

GIS를 이용한 황룡강 유역의 수질오염평가

Water Quality Assessment in Hwangryong River Basin using GIS

김 철¹⁾, 김석규²⁾

<요 지>

유역의 수질오염 평가는 GIS의 이용으로 더욱 발달되었는데 이 방법에서는 일반적으로 이용할 수 있는 자료 즉, 소유역 구분도 및 하천망도, DEM, 강우자료, 유량측정지점 및 측정자료, 오염부하량 원단위자료, 수질측정자료, 토지이용자료, 점오염원(축산농가, 인구, 산업체)자료 등을 사용하여 유역에 대한 연간 평균 오염부하량과 오염농도를 계산할 수 있다.

본 연구에서는 장성과 광주 일부분을 유역으로 하는 황룡강 유역에 대해 GIS를 이용하여 수질오염을 평가하였다. 점오염원의 오염부하량은 수계 내에서 발생하는 점오염원의 위치를 기준으로 원단위를 적용하여 오염부하량을 구하였다. 비점오염원 농도는 연평균 오염부하량을 총연간 누적유량으로 나눔으로써 계산하였다. 유역의 연평균 오염부하량에 대한 공간분포 그리드를 만들기 위해 각각의 그리드 셀에 대해 오염농도와 유출량을 곱한 값을 하류방향으로 누적하여 계산하였다. 이와 같은 방법을 사용하여 대상 유역에 대한 비점오염원 수질 농도의 예측치를 계산하였으며, 이 예측치와 실측치를 비교 분석함으로써 개발된 모형을 검증하였다. 대상유역의 자료를 사용하여 황룡강 유역에 대한 개략적인 수질오염을 평가한 결과 BOD 유달율은 약 20%정도로 나타났다.

1. 서론

수질오염은 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등 대량 발생원에 의한 점오염원과 비점오염원에 의해 발생한다. 점오염원에 대한 정확한 위치자료와 발생량 자료가 있으면 GIS를 이용하여 유역 전체에 대한 오염부하량과 발생량을 예측할 수 있을 것이다 .

한편 수질오염은 강우시 산림, 초지, 도시용지, 건설지, 농경지, 하상퇴적물, 도로, 대기오염강하물 등 다수의 저농도 발생원인 비점오염원에 의한 비중이 갈수록 증가하고 있다. 특히, 일부 독성오염물질의 경우, 비점오염원에 의한 농도가 점오염원보다 높은 항목도 존재하며, 강우시 유입량도 막대하여 수질환경에 큰 영향을 미친다.

1) 호남대학교 건축·토목공학부 교수

2) 호남대학교 건축·환경공학부 연구원

최근에 들어와서 점오염원 및 비점오염원에 의한 오염부하량을 계산하는 방법은 자동화된 분석을 위해 컴퓨터 모형을 사용하고 있으며 여러 가지 모형들이 GIS와 연결되어 사용되고 있다. 수계의 오염원을 합리적으로 관리하기 위해서는 각 점오염원의 공간상 위치와 오염부하량을 합리적으로 파악할 수 있어야 하며, 비점오염원은 강우에 의한 유출, 토지 이용상태와 결부되어 계산되는데 토지이용 형태에 따라 오염부하량의 원단위를 계산하고 이것을 유출량과 곱함으로써 각 오염물질의 양을 계산하는 방법이 이용되고 있다.

이 연구의 목적은 GIS를 이용하여 황룡강 유역에 대한 점오염원의 위치와 오염부하량을 합리적으로 파악할 수 있는 자료를 구축하며, 비점오염원의 오염부하량 원단위를 결정하여 비점오염 부하량을 계산하고 계산된 연평균 오염부하량으로부터 실측치와 비교 평가함으로써 황룡강 유역에 대한 수질자료를 평가하는 것이다.

2. 자료

1) 하천의 경계와 하천망도

이 자료는 벡터자료의 형태로 대상 유역에 대한 기존 자료를 수집하여 1:50000 지도를 기준으로 Digitizing함으로써 구축되었다.

2) 점오염원 자료

축산폐수 자료는 한우사육장, 돼지사육장, 젓소사육장을, 인구는 인구통계를 기준으로 리별로, 산업체는 폐수배출 산업체의 위치를 point로 입력하여 point coverage를 작성했다.

3) 수치고도모형(DEM)

등고선 자료를 사용하여 벡터데이터를 구축한 후 이를 이용하여 DEM을 작성하였다.

4) 토지이용현황도

토지이용도는 기존의 지도로부터 Digitizing하여 polygon coverage로 토지이용을 추출하였다.

