

## 면적우량환산계수와 그 지역적 변화

김 원<sup>1)</sup>, 윤강훈<sup>2)</sup>

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 목적 및 범위

강우의 일반적 특성을 고려해 볼때 일정 유역면적을 가진 유역 전체에 균일한 강우가 발생될 경우는 드물며 강우 지속기간 동안의 강우 깊이는 호우 중심 지역으로부터 면적이 증가할수록 점차로 감소하게 된다. 실제 수공구조물의 설계를 위해 필요한 설계 홍수량의 산정을 위해서는 대상유역면적내에서 이와 같은 강우의 공간적 특성을 고려한 유역 평균 우량은 매우 중요하다. 그러나 일반적으로 얻을 수 있는 강우자료는 우량계에 의해 측정되는 점우량이므로 설계우량을 구하기 위해서는 유역면적에 따라 이를 유역 평균 면적우량으로 환산해 주어야 한다.

이러한 필요에 의해 개발된 것이 면적우량환산계수 (Areal Reduction Factor ; ARF) 로서 여러 나라에서 개발되어 사용되고 있으며 (U. S. Weather Bureau, 1958 ; Bell, 1976 ; Rodriguez-Iturbe and Mejia, 1974 ; Myers 등, 1980 ; Niemczynowicz, 1986) 국내에서도 한강 유역을 대상으로 연구가 이루어진 바 있다(이길춘, 1987 ; 건설부, 1988a ; 건설부, 1988b).

지금까지의 연구에 의하면 면적우량 환산계수는 재현기간이 길어짐에 따라 감소하고 지속기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나 면적우량환산계수와 지역의 공간적 특성, 또는 수문·기상학적 특성과의 관계는 아직까지 확실하게 규명되지 않은 상태이므로 대부분 면적우량 환산계수를 지역에 따라 일정한 것으로 가정하여 사용하고 있다. 또 면적우량환산계수를 산정하기 위해서는 우량관측소 밀도가 높고 충분한 기간동안 동시강우량자료가 확보된 유역이 필요하기 때문에 우리나라에서는 지금까지 많은 연구가 이루어지지 못하였다.

본 연구에서는 우량관측소 밀도가 높고 동시강우량자료를 얻을 수 있으며 수문·기상학적으로

1) 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원  
2) 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원(공학박사)

서로 다른 특징을 지니고 있는 평창강, 위천, 보청천의 세 유역에 대해 각각 강우의 공간적 특성을 나타내는 면적우량 환산계수를 산정하고 이에 대한 지역적 변동을 고찰함을 목적으로 한다.

## 2. 관련연구 조사 및 분석

### 2.1 국외의 연구

유역의 강우량 연구에 전세계적으로 오랫동안 연구되고 적용되어온 면적우량환산계수(Areal Reduction Factor ; ARF)는 점우량을 면적우량으로 환산해 주기 위한 하나의 변수로서 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_a = ARF \times R_p \quad (2.1)$$

여기서  $R_a$ 는 해당 지속시간과 재현기간에 대한 유역의 평균우량깊이이고,  $R_p$ 는 동일 지속시간과 재현기간에 대한 동일 유역내의 점우량의 평균이며, ARF는 지속시간, 재현기간, 그리고 유역면적의 크기에 따라 변화하는 면적우량환산계수이다.

면적우량환산계수는 사용목적에 따라 호우중심형(Storm -centered) 방법과 면적고정형(Fixed-area) 방법으로 구분되며 호우중심형방법은 가능최대강수량 (Probable Maximum Precipitation ; PMP)의 지점 추정치를 면적 추정치로 변환하기 위해 주로 사용되며 면적고정형방법은 점우량 빈도해석치를 면적우량 빈도해석치로 변환하기 위해 사용된다.

#### 2.1.1 호우중심형방법(Storm-centered Method)

호우중심형 면적우량환산계수는 개개 호우사상에 대해  $R_1/R_2$ 의 비로 나타낼 수 있는데  $R_1$ 은 강우지역 내에서 해당 유역면적과 지속시간에 대한 최대 면적우량이고  $R_2$ 는 동일 강우에 대한 최대 점우량이다.

일반적으로  $R_1$ 의 계산을 위한 주어진 면적의 위치는 등우선도의 형태에 의해 결정되므로 강우에 따라 변하게 되며 강우지역은 최대강우량  $R_2$  주위에 중심이 위치하도록 선정한다.

