한국지하수토양환경학회 추계학술발표회
2003년 9월 26~27일 제 주 대 학 교

국가지하수 관측소의 장기수위관측자료를 활용한 관측주기 결정 연구

김규범, 김정우*, 원종호, 이명재*, 이진용*, 이강근**

*한국수자원공사 조사기획처 · *(주)지오그린21 · **서울대학교 지구환경과학부 (gbkim@kowaco.or.kr)*

<요 약 문>

The monitoring effectiveness not only depends on the effectiveness of the network, but also the costs of the network. Generally the costs of the monitoring network are mainly on the equipment and personnel; the implementation and maintenance; the observation and sample connection; the sample analysis; and the data storage and processing. The cost of the monitoring network can be expressed as a function of monitoring frequency because the monitoring method can be an automatic or a manual measurement.

To determine the sampling frequency of subsidiary groundwater monitoring stations, time series data of national groundwater monitoring stations were used. The proposed optimal sampling frequency for subsidiary groundwater monitoring station is about 7 to 20 days and the average frequency is about 2 weeks.

key word : time series, AR model, Nyquest frequency

1. 서 론

지하수 관측망은 지역 또는 유역별로 선정된 대표지점에서 주기적으로 지하수 수위/수질 현황을 관측하여 시간에 따른 지하수의 물리적 화학적 변화를 파악하기 위한 지하수관측시스템을 말하며, 관측전용 우물을 굴착하고 수위 및 수질을 감시하기 위한 관측장비를 설치하여 실시간의 자료를 저장하고 이를 원격으로 송신 또는 직접 받을 수 있도록 한 시설 또는 기존 관정 등을 활용하여 수동 측정 방식으로 수위/수질 자료를 취득하는 시설로 구성된다. 이러한 지하수 관측망의 관측 자료는 기상 및 지표 수문자료와 연계, 분석하여 종합적인 지하수의 시공간적인 변화예측의 기초자료로 활용하며, 나아가 지하수의 양적인 보전과 수질오염을 조기에 발견하고 관련 사후 조치를 효율적으로 수행하는데 이용된다.

현재 정부(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 2002년 말까지 202개소를 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 소

유역별 또는 국지적으로 뒷받침해 줄 수 있는, 세부적인 지역 지하수의 특성을 설명하는 보조 지하수 관측망의 설치, 운영은 필수적이다.

보조지하수 관측망은 국가지하수 관측망과 연계하여 지역별로 주요 관측 대상지역에 관측정을 설치하여 지하수 수위·수질 특성 자료를 획득하는데 그 목적을 두고 있으며, 시·군·구 단위별로 지역별 지하수 정책수립과 지하수 장애 대책을 수립할 수 있도록 운영하는 관측망이라 할 수 있다. 보조지하수 관측망은 지하수법 제17조에서, 시·도지사가 보조지하수 관측망 계획을 수립하여 시행토록 하고 있는데 예산의 절감을 위하여 기존 관정 또는 폐공을 관측정으로 지정, 활용하고 필요한 경우에는 신규 굴착하도록 한다. 지역별 관측 자료는 지방자치단체 지하수 전담부서에서 체계적으로 관리하고 건설교통부에서는 제반 관측망을 총괄하여 종합적인 자료 관리 및 분석 업무 등을 수행한다. 각 지방자치단체에서 기존 우물을 최대한 활용하여 2011년까지 시·군·구별로 약 30~40개소의 관측정을 설치하여, 약 10,000개소의 보조 지하수 관측망을 구축토록 계획되어 있으며, 보조지하수 관측망은 예산상의 문제 및 운영관리의 효율성 등을 고려하여 수동으로 관측하는 것을 전제로 하고 있으므로, 지하수 수문조건을 파악할 수 있는 최적의 관측주기 결정은 보조지하수 관측정의 설치 운영에 매우 중요한 요인이 된다.

2. 본 론

보조지하수 관측망을 운영할 때 지하수계의 실질적인 상태를 파악하여 시·공간적인 지하수 정보를 제공한다. 그리고 적절하고 통일된 관측망의 관측주기마다 관측되는 자료를 바탕으로 지하수 자원을 관리한다. 지하수계를 파악한다는 것은 다음과 같이 기술적 측면에서 구체화 할 수 있다.

- 변동경향(Trend)의 파악
- 주기적인 변동(Periodic Fluctuation)의 결정

관측주기의 결정에 사용된 지하수위 시계열 자료는 국가지하수 관측망의 관측 결과를 활용하였다. 관측주기 결정에 있어서 변동경향의 인지는 고려하지 않았는데 이는 국가지하수 관측망의 그래프 양상이 지속적으로 상승 혹은 하강하거나 계단식으로 변동하는 양상은 나타나지 않고 계절에 따른 주기적인 변동경향을 주로 보인다.

