

전산 프로그램에 의한 지표유출량 산정에 관한 연구

황만하*/○박상근**/고익환***/맹승진**

Hwang, Man Ha /Park, Sang Geun/Koh, Ick Hwan /Maeng, Sung Jin

1. 서론

강우에 의한 유역 유출량을 지표유출과 기저유출 성분으로 분리하여 각각의 유출 특성을 분석하기 위해서는 먼저 유출수문곡선을 유출성분별로 분리할 필요가 있다. 지금까지 제시된 방법으로는 강우가 발생하여 유출이 시작하기 전의 감수곡선을 그대로 홍수 중, 또는 홍수후까지 연장하여 분석호우 이전의 강우에 의한 영향을 배제하여 해당 호우의 유출량을 정하는 지하수 감수곡선법, 홍수가 시작하기 직전의 유량(홍수초기유량)으로 유출수문곡선을 수평으로 분리하여 이 유량보다 많은 부분을 홍수유출량으로 생각하는 초기유량에 의한 수평분리법, 홍수유출 수문곡선의 감수부에 2-3개의 변곡점을 도출하여 이 변곡점들 중 마지막 변곡점을 표면, 중간유출이 종료되고 지하유출이 우세한 점으로 간주해서 이 점과 홍수 초기점을 직선으로 연결하던가 또는 첨두홍수까지는 홍수직전의 감수곡선형태로 연장하고 이 선보다 위의 유출량을 유출율로 생각하는 방법인 지하유출을 제외한 유출성분분리법, 유역의 유출이 서로 다른 주파수를 갖고 발생한다는 점에 착안하여 수문곡선을 고수 유량성분(주로 홍수성분)과 저수 유량성분(주로 지하수 침투등으로 인해 유출시간이 홍수성분에 비해 상대적으로 긴 유출량) 등으로 분리하여 이를 유출성분의 특성으로 구분하는 수치필터에 의한 유출성분 분리분석 방법 등이 있다.

유출성분을 분리하기 위한 기존의 기법들은 일반적으로 적용단계에서 수작업으로 이루어져야 한다. 이에 따라 분석자의 주관적 요소에 의해 결과가 달라질 수 있다는 점이 있으며, 이는 같은 유출수문곡선에 대해서도 그 결과가 분석 수행자에 따라 다르게 나타날 수 있다는 문제점을 내포하고 있다. 이로 인해 실무적으로 적용하기 힘들거나 표준적인 방법으로 제시하기 어렵다. 이러한 이유로 다소 물리적인 과정을 간략화 하더라도 개인적인 주관적 요소가 되도록 배제되도록 함으로서 분석결과의 일관성을 유지할 필요가 있다. 이를 위해서는 프로그램에 의한 유출성분 분리 방법의 도입이 필요하다.

2. 프로그램에 의한 유출 성분 분리법

프로그램에 의한 유출 성분 분리 기법으로는 고정간격법(Fixed-Interval Method), 이동간격법(Sliding-Interval Method), 부분최소법(Local-Minimum Method)등을 들 수 있다. 이 방법들은

* 한국수자원공사 수자원연구소 하천유역관리팀 선임연구원
** 한국수자원공사 수자원연구소 하천유역관리팀 연구원
*** 한국수자원공사 수자원연구소 수자원연구부장

1979년 Pettyjohn과 Henning등에 의해 개발된으로서, USGS등에서도 실무적으로 적용되고 있는 기법이기도 하다(U. S. Geological Survey - Water Resources Investigation Report 96-4040). 이 기법들은 기본적으로 유출수문곡선에서 최저점들을 연결하는 선을 그어 이로부터 유출성분을 분리하는 방법이나, 선을 연결하는 방법에 있어서 그 과정이 서로 다른 방법이다. 즉, 유출수문곡선의 최저점들을 연결한 선이 기저유출 수문곡선으로 정의하고, 기저유출 수문곡선 이상의 유출량을 지표유출량, 기저유출수문곡선이하를 기저유출량으로 분리한다.이러한 분리기법을 적용하기 위해서는 먼저 지표유출의 지속기간을 설정하여야 한다. 일반적으로 경험공식에 의해 지표 유출의 지속기간은

$$N = A^{0.2}$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 N은 첨두유출 시간으로부터 지표유출이 끝나는 기간(일)을 표시하고, A는 면적을 말한다. 이로부터 수문곡선의 분리에 사용되는 $2N^*$ 는 3과 11일까지의 정수 중 $2N^*$ 값에 가까운 홀수를 선정하여 다음 제시된 각 방법별 절차에 따라 수문곡선을 분리한다.

