

# GIS를 이용한 지하수관리시스템 개발 연구 (관정분석 프로그램, 지하수모델링 연계프로그램)

Development study of ground water management system making use of GIS  
( Well analysis program, connection program of ground water modeling )

이 병 호	농업기반공사 지하수사업처
김 양 빈	농업기반공사 지하수사업처
설 민 구	농업기반공사 지하수사업처
송 양 권	농업기반공사 지하수사업처
송 무 영	충남대학교 지질학과

## 요 약 / ABSTRACT

지하수개발 기술의 발전과 생활여건 개선으로 지하수의 사용이 증가되면서 지하수에 대한 관리상 어려움과 여러 문제점들이 발생하고 있다. 지하수관리체계의 부실, 관리 인원의 부족, 무분별한 개발 등으로 지하수 오염 및 수량부족 현상이 가중되고 있고, 또한 지하수관정의 관리가 어려워 지역적인 과잉개발이나 폐공이 방치되는 현상이 나타나고 있다.

본 논문은 GIS를 이용한 지하수관리의 시스템구축 모델을 제시하고, 지하수관리시스템에 필요한 분석기능 및 지하수관리 방법을 구현하여 효율적인 지하수관리가 이루어질 수 있도록 하는데 목적이 있다. 지하수개발의 위치정보를 기록하고 개발자료와 현장조사자료 등의 여러 자료를 D/B화 하였다. 또한 위성영상을 이용한 선구조 분석 자료와 수리시험 자료, 수질조사 자료 등을 활용하여 지역별 특성 값을 주제로로 작성하였고, 이러한 자료들을 활용하여 지하수 모델링 기초자료를 자동 생성할 수 있도록 하였다.

신규 지하수개발 위치에 대하여 주변의 지하수개발현황 및 오염원 현황, 선구조의 발달, 오염취약성도(DRASTIC), 수질조사 등의 자료를 손쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다. 지하수관리시스템은 이러한 기능들을 이용하여 지하수개발 적지선정이 가능하다.

Ground water development skill growth and life circumstances improvement increase ground water use. So managerial difficulties and various problems about ground water occur. Poor ground water management organization, lack of management person, thoughtless development add ground water pollution and lack of water volume. And local excessive developments or abandoned well occur.

This paper presents ground water management system model making use of GIS and helps effective management by realizing necessary analysis functions in ground water

management system and ground management methods.

Local information of ground water recorded and development data, site examination data made D/B. And linearment analysis data making use of a satellite image data, hydraulic test data, the quality of water examination data, these local characteristic values made out thematic maps and making use of these data can form elementary data of ground water modeling.

It makes easy to understand environmental development conditions and pollution source conditions about new ground water development location, linearment growth, DRASTIC, the quality of water examination. Ground water management system making use of these functions can choose right location of ground water.

## 서론

지하수 이용량의 급증 및 오염의 확산 등으로 인한 지하수 장애를 예방하기 위하여 지하수 최적관리 시스템 구축이 필요하다. 특히 상·하수도의 보급이 미흡하여 지하수 의존도가 높고, 잠재오염원(농약, 비료, 축사분뇨)의 확산이 우려되는 농촌지역에 대하여 지하수 보전·관리를 위한 지하수 자원 최적관리사업의 시행이 시급하다.

기존 지하수관련 자료들이 문서화되어있어 자료의 비영구적인 보관상의 문제점을 해결하고 수십년간 축적된 지하수관련 자료의 전산화를 통하여 지하수 자원의 최적 관리와 지속가능한 개발 이용이 가능할 것이며, 또한 향후 적용되는 각종 사업에 참고가 가능한 기틀을 마련하는 것이다. 지하수에 관한 체계적인 관리를 위해 관리시스템을 개발하고 지하수 인허가와 지하수 적지개발, 지하수 장애의 예방, 지하수자료의 관리 등의 지하수관리를 할 수 있도록 시스템을 구축하였다.

## 지하수관리시스템 개요

### 1. 시스템 구성

농촌지하수 보전·관리시스템은 지하수관리에 필요한 부수적인 여러 프로그램들이 포함되어 있다. 크게 나누어 행정기관에서 사용하는 지하수 인허가·행정관리, 지하수영향권 분석, 지하수 실적관리, 지역통계분석, 오염분석 프로그램 등이 있으며, 지하수 전문가가 사용하는 지하수 수질분석, 지하수모델링연계, 관측정 모니터링, 주제도 분석·생성 등의 프로그램으로 구성되어 있다(그림 1).

### 2. DB내용 및 구성

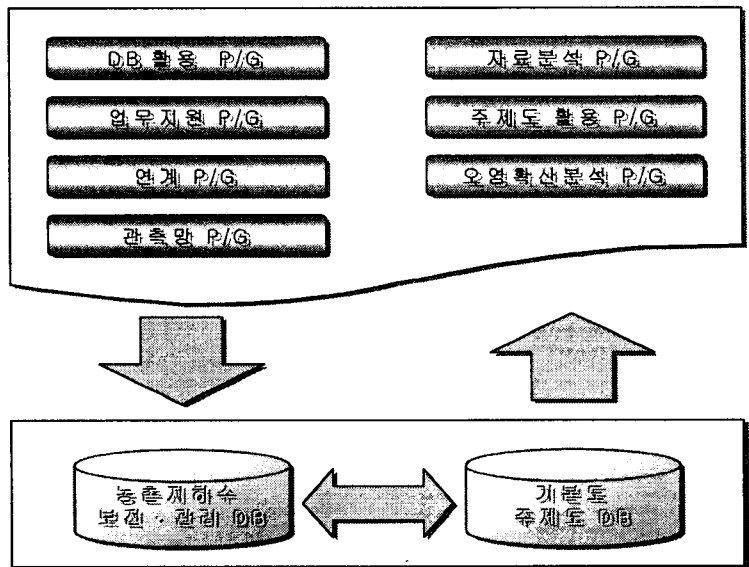
시스템의 DB는 지하수 관련자료의 종합적인 관리를 목적으로 지하수 관련자료와 현장조

사자료, 각종 보고서자료, 수문자료, 오염원자료 등 지하수 보전관리에 필요한 모든 자료를 DB화 하였다.

