

GIS기반의 연안역 통합관리 시스템 구축

A Study on GIS based effective management method of river thematic maps.

이혁¹⁾ *, 김계현²⁾, 권오준³⁾
 Lee, Hyuk¹⁾ · Kim, Kye Hyun²⁾ · Kwun, Ohjun³⁾

¹⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정(ehyuk72@me.go.kr)

²⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수(kye Hyun@inha.ac.kr)

³⁾ 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 박사과정(koj@inhaian.net)

Abstract

미국과 일본 등 많은 나라들이 연안역에 대한 오염총량관리제를 실시하고 있으며 우리나라 역시 90년도 초반부터 환경부와 국립환경연구원에 의하여 4대강을 대상으로 내륙에 대한 지자체 단위의 오염총량관리제가 추진되고 있다. 연안해역에서도 최근 해양오염방지법의 개정으로 특별관리해역 지정 등 특정 연안해역에 영향을 미치는 육역을 포함하는 연안역 통합관리제가 해양수산부에 의하여 추진되고 있다. 또한 외국의 사례로서 미국 체사피크만에서는 오염총량관리제를 포함하는 연안역 통합관리제 수립 및 운영을 위하여 GIS 및 모델 package로 구성된 시스템을 구축·활용하고 있으며, 이런 GIS 및 모델 package로 구성된 시스템을 바탕으로 연안역 통합관리를 위한 기본적인 자료를 수집·분석하고 정책 수립의 방향을 제시하고 있다.

하지만 우리나라에서는 아직까지 연안역 통합관리를 위한 기초 자료도 많이 부족하고 이런 기초 자료를 토대로한 분석 도구인 GIS-modeling 시스템 개발도 매우 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 GIS를 이용하여 오염원의 발생 및 배출부하 산정 과정을 공간적으로 분석하여 환경관리에 응용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 또한 효율적인 연안의 오염원 관리를 위하여 기존 환경부 및 관련 기관 자료를 활용하여 잠실 수중보에서 한강 하구의 세부 오염원자료를 수집하여 GIS 기반의 오염원데이터베이스를 구축하고, 오염부하산정모델을 개발한 후, 구축된 정보의 효율적인 관리와 분석을 위한 GIS 프로그램을 개발하였다. 아울러 육역에서의 오염물질 배출에 따른 연안역 수질의 모의를 통해 육역과 연안역에 대한 효율적인 통합관리방안을 제시하고자 한다.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

인천연안해역 및 경기만 일대는 인구 및 산업체가 밀집되어 있어, 오염물질이 집중적으로 배출되는 지역으로, 이로 인한 수질 및 환경오염이 문제시되는 지역이다. 따

라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 체계적이고 지속적인 오염원관리가 요구되고 있는 실정이다. 효율적인 오염원관리를 위해서는 서해연안으로 유입되는 오염량 및 변화량 예측을 위한 종합적인 오염원 정보의 관리가 필요하다. 또한, 수질오염의 효과적인 개선을 위해서는 조사·수집된 오염원 관련 정보를 바탕으로 대상지역내의 수질오

염 상황을 정량적으로 분석하고 그 결과로부터 지역에 적합한 수질오염 개선대책을 제시할 수 있는 통합관리가 필요한 실정이다. 미국과 일본 등 많은 나라들은 이미 연안역에 대한 오염총량관리제를 실시하고 있으며 우리나라 역시 90년도 초반부터 환경부와 국립환경연구원에 의하여 4대강을 대상으로 내륙에 대한 지자체 단위의 오염총량관리제가 추진되고 있다. 연안해역에서도 최근 해양오염방지법의 개정으로 특별관리해역 지정 등 특정 연안해역에 영향을 미치는 육역을 포함하는 연안역 통합관리제가 해양수산부에 의하여 추진되고 있다. 그러나 수질관리에 필요한 환경정보는 다양한 오염원의 속성, 위치 및 시간으로 구성되는 방대한 양의 관련정보를 동시에 관리해야 하므로 기존의 문자정보 처리 방식으로는 관리에 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 GIS를 이용하여 오염원의 발생 및 배출부하 산정 과정을 공간적으로 분석하여 환경관리에 응용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 목적