미국 기상청은 북미 지역(Hershfield, 1962)의 주요 호우자료를 이용하여 20 개 표본지역에 기초한 호우중심형 면적우량환산계수의 평균치를 유도하여 도표화 한 바 있다.

#### 2.2.2 면적고정형방법(Fixed-area Method)

미국의 면적고정형 면적우량환산계수는 등우선의 형태에 상관없이 고정된 면적에 대해 구하였

는데 우량관측소의 밀도가 높은 여러지역에서 10~15 년간의 자료를 이용하여 유도 되었으며 (U. S. Weather Bureau, 1958 ; Rodriguez- Iturbe and Mejia, 1974) 면적우량환산계수가 재현기간과는 무관하다고 가정하여  $R_3/R_4$  의 비로 나타내었다. 여기서  $R_3$  는 주어진 지속시간과 면적에 대한 연최대면적우량의 평균값이고  $R_4$  는 유역내의 연최대지점우량의 평균값이다.

## 2.2 국내의 연구

전술한 바와 같이 면적우량환산계수를 산정하기 위해서는 조밀한 관측망과 충분한 동시강우량 자료가 있어야 하나, 국내에서는 지금까지 이러한 조건을 만족시킬 수 있는 자료가 충분하지 못해 많은 연구가 이루어지지 못하였다.

이길춘(1987)은 한강유역 37개 우량 관측점에서 1975년 부터 1986년(12년간) 사이에 기록된 매시간 단위의 동시관측우량자료를 대상으로 지역빈도해석을 실시하여 지점우량을 면적으로 변환하는 알고리즘을 개발하고 이를 이용하여 면적우량환산계수를 구한 바 있다.

건설부(1988a)는 점가능최대강수량과 면적가능최대강수량의 상관관계를 제시하기 위해 호우중심형방법에 의해 면적우량환산계수를 유도하였고 건설부(1988b)는 한강유역의 건설부 산하 T/M 우량관측소 37 개 와 중앙기상대 우량관측소 20개(기록년수 1975년~1987년)를 선정하여 면적고정형 방법으로 면적우량환산계수를 유도한 바 있다.

## 3. 면적우량환산계수의 산정

면적우량환산계수를 산정하기 위한 방법은 앞에서 기술한 바와 같이 호우중심형방법과 면적고정형방법으로 크게 구분 할 수 있으며 면적고정형방법에 의해 면적우량환산계수를 산정하는 방법도 연구자에 따라 여러가지 이론과 방법들이 사용되고 있다.

본 연구에서는 빈도해석에 의해 지점 I-D-F 곡선과 면적 I-D-F 곡선을 구한 뒤, 두 곡선의 관계로부터 면적우량환산계수를 산정하였다.

## 4. 면적우량환산계수의 분석

그림 1등에서 알 수 있는 바와 같이 각 유역에서 산정된 면적우량환산계수는 지속시간이 길어짐에 따라 커지며 재현기간이 길어짐에 따라 작아진다. 또 지속시간이 짧고 재현기간이 길수록 면

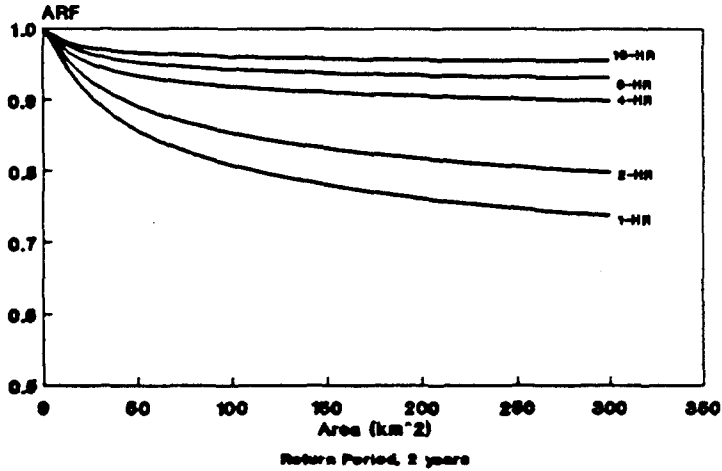


Fig.1 ARF in Pyeongyang river basin

적우량환산계수가 감소하는 폭이 커지는데 이와 같은 경향은 면적우량환산계수의 일반적 특성으로 알려져 있다(Lindholm, 1984). 그러나 각 유역에 따른 면적우량환산 계수는 지역적 특징에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

본 장에서는 기존 연구 결과와의 비교를 통해 면적우량환산계수의 일반적 특성을 살펴보고 면적우량환산계수의 지역적 변동과 그 원인을 고찰하고자 한다.

