

한계침투량을 고려한 낙동강유역의 지하수위와 강우이동평균의 상관관계

The Correlation between Groundwater Level and Moving Average of Precipitation considering Critical Infiltration in Nakdong River Watershed

양정석*, 안태연**, 박재현***, 최용선****, 박창근*****

Jeong-Seok Yang, Tae Yeon Ahn, Jae-Hyeon Park, Yongsun Choi, Chang Kun Park

요 지

낙동강유역의 강수량과 지하수위의 관계를 분석한 결과 갈수기에 지하수위가 현저히 저하됨을 확인하였다. 낙동강유역의 여러 관측소에서 지하수위와 강우이동평균의 상관관계를 분석한 결과 20일에서 110일 범위의 이동평균값에서 가장 높은 상관관계를 보여주었다. 유역평균 일최대침투량을 알아내기 위하여 강수량자료를 일정값 이상은 고정하여 수정된 강수량자료로 이동평균값을 구하고 이 값들과 지하수위와의 상관관계를 분석해 본 결과 10mm에서 130mm 범위의 일최대침투량으로 가정하였을 때 가장 높은 상관관계를 보여주었다. 이렇게 수정된 강수량자료를 이용하여 이동평균을 구하여 지하수위와의 상관관계를 구해본 결과 낙동강유역의 자료에 대해서 한계침투량을 고려했을 때 상관관계가 더 높아짐을 알 수 있었다.

핵심용어 : 강우이동평균, 지하수위, 한계침투량

1. 서 론

산업과 경제발전에 따른 용수수요의 증가와 도시화로 따른 불투수면의 증가로 침투량이 줄어들어 기저유출은 지속적으로 감소되고 있다. 이러한 기저유출의 감소는 기후변화로 인해 가뭄이 심해지고 강우강도가 커지면서 더욱 하천의 건천화를 조장하고 수자원의 활용도를 떨어뜨리게 된다. 또한 기저유출의 감소는 지하수위의 하강으로 이어져 지반침하나 구조물의 손상을 일으키게 된다. 이러한 현실에서 지하수를 이용함에 있어 지하수위의 변동을 분석하여 지나친 지하수위하강을 방지함이 시급하다 하겠다. 강수량을 이용하여 지하수위의 변화를 예측하고 두 자료의 상관관계를 분석하는 시도는 지하댐 연구에서 다루어졌다(양정석, 2005). 강우자료를 이동평균 한 값과 지하수위의 상관관계를 구하여 비교적 높은 상관계수를 구하게 되면 그 유역에서의 지하수위의 변동을 강우자료로부터 예측할 수 있게 된다. 또한 이 결과는 지하댐의 운영지표(Groundwater dam Operation Index, GOI)로서 활용될 수 있다(박재현, 2005). 지하댐 운영을 위해 개발된 GOI는 이동평균값(Moving Average, MA)을 사용하여 상용로그 값을 취한 것으로 지하수위와의 상관관계를 분석하여 비교적 높은 상관관계가 있을 시 지하댐 운영지표로 사용하는데 목적을 두고 개발되었다. 그러나 유역별, 자료별로 이동평균기간이 다를 수 있기 때문에 여러 이동평균기간을 정하여 각각 상관계수를 구한

