

## 지하수 관리를 위한 지리정보시스템 구축에 관한 연구

손주형\*, 안중기\*\*, 정상용\*\*\*

\*농업기반공사 지하수사업처

\*\* 농업기반공사 제주도본부

\*\*\*부경대학교 지구환경과학과

### 1. 서론

지하수는 눈에 보이지 않는 자원이다. 이러한 이유로 관리에 어려운 점이 많이 있다. 개발되는 현황은 언제 관정을 굴착하는지 등을 면밀히 관리하고 감독하여 조절할 수 있지만, 이미 굴착되어진 시설 통해 다양한 원인으로 인한 수질의 변화는 관리에 많은 어려움이 있다.

먼저 지하수 개발에 대한 측면을 보면 지하수는 산간지방 및 농지 등 다양한 곳에서 농업용, 공업용, 생활용, 민방위용 등 다양한 용도로 개발되어 이용하고 있다.

이러한 다양한 용도에 개발이 활발히 이루어지기까지 지하수관정의 관리에 대한 사회 인프라가 구축되어 있지 않은 실정에서, 지하수의 관리를 시작하게 되었고, 이로 인해 기존의 개발된 현황을 파악하는데 많은 어려움을 겪었고, 현재에도 겪고 있는 실정이다. 현실적으로 아직까지 전국적인 지하수 관리시스템의 부재로 인하여 지하수자원의 오염 및 수자원의 감소 등에 적극적으로 대처하지 못하고 있는 실정이다.

현재 이러한 문제점을 해소하기 위해 지하수 관리를 위해 많은 행정관청에서 다양한 방법으로 조사와 관리를 위한 체계를 구축하고 있으나, 각각의 구축되는 방향에 따라 차이가 많이 있고, 경제적인 문제 등으로 인하여 비전문가들이 조사를 수행함으로써 조사 자료의 정확도 및 신뢰도가 떨어지는 자료도 많이 있고, 이러한 자료를 다시 이용함으로써 오는 오류가 지속되고 있다.

그렇지만 다양한 접근을 통한 자료는 GIS를 이용한 자료관리에 이용되고 있다. 그리고 이러한 자료를 재조사하고 항목을 추가함으로써 GIS를 이용한 자료조사, 자료관리, 자료분석 등을 할 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서 사례지역에 대한 지하수에 관련된 항목을 GIS로 구축하여 지하수 관리에 도움을 주도록 시스템 설계 및 자료 구축을 실시하였다.

현재, 여러 시도에서 지하수 및 다양한 GIS시스템을 구축할 때 본 연구의 자료를 참고함으로써 각 특성에 맞는 조사 및 시스템 설계가 가능할 것으로 본다.

### 2. 본론

#### 2.1 지하수 관리 시스템 설계

지하수 관리 시스템의 설계는 우선 지하수에 관련된 자료의 운영 및 분석을 목적으로 설계하였다. 지하수 관리 시스템 설계는 ARC/INFO를 주프로그램으로 위치자료와 관련정보로 이루어졌다.

지하수 관리 시스템 설계는 지하수 자원을 보전하기 위해 필요한 분석도 및 현황도 작성을 기준으로 운영에 필요한 자료 구축 방향 및 설계 방향을 정하였다.

시스템을 설계하기 위해 먼저 기존자료 분석을 실시하였다. 관정자료 및 수치지도 현황 잠재 오염원 관련자료 등 기 구축되었거나, 구축에 필요한 자료의 취득가능유무, 자료 관리 행정기관 유무 및 관계법 검토 등 다양한 자료 수집을 실시하였다.

연구지역인 제주도는 지하수에 관련된 거의 모든 관정의 허가서 및 신고서를 관리가 철저히 이루어지며, 수치지도 및 본 프로젝트 이전에 실시된 프로젝트에서 많은 GIS자료를 구축하고 있어, 시스템 설계는 기존의 자료를 최대한 운영할 수 있도록 설계하였다.

시스템 설계를 설계과정은 그림1과 같다.

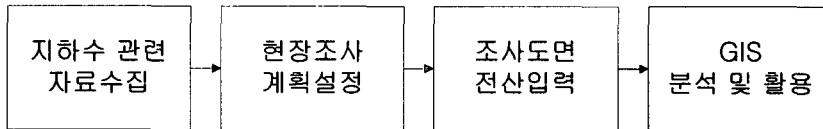


그림 1. 시스템 설계과정

## 2.2 지하수관정자료

지하수 관정에 관한 자료는 지역마다 많은 차이가 있다. 관정자료가 잘 관리된 지역 있기도 하지만, 농촌지역으로 갈수록 층적관정 등이 많이 있어, 관정자료의 취득에 어려움이 많이 있다.

