

# 한국 중부지방의 지하수위 경향성 분석: 한강 및 금강유역

## Trend Analysis of Groundwater Level in Han River and Kum River Watersheds



양 정 석 ▶▶▶

국민대학교 건설시스템공학부 부교수  
jyang@kookmin.ac.kr

### 1. 서론

현재 세계 각지에서 이상기후로 인한 가뭄이나 폭우 등이 발생하고 있다. 이로 인한 피해액 및 규모는 점차 증가하는 추세이고, 이는 수문성분에 변화를 가져와 물순환에도 좋지 않은 영향을 끼치고 있다. 우리나라의 강수특성을 대표하는 것 중 하나는 여름철에 편중된 강수량이 발생한다는 것이다. 기후변화를 겪으면서, 강우 집중 현상은 더욱 심화되어 지고 있으며, 이에 따른 계절적 수위 변동 차이 또한 커지고 있는 실정이다. 이는 지하수위 및 하천수위의 변동 특성에도 영향을 미친다는 것을 뜻하며 더욱 많은 양의 수자원이 활용되지 못한 채 바다로 유출됨을 의미한다. 이러한 현상이 최근에 가속됨에 따라 이에 따른 대책을 강구하는 것이 시급하다 하겠다. 이 중 지하수위의 하강은 지반침하로 인한 건물 파손, 연안지방의 지하대수층으로의 해수침투로 인한 지하수 오염, 지하수량의 감소에 따른 수질의 악화 등의 결과를 야기하게 된다.

최근 국내에서는 지하수위의 경향성에 관한 연구가 활발히 진행되지는 않고 있는 실정이다. 이명재(2006)는 국가 지하수위관측소의 지하수위, 전기전

도도, 수온자료에 대한 모수적 및 비모수적 변동 경향성 분석을 하였으나, 관측기간이 짧았고, 양정석 등(2009)은 금강유역 국가지하수위 관측망의 지하수위에 대한 경향성을 분석하였으나 유의성 검정을 실시하지 않았다.

국가지하수 관측망은 관측이 1996년부터 시작되었고 현재 대부분의 관측소가 2004년 및 2005년도 관측자료부터 활용할 수 있으므로 본 연구는 2008년까지의 자료를 활용하여 한강 및 금강 유역을 중심으로 지하수위의 경향성을 분석하고, t-test를 실시하여 통계학적 검정을 실시하였다.

### 2. 연구 지점 및 자료 수집

한강에 위치한 99개 국가지하수 관측망과 금강에 위치한 74개 국가 지하수위관측소 중 연속된 결측일이 10일 미만이며, 관측 기간이 최소 5년인 지점을 본 연구의 연구 지점으로 선정하였다. 그 결과 한강

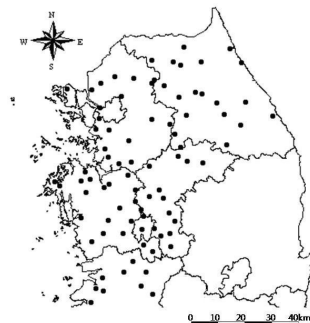


Fig 1. Study areas (Han and Kum river watersheds)

에 40개, 금강에 35개로 총 75개 관측소가 선정되었으며, 관측정별로는 암반층 71개, 충적층 30개 지점을 분석하였다. Fig 1.은 본 연구의 연구지점을 정리한 것이다.

### 3. 자료수집 및 분석

#### 3.1 자료수집

선정된 관측소의 지하수위는 국가지하수 정보센터 (<http://www.gims.go.kr>)에서 운영하는 국가지하수 관측망의 수위자료를 활용하였으며, 관측정별로 수집하였다. 수집된 관측 자료 중 10일 미만의 결측일이 발생할 경우 보간법을 이용하여 수정한 후 분석을 실시하였다. 수집된 자료를 통하여 연최고, 연평균 및 연최저 수위를 정리한 후, 적합도 검정을 실시하였다.

