

연구논문

## GIS를 이용한 유역별 오염부하량 산정시스템의 개발

함광준 · 김준현\* · 심재민\*\*

강원도보건환경연구원, 강원대학교 지구·환경공학부\*, 강원대학교 지리교육과\*\*  
(2005년 1월 7일 접수, 2005년 4월 29일 승인)

### Development of Pollutant Loading Estimation System using GIS

**Kwang-Jun Ham · Joon-Hyun Kim\* · Jae-Min Shim\*\***

Gangwon Institute of Health & Environment,  
Division of Geosystem and Environmental Eng. Kangwon National University\*,  
Department of Geographic Education, Kangwon National University\*\*

(Manuscript received 7 January 2005; accepted 29 April 2005)

#### Abstract

The purpose of this study is to develop a system, which estimates watershed pollutant loading rate through the combination of GIS and computational mode. Also, the applicability of this study was estimated by the application of the above system for Chuncheon City. The detailed results of these studies are as follows;

The pollutant loading estimation system was developed for more convenient estimation of pollutant loading rate in watershed, and the system load was minimized by the separation of estimation module for point and non-point source. This system on the basis of GIS is very economical and efficient because it can be applied to other watershed with the watershed map. System modification is not needed.

The pollutant loading estimation system for point source was developed to estimate the pollutant loading rate in watershed through the extraction of the proper data from all districts and yearly data and the execution of spatial analysis which is main function of GIS. From the verification result of spatial analysis, real watershed area and the administrative district area extracted by spatial analysis were 1,114,893,340.15m<sup>2</sup> and 1,114,878,683.68m<sup>2</sup>, respectively. It shows that the spatial analysis results were very exact with only 0.001% error.

The pollutant loading estimation system for non-point source was developed to calculate the

pollutant loading rate through the overlaying of land-use and watershed map after the construction of new land-use map using the land register database with most exact land use classification. Application result for Chuncheon City shows that the proposed system results in one percent land use error while the statistical method results in five percent. More exact non-point source pollutant loading was estimated from this system.

Key words : GIS, Pollutant loading rate, Land-use map

## I. 서론

근래, 우리나라는 물론이고 선진 외국에서의 환경 관리는 행정구역 단위의 배출규제를 통한 관리에서 유역단위의 통합관리로 전환되고 있는 실정이다(환경부, 2003). 실례를 살펴보면, 유역의 수질환경기준을 설정하고 이를 충족시키는 한도 내에서 오염물의 배출을 허용한다는 개념의 『오염총량관리제』가 그것이다(강원도보건환경연구원, 2002).

이와 같은 유역관리를 위해서는 유역별 오염원을 정확하게 파악함은 물론이고, 이 오염원들에서 발생하는 오염물질 발생 부하량을 정확하게 산정하는 것이 매우 중요한 단계이다. 그러나 현재 부하량 산정에 이용되는 환경통계자료는 지방자치단체의 행정구역 단위로 구성되어있으며, 이를 유역단위의 오염원으로 재구성하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 행정구역단위의 자료를 유역 단위로 손쉽게 전환할 수 있는 시스템을 개발하였으며, 대부분 지방자치단체의 통계자료에 기재되어 있는 토지이용현황을 이용하여 산정하는 비점오염원 발생부하량 산정(강원도보건환경연구원, 2002)도 정확한 지목구분을 가지고 있는 지적도를 활용하여 보다 정확하게 산정할 수 있는 시스템으로 개발하였다.

또한, 본 연구에서는 개발된 시스템에 의해 계산된 유역별 점·비점 오염물질 발생부하량과 수작업을 통해 계산한 오염물질 발생부하량과 비교하여 시스템의 신뢰성 및 적용성을 검토하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 시스템 구성 및 대상 지역

본 시스템은 최소행정구역인 리(里)단위 통계자료를 이용한 유역의 점오염현황 및 오염부하량산정을 위한 점오염원관리 시스템과 지적도를 바탕으로 새롭게 제작한 토지이용도를 이용한 유역의 비점오염원 현황 및 오염부하량 관리시스템으로 구성되어 있다.

첫 번째로, 유역의 점오염원 현황 및 오염부하량을 산정하기 위해 최소행정구역인 리(里), 읍, 면, 동의 인구, 가축 등의 조사자료를 이용하여 행정구역별 오염원 현황을 파악하고 오염부하량을 산정하였으며, 지리정보시스템을 이용하여 하천 유역도와 행정구역도(리, 읍, 면, 동)를 중첩한 후, 각 유역의 오염원 현황 및 오염부하량을 산정할 수 있도록 구축하였다.

두 번째로, 유역의 비점오염원 현황 및 오염부하량을 산정하기 위해 지적도를 이용하여 토지이용도를 제작하였으며, 이 토지이용도와 유역도를 중첩하여 각 유역의 비점오염원 현황 및 오염부하량을 산정하였다.

