

제주지방의 집중호우 경향 분석

유종인·방익찬
제주대학교 해양학과

Heavy Rainfalls in the Cheju-Do for 10 years('88-97)

Chong-In Yoo and Ig-Chan Pang

Department of Oceanography, Cheju National University, Cheju-Do 690-756, Korea

The characteristics of occurrence frequency of heavy rainfall in Cheju Island, Korea during 1988-1997, are analysed with 24-hour precipitation data more than 80mm and 150mm a day. The analysed data of the each case($\geq 80\text{mm/day}$) was observed at 33 stations during the latest 5 years(1993-1997).

It was found that the most frequent area of heavy rainfall was the southeast of Cheju Island. As results, The upwind regions of Mt. Halla have more heavy rainfall than the downwind ones except some cases and Cheju Island has much more rainfall than the precipitation predicted by the synoptic pressure system.

Key word : heavy rainfalls, Cheju Island, synoptic analysis, case analysis.

서론

기상현상 중에서 강수현상은 관측과 예보에서 모두 우리의 중요한 관심사중의 하나이며, 특히 집중호우는 막대한 피해를 주는 기상재해로서 특별한 관심의 대상이다. 제주지방에서는 지하수 및 증산간 지대의 개발에 따른 도내 전역의 강수 분포에 대한 정보는 매우 중요하며, 그 수요가 빠른 속도로 증가하고 있다.

따라서 재해방지는 물론 산업정보 차원에 있어서 제주지방의 집중호우 연구는 그 동안의 사례에 관한 분석과 함께 예보기법의 개발이 최대 우선 과제이다. 이와 관련된 국내 연구로 윤동(1988)은 미관측 지점에 대한 강우분포와 지형특성간 관계를 규명하였고, 이 동(1987)은 우리나라의 호우 발생 빈도 조사(1973 -1985 : 13년)에서

제주지방의 80-150mm미만의 호우 발생일수가 50일, 150mm이상은 14-20일 이라 하였다. 또한 윤동(1988)은 제주도의 접지층 기상특성 조사 I(1987), II(1988)에서 격자형 지형기후도를 이용, 미관측 지점에 대한 기상정보 즉 기온, 강수량을 손쉽게 산출할 수 있도록 하였다.

외국의 관련 연구로는 Landsberg(1958)가 산악 지역에서 강수분포를 조사하면서 풍상층(風上層)에서는 년 평균 강수량이 100m고도마다 약 60mm씩 증가하며, 풍하층(風下層)에서 그 증가정도가 둔화된다고 하였다. James(1964)와 Hovind(1965)는 풍속에 따라 산악지역의 강수분포가 다르게 나타남을 지적하였다. Fujita(1967)는 원추형의 Mt. San Francisco에서 관측한 자료를 분석한 결과, 산 정상을 중심으로 호우 강도가 다르게 나타난다고 하였다.

이 연구의 목적은 최근 10년간의 일강수량이

80mm와 150mm이상의 빈도 수를 조사하였고, 1993년부터 설치된 AWS(Automatic Weather System)의 자료가 축적됨에 따라 최근 5년 동안 33개소의 관측지점 강수량 자료를 이용하여 실질적인 강수 분포도를 작성하여 산업정보로 이용하며, 강수 예측을 위한 관측 시그널(signal)과 경향을 파악하고자 하였다.

기관자료로 총 33개의 관측지점이다(Fig. 1).

결과 및 고찰

호우의 발생 빈도

1973-1985년까지 13년 동안의 총 호우 발생 빈도는 80-150mm가 약 50일이고, 150mm이상은 서부지역이 14일, 동부가 20일이다(이 등, 1987). 본 논문에서도 최근 10년 동안 분석한 결과도 Table 1과 같이 비슷한 경향으로 나타났으며, 일 강우량이 80mm이상의 호우 일수는 년 평균 6.6일에 불과하다. 계절별로는 여름철에 태풍, 장마, 대류 불안정으로 54.5%를 차지하지만 4-5월과 10-11월에도 25.8%, 특히 150mm이상이 33.3%를 나타낸 것은 주목 할만하다. 계절별 호우 발생 빈도는 여름, 가을, 봄 순서인 것은 이 등(1987)의 결과와 일치하였다.

또한 1996년에 이어 1997년에도 12월에 제주지

자료 및 분석 방법

1988년부터 1997년까지 제주도내 기상청 산하 기관 4개소 중 1개소 이상의 관측소에서 일 강수량이 80-150mm와 150mm이상인 호우 발생일수를 수집하였다. 또한 지역별 강수 분포에 따라 6개의 유형으로 분류하였고, 그 유형별 사례(case)를 선정하여 분석했으며, 이 때에 사용된 자료는 1993년부터 1997년까지 최근 5년 자료로서 4개의 기상청 기관과 9개의 AWS, 그리고 방재(防災) 차원의 우량관측을 실시하는 20개의 제주도청 산하

Table 1. Annual occurrence frequency of heavy rainfall in Cheju Island during 1988-1997

Division of heavy rain(P)	Year										Total
	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	
80 ≤ P ≤ 150 mm	4	4	8	7	2	3	5	4	4	4	45
150mm ≤ P	1	1	1	1	3	2	4	5	1	2	21
80mm ≤ P	5	5	9	8	5	5	9	9	5	6	66

Table 2. Monthly occurrence frequency of rainfall in Cheju Island during 1988-1997

Year	Month												T
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1988				1		2	1	1					5
1989					1	1	1		1	1			5
1990		1				1	1	1	4	1			9
1991					3	2	1	1	1				8
1992					1		1	3					5
1993			1			1		3					5
1994				1	1	2		3	1	1			9
1995			1		1		4	2	1				9
1996				1		1		1		1		1	5
1997				1			1	1			2	1	6
80mm ≤ P	-	1	2	4	7	10	10	16	8	4	2	2	66
150mm ≤ P	-	-	-	1	3	1	6	6	1	2	1	-	21