#### 3.2 적합도 검정

##### 3.2.1 결정계수

총제곱합(SST:Total Sum of Square)는 독립변수를 고려하지 않았을 경우 실제관측치  $Y_i$ 가 이들의 평균  $\bar{Y}$ 로부터 흩어진 정도를 말하며, 회귀제곱합(SSR:Sum of Squares Regression)은 독립변수를 고려함으로써 회귀식으로 설명되는 제곱합을 의미한다. 결정계수  $R^2$ 이 1에 가까울수록 선형식이 관측값에 대한 정확한 설명을 할 수 있다는 의미이다.

$$R^2 = \frac{\text{설명된 변동}}{\text{총변동}} = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} = \frac{a \sum Y_i + b \sum X_i Y_i - n \bar{Y}^2}{\sum Y_i^2 - n \bar{Y}^2}$$

##### 3.2.2 상관계수

두 변수간의 상대적인 강도를 나타내기에 적합한 지표로는 공분산보다 상관계수가 많이 쓰인다. 상관계수  $r$ 은 항상 부등식  $-1 \leq r \leq 1$ 을 만족시키며, 양의 상관관계가 있을 경우  $r > 0$ 을 만족시키며, 음의 상관

관계에 있을 때는  $r < 0$ 이고, 상관이 전혀 없는 무상관일 경우  $r = 0$ 이 된다.

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

#### 3.2.3 유의성 검정

표본회귀선에 대한 유의성 검정이 필요한 이유는 모집단회귀선의 기울기에 따라 독립변수에 따른 종속변수를 추정하는데 있어 회귀선을 사용할 수 있는지 판단하기 위해서다. 본 연구에서 사용하려는 모수적 검정인 T-test는 표본회귀식의 기울기  $b$ 를 이용해야 하고, 검정통계량 또한  $b$ 의 확률분포를 알아야 결정할 수 있다.

$$t = \frac{b - 0}{S_b} = \frac{b}{S_e / \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$$

$S_b$ : 회귀계수  $b$ 의 표준오차

모집단 회귀선의 기울기  $\beta$ 에 대한  $t$ 검정시

- 좌측검정

$$H_0: \beta \geq 0, H_1: \beta < 0$$

만일  $\frac{b}{S_b} < -t_{n-2, \alpha}$  이면  $H_0$ 를 기각

- 우측검정

$$H_0: \beta \leq 0, H_1: \beta > 0$$

만일  $\frac{b}{S_b} > t_{n-2, \alpha}$  이면  $H_0$ 를 기각

### 4. 연구 결과

Table 1은 t-test 분석 결과를 표로 정리한 것이다. 통계학적으로 유의하면서 하강하는 관측소가 유의하며 상승하는 관측소보다 많은 것으로 나타나고 있으며, 유의하지 않는 관측소 또한 하강하는 지점이 많다. 암반층 71개 관측정 중 52개 관측정이 하강하는 것으로 나타났고, 5% 이내에 유의하며 하강하는 지점은 71개 관측정 중 21개 관측정이 하강하여 30%에 달하는 비율로 나타났으며, 충적층은 30개 관측정 중 10개 관측정이 5% 이내에 유의하며 하강하여 43%의 비율로 나타났다. Table 2 ~ 5는 5% 이내에

유의하는 자료가 있는 관측소를 정리하였다. 한강유역의 암반층의 경우 연 최고수위는 10개, 연 평균수위는 17개, 연 최저수위는 13개 지점에서 유의하였으며, 충적층의 경우 연 최고수위는 3개, 연 평균수위는 9개, 연 최저수위는 5개 관측소에서 나타났다. 금강유역의 암반층의 경우 연 최고수위는 8개, 연 평균수

위는 10개, 연 최저수위는 7개 지점에서 유의하였으며, 충적층의 경우 연 최고수위는 2개, 연 평균수위는 4개, 연 최저수위는 1개 관측소에서 나타났다. Fig.2 ~ Fig.4는 한강유역의 관측소 중 유의하는 지점을 차트로 나타냈고, Fig.5 ~ Fig.6은 금강유역의 관측 지점 중 유의하는 지점을 차트로 나타냈다.

