

PC기반의 시화호유역 환경정보관리시스템의 개발

인하대학교 지리정보공학과 환경GIS연구실
권우석 · 김계현

1. 연구 배경

유역의 급속한 개발사업은 지역 발전으로 인한 경제적인 풍요와 함께 생활의 편의성을 제공하는 반면 생태계의 변화를 촉진시켜 환경오염을 일으키는 양면성을 가지고 있다. 그 중에서도 수질오염은 생활환경에 직접적인 영향을 미치는 가장 심각한 문제로 대두되고 있다. 이러한 유역개발에 따른 수질오염문제를 해결하기 위해서는 지역사회의 자연, 생태, 인문, 사회, 경제적 특성 등의 방대한 양의 자료가 요구된다. 그러나 기존의 자료관리 방식이나 기술로는 효율적인 수질관리를 기대하기 어려운 실정이다. 특히 환경정보는 오염원의 위치, 속성, 시간으로 구성되는 방대한 양의 관련 정보를 동시에 관리해야하므로 기존의 문자정보 처리방식으로는 관리에 어려움이 있다. 따라서 효율적인 대책의 수립과 시행을 위해서는 오염원의 발생과 집적과정을 공간적으로 파악하고 분석할 수 있으며 오염원 관련정보를 도형자료와 동시에 효율적으로 관리할 수 있는 도구로서 지리정보시스템(GIS, Geographic Information System)의 사용이 요구된다. GIS는 XY나 XYZ의 좌표값을 기준으로 오염원의 정확한 위치 파악과 함께 오염원의 형태별 집적과정에 대한 정량적인 파악이 가능하다(김계현, 1998). 수질오염의 경우 세부오염원의 발생으로부터 유입과정에 이르기까지 상세 분석을 수행하여 지형을 고려한 경제적인 수질오염 개선을 위한 대안제시가 가능하다(Kim, 1993).

현재까지 우리나라에서는 유역관리나 수질관리에 GIS의 활용이 활발하게 진행되지 못하였다. 국내에서는 시스템공학연구소, 서울대학교 보건대학원, 국립환경연구원, (주)캐드랜드가 참여하여 수행한 “수질정보 종합관리시스템 개발(시스템공학연구소,1993-1995)” 사업에서 수질관리 데이터베이스를 구축하고, GIS와 연계된 수질관리 응용시스템의 개발을 통하여 수질관리의 효율성을 증대시키고자 하였다.

환경부에서는 1998년 5월 한강수계에 대한 종합적인 수질관리를 수행할 수 있는 환경정보시스템을 구축하여 운용중에 있다. 이 시스템은 안성천, 임진강을 포함한 전체 한강수계를 대상으로 하였으며 오염원 자료를 바탕으로 데이터베이스를 구축하였으며 ArcView기반의 응용시스템을 개발하였다. 또한 환경부에서는 환경정보화 장기종합계획을 수립하여 1998년부터 2005년까지 3단계로 나누어 실시할 예정이다(환경부, 1997&1998). 수질관리분야를 살펴보면 1단계(1998~2000)사업으로 관련 데이터베이스를 구축하고 2단계(2001~2002)사업으로 하수처리장에 대한 모니터링시스템을 설치하여 환경기초시설을 관리할 수 있는 GIS기반의 운영실태관리시스템을 구축할 계획이다. 3단계(2003~2005)사업으로는 취수, 정수, 급배수 과정에서의 수질 이상 등의 비상시 대책을 수립할 수 있는

급배수 자동화시스템을 지리정보시스템과 연계하여 구축할 예정이다.

위의 예와 같이 수질관리분야에서의 GIS활용은 현재 활발히 진행되고있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 주변인구가 급속히 증가하고 주변에 새로 조성된 공단에 산업시설이 입주함에 따라 급속히 수질이 악화되고있는 시화호 유역(수자원공사, 1997)을 연구대상지역으로 ArcView를 기반으로 하는 환경정보관리시스템을 개발하여 환경관리 실무자로 하여금 시화호 수질관리에 사용할 수 있도록 하였다. 또한 GUI(Graphic User Interface)를 개발하여 일반인들도 손쉽게 원하는 환경정보를 조회하고 검색할 수 있도록 하였다.

2. 연구 목적

본 연구는 GIS를 이용하여 시화호 수질오염 관련 데이터베이스를 구축하고 환경정보관리시스템을 개발하여 유역내 소유역별 오염원의 특성과 각종 수질오염 현황을 파악하는데 근본적인 목적이 있다. 세부적인 내용으로는 대상 유역의 오염현황 파악을 위한 수치지도의 구축과 비점오염원과 점오염원자료를 포함한 각종 오염원 속성자료의 구축, 환경정보의 효율적인 조회 및 수정을 위한 GUI 개발 및 환경정보의 검색과 유역의 3차원 분석을 위한 응용시스템 개발 등을 들 수 있다.

3. 연구 방법 및 내용

3.1 도형데이터베이스 구축

본 연구에서는 시화호의 유역환경과 지역특성을 파악하기 위하여 표1과 같은 주제도를 디지털핑과 스캐닝을 통하여 레이어 형태로 구축하였으며 Arc/Info가 GIS도구로서 사용되었다.

