

## 짝비교 기법을 활용한 보조지하수관측망 위치선정 기준 수립에 관한 연구

김정우, 김규범\*, 원종호\*, 이진용, 이명재, 이강근\*\*

(주)지오그린21

\*한국수자원공사

\*\*서울대학교 지구환경과학부

wjd99@hanmail.net

### 요 약 문

In the Republic of Korea, Ministry of Construction & Transportation and Korea Water Resources Corporation manage the national groundwater monitoring network at the 169 stations and will organize the supplementary groundwater monitoring network at the 10,000 stations by 2011 year. The method that organizes the monitoring network was developed using the Analytic Hierarchy Process with pairwise comparison. Several estimation factors for the estimating every district were selected to reflect each district conditions. Their weighting value was decided by pairwise comparison and questions to the experts about groundwater. The optimal number of groundwater monitoring well was calculated through the developed method. To verify this method, groundwater was monitored in Jeonju city by way showing the example. The study area in Jeonju city needs 7 stations for the supplementary groundwater monitoring network. The results monitored in 7 stations inferred the groundwater level around the study area by Kriging. The mean of residual between inferred groundwater level value from Kriging and actual groundwater level is rather low. Furthermore, the mean and standard deviation of residual between inferred groundwater level change and actual groundwater change is much lower. The Fact that 7 monitoring stations are sufficient for observing the groundwater condition in the study area makes it possible for suggested monitoring number to be proper.

**key word** : AHP, pairwise comparison, monitoring network, Kriging

### 1. 서론

현재 우리나라(건설교통부 및 한국수자원공사)에서는 전국적인 지하수의 수위 및 수질 등의 변동실태를 파악·분석하기 위하여 국가 지하수 관측망 설치 및 운영관리 사업을 실시중에 있으며, 현재 전국에 310개소를 목표로 '95년부터 설치를 시작하여 2001년말까지 169개소를 설치, 관리중에 있다. 또한, 환경부에서는 지하수 수질 현황을 파악하기 위하여 주요 지역에 수질측정망을 지정, 운영하고 있다. 이와 같이 국가 지하수 관측망 및 수질측정망은 대유역별, 광역적으로 관리되고 있으므로, 이와 연계하여 소유역별 또는 국지적으로 뒷받침해 줄 수 있는, 세부적인 지역 지하수의 특성을 설명하는 보조 지하수 관측망의 설치, 운영은 필수적이다.

### 2. 방법

#### 2.1 평가인자

1차 평가인자는 지하수의 과잉개발 및 잠재오염원으로부터 지하수 자원을 보호하고 지

하수의 수위, 수질을 관측하기 위한 보조지하수 관측망의 설치, 운영이라는 목적에 잘 부합되는 항목 3가지를 선정하였다.

표 1. 1차 평가인자

| First estimation factor         | 적용 목적                      |
|---------------------------------|----------------------------|
| 지하수 개발과 이용이 활발한 지역              | 지하수 자원의 고갈방지, 수자원 확보       |
| 지하수 오염어부 확인 및 진행을 관측할 필요가 있는 지역 | 지하수 오염현황 파악, 오염지역, 청정지역 구분 |
| 지하수가 중요한 생활용 자원으로 활용하는 지역       | 상수도 미보급지역의 안전한 대체용수 확보     |

표 2. 2차 평가인자

| 2차 평가인자           | 적용 내용                            | 선정 목적  |
|-------------------|----------------------------------|--|
| 행정구역내 지하수 관정의 수   | 허가, 신고된 지하수 이용시설 및 경미한 개발시설의 수   | 지하수 개발과 이용정도를 가장 잘 표현하는 인자                       |
| 행정구역내 지하수 관정의 밀도  | 행정구역내 지하수 관정의 수를 면적으로 나눈 값       | 산악지역과 같은 넓은 지역보다 지하수 이용이 활발한 도심지역에 비중을 더 주기 위함   |
| 행정구역내 지하수 총 이용량   | 년간 지하수 총이용량                      | 1개의 허가시설 이용량이 10개 이상의 경미한 개발시설을 초과하는 단점을 보완하는 역할 |
| 응용가능 수질 지하수 관정의 수 | 상수도용으로 개발된 관정의 수 (부적합 판정 관정은 제외) | 지하수 청정지역을 구분하여 지하수 수질을 지속적으로 보전                  |
| 지하수 오염유발 시설의 수    | 수질오염 유발업체 전체 개수(행정구역별 통계연보)      | 아직 오염되지 않았지만 오염 가능성이 높은 지역에 관측 비중을 높임            |
| 지하수가 오염된 관정의 수    | 수질검사후 부적합 판정을 받은 관정의 수           | 이미 지하수가 오염된 지역의 오염 확인과 오염 진행을 관측                 |
| 지하수만 사용하는 가구의 수   | 상수도 미보급율(행정구역별 통계연보)             | 상수도 미보급 지역에서 안전한 용수확보와 오염 예방 차원에서 관측             |
| 응용수로 이용되는 지하수의 양  | 먹는물 지하수 이용량                      | 상수도 미보급 지역에서 이용량의 비중을 더 주기 위한 방법                 |