제주지방의 집중호우 경향 분석

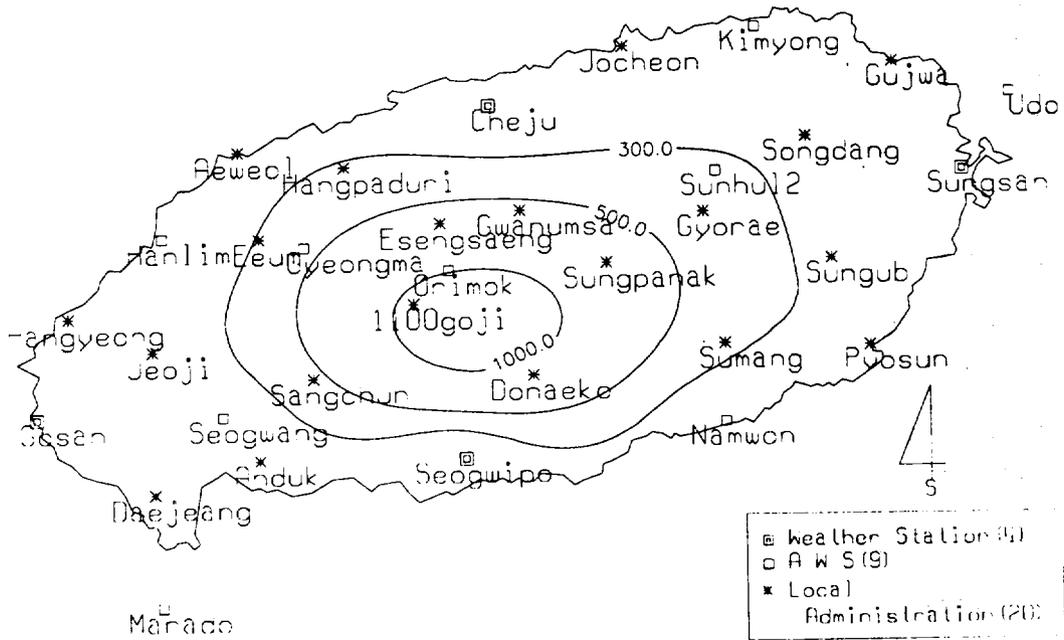


Fig. 1. Weather observation positions in Cheju Island

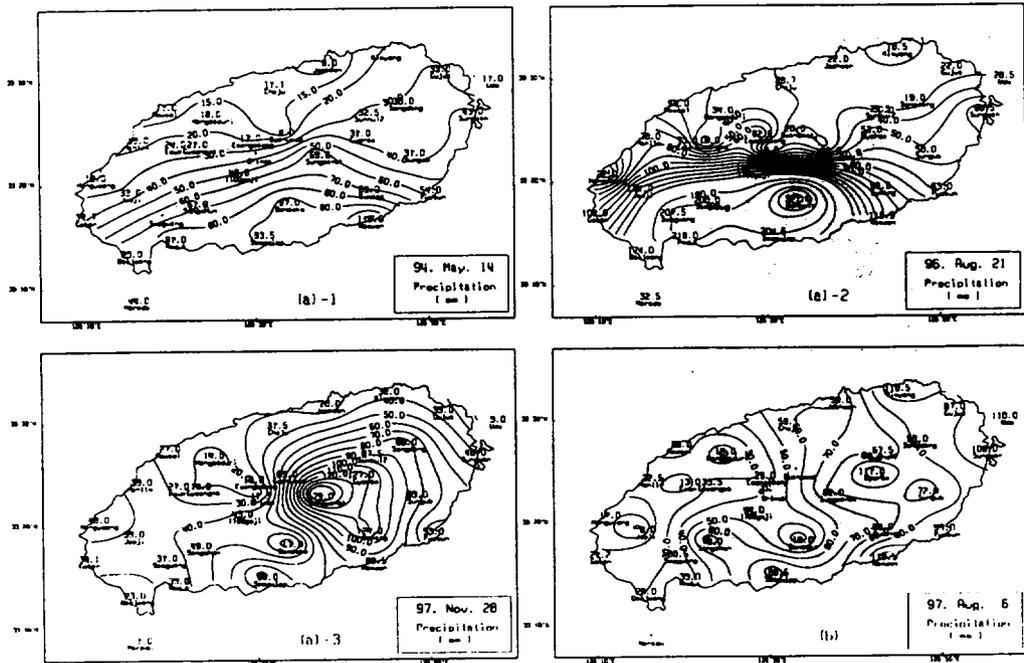


Fig. 2. Distribution of the rainfall amount (mm) in Cheju Island :
 (a)-1 : SC, (a)-2 : SW, (a)-3 : SE, (b) : EE

방에 집중호우가 출현한 것은 최근의 엘니뇨에 의한 기후학적 원인을 배제하고도 매우 흥미로운 관심사항이다(Table 2). 지역별로는 총 66회중 중복되는 부분을 추가해서 그 빈도를 조사하면 서귀포가 42회로 가장 많았고, 성산, 제주, 고산 순서로 각각 30, 22, 13회였다.

유형별 분류

AWS가 설치된 '93년부터 5년 동안의 사례(case) 34회를 강수량이 지역별로 분포된 모양에 따라 아래와 같이 6개의 유형으로 구분하여 유형별 바람과 기압과의 관계를 조사하였다. 따라서 유형별로 나누어 분류한 결과, 남부지역이 50%로 가장 많았고, 특히 SE형이 32%로 뚜렷한 case로 나타나고 있었다(Table 3).

