

GIS를 이용한 하천수질관리

양형재, 이유원, 김 민*

국립환경연구원

* 캐드랜드 GIS 연구부

An Application of GIS to Water Quality Management

Hyung-Jae Yang, Yoo-Won Lee, Min Kim*

National Institute of Environmental Research

* GIS Division, CADLAND

Abstract

This study was carried out as the Anyang creek water quality management using Geographic Information System (GIS) is the purpose of this pilot project to apply a GIS to environmental management field. Analysis of water quality data has been investigated using GIS with modeling of water quality management for the Anyang creek.

The results of this study are summarized as follows: 1. The concentration of Mercury in sediment was increased rapidly nearby A26(Nightsoil Treatment Plant) and maximum was showed at A18 (Imgok bridge). Cadmium was increased rapidly at A35(Chulsan bridge). 2. River water quality management using visible computer system as GIS is effective to make decision for water quality management plan and database of environmental factors should be completed before applying GIS. 3. When water pollution accident is occurred in the river water system, pollutant source can be traced and analysed systematically using GIS to manage pollutants discharged into the river water system.

keywords : Geographic Information Systems(GIS), Anyang Creek, Water Quality Management.

I. 서론

Geographic Information Systems(GIS) 이란 대기권을 포함한 지구상에 나타낼 수 있는 토지, 지리, 지형과 관련된 다양한 정보를 그들 특성에 따른 공간적 위치에 맞추어 자료를 입력, 저장, 분석, 처리하여 국토개발

계획, 지역개발계획, 환경보존 등의 제반 계획수립과 정책결정 및 효율적인 관리와 적용목적에 맞게 활용할 수 있는 정보체계를 말한다.¹⁾

본 연구는 환경영향평가나 하천에서의 유해화학물질 유출의 추적조사, 연안해양오염관리, 생태계 관리 및 한강유역 환경관리 기술개발 등과 같은 환경관리 및

연구분야에 어떻게 GIS를 활용할 수 있는지에 대하여 사례연구를 통한 GIS의 환경분야에서의 활용방안과 가능성을 모색하기 위하여 수행하였으며, 대상 하천으로 안양천을 선정, 하천수질관리분야에의 GIS 활용에 대해 연구하였다.

지도중첩 기능을 가지고 명령어들을 프로그램 형식으로 일괄 진행하는 MACRO 기능이 있다.^{12) 17) 18)}

II. 연구내용 및 방법

1. 연구수행 방법

1) 사용지도

안양천 수질관리를 위해 국립지리원에서 제작한 1:25,000 지형도를 사용하였으며 3차원 투시도를 위한 등고선은 20m 단위로 하였고 등고선, 도로, 수계망, 행정구역도를 Tracing Paper에 작성하여 Scanner로 입력하여 Overlay 하였다.

2) 대상하천 및 수질자료

한강의 주요지천으로 수질오염의 주원인 안양천을 대상으로 선정하였으며, 수질자료는 '90년 안양시에서 추진한 「안양천 하천정화 사업에 대한 환경영향평가서」 자료를 이용하였다.

2. 사용 소프트웨어

소프트웨어는 1981년 미국 ESRI(Environmental Systems Research Institute)에서 개발한 GIS 패키지인 ARC/INFO를 사용하였다. ARC/INFO는 공간정보(ARC)와 속성정보(INFO)를 통합하여 수집·저장·관리·분석할 수 있는 GIS 패키지라 설명할 수 있다.¹⁹⁾ 또한 공간 데이터가 관계형 데이터베이스에 의해 위상적으로 정의되어 있고 속성 데이터도 관계형 데이터베이스에 의해 공간 데이터와 연결되어 있으며, 다양한

3. Microcomputer Water Quality Simulation Model

1) 기본가정

본 연구에서 사용한 가정모델은 현존 오염원이 하천 수질에 미치는 영향 및 오염이 감소되는 과정의 결과를 예측하는 모델로서 미국 Massachusetts주 Boston시 교외에 위치한 Aberjona River Basin에 적용한 모델이다. 수질모형의 구성을 위한 기본가정 및 조건은 다음과 같다.²⁰⁾

- ① 하천은 모델변수로서 적용될 수 있는 균일한 특성을 가지는 일련의 범위로 나눌 수 있는것으로 한다.
- ② 정상상태의 흐름
- ③ DO, BOD 및 NBOD 농도와 유입율은 시스템의 상류경계와 모든지류 및 폐수유입수에서 알고 있는 것으로 함
- ④ 세로방향 확산은 무시
- ⑤ 모든변동은 1차원에서 발생

2) 프로그램 실행

BOD와 DO만을 고려한 간단한 모델로서 이에 필요한 대상지역의 매개변수는 다음과 같다.

