

농촌유역의 오염부하량산정을 위한 범용적 GIS 및 데이터베이스의 구축

Development of Ordinary GIS and Database
for Calculation of Pollutant Load in Rural Areas

양 영 민* · 권 순 국(서울대)
Yang, Young Min · Kwun, Soon Kuk

Abstract

Pollutant load using unit load method is calculated by simply equation, especially, very useful in the area that didn't exist about water quality data. However, it takes long time to calculate pollutant load with area in which there is various pollutants and if the boundary of a basin altered, the work of calculation about pollutant load must be begun from the first again. Therefore, a Total Daily Load Program(TDLP) was developed to calculate pollutant load automatically in rural area. The TDLP includes a geographic information system(GIS), relational database system(RDBS), User Interface. This Program can provide user with creating a boundary of the basin that user is concerned with to satisfy the water quality regulations and calculating daily load for various pollutants. The effort was conducted to apply the developed TDLP to calculating pollutant load in rural basin called Bok-ha river.

I. 서론

농촌유역 수질관리 연구에서 수질예측모형이 많이 사용되고 있는데, 대부분의 모형이 입력자료로 수질 또는 부하량이 이용된다. 모형의 정확성을 위해 실측된 수질자료가 사용되어야 하지만, 자료가 없거나 불충분할 경우 원단위를 이용하여 대략적으로 계산한 오염부하량을 이용하게 된다. 오염부하량은 수질예측모형의 입력자료외에도 유역내의 배출되는 오염부하의 총량을 나타내므로 그 자체로서도 수질관리에필요한 중요한 의사결정자료가 될 수 있다.

원단위를 이용한 오염부하량 계산법은 원단위만 알면 간단한 수식을 통하여 유역내에 발생 또는 배출되는 부하량을 알 수 있으나, 원단위에 따라 정확성이 크게 좌우되고, 오염원이 종류가 다양한 대유역의 경우 계산작업에 많은 시간이 소요되며, 특히 유역경계가 변하거나 유역이 통합 또는 분할되는 경우 처음부터 계산작업을 반복해야 하는 단점이 있다. 그러나, 1999년에 발표된 환경부 고시에 따라 오염원단위가 단일화되고 계산방법이 통일됨에 따라 오염부하량의 정확성이 증대되었고, 국립지리원의 수치지도의 보급으로 오염원에 관한 데이터를 범용적으로 구축할수 있는 기초가 마련되었다.

따라서, 본 연구에서는 오염부하량의 계산과 사용에 편의성을 제공하기 위하여 범용적인

GIS와 데이터베이스 구축을 기본가정으로 하고, 수질관리지점에 따라 자동적으로 유역을 생성하고 오염부하량을 계산해주는 프로그램을 개발하고 시험유역에 적용하여 실용성을 검토하는데 있다.

II. 모형의 개발

1. 모형의 개요

모형의 개발은 크게 GIS 및 데이터베이스의 구축과 사용자 인터페이스 개발로 구성된다. 데이터베이스는 크게 오염원정보, 수질정보, 강우정보, 오염원단위 정보로 구성되며, 중앙서버에 전국적인 단위로 구축된다고 가정하였다. 서버의 자료는 나중에 사용자 인터페이스에 의해 유역경계가 결정되면, 유역에 포함되는 데이터만 사용자의 PC로 전송된다. GIS는 국립지리원의 수치지도 중에서 토지이용, 등고선도(DEM)를 이용하고 점원오염원 위치에 관한 내용이 추가되었다. 즉, 오염부하량 계산에 필요한 자료중 오염원과 수질측점, 환경기초시설, 기상측점 등의 구체적인 속성자료는 데이터베이스에 입력되고, 유역경계설정에서 사용되는 DEM도와 각 객체들의 위치를 나타내는 지리정보는 GIS에 구축되었다. 데이터베이스와 GIS는 오염원 ID와 지도상의 좌표를 공유함으로써 서로 연동되도록 하였다. 한편, 사용자 인터페이스는 크게 유역범위와 거기에 포함되는 오염원을 결정하는 ‘준비단계’와 객체를 선택하여 정보를 살펴보고, 오염부하량을 계산하는 ‘오염부하량 계산 단계’로 구성된다. 이상의 내용을 대략적으로 나타낸 개념도는 Fig 1과 같으며, 사용자가 Main Window를 통하여 프로그램의 모든 기능을 접하게 되며, 기본 지도위에 표시된 오염원 객체를 선택하면, 프로그램이 데이터베이스로부터 자료를 읽어와 Display Window를 통하여 그 계산 결과를 볼 수 있게 된다.

