

## GIS를 이용한 하천의 오염도 예측

폐기물과  
최종욱 · 정 권 · 김동일

### Study on Prediction of Water Quality with GIS

*Division of Waste*

Jong-Wook Choi, Kwon Jung, Dong-Il Kim

#### =Abstract=

The estimation of pollution discharge to the Osip river was performed by geographic information system(GIS) being established to collect the geographical data. In applying the GIS, The digital map such as topography, land use were generated as well as the attribute data. The prediction of water quality was performed through the QUAL2E which is one of water quality model programs using the generated or collected data. The result of water quality simulation showed that the BOD, SS, T-N, and T-P at Dogae in 1996 will be increased to 12%, 16%, 7%, 16% in 2001 and 22%, 30%, 13%, 26% in 2006, respectively. In case of estuary, the BOD, SS, T-N, and T-P will be increased to 20%, 28%, 11%, 28% in 2001 and 58%, 70%, 36%, 65% in 2006, respectively.

#### 서 론

지난 30년간 지속적으로 진행된 경제성장으로 말미암아 급속한 공업화와 더불어 국민의 생활수준이 크게 향상되었다. 그에 따라 기본적으로 요구되는 물 수요가 급증되어 물 부족을 가중시키고 또 인간 생활과 공업활동에 수반되어 배출되는 오, 폐수의 하천유입으로 수질오염에 많은 영향을 미치고 있다. 그러므로 수자원의 적절한 개발과 효율적인 이용 및 보전의 필요성이 절대적으로 요구되는 실정이다. 하천으로 유입되는 오, 폐수에 대해서는 방류수 배출기준에 준하여 규제가 되

고 있으나 오염물질의 다양성과 많은 혼합물들의 감지 및 분석의 한계성이 있어 하천수의 오염방지 관리가 어려운 실정에 있다. 특히 하천수질오염관리에는 현재의 수질 파악 뿐만 아니라 장래의 수질을 정확하게 예측해야 하기 때문에 하천 수질분석 모델링에 의한 관리가 효과적이다. 1950년대의 컴퓨터 출현이후 모든 산업분야는 물론이고 인간의 생활까지도 고도의 정보화 되어가고 있고, 이러한 방만한 정보의 유지관리를 효율적이고 광범위하게 다루기 위해서 지리공간정보체계가 개발되었다. 환경분야에서도 관련된 자료의 양이 방대하고 그 종류도 다양해지고 있어 기존의 자료관리 방법이나 기술로는

해당업무를 감당하기 어려운 실정이다. 특히 환경정보를 효율적으로 관리하기 위해서는 환경정보가 현상의 위치, 속성, 시간으로 정의되는 지형정보로 구성되는 특성으로 인해 기존의 문자정보에 근거한 자료처리가 문제점으로 대두되고 있다. 최근들어 컴퓨터 과학기술이 급속도로 발전하면서 도형자료를 가지고 관련정보를 효율적으로 관리, 분석하고자 하는 지리정보시스템(GIS)의 개발과 적용이 세계각국을 비롯한 국내의 정부기관, 개인기업체, 관련학술분야에서 활발히 진행되고 있으며, 그 적용성이 인정되고 있다. 지리정보시스템을 활용한 주요 응용분야로는 국토이용계획, 지역계획, 환경오염발생원 추적, 환경영향평가, 유역관리, 수자원관리, 작황관리, 토지자원관리 등 매우 다양하며, 그 활용범위가 확대되고 있다. 특히 수질, 토양오염 문제의 효율적 처리를 위한 대책 수립과 시행을 위해서는 시간적, 공간적 각종 오염의 발생상황 파악과 감시, 그리고 예측이 요구되는 바, 이를 위한 도구로서 지리정보시스템을 이용한 환경관련 자료의 구축과 분석이 적합한 것으로 사료된다. 본 연구에서는 삼척 오십천 유역을 선택하여 유역의 오염발생 및 이에 따른 하천수질의 상황을 효과적으로 파악하기 위하여 지리정보시스템과 하천수질예측모형을 결합한 하천수질관리시스템을 개발하고, 대상유역의 자료기반인 도형자료와 속성자료를 구축하여 유역전체의 오염발생, 오염배출분포 및 하천지점별 수질상태 등의 결과를 출력하므로써 시스템의 적용성을 검토하는데 있다.

## 이론적 배경

### 1. 지리정보시스템(Geographic Information System)

#### - GIS의 개요와 특성

GIS는 지형공간자료에 적용되는 정보시스템의 한 형태이다. GIS는 토목공학, 지리학, 지도학, 측지학, 컴퓨터 응용설계, 원격탐사 등의 제 분야에서 필요한 목적에 따라 지표공간으로부터 공간정보를 수집, 저장, 변환하고 표현하기 위해 개발된 기술을 바탕으로 발달하게 되었다. 지형정보는 먼저 그들의 위치를 보편적인 좌표체계로 정의하고, 관련 속성정보(attribute)를 추출한 후, 사상과 사상을 공간적 위상관계(topology)로 연결함으로써 실세계를 표현 할 수 있다. GIS의 일반적인 목적은 토지, 자원, 교통, 공공시설 등 공간상에 분포하는 제반 요소들에 대한 의사결정을 보조하는 것이다.<sup>1)</sup> 즉 어떠한 형태이든 GIS에 입력된 데이터는 실세계의 모델을 의미하므로, 정책입안자들이 정책을 시행하기 전에 GIS를 통한 모의분석에서 가상적인 상황의 발생 범위를 탐색하고, 그

