손에 잡히는 예/보/기/술 (제 10호 - 2012년 1월)

기상청 Korea Meteorological Administration

일기도 분석 가이던스(1) - 지형·기후

■발행: 예보국 ■문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ■발행일: 2012년 1월 19일(목)

우리나라는 지구대기대순환에 의한 남북 순환의 영향과 우리나라 서쪽에 위치한 유라시아 대륙과 동쪽에 위치한 태평양의 비열차로 인한 동서순환의 영향을 동시에 받는다. 따라서, 지형과 기후적인 특징을 고려한 일기도 분석 방법이 중요하다. 이번호에서는 동아시아의 지형특성을 고려한 겨울철과 봄철 계절 특성에 따른 일기도 분석 방법에 대해 알아본다.

I. 동아시아 지형

우리나라는 편서풍의 영향을 받기 때문에 서쪽에 위치한 동아시아 지형에 대한 숙지가 반드시 필요하다. 그림 1(a)는 현재 기상청에서 생산하고 있는 일기도 영역으로서, 그림 1(a)의 전체 이미지는 아시아 일기도(지상~100hPa)이고, 내부에 위치한 사각형의 동아시아 일기도 영역은, 3시간 지상일기도 분석시 사용한다. 105° E 서쪽을 보면, 1500m 이상의 고지대가 폭넓게 분포하며, 특히 티베트고원은 해발고도가 3000m 이상인 지역이다. 몽골 고원지대와 티베트고원의 해발 고도는 각각 850hPa, 700hPa 이상의 고도에 해당하므로, 이 기준 고도나 이보다 낮은 고도의 일기도를 분석할 경우, 이 지역들은 지면아래에 놓이게 된다. 이 지역의 일기도 분석은 바람방향, 기온, 기압 등을 모두 고려할 경우 전체적인 일기도 묘화가 연속되지 못하고, 잘못 분석할 가능성이 커서 지형과 기후적인 측면을 고려한 분석과 묘화를 해야 한다.

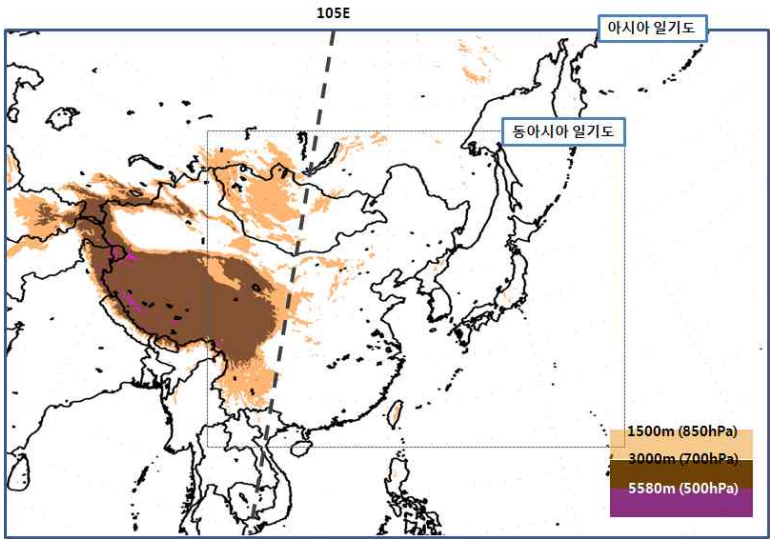


그림 1. 아시아 지형 및 아시아일기도, 동아시아 일기도 규격

그림 2는 겨울과 여름철인 1월과 7월의 전지구 월평균 지상일기도이다. 유라시아 대륙은 가장 넓은 대륙으로서, 1월에 냉각에 의한 시베리아 고기압이, 7월엔 가열에 의한 열 저기압의 세력이 뚜렷하다. 1월에 지표냉각에 의한 시베리아 고기압이 유라시아 대륙에 광범위하게 위치하며, 상대적으로 해상에는 알류산 저기압이 발달한다. 알류산 저기압은 60° N 한대전선대(고위도 저압대)로서 지구대기대순환에 의해 발생하는 저기압이지만, 겨울철 아시아 대륙의 고기압 발달에 따라 상대적으로 더욱 발달하고 규모가 커진다. 이에 따라 30° N 부근의 북태평양 고기압은 동부 태평양으로 이동하고 범위도 축소된다. 이런 형태는 북대서양에서도 비슷하다. 버뮤다 고기압은 아이슬란드 저기압의 세력에 밀려 동부 북대서양 해상에서 축소된다. 반면, 7월엔 유라시아 대륙에 광범위하게 열 저기압이 자리잡고, 상대적으로 북태평양에 고기압이 발달하고 규모도 커진다. 북대서양도 유사하게 버뮤다 고기압이 발달한다. 이 고기압도 지구대기대순환에 의해 발생된 고기압이지만 대륙의 가열로 인해 그 규모가 더욱 확대된다.

