

# 서해상에서 발달한 중규모 대류 복합체 특성 조사

## Characteristics of Mesoscale Convective Cluster occurred over Yellow Sea

\*류찬수<sup>1,3</sup> · 이순환<sup>1,3</sup> · 원효성<sup>1,2</sup> · 김선희<sup>1</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 대기과학과 (csryu@chosun.ac.kr)

<sup>2</sup>광주지방기상청 예보과

<sup>3</sup>조선대학교 아시아 몬순 기후 환경 연구센터

### 1. 서론

일반적으로 동아시아 여름철에 주로 나타나는 중규모 대류 복합체(Mesoscale Cumulus Complex)는 위성사진에서 타원형의 구름 시스템으로 관측된다. 그 발생기에는 지상 일기도에서 저기압이 나타나지 않은 경우가 많다. 특히 중규모 대류 복합체는 동진하여 비교적 경압성이 강한 일본 열도 부근까지 진출하여 중규모 α규모 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 발행함을 연구 된 바 있다. MCC의 발달은 종관배경이 매우 약하며, 대부분의 상승강제력 또는 이를 유지시켜주는 것은 강한 하층제트와 이에 수반되는 습한 난기류 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 14일을 2005년 7월 2일에 발생한 사례와 비교 분석함으로써 대류 복합체의 특성 및 진행과정을 분석함으로써 중규모 악기상 예보 능력과 이해력을 향상 시키고자 한다.

### 2. 자료분석

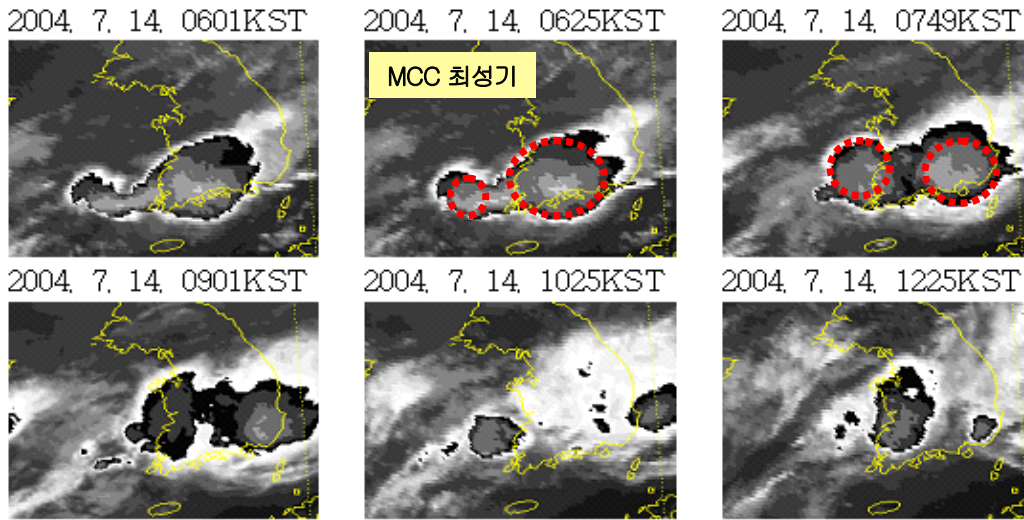


Fig.1 Time evolution of Oval type MCC detected by GOES infrared image from 0400LST to 1200LST. 14 July. 2004.

Fig.1.은 2004년 7월14일 한반도 남해안에 발달한 Oval type MCC의 변화를 나타낸 것이다. 시간간격은 4시부터 120분 간격으로, MCC의 발생에서 최성기까지 나타낸 것이다. 진도를 중심으로 발달하여 한반도 남부지방에서 발달하였다. 그리고 0900LST부터 동심원의 세력이 약화되었다.

