

## 금강유역에서의 지하수위와 강수량 이동평균의 상관관계 분석

양정석\* · 안태연

국민대학교 건설시스템공학부

### The Analysis of the Correlation between Groundwater Level and the Moving Average of Precipitation in Kum River Watershed

Yang, Jeong-Seok\* and Ahn, Tae Yeon

School of Civil and Environmental Engineering, Kookmin University

금강유역의 관측소로부터 수집된 강우자료와 지하수위자료를 분석하고 두 자료를 비교분석하였다. 그리고 강우사상이 지하수위에 미치는 영향분석을 추계학적 기법인 이동평균법을 사용하여 지하수위와 강우이동평균값의 상관관계를 분석하였다. 지하수위는 강우의 계절적 분포를 대체로 따르며 대체로 12월 초부터 4월 말까지 낮은 지하수위를 형성한다. 7월과 8월의 풍수기에는 상대적으로 높은 지하수위를 형성한다. 선행강우를 고려하기 위한 강우이동평균값과 지하수위의 상관관계는 자료의 길이가 최소 2년 이상인 지하수위 관측소를 먼저 선정하였다. 강우와 지하수위 관측소 pair를 선정함에 있어 강우의 비균질한 분포를 고려해서 지하수위 관측소보다 상류에 인접한 강우관측소를 선정하여 두 자료를 분석하였다. 금강유역의 여러 관측소 자료를 분석한 결과 이동평균기간이 10일에서 150일 범위의 값을 가질 때 최대상관계수를 가졌다. 상관계수값은 자료의 질이나 결측기간 또는 용설이나 다른 요인에 의해 넓은 범위의 값을 가지는데 금강유역의 경우 최대 0.8886의 값을 가진다.

**주요어** : 강우, 지하수위, 강우이동평균

Precipitation and groundwater level data sets from Kum river watershed were analyzed and compared. The correlation between groundwater level and the moving average of precipitation was analyzed. Moving averaging technique is stochastic method and that was used to consider the effect of precipitation events on groundwater level fluctuation. Groundwater level generally follows seasonal precipitation pattern and low level occurs from early December to late April. Relatively high groundwater level is appeared in wet spell (July and August). The correlation between groundwater level and the moving average of precipitation to consider precedent precipitation events was analyzed with minimum two-year data sets. When the precipitation and groundwater level data set pair was selected the precipitation gauge station is closely located to groundwater level gauge station in the upstream direction to minimize the non-homogeneous precipitation distribution effect. The maximum correlation was occurred when the averaging periods were from 10 days to 150 days with Kum river watershed data. The correlation coefficients are influenced by data quality, missing data periods, or snowmelt effect, etc. The maximum coefficient was 0.8886 for Kum river watershed data.

**Key words** : precipitation, groundwater level, moving average of precipitation

### 서 론

지하수위의 변동은 지표면으로부터 강우의 침투과정을 통하여 일어나거나 인접한 하천의 수위변동에 따른 함양

조건 그리고 지하수 양수나 함양에 영향을 받게 된다. 그리하여 산업화가 진행되는 지역에는 용수수요의 증가로 인하여 지하수위는 하강하게 되고 또한 도시화가 진행되면서 불투수면의 증가로 침투량이 줄어들어 기저유출은