### 3. 시스템내 분석프로그램

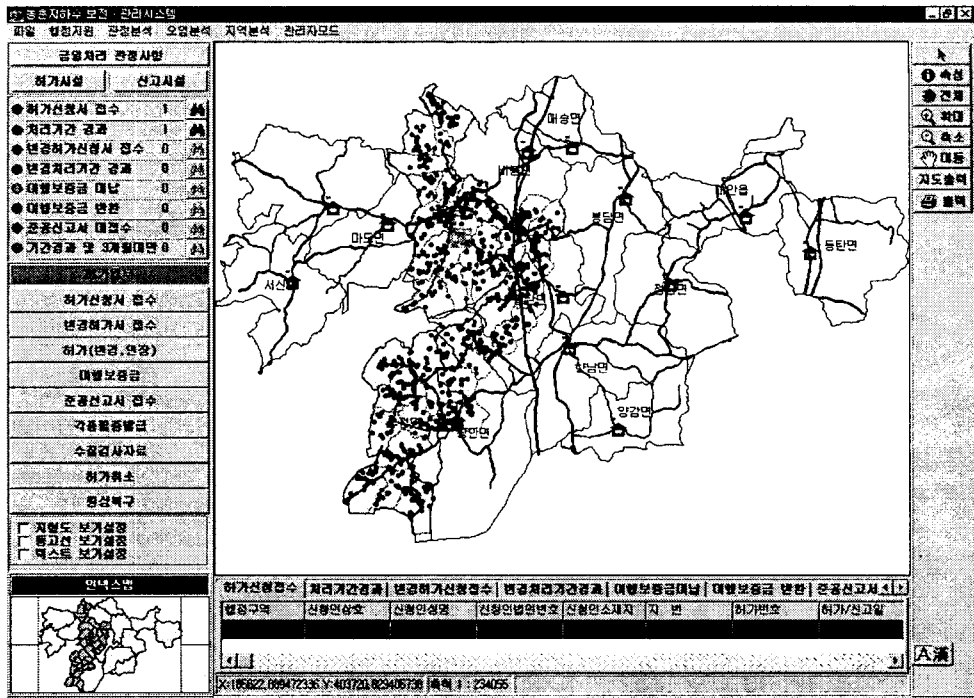
농촌지하수 보전관리시스템의 주메뉴는 행정지원, 관정분석, 오염분석, 지역분석, 관리자모드로 구성되어있다. 그림 2는 초기실행화면과 시스템 메뉴 구성도이다.

행정지원 메뉴는 행정기관에서 지하수 인허가 및 지하수 자료를 관리하기 위한 것이며, 관정분석 메뉴는 개별관정의 위치 검색 및 포획구간 분석등의 기능을 제공된다. 오염분석은 오염원 자료, 간이수질자료 및 수질검사자료 등을 이용하여 분석한 결과를 나타내며, 지역분석은 지역적인 통계자료를 나타내고, 관리자모드는 지하수 전문가가 지하수의 분석기능을 사용할 때 이용하는 메뉴이다.



<그림 1> 시스템 구성 체계도

농촌지하수관리시스템				
행정지원	관정분석	오염분석	지역분석	관리자모드



<그림 2> 초기실행화면 및 메뉴구성도

## 관정분석 프로그램

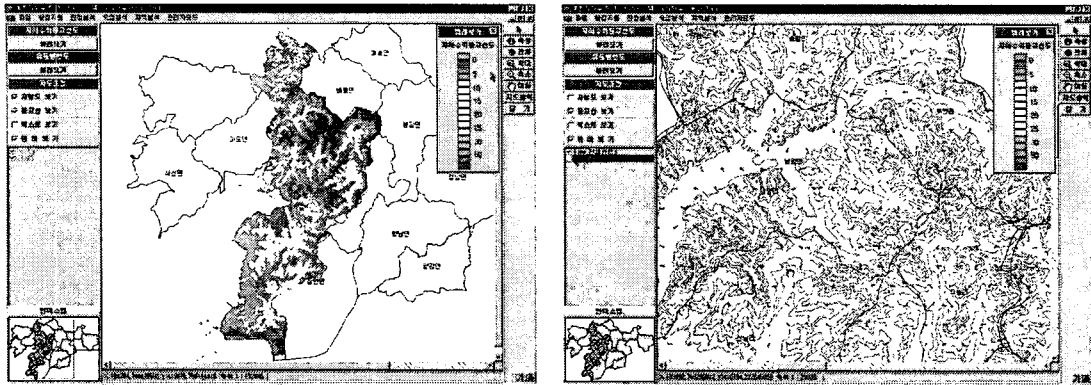
### 1. 관정위치도

DB의 X, Y 좌표에서 관정의 위치가 자동으로 생성되도록 구축되어 있으며 새로 생성된 관정 및 기존의 관정에 대해 각종 검색 조건을 이용하여 관정의 위치를 색상별로 표시하도록 구축되어 있으며 또한 각 관정에 대한 정보를 확인함으로써 관정 이미지, 관정에 관련된 시추주상도, 양수시험 이미지등을 검색할 수 있도록 구축하였다.