실행 결과를 예측하므로써 정책의 시행과정에서 일어날 수 있는 오류를 가능한 줄여나갈 수 있는 것이다. 따라서 GIS의 정의는 모든 형태의 지형정보를 효율적으로 수집, 저장, 갱신, 처리, 분석, 표현하기 위해 구축된 하드웨어, 소프트웨어, 지형자료, 인적자원의 통합체로 정의 할 수 있다.<sup>2, 5)</sup> GIS는 일반 CAD와 달리 다양한 색상, 축척, 투영의 지도제작 외에도 벡터(vector)와 래스터(raster)의 공간자료 처리, 적지 및 영향권 설정의 공간자료 분석, 하천유역 및 경사, 향 계산의 수치지형 분석, 유통량 모의분석과 같은 망구조분석 등의 뛰어난 공간분석 기능을 가진다. 또한, GIS는 지도나 영상등의 그래픽 정보만을 저장하는 것이 아니라 그에 관련된 데이터베이스를 저장, 관리한다. 지도상에 나타나는 지형요소는 정보의 전달에 한계가 있으므로 상세한 정보는 데이터베이스에서 추출된다. GIS는 자료의 입력, 자료조작 및 관리분석, 질의, 출력으로 구성된다. 자료의 입력 형태에는 수동식 디지털 이징 방법에 의한 벡터 형태의 입력, 스캐닝 방법에 의한 래스터 형태의 입력, 측량, 통계데이터, CAD 시스템 자료의 데이터변환을 통한 입력방법이 있다. 자료 조작 및 관리를 위해서 벡터데이터의 래스터화, 래스터데이터의 벡터화가 가능하고, 좌표관리를 위해 도면을 일치, 집합, 분할, 삭제 할 수 있다. 또한 투영 및 축척변환을 할 수 있고, 지도 라이브러리(library)에 의해 방대한 양의 자료를 조직적으로 관리 할 수 있다. 분석기능으로는 다각형 중첩 및 삭제, 영향권 설정, 근린분석과 같은 공간자료 분석, 등치선도 작성, 향 경사계산, 하천유역 분석, 단면도, 가시도 작성, 3차원 입체화상 제작을 비롯한 수치지형분석, 최단 적정노선 분석, 시간권역 분석, 유통량분석이 가능한 망구조 분석이 있다.<sup>3)</sup> 질의를 통해서 지형요소에 의한 속성정보의 추출과 속성자료에 의한 지형요소의 추출이 가능하다. 출력은 필요한 도면의 3차원적 그래픽 표현과 지도제작 및 관련된 속성정보로 디자인한 보고서 작성이 가능하다.

#### - 지형정보시스템의 자료구조

일반적으로 지형정보를 표현하는 데는 두가지 표현 방법이 있다. 그 하나는 래스터식(raster)표현이고 또 하나는 벡터식(vector)표현이다.<sup>7)</sup> 래스터식 표현은 좌표에 의해 정의된 셀(cell)의 집합이며 각 셀은 속성값에 따라 독립적이다. 벡터식 표현은 점(point), 선(line), 면(polygon)의 세가지가 있다. 점은 셀과 비슷하나 면적이 없다. 서로 연결되는 X, Y좌표의 집합이며 좌표는 주어진 속성과 연결시킬 수 있다.

#### (1) 래스터식 자료구조

래스터식 자료구조의 가장 간단한 형태는 그리드(grid), 셀(cell) 또는 픽셀(pixel)로 구성된 배열(array, raster, matrix or lattice)이다. 각 셀은 행과 열의 값이 되며, 이것들은 지도화하는 속성의 값 또는 유형을 나타내는 수치를 가지게 된다. 래스터 구조에서 점은 하나의 셀로 표현된다.

또한 선은 한방향으로 배열되어 인접하고 있는 셀들에 의해 표현되며, 면은 사방으로 인접하고 있는 셀의 집합으로 표현된다. 이 자료구조는 행과 열의 배열을 쉽게 저장하고 조작하고 표현할 수 있기 때문에 이 자료구조는 2차원 자료공간을 연속적인 것이 아니고 분할(quantized)된 것으로 가정한다.

따라서 표현되는 사상에 비하여 셀의 크기가 클 때 길이와 면적의 계산에 큰 영향을 준다.

## (2) 벡터식 자료구조

공간자료를 나타내는데 있어 가장 보편적으로 널리 사용되고 있는 방법으로서 도로와 수계 등의 사상 표현, 육지와 수역과 같은 서로 다른 사상간의 경계구분에 사용한다.<sup>13)</sup> 벡터식 표현의 목적은 사상을 가능한 정확하게 표현하는데 있다. 좌표공간을 래스터 공간과 같이 분할된 것이 아니라 위치, 길이, 차원을 정확하게 표현 할 수 있는 연속적인 것으로 가정한다. 벡터 데이터는 원하는 만큼의 정확도로 코드화 하는 것이 가능하다. 그 정확도는 측량의 정확도와 같은 실제적인 데이터의 정확도에 따라 좌우된다.

### 1) 점 사상

점 사상은 하나의 X, Y좌표로 위치가 정의되는 지리적 사상이라고 할 수 있다. X, Y좌표 이외에도 이점이 무엇이며 어떤 속성을 가지고 있는가를 나타내는 정보가 추가되어야 한다.

### 2) 선 사상

선 사상은 두 개 이상의 좌표로 구성되어 있는 선형이다. 가장 단순한 선은 시작점과 끝점, 그리고 표현기호를 지시하는 레코드로 구성되어 있다.

### 3) 면 사상

다각형(polygon 또는 region)은 벡터 데이터 베이스에서 여러 가지 방법으로 표현될 수 있다. GIS에서 대부분의 주제도는 다각형을 사용하여 제작하기 때문에 사상을 다루고 표현하는 방법에 관심이 집중되어 있다. 다각형 자료구조의 목적은 면 사상의 형태, 인접 다각형, 위계 즉 위상적 속성을 효율적으로 운용하여 공간조직의 기본단위인 다각형이 가지고 있는 특정한 속성을 주제도로 표현하고 조작하는데 있다.

