

# 한강 및 낙동강 유역평균 월강수량의 기후 특성 분석

## Climatological characteristics of area averaged monthly precipitation on Han- and Nakdong-river basins for 1954-2002

백희정\*, 권원태\*\*

Hee-Jeong Baek, Won-Tae Kwon

### 요 지

강수량의 대부분이 여름철에 집중적으로 내리는 우리나라의 경우 경제기반에 필요한 용수 확보를 위한 댐 수위 조절 등의 수자원 관리를 위해서는 강수량의 장기예측이 매우 중요하다. 그러나 장기예측에 앞서 강수량의 기후 특성 분석은 예측을 위한 기반 자료로서 필요하다. 따라서 한반도 기상 관측소 자료로부터 1954년부터 2002년 49년동안 한강과 낙동강 유역의 유역평균 월강수량의 기후특성을 분석하였다. 유역평균 월강수량은 Thiessen 가중법을 사용하여 산출되었으며, 4월 유역평균 강수량은 감소 경향이 뚜렷하고, 8월 유역평균 강수량은 증가 경향이 매우 뚜렷하였다. 또한 두 유역에 있어서 1970년 중반에 유역평균 월강수량의 변동에 변화가 나타났다. NINO3 지수와 한강과 낙동강 유역평균 월강수량 편차와의 동시상관관계에서 유역평균 9월 강수량은 NINO3 지수와 지속적인 음의 상관을 보였고, 11월 유역평균 강수량과는 양의 상관이 크게 나타났다. 우기 동안 한강 유역평균 월강수량의 극한 사상의 종관 특성 분석을 위한 합성도에서 다우해(above normal year)인 경우에는 주로 대륙에 1000 hPa 고도의 음의 편차, 해양에 양의 편차의 중심이 놓여 있어 다우 시기는 북태평양 고기압의 강화와 관련됨을 알 수 있었다. 또한 8월 유역평균 강수량은 한반도 상공의 제트 강화와 관련되어 있었으며, 9월 유역평균 강수량의 경우에는 제트 출구의 북쪽에서의 양의 편차, 남쪽에서의 음의 편차 및 하층 바람장의 수렴과 관련되어 나타났다.

핵심용어: 유역평균 강수량, 엘니뇨, 극한 강수 사상

### 1. 서론

한강 유역과 낙동강 유역은 그 면적이 각각 23,772 km<sup>2</sup>, 11,302 km<sup>2</sup> 으로 한반도에서 가장 넓은 유역에 해당한다. 따라서 이 유역의 수자원 관리는 주변 지역의 경제활동 및 재해 예방에 매우 중요하다. 특히 강수량의 대부분이 여름철에 집중적으로 내리는 우리나라의 경우 경제기반에 필요한 용수 확보를 위한 댐 수위 조절 등 유역의 수자원 관리를 위해서는 강수량의 장기예측이 매우 중요하다. 그러나 장기예측에 앞서 유역의 강수량의 기후 특성 분석은 예측을 위한 기반 자료로서 필수적이다.

한반도 강수량과 관련된 연구에 있어서 기상청 관측 지점 각각에 대해서 또는 한반도 지점 평균에 대하여 주로 여름철 강수와 장마 특성에 대한 연구가 많이 이루어졌다. (윤원태 등, 2001; 박순웅, 1988; 하경자, 2003). 이들은 주로 한반도 여름철 강수량 변동과 대규모 순환장과의 연관성 분석으로부터 여름철 강수에 영향을 미치는 요인을 밝히는데 주력하였다. 그러나 수자원적인 측면에서는 주로 한강 유역이나 남강댐 유역에 있어서 유역내 지점 강수량의 강수 분포 특성을 분석하였다 (박준일, 1995; 이동률과 정상만, 1992).

\* 정희원 · 기상연구소 기후연구실 기상연구사 · E-mail: [hibae@metri.re.kr](mailto:hibae@metri.re.kr)

\*\* 정희원 · 기상연구소 기후연구실 실장 · E-mail: [wontk@metri.re.kr](mailto:wontk@metri.re.kr)

이 연구에서는 Thiessen 가중법을 이용하여 한반도 기상관측소 자료로부터 한강과 낙동강 유역에 대한 유역평균 월강수량을 산출하고, 이들의 기후 특성과 대규모 순환장과의 연관성을 살펴보았다.

