



## 블로킹(Blocking)

■ 발행: 예보국 ■ 문의: 예보기술팀(내선 1656/1657) ■ 발행일: 2012년 9월 6일(목)

블로킹(blocking)은 중위도 편서풍대에서 상층의 고·저기압이 정체하여 상층에서 동서바람(zonal wind)이 약화되고 남북바람(meridional wind)이 강화되는 현상을 말한다(기상학사전 1992, Glossary 2000). 일반적으로, 중위도 상층대기에서 고위도는 기압(고도)이(가) 낮고 저위도는 상대적으로 기압(고도)이(가) 높아 등압(고)선에 평행하게 편서풍이 분다(그림 1(a)). 그런데, 그림 1(b)와 같이 고위도에 기압이 높아지거나 저위도에 기압이 낮아지면, 서에서 동으로 이동하던 기류는 약화되고 남북류가 강화된다. 이와 함께 서에서 동으로 이동하는 기압계와 일기시스템은 정체하여 블로킹 영향권에 있는 지역은 길게는 2주일 이상 특정일기시스템의 영향을 받는다. 500hPa 고도장에 그림 1(b)와 같은 패턴이 5일 이상 지속될 때 블로킹 현상이라고 정의한다.

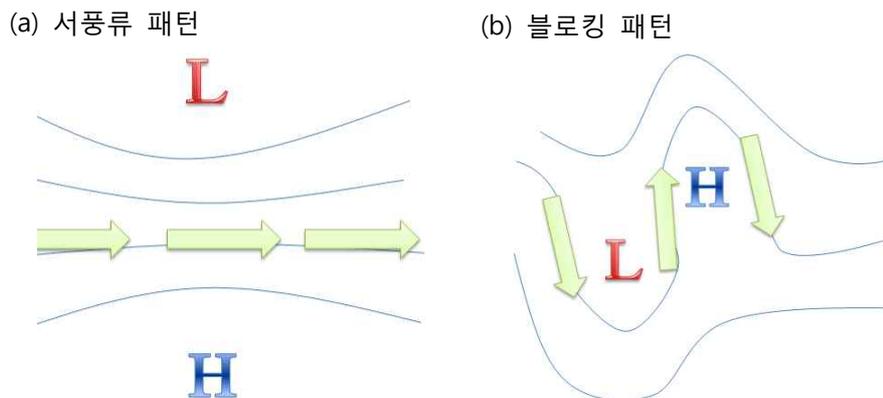
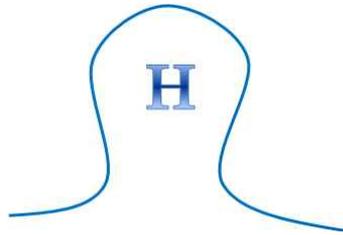


그림 1. 500hPa 고도에 서풍류 패턴과 블로킹 패턴의 기류방향 비교

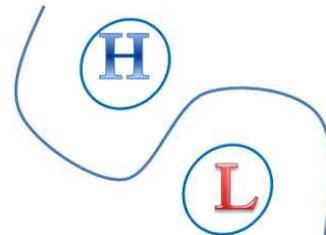
### 블로킹의 형태

블로킹은 분석방법에 따라 여러 형태로 구분할 수 있지만 일반적으로 그림 2(a)와 같은 오메가 형태, 그림 2(b)와 같이 남북으로 고·저기압이 분리된 형태의 2가지를 대표적인 유형으로 정의하고 있다(Rex 1950a.b, White and Clark 1975, Treidl et al. 1981). 이 중에서 오메가 형태는 블로킹 초기 단계에서, 고·저기압 분리형은 블로킹 지속단계에서 주로 나타나는 유형이다.

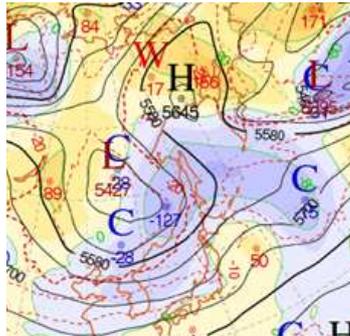
(a) Omega 형



(b) High over Low 형



(c) 2012.5.24.12UTC 500hPa 일기도



(d) 2012.5.29.00UTC 500hPa 일기도

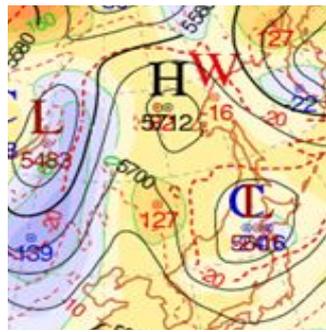
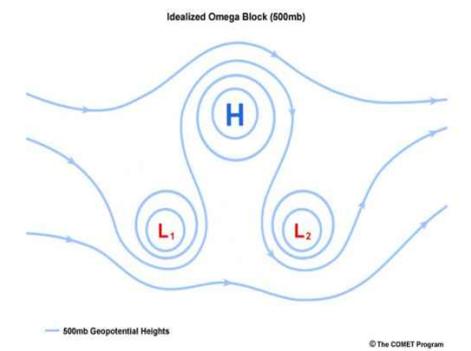


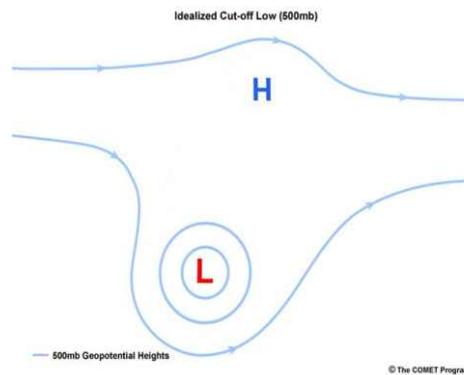
그림 2. 블로킹의 대표적인 2가지 형태

COMET([www.meted.ucar.edu](http://www.meted.ucar.edu))은 위성영상과 500hPa 고도값을 이용해 블로킹 유형을 4가지로 제시하고 있다(그림 3). 그림 3(c)의 Rex 형은 그림 2(b)의 High over Low 형과 일치되는 유형이다.

