

한강유역의 면적감소계수 산정

The Estimation of Areal Reduction Factor(ARF) in Han-River Basin

정 종 호* / 나 창 진** / 윤 용 남***

Jeong, Jong Ho / La, Chang Jin / Yoon, Yong Nam

Abstract

Rainfall-runoff model is usually used in estimating the design flood, and the most important elements in this model are probable rainfall and unit hydrograph. So, it is the most important step to estimate probable rainfall reasonably and exactly. If a basin area exceeds a certain scale, probable areal rainfall should be used as probable rainfall, but, probable point-mean rainfall be usually used in Korea. Consequently, probable rainfall is used too high and unit hydrograph is used relatively too low. Thus the improvement is unavoidable. So, in this study, the parameters are proposed that transform the 1day, 2day rainfall to 24hr, 48hr rainfall, and areal rainfall data series are composed by using the same time rainfall data. Also, the areal reduction factor(ARF) is developed as the increase of area by the calculated probable point-mean rainfall and probable areal rainfall by frequency analysis in Han-River basin. It can be the measure to easily transform probable point-mean rainfall to probable areal rainfall.

keywords : probable rainfall, probable point rainfall, probable areal rainfall, ARF

요 지

실계홍수량 산정에는 강우-유출 모형이 주로 사용되고 있으며 이 모형의 가장 중요한 인자는 확률강우량과 단위도이다. 따라서, 확률강우량을 합리적이고 정확하게 산정하는 것은 가장 중요한 과정이다. 국내의 경우, 확률강우량은 유역면적이 일정 기준을 초과할 경우에는 면적확률강우량을 사용하여야 하나 지점평균확률강우량을 주로 사용하고 있다. 이에 따라 확률강우량은 상당히 높게 사용하는 반면 단위도는 상대적으로 낮게 사용하고 있어서 개선이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 기존에 일반적으로 사용되고 있는 1일, 2일 강우량을 24시간, 48시간 강우량으로 변환하기 위한 계수를 제시하였으며, 유역의 동시간 강우자료를 이용하여 임의시간 면적강우량 자료계열을 작성하였다. 또한 자료계열의 빈도해석을 통하여 기존의 지점평균확률강우량과 면적확률강우량을 산출한 후 면적에 따른 지점평균확률강우량의 면적확률강우량으로의 감소율인 면적감소계수를 산정하였다. 본 연구에서 제시하는 면적감소계수는 지점평균확률강우량에서 면적확률강우량을 손쉽게 환산할 수 있는 방안이 된다.

핵심용어 : 확률강우량, 지점확률강우량, 면적확률강우량, 면적감소계수

* 고려대학교 토목환경공학과 박사과정
Doctoral Candidate, Dept. of Civil & Environmental Engrg., Korea University, Seoul 136-701, Korea
(E mail : jhwater@hotmail.com)

** 고려대학교 토목환경공학과 석사과정
Graduate Student, Dept. of Civil & Environmental Engrg., Korea University, Seoul 136-701, Korea

*** 고려대학교 토목환경공학과 교수
Professor, Dept. of Civil & Environmental Engrg., Korea University, Seoul 136-701, Korea

1. 서론

현재 설계홍수량 산정에는 강우-유출 모형이 주로 사용되고 있으며 이러한 강우-유출 모형의 입력인자인 확률강우량은 입력인자의 분석시 가장 선행되어야 하는 인자이며 또한, 설계홍수량에 직접적인 영향을 미치는 가장 중요한 인자중의 하나이다.

한강유역과 같은 대유역을 대상으로 강우량자료의 빈도해석을 통한 확률강우량 산정시 필요한 강우자료는 24시간, 48시간 등 임의시간 동시간 연최대강우량 자료이며, 유역내에 여러 관측소가 존재할 경우 Thiessen 방법 등으로 가중평균한 동시간 면적강우량의 연최대치 계열을 작성하고 이를 빈도해석한 면적확률강우량을 사용함이 원칙이다.

현재 우리나라의 경우에는 1일, 2일 등 고정시간 연최대강우량 자료를 주로 사용하고 있으며 또한, 각 관측소별로 발생일자가 다른 비동일발생일 지점강우량 연최대치 계열을 사용하여 지점확률강우량을 산정한 후 이를 Thiessen 방법 등으로 가중평균한 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 사용하고 있는 실정이다. 하지만, 자료의 처리과정 등이 매우 번거로운 면적확률강우량을 수문분석시 매번 산정한다는 것은 대단히 번잡스러운 것이 사실이다. 따라서, 임의시간 면적확률강우량을 산정하는 번거로움 없이 통상 산정하는 고정시간 지점확률강우량에서 바로 임의시간 면적확률강우량으로 환산할 수 있는 실무적인 면적감소계수(areal reduction factor, ARF)의 필요성이 대두된다.

이러한 면적감소계수에 대하여 많은 연구가 수행되어 왔으며, 국내의 경우 건설부(1988)에서는 유역면적과 강우지속기간에 있어 극히 제한적인 강우깊이와 유역면적 관계곡선을 제안한 바 있으며, 미국 기상청의 Hershfield(1962)는 북미지역의 고정시간-임의시간 환산계수 및 면적감소계수에 관한 연구를 수행하였다. 또한, 현재에도 면적강우량 및 면적감소계수 산정에 관한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다(박성식 등, 2000 ; Sivapalan 등, 1998 ; Asquith 등, 2000).

한강유역의 경우 국내에서 유역면적이 가장 크고 중요도 또한 가장 높은 하천임에도 불구하고 면적확률강우량 산정에 있어 뚜렷한 기준이나 적용방법이 제안된 바가 없는 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 한강유역을 대상으로 면적감소계수를 산정하였으며, 산정된 고정시간-임의시간 환산계수 및 면적감소계수는 한강유역의 설계강우량 산정에 있어 하나의 기준이 될 수 있을 것이다.

2. 면적감소계수 산정

2.1 기존 면적감소계수 검토

일정 면적을 가진 유역의 전반에 걸쳐 균일한 강우가 발생할 경우는 대단히 드물며 일정한 강우지속기간 동안 우량깊이는 호우중심지역으로부터 멀어질수록 점차 감소하며 평균 우량깊이(rainfall depth)는 유역에 내린 총우량을 유역면적으로 나눈 등가 우량깊이(mm)를 의미하므로 호우중심점으로부터 면적이 증가함에 따라 등가우량깊이는 점점 작아지며 강우강도 또한 감소하게 된다.

강우의 공간분포 및 이동 등에 의하여 유역 전반에 걸쳐 동시간에 동일한 형태로 발생하지 않는 상태에서 관측소를 기준으로 최대치 발생시의 강우량인 지점강우량(point rainfall)은 유역평균의 최대치 발생시의 면적강우량(areal rainfall)보다 당연히 높게 산출되게 된다. 이러한 이유로 어떤 유역에 내린 강우의 평균 우량깊이는 우량계에 의해 측정되는 점우량과는 크기가 다르므로 해당 유역내의 우량계에 의하여 측정된 점우량으로부터 유역평균우량인 면적우량을 산정하는 것이 필요하다.

면적확률강우량은 유역내 여러 관측소의 동시간 임의시간 강우량자료를 이용하여 면적우량을 산정한 후 이를 빈도해석을 수행하는 절차로 산정하여야 하나, 우리나라와 같이 동시간 임의시간 강우자료 수집이 곤란할 경우 다른 대안을 강구하여야 한다.

유역내에 여러 관측소가 존재할 경우의 유역평균 확률강우량을 산정함에 있어서, 각 관측소별로 확률강우량을 산정한 후 이를 Thiessen 방법 등으로 가중평균한 확률강우량은 지점평균확률강우량의 개념이나 이를 면적확률강우량으로 사용하고 있는 경우가 많다. 그러나 이는 명백한 오류이므로 개선이 필요한 실정이며, 이와 같은 지점평균확률강우량과 면적확률강우량의 비를 일종의 면적감소계수(ARF)로 도입하는 것이 실무에서는 매우 필요하다.