표 1 도형DB 구축 내역

구 분	주 제	축 척	구 축 내 용
기본도	지형도	1:5K	등고간격 5m
	하천도	1:5K	높은 차수의 하천과 건천까지 구축
	도로망도	1:5K	실폭도로와 소로로 구분
	행정구역도	1:5K	리·동단위 구축
	DEM	5m간격	고도
주제도	소유역도	1:5K	9개 소유역 구분
	연안해역도	1:25K	등수심간격 1m
	토양도	1:50K	58가지 토양군의 개략토양도
	식생도	1:25K	18가지 식물군락
	호내수심도	50m간격	50m×50m cell
	오·우수관망도	1:1.2K, 1:3K	공단지역은 1:1.2K 우수·오수계획도로 구축 안산시 1:3K 우수·하수도 대장색인도로 구축
	토지이용도	1:5K	10개 토지이용 유형
	투수/불투수도	1:5K	투수층과 불투수층의 경계선 작성
CN값	1:5K	토양도와 토지이용도 중첩에 의한 CN값 추출	

3.2 속성데이터베이스 구축

시화호 유역에 구축된 속성데이터베이스의 내역은 수질현황과 점오염원 현황, 비점오

염원 현황, 용수이용 현황, 수계 현황, 실측하천 오염부하량 현황, 소유역별 오염부하량 현황, 환경기초시설 등이며 관련세부 내역은 표 2와 같다.

표 2 속성DB 구축 내역

대분류 항목	중분류 항목	소분류 항목
수질현황	하천수질	하천명, 채수시기, 유량, 수온, pH, EC, DO, COD, BOD, N H ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, PO ₄ -P, T-P, SS
	호소수질	채수지점, 채수위치, 채수시기, 수온, pH, EC, Salinity, DO, Do(%), COD, BOD, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, PO ₄ -P, T-P, SS, Chl _a , Secch, Cu, Pb, Cd, Zn, Cr, Hg, As, CN, PCB, Phenol
	감문운영시 호소수질	채수지점, 채수위치, 채수시기, 수온, pH, EC, Salinity, DO, DO(%), COD, BOD, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, PO ₄ -P, T-P, SS, Chl _a
	호소 퇴적물	채취지점, 채취깊이, 채취시기, TKN, T-P, NH ₄ -N, Org-Ma, 강열감량, As, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg
	갯벌분포현황	수위, 갯벌면적, 호수용적
	해양수질	채수지점, 채수시간, pH, DO, DO(%), 수온, 염분, PO ₄ -P, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, SiO ₂ , SS, COD, d13C, d18C, POC
	해양생태	채수지점, 채수일, 동물군, 출현개체수, 출현밀도
	해양 유속구조	측정지점, 측정일, 측정시간, 깊이별 유속
점오염원현황	폐수배출업소	리.동, 업체명, 주소, 대표자, 업종, 종별, 주생산품, 총용수량, 폐수발생량, 방류량, 폐수처리방법, 방류지역, 전화번호, 소속공단
	인구	리.동명, 총인구, 정화조 사용인구, 정화조 미사용인구
	축산	리.동명, 신고대상, 허가대상, 미규제대상
비점오염원현황	토지이용	리.동명, 전, 답, 임야, 목장/과수원, 대지, 공장, 도로/철도, 기타, 계
용수이용현황	상수정수장	정수장명, 주소, 생활용수, 공업용수, 급수지역, 비고
수계현황	인구	소유역명, 총인구, 정화조사용인구, 정화조미사용인구
	가축	소유역명, 신고대상, 허가대상, 미규제대상
	토지이용	소유역명, 전, 답, 임야, 목장/과수원, 대지, 공장, 도로/철도, 기타, 계
	폐수배출	소유역명, 폐수배출량
하천오염부하량	BOD, TP, TN, SS	하천명, 오염부하량
발생오염부하량	BOD, TP, TN, SS	소유역명, 인구, 토지이용, 축산, 산업폐수, 합계
환경기초시설	오폐수처리장	처리장명, 가동여부, 위치, 처리시설, 시설용량, 설치년도

3.3 응용시스템 개발

환경관리자가 이용 가능한 응용시스템을 개발하여 시화호유역의 오염원에 대한 다양한 정보의 추출 및 분석기능이 제공 되도록 하였다. 효율적이고 편리한 응용시스템의 사

용을 위하여 GUI를 개발하였으며 개발언어는 ArcView Script언어인 Avenue와 Dialog Designer, Visual Basic 5.0을 사용하였다(ESRI, 1996). 응용시스템에서 다음과 같은 기능을 개발하여 실무자로 하여금 시화호의 수질관리와 유역관리를 위한 효율적인 정책수립 및 대안제시가 가능하도록 하였다.