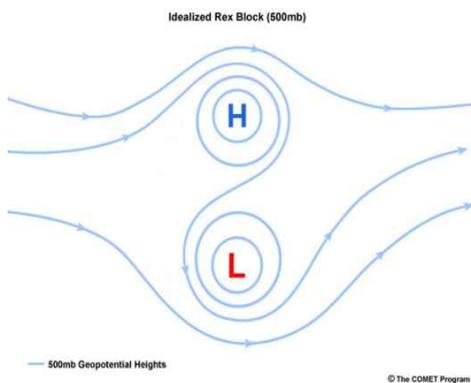
(a) 오메가 형



(b) 절리저기압 형



(c) Rex 형



(d) 절리고기압 형

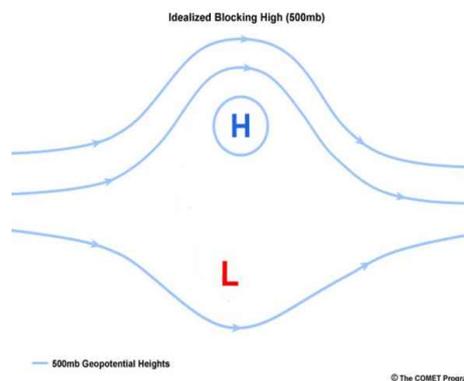


그림 3. COMET의 Satellite Feature Identification Blocking Pattern에서 분류한 4가지 블로킹 유형

## 활용가능한 정의

일반적으로 블로킹은 500hPa 고도장을 이용하여 분석한다. 그렇지만, 지표부근인 1000hPa을 대상으로 정의한 연구(Sinclair 1996)와 대류권 최상층인 200hPa을 대상으로 정의한 연구(Stan and Straus 2007, Straus et al. 2007)도 있다. 이런 블로킹 현상을 객관적으로 정의하기 위해 여러 방법으로 연구가 시도되었다. 허혜숙 등(2002)은 기존의 블로킹 연구결과를 총 4개의 요소별로 구분하여 요약하였다. 표 1은 지금까지 연구된 블로킹 판별방법 중 일기도를 활용하여 블로킹 형태를 구별해낼 수 있는 연구결과를 요약한 것이다.

요소	연구자	년도	분석고도 (hPa)	블로킹 기준	지속시간
패턴 분석	Rex	1950	500	서풍이 두 갈래로 나뉘지고, 경도 45도 이상 유지	10일
	Triedl	1981	500, 지상	지상과 상층에 연결된 고기압이 30N 북쪽에 위치	5일
아노말리	Dole & Gordon	1983	500	아노말리가 +100m 이상, -100m 이하	10일
위도차	Lejens & Okland	1983	500	고도차(40N-60N). 0이하일 때	
	Tibaldi & Molteni	1990	500	$GHGS = \frac{Z(\phi_0) - Z(\phi_s)}{\phi_0 - \phi_s}$ $GHGN = \frac{Z(\phi_n) - Z(\phi_0)}{\phi_n - \phi_0}$ $\phi_n = 80N + \Delta$ $\phi_0 = 60N + \Delta$ $\phi_s = 40N + \Delta$ $\Delta = -5^\circ, 0^\circ, 5^\circ$ (a) GHGS > 0 (b) GHGN < -10 m/°N	5일
	Barriopedro et al.	2006	500	Tibaldi and Molteni(1990)와 같으나 위도가 77.5, 60, 40°N 임	5일
파동	Renwick & Revell	1999	500	파 진폭이 5일평균의 표준편차가 0.5 이상	

표 1에서 요약된 블로킹 판단방법 중 Tibaldi and Molteni(1990), 이현수 등(2007)의 계산방법은 그림 4의 블로킹 패턴을 고려한 것이다. 남쪽의 저기압과 북쪽의 고기압이 나타나는 전형적인 블로킹 패턴은 위도별 고도차이를 이용하여 수치로 객관화하였다.

NOAA에서는 Tibaldi and Molteni(1990)의 계산방법에 의한 블로킹 지수를 홈페이지를 통해 제공하고 있다(그림 5). 그림 3의 GHGS를 대상으로 계산한 블로킹 강도지수와 500hPa 고도장과 아노말리를 제공한다.

