

# SGS6833: 대기과학

---

9주 차 강의자료

# 지난시간

---

- 기단
- 중위도 지역 날씨

# 오늘의 내용

---

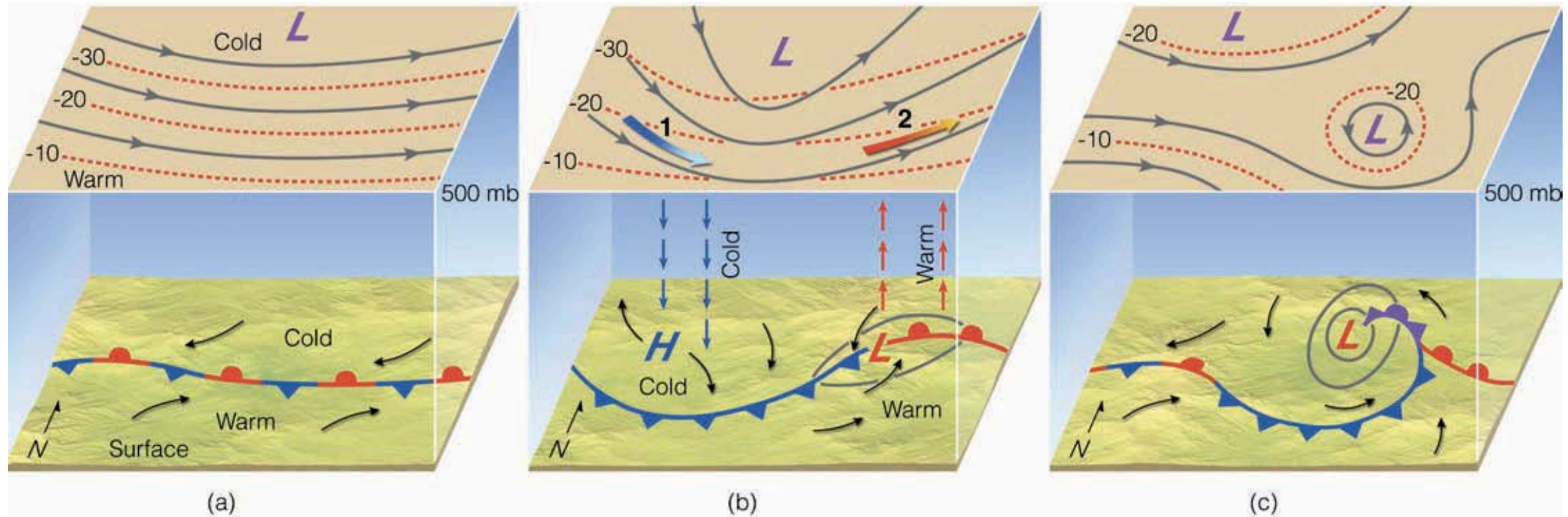
- 중위도 저기압의 발달

# 중위도 저기압의 발달

---

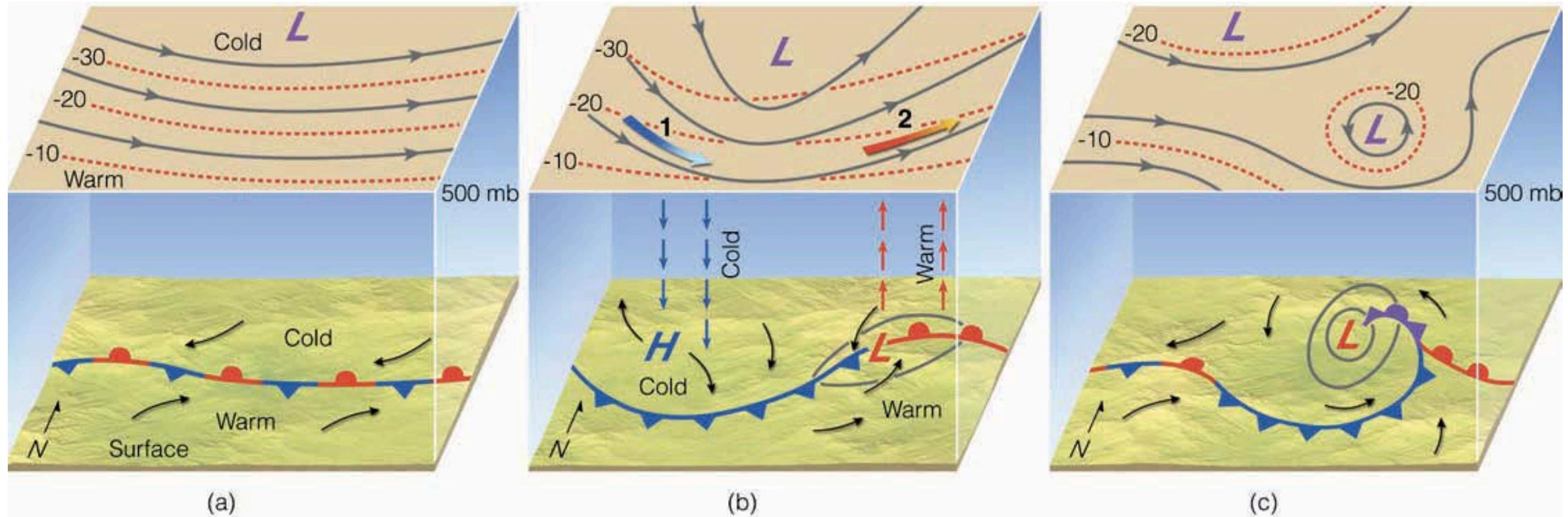
- 저기압이 발달하기 위하여 필요한 조건
  - 하층과 상층의 바람의 차이로 발생하는 vertical shear
  - 이에 따른 baroclinic instability