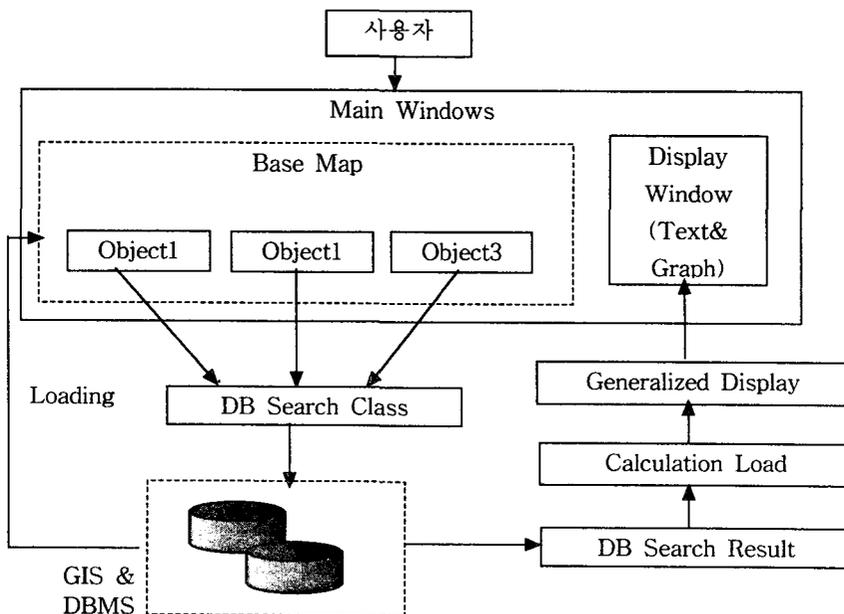


Fig 1. Conceptual Model of Water Quality Index Information Program

2. 오염부하량의 계산

오염원단위법은 오염원의 수나 면적에 오염원단위를 곱하여 오염부하량을 산정하는 방식으로 시간적 변화를 고려할 수 없고, 오염원단위에 따라서 크게 좌우되는 단점이 있으나, 오염원에 대한 조사자료와 원단위만 있으면 쉽게 유역내의 오염부하량을 추정할 수 있는 장점이 있다. 오염원은 배출원의 성격에 따라 배출지점을 명확히 알수 있는 점원오염과 그렇지 않은 비점원오염으로 나뉘며, 점원은 사람의 거주로 인한 생활계, 가축사육으로 인한 축산계, 산업시설에 의한 산업계로 나뉘며, 비점원오염은 토지이용에 따라 산림계, 농업계(논, 밭), 기타계(대지) 등으로 구분된다. 유역내의 오염부하량은 ① 소유역내 오염원들의 발생부하량 및 배출부하량, ② 유출부하량, ③ 유하부하량, ④ 유달부하량 등의 네 가지 부분으로 크게 나눌 수 있다. 특히 배출부하량에 대한 유달부하량의 비를 유달율이라 하여 소유역의 자정계수로 흔히 사용되고 있다. 오염부하량을 산정하기 위한 방법 및 원단위는 환경부에서 발표된 '오염총량관리계획 수립지침'을 기본으로 하되, 축산계와 비점원계의 계산방법은 국내(권 등, 1990; 권 등, 1993)와 일본(國松孝男, 1989; 和田安彦과 三浦活之, 1985; 浮田正夫과 中西 弘, 1985)에서 사용된 방법을 사용하였다.