\*Corresponding author: jyang@kookmin.ac.kr

지속적으로 감소되게 된다. 이러한 기저유출의 감소는 기후변화로 인해 가뭄이 심해지고 강우강도가 커지면서 더욱 가속화 되면서 하천의 건천화를 조장하고 수자원의 활용도를 떨어뜨리게 된다. 또한 지하수위의 하강은 지반침하나 구조물의 손상을 일으키는 원인이 된다. 이러한 현실에서는 지하수를 이용함에 있어 지하수위의 변동을 분석하여 지나친 지하수위하강을 방지함이 시급하다 하겠다. 지하수위 하강은 여러 가지 요소에 의해서 일어나지만 만약 기후변화나 산업화 그리고 도시화와 같은 요소를 바꿀 수가 없다면 강우에 의한 요인을 분석하여 갈수기에 일어나는 과도한 수위하강을 지하수양수에 대한 제한조치를 통하여 방지하여야 한다. 강수량과의 상관관계를 분석을 통한 지하수위의 변화를 분석하는 시도는 지하담 연구에서 처음 다루어졌다(양정석, 2005). 강우자료와 지하수위 자료를 그대로 써서 상관관계를 구하게 되면 선행강우를 고려하지 못하게 되어 지표면의 포화도를 고려하지 못하게 되므로 강우자료를 이동평균하는 것으로 선행강우를 고려하였고 강우이동평균과 지하수위와의 상관관계를 구해보았다. 이 방법으로 쌍천 유역에서 비교적 높은 상관계수를 구할 수 있었다. 또한 이 결과는 지하담의 운영지표(Groundwater dam Operation Index, GOD)로서 활용될 수 있다(박재현, 2005, Park, 2005). 지하담 운영을 위해 개발된 GOD는 강우이동평균값에 상용로그 값을 취한 것으로 지하수위와의 상관관계를 분석하여 비교적 높은 상관관계가 있을 시 지하담 운영지표로 사용하는데 목적을 두고 개발되었다. 강우자료의 이동평균 개념은 Gutmann(1999)과 Wilhite(1985)가 제시한 가뭄지표를 구하는 과정에서 이용되었는데 본 연구에서는 수문학적인 지표로서 선행강우를 고려하는데 쓰인다. 강우자료에 적용 시에는 유역별, 자료별로 토양피복조건이나 매질 그리고 지질조건이 이동평균기간이 다를 수 있기 때문에 여러 이동평균기간을 정하여 각각 상관계수를 구한 후에 가장 높은 상관관계를 가지는 이동평균기간을 선택하게 된다. 또한 이동평균계산과정에서 기온과 유역의 고도를 고려하여 융설효과를 고려해 보고(양정석, 2006b), 지하수위에 영향을 주는 1일 최대 침투량인 한계침투량을 고려한 결과 다소 높은 상관계수를 얻을 수 있었다(양정석, 2005, 2006a). 본 연구에서는 금강유역에 대해서 39개의 국가지하수 관측망 자료를 토대로 하여 강수량이동평균과 지하수위의 상관관계를 구해보았다.

## 금강 유역

### 유역 특성

금강유역(Fig. 1(출처: 한국수자원공사 수자원 단위지도))은 한반도 중서부에 위치하는 동경 126°40'25"~128°03'53", 북위 35°34'47"~37°03'03" 사이에 위치하며, 충청남북도의 약 절반과 전라북도의 대략 1/4정도를 차지하고 경상남북도 일부와 경기도 극히 일부를 포함하고 있는 우리나라 제3의 유역으로써, 유역면적은 9,912.70 km<sup>2</sup>이고, 유로연장은 397.79 km이다. 유역의 북쪽은 차령산맥을 끼고 우리나라에서 제일 큰 한강유역과 접해 있고, 동쪽은 소백산맥을 경계로 낙동강유역과 접하며, 남쪽은 섬진강 및 만경강 유역이 접하고 있고, 서쪽으로는 서해와 접해 있다. 또한 유역의 북서쪽에는 안성천삼교천 유역과 접하고 있으며, 금강유역의 동서장은 약 120 km 정도이고 남북장은 약 160 km 이다. 금강은 소백산맥의 고봉중의 하나인 전라북도 장수군 장수읍 수분리 신무산(EL.896.8m)에서 발원하여 북쪽으로 흐르며, 장수, 무주, 영동 부근의 산지부를 거쳐 옥천 부근에서 노령산맥을 관입 대청댐 수몰지점에 이르기까지 아주 심한 사행을 이루고, 주요 지류인 무주남대천, 영동천, 초강, 보청천 등이 우안측으로 유입 합류된다. 보청천 합류후부터는