그리고, 본 연구는 춘천시를 대상으로 수행하였으며, 춘천시의 각 행정구역별(읍면동)오염물질 발생부하량은 물론이고, 춘천시를 7개 유역(소양댐, 소양강, 의암호, 공지천, 춘천댐, 북한강, 홍천강 유역)으로 나누어 각각의 유역별 오염물질 발생 부하량을 산정하였다.

## 2. 데이터베이스 설계

본 시스템 개발을 위한 데이터베이스는 공간 데이터베이스와 속성 데이터베이스로 구분하여 구축하였다. 구축된 데이터베이스는 2개의 속성테이블과 5개 공간테이블로 구성하였다.

### 1) 공간 데이터베이스

본 시스템의 공간 데이터는 GEOMania 2.5와 ArcView 3.2를 이용하여 분석하였다. 공간데이터베이스는 총 5개의 테이블로 구성되어 있으며 GEOMania 2.5를 이용하여 구축하였다(표 1).

Table 1. Spatial data used in this study

	Table name	Description
Spatial data	춘천시	Chuncheon City Layer(Polygon)
	동리	Dong/Ri Layer(Polygon)
	유역수계망	River Layer(Line)
	유역도	Basin Layer(Polygon)
	토지이용도	Land use Layer(Polygon)

### 2) 속성 데이터베이스

본 시스템의 속성 데이터베이스는 '동리오염'과 '원단위'라는 2개의 테이블로 구성되어 있으며 dBase III+를 이용하여 구축하였다(표 2). 동리오염 테이블은 강원도와 춘천시, 강원도보건환경연구원 등 관련기관에서 발행한 연구보고서 및 통계자료를 Excel 프로그램을 이용하여 입력한 후 dBase III+로 전환하여 구축한 각 이과 동 단위의 행정구역별 오염원 현황에 대한 속성자료이며, 원단위 테이블은 환경부고시 제 1999-143호(1999. 9. 15)의 한강수계 상수원수 수질개선 및 주민지원에 관한 법률 제 8조 등의 오염총량관리계획 수립지침에서 발표된 원단위(강원도보건환경연구원, 2000)를 이용하여 구축하였다.

Table 2. Attribute data used in this study

	Table name	Description
Attribute data	동리오염	Point source data
	원단위	Unit pollution load data

### 3) 시스템 설계

시스템은 GEOMania 2.5와 Delphi 5.0을 이용하여 개발하였다. GEOMania 2.5를 이용하여 개발에 필요한 공간 데이터베이스, 주제도를 제작하여 오염부하량 산정을 위한 지리정보시스템(GIS)을 구축하였다. 구축된 공간데이터를 바탕으로 Delphi 5.0을 이용하여 시스템을 개발하였다.

시스템을 구성하는 각각의 구성요소들을 기능별로 구분하면 지도영역 관리, 레이어 관리, 오염부하량 산정의 3개 부분으로 나눌 수 있다. 우선, 지도영역 관리 부분에는 인덱스 지도창 관리, 지도 영역 조정, 거리/면적 측정의 3개 부분으로 다시 나눌 수 있으며, 인덱스 지도창 관리 부분에서는 지도화면상의 위치 확인 및 원하는 지역으로 빠르게 이동할 수 있는 기능을 포함하고 있고, 지도영역 조정 부분은 지도창의 지도를 전체화면에 맞게 조정하는 기능, 초기 화면 상태로 되돌리는 기능, 확대 및 축소 기능, 이동 기능 등을 포함하며, 거리/면적 측정 부분은 지도상의 거리와 면적을 측정하는 기능 및 지도의 좌표를 확인하는 기능이 있다.

레이어 관리 부분에는 레이어 보기와 범례의 2개 부분이 있으며, 레이어 보기는 사용자가 필요한 레이어를 선택해서 볼 수 있는 레이어 선택 기능이며, 범례는 심볼 값을 설정하고 그리기 순서 및 그리기와 지우기를 설정하며 유효측적을 관리할 수 있는 기능이 있다.

오염부하량 산정 부분은 점오염원과 비점오염원 부하량 산정부분을 분리하여 각각의 산정 모듈로 구축되어 있어 점오염원과 비점오염원별로 검색이 가능하며, 유역별 검색도 가능하도록 구성하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 점오염원 오염부하량 산정 모형의 개발

#### 1) 유역내 속하는 행정구역 면적의 산정

유역 내의 점오염원 부하량을 산정하기 위해서는

Table 3. Comparison of basin area and administrative district(Ri) area included in basin

