.7	562.2
변경후	금분C	214.0	192.6	35.6	22.6	13.0	157.0	138.8	18.2	21.4
	초강A	2,891.0	2,601.9	533.0	485.1	47.9	2,068.9	1,884.1	184.8	289.1
	금분E	2,491.0	2,241.9	569.1	469.1	100.0	1,672.7	1,530.1	142.6	249.1
	금분F	26.0	23.4	2.1	2.1	0.0	21.3	19.8	1.5	2.6
	계	5,622.0	5,059.8	1,139.8	978.9	160.9	3,920.0	3,572.8	347.1	562.2

자료 : 6차 기본계획 변경 (2008.8.5)

2.2.2 시행계획 사례(대전광역시)

1) 시행계획 대상 유역도

금강수계의 대전광역시는 갑천 A단위유역의 말단부 수질을 5.9mg/L로 유지하여야 하며, 해당 단위유역과 행정구역은 <그림 2-10>과 같다.



<그림 2-10> 대전광역시 시행계획 대상유역도

2) 시행계획 내용

총량관리단위유역의 목표수질을 달성하는 범위에서 기본계획상 기준배출 부하량이 30,715kgBOD/일로 이중 안전부하량은 3,071kgBOD/일, 할당부하량은 27,644kgBOD/일을 소유역별/기초자치단체별로 할당된 것을 개별 오염원별로 할당하고 적정한 개발계획과 실현 가능한 삭감계획 및 이행 담보 방안을 수립한 것을 담고 있다.

○ 특기 사항

-금강수계를 기준으로 4개 유역으로 분류되어 있다.

· 갑천A유역, 금본F유역, 금본 G유역, 금본H유역

-단위유역이 타 시·도와 연계되어 있다.

· 충북(금본F, 금본G), 충남(갑천A, 금본 H)

-도시지역의 점오염원인 생활하수가 관거를 통해 배제된다.

· 하수처리율 : 96.1%(2006년기준)

· 처리구역 : 시전체 면적중 18.5%(분류 39.2%, 합류 60.8%)

· 하수관 시설현황: 2,559km(분류 46%, 합류 54%)

-점오염원인 생활하수의 처리시설이 갑천A유역에 위치하고 있다.

· 금본F, 금본G유역의 하수가 갑천A유역으로 유입처리

· 부하량 산정시 점오염원과 비점오염원의 배출 유역이 다르다.

-할당사업장(환경기초시설)의 위치가 갑천A 목표지점과 근접되어 있다.

· 원촌동 하수종말처리장(900천톤/일): 8~9km

· 3·4 산업단지 폐수종말처리장(60천톤/일): 1km이내

· 하수처리시설의 처리효율이 목표수질 달성의 관건이다.

-신규 개발사업 발생에 따른 개발할당 부하량 확보에 어려움이 있다.

-소규모 개발계획(사업)의 변경이 많다.

· 기본계획 및 시행계획 변경시 복잡하고 어렵다.

-비점오염원에 대한 부하량 삭감에 어려움이 있다.

· 자체시설(비점오염저감시설)을 통한 삭감에 한계가 있다.

· 비점오염시설의 시설규정 및 처리효율이 불명확하다.

· 비점증가 부하량을 점오염시설에서 추가 삭감하여야 한다.

- 점오염시설 삭감계획의 적기 이행이 어렵다.
 - 막대한 비용이 소요되고 행정적인 절차상 사업진행이 지연될 수 있다.
- 삭감대상사업의 할당부하량 준수가 어렵다.
 - 하수처리장의 개선비용의 국비지원이 되지 않고 하수도 기본계획과 오염총량제도와 연관성이 부족하다.
- 지역의 대규모 개발사업에 따른 신규하수처리장 증설이 허용되지 않는다.
 - 하수도기본계획에서는 기존의 하수처리장 시설용량을 이유로 신규처리장을 승인하지 않고 합류식 지역의 혼재로 우기시에는 초과용량을 월류시키고 있다.
- 소규모의 소유역에서의 개발부하량 확보가 어렵다.
 - 별도의 자체 삭감계획 수립이 거의 불가능하다.
- BOD 삭감계획에 하천수 유지용수 확보, 저류습지 조성과 하천 저수로 내 습지면적 증가에 따른 오염물질 저감효과를 산정 반영하였다.
- 지역 내에 30개의 농업용저수지가 산재하고 있으며 총 유효저수량은 3,449.8천m³이나, 저수지의 순기능 등이 고려되지 않고 있다.

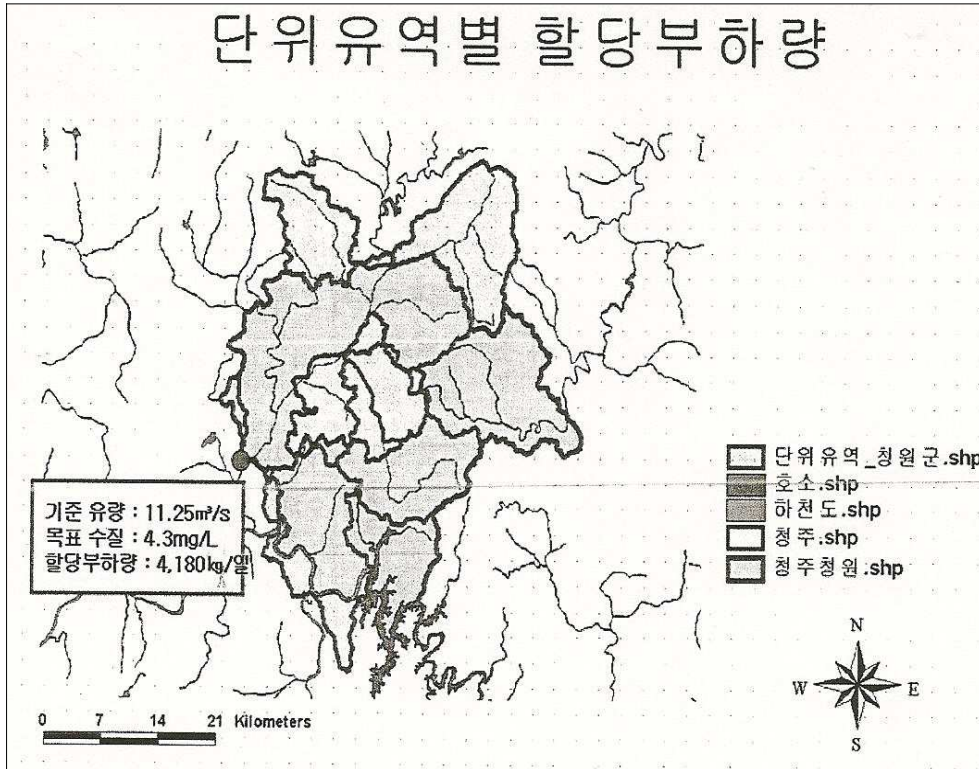
2.2.3 시행 계획 사례(청원군)

금강수계 청원군 시행계획은 충청북도 관할 오염총량관리 단위유역 중 무심A, 미호B, 금본G 단위유역이 청원군에 영향을 미치는 지점이다. 총량관리 단위유역의 총할당부하량은 기준유량에 목표수질을 곱하여 산정하여 충청북도 오염총량관리 기본계획 수립에서 제시되었던 무심A, 미호B, 미호C, 금본G 단위유역의 기준유량에 목표 수질, 유달할당부하량은 (표 2-13)과 <그림 2-11>과 같다.

(표 2-13) 각 단위유역별 할당부하량 (유달부하량)

단위유역명	기준유량 (m ³ /s)	목표수질 (mg/L)	유달할당 부하량(kg/일)
금분G	42.77	2.4	8,868.8
무심A	1.57	2.3	312.0
미호B	11.25	4.3	4,179.6
미호C	13.82	4.4	5,253.8

자료: 청원군 오염총량관리 시행계획(2007.5)



<그림 2-11> 단위유역별 할당 부하량

1) 연차별 할당부하량

- 단위유역 청원군지역 시행계획의 기존 배출 부하량은 총 11,169.9kg/일이며, 지역개발할당부하량은 자연증가가 0.0kg/일이며, 개발할당부하량은 1,053.5kg/일로 나타났고, 삭감량은 2,285.9kg/일, 잔여용량 570.7kg/일로 나타났으며, 할당부하량은 9,968.4kg/일로 계획하고 있다.

(표 2-14) 청원군 시행계획 부하량 총괄표

단위 유역	기존 오염원 배출량	지역개발 할당부하량		최종년도 배출량 부하량	할당 부하량	삭감 목표량	삭감계획량		잔여 용량
		자연 증가	개발할 부하량				물리적 삭감	자연 감소	
	A	B	C	D (A+B+C)	E	F((A+B)-E+C)			H(G-F)
금분G	2,177.3	0.0	134.6	2,311.9	2,232.0	79.9	538.1	0.0	458.2
							538.1		
무심A	1,576.1	0.0	78.3	1,654.4	1,528.2	126.2	147.2	0.0	21.0
							147.2		
미호B	7,292.9	0.0	840.3	8,133.2	6,053.4	2,079.8	2,125.1	0.0	45.3
							2125.1		
미호C	123.6	0.0	0.3	123.9	154.8	-30.9	15.3	0.0	46.2
							15.3		
계	11,169.9	0.0	1,053.5	12,223.5	9,968.4	2,255.1	2,825.8		570.7

자료: 청원군 오염총량관리 시행계획(2007.5), p.79

2) 개별오염원 할당내역

(1) 할당 방법에 의한 삭감

생활계 오염원은 하수종말처리시설 5개소와 마을하수도 21개소에서 총 1,184.2BODkg/일을 삭감하고, 축산계는 3개소 축산폐수공공처리시설에서 1,275.6BODkg/일, 산업계는 폐수종말처리시설3개소에 삭감량을 할당하였다.

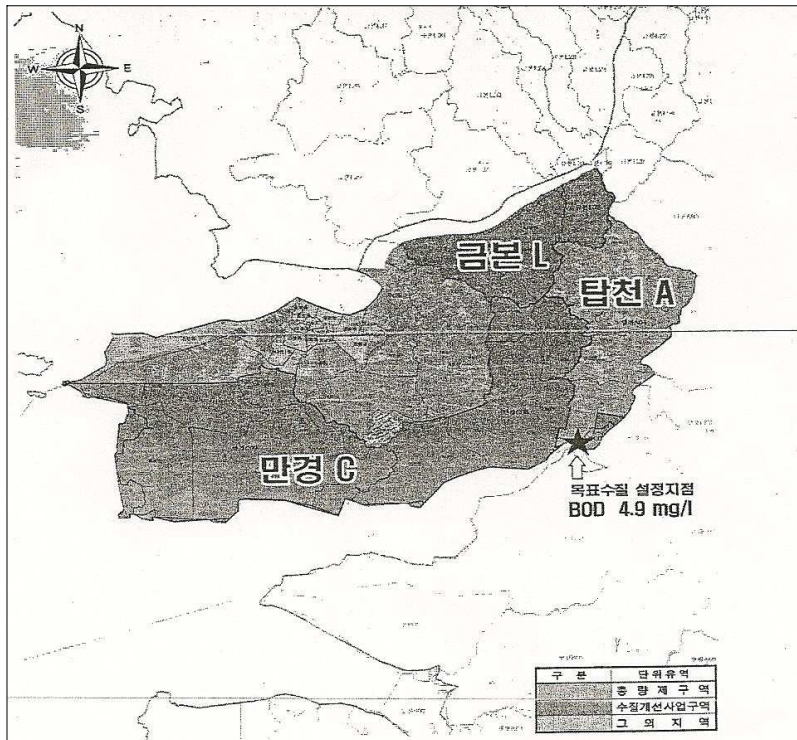
(2) 할당이외의 방법에 의한 삭감

토지계 비점오염원 저감시설 설치계획과 비점원 저감을 위한 BMP대책을 계획하였다.

2.2.4 시행계획 사례(군산시)

금강 수계의 전라북도 군산시 1차 오염총량관리시행계획 대상 총량관리단위유역은 탐천A이며 목표수질은 BOD 4.9mg/L로 2010년 까지 달성하는 것으로 하고 있다. 본 시행계획서에서는 보다 현실적이고 실현가능한 계획수립을 위해 “전라북도금강오염총량관리계획”에서 산정된 삭감목표량 탐천A 26.9kg/d에 대한 삭감계획을 수립하였으며, 삭감계획 실현에 대한 불확실성을 고려하여 잔여부하량에 대한 삭감계획을 수립하여 탐천A 14.9kg/d의 잔여부하량을 고려하였다. 2010년까지 총량관리단위유역 목표수질을 달성하기 위해 최종배출부하량을 탐천A의 할당부하량인 791.1kg/d이하로 관리할 예정이다.

1) 총량관리 유역도



<그림 2-12> 군산시 오염총량관리 유역도

2) 단위유역 최종년도 소유역별 오염부하량 할당내역

(표 2-15) 단위유역 최종년도 소유역별 오염부하량 할당내역

구분		최종년도 오염부하량 할당내역 (BOD, kg/일)							
단위유역	소유역	기존오염원배출량	기존오염원최종배출량	삭감목표량	할당부하량	최종년도배출량	지역개발 할당량 부하량		
							자연증가	개발	잔여용량
탐천A	탐천A04	1,133.1	818.0	26.9	791.1	791.1	795.0	22.9	14.4
총계		1,133.1	818.0	26.9	791.1	791.1	795.0	22.9	14.4

주) 기존오염원배출량 : 2004년 배출부하량

기존오염원 최종배출량 = 2010년 자연증가+ 2010년 개발계획

할당부하량 : 2010년 자연증감+ 2010년 누적개발계획량-2010년 삭감목표량

3) 특이 사항

-관리구역 내 유역면적 총 4.02km²(총관리유역의 9%해당)로 총유효저수량 4,186천m³인 3개의 농업용저수지를 갖고 있으나 시행계획수립시 반영여부가 불투명하다.

-비점오염원 저감시설 설치로 삭감계획을 수립하고 있다.

2.3. 수질오염총량제 실시 사례조사의 시사점

1) 관리대상 개발계획 범위의 재조정이 필요하다..

환경부고시 제2003-156호(2003.9.3), 제2004-55호(2004.4.3)와 제2004-54(2004. 4 3) 에 의거 목표 수질을 달성하기위해 해당 광역시·도지사는 환경부고시 제2002-163호(2002.10.25), 제2002-182호(2002.11.30)와 제2002-181(2002. 11.30)호에 따라 기본계획을 수립하고 있다. 그 내용으로는 광역시장·도지사는 총량관리단위유역 또는 소유역별로 수계환경자료와 토지이용 지정 실태에 관한 사항을 기술지침이 정하는 바에 따라 조사하고 총량관리단위유

역·소유역별·행정구역별로 오염원을 조사하여 배출부하량을 산정한다.

총량관리단위유역 할당부하량은 목표수질 달성의 효율성, 소유역별 수질오염기여도와 기초자치단체의 의견을 고려하여 할당방법을 정하여 지방자치단체별 할당부하량, 지역개발부하량 및 개발계획, 삭감목표부하량 및 삭감계획과 시행계획 수립지역을 지정하는 내용이다. 현행 제도로는 소규모 사업까지 관리대상으로 하고 있어 잦은 계획 변경에 따른 행정적 낭비 요인 되고 있다.

2) 오염부하량 삭감을 위한 지방자치단체의 재정적 부담이 과중

시행계획 수립대상지역으로 지정된 총량관리단위 유역의 광역시장·시장·군수는 관할지역에 대하여 시행계획을 수립한다.

이에는 기본계획수립 당시와 변경되는 오염원과 배출부하량을 산정하여 할당부하량을 오염원그룹별로 할당하고 지역개발부하량을 연차별로 배분하여 연차별 삭감이행계획과 이행모니터링 계획을 담는다. 이에 삭감이행계획시 점오염의 삭감이 우선순위로 지방자치단체의 재정적인 부담이 되고 있다. 삭감대상시설에 대한 행정적·재정적인 지원 대책이 강구되어야 한다. 현행 총량제상 하수처리시설이 주 삭감시설로 하수도정비 기본계획에 반영되어야 하고, 하수처리시설 개선에는 막대한 비용이 소요되므로 국가지원 확대가 필요하다.

3) 비점오염원의 비중에 따른 고려가 필요 하다.

광역시는 기본계획과 시행계획의 주체가 되어 행정적인 부담이 되고 있으며 시·군의 시행계획은 지역개발부하량의 배분 여하에 따라 개발사업의 시행여부가 결정되고 군지역은 관할지역의 특성상 비점오염원이 상대적으로 많은 비중을 차지하므로 이의 처리대책이 주요 삭감계획이 고려될 수 있다. 또한 도시근교의 농업용저수지는 도시화에 따른 관개면적이 없어진 소위 무관개 저수지가 전국 주수원공인 14,582개의 저수지중 약 4%인 527개 저수지가 (표 2-16)과 같이 산재하고 있는바 위치에 따라 비점오염원 처리 저류지 등으로도 고려 될 수 있을 것이다.

(표 2-16) 지역별 무관개 주 수원공(저수지) 개소수

행정구역	주수원공(저수지) 개소수
부산광역시	11
대구광역시	4
울산광역시	3
경기도	12
강원도	7
충청북도	38
충청남도	16
전라북도	62
전라남도	16
경상북도	221
경상남도	137
계	527

자료: 농업생산기반정비사업통계연보(2007)p.256

4) 수계오염총량관리기술 지침상

3대강 수계별 오염총량관리기본방침에 따른 기술적인 사항을 정한 것이 수계오염총량관리기술지침(부록1)이다.

(1) 과학적 이다

최종적인 목표수질의 달성 판단의 여부는 수치모델에 의해 결정되므로 객관적인 자료가 요구 된다.

(2) 기초자료 부족으로 수치모델의 한계성이다.

자연현상을 인위적인 수치모델로 재현코자 하므로 많은 자료가 요구되고 이의 해석이 경제적인 타당성이 있어야 공감대를 형성 할 수 있으나 적용 수치모델의 매개변수를 충족시키지 못하고 있으며 실측 자료의 한계로 보정에 많은 안전율을 두고 있다.

(3) 소유역 상류에 저류되어 있는 저수지의 수체에 대한 모델에 연계성

대상지역에 대한 호소 자료는 조사되고 있으나 하류 하천수질 모델과의 연계여부가 불투명하다. 본 수질오염총량제는 소유역 상류유역의 오염원들이 유하하면서 하류 하천에 미치는 영향에 대한 구간별 자연환경용량이하로 관리코자하는 것으로 상류에 위치해 있는 소규모 저수지의 역할이 고려되고 있지 않다. 따라서 총량제 실시에 따른 수치 모델의 적용을 위해 농업용 저수지의 공간특성(위치, 재원, 유역 정보 등 GIS 자료)과 농업용 저수지의 유량 및 수질 조사 주기 및 방법 / 측정의 연속성 / 법적 근거 등 과거를 포함한 측정 자료(유량 및 수질)가 국토해양부의 유량측정 자료, 환경부의 수질측정망과 같이 공식적이며 공개적인 자료로 농림수산식품부에서 연속적으로 제공하여 총량제의 계획 수립에 이용할수 있어야 될 것으로 판단된다.

(4) 삭감량 산정시 고려되는 우선 순위

삭감량 산정시 점오염원 삭감에 우선 순위를 두고 있으나 지방자치단체의 재정 형편 상 환경기초시설 투자에 어려움이 있어 시·군지역은 광활한 농촌지역의 자연정화 능력을 상향시키는 비점오염원의 관리에 행정적이고 지역주민의 자율적인 발생원 대책을 강구하는데 우선순위를 두어 계획하므로 투자의 부담을 경감시킬 수 있을 것이다.

(5) 안전율의 과다

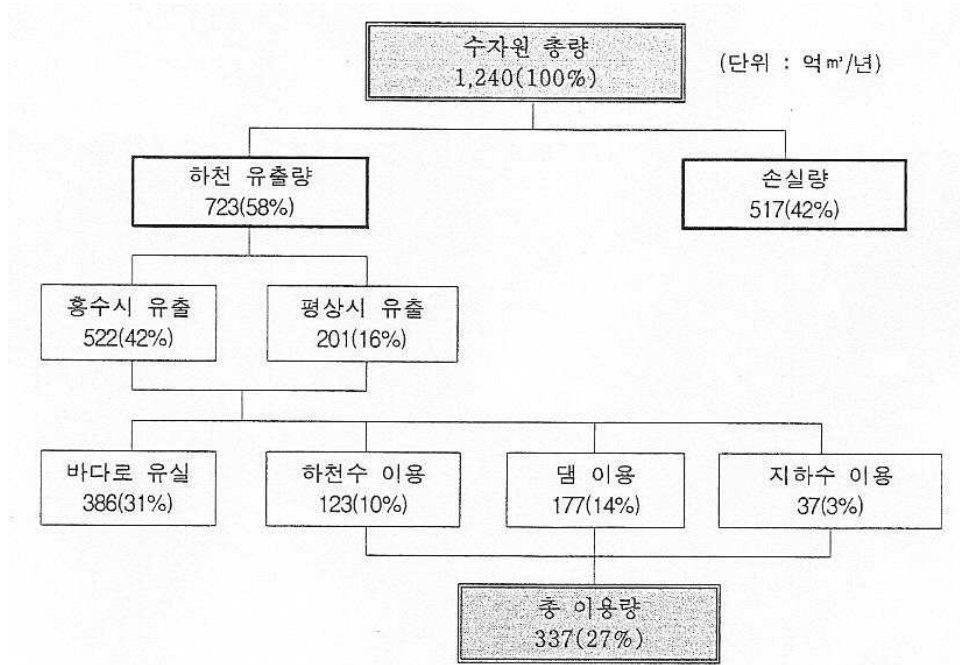
계량화와 수치모델의 한계성으로 안전율을 10%로 하고 있으므로 지방자치단체들의 추가 삭감 부담이 과중하다. 안전율(10%) 달성을 위한 과도한 삭감계획을 수립하게 된다. 도시지역의 배출 특성은 하수관리를 통한 오염물질이 배제되고 농촌지역의 경우 개발계획 없이 안전율에 삭감계획이 필요하다. 불필요한 삭감계획은 타 개발의 억제 및 과도한 비용을 수반하게 된다. 따라서, 지역여건 및 특성을 감안하여 탄력적인 제도운영이 필요하다.

3. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화

3. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화

3.1 수자원 총량 및 용도별 수요 전망

우리나라의 경우 수자원 총량은 1,240억³m³이고 이중 하천 유출량이 723억³m³(58%)이며, 하천 유출량의 2/3이상이 홍수시 유출량(522억³m³)으로 나타나고 있다. 하천 유출량의 46%인 337억³m³을 각종 목적의 수자원으로 이용하고 있는 실정이다. 이는 전체 수자원 총량의 27%에 해당하며, 1인당 수자원 총량은 좁은 국토에 국내 인구가 많은 관계로 2,591³m³이고 이는 세계 평균치 19,635³m³의 1/8배로 매우 낮은 수준을 나타내고 있다.



자료: 수자원장기종합계획(2006~2020),건설교통부, p.14

<그림 3-1> 국내 수자원 이용 구성

산업 및 생활에 활용할 수 있는 수자원량은 337억³m³/년으로 이는 생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수로 구분되어 이용되고 있다(표 3-1).

2003년 현재 국내 용수사용을 사용목적별로 분류하면 총 337억톤 중에서 농업용수가 160억³m(47%)으로 가장 많은 비중을 차지하고 생활용수가 76억³m(23%), 공업용수가 29억³m(8%), 기타 하천유지용수가 약 71억³m으로 22%이다.

(표 3-1) 용도별 수자원 이용량 및 비율

(단위 : 억³m, %)

구 분	이 용 량(억 ³ m)	비 율 (%)
계	337	100.0
생 활 용 수	76	23
공 업 용 수	26	8
농 업 용 수	160	47
유 지 용 수	75	22

자료 : 건설교통부, 수자원장기종합계획(2006~2020), 2006.7

미래의 사회경제 여건 변화에 더불어 용수수요량도 크게 변화할 것으로 예상되나, 우리나라의 총 용수수요는 '80년대에 가장 급속한 증가가 있었고, 2006년부터 2011년까지 완만히 증가하다, 2016년을 정점으로 감소하는 양상을 나타내고 있다.

(표 3-2) 전국 용수 수요전망(기준수요)

(단위 : 백만³m/년)

구 분		2006	2011	2016	2020
용 수 수요량	계	34,378	35,498	35,800	35,568
	생활용수	7,877	8,103	8,180	8,195
	공업용수	3,787	3,178	3,562	3,422
	농업용수	15,977	15,849	15,690	15,583
	하천유지용수	7,737	8,368	8,368	8,368

주 : 제주도 포함, 공업용수에 냉각용수 포함

자료 : 건설교통부, 수자원장기종합계획(2006~2020), 2006.7, p.50

2006년부터 2016년까지는 2006년 대비 연간 0.4% 수요증가가 있으나, 2016

년을 정점으로 2020년까지는 2016년 대비 연간 0.1%의 수요 감소로 용수이용량이 약간 감소할 것으로 전망된다.

농업용수에 대한 수요전망 (표 3-3)은 수로의 구조물화와 자동물관리시스템의 구축으로 2011년까지 약 1억^m의 수요량이 절감될 것으로 보인다.

전국 농업용수 수요는 2006년 159억^m에서 2011년 158억^m으로 추정되며 이와 같은 수요의 감소는 경지면적의 감소와 수로의 구조물화와 자동물관리시스템 구축에 따른데 기인하기 때문으로 예측된다.

(표 3-3) 농업용수 수요전망(기준수요)

(단위 : 백만^m/년)

구 분	2006년	2011년	2016년	2020년
계	15,977 (23,717)	15,849 (23,277)	15,690 (23,229)	15,583 (23,797)
논 용수	13,040	12,897	12,728	12,611
밭 용수	2,702	2,669	2,700	2,704
축산용수	235	253	262	268
수요절감량	-	128	159	107

자료: 건설교통부, 수자원장기종합계획(2006 ~ 2020), 2006.7

3.2 농업용수의 이용 현황

우리나라는 중위도지대에 속하고 있어서 사계절이 뚜렷하게 나타나는 온대성 기후로 여름은 무덥고 겨울은 추우면서 대륙에 비하여 강수량이 많다. 대륙성 기후와 해양성 기후 특성으로 인해 연강수량의 2/3가 여름인 6 ~ 9월에 내리고, 5 ~ 10%가 겨울에 내리는 등 계절적으로 편중된 강수량을 보이고 있다. 대부분 지역의 연간 강수량이 1,000mm이상으로서 남부지역이 1,500mm, 중부지역은 1,300mm정도로 우리나라 남부의 연강수량은 유럽지역의 연강수량 600mm ~ 700mm에 비해 무려 2배 이상 많은 강수량을 보이고 있으며, 세계 평균 강수량의 1.3배 정도로 많으나 1인당 이용할 수 있는 수자원은 오히려 1/8정도로 적은 실정이다. 이는 연도별, 계절별, 지역별로 강수

량 변동이 심하여 갈수기에는 하천유지수량이 부족할 정도인데 반해 홍수기에는 수량이 넘쳐 수해가 빈발하는 등의 용수관리에 매우 불리한 여건에 기인한다. 또한 우리나라의 하천은 대부분 유역면적이 작고 유로가 짧으며 경사가 급하여 유출속도가 빠르고 유출량 변동도 심하다. 하상계수가 보통 수백 이상으로서 수십이하인 유럽하천에 비해 수자원관리에 매우 불리한 조건을 지니고 있다. 이러한 기후적·지형적 여건에 따라 우리나라는 안정적으로 농업용수를 공급하기 위해 인공호소인 농업용 저수지를 많이 건설하여 관리하고 있다.

농업용수는 (표3-1)에서 언급된바와 같이 우리나라 연간 수자원이용총량의 47%인 160억톤을 사용하고 있으며, 각종 용수 중에서 가장 많은 량을 사용함으로써 수자원관리와 수질관리에 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 2006년 현재 전국적으로 저수지, 양배수장, 보, 관정 등 68,461개의 농업용 수리시설을 설치하여 859,040ha의 농경지에 농업용수를 공급하고 있으며, 이중 56% 이상을 저수지에서 공급하고 있을 정도로 저수지는 매우 중요한 수리시설이다. 전국적으로 설치된 농업용 저수지는 17,679개로서 한국농촌공사와 시·군이 나누어 관리하고 있다. 규모별로는 유효저수량이 1,000만톤 이상으로 제법 규모가 큰 저수지는 34개소로 0.2%에 불과하고, 97%이상이 유효저수량 100만톤 미만의 소규모 저수지로 구성되어 있다.

(표 3-4) 유효저수량 규모별 저수지 현황

구 모	10만㎡미만	10만~50만㎡미만	50만~100만㎡미만	100만~1,000만㎡미만	·1,000만㎡이상
저수지수 (개소)	15,653	1,204	391	397	34

자료: 농업생산기반정비사업통계 연보(2007), 농림부·한국농촌공사, p.330

또한, 전체 저수지의 50%이상이 해방이전에 설치되어 60년 이상 경과되었으며, 설치한지 30년이 경과된 저수지가 90% 이상으로 시설의 노후화 뿐만 아니라 토사나 오염물질의 퇴적에 따른 저수지의 기능이 현저히 저하되어 있는 것으로 판단되고 있다.

(표 3-5) 준공연대별 저수지현황

연 대 별	1945이전	1946-1966	1967-1976	1977-1981	1982이후
저수지수(개소)	9,380 (53%)	3,783 (21%)	3,123 (18%)	566 (3%)	827 (5%)

자료: 농업생산기반정비사업통계 연보(2007),농림부·한국농촌공사,p.22

3.3. 농업수리시설의 비점오염물질 저감기능

3.3.1 농업비점오염원의 부하에 관한 선행 연구 검토

비점원오염은 미국의 하천과 호수오염의 주원인이 되고 있으며 특히 농업 지역으로부터의 유출은 하천과 호수를 오염시키는 오염물질의 60% 정도를 공급하고 있다. 또한 지표수와 지하수는 수문순환으로 연결되어 있으며 (Bachman, 1984; Hamilton et al, 1989), 주변수계로의 영양염류의 유출은 지표수 뿐만 아니라 지하수를 통해서도 많이 이루어지고 있다고 추측하였다 (Magette et al,1989).

우리나라의 경우도 환경부(1995)의 비점원오염 원단위 추정결과에 의하면 T-N(총질소)의 경우 도시지역은 1ha당 7.6kg, 논에서는 2.2kg, 밭은 2.2kg 등으로 발표하였고, 박충현 등(1996)은 원단위 부하량으로 부터 전국의 T-N(총질소) 부하량 전망에서 2001년 기준하여 생활하수에 의한 일 추정량은 367ton, 축산폐수량은 97ton 등이며 비점오염원에서는 일 95ton 등으로 예상하고 있다.

최중대(1997)는 비점원오염 연구에 관한 고찰에서 비점원오염에 관한 연구는 비점원오염물질이 왜 발생되고, 어떻게 얼마나 많이 운반되며, 운반되는 도중, 어떠한 변화과정을 거치며, 그리고 하천이나 호수에 도달하였을 때 수질에 미치는 영향은 얼마나 큰가를 알기 위해 계획되고 실험설계되어 자료가 수집되어야 한다. 그리고 지역의 특성과 토지이용에 따라 상이한 비점원오염의 발생, 운반 및 토양과 수질에 미치는 영향이 정량적으로 파악된다면 비점원오염을 통제하기 위한 효율적인 기술과 경제적인 정책들이 개발될 수 있다고 하였다.

농업배수가 지표수 및 지하수 및 지하수 수질에 미치는 영향(정상옥

등:1996) 에서 지하에서의 화합물질의 이동과정은 물리적, 화학적, 생물학적인 세 가지 과정으로 나눌 수 있고, 개념적으로 지하에서 화합물질의 이동은 이들 세 가지가 혼합된 현상이며 서로 상호작용을 한다고 하였다. 환경영향으로 농업오염 물질은 하천, 호수, 지하수 등을 오염시키게 되고, 질소와 인의 함량이 증가하여 오염된 지표수는 과다한 조류를 번식하고 이는 용존산소를 과다하게 소비하게 하여 부영양화를 초래한다. 아울러 농약잔류물이 지표수나 지하수에서 발견된 예가 많다.

홍성구 등(1989)과 신동석(1990)은 논으로부터 질소와 인의 유출특성에 관한 연구를 하였다. 이수길(1991)은 농촌 유역에서 강우시의 수질변화 양상, 유량과 오염물질 부하량 사이의 관계, 총 오염부하량에 대한 비점원 오염물질이 차지하는 기여도에 관하여 연구하였다.

허우명 등(1992)은 호수로 유입되는 유입수의 총인 농도는 유량이 큰 우기에 높았으며 이는 유역에 산재해 있는 비점오염원인 각종 농경지의 인이 흡착된 표토 및 가축 배설물 등이 강우가 집중되는 시기에 일시에 하천으로 유입되기 때문이라고 했다.

박승우 등(1997)도 소유역의 토지이용에 따른 비점원오염 부하량 연구에서 부유물의 농도는 유출량과 밀접한 관계를 보였으나 총질소와 총인농도의 관계는 규명하지 못하고 취락지역으로부터 오수의 유입이 주요한 오염원으로 판단하였다.

엄명철(1996)은 수문모형인 탱크모델에 오염부하 계산식을 첨가한 오염부하 산정모형을 구성하여 유출량과 오염부하량을 일별로 모의 발생하였다. 모의 발생결과 SS 와 T-P는 직접유출에 의한 부하량이 높고, T-N은 기저유출에 의한 부하량이 높다고 하였다.

비점원오염원의 원단위 배출량에 대한 연구로는 이인선 등이 토양 컬럼실험을 통하여 연구하였고 그 외에 임봉수(1984), 홍성수(1989), 신현석(1993) 등이 하천의 유량을 측정하는 방법으로 논, 밭, 산림 그리고 주거지역에 대하여 원단위 오염부하량을 제시하였다.

비점원오염의 최적관리방법중의 하나는 꾸준한 교육과 홍보를 통해 생활습

관과 영농방법을 바꾸어 오염의 발생을 근원적으로 줄이는 것이다. 그러나 효율적인 교육과 홍보자료의 개발이나 비점원오염의 유출을 통제하기 위해서는 신뢰성 있는 연구 자료가 필요하다. 이러한 자료를 얻기 위해서는 최소한 10년 이상의 장기계획으로 농업지역에 종합수질 모니터링시스템을 구축하고 토지이용과 수질과의 관계, 지역개발과 수질과의 관계 등을 조사 및 연구하여야 한다. 비점원오염에 관한 연구자료가 부족한 우리나라는 장기적인 계획하에 전국의 여러 지역에 시범연구유역을 설정하고 비점원오염의 거동을 정밀히 파악할 수 있는 모니터링이 수행되어 자료를 확보하고 이를 바탕으로 한 오염원 구명을 위한 연구가 지속되도록 해야 한다.

농경지는 강우시 발생하는 유거수와 함께 비료와 농약 등의 화학물질과 유기물 등의 비점오염원이 되며 마을 등으로부터의 생활하수 및 가축분뇨, 폐기물 등도 지표수와 지하수로 유입된다. 그러나 이들이 독성물질은 아니지만, 하천이나 호수의 휴양적 기능을 훼손시키고 부영양화를 일으키는 등의 영향뿐만 아니라, 인근의 토양 및 지표수와 지하수의 주요 오염원으로 작용하기도 한다.

농업지대 소유역에서 발생하는 비점오염에 대한 연구는 미국에서 1972년 정수법이 통과되면서 본격적으로 시작되었고, 일본에서는 호수 부영양화의 원인을 조사하면서 비점오염원에 대한 연구가 시작되었으며, 이들 연구는 주로 농업생산성을 유지하면서 농지에서의 각종 영양원소와 농약류의 유실을 최소화하여 하천 및 호수의 수질을 보존하는 것이었다.

농업유역의 토지이용에 따른 비점오염의 부하량을 조사한 결과, 취락지역에서 일평균 부하량이 가장 많았고, 취락지구와 가축 사육두수가 많은 곳에서 유입되는 하천수가 산간지 등에서 유입되는 하천수보다 수질오염이 심하였으며, 산림지에 비해 평탄지와 취락지역에서 오염부하가 높은 경향을 보였다. 또한 하천수질오염에 기여하는 오염배출부하는 생물학적 산소요구량, 총질소, 총인 모두 축산폐수가 가장 높았으며, 다음으로 생활하수, 토지이용, 공장폐수 순이었다.

박 등(1997)은 우리나라 하천, 호수 등의 수질오염원으로 농경지를 최우선 순위로 평가하였으며, 신과 윤은 비점오염과 점오염의 연간 부하량을 비교한 결과, 비점오염원이 유역 및 하천의 오염에 상당히 기여한다고 하였다. 홍과 권(2001)은 연간 논으로부터의 단위면적당 유출부하량의 경우 질소가 약 30

kg/ha/yr이고 인은 약 5.2 kg/ha/yr로 추정된다고 하였다.

3.3.2 수리시설의 의의와 기능

농업수리란 농경지에서 작물이 성장하는데 있어 자연적인 기상여건만으로는 충족시킬 수 없는 최적의 생육조건, 즉 물이 부족하면 부족용수를 공급하고 농경지에서 불필요한 물이 발생하면 잉여수를 배제시키는 등 최적의 생육조건을 만들기 위한 물관리를 통틀어 농업수리라고 할 수 있다. 부족용수를 공급하기 위한 물관리를 관개라 하고, 잉여수를 배제시키기 위한 물관리를 배수라 칭하며, 관개와 배수를 위한 시설을 총괄하여 농업수리시설이라고 한다.

관개가 필요한 것은 강우가 부족하여 자연적으로 용수공급이 안되는 상황이기 때문이며, 이런 상황에서 관개를 하기 위해서는 수자원이 확보되어야 한다. 벼를 재배하는데 필요한 용수량 중 자연강우로 충족시킬 수 있는 양은 50%에 미달되기 때문에 부족한 용수량은 인공적인 수단에 의해 수자원을 확보하거나 활용하는 시설이 필요하며 수자원을 확보하고 공급하는 시설을 수원공이라고 한다.

수원공의 종류는 저수지, 담수호(방조제), 양수장, 취입보, 집수암거, 관정 등이 있다. 수원공에서 농경지로 용수를 이송하는 시설을 용수로라고 하며, 수원공과 용수로를 합쳐 관개시설이라고 한다.

관개시설율은 관개시설에 의하여 용수를 공급받는 논면적의 비율인 수리답율과 같은 개념이며, 수리답면적은 시설능력이 취약한 시설까지 다 포함할 때 2006년 기준 전체 논면적 1,084천 ha중 859천ha로서 수리답률은 79.2% 수준이다.

2006년말 현재 농업수리시설 중 수원공은 67,597개소 (표3-6)로서 수리답면적 100ha 당 7.8개나 된다. 면적 1ha의 규모는 사방 100m 면적이므로 100ha는 사방 1km의 면적인바 사방 1km안에 저수지 2개, 양수장 0.7개, 보 2.1개, 관정 2.6개, 집수암거 0.4개 등 많은 숫자의 수원공이 있다.

용·배수로는 114천km로서 100ha당 13.2km나 되어 사방 1km 내에서 13번 이상 왕복할 수 있는 길이로서 논과 논 사이에 큰 밀도로 설치되고 있다.

(표 3-6) 우리나라 농업수리시설 현황

구 분	시설별		단 위	규 모	비 고
관개시설	수 원 공	저수지	개소	17,679	
		양수장		6,314	
		취입보		18,115	
		집수암거		2,828	
		관 정		22,661	
		계		67,597	
	용수로		km	114,046	
배수시설	배 수 장	양·배수장	개소	120	
		배수장		744	
		계		864	
	배수로		km	66,573	

자료 : 농업생산기반정비사업 통계연보, 2007, 농림부, 한국농촌공사

농업수리시설은 영농활동의 핵심부인 논지역에 가로 세로로 얽힌 듯 설치되어 있다. 이러한 농업수리시설은 우리 인체조직과 비교할 때 혈관조직과 똑같은 유사점을 발견할 수 있다.

수자원을 공급하는 수원공시설은 인체에 혈액을 공급하는 심장과 같은 역할을 하며, 수원공에서 농경지에 용수를 이송하는 용수로는 심장에서 인체조직에 양분과 산소를 공급하는 인체 혈관의 동맥과 같은 역할을 한다.

상류지역의 농경지로부터 강수를 받아 배수장으로 보내는 배수로는 인체혈관의 정맥과 같은 역할을 하며, 배수로를 통해 저지대 농경지로 유입되는 홍수량을 강 쪽으로 배제시키는 배수장은 인체의 신장과 같은 역할을 한다.

농업수리시설은 관개와 배수에 의하여 농작물이 가뭄과 홍수 등의 기상재해를 받지 않게 하거나 최소화하며, 농업수리시설 자체의 기능에 의해 홍수를 저류·지체시키면서 배수로나 하천, 농경지 등의 피해를 방지·경감시킴으로써 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 방지하는 방재시설의 역할을 하고 있다.

우리나라의 방재에 대한 기본법인 자연재해대책법에서도 이러한 농업수리

시설의 기능을 인정하여 저수지, 양수장, 배수장, 방조제, 하구둑, 용수로, 배수로 및 보 등을 방재시설로 규정하고 있다. 그러므로 농업수리시설은 농업목적상의 명칭이며 자연재해의 국토보전·관리차원에서는 방재시설인 것이다.

3.3.3 농업용 저수지의 비점오염원 저감기능

1) 저수지의 유사량 차단기능과 효과

농업생산기반정비사업 통계년보와 농업기반공사의 농업생산기반 시설물 조사표에 의한 총저수지 시설은 17,690개소로서 저수량은 3,656.4백만 m^3 이며, 유역면적은 4,139천 ha로서 우리나라 국토면적 9,967천 ha의 41%나 된다. 여기에는 금강, 영산강, 안성천, 삼교천 등 담수호 유역면적 1,826.2천 ha가 포함되었기 때문이다.

이중 육지부 저수지는 17,679개소이며, 유역면적은 2,313천 ha로서 수리시설 유역의 56%이고, 저수량은 2,855.8백만 m^3 이다. 담수호는 11개소에 저수량은 800.6백만 m^3 이며 저수지 및 담수호의 시설별 현황은 (표 3-7)과 같다.

(표 3-7) 저수지 및 담수호의 유역면적 및 저수량 현황

(단위 : 유역-천 ha, 저수량-백만 m^3)

구 분	계			저 수 지			담 수 호		
	개소수	유역	저수량	개소수	유역	저수량	개소수	유역	저수량
계	17,690	4,139.1	3,656.4	17,679	2,313.0	2,855.8	11	1,826.1	800.6
시·군	14,362	956.4	442.1	14,360	891.9	371.8	2	64.5	70.3
농기공	3,328	3,182.7	3,214.3	3,319	1,421.1	2,484.0	9	1,761.1	730.3

주) 1. 섬진강댐은 건설교통부에서 다목적댐으로 분류하고 있어 제외하였음.

2. 시군 저수지중 해안시설 2개소는 담수호로 분류하였음.

자료 : 농업생산기반정비사업 통계년보('07) 및 농기공농업생산기반시설물 조사표

육지부 저수지 17,679개소는 중소하천의 상류부 즉 산계곡에 설치되어 유역에서 유하하는 유출수를 저류하며 침사기능을 갖는 침사기능을 갖는 침사지의 역할을 수행하는 비점오염저감시설이다. 저수지의 침사기능은 사당댐과는 비교할 수 없을 정도로 매우 높다. 실제 저수지의 퇴적량 조사사례를 보면 경과년수와 유역조건에 따라 차이가 있으나 평균 퇴적량은 유효저수량의 20.1%에 달하는 것으로 나타나며, 저수지 266개소에 대한 퇴적량 분석자료는 (표 3-8)과 같다.

(표 3-8) 저수지 퇴적량 분석

도 별	대상 지구수	평균유역 면적(ha)	평균유효 저수량(천 m^3)	경과 년수	평균감소율 (%)	평균퇴적량 (천 m^3)
경 기	13	738	1512	32	11.4	173
강 원	7	1378	957	31	23.6	226
충 북	16	396	577	39	13.0	75
충 남	48	622	1297	45	9.2	120
전 북	46	86	56	57	31.0	17
전 남	87	176	219	54	23.6	52
경 북	28	1173	1848	41	14.9	275
경 남	21	200	207	48	23.6	49
계/평균	266	420	660	48	20.1	93

자료: 경사지 받지대 토양유실 현황대책조사 및 방지시설 설계요령 작성,농어촌환경기술연구회,2005, p.168

저수지의 유사량 차단기능은 토양유실량에 의해 평가할 수 있으며, 저수지 유역의 토양유실량 추정에 의해 규명할 수 있다. 저수지 개소당 평균 토양유실량 추정을 위하여 저수지 개소당의 유역면적을 산출하면 (표 3-9)와 같으며 평균유역 면적은 130ha 규모이다.

(표 3-9) 저수지의 개소당 평균 규모

(단위 : 유역-천 ha, 저수량-백만 m^3)

구 분	저수지			개소당 평균		비 고
	개소수	유역	저수량	유역	저수량	
계	17,679	2,313.0	2,655.8	0.130	0.149	
시·군	14,360	891.9	293.8	0.062	0.020	
농기공	3,319	1,421.1	2,362.0	0.429	0.713	

(표 3-10) 저수지 개소당 표본지구의 비점오염원별 면적

(단위 : ha)

구 분	표본지구 비점오염원별 면적				비 고
	계	논	밭	임야	
시·군	62	6	15	41	
농기공	429	65	85	279	

또한 토지이용별 단위면적(ha)당 토양유실량은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 2005년 3월에 발표한 토양침식위험성 평가자료에 의하면 논 1.0 MT/ha/yr, 임야 3.5 MT/ha/yr, 밭 41.0 MT/ha/yr이다. 따라서 유역의 토지이용별 면적과 ha당 유실량에 의해 저수지 개소당 토양유실량을 산정하면 (표 3-11)과 같다.

(표 3-11) 저수지 표본지구 개소당 유역의 토양유실량

구 분	개소당 평균면적 (A)				ha당 연평균유실량 (B)			개소당 토양유실량 (A×B)			
	논	밭	임야	계	논	밭	임야	논	밭	임야	계
시·군	6	15	41	62	1.0	41.0	3.5	6	615	143	764
농기공	65	85	279	429	“	“	“	65	3,485	976	4,526

<토양유실량 자료> 전국토양유실위험성 평가, 2005 .1, 농촌진흥청 농업과학기술원

저수지 표본지구 개소당 유실량과 저수지 개소수에 의해 저수지 유역의 총 유실량을 산정하면 (표 3-12)와 같이 26,058천 MT/yr이다.

(표 3-12) 저수지 유역의 총 토양 유실량

(단위: M/T/yr)

구분	개소당 평균 유실량(A)	저수지 개소수(B)	총 유실량(A×B)	비고
계	1,470	17,679	25,992,834	
사군	764	14,360	10,971,040	
농기공	4,526	3,319	15,021,794	

밭의 침식토양 구성비를 (표 3-13)에서와 같이 모래 47%, 실트/점토 53%로 보고 <그림 3-2>를 이용하여 저수지 평균유역면적 130ha에 대한 유사전달비를 구하면 30%이다. 유사전달비에 의한 유사량을 구하면 7,797천MT/yr이다.

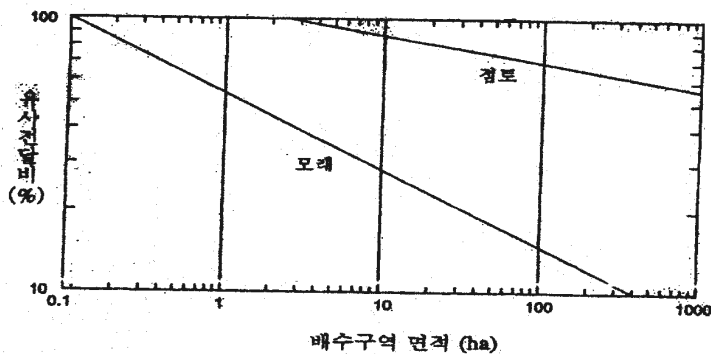
$$D = \frac{Y}{T} \times 100 \quad (D : \text{유사전달비}, T : \text{유실량}, y : \text{유사량})$$

$$Y = DT/100 = 30\% \times 25,992 \text{천} MT = 7,797 \text{천} MT/yr \text{ 톤}$$

(표 3-13) 토지이용별 토양의 주요 물리성 비교

구분	논토양		밭토양		임지토양	
	표토	심토	표토	심토	표토	심토
모래(%)	33.2	34.1	47.1	44.2	44.6	42.8
미사(%)	47.8	45.7	37.0	36.0	40.0	39.5
점토(%)	19.0	20.2	15.9	19.8	15.4	.7

<자료> 밭토양 환경보전관리 기술종합보고서, 2000.12, 농업과학기술원



<그림 3-2> 토질별 유역면적별 유사 전달비 (TRB, 1980)

따라서 저수지 17,679개소의 연간 유사량은 7,797천MT/yr에 대하여 사방댐의 공사비 저수량당 12,500원/m³(2008년남해군사방댐건설비 인용)으로 대체 효과를 산정하면 연간 9,746억원의 효과가 있는 것으로 추정된다.

$$\text{유사량 차단효과} = 7,797\text{천M/T} \times 12,500\text{원/m}^3 \approx 9,746\text{억원}$$

2) 수질개선효과

저수지의 수질개선효과는 첫째로 오염물질이 가장 높은 초기 유출수를 받아 저수지가 만수될 때까지 저류함으로써 오염물질의 하류 유출을 감소시키는 기능이다. 다음으로는 앞서 1)저수지의 유사량 차단기능과 효과에서 언급한바와 같이 이러한 오염물질이 저수지에서 머무름으로 인하여 부유물질의 침전과 자정작용에 의해 오염물질이 저감되는 기능을 말할 수 있다.

산림이 많고 하절기 강우가 집중되어 강우강도가 높은 우리 나라의 지형과 강우특성상 각각의 소유역의 집수역이 되는 농업용 저수지의 유사 퇴적에 의한 수질 개선효과는 매우 높다 할 수 있다.

특히 입자상에 흡착하는 특성이 있는 인(P)의 효과가 흡착보다 용존성이 강한 질소(N)에 비하여 높다 할 수 있다.

농업용 저수지의 부유물질만의 이화학적 특성 자료는 조사된 자료가 부족하여 대표할 만한 성적을 이용할 수 없었다. 2005년에 농어촌연구원에서 발행한 “저수지 준설 환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구”에서 제시한 18개 저수지의 평균 총인농도(표 3-14)를 이용하여 추정해보면 연간 6천8백톤의 인이 제거되는 효과를 인정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{농업용저수지에 의한 인제거량(g)} &= \text{퇴적물농도(g/ton)} \times \text{유사량(ton/yr)} \\ &= 872 \text{ g/ton} \times 7,797\text{천 ton/yr} = 6,798,984,000 \text{ g/yr} = 6,798 \text{ ton/yr} \end{aligned}$$

특히 인의 경우는 유기물과 달리 내부생산이 이루어지는 것이 아니므로 그 기원이 수계의 오염원이며 오염총량제가 인으로 까지 확대될 경우 그 역할은 더욱 높히 평가 되어야 할 것이다.

(표 3-14) 농업용 저수지 퇴적물 특성

저수지	pH	T-N(mg/kg)	T-P(mg/kg)	유기물(%)
연 제	6.0 ~ 6.2	2,250 ~ 3,292	879 ~ 1,315	3.9 ~ 5.7
도 고	5.8 ~ 6.1	2,155 ~ 3,126	812 ~ 886	3.7 ~ 4.5
설 성	4.5	2,344 ~ 3,235	1,196 ~ 1,550	3.1 ~ 3.8
순 성	5.5 ~ 6.2	1,372 ~ 3,281	1,167 ~ 1,559	2.5 ~ 4.6
장 곡	4.8 ~ 5.1	728 ~ 2,707	786 ~ 1,453	1.8 ~ 3.8
용 담	4.6 ~ 4.9	2,087 ~ 2,988	971 ~ 1,287	3.3 ~ 4.2
성 연	5.5 ~ 5.7	1,213 ~ 2,997	557 ~ 827	2.7 ~ 5.6
옥 산	4.9 ~ 5.4	1,531 ~ 2,860	705 ~ 1,181	2.8 ~ 4.9
개 천	5.6 ~ 5.8	2,308 ~ 3,130	372 ~ 637	3.6 ~ 5.0
삼 합	4.4 ~ 4.7	956 ~ 2,334	311 ~ 635	2.8 ~ 3.8
덕 립	5.9 ~ 6.4	1,885 ~ 2,583	1,148 ~ 1,970	2.1 ~ 3.1
장 계	4.5 ~ 4.7	1,519 ~ 5,572	757 ~ 1,523	3.3 ~ 9.0
삼 가	5.2 ~ 5.3	1,534 ~ 2,009	237 ~ 325	3.2 ~ 4.7
수 청	5.7 ~ 5.8	2,339 ~ 4,956	606 ~ 1,401	5.4 ~ 8.7
장 찬	4.9 ~ 5.2	1,743 ~ 3,098	411 ~ 582	3.8 ~ 5.3
청 립	5.5 ~ 5.7	2,588 ~ 2,867	632 ~ 774	6.2 ~ 6.8
만 운	5.0 ~ 5.9	903 ~ 2,312	729 ~ 980	2.1 ~ 3.6
사 천	4.5 ~ 4.6	1,283 ~ 2,106	72 ~ 154	4.0 ~ 5.4
평 균	5.3	2,394	872	4.2

자료: 저수지 준설 환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구, 2005, 농어촌연구원

4. 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법

4. 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법

4.1 농업분야 친환경농업정책과 농업용수 수질 요구도

4.1.1 친환경농업육성법의 농업용수 수질

1) 친환경농업의 개념

(1) 개 요

친환경농업육성법에 나온 문구를 가지고 친환경농업을 흔히 농업과 환경을 조화시켜 농업생산을 지속 가능하게 하는 농업형태로서, 농업생산의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 농업이라고 정의하고 있다.

친환경농업의 기본 패러다임은 단기적인 것이 아닌 장기적인 이익추구, 개발과 환경의 조화, 단일작목 중심이 아닌 순환적 종합농업체계, 생태계의 물질순환 시스템을 활용한 고도의 농업기술을 의미하며, 유기농업 등 특수농법 뿐 아니라, 병해충종합관리(IPM), 작물양분종합관리(INM), 천적과 생물학적 기술의 통합이용, 윤작 등 흙의 생명력을 배양하는 동시에 농업환경을 지속적으로 보전하는 모든 형태의 농업을 포함할 수 있다. 그러나 이러한 법적 개념을 기초로 하여 해석하는 것 외에도 이론적인 의미에서 해외의 개념 등을 살펴보면 그 영역과 의미가 상당히 광범위하다.

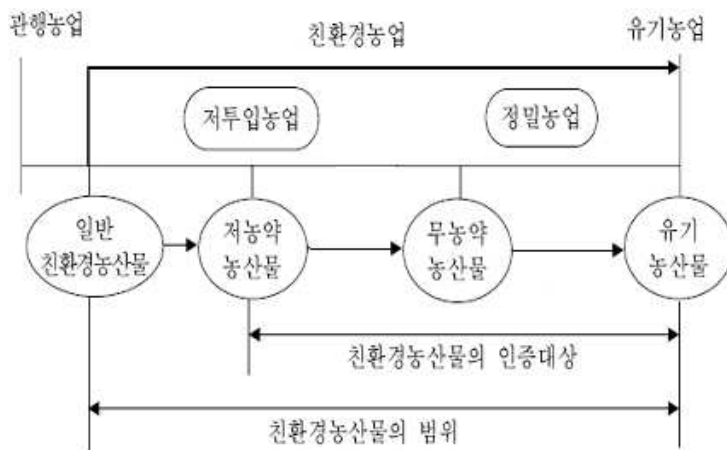
(2) 법적 개념

친환경농업의 개념에 관해서는 관점에 따라 다양한 견해가 제시되고 있으며, 개념 정립과 관련하여 아직도 논의가 계속되고 있다.

통상적으로 쓰이고 있는 친환경농업의 개념은 친환경농업육성법에서 제시

된 바와 같이 “합성농약, 화학비료 및 항생·항균제 등 화학자재를 사용하지 아니하거나 이의 사용을 최소화하고 농·축·임업 부산물의 재활용 등을 통하여 농업생태계와 환경을 유지·보전하면서 안전한 농축임산물을 생산하는 농업”으로 규정하고 있다. 이러한 개념은 농자재의 적절한 투입과 적절한 가축 분뇨의 처리에 초점을 맞추고 있다. 통상적으로 이러한 친환경농업의 개념은 친환경농법의 실천 단계에 따라 여러 가지 친환경농산물을 생산하는 농업으로 이해되고 있다.

친환경농산물의 종류는 「친환경농업육성법」 제 16조에서 제시된 분류방식으로 “친환경농산물은 그 생산방법과 사용자재 등에 따라 일반친환경농산물 유기농산물·무농약농산물 및 저농약농산물로 분류한다”라는 규정에 따르고 있다. 또한 친환경농산물의 범위는 화학적 투입재를 전혀 사용하지 않는 유기농산물로부터 투입재를 적절하게 사용하는 일반친환경농산물에 이르기까지 포괄적으로 되어 있다 <그림 4-1>.



<그림 4-1> 「친환경농업육성법」에서의 친환경농업의 범위.

친환경농업은 생명 순환원리와 공생의 원리에 철학적 기초를 두고 있다. 인간과 자연은 대기, 물, 에너지 등을 끊임없이 상호교환 함으로써 공생유지, 즉 인간은 자연의 정복자가 아니고 공생자라는 시각에서 인간과 자연과의 조화를 강조하는 것이다.

친환경농업의 개념에 관한 논의는 크게 친환경농업육성법에 규정된 포괄적인 개념으로 보는 견해와 너무 포괄적이므로 높은 단계의 친환경농업으로 유기농업에 보다 초점을 맞추어야 한다는 견해로 대별될 수 있다.

① 포괄적인 견해: 농진청, 농과원 등의 입장

친환경농업이란 어떤 특별한 농법만을 대상으로 한 것이 아니라 환경부하를 최소화하는 적절한 화학적 투입재를 사용하며 토양의 성질을 악화시키지 않는 농업으로 규정하고 있음. 따라서 현재 추진하고 있는 농법을 환경농법으로 간주하며, 유기 및 자연농법 등은 친환경농법의 특수농법으로 규정하여 약간은 비판적인 견해를 보이고 있다. 즉 친환경농업은 농약이나 비료를 전혀 사용하지 않고 유기질비료로만 작물을 재배하는 농업이 아니라 비료와 농약을 가장 적정하게 사용하면서 환경부하를 최소화시키는 농업으로 규정하고 있다.

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

친환경농업육성법에서 친환경농업의 개념은 정부가 정한 농약 안전사용기준과 비료시비기준 등 각종 화학자재의 적정사용기준만 지키면 친환경농업이라고 보는 시각은 너무 포괄적이며 애매하다는 시각이 있다.

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

INM과 IPM 등 저투입농업도 넓게 보면 친환경농업의 범주에 포함시킬 수는 있으나, 이들 농법을 친환경농업의 범주에 포함시키는 것은 혼란을 가중시키는 것으로 보고 있으며, 저투입농업을 친환경농업의 범주에 포함시키기 위해서는 화학비료나 농약의 사용량은 불가피한 경우 사용이 허용된다 하더라도 최소량으로 제한되어야 한다는 견해를 보인다.

즉, 친환경농업의 범위는 유기농업을 궁극적으로 추구해야할 최고목표(높은 단계의 친환경농업)로 삼고, 전환기 유기농업, 그리고 그 전단계로서 극소량의 화학제제를 엄격한 법적규제 하에 불가피한 경우에 한하여 제한적으로만 쓰는 경우의 저투입농업으로 한정시켜 규정해야 하는 것으로 보고 있다.

(3) 해외의 개념

외국에서도 친환경농업의 개념과 관련 통일된 규정은 없으며 개념설정과 관련하여 다양한 견해가 제시되고 있다.

친환경농업의 범위는 환경부하에 영향을 미치는 화학적 투입재의 사용정도에 따라 투입재 사용을 최소화하는 저투입지속농업(low input sustainable agriculture)과 투입재의 사용을 전혀 인정하지 않은 유기농업(organic agriculture) 등을 포괄하여 쓰이고 있다.

친환경농업과 유사한 개념으로는 저투입지속형농업, 지속가능한 농업(sustainable agriculture), 균형투입지속농업(balanced inputs sustainable agriculture), 대체농업(alternative agriculture), 유기농업, 정밀농업(precision farming) 등을 들 수 있다.

OECD는 “농업과 환경의 정책통합”이라는 1993년도의 정책보고서에서 친환경농업과 유사한 개념으로 “지속가능한 농업”을 “농업생산력을 확보하면서 환경상의 목적도 달성할 수 있는 농업기술과농법 체계”로 규정하며, 네 가지 조건으로 ① 경제적으로 성립하는 농업생산체계라는 것, ②생산수단으로서 자연자원의 기반을 유지·향상시키는 것, ③ 농업이외의 생태계를 유지·향상시키는 것, ④ 농촌의 쾌적한 환경과 수려한 경관을 창출하는 것 등을 제시하였다.

FAO는 친환경농업과 유사한 개념으로 지속가능한 농업을 “천연자원의 손실과 파괴를 방지하고 생태계를 건전하게 유지하면서 농업생산성 상승을 유지하는 것”이라고 정의하고 있다.

미국은 친환경농업을 지속가능한 농업으로 규정하여 저투입 지속가능농업(Low Input Sustainable Agriculture, LISA)을 들고 있다. ‘1990년 농업법’에서 지속가능한 농업을 “생산력을 가지며, 경쟁력이 있으며 수익성이 있고, 천연자원을 유지하여 환경을 보전하며, 국민의 건강과 안전성을 증진시키는 농업”으

로 규정하고 있다. 지속가능한 농업의 실현을 위한 구체적인 지침으로 자연생태순환과 통제와 통합 달성, 토양 비옥도와 자연자원기반의 보호 및 개선, 농장 내 자원 관리와 사용의 최적화, 재생 불가능 자원과 생산자재의 사용 감소, 충분하고 꾸준한 농장 수입 제공, 가족농업과 농장 공동체 내의 기회 증진, 건강, 안전, 야생동물, 수질 등 환경영향의 최소화를 제시하고 있다.

유럽에서의 친환경농업은 농업과 환경문제의 조화를 위해서 농지의 집약적 이용을 억제하여 농업생산에 의한 환경부하를 경감시킴과 동시에 경관 보전과 야생동물보호 등을 목적으로 하는 농업으로 규정하고 있다.

일본의 경우 친환경농업은 ‘환경보전형 농업’으로 지칭되고 있으며, 이는“물질순환기능을 살리고, 생산성과 조화가 되도록 유의하면서 토양의 조성을 통하여 화학비료, 농약의 사용에 따르는 환경부하를 경감시키는 지속적인 농업”으로 정의하고 있다. 일본에서는 환경보전형 농업의 유형을 크게 타입 I과 II로 두 가지로 나누고 있다. 타입 I은 토양조성 등 기존의 기술을 활용하여 가능한 범위에서 화학비료와 농약을 줄임으로써 환경부하를 경감시키는 것을 말하며, 타입 II는 투입재의 감축수준에 따라 감농약, 감화학 비료부터 무농약, 무화학 비료까지 다양한 수준의 저투입농업과 유기농업으로 구분하고 있으며, 리사이클 농업을 통해서 시비, 방제기준을 다시 검토하고 신기술과 자재를 활용하여 환경부하를 경감시키고 있다.

외국에서의 친환경농업에 대한 대표적인 견해차는 근대적이며 집약적 농업을 환경보전형 농업으로 전환시키는 것”과 “근대적이며 집약적 농업의 부정적인 측면만 없애는 정도의 환경보전형 농업을 생물학적 순환을 활용하여 환경보전에 적극적으로 공헌하는 지속적 농업으로 육성하고자 하는 것”의 견해차로 요약될 수 있다.

대표적으로 유럽과 미국정부의 견해를 살펴보면 궁극적으로 친환경 농업이 추구하는 방향에 있어서 약간의 차이가 있다. 미국에서의 친환경농업의 육성은 INM과 IPM 등 저투입 지속적 농법에 기초를 두고 정밀농업 정착에 초점을 맞추고 있으며 한편 유럽에서 영국의 경우 저투입 농업은 농장관리의 기본적인 틀을 바꾸지 않고 그대로 둔 상태에서 농약, 비료 등 화학약제 및 에너지를 줄이는 것으로 이것은 한정된 범위에서는 환경보전에 공헌하겠지만 집약적 농업에 있어서는 많은 문제를 가지는 것으로 보고 있다.

2) 친환경농업에서의 농업용수 수질 기준


친환경농산물 인증을 받기 위해서는 인증을 위한 별도의 수질 기준을 제정하지 않았고 타 법률을 이용하고 있다.

친환경농업육성법 제9조와 동 규칙 제9조와 관련하여 생산조건별 세부기준(규칙제9조 별표3)에 따른 용수는 “환경정책기본법 시행령 제2조 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제11조에 따른 농업용수 이상이어야 한다. 다만, 콩나물 및 숙주나물 등 싹을 튀워 직접 먹는 농산물은 먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 제2조에 따른 먹는물 수질기준에 적합하여야 한다.”라고 되어 있다.


(표 4-1) 환경정책기본법상의 수질 기준(사람의 건강보호 기준)

항 목	기준 값(mg/L)
카드뮴(Cd)	0.005 이하
비소(As)	0.05 이하
시안(CN)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.01)
수은(Hg)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.001)
유기인	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
폴리크로리네이티드비페닐(PCB)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
납(Pb)	0.05 이하
6가크롬(Cr ⁶⁺)	0.05 이하
음이온계면활성제(ABS)	0.5 이하
사염화탄소	0.004 이하
1,2-디클로로에탄	0.03 이하
테트라클로로에틸렌(PCE)	0.04 이하
디클로로메탄	0.02 이하
벤젠	0.01 이하
클로로포름	0.08 이하
디에틸헥실프탈레이트(DEHP)	0.008 이하
안티몬	0.02 이하

(표 4-2) 환경정책기본법상의 수질 기준(생활환경 기준-하천)

등급	상태 (캐릭터)	기 준						
		수소이온 농도 (pH)	생물화학 적산소요 구량 (BOD) (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	용존 산소량 (mg/L)	대장균군 (균수/100mL)		
						총 대장균군	분원성 대장균군	
약간 나쁨	IV 	6.0 ~ 8.5	8 이하	100 이하	2.0 이상	-	-	

(표 4-3) 환경정책기본법상의 수질 기준(생활환경 기준-호소)

등급	상태 (캐릭터)	기 준								
		수소이 온농도 (pH)	화학 적산 소 요 구 량 (COD) (mg/L)	부유 물질 량 (SS) (mg/L)	용존 산소 량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필 a (Chl-a) (mg/m ³)	대장균군 (균수/100mL)	
									총대장 균군	분원성 대장균 군
약간 나쁨	IV 	6.0 ~ 8.5	8 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	-	-

비고

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.

(표 4-4) 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙상의 수질 기준

(단위: mg/L)

항목	이용목적별	농업용수
일반오염물질 (5개)	수소이온농도(pH)	6.0 ~ 8.5
	대장균군수	-
	질산성질소	20 이하
	염소이온	250 이하
	일반세균	-
특정유해물질 (15개)	카드뮴	0.01 이하
	비소	0.05 이하
	시안	불검출
	수은	불검출
	유기인	불검출
	페놀	0.005 이하
	납	0.1 이하
	6가크롬	0.05 이하
	트리클로로에틸렌	0.03 이하
	테트라클로로에틸렌	0.01 이하
	1,1,1-트리클로로에탄	0.3 이하
	벤젠	-
	톨루엔	-
	에틸벤젠	-
	크실렌	-

4.1.2 우수농산물관리제도(GAP)에 있어 농업용수 수질

1) GAP의 개념

(1) GAP의 개요

일반적으로 GAP는 농산물의 생산단계에서 수확, 저장, 포장, 가공, 유통단계를 거쳐 최종적으로 소비자들에 의해 소비되는 일련의 과정에서 농산물의 안전성을 확보한다는 의미로 해석되고 있다. 그러나 일반적인 가공공장에서의 생산활동은 GAP의 대상에서 제외된다. 가공공장에서는 제조업 분야에서 활용되고 있는 품질경영시스템(TQM)에 의한 품질 및 경영관리 체계가 적용되고 있으며, 특히 최근에는 식품위생적 측면이 강조된 HACCP(식품위해요소중점관리기준) 시스템이 가공제조 분야 전 업종에 걸쳐 활발하게 도입되고 있다. 즉, 가공공장에서의 시스템은 어디까지나 가공업자의 입장에서 생산제품의 안전성(Safety)과 건전성(Wholesomeness)을 보증하기 위하여 식품위생 및 품질관리에서의 기본적인 생산활동에 초점을 맞추고 있어, 지속가능한 농업생산환경을 보호하고 이를 통해 건강하고 안전한 농산물을 생산하고자 하는 GAP의 개념과는 상당한 차이가 있다.

따라서 안전한 농산물이란 토양, 용수, 종자, 농약, 비료 등 생산요소 뿐만 아니라 재배, 수확, 수확후 처리과정에서의 안전관리 및 생산과정에 참여하는 작업자의 복지 및 건강관리 등이 종합적이고 체계적으로 관리되는 시스템 하에서 생산되는 농산물이다. 또한 이러한 시스템은 농업환경을 보호함으로써 지속농업을 가능하게 한다.

(2) 농업분야의 GAP 전개과정

국내 농업분야의 GAP는 매우 초보적인 단계이며, 아직 GAP의 개념조차 명확히 정립되어 있지 않은 실정이다. 농림부는 2003년도 농산물에 대한 안전성조사 추진계획을 수립하면서, 농업생산자가 위생적이고 안전한 농산물을 생산할 수 있는 우수 농산물관리제도(GAP)를 제정하였으며, 이는 향후 우리나라 농업에서 GAP가 확산되는 계기를 제공하게 될 것이다.

