

전남서부남해안지방의 집중호우 특성

The characteristics of heavy rain on the west-southern coast area in the Jeonnam

신극진 · 박근영* · 류찬수
(조선대학교 대학원 대기과학과)

I. 서론

집중호우는 단시간에 국지적으로 발생하는 중규모 기상현상(mesoscale meteorological phenomena)으로서, 열대 저기압이나 중위도 저기압, 기단내의 불안정과 관련하여 발생하는 중규모 대류계(mesoscale convective system)에 의해서 발생하며, 일반적으로 1시간 강우량이 30mm 이상이거나 1일에 연강수량의 10%가 넘거나 80mm이상의 강우가 기록되는 것을 말한다. 또한 호우시에는 천둥, 번개를 동반하는 것이 일반적이며 적란운과 같은 소규모 대기요란에서부터 태풍이나 장마전선과 같은 중규모 및 대규모 현상과 관련되어 발생하는 등, 시·공간적으로 다양한 특성을 갖고 있다.

전남 남해안지방은 호남지방 중 집중호우의 빈도가 가장 높은 지역으로서 매년 집중호우로 인한 막대한 인명과 재산피해를 입고 있으며, 특히 이(2001)에 의하면 같은 남해안지역 중에서도 전남동부남해안보다 서부남해안지역이 호우발생빈도가 월등히 높으며, 또한 야간 발생빈도도 내륙에 비해 월등히 높게 나타나고 있음을 밝혔으며, 집중호우발생 선행현상으로 하층제트에 의한 저습수역의 이류와 대기 중하층의 온난이류, 상하층 제트교차 등을 들었으며, 보다 국지적이고 단속적인 중규모현상에 의한 집중호우현상은 중규모 강우대의 특성상 종관적으로 찾기가 쉽지 않아, 레이더나 위성영상자료를 이용하여 3에서 6시간 정도 예보를 행할 수 있으며, 레이더 관측자료로부터 강우대의 변위 방향과 속도 및 1~2시간 동안의 강수경향(증가 또는 감소)을 평가하여 강수예보를 행할 수 있다고 밝혔다. 박(2002)은 전남서부남해안지역은 북서쪽에 월출산, 두륜산, 달마산, 상황봉 등이 남북으로 엮여져 있고 동쪽에는 소백산맥의 자락인 제암산, 천관산 등이 남북으로 엮여져 대기순환에 대한 지세의 기계적인 효과와 열적인 효과가 중규모 소용돌이를 약화시키는 것보다는 강화시키는 방향으로 작용하여 주위보다 집중호우가 빈번한 것으로 제시하였다.

이러한 지역적 특성에도 불구하고 지금까지는 종관관측자료 뿐이어서 기상관측자료가 부족하였으나, 200년에 진도에 S-band 기상레이더가 설치되었고 기상연구소의 한반도 악기상 집중관측사업(Korea Enhanced observing Period; KEOP)으로 구축된 autsonde, wind profiler 등 각종 첨단관측장비가 해남 기상관측소에 구축되어 운용됨으로서 이 집중관측센터에서 운용되는 최신장비에 의해 생산된 시·공간적으로 고분해능 기상자료와 기존에 생산된 각종 지상관측자료, AWS관측자료 등을 연계하여 강수발생현황을 분석하고 레이더와 wind profiler 자료를 비교 분석하여, 강수의 시종시간 및 집중호우 발생시점을 예측하고 집중호우지역 지형분석 및 집중호우특성을 파악하여, 정량적 강수예보기법을 개발하고 집중호우의 발생 시 대기의 구조적인 분석과 발생 메커니즘을 규명하고자 하였다.

II. 자료 및 분석방법

A. 자료

한반도 악기상 집중관측사업으로 구축된 관측자료를 이용하여 집중호우를 분석하기 위하여 최근에 강수자료(2003년)에서 전남 남해안지방에 일 80mm 이상의 강수일과 1시간에 30mm 이상 강수가 기록된 날의 자료를 분석하였으며, AWS 강수관측자료, 지상·상층일기도와 대기선도(광주, 제주 고산)를 비롯하여, 해남의 wind profiler 관측자료 및 진도레이더자료를 사용하였으며, 2002년도 여름철 악기상 집중

관측(KEOP_2002)을 통한 관측자료를 참고하였고, 호우사례 유형을 종관적으로 파악하기 위하여 지상 및 고층일기도를 참조하였다.

