

# '98 대홍수 기간의 강우특성 분석

김 승

(한국건설기술연구원 수자원연구실 실장)

1. 서 론
2. 자료의 수집 및 정리
3. 기간별 주요호우의 발생현황
4. 지속기간별 강우강도 분석
5. 요약 및 결론

참고문헌



# '98 대홍수 기간의 강우특성 분석

김 승 한국건설기술연구원 수자원연구실 실장

## 1. 서론

금세기 최대의 엘니뇨 영향이 대기운동에 큰 영향을 미쳐 전 지구적으로 비 계절적 이상기상을 초래하였으며, 엘니뇨가 종료된 뒤 이 여파가 주로 중위도 지방으로 옮겨 와 특히 동아시아지역의 양쯔강 유역, 한국, 일본에 많은 비를 내리게 하였다. 우리나라에서는 1998년 7월 31일부터 8월 18일까지 대기층의 불안정과 양쯔강 유역으로부터 불어오는 습한 기류에 기인하여 전국적으로 집중호우가 내렸다 (기상청, 1998).

이 집중호우는 전국적으로 홍수를 유발하여 300명이 넘는 인명피해와 약 18만명에 달하는 이재민 그리고 1조 5천억원에 달하는 재산피해를 남겼다. 홍수피해의 직접적인 원인은 주로 설계를 초과한 엄청난 규모의 유량에 있었으며, 간접적으로는 이러한 유량을 유발시킨 기록적인 시간당 높은 강도의 강우에 있었다.

이번에 발생한 강우는 지속기간별로 우리나라 강우관측 역사상 최대값을 기록하였으며 앞으로 수공구조물의 설계에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 특히 장기간 동안 관측된 유량자료가 절대적으로 부족하여 홍수설계를 주로 강우량에 의존하고 있는 우리의 현실에서는 이번 강우의 특성을 분석하는 일이 무엇보다도 중요하다.

그러므로 본 원고에서는 '98 대홍수 기간 동안 전국에서 발생한 강우의 특성을 이해하기 위하여 강우의 시공간적 분포를 도시적 통계적으로 분석하여 기술하고자 한다.

## 2. 자료의 수집 및 정리

분석에 사용된 자료는 건설교통부가 운영하는 266개, 기상청이 운영하는 68개 등 총 334개 기상관측소에서 1시간 간격으로 수집된 것이다. 건설교통부의 관측소 개수를 유역별로 나타내면, 한강 91개, 낙동강 98개, 금강 42개, 섬진강 21개, 영산강 14개로서 이번에 집중호우가 발생한 지역에 비교적 많은 개수의 관측소가 설치되어

있으므로 강우의 특성을 파악하는 데 큰 어려움은 없다고 판단된다. 건설교통부의 관측소는 무인 자동관측시설로서 평지뿐만 아니라 높은 고도의 산지에도 설치되어 있으며, 기상청의 관측소는 유인 자동 및 수동시설로서 주로 평지에 설치되어 있다. 기상청의 자동기상관측소(AWS) 자료와 시군읍면의 강우자료는 현단계에서 충분히 수집하지 못하여 분석에 포함하지 않았다. 건설교통부의 자료는 한강홍수통제소를 통하여, 기상청의 자료는 기상자료 데이터베이스를 통하여 입수하였다. 기상청이 관측한 자료는 결측이 전혀 없었기 때문에 그대로 사용하였으며, 건설교통부가 관측한 자료 중에는 일부 결측된 자료도 포함되어 있었으며 결측부분은 강우가 없는 것으로 가정하였다.

### 3. 기간별 주요호우의 발생현황

이번 집중호우는 7월 31일부터 8월 18일까지 전국적으로 10개 지역에서 차례로 발생하였다. 기상청이 정리한 기간별 호우현황(표1)을 보면, 7월31일 22시부터 8월 1일 03시 사이에 지리산 일대에 돌발적인 집중호우가 발생하였으며, 8월 3일부터 8월 8일까지는 강화지방을 포함한 서울·경기 일원에서 집중호우가 여러 차례 발생하였다. 8월 8일부터 8월 9일 사이에는 충청남도 북부인 서산과 당진에서 집중호우가 발생하였으며, 8월 11일부터 8월 12일에는 보은과 상주 등 속리산 일대에서 높은 강도의 집중호우가 발생하였다. 8월 14일에서 8월 15일 사이에는 다시 서울 경기 지역에서 집중호우가 발생하였으며, 8월 15일부터 8월 18일까지는 충청남부와 전라남북도 지역에서 집중호우가 발생하였다. 이와 같은 연차적인 호우 발생현황은 1시간 최대강우량을 일별로 도시한 그림1에서도 찾아볼 수 있다.

이번 집중호우의 발생은 표1과 같이 10개 지역으로 구분하여 자세하게 설명할 수도 있지만, 크게 구분한다면 지리산 일대의 집중호우, 서울·경기·충청북부 집중호우 그리고 중부 지역 집중호우 등 3개로 구분할 수도 있다고 판단된다. 그림2는 이번 집중호우가 시작된 7월 31일부터 8월 2일까지의 총강우량을 건설교통부와 기상청의 334개 강우관측 자료를 취합하여 도시한 것이다. 그림2를 보면, 그 기간동안 지리산 일대에서는 적게는 150mm에서 많게는 350mm이상까지 강우가 내렸음을 알 수 있다. 그림3은 8월 3일부터 8월 9일까지 전국적으로 내린 총강우량의 등우선도를 나타낸 것이다. 등우선도는 총강우량이 적게는 50mm에서 많게는 850mm까지 극심한 차이를 보이고 있음을 보여준다. 특히 한강하류부에 등우선 간격이 좁게 나타나고 등우선 계곡이 강을 따라 나타난 것은 수분이 서해쪽에서 한강을 따라 거슬러 올라왔음을 보여준다. 같은 기간 동안에 충청북부 지역에도 호우

가 발생하였으나 부근에 관측소가 상대적으로 적어 등우선이 발생현황을 제대로 나타내지 못하고 있다고 판단된다. 그림4는 8월 10일부터 8월 15일까지 속리산을 중심으로 발생한 보은과 상주 의 호우를 나타내고 있다. 이 그림은 호우가 많게는 650mm이상 발생하였으며, 구름이 속리산을 거슬러 상주쪽으로 넘어가면서 집중적으로 호우가 발생하였음을 보여주고 있다.

