

천안/아산권역내 곡교천의 수질분석 및 지리정보체계를 이용한 유역 오염원 관리방안에 관한 연구

황 병 기 · 이 상 호
상명대학교 환경공학과
(2000년 7월 1일 접수)

Water-Quality Analysis for Gokgyo Stream in Chonan Asan Region and Pollution Source Control Strategy Using GIS

Byung-Gi Hwang and Sang-Ho Lee
Dept. of Environmental Engineering, Sangmyung University
(Manuscript received 1 July, 2000)

Chonan and Asan city have been a focal point due to rapid development as the first station for Express Railroad and key cities West Coast Development Region. Gokgyo stream adjacent to the cities plays an important role as a drainage channel for an agriculture and a discharger of urban storm water. Water quality of the stream has been deteriorating caused by pollution sources such as a untreated wastewater discharge and runoff from the watershed.

In this study, we conducted 4 surveys in April, May, July, and September to understand the current state of water quality for the stream and to make it possible to predict future water-quality variation for future development. The system runs on a personal computer under the windows environment and provides extensive graphics using graphic user interface(GUI) for user-friendly assessment. Using the pull-down menus provided by the GUI panel, the user is able to operate the system by pointing and clicking the icon to identify the state of water-quality at locations concerned. Furthermore, we developed an integrated watershed management system. The constructed system could be a useful tool as a decision maker for pollution source control strategy.

Key Words : Gokgyo Stream, water-quality analysis, watershed management system, pollution sources

1. 서 론

아산시는 21세기 서해안 개발권의 거점도시로서, 천안시는 경부선 고속철도의 첫 기착지로서 도시화에 따른 인구증가와 더불어 산업이 급속도로 발달함에 따라 이에 수반 결과로서 환경문제가 심각하게 대두될 것이 예상된다. 천안/아산권역을 잇는 중심축에 위치한 곡교천은 상류로부터 천안천의 유입을 받으며 풍세천과 합류하여 곡교천이 되며 아산시 부근에서 온양천, 온천천으로부터 처리되지 않은 일부 도시하수가 유입되어 하천 수질이 급격히 악화되고 있다. 환경문제의 중요성이 증대됨에 따라 이에 대한 국민적 인식도 높아지고 이에 대한 연구 활동도 활발하게 이루어지고 있다. 상수원 보호구역과 같은 취수원의 오염은 국민 전체의 보건과 직결되는 중요한 문제임에도 불구하고, 현재로서는 그 원인 파악과 오염과정, 효과적인 해결책을 찾기가 매우 어려운 상황이다. 수질환경 문제는 하천 및 호소내 오염원의 근

원인 유역의 오염원 조사와 차단 대책 등 종합적인 입장에서 관리되어야 한다.³⁾

최근 수환경 분야에는 지리정보체계(GIS)를 이용한 종합적인 시스템 접근 방식이 크게 대두되고 있다. GIS를 통해 자료의 저장과 관리를 효율적이고 신속 정확한 데이터베이스 구축이 가능하며, 이것은 종래의 데이터 관리나 문제 발생 후 대책 수립과 같은 전통적인 수질 관리 시스템에서 탈피하여 수질 오염원에 대한 효율적인 데이터베이스의 구축과 분석, 이것을 통한 예측과 긴급 상황시의 빠른 대처와 의사 결정을 가능하게 한다.¹⁾ 연구의 대상지역인 곡교천 역시 충남 아산시의 인구증가와 산업화에 따른 오염물질의 유입으로 인해 지천을 통한 점오염원과 비점오염원의 유입이 계속된다면 곡교천은 하천의 자정 능력을 상실하여 오염이 가중될 것으로 보인다.

따라서, 본 연구의 목적은 첫째, 서해안 개발권의 거

점 도시인 충남 아산시를 관류하는 곡교천의 오염 현황을 조사하고, 둘째, 조사한 자료를 위의 시스템에 도입하여 오염원을 파악하고 자료 분석을 통한 기초 자료를 토대로 하여 하천오염 방지대책 수립시 활용할 수 있도록 최신의 정보관리 시스템인 지리 정보 시스템을 이용하여 체계적이고 효율적인 수질관리 데이터베이스를 구축하고, 셋째, 효율적인 자료의 저장, 관리를 통한 빠른 대처와 의사 결정을 가능하게 할 수 있는 수환경 관리 시스템을 구축하는데 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사 대상지역

