

유구지역에서의 누적강수량과 지하수수위강하를 이용한 지하수함양을 추정

이주영, 이기철, 정형재, 정성욱*

농업기반공사 농어촌연구원, *연세대학교 지구시스템과학과
eepen@karico.co.kr

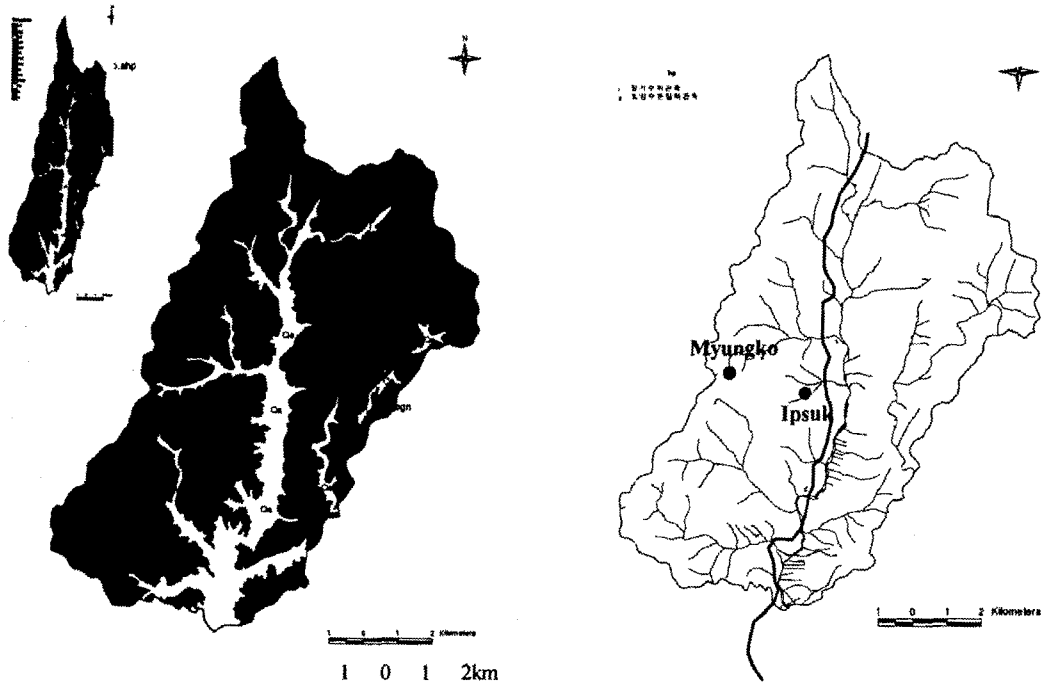
<요약문>

Groundwater recharge rate can be estimated from groundwater head rebound due to rainfall. Groundwater level changes are monitored for 10 months at Yugu area. Difference between two recharge rates calculated by rainfall and by effective rainfall is 1.1%~1.6%. Since this method ignores soil water percolation during groundwater level regression, the actual recharge rate may be higher than estimated one by cumulative rainfall and groundwater level change.

1. 서론

지하수함양율을 추정하는 방법은 크게 물리적인 방법, 화학적인 방법, 수치적인 방법으로 구분할 수 있는데, 물리적인 방법으로는 Soil-water balance, water-level fluctuation, 지하수 기저유출, plane of zero-flux method 등이 있으며 화학적인 방법으로는 추적자에 의한 방법 등이 있다 (API, 1996). 이들 방법들 중에서 문상기 등(2001)에 의해 제안된 누적강수량과 지하수위곡선을 이용한 지하수함양율 추정 방법을 이용하여 충청남도 공주시 유구읍을 대상으로 적용하여 지하수함양율을 산출하고 그 적용성과 개선안에 대하여 검토하였다.

연구지역은 그림-1에서 보는 바와 같이 편마암, 편암이 분포하고 있으며, 중심에 유구천이 북쪽에서 남쪽으로 흐르고 있다. 기반암까지의 심도는 대략 5m~15m정도이며 토양의 대부분은 사양토, 자갈이 있는 사양토로 전체토양의 63%에 해당되며 그 외 양토와 자갈이 있는 양토가 30%가량 분포한다. 지하수수위관측은 2002년 10월부터 현재(2003년 9월)까지 계속 관측하고 있으며 본 연구에서는 2003년 8월까지의 자료를 분석하였고, 기상자료는 기상청에서 유구지점(632)의 자동기상관측기(AWS, Automatic weather system)의 매시간 자료를 제공받아 활용하였다. 지하수자동관측기로 독일 OTT Hydrometry사의 Orphimedes를 사용하였으며 측정간격은 1시간으로 하였다.