#### 4.1 기존 연구와의 비교

본 연구에서 계산한 면적우량환산계수와 기존 연구결과를 비교하기 위해 국내 자료로는 건설부(1988b)와 이길춘(1987)의 자료를 이용하였고 국외 자료로는 'Myers(1980)'와 'Miller(1973)'의 자료를 이용하였다.

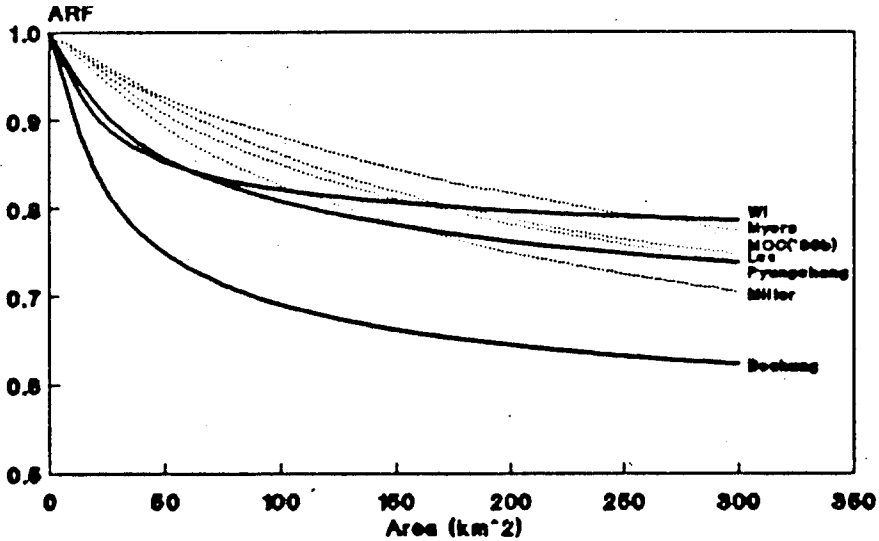
건설부(1988b)의 면적우량환산계수는 한강유역에 대해 13년(1975년~1987년) 동안의 건설부와 중앙기상대 우량관측소의 자료를 이용하여 계산하였고, 이길춘(1987)은 같은 한강유역에 대해 12년(1975년~1986년) 동안의 37개 우량관측점(Telemeter ; T/M) 자료를 이용하여 계산되었다.

'Myers'는 미국 시카고지역의 자료를 이용하였으며 'Miller'는 미국 서부 11개 주의 자료를 이용하여 면적우량환산계수를 산정하였다.

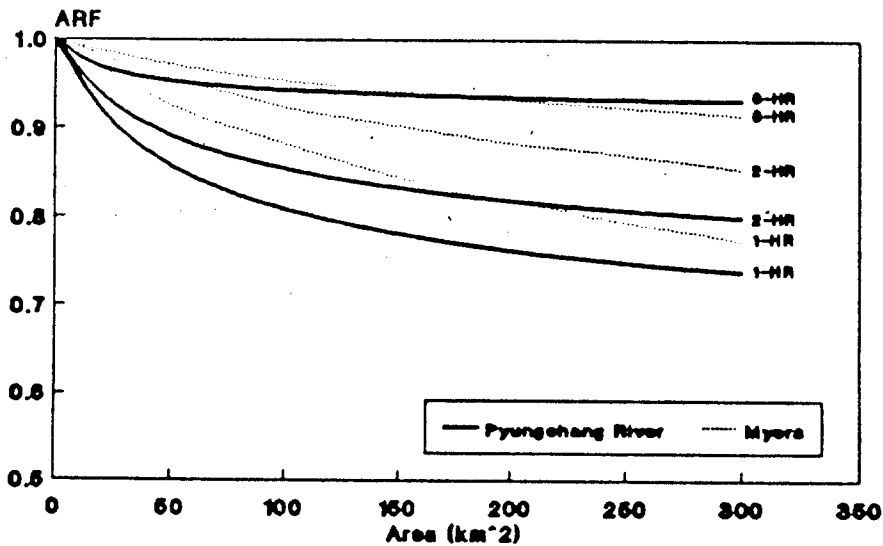
그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 대부분 동일한 경향을 보이고 있는데 동일한 지역에서 산정된 건설부(Ministry of Construction ; MOC)와 이길춘(1987)의 결과는 거의 일치하며 'Myers'와 'Miller'의 결과는 이 값보다 조금 크거나 작은 경향을 나타내고 있다.