2.1 고정간격법(Fixed-Interval Method)

고정간격법은 각 구간 ($2*N$)에서 가장 낮은 유량을 그 기간의 시점부터 종료점까지의 기저유출로 하는 것이다. 즉 이 방법은 $2*N$ 동안의 최소유량을 수문곡선의 진행방향으로 평행하게 그으면 유출수문곡선과 만나게 되며, 유출수문곡선과 만나는 점을 그 기간의 기저유출로 정의한다. 그 다음 $2*N$ 만큼 수평으로 이동하여 이러한 과정을 반복한다. 예를 들어서 $2N^*$ 가 5일 경우 4월 5일~9일 동안의 최소값이 $49 \text{ m}^3/\text{s}$ 라면 그 기간동안의 기저유출값은 $49 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 일정하게 지정하는 방법이다.

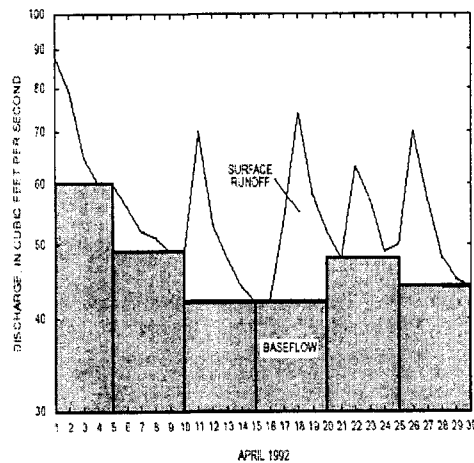


그림 1 고정간격법에 의한 유출성분 분리방법

2.2 이동간격법(Sliding-Interval Method)

이동간격법은 선정시점의 전후로 $[0.5(2N-1)Days]$ 동안의 유량자료에서 최소유량을 선정하고 이를 선정시점의 기저유출량으로 지정하는 것이다. 즉 이 방법은 $2*N$ 동안의 최소유량을 수문곡선의

진행방향으로 $2 \cdot N$ 까지 평행하게 그은 후 중앙점에 이 기간의 최소유량을 기저유출로 지정하게 되는 것이다. 이후 그 다음 일로 이동하여 이러한 과정을 반복한다. 예를 들어서 4월 16일부터 20일까지에서 $2 \cdot N$ 이 5일 경우 $[0.5(2N-1)Days] = 2$ 가 되므로 각 날짜의 앞으로 2일, 뒤로 2일까지의 유량을 비교하여 가장 작은 값을 기저유량 값으로한다. 즉 18일의 경우 16일부터 20일까지의 유량중 제일 작은 유량인 $42 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 기저유량으로 지정하는 것이다.

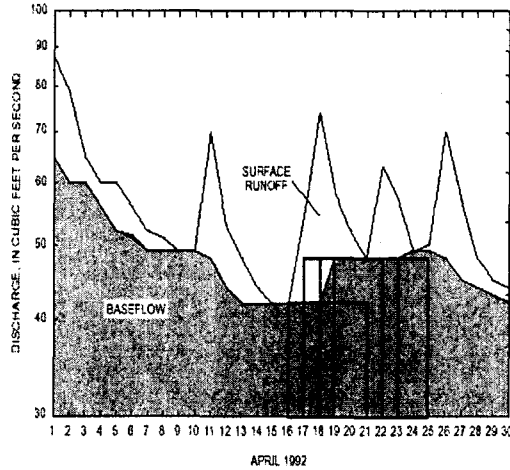


그림 2 이동간격법에 의한 유출성분 분리방법

2.3 부분최소법(Local-Minimum Method)

부분최소법은 선정시점에서 $[0.5(2N-1)Days]$ 의 전후로 최소유량을 선정하고 최소유량이 발생하는 지점을 그 기간의 부분 최소지점으로한다. 이 유량을 그 지점의 기저유량으로 선정하고, 이러한 과정을 다음기간에 대해 반복한다. 이후 이전에 선정된 최소 유량지점과 다음 최소유량지점을 서로 연결한다. 이로부터 두점사이의 각 일별 기저유량은 선형보간하여 산정한다. 즉 $[0.5(2N-1)Days]$ 로 최소유량을 반복선정하고 이들의 지점을 연결하여 분리하는 방법이다.