# 중위도 저기압의 발달



- 하층에는 정체전선, 상층에는 약한 기압골이 위치
- 상층의 바람은 등압선을 따라 빠르게 불
- 반면, 하층에서는 바람이 전선쪽으로 불면서, 상하층의 shear가 생김

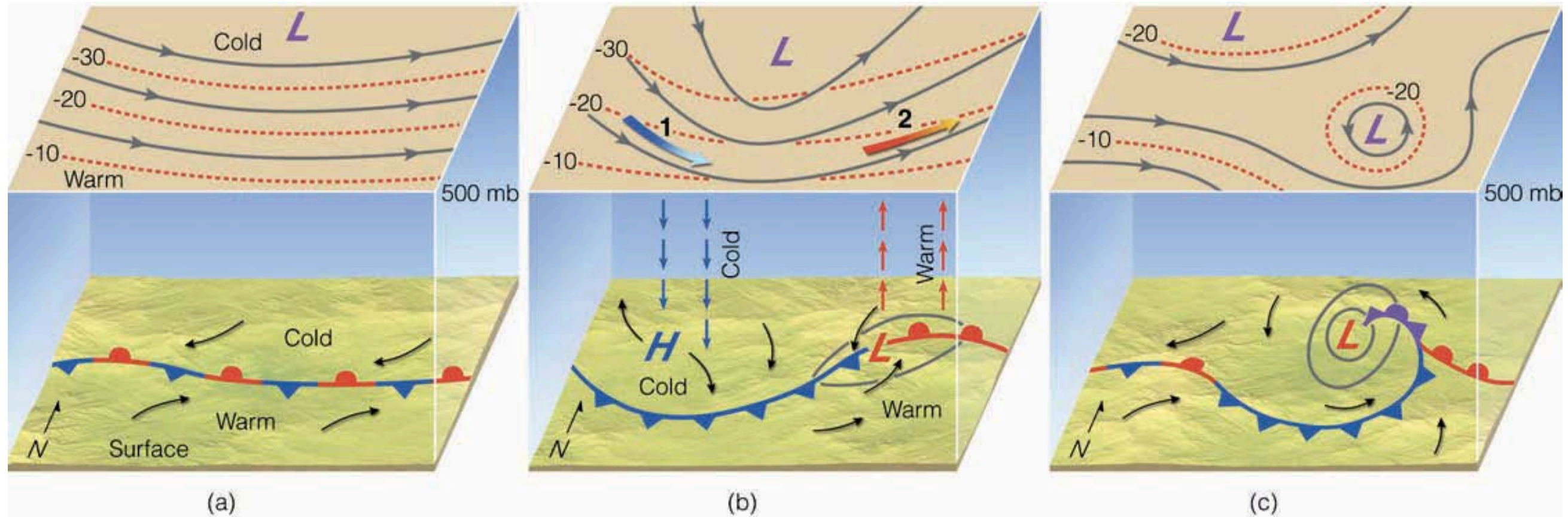
# 중위도 저기압의 발달



- 이 때 상층에 짧은 파장의 파동이 지나가면서 섭동을 발생시킴
- 이로 인하여 수렴/발산과, 온도의 이류가 생기면서 상승/하강 운동이 발생하는 조건이 됨 -> baroclinic instability