Table 1. T-test 분석 결과

구 분			암반층			충적층		
유의여부	기울기		연최고	연평균	연최저	연최고	연평균	연최저
유의	하강	1%	3	8	4	1	3	2
		5%	7	13	12	3	7	3
	상승	1%	2	1	1	0	0	1
		5%	6	5	3	1	3	0
유의X	하강		33	31	24	17	13	13
	상승		20	13	27	8	4	11
총계			71			30		
하강			43	52	40	21	23	18
상승			28	19	31	9	7	12

Table 2. 한강유역 암반층 분석 결과

Han river GWL	Rock					
	연 최고수위		연 평균수위		연 최저수위	
	기울기	유의성	기울기	유의성	기울기	유의성
Gapyeong Bukmyeon	증가	5%유의	증가	유의x	증가	유의x
Dongdocheon Sangpae	증가	5%유의	증가	1%유의	증가	유의x
Donghae Guiwoon	감소	5%유의	감소	유의x	감소	유의x
Bucheon Oggil	감소	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Siheung Gunja	증가	5%유의	증가	5%유의	증가	5%유의
Yangpeyong Gaegun	증가	5%유의	증가	5%유의	증가	유의x
Yangpyeong Yangdong	감소	유의x	감소	1%유의	감소	1%유의
Yongin Mapeyong	감소	5%유의	감소	유의x	증가	유의x
Wonju Guirae	감소	1%유의	감소	1%유의	감소	유의x
Inje Inje	증가	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Jeongseon Jeongseon	감소	유의x	감소	1%유의	감소	5%유의
Jecheon Cheongpoong	증가	5%유의	증가	유의x	감소	유의x
Chuncheon Booksan	증가	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Chuncheon Sindong	감소	유의x	감소	5%유의	증가	유의x
Paju Makkeum	감소	유의x	감소	5%유의	감소	1%유의
Paju Beobwon	감소	유의x	증가	5%유의	증가	5%유의
Pyeongchang Bongpyeong	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Pyongtaek Tongbok	감소	1%유의	감소	1%유의	감소	1%유의
Pocheon Hwahyeon	증가	1%유의	증가	1%유의	증가	1%유의
Hongcheon Seoseok	감소	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Hongcheon Hongcheon	감소	유의x	감소	1%유의	감소	5%유의
Hwaseong Paltan	증가	유의x	증가	5%유의	증가	유의x
Hwacheon Gandong	감소	유의x	감소	1%유의	감소	유의x
Hoengseong Hoengseong	증가	유의x	감소	1%유의	감소	1%유의

Table 3. 한강유역 총적층 분석 결과

Han river GWL	Alluvium					
	연 최고수위		연 평균수위		연 최저수위	
	기울기	유의성	기울기	유의성	기울기	유의성
Namyangju Byeongnae	증가	유의x	감소	5%유의	증가	유의x
Bucheon Oggil	감소	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Sokcho Nohak	감소	5%유의	감소	유의x	증가	유의x
Yangpyeong Gaegun	증가	유의x	증가	5%유의	증가	유의x
Yangpyeong Yangdong	감소	유의x	감소	5%유의	감소	1%유의
Yongin Mapeyeong	감소	5%유의	감소	5%유의	감소	5%유의
Jeongseon Jeongseon	증가	5%유의	증가	5%유의	증가	1%유의
Chuncheon Sindong	감소	유의x	감소	1%유의	증가	유의x
Pyeongchang Bongpyeong	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Hongcheon Hongcheon	감소	유의x	감소	1%유의	감소	1%유의
Hwacheon Gandong	감소	유의x	감소	1%유의	감소	유의x

