

## 〈論 文〉

## 면적우량환산계수의 산정과 그 지역적 변화

## Computation of Areal Reduction Factor and Its Regional Variability

김 원\*, 윤 강 훈\*\*

KIM Won and YOON Kang Hoon

**Abstract** □ ARF(Areal Reducton Factor) have been developed and used to convert point I-D-F to areal I-D-F in many contries. In Korea, though ARF was calculated in Han river basin by several researchers, it has limit to apply to other regions due to low density of rainfall gauge station and shortage of data. In this study ARF has developed in areas of high density of rainfall gauge station, Pyungchang river(Han river), Wi stream(Nakdong river), and Bochung stream(Guem river) basin by fixed-area method. And coefficient of variation of annual mean precipitation was presented to use ARF in other areas and its applicability was analyzed.

**요 약** : 면적우량환산계수는 지점확률우량을 면적확률우량으로 환산하기 위해 여러나라에서 개발되어 오랫동안 사용되고 있다. 우리나라에서는 한강유역에 대해 면적우량환산계수를 산정한 바 있으나 강우관측소 밀도와 자료의 부족으로 타지역에서 사용하기에는 많은 한계를 내포하고 있다. 본 연구에서는 강우관측소 밀도가 조밀한 평창강(한강유역), 위천(낙동강유역), 보청천(금강유역)유역에 대해 면적고정형 방법으로 면적우량환산계수를 산정하였으며, 이를 타지역에서 사용하기 위한 유역특성인자로서 연평균강수량의 유역변동계수를 도입하여 그 적용성을 검토하였다.

## 1. 서 론

강우의 일반적 특성을 고려해 볼때 일정유역면적에 가진 유역전체에 균일한 강우가 발생할 경우는 드물며 강우지속기간 동안의 강우깊이는 호우중심지역으로부터 면적이 증가할수록 점차로 감소하게 된다. 실제 수공구조물의 설계를 위해 필요한 설계홍수량의 산정을 위해서는 대상유역면적내에서 이와 같은 강우의 공간적 특성을 고려한 유역평균우량은 매우 중요하다. 그러나 일반적으로 얻을 수 있는 강우자료는 우량계에 의해 측정되는 점우량이므로 설계우량을 구하기 위해서는 유역면적에 따라 이를 유역평균면적우량으로 환산해 주어야 한다.

이러한 목적으로 개발된 면적우량환산계수는 여러나라에서 오랫동안 사용되고 있으나 그 유도방법과 적용

방법에 대해서는 다양한 이론들이 제시되어 왔다. 우리나라에서는 한강유역에 대해 면적우량환산계수를 산정한 연구가 발표된 바 있으나 한강유역은 우량관측소 밀도가 충분히 높지 못하여서 소유역에 대하여서는 정밀한 분석이 어려웠다. 또한 한강유역과 지형학적, 수문·기상학적 특징이 상이한 지역에 대하여 한강유역을 대상으로 산정된 면적우량환산계수를 이용하기에는 많은 제약이 있다. 특히 우리나라와 같이 지형의 변화가 심한 지역에서 지역별 지형학적, 수문·기상학적 고려없이 전국에 걸쳐 동일한 면적우량환산계수를 이용하는 것은 많은 문제점을 야기할 가능성이 있다.

따라서 가능한 많은 지역에서 면적우량환산계수를 산정하고, 이를 유역특성인자별로 구분하여 그의 산정이 불가능한 지역에 대하여 적용하여야하나, 지금까지는 면적우량환산계수와 유역의 지형학적, 수문·기상학

\* 한국건설기술연구원, 연구원

\*\* 한국건설기술연구원, 선임연구원(工博)

적 특징과의 관계조차 규명되지 않은 상황이므로, 면적우량환산계수가 산정되지 않은 유역에 대하여 기존의 면적우량환산계수를 적용하기 위한 선택기준도 명확히 제시되지 않고 있다.