면적감소계수에 관한 기존 연구를 살펴보면 「한국확률강우량도의 작성(1988.12, 건설부)」에서 24시간 강우의 1,000km² 대한 면적감소계수를 0.944로 제시하고 있으나 48시간 강우에 대해서는 언급되지 않았으며, 제시된 면적감소계수도 적용 대상면적이 1,000km² 이하이므로 대유역에는 적용이 곤란한 실정이다.

면적감소계수 적용에 관한 기준을 살펴보면 「하천시 설기준(1993, 건설부)」과 「하천설계기준(2000, 한국수

자원학회)에서는 “해당 유역이 면적감소계수에서 제시된 유역면적(1,000km²) 보다 크고 확률강우량도에서 충분할 정도의 등우선이 지나거나 다수의 지점확률강우량을 얻을 수 있을 경우에는 Thiessen 가중법 또는 등우선법을 이용하여 면적확률강우량을 얻을 수 있다” 라고 기술하고 있다. 하지만, 확률강우량도나 지점 빈도해석에 의한 확률강우량의 평균은 단지 지점확률강우량의 평균일 뿐이며 이는 동시간 강우에 의한 감소가 전혀 고려되지 못하므로 면적확률강우량에 비하여 과다 산정되게 하며 또한 면적이 증가할 수록 차이가 많이 발생하게 되는 문제점을 지니므로 적용할 수 없다. 또한, 상기 기준 등에서는 “1,000km² 이상의 대유역에는 확률홍수량보다 큰 표준홍수량(standard project flood, SPF)이나 가능최대홍수량(probable maximum flood, PMF)을 적용하는 것이 바람직하다” 라고 기술되어 있

지만 현실적으로 한강과 같은 대유역의 하천의 경우에도 설계빈도가 200년 이하임을 감안할 때 이러한 기준의 적용은 현실적으로 곤란한 실정이다.

2.2 신규 면적감소계수 산정

2.2.1 우량관측소 선정 및 Thiessen망도 작성

대상유역은 한강유역을 선정하였으며, 한강유역의 확률강우량 산정에 필요한 우량관측소는 자료를 30개년 이상 보유 유무와 위치 등을 고려하여 한강 전체(임진강 제외)에 걸쳐 수자원공사 관할 관측소 9개소, 기상청 관할 관측소 3개소, 건교부 관할 관측소 34개소 총 46개소를 선택하였으며 관측소별 자료년수를 일치시킬 수 있는 기간인 32개년(1966~1997)의 연최대강우량을 분석 대상으로 하였다. 한편, 한강유역의 우량관측소 및 Thiessen망도는 그림 1과 같다.

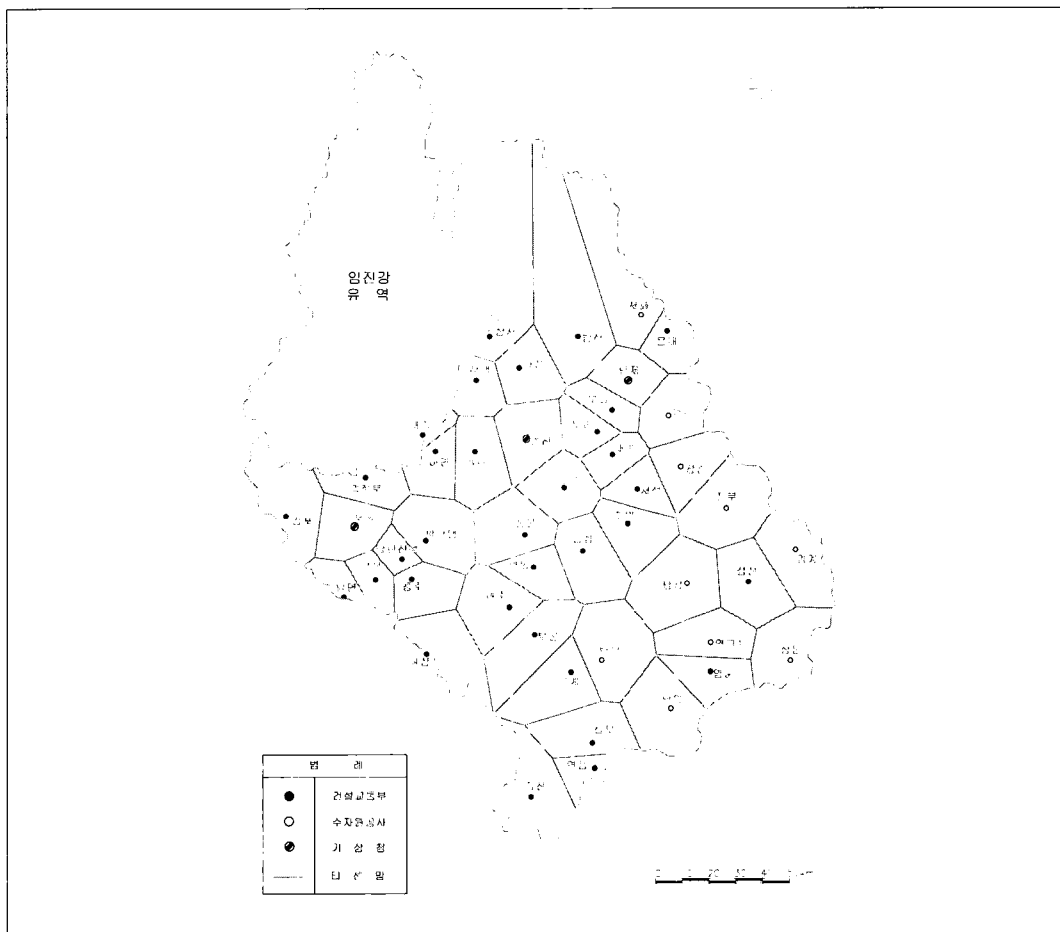


그림 1 한강유역의 우량관측소 및 Thiessen망도

2.2.2 임의시간 연최대치 강우자료 계열 작성

현재 우리나라의 경우 빈도해석에 충분한 임의시간의 동시간 강우량 자료의 수집이 곤란하므로, 임의시간의 동시간 연최대 면적강우량 계열을 작성하기 위해서 먼저 해당 지역의 관측소별 동일발생일 1일, 2일 강우량에 상류 전체유역의 Thiessen 가중치를 곱하여 산출된 면적강우량이 가장 큰 강우 계열을 수집하였다. 이렇게 수집된 동일발생일 1일, 2일 연최대 면적강우량은 고정시간 강우량으므로 수문분석에 필요한 임의시간 24시간, 48시간 강우량으로 환산하는 절차가 필요하게 된다.

고정시간 강우량을 임의시간 강우량으로 환산하는 기존 연구를 살펴보면 「한국확률강우량도의 작성(1988. 12, 건설부)」에서 1일 강우량과 임의시간 1440분과의 관계는 우리나라의 경우에는 1.161배를 제시하였으며 미국 기상국의 Hershfield(1962)는 1.13배를 제시하였다. 그러나 이는 단일 관측소에 해당하는 계수이며 2일을 임의시간으로 환산할 수 있는 계수는 언급되지 않고 있다.

수문분석에는 1일, 2일 등과 같은 고정시간이 아닌 24시간, 48시간 등과 같은 임의시간 강우량을 사용하여야 하며 또한, 고정시간 강우량보다 임의시간 강우량이 크므로 어떤 방법을 강구해서라도 임의시간 강우량을 사용하여야 한다. 그러므로 우리나라와 같이 지속기간 24시간, 48시간 강우량 등과 같은 임의시간 강우량자료의 수집이 곤란한 경우에는 수집 가능한 1일, 2일 강우량 등과 같은 고정시간 강우량자료를 임의시간 강우량자료로 변환하는 과정이 반드시 필요하다. 따라서, 수집할 수 있는 실측자료로부터 동일발생일 고정시간 면적강우량과 동시간 임의시간 면적강우량의 비율을 산출하고 이를 산술평균한 후 실측자료는 그대로 사용하고 실측자료가 없는 경우에는 고정시간 면적강우량에 산술평

균한 비율인 환산계수를 곱하여 임의시간 면적강우량으로 변환하는 방법을 채택하였다.