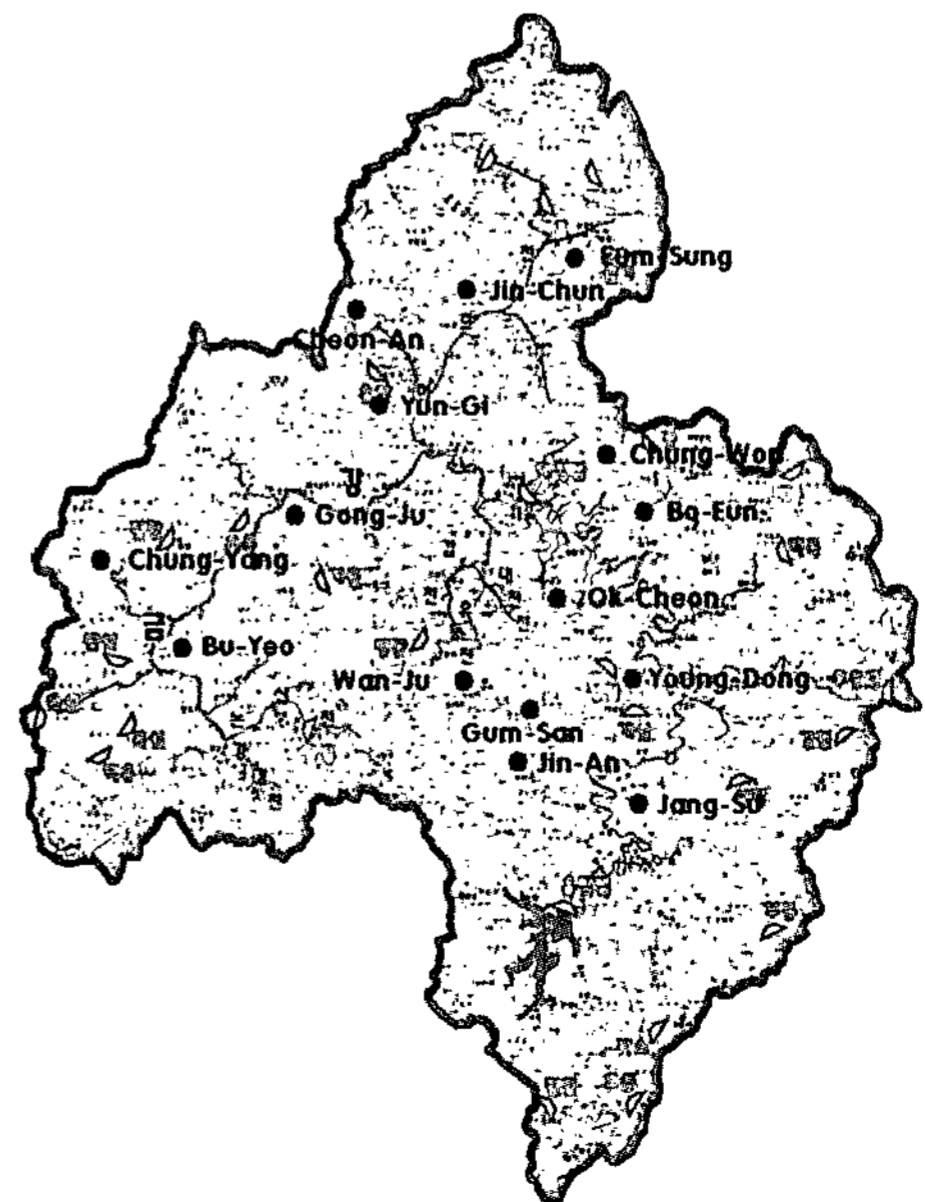


Fig. 1. Kum river watershed.

