

GIS를 이용한 새만금 유역 오염총량 관리시스템

Total Maximum Daily Loads Management System
for Saemangeum Watershed Using GIS

조영경*, 김학관**, 박승우***

Young kyoung Cho, Hak kwan Kim, Seung woo Park

Abstract

본 연구에서는 새만금 유역을 대상으로 오염물질 배출상황을 보다 세부적인 수계의 분포에 따라 정량적으로 분석하고, 분석결과를 효과적으로 처리할 수 있는, 지리정보시스템을 이용한 오염총량 관리시스템을 개발하였다. 본 시스템은 (1) GIS 기반의 배출부하 데이터베이스를 구축하며, 배출부하량 및 세부적인 수계별 분포를 확인할 수 있는 검색 모듈과 (2) 자정계수와 유달거리로 구성된 유달함수를 통하여 유달부하 데이터베이스를 생성하는 모듈, 그리고 (3) 저류형, 침투형, 식생형, 장치/하수처리형 등의 비점오염 저감시설을 유역 밀단에 설치하였을 경우, 소유역 및 새만금 유역전체를 대상으로 부하량 저감효과 및 삭감률이 계산 가능한 모듈로 구성되었다. 따라서 전문적인 지식이 없는 사용자도 결과의 판독이 가능하며, 대상유역의 부하량 분석 및 저감시설에 따른 부하량 예측을 통하여 수질정책 수립에 매우 유용한 도구로 사용되도록 하였다. 차후의 연구에서는 본 시스템과 수문/수질모델링시스템을 연계하여 종합적인 수질정보 및 수질관리를 위한 통합 관리시스템의 지원이 가능하도록 할 예정이다.

Key words: GIS, Non-point Source Pollution, Watershed Management System

1. 서 론

일반적으로 하구담수호는 상류역의 호소에 비해 넓은 유역을 가지고 있으며 인근 지역에 대규모의 농경지, 축산시설, 도회지, 공업단지 및 양식장이 위치하여 유기오염이나 독성오염은 물론 부영양화에도 취약한 입지적 조건을 가지고 있다. 또한 연안에 인접한 유역은 주로 상수원으로 이용되는 중상류역에 비해 오염원의 관리는 물론 환경기초시설의 투자가 낮아 적절한 처리 없이 오염물질이 유입되고 있으며, 담수화 이후에도 해양과 간석지의 염분침출로 인한 염분성충으로 물의 수질순환이 억제됨에 따라 심충수의 혐기화와 그에 따른 오염물질 용출이 문제가 되고 있다. 이러한 하구 담수호를 수질오염에 안전하게 유지하여 지속적인 용수공급원으로 사용하기 위해서는 호소의 주된 오염원인 상류로부터 유입되는 오염물질에 대한 부하량 삭감이 우선되어야 한다(엄명철, 2004).

국내의 경우 하천 및 호소에 대한 수질관리를 위해 1990년대 말부터 오염총량관리제를 도입하기 시작했다. 오염총량관리제는 개별 오염원에 대한 농도 규제 방식에서 탈피하여 수계전체의 환경용량을 감안하여 원하는 목표수질을 달성하기 위해 허용할 수 있는 오염총량을 해당 배수구역에 할당하고, 이를 초과할 경우 적정 수준으로 삭감하거나 오염원의 신규입지 금지 또는 배수구역

* 정회원·서울대학교 지역시스템공학부 석사과정 E-mail : kyo6928@snu.ac.kr

** 정회원·서울대학교 지역시스템공학부 대학원 E-mail : kwans2@snu.ac.kr

*** 정회원·서울대학교 지역시스템공학부 교수 E-mail : swpark@snu.ac.kr

이나 지방자치 단체 간 오염권의 거래를 허용하는 등 수계전체를 대상으로 접근해가는 보다 균원 적이고 광범위한 수질관리 정책이다(천승규, 2001). 이러한 오염총량관리제의 시행을 위해서는 개별 배수구역에서 배출되는 오염물질의 양을 정확히 산정하는 것이 무엇보다도 중요하다.