- a. Flow Added at Reach (CFS)
- b. Reach Velocity (FPS)
- c. CBOD of Added Flow (mg/l)
- d. NBOD of Added Flow (mg/l)
- e. Reach Temperature (°C)
- f. Reach Reaeration Rate (1/day)
- g. Reach CBOD Decay Rate (1/day)

- h. Reach NBOD Decay Rate (1/day)
- i. Reach Distributed CBOD Source (mg/l)
- j. Reach Distributed NBOD Source (mg/l)
- k. Reach Photosynthesis Rate (mg/l/day)
- l. Reach Respiration Rate(mg/l/day)
- m. Reach Benthic Demand (mg/l/day)

대교까지 약 10km 구간으로 7개지점을 선정하였다.

Ⅲ. 분석 및 결과

1. 활용자료

1) 수질

3) 유량분석

안양천의 유량은 비유량 기본공식을 적용하여 한강 마려주수위표지점의 일별 유출자료로부터 작성된 유황 곡선(Flow Duration Curve)을 이용하여 프로그램 실행을 위해 하구지점의 각 유량을 구한 결과는 다음 Table 1과 같다.

河川法에 의한 안양천 본류의 하천구간은 직할하천 구간(한강합류점으로부터 안양철교까지)이 20.7km, 준용하천구간(의왕시 고천동까지)이 11.6km로 告示되어 있다. 수질측정은 동양교(S₂)~기아대교(S₈)까지 pH, DO, BOD, COD_{cr}, SS, Cd, Cr⁺⁶, Pb 및 CN을 대상으로 하였다. 수질측정값은 다음 Table 2에 나타내었다.

안양천 총 유로연장의 수질측정은 동양교부터 기아

Table 1. Flow rate of Anyang Creek

Unit : m³/day

Sampling Site	Date	Ave. Flow rate	Site No.	Location
Kunpo bridge	'90. 1. 17-19	34,189(13.98 ft ³ /s)	S ₁	upstream
Dongyang bridge	'90. 1. 17-19	113,999(46.62 ft ³ /s)	S ₂	midstream
Upside, Junction of Hakee	'90. 1. 17-19	116,683(47.72 ft ³ /s)	S ₃	midstream
Downstream of Hakee	'90. 1. 17-19	5,842(2.39 ft ³ /s)	S ₄	downstream
Upside, Junction of Samsung & Suam	'90. 1. 17-19	225,393(92.18 ft ³ /s)	S ₅	mid downstream
Downstream, Samsung & Suam	'90. 1. 17-19	235,241(96.21 ft ³ /s)	S ₆	mid downstream
Downstream, NTP	'90. 1. 17-19	334,038(146.61 ft ³ /s)	S ₇	downstream
Kia bridge	'90. 1. 17-19	366,452(149.87 ft ³ /s)	S ₈	downstream

Table 2. Water Quality of Anyang Creek

No	Site	pH	DO	BOD	COD _{cr}	SS	Cd	Cr ⁺⁶	Pb	CN
2	Dongyang bridge	7.1	7.6	105	358	81	0.000	0.000	ND	0.047
3	Downstream of Junpa	6.8	7.6	117	266	71	0.000	0.000	ND	0.058
4	Downstream of Bisan	7.0	5.6	101	242	66	0.000	0.000	ND	0.025
5	Down. of Anyangchulgyo	6.9	5.2	95	262	70	0.000	0.000	ND	0.025
6	Down. of Anyangdaegyoo	7.0	7.1	84	186	50	0.000	0.000	ND	0.102
7	Down. of NTP	7.2	4.7	93	225	62	0.000	0.000	ND	0.059
8	Kia bridge	7.2	5.5	112	235	60	0.000	0.000	ND	0.023

2) 저질

저질 측정은 명학대교 상부부터 철산교까지 16km 구간으로 23개 지점을 선정하였으며, 측정항목은 Cr⁺, Pb, As, Hg, Cd, CN, pH, COD, T-N, T-P, PCB 및 org-P이다.