북서로 사행하면서 소옥천, 회인천, 주원천, 품곡천 등을 차례로 합류한 후 대청댐을 지나며, 이후 잠시 남서류하면서 역조정지를 지나고 신탄진 부근에서 갑천을 합류하고 유향은 다시 북서류하며, 부강을 조금 지나서 미호천을 합류하고 비교적 남서류 하면서 공주·부여)에 이르러 유향은 남동쪽으로 크게 바뀌어 강경까지 유하하고 이곳에서 논산천을 합류한 후 다시 남서쪽으로 유향을 바꾸어 좌안측으로 전라북도 군산시 성산면 성덕리와 우안측으로 충청남도 서천군 마서면 도삼리를 잇는 금강 하구둑을 거쳐 서해로 유입된다.

본 연구에서 사용된 지하수위 및 강수량자료들의 관측 지점은 Fig. 1에 표시되었다.

**수문학적 특성**

유역 내 연평균 강수량은 1,208.1 mm로 유역의 수자원 부존량은 119.7억 $m^3$ 이고 이중 유출량은 66.2억 $m^3$ 으로 55.3%, 손실량은 53.5억 $m^3$ 으로서 44.7%를 차지한다. 유출량 중 홍수시 유출량은 43.8억 $m^3$ , 평상시 유출량은 22.4억  $m^3$ 로서 각각 수자원 총량의 36.6%, 18.7%를 차지하고 있다. 금강유역의 기후는 우리나라 기후 특성과 유사하며, 여름철에 고온다습하고 겨울철에는 한랭건조한 특성을 지니고 있으며, 금강 전유역의 연평균 기온은 11.6°C, 갑천, 미호천, 논산천 유역은 각각 12.2°C, 11.7°C, 11.8°C

로 나타났고, 전유역의 평균 상대습도는 73.1%이다.

**금강 유역의 강수량과 지하수위의 분석**

금강 유역의 강수량과 지하수위를 분석하기 위해서 강수량과 지하수위 자료를 수집하였다. 먼저 국가지하수 정보센터 GIMS (<http://www.gims.go.kr>)에서 제공하는 금강 유역의 39개 지하수위 관측소의 모든 지하수위 자료를 정리하여 2년 이상동안 결측자료가 없는 자료를 선별하고 같은 기간 동안의 인근 강우관측소의 강수량 자료를 수집하였다. 강수량 자료는 국가수자원관리 종합정보시스템 WAMIS (<http://www.wamis.go.kr>)에서 구했고 지하수위 자료와 비교분석을 시행하기에는 충분한 자료가 확보되어 있었다. 지하수위자료 분석에 있어서 계절적 변화를 보려면 최소 2년의 자료가 필요한데 앞으로 계속 자료가 수집될 계획이기 때문에 자료의 길이는 계속 길어질 것이고 앞으로 계속 개선된 결과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 다음은 분석된 금강 유역 자료들 중에서 옥천과 공주지역의 지하수위와 강수량 자료의 예를 보여준다.

**옥천**

금강 유역 옥천지역의 2003년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지 3년간의 강수량자료와 지하수위 자료를 도시