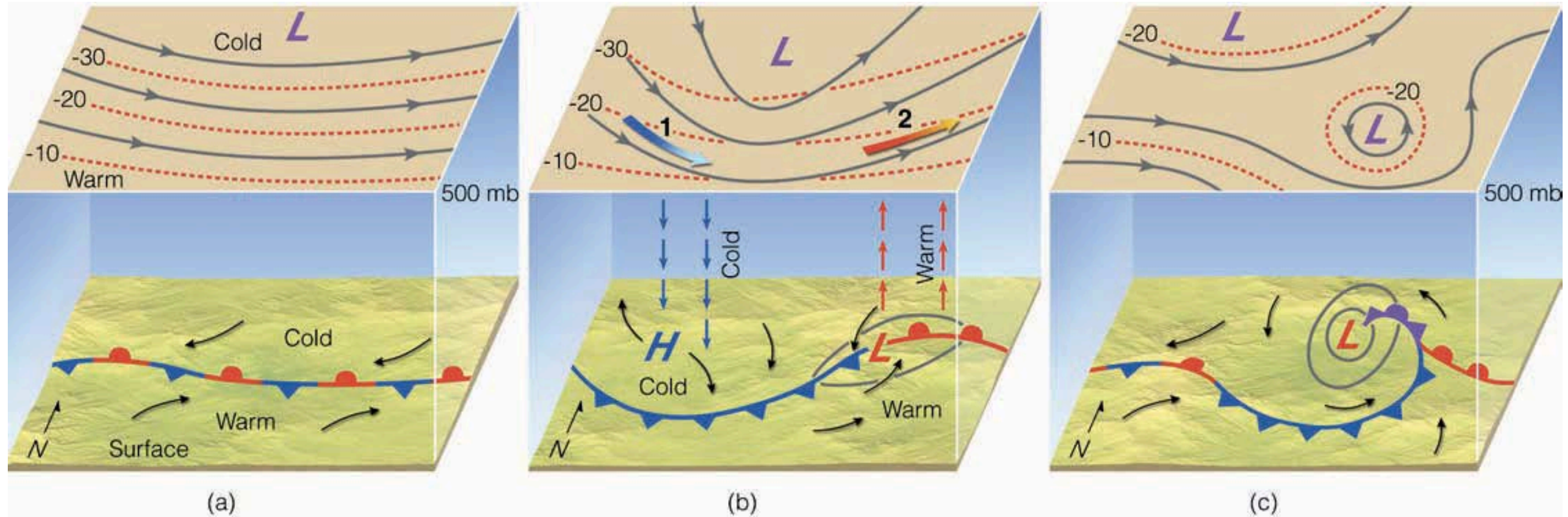


# 중위도 저기압의 발달



- 그림(b)의 1번 지역에서 수렴이 발생 -> 하강
- 그림(b)의 2번 지역에서 발산이 발생 -> 상승
- 지상에 저기압/고기압 발달
- 지상에서, 서쪽에는 찬 공기가 남하, 동쪽에는 따뜻한 공기가 북상 -> 전선형성

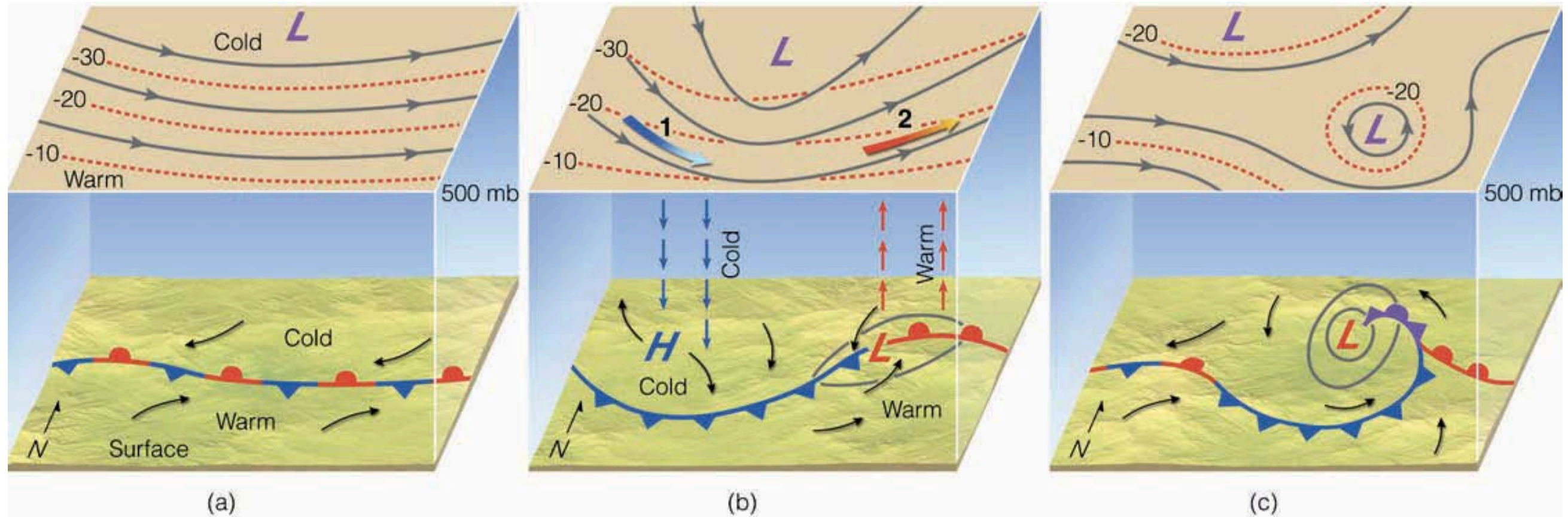
# 중위도 저기압의 발달



- 지상의 온도 이류는 상층으로 이어짐
- 등압선과 등온선이 더이상 평행하지 않음
- 기압골의 서쪽에서는 cold advection, 동쪽은 warm advection