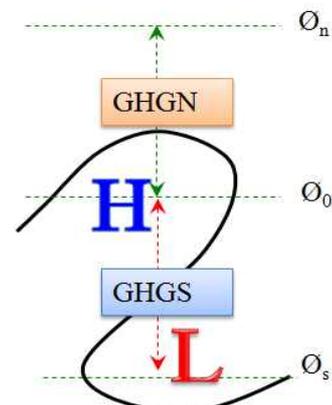
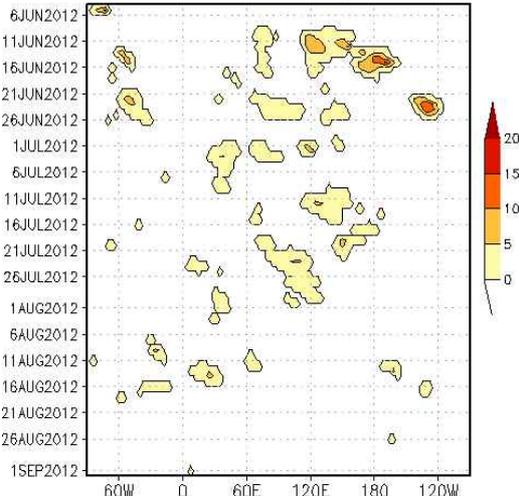


그림 4. 블로킹 형태를 수치로 계산하는 방법

※ 자료위치: <http://www.cpc.ncep.noa.gov/products/precip/CWlink/MJO/block.shtml>

(a) GHGS로 계산한 블로킹 강도지수

BLOCKING STRENGTH GHGS [ $m(deglat)^{-1}$ ]-OBSERVATIONS  
UPDATED THROUGH 02Sep2012



(b) 500hPa 고도장과 아노말리

500 hPa Geopotential Height and Anomalies 00Z02SEP2012

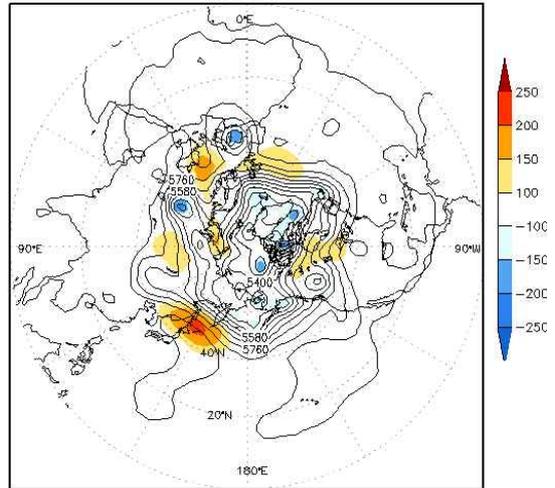


그림 5. (a) NOAA에서 제공하는 실시간 블로킹 강도지수와 (b) 500hPa 고도장과 아노말리

## 블로킹의 발생원인과 지역

북반구에서 빈번하게 발생하는 블로킹 현상은 대륙과 해양의 분포가 큰 역할을 한다. 대륙은 겨울철 빨리 냉각되고, 여름철 빨리 가열된다. 반면, 해양은 대륙에 비해 계절에 따른 온도변화가 작다. 북반구의 해륙분포는 유라시아 대륙을 기준으로 동쪽은 태평양, 서쪽은 대서양이 위치하고, 북아메리카 대륙을 기준으로 동쪽은 대서양, 서쪽은 태평양이 위치한다. 따라서, 남·북의 에너지 차이뿐만 아니라 계절에 따라(특히, 여름과 겨울) 동서의 에너지 차이도 크게 나타나 블로킹 패턴이 발생하기에 좋은 조건이다.

겨울철 대륙은 냉각되고 상대적으로 해양은 따뜻한 상태를 유지한다. 이로 인하여, 해양의 상층 대기에 고기압이 발달하기 좋은 조건이 갖춰지고 대륙은 저기압이 발달하기 좋은 조건이 된다. 우리나라 일기에 영향을 주는 태평양 북쪽과 알래스카에 나타나는 블로킹 현상은 겨울철 대표적인 상층 일기패턴이다. 여기에 북극진동(AO)으로 인하여 한랭한 상층 저기압이 남쪽으로 이동하거나, ENSO로 인해 온난한 상층 고기압이 북쪽으로 이동하면, 블로킹의 강도가 강해질 수도 있다. 지금까지 여러 방면으로 블로킹에 대한 연구가 지속되고 있으나 블로킹 발생원인은 특정한 기후시스템과의 연결 관계보다 복합적인 시스템들과의 조화로 나타난다.

북반구에서 가장 블로킹이 많이 발생하는 지역은 경도 10E 부근을 중심으로 하는 유럽과 북미대륙이며, 또 한 지역은 180E를 중심으로 위치하는 북태평양과 알래스카 지역이다. 그림 6에서 보듯이 대륙과 해양의 경계지역이 블로킹 발생지역임을 알 수 있다. 해양과 육상의 온도차이가 크게 벌어지는 겨울이 여름보다 블로킹의 강도가 강하고 지속시간은 길고, 범위가 넓다(Rex 1950a,b, Charney et al. 1981, Colucci and Alberta 1996).

