韓國地形空間情報學會論文集 第13卷 第1號 2005年 3月 pp. 71-80

연구논문

전문가시스템과 GIS를 이용한 저수지 수질 정보시스템 개발

Development of Water Quality Management System in Reservoirs Using Expert System and GIS

고홍석* · 이주승** · 고남영*** · 조민호****

Goh, Hong-Seok · Lee, Ju-Seung · Goh, Nam-Young · Cho, Min-Ho

要 旨

사회 환경의 급격한 변화에 따라 하천과 호소의 수질이 극도로 오염되면서 그에 따른 수질문제가 해결해야 할 중대한 사안으로 부각되고 있다. 저수지 오염물질의 저감을 위해서는 정확한 저수질 예측이 필요하며 그에 따른 오염물질 저감대책이 수립되어야 한다. 본 연구의 목적은 전문가시스템과 GIS를 도입하여 저수지 수질정보의 관리, 수질 예측과 수질개선 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 프로토타입의 지능형 지리정보시스템을 개발하는데 있다. 주 연구내용은 시스템 분석 및 설계, 지리정보데이터 수집과 데이터베이스 구축, 저수지 수질정보 수집 및 분석, 저수지 수질예측을 위한 GIS, WASP5 및 전문가시스템의 통합 인터페이스 구축이다.

핵심용어 : WASP5, 전문가시스템(Expert System), GIS(Geographic Information System)

Abstract

Recently, water quality problems 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. This research aims to develop an intelligent decision support system, which uses a GIS enabling management and spatial analysis. The developed system is a prototype that can be applied into real spot. This 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 GIS, and development of an expert system for water quality forecasting by WASP5.

Keywords : WASP5, 전문가시스템(Expert System), GIS(Geographic Information System)

1. 서 론

지금까지 수자원관리는 얼마나 많은 양의 물을 확보하느냐가 중요한 관심사였으나, 사회 환경의 급격한 변화에 따라 하천과 호소의 수질이 극도로 오염되면서 그에 따른 수질문제가 해결해야 할 중대 사안으로 부각되고 있다.

현재의 수질관련 정보관리 체계는 각 지자체, 수질관리기관 및 저수지 현장관리 조직 등이 개별적인 주체가 되어 각각의 관리정책을 수립하고 수질오염 예방 및 환경오염 사고에 대한 처리가 행해지고 있으나, 향후 GIS 기반의 수질정보 관리시스템의 도입으로 정책의 일관성 확보 및 중복투자의 방지와 관리효율 상승의 효과를 기대할 수 있다. GIS를 활용한 수질정보 관리체계 개념도는 그림 1과 같다.

한편 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(양영민, 2000). 이러한 과정에서 많은 유형의 정보 즉 인문 · 사회 · 지리적 측면의 광역의 정보가 확보되어야 할 뿐만 아니라 수질오염에 대한 경제적이며

2005년 3월 17일 접수, 2005년 3월 24일 채택

* 전북대학교 생물자원시스템공학부 교수 (minju@chonbuk.ac.kr)
** 주저자, 전북대 대학원 농공학과 박사수료 (bigfoot@chonbuk.ac.kr)
*** 벽성대학교 토목환경과 초빙전임강사 (nygoh@hanmail.net)
**** 전북대 대학원 산업공학과 박사수료 (cmh@cbnu.edu)

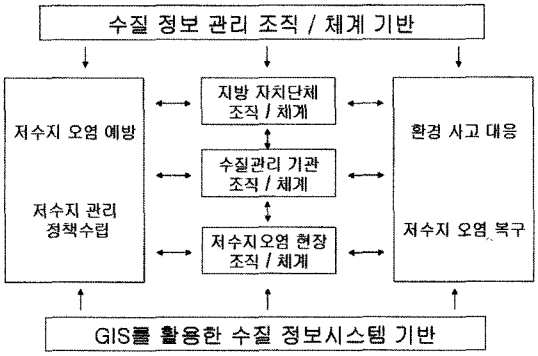

그림 1. GIS를 활용한 수질정보 관리체계

효율적인 개선책을 마련하기 위해서는 수질모델, 처리 대안시스템, 그리고 모델과 시스템의 사용에 필요한 데이터 제공을 위한 데이터베이스 구축 등이 연계된 수질 관련 정보관리 체계가 필요하다.

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(최성규, 2001).

본 연구에서는 저수지 수질환경의 예측과 대책 수립을 위한 의사결정을 지원하는 지능형 정보시스템의 프로토타입을 제안하고 전북의 경천저수지에 적용하였다. GIS 도입으로 저수지 수질 관련 정보의 검색이 용이해졌으며, 공간정보 관리의 효율성을 높이고자 하였다. 수질예측시스템에 Wasp5를 적용하고 저수지의 수질 관리계획 과정을 모형화 한 전문가 시스템과 연동함으로서 의사결정 과정의 신뢰성을 확보하고자 하였다. 사용 편의성을 제공하기 위하여 그래픽 유저 인터페이스를 제공하며, 수질정보 검색시스템, 수질 예측 시스템, 오염물질 처리 방안 제시를 위한 전문가 시스템을 각각 모듈로 개발하여 통합하였다.

