

최 중
연구보고서

웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템 개발

Development of A Web Based Intelligent Geographical
Information System for Water Quality Management in Reservoirs

연 구 기 관
전 북 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템 개발" 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2004년 8월 16일

주관연구기관 전북대학교

총괄연구책임자 : 고 홍 석

연구 원 : 정 팔 진

김 동 원

김 우 주

이 주 승

현 미 희

이 은 주

조 민 호

최 대 우

송 수 정

요 약 문

I. 제목

웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템 개발

II. 연구의 목적 및 중요성

1. 연구의 중요성

지금까지 수자원 관리는 얼마나 많은 양의 물을 확보하는냐가 중요한 관심사였으나 사회환경의 급격한 변화에 따라 하천과 호소의 수질이 극도로 오염되고 그에 따른 수질 문제가 해결해야 할 중대한 사안으로 부각되고 있다. 따라서 저수지 수질에 대한 정확한 예측과 오염물질 처리대안을 제시할 수 있는 신기술을 활용한 종합시스템의 개발이 필요한 시점이다.

2. 연구 목적

본 연구에서는 정보통신 신기술인 웹을 이용하고, 공간분석이 가능한 GIS를 도입하여 저수지 수질환경의 예측과 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 지능형 정보시스템을 개발하는 데 그 목적이 있다.

III. 연구 내용 및 범위

본 연구는 시스템 분석 및 설계, 도형자료 수집 및 구축, 저수지 수질 데이터 수집 및 분석, 웹기반 GIS 사용자 인터페이스 설계 및 개발, 수질 예측 전문가 시스템 구축을 주요 연구 내용으로 하고 있다.

IV. 연구 결과 및 활용 방안

1. 연구 결과

(1) 시스템 분석 및 설계

시스템의 분석 및 설계를 위하여 시스템의 특성 분석, 시스템의 타당성 분석, 사용자 요구 분석, 시스템의 기능 분석을 실시하였다.

(2) 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축

농업용 저수지의 수질관리에 필요한 다양한 데이터를 체계적으로 관리하기 위한 각종 자료를 수집하여 데이터베이스로 구축하고, 그 자료가 공간분석이 가능하도록 지형 정보와 함께 구축하였다.

(3) 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질예측시스템 개발

대상 저수지인 경천저수지의 유역현황, 오염원, 오염부하량 등의 유역을 조사하였고, 경천저수지의 시설 제원과 수질분석을 하였다. WASP5를 수질분석용 모형으로 선정하고 대상 저수지를 4개의 세그먼트로 분할한 후 매개변수와 반응상수 등의 모형을 보정하여 2020년까지의 수질예측을 분석하였다.

(4) 전문가 시스템 구축

전문가시스템의 정의·원리·특징에 대하여 연구하였고, 전문가시스템 개발도구인 WeBIS와 최적 대안 선정을 기법 중의 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법을 이용하여 오염물질 처리방안을 제안해 주는 전문가시스템을 개발하였다.

(5) 웹기반 통합시스템 구축

웹기반 GIS 시스템 유형을 분석하고, 웹기반 수질환경 정보를 설계하여, 웹기반 수질환경 지리정보시스템을 설계·구축하였다. 또한 환경기초자료 관리, 개발 표준을 세우고, 작업의 흐름도 및 시스템의 업무 기능을 분석하여 엔티티 관계도를 작성하여 사용자 인터페이스를 개발하고 통합시스템을 구축하였다.

2. 활용 방안

본 연구에서 개발한 시스템은 비록 프로토타입이지만 사용자가 원하는 저수지의 데이터베이스를 구축하면 바로 현장 적용할 수 있도록 적응력을 갖춘 시스템이 된다. 특히 사용 편의성을 제공하기 위하여 그래픽을 이용한 인터페이스를 제공하며, 데이터베이스 검색시스템, 수질 예측 시스템, 오염물질 처리방안 시스템을 개발하여 저수지 수질환경에 이해관계를 가지고 있는 농림부, 지방자치단체 등 국가기관, 농업기반공사 등의 국영기업체의 관련 종사자뿐만 아니라, 농민들까지도 언제든 어렵지 않게 이용할 수 있는 시스템을 개발하였다.

본 연구를 통하여 개발한 '웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템'은 인터넷을 통하여 자료를 수정·가공·편집할 수 있기 때문에 관련 기관들과 이해 당사자들인 농민들이 수질환경에 대한 기본적인 자료를 제공받거나, 환경 오염에 대한 대책을 수립하고 대비할 수 있을 것이다.

Summary

I. Title

Development of a web-based intelligent geographical information system for water quality management in reservoirs

II. Purpose and significance of research

1. Significance of research

Although water resource management by far has just focused on how much water amount are secured, water quality problems today are emerging as important social issues since water quality in rivers and lakes are significantly deteriorated. Thus, an accurate prediction system on reservoir water quality is required, as well as an integrated system which can provide a solution for taking away contaminated materials.

2. Purpose of research

The research aims to develop an intelligent decision support system, which uses a geographical information system enabling spatial analysis, as well as a high-tech tele-communication technology supporting world-wide web navigation. The developed system is a prototype that can be applied into real spot only if a user completes a database.

III. Research scope

The research area includes the following main subjects: system analysis and

design, geometry data collection and database implementation, data acquisition and analysis on reservoir water quality, interface design and development for web-based GIS users, and development of an expert system for water quality forecasting.

IV. Research result and its utilization

1. Research result

(1) System design and analysis

System analyses such as characteristic, validity, user requirement, and functional analysis have been performed. In the system characteristic analysis, the followings are analyzed: geographical information system (GIS), spatial multi-criteria decision making, Internet influences on GIS, Internet and GIS implementation techniques, human resource organization, hardware (H/W) and software (S/W) components, and GIS S/W selection. In the system validity analysis, it is checked whether the target system can be technically working, and system applicability and effectiveness are also verified. Basic functions such as input, query, search, update, and visualization are provided to support user friendliness.

(2) Geometric and non-geometric data collection, and database implementation

Various data such as geometric and non-geometric have been collected and stored into an integrated database to support systematic water quality control for agricultural reservoirs. Fundamental statistical data of a target reservoir, Gyeongcheon, have been identified. Basic and main drawings are prepared to represent the spatial location and relationship of attribute data. Other data are implemented into a database such as normal location and structure editing, category and feature determination, river network, measurement criterion diagram, administrative district drawing, land use drawing, building drawing, water depth measurement drawing, and so on.

(3) Water quality database implementation and water quality forecasting system

The basin state of a Gyeongcheon reservoir, contamination sources, contamination amount are investigated and the facility specifications and water quality of the reservoir are examined. A water quality analysis tool, WASP5, is adopted. The target reservoir is divided into four segments so as to perform water quality prediction using parameters and reaction constants. The water quality of a small basin of the reservoir is modeled and analyzed. In a simulation result, water quality models can show well the actual concentration, while the time and the spatial distribution of contamination amount have to be revised through further investigation.

(4) Expert system

The definition, principles, and characteristics of an expert system have been studied. An expert system development tool, WeBIS, and a optimal alternative selection tool, AHP (Analytic Hierarchy Process) have been used to provide solutions for the treatment of contaminated materials. The expert knowledge for water quality is represented via IF-THEN rules in WeBIS and coded into ASP (Active Server Page). AHP can analyze the subjective as well as the objective criteria of humans. Thus, it is widely spread as a multi-criteria decision making tool to solve such composite problems. The developed expert system is also run on the web so that the whole system is working on it. To obtain a qualified solution, compatible data input by users are very important.

(5) Web-based integrated system

A geographical information system, a water quality model, and an expert system have been integrated together on the web using an integrated database. To develop water quality environment GIS, a database has to be designed first on basic environment information. An entity relationship diagram has been constructed via

ER-Win, namely a database design tool, based on basic environment data and a work flow diagram and system functions. A CGI programming tool is used to support server-client communication on the web, which is carried out via HTTP protocol. Finally, a user interface has been developed through user requirement analyses. The interface adopts a WYSWYG menu and simple screen images are utilized to support quick user's access instead of transferring least water quality information.

2. Utilization plan

Although the developed system in this research is a prototype, the system can be directly applied into a real situation only if a user database for a reservoir is constructed. A graphic user interface facilitates a user to implement such a database within a short period. In particular, a database search system, a water quality forecasting system, and a contaminated materials treatment system are developed so as to be importantly used by governmental organizations or government-operated companies, even by farmers that have much interest in water quality environment information.

Hence, a web-based intelligent geographical information system for water quality management in reservoirs, developed in this research, can be comfortably updated and edited by users so that it can bring much useful information for fundamental water quality environment, as well as for building an alternative plan against the contamination.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
1.1 Background	
1.2 Necessity	
1.3 Objective	
1.4 Research Trend	
1.5 Content and scope	
1.6 Expected effect	
1.7 Research period	
1.8 Team organization	
Chapter 2. System analysis and design	32
2.1 Introduction	
2.2 System characteristics	
2.3 System feasibility	
2.4 User demand	
2.5 Function and specification	
Chapter 3. Data collection and database implementation	61
3.1 Introduction	
3.2 Implementation of geo-spatial database with a topographical map and a thematic map	
3.3 Collection of various data and implementation of database	
Chapter 4. Reservoir water quality management database and water quality forecasting system	78
4.1 Introduction	

4.2	Collection and analysis of water quality data	
4.3	Development of a water quality forecasting system	
Chapter 5.	Implementation of an expert system	136
5.1	Introduction	
5.2	Expert system overview	
5.3	Major knowledge contents of water quality management	
5.4	Implementation of water quality management knowledge via WeBIS	
5.5	Validation of alternatives and selection of an optimum alternative	
Chapter 6.	Implementation of a web-based integrated system	207
6.1	Introduction	
6.2	Design of a web-based GIS for water quality environment	
6.3	Development of a user interface	
6.4	Development of a query system of water database	
6.5	User certification in intranet environment	
6.6	Implementation of prototype web services	
Chapter 7.	Abstract and conclusion	249
7.1	Abstract	
7.2	Conclusion	
References		256
Appendices		271

목 차

제1장 서론	1
제1절 연구 배경	1
제2절 연구의 필요성	8
1. 기술적 측면	8
2. 경제·산업적 측면	9
3. 사회·문화적 측면	9
제3절 연구 목적	9
제4절 연구동향	10
1. 수질분야	10
2. 웹기반 지리정보시스템 분야	13
3. 본 연구 제안 시스템과 기존 연구와의 비교	15
제5절 연구 내용 및 범위	17
1. 시스템의 분석 및 설계	17
2. 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축	17
3. 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질 예측 시스템 개발	17
4. 웹 기반 시스템 구축	17
5. 통합시스템 구축	18
제6절 연구개발 방법 및 설계	18
1. 연구개발 방법	18
2. 연구개발 설계	19
3. 연구개발 추진체계	29
제7절 기대효과 및 활용방안	29
1. 기대효과	29
2. 활용방안	30
제8절 연구 기간	31

제9절 연구원 구성	31
제2장 시스템 분석 및 설계	32
제1절 서론	32
제2절 시스템 특성 분석	33
1. 시스템의 특성	33
2. 시스템의 인적 구성 요소	48
3. 하드웨어 구성 요소	49
4. 소프트웨어 구성 요소	50
5. GIS 소프트웨어 선정	51
제3절 시스템 타당성 분석	56
1. 소프트웨어 기술상의 타당성 분석	56
2. 하드웨어 환경 분석	56
3. 시스템의 실용성 및 효용성 분석	56
제4절 사용자 요구 분석	57
1. 정보의 종류	57
2. 정보의 신속성과 접근성	57
3. 시스템의 기능	57
4. 사용자의 편의성 및 용이성	57
제5절 기능 분석 및 기능 사양 작성	59
1. 입력 및 갱신 기능	60
2. 질의 및 검색 기능	60
3. 분석 및 의사결정 기능	60
4. 자료의 시각화 기능	60
제3장 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축	61
제1절 서론	61

제2절 기본도 및 주제도 구축	62
1. Category, Feature 설정	63
2. 주제도 구축	64
제3절 각종 자료 수집 및 DB 구축	73
1. 조사 시기	74
2. 조사 내용	74
3. 조사 방법	74
4. 데이터베이스 구축	74
5. 데이터베이스 구축안	75
제4장 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질예측시스템 개발	78
제1절 서론	78
제2절 대상 저수지 수질 데이터 수집 및 분석	78
1. 경천저수지 유역조사	78
2. 저수지 시설제원	99
3. 경천저수지 수질분석	99
제3절 수질 모델링을 통한 오염정도 예측 시스템 개발	105
1. 대상저수지 유역	105
2. 수질모형의 선정	106
3. WASP5/EUTRO5 수질모형	107
4. 모형의 적용	115
5. 모형의 입력자료 구성	116
6. 경천저수지 수질모형 결과	121
제5장 전문가시스템 구축	136
제1절 서론	136
제2절 전문가시스템 개요	137

1. 전문가시스템 소개	137
2. WeBIS 개요	143
3. AHP 기법	147
제3절 수질환경 주요 지식 내용	148
1. 수질의 평가	148
2. 호소내 대책	157
3. 호소외 대책	167
4. 호소 내외 대책	173
5. 대안의 평가	173
제4절 WeBIS를 이용한 수질 환경 지식 구축	182
1. 전문가시스템 실행 절차	182
2. 전문가시스템 실행 세부 절차	184
3. WeBIS를 이용한 지식표현	191
4. 수질환경지식을 위한 데이터베이스 구축	197
제5절 대안의 검증과 최적대안의 선정	200
1. 시뮬레이션을 통한 대안 검증	200
2. AHP기법을 활용한 대안 선정	201
제6장 웹 기반 통합시스템 구축	207
제1절 서론	207
제2절 웹기반 수질환경 지리정보시스템의 설계	209
1. 웹 기반 수질환경정보의 설계	209
2. 프로토타입 웹서비스 개발	209
제3절 사용자 인터페이스 개발	211
1. 시스템 개요	211
2. 환경기초자료 관리	211
3. 개발 표준	211

4. 요구사항 정의	212
5. 작업흐름도	212
6. 업무기능 분해	214
7. 엔티티 관계도	216
제4절 수질 데이터베이스의 질의응답 시스템 개발	218
1. CGI 프로그래밍	218
2. 질의응답 시스템 개발	220
제5절 인트라넷 환경에서의 사용자 인증	221
1. 사용자 인증 방법론	221
2. 세션의 구현	223
제6절 프로토타입 웹서비스 구축	226
제7장 요약 및 결론	249
제1절 요약	249
제2절 결론	255
참고문헌	256
부 록	271

표 목 차

표 1-1 수질환경관리법제	6
표 1-2 수질모형의 비교	12
표 1-3 수질관리 모델의 적용	13
표 1-4 국가 GIS의 10대 사업	15
표 1-5 지형도 수치지도화 사업계획	15
표 1-6 본 연구 제안시스템과 기존 연구(시스템)와의 비교	16
표 1-7 시스템을 구축하는 데 사용할 소프트웨어 및 기능	21
표 1-8 인터넷 GIS의 구현 방식의 비교	24
표 2-1 연차별 국내 GIS 연구 현황	36
표 2-2 하드웨어 구성	50
표 2-3 정보시스템 소프트웨어 구성	50
표 3-1 레이어 분류표	64
표 3-2 주요 Category, Feature 설정 예	65
표 3-3 데이터베이스 구축 내용	77
표 4-1 경천저수지 유역의 기상개황	80
표 4-2 배수구역별 인구현황	84
표 4-3 배수구역별 장래인구	84
표 4-4 수학적인 방법에 의한 인구 추정공식	85
표 4-5 행정구역별 인구추정을 위한 계수	86
표 4-6 배수구역별 가축 현황	86
표 4-7 2010년 가축사육 전망	87
표 4-8 2015년 가축사육전망	87
표 4-9 2020년 가축사육전망	88
표 4-10 배수구역별 토지현황	89
표 4-11 인구기준 발생원단위	90

표 4-12 인구에 의한 발생부하량	90
표 4-13 축산분뇨 발생원단위	91
표 4-14 배수구역별 축산에 의한 발생부하량	91
표 4-15 토지에 의한 발생부하량	92
표 4-16 배수구역별 토지에 의한 발생부하량	92
표 4-17 오염원별 BOD 발생부하량	93
표 4-18 오염원별 TN 발생부하량	94
표 4-19 오염원별 TP 발생부하량	94
표 4-20 배수구역별 인구에 의한 배출부하량	95
표 4-21 배수구역별 축산에 의한 배출부하량	96
표 4-22 배수구역별 토지에 의한 배출부하량	96
표 4-23 오염원별 BOD 배출부하량	97
표 4-24 오염원별 TN 배출부하량	98
표 4-25 오염원별 TP 배출부하량	98
표 4-26 경천저수지의 시설 제원	99
표 4-27 경천저수지 수질(2002년)	103
표 4-28 경천저수지 수질(2003년)	104
표 4-29 수질모형의 비교	107
표 4-30 각 Segment의 물리적 특성	117
표 4-31 상수의 개념 및 범위	120
표 4-32 EUTRO5를 이용한 모의에 사용된 상수값 비교	123
표 4-33 보정에 관한 상관관계식	128
표 4-34 Seg.2에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	130
표 4-35 Seg.3에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	132
표 4-36 Seg.5에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	134
표 5-1 Chl-a를 이용한 농업용저수지 분류기준	149
표 5-2 COD를 이용한 농업용저수지 분류기준	151

표 5-3 사업목표에서 본 수질개선기술의 분류	153
표 5-4 기술적 기본요건에서 본 선정 참고표	154
표 5-5 수질개선기술의 분석사항과 중요도	154
표 5-6 수질개선기술 선정시 기본요건	155
표 5-7 저류지의 수질개선효과	158
표 5-8 인공식물섬조성으로 인한 저수지 평균수질효과	159
표 5-9 인공식물섬조성으로 인한 식물별 연간 생산량 및 질소, 인 흡수량	159
표 5-10 체류시간별 수질정화 효과	162
표 5-11 창포, 갈대, 연못습지에서 수질정화 효과 요약	163
표 5-12 인공습지에서 체류시간별 주요식물종의 생물량 및 질소와 인의 흡수량	163
표 5-13 체류 시간에 따른 항목별 정화효율 및 단위 면적당 제거량의 상관관계 및 상관 계수	164
표 5-14 대표적인 습지의 설계인자	165
표 5-15 조사대상지구의 일강우량 분포율분석	165
표 5-16 강우량 30mm 기준 강우량 유출량 분석	166
표 5-17 습지에서의 설계유량 결정	166
표 5-18 설계인자에 의한 경천저수지 유역의 소요습지면적계산	166
표 5-19 자연순환형 고도처리공법(A2EBC)의 제거효율	170
표 5-20 CNR (섬모상 담체를 이용한 하수의 유기물 및 질소·인고도처리)의 제거효율	170
표 5-21 자연친화형 무동력 하수고도처리공법의 제거효율	171
표 5-22 2010년 장래예측결과	173
표 5-23 저수지 외부 삭감결과	177
표 5-24 저수지 내부 삭감결과	179
표 5-25 저수지 내·외부 삭감결과	181
표 5-26 사용자 입력요소	183
표 5-27 수질모델 설정정보	184

표 5-28 전문가시스템 출력요소	184
표 5-29 전문가시스템 지식데이터베이스 테이블 설명	198
표 5-30 실행쿼리	199
표 5-31 AHP 상위레벨기준 점수	203
표 5-32 AHP 기준별 점수	203
표 5-33 AHP 점수 세부 내용	204
표 5-34 호소 내부 적용가능 공법별 AHP 점수	205
표 5-35 유역 적용가능 공법별 AHP 점수	205
표 6-1 웹 서비스 구성	209

그림 목 차

그림 1-1 농업용수 수질관리 체계	3
그림 1-2 수질관리정책구조	5
그림 1-3 수질환경관리정책	7
그림 1-4 비도형 자료와 도형자료의 연결	22
그림 1-5 지능형 의사결정 지원 시스템 구조	27
그림 1-6 대안 평가 전문가 시스템	28
그림 1-7 웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템	28
그림 2-1 GIS의 활용분야	35
그림 2-2 공간 다기준 의사결정지원 과정	38
그림 2-3 인터넷의 발전 단계	41
그림 2-4 세계 인터넷 이용자 수	41
그림 2-5 미래 인터넷의 지향	42
그림 2-6 서버 중심의 인터넷 GIS	45
그림 2-7 클라이언트 사이드 인터넷 GIS	46
그림 2-8 조합 및 복합 기법 인터넷 GIS	47
그림 2-9 목표시스템 개발흐름도	59
그림 2-10 의사결정과정 순서	60
그림 3-1 WIMGIS 구성도	62
그림 3-2 전체유역과 저수지내 수심분포도	66
그림 3-3 저수지 수질측정지점	66
그림 3-4 행정구역(리 경계) 및 하천도	67
그림 3-5 행정구역(리 대표점) 및 도로망도	67
그림 3-6 세그먼트 분할도	68
그림 3-7 등고선도 3차원	69
그림 3-8 슬로프 벡터도	69

그림 3-9 경사분석도	70
그림 3-10 불규칙 삼각망 (TIN)	70
그림 3-11 토지이용도	72
그림 3-12 토양도	72
그림 3-13 저수지 수심분포도	73
그림 4-1 경천저수지 유역도	79
그림 4-2 경천저수지유역의 기온변화(2000~2003년)	81
그림 4-3 경천저수지유역의 강우량(2000~2003년)	81
그림 4-4 경천저수지 수위변화(2000~2003년)	82
그림 4-5 경천저수지 유입량(2000~2003년)	82
그림 4-6 경천저수지 방류량(2000~2003년)	83
그림 4-7 경천저수지의 BOD(2002년)	100
그림 4-8 경천저수지의 COD(2002년)	100
그림 4-9 경천저수지의 Chl-a(2002년)	100
그림 4-10 경천저수지의 DO(2002년)	100
그림 4-11 경천저수지의 T-N(2002년)	101
그림 4-12 경천저수지의 T-P(2002년)	101
그림 4-13 경천저수지의 BOD(2003년)	102
그림 4-14 경천저수지의 COD(2003년)	102
그림 4-15 경천저수지의 Chl-a(2003년)	102
그림 4-16 경천저수지의 DO(2003년)	102
그림 4-17 경천저수지의 T-N(2003년)	102
그림 4-18 경천저수지의 T-P(2003년)	102
그림 4-19 경천저수지 유역도.	105
그림 4-20 WASP5 모델에서 수질인자간의 상호작용 모식도	108
그림 4-21 경천저수지의 세그먼트 분할	115
그림 4-22 Volumes Window	118

그림 4-23 Flows Window	118
그림 4-24 Boundary Concentrations Window	118
그림 4-25 Parameters Window	119
그림 4-26 Constants Window	119
그림 4-27 Time Functions Window	120
그림 4-28 Initial Concentrations Window	121
그림 4-29 Out put Window of BOD	121
그림 4-30 Out put Window of Chl-a	121
그림 4-31 Out put Window of T-N	122
그림 4-32 Out put Window of O-P	122
그림 4-33 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 1)	124
그림 4-34 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 2)	125
그림 4-35 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 3)	125
그림 4-36 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 5)	126
그림 4-37 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 1)	126
그림 4-38 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 2)	127
그림 4-39 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 3)	127
그림 4-40 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 5)	127
그림 4-41 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 3)	129
그림 4-42 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 3)	129
그림 4-43 Seg.2 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	131
그림 4-44 Seg.3 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	133
그림 4-45 Seg.5 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과	135
그림 5-1 전문가시스템의 구조	138
그림 5-2 WeBIS - The A. I. Website Builder	144
그림 5-3 WeBIS 편집화면	146
그림 5-4 농업용수수질개선 기본계획 수립업무흐름도	156

그림 5-5	유역 별 마을하수도 설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3)	174
그림 5-6	유역별 축산분뇨 전량수거 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3)	175
그림 5-7	유역 별 마을하수도 설치와 축산분뇨 전량수거 할 경우 Seg. 3에서 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과.	176
그림 5-8	유역 별 저류조설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg.3)	178
그림 5-9	유역 별 인공습지설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg.3)	179
그림 5-10	유역 별 마을하수도 설치, 축산전량 수거, 저류조설치를 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3).	180
그림 5-11	전문가시스템 실행절차	182
그림 5-12	저수지 선택 화면	185
그림 5-13	날짜 선택 화면	185
그림 5-14	목표 수질 입력 화면	185
그림 5-15	저수지 영양상태 분석 흐름도	186
그림 5-16	저수지 영양상태 분석 결과	186
그림 5-17	저수지 관리유형 분석 흐름도	186
그림 5-18	저수지 관리유형 분석결과	187
그림 5-19	대안 생성 흐름도	188
그림 5-20	최적 대안 선정 흐름도	188
그림 5-21	AHP 선호도 입력 화면	189
그림 5-22	최종 결과 화면	190
그림 5-23	최적 대안 세부내용	190
그림 5-24	TN/TP 비 규칙	191
그림 5-25	TN 규칙	191
그림 5-26	TP 규칙	192
그림 5-27	TN, TP 규칙	192
그림 5-28	ST/WS비 규칙	193
그림 5-29	ST/WS비>5 일 때 Chl-a 규칙	193

그림 5-30 ST/WS비 \leq 5 일 때 Chl-a 규칙	193
그림 5-31 저수지 관리유형 규칙(1)	194
그림 5-32 저수지 관리유형 규칙(2)	195
그림 5-33 대안 형성 규칙	196
그림 5-34 AHP 구조트리	206
그림 6-1 웹 기반 GIS	208
그림 6-2 수질환경 정보시스템 개념도	210
그림 6-3 환경기초자료 관리	213
그림 6-4 시스템 관리	213
그림 6-5 의사결정시스템	214
그림 6-6 환경기초자료 관리	215
그림 6-7 시스템관리	216
그림 6-8 Entity Relational Diagram (속성정보 및 도형정보 관리부분 통합)	217
그림 6-9 CGI 구동원리	220
그림 6-10 CGI 구동원리	221
그림 6-11 사용자 인증	223
그림 6-12 오염원 정보(인구/행정구역별)	226
그림 6-13 오염원 정보(축산/행정구역별)	227
그림 6-14 비점오염원 정보(토지/행정구역별)	227
그림 6-15 부하량 산정방법	228
그림 6-16 부하량(인구/행정구역별)	228
그림 6-17 부하량(토지/행정구역별)	229
그림 6-18 저수지 측정지점	230
그림 6-19 저수지 수질정보	230
그림 6-20 하천 수질 측정지점	231
그림 6-21 하천 수질정보	231
그림 6-22 년도별 기상정보	232

그림 6-23 저수지 제원	232
그림 6-24 GIS 접속 초기화면	234
그림 6-25 기본도 선택메뉴	234
그림 6-26 기본도 속성조회	235
그림 6-27 기본도 보기 메뉴 활성화	235
그림 6-28 기본도 부분 확대 보기	236
그림 6-29 주요 속성 조회 화면	236
그림 6-30 Wasp 5 안내	238
그림 6-31 Wasp5 시뮬레이션 초기 화면	238
그림 6-32 Wasp5 시뮬레이션 결과 화면	239
그림 6-33 Wasp5 시뮬레이션 결과	239
그림 6-34 전문가시스템	240
그림 6-35 전문가시스템(대상 저수지 선택)	241
그림 6-36 전문가시스템(목표수질 선정)	241
그림 6-37 전문가시스템(선호도 입력)	242
그림 6-38 전문가시스템(분석 결과)	243
그림 6-39 관리자 화면(로그인 후)	244
그림 6-40 사용자 추가 화면	244
그림 6-41 사용자 삭제 화면	245
그림 6-42 사용자 개인정보 정정	245
그림 6-43 사용자 개인정보 정정	246
그림 6-44 사용자 개인정보 정정	247
그림 6-45 데이터 수정	247
그림 6-46 데이터 추가입력	248

제1장 서론

제1절 연구배경

지금까지 수자원관리는 얼마나 많은 양의 물을 확보하느냐가 중요한 관심사였으나, 이제는 사회환경의 급격한 변화에 따라 하천과 호소의 수질이 극도로 오염되면서 그에 따른 수질문제가 해결해야 할 중대한 사안으로 부각되고 있다. 농업용수 수질측정망 조사 결과에 의하면 농업용수 수질기준 IV등급(COD 8 *mg/l* 이하)을 초과하는 저수지가 1996년도 63개소에서 2003년도에는 87개소로 매년 증가하는 추세를 보이고 있다.

그리고 우리 나라 가용 수자원 이용량의 48%가 농업용수로 이용되나, 국민의 먹거리를 생산하는데 없어서는 안될 농업용수의 수질관리·개선을 위한 지원은 미흡한 실정입니다. 친환경 농산물 생산을 위해서는 깨끗한 물의 공급이 필요하나 농촌의 도시화·산업화로 인한 오염원 증가로 농업용수 수질오염이 날로 확산되고 있다.

수질오염은 하류부로 갈수록 문제는 더욱 심각한 양상을 나타낸다. 예를 들면 새만금으로 유입되는 전북 부안군 동진강 하류 지점의 수질은 환경부의 수질측정 자료에 따르면 생물학적 산소 요구량(BOD)이 2001년 4.5ppm이었는데, 이는 1999~2000년의 3.6ppm에 비해 악화된 것이다. 화학적 산소 요구량(COD)도 2002년 6.6ppm으로 과거보다 나빠졌다. 녹조(綠藻)발생을 불러오는 오염물질인 총인(TP)의 농도는 2001년 0.272ppm까지 악화됐고 총질소(TN)도 2000년 이후 계속 나빠지고 있다. 새만금 담수호에 저장했다가 농업용수로 쓰기 위해선 COD 8ppm 이하, 총인 0.1ppm 이하의 4급수 수질을 유지해야만 한다. 현재 동진강 하류의 수질은 3급수 정도지만, 담수호에 고여 있다고 가정하면 5급수도 안 된다고 환경전문가들은 예측하고 있다.

또한 김제시의 만경강 하류 수질은 2002년 BOD 5.6ppm으로 과거보다 나아졌으나 여전히 3~4급수를 오르내리고 있다. 또 COD는 10ppm, 총인은 0.484ppm으로 측정된 바 있다. 농업용수로 사용하려면 상당한 수질개선이 필요한데, 오염총량규제 및 하수처리장 건설 등의 수질보전대책 수립이 당면한 과제들이다.

하류의 실정이 이러한 바 상류에서는 더 많은 수질관리 노력이 필요하며 오염원 관리 및 개선방안 마련에 기술력을 집중시켜야 할 것이다. 이젠 댐을 건설하여 수자원을 확

보하는 데는 막대한 공사비와 환경 훼손에 대한 부담이 커서 댐 건설은 앞으로 점점 어려워질 것으로 예상된다. 따라서 이제는 기존 저수지에 대한 보다 철저한 수질관리를 통한 수자원 활용 극대화 방안이 필요할 것으로 판단된다.

오염 물질이 저수지에 부하시키는 수질 오염원은 크게 점원(Point sources)과 면원(Non-point sources : 비점원이라고도 함)으로 구분된다. 점원은 유출량이 잘 알려진 지점으로부터 유출되는 것으로, 하나의 유출관이나 여러 개의 관이 위치하기도 하고 특별한 방출지를 알고 있는 경우이며, 중요한 점원은 ① 하수처리된 생활용수의 배출, ② 영양소, BOD, 유해물질이 있는 산업폐수 등이다. 면원은 ① 농경지, ② 산림지, ③ 대기, ④ 도시와 근교에서 강우시 유출 그리고 ⑤ 지하수 등이다. 이들 면원의 경우는 유출의 근원이 넓게 분포되어 있으므로 유출되는 지점을 확인하는 데 어려움이 있다. 더구나 오염원이 저수지나 강으로 유입되는 형태에서 보면 농경지에서는 지표면 유출로, 대기에서는 물이나 땅 위 표면에 직접 유입된다. 또한 면원은 유출지역이 여러 곳이라는 것에 부가하여 대부분 시간에 따라 변화한다. 예를 들어 농업, 임업 및 도시 근교 유출은 계절에 따른 강수량의 변동에 따라 변한다.

산업을 급속히 증가하고 있는 현대사회에서 오염물질 발생량의 증가속도가 오염물질 처리능력의 발달속도를 능가하고 있다. 그리고 국민의 생활수준이 향상됨에 따라 안전성이 있는 먹거리를 요구하게 되었다. 따라서 이러한 상황과 요구에 부응하고 개선하기 위해서는 오염물질에 대한 정확한 통계 데이터의 수집과 관리 그리고 여기에 대한 정확한 분석과 정책결정의 지원이 있어야 하겠다.

정부에서도 <그림 1-1>과 같이 농업용수 수질관리지침을 마련하여 이를 시행하고 있다. 수리시설관리자가 현장에서 수행하는 수질관리와 이에 수반되는 조사, 그리고 농업용수 수질 측정망 운영 등에 관한 사항을 정립하여 효율적이고 체계적인 농업용수수질관리를 도모하고, 농업용수 수질관리담당자의 업무처리 지침으로 활용하다. 그리고 <표 1-1>에서 보는 바와 같이 환경정책기본법, 수질환경보전법, 농어촌정비법, 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률, 하수도법, 환경농업육성법, 내수면어업개발촉진법 등 다양한 수질관리 관련법률과 규제를 시행하고 있다.

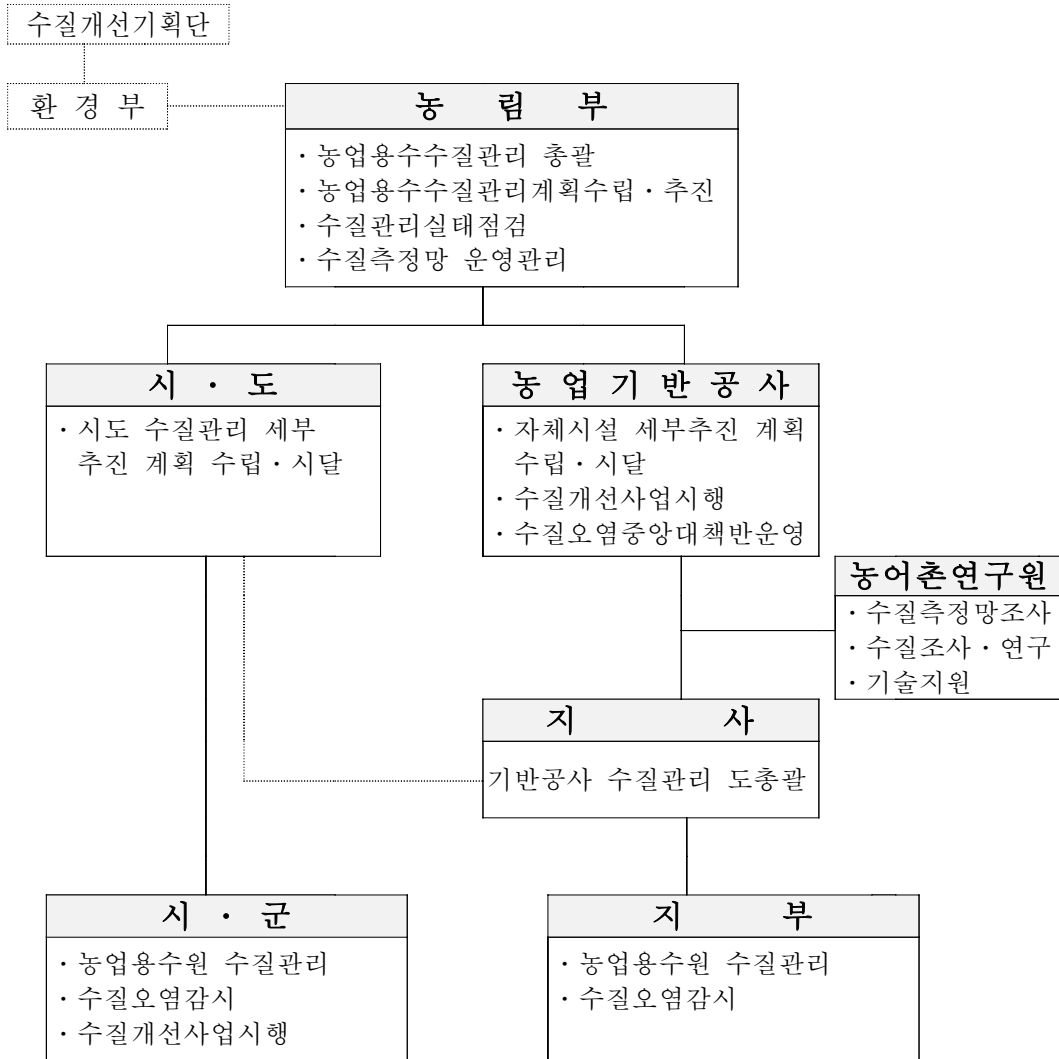


그림 1-1 농업용수 수질관리 체계

급격한 산업의 발전에 따른 환경오염의 심각성은 인간의 적정 생활환경의 구현을 위협하고 있으며, 특히 수질오염의 심각성은 개선되어야 할 환경과제이다. 수질오염의 효과적인 개선을 위해서는 기술적으로 수질오염 예측모델을 사용함으로써 일정지역 내의

수질오염 상황을 정량적으로 분석하고, 분석의 결과를 바탕으로 지역에 알맞은 수질오염 개선책을 마련할 수 있어야 한다. 이러한 과정에서 많은 유형의 정보 즉 인문·사회·지리적 측면의 광역의 정보가 확보되어야 한다. 뿐만 아니라 수질오염에 대한 경제적으로 효율적인 개선책을 마련하기 위해서는 수질모델, 처리대안시스템, 그리고 모델과 시스템의 사용에 필요한 데이터 제공을 위한 데이터베이스 구축 등이 연계된 수질환경종합관리시스템이 필요하다.

수질환경정책은 <그림 1-2> 수질관리정책구조에서 보는 바와 같이 환경정책기본법에 규정된 수질환경기준을 수역의 이용상황(상수원, 공업용, 농업용, 기타)을 고려하여 적용고시하고, 이를 달성하기 위한 시책들이 추진되며, 이러한 시책들의 효과 측정과 수질오염상황을 알아보기 위해 수질 측정망을 운영하여 환경기준 달성여부를 점검하는 메카니즘으로 이루어진다. 수질환경기준 유지를 위한 시책으로는 개발사업으로 인한 환경영향을 미리 줄이기 위한 환경영향평가제도와 수질보전을 위한 종합시책을 담은 수질보전계획으로 크게 나눌 수 있다. 수질보전계획은 환경정책기본법과 수질환경보전법에 의하여 수계영향권별로 수립된다. 수질관리대책은 크게 토지이용제한을 주 내용으로 하는 오염예방대책, 환경기초시설 확충과 배출기준 강화 등을 내용으로 하는 오염삭감대책, 그리고 오염하천정화, 수생 동식물 서식처 보호 등을 주로 하는 하천환경정비대책으로 나눈다. 이러한 대책들은 수계관리위원회의 심의를 거쳐 만들어지는 대유역 단위의 계획을 통해서 실행된다.

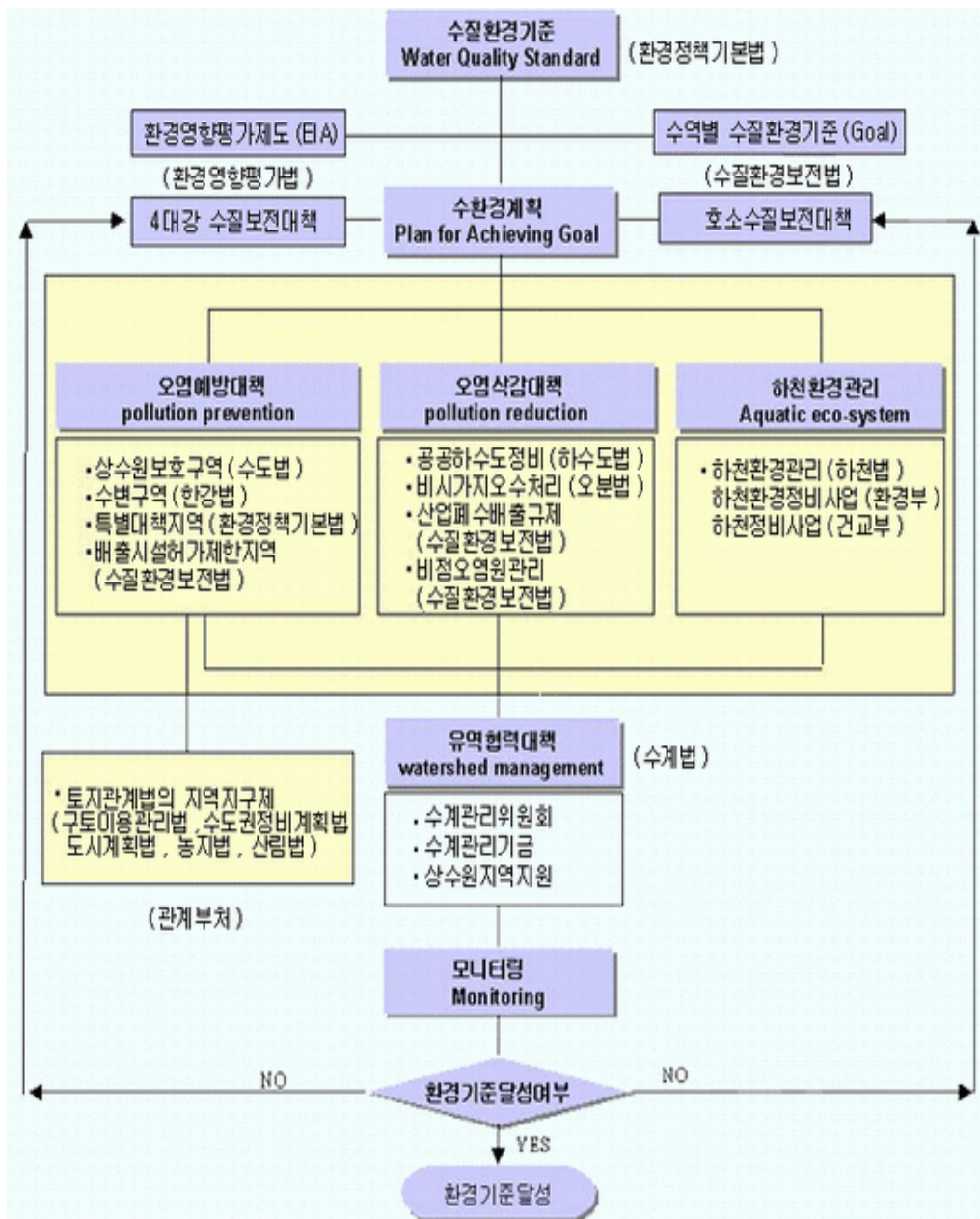


그림 1-2 수질관리정책구조

표 1-1 수질환경관리법제

법제명		주요 규정내용	제정년도 (소관부처)
보 전 법 제	환경정책기본법	환경정책에 관한 기본원칙과 환경기준, 환경보전장기 종합계획의 수립, 환경오염 심화지역에 대한 특별종합 대책의 수립 등 기본시책들을 규정	1990년(환경부)
	수질환경보전법	수질오염물질의 종류와 폐수배출시설의 범위, 폐수배출시설허가제, 폐수배출허용기준 및 배출부과금제도등 산업폐수배출규제제도와 비점오염원관리제도, 수질오염의 영향권별관리, 호소수질관리, 수질오염의 상시측정 등 공공수역관리제도를 규정	1990년(환경부)
	오수·분뇨및축산폐수의처리에관한법률	개별건축물의 오수처리제도, 분뇨의 수거 및 처리에 관한 제도, 축산폐수배출시설의 허가제 및 그 관리에 관한 제도등을 규정	1991년(환경부)
	하수도법	시가화지역 또는 인구밀집지역과 같이 공공수도에 의하여 하수를 차집하여 처리하기가 용이한 지역의 공공하수도 정비에 관한 제도, 하수종말처리시설 설치 관련제도 등을 규정	1967년(환경부)
	한강,낙동강,금강,영산강,섬진강 수계상수원수질개선및주민지원등에관한법률	1998년부터 정부합동으로 수립된 4대강 수계별 물관리 대책의 법률적 뒷받침을 위해 제정된 법률들로 수변구역제도, 오염총량관리제도등 오염예방조치와, 물이용부담금제도, 수계관리기금, 수계관리위원회 등 유역관리를 위한 기본제도를 규정	1999년 : 한강 2002년 : 낙동강, 금강, 영산강·섬진강 (환경부)
이 용 및 개 발 법 제	수도법	수도수원의 보호를 위한 상수원보호구역제도, 수돗물의 수질기준, 수도사업의 인허가제도 등을 규정	1965년(환경부)
	지하수법	지하수 개발 및 보전에 관한 기본제도를 규정함 법률로서 건설교통부가 관장하는 법률이나 지하수의 수질기준, 오염도의 측정등 지하수보전 관련제도에 대해서는 환경부가 관장	1994년(건교부)
	먹는물관리법	먹는물 수질기준, 먹는샘물개발허가제 등 규정	1994년(환경부)
	온천법	온천지구 지정, 온천지하수 개발허가 등 규정	(행자부)
	골재채취법	골재수급기본계획, 골재채취업, 골재채취허가제 등	(건교부)
	하천법	하천의 관리권, 유수점용허가권등 하천관리	(건교부)
	댐건설및주변지역지원등에관한법률	댐건설 및 댐 주변지역 지원에 관한 사항 규정 * 특정다목적댐법의 대체입법	1999년(건교부)

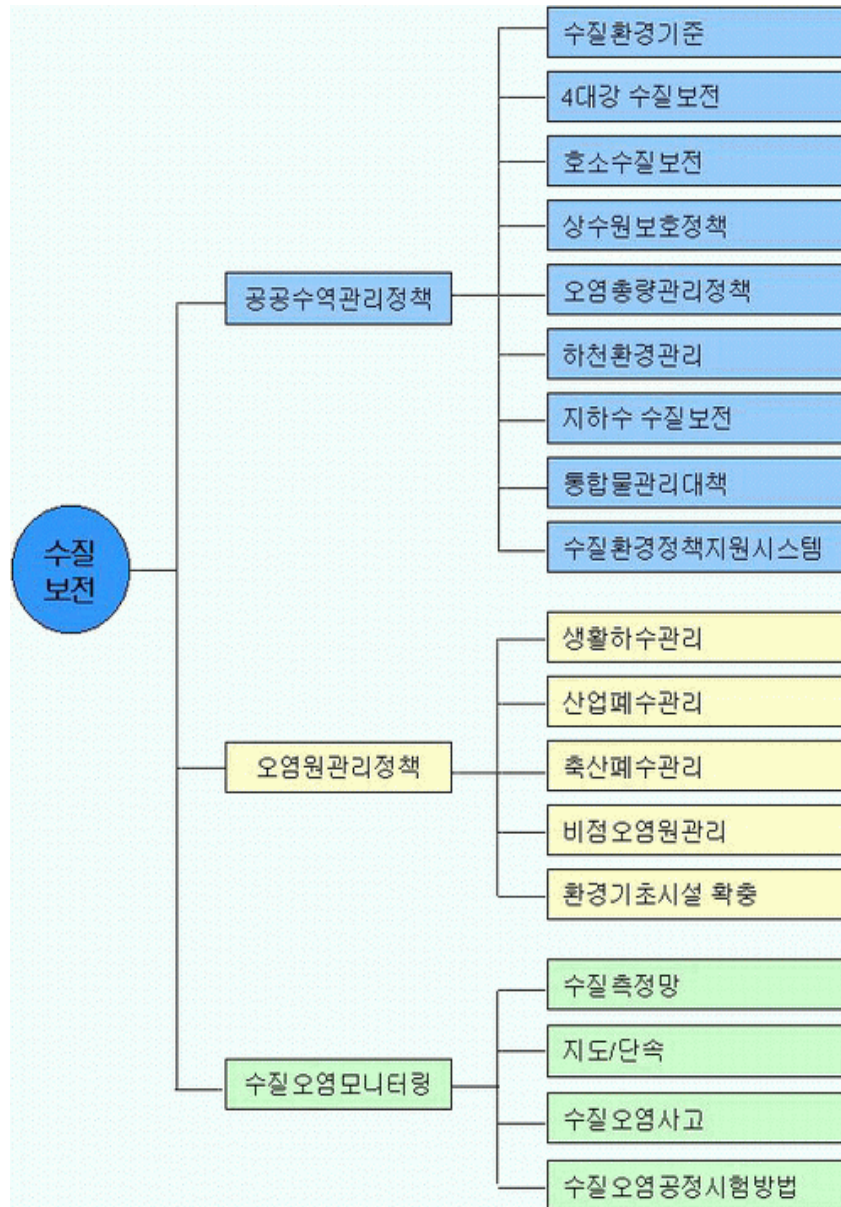


그림 1-3 수질환경관리정책

최근 수질오염관리는 기존의 수질모델을 이용하여 모델링하는 협의의 영역에서 보다 거시적인 수질 관련 정보의 흐름을 바탕으로 효율적인 수질관련 의사결정을 할 수 있는 통합시스템의 영역으로 나아가고 있다. 이러한 시스템에서는 기본적으로 수질모델과 함께 모델로 입력되는 자료의 구축을 위한 데이터베이스를 포함하고 있을 뿐만 아니라 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)을 이용하여 공간적 분석도 가능하게 하고 있다.

제2절 연구의 필요성

본 연구에서는 이러한 시대적 요청에 부응하여, 정보통신 신기술인 웹을 이용하고, 공간분석이 가능한 GIS를 도입하여 저수지 수질환경의 예측과 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 지능형 정보시스템을 개발하는 데 그 목적이 있다. 이 시스템은 프로토타입으로 사용자가 데이터베이스를 구축하면 바로 현장 적용할 수 있도록 적응력을 갖춘 시스템이 될 것이다. 특히 사용 편의성을 제공하기 위하여 그래픽을 이용한 인터페이스를 제공하며, 데이터베이스 검색시스템, 수질 예측 시스템, 오염물질 처리방안 시스템을 개발하여 저수지 수질환경에 이해관계를 가지고 있는 농림부, 지방자치단체 등 국가기관, 농업기반공사 등의 국영기업체의 관련 종사자뿐만 아니라, 농민들까지도 언제든지 어렵지 않게 이용할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

1. 기술적 측면

- 저수지 유역에서 발생된 오염물질의 이동과 수질변화의 공간적 분석
- 초고속 정보통신망을 이용하여 웹을 기반으로 한 수질환경 지리정보시스템 개발
- 농촌 수질환경의 보존 및 관리를 위한 지리정보시스템 개발
- 수질측정망 수질시험 자료 데이터베이스 구축
- 유역의 오염부하량 산정
- 환경기초시설의 가동현황 및 증설·설치계획을 파악하여 오염부하량을 산정시 환경기초시설에 의한 삭감 부하량의 산정

- 배수구역별 지리적, 사회적 환경적 특성 파악을 통한 연관성 있는 데이터베이스 구축
- GIS의 공간적 분석 기능과 저수지 오염예측 모델링과의 연계

2. 경제 · 산업적 측면

- 발생 오염 요소의 사전 예측으로 저수지 수질자원의 보전
- 저수지 수질이 악화될 것으로 예상되는 경우 효과적으로 대처할 수 있는 의사결정
- 저수지 수질 환경 보전에 따른 간접적 경제성
- 수자원의 효율적인 활용성 극대화와 댐 건설비 절감 효과

3. 사회 · 문화적 측면

- 쾌적하고 살기 좋은 농촌 환경을 조성함으로써 ‘돌아오는 농촌’ 건설의 기초 제공
- 저수지 및 수계의 수질 환경 개선
- 농촌 환경 오염의 사전 예측 및 방지 대책 수립

제3절 연구 목적

본 연구를 통하여 개발될 '웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템'은 인터넷을 통하여 자료를 수정 · 가공 · 편집할 수 있기 때문에 관련 기관들과 이해 당사자들인 농민들이 수질환경에 대한 기본적인 자료를 제공받거나, 환경 오염에 대한 대책을 수립하고 대비할 수 있을 것이다. 또한 연구에서 얻어진 첨단 연구 결과는 국내외 학술회의 발표, 학술지 논문 제출 등을 실시하여 국내 학술발전에 일익을 담당하게 되리라 예상된다.

GIS에 관련된 국내시장 규모는 매출 규모를 중심으로 집계한 결과에 의하면 전체

1,500억원에 달하고 있다. 특히 시, 군 등 지자체 중심의 GIS 관련 용역발주가 두드러지게 성장하면서 크고 작은 다양한 분야의 GIS 응용이 이루어지고 있다. 전문가들은 우리나라 GIS 시장 규모가 앞으로 10년 안에 현재보다 100배 이상 성장할 것으로 전망하고 있다(연상호, 1998).

그러나 우리나라 GIS 관련기술은 매우 낮아 GIS 구축에 필요한 기본 소프트웨어는 외국에 의존하고 있다. GIS 세계 솔루션 시장의 50% 이상을 차지하여 왔던 ESRI사와 인터그래프가 계속 강세를 보일 것으로 보이며, 인터넷 GIS는 Autodesk, Intergraph, ESRI, Genasys, PCI 등이 이미 제품을 출시하여 판매하고 있으며 다양한 Solution을 제작하고 있다.

본 연구에서는 부분적으로는 이미 개발되거나 개발 예정인 외국산 소프트웨어를 사용하되, 응용 부문에 있어서 이를 분석하고 연구하여 국내 실정에 맞도록 수정·보완한 후 국내 자체의 독자기술로 발전시키고자 한다.

제4절 연구 동향

1. 수질분야

인간생활에 밀접한 수자원 및 수질의 제반문제에 대한 국제적 연구동향은 1970년대에 와서 실질적인 연구과정으로서 미시적 관점의 수자원·수질 모델링과 수질인자에 대한 이화학적·생물학적 분석기법의 발달을 가져왔으며, 이를 토대로 1980년대엔 주로 각종 용수공급을 위한 수자원과 수질을 동시에 관리하고 제어하기 위해 각 국가사정에 따른 연구가 활발히 진행되고 있다. 수자원·수질관리를 위한 노력으로는 수자원 배분과 관리에 대한 연구가 있고 수질오염 실태조사 및 방지대책 그리고 수질오염 관리모델의 개발 및 적용 등으로 나눌 수 있다.

수질오염 관리에 대한 대표적인 연구는 미국 EPA 내의 Environmental Research Laboratory, Center for Exposure Assessment Modeling (ERL-CEAM)에서 유기오염물질과 독성 유기오염 물질에 대한 유역수문과 수질모의를 하는 HSPF(Barnwell 등, 1981)(Bicknell, 1984, 1993)와 하천수질 오염관리를 위한 Stream Water Quality

Model-QUAL2E(Brown, 1985, 1987), 영양단계 지표에 의한 저수지 수질 및 부영양화를 예측하는 WASP 등을 개발하였으며, 농업 면오염원 관리모형인 AGNPS는 미국 Agricultural Research Agency(ARS)가 Minnesota Pollution Control Agency(MPCA) 및 Soil Conservation Service (SCS)와 공동으로 개발하였다.

이상의 모델들과 <표 1-2>에 나타난 각종 모델들은 각 하천유역 및 수계별로 활용하도록 적극 권장하고 있으며, 이들 수질관리 모델들을 이용하여 오염부하의 분배문제, 오염물질에 대한 운송문제 및 화학응집에 따른 내부 반응에 의한 위험도 문제, 하천수질과 불확실성 상태분석을 위한 모델개발, 중금속문제 등에 대한 연구가 진행되고 있고, 수질오염상태와 오염에 대한 대책을 강구하기 위한 이화학적 연구도 활발히 진행되고 있다.

현재 세계적으로 가장 다양하게 사용되는 4가지의 대표적인 모형에 대한 응용 결과들은 <표 1-3>에 나타난 바와 같다. 수질 종합관리를 위한 국내 연구는 1990년대에 들어와서 본격적으로 시작되었으나 아직도 수질환경 생태계에 대한 종합적이고 체계적인 오염실태조사 및 자료가 축적되어 있지 못한 실정이며, 환경오염에 대한 영향평가 분석이 미비하여 효율적인 수질관리 대책 마련이 어려운 실정이다. 이러한 가운데에서도 수질관리를 위한 연구는 학계와 정부의 노력으로 많은 수질 분석 자료들이 발표되고 있다.

심순보 등(1992)은 도시하천의 수자원 최적활용을 위한 종합수질관리 시스템 개발을 위하여 미호천, 무심천, 대전천 등에 대한 오염실태를 조사하였으며, 허인량 등(1995)은 송천상류수계의 수질 및 오염부하량 분포에 관한 연구를 수행하였고, 농림수산부(1992, 1993)는 농어촌용수 환경관리에 관한 연구를 수행하여 농어촌지역의 오염실태와 대책을 제시하였다. 또한 각 지방환경관청 기관에서 주요지점에 대한 수질자료를 수집하여 관리하고 있다.(원주지방환경청, 1991) (한국수자원공사, 1990, 1993)

국내에서 수질모델에 관한 연구는 1980년대 일부 시작되었으며, 1990년대에 와서 환경처(국립환경연구원)가 주도하는 G7-Project에서 수질정보 종합관리 시스템 개발의 일환으로 수질예측모형과 DSS개발에 관한 연구를 하고 있으며, 앞에서 언급한 QUAL2E, WASP, AGNPS 등의 모델을 이용하거나 목적에 맞게 수정·보완하여 적용한 많은 실적들은 장차 수자원·수질 종합관리 시스템 및 전략정보 시스템을 개발하는데 중요한

역할을 할 것으로 기대되고 있다.

표 1-2 수질모형의 비교

모 형	주 요 항 목	특 징	적용수역
Multiple-BOX	수온, DO, BOD, 염도, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Organic-N, Organic-P, PO ₄ -P, Chlorophyll-a 등	<ul style="list-style-type: none"> · 일차원의 정상상태 모의발생가능 · 완전혼합을 가정할 수 있는 수체를 5개까지 분할간격에 관계없이 설정하여 적용가능 · 심층수체의 상하층 분할 가능 · 담수호 등 하구연호에 적용가능 	호소 (아산호, 해남호)
WARRS	수온, DO, BOD, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, 어류, 부유물질, 유기침전물, pH, 알칼리도 등	<ul style="list-style-type: none"> · 일차원의 정상상태 또는 동적모델링 가능 · 호수를 수심에 따라 등간격 수평분할하여 각 수심에서의 수질 모의발생 	호소 (아산호), 하천수리, 하천 (한강분류)
WASP5	수온, DO, BOD, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, PO ₄ -P, Organic-P, Organic-N, Chlorophyll-a, 3가지의 보존성 물질과 6가지의 독성물질 등	<ul style="list-style-type: none"> · 필요에 따라 1,2,3차원의 수리계산이 가능하고 정상상태 또는 동적 모의발생가능 · 수체의 특성, 적용목적 등에 따라 횡방향, 종방향, 깊이방향으로의 구획분할 · 수리, 일반오염물질, 독성물질, 부영양화 관련 물질 등을 각각 적용하는 모듈로 구성 · 하천, 호수, 하구 등에 광범위하게 적용가능 	수리, 하천, 호소, 하구 (시화호, 팔당호)
MIT TWQN	수온, DO, BOD, 염도, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Phytoplankton-N, Zooplankton-N, PON, DON, 대장균 등	<ul style="list-style-type: none"> · Network 형태의 1차원 정상상태 또는 동적모의발생가능 · 유하방향의 등간격 분할하여 시간에 따른 수질변화의 모의발생가능 · 질소에 의한 질량보존원리의 엄격한 적용 · 실시간 동수역학적 전달시스템과 연결된 생태계 모형 · 조석의 영향을 받는 하구 및 이와 연결된 하천에 적용가능 	하천수리, 하천, 하구수리, 감조하구 (한강하류)
WQRRS	어류, 동물성 플랑크톤, 식물성 플랑크톤, 유기성 퇴적물질, COD, N-Series, pH 등	<ul style="list-style-type: none"> · 예측 가능한 연직 1차원 모델 	호소

표 1-3 수질관리 모델의 적용

모델명	주요 기능	적용 현장	검증 여부	참 고 문 헌
AGNPS	<ul style="list-style-type: none"> - Runoff volume and peak rate - Sediment & nutrient yields 	North-central MIN, UAS	No	Yoon et al., 1993
		Saginaw Bay, MI, USA	No	He et al., 1993
		East-central IL., USA	Yes	Mitchell et al., 1993
		Austria	No	Klaghofer et al., 1993
		Banweol training site, Korea	Yes	김진택, 1995
QUAL2E	<ul style="list-style-type: none"> - Water quality simulation model (15 water quality constituents) 	Withlacoochee River, FL, USA	Yes	Koenig, M., 1986
		West Fork Trinity River TX, USA	No	McCutcheon, S.C., 1985
		Geum river, Korea	No	심순보 등, 1995
		-	-	한국건설기술연구소, 1985, 1987
HSPE	<ul style="list-style-type: none"> - Integrated simulation of land and soil contaminant runoff process with instream hydraulic - Sediment-chemical interactions 	Chesapeake Bay, USA	Yes	Donigian et al., 1986
		Patuxent River Estuary, USA	Yes	Lumb, A. M., 1993
		Iowa river, USA	No	Nichols et al., 1985
WASP	<ul style="list-style-type: none"> - Simulation of water movement while the water quality program - Simulate the movement and interaction of pollutants within the water 	Delaware Estuary, USA	No	Ambrose, R. B., 1987
		Potomac Estuary, Washington, USA	Yes	Thomman, R. V. et al., 1982
		Daechong Reservoir, Korea	No	심순보 등, 1995
		Paldang Reservoir, Korea	No	조홍연, 1993

2. 웹기반 지리정보시스템 분야

1992년 환경부에서는 전국을 대상으로 1992년~2001년을 장기계획 기간으로 하여 수질보전 장기 종합계획을 실시하고 있다. 그러나 수질보전 계획을 수립하는 데는 장기적이고 정확한 수질 측정 자료, 오염발생원, 수질측정망, 수질 환경 기초시설 등의 데이터가 요구되며, 또한 이들 자료들은 수시로 자료 수정이 이루어져야 한다.

GIS를 수질 관리 분야에 응용은 1980년대부터였다. 미국 환경청에서는 GIS를 미국

전역에, 새로 공포된 도심지 비점오염원 관리 법안의 시행과 병행하여 각 지방자치단체들에게 GIS를 이용한 도심지 수질 예측 모델링 및 오염관리 방안의 수립을 권장한 바 있다. 수질 및 수문 분야의 모델링에 GIS 기법이 활발하게 응용된 배경에는, GIS 데이터 구조 중 격자구조(Raster)가 대상 지역을 일정 크기의 셀(Cell)로 나누어 모델링하는 유한요소법 방식의 모델링과 유사한 데이터 구조를 갖기 때문에 입력 자료나 출력 자료의 모델의 연계가 용이하다는 데 있다. 이러한 이유에서 DE Roo(1989), Cline(1989), Gilliland(1987) 등과 같은 학자들은 GIS의 수질 모델의 응용을 적극 권장하고 있다. 그러나 우리 나라에서는 GIS를 환경분야에 응용하는 데는 아직은 초보적 수준에 머물고 있다(정동일, 1996).

한편 인터넷은 국가경제발전의 기간산업으로 부각되고 있고, 현재 미국은 인터넷 II 시대로 진입하여 앞서가고 있다(<http://www.canarie.ca/>, <http://www.hpcc.gov/>, <http://www.vbns.net>). 그리고 세계 각국의 GIS 개발회사들은 앞다투어 인터넷 GIS(Web GIS)의 포토타입을 개발하여 출시하고 있는 실정이다. 국내에서도 몇몇 개발회사들이 인터넷 GIS를 개발하고 있으나, 수질환경 부문과 같은 특정 분야에 대한 접근은 시도되지 않고 있다. 인터넷 GIS는 여러 사람들이 별도의 비용 없이 쉽게 인터넷에 접속할 수 있다는 장점을 가지고 있지만 현재까지는 다양한 GIS의 분석기능을 제공하지 못하고 있다. 또한 기초적인 화면 디스플레이 기능은 Zoom, Pan, Move 기능 정도이며, 데이터를 처리하는 시간이 오래 걸리며 보안문제와 비용분담의 주체에 대한 문제가 있다.

데이터를 처리하는 시간에 대한 문제는 초고속 국가 정보통신망의 구축과 더불어 해소될 것으로 전망되고 있다. 이 초고속 국가 정보통신망은 정부가 투자하여 정부기관, 대학, 연구소 등 공공기관에게 초고속 정보통신서비스를 제공하는 한편 초고속 공중정보통신망과 연동시켜 일반 국민에게 공공 응용 서비스를 제공하기 위해 1995년부터 2010년까지 구축될 예정이다.

그리고 국가지리정보시스템의 효율적인 구축을 위해 관련부처가 참여하는 국가 GIS 추진위원회가 운영되고 있으며, 표 1-4에서 보는 바와 같이 기본지형도의 수치지도화 사업을 비롯하여 10대 사업을 1995년부터 2003년까지 추진하고 있다. 참여기관은 건설교통부를 비롯하여 내무부, 농림부, 통상산업부, 정보통신부, 총무처, 환경부, 과학기술

처, 통계청, 산림청 등이다(정문섭, 1996). 수치지도화 사업의 기간은 1995년부터 1997년까지의 3개년간이며, 국립지리원에서 사업집행과 성과관리를 총괄하고 있다. 구체적인 수치지도 제작 계획은 <표 1-5>와 같다.

표 1-4 국가 GIS의 10대 사업

국가 GIS 10대 사업	사업기간
1. 기본지형도의 수치지도화사업	1996~1997
2. 공통주제도의 수치지도화사업	1997~1999
3. 지하매설물도의 수치지도화사업	1995~2000
4. 지하매설물관리체계개발을 위한 시범사업	1995~1997
5. 공공목적의 GIS활용체계 개발	1995~
6. 국가 GIS사업 지원연구	1995~1999
7. 기존지적도의 수치화 및 지적등재의 단계적인 추진을 위한 시범사업	1995~1997
8. GIS관련기술	1995~2003
9. GIS관련 전문인력의 육성	1996~1999
10. 자료입력 및 교환 표준화	1995~

표 1-5 지형도 수치지도화 사업계획

구 분	사 업 지 역	사 업 량	사업비(억원)
1:1,000	전국 73개시	22,580 도엽	280
1:5,000	전국 약 7만 km ² (산악제외)	11,430 도엽	250
1:25,000	산악지역(약 3만 km ²)	285 도엽	28
계		34,295 도엽	558

3. 본 연구 제안 시스템과 기존 연구와의 비교

본 연구는 크게 보아, 저수지 수질환경 정보시스템을 원격탐사 기법과 지형 공간 정보시스템인 GIS 기반 위에 구현하고, 이들을 인터넷에서 웹서비스 프로토타입 시스템(Web Service Prototype System)으로 개발하는 것으로 규정할 수 있다. 참고로 본 연구에서 제안하는 시스템과 기존 연구 시스템의 각 부문별 차이점은 <표 1-6>에 요약되어 있다.

표 1-6 본 연구 제안시스템과 기존 연구(시스템)와의 비교

항 목	본 연구	기존 국내 연구	기존 국외 연구	현 국내 상황
수질 측정망 제원	공공 기관의 제원을 활용	수자원공사, 농업기반공사 등에서 부분적으로 실시	미국, 일본, 유럽 지역에서는 국가기관에서 상시 측정 및 관리	수질보전 장기종합계획 수립(환경부, 1992)
유역오염 부하 모형	각 유역별 배수구역을 산정하여 오염부하 모형 산정	각 공공기관에서 부분적으로 실시	공공기관에서 유역오염 부하모형을 작성하여 종합적인 오염부하 모형을 작성	수질보전대책 종합보고서 -만경, 동진, 섬진, 금강-(전라북도, 1995)
수질 데이터베이스 구축	공공 기관의 자료 활용	각 공공기관에서 부분적으로 실시	선진 국가에서는 국가적 차원으로 종합적 DB 구축	기초 연구 단계
수질 예측 모형	본 연구에 적합한 수정 WASP 적용	WASP를 이용한 수질 예측모형을 개발	WASPE에 의한 수질 예측	기초 연구 단계
수질환경 전문가시스템	전문가시스템을 활용하여 수질오염원 추적 및 개선 대안 제시	초보적 관심 수준	개발 연구 단계	초보적 관심 수준
기본 GIS SW	Intergraph사의 MGE, GeoMedia, GeoMedia Web Map 사용 예정	거림시스템, 인하대 공동으로 GeoBase 툴 개발	MGE, Arc Info, MapInfo, Genasys 등 다수	시스템공학연구소 등에서 GIS 툴을 개발하고 있는 중
수질 관리에 GIS 적용	표준시스템을 개발하여 사용자가 기본도와 주제도만 구축하면 적용할 수 있는 적응력 있는 시스템 개발	환경부, 수자원공사, 농업기반공사 등 관련기관에서 필요에 따라 부분·중복 개발	선진국에서는 국가적 차원에서 수질 관리에 대한 GIS 데이터베이스 구축	국가 수치지도 완료 후 부문별 주제도 작성은 관망 중
수치지도	국립지리원의 기본도는 구입하여 사용하고, 환경에 관한 주제도는 본 연구기관에서 자체 구축	해당 기관별로 기본도와 주제도를 구축하여 중복성과 부정확성의 문제점이 있었음	선진국에서는 기본도인 지형도뿐만 아니라 주제도까지도 국가에서 구축하고 시판 중	국립지리원에서 지형도를 중심으로 1997년까지 수행하고 있으며, 주제도는 해당 기관별로 구축
인터넷 GIS	인터넷 GIS 제품을 비교 분석하여 효율성 있는 제품 선정	초보적 관심 수준	GIS SW 개발사들이 Web GIS 개발하여 출시 단계	외국산 SW 사용법을 익히는 수준
CGI 및 JAVA 방식에 플릿을 이용한 클라이언트-서버 방식의 데이터 처리	클라이언트-서버 방식의 데이터 및 사용자 질의 처리	개별적, 부분적 기술개발(권용식, 1996)	기업체 솔루션 개발 및 기초 기술 연구단계 (Michael, 1996)	기초연구 단계
인트라넷 환경하의 사용자 인증시스템 구현	차세대 컴퓨팅 환경인 인트라넷에 적합한 시스템 구현	개별적, 부분적 기술개발(정수용, 1997)	" (Tanler, 1997)	"
초고속 통신망을 통한 웹 서비스	초고속 통신망 결합한 쌍방향 정보처리	개별적, 부분적 기술개발(임춘성, 1997)	여러 기업에서 초고속 통신망 기반의 솔루션 개발 중 (http://www.intergraph.com/)	국가적 사업으로 망 구축 (한국전산원, 1995)

제5절 연구 내용 및 범위

1. 시스템의 분석 및 설계

- 사용자 요구사항 분석 및 기능 사양 작성
- 기본계획 및 개략 설계
- 자료수집(문헌 수집, 기관 방문, 현장 조사)
- 기본 데이터베이스 설계
- GIS 기본도 입력
- 대상 저수지 수질 데이터 수집 및 분석 계획

2. 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축

- 기본도(지형도) 수집 및 구축
- 주제도(유역도, 지질도, 토양도, 토지이용도, 수질환경도, 오염원도, 농지현황도 등) 수집 및 구축
- 각종 자료(수위관측소, 우량관측소, 댐 위치도, 댐 제원, 농업용수이용현황, 수질 측정망, 오염방지시설, 오염원 등) 수집 및 구축

3. 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질 예측 시스템 개발

- 대상 저수지 수질 데이터 수집 및 분석
- 웹에서 수질 환경 정보 구현
- 수질 모델링을 통한 오염 정도 예측 시스템 개발
- 오염물질 처리방안 시스템 개발(방안 생성 및 평가 시스템 개발)

4. 웹 기반 시스템 구축

- 사용자 인터페이스 개발
- 수질 DB의 질의응답 시스템 개발

- 인트라넷 환경하의 데이터 보안을 위한 사용자 인증 시스템 구축
- 프로토타입 웹서비스 구현

5. 통합시스템 구축

- 웹, GIS, 데이터베이스, 수질 예측 시스템의 통합
- 초고속 통신망 기반의 사용자 인터페이스의 최종 구축
- 사용자 지침서 작성

제6절 연구개발 방법 및 설계

1. 연구개발 방법

가. 기본자료 수집 및 도형정보 구축

- 국내외 수질환경, 지리정보, 웹 구축에 관한 기술정보 수집
- 하드웨어 및 소프트웨어 구성
- 기본도(지형도)를 국립지리원으로부터 구입하여 GIS 소프트웨어를 이용하여 수정, 편집, 가공
- 수질 환경 분석에 필요한 각종 주제도(유역도, 지질도, 토양도, 토지이용도, 수질 환경도, 오염원도, 농지현황도 등)를 수집하고 속성자료 구축
- 각종 자료(수위관측소, 우량관측소, 댐 위치도, 댐 제원, 농업용수이용현황, 수질 측정망, 오염방지시설, 오염원 등) 수집하여 데이터베이스 구축
- 대표적인 저수지를 대상으로 하되 자료의 가공에 의해서 대상지역의 변경에 쉽게 적용할 수 있는 시스템 개발

나. 현장 수질 측정 및 분석

- 대상 저수지에 대한 수질 데이터 수집 및 분석
- 수질측정망 제원 조사

- 환경부, 수자원공사, 농업기반공사 등에서 상시 측정하고 있는 수질측정망 수질 자료를 수집하여 데이터베이스 구축
- 전체 유역을 여러 개의 소유역으로 나누어서 소유역별 오염원의 규모, 배출 형태 및 배출 부하량 등의 자료 수집
- 이들 자료로부터 소유역별 오염발생 부하량, 지천으로의 배출 부하량 및 본류로의 유입 부하량을 오염원 종류별로 산정
- 환경기초시설의 가동현황과 증설·설치 계획을 파악하여 오염부하 산정시 환경기초시설에 의한 삭감 부하량을 산정
- 배수구역별 지리적, 사회적, 환경적 특성 파악을 통한 서로 연관성 있는 데이터베이스 구축

다. 시스템 개발

- 국내외 시스템 비교·평가
- 프로토타입의 웹 기반 GIS 사용자 인터페이스 설계 및 개발
- 웹상에서 도형 및 비도형 정보의 구현
- JAVA, CGI를 활용한 동적 프로그래밍
- 클라이언트/서버 시스템을 통한 오염정도 예측시스템과 오염물질 처리방안 시스템 설계 및 구현
- SQL을 활용한 사용자 질의 처리
- 인트라넷 환경하의 데이터 보안을 위한 인증 시스템 구현
- 시스템 통합

2. 연구개발 설계

가. 자료수집 및 데이터베이스 구축

저수지 수질환경 데이터베이스를 구축하기 위해서 전북지역 대표적인 저수지를 대상으로 자료를 수집한다.

- 1) 배수구역 데이터베이스 : 기본도, 하천망, 배수구역, 수질측정위치, 댐 위치 등
- 2) 오염원 데이터베이스
 - 유역면적, 지형, 지질, 토지이용 형태
 - 산업활동상황
 - 산림
 - 농업(품종별 경작면적, 시비나 농약의 종류, 양, 살포시기, 살포방법 등)
 - 축산업(가축의 종류와 수, 분뇨의 처리상황 등)
 - 수산업(물고기 종별 어획량 등)
 - 광공업(사업장의 업종, 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
 - 위락시설(여관, 호텔, 식당 등의 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
 - 골프장(골프장의 수, 규모, 사용되는 비료나 농약의 종류, 양, 살포시기, 살포 방법, 배수처리 상황 등)
 - 산업폐기물 최종처리장(종류, 수, 규모, 배출수의 수질·수량 등)
 - 배수구역별, 리·동 단위별 행정구역 점유율 및 면적
 - 수계별, 배수구역별, 지자체별 오염물질 발생·배출·유달 부하량
 - 환경기초시설(하수종말, 분뇨종말, 폐수종말, 오수처리) 현황
 - 배수구역별, 리·동 단위별 자료관리체계 수립
 - 인구(고정인구, 유동인구)
 - 토지이용 현황, 농약·비료사용(공급)량 현황
 - 지하수 관정 현황 : 이용 현황, 폐공 현황, 수질검사결과
- 3) 수리·수문·기상 자료 데이터베이스
 - 자료 내용 : 기온, 풍향, 풍속, 일사량, 강수량, 증발량, 저수량, 수위, 수심, 유입량, 유출량, 용수이용 현황, 담수면적, 저수지 형상, 체류 시간, 유동상황 등
- 4) 수질 오염도 데이터베이스
 - 수질측정망 내역 : 인접도로, 설치위치, 측정장비 모델 및 형식, 측정항목, 설치년도, 측정치
 - 현지조사 및 확인

- 자료 내용 : 수위, 수온, 유량, pH, BOD, DO, SS, T-N, T-P, 전기 전도도, 질산성 질소, 암모니아 질소, 망간, 철(특히 용존철) 등

5) 자료관리시스템 구축

- 농촌수질환경 데이터베이스 모델링 설계
- 웹 기반 클라이언트/서버 구조의 모델 설계
- 시스템을 구축하는 데 사용할 소프트웨어 및 기능 : <표 1-7>

표 1-7 시스템을 구축하는 데 사용할 소프트웨어 및 기능

기 능	소프트웨어 목록
OS	Window 2000
Web Server	MS Internet
DBMS	Oracle 8.0, MS Access
CAD System	Bentley's Microstation
GIS/Mapping Tool	Intergraph's MGE, GeoMedia
Web Server	Intergraph's GeoMedia Web Map
Web Browser	MS Internet Explorer

- 비도형자료와 도형자료의 통합 : 사용자는 도형자료인 CGM 파일을 보기 위하여 CGM 뷰어 프로그램을 다운받아서 설치해야 한다. CGM 파일의 백터 그래픽은 비트맵(Bitmap) 파일과 달리 확대/축소가 용이하며 확대를 하여도 깨짐이 거의 없다. 그리고 MetaWeb 프로그램을 이용하면 그림의 원하는 부분에 하이퍼링크를 할 수 있는 장점이 있다. 이를 이용하여 그림의 필요한 부분을 다른 URL에 연결하여 그에 따른 자료들을 보여줄 수 있다. 비도형자료와 도형자료의 연결 관계를 간단히 도식화하면 <그림 1-4>와 같다.(고홍석, 1999)

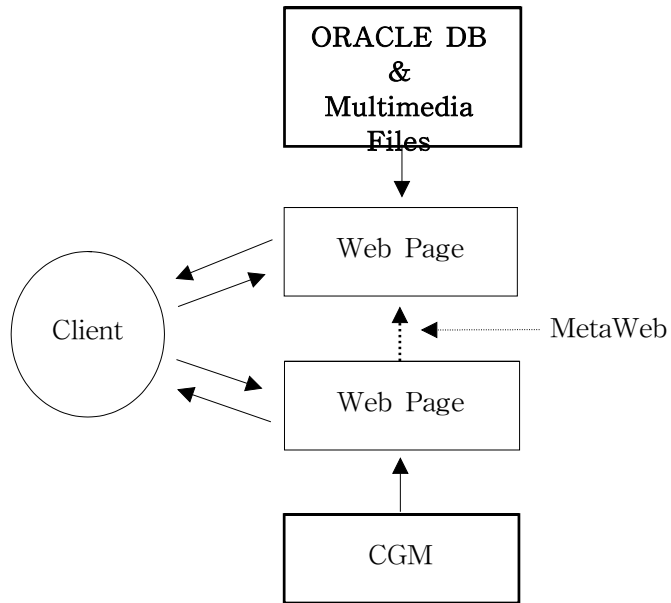


그림 1-4 비도형 자료와 도형자료의 연결

나. 지리정보시스템 구축

농촌수질 환경 지리정보시스템에 필요한 도형자료는 기본도형요소의 입력과 자료변환작업을 통하여 지리정보시스템 환경에서 작성한다.

1) 국립지리원 표준코드 규칙 검토

- 좌표 체계 및 도엽코드 체계
- 지형지물의 분류 방법 및 체계
- 속성정보의 구성

2) 도형자료 구성

- 도형자료 : 행정경계, 해안선, 하천, 도로 및 철도, 등고선을 포함한 기본도와 주제도(배수구역도, 상보원 보호 구역도, 수질측정지점, 취수장, 정수장, 댐, 기상관측소, 환경기초시설 등)

- 도형속성 설계 : 도면파일 작성, category, feature, level의 설계

다. 인터넷 GIS 시스템 구축

인터넷 GIS의 구현 기법(강영욱, 1998)으로는 크게 서버중심의 인터넷 GIS와 클라이언트 중심의 인터넷 GIS로 나눌 수 있는데, 다시 클라이언트 중심의 인터넷 GIS는 플러그인 방법, ActiveX Control 방식, 자바 중심의 인터넷 GIS로 세분하여 볼 수 있다. 각각에 대하여 간단히 살펴보면 다음과 같으며, 이들의 장단점을 정리하면 <표 1-8>과 같다.

1) 서버중심의 인터넷 GIS

작업을 서버에 맡겨서 처리하는 방식을 말하며, 일반적으로 CGI (Common Gateway Interface)를 통해서 작동이 되는 방식으로 웹브라우저(Web Browser)를 통하여 GIS 서버쪽에서 대부분의 작업을 처리하는 방식이다. 이 방법은 사용자 그룹을 통하여 어플리케이션을 공유하는 형식을 취한다. 웹브라우저에서 사용자가 웹서버에 필요한 정보를 요청하면, CGI 스크립터를 통하여 변수를 보내주어 GIS 서버쪽에서 그 결과 값을 스크립터에게 보낸다. 그 결과를 웹서버에 보내면 웹서버에서는 웹브라우저에 그 결과 값을 보낸다.

2) 클라이언트 중심의 인터넷 GIS

클라이언트 중심의 인터넷 GIS는 인터넷상에서 질의를 하는 쪽 컴퓨터에서 모든 처리를 하고, 서버에서는 그에 필요한 데이터를 넘겨주는 방식을 말한다. 여기에는 플러그인 방법과 ActiveX 컨트롤 방식과 Java 애플릿 방식이 있다.

- 플러그인 방법(Intergraph : Geomedia Web Map) : 이 방법은 웹브라우저에서 서버에 작업을 지시를 하면 서버에서는 클라이언트인 웹브라우저 내에 플러그인 프로그램이 있는지를 확인한다. 만약, 웹브라우저에 플러그인 프로그램이 없다면 클라이언트에 플러그인 프로그램을 전송해 준 다음 GIS 데이터를 보여주는 방식을 취하고 있다.
- ActiveX Control 방식((Intergraph : Geomedia Web Map, ESRI : MapObject Internet Map Server) : 어떤 프로그램이나 컴퓨터 언어에 구애받지 않으며

액티브엑스 컨트롤만 있으면 어디서든 사용 가능한 프로그램이다. 이 방식은 웹브라우저가 하이퍼링크를 클릭하면 웹서버에서 받아서 HTML파일을 보내 주는 방식을 취한다. 이때 태그는 <OBJECT>라는 태그를 사용한다. 서버로부터 GIS 컨트롤을 다운을 받아서 해당 컨트롤이 작동을 한다.

3) 자바중심의 인터넷 GIS

이 방식은 웹브라우저에서 웹서버에 객체를 질의하면 서버에서 자바(Java) 애플릿(Applet)을 실행시킨다. 이때 태그는 <APPLET>이라는 태그를 사용한다. 완성된 HTML문서와 애플릿은 클라이언트로 전송되어서 자바 인터프리터를 통하여 수행되어 진다.

최근의 연구 동향은 서버중심의 인터넷 GIS방식에서 클라이언트 중심의 인터넷 GIS 방식으로 바뀌고 있으며 특히 그 중에서도 ActiveX Control 방식이나 자바중심의 인터넷 GIS방식을 취하고 있다.

표 1-8 인터넷 GIS의 구현 방식의 비교(강영옥, 1998)

구 분		장 점	단 점
서버중심 인터넷 GIS	CGI	<ul style="list-style-type: none"> - 서버가 모든 기능 수행 - 사용하기 쉽다 - 클라이언트의 부담이 적다 예) http://www.visa.com/	<ul style="list-style-type: none"> - 서버에 과중한 부하 - 통신상의 부하가 크다 - 정적 이미지만에 국한
클라이언트 중심 인터넷 GIS	Plug-in or ActiveX	<ul style="list-style-type: none"> - 메모리 관리가 쉽다 - 간단한 GIS 기능 수행 - 클라이언트의 자원을 최대한 활용 가능 예) http://www.mapguide.com	<ul style="list-style-type: none"> - 플랫폼에 의존적 - 다양한 데이터 형식에 필요한 Plug-in 필요 - 클라이언트에 저장공간 필요
	Java Applet	<ul style="list-style-type: none"> - 클라이언트 자원 활용 - 플랫폼에 중립적 - 진보된 인터페이스 기능 - 파일크기가 작고 효율적 전송 가능 예) http://intergis.com	<ul style="list-style-type: none"> - 분석결과를 클라이언트에 저장할 수 없음 - 기능이 많아지면 파일크기가 급속히 커짐 - 보안문제

본 연구에서는 클라이언트에서 원격의 이미지를 재처리할 수 있고 데이터 전송에 걸리는 부하를 적절하게 줄이기 위하여 자바를 사용하기로 한다. 또한 데이터베이스화 되어있는 환경정보를 이용하여 의사결정 지원을 위한 전문가시스템(이재규, 1996) 개발 등 다양한 분석 및 대안을 제시하고자 한다.

라. 프로토타입의 웹 기반 GIS 사용자 인터페이스 설계 및 개발

인터넷 또는 인트라넷을 통하여 다수의 이용자가 동시에 접속하여 대상지역내의 수질 환경에 관한 지리적인 위치 및 도형정보를 파악할 수 있으며, 얻어진 정보로부터 의사결정지원시스템을 이용하여 주 오염의 원인 및 위치를 파악 가능토록 하고 그에 따른 후속 조치를 제시토록 한다. 화면 구성은 일반적인 메뉴 정보와 멀티미디어정보, 질의 메뉴를 제공토록 한다.