3. GIS 및 데이터베이스의 구축 및 사용자 인터페이스의 개발

본 연구에서 GIS는 오염원 위치와 토지이용상태를 보여주고, 유역경계설정에 필요한 등고선에 관한 자료를 프로그램내부에 제공하고, 오염부하량계산에 필요한 공간좌표를 데이터베이스에 넘겨주는 역할을 한다. 범용적인 GIS의 구축방법으로 새로운 GIS의 구축보다는 기존의 자료를 최대한 활용할수 있도록 현재 보급되고 있는 수치지도를 이용하는 방법을 선택하였다. 수치지도는 DXF 파일포맷으로 많은 자료가 layer 형태로 중첩되어 있는데, 이 중 유역경계설정에 필요한 DEM 자료와 토지이용자료만을 사용하고 여기에 여기에, 실측된 오염원자료를 입력하였는데, 오염원 중 생활계, 축산계, 산업계는 point 형태로, 토지이용은 polygon 형태로 각각 layer로 구분하여 구축하였다. 생활계의 경우 도시지역은 마을이 넓게 분포하여 point로는 표현되지 않는 경우가 있으나, 농촌지역에서는 리별로 보통 한두개의 마을을 이루고 있으므로 point로 표시하였다. 지도의 축척은 유역 특성과 연구목적에 따라 유동적이므로 적절한 것을 선택하나 본 연구에서는 중소유역을 대상으로 하였으므로 1:5,000의 것을 사용하였다. 사용소프트웨어는 수치지도를 편집하기 위하여 AutoCad R14를 사용하여 오염원의 위치정보를 입력하기 위하여 ArcView3.0a를 이용하였다.

오염부하량 계산을 위한 자료에는 오염원에 관한 자료와 오염원단위, 환경기초시설등이 있으며, 발생부하량계산방법은 [오염원의 수]×[발생원단위]로 간단하나, 배출부하량의 경우 처리방법에 따라 처리시설과 오염원의 위치가 달라져 유역에 포함되지 않는 경우가 생기므로 이에 대한 고려가 필요하다. 본 연구에서는 우선 오염원자체의 정보를 담은 오염원 table을 점원은 생활계·축산계·산업계 부하로, 비점원오염은 토지이용별 부하로 구분하여 테이블을 구축하였다. 특히, 점원의 경우 처리방법에 따른 오염원수가 방법별로 table에 포함되게 된다. 이 때, 오염원의 처리시설이 발생지와 동일한 위치에 존재하는 경우에는 유역내의 포함여부가 유역경계를 결정할 때, 이미 결정되므로 문제가 없지만, 오염발생지와 분리되어 환경기초시설로 모아진 후에 유역으로 배출되는 경우는 배출되는 부하량이 유역내의 포함되는지 여부를 다시 결정해

야 한다. 따라서, 이러한 경우를 반영하기 위하여 환경기초시설자체의 자료를 담은 '환경기초시설table'과 기초시설이 처리하는 오염원에 대한 정보를 담은 매개 table을 만들어 기초시설에서 처리하는 오염원의 변화와 유역경계의 변화를 수용할 수 있도록 데이터베이스를 구성하였다. 또, 수질측정자료와 기상관측자료는 측정별로 다르고, 각 측정마다 특정시간별로 측정되므로, 수질측점(또는 기상관측점)전체의 위치와 개략적 특성을 설명해놓은 수질측점(기상관측) table과 각 측정별로 table을 따로 구성하여 시간별로 측정된 자료를 입력하였다. 모든 오염원 table에는 오염원 ID, 위치좌표에 관한 자료가 입력되고, 오염원수 또는 면적에 대한 내용도 포함된다. 데이터베이스관리소프트웨어로는 범용적 데이터베이스는 MY-SQL을 이용하여 구축하였고, 네트워크를 통하여 PC로 데이터가 전송된후에는 MS-ACCESS에 저장하여 구성하였다.

프로그램에 필요한 주요 기능은 주로 지도를 선택하고, 유역을 결정하고, 관련 자료를 다운로드 받은 후 오염부하량을 계산하고 관련 정보를 살펴보는 내용으로 구성된다. 프로그래머는 확장성이 풍부하고, 네트워크와 그래픽관련 기능이 풍부한 객체지향 언어인 Java™을 사용하였다. 사용자 인터페이스(User Interface)는 사용자의 편의를 위해서 "Windows" 형식의 GUI로 표현하였으며, 주요기능을 하나씩 아이콘화 하며 사용자의 편의를 최대한 돕고자 하였다.

III. 모형의 적용

1. 유역의 선정과 자료 구축

원래 전국적인 데이터베이스를 구축하여 사용하여야 하나 자료가 상당히 부족하므로 경기도 이천시에 대해 구축된 자료만을 사용하였다. 그러나, 데이터의 구축방법과 table의 구성등은 전

