

GIS를 이용한 서울시 지하수 오염분석 연구

김윤중*, 원중석*, 이석민*

(서울시정개발연구원 지리정보센터)

1. 연구배경 및 목적

국내에서는 지하수의 적극적 개발과 이용에 높은 관심을 보이고 있으나, 그에 대한 보존과 오염방지에 많은 어려움이 있다. 지하의 대수층이 오염된 경우에 이를 정화하려면 많은 비용과 시간이 소요되고 오염된 지하수 사용시 피해도 있을 수 있다. 따라서 지하수의 오염관리를 위해서는 잠재오염원 등에 대한 철저한 오염 조사 및 관리를 통하여 방지대책을 수립하여야 한다. 이를 위하여 서울시에서는 '96년도에 지하수 기초조사를 실시하였으며, 기초조사에서 작성된 1/25,000 축척의 수문지질도 정보로는 지역적인 지하수 오염관리가 어려운 실정이므로, GIS를 활용하여 체계적으로 지하수 오염을 분석·관리하는 것이 필요하다.

이에 따라 금번연구에서는 서울시 중구 일부지역을 대상으로 질산성질소(NO₃N)에 대한 지하수 오염현황을 분석하여 1/5,000 축척의 지하수 오염예측분석도를 작성하였다. 본연구는 현황자료의 수집, 수문지질단위의 구분, 지하수부존특성의 분석, 지하수 오염거동 분석 등의 과정을 거친후 GIS 기법을 활용하여 지하수오염 현황도 및 예측도를 작성하는 것으로 구성된다. 앞으로 서울시에서는 대축척의 지하수 오염예측분석도를 활용하여 지하수 오염 방지대책 수립이 가능할 것이다.

2. 시험연구지역의 지하수 및 지질 자료분석

2.1 연구지역

서울시 중구 신당동의 일부지역이며, 배경도면(2.2km×2.75km)은 1/5,000 수치지형도가 사용되었으며, 이는 서울시의 1/1,000 수치지형도를 재편집한 것이다.

2.2 지하수 관정현황 자료

시험연구지역의 지하수 관정현황 자료는 '98년 지하수행정업무관리시스템의 두레박자료를 서울시로부터 협조받아 활용하였다. 관정의 위치는 1차로 서울시 편집지적도(1/1,000)과 두레박의 지번자료를 이용하여 위치 레이어 작성한 후, 배경도면인 1/5,000 수치지형도에 이기하였다. 시험연구지역의 현재 지하수 사용 관정수는 117개이며, 총 일사용량은 672 m³/일이다(표 1).

대상지역의 117개 관정중에서 수질검사를 실시한 관정은 모두 19개소이다.

수질검사 결과 모두 생활용수 수질검사기준에 부합하는 것으로 판명이 되었으며, 세부적인 수치는 다양한 분포를 보인다. 검사내용중 생활용수의 오염물질중에서 가장 중요한 질산성질소(NO3N)를 이용하여 오염확산연구가 수행되었다.

〈표1〉 시험연구지역의 지하수 관정현황

관정현황	내역
일사용량	· 100 m ³ /일 이상 : 1개소, 50 ~ 100 m ³ /일 : 4개소, 10~ 50 m ³ /일 : 26개소, 1~ 10 m ³ /일 : 68개소 (총 99개소임. 18개소는 일사용량이 없음)
관정심도	· 0~10m: 24개소, 10~30m: 37개소, 30~70m: 15개소, 70~100m: 24개소, 100m 이상: 18개소
관경	· 20mm 이하: 39개소, 20~30mm: 19개소, 30~40mm: 40개소, 40mm이상: 19개소
케이싱 유무	· 케이싱이 있는 경우가 59개소, 없는 경우가 58개소

2.3 지질현황 및 수문지질단위 구분

시험연구지역 지질의 자료는 서울시지반정보시스템(서울시, 1999)의 시추자료(64공)를 활용하였다. 지질은 중생대 흑운모 화강암으로 대부분 구성되어 있고, 층적층의 발달은 아주 미약한 것으로 나타났다. 따라서 연구지역의 수문지질단위 구분은 화강암의 풍화대심도, 시추코아회수율(RQD), 절리발달상태 등을 고려하여 세분하였다.

수문지질단위 구분을 위하여 지반정보시스템의 각 시추공별 풍화대 두께를 Arc/View에 입력한후 IDW(Inverse Distance Weighting)기법을 활용하여 2m 간격의 풍화대두께 등치선도를 작성하였다. 풍화대 두께값 분포를 Natural Break 법을 이용하여 3등급으로 분류한후 이를 연구지역의 수문지질단위(I: 30m이상, II: 18m~30 m, III: 18m미만)로 정하였다.