표1. 기간별 주요 호우의 발생현황(기상청, 1998)

날짜	지역	강수량 (mm)	특 이 사 항
7.31~8.1	지리산일원	70~316	최고 시강수량 기록 145 mm (순천, 7.31) (종전 118.6 mm. 서울, 42. 8. 5)
8.3~8.4	서울·경기	30~258	서울 일강수량 211.4 mm(4위), 시강수량 62.8 mm(3위)
8.5~8.6	경기 북부	30~620	강화지방 619.5 mm
8.6~8.7	포천·일동	100~253	포천 253.5 mm
8.7~8.8	서울·경기	100~212	동대문 212 mm
8.8~8.9	충청 북부	23~288	당진 288.5
8.11~8.12	속리산 보은	50~447	보은 일최다강수량 기록 447.5 (종전 302.6 mm)
8.14~8.15	서울·경기	90~214	동대문 214 mm
8.15~8.17	충청남부·남부	40~227	군위 227.5 mm
8.17~8.18	전라남북도	60~119	영광 119 mm

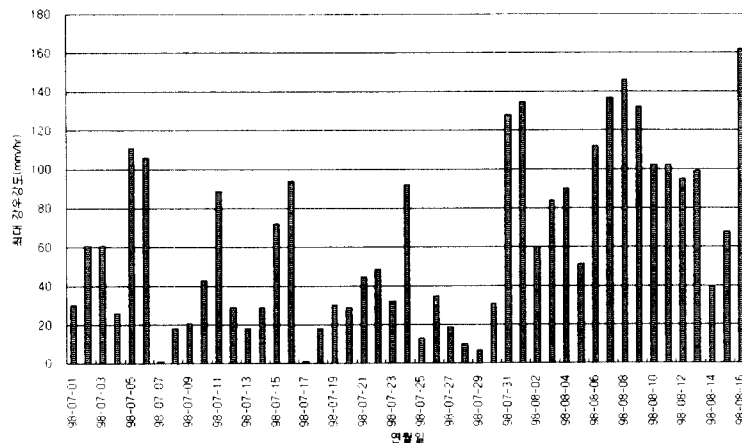


그림1. 1998년7월 1일부터 8월 16일까지의 건설교통부와 기상청의 334개 강우관측소 중에서 시간최대 강우량을 일별로 도시한 것.

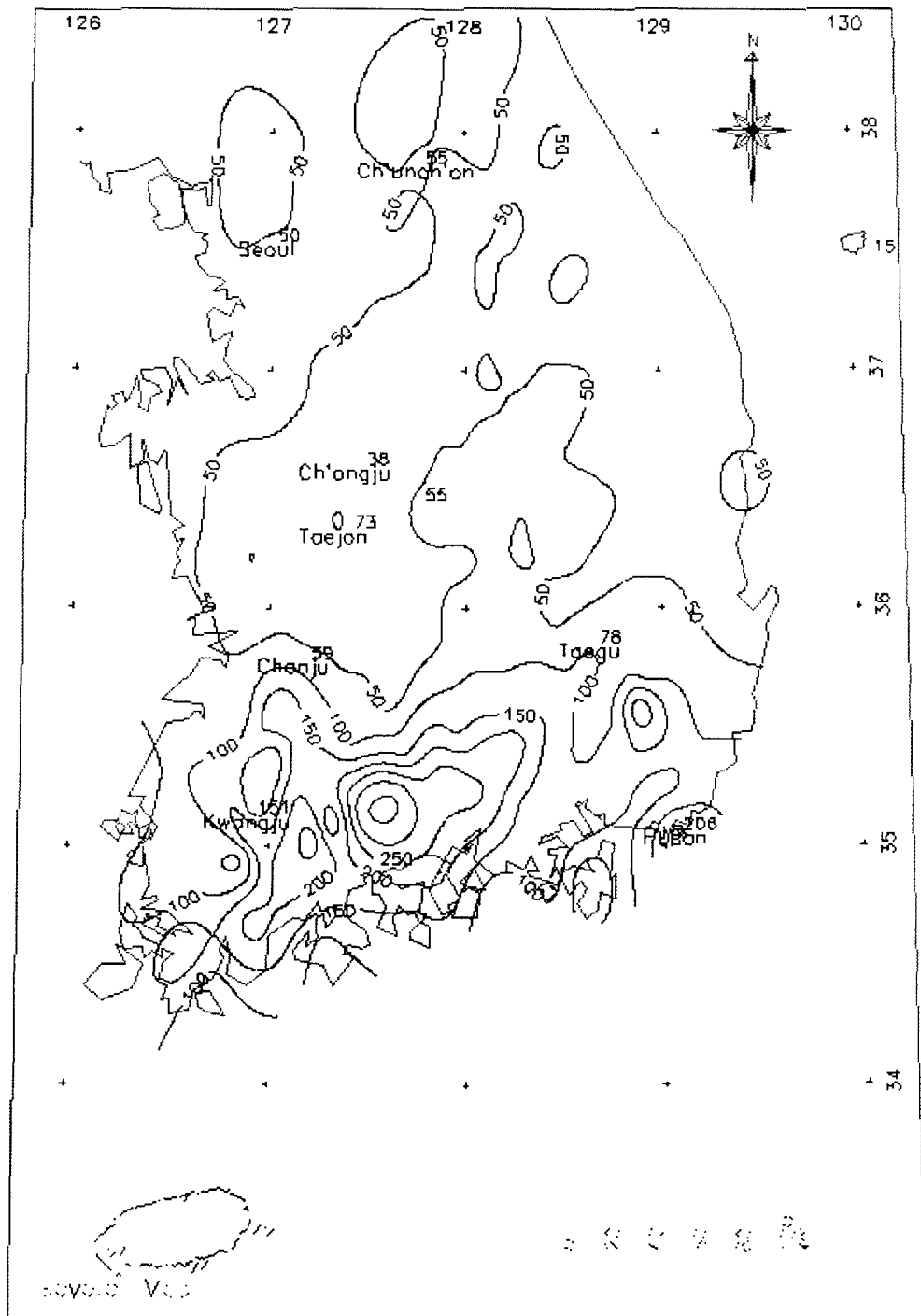


그림2. 1998년 7월 31일부터 8월 2일까지 발생한 강우의 등우선도. 지리산을 중심으로 강우가 발생하였음을 알 수 있다. 건설교통부와 기상청의 334개 관측소 자료를 사용하여 그린 것이다.