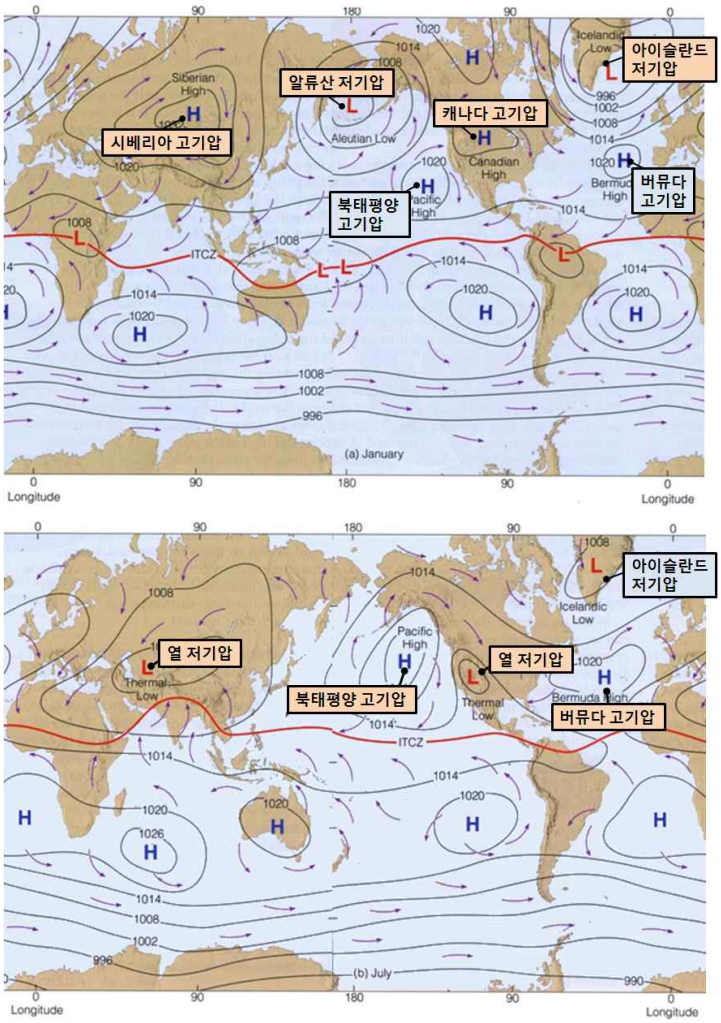


그림 2. 겨울(1월, 위)과 여름(7월, 아래) 전지구 평균 지상일기도
주황색상자: 발달, 하늘색상자: 축소(Ahrens and Samson, 2011)

Ⅱ. 계절별 일기도 분석

1) 겨울철 분석

겨울은 바이칼호 부근에 정체하고 있는 시베리아 고기압의 영향을 받는 계절이다. 시베리아 고기압의 중심은 여러 개로 분리하여 분석하는 것보다 주변에 분포한 관측 값을 고려하여, 하나의 중심을 가진 고기압으로 분석·묘화하는 것이 좋다. 이 지역은 1500m 이상의 고원지대이기 때문에 바람장, 기압값에 의존한 분석은 중요치 않다.

그림 3은 하루(24시간)간격의 지상일기도 분석결과이다. 그림 3(a)의 경우 몽골서쪽지역에 모든 기압 값을 고려하여 고기압을 3개로 분리시켰다. 3개로 분리한 결과 고기압 주변의 등압선 굴곡이 커지고, 정체된 시베리아 고기압이 보이지 않고 고립된 약한 고기압으로 보인다. 티베트 고원지역은 기압값이 없는데도 불구하고 매우 강한 기압경도를 보이는 저기압을 묘화하였다. 이렇게 묘화한 결과 고기압과 저기압 사이에 등압선 간격이 매우 넓은 지역이 있는가 하면, 바로 인근에 매우 조밀한 지역도 나타났다. 그림 3(b)는 24시간 후 분석된 일기도인데 정체된 시베리아 기단을 하나의 고기압으로 분석하여 기단의 세력이 강하고 범위가 넓어 보이며, 굴곡이 덜한 원형에 가까운 등압선으로 묘화하였다. 남쪽에 위치한 저압부도 원형으로 저기압 중심을 그리지 않아 그림 3(a)에 비해 기압경도력이 일정하여 공기의 흐름이 잘 묘화되었으며, 특히 겨울철 가장 뚜렷한 시베리아 고기압의 세력이 남쪽과 동쪽으로 뻗여 있는 모습이 잘 묘화되었다.

