

지하수위 분석을 통한 지하수 함양율의 지역화연구

김석중 · 조민조 · 김영식

한국지질자원연구원

E-mail: seok@kigam.re.kr

요 약 문

The purpose of this study is to localize the recharge rate into the national scale, calculated by use of the groundwater level from the 123 monitoring stations. The soil type, land use type, and bedrocks are selected for the influential factors over recharge rate. The main hypothesis is that the recharge rate can be expressed by the sum of the weighted averages of recharge rates of each factors. The optimized weights of soil type, land-use time and bedrocks from 119 stations are 0.80, 0.18 and 0.02 respectively. So this study offers that localization is available from the recharge rates calculated by groundwater level monitoring results.

key word : groundwater level, recharge rate, influential factor, localization, optimization

1. 서론

건설교통부는 지하수법 제 17조에 의거 전국 수계별로 국가 관리 지하수 관측망을 설치 중에 있으며 기 설치된 관측소에서는 지하수위, 수온, 전기전도도의 자료가 자동 측정되고 있다. 최병수(personal communication)는 지하수위 관측연보 2000에 수록된 134개소의 1999. 1. 1 - 1999. 12. 31 기간중의 지하수위 관측자료를 이용하여 총 126개소의 지하수 함양율을 구하였다. 전술한 바와 같이 지하수 관측소의 자료로부터 계산한 함양율은 관측공에 대한 영향범위에 한정된 것이므로 이를 지역화 하기 위해서는 이러한 영향범위 내에서의 특성과 지하수 함양율과의 상관성을 파악 할 수 있어야 할 것이다. 한편 지하수관리 기본계획 보고서(1996. 12.)에는 전국을 126개 소유역으로 구분하고 각 소유역별 지형 및 수계분포 현황, 토양분포현황, 식생 및 토지 이용, 암석분포에 관한 자료가 수록되어있다. 따라서 지하수 관측소의 지하수위에 의한 함양율을 전국적인 규모로 확장하기 위해서는 이들의 공통사항을 고려하여야 할 것이다.

2. 함양율

최병수가 산출한 각 지하수위 관측소의 1999년도 지하수 함양율 가운데 특성치 자료의 미비로 동해 귀운(2-6), 음성 대소(2-7), 전주 만성(2-17) 등 3개소의 자료를 제외하여 123개소의 자료를 활용하였다. 지하수위 변동을 토대로 하여 계산된 함양율은 최소 3.8%에서 최대 14.5%까지 분포한다.

3. 영향인자

지하수관리 기본계획 보고서에는 농촌진흥청 식물환경연구소에서 발간한 1/25만 축적의 토양도에 의하여 토성(토양의 입도에 따른 특성)에 따라 각 소유역별 면적을 구하여 수록하였다. 그러나 본 연구에서는 지하수위 관측소의 토양 특성을 정하는데 있어서 보다 정확성을 기하기 위하여 지하수관측망 설치공사 준공보고서와 1/25,000 정밀토양도 그리고 1/50,000 개략토양도를 참조하여 각 관측소의 토양특성을 지하수 관리 기본계획보고서의 범주로 재정리하였다.

이상의 자료로부터 비례적으로 유역별 평균 함양율을 추정해 볼 수 있다. 즉 총 유역면적을 S 라 하고 각 토양형의 분포면적을 s_1, s_2, \dots 그리고 토양형별 평균함양율을 r_1, r_2, \dots 라 하면 유역 평균함양율 R 은 다음식으로 계산할 수 있다.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot r_i}{S} \quad \text{식 1)}$$

여기서 토양형의 종류의 수 n 은 A, B, ... F까지 6이된다.

이와같은 방법으로 토양유형, 토지이용 및 기반암에 따른 유역 평균 함양율은 표 1과 같다.

표1. 영향인자에 따른 유역 평균 함양율

구분	한강	낙동강	금강	섬진강	영산강	서해	남해	동해
토 양	0.127	0.128	0.124	0.128	0.123	0.118	0.126	0.128
토지이용	0.133	0.130	0.123	0.129	0.126	0.126	0.129	0.128
기 반 암	0.140	0.137	0.128	0.135	0.128	0.125	0.134	0.136

4.가중치

한 지역에서의 지하수 함양율은 우선 토양에 의한 영향, 토지이용에 의한 영향, 기반암에 의한 영향으로 나누어 생각해 볼 수 있다는 기본 가정아래 각 인자가 상대적으로 지하수 함양율에 각각 어느 정도 영향을 끼치는가에 대해서 파악하였다.