## (3) ARC/INFO

본 연구에서 이용된 GIS 개발소프트웨어인 ARC/INFO는

ARC와 INFO로 구성되어 있고, ARC는 자료의 공간적 성분을 관리하기 위한 위상적 자료구조(topological data structure) 즉 지상요소(terrain element)의 위치와 그들 사이의 위상적 관계를 가지며, INFO는 자료모델의 비공간적 성분을 관리하기 위한 관계적 자료구조 즉 지상요소의 속성을 가진다. 여기서 위상학(topology)이란 공간관계를 정의하는데 쓰이는 수학적 방법으로서 지도에 대해서는 특정 사이의 연결을 정의하고, 근접한 면들을 확인하며, 또 면적은 하나의 특징을 다른 특징(예:선)들의 집합으로 정의한다. ARC/INFO는 자료형태에 있어 벡터 방식을 사용한다. 또한 자료는 도형부분과 속성부분으로 나누어지며, 공간적 자료는 위치(location), 크기(dimension), 형태(shape)에 따라 기본 위상적 특징을 갖는 점, 선, 면으로 위치와 위상을 나타내고, 비공간적 자료는 점, 선, 면들의 필요한 속성정보들을 나타내며, 일반 데이터베이스에서와 같이 입력, 저장, 조작, 검색, 출력 등이 가능하다. ARC/INFO는 커버리지(coverage)라는 기본 저장단위를 사용하여 계층 디렉토리구조에서 자료파일을 관리한다. 커버리지는 도로, 토지구획, 토양 같은 하나의 자료층(layer) 즉 분리된 지도에 해당되고, 주어진 지역에서 지형에 대한 위치자료와 주제속성(thematic attributes)을 모두 포함한다.<sup>6)</sup> 커버리지에서 지도의 지형요소는 아크, 노드, 폴리곤 그리고 라벨 포인트와 같은 지형요소와 틱(tic), 주석문(annotation)과 같은 보조 지형요소(secondary feature)로서 저장된다.

지형에 대한 위치자료는 연속적인 X, Y좌표에 의해 명시적으로, 혹은 다른 특성들의 조합에 의해 위상적으로 나타낼 수 있다. 이름, 심볼, 분류, 그 외 다른 속성들은 지형 속성표(feature attribute table:FAT)에 따로 기록된다.

이 자료파일은 지형에 대해 모든 주제자료 혹은 INFO 자료파일과 관계된 참조주제(reference thematic)자료를 갖는다. 면에 대한 주제자료는 면 속성표(polygon attribute table:PAT)에 저장된다. 그리고 선에 대한 주제자료는 선 속성표(arc attribute:AAT)에, 그리고 점에 대한 주제 자료는 점 속성표(point attribute table:pat)에 각각 저장된다.

## 2. 하천 수질모형

수질 모형실험은 수체를 하나의 시스템으로 가정하고 시스템 내부에서 진행되는 모든 물리, 화학, 생물학적 작용을 수식화하여 이를 적용, 해석함으로써 수질의 변화정도를 예측하는 기법을 말한다. 생태계에 대한 전산모형은 유역, 기상, 수리, 생물등 수 많은 요인이 작용하고 있어 극히 복잡하다. 비

록 전산모형이 이들 모든 요인들을 조사 연구하여 만들어 졌다고 하여도, 자연계에 있는 모든 것을 정확하게 표현할 수는 없다. 그러므로 모형은 자연현상을 수학식으로 알기 쉽게 표현할 수는 없다. 그러므로 모형은 자연현상을 수학식으로 알기 쉽게 표현할 수 있도록 가정에서부터 출발한다.<sup>8)</sup>

일반적으로 자연의 시스템을 어느정도 정확하게 수식화 하느냐에 따라서 모형의 타당성이 평가되고 모형의 공간성, 시간성을 어떻게 가정 하느냐에 따라서 정확도와 응용의 범위가 결정된다. 공간성은 모의실험하고자 하는 수체를 물리, 화학, 생물학적 현상이 균일한 일련의 구획으로 나누는데, 이 구획들의 집합이 갖는 공간적인 형태 즉 모형의 공간적 차원으로 설명된다.

현재 가장 많이 실용화된 모형은 수체를 수면의 수평방향과 수직방향으로 나누어서 각 구획의 하나 하나는 균일한 수질을 유지한다고 가정하는 모형이다.<sup>4)</sup> 시간성은 모의실험하고자 하는 수체의 시간 간격을 단기간 혹은 장기적으로 보느냐에 따른 것이며, 또한 시간에 따른 가변성을 기준으로 동적 혹은 정상적으로 해석할 수 있다. 정상적 모형은 자연 하천과 같이 시간에 대한 흐름이 일정하여 상류에서 하류까지 시간에 대한 수질항목의 변동이 적어 수질이 균일한 모형을 지칭한다. 동적 모형은 댐에 대한 담수호와 같은 인공 호수에서 시간에 따른 수리현상의 변화 때문에 상류에서 하류에 이르기까지 시간에 대한 수질의 변화가 균일하지 못한 모형이며, 주로 부영양화 예측과 관리, 식물성 플랑크톤의 군집변화로 인한 제반 환경변화를 추적하는데 유용하게 사용된다. QUAL2E는 미국 환경보전국(EPA)에서 개발한 전산수질모형으로 개인용 컴퓨터에서 사용할 수 있다. 이 모형은 하천에서 수질을 예측하기 위해 개발한 것으로서, 국내에서 하천에 대한 모형 중 그 타당성이 가장 널리 인정받고 있으며, 한강, 북한강, 청미천, 섬진강 등 국내의 많은 하천에 대해 모델링이 수행된바 있다. QUAL2E 모형의 해석 방향은 유체흐름 방향이며 횡방향은 완전혼합을 가정으로 한 1차원 모형이다.<sup>9, 10)</sup>

해석 형태로는 정상 상태해석이 가능하나 완전 동적해석이 아닌 준동적상태로 동적해석은 하천의 최상류부, 점 오염원 및 비점 오염원에서의 유량을 비롯한 수질자료들이 정상상태로 입력되기 때문에 상류로부터 하류부까지의 수질은 점차 정상상태로 수렴한다.