본 연구의 대상유역인 평창강, 위천, 보청천유역은 각각 다른 경향을 보이며 그 중 평창강유

역의 면적우량환산계수의 값은 그림 3에서 보는 바와 같이 지역적 특성에 의해서 'Myers'의 결과와는 차이를 나타내지만 한강유역에서 산정된 전설부나 이길춘(1987)의 결과와는 유역면적이 300 km<sup>2</sup>에 가까워짐에 따라 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 평창강유역의 면적우량환산계수가 유역면적이 커짐에 따라 다른 두 결과와 일치하고 있는 것은 평창강유역이 한강의 지류로서



T = 2 years, Duration = 1 hr  
 Fig. 2 Area Reduction Factor comparison among various river basins



Return Period, 2 years  
 Fig. 3 Comparison ARF between Pyunghang river basin and Myers

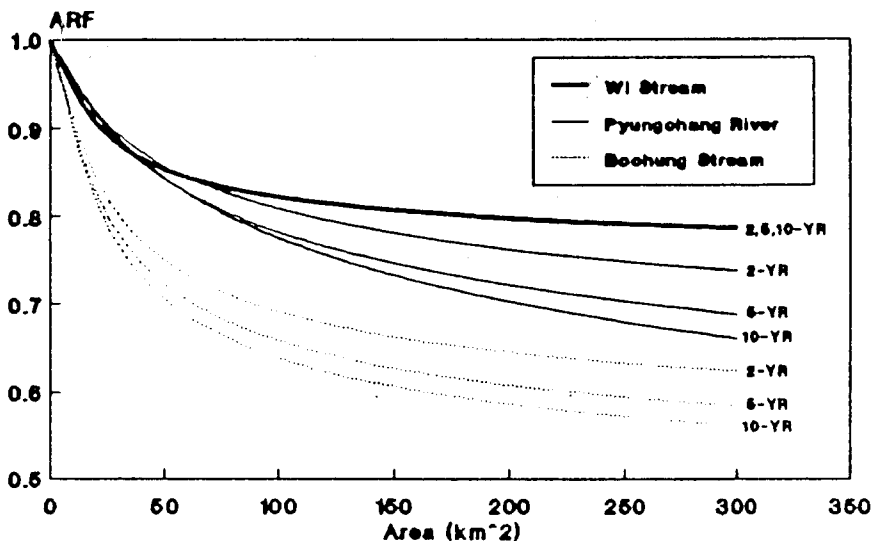
한강유역의 수문·기상학적 특징을 포함하고 있기 때문이라 판단된다. 그러나 유역면적이 작은 구간에 대해서는 건설부나 이길춘(1987)의 결과가 평창강유역의 값보다 크게 나타나는데 이는 건설부나 이길춘(1987)의 결과가 평균우량관측소 밀도가 큰 한강유역에서 산정되었기 때문에 300km<sup>2</sup> 이하의 소유역에 대해서는 고려가 이루어지지 않았기 때문이라고 판단된다.