### 2. 지하수위 등고선도

기설관정 및 신설된 관정에 대한 지하수위 자료를 입력하면 그 자료를 이용하여 지하수위 등고선을 그리게 된다. 지형도에서 추출한 DEM 자료와 지하수위 자료는 그리드 분석을 통해 XY가 100m인 셀로 작성되며 Interpolation을 이용하여 셀값을 산출한다. 이러한 셀값을 이용하여 표고값과 수위값을 계산하여 수위등고선을 자동으로 그릴수 있도록 프로그램이 설계되어 있다.

주기적인 등고선도를 색상별로 표시함으로써 지하수위의 분석이 가능하도록 설계되었다 (그림 3).



<그림 3> 지하수위 등고선도, 지하수 유동방향도

### 3. 지하수 유동방향도

지하수 유동방향도는 그림 3에서와 같이 작성된 지하수위 등고선도의 수위차를 이용하여 지하수 유동 방향을 표시할 수 있으며 모든 셀에 방향을 표시할 경우 복잡성을 고려하여 임의의 간격으로 표시할 수 있도록 하였다. 이와 같이 방법을 통해 시스템을 이용하여 지하수의 흐름을 분석할 수 있다.

### 4. 가상관정 포획구간도

가상관정 포획구간도는 신규 지하수 관정 접수시 해당 지역에 지하수개발 입지조건 분석이 가능하도록 작성된 프로그램이다. 이 프로그램을 이용하면 해당지역의 신규 관정입지조건에 대하여 판단할 수 있는 근거를 제시할 수 있다. 영향권 반경은 다음과 같은 공식에 의해 주어진 공식에 의해 반경이 산출되어진다. 또한 평균 값을 이용하여 영향권 반경을 구할 수도 있다.

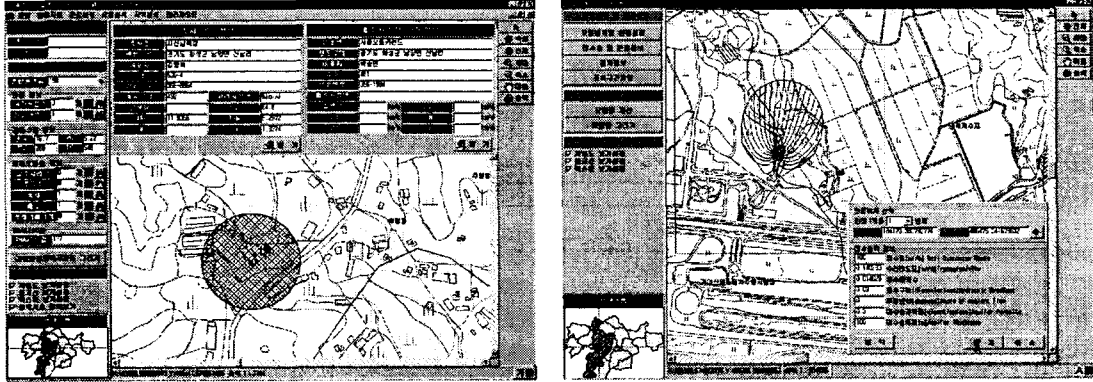
• Shultz 공식	• Weber 공식	• Jacob 공식
$R = \sqrt{6bKt/\lambda}$	$R = 3\sqrt{bKt/\lambda}$	$R = \sqrt{(2.25Tt/S)}$

영향권 반경을 산출하기 위한 수리상수는 현장조사통해 얻어진 자료와 기존 조사실적 자료를 이용하여 계산된 값이며 지역별로 차등화된 값을 입력하였다. 또한 영향권 범위산정시에 양수시간은 지하수법에 명시된 2,880분을 통상 사용하나 임의의 시간을 입력하여도 무방하다.

공식에 의해 산출된 반경안에 DRASTIC, 오염원현황, 신고허가관정현황을 산출, 주변관정의 EC, TDS, 온도, pH 등의 자료를 검색함으로써 지하수개발이 적정한 지역인지 판단할 수 있도록 구축되어있다.

그림 4에서와 같이 영향권 범위, 신고·허가관정, 간이수질결과, 잠재오염원 등의 개소수는 화면 좌측에 나타나며 또한 위치도도 Point로 원안에 표시된다.

원안에 표시된 각각의 Point 객체를 선택하면 해당 객체의 간략한 정보가 나타나게 된다. 이를 이용하면 신규관정 주변의 현황을 종합적으로 파악할 수 있는 장점이 있다.



<그림 4> 가상관정 포획구간도, 관정포획구간도(WHPA)

## 5. 관정포획구간도(WHPA)

가상관정 포획구간도에서는 임의의 지역에 대하여 그 지역의 수리상수 값을 이용하여 영향권 반경을 구하는 반면, 관정포획구간도는 실제의 양수시험 결과 얻어진 자료를 이용하여 영향권 범위를 산정할 수도 있다. 따라서 보다 현실에 가까운 영향권 검토를 할수 있는 것이다.