본 연구에서는 우량관측소밀도가 높고 지형학적 특성이 상이한 평창강, 위천, 보청천유역에서 면적우량환산계수를 산정하고 그 지역적 변동을 분석하여 면적우량환산계수가 산정되지 않은 유역에서 기존의 면적우량환산계수를 이용하기 위한 선택기준을 검토하고자 한다.

## 2. 면적우량환산계수의 산정

면적우량환산계수를 산정하기 위한 방법은 호우중심형방법과 면적고정형방법으로 크게 구분할 수 있으며, 면적고정형방법에 의해 면적우량환산계수를 산정하는 방법도 연구자에 따라 여러가지 이론과 방법들이 사용되고 있다.

본 연구에서는 면적고정형 방법중 빈도해석에 의해 지점 강우강도-지속시간-생기빈도(Rainfall Intensity-Duration-Frequency; I-D-F) 곡선과 면적 I-D-F 곡선을 구한 뒤, 두 곡선의 관계로부터 면적우량환산계수를 산정하는 방법을 사용하였다.

### 2.1 대상유역의 선정

면적우량환산계수의 산정을 위해서는 조밀한 관측망과 대상유역전체에 걸친 충분한 기간의 동시강우량자료가 필요하기 때문에 모든 유역에 대해 면적우량환산계수를 구할 수는 없다. 그러므로 관측망이 조밀한 유역에 대해 면적우량환산계수를 산정하고 이를 유역의 지역적 특성인자별로 분류하여 미계측유역이나 관측망이 조밀하지 않은 유역에서 사용하여야 한다.

본 연구에서는 면적우량환산계수를 산정하기 위하여 유역면적 500km<sup>2</sup> 내외의 중규모 유역인 평창강(한강유역), 위천(낙동강유역), 보청천(금강유역)유역을 대상 유역으로 선정하였는데 이들 지역은 표 1.에서와 같이 관측밀도가 30~50km<sup>2</sup> 당 1개 관측소로서 매우 높으며 모든 유역에 대해 동시강우량자료를 얻을 수 있는 지역이다.

이들 지역은 지형적, 수문·기상학적 특징이 서로 다르고 거리상으로 볼때 어느 정도 독립성이 유지될 수 있다고 판단되기 때문에 면적우량환산계수의 지역적 변동과 그 원인을 고찰함에 있어 적절하리라 판단된다.

### 2.2 강우자료의 수집 및 정리

면적우량환산계수는 유역내의 강우의 공간적 분포를 나타내는 하나의 인자이므로 면적우량환산계수를 산정하기 위해서는 동시강우량자료를 이용해야 한다. 본 연구에서는 각 유역의 강우자료중 대표적인 홍수를 발생시킨 동시 시강우량자료를 수집하여 분석에 이용하였으며 선정된 각 유역별 강우사상은 평창강유역에서 18개('82~'89), 위천유역에서 14개('83~'89), 보청천유역에서 16개('83~'89) 이다.

### 2.3 지점 I-D-F 곡선의 결정

지점 I-D-F(Point I-D-F) 곡선은 각 관측지점의 점우량자료를 대상으로 빈도해석을 실시하여 얻은 것으로 후술되는 면적 I-D-F 곡선(Areal I-D-F)과 구별된다. 지점 I-D-F 곡선에 의해 나타나는 재현기간별, 지속기간별 강우량은 해당 지점의 강우특성만을 나타낼 뿐이며, 대상유역에서의 지역적 강우특성은 나타낼 수 없다.

확률강우량을 산정하기 위한 빈도해석에는 여러가지 방법을 사용할 수 있으나 본 연구에서는 빈도계수와 자료의 평균 및 표준편차로 조합된 빈도식에 의해 적절한 확률분포형에 대한 특정 재현기간의 수문량을 결정하는 빈도계수법을 사용하였으며, 확률분포형은 최대강우강도 자료계열에 적정한 것으로 알려져있는<sup>(1)</sup> Log-Pearson Type III 확률분포를 이용하였다.