그러나 기존에 행하여지고 있는 수계의 분포와 기본적인 토지의 사용 유형만을 이용한 오염량의 예측으로는 농업 및 기타 산업과 주거지역의 확산에 대응할 수 있는 유기적이고 장기적인 수질정책의 수립이 불가능하다. 이러한 조건을 충족시키기 위해서는 수질오염 상황을 보다 세부적인 수계의 분포에 따라 정량적으로 분석하고, 분석결과를 효과적으로 처리할 수 있는 지리정보시스템을 이용한 수질정보관리시스템의 구축에 대한 요구가 높아지고 있다.

이에 본 연구에서는 새만금 유역을 대상으로 GIS를 기반으로 한 (1) 비점오염 배출부하 데이터 베이스의 구축 및 검색, (2) 유달부하 산정, (3) 비점오염 저감시설 적용 등이 가능한 오염총량 관리시스템을 개발하고자 한다.

2. 대상지역

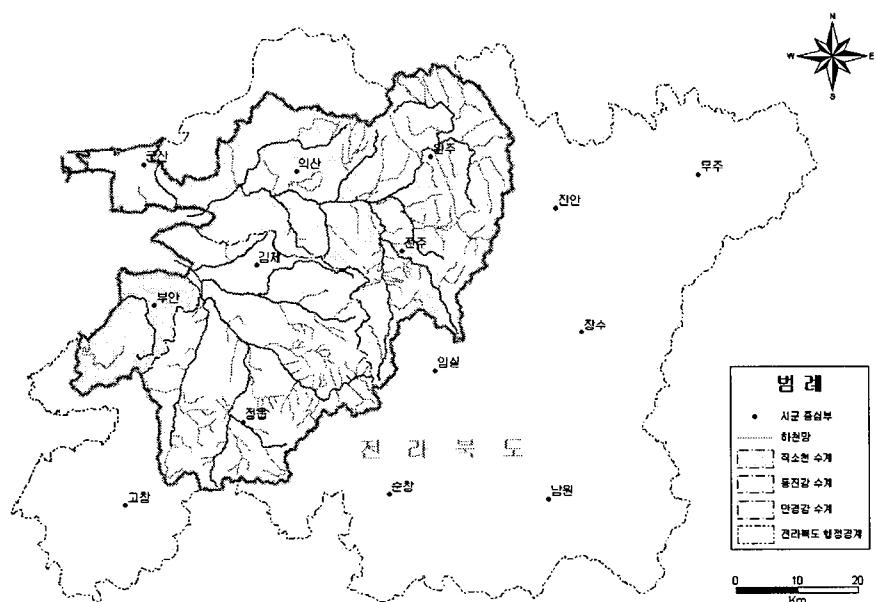


그림 1. 새만금 유역 개황도

오염총량 관리시스템을 적용할 새만금유역은 전라북도의 전주시, 익산시, 군산시, 김제시 등 5개 시, 3개 군에 걸쳐 있으며 총 622개의 리동으로 구성되어 있다. 유역 하류부에서 진행된 새만금 간척사업은 군산시에서 고군산군도를 거쳐 변산반도를 잇는 33km의 방조제를 건설하고 방조제 안쪽에 농경지와 담수호를 만드는 대규모 국책사업이다. 그러나 새만금 유역의 주요 하천인 만경강과 동진강의 수질오염으로 인하여, 향후 조성될 새만금 담수호의 수질악화에 대한 우려가 높아, 협재 범정부차원의 수질개선대책을 수립하여 시행 중에 있다.

