

## 지하수위 변동 특성 분석을 위한 프로그램 개발 및 국가 지하수 관측망 자료에의 적용

강인옥 · 구민호\* · 원종호 · 백건하

한국수자원공사 조사기획처 · \*공주대학교 지질환경과학과  
(e-mail : iokang@kowaco.or.kr)

### <요약문>

본 연구에서는 지하수위 변동 분석을 위한 프로그램을 개발하고, 건설교통부에서 설치, 운영하고 있는 169개 국가 지하수 관측소의 264개 지하수관측점에서 측정된 지하수위자료에 적용하였다. 분석결과 암반대수층과 충적층대수층의 평균수위 및 변동양상이 대체적으로 비슷하게 나타났으며, 이는 관측소 설치 지역의 대부분에서 충적층(10m 내외)과 암반층(70m 내외)이 수리적으로 연결되어 있다는 것을 시사한다. 6시간 간격의 지하수위 관측 자료를 이용하여 지하수위가 상승하는 횟수, 상승량의 합계 산정 등 변동양상을 분석하였다. 분석 결과 해양 및 지구 조석의 영향을 받는 관측점의 경우 지하수위 상승 개수가 450개/yr 이상이 대부분이며, 수위 변동량은 0.1 ~ 1m 정도이고, 수위변동 자료를 시계열로 나타내 보면 하루에 약 2번의 상승과 하강을 반복하는 수위변동 형태를 볼 수 있었다. 양수의 영향이 우세한 관측점에서는 수위 상승 개수가 약 360개/yr, 수위 변동량은 1m 이상의 값이 우세하게 나타났다. 지하수위 상승량은 암반/충적 관측점 모든 관측점에서 전반적으로 강수량과의 상관관계가 높았으며, 같은 관측점의 자료라도 6시간 간격의 관측 자료보다, 12시간 및 24시간 관측 간격으로 분석한 결과에서 상관관계가 더 높게 나타났다. 12시간 및 24시간 관측 간격으로 분석할 경우 조석 및 양수에 의해 발생된 주기적인 지하수위 변동 성분이 제거되면서 강수에 대한 지하수위 반응의 상관도가 높아진 것으로 해석된다.

**Key word** : groundwater level fluctuations, National Groundwater Monitoring Wells

## 1. 서론

지하수위는 여러 가지 요인들의 상호작용에 의해 상승과 하강을 반복하면서 변화하는데 강우, 조석, 기압 등의 자연적인 요인과 양수와 같은 인위적인 요인으로 구분된다. 본 연구에서는 지하수위 상승횟수와 상승량의 합, 동일 지역에서의 암반층과 충적 대수층 지하수위 변동의 상관성, 및 지하수위 상승량과 강수량과의 상관성을 분석하는 프로그램을 개발하여 202개의 국가 지하수 관측소내의 264개 암반 및 충적층 관측공의 지하수위 관측 자료를 분석하는데 이용하였다.

## 2. 본 론

### (1) 프로그램 개요

Fortran을 이용하여 일정한 시간 간격으로 자동 관측된 지하수위 변동 자료를 분석하는 프로그램을 개발하였다. 입력 자료로는 169개 국가지하수 관측소(Fig. 1a)의 264개 관정에서 6시간 간격으로 측정된 지하수위 변동자료, 72개 기상관측소(Fig. 1b)에서 동일 기간동안 측정된 일강수량 자료, 및 지하수위 관측소와 강우관측소의 위치이다. 지하수위 관측 자료는 각 관측소 관측 개시 일부터 2001년 12월 31일까지의 자료를 사용하였으며, 입력 자료들은 텍스트 형식의 파일로 저장하였다. 지하수위 및 강수량 관측자료 파일에는 관측 시간 및 관측 값이 저장되어 있으며, 지하수위 관측소 및 기상관측소의 고유번호 및 위치(위경도)가 입력된 별도의 파일을 작성하여, 지하수위 관측소에서 가장 가까운 기상관측소를 찾는데 이용하였다. 프로그램에 입력된 관측 자료를 이용하여 관측 기간동안의 지하수위 변동 횟수, 변동량 및 지하수위 변동과 강수량과의 상관관계를 계산하였다. 프로그램의 수행 과정을 요약하면 다음과 같다.

1) 지하수위 시계열 자료를 이용하여 지속적인 상승 또는 하강이 발생하는 기간을 하나의 단계로 나누었다. 무변동의 자료들은 상승 혹은 하강의 전 단계에 포함시켰으며, 결측 자료는 별도의 단계로 구분하였다. 유형별로 분류된 자료를 이용하여 지하수위 상승량의 합, 상승 횟수, 결측 기간, 지하수위 하강기간에 대한 상승기간의 비율 등을 계산하였다. 지하수위 상승량의 경우 0.1m 미만, 0.1 ~ 1m, 1m 이상으로 세분하여 계산하였으며 각 계산 결과는 지하수위 변동 요인별 지하수위 변동 정도를 파악하는데 이용하였다.

