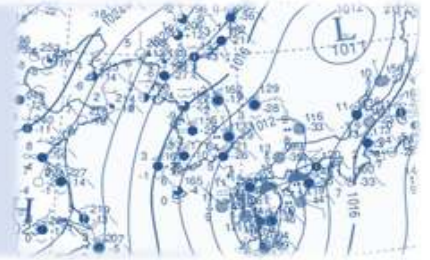


필수 예보요소 활용법과 정의

층후 분석(Thickness Analysis)

·발행: 예보국 ·문의: 예보기술팀(내선 657/658) ·발행일: 2011년 3월 11일(금)



층후도의 패턴을 이용한 예보

1000-500hPa 층후도는 온난이류 지역의 대류성 호우구역을 찾는 데 유용하다. 층후분류지역(thickness diffluence area)은 그림 1과 같이 1000-500hPa 층후도에서 등층후선들이 밀집되어 있다가 느슨해지는 곳이다. A, B지점 모두 하층에서 상층으로 갈수록 바람이 순전(veering)하는 온난이류의 영향을 받는 곳이나, B지점은 A지점에 비해 하층바람(VI)의 풍속이 크다. B지점에서 A지점으로 향하는 하층바람은 등층후선을 가로질러 이동하면서 풍속이 감소하게 되는데 이는 하층대기의 수평적 풍속감소분을 수직적 풍속증가(상승기류)분으로 보충하기 때문이다.

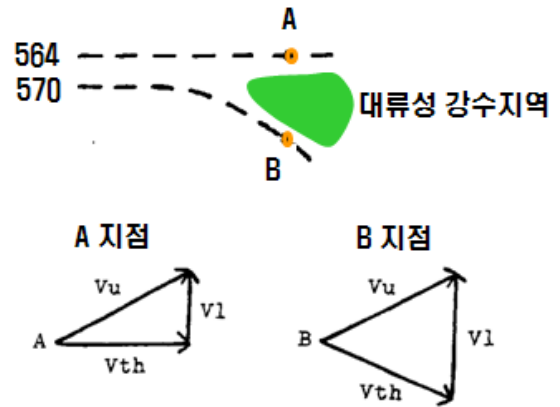


그림1의 층후분류지역에서 녹색으로 표시된 대류성 강수지역은 상승기류가 강한 지역으로써, 대류성 강수에 의한 호우가 자주 발생하는 지역이기도 하다(Uccellini and Johnson 1979, Funk 1991).

그림 1. 1000-500hPa의 층후 분류(thickness diffluence)에 따른 대류성 강수지역의 위치와 상·하층 바람과 온도풍(Vu: 상층바람, VI: 하층바람, Vth:온도풍)

Bell and Lindner(1982)와 Funk(1991)는 층후분류형에 수증기 값(가강수량)을 더하여 그림 2와 같이 중규모 호우구역을 보다 상세하게 찾아내었다. 겨울철은 1000-500hPa 층후분류지역의 북쪽이면서 지상일기도 전선의 북쪽에 호우가 나타나며, 여름철은 층후분류지역이면서 지상일기도 전선의 남쪽에 호우구역을 나타낸다.

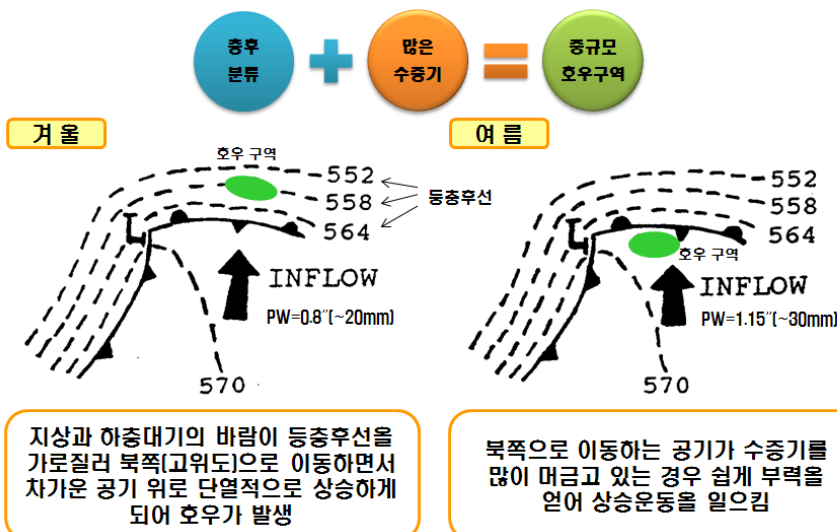


그림 2. 1000-500hPa 층후분류형에 가강수량(PW; Precipitable Water)을 더하여 계절별 호우발생가능 구역을 찾는 방법

그림 3은 여름철 1000-500hPa 층후분류지역에서 호우가 나타난 사례이다. 서해상에 위치한 지상 저기압의 동쪽지역에 우리나라가 위치할 때 지상에서는 남~남서풍이 불고, 대기 중층인 500hPa 고도에서는 남서~서풍의 바람이 불어 연직 층간 바람시어와 온난이류가 발생한다. 여기에 수증기량과 불안정을 동시에 보여줄 수 있는 K-Index를 중첩하면, 호우구역을 보다 상세하게 찾아낼 수 있다.