하천 시스템 내에서 물질이동 및 변환은 유체의 흐름에 의하여 농도부하가 이동되는 유속에 의한 유송과 유체흐름의 난류성과 물질농도차이에 의해 발생하는 확산, 화학 및 생물학적 반응에 의한 물질의 증감, 시스템 내의 오염부하량 유입 또는 유출에 의한 부하의 증감에 의해 좌우된다. 이와 같은

과정에 대하여 물질이동방정식을 세우면 다음 식과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(A \times D \times \partial C / \partial X)}{A \cdot \partial X} - \frac{\partial(A \times U \times C)}{A \cdot \partial X} \pm \frac{R}{V} \pm \frac{S}{V}$$

여기서, C는 물질의 농도를 나타내고, A는 유로단면적, D는 종확산계수, U는 평균유속, S는 물질의 유입부하량 혹은 유출량, V는 단위 구간의 수체적, t는 시간, X는 거리, R는 반응에 의한 물질의 증감량을 나타낸다.

QUAL2E는 에너지 보전의 원리를 이용하여 열전도에 대하여 모의 실험할 수 있다. 지배식은 아래와 같이 물질 이동방정식과 흡사한 형태를 가진다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial(A \times D \times \partial T / \partial X)}{A \cdot \partial X} - \frac{\partial(A \times U \times T)}{A \cdot \partial X} \pm \frac{1}{\rho c} \frac{S}{V}$$

여기서, T는 수온이고, ρ는 물의 밀도, c는 비열이다.

## 결과 및 고찰

### 1. 지리공간자료의 구축

조사대상하천인 삼척 오십천은 동해로 유입되는 하천으로 유역면적 394.72km<sup>2</sup>, 유로연장 56.80km로 유역의 형상은 수지형에 가깝다. 유역의 위치는 동경 128° 59' 00" - 129° 11' 40", 북위 37° 04' 25" - 37° 27' 40" 사이에 위치하며 북으로는 동해시와 삼척시의 시계를 분수령으로 전천유역과 접하고, 서로는 태백산맥을 분수령으로 (남)한강의 유역과, 남으로는 삼척군과 태백시와 경계를 이루면서 금강유역과 접하고 있으며, 동으로는 동해로 유입되는 마읍천유역과 접하고 있다. 본 삼척오십천은 1,000m이상의 태백산맥에서 발원해안으로 유입되는 하천으로 유역전체가 지세가 험준하고 경사가 급한 편이다. 또한, 유역의 상류에는 도계읍이, 하류에는 삼척시가 각각 하천과 접하여 형성되어 있고 그밖에 하천 좌, 우측에는 농경지 및 촌락이 형성되어 있으며 대부분 산간지로 되어있다. 삼척오십천 대상유역의 행정구역으로는 강원도 삼척시, 태백시, 삼척군의 1도 2시, 1군 1읍 4개면이 있으며 이곳에 거주하는 인구는 총 20,725호에 86,787명이 거주하고 있으며 유역면적 394.72km<sup>2</sup> 중 농경지면적이 29,49km<sup>2</sup>로 7.5 %, 임야면적이 345.85km<sup>2</sup>로 87.6 %, 기타면적이 16.45km<sup>2</sup>로 4.2 %를 각각 점하고 있다. 삼척오십천 과업유역의 평야면적 대 임야면적의 구성비율은 8 : 92 이고 우리나라 전체의 평야면적과 임야면

적의 구성비 33 : 67로 볼 때 본 대상유역의 평야면적이 우리나라 전체의 평야면적 비율보다 적은 값으로 나타나고 있다. 대상 유역에 대한 하천수계도, 유역분할도, 토양도, 토지이용도 등의 기본도를 수치지도로 작성함으로써 지형정보시스템을 구하였다. 각각의 기본도를 작성하기 위해 종이에 인쇄된 형태의 지도를 트레이싱지에 그린 후 스캐너를 이용하여 스캐닝한 후 벡터라이징하여 목적에 맞게 표준화하여 변환하였다. 각 기본도에 대한 좌표체계는 TM좌표계를 기준좌표계로 하였으며 지형자료의 통합을 위한 주력 GIS 소프트웨어는 ARC/INFO를 이용하였다.

#### 1) 하천수계도

하천 수계도는 1/50,000 도를 이용하여 수치지도화 하였으며, 각 좌표는 기존 지도에서 수치지도의 참고점인 TIC의 정확한 경위도 좌표체계를 TM좌표체계로 변환하였으며, 그 변환 방법은 벡터자료 입력을 위한 ARC/INFO의 투명명령어인 PROJECT에 의해 구해진 TM좌표값을 이용하여 각각의 커버리지에 대한 TM좌표를 얻었다. 본 연구를 통해 구축된 오십천 유역의 하천수계도는 그림 1과 같다.

