

연안역 수질정보통합관리시스템 구축에 관한 연구

황의호^{1)*} · 김계현²⁾ · 전대수³⁾

1)* 인하대학교 지리정보공학과 석사과정 · g2021288@inhavision.inha.ac.kr

2) 인하대학교 지리정보공학과 부교수 · kyehyun@inha.ac.kr

3) 인하대학교 지리정보공학과 석사과정 · g2022032@inhavision.inha.ac.kr

Establishing a Integrated Water Quality Management System for Coastal Area

Euiho Hwang^{1)*} · Kyehyun Kim²⁾ · Daesu Jeon³⁾

1)* Graduate student, Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University

2) Associate Professor, Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University

3) Graduate student, Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University

요 약

해양과 인접해 있는 연안역은 오염물질이 집중적으로 배출되는 곳으로 수질 및 환경오염이 문제시 되고 있는 지역이다. 지속적인 연안역 수질악화를 막기 위해서는 광범위한 지역으로부터 배출되는 대량의 오염원 데이터와 환경정보를 효율적으로 관리할 수 있는 GIS기반의 수질정보통합관리시스템이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 연안역의 점·비점오염원 자료, 수질측정자료, 생태자료 등을 구축하고, 구축된 오염원 데이터를 바탕으로 원단위를 이용한 오염부하산정시스템을 구축함으로써 연안역 수질정보를 통합관리할 수 있는 시스템을 개발하였다. 오염부하량 산정은 가지야마 수식모델을 이용하여 유출량을 산정, 원단위를 이용한 발생 및 배출부하 산정, 유달율을 고려한 유달부하량 및 유입농도 산정을 포함한다. 오염부하량 산정시스템은 사용자의 오염원 DB의 갱신에 따라 오염부하산정에 즉시 반영되도록 설계하였다. 나아가 효율적인 결과분석 체계 지원을 위하여 GIS를 이용한 오염부하량을 색의 농도차를 이용 도식하여 전체유역에 대한 임의지점에 발생하는 오염원 규모 및 유출 특성을 한눈에 조희가 가능하도록 함으로써 편리성을 제공할 수 있도록 하였다. 이러한 연안역 수질정보통합관리시스템은 수질관리에 있어 오염원자료의 유출과정의 해석을 통해 유역내 효율적인 오염원자료의 관리방안을 수립할 수 있도록 지원이 가능하며, 연안역으로 유입되는 오염량의 예측을 통하여 친환경 대안 제시를 위한 수질관리방안의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

1. 서론

해양과 인접해 있는 연안역은 오염물질이 집중적으로 배출되는 곳으로 이로 인한 수질 및 환경오염이 문제시되는 되고있는 지역이다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 체계적이고 지속적인 수질관리와 환경영향평가를 위한 종합적인 오염원 관리가 요구되고 있는 실정이다. 효율적인 수질관리와 환경영향평가를 위해서는 연안역으로 유입되는 오염량 및 변화량 예측을 위한 종합적인 오염원 정보의 관리가 필요하며, 이러한 광범위한 지역으로부터 배출되는 대량의 오염원 데이터와 환경정보를 효율적으로 관리하기 위한 GIS 기반의 수질정보통합관리시스템이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 연안역의 수질에 영향을 미치는 점·비점오염원자료, 수질측정자료, 생태자료 등을 구축하고 구축된 자료를 기반으로 원단위를 이용한 오염부하량 산정을 통하여 유역의 종합적인 수질관리를 달성할 수 있는 시스템을 구축하였다.

2. 연구대상지역

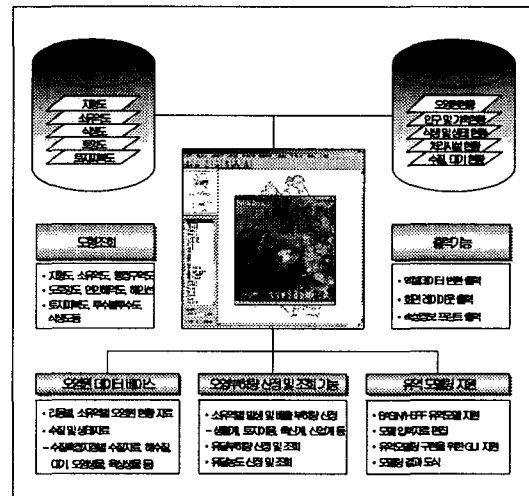
본 연구의 대상지역은 경기만의 유역환경에 영향을 미치는 지역으로 인천광역시 용진군에서 충남 아산만까지의 연안해역이 포함되며, 인천광역시, 경기도 시흥시, 화성군 그리고 시화방조제에 인접한 지역이 해당된다. 이 지역은 서울을 포함한 대도시 생활권의 관문이며, 임해공업도시의 기능을 가지고 있다. 또한 인구와 산업체가 밀집되어 있으며, 앞으로 영종도 신공항, 송도 매퍼지, 경인운하 등의 개발에 따른 활발한 산업발전이 예상되는 지역이다. 따라서 이 지역들의 하수와 폐수를 포함한 각종 오염물 배출관리를 소홀히 할 경우 경기만의 오염을 가중시킬 것으로 사료된다. 연구 대

상지역은 대권역 2개, 중권역 22개, 소유역 55개로 구성되며, 유역면적은 약 7,030km²이다.