5) 강우자료

강우자료는 비점오염원 모형에 대한 주요입력 자료로서 대상유역에 대한 자료를 구해서 이를 유역 전체에 대해 확장함으로써 강우 자료를 구축하였다.

6) 유량측정지점 및 측정자료

유량 측정지점에 대한 경위도 좌표치와 그 지점의 유량 측정기록 자료를 수집한다. 수집된 유량 측정지점 자료로부터 point coverage를 생성하고 생성된 point coverage에 측정자료를 연계시킨다.

7) 토지이용에 따른 오염부하량 원단위자료

대상유역의 각 GRID에 대한 오염부하량을 계산하기 위해서는 각 GRID와 관련된 오염원단위 값이 필요하다. 각각의 토지이용상태에 대한 오염부하량 원단위 값을 측정하거나 기존의 자료가 있으면 이를 이용하여 전체유역에 대해 분포시켜 GRID 자료를 구축한다.

8) 수질측정자료

비점오염원에 의한 오염부하량과 농도가 계산되면 이를 검증하기 위해서 대상유역에 대한 수질측정자료가 필요하다. 수질측정자료는 환경부, 수자원공사 등으로부터 취득하였다.

3. 적용방법 및 오염부하량

점오염원은 오염원의 출처를 정확하게 파악할 수 있고 비점오염원은 질적, 양적인 측면에서 그 실체를 파악하는데 어려움이 있어 점오염원과 비점오염원을 구분하여 각각의 오염부하량을 계산한 후 이를 합해 수계의 전체적인 오염부하량을 계산하는 방법을 사용하였다.

1) 점오염원

각 발생원으로부터 실측데이터를 이용하여 하나의 개체를 단위로 1일에 발생하는 발생량을 원단위라 하는데, 점오염원 오염부하량은 원단위에 인/두/개소의 곱으로 나타낸다. 원단위는 1998년 환경부에서 제시한 내용을 적용한다.

표 11 점오염원 오염부하량

		BOD(kg/d)	T-N(kg/d)	T-P(kg/d)
생활하수		2743.5	793.7	74.53
산업폐수	소	2,890.68	376.59	59.44
	돼지	1,582.26	205.69	32.7
산업폐수		1,778.8	-	5.8

2) 비점오염원

GIS를 이용한 비점오염원의 부하량 산정의 기본개념은 유량과 농도를 곱해서 구할 수 있다는 것이다. 이를 위하여 대상유역을 일정 간격의 격자로 구성하고 이 격자 상에서 부하량을 산정하는 GRID를 기초로 한 모형을 사용하였다. 강우량과 유량측정 자료로부터 전 유역에 분포되는 유량자료의 격자를 구축하고 각 격자의 토지이용과 관련된 오염부하량 원단위 격자를 구축하면 유역에 대한 오염부하량을 계산할 수 있다.

(1) 유역분할

DEM을 이용하여 소유역을 분할하고 하천망을 추출하였다. DEM을 이용하는 이와 같은 방법의 기본개념은 8방향 유출점(pour point) 모형을 응용하는 것으로서 한 격자상의 물은 인접한 8방향의 격자중 가장 경사가 급한 격자로 흐른다는 개념이다. 각 격자에서 물의 흐름방향이 결정되면 주어진 출구점으로 흐르는 격자의 수를 세고 이 숫자가 주어진 한계 값을 넘으면 그 격자는 하천망의 일부가 된다는 알고리즘에 의해 하천망을 추출할 수 있다. 또한 물의 흐름방향 그리드와 출구점으로부터 소유역을 분할하였다.

(2) 강우량과 유량의 공간분포

비점오염원은 직접유출에 의해 지표면을 흘러 하천망에 도달한다. 이와 같은 직접유출은 대상 지역에 내리는 강우에 의해 발생된다. 유량자료는 유량 측정지점의 자료이므로 이를 소유역에 분포시키기 위해서 해당 소유역에 대한 유역 평균 강우량과 유역 평균 유량자료를 서로 연관시키는 수학적 관계식이 필요하다. 이 관계식은 회귀분석을 통하여 적절한 관련 식을 수립하고 이에 따라 유출량 격자를 생성하였다.

(3) 토지이용과 오염부하량 원단위자료와의 관계

오염농도는 유량체적당 오염물질의 질량으로 표시되어 오염의 정도를 나타낸다. 비점오염원에 의한 오염부하량 산출 연구에서는 여러 가지의 오염물질에 대한 오염농도가 배수 유역의 토지 이용과 직접 연관되어 있다고 가정하여 각 격자의 토지이용에 따른 각 오염물질의 원단위가 결정된다. 오염부하량 원단위는 지역에 따라 각각 다르므로 대상지역에 대한 값이나 혹은 이와 유사한 토지이용에 대한 값들을 사용해야 한다. 이 값들은 수질측정자료로부터 이를 분석하여 결정하는 것이 가장 좋은 방법이다.