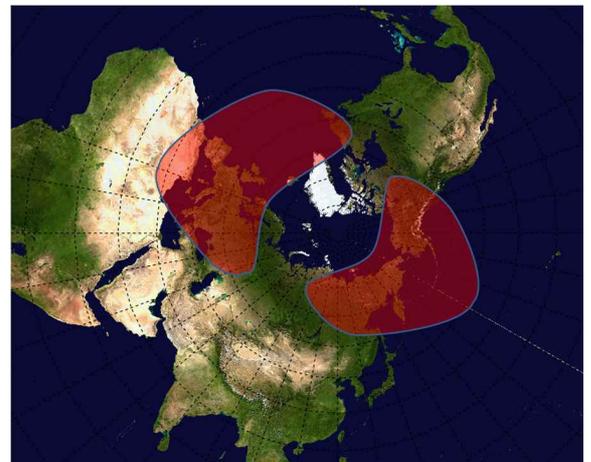


그림 6. 최대 블로킹 발생 지역

(a) 경도위치에 따른 계절별 블로킹 발생빈도 (b) 계절별 블로킹 발생지역 모식도

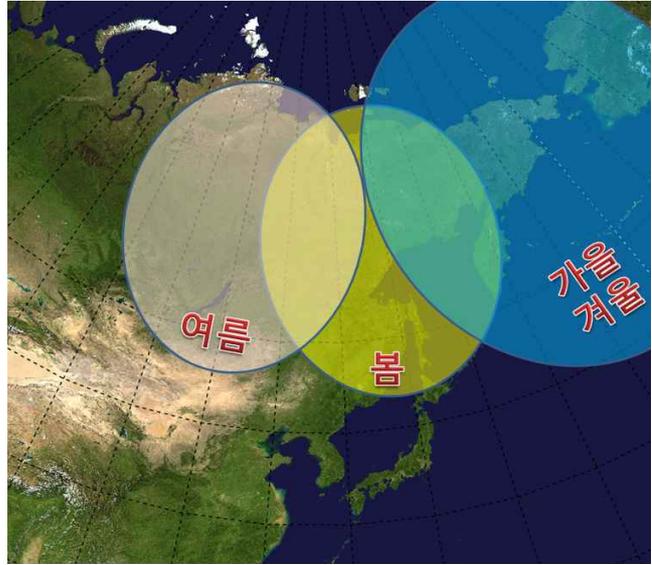
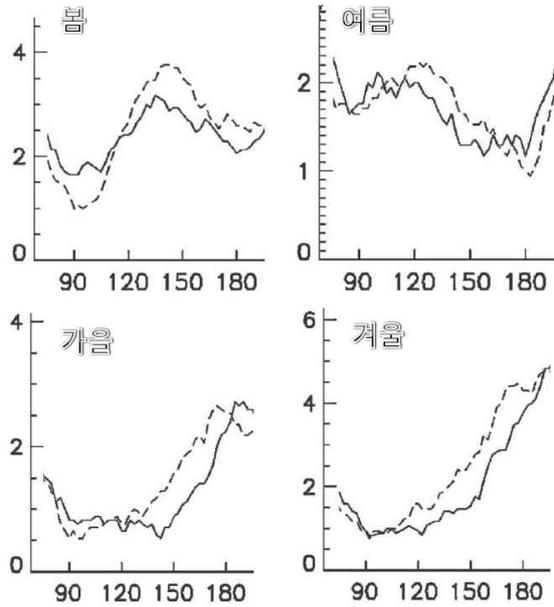


그림 7. 계절별 주 블로킹 발생지역(위도 40~77.5N 범위로 계산). (a) X축은 경도(75~195E), Y축은 발생 빈도로서, 그래프의 실선은 블로킹 발생횟수, 파선은 지속시간(블로킹 수명)을 의미함(Barriopedro et al. 2006). (b)는 왼쪽의 그래프를 동북아시아 지도상에 표출한 모식도 임.

북반구에서 55년(1948-2002)간 발생한 블로킹을 대상으로 연구한 Barriopedro et al. (2006)의 결과를 참고로 우리나라 부근에서 계절별 발생하는 블로킹 발생지역은 그림 7과 같다. 봄철은 경도 140E 부근을 중심으로 위치하며, 여름철은 100~120E에, 가을과 겨울철은 180E 부근에 위치한다. 그러나 블로킹의 발생빈도, 강도, 지속시간, 범위는 계절별로 차이가 매우 크다. 겨울철이 가장 많은 빈도로 강하고 넓은 범위에서 나타나며, 여름철은 이런 특징들이 뚜렷하지 않다.

지구대기 순환에서 블로킹 현상은 남쪽의 에너지를 고위도로, 북쪽의 차가운 공기를 남쪽으로 이동시키는 에너지 전달역할을 담당한다. 그림 8과 같이 블로킹이 발생하기 전 저위도에는 500hPa 고도를 기준으로 고기압, 고위도는 저기압이 위치한다. 저위도의 고기압은 따뜻한 공기기둥에서 상부에 공기층이 누르는 힘이 크다. 반면에 고위도의 저기압은 차가운 공기기둥에서 상부에 공기층이 누르는 힘이 작다. 따라서, 500hPa 이상의 상층대기에서 고기압은 따뜻하고, 저기압은 차갑다. 그림 8과 같이 위도에 따라 500hPa 고도에 고-저기압이 나타나다가 남쪽의 고기압이 고위도로 북상하고 저기압이 저위도로 이동하면, 남·북의 기온이 역전된다. 블로킹 현상이 사라질 때까지 고위도에 따뜻한 공기를, 저위도에 차가운 공기를 전달한다.