## 2. 자료 및 분석 방법

### 2.1. 자료

이 연구에서 자료 분석 기간은 1954년부터 2002년까지이며, 사용된 월강수량 자료는 1973년부터 관측 자료를 보유하고 있는 섬지역을 제외한 한반도내 56개 기상 관측 지점 자료로서, (그림 1) 그림 1의 붉은 점으로 표시된 12개 지점만이 1972년 이전 자료가 있다. 유역평균 월강수량 자료는 분석기간인 1954-2002년 49년의 평균값에 대한 편차값으로 변환되어 분석에 사용되었다. 또한 유역평균 월강수량의 변동과의 연관성을 살펴보기 위해서 NCEP/NCAR 재분석 자료를 사용하였으며, 이 자료들은 또한 월강수량과 같은 기간에 대한 평균값에 대한 편차값으로 변환되었다. 또한 영국해들리센터의 HadISST1(Rayner et al., 2003) 해수면 온도 자료로부터 90W-120W, 5S-5N 지역 평균된 해수면 온도 편차값을 NINO3 지수로 정의하여 사용했다.

### 2.2. 유역평균 월강수량 산출

일반적으로 유역평균 강수량 자료는 강우-유출 모형의 입력자료 등과 같이 수문 분석에 주로 사용된다. 정확한 유역평균 강수량 산정은 강수량의 공간적 분포에 대한 대표성을 지닌다. 지점 강수량을 유역에 걸친 공간적 형태로 전환하기 위하여 산술평균법, Thiessen법, 등우선법 등이 주로 이용되고 있으며, 최근 GIS를 이용한 방법이 도입되고 있다 (박종영 등, 2001). Singh 등 (2002)은 유역평균 강수량 산출을 위해서 산출 평균법을 사용하였으며, 여기서는 Thiessen법을 이용하였으며, 1954년부터 2002년까지 유역평균 월강수량을 산정하는 방법은 다음과 같다. 그림 1에서 한반도내 주요 5대강 유역을 보여주고 있으며, 표 1에는 한강과 낙동강 유역 내에 위치한 관측지점과 가중값이 나타나 있다. 각 유역에 대하여 관측지점의 Thiessen 가중값을 적용하여 1954-1972년 기간에 대한 유역평균 월강수량 시계열 자료를 산출하였다.

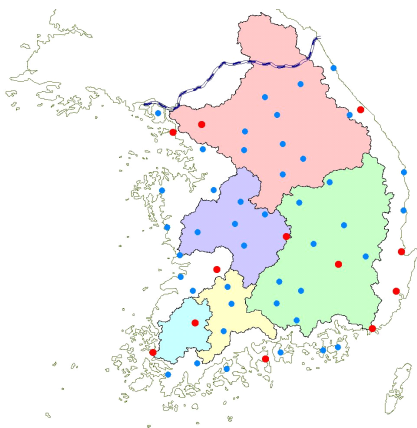


그림 1. 남한내 주요 5대강 유역과 기상관측소의 분포도.

표 1. 5대강 유역내의 관측소 위치와 Thiessen 가중값

한강유역		낙동강 유역	
관측지점	가중값	관측지점	가중값
대관령(100)	0.1128	대구(143)	0.1382
춘천(101)	0.1544	진주(192)	0.0676
서울(108)	0.0915	영주(272)	0.1289
원주(114)	0.0585	점촌(273)	0.0829
충주(127)	0.0924	의성(278)	0.1488
양평(202)	0.0684	선산(279)	0.0999
이천(203)	0.0607	영천(281)	0.1134
인제(211)	0.1825	거창(284)	0.0689
홍천(212)	0.0625	합천(285)	0.0884
제천(221)	0.1162	산청(289)	0.0631

## 2.2 분석 방법

유역별 유역평균 월강수량의 변동 특성을 파악하기 위해서 회귀분석, 상관분석, 과엽변환을 이용한 주기분석을 수행하였다. 또한 우기동안 유역별 극단 강수 사상의 특성을 파악하기 위해서 NCEP 재분석 자료를 사용하여 다우해와 과우해에 대한 합성도를 분석하였다.