* 국민대학교 건설시스템공학부 조교수 · E-mail : jyang@kookmin.ac.kr

** 국민대학교 건설시스템공학부 석사과정 · E-mail : ahnty123@hotmail.com

*** 인제대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : jh-park@inje.ac.kr

**** 인제대학교 토목공학과 정교수 · E-mail : yschoi@inje.ac.kr

***** 관동대학교 SOC공학부 정교수 · E-mail : ckpark@kwandong.ac.kr

후에 가장 높은 상관관계를 가지는 이동평균기간을 선택하게 된다. 동해로 유입되는 강원도 쌍천 유역에 위치한 지하댐의 운영지표로 제시된 GOI는 비단 지하댐 운영에만 활용될 수 있는 것이 아니라 모든 유역에서 강수와 지하수위의 관계를 제시하는 지표로 사용될 수 있다. 또한 이동평균계산과정에서 기온과 유역의 고도를 고려하여 융설효과를 고려해 보았고(양정석, 2006), 지하수위에 영향을 주는 1일 최대 침투량인 한계침투량을 고려한 결과 다소 높은 상관계수를 얻을 수 있었다(양정석, 2005). 한계침투량에 대한 수문학적인 의미는 다음과 같이 설명할 수 있다. 강수사상이 발생하여 지하수위에 영향을 주는 침투량은 총강수량에서 지표면 흐름(sheet flow)인 직접유출(direct runoff)을 제외한 기저유출(base flow)에 기여하는 요소이다. 하지만 보다 엄밀히 말하면 증발산(evapotranspiration)과 차단(interception), 그리고 복류수(interflow)에 기여하는 부분도 제외한 양이다. 수문학에서 유효강우는 총강수량에서 직접유출에 기여하는 강우량이며 한계침투량은 총강수량에서 기저유출에 기여하는 강수량이다. 한계침투량은 유역 내의 공간적 평균 일침투량(daily infiltration)이다. 이 값은 유역의 지하학적 조건, 토양피복상태, 그리고 강우의 시간적 공간적 분포에 따라 다를 수 있다. 한계침투량은 먼저 값을 가정하여 그 값을 최대강수량으로 하여 강수량자료를 변환하고 GOI를 계산하여 지하수위와의 상관관계를 구한다. 이 과정을 다른 한계침투량을 가정하여 반복하고 가장 높은 상관관계를 가지는 값을 그 유역의 한계침투량으로 정한다. 본 연구에서는 낙동강유역에 대해서 강수량이동평균과 지하수위의 상관관계를 구해보았다.

2. 낙동강유역

2.1 유역특성

낙동강 유역은(그림 1) 유역 면적 23,728km²이고, 유로 연장은 509.7km이다. 유역 평균 폭이 45.36km인 남한 제 2의 유역으로, 유역의 동서장은 약 120km, 남북장은 200km 내외이다. 유역의 지세는 북쪽으로 한강 유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강 유역과 접하고 동쪽으로는 태백산맥이 동해안 유역과 분수령을 형성하고 있다. 낙동강 본류는 동쪽 태백산맥과 북서쪽의 속리산, 덕유산, 지리산으로 이어지는 소백산맥으로 둘러싸인 낙동강 유역의 중심부를 관류하고 있으며, 산악으로 인하여 최단거리로 유하하지 못하고 유로방향으로 4차례나 급변하면서 우회하여 남해안으로 유입된다. 낙동강 유역의 주요 지류를 보면 본류의 수원은 강원도 태백산(EL. 1,549m)에서 발원하여 남류하면서 안동댐에 유입한 후, 안동댐 하류지점에서 유로의 주방향을 서쪽으로 바꾼 후 임하댐이 위치한 반변천과 합류하여 서방향으로 유하하면서 미천과 합류한다. 또한 경북 예천군 풍양면 지점에서 내성천과 합류 후 2차 유향을 바꾸어 남류하는데 본 지점까지를 낙동강 유역의 상류로 본다. 내성천 합류 후 남류하면서 낙동강 제 1지류인 영강, 병성천, 위천,감천, 백천, 금호강, 회천, 황강과 차례로 합류하고 경남 의령군 지정면 지점에서 남강과 합류하며 본 지점까지를 낙동강 중류라 한다. 남강 합류 후 3번째 유향을 바꾸어 동방향으로 유하하다가 경남 밀양시 삼량진을 지점에서 밀양강과 합류한 후 4번째로 유향이 남방향으로 바뀌면서 양산천과 합류하여 부산광역시 사하구 하단동 지점에서 남해안으로 유입된다. 본 연구에서 사용된 지하수위 및 강우자료들의 관측지점은 그림 1에 표시되었다.

