

## OC4 제주도 한라산 국립공원에서 GIS분석에 따른 지하수 유동연구

고병련<sup>1\*</sup>, 이병철<sup>1</sup>, 최윤영<sup>2</sup>

<sup>1</sup>제주산업정보대학 토목과, <sup>2</sup>경북도립경도대학 토목환경과

### 1. 서 론

수자원정보체계와 관련해서는 한라산 유역의 특성분석이외에도 수리, 강수량, 유량 및 유출, 함수비, 증발량, 기상, 수질, 지하수 등을 고려한 수문자료의 데이터 베이스화와 수자원계획, 강설량 등을 고려한 수자원관리모형수립 등의 분야에 GIS가 주로 응용되고 있다.

그러므로 한라산유역의 입체적 형상특성을 파악하기 위하여 지형정보시스템기법을 이용하여 3차원적으로 해석하고 한라산유역의 지하수 유동해석에 대한 MODFLOW 모델의 이론과 알고리즘을 대상유역에 적용하여 모의 발생된 결과치를 토대로 한라산 유역의 지하수 유동시스템에 대한 해석을 하였다.

### 2. 연구대상지역

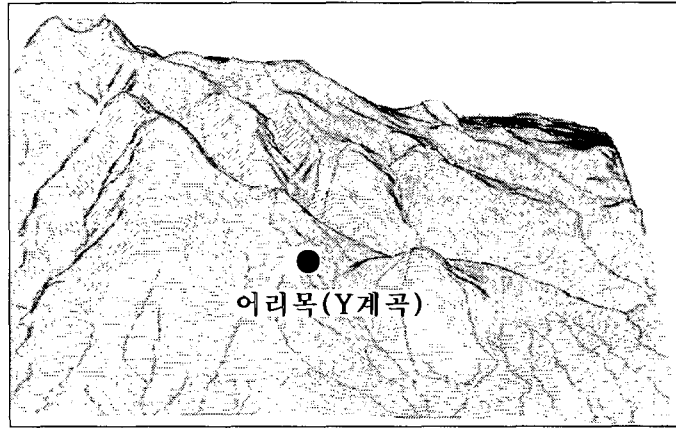
#### 2.1 연구대상지역

본 연구에서 설정한 연구대상지로는 한라산 국립공원내의 Y계곡 일대로 Y계곡은 크고 작은 용출균을 형성하여 연중 유출되는 유역으로 어승생담의 수원을 형성하여 수자원 이용면에서 중요한 역할을 하고 있다. Y계곡은 해발 1,630m의 장구목을 발원지로 21.5°의 기울기로 서북류하는 무수내와 백록담 서북벽을 기점으로 13.6°의 기울기로 서북류하다가 민대가리동산에 이르러 Y자형으로 해발 1,100m 부근에서 합류하고 있다. 본 연구대상지의 범위는 한라산 정부를 시점으로 하여 y자로 합류하는 1,100m지점인 Y계곡을 중점으로

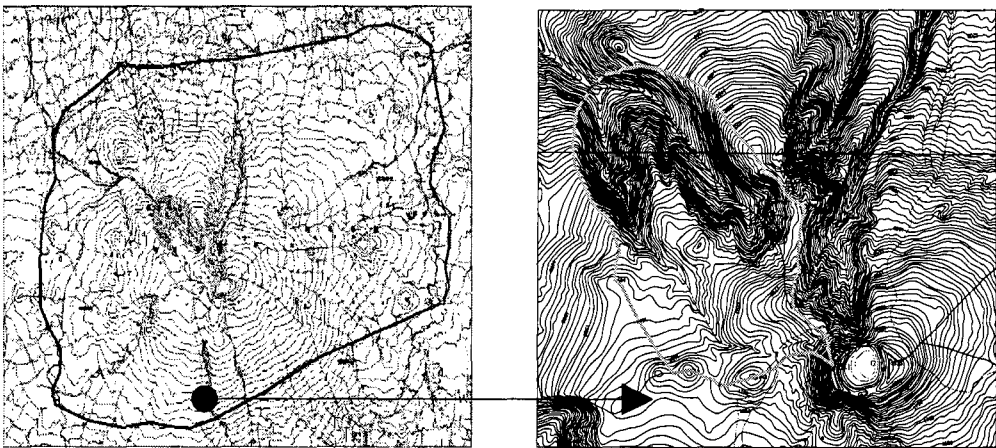
설정한 4.37km<sup>2</sup>으로 연구대상지인 Y계곡 하천의 수계특성은 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 연구대상지의 하천수계특성