#### 4.2 대상 유역별 비교

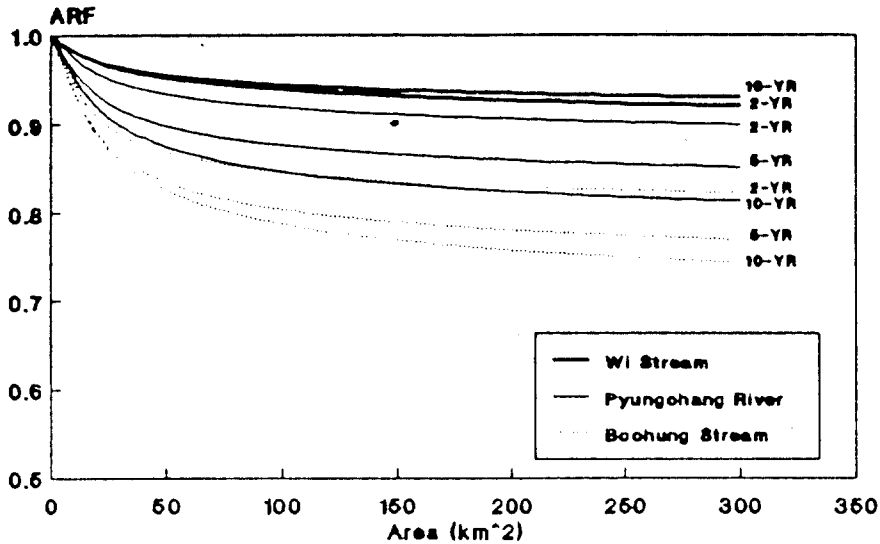
그림 4에서 보면 면적우량환산계수는 대상유역별로 많은 차이를 보이며 지역적 특성을 뚜렷이 나타내고 있다.

위천유역의 면적우량환산계수는 재현기간에 따라 큰 차이없이 거의 동일한 값을 나타낼 뿐만 아니라 다른 두 유역보다 항상 크게 나타나고 있다. 평창강유역의 면적우량환산계수는 재현기간에 따라 변화하며 그 크기는 위천과 보청천유역의 값사이에 나타나고 있다. 보청천유역의 값은 재현기간에 따라 변화하며 그 크기가 항상 최소로 나타나고 있다. 이러한 경향은 그림 5등에서와 같이 지속시간이 4, 10 시간일 때도 동일하게 나타나고 있으므로 이로 미루어 보아 지속시간이 10 시간 이상일때에도 동일한 경향은 계속해서 나타나리라고 생각된다. 이와 같이 지역에 따라 면적우량환산계수의 값이 많은 차이를 나타내고 있는 것은 면적우량환산계수가 유역의 지형적특성, 기상학적 특성 등에 의해 변화하기 때문이라고 판단된다.

기존의 연구 결과에 의하면 면적우량환산계수의 지역적변동에 대해 여러가지 이론이 제시되고



Duration 1-hr  
Fig.4 Comparison ARF with river basins and return periods



Duration 4-hr  
Fig.5 Comparison ARF with river  
basins and return periods

있으나 아직까지 지역의 지형적, 기상적특징과 면적우량환산계수와와의 상관관계가 명확히 확립되지 못하고 있다.

그러므로 실제 수공구조물의 설계시 대상유역의 특징에 맞는 적절한 면적우량환산계수를 유역의 실제 동시강우량자료를 이용해서 산정하는 것이 이상적이나 우량관측소의 밀도, 기록년수, 가용한 자료 등의 제한으로 인해 불가능하게 되므로 가능한 지역에서 산정된 면적우량환산계수중 유사한 강우특성을 지닌 지역의 값을 이용해야 한다. 이러한 지역적특징은 유역의 지형적특성뿐만 아니라 수문·기상학적특성을 종합적으로 내포하고 있기 때문에 하나의 인자에 의해 설명될 수는 없으나 다음의 몇가지 인자에 의해 그 지형적특징을 구별해 적절한 면적우량환산계수의 값을 사용 할 수 있으리라 판단된다.

#### 1) 연평균강수량의 유역 변동계수

면적우량환산계수는 대상 유역내의 강우의 공간분포를 나타내는 하나의 인자이며 면적우량환산계수가 지역적으로 동일하지 않고 많은 차이를 나타내는 것은 각 유역에서의 강우의 공간분포가 상이함을 나타낸다고 할 수 있다.