그림 4은 WHPA를 이용한 관정포획구간도를 그리는 프로그램은 나타낸 것이다. WHPA 입력 인자는 양수량, 투수량계수, 동수구배, 유동방향, 저류계수, 유효공극률, 대수층 두께 등이 있으며 양수량과 대수층 두께는 사용자로부터 입력을 받으며 나머지는 지역값을 가지고 있다.

가상관정 포획구간도와 마찬가지로 입력자료의 대부분은 지역값으로 입력되어 있으며 입력된 자료를 이용하여 영향권 검토를 하거나 실제 자료를 입력하여 영향권을 검토할 수도 있다.

## 오염분석 프로그램

### 1. 잠재오염원 분포도

조사된 오염원의 위치 표현과 동시에 각종오염원의 정보를 표현해주며 오염원별 BOD, TN, TP, SS, CL값을 폴리곤 처리함으로써 주제도간의 중첩시 투명성이 유지하도록 구축되었다.

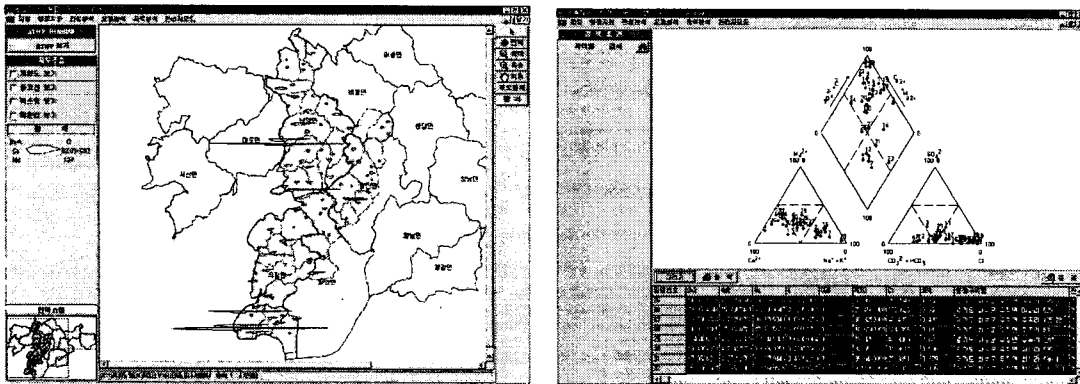
### 2. Stiff Diagram

Stiff Diagram은 도표의 중앙선을 중심으로 왼쪽은 양이온 중에서 K, Na, Mg, Ca 의 이

온농도를, 오른쪽은 음이온 중에서 주 음이온인 Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>의 농도를 일종의 모형으로 나타내어 작성한 것이다. 지하수조사에 있어서 각 시표채취지점의 수질분석 결과를 이러한 스텝 모형다이어그램으로 도식화 하면, 동일기원의 지하수는 같은 형태의 모양을 나타내므로 유용하게 사용할 수 있다. 이온들 값을 이용하여 관정을 중심으로 표현하고 현장 조사 D/B에 자료추가시 자동적으로 그래프가 그려지게 되어있다(그림 5).

### 3. Piper Diagram

Piper Diagram은 하단에 두 개 삼각형 중 왼쪽은 주 양이온인 K, Na, Mg, Ca의 농도 (eqm)를 백분율로 환산하여 도시하고 오른쪽 삼각형에는 주 음이온인 Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub> 이온의 농도(epm)를 역시 백분율로 환산하여 도시한다. 양이온과 음이온이 도시된 점을 상부에 있는 다이아몬드형 그래프에 도시하여 지하수의 유형분석과 진화 및 혼합작용을 분석하는데 이용한다(그림 5).



<그림 5> STIFF DIAGRAM, PIPER DIAGRAM

## 지역분석 프로그램

### 1. 지역, 유역별 수량/수질 분포도

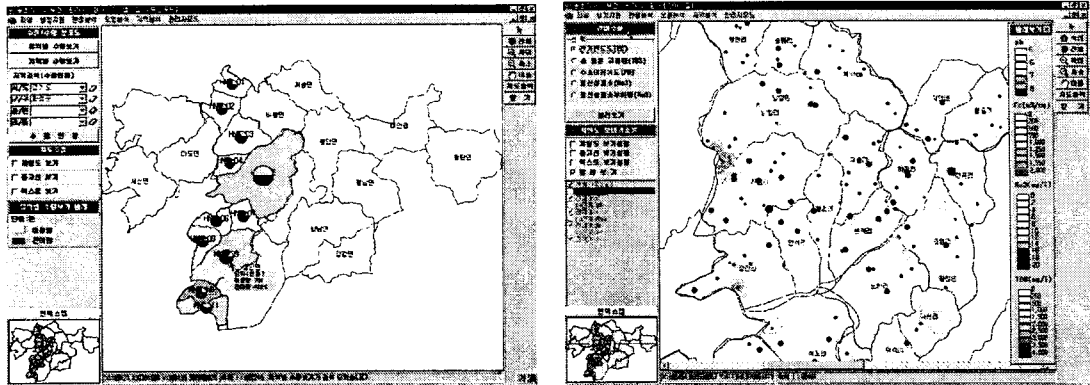
각 유역에 대한 수량 및 수질을 관정DB에서 값을 추출하여 그래프로 표현한다.