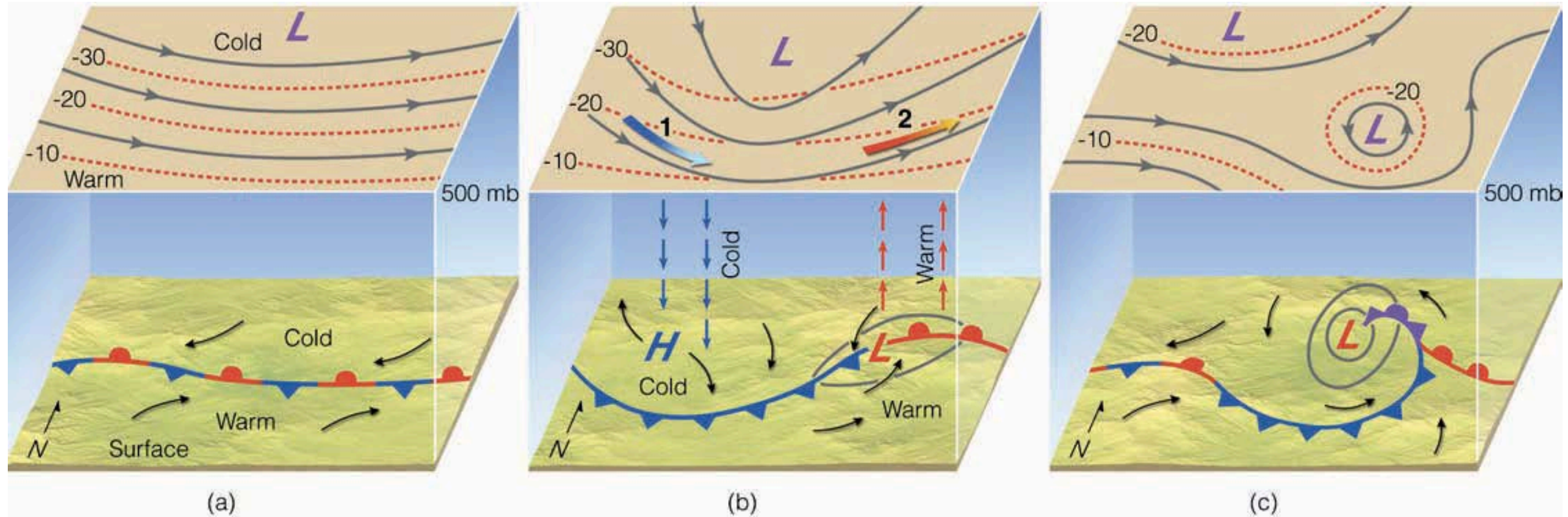


# 중위도 저기압의 발달



- 상층 기압골 서쪽에서 차가운 공기가 유입되며 지위고도가 낮아짐 -> 기압골이 더욱 발달
- 상층 기압골 동쪽으로 따뜻한 공기가 유입되며 지위고도 상승 -> 기압능이 더욱 발달