상기와 같은 방법을 이용하여 고정시간 강우량을 임의시간 강우량으로 변환하는 환산계수의 산정 결과는 표 1과 같고, 동 표를 살펴보면 동일발생일 1일을 동시간 24시간으로 변환하는 환산계수는 1.084~1.133, 동일발생일 2일을 동시간 48시간으로 변환하는 환산계수는 1.034~1.063의 범위를 나타내고 있다.

본 연구에서는 표 1에서 의암댐 전체유역을 대상으로 산출된 환산계수인 동일발생일 1일을 동시간 24시간으로 변환시에는 1.120, 동일발생일 2일을 동시간 48시간으로 변환시에는 1.053을 채택하고 이를 한강 전체유역에 대하여 동일하게 적용하였다. 이는 환산계수의 어떠한 경향성이 있는 것이 아니며, 산출된 환산계수의 변화폭에 있어 의암댐 전체유역의 환산계수가 대략 중간값을 갖고 있음에 그 채택 이유가 있다.

이러한 방법을 사용하면 비교적 수집이 용이한 동일발생일의 고정시간 1일 및 2일 강우량 자료를 이용하여 동시간 24시간 및 48시간 강우량 자료를 전체 관측년에 대하여 작성하는 것이 가능하게 되며, 이에 따라 면적확률강우량 산정에 필요한 동시간 임의시간 24시간 및 48시간 강우량 자료 계열이 작성되는 것이다.

2.2.3 소유역별 지점 및 면적확률강우량 산정

확률강우량 산정시 확률분포형의 매개변수 추정 방법으로는 모멘트법(MOM), 최우도법(ML), 확률가중모멘트법(PWM) 등을 사용하였다. 이와 같은 세 가지 방법중 우리나라는 관측년수가 짧아 자료수가 충분하지 못하므로 모멘트법의 경우 이상치에 지나치게 민감한 문제를 지니며, 최우도법은 수렴 문제와 자료수가 불충분할 경우 효율성이 낮은 문제점을 지니므로 자료수나 이상치에 왜곡특성이 크게 나타나지 않는 확률가중모멘트법을 사용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

표 1 고정시간에서 임의시간 면적강우량으로 변환시 환산계수

유역	24hr/1day	48hr/2days	비고	
			건설부	미국 기상국
소양강댐	1.084	1.038	1.161 (24hr/1day)	1.13 (24hr/1day)
화천댐	1.090	1.034		
춘천댐	1.133	1.044		
의암댐	1.120	1.053		
충주댐	1.124	1.063		
남한강	1.099	1.052		

또한, 확률분포형은 Log-Normal 분포(LN2P, LN3P), Gamma 분포(GAM2P, GAM3P), Log-Pearson Type-III 분포(LP3P), Gumbel(GUM) 분포, Generalized Extreme Value(GEV) 분포 등을 사용하였다.

기존 χ^2 검정, K-S 검정 방법 등을 이용한 적합도 검정 결과를 살펴보면 대부분의 확률분포형이 검정을 통과하게 되므로 검정 후 채택 대상으로 남는 확률분포형이 많은 실정이며 검정 결과를 토대로 적정 확률분포형을 채택하는 것이 쉽지 않다. 이에 따라 적정 확률분포형의 선정은 분포형을 잘못 가정했거나 자료에 오류가 있음에도 불구하고 원래의 특성을 얼마나 잘 유지하는가(robustness)로 나타내는 것이 타당하다는 정의(WMO, 1989)에 따라 Robustness 검정을 실시하였지만 이 방법도 한강유역의 적정 확률분포형을 정확하게 제시하지는 못하는 것으로 나타났다.

그러나, 본 연구의 경우 적정 확률분포형에 대한 면적감소계수(ARF)를 산정하는 것보다는 각 매개변수 추정방법별 분포형에 대한 면적감소계수 곡선식을 산정하는 것에 그 목적이 있으므로 적합도 검정에서 기각된 Log-Pearson Type-III 분포(LP3P)를 제외한 Log-Normal 분포(LN2P, LN3P), Gamma 분포(GAM2P, GAM3P), Gumbel(GUM) 분포, Generalized Extreme Value(GEV) 분포에 대하여 한강유역의 46개 우량관측소의 지점확률강우량과 소유역별 면적확률강우량을 산정하였으며 이를 토대로 면적감소계수를 산정하기로 하였다.

2.2.4 면적감소계수 산정 및 적용

(1) 면적감소계수 산정

면적확률강우량은 유역내 여러 관측소의 동시간 임의시간 강우량자료를 이용하여 면적강우량을 산정한 후 이를 빈도해석을 수행하는 절차로 산정함이 원칙이다. 하지만, 동시간 임의시간 강우자료 수집이 곤란할 경우 또는 유역전반에 걸쳐 적용 가능한 면적감소계수는 다음과 같은 절차 또는 그림 2와 같은 절차를 통하여 산정하여야 한다.

- ① 유역내 각 관측소별 비동일 발생일 고정시간 1일, 2일, 연최대강우량을 빈도해석하여 지점확률강우량을 산정하고 이를 Thiessen 가중평균하여 소유역별 지점평균확률강우량을 산정한다.
- ② 유역내 각 관측소별 동시간 임의시간 24시간, 48시간 연최대강우량을 Thiessen 가중평균하여 면적강우량 계열을 작성한 후 이를 빈도해석하여

면적확률강우량을 산정한다. 면적강우량 계열 작성시 결측인 경우에는 고정시간에서 임의시간 면적강우량으로 변환하는 환산계수를 적용하여 보완한다.

- ③ 전체 유역에 대하여 강우특성이 동일하다고 간주할 수 있는 경우에는 상기에서 산출된 면적확률강우량을 그대로 사용하면 된다. 하지만, 빈도해석의 통계처리 과정에서 유역면적 증가에 따른 면적감소계수의 감소 경향이 약간의 편차를 가지므로 일관성이 확보되지 않는 문제점과 전체유역의 면적확률강우량을 하나로 산정하더라도 유역면적이 커서 소유역을 다수 포함하고 있고 소유역별 강우특성이 동일하지 않는 경우 하나의 면적확률강우량을 전체유역에 동일하게 적용하는 것은 무리가 있는 문제점 등이 발생한다. 따라서, 여러 소유역별 면적확률강우량과 지점평균확률강우량의 비로 소유역별 면적감소계수를 각각 산정한 후 이와 같은 유역면적-면적감소계수 관계를 회귀분석 등에 의해 적합시켜 매개변수 추정방법별 및 확률분포형별로 일관성이 있는 면적감소계수를 산정한다.

상기 과정을 통하여 각 소유역별 면적감소계수를 산출한 후, 이를 회귀분석한 결과는 모멘트법의 경우에는 그림 3 (a)~(f)와 같고, 확률가중모멘트법의 경우에는 그림 4 (a)~(f)와 같이 나타났다. 또한 그림에서 '△'은 24시간, '○'은 48시간 지속시간의 실제 면적감소계수를 나타내고 있다.

회귀분석 결과로서 나온 곡선식의 경우 결정계수를 산정해 본 결과 대략 0.20~0.80의 결정계수를 보였으며 분포형의 검정결과 좋은 결과를 보였던 GAM2P나 GUM분포의 경우 0.60이상의 결정계수를 보였으며 특히, GUM분포의 경우 0.80의 높은 결정계수를 보였다.

(2) 면적감소계수의 일반화 및 적용

매개변수 추정방법인 모멘트법과 확률가중모멘트법에 따른 확률분포형별 면적감소계수(ARF) 곡선식이 회귀분석을 통하여 작성된 결과를 살펴보면, 각 분포형별로 약간의 편차를 보이고 있으나 그 차이가 매우 미미하게 나타났다.