아산시는 충청남도의 서북쪽에 위치한 시군 통합 지역으로 구 군 지역이 480km², 구 시 지역이 45km²로 전체 면적은 525km²에 달한다. 이 지역은 북쪽으로는 아산호와 서쪽으로는 삼교호와 인접하고 있으며, 아산시를 관류하는 하천은 곡교천을 비롯하여 온양천과 금곡천 등의 하천이 있으며, 마산 저수지(일명 신정호)를 비롯하여 많은 저수지가 있다. 곡교천은 아산시와 인접한 천안시의 광덕산에서 발원하여 아산시를 관류하여 삼교호로 유입된다. 특히 곡교천의 지류인 온양천과 금곡천은 아산시에서 발원하여 서해로 유입되는 길이가 매우 짧은 하천들이다.⁴⁾

곡교천 유역은 폐수 발생 업소의 경우 2-5종 사업장이 주를 이루고 있으며 전체 배출량에서는 산업폐수보다 축산폐수가 더 큰 비중을 차지하고 있다. 1997년 현재 아산시의 토지이용 현황은 전체 면적 525km² 중 경작 면적인 전답이 27.0%, 과수원이 1.3%이다. 또한 임야 면적은 42.17%를 차지하고 있으며 대지 면적이 3%로 이는 도시 및 도로 용지 면적이 적은 것으로 나타났지만 현재에는 개발이 많이 이루어지고 있다.^{5),6),7)}

2.2. 수질분석방법

곡교천 유역의 조사지점별 시료 채취는 시료가 조사 지점을 대표할 수 있는 위치를 선정하여 수심 1/3지점에서 시료가 교환되지 않도록 지류의 합류 및 상류, 중류, 하류지점을 중심으로 총 9개 지점에서 채수하였다. 하천수를 폴리에틸렌 용기에 채수하여 Ice Box에 넣어 실험실로 운반 즉시 분석하였다. 채취한 하천수 시료는 수질오염공정시험법¹¹⁾과 Standard Methods¹²⁾에 준하여 측정하였다.

3. 곡교천의 수질분석

3.1. 수질조사 지점

수질조사지점은 전원하천, 도시하천, 지류 등으로 분류한 후, 하천 수질에 영향을 주는 오염원 유입 전과 후를 중심으로 선정하였다. 곡교천의 수질현황을 파악하기 위하여 분류구간 8지점과 지류 1지점에 대하여 수질조사를 실시하였다. 채수지점은 상류로부터 9지점에서 하류의 1지점으로 fig. 1에 나타내었다. 6, 7, 8지점은 온양시 시가지를 관류하는 도시하천으로 하수유입의 영향을 받고 있고, 나머지 지점들은 전원하천에 속하며 주로는

농사와 가축사육을 하고 있다. 조사는 1999년 4월, 5월, 7월, 9월 4차례에 걸쳐 진행되었으며 수질분석 항목은 DO, BOD, COD, SS, TN, TP 등으로 그 결과는 fig. 2에 나타내었다.

DO는 Standard Method에 준하여 분석하였으며 BOD는 텡글로아자이드변법, COD는 K₂Cr₂O₇산화법, NH₃-N는 Nessler Method법, NO₃-N는 Cadmium Reduction Method법, T-N은 Standard Method법등으로 분석하였다. Chlorophyll-a는 Standard Method법을 이용하여 분석하였다.

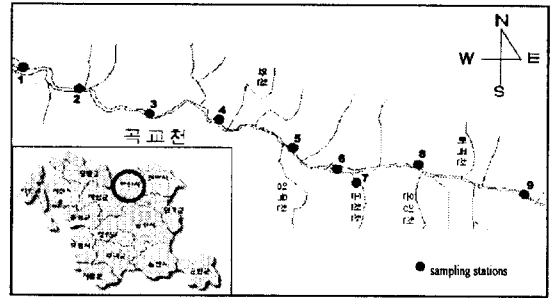


Fig. 1. 수질조사 지점 위치.

3.2. 지점별 수질 변화량

(가) DO (Dissolved Oxygen)

비교적 유량이 적은 9월에 DO농도가 3mg/l 이하의 낮은 농도로서 환경기준 4등급에 준하는 수질을 유지하고 있으나 유량이 풍부한 6, 7월에는 7지점을 제외한 모든 지점에서 평균 6.5mg/l로서 수질환경 1등급 기준치인 7.5mg/l에 가까운 높은 농도를 보이고 있다. 이는 우수에 의한 하천의 유지 유량 증가에 따른 희석효과로 인하여 DO농도가 증가한 것으로 판단된다.