본 연구의 최종 목적은 효율적인 연안의 오염원 및 수질관리를 위하여 기존 환경부 및 관련 기관 자료 활용하여 잠실 수중보에서 한강 하구의 세부 오염원자료를 수집하여 GIS 기반의 오염원 데이터베이스를 구축하고, 구축된 오염원 자료를 활용하여 해당 유역에서 발생 및 배출되는 오염부하량을 산정하고, 정보의 효율적인 관리와 분석을 위한 GIS 프로그램을 개발하는 것이다.

아울러 육역에서의 오염물질 배출에 따른 연안역 수질의 모의를 통해 육역과 연안역에 대한 효율적인 통합관리방안을 제시하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 연구대상지역

연구의 대상지역은 경기만의 유역환경에 영향을 미치는 지역으로 서울을 포함한 대도시 생활권의 관문으로, 인구와 산업체가 밀집되어 있으며, 활발한 산업발전이 예상되는 지역이다. 따라서 이 지역들의 하수와 폐수를 포함한 각종 오염물 배출관리를 소홀히 할 경우 경기만의 오염을 가중시킬 것으로 사료되므로, 본 연구에서는 이러한 특성을 고려하여 경기만의 유역환경에 영향을 미치는 지역을 연구 대상지역으로 선정하였다<그림 1>.

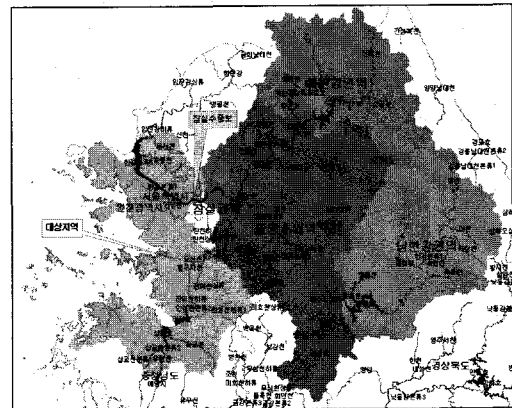


그림 211. 연구대상지역

2.2 데이터베이스구축

대상지역의 지역적 특성을 파악하고 오염원의 배출경로 및 집적경로를 파악하기 위해 도형자료 및 속성자료를 구축하였다. 지형도의 경우 국립지리원 수치지도를 이용하여 각각의 레이어별로 구축하였으며, 유형에 따라 종이지도를 디지털화하거나 스캐닝하여 구축하였다. 속성자료는 리동별로 기구축되어 있는 오염원 현황 자료와 오염부하 원단위, 환경기초시설, 수질측정자료 등을 환경부 자료를 이용하여 구축하였다.

2.3 오염부하량 산정

대상지역에서 발생하는 오염부하량은 오염원 현황자료를 기초로 인구, 축산, 폐수 배출시설, 양식장, 토지이용 등 오염원별로 고시된 발생원단위를 적용하여 산정하였다. 인구에 의한 발생부하량은 인구를 시가화인구와 비시가화인구로 구분하여 각각의 인구를 가정 인구과 영업장 인구로 나누어 원단위를 적용하였다. 축산에 의한 발생부하량은 축종별로 분 및 뇨에 대해 별도로 추정된 발생원단위를 적용하였다. 폐수배출시설에 의한 발생부하량은 개별 폐수배출시설의 표준산업분류별 발생원단위를 적용하여 산정하였으며, 양식에 의한 발생부하량은 양식장의 시설면적에 발생원단위를 곱하여 산정하였다. 토지로부터 발생하는 부하량은 해당지역의 지목별 토지면적에 따른 발생원단위를 적용하여 산정하였다.

