

산지유역 강우의 적정 무강우시간 분석

Analysis on a Minimum Period Without Rainfall in Mountainous Catchment

정재학*, 이종설**, 박상형***

Jae Hak Chung, Jong Seol Lee, Sang Hyung Park

요 지

장기간 강우자료 또는 우량주상도는 시간에 따른 강우량의 자료로 구성된다. 장기간의 여러 강우사상들을 각각의 독립적인 강우사상으로 분리하기 위해서는 각 강우사상의 시작점과 끝을 구별할 수 있는 기준이 필요하다. 이에 본 연구에서는 산지지역에서의 강우사상을 구별하기 위한 무강우 시간을 살펴보기 위하여 기상청의 1973년부터 2008년까지의 총 36년간의 자료에 대하여 통계학적 방법인 자기상관계수와 변동계수를 이용한 무강우시간을 도출하여 보았으며, 별도로 우기시 강우자료만을 이용하여서도 살펴보았다. 또한, 유출특성에 의한 무강우시간 도출을 위하여 산지지역의 수위자료를 활용하여 직접유출 특성에 의한 무강우시간 또는 강우사상간 시간을 살펴볼 수 있었으며, 산정된 결과를 바탕으로 누가강우량 및 강우지속시간과의 상관관계식을 유도할 수 있었다.

핵심용어 : 무강우시간, IETD

1. 서론

일반적으로 강우유출 분석시 강우의 시간적 분포에 따라서 침투홍수량의 차이가 발생한다. 따라서 설계강우를 적절하게 시간분포 시키는 것은 중요한 일이라 할 수 있다. 국내에서 일반적으로 많이 사용하는 Huff 방법은 비교적 면적이 넓은 자연유역(약 1,000 km² 이상)에서 적용하며, 따라서 작은 유역면적에 사용하기 곤란하다. 특히, Huff의 경우 강우사상을 구분하기 위한 최소 무강우시간을 6시간으로 가정하고 있어 도달 시간이 빠른 소규모의 산간계곡 또는 도시유역에서는 사용하기 곤란한 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 소규모 산지유역에 대한 강우의 시간적 분포를 통계적 방법에 의한 접근 및 IETD(Inter Event Time Definition)를 통해 살펴봄으로써 적정 강우사상간 시간을 살펴보고자 하였다.

2. 통계적 방법에 의한 강우사상간 시간 산정

일반적으로 강우사상을 구별하기 위하여 무강우시간 또는 강우사상간 시간을 활용한다. 우량주상도에서 강우분포는 무강우 기간에 의해 구분되어질 수 있다. 만약 강우가 발생하지 않는 기간이 짧다면 인접한 2개의 강우사상은 하나의 강우사상으로 합칠 수 있다. 반대로, 강우사상 사이의 기간이 길다면 각 강우사상은 독립된 강우사상으로 구분되어 진다. 따라서 이러한 특성은 통계적 원리에 의해 강우사상을 구분할 수 있게 된다(Restrepo-Rosada and Eagleson, 1982).

확률적 해석모형은 장기간의 강우분포에서 각각의 일반적인 강우사상으로 분리해 내는 방법을 제시하며 장기간의 연속강우에서 강우사상을 분리해내기 위해서는 먼저 각각의 강우사상을 분리해 낼 수 있는 최소

* 정회원 · 국립방재연구소 시설연구사 · E-mail : blueboat@korea.kr

** 정회원 · 국립방재연구소 시설연구관 · E-mail : jlee9609@korea.kr

*** 정회원 · 국립방재연구소 연구원 · E-mail : chow798@korea.kr

강우사상간 시간의 기준(IETD)을 결정해야만 한다. 두 개의 강우사상 사이의 무강우시간이 IETD보다 짧

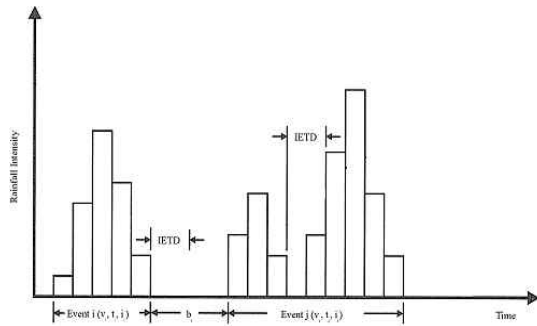


그림 1. IETD에 근거한 강우사상의 분리(Adams, 2000)