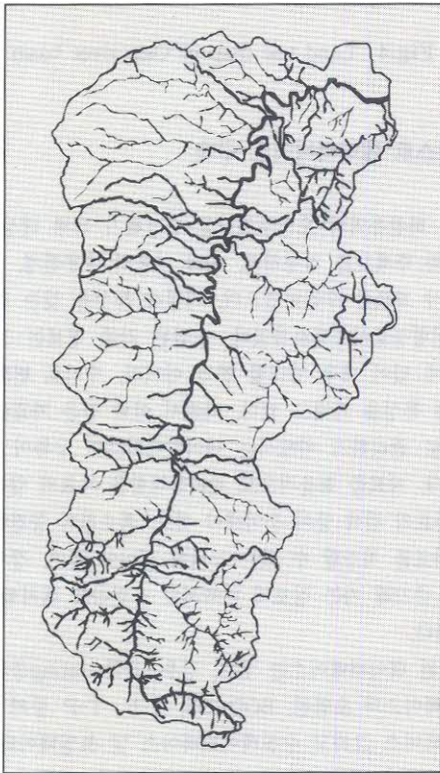


Fig. 1 Stream network map of Osip river basin

#### 2) 유역분할도

벡터자료구조를 갖는 또하나의 커버리지는 7개의 소유역으로 분할한 유역분할도로서 하천 수계도와 마찬가지로 1/50,000의 4도첩을 트레이싱지에 그려 스캐닝을 한후 벡터라이징함으로써 구축하였으며 구축된 유역분할도는 그림 2과 같다.

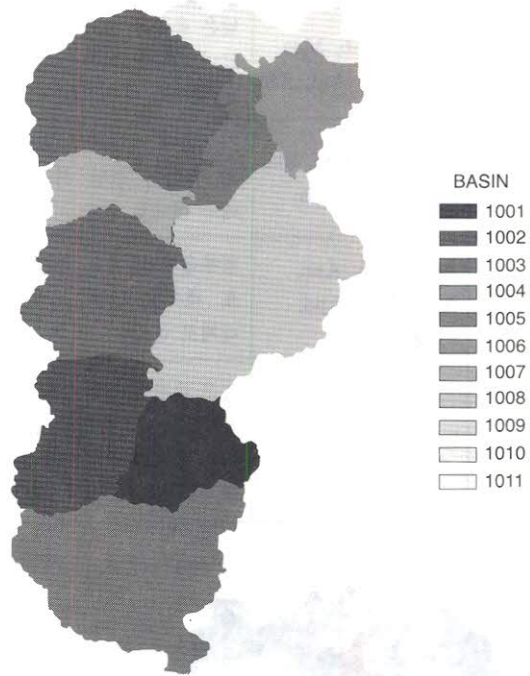


Fig. 2 Sub basin map of Osip river basin

#### 3) 토양도

토양도의 입력은 1:50,000 축척의 4개 도엽을 수치지도화 하였으며, 수질 모델에서 필요로 하는 토양의 성분분류를 47개로 구분하여 입력하였다. 입력된 오십천의 참고점인 TIC의 정확한 경위도 좌표로부터 본 연구에서 구축한 커버리지의 좌표를 TM좌표로 단일화하여 구축하였다. 4개 도엽의 토양도를 ARC/INFO의 MAPJOINT 모듈을 실행하여 하나의 수치지도로 종합하였으며, 본 연구를 통해 구축된 토양도는 그림3과 같고 토양형의 종류는 표1과 같다.

#### 4) 토지이용도

토지이용도의 작성은 1:50,000 축척의 3개 도엽을 트레이싱지에 그린 뒤 스캐너를 이용하여 래스터자료로 만들어 벡터라

이정하여 수치지도화 하였으며 구축된 토지이용도는 그림4와 같다. 이렇게 구축된 수치지도는 수질 모델에서 필요로 하는 비점오염원의 계산에 이용된다.

Table 1. Classification of soil type

토양형	토양명	토양성질
Type 1	Mma, Mmb, Maa, Mac, Rea, Afc, Afd	낮은 유출율, 침투율이 크며 자갈이 있는 사양질 토 배수가 매우 양호
Type 2	Raa, Rab, Rac, Rla, Apg, Aha, Apb	침투율이 대체로 크고 돌 및 자갈이 섞인 사질토, 배수 대체로 양호
Type 3	Ana, Anb, Anc, Apa, Apc, Apd, Fmb, Rxa	침투율이 대체로 작음, 주로 세사질 토양층, 배수 대체로 불량
Type 4	Ro	높은 유출율, 침투율이 대체로 작은 점토질 토양, 거의 불투성이고 배수가 대단히 불량

