

유효강수지수를 이용한 홍수위험의 정량적 진단

Quantified Diagnosis of Flood Possibility by Using Effective Precipitation Index

변희룡* / 정준석**

Byun, Hi-Ryong / Chung, Jun-Seok

Abstract

New diagnosing method of flood possibility was proposed. The method can be processed by following steps: first, decide if current available water resources are above normal or not; second, compute a consecutive period above normal; third, precipitation is accumulated through the period; fourth, daily depletion (runoff and evapotranspiration) amount is subtracted from the accumulated precipitation and remains are translated to one day's precipitation, which is called effective precipitation; and finally, effective precipitation is standardized with the seasonal and regional climatological trend, which is called effective precipitation index. The larger effective precipitation index means the higher flood possibility. This method has been applied to the flood event occurred in the central region of Korea at late July 1996 and compared with the study by Korea Water resources Association (1996). The new method is proven to be much faster in computation, and therefore much better in practical use for emergency situation than current rainfall-runoff models. It is because the new method simplifies some steps of currently used method such as parameter estimation and water level observation. It is also known that new method is more scientific than any other methods that use accumulated precipitation only as it considers the runoff depletion in time

Keyword: flood possibility, effective precipitation index, rainfall-runoff model

요 지

홍수가 발생하기 전에 위험을 진단할 수 있는 기법이 다음의 절차를 따라 마련되었다. 현존 가용 수자원이 평균치보다 많은 지 여부를 결정한다. 평균치보다 많은 날의 연속기간을 계산한다. 연속된 기간동안 강수량을 누적한다. 누적된 강수량 중에서 일별 감소량(유출 및 증발산 등에 의한)을 감한 다음 다시 하루강수량으로 환산한 것이 유효강수량이다. 유효강수량을 다시 계절적, 지역적 평균치와 비교하여 일반화된 수자원의 집중정도 즉 유효강수지수를 구한다. 유효강수지수가 큰 값을 가지면 홍수의 위험은 증대한다. 이 방법은 1996년 7월말 한반도의 경기 강원지역의 홍수사례를 분석한 연구(한국수자원학회, 1996)와 동일한 사례에 적용하여 그 결과를 비교하였다. 종래의 강우-유출 모형이 가지는 두 가지 과정, 즉 매개변수 추정 단계와 수위관측의 단계를 생략하였기 때문에 계산이 신속하게 되어 위급할 때 사용될 수 있는 장점이 확인되었다. 두 과정을 생략하고도 유출량이 고려되었기 때문에 강수량만으로 진단하는 방법보다 과학적임이 입증되었다.

핵심용어 : 홍수위험진단, 유효강수지수, 강우-유출 모형

* 부경대학교 지구환경과학부 부교수

Associate Prof., Dept. of Envir. Atmospheric Science, Pukyong National Univ., Pusan 608-737, Korea

** 기상연구소 예보연구실, 연구사

Researcher, Forecast Research Lab., Meteorological Research Inst., Seoul 156-010, Korea

1. 서 론

현재 국내 하천의 홍수 예경보 시스템의 운영과 다목적 댐의 홍수조절관리에는 저류함수 모형(강주환 등, 1998; 이정규와 이창해, 1996)이 주로 사용되고 있다(건설부 한강홍수통제소, 1994; 건설부 낙동강홍수통제소, 1991). 그러나 저류함수 모형은 적용유역과 호우사상에 따르는 적절한 매개변수를 결정하는 과정에 있어서 경험적 판단에 의존하지 않을 수 없다는 단점을 가진다. 이 중에서도 유출량의 산정에 항상 문제가 있는 것은 잘 알려져 있는 사실이다(이정규 등, 1994).

국내에서 연구되기 시작한 탱크모형(이상호, 1998; 이관수 등, 1995)도 유출량의 산정 없이는 계산이 불가능한 단점이 있다. 최근에는 신경회로망을 이용한 모형(안경수와 김주환, 1998)으로 발달하고 있지만 역시 강우유출 모형에 대하여 Singh(1988)이 지적한 한계를 벗어나지 못하고 있다. Singh(1988)은 각각의 지형적 요소와 수문학적 함수가 비선형적이고 동역학적인 특성을 가지므로 이를 모두 포함하는 모형은 불가능하다고 주장한 바 있다.

유출량을 계산하기 위해서는 강수량 외에 하천이나 저수지의 수위 자료 등이 요구되고, 모형에 따라서는 토질이나 지형문제까지 고려해야 하는데, 이 자료들은 주로 홍수가 지나가고 난 후 사후분석에서도 정확성을 가지기가 쉽지 않다. 이 때문에 이 모형들을 홍수 예측에 활용하거나 홍수위험에 직면한 긴박한 상황에서 중대 의사결정의 자료로서 사용하기는 미흡한 점이 있다. 하천이나 댐, 저수지 등과 연관이 적은 수계(산사태 등), 즉 국지적 홍수에는 적용하기가 더욱 어렵다. 그런데도 이들 모형 외에는 만족할 만한 방법이 쉽게 발견되지 않는 것이 현실이다.