### 2.4 면적 I-D-F 곡선의 결정

면적 I-D-F 곡선은 해당유역내에 포함된 모든 우량관측소의 강우량자료에 대해 면적평균우량을 계산한 뒤 빈도해석을 실시하여 구해지는데 지점 I-D-F 곡선에서 고려되지 않는 해당 유역면적의 크기에 대한 고

려가 이루어짐으로서 합리적인 설계확률강우량을 구할 수 있다.<sup>(5)</sup>

면적 I-D-F 곡선의 결정을 위해서는 먼저 대상유역을 여러 개의 소유역으로 임의 분할하고 그 면적내에 포함되는 관측소의 강우자료를 적절한 면적우량산정기법에 의해 면적평균우량으로 환산한 뒤 이 값을 지점 I-D-F 곡선을 구할때와 같은 방법으로 빈도해석을 실시하여 해당 소유역에 대한 면적 I-D-F 곡선을 얻는다.

2.4.1 유역면적의 분할

면적고정형방법으로 면적우량환산계수를 산정할 때는 소유역의 형태를 타원형 또는 원형으로 선택하여 전체유역면적을 분할하는 것이 일반적 통례이다. 본 연구에서는 원형으로 각 유역을 분할하여 소유역의 면적이 50km<sup>2</sup>, 100km<sup>2</sup>, 200km<sup>2</sup>, 300km<sup>2</sup>가 되도록 하고 그 소유역 내에 최대한 많은 관측지점을 포함할 수 있도록 원의 중심을 정하였다.

2.4.2 면적평균우량의 산정과 면적 I-D-F 곡선의 결정

면적평균우량을 결정하기 위해서는 다양한 기법들이 있으며 이들 기법에 의해 산정되는 평균우량은 실제의 평균우량과 어느 정도의 편차를 가지게 되는데 그 편차정도는 관측망의 밀도에 따라 직접적인 영향을 받게 된다.

본 연구에서는 면적평균우량의 산정을 위해 자료자체의 통계적 특성을 이용하여 가중치를 결정하는 크리징법<sup>(7)</sup>을 사용하였다.

크리징법을 이용해 계산된 면적평균우량을 이용해 각 유역별 소유역에 대한 면적 I-D-F 곡선을 지점 I-D-F 곡선을 구할 때와 같은 방법으로 구할 수 있다.

2.5 면적우량환산계수의 산정

면적우량환산계수는 지점 I-D-F 곡선과 면적 I-D-F 곡선과의 관계를 이용해서 다음과 같이 구할 수 있다.

- (1) 각 소유역에서 그 소유역에 포함되는 지점 I-D-F 값을 산술평균한다.
- (2) 해당 소유역에 대한 면적 I-D-F값을 '(1)'에서 계산된 값으로 나누어 그 비를 산정한다.
- (3) '(2)'에서 산정된 비를 동일 크기의 소유역별로 산술평균해서 소유역별, 지속시간별, 재현기간별 면적우량환산계수를 산정한다.
- (4) 각 유역에 대해 '(1)~(3)'의 과정을 반복해 각 유역에 대한 면적우량환산계수를 산정한다.

면적우량환산계수의 값을 회귀분석을 통해 도표로 나타내기 위해 다음과 같은 지수형 방정식을 이용하였다.

$$ARF(A) = 1 - Me^{-[aA^b]^{-1}} \tag{1}$$

여기서 M, a, b는 매개변수이고 A는 유역면적이다.

회귀분석에 의해 결정된 면적우량환산계수의 값을 도표로 그림1~그림9에 나타내었으며 매개변수 M, a, b는 표 2. 에 나타내었다.