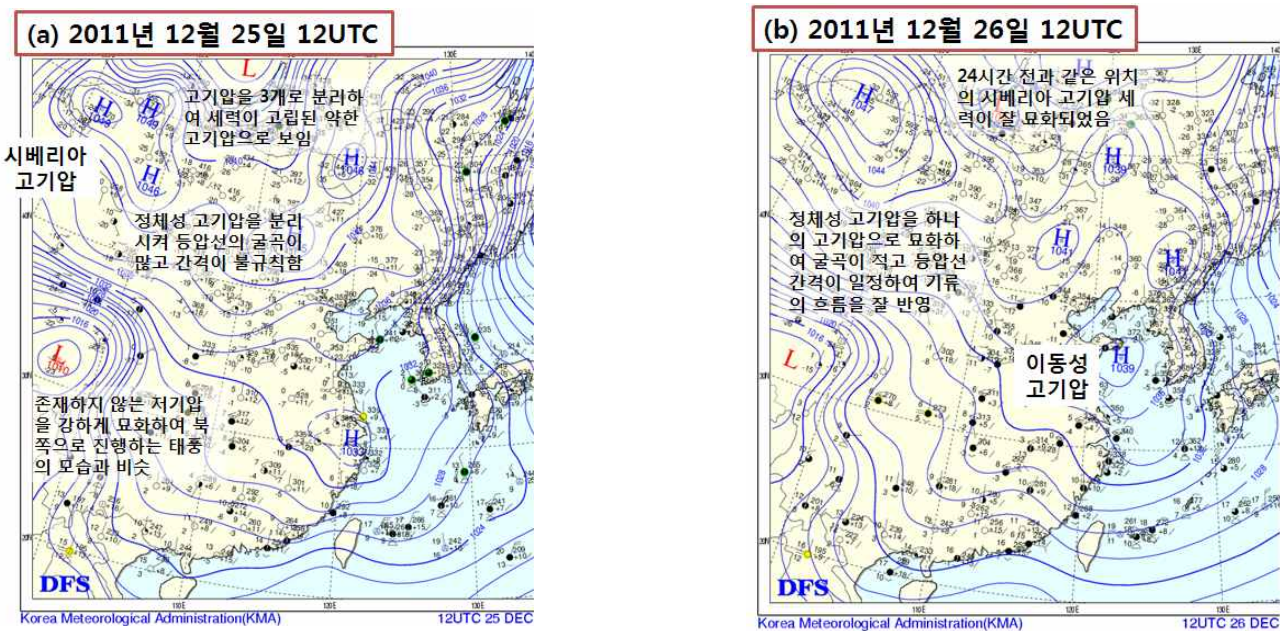


그림 3. 지상 편집 일기도 분석 예. (a)는 수정이 필요한 예, (b)는 잘된 분석의 예

그림 4는 겨울철 우리나라를 자주 통과하는 중규모 저기압(발해만 저기압)에 의한 일기도 분석결과이다. 겨울철 차가운 공기가 지배하는 가운데, 더 차가운 공기가 이동하면서 하층대기나 지상에 기압골을 형성하여 우리나라 서쪽지방에 눈이 내린다. 전선면의 고도가 낮아 그림 4(a)와 같이 500hPa 에서는 서풍형의 바람과 동서로 평행한 기온구조를 보이나, 850hPa에서는 그림 4(b)와 같이 전선이 보이며, 전선의 서쪽은 북서류와 동쪽은 남서류가 나타난다. 그림 4(c)와 같이 지상일기도에서 저기압 중심이 나타나기도 한다. 그림 4(d)는 이번 사례에 대한 간단히 요약한 것으로서, 그림 4(b)의 A와 B를 자른 연직 모식도이다.