한국수자원학회(1996)도 이 점을 지적하며 홍수의 사후 분석에서 강우-유출 모형을 사용하지 않고 있다. 뿐만 아니라, 이 한계를 극복하지 못한 분석이 가지는 단점을 스스로 극명하게 보여주고 있다. 그 구체적인 예로서 다음의 한가지 사실을 제시해 볼 필요가 있다. 한국수자원학회(1996)는 해당기간에 강우량이 많았기 때문에 홍수가 발생했다는 것을 증명하기 위해서 3일 또는 5일 동안의 강수량을 합산하고 이 값을 기후자료와 비교하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 홍수진단을 위한 다른 강수량 계산법이 알려져 있지 않은 현 상태에서는 최선을 다한 진단으로 판단되나 다음과 같은 네 가지 문제가 있다.

첫째는, 왜 5일 동안의 강수량을 계산했는지에 대한 검토가 간과되었다는 사실이다. 6일 전의 강수량이 홍수발생에 무관했는지에 대한 검증이 생략되었기 때문에 홍수가 5일간의 강수량만으로 발생했다고는 볼 수 없고, 5일의 강수량이 주로 작용했다는 정도의 다분히 주관적인 판단자료를 제시한 것이라고 밖에 인정할 수 없다. 따라서 이에 대해 6일 또는 그 훨씬 이전부터 누적된 강수량이 홍수를 유발한 것은 아닌지를 객관성 있게 확인하는 과정이 필요하다는 것이다.

두 번째 문제는 5일간의 강수량을 집계하면서 5일전에 온 강수량과 하루 전에 온 강수량을 같은 비중으로 합산하였기 때문에 5일전에 내려서 이미 흘러가 버렸을 가능성이 큰 수자원마저 현존하는 것으로 간주하였다는 점이다. 하루 사이의 강수의 유출량은 상당히 큰 양임을 이상호(1998), 안경수와 김주환(1998), 이정규와 김한섭(1998)은 도표로 잘 보여주고 있으므로 이에 대한 고려의 필요성은 충분하다 할 수 있겠다.

세 번째 문제는 집계된 5일간의 강수량이 얼마나 많은 것인지에 대한 고찰이 빈약하다는 점이다. 5일 강수량의 극대치와 비교하는 것도 한 방법이긴 하지만 계절적 지역적 특성까지 감안하여 제시되는 것이 바람직하다.

네 번째 문제는, 이상 3가지 문제를 극복하지 못한 자료마저도 홍수의 위험에 직면하는 위급한 시기에 즉시 제공되도록 정비되어 있지 않다는 점이다. 즉, 홍수 후의 사례분석용 기법에 불과하다는 것이다. 따라서 사전 대비용, 위기 경고용, 위기 대처용, 내지는 총체적 홍수대책전략용 분석기법이 필요한 실정이다. 작금 엄청난 강수해해가 빈발함을 고려할 때 시급한 사업이라 아니할 수 없다.

이러한 문제점을 해결할 새로운 기법을 개발하기 위해 본 연구는 다음과 같은 목표를 설정하였다. 첫째, 위기의 경보, 상황판단, 대처방안 결정 등이 담당 사무원의 개인적 역량에 의존하는 정도를 최소한도로 줄여야 한다. 둘째, 그러기 위해 위급한 시기에는 최단시간 내에 최고의 참고 자료가 제공되도록 평상시에 모든 준비가 되어 있어야 한다. 셋째, 하천수위와 댐 수위 그리고 유입량이나 유출량 등, 위기 시에 값이 급변하는 자료들에 의존도를 줄이고, 홍수를 일으키는 수자원의 근원은 강수량일 뿐이라는 사실에 충실해야 한다(따라서 본 연구는 解水·투 등 타 요인에 의한 홍수는 취급하지 않는다). 넷째 강수량이 수자원의 기본적 근원인 곳에서는 세계 어디서나 사용 가능토록 해야 한

다. 이와 같은 목표에 따라 개발된 방법을 실제로 한국 수자원학회(1996)의 분석과 동일한 사례에 적용하여 비교하였다. 이 사례는 경기도 연천 지방에서 홍수가 발생하여 사상자와 재산피해가 있었던 사례로서 강 상류인 집수 지역이 북한 지역이어서 효과적인 대처가 어려웠던 사례였다.

본 연구는 가뭄진단지수를 개발하는 과정(Byun, 1997; Byun과 Wilhite, 1998)에서 가능성을 발견하고 출발한 연구이다. 가뭄진단지법으로서 세계 어디에도 유사한 방법이 존재 없었음을 확인하였다. 홍수 진단기법에서도 유사한 방법이 있었는지 찾기 위해 적지 않은 노력을 기울여 봤으나 결국 찾아내지 못하였다. 본 연구의 위기 대처용 가능성을 감안 할 때, 지금까지 인류가 왜 이런 측면에 착안하지 못했는가 하는 사실은 저자에게도 의문으로 남아 있을 뿐이다.