따라서, 모든 매개변수 추정방법 및 확률분포형에 일반적으로 적용 가능한 일반화된 면적감소계수 곡선식의 작성이 가능하게 되며 그 결과는 그림 5와 같다. 결정계수 산정 결과, 0.30가량 값을 보이고 있으나 이는 다

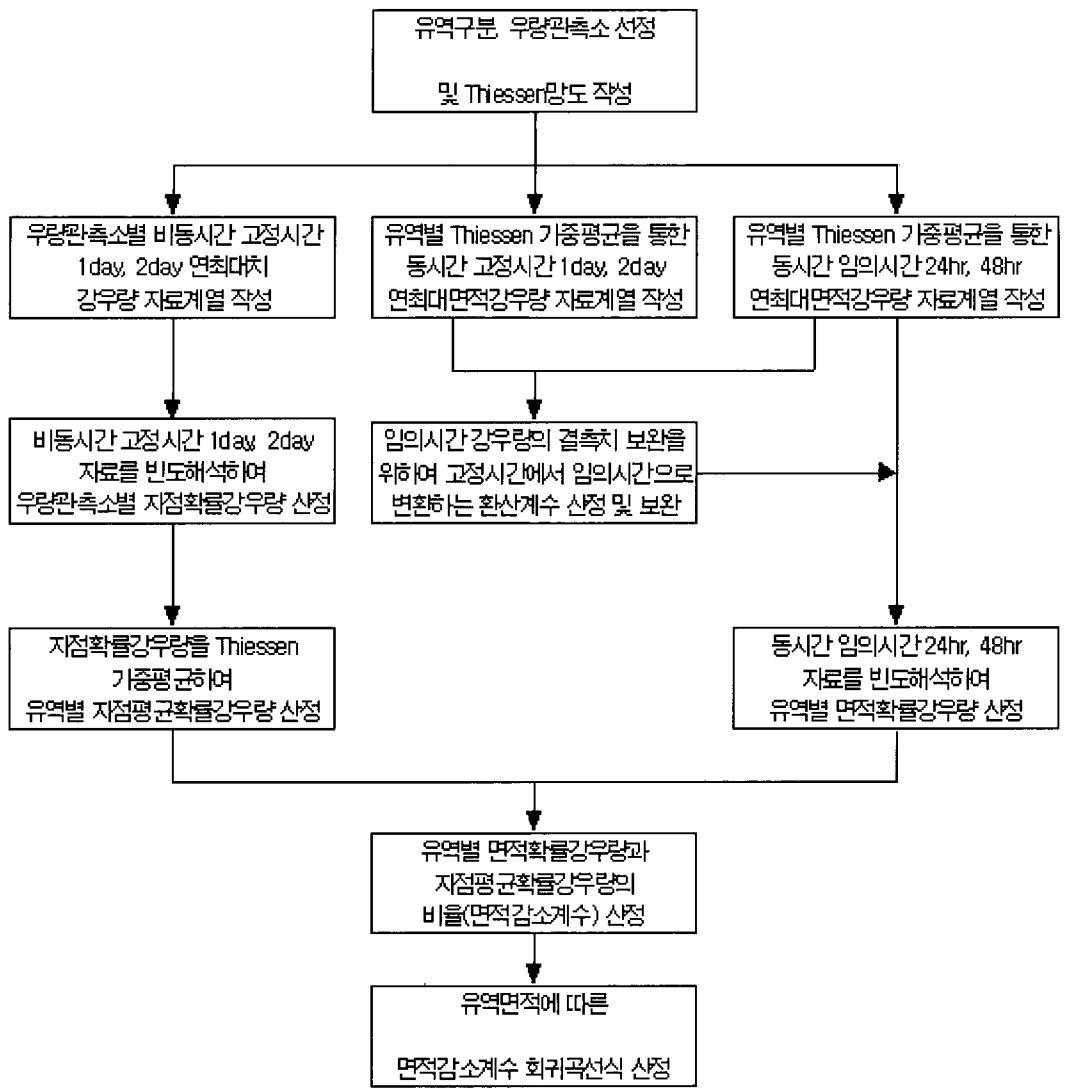


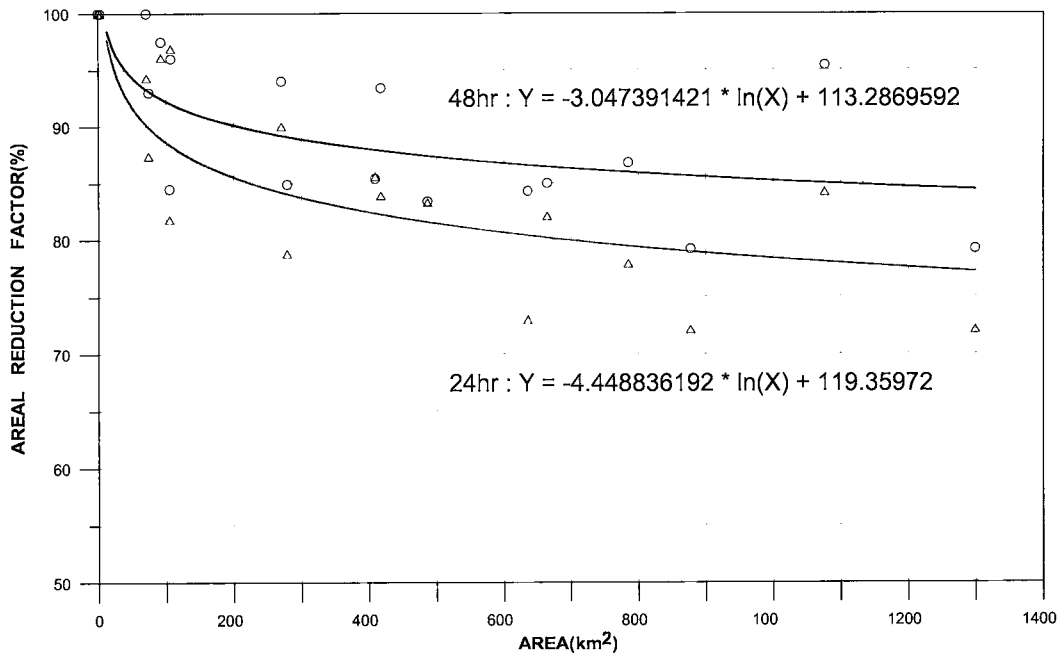
그림 2 면적감소계수 산정 절차

양한 분포형의 많은 실제 값으로 인한 것이며, 각 분포형 별로 산정된 곡선식을 비교할 경우 일반화가 가능하다고 본다.

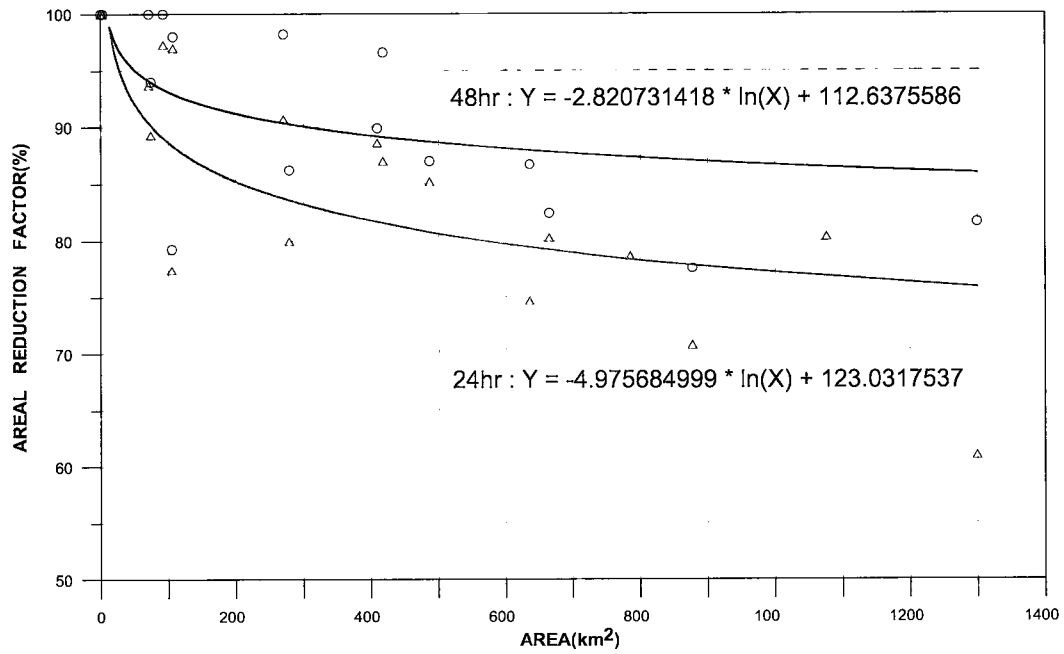
한편, 그림 3~5에 나타낸 면적감소계수 곡선식은 북한강 및 남한강 유역 각각에 대한 자료만을 사용하여 작성된 것으로 북한강과 남한강이 합류하는 팔당댐(유역면적 23,751km²) 및 그 하류유역에 대한 면적감소계수 곡선식은 제시하고 있지 않으며, 이는 팔당댐과 같이 큰 하천이 합류되어 면적이 갑자기 증가하는 경우에는 분석 가능한 조건의 자료수가 불충분하기 때문이다.

