

한반도 중규모 대류복합체의 발달특성에 관한 연구

이순환^{*1}, 원효성², 류찬수¹,

¹조선대학교 아시아문순기후환경연구센터,
501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지
²광주지방기상청/조선대학교 대학원 대기과학과,
500-170 광주광역시 북구 운암동 산 1번지

요약

한반도에 집중호우를 유발시키는 중규모 대류복합체는 매우 복잡한 특성을 띠고 있다. 2004년 7월14일 발생한 중규모 대류복합체의 발달 메커니즘을 분석한 결과, 대류복합체 생성 전에 500 hPa 고도에서 강한 역전층이 나타났으며, 이 역전층은 상승과 하층간의 상당온위의 분리를 유발하여 대기불안정이 더욱 강화시켰다. 그리고 일반적인 중규모 대류복합체 특징인 풍향의 쉬어 보다는 풍속의 쉬어에 의해 대류계의 열역학 불안정이 강화 되었다.

주요어 : 집중호우, 대류복합체, 풍속 쉬어

1. 서론

일반적으로 동아시아 여름철에 주로 나타나는 중규모 대류복합체(Mesoscale Cumulus Complex : MCC)는 위성사진에서 타원형의 구름 시스템으로 관측된다. 그 발생기에는 지상 일기도에서 저기압이 나타나지 않은 경우가 많다. 특히 중규모 대류복합체는 동진하여 비교적 경압성이 강한 일본 열도 부근까지 진출하여 중규모 α 규모 저기압으로 발달한다. 장마기간 중 집중호우 발생과 관련하여 강한 대류와 연관된 구름 무리가 중국 내륙에서 발생하여 동진하다 대륙의 동안에서 황해로 접어들면서 전이 기간을 거친 후 전선성 교란으로 변하면서 한반도 중부이남 지방을 통과할 때 집중호우를 빈번히 나타낸다.

홍(2000)은 한반도에서 발생한 집중호우 사례에 대한 분석에서 호우예측을 위해서 대류불안정과 주변 바람장, 수증기 이류 및 상하층 제트기류 분석으로 호우가능성을 판단할 수 있다고 하였고, Lucas *et al.* (2001)은 1990년대 형성된 관측망을 중심으로 악기상 현상을 연구하였고, 류 등(2004)은 호남해안지방 해안선의 복잡성에 따른 중규모 대류계의 변화를 설명하였다.

그러나 집중호우 등의 악기상 현상은 그 공간 규모가 매우 국지적이고, 수 시간 내에 발달하여 소멸하기 때문에 이와 같은 악기상 현상을 예측하기 위해서는 짧은 예측시간과 보다 국지적인 현상에 초점을 두어 초단기예보의 필요성이 대두 되었다. 초단기예보는 중규모 대류계의 예보자체라고 말할 수 있다. 중규모 대류계(Mesoscale Convective Systems, MCS)는 개개의 뇌우보다는 여러 개의 뇌우로 구성된 조직화된 구조를 지니고 수평적으로 100 km 이상 연속된 강수지역을 만들어 내기도 한다. 또한 외관상 중규모 대류계는 현저히 큰 대류계들로 매우 다양한 형태로 존재한다.

MCC의 발달은 증관배경이 매우 약하며, 대부분의 상승강제력 또는 이를 유지시켜주는 것은 강한 하층제트와 이에 수반되는 습한 난기이류 때문이다. 이처럼 중규모 대류 복합체는 우리나라의 집중호우 발생과 밀접한 관련이 있으며, 이에 대한 집중관측 및 구조 규명에 관한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 이 중규모 대류 복합체의 특성을 잘 나타낸 2004년 7월 14일 사례를 분석함으로써 대류 복합체의 특성 및 진행과정을 분석함으로써 중규모 악기상 예보 능력과 이해력을 향상 시키고자 한다.

2. 본론

본연구의 분석대상은 2004년 7월 14일 한반도에서 발달한 MCC를 대상으로 하였다. 당시 한반도는 mP와 mT사이에 위치하고, mT의 경계면에 드는 남부지방에 장마전선이 활성화와 소강상태가 반복되어 전라남도 진도부근 해안에서 급격히 발달하면서 전남남부 서해안지방을 시작으로 광주 및 전라남도지방에 천둥·번개를 동반한 단시간에 집중호우가 나타났다. 이것은 중위도저기압에서 불안정과 관련된 중규모 대류계(MCS)에 의한 것이다.

분석에는 각종 지상관측자료 및 고층자료와 GEOS위성, 무안 레이더 영상자료 등을 이용하였다.

Fig.1은 7월14일 한반도 남해안에 발달한 Oval type MCC의 변화를 나타낸 것이다. 시간 간격은 4시부터 120분 간격으로 MCC의 발생에서 최성기까지 나타낸 것으로, 진도를 중심으로 한반도 남부지방에서 발달하였으며, 0900LST부터 동심원의 세력이 약화되었다.