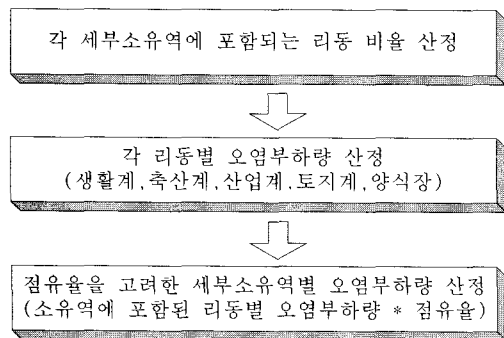


그림 212. 소유역별 부하량 산정과정

배출부하량은 모든 오염원별로 처리경로를 고려하여 처리시설별 또는 방법별 삭감효율을 고려하여 산정하였다. 각 처리시설과 방류경로에서의 처리효율은 하수종말처리시설, 분뇨처리시설, 축산폐수공공처리시설, 폐수종말처리시설 등 공공처리시설의 배출량은 실측치를 사용하였으며, 정화시설, 축산폐수처리시설, 폐수배출시설 등 개별처리시설의 처리효율은 기준처리율, 방류수 수질기준, 배출허용기준을 적용하였다.

소유역 경계와 행정경계는 일치하지 않으므로, 리동 단위를 기준으로 계산된 오

염부하량으로부터 소유역별 배출부하를 구하기 위하여 소유역에 포함된 행정구역의 점유율을 파악하여 소유역별 오염부하를 계산하였다<그림 2>. 또한 해당 지역의 유달부하 산정을 위해 유역별 유하거리, 하천별 자정계수, 유역별 평균유량을 산출하였으며, 이를 이용해 유역으로 배출되는 전체 배출부하에 대한 유달부하를 계산하였다.

2.4 연안모델링 및 GIS 시스템개발

경기만을 대상으로 내륙 수계의 오염물질 배출에 따른 연안수질의 확산 모델링을 수행하였다. 이를 위해 조차가 큰 경기만 해역의 유동을 모의 가능한 모델을 선정하였으며, 한강 담수유입량 및 오염부하량의 연변화에 대해 적절히 반응할 수 있는 모델을 이용하여 연안역 수질에 대한 확산모델을 수행하였다. 모델 수행을 위해 경기만에 대한 격자망을 생성하였으며, 유역에서 산정된 배출부하 및 유달부하를 이용하여 연안역으로 유입되는 오염물질에 대한 입력파일을 작성하였다. 또한 GIS와 해양오염모델의 효율적인 연계 운용을 위한 I/O설계 및 GUI를 구축하였다.

3. 결과 및 고찰

대상지역의 오염원의 배출경로 및 집적경로를 파악하기 위하여 도형자료 및 속성자료를 구축하였다. 도형자료는 지형도, 하천도, 소유역도, 행정구역도, 토지이용도 등으로 국립지리원의 1:25K 수치지형도에서 등고선, 철도, 도로, 건물, 행정경계 등을 추출하고, DEM을 이용하여 세부소유역과 하천망을 추출하였다. 속성자료는 리·동별 인구, 축산, 폐수배출업소, 양식장, 토지이용현황 및 하수종말처리시설, 분뇨처리시설, 축산폐수공공처리시설, 폐수종말처리시설 등의 환경기초시설현황과 오염부하 원단위, 수질측정자료 등을 구축하였다.

경기만 유역의 총 발생부하량은 BOD 3,654.26톤/일, 총질소 757.05톤/일, 총인 176.327톤/일이며, BOD 발생부하 중 생활계

가 차지하는 비율이 약 33.37%로 많은 비율을 차지하고 있으며, 그 다음이 산업계로 약 32.09%를 차지하고 있다<그림 3>. 총 배출부하량은 BOD 472.45톤/일, 총질소 175.69톤/일, 총인 20.40톤/일이며, BOD 배출부하 중 생활계가 약 50.4%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, 그 다음이 토지계가 약 23.9%, 산업계가 14.4%, 축산계가 5.8%, 양식계가 5.5%를 차지하고 있다<그림 4>.