GAP에 의해 생산된 농산물을 “GAP 농산물”로 정의할 때 “GAP 농산물”이라 함은 생산기반인 토양 및 용수관리로부터 경작지의 자연 및 야생생물보호, 작물의 식재방법, 생산과정에 따른 농약 및 비료관리, 수확 및 수확후 처리, 자연 및 야생생물보호, 작업자의 복지 등 생산과 관련된 모든 사항이 농산물안전성과 환경보고 관점에서 종합적으로 관리된 농산물이어야 한다.

우리나라의 경우 그 동안의 농업은 다수확 생산에 초점이 맞추어져 왔기 때문에 안전성 및 농업환경보호 측면은 도외시 되어온 면이 없지 않다. 그러나 최근 식품의 안전성 그리고 환경보호에 대한 소비자들의 관심이 고조됨에 따라 단편적이거나 GAP 개념이 도입된 여러 가지 제도가 다음과 같이 운영되어 왔다.

첫째 농산물 품질인증제도를 들 수 있다. 농산물 품질인증제도는 맛 및 품질이 우수하거나, 특징적으로 재배한 농산물을 인증하는 제도로써 농산물의 생산여건과 품질관리상태를 심사, 인증여부를 통보해 주고 생산·출하과정 조사를 거쳐 적격품에 한해 인증표시 표시 후 출하한다.

둘째, 친환경농산물인증제도이다. 친환경농산물인증제도는 비료·농약을 사용하지 않거나, 적게 사용한 농산물을 그 사용정도에 따라 유기농산물, 무농약농산물, 저농약농산물(축산물의 경우 유기축산물, 전환기유기축산물)로 구분하여 인증한다.

셋째 원산지표시제도이다. 원산지표시제도는 농산물이 생산 또는 채취된 국가 또는 지역을 표시하여 원산지 정보를 제공한다.



넷째 안전성 조사이다. 안전성 조사는 농산물에 잔류된 농약 등 유해물질에 대해 농가의 생산포장에 재배되고 있거나 저장창고에 보관되어 있는 것을 대상으로 시장 출하 전에 조사하고, 도매시장·집하장 등에 출하된 농산물은 거래되기 전 단계에서 조사하는 제도로써 조사결과 잔류허용기준을 초과한 부적합 농산물은 시장에서 출하되지 않도록 폐기·용도전환·출하연기 등 조치한다.

그밖에도 농약잔류허용기준, 농약안전사용기준 등이 있으며, 이들도 GAP 개념이 도입된 제도라 할 수 있다.

이상의 다양한 제도들은 소비자에게 우수하고 안전한 농산물을 제공할 목적으로 운영되고 있으나, 일부 생산요소 또는 생산단계에 대한 관리만이 이루어지고 있기 때문에 정확한 의미의 GAP와는 거리가 있다. 다시 말하면 위의 제도들에 의해 인증된 농산물이 반드시 지속가능한 농업생산환경에 의해 생산되었거나, 모든 생산요소 및 전체 생산과정에서 농산물의 안전을 위한 예방적 조치에 의해 생산된 농산물로 볼 수 없기 때문이다.

GAP는 생산자 및 소비자 모두를 보호하는 제도이다. 안전한 농산물에 대한 소비자들의 관심은 구매장소에서 그 농산물이 위생적으로 취급되고 있는가에서 시작한다. 그리고 “농장에서 식탁”까지 역의 경로로 그 농산물이 위생적이며 안전하게 유통, 처리, 수확, 재배된 농산물인지, 그것이 재배되는 경작지의 환경은 어떠한 지에 관심이 높아지고 있는 “생산이력(Traceability)”이다. GAP는 바로 이 “역추적성”을 가능케 함으로써 생산자에게 각 생산단계별 농산물 안전에 대한 책임성을 부여하며 소비자들로부터 농산물에 대한 신뢰를 확보 할 수 있게 된다.

(표 4-5) GAP와 타제도와의 비교

구 분	친환경농업	우수농산물관리제도	자연순환형농업
마크			
법적근거	친환경농업육성법	농산물품질관리법	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률
시 작	1997	2003	2006
주무부서	식량정책단 친환경농업팀	유통정책단 소비안전팀	축산정책단 자원순환팀
인증구분	유가 무농약 저농약	단 일	없 음
특 징	윤작녹비작물 재배 권장, 농약 비료 미사용 또는 최소화	농약, 비료사용은 권장사용기준 준수	물질 순환에 근거한 화학비료 및 가축분뇨사용

2) GAP에서의 농업용수 수질 기준

현재 우리나라의 우수농산물 제도는 관련법 준비단계에 있어 아직 구체적인 수질기준은 마련되어 있지 않다. GAP의 경우도 인증을 위한 별도의 수질 기준을 제정하지 않았고 타 법률을 이용하고 있다.

2006년 2월에 고시된 “우수농산물관리기준”에 의하면 수질은 환경정책기본법 시행령 제 2조 및 지하수의 수질보전등에관한규칙 제 11조 규정의 허용기준치를 적용하며 항목별 기준치를 초과한 수원을 이용하는 필지에 대하여는 GAP인증이 불가한 필수항목으로 하고 있다 (표 4-6).

(표 4-6) 우수농산물관리기준(물관리분야)

세 부 기 준	
필수기준	<p>17. 토양재배를 할 경우 사용하는 농업용수에 대해서는 최근 3년 이내의 수질분석성적을 제출하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 수질은 「환경정책기본법」 및 「지하수법」의 “농업용수수질기준” 이상이어야 한다. <p>※ 단 질소, 인 등 무기영양물질은 기준초과를 인정한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 수질분석은 농촌진흥청 소속 시험연구기관, 국립농산물품질관리원 시험연구소, 지원 및 출장소, 도농업기술원 및 시·군 농업기술센터, 시·도 보건환경연구원, 해당부처의 장이 인정한 검사기관, 국립농산물품질관리원장이 인정한 검사기관 등의 분석성적을 인정한다. ※ 단, 집단으로 인증을 받았을 경우에는 국립농산물품질관리원장이 정하는 바에 따라 표본 검사를 실시할 수 있다.
권장기준	<p>17. 관개수의 과부족을 피하기 위해 작물생육 중 수분요구도와 토양수분 함량을 고려한 적기 적정 관수 및 배수를 실시하여야 한다.</p> <p>18. 관개수 사용에 대한 기록을 유지하여야 한다.</p>

3)친환경농업육성법과 우수농산물제도상의 수질기준 적용의 시사점

현재 친환경농업 육성법과 우수농산물제도상의 수질기준은 호소나 하천의 경우 환경정책기본법상의 수질 기준을 적용하기에는 다소의 무리가 있다.

첫째로 현행 농업용수 수질기준은 하천, 호소 등 공공수역에 대한 수질관리정책의 행정적 목표수질을 규정하는 것임에도 불구하고, 이를 마치 농작물 재배를 위한 이수목적의 농업용수 수질기준인 것처럼 잘못 이용되고 있다. 이 기준은 작물의 생육특성 등을 고려한 것이 아니며, 관개목적의 수질기준으로 사용하기에는 다소 엄격하게 규정되어 있어 기준을 초과하는 용수원이 급속하게 증가하고 있다.

일반 국민들은 현행 수질기준을 초과하는 용수는 작물재배를 위한 농업용수로 사용할 수 없다고 생각하고 있으며, 더욱이 이를 사용하여 생산한 농산물의 안전성까지 의구심을 나타내고 있어 수자원 이용과 개발에 많은 문제점을 야기하고 있다.

따라서 이러한 문제점을 불식시키고 농업용수를 효율적으로 관리하기 위해서는 현행 농업용수 수질기준에 대한 전반적인 검토와 함께 우리나라 농업환경 특성과 이수목적에 적합한 농업용수 수질기준을 정립할 필요성이 시대적으로 강하게 대두되고 있다.

둘째로 특히 지표수에 적용하는 생활환경 기준은 생산된 농산물의 친환경성이나 안전성과는 다소의 거리가 있는 것이 현실이다. 이에 GAP에서는 “단 질소, 인 등 무기영양물질은 기준초과를 인정한다.”라는 단서조항은 시사하는 바가 크다 할 것이다. 즉 현행 지표수에 적용되는 수질기준은 환경정책기본법상의 기준을 적용하는 경우는 “사람의 건강보호 기준”만을 적용하는 것이 타당 할 것이며 지하수 수질 기준을 적용하는 경우에도 “특정유해물질”에 한하여 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

셋째, 수질 개선사업은 농업용 저수지라 하여도 현재 농촌의 어메니티 향상이나 경관 위락 등의 수요를 고려할 때 환경정책기본법상의 생활환경기준을 정책 목표를 적용하는 것이 의미를 가진다고 할 수 있겠다.

4.1.3 수질오염총량제에서의 친환경농업의 역할

1) 오염부하량 저감에 있어 최적영농관리방안을 통한 친환경농업

현재 많은 학자들은 농업생태계의 지속성을 보전하기 위한 실천방안으로 최적영농관리방안(BMP: Best Management Practices)을 제안하고 있다. BMP란 “농업비점오염원에 의해 초래되는 오염량을 수질목표에 상응하는 수준으로 줄이거나 억제하는 권장된 수단으로서 기술적, 경제적, 행정적으로 볼 때 가장 효율적으로 실현 가능한 영농방법”으로 정의할 수 있다. 비점오염원의 억제를 위해 사용되는 행정적, 규제적, 기술적 방안은 점오염원의 억제를 위해 사용되는 원리와

다르다. 비점오염원을 경제적으로 억제하기 위해 사용될 수 있는 접근 방법은 오염물질을 수거하여 처리하는 대신 발생급원을 관리하는데 있다고 볼 수 있다.

BMP는 영농방법과 보전방법을 모두 포함하고 있다. BMP를 작부체계에 도입하는 것은 친환경농업에서 추구하는 기술적, 경제적, 환경적 성공도의 면에서 가장 중요한 일이다. BMP는 지역특성에 따라 다르기 때문에 (site-specific), 한 지역에서 시행할 수 있는 BMP가 다른 지역에서 반드시 같을 수는 없다. 따라서 BMP는 지역, 작물의 종류, 기후 등에 따라 달라지게 된다. BMP는 연구에 의해 개발된 체계이어야 하며 농민에 의해 이행되어 최적의 화학농자재의 투입효과, 수량과 환경보전의 목표가 달성될 수 있는지 검증되어야 한다.

친환경농업을 통해 경제성이 있는 작물생산성을 유지함과 동시에 환경에 주는 악영향을 최소화하기 위해서는, 작물이 필요로 하는 적절한 양의 영양소가 사용됨은 물론 그 이용효율이 극대화되며, 특정 지역에 적합한 토양 및 수질 보전 기술을 채택해야 한다. 이를 달성할 수 있는 기술적 체계가 BMP라고 할 수 있다.

BMP는 문제를 파악, 평가한 후 대체할 수 있는 영농방안을 조사하고, 농민이 자발적으로 참여, 검토한 후 지역특성에 맞는 관리방안을 행정당국에서 결정할 수 있다. 모든 비점오염원을 관리, 억제할 수 있는 단일 기술이나 또는 단일 BMP는 없다. BMP의 선정 및 이행은 억제하고자 하는 오염원의 종류와 양, 배출하는 농업활동형태, 부하 감소량, 특정 지역의 기후, 지형 등의 자연요소를 포괄하여 고려하여야 한다. 비점오염원의 억제를 위한 적절한 BMP의 판정 및 이행을 위한 일반적인 단계는 다음과 같다.

1단계 : 개선을 필요로 하는 지표수와 지하수의 수질 문제 파악

2단계 : 수질문제에 기여하는 오염원의 공급원과 부하량 확인

3단계 : 억제방법 및 특정 관리방안 설정

-가장 이상적인 BMP는 농업적 효율성, 환경적 효율성, 경제적 수익성, 사회적 수용성, 시행 가능성의 조건을 갖춘 것

4단계 : BMP 이행

농경지에서 오염원 억제를 위한 적절한 BMP란 다음의 특성 중 한 가지 이상의 조건을 갖추고 있어야 한다.

- 토양을 식물재배방법이나 작물 잔류물로 적절하게 피복시켜 강우강도를 완화시키고 유거수의 속도를 줄일 수 있어야 한다.
- 적절한 토양 침투와 흐름경로를 마련하여 토양에서 분리, 이동을 통한 오염원의 유실을 최소화하고 침투능을 증가시켜 유거수량을 감소시킬 수 있어야 한다.
- 유출이 많이 일어날 때 표토나 근권에 있는 토양용액 중의 수용성농약, 식물영양소 및 기타화합물의 농도를 최소화하거나 감소시켜 이들 물질의 유거나 침투에 의한 이동을 최소화시킬 수 있어야 한다.
- 영농방법을 변경할 수 있어서 특정 방법에 의한 잠재적 오염원의 유실과 이동을 줄일 수 있도록 해야 한다.

따라서 BMP에 의한 오염원 억제 수단은 관리(Management), 식물(Vegetative) 피복, 구조적(Structural) 방법으로 구분할 수 있다. 관리방법에 의한 억제는 화학자재의 형태, 시용시기, 시용율, 시용방법, 경운 방법 등을 포함한다. 식물피복 방법은 토양 표면에 식물을 재배하거나 잔류물질을 이용하여 토양유실 방지, 유거수 속도 감소, 토양 수분 보유력 증가, 침투수의 비율과 양 증가를 통한 오염원의 억제 수단으로 중요한 역할을 하는 것으로, 작부체계와도 밀접한 관련이 있다. 구조적 방법은 시설물을 설치하거나 공사를 통해 포장을 변경시켜 오염원의 발생을 억제하는 수단으로 자본의 투자가 요구되나 비교적 영구적인 억제방법으로 간주된다. 농경지에서의 비점오염원 억제를 위한 가능한 BMP의 예를 (표 4-7)에서 보여주고 있다.

(표 4-7) 경작지에서 비점오염원 억제를 위한 BMP

■ 관리적 억제

- 과도한 화학물질 투입을 감소
- 손실방지를 위해 화학물질 투입 최적시기 결정
- 투입방법 개선
- 나지 기간의 최소화를 위한 경작지 경운 시기 개선
- 수질 오염 가능성이 낮은 대체 농약 사용
- 내병충해성 작물 선택
- 체계적인 잡초 방제법 선택
- 경운의 감소 또는 무경운
- 등고선 재배

■ 식물에 의한 억제

- 병충해 순환 방지를 위한 윤작
- 토양 구조 개선과 지표유기 최소화를 위한 윤작
- 동계 작물 재배로 피복
- 등고선 대상 재배
- 오염물질 유출 최소화를 위한 경작지 주위에 둑과 초지 설치
- 지표유기와 토사 감소를 위한 경작지와 하천 경계에 완충지역 설치

■ 구조적 억제

- 계단식 경지 설치
- 배출로의 우회
- 초지로 조성된 수로 설치
- 심층 배수
- 조절지 설치

또한 (표 4-8)은 농지비점오염원 관리기법 중 각 세부기법에 대한 장점과 단점을 비교 분석한 결과이며 (표 4-9)는 오염물질 발생원별 적정BMP의 선택을 위한 구체적인 대책들을 체계적으로 종합 정리한 것이다.

(표 4-8) 농지비점오염원 관리기법

방 법	장 점	단 점
·논갈이	침투증가, 식물의 성장촉진	기상조건에 따라 부적합
·보존경작시스템	토양손실감소, 토양비효증가, 필요 비료사용량 감소	다른 농장운영에 방해
·등고선 경작	토양손실감소, 강우유출감소, 수분보유	지형제한
·등고선과 수원	토양손실감소, 강우유출감소, 수분보유	지형제한, 과수수확의 손상가능
·식물잔재 및 녹비사용	동질기에 토양보호, 수분보유, 토양유기물함량 증진	성장시기와 수확기로 인한 제한
·취약지구의 식종	침식감소, 수분보유, 토양개선	농지확보, 관리노력필요
·농업잔재물이용	효과적인 토양보존, 수분보유, 침투증가, 필요비료량 감소	곤충문제유발, 동물사료로의 사용이 더 유용
·관개용수관리	침식감소, 장래 수공급확보, 식생커버 조성에 도움	보조시설이 필요
·토양덮개	침식감소, 즉각적 효과, 강우유출감소, 밭아를 위한 종자지지	비용이 고가(특수장비가 필요)
·초지관리	침식 및 영양물질 손실 감소, 목초제공	보조시설 필요 (다른 농장운영에 방해)
·초지조성	침식과 토양손실 감소, 목초제공, 영양물질 손실감소	작물생산을 위한 농장운영에 방해, 농지확보
·방목지 조성	침식감소, 방목분해, 박테리아와 유기영양물질부하량 감소	다른 농장운영에 방해
·일털식종	토양손실감소, 수분보유, 영양물질 강우유출감소	경작활동에 방해(장비제한)
·오물침전연못	침전물을 포획하고 오염물질 흡착, 가축에게 용수공급, 외부의 손상 조절	시공비 고가, 다른 토지용도를 방해 (토지작업이 필요)

(표 4-9) 농지비점오염원 관리기법(계속)

방 법	장 점	단 점
·우회수로건설	침식방지(경제적 사용을 위해 바람직한 지역으로 유출)	농장운영에 부적합 (기타 보조처리방법 필요)
·울타리치기	방목분산에 의해 침식에방(식생피복 개선, 특정지역 축분부하량 감소)	농장운영에 제한 (적용성 제한)
·방풍림조성	풍식감소, 작물보호	적용성 제한
·여과초지대	침전물 포획과 오염물질 흡착 (목초가능)	경작면적 감소 (병해와 곤충의 은신처제공)
·경사안정화 구조물	침전물 부하감소 (제한지역내 식생조성을 용이하게 함)	고가, 적용제한 (보조시설 필요)
·연못	침전물 포획과 오염물질 흡착, 위락성 제공, 관개용수 제공, 침식조절	다른 토지용도를 방해, 적용제한 (지질, 비용이 제한요소)
·농로 정비	체류도랑개발 (연중 지속적 접근이 가능)	고가
·지표하배수	침투증가, 접근성개선, 강우유출수감소	총영양물질 강우유출 증가
·Terrace	침식감소, 경사면의 영농성 개선, 강우유출수 감소	장비와 지형제한에 따른 농경활동방해
·수로 & 유출부조성	침식감소, 접근통로 제공 (목초생산에 사용가능)	작물생산토지감소 (농경활동의 재편성이 필요)

(자료) USEPA, 「Best Management Practices Handbook : Agriculture」, Virginia, 1979. 최와 신, 1998, 재인용

(표 4-10) 오염물질 발생원별 적정BMP의 선택

오염물질	관리방법	구조적	재배적	관리적
퇴적물	1. 경지와 하천제방의 침식방식 2. 퇴적물 포획을위한 유거수로 조성 3. 퇴적물 처리	테라스/우회수로 사면안정/하천제방 보호 침사지	피복작물/윤작/ 보전경운/중요지역 식재 여과식생대 조성/ 초지수로/대상재배 /경지보호	등고선재배/수변지 역보호/적정 초지 관리 적정 재이용
영양물질	1. 오염원 최소화 2. 수용성형태의 화학비료관리 3. 수용성형태의 축산분뇨관리 4. 토양침식 및 퇴적물 이동의 최소화 5. 수계유입차단	축산분뇨처리시스 템/방지벽/우회수 로/테라스 테라스/방수로 용 덩이/유거수 조절 지/습지 개발 우회수로/연못, 조 절지,저류지/퇴비화 시설 테라스/우회수로/ 하천제방보호/침사 지/중요지역 처리 상기 방법/수처리 (고부가가치작물의 경우)	윤작/방목지 관리 피복작물/대상재배 /수변완충지/다비 작물로 전환 피복작물/대상재배 /수변완충지/다비 작물로 전환 보전경운/식생여과 대/수변보호지역/ 피복작물 수변완충지역	방목지&초지관리/ 양분관리/퇴비화/ 적정사육두수 용수재이용/양분관 리/관개수조절 적정용수관리 양분관리 상기방법
병원균	오염원 최소화 최소 이동 수처리	방지벽 축산분뇨보관/저류 연못 처리라군/여과지	식생여과대/수변완 충지역 인공습지/식물여과 를 이용한 미생물 여과 시스템	축산분뇨의 관리 (처리량과 시기) 적정부지선정/적정 량 처리 재활용과 재이용
염류	유효성 제한 유실 조절	증발지/관수로화/ 수로 라이닝/방수 조절 연못/	작물 선별/염수습 지완충/토지이용변 경	점적관수 관개수 관리

(표 4-11) 오염원별 적정BMP의 선택 (계속)

오염물질	관리방법	구조적	재배적	관리적
금속류	토양원 관리		작물/식물 선별	미량금속 함유 물질 유입 방지
	유입원 관리	방수로 웅덩이/제이 용,재활용 시스템	작물 선별	관개수 관리/IPM
	수처리	여과	인공습지/식물여 재를 이용한 미 생물여과 시스템	
농약 /기타 독성물질	오염원 최소화		식물 종/작물 선택	IPM/식재시기변경 /용기의 적정처리
	이동 최소화	테라스/침사지/물재 이용·재활용을 위한 저류지	완충지/보전경운 /여과식생대 /습지	관개수 관리/IPM
	배출수 처리	탄소여과시스템(고부 가가치 작물)	식물여재를 이용 한 미생물 여과 시스템/인공습지	

자료: U.S. EPA (1993):Brach (1990):Alexander (1993):USDA, SCS (1988)
Vladimir 등. 1994 재인용

2) 최적영농관리방안을 통한 친환경농업 실천과 오염총량제

(1) 최적영농관리방안(BMP)의 현장적용 유인

그동안 증산위주의 농업정책에 따른 과도한 보조에너지 투입은 농경지의 황폐화, 농업이 수질오염의 주범으로 인식될 만큼 농업의 역기능이 대두되었고, 환경 보전의식의 고취에 따른 지속가능한 농업환경을 유지하기 위한 다양한 연구와 기술개발이 진행되어 왔으며 국가 농업정책도 보조를 맞추며 진행되어 왔다.

이제는 앞서 살펴본 바와 같이 농촌지역 비점오염원 관리를 위해 국내외에서 연구 개발된 기술이 현장에 적용되어야 할 시점이다. 특히 축산 분야에 있어서는 가장 중요한 문제라고 생각된다. 예를 들어 축산분뇨를 처리하는 기술이 부족한 것이 아니다. 분뇨자원화를 위한 퇴비, 액비화 기술 등은 이화학적 처리에서부터 생물학적 처리까지 다양하고 많은 기술들이 개발되어 있다. 이제는 기술들이 현장에서 실제 적용될 수 있는 시스템을 구축해야 할 때이다. 가장 단순하게 말하자면 발생한 분뇨자원을 어떻게 기술로 가져 오느냐 하는 것이며 생산된 제품이 어떻게 토양으로 환원될 수 있느냐 하는 문제인 것이다.

오염원이라는 측면에서 영농화학자재는 가장 적절히 사용하는 것이 바람직한 것이며 이를 구현하는 기술이 IPM과 INM일 것이다. 그러나 생각해 보면 농업인이 경작하는 포장에 영농기간동안 언제, 어떻게 하는 것이 IPM과 INM인지를 숙지하고 실천할 것이라고 생각되지 않는다. 따라서 시비처방에 의한 시비량 결정이나 관행적 방제에서 예찰 방제를 한다던가 하는 문제는 기술이라는 문제 이전에 제도적 유인책으로 끌어 들여야 할 것이다. 또한 친환경실천마을로 지정하고 필지단위의 토양검정과 비료공동구매 및 구매보조금 지원 등이 좋은 예일 것이며 생산된 농산물에 대한 유통망을 구축하여 주는 단계도 필요하다.

다음의 예는 한국농촌공사 농어촌연구원에서 친환경농업의 수질 개선 효과 분석을 위하여 조사한 결과이다. 조사지역은 새만금 상류 유역으로 동진강 제수문 약 5km 상류의 친환경농업마을로 지정된 정읍시 신태인읍에 위치한 양피마을이며, 조사지역은 친환경농업을 실천하는 51 ha의 논이 마을 앞에 위치하고 그 주변은 일반 관행농업을 하고 있어 용·배수로의 수질을 정기적으로 모니터링하여 친환경농업과 관행농업에 따른 수질 개선효과를 비교하기 적절한 지역이다.

친환경농업마을이라고는 하지만 실제 적용되고 있는 영농방식은 투입 양분에 대한 관리가 주를 이루고 있고 그 외의 특별한 농업비점오염원 관리는 이루어지지 않고 있었다. 비료의 투입에 있어서 기존의 속효성 단비(요소, 용성인비)나 복비(21-17-17)를 지양하고 토양검정에 의한 유기물 투여와 완효성 맞춤형배합비료(BB 비료)를 사용하여 양적인 저감과 질적인 용출속도를 조절하고 있었으며 그 결과 배수로 말단부의 수질이 친환경농업을 시행하는 필

지와 시행하지 않는 필지에서 큰 차이를 보이고 있었다. 배수로 말단에서 영양물질 농도의 비교를 통해 친환경농업시범단지의 친환경농업 실천이 COD 20.9%, T-N 37.0%, T-P 37.2% 정도의 유출 저감을 가져온다고 제시하였다. 또한 결론부에 향후 친환경농업 실천에 의한 수질개선의 효과를 극대화하기 위해 첫째, 친환경농업 실천 마을의 확대와 토양검정을 통한 적절한 비배관리로 잉여 양분의 투입 자체를 저감하여야 하며, 둘째 투입 양분에 대한 단순한 관리 위주에서 벗어나 영농기 농업활동 전반에 대한 억제 대책, 즉 유거수 억제, 배수지선에서의 초생대, 소형 침전지 설치 등 종합적인 관리기술의 보급과 정책적 지원이 필요함을 지적하고 있다(농업기반공사 농어촌연구원, 2003).

소결론으로 경작지에서 비점오염원 억제를 위한 BMP에 있어 구조적인 억제책은 생산기반 정비에 친환경적 농업생산기반사업의 일환으로 공공부분에서 시행하여야 할 것이며 재배에 있어 세부실천적인 관리적 억제책이나 식물에 의한 억제책은 농업현장에 지속적인 기술보급 및 교육과 친환경농업 실천에 따른 직·간접적인 유인책도 함께 병행하여야 할 것이다.

(2) 지역단위의 친환경농업

물질에 대한 가장 기본적인 법칙은 질량보존의 법칙이고 생태학에서 가장 기본적인 원리는 물질은 순환한다는 것이다. 도시생태계와 같은 극단의 인공생태계가 아닌 농업생태계는 자연생태계의 원리에 가장 충실하는 것이 친환경농업이며 농업의 지속성을 확보하는 길일 것이다. 즉, 농업환경자원(토양, 물, 미생물 등)은 대체로 재생 가능한 자원으로 지역적인 특성을 가지며 전체가 서로 긴밀하게 연결된 유기적인 결합체로서 자연적 생산환경을 형성하여 농업의 생산력을 결정한다. 농업환경자원의 악화는 지역환경을 악화시키는 물론 거꾸로 지역환경의 악화는 농업자원을 악화시키므로 친환경농업을 통한 농업환경자원의 유지·보전은 지속적인 농업생산을 위해 필수적이라 할 수 있다(김창길 외, 2003).

물질 순환이라는 견지에서 본다면 우리의 현행 식량 자급률을 고려한다면 수입되는 농산물의 양분수지만큼 우리나라 환경시스템 밖으로 배출하지 않으

면 결코 환경목표달성은 불가능할 지 모르는 일이다.

현행 친환경농업육성법 제1장2조 1항에 의하면 『친환경농업이라 함은 농약의 안전사용기준 준수, 작물별 시비기준량 준수, 적절한 가축사료첨가제 사용 등 화학자재 사용을 적정수준으로 유지하고 축산분뇨의 적절한 처리 및 재활용 등을 통하여 환경을 보전하고 안전한 농축임산물을 생산하는 농업』으로 정의하고 있다. 간단히 화학영농자재의 적절한 사용과 축산분뇨의 적정 활용을 하는 농업을 통해 환경을 보전하면서 농업생산을 한다는 것이다. 여기에 “시스템(system, 係)”이라는 개념과 물질 순환이라는 개념을 첨가하여 필지단위, 농가단위, 들녘단위, 소수계단위, 광역수계단위의 지역단위의 친환경농업개념이 도입되어야 할 것이다.

지역단위 친환경농업 개념에 있어 각단위별 규모나 범위는 다음과 같이 살펴볼 수 있다.

광역수계단위는 최근 진행되고 있는 수계 오염총량관리제 체제가 적합하다. 오염총량관리제도는 앞서 2.1에서 살펴본 바와같이 수계구간별 목표수질을 설정하고 그 목표수질을 달성·유지하기 위한 허용부하량을 산정하여 총량관리단위유역(목표수질이 설정된 수계구간의 유역)에서 배출되는 오염물질의 양을 허용부하량 이내로 규제 또는 관리하는 제도로 농업에 의한 비점원도 허용부하량 산정에 포함되므로 결코 기존의 산업계나 도시중심의 생활계에 대한 관리와는 차원이 다르다. 그러나 아직 대상물질이 BOD로 한정되어 있고 또한 농업 비점오염원에 대한 부하는 배경농도정도로 간주되고 있는 실정이다. 환경친화적인 국토발전을 위한 전략적인 면에 있어 적극적 관리대상으로 간주되어야 할 것이다.

이(2004)는 농업과 수질보전차원에서 우리나라의 행정체계상 몇 개의 소수계 단위 정도가 묶일 수 있는 군단위정도의 지역단위 친환경농업의 체계구축이 바람직할 것으로 제시하였다. 대하천을 중심으로 한 수질 보전정책 전반은 환경부를 중심으로 한 중앙정부와 광역시·도 차원의 문제로 생각되며, 군단위에서는 농업기술센터가 군수의 소관아래 있어 농업환경분야의 조사·관리를 위한 행정력이 미칠 수 있는 기본단위조직으로 판단하였다. 또한 오염총량관리제의 관리계획 수립 지침에 있어서도 시장·군수가 지역 내에서 발생하는 오염부하량과 지역개발계획으로 인해 증가한 오염부하량을 총량적으로 관리하는 제도로 규정하고 있다.

들녘단위나 농가단위는 마을을 중심으로 한 동일 거주지에 기반을 둔 농업인들 중심으로 조직되어 현 제도상의 친환경단지나 마을로 지정받아 기술적, 경제적 지원을 수혜하며, 친환경농업실천에 있어 동업자이며 감시자의 역할을 동시에 수행할 수 있어야 할 것이다.

다음으로 이러한 지역단위별로 환경 부하량을 산정하고 시스템에서 양분수지를 파악하여 물질 순환에 기초한 농업생태계를 관리하는 것이 농업에 있어 오염부하를 감소시키고 안전한 농산물을 지속생산 할 수 있는 기반을 구축하는 길일 것이다.

김 등(2003)은 지역단위 자연순환형 농업시스템 구축방안으로 경종 및 축산의 유기적인 연계를 위해서는 작물 가축 생산과정에서 발생한 부산물의 재활용과 지역적 환경용량 등을 고려하여 양분·병해충·관개 등을 종합적으로 접근하는 지역단위 자연순환형 작물-가축 생산 시스템 구축을 제시하였고 시스템 구축의 확대를 위해 시범단지 조성 확대, 주요지역별 경종 농가·양축농가·농협 등의 협의체 구성, 축분퇴비 및 액비의 효율적 활용 시스템 구축 등이 필요하고 특히 사례지역에 “지역순환농업지원센터”를 설치하는 방안 등 실효성 있는 정책 프로그램 개발과 이와 관련된 유기농업단지 및 유기축산단지 육성 방안 개발의 필요성을 제시하였다.

4.2. 농업용저수지의 수질관리 현황

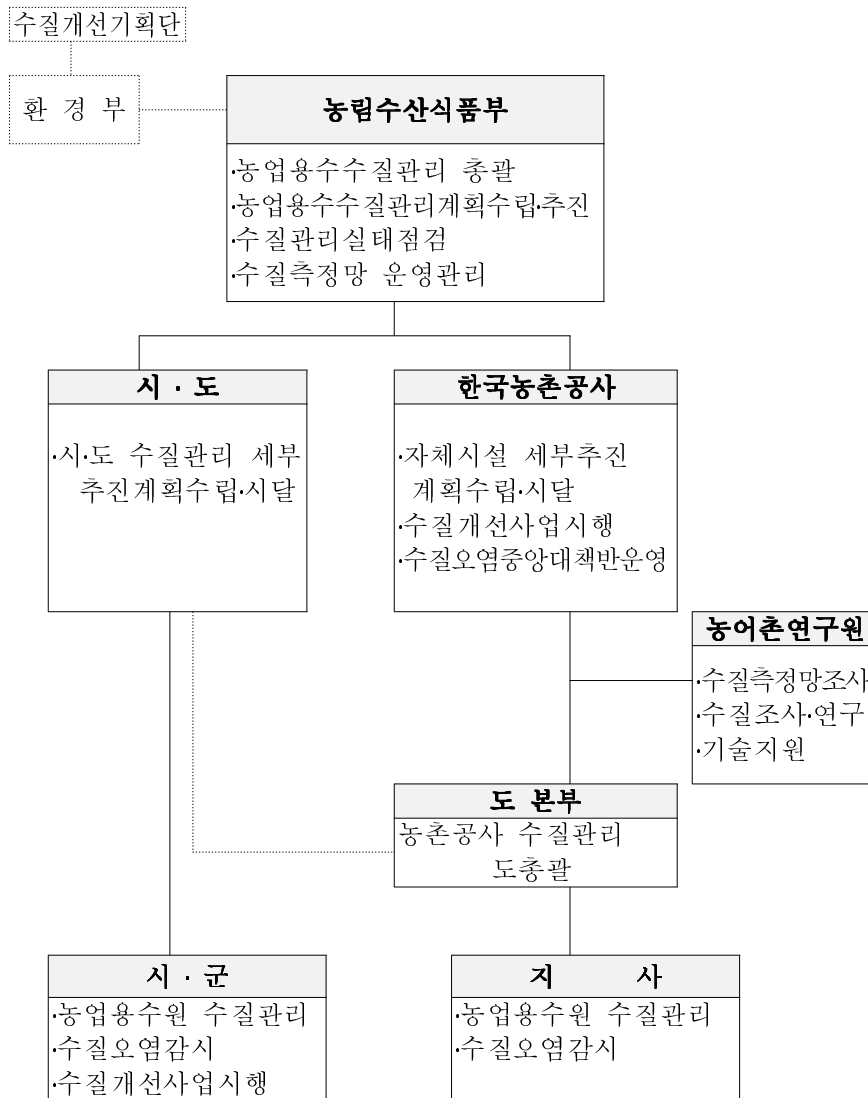
4.2.1 현행 수질관리

농어촌정비법 제21조(농어촌 오염방지과 수질개선 등)에 근거하여 농림수산식품부장관은 농업용수수질관리계획수립·추진, 수질관리실태점검과 수질측정망 운영관리 등의 농업용수수질관리를 총괄하며 농업기반시설 관리자인 광역시·도지사는 시·도 수질관리 세부 추진계획을 수립하여 시·군에 시달하고 시·군은 농업용수원 수질관리·수질오염감시·수질개선사업시행 등을 시행하며 한편 한국농촌공사관리 시설물은 자체시설 세부추진 계획수립하여 시행하고 수질개선사업,수질오염중앙대책반운영 등 농업용수오염을 방지하여 개

깨끗한 물을 공급함으로써 안전한 농산물을 생산하고 쾌적한 농촌환경을 조성하여 국민건강을 보호함과 동시에 물의 이용도를 제고하고 있다.

4.2.2 농업용수수질관리체계

현행 농업용수수질관리체계는 <그림 4-2>와 같다.



<그림 4-2> 농업용수 수질관리 체계(현행)

4.2.3. 수질관리내용

1) 시설관리자의 수질관리

(1) 수질오염감시

농업용 수리시설과 그 유역에 대해 정기적으로 또는 수시로 수질오염감시활동을 전개하고 경미한 수질오염행위 적발시 지도·계몽을 통한 수질보전인식을 고취하여 오염행위의 재발을 방지하며, 중대하거나 상습적인 오염행위에 대해서는 관련법에 따라 신고·고발하고 환경관리청 등 관련기관에 조치를 요구하며 생활하수나 축산폐수 또는 산업폐수에 의한 수질오염이 심각하다고 판단되는 경우에는 농어촌정비법 제21조에 따라 지방자치단체 등 관련기관에 이들 오염물질의 처리를 위한 환경기초시설의 설치를 요구할 수 있다. 또한 목적외 사용으로 인한 수질오염이 심각할 경우에는 목적외 사용을 제한하거나 중대한 수질오염사고로 피해가 예상 될 경우에는 신속히 응급조치를 취한 후 농업용수수질오염중앙대책반과 환경오염사고대책본부에 통보하여 대책을 강구토록 한다.

(2) 수질중점관리

농업용수수질기준을 초과하거나 수질오염이 우려되는 저수지를 수질중점관리시설로 지정하여 집중적으로 관리함으로써 수질개선을 꾀하고 오염행위 단속 및 관계기관 협조요청 등 감시실적과 수질개선대책을 포함한 중점관리실적을 매분기마다 농림수산식품부에 보고 한다.

(3) 오염원 분포현황조사

유효저수량이 50만톤이상인 농업용 저수지의 유역에 위치하는 오염원현황과 환경기초시설을 조사 한다.

(4) 수리시설현황 조사

유효저수량이 50만톤이상인 농업용 저수지에 대해서는 시설의 제원 등 수질관리에 필요한 사항을 조사 한다.

(5) 수질육안조사

시설관리자는 주요 농업용 저수지에 대해 정기적으로 수질육안조사를 실시하고, 육안 조사결과 수질이 나쁜 저수지는 자체적으로 또는 전문기관에 의뢰하여 수질을 분석 한다.

(6) 수질오염중양대책반 운영

수질오염사고의 효율적인 처리를 위하여 수질오염중양대책반을 한국농촌공사 내에 비상설기구로 설치, 운영하고, 수질오염사고 발생시 중앙대책반은 응급조치와 함께 사고원인, 피해상황, 수질 등을 조사하고 피해복구 및 오염확산방지계획을 수립하고 사고내용과 조치사항, 대책, 조치 후 경과 등을 농림수산식품부에 보고 한다.

2) 농업용수수질측정망 운영

전국의 주요 농업용 수리시설(저수지, 양배수장)을 수질측정망으로 지정하여 정기적으로 매년 수질을 측정하여 농업용수리시설의 수질현황 및 수질오염추이를 종합적으로 파악하고 조사내용은 수질조사, 수리시설현황조사, 오염원 및 환경기초시설조사로 수질조사항목으로는 14개 항목(수온, 수소이온농도, 용존산소, 전기전도도, 화학적산소요구량, 생물화학적산소요구량, 부유물질, 총질소, 총인, 염소이온, 클로로필a, 구리, 납, 카드뮴)으로 농림수산식품부 측정망의 수질조사와 보고서 작성은 한국농촌공사에서 실시하고 있다.

(1) 수질측정망 조사

유효저수량 50만톤 이상, 수혜면적 50ha 이상인 주요 농업용수원으로, 수질이 오염되었거나 오염이 우려되는 시설로 연도별 수질측정망 운영현황은 (표 4-12)와 같다.

(표 4-12) 연도별 수질측정망 운영현황

연도	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01~'07	'08
시설수	50	80	100	115	150	161	186	336	436	492	526

수질조사 횟수는 년 4회 (3, 6, 9, 11월) 실시하고 있다. 조사내용으로는 자료조사로는 유입하천현황, 기상자료, 수질보전계획, 개발계획 등이고, 환경조사는 오염원분포현황, 오염물질 발생 및 처리현황 등이며 현장수질조사는 pH, DO, BOD,

EC, 수온과 물시료를 채취하여 앞서 언급한 14개 항목을 분석하여 제공하고 있다.
 (표 4-13)과 같이 2008년 현재 농업용수 수질측정망을 운영하고 있다.

(표 4-13) '08년 농업용수 수질측정망 현황

()는 지점수

구분	합계 (A+B)	농식품부			환경부			비 고
		계	저수지 (A)	유역조사	계 (B)	담수호	저수지	
합계	526 (570)	500 (505)	500 (505)	26	26 (65)	10 (30)	16 (35)	
광역시	23 (23)	23 (23)	23 (23)					
경기	54 (65)	48 (48)	48 (48)	평택호 남양호 고삼지 기흥지 이동지 원천지	6 (17)	평택호(3) 남양호(3)	고삼지(3) 신갈지(3) 이동지(2) 원천지(3)	기흥=신갈
강원	33 (33)	33 (33)	33 (33)					
충북	44 (45)	44 (45)	44 (45) 백곡지(2)					
충남	75 (87)	69 (70)	69 (70) 청천댐(2)	삼교호 대 호 부남호 간월호 예당지 탑정지	6 (17)	삼교호(3) 대 호(3) 부남호(3) 간월호(3)	예당지(3) 탑정지(3)	
전북	65 (70)	60 (60)	60 (60)	금강호 경천댐 대아댐 동화댐	4 (9)	금강호(3)	경천댐(2) 대아댐(3) 동화댐(1)	
전남	78 (89)	70 (70)	70 (70)	영산호 염암호 금호호 나주댐 장성댐 담양댐 광주댐 용산댐	8 (19)	영산호(3) 염암호(3) 금호호(3)	나주댐(2) 장성댐(2) 담양댐(2) 광주댐(2) 용산댐(2)	
경북	90 (93)	89 (91)	89 (91) 성주댐(2) 경천댐(2)	보문지	1 (2)		보문지(2)	
경남	65 (65)	64 (65)	64 (65) 하동댐(2)	주남지	1 (1)		주남지(1)	

자료 : 농림수산식품부 농촌정책국 업무자료('08.9) p.502

3) 농업용수 수질개선사업

농업용수 수질기준을 초과하는 저수지 중에서 오염이 심각하여 작물생육 및 생태계의 피해가 우려되는 저수지로 대상으로 농업용호소의 수질을 개선하여 농업용수 수질기준을 달성함으로써 안전하고 우수한 농산물생산기반 구축 및 쾌적한 농촌생활환경 조성하기 위해 '98년에 농업용수 수질개선사업 추진계획 수립하여 '99~'00년에 시범사업지구를 선정해서 조사와 설계를 실시하였으며 '01~'03년에 전남 무안 감돈 시범사업을 시행해서 사후모니터링 실시하였고 '05년에는 기본조사 2지구(홍동, 흥부), 세부설계 1지구(홍동 착수)와 사후조사 1지구(감돈), '06년에는 기본조사 4지구(개천, 성암, 대승, 가산 착수), 세부설계 1지구(홍동 마무리)와 사후조사 1지구(감돈), '07년에는 기본조사 4지구(개천, 성암, 대승, 가산 마무리), 세부설계 1지구(개천), 사업착공 2지구(홍동, 개천)와 '08년에는: 기본조사 4지구(삼교, 도고, 설성, 둔전 착수), 세부설계 2지구(궁산, 월천), 계속사업 2지구(홍동, 개천)와 사업착공 1지구를 시행하고 있다.

본 사업의 추진방향으로는 용수원의 수질개선과 친수환경조성으로 농업용수 수질기준 유지 및 유역의 자연생태계 보전을 위해 인공습지조성, 오염물질 침강지, 자연형 하천복원 등 환경친화적인 자연정화공법 도입으로 유지관리 효율성을 도모코자 하고 있다.

(1) 사업내용

- 유입하천의 자연형 하천정비
 - 물의 자연정화능력 향상을 위한 자갈층 수로, 낙차 포기(泡起)수로, 여울과 소, 친환경 생태호안 보호공 조성 등
- 저수지 수변에 수질정화 인공습지 조성
 - 초기 강우시 고농도로 유입되는 오염물질을 습지와 수질정화 능력이 우수하고 경제성이 높은 수생식물을 이용하여 질소와 인 제거
- 저수지내에 오염물질 침강지 조성
 - 강우시 토사와 함께 유입되는 오염물질을 물리적으로 침강·퇴적시켜 저수지 내(內)로의 오염물질 유입방지

(2) 사업추진 체계

- 수질조사(농촌공사)→대상지 선정(장관)→기본조사(농촌공사)→기본계획 수립 및 예산확보(장관)→세부설계(농촌공사)→시행계획수립(시·도)→사업시행(농촌공사)→준공·정산(농촌공사)
- 농식품부
 - 수질개선사업 대상지구에 대한 기본계획 수립
 - 농업용수 수질개선사업 추진을 위한 재정지원 및 제도정비
- 지방자치단체
 - 수질개선사업지구 시행계획 수립
 - 환경기초시설 설치 및 오염원 감시·단속
 - 지역주민에 대한 교육 및 홍보
- 시설관리자
 - 수질개선 사업시행 및 시설물 유지관리
 - 상류오염원에 대한 지속적인 감시 및 시군 등 행정기관과 긴밀한 협조 체계 유지 및 시행지구 유지관리
 - 농촌공사 : 농업용수 수질측정망 수질조사, 수질개선사업 대상지 기본조사 및 세부설계

(3) 추진실적 및 투자계획

수질개선사업의 추진실적과 투자계획은 (표4-14)와 같다.

(표 4-14) 수질개선사업 추진 실적 및 계획 (단위: 백만원)

구분	'03까지	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09~'12년
예산	5,144	100	450	450	2,430	3,676	47,100
내용	감돈지구 시범사업	사후조사 (감돈지)	기본(2): 홍동, 홍부 설계(1): 홍동 사후조사(1): 감돈	기본(4): 성암, 개천 대승, 가산 사 후 조 사 (1): 감돈	기본(6): 성암, 개천 대승, 가산 궁산, 월천 설계(2): 개천, 가산 착수(2): 홍 동, 개천	계속(2): 홍동, 개천 기본(4): 삼교, 설성 도고, 둔전 설계(2): 궁산, 율천 신규(1)	착공 69

자료 : 한국농촌공사 주요업무수첩(2008), p187

4.2.4. 수질현황

1) 환경기준에 의한 수질현황

(1) 환경기준(COD)에 의한 수질현황

① 전국 현황

환경정책기본법 제10조 호소의 수질 및 수생태계환경기준(COD기준)에 의해 등급을 평가한 결과, Ia등급에 해당하는 시설은 없고, IV등급이 전체시설의 33.9%(167개소)로 가장 많이 차지하고 있으며, 한국농촌공사에서 2007년에 시행한 수질측정망조사결과에 의하면 (표 4-15)와 같이 농업용수 수질환경기준 초과하는 시설이 101개소(20.5%)로 나타났다. 전국 농업용수 측정망 492개소의 평균 COD농도는 6.0mg/L로 나타났다.

(표 4-15) 연도별 수질환경기준 등급별 분포현황

구 분	시설수	I	II	III	IV	V	등급외
2000년	436 (100%)	-	53 (12.2)	221 (51.0)	71 (16.3)	39 (8.9)	52 (11.9)
2001년	492 (100%)	-	72 (14.6)	236 (48.0)	99 (20.1)	43 (8.7)	42 (8.5)
2002년	492 (100%)	-	55 (11.2)	235 (48.0)	88 (17.9)	64 (13.0)	50 (10.2)
2003년	492 (100%)	-	107 (21.7)	224 (46.0)	83 (16.9)	38 (7.7)	40 (8.1)
2004년	492 (100%)	-	89 (18.1)	231 (46.9)	92 (18.7)	46 (9.4)	34 (6.9)
2005년	492 (100%)	-	110 (22.4)	219 (44.5)	82 (16.7)	36 (7.3)	45 (9.1)
2006년	492 (100%)	-	83 (16.9)	234 (47.6)	94 (19.1)	33 (6.7)	48 (9.7)

구 분	시설수	매우좋음	좋음	약간좋음	보통	약간나쁨	나쁨	매우나쁨
		Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
2007년	492 (100%)	-	33 (6.7)	104 (21.1)	86 (17.5)	168 (34.2)	56 (11.4)	45 (9.1)

* 2회 ~ 4회조사 평균성적을 기준으로 산출하였음

연도별로 농업용수수질기준 초과율(표 4-16)을 살펴보면 '00년도에 20.9%, '01년도 17.3%, '02년 23.2%로 전체시설의 약 20% 내외로 기준초과율이 높았으나 '03년도부터 20%내외로 감소하는 경향을 보이고 있으며 '07년에는 전체시설의 20.5%인 101개소가 농업용수 수질기준을 초과하는 것으로 나타

났다. 농업용수수질기준(IV등급) 초과율에 대한 연도별 추이를 살펴보면 '02년을 제외하면 '00년 이후 계속해서 초과율이 감소하다 2007년도에 다시 증가하는 경향을 보였다. 2003년 이후에는 농업용수 수질기준을 초과율 15.8~16.5% 내외로 일정한 비율로 나타나는 경향으로 조사되었으며, '07년에는 상반기 강우량이 전년도에 비해 15% 감소로 인한 저수량 감소함에 따라 농업용수 수질기준을 초과율 20.5%로 다소 증가하는 경향을 보였다. 오염우려 시설은 많은 지역은 충청남도 26개소로 가장 많은 것으로 조사되었다(표 4-18).

(표 4-16) 연도별 농업용수수질기준 초과율(COD기준)

구 분	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
시설수	91/436	85/492	114/492	78/492	80/492	81/492	81/492	101/492
(%)	(20.9)	(17.3)	(23.2)	(15.8)	(16.3)	(16.5)	(16.5)	(20.5)

(표 4-17) 기준초과 시설(101개소)의 수질현황

기준초과시설	수혜면적 (ha)	유효저수량 (천m ³)	평균COD (mg/L)	부영양 시설
101/492 (20.5%)	69,274/325,600 (21.3%)	347,284/2,068,322 (16.8%)	10.4	32개소 (31.7%)

② 지역별 현황

전국을 8개 지역으로 나누어 수질을 평가한 결과는 (표 4-18)과 같다. 평균 COD 값이 농업용수 수질기준(IV등급)을 가장 많이 초과한 지역은 충청남도(26개소)이며, 전국 평균 COD농도 6.0mg/L 보다 높은 값을 보인 지역은 대전·충남, 인천·경기, 대구·경북, 전북지역으로 나타났다. 수질이 가장 양호한 지역은 강원으로 평균 COD가 4.0mg/L로 나타났으며, 수질이 가장 오염된 지역은 대전·충남지역으로 평균 COD농도가 7.8mg/L로 전체시설(66개소)의 39.4%(26개소)가 농업용수 수질기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 측정망 시설이 88개소로 가장 많은 대구·경북 지역은 평균 COD 농도가 6.2mg/L로 20개소(22.7%)가 농업용수 수질기준을 초과하고 있다.

(표 4-18) 지역별 수질현황(COD기준)

구 분	전 국	인천·경기	강원	충북	대전·충남	전북	광주·전남	대구·경북	부산·울산·경남
평 균 치	6.0	7.5	4.0	5.1	7.8	6.1	5.6	6.2	4.8
최 고 치	20.4	18.6	6.6	9.1	20.4	17.7	14.8	13.2	11.5
최 저 치	2.1	3.2	2.5	2.7	3.3	2.7	2.2	2.6	2.1
초과/전체 (%)	101/492 (20.5)	23/58 (39.7)	0/33 (0.0)	2/40 (5.0)	26/66 (39.4)	8/60 (13.3)	17/75 (22.7)	20/88 (22.7)	5/72 (6.9)

가. 인천·경기도(58개소)

인천(5)·경기도(53) 지역 58개소에 대한 수질조사 결과 농업용수수질기준 IV등급을 초과하는 시설수는 23개소(39.7%)이다.

나. 강원도(33개소)

강원도에 위치한 측정망 33개소에 대한 수질조사 결과 농업용수수질기준을 초과하는 시설수는 '04년 1개소(3.0%)이다.. 강원지역 평균 COD 농도가 4.0 mg/L으로 II등급(약간 좋음) 수질을 보여주고 있다.

다. 충청북도(40개소)

충청북도 관내 788개 저수지 중에서 약 5.0%인 40개소에 대한 수질조사 결과 농업용수수질기준 IV등급을 초과하는 저수지는 2개소(5.0%)로 전체적으로 양호한 수질상태를 보이고 있다. 충청북도 지역의 평균 COD농도는 5.1mg/L로 전체 평균 6.0mg/L 보다 낮다.

라. 대전·충청남도(66개소)

저수지 62개소, 담수호 4개소 등 총 66개소에 대한 수질조사 결과, II등급이 4개소, III등급이 10개소, IV등급이 26개소로 나타났다. 농업용수 수질기준을 초과하는 V등급은 9개소 및 VI등급이 17개소로 전체의 39.4%를 차지하고 있다.

마. 전라북도(60개소)

전라북도에 위치한 저수지 60개소에 대한 수질조사 결과, 8개소(13.3%)가 농업용수 수질기준을 초과하고 있으며, 전체의 약 86.7%인 52개소가 II ~ IV 등급의 수질에 해당하고 있다. 전북지역의 평균 COD 농도는 6.1mg/L로 전체 평균 6.0mg/L 보다 약간 초과하나 농업용수수질기준(8mg/L)을 만족하는 양호한 수질을 보이고 있다.

바. 광주·전라남도(75개소)

광주·전남지역의 75개소에 대한 수질조사 결과, 농업용수수질기준을 만족하는 IV등급(약간나쁨)이하의 시설수는 60개소이며, 이중 II,IV등급이 각각 18개소, 19개소로 높은 비중을 차지하고 있다. 평균 COD 농도는 5.6mg/L로 농업용수수질기준을 만족하고 있다.

사. 대구·경상북도(88개소)

대구광역시 4개소, 경상북도 84개소 등 88개소 시설에 대한 수질조사 결과 22.7%인 20개소가 농업용수 수질기준을 초과하고 있으며, 평균 COD 농도는 6.2mg/L로 전체 평균농도 6.0mg/L보다 약간 높은 수치를 보이고 있다.

아. 부산·울산·경상남도(72개소)

부산광역시 3개소, 울산광역시 4개소, 경상남도 65개소 등 총 72개소에 대한 수질조사 결과 대체로 양호한 수질을 보이고 있으며, 전체 72개 대상시설 중 6개소(8.3%)가 농업용수 수질기준을 초과하고 있다. 부산광역시 측정망 3개소와 울산광역시 측정망 4개소는 모두 농업용수수질기준을 만족하고 있으며, 측정망 72개소의 평균 COD는 4.8mg/L로 매우 양호한 수질을 보이고 있다.

(표 4-19) 시도별 COD 환경기준 등급별 현황

구 분	시설수	Ia등급	Ib등급	II등급	III등급	IV등급	V등급	VI등급
계	492	-	33	104	86	168	56	45
부산	3	-	-	1	2	-	-	-
대구	4	-	-	-	1	2	-	1
인천	5	-	-	-	-	2	2	1
광주	1	-	-	-	-	-	-	1
대전	1	-	-	-	-	1	-	-
울산	4	-	-	1	2	1	-	-
경기	53	-	-	9	5	19	12	8
강원	33	-	6	15	7	5	-	-
충북	40	-	2	9	14	13	2	-
충남	65	-	-	4	10	25	9	17
전북	60	-	2	12	11	27	3	5
전남	74	-	12	18	11	17	11	5
경북	84	-	3	13	9	40	13	6
경남	65	-	8	22	14	16	4	1

③ 권역별 현황

한강, 금강, 낙동강, 섬진강, 영산강 등 5대강 권역으로 나누어 수질현황을 분석해 보면 섬진강 권역의 평균 COD가 5.1mg/L로 가장 양호한 수질을 보이고 있고, 영산강권역이 COD 6.7mg/L로 가장 오염된 권역으로 나타나고 있다. 권역별 농업용수수질기준 초과율을 보면 영산강권역(28.1%)이 가장 높게 나타났으며, 한강(25.2%), 금강(23.4%)권역도 전국 기준초과율(20.5%)보다 높은 것으로 나타났다.

(표 4-20) 권역별 수질현황(COD농도)

구 분	전 국	한강권역	금강권역	낙동강권역	섬진강권역	영산강권역
평균치	6.0	6.4	6.5	5.6	5.1	6.7
최고치	20.4	20.4	14.1	13.2	14.8	17.7
최저치	2.1	2.7	2.7	2.1	2.2	2.2
초과/전체 (%)	101/492 (20.5)	28/111 (25.2)	25/107 (23.4)	25/157 (15.9)	7/60 (11.7)	16/57 (28.1)

가. 한강 권역(111개소)

유역이 넓은 뿐만 아니라 인구밀도가 높고 급속한 도시팽창이 이루어지고 있는 한강권역에 속해 있는 시설 111개소에 대해 수질을 평가한 결과 평균 COD농도는 6.4mg/L이고, 농업용수수질기준을 초과하는 시설수는 28개소(25.2%)로 나타났다.

나. 금강 권역(107개소)

측정망 전체시설의 22%인 107개 시설이 속해 있는 금강권역에 대한 수질 조사 결과 평균 COD 농도가 6.5mg/L로 나타났으며, 전체의 23.4%인 25개소가 농업용수 수질 기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다.

다. 낙동강 권역(157개소)

우리나라에서 두 번째로 큰 수계인 낙동강 권역은 측정망 시설의 31.9%인 157개소가 속해 있으며, 조사결과 평균 COD 농도는 5.6mg/L로 IV등급에 해당하는 양호한 수질을 보이고 있다. 157개소의 15.9%인 25개소가 농업용수 수질기준을 초과하고 있다

라. 섬진강 권역(60개소)

산악지대를 주된 유역으로 하는 섬진강 권역의 측정망 60개소 시설에 대한 수질평가 결과 평균 COD 농도가 5.1mg/L로 IV등급의 수질을 보였다. 농업용수 수질기준을 초과한 시설은 7개소(11.7%)로 전체적으로 수질이 양호한 권역임을 보여주고 있다.

마. 영산강 권역(57개소)

전라남북도 평야부와 낮은 구릉지대를 유역으로 하는 영산강권역은 측정망 492개소 중 57개소(11.6%)이며, 수질조사결과 평균 COD 농도는 6.7mg/L로 농업용수 수질기준을 만족하고 있다. 그러나 농업용수 수질기준을 초과한 시설은 전국의 20.7%보다 많은 29.8%로 나타나 전국에서 제일 수질이 오염된 권역으로 나타났다.

(표 4-21) 권역별 수질등급현황(COD기준)

구 분	시설수	Ia등급	Ib등급	II등급	III등급	IV등급	V등급	VI등급
계	492	0	33	104	86	168	56	45
한 강 권 역	111	0	7	27	17	32	15	13
금 강 권 역	107	0	1	17	24	40	10	15
낙동강권역	157	0	8	37	29	58	17	8
섬진강권역	60	0	13	17	9	14	4	3
영산강권역	57	0	4	6	7	24	10	6

(2) pH, EC, T-N, T-P, SS, DO, Chl-a 수질지표에 의한 수질현황

pH는 물의 액성의 정도를 나타내는 지표로 오염물질의 유입여부, 수맥의 변화, 생물번식 등을 알 수 있는데 조사결과 492개소 중 약 8.1%인 40개소에서 농업용수 수질기준 6.0~8.5를 초과하고 있다. 경북이 10개소로 가장 많이 농업용수 수질기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 이는 대부분 하반기의 녹조발생으로 pH가 상승하였기 때문으로 판단된다.

수체 내 이온의 농도를 나타내는 EC의 기준 2,000 μ s/cm을 초과한 시설은 1개소로 충남 부남호로 나타났는데, 이는 이들 호소가 지리적으로 하구에 위치하고 있고 저층수가 완전히 담수화가 되지 않은 영향으로 판단된다.

T-N(총질소), T-P(총인) 항목의 수질기준을 적용한 결과 T-N 초과시설은 12개소(2.4%), T-P 초과시설은 36개소(7.3%)로 총인에 의한 오염이 다소 높게 나타났다으며, 기준초과 지역 중 충청남도가 19개소로 가장 많은 것으로 나타났다.

SS(부유물질) 초과시설은 58개소(11.8%)로 충청남도가 13개소로 가장 많았으며, 전라남도가 12개소로 다음 순을 차지하였다.

DO(용존산소) 초과시설(VI등급 2mg/L미만)은 없으며, Chl-a(클로로필) 초과시설은 60개소(12.2%)로 충청남도가 24개소로 가장 많았으며, 경기도가 19개소로 다음 순을 차지하였다.

(표 4-22) 수질지표별 농업용수수질기준 초과현황

(단위 : 개소)

구 분	시설수	pH	EC	COD	T-N	T-P	SS	DO	Chl-a
2000	436 (100%)	47 (10.8)	3 (0.7)	130 (29.8)	42 (9.6)	88 (20.2)	-	-	-
2001	492 (100%)	50 (10.2)	4 (0.8)	85 (17.3)	38 (7.7)	66 (13.4)	-	-	-
2002	492 (100%)	4 (0.8)	3 (0.6)	114 (23.2)	39 (7.9)	56 (11.4)	-	-	-
2003	492 (100%)	81 (16.5)	2 (0.4)	78 (15.8)	23 (4.5)	80 (16.9)	-	-	-
2004	492 (100%)	29 (5.9)	1 (0.2)	80 (16.3)	30 (6.1)	40 (8.1)	-	-	-
2005	492 (100%)	35 (7.1)	1 (0.2)	81 (16.5)	27 (6.1)	45 (8.1)	41 (8.3)	-	-
2006	492 (100%)	32 (6.5)	1 (0.2)	81 (16.5)	20 (4.1)	37 (7.5)	68 (13.8)	-	-
2007	492 (100%)	40 (8.1)	1 (0.2)	101 (20.5)	12 (2.4)	36 (7.3)	58 (11.8)	0 (0.0)	60 (12.2)
부산	3	-	-	-	-	-	-	-	-
대구	4	-	-	1	-	-	-	-	-
인천	5	-	-	3	-	-	-	-	-
광주	1	-	-	1	-	1	1	-	1
대전	1	-	-	-	-	-	-	-	-
울산	4	-	-	-	-	-	-	-	-
경기	53	-	-	20	3	4	11	-	19
강원	33	-	-	-	-	-	1	-	-
충북	40	-	-	2	1	-	1	-	-
충남	65	6	1	26	3	19	13	-	24
전북	60	7	-	8	2	5	9	-	6
전남	74	9	-	16	1	5	12	-	6
경북	84	10	-	19	-	-	4	-	2
경남	65	8	-	5	2	2	6	-	2

* T-N, T-P 수질기준은 저수지와 담수호 시설에 대해서만 적용하였음

* 2003, 2004년 T-N, T-P 수질기준 초과현황은 간이수질측정망 19개소를 제외한 473개소 적용

2) 영양상태에 따른 수질현황

(1) 부영양화도에 의한 수질현황(전국)

Vollenweider의 총인과 총질소를 기준으로 하는 영양상태 분류법에 따라 연도별 부영양화도 추이를 살펴보면 전반적으로 계속해서 감소 추세를 나타내고 있다. 2007년 조사 결과를 보면 492개 시설 중 40개소(8.1%)가 부영양호로 전년보다 약간 증가한 것으로 나타났고, 부영양화 전단계인 중부영양호 상태가 188개소(38.2%)로 나타났으며, 2004년 이후 지속적으로 증가(31.9% → 38.2%)하는 추세로 나타났다. 전체 시설 중 중부영양호 이상의 저수지가 '06년 37.4%에서 '07년 46.3%로 증가한 것으로 나타났다.

(표 4-23) 연도별 영양상태에 따른 수질현황

구 분	시설수 (%)	극빈영양 (%)	빈중영양 (%)	중영양 (%)	중부영양 (%)	부영양 (%)
2000년	431 (100)	5 (1.2)	23 (5.3)	159 (36.9)	192 (44.5)	52 (12.1)
2001년	492 (100)	4 (0.8)	21 (4.3)	189 (38.4)	212 (43.1)	66 (13.4)
2002년	473 (100)	-	8 (1.7)	163 (34.5)	242 (51.1)	60 (12.7)
2003년	473 (100)	-	6 (1.3)	121 (25.6)	266 (56.2)	80 (16.9)
2004년	473 (100)	20 (4.2)	80 (16.9)	182 (38.5)	151 (31.9)	40 (8.5)
2005년	492 (100)	32 (6.5)	77 (15.7)	175 (35.6)	163 (33.1)	45 (9.1)
2006년	492 (100)	84 (17.1)	59 (12.0)	165 (33.5)	146 (29.7)	38 (7.7)
2007년	492 (100)	42 (8.6)	66 (13.4)	156 (31.7)	188 (38.2)	40 (8.1)

* 영양상태에 따른 분류는 저수지, 담수호 시설에 대해서만 평가하였음

* 2002 ~ 2004년은 수질간이측정망 19개소가 산정에서 제외

(2) 지역별 영양상태에 따른 수질현황

지역별 영양상태 현황을 살펴보면, 충청남도가 부영양호 상태인 40개소 시설 중 19개소(47.5%)로 가장 높은 분포를 보였으며, 경기도, 전라북도와 전라남도가 같이 5개소, 경상남도 3개소 순으로 나타났다. 충청남도 지역에는 유역이 넓고 다양한 오염원이 분포하고 있는 대형 담수호가 위치하고 있으며,

또 유료낙시터로 많이 이용되고 있어 질소와 인 등 영양염류가 과다 유입된 것으로 판단된다. 전라남·북도와 경기도의 수리시설은 오·폐수 및 농경지의 비료사용에 의한 영향이 큰 것으로 조사되었다. 지형이 험준하고 시설 대부분이 산간지에 위치한 강원도와 충청북도, 경상북도에는 금년에도 부영양화시설이 없는 것으로 나타났다.

(표 4-24) 지역별 영양상태에 따른 수질현황

구 분	시설수 (%)	극빈영양 (%)	빈중영양 (%)	중영양 (%)	중부영양 (%)	부영양 (%)
계	492 (100)	42 (8.6)	66 (13.4)	156 (31.7)	188 (38.2)	40 (8.1)
부산	3 (100)	-	-	-	3 (100.0)	-
대구	4 (100)	1 (25.0)	-	2 (50.0)	1 (25.0)	-
인천	5 (100)	-	1 (20.0)	3 (60.0)	1 (20.0)	-
광주	1 (100)	-	-	-	-	1 (100.0)
대전	1 (100)	-	-	1 (100.0)	-	-
울산	4 (100)	-	-	1 (25.0)	2 (50.0)	1 (25.0)
경기	53 (100)	2 (3.8)	12 (22.6)	12 (22.6)	22 (41.5)	5 (9.4)
강원	33 (100)	14 (42.4)	12 (6.0)	6 (18.2)	1 (3.0)	-
충북	40 (100)	5 (12.5)	11 (27.5)	18 (45.0)	6 (15.0)	-
충남	65 (100)	-	-	13 (20.0)	33 (50.8)	19 (29.2)
전북	60 (100)	-	4 (6.7)	26 (43.3)	25 (41.7)	5 (8.3)
전남	74 (100)	-	2 (2.7)	31 (41.9)	36 (48.6)	5 (6.8)
경북	84 (100)	20 (23.8)	21 (25.0)	36 (42.9)	7 (8.3)	-
경남	65 (100)	-	3 (4.6)	7 (10.8)	51 (78.5)	4 (6.2)

3) 설치년도에 따른 수질현황

설치년도에 따른 수질현황을 보면 설치 연수가 오래된 시설일수록 높은 COD값을 보이고 있고, 농업용수 수질기준 초과율도 높게 나타나고 있다. 1945년 이전과 1945~1966년에 설치된 시설은 249개소(50.3%)이며 각각의 평균 COD가 7.5, 6.8mg/L이며, 2007년 전국 평균(6.0mg/L)을 상회하고 있다.

(표 4-25) 설치년도별 수질현황

(단위 : 개소)

구 분	시설수	1945년 이전	1945 ~ 1966	1967 ~ 1976	1977 ~ 1986	1987 ~ 1996	1997년 이후
평균COD (mg/L)	6.0	7.5	6.8	5.5	5.2	4.7	4.0
기준초과율 (%)	101 (20.5)	19 (40.4)	56 (27.7)	8 (13.6)	14 (13.3)	4 (7.3)	- (0.0)
시 설 수	492	47	202	59	105	55	24
부산	3	1	2	-	-	-	-
대구	4	1	1	1	1	-	-
인천	5	-	2	-	2	1	-
광주	1	1	-	-	-	-	-
대전	1	-	-	-	1	-	-
울산	4	-	1	2	-	1	-
경기	53	7	21	9	12	4	-
강원	33	-	12	8	9	2	2
충북	40	3	15	-	19	2	1
충남	65	10	31	7	11	4	2
전북	60	8	26	9	7	6	4
전남	74	11	23	8	21	10	1
경북	84	1	47	11	9	11	5
경남	65	4	21	4	13	14	9

4) 수리시설 종류별 수질현황

(1) 저수지(485개소)

저수지 485개소를 대상으로 수질을 조사한 결과 평균 COD 성적은 6.0mg/L로 농업용수 수질환경기준을 만족하고 있으며, 485개소 시설 중 97개소(20.0%)가 농업용수 수질환경기준 IV등급을 상회하고 있는 것으로 나타났다. Vollenweider의 영양상태 분류법에 의해 수질을 평가한 결과, 전체 485개소 중 34개소(7.0%)가 부영양화 상태인 것으로 나타났다. 저수지 수질이 담수호에 비해 매우 양호한 것은 농업용저수지가 보통 점 오염원이 거의 없는 산간계곡에 위치하고 있고, 유역이 작으며, 물의 체류시간이 담수호에 비해 매우 짧아 물순환율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

(2) 담수호(7개소)

측정망 시설 중 담수호 시설은 7개소로 경기도 아산호, 남양호, 충남 간월호, 부남호, 삼교호, 대호호, 전남의 영산호이며, 담수호의 평균 COD농도는 9.0mg/L로 저수지의 평균 COD 6.0mg/L에 비해 높은 수치를 보였다. 담수호 중 남양호, 삼교호, 부남호, 간월호 등 4개소(57.1%)가 농업용수 수질환경기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 담수호 중 충남의 부남호가 COD 13.8 mg/L로 가장 오염된 시설로 나타났으며, 전남의 영산호가 5.1mg/L로 가장 낮은 COD값을 보였다. Vollenweider의 영양상태 분류법에 의해 담수호 수질을 평가한 결과 7개소 중 6개소(아산호, 남양호, 삼교호, 간월호, 부남호, 영산호)가 부영양호 상태인 것으로 조사되었다. 이와 같이 담수호의 수질이 저수지에 비해 오염정도가 심한 이유는 유역이 넓고 대도시, 대규모 축산 단지, 산업시설 등 점오염원이 다양하게 분포하고, 도시화 등 개발에 따라 비점오염원의 유입이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 수면적과 유효저수량이 매우 큰 하천형 인공호소로 물순환율이 낮아 유입되는 오염물질의 체류시간이 길고, 저층 퇴적물의 내부 부하에 의한 영향으로 판단된다.