3. 연구내용

3.1 시스템 설계

체계적인 연안역 수질정보의 통합관리를 위하여 사용자 요구 분석을 통한 시스템을 설계하였다. 연안역 수질정보통합관리시스템은 도형 및 오염원 데이터베이스 조회시스템, 오염부하산정시스템 등으로 구성되며, 시스템의 유지·관리의 편리성을 제공하기 위하여 기능별 모듈을 설계하였다(그림 1).



<그림 1> 시스템 주요기능 설계

3.2 GIS 데이터베이스 구축

1) 도형 데이터베이스

유역의 체계적인 수질관리를 위하여 도형 데이터베이스를 기본도와 주제도로 나누어 구축을 하였다. 구축한 도형 데이터베이스는 표1과 같다.

<표 1> 도형 데이터베이스 구축 현황

구분	주요세부내역	축척	형태	자료출처
기본도	지형도	1:25K	선	국립지리원
	주요하천도	1:25K	면	환경부
	행정구역도	1:5K	면	환경부
주제도	소유역도	1:5K	면	환경부
	토양도	1:25K	면	농촌진흥청
	식생도	1:50K	면	환경부
	지질도	1:50K	면	자원연구소
	녹지등급도	1:25K	면	환경부
	토지이용도	1:25K	면	환경부
	토지피복도	1:25K	면	환경부
	투수불투수도	1:25K	면	농촌진흥청
	연안해역도	1:25K	선	해양조사원
	해안제한구역	1:25K	선	해양조사원
	해안장애물 지역	1:25K	선	해양조사원
	우수관망도	1:3K	선	국립지리원
	우수관망도	1:3K	선	국립지리원
해안선	1:25K	선	IKONOS 영상	

2) 오염원 데이터베이스

오염원은 생활하수, 산업폐수와 같이 오염물질이 배출되는 지점을 규명할 수 있는

<표 2> 속성 데이터베이스 구축 현황

대분류 항목	중분류 항목	소분류항목
점오염원 등 및 유역 단위	생활계	총기구수, 총인구수, 수거식기구수 등
	축산계	한우, 젓소, 돼지, 가금 등
	양식장	소유주, 양식장명, 소재지, 양식어종, 시설면적, 허가면적 등
	산업	업소명, 소재지, 종별, 업종 등
	토지이용	전, 답, 대지, 임야 등
	환경기초시설현황	각 처리장별 시설명, 소재지, 오염물질유입량, 배출량 등
수질현황 (관측지점)	수질관측자료	수질관측지점, 수질기본항목 등
	해양수질	인천연안 해양수질, 채취시기, 기본수질항목, 영양염류 등
	호소수질	수질기본항목, 유해물질 등
생태현황 (관측지점)	식물성플랑크톤	채취지점, 깊이, 우점종명, 클로로필 현존량 등
	해양생태	채취지점, 채취날짜, 출현종수, 분포밀도 등
	동물성플랑크톤	채취지점, 채취날짜, 분류군, 종명, 개체수 등

점오염원과 농경지의 배수와 같은 불특정한 경로를 통해 오염원을 배출하는 비점오염원으로 나누어진다. 오염원 자료는 소유역 및 행정경계에 맞추어 점·비점오염원과 수질측정자료, 생태자료 등의 유역 환경자료를 구축하였다. 구축한 오염원 데이터베이스는 표 2와 같다.

3.3 오염부하량 산정

1) 가지야마 수식모델에 의한 유출량 산정

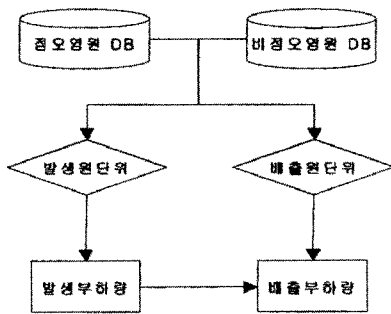
수질모델의 운용을 위해서는 오염부하량 자료 및 기상학적 입력자료 이외에 수문학적 입력자료가 필수적이다. 수문학적 입력자료에서 제일 중요한 것은 대상유역의 유출량 자료지만 현재 대하천 지류 및 소하천의 경우, 수위 및 유량관측이 매우 부족한 상태로 유출모델에 의존해야 한다. 유출현상을 모의하기 위한 GIS의 공간분석을 통하여 유역면적, 경사도 등의 유역특성 자료를 추출하였으며 유출량 산정은 가지야마에 의해 고안된 수문모델(수식모델)을 이용하였다. 본 연구대상지역은 유출 측정지점의 수가 한정되어 있고 또한 강우량과 유출고간의 관계가 적절히 수립되어 있기 때문에 측정이 용이한 월별 혹은 연별 강우량을 유출고로 환산 사용하였다. 아래의 식은 유출고를 구하기 위하여 수정된 가지야마 공식이다.