유역면적	유로연장	유로중심장	표고차	유로경사	비고
4.37km <sup>2</sup>	3.94km	2.28km	1950.1-1080 = 870m	0.382	



〈그림 2.1〉 연구대상지역의 3D 지형모델(북→남)

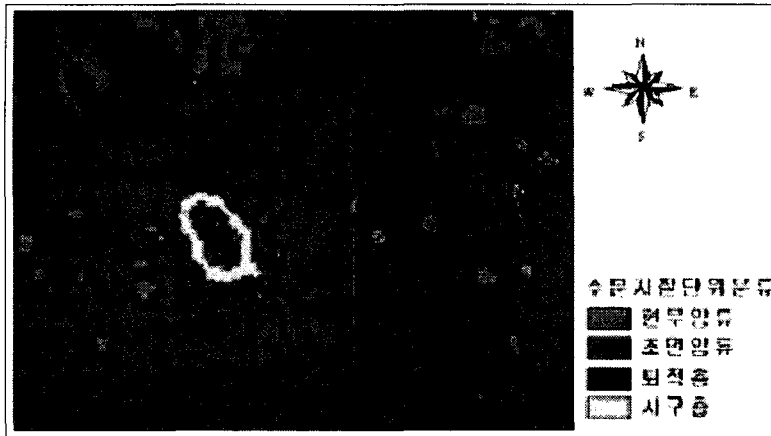


〈그림 2.2〉 한라산 국립공원에서 분석지점 위치도

## 2.2 지형 및 지질

본 연구유역의 지형·지질 및 유역특성 분석을 위하여 현지답사 및 관련자료를 수집하였으며 본 연구유역을 포함한 한라산유역을 대상으로 광범위하게 지하수 유동과 관련된 자료를 수집하고 이 지역의 자연환경과 실태를 면밀히 파악하고 분석토록 하였다.

연구유역의 지형 및 지질분포를 보면 높은 경사의 용암지대가 널리 분포되어 있고 동측에서 한라산 중심을 향하여 서측으로 갈수록 신생대의 용암이 분출되어 있고 각각의 용암 경계부분에서는 단계 형태의 지형으로 서로 상이한 용암들로 형성되어 있다. 본 분석유역인 어리목유역의 지질은 조면암류가 주종을 이루며 분포하고 있다.



〈그림 2.3〉 화산암 암상특성에 의한 수문지질단위 분류

### 3. 지하수 유동

#### 3.1 격자망설정

본 분석에서는 지하수와 같은 유체의 유동해석을 수치적으로 해석하는 방법 중에서 가장 보편적으로 이용되고 있는 유한차분법을 이용하였으며, 사용 프로그램은 FDM(유한차분법)방식의 USGS MODFLOW/EM버전으로서 2차원 및 3차원 모델을 모두 고려할 수 있고 정상상태(Steady State) 및 천이상태(Transient)의 유동해석이 가능하다.

MODFLOW는 상호 독립적인 모듈로 구성된 각각의 Package와 주 프로그램으로 구성되어 있다. 그리고 조사지역 일대의 수리지질학적인 특성을 고려하여 유역을 구분하고 그 유역을 포함하는 격자망을 구성하였다.

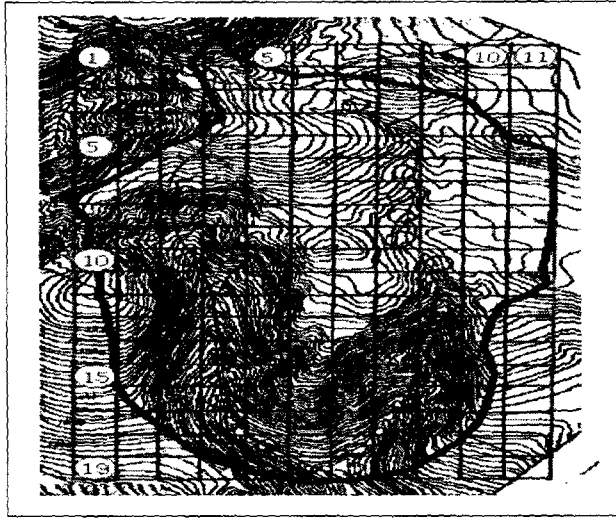
모의발생을 위한 강우의 침투는 갈수기 및 풍수기를 고려하지 않고 모델링의 주목적인 양수에 따른 지하수 유동변화와 적정양수량 산정을 파악하기 위하여 일반적으로 지하수 함양에 직접적인 영향을 미치는 강우, 증발산 하천유입 등을 고려하여 성산포와 대정의 년평균강우량(1961~2000)에 대한 평균침투량을 고려한 1.67mm/day를 분석에 적용하였다. 또한, 비산출율은 0.2를 적용하였으며, 양수에 따른 지하수두 변동을 해석하기 위한 지층의 구분은 지질주상도를 참고하여 대상유역의 지층을 E.L. -300m까지 3층으로 구분하여 적용하였다.