Basins	Area (km <sup>2</sup> )	Ri area included in basin(km <sup>2</sup> )	Area (km <sup>2</sup> )	Ri area included in basin(km <sup>2</sup> )	Error (%)
Soyang lake	301.7	301.7	301749689.37	301749689.36	2.3E-09
Soyang river	91	91	91030319.37	91030319.36	1.0E-08
Uiam lake	136.4	136.4	136371281.58	136371281.58	9.3E-10
Gongji stream	55.2	55.2	55235222.74	55221515.23	2.5E-02
Chuncheon lake	169.7	169.7	169712682.59	169712682.57	1.2E-08
Bukhan river	204.9	204.9	204872184.85	204871235.94	4.6E-04
Hongcheon river	155.9	155.9	155921959.65	155921959.64	6.4E-09
Total	1114.8	1114.8	Mean Error(%)		3.6E-03

우선 유역의 오염원 현황을 파악해야 한다. 그러나 현재 우리나라의 오염원 현황은 행정구역단위로 구축이 되어있어 일반적으로 유역의 오염원으로 전환하기는 쉬운 일이 아니다. 따라서 본 시스템에서는 하천 유역도과 행정구역도의 공간적인 중첩을 통해 그 속성자료들의 연결을 시도하였다. 그 결과 해당 유역이 포함하고 있는 행정구역을 추출해 내고 추출해낸 행정구역이 해당 유역에 어느 정도(몇 %) 포함 되어있는 지를 파악한 후 각 행정구역의 속성자료인 오염원 자료를 해당유역에 포함시킬 수 있었다.

또한, 본 시스템에 의해 계산된 유역면적과 행정구역의 포함면적을 비교한 결과 면적을 km<sup>2</sup>로 계산할 경우 표 3과 같이 모든 유역의 면적이 일치하며, m<sup>2</sup>로 계산할 경우에도 평균 오차율이 0.0036%로 공간연산에 의한 오차는 없는 것으로 나타났다.

## 2) 점오염원 오염부하량 산정 모형

오염부하량 산정 모듈은 점오염원 부분과 비점오염원 부분으로 나누어 제작하였다. 점오염원 부하량 산정 모듈은 앞에서 살펴본 하천 유역과 행정구역을 지리정보시스템의 레이어 중첩기능을 이용하여 각 해당 유역의 행정구역별 포함면적을 계산한 후 각 행정구역별 유역 내 포함 면적비와 행정구역별 오염원을 곱하여 유역에 포함된 행정구역별 오염원현황을 각각 구하여 모두 합하여 유역 내 오염원 현황을 도출하였으며 유역의 오염원현황에 오염원단위를 곱하

여 오염부하량을 산정하였다.

그림 1은 점오염원 부하량 산정 모듈의 흐름도이다. 세부적으로 살펴보면, 우선 점오염원 부하량을 산정할 유역을 선택하고 선택한 유역에 포함되거나 겹치는 행정구역을 추출하기 위해 리동공간객체(Object)를 구한다. 그 다음 선택된 리동공간객체들의 면적( $S_1 \dots S_n$ )을 계산한 후 선택된 리동공간객체가 해당유역에 포함되는 면적( $s_1 \dots s_n$ )을 계산한다. 여기서, 선택된 공간객체수(n)만큼 반복 계산한다. 계산된 포함면적과 리동공간객체의 면적을 이용하여 면적비( $P_1 \dots P_n$ )을 계산한다. 최종적으로 면적비(P), 동리오염 테이블의 오염원 데이터, 원단위 테이블의 오염원별 원단위를 곱하여 유역의 BOD, TN, TP에 대한 오염부하량을 산정하며 얻어진 결과는 Excel 프로그램으로 전환하여 저장할 수 있도록 구성하였다.

그리고, 점오염원 부하량 산정모듈의 화면 구성은 그림 2와 같으며, 본 시스템은 하천 유역과 행정구역의 공간객체들간의 공간연산에 의해 이루어지는 결과이므로 해당 레이어들 사이의 공간 연산 결과도 뒤쪽의 지도창에 표시되도록 구축하였다.