2. 자료 및 계산

2.1 자료

1961년부터 1996년까지 36년간의 국내 관측소(기상청관측소 및 측후소, 공군관측소, 북한관측소)의 일 강수량이 거의 모두 이용되었다. 1961년 이후에 설치된 관측소의 자료는 1월 1일의 자료가 처음으로 나타나는 해부터 사용되었다. 공군 관측소는 모두 1975년 이후의 자료이며 북한 관측소는 1979년 이후의 자료가 유효하였다. 기상청 관측소 중에 1970년대 후반부터 관측을 시작한 곳이 몇 군데 있다. 그림 1은 자료에 사용된 관측소의 분포를 나타낸다.

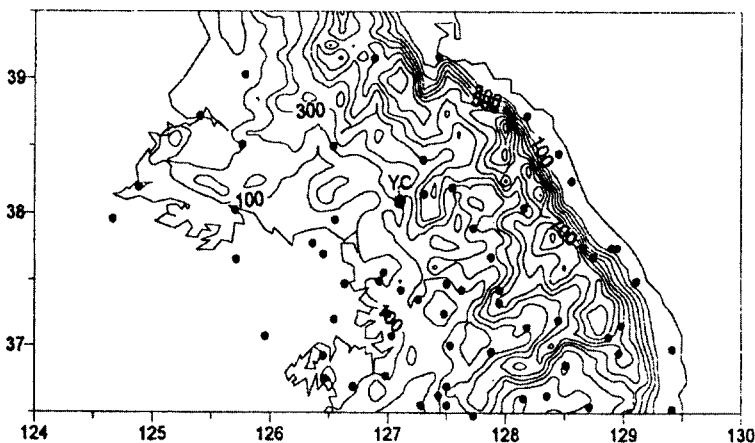


그림 1. 관측소의 분포. 등고선 간격은 100 m, YC는 홍수가 발생한 연천지방.

2.2 누적유효강수량의 계산

누적유효강수량이란 단순 누적된 총 강수량에서 유출된 양을 제외한 값으로 정의한다. 총 강수량은 단위기간 중의 강수량을 단순 합산하면 무난하나 유출량은 시간의 함수일 뿐 아니라 지형과 토질의 영향을 받는 값이므로 단순하지 않다. 따라서 유출된 양을 효과적으로 계산해야하는 문제가 생긴다. 다음의 식은 매일의 누적유효강수량을 계산하는 식이다.

$$E(i) = \sum_{N=1}^i \left(\left(\sum_{m=1}^N P_m \right) / N \right) \quad (1)$$

이 때 P_m 은 $D-m$ 날의 일 강수량이다. 이 식은 $D-m$ 일의 일 강수량은 m 일 동안의 평균강수량의 값으로 누적유효강수량에 합산됨을 보여준다. 간단한 예로서 D 일의 강수량을 a , $D-1$ 일의 강수량을 b 라고 하고 기타 날에는 전혀 강수가 없었다고 가정하자. 누적기간을 3일이라고 했을 때 (즉 $i=3$), $D+1$ 일의 유효강수량은

$$E(3)_{d+1} = a + (a+b)/2 + (a+b+0)/3 \quad (2)$$

이 되고 $D+2$ 일의 유효강수량은

$$E(3)_{d+2} = 0 + (0+a)/2 + (0+a+b)/3 \quad (3)$$

이 된다. 강수량이 시간경과에 따라 누적유효강수량으로 환산되는 비율이 감소하는 정도가 그림 2에 표시되어 있다. 이 감소율은 많은 수분모형에서 강수 후 초기

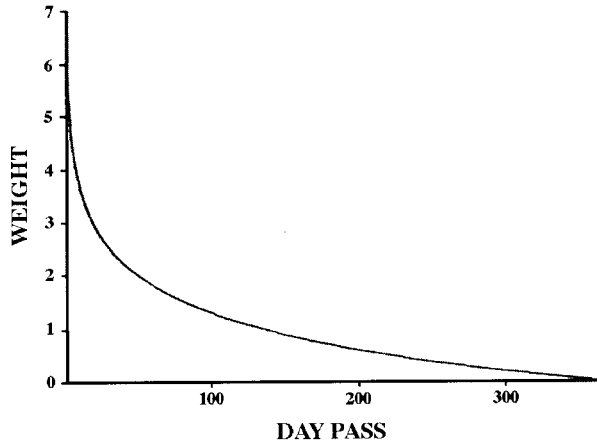


그림 2. 날짜경과에 따라 일 강수량이 누적유효 강수량에 기여하는 비율의 변화.

수 시간에 대부분의 강수량이 유출된다는 결과를 보여 줌(안경수와 김주환, 1998; 이상호, 1998)과 상당히 유사한 결과를 보이면서도 매개변수의 추정이라는 단계를 거치지 않고 계산된다는 장점을 가진다. 더 정확한 감소율의 계산은, 새로운 방법의 가능성을 타진하는 현 시점에서는 일단 유보하는 것이 바람직하다고 보인다. 이 누적유효강수량은, 그림 2에 보이는 바와 같이 어제의 강수량은 $6.4(=1 + 1/2 + \dots + 1/365)$ 배의 값으로 계산되고 365일 전의 강수량은 $1/365$ 배가 계산된 가상의 강수량이다.