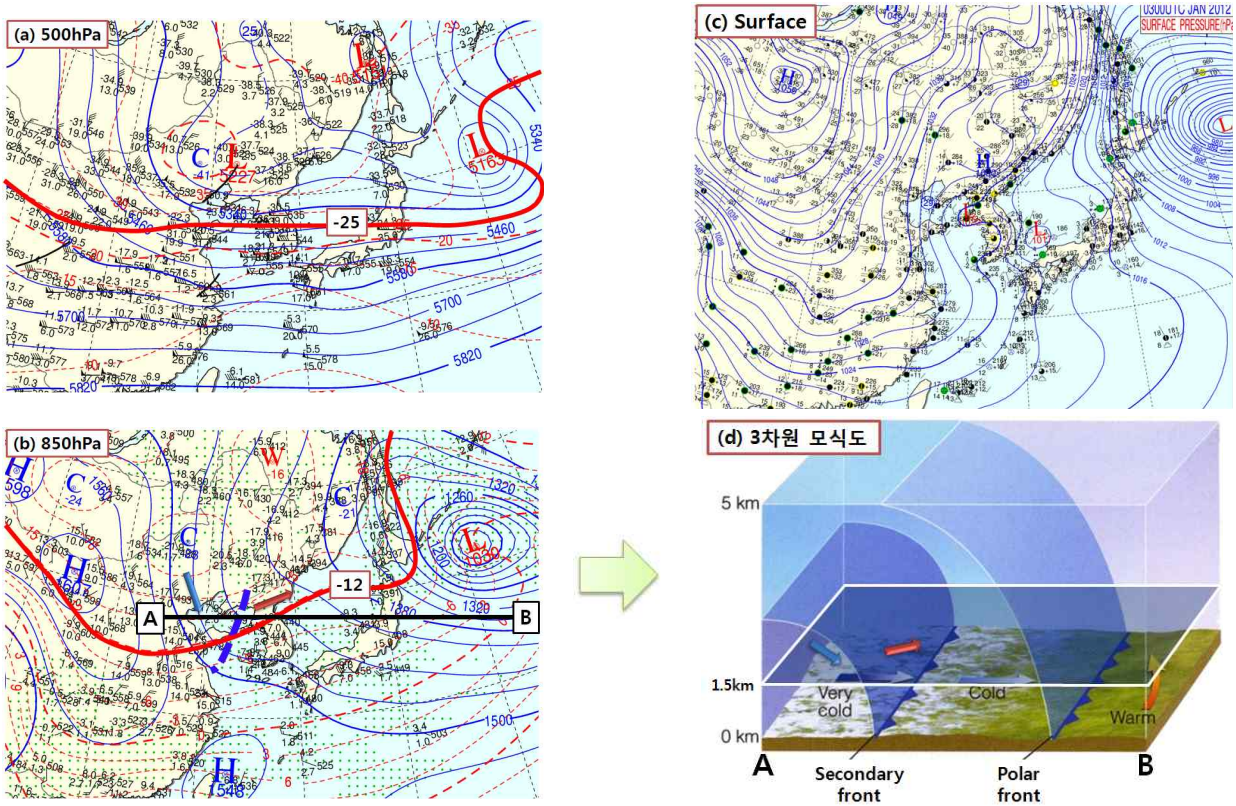


그림 4. 2012년 1월 3일 00UTC 일기도와 우리나라 주변((b)의 A와 B) 모식도(Ahrens and Samson, 2011)

2) 봄철

봄철에는 점차 일조시간이 길어지면서, 중국을 중심으로 몽골 남쪽까지 지표가열로 열 저기압이 발생하는 시기이다. 이 시기에 주의하여 분석할 요소로는 열 저기압, 전선저기압, 북태평양 고기압 등을 꼽을 수 있다. 열 저기압은 지표가열로 생성된 저기압으로서 이동하지 않는 정체성 저기압이다(Hsu et al. 1999, Samel et al. 1999, Bao 1987). 한편, 대륙의 얼었던 땅이 녹는 사막과 황토고원지대에서 주변보다 기온이 높아져 열 저기압이 발생하며, 이 저기압의 강한 상승기류를 따라 모래와 먼지가 상층 대기로 불려 올라간 뒤, 상층의 강한 편서풍을 타고 우리나라로 이동해 오기도 하는데, 이를 황사라고 한다. 우리나라에 황사가 심하게 이동해 오는 경우는 대개 우리나라 북쪽을 지나는 저기압 후면에서 북서풍이 부는 기압패턴이 유지될 때이고, 한랭전선을 동반한 경우는 특히 황사가 심해진다.

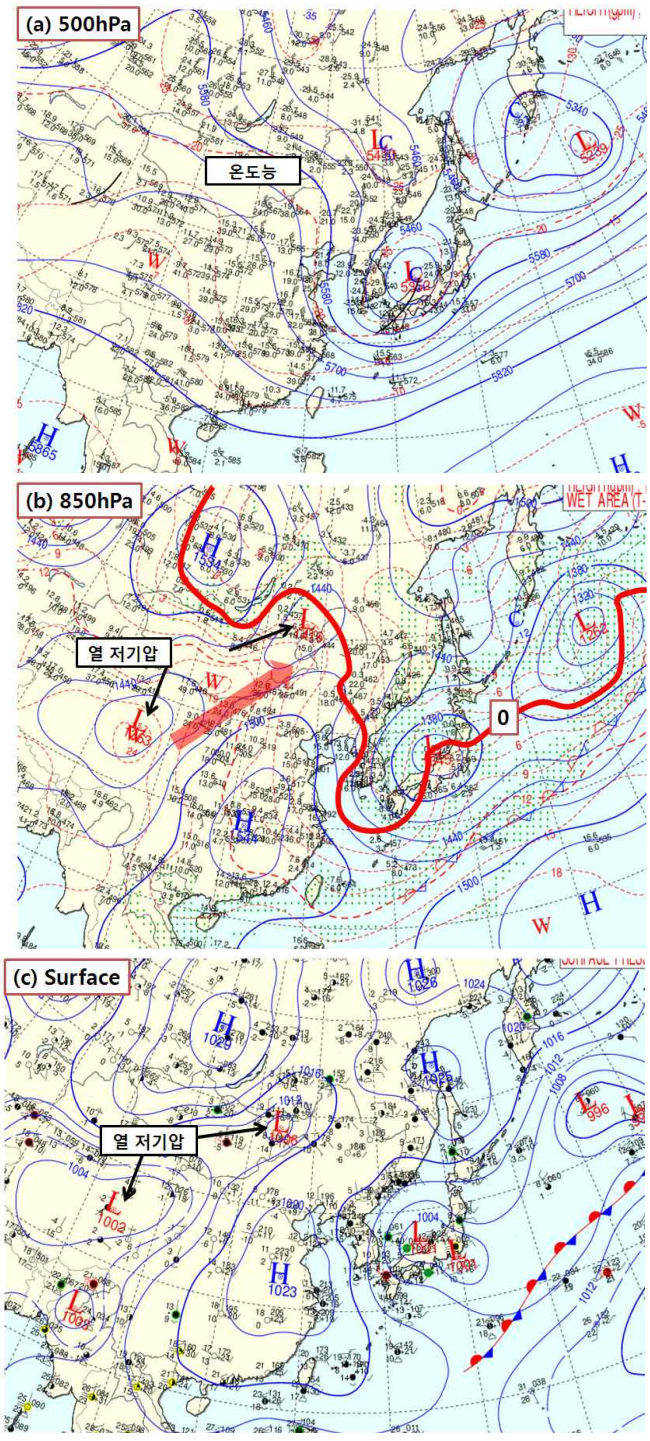


그림 5.2011. 4. 19. 00UTC (열 저기압 발달사례)