지하수의 특성을 반영하면서 2차 평가인자로 활용할 수 있는 항목들은 여러 가지가 있다. 대상 지역내 지하수의 특성을 반영하는 평가 인자로 활용가능한 항목을 조사하기 위해서 여러 가지 문헌을 참고하여 활용 가능한 항목 31개를 추출하였다. 그러나 전국을 대상으로 31개의 항목 동일한 수준으로 적용 가능한 것이 아니고 평가인자로서 가져야 할 조건 대표성, 객관성, 자료수집의 용이성, 단순성, 독립성에 부합되는 항목만 선정하였다. 앞에서 언급한 평가인자들은 각각 지하수 환경특성을 반영하는 부분이 다르고 영향을 주는 수준도 다르기 때문에 평가시 반영되는 수준도 달라야 한다. 따라서 각 단계별 평가인자에는 분명히 서로 다른 중요도(가중치)를 가진다. 계층구조에서 인자들의 가중치를 결정하는 것은 짝비교(Pairwise comparison)를 통해서 수행되었다. 평가인자들 사이에서 상대적인 중요도를 결정하는 과정에서 주관성을 배제하기 위해서 지하수 전문가와 지하수를 연구하는 석·박사들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 평가인자 계층구조에서 단계별로 가중치를 승합산하여 총점수를 구하여 이를 평가점수로 활용한다.

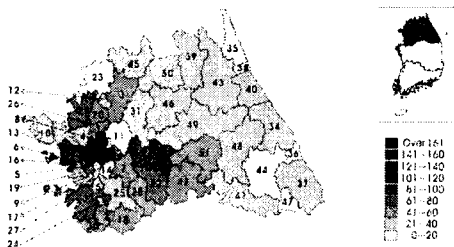


그림 1. 경기, 강원지역의 지점수

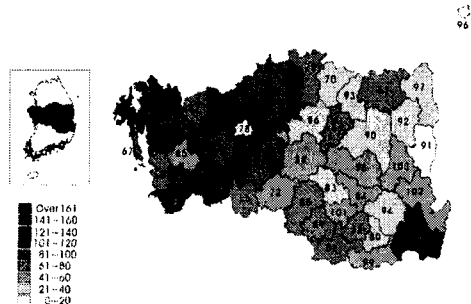


그림 2. 충청, 경북지역의 지점수

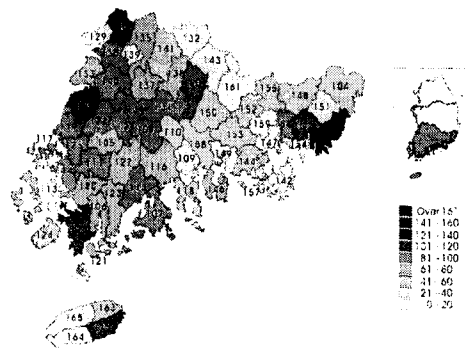
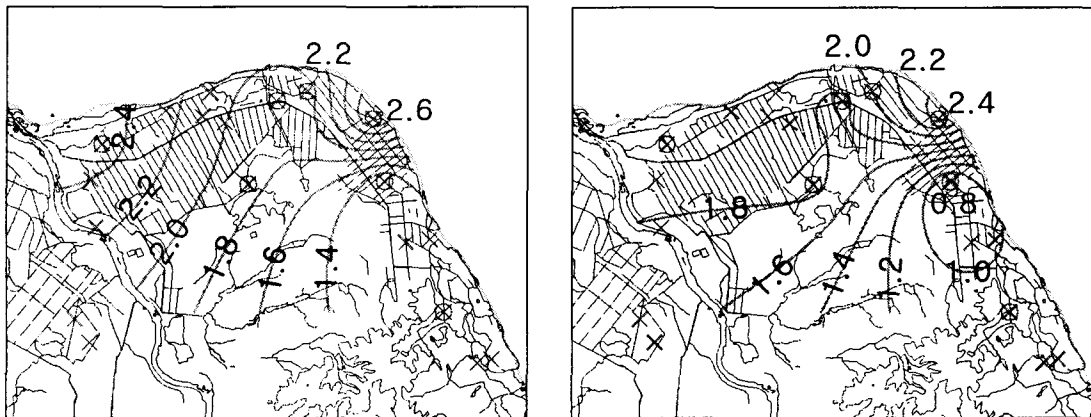