## 3. 결과

### 3.1 한반도 연평균 강수량 분포

유역평균 월강수량의 기후특성을 분석하기 이전에 한반도 전역에 대한 56개 기상 관측 지점에 대해서 1973년부터 2002년 30년 평균 연평균 강수량의 공간적 특성을 살펴보았다. 한반도 남부 지방과 경상북도 내륙에서 연강수량이 가장 적다. 최고값은 거제에서 30년 평균값이 1812 mm이고 최저값은 의성에서 975 mm로 나타났다. 남부지방은 장마와 태풍의 영향으로, 영동지방은 태풍의 영향으로 연강수량이 매우 높게 나타났다.

### 3.2. 한강 및 낙동강 유역평균 월강수량의 변동 특성

그림 2는 한강(굵은 선)과 낙동강(얇은 선) 유역평균 월별 강수량의 시계열과 회귀분석으로 얻어진 변화경향을 보여주고 있다. 두 유역에 대한 시계열 자료로부터 약간의 차이는 있으나 유역평균 월강수량의 경년변동은 비교적 유사한 양상을 보이고 있다. 월별 유역평균 강수량은 대부분 달에서는 뚜렷한 증감이 나타나지 않으나, 4월 유역평균 강수량은 감소 경향이 뚜렷하고, 8월 유역평균 강수량은 증가 경향이 매우 뚜렷하다. 또한 두 유역에 있어서 일부 달에 1970년 중반에 유역평균 월강수량의 변동에 변화가 나타났다. 여기서 보이지는 않았지만 이는 주기분석에서도 나타났으며, 유역평균 월강수량에 대한 과엽변환 분석을 이용한 주기분석으로부터 탁월 주기의 변화가 1970년대 중반에 나타났다.

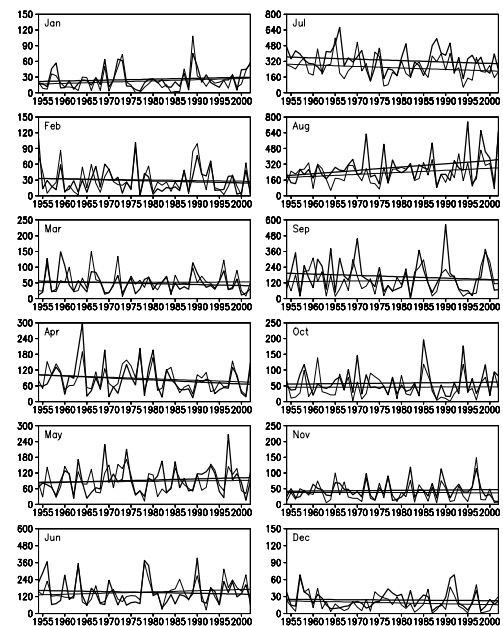


그림 2. 한강과 낙동강 유역평균 월별 강수량의 시계열과 변화경향.

### 3.3. 한반도 유역평균 강수량과 엘니뇨와의 관련성

그림 3은 NINO3 지수와 한강 (굵은 실선) 및 낙동강 (얇은 실선) 유역평균 월강수량 편차와의 동시상관도이다. 그림에서 점선은 95% 신뢰도에서 유의한 상관계수를 나타내고 있다. 유역평균 9월 강수량은 NINO3 지수와 지속적인 음의 상관을 보이고 이러한 양상은 오현택 등 (2003)에 의해서도 분석된 바 있다. 또한 11월 유역평균 강수량은 양의 상관이 뚜렷하며, 이 값은 95% 신뢰도에서도 유의하다. 그러나 유역평균 1월 강수량의 경우는 엘니뇨와 상관관계가 양에서 음의 관계로 변하였다 이는 앞에서 나타난 1970년대의 탁월 주기의 변화와 연관되어 있다고 볼 수 있다. 특히 유역평균 8

월 강수량의 경우 1970년대 중반 이전까지 양의 상관관계가 매우 높았으나 이후에는 거의 관련성이 나타나지 않았다.

