

이화운, 김유근, 박창현*
부산대학교 대기과학과

1. 서론

대기중의 가스상, 입자상 오염물질들은 강수의 wash-out 현상에 의해서 침적된다. 특히 우리나라는 여름철 집중호우로 인한 heavy rain-out 현상이 빈번하므로 여름철 대기 오염물질의 세척과정이 빈번하게 발생하는 기상학적 환경을 가지고 있다. 또, 여름철 집중호우는 경제적 피해로 인하여 사회적인 관심이 크고, 강수 시각, 지역, 양에 대한 예측의 어려움으로 기상학 분야의 중요한 연구대상이 되어 왔다.

여름철 호우는 저기압, 장마 전선, 뇌우, 하층제트, 태풍이 주 발생원인데, 이러한 요인들은 특히 한반도의 산악지형에 의한 강제력에 의해 중규모에서 짧은 시간과 좁은 공간에서 극대화되어 나타난다. 1973-1997년(25년)까지 지리산 부근 경남서부내륙(진주, 산청, 거창, 합천)의 집중호우빈도를 살펴보면 일 강수량이 $\geq 100\text{mm}$ 호우일이 총 118회가 있었으며, 6-8월이 94회로 80%를 보였고, 그 중 8월이 46회로 39%를 차지하였다. 지역적 발생빈도는 지리산 북동쪽 산청지방이 42회/118회로 4개 지점중 가장 많아 경남 서부 내륙 중에서도 호우다발 지역임을 보여주고 있다. 그 다음이 진주, 합천, 거창 순으로 나타났는데 이 분석에서 특이한 점은 경남서부내륙에 호우가 발생하면 산청지방이 빠지지 않는다.(부산지방기상청, 1998).

본 연구에서는 수치실험을 통하여 여름철 집중호우의 주된 원인이 되는 두가지 요인, 즉 하층제트(종관적 요인)와 한반도 남부 지형(중규모적 요인)의 역할을 정량적인 관점에 초점을 맞추어 연구하고자 한다. 그리하여, 하층제트와 지형요소와 관련된 호우의 역학적 구조를 조사하고, 특히 분석에서 나타난 집중호우로 인한 세척현상을 남부지방의 기상학적 환경과 지형적 요인을 진단하고자 한다.

2. 여름철 하층jet와 남부지방 지형적 특성

전반적으로 호우와 관련된 종관적 특징은 평행한 상, 하층 jet 사이에 호우대가 놓여 이 둘의 역학적 결합으로 중규모 순환을 조직화한다. 특히 전선 전면에 형성된 하층jet는 수증기를 호우 지역으로 유입시키는 중요한 역할을 하는 것으로 북태평양 고기압의 서쪽 연변을 따라 남쪽에서 북쪽으로 수송되는 운동량이 전향력의 영향으로 남서에서 북동 방향으로 향한다. 하층jet는 700-850hPa 부근에 나타나는 강풍대로서 풍속이나 위치는 변동이 크며, 20m/sec 이상의 풍속이 관측되기도 하는데, 하층의 안정도가 급격히 악화되거나 또는 대류활동이 왕성해질 때 등에 발생하기 쉽다. 하층jet는 수증기의 수송 및 수평발산과 상승역을 만드는 데 중요한 역할을 하는데, 호우역은 보통 하층jet의 저기압성 쉬어

영역에서 풍속이 감소하는 곳에 나타난다. 그러므로, 해안근처에서 해안성 기단이 마찰이 다른 육지에 상륙할 때 또는 산악을 지날 때, 호우역을 만들기 쉽다. 지리산 부근에 호우 발생률이 높은 이유는 연간 호우 발생률이 가장 높은 남부 해안지방에서 가까운 곳에 위치해 있고, 계곡이 남북으로 발달하여 남해상으로부터 유입되는 수증기의 진로방해와 산지 지형 등의 영향으로 중규모 대류운의 발달이 쉽게 이루어지는 조건을 갖추고 있기 때문이다. 호우가 내륙으로 침투할 때 해안형 호우에서 산악형 호우로 변화되는 첫 방풍벽의 역할을 하고 있다는 점에서 지리산은 최대 산악형 호우 발생구역으로 알려져 있다.