(나) BOD (Biochemical Oxygen Demand)

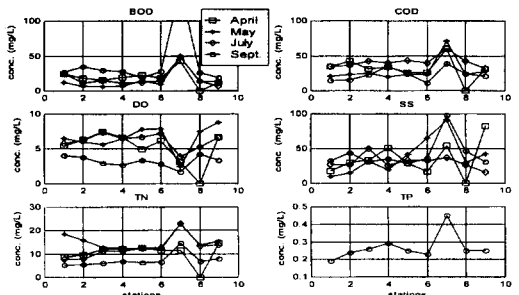


Fig. 2. 곡교천 유하거리에 따른 지점별 수질변화

도시하수의 유입이 가장 심한 온천천의 7지점을 제외한 다른 지점의 BOD농도는 큰 변화가 없으나 Fig. 2에 나타난 대로 전체적으로 환경기준 5등급 기준치²⁾인 10mg/l를 크게 초과하는 것으로 조사되었다. 곡교천 상류인 9지점은 평균 12.8mg/l의 비교적 양호한 편이지만 도시하천 구간인 7지점에서 최고 147mg/l의 영향을 받아서 6지점에서 평균 17.8mg/l로 상승하고 하

류인 선인교 9지점까지 유지되는 것으로 나타났다. 이는 하류로 가면서 자정작용에 의한 수질의 향상만큼 축산 농가, 농경지로부터 부하가 지속적으로 유입되어 수질의 향상을 기대할 수 없는 것으로 판단된다.

(다) COD (Chemical Oxygen Demand)

국교천의 COD농도는 전체 채수지점에 따라 BOD농도와 유사한 경향을 보이는 반면 계절 변화에 따라 큰 변화를 보이지 않으나 하천 수질환경기준 5등급 기준치인 10mg/l를 크게 초과하는 것으로 나타났다. 그러나 7지점의 경우 다른 지점과는 다르게 COD농도가 급격하게 상승한 이유는 온천천으로 유입되는 생활하수 때문인 것으로 판단된다.

(라) SS (Suspended Solids)

하천 수질환경기준에 따른 SS의 기준은 1, 2, 3급수인 경우 10mg/l 이하이고 4급수는 100mg/l 이하로 규정하고 있다. 본 조사에 의하면 전반적으로 7지점을 제외한 SS의 농도는 대부분이 20-60mg/l로 4급수 이하의 농도를 보이고 있다. 그러나, 4월에 9지점의 농도가 80mg/l의 높은 농도를 보이는 것은 채수 당시 상류에서 하천 제방의 토목 공사가 진행중이어서 토사 유입으로 인한 일시적 증가로 판단된다.

(마) TN (Total Nitrogen)

하천 부영양화의 원인이 되는 총질소의 농도는 BOD, COD, SS 등의 농도 분포와 비슷하게 도시하천의 유입이 있는 7지점의 농도가 다른 지점에 비하여 크게 나타나고 있다. 나머지 지점들의 농도는 거의 변화가 없는 것으로 조사되었다. 이것은 하류로 내려가면서 하천변 경작지로부터 살포된 질소비료 등이 유입되어 농도가 감소하지 않고 비교적 높은 수치를 보이고 있다. 이러한 현상은 분뇨나 동물성 질소 화합물이 분해되면서 생성되는 것으로 하천 주변의 가축사육으로 인한 오염물 배출, 생활하수 배출이 원인인 것으로 조사결과 나타났다.

(바) TP(Total Phosphorus)

총인은 질소와 함께 부영양화에 영향을 미치는 중요한 영양 성분이다. 수중생물은 인산염을 양분으로 하여 과대 증식될 수 있어 수원의 조류나 방선균의 발생원이 되기도 한다. 그 외에도 인산이온은 분뇨, 사체, 공장 폐수 등으로 혼입되는 경우가 많아 수질오염의 지표가 되기도 한다.²⁾

TP농도는 한강 수질기준등급인 2-3등급의 기준치인 0.03-0.05mg/l와 비교해 보면 약 3.8-6.3배 정도 높은 것으로 조사되었다. 이는 온천천 유입전과 유입후의 TP 농도가 거의 일정하게 유지되고 있는 반면에 온천천의 경우는 전형적인 도시하천 역할을 하는 생활하수 도수로 역할을 하기 때문에 다른 지점에 비해서 거의 두배 높은 농도를 유지하고 있다. 특히, 생활하수가 많은 도시에서 세체에 포함되어 있는 인 성분으로 인하여 7지점에서 특히 TP의 농도가 높게 나타났다.