Table 4. 금강유역 암반층 분석 결과

Kum River GWL	Rock					
	연 최고수위		연 평균수위		연 최저수위	
	기울기	유의성	기울기	유의성	기울기	유의성
Gochang Seongnae	감소	5%유의	감소	5%유의	감소	5%유의
Gunsan Seosu	감소	1%유의	감소	5%유의	감소	유의x
Gumsan Gumsan	증가	1%유의	감소	유의x	감소	5%유의
Gongju Jeongan	감소	5%유의	감소	유의x	증가	유의x
Gumsan Boksu	증가	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Dangjin Dangjin	증가	유의x	증가	유의x	증가	5%유의
Dangjin Sunseong	증가	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Boeun Boeun	감소	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Asan Dogo	감소	5%유의	감소	유의x	증가	유의x
Asan Deuksan	증가	유의x	증가	5%유의	증가	유의x
Yeongi Jochiwon	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Yesan Deoksan	감소	유의x	감소	유의x	감소	5%유의
Okcheon Gunbuk	감소	유의x	감소	5%유의	증가	유의x
Jeongeub Sintaein	감소	유의x	감소	5%유의	감소	5%유의
Jinsan Jeongcheon	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Cheonan Seonggeo	감소	5%유의	감소	1%유의	감소	유의x
Cheongwon Miwon	증가	5%유의	증가	유의x	감소	유의x
Taeon Wonbuk	증가	5%유의	증가	유의x	증가	유의x
Taeon Taeon	증가	유의x	감소	5%유의	감소	유의x

Table 5. 금강유역 총적층 분석 결과

Kum River GWL	Alluvium					
	연 최고수위		연 평균수위		연 최저수위	
	기울기	유의성	기울기	유의성	기울기	유의성
Gochang Seongnae	감소	5%유의	감소	5%유의	감소	5%유의
Gongju Jeongan	감소	1%유의	감소	유의x	감소	유의x
Buan Byeoksan	증가	유의x	증가	5%유의	증가	유의x
Jeongeub Sintaein	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x
Cheonan Seonggeo	감소	유의x	감소	5%유의	감소	유의x