850hPa에서 한기를 동반한 상해 부근의 기압골이 서해중부 해상으로 이어져 남동진하면서 점차 mT고기압이 확장하여 북쪽으로 향하였고, 온도골에 위치한 전선대를 만주에서 화중 내륙으로 형성되어 있다. 500hPa에서 Cold를 동반된 Trough가 발해만과 화중에 있어  $1^{\circ}/12\text{hr}$ 로 mT고기압 세력이 강화되어 거의 정체하고 있고, 온도골과 Trough가 더욱 깊어졌으며,  $-6^{\circ}\text{C}$ 선이 남해안에 걸쳐 한기가 유입 되다가 온도능이 위치함에 따라 하층 저기압의 발달을 약화 시켰으며, 남서류가 서해남부 해상으로 45-50kts로 강하게 유입되다가 점차 약화되었다.

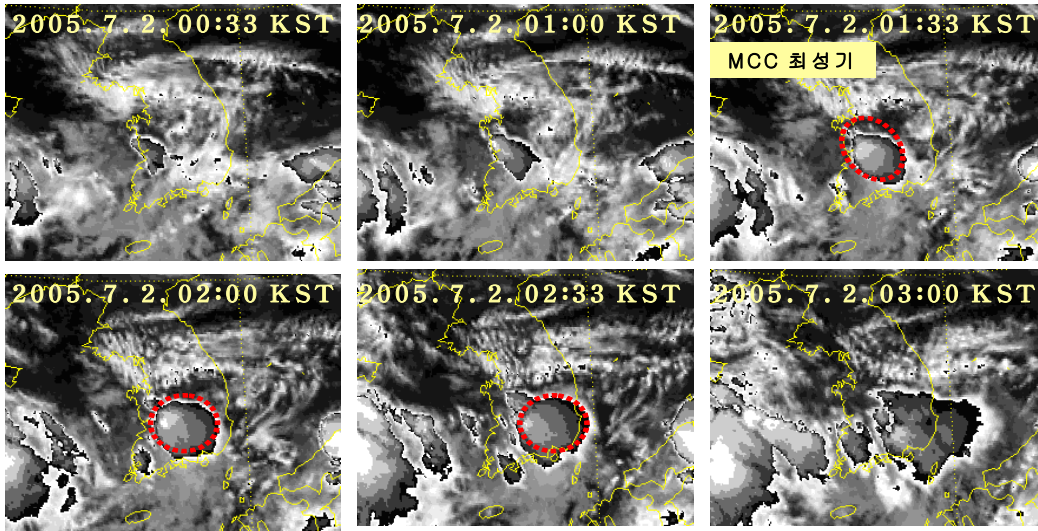


Fig.2 Time evolution of Oval type MCC detected by GOES infrared image from 0000LST to 0300LST. 2 Jul. 2005.

Fig. 2는 2005년 7월 2일 군산 앞바다에서 발달한 MCC로 Fig. 1. 사례와 마찬가지로 서해상에서 갑자기 발달해서 군산을 비롯한 전라북도 전 지역에 많은 강수를 보인 사례이다. 이번 사례는 2004년 7월 14일 사례보다는 단 시간에 빠른 속도로 진행하면서 군산을 시작으로 남동쪽으로 이동하면서 발달했다. 이 두 사례에서 보면 해안선을 오기 전에 작은 강우셀이 급격히 커지게 되는데, 이는 어떠한 지형이 뇌우의 상승작용을 가속한다는 유추를 해 볼 수가 있다.

Fig.3 a)는 한반도지역의 2004년 7월14일 03LST와 06LST의 Q벡터를 나타낸 것이다. 03LST의 경우 강한 상승구역이 서해지방에 위치하고 있으며, 해안지방으로 접근하고 있음을 알 수 있다. 그리고 계속적으로 상승구역이 선상으로 유입되고 있다. 그러나 06시의 경우 가 되면 해안지방의 상승강도는 약화되면서 상승구역이 한반도 남해안 지역으로 확장되면서 빠르게 이동하고 있다. b)는 2005년 7월 2일 00LST와 03LST의 Q 벡터로 00시에 군산 앞바다에서 강한 상승역이 위치해 있고, 내륙으로 들어오면서 상승구역이 넓어지면서 약화되었다. 이것은 Q벡터의 MCC 인지가능성을 보여주는 것으로 최성기 2~ 3시간 전의 Q벡터를 이용하여 한반도 남서해안의 집중호우 예측가능성을 높이는 방법의 하나로 사용할 수 있다.

