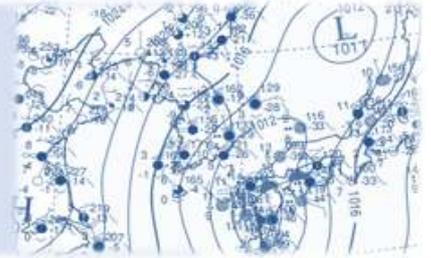


필수 예보요소 활용법과 정의

# 호우 분석 · 예측 가이드스

·발행: 예보국 ·문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ·발행일: 2011년 6월 13일(월)



## 1. 상하층 제트 결합(coupling)

상·하층 제트 결합이란 고도가 다른 두 층(하층·상층)의 강풍대가 그림 1과 같이 교차하는 형태를 일컫는 용어로서, 강한 대류가 발생하기 쉬운 물리적 특징을 함축하고 있다.

그림 1에서 지상저기압 중심을 기준으로 한랭전선과 온난전선 사이에 위치한 붉은색 구역은 남풍(하층제트)에 의해 저위도의 고온·다습한 공기가 유입되어 잠재적 불안정한 대기가 만들어진 지역이다. 고온·다습한 공기는 하층 제트에 의해 빠르게 고위도로 이동하면서 포화되고 상승운동을 하게 되는데, 그림과 같이 상층제트가 이 지역의 상공을 지나가게 되면, 대류운동이 급격하게 발달할 수 있다. 따라서 하층제트에 의해 충분히 습윤해진 하층대기 상공으로 상층제트가 위치한다면, 발산구역의 중심이 어디인가를 찾는 것이 정확한 호우예보에 열쇠가 된다.

그림 2는 상층제트 최대풍속과 제트축(Jet Streak)을 기준으로 호우발생가능 구역을 찾는 간단한 방법이다. 상층의 발산이 뚜렷이 나타나는 구역은 최대풍속을 지나는 제트축을 기준으로 그림2에서 1분면(우상단면)과 3분면(좌하단면)이다. 1분면은 대류발생은 가능하나 제트축의 북쪽에 위치하기 때문에 한대기단의 영향권에 있어서 호우를 발생시킬 수 있을 만큼의 충분한 수증기가 없다. 반면, 3분면은 제트축의 남쪽인 아열대기단의 영향을 받는 지역으로서 호우를 발생시킬 수 있는 잠재에너지가 충분한 지역이다(Chen et al. 2003, Uccellini and Johnson 1979).

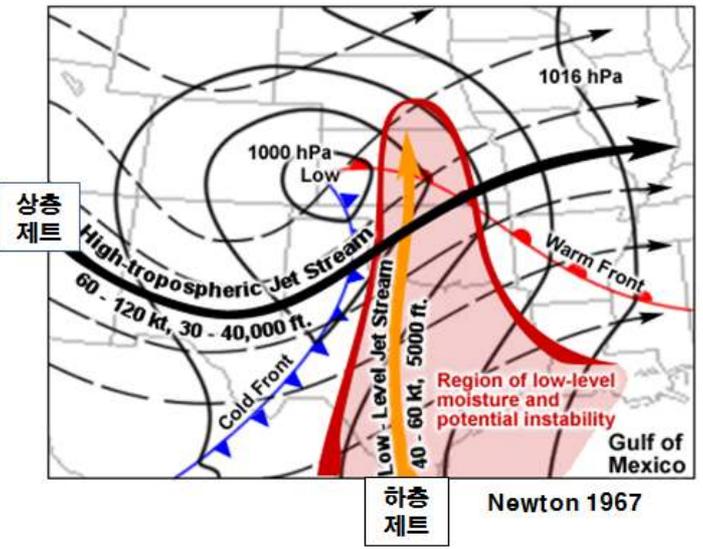


그림1. 하층제트와 상층제트가 결합된 모식도 (Newton 1967)