## 2. 비점오염원 오염부하량 산정 모형의 개발

### 1) 토지이용도 제작

비점오염원 부하량을 산정하기 위해서는 유역 내 토지이용현황을 파악하는 것이 매우 중요하다. 그런

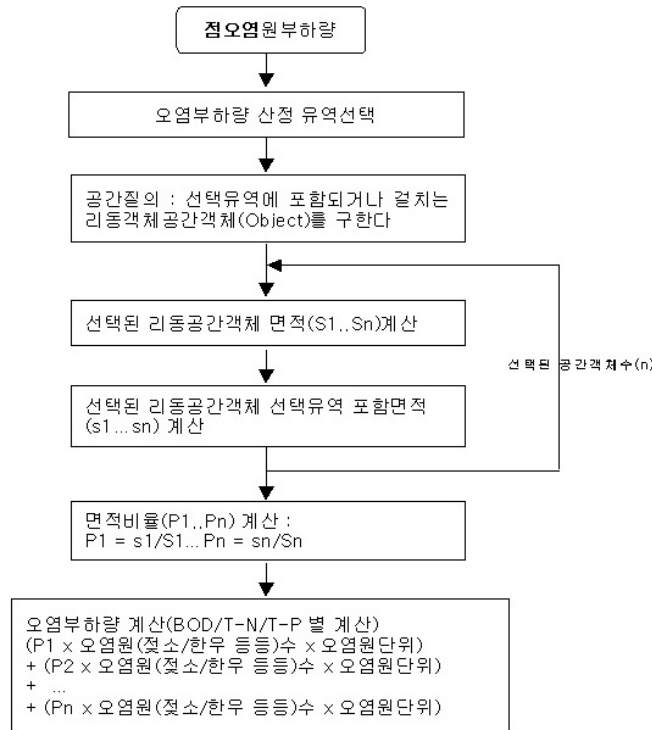


Fig. 1. Flow chart to calculate pollution load of point pollution source

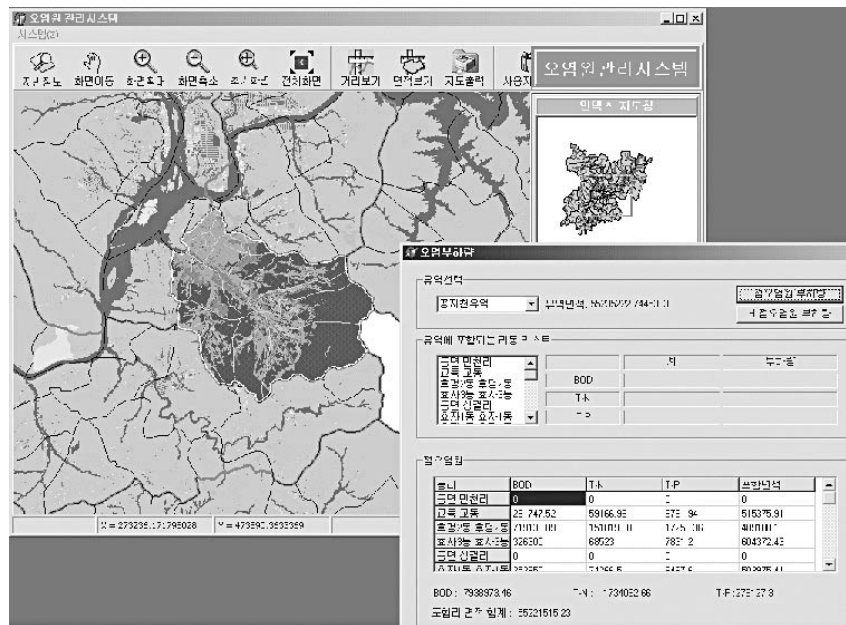


Fig. 2. Constructed screen to calculate pollution load of point pollution source

데, 현재 토지이용현황은 행정구역별로 구축이 되어 있으며, 이와 같은 행정구역별 토지이용현황을 바탕으로 비점오염원 부하량을 산정할 경우 해당 유역에는 대지가 존재하지 않는 산간지역인데도 대지에 의한 오염부하량이 산정되는 경우나, 논이 존재하지 않는 도심을 중심으로 구성된 유역의 경우 존재하지 않는 논에 의한 부하량이 산정되는 경우가 매우 빈번히 일어난다.

따라서, 정확한 비점오염원 부하량을 산정하기 위해서는 정확한 자료를 기반으로 한 토지이용도가 필수적인 요소가 된다. 본 연구에서 제작한 토지이용도는 각각의 공간데이터에 지목 즉, 대지, 임야, 논, 밭 등과 같은 토지이용 속성 데이터를 가지고 있는 지적도를 이용하였으며, 지리정보시스템을 이용하여 오염원단위가 설정되어있는 지목을 우선 추출하고 나머지 부분은 기타로 처리하여 토지이용도를 재구성하였다. 재구성한 토지이용도는 총 187,268개의 공간 데이터와 그에 해당하는 속성데이터로 구성되어 있다.

토지이용구분은 대지, 임야, 논, 밭, 목장, 기타로

구분하였으며, “GUBUN”이라는 필드를 만들어 각각의 레코드에 해당 지목을 입력하였다. 또한, 토지이용도를 구성하는 공간객체에 일련번호를 생성하였으며, 이렇게 생성된 일련번호는 유역도와 토지이용도와의 중첩에 활용되는 중요한 key값이 된다.

### 2) 비점오염원 오염부하량 산정 모형

앞에서 설명한 토지이용도와 유역도를 이용하여 공간연산을 하여 유역 내 토지이용현황별 면적을 산정하였으며 산정된 면적과 토지이용에 따른 오염원 단위를 곱하여 유역의 비점오염원 부하량을 산정하였다.