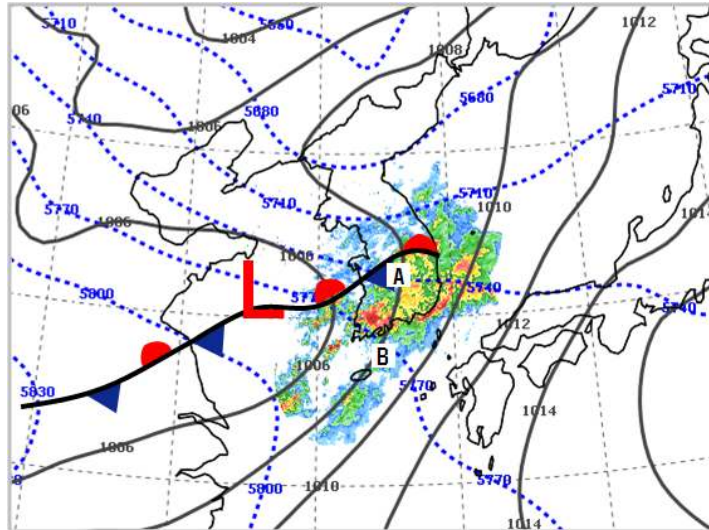


그림 3. 남부지방에 호우가 내린 사례: 2009년 7월 7일 00UTC의 1000-500hPa 층후(파란색 파선), 지상일기 도와 레이더 중첩 영상. A와 B는 그림1의 A와 B지점에 해당하며, 그림 2의 여름철 유형에 해당함.

1000-500hPa 층후, K-Index 30이상 지역과 레이더 영상을 중첩한 영상으로 실제 호우구역이 이론과 비교적 잘 일치하는 것을 그림 4에서 볼 수 있다.

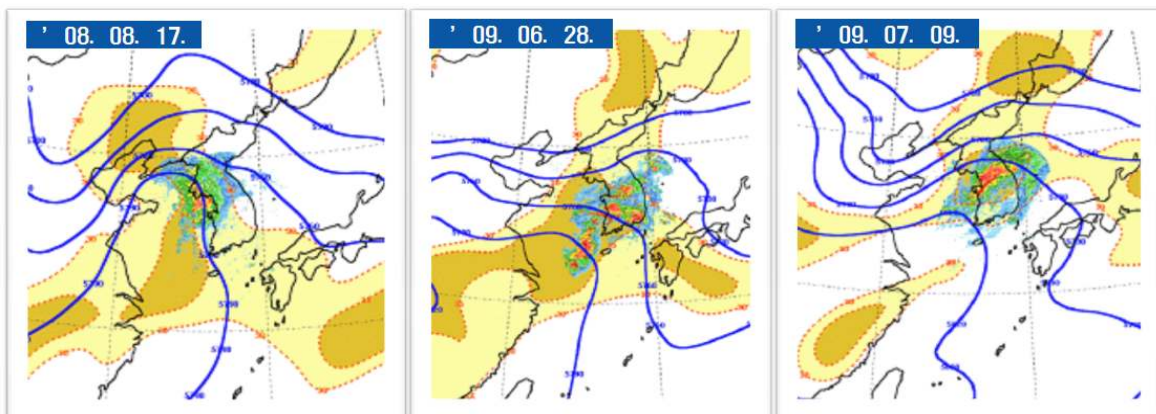


그림 4. 주요 호우사례별 1000-500hPa 층후, K-Index와 레이더 영상 중첩(파란색 실선: 1000-500hPa 층후선, 노란색 구역: K-Index 30이상, 5 간격)

< 참고문헌 >

Bell, R. E., and A. J. Lindner, 1982: Ingredients which may combine to form the favorable pre-existing structure. National Meteorological Center in-house notes and schematical drawings of the ingredients necessary for heavy rainfall production. [Available from the Forecast Branch of NMC, Camp Spring, MD.]
 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.
 Uccellini, L. W., and D. R. Johnson, 1979: The coupling of the upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective storms. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 682-703.