수자원개발계획의 수립 등에 가장 기본적인 사항인 연평균강수량은 일반적으로 해당 유역내에 포함되는 각 우량관측소의 연강수량을 적절한 면적우량산정기법에 의해 면적우량으로 환산한뒤 이를 평균해서 얻을 수 있다. 본 연구에서는 연강수량의 공간적분포를 살펴보기 위해 각 지점에서의 연강수량을 평균해서 지점별 연평균강수량을 얻은 후 이에 대한 유역의 변동계수를 구해 유역변동계수로 정의하였다. 편의상 지점별 연평균강수량을 연평균강수량으로 기술하기로 한다. 해당 지역

의 연평균강수량은 강우의 기상학적 특징과 확률강우량의 관계를 나타내는 하나의 변수가 될 수 있으므로(Plate, 1982) 유역별 강우의 공간분포는 지점별 연평균강수량의 유역변동계수에 의해 부분적으로 설명이 가능하리라 생각된다. 즉, 연평균강수량의 유역변동계수가 크다는 것은 유역내의 우량관측소별 연평균강수량이 균일하지 못함을 나타내게 되며 그로 인해 면적우량환산계수의 감소하는 폭은 커져서 그 값이 적어지게 된다. 반대로 연평균강수량의 유역변동계수가 적다는 것은 유역내의 관측소별 연평균강수량이 공간적으로 비교적 균일하게 분포되어 있어서 면적우량환산계수의 감소 폭이 적고 그 값은 크게 나타남을 의미한다.

연평균강수량의 유역변동계수는 유역내의 각 우량관측소에서 연평균강수량을 구한 후 다음과 같은 식에 의해 그 값을 계산할 수 있다.

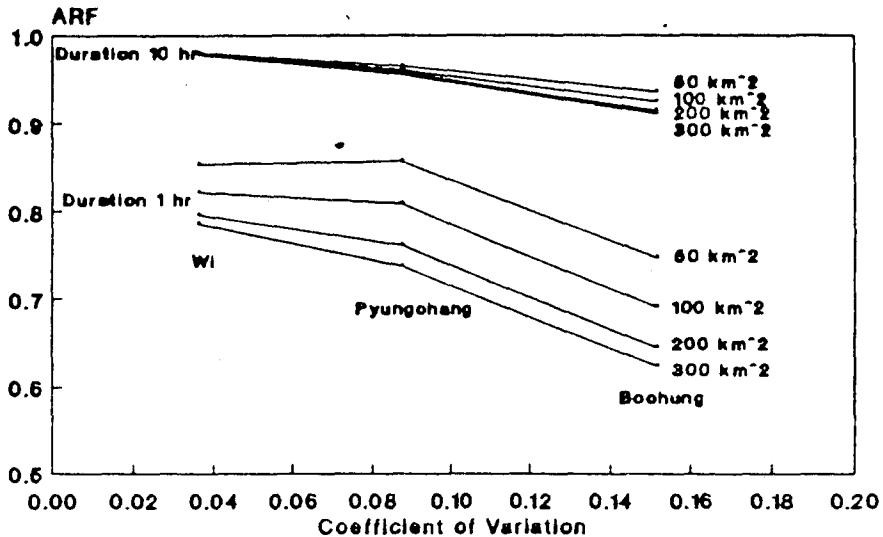
$$Cv = \frac{s}{m} \quad (4.1)$$

여기서, Cv는 유역변동계수

s 는 유역내 각 우량관측소의 연평균강수량에 대한 표준편차

m 은 유역내 각 우량관측소의 연평균강수량에 대한 평균

그 결과 보청천유역의 연평균강수량의 변동계수는 0.1513, 평창강유역은 0.0872, 위천유역은 0.0359 로서 이를 면적우량환산계수와 연관지어 보면 유역의 변동계수가 커짐에 따라서 면적우량환산계수가 적어지는 경향을 확인할 수 있다. 이러한 경향은 지역의 연평균강수량의 유역 변동계수와 면적우량환산계수와 의 상관관계를 나타내는 도표인 그림 6에서 보는 바와 같이 소유역의 면적이나 지속시간, 재현기간등에 따라 다르게 나타나지만 거의 모든 재현기간과 지속시간에 대해 면적우량



Return Period, 2 years  
Fig.6 ARF vs. Cv at Wi, Pyungohang, and Boohung stream basin



환산계수는 위천, 평창강, 보청천 유역의 순으로 작아지며 그에 따른 해당유역의 유역 변동계수는 커짐을 알 수 있다. 또 재현기간이 길어짐에 따라서는 그 변화폭이 커지고 지속시간이 길어짐에 따라서는 그 변화폭이 작아지며 소유역의 면적이 커짐에 따라서는 변화폭이 커지는 것도 확인할 수 있다. 이것으로 보아 연평균 강수량의 유역 변동계수와 면적우량환산계수와와의 관계가 비록 일정한 상관함수의 관계로 나타나지는 않지만 유역 변동계수가 해당유역의 면적우량환산계수를 추정할 수 있는 중요한 인자가 될 수 있으리라 판단된다.