2. 시스템 분석 및 설계

사용자는 본 연구에서 개발된 저수지 수질 정보시스템을 통해 저수지 유역 내의 수질 환경에 관련된 각종 공간정보를 보다 쉽게 파악할 수 있으며, 얻어진 정보로부터 의사결정지원시스템을 이용하여 유역내에 분포된 주 오염의 원인 및 공간적 위치 파악이 가능토록 하고 그에 따른 후속 조치(수질개선 정책안)를 제시할 수 있다.

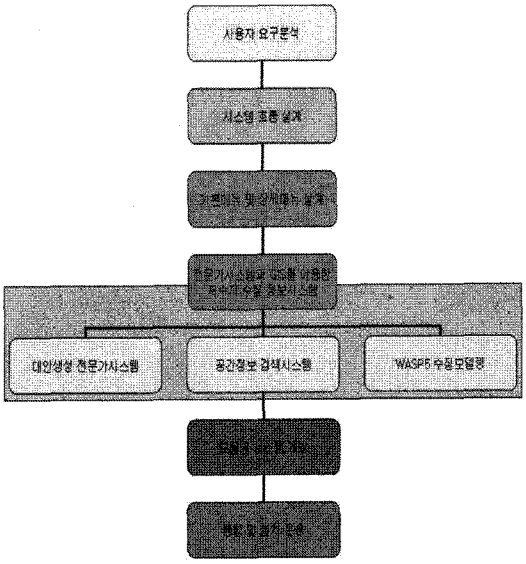

그림 2. 시스템 개발 흐름도

사용자 요구분석 이후 기본 메뉴 및 상세메뉴를 설계한 후 공간정보 검색시스템을 먼저 구현하여 수질관련 정보의 검색 및 현황파악의 기능을 갖추었으며, 향후 원격지에서의 정보 입출력 및 관리에 활용할 수 있도록 하였다. 한편 저수지의 수질정보를 취득하여 수질데이터베이스를 구축하였다.

여기서 구축된 수질 데이터베이스는 처리 대안을 생성하는 전문가시스템과 장래의 수질변화를 예측하는 수질모델링시스템에서 공유할 수 있도록 설계하였다. 한편 수질모델의 전 · 후처리에 전문가시스템과 GIS의 연동을 위해 시스템간의 인터페이스를 개발하여 사용하는 Flexible coupling 방법으로 개발하였다.

그림 2는 시스템 개발 흐름도이다. 이상의 각 시스템은 모듈별로 상세 메뉴를 설계하였고 최종적으로 GIS를 이용한 저수지 수질 정보시스템으로 통합하였다.

3. 수질 정보시스템 구축

3.1 수질정보 검색시스템 구현

저수지 수질의 효율적 관리를 위해서는 먼저 저수지 유역내의 토지이용, 인구와 산업의 입지, 오염물 처리 등 오염원의 현황 및 분포에 대한 세밀하고 정확한 자료수

집을 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.

연구 대상 저수지에 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 보여 주는 데 그 목적이 있으며, 그 세부내용은 아래 표 1과 같다.

표 1. 레이어 분류표

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

3.1.1 수질관련 공간정보 구축

국토지리정보원에서 발행한 수치지형도를 표 3-1과 같이 각 Layer 별로 구분하고 좌표 변환 과정을 거쳐 중첩 여부를 확인한 후 기본도로 작성한 후 수집된 속성자료를 분석하여 Category와 Feature를 설정하였다. 각 Feature 별로 Layer, 유형, Symbol, 관련 속성을 규정하고 이를 기준으로 기본도를 구축하였다. 주제도는 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 공간자료로 사용하였다. 한편 기본도 혹은 주제도는 Layer 코드 및 지형 코드를 국토지리정보원 표준에 부합하도록 설정하여 다른 연구와 자료 교환 및 상호 연결이 용이하도록 하였다.