저질측정도 및 측정값은 다음 Table 3에서 보여주고 있으며, 각 측정지점간 거리는 측정점 13부터 35까지 각각 1,289m, 1,717m, 1,392m, 450m, 1,000m, 244m, 221m, 716m, 286m, 849m, 1,355m, 920m, 948m, 585m, 404m, 367m, 643m, 637m, 276m, 372m, 496m, 313m로서 총 15,480m였다.

Table 3. Analysed data of Sediment

No	Site	Cr ⁺	Pb	As	Hg	Cd	CN	pH	COD	T-N	T-P	PCB	org-P
13	Myunghak bri.	2.8	4.64	2.8	0.031	0.42	1.0	6.3	2.16	0.55	2.93	0.0011	0.026
14	Asia Remicon	3.3	3.09	3.7	0.021	0.38	1.1	6.8	1.33	0.45	1.32	0.0000	0.009
15	Junpa bri.	2.6	3.89	4.3	0.016	0.27	1.0	6.1	0.63	0.73	1.69	0.0021	0.003
16	Dong-A Medicine	2.7	8.48	3.6	0.024	0.28	1.2	6.3	3.68	0.48	1.34	0.0016	0.041
17	Bisan bri.	4.1	6.62	4.0	0.042	0.25	1.6	6.5	1.86	0.64	0.75	0.0000	0.006
18	Imgok bri.	2.8	5.13	4.0	0.043	0.26	1.0	6.4	3.68	0.48	1.34	0.0013	0.004
19	Down. of Imgok bri.	3.6	9.41	4.0	0.028	0.28	0.9	6.5	3.17	0.66	0.87	0.0041	0.017
20	Yangmyung bri.	5.4	9.47	4.1	0.025	0.28	1.1	6.8	6.07	0.47	3.02	0.0000	0.004
21	Anyang bri.	4.0	3.93	3.5	0.019	0.37	0.5	6.9	6.32	0.28	1.60	0.0005	0.000
22	Down of Anyang bri.	3.3	7.11	3.5	0.027	0.71	0.7	6.9	6.39	0.11	0.99	0.0027	0.008
23	Chunghun bri.	2.2	4.09	1.3	0.006	0.33	2.1	6.8	2.81	0.75	1.96	0.0019	0.096
24	Samhwa Aluminium	0.4	1.56	4.2	0.008	0.47	2.1	6.9	1.45	0.60	2.84	0.0020	0.105
25	Woosung	2.8	1.85	4.1	0.009	0.22	2.0	6.8	5.82	0.46	2.00	0.0016	0.091
26	Up. of NTP	1.1	2.43	2.2	0.032	0.38	1.2	7.0	5.00	0.23	1.67	0.0039	0.121
27	Down. of NTP	0.5	8.19	0.6	0.030	0.10	1.5	7.2	8.27	0.09	1.89	0.0035	0.114
28	Up. of Jeil Ascon	0.1	0.98	0.5	0.020	0.24	1.4	6.8	1.86	0.09	1.50	0.0032	0.097
29	Jeil Ascon	2.2	2.09	2.4	0.023	0.07	1.4	6.7	9.71	0.19	1.72	0.0055	0.092
30	Dong-A Pharmacy	3.9	9.14	3.6	0.020	0.35	1.8	6.7	13.20	0.85	2.80	0.0029	0.088
31	Seoksu sta.	4.7	8.95	3.7	0.024	0.67	1.7	6.7	14.18	0.48	3.86	0.0040	0.093
32	Kia bri.	2.1	6.43	3.3	0.009	0.23	1.4	6.7	6.74	0.43	2.38	0.0033	0.107
33	Sihung bri.	2.6	5.11	1.5	0.006	0.33	1.9	6.8	13.07	0.60	0.88	0.0020	0.132
34	Yeonhap iron	7.1	10.81	5.3	0.008	0.70	1.9	6.7	29.86	0.85	2.61	0.0041	0.139
35	Chulsan bri.	2.7	5.48	4.3	0.014	0.91	2.1	6.7	3.26	0.62	2.76	0.0044	0.519

