

산림지역에서의 지하수 하천유출량 평가

하규철^{1)*} · 조성현¹⁾ · 김영식¹⁾ · 조민조¹⁾

1. 서 론

지하수의 하천유출은 기저유출이라고 하여 주어진 집수구역내 지하수 함양량을 산출하는 간접적인 지표가 된다. 유출은 지표유출, 중간유출 및 기저유출의 세 성분으로 구성된다. 지표유출과 중간유출을 합하여 직접유출이라고 한다. 국지적인 지하수 흐름계에서 기저유출의 근원은 지표면에서 침투된 물로서, 기저유출량을 강우에 의한 지하수 함양량과 같다고 간주하는 것이다. 그러나, 엄밀한 의미에서 지하수함양량은 국지적인 기저유출량과 광역적인 강수의 지하수 침투량 및 지하수 이용량과의 합이다.

어떤 지점의 하천에서 시간별 하천유출량 곡선을 얻을 수 있으며, 이를 하천의 수문곡선이라고 한다. 하천의 수문곡선에서 지표유출과 기저유출을 분리할 수 있는데, 하천의 수문곡선은 갈수기에 감수곡선을 이루는데 이때의 하천유출량은 전적으로 하천인근에 부존한 국지적인 지하수배출량만으로 이루어진다는 가정에 의해 분석을 한다. 기저유출 감수곡선은 해당 지역의 지형, 유역형태, 토양, 지질 및 식생의 함수이다.

2. 본 론

2002년도와 2003년도에 지하수 기초조사의 일환으로 남원지역의 지하수함양량을 평가하기 위해서 지리산 뱀사골 반야교에 하천유출 모니터링을 실시하였다. 그 연장선상에서 하천수위를 자동으로 모니터링하기 위해 압력식 수위계(Diver)와 버블식 수위계(Orphimedes)를 설치하고 2002년 4월 22일부터 2004년 10월 16일까지 수위관측 및 유량관측을 실시하였다.

수위를 유량으로 환산하기 위해 유량을 수시로 측정하였으며, Fig. 1과 같은 수위-유량 곡선을 얻었다. 수위가 약 1.5미터 이상인 홍수시에는 유량측정방법의 한계 때문에 오차가 많이 발생한 것으로 판단된다.

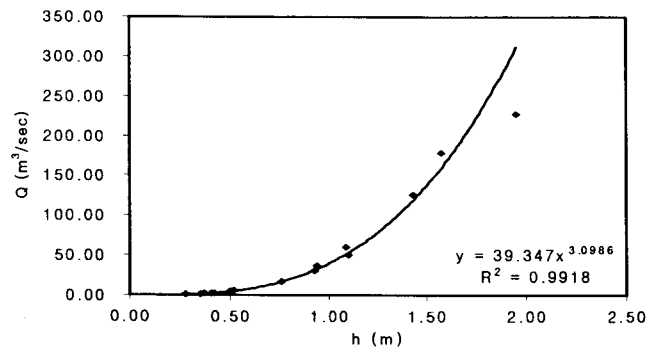


Fig. 1. 수위-유량곡선

주요어 : 기저유출, 산림지역, 지리산, 하천유출

1) 한국지질자원연구원 지하수지열연구부 (hasife@kigam.re.kr, shcho5428@nate.com, saul123@nate.com, minjoe@kigam.re.kr)

수위-유량곡선을 가지고 Fig. 2와 같은 유량수문곡선을 얻을 수 있다. 유량으로 환산시킨 수위의 측정간격은 30분이다. 수위-유량곡선이 1.5 m이상의 수위에 대하여는 검증이 되지 않았지만, 얻어진 추세선이 유효하다는 가정 하에, 30분의 측정간격으로 환산된 최대유량은 2003년 9월 12일 오후 8시 30분에 2,211 m³/sec를 기록하였다. 이때의 수위는 3.67 m에 달하였다. 최소유량은 0.47 m³/sec이고, 평균 7.98 m³/sec, 최빈값으로 1.81m³/sec의 유량을 가지는 것으로 나타났다.

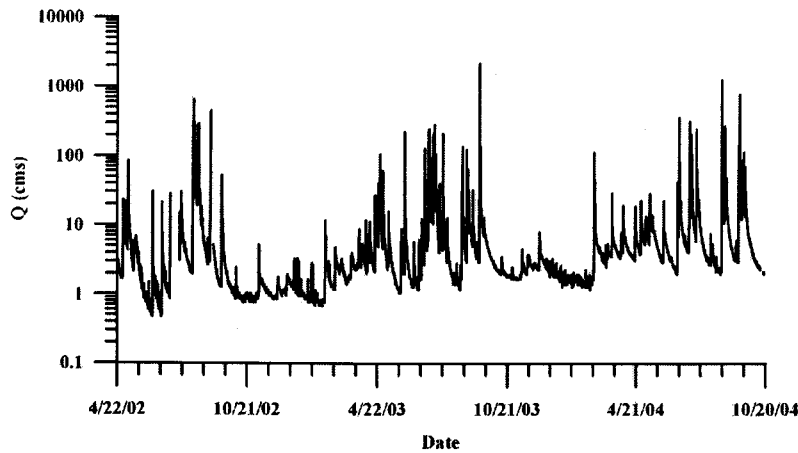


Fig. 2. 유량수문곡선

하천 유량수문곡선으로부터 기저유출을 추정하는 것은 다소 임의적이라 할 수 있다. 하천 유량기록이 어떤 특정한 시간간격으로 주어져 있는 경우, 지하수 유출량도 또한 같은 시간간격으로 추정해 낼 수 있다. 대부분의 경우, 그러한 방법은 1년이나 또는 그이상의 기간동안의 평균값을 취하여야지만 오차를 줄일 수가 있다. 지하수 저류량의 변화가 무시할 만한 충분한 기간동안의 기록들이 분석된다고 하면, 평균 지하수유출량은 유효함양량이라 간주될 수 있다. 하천 유출수문곡선으로부터 지하수 하천유출량을 추정해내는 많은 방법들은 적용에 있어서 약간식의 주관적인 판단이 개입되어 왔다. Nathan과 McMahon(1990)이래로 수치필터링 기법이 도입되면서 이러한 주관성을 배제하고, 지하수 유출량추정의 일관성을 유지시킬 수 있었다. 이러한 방법들은 하천유량분할방법(streamflow partitioning)으로 통칭된다.