1. 남부지역에 다우형(多雨型)

- 가. SC형(South-Coast) : 남부지역 해안으로만 편중 다우형(Fig. 2 (a)-1)
- 나. SW형(South-West) : 남부지역과 서부지역

- 편중 다우형(Fig. 2 (a)-2)
- 다. SE형(South-East) : 남부지역과 동부지역 편중 다우형(Fig. 2 (a)-3)
- 2. 동부지역 다우형(多雨型)
- 라. EE형(East-East) : 성산을 중심으로 동부지역 편중 다우형(Fig. 2 (b))
- 3. 북부지역에 다우형(多雨型)
- 마. NE형(North-East) : 북부지역으로 편중 다우형(Fig. 3 (a)-1,2)
- 4. 산 정상 다우형(多雨型)
- 바. MC형(Mountain-Center) : 정상을 중심으로 북부(Fig. 3 (b)-1), 남부(Fig. 3 (b)-2) 지역에 각각 편중된 다우형(多雨型)

Table 3. Percentage and frequency of the 6 patterns for heavy rainfall in Cheju Island during 1993-1997

유형	SW형	SE형	SC형	NE형	EE형	MC형	기타
빈도(수)	4	11	2	4	4	8	1
비율(%)	12	32	6	12	12	23	3

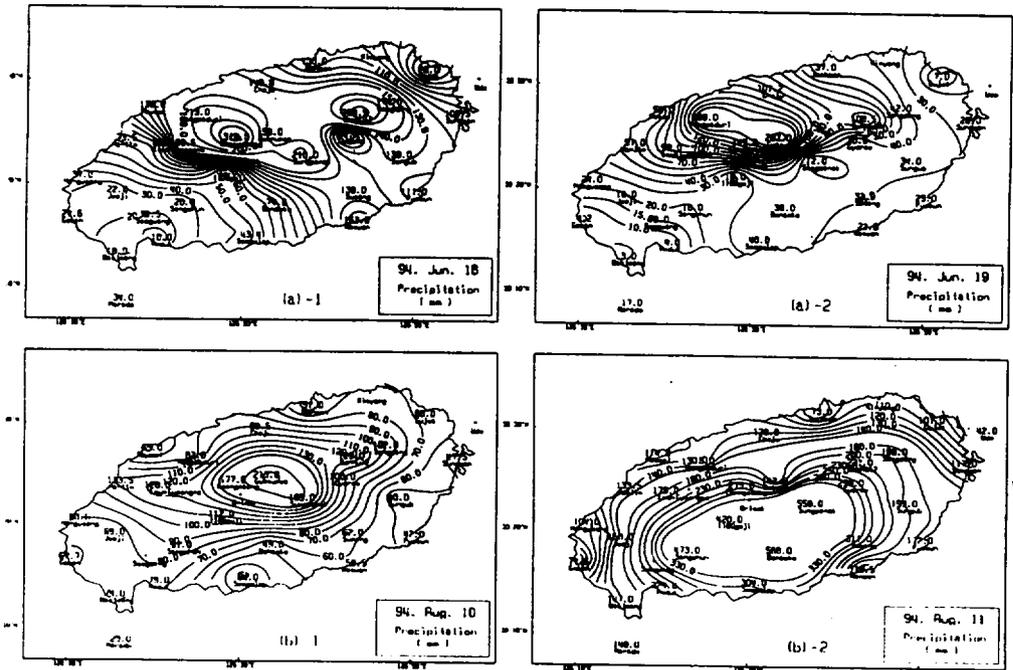


Fig. 3. Distribution of the rainfall amount (mm) in Cheju Island : (a)-1, (a)-2 : NE, (b)-1, (b)-2 : MC