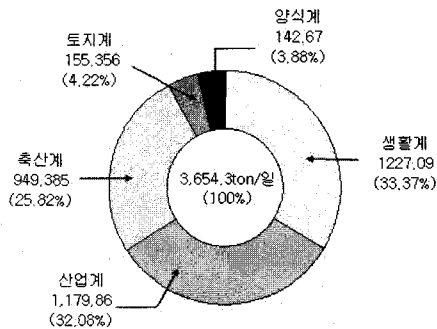


그림 213. 오염원별 발생부하 산정결과

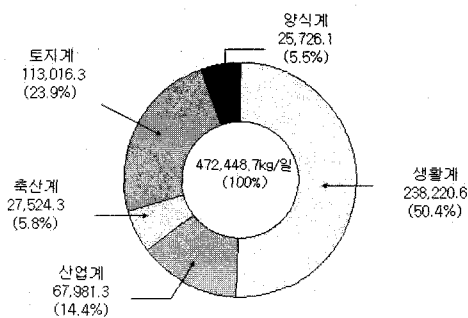


그림 214. 오염원별 배출부하 산정결과

원단위를 이용한 리동별, 소유역별 발생부하량 산정 및 조회기능을 GUI를 통해 구현하였다<그림 5>. 또한 배출경로를 분석하여 산정한 리동별, 소유역별 배출부하량을 사용자 하여금 쉽게 조회 가능하도록 인터페이스를 설계하였다<그림 6>. 아울러 오염원 자료의 연도별 추세변화를 도식화하였으며, 리동별, 소유역별 발생 및 배출부하량 구성비 분석에 따른 결과를 도식화하였다. 이와 같은 산정 및 조회기능과 분석기능을 제공하는 시스템 화면은 아래와 같다.

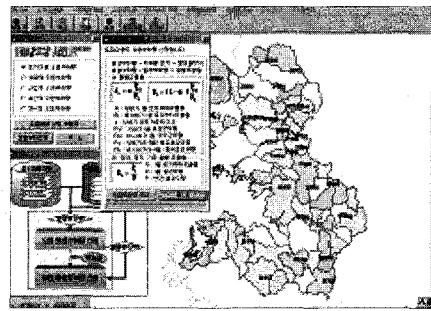


그림 215. 오염부하 산정 모듈

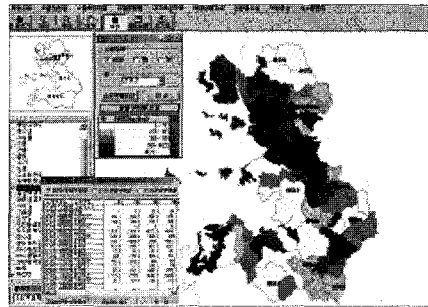


그림 216. 소유역별 오염부하량 결과

유역별 유달부하 산정을 위해 하천의 유하거리, 유역 경사도, 토지피복상태 등의 지형정보와 유역별 배출부하를 이용하여 유역형상에 따른 오염부하 유출계수를 산정하였고 이를 이용하여 유역별 유달부하를 산정하였다<그림 7>. 유하거리 및 유역경사도는 DEM을 이용하여 산정하였으며, 토지 이용현황에 따른 유출계수는 토지피복도를 활용하였다. 또한 계산된 유달부하를 이용하여 연안역 수질모델의 입력파일을 작성하여 유역의 오염물질 변화에 따른 연안수질의 변동을 모의하였으며, 모의 결과에 대한 시스템화면은 아래와 같다<그림 8>.