마. 저수지 수질 보전을 위한 의사결정 시스템

1) 저수지 수질예측시스템 구축

- 사용자 요구사항 분석 : 현장 방문 및 조사
- 기존 수질관리 모델 검토(Vollenweider 모델, QUAL2E 모델, WQRRS 모델, WASP5/6 모델)
- 수질 예측 : 부하량 산정, 수질인자 예측, 물수지 분석
- 수질예측시스템
 - 데이터베이스에 구축된 단위 구역의 점오염원, 환경기초시설, 토지이용도 등 비점오염원으로부터 저수지에 유입되는 오염물질량 산정
 - 부영양화 예측 모델링
 - 단위구역별 오염물질 발생 부하량 및 발생물질의 종류 산정
 - 단위구역의 환경기초시설에서 삭감량을 고려한 배출 부하량 산정
 - 지천에서의 유달을 데이터베이스로부터 오염물질 자정량 산정
 - 단위 수계의 유달부하량 산정
 - 단위 구역별 발생물질의 종류, 발생 부하량, 배출 부하량, 유달 부하량을 도표와

그래프로 표시

- 수질에 영향을 미치는 오염원들의 변화 추이 분석
- 주요 오염원들의 증가율에 따른 수질 변화 예측

2) 오염물질 처리 방안 시스템 구축

- 사용자 요구사항 분석 : 현장 방문 및 조사
- 시스템 구축
 - 수질예측시스템으로부터 각 오염원의 오염물질 농도 및 총량을 이용하여 목표 수질 이하로 악화된 삭감정책 지점을 선정
 - 대상지점의 목표 수질 유지를 위한 적정 부하량 할당 및 배출 허용총량 결정
 - 오염물질 발생량과 비교하여 필요한 삭감량을 오염물질별로 작성
 - 배수구역별 오염 삭감량 대비 수질개선 효과를 예측할 수 있는 수질예측 모델링의 유입 부하량 시뮬레이션을 실행
 - 부영양화 저수지의 관리 방안
 - .. 영양염류의 우회와 저수지 내부 부하 감소 : 저수지 유입부에서의 인 제거, 예비 저수조에 의한 침전, 퇴적물 불활성화 또는 포장
 - .. 물리적 조작 : 인위적 성층파괴, 간헐적인 성층파괴, 심층부 폭기, 층 폭기, 준설, 선택 방류,
 - .. 화학적 조작 : 황산동, 과망간산칼륨, 살조제로서의 염소화합물
 - .. 생물학적 조절 : 생물조작 또는 먹이사슬 관리, 생물학적 매체,
 - 진행중인 환경기초시설 설치계획 파악
 - 환경기초시설 설치로 인한 수질개선 효과 예측을 통하여 환경기초시설의 우선 순위 도출
 - 단위 수계별 수질 특성을 분석하여 수질관리 및 보전계획 수립
 - 오염원 변화에 따른 환경기초시설 설치 방안 수립을 용이하게 하는 GUI 환경 제공

3) 웹기반 지능형 의사결정 지원시스템

- 기본 구조 : <그림 1-5>

- 수질 예측과 관련된 모든 지식이 있음
- 수질 예측과 관련된 지식과 수치 지도와 연계하여 추론(분석) 모델(유출경로 추정 등)이 제시되어 있음
- 오염 처리 대안이 각 상황에 따라서 있음
- 대안을 시뮬레이션(Simulation)할 수 있는 도구나 방법론이 있어 분석 가능함

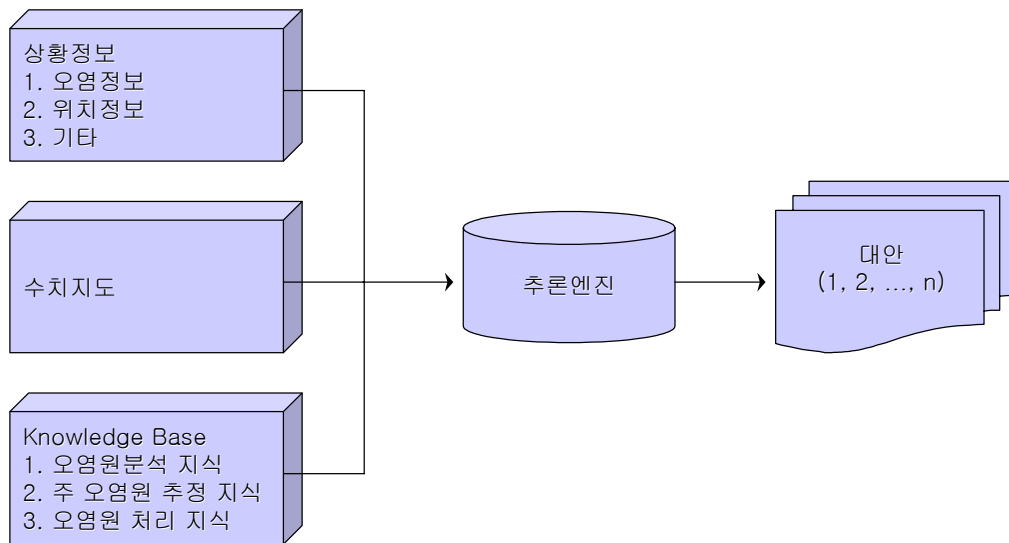


그림 1-5 지능형 의사결정 지원 시스템 구조

- 수질오염 최소방안 생성 지능형 시스템 구축 : <그림 1-5>

- 오염처리 대안을 생성하는 시스템
- 각 상황에 따라서 대안을 생성

- 수질오염 최소방안 평가 지능형 시스템 구축 : <그림 1-6>

- 최소방안 평가(대안 평가)
- 평가를 위하여 시뮬레이션에 적합하도록 대안 및 상황 정보를 수정

- 웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템 구축 : <그림 1-7>

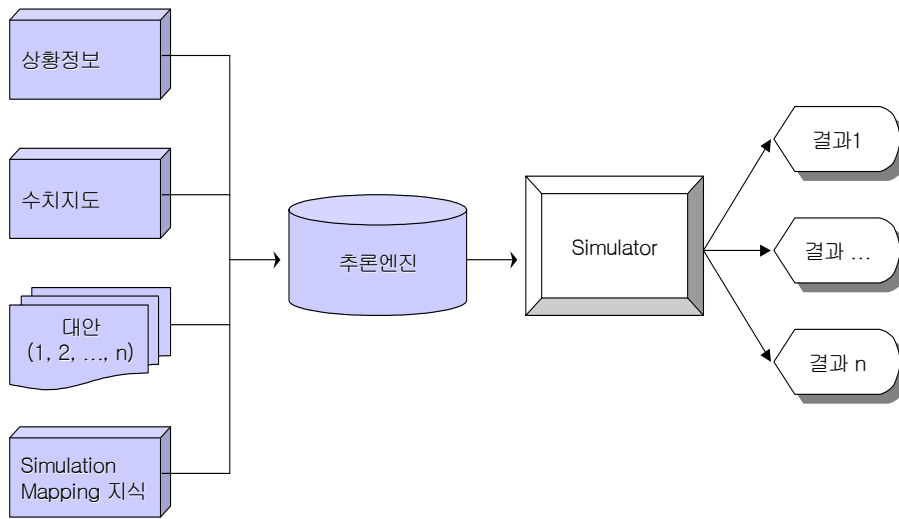


그림 1-6 대안 평가 전문가 시스템

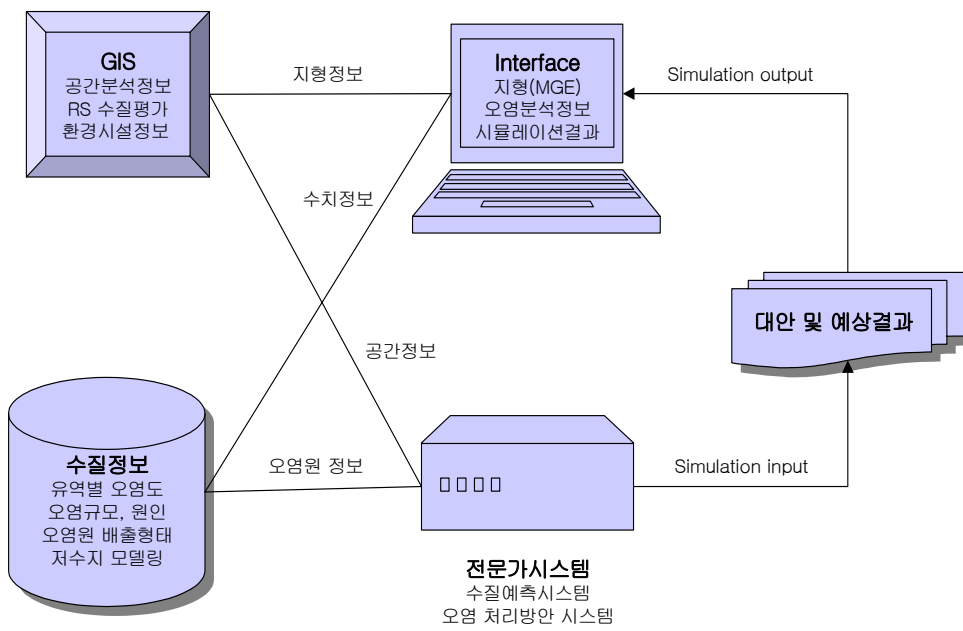
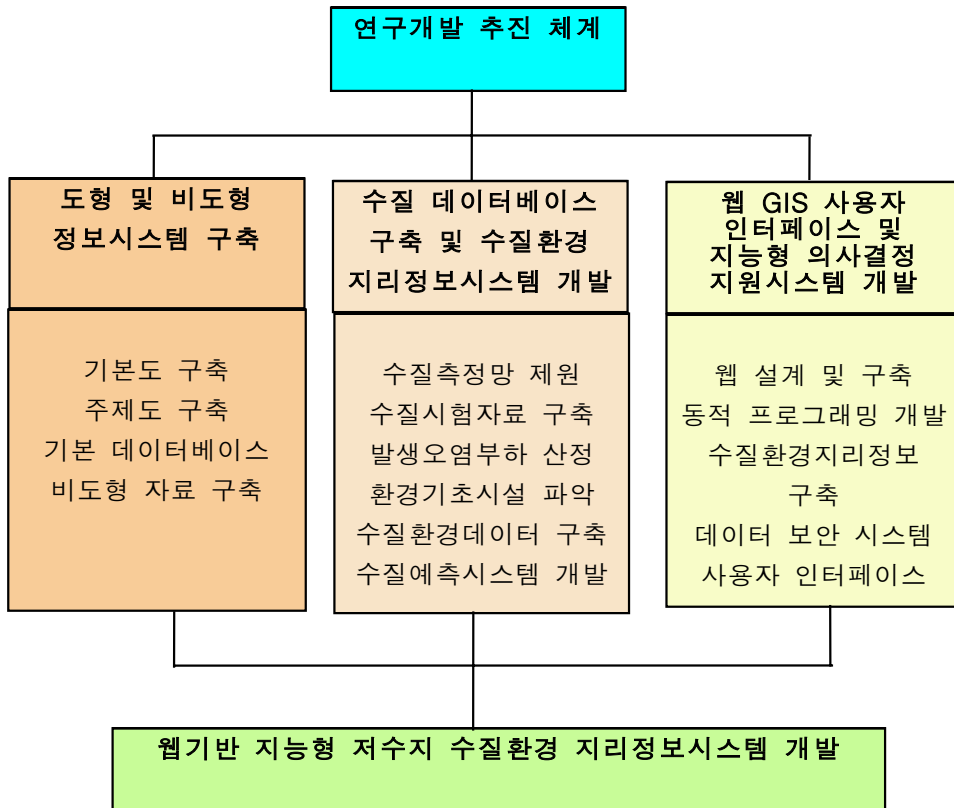


그림 1-7 웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템

3. 연구개발 추진체계



제7절 기대효과 및 활용방안

1. 기대효과

‘웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템 개발’인 본 연구가 성공적으로 수행 되면 저수지 수질 환경의 보전과 개선이라는 기본적인 효과뿐만 아니라 첨단 기술인 인터넷 GIS를 도입한 새로운 시스템을 개발하여 기술력을 향상시키는 부수적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

가. 기술적 측면

- 저수지 유역에서 발생된 오염물질의 이동과 수질변화의 공간적 분석
- 초고속정보통신망을 이용하여 웹을 기반으로 한 수질 환경 지리정보시스템 개발
- 저수지 수질환경의 보존 및 관리를 위한 전문가시스템 개발
- 수질측정망 수질시험 자료 데이터베이스 구축
- 유역의 오염 부하량 산정
- 환경기초시설의 가동 현황 및 증설, 설치 계획을 파악하여 오염부하량 산정시 환경기초시설에 의한 삭감 부하량의 산정
- 배수구역별 지리적, 사회적 환경적 특성 파악을 통한 연관성 있는 데이터베이스 구축
- GIS의 공간적 분석 기능과 저수지 오염해석 모델링과의 연계

나. 경제 · 산업적 측면

- 발생 오염 요소의 사전 예측으로 수자원의 보전
- 저수지 수질이 악화될 것으로 예상되는 경우 효과적으로 대처할 수 있는 의사결정
- 저수지 수질 환경 보전에 따른 간접적 경제성
- 수자원의 효율적인 활용성 극대화 및 댐 건설비 절감 효과
- 첨단 기술을 활용한 농촌 환경의 보전으로 농민들의 자긍심 고취

2. 활용방안

- 오염발생원의 사전 예측으로 관련기관의 조속한 대처방안 수립에의 활용
- 수질 오염에 대한 의사결정 시스템 활용
- 국내 및 제3세계 시장에서의 관련기술 전파 및 이전

제8절 연구 기간

1차년도 : 2001년 8월 17일 ~ 2002년 8월 16일

2차년도 : 2002년 8월 17일 ~ 2003년 8월 16일

3차년도 : 2003년 8월 17일 ~ 2004년 8월 16일

제9절 연구원 구성

구 분	성 명	소속 기관 및 부서	직 위	연구참여직급
전체총괄	고 흥 석	전북대 농대 생물자원시스템공학부	교수	책임급
수질예측시스템	정 팔 진	전북대 공대 환경화학공학부	교수	책임급
인터넷 GIS 설계	김 동 원	전북대 공대 산업정보시스템공학과	교수	책임급
전문가시스템	김 우 주	전북대 공대 산업정보시스템공학과	부교수	책임급
GIS 설계	이 주 승	전북대 대학원 농공학과	박사과정	연구원
수질예측시스템	현 미 희	전북대 대학원 환경공학과	박사과정	연구원
수질 DB 구축	이 은 주	전북대 대학원 환경공학과	박사과정	연구원
인터넷 GIS 설계	조 민 호	전북대 대학원 기계공학과	박사과정	연구원
전문가시스템	최 대 우	전북대 대학원 기계공학과	박사과정	연구원
도형정보 구축	송 수 정	전북대 대학원 농공학과	석사과정	보조원

제2장 시스템 분석 및 설계

제1절 서론

컴퓨터의 보급률이 높아지면서 초고속 정보통신망의 구축과 더불어 실세계에서 발생하는 대부분의 인간 활동이 수치화된 정보를 기반으로 이뤄지고 있다. 초창기 컴퓨터 기술 및 전자 지도 제작 방식의 발전에 의해 활성화된 GIS는 지도 제작 성격이 강하였다.

그러나 이후 정보기술 분야의 기술이 발달하고, 이들 발전된 기술이 GIS 분야에 적용되기 시작하면서 GIS의 성격과 모습이 달라지게 되었다. 즉 최근 정보기술분야의 발전은 대규모 데이터베이스 기술로써의 DBMS 기술, 인터넷 등을 중심으로 한 네트워크 기술의 발전, 컴포넌트 형태의 기술발전, 클라이언트/서버 등으로 인한 다중 사용자 환경 등이 보편화되고 있으며, 이러한 주요 기술 및 방법이 GIS 분야에 적용·통합되고 있다. 또한 GIS의 목적 및 용도를 어디에 두느냐에 따라 전문가 중심의 GIS, 일반 사용자를 위한 GIS 등으로 나눌 수 있다.

또한 GIS는 지리정보를 다루며, 이 지리정보를 구축·유지관리·편집·분석 및 프로세싱·디스플레이 및 출력할 수 있는 체계로서, 이러한 GIS 구현 목적이 지리정보의 전산화라는 협의의 의미에서, 고품질의 공간 정보를 얻는 기능성, 또한 나아가 합리적인 공간 의사결정을 위한 도구로서 사용되고 있다. 이러한 측면을 종합하여 볼 때 'GIS는 다양한 지리정보를 구축·유지관리·편집·분석 및 프로세싱·디스플레이 및 출력 등의 과정을 통하여, 공간 정보를 얻는 동시에 공간 의사결정에 도움을 주는 시스템' 이라고 할 수 있다.

최근의 GIS 기술분야는 자료 모델링 기술, 통신기술, 데이터베이스 구축 기술과 같은 정보기술 환경의 발달에 힘입어 다양한 형태로 발전하고 있으며 운영되는 지리정보의 정확성, 비중복성·적시성·호환성 등의 사용자 요구에 부응하는 정보시스템으로서의 효용성을 극대화하고 있다.

본 연구에서 개발하고자 하는 '웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템'도 이러한 GIS를 기본으로 하며, 인터넷을 기반으로 하는 GIS인 '인터넷 GIS'기술을 이용하

고 있다.

제2절 시스템 특성 분석

네트워크는 정보 산업 분야에서 인프라 역할의 핵심을 차지한다. 물리적인 통신 네트워크는 온라인/오프라인, 인터넷/인트라넷, LAN/WAN, 조직간/조직내 등의 다양한 분류로서 정의될 수 있으며, 다양한 네트워크의 형성은 GIS 분야의 기반을 다르게 변모시켰다.

즉 다양한 네트워크 구축 및 이를 통한 정보 서비스의 발전은 GIS 제공방식과 내용을 바꿔 놓았으며, 기존의 네트워크 상의 제공방식(예컨대 인터넷상의 WWW 서비스)을 직·간접으로 고려하지 않으면 안되게 되었다.

따라서 다양하며 동적인 네트워크상에서 즉시적으로 사용자에게 GIS 솔루션을 제공하는 방식은 기존 전통적인 GIS 소프트웨어 아키텍처를 더 이상 고수할 수 없도록 하였으며, 다양한 인터넷 기술과의 통합 및 인터페이스를 필수적으로 고려하도록 하게되었다. 이러한 특성들을 고려하여 본 연구에서 개발하고자하는 WIMGIS의 성격과 구축 방향을 설정하였다.

1. 시스템의 특성

가. GIS

지리정보체계(Geographical Information Systems)는 사용자에게 따라서 여러 가지로 규정될 수 있으나 기본적으로는 일종의 정보시스템이다. 협의의 지리정보체계(GIS)는 수치지도(Digital Map)와 데이터베이스를 위상적 관계(Topological Relation)로 연결해 주고 이를 분석하여 활용하는 시스템을 의미한다. 광의의 GIS는 지구의 지형 또는 지리정보를 컴퓨터를 이용하여 수집, 저장, 분석하는 일련의 과정이고, 이를 토대로 하여 국토 계획, 지역계획, 도시계획, 토지이용 등 사용목적에 따라 다양한 분석을 하고 필요한 결

과물을 생산하는 종합공간정보체계라고 할 수 있다.

GIS 도구는 지형공간에서 발생하는 각종 행위나 상황의 통계적 분석이나 탐색의 결과를 도면화 함으로서 지금까지의 컴퓨터 분석 도구로는 분석하기 어려운 많은 기술들을 포함하고 있다. 이와 같은 성능은 현상을 설명하거나 결과를 예측하거나 전략을 수립하는 데 활용될 수 있다. 특히 지역의 계획행위나 행정행위를 사전에 시뮬레이션 할 수 있기 때문에 결과를 미리 예측하고 행정의 문제점을 사전에 제거할 수 있다.

지리정보시스템은 기술적인 면과 문제해결의 면으로 나눌 수 있는 데, 전자는 지형에 관련된 공간 데이터에 대한 수집·저장·갱신이 용이하며, 변환과 관리를 하는 도구 일체라 하였으며, 후자는 시스템의 해석적인 면을 부각시켜 문제해결 환경에 있어서 지형 관련 데이터의 통합을 포함한 의사결정지원시스템이라 한다. 예를 들면 GIS는 컴퓨터 모니터에서 지역의 어느 지역이 사막화되고, 어느 지역이 오염지역인지, 혹은 인구 밀집 지역인지를 파악할 수 있고, 공간조성이나 농작물의 최적입지가 어디인가를 분석할 수 있다. 요약하면 컴퓨터를 이용하여 지형·지세·토지이용·도시계획·지역계획 등 공간을 대상으로 하는 정보를 수집·관리하고 그러한 정보들을 사용목적에 따라 다양한 분석을 통하여 필요한 결과물을 생산하는 공간분석에 관한 종합정보관리시스템이라 할 수 있다.

최근 우리 나라의 GIS 연구개발 동향은 범 국가적인 차원에서 국가지리정보체계 구축을 위해 기본지리정보 분야에서는 국가기준점 정비, 기본지리정보 구축, 수치지도 수정, 지적도 전산화, 국토 모니터링 체계 구축, 국토 공간정보 종합관리시스템 구축 등의 사업을 수행하며 그밖에 토지이용 지리정보, 지하 지리정보, 수자원 지리정보, 농림·환경 지리정보, 해안 지리정보를 GIS 활용 체계 분야로 선정하여 수행하고 있다. GIS 유통체계분야 및 표준화와 전문인력양성, 기술개발분야에도 많은 투자가 진행 중이다.

이러한 추진사업들은 디지털 국토기반 조성 및 GIS 활용 고도화 달성에 그 목표를 두고 제도개선 및 GIS 활성화, 표준화, 활용 극대화, 지리정보 유통체계 구축 등을 전략으로 삼고 있다.

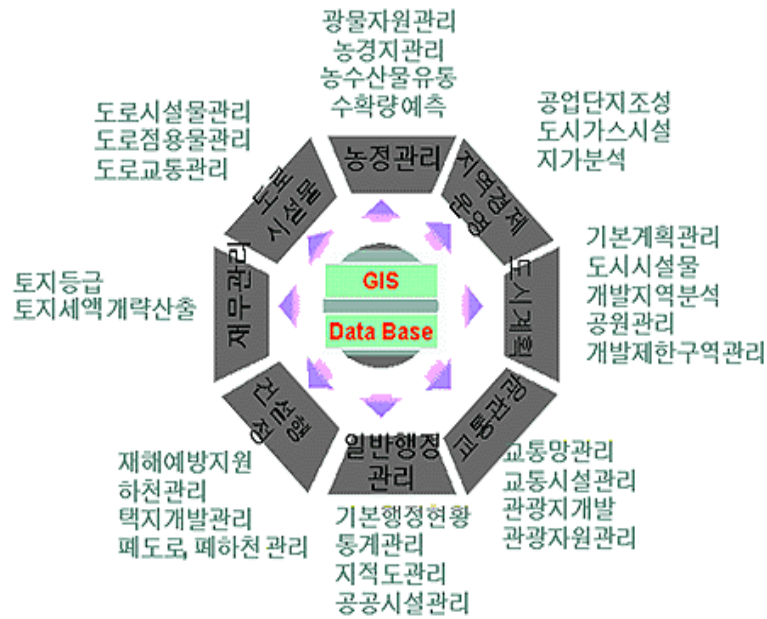


그림 2-1 GIS의 활용분야

※ http://www.moct.go.kr:5002/mct_hpg/mctthpg_ge/mctthpf_gis.htm

국내의 GIS 관련 학회에 발표되는 논문들의 주제를 대상으로 공간 이용 계획, 입지·적지 선정, 환경·재난 재해, 시설물 분야와 GIS 일반 분야로 분류하여 연구 현황을 살펴보면 <표 2-1>과 같다. 또한 수자원 지리정보 분야의 GIS 활용에는 농림부 주관으로 농촌용수 물관리 정보화 시스템 구축을 통해 농촌용수 관련 물관리 정보의 활용·제공 및 표준화로 관련업무(이수관리, 치수관리, 정책수립 등) 및 각종 재해 예방·복구 지원에 활용하고, 향후 농촌 용수 구역에 관련 개발·이용·보전·관리의 기반시스템으로 활용하며, 건교부(하천지도 전산화, 지하수 정보 관리 체계), 환경부(물 환경 정보시스템)등 물 관련 시스템과의 연계를 지속적으로 추진하여 국가적 기반 조성을 추진하고 있다.

사회가 발전하고 복잡해지면서 그에 따른 공간데이터 역시 그 양이 급속하게 증가하게 되었다. 어디서 필요로 하는 공간데이터를 찾고 어떻게 데이터를 효율적으로 사용할

것인가 하는 문제점이 제기되기 시작하면서, 다양한 사람들과 다양한 방식으로 만들어진 공간데이터를 자유로이 이용하기 위한 공간데이터의 개방성이 확보되어야 한다는 점에서 Open GIS가 생성되었다. Open GIS는 정보의 이동과 소프트웨어의 공조체제를 제공하는 시스템 기능인 상호가동성((interactivity)을 기반으로 Component GIS, Enterprise GIS, Temporal GIS, 그리고 인터넷 GIS 기술 발전의 밑거름이 되었다.

표 2-1 연차별 국내 GIS 연구 현황

년도	GIS 일반부문	주제별 GIS를 활용한 공간분석 부문							합계
		공간이용계획		입지,적지 선정		환경, 재난재해		시설물	
		교통	도시계획	입지선정	적지분석	재난재해	환경평가		
1998	34	4	5	3	1	8	13	6	74
1999	36	4	10	3	-	2	19	4	78
2000	38	4	11	3	3	3	23	3	88
2001	34	8	15	4	4	3	19	5	92
2002	44	10	27	3	1	8	23	1	117
합계	186	30	68	16	9	24	97	19	449

※ 국토·도시계획학회지, 대한지리학회지, 한국GIS학회지, 한국지형공간정보학회지, 한국지리정보학회지에서 1995년부터 2002년까지 발행된 연구논문을 연구주제별로 분류

1) GIS 기술동향

근래 많이 사용하는 데스크탑 GIS와 가장 많은 관심을 받고 있는 Component GIS에 이르기까지 사양별로 세분하였다.

- (1) Business GIS : 업무에서 개인 사용자가 주로 이용. GIS 기능은 단순 Business Map Pro(ESRI) / MapPoint2000(MS)
- (2) Desktop mapping : Business GIS보다 전문적이며 지리와 밀접한 기업의 전문가가 사용. 공간분석 기능 일부 수행. Atlas GIS(ESRI)/MapInfo(MapInfo)

- (3) Desktop GIS : 최근 C/S 기술을 이용한 SI의 추세에 힘입어 급속히 증가. 데스크 탑 PC에서 사용자들이 맵핑 및 공간분석을 수행할 수 있는 S/W. ArcView GIS / PC ArcInfo / ArcCAD(ESRI), AutoCAD Map (Autodesk), MicroStation GeoGraphics(Bentley Systems), GeoMedia(Intergraph), MapInfo Professional (MapInfo), NeoMap Service(GIS소프트) / GeoMania (GeoMania)
- (4) Professional GIS : UNIX 및 NT지원, 강력한 공간분석 기능. 최근 객체지향/컴포넌트화 추세. Arc/Info(ESRI) / SmallWorld(SmallWorld), Gothic(Laserscan) / MGE(Intergraph)
- (5) Enterprise GIS : 각 부서별로 분산되어 사용되고 있는 공간정보를 데이터베이스 관리기술과 C/S 기술로 통합시키는 기업차원의 솔루션이자 새로운 측면에서의 SI SDE(ESRI) / SpatialWare(Mapinfo), 2D&3D Spatial DataBlades(Illustra, Informix), Spatial Query Server(SQS: Sybase), Oracle Spatial Catridge (Oracle Corp.)
- (6) Embeddable GIS(Component GIS) : 어플리케이션 개발자들이 특정목적의 어플리케이션을 개발하거나 기존의 어플리케이션을 더욱 확장시킬 수 있도록 개발된 (plug & play) GIS 컴포넌트 S/W, MapObjects(ESRI) / MapX(MapInfo), Sylvan Maps/OCX(Sylvan Ascent Inc.), Genasys Spatial API(Genasys), NeoMap/2000 (GIS소프트)
- (7) 3D GIS, Virtual GIS : 실세계와 유사한 지형정보 제공. 3차원 상에서 다양한 공간분석 기능 제공. ArcView 3D Analysis(ESRI), IMAGINE Virtual GIS(ERDAS) FLY!(PCI Geomatics), NeoMap 3D(GIS 소프트웨어)
- (8) Temporal GIS : 지리 현상의 공간적 분석에서 시간의 개념을 도입하여 시간의 변화에 따른 공간변화를 이해하기 위한 방법. 아직까지 보편적으로 사용되지 않음

나. 공간 다기준 의사결정지원

본 연구에서 시행한 다기준 의사결정이란 선택 가능한 여러 대안 중 가장 잘 맞는 하나의 대안을 선택하는 것으로 GIS에 연계하여 사용할 경우 공간 다기준 의사결정과 상

호 교환적인 의미로 사용된다. 공간정보와 다기준 의사결정 지원시스템 개발 관련 연구는 아직 국내외적으로 미미한 실정이다. 체계적인 시스템 구성 계획의 부재와 모형설계가 부족하므로 단계적인 설계를 통해 공간정보를 의사결정 지원시스템에 연계하는 방안을 도출하고자 한다. <그림 2-2>는 통합형 의사결정과정을 종합하여 표현한 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 공간 다기준 의사결정 과정을 문제파악 단계, 모형설계 단계, 의사결정 단계의 세 단계로 구분하였다.

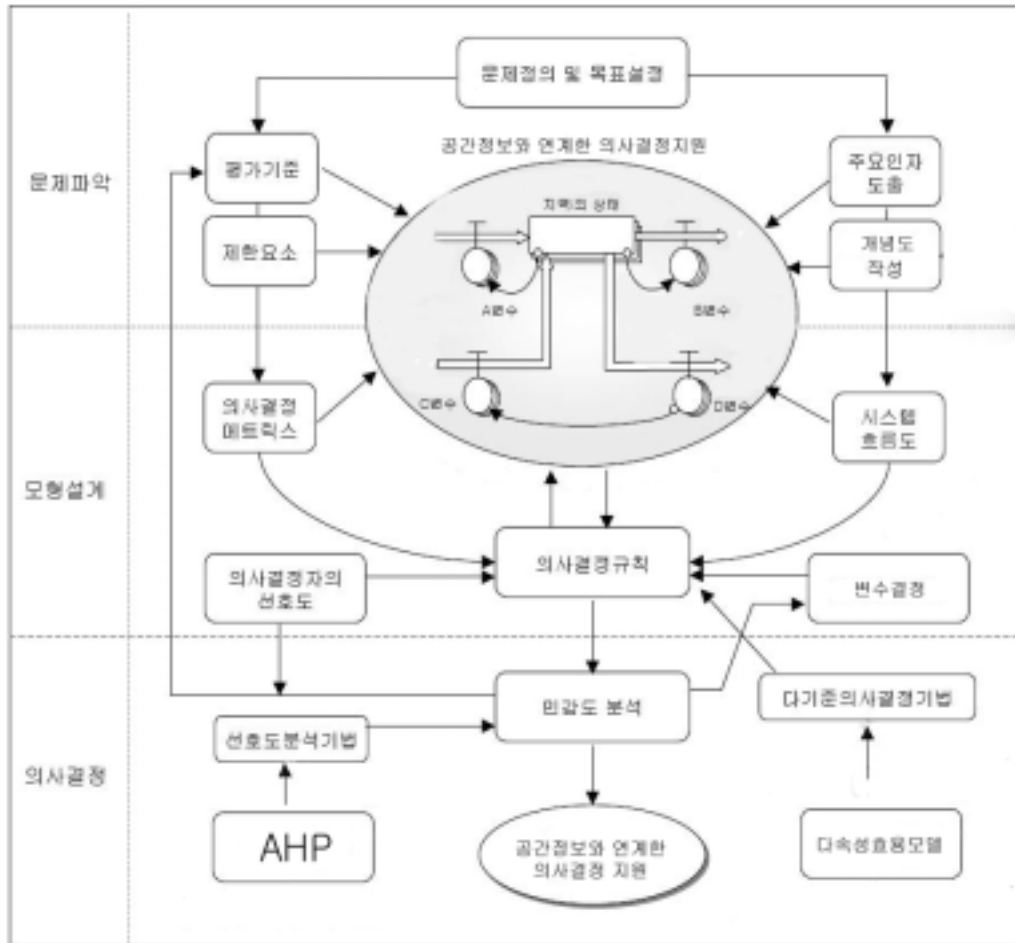


그림 2-2 공간 다기준 의사결정지원 과정

첫째 문제과약 단계에서는 현실 세계의 공간정보와 속성정보를 통합하는 차원에서 문제를 정의하고, 의사결정을 위한 목표를 설정한다. 그 다음 목표 분석에 필요한 주요 인자를 도출하여 모형 설계를 위한 개념도를 작성하고, 이와 병행하여 의사결정에 필요한 평가기준과 제한요소를 설정한다.

둘째 모형설계 단계에서는 개념도를 바탕으로 시스템 흐름도를 설계하고 변수를 구하여 통합모형을 정립한다. 통합모형을 통해 의사결정에 필요한 대안을 얻기 위해서 의사결정 매트릭스를 구축하는데, 이 때 다기준 의사결정 기법을 적용한 의사결정 규칙에 따라 공간데이터의 분석작업이 수행될 수 있다.

셋째 의사결정 단계에서는 민감도 분석, 정책 또는 대안 분석 등을 통하여 공간정보와의 통합차원에서 정책이나 대안을 선정하게 된다. 민감도 분석은 문제와 관련된 의사결정자의 선호도를 반영할 뿐만 아니라 의사결정 규칙에 투입되는 각종 변수에 대한 안정성을 평가하는 단계다. 최종적으로 의사결정 목표에 부합하는 정책이나 대안을 채택함으로써 의사를 결정한다.

다기준 의사결정은 다속성 의사결정과 다목적 의사결정으로 분류된다. 다속성 의사결정 방법은 유한의 대안으로부터 하나 혹은 그와 선호도가 같은 몇 개의 대안을 선정하는 것이며, 다목적 의사결정 과정은 제약조건에 의해 함축적으로 정의된 무한개의 대안 집합에서 고려 중인 목적을 가장 충족시키는 대안을 찾는 방법이다.

본 연구에서는 저수지 수질 현황, 오염원 분포현황, 오염방지 대책, 수질모델링 결과 처리 등에 필요한 세부적인 속성을 비교하여 대안 선정이 이뤄져야 하는 측면과 프로그래밍 방식으로 접근이 용이하여야 하는 측면을 고려하여 다속성 의사결정방법으로 접근을 시도하였다.

전문가 시스템은 데이터베이스기반의 수질환경지식을 바탕으로 목표수질을 만족할 수 있는 최적대안의 도출을 목적으로 개발되었는데 개발도구로는 웹기반 인공지능 툴인 WebIS를 사용하였다.

WeBIS는 Web 기반의 인공지능 추론 시스템이다. WebIS는 규칙 기반의 추론 시스템(Rule Based Inference System)으로써 Rule을 지식분석도(Knowledge Diagram) 형태로 생성해서 관리한다. WeBIS는 복잡한 규칙이 필요한 자동화된 의사결정 시스템 혹은

다양한 조건이 주어지는 상황하에서, 기타 전문가의 지식을 기반으로 문제를 해결해야 하는 경우 룰 기반의 프로그래밍을 통해 웹사이트를 신속하고 효율적으로 제작 관리할 수 있는 도구이다. 그 외 WeBIS는 지식 분석도에 기반한 Web/Mobile 페이지의 생성, Rule 엔진에 의한 응용 프로그램과 Rule의 분리, 수정의 편리성, 다양한 데이터베이스 지원, 기존의 사이트 구조 분석 및 관리, JSP, XML 등에 대한 지원이 용이하여 확장성이 높은 특징들을 가지고 있다.

전문가 또는 전문가 집단 및 관련기관들이 가지고 있는 Knowledge 들을 WeBIS 시스템 구축을 통해 온라인 상에서 Knowledge Management를 체계적으로 구현하도록 하였다.

이 연구에서 모색하여 제시한 공간 다기준 의사결정과정과 모형은 충분한 실증적 검증과 분석을 거치지 않은 개념모형에 불과하지만, 앞으로 후속연구를 통해 실증분석하고 모형을 구체화하여 더욱 발전시켜 나갈 것이다.

다. 인터넷

인터넷이란 서로 연결되어 있음으로써 임의의 다른 네트워크상의 사용자들이 TCP/IP와 같은 프로토콜에 의해 제공되는 네트워크 서비스들을 사용할 수 있도록 하는 네트워크의 거대한 집합체이다. 초기 미국에서 ARPANET으로 출발한 인터넷은 분산 형태의 통신망 방식에 의해 누구라도 접속할 수 있고, 정보를 올릴 수 있었으며, 결국 오늘날 전세계적인 통신망으로 발전하게 됐다. 인터넷은 80년대와 90년대를 지나면서 놀랄 만한 성장을 거듭했고 2003년 12월 현재 2,922만여 명이 국내 인터넷 이용자로 조사되었으며 초고속 인터넷 가입자는 같은 시기 1,118만여 명인 것으로 나타났다. (출처 : 한국인터넷 정보센터)

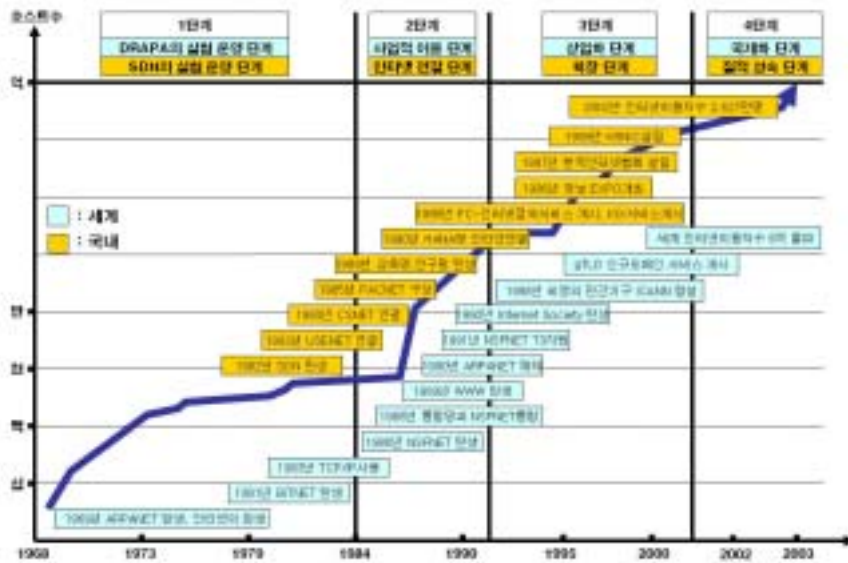


그림 2-3 인터넷의 발전 단계

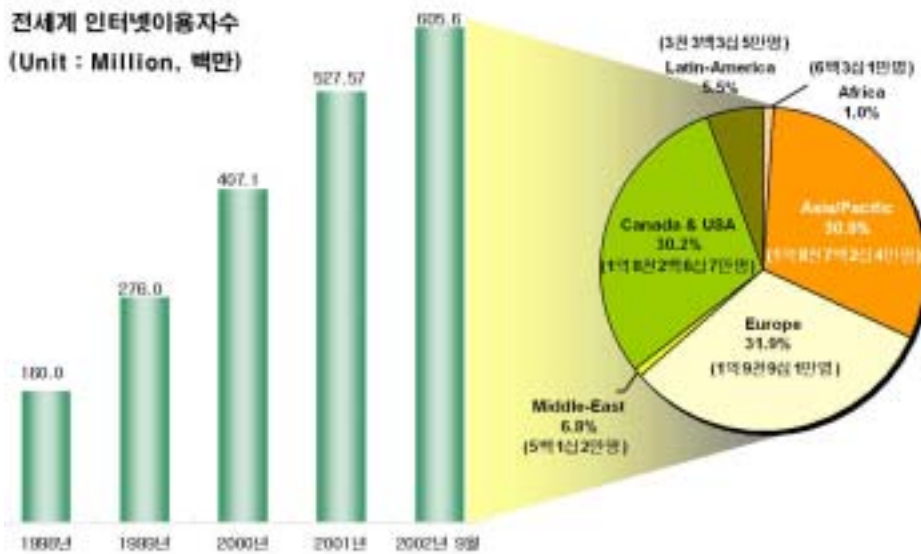


그림 2-4 세계 인터넷 이용자 수

미래의 인터넷은 보다 인간적인 인터넷, 사회 친화적인 인터넷 인류사회 발전에 공헌하는 인터넷으로 발전해 갈 것으로 많은 사람들이 예상하고 있다. 다음 그림은 인터넷의 현재와, 차세대 그리고 미래의 서비스를 나타낸 것이다.



그림 2-5 미래 인터넷의 지향

라. 인터넷이 GIS에 끼친 영향

인터넷의 등장은 전통적인 GIS의 기능에 인터넷을 통하여 어디서든 데이터에 접근할 수 있으며, 또한 GIS의 분석기능을 사용할 수 있게 하였다. 이는 실시간으로 공간정보를 공유하고, 원격지에서 GIS에 접속을 하여 검색하고, 분석하는 기능을 가지는 것을 의미한다.

최근에는 원격통신(Telecommunication)과 정보과학(Information)이 합쳐진 단어로 텔레매틱스(Telematics)라는 신조어를 만들어내며 이동 중인 단말기를 통해 각종 정보와 서비스를 제공하는 추세로까지 발전하고 있으며 LBS(위치기반서비스), ITS(지능형교통정보체계)를 아우르며 정보시스템 발달에 있어 가장 큰 역할을 하고 있다.

국가에서는 다양한 지리정보의 생산자, 관리자 및 사용자를 서로 연결하는 통신망인 지리정보 유통망 센터를 구축하여 운영하고 있으며, 이를 통해 정부기관 및 민간에서 구축한 전자지도목록 정보를 제공하고, 인터넷을 통한 지리정보 유통 및 GIS와 관련한 다양한 정보공유를 꾀하고 지리정보의 중복 제작으로 인한 예산 낭비를 방지하고 있다.

마. 인터넷GIS

GIS라는 전문 분야를 인터넷을 통해 별도의 전문적인 기술교육 없이 쉽게 이용할 수 있게 되었다. 공간정보를 다루기 위한 GIS 소프트웨어를 구입하지 않고도 인터넷 브라우저를 통하여 GIS 애플리케이션을 사용할 수 있으며, 네트워크의 발달과 하드웨어, 소프트웨어의 발달로 전 세계의 지리정보를 한자리에서 손쉽게 제공받을 수 있게 되었다.

이러한 이유로 향후 공간데이터를 시각화하며 관리하는 정보 시스템으로서의 GIS 기능은 인터넷상에서 그 수요가 점점 증가하고 있다. 수많은 다양한 사용자들간의 네트워크상에서 인터넷 GIS 시스템이 구현되고 있으며, 이는 GIS 시스템을 공급자와 사용자를 클라이언트/서버라는 구조로 재편하였다. 즉 공급자로서의 서버에는 강력한 GIS 서버가 시스템을 구축하고 있으며, 다양한 네트워크 상에서 수많은 사용자들이 클라이언트로 연결되어 있다. 인터넷 GIS의 특징은 다음과 같다.

- ① 인터넷 GIS는 클라이언트/서버 시스템의 통합시스템이다. 인터넷 GIS는 클라이언트/서버 형태의 시스템으로 클라이언트에서 데이터 처리를 위하여 서버쪽에 질의를 하면, 서버쪽 시스템에서는 그 결과를 클라이언트에 넘겨서 클라이언트에서는 그 질의를 처리할 수 있다.
- ② 인터넷 GIS는 대화형 시스템이다. 웹은 하이퍼텍스트 기능을 통하여 원하는 정보에 도달할 수 있으며, 웹 페이지를 통하여 하이퍼 링크(Hyper linking)을 할 수 있다.

다. 그러나 일반적으로 홈페이지는 GIF나 JPEG 같은 정적인 이미지를 보여줄 뿐이나 인터넷 GIS를 이용하면 공간자료의 분석·확대·축소와 기본적인 질의가 가능하다.

- ③ 인터넷 GIS는 분산형 시스템이다. 인터넷 GIS의 장점은 분산 DBMS에 접근을 하여 분산처리를 할 수 있다는 것이다. 정보와 어플리케이션은 다른 컴퓨터에서도 접속이 가능하며 이러한 것을 통하여 서버쪽에서 자료를 보내고 이를 즉시 처리할 수 있는 장점이 있다.
- ④ 인터넷 GIS는 동적인 시스템이다. 인터넷 GIS는 분산형 시스템이기 때문에 실시간으로 정보시스템에 접속이 가능하며, 인공위성 이미지, 교통의 통행량 및 사고정보 같은 것을 실시간으로 접속하여 볼 수 있는 기능을 가지고 있다.
- ⑤ 인터넷 GIS는 서로 다른 기종간에 접속이 가능한 시스템이다. 인터넷 GIS는 네트워크상에서 움직이기 때문에 어떠한 기종의 시스템에도 접속이 가능하며 상호 처리가 가능하다.
- ⑥ 인터넷 GIS는 인터넷을 통하여 다양한 환경의 GIS 데이터나 기능에 접근 가능하다.
- ⑦ 인터넷 GIS는 하이퍼텍스트 정보시스템으로 하이퍼미디어 링크를 통하여 서로 다른 지도끼리 접근이 가능하다.

바. 인터넷 GIS의 구현기법

1) 서버중심의 인터넷 GIS

대부분의 작업을 서버에 맡겨서 처리하는 방식을 말하며, 일반적으로 CGI(Common Gateway Interface)를 통해서 작동이 되는 방식으로 웹브라우저(Web Browser)를 통하여 GIS 서버쪽에서 대부분의 작업을 처리하는 방식이다. 이 방법은 사용자 그룹을 통하여 어플리케이션을 공유하는 형식을 취한다. 웹브라우저에서 사용자가 웹서버에 필요한 정보를 요청하면, CGI 스크립터를 통하여 변수를 보내주며 GIS 서버쪽에서 그 결과 값을 스크립터에게 보낸다. 그 결과를 웹서버에 보내면 웹서버에서는 웹브라우저에 그 결과값을 보낸다.

위와 같은 방법의 장점은 정적인 HTML과 웹 브라우저를 이용하므로 사용하기가 쉽고, GIS 서버가 모든 작업을 수행하게 되므로 클라이언트가 다른 작업을 할 수 있다. 하지만 이 방법을 사용하면, CGI 스크립트가 웹 브라우저로부터 입력을 받아 GIS 서버에서 작업을 하므로 사용자가 많아지면 한꺼번에 요구사항을 처리하기가 어려워진다. 또한 결과가 정적으로 저장되는 경우가 많다.

- 1 단계: 사용자가 웹 브라우저에서 요청을 함.
- 2 단계: 인터넷을 통해 요청이 서버로 보내짐.
- 3 단계: 서버가 요청을 처리함.
- 4 단계: 결과가 사용자에게 전송됨.
- 5 단계: 사용자의 웹 브라우저에 결과가 출력됨.

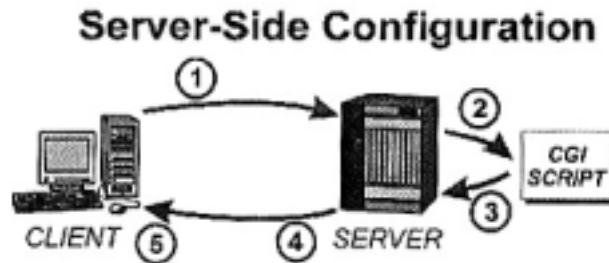


그림 2-6 서버 중심의 인터넷 GIS

2) 클라이언트 중심의 인터넷 GIS

클라이언트 중심의 인터넷 GIS는 인터넷상에서 질의를 하는 쪽 컴퓨터에서 모든 처리를 하고, 서버에서는 그에 필요한 데이터를 넘겨주는 방식을 말한다. 여기에는 플러그인 방법과 ActiveX 컨트롤 방식과 Java 애플릿 방식이 있다.

- 1 단계: 웹 브라우저에서 사용자는 요청을 하고 그 요청은 서버로 전달됨
- 2 단계: 서버가 요청을 처리함
- 3 단계: 자료 및 applet을 포함하는 결과들이 사용자에게 전송됨

Client-Side Configuration

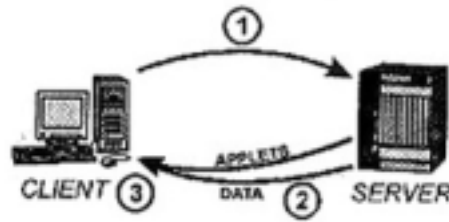


그림 2-7 클라이언트 사이드 인터넷 GIS

가) 플러그인 방법

이 방법은 웹브라우저에서 서버에 작업을 지시를 하면 서버에서는 클라이언트인 웹브라우저 내에 플러그인 프로그램이 있는지를 확인한다. 만약, 웹브라우저에 플러그인 프로그램이 없다면 클라이언트에 플러그인 프로그램을 전송해준 다음 GIS 데이터를 보여주는 방식을 취하고 있다.

이 방식의 장점은 웹브라우저 확장만으로 기본적인 GIS의 기능을 수행할 수 있다는 점이다. 단점은 웹브라우저가 수행되는 플랫폼에 따라 각각의 플러그인 프로그램을 개발해야 한다는 점이다.

나) ActiveX Control 방식

어떤 프로그램이나 컴퓨터 언어에 구애받지 않으며 액티브엑스 컨트롤만 있으면 어디서든 사용 가능한 프로그램이다. 이 방식은 마이크로소프트사의 인터넷 익스플로러에만 사용된다는 단점이 있다. 이 방식은 웹브라우저가 하이퍼링크를 클릭하면 웹서버에서 받아서 HTML 파일을 보내주는 방식을 취한다. 이때 태그는 <OBJECT>라는 태그를 사용한다. 서버로부터 GIS 컨트롤을 다운을 받아서 해당 컨트롤이 작동을 한다.

3) 자바중심의 인터넷 GIS

이 방식은 웹브라우저에서 웹서버에 객체를 질의하면 서버에서 자바(Java) 애플릿

(Applet)을 실행시킨다. 이때 태그는 <APPLET>라는 태그를 사용한다. 이 방식의 장점은 자바 애플릿을 사용하면 매우 동적인 프로그램을 만들 수 있고, 자바가 클라이언트 쪽에서 수행이 되기 때문에 서버에 부담이 매우 적다. 또한 자바는 매우 유연하여 그래픽과 지도를 쉽게 보여줄 수가 있다.

4) 조합 및 복합 기법

단일 서버 중심 및 클라이언트 중심 기법만으로는 시스템 운영에 있어서 한계점이 있다. 서버 중심 기법의 경우 자료 전송이 자주 발생하는 경우에 수행능력은 네트워크의 전송속도와 통신망의 사용량에 영향을 받으며, 클라이언트 중심 기법의 경우 클라이언트의 계산능력에 따라 작업에 대한 처리 능력이 처리 수요를 만족하지 못할 경우 작업 속도가 느려지게된다. 따라서 서버와 클라이언트의 능력 모두에 적합하면서도 복합적인 시스템을 구축하기 위해서 서버중심 기법과 클라이언트 중심 기법을 결합할 수 있다.

이 기법은 대용량의 데이터베이스나 복잡한 분석을 포함하여 처리 시간이 지체되는 작업은 고성능의 서버에게 할당하고, 사용자에게 의해 많은 부분이 제어되며, 빠른 처리시간을 요구하는 작업은 클라이언트에 할당한다.

- 1 단계 : 자료 요청
- 2 단계 : 자료 및 applet의 전송
- 3 단계 : 연속적인 상호교신 및 전송

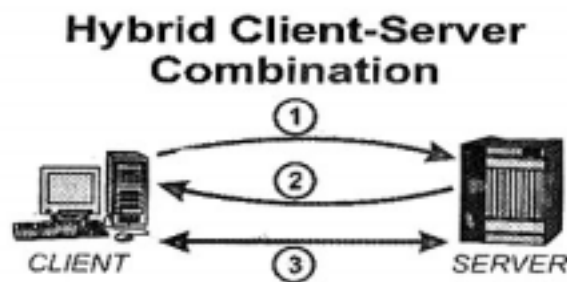


그림 2-8 조합 및 복합 기법 인터넷 GIS

사. 인터넷 GIS의 문제점 및 향후과제

인터넷 GIS는 여러 사람들이 별도의 비용 없이 쉽게 인터넷에 접속을 할 수 있다는 장점을 가지고 있지만 단점도 많이 가지고 있다. 현재 가장 큰 단점으로 지적되는 것이 우리들이 일반적으로 알고 있는 다양한 GIS의 분석기능을 충분히 제공하지 못한다는 점이다. 또한 네트워크 환경의 장애로 인해 데이터를 처리하는 시간이 길어지기도 하며, 보안문제와 비용분담의 주체에 대한 문제가 있다. 한편 정보공유의 측면에서 표준화와 정보유통체계에 대한 많은 논의들이 진행 중에 있으나 각종 기준이 매우 다양하게 만들어져야 하며, 선도기술 보유자의 기득권 보호 등의 문제로 해결이 용이하지 않은 실정이다.

이러한 문제가 해결이 된다면, 인터넷 GIS는 브라우저만으로도 현재 일부 전문가들만이 접근하던 GIS를 일반인들도 쉽게 접근을 할 수 있는 획기적인 장점이 있으며, GIS의 대중화가 실현될 것이다. 이는 다양한 GIS의 수요를 불러일으킬 것이며 인터넷 GIS의 실현은 열린 사회를 지향하는 열린 정보화 사회의 기본이 될 것이다. 각종 정보의 공유를 통하여 교통관련 정보, 환경관련정보, 지리정보, 지역정보 등의 정보를 쉽게 열람을 할 수 있게 될 것이며, 이를 통하여 정보의 시너지(Synergy) 효과를 이루어 결과적으로 국가경쟁력을 높이는 계기가 될 것이다.

2. 시스템의 인적 구성 요소

웹기반 지능형 저수지 수질관리를 위한 지리정보시스템과 관련된 인적 구성은 시스템 관리, 자료 입력 및 관리, 정보의 사용 등 3개 계층으로 분류할 수 있으며, 이들 각각의 대상과 역할은 다음과 같다.

가. 시스템 관리

저수지 수질 관리를 위한 정보시스템의 관리는 제1장에서 언급한 여러 관리 주체로부터 운영될 수 있다. 이곳에서는 정보시스템의 서버의 역할인 시스템의 업데이트, 소프트웨어의 버전업(Version up)에 따른 시스템의 수정, 보안업무, 하드웨어의 유지관리 등이 주된 역할이 된다.

나. 자료 입력 및 관리

일반적인 클라이언트/서버 시스템에서는 서버에서 자료를 입력하고 관리하는 것이 통상적이나, 인터넷을 기반으로 하는 이 정보시스템에서는 사용권한을 가진 관리자급 사용자가 자료를 입력하고 유지관리하는 것으로 한다.

다. 정보의 사용

시스템 관리 주체에서 보안이 필요한 일부를 제외하고는 이 시스템의 사용은 대부분 인터넷을 기반으로 하므로 정보의 사용은 공개된다고 할 수 있다. 따라서 저수지 수질 관리의 주체들과 더불어 지역의 여러 단체 및 농민까지도 사용자의 범주에 포함된다.

3. 하드웨어 구성 요소

본 연구에서 개발한 지리정보시스템은 수질정보, 오염원정보, 전문가시스템, 지리정보를 여러 개의 웹서버에 분산하여 저장하고 인터넷을 통해 접근한다. 이에 필요한 하드웨어의 구성과 사양은 다음과 같다.

가. 하드웨어(Hardware)의 구성

PC-based GIS는 몇 년 전까지 교육용에 한정적으로 이용되었으나, 최근 들어서 PC의 성능이 빠른 속도로 향상되고 널리 보급되면서 사용성이 편리한 PC가 GIS의 새로운 시스템으로 등장하고 있다.

나. 정보시스템의 하드웨어 구성

본 연구에서 개발된 시스템의 하드웨어는 <표 2-2>와 같이, 서버로 PC 1.7GHz CPU, 1G bite Main Memory , 스캐너(Scanner), Plotter(A₀ Size), 컬러 레이저 프린터(Color Laser Printer), 디지털 카메라(Digital Camera), 디지털타이저(Digitizer), 레이저 프린터(Mono Laser Printer)로 구성한다.

표 2-2 하드웨어 구성

구 분	구 성	세 부 사 양
하드웨어	컴 퓨 터	PC 1.7GHz CPU, 1G bite Main Memory
	입력장치	스캐너(Scanner) 디지털타이저(Digitizer) 디지털 카메라(Digital Camera)
	출력장치	플로터(Plotter A ₀) 컬러 레이저 프린터(Color Laser Printer) 레이저 프린터(Mono Laser Printer)

4. 소프트웨어 구성 요소

시스템을 구축하고 운영하는 데 필요한 소프트웨어 구성 요소를 정하고, 각 요소별로 적합한 소프트웨어를 선정하였다. 본 연구에 사용한 소프트웨어와 그 기능은 <표 2-3>과 같다. 시스템의 기본 OS는 Windows 2000 Server, 데이터베이스 구축은 오라클 8.1과 Microsoft Access 2003, GIS 소프트웨어는 인터그래프사의 MGE, GeoMedia Professional 5.0, GeoMedia Web Map 5.0, 웹 서버는 Microsoft IIS 6.0, 그리고 웹 브라우저는 인터넷 익스플로러 5.0 이상을 사용하였다.

표 2-3 정보시스템 소프트웨어 구성

구 분	구 성	세 부 사 양
소프트웨어	운영체제	Windows2000 Server, Windows2000 Professional
	데이터베이스	Oracle DBMS 8.1, MS Access2003
	도형처리	Integrgraph사의 Microstation, MGE Geomedia Professional 5.0 Geomedia Web Map 5.0
	사용언어	Active Server Page, JavaScript, VBScript PerlScript 등
	서버프로그램	Microsoft Internet Information Server 5.0 이상
	수질예측모델	WASP 5
	전문가시스템	WeBIS 1.0

5. GIS 소프트웨어 선정

시스템 개발 도구의 적정성에 관한 평가는 중요한 내용 중의 하나이다. 이 시스템은 한번 구축되면 상당히 오랜 기간 동안 바꾸는 것이 불가능하고 개발 과정에 있어서도 매우 큰 영향을 주므로 연구과제의 업무 특성과 수행 가능성을 고려하여 정확한 평가에 의한 선정이 필요하다. 본 연구에서는 시스템 구축을 위한 개발 도구의 평가에 다음과 같은 요소를 고려하였다. 특히 GIS 소프트웨어는 기본적인 소프트웨어이기 때문에 아래와 같은 여러 가지 사항들을 고려하여 선정하였다.

가. 소프트웨어 선정 평가에 고려한 요소

- (1) 사용자 업무에 적합성
- (2) 시스템 구축을 위한 경제성
- (3) 소요 업무를 수행할 수 있는 기능성
- (4) 하드웨어와 응용 소프트웨어와의 호환성
- (5) 소프트웨어의 안정성·확장 가능성

나. 성능 평가 세부 항목

- 1) 시스템 구조
 - (1) 클라이언트/서버 구조 지원
 - (2) 분산 데이터 관리 지원
- 2) 주변기기 지원 가능성
 - (1) 디지털타이저 지원
 - (2) Post Script 장비 지원
- 3) 시스템 기능
 - (1) 도형/속성 통합관리

- (2) 이미지와 벡터 중첩 디스플레이
- (3) 서버 속성 이미지 디스플레이
- (4) 도엽 이력 관리 기능
- (5) 데이터 이력 관리 기능
- (6) Recovery 기능
- (7) 데이터 접근/수정 기능 및 통제 기능
- (8) 연속 이미지 디스플레이(Display)
- (9) 연속 주제도 디스플레이
- (10) 도엽별 디스플레이
- (11) ASCII 데이터 변환 사용 기능
- (12) VPF 파일 변환 사용 기능
- (13) SDTS 파일 변환 사용 기능
- (14) TIFF Format 지원
- (15) UTM 좌표계 지원
- (16) TM 좌표계 지원
- (17) 좌표계간 변환 지원
- (18) 화면 인덱스 지정에 의한 영역 검색
- (19) 도면 이름에 의한 검색
- (20) 개체지정에 의한 검색
- (21) 개체 속성 및 참조도면 리스트 제공
- (22) 개체지정 참조 이미지 디스플레이
- (23) 면적요소 관리 속성테이블 자동 생성 검색

4) DB 지원성

- (1) 데이터베이스 인터페이스 기능 기본 제공 여부(Oracle 및 Informix I/F)
- (2) 각종 데이터베이스 지원(Oracle, Sybase, Ingress, Informix 등)
- (3) 타 기종 특수 RDB Open/Relate(복수 RDB 동시 활용)

5) 공간분석 기능

- (1) Topological Operation : 공간 객체들간의 관계(touch,contain,intersect 등) 분석
- (2) Geometrical Analysis : 거리, 면적, 둘레길이, 무게중심 등
- (3) Buffering Analysis
- (4) Overlay Analysis
- (5) 공간 객체간의 union, intersect, difference 분석
- (6) Network Analysis : 연결성, 방향성, 최단경로, 최적경로
- (7) Spatial Analysis : surface 모델링
- (8) 유역분석, 경사/향 분석, 가시도 분석, 삼차원 가시화 홍수 모델링 등

6) 한글 지원

- (1) 한글 메뉴 지원
- (2) 한글 속성 입출력
- (3) 벡터 폰트 디스플레이

7) User Interface

- (1) Open Window 지원
- (2) Motif 지원
- (3) Icon 메뉴 지원
- (4) Pull down 메뉴 지원
- (5) 응용프로그램 개발 4GL 지원
- (6) 외부작성 프로그램 실행

8) 사용 안정성

- (1) 국내 정규 교육기관 보유
- (2) 공공 기관 사용 실적

다. GIS 소프트웨어 선정

본 연구에 적합한 GIS 소프트웨어 선정을 위하여 문헌조사를 통하여 기본 평가를 실시하고, 아울러 각 제품을 판매하고 있는 국내 업체를 방문하여 제품에 대한 설명을 청취하고 제품 사양서를 검토·평가하였다. 그 결과 인터그래프사의 MGE, GeoMedia, GeoMedia Wep Map을 선정하였다.

라. GeoMedia Professional

본 연구에서 선정한 GIS 소프트웨어 중 GeoMedia는 인터그래프의 차세대 기술인 Jupiter Project와 OPEN GIS에 의해 탄생한 새로운 개념의 데스크탑 GIS 툴이다. GeoMedia는 다양한 소프트웨어들과 통합 환경을 제공하여 GIS에 친숙하지 않은 사용자라 할지라도 손쉽게 다양한 GIS 자료 분석을 할 수 있도록 사용하기 쉬운 인터페이스와 MS Office Product와의 완벽한 호환성, 그리고 광범위한 분석 및 편리한 개발 환경을 제공하고 있다. 또한 기존의 단순한 Desktop GIS의 한계를 뛰어 넘어 다양한 Format의 Data Viewing과 분석, 그리고 Standard image format과 Multi-source data의 통합이 Single desktop 환경에서 구현된다.

- 1) 다양한 형태의 GIS 데이터 수용
 - (1) Intergraph의 Modular GIS Environment(MGE)
 - (2) MGE GeoData Manager(MGDM)
 - (3) MGE Segment Manager(MGSM)
 - (4) FRAMME에서 구축된 GIS Data
 - (5) Microsoft의 ACCESS
 - (6) ESRI의 ArcInfo
 - (7) ArcView의 Shapefile
 - (8) Microstation의 DGN 및 AutoCad data

- 2) 공간분석 / Query 및 손쉬운 사용자 인터페이스

GeoMedia Professional을 이용하여 사용자는 다양한 공간정보 데이터를 생성할 수 있으며 하나의 작업공간 안에서 손쉬운 GUI를 이용하여 Buffer Zone 분석, 주제도 생성 및 다양한 공간 연산자를 이용한 공간 분석을 수행할 수 있다.

3) 손쉬운 개발 환경

가) 인터페이스 Customizing

MS 엑셀이나 MS 워드 등의 메뉴나 Toolbar를 Customize 하듯이 GeoMedia의 기본 인터페이스를 사용자 요구에 맞도록 자유롭게 변경하거나 MicroSoft Resource Editing Tool을 이용하여 각종 Dialogue들을 Localization할 수 있다.

나) 윈도우 어플리케이션을 이용한 Customizing

GeoMedia는 OLE Automation을 지원하므로 마치 비주얼 베이식을 이용하여 엑셀을 구동시키거나 스프레드시트의 Entry를 수정하듯이 다양한 윈도우 어플리케이션을 이용하여 GeoMedia를 운용할 수 있다.

다) 표준 프로그래밍 언어를 이용한 Customizing

Borland의 Delphi, Powersoft의 PowerBuilder, Visual Basic, Visual C++, Visual FoxPro 등 표준 개발 툴들을 이용하여 GeoMedia에 사용자가 기능을 추가하거나 GeoMedia의 주요 기능과 다른 OLE Automation을 지원하는 어플리케이션의 기능을 이용하여 독자적인 어플리케이션의 개발이 자유로우며, 이미 100여개가 넘는 세계적인 Software Vendor들이 GeoMedia의 기능을 이용한 제품을 개발 중에 있다.

라. GeoMedia Web Map

Geomedia Web Map은 Open GIS 시스템을 매우 손쉽게 구축할 수 있도록 하여주는 시스템으로 윈도우서버를 기반으로 GIS 데이터를 인트라넷이나 인터넷을 통해 효과적으로 보여줄 수 있다. 이것은 ActiveCGM 형식의 맵을 생성하여 웹 서버를 통하여 전달하고 사본을 캐쉬에 저장하고 있다가 일정한 시간이 지나면 자동적으로 삭제되는 과

정을 수행한다. 이 과정에서 사용자가 미리 정의한 Windows ini 형식의 MDF (Map Definition File)에 정의된 기준에 따라 지도를 생성해 준다.

클라이언트는 웹 브라우저를 통하여 GIS 데이터베이스로부터 직접 생성되어진 맵을 볼 수 있다. 또한 개체의 속성정보를 확인할 수 있다.

제3절 시스템 타당성 분석

현재 활용할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어적인 환경에서 목표 시스템의 구축이 기술적으로 가능한지의 여부를 검토하고, 시스템의 실용성과 효용성을 분석하였다.

1. 소프트웨어 기술상의 타당성 분석

- 가. 데이터베이스 시스템의 기능 및 제한성 분석
- 나. GIS 시스템의 기능 및 제한성 분석
- 다. 웹브라우저 및 통신 소프트웨어에서 지원하는 기능 분석
- 라. 웹 소프트웨어 개발 툴 및 플러그인 등의 기능 분석

2. 하드웨어 환경 분석

- 가. 사용자들이 접근할 수 있는 컴퓨터 및 저장장치의 성능 및 용량 분석
- 나. 통신 환경 분석

3. 시스템의 실용성 및 효용성 분석

- 가. 예상되는 사용자 대상 설정
- 나. 활용 분야 설정
- 다. 시스템의 활용도 및 수요 예측

제4절 사용자 요구 분석

예상되는 사용자들이 필요로 하는 정보의 종류와 사용자들의 대체적인 컴퓨터 숙련도에 따라서 요구되는 사용상의 편의성 및 용이성을 검토 분석하여 소프트웨어의 기능 사양을 작성하고 사용자 인터페이스를 설계하는데 반영하였다.

1. 정보의 종류

- 가. 도형자료 : 저수지, 하천, 도로, 토지이용, 등고선, 저수지 수심분포 등
- 나. 비도형자료 : 텍스트 자료(제원, 위치), 테이블, 사진 자료, 관측소 정보

2. 정보의 신속성과 접근성

- 가. 인터넷 GIS를 이용한 다중이용자 환경
- 나. ActiveCGM, SVG, PNG등의 데이터 포맷으로 속도 및 활용성 극대화
- 다. RDBMS 자료관리

3. 시스템의 기능

- 가. 입력 및 갱신 기능
- 나. 질의 및 검색 기능
- 다. 분석 및 의사결정 기능
- 라. 자료의 시각화 기능

4. 사용자의 편의성 및 용이성

웹에서 구현된 이 시스템은 하이퍼텍스트 특징 중의 하나인 비선형 정보 연결성을 가지고 있어 사용자가 원하는 방향으로 시스템을 자유롭게 이용할 수 있다. 오염원의 분포상황 및 수질측정 현황을 한눈에 알아볼 수 있으며, 선택한 개체에 대한 자세한 속성 정보를 쉽게 구분하여 볼 수 있도록 하였다. 지리정보시스템의 화면상단에 툴바를 배치

하여 디스플레이속성을 조절할 수 있으며, 간단한 공간분석이 가능하게 하였다. 또한 쿼리 기능을 추가할 수 있도록 구성되었다.

- 가. 인터넷을 통한 웹기반 저수지 수질 데이터 관리
- 나. 자료의 공유 및 분산
- 다. 원격접속 수질모델링 프로그램 설치 및 운영
- 라. 의사결정지원시스템(전문가시스템) 운영
- 마. 사용자 권한설정 및 권한별 기능제한

제5절 기능 분석 및 기능 사양 작성

목표 시스템의 구현과정은 다음 그림과 같다. 수질환경정보를 GIS에 기초하여 현황 위주로 검색할 수 있는 검색시스템, 처리대안을 생성하는 전문가시스템, 장래의 수질변화를 예측하는 수질모델링의 각 기능별로 상세 메뉴를 설계하고 모듈별로 시스템을 개발하여 통합·운영하는 체계로 개발하였다. 사용자 요구분석에서 설치운영에 이르는 목표 시스템 개발 흐름도를 <그림 2-9>에 나타내었다.



그림 2-9 목표시스템 개발흐름도

목표 시스템이 기본적으로 갖추어야 할 기능을 다음과 같이 몇 개의 부분으로 나누어 분석하고, 세부적인 사양을 작성하였다.

1. 입력 및 갱신 기능 : 입력, 편집, 수정, 갱신, 삭제, 출력

2. 질의 및 검색 기능

가. 공간데이터를 통한 현황 검색

나. 속성테이블 및 멀티미디어 자료 검색

3. 분석 및 의사결정 기능

가. 저수지 수질관련 데이터 분석 및 통계 분류

나. 전문가시스템과 수질모델링 프로그램을 이용한 의사결정

의사결정 과정은 그림과 같은 프로세스를 거쳐 수행된다.

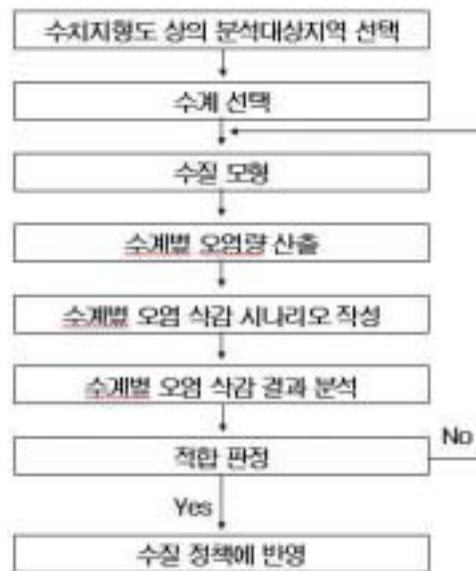


그림 2-10 의사결정과정 순서

4. 자료의 시각화 기능 : 저수지 위치·제원, 화면관리, layer 표시, 세그먼트 분리

제3장 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축

제1절 서론

농업용 저수지의 유역은 넓은 지역에 분포하고 있을 뿐만 아니라, 강우·강설 등 자연조건에 노출되어 있으며, 유역 내에서 벌어지는 인간의 다양한 활동으로 수질에 영향을 미치는 인자가 광범위하게 분포하고 있다. 이러한 유역의 자연조건 및 제반 환경은 지역적·지형적으로 또는 사회인문학적으로 변화가 다양하므로 농업용 저수지의 수질 유지관리에 필요한 기본적인 기준을 설정하는 것도 쉽지 않다.

수질관리 현황 및 문제점은 도시화, 산업화에 따라 생활하수 및 공장폐수가 증가하고 농촌지역의 비료·농약의 과다사용으로 수질이 날로 악화되고 있는 것이다. 농업용 저수지의 수질보전은 하수종말처리장 등 환경기초시설의 조기설치와 철저한 운영, 오염배출업소의 지도단속 등 유역 오염 방지대책이 선행되어야 수질을 보전할 수 있을 것으로 보이며, 특히 홍수에 다량의 부유물이 유입되므로 이의 효율적인 수거도 필요하다.

농업용 저수지의 관리는 시설물 관리차원에서 해당 저수지를 관리하고 있는 주체가 시설물 대장을 포함한 다양한 자료를 통한 현황 파악, 안전진단 분석 및 평가, 보수 및 보강 등의 유지관리 업무, 나아가 자연재해에 대한 방재 기능까지를 포함하며, 저수지 수질관리 차원에서는 제1장에서 설명한 여러 유관기관의 지휘 감독 아래 수질오염 예방 및 개선의 노력이 행해지고 있다.

농업용 저수지의 수질관리에 필요한 다양한 데이터를 체계적으로 관리하기 위해서는 각종 자료를 데이터베이스로 구축하되, 공간분석이 가능하도록 지형정보와 함께 구축하는 것이 효율적이다. 수치지도와 병행하여 저수지의 구조 체원, 설계조건, 유역 환경, 수질 분석 평가 결과, 예방·개선 대책의 실행·이력에 대한 정보를 데이터베이스화하여 정리·분석함으로써 저수지 수질관리를 철저히 시행할 수 있다.

저수지 수질환경과 관련된 방대한 양의 공간자료를 통합 관리함으로써 정보의 원활한 공유와 자료의 활용성을 높이고자 저수지 수질관리 및 오염방지 정책 의사결정에 필요한 각종 지도를 구축하고 주제도의 효율적 검색 및 활용을 위한 WIMGIS 운용시스템을

개발하여 인터넷을 통해 서비스하게 된다. <그림 3-1>에서 보는 바와 같이 WIMGIS는 도형정보와 속성정보 연계활용, 기본도 및 주제도 검색, 저수지 수질관리(오염원 현황, 수질모델링 및 의사결정)시스템 개발 통해 농업용 저수지 수질관리 관련 정보를 일선행정기관 및 일반인에게 인터넷을 통해 서비스하게 된다

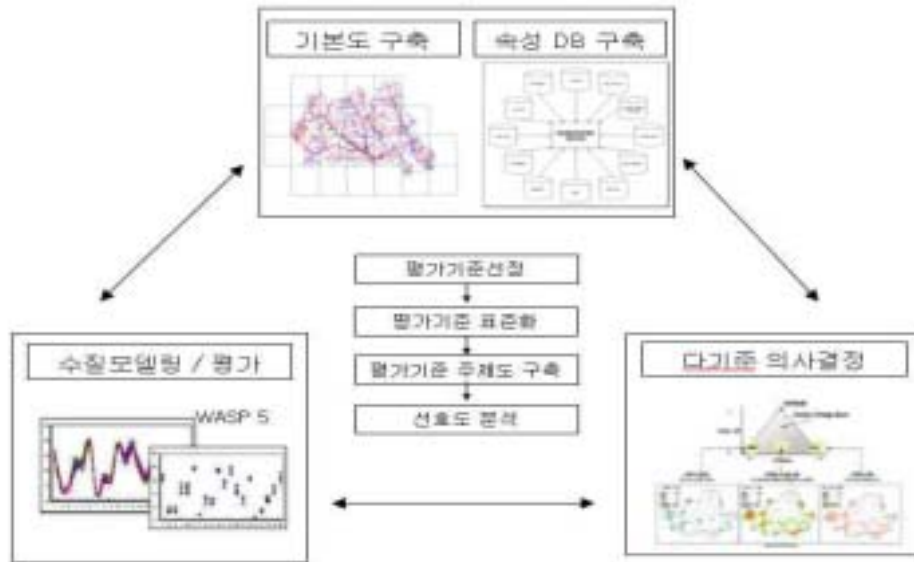


그림 3-1 WIMGIS 구성도

제2절 기본도 및 주제도 구축

저수지 수질의 효율적 관리를 위해서는 먼저 저수지 유역내의 토지이용, 인구와 산업의 입지, 오염물 처리 등 오염원의 현황 및 분포에 대한 세밀하고 정확한 자료수집을 통한 체계적인 관리가 필요하다. 이를 바탕으로 유역의 현재 및 장래의 수질을 예측할 수 있고, 여러 가지 수질관리 방법 중 최적의 방법을 선택할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 대상저수지인 경천저수지에 대한 기본적인 통계 내용 및 자료를 검토하고, 속성자료의 공간상의 위치 및 상호관계를 표현해 줄 기본도와 주제도를 구축하였

다. 이는 유역내 오염원 및 각종 환경정보의 공간적 특성을 나타내고, 수질관리 계획의 변화에 따른 환경정보 변화를 효율적으로 보여 주는 데 그 목적이 있으며, 그 세부내용은 아래와 같다.

- 기본도 : 1/5,000도 및 1/25000의 수치지형도, 행정경계, 도로, 하천, 등고선 등
- 주제도 : 유역도, 수리 수문도, 토지이용도, 토양도, 저수지 수심분포도 등

1. 정위치 편집 및 구조화 편집

- 가. 기본도와 주제도를 구축하는데 필요한 공간자료는 국토지리정보원에서 발행한 수치지형도 및 호남농업시험장에서 기존에 구축한 데이터베이스를 응용하여 준비하였다.
- 나. 현장에서의 조사와 현지보완측량에서 얻은 성과 및 자료를 이용하여 지형데이터의 입력성과를 수정·보완하는 정위치 편집을 수행하였다.
- 다. 원시데이터 제작할 때 서로 다른 제작 환경에서 각기 다른 축척과 데이텀 등으로 만들어진 자료들은 도면중첩(병합)하였다. 고무판기법을 이용하기 위해 최소단위로 변환구역을 설정한 후 각 변환구역 내부에 변량을 조절하는 제어점의 위치를 지정하여 지정된 변환구역과 제어점을 통해 도면을 중첩하였다.
- 라. 그 외 상황에 따라 좌표변환기법과 위치이동 방법을 병행하여 사용하였다. (예; 저수지 수심분포도)
- 마. 구조화 편집으로 정위치 편집한 공간데이터를 레이어별로 속성데이터를 연결하여 위상관계를 정립한다.

2. Category, Feature 설정

국토지리정보원에서 발행한 수치지형도를 <표 3-1>과 같이 각 Layer 별로 구분하고 좌표 변환 과정을 거쳐 중첩 여부를 확인한 후 기본도로 작성한 후 수집된 속성자료를 분석하여 Category와 Feature를 <표 3-2>와 같이 설정하였다. 각 Feature 별로 Layer,

유형, Symbol, 관련 속성을 규정하고 이를 기준으로 기본도 및 주제도를 구축하였다.

본 연구에서 재구성한 기본도 혹은 주제도는 Layer 코드 및 지형 코드를 국토지리정보원 표준에 부합하도록 설정하여 다른 연구와 자료 교환 및 상호 연결이 용이하도록 하였다.

표 3-1 레이어 분류표

구분	주요세부내역	주요 내용
수치지형도	하천망도	유역경계, 하천, 하천중심
	행정구역도	행정구역경계, 행정구역 정보
	도로도	도로, 도로중심
	등고선도	계곡선, 주곡선
기본도	유역도	유하선도, 수치표고모델, 불규칙삼각망
주제도	토지이용도	유역경계, 토지이용경계,
	토양도	토양통 정보
	저수지 수심분포도	저수지 지점별 수심분포
	세그먼트 분할도	수질모델링을 위한 저수지 수역 분할

3. 주제도 구축

수치지도를 기준으로 저수지 수질관리를 위해 하천망도, 유역도, 측정기준점도, 행정구역도, 토지이용도, 건물도, 저수지 수심측정도 등을 구축하였다. 이 연구에 사용된 하천도는 완주군 경천면·화산면 등 관할기관에서 지정한 소하천을 확인한 후 수치지도에서 그 외의 불필요한 소하천을 삭제하고 GIS 지형자료로 구축하였다.

표 3-2 주요 Category, Feature 설정 예

Category	fcode	fname	ftype	tablename	Category	fcode	fname	ftype	tablename
측정지점	1011	st_point	point	wqw	실록하천	2111	river_1	line	river
도로중심	3210	r0	line	road	세류	2112	river_2	line	river
일반국도	3112	r1	line	road	하천중심	2115	river_c	line	river
지방도	3113	r2	line	road	호소경계	2114	river_b	area_b	resv
면.리간도로	3117	r3	line	road	호소정보	2116	resv_c	area_c	resv
소로	3119	r4	line	road	주택	4112	resid	point	build
표지및번호	3400	r5	point	road	주택외건물	4111	build	point	buld
계곡선	7114	r_num_sn	line		양수장	4331	pump_st	point	build
주곡선	7111	cont_v	line		축사	4335	stall	point	build
등고수치	7131	cont_m	label	cont	종축장	4336	breed_st	point	build
표고수치	7132	level_sea	label	cont	지류계	5111	land_class_b	area_b	land
삼각점수치	7133	level_surf	label	cont	토지이용정보	2110	land_class_c	area_c	land
삼각점수치	7311	tri_point	label	adm	토지이용논	5211	lc_ricef	label	land
특별.광역시	8112	sc_bnd	area_b	adm	토지이용밭	5212	lc_farmt	label	land
시	8113	c_bnd	area_b	adm	토지이용과수원	5213	lc_orchard	label	land
군	8114	g_bnd	area_b	adm	토지이용목초	5214	lc_grass	label	land
읍면	8118	m_bnd	area_b	adm	토지이용기타	5300	lc_etc	label	land
동리	8119	r_bnd	area_b	adm	읍명	9223	eup_n	label	adm
행정정보	8000	pac_cen	area_c	adm	면명	9224	myun_n	label	adm
시명	9214	city_n	label	adm	리명	9225	ri_n	label	adm
법정동	9216	dong_law	label	adm	자연부락	9226	count_n	label	adm
도명	9221	do_n	label	adm	도곽	101		area_b	

<그림 3-2>는 전체 유역과 저수지 수심 분포도에 관한 현황이며, <그림 3-3>은 저수지 내의 수질 측정 지점을 나타낸 주제도이다. 경천저수지의 수질 측정 지점은 댐 인근의 ‘측정지점1’(경천지1)과 먹머리골앞 ‘측정지점2’(경천지2)의 두 지점으로 지도상에서 이 지점의 측정지점 표시를 클릭함으로써 데이터베이스와 링크된 저수지 수질 현황이 화면상에 표시되도록 하였다.

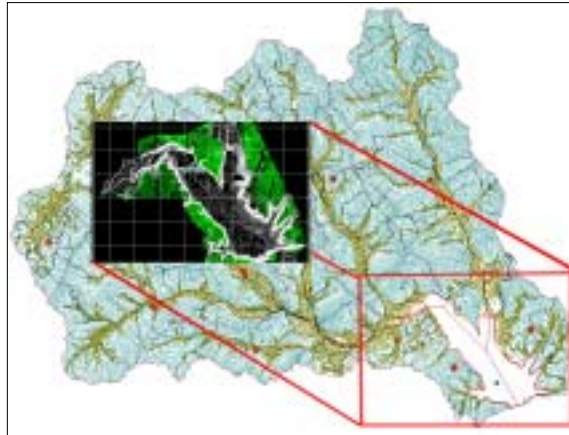


그림 3-2 전체유역과 저수지내 수심분포도



그림 3-3 저수지 수질측정지점

행정구역별 배수구역 현황은 <그림 3-4>와 같이 검색할 수 있다. <그림 3-5>는 행정구역과 함께 도로망도를 검색한 화면이다. 붉은 색으로 표시된 '리' 대표점을 클릭하면 해당하는 행정구역별 속성정보를 검색할 수 있다.



그림 3-4 행정구역(리 경계) 및 하천도



그림 3-5 행정구역(리 대표점) 및 도로망도

연구대상 저수지에서의 Segment 수는 수질측정지점의 위치, 수체의 특성, 각 Segment에서의 체류시간, 각 Segment의 체적 등을 고려하여 5개로 나누었다. Segment 4는 임의값을 속성으로 입력하였다.

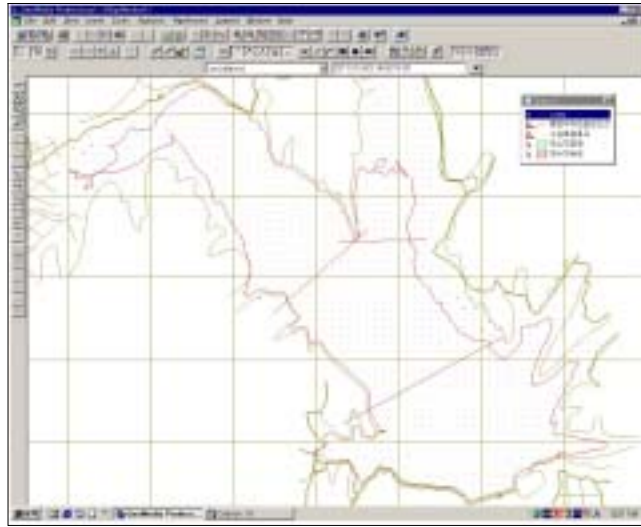


그림 3-6 세그먼트 분할도

유역도는 소하천으로 분류된 하천을 지형도에서 등고선을 따라 유역도를 추출하여 직접 입력방식으로 구축하고 수치 표고 모델을 이용해 추출한 유역경계와 비교하였다.

수치 표고 모델이란 공간상에 나타난 연속적인 기복 변화를 수치적으로 표현하는 방법을 말한다. 수치 표고 모델은 각종 지형정보를 수치화할 수 있기 때문에 기본적인 표고·면적·체적·지형의 경사와 곡률·사면의 방향 및 지형기복 상태를 가시적으로 평가할 수 있으며, 등고선도와 3차원 투시도·지형의 3차원 표현과 조경설계 및 계획을 위한 입체적 표현 등 여러 분야에서 이용되어지고 있다.

본 연구에서는 수치 표고 모델을 이용하여 연구대상지역의 슬로프 벡터도를 구축하고자 먼저 수치 표고 모델로부터 유선벡터를 생성하였으며, 수치지형도로부터 불규칙 삼각망(TIN)을 구성한 후 각 모서리의 x, y, z 값을 추출하였다. 3차원 수치 표고 모델을 이용해 유역의 특성을 정의하고 유역경계를 추출하였다.

본 연구에 적용한 인터넷 GIS의 서버격인 Geomedia Web Map의 표현 능력이 아직은 3차원까지 발달하지 못하였으나 최근의 연구들에 비추어볼 때 가까운 장래에 실시간 3차원 유역모델 표현까지 가능할 것이다. 현재 유하선도나 불규칙삼각망은 데스크탑에

서 조회 및 활용이 가능하기에 다운로드 링크를 준비하였다.

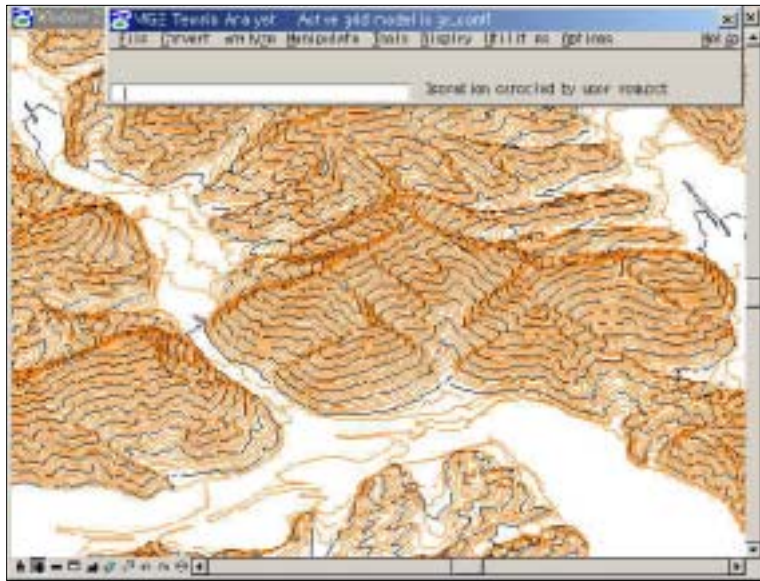


그림 3-7 등고선도 3차원

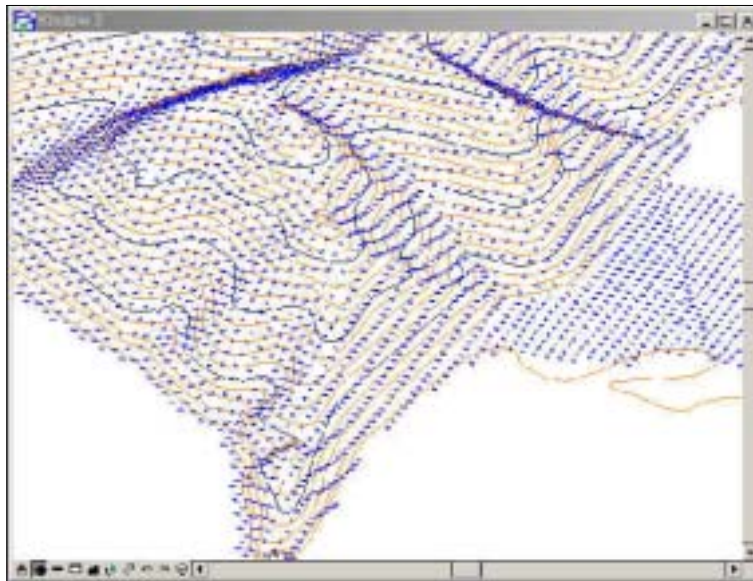


그림 3-8 슬로프벡터도

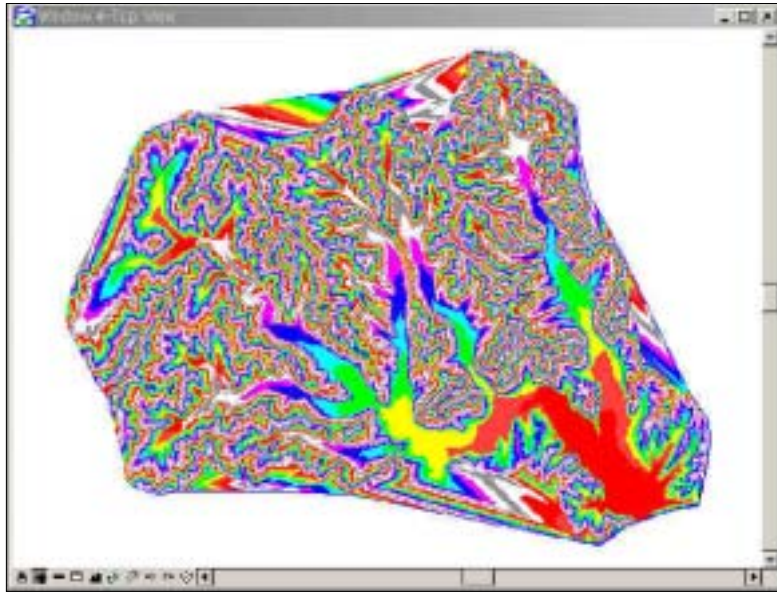


그림 3-9 경사분석도



그림 3-10 불규칙 삼각망 (TIN)

공공수역으로 오염물질이 유입되는 비점원 오염원에는 도시·농경지·산림·도로·나지·초지 등에서 유발된 물질이 주로 강우시 공공수역으로 유입되어 하상에 퇴적하거나 저수지로 유입되는 것을 주된 원인으로 볼 수 있다. 토지이용의 고도화로 비점오염 발생량이 급증하고 있으며, 토지의 불투수층 비율이 증가하면서 비점오염 배출은 증가하였다. 토지피복도는 원시데이터를 위성영상을 이용하여 생태학적 기준에 따라 분류체계를 정하고 그 기준에 따라 지형지물의 형태를 지도의 형태로 표현한 비점오염원 분포지도라고 할 수 있다.

본 연구에서는 호남농업시험장에서 제작된 수치토양도의 속성내역 중 토지이용 항목을 이용하여 분류하였으며, 토양도는 수치토양도의 속성을 그대로 이용하여 연구대상구역 기본도에 중첩하였다. 연구지역의 상당 부분은 산림으로 구성되어 있으며, 하천을 따라 주택가와 농경지가 분포되어 있다.

토지이용도 및 토양도는 유출모형의 분석에 사용이 가능하다. 유역의 정보를 추출하기 위해 수문모형을 사용하는데 분포형 수문모형은 특정한 유역의 공간자료들이 많이 필요하므로 GIS의 도입이 권장된다. 수문모형 설계 및 검증에 GIS의 분석기법중 하나인 GRID분석을 이용하여 유출모형의 매개변수인 CN(Curve Number)를 산정할 수 있다. CN은 유역의 수문학적 토양형, 토지이용, 처리상태 및 선행토양함수조건의 함수이며, 유역의 유출능력을 나타내는 무차원의 값으로 수문학적 지형의 유출모형 분석에 필요하다.