새만금 유역은 만경강과 동진강 수계에 포함된 지역과 만경·동진강 수계에 포함되지 않은 서해안 일부지역 및 새만금 간척개발지로 구분할 수 있다. 새만금 유역의 전체 면적은 $3,319\text{km}^2$ 로서 만경강 수계가 $1,571\text{km}^2$, 동진강 수계가 $1,004\text{km}^2$ 이며, 하천법의 적용을 받는 만경·동진강 수계는 $2,571\text{km}^2$ 로 전체 유역면적의 77.5%이다. 서해안 지역은 347km^2 로 10.4%를 차지하고 있다. 동

진·만경강 수계 및 서해안 지역을 포함하는 육지부는 2,918km²로 전체 유역면적의 87.9%를 차지하며 나머지는 새만금 간척개발지 401km²로서 전체면적의 12.1%를 차지하고 있다. 새만금 유역에 속하는 행정구역은 전라북도의 5개 시, 3개 군이다. 이중 전주시 및 정읍시, 김제시, 완주군은 대부분의 지역이 유역 내에 포함되지만, 군산시, 익산시, 고창군, 부안군은 일부 지역만이 유역으로 포함된다(그림 1.).

3. 오염총량 관리시스템 구축

3.1 비점오염 배출부하 데이터베이스 구축 및 검색모듈

비점오염 배출부하 데이터베이스를 구축하기 위하여 ‘하구담수호 유역의 시공간적 오염물질 배출구조 해석모형(엄명철, 2004)’의 결과를 적용하였다. 위 모형은 유역에서의 오염총량제 적용을 위한 오염물질량의 합리적인 산정을 위해 점원 및 비점 오염원의 배출특성과 강우유출에 따른 부하량의 시기별 배출특성 등을 모두 고려할 수 있는 오염부하량 산정모형으로, 오염원을 인구, 축산, 산업체, 토지이용, 양식장, 온천 등으로 분류하고 원단위법을 이용하여 개별 오염원의 발생형태에 따른 발생부하량을 산정하고 개별처리시설 및 환경기초시설에서의 시기별 처리량을 분석하여 유역으로 배출되는 배출부하량을 오염원별, 시기별로 산정할 수 있도록 하였다.

Spreadsheet 기반의 “시공간적 오염물질 배출구조 해석모형‘을 본 시스템에 적용하기 위하여 비점오염 배출부하량의 해석결과를 ArcGIS 8.3의 ArcCatalog with VBA를 사용하여 Geodatabase의 형식으로 변환, 구축하였다. 구축된 Geodatabase와 ArcMap with VBA를 사용하여 배출부하량 검색모듈을 개발하였으며, 이를 통하여 유역별, 행정구역별로 배출부하량의 공간적인 분포양상을 확인할 수 있다.

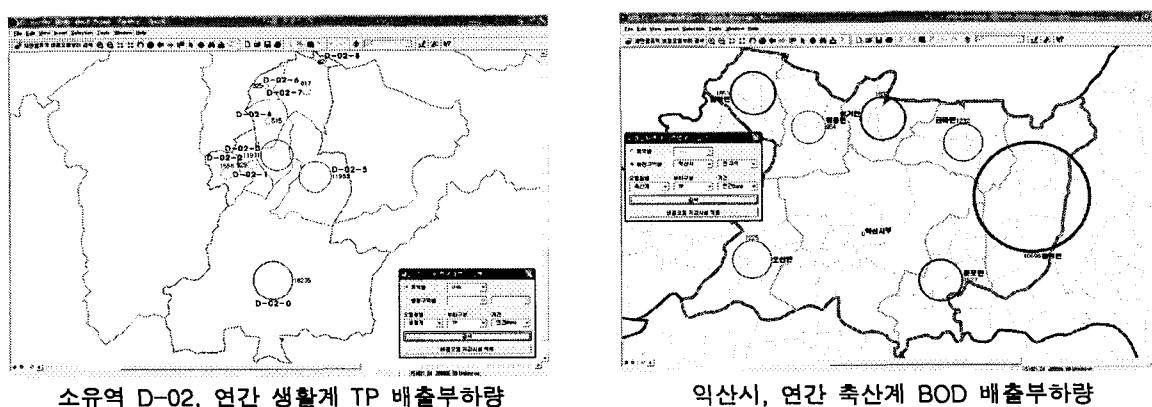


그림 2. 비점오염 배출부하 검색모듈 (검색 예)

3.2 유달부하 데이터베이스 생성모듈

3.1에서 구축된 배출부하량 DB를 바탕으로 유달부하량을 산정하는 모듈을 개발하였다. 유달부하량을 산정하는 여러 방법 중 실측자료에 의한 유달부하량의 산정이 가장 바람직하나(우효섭, 1995), 대상유역 내의 행정구역이나 소유역의 실측자료가 없는 경우가 대부분이기 때문에, (식 1.)