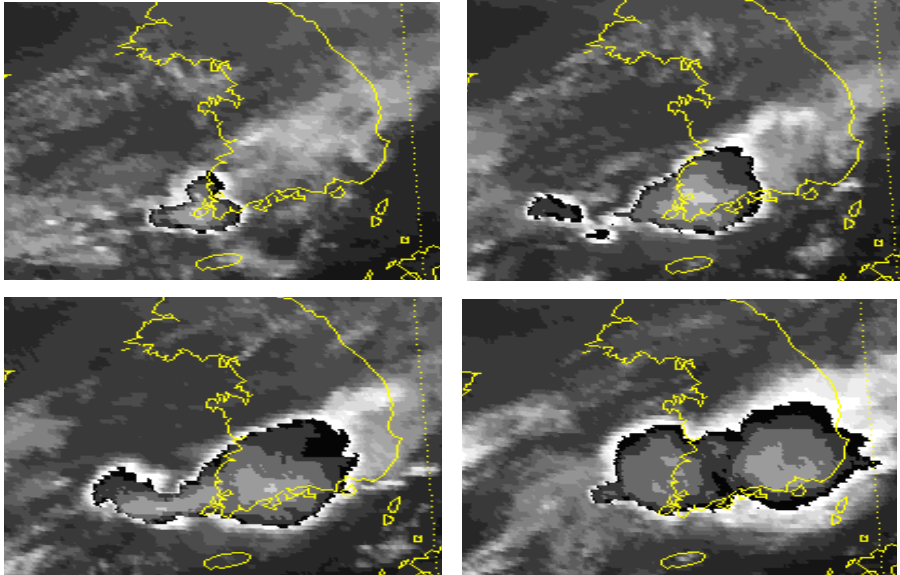


Fig. 1. Time evolution of Oval type MCC detected by GOES infrared image from 0400LST to 8000LST.

850 hPa에서 한기를 동반한 상해 부근의 기압골이 서해중부 해상으로 이어져 남동진하면서 점차 mT고기압이 확장하여 북쪽으로 향하였고, 온도골에 위치한 전선대를 만주에서 화중 내륙으로 형성되어 있다.

500 hPa에서 Cold를 동반된 Trough가 발해만과 화중지방에 있어 $1^{\circ}/12\text{hr}$ 로 mT고기압 세력이 강화되어 거의 정체하고 있고, 온도골과 Trough가 더욱 깊어졌으며, -6°C 선이 남해안에 걸쳐 한기가 유입 되다가 온도능이 위치함에 따라 하층 저기압의 발달을 약화 시켰으며, 남서류가 서해남부 해상으로 45-50 kts로 강하게 유입되다가 점차 약화되었다.

Fig.2는 한반도지역의 7월14일 03LST와 06LST의 Q벡터를 나타낸 것이다.

03LST의 경우 강한 상승구역이 서해지방에 위치하고 있으며, 해안지방으로 접근하고 있음을 알 수 있다. 그리고 계속적으로 상승수역이 선상으로 유입되고 있다. 그러나 06시의 경우 가 되면 해안지방의 상승강도는 약화되면서 상승구역이 한반도 남해안 지역으로 확장되면서 빠르게 이동하고 있다. 이것은 Q벡터의 MCC 인지가능성을 보여주는 것으로 최성기 3시간 전의 Q벡터를 이용하여 한반도 남서해안의 집

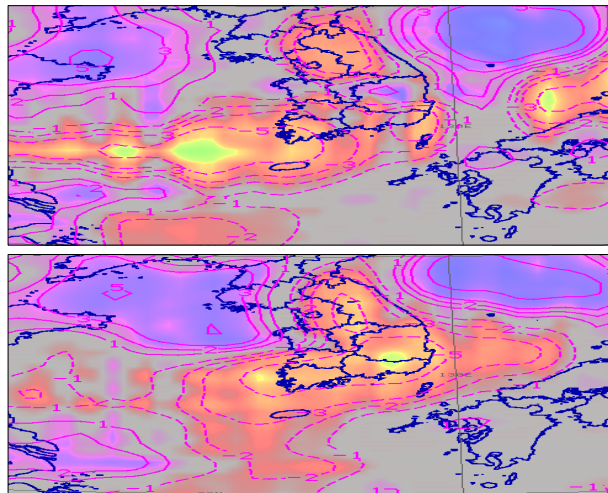


Fig. 2. Div-Q vector around Korean Peninsula at a) 0300LST and b) 0600LST 14 July 2004.

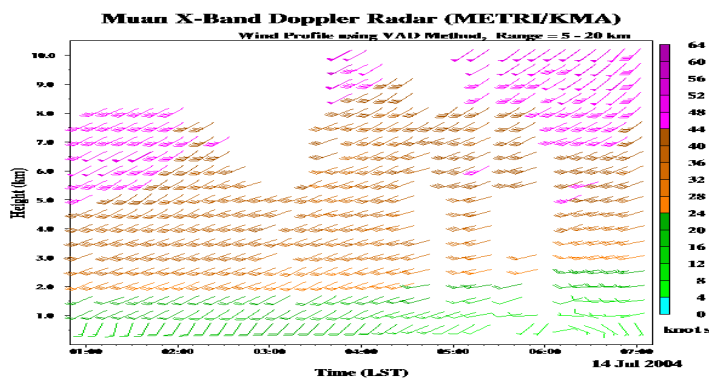


Fig.3. Time variation of wind variation vertically observed by Muan X band radar from 0100LST to 0700LST with 10 minutes.