2.3 추가 누적기간의 계산

식 (1)에서 N 은 1에서 365까지 변한다(이것은 누적 기간 i 가 365임을 말한다). 누적기간을 365일로 한 것은 강수량은 일반적으로 일년 주기가 가장 크기 때문이다. 먼저 365일 동안의 누적유효강수량을 날짜별로 계산한다. 이로서 제로와 임의의 숫자간의 불연속 함수이던 강수량 분포가 연속성을 가지며 증감하는 자료로 바뀐 것이다. 그 다음 같은 날짜의 누적유효강수량의 평균치를 계산한다. 이는 해당지역의 지형적, 계절적 특성이 고려된 통계치이다. 누적유효강수량이 평균치보다 많은(또는 적은) 날의 연속된 날 수가 바로 추가 누적기간이다. 가용 수자원이 평균보다 많은(또는 적은) 날이 지속된 기간을 말해주기 때문이다.

짧게는 추가 누적기간 동안의 강수량만 합산해도 강수량 과다정도는 계산될 수 있다. 그러나 일년주기가 가장 지배적인 강수지역에서 누적유효강수량은 364일

전의 강수량에 의해서도 영향을 받는다고 생각함이 타당하다. 따라서 추가 누적기간에 365를 더한 총 누적기간을 통하여 누적된 유효강수량이 더 의미가 있다. 한국수자원학회(1996)는 3일 또는 5일 강수량을 합산하였는데, 이런 과정을 거쳐서 결정된 기간이 아니라 점이 문제이나 현재까지는 달리 알려진 방법이 없었다.

2.4 유효강수량의 계산

누적유효강수량을 다시 하루강수량으로 바꾼 것이 유효강수량이다. 따라서 유효강수량은 현존한다고 간주되는 수자원을 하루강수량의 값(T)으로 표현한 것이다.

$$T = E_{(i+j)} / \left(\sum_{N=1}^i (1/N) \right) \quad (4)$$

여기서 j 는 추가 누적기간이다. $E_{(i+j)}$ 는 총 누적기간이다. 이렇게 하루강수량으로 환산한 이유는 누적기간이 서로 다른 누적유효강수량들을 같은 조건에서 서로 비교하기 위해서이다.

2.5 유효강수지수의 계산

유효강수량이 평균보다 많은 정도를 알기 위해서는 해당 날짜의 유효강수량의 평균치를 계산해야한다. 이미 알아낸 총 누적기간동안의 누적유효강수량을 식 (1)로 구하고 그 값을 유효강수량으로 환산한 다음, 환산된 양의 평균치와 표준편차를 구할 수 있다. 유효강수량의 평균치에 대한 편차를 구하고 그 편차를 다시 해당 날짜의 유효강수량의 표준편차로 나눈 값이 바로

유효강수 지수이다.

$$B = (T - T_{avg}) / T_{std} \quad (5)$$

여기서 T_{avg} 는 해당날짜의 유효강수량의 평균치이며, T_{std} 는 역시 해당날짜의 유효강수량의 표준편차이다. 따라서 유효강수지수가 1보다 크다 함은 표준편차 1의 범위를 벗어남을 뜻한다. 누적유효강수량, 유효강수량 및 그 각각의 평균치를 날짜별로 각각 계산한 것은 계절 특성이 포함되게 하기 위해서이다. 그런데 충분한 기후자료가 사용된다면 이 평균치는 경일 변화의 폭이 작을 것이므로 5일씩 이동 평균하는 방법으로 자료부족으로 야기될 문제점을 약화시켰다. 이 이동평균이 다른 문제를 야기하기도 하였지만 검토결과, 야기된 문제가 해결된 문제보다 덜 중요함이 인정되었다 (Byun, 1997; Byun과 Wilhite, 1998).

2.4 홍수위험 진단

1996년 7월 말 한반도 중부지방에서 발생한 홍수사례를 다음의 절차로 분석하였다.

- (1) 일 강수량분포의 날짜별 변화를 조사하였다.
- (2) 누적 유효강수량, 추가누적 기간을 계산하였다.
- (3) 각 관측소별로 산정된 추가 누적기간을 적용하여 유효강수량과 유효강수지수를 구하였다.
- (4) 일 강수량, 유효강수량, 유효강수지수를 비교하였다.
- (5) 유효강수량의 자료기간내의 역사상 최대치를 각 관측소별로 구하여 홍수기간의 유효강수량과 비교하였다. 이는 홍수가 필연적일 만큼 강수가 심했는지를 가늠하기 위해서이다.