행정구역이나 유역내의 수량을 부존량, 개발량, 잔여량 등으로 표시하여 지하수 이용관리에 활용할 수 있도록 가시화 하였고, 신규관정이 추가하거나 소멸될 때 지하수 이용량의 증가, 감소가 나타남으로 이용관리가 가능하다(그림 6).

### 2. 간이수질

지하수 수질자료를 이용하여 행정구역별, 소유역별 지하수 수질오염 정도를 EC, TDS, T, NO<sub>3</sub>의 값들을 이용하여 취약지역을 표현한다(그림 6). 이를 이용하면 지역별 수질에

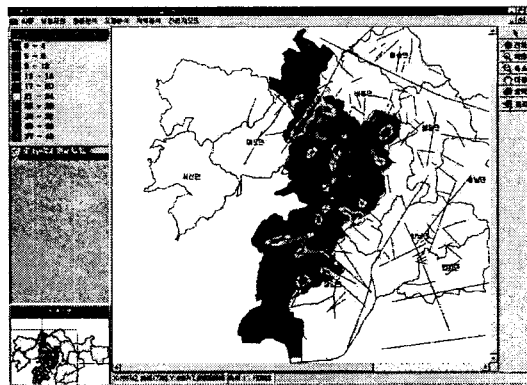
대한 판단 근거를 제시할 수 있으며 지하수 이용관리나 수질오염 관리가 가능하다.



<그림 6> 지역별 수량 분포도, 간이수질

### 3. 선구조도/선구조밀도도

위성영상자료(SPOT, Landsat TM), DEM, 지질도에서 선구조를 추출하고 이를 이용하여 전산선구조도를 작성하였다. 선구조도는 선구조 빈도수에도 영향이 있지만 선구조의 규모에 따른 영향이 크게 나타남으로 길이에 따른 선구조의 등급을 선정하였다. 5Km이하, 10Km이하, 10Km이상으로하는 3개 등급으로 구분하여 각각 가중치를 부여하였다. 이러한 선구조 자료를 이용하여 선구조밀도도를 구축하였다.(그림 7).



<그림 7> 선구조도/선구조밀도도

## 지하수모델링 연계프로그램

### 1. 지하수 모델링의 목적

지하수모델링의 목적은 수집가능한 과거와 현재의 모든 관련 자료들을 이론적인 지배식과 결합시켜 현재의 지하수관련현상을 분석하고, 과거의 지하수 관련 현상을 재현하며, 미래에 일어날 수 있는 변화를 예측하는데 있다.

지하수 모델링을 활용할 수 있는 분야를 정리하면 다음과 같다.



- 지하수 자원의 최적관리 : 최적 채수량 결정, 지하수 보호구역 결정
- Case Study를 통해 지하수환경에 미치는 영향을 검토 : 광역 지하수 흐름계에 댐을 설치했을 때의 영향, 배수시설(지하철, well point) 사고시 발생 가능 영향 분석
- 정화시스템 최적 정화방안 선정과 설계
- 환경위해분석 : 최적 채수량의 결정, 수용체 소재 지점에서 오염물질의 농도 예측

## 2. MODFLOW의 실행방법과 입력패키지

MODFLOW는 다공질포화매체 내에서 지하수흐름을 모사하기 위해서 개발된 프로그램으로 이들 다공질매체 내에서 유동하는 유체는 온도와 밀도가 항상 일정한 것으로 가정하고 있다. MODFLOW는 주프로그램과 모듈이라고 부르는 서로 독립된 많은 수의 부속프로그래밍으로 구성되어 있다. 포트란으로 만들어진 MODFLOW는 이들 부속프로그램을 옵션으로 지정하여 해당 유닛을 통해 파일을 읽어들인다. 패키지는 필수 패키지인 BAS 패키지 외에 내부유동항을 수식화하는 BCF 패키지를 포함하는 유동성분패키지와 해법패키지(SIP, SOR, PCG, WHS)로 구분된다.

RIV, DRN, WEL 패키지 등의 유동성분패키지들은 정해진 유닛 별로 읽어들여져서 연산을 위한 각 변수에 할당된다. 주프로그램은 각 변수들은 내부적으로 수식화하여 유한차분법을 통해 해를 구한다.

Visual MODFLOW의 경우에는 연산을 수행하는 MODFLOW 외에 전,후처리를 사용하여 사용자 편의성을 증대시켰다. 따라서 Visual MODFLOW를 통해 입력자료를 구성할 수 있고, 연산후에는 결과를 디스플레이 할 수 있다

## 3. 지하수모델링 전문프로그램 연계 (Visual MODFLOW 입력패키지 생성)

전문연계프로그램은 현장조사를 통해 이미 구축된 구역의 데이터를 이용하여 사용자(관리자)가 MODFLOW를 통해 지하수흐름을 계산하기 위한 입력패키지들을 자동으로 생성하는데 그 목적이 있다. 3차원 지하수모델을 구성하기 위해서는 많은 노력과 시간을 투자해야 하고, 부정확한 데이터를 입력할 경우, 현실과 동떨어진 해석결과가 도출되므로 이로 인해 문제점이 야기될 수 있다. 전문연계프로그램은 사용자의 많은 반복작업을 줄여주므로 지하수유동해석을 위한 시간과 자원을 아낄 수 있다.