(표 4-26) 수리시설 종류별 수질현황

(단위 : 개소)

구 분	측정망수	환경기준에 의한 평가		부영양화시설
		평균COD(mg/L)	기준초과시설	
계	492 (100%)	6.0	101 (20.5%)	40 (8.1%)
저수지	485 (100%)	6.0	97 (20.0%)	34 (7.0%)
담수호	7 (100%)	9.0	4 (57.1%)	6 (85.7%)

* 담수호 수질성적은 2007년 1월~11월까지 조사실적 적용

4) 수리시설 규모별 수질현황

수리시설 규모별 수질현황(평균COD)을 살펴보면, 10,000천m³ 미만의 시설에서는 규모가 클수록 수질이 양호한 것으로 나타났고, 유효저수량별 농업용수 수질환경기준 초과율은 500천m³미만인 시설에서 33.3%로 가장 높게 나타났고, 5,000~10,000천m³ 이상인 시설에서 농업용수 수질환경기준을 초과하는

시설이 없는 것으로 나타났다. Vollenweider의 영양상태 분류법에 의해 유효저수량 규모별로 수질을 평가한 결과, 50,000천m³ 이상인 시설 7개소 중에서 3개소(42.9%)가 부영양상태로 가장 높은 비율로 나타났고, 5,000 ~ 10,000천m³ 시설은 19개소 중 1개소(5.3%)가 부영양상태에 해당되어 가장 낮은 것으로 조사되었다.

(표 4-27) 유효저수량 규모별 수질현황

(단위 : 개소)

유효저수량 시도별	계	유효저수량 (천 m ³)					
		500미만	500 ~ 1,000	1,000 ~ 5,000	5,000 ~ 10,000	10,000 ~ 50,000	50,000 이상
측정망수 (%)	492 (100)	24 (4.9)	109 (22.1)	304 (61.8)	19 (3.9)	29 (5.9)	7 (1.4)
평균COD (mg/L)	6.0	6.7	6.0	6.0	5.7	6.5	6.0
기준초과율 (%)	101 (20.5)	8 (33.3)	18 (16.5)	67 (22.0)	- (0.0)	7 (24.1)	1 (14.3)
부영양화도 (%)	40 (8.5)	5 (20.8)	7 (6.4)	20 (6.6)	1 (5.3)	4 (13.8)	3 (42.9)

4.2.5. 농업용저수지의 상류유역 오염원 현황

1) 주요오염원 현황

(1) 전국 주요오염원 현황

① 2007년 조사결과

농림수산식품부에서 운영하고 한국농촌공사에서 조사한 2007년 측정망 시설 492개소에 대한 주요오염원을 분석한 자료에 의하면 점오염원 중 생활계가 158개소(32.1%), 축산계 143개소(29.1%), 산업계 1개소(0.2%)였고, 비점오염원 중 토지계에 의한 오염이 188개소(38.2%), 양식에 의한 오염이 2개소(0.4%)였으며, 점오염원의 비율(61.4%)이 높았으며, 그 중 생활하수에 의한 오염이 가장 큰 것으로 조사되었다.

(표 4-28) 주요오염원 현황(2000~2007)

구 분	시설수(%)	생활계(%)	축산계(%)	산업계(%)	토지계(%)	양식계(%)
2000년	436 (100)	190 (43.6)	118 (27.0)	6 (1.4)	118 (27.0)	4 (1.0)
2001년	492 (100)	215 (43.7)	122 (24.8)	2 (0.4)	143 (29.1)	10 (2.0)
2002년	492 (100)	202 (41.1)	124 (25.2)	2 (0.4)	156 (31.7)	8 (1.6)
2003년	492 (100)	190 (38.6)	132 (26.8)	1 (0.3)	167 (33.9)	2 (0.4)
2004년	492 (100)	190 (38.6)	133 (27.0)	1 (0.2)	166 (33.7)	2 (0.4)
2005년	492 (100)	176 (35.8)	140 (28.5)	1 (0.2)	173 (35.2)	2 (0.4)
2006년	492 (100)	171 (34.8)	141 (28.7)	1 (0.2)	177 (36.0)	2 (0.4)
2007년	492 (100)	158 (32.1)	143 (29.1)	1 (0.2)	188 (38.2)	2 (0.4)

자료 : 농림부·한국농촌공사, 2007 농업용수 수질측정망 조사보고서

②. 오염원별 오염발생부하량

한국농촌공사에서 수질측정망 시설에 대한 오염발생부하량을 분석한 결과에 의하면 BOD 505,715kg/일(90.9%), T-N 164,720kg/일(82.3%), T-P 21,876kg/일(84.2%)로 이 중 생활계에 의한 발생부하량이 가장 큰 것으로 조사되었다.

(표 4-29) 오염원별 오염발생부하량(2007년)

구 분	시설수(개소)	BOD(kg/일)	T-N(kg/일)	T-P(kg/일)
계	492 (100%)	556,278 (100.0%)	200,241 (100.0%)	25,989 (100.0%)
생활계	158 (32.1%)	505,715 (90.9%)	164,720 (82.3%)	21,876 (84.2%)
축산계	143 (29.1%)	44,990 (8.1%)	27,668 (13.8%)	3,576 (13.8%)
산업계	1 (0.2%)	49 (0.0%)	41 (0.0%)	3 (0.0%)
토지계	188 (38.2%)	5,386 (1.0%)	7,729 (3.9%)	524 (2.0%)
양식계	2 (0.4%)	138 (0.0%)	84 (0.0%)	10 (0.0%)

③ 주요오염원의 연도별 변화추이

2000년부터 2007년까지 8개년 간에 조사된 오염원수에 동일한 원단위(오염총량관리계획수립지침, 1999, 환경부)를 적용하여 주요오염원을 분석하여 보면, 생활계가 주요오염원인 시설수가 2001년 이후 점차 감소하는 추세에 있으며, 축산계는 2000년도에 27.0%에서 2007년 29.1%로 약간 증가하는 것으로 나타났다. 비점오염원 중 토지계에 의한 오염기여율은 2000년을 27.0%에서 2007년도에 38.2%로 지속적으로 증가하는 경향이었으며, 토지계(38.2%)에 의한 수질오염 비중이 금년에는 생활계(32.1%)를 초과하여 가장 많은 기여를 하고 있는 것으로 나타났다. 향후 수질개선방향은 비점오염원을 저감할 수 있는 방안을 강구하여야 할 것으로 판단된다.

(2) 지역별 주요오염원 현황

지역별로 주요오염원 분포현황을 살펴보면 경기도는 생활계가 45.3%(24개소)로 가장 큰 주요오염원으로 나타났고, 축산계는 32.1%(17개소)로 나타났다. 강원도는 축정망 시설이 대부분 산간지형에 위치하고 있는 지리적 특성 때문에 생활계가 주요오염원인 시설이 5개소(15.2%)이고, 토지계에 의한 비점오염원이 25개소로 전체의 75.8%로 가장 많았고, 산업계에 의해 오염된 시설은 없는 것으로 조사되었다. 충청북도는 생활계 14개소(35.0%), 토지계 13개소(32.5%), 축산계가 각 13개소(32.5%)로 비슷한 비율로 나타났다. 충청남도는 축산계가 36개소(55.4%)로 가장 높고, 생활계도 26개소(40.0%)로 나타났다. 전라북도는 축산계, 토지계에 의한 오염이 각각 21개소로 오염기여율이 동일하였고, 생활계의 기여도도 비슷하였다. 전라남도는 생활계에 의한 오염이 36개소(48.6%)로 높게 나타났다. 경상남도는 토지계에 따른 오염이 전체시설의 47.7%(31개소)로 가장 높았고, 경상북도는 산간지가 많아 토지계에 의한 오염기여율이 42개소(50.0%)로 가장 높았고, 축산계 25개소(29.8%), 생활계 17개소(20.2%) 순으로 나타났다.

(표 4-30) 지역별 주요염원 분포현황

(단위 : 개소)

구 분	시설수 (%)	생활계 (%)	축산계 (%)	산업계 (%)	토지계 (%)	양식계 (%)
계	492 (100)	158 (32.1)	143 (29.1)	1 (0.2)	188 (38.2)	2 (0.4)
부 산	3 (100)	1 (33.3)	-	-	2 (66.7)	-
대 구	4 (100)	1 (25.0)	3 (75.0)	-	-	-
인 천	5 (100)	4 (80.0)	-	-	1 (20.0)	-
광 주	1 (100)	1 (100)	-	-	-	-
대 전	1 (100)	1 (100)	-	-	-	-
울 산	4 (100)	2 (50.0)	-	-	2 (50.0)	-
경 기	53 (100)	24 (45.3)	17 (32.1)	-	12 (22.6)	-
강 원	33 (100)	5 (15.2)	1 (3.0)	-	25 (75.8)	2 (6.1)
충 북	40 (100)	14 (35.0)	13 (32.5)	-	13 (32.5)	-
충 남	65 (100)	26 (40.0)	36 (55.4)	-	3 (4.6)	-
전 북	60 (100)	18 (30.0)	21 (35.0)	-	21 (35.0)	-
전 남	74 (100)	30 (40.5)	8 (10.8)	-	36 (48.6)	-
경 북	84 (100)	17 (20.2)	25 (29.8)	-	42 (50.0)	-
경 남	65 (100)	14 (21.5)	19 (29.2)	1 (1.5)	31 (47.7)	-

(3) 농업용수수질기준을 초과한 시설의 주요염원 현황

농업용수 수질환경기준(IV등급)을 초과한 101개소 시설에 대해 주요염원을 분석한 결과 생활계가 48개소(47.5%)로 가장 많았고, 축산계가 43개소(42.6%), 토지유출에 따른 오염이 10개소(9.9%), 산업계와 양식에 의한 오염은 없는 것으로 나타났다.

경기·인천, 충북, 전북, 광주·전남, 경남지역에서는 수질기준 초과한 시설의 50%이상이 주요염원으로 생활계가 차지하였으며, 우리나라 농업용수 수질 오염에 가장 큰 영향을 미치는 오염원은 생활계와 축산계로 나타났다. 따라서 농업용 저수지의 수질개선을 위하여 상류부 유역의 마을하수도 설치와 축산계의 오염기여도를 저감할 수 있는 방안을 적극 강구해야만 한다.

(표 4-31) 농업용수 수질기준을 초과한 시설의 주요염원 분포현황

구 분	시설수 (%)	생활계 (%)	축산계 (%)	산업계 (%)	토지계 (%)	양식계 (%)
계	101 (100)	48 (47.5)	43 (42.6)	- (0.0)	10 (9.9)	- (0.0)
부 산	-	-	-	-	-	-
대 구	1 (100)	-	1 (100.0)	-	-	-
인 천	3 (100)	3 (100.0)	-	-	-	-
광 주	1 (100)	1 (100.0)	-	-	-	-
대 전	-	-	-	-	-	-
울 산	-	-	-	-	-	-
경 기	20 (100)	9 (45.0)	11 (55.0)	-	-	-
강 원	-	-	-	-	-	-
충 북	2 (100)	1 (50.0)	1 (50.0)	-	-	-
충 남	26 (100)	13 (50.0)	13 (50.0)	-	-	-
전 북	8 (100)	6 (75.0)	2 (25.0)	-	-	-
전 남	16 (100)	9 (56.3)	4 (25.0)	-	3 (18.7)	-
경 북	19 (100)	5 (26.3)	9 (47.4)	-	5 (26.3)	-
경 남	5 (100)	1 (20.0)	2 (40.0)	-	2 (40.0)	-

2) 환경기초시설 현황

농업용수 수질측정망 492개소의 유역 내에서 발생하는 다양한 오폐수를 처리하고 있는 환경기초시설현황에 대해 살펴보면, 현재 가동 중인 시설은 모두 294개소, 건설 중인 시설은 41개소, 계획 중인 시설은 15개소로 나타났다. 대부분 양수장, 담수호 등 유역이 넓은 지역이나 대도시를 중심으로 집중되어 있고, 농촌 산간마을이나 소규모 저수지 유역에는 마을하수도 등이 있는 것으로 조사되었다.

(표 4-32) 유역내 환경기초시설 현황

(단위 : 개소)

구분	전국	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
총계	350	70	5	14	52	13	149	30	17
가동중	294	37	5	12	50	12	137	24	17
건설중	41	29	-	1	2	1	7	1	-
계획중	15	4	-	1	-	-	5	5	-
하수종말처리장	소계	33	-	2	17	1	24	7	2
	가동중	16	-	-	15	1	19	4	2
	건설중	17	-	1	2	-	5	-	-
	계획중	-	-	1	-	-	0	3	-
축산폐수처리장	소계	1	-	-	3	-	4	-	-
	가동중	1	-	-	3	-	4	-	-
	건설중	-	-	-	-	-	-	-	-
	계획중	-	-	-	-	-	-	-	-
분뇨처리장	소계	3	-	-	5	-	10	-	-
	가동중	3	-	-	5	-	10	-	-
	건설중	-	-	-	-	-	-	-	-
	계획중	-	-	-	-	-	-	-	-
산업폐수처리장	소계	4	-	-	9	-	6	3	-
	가동중	4	-	-	9	-	6	1	-
	건설중	-	-	-	-	-	-	-	-
	계획중	-	-	-	-	-	-	2	-
마을하수도	소계	29	5	11	18	12	92	17	15
	가동중	13	5	11	18	11	85	16	15
	건설중	12	-	-	-	1	2	1	-
	계획중	4	-	-	-	-	5	-	-
쓰레기매립장	소계	-	-	1	-	-	13	3	-
	가동중	-	-	1	-	-	13	3	-
	건설중	-	-	-	-	-	-	-	-
	계획중	-	-	-	-	-	-	-	-

* 전라북도 수리시설 중 간접유역이 대간선, 김제간선을 포함하고 있는 시설(옥구, 옥녀, 대위, 미제, 청호, 대화, 백산저수지)의 환경기초시설현황은 제외함
 자료 : 농림부·한국농촌공사, 2007년 농업용수수질 측정망조사보고서

4.2.6. 농업용저수지의 수질관리상의 주요문제점

1) 자연적 환경조건

(1) 강수량의 지역적·계절적 편중

수자원의 원천인 연간강수량은 3.1에서 언급한 바와 같이 세계 평균보다 1.4배 많으나, 높은 인구밀도로 인해 1인당 강수량은 연간 2,591㎍로 세계평균의 약 1/8에 불과하며 우리나라의 과거 100년간 연간강수량 추이를 보면 최저 754mm(1939년)와 최고 1,792mm(2003년)로 2.4배 차이가 나는 등 연도별 변동이 심하다. 연간 강수량은 대체로 증가추세에 있으나, '90년대에는 홍수와 가뭄이 빈발하고 있어 용수 및 수질관리에 불리한 조건이다. 연간강수량의 2/3정도가 홍수기인 6~9월의 장마와 태풍기간에 집중되고, 갈수기인 11월부터 익년 4월까지 6개월간은 연간강수량의 1/5에 불과하여 연중 고른 강수량을 갖는 외국과는 다르게 홍수와 가뭄이 빈발 하다.

(표 4-33) 세계 주요 국가별 연평균강수량 및 1인당 강수량

구 분	한국	일본	미국	영국	중국	캐나다	세계평균
연평균강수량 (mm/년)	1,245	1,718	736	1,220	627	537	880
1인당강수량 (㎍/년)	2,591	5,107	25,022	4,969	4,693	174,016	19,635

※ 자료 : 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006.7), 한국은 '74~'03년 평균자료

(2) 하천유역의 특성

우리나라는 계절별, 연도별, 지역별 강수량의 편차가 심한 동시에, 국토의 65%가 산악지형이고, 하천경사가 급한 지리적 특성으로 홍수가 일시에 유출되며, 갈수기에는 유출량이 적어 하천수질오염을 가중시키는 등 수자원의 이용 측면에서 불리한 자연조건을 안고 있다. 우리나라 하천은 외국의 주요하천에 비해 최대유량과 최소유량의 격차가 매우 커 연중 하천에 흐르는 수량 변동이 심하여 하천의 물 이용 여건이 상대적으로 열악하며 또한 하천유역에는 산지가 많아 홍수기에는 비가 내린 후 1~3일 이내에 상류의 물이 하구에 도달하므로, 이수 및 수질관리 측면에서 보면 강수 특성상 홍수기에 집중되는 강우를 모아 갈수기에 사용할 수 있는 합리적인 방안을 모색할 필요가 있다.

(표 4-34) 주요하천의 유량변동

구 분	하 천 명	유량변동 계수	구 분	하 천 명	유량변동 계수
국내 하천	한 강	90 (390)	국외 하천	양자강 (중국)	22
	낙동강	260 (372)		테임주강(영국)	8
	금 강	190 (300)		세느강 (프랑스)	34
	섬진강	270 (390)		라인강 (유럽)	18
	영산강	130 (320)		나일강 (이집트강)	30
				미시시피강(미국)	3
			요도강 (일본)	114	

* 주 : 1. 하천 유량변동계수는 해당하천의 최대유량과 최소유량의 비로 표시됨
 2. ()내의 수치는 댐으로 홍수를 조절하기 전 유량변동계수임

3.1에서 언급한바와 같이 우리나라 수자원총량 1,240억 m³/년 가운데 총이용량은 337억 m³/년(27%)에 불과하고 지형적 여건상 대부분 손실되거나 바다로 유실되어 용수이용율이 낮다.

(표 4-35) 유역의 평균강수량 및 부존량

구 분	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	연평균강수량 (mm)	총강수량 (억m ³)	연평균유출량 (억m ³)	유출계수
한 강	25,954	494	1,208	313.5	160	51.0
낙동강	23,384	506	1,178	275.5	157	57.0
금 강	9,912	395	1,227	121.6	70	57.6
섬진강	4,912	224	1,433	70.4	41	58.2
영산강	3,468	138	1,336	46.3	28	60.4
안성천	1,656	76	1,189	19.7	11	55.9
삽교천	1,649	64	1,194	19.7	11	55.9
만경강	1,504	81	1,255	18.9	12	63.6
형산강	1,133	63	1,133	12.8	7	54.5
동진강	1,124	51	1,224	13.8	9	65.4
계	74,696			912.2	506	55.5

* 자료 : 한국하천일람 2006(건설교통부, 2006. 12),
 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006.7)

2) 농업용 저수지의 노후화 및 전국적으로 산재

(1) 저수지의 노후화

우리나라 농업용 저수지의 약 60%가 1976년 이전에 설치된 시설로 노후화로 인한 토사퇴적으로 내용적이 감소되어 가뭄시에 쉽게 고갈되며 자동 수질관리시스템이 전무한 실정으로 수질오염감시가 매우 어려운 실정이다. 또한 시설관리자의 체계적인 기록과 보존관리가 미흡하여 용수공급이 수요에 기초를 둔 계획 관리가 아니고 경험적으로 관리되고 있어 용수의 과다한 낭비와 손실을 초래해 가뭄 피해의 원인이 되고 있다. 용수원의 확보가 제한되어 농어촌 지역에서 증가하고 있는 다양한 용수수요에 대처할 수 있는 능력이 부족하다.

측정망조사 결과 설치연대가 오래되고 노후화된 시설일수록 부영양화가 지속되어 평균 COD값과 농업용수 수질기준 초과율이 높게 나타나고 있다.

(표 4-36) 설치년대별 수질현황

시설별	계	1945 이전	1945 ~ 1966	1967 ~ 1976	1977 ~ 1986	1987 ~ 1996	1997 이후
전체수리시설 (%)	68,466 (100)	14,355 (21.0)	6,526 (9.5)	13,374 (19.5)	10,870 (15.9)	11,332 (16.6)	12,009 (17.5)
전체저수지 (%)	17,684 (100)	9,380 (53.0)	3,783 (21.4)	3,125 (17.7)	878 (5.0)	262 (1.5)	256 (1.4)
측정망 (%)	492 (100)	47 (9.6)	202 (41.1)	59 (12.0)	105 (21.3)	55 (11.2)	24 (4.9)
평균COD (mg/L)	6.0	7.5	6.8	5.5	5.2	4.7	4.0
기준초과 (%)	101 (20.5)	19 (40.4)	56 (27.7)	8 (13.6)	14 (13.3)	4 (7.3)	0 (0.0)

자료 : '07농업생산기반정비사업통계연보<담수호 7개소 포함>(농림부, 한국농촌공사), 2007
농업용수수질측정망조사 보고서(농림부, 한국농촌공사)

(2) 소규모로 전국에 산재하여 분포함

우리나라 농업용 수리시설 대부분이 소규모인 전국 농업용 저수지 95% 이상이 유효저수량 500만^m 이하인 시설이다. 저수지 대부분이 하천수계의 상

류지류와 계곡에 위치해 있고, 전국적으로 분산·위치하고 있어 수질관리에 어려움이 있고, 저수량의 극심한 차이로 건기에는 저수지의 유입하천이 건천화되어 하천의 자연적 정화능력의 감소로 수질오염이 가속화되고 있다. 측정망 조사결과 유효저수량 기준으로 규모가 작은 저수지일수록 평균 COD값과 농업용수 수질기준 초과율이 높게 나타나고 있다.

(표 4-37) 유효저수량 규모별 수질현황

시도별	유효저수량 계	유효저수량(천㎡)					
		500미만	500 ~ 1,000	1,000 ~ 5,000	5,000 ~ 10,000	10,000 ~ 50,000	50,000 이상
전체저수지 (%)	17,684 (100)	16,859 (95.3)	391 (2.2)	372 (2.1)	23 (0.1)	30 (0.2)	9 (0.1)
측정망 (%)	492 (100)	24 (4.9)	109 (22.1)	304 (61.8)	19 (3.9)	29 (5.9)	7 (1.4)
평균COD (mg/L)	6.0	6.7	6.0	6.0	5.7	6.5	6.0
기준초과 (%)	101 (20.5)	8 (33.3)	18 (16.5)	67 (22.0)	- (0.0)	7 (24.1)	1 (14.3)
부영양화도 (%)	40 (8.5)	5 (20.8)	7 (6.4)	20 (6.6)	1 (5.3)	4 (13.8)	3 (42.9)

* 자료 : '07농업생산기반정비사업 통계연보, 2007농업용수수질측정망조사 보고서(농림부·한국농촌공사)

3) 농어촌지역의 환경기초시설 부족

(1) 생활하수에 대한 관리 미흡

우리나라 생활하수 발생량은 1980년도에 6,759천㎡/일에서 도시화의 진전, 사업활동의 지속적인 진행으로 매년 증가하여 2000년도에는 18,583천㎡/일에 이르고 있다. 1976년 우리나라 최초의 하수종말처리장인 청계천 하수처리장이 일 15만㎡으로 건설된 이후, 80년대에 들어 본격적으로 설치되기 시작하였으나, 아직도 평균 하수처리율은 약 83.5%에 불과하고 선진 외국에 비하여 아직도 낮은 형편이다. 또한, 그나마 하수관거의 불량으로 인한 하수의 누수, 우수 및 지하수의 유입 등을 고려하면 실질적인 하수처리율은 50%에도 미치지 못하고 있는 실정이다.

(표 4-38) 연도별 하수처리장 운영현황

구 분	2000	2001	2002	2003	2004	2005
총인구수(천명)	48,289	48,518	48,824	49,053	49,261	49,268
발생량(천m ³ /일)	-	-	-	-	-	-
처리인구(천명)	35,369	36,722	38,449	39,924	41,253	41,157
처리장(개소)	184	207	242	268	294	294 (1,404)
보급율(%)	73.2	75.7	78.8	81.4	83.7	83.5
시설용량 (천m ³ /일)	19,230	20,245	20,954	21,617	22,387	22,568

자료 : '05 하수도통계, 2006, 환경부, 통계청

(표 4-39) 하수처리율의 외국과의 비교

구 분	일본	덴마크	오스트리아	영국	독일	핀란드	프랑스
처리율(%)	64.0	89.0	86.0	96.6	92.8	81.0	76.9

* 자료 : OECD ENVIRONMENTAL DATA COMPENDIUM 2004, '03하수통계, 2004, 환경부

특히 대부분의 하수처리장이 대도시 중심으로 건설되어 농어촌지역 마을단위의 소규모 생활하수 처리는 마을하수도 사업 위주로 처리하고 있는 실정이며, 농어촌지역의 생활수준 향상 등으로 수세식 화장실 등 물의 수요량은 계속 증가하고 있어 호소 유입부하량은 지속적으로 증가하고 있는 실정이다.

시·도별 하수도 보급률은 서울특별시(100.0%), 울산광역시(92.0%), 대구광역시(97.0%)가 매우 높은 반면, 전라남도(60.0%), 경상북도(61.0%)는 60%를 상회하는 낮은 수준이다.

(표 4-40) 시·도별 하수도 보급율 현황

(단위 : 명)

시도명	총 인 구	총하수처리인구	하수처리구역 외 인 구	보급률(%)
전 국	49,267,751	41,157,231	8,110,520	83.5
서울특별시	10,297,004	10,270,006	26,998	100.0
부산광역시	3,657,840	3,256,545	401,295	89.0
대구광역시	2,525,836	2,449,187	76,649	97.0
인천광역시	2,632,178	2,280,710	351,468	87.0
광주광역시	1,408,106	1,379,488	28,618	98.0
대전광역시	1,462,535	1,402,377	60,158	96.0
울산광역시	1,095,105	1,003,539	91,566	92.0
경기도	10,853,157	8,926,335	1,926,822	82.0
강원도	1,521,099	999,684	521,415	66.0
충청북도	1,501,674	1,092,755	408,919	73.0
충청남도	1,982,495	1,067,997	914,498	54.0
전라북도	1,895,500	1,344,157	551,343	71.0
전라남도	1,976,465	1,188,343	788,122	60.0
경상북도	2,711,900	1,647,396	1,064,504	61.0
경상남도	3,187,110	2,443,973	743,137	77.0
제주도	559,747	404,739	155,008	72.0

자료 : '05 하수도통계, 2006, 환경부, 통계청

기존의 대부분 환경기초시설들이 유기물질 저감을 위한 2차 처리 위주로 설계, 건설되어 있어, 부영양화 물질인 질소·인 등이 미처리되어 수계로 유입되고 있어 호소의 부영양화를 심화시키고 있다. 최근에는 고도처리시설이 증가하고 있으며 가동중인 하수처리장의 처리공법은 표준활성슬러지법, 장기포기법 등 2차 처리 시설이 대부분(58%)이며, 이 중 표준활성슬러지법이 전체의 28%인 83개소에서 적용·운영되고 있다.

(표 4-41) 운영중인 공법별 처리장 현황

개소수	1차처리	2차처리					고도처리
		표준활성	장기포기	산화구	회전원판	접촉산화	
294 (100%)	- (0%)	83 (28%)	11 (4%)	26 (9%)	13 (4%)	9 (3%)	152 (52%)

* 자료 : '05년 하수종말처리시설 운영관리실태 분석결과보고서, 2007, 환경부

'05년 말 현재 하수관거 설치연장은 85,755km로 하수도정비기본계획상의 계획 연장 125,708km의 68.2%이며, 이중 우수와 오수를 동시에 배제하는 합류식 관거는 48,257km(56.3%), 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식은 37,498km(43.7%)이다.

(표 4-42) 하수관거 설비현황

(단위 : km)

구 분	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	
계획연장	92,391	96,728	103,280	107,623	112,567	116,141	119,521	120,814	125,708	
시설 연장	총계	58,671	62,330	64,741	68,195	71,839	75,859	78,606	82,214	85,755
	합류식	38,148	40,160	41,437	42,878	44,534	45,680	46,167	47,255	48,257
	분류식	20,523	22,170	23,304	25,317	27,305	30,179	32,439	34,959	37,498
설비율(%)	63.5	64.4	62.7	63.4	63.8	65.3	65.8	68.1	68.2	

* 자료 : '05 하수도통계 2006, 환경부, 통계청

시·도별 하수관거 설비율은 서울특별시(100.0%), 부산광역시(73.5%), 대구광역시(82.9%)는 높은 수준이며, 그 밖의 인천광역시(63.9%), 강원도(63.6%), 경상북도(61.3%), 경상남도(63.2%) 등은 약 60% 상회 수준이고, 충청남도(46.3%), 전라북도(52.5%), 전라남도(52.4%)는 비교적 낮은 수준이다.

(표 4-43) 시·도별 하수관거 설비율

시·도별	계획(km)				시설(km)				보급률 (%)
	계	합류식	분류식		계	합류식	분류식		
			오수관	우수관			오수관	우수관	
전국	125,708	41,232	5,139	39,495	85,755	48,257	20,488	17,010	68.2
서울특별시	10,226	8,789	876	562	10,228	8,789	876	562	100.0
부산광역시	9,172	-	2,520	6,652	6,744	5,754	504	486	73.5
대구광역시	5,963	3,653	1,455	855	4,946	3,345	732	870	82.9
인천광역시	5,484	2,352	1,620	1,511	3,504	2,474	498	532	63.9
광주광역시	3,994	1,584	1,159	1,250	3,495	1,585	910	1,000	87.5
대전광역시	2,559	1,434	526	600	2,529	1,389	534	607	98.8
울산광역시	3,532	617	1,525	1,389	2,778	492	1,208	1,078	78.7
경기도	21,782	5,723	9,482	6,577	14,762	6,152	4,917	3,693	67.8
강원도	6,419	1,953	2,388	2,078	4,079	2,720	785	575	63.6
충청북도	5,198	1,723	2,358	1,117	3,433	1,756	1,028	649	66.1
충청남도	7,620	2,485	2,965	2,170	3,529	2,101	833	595	46.3
전라북도	8,753	2,633	3,528	2,592	4,595	2,393	1,324	878	52.5
전라남도	9,029	2,641	3,657	2,732	4,729	2,009	1,388	1,332	52.4
경상북도	10,935	3,295	4,168	3,471	6,706	3,478	1,742	1,485	61.3
경상남도	11,073	2,350	4,700	4,022	7,001	2,231	2,505	2,264	63.2
제주도	3,969	-	2,209	1,917	2,696	1,588	704	404	67.9

자료 : '05 하수도통계, 2006, 환경부(천km 단위로 절사한 자료임)

(2) 축산폐수에 대한 관리 미흡

2007년 9월말 기준으로 전국에서 한우, 젓소, 돼지를 사육하고 있는 축산농가수는 206천 가구로 '96년말 327천 가구에 비해 약 37.0%가 감소하였으나 가축의 사육두수는 '96년말 9,856천두에서 2007년 12,334천두로 경제성장과 더불어 축산물 수요증가에 따라 1999년까지 꾸준히 증가추세에 있었으나 '98년을 계기로 한우와 젓소는 감소추세에 접어들다가 '07년에는 현재 한우는 증가추세, 젓소 및 돼지는 평년수준을 유지하고 있다.

(표 4-44) 연도별 가축사육두수

(단위 : 천두)

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
계	9,856 (327)	9,795 (327)	10,018 (327)	10,031 (327)	9,998 (327)	10,249 (280)	10,771 (247)	11,023 (215)	11,457 (212)	11,303 (214)	11,858 (211)	12,334 (206)
한우	2,844 (513)	2,735 (465)	2,383 (427)	1,952 (350)	1,590 (290)	1,485 (247)	1,461 (218)	1,464 (189)	1,667 (189)	1,825 (193)	2,021 (191)	2,220 (188)
젖소	551 (21)	544 (17)	539 (16)	535 (14)	544 (13)	550 (13)	543 (12)	526 (11)	503 (10)	485 (9)	468 (9)	455 (7.8)
돼지	6,461 (46)	6,516 (33)	7,096 (27)	7,544 (27)	7,864 (24)	8,214 (24)	8,767 (20)	9,033 (17)	9,287 (16)	9,046 (13)	8,993 (12)	9,659 (10.2)

* ()는 축산농가수임(단위는 천가구임)

* 자료 : 국립농산물품질관리원(www.naqs.go.kr), 자료실

'96년 이후 우리나라 축산농가가 점점 대형화되는 추세로 한우와 젖소는 50두미만의 축산농가가 감소하는 반면에 50두 이상의 사육농가가 증가하고 있으며, 돼지는 1,000두 미만의 축산농가는 '96년 이후부터 감소하는 반면에 1,000두 이상의 대규모 돈사가 '02년까지 꾸준히 증가하는 추세에 있었으나, '03년 감소 이후 동년 수준을 유지하고 있다.

(표 4-45) 가축별 사육규모별 농가호수

(단위 : 천가구)

축종	규모	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
한우	계	513	465	427	350	290	235	217	188	188	192	191	188.0
	20두미만	489	439	404	331	274	221	197	172	170	172	167	162.0
	20~50두	21.8	22.0	8.2	14.7	11.4	10.6	10.8	11.4	13.2	14.7	14.5	18.0
	50두이상	2.8	4.1	5.0	4.8	4.1	3.9	4.2	5.0	5.2	5.9	7.0	8.0
젖소	계	21.1	17.4	15.7	14.4	13.3	12.8	12.8	10.4	9.9	9.2	8.5	7.8
	20두미만	2.9	1.8	1.6	1.4	0.8	2.3	1.7	1.4	1.3	1.0	0.9	0.6
	20~50두	16.7	13.3	11.1	9.7	8.8	6.2	5.5	4.5	4.2	3.7	3.2	2.9
	50두이상	1.6	2.3	3.0	3.4	3.7	4.3	4.7	4.5	4.4	4.5	4.4	4.3
돼지	계	33.3	27.1	27.0	24.4	23.8	19.5	16.9	15.2	13.2	12.2	11.5	10.2
	1,000두미만	22.5	17.0	16.5	14.2	13.9	10.3	6.6	12.3	10.3	9.2	8.4	7.0
	1,000~5,000두	9.5	8.5	8.6	8.1	7.6	6.5	0.9	2.7	2.7	2.8	2.8	3.0
	5,000두이상	1.3	1.7	1.9	2.2	2.3	2.7	9.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

자료 : 국립농산물품질관리원(www.naqs.go.kr), 자료실(농업통계정보)

우리나라 축산농가가 점차 대형화되는 추세로 허가대상 농가수와 신고대상 농가수로 발생하는 폐수량은 전체 131천㎥을 차지하고, 신고대상 농가수는 40,537로 전체 농가수의 79.0%를 차지하고 있다.

'05년말 현재 우리나라에서는 1일 약 150천㎥의 축산폐수가 배출되고 있으며, 이 중 돈사에서 발생하는 폐수량은 전체의 약 63.3%인 95천㎥이 배출되고 있다.

이들 축산농가는 대부분 상수원 보호구역 등 수질이 양호하게 유지되어야 하는 하천이나 호소의 상류지역 등 하수 미처리 구역에 위치하고 있고, 농민들의 환경의식 부족 등으로 처리시설을 갖추고도 제대로 운영 관리되지 않아 하천이나 호소에 대한 오염 기여율이 다른 오폐수에 비해 상당히 높은 편이다.

'96년부터 2007년까지의 12개년간 측정망 조사결과에서도 축산폐수가 주요 오염원인 시설이 28% 내외의 높은 수치를 보이고 있으며, 특히 충청북도와 충청남도, 전라북도, 경상북도 지역의 축산폐수의 오염 기여율이 타 지역에 비해 높게 나타나고 있다.

(표 4-46) 연도별 축산폐수발생량

(단위 : 천㎥/일)

구 분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
폐수발생량	197	206	202	128	125	131	139	150	131

* 자료 : 환경부 홈페이지, 축산폐수처리통계 2005, 환경통계연감 2007.

지역적으로 살펴보면 대도시인 서울, 부산 등 6개 광역시에는 축산 농가수와 사육두수가 매우 적은 반면에 충청남도, 전라남도, 경상남·북도에 많은 축산농가가 위치하고 있으며, 사육두수로 보면 경기도와 충청남도가 가장 많이 차지하고 있다.

(표 4-47) 시도별 축산농가 및 사육두수 현황

구 분	한·육우		젖 소		돼 지		닭	
	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수
전 국	2,219,887	188,356	455,179	7,810	9,659,228	10,229	121,778,741	3,627
서 울	5245	6	103	2	0	0	0	0
부 산	1,596	157	750	17	11,236	59	46,500	4
대 구	18,645	1,313	3,169	63	31,867	91	242,450	8
인 천	16,176	493	3,896	77	66,288	143	947,810	41
광 주	4,581	370	683	12	8,417	18	103,000	4
대 전	6,343	617	26	1	3,356	6	88,000	7
울 산	25,033	2,371	1,108	17	55,683	53	434,400	15
경 기	191,489	8,269	180,403	3,192	1,899,669	1,482	26,195,425	758
강 원	175,928	16,126	18,398	331	461,811	471	4,694,489	151
충 북	163,726	13,319	23,207	470	566,536	450	7,701,052	226
충 남	296,421	22,663	76,473	1,293	1,762,879	1,655	22,927,282	592
전 북	232,369	16,297	36,633	541	1,107,241	1,700	17,597,899	508
전 남	344,355	34,653	33,114	477	916,182	1,488	13,941,764	318
경 북	461,105	37,212	42,944	801	1,153,574	832	18,120,735	690
경 남	256,024	33,610	29,199	458	1,180,953	1,545	7,482,465	251
제 주	25,851	880	5,073	58	433,536	236	1,255,470	54

* 자료 : 오수분뇨·축산폐수처리통계(2004), 환경부 홈페이지, 자료실,
농림부 홈페이지, 자료실

정부에서는 현재 소규모 축산농가에서 발생하는 축산폐수를 수거·처리하기 위해 '07년 6월 기준으로 축산폐수공공처리시설 52개소, 허가대상(설치대상 농가수 : 10,744호)과 신고대상 시설(설치대상 농가수 : 40,537호)에서 축산폐수처리시설을 갖추고 있는 농가는 총 51,281호로 약 97.8%에 이르고 있다.

(표 4-48) 운영중인 축산폐수 공공처리시설 현황

시도	축산폐수공공처리시설	
	시설수	시설용량(m ³ /일)
계	52개소	10,215
인 천	-	-
경 기 도	15개소	2,420
강 원 도	4개소	700
충청북도	3개소	500
충청남도	6개소	1,130
전라북도	9개소	3,990
전라남도	6개소	535
경상북도	2개소	180
경상남도	6개소	660
제주특별자치도	1개소	100

* 자료 : 환경부 홈페이지, 수질보전국(2007), 자료실

4) 비점오염원에 대한 관리 미흡

(1) 호소의 수질오염원으로 비점오염원의 비중 증가추세

그동안 우리나라에서는 수질오염물질에 대한 규제를 공장폐수, 생활하수 등 점오염원을 중심으로 관리하여 왔기 때문에 농촌지역의 경작지 등 비점오염원에서 발생하는 영양물질에 대한 관리가 미흡해 강우시 빗물과 함께 호소로 직접 유입되고 있어 호소의 부영양화 및 녹조발생의 주요 원인이 되고 있다. 수질측정망시설 중 비점오염원에 의한 오염원기여율을 살펴보면 2000년도에 27.0%, 2007년도에는 38.2%로 크게 증가하여 호소수질의 주 오염원으로 영향을 미치고 있다.

강우기인 6~8월에 전체 강수량의 약 60%가 집중되어 유역으로부터 대량의 비점오염원에서 발생하는 오염물질이 유입되고 있는데, 비점오염원이 우세한 지역에서는 유역의 토양에 축적되어 있던 오염물질이 강우의 침식에 의해 유출되므로 오염도가 증가하게 된다.

비료의 주요성분 중 질소와 칼륨은 물에 잘 녹는 물질이므로 용존형태로 유출이 되는 반면에 인은 용존형으로도 유출될 뿐만 아니라 토양에 흡착되어 축적되어 있다가 표토의 침식과 더불어 입자상으로 유출되므로 강우시 10배 이상 증가하는 경향을 나타내고 있다.

(표 4-49) 연도별 토지계에 의한 오염율 변화추이

구 분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
대상/전체 (%)	118/436 (27.0%)	143/492 (29.1%)	156/492 (31.7%)	167/492 (33.9%)	166/492 (33.7%)	173/492 (35.2%)	177/492 (36.0%)	188/492 (38.2%)

(2) 호소내 부유쓰레기로 인한 수질오염 가중

쓰레기 종량제 실시 이후 쓰레기 처리비용을 줄이기 위하여 마을 인근에 투기 및 방치하고 있어 장마철 및 호우시마다 호소내로 유입되는 부유쓰레기 양이 증가하고 있으나 미처리 된 채 방치하는 사례가 빈번하여 호소 내 수질 오염을 가중시키고 있는 실정이다.

관광지화 된 호소나 상류유역 계곡을 찾는 행락객들이 많아 이들의 쓰레기 투기로 인한 호소 내 유입되는 쓰레기양이 증가하고 있어 수면에 부유하는 쓰레기가 수질오염을 가중시키고 있는 실정이다.

무분별한 낚시행위로 인해 연간 약 2만m³의 떡밥, 어묵 등이 사용되고 있어 수질오염을 가중시키는 중요한 원인이 되고 있으며, 이외에 낚시와 함께 배출되는 쓰레기도 상당량에 달할 것으로 추정된다. 이들 쓰레기들은 특히 집중 강우시에 빗물에 의하여 씻겨나가 호소를 오염시키는 물론 경관 및 호소환경을 크게 저하시키고 있다.

호소를 관리하는 시설관리자들의 쓰레기를 수거, 처리하기 위한 책임한계가 불명확하고, 처리비용 분담 등에 대한 관계기관간의 협약이 체결되지 않아서 문제 발생시 대책추진에 애로사항이 많다.

쓰레기 수거에 필요한 현대적인 수거장비와 인력 부족으로 효율적인 수거·처리가 곤란하여 수면에 부유하는 쓰레기를 그대로 방치하는 경우가 빈번하다.

4.3. 수질오염총량제 실시에 따른 농업용저수지의 수질관리 방안

앞서 2장에서 상세히 검토된 바와 같이 수질오염총량제의 기본 취지는 어떤 지역에서 배출할 수 있는 목표 오염물질 총량을 설정하고, 이 목표총량 이하로 배출하도록 규제하는 것이다. 따라서 그 지역에서 개발행위로 산업시설이 신설되거나 농경지가 새로 조성되어 이 목표총량을 초과하는 경우에는 다른 부분에서 삭감계획을 수립하여 시행하여야 한다.

농촌지역에서 물이용의 대부분을 차지하는 것은 논농업이므로 4.1.3에서 언급한바와 같이 친환경 농업이나 논에서의 적절한 물관리를 통하여 오염물질의 배출을 저감시키는 것이 대단히 중요하다. 우리나라의 주요 농업용수원인 저수지의 수질개선 또한 대단히 중요하므로 주 수원공인 저수지와 많은 물을 소비하는 논에서 수질오염방지 방안을 마련한다면 저감효과가 클 것이며, 그 삭감되는 총량만큼 다른 분야의 개발이 가능하게 된다.

따라서 농촌지역에서 수질오염총량제의 실시에 따른 부담을 줄이기 위해서는 논에서 배출되는 농지배수의 농도 및 수량을 최소화하는 방안을 마련하는 것이 가장 중요하다. 또한 농촌지역 물 관리에서 가장 높은 비중을 차지하는 농업용 저수지의 수질개선사업을 시행함으로써 다른 개발행위가 가능해질 수 있다. 즉, 다른 개발행위의 여유를 높이기 위해서는 수질개선효과가 높은 저수지를 우선 대상으로 하여 수질개선사업을 실시하는 것이 바람직하다.

이와 같은 개념을 토대로 저수지의 유형별 오염특성을 분석하고 수질개선효과가 크고, 오염이 심한 저수지 유형을 선별하여 우선순위를 정해 수질개선사업을 시행하는 것이 바람직하므로 저수지의 오염상태를 유형별로 분석하고 우선순위를 제시할 필요가 있다. 또한 농촌지역에서 농업형태별 오염부하배출특성을 분석하고 이를 최소화할 수 있는 방안도 제시할 필요가 있다.

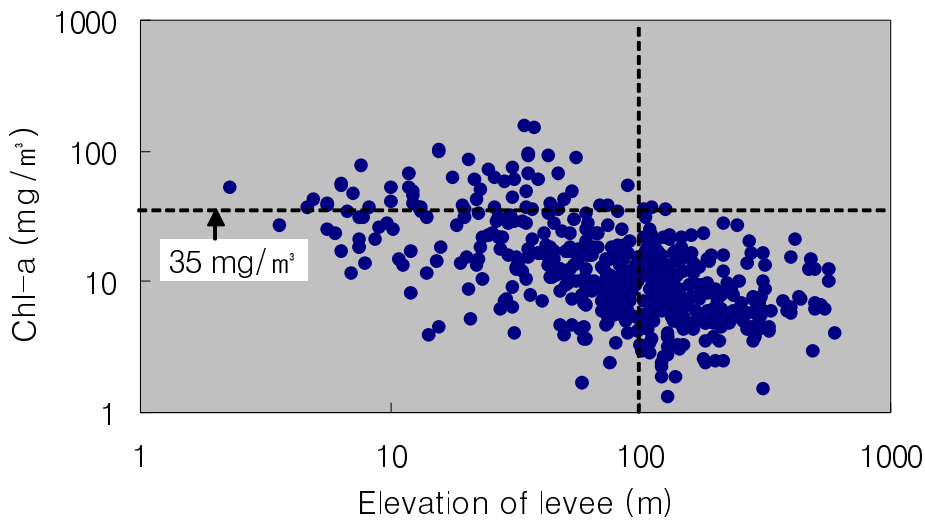
본 연구에서는 저수지 유형별 오염특성을 분석하고 유형별 수질개선사업 우선순위를 제시하고자 한다. 또한 농업용수 소비의 대부분을 차지하는 논농지배수의 수질특성을 분석하고 앞으로의 영농방향과 오염물질 배출을 최소화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

4.3.1. 저수지 수질 특성

1) 저수지의 표고별 수질특성

저수지의 수질은 4.2.1에서 언급된바와 같이 지형, 지질, 형태, 수리·수문 등 다양한 영향을 받는데, 저수지의 표고도 수질에 영향을 미치는 요소 가운데 하나이다. 표고가 높은 곳은 오염원이 많지 않은 산지이기 때문에 수질에 미치는 영향이 적고, 표고가 낮은 곳은 여러 가지 복합적인 오염원의 영향을 받기 때문에 수질이 악화되기 쉽다. 본 연구에서는 1999년부터 2007년까지의 농업용수 수질측정망 조사자료 및 표고 자료를 이용하여 저수지 해당표고와 수질과의 상관성을 분석하였다.

분석결과 <그림 4-3>과 같이 표고가 낮으면 Chl-a농도가 높아지고, 표고가 높으면 Chl-a농도가 낮아지는 경향을 보이고 있다. 특히 저수지의 해당표고가 100 m 이상인 저수지 207개소 중 3개소만이 Chl-a농도가 농업용수 수질기준(호소의 생활환경기준 IV 등급)인 35 mg/m^3 초과하는 것으로 나타났다.



<그림 4-3> 저수지표고와 Chl-a의 관계

(표 4-50)와 같이 저수지 제당의 표고가 100 m 미만인 저수지의 평균 제당 표고는 47.7m이고, 제당높이는 평균 14.8 m, 유효수심은 평균 5.1 m, 평균 총저수량은 3,643.5천 m³이다. 반면 100 m 이상인 저수지의 평균 제당표고는 194.9 m이고, 제당높이는 26.1 m로서 산간의 계곡부에 조성되기 때문에 표고가 낮은 평지에 조성된 표고 100 m 미만의 저수지에 비해 상대적으로 제체의 높이가 높은 것을 알 수 있다.

제당의 표고가 100 m 이상인 저수지의 유효수심은 평균 8.4 m이고 만수면적은 평균 31.0 ha인데 비해 100 m 미만인 저수지는 유효수심이 5.1 m이고 만수면적은 평균 65.1 ha로서 100 m 미만인 저수지는 수심이 얇고 수표면적이 넓을 뿐만 아니라 평균수온도 높아 부영양화에 의한 조류발생에 취약한 구조임을 알 수 있다.

이는 부영양화에 의한 조류발생의 지표인 Chl-a가 제당표고가 100 m 미만인 저수지가 평균 23.5 mg/m³으로서 100 m 이상인 저수지의 평균 9.6 mg/m³에 비해 높은 것에서도 알 수 있다.

그 외 pH, EC, BOD, COD, SS, TN, TP는 제당표고가 100 m 이상인 저수지가 각각 평균 7.6, 83.2 μ S/cm, 2.2 mg/L, 4.2 mg/L, 5.6 mg/L, 1.2 mg/L, 0.03 mg/L인데 비해, 100 m 미만인 저수지는 각각 평균 7.9, 156.1 μ S/cm, 3.3 mg/L, 6.8 mg/L, 11.2 mg/L, 1.6 mg/L, 0.06 mg/L로 100 m 이상인 저수지에 비해 수질이 좋지 않은 경향을 보이고 있다.

표고가 높은 곳은 대부분 산지이기 때문에 산림 외에는 특별한 오염원이 없고, 표고가 낮아질수록 산지 외에 밭, 마을, 축사, 논 등의 점원 및 비점오염원이 증가되기 때문에 이들이 저수지에 유입되어 저수지의 수질을 오염시킬 가능성이 높다.

따라서 저수지의 수질개선사업은 수질이 오염되기 쉬운 저수지의 제당표고가 100 m 미만인 저수지를 우선 대상으로 추진하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

(표 4-50) 계당표고에 따른 저수지의 물화학적 특성

Elevation of levee (m)	Average elevation of levee (m)	Height of levee (m)	Total storage ($10^3 m^3$)	Surface area of reservoir (ha)	Catchment area (ha)	Effective depth (m)	Water temperature ($^{\circ}C$)	Chl-a (mg/m^3)
100 m >	47.7	14.8	3643.5	65.1	1,795.3	5.1	18.3	23.5
100 m <	194.9	26.1	3369.6	31.0	1,518.7	8.4	16.5	9.6
Elevation of levee (m)	pH	DO (mg/L)	EC ($\mu S/cm$)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
100 m >	7.9	8.7	156.1	3.3	6.8	11.2	1.6	0.06
100 m <	7.6	8.5	83.2	2.2	4.2	5.6	1.2	0.03

2) 저수지의 형태별 수질특성 및 수질개선사업 추진방향

부영양화 현상을 일으키는 식물플랑크톤의 현존량을 알기 위한 가장 실용적인 방법은 식물의 광합성에서 가장 기본적인 역할을 하고 있는 엽록소(클로로필)의 양을 측정하는 것이다. 엽록소 a를 측정함으로써 식물플랑크톤의 존재량과 일차생산량을 추정할 수 있으며, 호수의 영양상태를 결정할 수 있다. 엽록소 a양을 결정하는 요인에는 빛, 온도, 영양염류 등이 있다. 따라서 엽록소 a양과 광합성량 사이에는 밀접한 관계가 있다. 호수의 투명도와 엽록소 a양(식물플랑크톤 양)의 사이에는 양의 상관관계가 있고, 또 엽록소 a양과 호수중의 총질소량, 총인량의 사이에도 양의 관계가 있다. 한편 식물플랑크톤의 종류에 따라 지니고 있는 색소의 종류도 다르다. 녹조류는 엽록소 a와 b, 규조류는 엽록소 a와 c, 와편모조류는 엽록소 a와 c, 그리고 남조류는 엽록소 a만을 가지고 있다(대한환경공학회, 1999).

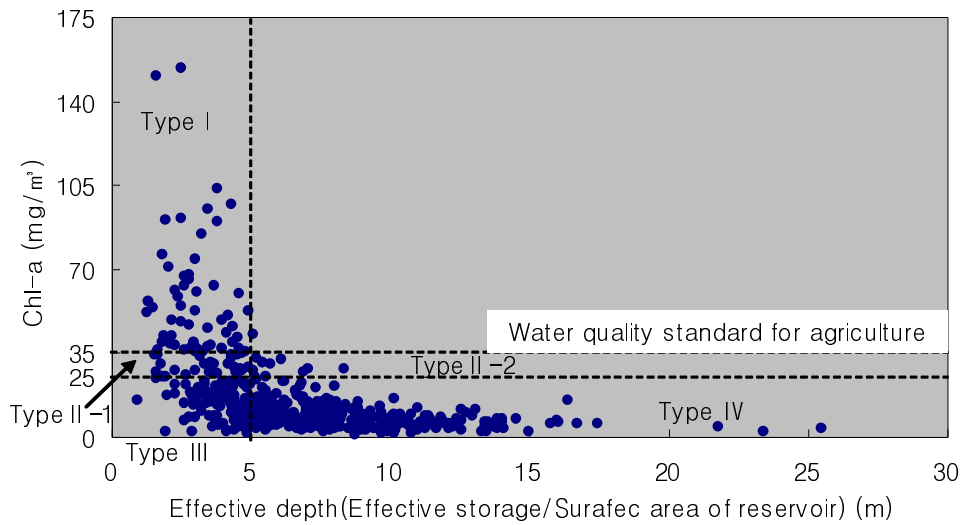
OECD에서는 엽록소 a(Chl-a) 농도가 $25 mg/m^3$ 이상이면 부영양화단계로, U. S. EPA에서는 $10 mg/m^3$ 보다 높으면 부영양단계로 분류하고 있다. 우리나라에서는 호소의 생활환경기준 IV 등급을 농업용수 수질기준으로 규정하고 있고, 이 기준에서 Chl-a농도를 $35 mg/m^3$ 으로 규정하고 있다.

일반적으로 호소의 수심이 얕으면 호소가 더 쉽게 부영양화 된다. 일본에서의 조사결과를 보면 호소의 수심이 얕아짐에 따라 클로로필 a의 농도는 지수적으로 증가한다. 호소의 클로로필 a농도가 12 mg/m³ 이상인 호소를 부영양호라 한다면 일본의 경우 평균수심 약 8 m 이하이면 호소가 부영양화 될 소지가 있다고 본다.(대한환경공학회, 1999). 이와 같이 Chl-a농도가 저수지의 부영양화에 의한 조류발생의 지표로 이용되고 있기 때문에 본 연구에서는 Chl-a를 이용하여 저수지의 유형을 분류하고자 한다.

1999~2007년 사이에 농림부·한국농촌공사에서 실시한 농업용수 수질측정망조사자료를 이용하여 저수지의 유형을 분류하였다. 이 기간 동안의 측정망조사 대상 저수지 492개소 중 483개의 저수지를 대상으로 분석하였다. 저수지에 대한 평균수심, 체류시간 등에 대한 자료의 제한성 때문에 저수지의 수질에 영향을 미치는 인자로서 유효저수량/만수면적비(이하 유효수심)를 이용하였다. 유효수심은 단순히 저수지의 깊이만이 아니라 저수지의 부영양화와 깊은 관계가 있는 수표면적, 저수량도 포함하고 있기 때문에 나름대로 의미가 있을 것으로 판단된다. 즉, 유효수심이 큰 것은 상대적으로 저수용량이 크고, 저수지의 깊이가 깊은 형상으로서 내부생산을 억제할 수 있는 형태인 것으로 판단할 수 있다. 반대로 유효수심이 작은 것은 수표면적이 크기 때문에 상대적으로 수광량이 많고, 저수지의 깊이가 작으며, 저수용량이 적어 부영양화현상이 발생하기 쉬운 형태인 것으로 볼 수 있다.

농업용수 수질측정망조사 자료를 이용하여 1999~2007년까지의 평균 Chl-a 농도대 유효수심 그래프를 그린 결과 <그림 4-3>과 같았다. 이것을 이용하여 우선 평균 Chl-a농도가 농업용수 수질기준인 35 mg/m³ 이상으로서 부영양화 된 그룹과 부영양화되지 않은 그룹으로 분류하였다. 다음에 유효수심을 보면 유효수심이 5 m 이상인 저수지는 수질기준 35 mg/m³ 이상인 저수지가 전혀 없기 때문에 유효수심 5 m를 기준으로 유형을 분류하였다. 이 유효수심 5 m는 앞에서 살펴본 바와 같이 수질오염에 취약한 해당표고가 100 m 미만인 저수지의 유효수심이 평균 5.1 m인 것과는 연관성이 있다.

본 연구에서는 편의상 각 그룹을 <그림 4-3>와 같이 I형, II-1형, II-2형, III형, IV형으로 구분하였다.



<그림 4-4> Chl-a를 이용한 농업용 저수지의 유형분류

(1) I형 저수지

<그림 4-4>에서와 같이 I형이 수질개선사업 우선대상이 되는 저수지에 해당된다. 즉, 유효수심이 5 m 이하이고, Chl-a농도 35 mg/m³ 이상인 59개 저수지에 대하여 우선적으로 수질개선사업을 추진하는 것이 바람직할 것이다.

이상의 I형 저수지는 부영양화가 진행되고 녹조현상이 발생하는 저수지로서 조속한 수질개선사업이 필요한 것으로 판단된다. 이들 저수지의 경우 수질개선사업을 시행할 때에는 유입수 대책, 호내 대책에 앞서 저수지의 형태를 부영양화를 제어할 수 있는 형태로 바꾸는 것을 먼저 고려하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

즉, 우선 유효수심을 5 m 이상, 가능하면 10 m 이상이 되도록 저수지 바닥을 깊이 준설하거나, 또는 저수지 체체를 손상하여 유효수심을 크게 하여 부영양화에 안전한 구조로 개선하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한 저수지에 따라서는 구조적인 문제 외에 유역에서의 유입부하가 커서 수질이 악화되는 경우도 있으므로 I형 저수지의 경우에는 보다 세밀한 현장조사를 통하여 구조개선사업에 병행하여 호내대책 및 유입수 대책도 도입하는 등 종합적인 수질개선대책을 세우고, 시행해 나가는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

또한 앞으로 저수지를 축조할 경우에는 토목적인 경제성만이 아니라 수질 문제도 고려하여 가능하면 유효수심이 5m 이상이 되게 즉, 수표면적에 비해 수심을 깊게 계획하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

(표 4-51) 저수지 유형별 농업용저수지

<p>I 형 (59개소)</p>	<p>간월호, 감둔, 공리, 공산, 금정, 기지, 길상2, 내봉, 대위, 덕림, 도고, 도덕, 동방, 마산, 만수, 떡우, 반월, 봉암, 봉재, 사산, 삼교호, 상성, 석남, 석문(당진), 성암, 성호(설성), 송고, 송악(당진), 수룡, 순성, 승언2호, 신구, 신대, 신희, 아산호, 양진, 어천, 연봉2(2연봉), 연제, 옥녀, 왕송, 용담, 풍토용연(용풍), 월천, 일로2(제2호), 입장, 잠홍, 장곡, 전대, 지정(광주), 지정(장흥), 진죽, 초대, 축동, 풍년, 흥동, 흥양, 효촌, 흥부(물왕)</p>
<p>II-1형 (27개소)</p>	<p>가혜, 고려, 고마, 남양하류, 내야, 덕우, 덕촌, 동부, 둔전, 만수, 보통, 복심, 봉암, 부남하류, 서산, 소포담, 송원, 여천(원천), 옥곡, 옥서, 주남, 추풍령(황금), 해원, 향리, 호암, 효천, 흥업</p>
<p>II-2형 (10개소)</p>	<p>가천, 경천(양화), 계룡, 방교, 봉림, 서부, 신덕, 장수, 정안, 학파1</p>
<p>III형 (102개소)</p>	<p>가읍, 개천, 고경, 고구, 고현, 구만, 군곡, 금마, 금전, 금주, 금호, 기동, 남매, 능, 대동, 대산, 대승, 대정, 대지, 대평, 대화, 덕가, 덕용, 도척, 동명, 동부, 두량, 만운, 매원, 매화, 문광, 문산, 문죽, 문천, 미룡(미제), 미륵(낭산), 반곡, 반산, 발랑, 백련, 백록, 백마, 백산, 백석, 백학, 벽남, 병산, 봉산, 사곡, 삼합, 삼홍, 석우, 성양, 수동(장흥), 수송, 수야, 신왕, 신희, 쌍정, 애당, 애룡(연풍), 예당, 오동(영광), 오봉, 오태, 옥계, 옥구, 옥산, 옥연, 왕궁, 용곡, 용덕, 용산(보성강), 용연, 용천(기장), 용천(포항), 우곡, 우천, 원부(홍아소), 월운, 인교, 임고, 임천, 입곡, 장척, 좌운, 중화, 지평, 청호, 초동, 칠곡, 탑정, 판곡, 풍락, 풍전, 하빈, 학, 향호, 호민, 흥중, 화장(구천), 흥덕</p>

(표 4-51) 계속

IV형 (285개소)	가곡, 가북, 가산, 가회, 갈곡, 갈천, 감동, 감물, 강진, 개심, 개운(홍천), 개운(상주), 송강, 경천(문경), 경천(완주), 경포, 계촌, 고남, 고련, 고모, 고삼, 조산(고수), 고평, 광곡, 광주, 광혜, 구룡, 구림, 구산, 구성, 구시, 구이, 굴운, 궁, 벽계, 궁촌, 궁평, 금계, 금광, 금봉, 금사(장흥), 금석, 금오, 금평, 금풍, 금화, 기산(양주), 기산(포천), 기천, 길용, 길정, 나주, 남북, 남성, 내산, 내장, 노동, 노홍, 농암, 달창, 담안, 담양, 대가, 대곡, 대곡(오동), 대룡(홍천), 대룡(순천), 대사, 대성, 대아, 대안, 대포, 덕계, 덕곡, 덕동, 덕산, 도원, 도천(고창), 도천(영덕), 도촌, 동상, 동화, 두창, 마둔, 마지, 만년, 매산, 맹동, 명계, 명관, 묘곡, 무곡, 무수, 무을, 무풍(증산), 목계, 문수, 미산, 미호, 박달, 반계, 방동, 백곡2, 백록, 백마, 백용, 백운, 백천, 보문, 보청, 북곡, 북안, 봉성, 봉소, 봉의, 봉학, 부전, 불갑, 비룡, 사동, 사천, 사천, 산막, 산수, 산정, 삼가, 삼기, 삼덕, 삼화, 상신, 상오안, 상판, 생곡, 서산, 서성, 서암, 서하, 석포, 설악, 성남, 성연, 성주2, 소성(초전), 소수, 소월, 소태, 손곡, 손항, 솔기, 송단, 송면, 송선, 송정, 수양, 수청, 순흥, 신대(운곡), 신림, 신매, 신송, 신창, 신촌, 신항, 심곡, 쌍암, 안룡, 안심(화순), 안심(포항), 안평, 양지, 양촌, 양화, 연죽, 영천, 영천(한천), 오남, 오로, 오봉(강릉), 오봉(임실), 오산(고창), 오산(합천), 오성, 오어, 오원, 오월(죽암), 옥계(예산), 옥계(남원), 옥계(함양), 옥성, 옥천(남해), 옥천(창녕), 와룡, 왕신, 용계, 용곡, 용당, 용산, 용설, 용암(연기), 용암(의성), 용연, 용치, 용화, 우금, 우목, 운암, 응양, 원남, 원당, 원등, 원창, 월곡(강진), 월곡(창녕), 월남, 월매, 월산, 월평, 유곡, 유천, 율치, 응석, 이동, 입암, 장계, 장남, 장성, 장연, 장찬, 장치, 적누, 적량, 조성, 조연, 종천, 좌련, 주촌, 죽안, 죽전, 중산, 중흥, 증광, 지산, 지소(양악), 지슬, 지천, 직지, 진례, 창립, 창평, 천락, 천은, 천장, 천천(와룡), 청계, 청상, 청용, 청천, 초당, 추동, 추평, 취병, 칠동, 칠성, 팔덕, 평암, 하곡, 하도, 하동, 하이, 학동, 학사평, 한계, 향양, 화곡, 화곡, 화매, 화산(진천), 화산(영천), 화정, 황평, 횡계, 효곡, 흑석, 홍사, 경천(양화)
----------------	---

(2) II형 저수지

OECD에서는 Chl-a 농도가 25 mg/m^3 이상이면 부영양화단계로 분류하고 있다. 따라서 이 기준에 적용하면 즉, 수심에 관계없이 Chl-a 농도가 25 mg/m^3 이상이고 농업용수 수질기준인 35 mg/m^3 이하인 저수지를 II-1 및 II-2형으로 분류하였다. II형에 해당되는 저수지는 37개소인데 이들 저수지는 수질이 급속히 악화될 우려가 있다. 따라서 수질기준을 초과하는 I형에 비해 시급하지는 않지만 수질이 급속히 악화될 우려가 있으므로 수질개선사업을 적극적으로 추진하는 것이 바람직하다. II-1형 저수지들은 유효수심이 5 m 이하로서 구조상 부영양화에 취약한 구조이기 때문에 수질이 급속히 악화될 가능성이 높다. 따라서 가능하면 제체를 송상하거나 깊이 준설하여 유효수심을 크게 하여 구조를 개선하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 주위 환경상 저수지의 수질이 악화되는 경우라면 호내 또는 유입수 대책을 수립하여 수질을 개선해 나가는 것이 좋을 것으로 판단된다. II-2형 저수지들은 수심이 5 m 이상으로서 구조적으로는 안전한 편이나 Chl-a 농도가 25 mg/m^3 이상으로서 수질이 오염된 것은 유역에서 오염물질이 유입된 것이 원인일 것으로 판단된다. 따라서 II-2형 저수지들은 저수지 구조를 개선하는 것 보다는 유역에서 오염물질이 유입되지 않도록 관리할 필요가 있을 것으로 판단된다.

(3) III형 저수지

III형 저수지는 유효수심 $< 5 \text{ m}$, Chl-a농도 $< 25 \text{ mg/m}^3$ 에 해당되는 저수지로서 102개소이다. 이들 저수지는 수질이 양호하지만 유효수심이 5 m 이하이기 때문에 수질이 급속히 악화될 우려가 있으므로 준설하거나 제당을 높일 필요가 있다. 그러나 아직은 수질이 양호한 상태이므로 현재의 수질상태를 유지할 수 있도록 지속적으로 관리할 필요가 있다.

(4) IV형 저수지

IV형(관리형) 저수지는 유효수심 $> 5 \text{ m}$, Chl-a농도 $< 25 \text{ mg/m}^3$ 에 해당되는 저수지로서 285개소가 해당되는데, 구조면에서도 안전하고, 수질도 양호한 저수지이다. 이들 저수지들은 오염배출부하가 증가되지 않도록 오염원을 적절히 관리하는 것만으로 현재의 양호한 수질상태를 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

이상과 같이 수질오염총량관리제에 대비하여 수질개선사업을 추진할 경우에는 수질개선효과가 큰 저수지를 우선 대상으로 하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 저수지의 제당표고가 100 m 미만이고 유효수심이 5 m 미만이며, Chl-a농도가 35 mg/m³ 이상으로 수질기준을 상회하는 I형 저수지가 수질개선사업 우선대상이 된다. 다음으로 II-1형, II-2형이 대상이 되는데, 이들 저수지는 Chl-a농도가 수질기준을 상회하지는 않지만 OECD에서 부영양화단계로 분류하고 있는 Chl-a농도 25 mg/m³ 이상이기 때문에 급속히 수질이 악화될 우려가 있다. I, II형 저수지에 대하여 수질개선사업을 시행함으로써 오염부하삭감 효과가 크고, 삭감된 만큼 다른 분야의 개발이 가능하게 된다.

각 수계별로 할당된 목표오염물질총량은 수계의 말단에서 측정된 값을 기준으로 설정되었기 때문에 저수지를 포함한 유역 내에서의 자정작용에 의해 삭감된 양을 포함하고 있다. 따라서 저수지나 농지, 수로 등에서의 자정작용에 의해 감소되는 양을 오염물질총량에서 삭감하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 오염물질총량을 삭감받기 위해서는 이러한 자정작용을 강화할 수 있는 행위를 함으로서만이 가능하다. 이하에서는 저수지의 자정작용을 살펴보고 이 자정작용 강화하여 오염물질 할당량을 삭감받기 위한 방안을 모색하고자 한다.

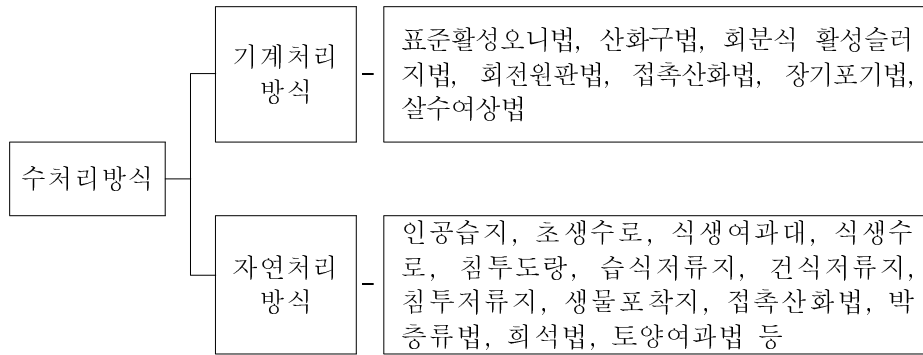
4.3.2. 저수지 수질개선에 도입된 주요기법 비교

1) 수처리 방식에 따른 분류

수처리 방식을 대별하면 크게 기계처리방식과 자연처리방식으로 나눌 수 있으며, 각 처리방식별 수질개선 기법의 종류는 <그림 4-5>와 같다.

기계 처리방식은 주로 점오염물질의 제거가 주를 이루며 BOD 제거효율은 높으나 TN 및 TP의 제거 효율은 BOD에 비하여 낮다. 전통적인 기계처리 방법에는 표준활성슬러지법, 산화구법, 회분식 활성슬러지법, 회전원판법, 접촉산화법, 장기포기법, 살수여상법 등이 있다. 기계처리방식은 비점오염물질 처리를 주 대상으로 한다.