이 기간의 일강수량과 시간강수량, 기상현상은 일기상통계표(기상청 기후자료DB)를 참조하였으며, 호우 발생 시 상하층의 풍속과 수증기량, 불안정지수 등을 산출하기 위하여 각종보조자료와 광주와 고산의 고층관측자료, 위성관측자료를 참조하였다.

B. 분석 방법

호우사례의 이동유형을 파악하고자 기사란 및 최다강수시각을 각 관측지점별로 정리하였으며, 최다강수가 나타난 시각대의 기상자료를 그래픽자료와 시간별강수량 및 누적강수량그래프로 나타냈다. 또한, 종관유형을 파악하기 위하여 지상일기도 및 상층(850hPa)일기도의 패턴을 파악하고, 호우발생과 상층의 기상상태와의 관계를 파악하기 위하여 보조자료 및 강수량 분포도를 분석하였다.

최대 일 강수량을 보인 관측지점에서 최대 1시간강우강도를 보이는 시각에 가까운 관측시각의 위성영상자료 및 진도레이더자료를 분석하였으며, 연직기상상태파악을 위해 광주와 고산의 대기선도를 이용하였다. Wind profiler 관측자료를 이용하여 상층의 수평바람과 연직속도 및 강수량과의 관계를 분석하였다.

III. 사례 분석결과

A. 강수발생현황

첫 사례는 5월 29일부터 5월 30일까지 105~213.5mm가 내렸으며, 두 번째 사례는 7월 29일 새벽에 82~138mm의 강수를 내린 사례이다.

강수의 시작은 완도에서 먼저 시작하였으나 본격적인 강수의 시작은 15시를 전후하여 거의 동시에 강수가 시작되고, 강한 비는 목포와 진도쪽에서 먼저 시작하여 밤사이에 계속되었으며, 다음날 5시 이후에 점차 약화되었다.

두 번째 사례의 최다강수가 나타난 시간을 보면 강수시작은 완도에서 가장먼저 시작하고 목포와 진도는 비슷하게 시작되었으며, 소낙성 강수는 동시에 집중되기 시작하여, 진도, 완도, 목포 순으로 강수가 종료되었다. 강수형태는 처음에 비로 시작되어 새벽 2시를 전후하여 소나기로 바뀌면서 강도는 진도가 가장먼저 집중되고 목포와 해남, 장흥, 완도 순으로 강수예코가 이동하면서 집중호우가 내렸다.

B. 일기도 분석

첫 사례의 지상일기도는 대만 남동해상에 중심을 두고 북북동진하는 제4호 태풍 린파(LINFA)의 영향으로 28일 밤부터 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 강한 남동류가 다량의 수증기를 동반하고 지속적으로 한반도로 유입되었다. 상층일기도에서는 남북으로 기압골(북쪽은 전선을 동반한 저기압, 남쪽은 제4호 태풍)이 위치해 있고, 동서로는 고압대가 위치해 있으면서, 북쪽 골은 계속 북동진하고, 남쪽의 제4호 태풍에서 발생한 수증기가 동쪽 고기압 가장자리를 따라 계속 동북동진이 예상되어 한반도에 온난 습윤한 다량의 에너지 공급을 할 가능성이 많아, 우리나라 남부지방을 중심으로 호우 가능성이 높아지고 있다.

두 번째 사례는 발해만 부근의 전선을 동반한 저기압이 발달하면서 화남지방의 습윤한 공기가 지속적으로 유입되어 남부지방에 집중호우가능성이 매우 높을 것으로 예상되었다. 850hPa일기도에서도 전선을 동반한 저기압이 발해만 쪽에서 남동진하면서 전선대에 위치에 따라 강수대가 남하하면서 집중하면서, 우리나라 남부지방을 중심으로 호우 가능성이 높아지고 있다.