3. 결과 및 토의

3.1 누적기간

홍수는 현존 수자원 양의 절대치에 의하여 발생하기도 하지만 해당지역의 기후학적 평균치를 초과하는 집중에 의하여 발생하는 경향이 더 크다. 따라서 평균치를 밑도는 기간이 수십일 연속된 경우는 수자원 집중이 더 추가되어야 평균치에 도달하게 되고, 평균치를 넘고도 한참 더 추가되어야 홍수의 위험이 있다고 할 수 있다. 반면에 평균치를 상회하는 기간이 오래 지속된 경우는 그 기간동안 누적된 수자원을 모두 고려하여 홍수의 위험을 진단하는 것이 바람직하다. 이 때 평균치라 함은 해당지역의 지역적 계절적 조건을 모두 고려한 평균치를 말한다. 평균치를 홍수발생여부 판단의 기준으로 삼는 것은 매마른 지역에서는 적은 양의 강수도 수재를 초래할 가능성이 있으나 본래 강수가 많은 열대 우림에서는 상대적으로 큰비가 와도 재해가 발생할 가능성은 없기 때문이다. 따라서 각 관측소별로 기간을 따로 계산하고 그 기간의 누적된 단순강수량이나 유효강수량을 날짜별로 따로 계산하는 등의 계산과정이 필요한데 이 계산은 홍수의 위험에 직면하여 시작할 수 있는 일이 아니며, 미리 준비된 모델 (Byun, 1997; Byun과 Wilhite, 1998)이 동원되어야 하는 것이다.

그림 3은 1996년 7월 26일의 유효강수 누적기간의 공간분포를 나타낸다(등치선 간격 20일). 38도선을 경계로 그 남쪽인 강원도와 경기도 지역은 유효강수량이 평균보다 적은 기간이 수십일 연속되어 왔고 북쪽인 황해도 지역에서는 평균보다 더 많은 유효강수량이 나타난 기간이 20 여일 이상 전후하여 지속되어 왔다는

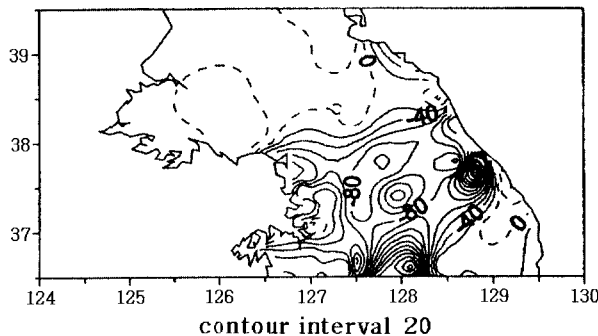


그림 3. 유효강수량 누적기간의 공간분포. 단위는 일.

사실이 나타난다. 그리고 황해도 지역은 홍수가 발생한 임진강의 상류 지역이다. 따라서 연천 지방의 홍수는 3 일이나 5일 동안의 강수에 의해서 발생한 것이 아니고 각 관측소별로 누적기간이 달리 작용했음이 나타난다.

3.2 유효강수량 분포

그림 4의 a~e는 1996년 7월 24일부터 28일까지의 일 강수량의 분포이다. 24일에 황해도의 남부 해안지방

에 호우 역이 형성되었다가 25일에는 황해내륙지방에 호우 역이 하나 더 생겼다. 28일까지 황해도 해안에 형성된 호우 역은 북서진하고, 황해내륙에 있던 호우 역은 남동진한 변화과정이 나타난다. 그런데 이 기간의 유효강수량의 분포(그림 4의 f~j)는 몇 가지 차이를 보인다. 주로 38°N 이북의 지역에 24일부터 25일까지 유효강수량이 많은 지역이 남서~북동의 방향으로 걸쳐져 있다. 이는 24일 이전에 원산지방을 중심으로 한