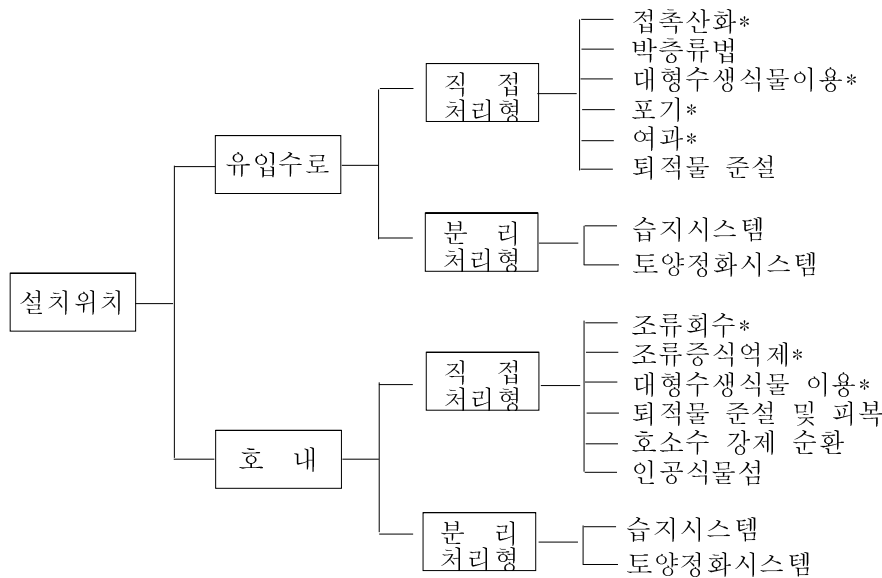
자연처리방식은 인공습지, 초생수로, 식생여과대, 식생수로, 침투도랑, 습식저류지, 건식저류지, 침투저류지, 생물포착지, 접촉산화법, 박층류법, 희석법, 토양여과법 등이 있다. 주로 자갈, 토양, 식물 등 자연재료를 이용하여 자연정화기능을 강화한 방법들이다.



<그림 4-5> 수처리 방식에 따른 분류

2) 시설의 설치 위치에 따른 분류

처리시설의 위치에 따라서는 직접처리형과 분리처리형으로 구분할 수 있다. 직접처리형은 박층류법, 퇴적물 준설, 인공식물섬 등과 같이 하천이나 호소 수계내에 직접 설치하는 방식이다. 분리처리형은 하천변이나 호소변 등 수계 주변에 시설을 설치하는 방식으로서 인공습지, 토양정화시스템 등이 이에 속한다. <그림 4-6>은 설치위치에 따른 수질개선키법의 종류를 나타낸 것이다.



<그림 4-6> 수질개선키법의 설치위치에 따른 분류

3) 최적관리기법

농촌용수 수질개선을 위한 비점오염 관리를 위해 최적관리기법의 도입이 필요하다. 비점오염원 관리를 위한 최적관리기법(Best Management Practices, BMPs)의 종류에는 저류형, 침투형, 식생형, 장치형으로 구분된다. 이러한 기법은 그 형태별로 적절하게 적용하는 것이 중요한데, 많은 오염물질들이 대부분 포장된 지역을 중심으로 급격하게 발생하며 지대가 비싼 도시지역에서는 홍수관리도 병행할 수 있는 시설로 선정하는 것이 유리하며, 처리효율이 높은 공정을 적용하는 것이 효과적이다. 상대적으로 지대가 싸고 넓은 면적에서 비점오염이 발생하는 비도시구역에서는 식생 등을 이용한 방법이 유리하며, 자연경관과 생태적인 측면도 고려하여 결정하는 것이 필요하다. 따라서 비도시 지역이 많은 면적을 차지하고 있는 새만금 구역에 대해서도 아래와 같은 처리시설들을 적절하게 선정하여 적용한다면 담수호로 유입되는 오염물질량을 상당부분 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

(1) 저류형 시설

비점오염원을 제어하기 위한 최적관리기법에 가장 많이 사용하고 있는 기법으로 도시지역에는 지하 저류조를 주로 이용하거나 녹지공간, 공원, 운동장을 이용하며, 비도시 지역에서는 연못이나 보를 이용하거나 인공습지와 유사한 형태로 운영한다. 저류형 시설은 크게 저류지, 이중목적 저류지, 인공습지로 구분된다.

① 저류지

저류지의 종류는 크게 지역외 저류, 지역내 저류, 보형 저류지, 연못형 저류지, 복합형 저류지 등으로 구분할 수 있다.

· 지역외 저류 : 댐식·굴입식·지하식 저류지, 습지, 상부이용이 가능한 대형 지하저류조 또는 건물 지하저류조 설치하여 제어한다.

· 지역내 저류 : 건물사이 공간지역 내 저류조, 주차장을 강우 저류시설로 이용, 공원·녹지공간을 저류시설로 활용, 교육시설의 옥외운동장을 저류시설로 활용, 연립주택 등의 옥상을 저류 시설로 활용하여 비점오염원을 제어하고, 홍수대비에도 사용된다.

· 보형 저류지 : 토사유출이 많은 소하천 수계에 토양입자의 침전을 유도하기 위한 보를 설치하여 토사와 함께 이동하는 오염물질을 제거함으로써 수계에 미치는 영향을 줄이는 시설이다.

· 연못형 저류지 : 토사유출 지역이나 농업용수 수질이 나쁜 지역의 배출구에 소형의 연못을 조성하여 강우시 유출되는 비점오염원을 제어하기 위해서 사용되는 방법이다.

· 복합형(산화지+수생식물) 저류지 : 용해성 유기물에 의한 오염이 높은 지역(비점오염원이 소규모 마을오수, 축산시설, 농경지 배출수 등인 경우)에 적용하며 높은 농도의 오염물질을 산화지를 통해 1차적으로 처리하고 수생식물을 이용하여 추가 처리하는 시설이다.

② 이중목적 저류지

2단의 저류지로 구성되며, 제 1단은 큰 빈도의 강우가 올 때를 제외하고는 건조상태로 유지하고, 제 2단의 저류지는 침전에 의한 오염 물질의 포획을 유도하는 시설로서 홍수방지와 함께 오염물질 저감효율을 증대시킬 수 있는 장점이 있다. 연못은 유입부, 유입만, 영구풀, 유출구, 쓰레기 유입방지 장치, 수중둑, 안전둑 등으로 구성된다.

③ 인공습지

· 지표흐름 시스템 : 줄, 갈대, 애기부들, 달뿌리풀 등의 습지식물이 자라는 수심 0.2~0.6m의 식재구간과 습지식물이 자라지 않는 수심 1.0~1.2m의 개방구간으로 구성되며, 비점오염의 제어와 함께 적절한 관리를 통해서 도시 지역의 위락공간으로서의 역할을 할 수 있는 장점을 가진 시설이다.

· 지하흐름 시스템 : 땅속에 자갈이나 투공성 미생물 접촉여재를 설치해 강우유출수가 침투되어 정화되도록 하며, 표토에 습지식물을 심어 관리하므로 처리효율이 비교적 높은 장점을 가지고 있으며 식물에 의한 위락공간으로서의 역할을 기대할 수 있다.

· 식생수로형 인공습지 : 농경배수로 및 소하천 내에 식생대를 조성하여 수생식물에 의한 정화를 유도하는 방법으로, 기존하천을 이용하는 방식이 그 적용성이 크다. 현재 하천을 정비하면서 식생수로를 채택하여 비점오염저감과 함께 하천경관에도 도움을 줄 수 있는 방법이다.

· 식생대형 (자갈접촉산화수로+수생식물대) 인공습지 : 수량변동이 적고 토사의 유출이 낮은 소규모 마을오수의 유출지역 등에 설치(퇴적물의 침하를 방지할 수 있는 여재 또는 자갈에 식생을 조성한 수로)하는 방법이다.

· 자연습지형 인공습지 : 자연적으로 배수로나 하천변에 형성된 습지를 이용하여 처리하는 방법으로 평상시의 하천수질저감 효과도 기대할 수 있는 장점을 가지고 있다.

(2) 침투형 시설

① 침투조

강우유출수의 차집과 임시저장 및 침투를 위해 투수성 토양에 설치되는 시설로서 임시 방수로만 있고, 기본적인 유출구조물이 없는 것을 제외하면 저류시설과 유사한 방법으로 강우시 초기의 고농도 비점오염 물질을 제어하는 기법이다.

② 침투도랑

강우 유출수 수집과 임시저장, 지속적인 주변 토양으로의 침투를 유도하여 지하수 함양을 높이고, 강우 유출량과 침투유량을 감소시키는 기능을 하며, 특히 초기 비점오염원 제어에 효과적이다. 가늘고 긴 굴착된 도랑에 0.3~3.0m의 깊이로 자갈이 채워지며, 도랑 표면에는 작은 자갈, 모래나 풀로 덮어 설치된다.

③ 유공포장

유공성 포장재를 사용해 주차지역, 광장, 도로 등을 포장하여 설치하여, 비점오염원이 포장된 도시지역으로부터 급격하게 하천으로 이동하는 것을 방지하며, 침투유량의 발생을 지연시켜 홍수조절에도 효과적인 방법이다.

(3) 식생형 시설

식생형 시설은 비점오염물질 제거뿐만 아니라, 동·식물 서식공간 제공, 녹지경관 조성 등의 기능도 수행하고, 식생수로, 식생여과대 등이 있으며, 다단계로 조합하여 설치하는 것이 효과적인 방법이다. 식생수로는 강우시 토양의 침식을 줄이기 위하여 수로에 식생을 도입하는 방법으로, 식생 수로형 인공습지와 유사한 방법이다. 식생여과대는 강우유출수 중 일부를 여과대에 유입시켜 유출속도를 감소시키고 오염물질을 제거하기 위한 시설이다.

(4) 장치형 시설

강우 유출수에 포함된 오염물질을 제거하기 위하여 물리·화학적 장치를 이용하며, 여과조(Stormfilter, Sandfilter), 와류 집적장치(Swirl concentrators /vertex solids separators), 수유입장치(water quality inlets/oil-grit separators), 우수차집기(Stormceptor) 등이 있다.

① 여과조

주차장 등의 지하공간에 설치되는 소규모의 필터를 이용하는 선형방식의 Storm-filter, 대규모 강우유출량을 처리할 수 있는 precast 방식의 Storm-filter, Sand-filter 등이 있다.

② 와류 집적장치(Swirl concentrators/Vertex solids separators)

와류 집적장치는 중앙회전로, 위어, 방수로로 구성된 장치로 강우유출수가 장치 내부로 이동하는 동안 소용돌이 형상으로 인한 고액 분리를 통해 오염물질을 추출해내는 방법이다. 와류분리기(Vertex solids separator)는 와류로 강우유출수를 지나가게 하여 고액을 분리하는 시설이다.

③ 수유입장치(water quality inlets/oil-grit separators)

기름과 침전물 분리기로 알려진 수유입장치는 일련의 침전조와 수류 분리장치 (baffle), 역곡관 등을 사용해서 부유성 오염물질과 침전성 오염물질을 분리와 침전과정으로 제거하는 방법이다.

④ 우수차집기(Stormceptor)

도로, 상용주차장, 공항, 터미널, 기차역, 주택단지 등에서 강우유출수의 오염물질을 처리하는 장치로, Inlet형과 관로형(submerged)이 있다.

4.3.3. 농업용저수지의 순기능 향상을 위한 개별기법 특징

1) 유입수로 대책기법

(1) 인공습지

갈대 등의 수생식물이 성장하도록 인공적으로 습지를 조성하여 오염된 하천수나 호소수를 인공습지를 통해 흘려보냄으로서 식물에 의한 흡수, 미생물에 의한 분해·흡수, 식생대에 의한 접촉·침전·여과·토양으로의 침투 등의 자연정화 기법을 이용한 수질개선 기법이다.

인공습지도 물의 흐름 방식에 따라 지표흐름 인공습지, 지하흐름 인공습지, 지표-지하 조합형 인공습지로 분류할 수 있다. 인공습지의 장단점은 (표 4-52)와 같다.

(표 4-52) 인공습지의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> •건설비 및 유지관리비용이 적음 •중금속, 병원성 미생물의 저감 •영양염류의 제거효과가 높음 •홍수 경감 효과 •생태계 다양성 향상 및 야생 동식물 서식처 제공 •경관향상 및 녹지공간 확충 •오염부하 변동에 적응성 높음 •하천하류의 수질개선 	<ul style="list-style-type: none"> •가을철/동절기 오염물질 재용출 •다양한 유량조건에서 식생유지 곤란 •다른 저감시설과 비교하여 부지요구도가 큼 •장기간 운영시 기능 저하 우려 •모기 등 해충발생 우려

① 지표흐름 인공습지

지표흐름 인공습지는 오염된 하천수나 호소수를 인공습지의 지표면을 통해 흘러보냄으로서 수질개선 효과를 기대하는 시설이다. 생활하수, 축산폐수 등과 같은 고농도 오수에 이르기까지 적용범위가 넓으며, 질소와 인에 대한 수처리 효율이 높은 것이 특징이다.

지표흐름 인공습지는 하수처리장 등의 기계적인 방법에 비해 고도의 전문지식이 없어도 유지관리가 가능하며, 경관개선, 생태계 보호 등의 부가적인 효과도 기대할 수 있다. <그림 4-7>는 전남 감돈저수지에 설치된 지표흐름 인공습지를 나타낸 것이다.



<그림 4-7> 지표흐름 인공습지 사례(전남 감돈저수지)

오염물질 제거효율은 BOD 10~40%, SS 40~60%, T-N 30~50%, T-P 40~60% 정도의 수준을 나타내었다. (표 4-53)은 국내에 설치된 주요 인공습지의 수처리 효율을 나타낸 것이다.

(표 4-53) 국내에 설치된 인공습지의 수처리 효율

습지명	수질 항목	평균농도 (mg/L)		효율(%)	체류시간
		유입	유출		
석문습지1 (인공조절)	BOD	10.9	3.5	68	1 ~ 3 day
	TSS	16.1	6.1	62	
	TN	6.86	1.93	72	
	TP	0.49	0.11	78	
석문습지2 (자연도래)	BOD	4.0	2.9	22	2 ~ 5day
	TSS	23.1	8.0	50	
	TN	3.30	1.50	52	
	TP	0.30	0.14	51	
반원습지 (사회갈대습지)	BOD	18.7	15.0	20	1 ~ 3 day
	TSS	14.4	5.3	63	
	TN	19.3	13.6	30	
	TP	0.91	0.69	24	
동화습지 (사회갈대습지)	BOD	12.9	8.1	37	1 ~ 2 day
	TSS	17.1	6.8	61	
	TN	4.7	2.5	47	
	TP	0.20	0.10	52	
마산습지 (저수지 물 처리)	BOD	7.4	9.0 ~ 3.1	26 ~ 23	1hr ~ 72hr
	TSS	22.5	11.5 ~ 4.4	52 ~ 68	
	TN	1.86	1.68 ~ 0.57	17 ~ 57	
	TP	0.16	0.14 ~ 0.05	16 ~ 43	

② 지하흐름 인공습지

지하흐름 인공습지는 습지 하부에 모래와 자갈로 여과층을 포설하여 상부는 습지로 이용하고 하부는 여과 및 미생물 분해시설로 이용하는 습지로서, 습지로 유입된 오염수는 전량 여과층을 통과하여 정화된 후 외부로 방류된다.

지하흐름 습지는 습지에서의 침전, 미생물 분해, 수생식물의 흡수와 여과층에서의 물리적 여과 및 미생물 분해 기능을 이용한 방법으로 수질정화 효과가 크고 정화효율이 안정적인 장점이 있다.

습지의 오염물질 정화효과는 대략적으로 BOD 85%, SS 85%, T-N 35%, T-P 50% 등으로 지표흐름 인공습지에 비해 유기물질에 대한 정화효율이 높게 나타나났다. <그림 4-8>은 지하흐름 인공습지 설계사례를 나타낸 것이다.



〈그림 4-8〉 지하흐름 인공습지 설계사례(전남 음천천)

③ 지표-지하조합형 인공습지

지표-지하조합형 인공습지는 지표흐름과 지하흐름 인공습지의 장점을 조합하여 유기물질과 영양염류 등 수처리 효율을 높일 수 있는 수질개선 기법이다. 정화원리는 침강연못(조정지)에서는 입자성 오염물질을 제거하고, 지표흐름습지는 질산화와 미생물에 의한 유기물의 산화작용이 일어나며, 지하흐름습지에서는 접촉여재에 의한 인의 흡착과 미생물에 의한 섭취 작용이 일어난다.

이러한 특징으로 인해 지표-지하조합형 인공습지는 소하천의 오염수를 처리하는데 적합한 것으로 알려져 있으며, 또한 수생식물에 의한 경관향상 효과도 기대할 수 있다.

실용화 실험결과에 의한 수처리 효율평가 결과, SS 82%, BOD 89%, COD 34%, TN 54%, TP 72%의 제거효율을 나타내었다

〈그림 4-9〉는 충남 신휴저수지의 지하조합형 인공습지 설치사례를 나타낸 것이다.



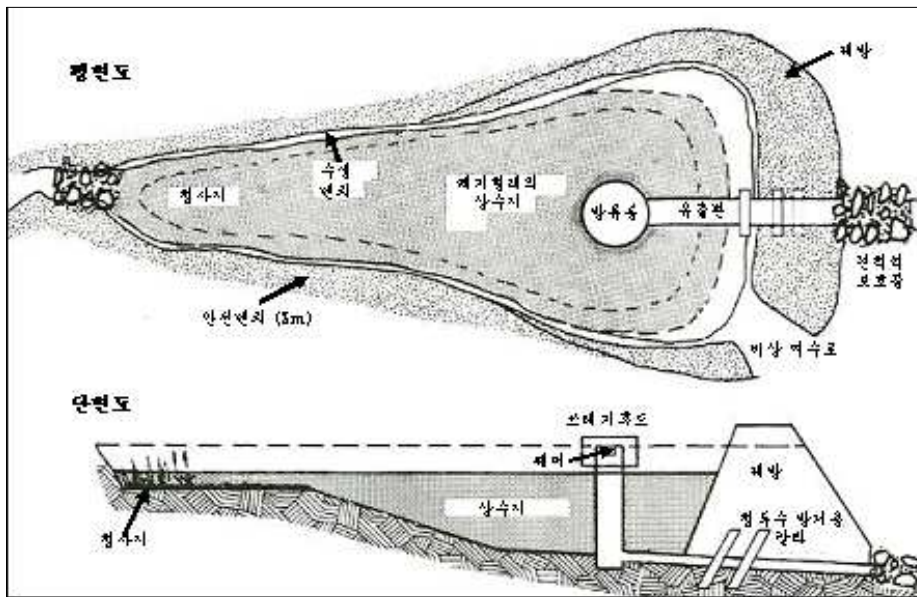
〈그림 4-9〉 지하조합형 인공습지 설치사례(충남 신휴지)

(2) 습식 저류지

습식저류지는 상시적으로 물이 채워져 있는 공간을 갖는 저류지를 말한다. 상시적으로 물이 채워져있는 공간을 상수지(常水池, micro pool)라 부른다. 습식저류지는 땅을 굴착하거나 저류지의 가장자리에 제방을 쌓는 웅덩이형식으로 건설된다.

강우 유출수 함유된 오염물질은 저류지에서 중력침강과 생물학적 과정에 의해서 제거되고 저장된 물은 다음 강우사상에 의해 발생하는 강우유출수에 의해 교체된다. 저류지내에 상시적으로 물이 차있기 때문에(상수지 상태 유지) 한 번 침전한 부유물질은 재부상하지 않는다. 또한 일정한 저류공간을 설치하게 되면 비점오염물질의 저감뿐만 아니라 방재목적의 이중목적 저류지 형태로도 활용할 수 있다.

습식저류지는 가장 효과적이면서 가장 널리 적용되는 강우유출수 관리시스템에서 표준형 구조도는 <그림 4-10>과 같다.



<그림 4-10> 표준형 습식저류지의 구조도

(3) 초생수로

초생수로는 강우사상으로부터 발생하는 강우유출수의 처리와 유출속도의 저감을 달성하기 위하여 조성한 경사진 풀밭으로 일반도로나 고속도로 또는 주차장과 같은 불투수 지역뿐 만 아니라 투수지역의 강우유출수 처리에도 적합하다 <그림 4-11>.



<그림 4-11> 초생수로

초생수로는 일반 건식식생수로(dry swale)와 달리 오염물질 제거능력을 향상시키기 위하여 상업용 미디어를 사용하지 않기 때문에 처리효율은 건식 식생수로보다 낮다.

또한 초생수로는 투수성 토양상부에 조성되므로 작은 강우사상에서는 부분적으로 강우유출수의 침투가 이루어진다. 초생수로는 인공적인 구조물이 설치된 지역에서 불투수지역의 면적을 감소시키면서 자연경관의 향상으로 정서 함양에 도움을 주기도 한다. 따라서 초생수로를 설계할 때에는 일차적으로 수로의 통수능력과 함께 침식발생의 최소화를 고려하여야 한다.

오염물질 처리 기능을 향상시키기 위해서 초생수로의 바닥의 폭은 넓어야 하며 완만한 측벽경사와 조밀한 식생이 필요하다. 또한 효율향상을 도모하고자 할 때에는 추가적으로 유입부 인근과 수로 중간 중간에 체크댐(check dam)을 설치할 수 있다.

초생수로는 하천수로의 침식을 방지한다든지 제방범람방지 등과 같은 방재 예방능력은 없으나 On-Line으로 설치되는 저감시설이므로 모든 강우사상에서 침식이 일어나지 않고 그 기능을 유지할 수 있어야 한다.

초생수로의 오염물질 제거능력은 일반적으로 TSS 50%, TP 25%, TN 20% 등으로 알려져 있으며, 이는 강우시 시료의 분석과 모델링, 전문적인 판단을 통하여 얻은 결과로 기본계획 및 설계목적으로 활용할 수 있다.

(4) 식생여과대

식생여과대(VFS, vegetated filter stripes)는 식물체를 통한 여과와 토양침투에 의해 비점원 오염물질을 제거하도록 고안된 균일하게 경사진 지면에 조밀한 식생을 갖춘 넓은 풀밭이다 <그림 4-12>.

식생여과대의 일차적인 목적은 작은 지역으로부터 발생하는 강우유출수의 수질을 향상시키는 것이지만, 다른 비점오염 저감시설의 전처리 공정으로도 사용될 수 있다. 조밀한 식생과 토양은 오염물질의 포착, 식생을 통한 여과작용, 토사의 침적작용, 토양에 의한 흡착작용을 가능하게 한다.



<그림 4-12>식생여과대 설치사례(경기도 용인)

식생여과대가 다른 저감시설의 전처리 공정으로 사용될 경우 토사제거와 주처리 시설로의 부하량을 감소시켜 유지관리 비용을 줄이고 효율을 향상시켜주는 기능을 수행한다. 여과대는 불투수층 지역 인근에 입지하거나 주택 및 상업지역 또는 고속도로나 일반도로 인근에 설치된다.

식생여과대는 여과대 표면에 면상류(sheet flow) 흐름을 균일하게 유지하여야 하므로 처리대상 집수구역의 면적과 처리대상 강우유출 수량에 한계가 있다. 설치위치는 수변완충구역 외곽지점이 이상적이고 서로 상반되는 토지이용사이의 완충지대로 적용하게 되면 경관을 향상시킬 수 있으며 투수성 토양

에서는 지하수 재충전 기능도 기대할 수 있다.

여과대 전표면으로 균일한 면상류가 형성되어야 오염물질 제거효과가 높다. 일단 유량이 여과대 특정구역에 집중되면 수로(channel)를 형성하게 되므로 처리능력이 크게 낮아진다. 따라서 유량을 균일하게 분배하여 유입시킬 수 있는 유량 분배장치가 필요하다.

여과대는 수계 내에 설치되는 온라인 저감시설이므로 침식문제의 발생 없이 모든 강우사상에서 견뎌내도록 설계한다. 또한 규정된 최대수막흐름 거리가 유지되도록 설계되어야 하며 일시적으로 저장량에 해당하는 만큼의 물을 24시간 동안 저장할 수 있는지 검토하여야 한다.

식생여과대의 오염물질 제거효율은 다소 낮으므로 단독으로 사용하기보다는 다른 공법과 함께 적용되면 효과적일 수 있다. 평균제거율은 TSS가 50%, TP가 20%, TN이 20%, 중금속류가 40% 수준으로 알려져 있다.

(5) 침투도랑

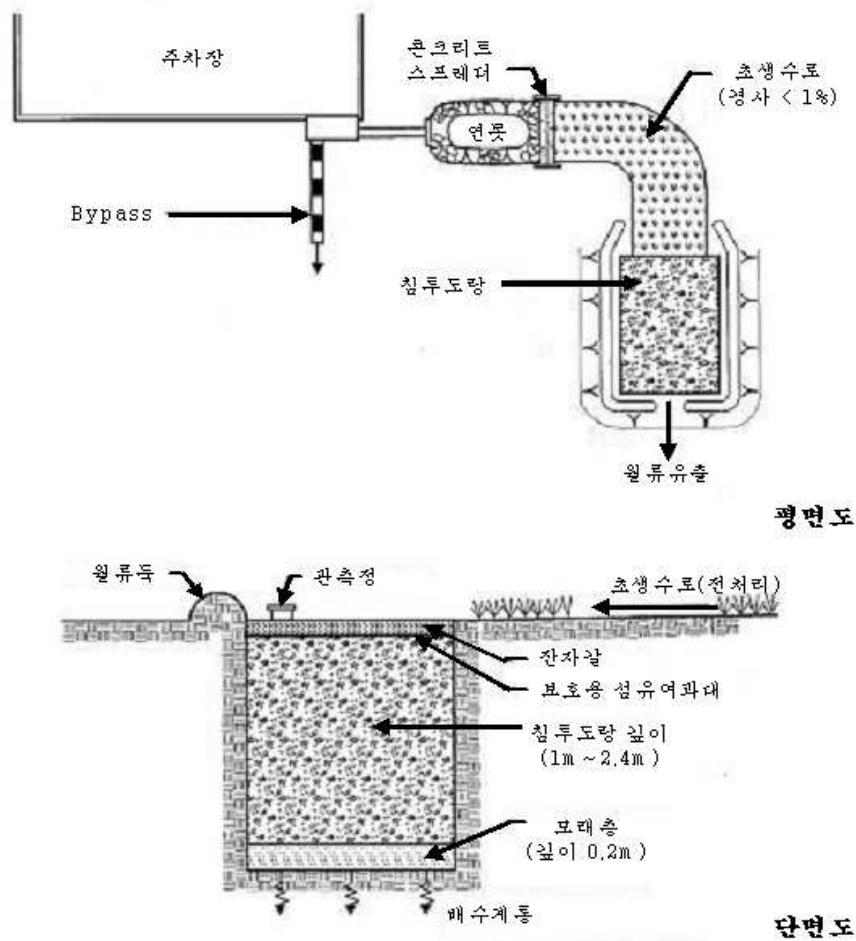
침투도랑(infiltration trench)은 오염물질을 처리하기 위해서 굴착한 도랑에 자갈이나 돌을 충전하여 조성한 일종의 지하 저수조(underground reservoir)를 말한다.

강우유출수가 서서히 도랑의 벽면이나 바닥을 통하여 하부토층을 침투해서 지하수면에 도달하게 된다. 강우유출수의 일부를 침투도랑으로 유입시킴으로써 비점원 오염물질을 처리할 뿐만 아니라 현장에서 자연적인 물수지 균형을 유지하고 지하수를 충전하여 기저유량을 유지하는 기능을 수행한다.

이러한 특성 때문에 침투시스템은 투수성이 매우 양호한 다공성 토양지역에 적합하며 지하수위가 침투도랑 바닥과 멀리 떨어지게 설치한다. 또한 침투도랑은 잠재적으로 지하수 오염문제를 일으킬 수 있으므로 주의 깊게 입지를 선정하여야 한다. <그림 4-13>은 침투도랑의 설계 단면도를 나타낸 것이다.

침투도랑은 토사제거 용도로 설치하는 것이 아니므로 침사지나 식생수로, 식생여과대 등의 전처리 과정 시설을 설치하여 토사에 의해 침투도랑이 폐쇄되거나 운전 중 실패를 야기하지 않도록 해야 한다. 침투도랑은 토사유입에 의해 실패할 가능성이 대단히 높은 저감시설이므로 침투도랑을 설치할 경우에는 확실한 토사유입 방지대책을 수립해야 한다.

오염물질 제거능력은 TSS 90%, TN 60%, TP 60% 수준으로 알려져 있다.



<그림 4-13> 침투도랑의 설계 단면도 예

(6) 생물포착지

생물포착지(bioretention area)는 구조적인 비점 오염물질 저감 시스템의 일종으로, 얇은 연못의 토양과 식생을 이용하여 강우 유출수를 포착한 후, 단시간 동안 저류하는 시설로서 강우유출수에 함유된 오염물질 제거한다.

생물포착지는 공학적으로 고안된 시설로 강우유출수는 층상류를 통하여 처리구역에 유입된다. 처리구역은 완충여과대, 연못, 멀칭대, 식물지지토양 및 식생으로 구성된다. 선택적으로 식물지지 토양의 포기과 배수축진을 위해 설계에 모래여과상을 포함시킬 수 있다.

생물포착지에서 여과된 강우유출수는 집수되어 운송계통으로 재순환된다. 수계내에 설치하는 온라인 형태 뿐만 아니라 오프라인 등을 포함하여 매우 다양한 형태의 설계가 가능하다. 예를 들어 단독가옥의 빗물정원, 주차장 인근과 노면 유출수 도랑과 연한 Off-Line 시설, 대규모 조경용 투수지역, 불투수지역과 고밀도 주거지역의 조경용 중도(island) 등이다. <그림 4-14>는 다양한 종류의 생물포착지 설치사례를 나타낸 것이다.



빗물가든

경관용 중도

<그림 4-14> 생물포착지 설치사례

생물포착시설에 의해서는 TSS의 제거 뿐만 아니라 인이나 질소, 분원성 대장균과 중금속 등 다양한 형태의 오염물질도 제거되는 것으로 보고되고 있다. 설계지침과 건설유지관리 규정에 의거해 조성된 생물포착시설은 TSS의 85%를 제거하는 것으로 추산하고 있다. 그러나 처리용량이 작거나 부적절하게 설계된 시설에서는 TSS 제거능력이 크게 떨어진다.

생물포착지의 오염물질 제거효율은 일반적으로 TSS 85%, TN 50%, TP 60%, 중금속 80% 등으로 알려져 있다. 생물포착지 단독의 제거효율이 충분하지 않은 상황에서는 추가로 다른 형태의 저감시설을 연결하여 직렬형 시설로 적용해야 한다.

(7) 휴경답 및 유희농지

오염된 물을 휴경지나 유희농지에 유입시켜 부착·여과·침전·분해·흡착·재폭기 등의 자연정화 기능을 이용하여 오염물질을 제거할 수 있다. 이러한 방법은 부지선정이 제약적일 수 있으며, 휴경지의 구조변경을 최소화하여 활용해야 하는 어려움이 있다.

국내에서 휴경답 등 유희농지를 이용한 수질정화효과에 대한 연구는 많지 않으나, 관련 연구에 의한 보고사례는 (표 4-54)와 같다.

(표 4-54) 휴경논의 수질정화 효과

방 법	수처리효율(%)			
	BOD	SS	TN	TP
담수관리	10 ~ 20	-	30 ~ 60	30 ~ 60
웅덩이·여울	20 ~ 40	40 ~ 60	40 ~ 60	20 ~ 40
흙 수 로	20 ~ 30	40 ~ 60	40 ~ 50	10 ~ 20

한편 2008년 10차 람사르협약 당사국총회에서 ‘습지 시스템으로서 논 의 생물다양성 증진’에 관한 결의문을 채택하여 논 의 기능에 대한 인식을 새롭게 한바 있다.

(8) 접촉산화수로

접촉산화수로는 부착미생물이 서식할 수 있는 접촉면적을 증가시켜 오염물질이 접촉재 표면에 접촉·흡착되게 하고 미생물이 이를 분해하는 작용을 응용한 오염물질 처리기법이다.

생물반응을 이용한 처리로서 유기물(COD, BOD)의 제거는 물론 조건에 따라서는 질소와 인 등의 영양물질의 제거도 기대할 수 있다.

그러나 접촉산화수로는 BOD가 20mg/L 이상인 경우는 산소부족 현상이 발생하기 때문에 폭기가 필요하다. 폭기를 실시하는 경우에는 SS의 제거율이 저하되는 단점이 있다. 홍수시 또는 SS농도가 높은에는 접촉재의 공극이 막힐 염려가 있다. 또한 겨울철에 수온이 낮아지는 경우에는 제거효율이 떨어지고, 하천에 직접 설치하는 경우는 홍수대책이 필요하다는 단점이 있다.

접촉산화수로는 BOD 5 ~ 15 mg/L 정도의 수질정화에 적합하며 접촉재의 중

류와 공극율, 체류시간이 정화효과에 큰 영향을 미치므로 접촉재의 주의 깊은 선택이 필요하다.

접촉산화수로에 사용되는 주요 접촉재로는 플라스틱, 화학섬유, 자갈, 숯, 조개껍질 등으로서 그 종류가 매우 다양하며, 수계 주변에 오프라인으로 설치하는 것이 안정적인 수처리 효율 유지와 시설훼손 방지 등을 위해 바람직하다.

접촉산화수로의 오염물질 제거효과는 BOD 40~60%, SS 40~60%, T-N 10~20%, T-P 10~20% 수준이며, 수온이 정화효과에 큰 영향을 미치므로 동절기에는 효율이 저하될 우려가 높다. <그림 4-15>는 접촉산화수로의 설치사례를 나타낸 것이다.



<그림 4-15> 접촉산화수로 설치사례

국립환경연구원, 2005.3, 외국의 수질총량관리제도-미국 TMDL 제도 소개

(9) 자연형 하천

수로폭을 넓게 하고 수심을 얕게 하여 물과 접촉하는 하상면적을 넓게 함으로서 하천이 가지는 자연정화능력을 증대시키는 형태의 자연형 하천 조성으로 오염물질 정화효과를 기대할 수 있다.

하천이나 수로를 자연하천이 가진 특성을 고려하여 사행시키고 여울과 소를 반복적으로 조성하는 등 자연하천의 특성을 최대한 반영하면 오염물질 제거효율을 극대화할 수 있다.

그러나 정화능력을 높이는 것에는 한계가 있으므로 상당히 긴 거리가 필요한 경우도 있으며 하상경사가 없으면 산소 공급 효과가 높지 않은 단점이 있다. 따라서 자연형 하천을 조성하기 위해서는 하천형상 변경에 필요한 용지 확보가 용이한 하천이나 수로가 있어야 하며, 하상의 경사가 충분하여 여울

과 소의 반복적 조성이 용이한 곳이어야 한다.

자연형하천에 의한 오염물질 정화효과를 정량적으로 제시하기는 어려우나 수중 용존산소 농도의 향상, 생태계 종다양성 유지 등 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 수질정화기능과 더불어 어류서식처 제공, 친수기능 및 경관개선 등 친환경·친생태적 효과도 있다.



<그림 4-16> 자연형하천 조성사례

(10) 사상성 조류매트 산화지공법(FAMF 공법)

사상성 조류매트 산화지(FAMP; Filamentous algae matrix pond)는 고도통합산화지시스템(advanced integrated wastewater ponding system)으로 산화지를 주처리 시스템으로하는 오염물질 정화기법이다.

FAMP 공법은 산화지 처리공법의 전형적인 문제점인 조류의 유출에 의한 2차적인 오염을 방지하기 위하여 사상성 부착조류(Spirogyra sp. 등)를 선택적으로 이용한 방법이다.

FAMF 공법은 전 수심에 걸쳐 조류의 과도한 증식을 유인하여 수표면 전체에 스폰지 형태의 algae-matrix를 생성하여 오염수를 수층 전체에서 접촉을 원활하게 만들어 영양염류에 대한 높은 제거효과를 가져오고, 단회로 방지 등의 부수적인 효과도 얻을 수 있는 수처리 기술이다.

FAMF 공법은 영양염류 농도가 높은 소하천, 마을오수처리시설로 적합하며, 시설 설치를 위한 부지확보가 용이하고 자연유하식으로 취수가 가능한 곳이 적당하다.

FAMF 공법에 의한 수질 정화효과는 SS 80%, COD 74%, TN 76%, TP 84%, DTN 93%, DTP 98% 등으로 알려져 있다.

<그림 4-17>은 사상성 조류매트 산화지공법의 설치사례를 나타낸 것이다.



<그림 4-17> 사상성 조류매트 공법 설치사례

2) 저수지내 대책

(1) 침강지

침강지는 강우시 고농도 초기유출수와 같이 오염부하가 높은 하천수를 On-line 또는 Off-line의 구조로 설치하여 유속을 저하시킴으로서 중력에 의한 입자성 오염물질의 침강을 촉진시켜 오염물질을 제거하는 기술이다.

입자성 오염물질의 유입부하가 높은 경우 또는 유역이 도시화되어 홍수시에 SS부하가 크게 높아지는 경우에 적합한 시설이다. 침강지 설치시의 문제점은 침강된 SS성 부하의 제거가 필요하고, 침강지 내의 수질이 악화될 염려가 있는 것 등이다. <그림 4-18>은 전남 무안군 감돈저수지에 설치된 On-line 침강지 사례를 나타낸 것이다.



〈그림 4-18〉 침강지 설치사례(전남 감돈지)

침강지의 오염물질 정화효과는 하천수 중의 입자성물질량, 체류시간, 침전물 제거빈도에 의존한다. 일반적인 침강지의 수처리 효율은 평균적으로 SS 20~60%, COD 5~50%, T-N 10~40%, T-P 20~40%인 것으로 보고되고 있다. (표 4-55)는 침강지 유형별 수질정화효율을 나타낸 것이다.

(표 4-55) 침강지 유형별 수질정화율

유형	COD(%)		T-N(%)		T-P(%)		SS(%)	
	강우	평시	강우	평시	강우	평시	강우	평시
준설형	11	5	17	13	23	20	19	15
차수막형	14	5	31	25	25	20	44	30
보조댐형	50	5	44	32	43	23	55	47

(2) 퇴적물 준설

유기물 및 영양염 함유율이 높은 퇴적물을 준설장비를 이용하여 오염물질을 직접 제거함으로써 퇴적물로부터 오염물질의 용출 및 재부유 등을 방지하는 방법이다. 즉 퇴적물 준설은 유기물(COD), 영양염(N, P) 함유율이 높은 퇴적물을 호외로 배출하여 용출부하를 삭감하는 기술이다. 저층수의 용존산소 회복, 수심의 유지·확보, 내용적 확보 등에도 효과적이다.

준설방법은 저수지의 운용방법, 퇴적물의 성질과 종류 등에 따라 육상준설, 수중준설 및 이들 양자의 병행 방법 등이 있다.

퇴적물로부터 질소, 인 등 부영양화 원인물질의 용출이 수질에 미치는 영향이 큰 경우, 오염퇴적물의 퇴적상황이 준설에 의한 제거에 적합한 경우 및 준설토의 처리, 처분지의 확보가 가능한 경우에 퇴적물 준설을 이용하여 수질개선을 도모할 수 있다.

퇴적물 준설은 COD, N, P부하의 삭감 이외에 적수의 원인인 철(Fe), 망간(Mn) 등의 용출방지, 퇴적물의 안정화에 의한 부상방지, 저수층의 용존산소 회복, 수심의 유지·확보 등의 개선이 된다.

퇴적물 준설시에는 오염퇴적물의 퇴적상황이 준설에 의한 제거에 적합할 것, 주변에 처리지의 확보가 가능하도록 해야하며, 적용상의 문제점으로서는 다량의 준설토의 처분이 필요한 점이다.

준설된 퇴적물에 포함된 오염물질 전체 제거 가능하며, 준설 전후 퇴적물로부터의 용출율 차이에 의한 정화효과를 기대할 수 있으나 정량적인 효과의 파악은 곤란하다.



<그림 4-19> 퇴적토 준설사례(서천 신구저수지)

(3) 퇴적물 피복

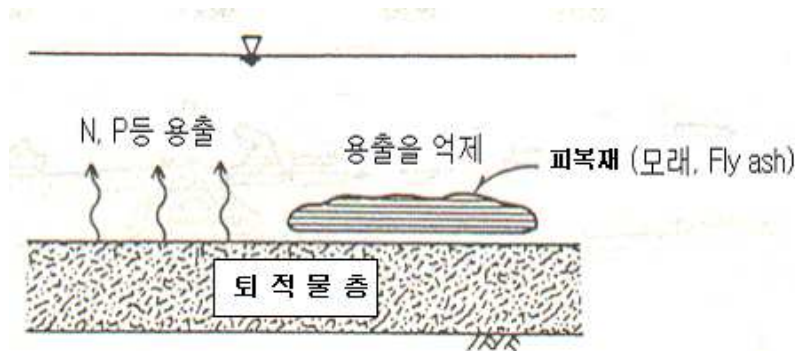
유기물이나 영양염류의 용출부하가 큰 퇴적물층을 화학적으로 안정된 물질로 피복함으로써 퇴적물로부터 오염물질의 재용출을 억제하여 호소의 수질개선을 도모하는 방법이다.

피복재는 모래, 토양, 점토, 플라이애쉬(fly ash), 제강슬래그 등이 있으며, 피복재료에 유해물질이나 수질에 영향을 미치는 물질이 함유될 수 있으므로 적용시 주의가 필요하다.

퇴적물로부터 질소, 인 등 부영양화 원인물질의 용출이 수질에 미치는 영향이 큰 경우 및 오염퇴적물의 퇴적상황이 준설에 의한 제거에 적합하지 않은 경우 등에 이와 같은 방법을 적용할 수 있다.

퇴적물 피복시에는 퇴적물 특성에 대한 적합성, 호내 재료 혹은 폐기물로서 무료, 염가의 재료 등의 확보가 중요하며, 문제점으로는 효과가 명확하게 밝혀지지 않았고, 피복재료에 유해물질이나 수질에 영향을 미치는 물질이 함유되어 있는 경우가 있는 것 등이다. <그림 4-20>는 퇴적물 피복 개요도를 나타낸 것이다.

퇴적물 피복에 따른 정화효과 역시 정량적으로 파악하기는 어려우나, 제강슬래그 피복시 물리적 용출억제 효과 50%, 흡착·침전 효과 40%, 화학적 반응효과 10% 정도로 알려져 있다.



<그림 4-20> 퇴적물 피복 개념도

(4) 조류(藻類) 제거

저수지 내 수면에 대량 번무한 조류(藻類)를 전용수거 선박이나 장비를 이용하여 수거하여 분리·농축·소각 등의 방법으로 제거하는 기술이다. 조류의 분리·농축 방법으로는 원심분리식, 가압부상식, 여과식 등이 있다. <그림 4-21>은 조류제거 기법의 적용사례를 나타낸 것이다.



<그림 4-21> 조류제거 기법 적용사례

단기간에 일시적인 높은 수질개선 효과를 기대할 수 있으나 항구적인 대책은 아니므로 녹조가 대량으로 발생하는 특정시기에 적용하면 효과적이다. 녹조현상 등 조류의 대량발생 혹은 사멸에 의한 수질오염, 악취발생, 혐오감유발 등의 문제를 일으키고 있는 경우에 적용하며, 발생한 조류가 바람 등에 의해 저수지내 특정구역으로 고농도로 집적되어 처리가 용이한 경우에 적용하면 효과적이다.

적용상의 문제점으로는 저농도인 조류의 효과적인 회수, 회수한 조류의 처분, 처리용지의 확보 등이다.

조류제거에 따른 수질정화 효과는 수체가 완전히 분리되지 않은 경우에는 정량적으로 파악하기 어려우나, 폐쇄된 수체에서 시험적용사례에 의한 정화 효과는 (표 4-56)과 같다.

(표 4-56) 조류제거 기법에 의한 수질정화 효율

수질 항목	BOD	COD	Chl-a	T-N	T-P
처리전(mg/L)	6.07	19.07	136.63	3.18	0.14
처리후(mg/L)	1.03	3.93	2.23	1.42	0.003
제거율(%)	83.0	79.4	98.4	55.3	97.8

(5) 희석수 도입

호소수에 비해 수질이 양호한 하천수 등을 도입하여 희석에 의한 농도개선, 물순환 촉진, 체류시간 단축 등에 의한 수질개선 방법이다. 주변에 수질이 양호하고 충분한 양의 희석수 확보가 용이한 경우에 적용이 가능하다.

가장 간편하고 수질개선효과가 확실한 기법으로서, 수질이 양호하고 충분한 양의 희석수원이 있는 경우에 적용 가능하다. 또한 희석수원이 지리적으로 가까이 위치하고 자연도수에 의해 공급이 유리한 지형적 조건을 갖춘 곳에 희석수 도입에 의한 수질개선 효과를 기대할 수 있다.

문제점으로는 소량의 희석수로서는 내부생산에 소모되기 때문에 성과가 나타나지 않는 경우가 있고, 도수지점과 호소위치의 표고관계가 양수설비에 큰 영향을 미치는 것 등이다.

희석수 도입에 따른 수질 정화효과는 확보 가능한 희석수의 수량 및 수질과 적용수체의 용적 및 수질에 의해 결정된다.

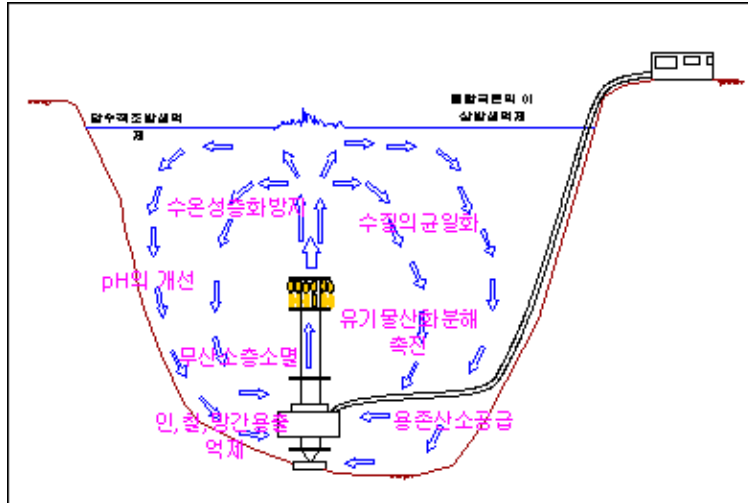
(6) 전층포기

간헐식 공기포기탄 등의 장비를 이용하여 기포를 함유한 수류를 형성하여 호소전층의 물을 강제로 순환시킴으로서 수온약층 파괴, 용존산소 공급 등에 의해 수질을 개선하는 방법이다.

이러한 물환경의 변화에 의해 퇴적물로부터의 인 용출 및 조류증식이 억제되고, 저층으로 이동된 물은 광차단효과에 의해 식물 플랑크톤의 증식이 억제된다.

전층포기는 표층에 식물플랑크톤이 대량으로 번무한 경우 및 무광층이 존재하고, 수온약층이 형성될 수 있는 깊은 호소인 경우 또는 퇴적물로부터 인 용출부하의 영향이 큰 경우에 적용할 수 있다.

전층포기에 의한 정화효과는 호소특성에 따라 크게 차이가 나고 정량적으로 도출하기는 곤란하다. <그림 4-22>은 전층포기에 의한 수질정화 개념도를 나타낸 것이다.



<그림 4-22> 표층포기에 의한 수질정화 개념도

(7) 표층포기

호소의 수온약층을 파괴하지 않고 비교적 수심이 얇은 표층부분을 포기하여 혼합·교반하는 방법으로 주로 표층에 번무하는 식물플랑크톤을 유광층 이하로 끌어내림으로써 조류의 증식을 억제하는 방법이다.

수온약층을 파괴하지 않기 때문에 표층 방류담에서는 방류수 수온저하의 염려가 없으며, 수심이 비교적 낮고 조류의 대량발생 빈도가 높은 경우에 적합한 방법이다.

(8) 심층포기

심층포기는 성층상태에 있는 호소의 심수층에 공기를 주입하여 호기화하는 방법으로서 인 등의 용출 억제와 철, 망강, 황화수소 등을 산화시켜 악취발생이나 물의 착색을 방지할 수도 있다.

장기간 성층화로 인하여 저층수가 혐기화되어 퇴적물로부터 인용출이 많은 경우 및 호수용량에 비해서 심수층의 용량이 적은 경우 또는 수심이 깊어 퇴적물의 준설이나 피복이 어려운 경우에 적용이 가능하다.

퇴적물에서 2차 용출이 억제되기 때문에 호소특성에 따라 정화효과가 큰 차이가 있으며, 퇴적물로부터 인의 용출을 억제함으로써 영양염류의 농도를 낮추

는 동시에 심수층의 DO 등에 의한 분해작용 촉진한다. 또한 H₂S 발생의 억제 효과, 저서생물상, 어류 서식환경의 개선, 악취 등을 방지하는 효과도 있다.

(9) 폭기분수

폭기분수 방법은 녹조가 대량 발생한 수면에 대규모의 분수를 설치·운전함으로써 주로 식물플랑크톤의 증식과 번무를 억제하는 방법이다.

분수압력에 의한 살조효과 및 연직순환에 의한 식물플랑크톤의 무광층으로의 이동효과를 기대할 수 있으며, 경관개선 등 친수공간으로서의 가치도 높다.

폭기분수 기법은 녹조현상이 부분적으로 발생한 경우에 적용하는 것이 좋다.

폭기분수에 의해 살수구역 내에서의 녹조현상 해소가 가능하며, 분수의 펌프가 압에 의한 교반과 낙하 물방울에 의해 플랑크톤의 증식능력이 저하될 수 있다. 또한 저수지 중·저층의 수온이 낮은 물을 표층으로 분수시키면 표층수의 수온이 낮아져 플랑크톤의 증식을 억제할 수 있다.

<그림 4-23>은 폭기분수를 이용한 수질정화 적용사례를 나타낸 것이다.



<그림 4-23> 폭기분수에 의한 수질정화 적용사례

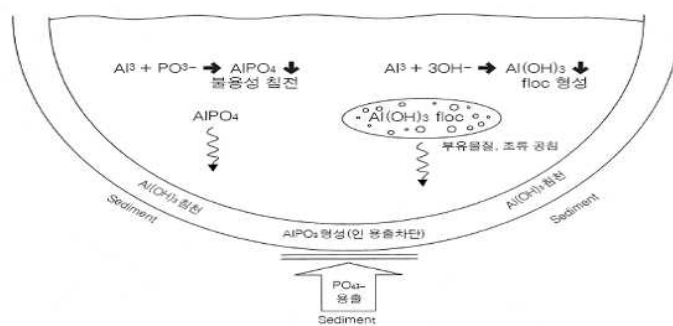
(10) 응집침전

응집침전은 수체에 철염 또는 알루미늄염 등의 화학약품을 투입하여 수중의 용존무기형태의 인 등을 불용성의 화합물로 응집·침전시키거나 퇴적물로부터의 용출량을 삭감하는 방법이다.

알루미늄은 호수의 산화·환원조건에 의해서 변화되지 않고 또 생물에 대한 독성이나 2차적인 환경오염의 위험성이 적기 때문에 많이 이용되고 있으며, 저수지 수면적이 비교적 작고 퇴적물의 부상, 이동이 적은 경우나 수심이 어느 정도 깊은 경우에 적용할 수 있다.

응집침전에 의한 수질정화 효과는 응집제의 종류나 살포농도에 따라 다른데, BOD는 40~60%, SS는 80~95%, T-P는 살포전 퇴적물 용출량의 30~90%를 저감할 수 있는 것으로 보고되고 있다.

<그림 4-24>은 알루미늄염에 의한 응집침전 기작도를 나타낸 것이다.



<그림 4-24> 알루미늄염에 의한 응집침전 기작도

(11) 인공식물섬

인공식물섬은 인공 부채위에 수생식물을 식재하여 식물의 영양염류 섭취를 통해 호소의 수질을 개선하고 호소의 경관을 향상시키는 수질개선기법이다.

수생식물의 뿌리를 통한 영양물질의 흡수·제거, 각종 수생생물의 서식공간 제공, 호소 경관개선, 호안침식 방지 등의 기능이 있으며 저수지의 내용적에는 영향을 주지 않는 등의 특징이 있다.

저수지내 수심이 깊은 지역이나 수위변동이 커서 식물이 생육하지 못하는 수역이나 조류 등이 대량 번무하는 수역에 적용이 가능하다.

인공식물섬 조성으로 인한 수질정화효과를 정량적으로 제시하기는 곤란하며, 식물의 직접 흡수량은 T-N 2.7~10.2kg/ha·일, T-P 0.25~0.8kg/ha·일 정도로 보고되고 있다. SS, BOD, N, P 등의 제거로 인한 수질정화기능과 더불어 수중생태계 종다양성, 어류서식처 환경제공, 경관향상 등의 친환경적·

친생태적 간접효과도 높은 것으로 알려져 있다.

<그림 4-25>는 인공식물섬 설치사례를 나타낸 것이다.



<그림 4-25> 인공식물섬 설치사례

4.3.4. 저수지의 자정작용을 활용한 오염부하량 저감방안

저수지는 자정능력을 갖고 있기 때문에 이 자정능력을 충분히 활용하여 수질을 보전할 필요가 있다. 저수지의 자정기능은 ① 침강, ② 미생물에 의한 탈질, ③ 수초대에 의한 수질정화 등에 의해 이루어지므로 이들 정화기작을 이해하고 이러한 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 관리함으로써 총량제의 삭감부하량으로 인정될 수 있도록 한다면 다른 분야의 개발이 가능하게 된다.

1) 침강에 의한 수질정화

저수지 바닥으로의 침강 퇴적에 의한 유기물 제거는 저수지 유기물의 정화에 있어 중요하며, 또한 부영양화 원인 물질인 질소와 인의 정화에도 퇴적물로의 침강퇴적이 중요한 역할을 한다. 따라서 유기물의 침강으로의 침강에 의한 정화능력을 충분히 유지하면서 침강수의 빈산소화에 의한 퇴적물로부터 오염물질의 재용출을 초래하지 않도록 하여 유기물의 일차생산을 낮게 억제하는 것이 서로 조화되도록 호내 환경을 유지할 필요가 있다(宗宮 功, 1990). 이 경우 침강된 퇴적물에서 오염물질이 재용출되지 않도록 하기 위해서 준설이나 퇴적물 피복 등의 수질개선사업이 필요한 경우도 있다. 저수지의 물을 순환시켜 퇴적층이 혐기성이 되지 않도록 하는 것도 퇴적물의 재용출을 방지하기 위한 또 한 가지 방법이라 할 수 있다. 또한 저수지 유입부에 수초대를 조성함으로써 수초에 의한 점

축침전으로 침강량을 증가시켜 저수지 내부의 수질악화를 방지할 수 있다.

2) 미생물의 탈질에 의한 수질정화

보통의 경우 온도가 높은 여름철에 질산화 미생물의 활동이 활발해지면 O₂ 소비량과 질산화에 따른 NO₃⁻의 생성량이 많아지고, 이를 이용하는 혐기성 미생물인 *Pseudomonas* 등에 의한 탈질이 증가된다. 탈질의 결과로 인해 N₂가 대기중으로 배출됨으로서 수층 내 오염물질이 제거되며, 플랑크톤에 의한 일차생산이 제한되거나 부영양화를 감소시키는 효과가 나타나게 된다(양운진, 2005). 양운진(2005)에 따르면 2004년 봄과 2005년 가을에 주남저수지와 동관저수지에서 탈질에 의한 자정작용을 조사한 결과 주남저수지가 탈질에 따른 N₂발생량이 많아 동관저수지에 비해 탈질에 따른 일차생산의 제한과 부영양화를 감소시키는 효과가 큰 것으로 나타났다고 보고하고 있는 것처럼 저수지는 미생물의 탈질에 따른 자정작용이 발휘되고 있다. 저수지 수체내의 탈질 미생물을 인위적으로 증가시키는 것은 어렵기 때문에 수변에 수초대를 조성함으로써 생물다양성을 증가시키면 이에 따라 탈질미생물도 증가되어 저수지의 자정능력이 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

3) 수초대에 의한 수질정화

저수지 수변에 형성되는 수초대에는 다양한 식물이 서식하는데, 이중 추수식물은 수질정화기능면에서 보면 직접 식물을 절취해 냄으로서 그 식물체 내에 함유된 질소나 인이 제거되지만, 제거된 질소나 인의 양은 추수식물의 현존량, 생육장소, 시기에 따라 다르다. 추수식물은 이 외에 퇴적물에 인을 흡착시키는 효과, 빛의 차단에 의한 식물성 플랑크톤의 증식억제, 지하경이나 뿌리를 통해 토양에 산소를 공급함으로써 미생물군집의 유기물분해활성을 높이며, 질산화 촉진, 유기물의 분비로 탈질을 촉진하는 등의 효과도 갖고 있다. 추수식물에 의한 탈질량은 수생식물대 전체의 50~70%를 차지하므로(Christensen, P. E. et al, 1986) 이들에 의한 수질정화능력도 무시할 수 없다. 또한 추수식물의 수중 줄기는 필터효과나 파랑의 감쇄작용에 의해 고형물질이나 불용성 유기물 등의 침전을 촉진시키는데, 이 침전량은 추수식물이 없는 곳에 비해 약 10배 정도 높다(渡辺義人, 1988 ; 沖野外輝夫, 1988 ; 宗宮 功, 1990)

또한 추수식물의 줄기나 잎이 수중에서 밀생하기 때문에 수중의 부착표면적이 증대된다. 따라서 여기에 부착서식하는 미생물의 양이나 종류도 당연히 많아진다. 갈대 수초대의 부착미생물의 현존량은 부착면적 1 m²당 1~550 mg(건조중량) (沖野外輝夫, 1988)이지만, 21,000~37,000 mg/m²에 이르는 곳도 있다. 부착조류는 밖에서 들어온 영양염이나 수생식물 지대 내에서 유기물의 분해에 의해 생성된 영양염을 감소시키는 역할이 대단히 크다. 이와 같이 수질정화기능은 추수식물 자신만이 아니라 이에 부착생장하는 부착미생물의 역할도 크다(宗宮 功, 1990).

침수식물의 수중 부착표면적은 군락 1 m²당 7~30 m²로 크기 때문에 (Ikusima, I, et al, 1983), 침수식물에 부착생장하는 부착조류의 생산에 의한 영양염 흡수는 상당히 크다. 또한 침수식물 자신의 질소나 인 함유량은 추수식물보다도 일반적으로 높으며, 더욱이 직접 수중의 질소나 인을 흡수하기 때문에 침수식물에 의한 수중의 질소, 인의 흡수량은 대단히 큰 것으로 판단된다. 일부 침수식물은 저수지 바닥의 영양염을 뿌리로부터 흡수하여 식물체로부터 호수 중으로 방출하는 영양염의 pump up작용이 있음에도 불구하고 전체적으로는 영양염류의 흡수가 탁월한 것으로 알려져 있다. 침수식물이 있으면 식물플랑크톤의 증식이 억제된다(鈴木記雄외, 1983 ; 鈴木記雄외 1987). 높은 농도의 영양염을 함유하고 있는 수중에서 10일 후의 Chl-a농도 Y(mg/m³)와 침수식물의 건조중량 X(g)의 관계는 다음과 같은 식으로 되어 식물플랑크톤의 증식을 상당히 억제하는 것을 알 수 있다.

$$Y = -380X + 800$$

Canfield 등(1984)은 32개소의 호소에서 수초지대의 크기에 따라 호소의 수질이 어떻게 변화되는지에 대하여 조사한 결과 다변량분석에 의해 수생식물로 덮인 면적과 P, N농도로부터 호소의 클로로필 a농도 추정식을 제시하였다.

$$\log(\text{Chl-a}) = 1.02 \log(\text{TN}) + 0.28 \log(\text{TP}) - 0.005(\text{PV1}) - 2.08 \quad (R^2=0.86)$$

여기서, PV1:수생식물로 덮인 부분의 비율(%)

또한 (鈴木紀雄, 1985)에 의하면 갈대 수초대로부터 130 m 떨어진 저수지 중심부의 Chl-a 농도가 10 mg/m³이고, 갈대 수초대에서는 20 mg/m³이었다. 반면 갈대 수초대가 없는 지역에서는 저수지 중심부의 Chl-a 농도가 10 mg/m³이었는데 수변으로 가면서 30, 40 mg/m³로 높아져 갈대 수초대가 없는 저수지의 Chl-a 농도가 높았다고 보고하고 있다. 또한 식물플랑크톤의 종조성도 달라 서로 가까이에 있는 수역임에도 불구하고 갈대군락이 있는 수역 부근에서는 Melosira의 출현율이 35~42%인데 반하여 갈대가 없는 수역에서는 42~58%로 높은 비율을 나타냈고 한다.

수생식물지대의 정화능력을 평가할 때 저수지 전체에서 보면 그다지 많지 않다는 의견도 있지만 전체를 평균적으로 보지 않고 각각의 수역에서 수초지대의 역할을 보면 정화능력은 크다고 할 수 있다. 또한 저수지 수변은 중심부에 비해 일반적으로 오탁도가 높기 때문에 저수지 수변 수초대의 수질정화의 역할은 상대적으로 크다. 따라서 수변 수생식물의 현존량이 감소하면 수변의 정화능력이 감소된다. 육지부에서 자연정화능력의 복원이나 적절한 하수도 정비 등에 의해 부하량이 삭감되고, 또한 저수지 수변환경의 복원에 힘쓴다면 수생식물대의 정화기능의 역할은 더욱 커질 것으로 생각된다(鈴木紀雄, 1981).

수초가 고사된 후 영양염의 재용출 문제가 대두될 수 있는데, 그 시기가 겨울이기 때문에 식물플랑크톤 증식의 원인이 되는 양은 그다지 크지 않을 것으로 판단된다. 더욱이 갈대 등의 추수식물은 고사전에 영양염의 일부가 지하경으로 수송되어 고사된 수생식물의 영양염류 전체가 재용출되는 것은 아니다. 桜井善雄 등(1985) 등은 추수식물의 분해속도를 다음 식으로 제시하고 있다(宗宮 功, 1990).

$$W_t = W_0 e^{-k t}$$

여기서, W_t : t일 후의 건조중량, W_0 : 초기 건조중량

25℃조건에서 고사한 갈대 줄기의 k는 0.0016, 살아 있는 줄기는 0.0047로서 고사된 갈대 줄기의 분해속도는 상당히 느리다. 갈대의 줄기는 25℃의 조건하에서도 일년간에 거의 분해되지 않는다. 또한 고사한 잎은 0.0082, 살아 있는 잎은 0.0156로 고사된 잎의 분해속도도 대단히 느리다. 고사된 잎은 약 85일에 반으로 줄어들지만 실제로는 고사가 시작되는 시기는 수온이 낮아지기

때문에 이 이상의 일수가 걸리게 된다.

이와 같이 수변 수초대는 수질정화능력을 갖고 있기 때문에 수변 수초대의 복원 및 보전의 중요성이 인식되고 있으나 수초대 복원기술은 초보단계에 머물고 있다. 수변수초대의 복원은 수질개선 뿐만 아니라 생물다양성 보전면에서도 중요하므로 수초대 복원기술을 개발하고 저수지에 적극적으로 도입함으로써 수질오염총량관리제 시행에 따른 부하삭감에 활용할 필요가 있다.

갈대 수초대 복원을 위한 입지조건은 입자가 가는 토양이 수십 cm 이상 퇴적되어 있는 곳에 갈대군락이 발달하므로 갈대 재배지의 토양조건은 가는 입자가 많을수록 갈대가 잘 성장한다. 적어도 갈대 식재는 세사(ϕ 0.4~0.5 mm) 이하의 입자를 다량으로 함유하고 있는 토양으로 50 cm 이상의 두께인 곳이 좋은(桜井善雄외, 1988) 것으로 보고되고 있다. 그러나 수변 수초대를 조성하여 수질을 정화하고 생물다양성을 증진시키기 위해서는 보다 심층적인 기술을 개발할 필요가 있다.

한편, 桜井善雄, 上野直也외(1988)에 의하면 수변립도 수생식물군락과 함께 생태적으로나 경관형성 및 호안작용 상 중요한 역할을 하고 있다고 한다. 그 중에서 수변이나 습지에서 볼 수 있는 버드나무속 식물(*Salix* spp.)은 생장이 빠르고, 독특한 가지가 홍수시 접지면의 유속을 감소시키는 역할을 하며, 근경이 호변의 세굴을 막아주는 역할을 한다.

다양한 생물의 서식지나 수질정화능력이 충분히 발휘되기 위해서는 어느 정도 규모의 수생식물대가 필요(예를 들면 갈대지대는 최저 20 m 이상의 폭이 필요하다(Hudec, K. et al., 1978)하다고 하지만 앞으로 수변환경의 복원을 위해서는 이들 수생식물의 규모를 최저 어느 정도로 하는 것이 바람직한 가 등에 대한 연구도 필요하다.

이상과 같이 저수지는 자정기능이 있으므로 이러한 자정기능을 수질오염총량관리제에 반영하여 할당부하량을 낮출 수 있도록 홍보할 필요가 있다. 이와 병행하여 저수지의 수질개선을 위하여 수변에 수초대를 조성하는 등의 적극적인 활동을 통하여 오염부하량 삭감행위로 인정받아 그 인정받은 만큼 다른 부분의 개발을 할 수 있도록 농업분야에서 노력할 필요가 있다. 수초대의 조성은 생태다양성을 보호하는 공익적 기능을 갖게 하는 동시에, 주민들에게 수변경관을 제공하고, 휴식처를 제공하는 기능도 갖는 다는 것을 적극적으로 홍보하여 수질오염총량관리제에 반영될 수 있도록 할 필요가 있다.

4.3.5. 농경지에서의 오염물질 유출저감방안

1) 논에서의 수질변화특성

농촌진흥청(2007)에서는 논에서의 수질변화특성을 분석하였는데 이를 요약하면 다음과 같다.

BOD의 경우 관개수의 농도는 평균 4.2 mg/L인데 비해 농지배수 및 배수로의 농도는 각각 평균 2.3, 3.1 mg/L로 낮아짐으로서 46.0% 정화되었다.

T-N의 경우 관개수의 농도가 평균 3.01 mg/L였는데, 농지배수 및 배수로의 농도는 각각 평균 1.31, 2.20 mg/L로 낮아져 56.5%가 제거되었다고 보고하였다.

또한 NH₄-N의 경우는 관개수가 평균 0.24 mg/L이고, 농지배수 및 배수로의 농도가 각각 0.21, 0.39 mg/L로서 배수로의 농도가 높은 경향을 보였는데 이는 농지 및 배수로를 흘러가면서 호기성 상태에서 유기질소가 무기질소의 형태로 전환되기 때문인 것으로 판단된다.

NO₂-N은 관개수가 평균 0.12 mg/L, 농지배수 및 배수로가 각각 0.01, 0.09 mg/L로서 전체 T-N 중에서 차지하는 비율이 5% 이하로 낮게 나타났다. 이는 호기성 상태에서 NO₂-N이 NO₃-N으로 빠르게 전환되기 때문이다.

NO₃-N은 관개수가 평균 1.99 mg/L이고, 농지배수 및 배수로가 각각 0.20, 1.46 mg/L로서 농지배수가 가장 낮게 나타났다. 이는 농지에서 벼에 의해 NO₃-N이 흡수되었기 때문인 것으로 판단된다.

그 결과 T-N 중에서 NO₃-N이 차지하는 비율이 관개수는 66.1%, 배수로는 66.4%인 반면 농지배수는 15.5%로 낮게 나타났다.

T-P의 경우는 관개수의 농도가 평균 0.22 mg/L였는데, 농지배수 및 배수로의 농도는 각각 평균 0.15 mg/L, 0.09 mg/L로 낮아져 31.0%의 TP가 제거되었다. 논을 통과하면서 T-P의 농도가 낮아진 것은 무기인의 형태로 토양에 흡착되거나 벼에 흡수되기 때문이다.

이와 같이 논은 인을 정화하는 기능을 갖고 있기 때문에 관개수에 비해 농경배수의 TP 농도가 낮게 나타났다.

일본의 경우 小山田 勉등(1989, 1990)에 의하면 질소의 경우 논에 유입된 질소의 양이 1,904.5 g/10a였는데, 농경배수에서는 1,246.7 g/10a로서 유입량

에 비해 유출량이 적어 657.8 g/10a이 정화되었으며, 벼 재배기간 동안 1일당 정화량은 4.3 g/10a이었다고 보고하고 있다. 또한 벼 재배기간 동안 질산성질소의 정화량은 최대 20 g/q/일이고, 유입질소의 95%에 상당한다고 보고하고 있다.

이상과 같이 논이 반드시 공공수역의 오염원으로 작용하지는 않는 것으로 나타났다. 다만 시기적으로 관개수에 비해 농경배수의 오염물질 농도가 높아지는 경우도 있으므로 공공수역의 수질관리를 위해서는 적절한 물관리를 통하여 농경배수의 배출을 최소화할 수 있도록 노력할 필요가 있다.

따라서 농지배수의 수질농도가 높아지는 썩레질기 및 이양기에 농지배수를 배출하지 않도록 물관리를 하는 농가에 대해서는 친환경농업을 하는 것으로 인정하여 수질오염총량관리에서 오염부하량 삭감행위로 인정해 주는 방안도 모색할 필요가 있는 것으로 사료된다(농촌진흥청, 2007)고 보고하였다.

또한 논에서의 수질정화기능에 대한 보다 심도 있는 연구를 통하여 논에서의 수질정화기능을 충분히 활용할 수 있는 방안을 도출할 필요가 있다. 이러한 연구결과를 토대로 수질오염총량관리제에서 논이 배출부하 원단위를 낮추도록 유도할 필요가 있다.

2) 오염물질 제어를 위한 영농방안

앞에서 살펴본 바와 같이 관행농법은 많은 경우가 농업용수 수질기준을 만족하기 때문에 농경배수가 반드시 공공수역의 수질오염원으로 작용하지는 않는 것을 알 수 있었다.