C. 보조자료 및 강수량 분포도

850hPa의 습윤속은 제4호 태풍 린파(LINFA)의 영향으로 30°부근 남해상의 수증기량의 유입이 다량으로 제주도 남쪽을 지나 서해상으로 다량 유입되고 있으며, 유선분석에서도 태풍과 일본 동쪽해상에 중심을 둔 저기압을 향해 모여들고 서해안쪽으로 조밀하게 통과하고 있으며, 700hPa의 습수는 점차 포화되면서 남해안으로 형성되고 있다. 강수량분포를 보면 29일 서해안과 제주지방부터 점차 강수가 시작되어 점차 내륙 쪽으로 강수지역이 확산되고 밤이 되면서 제주도와 전남남해안지방을 중심으로 강수량이 급격히 증가했다.

두 번째는 850hPa의 습윤 속은 보면 화중지방에 점차 수증기량이 증가하면서 모여들어 서해상을 거쳐 제주도와 남해안으로 다량으로 유입되고 있으며, 유선분석에서도 발해만에 저기압을 향해 모여들고 남해상으로 조밀하게 통과하고 있으며, 700hPa의 습수는 전남북서해안을 중심으로 포화되면서 점차 동진하였다. 강수량분포를 보면 경북내륙지방과 전남남해안지방을 중심으로 강수가 시작되어 점차 남서쪽으로 강수중심이 이동하여 12시경에 완도 금일에 138mm의 강수가 있었다.

D. 위성영상자료 및 레이더자료 분석

5월 29일 밤 제주남서쪽부터 구름대가 계속해서 북동진하여 남북으로 발달하면서 구름대가 전국으로 확산되었으며, 7월 29일 새벽 화중지방부터 서해상을 거쳐 제주도서쪽지방까지 강한 비구름대가 접근하면서 중심부는 해상으로 통과하고 전남서부남해안지역에 80mm이상의 강수가 있었다.

E. Wind profiler 및 상층풍 자료 분석

집중호우현상이 나타나기 전후의 wind profiler 자료를 살펴보면 강수시작 전과 초기에 대류권 하부에서 체계적인 난류 이류가 나타나기 시작하며 이 대류권 하부의 난류 이류 바로 위에서 한기 이류가 있는 경우 집중호우가능성이 많아지며 지상의 강수현상과 빗물 낙하속도의 지면도달은 거의 일치하게 나타나는데, 강우강도는 연직하강속도가 급속히 증가하면서 강도가 높아지며, 가장 높은 22시경의 자료를 보면 연직하강 속도가 5%이상으로 도달했을 때 강수가 급속히 증가하기 시작하며 이때의 고도는 3500m 내외로 가장 높았을 때이며, 그 이후로도 연직하강속도는 거의 비슷하게 횡보하면서 강수가 다음 날까지 지속되다가 9시 이후로 낙하속도가 현저히 감소하면서 강수가 종료되었다.

하층(지상~700hPa)에서 수렴대가 강하되면서 연직방향으로 상승류가 탁월하고 상층에서의 발산 이동 속도는 동쪽 고기압 가장자리를 따라 계속 느리게 동북동진이 예상되며, 그 이상의 상층에서는 북쪽의 상층기압골의 영향으로 빠르게 이동하면서 점차 멀어지고 있다.

해남지역에서 1시간최다강수량이 나타난 시각은 21시 58분부터 1시간동안 19.5mm의 강수량을 보였으며, 10분 강수량은 22시 00분에 7.0mm를 보여 많은 비가 내렸을 때 도플러 영상을 보면 상층은 발산 장에 들어 북동쪽으로 점차 멀어져 가며, 하층에서 수렴대가 최성기에 접어들었다.