$$R = [P^2 + (138.6 \times f + 10.2)^2]^{1/2} - 138.6f + E$$

- 여기서, R : 월별 유출고(mm)
- P : 월별 강우량하(mm)
- f : 유역특성 계수
- E : 월별 강우량의 크기에 따른 보정우량(mm)

2) 원단위를 이용한 발생부하량 산정

오염부하는 오염발생원의 종류별로 발생량과 발생형태가 다르다. 따라서 오염부하 추정을 위해서는 대상유역에 있는 모든 발생원에 대해서 각각의 오염부하 발생량을 실측하여야 하나, 모든 오염발생원의 오염부하량을 실측하는 것은 현실적으로 거의 불가능하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 각 발생원으로부터 발생하는 오염부하량의 실측자료를 단위당 오염부하 발생량으로 정리하여 사용하고 있으며, 이를 오염부하 발생원단위 혹은 원단위라 한다. 즉 원단위란 오염물질을 정량적으로 해석한 것으로, 단위시간당 단위오염원규모에서 배출되는 오염물질량을 말한다. 원단위는 현재 및 장래의 오염부하량 예측 및 조성대상의 자료로서 활용하기 위해서 사용되며, 각 원단위에 오염원규모를 곱하여 유역에서 발생하는 복잡한 오염부하를 손쉽게 산정할 수 있다. 본 연구에서 사용한 원단위는 환경부에서 발간된 수질보전 장기종합계획수립 종합보고서(환경부, 1999)를 참고하여 점오염원인 인구, 가축, 양식장, 온천 등과 비점오염원인 토지이용에 적용하여 발생부하량을 산정하였다(그림 2).

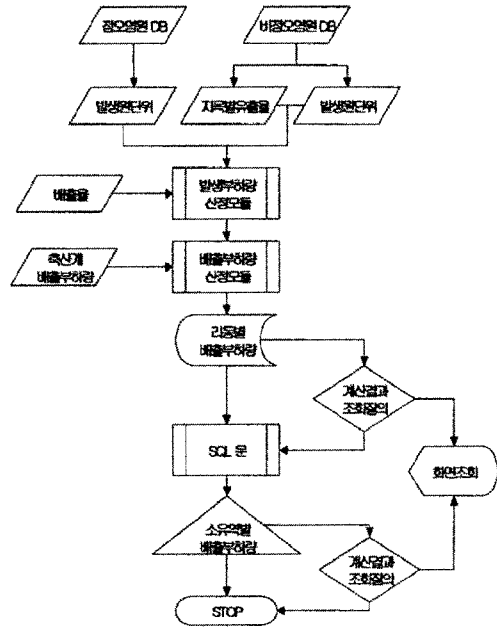


<그림 2> 발생부하량 산정

3) 오염원 배출부하량 산정

기 조사된 대상하천 오염원과 원단위를 이용한 배출부하량 산정모듈을 개발하여,

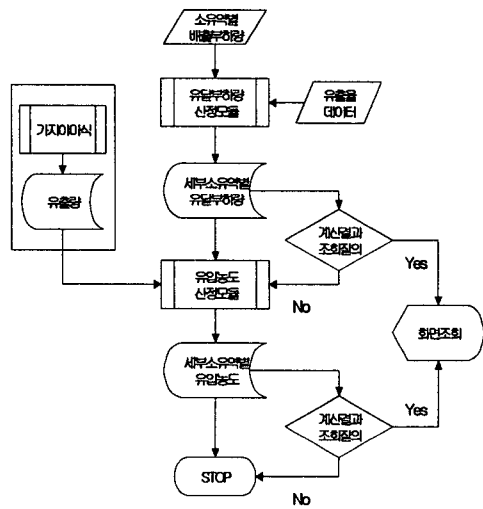
계산된 부하량을 GIS 자료형태로 저장하여 유역의 공간정보와 연계하여 조회할 수 있도록 하였다. 수질오염원에 대한 정보가 특정 수계에 영향을 줄 수 있는 유역단위로 이루어져야 함에도 불구하고, 인구분포 등과 같은 점오염원 자료나 토지이용현황과 같은 비점오염원 자료는 행정구역의 최소단위인 리·동 단위로 수집·관리되어지기 때문에 본 연구에서는 이들 정보를 유역별 정보로 전환하는 작업 과정을 포함하도록 설계하였다. 배출부하량 산정은 그림 3과 같은 절차를 거쳐 진행하였다.