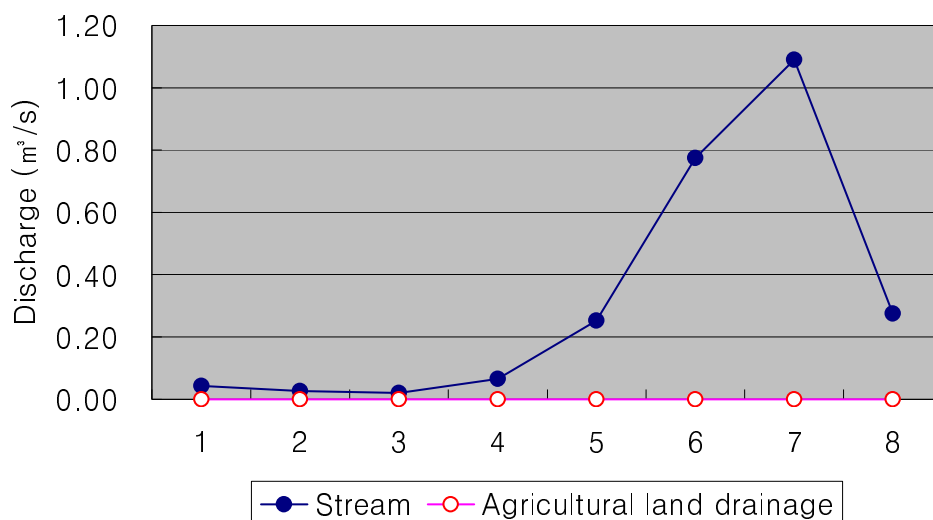
그러나 시기적으로 농경배수의 수질농도가 높은 경우가 있으므로 비료나 농약을 살포한 직후에는 농지의 물이 배수되지 않도록 물 관리를 할 필요가 있다. 즉, 농약이나 비료를 살포한 뒤에는 증발산이나 침투에 의해 감소되는 양만큼만 며칠에 한 번씩 관개하는 간단관개방식을 적용함으로써 농경배수의 배출을 최소화하는 영농기법을 적용할 필요가 있다.

무농약 저비료 투입 친환경농법인 왕우렁이농법의 경우 농경배수의 대부분이 수질기준을 만족하였으나, 시기적으로 수질기준보다 높은 농도로 유출되는 경우가 있으므로 유기질비료를 살포한 직후 즉, 썩레질 전이나 추비 후에 물이 유출되지 않도록 주의한다면 공공수역의 수질관리에 많은 도움이 될 것

으로 생각된다.

오리농법의 경우도 농약을 거의 사용하지 않고, 화학비료는 사용하지 않고 유기질 비료만을 사용하는 친환경농법인데 오리의 활동으로 퇴적물이 부유하여 고농도의 농지배수가 배출될 우려가 있으므로 특히 물 관리에 주의해야할 것이다. 오리농법의 경우 화학비료나 농약을 사용하지 않고 유기질 비료를 주로 사용하기 때문에 오리의 활동으로 유기물질이 많이 함유된 부유물질이 유출되어 SS, BOD, COD의 농도가 매우 높아지는 경우가 있으므로 오리방사시기 및 비료를 살포한 직후에는 농지배수의 배출을 최대한 억제하는 것이 필요하다.

<그림 4-26>과 같이 무방류 영농을 위하여 물꼬를 막고 증발산 및 침투에 의해 소모되는 양 만큼만 며칠에 한 번씩 관개하는 간단관개방식을 도입함으로써 농지에서 물이 배출되지 않도록 물 관리를 하여 하천의 유량은 시기별로 변화되지만 농지배수는 방류되지 않아 하천의 수질에 전혀 영향을 미치지 않았다. 따라서 홍보를 통하여 무방류 영농이 확산될 수 있도록 유도할 필요가 있다(농촌진흥청, 2007).



<그림 4-26> 농경배수 무방류 물관리 결과

농경배수의 배출을 억제하기 하기 위하여 무방류 물관리 방법을 도입하는 경우 사람이 일일이 물꼬를 관리하는 것 보다는 <그림 4-27>과 같은 자동관개시스템을 도입함으로써 보다 효과적으로 운용할 수 있을 것으로 판단된다.

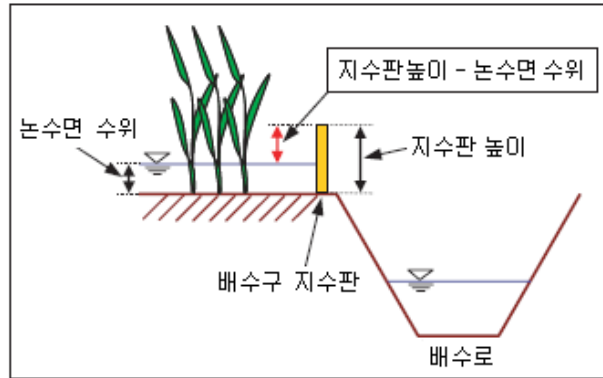
농림부(2001)에 의하면 이 자동급수시스템은 ① 벼의 생육단계별로 필요한 담수위를 설정하여 관개할 수 있다. ② 담수위가 일정수위에 도달하면 스스로 급수가 정지되기 때문에 과잉취수, 무효방류를 방지할 수 있다. ③ 자동으로 급수, 단수를 반복하기 때문에 인력에 의존하고 있는 급수관리를 기계로 대체할 수 있다. ④ 급수장치 본체 밸브의 유량조절기능을 이용하여 공급량을 조절할 수 있다. ⑤ 세정용 피스톤을 부착하고 있어 부유물에 의한 막힘을 방지할 수 있다. 등의 특징을 갖고 있는 것으로 보고하고 있다.

따라서 이들 시설을 도입한다면 농지배수를 최소화하여 오염물질의 배출을 저감할 수 있다. 따라서 이러한 시설을 도입하는 농지는 오염부하량을 삭감하는 수질개선시설이 도입된 것으로 인정할 수 있도록 제도화하는 것도 좋은 방법인 것으로 판단된다.



<그림 4-27> 자동관개 시스템(농림부, 2001)

일본 농림수산성에서는 농지·물·환경보전향상대책에서 수질보전을 위한 실천활동으로서 논수면의 오염물질농도가 높은 썩래질기의 표면배수를 방지하는 지수판을 배수구에 설치<그림 4-28>하여 억제하는 것을 장려하고, 그 활동조직에 보조금을 지급하고 있다. 모내기 후에도 논수면의 오염물질 농도가 장기간에 걸쳐 높은 경우는 관개기간 동안 지방류 영농을 권장하고 있다.



<그림 4-28> 저방류 영농법(지수판)

저방류 영농이란 배수구 지수판의 높이를 높게 하고 용수량을 절약할 수 있도록 조절함으로써 표면배수의 배출을 억제하는 물관리방법이다.

관행구는 배수구의 높이를 관개초기 ~ 중간낙수 전까지는 약 80mm, 중간낙수 후 ~ 낙수까지는 약 50mm이었다.

또한 관행구의 중간낙수기에는 지수판을 제거하였다. 저방류 관개구에서는 관개기간(중간낙수 포함) 동안 배수구의 높이를 약 90mm로 유지하는 지수판을 설치하여 관행구에 비해 높게 유지하였다.

관행구에서는 강우기간(강우시작부터 강우 종료 후 4시간까지)에 발생한 표면배수량은 전체의 74%를 차지하므로 강우기간의 표면배수량을 억제함으로써 관개기간의 총표면배수량을 억제할 수 있다.

저방류구는 관행구에 비해서 “지수판의 높이 - 농수면 수위”가 관개기간 동안 크게 유지되기 때문에 강우기간의 표면배수량이 억제되어 관개기간의 총표면배수량이 적다. 저방류구의 농표면수의 농도는 관개수에 비해 총질소(T-N) 농도는 0.6 mg/L 낮고, 총인 농도는 0.6mg/L 높았다. 관행구에서도 같은 농도변화를 나타내 관개수가 논 표면을 유하하는 과정에서 논바닥 토양으로부터 용출 등에 의해 T-P농도가 상승하였다.

저방류구는 관행구에 비해서 이양 후의 관개기간 총용수량이 203mm(28%), 총표면배수량이 375mm(72%) 삭감되었다. 배출부하량 - 관개부하량은 관행구에서는 T-N -11.9kg/ha, T-P 1.6kg/ha, 무방류구에서는 T-N -9.9kg/ha, T-P 0.4kg/ha이었다. 농표면수의 T-P농도가 높았기 때문에 저방류에서 표면배수가 억제되어 T-P배출부하량이 1.2kg/ha 삭감되었다고 보고하고 있다

(농촌공학연구소, 2007).

관행농법의 경우 비료나 농약 살포 직후에는 일시적으로 농경배수의 농도가 높아지는 경우가 있으나 대부분의 시기에는 배출수의 농도가 수질기준보다 낮았다.

또한 조 등(2006)은 논 표면수의 시기별 T-N, T-P 및 COD_{cr} 농도는 관개초기가 다른 시기보다 훨씬 높게 나타났으나, 그 후로는 크게 감소하였다고 보고하고 있다. 따라서 농지배수가 반드시 공공수역의 수질오염원으로 작용하지는 않는 것을 알 수 있었다.

오히려 대부분의 시기에는 관개수에 비해 농경배수의 농도가 낮아짐으로서 논에서는 수질정화기능이 있는 것으로 나타났다. 따라서 농약 및 비료 살포 후 일정기간이 지나면 수질을 개선하는 공간으로 충분히 활용할 수 있을 것으로 판단되므로 이 시기에는 오염된 농업용수를 흘려보내 정화하는 것도 바람직할 것으로 판단된다.

이 경우는 수질개선시설을 따로 설치할 필요가 없기 때문에 경제적으로 수질개선을 할 수 있는 방법이 된다. 따라서 농지의 경우는 적절한 물 관리를 통해서 비료나 농약을 살포한 시기에는 배출을 억제하고, 농약이나 비료의 효능이 없어진 기간에는 상시 유입과 유출을 유지하여 논에서의 정화작용을 이용하여 수질을 정화하는 방안도 모색할 필요가 있는 것으로 판단된다.

김 등(2005)의 연구결과에 의하면 논농사 구역에서 논을 거치지 않고 바로 배출되는 질소와 인의 부하량을 줄이기 위해 관개용수 공급을 2~3일 간격으로 중단하여 관개용수 절약과 동시에 수계로 배출되는 부하량을 절감시킬 수 있었다.

또한 강우시를 제외하고 농촌공학연구소(2007)와 같이 논이 물꼬를 높게 유지함으로써 논에서 유출되는 배출수의 양을 저감하여 수계 부하량을 저감시킬 수 있었다고 보고하고 있다.

김 등(2000)은 수질보전을 위해서는 시비량의 절감과 같은 시비관리, 시비 직후의 낙수의 억제와 같은 적절한 물 관리 등에 의해 배출부하량을 감소시킬 필요성이 있다고 기술하고 있다.

노 등(2005)에 의하면 농경배수 표면수의 평균 T-N, T-P, COD_{cr} 함량은 오리농법 논이 각각 7.02, 0.28, 104.6 mg/L로 일반농법의 4.08, 0.12, 47.6 mg/L보다 오염도가 크게 높아 오리농법을 실시할 경우 농경지의 철저한 물

관리 및 표면수 유출을 방지하기 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다고 보고하고 있다.

김 등(2007)은 논에서 양분물질의 배출 부하량을 감소시키기 위한 최적관리방안으로 관개용수의 절약, 물꼬관리를 통한 물관리, 논둑에 있는 배수물꼬의 높이 조절, 강제배수를 최소화하는 방법 등의 영농적 방법과 집중호우시 논둑붕괴 방지대책 등의 구조적인 방법이 있을 수 있다고 보고하고 있다.

또한 <그림 4-29>와 같이 멀칭 논농업을 실시함으로써 오염물질의 배출을 원천적으로 방지하는 영농기법도 적극적으로 도입할 필요가 있다.



<그림 4-29> 멀칭 논 농법

이상과 같이 공공수역의 수질보전을 위해서는 비료와 농약을 적정수준까지 낮추는 저농약 저비료 투입 영농을 하는 것이 무엇보다 중요하다.

관행농법 및 무농약 저비료 투입 친환경농법인 왕우렁이농법 농경배수의 농도가 높아지는 농약 및 비료 살포 직후에는 논에 물이 유출되지 않도록 물 관리를 해야 한다.

오리농법의 경우는 오리의 활동으로 고농도의 부유물질이 배출될 우려가 많으므로 가능하면 무방류 영농을 도입하는 등 물 관리를 통하여 농경배수의 오염물질 배출을 억제하도록 노력할 필요가 있다.

관행농법의 경우 농약과 비료를 살포한 직후 이 외에는 오히려 논에서 수질이 정화되는 경향이 있으므로 수질개선시설로서 이용할 수 있는 방안도 모색해 볼 필요가 있다(농촌진흥청, 2007).

저수지 수질오염의 가장 큰 원인 중의 하나는 강우에 의한 토양침식이고, 게릴라성 집중호우의 영향으로 토양침식 현상이 증가되어 토지계 비점오염물질에 의한 수질악화가 우려되고 있다.

따라서 농촌지역의 수질보전을 위해서는 토양침식을 방지할 수 있는 방법이 절대적으로 필요하다. (표 4-57)는 토양보존을 위해 일반적으로 이용되는 방법을 정리한 것이다.

(표 4-57) 토양 보존법

방법	설명
갈지 않는 농업	·기존식생/전작 잔재물이 있는 그대로 파종(토양침식 95% 감소)
최소 갈이 농업	·신속 발아를 위한 깊이 정도 갈이, 전작 잔재물과 검불 등 보존
등고선 경작	·물의 흐름을 막기 위해 등고선에 따라 경작
줄 경작	·밀생식물(풀과 클로버)
단지 경작	·평평한 테라스 모양 계단경작으로 급경사 유출 감축
윤작 및 지표작물	·밀생작물 심기 및 휴경시 밀생지표 식생 심기로 토양침식 방지
개울 복원	·폐인 개울에 속성초본 식재 및 차단 댐 설치로 토양침식 방지
바람막이 식생	·바람직각방향으로 바람차단 관목과 나무 식재로 토양 풍식 방지
한계 토지	·한계경지 경작 금지로 한계토지에 대한 압박 감축
토지분류 및 구획	·토지를 경작적합성과 토지이용구획 및 통제로 토양침식 감축

자료 : 김동욱외(2007, 재인용)

토양침식이 증가할수록 비점오염원으로부터의 침전물이 수질오염의 주요 원인이 될 것이다. 산림지에 성행하는 고랭지채소 경작방식은 우리나라의 대표적인 악성 토양침식의 예이다. (김동욱외 2005).

또한 오광영(2006)에 의하면 농촌 소유역에서의 초기유출현상(first-flush)은 40%의 누적유출량을 나타낼 때 T-P의 누적유출부하량은 70~86%를 기록하여, 도시유역(60%)과 광역농(50%)보다 크게 나타났는데, 이는 농촌 소유역이 경사가 크고 밭 등에서 강우로 인한 토양침식 등의 영향을 크게 받기

때문으로 사료된다고 보고하고 있다.

일반적으로 토양침식은 산림이나 논보다는 밭이나 나대지에서 크게 발생된다. 따라서 강우에 의한 토양침식 저감을 위해서는 밭에 대한 침식방지 및 침식 토립자에 대한 관리대책이 필요하다. 밭의 토양침식에 의한 농업용수 수질오염 저감을 위한 방법으로는 현재 정부에서 시행하고 있는 밭경지정리사업에 비점오염저감사업을 병행하여 시행하는 방법도 사업 추진의 중복성을 해소하고 적은 예산으로 큰 효과를 거둘 수 있으며 이외에도 널리 알려진 다양한 경작방법 개선을 통해 토양침식을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

농업용수 수질오염에 크게 영향을 미치는 밭농업은 강우시 비료성분을 함유하고 있는 토양이 빗물과 함께 유출되는 것이 원인이다. 이 비료성분이 저수지에 유입되면 부영양화에 따른 조류발생의 오염원이 된다. 따라서 이러한 비료성분이 토양과 함께 유출되지 않도록 하는 가장 좋은 방법은 멀칭영농을 하여 토양이 유실되는 것을 방지하고, 잡초제거 및 토양온도 보존을 통한 수확량 증가에도 이어지므로 멀칭방법을 적극적으로 도입할 필요가 있다. 그러나 멀칭재로 많이 쓰이는 비닐은 토양에서 분해되지 않아 토양의 2차오염원으로 작용하는 부작용이 있다.

그러나 최근에는 <그림 4-30>과 같이 토양속에서 분해되어 2차오염이 발생하지 않는 멀칭재가 개발되고 있으므로 이러한 친환경적인 재료를 멀칭재로 사용한다면 토양침식에 의한 수질오염도 방지할 수 있고, 멀칭재의 장점에 따른 수확량 증대에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

작물 수확 후 수거하지 않아도 로타리 작업만으로 분해되어 퇴비화될 수 있는 멀칭재 개발에 적극적으로 투자하는 정책적 배려가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 이러한 친환경 멀칭재를 사용하는 농지에 대해서는 할당오염부하량 산정시 인센티브를 주는 등의 정책적 배려도 필요하다.



<그림 4-30> 밭에서의 멀칭 농법

농업용수 수질오염에 대한 비점오염물질의 상대적 비중 증대를 감안해 볼 때, 농업용수의 수질보전을 위해서는 농업분야의 노력 역시 절대적으로 필요하다고 할 수 있다.

농촌유역에서 비점오염원에 기인하는 T-N부하를 저감시키기 위해서는 용존성 성분을 제공하는 비료의 사용량을 줄여야 하며, T-P부하를 저감시키기 위한 노력 역시 필요하다. 이를 위해서는 친환경농업, 순환농업, 정밀농업 등을 통해 농경지로부터의 오염물질 배출 최소화과 비가 많이 오는 여름철에 나지(裸地)나 밭에 식생이나 멀칭(mulching) 등으로 토양침식을 방지하거나 하천변에 완충역(riparian buffer zone)을 설치하는 등의 정책적 노력도 필요하다.

이상의 토양유실 방지나 수질오염 저감을 위한 대책을 실시하는 경우에는 오염총량에서 이 부분을 삭감해주는 방안을 검토할 필요가 있다.

3) 휴경지를 활용한 오염부하량 삭감 방안(농림부, 2006)

최근 농촌지역의 고령화, 이농 등으로 휴경지가 증가되고 있는데, 휴경지는 한편으로는 습지의 기능을 가지고 있기 때문에 수질정화기능을 갖고 있다. 따라서 휴경지를 수질정화시설로 활용하여 수질오염총량관리제 시행에 따른 오염부하량 삭감시설로 이용할 필요가 있다. 농림부(2006)에서는 휴경지를 활용한 수질 개선방안을 도출하기 위한 연구를 실시하여 다음과 같은 결론을 제시하고 있다.

(1) 휴경지의 담수관리에 따른 수질개선

<그림 4-9 (a)>와 같이 휴경지의 수심을 20~30 cm로 관리하는 경우 SS의 제거효과는 없었으나 BOD는 19.9%의 제거율을, COD는 6.9%의 제거율을 보여 유기물이 제거되었다. 또한 TN의 경우 65.5%의 높은 제거율을 보였고, TP의 경우도 62.7%의 제거율을 보임으로서 영양염류도 제거되는 것으로 나타났다. 식물의 피도를 조사한 결과 담수관리하는 경우 20~30%의 낮은 피도를 나타냈다. 따라서 휴경지를 방치하지 않고 담수관리하는 경우 유기물과 영양염류의 제거효과가 있을 뿐만 아니라 식물의 생장에 따른 농지의 황폐화를 방지할 수 있었다고 보고하고 있다.

(2) 여울 및 웅덩이 조성을 통한 수질개선

<그림 4-31(b)>와 같이 휴경지에서의 수질정화기능을 강화하기 위하여 다양한 수심을 갖도록 여울과 웅덩이를 조성하여 수질정화효과를 조사하였다.

여울과 웅덩이의 반복상태가 이어지면 수심이 얇은 여울에서는 대기로 부터의 재폭기에 의해 산소가 유입되어 호기성 상태가 유지되므로 다양한 호기성 미생물이 성장하고, 이러한 생물이 수중의 오탁 물질을 포식·흡착함으로써 수질을 정화한다.

웅덩이에서는 생물에게 포식·흡착되지 않는 대형 물질이나, 여울에서 형성된 생물막에서 박리된 것이 침전된다. 또한 웅덩이는 부분적으로 혐기성상태가 형성되어 여울의 호기성상태에서 질산화가 이루어진 질소성분이 이곳에서 탈질이 일어나 제거된다.

시험 결과 SS는 63.0%의 제거율을 보였고, BOD는 40.0%의 제거율을 보였으나 COD는 유입수와 유출수 사이에 큰 차이가 없었다. TN의 경우 63.0%의 제거율을 보였고, TP의 경우도 42.5%의 제거율을 보였다. 이와 같이 여울과 웅덩이를 조성한 시험포에서는 SS, 유기물, 영양염류의 제거효과가 있었고, 일정 정도 담수를 하기 때문에 식물의 발생이 억제되어 25~30%의 낮은 피도를 나타냄으로서 식물생장에 따른 농지의 황폐화도 방지할 수 있었다.



(a) 수심을 알게 관리

(b) 웅덩이 설치

(c) 흙수로 설치

<그림 4-31> 휴경지를 이용한 수질정화

(3) 흙수로 조성을 통한 수질개선

<그림 4-31(c)>와 같이 휴경지에 흙수로를 조성한 시험포의 경우 SS는 61.0%의 제거율을 보였다. BOD는 29.5%의 제거율을 보였으나 COD는 유입수와 유출수가 비슷한 값을 나타냈다. TN은 39.7%의 제거율을, TP의 경우는 15.9%의 제거율을 보였다.

따라서 흙수로에서도 SS, 유기물, 영양염류의 제거효과가 있었으므로 휴경지를 경운하여 수로를 만들고 물을 흘려보내면 수질정화효과는 물론 식물생장도 방지할 수 있을 것으로 판단된다고 보고하고 있다.

또한 SS성분과 함께 침전된 무기태 영양물질은 휴경지를 재경작할 경우 비료성분으로 작용하게 되므로 휴경지를 수질개선을 위한 공간으로 적극 활용한다면 수질개선뿐만 아니라 토양의 비옥도도 높일 수 있을 것으로 기대된다.

이상과 같이 휴경지를 수질개선시설로 이용하는 경우 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 정책적으로 지원할 필요가 있다. 휴경지를 이용하는 경우는 별도로 수질개선시설을 조성하는 것이 아니고 휴경지에 물을 유입시키는 것만으로도 효과를 볼 수 있으므로 경제적인 면에서도 유리하므로 적극적으로 도입할 필요가 있다.

<그림4-31>에서 보는 바와 같이 현행 수질관리 체계에서 한국농촌공사의 지사 단위에서 해당 시·군의 수질오염총량담당 부서와 상호 자료정보 공유시스템 구축이 필요하다.

2) 수질오염총량관리제에 대비하여 수질개선사업을 추진할 경우 수질개선 효과가 큰 저수지를 우선 대상으로 하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 저수지의 제당표고가 100 m 미만이고 유효수심이 5 m 미만이며, Chl-a 농도가 35 mg/m³ 이상으로 수질기준을 상회하는 저수지가 수질개선사업 우선대상이 된다. 다음으로는 제당표고가 100 m 미만이고 유효수심이 5 m 미만이며, Chl-a 농도가 25 ~ 35 mg/m³인 저수지가 해당된다. 이들 저수지는 Chl-a 농도가 수질기준을 상회하지는 않지만 OECD에서 부영양화 단계로 분류하고 있는 Chl-a 농도 25 mg/m³ 이상이기 때문에 급속히 수질이 악화될 우려가 있다. 위와 같은 저수지에 대하여 수질개선사업을 우선적으로 시행함으로써 오염부하삭감 효과가 크고, 삭감된 만큼 다른 분야의 개발이 가능하게 된다.

3) 저수지는 자정기능이 있으므로 이러한 자정기능을 수질오염총량관리제에서 할당부하량을 낮추도록 홍보하여 정책에 반영되게 할 필요가 있다. 이와 병행하여 저수지의 수질개선을 위하여 수변에 수초대를 조성하는 등의 적극적인 활동을 통하여 오염부하량 삭감행위로 인정받아 그 인정받은 만큼 다른 부분의 개발을 할 수 있도록 농업분야에서 노력할 필요가 있다. 수초대의 조성은 생태다양성을 보호하는 공익적 기능을 갖게 하는 동시에, 주민들에게 수변경관을 제공하고, 휴식처를 제공하는 기능도 갖는 다는 것을 적극적으로 홍보하여 수질오염총량관리제에 반영될 수 있도록 할 필요가 있다.

4) 논은 수질정화기능이 있어 반드시 공공수역의 오염원으로 작용하지는 않는다. 다만 시기적으로 관개수에 비해 농경배수의 오염물질 농도가 높아지는 경우도 있으므로 공공수역의 수질관리를 위해서는 적절한 물관리를 통하여 농경배수의 배출을 최소화할 수 있도록 노력할 필요가 있다.

따라서 농지배수의 수질농도가 높아지는 썩래질기 및 이양기에 농지배수를 배출하지 않도록 물관리를 하는 농가에 대해서는 친환경농업을 하는 것으로 인정하여 수질오염총량관리에서 오염부하량 삭감행위로 인정해주는 방안도 모색할 필요가 있는 것으로 사료된다.

특히, 논에서 자동물관리 시스템을 도입한다면 농지배수를 최소화하여 오염물질의 배출을 저감할 수 있다. 따라서 이러한 시설을 도입하는 농지는 오염부하량을 삭감하는 수질개선시설이 도입된 것으로 인정할 수 있도록 제도화할 필요가 있다.

5) 작물 수확 후 수거하지 않아도 로타리 작업만으로 분해되어 퇴비화될 수 있는 친환경 멀칭재 개발에 적극적으로 투자하는 정책적 배려가 있어야 할 것으로 판단된다. 또한 이러한 친환경 멀칭재를 사용하는 농지에 대해서는 할당오염부하량 산정시 인센티브를 주는 등의 정책적 배려도 필요하다.

6) 농촌지역에서 증가되고 있는 휴경지를 수질개선시설로 이용하는 경우 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 정책적으로 지원할 필요가 있다.

휴경지를 이용하는 경우는 별도로 수질개선시설을 조성하는 것이 아니고 휴경지에 물을 유입시키는 것만으로도 효과를 볼 수 있으므로 경제적인 면에서도 유리하므로 적극적으로 도입할 필요가 있다.

또한 휴경지에서의 수질정화기능을 강화시키기 위하여 여울-웅덩이 및 흙수로 등을 조성하는 행위도 오염부하량 삭감시설로 인정하여 할당부하량을 낮출 수 있도록 제도를 정비하는 것도 좋은 방법인 것으로 판단된다.

5. 농업용수 수질관리를 위한 자옴환경관리 제도의 검토

5. 농업용수 수질관리를 위한 자율환경관리 제도의 검토

5.1 자율환경관리의 의의 및 도입배경

5.1.1 자율환경관리의 의의

경제적 어려움을 극복하기 위하여는 우리 경제의 근본적인 문제인 고비용 저효율의 구조를 탈피하여 국제경쟁력을 강화할 필요가 있다. 이를 위해서는 시장원리에 입각한 경제체제의 정책이 필요하며 이는 환경문제에의 대응에 있어서도 매우 중요한 과제로 부각되고 있다. 규제중심의 일방적인 환경관리체제에서 시장원리에 입각한 자율적이고 책임 있는 환경관리체제로의 전환이 모색되어야 할 것이다. 더구나 최근 국제환경 논의가 더욱 활발해지고 환경과 무역의 연계 움직임이 가시화됨에 따라 정부, 기업, 소비자가 상호 협력하여 환경을 개선하고 국제적인 문제에 공동 대처할 필요성이 높아지고 있는 것이다.

이와 같은 배경하에 새롭게 부각되고 있는 것이 자발적협약(Voluntary Agreement)이다. 이것은 기업이 바람직한 환경목표를 설정하고 이를 자발적으로 추진하는 환경관리방식을 말한다. 자율환경관리 방식의 이점은 거래비용(transaction cost)이 적게 들고 환경목표를 신속하게 효율적으로 달성할 수 있다는 것이다. 또한 기업이 자율적인 방법을 선택함으로써 그 기업의 특성에 맞는 환경개선대책을 세울 수 있고 기업들이 강제적으로 규제를 당했을 때보다도 환경보전에 긍정적인 태도를 지닐 수 있다는 것이다. 자율적 정책은 선진국을 중심으로 점차 확대되는 추세에 있으며, ISO14000과 같은 국제적 자율 정책이 확대되는 것을 감안하면 기업들의 자율적 환경관리는 국제사회에서 생존하기 위한 필수적 조건이 될 것이다.

5.1.2 자율관리정책의 추진배경

1) 목적

과도한 행정력이 소요되고 비용 효과적이지 못한 오염매체별 환경관리 일변도에서 탈피하여 기업의 자율성과 창의성을 기반으로 기업 스스로 자율적 환경관리를 도모함으로써 환경보전과 기업경영목표를 동시에 달성하는데 있다.

2) 추진배경

자율환경관리는 환경관리의 유연성(flexibility)을 제공하고 비용을 절감하며(lower cost) 동종기업에 대한 압력, 무역과 환경을 연계시키는 세계화 추세에의 대응 등 국내·외적 환경문제에 능동적으로 대응하기 위한 방안으로 도입·확산되고 있으며 주요한 배경은 다음과 같다.

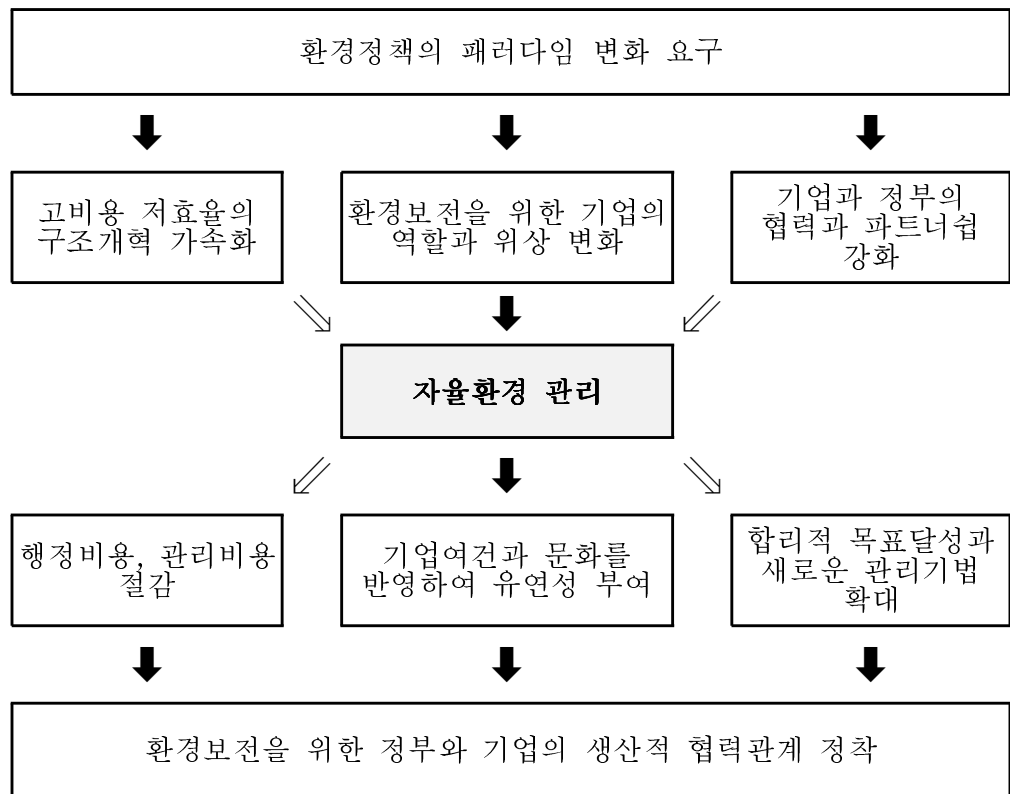
첫째는 기업의 인식변화이다. 기업의 경우 환경투자는 최소화하여야 이윤을 최대화할 수 있다는 인식이 팽배하였던 것이 사실이다. 환경 규제는 불필요한 비용을 유발하고 경영에 부담이 되는 것으로 생각하여 왔으나 최근에는 환경과 기업경영은 동시에 고려되어야 한다는 인식이 확산되었다. 다시 말하면 환경보호와 기업이익의 동시추구(clean and profitable)에 대한 가능성 발견이다.

둘째는 환경문제의 다양화이다. 국민의 환경수요 증대에 따라 환경정책의 효과성과 질 향상을 위한 새로운 정책수단이 필요하다는데 있다.

규제위주 환경관리는 오염물질을 근원적으로 줄이는데 한계가 있고 또한 과도한 행정력이 소요된다는 단점이 있다. 따라서 기업의 자율과 창의를 최대한 활용하여 최소 비용으로 사전에 환경오염을 예방할 수 있는 정책수단의 도입이 필요하게 되었다. 1990년대 중반이후 직접규제의 문제점을 최소화하고 자발적인 참여와 협조에 의한 환경정책의 도입의 필요성이 확산되었는바 미국, 네덜란드 등 선진국을 중심으로 기업과 정부간 합의 또는 계약의 형태로 환경목표를 설정하고 기업 스스로 환경개선 계획을 추진토록 하는 자발적 합의(voluntray agreements) 도입이 그 예이다.

셋째는 비용이 아닌 경쟁력을 가늠하는 요인으로서 환경문제가 대두되었다는 점이다. 최근에는 기후변화 등 국제환경규제 강화, Green Consumerism 확산에 따라 환경과 경제를 함께 살리는 친환경적 기업활동이 불가피하게 되었다. 더구나 환경관리가 소홀한 기업은 이미지가 나빠져 결과적으로는 마케팅에도 큰 영향을 미치기 때문에 환경관리는 곧 매출과 직결되는 추세에 있다.

넷째는 국제적으로도 고비용 - 저효율의 사회구조를 개혁하려는 움직임이 가속화되고 있다는 점이다. 직접규제로 인한 행정비용과 비효율을 최소화하고 환경개선과 기업의 경영목표를 동시에 달성하기 위해서는 환경관리에 있어서도 정부와 기업간 협력과 신뢰를 바탕으로 한 자율환경관리체제의 정착이 필요한 실정이다.



<그림 5-1> 자율환경관리 기본개념

5.2 자율환경관리의 유형 및 국내외 사례

5.2.1. 자율환경관리의 유형

자율환경관리는 경험적인 실험에 의해 발달해 오고 있는 제도이다. 때문에 선형적으로 이론화된 모형은 없다. 그러나 몇가지 기준으로 분류 하면 보다 그 성격이 명료해진다.

자율환경관리는 그 특성에 따라 목표지향적 자율협약, 성과지향적 자율협약, 연구개발을 위한 상호협력, 자율적인 감시와 보고 등으로 나눌 수 있다.

첫째 유형인 목표지향적 자율협약(Target-based VA)은 협상에 의한 계약(Negotiated Agreement)이라고도 한다. 협상을 통해 설정된 목표가 법적 구속력을 갖거나 향후의 규제조건이 되어 강력한 규제의 사전예고로서의 성격도 지닌다. 이러한 협약에는 통상 세 가지 방법이 있다. 첫째는 자율활동이 협정의 목표를 충족시키지 못하면 엄격한 범규시행이나 강력한 규제와 같은 강제활동이 수반되는 경우이다. 둘째는 특정기간내에 에너지효율성을 어느 정도 향상시킨다는 목표나 환경오염 물질의 배출량을 저감시키기 위한 기업의 장기계획에 대한 약정이다. 끝으로 법적 구속력을 가지는 협정이나 계약을 체결하는 경우이다.

둘째 유형인 성과지향적 자율협약(Performance-based VA)은 협의를 통한 자발적인 성과목표로 구성된다. 이 경우에는 법적 구속력이나 향후의 규제내용이 전제가 되지는 않는다. 기업은 일차적으로는 새로운 경제적 이익을 얻기 위해 이차적으로는 시장과 소비자에 환경친화기업으로서의 책임과 신뢰감을 얻는 효과를 노리며 참여한다. 성과지향적 자율협약 프로그램은 산업별로 어떤 성과기준을 설정하여 그것을 달성하는 제도이다. 성과지향적 자율협약은 목표를 결정하는 주체에 따라 프로그램 결정형과 참여자 결정형으로 구분된다. 전자는 자율협약의 프로그램에 의해 결정된 특정한 성과목표를 참여자가 선택하는 방식이다. 반면 후자는 참여자가 스스로 일정기간 동안

의 자신의 성과향상 목표를 수립하는 방식이다.

셋째 유형인 연구개발을 위한 상호협력(Cooperative R&D VA)은 미개척 분야를 진보시키려는 새로운 기술개발에 초점을 둔다. 이 방식은 법적 구속력을 가지는 실천목표나 자발적인 성과목표를 포함하지 않는다. 다만 현실적으로 달성할 수 있는 기술개발을 위해 정부가 기업이나 연구기관의 생산공정 및 제품 개발 연구에 대한 유인장치를 마련하여 지원하는 경우이다. 연구개발을 위한 상호협력 자율협약 프로그램은 신규 또는 고도성과기술(high-performance technologies)의 개발과 상업화를 촉진하고, 공공부문과 민간부문간의 공동연구 목표를 수립하기 위해 경제적 수단을 이용하는 것이 특징이다.

넷째 유형인 자율적인 감시와 보고(Monitoring and Reporting VA)는 모든 자발적인 환경협약의 일반적인 구성요소이다. 기업은 절감목표, 추진일정, 감시, 보고 등의 계획을 수립하여 정부와 협의하여 약정을 맺게 된다. 기업의 추진실적 과 추진상의 문제점에 대한 꾸준한 평가와 개선노력이 자율협약의 성공의 필수적인 요소이기 때문이다. 그러나 때로는 자율적인 감시와 보고만을 독립적으로 약정할 수도 있다. 자율 감시와 보고약정은 거의 모든 자율 관리 프로그램에 필수적으로 포함된다. 보고는 개별 자율관리프로그램별로 자체적으로 수행되기도 하며, 구체적인 실적보고 지침에 기초한 국가자율 보고기능과 연계될 수도 있다.

자율환경관리는 참여주체에 따라서 기업의 자발적 환경개선서약, 환경 개선 사적계약, 환경개선협정, 자율환경관리정책 등 네가지 유형으로 나누어 볼 수도 있다.

첫째 유형인 기업의 자발적 환경개선서약(unilateral commitments)은 환경개선계획이 오염물질을 배출하는 업체 자신에 의해 수립되고 정부, 주주, 고객 그리고 종업원에게 통지되는 경우이다. 환경개선목표, 법규준수 조치, 감시 및 보고 등은 서약하는 기업에 의해 자발적으로 결정된다. 그럼에도 불구하고 기업들은 자신의 선언의 신뢰성을 증진시키거나 효과성을 높이기 위해 제3자에게 이행상황 감시나 분쟁해결 권한을 이양할 수 있다.

둘째 유형인 환경개선 사적계약(Private Agreements)은 기업(또는 기업진단)과 이들이 배출하는 오염물질로 인해 피해를 받는 자(또는 집단으로 근로자, 지역주민, 인근공장 등)나 이들의 대표자(예를 들어 공동체 조직, 환경단체, 노동조합, 사업자단체 등)간에 체결된 계약이다. 이 협약은 환경관리프로그램을 운영하거나 오염저감 장치를 설치하는 것을 약정하는 것이다.

셋째 유형인 환경개선협정(Negotiated Agreements)은 환경정책을 담당하는 공공당국(자치단체, 정부, 연방 또는 지역)과 배출업체인 기업이 맺는 약속이다. 이 협정은 환경오염 감축목표 등 목표와 이의 달성을 위한 시한을 포함한다. 정부는 배출업소의 자율적인 행동이 합의된 목표를 달성하는 한 배출기준이나 환경세 등 새로운 규제입법을 하지 않는다고 약속한다.

넷째 유형인 자율참여 환경관리제도(Public Voluntary Programme)는 이행기준, 기술기준 또는 관리방식 등 환경당국 등 정부가 수립한 기준에 배출업소가 동의하여 참여하는 경우이다. 자율참여 환경관리제도는 가입회원의 조건, 오염감축 의무조건, 이행상황 감시기준 그리고 결과의 평가방법 등을 규정한다. 이 제도를 운영하는 당국은 참여기업에 연구 및 기술개발비 보조, 기술 및 정보 지원, 환경표지 부착사용 등의 혜택을 부여한다(환경부,1999).

5.2.2 국내·외 사례

1) 국 내

(1) 환경친화기업제도

우리나라에서도 자율환경관리 수단은 체계적이지는 않지만 꾸준히 개발되고 시행되어 왔다. 이중 가장 대표적인 것은 환경친화기업제도이다. 환경친화기업지정제도란 기업이 환경규제치만 준수하는 환경 관리방식에서 벗어나 기업 스스로 사업활동의 전과정에서 환경영향을 평가하고 구체적인 환경목표를 설정하여 자율적으로 환경개선을 도모 하도록 하는 제도이다. 기업은 자율적으로 제품 설계에서부터 원료조달, 생산 공정, 사후관리까지 사업 활동 전반의 영향을 평가하고 이를 토대로 오염물질 삭감계획과 방법 등이 명시된

구체적인 환경개선계획을 마련하고 이를 이행하여야 한다. 환경친화기업제도는 1995년에 도입되어 2007년 172개 사업장이 환경친화기업으로 지정되어 있다. 이들 기업에 대하여는 정기 지도점검을 원칙적으로 면제하여 주고 중소기업에게는 용자 우선 지원 등의 인센티브를 부여하고 있다.

(2) 재활용목표율 설정제도

재활용목표율 설정제도는 종이, 고철 등 재활용 가능자원의 재이용률을 높이기 위해 정부와 사업자 단체가 협의하여 재활용목표율을 설정 하고 개별기업은 배분된 목표를 자율적으로 달성토록 하는 제도이다. 동 제도는 “자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률”에 근거하여 재활용 가능자원의 효율적 이용과 재활용을 촉진하기 위해 1993년에 “재활용지정사업자의 재활용지침”으로 고시되었다.

이 제도에 따르면 종이·유리용기제조업, 제철 및 제강업, 플라스틱제품제조업 등 재활용지정사업자는 폐지, 폐유리, 고철, 폐플라스틱 등의 재활용 계획 및 실적을 사업자 단체에 제출 및 매 5년마다 재활용가능 자원의 이용목표율 설정 및 재활용 기술개발계획 등을 수립토록 하고 있다. 사업자단체는 재활용지정사업자가 제출하는 실적을 총괄하고 연도별 시행계획에 대한 총괄계획을 당해 연도개시 1월 전까지 환경부와 산업 자원부에 매년 제출토록 하고 있다.

(3) 사업장폐기물 감량화제도

1995년 「폐기물관리법」을 개정, 일정규모 이상의 사업장폐기물 배출자로 하여금 폐기물의 발생억제를 위한 조치를 취하도록 법제화하고, 1996년 12월 동 법률에 근거하여 환경부와 산업자원부가 공동으로 「사업장 폐기물 감량화지침」을 고시하였다. 이 제도는 공정개선, 재활용 등의 방법으로 발생하는 폐기물을 감량화하도록 하고 있다. 대상사업장은 연간 200톤 이상 지정폐기물을 발생시키는 14개 업종의 사업장이 해당된다. 대상사업장의 수는 전체 지정폐기물 배출사업장의 1%에 불과하지만 이들 업체가 배출하는 지정폐기물은 우리나라 전체 지정폐기물 배출량의 86%를 차지한다. 대상사업장은 공정, 감량요인, 재활용가능성 등을 분석하고 목표율, 이행수단 등의

내용을 담은 사업장 폐기물 감량화계획을 수립하고 실적을 관리하여야 한다.

사업장폐기물 감량대상사업은 사업장별로 그 특성에 따라 감량계획을 수립하여 추진하고, 사업자 단체는 그 성과를 분석·평가하여 다음해 3월까지 우수사업장 지정을 지방환경관서의 장에게 요청할 수 있다. 그리고 우수사업장으로 지정되었을 경우에는 폐기물관리법에 의한 지도·점검면제, 환경친화기업 지정시 가점부여 및 시설개선자금의 지원 등 각종 인센티브가 주어진다.

2) 선진국 사례

(1) 일본

일본에서 활용되고 있는 자율환경관리 중 특기할 만한 것은 지방자치단체가 관내의 개별기업과 체결하는 공해방지협정이다. 지방자치단체는 지역 산업체와 지역 환경개선을 위한 공해방지협정을 체결하여 각 업체가 배출할 수 있는 대기오염물질, 수질오염물질, 폐기물 등의 배출저감을 추진하여 왔다. 공해방지협정은 일종의 신사협정으로서 지방자치단체는 배출업소에 중앙정부의 배출허용기준 이상의 배출량 감소를 요구하기 위해 활용되었다. 공해방지협정은 1964년 요코하마시가 전력회사와 체결한 것이 시초인데 현재 약 30,000개 이상의 공해방지협정이 있다. 이 같은 공해방지협정은 농업, 광업, 건설업, 제조업 등 전 산업에 걸쳐서 체결되며, 그 양식도 매우 다양하다. 지방자치단체의 자율협약제도 뿐만 아니라 환경청도 자율적인 기업의 환경성과평가프로그램을 수립하였다. 이 프로그램에서는 기업들이 산업활동으로 인해 발생하는 CO₂, GHGs의 배출에 대한 자체평가와 CO₂를 포함한 환경부하를 저감시키는 프로그램을 수립할 것을 각각 요구하고 있다.

일본의 각 산업계는 기후변화가스를 저감하기 위해서 자율환경개선을 선언하고 행동지침을 마련하여 실천하고 있다. 1991년 4월에 일본의 경제단체연합은 '기업실천 11대 지침'이 포함된 「지구환경헌장」을 선포하였다. 1997년 일본의 경단연은 「자율환경실천계획」을 발표하였다. 이 계획은 환경윤리의 재무장, 생태효율의 구현, 자발적 노력의 강화 등의 세가지 목표를 추구한다. 그리고 지구온난화 대처, 재활용사회의 건설, 환경경영체제와 환경감

사제도의 구축, 해외활동에서의 환경성 고려 등의 4가지 분야에 걸쳐 구체적인 행동 지침을 제시하고 있다. 현재 약 140개의 산업조직이 자율환경개선 선언을 하고 있는데 에너지와 이산화탄소 저감을 위한 것이 주종이다.

(2) 미 국

미국의 환경규제개혁은 1970년 이래 25년간의 환경관리 경험에 대한 평가와 반성을 토대로 출발하고 있다. 즉 종래의 환경규제가 피규제자의 입장에 대한 배려를 너무 소홀히 하였으며, 과도한 절차상의 규제로 행정비용을 초래하였고, 너무 경직적이어서 기업의 자발적인 기술혁신을 촉발시키지 못하였으며, 환경개선을 위해 필요한 사회적인 역할분담에도 문제가 있었다는 지적이 많았다. 이러한 인식하에서 미국이 추구하고 있는 환경규제 개혁의 기본 목표는 “보다 깨끗한 환경을 보다 저렴한 비용(Cleaner Environment with Less Costs)”으로 얻는 방법을 찾는 것이다.

미국의 자율환경관리는 대기, 수질, 폐기물 그리고 유해화학물질 배출에 대한 기존 법규의 효율성과 범위를 넓히기 위해서 활용되고 있다. 미국의 자율환경관리프로그램은 기존 법규를 보완하는 역할을 주로 담당한다. 미국의 EPA와 산업계는 1988년 이후 42개의 다양한 형태의 자율환경관리제도를 도입하였다. 이 중 31개는 자율참여환경관리제도이며 9개는 산업계의 자율환경개선서약이다. 그리고 자율환경개선협정은 상식주도정책과 XL사업 2개이다.

미국의 자율환경관리제의 시초는 유해화학물질 관리를 위한 수단으로 미국 EPA가 도입한 화학물질배출목록제도(Toxic Release Inventory; TRI)에서 찾을 수 있다. 동 제도는 1986년 환경보호처가 「유해화학물질관리법」을 제정하면서 도입한 것이다. 유해화학물질을 사용하는 업체로 하여금 자신이 사용하는 유해물질의 목록과 사용량을 보고하고 공개하게 하여 환경오염물질 배출량을 저감하도록 유도하는 제도이다. 이어 환경보호처는 33/50프로그램을 도입하면서 유해화학물질 배출량을 1992년까지는 33%를 1995년까지는 50%를 자발적으로 감축하도록 한 바 있다. 미국화학제조업자협회(CMA : Chemical Manufacturers Association)는 1988년에 책임배려제도(RC :

Responsible Care)를 도입하였다. 책임배려제도는 미국의 산업분야에 있어서 최초의 자기규제(self-regulation) 프로그램이다.이 제도는 환경성과 기준달성보다는 관리실무(management practices)의 개선에 초점을 두고 있다.

산업부문의 다양한 에너지 사용과 기후변화가스 감축을 위한 자율참여환경관리제도도 도입·시행하고 있다. 참여기업들로 하여금 실현 가능한 오염예방 및 에너지효율 기술과 응용을 기업들이 자발적으로 도입하도록 촉구하고 있다. 환경친화적 설계(DfE ; Design for Environment)는 1992년 오염예방과 환경보호를 위해서 도입한 것이다. 이 정책은 기업으로 하여금 제품, 생산공정 그리고 기술 및 관리체계의 설계나 재 설계시에 환경적인 배려를 하도록 지원하는 것이다.

미국정부는 환경규제개혁에 있어서 핵심적인 프로그램으로 상식주도정책(CSI:Common Sense Initiative)을 추진하고 있다. 이 프로그램은 산업별(industry by industry) 접근에 근본을 둔 전략으로 효율적이고 효과적인 통합오염관리를 달성하기 위한 정책이다. Project XL은 최고와 리더십을 표방하고 더 훌륭하고 비용효과적인 공중보건 및 환경보전을 달성하기 위한 혁신적인 방식들을 시험하는데 목적을 두고 있다. Project XL을 통한 환경규제개혁의 접근은 개별사업장에 대한 환경규제의 신축성을 부여하는데 있다.

(3) 유럽연합

유럽연합국가들은 환경규제개혁수단으로 자율환경관리제도를 경제적 유인장치와 함께 널리 활용하고 있다. 유럽위원회는 1992년 제5차 환경행동계획에서 자율환경관리제도에 긍정적인 태도를 표명한 바 있다. 비록 대다수의 유럽연합 국가들이 다양한 형태의 자율환경관리프로그램을 활용하고 있지만 몇몇 국가들은 아주 독특한 모형을 선보이고 있다. 유럽연합에서 가장 보편적인 자율관리유형은 환경개선협정 이다. 특히 네덜란드와 독일은 이러한 유형의 자율환경관리를 광범위하게 이용하고 있다.

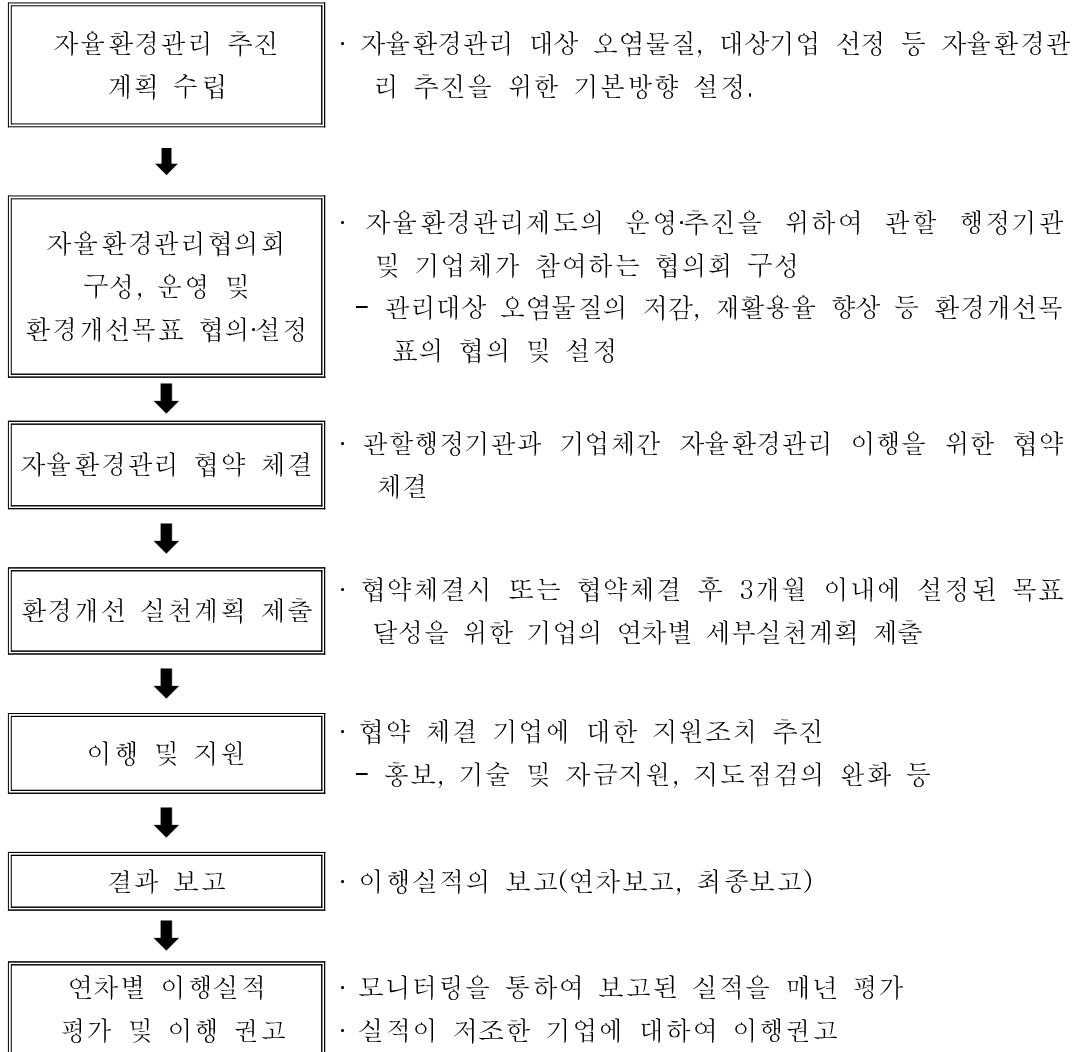
네덜란드는 1989년에 수립한 국가환경정책계획(National Environmental Policy Plan)을 집행하는 핵심전략으로 산업목표 집단접근방식(Target-group Approach for Industry)을 택한다. 그리고 정부는 목표집단접근법의 운영방식으로 목표집단의 이해당사자와의 협상을 통해서 협정(Agreements or Covenats)을 체결한다. 독일의 자율환경관리협정들은 대부분 1980년대와 1990년대 초에 이루어졌다. 이 시기의 협약과 관련된 주된 제품들은 세척제, 페인트·니스, CFC함유 제품 등이다. 1995년 이후에는 에너지집약산업을 중심으로 한 GHG 저감에 관한 일련의 협약들이 이루어지고 있다.

네덜란드와 독일은 정책당국과 산업조직이 집단적인 오염저감목표나 이의 달성을 위한 목표시한을 설정한다는 점에서는 동일하다. 그러나 네덜란드의 경우에는 허가절차를 통해서 개별기업에 대한 감시와 처벌을 한 반면 독일의 경우에는 감시와 제재가 새로운 규제도입이라는 산업전체에 대한 집단적인 것이어서 집단적인 목표달성능력이 다소 약하다. 전자를 네덜란드모형(D-Model) 그리고 후자를 독일모형(G-Model)이라고 한다. 네덜란드식은 모든 환경분야에 활용되는 협상형 모형이 되고 있으나 독일모형은 CFC 감축이나 기후변화가스 감축 등 특정오염물질에 국한되어 활용되고 있다.

5.3. 자율환경관리 추진절차

5.3.1. 추진절차

자율환경관리 추진 절차는 <그림5-2>와 같다.



<그림 5-2> 자율환경관리 단계별 추진절차

1) 자율환경관리 추진 기본계획 수립

자율환경관리를 추진하는 행정기관은 다음의 여건을 고려하여 대상 오염물질의 종류, 개선목표 등 자율환경관리의 추진 기본계획(안)을 수립

- 환경기준과 지역환경여건 등 일반현황
- 지역환경관리의 문제점 및 주된 민원현황
 - 오염사고 발생현황, 지도점검결과 개선이 요구되는 사항 등
- 기업체의 환경관리실태
 - 기업체의 규모, 업종, 용수 및 연료사용량, 배출시설 및 방지시설, 오염물질 배출실태, 기술능력, 투자여건 등

2) 자율환경관리협의회 구성·운영 및 환경개선목표 협의·설정

자율환경관리 추진과 관련된 업계, 관할행정기관간의 운영방향, 환경개선목표, 협의 평가방법 등을 협의·조정하는 등 제도의 원활한 추진을 위하여 “자율환경관리협의회”를 구성

- 환경개선목표 협의 등을 위한 자율환경관리 추진체
- 구성원의 범위, 역할 등은 관할 행정기관의 장이 정하되 참여기업의 입장을 대변할 수 있도록 구성하여야 함.
- 협의회의 운영에 필요한 규칙 등을 제정, 운영할 수 있음

○ 자율환경관리협의회의 구성원 및 역할

- 구성원 : 참여 대상기업체, 관계공무원, 관련연구기관 등
- 역할 : 관리대상 오염물질 및 개선목표의 협의·확정
 - 협약기간(3~5년), 참여대상업체의 범위
 - 자율환경관리 추진일정 확정
 - 개선목표 이행실태 확인, 평가 및 보고
 - 자율환경관리 추진과 관련 관계기관과의 업무협의 등

3) 자율환경관리 협약 체결

협약의 체결은 자율환경관리협의회에서 협의·확정한 관리대상 오염물질의 배출량 저감을 위하여 기업체 대표와 관할기관의 장이 “자율환경관리 협약서”에 서명함으로써 기업체 스스로 기업의 환경개선을 추진하겠다는 의지를 표시하는 것이다. 협약기간은 3년을 기본기간으로 하되 신기술 도입, 기술개발 등 여건에 따라 조정가능(가능한 한 5년 이내로)하고 환경개선 목표는 년차별로 설정하여야 하며 매년 목표이행을 평가할 수 있도록 한다. 협약서에 포함되는 주요내용은, 협약기간, 관리대상 오염물질의 종류, 개선목표와 정기적 이행보고, 모니터링, 평가 등에 관한 사항이다.

4) 환경개선 실천계획서 제출

참여기업체는 체결한 협약서 상의 중점관리대상 오염물질 배출저감을 위한 세부실천계획을 수립하여 협약체결시 또는 협약체결 후 3개월 이내에 협약체결한 행정기관에 제출하여야하며 자율환경관리협의회는 기업체가 제출한 세부실천계획서의 연도별 추진계획의 적정성, 실현 가능성, 투자계획의 타당성 등 목표달성을 위한 계획을 검토, 평가 (미흡한 사항에 대하여는 추가자료 요구)한다.

5) 이행 및 지원

참여기업체는 관할행정기관과 협약 체결한 환경개선목표 달성을 위하여 수립한 세부 실천계획의 이행을 위하여 노력하여야 한다. 환경부 및 관할행정기관은 참여 기업체의 자율환경관리를 지원하기 위하여 언론 등을 통한 홍보, 기술 및 자금지원, 지도점검 완화 등 필요한 조치를 하여야 한다

6) 결과보고

참여기업체는 관할행정기관에, 관할행정기관은 환경부에 자율환경관리 이행 상황에 대한 결과를 보고(연차보고, 최종보고)하여야 한다. 연차보고는 전년도 실적을 다음연도 1월 30일까지 제출하고 최종보고는 협약기간(3년~5년)이 종료된 후 1개월 이내에 제출하여야 한다.

7) 연차별 이행실적 평가 및 이행권고

개선계획 목표 대비 이행실적을 비교·분석하여 실천을 위한 시설투자내역, 개선시기, 개선효과 등 평가결과 실적이 저조한 기업에 대하여는 환경개선목표 달성을 위해 수립한 세부실천계획의 이행을 권고하여야 한다. 환경개선목표 이행이 극히 미흡하다고 판단되는 기업, 허위보고, 민원 또는 오염사고를 야기하여 자율환경관리제도의 취지를 훼손한 기업 등에 대하여는 협약을 파기하거나 일정기간을 정하여 참여 기업에 부여한 지원정책을 철회할 수 있다.

5.3.2. 참여주체별 역할

1) 자율환경관리협의회

- 기업체의 적극적인 참여를 유도하고 자율환경관리제도의 효율적인 추진·운영 및 기타 운영에 필요사항의 협의·조정을 위한 기구
 - 필요시 대기, 수질 등 분야별로 세분화하여 협의회를 구성, 운영할 수 있다.
- 자율환경관리협의회 운영을 통한 중점관리대상 오염물질 및 배출량에 대한 개선목표 설정
 - 관리대상 오염물질에 대한 향후 3년~5년간 추진할 구체적, 수량적인 감축·재활용목표 등 협의·설정
- 자율환경관리 이행실태 확인, 모니터링, 평가
- 업계의 애로사항 수렴, 해소, 건의
- 기타 자율환경관리 추진과 관련된 사항의 협의·심의 등

2) 개별 참여기업

- 자율환경관리 추진 및 협의회에 적극적인 참여
- 참여기업별로 중점관리대상 오염물질배출량 통계 작성 및 향후 3년~5년간 연차별 감축목표 설정
- 자율환경관리 협약 체결시 또는 협약 체결 후 3개월 이내에 환경개선 목표 이행을 위한 세부실천계획 수립 및 관할행정기관에 제출

3) 행정기관(환경부, 환경관리청, 지방자치단체)

(1) 환경부

- 자율환경관리제도 운영 총괄
 - 제도의 개선, 보완 및 발전 방안
 - 유사제도와의 연계 검토 등
- 참여기업에 대한 제도적 차원의 지원
 - 업계, 제도 운영기관의 애로 및 건의사항 검토
- 자율환경관리 추진기관의 추진현황, 효율성 파악
- 기타 자율환경관리 추진기관에 대한 행정적 협조

(2) 환경관리청 및 지방자치단체

- 지역별 자율환경관리제도 추진계획 수립, 환경개선목표 협의, 협약체결, 이행계획의 적정성 검토 등 제도운영의 실질적인 주체
- 참여업체의 이행실태 모니터링, 평가 및 관련기관과의 업무협의
- 자율환경관리제도 참여업체에 대한 환경관리실태 진단 실시
 - 진단을 위해 대기·수질·폐기물 등 분야별 전문가 1인 이상 포함된 전문평가팀 구성 및 운영
 - 환경실태진단은 년 1회 이상 실시하되 범규 미비사항, 시설개선 등에 대하여는 관련업체와 협의, 개선조치
- 참여업체에 대한 지원 및 홍보
- 기타 자율환경관리 시행에 따른 유기적 협조

4) 환경관리공단, 한국자원재생공사

- 참여업체 및 관할기관의 요청시 환경기술지원 우선 실시
 - 기술지원을 위하여 대기, 수질, 폐기물 등 분야별 전문가 1인 이상이 포함된 기술지원팀 구성 및 운영
- 「환경개선자금(재·특)융자운용요강」에 자율환경관리 참여기업은 환경개선자금을 우선 지원토록 조치
- 「재활용산업 육성자금융자운용요강」에 자율환경관리 참여기업은 자금

을 우선 지원토록 조치

- 폐기물 재활용 정보의 제공 등 기업의 재활용과 관련된 사항의 지원

5.4. 참여기업에 대한 지원

5.4.1. 규제완화

1) 지도·단속의 완화

- 근거규정 : 환경오염물질 배출사업장 지도·점검에 관한 규정(환경부 훈령 제403호)
- 규제내용 : 사업장의 규모, 위반횟수 및 지역특성에 따른 정기점검(년 1~4회)
: 민원발생시, 배출시설가동신고 또는 개선명령이행보고시, 기타 관리가 필요하다고 인정되는 사업장 등에 대한 수시점검(대기, 수질, 폐기물 등 분야별로 점검)
- 지원내용 : 환경오염물질 배출사업장 지도·점검에 관한 규정에 의한 지도·점검을 환경관리실태 진단으로 전환(년 1회 이상).
단, 오염피해 진정 등 민원 발생시에는 예외

2) 업계 애로사항 해소

- 관할행정기관은 참여업체 등과 수시로 간담회를 개최하여 업계의 애로 및 건의 사항에 대하여 협의·조정

3) 기본부과금 감액 등 환경부담금의 감면 방안 검토

- 참여업체들의 추진실적을 평가하여 우수기업에 대하여는 환경관계법규에 규정된 기본부과금 등 환경부담금을 감액 할 수 있는 제도적 방안 모색

5.4.2 기술지원 및 환경관리실태 진단

1) 기술지원

- 지원기관 : 환경관리공단
- 지원시기 : 참여업체 희망일(환경관리공단의 여건이 불가피한 경우 희망일로 부터 30일의 범위 내에서 변경될 수 있음)
- 신청방법 : 기술지원신청서 1부(환경기술개발및지원에관한법률 별지 제6호 서식)
- 지원분야 : 참여업체에서 요청하는 분야

2) 환경실태 진단

- 진단기관 : 관할 환경관리청 또는 지방자치단체
- 진단시기 : 자체계획을 수립 년 1회 이상실시
- 신청방법 : 환경실태진단 신청서 1부
- 진단 후 조치사항
 - 진단기관 : 미비사항 확인시 업체와 협의하여 개선기간 부여 및 이행여부 확인
 - 참여기업체 : 미비사항에 대해 진단기관과 협의한 기간 내 개선완료
⇒ 개선 미이행시 확인서 징수 및 행정처분

5.4.3 자금지원 및 홍보

1) 자금 지원 등

환경개선자금(환경오염방지시설설치자금, 환경기술개발 및 산업화자금), 재활용산업육성자금 등 환경관련 각종 시설자금의 우선 지원이 가능토록 조치

- 용자지원대상
 - 대기 및 수질환경보전법, 소음진동규제법에 의한 방지시설, 비산먼지의

발생억 제시설

- 오수분뇨및축산폐수의처리에관한법률에 의한 오·폐수병합처리시설, 오수정화시설, 축산폐수처리시설
 - 폐기물관리법에 의한 폐기물처리시설의 침출수 처리시설
- 용자금액 : 10억원 이하
- 환경친화기업 지정 신청시 우대
- 이행실태가 우수한 업체가 환경친화기업 지정 신청시 자율환경관리 대상 부분에 대하여는 만점(탁월) 부여

2) 언론매체를 통한 홍보 등

- 참여업체의 차량, 건물, 생산제품 등에 부착할 수 있는 로고 제작·사용
 - 로고의 제작(형태, 문구 등 포함) 및 사용범위는 자율환경관리협회의 의견을 수렴하여 관할행정기관의 장이 정하되 반드시 업체 및 관할행정기관을 나타낼 수 있는 문구가 있어야 함
- 참여기업에 「자율환경관리참여업체」명판 수여
- 우수사례 발굴 및 언론, 잡지, 인터넷을 이용한 홍보 등

5.5. 수질환경개선을 위한 국내 사례

5.5.1. 대포천 살리기 수질개선 사례

낙동강 하류의 지천으로 경남 김해시 상동면에 위치한 대포천은 하폭이 40m에서 50m가 되고 유하길이가 8.9km가 되는 보통의 하상 상태의 하천이지만 수질성적이 BOD와 COD가 각각 1.1mg/L과 3.4/L의 Ⅲ급수로서 1997년 낙동강 상수원 수질개선 특별법에 의해 상수원 보호지역으로 묶일 처지에 놓여있자 김해시 5개 읍면 주민들이 생존권 차원에서 상수원 수질개선특별법 제정 반대 대책위원회를 구성하는 등 상수원보호지역으로의 지정을 저지하는 한편, 상동면 주민 스스로의 적극적인 자율참여로 수질개선활동인 「대포천

살리기 운동」을 전개하였다. 그 결과 2000년 8월에는 BOD와 COD가 각각 0.4mg/L과 1.5mg/L로 I 급수의 수질성적을 얻게 되었다.

상동면 대포천 유역에는 공장시설이 35개소, 인구가 1,127가구에 3,390명이며, 행정구역상 대감리, 매리, 우계리, 묵방리 등으로 구분되어 있다. 토지이용 현황을 보면 총 4,211.8ha의 유역에 대지가 약 38.5ha, 밭이 172.8ha, 논이 277.2ha, 임야가 3,723.3ha이고 축산현황 또한 116가구에 한우가 527두, 젓소가 52두, 돼지가 33,444두, 닭이 3,000수이며, 음식점 및 유흥업소는 84개소가 운영 중인 것으로 조사되었다.

1997년 11월, 하상정비(퇴적물 제거 작업), 물길 바로잡기, 낙차공 설치, 유급감시원 배치활용, 민간환경 감시단 결성운영, 정비대상 주요하천 정리 등을 내용으로 대포천, 해반천, 신어촌, 소감천, 진례천, 사촌천, 용덕촌 등 8개 하천에 대한 하천살리기 추진계획을 수립하여 환경부에 보고하였다.

1998년 2월에는 부읍면장 및 사무장 회의에서 1998년도 하천살리기 사업으로 오염하천살리기, 하천별 관리 실명제 실시와 그에 따른 추진계획으로 상습투기지역 및 오염지역에 대한 일체정비를 시행하고 정기적으로도 정비를 실시하였으며, 민간단체를 주축으로 자율감시체계인 하천지킴이를 마을단위로 2명씩, 상동면에 36명을 위촉하여 마을 앞 하천내 소각행위 등에 대한 감시감독과 각종 오물의 불법투기자를 적발하여 고발하고, 축산 및 공장폐수의 무단 방류에 대한 예방활동과 수질개선사업을 주관토록 했다.

또한 화포천, 대감천, 신어천 등 주요하천에 3월부터 12월까지 1,526만원을 확보하여 유급환경감시원 2명을 배치하였고, 국토대청결운동시에도 하천정비를 중점적으로 실시하였으며 관내 유관기관 및 민간단체와도 읍·면별로 협의체를 구성하여 하천관리구역을 지정 및 관리하였고, 1998년 상반기부터는 공공근로사업과 병행하여 하천 일체정비와 1999년 112백만원의 예산을 들여 공공인력 25명을 8개월에 걸쳐 24개 마을(실개천)의 상수원 상류지역에 대한 오염원 제거 및 수질정화 수초를 식재하고, 43백만원을 투입하여 4개면에 공공인력으로 음식물찌꺼기 저감 간이 침전조를 3,044개소 설치했다.

그리고 1998년 7월 20일부터 29일까지 17명의 인원을 선출하여 하천살리기 대책위원회를 조직하여 활동하고 있으며, 정기적으로도 하천살리기 다짐대회를 여는 등 하천살리기 대책회의를 지속적으로 전개하고 있다.