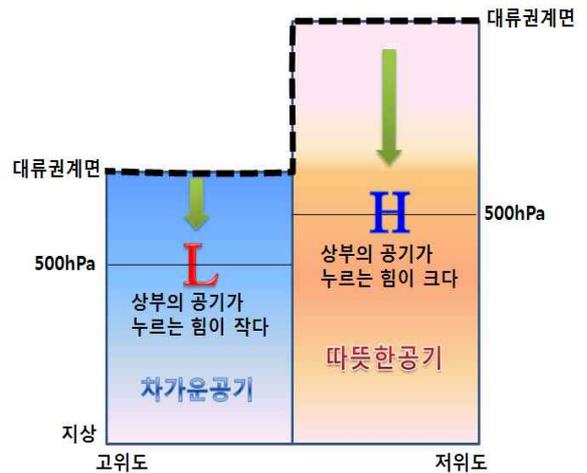
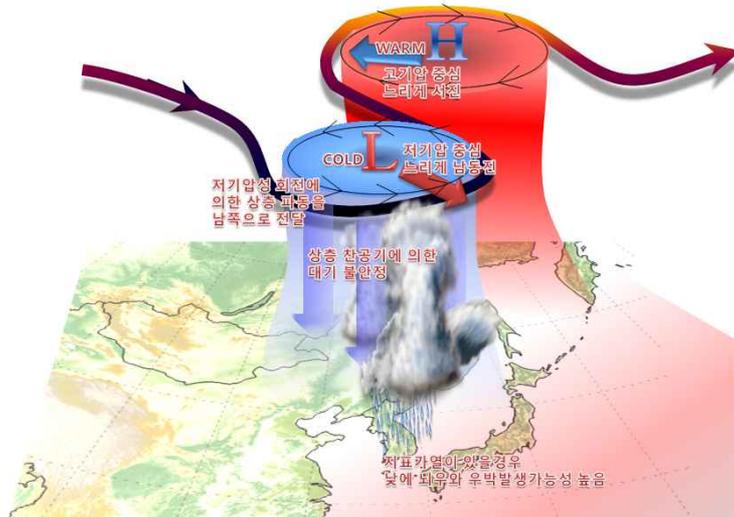


그림 8. 저위도와 고위도의 500hPa 일기 배치 연직 모식도

## 블로킹 패턴과 날씨

(a) 우리나라 북쪽에 저기압이 위치



(b) 우리나라에 고기압 능이 위치

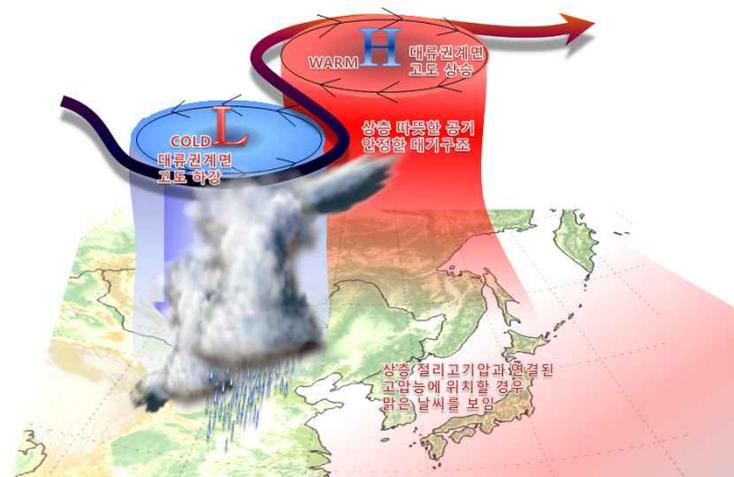


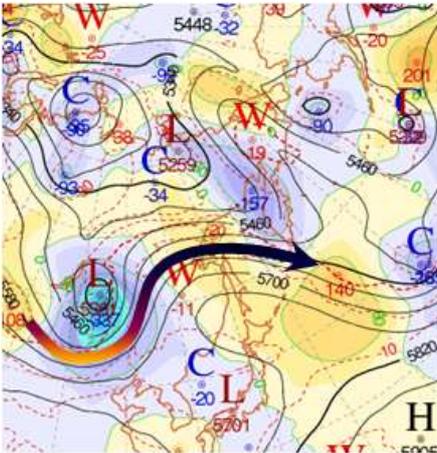
그림 9. 블로킹 패턴의 위치에 따른 날씨 특징

그림 9는 블로킹 패턴의 위치에 따른 우리나라부근의 날씨 특징을 나타낸 것이다. 그림 9(a)처럼 우리나라 북쪽에 저기압이 위치하는 블로킹 패턴이 봄철에 발생하면, 상층저기압에 동반된 차가운 공기와 낮에 지표가열로 따뜻해진 하층 공기 사이에 불안정한 대기가 만들어지기 쉽다. 오후부터 일몰시간까지 불안정한 대기에서 뇌전과 우박이 발생할 수 있으므로, 상층 저기압의 위치에 따른 소나기나 낙뢰, 우박 예보를 고려해야 한다. 겨울철에 이런 블로킹이 발생하는 경우 한파가 가장 두드러진다. 또한, 한파 외에도 우리나라 북쪽에 상층 절리저기압이 위치하면, 수시로 기압골이 통과하면서 서해안과 중부지방을 중심으로 많은 눈이 내리기도 한다. 동해상은 해상의 높은 수온과 상층의 차가운 공기 사이에 불안정한 대기가 만들어져 대류운이 발달하기 쉬워 겨울철 폭설현상을 동반하기도 한다. 이 외에도 지상의 저기압과 상층의 저기압이 만나면서 급격하게 저기압이 발달할 수 있다. 또한 그림 9(b)처럼 우리나라에 고기압 능이 위치하는 경우 맑은 날씨를 보인다.