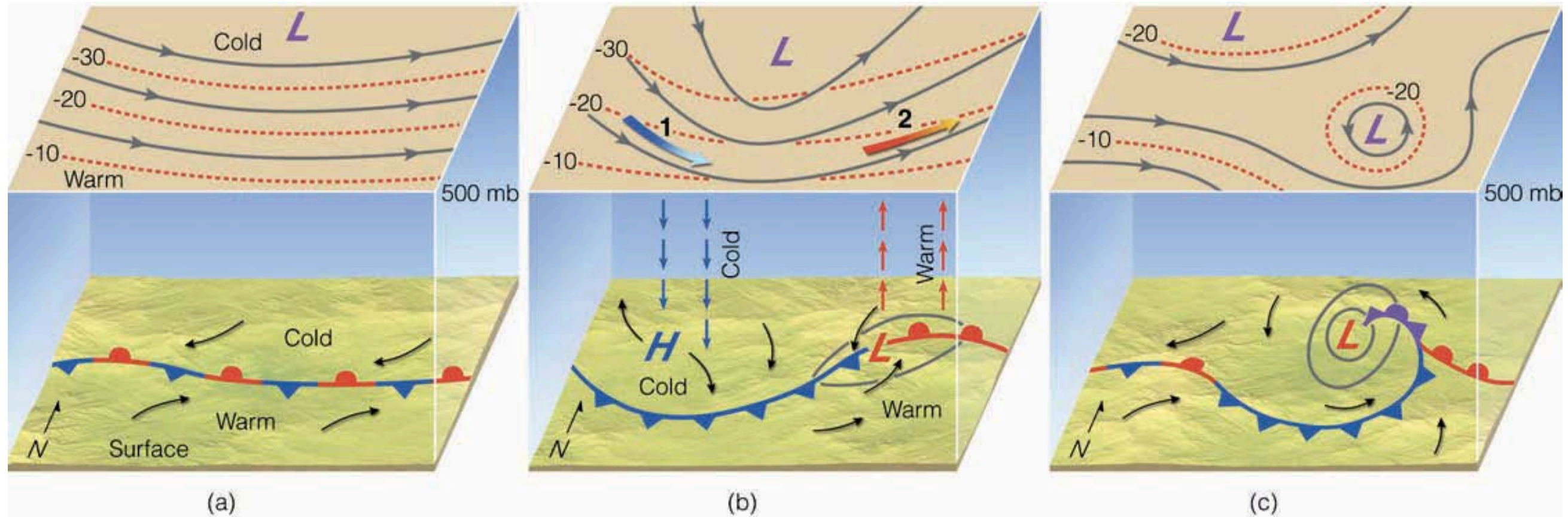
# 중위도 저기압의 발달



- 온도이류에 따라 파동이 더욱 강해지고, 수렴, 발산 역시 강해짐
- 연직운동의 강화로 이어짐 -> 저기압, 고기압이 더욱 발달

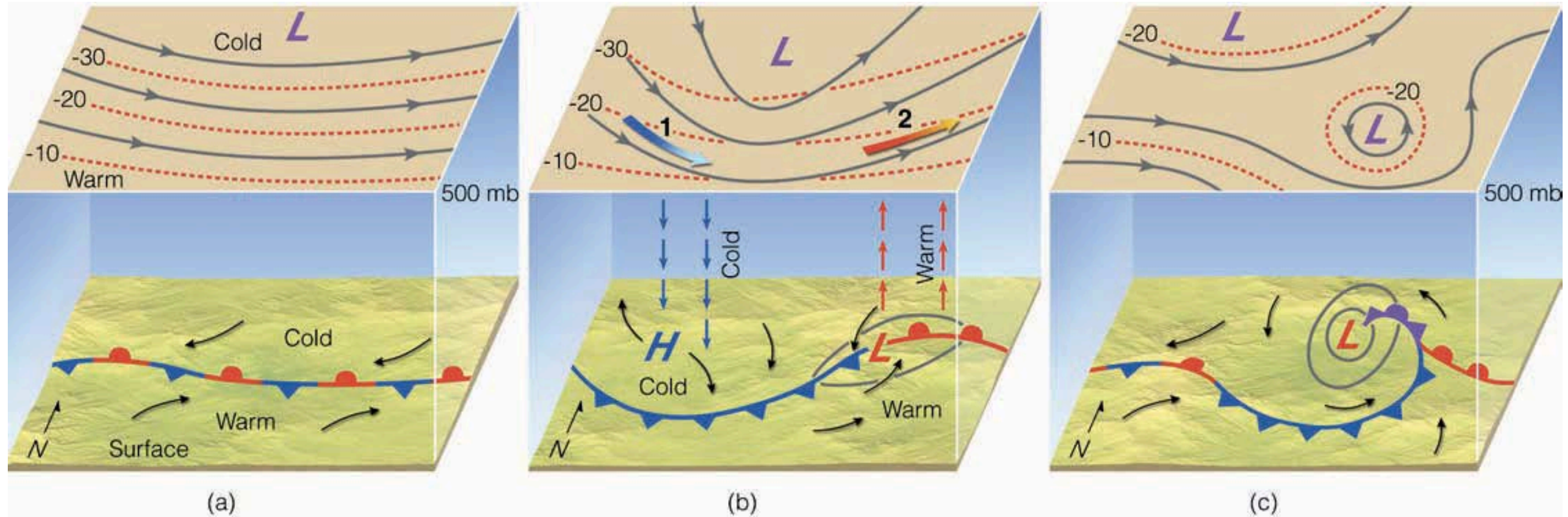


# 중위도 저기압의 발달



- 기압골의 서쪽에서는, 온도이류로 인하여 전달되는 차가운 공기는 무겁기 때문에 하강 -> 고기압 발달 촉진
- 기압골의 동쪽에서는, 온도이류로 인하여 전달되는 따뜻한 공기는 가볍기 때문에 상승운동을 도움 -> 저기압 발달 촉진

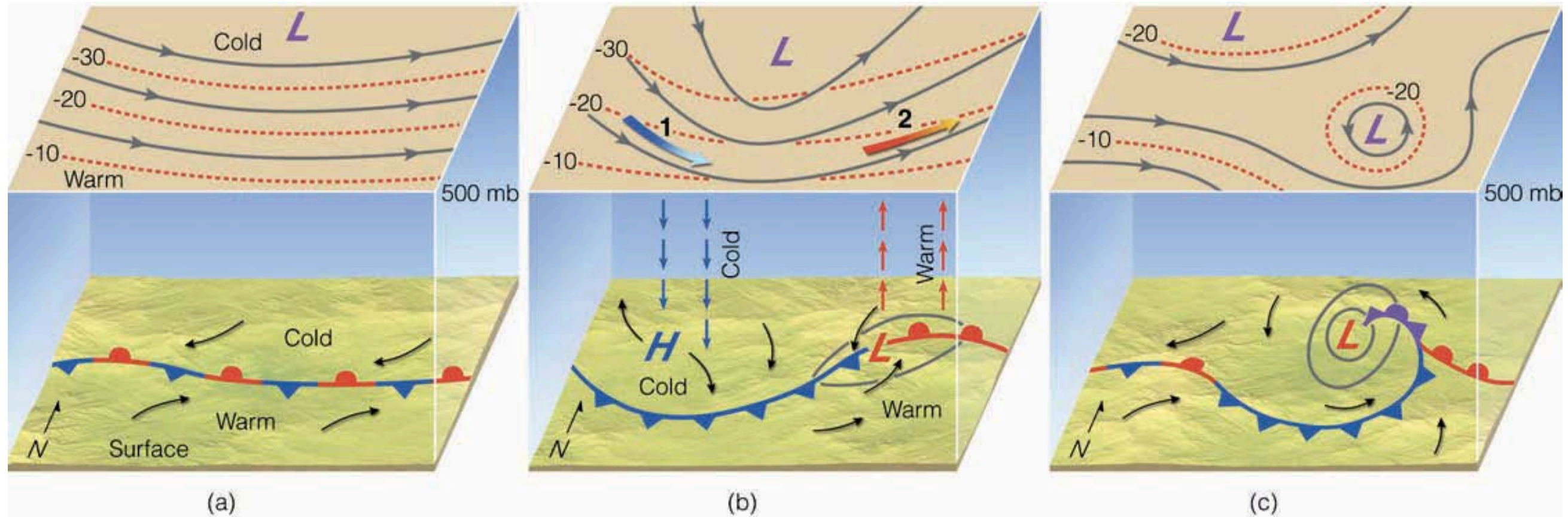
# 중위도 저기압의 발달



- 또한, 기압골 서쪽에서 일어나는 차가운 공기의 하강은 곧 위치 에너지에서 운동에너지로의 변환을 의미 -> 에너지 공급
- 기압골 서쪽의 따뜻한 공기 상승 역시 위치에너지의 감소를 의미 하며, 이는 곧 운동에너지로의 변환을 의미 -> 에너지 공급