## 2) 지점 I-D-F 곡선

같은 방법으로 I-D-F 해석에서 얻어지는 지속시간별 재현기간별 최대치와 최소치가 나타나는 관측소의 빈도에 의해서도 면적우량환산계수의 지역적 변동을 부분적으로 설명할 수 있다. 앞에서 기술한 바와 같이 면적우량환산계수가 유역면적에 따라 가장 큰 폭으로 감소하는 보청천유역의 경우에는 최대치와 최소치가 두 세 지점에 집중되어 나타나서 강우의 공간분포가 매우 불균일함을 설명하고 있으며 면적우량환산계수가 가장 작은 폭으로 감소하는 위천유역의 경우에는 최대치, 최소치가 유역전반에 고루 분포함으로써 강우의 공간분포가 균일함을 나타내고 있다. 평창강유역에서는 보청천유역에서와 같이 최대치, 최소치가 한 두 지점에 한정되어 나타남으로서 이 지역의 강우가 공간적으로 매우 불균일하게 분포되어 있음을 알 수 있다.

## 5. 면적우량환산계수의 이용

하나의 지점 I-D-F 곡선이 대표할 수 있는 유역면적은 한정되어 있기 때문에 큰 유역면적에 대해 지점 I-D-F 곡선을 이용하기 위해서는 면적우량환산계수에 의해 그 값을 환산해 주어야 한다. 하나의 지점 I-D-F 곡선이 대표할 수 있는 유역면적은 'Viessman등(1977)'이나 'WMO(1986)'에 의하면  $26 \text{ km}^2$  정도이며 'Pilgrim(1987)'에 의하면  $4 \text{ km}^2$  정도로 나타나 있고 'Niemczynowicz(1986)'는 대상유역의 평균우량관측소 밀도가  $2 \text{ km}^2$  당 1 개 관측소임을 고려하여 유역면적  $2 \sim 25 \text{ km}^2$ 에 대해 면적우량환산계수를 산정한 바 있으나 국내에서는 지금까지 이에 대한 연구가 이루어지지 않은 실정이므로 수공구조물의 안전한 설계를 위해서는 유역면적  $26 \text{ km}^2$  이상에 대해서 본 연구에서 산정한 면적우량환산계수를 사용하는 것이 적절하리라 판단된다. 그러나 적은 면적에 대한 고려가 이루어지지 않은 값이, 적은 면적에 대한 고려가 이루어진 값보다 크게 나타나므로  $26 \text{ km}^2$  이하의 면적에 대해서도 본 연구에서 산정한 면적우량환산계수를 사용할 수 있으리라 생각된다.

면적우량환산계수를 이용하기 위해서는 먼저 대상유역의 지형적, 수문·기상학적 특징을 고려하여 앞절에서 산정한 세 유역의 면적우량환산계수 중 가장 적절한 형태의 면적우량환산계수를 선택해야 한다. 본 연구의 결과에 의하면 연평균강수량의 유역변동계수가 증가함에 따라 면적우량

환산계수가 감소함을 확인할 수 있는데, 이로 미루어 보아 연평균강수량의 유역변동계수가 면적우량환산계수를 추정할 수 있는 하나의 기준이 될 수 있으리라 판단된다. 그러므로 설계대상유역의 각 우량관측소에 대해 연평균강수량을 산정한후 이에 대한 유역변동계수를 계산하여 그 크기에 따라 적절한 면적우량환산계수를 선택하여 설계에 이용할 수 있다.

그 다음으로 대상유역면적의 크기가 주어지면 해당 도표로부터 특정 지속시간과 재현기간에 대한 면적우량환산계수의 값을 구한 후 지점 I-D-F 값에 곱함으로써 지속시간별 재현기간별 설계 면적평균우량을 구할 수 있다.