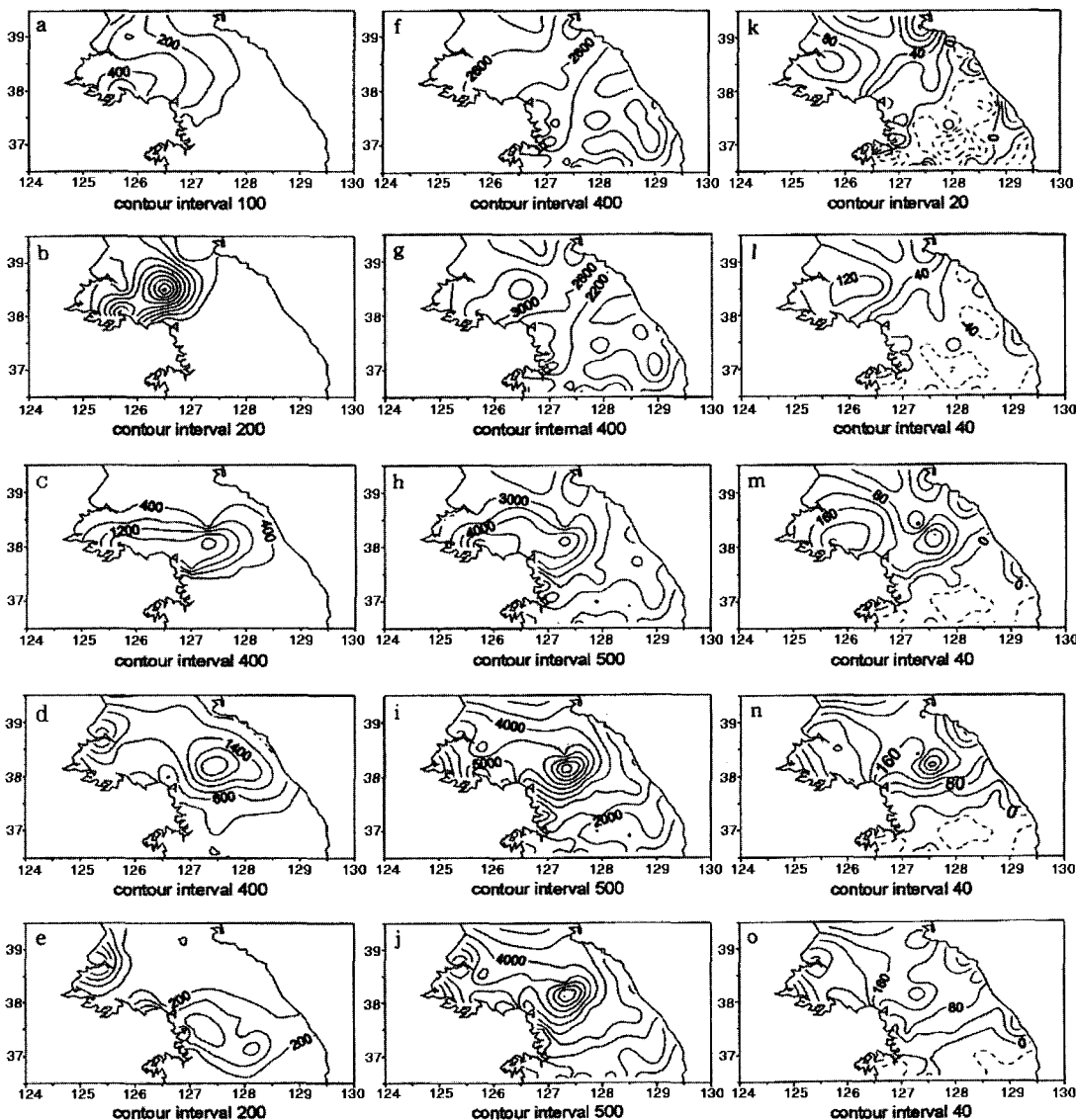


그림 4. 1996년 7월 24일부터 28일까지의 강수량 분포 (a~e)와 유효강수량 분포(f~j). 단위는 0.1 mm. 그리고 유효강수지수 분포(k~o). 단위는 0.01.

호우가 있었음과, 그 때의 강수량도 홍수와 연관이 있었음을 보여준다.

그리고 26일에서 27일에 걸쳐서는 일 강수량 분포와 유효강수량분포는 경기내륙에 극대치가 있다는 점에서 대동소이하다. 이는 누적된 강수량과는 비교할 수 없을 만큼 많은 양의 비가 경기도 내륙에 연일 왔기 때문이다. 그러나 27일 황해도 남부 해안지방에서는 일 강수량 분포와 유효강수량분포는 상당히 다른 형태를 보이고 있다. 여기서 유효강수량 분포는 하루 전에 황해도 남부지방에서 호우가 있었음을 반영하는데 비하여 일 강수량 분포는 이를 반영하지 못하는 사실을 다시 확인할 수 있다. 즉 유효강수량 분포가 일 강수량분포보다 더 효과적으로 강수량의 집중상태를 나타내고 있다는 것이다.

28일에는 황해도 서해안과 경기도 서해안에 주로 강수가 집중되었으나 유효강수량 분포는 경기내륙과 황해도 남부해안에 누적되어온 수자원이 있음을 표시해 주고 있다. 여기서 홍수가 연천(38.1°N, 127.1°E)에서 27일에 있었음을 고려해 보자. 24일과 25일에서 연천의 상류지역에서 유효강수량이 증대되었고 그 핵이 27일 경기내륙으로 이동한 사실이 홍수발생과 연관되어

있음을 알 수 있다. 만약 유효강수량의 시간별 변화를 조사한다면 이 핵이 연천 지방을 통과하는 과정까지 세밀하게 확인할 수 있을 것이다. 그러나 일 강수량 분포는 그와 같은 기능을 가질 수 없다. 단순누적강수량으로 추적할 수는 있겠지만 이 경우 서론에서 제기된 문제점, 즉 며칠의 누적강수량을 적용하는가 하는 문제점 등이 다시 대두되게 된다.