3. 면적우량환산계수의 분석

그림 1.~그림 9.에서 알 수 있는 바와 같이 각 유

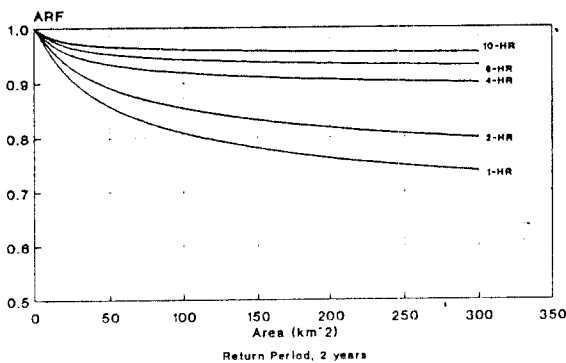


Fig.1 ARF, Pyungchang river basin

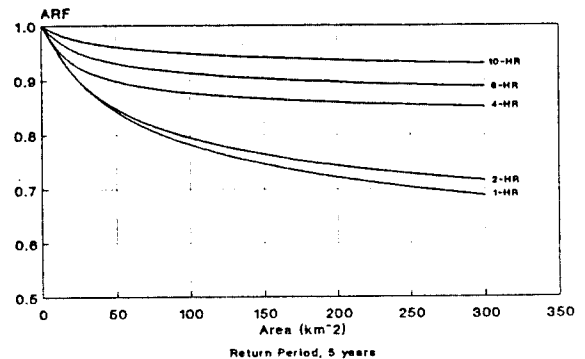


Fig.2 ARF, Pyungchang river basin

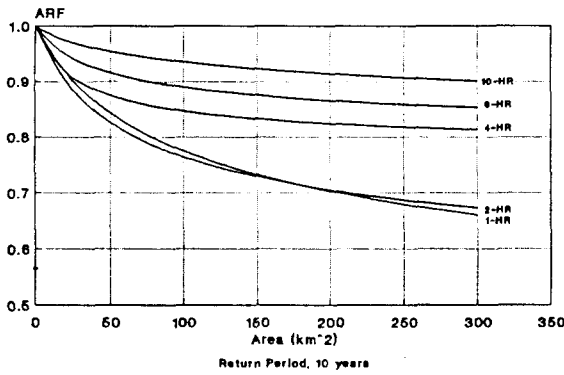


Fig.3 ARF, Pungchang river basin

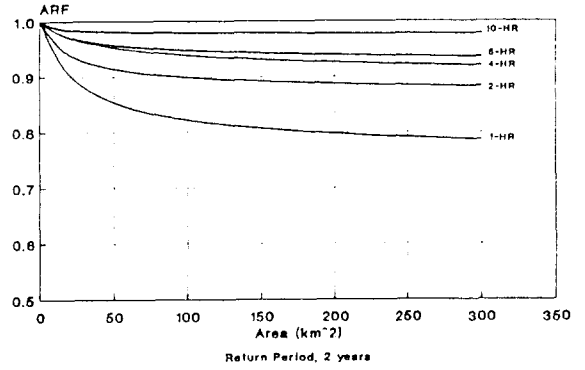


Fig.4 ARF, Wi stream basin

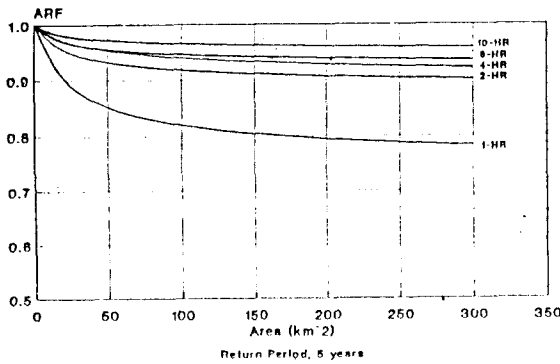


Fig.5 ARF, Wi stream basin