지하수 관정자료는 현재, 두레박(또는 지하수정보 시스템) 및 행정관청에서 보유하고 있는 지하수허가 신고서 및 현재까지 공익근로사업등을 실시하여 지하수 자료를 파악하고 이용하고 있다. 본 연구에서는 사례지역의 모든 관정을 현장조사하여, 위치를 1:5,000 지형도에 정확히 기재하고, 관정에 관한 자료를 취득하였다.

지하수관정 조사는 지하수 조사업무에 2년 이상 종사한 사람을 기준으로 이루어졌다. 조사원에 대한 교육 및 상호 조사에 대한 결과에 대한 회의를 정기적으로 실시하여 조사의 정확도를 높였다. 지하수 관정 조사에서는 지형도 상에 나타나지 않은 도로 신설지역 및 지형지물의 없는 산간지역의 위치 정보에 대한 획득이 가장 문제가 많았고, 좁은 지역에 다수의 관정을 개발 이용하고 있는 곳에서는 그 관정의 정확한 소재 및 이력사항 파악에 어려움이 있었다.

위치의 파악이 어려운 곳에서는 지적도 조사 및 현장 재조사를 실시함으로써 보다 높은 자료의 신뢰성을 획득하였다.

지하수관정의 위치의 파악이 힘든 지역이나 정확한 위치 또는 표고 정보가 필요한 관정에 대해 GPS측정을 실시하였다. GPS측량은 Thimber4000SSi 3set를 이용하여 측량하였다. GPS측량은 350지점에서 이루어졌으며, GPS 측정결과와 현장조사원이 조사한 X,Y좌표 오차를 분석

지하수 관리를 위한 지리정보시스템 구축에 관한 연구

하였다. GPS와 현장조사원의 오차 평균은 26.5m 이었고, 중앙값은 9.92m를 나타냈다.

오차분석을 통하여 조사원들이 쉽게 오류를 취할 수 있는 원인을 분석하여, 현장조사에서 획득이 어려웠던 정확한 위치자료를 획득하였다.

오차 값이 발생하는 주요인은 대부분 특징적인 지형지물이 없는 산간지역에서 발생하였고, 지형도에 표시되지 않은 신설 도로가 있는 지역에서 조사원이 신도로를 구도로로 오인하여 기재한 결과가 주를 차지하였다. 표1과 그림2는 오차에 대한 결과값이다.

표 1. 오차분석

구분	공수
0~25m	279
25~50m	41
50~75m	13
75~100m	9
100~150m	5
150~200m	5
200~300m	5
300~400m	1
400~500m	1
500~600m	1
합계	360
평균	26.5m
중앙값	9.92m

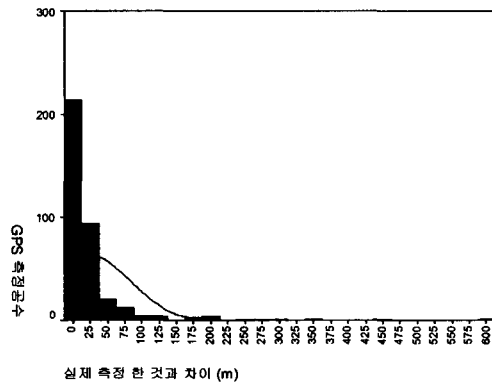


그림 2. GPS와 조사원의 오차 히스토그램

지하수 관정의 정확한 정보를 획득하기 위해 조사원이 직접 관정을 방문하여 관정현황을 촬영하고, 부대시설유무, 전기사용량 등 다양한 정보를 획득하였다. 획득한 약 45개의 항목은 다음과 같다. 관정에 대한 조사는 경험이 많은 조사원이라도 지하수관정의 개발년도에 따라 얻을 수 있는 정보의 양이 차이를 보였다. 그 이유로는 지하수법이 시행되기 이전의 관정 및 오래된 관정들은 부대시설 미설치 및 관리 소홀이 이루어지기 때문이었다.

■ 지하수 조사항목

허가번호, 도엽번호, X좌표, Y좌표, 구역, 시군, 읍면동, 리, 번지, 상호, 성명, 전화번호, 소유자주소, 허가일자, 개발일자, 수원, 구분, 용도, 세부용도, 이용목적, 표고, 관정심도, 정호구경, 동력, 펌프설치심도, 토출직경, 자연수위, 안정수위, 양수능력, 일이용량, 년이용량, 누계이용량, 유량계번호, 유량계유무, 상부보호공유무, 덮개유무, 출수장치 유무, 수위측정관 유무, 이용대상, 현장조사 EC, 현장조사TDS, 현장조사 수온, 측정시간, 조사일자, 시공회사, 비고

2.3 지하수 잠재오염원에 관한 자료

지하수 잠재오염원에 관한 자료를 구축하기 위해, 실질적인 조사보다는 많은 문헌 조사를 실시하여 조사 방향을 결정하였다.