본 연구에서는 토지이용도와 토양도를 구축하고 그 속성정보를 조회할 수 있도록 하였으나, 향후 인터넷 GIS의 분석기법 향상으로 분석에 필요한 격자의 크기를 실시간으로 조정하면서 분석할 수 있을 것이다.

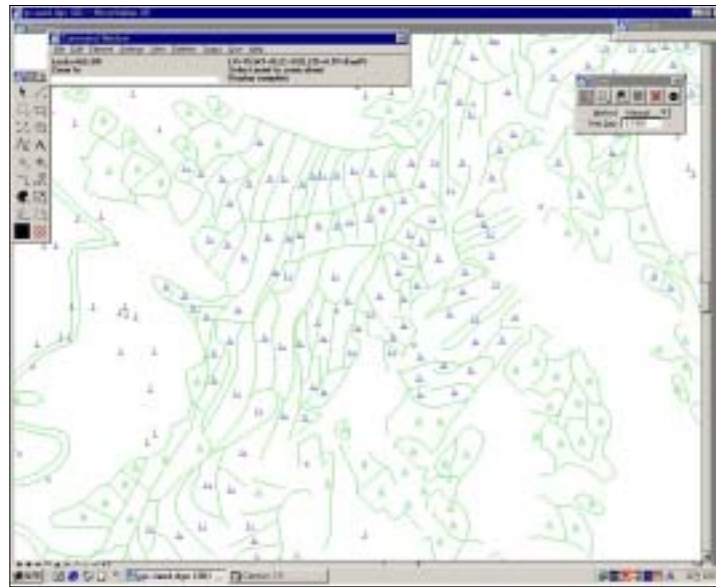


그림 3-11 토지이용도

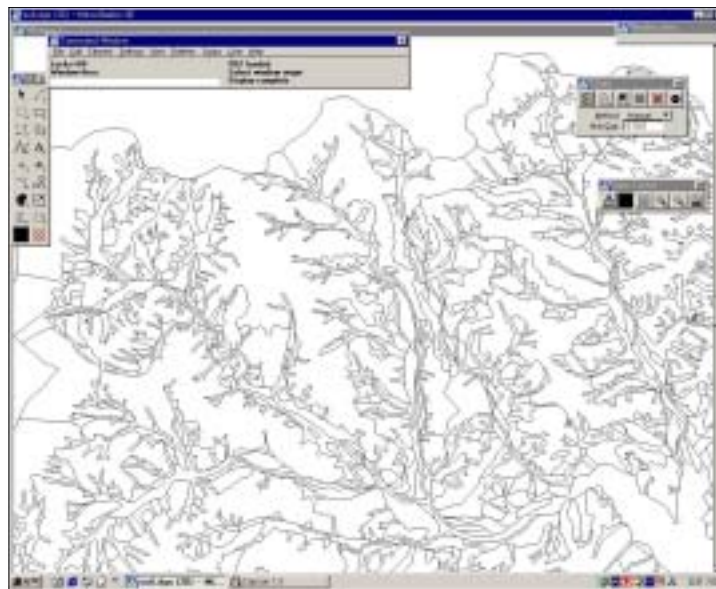


그림 3-12 토양도

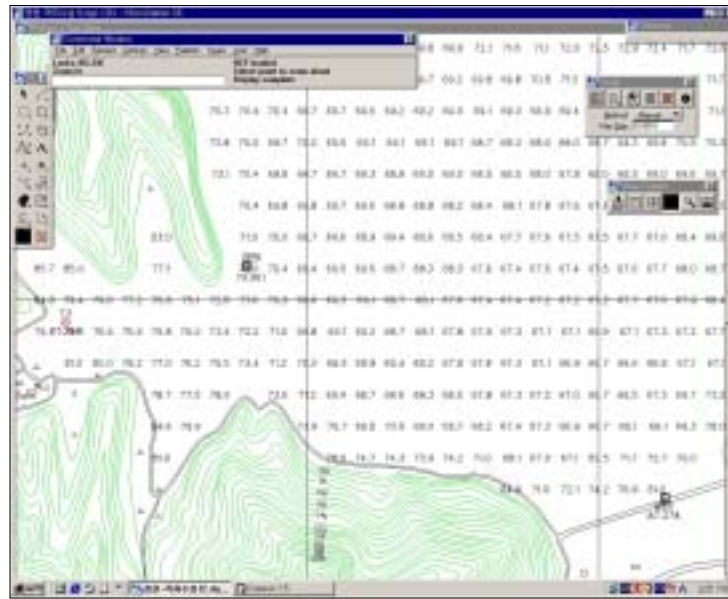


그림 3-13 저수지 수심분포도

제3절 각종 자료 수집 및 DB 구축

유역의 현황 및 각종 실측데이터, 오염원데이터를 관리하고, 수질예측 및 수질관리모형에 필요한 데이터를 공급해 주는데 그 목적이 있다. 저수지 수질관리 지리정보시스템 구축을 위한 관련자료의 확인을 위하여 대상범위를 결정하고, 문헌조사 및 현장방문 조사를 실시하였다. 현장조사시 농업기반공사 전북지부, 군산지사, 호남농업시험장 토양정보연구실, 완주군 경천면·화산면 사무소 등을 방문하여, 각 유관기관에서 정보시스템 구축에 필요한 기본 자료를 취득하였다. 자료의 확인을 위해 저수지가 위치한 전북 완주군 화산면과 경천면 일대의 수질관리 실태와 저수지로 유입되는 각 수로의 유량 및 수질을 측정하여 공간자료로 구축하고 이에 해당하는 수질분석 자료를 속성자료로 하여 데이터베이스를 구축하였다.

1. 조사시기 : 2002년 9월 ~ 2004년 6월

2. 조사내용

- 가. 농업기반공사에서 관리하는 경천저수지 및 관련 수리시설물 정보
- 나. 수질측정위치, 댐 위치 등
- 다. 배수구역에 산재한 오염원과 환경기초시설 현황
- 라. 수리·수문자료, 수질측정결과, 오염부하량산정, 수질관리기법 정보
- 마. 기타 사용자 정의 정보

3. 조사방법

- 가. 해당 수리시설물에 대하여 디지털카메라를 이용한 화상자료 작성
- 나. 카메라 이용 사진촬영
- 다. 관련기관 방문 : 농업기반공사 외 다수

4. 데이터베이스 구축

자료의 체계적인 수립을 위하여 데이터베이스별로 자료수집 계획을 정하고 연구 수행지구로 선정된 경천저수지 유역을 대상으로 자료를 수집하였다.

- 가. 기본계획, 자료수집 및 확인 : 자료 수집 대상 및 범위, 문헌조사, 관련기관 방문, 현장조사
- 나. 배수구역 데이터베이스 : 기본도, 하천망, 배수구역, 수질측정위치, 댐 위치 등
- 다. 오염원 데이터베이스
 - 배수구역별, 리·동 단위별 행정구역 점유율 및 면적
 - 수계별, 배수구역별 오염물질 발생·배출·유달부하량
 - 환경기초시설(하수종말, 분뇨종말, 폐수종말, 오수처리) 현황
 - 배수구역별, 리·동 단위별 자료관리체계 수립
 - 인구, 축산, 산업 등 오염원 현황 및 토지이용 현황

- 라. 수리·수문·기상자료 데이터베이스 : 수위, 강우량, 기온, 유량, 댐 방류량, 용수이용 현황
- 마. 수질 오염도 데이터베이스 : 수온, pH, BOD, DO, SS, T-N, T-P, 전기 전도도, 질산성질소, 암모니아질소 등을 아래 방법으로 조사
 - 수계현황, 수계특성조사, 상시 측정하고 있는 수질측정망 수질자료를 수집하여 데이터베이스 구축
 - 소유역별 오염원의 규모, 배출형태 및 배출부하량 등의 자료 수집, 오염발생 부하량, 지천으로의 배출부하량 및 본류로의 유입부하량을 오염원 종류별로 산정
 - 환경기초시설의 가동현황과 증설·설치계획을 파악하여 오염부하산정시 환경기초시설에 의한 삭감부하량을 산정
- 바. 기타 부속자료 : 관련도면, 사진, 스프레드쉬트

5. 데이터베이스 구축안

데이터베이스란 어느 특정조직의 업무에 필요한 데이터를 공동으로 사용할 목적으로 운영상 필요한 데이터를 완벽화, 비중복화, 구조화하여 컴퓨터 기억장치에 저장시킨 데이터의 집합을 의미한다.

가. 데이터베이스의 구성 요소

일반적으로 데이터베이스는 세 가지 구성요소인 데이터 셋, 지형지물 유일 식별자, 데이터 모델로 구성된다.

- 데이터 셋은 사용자로부터 요구되는 공통데이터, 참조데이터, 위치기준데이터라고 볼 수 있다.
- 지형지물 유일 식별자는 실세계의 의미를 부여할 수 있는 공간객체로 속성데이터 연결고리를 의미한다. 공간 데이터와 비공간 데이터의 연결 및 지형지물 참조에 사용된다.
- 데이터 모델은 데이터항목들의 연관관계 및 구조를 서술하거나 제약조건을 명

시하는 것으로 기하학적 데이터 모델 및 위상적 데이터 모델로 나눌 수 있다.

나. 공간 데이터베이스 구축절차

일반적으로 공간 데이터베이스는 실세계를 추상하여 수치화하고 오류수정 및 접합 등의 편집 및 구조화 절차를 거쳐 구축된다. 원시자료인 수치지형도로부터 필요한 지형지물 레이어를 추출·레이어 접합·기하 및 논리 오류 수정·구조화·유지관리의 단계를 거쳐 공간 데이터베이스를 구축하였다. 공간 데이터베이스 구축은 다음 5단계를 거쳐 이루어졌다.

- ① 작업준비 ; 작업계획서 작성, 자료 수집
- ② 자료입력 ; 수치지형도를 이용하여 입력
- ③ 정위치 편집 및 구조화 편집 ; 정위치편집, 화면검수, 구조화 편집
- ④ 검수 ; 논리오류 수정, 공간자료 수정 및 재편집
- ⑤ 데이터베이스 등록 ; 위상구조 생성, 공간자료와 속성자료 연계, 데이터베이스 등록

다. 속성 데이터베이스 구축절차

오염물질 처리방안 의사결정지원 시스템 개발과 관련하여 많은 테이블들이 복잡하게 구성될 수 있음을 예상하여 스키마 구축에 데이터 모델링 기법을 적용하였다. 개념적 설계에 있어서 개체관계모델(Entity-Relation Model)을 적용하고, 이를 관계형 데이터베이스로 변환하여 데이터베이스를 구축하였다. 한편, 오염원의 현황정보만을 취득하여 데이터베이스화하고 이를 보여주는 수준 이상의 기능뿐만 아니라 원격지에서 오염원 현황 정보를 입력할 수 있고 이를 통해 실시간으로 관리되는 수질정보를 사용자에게 제공할 수 있는 시스템으로 개발하였다. 또한 각 상황별 오염제거 목표량을 선정 후 현실적인 조건에 부합하는 최적의 해결방안을 제시할 수 있는 시스템이 되도록 하였다.

표 3-3 데이터베이스 구축 내용

구 분	주 요 내 용	
오염원 DB	인구	- 하수처리형태별(하수처리, 하수처리예정, 비하수처리 구역)
	산업	- 산업폐수, 공단폐수
	축산	- 규제대상 별(허가, 신고, 비규제)
	양식장	- 가두리, 유수식
	토지이용현황	- 토지이용현황 분석
	오염물질 부하량산정	- 오염물질 발생/배출부하량 산정
오염물질 처리시설 DB	생활하수 관련시설	- 오수정화조, 합병정화조, 단독정화조, 간이오수처리시설, 분뇨처리시설
	산업폐수 관련시설	- 산업단지, 농공단지
	축산폐수 관련시설	- 법적규제대상 (허가, 신고, 간이축산폐수 정화조설치 대상)
수질,수리,수문 DB	- 수위, 강우, 기상, 유량, 저수지, 토양, 용수이용현황(생활용수, 농업용수, 공업용수) - 취·정수장 현황	
의사결정지원 DB	주 오염원별 목표 삭감량, 처리방안	

제4장 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질예측시스템 개발

제1절 서론

농촌의 수질환경은 하수처리를 비롯한 환경기초시설의 투자가 도시지역에 비하여 너무 미흡하다. 농촌지역은 축산폐수, 산업폐수, 생활오수, 농경지로부터의 농약 및 비료 등 각종 오염원이 적절한 처리 없이 소하천의 유입으로 하천수질이 악화되고 있으며, 호소와 저수지는 각종 영양물질의 유입으로 부영양화가 진행되고 있다.

본 연구에서는 미국 환경부에서 개발하여 관리해오고 있는 WASP5의 부프로그램 중 일반 수질항목에 대한 모델인 EUTRO5와 WASP5 수질모델링 프로그램에서 input 파일 설계 및 실행을 위해 윈도우 95/96/NT tool인 WASP Builder을 이용하였다. WASP Builder를 이용하면 윈도우 화면으로 사용자가 원하는 그룹을 보다 쉽게 화면에 나타낼 수 있으므로 자료의 입력과 수정을 보다 쉽게 할 수 있다. 수질모델은 1992년의 자료를 이용하여 보정되었으며 2000년의 자료를 이용하여 검증되었다.

그리고 대상저수지유역의 장래의 수질관리를 위하여 WeBIS tool을 이용하여 의사결정시스템을 도입하였다.

제2절 대상 저수지 수질 데이터 수집 및 분석

1. 경천저수지 유역조사

가. 유역의 현황

1) 지형 및 지세

경천저수지는 1937년 12월 설치되었으며 북동측으로 탐정저수지 유역과 경계하고 있다. 유역은 화산면 전북 완주군 화산면 함박동(402m), 옥녀봉(410m), 까치봉(456m), 비봉면의 수봉산(426m) 등으로 둘러싸인 내륙 산간지역이며 집수구역인 완주군 화산면 일대를 집수구역으로 하고, 운주면 구제리와 경천면 일대를 간접유역으로 하고 있다.

유역의 표고는 최고 456m에서 최저 100m로, 비교적 경사가 급한 지역으로써 강우시 유출율은 평균 70% 정도이다. 전주·익산·군산지역의 상수원과 공업용수원으로도 활용되고 있다.



그림 4-1 경천저수지 유역도

2) 유입하천현황

경천저수지는 화산면 운산리 돛박골에서 발원하는 화평천을 주유입하천으로 하고 있으며, 저수지는 만경강의 제1지천인 고산천의 최상류를 형성한다. 직접유역의 수계는 크게 운산리에서 유입되는 유로연장 11km의 화평천을 주유입하천으로 하고있으며, 저수지의 우측 상류의 유로연장 7.8km의 송치곡천이 유입된다. 화평천은 대치천·석학천·수락천 등 3개의 지천을 가지며, 유역 내에 큰 오염원이 없고 산악지역이기 때문에 하천수질은 청정수질을 유지하고 있다.

또한 간접유역의 수계는 남당산(445m) 및 시류봉(427m)에서 발원하여 운주면 구계리를 거쳐 경천저수지 제방 하류의 고산천으로 합류되는 구룡천의 상류로써 18km지점에 위치한 용복보에서 취수되어 용복취입수로를 통해 경천저수지로 도수(원수수송)된다. 경천저

수지의 유역도는 <그림 4-1>에 나타내었다.

3) 수자원현황

경천저수지의 유출수는 고산천으로 유하하여 어우보에서 도수되어 제1도수로로 취입된다. 동상면의 대아저수지 유출수 역시 고산천으로 유하하여 어우보에서 도수되어 전북 군산 지역까지 공급된다. 어우보 상류로 큰 보를 비롯한 9개의 보와 새보용수로와 신와룡보 용수호가 설치되어 관개지역내 용수를 공급하고 있다. 경천저수지와 대아·동상저수지의 물은 어우보에서 취수되어 제1도수로를 통해 전주, 완주, 익산, 군산 지역의 농업용수로 공급된다. 목적 외로 익산시와 군산시 일대의 상수원수, 전주공단의 공업용수 등으로 공급되고 있다.

4) 수문및 기상현황

유역의 년평균 기상개황(1995-2003)은 <표 4-1>과 같다.

표 4-1 경천저수지 유역의 기상개황

년 도	평균기온(℃)	*강수량(mm)	상대습도(%)	일조시간(hr)	평균풍속(m/s)
1995	12.78	1,150	71.87	2,350	1.29
1996	12.68	1,194	74.33	2,177	1.22
1997	13.44	1,593	73.41	2,162	1.13
1998	14.59	1,677	72.04	1,881	1.80
1999	13.84	1,085	70.59	2,197	1.76
2000	13.56	1,441	66.58	2,039	1.64
2001	13.90	830	65.56	2,135	1.69
2002	13.66	1,389	66.82	1,888	1.98
2003	13.40	1,992	68.83	1,731	1.83
평균	13.53	1,372	70.00	2,062	1.59

※ 기상자료 : 전주기상청

※ 강수량자료 : 익산 농업진흥공사 자료

이 지역의 1995~2003년의 년 평균 기온은 13.54℃로 온화하다. 년평균 강우량은 1,372mm 정도로서 우리나라의 년 평균 강우량인 1,270mm보다 많은 편이며, 년 강우량의 60%가 6~9월에 편중되어 있다. 평균상대습도는 70%, 평균풍속은 1.59m/s, 일조시간은 2,062hr이다. <그림 4-2>와 <그림 4-3>은 2000~2003년 일별 지역의 기온과 강우량 변화이다.

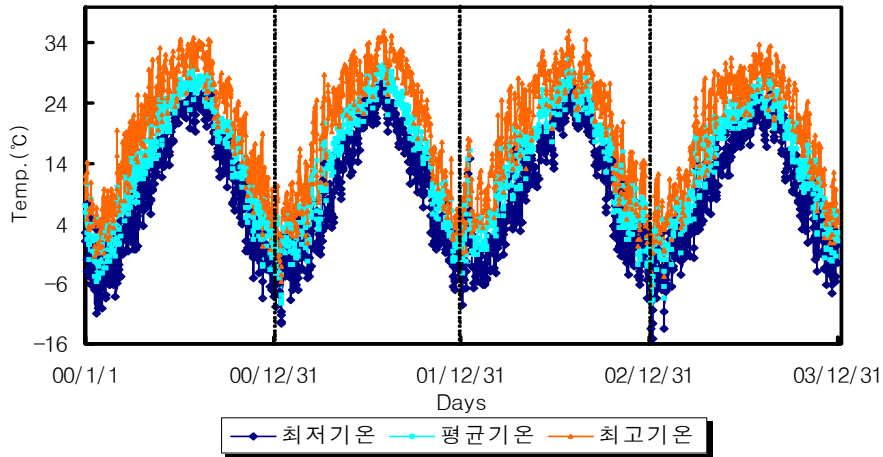


그림 4-2 경천저수지지역의 기온변화(2000~2003년)

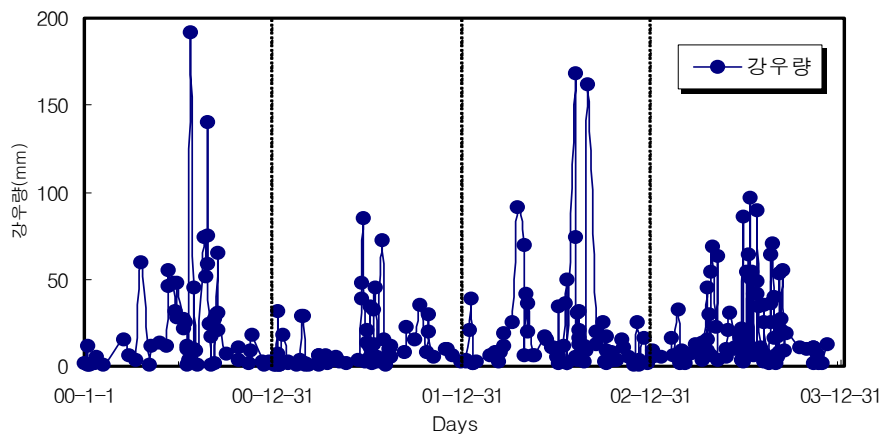


그림 4-3 경천저수지지역의 강우량(2000~2003년)

<그림 4-4>에 경천저수지의 최근 4년간(2000~2003년) 수위를 나타내었다.

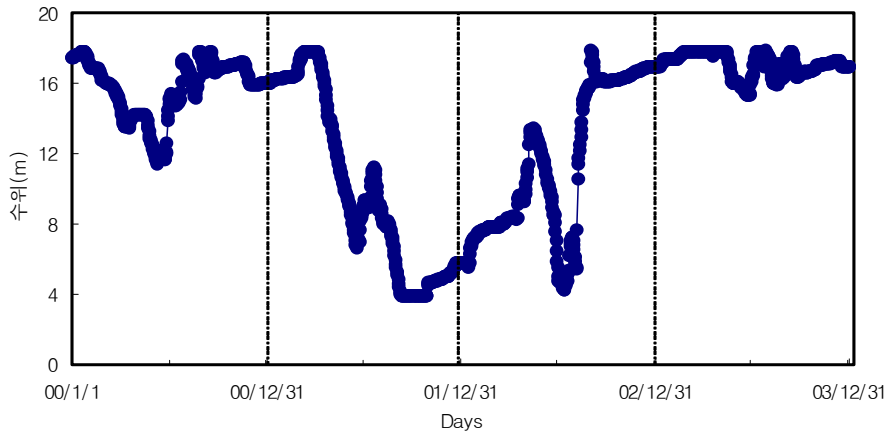


그림 4-4 경천저수지 수위변화(2000~2003년)

<그림 4-5>와 <4-6>에 경천저수지의 최근 4년간(2000~2003년) 저수지 유입량과 유출량을 나타내었다.

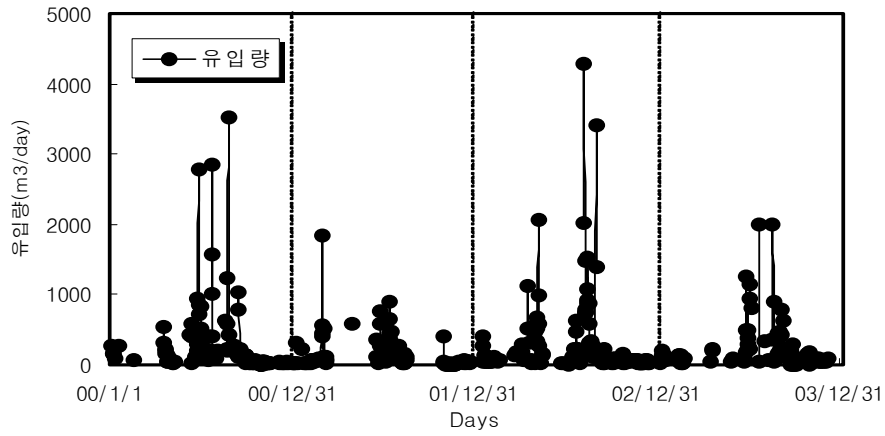


그림 4-5 경천저수지 유입량(2000~2003년)

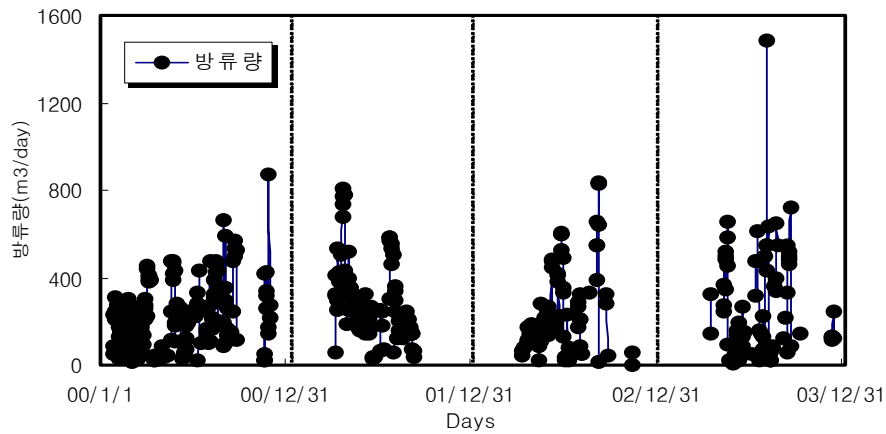


그림 4-6 경천저수지 방류량(2000~2003년)

나. 오염원 조사

1) 오염원 현황

배수구역내에서 발생하는 오염물질은 하천 및 토양 등을 통하여 수계로 유입되면 유입된 오염물질은 호소 또는 하천에서 수중 미생물에 의하여 분해되어 용존산소의 고갈, 악취발생 및 부영양화 등의 원인이 되어 수중생태계를 파괴하며 유용한 수자원으로서의 가치를 저하시키게 된다. 호소 또는 하천의 수환경에 영향을 미칠 수 있는 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있다. 점오염원은 일정한 배출경로를 갖고 있는 오염원으로 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등을 말한다. 비점오염원은 불특정 배출경로를 갖는 오염원으로서 야적장, 농경지, 도시 노면배수 등이 이에 해당되며, 점오염원에 비해 넓은 면적에 걸쳐서 발생되므로 오염물질의 통제가 어렵다는 특징이 있다.

2) 인구현황

인구현황은 각 면에서 조사된 통계연보를 기준으로 각 배수구역에 해당하는 인구를 리 단위까지 구분하여 인구를 조사하였다. 본 경천저수지의 배수구역에 해당되는 인구를 다음 <표 4-2>에 나타내었다.

표 4-2 배수구역별 인구현황

배수구역	행정구역		인구
W-1	화산면	승치리	249
W-2	화산면	운곡리	340
		춘산리	256
		운산리	290
		우월리	193
		화월리	638
		화평리	482
	비봉면	대치리	124
W-3	화산면	운계리	54
		성북리	149
W-4	운주면	구계리	185
	경천면	용복리	326
		가천리	426

3) 인구전망

1992년부터 2002년까지의 통계연보를 근거로 수학적 방법을 이용하여 <표 4-3>과 같이 장래인구를 추정하였으며, 수학적 방법은 <표 4-4>와 같다. 면 단위로 수집된 과거 10년간의 자료를 이용하여 장래인구를 추정하였으며, 면에 소속된 모든 리는 같은 경향을 따르는 것으로 가정하였다. 이러한 수학적 방법 중 지수법에 의한 추정식이 다른 식에 비해 상관계수가 높은 것으로 <표 4-5>에 나타내었다.

표 4-3 배수구역별 장래인구

배수구역	행정구역		2010	2015	2020
W-1	화산면	승치리	167	136	111
W-2	화산면	운곡리	228	186	152
		춘산리	171	140	114
		운산리	194	159	129
		우월리	129	105	86
		화월리	407	332	271
		화평리	340	278	227
	비봉면	대치리	98	81	66
W-3	화산면	운계리	42	34	28
		성북리	104	85	70
W-4	운주면	구계리	141	110	86
	경천면	용복리	208	162	126
		가천리	270	211	164

표 4-4 수학적 방법론에 의한 인구 추정 공식

공식명	내용
<p>등차급수법 (Arithmetical progression)</p>	<p>$P_n = P_o + na$ P_n: 현재로부터 n년후의 추정오염원 P_o: 현재의 오염원 n: 계획기간(year) a: 연평균 오염원증가수 = $\frac{P_o - P_t}{t}$ P_t: 현재로부터 t년전의 오염원</p>
<p>등비급수법 (Geometrical progression)</p>	<p>$P_n = P_o(1+r)^n$ r: 연평균 오염원증가율 = $(P_o - P_t)^{1/t} - 1$</p>
<p>최소자승법 (Methods of least squares)</p>	<p>$Y = aX + b$ $a = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$ $b = \frac{n \sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$ X: 기준년으로부터 경과년수 Y: 추정오염원</p>
<p>지수법칙 (Exponential method)</p>	<p>$Y = a \cdot e^{\beta X}$ X: 기준년으로부터 경과년수 Y: 추정오염원 a, β: 계수</p>
<p>대수법칙 (Logarithmic method)</p>	<p>$Y = a \cdot \ln(X) + \beta$ X: 기준년으로부터 경과년수 Y: 추정오염원 a, β: 계수</p>

표 4-5 행정구역별 인구추정을 위한 계수

행정구역(면)	α	β	R ² (결정 계수)	인구추정식
화산면	5291.3	-0.0406	0.9809	$Y = \alpha \cdot e^{\beta X}$ X: 기준년으로부터 경과년수 Y: 추정오염원 α, β : 계수
비봉면	3659	-0.0884	0.9665	
운주면	4115.1	-0.0497	0.9873	
경천면	2049.1	-0.0459	0.9854	

4) 가축현황

본 연구의 가축현황은 각 면의 2002년 자료를 사용하여 배수구역별 한우, 젓소, 돼지, 가금 등으로 구분하여 조사하였으며, 가축사육현황은 여러 원인으로 인해 변화가 많은 것으로 조사되었다. 배수구역별 가축현황을 다음 <표 4-6>에 나타내었다.

배수구역내 가축현황을 살펴보면, 한우의 사육두수는 5,972 마리, 닭은 319,000 마리, 돼지는 1,140 마리로 조사되었고, 전 배수구역에서 닭이 가장 많이 사육되는 것으로 나타났다. 또한 배수구역 2에서 가축사육두수가 가장 많은 것으로 조사되었고, 이 구역에서의 한우 사육두수는 4,680 마리, 닭은 200,000 마리로 조사되었다.

표 4-6 배수구역별 가축 현황

배수구역	행정구역		한우	젓소	닭	돼지
W-1	화산면	승치리	918	0	58,000	1,140
W-2	화산면	운곡리	1,250	0	0	0
		춘산리	419	0	30,000	0
		운산리	349	0	70,000	0
		우월리	689	0	0	0
		화월리	1,161	0	100,000	0
		화평리	747	0	0	0
	비봉면	대치리	65	0	0	0
W-3	화산면	운제리	19	0	0	0
		성북리	329	0	60,000	0
W-4	운주면	구제리	1	0	1,000	0
	경천면	용복리	8	0	0	0
		가천리	17	0	0	0

5) 가축전망

가축전망에 대한 자료는 1992년부터 2002년까지의 통계연보를 근거로 수학적 방법을 이용하였고, 면 단위로 수집된 과거 10년간의 자료를 이용하여 장래 축산을 추정하였고 이를 <표 4-7~4-9>에 나타내었다.

표 4-7 2010년 가축사육 전망

배수구역	행정구역		한우	젓소	닭	돼지
W-1	화산면	승치리	1,440	0	104,357	1,881
W-2	화산면	운곡리	1,735	0	0	0
		춘산리	641	0	54,000	0
		운산리	539	0	126,000	0
		우월리	1,022	0	0	0
		화월리	1,859	0	179,897	0
	화평리	1,016	0	35,979	0	
	비봉면	대치리	65	0	0	0
W-3	화산면	운제리	36	0	0	0
		성북리	563	0	108,000	0
W-4	운주면	구제리	1	0	1,000	0
	경천면	용복리	8	0	0	0
		가천리	17	0	0	0

표 4-8 2015년 가축사육전망

배수구역	행정구역		한우	젓소	닭	돼지
W-1	화산면	승치리	1,766	0	133,330	2,401
W-2	화산면	운곡리	2,039	0	0	0
		춘산리	775	0	69,000	0
		운산리	658	0	161,000	0
		우월리	1,249	0	0	0
		화월리	2,257	0	229,832	0
	화평리	1,196	0	45,966	0	
	비봉면	대치리	65	0	0	0
W-3	화산면	운제리	46	0	0	0
		성북리	708	0	138,000	0
W-4	운주면	구제리	1	0	1,000	0
	경천면	용복리	8	0	0	0
		가천리	17	0	0	0

표 4-9 2020년 가축사육전망

배수구역	행정구역		한우	젓소	닭	돼지
W-1	화산면	승치리	2,092	0	162,303	2,920
W-2	화산면	운곡리	2,343	0	0	0
		춘산리	909	0	84,000	0
		운산리	778	0	196,000	0
		우월리	1,475	0	0	0
		화월리	2,655	0	279,768	0
		화평리	1,377	0	55,953	0
	비봉면	대치리	65	0	0	0
W-3	화산면	운제리	55	0	0	0
		성북리	854	0	168,000	0
W-4	운주면	구제리	1	0	1,000	0
	경천면	용복리	8	0	0	0
		가천리	17	0	0	0

6) 토지이용현황

경천저수지의 유역은 전형적인 산간지역으로 임야가 대부분을 차지하고 있으며, 크게 직접유역으로 비봉면 대치리와 화산면 일대이며, 간접유역으로는 운주면 구제리와 경천면 가천리와 용복리가 포함된다. 직접유역은 하천을 따라 좌안과 우안에 걸쳐 경작지가 소폭으로 형성되어 있으며, 간접유역은 직접유역보다 경작지의 비율이 높다.

경천저수지 유역의 토지현황을 전, 답, 임야, 대지로 구분하여 조사하였으며, 배수구역별 토지현황을 다음 <표 4-10>에 나타내었다. 배수구역내 토지현황을 살펴보면, 전 5.036km², 답 6.981km², 임야 46.875km², 대지 0.549km²로 임야가 차지하는 비율이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 배수구역 2에서의 토지현황을 보면 전 2.241km², 답 4.704km², 임야 31.047km², 대지 0.459km²로 나타났다.

표 4-10 배수구역별 토지현황

배수구역	행정구역		전(km ²)	답(km ²)	임야(km ²)	대지(km ²)
W-1	화산면	승치리	0.532	0.641	10.517	0.062
W-2	화산면	운곡리	0.402	0.781	7.079	0.085
		춘산리	0.445	0.522	6.177	0.054
		운산리	0.346	0.775	6.895	0.067
		우월리	0.245	0.423	3.557	0.045
		화월리	0.337	1.104	4.570	0.100
	화평리	0.146	0.479	2.119	0.077	
	비봉면	대치리	0.320	0.620	0.650	0.032
W-3	화산면	운제리	0.082	0.057	1.612	0.010
		성북리	0.252	0.384	3.699	0.017
W-4	운주면	구제리	0.450	0.240	0.000	0.000
	경천면	용복리	0.668	0.514	0.000	0.000
		가천리	0.811	0.442	0.000	0.000

7) 토지이용전망

토지이용 현황의 변화는 여러 가지 인문·사회적 여건 등에 의해 변화하므로 정확한 장래예측은 어려우나, 본 연구에서는 장래의 토지이용전망에 대해서 면단위의 토지이용 현황을 조사한 결과, 토지이용전망으로는 현재의 면적이 그대로 유지되는 것으로 가정하였다.

다. 오염 부하량

오염원 부하량을 산출하기 위하여 유역별로 구분하여, 저수지의 수질에 영향을 끼치는 주 오염원인 인구, 가축, 가두리 양식장 현황과 토지 이용 현황 등을 문헌조사와 통계자료 및 실측자료를 통하여 원단위에 따른 발생 부하량을 구하였다. 유역에서 오염발생부하량을 산출하기 위해서는 오염원별로의 실측자료를 이용하는 것이 원칙이나 본 연구에서는 환경부 고시 제 1999-143호에 준하여 부하량을 산정하였다. 또한 저수지 내로 유입되는 하천의 유달 부하량을 산정하기 위하여, 문헌조사와 하천에서 직접 수질 및 유량을 측정하였다.

1) 발생 부하량

가) 인구

일반적으로 인간의 가정생활을 통해 발생하는 하수를 생활하수라 하며, 이러한 인간 활동에 의한 발생량에 인구에 의한 발생원단위를 적용하여 산정한 발생 부하량은 <표 4-11>과 같다.

표 4-11 인구기준 발생원단위

단위 : g/인·일

구 분		BOD	총질소(TN)	총인(TP)
시 가 화	가정	50	10.5	1.2
	영업	26	8.0	0.7
비시가화	가정	49	13.2	1.5
	영업	26	8.0	0.7

경천저수지 유역의 인구에 의한 BOD 발생부하량은 179.487kg/d, TN은 48.352kg/d, TP 5.495kg/d으로 나타났고, 배수구역 2유역에서 BOD발생부하량은 111.867kg/d, TN은 30.136kg/d, TP는 3.425kg/d로 <표 4-12>에 나타내었다.

표 4-12 인구에 의한 발생부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	11.760	3.168	0.360
W-2	화산면	운곡리	16.611	4.475	0.509
		춘산리	12.250	3.300	0.375
		운산리	12.985	3.498	0.398
		우월리	9.065	2.442	0.278
		화월리	31.262	8.422	0.957
	화평리	23.618	6.362	0.723	
	비봉면	대치리	6.076	1.637	0.186
W-3	화산면	운제리	2.646	0.713	0.081
		성북리	7.301	1.967	0.224
W-4	운주면	구제리	9.065	2.442	0.278
	경천면	용북리	15.974	4.303	0.489
		가천리	20.874	5.623	0.639

나) 축산

축산분뇨의 발생원단위를 <표 4-13>에 나타내었다.

표 4-13 축산분뇨 발생원단위

단위 : g/두/일

항목	구분	젓소	한우	말	돼지	양	사슴	가금
BOD	합계	556	528	259	109	17	17	5
	분	516	485	241	96	12	12	5
	뇨	40	43	18	13	5	5	0
TN	합계	161.8	116.8	77.6	27.7	9.5	9.5	1.1
	분	115.6	80.8	53.6	16.0	2.6	2.6	1.1
	뇨	46.2	36.0	24.0	11.7	6.9	6.9	0.0
TP	합계	56.6	36.1	24.0	12.2	1.4	1.4	0.4
	분	54.1	34.3	22.8	11.2	1.1	1.1	0.4
	뇨	2.5	1.8	1.2	1.0	0.3	0.3	0.0

다음 <표 4-14>는 배수구역별 BOD, TN, TP의 발생부하량을 나타낸 것이다. 경천저수지 유역의 축산에 의한 BOD발생부하량은 4972.476kg/d, TN은 1102.008kg/d, TP는 365.079kg/d로 나타났다. 배수구역 2의 BOD발생부하량은 3571.040kg/d, TN은 7896.624kg/d, TP는 256.948kg/d로 나타났다.

표 4-14 배수구역별 축산에 의한 발생부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	898.964	202.600	70.248
W-2	화산면	운곡리	660.000	146.000	45.125
		춘산리	371.232	81.939	27.126
		운산리	534.272	117.763	40.599
		우월리	363.792	80.475	24.873
		화월리	1113.008	245.605	81.912
		화평리	494.416	109.250	34.967
W-3	화산면	대치리	34.320	7.592	2.347
		운제리	10.032	2.219	0.686
		성북리	473.712	104.427	35.877
W-4	운주면	구제리	5.528	1.217	0.436
	경천면	용복리	4.224	0.934	0.289
		가천리	8.976	1.986	0.614

다) 토지에 의한 발생부하량

<표 4-15>는 토지에 의한 발생부하량 원단위를 나타내었다.

표 4-15 토지에 의한 발생부하량 원단위

단위 : kg/km² · 일

구분	BOD	T-N	T-P	비고
논	2.3	6.56	0.61	
밭	1.6	9.44	0.24	
임야	0.96	2.20	0.14	
대지	85.9	13.69	2.10	
기타	35.1	1.72	1.72	

원단위에 의해 계산된 경천저수지유역의 토지에 의한 발생부하량은 <표 4-16>과 같다.

표 4-16 배수구역별 토지에 의한 발생부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	18.116	33.524	2.081
W-2	화산면	운곡리	16.553	26.741	1.602
		춘산리	12.649	22.173	1.374
		운산리	14.711	25.673	1.503
		우월리	8.637	14.038	0.843
		화월리	15.711	24.056	1.321
		화평리	9.795	11.196	0.662
		비봉면	대치리	5.127	9.820
W-3	화산면	운제리	2.724	4.750	0.310
		성북리	6.389	13.657	0.801
W-4	운주면	구제리	1.419	5.218	0.332
	경천면	용복리	2.359	9.234	0.531
		가천리	2.573	9.493	0.601

경천저수지 유역의 토지에 의한 BOD 발생부하량은 116.761kg/d, TN 209.572kg/d, TP 12.462 kg/d로 나타났고, 배수구역 2에서의 오염원 발생부하량은 BOD 83.182kg/d, TN 133.697kg/d, TP 7.807kg/d로 나타났다.

라) 발생부하량 총괄

경천저수지유역에서의 오염원별 1일 발생부하량을 구하였다. 인구에 의한 BOD는 179.487kg/d, 축산에 의한 BOD는 4972.476kg/d, 토지에 의한 BOD는 116.761kg/d로 나타났고, 축산에 의한 BOD 발생부하가 큰 것으로 <표 4-17>과 같이 조사되었다.

표 4-17 오염원별 BOD발생부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	승치리	11.760	898.964	18.116
W-2	화산면	운곡리	16.611	660.000	16.553
		춘산리	12.250	371.232	12.649
		운산리	12.985	534.272	14.711
		우월리	9.065	363.792	8.637
		화월리	31.262	1113.008	15.711
	화평리	23.618	494.416	9.795	
	비봉면	대치리	6.076	34.320	5.127
W-3	화산면	운제리	2.646	10.032	2.724
		성북리	7.301	473.712	6.389
W-4	운주면	구제리	9.065	5.528	1.419
	경천면	용복리	15.974	4.224	2.359
		가천리	20.874	8.976	2.573

경천저수지유역에서의 오염원별 TN의 1일 발생량을 구하였다. 인구에 의한 TN는 48.351kg/d, 축산에 의한 TN는 1102.008kg/d, 토지에 의한 TN 발생 부하량은 209.572kg/d로 나타났고, 축산에 의한 TN 발생부하가 큰 것으로 <표 4-18>에 나타내었다.

표 4-18 오염원별 TN 발생부하량

배수구역	행정구역		TN(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	송치리	3.168	202.600	33.524
W-2	화산면	운곡리	4.475	146.000	26.741
		춘산리	3.300	81.939	22.173
		운산리	3.498	117.763	25.673
		우월리	2.442	80.475	14.038
		화월리	8.422	245.605	24.056
	화평리	6.362	109.250	11.196	
	비봉면	대치리	1.637	7.592	9.820
W-3	화산면	운제리	0.713	2.219	4.750
		성북리	1.967	104.427	13.657
W-4	운주면	구제리	2.442	1.217	5.218
	경천면	용복리	4.303	0.934	9.234
		가천리	5.623	1.986	9.493

오염원별 TP발생부하량을 보면 인구에 의한 부하량은 5.495kg/d, 축산에 의한 것으로는 365.097kg/d, 토지에 의한 것으로는 12.462kg/d로 나타났으며, 축산에 의한 TP 발생 부하량 가장 큰 것으로 <표 4-19>와 같다.

표 4-19 오염원별 TP 발생부하량

배수구역	행정구역		TP(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	송치리	0.360	70.248	2.081
W-2	화산면	운곡리	0.509	45.125	1.602
		춘산리	0.375	27.126	1.374
		운산리	0.398	40.599	1.503
		우월리	0.278	24.873	0.843
		화월리	0.957	81.912	1.321
	화평리	0.723	34.967	0.662	
	비봉면	대치리	0.186	2.347	0.502
W-3	화산면	운제리	0.081	0.686	0.310
		성북리	0.224	35.877	0.801
W-4	운주면	구제리	0.278	0.436	0.332
	경천면	용복리	0.489	0.289	0.531
		가천리	0.639	0.614	0.601

2) 배출 부하량

가) 인구

경천저수지 유역의 배출 부하량을 <표 4-20>에 나타내었다. 경천저수지 유역의 인구에 의한 BOD 배출부하량은 116.667kg/d, TN은 8.703kg/d, TP 2.198kg/d로 나타났으며, 배수구역 2유역에서 BOD 배출부하량은 72.714kg/d, TN은 5.424kg/d, TP는 1.370kg/d로 나타났다.

표 4-20 배수구역별 인구에 의한 배출부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	7.644	0.570	0.144
W-2	화산면	운곡리	10.797	0.805	0.203
		춘산리	7.963	0.594	0.150
		운산리	8.440	0.630	0.159
		우월리	5.892	0.440	0.111
		화월리	20.320	1.516	0.383
	화평리	15.352	1.145	0.289	
	비봉면	대치리	3.949	0.295	0.074
W-3	화산면	운제리	1.720	0.128	0.032
		성북리	4.746	0.354	0.089
W-4	운주면	구제리	5.892	0.440	0.111
	경천면	용복리	10.383	0.775	0.196
		가천리	13.568	1.012	0.256

나) 축산

다음 <표 4-21>는 축산에 의한 배수구역별 BOD, TN, TP의 배출부하량을 나타낸 것이다. 축산에 의한 배출부하는 축산분뇨자원화시설로 퇴비화로 처리되고 있었으며, 이것을 고려하여 산정한 경천저수지 유역의 축산에 의한 BOD 배출부하량은 56.698kg/d, TN은 10.577kg/d, TP는 4.255kg/d로 나타났다. 배수구역 2의 BOD 배출부하량은 40.719kg/d, TN은 7.518kg/d, TP는 3.007kg/d로 나타났다.

표 4-21 배수구역별 축산에 의한 배출부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	10.012	1.861	0.791
W-2	화산면	운곡리	7.203	1.200	0.509
		춘산리	4.289	0.815	0.321
		운산리	6.386	1.298	0.492
		우월리	3.970	0.661	0.281
		화월리	12.940	2.490	0.973
		화평리	5.555	0.992	0.404
	비봉면	대치리	0.375	0.062	0.026
W-3	화산면	운제리	0.109	0.018	0.008
		성북리	5.646	1.141	0.434
W-4	운주면	구제리	0.068	0.015	0.005
	경천면	용복리	0.046	0.008	0.003
		가천리	0.098	0.016	0.007

다) 토지

다음 <표 4-22>는 배수구역별 토지에 의한 배출부하량을 나타내었다. 경천저수지 유역의 토지에 의한 BOD 배출부하량은 29.190kg/d, TN 52.393kg/d, TP 3.116kg/d로 나타났고, 배수구역 2에서의 오염원 발생부하량은 BOD 20.795kg/d, TN 33.424kg/d, TP 1.952kg/d로 나타났다.

표 4-22 배수구역별 토지에 의한 배출부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)	TN(kg/d)	TP(kg/d)
W-1	화산면	승치리	4.529	8.381	0.520
W-2	화산면	운곡리	4.138	6.685	0.400
		춘산리	3.162	5.543	0.344
		운산리	3.678	6.418	0.376
		우월리	2.159	3.510	0.211
		화월리	3.928	6.014	0.330
		화평리	2.449	2.799	0.165
	비봉면	대치리	1.282	2.455	0.126
W-3	화산면	운제리	0.681	1.188	0.077
		성북리	1.597	3.414	0.200
W-4	운주면	구제리	0.355	1.304	0.083
	경천면	용복리	0.590	2.309	0.133
		가천리	0.643	2.373	0.150

라) 오염원별 배출부하량 총괄

경천저수지유역의 인구에 의한 BOD 배출부하량은 116.667kg/d, 축산에 의한 BOD 배출부하량은 56.698kg/d, 토지에 의한 BOD 배출부하량은 29.190kg/d로 <표 4-23>에 나타내었다.

표 4-23 오염원별 BOD 배출부하량

배수구역	행정구역		BOD(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	승치리	7.644	10.012	4.529
W-2	화산면	운곡리	10.797	7.203	4.138
		춘산리	7.963	4.289	3.162
		운산리	8.440	6.386	3.678
		우월리	5.892	3.970	2.159
		화월리	20.320	12.940	3.928
		화평리	15.352	5.555	2.449
	비봉면	대치리	3.949	0.375	1.282
W-3	화산면	운제리	1.720	0.109	0.681
		성북리	4.746	5.646	1.597
W-4	운주면	구제리	5.892	0.068	0.355
	경천면	용북리	10.383	0.046	0.590
		가천리	13.568	0.098	0.643

경천저수지유역의 인구에 의한 TN 배출부하량은 8.703kg/d, 축산에 의한 TN 배출부하량은 10.577kg/d, 토지에 의한 TN 배출부하량은 52.393kg/d로 <표 4-24>에 나타내었다.

표 4-24 오염원별 TN배출부하량

배수구역	행정구역		TN(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	승치리	0.570	1.861	8.381
W-2	화산면	운곡리	0.805	1.200	6.685
		춘산리	0.594	0.815	5.543
		운산리	0.630	1.298	6.418
		우월리	0.440	0.661	3.510
		화월리	1.516	2.490	6.014
	화평리	1.145	0.992	2.799	
	비봉면	대치리	0.295	0.062	2.455
W-3	화산면	운제리	0.128	0.018	1.188
		성북리	0.354	1.141	3.414
W-4	운주면	구제리	0.440	0.015	1.304
	경천면	용복리	0.775	0.008	2.309
		가천리	1.012	0.016	2.373

경천 저수지 유역의 인구에 의한 TP 배출부하량은 2.198kg/d, 축산에 의한 TP 배출부하량은 4.255kg/d, 토지에 의한 TP 배출부하량은 3.116kg/d로 <표 4-25>에 나타내었다.

표 4-25 오염원별 TP배출부하량

배수구역	행정구역		TP(kg/d)		
			인구	축산	토지
W-1	화산면	승치리	0.144	0.791	0.520
W-2	화산면	운곡리	0.203	0.509	0.400
		춘산리	0.150	0.321	0.344
		운산리	0.159	0.492	0.376
		우월리	0.111	0.281	0.211
		화월리	0.383	0.973	0.330
	화평리	0.289	0.404	0.165	
	비봉면	대치리	0.074	0.026	0.126
W-3	화산면	운제리	0.032	0.008	0.077
		성북리	0.089	0.434	0.200
W-4	운주면	구제리	0.111	0.005	0.083
	경천면	용복리	0.196	0.003	0.133
		가천리	0.256	0.007	0.150

2. 저수지 시설제원

경천저수지의 시설제원은 다음 <표 4-26>과 같다.

표 4-26 경천저수지의 시설제원

구분		경천저수지	단위
만수면적		319	ha
저수량		25,346	천 m ³
관계면적		7,738	ha
유역면적	직접유역	6,400	ha
	간접유역	3,365	ha
계획수위		17.75	m
제당구조	제당고(높이)	22.72	m
	제당길이(연장)	290	m
설치년도		1937. 12	
관리주체		농업기반공사	

3. 경천저수지 수질분석

2002년도 경천저수지의 수질조사 결과를 <표 4-27> 및 <그림 4-7~4-12>에서 보면, pH의 범위는 6.3~8.4로 1월을 제외하고 대체적으로 농업용수허용기준치를 만족하였고, DO는 7.4mg/ℓ 이상으로 아주 양호하였다.

유기물농도를 평균 COD로 나타내면 경천지1과 경천지2의 평균 COD는 각각 6.9mg/ℓ 과 6.5mg/ℓ 이다. 호소수질환경기준상 상수원수 1급수는 COD 1mg/ℓ 이하, 상수원수 2급수는 COD 3mg/ℓ 이하, 상수원수 3급수는 COD 6mg/ℓ 이하로 규정하고 있는데 경천저수지 경우 COD 농도로만 판단할 경우 상수원수 4급수에 해당한다고 볼 수 있다.

경천저수지의 Chl-a의 농도범위는 0.3~170.5μg/ℓ 로 평균 22.7μg/ℓ 를 나타내고 있는데, 미국 EPA는 Chl-a의 농도가 3~7μg/ℓ 이상이면 호소의 영양상태를 중영양, 7~40μg/ℓ 이면

부영양이라고 규정하고 있다. 그러므로 경천저수지는 부영양 호소에 진입하고 있다고 판단된다.

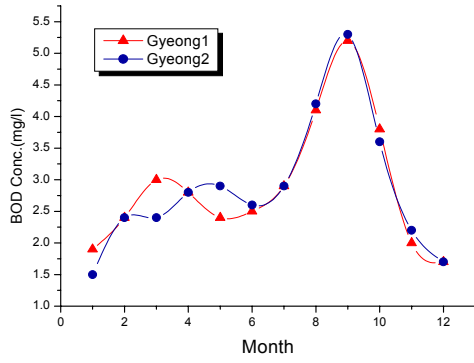


그림 4-7 경천저수지의 BOD(2002년)

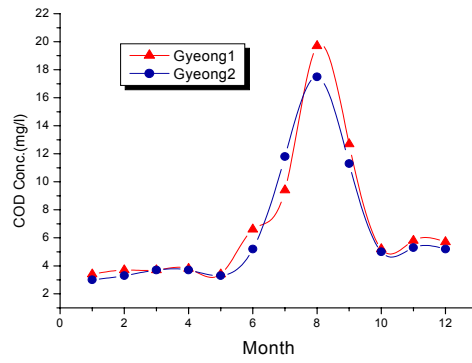


그림 4-8 경천저수지의 COD(2002년)

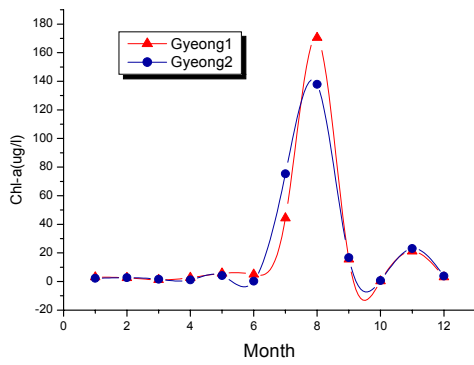


그림 4-9 경천저수지의 Chl-a(2002년)

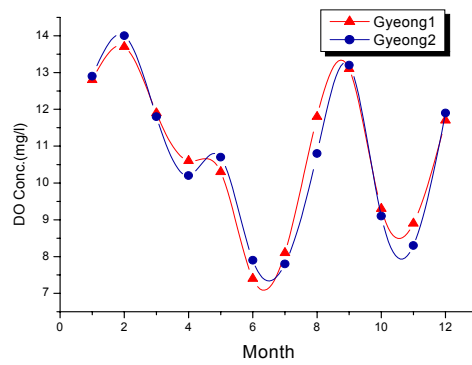


그림 4-10 경천저수지의 DO(2002년)

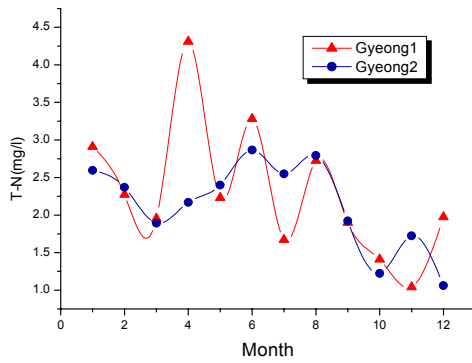


그림 4-11 경천저수지의 T-N(2002년)

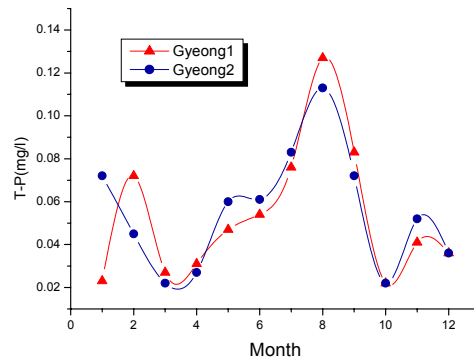


그림 4-12 경천저수지의 T-P(2002년)

2003년도 경천저수지의 수질조사 결과를 <표 4-28> 및 <그림 4-13~4-18>에서 보면, pH의 범위는 7.0~8.4로 대체적으로 농업용수허용기준치를 만족하였으며, DO는 7.6~13.6mg/l 으로 아주 양호하였다.

유기물농도를 평균 COD로 나타내면 경천지1과 경천지2의 평균 COD는 각각 4.4mg/l 과 4.7mg/l 이다. 호소수질환경기준상 상수원수 1급수는 COD 1mg/l 이하, 상수원수 2급수는 COD 3mg/l 이하, 상수원수 3급수는 COD 6mg/l 이하로 규정하고 있는데 경천저수지 경우 COD 농도로만 판단할 경우 상수원수 3급수에 해당한다고 볼 수 있다.

경천저수지의 Chl-a의 농도범위는 1.0~48.8 μ g/l 로 평균 11.0 μ g/l 를 나타내고 있는데, 미국 EPA는 Chl-a의 농도가 3~7 μ g/l 이상이면 호소의 영양상태를 중영양, 7~40 μ g/l 이면 부영양이라고 규정하고 있다. 그러므로 경천저수지는 부영양 호소로 판단할 수 있다.

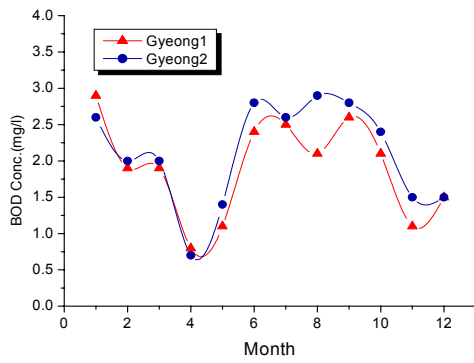


그림 4-13 경천저수지의 BOD(2003년)

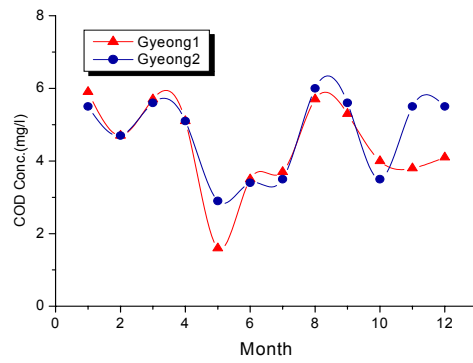


그림 4-14 경천저수지의 COD(2003년)

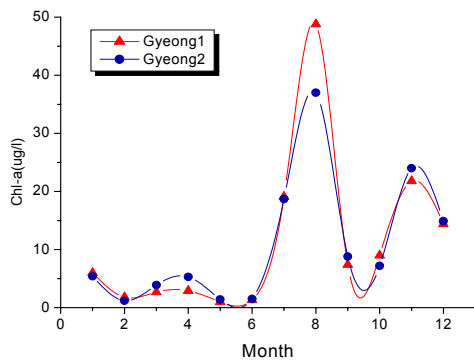


그림 4-15 경천저수지의 Chl-a(2003년)

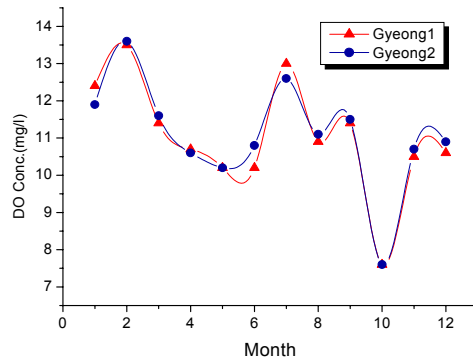


그림 4-16 경천저수지의 DO(2003년)

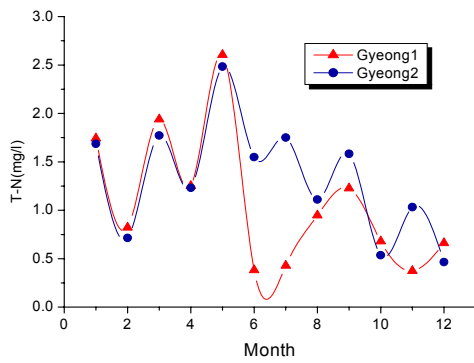


그림 4-17 경천저수지의 T-N(2003년)

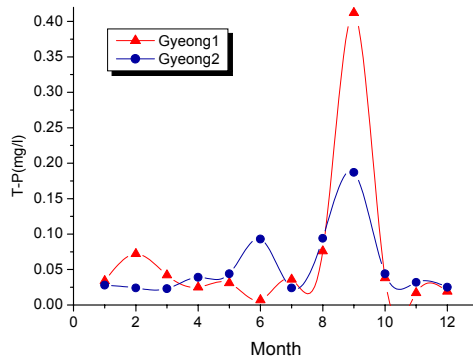


그림 4-18 경천저수지의 T-P(2003년)

표 4-27 경천저수지 수질(2002년)

지점명	월별	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (뱀앞)	1	5	6.3	12.8	1.9	3.4	0.4	3.1	1.5	0.240	2.031	2.909	0.023
	2	8	7.5	13.7	2.4	3.7	2.0	2.6	2.5	0.036	1.933	2.272	0.072
	3	10	7.5	11.9	3.0	3.7	2.6	1.2	1.2	0.048	1.673	1.954	0.027
	4	13	7.3	10.6	2.8	3.8	2.5	2.7	1.8	0.014	1.757	4.310	0.031
	5	28	8.3	10.3	2.4	3.4	1.0	5.7	2.2	0.240	1.769	2.231	0.047
	6	27	8.4	7.4	2.5	6.6	5.1	5.0	1.3	0.018	1.357	3.281	0.054
	7	24	8.2	8.1	2.9	9.4	10.1	44.3	1.2	0.059	0.336	1.672	0.076
	8	28	8.4	11.8	4.1	19.7	27.2	170.5	1.0	0.035	0.282	2.725	0.127
	9	22	8.0	13.1	5.2	12.7	12.3	15.5	1.0	0.026	0.723	1.900	0.083
	10	17	6.6	9.3	3.8	5.2	4.7	0.3	2.8	0.216	1.064	1.410	0.022
	11	16	7.8	8.9	2.0	5.8	6.3	21.1	2.1	0.015	0.998	1.041	0.041
	12	12	7.2	11.7	1.7	5.7	2.2	3.1	2.1	0.307	0.858	1.974	0.036
경천지2 (먹머리 골앞)	1	5	6.3	12.9	1.5	3.0	1.0	2.2	1.5	0.193	2.193	2.595	0.072
	2	8	7.4	14.0	2.4	3.3	2.1	2.7	2.5	0.036	1.987	2.369	0.045
	3	10	7.5	11.8	2.4	3.7	1.7	1.6	1.2	0.047	2.102	1.893	0.022
	4	13	7.4	10.2	2.8	3.7	2.0	1.1	1.8	0.022	1.536	2.170	0.027
	5	28	8.4	10.7	2.9	3.3	0.7	4.1	2.2	0.193	1.572	2.400	0.060
	6	26	8.4	7.9	2.6	5.2	4.5	0.3	1.3	0.007	2.175	2.866	0.061
	7	24	8.2	7.8	2.9	11.8	16.6	75.3	1.2	0.096	0.300	2.548	0.083
	8	29	8.2	10.8	4.2	17.5	20.7	137.9	1.0	0.023	0.361	2.794	0.113
	9	22	8.0	13.2	5.3	11.3	10.8	16.7	1.3	0.036	0.802	1.921	0.072
	10	17	6.6	9.1	3.6	5.0	4.9	0.7	2.8	0.567	0.641	1.224	0.022
	11	16	7.4	8.3	2.2	5.3	7.2	23.1	2.1	0.017	1.005	1.724	0.052
	12	12	7.3	11.9	1.7	5.2	2.3	3.8	2.1	0.114	0.878	1.060	0.036

※ 수질자료 : 환경부

표 4-28 경천저수지 수질(2003년)

지점명	월별	수온 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (뱀앞)	1	6	7.5	12.4	2.9	5.9	1.4	6.0	1.2	0.395	0.883	1.742	0.034
	2	6	7.2	13.5	1.9	4.7	1.3	1.8	2.0	0.698	0.115	0.823	0.072
	3	9	7.2	11.4	1.9	5.7	1.3	2.7	1.8	0.116	1.073	1.939	0.042
	4	12	7.2	10.7	0.8	5.1	1.1	2.9	2.0	0.482	0.705	1.252	0.025
	5	23	8.3	10.2	1.1	1.6	1.5	1.0	1.8	0.135	2.448	2.606	0.031
	6	24	8.3	10.2	2.4	3.5	1.8	1.3	2.4	0.108	0.217	0.383	0.007
	7	27	8.3	13.0	2.5	3.7	4.7	19.1	1.5	0.106	0.280	0.428	0.036
	8	27	8.3	10.9	2.1	5.7	3.7	48.8	0.5	0.045	0.334	0.947	0.076
	9	20	7.9	11.4	2.6	5.3	3.4	7.4	1.5	0.279	0.526	1.228	0.412
	10	22	7.0	7.6	2.1	4.0	2.4	9.0	2.3	0.036	0.513	0.680	0.038
	11	15	7.5	10.5	1.1	3.8	8.7	21.8	3.4	0.238	0.108	0.375	0.017
	12	10	7.8	10.6	1.5	4.1	12.4	14.4	2.1	0.261	0.260	0.662	0.019
경천지2 (먹머리 골앞)	1	6	7.5	11.9	2.6	5.5	1.0	5.4	1.2	0.293	0.872	1.686	0.028
	2	5	7.2	13.6	2.0	4.7	1.2	1.2	2.0	0.683	0.027	0.714	0.024
	3	10	7.6	11.6	2.0	5.6	1.3	3.9	1.8	0.072	1.068	1.772	0.023
	4	11	7.6	10.6	0.7	5.1	0.9	5.3	2.0	0.521	0.680	1.232	0.039
	5	23	8.2	10.2	1.4	2.9	1.5	1.4	1.8	0.063	2.326	2.484	0.044
	6	24	8.3	10.8	2.8	3.4	0.9	1.5	2.3	0.076	1.323	1.549	0.093
	7	27	8.4	12.6	2.6	3.5	4.8	18.7	1.5	0.115	0.759	1.751	0.024
	8	27	8.4	11.1	2.9	6.0	4.6	37.0	0.6	0.040	0.314	1.111	0.094
	9	20	7.7	11.5	2.8	5.6	3.3	8.8	1.4	0.325	0.350	1.583	0.187
	10	22	7.0	7.6	2.4	3.5	3.1	7.2	2.1	0.087	0.405	0.536	0.044
	11	16	7.4	10.7	1.5	5.5	8.8	24.0	3.4	0.776	0.246	1.032	0.032
	12	9	7.8	10.9	1.5	5.5	3.8	14.9	2.0	0.098	0.266	0.465	0.025

※ 수질자료 : 환경부

제3절 수질 모델링을 통한 오염정도 예측 시스템 개발

1. 대상저수지 유역

대상저수지 유역은 전북 완주군 화산면 일대를 집수구역으로 하고, 운주면 구제리와 경천면 일대를 간접유역으로 하고 있는 경천저수지이다. 경천저수지 유역면적은 직접유역이 6,400ha와 간접유역이 3,365h이며, 관개면적은 7,738ha, 만수면적은 319ha, 저수량은 25,346천 m^3 이다. 유역의 표고는 최고 456m에서 최저 100m로, 비교적 경사가 급한 지역으로써 강우시 유출율은 평균 70% 정도이다.

저수지 유입하천은 직접유역의 수계는 크게 운산리에서 유입되는 유로연장 11km의 화평천을 주유입하천으로 하고 있으며, 저수지의 우측 상류의 유로연장 7.8km의 승치곡천이 유입된다. 화평천은 대치천·석학천·수락천 등 3개의 지천을 가지며, 또한 간접유역의 수계는 운주면 구제리를 거쳐 경천저수지 제방 하류의 고산천으로 합류되는 구룡천의 상류로써 18km 지점에 위치한 용복보에서 취수되어 용복취입수로를 통해 경천저수지로 도수된다.

<그림 4-19>에 경천저수지 유역도를 나타내었다.



그림 4-19 경천저수지 유역도.

2. 수질모형의 선정

수질오염 관리에 대한 대표적인 연구는 U.S. EPA 내의 Environmental Research Laboratory, Center for Exposure Assessment Modeling (ERL-CEAM)에서 유기오염물질과 독성 유기오염 물질에 대한 유역수문과 수질모의를 하는 HSPF(Barnwell 등, 1981)(Bicknell, 1984, 1993)와 하천수질 오염관리를 위한 Stream Water Quality Model-QUAL2E(Brown, 1985, 1987), 영양단계 지표에 의한 저수지 수질 및 부영양화를 예측하는 WASP 등을 개발하였으며, 농업 면오염원 관리모형인 AGNPS는 미국 Agricultural Research Agency(ARS)가 Minnesota Pollution Control Agency(MPCA) 및 Soil Conservation Service (SCS)와 공동으로 개발하였다.

이상의 모델들과 <표 4-29>에 나타난 각종 모델들은 각 하천유역 및 수계별로 활용하도록 적극 권장하고 있으며, 이들 수질관리 모델들을 이용하여 오염부하의 분배문제, 오염물질에 대한 운송문제 및 화학응집에 따른 내부 반응에 의한 위험도 문제, 하천수질과 불확실성 상태분석을 위한 모델개발, 중금속문제 등에 대한 연구가 진행되고 있고, 수질오염상태와 오염에 대한 대책을 강구하기 위한 이화학적 연구도 활발히 진행되고 있다.

이와 같은 모델중에서 WASP5 모델은 개발된 모형 중 비교적 신뢰성이 인정되고 널리 사용되고 있는 모델로서, 초기모형 WASP(Di. Toro et al. 1983 ; Connolly and Winfield, 1984 ; Ambrose, R. B. et al. 1988)에서 여러 차례 개정 및 보완을 통해 보강된 프로그램으로 자연현상과 인간활동에 의해 발생하는 다양한 오염물질에 대한 수질의 예측 및 해석을 할 수 있을 뿐만 아니라 수체와 바닥층의 저서생물군 활동에 대한 영향을 고려할 수 있는 유동구획 모형이다.

본 연구에서는 경천저수지의 장래 수질예측을 위하여 미국 환경부에서 개발되어 호소수질 예측에 널리 사용되는 WASP5의 부프로그램 중 일반 수질항목에 대한 모델인 EUTRO5와 WASP5 수질모델링 프로그램에서 input 파일 설계 및 실행을 위해 윈도우 95/96/NT tool인 WASP Builder를 이용하여 경천저수지의 수질을 예측하였다.

표 4-29 수질모형의 비교

모형	주요항목	특징	적용수역
Multiple-BOX	수온, DO, BOD, 염도, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Organic-N, Organic-P, PO ₄ -], Chlorophyll-a 등	<ul style="list-style-type: none"> · 일차원의 정상상태 모의발생가능 · 완전혼합을 가정할 수 있는 수체를 5개까지 분할간격에 관계없이 설정하여 적용가능 · 심층수체의 상하층 분할 가능 · 담수호 등 하구언호에 적용가능 	호소 (아산호, 해남호)
WARRS	수온, DO, BOD, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, 어류, 부유물질, 유기침전물, pH, 알칼리도 등	<ul style="list-style-type: none"> · 일차원의 정상상태 또는 동적모델링 가능 · 호수를 수심에 따라 등간격 수평분할하여 각 수심에서의 수질 모의발생 	호소 (아산호), 하천수리, 하천 (한강본류)
WASP5	수온, DO, BOD, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, PO ₄ -P, Organic-P, Organic-N, Chlorophyll-a, 3가지의 보존성 물질과 6가지의 독성물질 등	<ul style="list-style-type: none"> · 필요에 따라 1, 2, 3차원의 수리계산이 가능하고 정상상태 또는 동적 모의발생가능 · 수체의 특성, 적용목적 등에 따라 횡방향, 종방향, 깊이방향으로의 구획분할 · 수리, 일반오염물질, 독성물질, 부영양화 관련 물질 등을 각각 적용하는 모듈로 구성 · 하천, 호수, 하구 등에 광범위하게 적용가능 	수리, 하천, 호소, 하구 (시화호, 팔당호)
MIT TWQN	수온, DO, BOD, 염도, NH ₃ -N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, Phytoplankton-N, Zooplankton-N, PON, DON, 대장균 등	<ul style="list-style-type: none"> · Network 형태의 1차원 정상상태 또는 동적 모의발생가능 · 유하방향의 등간격 분할하여 시간에 따른 수질 변화의 모의발생가능 · 질소에 의한 질량보존원리의 엄격한 적용 · 실시간 동수역학적 전달시스템과 연결된 생태계 모형 · 조석의 영향을 받는 하구 및 이와 연결된 하천에 적용가능 	하천수리, 하천, 하구수리, 감조하구 (한강하류)

3. WASP5/EUTRO5 수질모형(Eutrophication Model)

가. 모형의 개요

WASP는 두 개의 독자적인 프로그램인 DYNHYD5와 WASP5로 이루어져 있으며 두 개의 프로그램을 연결하거나 분리해서 모의를 할 수 있다. WASP5는 다시 부영양화를 모의할 수 있는 EUTRO5와 독성물질 등 보존성 물질을 모의하는 TOXI5로 구성되어

있으며 본 모의에서는 EUTRO5를 사용하였다. EUTRO5 모델에 의하여 모의 가능한 수질항목으로는 NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P, Chlorophyll-a, BOD, DO, organic-N, organic-P 등으로 구성되어있다 EUTRO5는 수체를 4개의 종류, 즉 표층(Epilimnion;1), 저층(Hypolimnion;2), 저니상층(Upper Benthic Layer;3), 저니하층(Lower Benthic Layer;4)으로 나누어 모의할 수 있다. EUTRO5에서 모의하는 수질항목간의 반응 모식은 그림 4-20에 나타내었다. 모델의 중심은 식물성 플랑크톤이 되며, 식물성 플랑크톤의 성장률에 빛과 무기영양염류가 직접적으로 관련되어 있음을 알 수 있다. 또한 주요 수질항목인 BOD, DO도 식물성 플랑크톤 및 영양염류와 연결되어 계산된다.

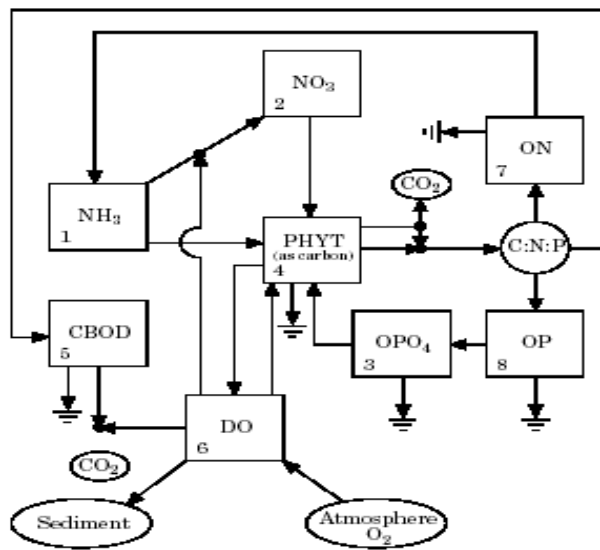


그림 4-20 WASP5 모델에서 수질인자간의 상호작용 모식도

나. WASP5/EUTRO5의 수질항목에 적용되는 물질수지식

1) 기본방정식

EUTRO5 부모모델의 계산격자망은 여러개의 Segment로 구성되며, 수평방향과 수직방향의 배열을 통해서 2차원, 3차원 모델로 확장할 수 있다. 이 모델의 지배방정식은 연속성과 물질수지 법칙이 이용되는 질량 보존 방정식으로 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}(E_x \frac{\partial C}{\partial x}) \\ & + \frac{\partial}{\partial x}(E_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial x}(E_z \frac{\partial C}{\partial z}) + S_L + S_B + S_K \end{aligned} \quad (4-1)$$

여기에서, C: 분할된 구획의 수질성분 농도(mg/l); t: 시간(day); SL: 외부로부터의 오염부하량(g/m³/day); SB: 경계면으로부터의 오염부하량(g/m³/day); SK: 동력학적 반응에 의한 내부 변화량(g/m³/day); U_x, U_y, U_z: 길이방향, 횡방향, 깊이방향에 대한 각각의 유속(m/day); E_x, E_y, E_z: 길이방향, 횡방향, 깊이방향의 확산속도(m²/day).

2) 수질항목별 상호관계식

• 암모니아(NH₄)

식(4-2)에서 보듯이, NH₄(C1)는 CHI-a사멸과 ON(C7)의 분해로 증가하고, CHI-a성장과 NH₄(C1)의 분해로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_1}{\partial t} = & D_{P1} a_{NC}(1 - f_{ON}) C_4 + k_{71} \theta_{71}^{T-20} \left(\frac{C_4}{K_{mPC} + C_4} \right) C_7 \\ & - G_{P1} a_{NC} P_{NH4} C_4 - k_{12} \theta_{12}^{T-20} \left(\frac{C_6}{K_{INT} + C_6} \right) C_1 \end{aligned} \quad (4-2)$$

C1 : NH₄ 농도 (mg/ℓ)

Dp1 : CHI-a 호흡 및 사멸율 (day⁻¹)

(=KIR θ_{IR}(T-20) + KID)

KIR : 20°C의 CHI-a 호흡상수 (day⁻¹)

θ_{IR} : KIR의 온도보정계수

KID : CHI-a 사멸상수 (day⁻¹)

a_{NC} : CHI-a 생체내 N/C 비율 (mg-N/mg-C)

f_{ON} : CHI-a 사체가 유기질소로 변화하는 비율 (day⁻¹)

C4 : CHI-a의 탄소성분 농도 (mg-C/ℓ)

k₇₁ : 20°C의 유기질소의 암모니아화 상수 (day⁻¹)

θ₇₁ : k₇₁의 온도보정계수

T : 수온(°C)

KmPC : 유기질소분해의 제한인자인 Chl-a의 탄소성분
포화농도의 50% 농도(반포화농도) (mg-C/ℓ)

C7 : ON농도 (mg/ℓ)

GP1 : Chl-a 성장률 (day^{-1})
(=KIC \ominus IC G(I) G(N))

KIC : 20°C의 Chl-a 최대성장 (day^{-1})

IC : KIC 의 온도보정계수

G(I) : 빛의 양으로 인한 성장제한인자

$$\left(= \frac{e}{K_e D} f \left[e^{\left(-\frac{I_a}{I_s} e^{-K_e D}\right)} - e^{\left(-\frac{I_a}{I_s}\right)} \right] \right)$$

e : 자연로그의 밑 (≈ 2.71817)

Ke : 광소멸 상수 (m^{-1})

D : 수심 (m)

f : 일조율

I0 : 일사량 (Ly/day = g · cal/cm²/day)

Is : Chl-a 성장의 포화 광량 (Ly/day)

G(N) : 영양염의 량으로 인한 성장제한인자

$$\left(= \text{Minimum} \left(\frac{C_1 + C_2}{K_{mN} + C_1 + C_2}, \frac{C_3}{K_{mP} + C_3} \right) \right)$$

C2 : NO₃농도 (mg/ℓ)

C3 : PO₄농도 (mg/ℓ)

KmN : Chl-a 성장에 대한 N의 반포화농도 (mg-N/ℓ)

KmP : Chl-a 성장에 대한 P의 반포화농도 (mg-N/ℓ)

PNH₄ : Chl-a 의 NH₄ 선호인자

$$\left(= \frac{C_1 C_2}{(K_{mN} + C_1)(K_{mN} + C_2)} + \frac{C_1 K_{mN}}{(C_1 + C_2)(K_{mN} + C_2)} \right)$$

k₁₂ : 20°C의 암모니아의 질산화 상수 (day⁻¹)

θ₁₂ : k₁₂의 온도보정계수

C₆ : DO농도 (mg/ℓ)

K_{NIT} : 질산화의 제한인자인 DO의 반포화농도 (mg-O₂/ℓ)

- 질산(NO₃)

NO₃(C₂)은 NH₄(C₁)의 분해로 증가하고, Chl-a 성장과 NO₃(C₂)의 탈질로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_2}{\partial t} &= k_{12} \theta_{12}^{T-20} \left(\frac{C_6}{K_{NIT} + C_6} \right) C_1 \\ &\quad - G_{P1} a_{NC} (1 - P_{NH4}) C_4 - k_{2D} \theta_{2D}^{T-20} \left(\frac{K_{NO3}}{K_{NO3} + C_6} \right) C_2 \quad (4-3) \end{aligned}$$

C₂ : NO₃ 농도 (mg/ℓ)

k_{2D} : 20°C의 탈질상수 상수 (day⁻¹)

θ_{2D} : k_{2D}의 온도보정계수

K_{NO₃} : 탈질 제한인자인 DO의 반포화농도 (mg-O₂/ℓ)

- 인산(PO₄)

PO₄(C₃) Chl-a 사멸과 OP(C₈)의 분해로 증가하고, Chl-a 성장으로 감소한다

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_3}{\partial t} &= D_{P1} a_{PC} (1 - f_{OP}) C_4 + k_{83} \theta_{83}^{T-20} \left(\frac{C_4}{K_{mPC} + C_4} \right) C_8 \\ &\quad - G_{P1} a_{PC} C_4 \quad (4-4) \end{aligned}$$

C₃ : PO₄ 농도 (mg/ℓ)

a_{PC} : Chl-a 생체내 P/C 비율 (mg-P/mg-C)

f_{OP} : Chl-a 사체가 유기인으로 변화하는 비율 (day⁻¹)

K₈₃ : 20°C의 유기인의 인산화 상수 (day⁻¹)

θ₈₃ : K₈₃의 온도보정계수

C₈ : OP 농도 (mg/ℓ)

- 조류생체의 탄소(PHYT)

PHYT(C4)는 Chl-a의 생체량 중에서 Carbon의 량을 의미하며, Chl-a 성장률만큼 증가하고, 사멸 및 호흡, 침전량만큼 감소한다.

$$\frac{\partial C_4}{\partial t} = (G_{P1} - D_{P1} - \frac{V_{S4}}{D}) C_4 \quad (4-5)$$

C4 : Chl-a의 탄소성분 농도 (mg-C/ℓ)

(=Chl-a*acc)

acc : Chl-a 생체내 Carbon 비율 (mg-C/mg-Chl-a)

VS4 : 침강속도(m/ day⁻¹)

- 탄소계 유기물(Carbonaceous BOD)

CBOD(C5)는 Chl-a 사멸로 증가하고, CBOD(C5)의 분해와 침전 및 NO₃의 탈질로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_5}{\partial t} = & a_{OC} k_{ID} C_4 - k_D \theta_D^{T-20} \left(\frac{C_6}{K_{BOD} + C_6} \right) C_5 \\ & - \frac{V_{S3}(1-f_{D5})}{D} - \frac{5.32}{4 \cdot 14} k_{2D} \theta_{2D}^{T-20} \left(\frac{K_{NO3}}{K_{NO3} + C_6} \right) C_2 \quad (4-6) \end{aligned}$$

C5 : CBOD 농도 (mg-C/ℓ)

acc : Chl-a 생체내 O₂/C 비율 (mg-O₂/mg-C)

kD : 탈산소 상수 (day⁻¹)

θD : kD의 온도보정계수

C6 : DO (mg-C/ℓ)

KBOD : 탈산소의 제한인자인 DO의 반포화농도 (mg-C/ℓ)

VS3 : 침강속도 (m/ day⁻¹)

fD5 : 용존성 CBOD 비율

- 용존산소(DO)

DO(C6)는 재포기의 크기에 포화농도와와의 차이의 곱과 Chl-a의 광합성으로 증가하고,

CBOD(C5)의 분해, NH₄의 분해, 저층 산소요구량(SOD), Chl-a 호흡으로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_6}{\partial t} &= k_2 (C_5 - C_6) + G_{PI} \left[\frac{32}{12} + \frac{48}{14} \frac{14}{12} (1 - P_{NH3}) \right] C_4 \\ &\quad - k_D \theta_D^{T-20} \left(\frac{C_6}{K_{BOD} + C_6} \right) C_5 - \frac{64}{14} k_{12} \theta_{12}^{T-20} \left(\frac{C_6}{K_{NT} + C_6} \right) C_1 \\ &\quad - \frac{SOD}{D} \theta_S^{T-20} - \frac{32}{12} k_{IR} \theta_{IR}^{T-20} C_4 \end{aligned} \quad (4-7)$$

C6 : DO 농도 (mg/ℓ)

k2 : 재폭기 상수 (day⁻¹)

CS : 포화DO 농도 (mg/ℓ)

SOD : 저질산소요구량 (g/m²/day)

θS : SOD의 온도보정계수

- 유기질소(ON)

ON(C7)는 Chl-a 사멸로 증가하고, ON(C7)의 분해와 침전으로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_7}{\partial t} &= D_{PI} a_{NC} f_{ON} C_4 - k_{71} \theta_{71}^{T-20} \left(\frac{C_7}{K_{mPC} + C_7} \right) C_7 \\ &\quad - \frac{V_{S_3} (1 - f_{D7})}{D} C_7 \end{aligned} \quad (4-8)$$

C7 : ON 농도 (mg/ℓ)

VS7 : 침전속도 (m/day⁻¹)

fD7 : 용존성 ON 비율

- 유기인(OP)

OP(C8)는 Chl-a 사멸로 증가하고, OP(C8)의 분해와 침전으로 감소한다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_8}{\partial t} &= D_{PI} a_{PC} f_{OP} C_4 - k_{83} \theta_{83}^{T-20} \left(\frac{C_8}{K_{mPC} + C_8} \right) C_8 \\ &\quad - \frac{V_{S_3} (1 - f_{D8})}{D} C_8 \end{aligned} \quad (4-9)$$

C8 : OP 농도 (mg/ℓ)

VS8 : 침전속도 (m/day^{-1})

fD8 : 용존성 OP 비율

다. WASP Builder

본 연구에서는 경천저수지의 수질 예측을 위하여 EUTRO5 수질모델을 사용하였으며, EUTRO5는 도스형 프로그램이므로 실행시킨 out put의 *.edf 파일을 윈도우상에서 볼 수 없어서 불편하다. 그러나 입력파일을 WASP Builder로 연계하여 실행시키면 사용자가 선택하는 항목에 대해서만 시뮬레이션된 값들을 화면에 보여주므로 시각적으로 편리함을 주며, 입력 화면에서 자료의 수정과 업데이트도 가능하다. 따라서 본 연구에서는 수질 예측에 EUTRO5와 윈도우 tool인 WASP Builder로 실행하여 농업용 저수지유역의 수질관리 방안을 구축하였다.

1) WASP Builder의 장점

본 연구에 사용된 윈도우 tool인 WASP Builder는 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 층들 사이는 매개변수 그룹과 연결되어져 있으며 세그먼트 구간과 확산을 도식화 할 수 있다.
- ② 매개변수 그룹들을 연결해서 시각적으로 표현 할 수 있다.
- ③ WASP의 매개변수 그룹들의 새 작업과 수정이 가능하다.
- ④ 사용자가 WASP input data sets를 나타낼 수 있다.

4. 모델의 적용

가. 대상저수지 구획분할

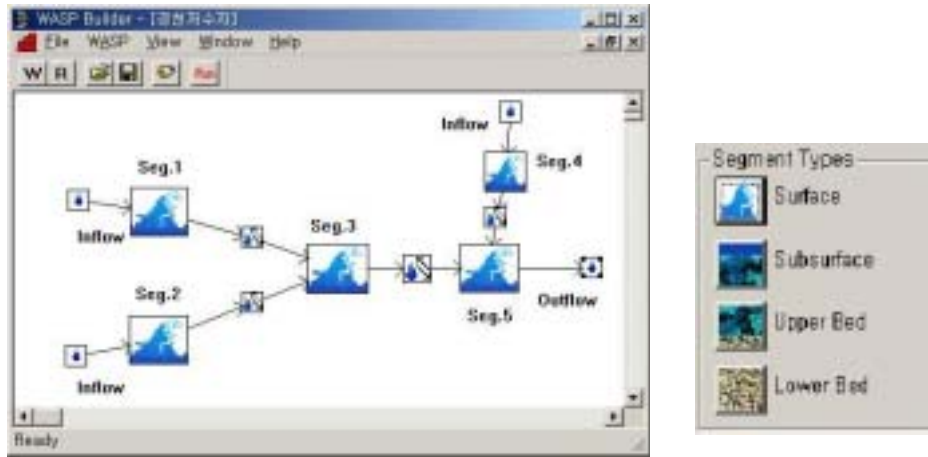


그림 4-21 경천저수지의 세그먼트 분할

본 모의에서의 Segment 수는 수질측정지점의 위치, 수체의 특성, 각 Segment에서의 체류시간, 각 Segment의 체적 등을 고려하여 <그림 4-21>에 나타낸 바와 같이 5개로 나누었으나, Segment 4는 임의값을 준 더미(Dummy, 가짜)이므로 <표 4-30>에 자료를 나타내지 않았다. 경천저수지에 대해서는 수심이 낮기 때문에 수직적인 성층 현상은 발생하지 않는 것으로 나타나 수직적인 구획분할은 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 유속 방향으로만 구획분할을 하여 2차원 모형을 구축하였다. 이 때 유입유량은 실측한 유량을 사용하였다.

소구간 1로 유입되는 유입하천은 저수지 우측 상류의 승치곡천이며, 소구간 2로 유입되는 화평천은 대치천·석학천·수락천 등 3개의 지천을 가지며, 소구간 4로의 유입은 황골계곡이다. 간접유역부터의 유입되는 구룡천의 경우는 용복보에서 취수되어 용복취입수로를 통해 경천저수지로 도수되는데 이는 강우 발생시와 저수량 부족(저수율 50% 미만)할 때만 유입된다.

5. 모형의 입력자료 구성

가. 입력자료 그룹

WASP5의 입력자료는 총 10개의 그룹으로 나누어져 있으며, 각 그룹의 입력자료는 다음과 같다.