「대포천살리기」를 적극적으로 추진하여 대포천 수질이 97년Ⅲ급수에서 2000년 현재 I 급수로 개선됨으로써 두루미가 서식하고, 어종으로는 베스, 미꾸라지, 메기, 다슬기 등이 다양하게 서식하고 있으며, 여름이면 아이들과 주민들이 물놀이를 즐길 수 있는 친수공간이 되었다. 그러나 무엇보다도 큰 소득은 자연환경 및 수자원 가치의 중요성을 주민 스스로가 인식하여, 「자연과 지역경제는 공존한다」는 사실을 깨달았다는 것이고, 나아가 수질환경을 개선하는데 정부, 지자체, 호소 수면관리자(한국농촌공사) 및 주민간에 상호 이익과 책임을 공유토록 노력해야 한다는 교훈이 되고 있다.

이러한 사례는 환경부가 정부주도의 환경정책을 수정하여 「낙동강 생명찾기 대장정」이라는 수질개선 사업에 「대포천살리기」를 소개하여 주민과 지자체가 자발적으로 수질을 개선하는 노력을 당부하면서 그에 따른 지원방안도 강구하고 있다.

5.5.2. 주민참여 프로그램 및 각종 집단 조직의 개발

지역 사회복지의 한축을 담당하고 있는 주민들의 참여에 대한 중요성은 여러 번 강조 되었다. 하지만 당위성에도 불구하고 우리나라의 현실은 아직 미흡한 실정이다.

일반 주민들이 중심적인 구성원으로 참여하는 현장팀, 실무팀, 태스크포스팀을 비롯해 부문별 팀 등 다양한 팀을 구성하거나, 정책결정 단계별로 점진적 팀을 개발 운영하는 것도 다양한 주민참여 방안이라 할 수 있다. 또한 주민들이 참여하는 지역 사회복지 조직화를 위해서는 무엇보다도 지역의 다양한 복지관련 기관들의 네트워크를 구축해 시너지 효과를 거두는 것도 중요하다.

5.5.3. 주민참여 활성화 방안

첫째, 적절한 자치권의 배분 : 대부분 중앙에서 결정하고 지방에서는 무관심한 것이 현실인데 주민참여의 활성화 위해 자치단체에 적절한 권한과 배분이 선행되어야 한다.

둘째, 제도적 정비되어야 할 것으로 민원 청원제도 등 시민자문위원회 제도 마련하고, 지방자치단체 차원의 시민옴부즈만 제도, 주민발의, 주민소환제도, 건전한 시민단체 육성 등 적극 검토 도입하여야 한다.

셋째, 지방행정, 지방정치권에서 일어 나는 일이 주민에게 공개되지 않으면 주민 참여가 활성화되기 어렵다. 정보공개관련 법령 등 정비를 통하여 보다 많은 자료들이 공개되어야 할 것이다.

넷째, 참여의 사회적 비용의 절감을 하도록 하여야 한다. 참여에 따른 기회비용, 실질적 경비 등을 줄이는 방안을 강구해야 하고, 쉽게 주민들이 접근에 용이하도록 사이버 공간을 활성화 시키는 방안도 좋을 것으로 생각된다.

다섯째, 시민관심과 참여에 대한 공직자의 의식 전환이 요구된다 지방정치, 지방행정에 대한 시민의 관심과 그 활성화를 위해 공직자도 고객만족을 최우선하는 공직자의 자세가 요청된다.

5.6. 현행 수질관리협의체구성 및 운영 실태

1) 배경 및 목적

농어촌정비법 제16조(국가 등이 시행한 농업기반시설의 관리·이관)에 의해 농업용수의 수량 및 수질관리에 대한 권리의무가 시설관리자에 부여되어 한국농촌공사와 시·군이 관리하고 있으며 현재까지 농업용수 수질관리는 앞서 4.2.1에서 언급된바와 같이 수질측정망조사 등의 수질조사와 비 사업

분야인 「내고향 물살리기 운동」, 「수질오염감시단 및 명예환경감시원」 운영 등에 국한하여 수질개선사업을 통한 직접적인 개선대책에는 미흡하였다.

또한 농업용수 수질관리는 관리대상 저수지의 동일수계 내 농업인 및 지역 주민들의 자발적인 참여와 지자체의 적극적인 동참을 유도하는 긴밀한 협조 체계가 부족하였다. 따라서 한국농촌공사는 2001년에 「대포천살리기」 수질 개선사례를 표본으로 하여 농업용수에 대한 수질관리시범 지구를 선정하고 지역민·관련기관이 공동으로 참여·운영하는 수질관리협의체 구성을 계획하였다..

목적으로는 첫째로 오염된 농업용 저수지의 수질을 농업용수 수질기준인 생활환경기준Ⅳ급수 COD8ppm 이하 유지를 목표로 한다. 둘째로 수량·수질을 동시에 고려한 양질의 농업용수를 공급한다. 셋째로 지역주민과 수리시설관리자, 지자체 사이의 유기적인 수질관리체계 구축으로 자율환경관리를 유도하여, 나아가 환경친화적 용수원의 수질개선 및 친수환경을 조성하는데 있다.

2) 추진방향

농업용수 수질관리 시범지구는 유역 상류부의 시·군 등 지자체의 오염원 감시 및 환경개선사업(환경기초시설 설치, 농어촌 주거환경개선사업, 소하천 정비사업, 오염하천정화사업, 소하천 셋강살리기사업등)과 수면관리자의 수면 내 수질개선사업을 연계 추진하고, 수질관리 시범지구는 지역특성(지역 고유 어종 살리기 운동 등)을 고려한 테마가 있는 사업으로 환경 친화적이며 지역 주민의 자발적인 참여를 유도할 수 있는 사업으로 추진한다.

그리고 사업시행 효과를 높이고 시행 후 유지관리를 원활히 추진하기 위하여 지자체와 지역주민 수면관리자가 공동으로 참여하여 각자의 역할분담을 통한 체계적인 수질관리를 할 수 있는 협의회를 설치·운영하여 오염원감시 및 유지관리활동을 강화한다.

또한 모든 수질관리 관련정보는 수질종합정보 D/B 시스템구축 및 운영을 통한 체계적 수질관리시스템으로 관리한다.

3) 세부추진계획

농업용수 수질기준(COD 8.0 ppm)을 초과하는 중점관리대상 저수지, 다목적(생활·공업용수)으로 이용하는 저수지, 시·군 등 지자체의 환경개선사업이 시행되는 동일수계 저수지, 수질측정망 조사 시설 중 물리면적 100ha이상 저수지, 환경조사 후 오염부하량이 많은 저수지, 사업의 시행으로 인한 홍보·교육의 효과가 큰 곳을 시범대상지구로 선정하고, 대상지구 선정기준에 부합되는 지구중 도별 2~3개 후보지를 선정하여 유역특성, 오염유형 특성 등을 종합 검토하여 도별 1개 지구씩 모두 7개 지구를 선정, 지역특성에 적합한 수질관리시범지구를 시행하되 주 오염원 및 오염유형별로 분류하여 특성에 맞는 공법을 적용하기로 하였다.

(표 5-1) 농업용수 수질관리시범지구 역할 분담

구 분	시행계획 수립	후보지구 추천	후보지구 선정	지구별 시행계획수립 및 사업시행	유지 관리
수질관리 시범지구	본사	지사	본사·도본부	도본부	지사 지자체 오염원감시협의회

농업용수원의 BOD, COD등 수질지표에 대한 실질적인 수질개선 효과 높아지고, 수질보전에 대한 대국민 환경의식 고취와 더불어 양질의 농업용수 공급을 통한 안정적인 농산물 생산 기반구축을 이룰 수 있을 것이다.

또한 수질오염총량제 실시지역에서는 해당유역의 기왕에 구성된 수질관리 협의체가 주축이되어 지자체와 자율협약을 체결하여 자체오염부하삭감계획을 수립하여 지역개발할당 부하량을 할애받는 인센티브제를 시범적으로 추진하면 그 파급효과는 상당 할 것으로 판단된다.

6. 결 론

6. 결 론

6.1 수질오염 총량제의 개괄적 이해와 시사점

6.1.1 수질오염총량제의 이해

○ 수질오염총량관리제도는 “관리하고자 하는 하천의 용수목적 등에 맞는 목표수질을 설정하고, 목표수질을 달성·유지하기 위한 수질오염물질의 허용 부하량을 산정하여 해당 하천수계의 배수구역에서 배출되는 오염부하 총량이 설정된 목표수질을 달성할 수 있는 허용량 이하가 되도록 규제 또는 관리하는 제도”.

○ 본 제도의 도입 배경으로는 하천의 허용 오염부하량을 고려하지 않는 배출 허용기준 중심의 농도규제만으로는 오염부하의 양적 증가에 대한 통제가 어려웠고, 중하류에 인구 및 산업시설이 과도하게 밀집되어 있는 우리나라 하천의 특성상 과거의 농도규제 방식만으로는 환경기준 달성에 한계가 있음.

○ 오염총량관리계획 개요는 시장·군수는 지역개발계획의 구체적인 내용, 지역 내에서 발생하는 오염 부하량의 총량 및 연차 별 삭감계획, 지역개발계획으로 인한 오염 부하량 및 오염 부하량 삭감계획 등이 포함된 지역 수질관리를 위한 오염총량관리계획을 수립하여 환경부 장관의 승인 후 시행

○ 수질오염총량제 추진 절차는 ① 환경부 장관이 수계구간 설정 및 수계구간별 목표수질 고시② 환경부 장관이 기본방침을 수립하여 광역시장 및 도지사에게 통보③ 광역시장 및 도지사는 기본계획 승인신청 전까지 환경부 장관의 승인을 얻어 관할구역 수계구간의 목표수질을 공고④ 광역시장 및 도지사는 기본방침과 목표수질을 기준으로 총량관리 기본계획을 수립하여 환경부 장관에게 승인 신청 ⑤ 시장, 군수는 기본계획에서 지정한 지역별 할당부하량을 준수할 수 있도록 시행계획을 수립하여 도지사(광역시장은 지방환경관서의 장)에게 승인 신청이다.

- 본 제도의 추진현황은 1단계(2004~2010) 기간 동안에는 생화학적산소요구량(BOD)만이 대상으로 2단계는 BOD와 TP(전인)을 대상으로 오염총량제를 실시 할 예정이며, 2008년 8월 현재 한강 수계는 경기도 광주시, 낙동강 수계는 진주시 등 18개 시·군, 금강수계는 대전광역시 등 23개 시·군, 영산강·섬진강 수계는 곡성군 등 10개 군 시행계획립 이행중 이다.

6.1.2 오염총량관리 기본계획 및 시행계획 사례의 시사점

○ 목표수질 달성을 위해서는 기준배출부하량이 많아 개발할당 부하량이 적게 할당 되어 개발사업의 추진이 어려운 실정으로 추가삭감계획으로 잦은 기본 계획 변경이 요구되고 있는 실정이고, 삭감계획의 우선순위가 점오염원에 두고 있어 지방재정 형편이 어려운 시·군에서는 재정적인 부담이되고 있어 농촌지역에 산재되어 있는 수리시설인 농업용저수지의 비점오염원의 저감기능 등을 총량제에 반영하므로 정부에서 추진하는 “저탄소 녹색성장”에도 일익을 할 수 있을 것이다.

6.2. 농업용 저수지의 기능과 역할 변화

○ 우리나라 수자원 총량은 1,240억 m^3 으로 그중 27%인 337억 m^3 만이 이용되고 있는 실정이며 농업용수로 160억톤(47%)이 사용되고 있어 농업용수의 적절한 관리가보다 주요한 것으로 판단되며 그중 수원공으로서의 저수지는 우리나라 기후 특성상 강우가 편중되어 있어 논농사를 위해 적절히 저류하여야만 부족한 시기에 공급이 가능케 하는 시설이었다.

○ 이렇게 조성된 농업용 저수지는 전국적으로 17,679개소로 90%이상이 유효저수량 100만톤 미만의 소규모 저수지로 설치한지도 30년이상 경과된 저수지가 90%이상으로 시설의 노후화는 물론 토사와 오염물질의 퇴적에 따른 저수지 기능이 현저히 저하되고 있으며 이에 따른 수질도 상당히 악화되고 있는 실정이다.

○ 이러한 농업용저수지들이 상류에서 유하되는 토사 유입의 저류기능으로 하류에 미치는 수질개선 효과로는 전국적으로 개략적으로 인제거량이 6,798ton/yr로 추산되고 사방댐의 대체효과로도 대략 9,746억원에 상당하는 경제적 효과를 보고 있다. 따라서 각 저수지의 체류시간과 토립자의 침강속도 등을 고려한 퇴사량 산정공식을 개발하면 저수지를 침사지(비점오염저감 시설)로 활용하기 위한 기본적인 당위성을 제공하게 될 것이다.

6.3 오염총량제 도입에 따른 농업용저수지 수질관리 기법

○ 최근 국내외 농업환경 여건의 변화로 다수확 농업에서 양질의 농산물을 추구하는 상황으로 정부에서 추진하는 친환경농업정책에 따른 농업용수도 양적인 공급에서 질적 공급으로 변하고 있어 보다 양질의 수질을 요구하고 있는 실정이다.

○ 현행 농업용수수질관리는 농림수산식품부가 총괄 관리 계획수립하여 시설관리자인 시·도와 한국농촌공사가 저수지의 ①수질오염감시②수질중점관리③오염원 분포현황조사 ④수리시설현황조사⑤수질육안조사 등으로 관리하고 있고, 500개소에서 농업용수수질측정망 운영에 대한 모니터링과 농업용수수질개선사업을 추진하고 있다.

○ 농업용수수질측정망 조사자료에 의하면 2007년의 대상시설 492개소 중 20.5%가 수질기준(COD항목)을 초과하는 것으로 나타났으며 수질악화원인으로는 상류유역의 생활하수 및 축산폐수의 관리 미흡과 비점오염원에 대한 관리 미흡으로 분석되었다. 따라서 농림수산식품부에서는 수질기준을 초과한 일정규모 이상 저수지의 수질을 개선하기위해 보다 적극적인 관리 방안으로 수질개선사업의 중장기 계획을 수립하여 착수되게 되었다.

○ 본 연구에서는 수질오염총량제를 고려한 저수지 수질관리 방안으로써 1999년부터 2007년까지 농업용수 수질특정망 조사자료와 표고자료를 이용하여 저수지 해당표고와 수질과의 상관성을 분석하고 저수지의 특성별 수질 특성을 고려한 수질개선 추진 방향을 제시키 위해 유형을 I ~ IV으로 구분 473

개 저수지에 대해 수질개선접근 방향을 제시하였다.

○ 또한 논에서의 수질변화특성, 오염물질 제어를 위한 영농방안과 휴경지를 활용한 오염부하량 삭감 방안에 대해 선행 연구자료를 분석 고찰하여 수질오염총량제에서의 농업용수의 할당부하량 감축방안에 대하여 가능성을 제시하였다.

○ 농업용 저수지의 상류 관리 대책으로 유역의 토지이용과 자연적, 인위적 저감시설의 유무에 따른 비점오염물질의 영향을 고려할 수 있으므로 지역 오염부하량 할당 및 삭감시 비점오염배출량에 대해서도 적용하여 할당 및 삭감량을 산정할 수 있는 과학적 근거를 제공하여야 한다..

○ 수질오염총량관리제 도입에 따라 농촌지역에서 오염물질을 삭감하기 위해서는 농촌지역의 물관리에서 중요한 부분을 차지하는 저수지와 논, 그리고 강우시 토사유출과 함께 오염물질이 배출되는 밭을 대상으로 추진할 필요가 있다.

○ 저수지에 대하여 수질개선사업을 추진할 경우 해당 시·군의 총량제 시행계획과 연계하여 수질개선효과가 큰 저수지를 우선 대상으로 시행함으로써 오염부하삭감 효과가 크고, 삭감된 만큼 다른 분야의 개발이 가능하게 된다. 또한 저수지의 자정작용에 의한 수질개선효과를 증대시키기 위하여 수변에 수초대를 조성하는 등의 적극적인 활동을 통하여 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 지속적인 모니터링 자료의 축적이 필요한 것으로 제시하였다..

○ 논외의 경우 농지배수의 수질농도가 높아지는 썩래질기 및 이앙기에 농지배수를 배출하지 않도록 물관리를 하는 무방류 영농을 실시하는 농가에 대해서는 친환경농업을 하는 것으로 인정하여 수질오염총량관리에서 오염부하량 삭감행위로 인정해 주는 방안도 모색할 필요가 있는 것으로 사료된다. 또한 농촌지역에서 증가되고 있는 휴경지를 수질개선시설로 이용하는 경우 오염부하량 삭감행위로 인정받을 수 있도록 정책적으로 지원할 필요가 있다.

○ 밭의 경우 강우시 토사와 함께 오염물질이 배출되므로 토양이 유실되지 않고, 2차 오염이 없는 친환경 멀칭재를 사용하는 농지에 대해서는 할당오염 부하량 산정시 인센티브를 주는 등의 정책적 배려도 필요하다.

○ 수질오염총량제를 고려한 농업 저수지 수질관리 기법으로 상류유역의 비점오염원 관리로 최적관리기법을 제안하고 유형을 제시하였고 농업용저수지의 순기능 향상을 위한 유입수 대책 기법으로 인공습지, 습식 저류지, 초생수로, 식생여과대, 침투도랑, 생물포착지, 휴경답, 및 휴경농지 활용, 접촉산화수로, 자연형 하천과 사상성 조류매트 산화지공법을 저수지내 대책으로는 침강지, 퇴적물 준설, 퇴적물 피복, 조류제거, 희석수 도입, 전층포기, 표층포기, 심층포기, 폭기분수, 응집침전과 인공식물섬 등의 도입을 제시하였다.

6.4 농업용수 수질관리를 위한 자율환경관리 제도의 검토

○ 자율환경관리의 의의와 추진배경을 고찰하고 유형과 국내의 사례로 대포천살리기 수질개선사례를 통하여 농업용저수지 상류유역에 도입 가능성이 있는 것으로 분석되었다.

○ 수질오염총량제 실시지역에서는 저수지의 해당 유역의 기왕에 구성된 수질관리 협의체가 주축이되어 지자체와 자율협약을 체결하여 저수지 유역내의 자체오염부하삭감계획을 수립하여 지역개발할당 부하량을 할애받는 인센티브제를 시범적으로 추진하면 그 파급효과는 상당 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 경기개발연구원, 2006.6, 오염총량관리제 의무제 시행에 따른 경기도의 대응 방안
- 경기개발연구원, 2000.12, 팔당호 수질보전을 위한 오염총량관리제의 효율적 시행방안
- 경상북도, 2005.3, 경상북도 오염총량관리기본계획-낙동강 수계
- 공동수, 2001, 한국에서의 오염총량제과 시행, 21세기를 향한 종합유역관리 국제심포지엄
- 국립환경과학원, 2005, 수질악화요인 규명을 위한 안내서
- 국립환경과학원, 2005, 수질악화요인 규명을 위한 안내서
- 국립환경과학원·환경부, 2005.11, 수질개선사업계획 수립 매뉴얼
- 국립환경연구원, 2005.3, 외국의 수질총량관리제도-미국 TMDL 제도 소개
- 국립환경연구원, 2002, 수계오염총량관리기술지침
- 김동욱, 류재근, 임재명, 2007, 알기 쉬운 환경과학, 신광출판사, pp.212-213.
- 김민경, 노기안, 서명철, 방혜선, 나경은, 한민수, 김명현, 이정택, 2007, 논에서 발생하는 비점 오염 저감을 위한 최적관리방안, 비점오염포럼 발표자료.
- 김민경, 서명철, 노기안, 이남중, 고문환, 2005, 경지정리 된 논에서 수계 부하량 저감을 위한 영농관리방안, 2005년 한국환경농학회 학술논문발표대회 초록집 pp.236.
- 김범철·강신규·노잔환·최재석, 2005, 탁수로 인한 수중생태계 영향조사 및 저감대책 제시
- 김시원 외11인, 2005, 중·소유역 수질개선 및 보전대책 방안 수립
- 김종원, 2008, 한국 농업 농촌용수 관리 현황, 지속가능한 농업용수관리정책 국제워크숍 자료집 p.67-84
- 김종원·최영국·이종열, 2004, 하천유역별 오염총량관리제도의 도입에 따른 지역경제 및 토지이용변화 전망과 정책과제, 국토연구원

- 김좌관, 홍옥희, 1992, 국내 인공댐호의 물리적 환경인자에 의한 호수특성 고찰에 관한 연구, 한국환경과학회지 1:49-57.
- 김좌관·이진애·이정호, 2005, 생태계모형을 이용한 하천의 부영양화인자 및 물질순환과정 규명
- 김진수, 이종진, 오승영, 2000, 시비조건에 따른 단위 논에서의 영양염류의 농도 특성, 한국관개배수 7(1): 47-56.
- 김창길 외. (2003) 농업생태계의 물질 순환 및 환경 부하 분석. 한국농촌경제연구원
- 김창길, 강창용. (2002) 지역단위 농업환경모형의 체계화에 관한 연구. 한국농촌경제연구원.
- 노기안, 김민경, 이남중, 고문환, 2005, 오리농법에 의한 벼재배가 환경에 미치는 영향 평가, 2005년 한국환경농학회 학술논문발표대회 초록집 pp.235.
- 농림부, 2000, 농업용수수질관리지침
- 농림부, 2001, 논관개용 관수로의 분수량관리시스템과 자동급수장치 개발에 관한 연구
- 농림부, 2001, 농업수리시스템과 유희농지를 이용한 수질관리기술 개발
- 농림부·한국농촌공사, 2007.12, 농업용수 수질개선대책 추진체계 정립 및 대안평가기법(I)
- 농업기반공사 농어촌연구원. (2003) 새만금 간척농지의 고도이용과 환경농업 추진 방향 연구.
- 농촌진흥청, 2007, 농업용수 수질오염 방지기술 개발
- 대한환경공학회, 1999, “호수의 수질관리” 풍남
- 박석순 외6인, 2005, 유역공동체 참여를 통한 소유역 계획수립과 집행방안
- 서울시정개발연구원, 2004, 하천수질정화공법의 평가 및 적용방안
- 안형기 외2인, 2005, 사전예방적 유역관리 방안의 검토
- 양운진, 2005, 주남저수지 자정작용에 관한 연구-주남·동판저수지 탈질을 중심으로, 환경연구, 경남대학교 환경문제 연구소
- 오광영, 김진수, JiAng, Jie, 2006, 비점원 농촌유역으로부터 강우시 유출수의 농도특성, 한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집, pp.457-461

우효섭 외7인, 2005, 수변완충지대 효율적 조성 및 오염부하 저감효과 연구

유재경 외11인, 2005, 낙동강 유역에 적합한 수질예측모델 개발

이기완 외3인, 2005, 소유역(함평천)관리방안

이병국, 2001, 오염총량관리를 위한 제도적 발전방향,21세기를 향한 종합유역
관리 국제심포지엄

이석모 외 9인, 2005, 비점오염물질 저감시설 삭감효율 평가분석

이승헌, 최우정, 2002, 농업생태계의 특징과 지속가능 관리방안. 농어촌과환
경, 76:100-1112

이승헌. 2004, "농촌지역의 비점오염원 관리방안" 한국환경농학회 2004년 춘
계전문학술 workshop 자료집 2004. 4. 30. 한경대학교

정영상·양재의·주진호·신관용, 2005, 고령지농업에 따른 오염물질 배출특
성조사

조재원, 김진수, 오광영, 오승영, 2006, 관개기 시험구 논에서의 오염물질의
농도특성, 한국농공학회논문집 48(3): 97-106.

충청북도, 2005, 충청북도 금강 오염총량관리 기본계획

최중대 외 3인, 2005, 친환경적 농업관리에 의한 오염부하의 저감효과 분석

최중대 외. 2001. 수질오염과 농업환경, 농업환경 한국환경농학회.

최지용, 2005, 유역관리지표 적용을 위한 기초조사

하성룡, 2005. 지속가능한 수질오염총량관제도 발전을 위한 오염부하량의 관리방향

한국환경정책·평가연구원, 2005, 총량관리체제 하에서의 지역환경관리

환경부, 1999, 자율환경관리지침서

환경부, 2000, 비점오염원 관리요령

환경부, 2001, 韓國의 湖沼環境 調査技法 開發에 關한 研究

환경부, 2003, 중소유 수지보전대책 수립지침

환경부, 2004, 수질오염총량관리 업무편람

환경부, 2006, 수질오염총량제와 타 관련계획간의 연계 업무 처리지침<환경
부 훈련 제664호>

환경부, 2006, 물환경관리 기본계획-4대강 대권역 수질보전 기본계획('06~'15)
 환경부, 2007, 수질오염총량관제도 및 추진현황
 환경부, 2004, 수계오염총량관리기술지침
 환경부, 2008, 제2단계 수계오염총량관리기술지침
 환경부. 2000, 비점오염원 관리 요령.
 환경부. 2003 오염총량관리 업무편람.
 환경부·국립환경연구원, 2004, 수질오염총량관리제도-지속가능한 사회를 열
 어갑니다.(홍보자료)

Canfield, D. E., Shireman, J. V., Coll, D., Haller, W. T., Watkins, C. E.
 and Maceina, M. J., 1984, Prediction of chlorophyll a concentrations in
 Florida Lakes ; Importance ofn aquaticmacrophytes, Can. J. Fish. Sci.,
 41, 497-501.

Christensen, P. B. and Sorensen, J., 1986, Temporal variation of
 denitrofication activity in plant covered, littoral sediment from Lake
 Hampen, Denmark, Appl, Evn. Microbiol., 51. 1174-1179.

David H.F. Liu(ed). (1997) Environmental Engineers' Handbook(2nd),
 Lewis Publishers, p.1113 ~ 1119

Hudec, K. and Stastny, K., 1978, Pond littoral ecosystems, ed. by D.
 Dykyjova et al., 366-375, Springer-Verlag, Berlin.

Ikusima, I., 1983, Human impact on aquaticmacrophytes, In Man's impact
 on vegetation(By eds, W. Holzner, M. J. A. Werger and I. Kkusima)
 Dr. W. Junk Publishers.

Vladimir Novotny and Harvey Olem. (1994) Water quality. VAN
 NOSTRAND REINHOLD

渡辺義人, 1988, 湖沼水草帯における沈澱量と付着量と付着物現存量の測定, 環
 境科學研究報告書 「閉鎖性水域の浄化容量」(沿岸域の生態系の構造と機能

ならびに環境保全), 18-25

農村工學研究所, 2007, 水稻移植後の止水排出負荷量抑制効果,
<http://nkk.naro.affrc.go.jp/library/publication/seika/seikajyoho/seikajyoho.html>

沖野外輝夫, 1988, 汚染物質の水域内物質循環過程, 服部明彦編, 湖沼汚染の診断と, 107-156, 日刊工業新聞

鈴木記雄, 小寺子, 藤智子, 1982, 水生植生が植物プランクトンの増殖に及ぼす影響について, 滋賀大紀要, 32, 93-103.

鈴木記雄, 武村節子, 1983, 水草が植物プランクトンの増殖に与える影響, 滋賀大紀要, 33, 43-50.

鈴木紀雄, 岡村祐子, 西川京子, 1985, 水草地帯における浄化能力, 日本陸水學會講演要旨, 120

鈴木紀雄, 1981, 琵琶湖の富栄養化問題と合成洗剤, 合成洗剤研究会, 4, 13-30.

桜井善雄, 松本佳子, 宮入美香, 1985, 枯死した推水植物の分解によ、湖水からの奪酸素, 日本陸水甲信越報, 10, 13-14.

桜井善雄, 葶木新一郎, 上野直也, 1988, ヨシの植栽についての検討, 日本陸水甲信越報, 13、14合併号, 98-99.

桜井善雄, 上野直也, 葶木新一郎, 1988, 長野県下の河畔にみられるヤナギ属のフロラとその立地 (豫報), 日本陸水甲信越報, 13、14合併号, 96-97.

宗宮 功, 1990, 自然の浄化機構, 技報堂出版

小山田 勉, 小林 登, 1989, 水田の水質浄化機能に関する研究-第2報 灌漑水によって流入した硝酸態窒素のグライ土壌における浄化, 茨城農業試験場研究報告 第29号

小山田 勉, 平山 力, 1990, 水田の水質浄化機能に関する研究-第3報 廣域水田群からの窒素・リン・CODの流出, 茨城農業試験場研究報告 第30号

부록1. 수계오염총량관리 기술지침
(국립환경과학원)

수계오염총량관리 기술지침

목 차

I. 목적	237
II. 적용범위	237
III. 유역환경조사	237
1. 유역구분	237
2. 수계환경자료조사	240
(1) 기상에 관한 자료	240
(2) 수자원에 관한 자료	240
(3) 하천에 관한 자료	241
(4) 호소에 관한 자료	243
(5) 수질조사	245
(6) 유량조사	247
IV. 오염원의 분류	249
V. 오염원의 조사	250
1. 생활계 오염원 조사	251
(1) 행정구역별 인구 현황 및 전망	251
(2) 배출원별 인구 현황 및 전망	252
(3) 행정구역별 생활계 사용유량 현황 및 전망	253
(4) 배출원별 생활계 사용유량 현황 및 전망	254
2. 축산계 오염원 조사	255
(1) 행정구역별 축산 현황 및 전망	255
(2) 배출원별 축산 현황 및 전망	256
3. 산업계 오염원 조사	257
(1) 행정구역별 산업 현황 및 전망	257
(2) 배출원별 산업 현황 및 전망	258

4. 토지계 오염원 조사	260
(1) 행정구역별 토지 현황 및 전망	261
(2) 배출원별 토지 현황 및 전망	261
5. 양식계 오염원 조사	262
(1) 행정구역별 양식 현황 및 전망	262
(2) 배출원별 양식 현황 및 전망	262
6. 매립계 오염원 조사	263
7. 환경기초시설 조사	265
8. 오염원별 점유율	269
VI. 오·폐수 발생유량 산정	271
1. 생활계	271
2. 축산계	273
3. 기타	273
VII. 발생부하량 산정	274
1. 생활계	274
2. 축산계	277
3. 산업계	277
4. 토지계	280
5. 양식계	282
6. 매립계	283
VIII. 배출량 산정	284
1. 배출경로	284
(1) 생활계	284
(2) 축산계	286
(3) 산업계	286
(4) 토지계	288
(5) 양식계	289
(6) 매립계	290
2. 배출유형	291

(1) 직접이송량	291
(2) 개별삭감량	292
(3) 관거유입량	292
(4) 관거배출량	293
(5) 방류량	293
(6) 직접정화량	294
(7) 배출량	294
3. 직접이송량	295
(1) 생활계	295
(2) 축산계	295
(3) 매립계	296
(4) 기타	296
4. 개별삭감량	297
(1) 생활계	297
(2) 축산계	298
(3) 산업계	301
(4) 토지계	302
(5) 양식계	304
(6) 매립계	305
5. 관거유입량	305
(1) 폐·하수 관거유입량	305
(2) 토지계 관거유입량	306
(3) 불명수 관거침투량	307
6. 환경기초시설 분석	308
(1) 관거이송 분석	311
(2) 직접이송 분석	314
(3) 방류량 분석	314
7. 관거배출량	315
8. 방류량	317

9. 직접정화량	317
10. 배출량	317
IX. 수질모델링	319
1. 수질예측모델의 선정	319
2. 수질모델링 방법	320
(1) 수질모델링 적용구간	320
(2) 유달을 산정	320
(3) 수질모델의 보정	322
(4) 수질모델의 검증	322
X. 오염부하량 할당	323
1. 오염부하량 할당방법	323
2. 기본계획의 할당부하량	324
(1) 기존·최종배출부하량 산정	324
(2) 기준배출부하량 산정	326
(3) 할당부하량 산정	327
(4) 지역개발부하량 산정	328
(5) 삭감목표부하량 산정	329
3. 시행계획의 할당부하량	333

제2단계 수계오염총량관리기술지침

I. 목적

이 지침은 낙동강수계물관리및주민지원등에관한법률, 금강수계물관리및주민지원등에관한법률, 영산강·섬진강수계물관리및주민지원등에관한법률(이하 '법'이라 한다) 각 제9조제3항의 규정에 의한 수계별 오염총량관리기본방침(이하 '기본방침'이라 한다)에 따른 기술적인 사항을 정함을 목적으로 한다.

II. 적용범위

오염총량관리 기본계획(이하 '기본계획'이라 한다) 또는 오염총량관리 시행계획(이하 '시행계획'이라 한다)의 수립 및 적용에 필요한 당해 지역의 유역환경조사, 오염원조사, 오·폐수량 및 오염부하량 산정방법, 오염부하량 할당방법 및 수질모델링 방법 등 기술적인 사항에 대하여 이 지침을 적용한다.

III. 유역환경조사

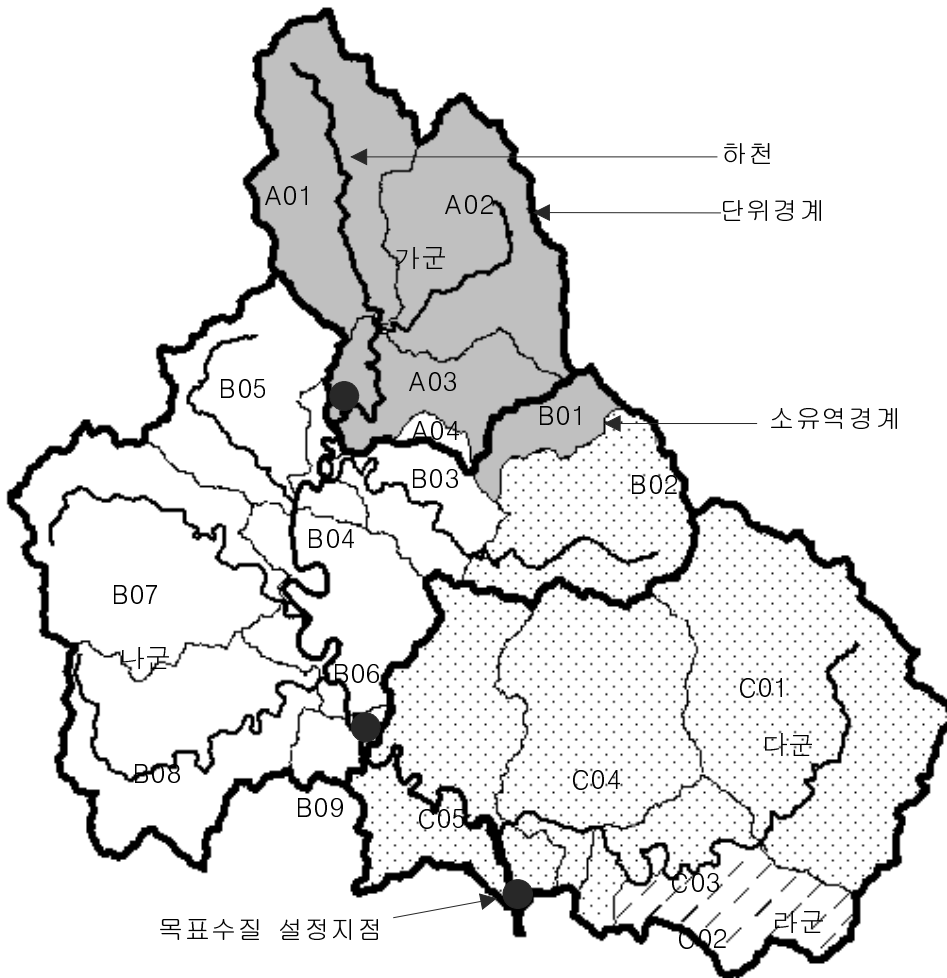
기본방침 제9조(유역환경조사)에서 규정한 조사사항 중 다음의 사항에 대해서는 이 지침에서 정하는 방법과 양식에 따라 조사한다.

1. 유역구분

- ① 배수구역은 강우가 지표수의 형태로 유출되어 합류되는 해당지역으로 하며, 기본계획 또는 시행계획 수립 전년도(이하 '기준년도'라 한다)를 기준으로 조사한다.
- ② 총량관리단위유역(이하 '단위유역'이라 한다)은 기본방침 제2조제1호에

서 정의한 해당구역으로 한다.

- ③ 소유역은 기본방침 제2조제2호에서 정의한 구역으로서 기본방침 제9조 제1항 각 호의 기준에 따라 단위유역을 세분한 해당구역으로 한다.
- ④ 세유역은 기본계획 또는 시행계획의 수립을 위하여 필요에 따라 소유역을 더욱 세분한 경우의 해당유역을 말한다.
- ⑤ 수치고도모델(DEM, digital elevation model)을 이용하여 각 구역의 경계를 구획하고, 기준년도를 기준으로 해당구역에 속한 행정구역의 현황을 조사한다.



<그림 III-1> 오염총량관리 구역구분 및 개념도

예) 그림 III-1은 오염총량관리의 유역구분에 대한 개념을 도시한 것으로 기본방침 제9조제1항의 기준에 따라 단위유역 A의 소유역은 4개, B는 9개, C는 5개가 되며, 자치단체 가군 관할의 소유역은 4개(A01~03, B01), 나군은 8개(A04, B03~09), 다군은 5개(B02, C01, C03~05), 라군은 1개(C02)로 구분된다.

(표 III-1) 유역구분표

연도	해당유역						행정구역						
	단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	세유역코드	세유역명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	점유율(%)	변경내역

- ‘연도’에는 기준년도를 기재
- ‘단위유역명’은 법 시행령의 규정에 의하여 환경부장관이 지정한 수계구간명, ‘단위유역코드’는 각 수계구간에 대하여 별표1에서 정한 코드
- ‘소유역코드’와 ‘소유역명’은 기본계획 수립시 정하되 단위유역코드와 단위유역명에 두자리수의 일련번호를 붙여서 지정(단위유역코드01, 단위유역코드02, 단위유역코드03, ...; 단위유역명01, 단위유역명02, 단위유역명03, ...)
- 필요한 경우 ‘세유역코드’와 ‘세유역명’은 기본계획 수립시 정하되 소유역코드와 소유역명에 두자리수의 일련번호를 붙여서 지정(소유역코드01, 소유역코드02, 소유역코드03, ...; 소유역명01, 소유역명02, 소유역명03, ...)
- ‘행정구역코드’는 행정자치부 예규 「지적사무전산처리규정」의 법정동코드에 따르며, ‘동리’는 법정동·리 기준
- ‘점유율’은 해당 행정구역 동·리의 총 토지면적 중 해당 소유역 또는 해당 세유역에 속하는 토지면적의 백분율로 산정(예 1: a리의 토지가 모두 A유역에 속하는 경우 a리의 점유율은 100%, 예 2: a리의 토지 중 20%는 A유역에, 80%는 B유역에 속하는 경우 각 해당유역에 대한 a리의 점유율은 각각 20%와 80%)
- ‘변경내역’에는 기준년도를 기준으로 과거 5년 동안 해당 행정구역의 변경사

항을 기재[변경발생일, 이전 행정구역명, 변경사유(병합, 명칭변경, 분할) 등]

2. 수계환경자료조사

(1) 기상에 관한 자료

- ① 기준년도를 기준으로 기본방침 제9조 제2항 제1호의 기상에 관한 매일의 자료를 표 III-2의 양식으로 정리한다.
- ② 기상조사표는 기상청, 건교부 등에서 운영하는 단위구역내의 기상관측소, 기상측후소, 우량관측소의 실측항목에 한하여 작성한다.

(표 III-2) 기상조사표

관측소		관측지점 해당구역				관측지점 행정구역					측정일			
관측소명	관측기관	단위구역코드	단위구역명	소구역코드	소구역명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	TM좌표	연	월	일

평균기온(°C)	강수량(0.1mm)	증발량(0.1mm)	강우계속시간(0.01hr)	평균풍속(0.1m/s)	최대풍향	평균습도(0.1%)	이슬점온도(0.1°C)	증기압(0.1hPa)	현지기압(0.1hPa)	운량	일사량(0.01MJ/m ²)	가조시간(0.1hr)

- '관측지점 행정구역'에는 관측소가 위치한 행정구역의 명칭과 국가 GIS 구축망 기준의 TM좌표를 기재

(2) 수자원에 관한 자료

- ① 기본방침 제9조제2항제2호의 수자원에 관한 자료조사와 관련하여 취수

시설 위치 및 취수량은 표 Ⅲ-3의 양식으로 정리하고, 공급지역 및 기타 유역변경실태와 관련된 사항은 별도로 조사하여 제시한다.

- ② 기준년도의 취수현황 및 향후 오염총량관리 시행기간에 대한 취수계획을 연차별로 분석한다.

(표 Ⅲ-3) 물공급 현황 및 전망 조사표

시설명			구분				취수시설 해당유역				취수시설 행정구역						취수일자			취수량 (천m ³ /일)	
취수장명	관리기관	가동일자	취수원	시설구분	용수이용원	단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	시도	시군구	읍면	동리	본면	부면	TM좌표	연	월	일	취수용량	실제취수량

- ‘취수장명’은 해당 취수 시설명을 구체적으로 기재(농업용 양수장의 경우 양수장명 기재)
- ‘가동일자’에는 기존취수시설의 경우 취수가동개시 일자, 확충 및 신설예정인 취수시설은 장래 취수가동개시 예정 일자를 기재(총 8자리의 숫자로 기재, 취수를 2011년 1월 1일에 개시한 경우 20110101)
- ‘취수원’은 하천수, 호소수(저수지수 포함), 복류수, 지하수로 구분
- ‘시설구분’에는 광역상수도, 지방상수도, 간이상수도, 개별전용상수도, 농업용수도로 구분
- ‘용수이용원’에는 광역용수, 광역공업용수, 생활용수, 전용공업용수, 농업용수 등으로 구분
- ‘TM좌표’에는 국가 GIS 구축망 기준의 TM좌표를 기재
- 기존 취수시설은 ‘취수용량’에 설계 취수용량을, ‘실제취수량’에는 실제 일일 취수량을 기재
- 확충 및 신설예정인 취수시설은 ‘취수일자’와 ‘취수용량’에 각각 장래 취수가동개시 예정일자와 예정일자 기준의 설계 취수용량을 기재, ‘실제취수량’에는 설계 취수용량으로부터 실제취수량의 추정치를 기재

(3) 하천에 관한 자료

- ① 기본방침 제9조제2항제3호의 하천에 관한 자료는 기준년도를 기준으로 소유역 또는 세유역별로 표 Ⅲ-4의 양식으로 조사한다.
- ② 댐, 보, 기타 하천의 흐름에 영향을 주는 시설물 등 하천구조물에 대해서는 별도로 조사하여 제시한다.

(표 Ⅲ-4) 하천현황 조사표

조사지점 해당유역						조사지점 행정구역						조사 년도	유역제원		
단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	세유역코드	세유역명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	구조물명		TM좌표	유역면적(km ²)	유로연장(km)

하천제원				수리학적 계수				유황(CMS)			하천정화시설 현황			
제방폭(m)	수폭(m)	수심(m)	하상경사	a	b	c	d	갈수량	저수량	평수량	위치	공법	규모	효과

- 'TM좌표'는 조사지점의 국가 GIS 구축망 기준 TM좌표
- '유로연장'은 해당 집수역내 최장하천의 길이, 형상계수는 유역면적/(유로연장²)
- '하천제원', '수리학적 계수', '하천유황'은 (6) 유량조사의 지점을 기준으로 분석
- '하천제원'의 '수폭'과 '수심'은 각각 표 Ⅲ-7의 수폭과 평균수심을 연평균하여 기재, '하상경사'는 해당 조사지점에 대하여 하천법 제17조와 제20조에 의한 하천정비기본계획 자료를 기준으로 분석

- ‘수리학적 계수’는 표 III-7의 조사결과를 기초로 다음의 산식에서 산출
 유속 = a·유량b : 유속의 단위는 m/s, 유량의 단위는 CMS
 평균수심 = c·유량d : 평균수심의 단위는 m, 유량의 단위는 CMS
- ‘유황’은 (6) 유황조사 결과를 분석하여 산정
- ‘하천정화시설 현황’은 해당 소유역 또는 세유역내에 위치한 하천정화시설에 한하여 기재, ‘위치’란에는 시설 중심부의 국가 GIS 구축망 기준 TM좌표, ‘공법’란에는 ‘자갈접촉산화조’, ‘식생정화시설’ 등의 공법유형, ‘규모’에는 길이×폭 등으로 기재, ‘효과’란에는 처리대상물질별 정화효율, 제거율 등으로 기재

(4) 호소에 관한 자료

- ① 기본방침 제9조제2항제4호의 호소에 관한 자료는 소유역 또는 세유역 별로 하천의 수리에 영향을 미칠 수 있는 주요 호소에 대하여 기준년도를 기준으로 표 III-5의 양식으로 조사한다.
- ② 호소제원 및 형상과 수문자료는 관련기관의 자료를 분석하여 작성한다.

(표 III-5) 호소현황 조사표

호소지점 해당유역						호소명 및 호소지점 행정구역							관리사항			유역제원 및 형상		
단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	세유역코드	세유역명	호소명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	TM좌표	축조년도	이수목적	관리자	유역면적(km ²)	유로연장(km)	형상계수

호소제원 및 형상						호소정화시설 현황			
만수 위 (m)	만수 면적 (km ²)	만수시 저수용량 (MCM)	만수시 평균수심 (m)	수위-수표면적 관계식	수위-저수용량 관계식	위치	공법	규모	효과

수문 조사일			호소규모			유입유량 (CMS)		유출유량 (CMS)							
연	월	일	수 위 (m)	수표 면적 (km ²)	저수 용량 (MCM)	하천 수 유입 량	호면 강우 량	방류구1		방류구2		방류구3		취수 량	호면 증발량
								유역 코드	방류 량	유역 코드	방류 량	유역 코드	방류량		

- '호소지점 행정구역'은 댐, 제방이 위치한 지점을 기준으로 기재(댐 또는 제방이 2개 이상인 경우 규모가 가장 큰 댐과 제방을 기준)
- 'TM좌표'는 조사지점의 국가 GIS 구축망 기준 TM좌표
- '관리사항'의 '이수목적'에는 생공용수 공급원인 경우 '생공', 발전용인 경우 '발전', 농업용수 공급원인 경우 '농업', 낚시 등 위락용인 경우 '위락'으로 기재(이수목적이 2개 이상인 경우 주요 이수목적에 따른 순서대로 모두 기재)
- '유역제원 및 형상'의 '유로연장'은 호소의 유역내 최장하천의 길이

$$\text{형상계수} = \text{유역면적} / (\text{유로연장}^2)$$
- '호소규모'의 '수위'는 각 수문조사일 중 동일시간대의 수위, '수표면적'은 수위-수표면적 관계식에 수위를 대입하여 산출, '저수용량'은 수위-저수용량 관계식에 수위를 대입하여 산출
- '호면강우량'과 '호면증발량'은 해당 호소 또는 가장 인접한 기상관측소의 기상자료로부터 각각 다음의 산식으로 산정(증발접시계수는 별도 측정치가 없는 경우 0.65를 적용)

$$\text{호면 강우량 (CMS)} = \frac{\text{강우고 (mm/일)} \times \text{수표면적 (km}^2\text{)}}{86.4}$$

$$\text{호면 증발량}(CMS) = \frac{\text{증발고}(mm/\text{일}) \times \text{증발접시계수} \times \text{수표면적}(km^2)}{86.4}$$

- 호소로부터의 방류구가 다수인 경우 방류량이 큰 것부터 순서대로 각 방류구별로 ‘유역코드’ 및 ‘방류량’을 기재, ‘유역코드’는 호소의 방류수가 유입되는 지점의 소유역코드(세유역까지 분할된 경우는 세유역코드), ‘방류량’은 발전사용수량과 월류량 등 호소를 통하여 하천으로 방류된 양의 합계
- ‘유입유량’의 ‘하천수유입량’은 다음의 산식으로 산정(총 방류량은 각 방류구로부터의 방류량을 모두 합한 양, 저수용량변화량은 해당시점의 저수용량에서 이전시점의 저수용량을 감한 양, 변화일수는 해당시점과 이전시점 사이의 일수)

$$\text{하천수 유입량} = \text{총방류량} + \text{호면증발량} - \text{호면강우량} - \text{저류변화량}$$

$$\text{저류 변화량}(CMS) = \frac{\text{저수용량 변화량}(MCM)}{\text{변화일수(일)} \times 0.0864}$$

- ‘호소정화시설 현황’은 해당 호소내에 위치한 호소정화시설에 한하여 기재, ‘위치’란에는 시설 중심부의 국가 GIS 구축망 기준 TM좌표, ‘공법’란에는 ‘수중폭기’, ‘식생정화시설’ 등의 공법유형, ‘규모’에는 길이×폭 등으로 기재, ‘효과’란에는 처리대상물질별 정화효율, 제거율 등으로 기재

(5) 수질조사

- ① 수질조사지점은 소유역 또는 세유역의 말단부로 선정하되 교각 등 위치가 분명한 지점을 우선적으로 선정한다.
- ② 수질조사는 계절변화를 반영할 수 있도록 연간 30회 이상 주기적으로 실시하되, 동일지점에 대한 조사시간이 특정 시간대에 집중되지 않도록 한다. 다만, 홍수, 결빙, 갈수 등으로 채수가 불가능한 특정기간에는 그 측정주기를 늘리거나 줄일 수 있다.
- ③ 시료의 채취, 운반, 보존, 분석은 환경분야 시험·검사 등에 관한 법률 제6조의 규정에 의한 수질오염공정시험기준에 따른다(단, 동 시험기준에 규정되어 있지 않은 사항에 대하여는 기타 공인된 시험기준에 따른다).

④ 수질조사항목은 수온, pH, DO, 전기전도도, 총부유물질(TSS), 5일생물화학적 산소요구량(BOD5), 화학적산소요구량(CODMn), 총유기탄소(TOC), 용존유기탄소(DOC), 총질소(T-N), 용존총질소(DTN), 암모니아성 질소(NH₄-N), 아질산성 질소(NO₂-N), 질산성 질소(NO₃-N), 총인(T-P), 용존총인(DTP), 인산염인(PO₄-P), 투명도, 클로로필 *a*(Chl. *a*)를 포함하여야 한다. 단, 투명도는 Secchi -disc로 측정가능한 정도의 수심을 가진 지점에 한하여 조사한다.

(표 III-6) 수질조사표

조사지점 해당구역						조사지점 행정구역						채수자 및 분석자				조사일시					
단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	세유역코드	세유역명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	구조물명	TM좌표	채수기관	채수자	분석기관	분석자	연	월	일	시간	

수온 (°C)	pH	DO (mg/L)	전기전도도 (μS/cm)	TSS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TOC (mg/L)	DOC (mg/L)

T-N (mg/L)	DTN (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	T-P (mg/L)	DTP (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	투명도 (m)	Chl. <i>a</i> (μg/L)

- 'TM좌표'는 국가 GIS 구축망 기준의 TM좌표를 기재
- '조사일시'의 '시간'에는 채수시점의 시간을 기재(총 4자리의 숫자로 기재, 채수시점이 오전 2시 10분인 경우 0210, 오후 2시 10분인 경우 1410)

- ⑤ 기본계획 및 시행계획의 수립을 위하여 기본방침 제5조의 기준유량을 산정하는 시점에서 해당유역에 대한 과거 10년 평균 저수량 및 평수량에 대한 자료가 확보되지 않았을 경우, 가장 인접한 하류지점에서 하천법 시행령 13조에 따라 측정된 유량자료 및 하천법 제17조와 제20조에 의한 하천정비기본계획상의 하천유수이용현황과 하천유지유량자료의 취수량과 회귀수량을 고려하여 과거 10년 평균 저수량 및 평수량을 산정할 수 있다.
- ⑥ 제⑤항의 과거 10년 평균 저수량 및 평수량은 모형의 입력자료가 확보된 경우 수문모형으로도 추정할 수 있으나 이 경우 반드시 모형의 보정과 함께 보정시와 상이한 조건에서의 검증과정을 거쳐야 한다.

IV. 오염원의 분류

기본방침 제2조제8호에서 정의한 오염원그룹별로 기본방침 별표1의 점오염원과 비점오염원은 표 IV-1과 같이 세분한다.

(표 IV-1) 오염원그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표

오염원 그룹	점오염원	비점오염원
생활계	가. 개별배출수: 생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 구역의 가정 및 영업장으로부터 공공수역으로 배출되는 생활계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 생활계 방류수 다. 생활계 관거누수 및 미처리배제수	가. 생활계 관거월류수
축산계	가. 개별배출수: 개별축사로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 폐수 성상의 축산계 배출수 나. 환경기초시설 방류수 : 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 축산계 방류수 다. 축산계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 개별축사로부터 자원화처리 또는 미처리되어 농지에 살포된 후 주로 강우에 의존하여 배출되는 고형물 성상의 축산계 배출수 나. 축산계 관거월류수
산업계	가. 개별배출수: 개별배출시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 산업계 배출수 나. 환경기초시설 방류수 : 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 산업계 방류수 다. 산업계 관거누수 및 미처리배제수	가. 산업계 관거월류수
토지계	가. 환경기초시설 방류수 : 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 토지계 방류수 나. 토지계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수 나. 토지계 관거월류수
양식계	가. 개별배출수: 개별양식장으로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 양식계 배출수 나. 환경기초시설 방류수 : 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 양식계 방류수 다. 양식계 관거누수 및 미처리배제수	가. 양식계 관거월류수
매립계	가. 개별배출수: 개별 침출수처리시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 환경기초시설 방류수 : 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 매립계 방류수 다. 매립계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 침출수처리시설을 갖추지 않은 비위생매립지로부터 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 매립계 관거월류수

- 환경기초시설에는 하수종말처리시설, 마을하수도, 분뇨처리시설, 산업폐수종말처리시설, 농공단지처리시설, 축산폐수공공처리시설, 기타 공동처리시설 등 배출업소의 개별처리가 아닌 처리시설로서 폐·하수가 수거 또는 배수설비를 통해 이송되어 유입되는 모든 처리시설을 포함한다(폐수 배출시설조사표에 등재되는 위탁처리시설 제외).
- 토지계의 개별배출수란 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계의 유출수를 말한다.
- 관거누수 : 관거불량 부위로부터 유출되는 오염물질의 누수를 말한다.
- 미처리배제수란 환경기초시설의 처리시설용량 부족으로 환경기초시설에서 건기 및 우기시 미처리되는 배제량을 말한다.
- 관거월류수란 우기시 관거용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 월류수(CSOs, combined sewer overflows), 분류식 관거의 맨홀로부터의 월류수(SSOs, sanitary sewer overflows)를 말한다.

V. 오염원의 조사

기본방침 제10조에서 규정한 조사사항 중 다음의 사항에 대해서는 이 지침에서 정하는 방법과 양식에 따라 조사한다.

- ① 기준년도를 기준으로 과거 5년간의 행정구역별 오염원 현황을 파악한다(행정구역이 변경된 경우 기준년도 기준의 행정구역에 부합하는 과거 행정구역의 자료로 정리한다).
- ② 과거추이와 주요 변화상황을 반영하여 오염총량관리 계획기간에 대한 오염원을 전망한다.
 - 오염원의 과거추이를 이용한 전망 시 과거 5년간의 오염원을 자연증감과 개발로 구분하여 과거추이를 분석한다.
 - 개발은 기본방침 제2조9항에 규정한 개발사업에 의한 오염원의 변동을 말하고, 자연증감은 개발외 요인에 의한 오염원의 변동을 말한다.
- ③ 기준년도 12월말 기준의 오염원 자료에 대하여 동·리 단위를 원칙으로 개별 배출원에 대하여 조사한다.

④ 배출원별 오염원 자료는 기준년도부터 오염총량관리 최종년도까지 작성하며, 기준년도 및 과거추이를 기초로 연차별로 분석하여 전망한다(단, 환경기초시설과 매립시설의 기준년도 현황은 실제 운영현황을 기초로 조사한다. 해당 행정구역의 배출원별 오염원량의 합계는 해당 행정구역별 오염원량과 일치하여야 한다).

1. 생활계 오염원 조사

(1) 행정구역별 인구 현황 및 전망

(표 V-1) 행정구역별 가정인구 현황 및 전망 조사표

행정 구역 코드	시도	시군구	읍면	동리	연도별 인구 (인)													
					-4년	-3년	-2년	-1년	기준 년도	1년	2년	3년	최종 년도	

- 가정인구란 건축법의 건축물 용도에서 주거를 목적으로 하는 건축물에 거주하는 인구(주민등록상 거주인구)
- 가정인구는 자연증감인구와 개발인구를 구분하여 가정인구의 과거추이와 장래전망을 분석
- 자연증감인구는 가정인구 중 개발인구를 제외한 인구의 증감을 말하고 개발인구는 기본방침 제2조9항에서 정의한 개발사업에 의해 증가하는 인구를 말함
- 장래 자연증감분은 과거추이를 반영하기에 적합한 수학적방법(등차급수, 등비급수, 선형회귀, 지수회귀, 대수회귀, 로지스틱회귀 등)을 적용하여 전망(담수물 등 급격한 사회적 변동요인에 따른 인구 진출입 배제)
- 장래의 자연증감분에 도시기본계획, 하수도정비기본계획, 전국수도종합계획 등의 도시관리계획 및 개발계획에 따른 변동인구를 가감하여 장래 총인구를 산정

- ‘하수처리구역’은 하수도법 제2조제15호에 의한 하수처리구역(하수도사용료 부과지역 중 미접합 등으로 하수종말처리시설에서 하수가 처리되지 않는 경우에는 하수미처리구역에 포함), 농어촌주택개량촉진법 제2조제3호에 의한 행정자치부 마을하수도, 농어촌정비법 제35조제1항제5호 및 농어촌발전촉진법에 의한 농림부 마을하수도에 의해 하수가 처리되는 지역, 산업폐수종말처리시설 등의 환경기초시설로 하수가 배수설비를 통해 이송되는 모든 지역, ‘하수미처리구역’은 하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 모든 지역
- ‘분류식’은 우수와 분리하여 오수만을 운반하는 처리구역이며 분류식 지선이 합류식 간선으로 병합되는 경우에도 분류식으로 간주, ‘합류식’은 그 외 구역
- ‘오수처리’는 오수처리시설 사용인구, ‘단독정화’는 단독정화조 사용인구, ‘수거식’은 분뇨처리방식이 수거식인 지역에 거주하는 인구
- ‘편입일자’에는 처리구역으로 편입된 일자 혹은 환경기초시설 확충 또는 신설에 의해 장래 처리구역으로 편입될 예정일자를 기재
- ‘하수처리구역’의 ‘처리시설명’은 해당 행정구역의 생활하수를 처리하는 환경기초시설명이며, 하수종말처리장과 마을하수도는 물론 하수가 유입되는 기타 모든 환경기초시설을 포함하여 기재, 해당지역에 대한 처리시설이 2개 이상인 경우엔 각 처리시설별로 해당인구 기재
- ‘분뇨처리’의 ‘처리시설명’은 해당지역의 분뇨를 처리하는 환경기초시설명이며, 해당지역에 대한 환경기초시설이 2개 이상인 경우엔 각 처리시설별로 해당인구 기재

(3) 행정구역별 생활계 사용유량 현황 및 전망

(표 V-3) 행정구역별 생활계 사용유량 현황 및 전망 조사표

연도	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	생활계 사용유량 (m ³ /일)									
						-4년	-3년	-2년	-1년	기준년도	1년	2년	3년	...	최종년도

(2) 배출원별 축산 현황 및 전망

- ① 동일 축종의 개별축사별로 전수조사자료를 기준하여 작성한다(신고미만의 소규모 축사에 대하여 업주가 불분명할 경우의 가축두수는 동리별로 합계하여 기재한다).
- ② 지정내역, 축종, 규제내역, 개별처리유형에 따라 구분하여 정리한다.
- ③ 장래 가축두수에 대하여 배출원별로 전망이 어려운 경우 표 V-6의 동리별 장래 가축두수 추정치에 기준년도의 해당지역내 배출원별 가축두수비를 곱하여 추정한다.

(표 V-7) 배출원별 축산 현황 및 전망 조사표

연도	소유역코드	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	지정내역	업주명	사육두수		축사면적 (㎡)	운동장면적 (㎡)	규제내역	개별처리유형		환경기초시설			
									축종	두수				폐수	고형물	차집유형	편입일자	처리장명	

- ‘지정내역’은 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률시행령 제12조의 제1호 내지 제6호 각목에 해당하는 지역 또는 구역은 ‘특정’, 그 외의 지역은 ‘기타’로 기재
- ‘업주명’은 사업주 성명 또는 법인명 등을 기재
- ‘사육두수’는 업주별로 축종 및 개별처리유형에 따라 기재
- ‘축사면적’은 가축의 사육시설면적(운동장은 제외)을 기재
- ‘운동장면적’은 가축의 휴식이나 운동을 목적으로 가축이 일시적으로 머무는 면적
- ‘규제내역’에는 축종별로 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 의한 ‘허가’(허가대상 배출시설), ‘신고’(신고대상 배출시설), ‘간이’(가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률시행규칙 별표3의 2. 처리시설의 방류수수질기준 비고 2에 해당하는 신고대상시설), ‘미규제’(그외의 시설)로 기재

- '업종코드'와 '업종'은 표 VII-4의 업종분류코드와 업종명을 기재
- '주요생산품'에는 배출업소에서 생산하는 대표적인 제품명을 기재
- '가동유무'에는 배출업소가 정상조업할 경우에는 '조업', 휴업일 경우에는 '휴업'을 기재
- '물공급량'에는 배출업소에 필요한 일평균 물의 양을 취수원별로 구분하여 기재
- '물사용량'에는 배출업소의 일평균 물사용량을 공업과 생활로 구분하여 기재
- '공업용수'에는 사업장에서 원료 및 보일러용수, 공정용수, 희석수, 냉각수 등으로 사용하는 일평균 물 사용량을 기재
- '생활용수'에는 사업장내의 식당, 화장실, 욕실, 기숙사 등에서 사용하는 일평균 물사용량을 기재
- '제품 및 증발량'에는 제품에 포함된 물의 양, 보일러 등의 생산공정 중 증발한 물의 양을 일평균으로 기재
- '순수간접냉각수'에는 냉각목적으로 사용하는 물 중 오염물질이 전혀 혼입되지 않은 순수한 냉각수로서 공공수역으로 방류하는 양을 일평균으로 기재
- '폐수발생량'은 물사용량에서 생활용수, 제품 및 증발량, 순수간접냉각수를 제외하여 산정함. 단 오·폐수 병합처리일 경우에는 생활용수량을 합산
- '폐수배출량'은 폐수발생량 중 재이용량을 제외하고 실제 공공수역으로 방류하는 폐수량을 말하며 일평균으로 기재
- '수질'의 'BOD'는 BOD5, 'COD'는 CODMn(이하 모두 같다), '발생농도'는 표 VII-4의 업종별 표준발생농도로 기재하거나 실측치가 있는 경우 연평균값을 기재하고 일별 또는 일정기간별 측정기록 일체를 별도 제출. 방류농도는 실측치의 연평균값을 기재하고 일별 또는 일정기간별 측정기록 일체를 별도 제출
- '처리유형'에는 해당 배출업소에서 발생 또는 배출된 폐수가 배수설비를 통하여 폐수처리시설, 하수처리시설 등의 종말처리시설로 이송되는 경우엔 '종말', 농공단지 처리시설로 이송되는 경우엔 '농공', 기타 공동처리시설로 이송되는 경우엔 '공동', 위탁처리되는 경우엔 '위탁', 개별처리되어 직접 방류되는 경우엔 '방류'로 기재
- '차집방법'은 배출업소에서 발생된 폐수를 연계처리할 때 기재하며, 수거차량 등을 이용하여 직접이송 할 경우 '직접이송', 배수설비를 통하여 관거로 이송할 경우엔 '관거이송'으로 기재
- '배출허용기준적용지역'은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 제34조에 제시된 배출허용기준적용지역을 말하며, '청정지역', '가 지역', '나 지역', '특례지역'으로 구분하여 기재

- '방류선'에는 해당 배출업소의 폐수가 배수설비를 통해 이송되는 경우엔 해당 환경기초시설명, 위탁처리되는 경우엔 위탁업소명, 개별처리되어 직접방류되는 경우엔 최종 방류구의 해당 행정구역코드 기재

4. 토지계 오염원 조사

- ① 기준년도말 기준의 토지이용 및 규제 현황을 분석한다.
- ② 향후 토지이용 및 관리계획을 반영하여 오염총량관리 시행기간의 토지이용 및 규제 내역을 연차별로 전망한다.

(표 V-10) 토지이용·규제 현황 및 전망 조사표

년월	총량관리구역				행정구역					도시계획 지역 (㎡)		개발제한 구역 (㎡)	녹지지역 (㎡)			상수원 관리지역 (㎡)		
	단위 구역코드	단위 구역명	소유 코드	소유 명	행정 구역 코드	시도	시군구	읍면동	동리	총면 적 (㎡)	시가		비시가	보전 녹지	생산 녹지	자연 녹지	상수원 보호구역	특별 대책 지역

- 동·리별 용도지역 현황에 대한 토지이용계획 확인원 등의 전산화가 완료된 경우는 이를 바탕으로 기재
- '시가'는 국토의계획및이용에관한법률 제36조에서 규정하는 도시지역 중 주거지역, 상업지역, 공업지역이고, '비시가'는 그 외의 지역(도시지역 중 녹지지역과 관리지역, 농림지역, 자연환경보전지역)이며, 시가면적 산정시 환경부의 토지피복분류도 등 참고
- '개발제한구역'은 국토의계획및이용에관한법률 제38조, 개발제한구역의지정및관리에관한특별조치법 제3조 및 제10조에서 규정하는 구역
- '녹지지역'은 국토의계획및이용에관한법률 제36조제1항제1호라목, 동법 시행령 제30조제4호에서 규정하는 지역
- '상수원관리지역'은 법 제2조제5호에서 규정하는 구역 또는 지역

(1) 행정구역별 토지 현황 및 전망

(표 V-11) 행정구역별 토지 현황 및 전망 조사표

소유역코드	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	지목	토지면적 (㎡)														
							-4년	-3년	-2년	-1년	기준년도	1년	2년	3년	최종년도		
					00리	전															
						답															
						--															

- 동·리별로 작성하되 장래 지목면적 전망시 도시개발계획 및 용도지역 변경계획 등 반영
- ‘지목’은 지적법 제5조제1항의 규정에 의해 구분
- 장래 전망시 동리별 총면적이 기준년도와 동일하도록 전망

(2) 배출원별 토지 현황 및 전망

- ① 지번별 지목 및 면적은 실제 토지이용형태를 기준으로 조사하여 동·리별로 작성한다. 다만, 토지이용형태별 조사가 어려울 경우 지적공부상 자료 또는 지적전산망 자료 등을 기준으로 작성할 수 있다.
- ② 장래 토지면적에 대하여 배출원별로 전망이 어려운 경우 표 V-11의 동·리별 장래 토지면적 추정치에 기준년도의 해당 지역내 배출원별 토지면적비를 곱하여 추정한다.

(표 V-12) 배출원별 토지 현황 및 전망 조사표

연도	소유코드	행정구역코드	시도	시군구	읍면동	동리	지목	지목면적 (㎡)	하천부지 점용면적 (㎡)			개별처리시설유형	환경기초시설명
									전	답	기타		

- '지목'은 지적법의 지목을 기재
- '하천부지 점용(하천법 제33조제1항)면적'은 하천법 제2조의 국가하천, 지방1급하천, 지방2급하천을 포함하여 하천부지점용대장을 기준으로 작성
- '개별처리시설유형'에는 노면 유출수 저류시설 등 토지 오염부하 저감시설이 설치되어 있는 경우 해당 처리유형을 기재
- '환경기초시설명'에는 관거식 처리구역의 경우 해당 환경기초시설명을 기재, 해당지역에 대한 환경기초시설이 2개 이상인 경우엔 각 처리시설별로 해당사항 기재

5. 양식계 오염원 조사

양식계 오염원은 수산물 양식시설에 한하여 조사한다.

(1) 행정구역별 양식 현황 및 전망

(표 V-13) 행정구역별 양식 현황 및 전망 조사표

소유코드	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	종류	연도별 양식장 시설면적 (㎡)													
							-4년	-3년	-2년	-1년	기준 년도	1년	2년	3년	최종 년도	

- 동리별로 작성하되 장래 양식면적 전망시 양식장 조성 및 폐쇄 계획 반영
- '종류'에는 가두리식 양식은 '가두리', 지수식 양식은 '지수식', 유수식 양식은 '유수식'으로 기재

(2) 배출원별 양식 현황 및 전망

① 양식장별로 정리하되 하나의 양식장이 여러 지번에 걸쳐 있는 경우엔

- 되는 경우 '처리후방류', 자체처리(전처리 포함) 후 종말처리시설로 이송되는 경우 '처리후종말', 자체처리 없이 종말처리시설로 이송되는 경우 '무처리종말', 자체처리 없이 직접 방류되는 경우 '무처리방류'로 기재
- '차집방법'은 매립장에서 발생된 침출수를 연계처리할 때 기재하며, 수거 차량 등을 이용하여 직접이송 할 경우 '직접이송', 배수설비를 통하여 관거로 이송할 경우엔 '관거이송'으로 기재
 - '배출허용기준적용지역'은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 제34조에 제시된 배출허용기준적용지역을 말하며, '청정지역', '가지역', '나지역', '특례지역'으로 구분하여 기재
 - '방류선'에는 해당 시설의 폐수가 종말처리시설로 이송되는 경우 해당 환경기초시설명, 직접 방류되는 경우 최종 방류구의 해당 행정구역코드 기재

7. 환경기초시설 조사

- ① 환경기초시설에는 하수종말처리시설, 마을하수도, 분뇨처리시설, 산업폐수종말처리시설, 농공단지처리시설, 축산폐수공공처리시설, 기타 공동처리시설 등 배출업소의 개별처리가 아닌 처리시설로서 폐·하수가 수거 또는 배수설비를 통해 이송되어 유입되는 모든 처리시설을 포함한다(폐수배출시설조사표에 등재되는 위탁처리시설 제외하나, 축산폐수/고형물 위탁처리시설은 포함).
- ② 관거 배수설비를 통해 환경기초시설로 이송·유입되는 양과 관거 배수설비를 통하지 않고 환경기초시설로 직접 이송되어 유입되는 양을 분리하여 정리한다.
- ③ 합류식 관거와 분류식 관거가 별도로 환경기초시설에 접합된 경우는 각각에 대하여 정리한다(분류식 관거가 이송과정에 합류식 간선 관거에 병합된 경우는 합류식 관거에 정리한다).
- ④ 유량은 유량기록계의 자료를 통해 일 총유량으로 기재한다.