으면 두 개의 강우사상은 하나의 강우사상으로 결정되며 반대로 두 개의 강우사상 사이의 무강우시간이 IETD보다 길면 이 두 개의 강우사상은 하나의 강우사상으로 결정된다. 이러한 과정은 그림 1에서와 같이 나타낼 수 있다(Adams, 2000). 앞에서 말한 바와 같이 장기간의 연속강우를 각각의 독립된 강우사상으로 분리하기 위해서는 먼저 강우사상을 분리하기 위한 IETD의 결정이 필요로 되어 진다. 일반적으로 IETD를 결정하기 위한 통계적인 방법은 Autocorrelation 분석, 변동계수분석, 강우평균개수 분석을 통해서 이루어질 수 있다.

2.1 Autocorrelation에 의한 분석

장기간의 연속강우를 각각의 독립된 강우사상으로 분리하기 위한 IETD를 결정하는 방법으로 Autocorrelation 분석이 사용되어질 수 있다. 강우시계열에서 강우사상의 사이에는 상관성을 가지고 있다. Autocorrelation은 강우시계열의 강우사상 사이에 나타나는 상관성을 말하며 각각의 관찰 시간 사이의 시간 간격을 lag time이라고 한다. 시계열의 Autocorrelation 계수는 아래와 같은 식으로 표현된다.

$$R_k = \frac{\sum (y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum (y_t - \bar{y})^2} \quad (1)$$

여기서 \bar{y} 는 자료계열의 표본평균이고 k는 lag time을 나타낸다. 위의 식 (1)로부터 계산된 결과를 도시하면 아래의 그림 2와 그림 3과 같다.

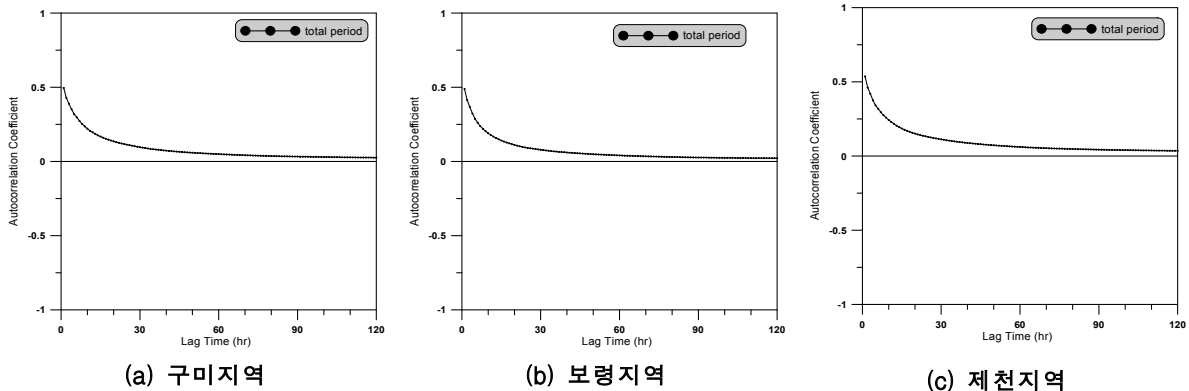


그림 2. Autocorrelation 분석결과

구미, 보령 및 제천시지역에 대하여 기상청으로부터 수집한 1973년부터 2008년까지의 총 36년간의 강우데이터의 1시간 강우자료를 바탕으로 자기상관계수를 살펴보았다. 또한, 우기철을 함께 고려하여 보았다. 이는 우리나라의 경우 비우기철에는 무강우기간이 길어 강우사상의 존재여부와 상관없이 무강우시간의 상관성이 크게 반영될 수 있기 때문이다. 따라서, 우기철을 6월에서 10월까지로 보고 별도로 우기철에 대한 자기상관계수도 함께 산출하여 보았다. 그러나, 아래 그림에서 보는바와 같이 우기철이라 하여 특별한 큰 차이를 나타내지 않음을 살펴볼 수 있었다.

이러한 자기상관계수에 의한 방법을 실시해본 결과 계수값이 '0'이 되는 경우는 없었으며, 이는 강우자료 부족과 강우가 우기철에도 일부기간에 편중되는 현상 때문인 것으로 판단된다.