(가) 지질도

(나) 관측정 위치도

그림-1. 유구지역 지질도(가) 및 관측정 위치도(나)

2. 본 론

조사지역의 관측정 중 '입석'관정은 심도 2.4m의 층적관정이고 '명곡'관정은 심도100m이상의 암반관정으로 이들 관정에서의 지하수수위변화는 그림-2에서 보는 바와 같다. 2002년 10월 18일부터 2003년 8월 12일까지의 관측기간동안 입석층적관정에서의 최저, 최고 수위차는 0.59m, 명곡암반관정에서는 1.00m이며, 조사지역에서의 비산출율은 2.927×10^{-2} 이다(표-1).

문상기, 우남철(2001)에서는 지하수함양율을 함양이 일어나는 기간동안 누적 강우에 대한 반등되는 지하수수위의 변동폭의 비율로 정의하였다.

$$\alpha = \frac{\Delta h}{\Sigma P} \cdot S_y \quad \dots \dots \dots \text{수식-1, (문상기, 우남철, 2001)}$$

여기서 α : 지하수함양율, Δh : 지하수위 반등치, ΣP : 일정기간 누적강수량, S_y : 비산출율
위 수식을 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{P_2 - P_1} \cdot S_y \quad \dots \dots \dots \text{수식-2, (한국수자원공사, 2001)}$$

일정기간 누적강수량을 함양이 일어나는 일정기간동안의 강수량 차($P_2 - P_1$)로 나타낼 수 있다. 강수에 의해 지하수 수위가 상승되는 구간별로 함양율을 산출한 결과 조사기간동안의 함양율은 입석층적관정에서는 18.5%, 명곡암반관정에서는 18.3%이다. 그리고 조사기간동안의 총 함양량은 144.0mm로 함양

을 누적강수량으로 나누어 함양율을 구한 결과 표-2에서 보는 바와 같이 두 관측점에서 각각 10.4%, 15.4%로 산출되었다. 각 구간별로 산출한 함양율을 강우강도, 선행강우 유무 및 선행강우량, 토양수분 함량, 기후조건 등 각 구간별 수리수문조건에 의한 특성이 반영된 함양율로, 비교적 적은 강수량에도 지하수위가 많이 상승하여 그 기간동안의 함양율이 높게 산출될 수 있고 강수가 거의 없어 토양이 건조한 상태에 있다가 짧은 시간동안 폭우가 내릴 경우에는 지하수 수위반등이 적어 지하수함양율이 적게 계산될 수 있다. 이들 함양율의 평균값으로부터 구한 함양율은 각 구간별 함양특성이 강조된 값을 평균한 것이므로 연간함양율은 총함양량과 누적강수량으로부터 산출하는 것이 보다 더 타당할 것으로 사료된다.

그러나 실제로 강우초기에 지표면에서 차단, 저류되거나 다량의 강우로 지표면이 포화상태가 되어 오히려 강우의 침투를 방해하여 지하수함양에 영향을 미치지 않는 강우가 있으므로 이를 고려할 필요가 있다. 이런 무강우로 취급할 수 있는 기준강우량으로 Hershfield 등(1972)은 6.4mm이하, Leach(1980)는 100mm이상으로 제시하였다(한국수자원공사, 2001). 본 조사기간동안 누적강수량(ΣP)과 무강우를 고려한 유효누적강수량(ΣP_e)은 표-1에서 보는 바와 같이 각각 935.5mm, 845.5mm로 90mm 차이가 나며 유효누적강수량으로 함양율을 산출하면 각각 11.5%, 17.0%로 1.1%, 1.6% 더 증가한다.