### 3.4 극단 강수 사상시의 대규모 순환장 특성

한강과 낙동강 유역평균 월강수량 편차 자료로부터 cumulative gamma distribution을 구하여 10%에 해당하는 값보다 작은 값을 갖는 해는 below normal year, 90%에 해당하는 값보다 큰 값을 갖는 해는 above normal year로 정의하였다. 49년동안 최다 강수량은 한강 유역에서는 1995년 8월에 752mm, 낙동강 유역에서는 2002년 8월에 667mm에 나타났고, 최소 강수량은 한강과 낙동강 유역의 경우에는 1977년 2월에 0.8 mm 이내로 나타났다.

다우해 (above normal)와 과우해 (below normal year)시의 대규모 순환장의 특성을 살펴보기 위해서 1000 hPa 지위고도 편차, 1000 hPa 온도 편차, 200 hPa 고도의 동서바람 편차, 850 hPa 바람 편차장에 대한 합성도를 살펴보았다. 그림 4는 한강 유역평균 6월부터 9월 강수량에 대한 합성도를 나타내고 있다.

다우해인 경우에 1000 hPa 고도 편차장의 공간적 분포에서는 주로 대륙에 음의 편차, 해양의 양의 편차의 중심이 놓여 있어 다우 시기는 북태평양 고기압이 강화와 관련됨을 알 수 있다. 또한 상층 동서 평균 바람장을 살펴보면 특히 8월 유역평균 강수량은 한반도 상공의 제트 강화와 관련됨을 알 수 있으며, 9월 유역평균 강수량의 경우 제트 출구의 북쪽에서의 양의 편차, 남쪽에서의 음의 편차 및 하층 바람장의 수렴과 관련됨을 알 수 있다.

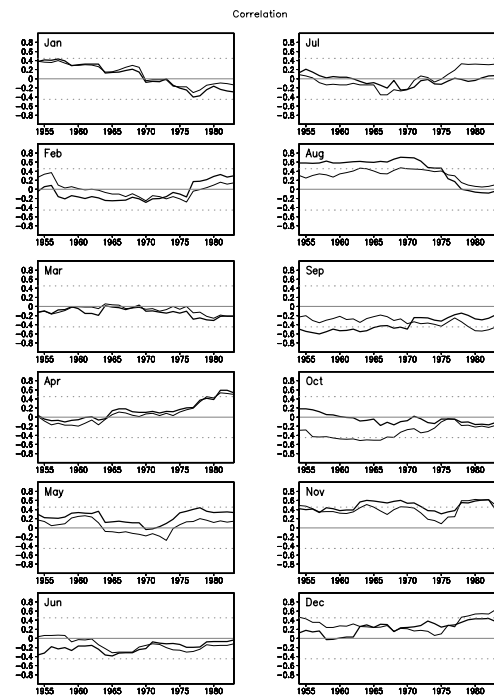
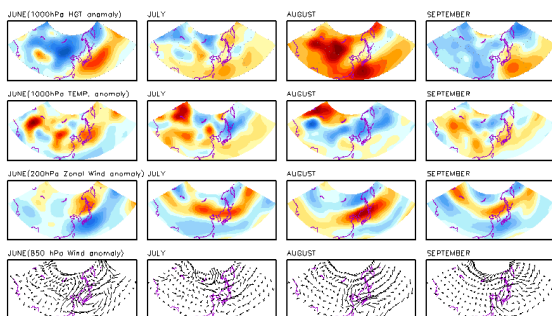


그림 3. 월별, 유역별 한반도 유역평균 월 강수량과 Nino3 지수와의 20년 이동 상관관계.

(a) above normal year



(b) below normal year

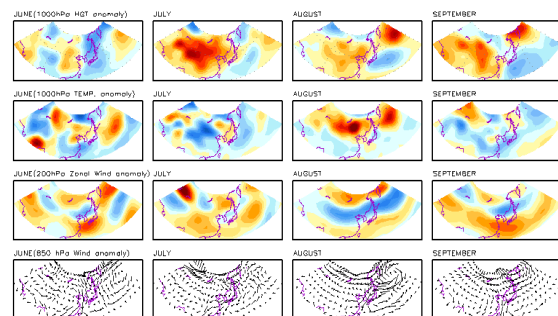


그림 4. 한강 유역의 유역평균 6월, 7월, 8월, 9월 강수량의 (a) above normal year와 (b) below normal year에 대한 합성도. 위로부터 1000 hPa 지위고도 편차, 1000 hPa 온도 편차, 200 hPa 고도의 동서바람 편차, 850 hPa 바람 편차장.