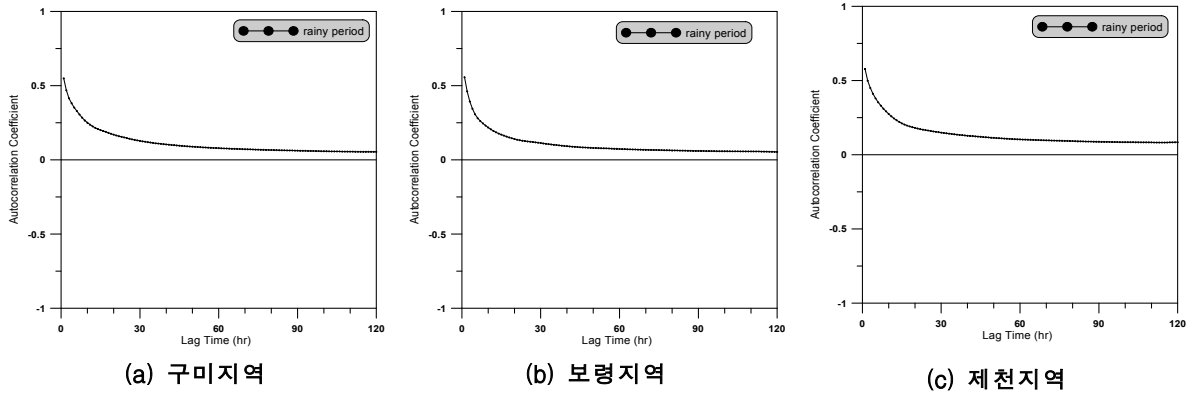


그림 3. 우기철 강우자료의 Autocorrelation 분석결과

2.2 변동계수(C_v)에 의한 분석

장기간의 연속강우를 각각의 독립된 강우사상으로 분리하기 위한 IETD를 결정하는 방법으로 변동계수(C_v)분석이 사용되어질 수 있다(Nix, 1994). 강우시계열의 무강우 시간의 확률 밀도는 exponential 함수를 따르기 때문에 무강우시간의 표본평균과 표준편차가 같아지는 시점, 즉 변동계수가 1이 되는 시점에서 IETD를 결정할 수 있다.

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (2)$$

여기서, S는 표준편차이고, \bar{x} 는 평균이다.

앞서와 마찬가지로 구미, 제천, 보령 등 3개 지역의 36년간의 1시간 강우자료를 통해 검토하였으며, 적정 무강우시간을 최대 120시간(5일)까지 설정하여 살펴보았으나, 변동계수가 1이 되는 적정 시간을 찾아내기 곤란하였다. 일반적으로 변동계수가 작다는 것은 평균에 대비하여 편차 또는 산란도가 작다는 것을 의미한다. 그러나 우리나라의 경우 시간적인 강우발생 편차가 큰 편이며(장마철, 태풍 등) 따라서 전반적으로 변동계수가 1이 되는 시간을 찾기 어려운 실정이다.

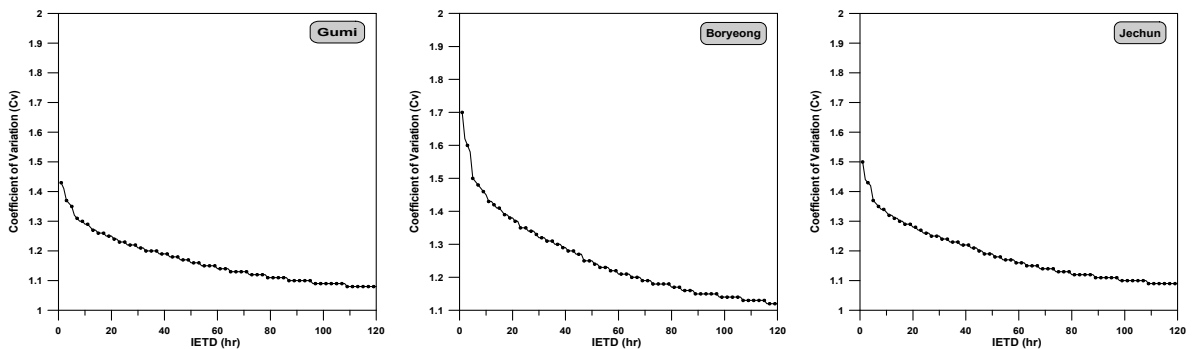


그림 4. 변동계수를 이용한 IETD산정결과

3. 유출특성에 의한 강우사상간 시간 산정

강우사상간 시간(IETD)은 앞에서 살펴본 바와 같이 통계적 기법을 이용하는 경우도 있으나, 호우사상의 종료시점으로부터 직접유출의 종료시점까지의 시간을 IETD로 정의하여 사용하기도 한다.