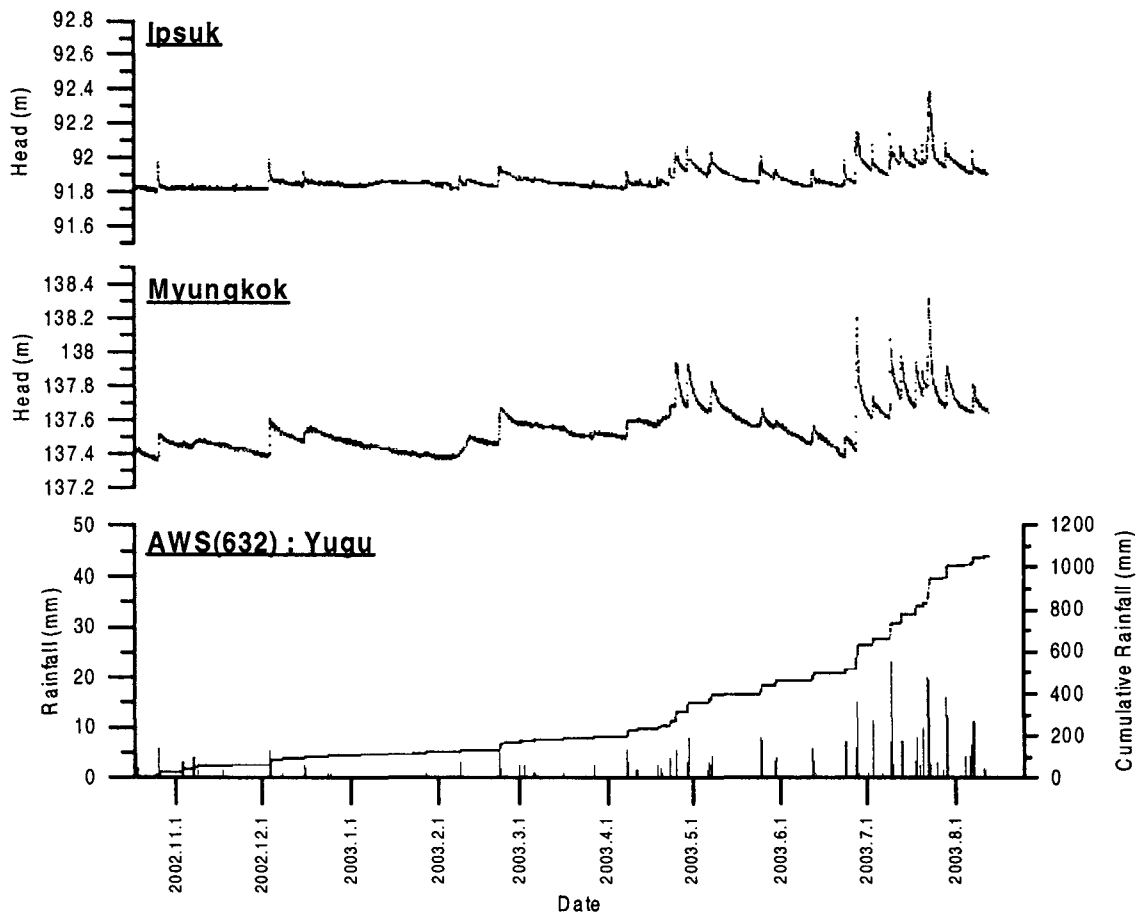


그림-2. 유구지역 지하수수위 및 강수량 변화 (기간 : 2002.10.18 ~ 2003.8.12)

표-1. 유구지역 지하수함양율 산출을 위한 요소값 (기간 : 2002.10.18 ~ 2003.8.12)

관측정	날짜		수위반등치 (ΔH , m)	누적강수량 (ΣP , mm)	유효누적강수량 (ΣP_e , mm)	비산출율 (S_y)
	최저수두	최고수두				
입석	2002.10.25	2003.7.23	0.590	935.5	845.5	2.927×10^{-2}
명곡	2002.10.25	2003.7.22	1.000			

표-2. 유구지역 지하수함양율 (기간 : 2002.10.18 ~ 2003.8.12)

관측정	구간별 지하수함양율 (평균, %)	지하수함양량 (mm)	지하수함양율	
			누적강수량	유효누적강수량
입석	18.4	97.5	10.4	11.5
명곡	18.3	144.0	15.4	17.0

3. 결론 및 토의

지하수함양율을 산정하는데 있어 강우에 의한 지하수 수위반등으로부터 산출할 경우 문상기, 우남철(2001)에 의해 지적되었듯이 비산출율(S_y)에 의하여 함양율이 크게 달라질 수 있으며, 누적강수량을 그대로 적용할 경우 실제 함양율보다 적게 산출될 수 있으므로 유효강수량(effective rainfall)으로 산출하면 정밀도를 향상시킬 수 있다.

특히 저류특성이 양호한 대수층의 경우 시간에 따른 지하수수위변화 곡선은 문상기, 우남철(2001)의 충주, 진주지역에서처럼 비교적 곡선형태가 원만하여 수식-1을 전 구간에 대하여 그대로 적용할 수 있다. 그러나 저류특성이 불량한 대수층인 경우 강우시 지하수위가 급히 상승했다가 수 일 내에 하강하는 특성을 보이는데 본 연구지역에서도 강우에 의해 대수층으로 함양된 후 장기간 저류되지 않고 비교적 짧은 시간에 배출되어 시간에 따른 지하수수위변화 그래프가 전반적으로 툽니모양의 형태를 보이므로 강우에 의한 지하수 수위상승(반등)이 있는 구간별로 나누어 함양량을 구한 후 함양율을 산출하여야 한다.

수식-1, 수식-2 모두 강우에 의해 지하수 수위가 상승하는 것만 고려할 뿐 강우에 의해 지하수수위가 최고로 상승된 이후 토양층(비포화대)에 저류되었다가 천천히 대수층(포화대)로 이동되어 함양되는 양은 고려되지 않아 실제 지하수함양율은 본 방법으로 산출되는 결과보다 더 높을 것으로 추정된다.

4. 참고문헌

- (1) API, 1996, Estimation of Infiltration and Recharge for Environmental Site Assessment, API publication No.4643.
- (2) 한국수자원공사, 2001, 지하수관리기본계획 보고서.
- (3) 문상기, 우남철, 2001, 누적강수량과 지하수위곡선을 이용한 지하수함양률 추정 기법, 한국지하수토양환경학회지, v.6, no.1, pp.33-43.