국적으로 적용가능토록 구성하였다. 대상유역인 북하천 유역의 행정구역은 경기도 이천시, 용인시, 광주군의 4개 면, 19개 리를 포함하며, 본천연장이 17 km, 유역면적이 7,629 ha이다. 유역전반에 걸쳐 소규모의 축산농가가 산재해 있으며, 대규모공장 및 상업지역, 도시화 지역이 없는 전형적인 농촌지역의 특성을 가지고 있다. 모형의 사용될 지도(Base map)은 국립지리원에서 보급한 1:5,000 축적의 수치지도를 사용하였다. 국립지리원의 수치지도 역시 아직까지 전국적으로 구축되지 않았으나 향후 구축될 계획도 있으며, 이천지역의 수치지도는 이미 구축되어 있어 모형에 사용하였다. 데

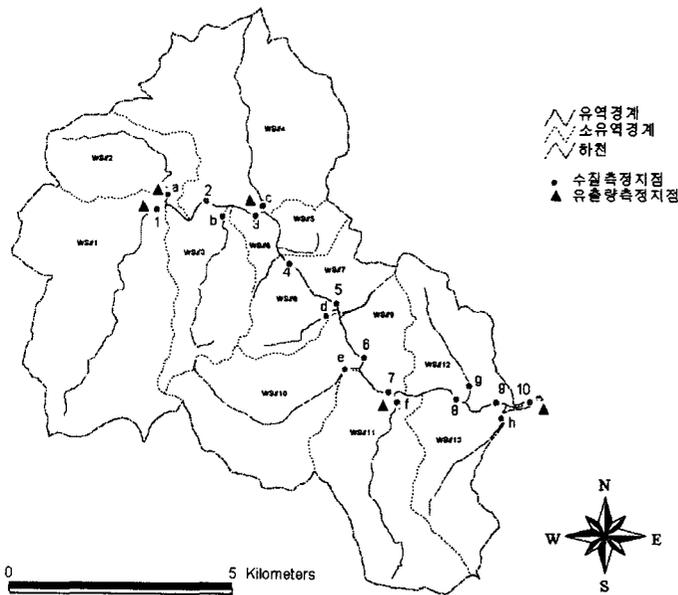


Fig. 2 Basin Map of Watershed

이터베이스는 위에서 언급한 바와 같이 기존의 연구 데이터를 활용하였으며, table이 구성은

2.3에서 언급한 바와 같이 구축하였으며, Fig. 3은 PC에 저장된 Table의 한 예이다.

구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분	구분
960323	5.2	7.97	163	8.47	1.1	1.4	7.1
960420	8.4	7.01	295	11.56	2	2.2	7.1
960520	14.3	6.99	197	10.16	2.56	7.1	7.1
960628	18.5	7.38	109	8.4	3.68	7.1	7.1
960729	18.5	7.19	109	7.62	3.5	6.11	7.1
960816	22	7.48	134	7.65	5.5	8.9	7.1
960920	16.5	6.18	156	8.34	4.2	5.5	7.1
961012	11.5	7.99	165	8.97	3.1	4.2	7.1
961207	3	7.15	178	11.92	2.5	3.1	7.1
970221	.5	7.21	162	11.26	2.4	3.1	7.1
970320	.5	7.17	169	10.34	3.2	3.1	7.1
970510	11	7.34	187	10.11	3.8	7.1	7.1
970907	14	7.11	190	7.98	2.9	4.9	7.1

Fig.2 A Example of Water Quality Data Table

2. 모형의 적용결과

위에서 언급된 소유역 중에서도 비점원오염이 많이 존재하는 WS#1~4, 10, 11번의 소유역에 대하여 기존의 수작업으로 계산된 오염부하량과 모형을 통하여 계산된 오염부하량을 비교하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 실었다. 수작업과 모형을 통하여 계산된 오염부하량은 약간의 차이를 보이며, T-N, T-P의 경우 상대적으로 그 차이가 크게 나타났다. 모형에서 자동적으로 설정한 유역은 DEM만을 고려하기 때문에 실제 유역경계과 차이가 있어 오염부하량 계산에 차이가 생긴다. 그런데, 이 경계의 차이는 상대적으로 점원보다는 비점원오염에 크게 영향을 끼치며, 특히, 비점원계에서는 T-N, T-P의 유역내 오염부하량의 기여율이 크기 때문에 T-N, T-P의 오염부하량이 크게 나타난 것으로 추측된다.