제주지방의 집중호우 경향 분석

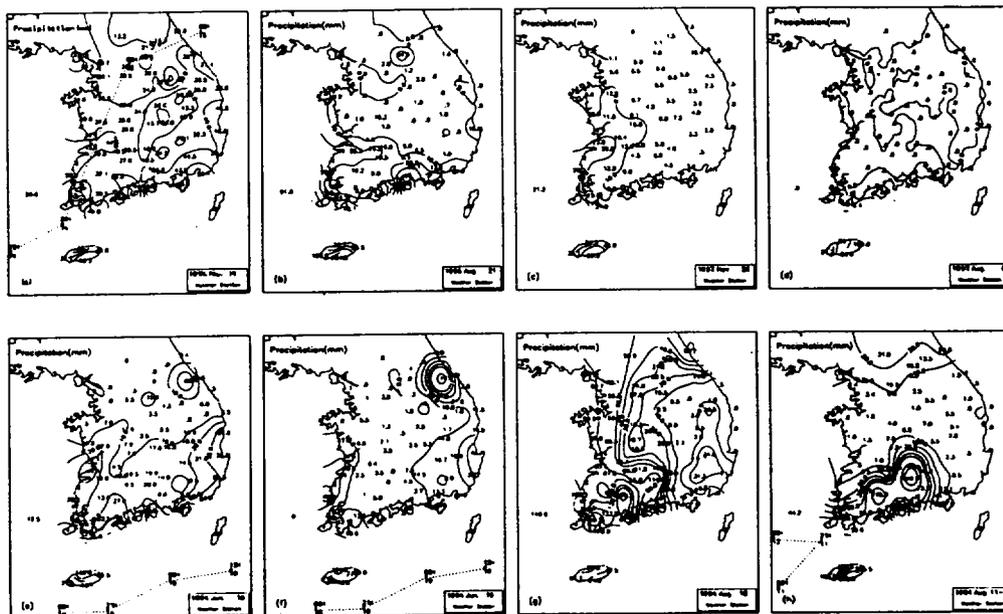


Fig. 4. Isohyets for daily total rainfalls of the each case in Fig. 2 and Fig. 3

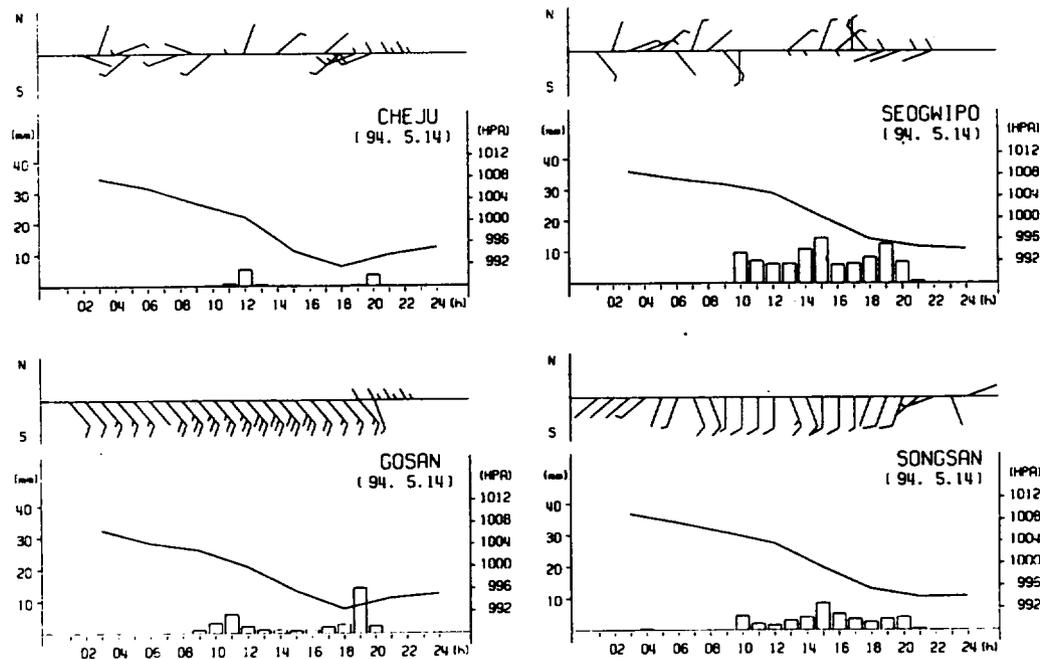


Fig. 5. Time section of hourly rainfall amounts (down box and left scale) and wind vector (over), and each 3 hourly pressure (center line and light scale) observed at Cheju city, Seogwipo city, Gosan, Songsan on 14 May, 1994.

유형별 case 분석

1. SC형(1994. 5. 14일 호우)(Fig. 2 (a)-1, Fig. 5)

- 기압계 동향 : 13일 09시에 중국 내륙지방에서 1002hpa로 시작한 저기압은 Fig. 4의 (a)와 같이 14일 15시에 제주도 서쪽해상을 지나, 제주도 북쪽으로 통과하였다. 따라서 이때의 바람은 한라산을 중심으로 제주도 남부지역이 풍상층(風上層 : 바람이 불어오는 방향)이 되고, 북부지역은 풍하층(風下層 : 바람이 불어 가는 방향)이 된다.

- 강수 경향 : Fig. 5와 같이 풍상층인 남부지역에 비가 주로 왔고, 주 강수대는 서귀포를 중심으로 해안지역이다. 고산에서 바람이 강해진 10시 이후로 비가 시작되었고, 최저기압(18시 이후)과 강수량은 무관하게 나타나고 있다.

2. SW형(1996. 8. 21일 호우)(Fig.2 (a)-2, Fig.6)

- 기압계 동향 : 뚜렷한 저기압이 없이 약한 기압골의 영향으로 서귀포가 204.6mm, 고산 100.0mm, 여수 91.0mm, 남해 60.0mm 등으로 전국적인 지역 차이가 컸다(Fig. 4(b)).

- 강수 경향 : 기압의 급격한 감소 없이 남서풍 계열의 풍상층인 서귀포, 고산에 주 강수대가 있고, 타 지역과의 강수 차이가 매우 크다. 또한 태풍 이상의 뚜렷한 중·대규모 기압계 없이 200-300mm 강수량의 원천은 우리의 최대 관심사이다.

3. SE형(1997. 11. 28일 호우)(Fig. 2 (a)-3, Fig. 7)

- 기압계 동향 : 일반적 겨울 기압 패턴(pattern)서 약한 기압골이 호남지방을 통과하면서 전국이 30mm미만의 강수량을 보이면서 제주 지방과는 많은 차이를 나타냈다(Fig. 4(c)).

- 강수 경향 : 전체적으로 동풍계열의 바람이 18시 이후로 남동풍이 강해지고, 강수량이 증가했다. 기압은 계속 하강이지만 발달한 저기압은 아니다. 반면 서귀포는 18시 이전 풍계가 계속 북풍계열인 것이 특이하다. 동풍계열의 풍상층인 성판악, 교래, 수방 지역이 100mm이상의 강수량을 보였다.