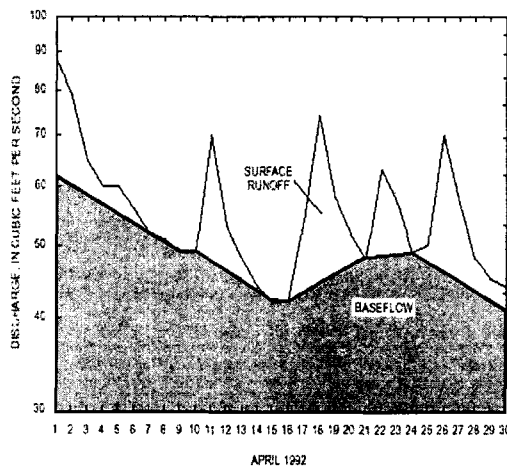


그림 3 부분최소법에 의한 유출성분 분리방법

3. 유출 성분 분리법의 적용 및 결론

전항에서 제시된 프로그램에 의한 유출성분 분리법을 적용하여 1980년부터 2000년까지의 대청댐 유입량 자료로부터 지표유출과 기저유출을 분리하는데 적용해 보았다. 수집된 일자료로부터 년도별 강우량과 유입량 및 각 정상월별 강우량에 대한 유출율(누가유입량/누가강우량)을 산정한 결과는 년강수량의 크기에 따른 유출율을 그림 4에 나타내었다.

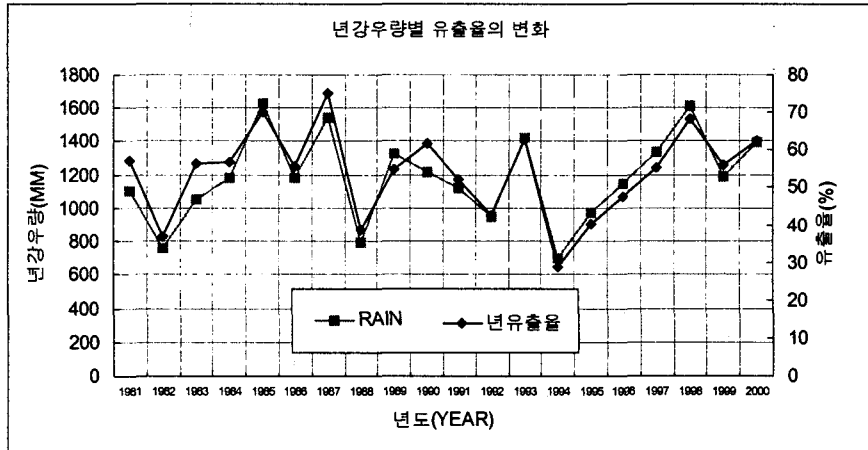


그림 4 년강수량별 유출율의 변화

년강수량과 유출율의 변화는 어느 정도 선형적인 관계를 나타내고 있었으며, 그 관계를 나타내기 위해 회귀분석을 실시한 결과 $y=0.0415x + 4.9189$ (결정계수:0.8703)로 년강수량의 크기가 증가할수록 유출율도 증가하는 것으로 나타났다. 각 방법별 지표유출율과 기저유출율의 합은 총유출율과 같다. 각 방법별 유출율을 살펴보면, 먼저 지표유출의 평균 유출율은 고정간격법 37.1%, 이동간격법 36.7%, 부분최소법 39.4%를 나타내며 기저유출의 평균 유출율은 고정간격법 16.7%, 이동간격법 17.2%, 부분최소법 14.4% 정도로 고정간격법과 이동간격법의 서로 근접한 경향을 나타내는데 비하여 부분최소법은 가장 적은 경향을 갖으며 상대적으로 지표유출이 가장 크게 나타났으나, 각 방법별 지표유출율의 차이는 3%내외이다.