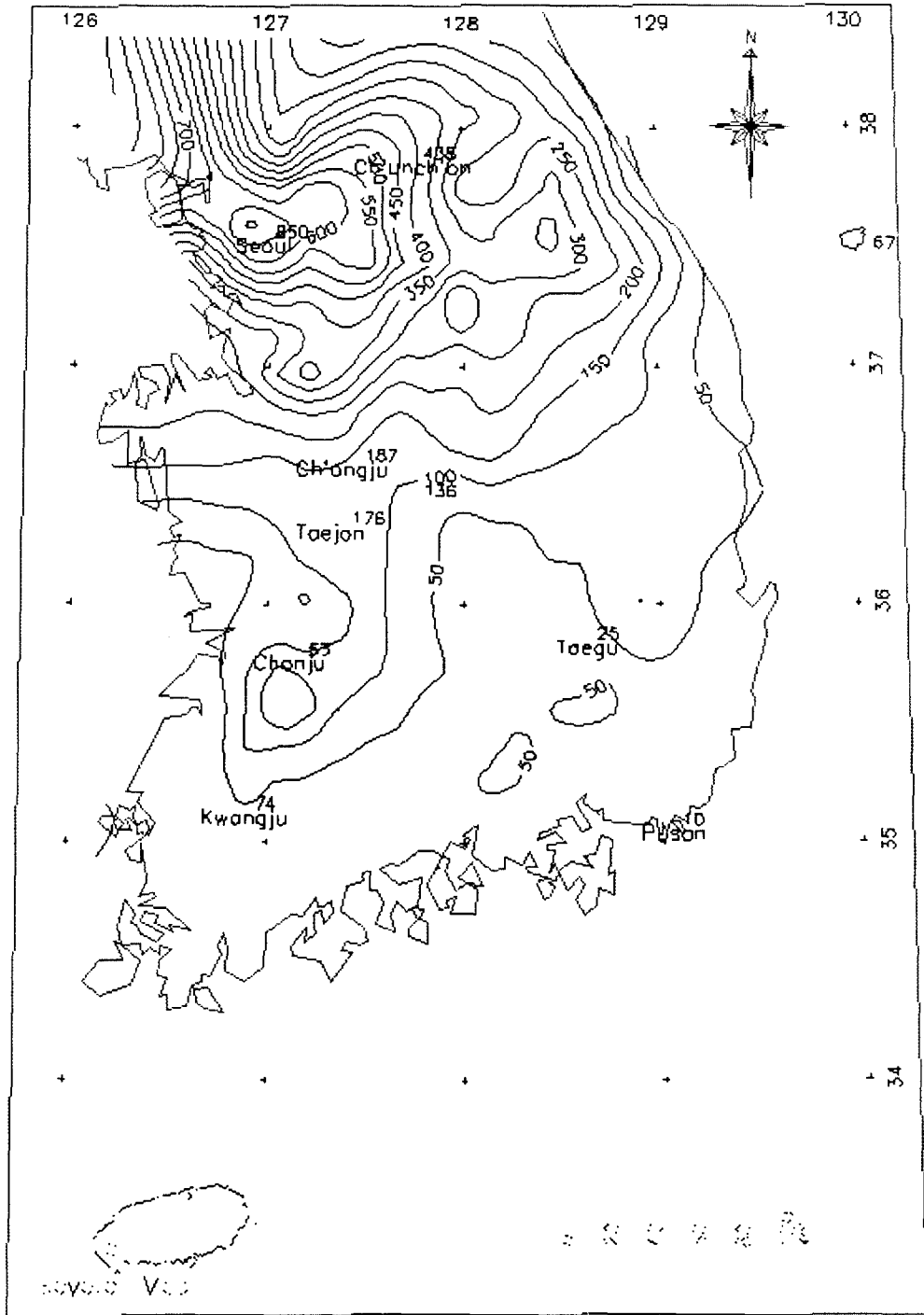


그림3. 1998년 8월 3일부터 8월 9일까지 발생한 강우의 등우선도. 한강하류를 중심으로 강우가 발생하였음을 알 수 있다. 건설교통부와 기상청의 334개 관측소 자료를 사용하여 그린 것이다

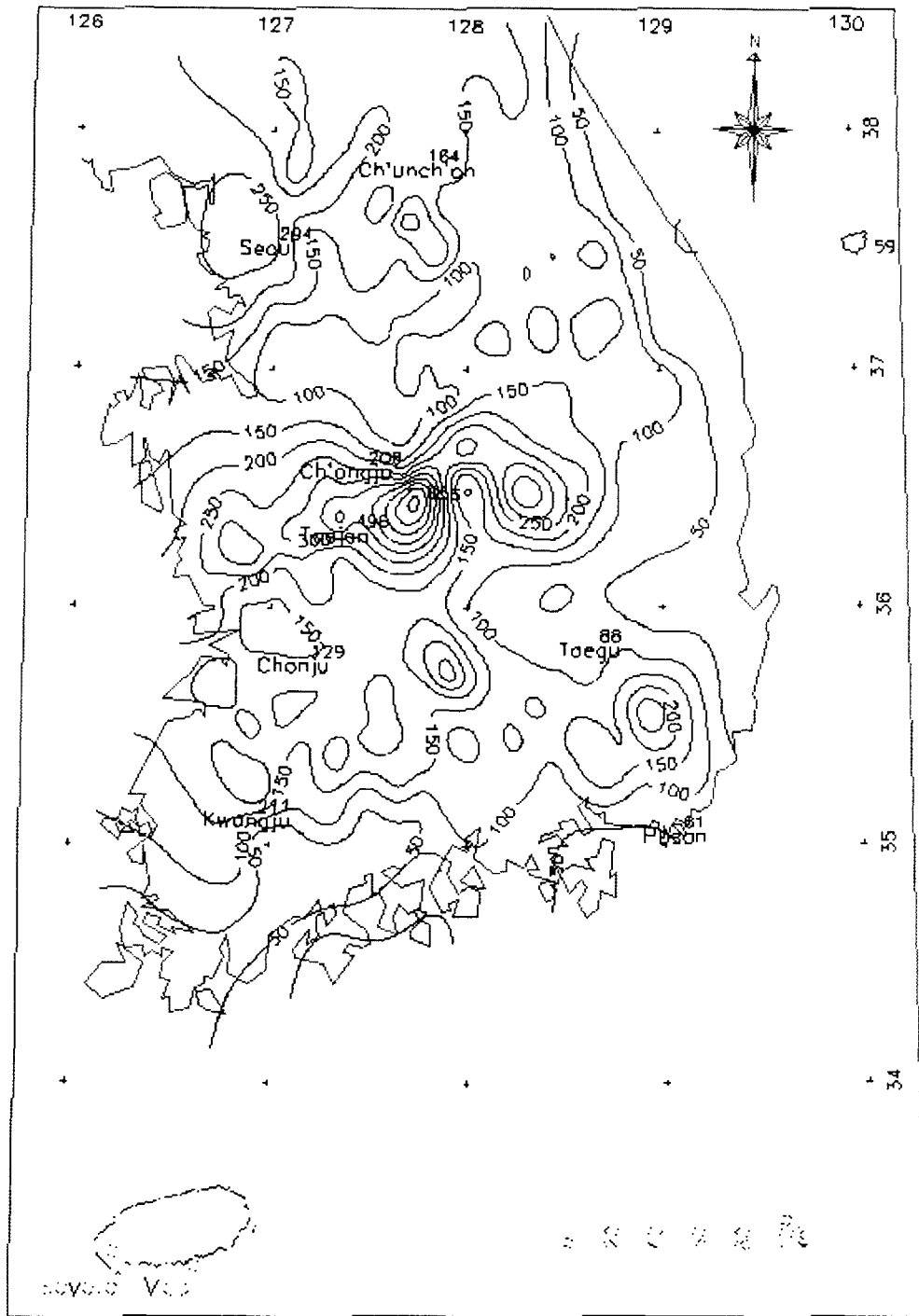


그림4. 1998년 8월 10일부터 8월 15일까지 발생한 강우의 등우선도. 속리산을 중심으로 호우가 서쪽에서 동쪽으로 이동하면서 발생하였음을 알 수 있다. 건설교통부와 기상청의 334개 관측소 자료를 사용하여 그린 것이다



#### 4. 지속기간별 강우강도 분석

표2는 이번 홍수기간중 발생한 집중호우를 1시간부터 24시간까지 지속기간별로 분석하여 1순위부터 5순위까지의 최대강우량을 제시한 것이다. 이 표는 건설교통부와 기상청의 334개 강우관측소 자료를 분석하여 작성된 것이다.