#### 3.2 정류상태에 따른 지하수 유동분석

본 연구에서 지하수 유동시스템 해석을 위하여 MODFLOW모델을 적용하였으며, 분석결과는 모델에서 계산된 지하수두를 수두분포표로 작성하였다.

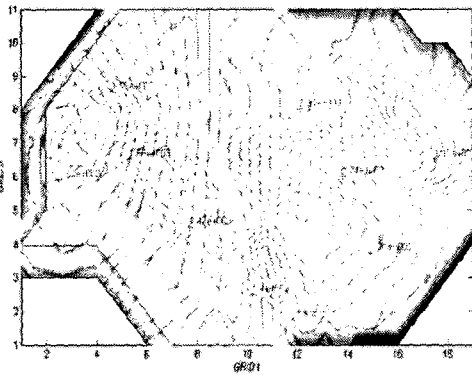
본 유역에는 관정 및 지하수두 관측치가 전무한 관계로 모의발생에 대한 결과치를 가지고 지하수유동해석을 실시하였다. 분석유역의 정확한 유역면적에 대한 특성을 반영하기 위하여 대수층 특성에서 총 209격자 중에 비 Active cell은 54개를 선정하였다.

다음으로, 지하수계에서의 지하수두와 모델에서 분석된 지하수두를 유사하게 일치시킨 Calibration과정을 거친 후 각종 Stress에 따른 정류 및 천이상태 하에서 시뮬레이션을

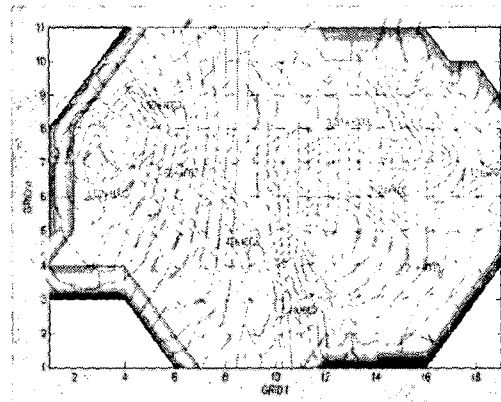


〈그림 2.4〉 분석대상구역의 유한차분망도

실시하는 Historical Matching에서도  $Influx = Outflux$ 이어야 하는데 〈표 2.9〉에 나타난 바와 같이 정류상태 하에서의 물수지 분석결과에 대한 불일치 척도가 0%로서 유출량과 유입량이 동일하게 분석되어 모의발생 결과는 매우 잘 해석되었다.



〈그림 2.9〉 계산에 의한 지하등수두분포도



〈그림 2.10〉 계산에 의한 지하등수두 유속벡터 분포도

#### 4. 결 론

본 연구에서는 한라산 지역의 지하수 유동 분석 수문자료를 지리정보시스템(GIS)를 이용하여 3차원적으로 해석하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저, 본 연구에서 지하수 유동시스템 해석을 위하여 MODFLOW 모델을 적용하였으며, 분석결과 정류상태하에서의 물수지 분석결과에 대한 불일치 척도가 0%로서 유출량과 유입량이 동일하게 분석되어 모의발생 결과는 매우 잘 해석되었다.

다음으로, 등수두분포를 보면 지하수 유동분포는 한라산을 정점으로 하여 하류 각 방향으로 고르게 유출되고 있는 것으로 분석되었다.

마지막으로 유속벡터분포를 보면 타지점보다 경사가 많이 낮고 강우시에 하천역할을 하고 있는 지점은 유출이 활발하게 일어나고 있는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

제주도(2000), 제주도 지하수보전·관리계획보고서

제주도(1994~1997), 제주도 장기관측망 설치 및 조사 실적보고서

Glenn M. Duffield(1996), AQTESOLV for windows User Guide, By Hydro SOLVE, Inc. 3-D Ground water Numerical Analysis, Visual Modflow