4. EE형(1997. 8. 6일 호우)(Fig. 2 (b), Fig. 8)

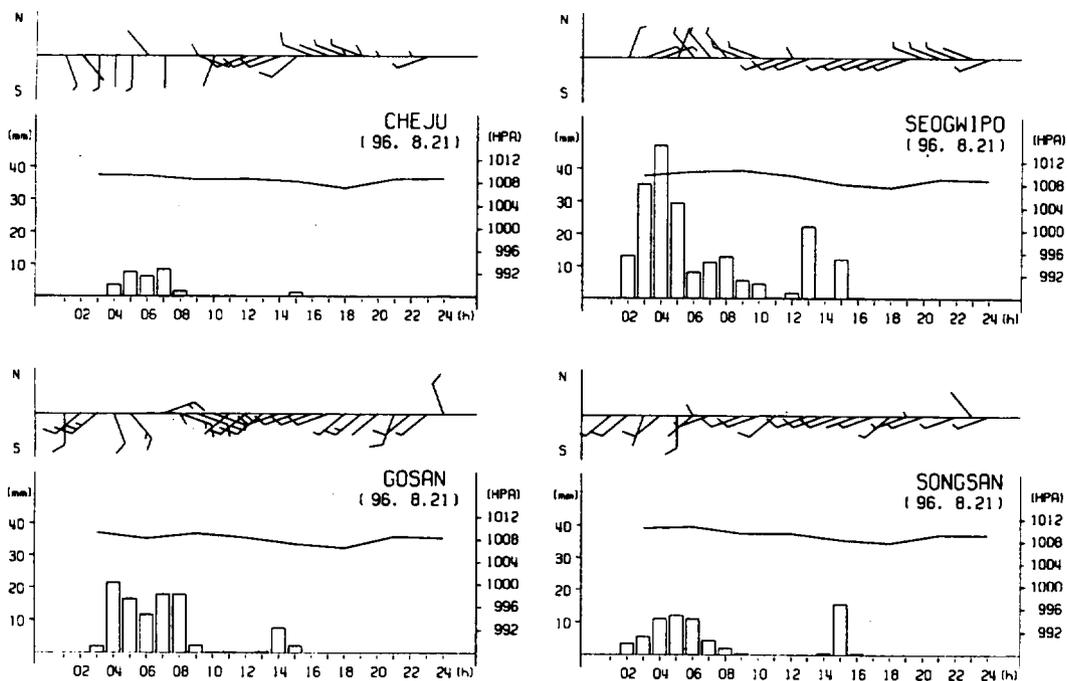


Fig. 6. Same as in Fig. 5, except 21 Aug. 1996.

제주지방의 집중호우 경향 분석

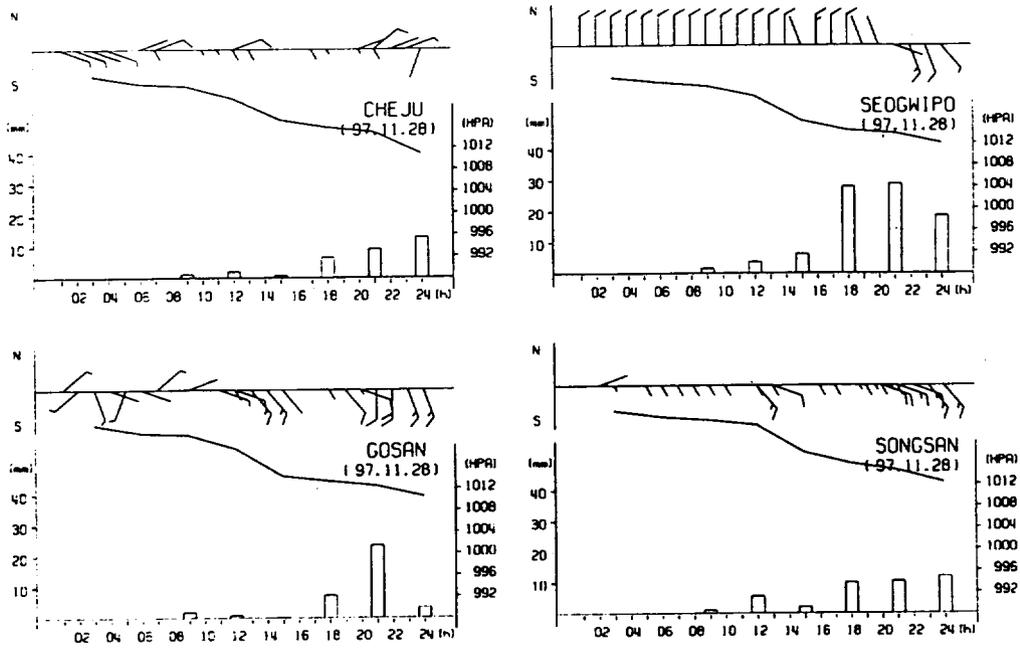


Fig. 7. Time section of each 3 hourly rainfall amounts (down box and left scale) and wind vector (over), and each 3 hourly pressure (center line and light scale) observed at Cheju city, Seogwipo city, Gosan, Songsan on 28 Nov. 1997.

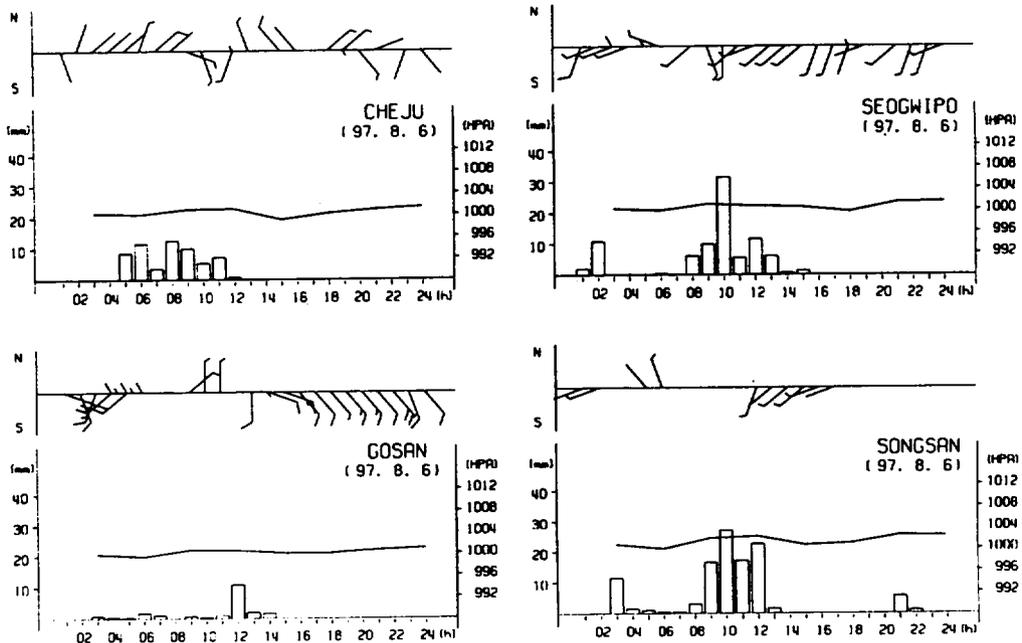


Fig. 8. Same as in Fig. 5, except 6 Aug. 1997.