그림 3은 전체 유역과 저수지 수심 분포도에 관한 현황이며, 그림 4는 저수지 내의 수질 측정 지점을 나타낸 주제도이다. 연구대상 저수지의 수질 측정 지점은 댐 인

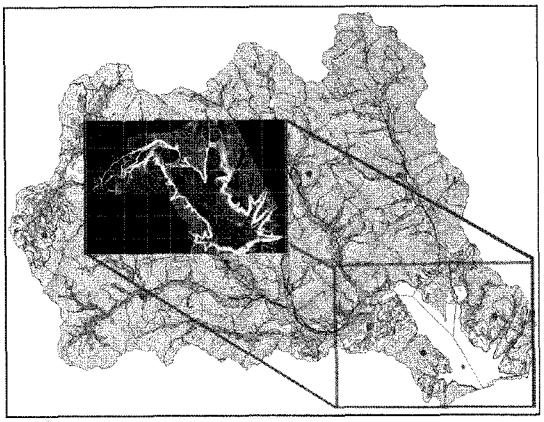

그림 3. 전체유역과 저수지내 수심분포도

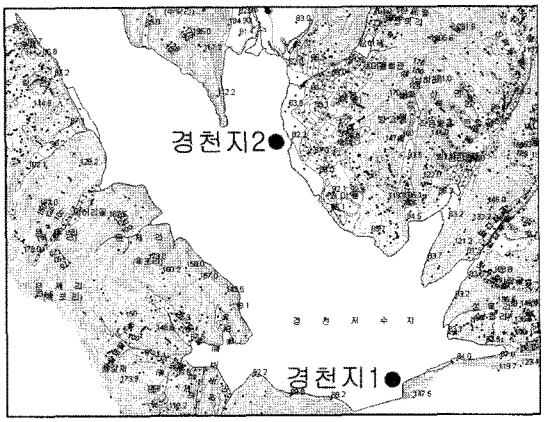

그림 4. 저수지 수질측정지점

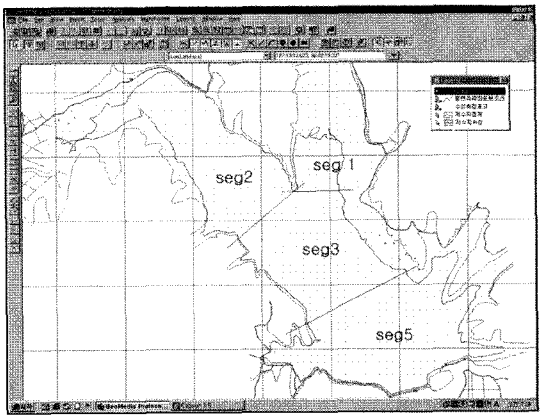

그림 5. 세그멘트 분할도

근의 '측정지점1'(경천지1)과 먹머리골앞 '측정지점2'(경천지2)의 두 지점으로 지도상에서 이 지점의 측정지점 표시를 클릭함으로서 데이터베이스와 링크된 저수지 수질 현황이 화면상에 표시되도록 하였다.

한편 각종 수질관련 공간자료는 행정구역별 혹은 배수구역별로 세부적인 검색이 가능하다.

그림 5와 같이 Segment 분할은 수질측정지점의 위치, 수체의 특성, 각 Segment에서의 체류시간, 각 Segment의 체적 등을 고려하여 5개로 나누고 Dummy Segment를 1개 추가하였다. 사용자는 수질모델링을 적용할 세그멘트를 선택하여 수체정보 및 수질정보를 검색하고 WASP5를 통한 모델링을 실시하며, 전문가시스템에서 수질개선 대안을 수립하고 재평가 할 수 있도록 연동하였다.

유역도는 소하천으로 분류된 하천을 지형도에서 등고선을 따라 유역도를 추출하여 직접 입력방식으로 구축하였다. 수치 표고 모델을 이용해 유선벡터를 생성하고 연구대상지역의 슬로프 벡터도를 구축하고 등고선도와 불규칙삼각망은 향후 3차원 수질모델링과 유역분석 등에 응용할 수 있도록 하였다.

그림 7의 토양도는 호남농업시험장에서 제작된 수치토양도의 속성내역 중 토지이용 항목을 이용하여 분류하였으며, 토양도는 수치토양도의 속성을 그대로 이용하여 연구대상유역 기본도에 중첩하였다. 토지이용도는 수치지도를 기준으로 현장조사를 실시하여 세부적인 내용을 검토하고 구축하였다. 연구지역의 상당 부분은 삼림으로 구성되어 있으며, 하천을 따라 주택가와 농경지가 분포되어 있다.

그림 8과 같은 저수지 수심분포도를 통해 수질모델링에 필요한 수체특성과 저수지 지점별 수심정보를 검색할 수 있도록 하였다.