3. 수치실험

수치실험은 ARPS(Advanced Regional Precipitation System) 모형을 사용하였고, 실험구성은 성긴 격자에 대해서는 수평 격자는 $\Delta x = \Delta y = 10\text{km}$ 간격으로 동서, 남북 방향으로 각각 73개를 사용하였다. 연직으로 상,하단 경계를 제외한 33개를 사용하였고, 지형을 따라 연직으로 확장(stretching)하였다. 사용한 적분 시간 간격은 10초이다. 초기 자료는 98년 7월 31일 12UTC sounding 자료를 사용하였다. 모델의 중심은 34.80°N , 127.60°E 이며, 지형은 지리산을 중심으로 남부지방의 산의 고도를 적절히 표현하고 단순화하기 위해, 평활한 후 실제 지형 고도에 유사하게 높였다. 측면 경계 조건으로 Klemp-Lilly and Durran(1983)의 복사경계조건을 사용하여 내부 중력파가 모델 영역 밖으로 자유롭게 빠져나갈 수 있고 대기 현상들의 이류가 원활토록 하고, 상단 경계에는 두꺼운 벽을 두었고 중력파가 모델 내부로 반사하는 것을 효과적으로 막기 위하여 12km 고도에 Rayleigh 감쇄층을 두었다. 미세 격자 구성은, 수평 격자는 $\Delta x = \Delta y = 4\text{km}$ 간격이고, 중심은 35.70°N , 128.20°E 이다.

4. 실험결과

수치실험은 영남지방과 전라도 일부를 포함하는 계산 영역에서 실측 강수량을 잘 만족하고 있다. 특히, 지리산 부근의 산청지방은 지형적으로 지리산의 북동쪽 골, 풍하측에 위치하고 있어, 분석에서 이루어진 바와 같이 상습 집중 호우 지역임을 알 수 있다.

그리고, 시간에 따른 수치모의 결과를 토대로 호우발생 역학적 과정을 추론할 수 있는데, 강한 풍속을 가진 하층제트가 남부지방으로 온난 다습한 대기를 지속적으로 유입시킨다. 산악을 만난 기류는 산악효과에 의해 강제 상승하면서 응결하여, 지상에서 약 7~8km 높이의 거대 적운을 만들고 풍하측에 강한 폭우를 유발하는 것을 알 수 있다.

본 연구 대상이 된 남부지방은 기상학적으로는 지형적으로 독립된 산악 형태를 가진 특징을 가지고 있으므로, 향후 중부지방 등 한반도의 다중적 산악구조가 기상학적 요소와 함께 집중호우에 미치는 영향에 대한 연구에 도움이 될 것으로 기대된다. 그리고, 환경학적으로는 한반도 대기오염물질의 rain-out 현상의 연구에 관하여 기상학적 환경의 이해를 제공할 것으로 기대된다.

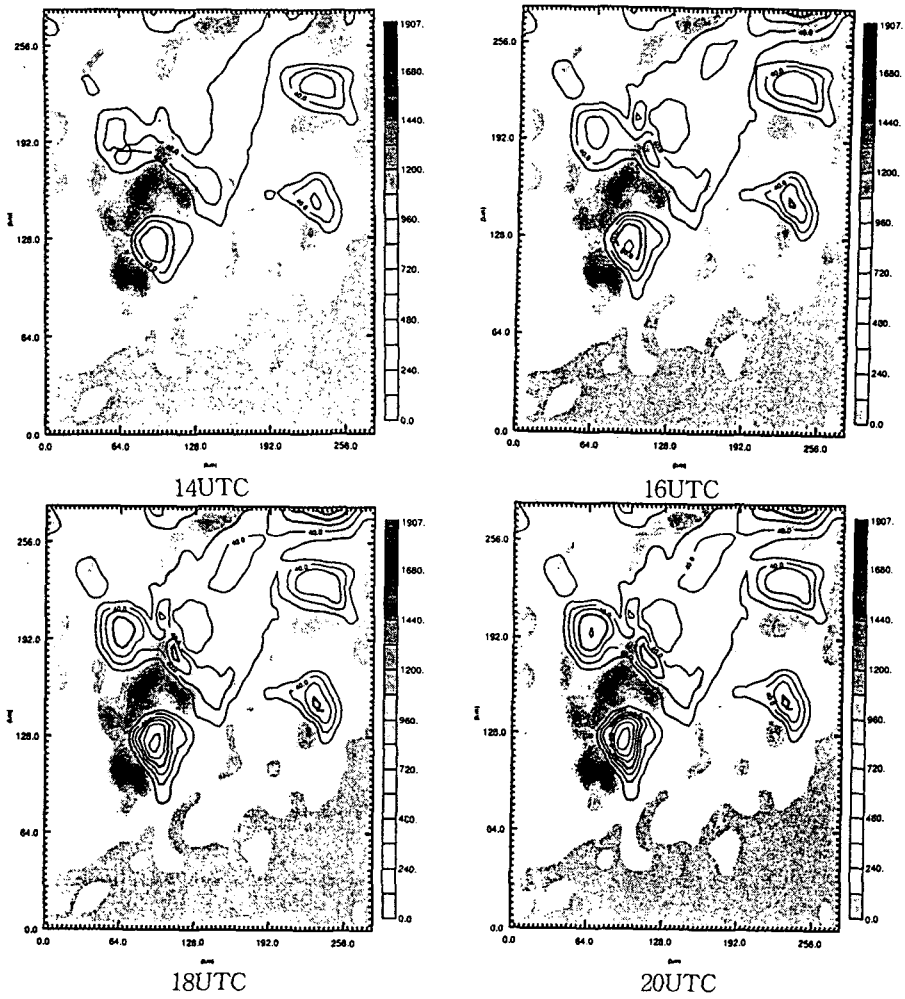
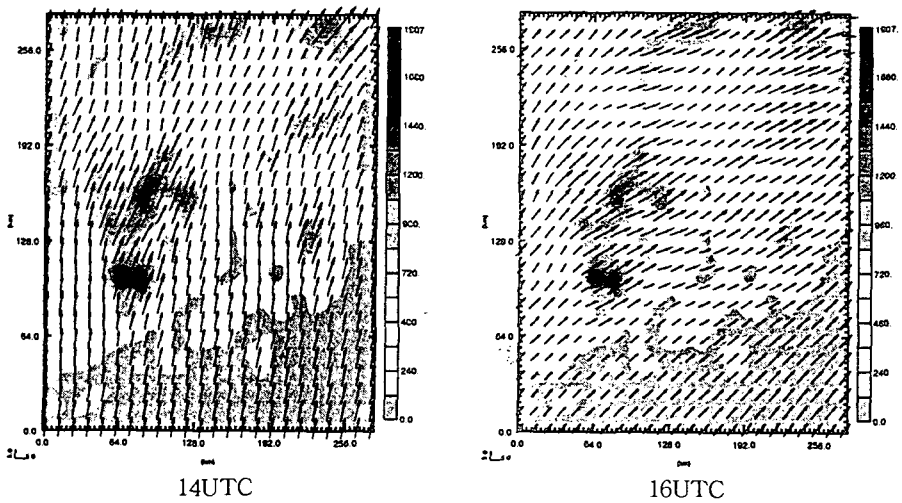