2. 항목별 분석

1) 수질분석

가. 일반항목

전체적인 하천수질은 pH 6.8~7.2, DO 4.7~7.6mg/l, BOD 84~117mg/l, COD 186~358mg/l, SS 50~81mg/l, 대장균군은 $1.1 \times 10^4 \sim 7.5 \times 10^5$ MPN/100ml로 나타나고 있어 지역 주민들의 생활오수에 의해 크게 영향을 받는 것으로 판단된다.

Figure 1은 측정점 S₅~S₈까지의 BOD농도를 표시한 것으로 그 범위가 84 mg/l~117 mg/l인 것을 측정점 S₂로부터 400m Cell로 구분하여 오염도를 산출하고 색깔

구분범위를 2 mg/l로 하여 17가지로 구분하였다. Figure 2는 측정점 S₂~S₄까지를 분석한 측정도이다.

COD 측정도에서는 186 mg/l~358 mg/l 범위를 보여주고 있으며 색깔 구분 범위를 4 mg/l로 하여 20가지로 구분하였다. Figure 3은 측정점 S₂~S₄까지의 분석도이며 하드 카피어로 출력하였다. 그러나 본고에서는 편의상 구분된 색깔을 보여주지 못하고 흑백으로 나타내었다.

2) 중금속

Cd는 0.000 mg/l, Cr⁺⁶ 0.000 mg/l, Pb는 불검출, CN은 0.025~0.102 mg/l를 나타내었다.

3) 저질분석

상류 고려합섬 지점~하류 양화교의 전구간에 걸친 1차 및 2차 저질 오염조사는 총 12개 조사항목의 결과를 구간별로 분석하면 대체적으로 당정천, 수암천, 목감천, 도림천 등의 지천 유입부에서 각 항목의 검출 농도는 높게 나타났으며 안양시 구간은 거의 모든 항목에서 높은 검출농도를 나타내고 있고 서울시 구간은 검출 농도의 변화가 크게 나타나 시흥대교, 고척교, 오목교 등지에서 높고 하구부에서는 다소 낮게 나타나고 있다. 이러한 오염 현황은 시흥군의 군포공업지역 및 안양시에 산재한 공장들 그리고 구로공단, 영등포지역 공장 등에서 배출된 공장폐수 등에 의한 것으로 예상된다.

가. Hg

당정천 유입부, 학의천 유입부, 위생처리장부근(A26)에서 큰 증가를 보이며 0.006~0.043 $\mu\text{g/g}$ 의 변화폭을 나타내고 있다. 농도가 증가하는 것은 보라색에서 노란색, 빨간색으로 점점 바뀌는 것으로 표시되어 있다.

나. Cd

Cd는 0.07~0.91 $\mu\text{g/g}$ 의 변화폭을 가지며 산본천 유입부, 수암천 유입부, 목감천 유입부, 도림천 유입부 등에서 큰 증가현상을 나타내고 있다.

다. PCB

PCB는 0.0000~0.0055 $\mu\text{g/g}$ 의 범위를 가지며 안양 대교지점(A22)에서 부터 다소 많이 검출되며 하류로 갈수록 증가하고 있는것으로 나타났다.

라. T-N

T-N은 0.09~0.85 mg/g의 변화폭을 가지며 각 지천 유입시 크게 증가하고 연합철강(A34)에서 가장 높게 나타나며, 하구는 0.41 mg/g로 나타났다.

마. T-P

T-P는 0.75~3.86 mg/g의 변화범위로 하구의 상하류에 의한 농도변화의 일관성은 없고 도심지부에서 높게 나타나고 비시가지부에서는 낮게 나타나고 있다.