하지만, 팔당댐 및 팔당댐 하류에 대하여 적용 가능한 면적감소계수를 제시하기 위하여 팔당댐에 대한 면적감소계수를 직접 산정하여 본 결과, 24시간의 경우 66.5%, 48시간의 경우 83.0%로 나타났다. 이를 일반화된 면적감소계수 곡선식에 의한 결과인 24시간의 경우 71.5%, 48시간의 경우 82.3%와 비교하면 24시간의 경우에는 약간 차이를 나타내나 48시간의 경우에는 거의 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

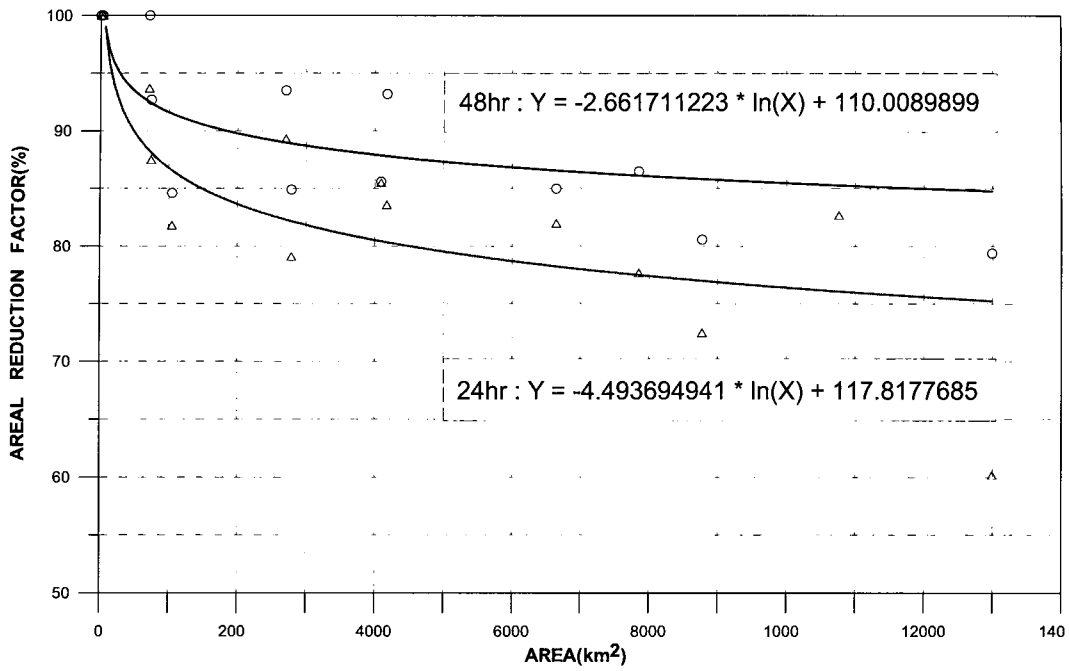
이와 같이 차이가 미미할 뿐만 아니라 팔당댐과 같이 유역면적이 큰 경우에는 24시간 강우량보다 48시간 강우량을 사용하는 것이 보다 타당하므로 일반화된 면



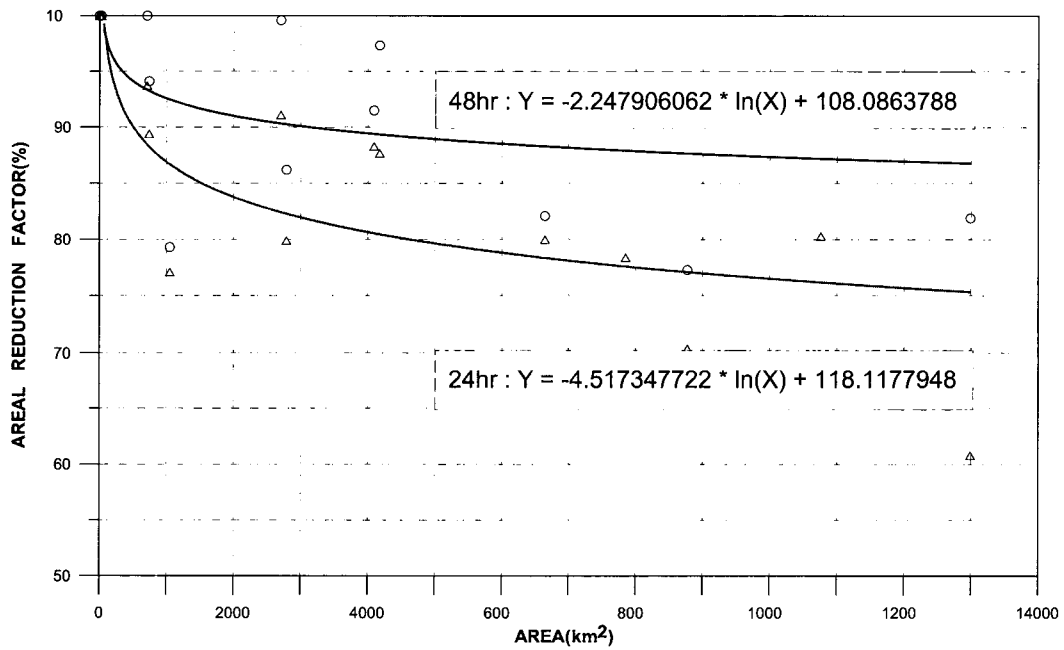
(a) 2-Para Log-Normal 분포(LN2P)



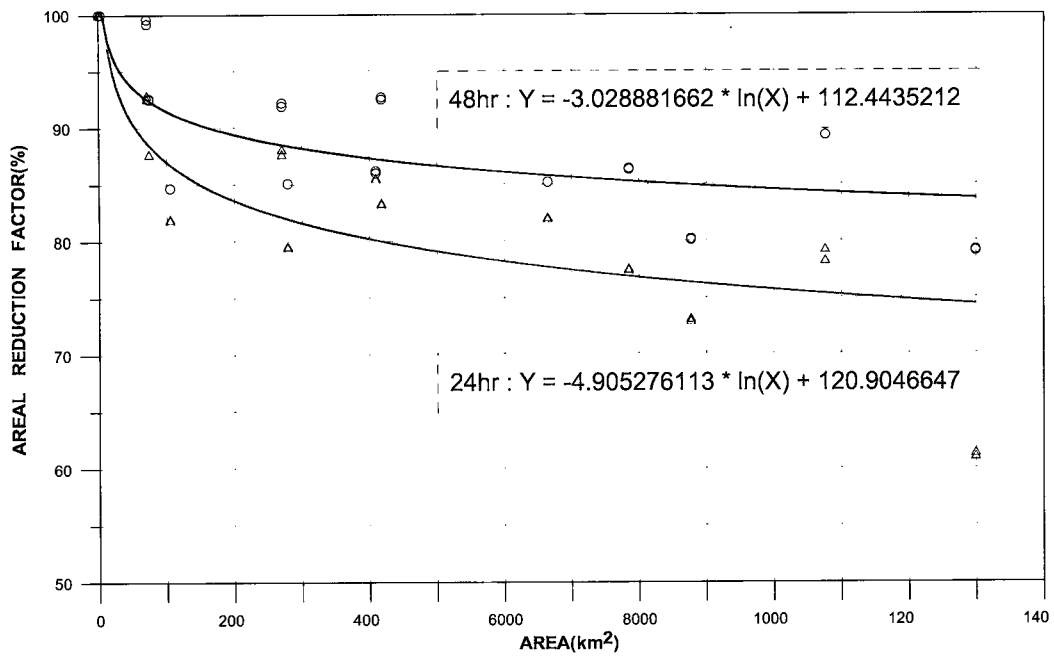
(b) 3-Para Log Normal 분포(LN3P)