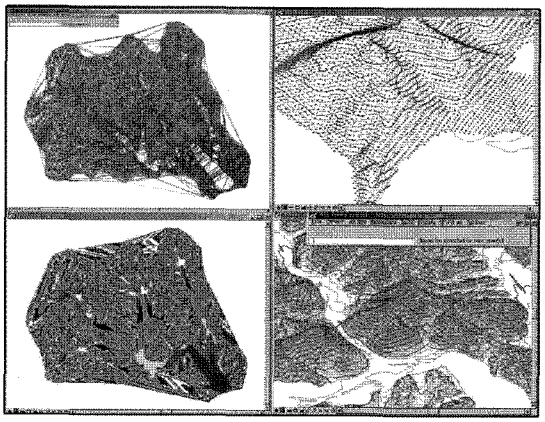

그림 6. 등고선도 3차원, 슬로프벡터도 경사분석도, 불규칙 삼각망 (TIN)

3.1.2 수질관련 속성정보 구축

수질관련 정보검색시스템은 유역의 현황 및 각종 실측데이터, 오염원데이터를 관리하고, 수질예측 및 수질관리모형에 필요한 데이터를 공급해 주는데 그 목적이 있다. 저수지 수질관리 지리정보시스템 구축을 위한 관련 자료의 확인을 위하여 대상범위를 결정하고, 문헌조사 및 현장방문 조사를 실시하였으며, 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. 데이터베이스 구축의 주요내용은 표 2와 같다.

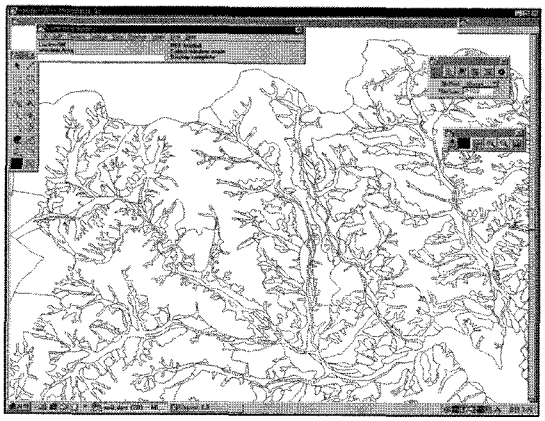

그림 7. 토양도

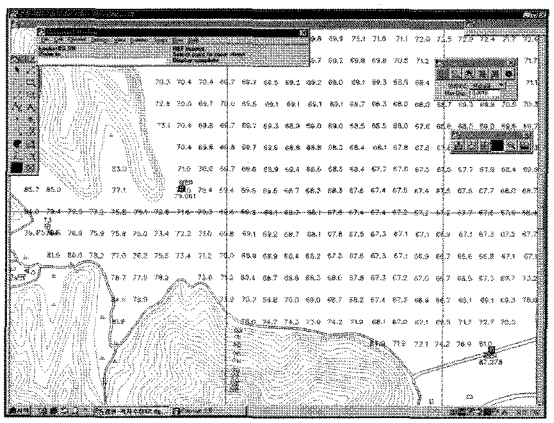

그림 8. 저수지 수심분포도

표 2. 데이터베이스 구축 내용

구 분	주 요 내 용	
오염원 DB	인구	하수처리형태별(하수처리, 하수처리예정, 비하수처리구역)
	산업	산업폐수, 공단폐수
	축산	규제대상 별(허가, 신고, 비규제)
	양식장	가두리, 유수식
	토지이용	토지이용현황 분석
	오염물질 부하량 산정	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	
의사결정 지원 DB	주 오염원별 목표 삭감량, 처리방안	

3.2 수질예측시스템 구축

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. 수질평가 및 수질개선의 판단기준 수립을 위해 수질 모델링을 통한 수질예측시스템을 구축할 필요가 있다.

그림 9는 수질모델링을 통한 오염원 산출과 오염삭감 정책 수립의 일반적 과정을 보인 것이다.

수질 모델링 프로그램으로는 미국 환경부에서 개발하여 관리해오고 있는 WASP5의 부프로그램 중 일반 수질항목에 대한 모델인 EUTRO5와 WASP5 수질모델링 프로그램을 채택하였다. Input 파일 설계 및 실행을 위해 윈도우 95/96/NT tool인 WASP Builder을 사용하였는데, WASP Builder를 이용하면 윈도우 화면으로 사용자가 원하는 그룹을 보다 쉽게 화면에 나타낼 수 있으며, 자료의 입력과 수정을 보다 쉽게 할 수 있는 장점이 있다.

수질모델은 1992년의 자료를 이용하여 보정되었으며 2000년의 자료를 이용하여 검증하였다.

한편 대상저수지 유역에서 장래의 수질관리를 위한 정책수립에 전문가시스템인 WeBIS tool을 이용하였는데, 수질모델링 결과를 포함한 각종 정책결정 기초자료와 지

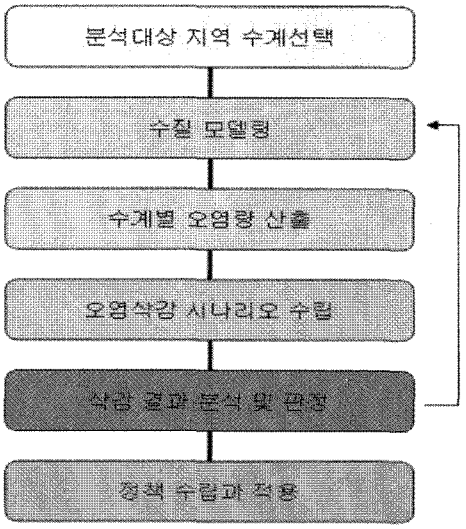

그림 9. 수질모델링을 통한 정책수립

식들은 모두 하나의 데이터베이스로 통합하였다.