1시간 최대 강우는 162mm로서 금강유역에 있는 추부에서 발생하였다. 2순위 값은 147mm로서 같은 시간에 인근에 있는 금산에서 발생하였다. 이같은 현상은 관측된 값이 어느 정도 신뢰성을 가지고 있음을 제시하고 있다고 판단된다. 이 값들은 1942년 8월 5일 서울에서 관측된 기왕최대값 118.6mm보다 월등하게 큰 값이다. 이제까지 드물게 발생하였던 시간당 100mm이상 강우가 이번에는 무더기로 발생하였으며, 5순위조차도 시간당 135mm를 기록하여 기왕최대치를 무색케 하였다. 그런데 이 값은 1시간 간격으로 정시에 관측된 것이므로 실제 1시간(60분) 동안의 강우량은 이보다도 클 것이므로 금년도 강우강도의 크기는 가히 상상을 초월할 정도로 큰 것임을 알 수 있다.

2시간 최대강우는 217mm로서 강화에서 발생하였는데, 이 값은 시간당으로 환산해도 100mm를 초과하는 값이다. 이보다 약간 작지만 190mm의 강우가 의정부에서 발생하였으며, 이 강우는 중랑천 상류의 범람을 유발하였다. 3순위와 5순위 값은 지리산 일대에서 발생하였는데, 노고단에서 176mm, 구례에서 171mm를 기록하였다. 섬진강 일대에서 발생한 높은 강도의 호우는 쌍계사 계곡, 피아골, 대원사 계곡 등에서 돌발홍수를 유발시켰으며, 그로 인하여 80여명의 인명피해가 발생하였다.

3시간 최대강우는 286mm로서 2시간 최대강우와 마찬가지로 강화에서 발생하였다. 이 값은 시간당 평균 92mm의 강우가 3시간동안 지속된 것이다. 이 강우로 인하여 강화도에서는 저수지가 월류되어 파괴되었으며, 하천들이 범람하고 농경지와 주택들이 침수되었다.

6시간 최대강우는 3시간 최대와 마찬가지로 강화에서 발생하였으며, 24시간 최대값도 강화에서 발생하였다. 24시간 최대값은 620mm로서 기왕최대치이다.

이번에 발생한 강우기록은 분석한 모든 지속기간에서 기왕최대치를 기록하였으며, 일부는 5순위까지도 기왕최대치를 초과하였다.

표3은 '98홍수기간중 서울·경기북부 지역에서 발생한 집중호우의 크기를 재현기간으로서 나타낸 것이다. 상대적인 비교를 위하여 건설부(1988)가 발간한 확률강우량도 값을 판독하여 사용하였다. 확률강우량 작성에 사용된 자료기간이 대부분 50년미만으로 제한되므로 200년 이상의 재현기간을 구한다는 것 자체가 적절하지 못하

지만 상대적인 비교를 위하여 2개이상의 지속기간에 대한 값을 극치분포 확률지에 도시하여 내삽 또는 외삽함으로써 구하였다.

표2. '98 대홍수 기간동안 발생한 지속기간별 1순위부터 5순위까지의 최대 강우량. 건설교통부와 기상청의 334개 강우관측소 자료를 분석하여 작성하였다.

	1시간 최대	2시간 최대	3시간 최대	6시간 최대	24시간 최대
1순위 강우량	162 mm	217 mm	286 mm	467 mm	620 mm
지점	추부(금강)	강화(기상청)	강화(기상청)	강화(기상청)	강화(기상청)
시작 시각	08.16 11:00	08.06 01:00	08.06 01:00	08.06 01:00	08.05 12:00
2순위 강우량	147 mm	190 mm	236 mm	372 mm	489 mm
지점	금산(금강)	의정부(한강)	의정부(한강)	청옥산(한강)	팔당(한강)
시작 시각	08.16 11:00	08.06 04:00	08.06 04:00	08.07 01:00	08.08 05:00
3순위 강우량	146 mm	176 mm	224 mm	340 mm	428 mm
지점	팔당(한강)	노고단(섬진강)	청옥산(한강)	의정부(한강)	청옥산(한강)
시작 시각	08.08 05:00	08.01 00:00	08.07 02:00	08.06 02:00	08.07 00:00
4순위 강우량	137 mm	172 mm	207 mm	289 mm	424 mm
지점	가평(한강)	팔당(한강)	보은(기상청)	보은(기상청)	양평(한강)
시작 시각	08.07 08:00	08.08 05:00	08.12 05:00	08.12 04:00	08.07 21:00
5순위 강우량	135 mm	171 mm	203 mm	283 mm	412 mm
지점	노고단(섬진강)	구례(섬진강)	쌍계(섬진강)	평택(안성천)	보은(기상청)
시작 시각	08.01 00:00	07.31 23:00	08.01 00:00	08.08 22:00	08.11 21:00

표3. 1998년 8월 5일부터 8월 6일 사이에 서울·경기 북부에서 발생한 집중호우의 지속기간별 강우빈도 분석.

지점	지속시간 1시간		지속시간 2시간		지속시간 6시간		지속시간 24시간		비고
	강우량 (mm)	재현 기간 (년)	강우량 (mm)	재현 기간 (년)	강우량 (mm)	재현 기간 (년)	강우량 (mm)	재현 기간 (년)	
강 화	112.0	150	216.5	1000년 이상	466.5	1000년 이상	619.5	1000년 이상	외삽 추정
의정부	99.0	60	190.0	600	340.0	1000년 이상	406.0	100	외삽 추정
동두천	86.5	30	144.0	90	242.5	200	354.3	40	내삽 추정
인 천	61.0	10	80.0	5	93.4	5	157.7	5	내삽 추정
서 울	60.5	10	99.0	10	173.0	20	361.5	50	내삽 추정

그림5부터 그림10까지는 1시간부터 24시간까지 지속기간별 최대강우량을 등우선도로 나타낸 것이다.