지하수 잠재오염을 구축하기 위해 가장 먼저 선행되어야 자료는 인간의 활동에 의해 이루어지는 모든 현상은 지하수의 잠재오염을 유발할 수 있어 어느 한계까지 지하수 잠재오염으로 규정하는 것이다.

본 연구에서는 지하수 관리를 위한 GIS구축이었으므로, 결정 기준을 지하수에 직접적인 위해가 있는 것으로 결정하여 조사방향을 정하였다. 잠재오염원은 점오염원 9종, 비점오염원 1종으로 구분하였다(표2).

잠재오염원에 관한 자료는 시군 행정기관에서 비슷한 종류를 부서에 따라 다양한 형태로 관리되고 있다. 이는 각 행정부서 마다 관리하는 항목이 차이가 있기 때문이다. 그리고 대규모의 공장을 보면 여러 가지의 잠재오염원을 복합적으로 가지고 있는 경우가 있다. 그 이유로는 한 지점(또는 오염원)에 관련된 오염물질 저장능력 및 오염원의 성격에 따라 여러 오염원을 동반적으로 수반되어 있는 경우는 각 법마다 관리 규정을 달리하고 있다. 오염시설별로 관련된 법률 특성을 파악하여, 같은 잠재오염원이라도 어느 법에서 관리하고, 어느 행정부서에서 자료를 취하느냐에 따라 자료의 획득에 관한 많은 차이를 보임을 알 수 있었다.

표 2. 축한 잠재오염원의 종류

점오염원	지정폐기물 관련시설, 산업폐수배출시설, 지하저장탱크시설, 토양오염유발시설, 축산폐수배출시설, 오수화시설, 쓰레기 매립장, 분뇨종말처리시설, 폐수종말처리시설, 하수종말처리시설
비점오염원	농약.비료 밀집 사용지역

2.4 수질자료 조사

요즘에는 지하수 물량 관리보다는 수질에 관한 관리에 중점을 두고 있는 추세이다. 여러기관에서 장기적으로 수위관측 및 수질을 관측함으로써 수량 및 수질의 시간적 변동에 대한 정보를 축적하고 있다. 본 연구는 많은 지역의 수질성적서를 최대한 확보하기 위해 수질성적서를 확보하고 있는 지하수개발업체, 영향조사서 작성업체, 행정기관 등에서 수질성적서를 확보하였다. 수질성적서는 자체 분석 결과등 다양한 결과가 있었으나 최대한 국가공인 기관에서 분석한 자료를 중심으로 자료를 구축하였다. 수질자료 분석은 정기적으로 분석을 하는 지하수 관정에서는 많은 자료가 구축되어져 있는 반면 개발된지가 오래 되었고 관리자가 명확하지 않은 관정 등에서는 수질자료를 획득이 어려운 곳이 있었다. 이러한 원인으로 지역에 따라 수질분석결과 자료가 차이가 큼을 알 수 있다.

2.5 기타 지하수 관련 조사

지하수 관리를 위한 지리정보시스템 구축에 관한 연구

지하수에 관련있는 다양한 인자를 조사하였다. 먼저 지하수의 부존형태를 조사한 자료를 지하수 관리 시스템에서 운영가능한 GIS자료로 변환하였고, 신뢰되는 기관에서 양수시험자료를 이용하여 지하수 투수계수를 산출하여 투수계수의 분포를 파악함으로써 지하수의 특성을 파악할 수 있도록 하였다. 지하수 유입에 큰 영향을 주는 투수성 지질구조(하천, 동굴 등)을 조사함으로써 지하수에 영향을 있는 인자를 파악하였다. 그 외에도 기존에 여러 기관에서 작성된 수위등고선 자료 및 기존에 GIS자료로 구축되어져 있는 수역도, 토양도, 토지이용현황도, 국토이용계획도, 초지조성지구, 농업진흥지역도, 농공단지 위치도, 국립공원, 군립공원, 상수원보호구역, 문화재보호구역, 온천지구, 관광지구 및 도로망도를 연계하여 지하수 분석이 이용시설 및 다양한 분석이 가능하도록 자료 구축 및 조사를 실시하였다.

2.6 프로그램 작성

프로그램 작성은 지하수관리가 용이하도록 작성하였다. 프로그램은 구성도는 그림4와 같다. 프로그램은 각종 지형도 및 주제도 등을 선택하여 지하수관련 인자를 중첩함으로써 도면제작 및 분석이 가능토록 작성하였고, 컴퓨터 상에서 조회업무를 포함하여 지하수 관련 업무를 볼 때 편의성을 높였고, 자료 추가 갱신이 용이하도록 구성하여 관공서에서 편리하게 지속적으로 관리할 수 있도록 하였다.