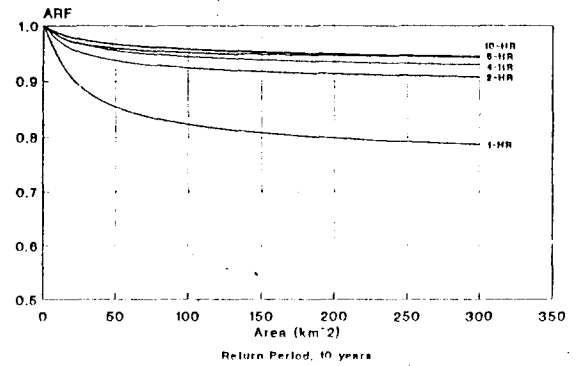


Fig.6 ARF, Wi stream basin

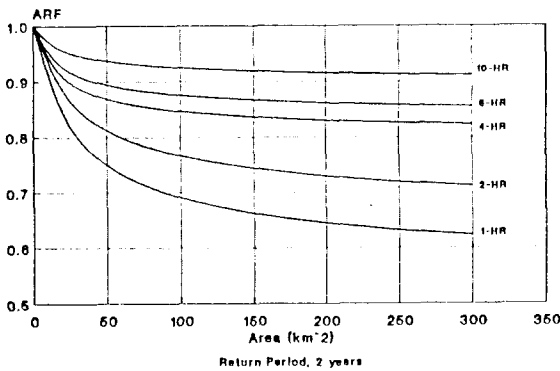


Fig.7 ARF, Bochung stream basin

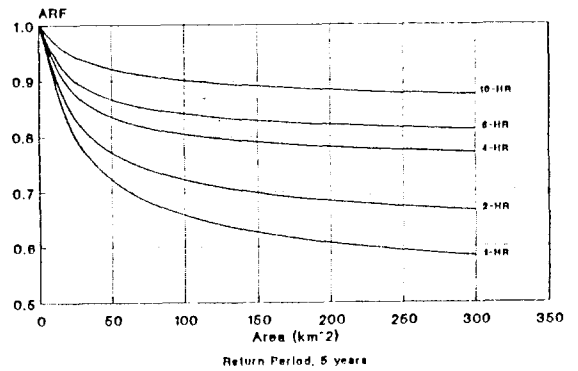


Fig.8 ARF, Bochung stream basin

역에서 산정된 면적우량환산계수는 지속시간이 길어짐에 따라 커지며, 재현기간이 길어짐에 따라 작아진다. 또 지속시간이 짧고 재현기간이 길수록 면적우량환산계수가 감소하는 폭이 커지는데 이와 같은 경향은 면적우량환산계수의 일반적 특성으로 알려져 있다.<sup>(2)</sup> 그러나 각 유역에 따른 면적우량환산계수는 지역적 특징