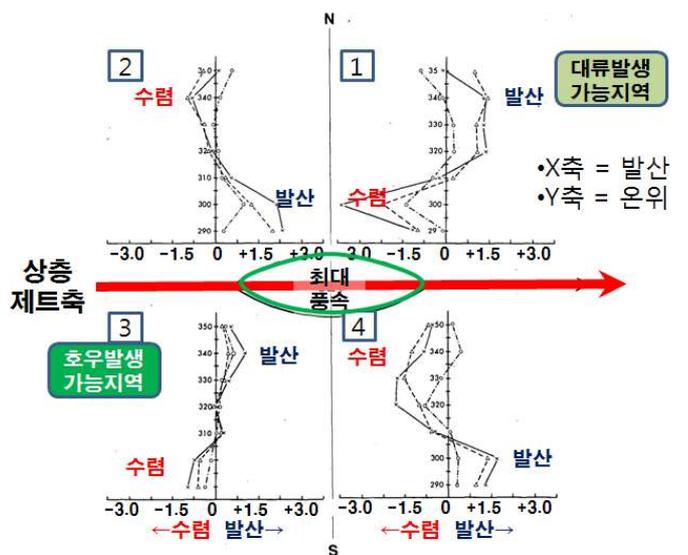


그림2. 최대풍속지점을 지나는 제트축을 기준으로 구분한 대류발생, 호우발생 가능 구역 (Uccellini and Johnson 1979 참조)

## 2. 습윤기류와 건조기류의 합류

그림 3은 미국 중부지역에서 발생하는 호우를 개념화한 모식도이다. 호우는 지상의 저기압이나 상층기압골 동쪽에서 발생하는데, 하층대기에서 온난·습윤한 공기가 멕시코만으로부터 유입되면서 상승기류로 전환된다. 중층대기에서 건조한 기류는 로키산맥을 넘어오면서 하강기류로 전환된다. 상승·하강기류로 전환된, 성질이 다른 두 공기가 만나

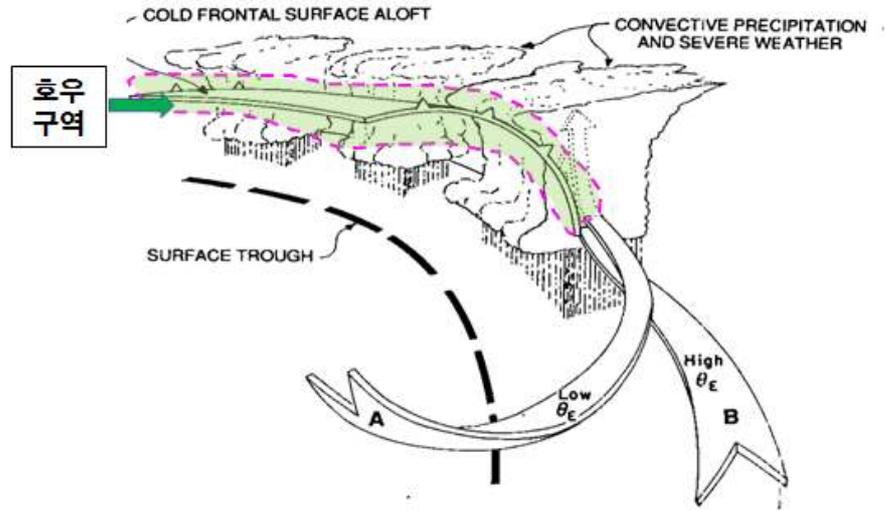


그림3. 한랭전선 전면부에서 발생하는 호우 모식도(Hobbs et al. 1990)

는 지점은 호우가 발생하기 좋은 조건이 된다. Hobbs et al. (1990)은 지상의 한랭전선이나 기압골의 동쪽에서 이런 특징(호우발생 구조)이 잘 발생할 수 있음을 보였다. 그림 4는 2010년 7월 16일 중부지방에 호우가 발생된 사례로서, 수증기 영상과 850hPa 상당온위 분포를 보여준다. 남서류의 영향으로 850hPa 고상당온위 능(ridge)이 중국 양쯔강에서 중부지방으로 향해 있으며, 수증기영상에서 이 지역은 저위도의 수증기가 고위도로 이동하는 통로였음을 알 수 있다. 반면, 이 고상당온위 능의 북쪽으로는 수증기 영상에서 건조한 공기가 놓인 것을 볼 수 있다. 중부지방에 발달한 대류성 구름대는 그림 3과 같이 층간 성질이 다른 공기가 동시에 유입된 결과이다.