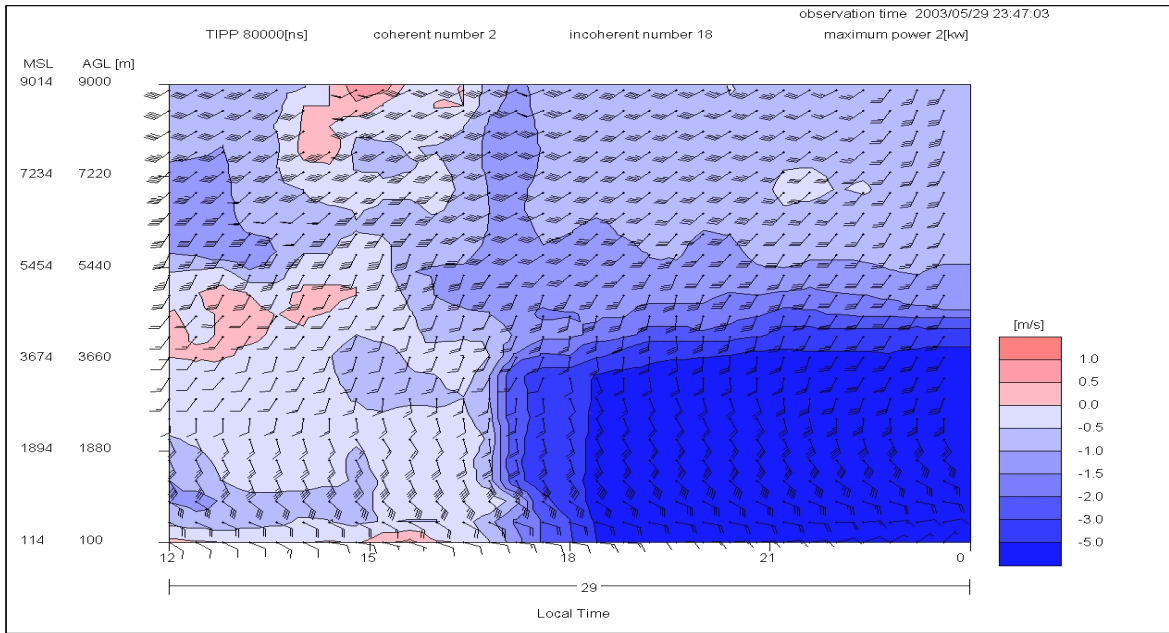


Fig. 1. The vertical wind vector by wind profiler at Haenam from 03UTC to 15UTC for 29 May 2003.

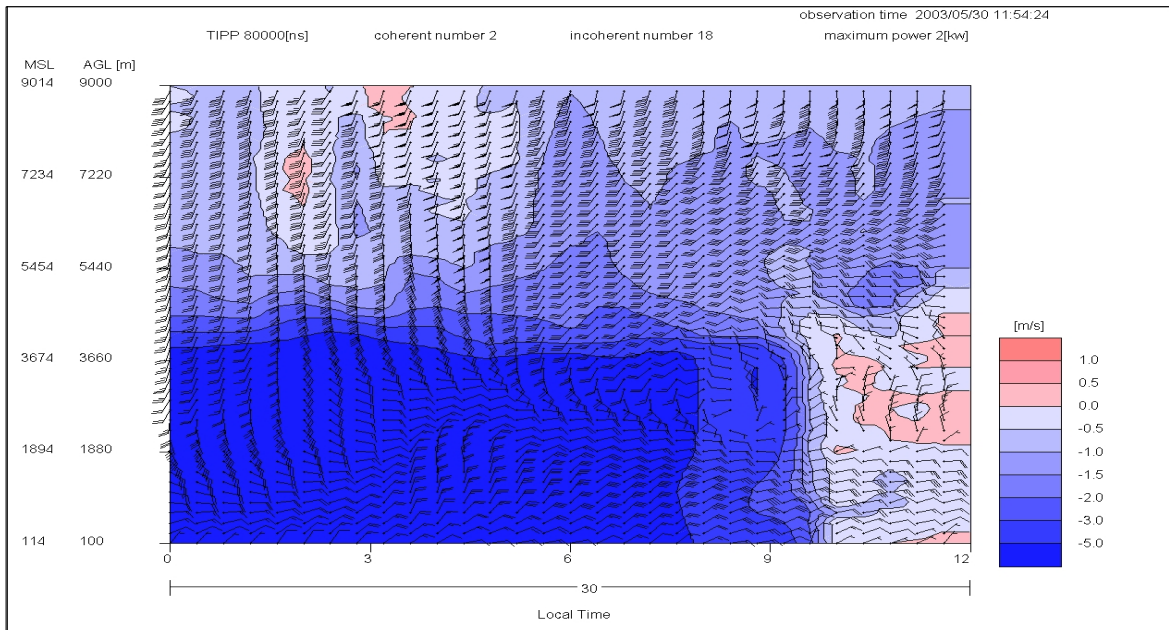


Fig. 2. The vertical wind vector by wind profiler at Haenam from 15UTC for 29 to 03UTC 30 May 2003.