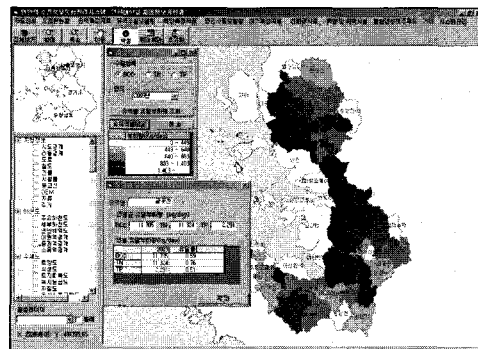


그림 217. 유달부하량 결과조회

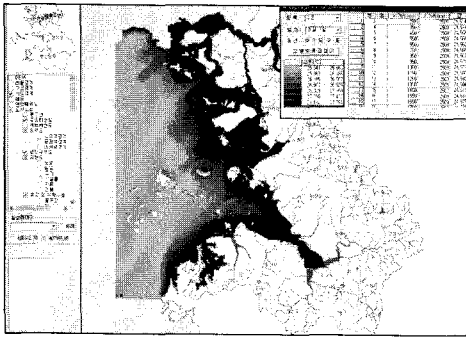


그림 8. 연안역 수질모델링 결과

4. 결 론

본 연구는 도시지역의 다양한 오염원 데이터베이스를 구축함으로써 지역 오염원의 특성 분석이 가능하고, 오염원의 발생위치 및 오염이 심각한 지역, 하천으로의 집적과정을 파악할 수 있으므로 오염물질의 배출경로에 대한 효율적인 관리가 가능하다. 또한 경기만에 유입되는 점오염원 및 비점오염원 오염부하량의 산정 결과를 지역 특성에 적합한 수질정책 수립시 객관적인 자료로 사용할 수 있으며, 4대강 유역의 오염총량관리제 시행에 따른 유역의 오염량관리 및 규제에 필요한 GIS와 모델의 연계로 효율적인 시스템 활용이 가능하다. 또한 경기만 지역 환경DB에 있어 사용자에 대한 용이한 정보의 제공과 검색 및 자료의 기초 분석도구를 제공함으로써 사용자의 편의성 제공으로 구축된 환경정보의 활용 극대화에 기여할 것이다. 또한 경기만을 포함하는 광역의 서해 일원 연안 및 육지 오염원 관련 DB를 구축함으로써 기관간의 중복 DB 구축의 방지와 관련 비용의 절감 및 효율적 DB의 갱신이 용이하며, 경기만 유역에 유입되는 오염부하의 세부적 유입 경로 및 특성 등의 파악으로 보다 경제적이고 효율적인 오염부하의 삭감을 위한 제반 방안 및 정책의 제시가 용이하며, GIS 기반의 시나리오 기능의 구현으로 사전 영향 분석 및 기대 효과의 분석이 가능하다.

아울러 개발된 시스템을 근간으로 연안 수질모델링을 통한 내륙과 연안역의 오염 통합관리제가 가능하여 향후 서해 연안역의 수질 관리에 기여와 함께 나아가 중국과 북한 등과의 협력을 통한 서해 오염 관리에 기여할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 서해연안환경연구센터에서 지원한 연안역 수질통합관리시스템 사업의 일환으로 추진되었으며, 사업의 원활한 추진을 위하여 도움을 주신 서해연안환경연구센터 실무자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 국립환경연구원, 2002, 수계오염총량관리 기술지침
2. 농업기반공사, 1999, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB구축(I)
3. 농업기반공사, 2000, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB구축(II)
4. 농업기반공사, 2001, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB구축(III)
5. 농업기반공사, 2002, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB구축(IV)
6. 환경부, 1995, 수질정보종합관리시스템 개발
7. 환경부, 2000, 한강유역 통합관리시스템 개발
8. 환경부, 2001, 한강수변구역관리 기본계획 및 설계
9. 황의호, 김계현, 이광야, 2002, "GIS 기반의 수질,수문 모델의 연계시스템 개발에 관한 연구", 환경공학학회 학술대회논문집