(표 V-17) 환경기초시설 운영 현황 및 전망 조사표

(a) 환경기초시설 기본정보

소유역코드	처리시설명	구분	시설용량 (m ³ /일)	가동개시일자			행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	본면	부면	방류구	
				연	월	일								번호	방류선

(b) 총유입유량 및 유입수질 내역

처리시설명	운영일자			총유입유량 및 총유입농도				
	연	월	일	유량 (m ³ /일)	BOD (g/m ³)	COD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)

(c) 관거이송유량 및 이송수질 내역

처리시설명	운영일자			관거이송유량 및 농도						미처리배제유량 (m ³ /일)	
	연	월	일	관거번호	관거유형	유량 (m ³ /일)	BOD (g/m ³)	COD (g/m ³)	T-N (g/m ³)		T-P (g/m ³)

(d) 직접이송유량 및 이송수질 내역

처리시설명	연	월	일	직접이송유량 및 농도					
				유입원	유량 (m ³ /일)	BOD (g/m ³)	COD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)

(e) 방류유량 및 방류수질 내역

처리 시설명	연	월	일	방류유량 및 방류농도					
				방류구 번호	유량 (m ³ /일)	BOD (g/m ³)	COD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)

- ‘구분’란엔 기존처리시설의 경우 ‘기존’, 확충예정인 시설은 ‘확충’, 신설예정인 시설은 ‘신설’로 기재
- ‘시설용량’은 설계처리용량 기재
- ‘가동개시일자’에는 기존처리시설의 경우 가동개시일자, 확충 및 신설예정인 시설은 장래 가동개시 예정일자 기재
- ‘본번’, ‘부번’엔 환경기초시설이 소재한 대표 지번 기재
- ‘방류구번호’에는 방류구가 1개인 경우 공란, 방류구가 2개 이상인 경우 일련번호, ‘방류선’은 방류수가 연계처리시설에 유입되는 경우 연계처리시설명을, 하천에 직접방류시는 최종 방류구 지점의 행정구역코드를 기재
- ‘관거이송’은 생활하수, 산업폐수, 축산분뇨, 매립시설 침출수, 토지유출수, 불명수 침투수 등의 관거이송을 말하며, ‘관거이송유량’은 환경기초시설에 유입되어 처리되는 유량으로서 용량부족 또는 우기시의 배제유량은 산입하지 않음
- 환경기초시설에 집합된 관거가 다수인 경우 관거이송유량의 규모 순으로 ‘관거번호’에 일련번호를 부여하여 각각의 유량과 농도를 기재
- ‘관거유형’에는 합류식인 경우 ‘합류’, 분류식인 경우 ‘분류’로 기재
- ‘직접이송’은 관거 배수설비를 통하지 않고 환경기초시설로 직접 이송되어 유입되는 경우로서 집수조 직전의 관거에 병합하여 투입되는 경우 포함
- ‘직접이송’의 ‘유입원’에는 ‘생활계분뇨 및 정화조오니’, ‘생활계분뇨전처리수’(분뇨처리장 방류수를 병합처리하는 경우), ‘축산계분뇨’, ‘축산계분뇨전처리수’(축산폐수공공처리장의 방류수를 병합처리하는 경우) 등으로 기재
- 직접이송수가 유입원별로 다수인 경우 유입원별로 각각의 유량과 농도를 기재
- ‘유량’은 일간유량 값, ‘농도’는 일평균농도로 기재(수질 및 유량의 실측자료를 포함하는 환경기초시설 운영자료 사본 첨부), 일평균농도는 하루 중

유량에 따라 수질 변동이 크지 않은 경우엔 산술평균값으로, 유량에 따라 수질 변동이 큰 경우엔 유량가중평균값으로 산정

$$\text{산술평균농도}(C, g/m^3) = \frac{\sum_{k=1}^n C_k}{N},$$

$$\text{유량가중일평균농도}(C, g/m^3) = \frac{\sum_{k=1}^n (Q_k \cdot C_k)}{\sum_{k=1}^n Q_k}$$

Q_k : 일간 k시점의 측정유량($m^3/일$), C_k : 일간 k시점의 측정농도(g/m^3)

N : 일간 측정횟수

- '총유입유량'은 '관거이송유량'과 '직접이송유량'을 모두 합한 유량(미처리 배제유량과 오니반송수는 포함하지 않음), 관거이송수와 직접이송수의 유량과 농도를 각각 측정한 경우 총유입유량과 총유입농도는 다음과 같이 산정

$$\text{총유입유량} = \sum(\text{관거이송유량} + \text{직접이송유량})$$

$$\text{총유입농도} = \frac{\sum(\text{관거이송유량} \times \text{관거이송농도} + \text{직접이송유량} \times \text{직접이송농도})}{\text{총유입유량}}$$

- 총유입수에 대한 측정자료가 대표성이 있으며(관거이송수와 직접이송수가 충분히 혼합된 총유입수에 대한 측정치가 있는 경우), 이송관거나 직접이송 유입원이 각각 하나이고, 관거이송수 또는 직접이송수 중 어느 하나에 대한 측정자료만 확보된 경우엔 다음과 같이 산정

- 직접이송유량과 직접이송농도의 측정자료가 확보된 경우

$$\text{관거이송유량} = \text{총유입유량} - \text{직접이송유량}$$

$$\text{관거이송농도} = \frac{\text{총유입유량} \times \text{총유입농도} - \text{직접이송유량} \times \text{직접이송농도}}{\text{관거이송유량}}$$

- 관거이송유량과 관거이송농도의 측정자료가 확보된 경우

$$\text{직접이송유량} = \text{총유입유량} - \text{관거이송유량}$$

$$\text{직접이송농도} = \frac{\text{총유입유량} \times \text{총유입농도} - \text{관거이송유량} \times \text{관거이송농도}}{\text{직접이송유량}}$$

- '방류유량 및 방류농도'에서 방류구가 다수인 경우에는 방류구별로 방류유량 및 방류농도를 기재
- 확충 및 신설예정 시설에 대해서는 운영일자에 장래 가동개시 예정일자만 기재하고 이에 한하여 설계조건의 유량 및 농도를 기재(처리구역도, 처리대상, 차집유형, 병합처리 유무 등에 대한 자료 첨부)
- '미처리배제유량'에는 건기 기준으로 처리시설 용량부족으로 인해 미처리상태로 배제하는 유량을 기재(우기시에는 건기시 평균 미처리배제유량을 기재)

8. 오염원별 점유율

- ① 오염원별 점유율은 기준년도를 기준으로 하여 조사한다.
- ② 행정구역 단위의 오염원 조사 및 행정구역과 구역의 경계가 일치하지 않는 경우의 오염원별 점유율은 토지종합정보망(LMIS, land management information system)의 연속지적도 자료 및 개별배출시설의 방류구 위치로부터 산정한다.

(표 V-18) 오염원별 점유율

연도	해당구역				행정구역									
	단위유역코드	단위유역명	소유코드	소유명	행정구역코드	시도	시군구	읍면	동리	점유율 (%)				
										생활계	산업계	축산계	매립계	양식계

연도	해당구역				행정구역										
	단위 유역 코드	단위 유명	소 유 역 코드	소 유 역 명	행 정 구 역 코드	시 도	시 군 구	읍 면	동 리	토지계 점유율 (%)					
										전	답	임야	대지	기타	

- 연도에는 기준년도를 기재
- 생활계 및 축산계 점유율은 연속지적도의 순수 대지면적 비율로 산정
- 산업계, 양식계, 매립계 점유율은 개별배출시설의 방류구 위치로 부터 해당 소유역을 결정. 다만, 방류구 위치를 파악하기 어려운 산업계, 양식계의 경우 연속지적도의 해당 지목으로부터 추정할 수 있다. 이 경우 산업계는 ‘공장용지’, 양식계는 ‘양어장’ 면적비율로 추정한다.
- 토지계는 연속지적도의 지목면적 비율로 산정

VI. 오·폐수 발생유량 산정

오·폐수 발생유량 산정시 적용하는 발생원단위는 실측자료를 우선으로 하되 실측자료가 없는 경우 이 지침에서 제시하는 발생원단위를 적용한다. 지역별 및 세부 오염원별로 발생원단위를 실측하여 적용하고자 하는 경우 다음의 과정을 통하여 통계적으로 유의성 있는 대표치를 추출하고 그 결과를 제시하여야 한다.

- ① 동일한 원단위를 적용할 발생원 모집단의 특성에 따라 표본을 임의추출(random sampling), 층화추출(stratified sampling), 집락추출(cluster sampling), 계통추출(systematic sampling)한다.
- ② 근사표본크기 n_0 및 표본크기 n 을 결정한다.

$$n_0 = \frac{(t_{1-\alpha/2, n-1})^2 C^2}{d^2}, \quad C = \frac{s}{\bar{x}}, \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

$$d = \frac{|\bar{x} - u|}{u}$$

$t_{1-\alpha/2, n-1}$: 자유도 $n-1$ 에서 신뢰도 $(1-\alpha) \times 100\%$ 조건의 t 값

C : 변이계수, s : 표본표준편차, \bar{x} : 표본평균, x_i : i 표본치, u : 모평균

d : 상대허용오차

· 근사표본크기 n_0 가 모집단 크기 N 의 10%이하일 때: $n = n_0$

· 근사표본크기 n_0 가 모집단 크기 N 의 10%를 초과할 때: $n = \frac{n_0}{(1 + n_0/N)}$

- ③ 표본크기는 90% 이상의 신뢰도 조건에서 상대허용오차가 0.2(20%) 이하가 되도록 선정한다.

1. 생활계

- ① 생활계 오수발생유량은 실제 생활용수 사용유량에 오수전환율을 곱하여 산정한다. 단, 장래 개발 계획의 생활계 오수발생유량 산정 시에는 용수공급계획량에 오수전환율을 곱하여 산정하며 별도의 용수공급계획을 수립할 수 없는 소규모 개발사업의 경우에는 「건축물의 용도별

오수발생량 및 정화조 처리대상인원 산정방법(환경부 고시)」에 따라 오수발생유량을 산정할 수 있다.

- ② 가정인구의 분뇨발생유량은 가정인구수에 분뇨발생유량원단위를 곱하여 산정하며, 잡배수발생유량은 잡배수사용유량에 오수전환율을 곱하여 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{가정인구분뇨발생유량} &= \text{가정인구수} \times \text{가정인구분뇨발생유량원단위} \\ \text{가정인구잡배수발생유량} &= \text{잡배수오수전환율} \times (\text{가정인구사용유량} - \text{가정인구분뇨발생유량}) \\ \text{가정인구오수발생유량} &= \text{가정인구분뇨발생유량} + \text{가정인구잡배수발생유량} \end{aligned}$$

- ③ 영업인구의 분뇨발생유량은 영업인구 사용유량에 분뇨발생유량비를 곱하여 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{영업인구분뇨발생유량} &= \text{영업인구사용유량} \times \text{영업인구분뇨발생유량비} \\ \text{영업인구잡배수발생유량} &= \text{잡배수오수전환율} \times (\text{영업인구사용유량} - \text{영업인구분뇨발생유량}) \\ \text{영업인구오수발생유량} &= \text{영업인구분뇨발생유량} + \text{영업인구잡배수발생유량} \end{aligned}$$

(표 VI-1) 생활계 분뇨발생유량원단위, 분뇨발생유량비 및 잡배수오수전환율

구 분	가정인구 분뇨발생유량원단위 (m ³ /인/일)	영업인구 분뇨발생유량비 (-)	잡배수오수전환율 (-)
시 가 화	0.00115	0.006	0.88
비시가화	0.00134	0.006	0.88

- 표 VII-2의 영업시설 중 일반목욕장과 같이 물사용량이 매우 많거나 그 반대인 시설에 대한 영업인구 분뇨발생 유량비는 표본조사를 통한 실측치를 적용

- ④ 생활계 오수발생유량은 가정인구와 영업인구에 의한 오수발생유량을 합하여 산정한다.

생활계분뇨발생유량=가정인구분뇨발생유량+영업인구분뇨발생유량

생활계잡배수발생유량=가정인구잡배수발생유량+영업인구잡배수발생유량

생활계발생유량=가정인구오수발생유량+영업인구오수발생유량

2. 축산계

가축 사육두수에 발생유량원단위를 곱하여 산정한다.

$$\text{축산폐수발생유량} = \sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산폐수발생유량원단위})$$

$$\text{축산고형물발생유량} = \sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산고형물발생유량원단위})$$

$$\text{축산계발생유량} = \text{축산폐수발생유량} + \text{축산고형물발생유량}$$

(표 VI-2) 축종별 발생유량 원단위

(단위: m3/두/일)

구분	젖소	한우	말	돼지	양사슴	개	가금
합계	0.0456	0.0146	0.0097	0.0086	0.0007	0.0011	0.00008
폐수발생유량	0.0259	0.0065	0.0043	0.0074	0.0005	0.0008	0
고형물발생유량	0.0197	0.0081	0.0054	0.0012	0.0002	0.0003	0.00008

3. 기타

산업계 발생유량은 V. 오염원 조사지침 3. 산업계 오염원 조사의 폐수발생유량, 양식계 발생유량은 5. 양식계 오염원 조사의 방류유량, 매립계 발생유량은 6. 매립계 오염원 조사의 침출수 발생유량으로 한다.

VII. 발생부하량 산정

발생부하량 산정시 적용하는 발생원단위는 실측자료를 우선으로 하되 실측자료가 없는 경우 본 지침에서 제시하는 발생원단위를 적용한다. 지역별 및 세부오염원별로 발생원단위를 실측하여 적용하고자 하는 경우 VI. 오·폐수 발생유량 산정시의 표본조사 방법에 따른다.

1. 생활계

- ① 가정인구의 발생부하량은 가정인구에 발생부하원단위를 곱하여 산정한다.

가정인구발생부하량 = 가정인구수 × 가정인구발생부하원단위

가정인구분뇨발생부하량 = 분뇨발생부하비 × 가정인구발생부하량

가정인구잡배수발생부하량 = (1 - 분뇨발생부하비) × 가정인구발생부하량

(표 VII-1) 생활계 가정인구 발생부하 원단위 및 분뇨발생부하비

구 분	가정인구 발생부하원단위(g/인/일)			분뇨발생부하비		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
시 가	50.7	10.6	1.24	0.45	0.8	0.8
비시가	48.6	13.0	1.45			

- ② 영업인구의 발생부하량은 오수발생유량에 오수발생농도를 곱하여 산정하고, 오수발생농도에 대한 실측자료가 없는 경우 표 VII-2의 표준 발생농도를 곱하여 산정한다. 단, 영업장의 종류가 다양하고 각 업종의 물사용량 구분이 어려운 경우에는 해당 업종 오수발생농도의 평균을 적용한다.

영업인구발생부하량 = 영업인구오수발생유량 × 영업인구오수발생농도

영업인구분뇨발생부하량 = 분뇨발생부하비 × 영업인구발생부하량

영업인구잡배수발생부하량 = (1 - 분뇨발생부하비) × 영업인구발생부하량

(표 VII-2) 생활계 영업장 오수발생 표준농도

건축물 용도		업종 코드	BOD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)	
문화 및 집회시설 (100)	집회장	예식장, 공회당, 마을회관, 회의장, 교회, 사찰, 성당, 제실, 사당, 장례식장	101	150	50	5
	공연장	영화관, 연예장, 음악당, 연극극장, 서커스장	102	150	50	5
	기도원, 수도원, 수녀원		103	200	60	6
	경기장	체육관, 운동장, 경마장, 경륜장, 자동차경기장	104	260	80	8
	전시장	박물관, 미술관, 기념관, 수족관, 과학관, 박물관, 관망탑, 모델하우스	105	150	50	5
주거시설 (200)	기숙사, 양로원, 다중주택(원룸) ¹⁾ , 하숙, 군대숙소	201	200	60	6	
숙박시설 (300)	관광호텔, 호텔, 모텔, 여관, 여인숙	301	70	20	2	
	가족호텔, 콘도미니엄, 유스호스텔	302	140	40	4	
위락시설 (400)	무도유흥주점	나이트클럽, 카바레	401	150	50	5
	일반유흥주점	룸살롱, 단란주점, 요정, 스탠드바	402	250	80	8
	투견기업소, 카지노업소, 마권장의발매소		403	150	50	5
	무도장, 무도학원, 콜라텍		404	150	50	5
의료시설 (500)	종합병원		501	300	100	9
	병원, 치과병원, 한방병원, 정신병원, 요양소, 격리병원, 산후조리원	급식시설 있음	502	300	100	9
		급식시설 없음	503	150	50	5
	의원, 한의원, 치과의원, 침술원, 접골원, 조산소, 보건소, 진료소		504	150	50	5
판매 및 영업시설 (600)	시장, 상점	도매시장, 구판장, 소매시장, 양판점, 대형할인점, 서점, 표구점, 소매점, 수퍼마켓, 사진관, 세탁소, 장의사, 동물병원, 의약품도매점, 종포판매소	601	250	80	8
	백화점, 쇼핑센터		602	250	80	8
	게임제공업소, PC방, 기원, 전자오락실		603	150	50	5
	여객, 철도역, 종합여객, 공항		604	260	80	8
	탁구장, 당구장		701	100	30	3
운동시설 (700)	체육도장, 헬스장, 에어로빅장, 볼링장, 사격장, 라켓볼장, 스쿼시장, 실내낚시터, 스케이트장, 롤러스케이트장, 수영장		702	100	30	3
	골프연습장		703	100	30	3
	골프장		704	100	30	3
	테니스장	light시설있음	705	150	50	5
		light시설없음	706	150	50	5
자동차 관련시설 (800)	주차장 ²⁾ , 주기장 ³⁾	801	260	80	8	
	주유소, LPG충전소	802	260	80	8	
교육연구 복지시설 (900)	초등학교, 유치원, 보육시설		901	100	30	3
	중학교, 고등학교, 학원, 대학, 대학교, 직업훈련소	주간	902	100	30	3
		주야간 병설	903	100	30	3
	연구소, 시험소, 동물검역소		904	100	30	3
	도서관, 독서실		905	150	50	5
	고아원, 일시보호시설, 보호치료시설, 자립지원시설, 경로당, 자연권 청소년 수련시설		906	200	60	6

(표 VII-2) 계속

건축물 용도		업종 코드	BOD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)		
업무시설 (1000)	일반사무소	사무소, 신문사, 상담소, 소개소, 소방서	1001	100	30	3	
	방문객 많은 사무소	대사관, 전화국, 공공청사, 금융업소, 경찰서, 우체국	1002	100	30	3	
	오피스텔		1003	200	60	6	
근린생활 시설 (1100)	식품 즉석 제조 판매점, 제과점		1101	130	40	4	
	이용원, 미용원		1102	100	30	3	
	일반 목욕장4)		1103	100	30	3	
	공중화장실		1104	260	80	8	
	음식점	오염부하량 높은 경우(한식, 중식)		1105	330	110	10
		일반음식점		1106	210	70	6
		오염부하량 낮은 경우(양식, 일식, 커피숍, 카페)		1107	130	40	4
	안마시술소		1108	100	30	3	
찜질방		1109	100	30	3		
노래연습장, 비디오방		1110	150	50	5		
공업시설 (1200)	공장, 발전소, 작업소		1201	100	30	3	
공공용 시설 (1300)	교도소, 구치소, 소년원, 감화원		1301	200	60	6	
	촬영소		1302	100	30	3	
묘지관련 시설(1400)	화장장, 납골시설		1401	150	50	5	
관광휴게 시설(1500)	휴게소		1501	260	80	8	
부대 급식시설 (1600)	문화 및 집회시설, 숙박시설, 위락시설, 판매 및 영업시설, 운동시설, 자동차관련시설, 교육연구 및 복지시설, 업무시설, 근린생활시설, 공업시설, 묘지관련시설, 관광휴게시설 등의 상주인원에 대한 급식을 제공하는 시설		1601	330	110	10	
기타 (2000)	상기용도에 속하지 않는 시설 또는 단일 용도로 적용하는 것이 적합하지 않은 경우		2001	200	60	6	

- 주 1) 다중주택이란, 학생 또는 직장인 등의 다수인이 장기간 거주할 수 있는 구조로 된 주택
- 2) 주차장에서 건축물의 부속주차장은 제외
- 3) 주기장이란 건설기계관리법에 의한 건설기계 등 중기(重機)를 세워두는 시설
- 4) 일반목욕장이란, 공동탕, 가족탕, 한증막, 사우나탕을 포함

③ 생활계 발생부하량은 가정인구와 영업인구에 의한 발생부하량을 합하여 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{생활계발생부하량} &= \text{가정인구발생부하량} + \text{영업인구발생부하량} \\ \text{생활계분뇨발생부하량} &= \text{가정인구분뇨발생부하량} + \text{영업인구분뇨발생부하량} \\ \text{생활계잡배수발생부하량} &= \text{가정인구잡배수발생부하량} + \text{영업인구잡배수발생부하량} \end{aligned}$$

2. 축산계

축종별 사육두수에 발생부하 원단위를 곱하여 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{축산폐수발생부하량} &= \sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산폐수발생부하원단위}) \\ \text{축산고형물발생부하량} &= \sum(\text{축종별사육두수} \times \text{축종별축산고형물발생부하원단위}) \\ \text{축산계발생부하량} &= \text{축산폐수발생부하량} + \text{축산고형물발생부하량} \end{aligned}$$

(표 VII-3) 축산분뇨 발생부하원단위

(단위: g/두/일)

항목	구분	젖소	한우	말	돼지	양·사슴	개	가금
BOD	합계	556	528	259	109	10	18	5.2
	폐수	117	67	30	32	3	4	0
	고형물	439	461	229	77	7	14	5.2
T-N	합계	161.8	116.8	77.6	27.7	5.8	8.4	1.1
	폐수	63.5	40.0	26.7	14.9	4.2	5.4	0
	고형물	98.3	76.8	50.9	12.8	1.6	3.0	1.1
T-P	합계	56.7	36.1	24.0	12.2	0.9	1.6	0.4
	폐수	10.7	3.5	2.3	3.3	0.2	0.3	0
	고형물	46.0	32.6	21.7	8.9	0.7	1.3	0.4

3. 산업계

표 V-9의 폐수발생유량에 발생농도를 곱하여 산정한다. 발생농도는 실측치 또는 업종별 표준발생농도로 한다(업종별 발생농도가 없는 경우 유사업종의 원단위를 적용한다).

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

(표 VII-4) 업종별 산업폐수 표준발생농도

배출시설	표준산업 분류	업종분류 코드	오염물질 항목(mg/L)		
			BOD	T-N	T-P
석탄 광업시설	1010	1	3	0.9	0.0
금속 광업시설	1100	2	54	5.9	0.8
비금속 광물 광업시설(연료용 제외)	1200	3	8	7.3	0.4
도축, 고기, 수산물가공 및 저장처리시설	1511, 1512	4	1,154	386.1	32.2
과실, 채소가공 및 저장처리시설	1513	5	1,667	96.9	9.9
동·식물성 유지제조시설	1514	6	885	140.3	60.5
낙농제품 및 아이스크림 제조시설	1520	7	1,617	99.3	9.2
곡물 가공품 제조시설	1531	8	1,684	54.2	16.5
전분 및 당류 제조시설	1532	9	995	71.0	9.4
사료 제조시설	1533	10	4,287	151.2	28.3
설탕 제조시설	1542	11	72	12.1	1.420
조미료 및 식품첨가물 제조시설	1545	12	3,680	533.5	21.0
기타식품 제조시설	1540	13	1,660	124.4	13.3
주정제조 및 주조시설	1551, 1552, 1553	14	9,416	96.3	14.9
비알콜성 음료 및 얼음 제조시설	1554	15	649	44.8	5.0
담배 제조시설	1600	16	817	36.0	2.6
제사 및 방적시설	1710, 1720, 1730	17	615	49.0	2.7
섬유염색 및 가공시설	1740	18	300	24.8	3.0
기타섬유제품 제조시설	1790	19	750	78.9	6.4
가죽, 모피가공 및 제품제조시설	1820, 1910	20	1,549	510.3	32.2
신발 제조시설	1930	21	137	9.9	0.6
목재 및 나무제품 제조시설	2000	22	446	23.7	1.6
펄프, 종이 및 종이제품 제조시설	2100	23	827	18.2	1.4
출판, 인쇄, 사진처리 및 기록매체 복제시설	2200, 7491	24	320	124.2	0.7
코크스 및 관련제품 제조시설	2310	25	589	192.6	-
석유정제품 제조시설	2320	26	95	103.3	0.9
석유화학계 기초화합물 제조시설	24111	27	1,042	84.6	3.3
석탄화합물 제조시설	24112	28	3	7.9	0.2
천연수지 및 나무화합물 제조시설	24113	29	302	27.6	5.4
기타 기초유기화합물 제조시설	24119	30	1,361	198.8	2.0
기초무기화합물 제조시설	2412	31	127	67.2	8.1
산업용가스 제조시설	24121	32	88	17.6	0.7

배 출 시 설	표준산업 분 류	업종분류 코 드	오염물질 항목(mg/L)		
			BOD	T-N	T-P
합성염료 유연제 및 기타 착색제 제조시설	24132	33	770	135.2	6.6
비료 및 질소화합물 제조시설	2414	34	90	74.9	1.3
합성고무 제조시설	24151	35	206	51.9	1.6
합성수지 및 기타 플 라스틱 물질 제조시설	24152	36	919	77.8	15.7
의약품 제조시설	2420	37	1,250	59.0	3.5
살충제 및 기타 농약 제조시설	2431	38	2,000	26.2	1.2
도료, 인쇄잉크 및 유사제품 제조시설	2432	39	690	13.3	2.8
계면활성제, 치약, 비누 및 기타 세제 제조시설	24331, 24332	40	2,786	87.4	8.3
화장품 제조시설	24333	41	903	20.8	0.9
표면광택제 및 실내 가향제 제조시설	24334	42	760	9.0	0.2
비감광성 기록용 매체, 사진용 화학제품 및 감광재료 제조시설	24341, 24342	43	3,886	309.7	1.4
가공염 및 정제염 제조시설	24391	44	8	1.3	0.0
방향유 및 관련제품 제조시설	24392	45	1,700	96.3	3.0
접착제 및 젤라틴 제조시설	24393	46	1,117	211.7	6.0
화약 및 불꽃제품 제조시설	24394	47	47	692.2	0.6
기타 분류안된 화학제품 제조시설	24399	48	618	58.8	12.5
화학섬유 제조시설	2440	49	737	54.1	4.5
고무 및 플라스틱제품 제조시설	2500	50	192	22.3	6.1
유리 및 유리제품 제조시설	2610	51	62	26.0	0.4
도자기 및 기타 요업제품 제조시설	2620	52	22	8.4	1.5
시멘트, 석회, 플라스틱 및 그 제품 제조시설	2630	53	17	10.3	0.2
기타 비금속 광물제품 제조시설	2690	54	6	9.1	0.5
제1차 철강산업 시설	3230	55	48	227.6	10.7
합금철 제조시설	27112	56	37	15.4	0.0
비철금속 제련, 정련 및 합금 제조시설	2721	57	137	164.3	2.3
동 압연, 압출 및 연신제품 제조시설	27221	58	561	11.3	1.7
알루미늄 압연, 압출 및 연신제품 제조시설	27222	59	546	18.2	2.3
기타 비철금속 압연, 압출 및 연신제품 제조시설	27229	60	635	28.4	1.4
기타 제1차 비철금속 산업시설	2729	61	15	66.9	41.3
금속주조시설	2730	62	153	80.8	1.3
조립금속 제품 제조시설 (달리 분류되지 아니하는 중 분류 28-35까지의 제조시설)	2800	63	36	34.2	15.9
절연선 및 케이블 제조시설	3130	64	48	11.9	0.7
축전지 및 1차 전지 제조 시설	3140	65	30	37.6	1.0
전구 및 조명장치 제조시설	3150	66	107	406.3	8.3
반도체 및 기타 전자부품 제조시설	3210	67	50	34.4	3.9
방송수신기 및 기타 영상, 음향기기 제조시설	3230	68	179	22.5	6.2
기타 방송수신기 및 영상음향기기 제조시설	3690	69	290	18.0	0.4

배출시설	표준산업 분류	업종분류 코드	오염물질 항목(mg/L)		
			BOD	T-N	T-P
발전시설	4011	70	6	11.9	0.5
수도사업시설	4100	71	17	10.1	1.9
먹는샘물 제조시설	4100	72	4	2.3	1.1
수산물 판매장(면적 700㎡ 이상)	51313, 52213	73	422	85.7	8.7
병원시설(의료법에 의한 종합병원)	8511	74	101	21.6	1.8
폐수처리업의 폐수저장시설 및 폐기물처리업의 폐수발생시설	9020	75	2,653	684.3	11.7
세탁시설(용적 2㎡이상 또는 용수 1㎡/시간 이상)	9391	76	138	9.4	2.9
산업시설의 폐가스·분진, 세정·응축시설 (분무량 또는 응축량 0.01㎡/시간 이상)	공통시설	77	152	83.4	1.1
산업시설의 정수시설(정수능력 100㎡/일 이상)	공통시설	78	3	9.7	0.3
이화학 시험시설(면적 100㎡ 이상)	공통시설	79	289	10.0	1.0
도금시설	공통시설	80	45	120.1	22.1
운수장비 수선 및 세차 또는 세척시설	공통시설	81	77	47.9	4.6
기타 폐수배출시설 (1~81의 분류에 속하지 아니하는 시설)	공통시설	82	157	49.2	4.9

4. 토지계

① 토지계의 발생부하량은 유량과 수질을 연속 측정하여 수문곡선(hydrograph)과 오염부하곡선(pollutograph)을 도출하여 이로부터 월별 부하량을 산정한다. 지역의 특성에 따라 유역내 전체 토지계를 구획하여 조사하는 것을 원칙으로 하나, 다음의 방법으로 대표유역을 선정하여 도출된 표본조사 결과를 동질한 유형의 토지계에 적용할 수 있다.

- 대표 유역의 선정

- 유역내에서 각 토지이용 특성을 개별적으로 반영할 수 있는 지역(각 대표유역은 균질한 부하특성을 가져야 한다)
- 토지이용유형에 따라 세분화(도시지역은 주거·상업·공업지역 등의 용도 및 개발정도와 포장비율에 따라 분류, 농업지역은 각 지목 및 토양의 종류, 경사, 작물, 관개방법, 시비량 등에 따라 분류, 자연지역은 산림·습지·초원·황무지 및 식생의 종류, 경사, 식생상태 등에 따라 분류)

- 대상지역내에 하·폐수 등 대규모 점오염원이 없는 지역(일례로 축산계 자원화물이 토지로 환원되는 지역에서는 이로 인한 부하를 토지부하로부터 차감, 도시지역 토지유출의 경우 폐·하수 관거배출에 의한 부하를 토지부하로부터 차감하여야 한다)
- 배수구역을 정확히 구분할 수 있고 수문관련 자료의 수집이 용이한 지역
- 이상의 조건을 만족하는 각 토지유형에 따라 통계적으로 유의한 표본크기를 선정(토지계 단위유출유량 및 단위 유출부하량은 조사대상지역의 면적이 커지면 감소하므로 표본지역의 면적은 도시지역의 경우 5~10ha, 농업지역의 경우 10~50ha 규모를 기준으로 한다)

- 현장조사 횟수 및 시간간격

- 10mm/일 이상의 유효강우시 강우강도에 따라 연간 6회 이상으로 나누어 조사, 강우직전까지는 2시간 간격, 강우시작부터 침투 유출 후 안정기까지는 강우강도에 따라 30분~1시간 간격으로 조사
- 10mm/일 미만의 건기시는 갈수기와 저수기에 각 1회, 평수기 2회, 풍수기 3회로 나누어 조사, 1회 조사시 4시간~6시간 간격으로 24시간 조사

- 조사항목 및 방법

- 조사대상 구역의 면적, 토지이용현황 및 특성, 유량 및 표 III-6의 수질 조사 항목 조사(투명도와 Chl. *a* 제외)
- 하천조사법, 광역논조사법, 라이시메타법 등

② 토지계 발생부하량에 대한 실측조사가 어려울 경우에는 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위 및 강우배출비를 적용하여 다음의 산식으로 월별 발생부하량을 개략적으로 산정할 수 있다.

$$\text{토지계발생부하량} = \sum(\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위} \times \text{강우배출비})$$

$$\text{강우배출비} = 0.1 + 0.9 \frac{\text{연간일수}(=365,366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수}(=28,29,30,31)}$$

$$\text{월유효강우량비} = \frac{10\text{mm/일 이상강우고의 강우량 월합계}}{10\text{mm/일 이상강우고의 강우량 연합계}}$$

(표 VII-5) 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위

(단위: kg/㎥·일)

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

- ‘전’은 지목별 면적 중 전, 과수원을 포함
- ‘답’은 지목별 면적 중 답
- ‘임야’는 지목별 면적 중 임야
- ‘대지’는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로(도로사면 제외), 철도용지(철도선로 제외), 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지(골프장, 스키장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함
- 도로사면 및 철도선로는 기타에 산입하며, 골프장, 스키장은 실제 토지이용형태에 따라 해당 지목에 산입함
- ‘기타’는 광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지를 포함
- 하천부지 점용용지는 토지이용형태에 따라 해당 지목에 산입함

③ 토지계 발생부하량 산정시 해당지역에 적합한 유역모델을 적용하여 발생부하량을 산정·검토할 수 있으며, 적용된 모델의 타당성 및 적합성이 인정될 경우 차기 오염총량관리 계획수립단계부터 활용할 수 있다.

5. 양식계

- ① 사료투여량 자료가 확보된 경우 양식장의 월별 사료투여량(kg/월)에 발생부하비를 곱하여 월별로 산정한다.

$$\text{양식계 발생부하량} = \frac{\text{발생부하비} \times \text{월사료투여량}}{\text{월간일수}(=28,29,30,31)}$$

(표 VII-5) 양식장 사료투여량 대비 발생부하비

BOD ₅	T-N	T-P
0.25	0.05	0.013

② 사료투여량 자료 미 확보시 양식장의 시설면적에 시설면적기준 발생부하원단위를 곱하여 산정한다.

$$\text{양식계발생부하량} = \text{시설면적} \times \text{발생부하원단위}$$

(표 VII-6) 양식장 발생부하 원단위

(단위 : g/m²/일)

월	가두리(이스라엘잉어)			지수식(미꾸라지)			유수식(송어)			유수식(대하)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
1월	2.35	0.46	0.13	0.00	0.00	0.00	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
2월	1.93	0.38	0.10	0.00	0.00	0.00	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
3월	2.43	0.47	0.13	0.50	0.10	0.03	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
4월	24.16	4.71	1.31	2.49	0.48	0.13	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
5월	37.08	7.23	2.01	3.63	0.70	0.19	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
6월	109.04	21.27	5.90	10.68	2.07	0.56	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
7월	146.67	28.61	7.93	14.36	2.78	0.76	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
8월	155.67	30.36	8.42	15.24	2.95	0.81	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
9월	169.22	33.00	9.15	16.57	3.21	0.88	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
10월	149.39	29.14	8.08	14.63	2.83	0.77	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
11월	102.20	19.93	5.53	10.01	1.94	0.53	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
12월	20.06	3.91	1.08	0.00	0.00	0.00	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17
평균	76.68	14.96	4.15	7.34	1.42	0.39	15.31	2.99	0.83	3.18	0.62	0.17

6. 매립계

폐기물 매립시설의 침출수 발생유량에 발생농도를 곱하여 월별로 산정한다.

$$\text{매립계발생부하량} = \text{침출수발생유량} \times \text{침출수발생농도}$$

VIII. 배출량 산정

오염물질 배출량은 배출유량과 배출부하량(BOD5, 총질소, 총인)으로 구분하여 배출유형별로 산정한다. 배출부하량 산정시 적용하는 원단위는 VI. 오·폐수 발생유량 산정시의 표본조사 방법에 따른 실측자료를 우선으로 하되 실측자료가 없는 경우 본 지침에서 제시하는 원단위로 한다.

1. 배출경로

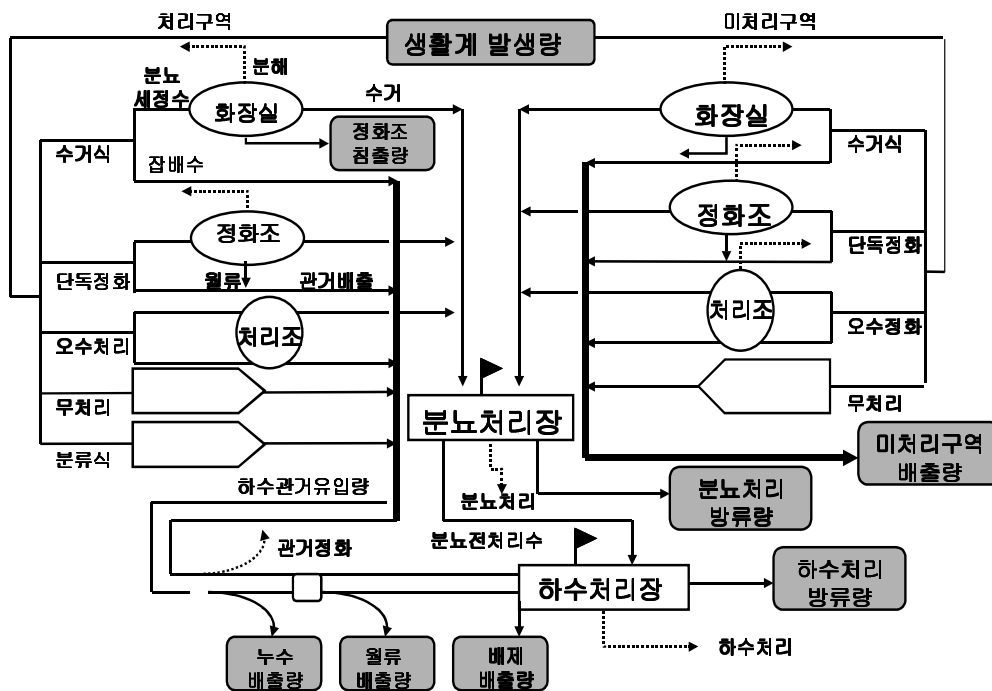
(1) 생활계

- ① 생활계 배출원은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 대분하여 처리구역은 우수와 오수를 함께 배제하는 합류식 관거 사용인구와 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식 관거 사용인구로, 미처리구역은 재래식화장실(수거식), 단독정화조, 우수처리시설 사용인구로 세분한다.
- ② 오염물질의 배출성상은 잡배수와 분뇨로 구분한다.
- ③ 재래식 화장실 사용인구의 오염물질 배출경로는 잡배수의 하수배출, 분뇨의 화장실에서의 분해, 침출 및 농지환원, 분뇨처리장 이송으로 세분한다.
- ④ 단독정화조 사용인구의 오염물질 배출경로는 분뇨 및 세정수의 정화조에서의 분해, 정화조오니의 분뇨처리장 이송, 정화조 상등액과 잡배수의 하수배출로 세분한다.
- ⑤ 우수처리시설 사용인구의 오염물질 배출경로는 잡배수와 분뇨의 우수처리시설 분해, 정화조오니의 분뇨처리장 이송, 처리수의 방류로 세분한다.
- ⑥ 합류식 하수처리구역내에서 우수처리시설 사용인구의 분뇨는 단독정화조 수준의 개별처리 후 관거로 유입되는 것으로 본다(합류식 하수처리구역내 우수처리시설은 법적 가동의무가 없음에 따라 대부분 단순정화조 기능을 하고 있다).
- ⑦ 분류식관거 사용인구의 잡배수와 분뇨는 개별처리 없이 직접 관거로 유입되는 것으로 본다.

⑧ 분뇨처리장으로 이송된 수거식 분뇨와 정화조오니의 배출경로는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설(주로 하수처리시설)로의 연계처리로 구분한다.

⑨ 관거로 유입된 생활계 오염물질의 배출경로는 다음과 같이 세분한다.

- 관거저류변화 : 관거에서 오염물질의 분해, 침전 및 퇴적, 관거 퇴적물의 재부상으로 인한 변화
- 관거누수 : 관거불량 부위로부터 오염물질의 누수
- 관거월류 및 배제: 우기시 관거용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 월류, 분류식 관거의 맨홀로부터의 월류, 환경기초시설의 처리시설용량 부족으로 인한 미처리 배제
- 관거이송 : 환경기초시설 처리시설로의 이송·유입
- 방류 : 환경기초시설 처리시설에서의 처리 후 방류



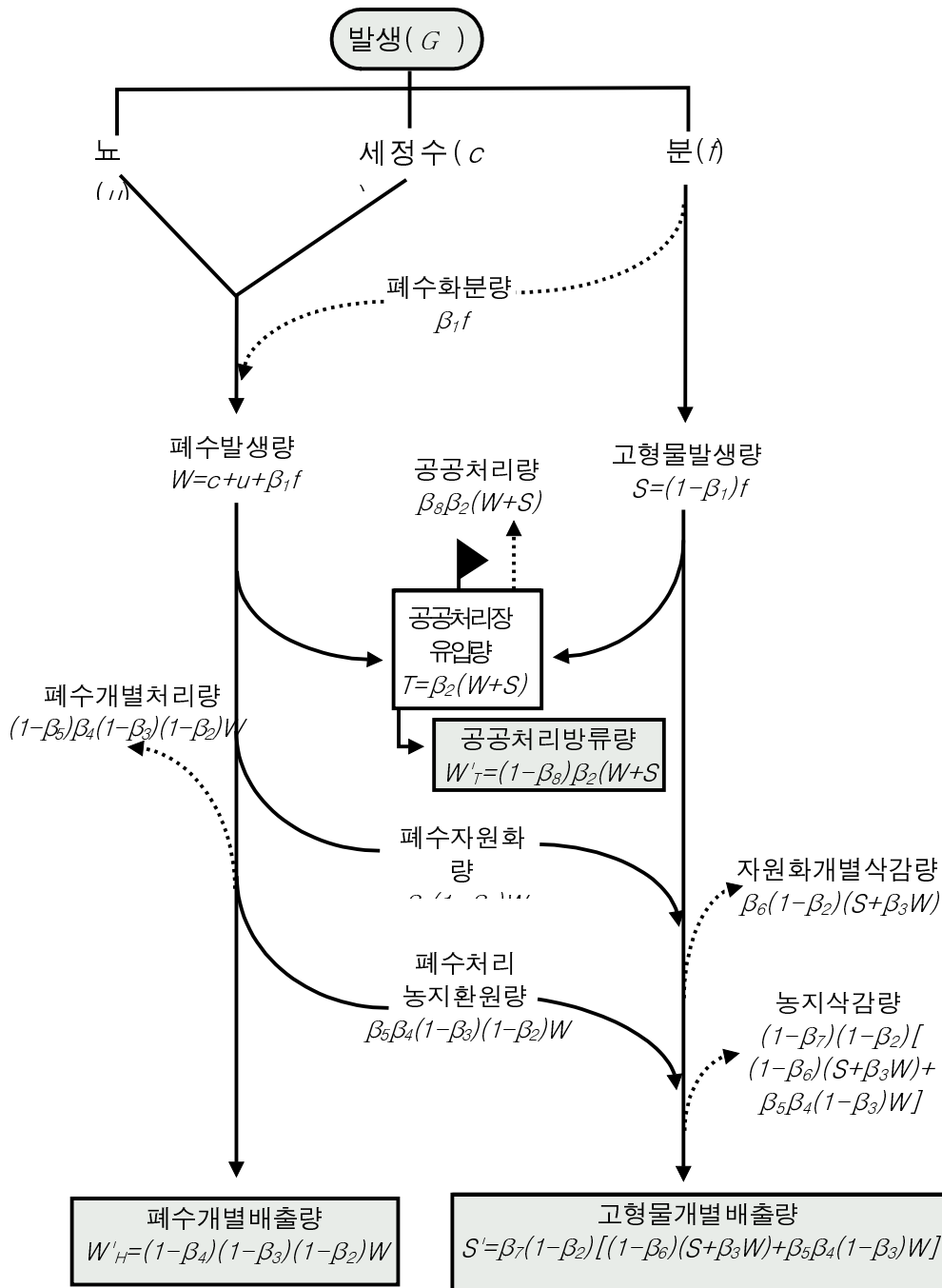
<그림 VIII-1> 생활계 오염물질 배출구조

(2) 축산계

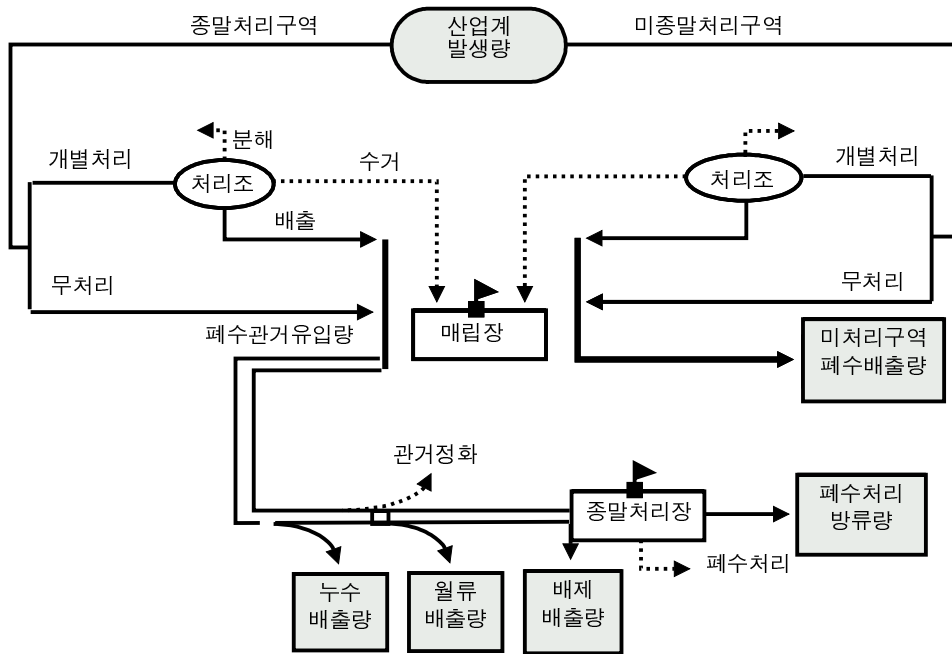
- ① 축산계 배출원은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 대분하여 각 구역에서 축종, 법적규제 규모 및 개별처리 유형별로 세분한다.
- ② 오염물질의 배출성상은 액상의 폐수와 고형물로 세분한다(폐수는 가축의 뇨와 세정수 및 세정수에 포함되어 폐수화되는 가축의 분으로, 고형물은 세정수에 의해 폐수화되는 부분을 제외한 가축의 분으로 한다).
- ③ 개별축사에서 오염물질 배출경로는 환경기초시설로의 이송, 개별처리, 농지환원, 개별배출로 세분한다.
- ④ 환경기초시설로 이송된 폐수와 고형물의 배출경로는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설(주로 하수처리시설)로의 연계처리로 구분한다.
- ⑤ 관거이송식 처리구역의 경우 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 (1) 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거월류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분한다.

(3) 산업계

- ① 산업계 배출원은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 대분하여 각 구역에서 업종에 따라 세분한다.
- ② 개별배출시설에서의 오염물질 배출경로는 환경기초시설로의 이송, 개별처리, 개별배출로 세분한다.
- ③ 환경기초시설로 이송된 폐수는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설(주로 하수처리시설)로의 연계처리로 구분한다.
- ④ 환경기초시설의 처리구역에서 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 (1) 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거월류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분한다.



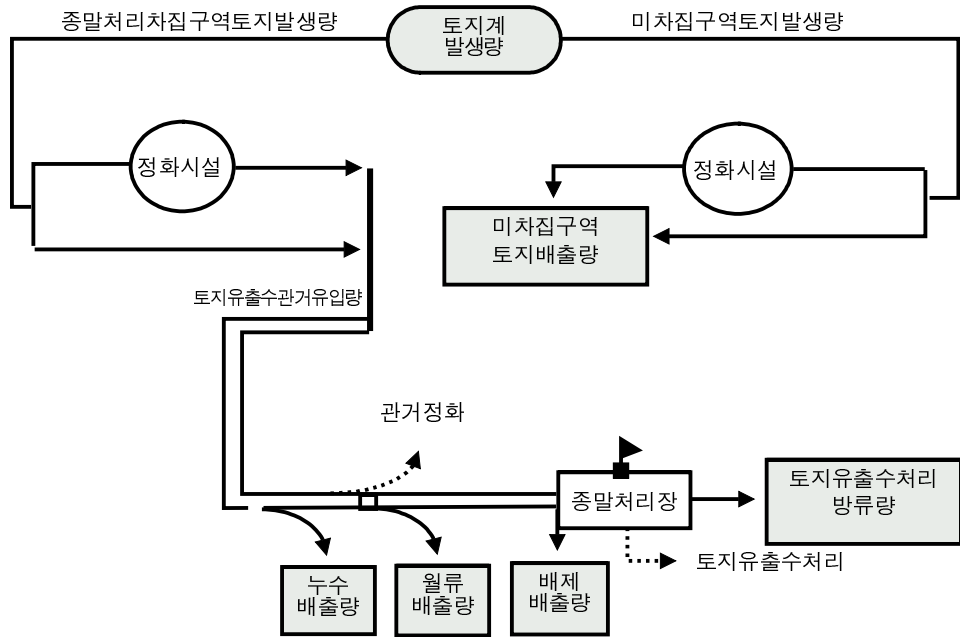
<그림 VIII-2> 축산계 오염물질 배출구조



<그림 VIII-3> 산업계 오염물질 배출구조

(4) 토지계

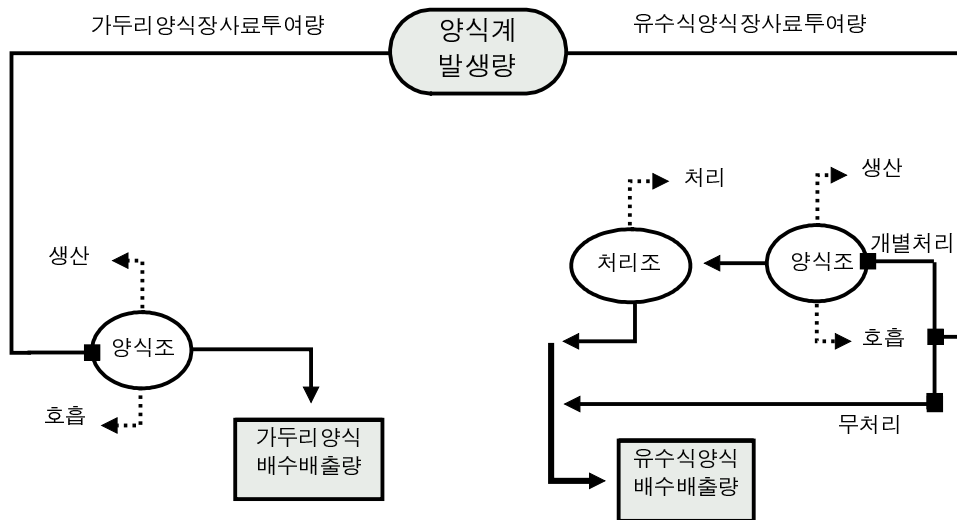
- ① 토지계 배출원은 토지로부터 유출된 오염물질이 합류식관거 또는 분류식관거에 침투되어 환경기초시설로 유입되는 차집구역과 미차집구역으로 대분하여 각 구역에서 지목에 따라 세분한다.
- ② 토지에서의 오염물질 배출경로는 개별처리, 환경기초시설로의 이송, 개별배출로 세분한다.
- ③ 환경기초시설로 이송된 토지유출수는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설(주로 하수처리시설)로의 연계처리로 구분한다.
- ④ 차집구역에서 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 (1) 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거월류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분한다.



<그림 VIII-4> 토지계 오염물질 배출구조

(5) 양식계

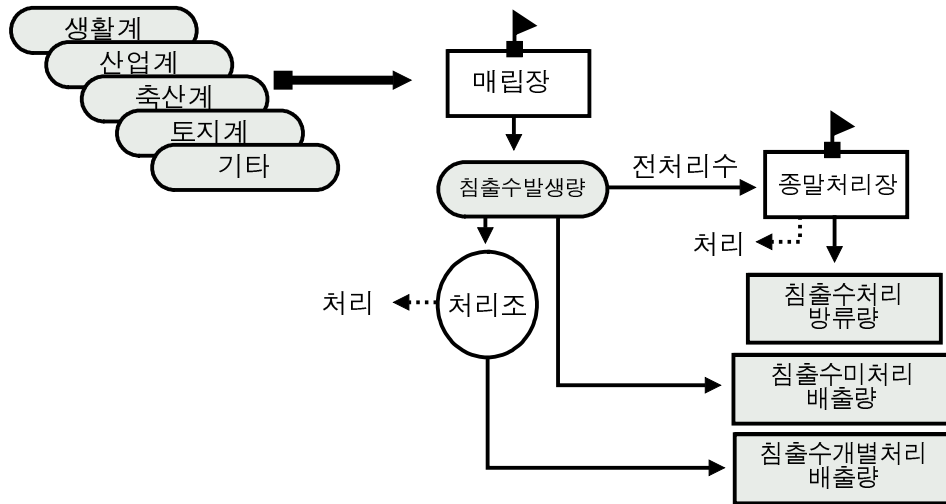
- ① 양식계 배출원은 양식어종 및 양식유형에 따라 세분한다.
- ② 양식장에서의 오염물질 배출경로는 개별처리, 종말처리장으로의 이송, 개별배출로 세분한다.
- ③ 처리구역에서 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 (1) 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거월류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분한다.



<그림 VIII-5> 양식계 오염물질 배출구조

(6) 매립계

- ① 매립계 배출원인 침출수의 오염물질 배출경로는 개별처리, 환경기초시설로의 이송, 개별배출로 세분한다.
- ② 환경기초시설로 이송된 매립장침출수는 처리 후 공공수역으로의 직접 방류와 병합처리시설(주로 하수처리시설)로의 연계처리로 구분한다.
- ③ 처리구역에서 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 (1) 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거일류 및 배제, 관거이송, 방류로 세분한다.



<그림 VIII-6> 매립계 오염물질 배출구조

2. 배출유형

(1) 직접이송량

- ① 직접이송량은 관거 배수설비를 통하지 않고 환경기초시설로 직접 이송되는 양으로서, 직접이송비는 환경기초시설의 배출원별 직접이송량(표 VIII-12)을 해당 처리구역의 배출원별 총직접이송대상량으로 나누어 산정한다.

$$\text{직접이송비} = \frac{\text{배출원직접이송량}}{\sum \text{배출원직접이송대상량}}$$

- ② 각 배출원의 직접이송량은 개별적인 파악이 어려운 경우 배출원의 직접이송대상량에 ①에서 산정된 배출원별 직접이송비를 곱하여 산정한다.

$$\text{배출원직접이송량} = \text{직접이송비} \times \text{배출원직접이송대상량}$$

- ③ 각 오염원별 직접이송량은 각 오염원의 배출원별 직접이송량을 모두 합하여 산정한다.

$$\text{오염원별직접이송량} = \text{오염원별} \sum \text{배출원직접이송량}$$

(2) 개별삭감량

- ① 개별삭감량은 환경기초시설이 아닌 배출원의 자체 오염삭감시설에 의한 삭감량으로서, 배출원별 개별삭감대상량에 개별배출원별 개별삭감비를 곱하여 산정한다.

$$\text{배출원개별삭감량} = \text{개별삭감비} \times \text{배출원개별삭감대상량}$$

- ② 오염원별 개별삭감량은 오염원별 배출원의 개별삭감량을 모두 합한 양이다.

$$\text{오염원별개별삭감량} = \text{오염원별} \sum \text{배출원개별삭감량}$$

(3) 관거유입량

- ① 관거유입량은 관거식 폐·하수 처리구역에서 해당 환경기초시설에 연결된 관거배수설비로 유입된 양으로서, 관거식 처리구역의 발생량에서 개별삭감량과 직접이송량을 감하여 산정한다.

$$\text{배출원관거유입량} = \text{배출원발생량} - \text{배출원개별삭감량} - \text{배출원직접이송량}$$

- ② 오염원별 관거유입량은 오염원별 배출원의 관거유입량을 모두 합한 양이다.

$$\text{오염원별관거유입량} = \text{오염원별} \sum \text{배출원관거유입량}$$

(4) 관거배출량

- ① 관거배출량은 관거이송 과정에 누수, 월류 및 배제를 통해 배출되는 양으로서, 관거배출비는 총관거배출량을 각 오염원으로부터 유입되는 총관거유입량으로 나누어 산정한다.

$$\text{관거배출비} = \frac{\text{총관거배출량}}{\sum \text{오염원별관거유입량}}$$

- ② 배출원별 관거배출량은 개별적인 파악이 어려우므로 배출원의 관거유입량에 ①에서 산정된 관거배출비를 곱하여 산정한다. 단, 장래개발계획의 관거배출량 산정시 토지계에 대한 관거배출량을 산정하지 아니한다.

$$\text{배출원관거배출량} = \text{관거배출비} \times \text{배출원관거유입량}$$

- ③ 오염원별 관거배출량은 오염원별 배출원의 관거배출량을 모두 합한 양이다.

$$\text{오염원별관거배출량} = \text{오염원별} \sum \text{배출원관거배출량}$$

(5) 방류량

- ① 환경기초시설에서 수역으로 직접방류되는 양(방류수가 연계처리시설로 유입되는 경우는 제외)으로서 환경기초시설이 위치한 해당 지역의 배출량에 포함시킨다.
- ② 오염원별 방류비는 환경기초시설의 총방류량에 대한 오염원별 방류량의 비로 산정한다.

$$\text{오염원별방류비} = \frac{\text{오염원별방류량}}{\text{환경기초시설총방류량}}$$

- ③ 오염원별 방류량은 해당 환경기초시설 총방류량에 오염원별 방류비를 곱하여 산정한다.

$$\text{오염원별방류량} = \text{오염원별방류비} \times \text{환경기초시설총방류량}$$

(6) 직접정화량

- ① 직접정화량은 환경기초시설 방류수나 토지유출수에 대한 인공습지 처리, 하천수에 대한 박충류, 자갈접촉산화 등의 직접정화로 제거되는 양으로서, 오염원별 직접정화량은 직접정화량에 오염원별 직접정화유입비를 곱하여 산정한다(오염원별 직접정화유입비는 유입원을 분석하여 분할한다).

$$\text{시설별직접정화량} = \text{시설별직접정화유입량} - \text{시설별직접정화방류량}$$

$$\text{직접정화유입비} = \frac{\text{오염원별시설별직접정화유입량}}{\text{시설별직접정화유입량}}$$

$$\text{오염원별시설별직접정화량} = \text{직접정화유입비} \times \text{시설별직접정화량}$$

- ② 오염원별 직접정화량은 직접정화시설들에서 정화된 총량으로 한다.

$$\text{오염원별직접정화량} = \text{오염원별} \sum \text{시설별직접정화량}$$

(7) 배출량

- ① 배출원별 배출량은 다음의 산식으로 산정한다(개별배출량이란 개별 배출원에서 공공수역으로 직접 배출되는 양을 말한다).

$$\text{배출원배출량} = \text{배출원별} [\text{개별배출량} + \text{관거배출량} + \text{방류량} - \text{직접정화량}]$$

$$\text{배출원개별배출량} = \text{배출원별} [\text{발생량} - \text{개별삭감량} - \text{직접이송량} - \text{관거유입량}]$$

- ② 오염원별 배출량은 오염원별로 배출원의 총배출량을 모두 합한 양이다.

$$\text{오염원별배출량} = \text{오염원별} \sum \text{배출원배출량}$$

3. 직접이송량

(1) 생활계

- ① 생활계 직접이송량은 분뇨 및 정화조오니가 수거차량 등의 방법으로 환경기초시설에 직접 투입되는 양을 말한다.
- ② 직접이송비는 배출원별 직접이송대상량에 대한 환경기초시설의 연평균 분뇨 및 정화조오니 직접이송량의 비율로 산정한다.

$$\text{배출원 직접이송대상량} = \text{배출원 직접이송대상계수} \times \text{배출원 분뇨 발생량}$$

$$\text{직접이송비} = \frac{\text{환경기초시설 연평균 수세식 및 수거식 직접이송량}}{\sum \text{배출원별 직접이송대상량}}$$

(표 VIII-1) 생활계 배출원 직접이송대상계수

하수처리구역		하수미처리구역		
합류식	분류식	오수처리	단독정화	수거식
1	0	1	1	1

- ③ 배출원별 직접이송량은 직접이송대상량에 직접이송비를 곱하여 산정한다.

$$\text{배출원별 직접이송량} = \text{배출원별 직접이송대상량} \times \text{직접이송비}$$

$$\text{생활계 배출원별 직접이송량} = \sum \text{배출원별 직접이송량}$$

(2) 축산계

- ① 축산계의 직접이송량은 축산분뇨가 수거 등의 방법으로 이송되어 환경기초시설에 직접 투입되는 양(축산계 분뇨 전처리수 직접이송량 제외)이다.
- ② 직접이송비는 해당 처리구역의 축산계 개별배출원의 직접이송대상량에 대한 환경기초시설의 연평균 축산계 분뇨 직접이송량의 비율로 산정한다.

축산계 배출원 직접이송대상량 = 배출원 직접이송대상계수 × 축산계 배출원 발생량

$$\text{축산계 배출원 직접이송비} = \frac{\text{환경기초시설 연평균 축산계 분뇨 직접이송량}}{\sum \text{축산계 배출원 직접이송대상량}}$$

축산계 배출원 직접이송량 = 축산계 배출원 직접이송비 × 축산계 배출원 직접이송대상량

(표 VIII-2) 축산계 배출원 직접이송대상계수

젖소, 한우, 말, 돼지		미처리구역	기타 축종
처리구역			
오수전량자원화	기타		
0	1	0	0

(3) 매립계

- ① 매립계의 직접이송량은 매립시설 침출수의 원수 또는 전처리수가 수거 등의 방법으로 이송되어 환경기초시설에 직접 투입되는 양을 말한다.
- ② 직접이송비는 해당 처리구역의 매립계 개별배출원의 직접이송대상량에 대한 환경기초시설의 연평균 매립계 침출수 직접이송량의 비율로 산정한다(배출원 직접이송대상계수는 직접이송시 1, 그 외는 0).

매립계 배출원 직접이송대상량 = 배출원 직접이송대상계수 × 매립계 배출원 침출수 발생량

$$\text{직접이송비} = \frac{\text{환경기초시설 연평균 매립계 침출수 직접이송량}}{\sum \text{매립계 배출원 직접이송대상량}}$$

매립계 배출원 직접이송량 = 직접이송비 × 매립계 배출원 직접이송대상량

(4) 기타

- ① 산업계 직접이송량은 개별시설의 폐수 또는 폐액이 환경기초시설 또는 위탁처리시설로 직접이송되는 것으로 환경기초시설로 직접이송되는 경우는 정수장폐액(슬러지 및 역세수)에 한해 고려한다.
- ② 토지계 직접이송량은 토지유출수가 직접이송되는 경우에 한해 고려한다.
- ③ 양식계 직접이송량은 양식장 배수가 직접이송되는 경우에 한해 고려한다.

4. 개별삭감량

(1) 생활계

- ① 생활계 배출원의 개별삭감량은 개별삭감대상량에 개별삭감비를 곱하여 산정한다.

수거식배출원개별삭감대상량 = 개별삭감대상계수 × 수거식배출원분뇨발생량
 합류식처리구역개별삭감대상량 = 개별삭감대상계수 × 합류식처리구역분뇨발생량
 분류식처리구역개별삭감대상량 = 개별삭감대상계수 × 분류식처리구역분뇨발생량
 미처리구역오수처리개별삭감대상량 = 개별삭감대상계수 × 미처리구역오수처리인구오수발생량
 미처리구역단독정화개별삭감대상량 = 개별삭감대상계수 × 미처리구역단독정화인구분뇨발생량

(표 VIII-3) 생활계 배출원 개별삭감대상계수

하수처리구역		하수미처리구역		
합류식	분류식	오수처리	단독정화	수거식
1	0	1	1	1

- ② 개별삭감유량은 무시한다.
 ③ 수거식 화장실의 BOD, 총질소(T-N)의 삭감부하비는 보존성물질인 인의 환경기초시설 이송비에 대한 상대이송비율을 통해 추정한다(합류식 처리구역내에 수거식 화장실이 존재하는 경우 같은 방식으로 산정).

$$BOD \text{ 삭감부하비} = 1 - \frac{\text{환경기초시설 } BOD \text{ 직접이송부하비}}{\text{환경기초시설 총인 직접이송부하비}} \dots\dots \text{식a}$$

$$\text{총질소 삭감부하비} = 1 - \frac{\text{환경기초시설 총질소 직접이송부하비}}{\text{환경기초시설 총인 직접이송부하비}} \dots\dots \text{식b}$$

- ④ 합류식 처리구역의 수세식 정화조와 미처리구역 단독정화조의 BOD 삭감부하비는 0.25(25%)를 적용한다.
 ⑤ 미처리구역 오수처리시설의 BOD 삭감부하비는 직접이송부하비와 오수처리시설 방류부하비를 곱하여 산정한다.

BOD 삭감부하비 = $1 - 0.45 \times BOD$ 직접이송부하비 - BOD 방류부하비…… 식c

$$BOD \text{ 방류부하비} = \frac{\text{기준초과율} \times \text{방류유량} \times \text{방류수수질기준}}{\text{오수처리인구 } BOD \text{ 발생부하량}}$$

방류유량 = 오수처리인구 오수발생유량 - 오수처리인구 직접이송유량
 기준 초과율 : 오수처리시설 BOD 방류수 수질기준 초과율
 방류수수질기준 : 10g/m³

(표 VIII-4) 생활계 배출원 개별삭감비

항 목		하수처리구역		하수미처리구역		
		합류식	분류식	오수처리	단독정화	수거식
개별삭감 유량비		0	0	0	0	0
개별삭감 부하비	BOD	0.25	0	식c	0.25	1. 식a
	T-N	0	0	0	0	2. 식b
	T-P	0	0	0	0	0

⑥ 생활계 배출원의 개별삭감량은 개별삭감대상량에 개별삭감비를 곱하여 산정한다.

배출원별 개별삭감량 = 배출원별 개별삭감 대상량 × 배출원별 개별삭감비
 생활계 배출원 개별삭감량 = ∑ 배출원별 개별삭감량

(2) 축산계

① 축산폐수와 고형물을 구분하여 각각의 개별삭감량과 농지삭감량을 산정한다.

② 폐수개별삭감량은 폐수자원화량과 폐수개별처리량 및 폐수처리의 슬러지를 통하여 농지로 환원된 양으로 산정한다. 폐수자원화비는 액상폐수량 중 자원화되는 비율을 말한다(고액분리를 하지 않고 액상폐수를 전량 자원화하는 경우 1, 고액분리를 통해 액상폐수를 전량 폐수처리하는 경우 0). 농지환원비는 폐수처리량 중 슬러지 형태로 농지로

환원된 비율을 말한다. 폐수처리비는 방류수 수질기준을 적용받는 경우 다음의 산식으로 산정하고, 방류수 수질을 적용받지 않는 경우는 (표 VIII-6)의 폐수처리비를 적용한다.

$$\text{폐수개별삭감량} = \text{폐수자원화량} + \text{폐수개별처리량} + \text{폐수처리농지환원량}$$

$$\text{폐수자원화량} = (1 - \text{폐수직접이송비}) \times \text{폐수자원화비} \times \text{폐수발생량}$$

$$\text{폐수개별처리량} = (1 - \text{폐수직접이송비}) \times (1 - \text{폐수자원화비}) \times \text{폐수처리비} \times (1 - \text{농지환원비}) \times \text{폐수발생량}$$

$$\text{폐수처리농지환원량} = (1 - \text{폐수직접이송비}) \times (1 - \text{폐수자원화비}) \times \text{폐수처리비} \times \text{농지환원비} \times \text{폐수발생량}$$

$$\text{폐수처리비} = 1 - \text{기준초과율} \times \frac{(1 - \text{폐수직접이송유량비}) \times \text{폐수발생유량} \times \text{방류수수질기준}}{(1 - \text{폐수직접이송부하비}) \times \text{폐수발생부하량}}$$

- ③ 고형물 자원화개별삭감량은 직접이송량을 감한 고형물발생량에 자원화처리비를 곱하여 산정한다.

$$\text{고형물자원화개별삭감량} = \text{자원화처리비} \times \text{고형물자원화개별삭감대상량}$$

$$\text{고형물자원화개별삭감대상량} = (1 - \text{고형물직접이송비}) \times \text{고형물발생량}$$

- ④ 축산계개별삭감량은 폐수개별삭감량과 고형물자원화개별삭감량을 합하여 산정한다.

$$\text{축산계개별삭감량} = \text{폐수개별삭감량} + \text{고형물자원화개별삭감량}$$

(표 VIII-5) 축산폐수처리시설 방류수 수질기준(g/m³)

규제내역	BOD		T-N		T-P	
	특정지역	기타지역	특정지역	기타지역	특정지역	기타지역
허가	50	150	260	750	50	150
신고	150	350	750	-	150	-
간이	1500	1500	-	-	-	-

(표 VIII-6) 축산폐수처리, 자원화 및 농지유출비

법적규제내역	폐수처리내역	고형물처리내역	폐수자원화비	유량				BOD				T-N				T-P			
				폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비	폐수처리비	농지환원비	자원화처리비	농지유출비
허가	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.20	0.40	0.10	0.60 ¹⁾	0.80	0.20	0.20	0.80 ¹⁾	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.30	0	0	0	0.075
신고	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.35	0.40	0.10	0.50	0.80	0.20	0.20	0.70	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.30	0	0	0	0.075
간이	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.50	0.40	0.10	0.50	0.80	0.20	0.20	0.70	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.30	0	0	0	0.075
미규제	폐수처리	자원화	0	0	0	0	1	기준 ¹⁾	0.50	0.40	0.10	0.50	0.80	0.20	0.20	0.70	1.0	0	0.050
	자원화	자원화	1	0	0	0	1	0	0	0.40	0.15	0	0	0.20	0.20	0	0	0	0.050
	무처리		0	0	0	0	1	0	0	0	0.25	0	0	0	0.50	0	0	0	0.150

- 1) 방류수 수질기준이 정해져 있는 경우 방류수 수질기준, 기준초과율 등으로 산정
- 폐수를 전량 해양투기하는 경우 폐수자원화비와 폐수처리비는 1, 자원화물을 전량 해양투기하는 경우 자원화처리비는 1(위탁의 경우 또한 같다)
- 고형물이 폐수로부터 분리되지 않고 함께 처리될 경우에는 고형물처리비는 적용하지 않고 폐수처리비만을 적용하여 폐수량으로 산정

⑤ 자원화물 또는 무처리된 축산분뇨 및 폐수처리 슬러지가 농지전환되어 농지에서 삭감되는 양은 농지전환량에 농지삭감비를 곱하여 산정한다(농지전환비는 자원화물이 농지로 전환되는 비율). 농지삭감량은 개별삭감량에 포함시키지 않으며 10. 배출량의 축산계 비점오염원 개별배출량 산정시 고려한다.

$$\text{축산계농지삭감량} = \text{농지삭감비} \times \text{농지전환량}$$

$$\text{농지삭감비} = 1 - \text{농지유출비}$$

$$\text{농지전환량} = \text{농지전환비} \times (\text{자원화개별삭감대상량} - \text{자원화개별삭감량}) + \text{폐수처리농지환원량}$$

(3) 산업계

- ① 산업계 배출원의 개별삭감량은 개별배출시설의 폐수발생량에서 폐수 방류량을 감한 양으로 산정한다.

$$\text{산업계 배출원 개별삭감량} = \text{산업계 배출원 개별삭감비} \times \text{산업계 배출원 발생량}$$

$$\text{산업계 배출원 개별삭감비} = 1 - \frac{\text{산업계 배출원 배출량}}{\text{산업계 배출원 발생량}}$$

- ② 개별배출시설의 배출유량은 표 V-9의 폐수방류유량으로 한다. 개별 배출시설의 배출부하량은 폐수방류유량에 표 V-9의 방류농도 또는 배출허용기준농도 및 기준초과율을 곱하여 산정한다(발생농도가 배출허용기준농도보다 낮은 경우엔 방류농도를 발생농도로 본다).

$$\text{산업계 배출원 배출부하량} = \text{배출원 폐수방류유량} \times \text{방류농도}$$

또는

$$\text{산업계 배출원 배출부하량} = \text{배출원 폐수방류유량} \times \text{배출허용기준농도} \times \text{기준초과율}$$

(표 VIII-7) 폐수배출허용기준농도(g/m³)

구 분		'청정' 지역	'가' 지역	'나' 지역	'특례' 지역
BOD ₅	2000m ³ /일 이상	30	60	80	30
	2000m ³ /일 미만	40	80	120	30
T-N		30	60	60	60
T-P		4	8	8	8

주 1) '청정지역'에는 자연공원법 제2조제1호의 규정에 의한 자연공원의 공원구역 및 수도법 제5조의 규정에 의하여 지정·공고된 상수원보호구역이 해당된다.