2) 월별 강수량과 지하수위 상승량과의 상관 관계를 분석하였다. 강수량은 72개 기상청 기상관측소 자료를 사용하였으며, 각각의 지하수위 관측소에서 가장 가까운 거리에 있는 기상관측소 자료를 선택하였다. 강수량과 지하수위 변동의 상관관계를 정량적으로 평가하기 위해 강수량의 월별 합계와 지하수위 상승량의 월별 합계에 대한 상관계수를 구하여 평가하였다. 또한 두 자료의 선형 회귀분석을 통하여 강수에 대한 지하수위 변동의 변화율을 구하였다.

3) 169개 지하수 관측소 중 암반관측정과 충적관측정이 동시에 설치된 관측소를 대상으로 두 지하수위 관측 자료 분석 결과에 대한 비교 및 회귀분석을 수행하였다.

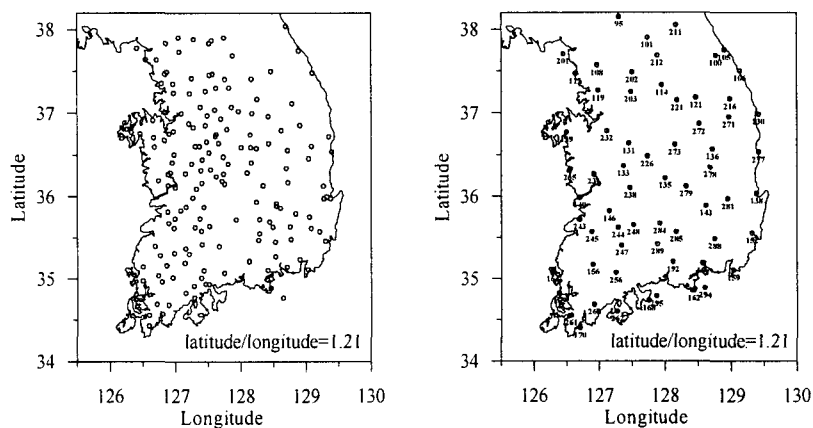


Fig 1. 관측소 위치도 : (a) 국가 지하수 관측망, (b) 기상관측소

### (2) 국가 지하수 관측망 자료에의 적용 결과

264개 관측정의 관측기간은 최소 1년에서 최고 6년이며 평균 3.52년이다. 전체 관측소의 연평균 지하

수위 상승 횟수 및 상승량은 Table 1과 같다. 지하수위 상승 횟수는 10cm 미만의 상승량을 보이는 변동이 전체 평균 연 200회로 대부분을 차지하는 반면, 총 상승량은 10cm 이상의 변동이 상승 횟수가 작음에도 불구하고 큰 것으로 나타났다. 이는 주로 여름철 집중 호우 시 발생하는 지하수 함양에 의한 결과이며 국내 지하수위의 계절적인 변동을 일으키는 요인인 것으로 해석된다.

Table 1. 지하수위 상승 횟수 및 상승량

구분	상승 횟수				총 상승량(m)			
	10cm미만	10cm~1m	1m이상	전체	10cm미만	10cm~1m	1m이상	전체
평균	200	46.7	2.8	249.5	5.9	12.2	6.6	24.7

관측 주기(sampling interval)가 분석 결과에 미치는 영향을 살펴보기 위하여, 6시간 간격의 관측 자료를 12시간 및 24시간 간격의 시계열 자료로 재생성하여 동일한 분석을 수행하였다. Fig. 2a는 0.1m 미만의 수위 상승량 결과를 비교한 것으로 12시간 간격, 24시간 간격으로 관측주기가 길어질수록 상승 횟수와 상승량이 줄어드는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 경향은 Fig. 3a와 같이 대부분의 관측소의 분석 결과에서 공통적으로 나타나는데, 이는 관측 주기가 커질 때 12시간 또는 24시간 주기를 가지는 지하수위 변동 성분이 제거되기 때문인 것으로 분석되었다. 따라서 0.1m 미만의 지하수위 변동은 주로 대기압, 조석 및 주변 우물의 양수와 같은 주기적인 지하수위 변동을 일으키는 요인에 의하여 발생한 것으로 해석된다.