에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

### 3.1 기존 연구와의 비교

본 연구에서 계산한 면적우량환산계수와 기존 연구 결과를 비교하기 위해 국내 자료로는 건설부<sup>(8)</sup>와 이길

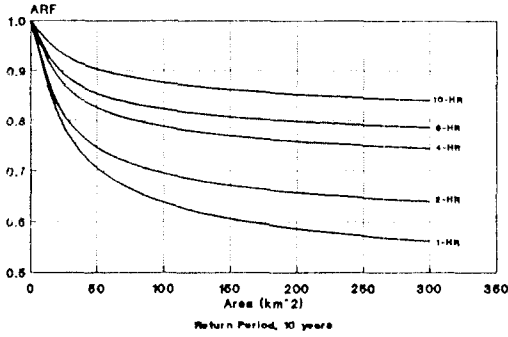


Fig.9 ARF, Bochung stream basin

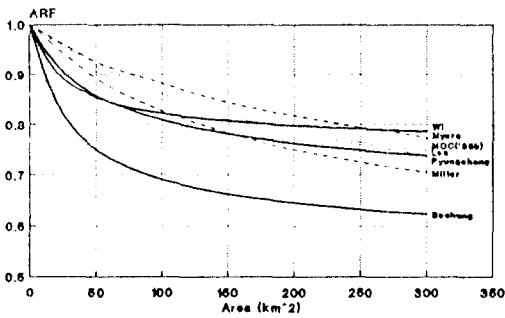


Fig.10 Areal Reduction Factor comparison among various river basins

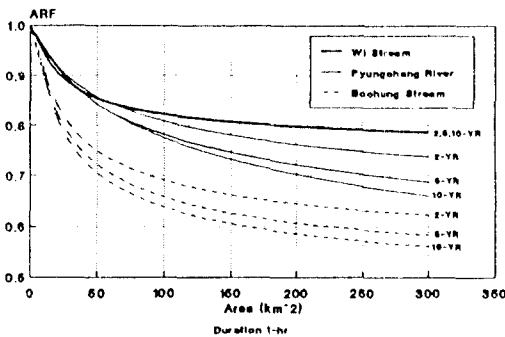


Fig.11 Comparisons ARF with river basins and return period.

춘<sup>(9)</sup>의 자료를 이용하였고 국외 자료로는 Myers<sup>(4)</sup>와 Miller<sup>(6)</sup>의 자료를 이용하였다.

건설부의 면적우량환산계수는 한강유역에 대해 13년(1975년~1987년)동안의 건설부와 중앙기상대 우량관측소의 자료를 이용하여 계산하였고, 이길춘은 동일한 한강유역에 대해 12년(1975년~1986년)동안의 37개 우량관측점 자료를 이용하여 계산되었다.

Myers는 미국 시카고지역의 자료를 이용하였으며, Miller는 미국 서부 11개 주의 자료를 이용하여 면적우

량환산계수를 산정하였다.

그림 10.에서 알 수 있는 바와 같이 대부분 동일한 경향을 보이고 있는데 동일한 지역에서 산정된 건설부(Ministry of Construction; MOC)와 이길춘의 결과는 거의 일치하며, Myers와 Miller의 결과는 이 값보다 조금 크거나 작은 경향을 나타내고 있다.

본 연구의 대상유역인 평창강, 위천, 보청천유역은 각각 다른 경향을 보이며 그 중 평창강유역의 면적우량환산계수의 값은 그림 10.에서 보는 바와 같이 지역적 특성에 의해서 Myers의 결과와는 차이를 나타내지만 한강유역에서 산정된 건설부나 이길춘의 결과와는 유역면적이 300km<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 한강유역의 수문·기상학적 특징을 포함하고 있기 때문이라 판단된다. 그러나 유역면적이 적은 구간에서는 건설부나 이길춘의 결과가 평창강유역의 값보다 크게 나타나는데 이는 건설부나 이길춘의 결과가 평균우량관측소 밀도가 큰 한강유역에서 산정되었기 때문에 300km<sup>2</sup>이하의 소유역에 대해서는 고려가 이루어지지 않았기 때문이라고 판단된다.

### 3.2 대상 유역별 비교

그림 11.에서 보면 면적우량환산계수는 대상 유역별로 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 지속시간이 4, 10시간일 때도 동일하게 나타나는데 이로 미루어 보아 지속시간이 10시간 이상일 때에도 동일한 경향은 계속해서 나타나리라고 생각된다. 이와 같이 지역에 따라 면적우량환산계수의 값이 많은 차이를 나타내고 있는 것은 면적우량환산계수가 유역의 지형적