- Data Group A - Model Identification and Simulation Control
 - ; Model identification의 설명과 segment의 수, 분석 수질항목의 수, 모의 시간 간격 및 출력 시간 간격에 대한 정보 입력
- Data Group B - Exchange Coefficients
 - ; 확산에 대한 정보 입력
- Data Group C - Volumes
 - ; 소구간의 부피와 형태를 입력
- Data Group D - Flows
 - ; 소구간 흐름 및 물질 이동에 관한 정보 입력
- Data Group E - Boundary Conditions
 - ; 항목별 경계농도 입력
- Data Group F - Waste Loads
 - ; 점오염원 및 비점오염원의 유입에 대한 정보 입력
- Data Group G - Environmental Parameters
 - ; 소구간의 환경적 특성 입력
- Data Group H - Chemical Constants
 - ; 수질항목별 화학적 특성 및 변수 값을 입력
- Data Group I - Time Functions
 - ; 소구간별로 적용되는 변수의 시간에 따른 변화값을 입력
- Data Group J - Initial Conditions
 - ; Segment 별 초기농도 값을 입력.

나. 수체의 체적 및 유량

모델 구성의 기초입력자료인 각 구간별 체적과 표면적 등은 2001년도 농업기반공사에서 측량한 자료를 이용하였으며, <표 4-30>에 나타난 바와 같다.

저수지내의 수체의 흐름은 유역으로부터 유입되는 유량으로서 실측한 유량을 이용하여 수질 모의를 실시하였다. 본 모의에서는 유기물질, 식물성 플랑크톤, 무기물질 등을 모의하였으며, 수치들은 여러 가지 참고문헌을 이용하여 산정되었다.

Segment수는 수질측정지점의 위치, 수체의 특성, 각 Segment에서의 체류시간, 각 Segment의 체적 등을 고려하여 5개로 나누었으나, Segment 4는 임의값을 준 더미(Dummy)이므로 <표 4-30>에 자료를 나타내지 않았다.

경천저수지는 수심이 깊지 않기 때문에 수직적인 성층현상은 발생하지 않는 것으로 나타나 수직적인 구획분할은 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 유속방향으로만 구획분할을 하여 2차원 모형을 구축하였다.

표 4-30 각 Segment의 물리적 특성

Segment number	Surface area (m ²)	Average depth (m)	Volume (m ³)
Segment 1	551,250	5.0	2,756,250
Segment 2	840,000	7.0	5,880,000
Segment 3	720,000	9.0	6,480,000
Segment 5	920,000	13.0	11,960,000

<그림 4-22, 23>은 WASP Builder에서 그룹 C의 체적자료와 그룹 D의 유량자료 화면을 나타내고 있다.

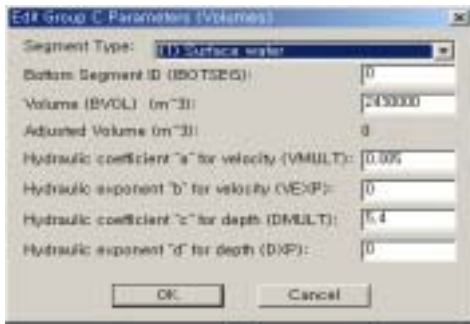


그림 4-22 Volumes Window



그림 4-23 Flows Window

다. 경계조건

모의하고자 하는 수체에 대해 유량의 유입과 유출이 일어나는 구간에 대해서는 이의 영향을 고려하기 위하여 시간 변화에 따른 모의 항목의 수질 농도가 입력되어야 한다. 수질모의는 1992년 측정된 실측농도를 이용하여 수질모의를 실시하였다. 이들은 각 소구역으로 유입되는 경계농도로 하여 시간 변화에 따라 입력하였다. <그림 4-24>는 WASP Builder에서 그룹 E의 경계농도에서 수질모의 항목에 대하여 시간별 입력된 수질농도를 나타내고 있다.



그림 4-24 Boundary Concentrations Window

라. 매개변수 및 반응상수

본 연구에서는 EUTRO5에서 모의할 수 있는 14개의 매개변수 중 12개를 이용하였으

며, 총 42개의 반응상수 중 25개의 상수를 고려하여 경천저수지의 수질을 모의하였다.

저수지내의 수질모의를 위한 적합한 온도보정계수 등의 여러 매개변수값은 여러 문헌의 값을 기초로 하였고 반응계수의 입력은 오랜 기간의 시행오차법에 의해 구해졌다. <그림 4-25, 26>은 WASP Builder에서 매개변수, 반응상수에 대하여 자료입력 화면을 보여주고 있으며, <표 4-31>는 각각의 수질항목에 대한 반응상수의 개념을 나타내었다.



그림 4-25 Parameters Window



그림 4-26 Constants Window

마. 시간함수

소구간의 환경적 특성에 대한 시간에 따른 변화를 고려하는데 사용되는 시간함수에 대해서는 총 22개 중 10개의 시간함수를 고려하여 모의하였다. 시간에 따른 호소내 수온의 변화는 실측 수온을 입력하였다. 또한 월 평균 기온, 태양에너지의 세기, 주간 광량의 세기 및 풍속의 변화 등도 실측자료 및 참고자료를 이용하여 입력하였다. 광소멸 계수는 투명도를 이용하여 모의하였다.

기온, 일조시간, 풍속, 일사량 및 일조율 등은 전주기상청에서 최근 8년 동안 측정된 자료를 이용하여 월별 평균값을 입력하였다. WASP5 모델에서는 기상자료의 공간변화를 고려할 수 있으나, 저수지유역내의 관측소는 1개뿐이어서 공간적인 기상변화는 고려하지 않았다. 염도는 포화 용존산소농도의 계산에 관여하는 항목으로서 하구 및 해양 지역 또는 염분이 있는 지역에서는 염도를 무시할 수 없지만 경천저수지는 담수이므로 염도는 무시하였다. <그림 4-27>은 WASP Builder에서 시간함수 대하여 자료입력 화면을 보여주고 있다.

표 4-31 상수의 개념 및 범위

수질 항목	상수 번호	CONT	개념 및 범위
NH ₃ -N	11	K1320C	20℃에서의 질화반응율, (day ⁻¹)
	12	K1320T	상수11의 온도보정계수
	13	KNIT	질화반응시 용존산소의 half-saturation(mgO ₂ /ℓ)
NO ₃ -N	21	K140C	20℃에서의 탈질화 반응율 (day ⁻¹)
	22	K140T	상수21의 온도보정계수
	23	KNO3	탈질화반응시용존산소의 half-saturation(mgO ₂ /ℓ)
Org-N	91	K1013C	용존유기질소의 무기화율 (day ⁻¹)
	92	K1013T	상수91의 온도보정계수
	93	KONDC	20℃ 저니층에서 유기질소의 분해반응율 (day ⁻¹)
	94	KONDT	상수93의 온도보정계수
PO ₄ -P	57	PCRB	조류내의 인과 탄소의 비율, (mgP/mgC)
Org-P	100	K58C	용존유기인의 무기화율 (day ⁻¹)
	101	K58T	상수100의 온도보정계수
	102	KOPDC	20℃ 저니층에서 유기인의분해반응율 (day ⁻¹)
	103	KOPDT	상수102의 온도보정계수
O ₂	81	OCRB	조류내의 산소와 탄소의 비
CBOD	71	KDC	20℃에서 CBOD에 의한 산소소모율, (day ⁻¹)
	72	KDT	상수71의 온도보정계수
	73	KDSC	20℃ 저니층에서 CBOD에 의한산소 제거율 (day ⁻¹)
	74	KDST	상수 73의 온도보정계수
	75	KBOD	CBOD분해 반응시 용존산소의 half-saturation(mgO ₂ /ℓ)



그림 4-27 Time Functions Window

바. 초기조건

모의하고자 하는 수질항목별 고형성분의 형태, 밀도, 용존성분의 분율, 그리고 최대 허용농도 등을 입력하였으며, 고형물은 유기물·조류·무기물 등 3가지 형태로 구분될 수 있다. 본 모의의 각 수질 항목의 초기 농도는 연평균 수질 농도를 입력하였다. <그림 4-28>은 WASP Builder에서 그룹 J의 초기조건에 대하여 입력자료를 보여주고 있다.



그림 4-28 Initial Concentrations Window

6. 경천저수지 수질모델 결과

가. 모형의 보정

한편 EUTRO5/WASP Builder에서 Output 화면으로부터 각각의 Segment별 총 42개의 모의결과를 나타낼 수 있는데, 아래의 <그림 4-29~32>에 모든 segment에서 BOD, Chlorophyll-a, T-N, O-P에 대하여 모의결과를 나타내었다.



그림 4-29 Out put Window of BOD



그림 4-30 Out put Window of Chl-a

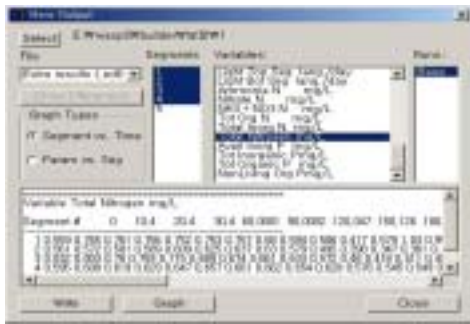


그림 4-31 Out put Window of T-N



그림 4-32 Out put Window of O-P

모형의 보정은 모형에 의한 계산치가 실측치와 어느 정도 일치할 수 있는가와, 불확실한 변수(parameter)들을 재현능력이 향상될 수 있도록 재조정함으로써 모형에 적합한 최적변수들을 구하는 과정으로 최적변수를 얻기 위해서는 계산치와 실측치를 비교함으로써 계산치와 실측치간의 오차를 최소화하는 것이다.

대상저수지에 대한 EUTRO5의 적용을 위해 반응계수값을 모형의 개발시 적용된 기본값을 초기값으로 하여, 국내외에서 조사되어진 반응계수값의 범위 내에서 실측치에 근접할 때까지 변형을 시도하였다. 경천저수지에 적합하도록 보정된 반응상수들의 값은 <표 4-32>에 나타내었다. K140C의 사용값이 0.01로 일반적인 값 0.09 보다 작은 것은 DO의 농도가 7.5~8.9mg/l로 상대적으로 높아 탈질이 거의 일어나지 않음을 반영한 것으로 생각한다.

본 모의에서는 저니층의 수질은 고려하지 않았으므로 4개 상층 구간에 대해서만 수질을 모의하였다. 1992년 자료를 이용하여 보정한 결과 실측치와 잘 일치하고 있는 것으로 확인되었다. 모델의 보정결과는 <그림 4-33~36>에 나타내었다. T-N값은 유기질소, 암모니아성 질소 및 질산성 질소 등의 값을 합한 것이며, T-P값은 유기인과 무기 인산 염등의 값을 더한 값이다. 각 Segment에서의 상관관계는 <그림 4-37~40> 및 <표 4-33>에 나타낸 바와 같이 BOD, T-N, T-P, Chlorophyll-a의 실측치와 계산치의 값들에 대한 상관관계의 범위를 보면, BOD는 0.63~0.90, T-N은 0.81~0.97, T-P는 0.75~0.98, 그리고 Chlorophyll-a의 상관관계는 0.77~0.98이었으며, 경천저수지의 수질 모의

결과 실측농도를 잘 반영하는 것으로 평가되었다.

표 4-32 EUTRO5를 이용한 모의에 사용된 상수값 비교

수질 항목	상수 번호	CONT	Manul범위 [기본값]	보정값						
				대청호 ('97)	건설부	잠실 수중보	팔당호	소양호	충주호	본연구
NH ₃ -N	11	K1320C	0.09~0.13	0.09	0.009	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	12	K1320T	1.08 [1.0]	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	13	KNIT	0.5	1.14	-	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
NO ₃ -N	21	K140C	0.09	0.09	0.009	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	22	K140T	1.08 [1.0]	1.045	1.045	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	23	KNO3	0.1	0.22	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Org-N	91	K1013C	0.075	0.075	0.15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	92	K1013T	[1.0]	1.047	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	93	KONDC	0.0004	0.0004	-	-	-	-	-	-
	94	KONDT	1.08 [1.0]	1.08	-	-	-	-	-	-
PO ₄ -P	57	PCRB	0.01~0.047 [0.025]	0.025	0.025	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Org-P	100	K58C	0.075	0.09	0.044	0.22	0.22	0.22	0.22	0.15
	101	K58T	[1.0]	1.047	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.047
	102	KOPDC	0.0004	0.0014	-	-	-	-	-	-
	103	KOPDT	1.08 [1.0]	1.08	-	-	-	-	-	-
O ₂	81	OCRB	[2.67]	2.67	-	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
CBOD	71	KDC	0.16~0.21	0.11	0.039	0.2	0.21	0.2	0.2	0.05
	72	KDT	1.047 [1.0]	1.047	-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	73	KDSC	0.0004	0.0004	-	-	-	-	-	-
	74	KDST	1.08 [1.0]	1.08	-	-	-	-	-	-
	75	KBOD	0.5	0.5	*	*	*	*	*	*

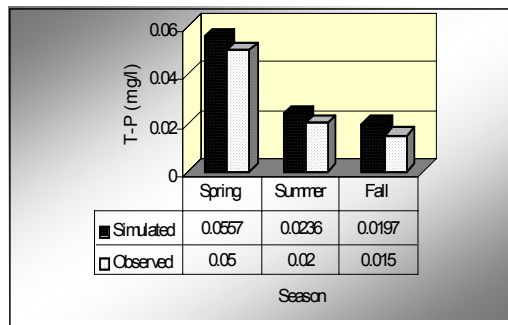
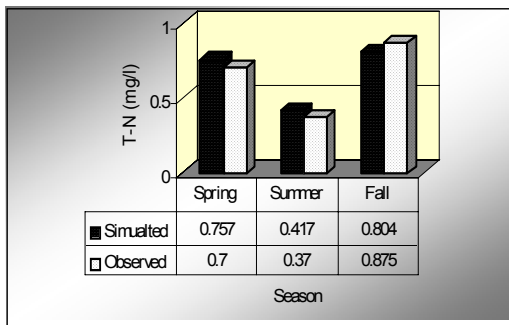
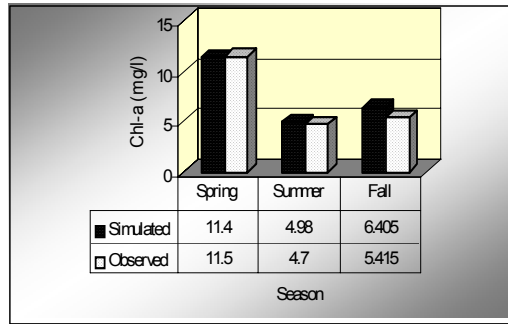
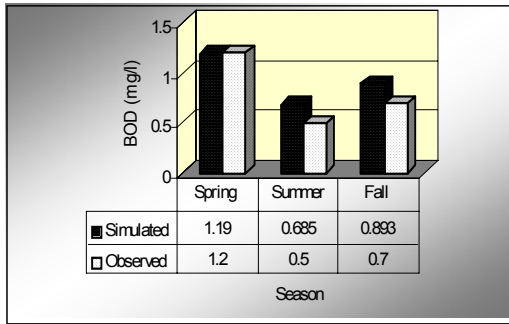
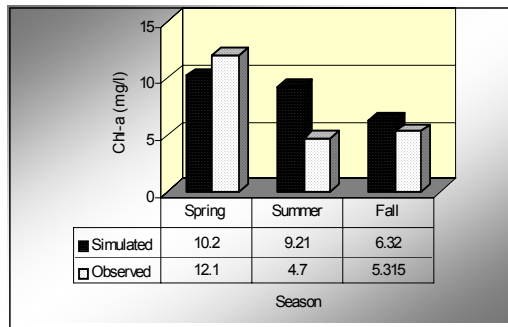
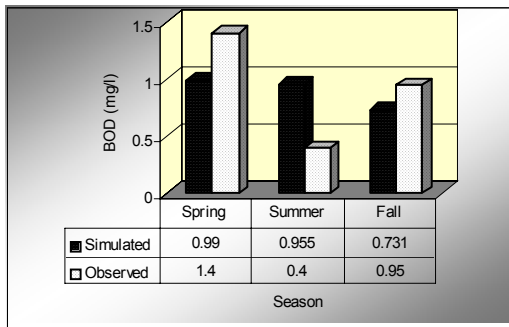


그림 4-33 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 1)



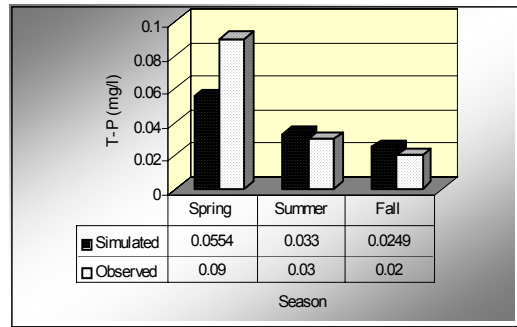
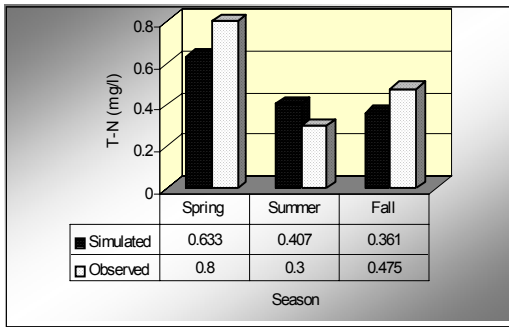


그림 4-34 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 2)

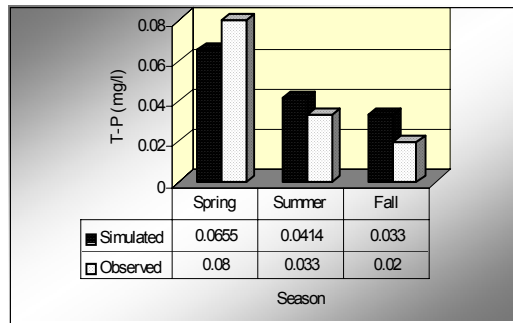
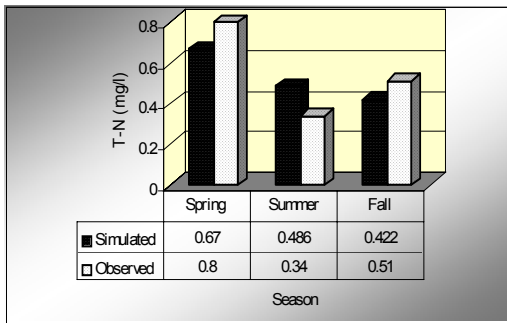
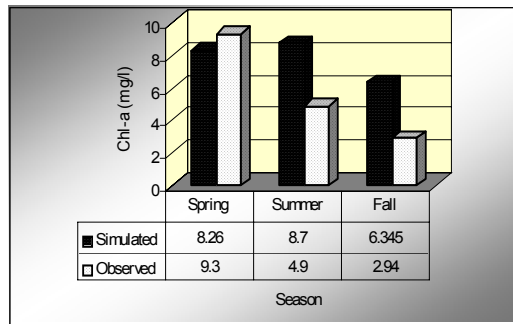
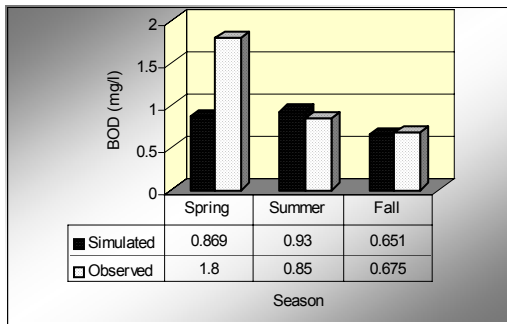


그림 4-35 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 3)

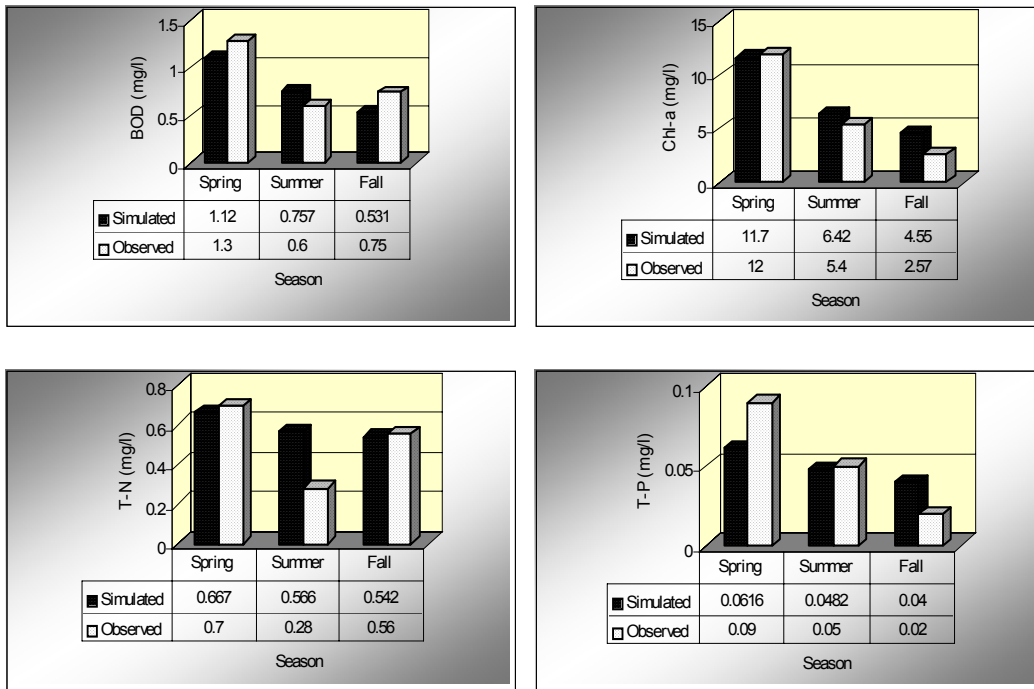


그림 4-36 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 5)

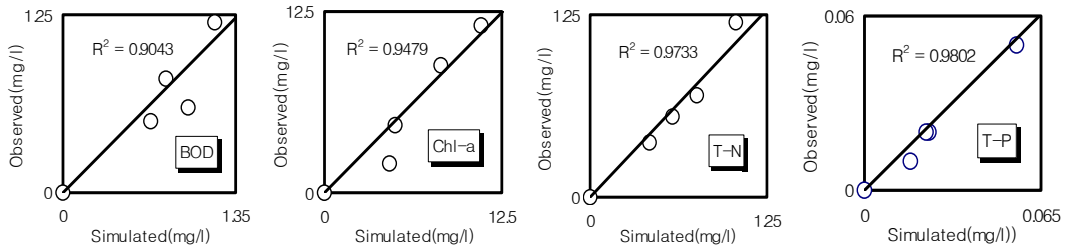


그림 4-37 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 1)

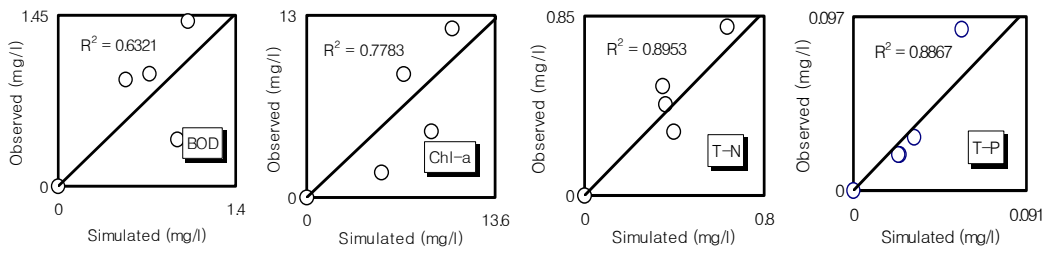


그림 4-38 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 2)

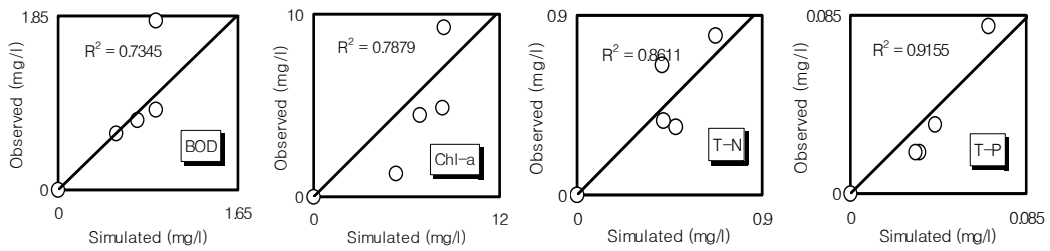


그림 4-39 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 3)

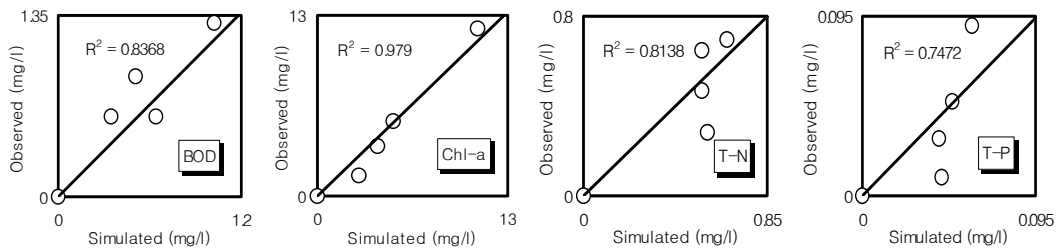


그림 4-40 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 5)

표 4-33 보정에 관한 상관관계식

Item	SEG.1	SEG.2	SEG.3	SEG.5
BOD	$y = 0.9937x - 0.0882$ R2 = 0.9118	$y = 0.9197x + 0.1363$ R2 = 0.6493	$y = 1.0197x + 0.1395$ R2 = 0.7484	$y = 0.9758x + 0.1628$ R2 = 0.8754
Chl-a	$y = 1.0842x - 0.8795$ R2 = 0.9573	$y = 1.051x - 1.1354$ R2 = 0.7902	$y = 1.0401x - 1.7546$ R2 = 0.8247	$y = 1.0809x - 0.5902$ R2 = 0.984
T-N	$y = 1.0667x - 0.0392$ R2 = 0.9754	$y = 1.0315x + 0.0373$ R2 = 0.8996	$y = 1.0145x + 0.0223$ R2 = 0.8624	$y = 0.9869x - 0.0314$ R2 = 0.816
T-P	$y = 0.9969x - 0.0031$ R2 = 0.9868	$y = 1.1177x - 0.0008$ R2 = 0.8869	$y = 1.1259x - 0.0088$ R2 = 0.9363	$y = 1.1159x - 0.0083$ R2 = 0.7598

나. 모형의 검증

경천저수지 모형의 검증결과는 <그림 4-41>과 같다. 그러나 segment 내의 임의의 지점에서의 실측치와 각각의 segment에서의 평균값과의 비교이므로 오차가 있을 수 있다. 본 연구에서는 경천저수지의 모형변수를 검증하기 위하여 Segment3에서의 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 값들에 대한 비교는 봄, 여름, 가을로 나누어 계절별로 하였다. 봄은 3, 4, 5월의 수질평균값, 여름은 6, 7, 8월의 수질평균값, 가을은 9, 10, 11월의 수질평균값으로 하여 실측치와 예측치를 비교하였다. <그림 4-42>에 나타난 바와 같이 계절별 상관관계 범위를 보면 BOD 0.78, T-N 0.72, T-P 0.73, 그리고 Chl-a의 상관관계는 0.52이었다. Segment3에서의 BOD와 T-N, T-P는 실측치와 계산치가 잘 일치하였지만 Chl-a는 계산치가 실측치 보다 다소 과대평가 되었다. T-N값은 유기질소, 암모니아성 질소 및 질산성 질소 등의 값을 합한 것이며, T-P값은 유기인과 무기 인산염 등의 값을 더한 값이다. 본 연구의 모의에서는 4개의 Segment에서 표수층에 대해서만 수질을 모의하였다.

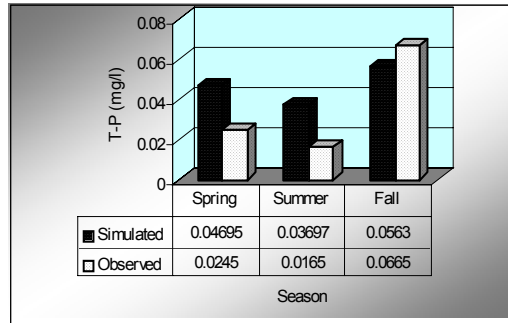
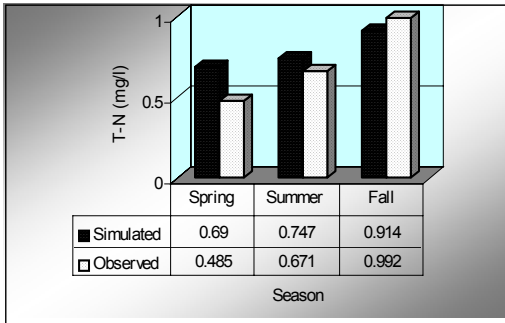
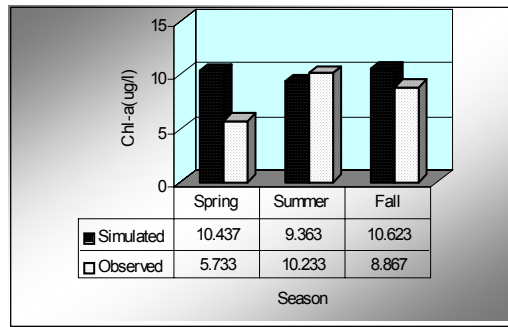
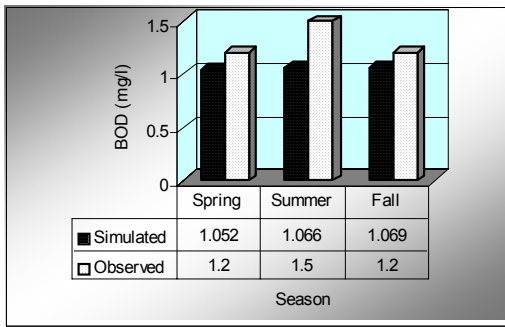


그림 4-41 BOD, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 계절별 비교(seg. 3)

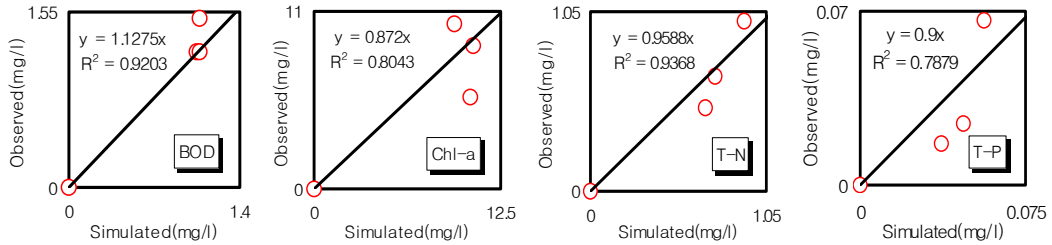


그림 4-42 BOD, Chl-a, T-N, 그리고 T-P의 보정 결과의 상관도(seg. 3)

다. 장래의 수질예측

경천저수지의 Seg.2에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 모의결과는 인구와 가축의 증가율에 따라 BOD, T-N, T-P 수질모의값은 2010년도에는 2002년에 비해 평균 33%, 36%, 20%로 각각 증가하였고, 2015년도에는 평균 38%, 41%, 27%, 2020년도에는 평균 43%, 47%, 33%로 <표 4-34> 및 <그림 4-43>과 같이 각각 증가되었다.

표 4-34 Seg.2에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

일	2002년			2010년			2015년			2020년		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
30	0.79	0.800	0.0588	1.10	1.18	0.0705	1.22	1.22	0.0790	1.30	1.36	0.0864
60	1.09	0.930	0.0897	1.44	1.42	0.1080	1.56	1.51	0.1210	1.66	1.67	0.1332
90	1.82	1.020	0.1118	2.04	1.59	0.1345	2.14	1.72	0.1506	2.23	1.90	0.1665
120	1.76	1.090	0.1269	3.09	1.71	0.1535	3.49	1.87	0.1716	3.95	2.05	0.1901
150	2.00	1.060	0.1260	3.09	1.67	0.1519	3.38	1.83	0.1704	3.70	2.02	0.1882
180	1.89	0.924	0.1067	2.87	1.46	0.1287	3.12	1.61	0.1440	3.37	1.77	0.1589
210	1.69	0.774	0.0842	2.50	1.23	0.1013	2.68	1.35	0.1133	2.82	1.48	0.1254
240	1.53	0.661	0.0667	2.15	1.05	0.0804	2.28	1.16	0.0897	2.40	1.27	0.0995
270	1.30	0.619	0.0588	2.16	0.98	0.0706	2.44	1.08	0.0789	2.69	1.19	0.0873
300	0.95	0.644	0.0554	1.49	1.02	0.0666	1.64	1.13	0.0744	1.79	1.24	0.0824
330	0.84	0.725	0.0553	1.32	1.16	0.0664	1.44	1.28	0.0742	1.57	1.41	0.0822
360	0.81	0.806	0.0551	1.13	1.29	0.0663	1.23	1.43	0.0741	1.32	1.57	0.0822
평균	1.37	0.83	0.0800	2.03	1.31	0.09	2.21	1.43	0.1100	2.40	1.57	0.1200

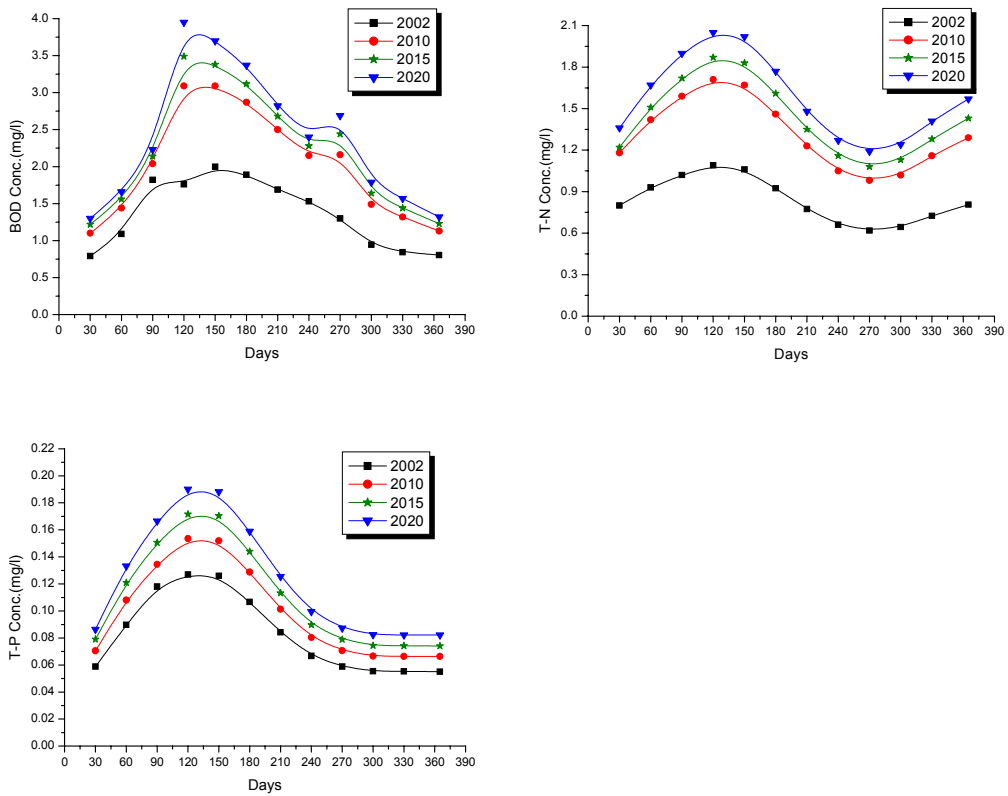
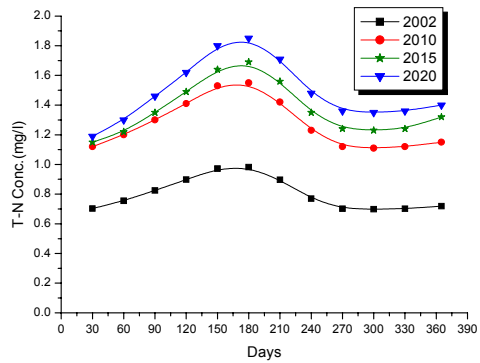
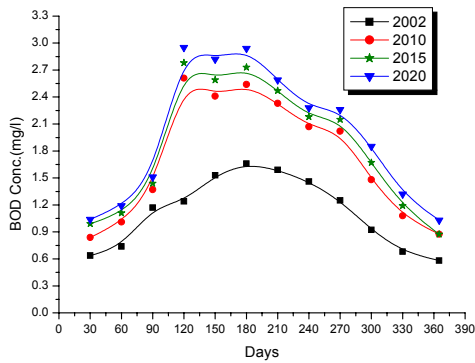


그림 4-43 Seg. 2 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

경천저수지의 Seg.3에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 모의결과는 인구와 가축의 증가율에 따라 BOD, T-N, T-P 수질 모의값은 2010년도에는 2002년에 비해 각각 평균 35%, 37%, 20%로 증가하였고, 2015년도에는 평균 40%, 42%, 27%, 2020년도에는 평균 43%, 46%, 33%,로 <표 4-35> 및 <그림 4-44>와 같이 각각 증가되었다.

표 4-35 Seg.3에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

일	2002년			2010년			2015년			2020년		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
30	0.64	0.703	0.0639	0.84	1.150	0.0804	0.99	1.150	0.0894	1.04	1.190	0.0978
60	0.74	0.755	0.0682	1.01	1.200	0.0847	1.11	1.220	0.0944	1.19	1.300	0.1034
90	1.17	0.825	0.0787	1.37	1.300	0.0968	1.44	1.350	0.1083	1.51	1.460	0.1186
120	1.24	0.898	0.0917	2.61	1.410	0.1121	2.78	1.490	0.1255	2.95	1.620	0.1384
150	1.53	0.972	0.1060	2.41	1.530	0.1295	2.59	1.640	0.1444	2.82	1.800	0.1598
180	1.66	0.982	0.1111	2.54	1.550	0.1351	2.73	1.690	0.1510	2.94	1.850	0.1671
210	1.59	0.897	0.1006	2.33	1.420	0.1221	2.47	1.560	0.1370	2.59	1.710	0.1511
240	1.46	0.770	0.0824	2.07	1.230	0.0998	2.18	1.350	0.1118	2.28	1.480	0.1244
270	1.25	0.702	0.0716	2.02	1.120	0.0868	2.15	1.240	0.0971	2.26	1.360	0.1079
300	0.92	0.698	0.0697	1.48	1.110	0.0843	1.67	1.230	0.0946	1.85	1.350	0.1049
330	0.68	0.702	0.0686	1.08	1.120	0.0833	1.19	1.240	0.0933	1.32	1.360	0.1035
360	0.58	0.719	0.0672	0.88	1.150	0.0816	0.96	1.270	0.0914	1.04	1.400	0.1016
평균	1.12	0.800	0.0800	1.72	1.270	0.09	1.85	1.36	0.1100	1.98	1.490	0.1200



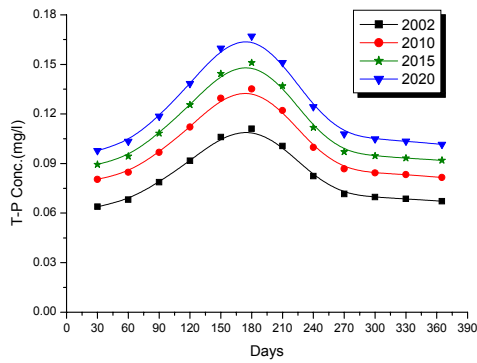
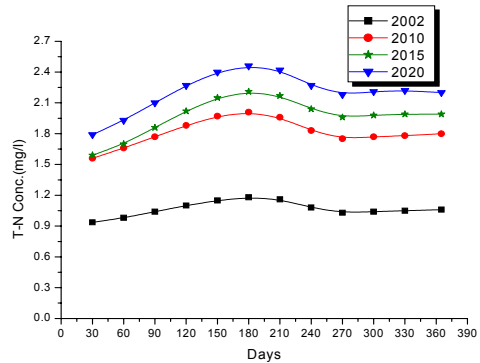
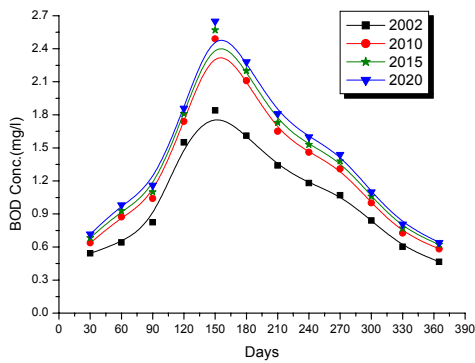


그림 4-44 Seg.3 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

경천저수지의 Seg.5에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 모의결과는 인구나 가축의 증가율에 따라 BOD, T-N, T-P 수질모의값은 2010년도에는 2002년에 비해 각각 평균 20%, 41%, 24%로 증가하였고, 2015년도에는 평균 24%, 46%, 32%, 2020년도에는 평균 27%, 52%, 38%로 <표 4-36> 및 <그림 4-45>와 같이 각각 증가되었다.

표 4-36 Seg.5에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

일	2002년			2010년			2015년			2020년		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
30	0.54	0.936	0.1109	0.64	1.570	0.1178	0.68	1.560	0.1410	0.71	1.790	0.1303
60	0.64	0.980	0.1211	0.87	1.660	0.1383	0.93	1.700	0.1634	0.98	1.930	0.1646
90	0.83	1.040	0.1324	1.04	1.770	0.1599	1.10	1.860	0.1878	1.16	2.100	0.1975
120	1.55	1.100	0.1445	1.74	1.880	0.1799	1.81	2.020	0.2099	1.86	2.270	0.2276
150	1.84	1.150	0.1534	2.49	1.970	0.1953	2.57	2.150	0.2274	2.65	2.400	0.2503
180	1.61	1.180	0.1568	2.11	2.010	0.2017	2.20	2.210	0.2326	2.28	2.460	0.2594
210	1.34	1.160	0.1519	1.65	1.960	0.1964	1.73	2.170	0.2262	1.81	2.420	0.2539
240	1.18	1.080	0.1396	1.46	1.830	0.1800	1.53	2.040	0.2068	1.60	2.270	0.2325
270	1.07	1.030	0.1281	1.31	1.750	0.1661	1.38	1.960	0.1907	1.44	2.180	0.2152
300	0.84	1.040	0.1245	1.00	1.770	0.1599	1.06	1.980	0.1844	1.10	2.210	0.2078
330	0.60	1.050	0.1198	0.73	1.780	0.1548	0.77	1.990	0.1772	0.81	2.220	0.2005
360	0.47	1.060	0.1154	0.58	1.800	0.1481	0.62	2.020	0.1703	0.66	2.250	0.1916
평균	1.04	1.06	0.1300	1.30	1.810	0.16	1.36	1.970	0.1900	1.42	2.20	0.2100



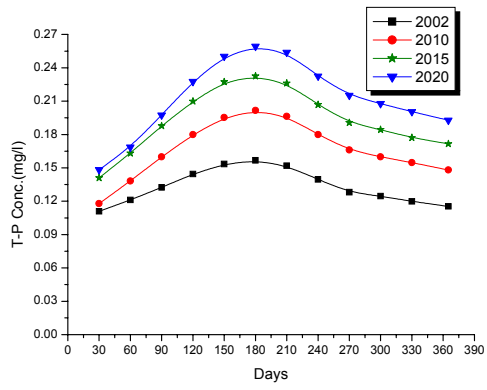


그림 4-45 Seg.5 에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 결과

제5장 전문가시스템 구축

제1절 서론

본 연구에서는 저수지를 대상으로 한 수질평가 및 수질개선을 위한 대안선정문제를 해결하고자 하였다. 이러한 수질평가에는 BOD, COD, TN, TP, Chl-a 등 많은 물질에 대하여 분석이 필요하고 또한 수질개선을 위한 대안에는 대상저수지에 유입되는 모든 유역수와 이에 적용가능한 모든 대안들을 고려해야 한다. 이렇게 생성된 대안들 간에 평가를 실시하여 최적대안을 선정해야 하는데 이러한 평가/분석에는 수많은 기준과 정보가 필요하게 된다. 본 연구에서는 수질모델링을 통하여 이러한 복잡성을 해결하고 수질개선을 위한 최적대안선정을 위한 시스템을 구축하고자 하였다.

수질평가와 수질개선을 위한 대안선정에는 많은 정보와 이에 대한 분석이 필요하다. 이러한 복잡성으로 인해 수질문제를 해결하기 위해서는 이에 대한 전문가가 반드시 필요하다. 그러나 전문가는 사람이기 때문에 항상 객관적이고 일관적인 결과를 보여준다고 확신할 수 없다. 그리고 시간과 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 이러한 전문가 도입의 문제를 해결하기 위한 대안으로 전문가시스템의 구축을 들 수 있다. 전문가시스템은 해당문제에 관련된 정보와 전문가가 문제를 해결하는 절차적 정보를 저장하여 문제 해결을 돕는 시스템이며 기계를 이용하여 정보를 저장하고 처리하므로 항상 일관된 결과를 생성하는 것을 이점으로 들 수 있다. 그러나 사람과 달리 기계는 스스로 정보를 분석하고 판단할 수 없고 또 저장되는 정보들이 일정한 체계를 지녀야 한다. 그러므로 수집된 정보를 일정한 처리를 거쳐 체계화 한 다음 전문가시스템에 적용하는 작업이 필요하게 되는데 이러한 작업을 하는 전문가를 지식공학자라고 한다. 본 연구는 수질평가와 수질개선을 위한 대안선정문제를 해결하고자 하므로 수질에 대한 정보와 대안생성에 필요한 정보, 그리고 생성된 대안들 중에서 최적대안을 선정하는 방법을 전문가시스템의 지식으로 적용해야 한다. 또한 이러한 지식은 적용되기 이전에 먼저 일관되게 체계화하여야 한다.

제2절 전문가시스템 개요

1. 전문가시스템 소개

전문가시스템(Expert)은 “전문가와 같은 지적 능력을 갖는 소프트웨어 체계”의 개발을 목표로 시작된 연구이다. 전문가의 정의는 “전문지식을 기억하고 있고, 논리적인 추론 능력에 따라 결론을 도출하며, 설득력 있는 설명능력이 있는 사람”이다. 전문가 시스템은 이와 같은 지식관리능력이 있는 소프트웨어를 모델로 삼게 될 것이다. 그러므로 방법론의 관점에서 본다면 지식기반시스템(Knowledge Based System)이 된다. 즉 전문가 시스템이란 “전문지식을 저장하고 이를 바탕으로 논리적 추론을 실행하여 결론을 도출할 수 있는 소프트웨어체계”이다.

가. 전문가시스템의 특징

지식을 일관되고 객관적으로 적용할 수 있고, 사람과 같이 수명의 한계가 없으며, 지식을 쉽게 복사/이동할 수 있다는 점을 들 수 있다. 단지 사람의 일반적인 시각, 청각, 촉각 등의 인식기능이나 광범위한 상식이 필요한 분야나 부분에서는 전문가를 완전히 대체 할 수 없다.

나. 전문가시스템의 구조

구체적인 전문가시스템의 구조는 적용분야에 따라 매우 다양하게 조정할 수 있지만 전형적인 모형은 아래 <그림 5-1>과 같다. 지식베이스는 지식을 규칙이나 프레임 등의 방법으로 표현하여 저장해 두는 곳이다. 추론과 설명기능은 이 지식을 이용하여 사용자에게 결론을 제공한다. 지식베이스에 지식을 제공하는 책임자를 지식관리자 혹은 지식공학자(Knowledge Engineer)라 부르며, 지식관리자는 자신이 개발대상의 문제에 관한 전문가일수도 있지만 일반적으로는 다른 전문가로부터 지식을 추출하거나 전문자료를 활용하여 지식베이스의 표현형식으로 지식을 코드(Code)화 해야 한다.

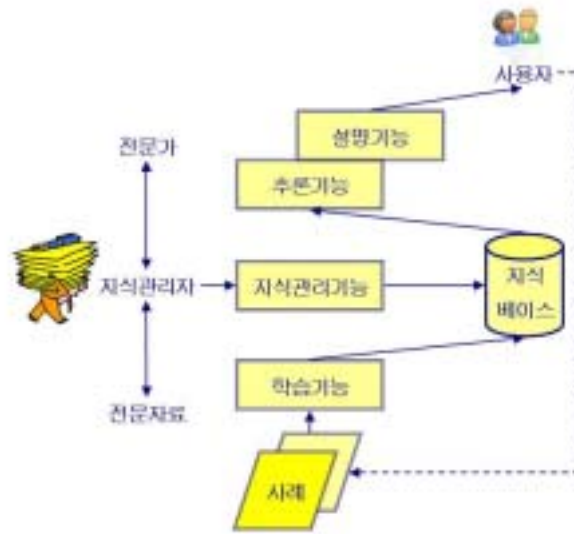


그림 5-1 전문가시스템의 구조

다. 전문가시스템과 지식

1) 지식표현

전문가시스템의 구성요소 중에서 지식과 추론기능이 대부분을 차지한다고 할 만큼 이 두 가지는 가장 중요한 요소이며, 획득한 지식을 어떻게 효율적이면서 효과적으로 표현하고 저장하는가 하는 것은 바로 전문가시스템의 성능과 직결된다. 지식은 여러 가지 차원과 수준에서 정의할 수 있으나 일반적으로 데이터(Data), 정보(Information), 사실(Facts)과 같은 의미로 사용되기도 하며 또한 “정보를 보다 체계화하고 개념화한 것”으로 정의할 수도 있다. 여기서 개념화란 정보를 ‘구조화’함으로써 사람으로 하여금 보다 쉽게 이용할 수 있게 하고 이해가능 하도록 하는 것이다. 다른 측면에서 정의하면 “컴퓨터가 지능적으로 작동하는데 필요한 정보로서 사실, 믿음, 문제를 해결하는 방법, 절차, 개념의 정의 등을 포함하며 또한 이것들 간의 관계(Relationships)를 말한다. 전문가시스템에서의 지식은 단순히 저장된 것이 아닌 해결하고자 하는 목적을 이루도록 사용

할 수 있어야 한다.

지식표현이란 획득한 지식을 컴퓨터와 사람이 동시에 이해할 수 있는 형태로 나타내는 것을 말하며 합목적적, 즉 목적달성에 부합되는 구조를 가져야 할 뿐 아니라 추론의 효율성, 지식획득의 용이성, 저장의 간결성 및 표현의 정확성, 다양성 등을 갖추어야 한다. 많이 사용되는 지식 표현 방법은 규칙, 의미망, 프레임이 있다.

2) 추론

가) 지식표현에서의 추론

지식베이스에는 지식이 지식표현이라는 형식에 따라 축적되어져 있다. 이것에 대하여 사용자는 사용자의 표현으로 정보를 구한다. 여기서 표현을 조정할 필요가 있는데 추론 엔진의 역할은 시스템의 표현에 정형화된 사용자의 질문을 받아서, 지식베이스내의 지식을 이용해서 회답을 생성한다.

추론은 단적으로 말하면 지식베이스내의 지식 처리 방법이고, 그 방식은 지식의 표현 방식에 강하게 의존한다. 더욱이 지식 표현을 복수로 동시에 이용하는 시스템이 있는 것과 마찬가지로, 단일의 지식 표현에 대해 복수로 추론하는 방식과, 복수의 지식 표현에 대해 각각 추론하는 방식이 있다. 추론을 논하는데 뺄 수 없는 것은 추론 방식의 연구와 지식 베이스 확대와의 교환에 관한 논의이다. 현재의 경우, 복잡한 추론 방식은 추론 과정의 추적을 어렵게 하므로, 사전 지식이 적으면 그것을 아무리 연결시켜도 답을 얻기 어려우므로, 지식을 늘리는 편이 효과적이라는 의견이 우세한 실정이다.

나) 추론의 종류

전문가 시스템이 가지는 추론 기구는 풍부한 지식으로부터 새로운 지식을 만들어내는 구조이다. 추론 기구가 취할 수 있는 추론 방식으로는 연역적 추론과 발견적 추론, 그리고 귀납적 추론, 이상 세 가지를 들 수 있다.

연역적 추론은 주어진 규칙(A와 $A \Rightarrow B$ 라고 하는 두 개의 식)에서 결론(B)를 유도하는 추론 방법이다. 가령 “네로는 고양이 이다”(A)와 “고양이는 식사 후에 얼굴을 닦는다”(A \Rightarrow B)라고 하는 두 개의 식에서, “네로는 식사 후에 얼굴을 닦는다”(B)를 추론하는 것이 연역적인 추론이다.

경험적 추론은 발견적 추론이라고도 하며, 이것은 B와 $A \Rightarrow B$ 라고 하는 두 개의 식에서, A라고 하는 식을 이끌어내는 추론이다. 위의 예에서 “네로는 식사 후에 얼굴을 닦는다”(B)와 “고양이는 식사 후에 얼굴을 닦는다”(A \Rightarrow B)라고 하는 두 개의 식에서, “네로는 고양이 이다”(A)라고 하는 가설을 이끌어내는 것이 경험적 추론이다.

귀납적 추론은 사실 중에서 사실을 만족하고 있는 규칙을 발견해 내는 추론 방법이다. 데이터베이스 내에 축적된 A와 B 두 개의 사실 데이터로부터, 이들이 만족하는 규칙 $A \Rightarrow B$ 라고 하는 식을 유도해 내는 추론이다. 단, 현재의 전문가시스템의 추론에 있어서 실제로 이용할 수 있는 것은 연역적 추론 뿐이다. 다른 방법도 필요하지만, 일반적인 것은 정의할 수 없기 때문에 각각의 경우에 따른 발견적 추론을 사용자 또는 지식공학자가 직접 쓴 프로그램을 이용해서 추론하게 된다.

다) 지식표현과 추론

전문가시스템의 지식 표현으로서는 생성 규칙과 프레임이 일반적으로 잘 이용되고 있지만, 그것 이외에도 여러 가지 표현방법이 있다. 그리고 추론 방식을 지식 표현에 의해서 크게 다르고, 예를 들면 가능 연역적 추론으로서 생각할 수 있는 규칙과 술어 논리에 있어서도, 지식 표현에 차이가 있으므로 추론 방법도 그것에 따라 달라진다. 그러나 이와 같은 추론 방식은 전혀 다른 것은 아니며, 같은 기구를 다수 포함하고 있다.

생성 시스템에 있어서 지식은 규칙과 작업 메모리(working memory)속의 작업영역 요소에 따라 실현된다. 여기서 규칙은 ‘조건 \Rightarrow 실행’의 형으로 나타낼 수 있고, 규칙은 조건부를 작업영역 요소로 조합하고, 적용 가능한 규칙을 모두 끄집어내어 경합집합(conflict set)을 만든다. 이 처리 프로세스를 조합이라고 한다. 그리고 적용 가능한 규칙이 복수인 경우에는 경합집합 중에서 어떤 전략에 의해 한 개의 규칙을 선택하고(경합 해소), 그 규칙이 발화하는 것에 따라 작업영역 요소를 포함하는 작업 메모리의 내용이 갱신된다. 이상과 같이 생성 시스템의 추론은 인지-행동 사이클의 단순한 알고리즘에 의해 제어된다. 이 인지-행동 사이클의 추론 방식으로서 정방향 추론, 역방향 추론, 그리고 양방향 추론, 이상 세 가지가 있다.

정방향 추론은 데이터 구동형 추론 혹은 상향식 추론이라고도 하며, 작업 메모리의 초기 상태에서부터 규칙을 적용하면서 목표 상태로의 경로를 탐색하는 생성적 추론이다.

정방향 추론의 기본동작은 조합(규칙의 조건부와 작업 메모리의 정합(matching)을 행하는 것)과 경합의 해소(정합된 규칙의 집합 중에서 정해진 전략에 따라 한 개의 규칙을 선택), 그리고 실행(선택된 규칙의 실행부를 실행)의 사이클을 반복한다. 어떤 규칙이 실행되면 작업 메모리의 내용이 갱신되고, 새로운 규칙의 집합이 만들어져 처리가 진행된다. 조합은 규칙 수가 많으면 실행속도가 저하된다.

역방향 추론은 결과 구동형 혹은 하향식 추론이라고도 하며, 목표 혹은 가설을 결론부로 가지는 규칙을 찾아서, 그 조건부의 조건을 다음 가설로 해서 추론을 진행한다. 가설을 찾아보아 앞의 조건이 지식베이스에 존재하면 가설은 바르다고 검증되며, 존재하지 않으면 역행(backtracking)하고, 다른 가설 혹은 목표에 대한 추론으로 이행하는 검증적 추론이다. 이것은 PROLOG의 동작과 유사하다.

양방향 추론은 위에서 서술한 두 가지의 추론 방식을 혼합한 것이 양방향 추론이다. 두 개의 추론방식을 비교했을 경우, 효율면을 생각하면 역방향 추론 쪽이 정방향 추론보다 우수하다. 역방향 추론에서는 미리 가설을 설정하여, 이것이 성립하는지 어떤지를 조사할 수 있다. 따라서, 정방향 추론에서는 사실로부터 출발해서 가능한 결론을 차례차례 구해간다. 이 때문에 역방향 추론이 탐색하는 범위를 제한할 수 있으므로 효율이 좋다. 그러나 미리 가설이 설정되지 않은 경우에는 정방향 추론을 사용할 필요가 있다. 따라서, 양쪽의 장점을 살리려는 양방향 추론에서는 우선 소량의 사실에 대해서 정방향 추론을 행하고, 가능한 가설을 발견해서 역방향 추론을 행하게 하고, 이 가설의 타당성 여부를 결정한다.

3) 지식 획득

지식획득이란 여러 형태의 지식원천으로부터 필요한 지식을 추출하여 이를 구조적으로 조직화하는 과정을 말한다. 이러한 지식획득은 전문가시스템의 개발에 있어 매우 중요함에도 불구하고 가장 정형화되어 있지 못한 실정이다. 이러한 이유로 인하여 실제 많은 전문가시스템 개발자들로부터 가장 힘든 영역으로 인식되어 오고 있다.

지식베이스의 구축을 위하여 지식의 수집을 책임지는 사람을 지식공학자(KE, Knowledge Engineer)라고 하는데 이러한 지식공학자는 컴퓨터와 직접적으로 관계되는 기술 이외에도 대화 및 면담기술, 지식획득을 위한 그룹의 조직 및 관리, 새로운 적용분

야(domain)에 관련된 지식의 학습 의지, 대규모의 신기술을 유연하게 처리하고 관리할 수 있는 능력 등이 요구된다.

지식공학자는 여러 종류의 다양한 원천으로부터 지식을 획득하는데, 이러한 지식의 원천은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째 대표적인 것으로 문헌을 들 수 있는데 이에는 교과서, 참고서, 매뉴얼, 표준업무처리절차(SOP : Standard Operational Process) 등이 포함된다. 둘째, 대상 영역의 전문적 지식을 보유하고 있는 전문가 또한 중요한 지식원천이며, 마지막으로 대상 영역에서의 실제 처리과정을 직접 관찰함으로써 지식을 획득할 수도 있는데 이 경우에는 실제 업무처리과정 자체가 지식의 원천이 된다.

문헌은 일반적으로 개발 초기에 지식공학자가 대상 영역에 대한 기본적인 용어 혹은 기초지식 등을 얻는데 있어 중요한 지식의 원천이 된다. 만약 얻고자 하는 지식의 형태가 절차적인 성격을 지닐 경우, 즉 일련의 작업들이 순차적으로 진행되는 경우, 직접 관찰하는 방법이 지식의 획득에 도움을 줄 수 있다. 그러나 대부분의 경우에는 전문가들이 자신의 추상적이고 지적인 처리과정을 거쳐 적절한 의사결정을 내린다. 그런데 이러한 처리과정은 전문가들 자신도 이해하고 표현하기 어려운 내용일 경우가 많다. 따라서 지식공학자는 적절한 지식획득 방법들을 동원하여, 전문가들이 그러한 처리과정을 효율적으로 발견하고 표현할 수 있도록 도와서 궁극적으로 적절한 지식을 획득할 수 있어야 한다.

가) 전문가에 의한 지식획득

전문가시스템의 개발에 빠져서는 안 될 중요한 역할을 수행하는 것이 바로 대상 영역의 전문가이다. 따라서 성공적인 시스템의 개발을 위해서는 대상문제의 영역에 적합한 전문가를 선정하는 일이 무엇보다 중요하다. McGraw와 Harbison-Briggs는 전문가 선정에 위한 기준으로 전문적 지식과 경험, 활용가능성, 시스템 개발 참여의지, 그리고 의사소통기술 이상의 네 가지를 들고 있다(McGraw and Harbison-Briggs, 1989).

지식공학자는 전문가와의 수 차례 면접을 통하여 지식을 획득하거나 혹은 전문가로 하여금 설문서에 답변하도록 요청하는데, 궁극적으로 지식공학자가 전문가에게 질문하는 방법에는 다음과 같은 세 가지 형태가 있을 수 있다. 첫째, 지식공학자가 미리 면담의 목적을 결정하고 질문사항도 준비하여 면담을 시작하게 되는데, 전문가와의 토의방

항이 이미 설정한 주제를 벗어나지 않도록 유도하여야 한다. 이러한 방법을 정형적 면담이라고 하며 지식획득의 후기 단계에서 정교한 지식의 획득을 위하여 활용하면 유익하다. 둘째, 아무런 형식을 갖추지 않고 자유롭게 면담이 이루어지게 한다. 지식공학자는 단지 시작하기 위한 질문만을 던지고, 전문가의 답변을 근거로 계속적인 질문을 한다. 이러한 방법을 비정형적 면담이라고 하며 처음으로 대상 적용분야를 접하는 지식획득의 초기 단계에서 활용하는 것이 바람직하다. 마지막으로, 전문가와의 접촉이 용이하지 않은 경우에 주로 사용하는 방법으로 설문서를 이용하는 방법이 있다. 지식공학자는 설문서를 보내어 전문가로 하여금 설문서에 대한 답을 기술하도록 한다. 이 방법은 특히 이미 수집된 지식을 보다 명확하게 하기 위한 용도로 활용할 수 있다.

4) 전문가시스템의 응용

전문가시스템의 응용분야는 경영, 과학, 광업, 교육, 교통, 군사, 기상학, 농업, 발전, 법률, 수학, 공학, 영상처리, 우주과학, 의학, 전자, 정보관리, 제조, 지질학, 컴퓨터시스템, 통신, 화학, 환경 등의 분야가 있으며 주로 경영과 제조, 그리고 의학 분야의 전문가시스템이 발달해 있다.

가) 환경분야에서의 응용

환경분야의 전문가시스템들은 수질오염, 화학물질관리 등의 분야에서 개발되었다. 산성비 등과 같은 수질오염의 상태를 분석하고 수질통제를 위해 모의실험 등을 지원하기 위해 개발된 시스템들로서, 호수와 저수지의 수질통제를 위한 시스템으로 인공지능과 모의실험방법을 결합한 DELAQUA(Deep Expert system LAke water QUALity), 지하수를 오염시키는 살충제의 잠재성을 규제하는 직원들을 돕기 위한 EXPRESS(EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluation SimulationS) 등이 있다.

2. WeBIS 개요

가. WeBIS 소개

WeBIS는 Web 기반의 인공지능 추론 시스템이다. WeBIS는 규칙 기반의 추론 시스

템(Rule Based Inference System)으로써 Rule을 지식분석도(Knowledge Diagram) 형태로 생성해서 관리한다. WeBIS는 복잡한 규칙이 필요한 자동화된 의사결정 시스템 혹은 다양한 조건이 주어지는 상황하에서, 기타 전문가의 지식을 기반으로 문제를 해결해야 하는 경우 룰 기반의 프로그래밍을 통해 웹사이트를 신속하고 효율적으로 제작 관리할 수 있는 도구이다.

WeBIS가 제공하는 기능들로는 지식 분석도 (Knowledge Diagram)를 이용한 지식의 도식화, 노드(Node)와 화살표(Link)를 이용한 지식 분석도의 작성, 그룹화(Grouping) 기능의 제공, 자신의 지식을 기반으로 한 시스템을 그림으로 표현, 업무 플로우 (Work Flow)를 그림으로 표현, 질문과 응답을 통한 상호과정을 그림으로 표현, 복잡한 다층 구조의 정보 체계를 그림으로 표현, 문제 해결을 위한 탐색 과정을 그림으로 표현, 지식 분석도에 기반한 Web/Mobile 페이지의 생성, HTML/ASP/WML 페이지의 자동 생성, 페이지 내 각종 오브젝트 (Object)의 관리, 다양한 링크 방법 제공, Rule 엔진에 의한 응용 프로그램과 Rule의 분리, 타 응용 프로그램에서 Rule을 분리하여 구현 가능, COM 형태의 Rule Engine으로 Multi-platform 지원 등이 있다.

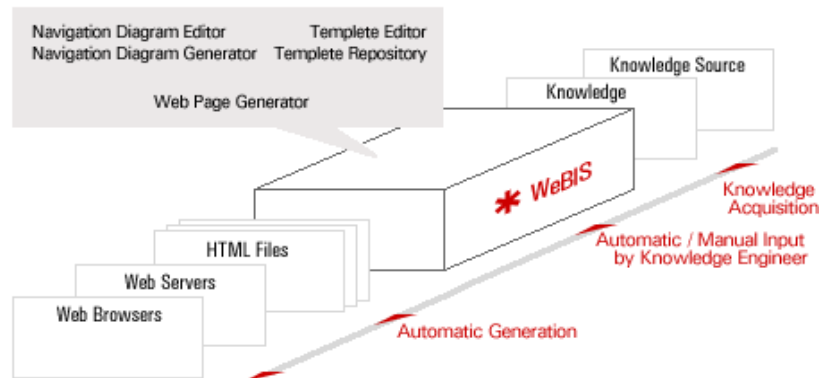


그림 5-2 WeBIS - The A. I. Website Builder

또한 수정의 편리성, 지식 분석도의 변경 후 웹 페이지 자동 생성으로 수정, 지식 분

석도 형태의 Rule 변경으로 프로그램 실행 로직 수정, 기존의 지식 분석도를 활용하여 편집 가능, WeBIS로 생성된 사이트의 일괄 관리, 사이트의 분할 관리 가능, 다양한 데이터베이스 지원, ODBC를 통한 다양한 데이터베이스 연결 지원, 기존의 사이트 구조 분석 및 관리, 기존의 사이트를 읽고 웹페이지 사이의 관계를 노드로 표현, 웹사이트를 편집하여 새로운 웹 페이지로 재생성 가능 등의 특징과 추가기능들을 제공해 준다.

이러한 WeBIS의 활용분야로는 복잡한 규칙이 필요한 자동화된 의사결정 시스템, 금융 상품 추천, 투자성향 분석, 금융 상품 설계, 포트폴리오 추천, 조건에 따라 다른 시스템이 적용되는 경우, 세무 자문, 금융소득 종합과세, 금융 계산기, 기타 전문가의 지식을 기반으로 문제를 해결해야 하는 경우와 재무진단 및 Advice 등 무수히 많은 분야가 존재한다.

나. WeBIS의 주요기능

Background에서 무겁고 복잡한 Engine이 가동되는 것이 아니고 HTML 문서의 연결 구조 자체가 Inference Engine의 역할 수행(HTML Based Backward Inference System) 하며 WeBIS는 이러한 HTML 문서들간의 연결구조를 관리해 주는 도구이다. 그리고 이러한 HTML 문서간의 논리적 관계를 간단한 Graph Manipulation 만으로 정의하고 표현할 수 있는 Navigation Diagram을 제공해준다. 또한 정의된 관계에 바탕하여 Web 문서를 자동으로 생성해주는 Web/Mobile Page Generator 기능을 내장하고 있고 변경된 로직에 따라 신규 Web 문서로 곧바로 적용 가능하다. 이러한 높은 기능성으로 인해 Rule 적용 웹 서비스의 개발 시간과 비용을 절감하는 효과를 가져온다.

기술된 바와 같이 WeBIS는 그 높은 기능성을 바탕으로 변화에 대한 빠른 대응, 실무자들이 비즈니스 로직을 직접 관리, 강력한 확장성(한번 작성하면 여러 곳에서 사용 가능), 비즈니스 로직을 프로그램과 분리하여 관리, 기존의 프로그램에 Rule을 적용한 변경 용이, 프로그램 유지/보수 시간과 비용 절감, 기업 전반에 걸친 일관성, 사업정책을 여러 응용프로그램과 기업 전반에서 재활용 가능, 여러 응용 프로그램에서 Rule의 공유 가능, 지식 전문가가 로직 변경 가능, 빠른 실행 속도, 일반 프로그램에 비해 30~50%의 향상된 퍼포먼스 등의 무수히 많은 장점을 가진다.

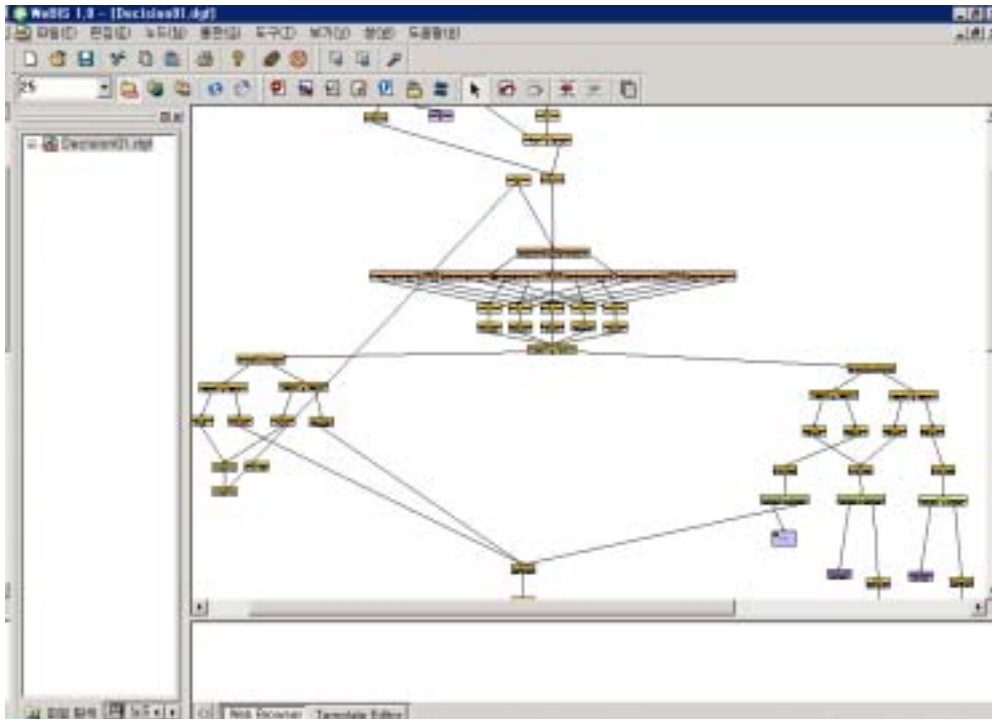


그림 5-3 WeBIS 편집화면

WeBIS를 이용한 Rule Based Programming은 기업의 업무 플로우(Work Flow)에 따른 룰의 적용, 각 플로우별 룰 기반의 관리, 업무 플로우를 Web상에 구현함으로써 Internet, Intranet에 활용, 기업의 Knowledge Management에 활용/Knowledge Network의 구축, 업무 권한의 분명한 설정, 업무 담당자의 End User Computing, HTML/WML 등 생성 기능을 활용 다양한 매체를 동시에 관리할 수 있는 등 많은 기능성을 제공한다. WeBIS를 Web Content Management System 구축은 기존 사이트의 재활용, 사이트의 지속적 발전에 적합, 전 사이트를 한 자리에서 관리, 사이트의 효율적인 관리 및 업데이트, 기존 시스템의 변경 불필요, 사이트 개발 인력의 절감, CRM과 연계 등의 특징 및 가능성을 가진다.

3. AHP 기법

가. AHP 기법의 필요성

Wasp5 시뮬레이션에 의해 대안들의 검증이 완료된 다음 단계는 검증된 대안들 간의 상대평가를 통하여 최적 대안을 선정해야 한다. 대안을 선정하기 위해서는 기준과 정보가 필요하다. Wasp5 시뮬레이션은 가상의 시스템이지 현실의 시스템이 아니므로 시뮬레이션의 실행결과만을 토대로 대안을 평가하기에는 위험이 존재한다. 따라서 이러한 판단근거의 부족함을 보충하기 위해 추가적인 대안선정기법이 필요하게 되었다. 이러한 평가에 필요한 정보는 전문가의 의견이 반영된 것과 수집된 자료에 의해 형성된 정보가 있다. 즉, 주관적인 정보와 비교적 객관적인 정보가 혼합되어 있으며 각각의 기준과 정보에 따라 주어진 대안들에 대해 여러 가지 평가결과가 나타날 수 있다.

이러한 경우에 가장 널리 사용되는 기법중의 하나가 바로 AHP기법이다. 이 기법은 여러 가지 기준들에 대한 상호비교와 최종결론을 내릴 수 있는 절차를 쉽게 구현할 수 있는 방법을 제공해 준다. 본 연구에서는 Wasp5 시뮬레이션 프로그램과 AHP기법을 혼용하여 최적대안을 선정하는 방법이 충분한 설득력이 있다고 판단하여 이를 전문가시스템에 적용하기로 하였다.

나. AHP 기법 소개

계층분석법(AHP)은 Thomas L. Saaty에 의해 개발된 것으로 상호 상충되는 복수의 기준이 존재하는 부정확한 상황에서의 의사결정 방법이다. 즉 계층분석법은 공통의 목적 혹은 기준에 대하여 대상들을 짝을 지워 비교함으로써 의사결정문제를 해결한다. 이러한 계층분석법의 필수적인 구성은 판단의 분석적 과정과 계층의 구축 및 분석의 창조적인 과정이 포함된다. 계층분석법은 다요소 의사결정의 문제에서 계층을 형성하고 분석하기 위한 방법을 이용하여 문제분석의 주관적 판단과 시스템 접근을 혼합한 문제해결형 의사결정 방법이라 할 수 있다. 즉, 주관적인 의사결정 요소를 객관화 할 수 있는 도구이다. AHP의 장점은 계산하기 쉽고, 양적/질적 요소를 모두 다룰 수 있다는 것이다. 단점은 의사결정자가 AHP를 사용하기 전에 먼저 여러 요소가 상호 독립적이라는 사실을 확인해야 한다.

제3절 수질환경 주요 지식 내용

1. 수질의 평가

호소의 수질 및 생산성에 영향을 미치는 유역특성인자로는 유역면적의 크기 및 인구, 경사도, 토지이용형태, 토양특성 등이 있다.

농업용 저수지의 수질개선사업 및 관리의 효율화를 도모하기 위하여 농업용수 수질측정망 조사 자료를 이용한 유형분류를 저수지와 담수호의 수질개선방안(최종), 농업기반공사, 농어촌연구원의 자료로부터 이용하였다. 이 유형은 저수지의 형상을 나타내는 물리적인 인자로서 유효저수량/만수면적(ST/WS)비를 이용하였고, 수질항목으로는 부영양화 지표의 하나인 엽록소 a(Chl-a) 농도와 유기물 지표인 COD 농도를 이용하였다. Chl-a와 ST/WS 비를 이용하여 유형화를 한 자료를 참고하였다.

가. Chl-a 농도 대 ST/WS

Chl-a를 이용한 농업용저수지 분류기준은 <표 5-1>에 나타내었다.

1) I 형(종합정비형)

I 형(종합정비형)은 ST/WS 비 $\leq 5m$, Chl-a 농도 $\geq 25mg/m^3$ 에 해당되는 저수지이다. 이 유형의 저수지는 부영양화가 진행되고 녹조현상이 발생하는 저수지로서 조속한 수질개선사업이 필요한 저수지이며, 이들 저수지의 경우 수질개선사업을 시행할 때에는 유입수 대책, 호내 대책에 앞서 저수지형태를 부영양화를 제어할 수 있는 형태로 바꾸는 것을 먼저 고려하는 것이 좋다. 또한 저수지에 따라서 구조적인 문제 외에 유역에서의 유입부하가 커서 수질이 악화되는 경우도 있으므로 보다 세밀한 현장조사를 통하여 구조개선사업에 병행하고 호내 대책 및 유입수 대책도 도입하는 등 종합적인 수질대책수립이 시급하다.

2) II 형(호내정비형)

II 형(호내정비형)저수지는 ST/WS 비 $\leq 5m$, Chl-a 농도 $< 25mg/m^3$ 에 해당하는 저수

지로서 이 저수지들은 ST/WS 비가 5m 이하로서 구조상 부영양화에 취약한 구조이기 때문에 수질이 악화될 가능성이 높아, 제체를 손상하거나 깊이 준설하여 ST/WS 비를 크게 하여 구조를 개선하는 것이 좋다. 주위 환경상 저수지의 수질이 악화되는 경우라면 호내 또는 유입수 대책을 수립하여 수질을 개선하는 것이 필요하다.

3) III형(유역정비형)

III형(유역정비형)저수지는 ST/WS 비 > 5m, Chl-a 농도 $\geq 25\text{mg/m}^3$ 에 해당되는 저수지이다. 이 유형에 속하는 저수지의 경우 II형 저수지들에 비해 유역에서 발생하는 오염부하량의 영향을 많이 받는다고 한다. 또한 이 유형의 저수지들의 경우 수질을 개선하기 위해서는 우선 유역의 점원 및 비점오염원을 정비하는 것이 필요하다.

4) IV형(관리형)

IV형(관리형)저수지는 ST/WS 비 > 5m, Chl-a 농도 $< 25\text{mg/m}^3$ 에 해당되는 저수지로서 구조면에서도 안전하고, 수질도 양호한 저수지로 분류될 수 있다. 이들 저수지들은 오염배출부하가 증가되지 않도록 오염원을 적절히 관리하는 것만으로도 현재의 양호한 수질상태를 유지할 수 있다.

표 5-1 Chl-a를 이용한 농업용저수지 분류기준

분류	분류기준	
	ST/WS비	평균 Chl-a농도
I	$\leq 5\text{m}$	$\geq 25\text{mg/m}^3$
II	$\leq 5\text{m}$	$< 25\text{mg/m}^3$
III	$> 5\text{m}$	$\geq 25\text{mg/m}^3$
IV	$> 5\text{m}$	$< 25\text{mg/m}^3$

나. COD에 의한 분류

Chl-a 농도를 이용한 저수지 유형화에서는 저수지의 수질오염정도를 나타내는 부영양화현상을 평가할 수 있는 항목이나, 법적인 근거는 없다. 이에 본 연구에서는 Chl-a 농도와 가장 높은 상관관계를 나타낸 COD 농도를 이용하여 다시 분류한 자료를 이용하였으며, C-I형, C-II형, C-III형, C-IV형으로 분류하여 <표 5-2>에 나타냈다.

1) C-I형

C-I형은 ST/WS 비 $\leq 5m$, COD 농도 $> 8mg/l$ 에 해당하는 저수지로서 수질기준을 초과하는 저수지이며, 오염원인에 따라 크게 내부형 원인형과 외부형 원인형으로 분류할 수 있다.

내부 원인형인 저수지는 ST/WS 비가 5m 이하로서 부영양화에 취약한 구조를 갖고 있다. COD 농도가 농업용수 수질기준인 $8mg/l$ 보다 높다, Chl-a 농도도 $25mg/m^3$ 이상인 저수지가 이에 해당한다.

외부 원인형 저수지는 COD 농도는 수질기준인 $8mg/l$ 보다 높으나 Chl-a 농도는 $25mg/m^3$ 보다 낮은 저수지가 이에 해당된다고 볼 수 있다.

2) C-II형

C-II형(호내정비형) 저수지는 ST/WS 비가 5m보다 작고, COD 농도는 $8mg/l$ 이하로서 농업용수 수질기준을 만족하는 저수지이다. 이러한 유형의 저수지는 가능한 제체를 승상하거나 깊이 준설하여 ST/WS 비를 크게 하여 구조를 개선하는 것이 좋고, 또한 주위 환경상 저수지의 수질이 악화되는 경우면 호내 또는 유입수 대책을 수립하여 수질을 개선할 수 있다.

3) C-III형

C-III형(유역정비형)저수지는 ST/WS 비가 5m보다 크고, COD 농도도 $8mg/l$ 이상으로 농업용수 수질기준을 초과하는 저수지이며, 이 유형의 저수지들은 저수지 수면적당 유역의 BOD, TN, TP 오염부하 발생량이 다른 3가지 유형에 비해 상당히 높은 경우가

며, 유역으로부터 오염부하가 많이 유입할 조건에 있는 저수지로서, 이러한 원인으로 인해 저수지의 COD 농도가 높아지게 된다. 이들 저수지에 대한 수질개선은 발생부하가 저수지의 유입부하로 작용하지 않도록 점원 및 비점오염원에 대한 대책을 세우는 등 유역을 정비하는 것이 방법이 될 수 있다.

4) C-IV형

C-IV형(관리형) 저수지는 ST/WS 비가 5m보다 크고, COD 농도는 8mg/ℓ 이하인 저수지로서 구조면에서 안전하고, 수질도 양호하여 농업용수 수질기준을 만족하는 저수지이다. 이들 저수지들은 오염배출부하가 증가되지 않도록 오염원을 관리하는 것만으로도 현재의 양호한 저수지 수질을 유지할 수 있다.

표 5-2 COD를 이용한 농업용저수지 분류기준

분류	분류기준	
	ST/WS비	평균 COD농도
C - I	≤5m	> 8mg/ℓ
C - II	≤5m	≤8mg/ℓ
C - III	> 5m	> 8mg/ℓ
C - IV	> 5m	≤8mg/ℓ

다. 수질개선방법

농업용수원의 수질을 개선하기 위해서는 오염발생원 대책 유입수로 및 저수지내의 대책이 종합적으로 이루어져야 한다. 특히 오염원에서 직접 처리하는 것이 수질관리측면에서 유리하다. 유효저수량/만수면적(ST/WS)비와, 부영양화의 지표인 Chl-a 농도와 유기물 지표인 COD 농도를 이용한 분류에 따르면 저수지내 대책, 저수지외 대책, 저수지내외 대책 등으로 분류할 수 있다.

1) 수질개선기술의 선정과 대책의 규모설정

적용수질개선기술의 선정은 설정한 사업목표로부터 분류, 기술의 기본요건, 오염원별 부하비율을 감안하여 수질개선 사업으로부터 설정한 목표(대상 삭감부하량 등)의 유지 달성이 가능하도록 수질개선기술을 조합한 대책의 체계를 작성으로부터 시작된다. 설정한 사업목표로부터 분류는 <표 5-3>에 나타내었고, 기술의 기본요건은 <표 5-4>에 나타내었다. 또한 수질개선기술의 분석사항과 중요도는 <표 5-5>에 나타내었고, 수질개선 기술 선정시 기본요건은 <표 5-6>에 나타내었다.

대책의 규모는 대체안으로서 제안된 수질개선기술에 대해서 장치, 시설의 원리, 특징을 검토해서 설정한 목표의 삭감부하량을 만족하는 내용의 대책규모를 선정한다. 본 연구에서 사업목표로부터 고려한 수질개선기술은 저수지의 대책으로는 점원 중 인구에 의한 대책으로는 마을하수도 설치에 따른 수질개선기술을 선정하였고, 축산에 의한 대책으로는 축산분뇨의 자원화방법을 선정하였으며, 저수지내 대책으로는 저류지, 습지, 인공식물섬의 기술을 선정하였다.

표 5-3 사업목표에서 본 수질개선기술의 분류

대책 장소	대책의 원리	수질개선기술	유입부하 삭감기술		내부생산 억제기술	
			항 구 적 부 하 삭 감	가 급 적 실 시 가 능 한 부 하 삭 감	영 양 염 의 농 도 저 하	자 연 특 성 개 선
저수지외부	점원발생부하 삭감 · 생활계 부하 · 관광사업부하 · 사회시설부하 · 광공업부하 · 축산계 부하	하수처리	○		○	
		축산분뇨자원화				
저수지내부	강우시유출부하 유입방지	저류지	△			
	직접정화	저습지도입	△	△	△	
	부영양화의 억제 (성층대책) (수리조건변경) (영양염농도 저하) (생물상 제어) (조류제거)	부엽식물 이용처리			△※	
○ : 해당되는 수질개선기술, △ : 해당 가능성이 있는 수질개선기술※: 조건부로 가능성이 있는 것						

사업목표의 기술적 기본요건은 다음 표를 참고하였다.

표 5-4 기술적 기본요건에서 본 선정 참고표

대책장소	대책의 원리	수질개선 기술	성층형성 있음	수면적 넓고 수질다름	수면적 좁음	호소의 지형복잡	회전수가 적음	저수층 오염	저수층 용존산소 없음	퇴적물 오염	오염하천이 있음	오염하천에 넓은부지	내부생산·조류발생 많음	가급적 잠정대책 필요	농업계부하가 큼	비특정비점원부하가 큼
저수지 외부	점원발생부하 삭감 · 생활계 부하 · 관광사업부하 · 사회시설부하 · 광공업부하 · 축산계 부하	하수처리													x	x
		축산분뇨 자원화														
저수지 내부	강우시 유출부하 유입방지	저류지									○					
	직접정화	저습지 도입									○					
	부영양화의 억제 (성층대책) (수리조건변경) (영양염농도 저하) (생물상 제어) (조류제거)	부엽식물 이용처리	△										○			△

○:적용가능성이 큰 기술, △:적용성이 있는 기술, ※: 적용성이 낮은 기술
 주) 아무 표시가 없는 개선기술은 기본요건에 좌우되지 않음

표 5-5 수질개선기술의 분석사항과 중요도(안)

수질개선기술의 분석사항		부하삭감대책	부하삭감대책 건설기간이 짧은 형식	부영양화억제 대책
투자유형별 비용		◎	◎	○
시설·장치	시설·장치의 내용	◎	◎	○
	건설기간	◎	◎	○
	사용전기량	○	○	○
	사용약품·재료	○	○	○
유지·관리의 용이, 비용		◎	◎	○
효과	제거대상물질	○	○	○
	제거량(제거율)	○	○	○

◎ : 분석이 중요한 항목, ○ : 분석이 필요한 항목, × : 분석이 필요하지 않은 항목

표 5-6 수질개선기술 선정시 기본요건

기본요건	분 류	적 요
시설, 설치	① 자연을 이용하여 부분적으로 개조(소규모)	
	② 자연을 이용하여 부분적으로 개조(대규모)	
	③ 간이기계장치 사용	자연개조는 없음
	④ 대형기계장치 사용	
	⑤ 소형토목구조물 건설	
	⑥ 대형토목구조물 건설	
전기에너지	① 없음	
	② 소량 사용	소규모자가발전
	③ 간헐적으로 다량사용	
	④ 연속적으로 다량사용	
사용약품, 재료	① 없음	
	② 가격이 싼 천연물·폐기물 이용	
	③ 화학약품 등의 간헐적 사용	
	④ 화학약품 등의 연속적 사용	
유지관리	① 관리 필요치 않음	
	② 때때로 관리 필요	오니제거작업
	③ 매일 관리 필요	
	④ 유지관리에 인원배치 필요	
기 타	① 건설기간	
	② 용지의 필요성	
	③ 치수기능에 대한 영향성	
	④ 폐기물 발생	
	⑤ 2차공해의 발생 등	

다음은 농업용수 수질개선사업 기본계획수립을 위한 과업수행 흐름도를 <그림 5-4>에 나타냈다.