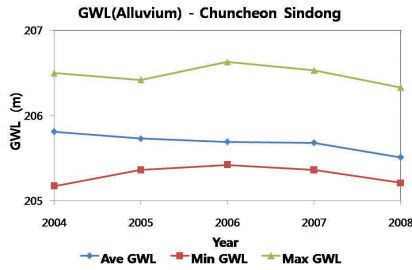


Fig 2. GWL(Alluvium) -Chuncheon Sindong

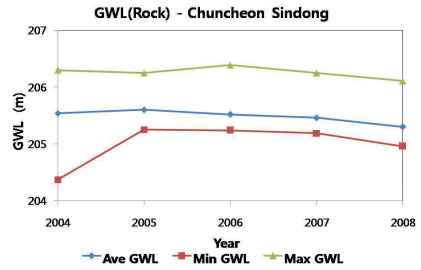


Fig 3. GWL(Rock) -Chuncheon Sindong

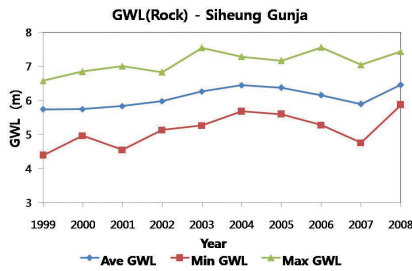


Fig 4. GWL(Rock) -Siheung Gunja

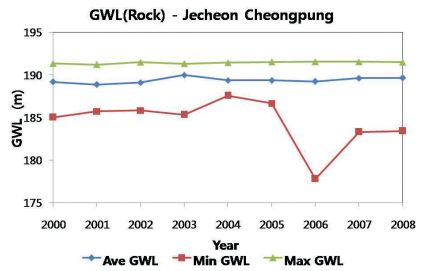


Fig 5. GWL(Rock) -Jecheon Cheongpung

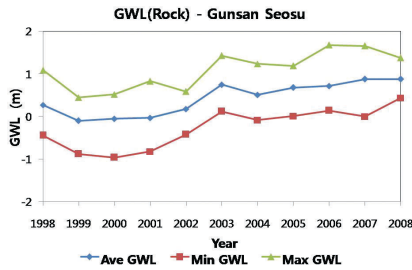


Fig 6. GWL(Rock) -Gunsan Seosu

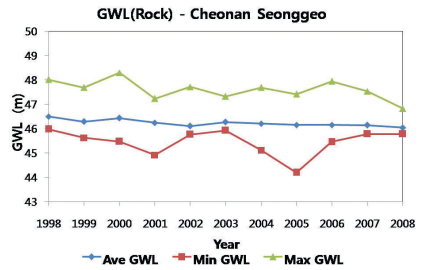



Fig 7. GWL(Rock) -Cheonan Seonggeo

### 5. 결론

본 연구에서는 한강 및 금강 유역을 중심으로 중부 지방의 국가지하수 관측소의 연최고, 연평균, 연최저 지하수위의 경향성 분석과 유의성 검정을 실시하였다. 경향성 분석 결과 한강유역의 압반층은 총 38개 관측소를 분석하였고, 연 평균수위를 기준으로 하강하는 관측소는 27개, 상승하는 관측소는 11개로 나타났다. 충적층은 하강하는 관측소는 12개, 상승하는 관측소는 4개로 분석되었다. 금강유역의 압반층은 하강하는 관측소가 25개, 상승하는 관측소가 8개로 나타났다, 충적층은 하강하는 지점이 11개, 상승하는 지점이 3개로 나타났다. 이는 하강하는 관측소가 상승

하는 지점보다 최소한 2배 이상 많은 것을 알 수 있다. 유의성 검정 결과 한강유역의 연 평균수위를 기준으로 압반층은 총 17개 관측소가 유의수준 5% 이내에 유의하며 이 중 12개가 하강하고, 5개 지점이 상승한다. 충적층의 경우 9개 관측소가 유의수준 5% 이내에 유의하며 이 중 7개 관측소가 하강하고, 2개 관측소가 상승한다. 특히, 충적층의 경우 유의수준 1% 이내에 유의하면서 상승하는 지점은 없으며, 압반층도 1개 지점만이 상승한다. 금강유역의 연 평균수위를 기준으로 압반층은 10개 지점이 유의수준 5% 이내에 유의하며, 이중 9개 지점은 하강하고, 1개 지점만 상승한다. 충적층은 4개 지점이 유의수준 5% 이내에 유의하며, 이중 3개 지점은 하강하고 1개 지

점은 상승한다. 결론적으로 한강과 금강유역에서는 73%의 관측소에서 지하수위가 하강하는 것으로 분석되었다. 이에 비해 유의성 검정에 있어 유의하는 지점은 그 비율이 상당히 낮는데, 이는 아직 관측시작 년도가 1996년도로 관측기간이 최장 13년으로 다른 수문성분에 비해 비교적 짧고, 기후변화 등으로 인한 이상기후로 지하수위 변동 폭이 커져 유의하지 않는 지점이 발생한 것으로 판단된다. 본 연구에서 분석된

것과 같이 지하수위의 철저한 관리가 필요함에도 불구하고, 사회전반적으로 지하수위의 변동에 대한 중요성을 인식하기 이전에 이미 많은 지점의 지하수위가 하강하고 있었다. 그러므로 수자원의 지속적인 활용을 하기 위하여 지하수위나 지하수자원에 대한 더욱 철저한 관리와 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 

### 참고문헌

1. 국가지하수 정보 센터(<http://www.gims.go.kr>)
2. 박인보, 양정석, 이선주(2009). 하천수위 및 연강우량 시계열 자료의 경향성 분석. 국민대학교출판부 공학 기술논문집. 제32집, pp.47-52
3. 양정석, 김남기. 2009. 기후변화를 고려한 금강유역의 수문시계열 자료 분석. 한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집. pp.1220-1224
4. 이진용, 이명재, 이재명, 안경환, 원종호, 문상호, 조민조(2006). 국가 지하수관측소 지하수위, 전기전도도 및 수온자료에 대한 모수적 및 비모수적 변동 경향성 분석. 지하수토양환경, vol. 11, No. 2, pp. 56-67.