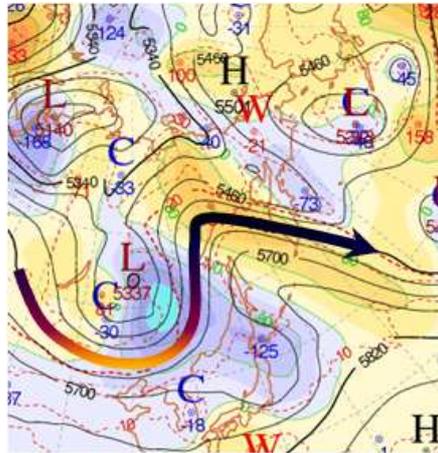
## 사례분석 및 예측

그림 10은 우리나라 부근에서 2012년 5월말부터 6월초 까지 약 10일간 지속된 블로킹 패턴으로서 그림 2의 블로킹 유형이 모두 나타난 사례다. 그림 10(a) 5월 22일 00UTC에 일본 동쪽해상에서 연해주로 온난역과 함께 24시간 고도 증가(붉은색 영역)가 보인다. 24시간 후인 그림 10(b) 5월 23일 00UTC에 고기압 능은 더욱 북쪽으로 확장하였고, 24시간 고도 증가 구역도 북서쪽 방향으로 확장한 모습이 보인다.

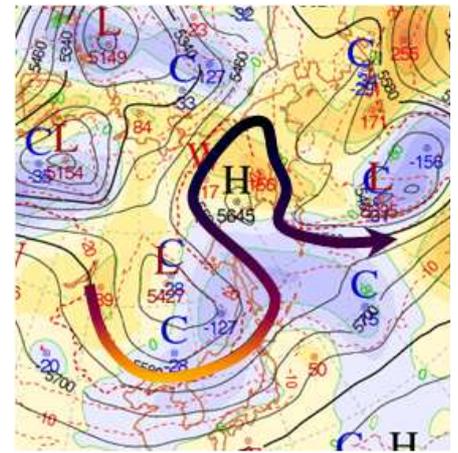
(a) 5. 22. 00UTC



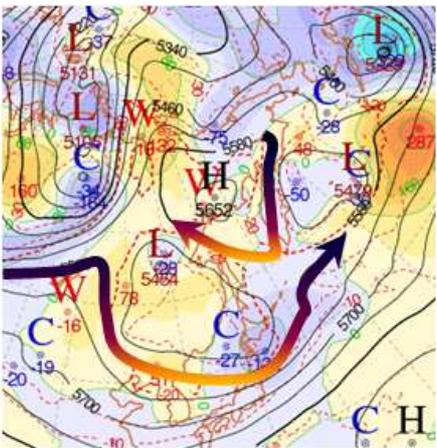
(b) 5. 23. 00UTC



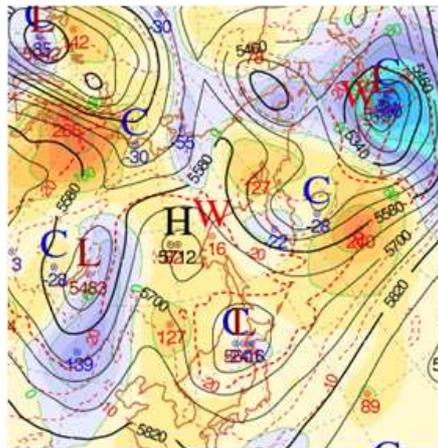
(c) 5. 24. 12UTC



(d) 5. 26. 00UTC



(e) 5. 29. 00UTC



(f) 6. 03. 00UTC

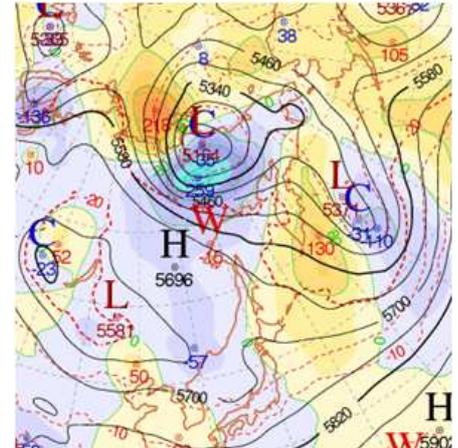


그림 10. 2012년 5월말~6월 초 한반도 북쪽에 나타난 블로킹 현상. 500hPa 고도장으로서, 채색된 부분 중 붉은색 영역은 24시간 고도상승 구역, 파란색 영역은 고도하강 구역을 의미함.