그림5와 그림6은 관측소 추가에 따른 영향을 보여주기 위하여 도시한 것이다. 그림5는 68개 기상청 관측소에서 수집된 1시간 최대강우량으로만 등우선을 그린 것이며, 그림 6은 334개 건교부와 기상청 관측소 자료를 통합하여 그린 것이다. 그림5는 집중호우가 발생한 서울·경기 지역과 속리산 지역 그리고 지리산 지역을 뚜렷하게 나타내고 있다. 그러나 태백산맥의 산악영향이 나타나지 않고 있으며, 안성천유역에 발생했던 집중호우도 잘 나타나지 않고 있다. 그림6에서는 집중호우가 지형의 영향을 받아 호우가 진행하는 방향에서 높은 산을 만나게 될 때 상대적으로 큰 비가 내렸음을 알 수 있다. 그러나 그림6에서도 중랑천 상류에 발생했던 집중호우는 부근의 관측소 자료가 극히 제한되기 때문에 제대로 나타나지 않고 있음을 알 수 있다.

그림7은 2시간 최대강우를, 그림8은 3시간 최대강우를, 그림9는 6시간 강우를 나타내고 있는데, 1시간과 2시간 값은 상당한 차이를 나타내지만 2시간과 3시간 그리고 6시간의 값은 상대적으로 지속기간의 증가에 따른 강우증가는 크기 않음을 보여주고 있다. 이 것은 이번 강우가 소나기성으로서 한강유역을 제외하고는 대부분 3시간이 지난후에는 강도가 눈에 띄게 약해졌음을 보여준다.

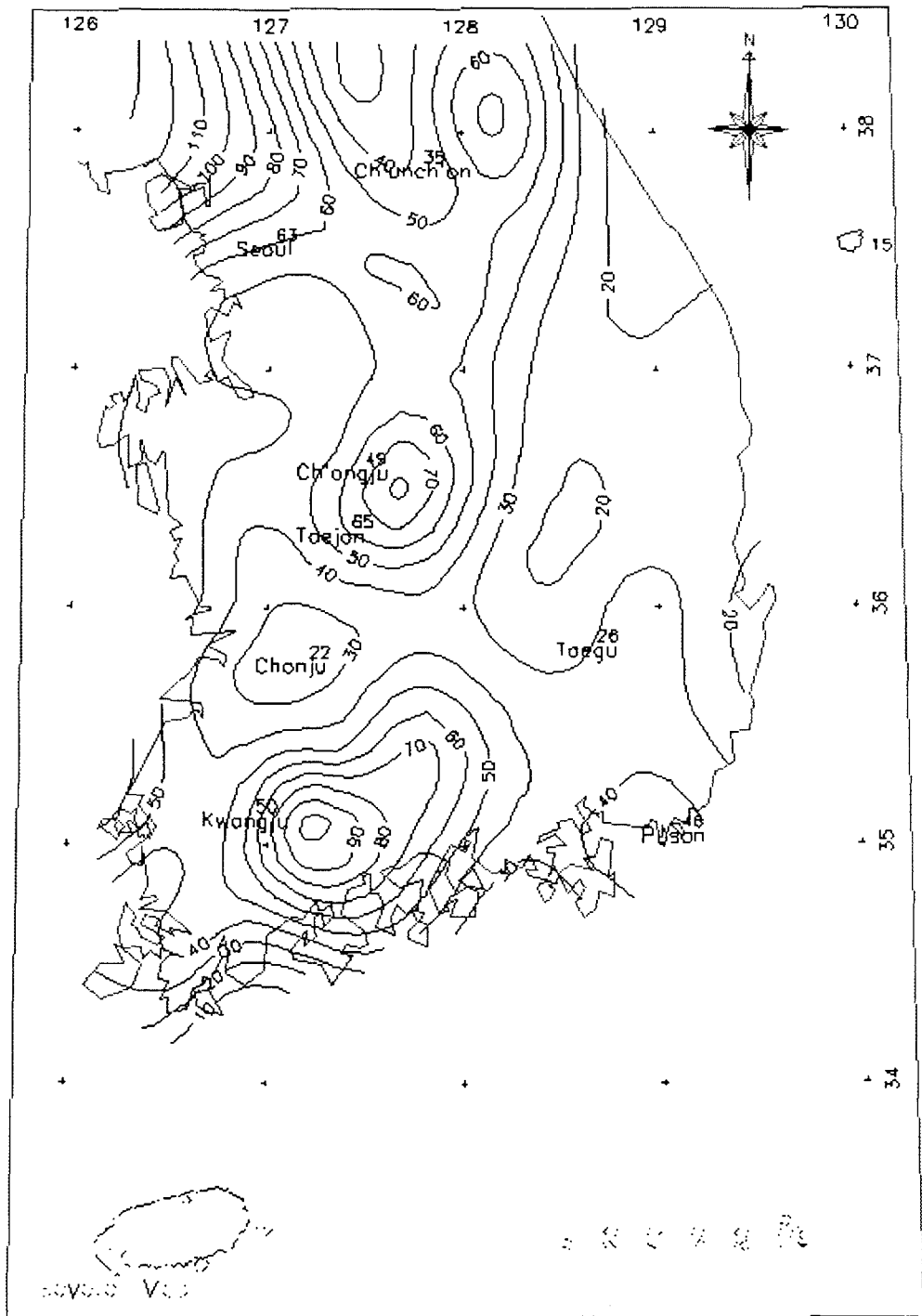


그림5. 기상청 68개 측관측소의 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 1시간 최대강우량 등우선도. 3개 집중호우 발생지역을 뚜렷이 보여주고 있으나, 고지대에의 관측자료가 대부분 포함되지 않아 동해안쪽 태백산맥의 산악영향이 상대적으로 미약하다.