(1) 수질환경정보의 입력 및 수정기능

구축된 수질환경정보를 갱신하거나 수정할 경우 사용자가 직접 조회창의 수정 기능을 사용하여 수정이 가능하도록 하였다. 기존의 데이터 저장방식과 비교하여 데이터의 신속한 갱신이 가능하며 갱신된 데이터를 관련 도형자료와 연계하여 도식되도록 하였다.

(2) 각 주제도의 중첩을 통한 공간분석기능

본 시스템을 통하여 구축된 주제도를 중첩함으로써 오염원의 집적경로 파악 등의 공간분석을 수행할 수 있도록 하였다. 공간분석기능을 사용하여 유출 및 수질 모델의 입력 자료를 제공할 수 있으며, 환경기초시설의 신설시 적지분석 등을 통하여 최적지를 선정하는데 효과적인 정보가 제공되도록 하였다.

(3) 소유역별 오염원부하량 산출

구축된 점오염원 및 비점오염원자료를 이용하여 소유역별 오염원 현황을 산출한 후 원단위를 곱하여 소유역별 오염부하량을 산출하였다. 또한 리·동별 오염원 정보가 갱신될 경우 오염원 원단위 테이블을 이용하여 수계별 오염부하량을 자동적으로 계산되도록 하였으며 계산된 오염부하량자료는 시스템내의 오염부하 속성테이블에 저장되어 결과를 도형자료에 나타내도록 하였다.

(4) 논리연산을 이용한 환경정보의 검색기능

ArcView의 질의기능을 이용하여 구축된 속성정보로부터 선택된 지점이나 영역에 대하여 각종 정보를 도출할 수 있도록 하였다. 점오염원(배출업소)에 대한 정보뿐만 아니라 수계, 지천, 행정구역단위별로 수질현황이나 오염원현황 등에 대한 자료가 검색되도록 하였으며 사용자가 새로운 환경 계획이나 환경 정책의 수립에 보다 신속하게 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하였다.

(5) 공간분석을 통한 도형검색기능

구축된 도형자료를 이용하여 선택된 하천, 행정구역, 폐수배출업소로부터 일정거리 안에 있는 객체를 검색할 수 있도록 하였으며 선택된 하천이 통과하는 리·동의 검색과 해당 행정구역내에 존재하는 폐수배출업소 등의 검색이 가능하도록 개발되었다.

(6) 검색결과와 도식화

오염 현황을 유역별로 도식화하는 한편 그 결과 테이블을 분석과 시각화하기 위한 그래프 기능을 개발하였다. 시화호유역의 점오염원과 비점오염원의 분포를 그래픽으로 나타내어 유역내 용이한 오염현황의 파악이 가능하게 하였으며, 구축된 수치지도와 관련 속성이 함께 출력되도록 하였다.

(7) 3차원 디스플레이 기능을 이용한 오염원 집적과정 분석

ArcView 3D Analyst를 사용하여 시화호 유역의 DEM과 하천, 토지이용도, 수계망도, 위성영상 등의 주제도를 중첩하여 오염원 현황의 공간적 분포를 파악하고 수계별로 오염물질이 집적되어 하천으로 유입되는 과정이 분석되었다.

(8) 수치지도 및 속성자료의 출력기능

사용자가 요구하는 수치지도 및 속성정보를 도형과 연계시켜 출력되도록 하였다. 수치지도는 사용자가 원하는 축적으로 출력되며 그와 연계된 속성정보와 그래프를 도형정보와 함께 출력할 수 있도록 하여 효율적인 오염원 파악과 정확한 분석이 가능하게 하였다.

4. 결론

시화호 유입 하천의 수질 및 유역의 환경정보관리에 GIS기술을 적용하여 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 시화호유역의 오염원 정보를 GIS데이터베이스로 구축함으로써 수계별 오염원 현황 및 오염부하량이 신속하고 정확하게 파악될 수 있었다. 둘째, 사용자의 편의를 위한 GUI를 개발함으로써 환경 실무자는 물론이고 일반 사용자들도 원하는 환경정보를 손쉽게 얻을 수 있었다. 셋째, 응용시스템의 검색기능을 통하여 각종 환경 정보를 추출하고 해당 결과를 GIS의 도식기능과 3차원 도식기능을 이용하여 분석함으로써 효율적인 환경정책의 수립과 오염삭감방안을 위한 적절한 대안이 도출되도록 하였다.

향후에는 GIS와 수질모델과의 연계를 통해 모델의 입력자료를 구축된 GIS 오염원데이터베이스로부터 추출하여 본 시스템에서 정확한 수질예측이 이루어질 수 있도록 지속적인 노력이 필요시 된다.

5. 참고 문헌

- 김계현, "GIS 개론", 대영사, 1998.
- 수자원공사, "시화호 수질관리대책수립 연구", 1997.
- 시스템공학연구소, "수질정보종합관리시스템 개발", 1993-1995.
- 환경부, "수질감시시스템 구축", 1997.
- 환경부, "환경정보화 장기종합 계획", 1998.
- Kim, K. and S.J. Ventura, 1993, Modeling Urban Nonpoint Source Pollution with a Geographical Information System, Water Resource Bulletin 29(2) : 189-198.
- ESRI. "Avenue". 1996.