그림 4는 비점오염원 부하량 산정 모듈의 흐름도이다. 세부적으로 살펴보면, 우선 비점오염원 부하량을 산정할 유역을 선택하고 선택한 유역에 포함되거나 겹치는 토지이용도의 토지이용도공간객체(Object)를 구한다. 그 다음 선택된 토지이용도공간객체(Object)들이 해당유역에 포함되는 면적( $S_1 \dots S_n$ )을 계산한다. 여기서, 선택된 공간객체수(n)만큼 반복 계산한다. 최종적으로 계산된 토지이용도공간

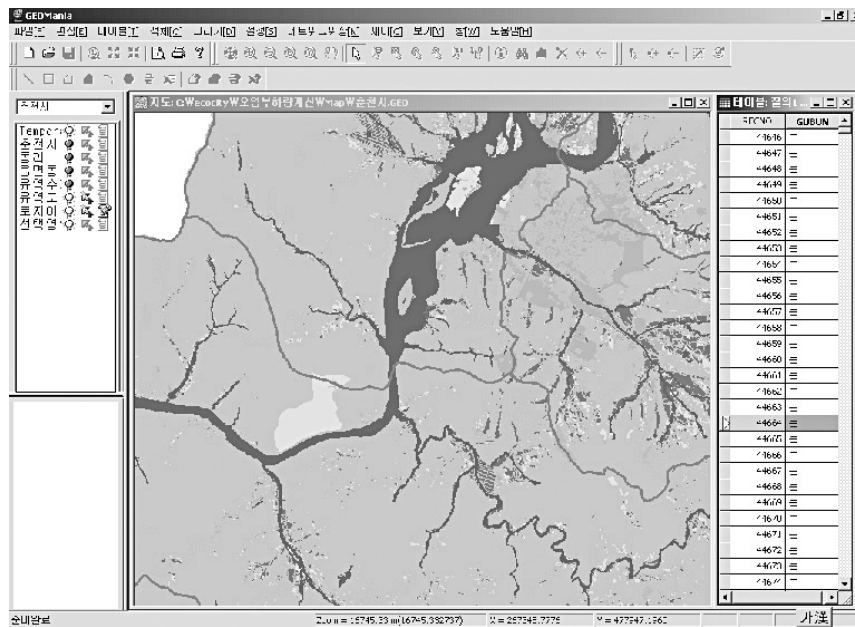


Fig. 3. Map of land use to calculate pollution load of non-point pollution source