3.2.1 대상저수지의 수질 분석

지형 및 지세, 유입하천현황, 수자원현황과 수문 및 기상현황 등을 유역의 현황자료로 입력하고, 오염원 조사를 통해 오염원 현황, 인구현황, 가축현황, 토지이용 현황을 입력하였으며, 장래의 변화량을 산정하여 데이터베이스에 입력하였다.

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.

2002년도를 기준으로 경천저수지의 수질조사 결과 pH의 범위는 6.3~8.4로 1월을 제외하고 대체적으로 농업용수허용기준치를 만족하였고, DO는 7.4㎎/ℓ이상으로 아주 양호하였다. 유기물농도를 평균 COD로 나타내면 측정지점 1과 2의 평균 COD는 각각 6.9㎎/ℓ과 6.5㎎/ℓ로 호소수질환경기준상 COD 농도로만 판단할 경우 상수원수 4급수에 해당한다. Chl-a의 농도범위는 0.3~170.5㎍/ℓ로 평균 22.7㎍/ℓ를 나타내고 있는데, 미국 EPA기준으로 부영양 호소에 진입하고 있다고 판단된다.

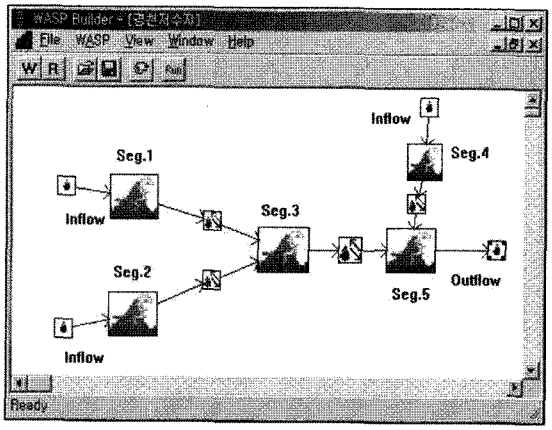

그림 10. 세그먼트 분할과 모의

3.2.2 모델의 적용

총 10개의 그룹으로 나누어진 WASP5의 입력자료를 데이터베이스로 구축하고, 수체의 체적 및 유량, 초기조건, 경계조건, 매개변수, 반응상수와 시간함수 등을 산정하여 입력하였다.

본 모의에서의 Segment 수는 수질측정지점의 위치, 수체의 특성, 각 Segment에서의 체류시간, 각 Segment의 체적 등을 고려하여 5개로 나누었다.

대상저수지는 수심이 낮기 때문에 수직적인 성층 현상은 발생하지 않는 것으로 나타나 수직적인 구획분할은 큰 의미가 없는 것으로 판단되어 유속방향으로만 구획분할을 하여 2차원 모형을 구축하였다. 이 때 유입유량은 실측한 유량을 사용하였다. 모의 결과는 보정 및 검증을 거쳐 전문가 시스템과 연동할 수 있도록 데이터베이스에 입력하였다.

3.2.3 장래수질의 예측결과

모든 Segment에 대하여 검토하였고 경천저수지의 Seg.5의 예를 보면 BOD, T-N, T-P의 장래수질예측 모의결과는 인구와 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 3과 같이 각각 증가하는 것으로 예상되었다.

3.3 전문가 시스템 구현

본 연구에서는 저수지를 대상으로 한 수질평가 및 수질개선을 위한 대안선정문제를 전문가시스템을 통해 해결하고자 하였다. 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

표 3. Segment 5의 장래수질 예측결과

	2002년			2010년			2015년			2020년		
일	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	1.97	0.1900	1.42	2.20	0.2100

정보가 필요하게 된다. 본 연구에서는 수질모델링을 통하여 이러한 복잡성을 해결하고 수질개선을 위한 최적대안선정을 위한 전문가시스템을 구현하였다. 그림 11은 전문가 시스템과 GIS 수질정보 데이터베이스가 통합인터페이스를 통해 결합 되었음을 나타낸 것이다.

3.3.1 WeBIS를 이용한 수질 지식 구축

데이터베이스기반의 수질환경지식을 바탕으로 목표수질을 만족할 수 있는 최적대안을 선정하는 전문가시스템의 개발도구로는 웹기반 인공지능 툴인 WeBIS를 사용하였다.

대안평가 시스템은 그림 12와 같이 추론엔진을 통해 데이터베이스로 구축된 각종 정보 및 공간정보에 기초하여 지식기반 여러 대안을 평가하고 추론결과를 제시해 준다.