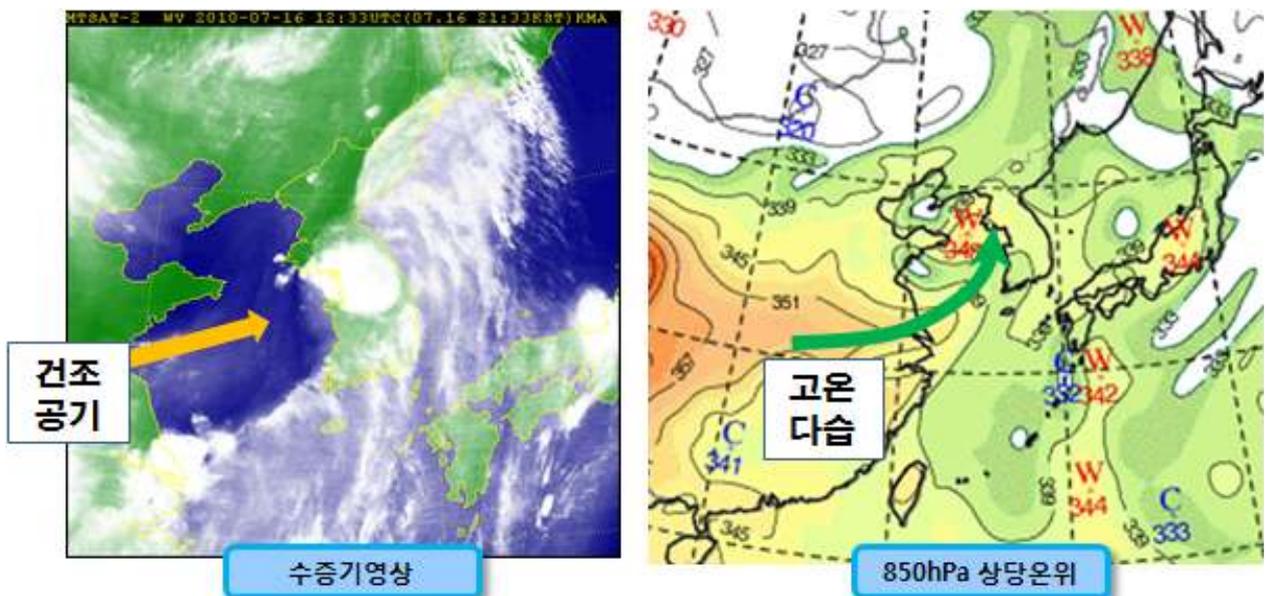


그림4. 2010년 7월 16일 21시(12UTC) 수증기영상과 850hPa 상당온위 분포

### 3. 온난이류와 연직시어

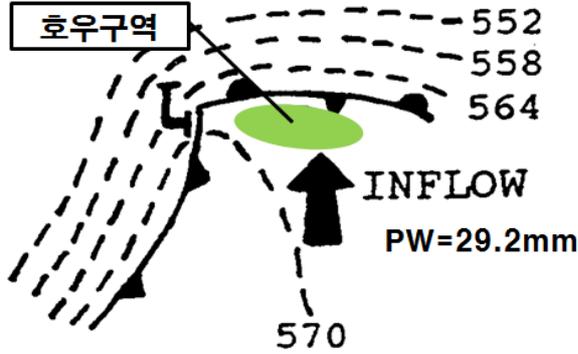


그림5. 1000-500hPa층후(파선) 분류(diffluence) 패턴과 가강수량(PW:precipitable water)을 이용한 호우구역 모식도