(4)유역전체에 대한 오염부하량

유역의 각 격자점이 하류로 내려보내는 오염부하량은 오염부하량 원단위와 각 격자점의 유출량을 곱함으로써 얻을 수 있다. 각 격자점의 오염부하량이 추정되면 이를 이용하여 하천망을 따라 오염부하량도를 구축할 수 있다.

(5) 평균 농도 값의 추정

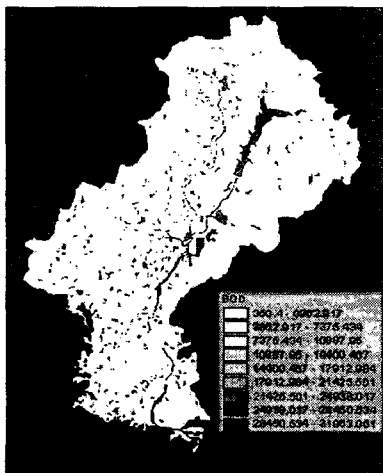
하나의 오염물질에 대한 농도의 추정값에 대한 격자는 그 오염물질의 연간 총부하량 격자를 연간 총유출량으로 나누면 구할 수 있다. 이와 같이 구한 농도값 격자로부터 하천망에 대한 농도 값을 계산할 수 있다. 이의 농도 예측치를 구하면 실제 수질 측정자료와 비교하여 분석 평가할 수 있을 것이다.

4. 결론

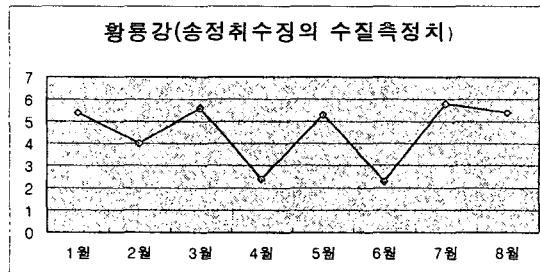
황룡강 수계 내에서 발생하는 축산폐수, 산업폐수, 생활하수와 같은 점오염원 오염부하가 수질오염에 큰 영향을 미치고 있어 점오염원의 위치와 오염부하량을 합리적으로 파악할 수 있는 자료를 구축하였으며, 오염부하량을 원단위를 적용하여 계산하였다.

비점오염원 오염부하량은 토지이용에 따른 오염부하량 원단위와 토지이용 그리드를 사용하여 계산하였다. 총 오염부하량은 점오염원 오염부하량과 비점오염원 오염부하량을 더하여 계산하였다.

예측치와 실측치를 비교하기 위하여 유달율을 산정하였다. 실측한 수질과 유량 자료를 기초로 해서 유달오염부하를 배출오염부하로 나눈 값을 구한 결과 유달율이 약 20%정도 되었다.



BOD Grid



수질측정치

참 고 문 헌

1. 김범철, 최관순, 김철구, 이유희, 김윤희, 강우시 소양강의 소유역으로부터 비점오염원 의
유출 특성, 1997년 한국수질보전학회 추계학술 발표회 논문 요약집, pp.41-44, 1997.
2. 문형부, 비점상상태인 하천 흐름에 대한 수질 혼합 Model의 개발과 적용, 대한환경공 학
회지, 제19권, 제2호, pp.207-220, 1997.
3. Heidtke, T.M and M.T. Auer, Application of a GIS-Based Nonpoint Source Nutrient
Loading Model for Assessment of Land Development Scenarios and Water Quality in
Owasco Lake, New York, Water Science & Technology: Diffuse Pollution, edited by H.
Olem, Pergamon Press Ltd., Oxford, UK, 1993.
4. Mizgalewicz, P. J., Modeling agrichemical transport in midwest rivers using
geographic information system, Ph.D dissertation, University of Texas at Austin, 1996.
5. Newell, C. J., H.S. Rifai and P.B. Bedient, Characterization of Non-point Sources
and Loadings to Galveston Bay; Galveston Bay National Estuary Program, Clear Lake,
TX, 1992.
6. Saunders, W. K., A gis assessment of nonpoint source pollution in the San
Antonio-Nueces coastal basin. Masters Report, University of Texas at Austin, TX,
1996.