## 6. 결 론

본 연구는 우량관측소의 밀도가 높은 평창강, 위천, 보청천유역에 대해 지점우량을 면적우량으로 환산하는 면적우량환산계수(ARF)를 재현기간별, 지속기간별로 산정하고 그 지역적 변동에 대해 고찰하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 연구에서는 우량관측소의 밀도가 높고 동시 강수량 자료의 획득이 가능하며 유역면적이 500 km<sup>2</sup> 내외인 평창강, 위천, 보청천유역에 대해 면적우량환산계수를 산정하였다.
- 2) 본 연구에서 산정된 면적우량환산계수는 재현기간이 길어짐에 따라 감소하고 지속기간이 길어짐에 따라 증가하며 유역면적이 적어질수록 그 값의 감소폭이 커지는 면적우량환산계수의 일반적 특성을 나타내고 있으나 지역별로는 많은 차이를 나타내어 그 값이 위천, 평창강, 보청천 유역 순으로 적어짐을 확인할 수 있었다.
- 3) 면적우량환산계수가 지역에 따라 많은 차이를 나타냄으로서 대상유역의 지형적, 수문·기상학적 특징에 적합한 면적우량환산계수를 산정해서 이용해야 함을 확인할 수 있었다.
- 4) 면적우량환산계수가 적어짐에 따라 유역의 연평균강수량의 유역변동계수가 증가함을 확인할 수 있었으며 이 상관관계를 통하여 면적우량환산계수가 산정되지 않은 지역에서 면적우량환산계수를 추정하기 위한 하나의 유역특성인자로서 연평균강수량의 유역변동계수를 사용할 수 있으리라 판단된다.
- 5) 본 연구에서 산정된 면적우량환산계수를 기존의 연구에서 산정된 면적우량환산계수와 비교해 본 결과 잘 일치됨을 확인할 수 있었고 기존의 연구에서 고려되지 않은 300 km<sup>2</sup> 이하의 소유역에 대해 면적우량환산계수를 산정함으로써 설계 면적평균우량의 산정을 위해 실용적으로 사용될 수 있으리라 판단된다.

## 참 고 문 헌

- Arnell, V., "Analysis of Rainfall Data for Use in Design of Storm Sewer Systems," Proc. of the International Conference on Urban Storm Drainage, Southampton, U.K., PP.71-86, 1978.
- Bell, F. C., "The Areal Reduction Factor in Rainfall Frequency Estimation," Institute of Hydrology, Report No. 35, Natural Environment Research Council, Wallingford, Oxon, U.K., 1976.
- Bras, R. L., and Rodriguez-Iturbe, I., "Random Functions and Hydrology," Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A., 1985.
- Pilgrim, D. H., "Australian Rainfall and Runoff," Vol.1, The Institution of Engineers, Australia, PP. 38-39, 1987.
- Plate, E., "Engineering Meteorology," Elsevier Scientific Publishing Company, The Netherlands, 420PP., 1982.
- Rodriguez-Iturbe, I., and Mejia, J. M., "On the Transformation of Point to Areal Rainfall," Water Resources Research, VOL. 10, No. 4, PP. 729-735, 1974.
- Tabios III, G. Q., and Salas J. D., "A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation," Water Resources Bulletin, Vol. 21, No. 3, PP. 365-380, 1985.
- U.S. Weather Bureau, "Rainfall Intensity-Frequency Regime, 2, Southeastern United States," Tech. Paper No. 29, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1958.
- Viessman, W., Knapp, J. W., Lewis, G. L., Harbaugh, T. E., "Introduction to Hydrology," IEP, 597PP., 1977.
- W. M. O., "Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation," Operational Hydrology, Report No. 1, WMO, No. 332, 1986.
- 건설부, "국제수문개발계획(IHP) 대표유역 연구조사보고서," 1989.
- 건설부, "한국가능최대강수량추정," 수자원관리기법개발 연구조사보고서, 제3권, 1988a.
- 건설부, "한국확률강우량도의 작성," 수자원관리기법개발 연구조사보고서, 제2권, 1988b.
- 건설부, "한국수문자료데이터베이스," 수자원관리기법개발 연구조사보고서, 제 1 권, 1989.
- 기상연구소, "면적강수량 산정을 위한 강수관측계에 관한 연구," MR 85-4, 1985.
- 이길춘, "지점우량의 지역빈도해석에 관한 연구," 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1987.