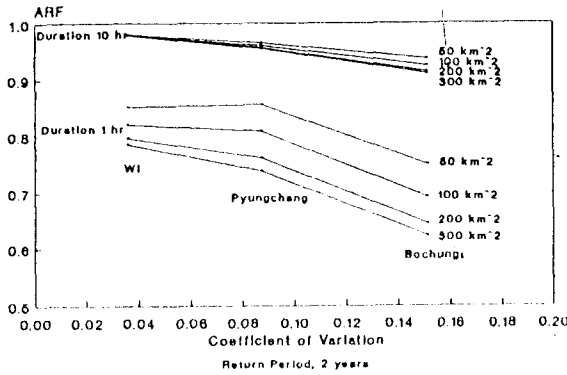


Fig.12 ARF, vs. Cv at Wi, Pyungchang, and Bochung stream basin

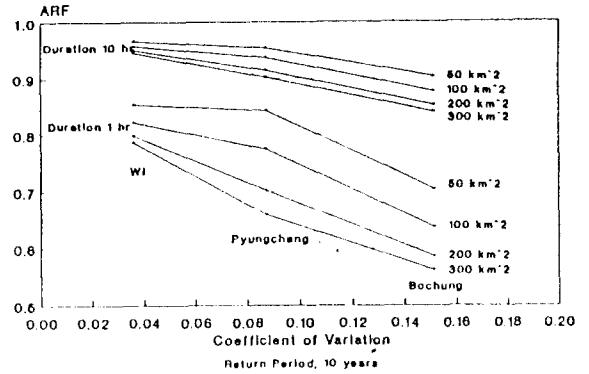


Fig.13 ARF, vs. Cv at Wi, Pyungchang, and Bochung stream basin

특성, 기상학적특성 등에 의해 변화하기 때문이라고 판단된다.

기존의 연구 결과에 의하면 면적우량환산계수의 지역적변동에 대해 여러가지 이론이 제시되고 있으나 아직까지 지역의 지형적, 기상적특징과 면적우량환산계수와의 상관관계가 명확히 확립되지 못하고 있다.

본 연구에서는 이를 위해 연평균강수량의 유역변동계수를 도입했다. 해당 지역의 연평균강수량은 강우의 기상학적 특징과 확률강우량의 관계를 나타내는 하나의 변수가 될 수 있으므로<sup>16)</sup> 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.

$$Cv = \frac{s}{m} \quad (2)$$

여기서, Cv는 유역변동계수

s는 유역내 각 우량관측소의 연평균강수량에 대한 표준편차

m은 유역내 각 우량관측소의 연평균강수량에

### 대한 평균

식(2)에 의해 계산된 보청천유역의 연평균강수량의 변동계수는 0.1513, 평창강유역은 0.0872, 위천유역은 0.0359로서 이를 면적우량환산계수와 연관지어 보면 유역의 변동계수가 커짐에 따라서 면적우량환산계수가 적어지는 경향을 확인할 수 있다. 이러한 경향은 지역의 연평균강수량의 유역 변동계수와 면적우량환산계수와의 상관관계를 나타내는 도표인 그림 12, 13.에서 보는 바와 같이 소유역의 면적이나 지속시간, 재현기간 등에 따라 다르게 나타나지만 거의 모든 재현기간과 지속시간에 대해 면적우량환산계수는 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 면적우량환산계수와의 관계가 비록 일정한 상관함수의 관계로 나타나지는 않지만 유역 변동계수가 해당유역의 면적우량환산계수를 추정할 수 있는 중요한 인자가 될 수 있으리라 판단된다.

### 4. 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 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.
2. 면적우량환산계수가 지역에 따라 많은 차이를 나타냄으로서 대상유역의 지형적, 수문·기상학적 특징에 적합한 면적우량환산계수를 산정해서 이용해야 함을 확인할 수 있었다.
4. 면적우량환산계수가 적어짐에 따라 유역의 연평균 강수량의 유역변동계수가 증가함을 확인할 수 있었으며 이 상관관계를 통하여 면적우량환산계수가 산

표1 유역별 우량관측소의 밀도

유역 우량관측소 형	평창강		위천		보청천		한강		낙동강		금강	
	자기	T/M	자기	T/M	자기	T/M	자기	T/M	자기	T/M	자기	T/M
건설부	11	0	11	0	12	0	53	32	54	35	42	0
수·공	0	4*	0	0	0	1*	0	33	0	16	0	9
기상청	0	0	0	0	1	0	11	0	14	0	7	0
합계	11	4*	11	0	13	1*	64	65	68	51	49	9
	15		11		14		129		119		58	
유역면적 (km <sup>2</sup> )	519.7		472.5		475.7		26,199.0		23,859.3		9,885.8	
관측밀도 (km <sup>2</sup> /gauge)	35		43		34		203		200		170	