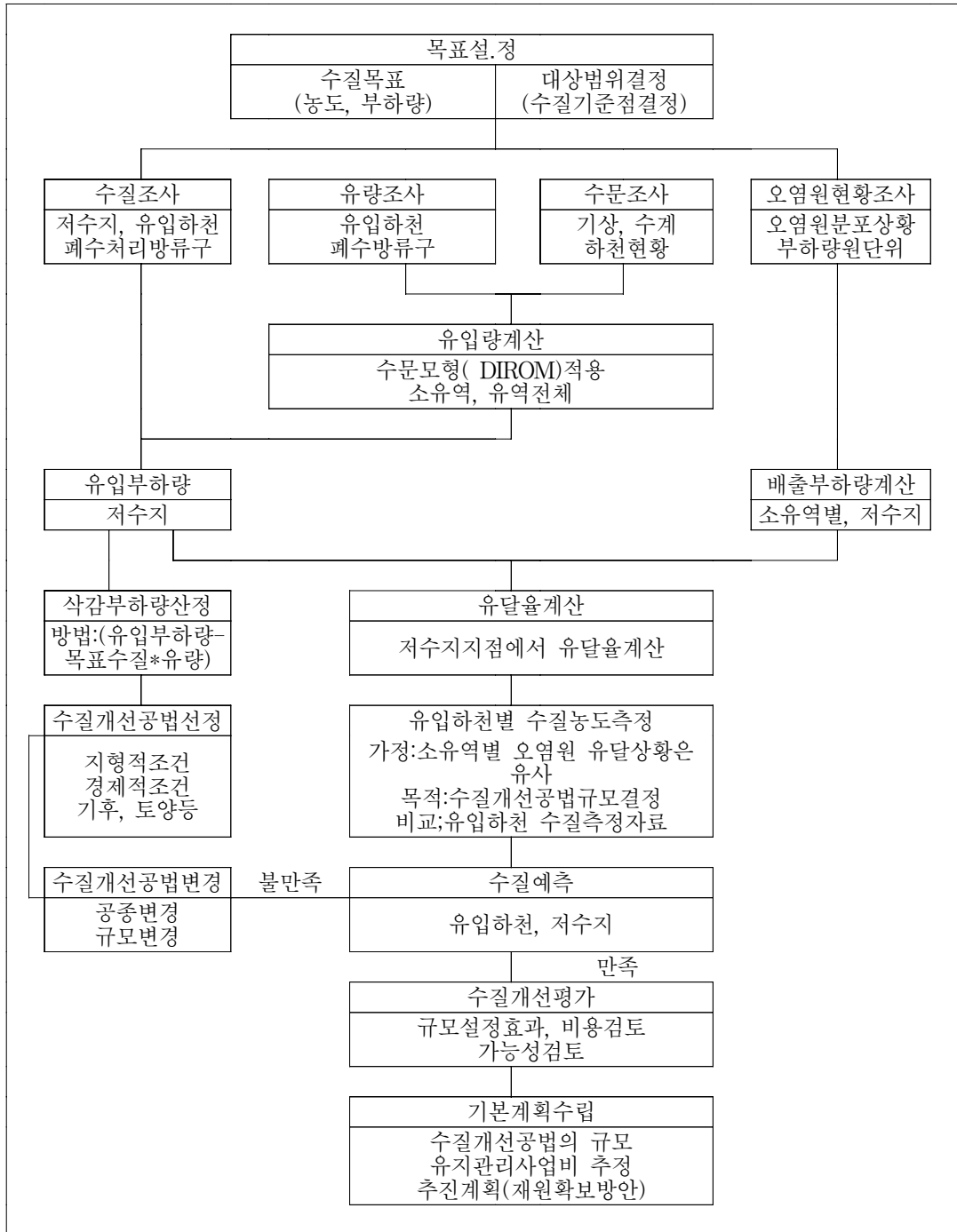


그림 5-4 농업용수수질개선 기본계획 수립업무흐름도

2. 호소내 대책

호소내 대책으로는 오염물질 저류지, 인공식물섬, 인공습지를 설치하는 것을 들 수 있다. 저수지의 목표수질을 달성하기 위한 적정규모의 수처리 시설을 결정하고 각 시설의 수질개선효과를 파악하기 위한 수질예측을 실행하는데, 개개 수처리 시설의 설계조건을 충족시킬 때 어느 정도의 오염부하가 삭감되는지를 예측하여 계획삭감부하량을 달성할 수 있는 시설의 규모를 결정한다. 선정된 수질개선공법 중에서 유입부하량의 삭감에 목표를 두어 인공습지 및 유입부 침강지에 의한 수질개선효과를 중심으로 삭감부하량의 달성여부로 평가한다.

가. 차수막을 이용한 저류지

강우시 초기유출 등 오타부하가 많은 유입하천수를 호소유입부에 일시 저류하여 유속의 저하 등에 의해 자연중력침전을 촉진시켜 고액분리하여 상등수는 방류하는 방법이며, 저류방법에 따라 일시저류형, 유하저류형, 완전저류형으로 구분한다.

일시저류형은 우천시 하천수를 어느 정도의 용량으로 저류하는 시설이며, 시설에 물이 넘으면 취수를 정지하는 방법이고, 유하저류형은 우천시 하천수를 전량이 아니라 일정량을 취수하여 시설에 유하하면서 강제침강이 일어나도록 하는 방법이며, 완전저류형은 우천시 하천수를 전량유입시켜 시설 내에는 항상 물이 차있는 상태로 유입수량과 같은 양을 방류하는 방법이며, 저류지의 수질개선효과를 높이는 방법으로 보나 부댐을 이용한 방법들이 고안되어 있다.

본 연구에서 평가 한 방법으로 고려한 것으로는 농업기반공사의 농업용수 수질개선 시험연구사업 보고서에서 개발한 방법을 이용하였으며, 개발된 방법은 차수막을 이용한 저류지 조성방법으로 저수지의 하천수 유입부를 준설하고, 준설부분과 저수지 본체와의 경계에 스킨트형의 차수막을 이용한 침강시설을 조성하여 유입되는 하천수가 일시적으로 저류할 수 있는 저류지를 형성하도록 되어 있다.

마산저수지에 저류지 조성한 후, 저류지와 저수지와의 경계에 차수막을 설치하였고, 이에 대해 월 1회 조사를 통해 분석한 수질정화특성을 분석하기 위하여, 두 지점의 수

질차이를 백분율로 표기하여 정화효율을 나타낸 것으로 다음 표 5-7에 나타내었다. 저류지의 효과증진을 위해 차수막을 설치할 하여 운전한 수질개선효과는 BOD 20.6%, COD 6.9%, TN 26.1%, TP 33.8%의 평균 정화 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 5-7 저류지의 수질개선효과

항목	저류지 mg/ℓ	저수지 mg/ℓ	효과 %
BOD	8.5	8.5	20.6
COD	11.5	12.4	6.9
TN	2.906	2.088	26.1
TP	0.288	0.176	39.1

나. 인공식물섬

수생식물을 이용한 인공습지는 물리·화학적으로 수질을 향상시키며, 고급어류와 생물들에게 많은 서식처를 제공하는 등 수질정화공법으로 많은 이점이 있으나, 부지확보 및 경제적으로 많은 어려움이 있으며, 조경과 인공적인 관개시스템이 필요할 경우 추가적인 비용이 요구된다. 이에 미국, 일본 등에서는 부체(floating platforms)을 건조하여 수생식물을 식재, 수표면에서 습지의 역할을 하는 방안을 고려하고 있다. 본 연구에서는 인공식물섬의 수질개선 효과를 평가하기 위하여 농업용수 수질개선 시험사업지구인 마산저수지에서 인공식물섬에 의한 수질정화능력의 시험결과 자료를 이용하여 수질정화효과를 평가하였다.

마산저수지에서는 인공식물섬을 3개조로 설치하였으며, 각조는 10개의 부체를 세로방향 2개, 가로방향 5개로 서로 연결하였고, 순수 식물 재배면적은 16m²(4×4m)으로 설치하였다. 식재된 수생식물은 갈대, 줄, 달뿌리풀이다.

<표 5-8>은 마산저수지의 중앙지점과 인공식물섬 지점의 수질을 분석하여 수질차이로 인한 정화효과를 분석한 표로, 각각의 월별 값을 평균한 값으로 분석한 결과 정화효

과가 높지 않은 것으로 나타났다. 이러한 원인으로는 개방 수역 내에서의 희석효과로 인해 상대적으로 감소되어 나타나서 정확한 효율 측정이 어려운 것으로 보고 있다.

표 5-8 인공식물섬조성으로 인한 저수지 평균수질효과

수질항목	저수지중앙	인공식물섬	효과(%)
BOD(mg/L)	8.4	9.4	-14.5
COD(mg/L)	12.4	12.6	0.9
SS(mg/L)	21.0	18.4	9.3
Chl-a(mg/m ³)	75.9	67.5	7.0
TN(mg/L)	2.034	1.954	1.5
TP(mg/L)	0.165	0.169	-8.0

다음 <표 5-9>는 인공 식물섬 조성에 따른 연간 생산량으로 환산한 질소, 인 흡수량으로 줄 식재지에서는 질소는 12.25g/m², 인은 1.37g/m²이 흡수된 것으로 추정되었다. 갈대 식재지에서는 질소 18.55g/m², 인은 1.66g/m²이 흡수된 것으로 달뿌리풀 식재지에서는 질소 30.82g/m², 인은 1.89g/m²이 흡수된 것으로 추정되었다.

표 5-9 인공식물섬조성으로 인한 식물별 연간 생산량 및 질소, 인 흡수량

구분	분포면적 (m ²)	생물량 (g DM/m ²)	N 흡수량 (g/m ² /yr)	P흡수량 (g/m ² /yr)	생산량 (kg DM/yr)	N 흡수량 (kg/yr)	P흡수량 (kg/yr)
줄	160	1147	12.25	1.37	184	1.96	0.22
갈대	160	1704	18.54	1.67	273	2.97	0.27
달뿌리풀	160	2536	30.81	1.89	406	4.93	0.30

다. 습지

인공습지 시스템의 대상수질로서 농업용 저수지나 증산간 농촌의 비점오염원을 포함하는 소하천 등 비교적 오염물질 농도가 낮고 처리유량이 지속적으로 많을 경우에는 체류시간의 증가에 따라 정화효율의 증가가 뚜렷하게 나타나지 않으므로, 체류시간을 비교적 짧게 주어 단위면적당 제거량을 증가시키려는 시도가 일본에서 이루어지고 있다.

습지는 동식물의 서식지, 홍수량의 조절의 기능을 하며, 습지의 생태계는 물리적, 화학적, 생물학적 작용에 의해 수질을 정화한다. 특히, 갈대, 줄, 애기부들 등 수생식물이 자생하는 습지에서는 습지와 수생식물의 스크린 효과에 의해 상류로부터 오염된 오폐수를 일시적으로 저장하여 유입된 부유물질을 침전, 제거시키고, 수생식물 체내로의 N, P 흡수, 수생식물 몸체에 부착된 미생물과의 접촉에 의한 유기물이나 영양염류의 흡수·분해가 이루어진다. 여기서는 저수지 호안을 따라 인공적으로 조성한 습지를 “호안 수질정화습지”로 정의한다.

농업배수의 특징은 대유량과 저농도로서 기존의 하수처리시스템으로는 그 처리에 한계가 있다. 또한 저수지 부영양화의 제한인자인 질소와 인의 제거를 위해서는 화학적 방법과 수생식물을 이용한 방법이 있다. 화학적 방법은 특별한 전문가에 의해서 유지관리되어야 하며 그 비용이 매우 많이 소요된다. 반면 수생식물을 이용한 자연정화기법인 습지를 이용할 경우 전문가나 유지관리 비용 면에서 유리하며 특히 질소와 인 같은 영양물질을 상당히 많이 제거할 수 있으며 수생식물이 가진 경관개선, 생태계복원, 자연성, 자원 활용성 등의 다면적 기능과 도시지역에 비해 상대적으로 값이 싼 농촌지역의 토지 등을 쉽게 이용할 수 있기 때문이다. 수질정화습지는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 자연의 자정작용을 응용한 것으로서 정화효과가 안정적이며 경제적이다.
- ② 저수지의 부영양화 요소인, N, P의 제거가 가능하다.
- ③ 동력이 필요하지 않으므로 유지관리비가 싸다
- ④ 공법이 간단하여 초기시설비도 비교적 싸다.
- ⑤ 유지관리에 고도의 지식이나 기술이 필요하지 않으며 쉽다.
- ⑥ 유용한 자원으로서 활용성이 높다(사료용, 식용, 퇴비용 등)

'2002 농업용수 수질개선 시험연구사업보고서, 2002년 12월'자료에서, 오염된 농업용 저수지를 대상으로 인공습지시스템을 적용시 단위시간당 처리할 수 있는 처리수량을 극대화시키기 위해서 짧은 체류시간의 고수리학적 부하조건으로 일처리 유량을 증가시켜 단위면적당 제거량이 증가되도록 하였다. 또한 체류시간이 짧아지면 소요되는 부지의 면적이 작아져서 경제성 및 유지관리측면에서 유리하며, 소규모사업으로 현장적용이 유리하다고 하였다.

인공습지에 적용한 정수식물로는 미나리, 줄, 애기부들, 창포, 갈대 등 수질정화용 인공습지에 보편적으로 적용이 되는 식물을 이용하여 체류시간별로 수질정화효과를 분석하여 <표 5-10>과 <5-11>에 나타내었다. <표 5-12>에는 인공습지에서 체류시간별 주요식물종의 생물량 및 질소와 인의 흡수량을 나타내었다. 이 자료로부터 각 습지별 평균 수질정화효율은 BOD 25.7%, 총질소 20.4%, 총인 17.8%로 체류시간이 길고 수리학적 부하율이 낮은 다른 인공습지의 효율보다 낮게 나타났다.

표 5-10 체류시간별 수질정화효과(미나리, 줄, 애기부들습지)

항목	습지명	HRT 1hr		HRT 3hr		HRT 6hr		평균	
		효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)
BOD	미나리습지	32.1	20.3	36.5	7.8	35.3	3.0	34.6	10.4
	줄습지	27.8	8.6	30.0	3.2	39.2	1.9	32.3	4.6
	애기부들습지	33.0	8.3	31.2	2.5	26.4	1.4	30.2	4.1
	평균	31.0	12.4	32.6	4.5	33.7	2.1	32.4	6.3
COD	미나리습지	4.1	2.2	11.2	2.4	8.5	0.9	8.0	1.9
	줄습지	11.1	3.7	12.2	1.4	11.1	0.6	11.5	1.9
	애기부들습지	9.4	2.9	11.9	1.3	9.1	0.5	10.1	1.6
	평균	8.2	2.9	11.8	1.7	9.6	0.7	9.9	1.8
SS	미나리습지	49.4	47.9	57.0	18.6	45.9	7.4	50.8	24.6
	줄습지	43.0	23.2	54.4	9.7	54.9	4.8	50.8	12.6
	애기부들습지	47.3	22.9	53.0	8.8	54.1	4.4	51.5	12.0
	평균	46.6	31.3	54.8	12.3	51.6	5.5	51.0	16.4
Chl-a	미나리습지	51.4	168.4	60.0	48.4	45.6	18.0	52.4	78.3
	줄습지	37.5	44.6	41.4	21.5	43.1	10.6	40.7	25.6
	애기부들습지	36.0	47.9	50.1	26.9	54.4	12.9	46.8	29.2
	평균	41.6	87.0	50.5	32.3	47.7	13.8	46.6	44.3
TN	미나리습지	17.8	1.653	18.1	0.563	11.7	0.179	15.9	0.798
	줄습지	11.9	0.544	18.9	0.301	18.0	0.140	16.3	0.328
	애기부들습지	10.5	0.477	16.7	0.269	16.6	0.131	14.6	0.293
	평균	13.4	0.891	17.9	0.378	15.5	0.150	15.6	0.473
TP	미나리습지	22.5	0.169	18.9	0.045	14.4	0.017	18.6	0.077
	줄습지	13.1	0.045	16.6	0.022	22.6	0.014	17.4	0.027
	애기부들습지	14.3	0.049	17.1	0.021	17.6	0.010	16.3	0.027
	평균	16.6	0.088	17.5	0.029	18.2	0.013	17.5	0.044

표 5-11 창포, 갈대, 연못습지에서 수질정화 효과요약(체류시간 6hr운영)

	BOD		COD		SS		Chl- a		TN		TP	
	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)	효율 (%)	단위면적당 제거량 (g/m ² /d)
창포 습지	15.0	0.8	12.8	1.1	45.3	3.9	43.2	16.7	24.2	0.344	18.7	0.021
갈대 습지	27.4	1.6	8.5	0.7	54.6	4.9	53.6	21.2	33.6	0.470	19.9	0.020
연못 습지	14.7	1.4	11.5	1.3	19.3	2.5	27.7	16.0	18.0	0.343	16.0	0.024
평균	19.0	1.3	11.0	1.0	39.7	3.8	41.5	18.0	25.2	0.386	18.2	0.022

표 5-12 인공습지에서 체류시간별 주요식물종의 생물량 및 질소와 인의 흡수량

	체류시간	분포면적 (m ²)	생물량 (g DM/m ²)	N 흡수량 (g/m ² /yr)	P 흡수량 (g/m ² /yr)	생산량 (kg DM/yr)	질소와 인의 흡수량 (kg/yr)	
							N	P
미나리	6hr	152	625	19.62	2.00	95	2.98	0.30
	3hr	152	419	13.15	1.33	64	2.00	0.20
	1hr	152	606	18.06	1.89	92	2.74	0.29
줄	6hr	152	2295	25.18	2.54	349	3.83	0.39
	3hr	152	1772	19.20	2.04	269	2.92	0.31
	1hr	152	1623	17.73	1.82	247	2.70	0.28
애기부들	6hr	152	1029	9.56	1.68	156	1.45	0.26
	3hr	152	1684	16.4	2.54	256	2.49	0.39
	1hr	152	1362	12.26	2.34	207	1.86	0.36
창포	6hr	660	1422	16.16	3.15	939	10.67	2.08
갈대	6hr	660	2680	25.11	4.32	1768	16.57	2.61

인공습지의 각 설계인자에 대한 수질정화특성을 분석하여 <표 5-13>에 나타난 정화 효율과 단위면적당 제거량에 관한 상관관계 및 관계식에서는 각 설계인자와 정화효율과의 상관관계는 거의 없는 것으로 나타나 수리학적 고부하 조건의 습지를 조성할 경우 습지의 수질정화효율보다는 단위면적당 제거량에 기준하여 습지의 규모 및 설계요소를 판단해야 한다.

표 5-13 체류 시간에 따른 항목별 정화효율 및 단위 면적당 제거량의 상관관계 및 상관 계수

항목	습지명	HRT(h)					
		정화효율(%)			제거율(g/m ² /d)		
		공식	R2	p	공식	R2	p
BOD	미나리	$y=0.6111x+32.67$	0.0106	<0.05	$y=41.375e^{-0.4755x}$	0.7725	<0.05
	줄	$y=1.7717\ln(x)+32.999$	0.0066	<0.05	$y=-7.0249\ln(x)+13.801$	0.8314	<0.05
	애기부들	$y=35.957e-0.0885x$	0.0989	<0.05	$y=-7.764\ln(x)+14.185$	0.8271	<0.05
COD	미나리	$y=6.2169x+0.2095$	0.0508	<0.05	$y=-0.7469x+5.2978$	0.7861	<0.05
	줄	$y=-0.0475x+11.604$	0.0003	<0.05	$y=6.0518e-0.4119x$	0.7972	<0.05
	애기부들	$y=-0.1371x+10.596$	0.0039	<0.05	$y=-1.7925\ln(x)+3.6253$	0.8341	<0.05
SS	미나리	$y=-0.9512x+53.939$	0.0138	<0.05	$y=52.893x-1.1091$	0.8241	<0.05
	줄	$y=40.427x+0.1907$	0.1323	<0.05	$y=24.615x-0.967$	0.8349	<0.05
	애기부들	$y=44.186x+0.1037$	0.0505	<0.05	$y=26.121x-1.0346$	0.8367	<0.05
TN	미나리	$y=15.77x-0.1047$	0.0195	<0.05	$y=1.9273x-1.2852$	0.9192	<0.05
	줄	$y=9.583x+0.3967$	0.2038	<0.05	$y=0.808e-0.3051x$	0.784	<0.05
	애기부들	$y=1.0962x+11.01$	0.126	<0.05	$y=0.6492e-0.2792x$	0.7522	<0.05
TP	미나리	$y=23.872e-0.095x$	0.2779	<0.05	$y=0.1879x-1.3971$	0.8743	<0.05
	줄	$y=10.899x+0.3603$	0.2717	<0.05	$y=0.0534x-0.7699$	0.7059	<0.05
	애기부들	$y=1.8899\ln(x)+14.522$	0.0281	<0.05	$y=-0.0314\ln(x)+0.0642$	0.8883	<0.05

대표적인 습지의 설계인자는 <표 5-14>와 같으며 이를 참고하여, 체류시간 5시간, 설계수심 10cm를 설계인자로 하여 계획 처리수량에 대해 경천저수지유역의 소요 습지면적을 산정하였다.

표 5-14 대표적인 습지의 설계인자

설계인자	단위	습지형태	
		자유수면습지	지하흐름습지
수리학적체류시간	day	4~15	4~15
수심	m	0.09~0.06	0.3~0.8
BOD부하율	kg/ha·d	67	67
수리학적부하율	m ³ /m ² ·d	0.014~0.047	0.014~0.047
비표면적	ha/(10 ³ m ³ /d)	2~7	2~7

$$A = (Q \times \frac{t}{24}) / (h \times n)$$

여기서, A :소요습지면적(m²)

Q : 설계 유량(m³/d)

t : 체류시간(hr)

h : 설계수심(m)

n : 습지 간극율(여기서는 0.7적용)

경천저수지의 수질정화습지 등 주요 수처리시설의 처리수량 결정을 위하여 농업기반공사 익산지부의 과거 14년간의 일강우량 분포율을 <표 5-15>와 같이 분석하였고, 강우량 30mm기준 강우량 유출량 분석은 <표 5-16>에 나타내었다.

표 5-15 조사대상지구의 일강우량 분포율분석

일강우량 관측소		≤10	≤20	≤30	≤40	≤50	≤60	≤70	≤80	≤90	≤100	100<	계
		농기공	일수	34.4	13.0	6.3	3.9	2.2	1.9	1.0	0.9	1.1	0.6
익산지부	%	51.7	19.5	9.5	5.8	3.3	2.8	1.5	1.4	1.7	0.9	1.9	100.0

표 5-16 강우량 30mm 기준 강우량 유출량 분석

강우량(mm)		유출량(천m ³)			
30mm이하	30mm이상	30mm이하	30mm이상	기저	계
509.64	767.64	6,609	4,690	18,630	29,930

농업기반공사 익산지부의 14년간의 강우자료로부터 일강우량이 30mm 초과 강우 일수는 연평균 12.9일이며, 이때의 강우량은 767.64mm로 전체 강우량의 60.1%에 해당된다. 30mm 초과 강우로 인한 연평균 유출량은 469,000m³으로 전체 유출량 29,930,000m³/year의 15.01% 정도에 해당되는 양이다. 그러므로 일강우량 30mm 이하일 때의 유역으로부터의 전체 유출량이 84.9%이므로 처리대상수량은 30mm 일 때의 유역으로부터의 유출량으로 결정하였다. 경천저수지의 습지에서 설계유량 결정은 <표 5-17>과 같다.

표 5-17 습지에서의 설계유량 결정 (단위 : m³/d)

소유역	W1	W2
직접유출량	565.36	12825.75

경천저수지 유역의 소요습지면적계산 결과를 <표 5-18>에 나타내었다.

표 5-18 설계인자에 의한 경천저수지 유역의 소요습지면적계산

설계인자	W1	W2
계획설계량(m ³ /d)	565.36	12825.75
설계수심(m)	0.1	0.1
체류시간(hr)	5	5
소요습지면적(m ²)	1682.62	38171.88
수리학적부하율(m ³ /m ² · d)	0.336	0.336
제거량(g/m ² · d)	COD 3.7, TN 0.34, TP 0.05	

3. 호소의 대책

농업용 저수지의 수질개선을 위한 호소의 대책으로는 오염발생원에 대한 대책 및 저수지 유입수로에 대한 대책 등을 들 수 있다. 오염발생원으로는 유역에서의 점오염원인 인구, 축산, 산업, 토지이용 등에 대한 대책을 들 수 있다. 본 연구에서는 농업용 저수지의 수질관리를 위하여 호소의 대책으로 인구에 대해서는 마을하수도 설치를 축산에 대해서는 분뇨자원화방법을 고려하여 의사결정시스템을 마련하고자 하였다.

가. 인구에 대한 대책

유역으로부터 유입되는 생활하수의 처리를 위해서는 우수와 오폐수를 분리하는 하수도의 정비가 우선되어야 하고 기존 하수처리시설에서의 질소, 인 고도처리를 위한 성능개선 및 질소, 인 등의 영양염류까지 제거 가능한 기초시설의 보급 확대가 필요하다.

본 연구에서 고려한 농촌지역의 인구에 의한 생활하수발생으로 인한 대책으로는 지역특성상 마을하수도 설치를 하는 것으로 계획하였고, 소규모 마을하수도 설치시 공법으로 채택할 경우는 다음과 같은 사항을 고려하는 것이 좋다.

- 환경 친화적인 자정 기능 활용기술의 적용

환경생태계에서 자정작용이라 함은 희석·확산·침전 및 미생물산화 등의 작용에 의하여 오염물질의 분포상태 변화 또는 산화분해에 의한 무기물질화 되는 것을 일컫는다. 이중에서 희석·확산 및 침전에 의하여 오염물질의 분포상태가 변하는 것은 물리적 작용에 의한 광의적 자정작용이므로 오염물질이 변화 또는 소멸 등이 일어나지 않는다. 따라서 자정기능 활용기술의 적용을 위해서는 미생물에 의한 오수 및 하수 중의 유기물이 무기물로 분해되는 것을 이용할 수 있는 기술의 개발이 필요하다.

농촌의 마을하수도에서는 처리시설 외에 농경지, 하천, 수로, 토양 및 수생식물 등을 자연정화 또는 자정기능 활용기술 적용을 위한 수단으로 활용할 수 있으므로 이러한 기능을 향상시키면 경제적으로 유용하다.

즉 농경지의 경우 벼에 의한 식생 원리를 이용하여 탈질에 의한 질소성분의 제거효과를 얻을 수 있는데, 대략 0.02~0.4g 질소/m²/d 정도라고 보고되고 있다. 한편, 휴경논

또는 주변공지를 이용하여 부레옥잠이나 영양염류의 흡수와 분해가 뛰어난 수생식물을 재배하여 오수 중의 유기물 및 질소성분을 제거할 수 있다.

하천이나 수로의 자정작용을 이용하고자 할 경우 회석, 침전 및 수중미생물에 의한 분해 등이 종합적으로 작용하는 자연정화능을 활용할 수 있다. 수로의 경우 폭이 좁을 수록 정화능이 증가하고 콘크리트와 같은 인공구조물보다는 흙과 같은 자연상태의 재질이 더 높은 정화능을 나타낸다. 정화능을 나타내는 지표로 자정계수를 이용한다.

토양의 자연정화능을 이용하기 위해서는 토양에 서식하는 세균, 균류, 원생동물 및 각종 미생물과 토양의 여과, 흡착, 침윤작용 또는 미생물에 의한 유기물분해 작용 등을 적절히 이용하고, 이외에도 토양의 화학작용으로 염기치환, 인산흡수 등에 의한 질소와 인을 흡착하는 기능도 활용하는 것이 효율을 높일 수 있다. 토양에 의한 자연정화능은 토양의 종류, 입도분포, 공극율 및 부식질 함유량 등에 따라 영향을 받고 충분한 효율을 얻기 위해서는 넓은 토지면적을 필요로 하는 단점이 있다.

- 무인자동운전 및 원격제어기술의 활용

현재 우리 나라 마을하수도 관리를 살펴보면 각 지자체 별로 담당 부서가 정해져 있는 하나 전문관리요원이나 전담관리요원의 상주가 이루어지지 않고 있으며, 담당직원의 잦은 인사이동과 과중한 업무 및 지리적 악조건으로 인하여 많은 지역의 마을하수도 설치 시설의 유지관리가 제대로 이루어지지 않고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 무인자동운전 및 원격제어기술의 개발 및 활용으로 전문적인 운전을 통한 처리수질의 안정성을 확보할 수 있는 장점이 있다.

- 마을 하수처리시설의 주민 친화적 시설 전환

마을하수처리시설은 농촌 부락단위의 처리시설이며, 마을 또는 주거단지 경계 내에 설치하게 되는 경우가 대부분을 차지하여, 악취발생의 차단 및 외관상 혐오시설이 되지 않도록 주민친화적 시설로 계획되어야 한다. 이러한 문제해결이 마을하수도 시설의 선택시 중요한 문제로 부각되고 있다. 마을하수도의 주민 친화적 시설로 전환의 경우를 살펴보면, 슬러지의 고액분리를 위한 침전조 대신에 침지형 분리막을 포기조에 설치한

예를 들 수 있다.

- 기존 마을하수처리시설의 고도처리기술적용

환경부에서 제시하는 처리시설의 방류수 수질기준이 강화되어 기설치된 마을하수도시설의 공법 추가가 필수적이다.

- 미생물을 이용한 생물막공법의 확대적용

포기조 내에 담체를 충전시켜 여기에 미생물막을 형성하여 고농도 MLSS를 얻을 수 있는 기술이 개발되기 시작되었고, 살수여상 또는 침지형의 media에 하수처리에 유용한 미생물을 부착시켜 미생물막을 형성하게 하여 미생물의 농도를 높일 수 있게 되었다.

이러한 항목을 고려하여 본 연구에서 고려한 마을하수도 공법으로는 자연순환형 고도처리공법(A2EBC), CNR(섬모상 담체를 이용한 하수의 유기물 및 질소·인 고도처리), 자연친화형 무동력 하수고도처리공법이다. 각 공법별 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) 자연순환형 고도처리공법(A2EBC)

자연순환형 고도처리공법(A2EBC)는 무산소조에서 호기성조로의 내부반송대신에 무산소조에서 혐기성조로 활성오니를 반송하여 반송수에 포함된 용존산소의 영향을 최소화시켜 탈질효율을 증대시키고 혐기성조 내에서 NOx에 의한 인 방출의 억제를 막아 호기성조에서의 인섭취율을 증대시킴으로서 생물학적으로 질소·인을 효과적으로 동시에 제거할 수 있는 고도처리공법이다. 이 공법의 주요공정으로는 혐기성조, 유량조정조, 호기성조, 무산소조, 접촉포기조, 침전조순이며 무산소조에서 고·액분리된 활성오니의 일부를 혐기성조로 이송하고 침전조에서 침전된 슬러지는 호기성조로 반송한다.

이 공법의 처리효율은 <표 5-19>와 같고, BOD 제거효율은 98%, COD 92%, SS 98%, TN 80%, TP 88%이다.

표 5-19 자연순환형 고도처리공법(A2EBC)의 제거효율

	유입수(mg/ℓ)	유출수(mg/ℓ)	제거효율(%)
BOD	200	4.6	97.7
COD	150	12.2	91.9
SS	200	4.8	97.6
TN	70	14.5	79.3
TP	10	1.2	87.7

2) CNR (섬모상 담체를 이용한 하수의 유기물 및 질소·인 고도처리)

기존 활성슬러지공법의 하수처리시설의 질소와 인의 처리효율이 낮은 것을 보완하기 위해서 고도처리공법이 도입된 경우로 CNR 공법은 기존 구조물의 증설없이 고도처리 시설로의 전환이 가능하고 유입수의 부하변동에 대한 완충능력이 뛰어나며 동절기 수온 저하시에도 안정적인 고도처리가 가능하다. 이 공법의 주요 반응으로는 생물 반응을 혐기·무산소·호기조로 분할하고 호기조에 섬모상 생물막을 충전하여 부착 생물량을 고농도로 유지하는 것이다. 이 막의 부착미생물에 의한 유기물 산화와 슬러지를 발생량을 저감시킨다. 이 공법에 의한 제거효율은 <표 5-20>에 나타내었고, BOD 90~95%, COD 90~95%, SS 90~95%, TN 65~80%, TP 65~80%이다.

표 5-20 CNR (섬모상 담체를 이용한 하수의 유기물 및 질소·인고도처리)의 제거효율

	유입수(mg/ℓ)	유출수(mg/ℓ)	제거효율(%)
BOD	110~150	10이하	90~95
COD	100~140	10이하	90~95
SS	110~150	10이하	90~95
TN	30~45	10이하	65~80
TP	3~5	1이하	65~80

3) 자연친화적 무동력 하수고도처리공법

자연친화형 무동력 하수고도처리공법은 자연통풍이 가능한 수초·골재 침상 하수처리장이라고도 한다. 이 공법의 주 처리 공정인 갈대조와 습지조는 각각 상·하에 위치하며 주로 생물학적 처리공정을 수행하게 된다. 유입된 오수는 집수조로 유입되고, 조대고형물질은 스크린조에서 제거된 후 갈대조로 유입된다. 갈대조는 자연통풍방식에 의해 유입되는 공기로 호기성 분위기가 유지되고, 하부의 습지조는 주로 혐기성 분위기가 유지된다. 대기에 노출되어 있는 갈대조에서는 유입하수량의 20%에 해당하는 물이 증발하거나 식물의 증산작용에 의해 제거된다. 갈대조는 생물학적 산화기능과 물리적 여과기능을 동시에 수행하고, 생물학적 질산화과정을 통하여 질산성 질소로 전환시킨다. 여과된 부유성 유기고형물은 토양미생물에 의해 산화 분해되어 제거되기 때문에 슬러지조 내부 토양에서 진행되므로 겨울철에도 안정적인 생물학적 처리가 유지된다. 자연친화형 무동력 하수고도처리공법의 제거효율은 <표 5-21>에 나타내었고, 이 공법의 처리수질은 BOD 5mg/ℓ 이하, COD 7mg/ℓ, SS 1mg/ℓ, TN 7mg/ℓ이며, 처리장을 주변자연과 조화를 이루어 공원과 같은 친화감을 느끼게 하는 특징이 있다.

표 5-21 자연친화형 무동력 하수고도처리공법의 제거효율

	유입수(mg/ℓ)	유출수(mg/ℓ)	제거효율(%)
BOD	250	5	98
COD	250	7	97
SS	250	2	99
TN	80	10	87
TP	10	0.5	95

나. 축산에 대한 대책

축산폐수의 경우는 축사에서 의 절수와 같은 방법을 이용한 폐수배출량의 근원적인 저감이 중요하며, 분·뇨·청소수의 분리를 통해 오수배출량을 감소시키고, 마을 단위 공

동처리장에서 처리하는 방안이 있을 수 있다. 현재 농림부에서 추진하고 있는 가축분뇨의 공동처리는 가축분뇨의 자원화와 환경오염방지 그리고 소규모 양축농가의 가축분뇨 관리시설설치에 대한 경제적 부담감소 등에 목적을 두고, '90년부터 중소규모 축산농가에 집중 지원한 간이정화조와 (건조)퇴비사 등의 효율적인 활용방안으로서 기 설치된 간이정화조와 퇴비사의 가축분뇨를 공동처리시설과 운반장비 및 공동저장탱크 등을 이용한 자원화하고 있다. 농림부는 축산분뇨 발생량 최소화를 유도하고 자원화를 통한 자연순환을 추진하되 그 처리비용의 경제성 확보와 축분퇴비 및 액비수요 확대를 위한 유통체계를 정립해 나가고 있다.

또한 지자체별 가축사육 제한지역 지정에 위한 조례제정과 운영 등을 통해 상수원보호·수변구역 등 수질보전을 위해 필요한 지역의 신규입지 심의를 강화키로 하였다. 그러나, 무엇보다도 영세성 축산농가의 집단화를 추진하여 폐수처리를 효율화하고 축사구조를 변경하여 효율적으로 관리하는 방안이 필요하다. 이에 본 연구에서는 축산에 대한 대책으로 분뇨자원화방법인 퇴비화, 액비화, 퇴비+액비화, 완전수거 등에 관한 자원화방법을 평가하였다.

다. 비점오염원에 대한 대책

호수로 유입되는 질소와 인과 같은 영양물질의 제어는 현실적으로 환경기초시설에 의해 관리하기가 어렵기 때문에, 호수의 관리를 어렵게 만드는 요인으로 작용하고 있다. 따라서 비점오염원에 대해 강우량과 수질, 특히 강우기와 비강우기의 강우특성 및 초기 강우의 특성을 고려하고 토지이용의 형태에 기초하여 수질에 영향을 줄 수 있는 인자, 즉 BOD, 질소, 인 농도간의 상관성을 면밀하게 분석하여 대처해야 한다.

도시가 발달한 유역에서의 비점오염원 관리는 우수저류시설을 통한 우수유출량의 삭감, 유출우수에 의한 우회수로의 건설과 같은 방법을 활용할 수 있다. 그러나 유역이 농업활동이 이용되고 있는 경우에는 경작을 최대한 억제하고 시비량을 조절하는 과학영농법을 도입하여 화학비료나 농약에 의한 수질오염을 최대한 저감해야 하며 훼손된 산림은 토사유입을 방지하기 위해 시급히 복구하고, 나무를 식재하는 등의 노력이 있어야 한다.

농업활동이 이루어지고 있는 유역으로부터 인이 많이 함유된 농경배수의 유입을 억제하는 방안으로서 늪, 숲 혹은 초지로 이루어진 보호지역 즉 완충지대(Buffer-Strip)를 설치하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 실험적으로만 적용되고 있을 뿐이며, 오염원의 규모에 따라 그 효과는 달라지게 되며 토지가 인산염으로 포화된 후에야 효과를 얻을 수 있다.

4. 호소 내외 대책

호소내 대책과 호소의 대책을 동시에 수행하는 것으로, 현재 이 시스템에서는 가능한 방법들의 조합으로 삭감을 하기 위한 방법을 평가하는 방법이다.

5. 대안의 평가

가. 목표수질 설정

대상저수지의 목표수질은 농업용 저수지로 수질의 환경정책기본법의 농업용수 수질환경기준(IV)을 유지하는 것이다. 따라서 장래 농촌지역 수질환경개선을 위한다면 농업용 저수지의 수질기준을 만족하는 수준으로 설정해야 한다. 또한 설정된 목표수질이 현황수질과 비교하여 달성되지 못하였을 경우, 현재의 상태에서 삭감하는 방법을 고려할 수도 있고, 현재의 오염원현황으로 예측하는 년도에 수질이 목표수질에 달성되지 못하였을 경우 목표연도까지의 삭감방법을 계획할 수 있다.

목표연도 2010년의 경천저수지 장래예측결과를 <표 5-22>에 나타내었으며, 목표연도 2010년의 오염원 삭감을 위하여 ① 호소 외부대책, ② 호소 내부대책, ③ 호소 내·외 대책을 수립하여 유역 별로 수행하였다.

표 5-22 2010년 장래예측결과

기준년도	Segment	기준년도 평균예측 결과(mg/ℓ)		
		BOD	T-N	T-P
2010	3	2.19	1.33	0.11

나. 호소 외부대책 수행결과

저수지 외부 대안으로 목표연도 2010년도에 유역별로 마을하수도를 설치할 경우, 축산분뇨를 전량 수거할 경우, 그리고 마을하수도 설치와 축산분뇨 전량 수거를 함께 할 경우의 저수지 외부 삭감결과를 <표 5-23>에 나타내었다.

1) 마을하수도 설치에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)

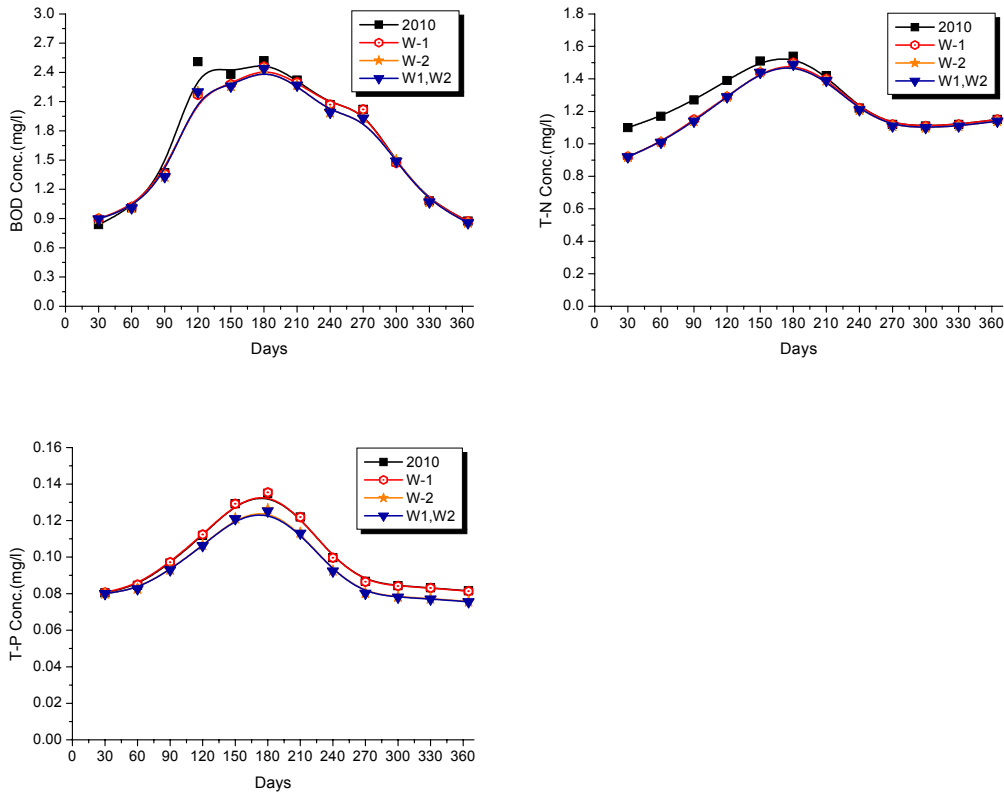


그림 5-5 유역 별 마을하수도 설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3)

저수지 외부 대안으로 목표연도 2010년도에 마을하수도를 설치할 유역 별로 W-1 유역에만 설치 할 경우, W-2 유역에만 설치 할 경우, W-1과 W-2 유역에 설치 할 경우 수질모델링 결과를 4월~10월 사이의 평균 농도로서, 마을하수도 설치 전 2010년

Segment3의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/ℓ, T-N 1.33mg/ℓ, T-P 0.11mg/ℓ와 비교해 보면 거의 변화가 없는 것으로 나타났으며 <그림 5-5>와 같다.

2) 축산분뇨 전량 수거에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)

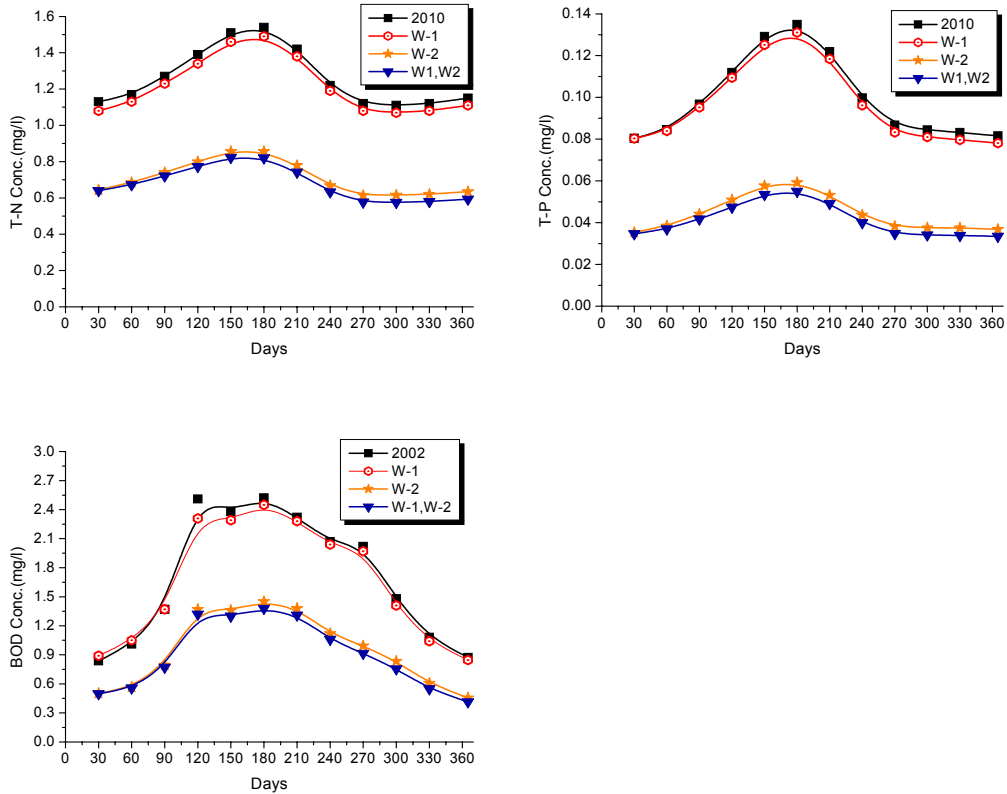


그림 5-6 유역별 축산분뇨 전량수거 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3)

<그림 5-6>은 저수지 외부 대안으로 목표연도 2010년도에 축산분뇨 전량 수거를 유역 별로 W-1 유역에서만 할 경우, W-2 유역에만 할 경우, W-1과 W-2 유역에서 할 경우, 수질모델링 결과를 4월~10월 사이의 평균 농도로서, 2010년 Segment 3의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/ℓ, T-N 1.33mg/ℓ, T-P 0.11mg/ℓ와 비교해 보면, W-1 유역에서만 축산분뇨 전량 수거할 경우는 Segment 3의 농도에 영향을 주지 못하나 W-2

유역에서 축산분뇨 전량 수거를 할 경우, Segment 3에서 BOD 44%, T-N 44%, T-P 56%의 제거율을 나타내었다.

3) 마을하수도 설치와 축산분뇨 전량 수거에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)

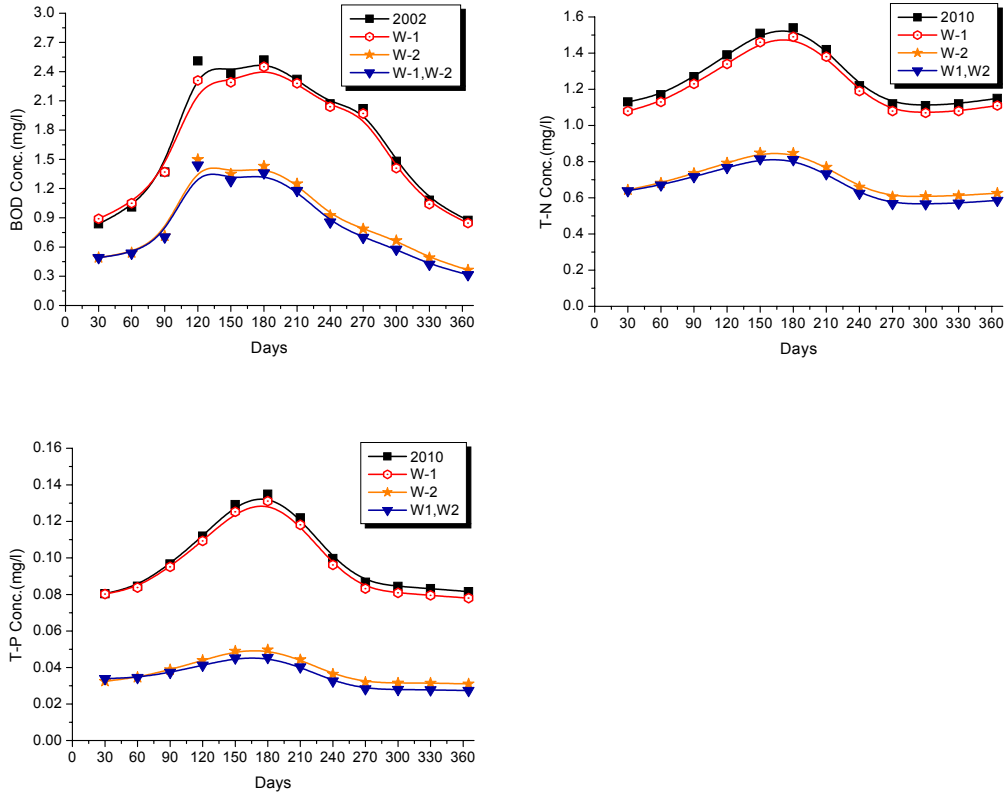


그림 5-7 유역 별 마을하수도 설치와 축산분뇨 전량수거 할 경우 Seg. 3에서 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과.

저수지 외부 대안으로 목표연도 2010년도에 마을하수도 설치와 축산분뇨 전량 수거를 유역 별로 W-1 유역에서만 할 경우, W-2 유역에만 할 경우, W-1과 W-2 유역에서 할 경우 수질 모델링 결과는 <그림 5-7>과 같으며, 수질모델링 결과를 4월~10월 사이의 평균 농도로서, 2010년의 Segment 3에서의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/l, T-N

1.33mg/ℓ, T-P 0.11mg/ℓ 와 비교해 보면, W-1 유역에서만 수거할 경우는 Segment 3의 농도에 영향을 주지 못하나 W-2 유역에서 축산분뇨 전량 수거를 할 경우, Segment 3에서 BOD 48%, T-N 45%, T-P 63%의 제거율을 나타내었다.

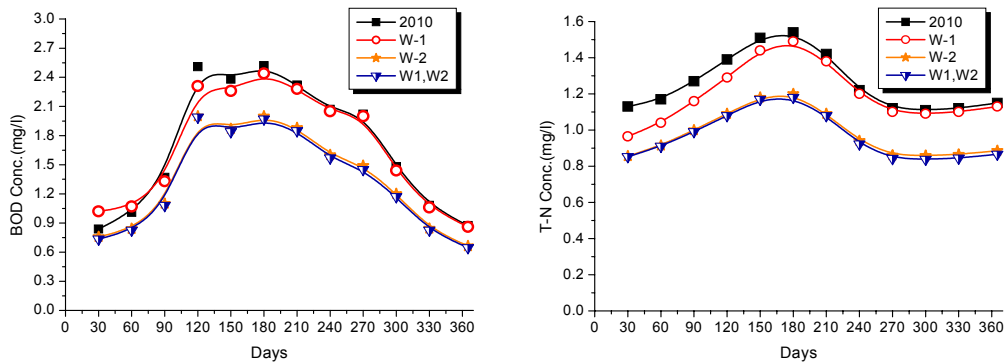
표 5-23 저수지 외부 삭감결과

삭감유역	Seg.	저수지 외부 삭감방법 (Unit:mg/ℓ)								
		마을하수도설치			축산전량수거			마을하수도설치+축산수거		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
W-1	3	2.11	1.30	0.110	2.11	1.29	0.106	2.11	1.29	0.106
W-2	3	2.08	1.29	0.103	1.22	0.74	0.049	1.13	0.73	0.041
W1+W2	3	2.08	1.29	0.102	1.15	0.71	0.045	1.06	0.70	0.037

다. 호소 내부대책 수행결과

저수지 내부 대안으로 목표연도 2010년도에 유역 별로 저류조를 설치할 경우와 인공습지를 설치할 경우의 저수지 내부 삭감결과를 <표 5-24>에 나타내었다.

1) 저류지 설치에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)



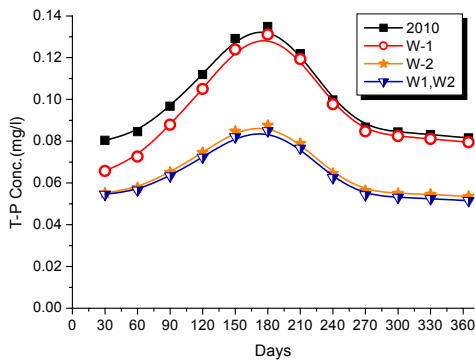
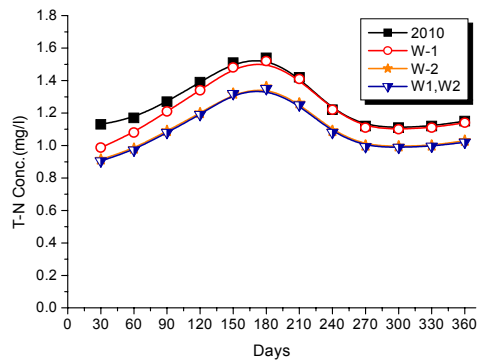
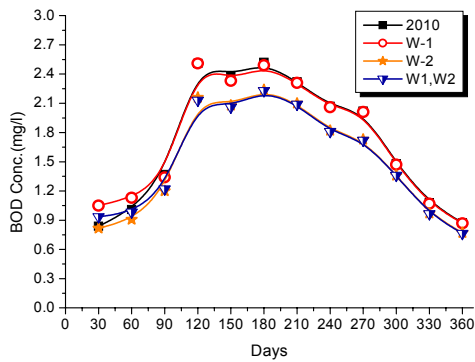


그림 5-8 유역 별 저류조설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg.3)

저수지 내부 대안으로 목표연도 2010년도에 저류조 설치를 유역 별로 W-1 유역에서만 할 경우, W-2 유역에만 할 경우, W-1과 W-2 유역에서 할 경우 수질 모델링 결과는 <그림 5-8>과 같으며, 4월~10월 사이의 평균 농도로서, 2010년의 Segment 3에서의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/l, T-N 1.33mg/l, T-P 0.11mg/l 와 비교해 보면, W-1 유역에서만 수거 할 경우는 Segment 3의 농도에 영향을 주지 못하나 W-2 유역에서 저류조 설치를 할 경우, Segment 3에서 BOD 21%, T-N 23%, T-P 35%의 제거율을 나타내었다.

2) 인공습지 설치에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)



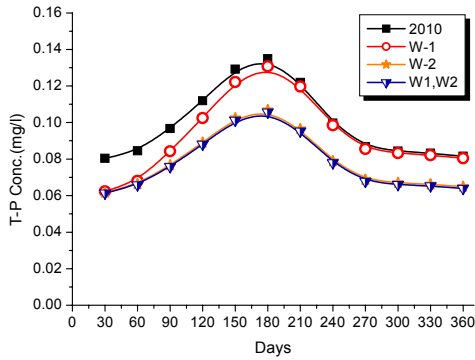


그림 5-9 유역 별 인공습지설치 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg.3)

저수지내부 대안으로 목표연도 2010년도에 인공습지 설치를 유역 별로 W-1 유역에 서만 할 경우, W-2 유역에만 할 경우, W-1과 W-2 유역에서 할 경우 수질 모델링 결 과는 <그림 5-9>와 같으며, 4월~10월 사이의 평균농도로서, 2010년의 Segment 3에서 의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/ℓ, T-N 1.33mg/ℓ, T-P 0.11mg/ℓ와 비교해 보 면, W-1 유역에서만 수거 할 경우는 Segment 3의 농도에 영향을 주지 못하나 W-2 유 역에서 인공습지 설치를 할 경우, Segment 3에서 BOD 12%, T-N 11%, T-P 21%의 제거율을 나타내었다.

표 5-24 저수지 내부 삭감결과

삭감유역	Seg.	저수지 내부 삭감방법 (Unit:mg/ℓ)					
		저류지 설치			인공습지 설치		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
W-1	3	2.11	1.28	0.106	2.17	1.31	0.106
W-2	3	1.72	1.03	0.072	1.93	1.18	0.087
W1+W2	3	1.69	1.02	0.069	1.91	1.17	0.086

라. 호소 내·외 대책수행결과에 따른 수질모델링결과 (Seg. 3)

저수지 내·외부 대안으로 목표연도 2010년도에 마을하수도설치, 축분 전량수거, 저류조설치를 유역 별로 할 경우, 저수지 내·외부 삭감결과를 <표 5-25>에 나타내었다.

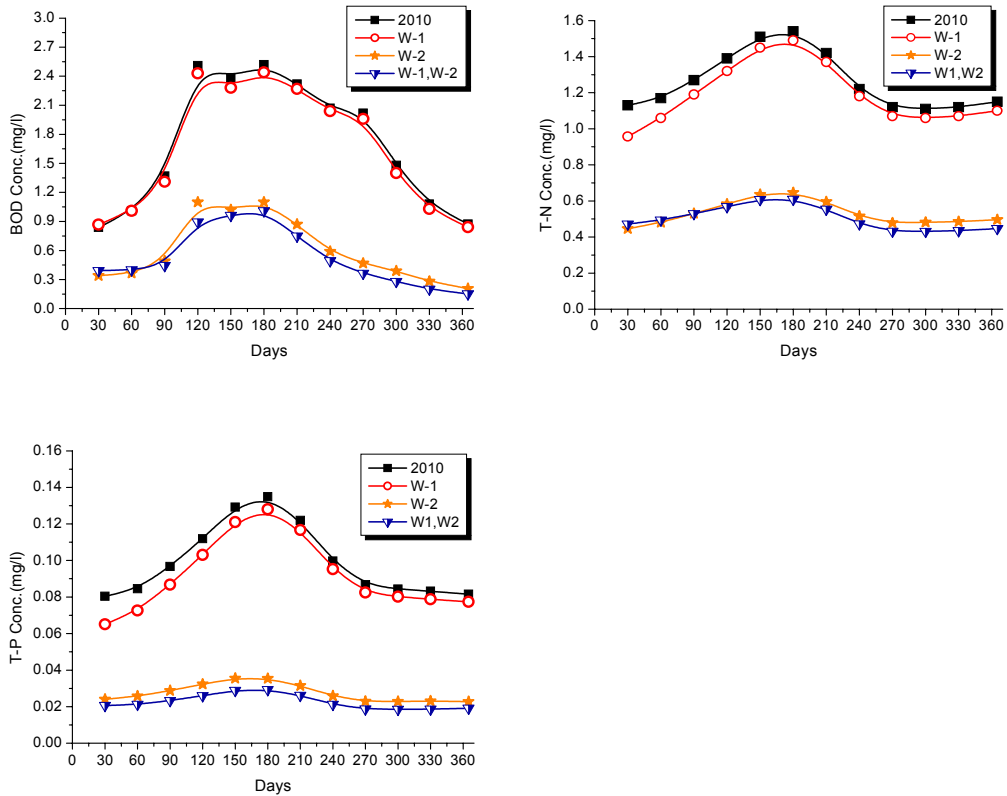


그림 5-10 유역 별 마을하수도 설치, 축산전량 수거, 저류조설치를 할 경우 BOD, T-N, T-P의 수질예측 결과(Seg. 3).

저수지 내·외부 대안으로 목표연도 2010년도에 마을하수도 설치, 축분 전량수거, 저류조 설치를 유역 별로 W-1 유역에서만 할 경우, W-2 유역에만 할 경우, W-1과 W-2 유역에서 할 경우 수질모델링 결과는 <그림 5-10>과 같으며, 4월~10월 사이의 평균 농도로써, 2010년의 Segment 3에서의 예측수질 평균 농도인 BOD 2.19mg/ℓ, T-N 1.13

mg/ℓ, T-P 0.11mg/ℓ 와 비교해 보면, W-1 유역에서만 수거 할 경우는 Segment 3의 농도에 영향을 주지 못하나 W-2 유역에서 마을하수도설치, 축분 전량수거, 저류조 설치를 할 경우, Segment 3에서 BOD 64%, T-N 58%, T-P 74%의 제거율을 나타내었다.

표 5-25 저수지 내·외부 삭감결과

삭감유역	Seg.	저수지 내·외부 삭감방법 (Unit:mg/ℓ)		
		마을하수도+축산전량수거+저류지 설치		
		BOD	T-N	T-P
W-1	3	2.12	1.28	0.104
W-2	3	0.79	0.56	0.029
W1+W2	3	0.68	0.53	0.024

제4절 WeBIS를 이용한 수질 환경 지식 구축

본 연구에서 개발한 전문가 시스템은 데이터베이스기반의 수질환경지식을 바탕으로 목표수질을 만족할 수 있는 최적대안의 도출을 목적으로 개발되었다. 개발도구로는 웹 기반 인공지능 툴인 WeBIS를 사용하였다. 지식표현은 프레임과 규칙을 사용하였고 경험적 추론을 바탕으로 대상 저수지의 수질을 판단하며 대안선정 도구로는 Wasp5 시뮬레이션 프로그램과 AHP기법을 활용하였다.

1. 전문가시스템 실행절차

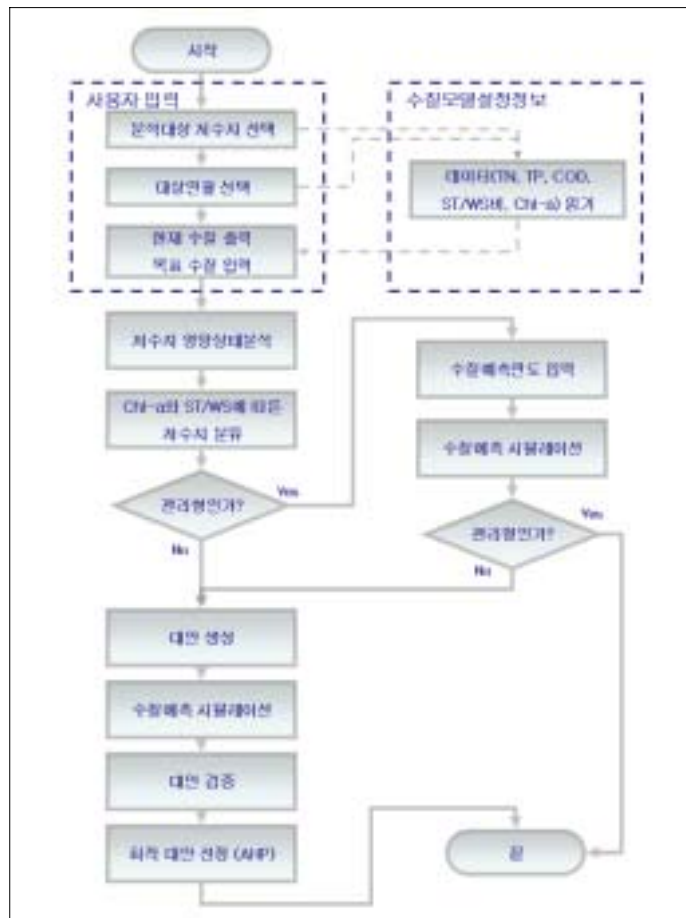


그림 5-11 전문가시스템 실행절차

전문가시스템을 실행하면 가장 먼저 분석을 실시할 대상저수지를 선정해야 한다. 대상저수지가 선택되면 해당저수지에 대한 데이터베이스가 열리고 조사연월에 따라 분류된 데이터를 선택하면 해당 데이터를 사용자에게 보여주게 된다.

사용자는 주어진 데이터를 참고하여 목표수질을 입력하게 된다. 목표수질입력까지 끝나면 분석이 시작되는데 앞 단계에서 사용자가 입력한 정보를 토대로 시스템이 필요로 하는 데이터들을 데이터베이스로부터 읽어오는데 이를 수질모델설정정보 입력이라고 하고 사용자가 시스템의 인터페이스에 따라 정보를 입력하는 것을 사용자 입력이라고 한다. 분석이 시작되면 먼저 저수지의 영양상태를 분석하여 보여준다.

그리고 Chl-a와 ST/WS비, 그리고 COD농도에 따라 해당저수지의 관리유형을 판별한다. 만약 관리유형이 관리형일 경우 현재 상태에서는 대안형성을 할 필요가 없으므로 사용자에게 수질을 예측할 미래연도를 물어본다. 입력된 수질예측연도를 이용하여 미래수질을 예측한 다음 이를 토대로 시뮬레이션을 실행하고 만약 미래수질에 대해서도 저수지관리유형이 관리형일 경우 전문가시스템을 종료한다.

그 외에 저수지관리유형이 관리형이 아닌 호내정비형, 유역정비형, 그리고 종합정비형 일 경우는 대안형성규칙에 따라 대안을 형성하며 시뮬레이션을 통해 대안을 검증하고 검증된 대안들에 대하여 평가를 실시한다. 대안평가실시 후 최적대안을 선정하게 되며 최종결과는 전문가시스템 실행시 사용자 입력과 수질모델설정정보 입력, 이 두 정보와 함께 데이터베이스에 저장된다.

가. 입력요소

표 5-26 사용자 입력요소

입력요소	설명
대상저수지	분석하고자 하는 저수지를 선택한다.
대상연월	분석하고자 하는 연월을 선택한다.
목표수질	원하는 목표수질을 입력한다.

표 5-27 수질모델설정정보

입력요소	설명
수질데이터	사용자에 선택된 저수지의 해당연월의 수질데이터(COD, TN, TP, Chl-a, ST/WS)를 데이터베이스로부터 읽어온다.
시스템 파라미터	시스템 실행에 필요한 파라미터(변환파라미터 등)를 데이터베이스로부터 읽어온다.

나. 출력요소

전문가시스템의 출력요소는 전문가시스템 실행 시의 사용자 입력과 대상 저수지의 수질 분석 결과, 그리고 분석결과로 선정된 최적대안으로 구성된다.

표 5-28 전문가시스템 출력요소

출력요소	설명
사용자 입력	실행 시작 시 사용자가 입력한 정보를 저장한다.
수질분석결과	수질예측결과와 시뮬레이션 실행결과를 저장한다.
최적대안	선정된 최적대안과 대안에 관련된 모든 정보(비용 등)를 저장한다.

2. 전문가시스템 실행 세부절차

가. 분석 대상 저수지 선택

분석하고자 하는 저수지 이름을 선택한다.



그림 5-12 저수지 선택 화면

나. 분석할 날짜 선택

분석하고자 하는 날짜를 선택한다.



그림 5-13 날짜 선택 화면

다. 목표수질입력

COD목표수질을 입력한다. 목표수질은 대안검증과 최적대안 선정에 반드시 필요하다.

그림 5-14 목표수질입력 화면

라. 영양
저수지의
그리고 TN
서의 실행



sphorus),
시스템에

그림 5-15 저수지 영양상태분석 흐름도

저수지의 영양상태	
영양상태	EUTRO
0.731	Total Nitrogen
0.09	Total Phosphorus
8.122222222	TN/TP비
다음	

그림 5-16 저수지 영양상태 분석결과

마. 관리유형분석

시스템은 분석대상저수지의 Chl-a와 ST/WS비, 그리고 COD 값을 이용하여 어떤 관리유형에 속하는지 분석한다. 분석 흐름도는 아래 <그림 5-17>과 같으며 실행화면은 <

그림 5-18>과 같



그림 5-17 저수지 관리유형분석 흐름도

분석대상저수지에 대하여 분석한 결과, 관리유형은 다음과 같습니다

C-유역정비형	관리유형
7.9455	ST/WS
26	업종소-a
9	Chemical Oxygen Demand

다음

그림 5-18 저수지 관리유형 분석결과

바. 대안생성과 검증

관리유형 분석결과 대상저수지가 유역정비형, 호내정비형, 종합정비형일 경우, 시스템은 데이터베이스에 저장된 분석 대상 저수지의 유역에 대한 정보와 현재 적용이 가능한 공법에 대한 정보를 토대로 유역과 공법을 조합하여 가능한 모든 대안을 생성한다. 그리고 생성된 대안을 입력으로 하여 WASP5 시뮬레이션을 실행한다. 실행 결과가 목표수질을 만족하지 않으면 만족할 때까지 유역을 추가하여 대안에 포함시킨다. 이에 대한 흐름도는 아래 <그림 5-19>와 같다.



사. 5

그림 5-20 최적대안선정 흐름도

상정된 대안정보					
대안번호	유역이름	공법 아이디	결과 IN	결과 TP	결과 BOD
1	B4	M3	0.0420704	0.00297213	0.0803096
2	B4	M1	0.0420704	0.00297213	0.0803096
3	B4	M2	0.0420704	0.00297213	0.0803096
4	B3	M3	0.0420704	0.00297213	0.0803096
5	B3	M1	0.0420704	0.00297213	0.0803096
6	B3	M2	0.0420704	0.00297213	0.0803096

대안간 선호도 입력						
기준항목 : 시설장치비						
	1	2	3	4	5	6
1	1	3	5	7	5	3
2	0.3333	1	3	5	5	3
3	0.2	0.3333	1	1	1	1
4	0.1428	0.2	1	1	5	7
5	0.2	0.2	1	0.2	1	7
6	0.3333	0.3333	1	0.1428	0.1428	1

대안간 선호도 입력						
기준항목 : 효과						
	1	2	3	4	5	6
1	1	7	5	5	3	3
2	0.1428	1	5	3	3	7
3	0.2	0.2	1	5	3	3
4	0.2	0.3333	0.2	1	1	1
5	0.3333	0.3333	0.3333	1	1	1
6	0.3333	0.1428	0.3333	1	1	1

대안간 선호도 입력						
기준항목 : 초기비용						
	1	2	3	4	5	6
1	1	3	5	5	3	1
2	0.3333	1	5	3	3	1
3	0.2	0.2	1	7	5	3
4	0.2	0.3333	0.1428	1	5	3

그림 5-21 AHP선호도입력 화면

아. 전문가시스템 최종 실행 결과

해당 날짜의 수질과 목표수질, 그리고 시뮬레이션 실행 결과 수질을 모두 보여주는 화면이다. 또한 중간 분석 결과와 세부내용을 저장한 결과테이블의 테이블명을 보여준다.

전문가시스템 최종결과는 다음과 같습니다.

대상 저수지	KyeongChun		
현재 연월	2003-12-01	수질예측년도	2003-12-01
영양상태 : 중부영양상태	관리유형 :	C-유역장비형	
	현재수질	목표수질	실행결과
TN :	0.731		0.0420704
TP :	0.09		0.00297213
COD :	9	0.1	0.087982
BOD :	7.2	0.08	0.0703056

선정된 최적대안에 대한 세부내용은 결과테이블에 있습니다.
다음 버튼을 누르면 결과테이블 내용을 보여줍니다.

실행시간 : 2004-08-09 오전 2:37:53
결과테이블 : CONCLUSION_2

그림 5-22 최종결과화면

자. 선정된 최적대안 세부내용

최적대안에 대한 세부 내용을 담고 있는 테이블이다. 전문가시스템이 한 번 실행되어 최적대안이 선정될 때마다 하나씩 만들어진다(CREATE 쿼리실행).

4번 유역 지도

선정된 최적대안에 대한 세부내용입니다.
위 링크는 분석대상저수지의 지도입니다.

결과테이블 : CONCLUSION_2

유역 ID	유역 이름	처리공법 ID	처리공법 이름	BOD예측수질	TN예측수질	TP예측수질
W4	B4	M3	지연침전물 부유물 8	0.0703056	0.0420704	0.00297213

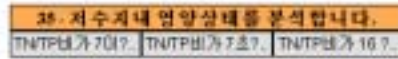
그림 5-23 최적대안 세부내용

3. WeBIS를 이용한 지식표현

WeBIS는 기본적으로 노드와 노드간의 연결을 통하여 규칙을 표현한다. 시작노드, 전위노드, 선택노드, 조건노드, 그리고 결론노드, 이상의 다섯 가지 노드를 제공하며 각 노드는 규칙 생성을 위한 기능을 제공한다. 또한 그룹노드를 제공하여 여러 노드들의 그룹화를 제공함으로써 모델링의 효율성을 높여준다.

본 연구에서는 전문가시스템 실행절차 중에서 저수지내 영양분석과 Chl-a와 ST/WS에 따른 저수지 분류, 그리고 대안생성을 위한 지식표현에 if-then 규칙이 적용되었으며 그 내용은 아래와 같다.

가. 저수지 수질파악을 위한 지식



26. 저수지내 영양상태를 분석합니다.		
TN/TP비가 7이하?	TN/TP비가 7초과?	TN/TP비가 16초과?

그림 5-24 TN/TP 비 규칙

if TN/TP비가 7이하 then TN을 이용하여 영양 상태를 분석한다.
if TN/TP비가 7을 초과하고 16이하
then TN을 이용하여 영양 상태를 분석한다.
if TN/TP비가 16초과 then TP을 이용하여 영양 상태를 분석한다.



18. TN에 관한 영양상태				
TN이 0.2이하?	TN이 0.2초과하고 0.4이하?	TN이 0.4초과하고 0.6이하?	TN이 0.6초과하고 0.8이하?	TN이 0.8초과?

그림 5-25 TN 규칙

if TN이 0.2이하 then 대상 저수지의 영양 상태는 극빈영양 상태
if TN이 0.2초과이고 0.4이하
then 대상 저수지의 영양 상태는 빈중영양 상태

if TN이 0.4초과이고 0.65이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중영양 상태
 if TN이 0.65초과이고 1.5이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중부영양 상태
 if TN이 1.5초과 then 대상 저수지의 영양 상태는 부영양 상태

27. TP에 의한 영양상태				
<= 0.005	>0.005 <=0.01	>0.01 <=0.03	>0.03 <=0.1	>0.1

그림 5-26 TP 규칙

if TP가 0.005이하 then 대상 저수지의 영양 상태는 극빈영양 상태
 if TP가 0.005초과이고 0.01이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 빈중영양 상태
 if TP가 0.01초과이고 0.03이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중영양 상태
 if TP가 0.03초과이고 0.1이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중부영양 상태
 if TP가 0.1초과 then 대상 저수지의 영양 상태는 부영양 상태

28. TN과 TP에 의한 영양상태				
<=0.2 <=0.005	>0.2 <=0.4 <=0.005	>0.4 <=0.65 <=0.005	>0.65 <=1.5 <=0.005	>1.5 <=0.1

그림 5-27 TN, TP 규칙

if TN이 0.2이하이고 TP가 0.005이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 극빈영양 상태
 if TN이 0.2초과 0.4이하이고 TP가 0.005초과 0.01이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 빈중영양 상태

if TN이 0.4초과 0.65이하이고 TP가 0.01초과 0.03이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중영양 상태
 if TN이 0.65초과 1.5이하이고 TP가 0.03초과 0.1이하
 then 대상 저수지의 영양 상태는 중부영양 상태
 if TN이 1.5초과이고 TP가 0.1초과
 then 대상 저수지의 영양 상태는 부영양 상태



그림 5-28 ST/WS비 규칙



그림 5-29 ST/WS비>5 일 때 Chl-a 규칙



그림 5-30 ST/WS비≤5 일 때 Chl-a 규칙

if ST/WS비가 5m이하이고 Chl-a농도가 25mg/m³이상
 then 대상 저수지 관리유형은 종합정비형
 if ST/WS비가 5m이하이고 Chl-a농도가 25mg/m³초과
 then 대상 저수지 관리유형은 호내정비형
 if ST/WS비가 5m초과이고 Chl-a농도가 25mg/m³이상
 then 대상 저수지 관리유형은 유역정비형
 if ST/WS비가 5m초과이고 Chl-a농도가 25mg/m³초과
 then 대상 저수지 관리유형은 관리형

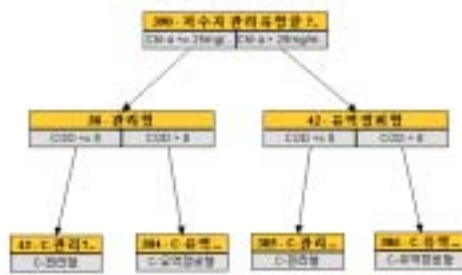


그림 5-31 저수지 관리유형 규칙(1)

if 저수지관리유형이 관리형이고 COD가 8이하
 then 대상 저수지 유형은 C-관리형
 if 저수지관리유형이 관리형이고 COD가 8초과
 then 대상 저수지 유형은 C-유역정비형
 if 저수지관리유형이 유역정비형이고 COD가 8이하
 then 대상 저수지 유형은 C-관리형
 if 저수지관리유형이 유역정비형이고 COD가 8초과
 then 대상 저수지 유형은 C-유역정비형



그림 5-32 저수지 관리유형 규칙(2)

if 저수지관리유형이 호내정비형이고 COD가 8이하
 then 대상 저수지 유형은 C-호내정비형
 if 저수지관리유형이 호내정비형이고 COD가 8초과
 then 대상 저수지 유형은 C-종합관리형
 if 저수지관리유형이 종합정비형이고 COD가 8이하
 then 대상 저수지 유형은 C-호내정비형
 if 저수지관리유형이 종합정비형이고 COD가 8초과
 then 대상 저수지 유형은 C-종합관리형

나. 대안형성을 위한 지식

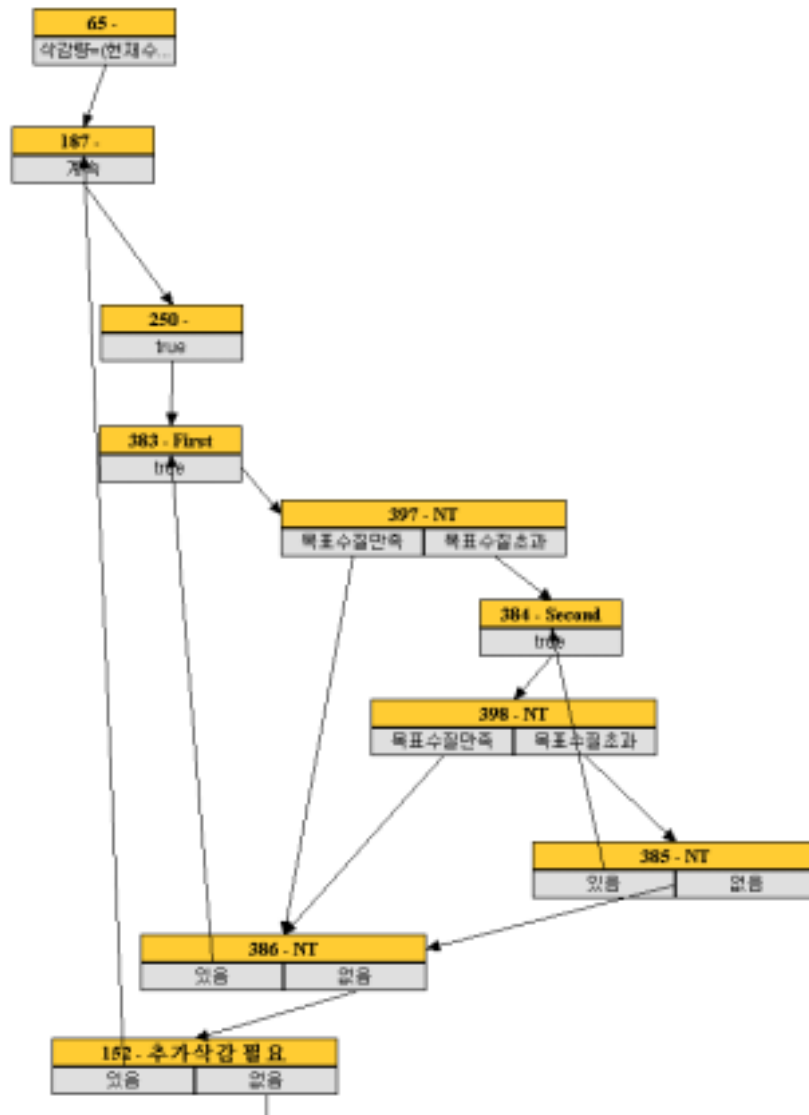


그림 5-33 대안 형성 규칙

if 저수지 관리유형이 호내정비형이거나 종합관리형(내부)
 then 인공습지, 저류지, 인공식물섬 중에서 하나의 공법을 선정하여 대안형성

if 저수지 관리유형이 유역정비형이거나 종합관리형(외부)
then 섬모상담체를 이용한 고도처리방법, 자연순환형 고도처리, 자연친화적 무동력 하
수처리 중에서 하나의 공법을 선정하여 대안형성
if 저수지 관리유형이 유역정비형이거나 종합관리형(외부)
then 목표수질을 만족할 때까지 공법이 적용되지 않은 유역에 대하여 공법 적용

4. 수질환경지식을 위한 데이터베이스 구축

가. 테이블 설계

전문가시스템을 위한 수질환경 지식을 저장하기 위하여 데이터베이스에 테이블을 생
성하였다. WeBIS에서 활용할 정보 저장을 위한 테이블이 7개, Wasp5 시뮬레이션 프로
그램의 실행을 지원하기 위한 테이블이 3개, 그리고 전문가시스템 출력결과를 저장하기
위한 테이블이 1개로 총 11개의 테이블을 생성하였으며 전체 테이블에 대한 설명은 아
래 <표 5-29>와 같고 각 테이블에 대한 명세는 부록에 첨부하였다.

표 5-29 전문가시스템 지식데이터베이스 테이블 설명

사용영역	테이블명	설명
WeBIS	ALTERNATIVES	형성된 대안들을 저장하기 위한 테이블
	INST_INFO	저수지들에 대한 정보를 담고 있는 테이블
	METHOD_INFO	공법에 대한 정보를 담고 있는 테이블
	KyeongChun_WQW	경천저수지에 대한 수질정보를 담고 있는 테이블 (저수지이름)_WQW
	PARAMETER	전문가시스템 설정에 필요한 파라미터를 저장한 테이블
	TARGET_RESULT	전문가시스템 최종실행결과를 저장할 테이블
	KyeongChun_BASIN	유역정보를 저장하고 있는 테이블 (저수지이름)_BASIN
Wasp5	KyeongChun_Segment	유역을 세그먼트로 변환하기 위한 파라미터를 저장하고 있는 테이블 (저수지이름)_Segment
	KyeongChun_Segment_to_Basin	세그먼트를 유역으로 변환하기 위한 파라미터를 저장하고 있는 테이블 (저수지이름)_Segment_to_Basin
	Wasp5	Wasp5 시뮬레이션 프로그램 실행 시에 필요한 파라미터를 저장하는 테이블
	WaspSegment	Wasp5 실행 후 각 세그먼트의 결과값을 저장하는 테이블

나. 실행쿼리

전문가시스템의 실행을 위하여 실행되는 쿼리를 설명과 함께 나열하였다.

표 5-30 실행쿼리

쿼리	해석
SELECT id FROM METHOD_INFO WHERE EFFI_BOD = (SELECT MAX(EFFI_BOD) FROM METHOD_INFO WHERE pollutant_causei = \$POLLUTANT_CAUSEi and used = 0)	주오염원에 대해 가장 부하삭감효율이 높은 공법은 무엇인가
SELECT name FROM METHOD_INFO WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법 ID에 해당하는 공법이름은 무엇인가
SELECT cost FROM METHOD_INFO WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법의 설치비용은 얼마인가
SELECT EFFI_COD FROM METHOD_INFO WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법의 COD 삭감효율은 얼마인가
SELECT EFFI_TN FROM METHOD_INFO WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법의 TN 삭감효율은 얼마인가
SELECT EFFI_TP FROM METHOD_INFO WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법의 TP 삭감효율은 얼마인가
UPDATE METHOD_INFO SET used = 1 WHERE id = '\$METHOD_ID'	선택된 공법은 현재 적용 중이므로 used 필드에 체크하라
INSERT INTO \$CONCLUSION_NAME (combi_number, basin_id, basin_name, pollutant_causei, method_id, method_name, disc_BOD, disc_TN, disc_TP, cost) VALUES (\$combi_number, '\$BASIN', '\$BASIN_NAME', '\$POLLUTANT_CAUSEi', '\$METHOD_ID', '\$METHOD_name', \$FORT_DISC_BOD, \$FORT_DISC_TN, \$FORT_DISC_TP, \$cost)	분석결과를 데이터베이스 테이블에 저장하라
SELECT count(id) FROM METHOD_INFO WHERE used = 0 and pollutant_causei = \$POLLUTANT_CAUSEi	현재 대안 생성에 적용되지 않고 남아있는 공법은 총 몇 개 인가

제5절 대안의 검증과 최적대안의 선정

1. 시뮬레이션을 통한 대안검증

가. 시뮬레이션을 통한 대안검증의 필요성

본 연구는 주어진 대상 저수지에 대하여 수질모형을 생성하고 수질에 대한 분석과 예측을 실시하여야 하며 현재 수질에 문제가 있다고 판단이 될 경우 그에 대한 대안을 제시해주는 전문가시스템의 개발하는 것이다. 대안을 제시하기 위해서는 저수지 수질모형에 적합한 여러 가지 대안을 형성하고 평가를 하여야 하지만, 현실적으로 대안에 선택된 공법을 해당 유역에 설치하고 그에 따른 저수지의 수질개선효과를 측정하여 모든 대안을 평가하는 것은 불가능하다. 그러므로 시뮬레이션 기법을 도입함으로써 현실적으로 불가능했던 대안 평가를 실시할 수 있게 되었고 또한 대안 적용에 따른 효과를 예측할 수 있다.

나. 시뮬레이션의 특징

만일 모델 구성요소들의 관계가 아주 간단하다면, 대수학, 미적분, 확률론 등과 같은 수학적 방법을 이용하여 정확한 정보를 얻을 수 있다. 이를 분석적 해결 방법(analytic solution)이라 한다. 그러나 대부분의 현실 세계의 시스템들이 분석적으로 평가할 수 있는 실제의 모델을 구성하기엔 너무 복잡하다. 따라서 시뮬레이션에 의한 방법으로 고찰하여야 한다. 시뮬레이션에서는 시간 주기마다 수치적으로 모델을 평가하기 위하여 컴퓨터를 사용하며, 모델의 특성을 추정하기 위하여 자료를 수집한다.

다. 대안검증 도구로서의 시뮬레이션

현실세계의 시스템에 대한 대응으로 모델을 사용하는 데에는 여러 이유가 있다. 현실세계의 시스템을 직접 이용하여 실험을 하는 경우에는 비용과 시간의 낭비 문제가 심각히 대두되고, 때로는 현실적으로 불가능할 수도 있다. 한편 모델과 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션은 언제나 반복이 가능하고 비파괴적이며 분석이 쉽다. 과학 위주의 모델과 응

용 위주의 모델은 두 가지 모두 타당한 모델을 구성하는 것과 깊은 연관이 있다. 전자는 구조적으로 타당한 모델에 초점을 둔다. 그리고 후자의 경우 타당한 모델을 구성하는 문제는 모델을 어떻게 만들 것인가에 관련된 것으로서 실제로 한 언어를 가지고 모델을 서술할 수 있어야 하며, 복잡한 모델을 자신의 연구에 적합한 모델로 단순화할 수 있어야 한다. 또한 실제 시스템의 행위와 모델의 행위를 비교하는 일이 필요한데 이를 위해서 모델을 구체화시키는 프로그램의 정확성을 증명하는 것이 필요하게 된다.

라. Wasp5 수질모형 시뮬레이션 프로그램

WASP5 모델은 미국 환경부에서 개발된 모형 중 비교적 신뢰성이 인정되고 널리 사용되고 있는 모델로서, 초기모형 WASP(Di. Toro et al. 1983 ; Connolly and Winfield, 1984 ; Ambrose, R. B. et al. 1988)에서 여러 차례 개정 및 보완을 통해 보강된 프로그램으로 자연현상과 인간활동에 의해 발생하는 다양한 오염물질에 대한 수질의 예측 및 해석을 할 수 있을 뿐만 아니라 수체와 바닥층의 저서생물군 활동에 대한 영향을 고려할 수 있는 유동구획 모형이다.

2. AHP기법을 활용한 대안선정

가. AHP 구현 과정

AHP는 다음과 같이 총 다섯 단계로 이루어진다.

- ① 제 1 단계 : 계층화
- ② 제 2 단계 : 주관적 쌍비교
- ③ 제 3 단계 : 상대적 값 산출
- ④ 제 4 단계 : 일관성 측정
- ⑤ 제 5 단계 : 종합화

계층화 단계에서는 의사결정에 필요한 중요요소를 결정하며 결정된 중요요소들 간의 체계를 구성하게 된다. 먼저 최상위 목표를 설정하고 그로부터 하위 Branch를 구성해나

가며 하부 Branch는 최대 7개까지만 만드는 것이 적당하다고 알려져 있다. 각 Branch는 다른 Branch와 상호독립이어야 한다. 그리고 최하위 단계는 의사 결정시 필요한 각 대안(alternatives)들로 구성되어야 한다.

주관적 쌍비교는 계층화를 이루고 있는 각 단계별 요소간의 상대적 선호도를 평가하는 것이다. n개의 대안 또는 평가기준이 존재할 때 쌍비교 행렬 $n \times n$ 행렬을 구성한다. 그리고 상대적 선호도를 나타내기 위해 1 ~ 9 사이의 숫자 중 홀수만을 나타내어 상대 요소에 비하여 이 요소가 얼마나 더 선호되는가를 나타내는 방법을 사용한다.

주관적 쌍비교를 행한 후 각 행렬에 해당하는 쌍비교를 상대적 가중치로 전환해야 한다. 비교대상에 대한 상대적 선호도는 모든 열을 표준화(normalization)함으로써 구한다. 상대적 가중치는 각 열에 있는 숫자를 열 합계로 나눔으로써 구한다. 주관적 평가가 관련될 때는 측정오류가 발생할 수 있다.

AHP 기법 자체가 주관적 평가를 포함하기 때문에 분석오류를 방지하기 위해 주어진 AHP 체계의 일관성(consistency)을 측정하여야 한다. 비교행렬 A가 있을 때, 만약 모든 i, j, k 에 대하여 $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ 이면 A는 consistent 하다. 다시 말해 A가 consistent 할 경우 필요충분조건은 $Aw = nw$ 이다. 그러나 A가 consistent 하지 않는 경우, 상대적 가중치 w_i 는 표준화된 행렬 N에 있는 행 I의 평균치로 추정된다. w 가 계산된 추정치라고 하면, $Aw = n_{max}w$, 단, $n_{max} \geq n$, 이 경우 n_{max} 가 n 에 근접할수록 일관성이 증가한다. Consistency Ratio $CR = CI/RI$, $CI = (n_{max} - n)/(n-1) =$ Consistency Index of A, $RI = 1.98(n-2)/n =$ Random Consistency Index of A. 만일 $CR \geq 0.1$ 이면, 주어진 AHP의 비일관성은 무시할 수 있다. 다시 말해 주어진 AHP 체계를 통한 분석은 성립 가능하다고 평가할 수 있다.

종합화는 위의 단계에서 구해진 각각의 가중치를 가지고 각 대안들의 최종값을 구하는 것이다. 각 대안들의 최종값을 비교하여 가장 높은 값을 갖는 대안을 최적대안으로 선정한다.

나. AHP 설계

본 연구에서는 AHP기법을 적용하기 위해 수질환경전문가로부터 지식을 수집하였으

며 AHP 기준과 기준별 쌍비교 값은 아래 <표 5-31, 32>와 같다.

표 5-31 AHP 상위레벨기준 점수

분석항목	항목별 선호도
시설장치비	9
효과	5
초기비용	3

표 5-32 AHP 기준별 점수

분석사항	항목별 중요도	부하삭감대책
시설장치비	시설장치의 내용	5
	건설기간	5
	사용전기량	7
	사용약품, 재료	7
	유지관리의 용이	7
	유지관리의 비용	7
효과	제거대상물질	9
	제거량(제거율)	9
초기비용	건설비	7
	용지비	7

위의 <표 5-3>1과 <표 5-32>의 내용은 전문가나 혹은 자료를 통하여 정하였으며, 또한 사용자가 전문가시스템 상에서 직접 결정할 수도 있도록 하였다.