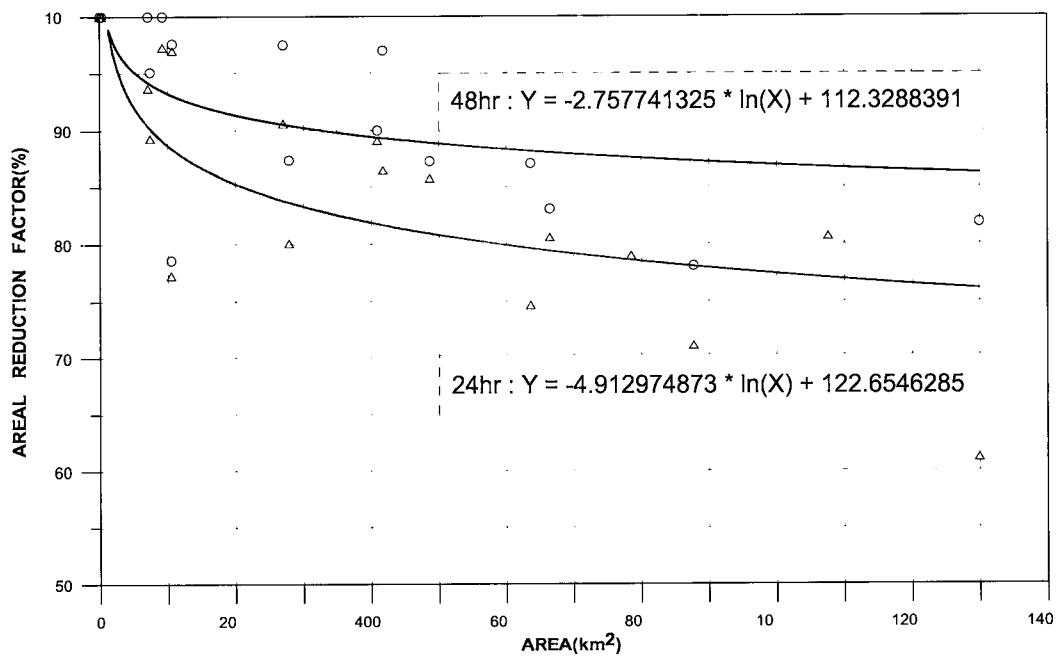
(c) 2-Para Gamma 분포(GAM2P)



(d) 3-Para Gamma 분포(GAM3P)

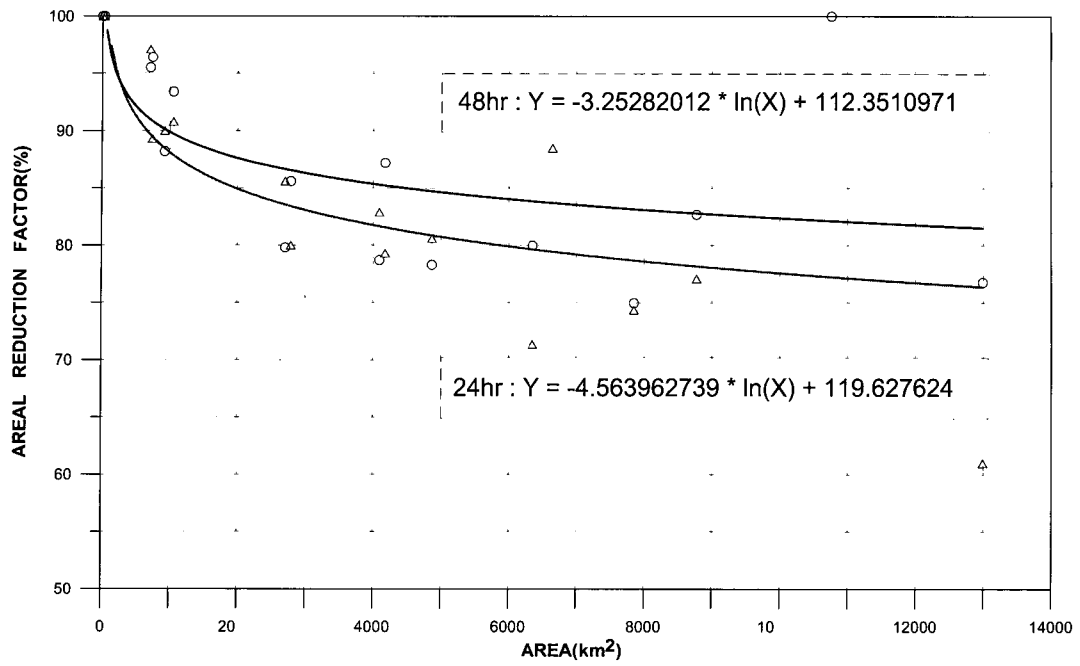


(e) Gumbel 분포(GUM)

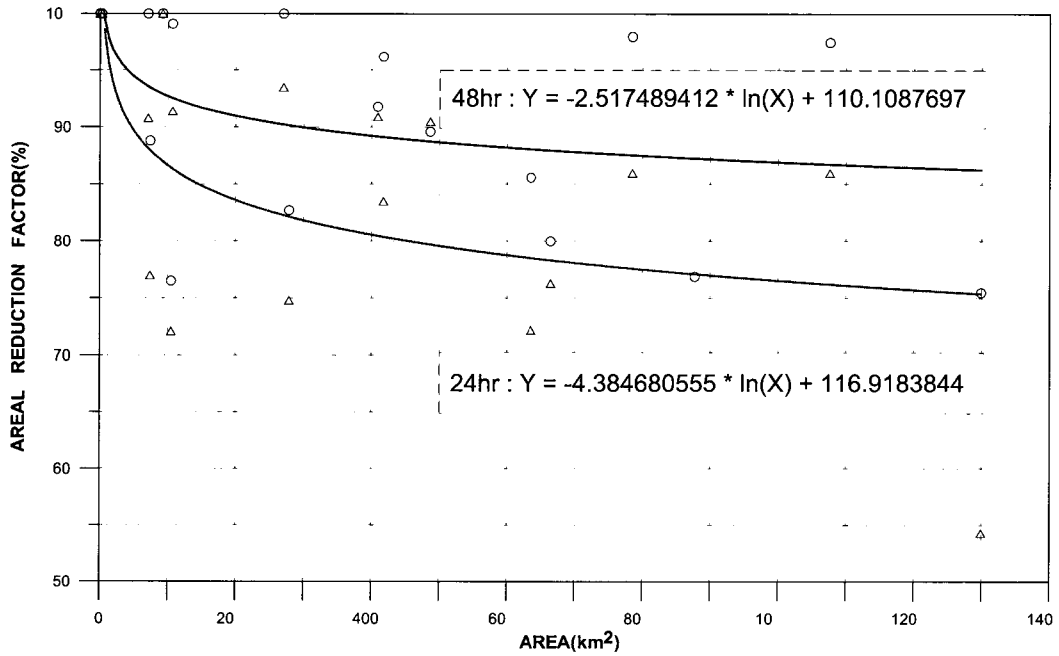


(f) GeneralizedExtremeValue분포(GEV)