#### 4. 결론

1954년부터 2002년까지 49년동안 한강과 낙동강 유역의 유역평균 월강수량의 기후특성을 분석하였다. 유역평균 월강수량은 Thiessen 가중법을 사용하여 산출되었으며, 산출된 시계열 자료로부터 두 유역에서의 유역평균 강수량의 경년 변동 특성은 매우 유사하며, 4월 유역평균 강수량은 감소 경향이, 8월 유역평균 강수량은 증가 경향이 매우 뚜렷하였다. 또한 두 유역에 있어서 일부 달에 1970년 중반에 유역평균 월강수량의 변동에 변화가 나타났다. NINO3 지수와 한강과 낙동강 유역평균 월강수량 편차와의 동시상관관계에서 유역평균 9월 강수량은 NINO3 지수와 지속적인 음의 상관을 보였고, 11월 유역평균 강수량은 양의 상관이 95% 유의수준에서 유의하게 나타났다. 우기 동안 한강 유역평균 월강수량의 극한 사상의 대규모 순환장의 분석을 위한 합성도에서 다우해인 경우에는 주로 대륙에 1000 hPa 고도의 음의 편차, 해양에 양의 편차의 중심이 놓여 있어 다우 시기는 북태평양 고기압이 강화와 관련됨을 알 수 있었다. 또한 특히 8월 유역평균 강수량은 한반도 상공의 제트 강화와 관련되어 있으며, 9월 유역평균 강수량의 경우 제트 출구의 북쪽에서의 양의 편차, 남쪽에서의 음의 편차 및 하층 바람장의 수렴과 관련되어 나타났다. 여기서는 보이지 않았으나 9월 유역평균 강수량은 특히 적도 동태평양 해수면 온도의 음의 편차와 관련되어 있으며, 특히 엘니뇨 시기에 강수량이 적게 나타나는 경향이 크게 나타났다. 그러나 극한 강수 사상과 종관장의 관련성에 대한 역학적 규명이 더 이루어져야 할 것이다. 이러한 한강 및 낙동강 유역평균 월강수량의 기후 특성 분석은 월강수량의 장기예측을 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

이 연구는 과학기술부 지원으로 수행하는 21세기프론티어연구개발사업(수자원의지속적확보기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 박종영, 이정식, 이재준, 전병국 (2001). GIS를 이용한 중소하천 유역에서의 유역평균강수량 산정방법의 비교 - 위천유역을 중심으로 -, 2001년 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp.194-199.
2. 박순용, 안현주, 전영신 (1988), 1985년 장마기간에 동부 아세아 지역의 대기 순환의 시간적 변화, 한국기상학회지, 제25권, 제3호, pp. 168-191.
3. 박준일 (1995). 남강델타유역에 있어서 강우분포의 변화, 한국수자원학회지, 제28권, 제1호, pp. 91-106.
4. 오현택, 권원태, 이우성 (2003). 엘니뇨 발달시 한반도 9월 강수량 변동, 대기지, 제13권, 제1호, pp. 314-317.
5. 윤원태, 박정규, 이재원, 이현수, 민승기 (2001) 1998년 여름철 한반도 집중호우 특성 분석, 한국기상학회지, 제37권, 제2호, pp. 181-194.
6. 이동률, 정상만 (1992). 한강유역 강우의 시·공간적 특성, 한국수문학회지, 제25권, 제4호, pp. 75-85.
7. 하경자, 박성규, 김기영 (2003). 한반도 주변의 하계 강수량의 경년변동과 이에 연관된 동아시아 순환의 특성, 한국기상학회지, 제39권, 제5호, pp.575-586.
8. Singh, N., S.-K. Baek, and W.-T. Kwon (2002). Seasonal/Subseasonal Rainfall Prediction Through Time Series Modelling and Extrapolation Using Harmonic Analysis. Korean Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 131-145.