각종 주제도 및 분석도의 항목은 표3과 같다.

표 3. 지하수 관리시스템의 주제도 및 분석도

구 분		주 제 도 및 분 석 도
주 제 도	지하수관정	지하수관정위치도, 이용목적별관정위치도, 관정밀도분석도, 양수능력분포도, 이용량분포도, 지하수관정개발심도분포도
	투수성지질구조	투수성지질구조 분포도, 습곡분포도
	잠재오염원	잠재오염원분포도, 잠재오염원유형별분포도, 잠재오염원별 오폐수배출규모 분포도
	수질자료	수질조사대상관정위치도, 염소이온농도분포도, 질산성질소분포도, 중탄산이온분포도, 총고형물질 함량 분포도, 잠재오염원 위치와 질산성 질소분포도
	지하수부존특성	지하수위등고선도, 지하수부존도, 지질주상도
	지하수보전 관리계획	지하수자원보전등급도, 지하수자원특별관리구역
	기타	기상·수문 관측소 위치도, 수역구분도
분 석 도	잠재오염원	BOD, COD, SS, T-N, T-P단위밀도 분포도
	지하수수질	주요성분 Diagram 분포도, 수질변화분석 그래프
	지질자료	지하지질단면도 작성

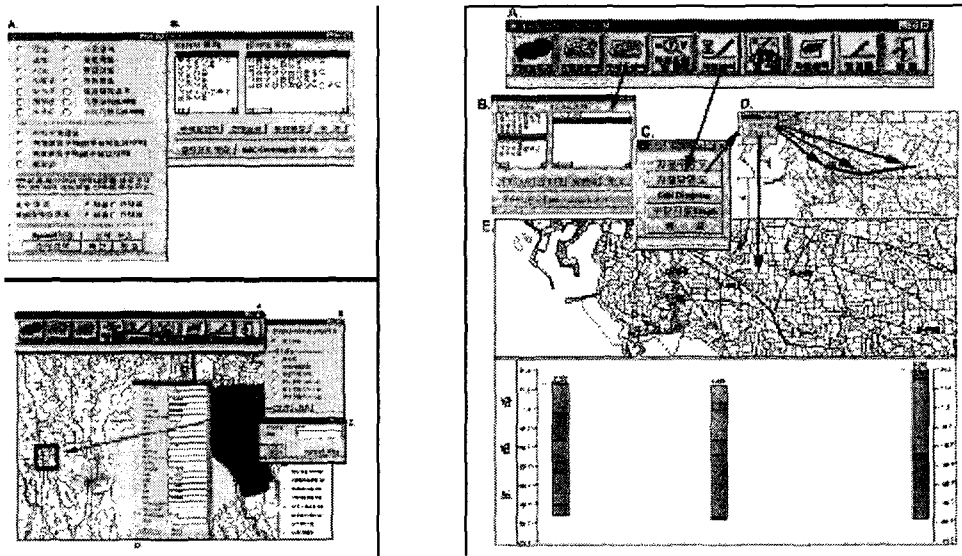


그림 25 프로그램 화면

### 3. 결론

본 연구는 지하수 관리시스템을 구축을 위한 시도에서 발생하였던 다양한 조사 방법 및 조사 방법의 결정 방향 등에 대해 제시하였다. 조사는 기존자료의 조사를 충실히 수행함으로써 경제적 및 시간적인 노력을 절약하도록 하였고, 전체 지하수 관정에 대해 현장조사를 실시함으로써 자료의 신뢰성을 높였고, 지하수와 관련이 깊은 10개의 잠재오염원을 선정하여 관련행정기관에서 자료 취득 및 현장 조사를 통한 위치확인을 실시하였다. 수질 및 기타 지하수 관련 인자를 분석 및 연구함으로써 충실한 조사에 따른 다양한 분석이 가능한 관리시스템을 구축하였다.

이러한 지하수 관련 GIS시스템 구축을 통하여 다양한 분석 및 지하수 정책결정을 위한 지하수자원 보전관리구역 및 지하수자원특별관리구역에 기본자료를 제공할 수 있는 기본자료로 이용할 수 있을 것이다.

지하수의 자원을 정책적으로 보다 잘 활용하기 위해서는 GIS전문가와 지하수 전문가들이 연구에 동시에 참여하여 신뢰성 있는 자료 구축 및 GIS시스템 설계 및 프로그램 구축을 통한 시도가 다양하게 이루어져야 될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- 김만규, 2001, GIS를 이용한 지하수개발설계지원 시스템, 한국GIS학회지
- 농어촌진흥공사, 1999, 제주도 지하수관리계획을 위한 GIS구축사업 개발보고서
- 제주도, 2000, 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서