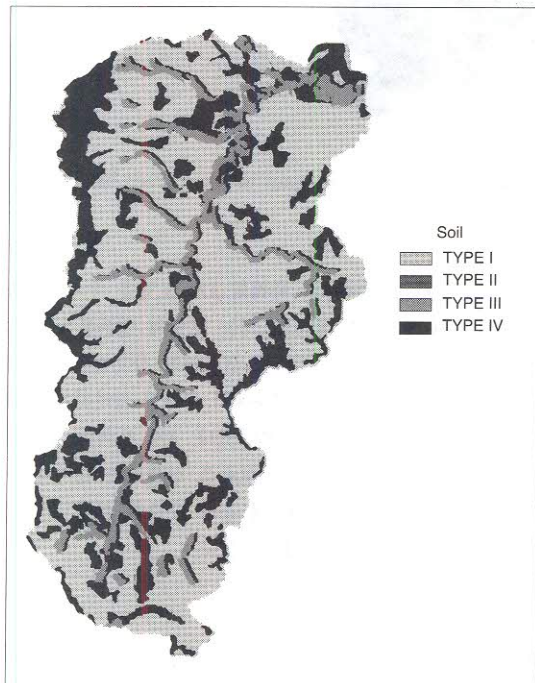


Fig. 3 Soil map of Osip river basin

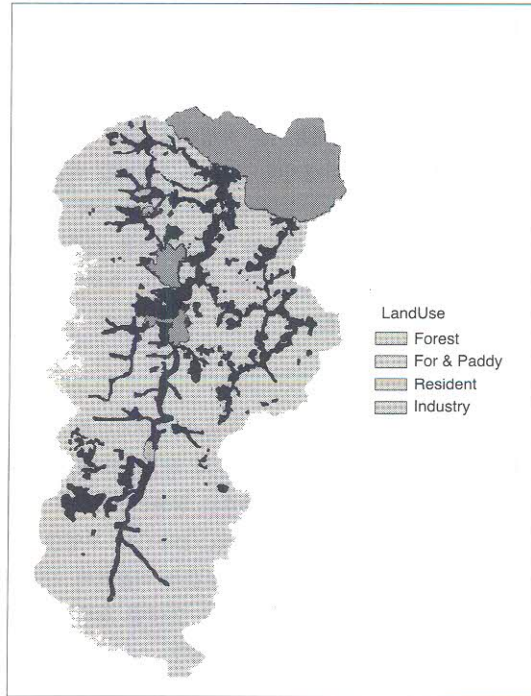


Fig.4 Land use map of Osip river basin

## 2. 텍스트 데이터베이스 구축

대상 하천유역의 오염부하량을 산정하기 위해 대상유역의 기본도와 주제도를 작성하고, 이와 아울러 수문환경, 오염원, 수질조사 자료를 수집하였으며, 지형적 특성을 갖는 각종 자료를 지형정보시스템화하였다. 수집된 각종 정보는 그 양과 가지수에 있어 매우 방대할 뿐만 아니라, 수시로 변화해 가는 동적 특성을 가지고 있다. 따라서 이와 같은 자료들을 효과적으로 관리하기 위해서는 데이터베이스의 구축이 반드시 필요하다. 자료를 효율적으로 관리한다함은 자료의 입력과 필요한 자료의 검색 등이 용이해야 하고, 최소한의 공간에 최대한의 자료를 저장할 수 있는 능력이 있어야 하며, 장차 지속적으로 증가해 가는 정보에 대해서도 유연하게 대처할 수 있어야 한다.

구축된 데이터베이스는 수위, 강우, 유황, rating 등의 수문 데이터베이스와 오염원, BOD, SS, T-N, T-P 등의 오염원 데이터베이스 그리고 수질데이터베이스 및 토양데이터베이스로 구성되어 있으며, 각 데이터베이스에 포함된 테이블(table) 및 필드(field)는 표 2에 정리하여 나타내었다.

Table 2. Structure of text database

DB명	테이블명	필드명	자료형	자료내용	단위
오염원 DB	BOD	유역코드	문자	소유역코드번호	
		시가화 인구	정수	시가화지역 인구수	명
		비시가화 인구	정수	비시가화지역 인구수	명
		소	정수	소사육두수	두수
		돼지	정수	돼지사육두수	두수
		닭	정수	닭사육두수	두수
		밭	실수	밭면적비	(%)
		논	실수	논면적비	(%)
		임야	실수	임야면적비	(%)
		대지	실수	대지면적비	(%)
오염원 DB	SS	유역코드	문자	소유역코드번호	
		시가화 인구	정수	시가화지역 인구수	명
		비시가화 인구	정수	비시가화지역 인구수	명
		소	정수	소사육두수	두수
		돼지	정수	돼지사육두수	두수
		닭	정수	닭사육두수	두수
		밭	실수	밭면적비	(%)
		논	실수	논면적비	(%)
		임야	실수	임야면적비	(%)
		대지	실수	대지면적비	(%)
오염원 DB	T-N	유역코드	문자	소유역코드번호	
		시가화 인구	정수	시가화지역 인구수	명
		비시가화 인구	정수	비시가화지역 인구수	명
		소	정수	소사육두수	두수
		돼지	정수	돼지사육두수	두수
		닭	정수	닭사육두수	두수
		밭	실수	밭면적비	(%)
		논	실수	논면적비	(%)
		임야	실수	임야면적비	(%)
		대지	실수	대지면적비	(%)
오염원 DB	T-P	유역코드	문자	소유역코드번호	
		시가화 인구	정수	시가화지역 인구수	명
		비시가화 인구	정수	비시가화지역 인구수	명
		소	정수	소사육두수	두수
		돼지	정수	돼지사육두수	두수
		닭	정수	닭사육두수	두수
		밭	실수	밭면적비	(%)
		논	실수	논면적비	(%)
		임야	실수	임야면적비	(%)
		대지	실수	대지면적비	(%)

DB명	테이블명	필드명	자료형	자료내용	단위
오염원 DB	수질	코드	문자	조사지점 코드번호	
		온도	정수	수온	℃
		pH	정수	산성도	mg/l
		DO	정수	DO농도	mg/l
		BOD	정수	BOD농도	mg/l
		SS	정수	SS농도	mg/l
		T-N	실수	질소농도	mg/l
		NH <sub>3</sub>	실수	암모니아성질소	mg/l
		NO <sub>2</sub>	실수	아질산농도	mg/l
		NO <sub>3</sub>	실수	질산농도	mg/l
		Org-p	실수	유기인농도	mg/l
		Des-p	실수	용존인농도	mg/l

### 3. 오염부하 산정

발생부하는 대상에 포함되는 모든 발생원에 대해서 각각의 발생 오염부하를 실측하는 것이 원칙이지만, 발생원마다 발생량과 발생형태가 다르므로 발생원 모두에 대해 계속적으로 오염부하를 실측하는 것은 실제로 불가능하다.