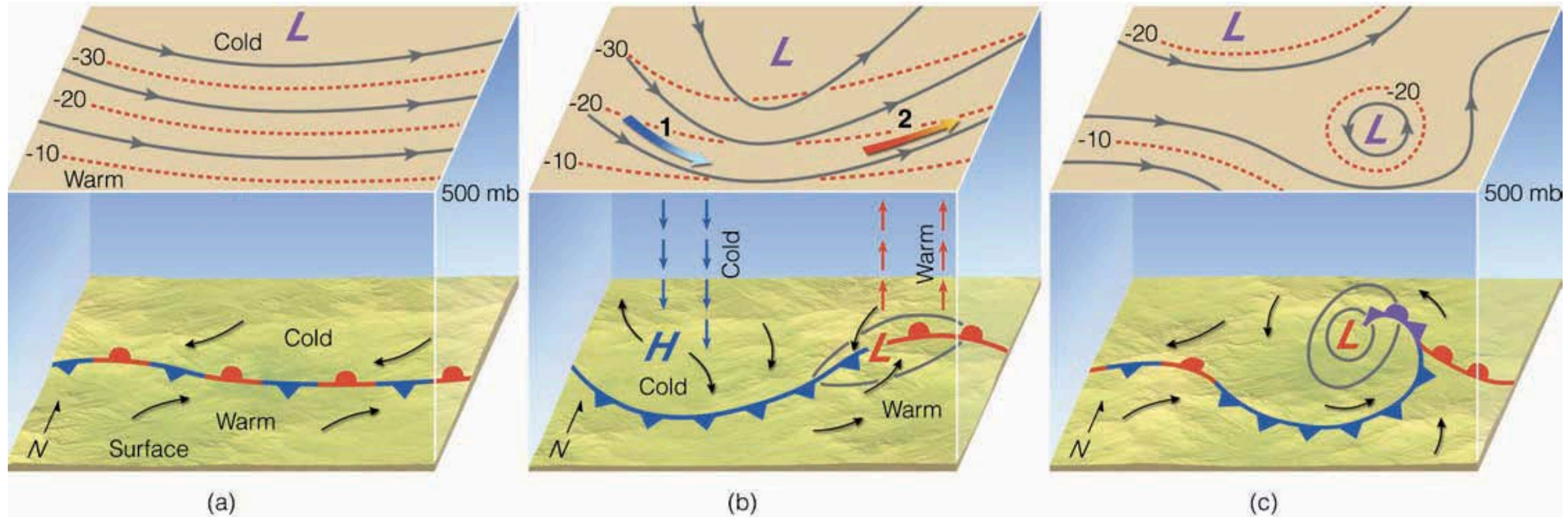


# 중위도 저기압의 발달



- 상승운동으로 구름이 생성된다면, 기체->액체의 변환으로 잠열 발생
- 잠열이 공기를 가열해주며 더욱 가볍게 하여 상승하게 하고, 결과적으로 저기압이 발달하도록 도움

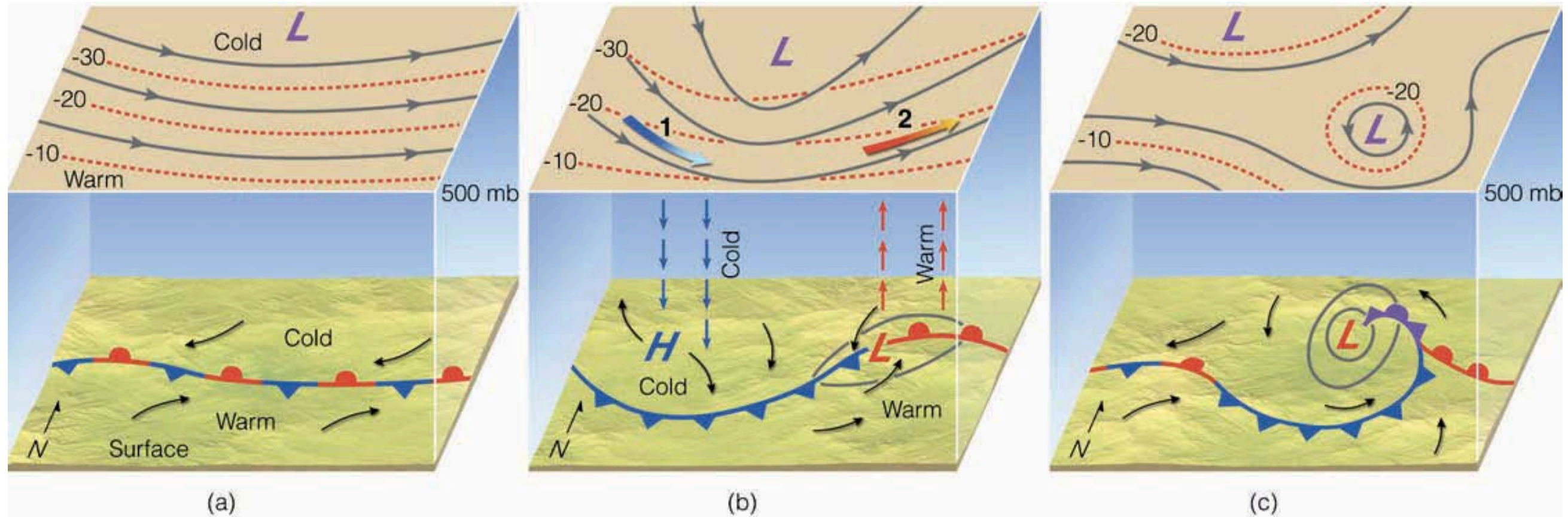
# 중위도 저기압의 발달



- 발달된 저기압 시스템은 에너지 공급이 줄어들면서 점차 소멸하게 됨
- 폐색전선이 발달하면서 차가운 공기가 하부에 위치하며 위치에 에너지가 낮은 상태로 전환