2.2 수문학적 특성

낙동강유역의 최근 8년 간 연평균 기온은 13.5℃이고, 연평균 상대습도는 62.13%, 연평균강수량은 1,318mm로서 우리나라 연 평균 강수량인 1,283mm에 비하여 35mm가 많은 양이다. 그러나 연 강수량의 대부분이 하절기인 6~9월의 장마와 태풍기간에 집중되고, 10월부터 익년 4월까지 7개월간은 갈수기에 해당된다. 하천경사는 5도에서 10도사이의 값을 가진다.

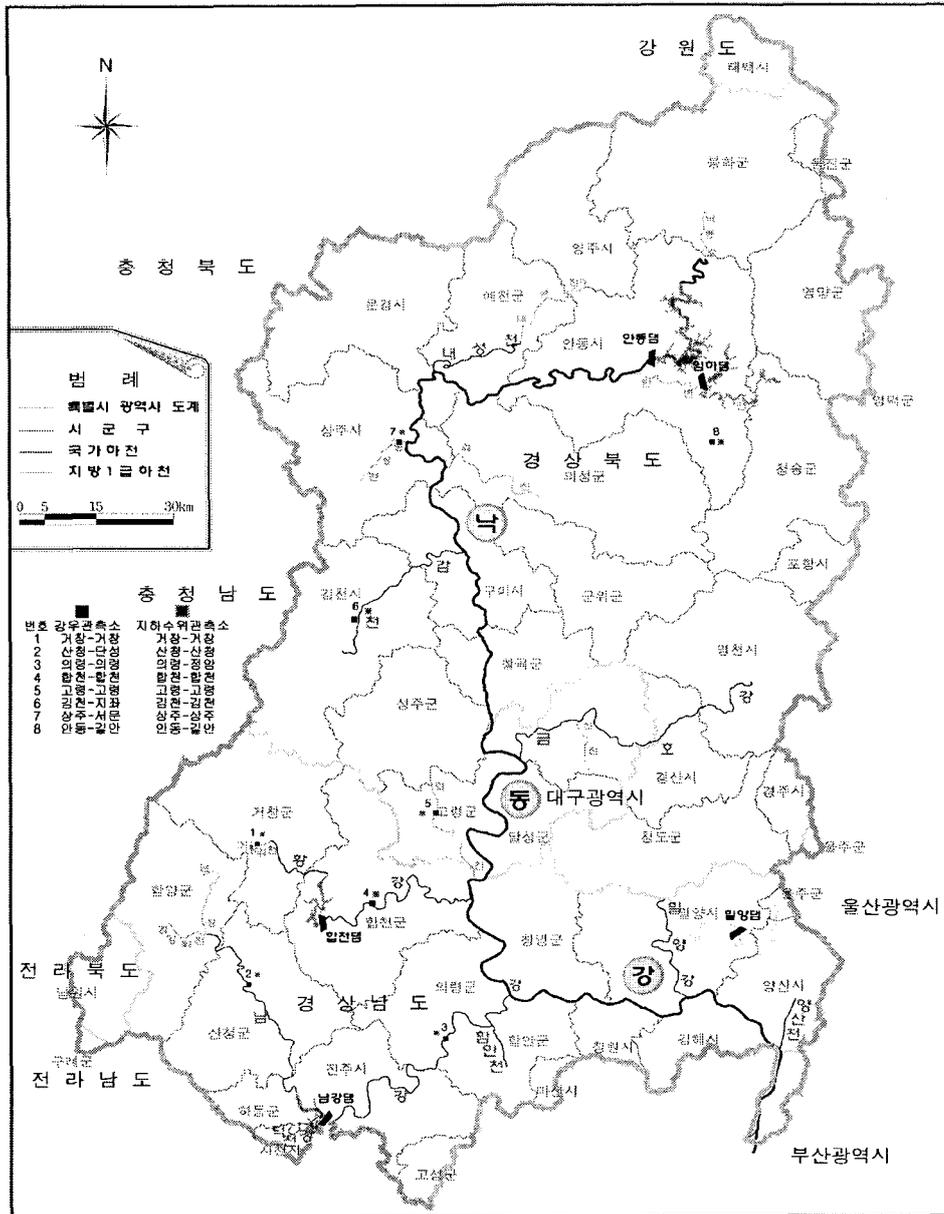


그림 1. 낙동강유역도

3. 낙동강유역의 강수량과 지하수위의 분석

낙동강유역의 강수량자료와 지하수위자료(그림 2)를 분석해 본 결과 강우의 경우 강우사상이 일어난 당일이나 1~2일 후까지 지하수위 상승효과를 볼 수 있다. 분석된 기간은 지하수위 관측자료가 확보된 2003년 1월부터 2005년 12월까지이다. 11월부터 4월까지의 갈수기로서 지하수위의 하강이 뚜렷이 관측되어진다. 특히 1월부터 3월 초에는 지하수위의 하강이 극심함을 볼 수 있다. 지하수위는 4·5월에 회복되기 시작한다.