층후값을 이용한 예보

일반적으로 1000-500hPa 층후에서 5400m 층후선은 눈과 비를 구분하는 기준선으로 많이 이용한다. 5400m 이하일 경우 대부분의 강수형태는 눈이며, 이 중 약 50%는 1000ft 미만에서 형성된다. 5400m 이하인 경우에도 눈이 내리지 않을 수도 있다. 따라서 다음의 사항들을 고려해야 한다.

- 고도가 높은 지역에서는 5460m이나 5520m 층후지역에서 눈이 발생할 수 있다.
- 두 기층 사이에 난기이류가 있을 경우 층후는 증가하지만, 여전히 하층이 빙점 이하의 기온을 유지하고 있다면, 강수형태는 눈이다.
- 대기하층의 기온(주로 925hPa 기온이용)은 강수형태를 결정하는 중요한 요소로, 지면의 얇은 극 기단은 5400m 이상의 층후에서도 비나 진눈깨비를 다시 눈으로 얼릴 수 있다.

기상청 현업에서는 겨울철에 강수형태 판단을 위해 1000-700hPa 층후도를 사용하며, 2760m의 평균온도는 264.23K로, 평균 기온감률을 고려하면 지상 기온은 0도 이하가 된다(Bluestein, 1993). 보통 2760m이하는 눈, 2820m이상은 비로 판단하며, 강수형태의 전이역은 그림 5의 a)처럼 빨간 빗금 처리를 하여 표출한다.

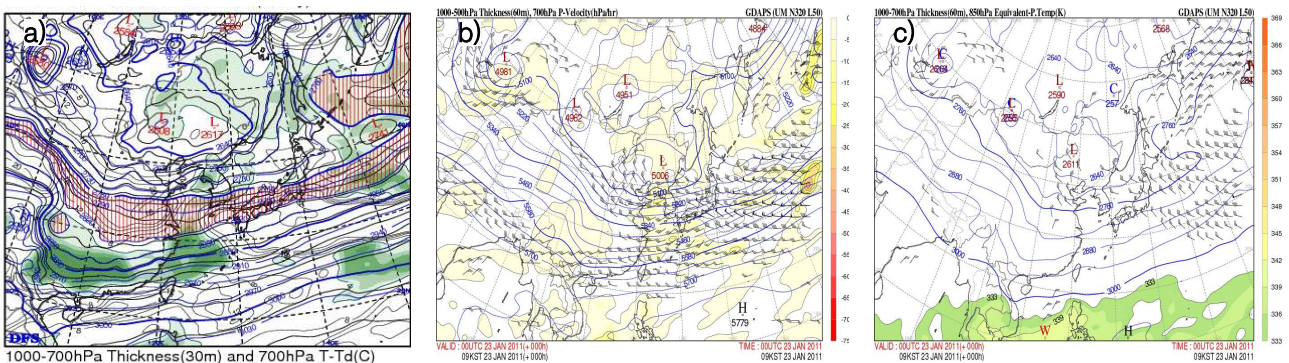


그림 5. 기상청에서 생산하는 층후도의 종류(2011.1.23. 00UTC). a)1000-700hPa 층후도, 700hPa T-T_d(UM RDAPS 보조일기도), b)1000-500hPa 층후, 700hPa 연직속도(UM GDAPS 예보장), c)1000-700hPa 층후, 850 상응온위 (UM GDAPS 예보장)

또한, 그림 6처럼 전일 12UTC의 1000-925hPa 층후값 또는 1000-850hPa 층후값과 최저기온과의 선형적 상관관계를 이용하여 최저기온 예보에도 활용할 수 있다 (Massie and Rose 1997, Rose 2000).