이 때 서에서 동쪽으로 이동하는 기류의 남북 사행이 커진 모습이 보인다. 그림 10(c) 5월 24일 12UTC에 오호츠크해 북쪽에 중심을 둔 고기압이 나타났으며, 오메가 형태의 블로킹 패턴이 만들어졌다. 블로킹 고기압의 서쪽과 우리나라 북쪽에 위치한 저기압의 동쪽으로 남에서 북으로 이동하는 기류의 모습이 보인다. 이 때, 24시간 고도증가 구역은 고기압 중심의 북쪽으로 분포하며, 고도하강 구역은 저기압 중심의 동쪽에 위치한다. 이후, 블로킹 고기압은 북쪽으로, 저기압은 동쪽으로 이동하면서 분

리형(북고·남저)의 패턴이 만들어질 것으로 예상할 수 있다. 그림 10(d) 5월 26일 00UTC에 고기압은 오메가형태에서 분리되었으며, 중심은 북서쪽으로 이동하였다. 이 고기압의 중심과 서쪽으로 계속해서 고도상승구역이 위치함에 따라 이 고기압은 서쪽으로 이동하고, 계속해서 고위도에 위치하면서 블로킹 형태를 유지할 것으로 예상할 수 있다. 그림 10(e) 5월 29일 00UTC에 남·북으로 분리된 저기압 중심과 고기압 중심이 동서방향(경도)으로 위치가 바뀐 것을 볼 수 있다. 고기압 중심이 남쪽에 위치한 저기압 중심보다 서쪽에 있으며, 고기압 중심부근으로 지속적인 고도상승 구역이 보인다. 따라서 블로킹 패턴은 이후에도 유지되고 고기압은 더욱 발달할 것으로 예상할 수 있다. 반면, 고기압 중심의 남동쪽에 위치한 저기압 중심 부근으로 고도가 증가하고 있어 이 저기압은 약화되거나 소멸 할 것으로 예측이 가능하다. 따라서, 이후에는 서쪽에서 다가오는 새로운 저기압과 저지고기압이 블로킹 형태로 결합될 것을 예측할 수 있다. 5월 29일 이후 저지고기압과 새롭게 접근한 저기압과의 블로킹 형태가 유지되다가 그림 10(f) 6월 3일 00UTC부터 블로킹 패턴이 약화되었다. 고기압 중심 부근으로 고도가 하강하면서 블로킹 패턴이 다음날인 6월 4일에 사라졌다.

이번 블로킹 패턴은 5월 24일부터 6월 3일까지 약 10일간 한반도 북쪽에서 지속되었으며, 우리나라 날씨에도 영향을 주었다. 상층에 고기압이 고위도로 확장하면서 차가운 성질을 가진 상층 저기압 중심이 우리나라 북쪽까지 접근하여 상층의 대기가 매우 차가웠다. 블로킹 패턴이 유지되는 기간 동안 그림 11과 같이 전국 곳곳에 소나기가 내렸으며, 총 4일간 우박이 관측되었다.

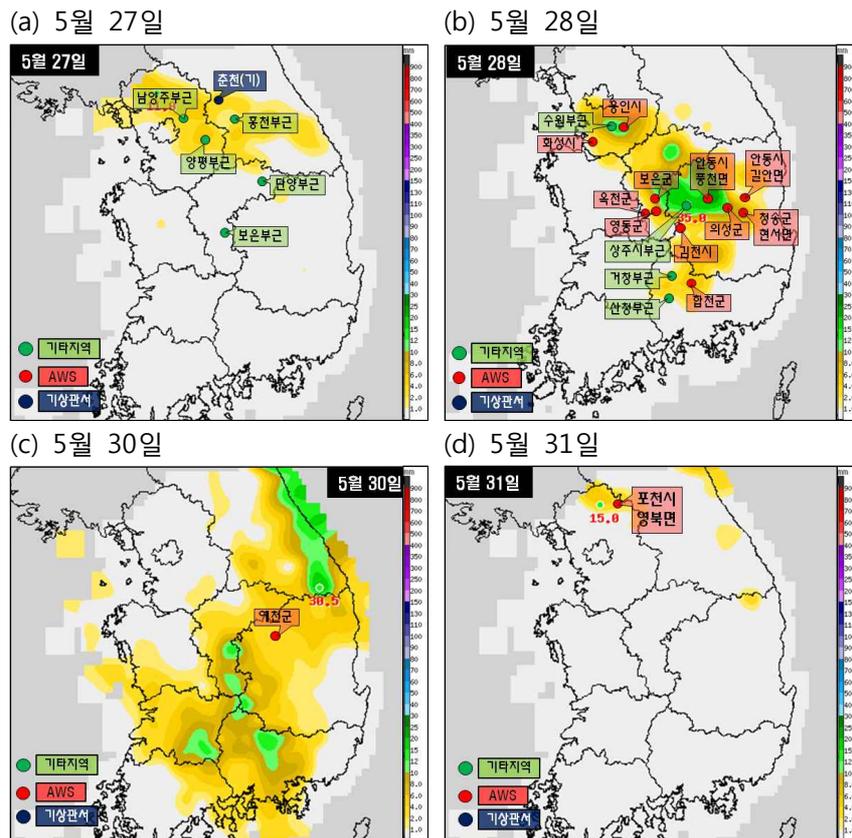
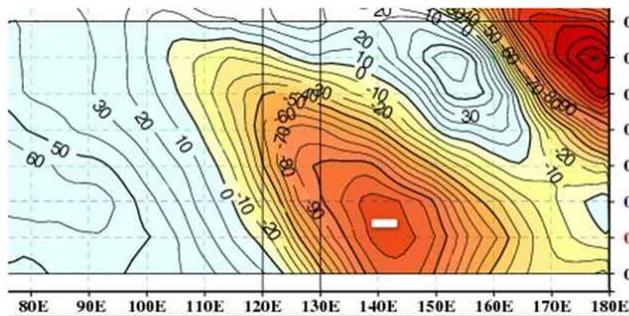