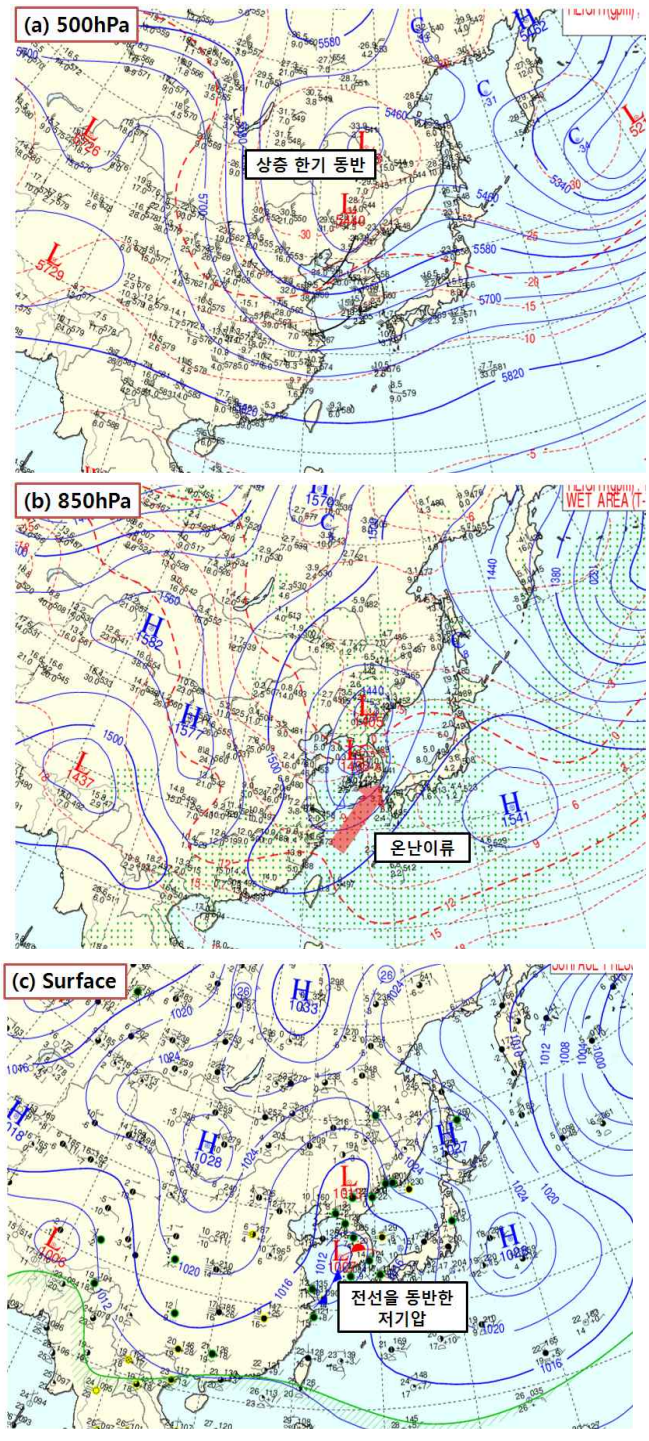
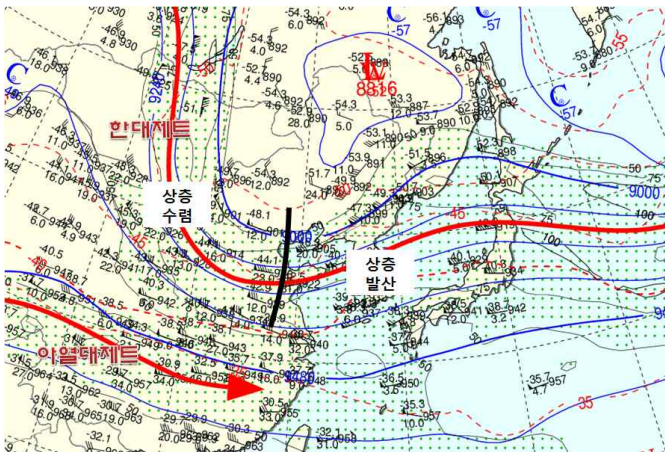


그림6. 2011. 4. 22. 00UTC (전선 저기압 발달사례)