이번 연구에서는 Rutledge (1998)가 개발한 PART프로그램을 이용하여 지하수 유출량을 추정하였다. 앞서도 언급했듯이 지하수 하천유출량은 하루 또는 그 이하의 짧은 단위로 평가하는 것은 의미가 없을 수 있다. 다만 충분한 기간동안의 자료를 가지고 분석하고 이를 통계적으로 기술해야지만 기저유출량이 의미를 가지게 된다.

PART프로그램은 하천유량분할방법의 일종으로 자동으로 하천 유량곡선으로부터 지하수 하천유출량인 기저유출량을 분리해 내는 프로그램이다. 기본적으로 일평균 유량을 기반으로 수문곡선을 분리해 내기 때문에 30분단위의 유량자료를 일별로 평균을 구하여 입력자료를 재구성하였다.

GIS 기법을 이용하여 지리산 뱀사골 유역의 경계를 설정하였는데, 1:25,000수치지형도에서 수치표고모형을 작성하고, WMS(Watershed Modeling System)의 TOPAZ module을 이용하여 각 cell상에서 흐름방향(flow direction) 및 흐름이 모여드는 셀(flow accumulation)을 추출하고 하계망을 구성하였다. 유출구를 중심으로 지리산 뱀사골 유역의 지하학적(geometrical) 특성치들을 계산하여 보면, 유역면적은 69.95 km²이고, 최대유하거리

15.04 km, 유역경사는 0.4598 이다. 모니터링 지점의 고도는 약 460 m이고, 가장 유역내 가장 높은 지점인 반야봉의 고도는 약 1,732 m로서 1272 m의 고도차를 보이고 있으며, 국립공원지역인 만큼 다양한 수종의 수목과 산림이 무성한 지역이다.

지하수 하천유출량을 구하여 월별로 구하여 보면 Fig. 3과 같다. y축은 유효 유출고를 나타내고 있는데, 유출을 유역면적으로 나누어서 계산되는 값으로 길이의 단위를 갖는다. 하천유출량이 많으면 많을수록 지하수 유출량도 많아지는 결과를 얻을 수 있으며, 겨울과 봄의 갈수기에는 대부분의 하천유출량은 지하수로 이루어져 있는 것을 알 수 있다. 이것은 모델자체가 강수량이 적은 기간 동안의 유출량은 주로 지하수로 이루어져 있다는 전제에 의한 결과이다.

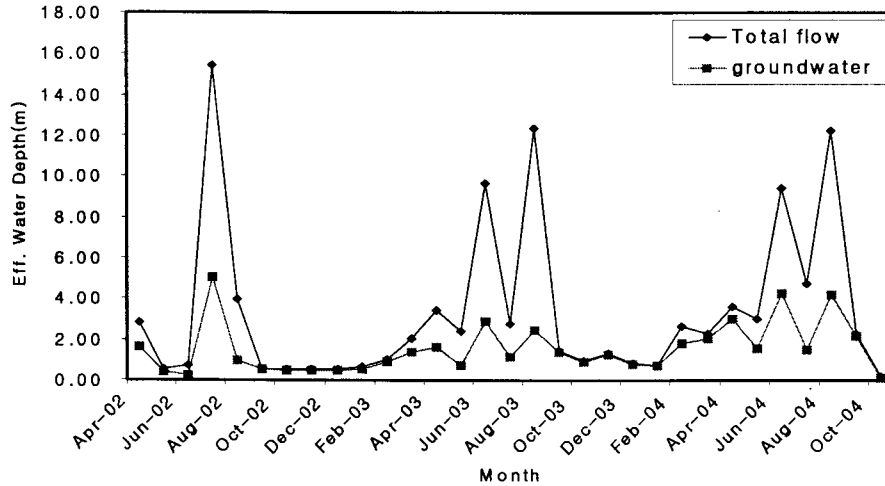


Fig. 3. 하천과 지하수 유출고

3. 결 론

자동 하천유량분할방법을 이용하여 모니터링 기간동안 지리산 뱀사골 유역의 지하수 하천 유출량을 평가해본 결과 하천유출량의 약 45%정도를 지하수 유출이 기여하고 있는 것으로 나타났다 (Fig.3). 높은 지하수 유출률이 나타나는 이유로는 지하수의 사용이 거의 없고, 무성한 산림, 지질, 지형적 조건에 의하여 지하수를 저장하고 있는 대수층으로부터 꾸준히, 갈수기에도 많은 양의 물이 공급되기 때문으로 판단된다. 다만, 홍수시의 유량을 과대 또는 과소평가 하면서 발생할 수 있는 오차가 있으므로 충분한 유량자료의 축적이 요구되며, 향후 검증을 위해 지하수의 관측의 필요성이 있다.

참고문헌

- Nathan, R.J., and McMahon, T.A., 1990, Evaluation of automated techniques for base flow and recession analysis, Water Resources Research, v.26, no.7, p.1465-1473.
- Rutledge, A.T., 1998, Computer programs for describing the recession of ground-water discharge and for estimating mean ground-water recharge and discharge from streamflow data-update: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 98-4148, 43p.