<표 1> 주요 패키지들 (유동성분패키지)

패키지명	약자	설명
Basic	BAS	- MODFLOW모델의 가장기본이 되는 패키지 - 입력사항:사용할 주읍선, 유역경계를 층/행/열로 입력, 초기수두, 모사일수
Block Centered Flow	BCF	- 주변 셀 사이의 지하수유동률을 결정하기 위해 유한 차분식의 전도계수를 계산하며, 원래 포화대 내에 저류되어 있던 지하수의 유출입률(유동율)을 결정하는 항을 계산 - 입력사항 : 투수량계수(=수리전도도*포화두께), 바닥면표고, 수직수리전도도,저류계수
Well	WEL	- 대수층으로부터 특정비율로 지하수를 채수하든가 주입하는 우물 또는 기타채수시설을 모사 - 입력내용 : 우물의 양수량
Recharge	RCH	- 대수층의 면함양(Areal recharge)을 모사. 대부분의 면함양은 지하수계로 침투하는 강수에 의해 발생한다. - 입력내용 : 셀당 함양량
River	RIV	- 지표수계와 인접한 지하수계 사이의 흐름영향과 특성을 모사 - 입력내용:하천 수위, 유출량, 하천바닥 고도값
Drain	DRN	- 대수층에서 배수되는 양이 대수층의 수두와 고정수두와의 차에 비례하는 농업용 배수로와 같은 영향을 모사하기 위하여 사용 - 입력내용 : 배수로가 있는 레이어 및 그리드의 행/열, 배수로의 표고, 전도계수(수리전도도)
Evapotranspiration	EVT	- 포화대수층으로부터 지하수가 대기로 직접 증발하거나 식물에 의해 증산되는 현상을 모사 - 입력내용 : ET의 표면표고,최대증발산율,고엽심도
General Head Boundary	GHB	- 유한차분식에 일반수두경계항 추가 - 입력내용 : 셀의 수두, 셀의 전도계수

가. 가정사항

- 연직방향 층(layer)은 2개로 구분된다.
- 셀간격은 가로방향 등간격으로, 세로방향 등간격으로 나뉜다.
- 같은 셀 내에는 WEL, RIV, DRN 패키지 데이터가 중복되어 입력될 수 없다.

나. 프로그램 흐름설명

사용자는 우선 해석하고자 하는 유역을 선택하고, 제공되는 전처리기를 통해 유효 셀을 선택한다. 다음으로 강, 드레인, General Head Boundary 영역을 선택하고 해당정보를 입력하면, 패키지 생성에 기초가 되는 파일이 만들어진다. 패키지생성프로그램에서는 이 기초파일을 불러들이고, 해석 옵션을 사용자입력으로 받은 후, 연산이 수행되면서 BAS, BCF, WEL, RIV, DRN, GHB, RCH 패키지가 자동으로 생성된다.

#### 다. Package 파일생성

농촌지하수관리시스템의 D/B자료 및 각종 주제도, 기본도의 자료를 활용하여 지하수모델링에 필요한 입력자료를 GRID 형태로 Package 파일이 가지는 고유의 자료형태로 변환시켜 지하수모델링 프로그램에서 사용할수 있도록 한다.

- BAS Package : 모사지역을 선택하면 해당되는 영역에 격자망을 형성하고 영역의 안쪽은 Active Cell(1), 영역 밖은 InActive Cell(0)로 정의하고 각셀에 값이 저장된다. 또한 수위등고선값을 이용하여 GRID값을 생성하고 각셀에 해당되는 초기수두 값을 추출하여 값을 기록한다.
- BCF Package : 수리상수주제도, 지질도 등을 이용하여 GRID값을 생성하고 투수계수, 저류계수, 전도특성 자료를 추출한다. 지형주제도와 층적층주제도를 이용하여 GRID를 생성하고 각 셀에 층의 BOT, TOP를 추출 기록한다.
- WEL Package : 관정자료를 이용하여 각셀에 층구분, 양수량, 심도, 표고 등의 값을 기록한다.
- DRN, RIV, GHB Package : Drain을 작도한 해당셀의 층구분, 표고 값을 추출하고 유입유출에 대한 자료는 입력을 받아 생성한다.

### 4. Visual MODFLOW 프로그램의 적용

#### 가. 모사지역의 정의

농촌지하수 보전관리시스템에 포함되어 있는 연계프로그램 항목을 이용하여 모사할 지역의 조사 입력되어있는 자료를 활용하여 지하수 모델링의 입력자료를 생성한다.

지하수모델링 연계프로그램을 사용하여 지하수모델링을 실시할 작업과정은 그림 3.9.1과 같이 소유역을 선정하고 범위설정 버튼을 클릭하면 그림 3.9.2면 해당 모사지역에 격자망이 자동생성된다(그림 8).

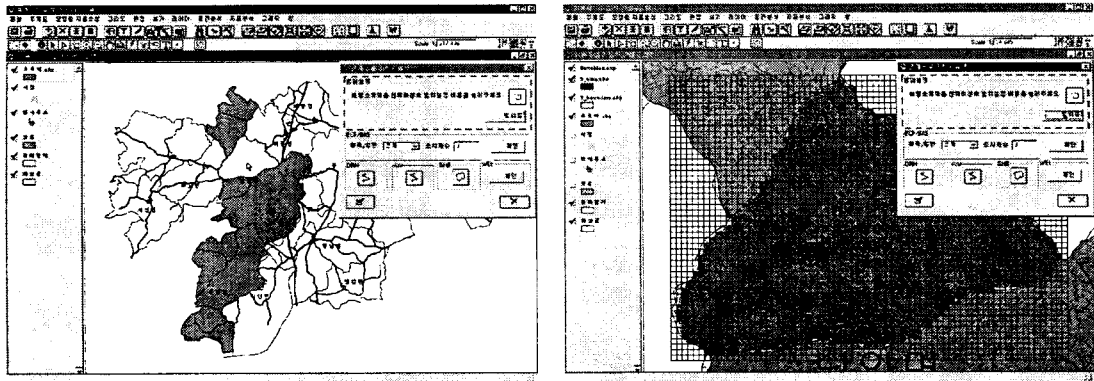
#### 나. 모사지역의 격자망 생성

격자망의 간격은 100m이며, 모사구역 안쪽은 유동셀(Active cells), 모사구역 밖은 무흐름셀(Inactive cells)로 정의된다(그림 8).