각 대안별 기준에 근거한 선호점수는 전문가와 질문을 통하여 수집한 정보를 바탕으로 정하였으며 자세한 내용은 아래 <표 5-33>에 정리하였다. 주어진 하나의 공법이 있

을 때 각 기준별 분류내용을 토대로 그에 해당하는 내용에 따라 점수를 매기게 되며, 이 과정은 전문가의 의견이나 기존의 자료를 토대로 이루어질 수 있다. 최종적으로 완성된 AHP구조트리는 <그림 5-34>와 같다.

표 5-33 AHP 점수 세부 내용

기준	분류내용	점수
시설, 설치	자연을 이용하여 부분적으로 개조(소규모)	9
	자연을 이용하여 부분적으로 개조(대규모)	7
	간이기계장치사용	7
	대형기계장치	5
	소형토목구조물건설	5
	대형토목구조물건설	3
건설기간	단기	9
	중기	7
	장기	3
전기에너지	없음	9
	소량사용	7
	간헐적으로 다량사용	5
	연속적으로 다량사용	3
사용약품, 재료	없음	9
	가격이 싼 천연물, 폐기물이용	7
	화학약품등의 간헐적 사용	5
	화학약품등의 연속적 사용	1
유지관리의 용이(9)	관리필요치 않음	9
	때때로 관리필요	7
	매일관리필요	5
	유지관리에 인원배치필요	3
유지관리의 비용	운전비용(상,중,하)	9,7,5
건설비	건설비용(상,중,하)	9,7,5
용지비	용지비용(상,중,하)	9,7,5
제거대상물질	유기물질, 영양염류, 대장균(상,중,하)	9,7,5
제거효율	제거효율(상,중,하)	9,7,5

표 5-34 호소 내부 적용가능 공법별 AHP 점수

기준	인공습지	저류지	인공식물섬
시설장치의 내용	7	9	5
건설기간	7	9	7
사용전기량	9	9	9
사용약품, 재료	9	9	9
유지관리의 용이	7	7	7
유지관리의 비용	7	9	7
제거대상물질	9	9	5
제거량(제거율)	9	7	5
건설비	7	5	7
용지비	5	9	9

표 5-35 유역 적용가능 공법별 AHP 점수

기준	섬모상담체를 이용한 고도처리방법	자연순환형 고도처리	자연친화적 무동력 하수처리
시설장치의 내용	5	7	7
건설기간	9	9	7
사용전기량	7	7	9
사용약품, 재료	9	9	9
유지관리의 용이	7	7	7
유지관리의 비용	5	7	9
제거대상물질	7	9	8
제거량(제거율)	9	9	9
건설비	7	9	5
용지비	9	9	5

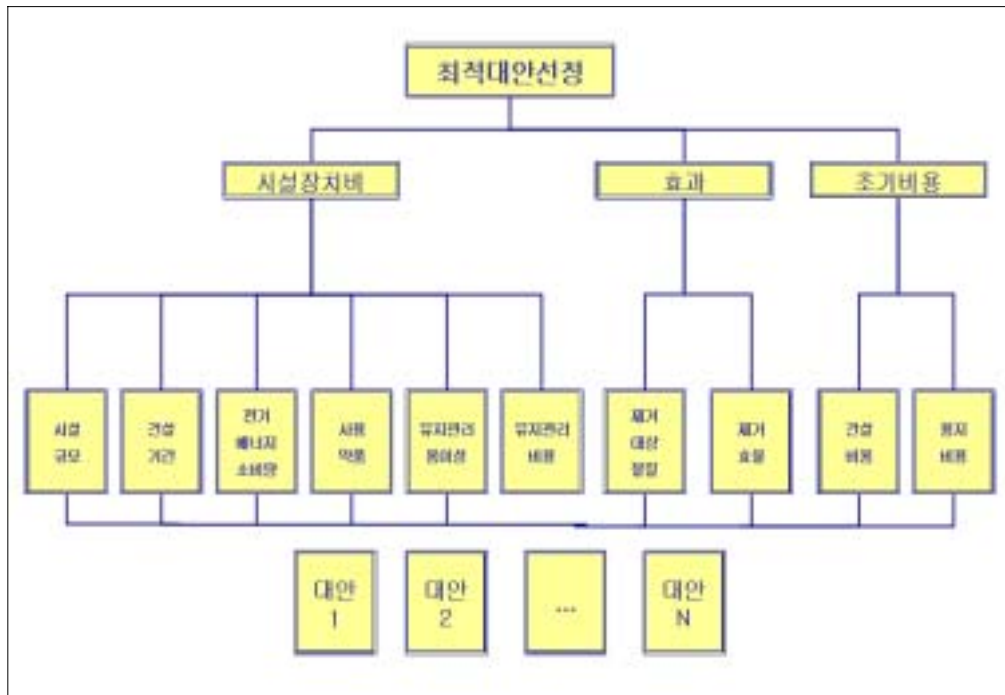


그림 5-34 AHP 구조트리

제6장 웹 기반 통합시스템 구축

제1절 서론

많은 환경정보 관련 시스템 구축에 있어서 대부분의 시스템들은 특정인을 대상으로 하는 폐쇄적인 Client/Server 환경으로 만들어졌다. 즉 관련 부분에 종사하는 몇몇 의사결정자들을 위한 보조적 도구로써 사용되어졌던 것이다. 그러나 최근 정보시스템의 발달과 통신환경의 눈부신 발달에 힘입어 많은 시스템들이 웹기반으로 개발되거나 대체되고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 기술의 발달과 환경에 관한 일반인들의 관심 증폭에 대한 욕구를 충족시킬 수 있도록 수질오염관리시스템을 누구나 쉽게 접할 수 있는 인터넷을 기반으로 하여 구축하였다.

본 시스템에서는 기본적인 수질정보를 데이터베이스로 구축하여 체계적으로 제공될 수 있도록 하였으며 웹기반의 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS)을 이용하여 공간적 자료 분석도 가능하게 하였다.

GIS는 짧은 역사에 비하여 빠른 속도로 많은 분야에서 활용되고 있다. GIS의 가장 큰 기여는 특정지역에 관련되는 모든 속성자료(통칭하여 공간정보 : Spatial information)들이 컴퓨터를 이용한 수치지도 형태로 저장되어 사용자의 요구에 맞추어 저장·검색·수정·추가 등이 용이하다는 점이다. 수질오염 관리에 있어서도 각 지역의 수계와 토지이용상황, 행정구역, 인구분포현황 등의 각종 공간정보가 수치지도 형태로 구축되어 수질모델에 연계됨으로써, 목적·수계별 오염현황이 손쉽게 파악될 수 있다. GIS는 데이터베이스와 수질예측 모델 그리고 오염관리 방안 모듈간의 상호 정보 교환을 이루는데 효율적인 도구이며, 토지정보시스템(Land Use Information)의 각 속성자료들을 GIS의 수치지도로서 변환하여, 오염원 삭감을 위한 의사결정에 결정적인 도구 역할을 할 수 있다(유근배, 1992)..

인터넷(Internet)은 네트워크에서 연결된 컴퓨터들의 집합이며, 웹(Web)기반 GIS는 인터넷을 통하여 데이터를 교환하고, GIS 데이터를 원격에서 접속하여 전송하여 분석·처리할 수 있는 시스템을 말한다. 웹기반 GIS는 클라이언트/서버 방식의 통합시스템(그림 6-1)이다. 클라이언트에서 데이터 처리를 위하여 서버에게 질의하면, 서버 시스템에

서는 그 결과를 클라이언트에게 넘겨서 클라이언트에서 그 질의를 처리하게 한다. 웹 브라우저는 하이퍼텍스트 기능을 제공하여 원하는 정보에 도달할 수 있게 한다. 웹기반 GIS는 분산형 시스템이라는 장점이 있으며, 분산 DBMS에 접근하여 분산 처리할 수 있다. 정보와 어플리케이션(Application)은 다른 컴퓨터에서도 접속이 가능하여 이를 통하여 서버에서 자료를 보내고 그것을 즉시 처리할 수 있는 장점도 있다. 또한 웹기반 GIS는 분산형 시스템이기 때문에 실시간으로 정보시스템에 접속이 가능하며, 네트워크에서 움직이기 때문에 어떠한 기종의 시스템에서도 접속이 가능하며 상호처리가 가능하다.

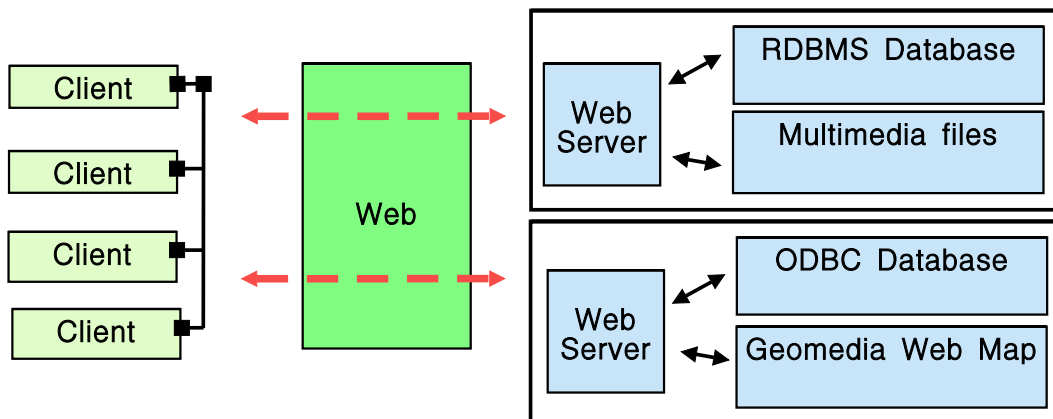


그림 6-1 웹 기반 GIS

한편 국가적 기반 시설로 구축되는 초고속 통신망이 본격적으로 활용되기 시작하면서, 음성·문자·영상 멀티미디어 정보를 시공간의 제약 없이 누구라도 저렴하고 편리하게 주고받을 수 있게 된다(임춘성, 1997). 따라서 웹을 통한 글로벌 정보 네트워크의 발전과 하이퍼미디어의 기술적 진보는 정부의 광통신망 구축사업과 결부되어, 새로운 정보화의 모형을 제시하게 되었다. 현재 웹을 통한 글로벌 네트워크의 구현은 퍼스널 컴퓨터 발전 이래 가장 진보적인 기술로 각광받고 있으며, 앞 다투어 발표되는 솔루션들은 본격 멀티미디어 시대를 예고하고 있다. 웹기반의 GIS 솔루션도 활발히 개발되고 있으며, 현재 View 기능을 위주로 한 정보기능에 치중하고 있지만 점차로 영상/멀티미디어를 이용한 시뮬레이션 분야로 발전되어 갈 것으로 전망된다.

제2절 웹기반 수질환경 지리정보시스템의 설계

1. 웹기반 수질환경정보의 설계

본 연구는 인터넷 또는 인트라넷을 통해 다수의 사용자가 동시에 수질정보시스템에 접속한 후 시스템에서 제공하는 지리정보 검색기법을 통해 다양한 형태로 가공된 저수지 수질환경정보를 이용할 수 있도록 개발되었다. 도형정보 및 속성정보의 조회 및 갱신이 가능하며, 수질 예측모델과 적정처리 공법을 선정할 수 있도록 하는 전문가시스템과 효과적으로 연동되도록 설계되었다. 즉 기초수질정보 및 수질예측시스템을 이용한 결과를 토대로 대책마련을 위한 의사결정지원시스템을 연동하여 보다 과학적이고 예측 가능한 수질정책을 세울 수 있도록 지원하는 시스템을 설계하였다. 수질예측은 가장 범용적으로 사용하는 WASP5를 활용하였고 대안제시를 위한 전문가시스템은 Webbis 1.0을 이용하였다.

2. 프로토타입 웹 서비스 개발 (홈페이지 <http://gis.chonbuk.ac.kr>)

가. 하드웨어(Hardware) / 소프트웨어(Software)

본 연구에서 프로토타입(Prototype) 웹 서비스를 위해 사용된 H/W, S/W는 다음 <표 6-1>과 같다.

표 6-1 웹 서비스 구성

Hardware	Software
<ul style="list-style-type: none"> - CPU : Intel Pentium IV 1.7GHz - Memory : 1 GB - HDD : 40G bite - LAN : 100BASE-T - Scanner - Digital Camera 	<ul style="list-style-type: none"> - OS : Windows 2000 Professional - Web Server : MS Internet Information Server 5.0 - Middle Ware : Intergraph Geomedia Web Map 5.0 Microstation, MGE, etc - Database : Microsoft Access 2003, Oracle 8.1 - P/G Language : PHP5, ASP - 수질예측시뮬레이터 : WAP5

나. 웹 서비스 개념

<그림 6-2> 수질환경 지리정보시스템 서비스 개념도에서 보는 바와 같이 인터넷이나 인트라넷 환경에서 클라이언트의 쿼리(query)가 전달되면 본 연구에서 개발된 웹 기반 수질환경 지리정보시스템의 사용자 인터페이스를 통해 도형정보는 Geomedia Web Map(GWM)을 통해서 검색되고 속성정보는 다시 데이터베이스 검색을 통해 결과를 구해 이를 다시 통합하여 재구성 후 클라이언트에게 보내게 된다. 이때 GWM은 서버측의 미들웨어(Middle Ware)로서 지리정보와 함께 속성정보를 효과적으로 검색하고 통합하는 기능을 수행하게 된다.

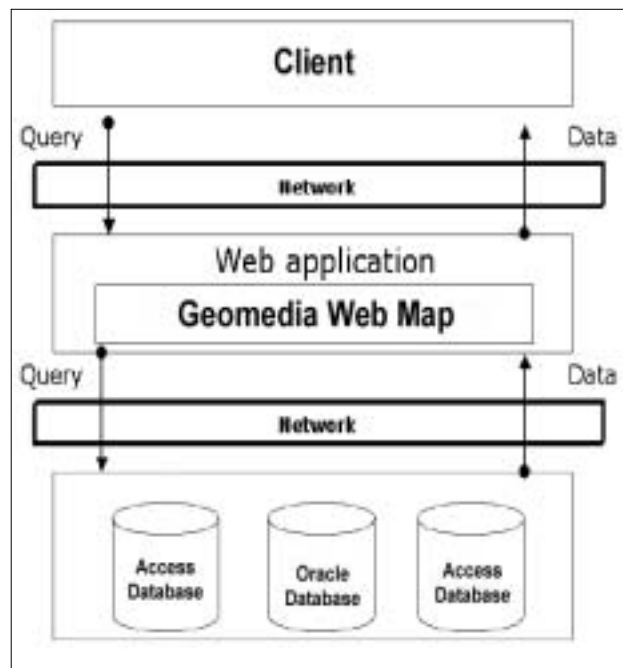


그림 6-2 수질환경 정보시스템 개념도

제3절 사용자 인터페이스 개발

1. 시스템 개요

관리 단계의 목표는 시스템의 범위 및 접근방법을 계획하고 이에 대한 총괄적인 관리를 하는 데 있다. 또한 분석 단계의 목표는 개발 중에 있는 시스템의 목표에 대한 사용자 및 개발 팀간의 합의를 구축하여 구조와 조직을 포함하는 요구사항들을 이해하는 데에 있다. 따라서 본 연구와 관련된 표준, 작업 흐름도, 업무기능 분해, 데이터 흐름도, 그리고 엔티티 관계도를 다음과 같이 정의하고 작성하였다.

2. 환경기초자료 관리

- 수계별 오염원이나 환경기초시설 등에 대한 기초 자료를 관리한다.
- 각 세부 행정구역까지 배수구역별로 자료를 조사·관리함으로써 정확한 데이터가 산출될 수 있도록 한다.
- 환경기초시설 / 수계별 오염원 현황 / 수계별 오염원 모델링 자료 검색으로 나누어 관리한다.

3. 개발 표준

- 명명 표준(예)

원문	약어	비고
경계(Boundary)	bndry	경계
상수원(Head Water)	hw	
화학(Chemical)	chem	

- 코드화 표준(예)

코드명	코드 자리수	코드설명	비고
행정구역코드	12자리	1-10 : 행정구역법정코드	bin코드
배수구역코드	11자리	1 : 대권역 2 : 중권역 3 : 중권역내 구분	bin 코드
기상기후지정코드	1자리		bin 코드

4. 요구사항 정의

요구사항/문제점	처리부서	대응전략
<ul style="list-style-type: none"> · 수계별 오염원 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 수계별 오염원 현황조사표(인구, 축산, 토지) - 원단위 현황 · 환경기초시설 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 오염원 삭감량 검색 - 배출/발생 부하량 검색 	입력:시군구 출력:환경청 환경부	<ul style="list-style-type: none"> - 오염원 현황은 인구, 가축, 토지별로 조사하여 입력한다 - 인구별 오염원 현황은 도시와 농촌을 구분하지 아니한다 - 가축별 오염원 현황은 소/말, 돼지, 가금을 구분하지 아니한다 - 토지이용현황은 배수구역별/행정구역별로 구분하여 작성한다 - 배출/발생 부하량을 각각 행정구역, 배수구역별로 구분하여 처리함

5. 작업흐름도

본 시스템의 작업흐름도는 크게 환경 기초자료 관리, 시스템 관리, 의사 결정 시스템으로 구분하였다. <그림 6-3> 환경기초 자료 관리는 데이터베이스에 있는 환경기초 자료와 관련된 내용을 화면에 출력하여 주는 작업을 수행하며, 자료는 오염원정보, 수질정보, 환경정보로 나누었다. <그림 6-4> 시스템 관리는 사용자 관리, 데이터베이스 관리로 작업을 구분하고, 사용자 관리 작업은 사용자의 이력 및 로그인 정보 등을 관리하며, 데이터베이스 관리 작업은 환경 기초 자료와 관련된 데이터베이스와 관련되어 데이터를 추가/삭제하는 작업을 수행한다. <그림 6-5> 의사결정시스템은 현재 분석·설계하고

있는 작업으로 수질 오염원 예측 및 오염원 삭감을 위한 대안 생성과 같은 작업을 수행하는 시스템이다.

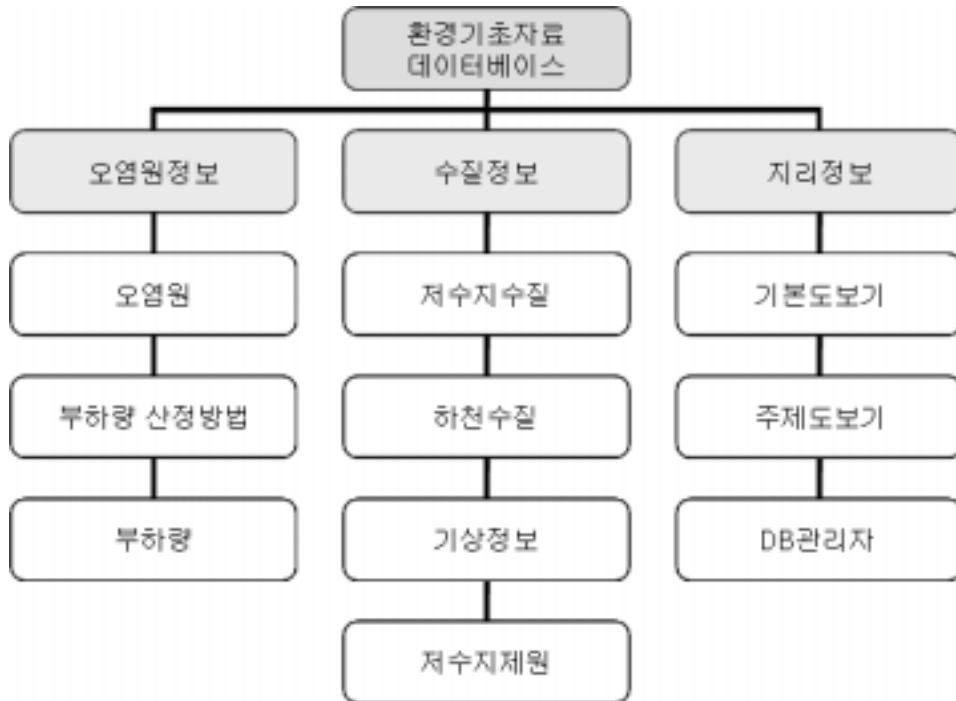


그림 6-3 환경기초자료 관리

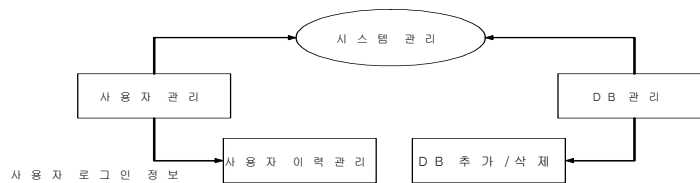


그림 6-4 시스템 관리

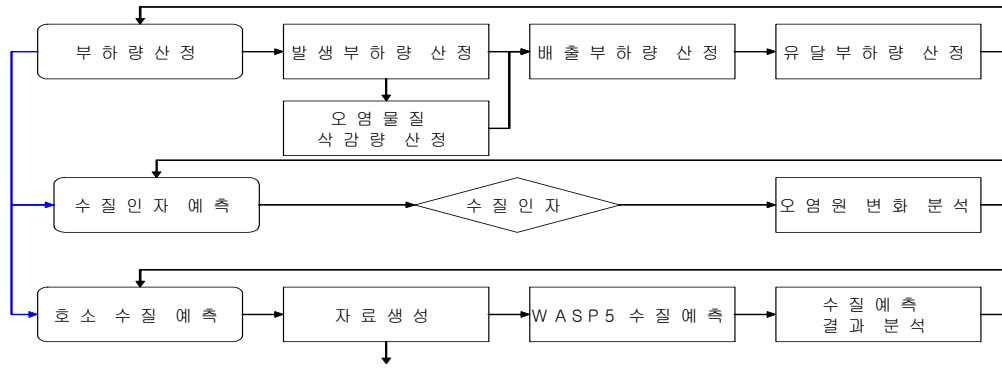


그림 6-5 의사결정시스템

6. 업무기능 분해

위에서 설명한 작업흐름도의 내용을 기반으로 각 작업의 업무기능 분해도를 작성하면, 전체 시스템의 주요 기능은 <그림 6-6>과 같이 표시할 수 있으며, 수질 환경정보, 수질의사결정시스템 그리고 관리자로 시스템의 기능을 나누었다. 수질 환경 정보는 오염원 정보, 수질 정보, 지리정보, 환경정보로 나누어지며, 오염원 정보는 점오염원, 비점오염원, 부하량과 같은 정보에 대한 출력 기능을 의미한다. 수질 정보는 저수지와 하천의 수질에 관련된 정보를 출력하는 기능이다. 지리정보는 저수지 관련 구역의 지리정보를 의미하며, 지리정보와 연계되어 오염원 정보, 수질정보 및 환경 정보를 검색 할 수 있도록 하였다. 환경정보는 기상정보와 수리·수문 등과 같이 환경에 관련된 정보를 출력할 수 있는 기능이다.

시스템관리 작업과 관련되어 <그림 6-7>과 같이 시스템관리 기능을 추가하였다. 시스템 관리는 사용자 관리, 데이터베이스 관리로 작업을 나누고, 사용자 관리 작업은 사

용자의 이력 및 로그인 정보 등을 관리하며, 데이터베이스 관리 작업은 환경 기초 자료와 관련된 데이터베이스와 관련되어 데이터를 추가/삭제하는 기능을 수행한다.

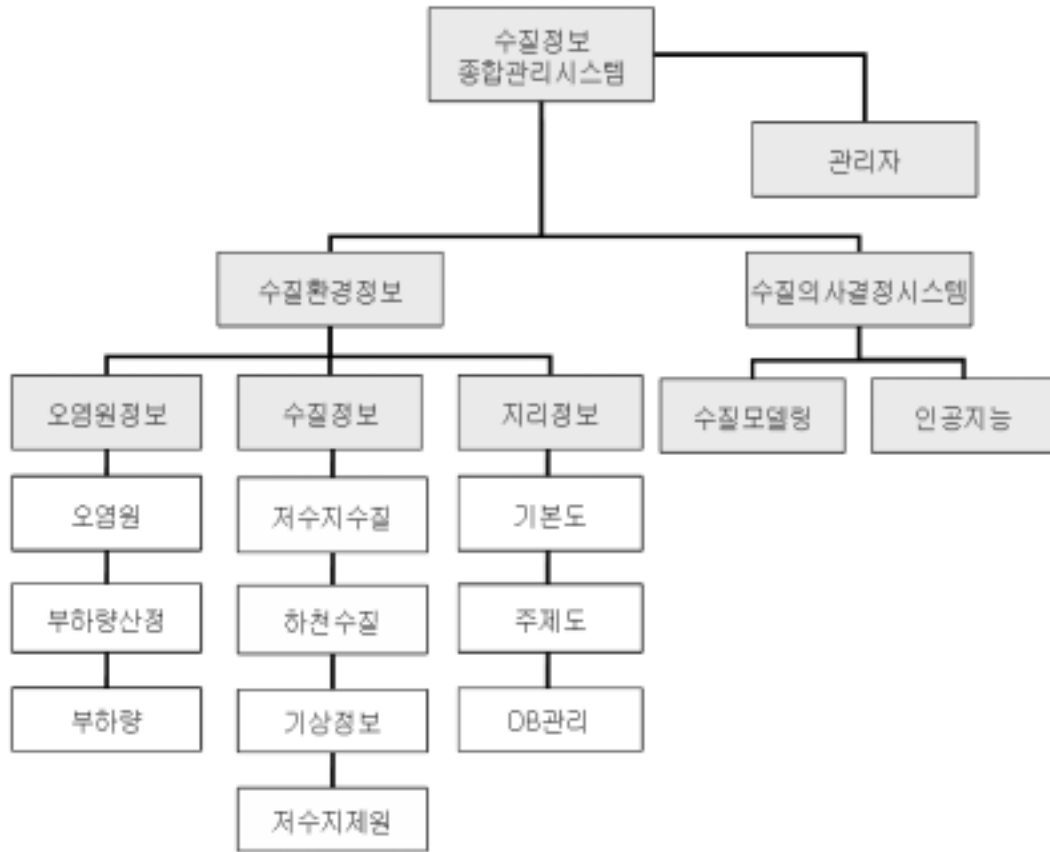


그림 6-6 환경기초자료 관리

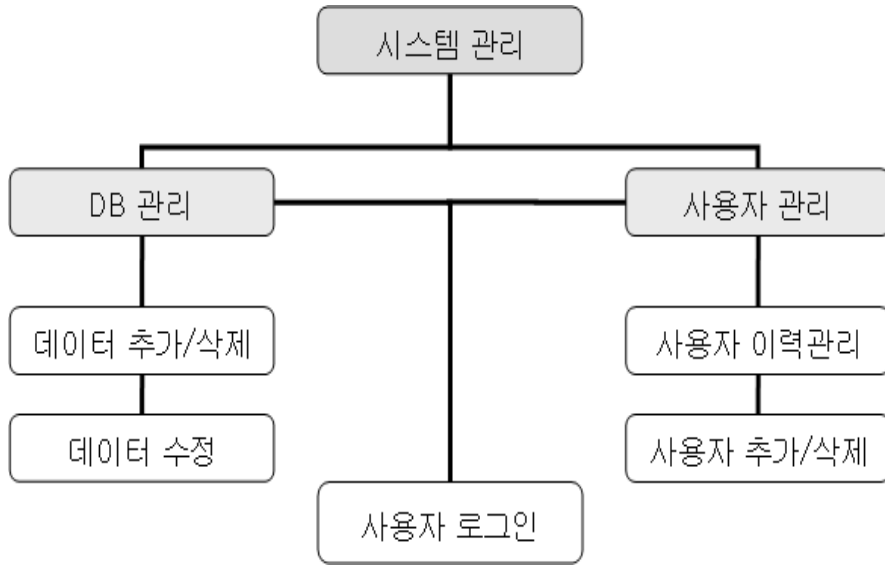


그림 6-7 시스템 관리

7. 엔티티 관계도

위에서 설명한 작업흐름도 및 업무기능 분해의 수질 환경정보의 내용과 관련된 엔티티 관계도를 작성하면, 점오염원, 비점오염원, 배수구역, 행정구역 등과 같은 여러 테이블이 필요하다. 그 중 일부를 표현한 엔티티 관계도가 <그림 6-8>이다. 호소와 하천의 소속 수계와의 관계를 기본으로 산업·인구·축산·토지이용별 오염원의 현황 정보 및 각종 수리·수문·기상 정보들을 관계형 데이터베이스 모델로 설계한 후 도형정보를 관리를 위해 지리정보시스템에서 사용되는 테이블을 함께 포함시켜 하나의 데이터베이스로 만들었다. 여기에는 Category와 Feature별 분류를 통해 제시된 내용들을 함께 수록하였다.

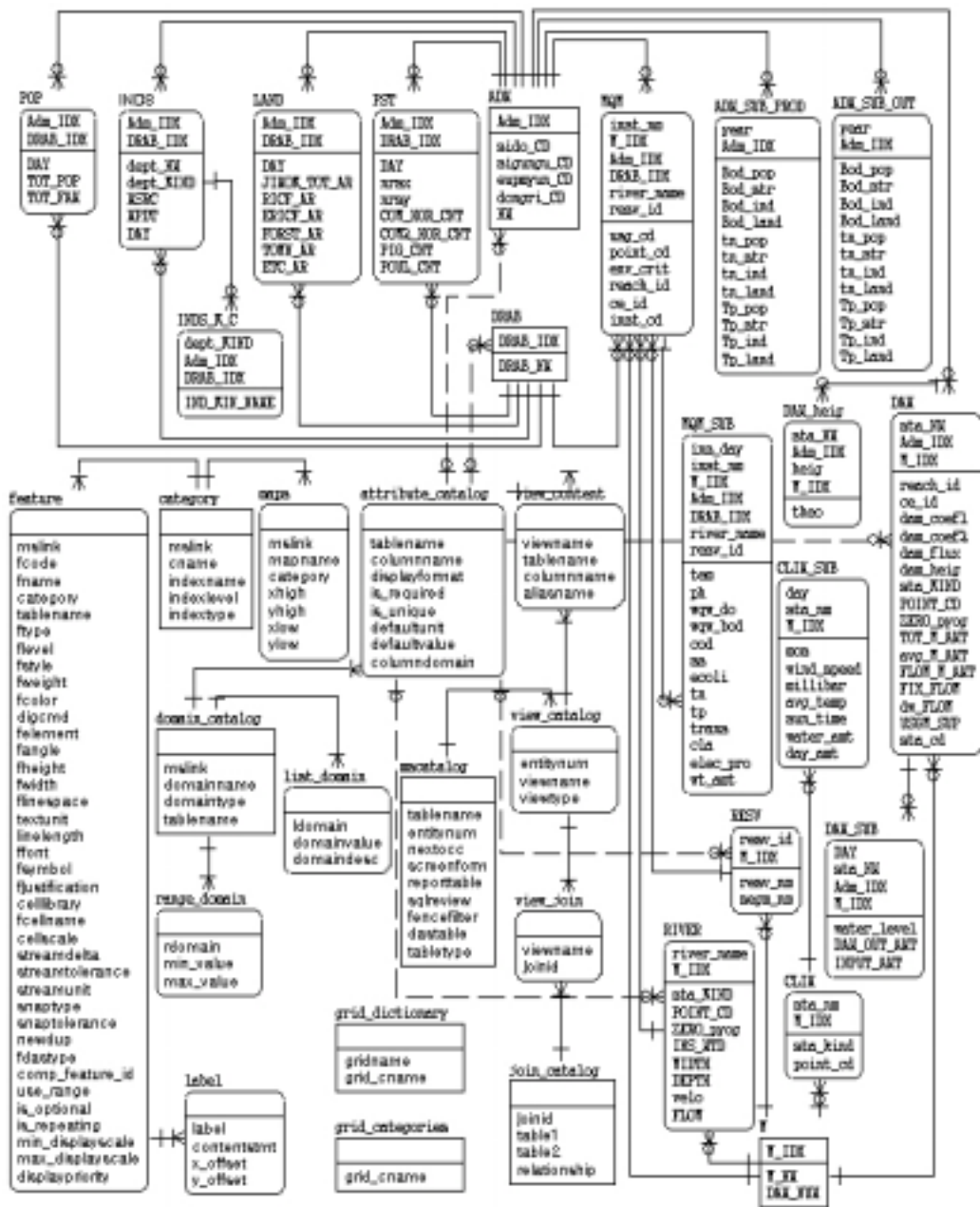


그림 6-8 Entity Relational Diagram (속성정보 및 도형정보 관리부분 통합)

제4절 수질 데이터베이스의 질의응답 시스템 개발

1. CGI 프로그래밍

가. CGI(Common Gateway Interface)

CGI는 웹 서버에 있어 사용자의 요구를 응용프로그램에 전달하고 그 결과를 사용자에게 되돌려주기 위한 표준적인 방법이다. 사용자가 하이퍼링크를 클릭하거나 웹 사이트의 주소를 입력함으로써 웹 페이지를 요청하면, 서버는 요청된 페이지를 보내준다. 그러나 사용자가 웹 페이지의 양식에 내용을 기재하여 보냈을 때, 그것은 보통 응용프로그램에 의해 처리될 필요가 있다. 웹 서버는 일반적으로 그 양식 정보를 조그만 응용프로그램에 전달하는데, 이 프로그램은 데이터를 처리하고 필요에 따라 확인 메시지를 보내주기도 한다. 이렇게 서버와 응용 프로그램간에 데이터를 주고받기 위한 방법이나 규약들을 CGI라고 부른다.

나. CGI 프로그래밍 언어

웹상에서 CGI란 서버와 클라이언트 간에 통신을 말하는데 클라이언트가 웹 브라우저를 통해 보고자 하는 정보가 있는 서버에 접근해서 정보를 요청하게 되면 이를 가져오게 되는데 이때 브라우저와 서버 간에 정보를 주고받기 위한 특별한 약속(Protocol)이 필요하다. 웹에서 사용하는 프로토콜은 HTTP(Hyper Text Transmission Protocol)이다. 클라이언트에 해당하는 브라우저는 서버에 HTML 문서를 전송해 줄 것을 요구(Request)하고, 서버는 클라이언트의 요청에 따라 해당 문서를 클라이언트에게 전송(Response)한 후 접속을 중단함으로써 클라이언트와 서버 간에 통신이 이루어지게 된다. 이러한 방식이 HTTP 서버를 빠르게 동작하도록 만든다. HTTP 프로토콜은 정보를 8비트 문자열로 전송하며, 이러한 방식에 의해 이미지, 실행 프로그램, HTML문서 등 다양한 형태의 정보 전송이 가능하다. 여기서 클라이언트가 해당 서버를 찾아갈 수 있도록 하는 것이 URL(Uniform Resource Locator)이고 URL은 브라우저에게 갈 곳과 가는 방법, 그리고 목적지에 도달했을 때 해야 할 일 등을 알려주는 주소 체계이다.

HTTP의 접속은 크게 6단계로 이루어진다.

- 1단계 - 브라우저가 URL의 첫 부분을 해독하고 서버와 접속한다.
- 2단계 - 브라우저가 URL의 나머지 부분을 서버에 전달한다.
- 3단계 - 서버는 URL을 경로와 파일 이름으로 번역한다.
- 4단계 - 서버는 해당 문서를 브라우저에게 전송한다.
- 5단계 - 서버가 연결을 끊는다.
- 6단계 - 브라우저가 전송 받은 문서를 보여준다.

이와 같이 서버는 클라이언트가 요구한 한 문서만 전해 주고 접속을 끊는 것을 무상태 연결(stateless connection)이라고 한다.

이러한 경우 클라이언트는 요구하고 서버는 응답하는 단순한 형태로서, 상호 작용성에 상당한 제약이 따른다. 따라서 서버에서 요구하고 클라이언트에서 응답이 필요한 경우의 응용프로그램을 개발할 수 있는 방법이 필요하게 되었다. 웹을 단순한 정보 검색에서 업무에 활용하기 위해서는 클라이언트에서 입력한 데이터를 서버에서 처리(저장)할 수 있어야 하며, 이러한 일을 할 수 있는 방법이 CGI(Common Gateway Interface)이다.

CGI는 외부의 응용 프로그램(예를 들면, 검색 엔진이나 데이터베이스 검색 프로그램 등)과 웹서버를 연결시켜주는 '표준'을 의미한다. 독립적으로 실행되는 응용 프로그램에 웹에서 입력받은 자료를 이들 응용 프로그램의 입력으로 전달한다든지, 응용 프로그램에서 실행된 결과를 웹에 전달해야 하는 등의 일을 위해서는 일정한 변수 전달 방법이 필요하다. 이러한 일의 실행을 위해 사용되는 '표준 방법'이 CGI이다. CGI를 이용한 데이터 전송 방법의 일반적인 과정은 다음과 같다.

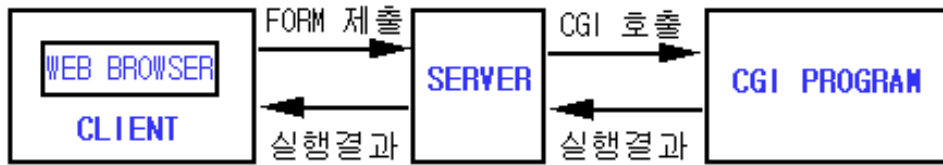


그림 6-9 CGI 구동원리

위의 <그림 6-9>의 동작 과정을 살펴보면 데이터는 클라이언트로부터 서버로 전달된다. 다음으로 서버는 사용자로부터의 요청을 CGI 프로그램에 넘기고, CGI는 사용자 요구 사항을 입력으로 받아서 처리를 실행하고, 그 결과는 서버에 전달된다. 마지막으로 서버는 응용 프로그램의 실행 결과를 서버측에 전달하고, 서버와 클라이언트간의 연결이 종료된다.

이와 같이 동작하는 CGI 프로그램을 통해 클라이언트는 수질 모델링 입력자료 (test.inp)를 개별 PC에서 작성하여 업로드 후 시뮬레이션을 실행시키면 두 개의 결과값을 받을 수 있는데 하나는 웹상에서 직접 확인이 가능하며 다른 하나는 결과를 다운로드 받을 수 있도록 처리하였다. 여기서 결과 파일의 경우 클라이언트가 해석하기가 어렵도록 되어 있다. 따라서 본 시스템에서는 WASP Builder를 제공하고 있으며 이 툴을 이용하여 클라이언트가 시뮬레이션 결과를 쉽게 분석할 수 있도록 하고 있다.

2. 질의응답 시스템 개발

본 연구에서 속성정보는 Microsoft사의 Access2003를 활용하여 데이터베이스 시스템을 구축하였으며 여러 속성정보는 PHP 프로그래밍을 통하여 SQL 구문을 작성한 후 원하는 형태의 데이터를 Microsoft의 ODBC 드라이버를 이용하여 접근·제어할 수 있는 시스템을 구축하였다. 또한 지리정보 및 전문가시스템을 제외한 대부분의 웹 서비스는 PHP 프로그램을 통하여 제공된다(그림 6-10).

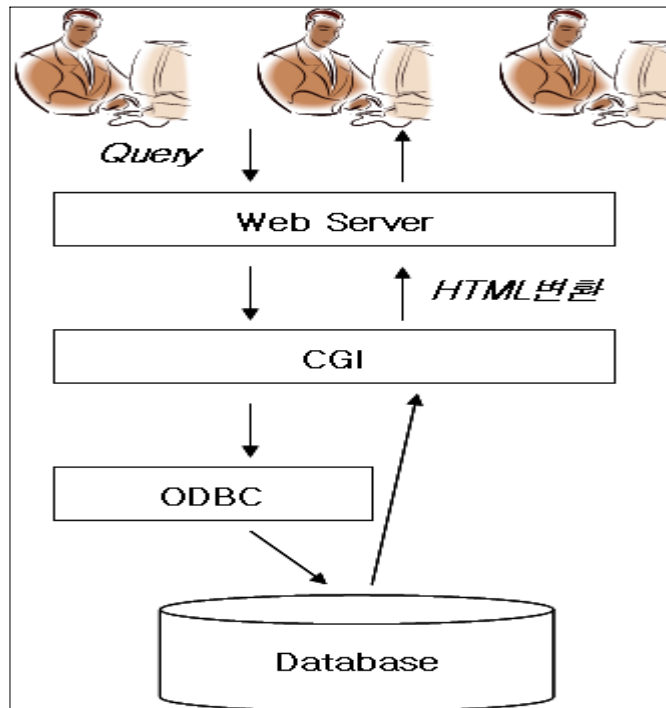


그림 6-10 CGI 구동원리

제5절 인트라넷 환경에서의 사용자 인증

1. 사용자 인증 방법론

가. 사용자 정보유지

세션(Session)의 사전적 의미는 어떤 작업을 행하는 동안의 시간이라는 뜻이며, 웹에서는 클라이언트가 특정 웹 사이트에 머무르고 있는 일정시간을 의미한다. 우리가 사용하는 인터넷의 기본 프로토콜인 HTTP는 TCP/IP기반으로 하고 있으며 파일 단위의 요청 연결, 송신을 기본으로 하는 프로토콜이 아니라 서버와 클라이언트간의 데이터 송수신이 끝나면 연결이 끊어지기 때문에 클라이언트의 상태를 지속적으로 유지할 수 없는

단점이 있다. 클라이언트가 웹 서버로부터 웹 사이트에 접속한 후 현재 페이지에 대한 데이터를 모두 수신하게 되면 웹 서버와 클라이언트간의 접속된 연결이 끊어지게 된다.

클라이언트가 다시 새로운 페이지에 대한 데이터를 요청하게 되면 웹 서버와 새로운 연결이 이루어지게 되는 것이다. 이런 이유로 웹 서버에는 클라이언트가 이전에 어떤 페이지를 방문했는지, 방문한 적이 있는지 등에 관한 기록이 전혀 남아있지 않게 된다. 사용자 인증을 요구하는 웹 사이트의 경우 페이지마다 로그인을 통해 사용자 인증을 거쳐야하는 불편한 문제가 발생하게 되었고, 이 문제를 해결하기 위해 클라이언트가 웹 사이트에 머무르는 동안 필요한 클라이언트의 정보를 유지할 수 있는 방법이 필요하게 된다.

나. 쿠키와 세션의 차이

클라이언트의 정보를 유지하는 방법에는 GET 또는 POST 방식을 이용한 방법이 있지만 페이지마다 모든 정보를 다음 페이지로 전달해야하는 프로그램 코딩상의 번거로움과 보안상의 문제가 있다. 다른 방법으로는 쿠키를 이용하여 클라이언트 정보를 유지시키는 방법이 있다.

쿠키를 이용하는 방법은 PHP3에서 사용되었던 방법으로 필요한 정보를 클라이언트의 시스템(하드디스크)에 저장하는 것으로 서버 쪽에서는 클라이언트의 시스템에 저장된 쿠키를 확인하여 클라이언트의 정보를 알 수 있게 된다. 만약 클라이언트의 시스템에 저장된 쿠키를 받지 않도록 브라우저 속성을 설정하면 쿠키를 이용한 클라이언트의 정보 유지는 불가능하게 된다. 쿠키는 클라이언트가 모르는 사이에 클라이언트의 동의 없이 신상 정보 등을 클라이언트의 컴퓨터에 저장하고 이 정보를 타인에게 유출시킬 수 있으므로 개인의 프라이버시를 침해할 수도 있고, 보안상의 문제가 생길 수도 있다.

이러한 이유로 클라이언트의 정보를 클라이언트측이 아닌 웹 서버 측에 기록할 필요성이 생겨나게 되었고, PHP4에서는 그 방법으로 세션함수를 제공하게 되었다. 세션함수는 PHP4에서 지원하기 시작한 것으로 PHP3에서는 지원되지 않는다.

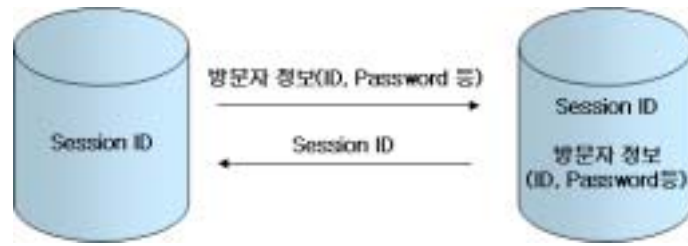


그림 6-11 사용자 인증

위의 <그림 6-11>은 세션을 이용한 사용자 인증과정을 보여주고 있다. 먼저 클라이언트가 사용자의 인증을 위해 로그인 창에서 ID와 Password를 입력하면 서버 측에서는 입력받은 클라이언트 정보가 정확한지 확인한다. 클라이언트 정보가 일치하면 서버 측에서는 세션을 생성하여 클라이언트에게 Session ID를 부여한다. Session ID는 쿠키의 형태로 클라이언트 시스템에 저장되고 클라이언트의 정보는 웹 서버 측에서 가지게 된다(이동권, 2002).

사용자 인증이 끝나면 클라이언트는 세션이 종료(로그아웃)되기 전까지 더 이상 인증과정을 거치지 않고 부여 받은 Session ID만을 전송하여 자신의 세션 정보를 가져올 수 있다. Session ID는 클라이언트마다 각각 생성하며 중복되는 일은 없다. 그리고 쿠키와 달리 클라이언트의 정보를 웹 서버가 가지고 있고 클라이언트는 Session ID만 전송 받게 되므로 보안상 좀 더 안전한 방법이라 할 수 있다.

2. 세션의 구현

PHP 환경설정 파일에서 세션 옵션 중 “session.auto_start”가 off로 세팅 되었다면 세션을 사용하기 위해서 가장 먼저 session_start()함수를 호출하여 세션을 시작한다. 이 함수는 문서의 제일 처음에 호출되어야 하며, session_register() 함수는 내부적으로 session_start() 함수를 호출하기 때문에 특별히 session_start() 함수를 호출하지 않아도 된다.

세션의 사용 예를 보면,

```

<?
session_start();
?>
<HTML><HEAD><META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html;
charset=euc-kr">
<TITLE> 세션을 이용한 카운터</TITLE></HEAD><?
if(!isset($_SESSION['tracker'])){
$_SESSION['tracker'] = 0; // 생략해도 된다.
session_register('tracker');
}
$_SESSION['tracker']++;
?>
Tracker = <?= $_SESSION['tracker'] ?>.
session_id = <?= session_id() ?>.
</body></html>

```

위 코드에서 주목할 것은 두 가지이며 그것들은 다음과 같다. 앞에서 설명되었던 것처럼 먼저 세션을 사용하는 모든 파일의 맨 처음에 session_start()가 와야 한다. 이것이 없거나 혹은 파일의 맨 처음이 아닌 중간에 있으면 안 된다. 그리고 세션에서 사용하려는 변수는 session_register() 함수를 써서 등록하면 된다.

세션을 끝내려면 물론 브라우저를 닫으면 그만이지만, 브라우저를 닫지 않고 다른 사이트로 이동하려면, 즉 인위적으로 끝내려면 다음과 같이 한다.

```

session_unset();
session_destroy();

```

세션 변수 사용의 예를 하나만 더 들어보면, (이 예는 2개의 파일로 이루어져 있음)

[세션변수 사용 예] [mysession.php 소스] [show_myvar.php 소스]

로그인 상태 유지

세션의 중요한 응용으로 로그인 상태 유지가 있다. 로그인을 해야만 들어갈 수 있는 페이지로 이동할 때는 세션 중 한번만 로그인 하면 되도록 해 두어야 할 것이다. 이를 구현하는 데는 여러 가지 방법이 있는데 여기서는 가장 간단한 것을 소개한다. 사용자가 로그인을 하면 처음으로 들어가는 페이지에서

```
session_start();
session_register('session_pw');
$_SESSION['session_pw'] = 'mypw1237';
```

하여 세션변수 session_pw를 등록하고 값 'mypw1237'을 준다. 여기서 세션변수 이름 session_pw와 값 'mypw1237'은 임의로 정하면 된다. 그리고 로그인 상태에서만 들어갈 수 있는 페이지마다 첫머리에 다음과 같은 코드를 둔다.

```
session_start();
if($_SESSION['session_pw']!= 'mypw1237') // 로그인 상태인지 확인
?>
location.href = "http://somepage"; // 다른 페이지로 보낸다. "Unauthorized access." 등
의 메시지를 보여준다.
<?
else{
... // 여기에 원하는 소스를 넣는다.
}
```

로그아웃은 session_destroy() 등을 사용하여 세션을 끝냄으로써 구현한다. 일단 로그아웃되면 브라우저의 [뒤로] 버튼 등으로는 이 페이지에 접근할 수 없다.

제6절 프로토타입 웹서비스 구축

가. 오염원정보

오염원정보에는 인구·축산·토지에 관한 이용 현황을 배수구역별 및 행정구역별로 나누어 보여주고 있으며 각 년도별로도 자료를 제공하고 있다. <그림 6-12>은 오염원 정보에서 점오염원에 관련된 정보로 각 행정구역별 인구수에 관한 년도별 정보를 보여주고 있다. <그림 6-13>는 오염원정보에서 축산에 관한 점오염원 정보를 보여주고 있으며, <그림 6-14>은 오염원정보에서 비점오염원인 토지에 대한 상세 정보를 보여주고 있다. <그림 6-15>은 인구에 의한 배출 부하량 산정방법, 가축에 의한 배출 부하량 산정방법, 비점오염원에 의한 배출부하량 산정방법에 관한 자세한 안내를 하고 있으며 발생 부하량에 관한 정보도 더불어 제공하고 있다. 그리고 <그림 6-16>와 <그림 6-17>은 인구와 축산에 관한 행정구역별 BOD, TN, TP 발생 부하량을 보여준다.

The screenshot shows a web browser displaying a GIS application interface. The main content area features a table titled '인구 (행정구역별)' (Population by Administrative District). The table has four columns: '구명' (District Name), '연도' (Year), '인구' (Population), and '단위' (Unit). The data is as follows:

구명	연도	인구	단위
구미시	2011년	285,000	명
구미시	2012년	285,000	명
구미시	2013년	285,000	명
구미시	2014년	285,000	명
구미시	2015년	285,000	명
구미시	2016년	285,000	명
구미시	2017년	285,000	명
구미시	2018년	285,000	명
구미시	2019년	285,000	명
구미시	2020년	285,000	명

그림 6-12 오염원 정보(인구/행정구역별)

The screenshot shows a web browser window displaying the 'WIM GIS' interface. The page title is 'WIM GIS' and the subtitle is '오염원정보'. The main content is a table titled '오염원정보' (Pollution Source Information) with columns for '행정구역' (Administrative District), '오염원명' (Pollution Source Name), '오염원번호' (Pollution Source Number), '오염원종류' (Pollution Source Type), '오염원위치' (Pollution Source Location), '오염원규모' (Pollution Source Scale), and '오염원상태' (Pollution Source Status). The table lists various pollution sources across different administrative districts.

행정구역	오염원명	오염원번호	오염원종류	오염원위치	오염원규모	오염원상태
안동시	안동시청	1	1001	1	1001	1001
안동시	안동시청	2	1002	2	1002	1002
안동시	안동시청	3	1003	3	1003	1003
안동시	안동시청	4	1004	4	1004	1004
안동시	안동시청	5	1005	5	1005	1005
안동시	안동시청	6	1006	6	1006	1006
안동시	안동시청	7	1007	7	1007	1007
안동시	안동시청	8	1008	8	1008	1008
안동시	안동시청	9	1009	9	1009	1009
안동시	안동시청	10	1010	10	1010	1010
안동시	안동시청	11	1011	11	1011	1011
안동시	안동시청	12	1012	12	1012	1012
안동시	안동시청	13	1013	13	1013	1013
안동시	안동시청	14	1014	14	1014	1014
안동시	안동시청	15	1015	15	1015	1015
안동시	안동시청	16	1016	16	1016	1016
안동시	안동시청	17	1017	17	1017	1017
안동시	안동시청	18	1018	18	1018	1018
안동시	안동시청	19	1019	19	1019	1019
안동시	안동시청	20	1020	20	1020	1020

그림 6-13 오염원 정보(축산/행정구역별)

The screenshot shows a web browser window displaying the 'WIM GIS' interface. The page title is 'WIM GIS' and the subtitle is '비점오염원정보'. The main content is a table titled '비점오염원정보' (Non-point Pollution Source Information) with columns for '행정구역' (Administrative District), '토지종류' (Land Type), '비점오염원명' (Non-point Pollution Source Name), '비점오염원번호' (Non-point Pollution Source Number), '비점오염원위치' (Non-point Pollution Source Location), '비점오염원규모' (Non-point Pollution Source Scale), and '비점오염원상태' (Non-point Pollution Source Status). The table lists various non-point pollution sources across different administrative districts and land types.

행정구역	토지종류	비점오염원명	비점오염원번호	비점오염원위치	비점오염원규모	비점오염원상태
안동시	농지	안동시청	1	1001	1001	1001
안동시	농지	안동시청	2	1002	1002	1002
안동시	농지	안동시청	3	1003	1003	1003
안동시	농지	안동시청	4	1004	1004	1004
안동시	농지	안동시청	5	1005	1005	1005
안동시	농지	안동시청	6	1006	1006	1006
안동시	농지	안동시청	7	1007	1007	1007
안동시	농지	안동시청	8	1008	1008	1008
안동시	농지	안동시청	9	1009	1009	1009
안동시	농지	안동시청	10	1010	1010	1010
안동시	농지	안동시청	11	1011	1011	1011
안동시	농지	안동시청	12	1012	1012	1012
안동시	농지	안동시청	13	1013	1013	1013
안동시	농지	안동시청	14	1014	1014	1014
안동시	농지	안동시청	15	1015	1015	1015
안동시	농지	안동시청	16	1016	1016	1016
안동시	농지	안동시청	17	1017	1017	1017
안동시	농지	안동시청	18	1018	1018	1018
안동시	농지	안동시청	19	1019	1019	1019
안동시	농지	안동시청	20	1020	1020	1020

그림 6-14 비점오염원 정보(토지/행정구역별)



그림 6-15 부하량 산정방법



그림 6-16 부하량(인구/행정구역별)

행정구별	면적(㎡)	토지부담량	토지부담량	토지부담량	토지부담량	토지부담량	토지부담량
경기도	1,234,567	1,234,567	1,234,567	1,234,567	1,234,567	1,234,567	1,234,567
충청남도	987,654	987,654	987,654	987,654	987,654	987,654	987,654
충청북도	765,432	765,432	765,432	765,432	765,432	765,432	765,432
경상남도	543,210	543,210	543,210	543,210	543,210	543,210	543,210
경상북도	321,098	321,098	321,098	321,098	321,098	321,098	321,098
충청남도	109,876	109,876	109,876	109,876	109,876	109,876	109,876
충청북도	87,654	87,654	87,654	87,654	87,654	87,654	87,654
경상남도	65,432	65,432	65,432	65,432	65,432	65,432	65,432
경상북도	43,210	43,210	43,210	43,210	43,210	43,210	43,210
충청남도	21,098	21,098	21,098	21,098	21,098	21,098	21,098
충청북도	9,876	9,876	9,876	9,876	9,876	9,876	9,876
경상남도	7,654	7,654	7,654	7,654	7,654	7,654	7,654
경상북도	5,432	5,432	5,432	5,432	5,432	5,432	5,432
충청남도	3,210	3,210	3,210	3,210	3,210	3,210	3,210
충청북도	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098	1,098
경상남도	876	876	876	876	876	876	876
경상북도	654	654	654	654	654	654	654
충청남도	432	432	432	432	432	432	432
충청북도	210	210	210	210	210	210	210
경상남도	98	98	98	98	98	98	98
경상북도	76	76	76	76	76	76	76
충청남도	54	54	54	54	54	54	54
충청북도	32	32	32	32	32	32	32
경상남도	10	10	10	10	10	10	10
경상북도	8	8	8	8	8	8	8
충청남도	6	6	6	6	6	6	6
충청북도	4	4	4	4	4	4	4
경상남도	2	2	2	2	2	2	2
경상북도	1	1	1	1	1	1	1

그림 6-17 부하량(토지/행정구역별)

나. 수질정보

수질정보는 경천저수지와 관련하여 호소정보와 하천정보를 나누고 각 수질의 측정 지점(호소 : 2개 지점, 하천 : 6개 지점)을 기준으로 년도별 수질을 측정 제공하고 있다. 이 연구가 진행된 시점에는 2003년도까지의 수질정보를 제공하고 있다.

<그림 6-18>은 경천저수지의 수질 측정 지점을 지도와 함께 안내하고 있으며, <그림 6-19>는 각 년도별로 측정지점에서 측정된 수질정보를 월별로 상세하게 보여주고 있다. 이 정보에는 수온, pH, DO, BOD, TN, TP, 투명도 등의 다양한 정보를 제공하고 있다. 또한 <그림 6-20>은 저수지로 유입되는 각 하천의 위치정보를 그리고 <그림 6-21>은 각 유입지점별 수온, pH, DO, BOD, TN, TP, 투명도에 각 지점별 유입수량에 대한 수질정보를 월별 자료로 정리하여 보여주고 있다.

다. 지리정보

앞서 언급한 오염원정보, 수질정보, 환경정보는 물론이고 개발될 ‘수질모델링, 인공지능’에 관련해서 자료검색의 기본단계에 지리정보를 위치시켜 속성정보와 함께 제공한다. 여기서는 본 연구에서 사용한 기본도와 주제도 그리고 기타자료들을 웹을 통해 제공하고 있다.

첫 번째 <그림 6-24>는 GIS 시스템에 처음 접속했을 때의 초기화면을 보여주고 있으며, <그림 6-25>는 WIMGIS 화면 상단에 지도창의 뷰를 조정하거나 간단한 공간분석을 실행할 수 있는 도구 막대를 배치하여 구역도, 등고선도, 하천도, 도로도, 토지이용도 등의 기본도 종류를 선택할 경우 벡터형 기본도를 출력해주는 화면이다. <그림 6-26>은 기본도상의 한 도형요소를 선택할 경우 그에 해당하는 속성정보를 테이블의 형태로 검색하는 속성조회 화면이다.

<그림 6-27>은 Active CGM 뷰어에서 제공되는 메뉴로서 각 메뉴에 대한 상세 설명을 하고 있다. 또한 WIMGIS는 <그림 6-28>과 같이 출력된 지도를 부분 확대하여 보거나 현재 출력된 지도의 갱신, 전체보기, 저장 등의 기능이 제공된다.

그리고 주제도 보기 메뉴를 선택하여 웹상에서 구역내 오염원의 속성정보, 저수지나 하천의 수질정보, 수리·수문 정보와 같은 여러 주제도를 검색할 수 있는데, <그림 6-29>는 지도상에서 경천저수지 대표점을 선택하여 경천저수지의 개황에 해당하는 주요 속성정보를 검색한 화면이다.



그림 6-24 GIS 접속 초기화면

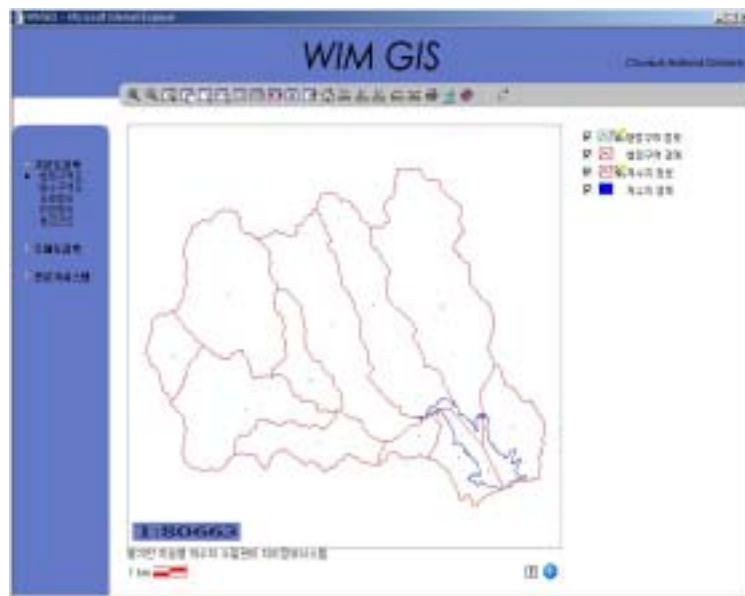


그림 6-25 기본도 선택메뉴

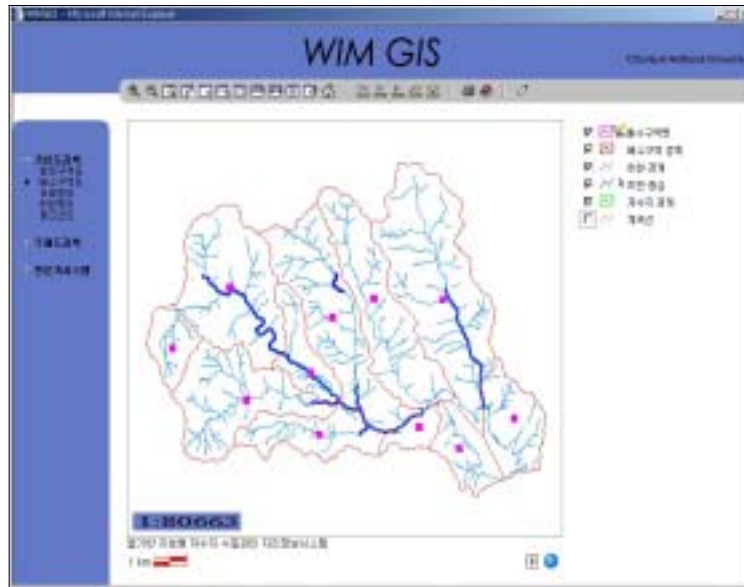


그림 6-26 기본도 속성조회



그림 6-27 기본도 보기메뉴 기능 설명

라. 수질모델링

하천이나 호소의 수질관리를 위한 예측 수단으로 수질예측모형이 많이 사용되고 있다. 하천 및 호소의 수질관리는 정확하게 오염원을 파악하는 것 뿐만 아니라 하천 및 호소 내에서 유입된 오염물의 물리·화학·생물학적 변화 및 유량·유속·형상계수 등의 변화를 규명함으로써 가능하다. 대상 규모가 크고 여러 요소가 복잡하게 영향을 미치고 있는 하천 및 호소의 오염현상에 대하여 수학적 모형을 이용하여 이를 종합적으로 파악하고 모형 내 인자를 변화시킴으로써 효과적인 수질개선 대책을 강구할 수 있다.

개발된 모형 중 비교적 신뢰성이 인정되고 널리 사용되고 있는 모형은 QUAL2E와 WASP 모형이다. 이 중에서 WASP 모형은 BOD, DO 등 부영양화와 관련된 물질과 독성물질의 이동 및 상호 반응에 대한 모의가 가능하며, 수체에 대한 시간에 따른 입력 자료의 변화를 고려할 수 있어 년 중 변화는 물론 짧은 시간 간격 동안의 수질성분 변화의 분석이 가능하고 대상수계에 따라 1차원, 2차원, 3차원의 분석까지 가능한 동적 분할모형(Dynamic Compartment Modeling Program)이므로 타 하천 모형에 비해 융통성이 큰 편이다. 따라서 본 연구에서는 WASP 모형이 수질예측에 적응성이 높을 것으로 판단되어 WASP5를 선정하게 되었다.

연구에서 적용한 WASP5(그림 6-30)는 포트란으로 만들어진 프로그램으로서 본 연구에서는 웹 환경에서의 적용을 위하여 C로 포팅한 후 재 컴파일하여 CGI 환경을 구축하였다. 일반 유저들은 웹 환경에서 WASP5를 구동시키고 그 결과를 html 문서로 받아보거나 일반 파일로 받아볼 수 있다. 또한 이 자료의 분석을 위해서는 일반적으로 WASP Builder를 이용하게 되는데 이를 위해 Builder를 다운받아 사용할 수 있도록 지원하고 있다.



그림 6-30 Wasp 5 안내



그림 6-31 Wasp5 시뮬레이션 초기화면



그림 6-32 Wasp5 시뮬레이션 결과화면

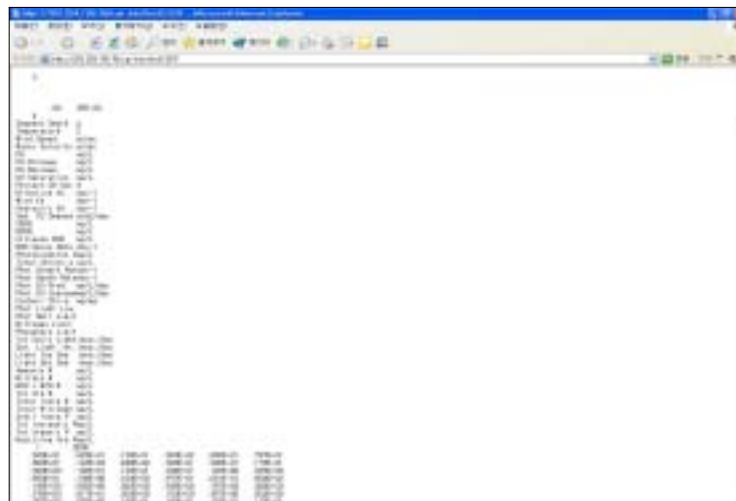


그림 6-33 Wasp5 시뮬레이션 결과(kyung.EDF)

이와 같이 동작하는 CGI 프로그램을 통해 클라이언트는 수질 모델링 입력자료 (kyung.inp)를 개별 PC에서 작성하여 업로드 후 시뮬레이션을 실행시키면 결과 값을 얻을 수 있는데 시뮬레이션을 위해서는 사용자 인증 <그림 6-31>을 필요로 하고 있다. 시뮬레이션 후 결과는 다운로드가 가능하며(그림 6-32) 경우에 따라서는 웹상에서 직접 확인(그림 6-33)도 가능하다. 여기서 결과 파일의 경우 일반적으로 클라이언트가 직접 해석하기가 거의 불가능하다. 따라서 본 시스템에서는 WASP Builder를 함께 제공하고 있으며 이 도구를 이용하여 일반 클라이언트도 시뮬레이션 결과를 보다 쉽게 분석할 수 있도록 지원하고 있다.

마. 전문가시스템

이번 연구에서 제공하는 기능 중 가장 중요한 역할을 하는 전문가시스템 <그림 6-34>는 해당 저수지의 목표 수질을 설정하면 수질 상태에 따른 대안을 생성해준다. 본 연구에서 개발한 전문가 시스템은 데이터베이스 기반의 수질환경지식을 바탕으로 목표 수질을 만족할 수 있는 최적 대안의 도출을 목적으로 개발되었다.



그림 6-34 전문가시스템



그림 6-35 전문가시스템(대상 저수지 선택)



그림 6-36 전문가시스템(목표수질 선정)

전문가시스템을 실행하면 <그림 6-35>에서 보는 것처럼 가장 먼저 분석을 실시할 대상저수지를 선정해야 한다. 대상저수지가 선택되면 해당저수지에 대한 데이터베이스가 열리고 조사연월에 따라 분류된 데이터를 선택하면 해당 데이터를 사용자에게 보여지게 된다. 사용자는 주어진 데이터를 참고하여 목표수질을 <그림 6-36>과 같이 입력하게 된다. 목표수질입력까지 끝나면 분석이 시작되는데 앞 단계에서 사용자가 입력한 정보를 토대로 시스템이 필요로 하는 데이터들을 데이터베이스로부터 읽어오는데 이를 수질 모델 설정 정보 입력이라고 하고 사용자가 시스템의 인터페이스에 따라 정보를 입력하는 것을 사용자 입력이라고 한다.



그림 6-37 전문가시스템(선호도 입력)

분석이 시작되면 먼저 저수지의 영양상태를 분석하여 보여준다(그림 6-37). 그 후 입력된 수질예측연도를 이용하여 미래수질을 예측한 다음 이를 토대로 시물레이션을 실행한다. 최종적으로 저수지 관리 유형이 관리형이 아닌 호내정비형, 유역정비형, 그리고 종합정비형일 경우는 대안 형성 규칙에 따라 대안을 형성(그림 6-38)하며 시물레이션을 통해 대안을 검증 및 평가한다.



그림 6-38 전문가시스템(분석 결과)

바. 관리자 모드

데이터베이스 자료의 입력과 갱신 권한은 관리자 한 명으로 제한하였으며 관리자모드는 두 개의 메뉴로 나누어져 있다. 하나는 회원관리 모드로 웹 GIS 시스템을 통합 관리할 수 있는 관리자를 복수로 등록할 수 있으며 또한 수질 모델링 시스템을 사용할 수 있는 일반 사용자를 등록하거나 삭제할 수 있다. 매년 새롭게 수집되는 환경자료나 기상정보를 손쉽게 웹을 통해 갱신할 수 있으며 기존의 데이터에 대해서도 수정 및 삭제가 시간과 공간에 제약 없이 가능하다.

<그림 6-39>는 사용자를 관리하는 화면으로 관리자는 로그인한 후 각 사용자에 대한 정보를 다룰 수 있다. <그림 6-40>, <그림 6-41>, <그림 6-42>는 각각 로그인 후 사용자 추가/삭제/정정을 할 수 있는 화면을 보여주고 있다.



그림 6-39 관리자 화면(로그인 후)



그림 6-40 사용자 추가 화면



그림 6-41 사용자 삭제 화면



그림 6-42 사용자 개인정보 정정

두 번째는 데이터베이스 관리 모드로 오염원 정보 및 수질정보의 데이터를 관리할 수 있도록 테이블 등록 및 기존 데이터의 수정모드를 지원하며 테이블의 삭제도 가능하다.

<그림 6-43>은 데이터베이스 관리자 화면이며, <그림 6-44>는 관리자가 로그인한 후 데이터베이스 리스트를 보여주고 있는 화면이다. <그림 6-45>는 기존에 입력된 레코드 값을 수정하거나 삭제하는 경우를 보여주고 있다. 마지막으로 <그림 6-46>은 데이터를 추가하는 경우를 보여준다.



그림 6-43 사용자 개인정보 정정



그림 6-44 사용자 개인정보 정정



그림 6-45 데이터 수정



그림 6-46 데이터 추가입력

제7장 요약 및 결론

제1절 요약

1. 연구의 배경, 목적 및 내용

산업이 급속히 증가하고 있는 현대 사회에서는 오염물질 발생량의 증가 속도가 오염물질 처리능력의 발달 속도를 능가하고 있다. 그리고 국민의 생활수준이 향상됨에 따라 안전성있는 먹거리를 요구하게 되었다. 따라서 이러한 상황과 요구에 부응하고 개선학 위해서는 농업용수의 오염물질에 대한 정확한 통계 데이터의 수집과 관리, 더 나아가 정확한 분석과 정책결정의 지원이 있어야 한다.

우리 나라 가용 수자원 이용량의 48%가 농업용수로 이용되고 있으나, 국민의 먹거리를 생산하는데 없어서는 안될 농업용수의 수질관리·개선을 위한 지원은 미흡한 실정이다. 친환경 농산물 생산을 위해서는 깨끗한 물의 공급이 필요하나 농촌의 도시화·산업화로 인한 오염원 증가로 농업용수 수질오염이 날로 확산되고 있다.

따라서 농업용 저수지의 수질환경에 대하여 정확한 분석과 예측을 통해 오염방지대책을 수립하는 것이 필요하다. 이를 위하여 정보통신 신기술인 웹을 이용하고, 공간분석이 가능한 GIS를 도입하여 저수지 수질환경의 예측과 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 지능형 정보시스템을 개발하는 데 연구의 목적이 있다.

본 연구에서는 농촌지역의 농업용저수지 수질환경 관리를 위한 지리정보시스템을 개발하고 이를 전라북도 완주군의 경천저수지 유역에 적용하여 시스템의 효용성 및 타당성을 검토하였다. 인터넷을 기반으로 GUI를 통한 정보시스템을 개발함으로써 기존의 유사 시스템과의 차별성을 두었다. 그리고 인터넷 GIS를 통해 현황정보 검색 및 활용을 쉽게 하였고, 지식기반의 전문가시스템에는 웹기반 인공지능 추론 시스템인 WeBIS를 이용해 수질평가와 수질개선을 위한 대안선정의 새로운 방법을 모색하였다. 수질평가모델로는 WASP5를 인터넷에서 구동할수 있도록 설계하여 수질모델링 결과의 적용이 한결 쉬워지도록 하였다.

2. 시스템 분석 및 설계

시스템 분석 및 설계는 시스템 특성분석, 시스템 타당성 분석, 사용자 요구분석, 시스템의 기능분석 및 사양 작성을 기술하였다.

시스템 특성분석에서는 GIS, 공간 다기준 의사결정기준, 인터넷, 인터넷이 GIS에 끼친 영향 그리고 인터넷 GIS과 그 구현기법을 고려한 시스템의 특성, 인적 구성 요소, 하드웨어 및 소프트웨어 구성 요소, GIS 소프트웨어 선정 등의 기본적인 특성을 분석하여 시스템의 성격과 구축 방향을 설정하였다.

시스템의 타당성 분석에서는 현재 활용할 수 있는 소프트웨어 및 하드웨어 환경에서 목표 시스템의 구축이 기술적으로 가능한지의 여부를 검토하고, 시스템의 실용성과 효율성을 분석하였다.

사용자 요구 분석에서는 예상되는 사용자들이 필요로 하는 정보의 종류, 시스템의 기능, 사용자들의 컴퓨터 숙련도에 따라서 요구되는 사용상의 편의성 및 용이성을 검토하여 소프트웨어의 기능 사양을 작성하고 사용자 인터페이스를 설계하는 데 반영하였다.

기능 분석 및 사양 작성에서는 시스템이 기본적으로 갖추어야 할 기능을 입력 및 갱신, 질의 및 검색, 분석, 자료의 시각화 등으로 나누어 분석하고 사양을 작성하도록 하였다.

3. 도형 및 비도형 자료 수집 및 구축

제3장에서는 농업용 저수지의 수질관리에 필요한 다양한 데이터를 체계적으로 관리하기 위한 각종 자료를 수집하여 데이터베이스로 구축하고, 그 자료가 공간분석이 가능하도록 지형정보와 함께 구축하였다.

이를 위하여 대상 저수지인 경천저수지에 대한 기본적인 통계 내용 및 자료를 검토하고, 속성자료의 공간상의 위치 및 상호관계를 표현해 줄 기본도와 주제도를 구축하였다. 이는 유역내 오염원 및 각종 환경정보의 공간적 특성을 나타내고, 수질관리 계획의 변화에 따른 환경정보 변화를 효율적으로 줄 수 있도록 하였다. 정위치 편집 및 구조화

편집 그리고 Category·Feature를 설정하고, 수치지도를 기준으로 저수지 수질관리를 위해 하천망도, 유역도, 측정기준점도, 행정구역도, 토지이용도, 건물도, 저수지 수심측정도 들을 구축하였다.

4. 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질예측시스템 개발

제4장에서는 저수지 수질환경 데이터베이스 구축 및 수질예측시스템을 개발하기 위하여 미국 환경부에서 개발하여 관리해오고 있는 WASP5의 부프로그램 중 일반 수질 항목에 대한 모델인 EUTRO5 수질모델을 사용하였으며, EUTRO5는 DOS 운영체제에서 수행되는 모델로서 윈도우 화면에 나타낼 수 없으므로 EUTRO5 입력파일을 윈도우 95/96/NT tool인 WASP Builder로 실행하여 수질 모의를 실시하였다. WASP Builder를 이용하면 윈도우 화면으로 사용자가 원하는 그룹을 보다 쉽게 화면에 나타낼 수 있으므로 자료의 입력과 수정을 보다 쉽게 할 수 있고, 매개변수 그룹들을 연결해서 시각적으로 표현 할 수 있다는 장점이 있다.

대상 저수지인 경천저수지의 유역현황, 오염원, 오염부하량 등의 유역을 조사하였고, 경천저수지의 시설제원과 수질분석을 하였다. 대상 저수지를 4개의 세그먼트로 분할한 후 매개변수와 반응상수 등의 모형을 보정하여 2020년까지의 수질예측을 분석하였다.

경천저수지 유역내에서 발생하는 오염원중 가축에 의해 발생하는 부하량이 BOD 4972.476kg/d, TN은 1102.008kg/d, TP는 365.079kg/d로 나타났으며, 가축에 의해 발생하는 오염원 기여율은 BOD의 경우 94%, T-N의 경우는 82%, T-P의 경우는 95%로 오염원중 가장 높은 기여율을 나타내고 있다

본 연구에서는 EUTRO5/WASP Builder를 이용하여 농촌의 소유역 저수지수질을 모의하였으며, 각 Segment에서 봄, 여름, 가을로 보정한 결과, BOD5, T-N, T-P, Chlorophyll-a의 실측치와 계산치의 값들에 대한 상관관계 범위를 보면 BOD5는 0.63~0.90, T-N은 0.81 ~0.97, T-P는 0.75~0.98, 그리고 Chlorophyll-a은 0.77~0.98이었다.

Segment3 에서의 계절별 모델변수의 검증결과, BOD5, T-N, T-P의 실측치와 예측치의 값들에 대한 상관관계를 보면 BOD5 0.78, T-N 0.72, T-P 0.73, 그리고 Chl-a은 0.52

이었다. BOD와 T-N, T-P는 실측치와 계산치가 잘 일치하였지만 Chl-a는 계산치가 실측치 보다 다소 과대평가 되었다.

본 연구의 대상 저수지인 경천저수지는 상수원 보호구역이며, 이 유역은 축산 분뇨 처리시설 등 환경기초 시설을 갖추지 않고 있으므로 오염원의 증가에 따라 오염부하량이 증가 할 것이므로, 이 유역에서 발생하는 오염원별 오염원의 증가에 의해 발생하는 수질 변화를 예측하고자 현재에 비해 장래의 수질이 어느 정도 변화하는가를 모의하였다. 예측결과를 보면, Seg.3에서 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 모의결과는 인구와 가축의 증가율에 따라 BOD, T-N, T-P 수질모의값은 2010년도에는 2002년에 비해 각각 평균 35%, 37%, 20%로 증가하였고, 2015년도에는 평균 40%, 42%, 27%, 2020년도에는 평균 43%, 46%, 33%,로 각각 증가되었다.

수질모델은 1992년의 자료를 이용하여 보정되었으며 2000년의 자료를 이용하여 검증되었다. 전반적으로 수질모의 결과, 실측농도를 잘 반영하는 것으로 평가되나, 저수지 내부 및 외부 오염부하의 시간적, 공간적 분포는 연속적인 추가의 조사를 통하여 수정 및 보완되어야 할 것이다.

5. 전문가시스템 구축

본 연구에서는 수질환경을 분석하고 수질개선을 위한 지식을 토대로 하여 최적의 대안을 제시해줄 수 있는 전문가시스템을 개발하였다. 전문가시스템은 전문가가 문제를 해결하는 절차를 체계적으로 지식화하여 필요한 정보만 제공하면 전문가와 같이 문제를 해결하여 답을 제공해주는 소프트웨어 시스템이다. 시스템이 필요로 하게 되는 정보로 크게 전문가의 문제해결지식과 문제를 구성하는 데이터, 두 가지가 있다. 본 연구에서는 IF-THEN 규칙표현을 이용하여 전문적 수질 지식을 체계화하였다. 그리고 이렇게 표현된 지식을 시스템으로 구축하기 위해 웹 솔루션 구축 도구인 WeBIS를 이용하였고 구축된 시스템은 ASP(Active Server Page)로 생성되어 실행되었다.

본 전문가시스템의 주요기능은 수질환경정보를 분석하여, 사용자가 입력한 목표수질을 기준으로 수질개선을 위한 대안을 생성하고, 이 대안들 중에서 최적대안을 선정해주

는 것이다. 수질환경정보를 분석하고 대안을 생성하기 위해 여러 전문가지식과 주요수질정보가 활용되었다. 수질개선을 위한 대안 생성 방법으로는 여러 방안이 있으나, 본 연구에서는 대안에 대한 평가가 가능한 방법을 선택하여 고려하였다. 생성된 대안에 대하여 평가를 실시하기 전에 실제로 이 대안이 사용자가 입력한 목표수질을 만족할 수 있는지 검증이 실시되어야 하나, 현실적으로 대안을 실현한 후 수질의 개선여부를 측정하기까지는 많은 비용과 시간이 소요되는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 시뮬레이션프로그램을 연결하여 사용하였는데, 이것으로는 수질환경모델을 위한 시뮬레이션 도구로 널리 알려진 WASP 시스템이다. 검증된 대안들 간에는 평가를 통하여 최적의 조건을 만족하는 대안을 선정하게 되는데 이러한 평가에는 대안을 구성하는 공법에 대한 정보와 함께 전문가의 지식이 쓰이므로 다기준 의사결정문제라고 할 수 있다.

따라서 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법을 적용하였고, AHP 트리구조를 구축하였다. 구축시에는 전문가의 의견과 기존의 자료를 참조하여 기준을 정하였으며 최종적인 선호도 입력은 사용자의 몫으로 남겨두었다. 사용자는 생성된 대안들의 내용을 살펴본 후 각 기준에 대하여 각 대안들의 상대적인 선호도를 입력하게 되며, 시스템은 사용자 입력을 기반으로 AHP기법을 실행하여 최종점수가 가장 높은 대안을 최적대안으로 선정한다.

전문가시스템 역시 웹을 기반으로 구축되어, 모든 사용자의 입력과 시스템의 실행, 내부로직의 처리도 모두 웹상에서 이루어지는 것이 기존의 시스템과 다른 특징이라 할 수 있다.

6. 웹 기반 통합시스템 구축

이 장은 본 연구에서 진행된 각 개별 정보시스템 즉 지리정보시스템, 수질모형, 그리고 전문가시스템을 웹기반 통합시스템으로 구축하는 것을 기술하고 있다. 웹기반 수질환경 지리정보시스템을 구축하기 위하여 환경 기초 정보에 대한 데이터베이스를 구축해야 한다. 이를 위하여 우선 사용자의 요구를 분석하고 개발 표준을 정한 다음 요구사항

을 체계적으로 정리하여 전반적인 작업흐름도를 작성하였다. 이를 토대로 각 업무기능을 분해한 후 데이터베이스 설계 도구인 ER-Win을 활용하여 엔티티관계도를 작성하고 최종적으로 사용자 인터페이스를 개발하였다.

그리고 수질데이터의 체계적인 제공을 위하여 CGI 프로그래밍을 이용하게 되는데 CGI는 웹상에서 클라이언트와 서버간의 통신을 말한다. 이는 웹상에서 정보를 주고 받을 수 있는 HTTP라는 프로토콜 위에서 동작하게 되는데, 이를 통해 웹상에서 정보 검색 및 저장이 용이하게 된다. 이번 연구에서는 질의응답 시스템 개발을 위하여 마이크로소프트사의 Access2003을 활용하여 데이터베이스를 구축하였으며 여러 속성정보는 PHP 프로그래밍을 통하여 SQL 구문을 작성한 후 원하는 정보에 ODBC 드라이버를 이용하여 접근할 수 있는 시스템을 구축하였다. 또한 무분별한 사용자 접근을 제한하기 위하여 사용자 인증을 하게 되는데 일반적으로 많이 사용하는 세션 방식을 이용하여 인증을 처리하였다. 세션을 이용하게 되면 사용자 정보를 서버에서 관리하게 되는데 각 클라이언트에 인증정보를 보관하는 쿠키를 사용하는 방법보다 좀 더 안전한 인증 방법이라고 할 수 있다.

인터페이스는 직관적인 접근이 가능하도록 설계하였으며 빠른 접속을 위하여 디자인은 수질환경에 대한 의미를 전달할 수 있는 정도의 최소 이미지를 사용하였다.

제2절 결론

본 연구는 정보통신 신기술인 웹을 이용하고, 공간분석이 가능한 GIS를 도입하여 저수지 수질환경의 예측과 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 지능형 정보시스템을 개발하였다. 이 시스템은 프로토타입으로 사용자가 데이터베이스를 구축하면 바로 현장 적용할 수 있도록 적응력을 갖춘 시스템이 될 것이다. 특히 사용 편의성을 제공하기 위하여 그래픽을 이용한 인터페이스를 제공하며, 데이터베이스 검색시스템, 수질 예측 시스템, 오염물질 처리방안 시스템을 개발하여 저수지 수질환경에 이해관계를 가지고 있는 농림부, 지방자치단체 등 국가기관, 농업기반공사 등의 국영기업체의 관련 종사자뿐만 아니라, 농민들까지도 언제든지 어렵지 않게 이용할 수 있는 시스템을 개발하였다.

본 연구를 통하여 개발한 '웹기반 지능형 저수지 수질환경 지리정보시스템'은 인터넷을 통하여 자료를 수정·가공·편집할 수 있기 때문에 관련 기관들과 이해 당사자들인 농민들이 수질환경에 대한 기본적인 자료를 제공받거나, 환경 오염에 대한 대책을 수립하고 대비할 수 있을 것이다.