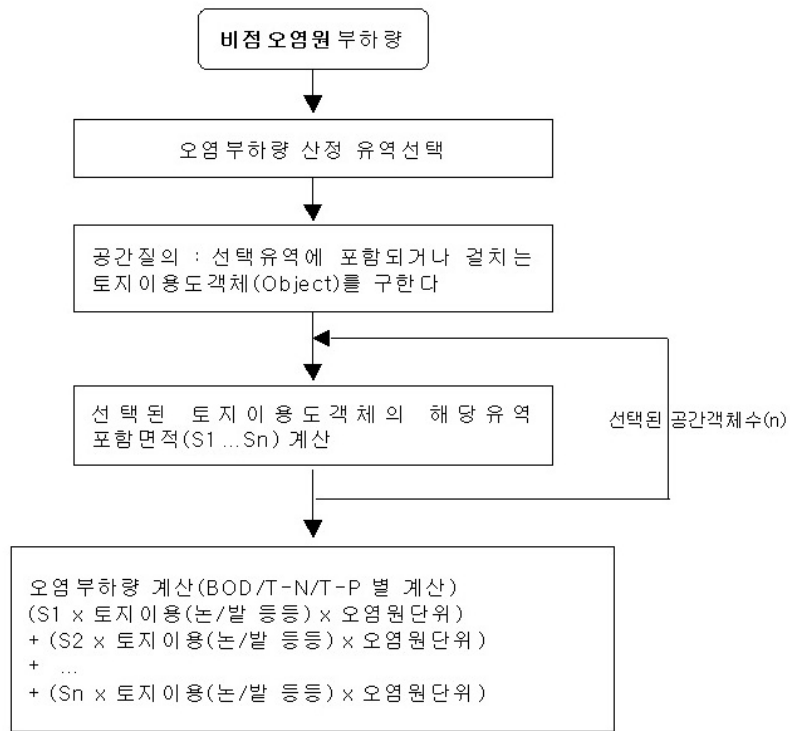


Fig. 4. Flow chart to calculate pollution load of non-point pollution source

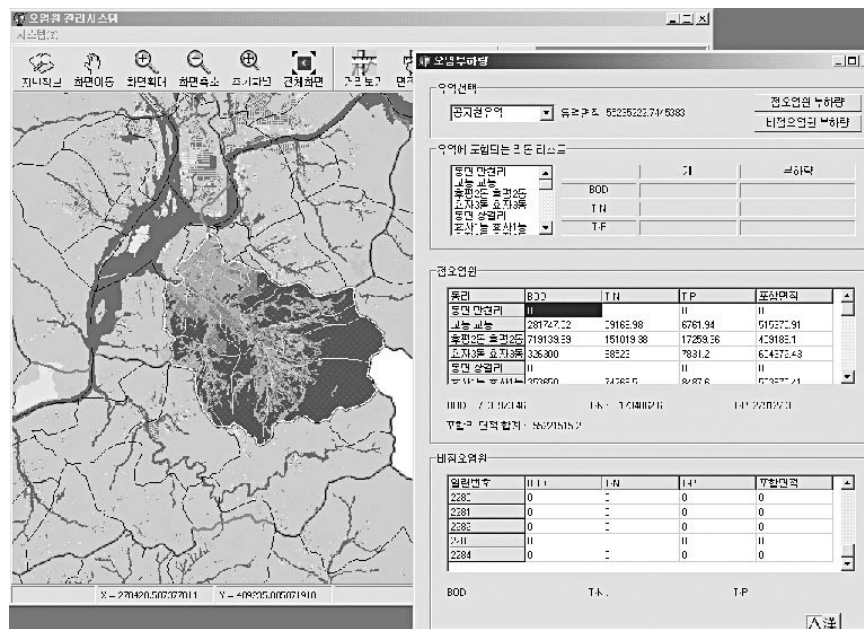


Fig. 5. Constructed screen to calculate pollution load of non-point pollution source

Table 4. Comparison of BOD load of point pollution source for verification of pollution load computation module

(Unit : kg/day, Area : km<sup>2</sup>)

Item	Basins	Area	Population	Livestock	Bleeding farm of fish	Tourist	Total
computation by developed module	Chuncheon lake	169.71	165.65	1611.13	74.86	1.91	1853.56
	Soyang lake	301.75	64.60	398.90	11.19	4.58	479.28
	Soyang river	91.03	2163.49	2248.13	320.92	32.12	4764.66
	Gongji stream	55.22	6844.91	1434.22	9.84	0.32	8289.29
	Uiam lake	136.37	2188.27	2999.32	367.45	14.41	5569.45
	Bukhan river	204.87	398.66	4114.85	48.95	24.99	4587.44
	Hongcheon river	155.92	178.37	4710.22	394.42	1.24	5284.25
	Total	1114.88	12003.94	17516.78	1227.62	79.58	30827.93
computation by hand	Chuncheon lake	168.11	159.99	1618.55	74.79	1.92	1855.24
	Soyang lake	289.81	61.99	374.93	11.19	4.58	452.69
	Soyang river	95.75	4392.78	2528.70	315.49	32.12	7269.08
	Gongji stream	61.26	6313.97	1673.83	7.65	0.18	7995.63
	Uiam lake	125.73	513.77	2652.44	375.73	11.68	3553.62
	Bukhan river	204.22	394.21	4260.54	48.36	27.85	4730.96
	Hongcheon river	171.54	174.34	4407.79	394.42	1.24	4977.80
	Total	1116.43	12011.03	17516.78	1227.62	79.58	30835.01

객체(Object)의 해당 구역 포함면적, 토지이용도 테이블의 'GUBUN' 필드 값인 토지용상의 구분(논, 밭, 대지, 임야 등), 원단위 테이블의 토지이용에 따른 원단위를 곱하여 구역의 BOD, TN, TP에 대한 비점 오염원 부하량을 산정하며 얻어진 결과는 Excel 프로그램으로 전환하여 저장할 수 있도록 구성하였다.

3. 오염부하량 산정 시스템의 검증

본 연구에서 개발한 오염부하량 산정 프로그램의 문제점이나 계산상의 오차를 파악하기 위해 춘천시의 종이지도와 통계자료를 이용하여 구역별 오염부하량을 수작업으로 계산하였으며, 이 결과와 비교하였다.

본 프로그램이 점오염원과 비점오염원의 발생부하량을 나누어서 계산하였듯이 프로그램의 검증도 2개의 부분으로 나누어서 검증하였다.

1) 점오염원 오염부하량 산정 모형의 검증

본 프로그램에 의해 계산된 구역별 점오염원 발생부하량과 수작업에 의해 계산된 구역별 점오염원 발

생부하량 중 BOD 발생부하량을 비교한 결과 표 4와 같이 서로 비슷한 결과를 얻었다.

계산결과를 자세히 살펴보면, 춘천시의 구역면적이 1114.88km<sup>2</sup>와 1116.43km<sup>2</sup>로 약 1.5km<sup>2</sup>가 차이가 나는 것으로 나타났다. 이로 인해 춘천시의 점오염원에 의한 BOD 발생부하량도 30827.93kg/day와 30835.01kg/day로 약 7kg/day의 오차가 생기는 것으로 조사되었으나, 이는 오차율로 볼 때 0.02%에 불과한 오차이므로 무시해도 될 것으로 판단된다.