와 같이 자정계수와 유달거리로 구성된 유달함수를 이용하여 산정하는 방법을 선택하였다.

$$L_{DR} = L_0 \times e^{-kl} \quad (\text{식 1.})$$

여기서, L_0 는 배출부하량(kg/day), k 는 수질항목별 자정계수, l 은 유달거리(km)로서 대상지역 중심부에서 출구점까지의 거리이다. 유역의 오염물질 자정은 유역면적과는 정상관이고, 유출량 및 유달거리와는 역상관에 있으므로, (식 2.)와 같이 회귀식을 구성하여 유역 자정계수를 구하였다.

$$k = \alpha_p \times \sqrt{A/Q} \times F^{\beta_p} \quad (\text{식 2.})$$

여기서, A 는 소유역 면적(ha), Q 는 소유역 유출량(m^3/day), $F(A/T^2)$ 는 소유역 형상계수, T 는 소유역 주하천의 길이(km), α_p , β_p 는 상수이다.

유달부하량 Geodatabase 구축과정은 다음과 같다. (1) ‘시공간적 오염물질 배출구조 해석모형’을 바탕으로 각 소유역별 유달거리, 소유역 면적, 주하천의 길이, 유출량 등 유달부하량을 산정하는데 있어 필요한 매개변수들을 소유역별로 추출한 Geodatabase로 생성하고 (2) 배출부하량 데이터베이스를 추출하여 (3) 각 단위별로 (소유역 혹은 리, 동 단위 행정구역별로) 소유역명을 참조하여 유달부하량 데이터베이스를 개선한다. 이와 같이 생성된 유달부하량 데이터베이스도 3.1에서 개발된 부하량 검색모듈에서 배출부하량과 동일하게 검색이 가능하도록 설계되었다.

3.3 비점오염 저감시설 적용모듈

마지막으로 각 소유역 말단에 비점오염 저감시설을 설치하였을 경우 부하량 저감효과를 산정할 수 있는 모듈을 개발하였다(그림 3.). 저류형, 침투형, 식생형, 장치/하수처리형 등의 비점오염 저감시설을 유역말단에 설치하였을 경우, 소유역 및 새만금 유역전체를 대상으로 부하량 저감효과 및 삽감률이 계산 가능하도록 설계되었으며, 복수의 저감시설에도 적용 가능하도록 구성되었다. 각 저감시설별 BOD, TN, TP 제거율은 “금강 수계 비점오염원 관리방안 마련을 위한 조사사업(환경관리공단, 2004)”에 제시된 설계기준을 참조하였다.