따라서 각 발생원으로부터 오염부하발생량 실측데이터를 이용하여 1일 또는 1년의 기간과 하나의 개체를 단위로 하는 발생량을 오염부하 발생원단위 혹은 간단히 원단위라 하며, 이를 이용하여 오염부하발생량을 추정하는 것이 일반적인 방법이다. 오염 발생부하량 원단위는 여러 가지 고유목적의 조사 및 연구에 따라 오염원별 원단위가 큰 차이를 나타내기 때문에 부하량 추정결과도 여러양상을 띠게 된다. 또한 지역, 시간에 따라 원단위가 다르고 매년 증가하는 양상을 갖기 때문에 각자의 목적에 맞게 가장 적절하다고 판단되는 자료를 선정하는 과정이 필요하다. 대상유역에 대하여 소유역별로 분할된 것을 동일축적의 행정구역도에 중첩시켜 각 소유역에 포함된 행정구역의 면적을 구한 후, 그 행정구역 전체면적에 대한 면적비를 고려하여 행정구역별 각종 부하현황을 소유역별로 분배하였다. 또한 인구증가는 자연증가 외에도 정치, 경제, 사회, 문화등 사회적으로에 의해서도 이루어지므로 장래의 인구전망도 이러한 사회적 인구증가를 유발시켜 가변인자를 파악하고 자연증가와 과거의 인구추세 등을 감안하여 그 지역에 적합한 인구 증가율을 산출하여 장래의 인구를 추정하는 것이 일반적인 방법이다. 그리고 이러한 추세에 입각하여 생활계, 축산계, 자연계, 산업계 등의 오염원 자료를 1996, 2001, 2006년에 대해 추정한 결과를 표 3에, 각 단위 오염원별 오염부하는 표 4에 나타내었다.

Table 4. Estimation of pollution load

Unit : kg/day

Year	Domestic				Livestock				Land-use			
	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
1996	493.88	495.71	59.15	12.44	196.78	991.71	35.51	22.62	79.51	156.95	18.61	0.68
2001	542.32	543.22	60.16	12.65	241.93	1222.44	43.75	27.72	82.01	163.37	18.65	0.69
2006	581.19	581.99	60.16	12.65	284.32	1436.12	51.42	32.53	78.54	155.55	18.46	0.67

Table 3. Estimation of pollution unit

Year	Population (person)	Livestock (head)	Land-use (km <sup>2</sup> )
1996	228,000	98,517	827.59
2001	233,900	117,554	830.17
2006	238,500	137,106	830.15

4. 수질측정 지점 및 수질오염도

연구대상지역의 수질특성을 파악하고 장래수질예측을 위한 모의자료를 활용하기 위하여 수질측정 지점은 표 5와 같고 수질오염도 산정모델의 보정 및 검정에 이용될 자료는 표 6과 같다.

Table 5. Water sampling location of Osip river basin

NO.	Sampling position	Stream
S-1	전두리 공교밀	오십천
S-2	신기주유소 다리밑	오십천
S-3	무사리 부일공업사앞	오십천
S-4	도원동 취수장앞	오십천
S-5	남양동 오십천교밑	오십천

Table 6. Analysis of water samples

장소 \ 항목	pH	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
전두리공교밑	7.3	8.96	5.47	1.41	0.38	18.03
신기주유소 다리밑	7.8	4.72	5.44	0.91	0.23	1.04
무사리	7.9	4.41	6.31	0.88	0.22	10.55
취수장앞	7.6	3.87	6.17	0.80	0.12	9.34
오십천교밑	7.4	6.90	5.72	1.17	0.29	13.68

5. 수질관리모형의 적용

모델링에 이용된 대상 하천은 삼척 오십천이며 하천 길이는 56km이다. 그림 5는 모델링 대상 하천의 수질모형 모식도로서 대상하천의 수리학적 특성이 유사한 6개의 구간(reach)으로 하고 계산 소구획(element)은 1km로 하였다.

모형의 검정에 사용된 자료는 연구 조사기간중인 자료중에서 1996년 11월에 3회 측정된 자료를 활용하여 QUAL2E 모형의 변수를 보정하므로 모델이 실제 수역의 특성을 잘 나타낼 수 있도록 하였다. 모델변수 SS, BOD, T-N, T-P에 대한 보정결과 갈수기인 11월에 실측된 자료에 대하여 계산치는 대체로 실측치의 10% 오차 범위내에 있었다. 오십천의 장래 수질 예측 결과는 그림 6~9와 같다.