2) 하수처리구역에서 폐수를 공공하수도로 유입시키지 아니하거나 배수설비를 설치하지 아니한 사업장의 배출허용기준은 하수종말처리시설의 방류수수질기준을 적용한다.

- 3) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 제34조에 따라 폐수종말처리시설 또는 하수종말처리시설에 배수설비를 통하여 폐수를 전량 유입시키는 배출시설에 대하여 별도의 배출허용기준을 정하여 고시한 경우 이를 배출허용기준으로 적용한다.
- 4) 정상가동중인 하수종말처리시설에 배수설비를 연결하여 처리하고 있는 배출시설에 대하여 별도의 배출허용기준이 고시되지 않은 경우의 배출허용기준은 '나'지역의 기준을 적용한다.
- 5) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제48조에 따라 폐수종말처리시설에 배수설비를 연결한 개별배출시설의 배출허용기준은 실측농도가 없는 경우 발생농도를 적용한다.
- 6) 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제35조제4항에 따라 공동방지시설에 배수설비를 연결한 개별배출시설의 배출허용기준은 실측농도가 없는 경우 발생농도를 적용한다.

(4) 토지계

- ① 토지계 배출원의 개별삭감량은 강우시 가동되는 비점오염저감시설과 연중 가동되는 비점오염저감시설에 대하여 구분하여 산정한다.
- ② 강우시 가동되는 비점오염저감시설의 삭감부하량은 삭감대상부하량과 저감효율에 의하여 산정한다.

$$\text{비점오염저감시설삭감부하량} = \text{삭감대상부하량} \times \text{저감효율}$$

$$\text{삭감대상부하량} = \text{삭감대상부하비} \times \text{발생부하량}$$

·삭감대상부하비는 발생부하량 대비 처리대상강우에 포함된 부하량의 비를 말하며, 처리대상구역의 유량 및 수질 연속측정자료로부터 도출된 수문곡선과 오염부하곡선으로부터 산정한다.

·발생부하량은 처리대상구역 면적에 대한 토지계 발생부하량을 말한다.

·저감효율은 실측자료를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 최소 3회 이상의 대표강우사상에 대한 수질 및 유량측정자료를 이용하여 산정한 평균저감효율을 사용한다.

- ③ 강우시 가동되는 비점오염저감시설이 신규시설이거나 삭감부하량 산정을 위한 실측자료가 없을 경우에는 저감효율은 표 VIII-8의 저감효율

을 적용하여 산정한다. 또한, 삭감대상부하비는 강우처리비 산정식 및 삭감대상부하비 산정식에 따라 산정한다. 즉, 비점오염저감시설의 설계기준 강우량(mm) 또는 설계기준 강우강도(mm/hr)로부터 강우배출비를 산정하고, 이에 해당하는 삭감대상부하비를 산정한다.

$$\text{강우처리비} = a \ln(\text{설계기준강우}) + b$$

$$\text{삭감대상부하비} = e^{[a(\ln(\text{강우처리비}))^2 + b \ln(\text{강우처리비})]}$$

(표 VIII-8) 비점오염저감시설 저감효율

구분		BOD	TN	TP
저류형	습식연못	43	31	52
	저류조	25	24	20
	인공습지	18	24	48
침투형	유공성포장	60~90 (75)	83	65
	침투저류지	50~80 (65)	55~60 (58)	60~70 (65)
	침투도랑	50~90 (70)	42	50~90 (70)
식생형	식생여과대	0~50 (25)	0~27 (14)	0~40 (20)
	식생수로	25	38	29
장치형	여과형	54	32	59
	와류형	5~10 (8)	5~10 (8)	5~10 (8)
	스크린형	20	10	20
시설형	하수처리형 (초고속응집·침전법)	80	20	85

주) 괄호안의 숫자는 저감효율 범위의 평균값임

(표 VIII-9) 설계기준에 따른 강우처리비 산정시 적용계수

구분	a	b
강우량(mm) 기준 설계시설	0.2716	-0.2425
강우강도(mm/hr) 기준 설계시설	0.2445	0.3174

(표 VIII-10) 강우처리비에 따른 삭감대상부하비 산정시 적용계수

구분	BOD	TN	TP
a	-0.0184	-0.0030	-0.0018
b	0.6922	0.7509	0.7931

- ④ 연중 가동되는 비점오염저감시설의 삭감량은 시설별 유입량과 방류량 또는 유입량과 저감효율에 의하여 산정한다.

시설별삭감부하량 = 시설별유입부하량 - 시설별방류부하량

또는

시설별삭감부하량 = 시설별저감효율 × 시설별유입부하량

시설별유입부하량(kg/일) = 시설별설계유량(m³/일) × 평균유입수질(mg/L)

(5) 양식계

- ① 양식계 개별삭감량은 양식배수가 침전조, 순환여과조 등의 자체 정화 시설에서 제거되는 삭감량으로 산정한다.

양식계배출원개별삭감량 = 양식계배출원개별삭감비 × 양식계배출원발생량

양식계배출원개별삭감비 = $1 - \frac{\text{양식계배출원배출량}}{\text{양식계배출원발생량}}$

- ② 배출시설의 배출유량은 표 V-14의 양식장 방류유량으로 한다. 배출 시설의 배출부하량은 양식장 방류유량에 표 V-14의 방류수질을 곱하여 산정한다

양식계배출원배출부하량 = 배출원침출수방류유량 × 방류수질

(6) 매립계

- ② 배출시설의 배출유량은 표 V-16의 침출수 방류유량으로 한다. 배출시설의 배출부하량은 침출수 방류유량에 표 V-16의 방류농도 또는 표 VIII-7의 배출허용기준농도 및 기준초과율을 곱하여 산정한다(발생농도가 배출허용기준농도보다 낮은 경우엔 배출농도를 발생농도로 본다).

매립계배출원배출부하량 = 배출원침출수방류유량 × 방류농도

또는,

매립계배출원배출부하량 = 배출원침출수방류유량 × 배출허용기준농도 × 기준초과율

5. 관거유입량

(1) 폐·하수 관거유입량

- ① 생활계, 산업계, 양식계, 매립계의 개별배출원별 관거유입량은 처리구역내 발생량에서 개별삭감량과 직접이송량을 감한 양으로 한다.

오염원별배출원관거유입량 = 오염원별배출원 [발생량 - 개별삭감량 - 직접이송량]

- ② 축산계 배출원의 관거유입량은 폐수와 고형물을 각각 분리하여 산정한다.

폐수관거유입량 = 폐수발생량 - 폐수개별삭감량 - 폐수직접이송량

고형물관거유입량 = 고형물자원화개별삭감대상량 - 고형물자원화개별삭감량
- 고형물농지전환량

축산계배출원관거유입량 = 폐수관거유입량 + 고형물관거유입량

- ③ 환경기초시설에 연결된 관거별 폐·하수 관거유입량은 해당 차집구역의 오염원별 폐·하수관거유입량을 모두 합한 양으로 한다.

폐하수관거유입량 = \sum 오염원별 폐하수관거유입량

(2) 토지계 관거유입량

- ① 토지계 관거유입량은 합류식 관거지역에서 강우에 의한 토지유출수가 유입되는 양, 분류식 관거에서 맨홀부의 시공불량 또는 우·오수관의 오접 등으로 우수가 유입되는 양을 말한다.
- ② 처리구역내 차집구역(처리구역 중 우수가 환경기초시설에 연결된 관거배수 설비로 유입되지 않는 구역 제외)으로부터 유효강우(유효강우로서 10mm/일 이상의 강우강도를 기준한다)시 강우유출수로 인한 토지계 관거유입유량은 다음의 합리식으로 구한다. 유입계수는 표본조사를 통하여 유효강우고-관거유입유량의 관계식을 도출하여 이 식에 유효강우고를 대입하여 산출하며, 조사자료가 없는 경우에는 표 VIII-11의 유입계수를 적용한다.

$$\text{토지계관거유입유량} = \frac{\sum(\text{유입계수} \times \text{유효강우고} \times \text{차집면적})}{\text{유효강우일수}}$$

차집면적은 처리구역 중 전, 담, 임야, 기타를 제외한 대지면적을 말한다.

(표 VIII-11) 토지계 관거유입계

구 분	유입계수
토지계	0.088

- ③ 토지계 관거유입유량은 환경기초시설에 유입되는 관거이송수의 염분농도를 조사하여 추정할 수 있다. 건기시 관거이송수의 염분농도는 맨홀로부터의 월류가 없고 선행 유효강우의 영향이 무시될 수 있는 시기에 해당하는 환경기초시설 유입수의 평균 염분농도로 한다. 우기시 토지로부터 유출된 강우유출수의 염분농도는 표본조사를 통하여 강우강도에 따른 염분농도의 관계를 파악하여 추정하거나 폐·하수관거유입수의 염분농도에 비해 현저히 낮을 경우 무시할 수 있다.

$$\text{염분농도비} = \frac{\text{건기시관거이송수염분농도} - \text{우기시관거이송수염분농도}}{\text{우기시관거이송수염분농도} - \text{강우유출수염분농도}}$$

$$\text{토지계관거유입유량} = (\text{폐하수관거유입유량} + \text{불명수침투유량}) \times \text{염분농도비}$$

- ④ 토지계 관거유입부하량은 토지계의 개별삭감 및 직접이송 과정을 거친 후 관거로 유입되는 관거유입유량에 강우유출수농도를 곱하여 산정한다. 단, 실측자료가 없는 경우에는 유입계수 및 차집면적의 발생부하량을 사용하여 관거유입부하량을 산정할 수 있다. 토지계 배출원별 관거유입부하량은 관거유입부하비에 발생부하량을 곱하여 산정한다.

$$\text{토지계관거유입부하량} = \text{토지계관거유입유량} \times \text{강우유출수농도}$$

또는

$$\text{토지계관거유입부하량} = \text{유입계수} \times \text{연평균발생부하원단위} \times \text{차집면적}$$

$$\text{토지계관거유입부하비} = \frac{\text{토지계관거유입부하량} \times \text{유효강우일수비}}{\sum \text{토지계배출원발생부하량}}$$

$$\text{유효강우일수비} = \frac{\text{산정기간중 유효강우일수}}{\text{산정기간일수}}$$

$$\text{토지계배출원관거유입부하량} = \text{토지계관거유입부하비} \times \text{토지계배출원발생부하량}$$

(3) 불명수 관거침투량

- ① 불명수의 관거침투량은 환경기초시설에 연결된 관거배수설비에 관거의 불량부위를 통하여 지하수, 복류수, 하천수 등이 침투하는 양을 말한다.
- ② 불명수침투유량은 비강우시를 기준으로 관거구간을 세분하여 관거유량을 실측하거나 환경기초시설의 유입유량을 기준으로 다음의 개략식으로 산출할 수 있다.

$$\text{불명수침투유량} = \text{일중최소이송유량} - \text{야간활동 폐하수이송유량}$$

- 일중최소이송유량이란 비강우시 환경기초시설로 이송된 유량과 처리용량 부족으로 배제된 유량을 합한 양이 일중 최소치를 보이는 시점의 유량을 말한다.

- 야간활동 폐·하수이송유량은 비강우시 야간에 관거로 유입되어 환경기초 시설로 이송되는 유량과 처리장용량 부족으로 배제되는 폐·하수량을 합한 양으로서 환경기초시설의 일간최대유입유량과 일간평균유입유량 등에 대한 비율, 물질수지식 등으로 추정할 수 있다.

- ③ 불명수 관거침투부하량은 불명수침투유량에 침투농도를 곱하여 산정한다.

$$\text{불명수침투부하량} = \text{불명수침투유량} \times \text{불명수침투농도}$$

- ④ 불명수침투비는 처리구역의 폐·하수관거유입량(생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계의 유입량)에 대한 불명수 침투량의 비로 산정한다.

$$\text{불명수침투비} = \frac{\text{불명수침투량}}{\text{폐하수관거유입량}}$$

6. 환경기초시설 분석

- ① 오염원별 관거이송량은 표 V-17 환경기초시설의 운영실적으로부터 오염원별로 유입성상을 분석하여 추정한다.
- ② 표 V-17의 운영자료를 기초로 유량과 부하량을 월단위 및 연단위로 분석하여 정리한다.

$$\text{월평균유량 (m}^3/\text{일)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{N}, \quad \text{월평균부하량 (kg/일)} = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot C_i)}{N \cdot 1000}$$

$$\text{연평균유량 (m}^3/\text{일)} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\text{월평균유량} \times N_i)}{M},$$

$$\text{연평균부하량 (m}^3/\text{일)} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\text{월평균부하량} \times N_i)}{M}$$

Q_i : i일의 유입유량 또는 방류유량($m^3/일$),

C_i : i일의 유입농도 또는 방류농도(g/m^3)

N : 월간일수(28, 29, 30, 31), M : 연간일수(365, 366)

- ③ 관거이송수와 직접이송수의 유량과 부하량을 기재하고 관거이송 및 직접이송 분석을 통해 오염원별로 성상을 분리하여 기재한다. 합류식 관거와 함께 분류식 하수관거가 합류식 하수간선에 접목되지 않고 환경기초시설에 별도로 연결된 경우는 각각의 처리분구별로 관거이송량을 분석한다.

(표 VIII-12) 환경기초시설 부하분석 현황 및 전망 조사표

시도	시군구	읍면동	리	본면	부면	처리장명	구분	가동일자	연도	월	총유입수 유입유량 및 부하량								
											유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)				

총관거이송유량 및 부하량					총직접이송유량 및 부하량					
유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	

생활계 관거이송유량 및 부하량					산업계 관거이송유량 및 부하량					
유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	

생활계 총직접이송유량 및 부하량 (수거분뇨+정화조오니)					생활계 수거분뇨 직접이송 유량 및 부하량					생활계 정화조오니 직접이송 유량 및 부하량				
유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)	유량 ($m^3/일$)	BOD ($kg/일$)	COD ($kg/일$)	T-N ($kg/일$)	T-P ($kg/일$)

생활계 분뇨전처리수 직접이송유량 및 부하량					축산계 관거이송유량 및 부하량				
유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)

축산계 분뇨 직접이송유량 및 부하량					축산계 분뇨전처리수 직접이송유량 및 부하량				
유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)

(표 VIII-12) 계속

매립계 침출수 관거이송유량 및 부하량					매립계 전처리수 직접이송유량 및 부하량				
유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)

토지계 관거이송유량 및 부하량					불명수 관거이송유량 및 부하량				
유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)	유량 (m ³ /일)	BOD (kg/일)	COD (kg/일)	T-N (kg/일)	T-P (kg/일)

방류유량 및 방류농도					방류선		슬러지배출유량(m ³ /일)			미처리 배제유량 (m ³ /일)
유량 (m ³ /일)	BOD (g/m ³)	COD (g/m ³)	T-N (g/m ³)	T-P (g/m ³)	연계 처리장명	방류선	매립	투기	합계	

- '미처리배제유량'에는 건기 기준으로 처리시설 용량부족으로 인해 미처리 상태로 배제하는 유량을 기재(우기시에는 건기시 평균배제유량을 기재)

(1) 관거이송 분석

관거이송과정의 누수, 월류, 분해, 퇴적, 재부상 등의 변화는 실측을 통해 조사하는 것을 원칙으로 하되, 가용한 자료가 없을 경우 처리구역별 5. 관거유입량과 표 V-16의 해당 환경기초시설 관거이송량으로부터 다음의 방법으로 일단위, 월단위 또는 특정 산정기간 단위로 산정할 수 있다.

1) 기존 운영시설

① 관거이송비는 환경기초시설의 처리구역별 총관거유입량에 대한 해당 시설의 총관거이송량의 상대비로 한다(건기와 우기의 기준은 해당 환경기초시설의 운영실적으로부터 강우의 영향여부를 판단하여 결정하되, 별도기준이 없는 경우 유효강우일을 우기일로 본다). 오염원별(불명수 포함) 관거이송량은 각각의 총관거유입량에 관거이송비를 곱하여 산정하며, 월간 또는 산정기간에 대한 오염원별 관거이송량은 유효강우일수비를 고려한 평균값으로 산정하고 표 VIII-12에 기재한다.

·건기시 관거이송비

$$\text{건기시총관거유입유량} = \text{폐하수관거유입유량} + \text{불명수침투유량}$$

$$\text{건기시총관거유입부하} = \text{폐하수관거유입부하} + \text{불명수침투부하}$$

$$\text{건기시관거이송유량비} = \frac{\text{건기시총관거이송유량}}{\text{건기시총관거유입유량}}$$

$$\text{건기시관거이송부하비} = \frac{\text{건기시총관거이송부하}}{\text{건기시총관거유입부하}}$$

$$\text{건기시관거이송농도비} = \frac{\text{건기시총관거이송부하비}}{\text{건기시총관거이송유량비}}$$

·우기시 관거이송비

$$\text{우기시총관거유입유량} = \text{폐하수관거유입유량} + \text{토지계관거유입유량} + \text{불명수침투유량}$$

$$\text{우기시총관거유입부하} = \text{폐하수관거유입부하} + \text{토지계관거유입부하} + \text{불명수침투부하}$$

$$\begin{aligned} \text{우기시관거이송유량비} &= \frac{\text{우기시총관거이송유량}}{\text{우기시총관거유입유량}} \\ \text{우기시관거이송부하비} &= \frac{\text{우기시총관거이송부하}}{\text{우기시총관거유입부하}} \\ \text{우기시관거이송농도비} &= \frac{\text{우기시총관거이송부하비}}{\text{우기시총관거이송유량비}} \end{aligned}$$

·오염원 및 불명수의 관거이송량

$$\text{오염원별건기시총관거이송유량} = \text{건기시관거이송유량비} \times \text{오염원별건기시총관거유입유량}$$

$$\text{오염원별건기시총관거이송부하} = \text{건기시관거이송부하비} \times \text{오염원별건기시총관거유입부하}$$

$$\text{오염원별우기시총관거이송유량} = \text{우기시관거이송유량비} \times \text{오염원별우기시총관거유입유량}$$

$$\text{오염원별우기시총관거이송부하} = \text{우기시관거이송부하비} \times \text{오염원별우기시총관거유입부하}$$

$$\text{오염원별총관거이송유량} = \text{오염원별건기시총관거이송유량} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시총관거이송유량} \times \text{유효강우일수비}$$

$$\text{오염원별총관거이송부하} = \text{오염원별건기시총관거이송부하} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시총관거이송부하} \times \text{유효강우일수비}$$

- ② 배제비는 총관거유입량에 대한 처리시설 배제량의 상대비로 한다. 배제유량비는 건기기준의 처리시설 용량부족으로 인해 미처리 상태로 배제하는 유량(표 VIII-12의 건기 미처리배제유량)을 각각 건기와 우기의 총관거유입유량으로 나눈 값으로 한다. 배제부하비는 건기와 우기의 배제유량비에 각각의 관거이송농도비를 곱하여 산정한다.

미처리배제유량 계측기가 있는 경우

$$\text{건기시배제유량비} = \frac{\text{건기시배제유량}}{\text{건기시총관거유입유량}}$$

$$\text{건기시배제부하비} = \text{건기시배제유량비} \times \text{건기시관거이송농도비}$$

$$\text{우기시배제유량비} = \frac{\text{우기시배제유량}}{\text{우기시총관거유입유량}}$$

$$\text{우기시배제부하비} = \text{우기시배제유량비} \times \text{우기시관거이송농도비}$$

미처리배제유량 계측기가 없는 경우

$$\text{건기시배제유량비} = 1 - \text{건기시관거이송유량비} - \text{누수유량비}$$

$$\text{건기시배제부하비} = \text{건기시배제유량비} \times \text{건기시관거이송농도비}$$

$$\text{우기시배제유량비} = 1 - \text{우기시관거이송유량비} - \text{누수유량비} - \text{월류유량비}$$

$$\text{우기시배제부하비} = \text{우기시배제유량비} \times \text{우기시관거이송농도비}$$

- ③ 누수비는 총관거유입량에 대한 관거이송 중 누수량의 상대비로 한다. 누수유량비는 건기를 기준으로 다음의 산식으로 산정하고 우기에도 같은 값으로 가정한다. 누수부하비는 누수유량비에 건기와 우기의 누수농도비를 곱하여 산정한다(누수농도는 관거유입농도와 관거이송농도의 평균값으로 가정한다).

미처리배제유량 계측기가 있는 경우

$$\text{누수유량비} = 1 - \text{건기시관거이송유량비} - \text{건기시배제유량비}$$

$$\text{건기시누수부하비} = \text{누수유량비} \times (1 + \text{건기시관거이송농도비}) / 2 \times (1 - \text{토양저감비})$$

$$\text{우기시누수부하비} = \text{누수유량비} \times (1 + \text{우기시관거이송농도비}) / 2 \times (1 - \text{토양저감비})$$

미처리배제유량 계측기가 없는 경우

$$\text{누수유량비} = 1 - \text{건기시관거이송유량비}$$

$$\text{건기시누수부하비} = \text{누수유량비} \times (1 + \text{건기시관거이송농도비}) / 2 \times (1 - \text{토양저감비})$$

$$\text{우기시누수부하비} = \text{누수유량비} \times (1 + \text{우기시관거이송농도비}) / 2 \times (1 - \text{토양저감비})$$

(표 VIII-13) 관거누수 토양저감비

구 분	BOD	T-N	T-P
토양저감비	0.7	0.4	0.4

- ④ 월류비는 총관거유입량에 대한 관거월류량(CSOs)의 상대비로 한다. 월류유량비는 우기를 기준으로 다음의 산식으로 산정하며 그 값이 관거이송유량비 보다 작은 경우 관거유입유량의 과소평가 또는 관거이송유량의 과대평가에 대하여 검토한다. 월류유량비가 0보다 작은 경우 월류유량은 없는 것으로 본다. 월류부하비는 월류유량비에 관거이송농도비를 곱하여 산정한다.

월류유량비 = 1 - 누수유량비 - 관거용량비

합류식처리구역

$$\text{평균관거용량비} = \frac{3 \times \text{처리시설용량}}{\text{우기시총관거유입유량}}$$

월류부하비 = 월류유량비 × 우기시관거이송농도비

- ⑤ 관거저류변화비는 총관거유입부하량에 대한 관거내 물질퇴적, 물질분해, 퇴적물 재부상 등에 의한 물질변화량의 상대비로 하며 다음의 산식으로 산정한다.

건기시관거저류변화비 = (1 - 누수유량비/2) × (1 - 건기시관거이송농도비)

우기시관거저류변화비 = (1 - 누수유량비/2) × (1 - 우기시관거이송농도비)

2) 장래운영시설

- ① 기존의 환경기초시설이 관거확대 및 관거정비 등에 의해 증설되는 경우 기존시설의 각종 비를 적용하고 관거이송량이 처리시설용량 초과시는 미처리배제에 합산한다.
- ② 오염총량관리계획 기간동안 기존 환경기초시설의 관거확대 및 관거정비 등에 의한 증설 및 환경기초시설의 신설 등에 의한 분석은 장래 배출부하량 산정시 고려하지 않고 삭감량으로 산정한다.

(2) 직접이송 분석

- ① 기존운영시설의 오염원별 직접이송량은 오염원별 이송유량과 이송농도를 측정하여 산정한다.
- ② 장래의 직접이송비는 수거계획상 이송비를 적용하되 보다 제고된 이송비를 적용하는 경우에는 해당 수거계획의 내역을 제출한다.

(3) 방류량 분석

① 환경기초시설의 방류수가 다른 연계처리시설로 연계처리되는 경우를 제외하고 공공수역으로 방류되는 경우에 대해서만 산정한다(전량 연계처리시 연계처리유량비는 1, 비연계처리시는 0, 일정부분만 연계처리하는 경우는 방류량에 대한 연계처리유량비).

② 기존운영중인 환경기초시설의 오염원별 방류량은 총방류량에 오염원별 방류비를 곱하여 산정한다(불명수 침투량은 토지계 이송량에 산입한다).

$$\text{오염원별방류량} = \text{오염원별방류비} \times \text{환경기초시설총방류량}$$

$$\text{오염원별방류비} = (1 - \text{연계처리유량비}) \times \text{오염원별이송비}$$

$$\text{오염원별이송비} = \frac{\text{환경기초시설 오염원별관거이송량} + \text{오염원별직접이송량}}{\text{환경기초시설총유입량}}$$

③ 장래 환경기초시설의 오염원별 방류량은 오염원별 이송유량에 계획처리비를 적용하여 산정하며 계획처리비는 기존 운영실적의 자료에 준하되, 보다 제고된 처리비를 적용하는 경우 처리시설 개선계획에 대한 내역을 제출한다.

$$\text{오염원별방류량} = (1 - \text{연계처리유량비}) \times \text{오염원별이송량} \times (1 - \text{계획처리비})$$

7. 관거배출량

① 해당 환경기초시설의 처리구역내 오염원별(불명수 포함) 관거누수량과 관거월류량은 각 오염원별 관거유입량에 6. 환경기초시설분석의 누수비와 월류비를 곱하여 산정한다. 월간 또는 산정기간에 대한 오염원별 관거누수량과 관거월류량은 유효강우일수비를 고려한 평균 값으로 산정한다.

·오염원별 관거누수량 및 관거월류량

$$\text{오염원별건기시관거누수유량} = \text{누수유량비} \times \text{오염원별건기시관거유입유량}$$

$$\text{오염원별건기시관거누수부하} = \text{건기시누수부하비} \times \text{오염원별건기시관거유입부하}$$

$$\text{오염원별우기시관거누수유량} = \text{누수유량비} \times \text{오염원별우기시관거유입유량}$$

오염원별우기시관거누수부하 = 우기시누수부하비 × 오염원별우기시관거유입부하
 오염원별우기시관거월류유량 = 월류유량비 × 오염원별우기시관거유입유량
 오염원별우기시관거월류부하 = 월류부하비 × 오염원별우기시관거유입부하
 ※ 우기에만 관거로 유입되는 토지 유출수의 건기시 관거유입량은 0이며, 우기시 관거유입량은 월간 또는 산정기간의 평균값이 아니라 우기기준의 평균값으로 적용되는 점에 유의한다(토지계의 관거유입량을 월간 또는 산정기간의 평균값으로 적용하는 경우 유효강우일수비를 고려하지 않고 관거유입량에 누수비, 월류비, 배제비를 곱한 값이 평균 누수량, 월류량, 배제량이다).

·오염원별 산정기간 평균 관거누수량 및 관거월류량

$$\text{오염원별관거누수유량} = \frac{\text{오염원별건기시관거누수유량} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시관거누수유량} \times \text{유효강우일수비}}{\text{유효강우일수비}}$$

$$\text{오염원별관거누수부하} = \frac{\text{오염원별건기시관거누수부하} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시관거누수부하} \times \text{유효강우일수비}}{\text{유효강우일수비}}$$

$$\text{오염원별관거월류유량} = \text{오염원별우기시관거월류유량} \times \text{유효강우일수비}$$

$$\text{오염원별관거월류부하} = \text{오염원별우기시관거월류부하} \times \text{유효강우일수비}$$

※ 불명수의 관거누수량과 관거월류량은 토지계로 산입한다.

- ② 오염원별 총미처리배제량은 해당 환경기초시설의 처리구역내 오염원별 총관거유입량에 배제비를 곱하여 산정한다.

$$\text{오염원별건기시총미처리배제유량} = \text{건기시배제유량비} \times \text{오염원별건기시총관거유입유량}$$

$$\text{오염원별건기시총미처리배제부하} = \text{건기시배제부하비} \times \text{오염원별건기시총관거유입부하}$$

$$\text{오염원별우기시총미처리배제유량} = \text{우기시배제유량비} \times \text{오염원별우기시총관거유입유량}$$

$$\text{오염원별우기시총미처리배제부하} = \text{우기시배제부하비} \times \text{오염원별우기시총관거유입부하}$$

$$\text{오염원별총미처리배제유량} = \text{오염원별건기시총미처리배제유량} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시총미처리배제유량} \times \text{유효강우일수비}$$

$$\text{오염원별총미처리배제부하} = \text{오염원별건기시총미처리배제부하} \times (1 - \text{유효강우일수비}) + \text{오염원별우기시총미처리배제부하} \times \text{유효강우일수비}$$

※ 불명수의 총미처리배제량은 토지계로 산입한다.

- ③ 오염원별 관거배출량은 해당 환경기초시설의 처리구역 중 처리장이 소재하지 않은 구역에서는 오염원별 관거누수량과 관거월류량을 합하여 산정하고, 처리장이 소재한 구역에서는 이에 오염원별 총미처리배제량을 추가하여 표 VIII-12에 기재한다.

·처리장소재지 이외의 구역

$$\text{오염원별관거배출유량} = \text{오염원별관거누수량} + \text{오염원별관거월류유량}$$

$$\text{오염원별관거배출부하} = \text{오염원별관거누수부하} + \text{오염원별관거월류부하}$$

·처리장소재지 구역

$$\text{오염원별관거배출유량} = \text{오염원별관거누수량} + \text{오염원별관거월류유량} + \text{오염원별총미처리배제유량}$$

$$\text{오염원별관거배출부하} = \text{오염원별관거누수부하} + \text{오염원별관거월류부하} + \text{오염원별총미처리배제부하}$$

8. 방류량

6. 환경기초시설분석의 (3) 방류량 분석 결과에 따른다.

9. 직접정화량

오염원별로 2. 배출유형의 (6) 직접정화량 산정식을 따른다.

10. 배출량

- ① 각 오염원의 배출량은 월별 또는 일별로 배출원에 따라 산정한다.

$$\text{배출원배출량} = \text{배출원 (개별배출량} + \text{관거배출량} + \text{방류량} - \text{직접정화량)}$$

$$\begin{aligned} \text{배출원개별배출량} &= \text{배출원별 [발생량 - 개별삭감량 - 직접이송량 - 관거유입량]} \\ \text{오염원별배출량} &= \text{오염원별 } \sum \text{배출원배출량} \end{aligned}$$

② 축산계의 개별배출량은 폐수형태로 상시 부하되는 점오염원 배출량과 초지, 농경지 또는 야적지에 살포된 상태에서 강우시 배출되는 비점오염원 배출량을 분리하여 산정한 후 월별로 합산한다.

$$\text{점오염원개별배출량} = \text{폐수발생량} - \text{폐수직접이송량} - \text{폐수개별삭감량} - \text{폐수관거유입량}$$

$$\text{비점오염원개별배출량} = (\text{자원화개별삭감대상량} - \text{자원화개별삭감량} - \text{고형물관거유입량} + \text{폐수처리농지환원량} - \text{농지삭감량}) \times \text{강우배출비}$$

$$\text{강우배출비} = 0.1 + 0.9 \frac{\text{연간일수} (= 365, 366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수} (= 28, 29, 30, 31)}$$

$$\text{월유효강우량비} = \frac{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 월합계}}{10\text{mm/일 이상 강우고의 강우량 연합계}}$$

$$\text{축산계개별배출량} = \text{축산계점오염원개별배출량} + \text{축산계비점오염원개별배출량}$$

③ 수질모델링 등을 수행하기 위한 특정 유량조건의 토지계 및 축산계 배출량은 다음의 산식으로 산정할 수 있다.

- 자·평수기 토지계배출량 = (개별배출량 + 관거배출량 + 방류량 - 직접정화량) × 비점배출계수
- 자·평수기 축산계배출량 = 자·평수기 개별배출량 + 관거배출량 + 방류량 - 직접정화량
- 자·평수기 개별배출량 = 점오염원 개별배출량 + 자·평수기 비점오염원개별배출량
- 점오염원개별배출량 = 폐수발생량 - 폐수직접이송량 - 폐수개별삭감량 - 폐수관거유입량
- 비점오염원개별배출량 = (자원화개별삭감대상량 - 자원화개별삭감량 - 고형물관거유입량 + 폐수처리농지환원량 - 농지삭감량) × 비점배출계수

(표 VIII-14) 특정 유량조건에 따른 비점배출계수

특정 유량조건	비점배출계수
저수기	0.15
평수기	0.50

IX. 수질모델링

기본방침 제2조제4호에서 정의한 수질모델링을 통하여 기본계획 또는 시행계획에 따른 오염부하량 등 환경요인의 변화와 이에 따른 목표수질 설정지점의 수질변화를 모의한다. 수질예측모델의 선정조건 및 수질모델링 방법은 다음과 같다.

1. 수질예측모델의 선정

- ① 수질예측모델은 과학적 타당성과 이용성을 가져야 한다.
 - 목표수질의 대상물질을 적정하게 분석할 수 있어야 한다.
 - 모델을 구성하는 과학적 이론이 합리적이어야 한다.
 - 모델에 필요한 자료가 충분히 갖추어져 있어야 한다.
 - 모델결과는 이해당사자들이 신뢰할 수 있어야 한다.
 - 모델의 유지관리와 지원에 소요되는 비용이 적정하여야 한다.
 - 향후의 개선과 보완이 가능하여야 한다.
- ② 수질예측모델은 예측목적과 지역여건에 부합하여야 한다.
 - 수체의 수리적 특성에 따라 일차원 또는 다차원 모델이 선별적으로 적용되어야 한다.
 - 오염부하의 공간적 영향을 민감하게 반영하여야 하는 경우 오염물질 배출원의 위치에 따른 수질영향을 모의할 수 있어야 한다.
 - 수중생태계의 물질순환이 수질에 큰 영향을 주는 경우(예로 조류발생이 심한 수역) 이에 대한 모의가 가능하여야 한다.
- ③ 유사하거나 혹은 다른 조건의 수체에서 그 재현성을 검증할 수 있는 모델이어야 한다.

2. 수질모델링 방법

(1) 수질모델링 적용구간

- ① 수질모델링의 적용구간은 단위유역 오염원의 유달특성 및 지자체간의 할당 등을 고려하여 설정한다.
- ② 수질모델링 적용구간에는 본류를 기준으로 하여 다음의 지천들이 포함되도록 하여야 한다.

- 단위유역 내 수계구간의 수질에 주요한 영향을 미치는 지천
- 단위유역 내 수계구간의 수질에 주요한 영향을 미치는 환경기초시설 등 대규모 점오염원이 유입되는 지천
- 2개 이상의 시·군이 포함되어 단위유역 내 수계구간으로 유입되는 지천 등

(2) 유달율 산정

- ① 오염원으로부터 배출된 오염물질이 수체의 특정지점에 도달하는 비율을 유달율이라 하며 소유역별 또는 오염원별로 산정한다. 유달율은 기준년도 기준으로 Ⅷ. 배출량 산정방법을 통해 산출된 월 또는 일별 배출부하량(이하 '일평균배출부하량'이라 한다)과 해당 시기에 대하여 Ⅲ. 2 수계환경자료 조사를 통해 산출된 유달부하량(=유량×수질)으로부터 산출한다.
- ② 유달율 산정을 위한 대상유역은 하수처리장 등 수계에 직접적인 영향을 주는 주요 오염원이 배제된 지역을 선택하여야 하며, 주요 오염원이 포함된 대상유역의 경우 주요 오염원에 대한 영향을 제외하고 산정 하여야 한다.
- ③ 유량과 수질 측정자료로부터 일정 기간의 평균 유달부하량은 부하특성에 따라 적합한 방식을 적용하여 추정한다.

- 연속적인 유량의 실측 또는 추정자료가 존재하나 수질자료는 간헐적이고 유량에 따른 수질변동이 크지 않은 경우, 산술평균유량에 산술평균농도를 곱하여 산정
- 연속적인 유량의 실측 또는 추정자료가 존재하나 간헐적인 수질자료가 확보되고 유량과 수질의 상관성이 높게 나타나는 경우, 수질측정시를 기준으로 유달부하량-유량의 관계식을 도출하여 수질이 측정되지 않은 시기의 유량을 이 식에 적용하여 유달부하량 산정(유량증가시기와 유량감소시기에 따라 구분하여 산정할 수 있다).
- 측정시점의 부하량과 유량의 평균과 분산 등을 이용하여 통계적으로 산정

④ 기준유량시점의 유달율은 다음의 과정을 통해 추정한다.

- VIII. 배출량 산정방법을 통해 산출된 월 또는 일별 오염배출량과 해당 시기에 대하여 III. 2 수계환경자료 조사를 통해 산출된 유달부하량을 정리한다.
- 지역여건에 적합한 오염물질 유출모델을 적용하여 다양한 시기에 대한 보정 및 검증과정을 거쳐 기준유량 시기의 환경조건에 따른 유달부하량 및 유달율을 추정한다.
- 모델적용이 어려운 경우 다양한 시기의 환경조건(유량 등)과 거리비 유달계수 또는 무차원 유달율의 함수식을 도출하고 기준유량 시기의 환경조건에 따른 유달부하량 및 유달율을 계산하여 적용할 수 있다.

⑤ 유달부하량에 대한 실측자료가 확보되지 않은 유역의 유달율은 유역의 오염물질 유출모델 또는 유사한 특성을 가진 유역으로부터 도출된 경험적인 식으로 산정할 수 있다. 단, 경험적인 식을 이용하여 유달율을 산정 할 경우에는 반드시 강우량, 강우강도, 강우지속시간 등 유역의 유달특성에 영향을 미치는 기상요인과 유역경사, 하천길이, 토양종류, 토지이용상태 등 유역의 물리적인 유달특성이 반영된 회귀식의 형태를 이용하여야 한다.

(3) 수질모델의 보정

① 실측자료를 바탕으로 유량수지 및 물질수지를 분석한다.

- 본류의 상류부에서 측정된 유량과 수질, 지천의 유량과 수질, 환경기초시설 방류수 등 직접 배출원의 유량과 수질을 기초로 수질항목별 물질수지를 분석한다.
- 측정구간사이의 물질수지가 수체의 반응에 따른 내부변화로 설명되지 않을 정도로 차이가 큰 경우 오염원의 누락여부를 재검토한다.

② 측정수질 자료를 사용하여 모델의 반응계수를 보정한다.

- 수질항목간 상호영향이 적은 항목을 우선 보정한다.
- 수질항목간 상호영향이 복잡한 항목을 보정한다.
- 보정시 사용한 반응계수가 기존 적용사례의 범위를 벗어나는 지를 검토하고 이 경우 그 요인에 대하여 합리적인 이유를 설명하여야 한다.

(4) 수질모델의 검증

① 보정시 사용한 반응계수의 조건에서 독립된 다른 실측변수를 입력하여 모델의 적용성을 검증하여 실측수질에 대한 모의치의 오차범위는 20% 이내가 되어야 한다.

② 수질모델링 과정의 단계별 오류를 분석하여 모델의 불확실성을 분석하여 제시하여야 한다.

X. 오염부하량 할당

1. 오염부하량 할당방법

수질모델링을 통하여 오염물질 배출원이 목표수질 설정지점의 수질에 미치는 영향을 분석하고 지역 또는 배출원간의 형평성과 오염부하 삭감의 효율성을 고려하여 오염부하량을 할당한다.

(표 X-1) 오염부하량 할당방법

할 당 방 법	원 리
동일삭감을 할당법	모든 배출자에게 발생량 대비 일정비율의 삭감량 할당
동일농도 배출법	모든 배출업소에 대해 배출수 농도를 동일하게 적용
1일 동일배출량 할당법	모든 배출업소에 대해 일일 배출량을 동일하게 할당
1인당 1일 동일 배출량 할당법	구역 내 거주자 1인당 동일 배출량을 허가
동일 수질유지 할당법	방류수역의 농도가 일정하게 유지되도록 배출량 할당
동일비용 할당법	오염물질의 단위처리비용이 동일하도록 삭감량 할당
단위생산 대비 동일 처리비용 배분법	배출업소의 출하상품 단위당 동일 처리비용 배분
단위원료사용 대비 동일배출량 할당법	원료사용량에 비례하여 삭감량 할당
배출량 비례 제거율 할당법	오염물질의 배출량에 비례하여 제거율 할당
유효소득 비례 제거율 할당법	수익에 비례하여 삭감량 할당
배출량 대비 비용부과법	배출량에 따라 배출부과금을 부과하여 이 돈으로 오염물질 처리를 위해 사용
비용효과적 계절별 할당법	계절별 환경용량의 차이를 고려하여 삭감량 할당
최소 처리비용법	환경용량을 달성하기 위한 삭감량 설정 및 삭감량에 대한 처리비용이 최소가 되도록 배분
적용 처리기술에 따른 할당법	현재 적용 가능한 최적처리기술 수준과 지역의 여건을 고려하여 삭감량 할당
환경용량의 균등배분법	환경용량을 산정하고 이를 달성하기 위해 구역내 모든 배출자에게 균등한 삭감노력 부과
하천의 오염수준에 따른 할당법	하천의 오염수준에 따라 점오염원 배출량을 차등 할당
자발적 삭감 유도법	환경용량 범위내에서 이해 당사자간 협의로 자발적 삭감 유도

2. 기본계획의 할당부하량

기본방침 제12조의 총량관리단위유역별 할당부하량(이하 ‘단위유역별 할당부하량’이라 한다)과 기본방침 제13조의 지방자치단체별 할당부하량(이하 “지자체별 할당부하량”이라 한다)을 다음의 절차에 따라 산정하여 제시한다.

(1) 기존·최종배출부하량 산정

① 일최대배출부하량

· 기준년도 및 오염총량관리 계획기간에 대한 배출부하량은 일최대배출부하량을 말하며, 일최대배출부하량은 다음의 산식에 따라 산정한다(일최대점배출부하량은 표 IV-1의 점오염원으로부터 일간 배출되는 최대배출부하량이며 일비점배출부하량은 표 IV-1의 비점오염원으로부터 일간 배출되는 배출부하량이다).

일최대배출부하량 = 일최대점배출부하량 + 일비점배출부하량

- 개별배출수 및 환경기초시설 방류수의 일최대점배출부하량은 배출수 또는 방류수에 대하여 30회 이상의 실측수질 자료가 확보된 경우 범시행규칙 별표의 기준배출수질 산정식에 따라 산정된 배출수질을 연평균 일배출유량에 곱하여 산정한다(단, 30회 미만의 실측수질 자료가 확보된 경우에는 측정값 중 최대값을 적용하며, 실측수질 자료가 확보되지 않은 경우는 관계법령에 의한 배출허용기준 또는 방류수 수질기준을 적용한다).
- 관거누수 및 미처리배제수의 일최대점배출부하량은 VIII. 배출량 산정방법에 따라 일별 또는 월별로 산정된 양의 연평균치로 한다.
- 일비점배출부하량은 VIII. 배출량 산정방법에 따라 일별 또는 월별로 산정된 양의 연평균치로 한다.

(표 X-3) 단위유역 및 소유역별 개발계획부하량

총량관리유역				개발계획부하량 (BOD ₅ , kg/일)			개발계획부하량 (T-P, kg/일)		
단위 유역 코드	단위 유역 명	소 유역 코드	소 유역 명	합계	점	비점	합계	점	비점

⑤ 최종배출부하량

기존배출부하량, 자연증감부하량 및 개발계획부하량에 따른 오염총량관리 최종년도의 일최대배출부하량(이하 ‘최종배출부하량’이라 한다)을 소유역별로 산정한다.

(표 X-4) 단위유역 및 소유역별 최종배출부하량

총량관리유역				최종배출부하량 (BOD ₅ , kg/일)			최종배출부하량 (T-P, kg/일)		
단위 유역 코드	단위 유역 명	소 유역 코드	소 유역 명	합계	점	비점	합계	점	비점

(2) 기준배출부하량 산정

- ① 기본방침 제5조의 기준유량에 기본방침 제4조의 오염총량관리대상 오염물질(이하 “대상물질”이라 한다)별 목표수질을 곱하여 단위유역별 유달부하량을 산정하고 표 X-5의 양식으로 정리한다.

- ② 기존배출부하량 및 Ⅲ. 2 수계환경자료 조사를 통한 환경요인을 IX. 수질모델링을 통하여 보정 및 검증된 수질예측모델에 적용하여 목표수질 설정지점의 수질을 예측한다.
- ③ 표 X-1의 오염부하량 할당방법을 이용하여 수질모델링 결과의 환류(feedback)를 통하여 기준유량 조건에서 목표수질을 달성할 수 있는 기준배출부하량을 산정하고 표 X-6의 양식으로 작성한다.

(표 X-5) 단위유역별 유달부하량

총량관리단위유역		유달부하량 (BOD ₅ , kg/일)			유달부하량 (T-P, kg/일)		
단위유역코드	단위유역명	유달부하량 (kg/일)	기준유량 (m ³ /일)	목표수질 (mg/L)	유달부하량(kg/일)	기준유량 (m ³ /일)	목표수질 (mg/L)

(표 X-6) 단위유역 및 소유역 기준배출부하량

총량관리유역				기준배출부하량 (BOD ₅ , kg/일)			기준배출부하량 (T-P, kg/일)		
단위유역코드	단위유역명	소유역코드	소유역명	합계	점	비점	합계	점	비점

(3) 할당부하량 산정

- ① 기본방침 제12조에 의한 총량관리단위유역 및 기본방침 제13조에 의한 지자체별 할당부하량은 기준배출부하량에 기본방침 제6조의 안전율을 적용하여 대상물질별로 다음의 산식으로 산정한다.

$$\text{할당부하량} = \text{기준배출부하량} \times (1 - \text{안전율})$$

$$\text{안전부하량} = \text{안전율} \times \text{기준배출부하량}$$

- ② 대상물질에 대한 단위유역 및 지자체별 할당부하량을 표 X-7 및 X-8의 양식으로 작성한다.

(표 X-7) 단위유역 및 소유역별 할당부하량

총량관리유역				기준배출부하량 (BOD ₅ , kg/일)				기준배출부하량 (T-P, kg/일)					
단위유역 코드	단위유역 명	소유역 코드	소유역 명	합계	할당부하량			안전부 하량	합계	할당부하량			안전부 하량
					소계	점	비점			소계	점	비점	

(표 X-8) 지자체별 할당부하량

행정구역				기준배출부하량 (BOD ₅ , kg/일)				기준배출부하량 (T-P, kg/일)					
행정 구역 코드	시 도 명	행정 구역 코드	시 군 명	합계	할당부하량			안전 부하량	합계	할당부하량			안전 부하량
					소계	점	비점			소계	점	비점	

(4) 지역개발부하량 산정

- ① 오염총량관리계획 기간동안 개발사업으로 인하여 배출할 수 있는 오염부하량(이하 “지역개발부하량”이라 한다)을 다음 산식에 의하여 산정한다.

$$\text{지역개발부하량} = \text{할당부하량} - \text{기존오염원최종부하량(시행계획 최초시행당 시 오염원이 삭감계획 및 자연감소 등에 의하여 시행계획 종료시 배출하는 오염물질의 양)} - \text{자연증가부하량}$$

산정방법에 따라 산정한 후 그 차이로 한다.

(표 X-10) 단위유역 및 지자체별 삭감목표부하량

총량관리단위 유역		행정구역				삭감목표부하량 (BOD ₅ ,kg/일)			삭감목표부하량 (T-P,kg/일)		
단위 유역 코드	단위 유역 명	행정 구역 코드	시 도 명	행정 구역 코드	시 군 명	합계	점	비점	합계	점	비점

기본계획의 승인 신청시에는 계획의 타당성을 평가하기 위한 기초자료로서 기본 방침 별표 2 및 별표 3에서 규정한 내용과는 별도로 기본방침 제4조에서 규정한 오염총량관리대상 오염물질 및 이에 영향을 줄 수 있는 물질(이하 '영향물질'이라 한다)에 대하여 기준년도의 월간 일평균배출부하량 및 일최대배출부하량과 기본 계획에 따른 향후 오염총량관리 시행기간의 일최대점배출부하량 및 비점오염원 배출부하량을 총량관리유역 및 행정구역별로 X-11(a, b)의 양식에 따라 작성하여 디스켓 또는 콤팩트디스크에 전산화일 형태로 제시한다.

(표 X-11-a) 오염원그룹별 오염부하량 총괄표(일평균배출부하량)

일평균배출부하량													
연도	월	총량관리유역				행정구역							
		단위 유역 코드	단위 유역 명	소유역 코드	소유역 명	행정 구역 코드	시 도	시 군 구	읍 면 동	동 리	본 번	부 번	

발생량(m ³ /일, kg/일)																								
유량						BOD ₅						T-N						T-P						
생활 계	축산 계	산업 계	양식 계	토지 계	매립 계	생활 계	축산 계	산업 계	양식 계	토지 계	매립 계	생활 계	축산 계	산업 계	양식 계	토지 계	매립 계	생활 계	축산 계	산업 계	양식 계	토지 계	매립 계	

개별배출량(m ³ /일, kg/일)																							
유량						BOD ₅					T-N					T-P							
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계

관거배출량(m ³ /일, kg/일)																							
유량						BOD ₅					T-N					T-P							
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계

방류량(m ³ /일, kg/일)																							
유량						BOD ₅					T-N					T-P							
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계

직접정화량(m ³ /일, kg/일)																							
유량						BOD ₅					T-N					T-P							
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계

총배출량(m ³ /일, kg/일)																							
유량						BOD ₅					T-N					T-P							
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계

(표 X-11-b) 오염원그룹별 오염부하량 총괄표(일최대배출부하량)

일최대배출부하량												
연도	월	총량관리구역				행정구역						
		단위구역 코드	단위 구역명	소유역 코드	소유역명	행정 구역 코드	시도	시군구	읍면동	동리	본번	부번

발생량(m ³ /일, kg/일)																								
유량						BOD ₅					T-N					T-P								
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	

개별배출량(m ³ /일, kg/일)																								
유량						BOD ₅					T-N					T-P								
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	

관거배출량(m ³ /일, kg/일)																								
유량						BOD ₅					T-N					T-P								
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	

방류량(m ³ /일, kg/일)																								
유량						BOD ₅					T-N					T-P								
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	

직접정화량(m ³ /일, kg/일)																													
유량						BOD ₅					T-N					T-P													
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계						

총배출량(m ³ /일, kg/일)																													
유량						BOD ₅					T-N					T-P													
생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계						

- 양식계 중 가두리양식장과 토지계의 개별배출유량은 산정하지 않는다.

3. 시행계획의 할당부하량

기본방침 제21조의 오염원그룹별 할당부하량과 할당대상자에 대한 할당부하량, 기본방침 제22조의 연차별 지역개발부하량, 기본방침 제23조의 연차별 삭감목표부하량을 다음의 절차에 따라 산정하여 제시한다.

- ① 오염부하량 삭감의 효율성, 오염원그룹별 수질오염 기여도를 고려하여 기본계획상의 총량관리단위유역 및 지방자치단체별별 할당부하량을 오염원그룹별로 배분하여 할당하고 각각의 할당량을 X-12(a, b)의 양식에 따라 작성한다(총량관리단위유역 및 지방자치단체별로 시행계획에 따라 산정된 점오염원과 비점오염원 각각의 할당총량은 기본계획시 산정한 표 X-7 및 X-8의 점오염원과 비점오염원 각각의 할당총량 범위내에서 설정되어야 한다).
- ② 오염원그룹별 할당량을 X. 오염부하량 할당방법에 따라 할당대상자별로 할당하며 배출량 지정계획시 고려할 사항은 다음과 같다.

- 법 시행규칙에 따라 관리청이 할당대상자에게 최초로 지정하는 배출량은 할당부하량을 배출수질로 나눈 값으로 한다(배출수질은 30회 이상의 실측수질 자료가 확보된 경우 법 시행규칙 별표의 기준배출수질 산정식에 따라 산정하며, 실측수질 자료가 미확보된 경우는 관계법령에 의한 배출허용기준 또는 방류수 수질기준을 적용한다).
 - 법 시행규칙에 따라 관리청에서 추가 지정한 배출량을 이행시기 이전에 할당대상자가 준수할 수 있도록 배출원의 유형별로 안정적인 배출수질의 확보가 가능한 시설개선 방법을 시행계획에서 검토한다.
 - 시행계획 수립시 배출수질의 변동과 시설개선의 용이성을 고려하여 배출원의 특성에 따라 할당부하량을 차등화하거나 시설개선 가능시기를 장단기적으로 검토한다(배출원의 특성상 배출수질의 변동이 크고 단기간의 시설개선을 통하여 안정적인 배출수질을 확보하기 어려운 배출원의 경우, 법 시행규칙 별표의 기준배출수질 수준의 수질을 적용하여 할당부하량을 설정하거나 총량관리기간에 한하여 장기적인 시설개선 시기를 검토하여 제시한다).
- ③ 기본방침 제22조의 연차별 지역개발부하량은 개발계획과 여유부하량으로 구분하여 연차별로 배분한다.
- ④ 기본방침 제23조의 연차별 삭감목표부하량은 할당대상자에 의한 삭감목표부하량과 할당이외의 방법으로 삭감시키는 삭감목표부하량으로 구분하여 연차별로 배분한다.
- ⑤ 시행계획의 승인 신청시에는 기본방침 별표 5에서 규정한 내용과는 별도로 기준년도의 월간 일평균배출부하량 및 일최대배출부하량과 시행계획에 따른 향후 오염총량관리 시행기간의 일최대점배출부하량 및 비점오염원 배출부하량을 총량관리구역 및 행정구역별로 X-11(a, b)의 양식에 따라 작성하여 디스켓 또는 콤팩트디스크에 전산화일 형태로 제시한다.

(표 X-12-a) 오염원그룹별 할당부하량 총괄표

연도	행정구역		총량관리구역				BOD ₅ (kg/일)															
							할당부하량						지역개발부하량						삭감목표부하량			
	행정구역코드	시군명	단위구역코드	단위구역명	소유구역코드	소유구역명	합계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	합계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계		

(표 X-12-b) 오염원그룹별 할당부하량 총괄표

연도	행정구역		총량관리구역				T-P (kg/일)																
							할당부하량						지역개발부하량						삭감목표부하량				
	행정구역코드	시군명	단위구역코드	단위구역명	소유구역코드	소유구역명	합계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계	합계	생활계	축산계	산업계	양식계	토지계	매립계			

[별표 1] 단위유역코드, 단위유역명 및 수계구간

□ 낙동강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	낙본A	낙동강 수계구간중 발원지부터 강원도와 경상북도 경계점전까지 전구간 및 유역	N1000101
2	낙본B	낙동강 수계구간중 강원도와 경상북도 경계점후부터 봉화군과 안동시 경계점전까지 전구간 및 유역	N2000102
3	반변A	반변천 수계구간중 발원지부터 영양군과 청송군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2010001
4	용전A	용전천 수계구간중 발원지부터 신흥천 합류점까지 전구간 및 유역	N2010101
5	길안A	길안천 수계구간중 발원지부터 청송군과 안동시 경계점전까지 전구간 및 유역	N2010201
6	반변B	반변천 수계구간중 영양군과 청송군 경계점후부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2010002
7	미천A	미천 수계구간중 발원지부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2020001
8	낙본C	낙동강 수계구간중 봉화군과 안동시 경계점후부터 안동시와 예천군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2000201
9	내성A	내성천 수계구간중 발원지부터 영주시와 예천군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2030001
10	내성B	내성천 수계구간중 영주시와 예천군 경계점후부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2030002
11	금천A	금천 수계구간중 발원지부터 내성천 합류점전까지 전구간 및 유역	N2030101
12	영강A	영강 수계구간중 발원지부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2040001
13	이안A	이안천 수계구간중 발원지부터 영강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2040101
14	병성A	병성천 수계구간중 발원지부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2050001
15	위천A	위천 수계구간중 발원지부터 군위군과 의성군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2060001
16	위천B	위천 수계구간중 군위군과 의성군 경계점후부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2060002
17	낙본D	낙동강 수계구간중 안동시와 예천군 경계점후부터 상주시와 구미시 경계점전까지 전구간 및 유역	N2000501
18	감천A	감천 수계구간중 발원지부터 김천시와 구미시 경계점전까지 전구간 및 유역	N2070001
19	낙본E	낙동강 수계구간중 상주시와 구미시 경계점후부터 구미시와 칠곡군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2000601
20	낙본F	낙동강 수계구간중 구미시와 칠곡군 경계점후부터 성주군과 고령군 경계점전까지 전구간 및 유역	N1000602
21	금호A	금호강 수계구간중 발원지부터 영천시와 경산시 경계점전까지 전구간 및 유역	N2090001
22	금호B	금호강 수계구간중 영천시와 경산시 경계점후부터 경산시와 대구시 수성구 경계점전까지 전구간 및 유역	N1090002
23	금호C	금호강 수계구간중 경산시와 대구시 수성구 경계점후부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N1090003
24	낙본G	낙동강 수계구간중 성주군과 고령군 경계점후부터 회천 합류점전까지 전구간 및 유역	N1000701
25	회천A	회천 수계구간중 발원지부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N1110001
26	황강A	황강 수계구간중 발원지부터 남하교(지창군 남하면 무룡리)까지 전구간 및 유역	N2120001
27	황강B	황강 수계구간중 남하교(지창군 남하면 무룡리)부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2120002
28	낙본H	낙동강 수계구간중 회천 합류점후부터 남강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2000901
29	남강A	남강 수계구간중 발원지부터 함양군과 산청군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2150101
30	남강B	남강 수계구간중 함양군과 산청군 경계점후부터 입석천 합류점전까지 전구간 및 유역	N2150102
31	남강C	남강 수계구간중 입석천 합류점후부터 판문천 합류점전까지 전구간 및 유역	N2150201
32	남강D	남강 수계구간중 판문천 합류점후부터 진주시와 의령군 경계점전까지 전구간 및 유역	N2150202
33	남강E	남강 수계구간중 진주시와 의령군 경계점후부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2150203
34	낙본I	낙동강 수계구간중 남강 합류점후부터 밀양시 청도천 합류점전까지 전구간 및 유역	N2001001
35	낙본J	낙동강 수계구간중 밀양시 청도천 합류점후부터 밀양강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2001002
36	밀양A	밀양강 수계구간중 발원지부터 청도군 청도천 합류후 상동교까지 전구간 및 유역	N1210001
37	밀양B	밀양강 수계구간중 청도군 청도천 합류후 상동교부터 낙동강 합류점전까지 전구간 및 유역	N2210002
38	낙본K	낙동강 수계구간중 밀양강 합류점후부터 양산천 합류점전까지 전구간 및 유역	N2001101
39	낙본L	낙동강 수계구간중 양산천 합류점후부터 경상남도와 부산광역시 경계점전까지 전구간 및 유역	N1001102
40	낙본M	낙동강 수계구간중 경상남도와 부산광역시 경계점후부터 낙동강 하구인1지점까지 전구간 및 유역	N2001103
41	낙본N	낙동강 수계구간중 김해시 대동면과 부산시 강서구 경계점(대저수문)후부터 하구(녹산수문)까지 전구간 및 유역	N2001104

□ 금강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	금본A	금강 수계구간중 발원지부터 장수군과 진안군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K2000101
2	금본B	금강 수계구간중 장수군과 진안군 경계점 후부터 진안군과 무주군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K2000102
3	금본C	금강 수계구간중 진안군과 무주군 경계점 후부터 무주군과 금산군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1000103
4	금본D	금강 수계구간중 무주군과 금산군 경계점 후부터 금산군과 영동군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1000201
5	초강A	초강 수계구간중 발원지부터 금강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	K2090001
6	금본E	금강 수계구간중 금산군과 영동군 경계점 후부터 영동군과 옥천군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K2000202
7	보청A	보청천 수계구간중 발원지부터 보은군과 옥천군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K2100001
8	금본F	금강 수계구간중 영동군과 옥천군 경계점 후부터 대청댐 방류수문 전까지 전구간 및 유역	K1000301
9	유등A	유등천 수계구간중 발원지부터 금산군과 대전광역시 중구 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1120101
10	갑천A	갑천 수계구간중 발원지부터 금강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	K1120001
11	금본G	금강 수계구간중 대청댐 방류수문 후부터 백천 합류후 연기군 금남면 부용2리까지 전구간 및 유역	K1000401
12	미호A	미호천 수계구간중 발원지부터 보강천 합류점 전까지 전구간 및 유역	K2130001
13	무심A	무심천 수계구간중 발원지부터 미호천 합류점 전까지 전구간 및 유역	K2130401
14	병천A	병천 수계구간중 발원지부터 천안시와 청원군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1130501
15	미호B	미호천 수계구간중 보강천 합류점 후부터 청원군과 연기군 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1130002
16	미호C	미호천 수계구간중 청원군과 연기군 경계점후부터 금강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	K1130003
17	금본H	금강 수계구간중 백천 합류후 연기군 금남면 부용2리 이후부터 연기군과 공주시 경계점 전까지 전구간 및 유역	K2000402
18	금본I	금강 수계구간중 연기군과 공주시 경계점 후부터 어천 합류후 청양군 목면 신흥2리까지 전구간 및 유역	K2000501
19	금본J	금강 수계구간중 어천 합류후 청양군 목면 신흥2리 이후부터 지천 합류후 부여군과 규암면 호압리까지 전구간 및 유역	K2000502
20	논산A	논산천 수계구간중 발원지부터 금강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	K2210001
21	금본K	금강 수계구간중 지천 합류후 부여군과 규암면 호압리 이후부터 부여군과 익산시 경계점 전까지 전구간 및 유역	K1000503
22	금본L	금강 수계구간중 부여군과 익산시 경계점 후부터 금강하구연까지 전구간 및 유역	K2000601

□ 만경·동진강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	만경A	만경강 수계구간중 발원지부터 소양천 합류후 원주군 용진면 상운리까지 전구간 및 유역	M2000001
2	전주A	전주천 수계구간중 발원지부터 만경강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	K2030001
3	만경B	만경강 수계구간중 소양천 합류후 원주군 용진면 상운리 이후부터 백구계수문(김제시 백구면) 전까지 전구간 및 유역	M2000002
4	탑천A	탑천 수계구간중 발원지부터 하광계수문(대야면 광교리) 전까지 전구간 및 유역	M2040001
5	만경C	만경강 수계구간중 백구계수문(김제시 백구면) 후부터 신시배수갑문 전까지 전구간 및 유역 ¹⁾	K2000003
6	정읍A	정읍천 수계구간중 발원지부터 동진강분류 합류점 전까지 전구간 및 유역	D2010001
7	동진A	동진강 수계구간중 발원지부터 동진강계수문(부안군 백산면) 전까지 전구간 및 유역	D2000001
8	고부A	고부천 수계구간중 발원지부터 하광계수문(동진면 하장리) 전까지 전구간 및 유역	D2020001
9	원평A	원평천 수계구간중 발원지부터 해창계수문(죽산면 대창리) 전까지 전구간 및 유역	D2030001
10	동진B	동진강 수계구간중 동진강계수문(부안군 백산면) 후부터 가력배수갑문 전까지 전구간 및 유역 ¹⁾	D2000002

주1) 해수유통으로 BOD측정에 영향이 있는 만경C와 동진B 수계구간에 대하여는 BOD 항목을 적용하지 아니한다.

□ 영산강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	영본A	영산강 수계구간중 발원지부터 담양군과 광주광역시 북구 경계점 전까지 전구간 및 유역	Y1000101
2	황룡A	황룡강 수계구간중 발원지부터 장성군과 광주광역시 광산구 경계점 전까지 전구간 및 유역	Y1040001
3	영본B	영산강 수계구간중 담평천과 광주광역시 북구 경계점 후부터 광주광역시 남구와 나주시 경계점 전까지 전구간 및 유역	Y1000102
4	지석A	지석천 수계구간중 발원지부터 화순군과 나주시 경계점 전까지 전구간 및 유역	Y2050001
5	영본C	영산강 수계구간중 광주광역시 남구와 나주시 경계점 후부터 고막원천 합류점 전까지 전구간 및 유역	Y2000301
6	영본D	영산강 수계구간중 고막원천 합류점 후부터 함평천 합류후 함평군 엄다면 영흥리까지 전구간 및 유역	Y2000302
7	영본E	영산강 수계구간중 함평천 합류후 함평군 엄다면 영흥리이후부터 영산강하구연 전까지 전구간 및 유역	Y2000501

□ 섬진강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	섬본A	섬진강 수계구간중 발원지부터 진안군과 임실군 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2000101
2	추령A	추령천 수계구간중 발원지부터 순창군과 정읍시 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2010001
3	섬본B	섬진강 수계구간중 진안군과 임실군 경계점 후부터 정읍시와 임실군 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2000102
4	오수A	오수천 수계구간중 발원지부터 섬진강본류 합류점 전까지 전구간 및 유역	S2020001
5	섬본C	섬진강 수계구간중 정읍시와 임실군 경계점 후부터 순창군과 곡성군 경계점 전까지 전구간 및 유역	S1000201
6	요천A	요천 수계구간중 발원지부터 장수군과 남원시 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2050001
7	요천B	요천 수계구간중 장수군과 남원시 경계점 후부터 섬진강본류 합류점 전까지 전구간 및 유역	S1050002
8	보성A	보성강 수계구간중 발원지부터 겸백천 합류점 전까지 전구간 및 유역	S2060001
9	동북A	동북천 수계구간중 발원지부터 화순군 동북면과 화순군 남면 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2060101
10	보성B	보성강 수계구간중 겸백천 합류점 후부터 순천시와 곡성군 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2060002
11	섬본D	섬진강 수계구간중 순창군과 곡성군 경계점 후부터 곡성군과 순천시 경계점 전까지 전구간 및 유역	S2000401
12	섬본E	섬진강 수계구간중 곡성군과 순천시 경계점 후부터 하동군 약양면과 하동군 하동읍 경계점 전까지 전구간 및 유역	S1000402
13	섬본F	섬진강 수계구간중 하동군 약양면과 하동군 하동읍 경계점 후부터 섬진강 종점까지 전구간 및 유역 ¹⁾	S1000403
14	수어A	수어천 수계구간중 발원지부터 광양시 옥곡면 신금리와 광양시 광영동 경계점 전까지 전구간 및 유역 ¹⁾	S2120001

주1) 해수유통으로 BOD측정에 영향이 있는 섬본F와 수어A 수계구간에 대하여는 BOD 항목을 적용하지 아니한다.

□ 탐진강수계

연번	유역명	수계구간 및 그 영향을 주는 유역	유역코드
1	탐진A	탐진강 수계구간중 발원지부터 금강천 합류점 전까지 전구간 및 유역	T2000001
2	탐진B	탐진강 수계구간중 금강천 합류점 후부터 석교취수장(강진군 군동면) 전까지 전구간 및 유역	T2000002

분야별 공동(위촉)연구 참여내역

구분	연구항목	(재)농어촌환경 기술연구소		용역기관	
		부서명	성명	기관명	성명
주관	·연구 총괄 ·오염총량제의이해	책임 연구원	윤경섭		
	·자율환경관리제도 ·농업용 저수지의 수질관리기법	연구원 연구원	권상필 이광식		
	·수자원 이용현황 ·수질개선사업	연구원 연구원	임병호 류성곤		
	·농업용 저수지의 수질 현황 ·농업용 저수지의 기능과 역할 ·사례지구 조사	연구원 연구원	허기술 이효찬		

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부 농촌개발시험연구사업으로 한국농촌공사 농어촌연구원으로부터 연구비를 지원받아 (재)농어촌환경기술연구소에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구소의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행

수질오염총량제 시행에 따른 농업용 저수지 수질관리 기법 연구	
발 행	2008. 12
발행인	변 양석
발행처	(재)농어촌환경기술연구소
주 소	서울특별시 서초구 방배동 897-1 경수 B/D 401호
	전 화 02 - 575 - 2368
	FAX 02 - 572-8004
■ 이책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	