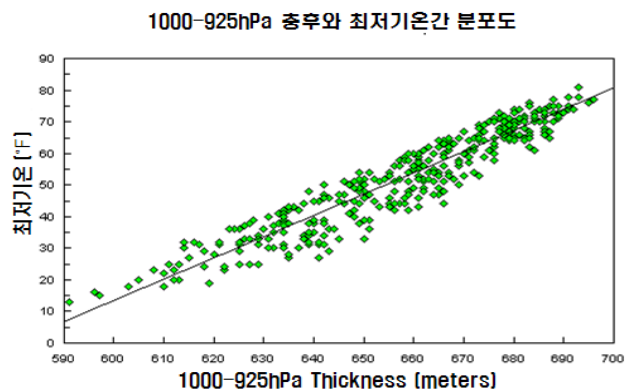


그림 6. 1999년 Tennessee주 Nashville에서 관측된 1000-925hPa 층후 값(전일 12UTC)과 최저기온과의 상관 분포도

<참고문헌>

- Bluestein, H. B., 1993: Synoptic dynamic meteorology in midlatitudes. Oxford Press, V2, 426-455.
 Massie, Darrell R. and Mark A. Rose, 1997: Predicting daily maximum temperatures using linear regression and Eta geopotential thickness forecasts. Wea. Forecasting, 12, 799-807.
 Rose, M., 2000: Using 1000-925 mb thicknesses in forecasting minimum temperatures at Nashville, Tennessee. Technical Attachment SR/SSD 2000-25.
 수치모델관리관, 2010: 수치예보자료이용편람, 32-34

<기초탄탄 코너> 층후란?

층후는 서로 다른 두 기압면 사이의 수직 두께이다. 보통 미터 단위를 사용하며, 기상청은 30m 또는 60m 간격으로 층후도를 그린다. 층후는 특정한 층의 평균 기온을 대표하므로, 예보관들이 활용하기에 좋다. 수치가 높은 층후 값은 따뜻한 공기를, 수치가 낮은 층후 값은 찬 공기를 의미한다.

더 정확하게 말하자면, 층후는 실제 온도와 섭씨 1~2°C의 아주 작은 차이를 보이는 평균 가운데도를 재는 것과 같으며, 두 층간의 평균 가운데도에 비례한다. 만일 기단이 습하고, 따뜻하다면 이 기단의 가운데도는 실제 온도보다 약간 더 높아질 것이다. 즉, 층후간격이 넓다.

예보분석을 위해서는 주로 1000hPa과 500hPa 사이의 층후를 많이 사용한다. 이 층은 대부분 기단들의 차이가 잘 나타나는 곳으로, 해수면과 약 5km 평균해수면고도 사이에 위치한다.

겨울철에는 1000-700hPa이나 1000-850hPa 층후가 전선과 기단을 정의하는데 더 유용하며, 기상청은 겨울철에 눈·비 구분을 위해 1000-700hPa 층후를 자주 사용한다.

층후도는 대부분 등압선과 함께 표출하며, 열적 대비와 기단에 대한 기압경도력(바람)과의 정확한 상관관계를 알려준다. 예로 그림 7의 경우 지상일기도와 1000-500hPa 일기도를 중첩한 것이다.

층후도는 열적 이류를 평가할 수 있는 가장 믿을 수 있는 방법이다. 이류는 더 차갑거나 더 따뜻한 층으로 바람이 불 때 나타난다. 그림 7에서 보는 것처럼 등압선들과 층후선이 서로 교차하면서 네모난 상자형태로 그려진 곳에서 따뜻하거나 찬 이류가 일어나는 것을 짐작할 수 있다.

특정한 층후 선은 눈·비의 전이영역 판단에 활용한다. 기상청은 1000-500hPa 층후도에서 5400m선 이하를 눈으로 판단하며, 1000-700hPa 층후도는 2760m이하는 눈, 2820m이상은 비로 판단한다.

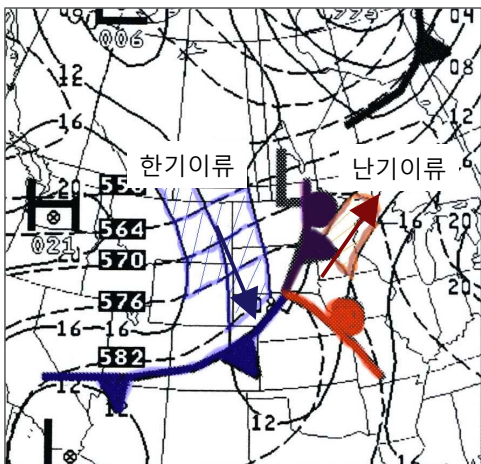


그림 7. 1000-500 hPa 층후도(점선), 지상일기도(실선)를 중첩한 것으로 지상전선은 온도능, 온도곡의 따뜻한 가장자리에 위치하고 있다. 층후선과 등압선이 교차하는 곳에서 이류가 나타나고 있다 (파란 빗금영역-한기이류, 주황 빗금영역-난기이류).

(출처: weather map handbook, p21)

<참고문헌>

홍성길, 1995: 기상분석과 일기예보, 교학연구사, 145-152

Tim Vasquez, 2003: Weather Map Handbook, Weather Graphic Technologies, 20-21

* 가운데도(T_v ; Virtual temperature): 습윤공기와 같은 밀도를 가지는 기압조건에서의 건조공기의 온도. $T_v = T + w/6$ (w: 혼합비)