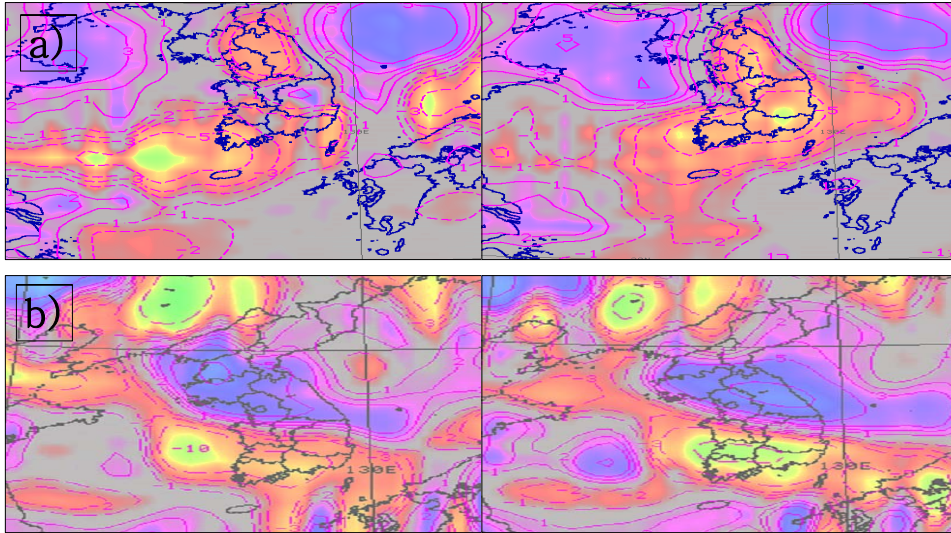


Fig.3 Div-Q vector around Korean Peninsula at a) 0300LST and 0600LST 14 July 2004. b) 0000LST and 0300LST 2 July 2005.

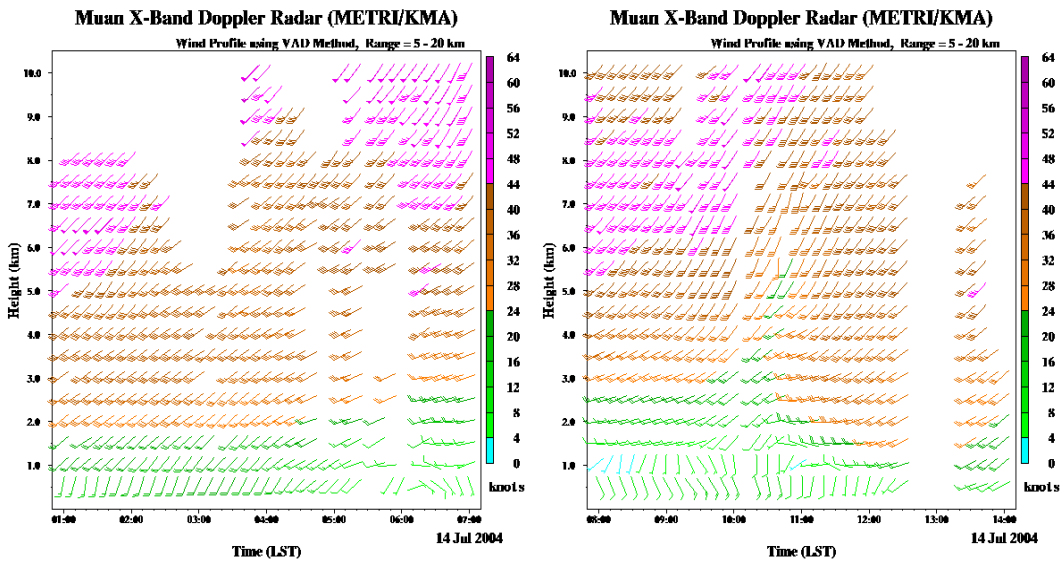


Fig.4. Time variation of wind variation vertically observed by Muan X band radar from 0100LST to 0700LST with 10 minutes.