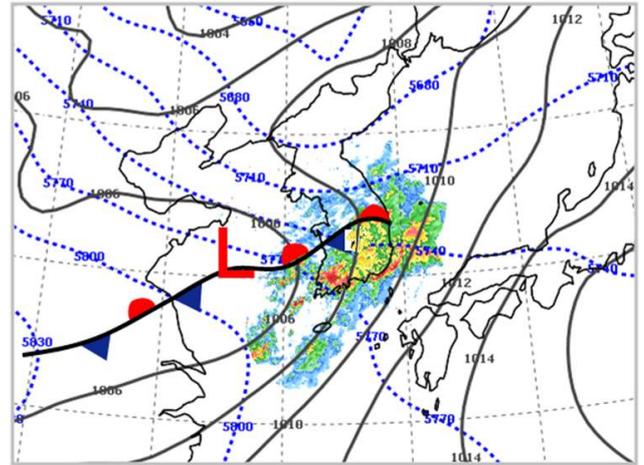


그림6. 2009년 7월 7일 00UTC 지상일기도(실선)와 1000-500hPa 층후(파선), 레이더영상 중첩도

그림 5는 지상일기도의 특징과 1000-500hPa 층후 패턴을 이용한 호우구역을 찾는 방법이다. 호우는 그림 1에서 보았듯이, 지상 저기압이나 골을 기준으로 동쪽(온난전선·정체전선의 남쪽)에 잠재 불안정 공기가 위치한 지역에서 발생한다. 이 지역의 상공으로 1000-500hPa 층후의 형태가 분류(diffluence) 일 때, 온난이류와 함께 층간 바람시어가 커지면서 호우가 나타난다(손에 잡히는 예보기술 1호 “층후 분석” 참조). 그렇지만 완벽한 호우 패턴이더라도 대기에 수증기 함유량이 호우를 발생시킬 수 있을 만큼 충분해야 한다. 그림 5에서는 중규모의 호우구역을 찾기 위해 가강수량 값을 약 29이상으로 제시했다. 그림 6은 남부지방을 중심으로 호우가 발생된 2009년 7월 7일 00UTC의 분석장과 레이더영상 중첩도이다. 우리나라에서도 지상저기압의 동쪽에서 많은 호우가 발생하는데(예보기술팀 2011), 1000-500hPa 층후 분류지역 내에서 정체전선 남쪽에 호우구역이 위치한 것을 확인할 수 있다.

## 4. 우리나라에 적용

그림 7은 상·하층 제트 결합, 성질이 다른 기류의 합류, 온난이류와 연직시어 등 호우 발생 특징을 고려하여 우리나라에 적용한 호우 모식도이다. 예보기술팀(2011)은 우리나라에서 발생한 10년(2000~2009)간 70개 호우사례를 분석하여, 총 6개의 호우모델을 도출했는데, 이 중 가장 많은 호우발생빈도를 보이는 모델이 그림 7과 같이 하층제트가 동반된 호우유형이다.