거창 강수량 지하수위 비교

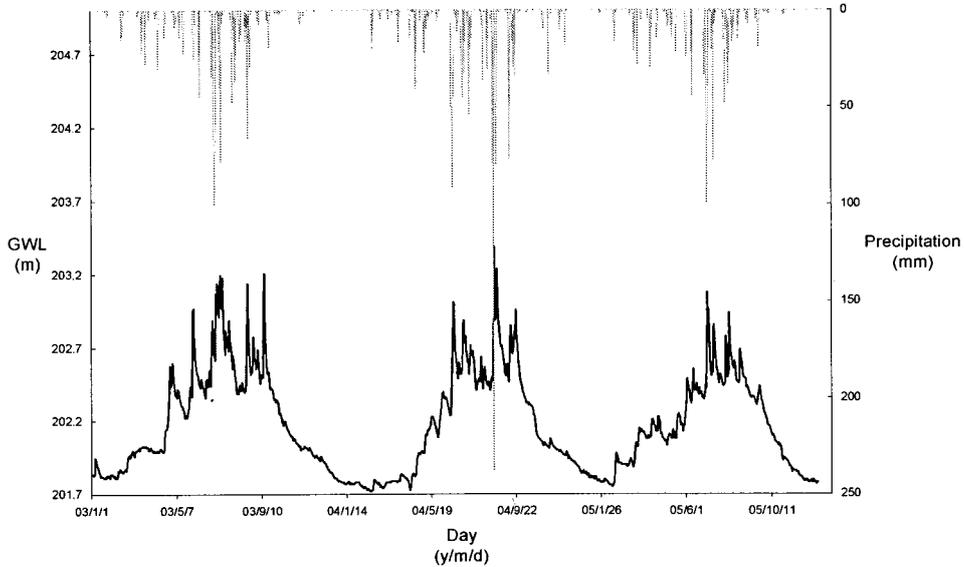


그림 2. 낙동강 유역(거창)의 강수량과 지하수위의 관계

4. 낙동강유역의 강우이동평균과 지하수위의 상관관계

이동평균값은 각 자료별로 이동평균기간을 10일부터 10일 간격으로 200일까지 설정하여 상관계수를 구해보고 가장 높은 상관계수를 가지는 이동평균기간을 선택하였다. 이동평균을 구하여 지하수위와의 상관관계를 구해본 값들은 표 1에 정리되어 있다. 낙동강유역의 자료에 대해서는 각 지점별로 20일에서 110일 사이의 이동평균을 사용하였으며 강우이동평균과 지하수위와의 상관계수는 0.5201에서 0.7727로서 대체로 높은 값을 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.