IV. 고 찰

1. 환경에서의 GIS 필요성

지리정보시스템의 구축목적은 자연, 환경적인 자료인 지형, 식생, 수계망, 공해보호지 등의 도면을 컴퓨터에 입력하여 각종정보의 신속하고 효율적인 처리, 이용 및 통합관리를 통해서 오염추이의 예측, 폐기물의적정처리 체계 확립, 상하수도 수질의 개선을 위한 체계적인 관리, 장기적인 항공사진 분석을 통한 데이터 활용으로 홍수범람지역의 예측 등 환경보존에 과학적이고 기술적인 방법을 제시하고 실제적 적용에 필요한 전문인력

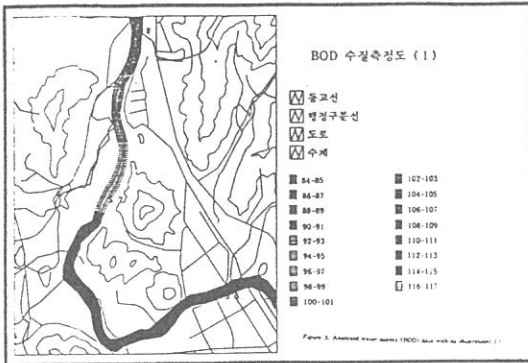


Figure 1. Analysed BOD Map(I)

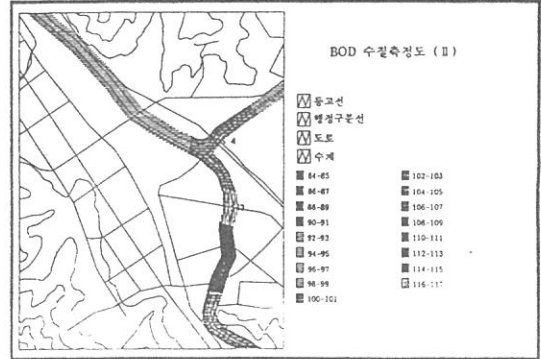


Figure 2. Analysed BOD Map(II)

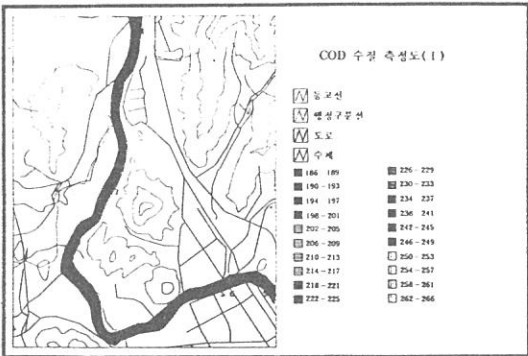


Figure 3. Analysed COD Map(I)

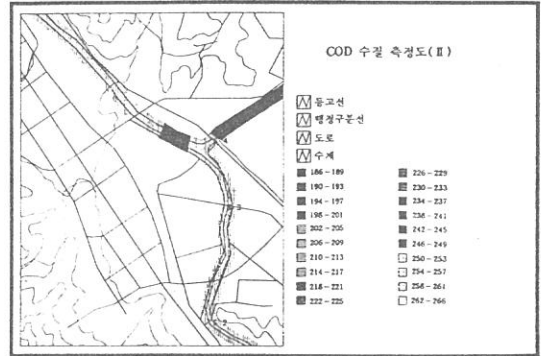


Figure 4. Analysed COD Map(II)

과 관련기관의 유기적 결합을 통해서 환경처에서 정확하고 효율적인 정책 및 의사결정의 보조수단으로 이용하도록 한다.

2. 하천수질예측 모델

대부분의 하천관리 모델이 입력자료로서 상세한 수질자료 및 반응계수의 자료를 필요로 하나 수질분야 자료가 부족한 실정이다. 따라서 대부분의 경우 BOD, DO의 두 항목에 대한 수질예측에 국한되고 있으며, 수질모델에 사용되는 반응계수의 실측 및 연구가 상당히 미흡하여 이에 대한 자료는 탈산소계수(k_1), 재폭기계수(k_2) 등 일부 반응계수만이 입력되고 있어 결과치에 대한 신뢰도의 평가가 매우 어려운 실정이다.

여기서는 지리정보시스템의 수질분야의 적용을 고찰하기 위한 것으로 수질모델링에 대한 것은 상세히 다룰 수 없으므로 구체적인 내용은 생략하였고, Monitoring 지점간의 수질데이터를 얻기 위해서 간단한 Streeter-Phelps 모델을 사용하였다. 수질모델은 강의 특성에 따라 적용 여부가 판단될 수 있다.²⁾

V. 결론

하천에서의 유해화학물질 유출의 추적조사, 연안 해양오염관리, 생태계 관리 또는 한강유역 환경관리기술 개발 등과 같은 환경관리 및 연구분야에 지리정보시스템을 활용할 수 있는 가능성과 방안을 모색하기 위한

사례연구로서 안양천을 대상으로 본 연구를 수행하였다.