지하수위 상승량이 0.1m 이상인 경우(Fig. 2b, c) 관측 주기의 조절에 따른 총상승량의 변화는 거의 발생하지 않았다. 그러나 Fig. 3b 및 Fig. 3c와 같이 총상승량이 100m 이상인 관측소의 경우 관측 주기가 커질수록 총상승량이 과소 평가되는 경향이 나타났다. 이러한 경향은 강수에 의하여 지하수위가 상승할 때 관측 주기가 길어질수록 수위 상승의 정점이 관측되지 않고 침투의 일부가 잘려나가기 때문인 것으로 분석되었다.

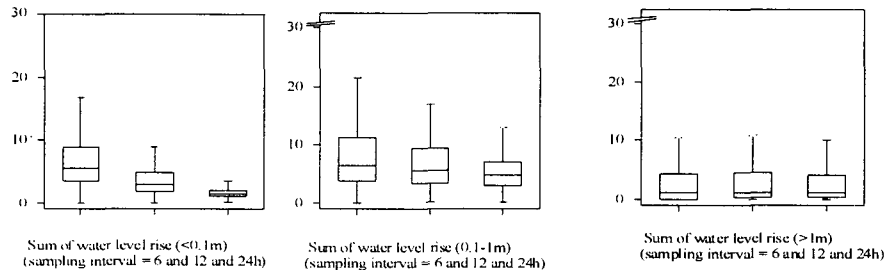


Fig 2. 관측주기가 분석 결과에 미치는 영향: (a) 상승량이 0.1m 미만인 경우, (b) 상승량이 0.1m ~ 1m인 경우, (c) 상승량이 1m 이상인 경우

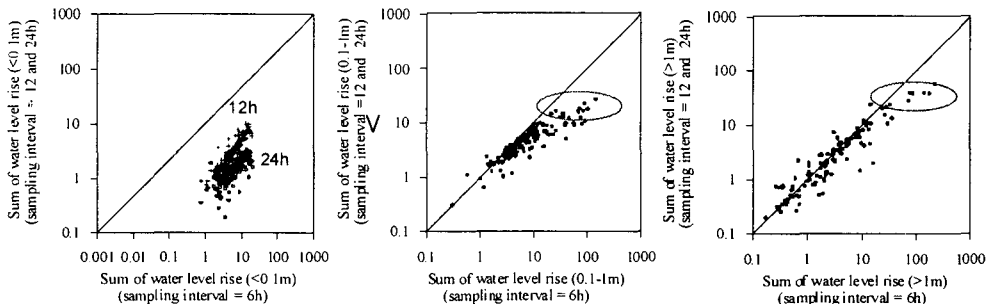


Fig 3. 관측주기가 분석 결과에 미치는 영향: (a) 상승량이 0.1m 미만인 경우, (b) 상승량이 0.1m ~ 1m인 경우, (c) 상승량이 1m 이상인 경우

조간대에 접한 대수층에서는 지하수위가 조수로 인한 단기간 변동에 의해 지배받으며, 내륙의 피압 대수층에서는 지구조석의 영향을 받게 된다. 조석의 주기는 지역에 따라 달라질 수 있지만 약 12시간 25분이므로, 이는 대략 반일주기에 해당한다. 국가 지하수 관측소를 대상으로 자료를 분석해본 결과 상승 개수가 연 450개 이상일 경우 조석 변동을 보이는 것으로 나타났다. 720개가 되지않는 이유는 강수의 영향으로 지하수위가 변동할 경우 대체적으로 조석의 영향으로 인한 지하수위 변동보다 크므로, 조석변동 성분이 강우 변동에 의하여 가려지기 때문인 것으로 판단된다. 하동관측소의 암반 및 충적 관측 정에서는 해안 조석에 의한 지하수위 변동이, 홍성 및 합천의 암반 관측소에서는 지구 조석에 의한 지하수위 변동이 잘 나타났다. 지구 조석에 의한 지하수위 변동은 10cm 미만으로 해안조석보다 낮은 변동량을 나타냈다. 지구 조석에 의한 지하수위 변동은 피압대수층에서 발생하므로 두 관측소의 암반지하수는 피압 상태에 있음을 지시한다.

관측정 주변에서 양수가 규칙적으로 일어나는 지역에서는 일주기의 수위 변동 성분이 강하므로, 상승 횟수가 연 360개 부근의 값을 가지는 것으로 나타난다. 상승량은 양수량 및 관측정과 양수정과의 거리에 따라 상이하게 나타나지만, 대체적으로 1m 이상인 것이 많다. 대부분의 관측소의 지하수위 변동자료는 주변 양수가 규칙적인(1회/1일) 양상을 보여주며, 일부 불규칙적인(1회/2~3일) 변동을 보이는 관측소도 확인되었다.