표 1. 강우이동평균과 지하수위의 상관관계(한계침투량 고려)

| 지역 | 일 이동평균 | 한계침투량 고려 | 강우관측소 | 지하수위관측소 | 일 이동평균 (이동평균일수) | 한계침투량고려 (이동평균일수/한계침투량) | |
|----|--------|-------------|----------|---------|--------------------|---------------------------|----------|
| 경남 | 거창 | 0.690627 | 거창-거창 | 거창-거창 | 50 | 60 / 20 | |
| | 산청 | 0.772675 | 산청-단성 | 산청-산청 | 80 | 90 / 90 | |
| | 의령 | 0.520132 | 의령-의령 | 의령-정암 | 50 | 50 / 120 | |
| | 합천 | 0.530942 | 0.540347 | 합천-합천 | 합천-합천 | 50 | 50 / 110 |
| 경북 | 고령 | 0.687801 | 0.688705 | 고령-고령 | 고령-고령 | 20 | 20 / 130 |
| | 김천 | 0.555068 | 0.612176 | 김천-지좌 | 김천-김천 | 110 | 120 / 10 |
| | 상주 | 0.655191 | 0.687001 | 상주-서문 | 상주-상주 | 70 | 70 / 40 |
| | 안동 | 0.615582 | 0.636903 | 안동-길안 | 안동-길안 | 30 | 30 / 170 |

5. 한계침투량을 고려한 쌍천유역의 GOI와 지하수위의 관계

한계침투량을 결정하는 과정은 먼저 일최대침투량을 가정하고 강수량자료를 변환하여 여러 이동평균기간을 가정하여 이동평균을 구하여 지하수위와의 상관관계를 구한다. 이 과정을 또 다른 일최대침투량을 가정하여 반복하여 상관계수값이 최대가 되는 이동평균기간과 한계침투량을 구한다. 낙동강유역의 한계침투량의 범위는 표 1에서 볼 수 있듯이 10mm에서 170mm이며 이때의 이동평균기간은 20일에서 110일이다.

7. 결론

낙동강유역의 지하수위와 강우이동평균의 상관관계를 분석한 결과 상당히 높은 상관관계를 얻을 수 있었다. 한계침투량을 고려한 강우이동평균과 지하수위와의 상관계수를 기존의 강우자료를 이용한 강우이동평균과 지하수위와의 상관계수와 비교해 본 결과 한계침투량을 고려했을 때 다소 높은 상관관계를 보여주었다. 이는 낙동강유역에서 강우이동평균과 지하수위의 관계분석에서 한계침투량을 고려하는 것이 보다 합리적인 것을 보여준다. 높은 강우강도에서의 유역의 유효강우와 한계침투량에 대한 실험적, 정량적 분석이 이루어진다면 보다 높은 상관관계를 얻을 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 박재현, 최용선, 김대근, 박창근, 양정석(2005). "일 강우자료를 이용한 지하담 운영지표의 개발.", 한국수자원학회 발표논문집, 한국수자원학회, pp. 60.
2. 이상일, 김병찬, 김수민(2004). "지표수-지하수를 연계한 수자원의 효율적 이용- (I)방법론.", 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제37권, 제10호, pp. 789-798.
3. 양정석, 박재현, 박창근, 정교철(2005). "한계침투량을 고려한 쌍천유역의 강수량과 지하수위의 상관관계", 지질공학회지, 대한지질공학회, 제15권, 제3호, pp. 303-307.
4. 양정석, 임창화, 박재현, 박창근(2006). "쌍천유역의 지하수위와 용설 효과를 고려한 GOI의 상관관계", 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제39권, 제2호, pp. 121-125.
5. Guttman, Nathaniel B.(1999). "Accepting the Standardized Precipitation Index : A Calculation Algorithm.", *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 35, No. 2, pp. 311-322.
6. McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J.(1995) Drought Monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.
7. Wilhite, D. A., and Glantz, M. H.(1985). "Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definition.", *Water international*, 10, pp. 111-120.