그림 5에서 2011년 4월 19일 00UTC에 850hPa에 중국과 몽골지역으로 온난이류가 강화되었다. 0℃ 등온선이 우리나라에서 몽골 북서쪽까지 남에서 북으로 놓여있다. 티베트 고지대에서 발생한 저기압은 열저기압으로써 이동을 하지 않는 정체성저기압이다. 지상일기도에서도 저기압 중심이 보인다. 이 저기압 주위로 바람장을 고려하여 전선을 분석하는 경우가 있는데 상층의 기압골과 온도골이 동반되지 않는다면 전선을 분석하지 않아야 한다. 또한, 지상일기도에서 이 지역은 약 1km 고도에 해당하므로 바람이나 기상요소를 고려한 일기도 분석이 중요하지 않다. 발생된 열 저기압은 3일간 정체하다가 상층의 온도골을 동반한 기압골이 서에서 동으로 이동하면서 이 열 저기압 상공을 지나갈 때, 연직으로 잘 발달된 전선저기압이 발생한다. 이 전선저기압은 동서의 큰 온도 차이에 의해 빠르게 이동하면서 발달하는데 그림 6처럼, 500hPa에 한기를 동반한 기압골과 합쳐져서 연직으로 잘 발달된 저기압이 한반도를 통과하는 것을 볼 수 있다. 850hPa과 지상일기도에 저기압 중심이 보이며, 전선분석이 가능하다. 저기압 중심을 기준으로 전선분석을 하기 위해서는 뚜렷한 동서의 온도차이가 있어야 한다. 열 저기압처럼 저기압 중심을 기준으로 주위가 모두 따뜻한 상태이거나, 해발고도가 높은 고지대일 경우는 전선분석을 하지 않는다. 상층의 차가운 공기가 동반되어 연직으로 잘 발달된 구조가 아닐 경우도 전선분석을 하지 않는 것이 좋다.

봄철은 상층은 아직 겨울철 패턴을 유지하고, 중국 대륙의 열적 가열은 강화되기 때문에 대기가 불안정한 시기이다. 상층의 강한 한기를 가진 공기가 우리나라 쪽으로 이동할 때, 저기압이 연직적으로 강하게 발달한다. 그림 7은 그림 6의(c)와 같은 시각의 300hPa 일기도와 300hPa 부근과 지상의 모식도를 보여준다. 300hPa 일기도에서 기압골(trough)부근으로 남북의 고도경도가 크고 강풍중심이 나타나는데, 그림 7(a)에서 100kts이상의 강풍 중심이 우리나라 부근에 위치한다. 300hPa 일기도에서 제트기류의 중심이 위치하는 기압골을 중심으로 서쪽은 기류가 합류(confluence)하는 형태로 상층 수렴, 하층 발산이 나타나며, 동쪽은 기류가 분류(diffluence)되는 형태로 상층 발산, 하층 수렴이 나타난다. 그림 7(b)에서 지상과 상층과의 일기시스템 구조가 간단하게 설명되어 있다. 그림 6(c)의 지상일기도와 비교해 보면, 전선이 동반된 발달한 저기압은 서해상에 위치한 저기압과, 고기압은 몽골남부에 위치한 고기압과 일치됨을 알 수 있다. 동아시아 봄철은 중위도 파동에 따른 고·저기압 발달 이론이 잘 일치되는 계절이다.

(a) 2011년 4월 19일 00UTC 300hPa 일기도　　(b) 3차원 모식도



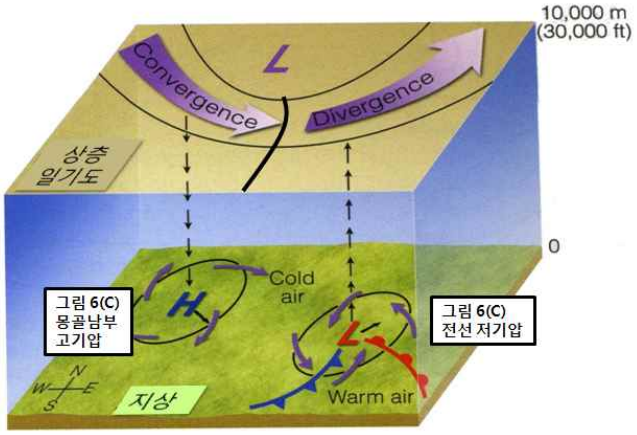
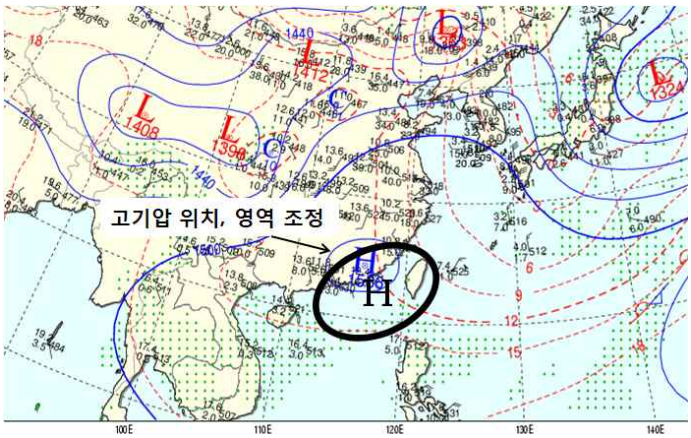