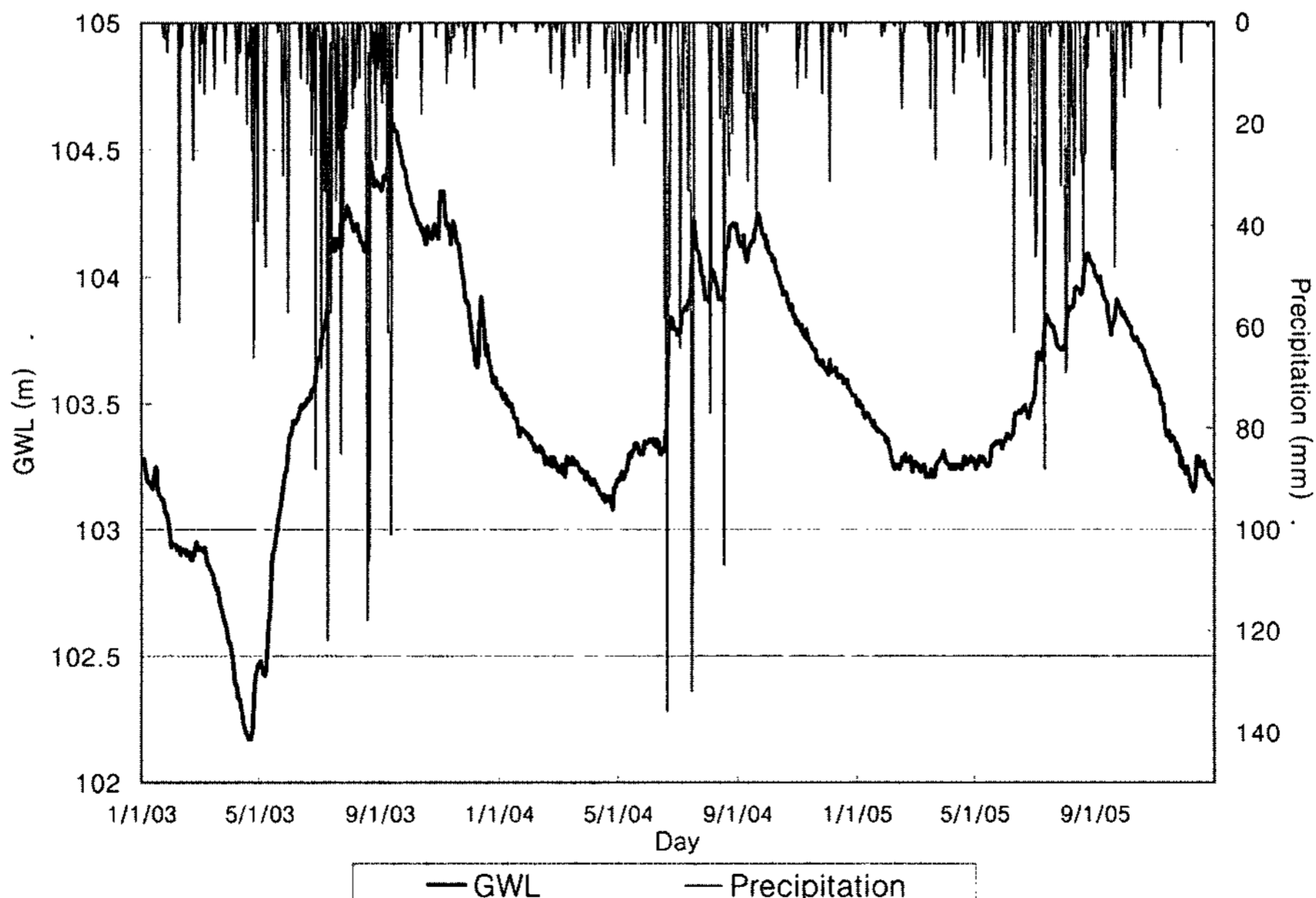


Fig. 2. The relationship between precipitation and groundwater level (Ok Chun).

해 보면 Fig. 2와 같다. 지하수위는 옥천이원관측소 자료이며 강우는 옥천대성산관측소에서 관측된 자료이다. 옥천지역은 계절적으로 7월부터 9월까지 풍수기이고 10월부터 5월까지 갈수기로 분류될 수 있다. 그런데 지하수위가 낮은 시기를 살펴보면 1월부터 6월 중순까지로 여름에 상승했던 지하수위가 늦가을 강수량이 많지 않더라도 서서히 내려감을 알 수 있고 4월에 최저지하수위를 보여주고 특히 2003년 4월에는 지하수위 하강이 심하게 일어난 것을 볼 수 있다. 그러므로 옥천 지역은 겨울과 초봄에는 지하수자원 사용이 자유로울 수 있으나 4월과 5월에는 과도한 지하수위 하강을 막기 위해서는 지하수 양수를 제한해야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