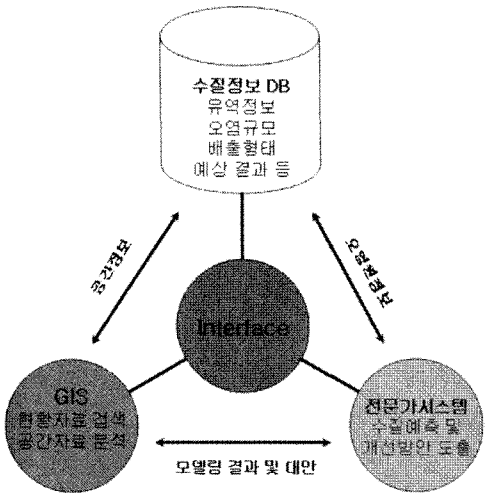

그림 11. 전문가 시스템의 구성과 연동

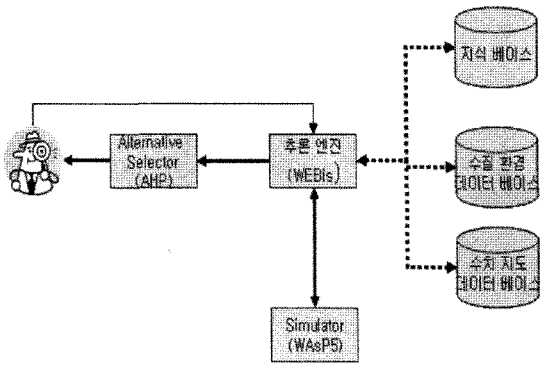

그림 12. 대안 평가 시스템 구성

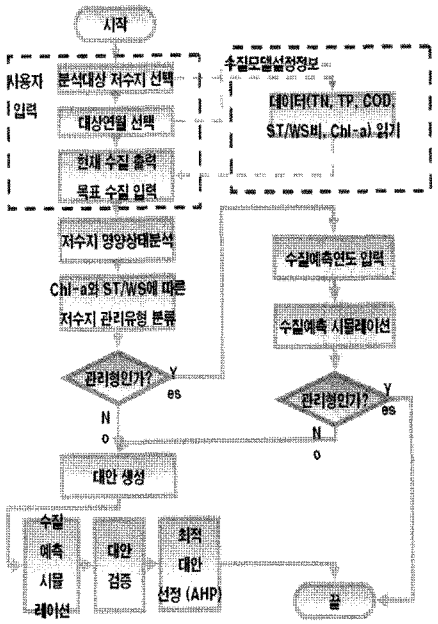

그림 13. 전문가시스템 실행절차

전문가 시스템 실행절차는 그림 13과 같으며 지식표현은 프레임과 규칙을 사용하였고 경험적 추론을 바탕으로 대상 저수지의 수질을 판단하며 대안선정도구로는 Wasp5 시뮬레이션 프로그램과 대안 평가방법으로 AHP 기법을 활용하였다.

3.3.2 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 WASP5시뮬레이션을 실행한다. 실행결과가 목표수질을 만족하지 않으면 만족할때까지 유역을 추가하여 대안에 포함시킨다. 이에 대한 흐름도는 그림 14와 같다.

3.3.3 전문가시스템의 결과 및 최적대안

본 시스템은 해당 날짜의 목표수질과 시뮬레이션 실행 후 결과 수질을 모두 보여주며, 그림 15는 중간 분석 결과와 세부내용을 저장한 결과테이블을 나타낸 것이다. 그리고 그림 16은 최종결과물로 얻는 최적대안에 대한 세부 적인 결과 화면이다.

4. 통합시스템 구축

각 작업의 업무기능 분해도를 작성하면, 전체 시스템의 주요 기능은 그림 17과 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 유역의 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. 다음 그림 17은 시스템 기능 분해도이다.

시스템관리는 사용자 관리, 데이터베이스 관리로 나누고, 사용자 관리 작업은 사용자의 이력 및 로그인 정보 등을 관리하며, 데이터베이스 관리 작업은 환경 기초 자