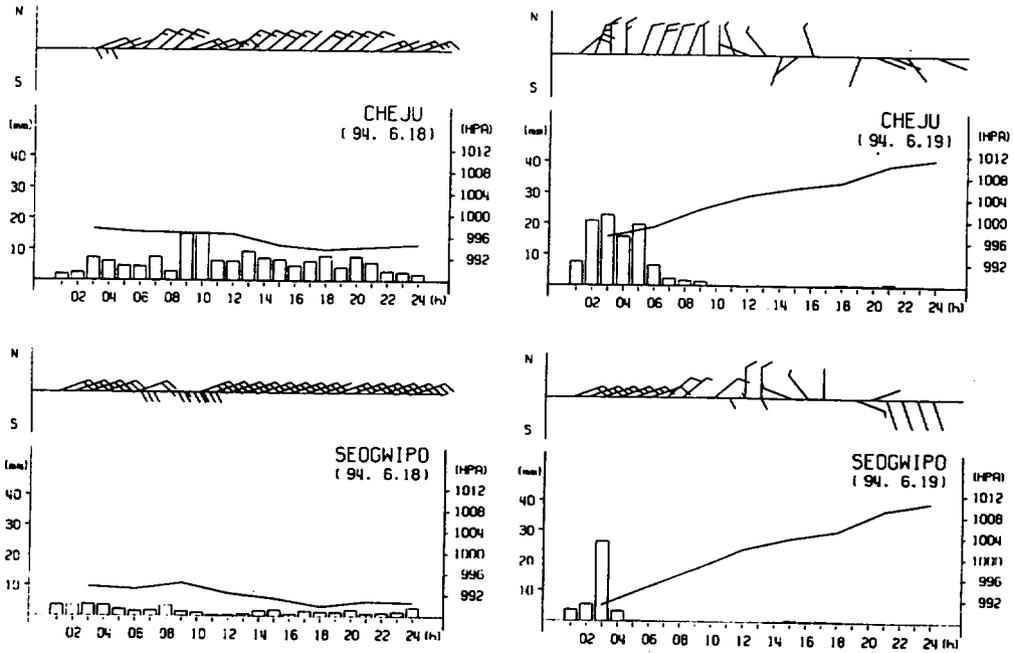


Fig. 9. Time section of hourly rainfall amounts (down box and left scale) and wind vector (over), and each 3 hourly pressure (center line and light scale) observed at Cheju city, Seogwipo city on 18-19 Jun. 1994.

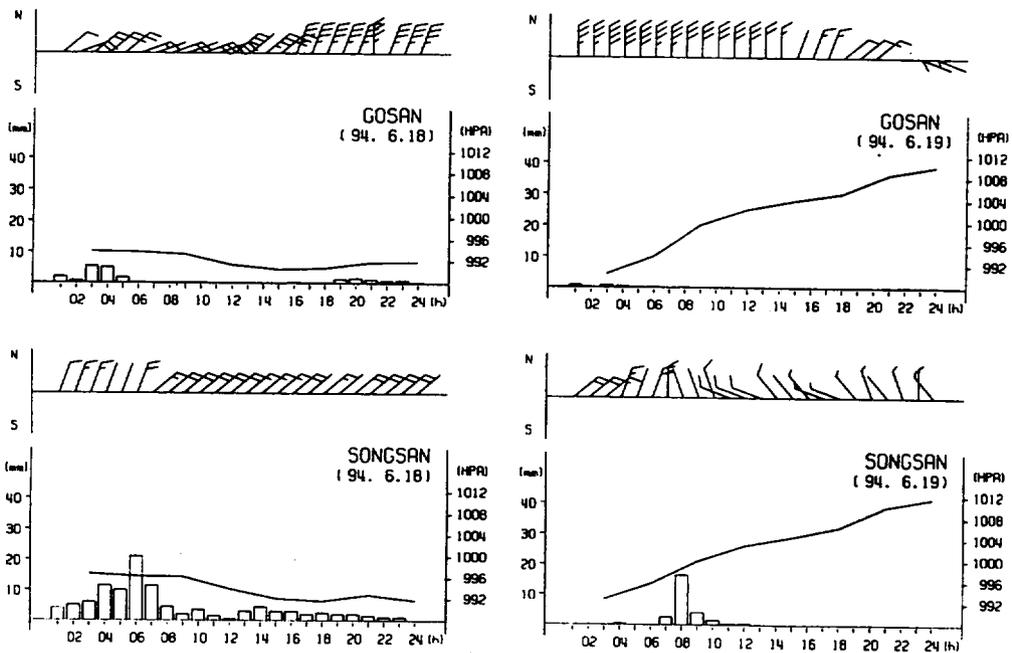


Fig. 10. Time section of hourly rainfall amounts (down box and left scale) and wind vector (over), and each 3 hourly pressure (center line and light scale) observed at Gosan, Songsan on 18-19 Jun. 1994.

제주지방의 집중호우 경향 분석

- 기압계 동향 : 전국적으로 5mm 내외의 강수량을 보였으나 제주도 동부 지역은 70-110mm까지 비가 내렸다(Fig. 4(d)).

- 강수 경향 : 뚜렷한 기압 변화가 없고, 바람이 약하면서 탁월한 풍계를 형성하지 못하였다. 중규모 이상의 기압계의 접근보다는 대류 불안정으로 인한 국지적 현상으로 5시간(8시-12시)만에 성산 지역에 약 100mm가 내렸다(Fig. 8).