Fig.4.은 2004년 7월 14일 무안 X 밴드레이더에서 관측한 연직 방향의 풍향과 풍속을 나타낸 것이다. 일반적인 중규모 대류복합체의 경우 풍향의 쉬어가 나타나는 것이 보통이나, 본연구의 중규모 대류복합체의 경우 풍향에 의한 쉬어보다는 풍속에 의한 쉬어가 나타나고 있다. 즉 중규모 대류복합체가 접근하기 전인 05시 이전에는 전층에서 남서풍이 나타나고 있다. 그리고 중규모 대류복합체가 발달하면서 1.5Km미만에서 남동풍이 나타나고 위층에서는 서풍계열의 쉬어가 나타난다. 이것은 하층에서 약하지만 순전의 온난이류가 발달하고 있음을 나타낸다. 그리고 이러한 쉬어형태는 본 중규모 대류복합체의 특성을 대변하는 자료로 볼 수 있다.

Fig.5는 중규모 대류복합체 발생 전날인 13일 06LST와 14일 00LST의 광주지방 단열 선도를 나타낸 것이다. 광주 대기선도에서 13일 00UTC는 상층은 차고 건조한 역이 위치하고 있으며 하층에서 강풍으로 남서류가 불고 있다. 06UTC에서는 약 600hPa 부근에 역전층이 형성되어 있으며 그 아래는 습윤층이 형성되어 있고 역전층을 경계로 상층은 차고 건조한역이 위치하고 있다. 역전층으로 상하층이 분리되어 있으나, 두층 모두 조건부 불안정을 나타내고 있다. 역전층을 경계로 하층은 잘 포화된 습윤층이 위치하고 상층으로 갈수록 급격히 차고 건조한 역이 위치해 있을 때 하층에서 에너지가 축적되어 대기 연직 불안정을 급격히 증가시킨다. 이러한 구조는 미국의 경우 대평원 상에서 주로 나타나는 기단의 형태이다. 13일 12UTC는 점차 모든 층이 습윤해 지고 있으며, 특히 18UTC는 하층에서 남서류의 강풍역이 형성되어 유입되고 있다. 즉 상하층사이의 에너지교환은 500hPa의 안정층에 의하여 차단되고 있으며, 대기불안정도가 높아지고 있다. 이러한 안정층은 14일 00LST에 해소되면서 급격하게 불안정한 대기로 발달하고 있다. 이러한 불안정에너지가 본 중규모 대류복합체 발달의 기본 에너지로 작용하고 있음을 알 수 있다.