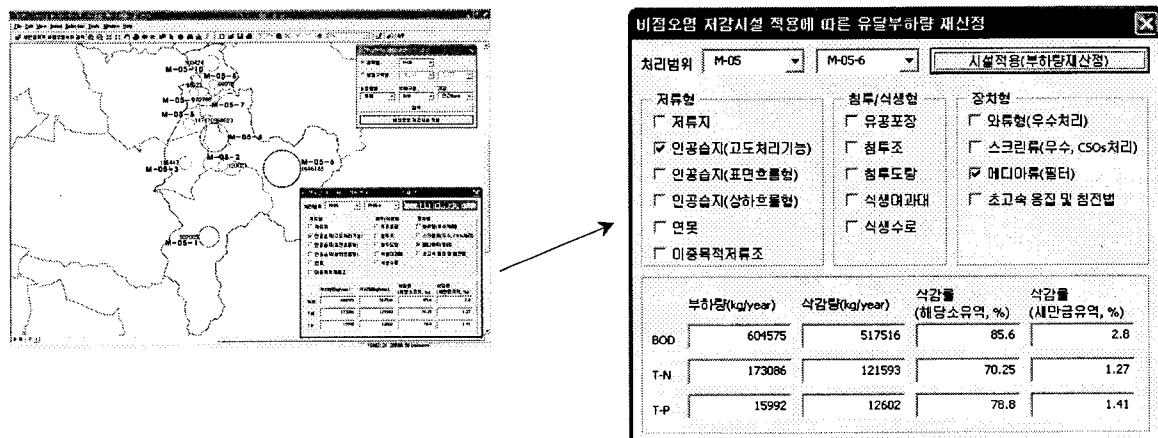


그림 3 소유역별 비점오염 저감시설 적용모듈

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 새만금 유역을 대상으로 오염물질 배출상황을 보다 세부적인 수계의 분포에 따라 정량적으로 분석하고, 분석결과를 효과적으로 처리할 수 있는, 지리정보시스템을 이용한 오염총량 관리시스템을 개발하였다. 개발된 시스템에서는 GIS를 기반으로 비점오염 배출부하 및 유달부하 데이터베이스를 구축하고, 부하량의 공간적인 분포상황 및 저감시설의 적용에 따른 부하량 변화를 분석할 수 있도록 설계되었다. 따라서 전문적인 지식이 없는 사용자도 결과의 판독이 가능하며, 대상유역의 부하량 분석 및 저감시설에 따른 부하량 예측을 통하여 수질정책 수립에 매우 유용한 도구로 사용되도록 하였다. 세부적인 사항은 아래와 같다.

- **비점오염 배출부하 데이터베이스 구축 및 검색 모듈 :** Spreadsheet 기반의 “시공간적 오염물질 배출구조 해석모형(엄명철, 2004)”의 분석결과를 이용하여 GIS 기반의 배출부하 데이터베이스를 구축하였으며, 배출부하량 및 세부적인 수계별 분포를 확인할 수 있는 검색모듈을 구성하였다.
- **유달부하 데이터베이스 생성 모듈 :** 유역특성자료 Geodatabase를 생성하였으며, 자정계수와 유달거리로 구성된 유달함수를 통하여 유달부하 데이터베이스를 생성하는 모듈을 설계하였다. 생성된 유달부하 데이터베이스는 배출부하와 마찬가지로 검색모듈을 통하여 분석가능하다.
- **비점오염 저감시설 적용 모듈 :** 저류형, 침투형, 식생형, 장치/하수처리형 등의 비점오염 저감시설을 유역말단에 설치하였을 경우, 소유역 및 새만금 유역전체를 대상으로 부하량 저감효과 및 삭감률이 계산 가능하도록 설계되었으며, 복수의 저감시설에도 적용 가능하도록 구성되었다

차후의 연구에서는 ‘시공간적 오염물질 배출구조 해석모형’을 GIS 기반으로 수정, 통합하여 본 시스템을 개선할 예정이며, 더 나아가 본 시스템과 수문/수질모델링시스템을 연계하여 종합적인 수질정보 및 수질관리를 위한 통합관리시스템의 지원이 가능하도록 할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

참고문헌

1. 엄명철. 2004. 하구답수호 유역의 시공간적 오염물질 배출구조 해석. 서울대학교 박사학위논문.
2. 천승규. 2001. 금강 수계 오염총량관리제 시행방안 연구. 서울대학교 박사학위논문.
3. 우효섭 등. 1995. 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용. 한국수자원공사
4. 환경관리공단. 2004. 금강 수계 비점오염원 관리방안 마련을 위한 조사사업.
5. Amir H. Razavi. 2002. ArcGIS Develop's Guide for VBA. OnWord Press.
6. Bruce A. Ralston. 2002. Developing GIS Solutions with MapObjects and Visual Basic. OnWord Press.