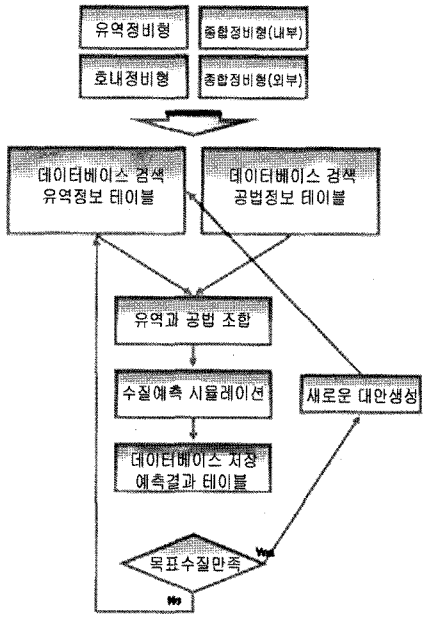

그림 14. 대안생성 흐름도

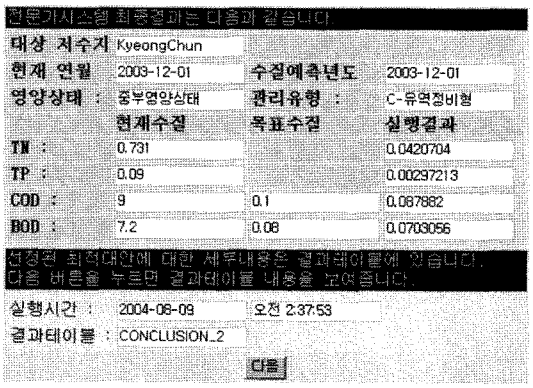

그림 15. 최종 결과 화면

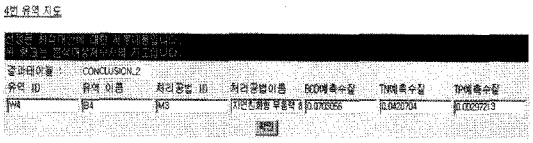

그림 16. 최적대안 세부내용

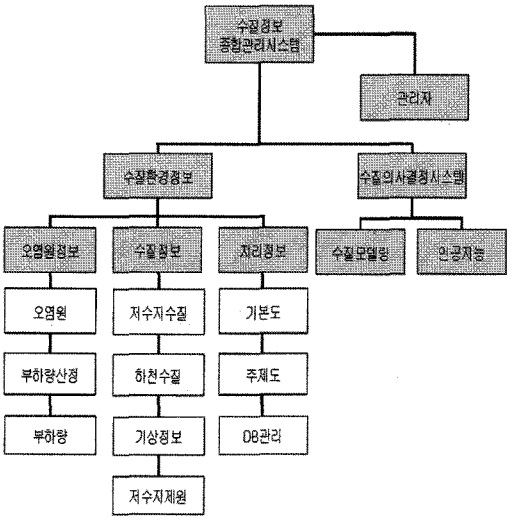

그림 17. 시스템 기능 분해도

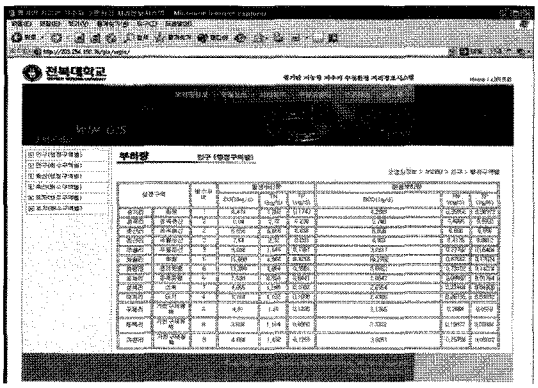

그림 18. 부하량(인구/행정구역별)