Table 1. List of hourly wind data by wind profile at Haenam for 29 May 2003 .

Time	Range(m)	Direction (deg)	Vertical velocity(m/s)	Horizontal wind(m/s)	max rainfall
19:00	1707	157	-6.55	17.3	
20:00	1680	158	-6.84	17.2	
21:00	1680	156	-7.28	18.4	
22:00	1680	155	-5.70	21.5	Haenam
23:00	1707	147	-6.11	18.6	
00:00	1680	145	-7.44	17.1	
01:00	1680	142	-7.09	14.9	
02:00	1683	115	-6.74	10.5	
03:00	1680	66	-7.19	7.3	
04:00	1680	358	-5.94	12.5	

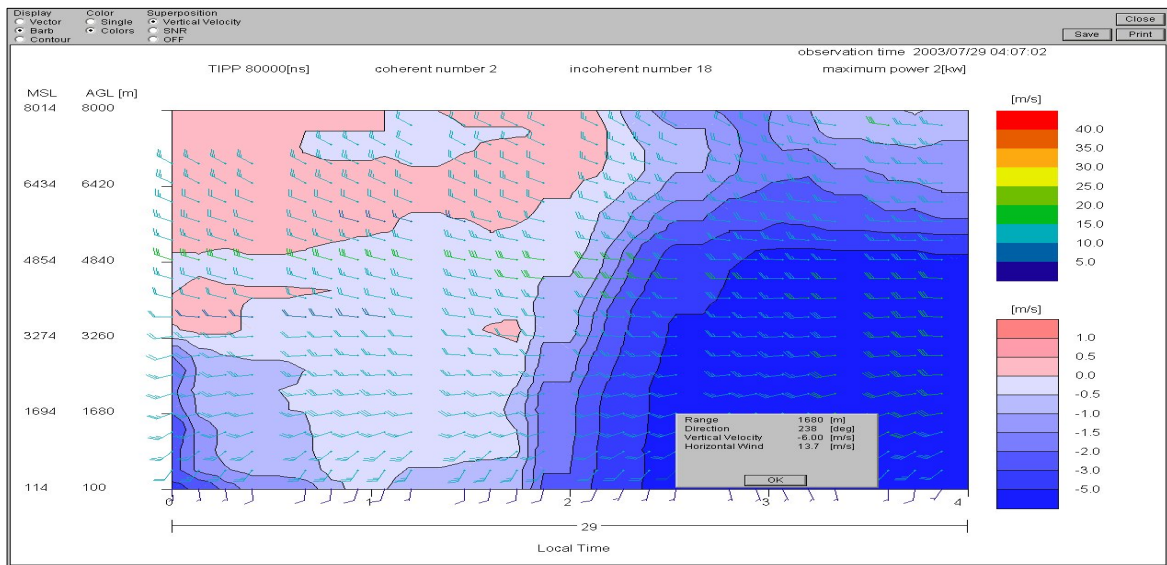


Fig. 3. The time series for vertical wind data by wind profiler at Haenam from 15UTC to 19UTC 28 Jul. 2003.

7월 29일 오전부터 서해상에 남북으로 강한 강수예코가 발달하면서 접근하고 30일 새벽까지 남부지방에서 활성을 띠면서 동진하였다. 해남지역의 연직하강속도가 2시 이후부터 5m/s 이상 범위가 4.8km 이상으로 급격히 증가하여, 1시간 후인 3시 7분부터 1시간동안 26.5mm의 최대강수량을 보였고, 10분간 강수량은 3시 40분에 13.0mm를 보였으며, 이때 2m/s 이상의 연직하강류의 고도가 6.4km까지 도달했으며, 5m/s 이상의 고도는 5.2km로 가장 높았다.

Table 2. List of hourly wind data by wind profile at Haenam for 29 Jul. 2003.