한편, 각 구역별 BOD 발생부하량의 분포를 살펴보면, 아래 그림 6과 그림 7과 같이 약간 상이한 결과

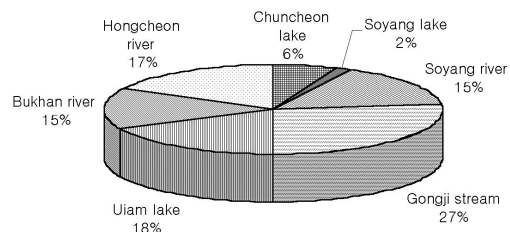


Fig. 6. Distribution of BOD load by each sub-basin (computation by developed module)

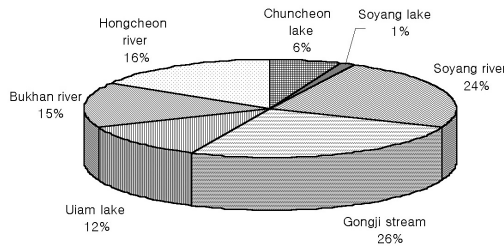


Fig. 7. Distribution of BOD load by each sub-basin (computation by hand)

를 보여준다. 즉, 총량에서는 별 차이가 없지만, 유역별로 볼 때 소양강 유역과 의암호 유역의 발생 부하량 비율이 다르게 나타났다. 이와 같은 결과는 의암호와 소양강 유역의 중간에 위치한 신사우동지역의 부하량이 프로그램에 의해 계산된 경우에는 의암호 유역으로 포함되고, 수작업으로 계산한 경우에는 소양강 유역으로 포함되어 발생한 결과이다.

결과적으로, 본 프로그램의 경우 점오염원 발생부하량을 산정함에 있어서 계산상의 오차는 무시할 만 하였으나, 행정구역 단위로 구성되어있는 오염원 자료를 유역의 자료로 전환하는 과정에서 공간연산 결과는 인위적인 판단에 의해 수정될 수 있는 수작업의

결과와 약간 상이한 계산 결과를 나타내는 것으로 조사되었다.

앞에서, BOD 발생부하량에 대한 검증 결과를 살펴보았으나, TN과 TP의 경우도 BOD와 마찬가지로, 총량 오차는 무시할 만 하였으나, 유역별 분포에서 약간의 상이한 결과가 나타나는 것으로 조사되었다.

### 2) 비점오염원 오염부하량 산정 모형의 검증

본 프로그램에 의해 계산된 유역별 비점오염원 발생부하량과 수작업에 의해 계산된 유역별 비점오염원 발생부하량 중 BOD 발생부하량을 비교한 결과를 아래 표 5에 제시하였다. 프로그램에 의한 계산값과 수작업에 의한 계산값의 경우 춘천시 전체는 7.2%의 오차율을 나타내고 있지만, 유역별로 비교하면 2.7%~34.6%의 매우 큰 오차율을 보이고 있다.

이와 같은 오차의 원인을 분석하기 위하여 전체유역의 토지이용별 부하량 분포를 살펴보았다. 그 결과 그림 8, 그림 9와 같이 대지와 기타의 분포가 차이가 있는 것으로 나타났다. 단순히 행정구역별 토지이용 현황을 바탕으로 한 수작업에 의한 부하량 계산은 기타의 비율이 5%인데 반하여 새로이 제작된 토지이용

Table 5. Comparison of BOD load of non-point pollution source for verification of pollution load computation module

(Unit : kg/day)

Item	Basins	Dry field	Rice field	forest land	Residential land	Stock farm	Etc.	Total	Error (%)
computation by developed module	Chuncheon lake	14.66	8.18	144.12	59.20	17.05	2.66	245.86	2.7 %
	Soyang lake	13.53	4.20	246.09	28.75	2.47	2.33	297.36	18.0 %
	Soyang river	17.46	16.92	57.13	311.12	19.32	5.46	427.41	7.4 %
	Gongji stream	9.37	12.23	29.27	627.79	10.91	6.04	695.62	34.6 %
	Uiam lake	19.41	19.60	71.04	317.49	22.02	8.03	457.59	30.9 %
	Bukhan river	24.84	15.20	163.35	103.71	10.34	7.36	324.80	9.6 %
	Hongcheon river	19.09	13.61	127.77	67.63	22.15	2.72	252.96	9.8 %
	Total	118.36	89.94	838.77	1515.69	104.25	34.60	2701.61	7.2 %
computation by hand	Chuncheon lake	15.16	9.94	141.91	55.13	19.37	11.21	252.71	-
	Soyang lake	16.84	7.40	230.96	52.62	10.74	44.19	362.75	-
	Soyang river	13.59	15.16	62.67	270.49	21.73	14.22	397.87	-
	Gongji stream	8.73	11.46	33.18	444.88	6.17	12.29	516.70	-
	Uiam lake	15.46	17.48	85.29	202.16	8.59	20.59	349.55	-
	Bukhan river	24.83	19.85	159.98	109.56	26.90	18.05	359.18	-
	Hongcheon river	22.71	14.04	137.31	73.48	20.55	12.49	280.58	-
	Total	117.33	95.33	851.30	1208.32	114.03	133.04	2519.34	-