### 공주

금강 유역 공주지역의 2003년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지 3년간의 강수량과 지하수위자료를 도시해보면 다음 Fig. 3과 같다. 지하수위는 공주반포 관측소 자료이며 강우도 공주반포 관측소에서 관측된 자료이다. 공주지역은 계절적으로 7월부터 9월까지 풍수기이고 10월부터 5월까지 갈수기로 분류될 수 있다. 그런데 지하수위가 낮은 시기를 살펴보면 1월부터 5월까지로 여름에 상승했던 지하수위가 늦가을 강수량이 많지 않더라도 서서히 내려감을 알 수 있고 2월부터 4월초 사이에 최저지하수위가 일어나고 특히 2005년 2월에는 지하수위 하강이 심하게 일어난 것을 볼 수 있다. 그러므로 공

주 지역은 늦가을과 초겨울에는 지하수자원 사용이 자유로울 수 있으나 1월부터 4월까지 과도한 지하수위 하강을 막기 위해서 지하수 양수를 제한해야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

### 금강 유역의 강우이동평균과 지하수위의 상관관계

이동평균값은 각 자료별로 이동평균기간을 10일부터 200일까지 10일 간격으로 설정하여 상관계수를 구해보고 가장 높은 상관계수를 가지는 이동평균기간을 선택하였다. 금강유역의 이동평균을 구하여 지하수위와의 상관관계를 구해본 값들은 Table 1에 정리되어 있다. 금강유역의 자료에 대해서는 각 지점별로 10일에서 150일 사이의 이동평균을 사용하였으며 강우이동평균과 지하수위와의 상관계수는 0.3299에서 0.8886의 값을 보여준다. 이 중 11 곳에서 0.6 이상의 높은 상관계수를 가지며 거의 모든 자료가 0.4 이상의 상관계수를 가진다. 이 결과는 강우자료와 지하수위자료를 선택할 때 강우관측소 위치를 지하수위 관측소의 인접한 상류에 위치하는 관측소를 선정하여 높은 상관관계를 얻은 것으로 보이며 이렇게 가까운 거리의 강우 관측소와 지하수위관측소의 자료를 선택하여 상관관계를 분석함으로써 파악하기 힘든 지하수양수에 의한 영향을 최소화하려 했다. 0.5 이하의 상관계수를 가지는 지역은 불규칙적이거나 잦은