4. GIS를 이용한 국교천 유역의 시스템 구축

4.1. 기본자료 입력

(가) 도형자료

중이지도를 가지고 전자지도를 만들기 위하여 입력하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫째는 종이지도를 가지고 스캔을 하여 이미지 형태로 된 지도를 불러들여 벡터라이징하는 것이고 둘째는 디지털자료를 이용하여 직접 디지털이징하는 것인데 본 연구에서는 후자의 방법을 사용하였다. 이렇게 입력한 도형자료를 Fig. 3과 같이 불러들인다.

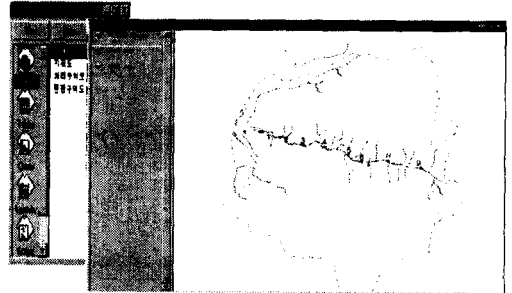


Fig. 3. 도형자료 불러오기

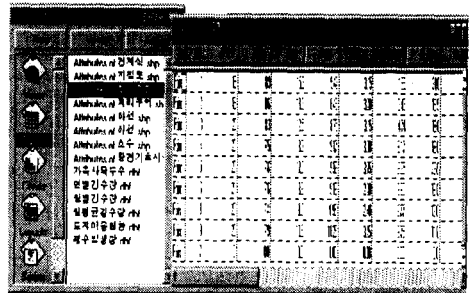


Fig. 4. 속성자료 불러오기

(나) 속성자료 입력

각 채수 지점에 대한 속성자료의 입력은 Fig. 4과 같이 프로젝트 창에서 Table을 선택한 후 OPEN을 클릭하면 속성정보를 입력하는 표가 생기게 된다. 이 표에 직접 속성자료를 입력할 수 있으며 다른 스프레드시트 프로그램을 이용하여 불러오는 것도 가능하다. 왼쪽의 창에서 채수 지점을 클릭함으로써 오른쪽 창에 지점별 수질항목이 Table로 표현된다.

(다) 속성자료 사용하여 차트 만들기

차트는 도형정보와 속성자료를 효과적으로 디스플레이, 비교, 검색하는 기능을 가진다. Fig. 5와 같이 차트는 차트 Property를 사용하여 자신이 원하는 항목을 선택하면 View, Table처럼 동적으로 작용하여 자신이 원하는 부분의 결과를 볼 수 있다. 최근 4차례의 현장조사를 통하여 수집하여 분석한 자료를 왼쪽의 창에서 월별 BOD 부하량을 클릭하면 오른쪽 창에서 지점별로 월별 BOD 변화량을 표시하고 있으며 아래쪽 창은 그 속성값을 보여준다.

(라) 화상이미지와 연결

위의 기본단계를 거쳐 응용단계로서 유역의 생동감 있는 현황을 파악하기 위하여 사진이미지를 스캐너를 이용하여 화상이미지를 바꾼 뒤 시스템에 연결한다. Fig. 6와 같이 채수 지점의 위치와 유역현황을 생동감 있는 자료로 볼 수 있다.

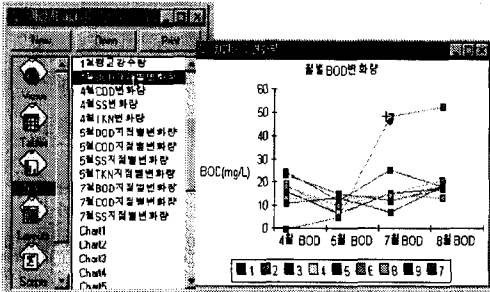


Fig. 5. 속성자료 이용하여 차트만들기

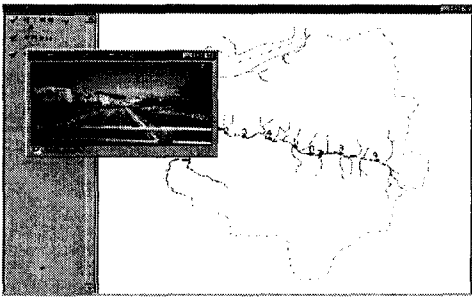


Fig. 6. 화상이미지와 연결하기

5. 지리정보체계를 이용한 하천 수질 유지관리

5.1. 오염원 분포 현황

아산시를 관통하는 곡교천을 함유하는 신창천, 와천, 온천천 등을 포함한 하천의 수질을 효과적으로 관리할 수 있도록 유역관리 통합 시스템을 이용하여 하천 수질 관리 시스템을 구축하였다. 시스템 내에 포함되어 있는 하천의 수질 조사지점으로 분류 구간 8개 지점, 지류인 온천천 1개 지점하여 총 9개 지점으로 선정하여 4차례에 걸쳐 수질을 조사하였다.