그림 7. 2011년 4월 19일 00UTC 300hPa 일기도와 3차원 모식도

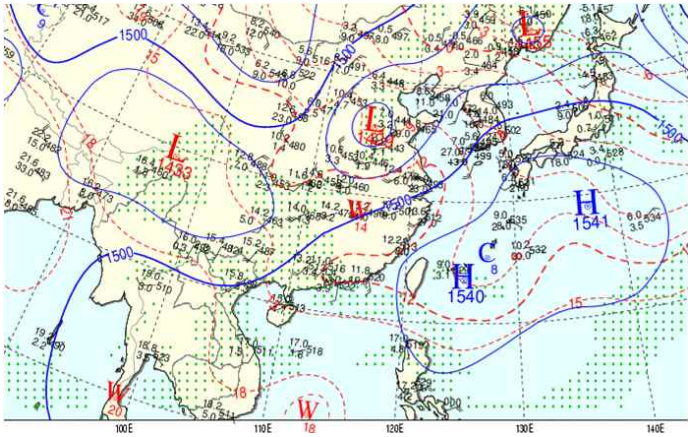
이 외에도 봄철에 주의해서 분석해야 할 요소가 있는데, 850hPa에 동중국해 부근에 위치한 정체성 고기압이다. 필리핀 고기압이라고 부르며, 2월부터 벵갈만부근과 인도차이나반도의 지표가열로 저압부가 형성됨에 따라 상대적으로 필리핀 부근해상에서 발생하는 키가 작은 고기압이다(Tian and Yasunari 1998, Matsumoto 1992). 이 고기압은 2월 말에 필리핀 부근에 위치하다가 4월 초부터 동중국해 부근까지 확장한다. 하층대기의 대륙과 해양의 비열차이에 의해 만들어지는 아열대 고기압으로서, 일기도 분석에 주의할 필요가 있다. 이 850hPa 고기압은 중국에서 이동성 고기압이 동중국해상으로 이동할 때 합쳐지면서 그림 8(a)와 같이 우리나라까지 고기압의 능이 확장한다. 이렇게 확장하면 고기압 가장자리를 따라 다량의 수증기가 포함된 온난한 기류가 우리나라로 유입된다. 서쪽에서 발달하는 저기압이 접근하면 많은 비가 내리기도 한다. 전선을 동반한 저기압이 우리나라를 통과하면 이 고기압은 다시 필리핀 부근으로 남하한다(Han and Byun 2005).

그림 8(a)와 같이 드물게 중국 내륙에 이 고기압 중심을 묘화하는 분석자도 있는데, 고기압 발생원인이 해상과 육상의 비열차이이므로 해양에 중심을 묘화하는 것이 바람직하다. 또한 (c)와 같이 필리핀 부근해상에 고기압을 묘화하지 않는 경우도 있는데, 이때는 주변의 관측값을 살펴보고 간선으로라도 고압부를 묘화하는 것이 좋다. 그렇지만, 이 키가 작은 고기압 상공에는 여름철처럼 500hPa에 고기압이 뚜렷하게 나타나지 않는다.

(a) 2011년 4월 20일 00UTC



(b) 2011년 4월 21일 00UTC



(c) 2011년 4월 22일 00UTC

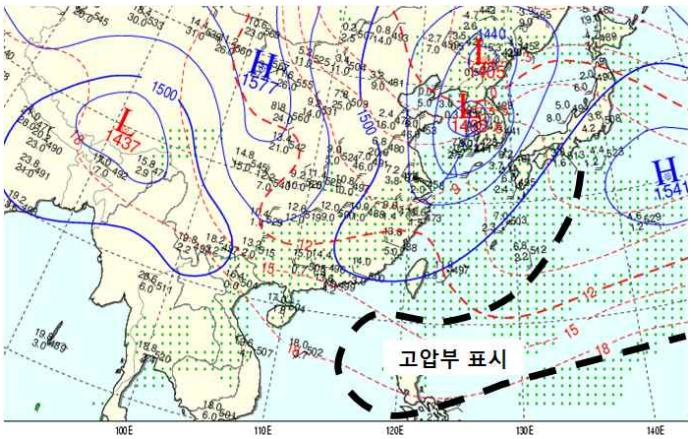


그림 8. 850hPa 일기도(검정색 선은 수정이 필요한 부분임)

〈참고문헌〉
홍성길, 1995: 기상 분석과 일기예보, 교학연구사
이우진, 2006: 일기도와 날씨해석, 광교이텍스
Ahrens. C. D. and P. Samson, 2011: Extreme weather and climate. *printed in the United States of America.*
Bao. C. -L., 1987: Synoptic Meteorology in China. *China ocean press. Beijing*; p47-81.
Djuric, D., 1994: Weather Analysis. *Prentice Hall, Texas A&M university*, p7-10.
Han. S. -U. and B. -Y. Byun, 2006: The existence and the climatological characteristics of the spring rainy period in Korea. *International Journal of Climatology,* 26, 637-654.
Hsu. H. -H., C. -T. Terng, and C. -T. Chen, 1999: Evolution of large-scale circulation and heating during the east transition of Asian summer monsoon. *Journal of Climate,* 12, 793-810.
Matsumoto. J., 1992: The seasonal changes in Asian and Australian monsoon regions. *Journal of the Meteorological Society of Japan,* 70, 257-273.
Samel. A. N., W. C. Wang, and X. Z. Liang, 1999: The monsoon rain band over China and relationships with Eurasian circulation. *Journal of Climate,* 12, 115-131.
Tian. S. -F. and T. Yasunari, 1998: Climatological aspects and mechanism of spring persistent rain over central China. *Journal of the Meteorological Society of Japan,* 76, 57-71.