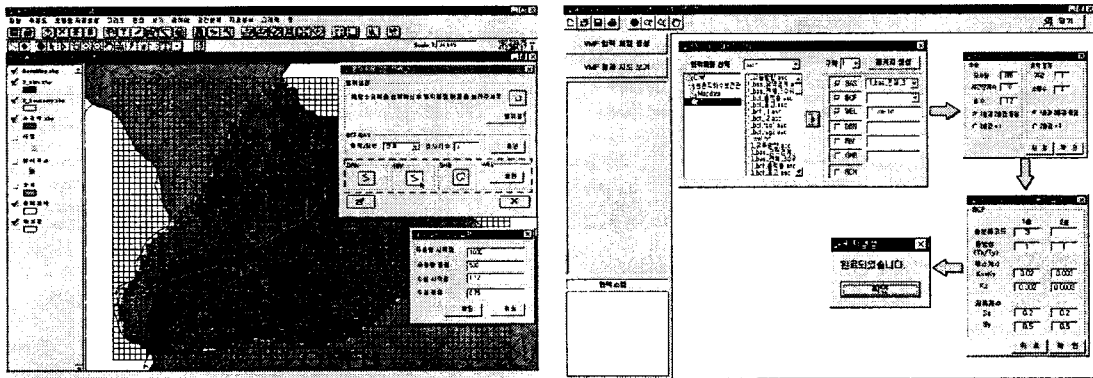
#### 다. 패키지생성 기초자료 정의

BCF는 조사입력된 자료를 이용, 보간하여 해당격자의 셀값을 추출하여 별도의 작업없이 자동생성된다.

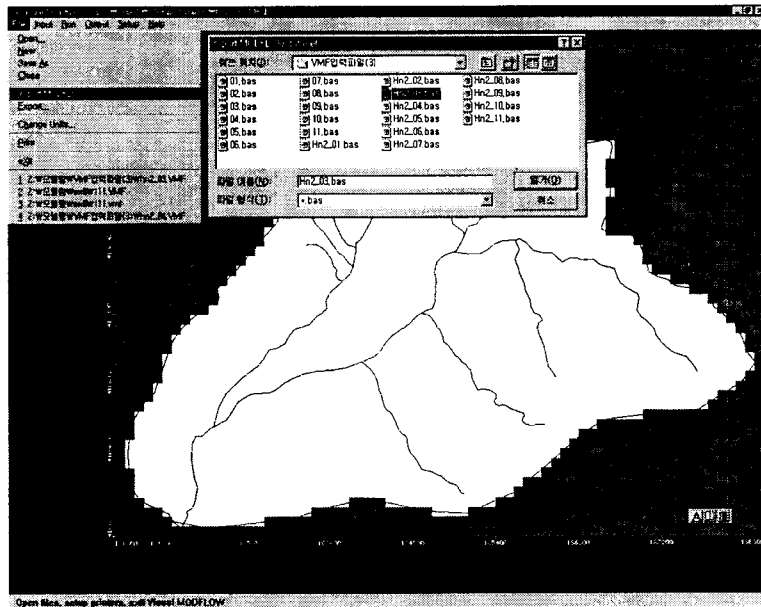
그림 9과 같이 WEL은 관정주제도에서 관정의 위치 및 양수량, 시추내역등을 추출하여 생성한다. RIV, DRN, GHB 등의 경계조건 설정은 해당셀을 선, 폐곡선등을 작도하여 해당지역의 표고, 수리상수를 입력받아 입력자료 파일을 생성한다.