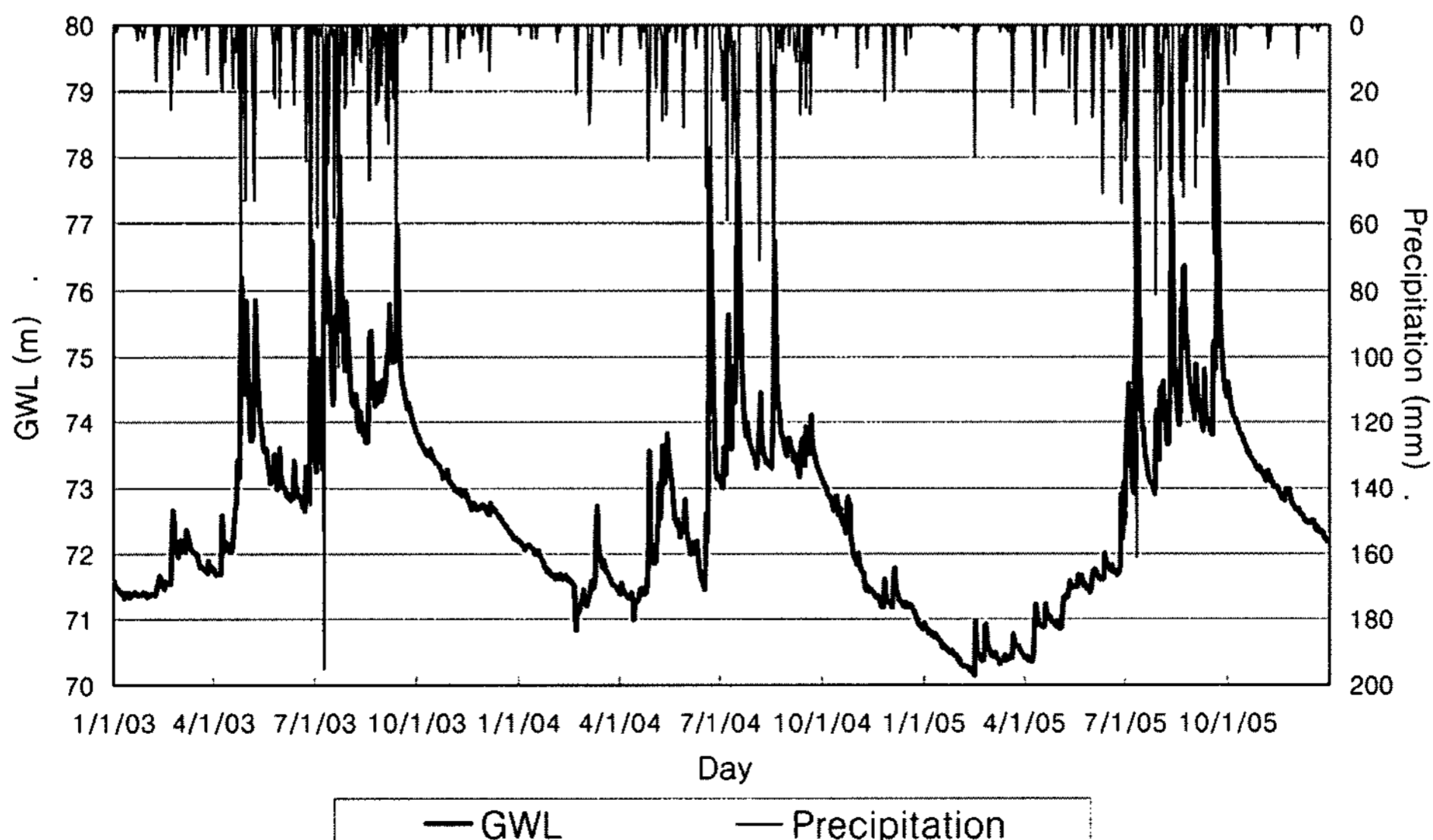


Fig. 3. The relationship between precipitation and groundwater level(Gong Ju).

**Table 1.** The correlation between in moving average of precipitation and groundwater level.

Groundwater Level Gauge Station	Precipitation Gauge Station	Moving Average Period	Correlation Coefficient
Chung Cheong Buk-Do			
Bo Eun - Bo Eun	Bo Eun - Sun sam	20	0.678736
Bo Eun - Ma Ro	Bo Eun - Bo Eun	20	0.610422
Young Dong -Yang Gang	Young Dong -Young Dong	40	0.489448
Ok Chun - Gun Book	Ok Chun - Gun Book	10	0.634026
Ok Chun - E Won	Ok chun - De Sung Mt.	120	0.888623
Chung Won - Ga Duk	Chung Won - Ga Duk	30	0.411104
Cung Won - Bu Yong	Cung Won - Bu Yong	10	0.709901
Cung Won - Mi Won	Cung Won - Mi Won	70	0.420225
Chung Cheong Nam-Do			
Gong Ju - Ban Po	Gong Ju - Ban Po	80	0.726054
Gum San - Gum San	Gum San - Gum San	10	0.621998
Gum San - Bok Su	Gum San - Sin De	70	0.675393
Bu Yeo - Gyu am	Bu Yeo - Gyu am	50	0.851396
Yun Gi - Jo Chi Won	Yun Gi - Jo Chi Won	150	0.743495
Chung Yang - Jung San	Chung Yang - Jung San	150	0.421387
Chung Yang - Sung Geo	Chung Yang - Sung Geo	20	0.621497
Chun An - Su Sin	Chuyn An - Byong Chun	20	0.56918
Jeolla Nam-Do			
Jang Su - Jang Su	Jang Su - Jang Su	60	0.480375
Jin An - Jung Chun	Jin An - Jung Chun	10	0.329907
Wan Ju - Wun Ju	Won Ju - Wun Ju	30	0.479806

인공적인 양수나 토양피복조건, 지질조건, 또는 저수지나 하천의 수리학적 경계조건으로 강우이동평균과 지하수위의 상관관계가 다소 낮은 것으로 보인다.