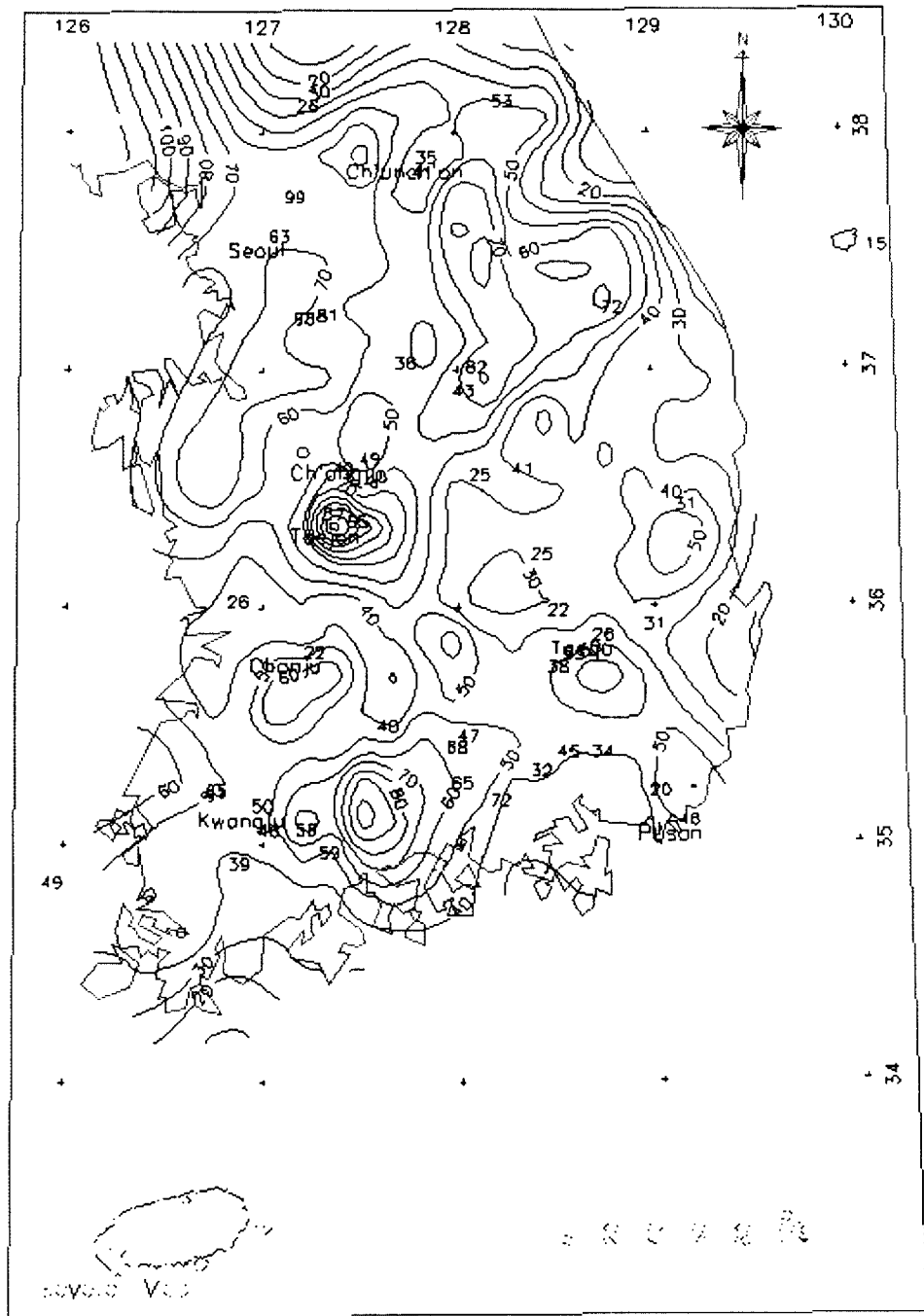


그림6. 기상청과 건교부 우량관측소 334개소의 1시간 최대치를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 1시간 최대강우량 등우선도. 태백산맥을 비롯한 주요 산맥의 산악 영향을 뚜렷이 보여준다.

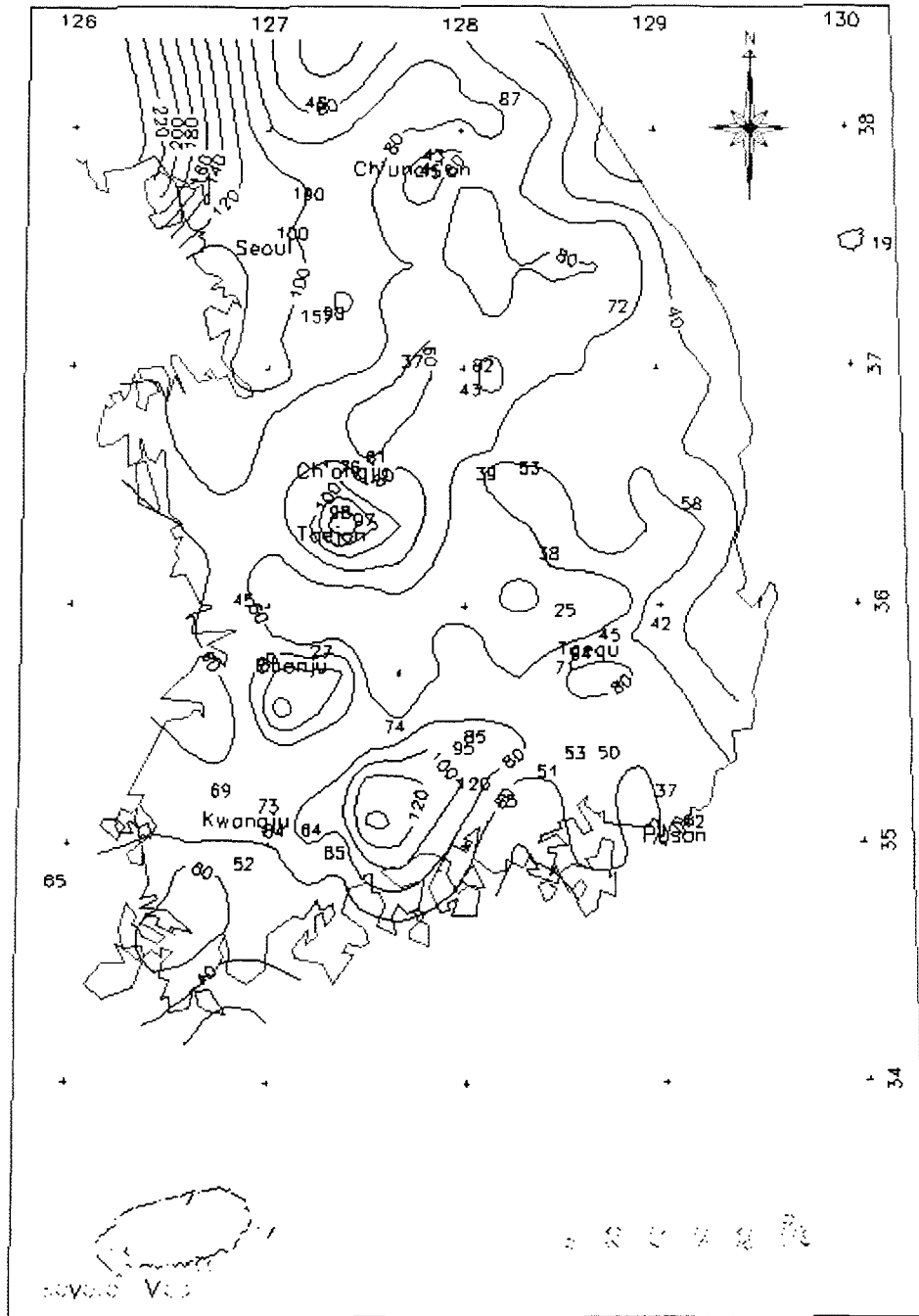


그림7. 기상청과 건교부 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 2시간 최대강우량 등우선도. 1시간 최대강우량 등우선도와 비슷한 양상을 나타낸다.