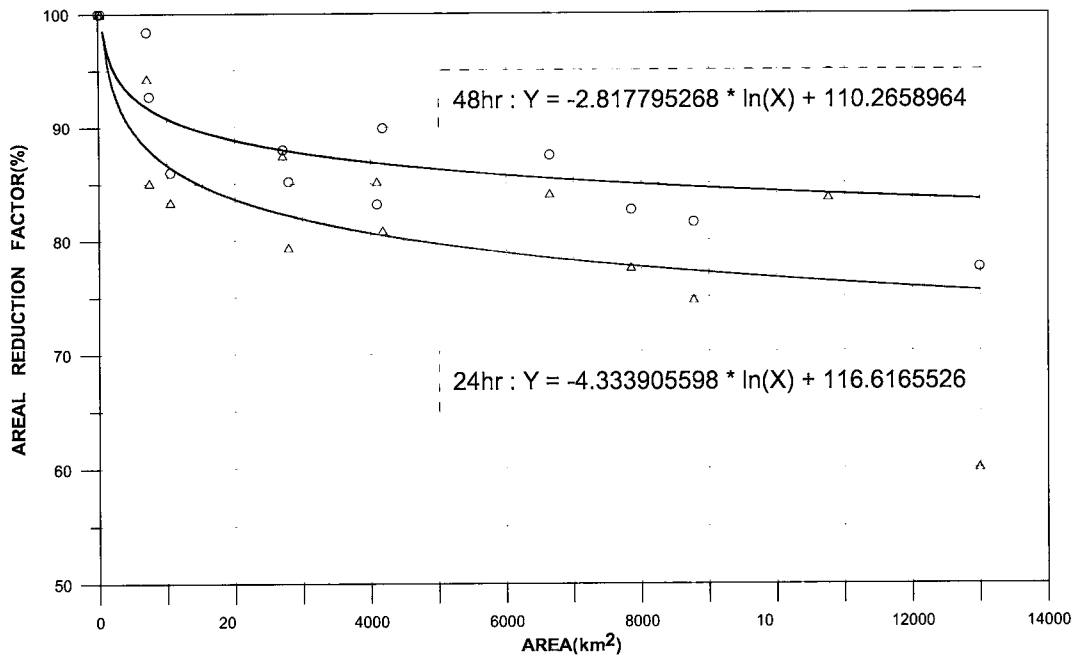
그림 3 면적감소계수 회귀곡선식(모멘트법)



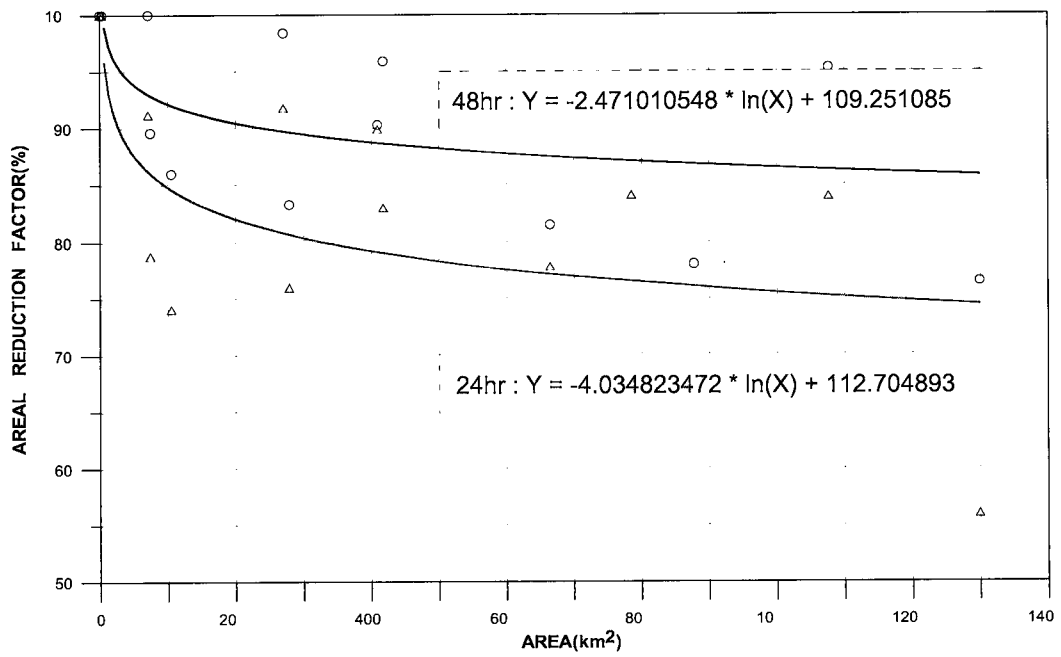
(a) 2-Para Log-Normal 분포(LN2P)



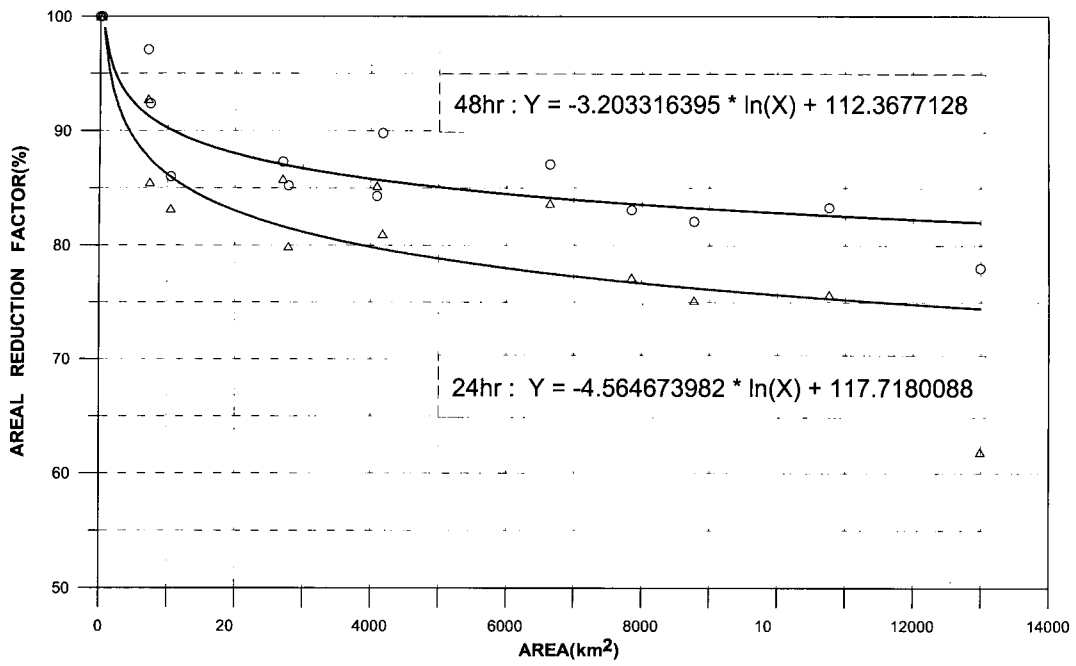
(b) 3-Para Log-Normal 분포(LN3P)



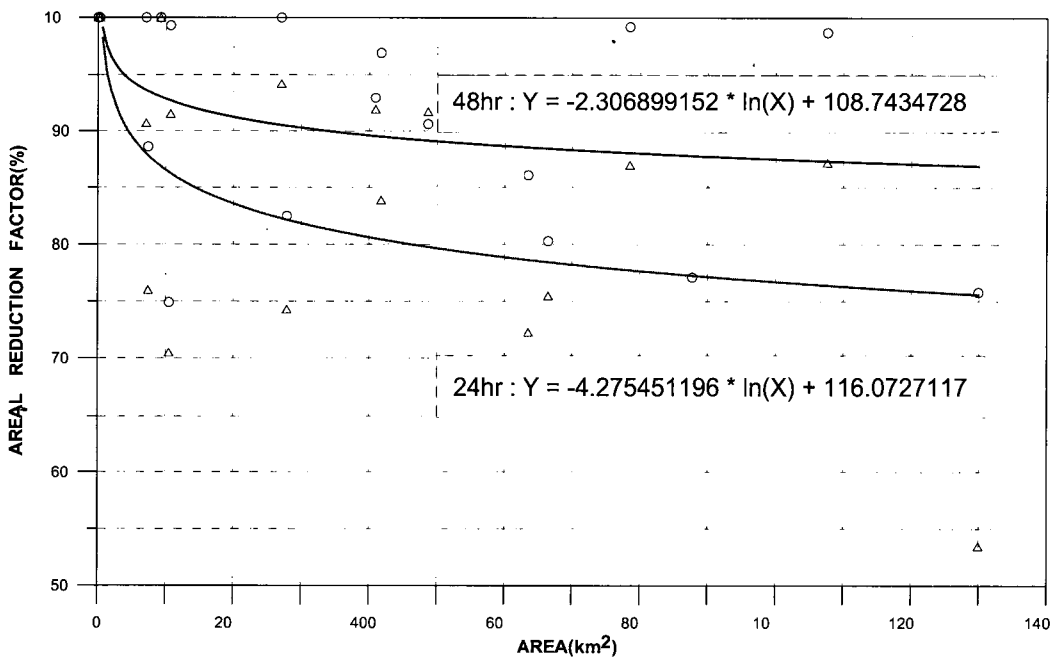
(c) 2-Para Gamma 분포(GAM2P)