Fig. 1. Accumulated rainfall at surface



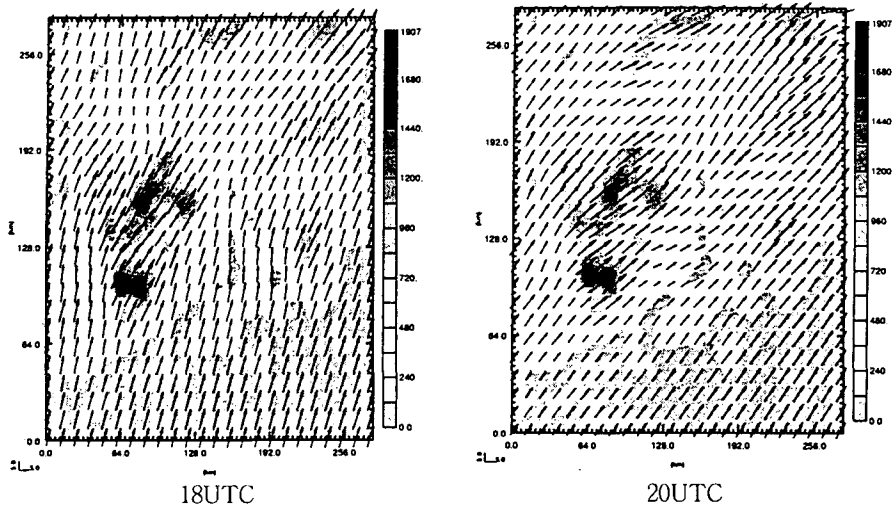


Fig. 2. Simulated surface wind field.

참고문헌

기상청, 2000: 춘계예보기술발표회 초록집. 50pp.

부산지방기상청, 1998: 영남지방 집중호우 사례분석집. 195pp.

홍성유, 1992: 한반도에서 발생한 집중호우의 수치모의 실험, 박사학위논문, 서울대학교. 246pp.

Matsumoto, S., 1972: Unbalanced low-level jet and solenoidal circulation associated with heavy rainfalls. *J. Meteor. Soc. Japan* 50, 194-203.

Chen, G. T. J., and C. C. Yu, 1988: Study of low-level jet and extremely heavy rainfall over northern Taiwan in the Mei-Yu season. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 884-891.

Ogura, Y., and M. Yoshizaki, 1988: Numerical study of orographic precipitation over the Eastern Arabian Sea and the Ghat mountains during the summer monsoon. *J. Atmos. Sci.*, 45, 2097-2122.