그림 3. 전남, 경남지역의 지점수

시·군마다 평가점수의 비율로 관측지점의 수를 그림 1, 2, 3에 나타내었다. 전국적으로 필요한 보조지하수 관측망의 관측지점 수는 태백시의 5개부터 시작하여 서울특별시의 239개까지 다양하게 나타나고 있는데, 경기도에 있는 시, 군은 다른 도의 시, 군보다 적은 수의 관측지점을 가진다. 이것은 경기도내 행정구역의 규모가 다른 도의 행정구역보다 작기 때문에 여러 가지 평가인자에서 작은 값을 보여주기 때문에 결과적으로 관측지점의 수도 적게 나타난다. 그러나 행정구역을 도별로 할당되는 관측지점 수를 보면 경기도는 9개의 도에서 3번째로 많은 1,240개의 관측지점 수를 가진다. 관측지점수가 가장 많은 곳은 전라남도와 충청남도로서 각각 1,556개, 1,473개를 차지하고 있다. 반대로 가장 적은 수의 관측지점을 요구하는 지역은 제주도 226개, 강원도 508개이다. 이것은 강원도는 행정구역 면적이 가장 크지만 실제적으로 지하수를 이용하는 면적이나, 관정 개발 개수가 다른 도에 비해서 훨씬 작기 때문에 적은 수의 관측지점으로도 지하수 환경 특성을 파악하는데 충분하다고 사료된다. 따라서 보조지하수 관측망은 면적의 크기에 따라 일괄적으로 균등하게 배치한다면 어느 지역에서는 필요 이상의 관측지점이 선정될 수도 있다. 관측지점의 선정에 있어 강원도와 같이 대부분이 산림지로 구성되어 있는 행정구역보다는 농업용수나 생활용수의 개발이 많은 지역에 우선적으로 선정되어야 한다. 광역시별로 관측지점의 수를 살펴보면 서울과 부산에서 각각 239개와 233개로 가장 많은 수를 필요로 하고 있으며, 나머지 광주에는 67개, 대구에는 64개, 대전에는 161개, 인천에는 99개, 울산에는 45개로 대전을 제외한 나머지 지역에서는 100개 이하의 관측지점의 분포가 나왔다.



(a) 2000년 5월 지하수위

(b) 2000년 10월 지하수위

그림 4. 크리깅 기법을 이용한 지하수위 추정

앞에서 제시한 관측망의 위치 선정기준의 적합 여부를 검증하기 위하여 시범지역을 운영한 결과를 활용하였다. 시범지역은 지하수 관측정으로 활용 가능한 관정이 골고루 분포되어 있고 이미 지하수 연구가 선행되어 온 전주시를 선정하였다. 보조관측망의 주요 목적중 하나인 지역적인 지하수위의 변화를 알 수 있는가를 확인하기 위하여 지구 통계적인 방법인 크리깅(Kriging) 기법을 이용하여 지하수위를 예측하였다. 그림 4는 보조관측망으로 선택된 7개 관정을 통하여 추정된 등수위도를 나타낸 것이다.

#### 4. 참고문헌

건설교통부, 한국수자원공사, 2001, 지하수 조사연보.

건설교통부, 한국수자원공사, 1996, 지하수 관리보고서.

US Department of Environmental Protection Bureau of Water Supply Management, 1999, Groundwater monitoring manual.

Charles J. Tayer, William M. Alley, 2001, Ground-water-level monitoring and the importance of long-term water-level data, USGS.