3. GIS 및 MODFLOW를 이용한 지하수 오염거동분석 연구

3.1 지하수 안정수위 산출

안정수위는 지하수 오염거동분석의 기초가 되므로 지하수 유동분석을 통하여 이를 구해야 한다. 안정수위란 지하수 물수지가 균형을 이루어 수문순환계가 파괴되지 않고 양수시 영향으로 인하여 지하수 장애를 일으키지 않는 범위내에서 지속적으로 대수층으로부터 양수할 수 있는 상태의 지하수위를 의미한다. 지하

수 유동분석 프로그램은 국내외 지하수 연구기관 및 기업체에서 사용빈도가 높은 MODFLOW를 사용하였다.

격자구성, 수문지질단위, 층구조, 수리전도도, 지형고도, 관정위치, 수문지질단위구분 등에 걸쳐 연구지역의 현황정보를 MODFLOW에 입력하여 얻어진 안정수위의 양상은 지형을 반영하는 형태로 나타났다. 분석된 물수지결과는 I 구역(ZONE 1)이 0.00 m³/일, II구역(ZONE 2)이 +0.01 m³/일, III구역(ZONE 3)이 -0.01 m³/일 등으로 전구역에 걸쳐 균형을 이루었다.

3.2 지하수 오염분석

1) 지하수 오염거동 분석

시험지역의 질산성질소(NO₃N)에 대하여 오염거동 분석을 실시하였다. 오염거동분석은 오염모델링을 통하여 수행이 가능하며, 이것은 오염물질이 시간에 따라 그 농도가 확산되는 양상을 예측하는 것이고, 본연구를 위해서 MT3D 프로그램이 사용되었다.

2) 입력사항

대상지역내의 질산성 질소(NO₃N)의 예상 오염원(두채공장)을 가정하고 농도보정을 위하여 5개 관측정을 선정하여 5년, 10년, 15년 이후의 오염확산 양상을 도출하였다.

〈표2〉 지하수 오염거동분석 입력자료

구 분	입 력항목	내용	비고
유동모델링 기본 조건	안정수위, 격자구성, 대수층 수리특성 등	지하수 유동 모델링의 결과 및 설정과 동일	
오염물질의 거동특성	분산지수	중분산지수 : 0.1, 횡분산지수 : 0.01	'96 기본조사 참고
경계조건	오염원지역	오염유발가능시설을 격자 1개로 설정하고 농도는 5mg/ℓ로 설정	2000년도 오염유발가능 시설 조사결과 참고
정호	관측정	5개	'98 두레박 자료 참고

3) 모델링 결과

5년, 10년, 15년 이후 질산성질소의 오염확산 양상은 가상오염원(두채공장)을 중심으로 약 반경 0.5km 의 범위에서 북쪽으로 확산되는 중요한 오염구역(5~6 mg/ l)이 나타나고 있으며, 15년 경과 후에는 중요오염구역 바깥쪽으로 약 1 km 간격의 0.5mg/ l 농도분포를 보이는 약한 오염확산양상이 관찰된다(그림 1).

3.3 GIS를 이용한 오염확산예측도 작성

MT3D로부터 얻어진 오염분석 최종결과를 Arc/View 상으로 export 하여 지하수 오염확산분석도(그림 1)를 작성하였다. 도면의 구성은 질산성질소 농도선(선 레이어), 가상오염원과 수질검사관정 등(점 레이어)을 수문지질단위, 등고선, 건물, 도로 등의 배경도면과 함께 도시하여 질산성질소 오염농도의 공간적인 분포를 확인할 수 있도록 하였다.

4. 결론

지하수오염의 예방 및 대처를 위해서는 오염의 현황과 예측에 관한 정보가 필수적이라고 할 수 있다. 이를 위해 지하수 현황(지하수 및 지질, 수질 자료) 및 오염현황분석, 오염예측분석을 실시하였으며, GIS 및 지하수 전문분석 모델을 동시에 연계 사용하였다. 최종적으로 작성된 질산성질소의 오염확산예측도는 서울시의 지하수 수질보전정책 수립을 위해 사용될 수 있을 것이다. 본 연구결과 지하수 오염분석을 위해서는 GIS와 지하수 전문분석프로그램의 연계가 필수적이며, 추후 이들을 통합한 시스템개발이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

지하수 오염확산예측도
(질산성질소)

<범례 >

질산성질소 예측농도

0.5 질산성질소농도

● 수질검사관정(관측정)
647 관정번호

■ 오염원

* 농도단위: mg/L

화강암1

화강암2

화강암3

건물

도로

그늘



<그림 1> 연구지역의 지하수 오염확산예측도