강수는 지하수위 변동에 가장 크게 영향을 미치는 요인이다. 우리나라의 경우 강수의 계절 변화가 크므로 월별 강수량과 지하수위 변동량의 상관관계를 분석할 경우 강수에 의한 지하수위 변동량을 정량적으로 해석할 수 있다. 264개 관측정에 대하여 월별 강수량에 대한 월별 지하수위 상승량을 회귀분석하여 기울기와 절편을 구하였다(Fig. 4a). 이러한 분석을 통하여 구한 직선의 기울기는 지하수위 변동법을 통하여 지하수 함양량을 구할 때 사용될 수 있으며, 절편은 강우 외의 지하수위 변동 요인들에 의하여 발생한 비강우상승량을 나타낸다. 약 75%의 관측정에서 강수량에 대한 지하수위 상승량의 비가 1 ~ 8 정도인 것으로 나타났으며(Fig. 4b), 대부분의 관측소에서 강수량과 지하수위 변동량의 상관관계가 높게 나타났다(Fig. 4c). 전체적으로 강수량과 지하수위 상승량과의 상관계수가 높을수록 강수량에 대한 지하수위 상승량의 비가 커지는 반면, 비강우상승량(Y절편)은 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다(Fig. 5).

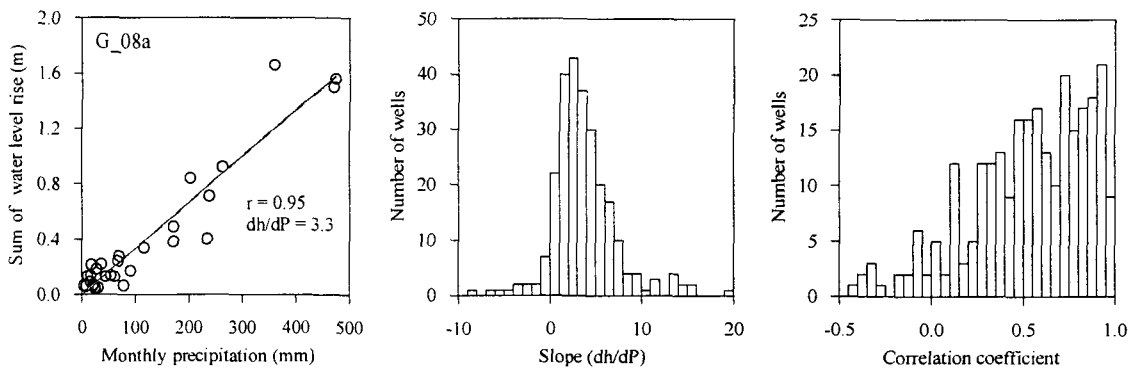


Fig 4. 월별 강수량과 지하수위 상승량과의 관계 : (a) 월 강수량 대비 월 지하수위 상승량, (b) 기울기에 따른 관정수, (c) 상관계수에 따른 관정수

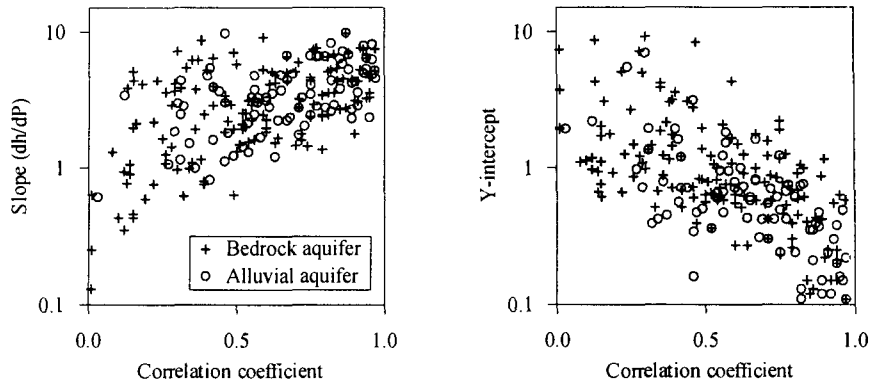


Fig 5. 강수량과 지하수위 상승량과의 상관계수와 기울기 및 Y-절편과의 관계

### 3. 결론 및 토의

본 연구에서는 지하수위 변동 횟수, 변동량 및 지하수위 변동과 강수량과의 상관관계를 분석할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 국가 지하수 관측소의 관측 자료에 적용하여 국내 지하수의 수위 변동 특성을 해석하는 도구로 활용하였다. 지하수위 변동은 관측 지역의 지형 및 수리지질 특성 등에 의하여 영향을 받으므로 향후 이 자료들을 기초로 통합적인 분석을 실시하여 우리나라의 지하수위 변동특성을 규명할 계획이다.

### 사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(3-2-1)에 의해 수행되었습니다.