연구 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

1. 농업용 저수지의 수질환경 관리를 위하여 데이터베이스 검색시스템, 수질예측 시스템, 오염물질 처리방안 시스템을 개별적으로 구축한 후 통합시스템으로 결집하였다.
2. 인터넷 GIS 기법을 이용하여 저수지 수질환경 관리 유관기관의 상호간 수질 정보 공유와 활용에 용이하도록 하였다.
3. WASP5를 인터넷상에서 구현되도록 하여 의사결정 과정의 신뢰성을 확보할 수 있었다.
4. 경천저수지에 대한 수질모의를 결과 실측농도를 잘 반영하는 것으로 평가되었다. 그러나 수질모델은 실제 다른 저수지에 적용하기 위해서는 충분한 자료 분석을 통하여 모델변수를 결정하여야 하고, 저수지 내부 및 외부 오염부하의 시간적·공간적 분포는 연속적인 추가 조사를 통하여 수정·보완하여야 할 것이다.
5. 사용자 정보를 서버에 관리하는 세션을 이용하여, 각 클라이언트에 인증 정보를 보관하는 쿠키를 사용하는 방법보다 좀더 안전한 사용자 인증 방법을 구현하였다.
6. 전문가시스템을 이용한 농업용 저수지의 수질관리 계획과정의 모형화를 통하여 수질환경관리계획을 위한 정책입안자의 의사결정의 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 강영욱, 이인성, 김경민(1998), 인터넷 GIS를 이용한 새주소 관리 및 안내시스템 개발, Journal of GIS Association of Korea, Vol. 6, No. 1, 47~63
- 강인준, 최 현, 이준석(2002), 의사결정모델을 이용한 시설물관리시스템, 한국지형공간정보학회지, 10(2), 19~28
- 건설교통부, (주)우대칼스부설 도시정보분석센터(2003), m-Government를 대비한 GIS 시장 활성화 방안 연구, 최종연구보고서
- 건설교통부, 국토연구원(2003), 국가지리정보 유통체계 활성화 방안 연구, 최종연구보고서
- 건설교통부, 서울대학교(2003), GIS 활용체계의 비용효과분석 방법론 연구, 최종연구보고서
- 경기도보건환경연구원(2001), 비점오염원 관리방안
- 고홍석, 최진규, 이정문, 박순철, 오동석, 백영기(1998), 농업수리시설물의 웹 기반 지리정보시스템 설계 및 포토타입 구현, 한국농공학회지, 제40권 제3호, 54~62
- 고홍석, 오동석, 최진규, 고남영, 백영기, 박순철(1999), 웹상에서 농업수리시설물에 대한 자료관리시스템 개발, 한국 GIS 학회지, 제7권, 제1호, 81~87
- 국립환경연구원, 한국환경과학연구협의회(1989), 하천 및 호수 수질의 최적화 관리 방안
- 국립환경연구원(1992), 호소 부영양화 방지대책에 관한 연구, 안동호, 주암호를 중심으로, 41-42
- 국립환경연구원(2004), 물관련 국내외 동향 및 새소식, 물환경종합정보지, 제5권, 14~15
- 권오현(1993), 수중포기에 따른 장래 수질변화 예측 및 효과 구명에 관한 연구(1차), 한국수자원공사, 139~142

기상청, <http://www.kma.go.kr/minwon/minwon.jsp>

김광은, 이태섭(1994), 수질오염 감시에의 활용을 위한 항공원격탐사의 적용 연구, 한국 GIS학회지, 제2권, 제1호, 65~74

김계현, 윤호석, 권우석(1999), GIS를 이용한 상수원 보호를 위한 수변구역 지정에 관한 연구, 환경영향평가 제9권, 제3호, 239~248

김기성, 황인훈(2002), GIS를 이용한 도시생산녹지의 공익적 가치 평가, 한국농공학회지, 44(3), 157~169

김대식, 정하우, 최진용(2002), 농촌마을 개발계획 지원을 위한 토지이용계획 모형(I)-GIS, CA 및 MCE법을 이용한 모형의 개발-, 한국농공학회지, 44(4), 85~98

김만식, 정승권(2000), 지리정보시스템을 이용한 유역의 토지이용별 비점오염부하량 분석, 환경관리학회지 6(30), 411~421

김명진, 한의정, 이재운, 정동환, 서창완(1995), 환경영향평가에서 GIS 활용에 관한 연구 : 폐기물매립지 적지분석과 악취영향평가, 환경영향평가, 제4권, 제1호, 1~8

김석규, 김 철(1999), GIS를 응용한 영산강 유역의 축산폐수관리, 호남대학교 산업기술 연구논문집, 제7집, 219~232

김선주, 김성준, 이석호, 이준우(2002), SWMM과 WASP5 모형을 이용한 간척지 담수호의 수질거동 특성 조사, 한국농공학회지, 44(2), 148~160

김성준(1996), 농촌 소유역 하천수질관리를 위한 GIS 응용, 한국지리정보학회지, 4(2), 147~157

김성준(2001), GIS 기반의 수자원관리지리정보시스템(WAMIS), 한국육수학회지, 제34권, 제4호, 349~356

김영곤(2002), GIS를 이용한 상수도시설물의 데이터베이스 구축 및 관리시스템 개발에 관한 연구, 한국지형공간정보학회, 10(1), 109~123

김영주(2002), 보령담수호 유역의 유출 오염부하량, 전북대학교 대학원 농공학과 석사학위 논문

- 김영표, 박종택, 한선희, 조운숙(1998), GIS의 기초와 실제, 국토연구원 연구보고서, 161~202
- 김영표, 임은선(2003), GIS기반 공간분석방법론 개발 연구, 국토연구원 연구보고서, 9~34
- 김옥현(1996), 초고속정보통신망을 향해 질주하는 멀티미디어와 GIS, 한국지리정보, 1(3), 36~40
- 김윤기(1997), Internet을 기반으로 한 새로운 GIS 교육 모형 개발에 관한 연구, 한국지역개발학회지, 제9권, 제2호, 85~99
- 김의원, 김형철, 이창수, 박흥기(1993), 지리정보체계(GIS)를 이용한 지역환경 관리체계의 실증적 모형개발에 관한 연구-성남시를 중심으로, 대한국토·도시계획학회지, 제28권, 제2호, 121~148
- 김인현(1998), 인터넷 GIS의 소개 및 구현 기법, 한국지리정보, 21호, 80~85
- 김종욱, 김한중, 이정대, 고만기(2002), 관계형 데이터베이스와 지형정보를 이용한 농업구조물의 안전점검 및 이력관리 지원시스템, 한국농공학회지, 44(3), 101~110
- 김준환, 한순홍, 한성배, 김현(1998), CORBA를 통한 STEP 데이터베이스의 인터넷 검색, 한국 CAD/CAM 학회 학술발표 논문집, 24~29
- 김진택, 박승우(1994), 경사지의 경중에 따른 유출 및 토양유실에 관한 연구, 한국농공학회지, 36(1), 73~82
- 김진택(1995), 농업 비점원 오염모형을 위한 지리자원 정보시스템 호환모형의 개발 및 적용, 서울대학교 박사학위 논문
- 김 철(1997), 비점오염원 수질 모형에 대한 GIS 응용의 개관, 산업기술연구논문집, 제5집, 89~95
- 김 철, 김석규, 이치열(2000), GIS를 이용한 주암호 유역의 오염부하량 산정, 호남대학교 산업기술연구소 논문집, 제9집, 23~34
- 김충실(1998), 환경농업 GIS 모형설정을 위한 토양속성정보의 처리, 산업정책연구, 제25

권, 제1호, 41~57

김혜영(2001), GIS를 이용한 새만금 유역 수질관리시스템 개발에 관한 연구, 전북대학교 대학원 환경공학과 박사학위 논문

나은혜, 최경식, 박석순(1999), 농경 교외지역의 비점오염원 모델 연구, 대한환경공학회 추계학술발표회 논문집, 369~340

나은혜, 최경식, 박석순(2000), 농경지역에서 배출되는 영양염류의 정량화 모델 연구, 대한물환경학회, 대한상하수도학회, 한국수도협회, 공동추계학술발표회 논문집, 319~322

농림부(2000), 농업용수 수질관리지침, 13~15

농림부(2001), 2001 농업용수 수질측정망 운영계획

농림부(2002), 농업용수 수질개선 시험연구사업보고서

농림수산부, 농어촌진흥공사(1992), 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(I), 서울대학교 농업개발연구소 1차 연구보고서

농림수산부, 농어촌진흥공사(1993), 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(II), 서울대학교 농업개발연구소 2차 연구보고서

농림부(1997), 농업용수 수질개선대책수립 수질실태조사결과보고서

농림부, 농어촌진흥공사(1999), 농업용수 수질정보 종합관리시스템 개발(II)

농림부, 농어촌진흥공사(1999), 경상북도 안동시 만운지구 농업용수 수질개선사업 기본계획(안)

농림부, 농업기반공사(2001), 소규모 농어촌 오폐수정화처리시설 표준화 및 지하자연방류시스템 개발에 관한 연구 최종연구보고서

농림부, 농업기반공사(2002), 2002 농업용수 수질개선 시험연구사업보고서(VI)

농어촌진흥공사, 농어촌연구원(1996), 담수호의 수질변화 예측모형 연구

농어촌진흥공사(1997), 농업용수 수질정보 종합관리시스템 개발(I)

- 농업기반공사(1998), 농업용수 수질정보 종합관리시스템 개발(II)
- 농업기반공사, 농어촌연구원(2002), 저수지와 담수호의 수질개선방안 최종보고서
- 농업기반공사 익산지사. 수리자료, 1990~2003.
- 농촌진흥청, 서울대학교 농업생명과학대학 농업개발연구소(1999), 농촌마을 수질관리 및 하천이용에 관한 연구
- 문현생, 김준현, 김종철(2001), 웹 기반의 모형과 지리정보시스템을 이용한 통합적 수환경관리기법, 환경영향평가, 제10권, 제3호, 235~243
- 박진호, 한무영(2000), 호수 주위의 토지이용이 상수원인 호소수질에 미치는 영향 분석을 위한 WASP4 모형의 적용, 대한상수도학회, 한국물환경학회 공동 추계학술발표회 논문집, 51~58
- 서동일, 최재훈, 이은형, 이혜근(2001), EUTRO5를 이용한 시화호 수질 모델 보정 및 검증, 대한환경공학회지, 제23권, 제1호, 131~139
- 송창수(1999), WASP를 이용한 주암호 수질 모델링에 관한 연구, 대한환경공학회 추계 학술연구발표회 논문집, 355~358
- 신동석, 권순국(1997), WASP5 모형을 적용한 북한천의 수질 예측, 한국환경농학회지, 16(3), 233~238.
- 신사철, 김성준, 채효석, 권기량, 이윤아(2002), 공간정보를 이용한 유역 관리시스템 개발, 한국지리정보학회지, 제5권, 제3호, 33~38
- 심순보, 이요상(1992), 도시하천의 수자원 최적 활용을 위한 종합 수질관리 시스템 개발, 한국과학재단 목적기초연구 보고서
- 심순보, 김병찬, 이요상, 고덕구(1995), 대청호 유입 오염부하량 산정, 충북대학교 건설기술논문집, 제 14권 제2호, 29~40
- 심순보, 고덕구, 이요상, 김주훈, 김만식(1996), 원격탐사를 이용한 충주저수지 오염 부하량 산정 연구(I) : 오염부하량 산정기법 연구, 충북대학교 수자원·수질연구센터 논문집, 제2권 1호, 91~103

심순보, 고덕구, 이요상, 김주훈, 김만식(1996), 원격탐사를 이용한 충주저수지 오염 부하량 산정 연구(II) : RS/GIS 기법에 의한 데이터베이스 구축, 충북대학교 수자원·수질연구센터 논문집, 제2권 1호, 105~117

심순보, 고덕구, 이요상, 김주훈, 김만식(1996), 원격탐사를 이용한 충주저수지 오염 부하량 산정 연구(III) : 시스템의 적용 및 고찰, 충북대학교 수자원·수질연구센터 논문집, 제2권 1호, 119~127

安岡善文, 宮琦忠國 (1985), 遠隔計測による水質の定量, 國立公害研究所研究報告, 第77號, 165~184

안상진, 함창학(1995), 지리정보시스템을 이용한 하천유역의 형태학적 특성인자의 추출, 한국수문학회지, 28(2), 115~124

안철호(1988), Remote sensing의 System 및 활용, 대한토목학회지, 36(5), 61~70

양숙정(1992), 우리 나라 주요 수계의 영양화 현황에 관한 연구

양영민, 권순국, 김진수(2000), 의사결정지원기법을 이용한 농촌유역 통합 수질관리모형의 개발, 한국농공학회지, 42(5), 103~113

양인태, 김홍규(1994), 리포트센싱 기법을 이용한 호소수질 관리방안 : 북한강 수계의 환경인자 추출을 중심으로, 대한토목학회논문집, 제14권, 제1호, 161~170

양인태, 박재훈, 최광식(1998), GIS에 의한 의사결정 시스템 구축에서 AHP의 적용기법, 강원대학교 산업기술연구소 논문집, 제18집, 27~34

양인태, 최영재(2001), GIS를 이용한 소하천 관리시스템 개발, 대학토목학회논문집, 21(1), 105~114

양인태, 한성만, 박재국(2002), 위성영상과 GIS TOOL을 이용한 인천연안의 토지피복 변화량 추적, 대학토목학회논문집, 22(5), 1019~1027

엄정섭, 신소은(2002), Web GIS를 이용한 수요자 중심의 하천수질정보시스템 구현, 한국 GIS 학회지, 10(1), 45~60

염재홍(1995), Internet에서 지형공간정보체계 자료 찾기, 한국지형정보공간학회지, 3(1),

17~21

양형재, 이유원, 김민(1994), GIS를 이용한 하천수질관리, 환경영향평가, 제3권, 제2호, 25~32

오경미, 유금환, 박희경(1999), GIS를 이용한 연속 분포형 비점오염원 모델 개발, 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집, 365~369

오종우(1996), Internet GIS의 활성화, 한국지리정보, 1(4), 56~59

오종우(1997), GIS 구축 방법 컴퓨터 이용하여 적용하는 공간기법, 한국지리정보, 2(11), 74~81

오희영, 이주형, 연상호, 김영동(1993), GIS 개념을 이용한 토질구조변화에 따른 환경위해요소 분석시스템 개발에 관한 연구, 대학국토·도시계획학회지, 제28권 제2호, 149~168

원주지방환경청(1991), 충주호의 수질오염 방지대책 연구

유근배, 황철수, 구자용, 오충원(1997), 국가지리정보시스템과 초고속정보통신망의 연계 전략에 관한 연구, 한국GIS학회지, 5(1), 61~75

유승근, 최성규, 문상원(2002), GIS를 이용한 밀양강 유역의 지형학적 특성 분석, 한국GIS 학회지, 10(1), 107~122

윤광식, 최진용, 김종옥(1998), 농업수리시설물 유지관리시스템 개발을 위한 지리정보시스템(GIS)과 GPS 이용, 공주대학교 산업개발연구소, 제6집, 159~167

윤성수, 배연정, 이정재(2002), 수리시설물 통합설계시스템의 구현, 한국농공학회지, 44(4), 75~84

이동권(2002), php 프로그래밍 마스터, 한빛미디어

이동주(1997), GIS를 이용한 청주 도시계획 의사결정 지원시스템, 2(12) : 28~34

이영해(1988), 시스템 시뮬레이션, 경문사, 3, 217

이요상, 이현옥(2001), 호수 수질관리를 위한 유입부하 제어방안, 대한환경공학회 춘계학

술연구발표회 논문집, 233~238

이인수, 이규석(1998), GIS와 RS를 이용한 목현천 수질관리 정보체계, 환경영향평가 제8권 제4호, 1~12

이재규(1996), 전문가시스템 원리와 개발, 법영사, 18~22, 342~352, 468~469, 492~493

이종호(1998), GIS를 적용한 호수 수질예측-대청호를 사례로, 한국지역개발학회지, 제10권, 제3호, 151~166

이종호(1999), WASP5에 의한 대청호 수질모델링, 환경영향평가, 8(1), 93~105

전라북도(1992), 가두리 양식장 실태조사 보고서-경천 및 대아 저수지의 가두리 양식장과 비점오염원이 수질에 미치는 영향조사

전라북도(1995), 수질보전대책 종합보고서 - 만경·동진·섬진·금강

전라북도(1997), 환경보전 중기종합계획서

전지홍, 윤춘경, 함중화, 김호일, 황순진(2002), 농업용 저수지의 수질항목간의 상관관계 조사, 한국농공학회지, 44(3), 136~145

전현섭, 김태근, 조기성, 김환기(1996), GIS를 이용한 비점오염의 원인지역 추출에 관한 연구, 대학환경공학회지, 제18권, 제4호, 451~463

정동양(1999), 자연친화형 농어촌 하수처리장 모델개발, 한국환경복원녹화기술학회지, 제2권, 제1호, 10~19

정문섭(1996), 국가지리정보체계(NGIS) 구축사업의 현황과 전망, 한국지리정보, 1(2), 27~31

정수용, 윤석민, 김낙현(1997), 인트라넷을 통한 클라이언트-서버 시스템의 웹 기반 시스템으로의 구현, 산업공학, 10(3), 33~41

정한묵(1999), 21세기를 지향한 지능정보시스템 원론, 21세기사, 152~159

조명희, 안승섭(1998), 위성영상과 GIS를 이용한 하천유역의 유역특성인자 추출에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 제4권, 제1호, 121~134

- 조명희(1999), 하천유역의 수문지형인자 추출을 위한 수치공간자료의 활용방안에 관한 연구, 경일대학교 논문집, 945~953
- 조성민, 이명우(1995), SWAT를 이용한 텔라웨어강 유역의 수질모델링, 환경영향평가, 제4권, 제2호, 39~57
- 조시범, 손호웅, 이강원(2004), GIS를 이용한 지하수오염 예측에 관한 연구, 한국지형공간정보학회 제12권, 제2호, 17~28
- 조재현, 유태중, 박동진(2001), Arc/View GIS를 이용한 영산강 유역의 환경정보 데이터베이스 구축, 상하수도학회지, 제15권, 제2호, 103~114
- 조홍연(1993), WASP4 모형의 매개변수 추정(팔당호를 중심으로), 대학토목학회지 논문집, 제13권, 제4호, 177~188
- 진희채(1996), 공간정보기반구조와 GIS, 한국지리정보, 1(7), 44~46
- 채 욱, 조정아(1997), '환경친화력'과 접목된 환경 GIS에 대한 기술적 접근, 한국지리정보, 3(13), 40~45
- 최경식, 나은혜, 박석순(2000), A COBRA-based 3D STEP viewer on the Internet, 한국 CAD/CAM 학회 학술발표 논문집, 17~23
- 최기주, 서본양(2001), GIS기반의 도로계획 및 노선선정 방안 개발, 대한토목학회논문집, 제21권, 제6-D호, 821~836
- 최성규, 김계현(2001), GIS와 WASP5 수질모델의 유기적 통합에 관한 연구, 한국GIS, 9(2), 291~307
- 최 영, 양상욱(1998), A CORBA-based 3D STEP viewer on the Internet, 한국 CAD/CAM 학회 학술발표 논문집, 17~23
- 최영길 외 3인(1995), 담수의 부영양화, 신광문화사, 194
- 최영진, 이 현, 차은정(1999), 지리정보체계를 이용한 수자원모델(SWAT) 분석 연구, 한국기상학회 학술발표회, 290~293
- 최혜숙, 오광중, 김상현(1999), 농촌 유역 상단부의 소하천에서 수질예측모형의 개발, 대

- 한환경공학회 춘계학술발표회 논문집, 357~364
- 한성룡, 박대희(1998), 지리정보시스템(GIS)를 이용한 하천 수질보전형 공간이용방안 제시, 건설기술연구원 논문집, 제17권 제2호, 153~162
- 한건영, 김상호, 배덕효(2000), GIS와 연계한 하천에서의 2차원 수질관리모형의 개발, 한국토목학회논문집, 20(5), 593~601
- 한건영, 김동구, 이을래, 최현상(2001), 수치모형과 GIS를 연계한 하천에서의 2차원 동수역학 해석, 한국토목학회논문집, 21(1), 97~103
- 한건영, 백창연(2004), GIS를 이용한 저수지의 수질관리시스템 구축, 한국 GIS 학회지, 12(1), 13~27
- 한국수자원공사(1993), 용수이용현황조사 자료집
- 한국수자원공사(1995), 유역현황 정보시스템 보고서
- 한국전산원(1995), 국가초고속 정보통신망 실태 연구
- 한국환경정책평가연구원(1998), 호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안
- 한국환경정책평가연구원(1998), 수계 수질개선을 위한 효율적인 관리체계 및 적정 투자·비용 분담 정책에 관한 연구
- 한국환경정책평가연구원(1998), 수계시스템을 고려한 수질개선 종합대책-한강유역을 중심으로
- 한능우, 한순홍(1996), 인터넷에서 VRML을 이용한 DEM의 3차원 가시화, 한국지리정보학회지, 4(2), 189~195
- 한혜진, 박석순(2001), AHP와 GIS를 이용한 수변구역 설계에 관한 연구, 대한환경공학회 춘계학술발표회 논문집, 241~247
- 해양수산부, (주)거림씨엔에스(1999), '99연안통합관리정보시스템 구축 연구개발, 최종연구보고서
- 허인량, 박상균(1995), 송천상류수계의 수질 및 오염부하량 분포에 관한 연구, 한국수질

보전학회지, 제11호, 제3호, 175~181

홍봉희, 문상호, 성원모(1996), GIS와 Internet의 통합 기술, 데이터베이스 연구회지, 12(3), 97~115

환경부, 과학기술처(1995), 수질정보 종합관리시스템개발, GIS 및 원격탐사 기법을 이용한 환경정보 추출 및 수질관리응용시스템 개발

환경부, (주)캐드랜드(1995), 수질정보 종합관리시스템개발

환경부(2003), 2004년도 환경정보화촉진시행계획(안), 5~10, 76~79

환경부(2004), 수질측정망고시

환경청(1986), 전국환경보전 장기종합계획사업 수질부문보고서

환경청(1986), 전국환경보전 장기종합계획사업 종합보고서 - (환경관리권별 계획)

환경처, 과학기술처(1993), GIS 및 원격탐사기법을 이용한 환경정보 추출 및 수질관리 응용시스템 개발(1, 2, 3차년도 보고서)

환경처(1993), 원격탐사를 이용한 수질 실태조사 : LANDSAT TM 데이터를 이용한 팔당호 및 유입하천의 수질 실태조사, 한국과학기술원 시스템공학 연구소, 국립환경원 호소수질연구소

Ambrose, R. B.(1987), Modeling Volatile Organics in the Delaware Estuary, American Society of Civil Engineers. Journal of Environmental Engineering, Vol. 113, No. 4, 703~721

Ambrose. R. B. and J. L. Martin(1993), The Water Quality Analysis Simulation Program, WASP5 : Part A Model Documentation. Environmental Research Laboratory, U. S. EPA

Ambrose. R. B. and J. L. Martin(1993), The Water Quality Analysis Simulation Program, WASP5 : Part B The WASP5 Input Dataset, Environmental Research Laboratory. U. S. EPA

Ambrose. R. B. and J. L. Martin(1993), The Dynamic Estuary Model Hydrodynamics

Program, DYNHYD5 Model Documentation and User Manual, Environmental Research Laboratory, U. S. EPA

Andres Vogel and Keith Duddy(1997), Java Programming with CORBA, John Wiley & Sons Inc.

Auer. M. T., and Forrer. B. E.(1998), Development and Parameterization of a Kinetic Framework for Modeling Light-and Phosphorus-Limited Phytoplankton Growth in Cannonsville Reservoir, Lake and Reservoir Management. 14(2-3), 290~300

Barnwell, T. O. and R. Johnson(1981), HSPF : A Comprehensive Package for Simulation of Watershed Hydrology and Water Quality in Nonpoint Pollution Control : Tools and Techniques for the Future, Interstate Commission on the Potomac River Basin, Rockville, MD

Bicknell, B. R., A. S. Donigian and T. O. Barnwell(1984), Modelling Water Quality and the Effects of Best Management Practices in the Iowa River Basin, J. Water Sci. Techno., Vol. 17, 1141~1153

Bicknell, B. R., K. C. Imhoff, J. L. Kittle, A. S. Donigian and R. C. Johnson(1993), Hydrological Simulation Program - FORTRAN(HSPF) : User Manual for Release 10, EPA_600/R-93/174, US, EPA, Athens, GA. 30605

Brown L. C.(1985), Uncertainty Analysis using QUAL2E, Proc. Conference on Storm Water Quality Management

Brown L. C. and T. O. Barnwell(1987), The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E_UNCAS : Documentation and User Manual, Report # EPA/600/3-87/007, Athens, GA.

Brown L. C.(1987), Uncertainty Analysis in Water Quality Modelling using QUAL2E, System Analysis in Water Quality Management, Prc. of IAWPRC Symp. held in London, U.K.

Cox E. J.(1996), Identification of freshwater diatoms from live material, Champman &

Hall, London

Dekker A. G. and E. Seyhan(1988), The Remote sensing Loosdrecht Lakes Project, Int. J. Remote Sensing, Vol. 9, No. 10, 1761~1773

Donigian A. S. and N. H. Crawford(1983), Simulation of Nutrient Loadings in Surface Runoff with NPS Model, U. S. EPA.

Ehler, M.(1991), Data types and structures for integrated geographic information system, Proceedings : The Integration of Remote Sensing and Geographic Information Systems, Baltimore 1991, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 51~73

He, C., J. F. Riggs and Y. T. Kang(1993), Integration of Geographic Information Systems and a Computer Model to Evaluate the Impacts of Agricultural Runoff on Water Quality : 61~70 of the AWRA proceedings.

Intergraph, GeoMedia Web Map, URL:<http://www/intergraph.com/iss/geomedia/webmap>

Integrated Decision Support Group(2000), WASP Builder Version 1.2 : South Platte Mapping and Analysis Program. Colorado, USA

Jett, S. C., A. D. Weeks, and W. M. Grayman(1979), Geographic Information Systems in Hydrologic Modeling, Proceeding of the Hydrologic Transport Modeling Symposium, New Orleans, Louisiana, ASCE, 127~137

Keith, C. C.(1990), Analytical and computer cartography, Prentice-Hall

Klaghofer, E., W. Birnbaum and W. Summer(1993), Linking Sediment and Nutrient Export Models with a Geographic Information System, In Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management, eds. K. Kovar and H. P. Nachtnebel : 501~506. International Association of Hydrological Sciences Publication No. 211.

Lyon, J. G., K. W. Bedford, Chieh-cheng J. Yen, Deborah H. Lee and David J. Mark

(1988), Determinations of Suspended Sediment Concentrations from Multiple Day Landsat and AVHRR Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 25, 107~115

M. Marache(1997), A CORBA-based infrastructure managing STEP distributed models for virtual reality applications, Proceedings of European Conference on Product Data Technology Days, 119~128

Macguire, D. J., M. F. Goodchild and D. W. Rhind(1991), Geographic Information System (Vol.1 Principles, Vol.2 Applications), Longman Scientific & Technical

Michael Morrison(1996), Java Unleashed, Sams.net Publishing

Mitchell, J. K., B. A. Engel, R. Srinivasan, R. L. Bingner and S. S. Y. Wang(1993), Validation of AGNPS for Small Mild Topography Watersheds using an Integrated AGNPS/GIS, In Advances in Hydro-Science and Engineering, Vol. 1, Part A :503~510, Center for Computational Hydrosience and Engineering, University of Mississippi, University, MS.

Parker, H. D.(1989), GIS Software 1989 : A Survey and Commentary, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 55(11), 1589~1591

Rango, A.(1975), Application of remote sensing to watershed management, Watershed Management(Symposium, Utah State University, Logan, Utah), August 11-13, 1975, ASCE, 700~714

Serwan M. J. Baban (1993), Detecting Water Quality Parameters in the Norfolk Broads, U. K., Using Landsat Imagery, Int. J. Remote Sensing, Vol. 14, No. 7, 1247~1267

SGI Inc., Cosmo Player 2.0, <http://www.sgi.com/>

Tanler, R.(1997), The Intranet Data Warehouse, John Wiley & Sons Inc.

Tao, T. and N. Kouwen(1989), Remote sensing and fully distributed modeling for flood forecasting, J. Water Resources Planning and Management, 115(6), 809~823

Tohen, B., Web GIS : Toy or Tool?, URL:<http://www.gisnet.com/gis/ttsum.html>

TIGER Mapping Service. USGS, URL:<http://tiger.census.gov>

Yoon, J., G. Padmanabhan and L. H. Woodbury(1993), Linking Agricultural Nonpoint Source Pollution Model (AGNPS) to a Geographic Information System (GIS), In : Proceedings of the Symposium on Geographic Information Systems and Water Resources, eds. J. M. Harlin and K. Lanfear : 79~87. AWRA, Bethesda, MD.

부 록

<부록 A> 사용자 지침서

1. 관리자 모드

웹기반 지능형 저수지 수질 환경 지리정보시스템은 인터넷을 통해 저수지 수질관련 환경정보를 조회·검색·입력·출력·유지관리할 수 있는 시스템이다. 이를 통해 저수지의 수질 정보를 단순히 조회하는 것으로부터 모델링 및 전문가 시스템을 이용한 수질 관련 정책의 생성과 평가 기능까지도 수행할 수 있다. 다양한 사용자 계층의 분포와 함께 시스템 관리의 측면에서 사용자 등록 및 등급별 시스템 사용권한 부여가 필요하다. 시스템 관리자 측면에서는 회원 정보의 관리와 함께 시스템에서 사용하는 데이터베이스 갱신 및 유지관리에 효율을 기할 수 있다.



그림 A-1 시스템 초기화면

가. 사용자 관리

1) <그림 A-2>는 관리자모드의 초기화면으로 로그인을 필요로 한다. 관리자의 초기 ID와 PassWD는 Admin / Admin 로 설정되어 있다.

2) 로그인을 하게 되면 사용자 추가/삭제/수정을 선택하는 <그림 A-3>과 같은 메뉴가 나온다.



그림 A-2 관리자 초기 화면



그림 A-3 로그인 후 화면

3) Add User를 선택하면 사용자를 추가할 수 있다. <그림 A-4>

4) Delete User를 선택하면 사용자를 삭제할 수 있다. <그림 A-5>



그림 A-4 사용자 추가화면



그림 A-5 사용자 삭제 화면

5) User Modify를 선택하면 기존 사용자 정보를 수정할 수 있다. <그림 A-6>에서와 같이 사용자별 개인정보와 함께 관리자 측면의 사용자 등급관리 또한 가능하도록 설정되었다.



그림 A-6 사용자 정보변경

나. 데이터베이스 관리

본 연구에서 개발한 시스템은 원격지에서 데이터베이스의 입출력이 가능하도록 설계되었다. 데이터베이스 관리자는 현장에서 취득한 수질관련 정보를 무선인터넷 등을 통해 실시간으로 시스템에 접속하여 갱신할 수도 있다. 데이터베이스는 관리자 권한이 있는 사용자만이 접속할 수 있다. 보안을 유지하고 임의 수정을 방지하기 위해 DB 관리에서도 사용자 로그인을 필요로 한다.

1) <그림 A-7>은 데이터베이스 관리자 접속 초기화면이다.

2) 사용자 로그인 후에는 테이블 리스트를 볼 수 있다(그림 A-8). 관리자는 수정 혹은 갱신하고자 하는 테이블을 선택할 수 있다.



그림 A-7 DB관리자 화면



그림 A-8 데이터 리스트

3) 각 항목을 선택하면 데이터 수정 및 추가입력 그리고 삭제를 한 화면에서 수행할 수 있다. <그림 A-9>, <그림 A-10>

4) 단, 데이터 입력 시 Null 값은 허용하지 않는다.



그림 A-9 데이터 수정



그림 A-10 데이터 추가입력

2. 오염원 정보

가. 오염원

초기화면에서 ‘오염원 정보’를 선택하면 행정구역별, 혹은 배수구역별로 점오염원과 비점오염원을 구분하여 다시 각각 해당년도별 현황정보를 확인할 수 있다.

1) <그림 A-11>는 점 오염원 현황자료 중 하나인 경천저수지 유역의 인구현황을 행정구역별로 조회한 2001년도 자료이다.

행정구역	배수구역	인구
양곡면	양곡	279
문성면	문성	305
유곡면	유곡	311
유곡면	유곡	300
유곡면	유곡	311
유곡면	유곡	300
유곡면	유곡	311
유곡면	유곡	300
유곡면	유곡	311
유곡면	유곡	300

그림 A-11 인구(행정구역별)

2) <그림 A-12>는 경천저수지 유역의 축산현황을 행정구역별로 조회한 화면이다.

행정구역	종목	축수	우지	우지	우지	우지
경천면	우지	1	1113	0	10000	10000
경천면	우지	1	993	0	9000	9000
경천면	우지	1	983	0	8900	8900
경천면	우지	1	973	0	8800	8800
경천면	우지	1	963	0	8700	8700
경천면	우지	1	953	0	8600	8600
경천면	우지	1	943	0	8500	8500
경천면	우지	1	933	0	8400	8400
경천면	우지	1	923	0	8300	8300
경천면	우지	1	913	0	8200	8200
경천면	우지	1	903	0	8100	8100
경천면	우지	1	893	0	8000	8000
경천면	우지	1	883	0	7900	7900
경천면	우지	1	873	0	7800	7800
경천면	우지	1	863	0	7700	7700
경천면	우지	1	853	0	7600	7600
경천면	우지	1	843	0	7500	7500
경천면	우지	1	833	0	7400	7400
경천면	우지	1	823	0	7300	7300
경천면	우지	1	813	0	7200	7200
경천면	우지	1	803	0	7100	7100
경천면	우지	1	793	0	7000	7000
경천면	우지	1	783	0	6900	6900
경천면	우지	1	773	0	6800	6800
경천면	우지	1	763	0	6700	6700
경천면	우지	1	753	0	6600	6600
경천면	우지	1	743	0	6500	6500
경천면	우지	1	733	0	6400	6400
경천면	우지	1	723	0	6300	6300
경천면	우지	1	713	0	6200	6200
경천면	우지	1	703	0	6100	6100
경천면	우지	1	693	0	6000	6000
경천면	우지	1	683	0	5900	5900
경천면	우지	1	673	0	5800	5800
경천면	우지	1	663	0	5700	5700
경천면	우지	1	653	0	5600	5600
경천면	우지	1	643	0	5500	5500
경천면	우지	1	633	0	5400	5400
경천면	우지	1	623	0	5300	5300
경천면	우지	1	613	0	5200	5200
경천면	우지	1	603	0	5100	5100
경천면	우지	1	593	0	5000	5000
경천면	우지	1	583	0	4900	4900
경천면	우지	1	573	0	4800	4800
경천면	우지	1	563	0	4700	4700
경천면	우지	1	553	0	4600	4600
경천면	우지	1	543	0	4500	4500
경천면	우지	1	533	0	4400	4400
경천면	우지	1	523	0	4300	4300
경천면	우지	1	513	0	4200	4200
경천면	우지	1	503	0	4100	4100
경천면	우지	1	493	0	4000	4000
경천면	우지	1	483	0	3900	3900
경천면	우지	1	473	0	3800	3800
경천면	우지	1	463	0	3700	3700
경천면	우지	1	453	0	3600	3600
경천면	우지	1	443	0	3500	3500
경천면	우지	1	433	0	3400	3400
경천면	우지	1	423	0	3300	3300
경천면	우지	1	413	0	3200	3200
경천면	우지	1	403	0	3100	3100
경천면	우지	1	393	0	3000	3000
경천면	우지	1	383	0	2900	2900
경천면	우지	1	373	0	2800	2800
경천면	우지	1	363	0	2700	2700
경천면	우지	1	353	0	2600	2600
경천면	우지	1	343	0	2500	2500
경천면	우지	1	333	0	2400	2400
경천면	우지	1	323	0	2300	2300
경천면	우지	1	313	0	2200	2200
경천면	우지	1	303	0	2100	2100
경천면	우지	1	293	0	2000	2000
경천면	우지	1	283	0	1900	1900
경천면	우지	1	273	0	1800	1800
경천면	우지	1	263	0	1700	1700
경천면	우지	1	253	0	1600	1600
경천면	우지	1	243	0	1500	1500
경천면	우지	1	233	0	1400	1400
경천면	우지	1	223	0	1300	1300
경천면	우지	1	213	0	1200	1200
경천면	우지	1	203	0	1100	1100
경천면	우지	1	193	0	1000	1000
경천면	우지	1	183	0	900	900
경천면	우지	1	173	0	800	800
경천면	우지	1	163	0	700	700
경천면	우지	1	153	0	600	600
경천면	우지	1	143	0	500	500
경천면	우지	1	133	0	400	400
경천면	우지	1	123	0	300	300
경천면	우지	1	113	0	200	200
경천면	우지	1	103	0	100	100
경천면	우지	1	93	0	0	0
경천면	우지	1	83	0	0	0
경천면	우지	1	73	0	0	0
경천면	우지	1	63	0	0	0
경천면	우지	1	53	0	0	0
경천면	우지	1	43	0	0	0
경천면	우지	1	33	0	0	0
경천면	우지	1	23	0	0	0
경천면	우지	1	13	0	0	0
경천면	우지	1	3	0	0	0
경천면	우지	1	0	0	0	0

그림 A-12 축산(행정구역별)

3) <그림 A-13>은 경천저수지유역의 토지이용현황을 행정구역별로 조회한 화면이다.

행정구역	종목	축수	우지	우지	우지	우지
경천면	우지	1	1000	1000	1000	1000
경천면	우지	1	900	900	900	900
경천면	우지	1	800	800	800	800
경천면	우지	1	700	700	700	700
경천면	우지	1	600	600	600	600
경천면	우지	1	500	500	500	500
경천면	우지	1	400	400	400	400
경천면	우지	1	300	300	300	300
경천면	우지	1	200	200	200	200
경천면	우지	1	100	100	100	100
경천면	우지	1	0	0	0	0

그림 A-13 토지이용현황(행정구역별)



그림 A-15 배출부하량 산정

다. 부하량

1) <그림 A-16>는 부하량 산정방법을 기준으로 행정구역별 인구에 대하여 환경부 고시자료로 계산한 발생 부하량과 배출 부하량을 데이터베이스에 저장하고 이를 조회한 화면이다.

행정구역	인구(명)	배출부하량		배출부하량	
		인구	배출	인구	배출
서울특별시	1	2,215	2,215	2,215	2,215
경기도	2	2,215	2,215	2,215	2,215
충청남도	3	2,215	2,215	2,215	2,215
충청북도	4	2,215	2,215	2,215	2,215
경상남도	5	2,215	2,215	2,215	2,215
경상북도	6	2,215	2,215	2,215	2,215
전라남도	7	2,215	2,215	2,215	2,215
전라북도	8	2,215	2,215	2,215	2,215
강원도	9	2,215	2,215	2,215	2,215
제주도	10	2,215	2,215	2,215	2,215
합계	100	22,150	22,150	22,150	22,150

그림 A-16인구(행정구역별)

3. 수질정보

저수지 수질·하천 수질·기상정보·저수지 제원 등의 자료를 조회할 수 있는 메뉴항목이 바로 수질 정보이다. 환경부에서 측정한 경천지 1, 2 수질측정지점 자료와 승치곡천, 수락천, 화평천 등의 경천저수지로 유입되는 지천들의 수질현황 정보를 조회할 수 있다.

가. 저수지 수질

1) <그림 A-19>는 경천저수지내의 수질 측정지점 위치를 나타낸 화면이다. 댐 앞의 경천지 1지점과 먹머리골의 경천지 2지점의 위치가 표시되어 있다.

2) 저수지 수질 측정 자료는 2000년도에서 2003년도 까지 자료를 수집하여 데이터베이스를 구축하였다. <그림 A-2>는 저수지 댐 앞의 경천지 1 지점의 2000년도 수질항목별 측정자료를 조회한 화면이다.



그림 A-19 각 지점별 위치안내

2) <그림 A-22>는 경천저수지 유역의 유입하천중 작은황골(A1) 지점의 수질항목별 수질측정 자료를 조회한 화면이다.

구분	구분	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출	유입	유출
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012
1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013
1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014
1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1015
1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016	1016
1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017	1017
1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018	1018
1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019	1019
1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020

그림 A-22 경천 A1지점(2000년) 수질측정자료 조회

다. 기상 정보

1) <그림 A-23>은 경천저수지 유역의 2000년도 기상자료를 조회한 화면이다.

구분	기온(℃)	습도(%)	풍속(m/s)	풍향(도)	강수량(mm)	일사량(kWh)	기압(hPa)
1000	4.0	28.2	1.7	98.0	100.0		
1001	4.1	4.1	1.4	98.0	99.7		
1002	4.1	31.1	1.8	98.0	100.0		
1003	11.0	44.8	2.7	97.0	100.7		
1004	18.7	37.7	2.7	97.0	100.9		
1005	21.7	40.3	1.7	97.0	101.1		
1006	28.7	38.1	1.8	97.0	101.0		
1007	28.8	29.7	1.8	97.0	101.0		
1008	28.8	29.8	1.8	97.0	101.0		
1009	28.8	30.3	1.8	97.0	101.0		
1010	28.8	30.3	1.8	97.0	101.0		
1011	4.0	30.5	1.4	98.7	100.1	44.8	
1012	2.7	14.5	1.5	98.0	99.8	92.0	

그림 A-23 기상정보(2000년) 조회

라. 저수지 시설 제원

1) <그림 A-24>는 경천저수지의 시설제원에 관한 자료를 조회한 화면이다.

구분	경천저수지	단위	
저수면적	313	ha	
저수용	26,345	천㎥	
연수면적	3,781	ha	
유역면적	직접유역	8,481	ha
	간접유역	3,985	ha
유출고위	12.75	m	
보통구로	북방2(이동로)	22.1	m
	북방3(대(연장))	28.1	m
보통연노	333.2	100m	
연노구경	평균 3.5m	m	
비고	본부상 경천면 경천		




그림 A-24 경천저수지 시설제원

4. 수질모델링

가. 시뮬레이션 절차

- 1) <그림 A-25> 시뮬레이션을 수행하기 위한 초기화면이다.
- 2) <그림 A-26>는 시뮬레이션 결과 분석을 위한 Wasp Builder를 소개하고 있다.



그림 A-25 Wasp 5 초기화면



그림 A-26 Wasp Builder 다운로드

시뮬레이션을 수행할 wasp input파일을 작성한다. 일반적으로 input파일은 메모장이나 전문 텍스트 편집기를 이용해 작성할 수 있다.

3) <그림 A-27>은 시뮬레이션 서비스에 로그인 한 화면이다.

4) <그림 A-28>은 클라이언트 측에서 해당 파일을 업로드한 화면이다. 모델링에 사용될 input 파일은 클라이언트 측에서 수정할 수 있도록 되어 있으며, 수정이 완료된 파일은 서버로 업로드하여 시뮬레이션을 수행한다. 단 input 파일 작성시 파일 이름은 반드시 5~8자 이내의 영문이름을 사용해야 한다.



그림 A-27 Wasp 5 로그인 화면



그림 A-28 input 파일 선택

5) <그림 A-29>는 결과화면이다. 결과물로는 다시 한 개의 input파일과 네 개의 output 파일을 출력해 준다. 결과화면은 다운로드 및 직접 확인(그림 A-30)이 가능하다.



그림 A-29 시뮬레이션 결과 화면



그림 A-30 시뮬레이션 결과(Lake.EDF)

5. 전문가시스템

가. 전문가 시스템 실행 절차와 예

전문가 시스템은 운용에 필요한 데이터를 사용자가 입력해야 하는 부분과 최종 결과를 사용자에게 보여주기 위한 두 부분으로 구성되어 있다. 전문가시스템의 실행흐름에 따라 예를 보이면 다음과 같다.

1) 전문가시스템 시작 및 대상저수지 선택

처음 전문가시스템을 실행하면 화면은 <그림 A-31>과 같다. '다음' 버튼을 누르면 사용자 입력이 시작되며, 본 전문가시스템의 모든 사용자 인터페이스 화면은 '다음' 버튼을 누름으로써 입력이 완료된다.

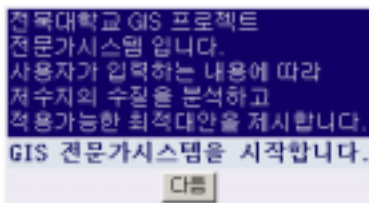


그림 A-31 전문가 시스템 시작

그림 A-32 대상 저수지 선택

<그림 A-32>와 같이 전문가시스템을 실행하기 위해서는 가장 먼저 분석을 실시할 대상저수지를 입력해야 한다. 입력은 데이터베이스에 저장되어 있는 모든 저수지들에 대하여 콤보 박스를 통해 확인할 수 있다. 콤보 박스의 오른쪽에 있는 화살표를 클릭하면 아래쪽 방향으로 저수지의 이름들이 내려오는데 이 중에서 분석하고자 하는 저수지 이름을 선택하고 '다음' 버튼을 누르면 입력이 완료된다. 위의 예에서는 경천(Kyeong Chun) 저수지를 입력하였다.

2) 분석대상 낱자 선택 및 목표수질 입력

분석대상저수지를 선택하고나면 대상저수지의 정보 중에서 어느 낱자의 정보를 분석

할 것인지 선택해야 한다. 대상저수지의 정보는 월별로 저장되어 있으며 다음 네 번째 단계에서 선택한 날짜의 수질정보를 확인할 수 있다. 단, 전문가시스템의 수질분석과 대안선정에서 사용하는 기본 날짜 단위는 연(year)이므로 참고하여야 한다. 위의 예에서는 2003년 12월의 정보를 선택하였다.

그림 A-33 분석 대상 날짜 입력

그림 A-34 목표수질 입력

<그림 A-34>와 같이 수질개선을 위한 대안생성과 최적대안선정을 위해 반드시 목표수질이 입력되어야 한다. 목표수질은 사용자가 원하는 수준의 COD값을 직접 키보드를 이용하여 입력하여야 한다. 현 단계에서는 이전 단계까지 입력한 정보를 보여주게 되는데, 사용자는 이 정보를 참조하여 원하는 목표수질을 정하면 된다.

3) 분석시작 및 저수지의 영양상태 분석결과 확인

분석을 시작하기 전에 마지막으로 사용자는 지금까지 입력한 내용을 확인하게 된다. 현재까지의 입력이 이상이 없으면 '다음' 버튼을 눌러 분석을 시작한다. 이 단계에서는 버튼을 누르면 여러 웹 페이지가 한꺼번에 실행되므로 다음 화면이 뜰 때까지 시간지체가 발생할 수 있다.

분석 시작	
대상 저수지	KyeongChun
현재 연월	2003-12-01
COD 기준목표수질	0.1
<input type="button" value="다음"/>	

그림 A-35 분석 시작

저수지의 영양상태	
중부영양상태	EUTRO
0.731	Total Nitrogen
0.09	Total Phosphorus
0.1222222222222222	TN/TP비
<input type="button" value="다음"/>	

그림 A-36 영양상태 결과확인

대상저수지의 영양상태에 대하여 사용자가 선택한 날짜의 정보를 분석한 결과이다. 해당 날짜의 저수지 영양상태를 보여주는데, 사용자의 입력이 없는 단순한 결과화면이다. 이 예에서는 분석결과, 저수지의 영양상태는 중부영양상태임을 알 수 있다. 이 단계에서도 여러 웹페이지 실행으로 인해 시간지체가 발생할 수 있다.

4) 저수지의 관리유형 분석결과 확인

대상저수지에 대한 관리는 어떤 유형을 따르는가에 대한 분석결과이다. 데이터베이스로부터 ST/WS비와 Chl-a, 그리고 COD값을 토대로 관리유형을 판단하게 된다. 위 예에서의 결과는 C-유역정비형이다. 다음 단계는 대안생성을 위해 한꺼번에 실행되는 페이지수가 가장 많은 단계이므로 사용자는 화면이 멈출 때까지 대기하여야 한다.

분석대상저수지에 대하여 분석한 결과, 관리유형은 다음과 같습니다.	
C-유역정비형	관리유형
7.9455	ST/WS
26	염록소-a
9	Chemical Oxygen Demand
<input type="button" value="다음"/>	

그림 A-37 관리유형 분석결과 확인

5) AHP 선호도 입력

데이터베이스의 정보를 토대로 가능한 모든 대안을 생성한 후 시뮬레이션 검증을 통해 사용자가 입력한 목표수질을 만족하는 대안들만 보여주게 된다. 사용자는 화면에 보이는 대안들을 참조하여 각 대안 번호에 맞게 선호도를 입력한다. 화면에 보이는 모든 기준항목에 대하여 일관성있는 선호도를 입력해야만 최적의 대안을 선정할 수 있다.

대상권 대안정보						
대안번호	유역이름	공법	아이디	결과 TN	결과 TP	결과 BOD
1	B4	M3		0.0420704	0.00297213	0.0603056
2	B4	M1		0.0420704	0.00297213	0.0603056
3	B4	M2		0.0420704	0.00297213	0.0603056
4	B3	M3		0.0420704	0.00297213	0.0603056
5	B3	M1		0.0420704	0.00297213	0.0603056
6	B3	M2		0.0420704	0.00297213	0.0603056

대안간 선호도 입력						
기준항목 : 시설장차비						
	1	2	3	4	5	6
1	1	3	5	7	5	3
2	0.3333	1	5	5	5	3
3	0.2	0.3333	1	1	1	1
4	0.1428	0.2	1	1	5	7
5	0.2	0.2	1	0.2	1	7
6	0.3333	0.3333	1	0.1428	0.1428	1

다음

기준항목 : 효과						
	1	2	3	4	5	6
1	1	7	5	5	3	3
2	0.1428	1	5	3	3	7
3	0.2	0.2	1	5	3	3
4	0.2	0.3333	0.2	1	1	1
5	0.3333	0.3333	0.3333	1	1	1
6	0.3333	0.1428	0.3333	1	1	1

다음

기준항목 : 초기비용						
	1	2	3	4	5	6
1	1	3	5	5	3	1
2	0.3333	1	5	3	3	1
3	0.2	0.2	1	7	5	3
4	0.2	0.3333	0.1428	1	5	3

그림 A-38 AHP선호도 입력

6) 최종결과 확인

전문가시스템 최종결과는 다음과 같습니다.

대상 저수지	KyeongChun		
현재 연월	2003-12-01	수질예측년도	2003-12-01
영양상태 :	중부영양상태	관리유형 :	C-유역정비형
	현재수질	목표수질	실행결과
TN :	0.731		0.0420704
TP :	0.09		0.00297213
COD :	9	0.1	0.087882
BOD :	7.2	0.08	0.0703056

선정된 최적대안에 대한 세부내용은 결과테이블에 있습니다. 다음 버튼을 누르면 결과테이블 내용을 보여줍니다.

실행시간 : 2004-08-09 오전 2:37:53
 결과테이블 : CONCLUSION_2

다음

그림 A-39 최종 결과 확인

AHP기법의 실행이 끝나면 최종결과를 사용자에게 보여준다. 초기단계에 사용자가 선택한 날짜가 가리키는 수질정보와 사용자가 입력한 목표수질, 그리고 선정된 최적대안에 대하여 시뮬레이션을 실행한 결과를 보여준다. 그리고 본 전문가시스템은 실행 결과의 완전한 보존을 위하여 결과를 저장할 테이블을 만들며, 테이블 이름은 'CONCLUSION_(결과번호)' 의 형태로 정해진다. 이 테이블의 내용은 '다음' 버튼을 누르면 볼 수 있다. 위 예에서의 결과테이블 이름은 CONCLUSION_2 이다.

7) 선정된 최적대안에 대한 세부내용 확인 및 종료



그림 A-40 최종 결과 확인

결과 확인 마지막 단계로 선정된 최적대안의 세부내용을 보여준다. 대안에 포함되는 내용으로는, 해당유역과 적용공법, 그리고 시뮬레이션 실행결과가 있고 해당유역의 지도를 링크를 통하여 볼 수 있도록 하였다. 위 예에서 화면 상단에 '4년 유역 지도'를 클릭하면 해당 유역의 지도로 이동한다.



그림 A-41 전문가 시스템 종료

세부 내용까지 확인하면 전문가시스템을 종료하게 되는데, '다음' 버튼을 누르면 전문가시스템 최초화면(1. 전문가시스템 시작)으로 이동한다.

6. 지리정보시스템

가. WIMGIS 접속 및 초기화면

1) WIMGIS를 실행하기 위한 초기화면이다. <그림 A-42>



그림 A-42 지리정보시스템 접속 초기화면

2) WIMGIS 화면 상단에 지도창의 뷰를 조정하거나 간단한 공간분석을 실행할 수 있는 도구막대를 배치하였다. <그림 A-43 >



그림 A-43 도구막대

3) 초기화면의 WIMGIS 로고를 클릭하거나 도구막대에서 도움말 항목을 선택하면 WIMGIS 운용방법 및 도구막대의 사용법을 볼 수 있다. 시스템 관리자의 주소와 링크가 보인다. <그림 A-44 >



그림 A-44 관리자 주소 및 도움말 항목

4) 도움말 항목에는 도구막대에 위치한 각 도구들에 대한 설명이 링크되어 있다. 확대도구와 지점좌표획득 도구를 예로 보였다. <그림 A-45>, <그림 A-46>, <그림 A-47>

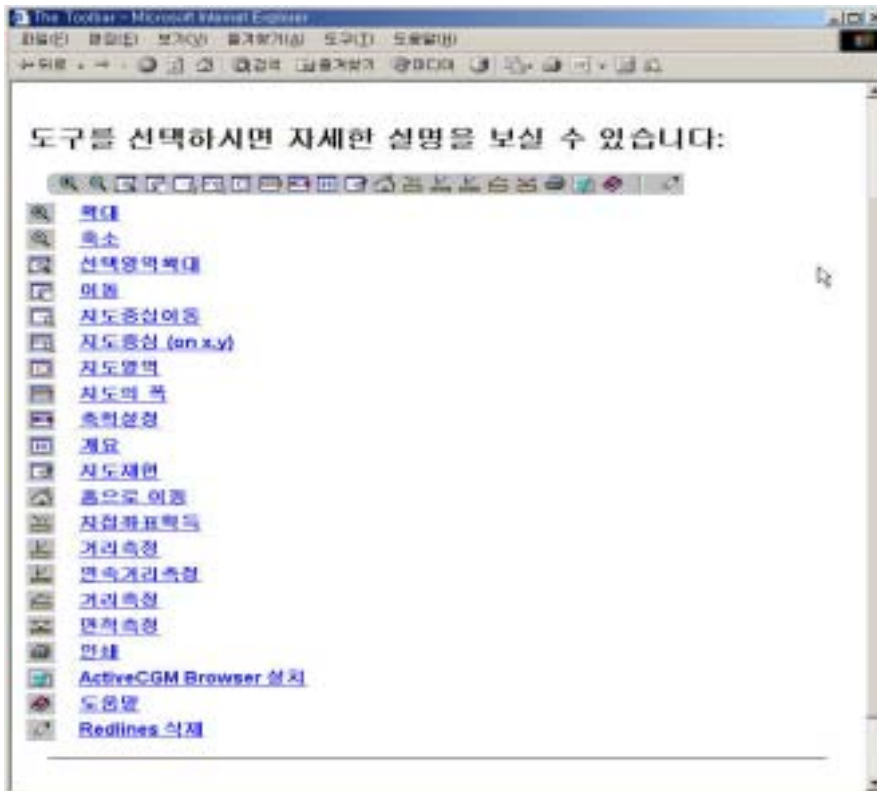


그림 A-45 도구막대 항목별 부연 설명

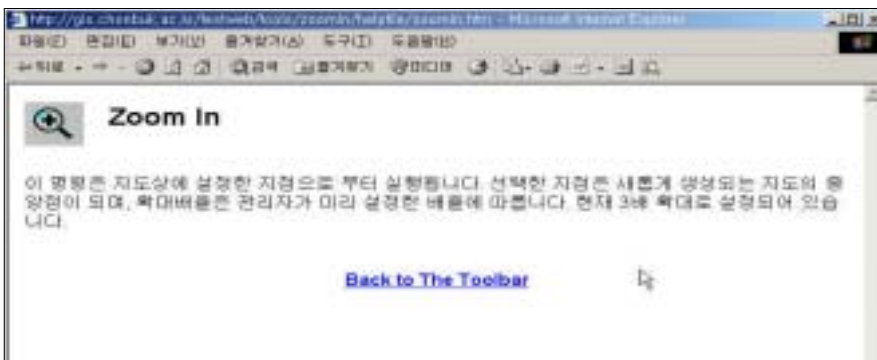


그림 A-46 확대도구 도움말

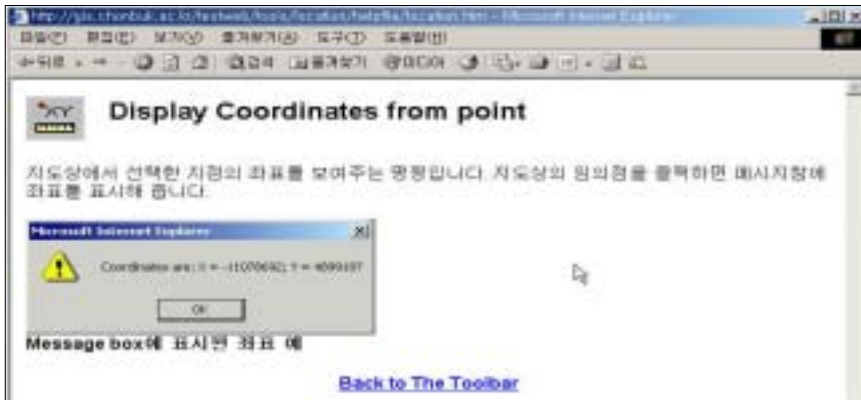


그림 A-47 측정지점 좌표 출력 도구 도움말

5) 행정구역 정보를 조회하기 위한 화면이다. <그림 A-48>

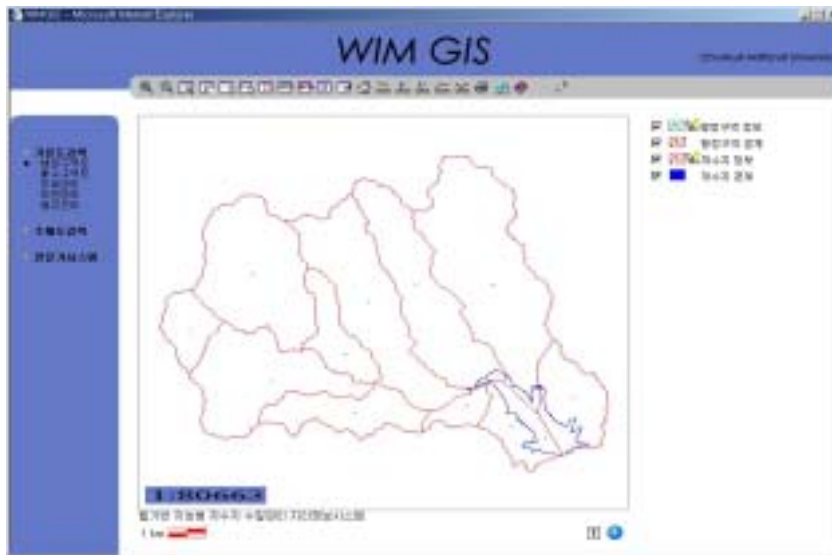


그림 A-48 측정지점 좌표 출력 도구 도움말

6) 지도상의 행정구역 정보 대표점에 마우스 포인트를 올리면 해당 속성이 툴팁(풍선 도움말) 형태로 보이게 된다.<그림 A-49>



그림 A-49 행정구역정보 조회 툴팁 표시

7) 툴팁이 보이는 중에 대표점을 클릭하면 새 창이 열리면서 행정구역정보 속성 테이블에 링크되어 있던 데이터 값을 보여준다. <그림 A-50>



그림 A-50 측정지점 좌표 출력 도구 도움말

8) 행정구역정보 정보가 로드된 상태에서 도구막대의 확대도구를 선택하여 다시 지도상의 일점을 선택하면 그 점을 중심으로 3배 확대해 보여준다. <그림 A-51>

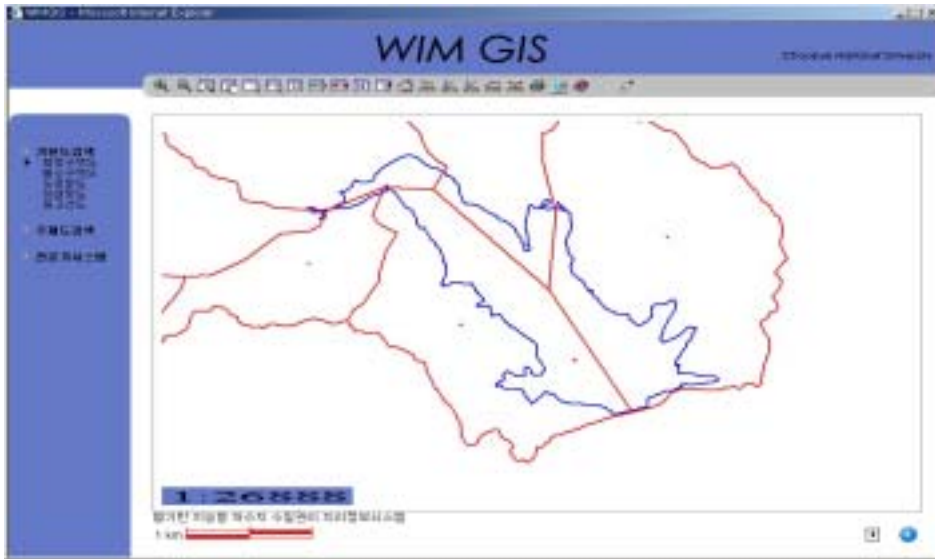


그림 A-51 선택지점 확대 화면

9) 배수구역정보 정보를 로드할 때 현재 창에 보이는 개체들의 위치에 새로운 개체정보를 추가해서 보여줄 지를 묻는 메시지 창이 열린다<그림 A-52 >. 확인을 선택하면 현재 화면의 개체위치에 새로운 정보를 로드해 준다. 취소를 선택하면 관리자가 미리 설정한 배수구역도가 열리게 된다. <그림 A-53 >

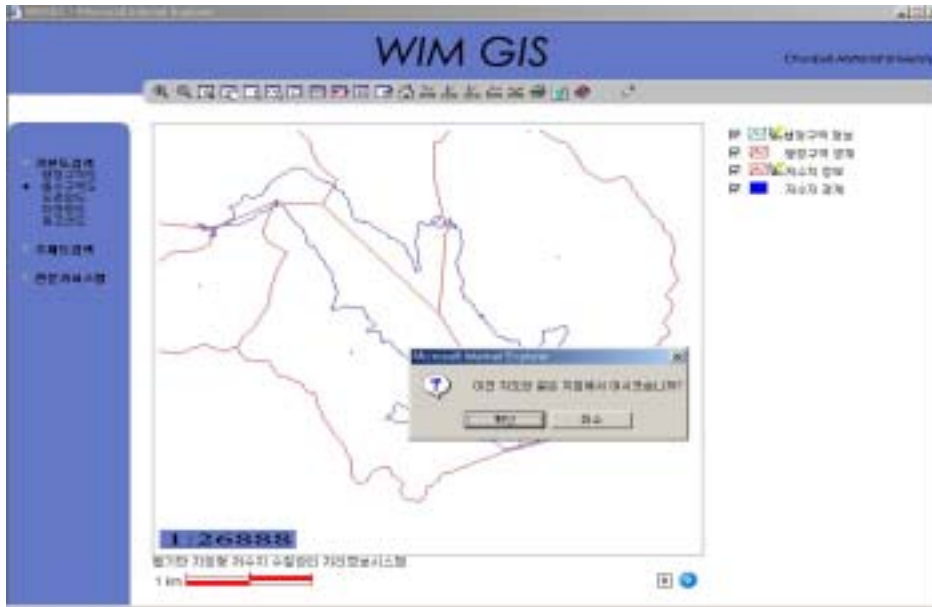


그림 A-52 이전위치에서 지도출력 확인창

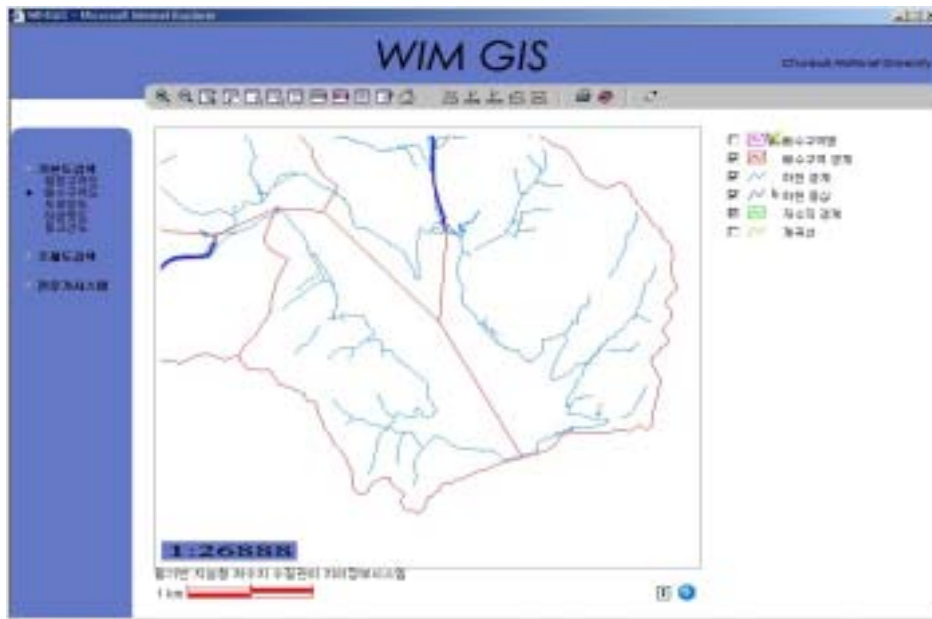


그림 A-53 배수구역 지리정보 조회 화면

10) 배수구역도의 범례 창에서 계곡선 항목을 체크하면 현재 화면에 계곡선 레이어를 함께 보여준다. 마찬가지로 배수구역명 항목을 체크하고 배수구역 명칭을 조회할 수 있다. <그림 A-54>, <그림 A-55>



그림 A-54 계곡선 항목 추가 조회화면

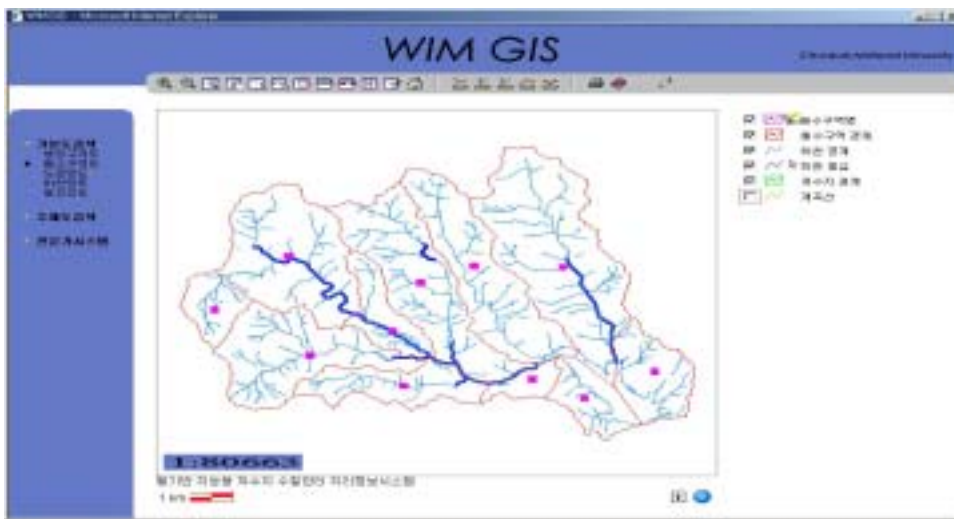


그림 A-55 배수구역 정보 대표점 추가 조회화면

11) 지도의 확대 축소 이동은 관리자의 설정내용에 따라 달라질 수 있다. 다음 <그림 A-56>는 배수구역도의 우측하단에 치우쳐 위치한 배수구역명 대표점에 대해 먼저 툴팁을 보여주어 속성정보를 확인하게 한 것이다. <그림 A-57 >은 대표점을 클릭했을 때 화면의 중앙으로 대표점을 이동시키며 지도를 갱신해준 화면이다.



그림 A-56 배수구역 정보 툴팁 표시(우측하단)

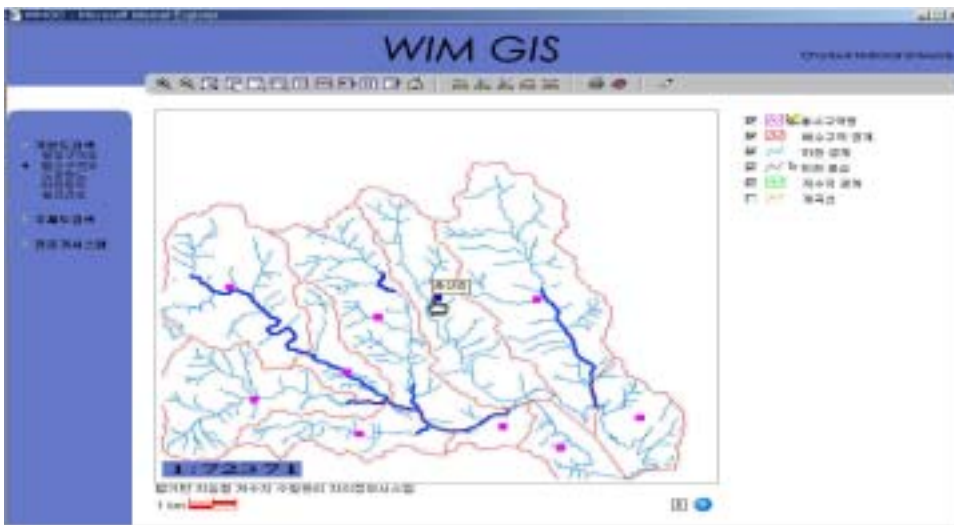


그림 A-57 선택점 중심으로 이동 갱신화면

12) 도로망도의 검색 화면이며 도로중심 레이어를 선택해서 속성정보를 확인할 수 있다. <그림 A-58>, <그림 A-59>

13) 하천망도 역시 같은 방법으로 속성정보를 확인할 수 있다. <그림 A-60 >



그림 A-58 도로망도 검색 화면



그림 A-59 도로망도 속성테이블 검색 화면

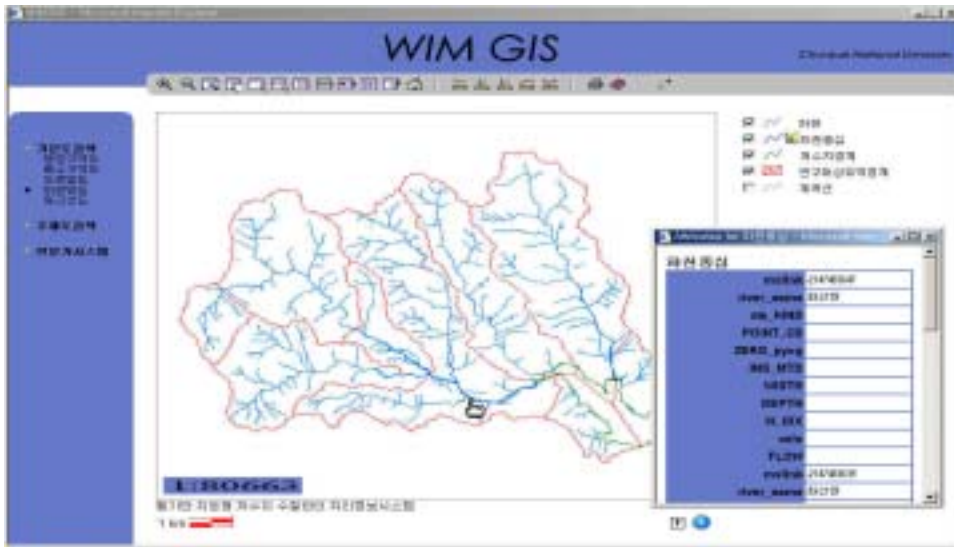


그림 A-60 하천망도 속성테이블 검색화면

14) 다른 레이어와 달리 등고선 레이어는 데이터의 양이 매우 크다. 그러므로 인터넷 전송에 많은 시간이 걸리며 시스템에 과부하를 주는 경우가 발생 할 수 있다. 이처럼 데이터의 크기가 상대적으로 큰 레이어는 축척에 따라 화면에 보이도록 조정이 가능하다. 다음 <그림 A-61 >에서 등고선도의 검색 화면이며 범례의 주곡선 체크창이 비선택 상태임을 알 수 있다. 다음 <그림 A-62>은 범례의 주곡선 체크창 하단에 스케일이 1:20,000 이상의 대축척에서 활성화 되도록 설정되어 있음을 확인할 수 있다. 도구막대 중에서 축척별 지도생성을 선택하여 1:20,000 이상으로 대축척 값을 입력하면 주곡선 창이 활성화되며 화면에 계곡선과 함께 주곡선도 표시된다.

15) <그림 A-63 >과 <그림 A-64 >는 축척도구 선택과 축척값 입력화면이다.

16) <그림 A-65 >은 계곡선과 함께 표시된 주곡선도 화면이다.

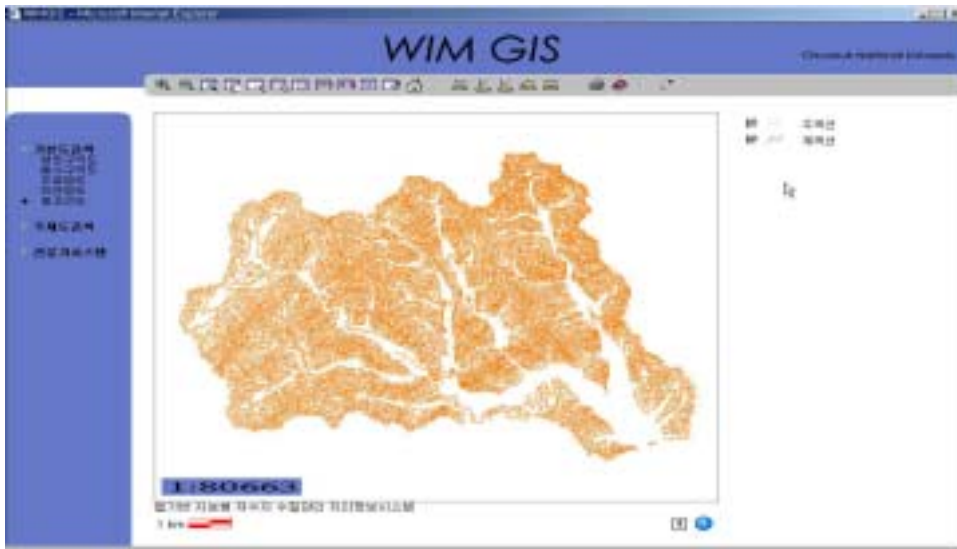


그림 A-61 등고선도 검색 화면

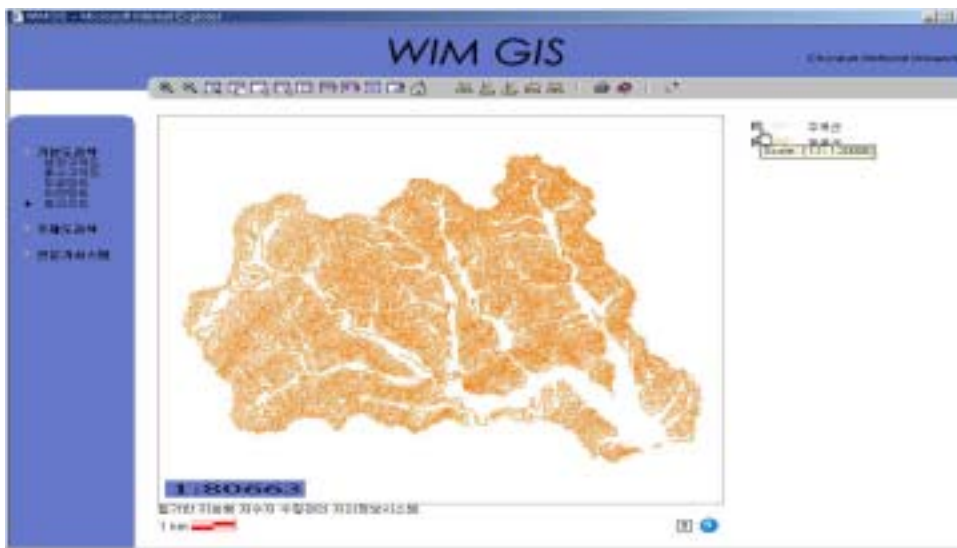


그림 A-62 등고선도 주고선 표시 스케일

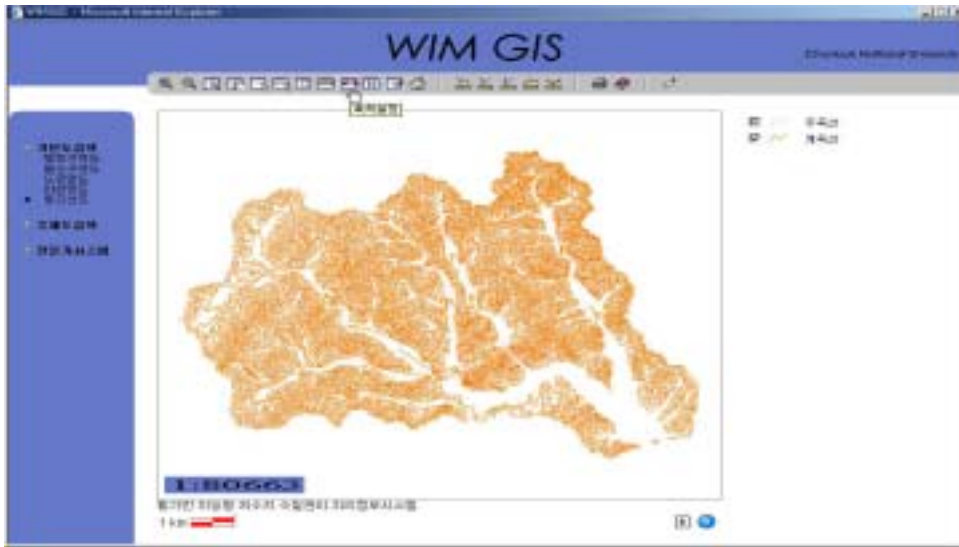


그림 A-63 축척설정 화면갱신

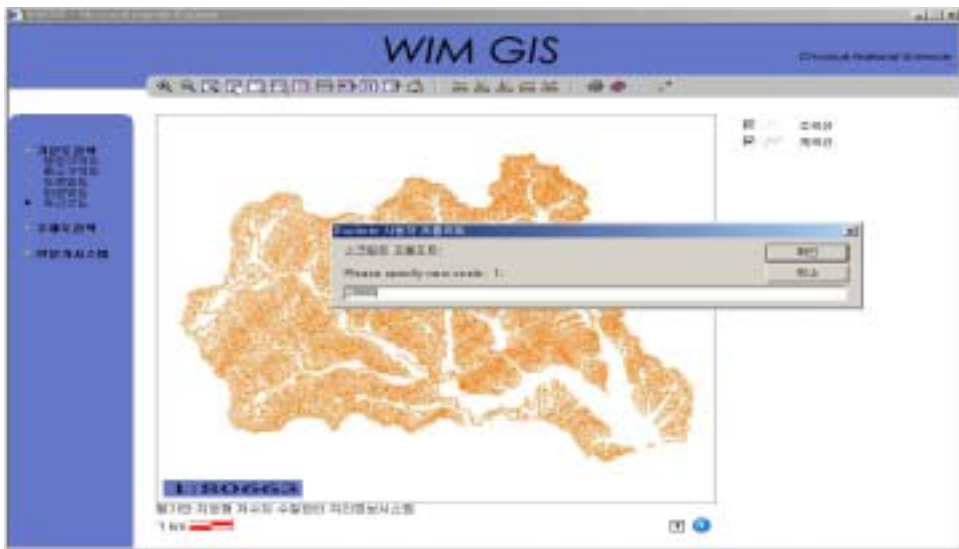


그림 A-64 축척값 입력창

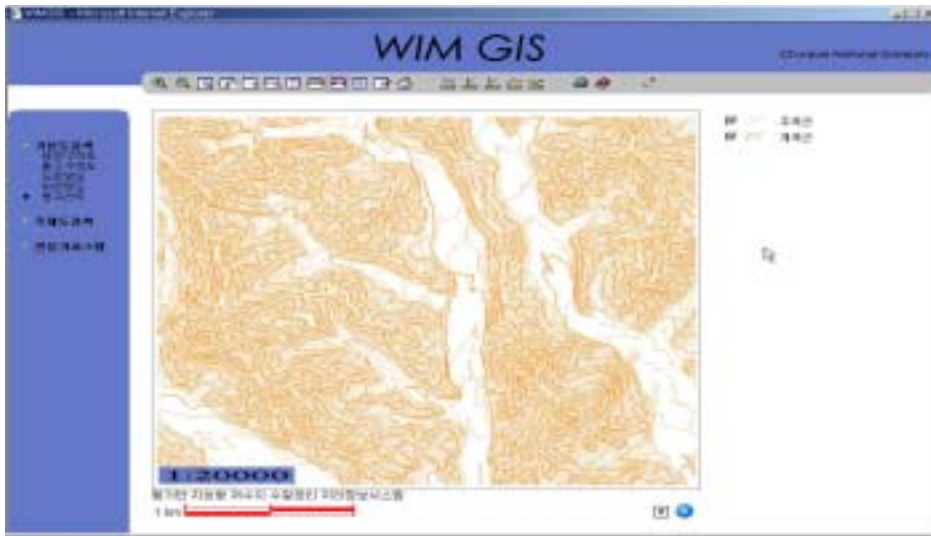


그림 A-65 선택 축척으로 화면 갱신과 주곡선 표시

17) <그림 A-66>는 주제도 검색메뉴의 토지피복도 검색화면이다. 대상구역의 토지피복 상태를 레이어별로 검색할 수 있다. <그림 A-67>은 임야를 제외한 다른 레이어들의 화면이다.



그림 A-66 토지피복도 검색 화면

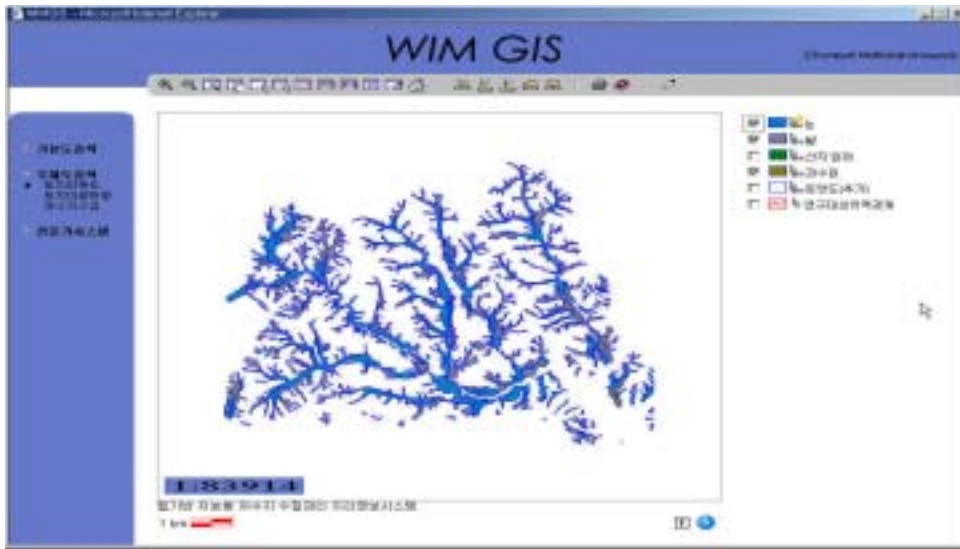


그림 A-67 토지피복도 레이어 선택화면

18) 토지피복도 화면에서 툴팁은 토양통 속성정보가 뜨게 설정되어 있다. 토양통 기호와 면적이 툴팁에 나타난다. <그림 A-68 >

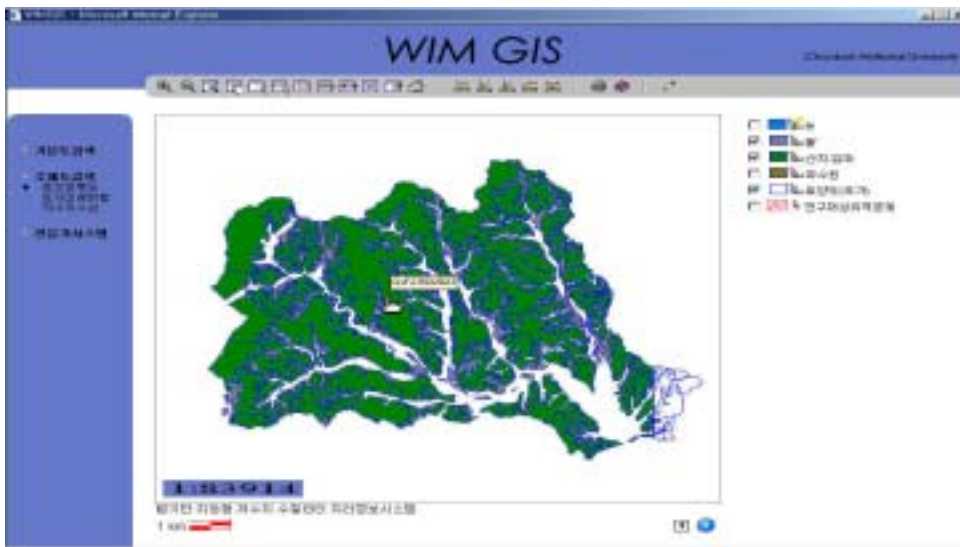


그림 A-68 토양통 속성정보 툴팁화면

19) <그림 A-69>는 토지이용도 화면이다. <그림 A-70>는 토지이용정보 대표점의 툴팁에 해당지목의 면적 속성정보가 보이도록 설정되어 있다. <그림 A-71>는 새 창에 속성 테이블을 보여준다.

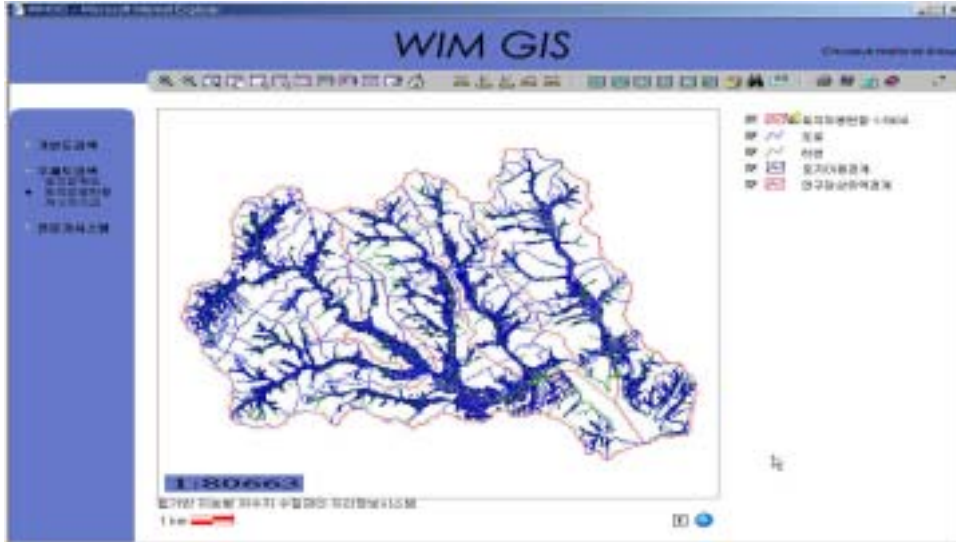


그림 A-69 토지이용도 검색 화면

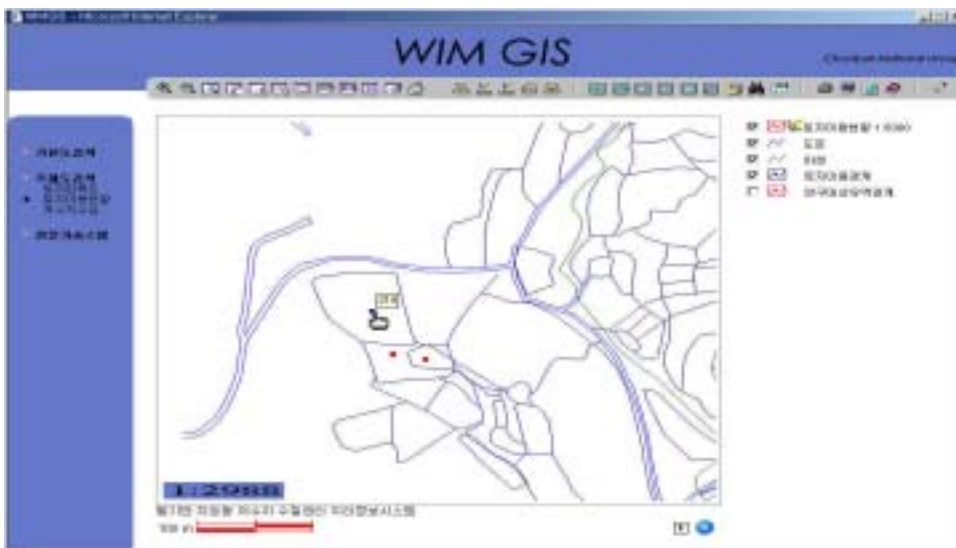


그림 A-70 토지이용도 대표점 툴팁 화면

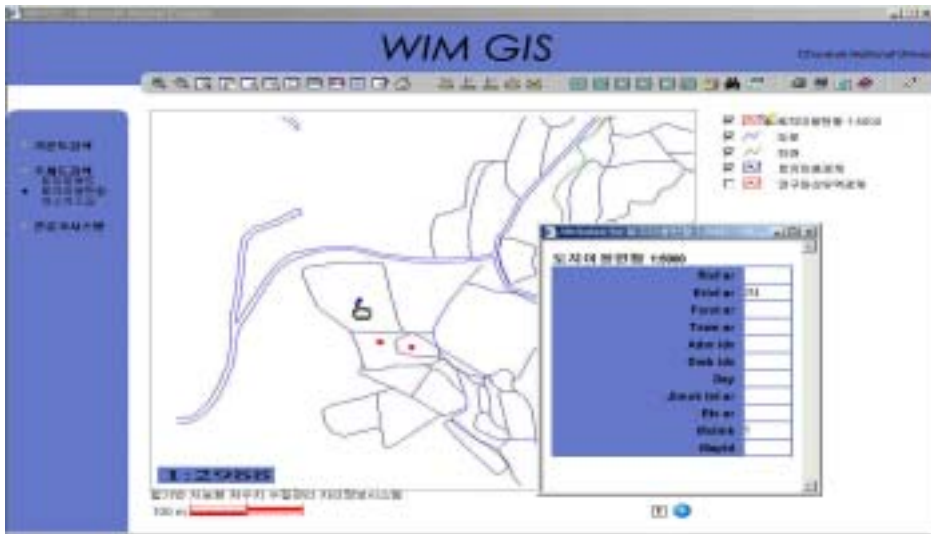


그림 A-71 토지이용도 속성테이블 검색 화면

20) <그림 A-72>는 저수지 수심도 화면이다. <그림 A-73, 74> 첫 화면에서 보이지 않던 수심측정지점이 스케일 조정 후 화면에 보인다. <그림 A-75>는 저수지 내 수심 측정 지점의 툴팁에 수심(고도)가 나타나도록 설정되어 있다.