즉 이를 간단히 다음과 같이 수식으로 표현할 수 있다.

$$R = Sw \cdot S_i + Lw \cdot L_j + Bw \cdot B_k \quad \text{식 2)}$$

여기서

- R = 지하수 함양율 계산값
 - Sw = 토양에 대한 가중치
 - S_i = i 형 토양에서의 평균함양율
 - Lw = 토지이용에 대한 가중치
 - L_j = j 형 토지이용에서의 평균함양율
 - Bw = 기반암에 대한 가중치
 - B_k = k 형 기반암에서의 평균함양율
- $$Sw + Lw + Bw = 1$$

식 2)를 미측정 지점에 적용할 경우에 각 특성에 따른 함양율을 평균하여 적용한다. 즉 지하수위 관측소에서 계산된 함양율(Ro)에 대하여 미측정 지점의 추정 함양율(Rc)는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Rc = Sw \cdot \overline{S_i} + Lw \cdot \overline{L_j} + Bw \cdot \overline{B_k} \quad \text{식 3)}$$

보다 구체적으로 설명하면 먼저 $Sw + Lw + Bw = 1$ 이 되도록 하였으므로 두개의 변수를 무작위로 선택하여 0에서 1까지 0.01씩 올리거나 내려가면서 모든 경우에 Rc 값을 계산하였다. 다음 $(Ro - Rc)^2$ 값을 모두 합하여 그 값(Rt)이 최소가 되는 점을 찾았다.

5. 적용성

본 방법의 적용성을 살펴보기 위하여 119개의 각 지하수위 관측소에 대한 Ro 값과 Rc 값을 그래프로 비교하여보았다(그림 1).

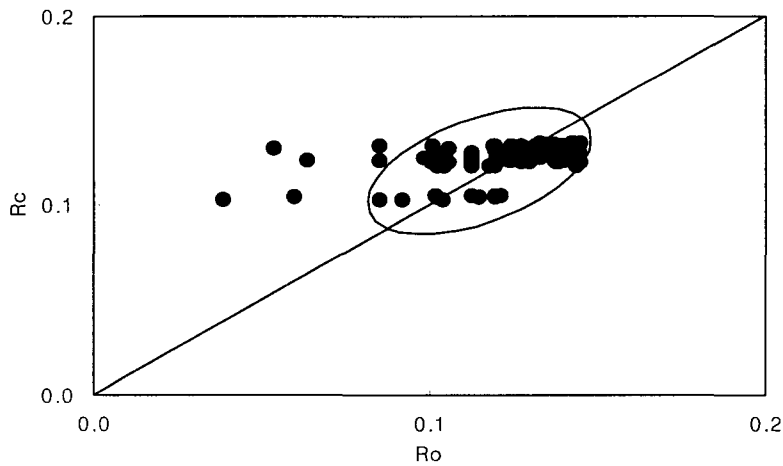


그림 1. 본 방법의 적용성

위 그림에서 보는 바와 같이 각 점들이 대각선에 일직선상으로 배열되는 것이 가장 이상적인 결과이나 각 요인의 평균값의 차이가 적고 각 요인 특성이 A, B, C, ... 등 정성적인 값에 일률적인 평균값을 대입했으므로 당연히 가로축에 평행한 형태를 갖게될 것이다.

따라서 지하수 함양율이 매우 적게 계산된 4개 내지 6개의 지하수위 관측소를 제외하고는 대체로 만족할만한 결과라고 할 수 있다. 그러나 추후 보다 면밀하고 정확한 요인 특성의 분류를 시도하고 지하수위 자료도 장기간 축적되면 보다 대각선 축에 가까운 결과를 얻을 수 있으리라고 본다.

6. 결론

지금까지의 연구결과를 검토하여보면 지하수위를 활용하여 지하수 함양율을 계산할 경우에도 지역화가 가능하다는 것을 알 수 있다. 그러나 몇 가지 문제점이 노출되었다. 첫째 기본이 되는 관측소별 자료와 전국적인 확장을 위해 만들어진 자료가 서로 정확하게 일치하지는 않는다는 점이다. 일례로 관측소 토지 이용의 경우 중소 도시의 주거지역에 설치된 관정을 A형으로 분류한 반면 적용 대상인 유역별 도시지역의 면적은 축적관계상 거의 대도시에 국한되어있다. 두 번째 문제점으로는 지하수 함양량을 산출하는 기본 자료이다. 최병수는 지하수위 자료를 2000년도 단 1개년의 자료에 의거했으나 이는 여러 가지 변화 요인을 고려하건대 충분하지 못하다고 할 수 있다. 세 번째로는 각 영향인자별 가중치가 경우에 따라서 달라질 수 있다는 개연성을 무시할 수 없다는 점이다. 예를 들어 모든 지역에서 토양의 영향이 0.8로 적용되지 않는 것이다. 이상 여러 가지 문제점으로 아직 이로부터 계산된 함양율이 정확하다고는 할 수 없겠으나 추후 적절한 분류기준을 설정하고 지하수위의 관측자료가 좀더 축적되어 신뢰도가 높아진다면 전국 어느 장소 어느 범위에서든지 분류기준에 맞는 조사를 취할 경우 장소에 적절한 함양율을 구할 수 있는 가능성을 제시하였다.

7. 참고문헌

1. 건설교통부, 지하수 관측망 설치공사 준공보고서, 1995 - 1999
2. 건설교통부, 지하수관리 기본계획 보고서, 1996
3. 농촌진흥청, 정밀토양도, 1970 - 1995.
4. 농촌진흥청, 개략토양해설도, 1971,