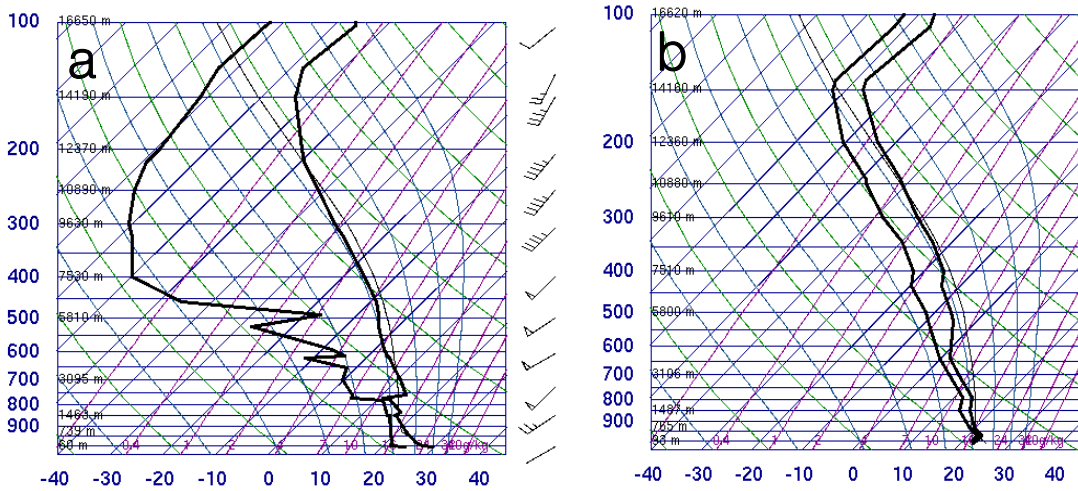


Fig.5. Skew-T diagram observed at Gwangju. the observation time is a) 18LST 13 July, and b) 00LST 14 July 2004.

### 3. 결론

본 연구는 서해상에서 발달해서 급격하게 성장해 호남지방의 집중호우를 일으키는 MCC의 특성을 보기 위해 2004년 7월 14일을 중심으로 2005년 7월 2일의 사례를 비교 분석하였다. 이 특성이 잘 나타난 2004년 7월 14일을 보면 Oval type의 MCC로 진도지방에서 급격히 생성되어 성장되어갔다. 그러나 본 케이스의 경우 하층제트가 일반적인 경우보다 약하게 나타났다. X 밴드 레이더 시계열 관측에 의하여 풍계를 보면 전층에서 대부분 남서풍을 나타내고, 상하층의 풍속시어가 매우 크게 나타난다. 또한 상하층의 기온경도가 매우 크게 나타나 두층을 역전층이 효과적으로 분리시켜서, 상하층간의 대기 불안정이 더욱 더 심화되었다. 그리고 역전층 소멸에 의한 급격한 대류는 중규모 대류 복합체를 형성하는 에너지 원으로 작용하였다. 대기 하층에 매우 강한 풍향과 풍속시어가 존재하고 풍속시어가 매우 큰 경우 이고, 시어는 대류를 유지하는 메커니즘 중의 하나이다. 만약 풍속시어가 작다면 주로 다중뇌우세포의 전형적인 유형이지만 풍속시어가 강하다면 악기상 가능성은 더욱 더 커지는데, 장마전선 상에서 발달한 요란으로 연직 적으로 매우 불안정한 기온 경도와 함께 연직 풍속시어가 매우 강해 짧은 시간동안에 집중호우가 발생하였던 것으로 판단된다. 또한 특징적으로 중간에 역전층

이 생성되어 대기상층의 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 연직바람장 분석에서 풍향에 대한쉬어는 매우 약하게 나타났으며, 반면 풍속의 변화는 크게 나타났다. 즉 풍향의 변화를 동반하지 않은 풍속의 쉬어변화와 역전층에 의해 형성된 연직 불안정은 상호 상반되는 개념에도 불구하고 상승작용을 일으켜 MCC형성에 기여했다고 볼 수 있다. 또한 두 사례에서 2~3시간 전에 Q벡터가 강하게 나타난 것도 이를 예측하는 중요한 인자라는 것도 알 수 있었다.

그리고 중규모 대류 복합체의 초기 발달이 서해상 흑산도와 군산앞바다 부근에서 지속적으로 발달하는 것으로 보아 중규모 대류 복합체의 발달과 지형은 매우 긴밀한 관계를 가지고 있다고 볼 수 있으며, 차후 과제로 이러한 지형에 의하여 나타나는 중규모 기상장의 변화가 중규모 대류 복합체의 발달에 미치는 영향을 정량적으로 고찰할 필요가 있으며, 중간의 안정층에 대한 형성 메커니즘에 대한 연구가 차후에 이루어져야 할 것이다.

## 감 사

본 연구는 기상청에서 시행하는 기상지진기술개발사업의 하나인 “국지기상에측기술 개발 과제”에서 수행된 것입니다.