부록

〈 300hPa 일기도로 한대제트와 아열대제트 구분방법 〉

- **한대제트**
  ① 300hPa일기도에서 제트축을 기준으로 북쪽에 위치한 저기압의 중심이 Warm 일 경우
  ② 300hPa일기도에서 티베트고원 북쪽(40N이상 고위도)에서 우리나라로 이동하는 제트기류

- **아열대제트**
  ③ 300hPa일기도에서 제트축을 기준으로 북쪽에 위치한 저기압의 중심이 Cold 일 때
  ④ 300hPa일기도에서 한대제트 남쪽으로 제트축이 위치하며, 이 제트축의 남쪽이 Warm일 경우

(a) 300hPa 제트기류 분석 (b) 상층제트와 지상일기도

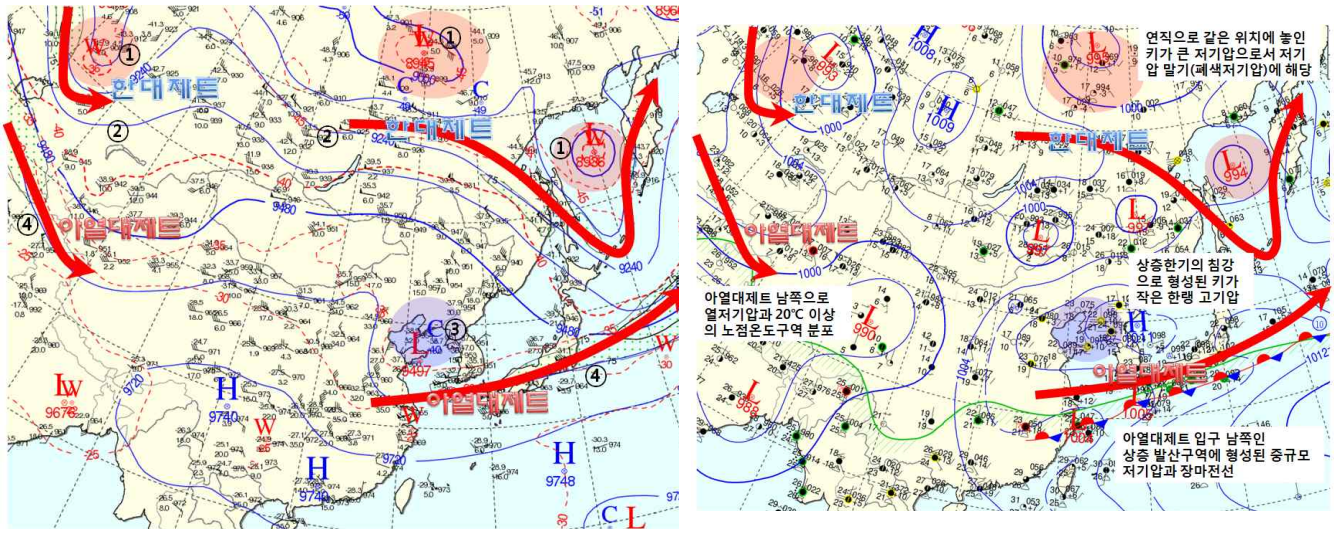
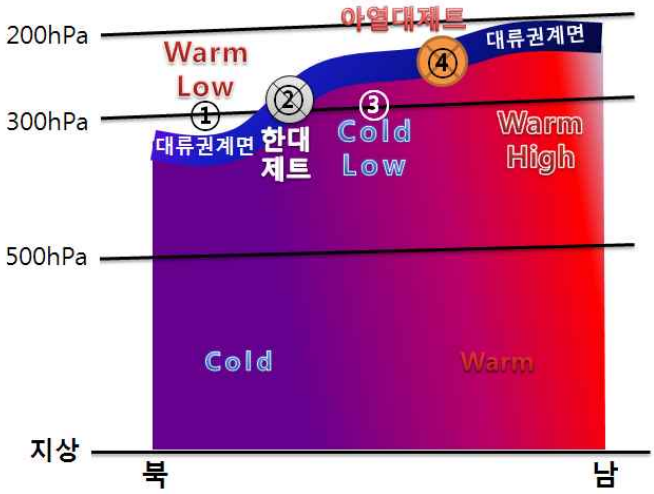


그림 8 한대제트, 아열대세트의 분석



① 상층 온난저기압 (Warm Low)

② 한대제트 (Polar jet)

③ 상층 한랭저기압 (Cold Low)

④ 아열대 제트 (Subtropical Jet)

그림 9. 제트기류의 연직 분포