5. NE형(1994. 6. 18-19일 호우)(Fig. 3 (a)-1·2, Fig. 9, Fig. 10)

- 기압계 동향 : 남중국 내륙지방에서 형성된 1000hpa의 저기압이 18일 09시에 제주도 서귀포 남쪽 해상까지 접근하여 19일 15시 대마도 남쪽 해상으로 아주 느리게 이동하고 있다(Fig. 4(e), (f)). 따라서 이때의 바람은 제주도 북부지역이 풍상층(風上層)이 되고, 남부지역은 풍하층(風下層)이 된다.

- 강수 경향 : 풍상층인 북부지역에 편중하여 강수량 분포를 보이고 있다. 주 풍계는 북동계열

이며, 서귀포는 바람이 10-12 m/s로 강하게 불어도 한라산 아래의 풍하층이므로 강수량이 매우 적고, 반면에 제주 북동풍이 4-8 m/s로 서귀포에 비해 상대적으로 약하지만 한라산 앞의 풍상층이기 때문에 강수량이 많다. 최저 기압에 도달하여 즉, 저기압이 가장 가까이 접근했을 때 강수량이 최대인 것은 아님을 Fig. 9에서 보여주고 있다. 또한 바람이 약해지면서 기압은 급격히 상승하고, 강수도 종료하였다.

6. MC형(1994. 8. 10-12일 호우)(Fig. 3 (b)-1·2, Fig. 11, Fig. 12)

- 기압계 동향 : 1994년 제13호 태풍 더그(DOUG)가 제주도 서쪽 140km해상에서 그 자리를 맴도는 정체현상을 보이다가 상해부근에서 소멸되는 이상 진로를 보였다. 이 태풍의 영향으로 10일 승주 217mm, 해남 191mm, 고흥 161mm의 강수량을 보이는 등 전남지방에 60-220mm 정도의 강수량 분포를 보였고, 풍상층에 위치한 지리산 남단지역에서는 국지적인 호우 현상을 보여

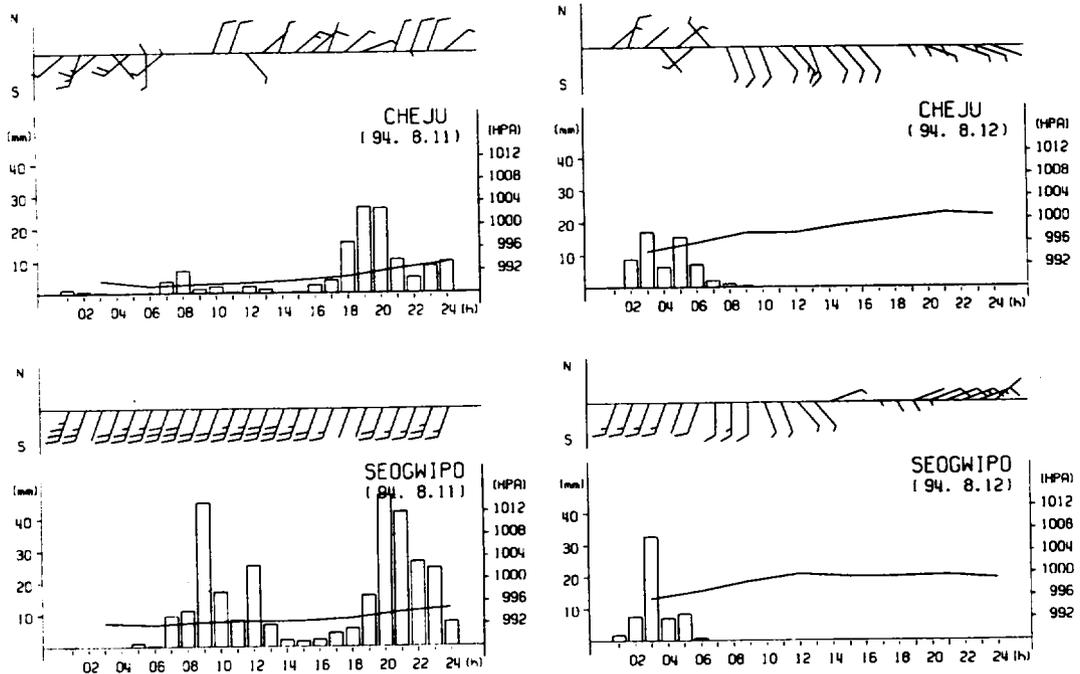


Fig. 11. Same as in Fig. 9, except 11 Aug. 1994.