그림 A-72 저수지 수심도 초기화면

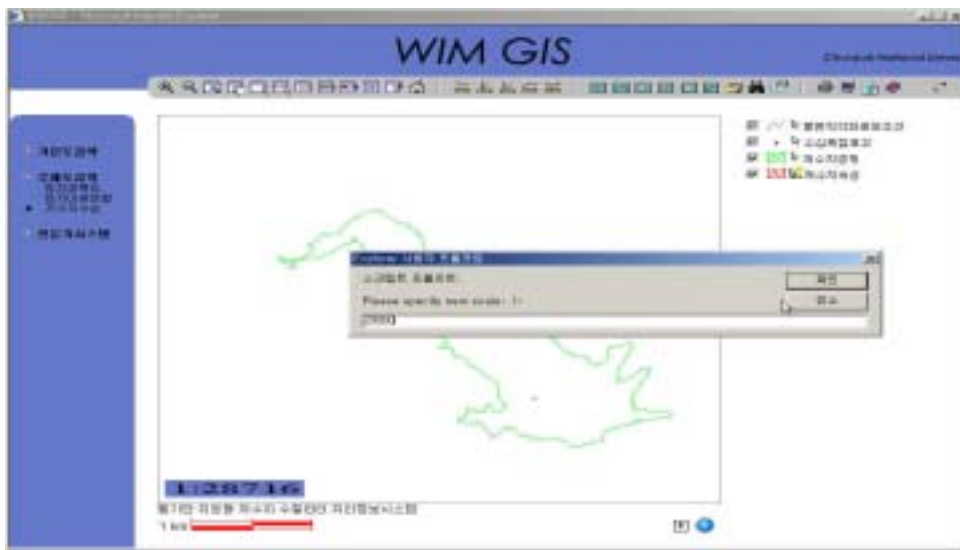


그림 A-73 수심도 표시 스케일 입력창

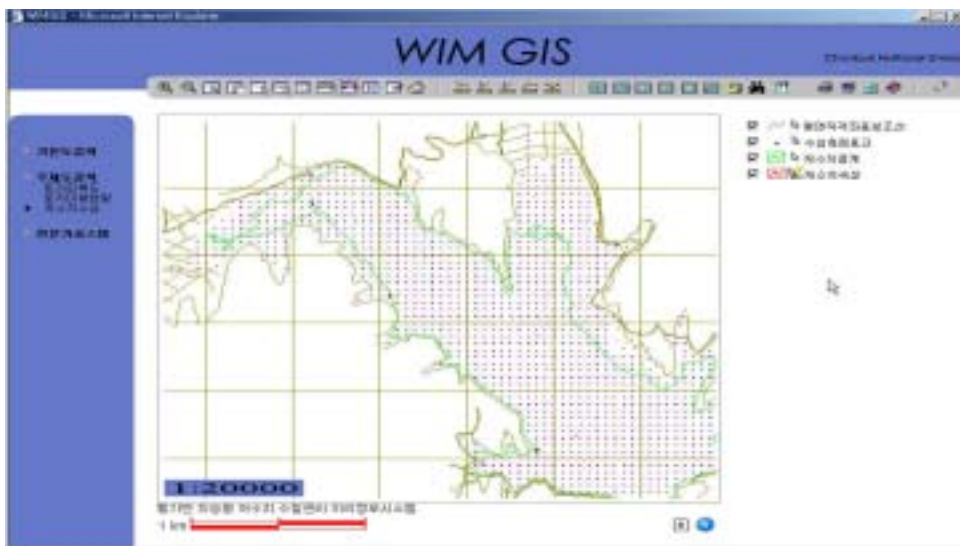


그림 A-74 저수지 수심도 표시

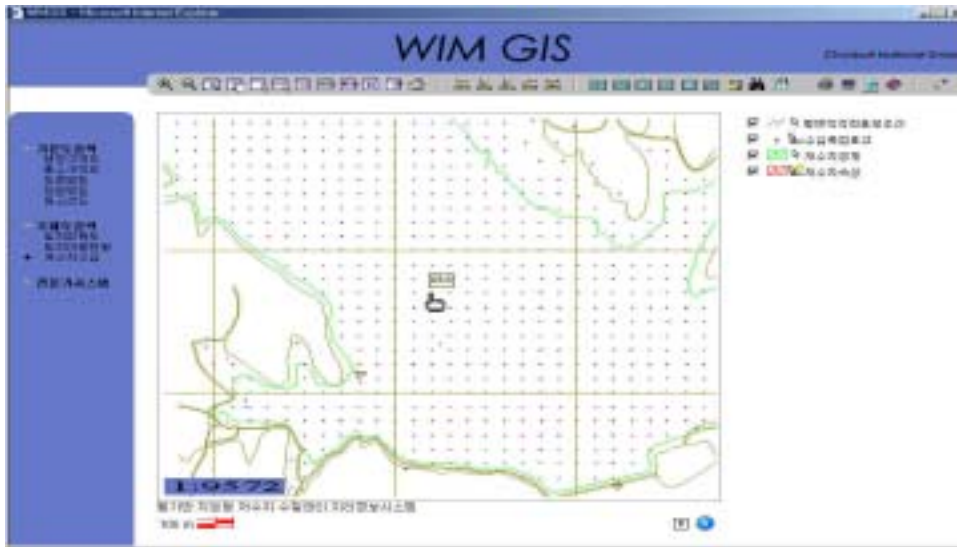


그림 A-75 선택점 수심표시 틀팁

21) <그림 A-76>은 수심 측정 지점간의 거리를 측정하는 화면이다. 임의점간의 거리 측정이 실시간으로 가능하다.



그림 A-76 선택점 중심으로 이동 갱신화면

22) <그림 A-77>은 수질모델링에 필요한 세그먼트 분할 정보 화면이다. 화면에서 각 세그먼트의 대표점을 클릭하면 전문가시스템과 수질모델링으로 연결된다.



그림 A-77 세그먼트 분할정보 검색 화면

<부록 B> 경천저수지 수질 자료

표 B-1 경천저수지 수질(2000년)

지점명	월별	수온 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (뱀앞)	1	2	8.4	13.5	2.2	2.8	3	4.7	1.5	0.365	0.251	0.647	0.03
	2	4	7.9	7.9	1.5	3.9	1.5	6.8	2.5	0.053	0.814	0.914	0.423
	3	16	7.4	9.5	1.4	4.3	2	6.6	1.8	0.016	0.266	0.331	0.007
	4	16	7.5	11.2	1.2	4.1	2.1	5.9	3.5	0.007	0.438	0.481	0.02
	5	23	8.6	11.1	1.2	4	2	5.7	2.5	0.338	0.288	0.676	0
	6	26	8.1	8.1	1.1	2.8	2.8	4.1	2.5	0.023	0.13	0.174	0.018
	7	28	9.3	9.1	2.2	4.9	6.5	16.1	2.5	0	0.507	0.87	0.063
	8	30	7.8	9.3	1.7	2.8	3.2	13.3	1.3	0.01	0.094	0.914	0.044
	9	22	9	7.6	1.5	3.8	4.3	8.3	1.9	0.042	0.693	0.825	0.004
	10	18	7.7	7.4	1.2	3.7	2.4	14	2.4	0.544	0.408	2.285	0.034
	11	11	7.8	9.6	1.3	4.3	3.2	15.5	2.3	0.103	0.515	0.636	0.017
	12	7	8	10.8	1.5	3.1	2	10.4	2.5	0.109	0.329	0.731	0.09
경천지2 (떡머리 골앞)	1	2	8.3	13.4	2.8	2.7	2.5	4.8	1.5	0.088	0.437	0.67	0.02
	2	5	8.2	7.8	1.7	4	1.5	7.9	2.5	0.059	0.804	0.885	0.179
	3	16	7.3	9.3	1.3	4.4	1	5.5	2	0.015	0.233	0.274	0.016
	4	16	7.7	11	1.3	4.2	1.8	7.5	3.5	0.013	0.321	0.342	0.033
	5	23	8.1	10.8	1	4.2	1.4	4.2	2.5	0.374	0.406	0.84	0
	6	26	8.3	7.8	1.3	2.5	2.1	3.8	2.5	0.066	0.404	0.861	0.01
	7	29	9.2	9.3	2	4.7	5.7	15.2	2.3	0.005	0.415	0.519	0.005
	8	22	8.4	8.2	1.2	2.6	3.7	11.7	1.3	0.019	0.311	0.818	0.023
	9	17	9	8.1	1.2	3.5	8.4	5.7	2.1	0.05	0.696	1.381	0.121
	10	11	7.8	8.2	1.3	3.3	4.4	13.4	2.5	0.607	0.405	1.197	0.232
	11	7	7.5	9.2	1.2	3.9	6.8	7.5	2.3	0.044	0.58	0.718	0.012
	12		7.9	11.4	1.3	3	2.1	5	2.5	0.036	0.344	1.227	0.079

표 B-2 경천저수지 수질(2001년)

지점명	월별	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (땀앞)	1	8	7.8	13.2	1.9	3.7	2.2	14.2	2.8	0	0.84	2.108	0.071
	2	8	7.7	12	2.8	4.3	11.3	11.5	2.5	0.117	0.277	0.4	0.098
	3	10	7.9	12.9	3.3	3.7	4.8	6	2.8	0.14	0.881	2.376	0.135
	4	21	7.6	8.1	2.7	3	3.3	2.4	3.8	0.247	0.887	1.295	0.005
	5	25	7.9	11.8	1.8	2.8	6.9	1.2	2.6	0.082	0.802	2.409	0.027
	6	24	7.9	9.9	2.4	3.9	14.4	1.8	1.8	0.066	0.12	0.738	0.066
	7	27	7.8	8.9	2.4	3.5	4.5	5.9	1.8	1.458	1.348	3.993	0.012
	8	28	8.3	14.5	2.3	3.1	3.8	6.9	1.2	0.56	0.499	1.411	0.06
	9	25	7.8	9.0	2.8	6.8	7.3	2.3	2.5	0.573	0.099	1.498	0.163
	10	21	7.6	11.9	3.9	4.5	3.5	4.8	1.5	0.494	0.305	0.849	0.074
	11	10	7.9	10.0	2.4	2.1	4.2	4.6	1.5	0.152	0.736	0.963	0.467
	12	3	8.2	9.7	3.1	4.8	4.0	3.4	2.0	0.211	0.438	0.674	0.054
경천지2 (떡머리 골앞)	1	8	7.2	13.6	1.7	3.6	8.8	10.6	2.8	0	0.82	2.251	0.084
	2	8	7.6	13.2	2.5	4.1	19.5	15	2.5	0.003	0.344	0.37	0.109
	3	9	7.8	12.9	3.6	3.8	9.7	3.3	2.8	0.014	0.894	1.798	0.069
	4	20	7.6	8.4	2.9	2.5	2.5	3.5	3.8	0.296	0.822	1.187	0.003
	5	24	7.9	11.7	1.9	2.9	6.1	1.5	2.6	0.428	1.176	2.162	0.036
	6	24	7.9	9.6	2.8	3.7	18	1	1.8	0.058	0.158	0.546	0.085
	7	27	8	8.8	2.5	3.6	4.8	6.9	1.8	0.605	0.72	1.686	0.029
	8	28	7.2	15.3	2.6	3.4	2.7	0.1	1.2	0.165	1.084	1.546	0.025
	9	25	7.4	8.8	2.8	6.6	7.9	6.2	2.5	0.665	0.102	1.485	0.120
	10	21	8.0	11.4	4.7	4.7	3.9	6.3	1.5	0.366	0.425	0.837	0.143
	11	10	7.8	10.7	3.3	2.3	4.2	5.4	1.5	0.000	0.736	1.155	0.110
	12	3	8.2	9.3	2.1	4.9	5.6	2.9	2.0	0.092	0.464	0.594	0.015

표 B-3 경천저수지 수질(2002년)

지점명	월별	수온 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (댐앞)	1	5	6.3	12.8	1.9	3.4	0.4	3.1	1.5	0.240	2.031	2.909	0.023
	2	8	7.5	13.7	2.4	3.7	2.0	2.6	2.5	0.036	1.933	2.272	0.072
	3	10	7.5	11.9	3.0	3.7	2.6	1.2	1.2	0.048	1.673	1.954	0.027
	4	13	7.3	10.6	2.8	3.8	2.5	2.7	1.8	0.014	1.757	4.310	0.031
	5	28	8.3	10.3	2.4	3.4	1.0	5.7	2.2	0.240	1.769	2.231	0.047
	6	27	8.4	7.4	2.5	6.6	5.1	5.0	1.3	0.018	1.357	3.281	0.054
	7	24	8.2	8.1	2.9	9.4	10.1	44.3	1.2	0.059	0.336	1.672	0.076
	8	28	8.4	11.8	4.1	19.7	27.2	170.5	1.0	0.035	0.282	2.725	0.127
	9	22	8.0	13.1	5.2	12.7	12.3	15.5	1.0	0.026	0.723	1.900	0.083
	10	17	6.6	9.3	3.8	5.2	4.7	0.3	2.8	0.216	1.064	1.410	0.022
	11	16	7.8	8.9	2.0	5.8	6.3	21.1	2.1	0.015	0.998	1.041	0.041
	12	12	7.2	11.7	1.7	5.7	2.2	3.1	2.1	0.307	0.858	1.974	0.036
경천지2 (먹머리 골앞)	1	5	6.3	12.9	1.5	3.0	1.0	2.2	1.5	0.193	2.193	2.595	0.072
	2	8	7.4	14.0	2.4	3.3	2.1	2.7	2.5	0.036	1.987	2.369	0.045
	3	10	7.5	11.8	2.4	3.7	1.7	1.6	1.2	0.047	2.102	1.893	0.022
	4	13	7.4	10.2	2.8	3.7	2.0	1.1	1.8	0.022	1.536	2.170	0.027
	5	28	8.4	10.7	2.9	3.3	0.7	4.1	2.2	0.193	1.572	2.400	0.060
	6	26	8.4	7.9	2.6	5.2	4.5	0.3	1.3	0.007	2.175	2.866	0.061
	7	24	8.2	7.8	2.9	11.8	16.6	75.3	1.2	0.096	0.300	2.548	0.083
	8	29	8.2	10.8	4.2	17.5	20.7	137.9	1.0	0.023	0.361	2.794	0.113
	9	22	8.0	13.2	5.3	11.3	10.8	16.7	1.3	0.036	0.802	1.921	0.072
	10	17	6.6	9.1	3.6	5.0	4.9	0.7	2.8	0.567	0.641	1.224	0.022
	11	16	7.4	8.3	2.2	5.3	7.2	23.1	2.1	0.017	1.005	1.724	0.052
	12	12	7.3	11.9	1.7	5.2	2.3	3.8	2.1	0.114	0.878	1.060	0.036

표 B-4 경천저수지 수질(2003년)

지점명	월별	수온 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Chl-a (mg/ℓ)	투명도 (m)	NH ₃ -N (mg/ℓ)	NO ₃ -N (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
경천지1 (뚝앞)	1	6	7.5	12.4	2.9	5.9	1.4	6.0	1.2	0.395	0.883	1.742	0.034
	2	6	7.2	13.5	1.9	4.7	1.3	1.8	2.0	0.698	0.115	0.823	0.072
	3	9	7.2	11.4	1.9	5.7	1.3	2.7	1.8	0.116	1.073	1.939	0.042
	4	12	7.2	10.7	0.8	5.1	1.1	2.9	2.0	0.482	0.705	1.252	0.025
	5	23	8.3	10.2	1.1	1.6	1.5	1.0	1.8	0.135	2.448	2.606	0.031
	6	24	8.3	10.2	2.4	3.5	1.8	1.3	2.4	0.108	0.217	0.383	0.007
	7	27	8.3	13.0	2.5	3.7	4.7	19.1	1.5	0.106	0.280	0.428	0.036
	8	27	8.3	10.9	2.1	5.7	3.7	48.8	0.5	0.045	0.334	0.947	0.076
	9	20	7.9	11.4	2.6	5.3	3.4	7.4	1.5	0.279	0.526	1.228	0.412
	10	22	7.0	7.6	2.1	4.0	2.4	9.0	2.3	0.036	0.513	0.680	0.038
	11	15	7.5	10.5	1.1	3.8	8.7	21.8	3.4	0.238	0.108	0.375	0.017
	12	10	7.8	10.6	1.5	4.1	12.4	14.4	2.1	0.261	0.260	0.662	0.019
경천지2 (먹머리 골앞)	1	6	7.5	11.9	2.6	5.5	1.0	5.4	1.2	0.293	0.872	1.686	0.028
	2	5	7.2	13.6	2.0	4.7	1.2	1.2	2.0	0.683	0.027	0.714	0.024
	3	10	7.6	11.6	2.0	5.6	1.3	3.9	1.8	0.072	1.068	1.772	0.023
	4	11	7.6	10.6	0.7	5.1	0.9	5.3	2.0	0.521	0.680	1.232	0.039
	5	23	8.2	10.2	1.4	2.9	1.5	1.4	1.8	0.063	2.326	2.484	0.044
	6	24	8.3	10.8	2.8	3.4	0.9	1.5	2.3	0.076	1.323	1.549	0.093
	7	27	8.4	12.6	2.6	3.5	4.8	18.7	1.5	0.115	0.759	1.751	0.024
	8	27	8.4	11.1	2.9	6.0	4.6	37.0	0.6	0.040	0.314	1.111	0.094
	9	20	7.7	11.5	2.8	5.6	3.3	8.8	1.4	0.325	0.350	1.583	0.187
	10	22	7.0	7.6	2.4	3.5	3.1	7.2	2.1	0.087	0.405	0.536	0.044
	11	16	7.4	10.7	1.5	5.5	8.8	24.0	3.4	0.776	0.246	1.032	0.032
	12	9	7.8	10.9	1.5	5.5	3.8	14.9	2.0	0.098	0.266	0.465	0.025

※ 수질자료 : 환경부

<부록 C> 경천저수지 유역 강우량 자료

표 C-1 경천저수지 유역 강우량 2000년

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
계	25	1	21	64	27	269	348	434	194	22	29	7
1									1			
2	2									7		
3									17			
4								9				
5								1				
6	12	1			1							
7	1											
8						12			27			
9									2			
10				4	12	55	22					3
11	1					46	27					
12												
13									30			1
14							25		65			
15									21		2	
16			15						31		9	
17							12					
18							1					
19	2			60			10					
20	2						4	74			18	
21												
22						48						
23	5						192			11		3
24						32		52		4		
25								75				
26					14	28		140				
27						48		59				
28			6									
29												
30							10					
31							45	24				

표 C-2 경천저수지 유역 강우량 2001년

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
계	66	63	17	17	5	214	223	52	46	93	15	19
1	1											
2								15				
3			2									10
4	1		1									
5							5	1			5	
6							11	4				
7	32				3		34					
8			1					5				
9	7								8	35		
10												
11	1			6			2					
12							13	10				6
13	1					4						
14				2			33	5	23			
15		1					45	12				
16												
17												
18						39						
19						48						
20	18						5					
21		4					3					
22					2					8		
23		29										
24						85						
25						3						
26												
27	3	29								30		
28			6							20		
29			1	4		14					10	3
30	2		6	5		21	72		15			

표 C-3 경천저수지 유역 강우량 2002년

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
계	74	6	50	186	116	59	153	560	58	47	32	48
1					6							
2										3		
3					42						15	
4							6					25
5			8				34			9		
6				25	20		2	168		17		
7	4				36			74		2	11	1
8	3							5				4
9							11					
10			3			17		31				
11						15		4				
12								21				
13								16				
14			8				12	32				
15	21				6			13	20	8		
16	39			91					13			16
17											5	
18					6					4		
19							36					
20	2											
21		6	12									
22	2		19				50	12				
23						11	2	3				
24						11						2
25								10				
26	3									4	1	
27								9				
28												
29									25			
30				70		5						
31								162				

표 C-4 경천저수지 유역 강우량 2003년

월 일	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
계	27	60	41	264	157	153	671	341	209	21	35	13
1			9				6		17			
2							11					
3	5		3				54		8			
4	9						10	7				
5							7	3	53			
6			7		23		64	35				13
7			2	4	63			25				
8		16		14	4		13		27		11	
9				9			97		21			
10							51				2	
11		6		9		11	10	4			11	
12						10	10		55			
13							54		9	11		
14												
15						0					7	
16			7									
17							6	2				
18				45			42	36	19			
19				15		17		64				
20	5			9				25				
21								71			2	
22		33					42					
23		3		30		22	49					
24		2		6	10		10					
25	4			54	5	4	90	16				
26	2											
27	2		13			86		40			2	
28						3	34	2		10		
29				69	21		11					
30					31			6				
31								5				

자료 : 농업기반공사(익산)

<부록 D> 경천저수지 수리·수문 자료

표 D-1 경천저수지 수리·수문 2000년 1월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.44	24,555	96.9	0	0
2	17.44	24,555	96.9	0	0
3	17.44	24,555	96.9	0	0
4	17.44	24,555	96.9	0	0
5	17.55	24,827	98.0	272	0
6	17.55	24,827	98.0	0	0
7	17.55	24,827	98.0	0	0
8	17.55	24,827	98.0	0	0
9	17.61	24,979	98.6	152	0
10	17.61	24,979	98.6	152	0
11	17.61	24,979	98.6	0	0
12	17.61	24,979	98.6	0	0
13	17.65	25,075	98.9	96	0
14	17.65	25,075	98.9	0	0
15	17.65	25,075	98.9	0	0
16	17.65	25,075	98.9	0	0
17	17.65	25,075	98.9	0	0
18	17.75	25,346	100.0	271	0
19	17.75	25,346	100.0	0	0
20	17.75	25,346	100.0	0	0
21	17.75	25,346	100.0	0	0
22	17.75	25,346	100.0	0	0
23	17.75	25,346	100.0	0	0
24	17.75	25,346	100.0	0	0
25	17.75	25,346	100.0	0	0
26	17.72	25,261	99.7	0	85
27	17.63	25,029	98.7	0	232
28	17.61	24,979	98.6	0	50
29	17.51	24,731	97.6	0	248
30	17.41	24,483	96.6	0	248
31	17.29	24,174	95.4	0	309

표 D-2 2000년 2월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.2	23,963	94.5	0	211
2	17.11	23,738	93.7	0	225
3	17.04	23,462	92.6	0	276
4	16.98	23,404	92.3	0	58
5	16.91	23,230	91.7	0	174
6	16.84	23,099	91.1	0	131
7	16.85	23,129	91.3	30	0
8	16.84	23,099	91.1	0	30
9	16.84	23,099	91.1	0	0
10	16.84	23,099	91.1	0	0
11	16.81	23,003	90.8	0	96
12	16.81	23,003	90.8	0	0
13	16.81	23,003	90.8	0	0
14	16.81	23,003	90.8	0	0
15	16.81	23,003	90.8	0	0
16	16.81	23,003	90.8	0	0
17	16.83	23,067	91.0	64	0
18	16.83	23,067	91.0	0	0
19	16.79	22,943	90.5	0	124
20	16.69	22,700	89.6	0	243
21	16.64	22,562	89.0	0	138
22	16.57	22,365	88.2	0	197
23	16.48	22,109	87.2	0	256
24	16.41	21,903	86.4	0	206
25	16.34	21,703	85.6	0	200
26	16.2	21,399	84.4	0	304
27	16.18	21,246	83.8	0	153
28	16.16	21,194	83.6	0	52
29	16.13	21,074	83.1	0	120

표 D-3 2000년 3월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.11	20,974	82.8	0	100
2	16.07	20,898	82.5	0	76
3	16.05	20,884	82.4	0	14
4	16.03	20,832	82.2	0	52
5	16.02	20,807	82.1	0	25
6	16.01	20,782	82.0	0	25
7	16.00	20,757	81.9	0	25
8	15.99	20,728	81.8	0	29
9	15.98	20,700	81.7	0	28
10	15.96	20,644	81.4	0	56
11	15.94	20,590	81.2	0	54
12	15.92	20,536	81.0	0	54
13	15.90	20,483	80.8	0	53
14	15.89	20,456	80.7	0	27
15	15.88	20,429	80.6	0	27
16	15.86	20,375	80.4	0	54
17	15.86	20,375	80.4	0	0
18	15.8	20,215	79.8	0	160
19	15.72	20,001	78.9	0	214
20	15.62	19,737	77.9	0	264
21	15.54	19,526	77.0	0	211
22	15.48	19,355	76.4	0	171
23	15.42	19,207	75.8	0	148
24	15.38	19,116	75.4	0	91
25	15.33	18,979	74.9	0	137
26	15.24	18,739	73.9	0	240
27	15.22	18,691	73.7	0	48
28	15.14	18,485	72.9	0	206
29	15.03	18,209	71.8	0	276
30	14.93	17,950	70.8	0	259
31	14.81	17,650	69.6	0	300

표 D-4 2000년 4월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	14.7	17,423	68.7	0	227
2	14.54	16,968	66.9	0	455
3	14.36	16,525	65.2	0	443
4	14.19	16,122	63.6	0	403
5	14.02	15,709	62.0	0	413
6	13.85	15,317	60.4	0	392
7	13.68	14,935	58.9	0	382
8	13.51	14,548	57.4	0	387
9	13.51	14,548	57.4	0	0
10	13.51	14,548	57.4	0	0
11	13.51	14,548	57.4	0	0
12	13.51	14,548	57.4	0	0
13	13.51	14,548	57.4	0	0
14	13.51	14,548	57.4	0	0
15	13.51	14,548	57.4	0	0
16	13.5	14,526	57.3	0	22
17	13.49	14,501	57.2	0	25
18	13.47	14,455	57.0	0	46
19	13.61	14,774	58.3	319	0
20	13.85	15,317	60.4	543	0
21	13.95	15,543	61.3	226	0
22	14.02	15,709	62.0	166	0
23	14.1	15,901	62.7	192	0
24	14.1	15,901	62.7	0	0
25	14.12	15,949	62.9	48	0
26	14.14	15,997	63.1	48	0
27	14.2	16,135	63.7	138	0
28	14.2	16,135	63.7	0	0
29	14.2	16,135	63.7	0	0
30	14.24	16,219	64.0	84	0

표 D-5 2000년 5월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	14.20	16,135	63.7	0	84
2	14.20	16,135	63.7	0	0
3	14.20	16,135	63.7	0	0
4	14.18	16,099	63.5	0	36
5	14.18	16,099	63.5	0	0
6	14.18	16,099	63.5	0	0
7	14.19	16,122	63.6	23	0
8	14.20	16,135	63.7	13	0
9	14.20	16,135	63.7	0	0
10	14.20	16,135	63.7	0	0
11	14.22	16,177	63.8	42	0
12	14.20	16,135	63.7	0	42
13	14.20	16,135	63.7	0	0
14	14.20	16,135	63.7	0	0
15	14.20	16,135	63.7	0	0
16	14.20	16,135	63.7	0	0
17	14.20	16,135	63.7	0	0
18	14.20	16,135	63.7	0	0
19	14.15	16,020	63.2	0	115
20	14.05	15,774	62.2	0	246
21	13.84	15,296	60.3	0	478
22	13.63	14,822	58.5	0	474
23	13.46	14,431	56.9	0	391
24	13.25	13,963	55.1	0	468
25	13.06	13,548	53.5	0	415
26	12.86	13,119	51.8	0	429
27	12.80	13,012	51.3	0	107
28	12.72	12,831	50.6	0	181
29	12.63	12,636	49.9	0	195
30	12.50	12,352	48.7	0	284
31	12.40	12,160	48.0	0	192

표 D-6 2000년 6월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	12.29	11,938	47.1	0	222
2	12.19	11,706	46.2	0	232
3	12.07	11,472	45.3	0	234
4	11.96	11,260	44.4	0	212
5	11.85	11,057	43.6	0	203
6	11.75	10,859	42.8	0	198
7	11.62	10,603	41.8	0	256
8	11.50	10,374	40.9	0	229
9	11.45	10,267	40.5	0	107
10	11.43	10,236	40.4	0	31
11	11.65	10,660	42.1	424	0
12	11.95	11,237	44.3	577	0
13	12.15	11,646	45.9	409	0
14	12.16	11,661	46.0	15	0
15	12.13	11,607	45.8	0	54
16	12.1	11,547	45.6	0	60
17	12.05	11,424	45.1	0	123
18	12.00	11,351	44.8	0	73
19	11.95	11,237	44.3	0	114
20	11.85	11,057	43.6	0	180
21	11.75	10,859	42.8	0	198
22	11.64	10,639	42.0	0	220
23	11.70	10,762	42.5	123	0
24	11.80	10,961	43.2	199	0
25	11.96	11,260	44.4	299	0
26	12.11	11,567	45.6	307	0
27	12.57	12,512	49.4	945	0
28	13.84	15,296	60.3	2784	0
29	14.15	16,020	63.2	724	0
30	14.50	16,874	66.6	854	0

표 D-7 2000년 7월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	14.83	17,698	69.8	824	0
2	15.03	18,209	71.8	511	0
3	15.17	18,564	73.2	355	0
4	15.25	18,782	74.1	218	0
5	15.35	19,029	75.1	247	0
6	15.40	19,175	75.7	146	0
7	15.32	18,954	74.8	0	221
8	15.22	18,691	73.7	0	263
9	15.11	18,413	72.6	0	278
10	14.98	18,078	71.3	0	335
11	15.01	18,159	71.6	81	0
12	15.00	18,134	71.5	0	25
13	14.90	17,878	70.5	0	256
14	14.73	17,445	68.8	0	433
15	14.73	17,445	68.8	0	0
16	14.78	17,558	69.3	113	0
17	14.8	17,626	69.5	68	0
18	14.96	18,024	71.1	398	0
19	14.92	17,926	70.7	0	98
20	15.00	18,134	71.5	208	0
21	15.08	18,335	72.3	201	0
22	15.08	18,335	72.3	0	0
23	15.48	19,355	76.4	1020	0
24	16.10	20,924	82.6	1569	0
25	17.12	23,762	93.8	2838	0
26	17.28	24,158	95.3	396	0
27	17.33	24,283	95.8	125	0
28	17.27	24,132	95.2	0	151
29	17.20	23,963	94.5	0	169
30	17.10	23,714	93.6	0	249
31	17.08	23,614	93.2	0	100

표 D-8 2000년 8월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.10	23,714	93.6	100	0
2	17.10	23,714	93.6	0	0
3	17.00	23,446	92.5	0	268
4	16.80	22,971	90.6	0	475
5	16.88	23,174	91.4	203	0
6	16.83	23,067	91.0	0	107
7	16.76	22,859	90.2	0	208
8	16.67	22,646	89.3	0	213
9	16.61	22,478	88.7	0	168
10	16.51	22,196	87.6	0	282
11	16.40	21,874	86.3	0	322
12	16.30	21,583	85.2	0	291
13	16.19	21,272	83.9	0	311
14	16.05	20,884	82.4	0	388
15	15.88	20,429	80.6	0	455
16	15.70	19,951	78.7	0	478
17	15.54	19,526	77.0	0	425
18	15.40	19,175	75.7	0	351
19	15.24	18,739	73.9	0	436
20	15.16	18,538	73.1	0	201
21	15.40	19,175	75.7	637	0
22	15.63	19,762	78.0	587	0
23	15.71	19,976	78.8	214	0
24	15.79	20,186	79.6	210	0
25	16.22	21,419	84.5	1233	0
26	17.59	24,931	98.4	3512	0
27	17.75	25,346	100.0	415	0
28	17.75	25,346	100.0	0	0
29	17.75	25,346	100.0	0	0
30	17.72	25,261	99.7	0	85
31	17.46	24,601	97.1	0	660

표 D-9 2000년 9월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.38	24,408	96.3	0	193
2	17.24	24,056	94.9	0	352
3	17.04	23,462	92.6	0	594
4	16.96	23,364	92.2	0	98
5	16.83	23,067	91.0	0	297
6	16.74	22,811	90.0	0	256
7	16.67	22,646	89.3	0	165
8	16.62	22,506	88.8	0	140
9	16.72	22,769	89.8	263	0
10	16.80	22,971	90.6	202	0
11	16.85	23,129	91.3	158	0
12	16.95	23,344	92.1	215	0
13	17.05	23,467	92.6	123	0
14	16.94	23,314	92.0	0	153
15	17.26	24,106	95.1	792	0
16	17.67	25,127	99.1	1021	0
17	17.75	25,346	100.0	219	0
18	17.75	25,346	100.0	0	0
19	17.66	25,101	99.0	0	245
20	17.47	24,628	97.2	0	473
21	17.27	24,132	95.2	0	496
22	17.07	23,565	93.0	0	567
23	16.82	23,035	90.9	0	530
24	16.62	22,506	88.8	0	529
25	16.58	22,393	88.3	0	113
26	16.63	22,534	88.9	141	0
27	16.66	22,619	89.2	85	0
28	16.71	22,748	89.7	129	0
29	16.74	22,811	90.0	63	0
30	16.79	22,943	90.5	132	0

표 D-10 2000년 10월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.80	22,971	90.6	28	0
2	16.80	22,971	90.6	0	0
3	16.80	22,971	90.6	0	0
4	16.80	22,971	90.6	0	0
5	16.83	23,067	91.0	96	0
6	16.86	23,144	91.3	77	0
7	16.88	23,174	91.4	30	0
8	16.89	23,189	91.5	15	0
9	16.89	23,189	91.5	0	0
10	16.90	23,202	91.5	13	0
11	16.90	23,202	91.5	0	0
12	16.90	23,202	91.5	0	0
13	16.91	23,230	91.7	28	0
14	16.91	23,230	91.7	0	0
15	16.92	23,258	91.8	28	0
16	16.93	23,286	91.9	28	0
17	16.93	23,286	91.9	0	0
18	16.93	23,286	91.9	0	0
19	16.95	23,344	92.1	58	0
20	16.96	23,364	92.2	20	0
21	16.97	23,384	92.3	20	0
22	16.97	23,384	92.3	0	0
23	16.98	23,404	92.3	20	0
24	16.99	23,424	92.4	20	0
25	16.99	23,424	92.4	0	0
26	17.00	23,446	92.5	22	0
27	17.00	23,446	92.5	0	0
28	17.01	23,450	92.5	4	0
29	17.02	23,454	92.5	4	0
30	17.03	23,458	92.6	4	0
31	17.04	23,462	92.6	4	0

표 D-11 2000년 11월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.05	23,467	92.6	5	0
2	17.06	23,516	92.8	49	0
3	17.07	23,565	93.0	49	0
4	17.08	23,614	93.2	49	0
5	17.08	23,614	93.2	0	0
6	17.09	23,663	93.4	49	0
7	17.10	23,714	93.6	51	0
8	17.11	23,738	93.7	24	0
9	17.12	23,762	93.8	24	0
10	17.13	23,786	93.8	24	0
11	17.14	23,810	93.9	24	0
12	17.15	23,834	94.0	24	0
13	17.16	23,860	94.1	26	0
14	17.17	23,886	94.2	26	0
15	17.18	23,912	94.3	26	0
16	17.19	23,938	94.4	26	0
17	17.20	23,963	94.5	25	0
18	17.19	23,938	94.4	0	25
19	17.17	23,886	94.2	0	52
20	17.05	23,467	92.6	0	419
21	17.00	23,446	92.5	0	21
22	16.85	23,129	91.3	0	317
23	16.73	22,790	89.9	0	339
24	16.57	22,365	88.2	0	425
25	16.48	22,109	87.2	0	256
26	16.42	21,933	86.5	0	176
27	16.37	21,788	86.0	0	145
28	16.09	20,917	82.5	0	871
29	15.96	20,644	81.4	0	273
30	15.88	20,429	80.6	0	215

표 D-12 2000년 12월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	15.88	20,429	80.6	0	0
2	15.88	20,429	80.6	0	0
3	15.88	20,429	80.6	0	0
4	15.88	20,429	80.6	0	0
5	15.88	20,429	80.6	0	0
6	15.90	20,483	80.8	54	0
7	15.91	20,508	80.9	25	0
8	15.91	20,508	80.9	0	0
9	15.91	20,508	80.9	0	0
10	15.91	20,508	80.9	0	0
11	15.92	20,536	81.0	28	0
12	15.93	20,563	81.1	27	0
13	15.93	20,563	81.1	0	0
14	15.93	20,563	81.1	0	0
15	15.94	20,590	81.2	27	0
16	15.94	20,590	81.2	0	0
17	15.95	20,616	81.3	26	0
18	15.95	20,616	81.3	0	0
19	15.95	20,616	81.3	0	0
20	15.96	20,644	81.4	28	0
21	15.96	20,644	81.4	0	0
22	15.98	20,700	81.7	56	0
23	15.98	20,700	81.7	0	0
24	15.98	20,700	81.7	0	0
25	15.99	20,728	81.8	28	0
26	15.99	20,728	81.8	0	0
27	15.99	20,728	81.8	0	0
28	15.99	20,728	81.8	0	0
29	15.99	20,728	81.8	0	0
30	15.99	20,728	81.8	0	0
31	16.00	20,757	81.9	29	0

표 D-13 2001년 1월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.00	20,757	81.9	0	0
2	16.01	20,782	82.0	25	0
3	16.01	20,782	82.0	0	0
4	16.02	20,807	82.1	25	0
5	16.03	20,832	82.2	25	0
6	16.04	20,857	82.3	25	0
7	16.04	20,857	82.3	0	0
8	16.15	21,168	83.5	311	0
9	16.15	21,168	83.5	0	0
10	16.16	21,194	83.6	26	0
11	16.16	21,194	83.6	0	0
12	16.17	21,220	83.7	26	0
13	16.17	21,220	83.7	0	0
14	16.17	21,220	83.7	0	0
15	16.17	21,220	83.7	0	0
16	16.17	21,220	83.7	0	0
17	16.17	21,220	83.7	0	0
18	16.24	21,439	84.6	219	0
19	16.24	21,439	84.6	0	0
20	16.24	21,439	84.6	0	0
21	16.25	21,448	84.6	9	0
22	16.25	21,448	84.6	0	0
23	16.25	21,448	84.6	0	0
24	16.26	21,475	84.7	27	0
25	16.26	21,475	84.7	0	0
26	16.26	21,475	84.7	0	0
27	16.27	21,502	84.8	27	0
28	16.27	21,502	84.8	0	0
29	16.28	21,529	84.9	27	0
30	16.28	21,529	84.9	0	0
31	16.29	21,556	85.0	27	0

표 D-14 2001년 2월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.29	21,556	85.0	0	0
2	16.30	21,583	85.2	27	0
3	16.30	21,583	85.2	0	0
4	16.30	21,583	85.2	0	0
5	16.30	21,583	85.2	0	0
6	16.32	21,643	85.4	60	0
7	16.32	21,643	85.4	0	0
8	16.33	21,673	85.5	30	0
9	16.33	21,673	85.5	0	0
10	16.33	21,673	85.5	0	0
11	16.33	21,673	85.5	0	0
12	16.33	21,673	85.5	0	0
13	16.35	21,732	85.7	59	0
14	16.35	21,732	85.7	0	0
15	16.35	21,732	85.7	0	0
16	16.37	21,788	86.0	56	0
17	16.37	21,788	86.0	0	0
18	16.37	21,788	86.0	0	0
19	16.37	21,788	86.0	0	0
20	16.37	21,788	86.0	0	0
21	16.40	21,874	86.3	86	0
22	16.40	21,874	86.3	0	0
23	16.42	21,933	86.5	59	0
24	16.44	21,991	86.8	58	0
25	16.46	22,051	87.0	60	0
26	16.48	22,109	87.2	58	0
27	16.50	22,168	87.5	59	0
28	16.70	22,727	89.7	559	0

표 D-15 2001년 3월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.97	23,384	92.3	1,828	0
2	17.15	23,834	94.0	450	0
3	17.31	24,235	95.6	401	0
4	17.36	24,356	96.1	121	0
5	17.4	24,459	96.5	103	0
6	17.61	24,979	98.6	520	0
7	17.65	25,075	98.9	96	0
8	17.68	25,153	99.2	78	0
9	17.72	25,261	99.7	108	0
10	17.74	25,319	99.9	58	0
11	17.75	25,346	100.0	27	0
12	17.75	25,346	100.0	0	0
13	17.75	25,346	100.0	0	0
14	17.75	25,346	100.0	0	0
15	17.75	25,346	100.0	0	0
16	17.75	25,346	100.0	0	0
17	17.75	25,346	100.0	0	0
18	17.75	25,346	100.0	0	0
19	17.75	25,346	100.0	0	0
20	17.75	25,346	100.0	0	0
21	17.75	25,346	100.0	0	0
22	17.75	25,346	100.0	0	0
23	17.75	25,346	100.0	0	0
24	17.75	25,346	100.0	0	0
25	17.75	25,346	100.0	0	0
26	17.75	25,346	100.0	0	0
27	17.75	25,346	100.0	0	0
28	17.75	25,346	100.0	0	0
29	17.75	25,346	100.0	0	0
30	17.75	25,346	100.0	0	0
31	17.75	25,346	100.0	0	0

표 D-16 2001년 4월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.75	25,346	100.0	0	0
2	17.75	25,346	100.0	0	0
3	17.75	25,346	100.0	0	0
4	17.75	25,346	100.0	0	0
5	17.75	25,346	100.0	0	0
6	17.75	25,346	100.0	0	0
7	17.73	25,290	99.8	0	56
8	17.57	24,879	98.2	0	411
9	17.44	24,555	96.9	0	324
10	17.31	24,235	95.6	0	320
11	17.18	23,912	94.3	0	323
12	17.08	23,614	93.2	0	298
13	16.96	23,364	92.2	0	250
14	16.75	22,831	90.1	0	533
15	16.60	22,450	88.6	0	381
16	16.45	22,022	86.9	0	428
17	16.31	21,613	85.3	0	409
18	16.16	21,194	83.6	0	419
19	16.01	20,782	82.0	0	412
20	15.82	20,269	80.0	0	513
21	15.63	19,762	78.0	0	507
22	15.35	19,029	75.1	0	733
23	15.05	18,257	72.0	0	772
24	14.74	17,453	68.9	0	804
25	14.46	16,776	66.2	0	677
26	14.14	15,997	63.1	0	779
27	13.96	15,568	61.4	0	429
28	13.78	15,158	59.8	0	410
29	14.03	15,730	62.1	572	0
30	13.95	15,543	61.3	0	187

표 D-17 2001년 5월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	13.80	15,204	60.0	0	339
2	13.63	14,822	58.5	0	382
3	13.52	14,570	57.5	0	252
4	13.29	14,051	55.4	0	519
5	13.11	13,657	53.9	0	394
6	12.95	13,313	52.5	0	344
7	12.79	12,988	51.2	0	325
8	12.63	12,636	49.9	0	352
9	12.46	12,280	48.4	0	356
10	12.31	11,982	47.3	0	298
11	12.16	11,661	46.0	0	321
12	12.01	11,365	44.8	0	296
13	11.86	11,071	43.7	0	294
14	11.71	10,781	42.5	0	290
15	11.56	10,486	41.4	0	295
16	11.40	10,188	40.2	0	298
17	11.24	9,885	39.0	0	303
18	11.10	9,632	38.0	0	253
19	11.00	9,446	37.3	0	186
20	10.87	9,209	36.3	0	237
21	10.76	9,027	35.6	0	182
22	10.63	8,799	34.7	0	228
23	10.51	8,586	33.9	0	213
24	10.41	8,413	33.2	0	173
25	10.26	8,162	32.2	0	251
26	10.11	7,896	31.2	0	266
27	10.01	7,740	30.5	0	156
28	9.88	7,533	29.7	0	207
29	9.77	7,362	29.0	0	171
30	9.67	7,202	28.4	0	160
31	9.57	7,040	27.8	0	162

표 D-18 2001년 6월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	9.46	6,866	27.1	0	174
2	9.35	6,697	26.4	0	169
3	9.23	6,520	25.7	0	177
4	9.10	6,341	25.0	0	179
5	9.00	6,196	24.4	0	145
6	8.88	6,024	23.8	0	172
7	8.66	5,703	22.5	0	321
8	8.49	5,487	21.6	0	216
9	8.31	5,242	20.7	0	245
10	8.12	4,973	19.6	0	269
11	7.98	4,790	18.9	0	183
12	7.83	4,621	18.2	0	169
13	7.70	4,474	17.7	0	147
14	7.51	4,258	16.8	0	216
15	7.29	4,009	15.8	0	249
16	7.04	3,740	14.8	0	269
17	6.79	3,502	13.8	0	238
18	6.61	3,329	13.1	0	173
19	6.99	3,692	14.6	363	0
20	7.10	3,798	15.0	106	0
21	7.12	3,818	15.1	20	0
22	7.09	3,788	14.9	0	30
23	7.05	3,749	14.8	0	39
24	7.01	3,713	14.6	0	36
25	7.70	4,474	17.7	761	0
26	8.16	5,047	19.9	573	0
27	8.37	5,319	21.0	272	0
28	8.45	5,424	21.4	105	0
29	8.55	5,556	21.9	132	0
30	8.66	5,703	22.5	147	0

표 D-19 2001년 7월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	9.00	6,196	24.4	100	0
2	9.18	6,456	25.5	260	0
3	9.34	6,682	26.4	226	0
4	9.40	6,773	26.7	91	0
5	9.23	6,520	25.7	0	253
6	9.18	6,456	25.5	0	64
7	9.23	6,520	25.7	64	0
8	9.26	6,564	25.9	44	0
9	9.13	6,384	25.2	0	180
10	8.96	6,137	24.2	0	247
11	9.02	6,224	24.6	87	0
12	8.97	6,152	24.3	0	72
13	9.29	6,603	26.1	451	0
14	9.54	6,991	27.6	388	0
15	10.10	7,886	31.1	895	0
16	10.48	8,535	33.7	649	0
17	10.65	8,838	34.9	303	0
18	10.92	9,298	36.7	460	0
19	11.03	9,500	37.5	202	0
20	11.09	9,611	37.9	111	0
21	11.18	9,761	38.5	150	0
22	11.27	9,937	39.2	176	0
23	11.10	9,632	38.0	0	305
24	10.77	9,045	35.7	0	587
25	10.44	8,464	33.4	0	581
26	10.11	7,896	31.2	0	568
27	9.77	7,362	29.0	0	534
28	9.42	6,804	26.8	0	558
29	9.10	6,341	25.0	0	463
30	8.75	5,835	23.0	0	506
31	8.88	6,024	23.8	189	0

표 D-20 2001년 8월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	9.07	6,296	24.8	272	0
2	9.03	6,238	24.6	0	58
3	8.86	5,994	23.6	0	244
4	8.62	5,632	22.2	0	362
5	8.38	5,333	21.0	0	299
6	8.13	4,993	19.7	0	340
7	8.03	4,872	19.2	0	121
8	8.12	4,973	19.6	101	0
9	8.13	4,993	19.7	20	0
10	8.14	5,013	19.8	20	0
11	7.99	4,811	19.0	0	202
12	7.86	4,654	18.4	0	157
13	7.87	4,666	18.4	12	0
14	7.90	4,696	18.5	30	0
15	8.02	4,859	19.2	163	0
16	8.10	4,933	19.5	74	0
17	8.15	5,035	19.9	102	0
18	8.04	4,885	19.3	0	150
19	7.94	4,720	18.6	0	165
20	7.81	4,597	18.1	0	123
21	7.66	4,428	17.5	0	169
22	7.52	4,269	16.8	0	159
23	7.36	4,087	16.1	0	182
24	7.21	3,919	15.5	0	168
25	7.04	3,740	14.8	0	179
26	6.87	3,579	14.1	0	161
27	6.69	3,405	13.4	0	174
28	6.43	3,157	12.5	0	248
29	6.19	2,951	11.6	0	206
30	5.94	2,743	10.8	0	208
31	5.72	2,566	10.1	0	177

표 D-21 2001년 9월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	5.51	2,391	9.4	0	175
2	5.29	2,247	8.9	0	144
3	5.07	2,089	8.2	0	158
4	4.85	1,931	7.6	0	158
5	4.63	1,787	7.1	0	144
6	4.41	1,644	6.5	0	143
7	4.19	1,500	5.9	0	144
8	4.08	1,429	5.6	0	71
9	3.97	1,363	5.4	0	66
10	3.91	1,327	5.2	0	36
11	3.91	1,327	5.2	0	0
12	3.91	1,327	5.2	0	0
13	3.91	1,327	5.2	0	0
14	3.91	1,327	5.2	0	0
15	3.91	1,327	5.2	0	0
16	3.91	1,327	5.2	0	0
17	3.91	1,327	5.2	0	0
18	3.91	1,327	5.2	0	0
19	3.91	1,327	5.2	0	0
20	3.91	1,327	5.2	0	0
21	3.91	1,327	5.2	0	0
22	3.91	1,327	5.2	0	0
23	3.91	1,327	5.2	0	0
24	3.91	1,327	5.2	0	0
25	3.91	1,327	5.2	0	0
26	3.91	1,327	5.2	0	0
27	3.91	1,327	5.2	0	0
28	3.91	1,327	5.2	0	0
29	3.91	1,327	5.2	0	0
30	3.91	1,327	5.2	0	0

표 D-22 2001년 10월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	3.91	1,327	5.2	0	0
2	3.91	1,327	5.2	0	0
3	3.91	1,327	5.2	0	0
4	3.91	1,327	5.2	0	0
5	3.91	1,327	5.2	0	0
6	3.91	1,327	5.2	0	0
7	3.91	1,327	5.2	0	0
8	3.91	1,327	5.2	0	0
9	3.91	1,327	5.2	0	0
10	3.91	1,327	5.2	0	0
11	3.91	1,327	5.2	0	0
12	3.91	1,327	5.2	0	0
13	3.91	1,327	5.2	0	0
14	3.91	1,327	5.2	0	0
15	3.91	1,327	5.2	0	0
16	3.91	1,327	5.2	0	0
17	3.91	1,327	5.2	0	0
18	3.91	1,327	5.2	0	0
19	3.91	1,327	5.2	0	0
20	3.91	1,327	5.2	0	0
21	3.91	1,327	5.2	0	0
22	3.91	1,327	5.2	0	0
23	3.91	1,327	5.2	0	0
24	3.91	1,327	5.2	0	0
25	3.91	1,327	5.2	0	0
26	3.91	1,327	5.2	0	0
27	3.91	1,327	5.2	0	0
28	3.91	1,327	5.2	0	0
29	3.91	1,327	5.2	0	0
30	4.55	1,733	6.8	406	0
31	4.60	1,769	7.0	36	0

표 D-23 2001년 11월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	4.64	1,783	7.0	14	0
2	4.66	1,806	7.1	23	0
3	4.67	1,813	7.2	7	0
4	4.67	1,813	7.2	0	0
5	4.67	1,813	7.2	0	0
6	4.68	1,820	7.2	7	0
7	4.70	1,832	7.2	12	0
8	4.71	1,840	7.3	8	0
9	4.72	1,848	7.3	8	0
10	4.73	1,856	7.3	8	0
11	4.74	1,856	7.3	0	0
12	4.73	1,856	7.3	0	0
13	4.76	1,877	7.4	21	0
14	4.77	1,882	7.4	5	0
15	4.78	1,888	7.4	6	0
16	4.79	1,894	7.5	6	0
17	4.80	1,900	7.5	6	0
18	4.81	1,906	7.5	6	0
19	4.81	1,906	7.5	0	0
20	4.81	1,906	7.5	0	0
21	4.82	1,912	7.5	6	0
22	4.83	1,918	7.6	6	0
23	4.83	1,918	7.6	0	0
24	4.86	1,938	7.6	20	0
25	4.86	1,938	7.6	0	0
26	4.86	1,938	7.6	0	0
27	4.90	1,967	7.8	29	0
28	4.90	1,967	7.8	0	0
29	4.95	2,003	7.9	36	0
30	4.97	2,017	8.0	14	0

표 D-24 2001년 12월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	5.00	2,039	8.0	22	0
2	5.00	2,039	8.0	0	0
3	5.00	2,039	8.0	0	0
4	5.00	2,039	8.0	0	0
5	5.00	2,039	8.0	0	0
6	5.00	2,039	8.0	0	0
7	5.05	2,073	8.2	34	0
8	5.05	2,073	8.2	0	0
9	5.15	2,148	8.5	75	0
10	5.15	2,148	8.5	0	0
11	5.15	2,148	8.5	0	0
12	5.20	2,181	8.6	33	0
13	5.25	2,218	8.8	37	0
14	5.30	2,254	8.9	36	0
15	5.35	2,287	9.0	33	0
16	5.40	2,326	9.2	39	0
17	5.40	2,326	9.2	0	0
18	5.50	2,381	9.4	55	0
19	5.55	2,430	9.6	49	0
20	5.60	2,479	9.8	49	0
21	5.65	2,505	9.9	26	0
22	5.70	2,550	10.1	45	0
23	5.75	2,590	10.2	40	0
24	5.75	2,590	10.2	0	0
25	5.75	2,590	10.2	0	0
26	5.75	2,590	10.2	0	0
27	5.75	2,590	10.2	0	0
28	5.75	2,590	10.2	0	0
29	5.75	2,590	10.2	0	0
30	5.75	2,590	10.2	0	0
31	5.75	2,590	10.2	0	0

표 D-25 2002년 1월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	5.75	2,590	10.2	0	0
2	5.75	2,590	10.2	0	0
3	5.75	2,590	10.2	0	0
4	5.75	2,590	10.2	0	0
5	5.75	2,590	10.2	0	0
6	5.75	2,590	10.2	0	0
7	5.75	2,590	10.2	0	0
8	5.75	2,590	10.2	0	0
9	5.75	2,590	10.2	0	0
10	5.75	2,590	10.2	0	0
11	5.75	2,590	10.2	0	0
12	5.75	2,590	10.2	0	0
13	5.75	2,590	10.2	0	0
14	5.75	2,590	10.2	0	0
15	5.55	2,590	10.2	0	0
16	5.80	2,629	10.4	39	0
17	6.30	3,041	12.0	412	0
18	6.60	3,320	13.1	279	0
19	6.70	3,416	13.5	96	0
20	6.85	3,560	14.0	144	0
21	7.00	3,704	14.6	144	0
22	7.05	3,749	14.8	45	0
23	7.10	3,798	15.0	49	0
24	7.15	3,848	15.2	50	0
25	7.20	3,908	15.4	60	0
26	7.20	3,908	15.4	0	0
27	7.20	3,908	15.4	0	0
28	7.20	3,908	15.4	0	0
29	7.25	3,963	15.6	55	0
30	7.30	4,020	15.9	57	0
31	7.35	4,075	16.1	55	0

표 D-26 2002년 2월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	7.40	4,135	16.3	60	0
2	7.45	4,187	16.5	52	0
3	7.50	4,247	16.8	60	0
4	7.55	4,302	17.0	55	0
5	7.55	4,302	17.0	0	0
6	7.55	4,302	17.0	0	0
7	7.55	4,302	17.0	0	0
8	7.55	4,302	17.0	0	0
9	7.65	4,415	17.4	113	0
10	7.65	4,415	17.4	0	0
11	7.65	4,415	17.4	0	0
12	7.65	4,415	17.4	0	0
13	7.65	4,415	17.4	0	0
14	7.65	4,415	17.4	0	0
15	7.70	4,474	17.7	59	0
16	7.70	4,474	17.7	0	0
17	7.75	4,527	17.9	53	0
18	7.75	4,527	17.9	0	0
19	7.75	4,527	17.9	0	0
20	7.80	4,586	18.1	59	0
21	7.80	4,586	18.1	0	0
22	7.80	4,586	18.1	0	0
23	7.80	4,586	18.1	0	0
24	7.80	4,586	18.1	0	0
25	7.80	4,586	18.1	0	0
26	7.80	4,586	18.1	0	0
27	7.80	4,586	18.1	0	0
28	7.80	4,586	18.1	0	0

표 D-27 2002년 3월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	7.80	4,586	18.1	0	0
2	7.80	4,586	18.1	0	0
3	7.80	4,586	18.1	0	0
4	7.80	4,586	18.1	0	0
5	7.80	4,586	18.1	0	0
6	7.80	4,586	18.1	0	0
7	7.80	4,586	18.1	0	0
8	7.80	4,586	18.1	0	0
9	7.80	4,586	18.1	0	0
10	7.80	4,586	18.1	0	0
11	7.80	4,586	18.1	0	0
12	7.80	4,586	18.1	0	0
13	7.80	4,586	18.1	0	0
14	7.80	4,586	18.1	0	0
15	8.10	4,586	18.1	0	0
16	8.10	4,586	18.1	0	0
17	8.10	4,586	18.1	0	0
18	8.10	4,586	18.1	0	0
19	8.10	4,586	18.1	0	0
20	8.10	4,586	18.1	0	0
21	8.05	4,586	18.1	0	0
22	8.03	4,727	18.6	141	0
23	8.03	4,727	18.6	0	0
24	8.10	4,727	18.6	0	0
25	8.15	4,727	18.6	0	0
26	8.20	4,897	19.3	170	0
27	8.25	4,897	19.3	0	0
28	8.28	4,897	19.3	0	0
29	8.30	4,897	19.3	0	0
30	8.30	4,897	19.3	0	0
31	8.33	4,897	19.3	0	0

표 D-28 2002년 4월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	8.33	4,897	19.3	0	0
2	8.33	4,897	19.3	0	0
3	8.33	4,897	19.3	0	0
4	8.33	4,897	19.3	0	0
5	8.33	4,897	19.3	0	0
6	8.30	5,071	20.0	174	0
7	8.40	5,360	21.1	289	0
8	8.45	5,424	21.4	64	0
9	8.45	5,424	21.4	0	0
10	8.45	5,424	21.4	0	0
11	8.45	5,424	21.4	0	0
12	8.40	5,360	21.1	0	64
13	8.37	5,319	21.0	0	41
14	8.31	5,242	20.7	0	77
15	8.25	5,161	20.4	0	81
16	8.30	5,230	20.6	69	0
17	9.10	6,341	25.0	1,111	0
18	9.45	6,850	27.0	509	0
19	9.65	7,168	28.3	318	0
20	9.65	7,168	28.3	0	0
21	9.65	7,168	28.3	0	0
22	9.58	7,053	27.8	0	115
23	9.47	6,882	27.2	0	171
24	9.40	6,773	26.7	0	109
25	9.41	6,788	26.8	15	0
26	9.46	6,866	27.1	78	0
27	9.49	6,916	27.3	53	0
28	9.40	6,773	26.7	0	146
29	9.28	6,589	26.0	0	184
30	9.30	6,618	26.1	29	0

표 D-29 2002년 5월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	9.66	7,185	28.3	567	0
2	9.98	7,686	30.3	501	0
3	10.26	8,162	32.2	476	0
4	10.65	8,838	34.9	676	0
5	10.95	9,352	36.9	514	0
6	11.13	9,686	38.2	334	0
7	11.41	10,244	40.4	558	0
8	12.48	12,316	48.6	2072	0
9	12.95	13,313	52.5	997	0
10	13.22	13,896	54.8	583	0
11	13.34	14,158	55.9	262	0
12	13.35	14,181	55.9	23	0
13	13.34	14,158	55.9	0	23
14	13.30	14,074	55.5	0	84
15	13.36	14,203	56.0	129	0
16	13.43	14,359	56.7	156	0
17	13.38	14,247	56.2	0	112
18	13.33	14,137	55.8	0	110
19	13.20	13,855	54.7	0	282
20	13.12	13,679	54.0	0	176
21	13.04	13,505	53.3	0	174
22	12.95	13,313	52.5	0	192
23	12.88	13,163	51.9	0	150
24	12.80	13,012	51.3	0	151
25	12.72	12,831	50.6	0	181
26	12.63	12,636	49.9	0	195
27	12.53	12,421	49.0	0	215
28	12.42	12,201	48.1	0	220
29	12.31	11,982	47.3	0	219
30	12.20	11,724	46.3	0	258
31	12.09	11,520	45.5	0	204

표 D-30 2002년 6월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	11.98	11,306	44.6	0	214
2	11.84	11,037	43.5	0	269
3	11.77	10,899	43.0	0	138
4	11.66	10,680	42.1	0	219
5	11.55	10,465	41.3	0	215
6	11.44	10,252	40.4	0	213
7	11.33	10,055	39.7	0	197
8	11.09	9,611	37.9	0	444
9	10.82	9,129	36.0	0	482
10	10.55	8,653	34.1	0	476
11	10.42	8,430	33.3	0	223
12	10.32	8,256	32.6	0	174
13	10.22	8,078	31.9	0	178
14	10.12	7,912	31.2	0	166
15	10.01	7,740	30.5	0	172
16	9.89	7,549	29.8	0	191
17	9.77	7,362	29.0	0	187
18	9.64	7,152	28.2	0	210
19	9.50	6,931	27.3	0	221
20	9.25	6,547	25.8	0	384
21	8.96	6,137	24.2	0	410
22	8.67	5,718	22.6	0	419
23	8.50	5,491	21.7	0	227
24	8.52	5,517	21.8	26	0
25	8.53	5,530	21.8	13	0
26	8.10	4,933	19.5	0	597
27	7.58	4,336	17.1	0	0
28	7.03	3,731	14.7	0	605
29	6.48	3,204	12.6	0	527
30	5.90	2,711	10.7	0	493

표 D-31 2002년 7월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	5.50	2,381	9.4	0	330
2	4.99	2,031	8.0	0	350
3	4.80	1,900	7.5	0	131
4	4.74	1,862	7.3	0	38
5	4.71	1,840	7.3	0	22
6	4.75	1,871	7.4	31	0
7	4.77	1,882	7.4	11	0
8	4.82	1,912	7.5	30	0
9	4.77	1,882	7.4	0	30
10	4.42	1,650	6.5	0	232
11	4.30	1,573	6.2	0	77
12	4.26	1,546	6.1	0	27
13	4.22	1,523	6.0	0	23
14	4.41	1,644	6.5	121	0
15	4.52	1,717	6.8	73	0
16	4.61	1,775	7.0	58	0
17	4.67	1,813	7.2	38	0
18	4.73	1,856	7.3	43	0
19	4.79	1,894	7.5	38	0
20	5.11	2,119	8.4	225	0
21	5.26	2,225	8.8	106	0
22	5.38	2,309	9.1	84	0
23	6.18	2,944	11.6	635	0
24	6.70	3,416	13.5	472	0
25	6.93	3,630	14.3	214	0
26	7.05	3,749	14.8	119	0
27	7.15	3,848	15.2	99	0
28	7.23	3,941	15.5	93	0
29	7.26	3,974	15.7	33	0
30	7.10	3,798	15.0	0	176
31	6.80	3,512	13.9	0	286

표 D-32 2002년 8월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	6.52	3,242	12.8	0	270
2	6.15	2,917	11.5	0	325
3	5.90	2,711	10.7	0	206
4	5.65	2,505	9.9	0	206
5	5.54	2,420	9.5	0	85
6	5.47	2,367	9.3	0	53
7	7.62	4,381	17.3	2,014	0
8	10.55	8,653	34.1	4,272	0
9	11.37	10,128	40.0	1,475	0
10	11.75	10,859	42.8	731	0
11	12.15	11,646	45.9	787	0
12	12.51	12,375	48.8	729	0
13	12.92	13,248	52.3	873	0
14	13.34	14,158	55.9	910	0
15	13.81	15,227	60.1	1,069	0
16	14.45	16,751	66.1	1,524	0
17	14.80	17,626	69.5	875	0
18	15.03	18,209	71.8	583	0
19	15.15	18,512	73.0	303	0
20	15.24	18,739	73.9	227	0
21	15.30	18,904	74.6	165	0
22	15.37	19,087	75.3	0	334
23	15.50	19,421	76.6	334	0
24	15.55	19,550	77.1	129	0
25	15.64	19,787	78.1	237	0
26	15.68	19,895	78.5	108	0
27	15.78	20,158	79.5	263	0
28	15.78	20,158	79.5	0	0
29	15.84	20,323	80.2	165	0
30	15.88	20,429	80.6	106	0
31	15.93	20,563	81.1	134	0

표 D-33 2002년 9월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.20	23,963	94.5	3,400	0
2	17.89	25,346	100	1,383	0
3	17.75	25,346	100	0	0
4	17.60	24,955	98.5	0	391
5	17.38	24,408	96.3	0	547
6	17.16	23,860	94.1	0	548
7	16.90	23,202	91.5	0	658
8	16.64	22,562	89.0	0	640
9	16.35	21,732	85.7	0	830
10	16.07	20,898	82.5	0	834
11	16.05	20,884	82.4	0	14
12	16.09	20,917	82.5	33	0
13	16.13	21,074	83.1	157	0
14	16.15	21,168	83.5	94	0
15	16.15	21,168	83.5	0	0
16	16.20	21,399	84.4	231	0
17	16.22	21,419	84.5	20	0
18	16.24	21,439	84.6	20	0
19	16.24	21,439	84.6	0	0
20	16.26	21,475	84.7	36	0
21	16.28	21,529	84.9	54	0
22	16.28	21,529	84.9	0	0
23	16.28	21,529	84.9	0	0
24	16.18	21,246	83.8	0	283
25	16.10	20,924	82.6	0	322
26	16.05	20,884	82.4	0	40
27	16.05	20,884	82.4	0	0
28	16.05	20,884	82.4	0	0
29	16.05	20,884	82.4	0	0
30	16.06	20,884	82.4	0	0

표 D-34 2002년 10월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.08	20,906	82.5	22	0
2	16.08	20,906	82.5	0	0
3	16.08	20,906	82.5	0	0
4	16.08	20,906	82.5	0	0
5	16.08	20,906	82.5	0	0
6	16.10	20,924	82.6	18	0
7	16.12	21,024	82.9	100	0
8	16.12	21,024	82.9	0	0
9	16.14	21,124	83.3	100	0
10	16.14	21,124	83.3	0	0
11	16.14	21,124	83.3	0	0
12	16.14	21,124	83.3	0	0
13	16.16	21,194	83.6	70	0
14	16.16	21,194	83.6	0	0
15	16.16	21,194	83.6	0	0
16	16.16	21,194	83.6	0	0
17	16.16	21,194	83.6	0	0
18	16.16	21,194	83.6	0	0
19	16.16	21,194	83.6	0	0
20	16.18	21,246	83.8	52	0
21	16.18	21,246	83.8	0	0
22	16.18	21,246	83.8	0	0
23	16.20	21,399	84.4	153	0
24	16.20	21,399	84.4	0	0
25	16.22	21,419	84.5	20	0
26	16.22	21,419	84.5	0	0
27	16.24	21,439	84.6	20	0
28	16.24	21,439	84.6	0	0
29	16.26	21,475	84.7	36	0
30	16.26	21,475	84.7	0	0
31	16.28	21,529	84.9	54	0

표 D-35 2002년 11월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.28	21,529	84.9	0	0
2	16.28	21,529	84.9	0	0
3	16.30	21,583	85.2	54	0
4	16.30	21,583	85.2	0	0
5	16.30	21,583	85.2	0	0
6	16.32	21,643	85.4	60	0
7	16.34	21,703	85.6	60	0
8	16.36	21,760	85.9	57	0
9	16.38	21,816	86.1	56	0
10	16.38	21,816	86.1	0	0
11	16.38	21,816	86.1	0	0
12	16.40	21,874	86.3	58	0
13	16.42	21,933	86.5	0	58
14	16.44	21,991	86.8	0	2
15	16.46	22,051	87.0	60	0
16	16.48	22,109	87.2	58	0
17	16.50	22,168	87.5	59	0
18	16.52	22,224	87.7	56	0
19	16.54	22,280	87.9	56	0
20	16.56	22,337	88.1	57	0
21	16.58	22,393	88.3	56	0
22	16.60	22,450	88.6	57	0
23	16.62	22,506	88.8	56	0
24	16.63	22,534	88.9	28	0
25	16.64	22,562	89.0	28	0
26	16.65	22,592	89.1	30	0
27	16.66	22,619	89.2	27	0
28	16.67	22,646	89.3	27	0
29	16.68	22,673	89.5	27	0
30	16.69	22,700	89.6	27	0

표 D-36 2002년 12월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.70	22,727	89.7	27	0
2	16.71	22,748	89.7	21	0
3	16.72	22,769	89.8	21	0
4	16.73	22,790	89.9	21	0
5	16.74	22,811	90.0	21	0
6	16.76	22,859	90.2	48	0
7	16.78	22,915	90.4	56	0
8	16.80	22,971	90.6	56	0
9	16.82	23,035	90.9	64	0
10	16.84	23,099	91.1	64	0
11	16.86	23,144	91.3	45	0
12	16.88	23,174	91.4	30	0
13	16.88	23,174	91.4	0	0
14	16.88	23,174	91.4	0	0
15	16.88	23,174	91.4	0	0
16	16.90	23,202	91.5	28	0
17	16.91	23,230	91.7	28	0
18	16.91	23,230	91.7	0	0
19	16.91	23,230	91.7	0	0
20	16.91	23,230	91.7	0	0
21	16.91	23,230	91.7	0	0
22	16.91	23,230	91.7	0	0
23	16.91	23,230	91.7	0	0
24	16.91	23,230	91.7	0	0
25	16.91	23,230	91.7	0	0
26	16.91	23,230	91.7	0	0
27	16.91	23,230	91.7	0	0
28	16.91	23,230	91.7	0	0
29	16.91	23,230	91.7	0	0
30	16.91	23,230	91.7	0	0
31	16.91	23,230	91.7	0	0

표 D-37 2003년 1월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.91	23,230	91.6	0	0
2	16.91	23,230	91.6	0	0
3	16.91	23,230	91.6	0	0
4	16.91	23,230	91.6	0	0
5	16.91	23,230	91.6	0	0
6	16.91	23,230	91.6	0	0
7	16.91	23,230	91.6	0	0
8	16.92	23,258	91.7	28	0
9	16.97	23,384	92.2	126	0
10	17.02	23,454	92.5	70	0
11	17.07	23,565	92.9	111	0
12	17.12	23,762	93.7	197	0
13	17.17	23,886	94.2	124	0
14	17.22	24,010	94.7	124	0
15	17.27	24,132	95.2	122	0
16	17.32	24,259	95.7	127	0
17	17.35	24,331	95.9	72	0
18	17.35	24,331	95.9	0	0
19	17.35	24,331	95.9	0	0
20	17.35	24,331	95.9	0	0
21	17.35	24,331	95.9	0	0
22	17.35	24,331	95.9	0	0
23	17.35	24,331	95.9	0	0
24	17.35	24,331	95.9	0	0
25	17.35	24,331	95.9	0	0
26	17.35	24,331	95.9	0	0
27	17.35	24,331	95.9	0	0
28	17.35	24,331	95.9	0	0
29	17.35	24,331	95.9	0	0
30	17.35	24,331	95.9	0	0
31	17.35	24,331	95.9	0	0

표 D-39 2003년 2월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.35	24,331	95.9	0	0
2	17.35	24,331	95.9	0	0
3	17.35	24,331	95.9	0	0
4	17.35	24,331	95.9	0	0
5	17.35	24,331	95.9	0	0
6	17.35	24,331	95.9	0	0
7	17.35	24,331	95.9	0	0
8	17.35	24,331	95.9	0	0
9	17.35	24,331	95.9	0	0
10	17.35	24,331	95.9	0	0
11	17.38	24,408	96.2	77	0
12	17.41	24,483	96.5	75	0
13	17.46	24,601	97.0	118	0
14	17.51	24,731	97.5	130	0
15	17.56	24,856	98.0	125	0
16	17.61	24,979	98.5	123	0
17	17.62	25,003	98.6	24	0
18	17.62	25,127	99.1	124	0
19	17.70	25,203	99.4	76	0
20	17.71	25,232	99.5	29	0
21	17.72	25,261	99.6	29	0
22	17.72	25,261	99.6	0	0
23	17.75	25,346	100	85	0
24	17.75	25,346	100	0	0
25	17.75	25,346	100	0	0
26	17.75	25,346	100	0	0
27	17.75	25,346	100	0	0
28	17.75	25,346	100	0	0

표 D-39 2003년 3월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.75	25,346	100	0	0
2	17.75	25,346	100	0	0
3	17.75	25,346	100	0	0
4	17.75	25,346	100	0	0
5	17.75	25,346	100	0	0
6	17.75	25,346	100	0	0
7	17.75	25,346	100	0	0
8	17.75	25,346	100	0	0
9	17.75	25,346	100	0	0
10	17.75	25,346	100	0	0
11	17.75	25,346	100	0	0
12	17.75	25,346	100	0	0
13	17.75	25,346	100	0	0
14	17.75	25,346	100	0	0
15	17.75	25,346	100	0	0
16	17.75	25,346	100	0	0
17	17.75	25,346	100	0	0
18	17.75	25,346	100	0	0
19	17.75	25,346	100	0	0
20	17.75	25,346	100	0	0
21	17.75	25,346	100	0	0
22	17.75	25,346	100	0	0
23	17.75	25,346	100	0	0
24	17.75	25,346	100	0	0
25	17.75	25,346	100	0	0
26	17.75	25,346	100	0	0
27	17.75	25,346	100	0	0
28	17.75	25,346	100	0	0
29	17.75	25,346	100	0	0
30	17.75	25,346	100	0	0
31	17.75	25,346	100	0	0

표 D-40 2003년 4월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.75	25,346	100	0	0
2	17.75	25,346	100	0	0
3	17.75	25,346	100	0	0
4	17.75	25,346	100	0	0
5	17.75	25,346	100	0	0
6	17.75	25,346	100	0	0
7	17.75	25,346	100	0	0
8	17.75	25,346	100	0	0
9	17.75	25,346	100	0	0
10	17.75	25,346	100	0	0
11	17.75	25,346	100	0	0
12	17.75	25,346	100	0	0
13	17.75	25,346	100	0	0
14	17.75	25,346	100	0	0
15	17.75	25,346	100	0	0
16	17.75	25,346	100	0	0
17	17.70	25,203	99.4	0	143
18	17.57	24,879	98.1	0	324
19	17.59	24,931	98.3	52	0
20	17.68	25,153	99.2	222	0
21	17.75	25,346	99.2	193	0
22	17.75	25,346	99.2	0	0
23	17.75	25,346	99.2	0	0
24	17.75	25,346	99.2	0	0
25	17.75	25,346	99.2	0	0
26	17.75	25,346	99.2	0	0
27	17.75	25,346	99.2	0	0
28	17.75	25,346	99.2	0	0
29	17.75	25,346	99.2	0	0
30	17.75	25,346	99.2	0	0

표 D-41 2003년 5월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.75	25,346	100	0	0
2	17.75	25,346	100	0	0
3	17.75	25,346	100	0	0
4	17.75	25,346	100	0	0
5	17.75	25,346	100	0	0
6	17.75	25,346	100	0	0
7	17.75	25,346	100	0	0
8	17.75	25,346	100	0	0
9	17.75	25,346	100	0	0
10	17.75	25,346	100	0	0
11	17.75	25,346	100	0	0
12	17.75	25,346	100	0	0
13	17.75	25,346	100	0	245
14	17.75	25,346	100	0	274
15	17.66	25,101	99	0	368
16	17.55	24,827	97.9	0	496
17	17.40	24,459	96.5	0	517
18	17.20	23,963	94.5	0	347
19	17.00	23,446	92.5	0	480
20	16.84	23,099	91.1	0	451
21	16.66	22,619	89.2	0	585
22	16.50	22,168	87.4	0	659
23	16.30	21,583	85.1	0	92
24	16.10	20,924	82.5	0	0
25	16.03	20,832	82.1	0	0
26	16.03	20,832	82.1	0	25
27	16.03	20,832	82.1	0	25
28	16.02	20,807	82.0	0	25
29	16.01	20,782	81.9	50	0
30	16.00	20,757	81.8	0	0
31	16.02	20,807	82.0	0	0

표 D-42 2003년 6월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.08	20,906	82.4	99	0
2	16.08	20,906	82.4	0	0
3	16.07	20,898	82.4	0	8
4	16.05	20,884	82.3	0	14
5	16.02	20,807	82	0	77
6	16.00	20,757	81.8	0	50
7	15.97	20,672	81.5	0	85
8	15.97	20,590	81.2	0	82
9	15.89	20,456	80.7	0	134
10	15.83	20,296	80	0	160
11	15.76	20,102	79.3	0	194
12	15.75	20,074	79.1	0	28
13	15.72	20,001	78.9	0	73
14	15.71	19,976	78.8	0	25
15	15.68	19,895	78.4	0	81
16	15.63	19,762	77.8	0	133
17	15.57	19,604	77.3	0	158
18	15.52	19,473	76.8	0	131
19	15.42	19,207	75.7	0	266
20	15.39	19,145	75.5	0	62
21	15.36	19,058	75.1	0	87
22	15.34	19,004	74.9	0	54
23	15.28	18,854	74.3	0	150
24	15.30	18,904	74.5	50	0
25	15.34	19,004	74.9	100	0
26	15.34	19,004	74.9	0	0
27	15.40	19,175	75.6	171	0
28	15.88	20,429	80.6	1,254	0
29	16.09	20,917	82.5	488	0
30	16.22	21,419	84.5	502	0

표 D-43 2003년 7월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.32	21,643	85.3	224	0
2	16.45	22,022	86.8	379	0
3	16.55	22,309	88.0	287	0
4	17.00	23,446	92.5	1137	0
5	17.37	24,382	96.1	936	0
6	17.36	24,356	96.0	0	26
7	17.45	24,579	96.9	223	0
8	17.45	24,579	96.9	0	0
9	17.43	24,531	96.7	0	48
10	17.75	25,346	100	815	0
11	17.75	25,346	100	0	0
12	17.75	25,346	100	0	0
13	17.75	25,346	100	0	0
14	17.75	25,346	100	0	0
15	17.75	25,346	100	0	0
16	17.63	25,029	98.7	0	317
17	17.44	24,555	96.8	0	474
18	17.25	24,080	95.0	0	475
19	17.25	24,080	95.0	0	0
20	17.05	23,467	92.5	0	613
21	17.00	23,446	92.5	0	21
22	16.93	23,286	91.8	0	160
23	17.73	25,290	99.7	2004	0
24	17.75	25,346	100	56	0
25	17.80	25,346	100	0	0
26	17.90	25,346	100	0	0
27	17.79	25,346	100	0	0
28	17.70	25,203	99.4	0	143
29	17.65	25,075	98.9	0	128
30	17.62	25,003	98.6	0	72
31	17.53	24,779	97.7	0	224

표 D-44 2003년 8월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.50	24,707	97.4	0	72
2	17.47	24,628	97.1	0	79
3	17.27	24,132	95.2	0	496
4	17.40	24,459	96.5	327	0
5	16.80	22,971	90.6	0	1,488
6	16.59	22,425	88.4	0	546
7	16.40	21,874	86.3	0	551
8	16.24	21,439	84.5	0	435
9	16.02	20,807	82.0	0	632
10	16.00	20,757	81.8	0	50
11	16.03	20,832	82.1	75	0
12	16.02	20,807	82.0	0	25
13	16.01	20,782	81.9	0	25
14	16.00	20,757	81.8	0	25
15	15.98	20,700	81.6	0	57
16	15.95	20,616	81.3	0	84
17	15.92	20,536	81.0	0	80
18	15.89	20,456	80.7	0	80
19	16.02	20,807	82.0	351	0
20	16.74	22,811	89.9	2,004	0
21	17.10	23,714	93.5	903	0
22	17.12	23,762	93.7	48	0
23	16.98	23,404	92.3	0	358
24	16.83	23,067	91.0	0	337
25	16.68	22,673	89.4	0	394
26	16.45	22,022	86.8	0	651
27	16.26	21,475	84.7	0	547
28	16.26	21,475	84.7	0	0
29	16.32	21,643	85.3	168	0
30	16.44	21,991	86.7	348	0
31	16.60	22,450	88.5	459	0

표 D-45 2003년 9월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.75	22,831	90.0	381	0
2	16.79	22,943	90.5	112	0
3	16.98	23,404	92.3	461	0
4	17.08	23,614	93.1	210	0
5	17.23	24,033	94.8	419	0
6	17.55	24,827	97.9	794	0
7	17.55	24,827	97.9	0	0
8	17.50	24,707	97.4	0	120
9	17.50	24,707	97.4	0	0
10	17.75	25,346	100	639	0
11	17.75	25,346	100	0	0
12	17.67	25,127	99.1	0	219
13	17.75	25,346	99.1	219	0
14	17.82	25,346	100	0	0
15	17.73	25,290	99.7	0	56
16	17.60	24,955	98.4	0	335
17	17.38	24,408	96.2	0	547
18	17.18	23,912	94.3	0	496
19	17.02	23,454	92.5	0	458
20	16.80	22,971	90.6	0	483
21	16.60	22,450	88.5	0	521
22	16.35	21,732	85.7	0	718
23	16.32	21,643	85.3	0	89
24	16.35	21,732	85.7	89	0
25	16.37	21,788	85.9	56	0
26	16.44	21,991	86.7	203	0
27	16.44	21,991	86.7	0	0
28	16.44	21,991	86.7	0	0
29	16.46	22,051	86.9	60	0
30	16.56	22,337	88.1	286	0

표 D-46 2003년 10월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	16.56	22,337	88.1	0	0
2	16.58	22,393	88.3	56	0
3	16.58	22,393	88.3	0	0
4	16.58	22,393	88.3	0	0
5	16.60	22,450	88.5	57	0
6	16.60	22,450	88.5	0	0
7	16.63	22,534	88.9	84	0
8	16.65	22,592	89.1	58	0
9	16.65	22,592	89.1	0	0
10	16.60	22,450	88.5	0	142
11	16.60	22,450	88.5	0	0
12	16.60	22,450	88.5	0	0
13	16.60	22,450	88.5	0	0
14	16.63	22,534	88.9	84	0
15	16.65	22,592	89.1	58	0
16	16.65	22,592	89.1	0	0
17	16.65	22,592	89.1	0	0
18	16.65	22,592	89.1	0	0
19	16.65	22,592	89.1	0	0
20	16.65	22,592	89.1	0	0
21	16.68	22,673	89.4	81	0
22	16.70	22,727	89.7	54	0
23	16.73	22,790	89.9	63	0
24	16.75	22,831	90.1	41	0
25	16.78	22,915	90.4	84	0
26	16.78	22,915	90.4	0	0
27	16.78	22,915	90.4	0	0
28	16.82	23,035	90.9	120	0
29	16.90	23,202	91.5	167	0
30	16.92	23,258	91.8	56	0
31	17.00	23,446	92.5	188	0

표 D-47 2003년 11월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.02	23,454	92.5	8	0
2	17.02	23,454	92.5	0	0
3	17.02	23,454	92.5	0	0
4	17.02	23,454	92.5	0	0
5	17.02	23,454	92.5	0	0
6	17.05	23,467	92.6	13	0
7	17.05	23,467	92.6	0	0
8	17.05	23,467	92.6	0	0
9	17.05	23,467	92.6	0	0
10	17.05	23,467	92.6	0	0
11	17.07	23,565	93.0	98	0
12	17.07	23,565	93.0	0	0
13	17.07	23,565	93.0	0	0
14	17.07	23,565	93.0	0	0
15	17.09	23,663	93.4	98	0
16	17.09	23,663	93.4	0	0
17	17.09	23,663	93.4	0	0
18	17.09	23,663	93.4	0	0
19	17.12	23,762	93.8	99	0
20	17.12	23,762	93.8	0	0
21	17.14	23,810	93.9	48	0
22	17.14	23,810	93.9	0	0
23	17.14	23,810	93.9	0	0
24	17.14	23,810	93.9	0	0
25	17.16	23,860	94.1	50	0
26	17.18	23,912	94.3	52	0
27	17.18	23,912	94.3	0	0
28	17.20	23,963	94.5	51	0
29	17.20	23,963	94.5	0	0
30	17.20	23,963	94.5	0	0

표 D-48 2003년 12월

일	수위 (m)	저수량 (10 ³ m ³)	저수율 (%)	유입 (10 ³ m ³)	유출 (10 ³ m ³)
1	17.20	23,963	94.5	0	0
2	17.23	24,033	94.8	70	0
3	17.25	24,080	95.0	47	0
4	17.27	24,132	95.2	52	0
5	17.27	24,132	95.2	0	0
6	17.27	24,132	95.2	0	0
7	17.27	24,132	95.2	0	0
8	17.27	24,132	95.2	0	0
9	17.30	24,211	95.5	79	0
10	17.30	24,211	95.5	0	0
11	17.30	24,211	95.5	0	0
12	17.25	24,080	95.0	0	131
13	17.20	23,963	94.5	0	117
14	17.15	23,834	94.0	0	129
15	17.10	23,714	93.6	0	120
16	17.05	23,467	92.6	0	247
17	16.95	23,344	92.1	0	123
18	16.95	23,344	92.1	0	0
19	16.95	23,344	92.1	0	0
20	16.95	23,344	92.1	0	0
21	16.95	23,344	92.1	0	0
22	16.95	23,344	92.1	0	0
23	16.95	23,344	92.1	0	0
24	16.95	23,344	92.1	0	0
25	16.95	23,344	92.1	0	0
26	16.95	23,344	92.1	0	0
27	16.95	23,344	92.1	0	0
28	16.95	23,344	92.1	0	0
29	16.95	23,344	92.1	0	0
30	16.95	23,344	92.1	0	0
31	16.95	23,344	92.1	0	0

<부록 E> 전문가시스템 지식데이터베이스 테이블 명세

표 E-1 ALTERNATIVES 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
atnv_no	int	4	0	Alternative No.
basin_id	char	4	0	유역 ID
basin_name	nvarchar	50	1	유역이름
method_id	char	4	0	공법 ID
method_name	nvarchar	50	1	공법이름
fort_tran_BOD	float	8	1	예측유출부하량
fort_tran_TN	float	8	1	예측유출부하량
fort_tran_TP	float	8	1	예측유출부하량
cost	money	8	1	소요비용
score	float	8	1	대안평가점수
rank	int	4	1	대안평가순위
result_BOD	float	8	1	시뮬레이션결과 부하량
result_TN	float	8	1	시뮬레이션결과 부하량
result_TP	float	8	1	시뮬레이션결과 부하량
used	bit	1	1	응용프로그램 활용필드

표 E-2 INST_INFO 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
inst_index	smallint	2	1	저수지 인덱스
inst_nm	nvarchar	50	0	저수지 이름
ST	float	8	0	ST
WS	float	8	0	WS
STWS	float	8	1	ST/WS비
BASIN_number	int	4	1	유역 개수
Segment_number	int	4	1	세그먼트 개수

표 E-3 (저수지이름)_BASIN 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
id	char	4	0	유역 ID
name	nvarchar	50	1	유역 이름
POLLUTANT_CAUSE	char	10	1	유역주오염원
POLLUTANT_CAUSEi	char	4	1	유역주오염원 ID
Population	bigint	8	1	인구
Bull	bigint	8	1	한우
Cow	bigint	8	1	젓소
Fowl	bigint	8	1	양계
Pig	bigint	8	1	돼지
Farm	float	8	1	밭
Field	float	8	1	논
Land	float	8	1	토지
Site	float	8	1	대지
GENE_BOD	float	8	1	발생부하량
GENE_TN	float	8	1	발생부하량
GENE_TP	float	8	1	발생부하량
TRAN_BOD	float	8	1	유출부하량
TRAN_TN	float	8	1	유출부하량
TRAN_TP	float	8	1	유출부하량
ROR_BOD	float	8	1	유달율
ROR_TN	float	8	1	유달율
ROR_TP	float	8	1	유달율
used	bit	1	1	응용프로그램 활용필드
atnv_used	bit	1	1	응용프로그램 활용필드

표 E-4 (저수지이름)_Basin_to_Segment 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
basin_id	char	4	0	유역 ID
Segment_1	float	8	1	세그먼트 1 변환 파라미터
Segment_2	float	8	1	세그먼트 2 변환 파라미터
Segment_3	float	8	1	세그먼트 3 변환 파라미터
Segment_4	float	8	1	세그먼트 4 변환 파라미터
Segment_5	float	8	1	세그먼트 5 변환 파라미터

표 E-5 (저수지이름)_Segment_to_Basin 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
SEGMENT_ID	int	4	0	세그먼트 ID
W1	float	8	1	유역 1 변환 파라미터
W2	float	8	1	유역 2 변환 파라미터
W3	float	8	1	유역 3 변환 파라미터
W4	float	8	1	유역 4 변환 파라미터

표 E-6 (저수지이름)_WQW 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
ins_day	smalldatetime	4	0	데이터 수집일
tem	int	4	1	
ph	float	8	1	
wqw_do	float	8	1	
wqw_bod	float	8	1	
cod	float	8	1	COD
ss	float	8	1	
tn	float	8	1	Total Neutrogen
tp	float	8	1	Total Phosphorus
wt_amt	float	8	1	
inst_nm	nvarchar	255	0	저수지 이름
ecoli	float	8	1	
W_IDX	int	4	1	
Adm_IDX	int	4	1	
DRAB_IDX	int	4	1	
river_name	nvarchar	255	1	
resv_id	nvarchar	255	1	
trans	float	8	1	
cla	float	8	1	
elec_pro	int	4	1	
nu_index	smallint	2	1	
nu	char	20	1	
type_index	smallint	2	1	
type	char	20	1	
C_index	smallint	2	1	
C	char	25	1	

표 E-7 METHOD_INFO 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
id	char	4	0	공법 ID
name	nvarchar	50	0	공법 이름
EFFI_TN	float	8	1	삭감효율
EFFI_TP	float	8	1	삭감효율
EFFI_COD	float	8	1	삭감효율
EFFI_BOD	float	8	1	삭감효율
cost	money	8	1	설치비용
region	char	5	1	호소내부 호소외부
used	bit	1	1	응용프로그램 활용필드
atnv_used	bit	1	1	응용프로그램 활용필드

표 E-8 PARAMETER 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
param_NH3	float	8	1	NH3 파라미터
param_NO3	float	8	1	NO3 파라미터
param_ON	float	8	1	ON 파라미터
param_PO4	float	8	1	PO4 파라미터
param_OP	float	8	1	OP 파라미터
COD2BOD	float	8	1	COD to BOD 변환 파라미터
BOD2COD	float	8	1	BOD to COD 변환 파라미터

표 E-9 TARGET_RESULT 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
conclusion_id	int	4	0	결론 ID
inst_nm	nvarchar	50	0	저수지 이름
ins_day	datetime	8	0	해당 연월
target_day	datetime	8	0	분석목표연월
target_BOD	float	8	1	목표수질
target_TN	float	8	1	목표수질
target_TP	float	8	1	목표수질
conclusion	nvarchar	50	1	결론서술
result_BOD	float	8	1	예측수질(시뮬레이션 실행결과)
result_TN	float	8	1	예측수질(시뮬레이션 실행결과)
result_TP	float	8	1	예측수질(시뮬레이션 실행결과)
param_NH3	float	8	1	사용된 파라미터
param_NO3	float	8	1	사용된 파라미터
param_ON	float	8	1	사용된 파라미터
param_PO4	float	8	1	사용된 파라미터
param_OP	float	8	1	사용된 파라미터
this_date	datetime	8	1	실행일
this_time	char	20	1	실행시간

표 E-10 Wasp5 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
inst_nm	nvarchar	50	1	저수지 이름
atnv_no	int	4	1	현재 실행중인 대안 번호
basin_id	char	4	1	현재 실행중인 유역 ID

표 E-11 CONCLUSION_(결과번호) 테이블 명세

열이름	데이터 형식	길이	NULL 허용	설명
basin_id	char	4	1	세그먼트 이름
basin_name	nvarchar	50	1	시뮬레이션 입력 데이터
method_id	char	4	1	시뮬레이션 입력 데이터
method_name	nvarchar	50	1	시뮬레이션 입력 데이터
result_BOD	float	8	1	시뮬레이션 입력 데이터
result_TN	float	8	1	시뮬레이션 입력 데이터
result_TP	float	8	1	시뮬레이션 입력 데이터

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.