<그림 3> 배출부하량 산정

4) 유달부하량 및 유입농도 산정

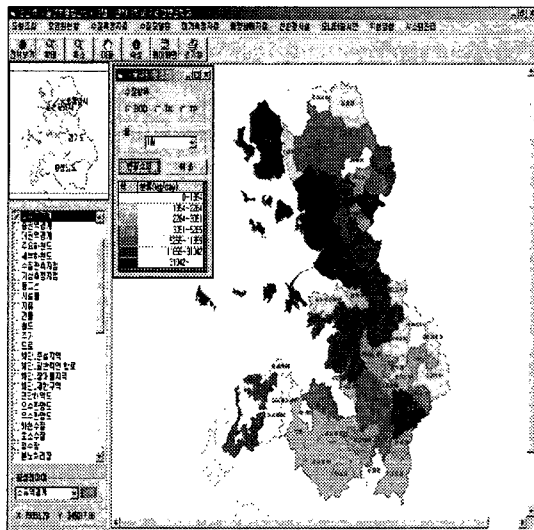
유달부하량은 오염배출부하량에 자정계수와 유달거리를 이용하여 소유역 및 리·동 단위로 산정되며, 유입농도는 유달부하량을 유출량으로 나누어 산정하였다. 유출량은 유역 가지야마 유출공식을 이용하여 55개의 소유역별로 계산된 값을 이용하였다(그림 4).



<그림 4> 유역부하량 및 농도 산정

3.4 오염부하량 결과분석 체계 지원

오염부하량 결과는 사용자의 결과분석 체계의 편리성을 제공하기 위하여 GIS를 이용한 색의 농도차를 이용 도식함으로써 전체유역에 대한 임의지점에 발생하는 오염원 규모 및 유출특성을 한눈에 조희가 가능하도록 하였다(그림 5).



<그림 5> 배출부하량 도형으로 조희

4. 결론

본 연구에서는 GIS를 이용하여 연안역 수질정보의 효율적 관리를 위한 서해연안 오염원 데이터베이스를 구축하였으며, 원단위를 이용한 유역별 오염부하량을 산정하였다. GIS기반의 오염부하량 산정시스템을 개발함으로써 오염원데이터의 갱신에 따라 오염부하량산정으로의 반영이 가능해 졌으며, 결과 값을 다양한 형태로 보여줌으로써 지형정보와 더불어 오염원을 쉽게 파악할 수 있게 하였다. 나아가 유역별 및 오염원별 유출특성을 월 단위 분석을 지원함으로써 보다 효율적인 유역의 오염원관리가 가능해질 것으로 사료된다. 원단위를 이용한 오염부하량 산정방법은 산정방식이 비교적 단순하여 소요시간이 단축된다는 장점으로 대규모 유역관리 목적에 적합하지만 세밀한 변화나 높은 정밀도를 요구하는 유역관리에는 다소 미진한 실정이다. 향후 지속적인 오염원 DB의 갱신과 더불어 유역의 정밀한 수질변화를 예측할 수 있는 유역모델을 연계하여 신뢰도 높은 모델링 결과를 도출함으로써 지역 특성에 적합한 수질개선 대책방안 적용이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구의 연안역 수질정보통합관리시스템은 수질관리에 있어 오염원자료의 유출과정의 해석을 통해 유역내 효율적인 오염원자료의 관리방안을 수립 지원이 가능하며, 연안역으로 유입되는 오염량의 예측을 통하여 친환경 대안 제시를 위한 수질관리방안의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 과학기술부 한국과학재단 지정 인하대학교 서해연안환경연구센터의 2003년도 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 권우석, 김계현, 1998, "PC기반의 시화호 유역 환경정보관리시스템의 개발", 한국 GIS학회 추계논문 발표회
2. 농업기반공사, 1998, GIS를 이용한 농업용수 수질정보관리시스템 구축
3. 농업기반공사, 2002, 새만금유역 GIS 도입을 위한 환경자료 DB구축(IV)
4. 신성필, 김계현, 최성규, 이승호, 2000, "농업용수 수질정보 종합관리시스템의 개발", 한국환경영향평가학회
5. 환경부, 2001, 한강수변구역관리 기본계획 및 설계
6. 황의호, 김계현, 이광야, 2002, "GIS 기반의 수질,수문 모델의 연계시스템 개발에 관한 연구", 환경공학학회 학술대회 논문집
7. EPA, 1999, BASINS Technical Note(3) : NPSM/HSPF Simulation Module Matrix