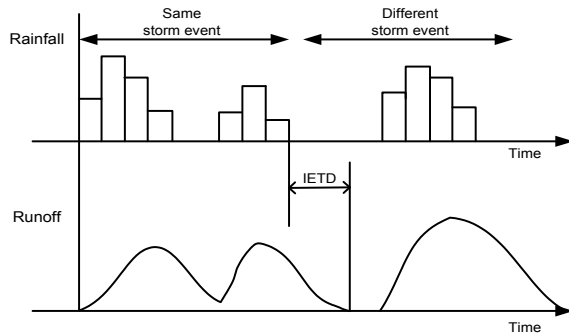


그림 5. 유출특성을 고려한 IETD 산정방법

(그림 5). 본 연구에서는 동해 무릉유역에 대한 산지 소유역에서 측정된 강수량 및 수위자료를 바탕으로 적정 IETD를 살펴보고자 하였다.

직접유출량을 유출모형을 통해 산정하여 직접유출의 종료시점을 파악할 수 있으나, 이는 모형이라는 제약을 가지게 되고, 인위적인 변수 등이 개입되어 실제 유출현상으로 보기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 수위자료를 바탕으로 유출 종점을 판단하고 이를 기반으로 적정 IETD를 산정하고자 하였다.

3.1 IETD 산정을 위한 강우자료 분석

동해 무릉지역은 매우 급경사를 가진 소규모 산지지역(약 20km²)으로써, 급변 IETD 산정을 위하여 07년~09년의 강우사상을 추출하였다. 강우사상은 해당 강우사상이 독립적이기 위하여 선행강우(AMC-I 조건) 및 후속강우가 거의 발생하지 않은 강우사상만을 추출하였다. 이러한 이유로 많은 수의 강우사상을 추출하지는 못했지만, 총 23개의 강우사상을 도출할 수 있었다.

동해 무릉유역에 대한 최근 3년간 강우사상 자료 중에서 가장 많은 양의 비가 내린 경우는 07년 8월 29일부터 9월 7일까지의 강우로써 369mm의 강우가 발생하였으나, 강우강도는 11mm/hr에 불과하였고 강우강도가 가장 큰 경우는 07년 7월 10일에서 14일에 발생한 17mm/hr 이다. 이는 일반적으로 높은 강도의 강우가 내리는 시점은 태풍 또는 장마기간이지만 선행강우가 많거나 또는 강우사상간의 구분이 어려워 큰 강우사상을 추출하지 못한 단점이 있다. 그러나 관측중심의 무강우 시간 산정에는 큰 무리는 없을 것으로 판단하였다.

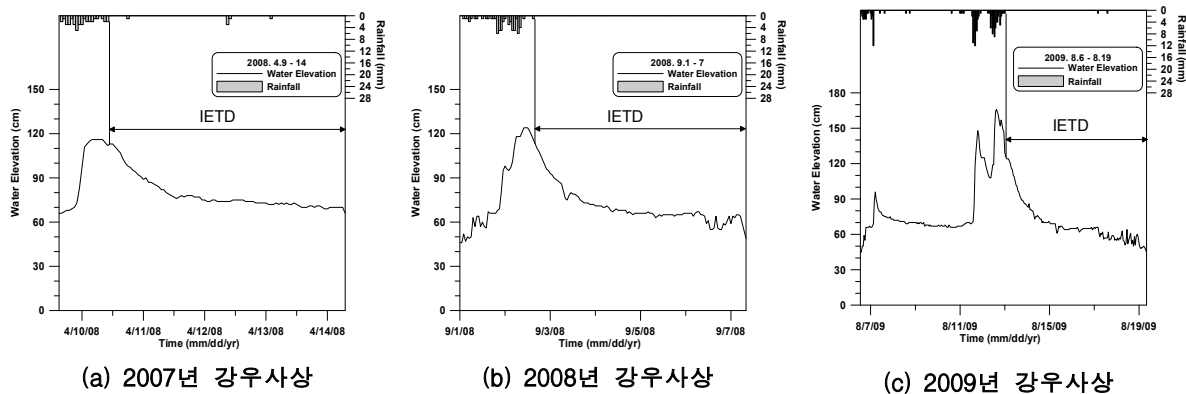


그림 6. 동해 무릉지구 적정 IETD 산정결과

3.2 IETD 산정결과 분석

그림 6을 통해 나타난 바와 같이 동해 무릉유역에 대한 강우사상별 IETD를 산정한 결과를 바탕으로 해당지구의 적정 무강우시간을 나타낼 수 있다. 그리고 이러한 IETD와 관련하여 누가강우량 및 강우지속시간과의 관계를 함께 살펴보았으며 그 결과를 그림으로 나타내면 아래와 같다.