본 연구를 통해 수질관리에 있어서의 지리정보시스템 활용에 대해 다음과 같은 몇가지의 결론을 얻었다.

1. 저질 측정도(測定圖)에서 Hg는 분뇨처리장 부근(A₂₆)에서 큰 증가폭을 가지며 최대치는 임곡교(A₁₈)에서 나타났고, Cd의 경우는 측정점 연합철강앞(A₃₄)에서 크게 증가하며 최대치는 철산교 부근(A₃₅)에서 보여주고 있고, 한편 수질 측정도(測定圖)에서 BOD 및 COD 최대치는 모두다 전과교 하류부근(S₃)에서 나타나 전과교 하류의 수질이 좋지 않음을 쉽게 알 수 있었다.
2. 지리정보시스템을 이용한 하천수질관리는 시각효과가 크므로 이해도 및 현실감각이 뛰어나므로 수질관리를 위한 새로운 계획을 입안하는데 좋은 자료로 활용될 수 있으며 이의 활용을 위해서는 수질자료 및 환경관련 인자들에 대한 데이터베이스화가 선행되어야 한다.
3. 하천 수질오염사건 발생시 시스템을 통한 대상지역을 파악하고 이 지역 유입대상배출시설들을 합리적이고 계획적인 방법으로 오염원을 추적조사 분석할 수 있으므로 오염배출시설에 대한 효율적인 관리가 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 경제기획원 조사통계국, 1990, 전국 지역정보시스템 구축방안.
2. 윤수봉, 1991, 하천수질관리모델에 필요한 반응계수의 산정에 관한 연구, 국민대학교 대학원 석사학위논문, 14-22.
3. 국립환경연구원 한국환경과학연구협의회, 1989, 하천 및 호수수질의 최적화관리방안.
4. 국립환경연구원, 1991, 환경정보체계화에 관한 연구(I), 34-41.
5. 국토개발연구원, 1987, 중.소수계의 하천유출량 추정모델 개발, 10-11.
6. 김설희, 1990, 센서스 지도제작을위한 지리정보 데이터베이스 구조설계, 연세대학교 석사학위논문, 28-32.
7. 김형태, 1992, 환경영향평가에 있어서 지리정보시스템의 적용방안에 관한연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 10-19.
8. 황상일, 1990, 인순환 모형을 이용한 소양호의 부영양화 예측과평가에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 37-39.
9. 방기웅, 1990, 하구 담수호 수질예측모형의 개발, 서울시립대학교 대학원 박사학위논문, 8-11.
10. 안양시, 1990, 안양천 하천정화사업 환경영향평가서, 27-117.
11. 유근배, 1990, 지리정보론, 19-37.
12. 유근배, 1990, 토리지리정보시스템의 데이터베이스, 22 - 28, (재)정보문화센터.
13. (주)캐드랜드, 1990, ARC/INFO 교육교재, 2.1-2.19.
14. 최봉문, 1992, 도시지리정보체계를 이용한 공간변동의 파악 기법, 한양대학교대학원 박사학위논문, 11-15.
15. 통계청, 1991, GIS의 이해와 실습.
16. 한국건설기술연구원, 1987, PC용 하천수질관리모델의 개발(I), 1-6.
17. Rebordao, J. M., 1990, Automatic Cartographical Generalization for Landsat-Derived Thematical Maps, Proceedings of the 10th Annual ESRI User Conference, Vol.1.
18. Johnson, T. R. 1990, Making the Transition from

- Minicomputer to Workstation Technology in a GIS Production Environment, Proceedings of the 10th Annual ESRI User Conference, Vol.2.
19. Clarke, Keith C., Analytical and Computer Cartography, 1990.
20. Hughto, R. J., R. P. Schreiber, Microcomputer water quality simulation model, Civil Engineering—ASCE, March 1982, 1—2.