3.3 유효강수지수의 분포

그런데 홍수의 위험은 유효강수량 자체의 많음보다 유효강수량이 계절적·지역적 평균치보다 월등하게 클 때 커지는 것이다 따라서 유효강수량을 계절적 지역적 평균치와 비교하는 절차가 필요하다. Fig. 4의 k-o는 유효강수량의 계절적 평균치에 대한 편차를 그 지역의 표준편차로 나누어 일반화한 값을 나타낸다(단위는 0.01). 강수량 분포나 유효강수량 분포와는 약간 다른 분포를 보이는데 그 이유는 각 지역별로 평균값 및 표준편차가 다르기 때문이다. Fig. 5는 일 강수량의 사상 최대값(a)과 유효강수량의 사상 최대값(b)의 분포이다(단위 0.1 mm). 두 값이 모두 각 지역별로 큰 차이를 보임을 쉽게 알아볼 수 있다. 이는 같은 강수량 또는

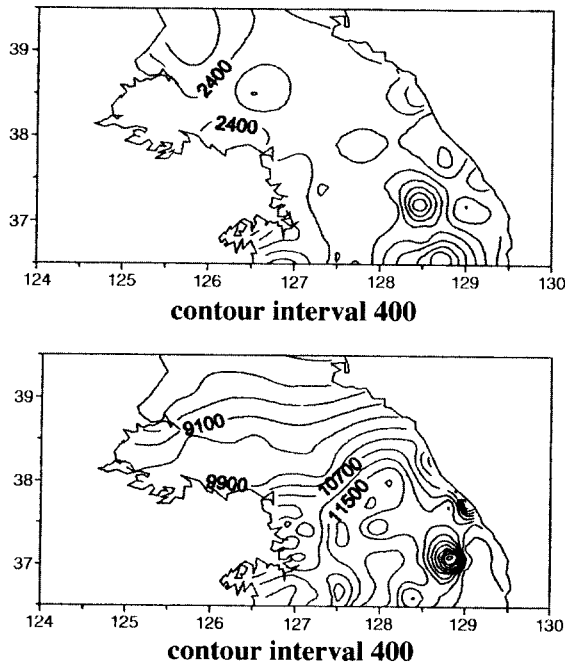


그림 5. 각 관측소의 일 강수량의 사상 최대값(a)과 일 유효강수량의 사상 최대값(b). 단위는 0.1 mm.

유효강수량이라도 홍수위험에 미치는 정도는 지역에 따라 차이를 말한다.

유효강수지수는 계절적 지역적 요소를 고려한 유효강수량의 집중정도를 나타낸다. 일 강수량 분포나 유효강수량의 분포와 유사하지만 일치하지는 않는 분포를 보인다. 유효강수지수 2.0을 상회하는 위험이 이 기간에 걸쳐 황해도 지역과 경기내륙에 있었음을 알 수 있다. 이는 충분히 홍수를 유발할 만한 호우가 있었음을 의미한다. 유효강수지수가 큰 지역이라고 하여 모두 홍수가 발생하지 않았음은 각 지역의 지형과 하천구조 등 홍수에 대한 취약성의 문제이지 유효강수지수의 신뢰성여부에 관한 문제가 아니다.

홍수위험을 진단하기 위해서는 토양, 식생, 지형 등의 자료가 포함되어 계산하여야 한다고 생각하는 것이 일반적이고 또 타당한 의견이기는 하나, 그러한 자료들은 신빙성, 정밀성에 한계를 가지므로 결과로 생산된 자료 역시 한계를 갖지 않을 수 없다. 또 그와 같은 자료를 사용하면 본 연구의 목적인 신속한 계산과 광범위한 적용의 구현이 어려워진다. 따라서 그와 같은 자료들을 홍수에 대한 취약성으로 통계처리 하는 것도 좋은 해결책이다. 즉 연천지방은 상류에 1.4를 초과하는 유효강수지수가 발생하면 홍수위험이 있다는 사실은 증명된 셈이다. 또, 2.4를 초과하는 유효강수지수를 보인 황해도 남부지역은 홍수에 대한 내구성이 강함이 증명된 셈이다. 이런 방법으로 각 지역의 특성에 따라 홍수에 대한 내구성을 다시 조사 정리한다면 홍수를 대비하는 더 좋은 자료가 될 것이다. 따라서 지형 등의 자료가 포함되지 않은 것은 본 연구의 단점이 아니라 장점이라고 볼 수도 있는 것이다.

4. 결 론

홍수와 연관된 강수량 통계에 관하여 한국수자원학회(1996)가 제시한 문제점을 보완하고, 현행 강우-유출 모형이 사후분석용이라는 문제점도 보완하여, 위기의 예측, 경고 및 대비용 모형을 개발하려는 것이 본 연구의 목표이다. 이를 위해, 누적유효강수량, 유효강수량, 그리고 유효강수지수를 계산하여 이용하는 방법을 제안하였다. 구체적으로 다음 네 단계를 거치는 방법이다. 첫째로, 강수의 누적기간을 먼저 산정한 다음에 누적된 강수량을 계산한 것이 가장 중요한 특징이다. 둘째로, 누적된 강수량 중에서 누적기간 중에 발생한 수자원 감소량을 고려함으로써 다른 강우-유출 모형에서 가지는 물리과정을 흡수하였다. 셋째로, 누적된 강수량 중에

현존한다고 인정되는 양을 유효강수량이란 이름으로 정량화 하였다. 이는 수자원 과잉현황을 파악하는데 단순 누적강수량보다 더 효과적으로 사용할 수 있는 것이다. 넷째로, 유효강수량을 계절적, 지역적 통계치와 비교하여 유효강수지수를 만들었고 이 유효강수지수로서 홍수의 가능성을 측정할 수 있게 하였다.