(d) 3-Para Gamma 분포(GAM3P)



(e) Gumbel 분포(GUM)



(f) GeneralizedExtremeValue분포(GEV)

그림 4 면적감소계수 회귀곡선식(확률가중모멘트법)

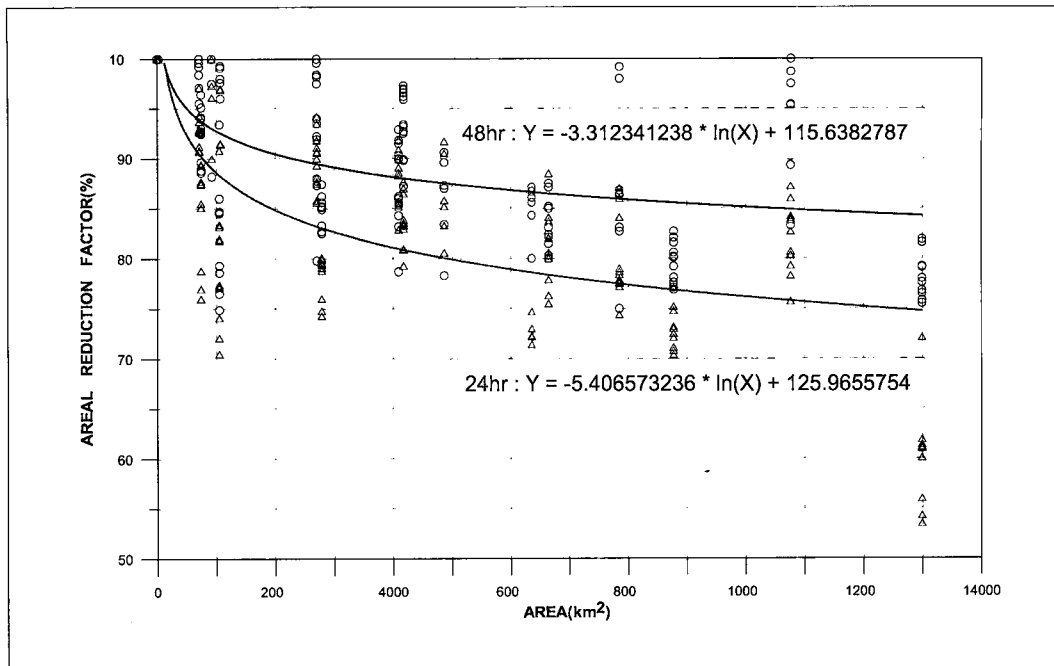


그림 5 일반화된 면적감소계수 곡선식

감소계수 곡선식은 한강유역 전반에 걸쳐 적용성을 가지는 것으로 판단된다.

상기와 같은 과정을 통하여 산출된 면적감소계수의 적용은 일반화된 면적감소계수를 소유역별 지점평균확률강우량에 곱하여 소유역별 강우특성을 고려한 면적확률강우량을 산정한다.

3. 결론

현재 대유역의 면적확률강우량 산정시 지점평균확률강우량을 면적확률강우량으로 잘못 사용하거나 지점평균확률강우량에 도출 과정상 적용하기 곤란한 기존 면적감소계수를 곱하여 면적확률강우량으로 산정하고 있는 실정이다.

하지만, 이론적으로 타당한 면적확률강우량을 산정하는 것은 그 과정이 매우 번거로우므로 실무적으로 간편하게 적용할 수 있는 면적감소계수를 대안으로 제시하고자 하였으며 본 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

① 대유역의 확률강우량은 반드시 지점평균확률강우량이 아닌 면적확률강우량을 적용하여야 하며, 이에 따라 확률강우량은 유역면적의 증가에 따라 감소하게 된다.

② 면적확률강우량 산정시에는 동시간 임의시간 면적강우량을 사용하여야 하나 우리나라는 자료가 부족한 경우가 많으므로 고정시간 면적강우량과 임의시간 면적강우량의 비를 산출하여 결측기간의 임의시간 면적강우량을 보완하였으며 이때 환산계수로는 1일에서 24시간 면적강우량으로 변환시는 1.120, 2일에서 48시간으로 면적강우량으로 변환시는 1.053을 채택하였다.

③ 면적확률강우량을 산정하기 위해서 직접 임의시간 동시간 연최대치 강우자료 계열을 사용하여 빈도 해석을 실시할 필요가 있으며, 빈도해석의 통계처리 과정에서 유역면적 증가에 따른 면적감소계수의 감소경향이 약간의 편차를 가지므로 일관성이 확보되지 않는 문제점과 전체유역의 면적확률강우량을 하나로 산정하더라도 유역면적이 커서 소유역을 다수 포함하고 있고 소유역별 강우특성이 동일하지 않는 경우 하나의 면적확률강우량을 전체유역에 동일하게 적용하는 것은 무리가 있는 문제점 등이 발생하는 점을 고려할 필요가 있다. 따라서, 여러 유역별 임의시간 면적확률강우량과 고정시간 지점평균확률강우량의 비로 유역별 면적감소계수를 각각 산정한 후 이와 같은 유역면

적-면적감소계수 관계를 회귀분석 등에 의해 적합시켜 매개변수 추정방법별 및 확률분포형별로 일관성있는 면적감소계수를 적용하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

- ④ 회귀분석을 통하여 산정된 유역면적-면적감소계수 곡선식의 경우 매개변수 추정방법별, 확률분포형별로 약간의 편차를 보이고 있으나, 이를 일반화시킨 곡선과 각각의 곡선과의 오차가 매우 미미하므로 다음과 같이 일반화된 면적감소계수 곡선식을 적용하는 것이 가능한 것으로 나타났다.
- 24hr: $Y = -5.406573236 \cdot \ln(X) + 125.9655754$
 48hr: $Y = -3.312341238 \cdot \ln(X) + 115.6382787$
- 여기서, Y는 일반화된 면적감소계수(%), X는 유역면적(km²)이며 적용 범위는 유역면적 200km² 이상이다.
- ⑤ 기존에 면적확률강우량으로 잘못 사용하고 있으며 또한, 산출하기가 비교적 쉬운 지점평균확률강우량에 상기와 같은 일반화된 면적감소계수를 곱하면 바로 면적확률강우량을 산출할 수 있으므로 실무적으로 매우 편리하게 사용될 수 있다.
- ⑥ 본 연구에서 산정된 일반화된 면적감소계수 곡선식은 한강유역의 전반에 걸쳐 적용 가능한 것으로 나타났으며 또한, 한강유역 뿐만 아니라 다른 대하천유역에도 적용 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 건설부(1988). 제2권 한국확률강우량의 작성: 관리 기법개발연구조사보고서, 한국건설기술연구원
- 건설부(1993). 하천시설기준
- 한국수자원학회(2000). 하천설계기준
- 박성식, 김규호(2000). “설계강우량 결정을 위한 면적유량 환산 계수”, 2000년도 학술발표회논문집, 대한토목학회, pp. 73~92
- D.M.Hershfield(1962). “Extreme Rainfall Relationships”, *Journal of Hydraulic Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers*, No. Hy6, pp. 73~92
- M. Sivapalan and G. Bloschl(1998). “Transformation of point rainfall to areal rainfall : Intensity-Duration-Frequency Curves”, *Journal of Hydrology*, Vol. 204, pp. 150~167
- W.H.Asquith and J.S.Farmiglietti(2000) “Precipitation areal-reduction factor estimation using an annual-maximum centered approach”, *Journal of Hydrology*, Vol. 230, pp. 55~69
- WMO(1989). *Statistical Distribution for Flood Frequency Analysis*. WMO Operational Hydrology Report No. 33

(논문번호:01-056;접수:2001.07.14/심사완료:2002.02.27)