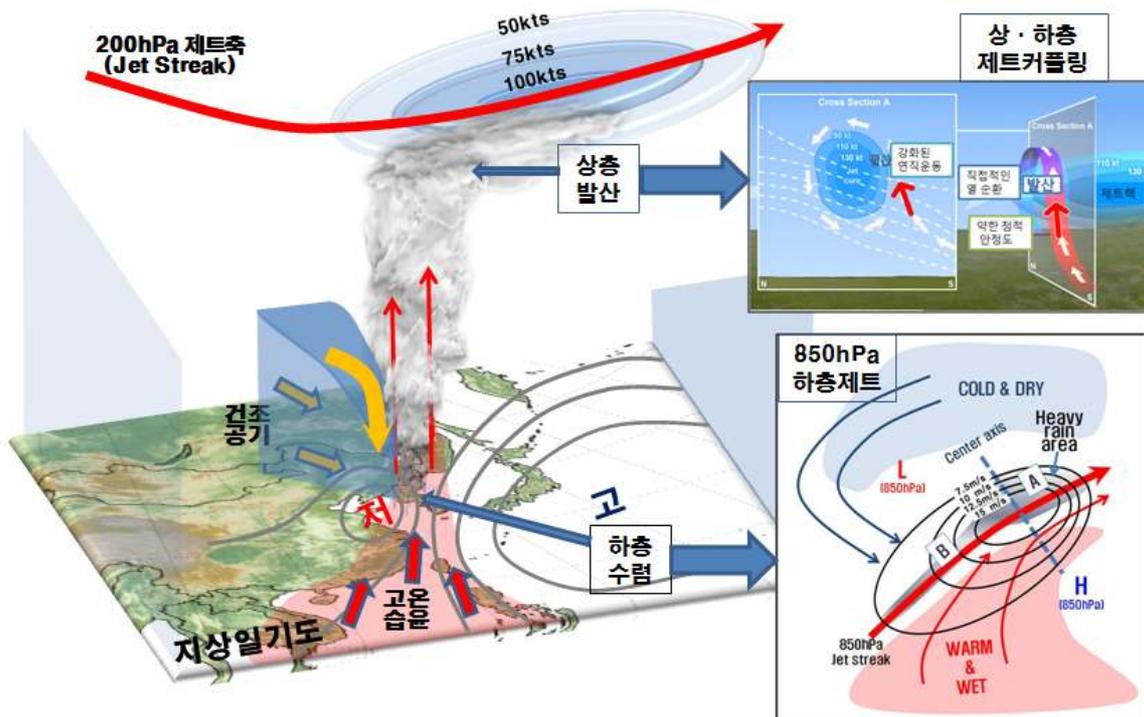


그림 7. 하층제트가 동반된 우리나라 호우구조의 3차원 모식도

### 하층제트가 동반된 호우형의 분석 및 예측방법

- ① 불안정지수 KI >30, 열에너지지수 850hPa  $\theta_e$  >333K 이어야 한다.
- ② 지상저기압이 접근해 온다면, 850hPa 남풍이 부는 지역(850hPa 저기압중심·기압골의 동쪽)에서 25kts 이상의 최대풍속 지점을 찾는다.
- ③ 강풍 중심을 통과하는 유선이나 제트축을 기준으로 그림 7의 우측하단에 표시된 것처럼, A와 B의 호우발생 가능지역으로 각각 구분된다.
- ④ 이 호우발생 가능지역의 상공으로 200hPa 혹은 300hPa에 제트기류가 위치하고, 상층제트축을 기준으로 제트 입구(최대풍속지점을 기준으로 남서쪽)에 위치한다면 호우발생 가능성은 매우 높다.
- ⑤ B 구역 부근에는(서쪽 혹은 북쪽) 반드시 건조역이 위치해야 하고, 기류의 진행방향을 고려하여 건조공기가 B 구역으로 유입될 수 있어야 한다.
- ⑥ A와 B의 두 호우구역 모두 위의 1~4번 항목을 만족하고, 15kts 이상의 남풍이 부는 지역으로 제한된다.

< 참고문헌 >

기상청 예보기술팀, 2011: 손에 잡히는 예보기술 1호 층후 분석, 2호 하층제트, 3호 불안정지수

기상청 예보기술팀, 2011: 예보관 핸드북 시리즈 2. 한눈에 보는 호우개념모델.

Chen, T. C., and J. A. Kpaeyeh, 1992: The synoptic-scale environment associated with the low-level jet of the great plains. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 416-420.

Funk, T. W., 1991: Forecasting techniques utilized by the Forecasting Branch of the National Meteorological center during a major convective rainfall event. *Wea. Forecasting*, **6**, 548-564.

Hobbs, P. V., J. D. Locatelli, and J. E. Martin, 1990: Cold fronts aloft and the forecasting of precipitation and severe weather east of the rocky mountains. *Wea. Forecasting*, **5**, 613-626.

Uccellini, L. W., and D. R. Johnson, 1979: The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective storms. *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 682-703.

\_\_\_\_\_, and P. J. Kocin, 1987: The interaction of jet streak circulations during heavy snow events along the east coast of the United States. *Wea. Forecasting*, **2**, 289-308.

**“손에 잡히는 예보기술” 과월호 열람안내**

손에 잡히는 예보기술 과월호는 예보관 온라인 가이드에서 보실 수 있습니다.

종합기상정보시스템 - 예보 - 예보관 가이드의 “손에 잡히는 예보기술” 메뉴