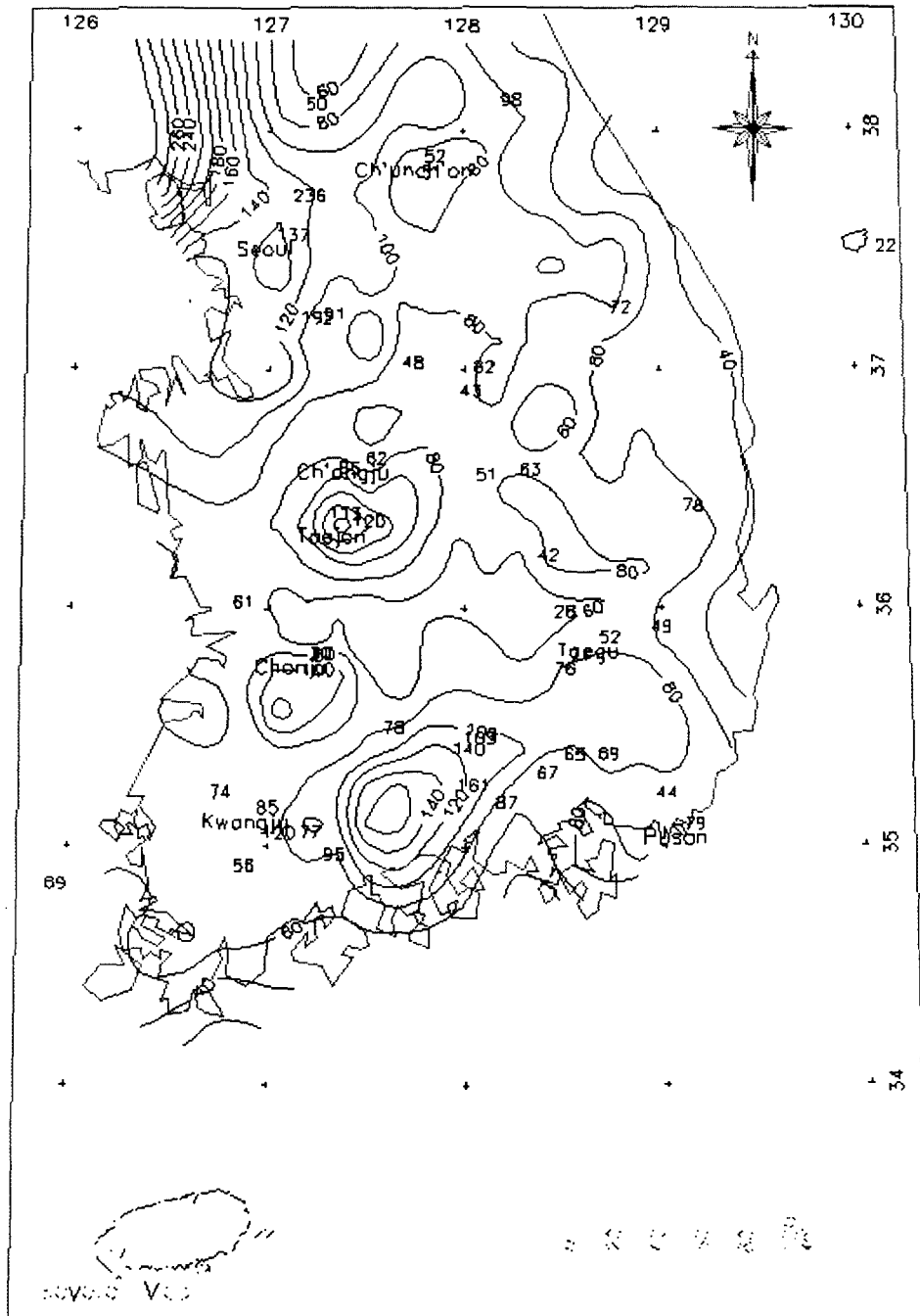


그림8. 기상청과 건교부 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 3시간 최대강우량 등우선도. 1시간이나 2시간 최대강우량 등우선도와 비슷한 양상을 가지고 있으며, 양적으로는 2시간 최대강우량보다 크게 증가하지 않은 바 대부분의 호우는 2시간을 넘어서는 강도가 약해졌음을 알 수 있다.