중호우 예측가능성을 높이는 방법의 하나로 사용할 수 있다.

일반적인 MCC의 경우 풍향의 쉬어가 나타나는 것이 보통이나 본 연구에서 MCC의 경우 풍향에 의한 쉬어보다는 풍속에 의한 쉬어가 나타나고 있다. 즉 MCC가 접근하기 전인 05시 이전에는 전 층에서 남서풍이 나타나고 있다. 그리고 MCC가 발달하면서 1.5 Km 미만에서 남동풍이 나타나고 위층에서는 서풍계열의 쉬어가 나타난다. 이것은 하층에서 약하지만 순전의 온난이류가 발달하고 있음을 알 수 있다. 그리고 이러한 쉬어형태는 본 MCC의 특성을 대변하는 자료로 볼 수 있다.

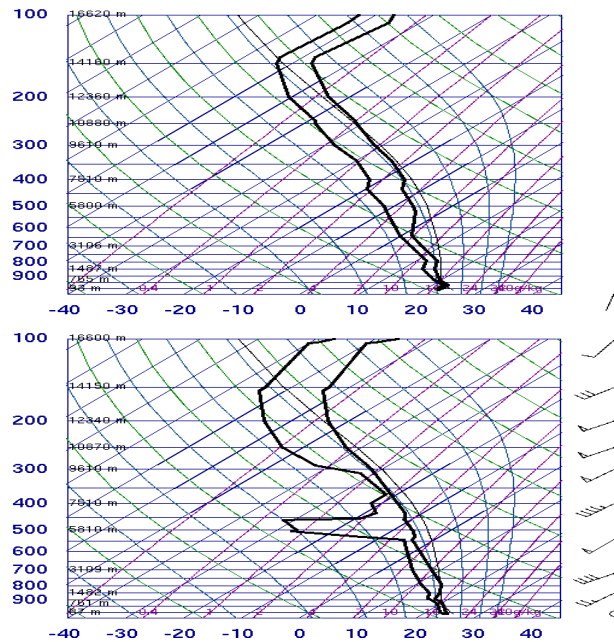


Fig.4. Skew-T diagram observed at Gwangju. the observation time is a) 18LST 13 July, and b) 00LST 14 July 2004.

Fig.4는 MCC 발생 전날인 13일 18LST와 14일 00LST의 광주지방 단열선도를 나타낸 것이다.

13일에 500 hPa의 고도에서 강항s역전층이 형성되고 있음을 알 수 있다. 이것은 500 hPa이사의 고도에서는 건조하고 차가운 공기가 유입되고 있으며, 안정층하부에서는 온난하고 습윤한 공기가 유입되고 있다 그러나 이두층사이의 에너지교환은

500 hPa의 안정층에 의하여 차단되고 있으며, 대기불안정도가 높아지고 있다. 이러한 안정층은 14일 00LST에 해소되면서 급격하게 불안정한 대기로 발달하고 있다. 이러한 불안정에너지가 본 MCC 발달의 기본 에너지로 작용하고 있음을 알 수 있다.

3. 결론

2004년 7월 14일에 발생한 한반도 남서해안의 집중호우에 대하여 분석하였다. Oval type의 MCC로 진도지방에서 급격히 생성되어 성장되어갔다. 그러나 본 사례의 경우 하층제트가 일반적인 경우보다 약하게 나타났으며, 특징적으로 중간에 역전층이 생성되어 대기 상층의 건조하고 차가운 공기와 하층의 강한 남서기류에 따른 습윤하고 고온의 공기가 효과적으로 분리되어 하층에서의 급격한 에너지 축적이 발생하며 이것에 의해 급격한 연직 불안정이 발생하였다. 그리고 일반적인 연직 바람장 분석에서 풍향에 대한 쉬어는 매우 약하게 나타난 반면 풍향의 변화는 크게 나타났다. 즉 풍향의 변화를 동반하지 않은 풍속의 쉬어 변화와 역전층에 의해 형성된 연직 불안정은 상호 상반되는 개념에도 불구하고 상승작용을 일으켜 MCC 형성에 기여했다고 볼 수 있다. 그러나 중간의 안정층에 대한 형성 메커니즘에 대한 연구가 차후에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

사사 : 본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 “국지기상예측기술 개발 과제” 에서 수행된 것입니다.

참고문헌

- 류찬수, 신유미, 이순환, 2004, 해안지형 복잡성이 중규모 순환장에 미치는 영향에 관한 수치연구. *한국기상학회지*, 40(1), 71-86.
- 홍성유, 1992: 한반도에서 발생한 집중호우의 수치 모의 실험, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 246pp.
- Lucas, C., P. T. May, and R. A. Vincent, 2001: An algorithm for the detection of front in wind profiler data. *wea. Forecasting* **16**, 234-347.