<그림 8> 모사구역의 설정, 격자망 생성



<그림 9> 모사구역 경계조건 설정, Import MODFLOW Package 파일 생성



<그림 10> Visual MODFLOW 프로그램 입력

라. Modflow 패키지자료 생성

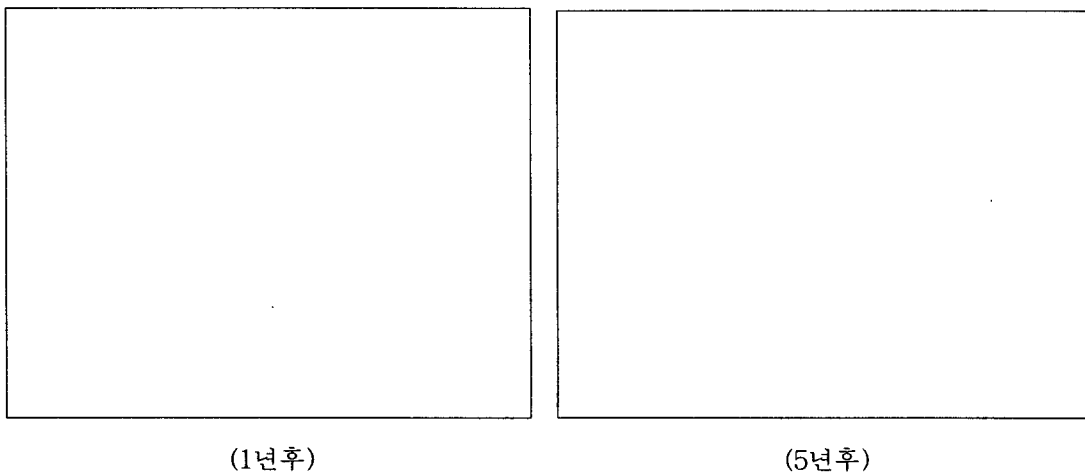
그림 9은 이전과정에서 추출된 지하수모델링의 입력자료(Grid 자료)들을 MODFLOW 프로그램에 Import가 가능하도록 자료형태를 변경하여 Package 파일을 생성하는 과정이다. 그림에서와 같이 Ascii Grid자료를 이용하여 Package 파일을 만들며 BAS, BCF, WEL, RIV, DRN, GHB, RCH Package 파일등이 생성된다. 첫 번째 패키지선택 단계에서 유역번호를 선택하면 생성되어있는 입력자료가 나타나며 BAS, BCF에 사용자 입력자료를 추가 입력하여 Package 자료를 생성하도록 되어있다.

마. Visual MODFLOW의 패키지자료 입력

이과정을 거치면 그림 10에서와 같이 Visual MODFLOW 프로그램에 Import가 가능하다.

바. Visual MODFLOW의 자료처리 결과

연계프로그램을 이용하여 D/B 및 주제도 구축자료를 이용하여 손쉽게 지하수모델링 결과를 도출할 수 있다(그림 11).



<그림 11> 소유역 부정류상태(Steady State)의 수위등고선 및 물수지

**결론**

- 1) 관정분석 - 관정주제도, 지하수위 등고선도/지하수 유동방향도, 가상관정 포획구간도, 관정포획구간도(WHPA)의 주제도 등의 검색으로 관정의 적지선정 및 주변여건을 분석이 가능하도록하여 지하수개발 기초자료로 활용할 수 있도록 프로그램을 작성하였다
- 2) 지하수모델링 연계 - 농촌지하수관리시스템의 D/B, 각종 주제도, 기본도 등을 이용하여 별도의 모델링자료를 입력하지 않고 구축되어있는 자료의 활용으로 모델링입력자료가 자동생성되도록 프로그램을 작성하였다.
- 3) 오염분석 개요 - 잠재오염분포도, DRASTIC, 변형된 DRASTIC, 오염예측도, STIFF DIAGRAM, PIPER DIAGRAM 주제도 등을 검색.

- 4) 지역분석 개요 - 수량/수질 분포도, 간이수질, 용수이용현황도, 물리탐사측선도, 선구조/선구조밀도도 주제도를 검색.
- 5) 농촌지하수관리시스템은 GIS 를 활용하여 관정 및 지하수현황 관리, 관정수질 및 오염원 등의 복합적인 자료를 이용하여 지하수개발 및 이용에 관한 정책 수립의 자료로 활용이 가능하고 지하수환경 기초자료로 활용할 수 있어 자원의 효율적 이용이 가능하다.  
주변관정 및 영향권 확인, 주변수질 및 오염원 확인을 통한 개발 적지선정하고 인허가 정보 제공, 폐공의 예방, 농촌지하수의 난개발 방지, 수질오염을 예방 등의 효과가 기대된다. 농촌지하수관리시스템을 이용한 지하수의 적절한 이용, 관리를 통하여 지하수오염 우심지역에 대한 오염방지 대책 수립하고 후손에게 깨끗한 지하수를 물려주어야 할것이다.

## 사사

본 연구는 농업기반공사에서 2001년 농촌지하수관리조사사업에서 해당용수구역(화남2)의 현장조사자료를 기초로 한 농촌지하수관리시스템 개발의 연구내용의 일부입니다. 농촌지하수관리시스템에는 많은 단위프로그램들이 있으나 분석프로그램 작성부분 위주로 발취 수록 하였습니다.

## 참고문헌

- 농업기반공사, 서울시, 1996, 서울특별시 지하수 관리계획 기본조사보고서  
 농업기반공사 농어촌연구원, 2001, 지하수개발 및 보전관리  
     지하수정보종합관리를 위한 GIS 활용기법 개발  
 농업기반공사, 부천시, 1997, 지하수관리계획 기본조사보고서  
 농업기반공사, 천안시, 1997, 지하수관리계획 기본조사보고서  
 농업기반공사, 청원군, 1998, 초정·미원지구 환경영향조사보고서  
 농업기반공사, 옥천군, 1999, 청성지구 지하수 부존량조사 보고서  
 농업기반공사, 제주도, 2000, 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서  
 농업기반공사, 1996, 지하수모델링교육교재  
 한정상, 1998, 지하수환경과 오염  
 한찬, 한정상, 1999, 3차원 지하수모델과 응용  
 조시범, 1999, GIS를 이용한 경기도 평택군 지역의 지하수오염 가능성 평가 연구  
 Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., and Hackett, G., 1987, Drastic ; A standardized system for evaluating groundwater pollution using hydrogeologic setting, USEPA, p. 455-475.  
 USEPA, 1987, Guidelines for delineation of wellhead protection areas