Time	Range(m)	Direction (deg)	Vertical velocity(m/s)	Horizontal wind(m/s)	max rainfall
01:00	1707	250	-0.20	14.6	
02:00	1680	244	-2.89	13.5	
03:00	1680	236	-6.27	13.8	Haenam
04:00	1683	254	-5.90	15.0	
05:00	1680	268	-3.13	16.0	

IV. 요약 및 결론

전남서부남해안지방의 집중호우는 단시간에 국지적으로 발생하는 중규모 기상현상(mesoscale meteorological phenomenon)으로서, 적란운과 같은 소규모 대기요란에서부터 태풍이나 장마전선과 같은 중규모 및 대규모 현상과 관련되어 발생하는 등 시·공간적으로 다양한 특성을 갖고 있는데 본 연구에서 분석한 처음 사례는 남해상에 태풍이 존재하면서 지속적으로 습윤한 남동풍이 유입되면서 집중호우가 발생하였으며, 두 번째 사례는 발해만에 저기압이 존재하면서 남서류가 지속적으로 유입되어 집중호우가 발생했다.

지금까지 종관관측자료만 존재하여 기상관측자료가 부족하였으나, 기상연구소의 한반도 악기상 집중관측사업으로 구축된 각종 첨단관측장비가 해남기상관측소에 구축되어 운용됨으로서 이 집중관측센터에서 운용되는 최신장비에 의해 생산된 시·공간적으로 고분해능 기상자료와 기존에 생산된 각종 자료를 연계하여 강수발생현황을 분석할 수 있었으며, 그 결과 집중호우현상이 나타나기 전후의 wind profiler 자료에 의하면 강수시작 전과 초기에 대류권 하부에서 체계적인 난류 이류가 나타나기 시작하며 이 대류권 하부의 난류 이류 바로 위에서 한기 이류가 있는 경우 집중호우 가능성이 많아진다.

지상의 강수현상과 빗물 낙하속도의 지면도달은 거의 일치하게 나타나는데, 강우강도는 연직하강속도가 증가하면서 강우강도가 높아지는 것을 알 수 있다.

첫 번째 사례에서 강우강도가 가장 높은 22시경의 자료를 보면 연직하강 속도가 5m/s 이상으로 도달했을 때 강수가 급속히 증가하기 시작하며 이때의 고도는 3.5km 내외로 가장 높았을 때이다. 그 이후로도 연직하강속도는 거의 비슷하게 횡보하면서 강수가 다음날까지 지속되다가 9시 이후로 낙하속도가 현저히 감소하면서 강수가 종료되었다.

두 번째 사례에서도 해남지역의 연직하강속도가 2시경부터 5m/s 이상 범위가 4.8km 이상으로 급격히 증가하고 최다강수량을 보였을 때 연직하강류의 2m/s 이상 고도가 6.4km까지 도달했으며, 5m/s 이상의 고도는 5.2km로 가장 높았다. 이는 연직하강류의 속도가 높을수록 또한 하강하는 고도가 높을수록 강우강도는 비례하여 증가하는 것으로 판단된다.

사사 : 본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 “국지기상예측기술개발” 과제에서 수행된 것입니다

참고문헌

- 기상연수원, 『중규모현상예보론』, 1993.
기상청, 『중규모 기상학』, 기상청 예보관과정 교재.
기상청, 『2000년 예보기술발표회 자료 모음집』, 2000.
기상청, 『집중호우의 발생환경』, 2000.
기상청, 『호우의 특성과 예보』, 1996.
류찬수·양하영. “여름철 한반도 집중호우 특성분석” 『한국지구과학회 2002년도 춘계 proceedings』, 2002.
박종열·신극진. “전남서부남해안지방 중규모현상에 의한 집중호우 분석”, 『예보기술발표회』, 2003.
이인성·송문호 “화남지방 온도경압에 따른 제주지방의 호우예측 연구”, 『예보기술발표회』, 2003.
이재병. “전남서부남해안지방 집중호우의 종관적 예측방법”, 『한국기상학회지』, 2001.
이현규. “전남동부남해안지방의 호우 특성”, 『제2기 예보관과정 수료 연구 논문집』 2001.
황재돈, 박정규, “1999년 한반도 여름철 호우와 관련된 동아시아 대기순환 특성 분석”, 『한국기상학회지』, 572-582, 2000.
홍운. “집중호우의 발생환경”, 『기상청 사례연구』, 2000.
Maddox, R, A., Mesoscale Convective Complexes, J. Atmos. Sci., 1374-1387. 1979