또한, 모형자체의 사용성을 검토하기 위하여 주요 기능별로 모형을 운용하였다. 모형의 운용 과정은 ① 프로그램 시작, ② 특정 지도 불러오기, ③ 특정지도안에 포함되는 오염원 객체를 데이터베이스로부터 불러오기, ④ 사용자가 특정 수질지점 지정(유역말단지점), ⑤ 수질지점으로 유입되는 수문학적 단위도(유역)의 생성, ⑥ 단위도에 포함되는 오염원을 중심으로한 특정 유역 데이터베이스의 생성, ⑦ 유역에서 알고자 하는 오염원 또는 수질지점을 선택, ⑧ 수질지점의 내용을 데이터베이스로부터 검색, ⑨ 검색내용을 표이나 그래프로 보여주기 등이며, 별다른 오류없이 작업을 수행됨을 확인하였다(Fig. 4~5).

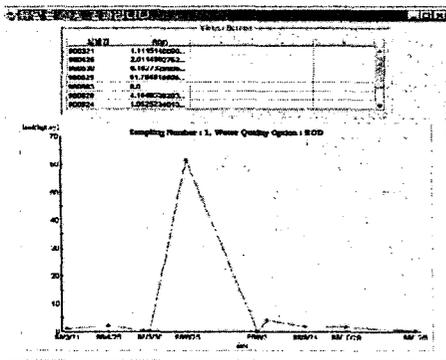


Fig. 4 Result of pollutant load

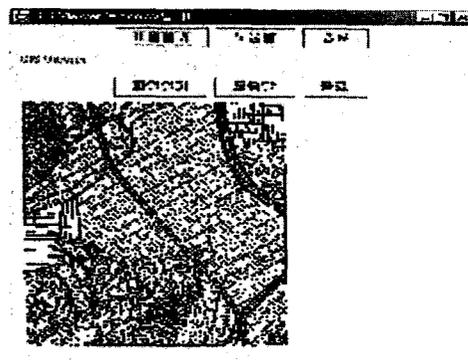


Fig. 5. Loading Digital Map of Bokha basin

Table 1. Results of Pollutant Load that was calculated by traditional method(manual) or by Using this Model.

Watershed	Water Quality		BOD(kg/day)		T-N(g/day)		T-P(g/day)	
	Manual	Model	Manual	Model	Manual	Model	Manual	Model
WS#1	89.93	95.21	384.01	404.02	19.16	20.1		
WS#2	16.51	15.32	97.65	101.35	5.83	6.32		
WS#3	16.92	15.13	71.15	69.2	4.19	3.96		
WS#4	91.10	103.24	289.50	261.45	16.22	15.41		
WS#10	44.48	43.28	218.31	211.83	13.48	13.12		
WS#11	58.93	56.93	198.01	203.52	9.18	9.56		

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 유역변화에 따른 오염부하량계산을 자동적으로 계산해주기 위하여 범용적인 GIS와 데이터베이스를 구축을 가정으로 수질관리지점에 따른 유역경계를 생성하고, 유역에 포함된 자료만을 사용자PC에 저장시킨후 오염부하량을 계산하여 사용자에게 제공하여 주는 프로그램을 개발하였다. 시험유역에 적용하여 그 적용성을 평가한결과 보다 정확한 오염부하량의 산정을 위해서는 보다 범용적 GIS와 데이터베이스에 대한 구축방법, 대략적인 유역경계의 설정에 따른 오염부하량의 오차등의 단점을 보강해야하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 권순국, 유명진, 오세익, 1994, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(Ⅲ), 연구보고서 92-05-07, 농림부 농어촌진흥공사.
2. 양영민, 권순국, 김진수, 2000, 농촌하천유역의 수질관리를 위한 통합의사결정모형의 개발, 한국농공학회, 42(5): pp. 361~376.
3. 환경부, 1999, 오염총량관리계획 수립지침(환경부고시 제 1999-143호), 환경부.
4. 國松孝男, 1989, 河川汚濁のモデル解析, 枝報堂.
5. 和田安彦, 三浦活之, 1985, 中小河川における 汚濁流出率の諸特性, 土木學會論文集, 363, :pp. 2~4, pp. 215~223.
6. 田淵俊雄, 末正奈緒希, 高梨めぐみ, 1987, 水田湛水による硝酸態窒素の除去試験, 農業土木學會論文集, 55(8): pp. 53~58
7. Chen, Carl W., Joel Herr, Laura Ziemelis, Robert A. Goldstein and Larry Olmsted, 1999, Decision Support System For Total Maximum Daily Load, *J. Envir. Engrg.*, ASCE, 125(7): pp. 653~659.
8. ESRI, 1994, Understanding GIS: ARC/INFO method, Environmental Systems Research Institute Inc., CA.