아래의 그림 7에서 나타난 누가강우량과 강우지속시간에 대한 IETD 산정결과에 대하여 회귀식을 산정하면 다음과 같다.

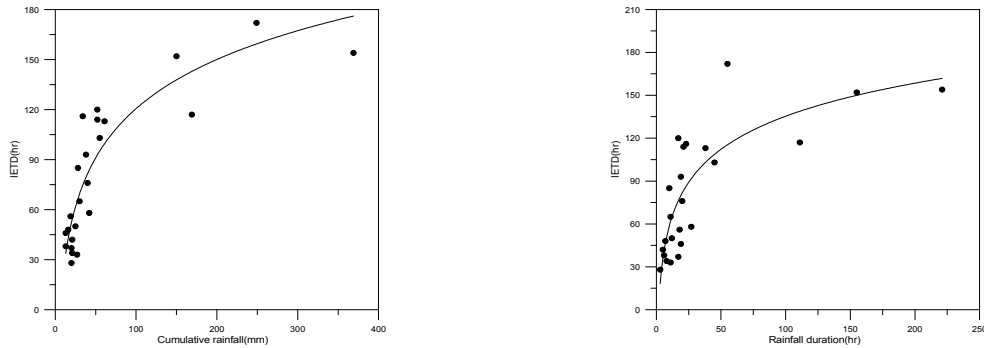


그림 7. 누가강우량(좌) 및 강우지속시간(우)에 따른 IETD 산정결과

그림 7에서 나타난 누가강우량과 강우지속시간에 대한 IETD 산정결과에 대하여 회귀식을 산정하면 다음과 같다.

$$Y = 42.5564 \times \ln(X) - 75.421 \quad (3)$$

$$Y = 33.3816 \times \ln(X) - 18.3779 \quad (4)$$

여기서 X는 누가강우량 또는 강우지속시간이고 Y는 IETD이다.

식 3은 누가강우량에 대한 회귀식이고, 식 4는 강우지속시간에 대한 회귀식이다. 각 식에 대한 결정계수를 각각 구하면 누가강우량의 경우 0.80, 강우지속시간에 대한 경우는 0.67로 나타났다. 따라서 누가강우량이 IETD와 더 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 이는 강우지속시간의 경우 순수하게 강우가 내린 시간이 아닌 무강우시간이 포함되었기에 다소 상관도가 떨어지는 것으로 보이며, 실제 강우가 내린 강우지속시간만으로 상관계수를 구하면 0.73으로 상기의 0.67보다는 높은 상관도를 가지는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 수문분석 및 유출해석을 위해 사용하는 강우사상을 도출하는데 있어 그 기준이 되는 적정 무강우시간에 대한 검토를 수행하였으며, 이를 위해 통계적 방법에 의한 강우사상간 시간 및 유출특성에 의한 강우사상간 시간을 분석하였다.

그 결과 통계적 방법의 경우 국내의 강우패턴이 우기철에 집중됨으로 인해 적정한 무강우시간을 도출하는 것이 어려운 것으로 나타났으며, 유출특성에 의한 강우사상간 시간은 산정된 결과를 바탕으로 누가강우량과 강우지속시간과의 상관관계식인 회귀방정식을 도출할 수 있었고, 산지유역의 경우 기저유출의 영향으로 무강우시간이 평균 2~4일에 이르는 것으로 나타났다.

이는 결국 향후 산지 소유역의 유출해석시 선행강우가 미치는 영향을 좀 더 구체적으로 검토하여 산지유역에 적합한 AMC 조건 및 CN값 산정 등을 검토하여야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Barry J. Adams and Fabian Papa (2000). *Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models*. John Wiley Sons, Inc.
2. Nix, S.J. (1994). *Urban Stormwater Modeling and Simulation*. Lewis Publisher, Boca Raton, FL.
3. Restrepo-Posada, P.J. and Eagleson, P.S. (1982). Identification of independent rainstorms, *Jornal of Hydrology*, Vol. 55, pp. 303-319.