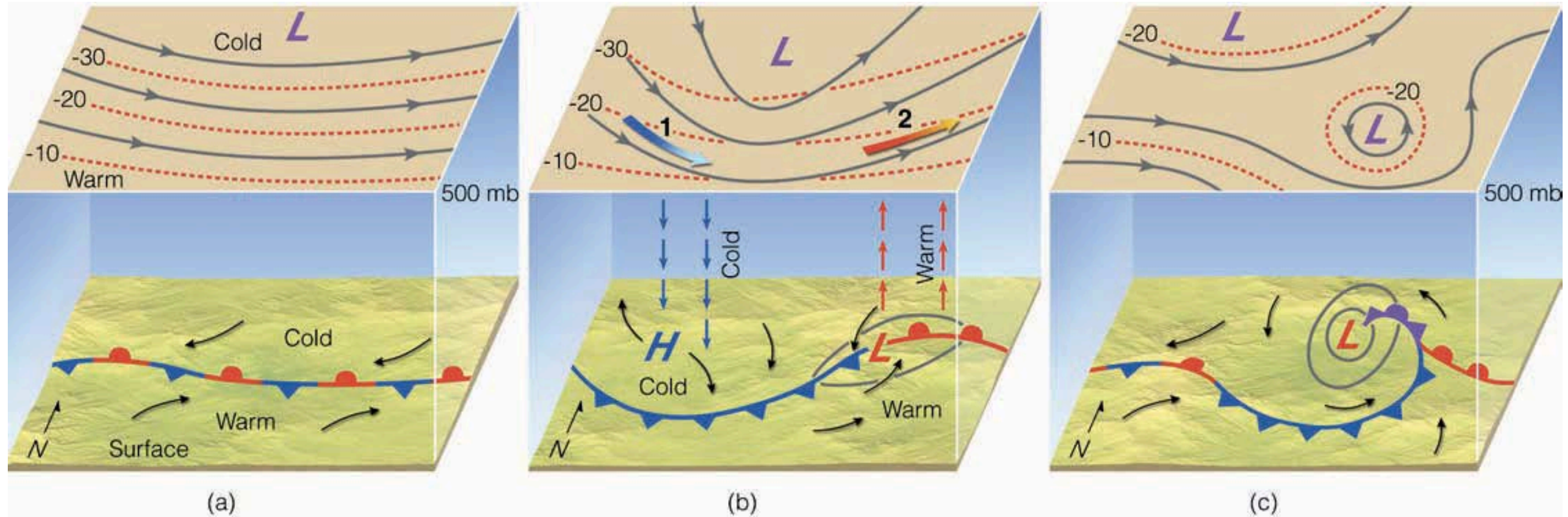


# 중위도 저기압의 발달



- 상층에서는 때때로 저기압이 파동에서 떨어져 나옴
- 상층의 저기압과 하층의 저기압이 나란히 위치
- 등온선이 등압선과 대체로 일치하면서 온도 이류가 발생하지 않음

# 중위도 저기압의 발달



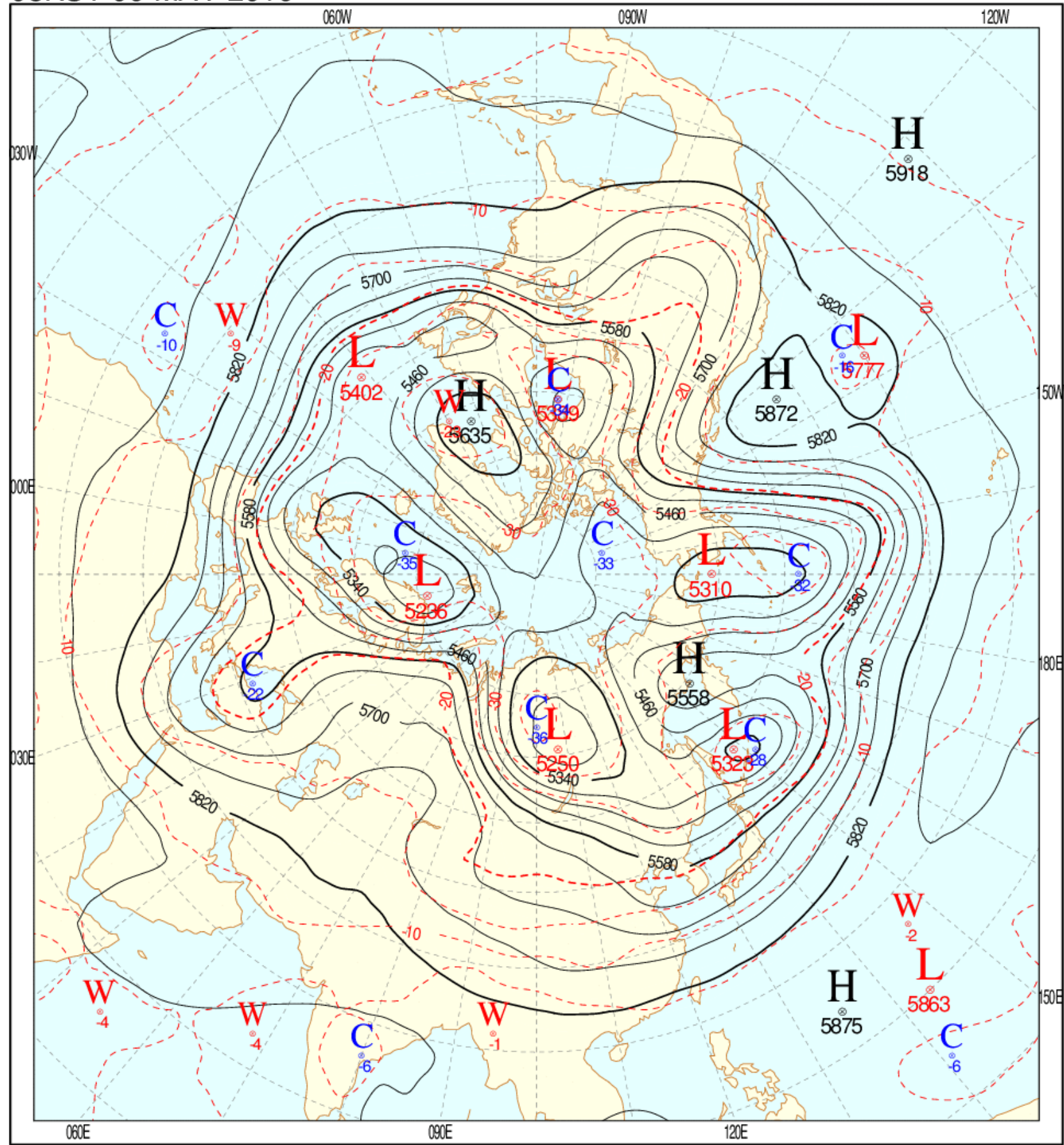
- 저기압의 상층에서 발산이 일어나지 않으므로 지상의 기압도 점차 상승 -> 저기압 소멸
- 지상의 저기압 소멸 후에도 상층에는 저기압이 남아있을 수 있음