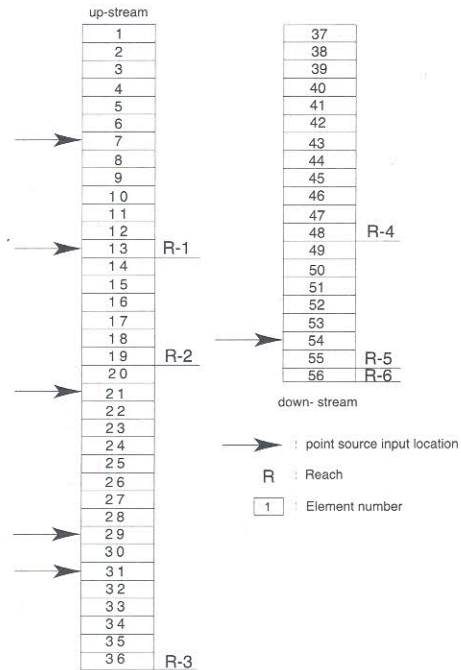


Fig 5 Stream network of computational reaches and elements



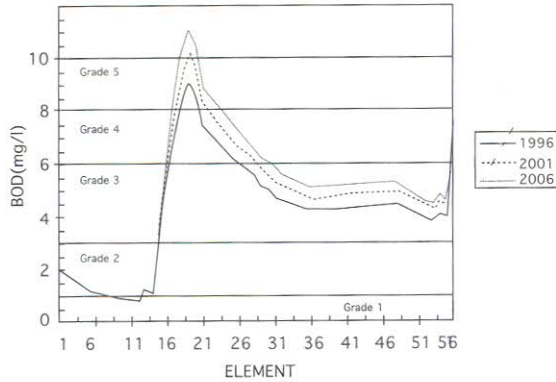


Fig. 6. BOD Prediction

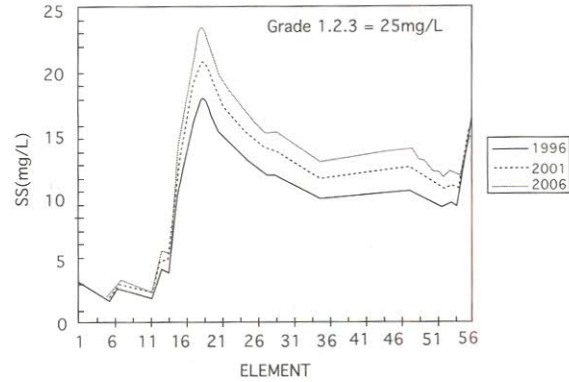


Fig. 7. SS Prediction

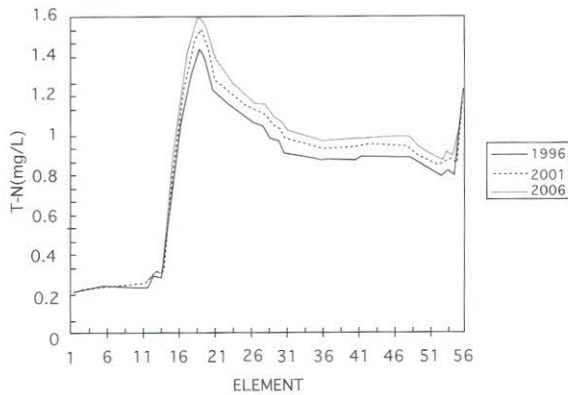


Fig. 8. T-N Prediction

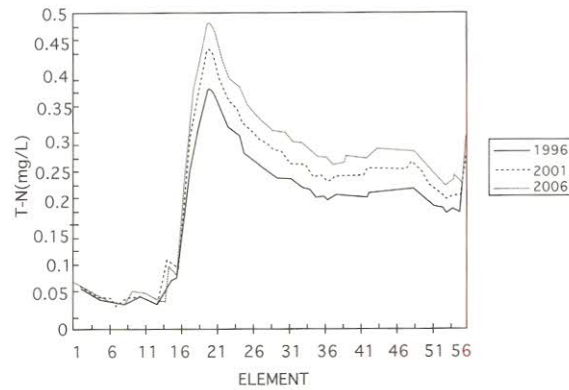


Fig. 9. T-P Prediction

## 결론

본 연구에서는 지리정보시스템 및 수질 데이터 베이스를 이용하여 하천수질관리를 위한 정보 체계를 구축하고 오십천을 대상으로 하천수질모형을 적용하여 유역에서 발생하는 오염 부하에 따른 하천의 수질을 예측하였다.

1. 지리정보시스템의 지형정보를 이용하여 토지이용도, 토양도, 수계도, 행정구역도 와 소유역도를 작성하고 오염부하 산정에 필요한 기본도를 제작하고 속성화하여 하천수질관리 체계를 구축한 결과 복잡한 자료의 보관, 관리 및 재생이 가능하였다.
2. 지형정보 중심의 데이터베이스로부터 방대한 양의 속성자료를 자동으로 추출하고 VBA(visual basic for application) 와 Microsoft Excel을 이용하여 QUAL2E 모델이 요구하

는 입력자료의 계산을 자동화하여 자료준비에 걸리는 상당한 시간을 절약하고 실무에 도움이 되도록 하였다.

3. QUAL2E 모형을 이용하여 오십천의 장래 수질오염도를 모의한 결과 도계와 하구에서 가장 오염이 되어있었다. 도계지역의 경우 BOD, SS, T-N, 그리고 T-P는 1996년에 비하여 2001년에는 각각 12%, 16%, 7%, 16% 증가하였고 2006년에는 각각 22%, 30%, 13%, 26% 증가하였다. 오십천 하구의 경우 BOD, SS, T-N, 그리고 T-P는 1996년에 비하여 2001년에는 각각 20%, 28%, 11%, 28% 증가하였고 2006년에는 각각 58%, 70%, 36%, 65% 증가하였다.

## 참고 문헌

1. 김성준 : 농촌소유역 하천수질관리를 위한 GIS 응용, 한

- 국GIS학회지4(2):147(1996)
2. 과학기술처: 지리정보시스템 활용기법, 과학기술처, 9 (1993)
  3. 김윤중, 유일현 : GIS를 이용한 충주호 주변의 비점원 오염분석 연구, 한국GIS학회지 3(1):10(1995)
  4. 이상훈 : QUAL2E 모형을 이용한 수질예측, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문 (1995)
  5. Ake Sivertun, Lorin E. Reinelt, Reinhold Castensson : A GIS Method to Aid Non-Point Critical Area Analysis, Int. GIS, 2(4), 365 (1988)
  6. ARC/INFO : Manual, ESRI, Inc., (1991)
  7. Stan Arnoff : Geographic Information System : A Management Perspective, WDL Publications 103,(1989)
  8. L. C. Brown : Uncertainty Analysis Using QUAL2E, Proceedings Conference on Stormwater Water Quality Management
  9. L. C. Brown and T. O. Barnwell : Computer Program Documentation for the Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS, EPA/600/3 87/007, U.S.EPA(1987)
  10. L. C. Brown and T. O. Barnwell : The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual, EPA/600/3 87/007, Athens, GA(1987)
  11. P. A. Burrough : Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford