

## 지하수 개발에 따른 자료 획득 및 이용에 관한 연구

손주형, 정상용\*, 김순영, 박상주, 권순규  
농업기반공사 경상남도본부, \*부경대학교 환경지질학과  
jhson9@karico.co.kr

### <요약문>

경상남도 합천군과 창녕군 생활용수 지하수 관정 개발시 지하수 굴착공종으로부터 얻어진 구간별 지층자료와 대수층 수질 자료를 획득하여 이용하는 방법을 연구하였다. 지층정보를 파악하기 위하여 지하수공 굴착심도 10m마다 슬라임을 채취하였으며, 대수층 관통시에 지하수 시료를 구간별로 채수하여 전기전도도 및 수질시료를 분석하였다. 경도가 높은 지역의 경우, 음용수 수질기준치에 적합한 지하수를 개발하기 위해서 대수층별 전기전도도를 분석측정하여 경도를 간접적으로 파악함으로써 지하수 굴착심도 결정에 이용하였다. 그리고 대수층 구간별 불소 농도를 파악하였으며, 불소 농도가 높은 대수층 구간에서는 하부대수층 메움 등을 실시하였다. 대수층의 수질검사결과에서 기준치를 초과하는 우려인자들(불소, 경도, 증발잔류물, 질산성 질소, 철, 알루미늄, 아연 등)에 대한 수질기준 초과 가능성을 대비한 양수시험 모니터링을 설계함으로써 지하수공의 수질 특성 파악이 가능하였다. 양수시험과정에서 탁도가 시간에 따라 기준치 이하까지 감소하는 일반적인 경향과 기준치 이상에서 더 이상 감소하지 않는 경향에 대한 원인을 분석할 수 있었다.

**key word** : 지하수개발, 대수층특성, 양수시험 모니터링, 경도, 불소, 탁도

### 1. 서론

지하수에 대한 정보는 각 대수층이 가지고 있는 종합적인 결과이다. 이러한 여러 대수층의 정보들은 지하수 현장에서 획득이 용이하지만, 개발당시에 대수층 자료를 획득하지 않는다면 대수층의 정보를 파악하기란 매우 어려운 일이다.

연구지역은 2003년과 2004년에 걸쳐 경상남도 합천군과 창녕군 생활용수 지하수 개발현장에서 43공의 시추조사 및 양수시험과정에서 연구를 실시하였다.

본 연구 목적은 연구용이 아닌 일반적인 지하수를 개발할 때 지하수를 구성하고 있는 대수층을 중심으로 지층자료, 양수량 및 수질 자료를 이용함으로써, 지하수 개발에 대한 성공률을 높이고, 지하수 관정 전체의 자료를 해석하기 위한 기초 자료로 이용하고자 하였다.

현장에서 추가공정이 없이 슬라임의 시료채취 시기를 명확히 하고, 대수층마다 수질시료를 채취함으로써 대수층의 특성을 파악하여, 양수시험과정에서 나타나는 문제점의 해결가능성을 판단하고, 개발완료후 지하수 이용시 문제될 수 있는 상황을 미연에 방지하고 예방하는데 획득된 자료를 적극적으로 활용하였다.

## 2. 지하수 개발에 따른 자료획득

### 2.1. 대수층자료의 획득

현장 지하수공 개발에 따른 지층자료는 착정주상도에 기재하여 참고할 수 있도록 하고 있다. 일반적으로 착정주상도 작성은 지질도 및 슬라이임을 참고로 하기 때문에 현장 시추기술자들의 섬세한 주의가 요구되는 부분이다. 본 연구에서는 현장 시추기술자가 굴착과정 도중에 회수되는 슬라이임을 매 10m마다 채취하도록 하고, 압중이 바뀔 때 마다 슬라이임을 채취 및 수집함으로써 지층변화를 파악할 수 있는 자료를 만들었다.

### 2.2. 대수층별 자료의 획득(양수량 및 수질)

대수층 정보는 지하수 개발시 양수량과 관련하여 많은 정보가 광범위하게 포함되어 있다. 대수층의 정밀 조사를 위하여 수두 장기모니터링(고용권 등, 2003) 및 지화학 특성(최현수 등, 2002)등은 심부지하수공에서 지하수 심도별 특성을 파악하는 연구가 제시된바 있다. 그러나 일반 지하수 개발현장은 연구목적이 아니므로, 시간과 경제적인 측면을 고려한 최소한의 필요공정으로 개발되고 있는 실정이다. 따라서 대수층의 양수량은 단지 현장 경험에 의한 물량으로 산출하게 된다. 지하수공 개발시 양수량 산정에 대한 불확실성의 원인은 공기압축기(컴프레사) 용량 및 포화대수층의 지층상태에 따라 각 대수층으로부터 지하수가 완벽히 지상으로 배출이 어렵다는 점이다.

수질에 관한 정보를 획득하기 위한 시료채취 방법은 대수층 관통 직후에 충분한 에어써징을 실시한 후 시료 채취하였다. 연구 지역에서는 주요 인자(불소, 경도, 증발잔류물, 질산성 질소, 철, 알루미늄, 아연 등)에 대하여 분석을 하였고, 현장에서 간이 수질측정기를 이용하여 전기전도도를 측정하였다.

## 3. 지하수 개발 자료 이용

### 3.1. 전기전도도 자료를 이용한 굴착심도 결정

경도가 높은 지역의 경우 필요용수의 수질기준에 적합한 지하수를 개발하기 위해 전기전도도를 이용하여 굴착심도를 결정하였다. 전기전도도와 경도의 연관성에 따른 상관성분석을 실시하였는데, 그 결과 상관계수는 0.937로 높게 나타났다(그림 1). 이러한 결과를 이용하여 지하수 굴착과정에서 휴대용 간이수질측정기를 이용하여 전기전도도를 측정함으로써, 현장에서 굴착심도를 결정하기 위한 간접적 지표로 이용할 수 있었다.

### 3.2. 불소농도를 이용한 하부대수층 매움

대수층 심도별 불소농도는 그림 2와 같이 심도가 깊어질수록 불소 농도가 높게 나타난다. 지하수 관정 B-1, 2, 5호공의 경우 심도별 불소농도는 음용수 수질 기준치(1.5mg/l)이하로 나타났으며, 다만 심도가 깊어질수록 농도가 상승하는 것을 볼 수 있다. B-4공은 모든 대수층 구간에서 불소농도가 수질기준치보다 높게 나타나 음용수 사용이 불가능하여 폐공을 결정하였다. B-3, 6호공은 상부 대수층에서 불소농도가 음용수 수질기준 이하로 나타났으나, 하부 대수층에서는 수질기준치를 초과하였다. 그 중 B-6호공은 상부대수층의 수질은 만족하나, 물량이 풍부하지 못해 개발을 포기하였으며, B-3호공은 상부 2개의 대수층에서 물량이 풍부하고, 수질기준을 만족하여 최하부 대수층 매움을 실시함으로써, 불소농도 수질기준초과를 방지 및 예방할 수 있도록 하였다.

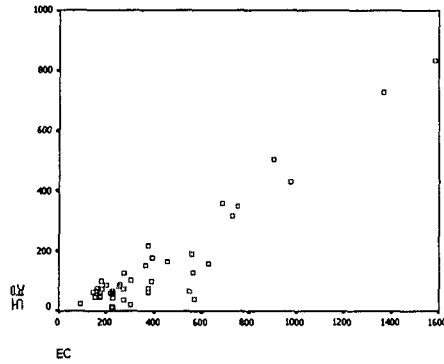


그림 1. 경도와 EC의 Scatter Diagram

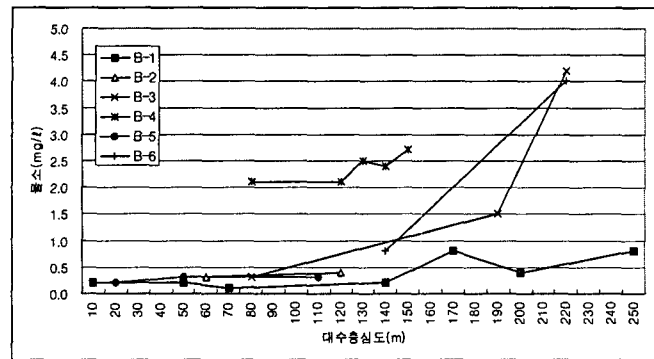


그림 2. 대수층 심도별 불소농도 그래프

### 3.3. 양수시험 모니터링 설계

지하수 개발과정에서 획득된 대수층의 수질결과를 분석하면 철, 아연, 알루미늄 같은 성분은 음용수 수질기준치를 초과해서 나오는 경우가 있으며, 이러한 경우는 미세슬라임에 의해 많이 발생한다. 슬라임에 의한 영향은 지속적인 양수시 대부분 농도가 낮아져 수질기준이하로 떨어지므로 지하수 이용이 가능할 수 있으나, 일부 관정에서 불가능한 경우도 발생한다.

본 연구에서는 대수층별 수질결과를 검토하여 양수시험 초기부터 주요 성분에 대한 지속적인 모니터링을 설계 함으로써, 양수에 의한 지하수 관정의 문제점 해결 가능여부 및 주요 성분의 특성을 분석할 수 있어, 지하수 개발 성공률을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.4. 양수시험과정의 탁도 경향 및 원인 분석

시추조사 후 수량 및 수질을 분석하였으며, 1차 양수시험에서 탁도 변화를 시간에 따라 관찰하였다. 양수 경과시간에 따른 탁도 변화는 그림 3과 같으며, 모든 관정에서 양수시간이 경과할수록 탁도가 감소하는 경향이 나타났다. B-4, 6호공은 72시간 이상 지속적으로 양수할 경우 음용수 기준치(1 NTU)를 충족시킬 수 있었고, 그 외 B-1, 2, 3, 5, 6호공은 24시간 정도 양수할 경우 수질기준치 이하로 나타났다. 그러나 B-8호공은 72시간 이상 양수를 하더라도 수질기준치 이하로 나타나지 않으므로, 대수층 구간별 수질 및 지층자료를 분석하여 확공개발을 하지 않았다.

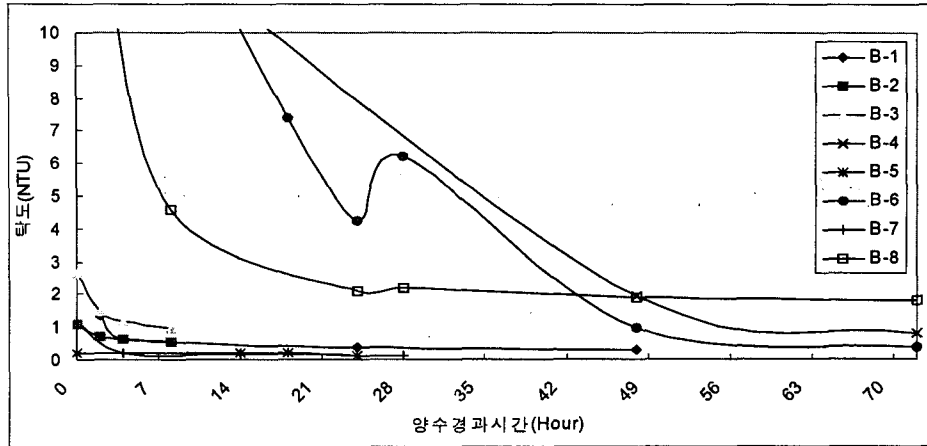


그림 3. 양수경과 시간에 따른 탁도농도 변화곡선

### 3.5. 오염현장에서의 적용성 검토

현재까지 대부분의 오염현장은 충적층 지하수를 중심으로 이루어져 있으며, 암반대수층의 경우 충분한 조사 자료가 부족하다. 따라서 암반지하수에 대한 오염도 검사를 실시할 경우 추가적으로 대수층 구간별 시료를 채취함으로써 오염물질의 이동경로 등의 심도별 특성파악에 도움을 줄 것으로 판단된다.

## 4. 결론

지하수 수질특성을 파악하기 위해서는 다양한 접근 방법들이 많이 있다. 본 연구에서는 일반적인 지하수개발과정에서 실시할 수 있는 현장 자료의 획득 방법과 획득된 자료들의 이용방안에 대하여 접근하였다.

현장에서 지하수 개발 심도 및 수질 결정의 신속한 판단은 경제적인 손실을 줄일 수 있으며, 지하수 사용 목적에 따라 개발의 방향을 결정할 수 있다. 본 연구지역에서는 지하수 개발심도 결정, 불소의 음용수 수질기준치 초과에 따른 대수층의 메움, 양수시험 결과 해석 등의 검토에 관하여 제시하였다. 또한 대수층의 지층, 양수량 및 수질에 대한 정보가 구축된다면 지하수 오염문제에 있어 오염원인 및 오염물질 유동분석에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 참고문헌

고용권, 조성일, 김건영, 배대석, 김천수, 2003, 심부시추공 지하수의 심도별 수두장기모니 터링, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회, 601-604p.

최현수, 고영권, 김경수, 배대석, 김천수, 2002, 심부시추공 지하수의 심도별 지화학특성, 한국지하수 토양환경학회 춘계학술발표회, 229-232p.