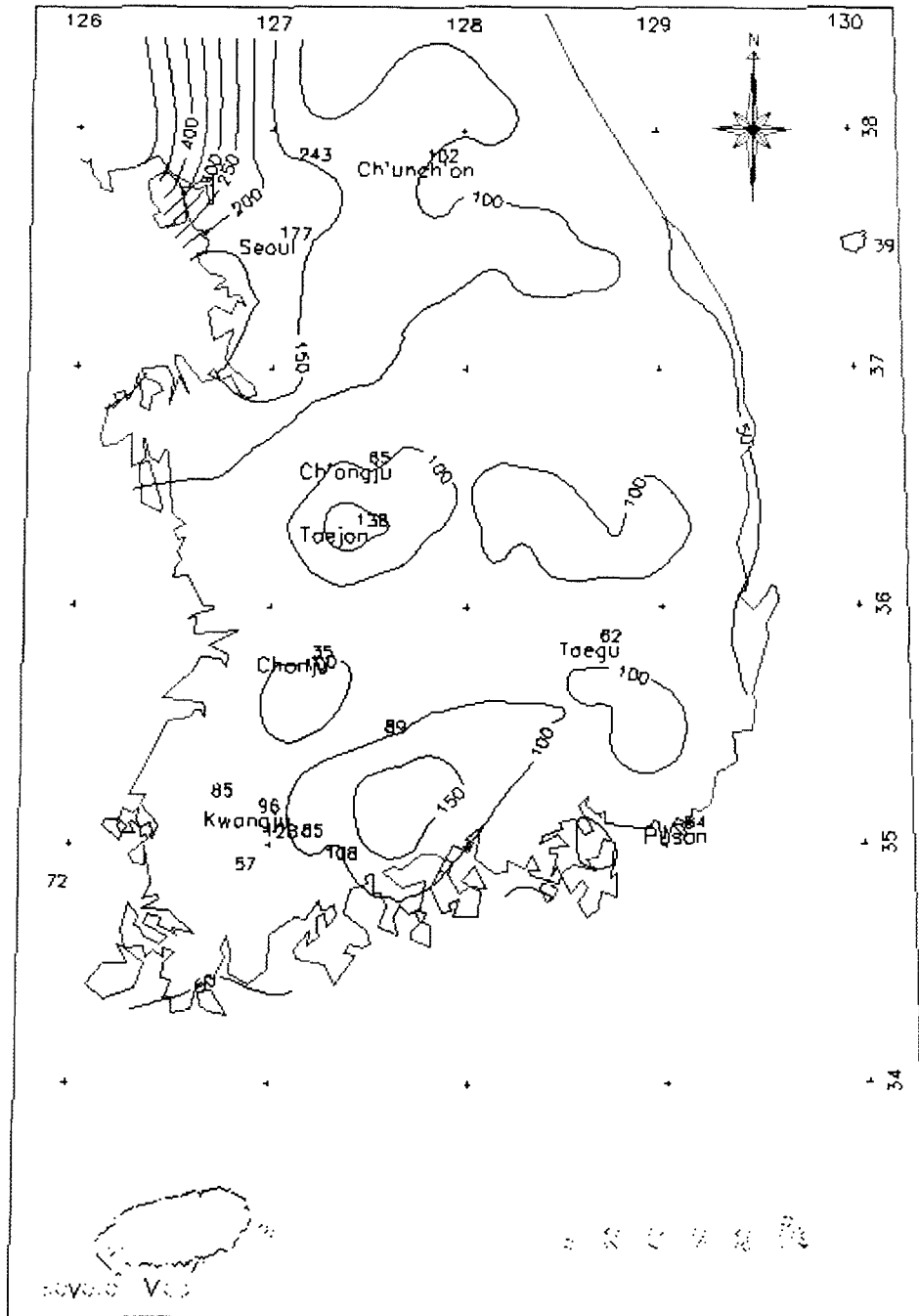


그림9. 기상청과 건교부 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 6시간 최대강우량 등우선도. 1시간이난 2시간 값과 유사한 등우선도 양상을 가지고 있다. 그러나 양적으로는 한강하류부를 제외하고는 3시간 값과 비교할 때 크게 증가하지 않았다. 최대강우는 3시간지속 이후 상대적으로 약해졌음을 알 수 있다.



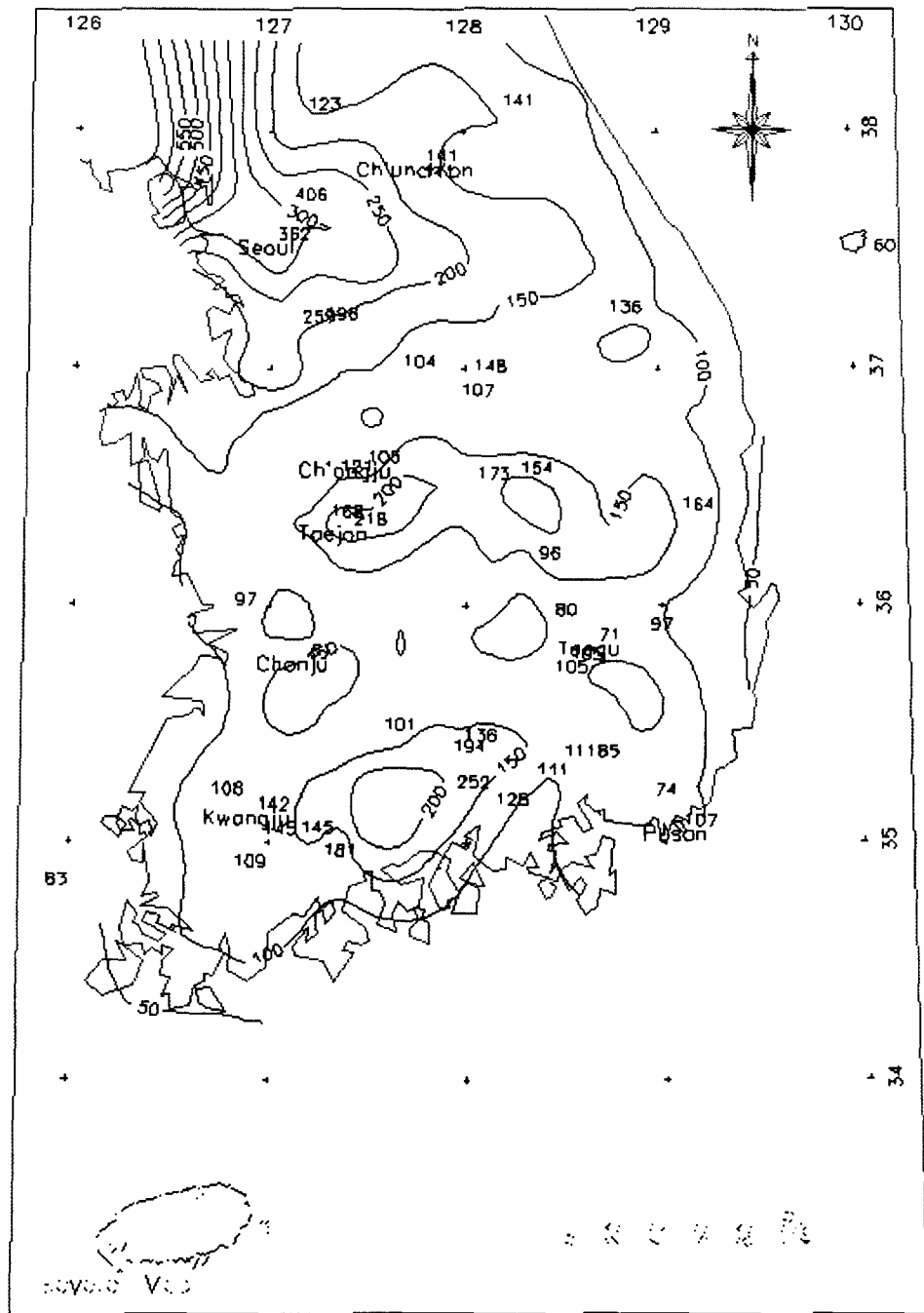


그림10. 기상청과 건교부 1시간 자료를 바탕으로 작성한 '98 대홍수 기간중 24시간 최대강우량 등우선도. 한강하류부는 6시간 값과 비교하여 대폭 증가하였으며, 기타 지역은 상대적으로 소폭 증가하였음을 나타낸다.

## 5. 요약 및 결론

금세기 최대의 엘니뇨가 한반도에 영향을 미쳐 1998년 7월 31일부터 8월 18일까지 전국적으로 우리나라 기상관측 사상 기록적인 호우가 발생하였다. 이번 호우의 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다. (1) 호우가 20일 동안에 걸쳐 전국을 돌아다니며 발생하였다. (2) 좁은 범위의 지역에서 짧은 기간동안에 높은 강도의 강우가 발생하였다. (3) 강우는 지형적인 영향을 받았으며, 특히 지리산과 속리산 집중호우시에는 호우의 진행방향에 놓인 산악효과로 기류가 강제 상승되어 더욱 강한 호우가 유발되었다. (4) 전국적으로 기록적인 강우가 전 지속기간에 걸쳐 발생하였으며, 그 크기는 지속기간에 따라 다르나 2~3시간 정도에서 상대적으로 큰 재현기간을 가지며, 그 값은 기존의 분석자료와 비교할 경우 재현기간이 적어도 200년보다는 훨씬 크다고 판단된다.

## 참고문헌

1. 기상청(1998), 집중호우 상황보고('98. 7. 31~'98. 8. 16).
2. 건설부(1988), 한국확률강우량도.