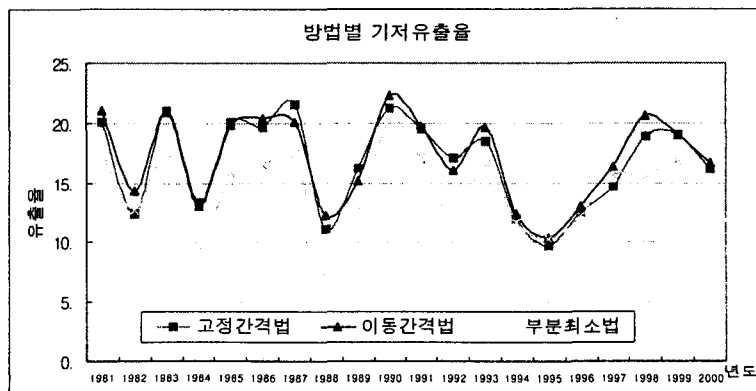


그림 5 분리방법별 기저 유출율 변화

강우량의 크기에 따른 유출율의 변화를 살펴보기 위하여 지표유출율과 기저유출율을 각각 년강우량의 크기에 따라 나타내면 고정간격법과 이동간격법, 부분최소법에 의한 지표유출율은 각각 $Y_{s1} = 0.0333x - 2.1299$ (결정계수:0.903), $Y_{s2} = 0.0339x - 3.2537$ (결정계수:0.8981), $Y_{s3} = 0.0353x - 2.2536$ (결정계수:0.8779)로 년강우량에 의한 총유출율의 추정식보다 적합도가 모두 개선되는 것으로 나타났다. 그 중 고정간격법과 이동간격법의 결정계수가 상대적으로 보다 많이 개선되었으며, 부분최소법은 총유출율의 추정식과 유사한 정도를 보였다. 한편 년강우량의 크기에 따른 각 방법별 기저유출율의 변화는 서로 유사한 경향을 가지나 3가지 방법 모두 결정계수가 0.3 내외로 그 적합도가 상대적으로 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 유출특성 분석시 기저유출량은 년강우량의 변화에 보다 독립적으로 취급할 수 있을 것이다. 다음 그림 6은 이동간격법에 의한 강우량의 크기에 따른 지표유출율과 기저유출율 값을 도시한 것이다.

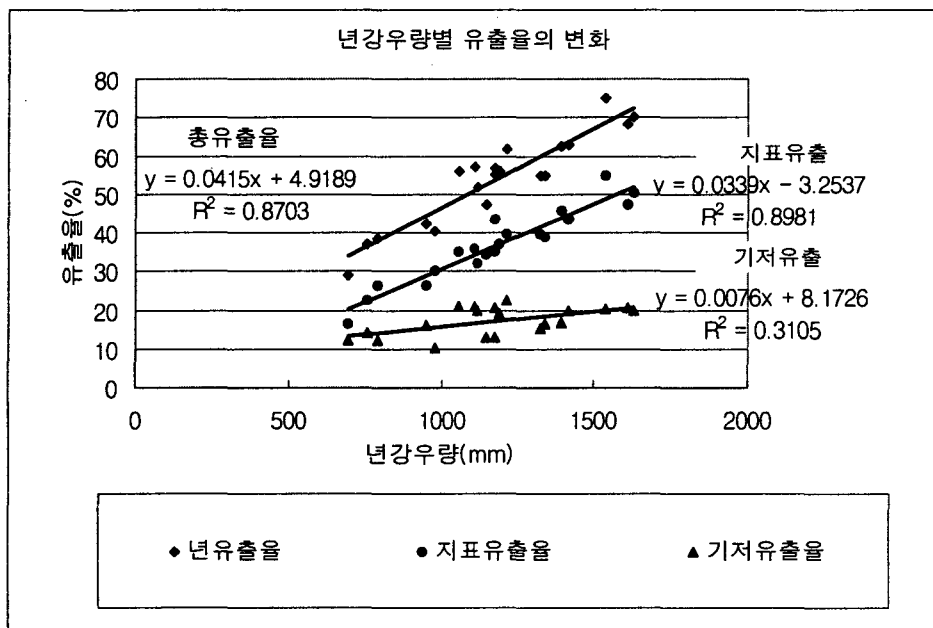


그림 6 이동간격법에 의한 년강우량에 따른 유출율의 변화

이러한 유출 성분을 분리해주는 프로그램을 이용한다면 객관성을 유지하면서 월별 유출율에 대한 각 방법별 유출율의 변화를 분석하거나, 전월의 유량크기에 따른 유출율의 영향여부를 파악하기 위한 분석 방법 등에도 다양하게 적용될 수 있을 것으로 보인다.

4. 참고문헌

- 한국수자원공사, 다목적댐 운영 실무편람, pp. I-200~203, 2000.
- 한국수자원공사, 다목적댐 유역의 유출수문 분석(대청댐에 대하여), 1997.
- 한국수자원공사, 수문자료집, 1999.
- Fleming, G., Computer Simulation Techniques in Hydrology, Elsevier, pp. 55~57, 1977.
- McCuen. "Hydrologic Analysis and Design", Prentice Hall, 2nd ed, Englewood Cliffs, NJ., 1998.

Singh, V. P., Hydrologic Systems-Watershed Modeling, Prentice Hall, 246~259, 1989
U. S. Geological Survey, Water Resources Investigation Report 96-4040, 1996.