(1) Harmonics 계수 추정

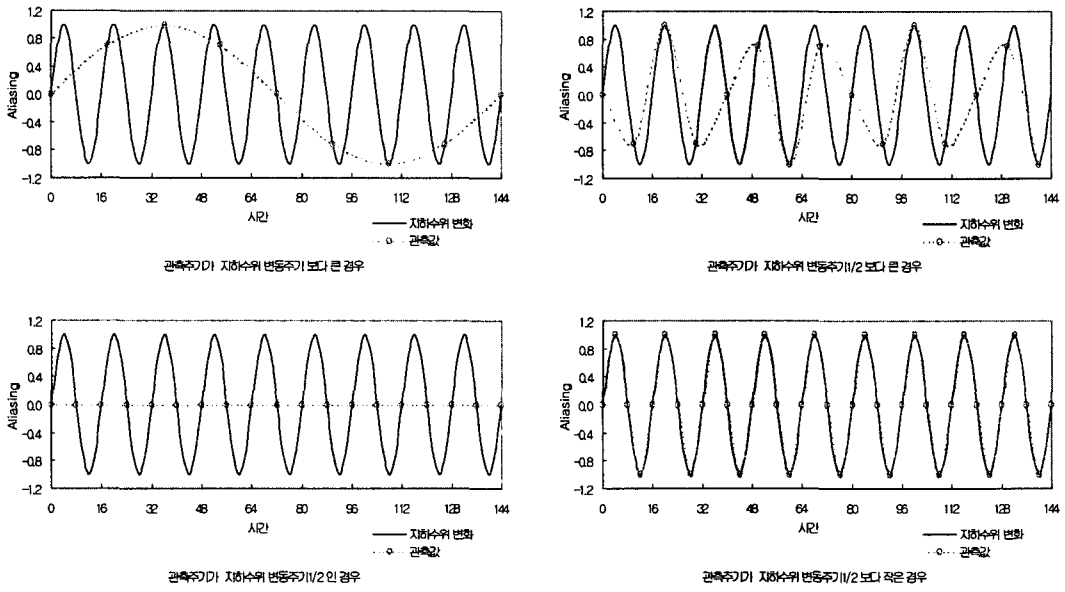
각 관측소마다 가장 적절한 Harmonics 개수를 결정하는 과정에서 누적주기도를 활용하였는데 이것은 결국 각 Harmonics들의 계수들의 함수이다. 따라서 관측빈도 결정은 Harmonics의 모델의 특성을 가장 잘 반영하고 있는 계수들을 정확성을 고려하여 결정하게 되는 것이다. 관측하고자 하는 기간의 총길이를 $T = n_o \Delta$ 라 하고, 관측간격(Δt)으로 이루어진다면 관측기간 동안 이루어지는 관측회수는 다음과 같다.

$$n \cong \frac{T}{\Delta t} = \frac{n_o \Delta}{\Delta t}$$

여기에서 Δ는 단위시간 간격이다(예를 들면, 하루를 의미한다). 여러 가지 관측기간 Δt에 따라 필요한 관측회수 n을 계산할 수가 있다.

(2) Nyquist frequency

지하수 관측간격을 Δt라고 하면, 관측빈도(f_s)는 $1/\Delta t$에 해당한다. 따라서, Nyquist frequency는 시료채취 빈도의 1/2에 해당하다($f_n = 1/2 \cdot f_s$). 달리 말하면, Nyquist frequency의 한 사이클에 대하여 두 번의 시료가 존재한다.



조화도 분석(harmonic analysis)으로부터 시계열자료에 있어서 현저한 주기적인 변동성의 최대 빈도를 f_p라 할 경우, 이러한 현저한 빈도의 주기성을 관찰하기 위해서는 시료채취 빈도(f_s)는 f_p의 2배 이상이어야 한다. 즉, $f_s > 2 \cdot f_p$ 이다. 또한, 관측 간격은 기간의 절반보다 작아야 한다. 예를 들면, 지하수 시계열자료에 있어서 현저한 변동성이 월단위로 발생한다면 관측주기는 월 2회 이상이어야 한다.

3. 결 론

이상 국가 지하수 관측정의 약 3~5년의 관측자료를 활용하여 산정된 지하수위의 관측주기는 약 7일 ~ 20일 정도로 나타났다. 즉, 대부분의 보조 지하수 관측정은 최소 1주 1회에서 20일에 1번 정도의 관측이면 충분하고 평균적으로 약 2주에 한번 정도의 관측이 적정한 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

건설교통부, 한국수자원공사, 2002, 지하수 관측연보

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

Yangxiao Zhou, 1996, Sampling frequency for monitoring the actual state of groundwater systems, Journal of Hydrology 180, 301~318.