이 방법을 실제로 한국수자원학회(1996)가 조사한 홍수사례와 동일한 사례에 적용하고 상호 비교하였다. 결과 과학적 측면에서도 상대적으로 우월하고 실용성 측면에서도 우월한 방법이라는 점이 인정되었다.

과학성은 강우-유출모형이나 종래의 강수량 통계법이 가지는 경험적, 정성적, 주관적 요소를 최대한 배제하고 객관적, 정량적 성격을 강화한 점이다. 실용성은 종래의 강우-유출모형보다 빨리 계산되고 광범위하게 적용될 수 있어 위급한 시기에는 언제 어디서나 사용할 수 있다는 점에 있다.

종래의 모형은 유출량을 산정하기 위해 각종 매개변수를 추정하거나 하천이나 댐의 수위 등 다른 관측치가 필요한데 비해 본 연구는 강수량만을 이용하기 때문에 생기는 차이들이다. 매개변수의 추정이나 수위의 관측치 등은 위급한 시기에는 획득이 불가능하거나 획득하기까지 많은 시간을 요하는 경우가 많기 때문이기도 하다. 또 이들 자료들은 사전에 별도로 면밀히 연구 분석된 지역에서만 적용이 가능한 경우가 많은데 비하여 강수량만 이용하는 계산은 그와 같은 제한을 받지 않는다. 강수량은 인류가 가장 오랜 기간, 그리고 가장 광범위하게 보유해 온 기상자료이기 때문이다.

그리고, 종래에는 호우가 예상되어도 홍수 위험을 짐작하는 정도의 수준을 넘기 어려웠지만, 본 연구를 이용하면 강수량 얼마가 홍수를 유발한다는 정량적 예측이 가능해 졌으며, 수시로 홍수위기에 얼마나 접근하고 있는지를 카운터다운 해 갈 수 있어 재해대비에 효과적이다.

본 연구에서는 유효강수량의 일별 변화에 주로 관심을 기울였다. 일별 변화 대신 시간별 변화를 사용할 경우 더 유용한 자료가 될 것이니 시사되었다. 또한 유효강수지수를 통해 각 지역의 홍수에 대한 취약성이 따로 검토할 수 있음이 시사되었다.

감사의 말

자료수집 및 정리를 도와준 전수경, 임강호, 임병환, 최기선, 안경희에게 감사함.

참 고 문 헌

- 강주환, 이길성, 김남일, 황만하 (1998). "SSARR-8 모형을 이용한 낙동강수계의 저수유출 해석." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권, 제1호, pp. 71-84.
- 건설부 낙동강홍수통제소 (1991). 낙동강홍수에경보.
- 건설부 한강홍수통제소 (1994). 한강홍수에경보.
- 안경수, 김주환 (1998). "신경회로망을 이용한 유출 수문곡선 모의에 관한 연구." '98 한국 수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권, 제1호, pp. 13-26.
- 이관수, 이영석, 정일광 (1995). "탱크모형의 매개변수 추정을 위한 상태공간모형의 결정." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제29권, 제4호, pp. 149-160.
- 이정규, 김한섭 (1998). "강우-유출 예측모형에 퍼지 기법의 적용." '98 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 109-114.
- 이상호 (1998). "탱크모형의 유출공 증수변화를 고려한 홍수모의". 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제31권 제1호, pp. 3-12.
- 이정규, 이창해 (1996). "저류함수법의 시변성 매개변수 조정에 퍼지이론 도입에 관한 연구." 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제29권, 제4호, pp. 149-160.
- 이정규, 이창해, 이종인 (1994). "홍수유출에 Fuzzy 추론의 적용성." 1994년 학술발표회 논문집(III), 대한 토목학회, pp. 91-94.
- 한국수자원학회 (1996). 1996년 7월 경기 강원 북부 지역 홍수 피해.
- Byun, H.R. (1997). "Objective quantification of drought severity and duration." *10th Conf. of Applied Climatology*. American Meteorological Society. Reno Nevada. pp. 321-325
- Byun, H.R. and Willhite, D.A. (1998). "Objective quantification of drought severity and duration." *Journal of Climate*. American Meteorological Society. Approved for publication at June 12, 1998.
- Singh V.P. (1988). *Hydrologic Systems: Volume I. Rainfall-runoff modeling*. Prentice Hall.

(논문번호:98-037/접수:1998.07.06/심사완료:1998.09.28)