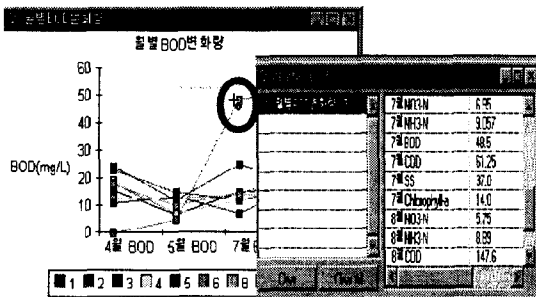


Fig. 7. 곡교천 BOD오염 현황

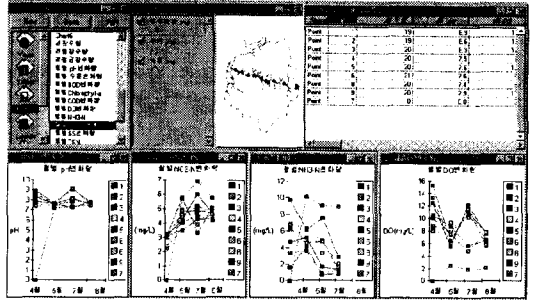


Fig. 8. 채수지점 오염현황

(가) 곡교천 BOD농도 분포 보기

하천수질조사의 목적은 하천의 수질을 조사함으로써 현상태의 하천의 오염정도를 파악하고 향후 수질을 예측할 수 있는 수질 예측 모델을 실행시키거나 하천의 정화를 위한 적정지점을 선정하여 적절한 하천정화공법을 도입하기 위한 자료를 축적하는데 있다. 본 과업에서는 속성데이터를 이용하여 생성한 차트를 통해 월별 변화량을 알 수 있으며 Fig. 7과 같이 차트를 클릭함으로써 더 자세한 정보를 볼 수 있도록 하천관리시스템을 구축함으로써 신속하고 정확하게 하천의 오염 현황을 분석할 수 있도록 하였다.

(나) 채수지점 오염현황 보기

VIEW창에서 차트를 이용하여 Fig. 8와 같이 곡교천의 지점별 위치와 수질 일반항목인 DO, pH, NO₃-N, NH₃-N의 월별 변화율을 동시에 볼 수 있게 함으로써 통합적인 자료 관리가 가능하도록 하였다.

5.2. 공간분석

공간 데이터인 행정구역도에서 원하는 지점을 찾고 싶을 때 '찾기' 기능의 버튼을 누른 후 'OK'를 누르면 일정한 조건에 맞는 공간 자료를 통계적 분석기법을 통해 검색 추출하여 컴퓨터 화면에 표현할 수 있다.

(가) 채수지점 자료 검색

지점별 수질 일반항목 입력자료중에서 BOD가 20mg/l 을 초과하는 지점을 찾아내기 위하여 대화상자 창에 조건을 기입하고 분석을 실행시키면 내부적으로 통계기법과 공간분석을 사용하여 조건에 합당한 지점을 찾아

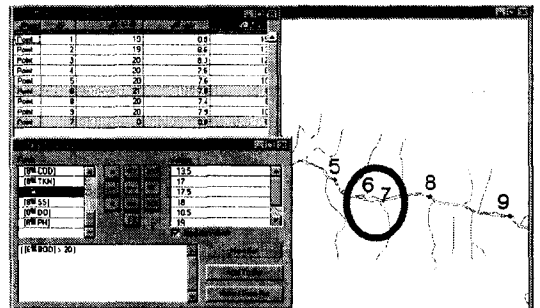


Fig. 9. 채수지점 데이터 검색

내어 Fig. 9와 같이 화면상에 표시한 것이다.

노란색으로 표시된 지점 6, 7이 가장 오염이 심한 지역임을 알 수 있다.