### 결 론

금강유역의 강우자료와 지하수위 자료를 분석해본 결과 강우의 계절적인 분포를 따라서 겨울과 봄의 갈수기에는 지하수위 저하가 그리고 여름과 초가을의 풍수기에는 상대적으로 높은 지하수위가 유지되는 것을 볼 수 있었다. 지하수위와 강우이동평균의 상관관계를 분석한 결과 많은 지역에서 상당히 높은 상관관계를 얻을 수 있었다. 이러한 높은 상관계수가 높은 지역의 지하수위 변동은 손쉽게 구할 수 있는 강우자료로부터 예측할 수 있으므로 특히 갈수기에 과도한 지하수위 하강을 막을 수 있도록 지하수 양수 제한을 실시할 수 있는 지하수 양수지침을 세우는데 일조할 것으로 기대된다. 반면에 다소 낮은 상관계수를 보여주는 지역은 인위적인 영향을 받는 지역이거나 하천이나 저수지의 경계조건에 영향을 받거나 특이한 지질조건을 가지는 지역이라고 볼

수 있다. 다시 말하면 지하수위 관측소 인근 지역에 지하수 양수가 빈번히 일어나거나 불규칙적으로 일어나는 지역에서는 높은 상관계수를 기대할 수 없으므로 낮은 상관계수를 가지게 된다. 향후에 이러한 인위적 요소나 토양의 피복조건이나 지질 또는 지형학적인 요소 그리고 높은 강우강도 사상이 일어났을 때 유효강우와 침투량을 고려하여 강우이동평균기간 등에 대한 실험적, 정량적 분석이 이루어져서 상관계수가 다소 낮은 지역일지라도 지하수위를 예측하고 과도한 지하수위 하강을 방지하도록 해야 할 것이다.

### 사 사

본 연구는 2006년도 국민대학교 신임교원연구비를 지원받아 수행된 연구입니다.

### 참 고 문 헌

박재현, 최용선, 김대근, 박창근, 양정석, 2005, 일 강우 자료를 이용한 지하담 운영지표의 개발, 한국수자원학회 발표논문집, 한국수자원학회

- 양정석, 박재현, 최용선, 박창근, 2006a, IHP유역의 한계 침투량을 고려한 강수량 이동평균과 지하수위의 상관관계, 대한토목학회 발표논문집, 대한토목학회.
- 양정석, 임창화, 박재현, 박창근, 2006b, 쌍천유역의 지하수위와 융설 효과를 고려한 GOI의 상관관계, 한국수자원학회 논문집, 39(2), 121-125.
- 양정석, 임창화, 박재현, 박창근, 정교철, 2005, 한계침투량을 고려한 쌍천유역의 강수량과 지하수위의 관계, 지질공학회지, 15(3), 303-307.
- Changkun Park, Jaehyeon Park, Yongsun Choi, Jeong-Seok Yang, Kyochul Jeong, 2005, Operating Strategy of Groundwater Dam Utilizing a Precipitation- Based Index, Proceedings of International Association of Hydraulic Engineering and Research, IAHR
- Guttman, Nathaniel B., 1999, Accepting the Standardized Precipitation Index : A Calculation Algorithm., Journal of the American Water Resources Association, 35(2), 311-322.
- Wilhite, D. A., and Glantz, M. H., 1985, Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definition., Water international, 10, 111-120.

### 양정석

국민대학교 건설시스템공학부  
136-702 서울시 성북구 정릉동 861-1  
Tel: 02-910-4289  
Fax: 02-910-4939  
E-mail: jyang@kookmin.ac.kr

### 안태연

국민대학교 건설시스템공학부  
136-702 서울시 성북구 정릉동 861-1  
Tel: 02-910-5062  
Fax: 02-910-4939  
E-mail: ahnty123@hotmail.com

---

2007년 12월 22일 원고접수, 2008년 2월 3일 게재승인