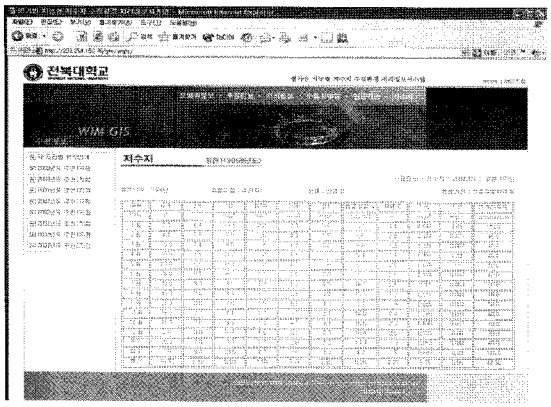

그림 19. 저수지 수질정보

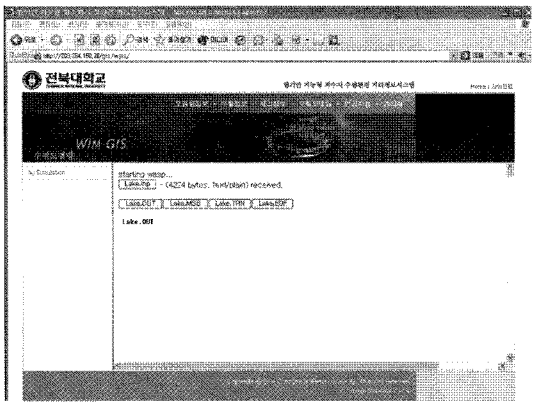

그림 21. Wasp5 시뮬레이션 결과화면

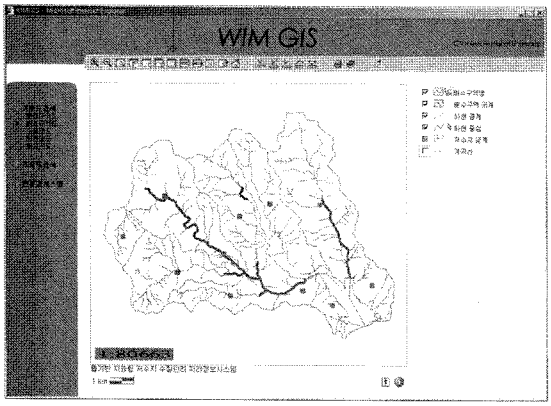

그림 20. 기본도 속성조회

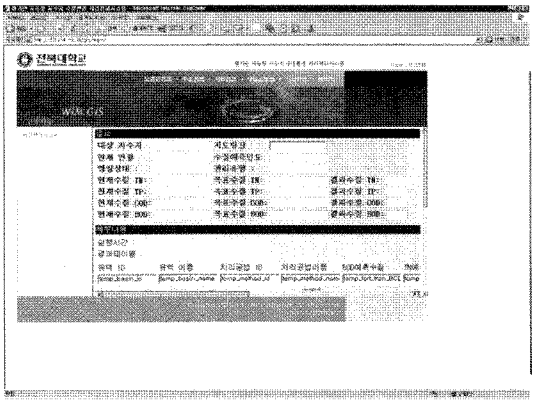

그림 22. 전문가시스템(분석 결과)

료와 관련된 데이터베이스와 관련되어 데이터를 추가/삭제하는 기능을 수행한다.

그림 18, 19, 20은 각각 오염원 정보, 수질 정보, 기본도 속성조회 시의 화면이다.

WASP5를 통한 수질모델링 결과는 그림 21에 나타내었다. Output 파일의 링크를 통해 자세한 결과데이터를 확인할 수 있다.

그림 22는 전문가시스템의 수질개선 대안선정 결과 화면이다.

이상의 통합시스템을 이용할 때 사용자가 저수지 Segment 선택 후 모의하고자 하는 시점의 목표수질만 입력해 주면 현재 저수지의 수질에 기초한 시뮬레이션이 수행되고, 현재 수질을 종합적으로 평가 후 장래의 목표수질에 도달 여부를 자동적으로 판단해 준다. 또한 전문가시스템은 수질환경 개선공법의 다양한 지식을 미리 데이터베이스로 축적해 두었다가 앞서 설정된 목표수질에 시뮬레이션 된 결과수질이 도달되지 못하면 이를 개선할 수 있는 최적의 수질개선 공법을 제시하고 여기서 제시된 공법을 현장에 적용하였을 때의 예상 수질을 재차 모의하여 결과 값을 보여준다.

5. 결 론

본 연구에서는 GIS와 수질모델링 프로그램인WASP5, 전문가시스템을 하나의 인터페이스를 통해 통합함으로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 저수지의 수질환경 관리를 위하여 수질 정보 검색시스템, 수질예측 시스템, 오염물질 처리방안 선정을 위한 전문가시스템을 개별 적으로 구축한 후 통합시스템으로 결집하였다.

둘째, GIS 도입으로 저수지 수질 관련 정보의 검색이 용이해졌으며, 공간정보 관리의 효율성이 재고되었다.

셋째, Wasp5를 이용한 수질예측 시스템과 전문가 시스템의 연동으로 목표수질 달성에 필요한 최적의 수질개선 공법을 지식기반으로 평가하여 자동 도출할 수 있었다.

향후 수질관리 계획과정의 모형화를 통하여 각 저수지별 수환경 특성을 반영하고 보다 다양한 종류의 수질개선 공법을 지식으로 축적하면 더욱 효과적인 수질개선 공법을 제시할 수 있을 것이며, 수질환경관리 계획수립을 위한 정책입안자의 의사결정 효율재고와 환경정책의 신뢰성을 높일 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 농림부에서 지원한 농림기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 강인준, 최 현, 이준석(2002), "의사결정모델을 이용한 시설물관리시스템", 한국지형공간정보학회지, 제10권, 제2호, pp. 19~28.
2. 양영민, 권순국, 김진수(2000), "의사결정지원기법을 이용한 농촌유역 통합 수질관리모형의 개발", 한국농공학회지, 제42권 제5호, pp. 103~113.
3. 최성규, 김계현(2001), "GIS와 WASP5 수질모델의 유기적 통합에 관한 연구", 한국GIS학회지, 제9권 제2호, pp. 291~307.
4. 한건영, 백창연(2004), "GIS를 이용한 저수지의 수질관리시스템 구축", 한국GIS학회지, 제12권, 제1호, pp. 13~27.
5. 한혜진, 박석순(2001), "AHP와 GIS를 이용한 수변구역 설계에 관한 연구", 대한환경공학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 241~247.