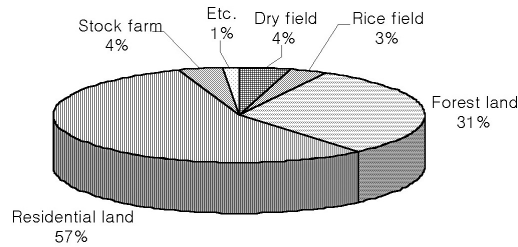


Fig. 8. Distribution of BOD load by each land use (computation by developed module)

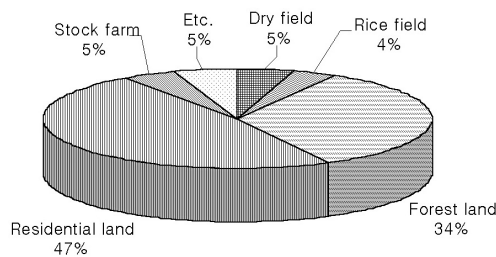


Fig. 9. Distribution of BOD load by each land use (computation by hand)

도를 이용한 본 프로그램에 의해 계산된 부하량 중 기타의 비율은 1%에 불과하였다. 또한 대지의 비율도 프로그램에 의해 계산된 경우 57%인데 반하여 수작업에 의해 계산한 경우에는 47%에 불과해 약 10%의 차이를 보였다.

그리고, 본 연구에서 토지이용에 따른 발생부하량을 계산하는데 이용된 원단위를 살펴보면, 대지의 BOD 원단위는 85.9kg/km<sup>2</sup>.day이고, 기타의 BOD 원단위는 1.0kg/km<sup>2</sup>.day으로 무려 85.9배의 차이가 난다. 따라서 기타의 비율은 감소하고, 대지의 비율은 증가한 프로그램에 의한 계산 값이 수작업에 의한 계산 값과 차이가 나는 것은 당연한 사실이다. 특히, 대지의 비율이 높은 공지천과 의암호 유역의 경우 30%이상의 부하량 차이를 나타내게 되었다.

본 검증에서 알 수 있듯이 토지이용에 따른 비점오염원 발생부하량의 산정에서는 가장 기본이 되는 유역의 토지이용실태를 파악하는 것이 매우 중요한 과제인 것을 알 수 있다. 따라서 지적도를 바탕으로 새로이 제작한 토지이용도를 이용하여 개발한 본 프로

그램에 의해 계산된 발생부하량 값의 정확성과 신뢰도는 매우 높은 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 유역별 오염부하량을 산정하여 유역 내 오염원을 관리할 수 있는 시스템을 개발하였으며, 본 연구의 세부적인 결과는 다음과 같다.

1. 유역의 오염물질 발생량을 정확하면서 간편하게 산정할 수 있는 오염부하량 산정시스템을 개발하였으며, 산정방식이 다른 점오염원 부하량과 비점오염원 부하량 산정부분을 각각 모듈화하여 개발함으로써 시스템 부하를 최소화하였고, 지리정보시스템을 기반으로 개발하여 사용자의 요구에 따라 대상유역이 변경될 경우에 시스템의 전체적인 변경이 아닌 유역도 변경만으로 부하량을 산정할 수 있어 매우 경제적이고 효율적이다.

2. 점오염원 부하량 산정 모형은 행정구역별로 매년 조사되는 오염원 자료를 대상 유역에 포함되는 부분만 추출한 후 지리정보시스템의 주요기능인 공간연산을 수행하여 유역의 오염부하량을 산정하도록 개발하였으며, 공간연산결과를 검증한 결과 유역면적은 1,114,893,340.15m<sup>2</sup>이고 공간연산에 의해 추출된 행정구역의 면적은 1,114,878,683.68m<sup>2</sup>로 오차율이 0.001%에 불과하여 매우 정확한 연산 결과인 것으로 나타났다.

3. 비점오염원 부하량 산정 모형은 기존의 모형들과 달리 현재 가장 정확한 지목구분을 가지고 있는 지적 데이터베이스를 이용하여 새롭게 토지이용도를 제작한 후 이 토지이용도와 유역도를 중첩하여 부하량을 산정하는 시스템으로 개발하였으며, 춘천시를 대상으로 시스템을 적용한 결과 지목구분이 정확하지 않은 기타지역이 차지하는 비율이 통계자료를 사용할 때 5%인데 반해 본 시스템을 이용한 경우 1%에 불과해 보다 정확한 비점오염원 발생부하량을 산정할 수 있었다.

### 참고문헌

강원도보건환경연구원, 2000, “강원환경의 효율적  
보전 방안에 관한 연구”  
강원도보건환경연구원, 2002, “오염총량제 실시  
에 대응한 춘천시 수질관리 방안”

함광준, 2004, 강우유출 및 오염원 관리 시스템의 개  
발 및 적용, 강원대학교 박사학위청구논문,  
166-191.  
환경부, 2003, 구역관리기법, 환경부, 195-236.

최종원고채택 05. 05. 06