(나) 행정구역 검색

행정구역중에서 호수를 갖고 있는 지역을 찾아내기 위하여 조건을 주고 모델을 실행하면 Fig. 10와 같이 호수를 가진 조건에 맞는 행정구역이 하이라이트되고 아래 창에는 호수를 가진 행정구역의 가구수, 인구수, 면적 등이 함께 나타나게 된다.

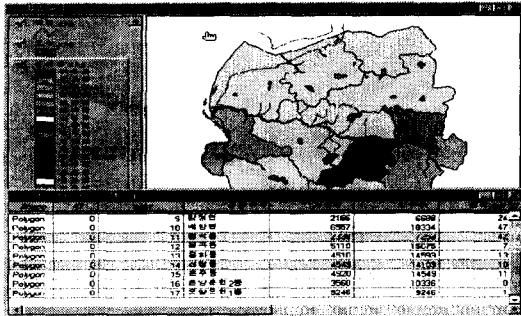


Fig. 10. 행정구역 검색

이외에도 폐수배출업소 중에서 일일방류량이 어느 일정치를 초과하는 장소를 찾으라는 조건을 주면 그에 합당한 장소를 수초내에 찾아내어 화면에 위치에서 깜박이게 된다. 예전에 우리가 종이지도와 수질자료 표를 동시에 보면서 일일이 대조하여 찾아내는 일을 순식간에 대신하여 주어 업무의 신속성을 기할 수 있다.

6. 결 론

아산만 삼교호 수질의 최대변수로 작용할 수 있는 곡교천의 유역 및 수질조사를 실시하였다. 그리고 조사한 유역 및 수질자료를 가지고 수환경 DB를 구축하였고 이를 지리정보체계를 이용하여 하천의 수질을 효율적으로 유지관리 할 수 있도록 수질관리 시스템을 구축하였다. 본 연구를 통하여 도출된 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 하천 수질조사 결과 곡교천 분류 전지점이 환경기준치 5급수 수질기준 값인 BOD 10mg/l를 크게 초과하고 있으며 BOD, COD, DO, SS 등의 분석 결과에 따

르면 곡교천 수질 악화의 요인은 온양시 도시하수 유입을 받는 온양천이 곡교천으로 유입되면서 수질이 더욱 악화되는 것으로 나타났다.

2. 곡교천 수계의 조사지점 전국간에 걸쳐서 생활하수 오염원인 온천천을 제외하면 특이한 오염유입원이 없지만 하천 수질이 회복되지 않고 상당히 오염원 수준치 그대로 유지되고 있다. 그 이유는 유역 대부분이 전원하천으로서 농경지나 축산농가와 같은 비점오염원이 고르게 분포되어 이들 오염원이 지속적으로 유입되기 때문인 것으로 판단된다.

3. 지리정보체계(GIS)를 이용하여 곡교천 주변 오염원을 효과적으로 관리할 수 있도록 수계망도, 토지이용도, 지형도, 행정구역도 등의 지리적 정보와 인구, 오염물질의 발생 및 배출원 단위, 하수처리, 공단폐수처리, 오수, 분뇨 및 축산 폐수처리 현황 등의 수질관련 데이터베이스와 상호 연계되어 구축하여 향후 수질오염에 대한 적정 대안을 마련하여 관리자가 의사 결정을 내리는 데 필요한 도구로서 하천의 수질 관리를 위한 정책 결정에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 김태근, 1997, "GIS를 이용한 BOD농도 변화의 Simulation에 관한 연구", 국립환경연구원.
- 2) 김갑진, 이양규, 1997, "안양시 관내하천 수질모형 예측에 관한 연구", 대한상하수도학회, 11(3), 113-115.
- 3) 국립환경연구원, 1998, "대청호 영양염류 오염 부하량 관리방안에 관한 연구I".
- 4) 이충근, 1998, "아산시일대 수계의 수환경 변화 요인", 순천향대학교.
- 5) 아산시, 1997, "아산시통계연보".
- 6) 아산시, 1998, "건설과 자료".
- 7) 아산시, 1998, "행정과 자료".
- 8) 천안시, 1998, "기상관측소 자료".
- 9) 캐드랜드, 1996, "1996 GIS WORKSHOP".
- 10) 캐드랜드, 1998, "수질관리 데이터베이스 및 환경속성검색시스템 개발", 환경부.
- 11) 수질오염 공정시험법
- 12) Eaton, A. D., L. S. Clesceri and A. E. Greenberg, 1996, "Standard Method for the examination of water and wastewater".