\*본 연구의 분석에는 사용되지 않음

표2 강우 지속시간별 재현기간별 ARF 관계곡선식의 매개변수

$$ARF(A)=1-M*EXP(-(aA^b)^{-1})$$

지속 시간 (HR)	매개	평창강			위천			보청천		
		재현기간(년)			재현기간(년)			재현기간(년)		
		5	10	2	5	10	2	5	10	
1	M	0.441	0.591	0.784	0.265	0.269	0.263	0.472	0.516	0.539
	a	0.163	0.156	0.149	0.182	0.181	2.181	0.164	0.161	0.160
	b	0.433	0.404	0.365	0.570	0.571	0.572	0.579	0.590	0.598
2	M	0.353	0.489	0.560	0.140	0.127	0.120	0.372	0.408	0.426
	a	0.169	0.161	0.158	0.205	0.208	0.212	0.171	0.168	0.166
	b	0.413	0.427	0.432	0.589	0.520	0.508	0.549	0.596	0.628
4	M	0.136	0.185	0.236	0.132	0.130	0.103	0.206	0.271	0.315
	a	0.204	0.192	0.183	0.203	0.203	0.215	0.205	0.181	0.175
	b	0.490	0.555	0.551	0.403	0.401	0.439	0.610	0.615	0.580
6	M	0.091	0.166	0.240	0.089	0.084	0.074	0.172	0.226	0.265
	a	0.222	0.195	0.182	0.224	0.232	0.240	0.216	0.189	0.180
	b	0.491	0.450	0.424	0.460	0.490	0.491	0.579	0.590	0.570
10	M	0.055	0.141	0.345	0.024	0.061	0.096	0.112	0.180	0.235
	a	0.252	0.202	0.171	0.348	0.244	0.215	0.230	0.192	0.183
	b	0.533	0.343	0.271	0.631	0.420	0.373	0.519	0.472	0.465

정되지 않은 지역에서 면적우량환산계수를 추정하기 위한 하나의 유역특성인자로서 연평균강수량의 유역변동계수를 사용할 수 있으리라 판단된다.

- 본 연구에서 산정된 면적우량환산계수를 기존의 연구에서 산정된 면적우량환산계수와 비교해 본 결과 잘 일치됨을 확인할 수 있었고 기존의 연구에서 고려되지 않은 300km이하의 소유역에 대해 면적우량환산계수를 산정함으로써 설계 면적평균우량의 산정을 위해 실용적으로 사용될 수 있으리라 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 1991년도 기본연구 과제로 수행되었으며, 한국건설기술연구원의 이윤식원장님과 연세대학교의 조원철교수님, 그리고 수자원연구실 직원 여러분들께 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

- 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.
- Lindholm, O., "Norwegian Activities on Collection and Research on Rainfall Data," Proc. of the Specialised Seminar on Rainfall as the Basis for Design and Urban Runoff Analysis, IAHR, Copenhagen, Denmark, Water Science and Technology, Vol.16, No. 8/9, PP.199-205, 1984.
- Miller, J. F., Fredrick, R. H., and Tracey, R. J., "Precipitation Frequency Atlas of the Western United States," NOAA Atlas 2, National Weather Service, Silver Spring, Maryland, 1973.
- Myers, V. A., and Zehr, R. M., "A Methodology for Point -to-Area Rainfall Frequency Ratios," NOAA Technical Report NWS 24, 1980.
- Niemczynowicz, J., "An Investigation of the Areal and Dynamic Properties of Rainfall and its Influence on Runoff Generating Processes," Department of Water Resources Engineering, Lunds Institute of Technology/ University of Lund, Report No.1005, 1986.
- Plate, E., "Engineering Meteorology," Elsevier Scientific Publishing Company, The Netherlands, 420PP., 1982.
- 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.
- 건설부, "한국확률강우량도의 작성," 수자원관리기법 개발 연구조사보고서, 제2권, 1988.
- 이길춘, "지점우량의 지역빈도해석에 관한 연구," 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1987.