그림 11. 2012년 봄철 블로킹 기간 중 발생한 우박사례

## 수치모델의 예측성

블로킹 패턴에서 차가운 상층 저기압(골)의 이동은 골 추적도 분석을 통해 참고할 수 있다. 그림 12는 그림 10에서 보여준 블로킹 사례에 대한 ECMWF 모델의 위도 35-45N를 평균한 골 추적도이다. 블로킹 패턴이 만들어지기 전인 (a) 5월 21일 12UTC 에 생산된 예상도를 보면, 26일에 고도하강 중심이 일본동쪽 해상인 140-150E에 위치할 것으로 모의되었다. 오메가 형태의 블로킹 패턴이 만들어진 (b) 5월 24일 12UTC 에 생산된 예측모델에서 25일에 고도하강 중심이 우리나라 부근인 경도 130E에 위치할 것으로 모의되었다. 이와 같은 모델예측결과를 볼 때 블로킹 패턴이 만들어지기 전과 후의 차이가 있음을 알 수 있다. 블로킹 패턴에서 상층 기압골은 저지고기압 남쪽으로 이동함에 따라 블로킹 이전 예측보다 남쪽으로 이동하여 우리나라로 접근하게 된다. 따라서, 블로킹 패턴이 나타날 것으로 예상된다면, 예측모델에 의존하기 보다는 상층일기도 분석을 통해 골의 이동을 예측하는 것이 바람직하다. 상층 저기압 내부에서 발생하는 단파골 추적은 500hPa 최대와도 구역의 이동 방향과 비슷하므로 500hPa 와도장은 기압골 추적에 유용한 자료가 될 수 있다.

(a) 2012. 5. 21. 12UTC 예측



(b) 2012. 5. 24. 12UTC 예측

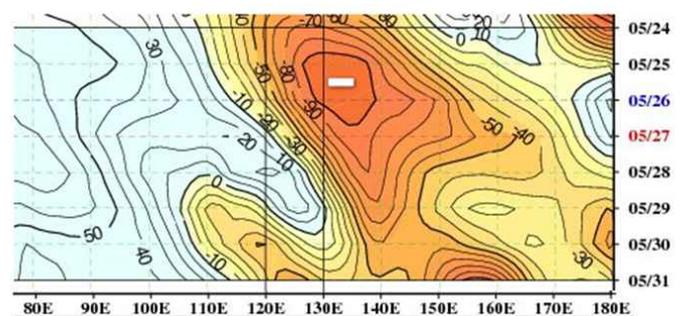


그림 12. 그림 9에서 보여준 사례에 대한 500hPa ECMWF 골 추적도(35-45N) 예상. 붉은색은 고도하강 구역 임.

### < 참고문헌 >

- 김광식, 1992: 기상학사전, 향문사.  
 이현수, 전종갑, 강인식, 허창희, 2007: Blocking activity over the Asian continent and its contribution to the intensity of east Asian winter monsoon. 한국기상학회 가을 학술대회 논문집, 206-207.  
 허혜숙, 변희룡, 서동일, 2002: Blocking의 정의. *대기*, **12-1**, 162-165.  
 AMS Glossary 2000: AMS 전자기상사전. <http://amsglossary.allenpress.com/glossary>  
 Barriopedro, D., R. G. Herrera, and E. Hernandez, 2006: A climatology of Northern Hemisphere blocking. *J. Climate*, **19**, 1042-1063.  
 Charney, J. Shukla, and K. C. Mo, 1981: Comparison of a barotropic blocking theory with observation. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 762-779.  
 Colucci, S. J., and T. L. Alberta, 1996: Planetary-scale climatology of explosive cyclogenesis and blocking. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2509-2520.  
 Dole, R. M., and N. D. Gordon, 1983: Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: geographical distribution and regional persistence characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1567-1586.  
 Lejenas, H., and H. Okland, 1983: Characteristics of Northern Hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Tellus*, **35A**, 350-362.  
 Renwick, J. A., and M. J. Revell, 1999: Blocking over the South Pacific and rossby wave propagation. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 2233-2247.  
 Rex, D. F., 1950a: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. Part I: An aerological study of blocking action. *Tellus*, **2**, 196-211.  
 ---, 1950b: Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. Part II: The climatology of blocking action. *Tellus*, **2**, 275-301.  
 Sinclair, 1996: A climatology of anticyclones and blocking for the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 245-263.  
 Stan, C., and D. M. Straus, 2007: Is blocking a circulation regime? *Mon. Wea. Rev.*, **135**, 2406-2413.  
 Straus, D. M., S. Corti, and F. Molteni, 2007: Circulation regimes: Chaotic variability versus SST-forced predictability. *J. Climate*, **20**, 2251-2272.  
 Tibaldi, S., and F. Molteni, 1990: On the operational predictability of blocking. *Tellus*, **42A**, 343-365.  
 Treidl, R. A., E. C. Birch, and P. Sajecki, 1981: Blocking action in the Northern Hemisphere: A climatological study. *Atmos. Ocean*, **19**, 1-23.  
 White, W. B., and N. E. Clark, 1975: On the development of blocking ridge activity over the central North Pacific. *J. Atmos. Sci.*, **32**, 489-502.