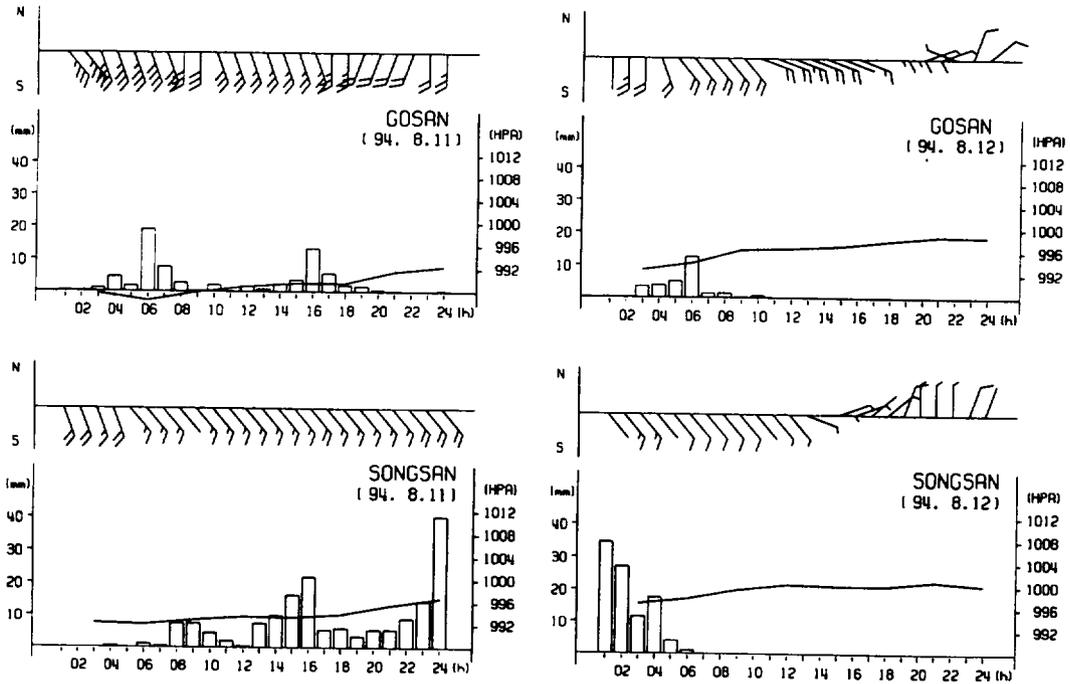


Fig. 12. Same as in Fig. 10, except 11 Aug. 1994.

많은 비가 왔다(Fig. 4(g)). 또한 11일에는 서남부 해안 일부지역에 100mm의 강수량을 보였고, 특히 제주도 지방에 많은 비가 내렸다(Fig. 4(h)).

- 강수 경향 : 8월 10-12일에 걸쳐 태풍의 영향으로 바람이 강하지만 풍계에 의한 풍상층에서의 강수보다는 제주 부근에서 거의 정체하고 있는 태풍 때문에 강한 강수대가 폭 넓게 위치하면서, 한라산에 의한 상승 효과와 혼합되어 산 정상울 중심으로 600-700mm강수량(Fig. 3(b)-2) 분포를 보이고 있다. 특히 11일 서귀포는 시간당 약 30-50mm의 강수량을 보이면서 일강수량이 304mm를 기록하였다.

결론 및 토의

제주지방의 집중호우 경향 분석에 있어서 최근의 실질적인 관측 자료를 가지고 그 경향을 분석한 결과 다음과 같은 사실을 확인하였다.

첫째, 제주지방의 집중호우는 년 평균 6.6일이

다. 따라서 그 빈도 수가 예상보다 훨씬 적으므로 다각적인 분석을 통해서 그 예측 정확도를 향상시켜야만 한다. 한편 제주지방에서 집중호우가 가장 많이 발생하는 지역은 서귀포시, 성산, 돈내코, 성판악 등 남동부 지역으로 32%를 차지하고 있다.

둘째, 풍상층과 풍하층이 서로 교대로 바뀌는 제주시와 서귀포시와 같은 남북지역은 집중호우 사례가 많이 나타났고, 고산과 성산의 동서지역은 상대적으로 작았다. 그리고 Fig. 4의 (a)~(f)와 같이 전국에 비해 제주도 지방은 중관분석(Synoptic analysis)에 의한 예상 강수량 보다 훨씬 많은 비가 내리는 것을 이 논문의 집중호우 사례분석을 통해 파악할 수 있었다. 따라서 위와 같은 결과들이 원추형 한라산에 의한 지형효과 즉, 산의 경사도, 풍상층과 바람의 강도 등이 어떻게 작용하여, 원래의 예상 강수에 어느 정도 증수(増水: an additional rainfalls) 효과가 있는지를 파악하는 것이 최대의 과제이다.

이 논문은 거시적인 관점에서 단순한 경향을 파악하는데 그쳤지만, 향후 더욱 더 세밀한 분석

제주지방의 집중호우 경향 분석

즉, 중규모 이상의 종관분석은 물론 한라산에 의한 지형효과의 역학적 분석과 함께 각종 관측 요소의 수평·수직적 분석이 요구된다.

요 약

1988년부터 1997년까지 제주도내 기상청 산하 기관 4개소 중 1개소 이상에서 관측한 자료중 일 강수량이 80mm와 150mm 이상인 호우 발생일수를 분석하였다. 또한 각 사례(case)별 분석자료는 최근 5년(1993-1997)동안 33개의 관측지점에서 관측한 실질적 자료이다.

분석한 결과에 의하면 첫째, 제주도 남동부 지역이 가장 집중호우가 많이 발생한다(32%). 둘째, 약간의 경우를 제외하고는 풍상층이 풍하층보다 집중호우가 더 많다. 셋째, 제주도 지방은 종관적 규모(예: 저기압, 태풍 등)에 의한 예상 강수보다 훨씬 많은 집중호우가 내린다.

참 고 문 헌

- 박순용, 정창희, 김성삼, 이동규, 윤순창, 정영근, 홍성길, 1986. 1984년9월 1-3일에 한국에서 발생한 호우의 종관적 특징 분석. 한국기상학회지, 22(1), 42-81
- 윤진일, 전영신, 이춘식, 유근배, 1988. 제주지방의 강우분포와 관측지점 지형 특성간의 관계. 기상연구소, 5(2), 43-50
- 이충구, 김우규, 김동호, 1987. 우리 나라 호우의 발생빈도 조사. 기상연구소, 4(1), 9-16
- Landsberg, H. E., 1958. Physical Climatology. 2nd ed. Gray Printing Co., Dubois, Pennsylvania, 446pp.
- Ogura, K., T. Asai and K. Dohi, 1985. A case study of a heavy precipitation event along the Baiu front in northern Kyushu, 23 July, 1982. Nagasaki heavy rainfall. J. Meteor.Soc. Japan, 63, 883-900
- Watanabe, H. and Y. Ogura, 1987. Effects of orographically forced upstream lifting on mesoscale heavy precipitation. A case study. J. Atmos. Sci., 44, 661-675