AUXN50 18UTC 08 MAY 2019

500hPa Height(60gpm) and Temperature(5C)  
Global Data Assimilation and Prediction System  
Korea Meterological Administration

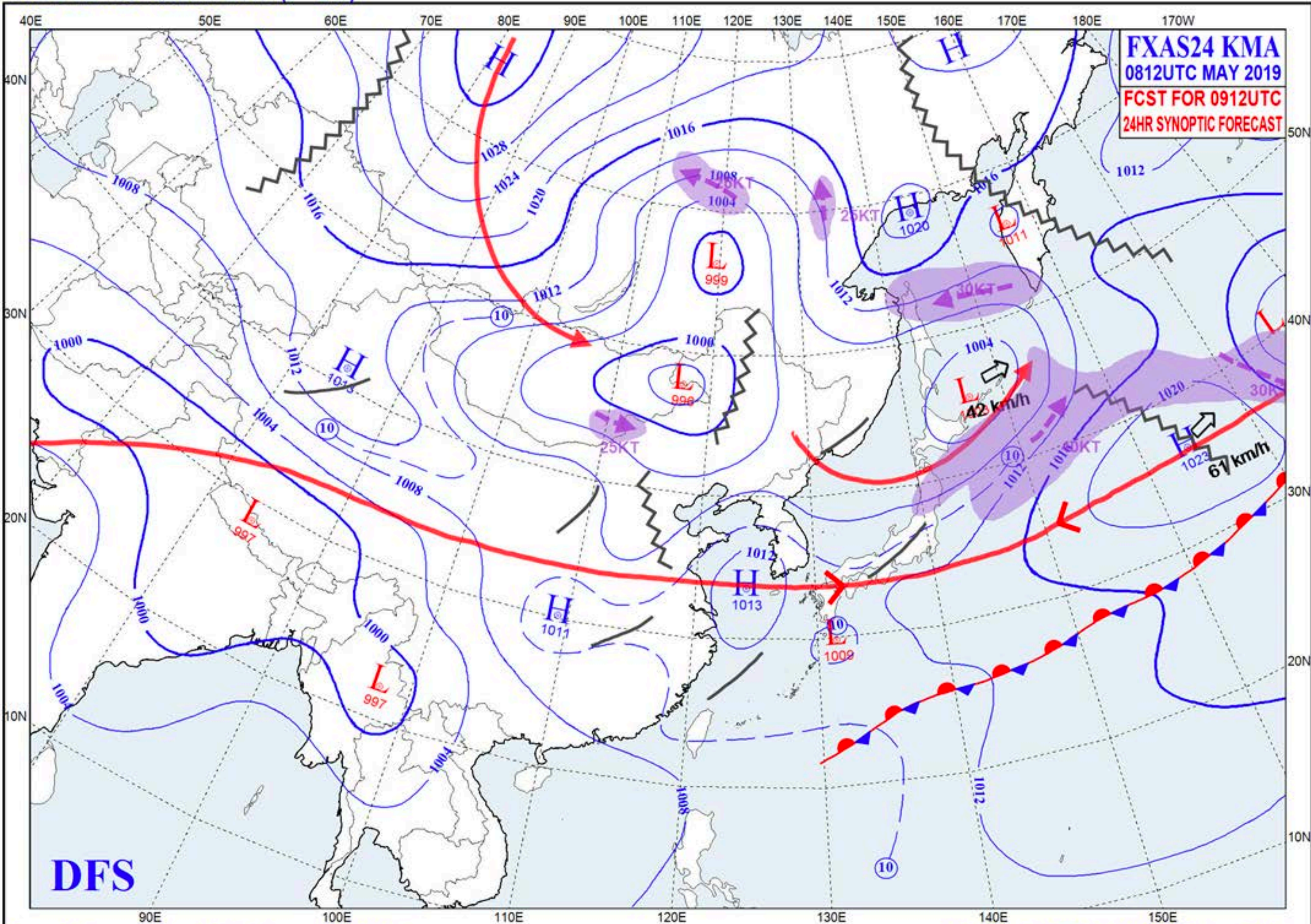
03KST 09 MAY 2019



18UTC 08 MAY 2019 (03KST 09 MAY 2019)



VALID : 21KST 09 MAY 2019 (t=+24h)

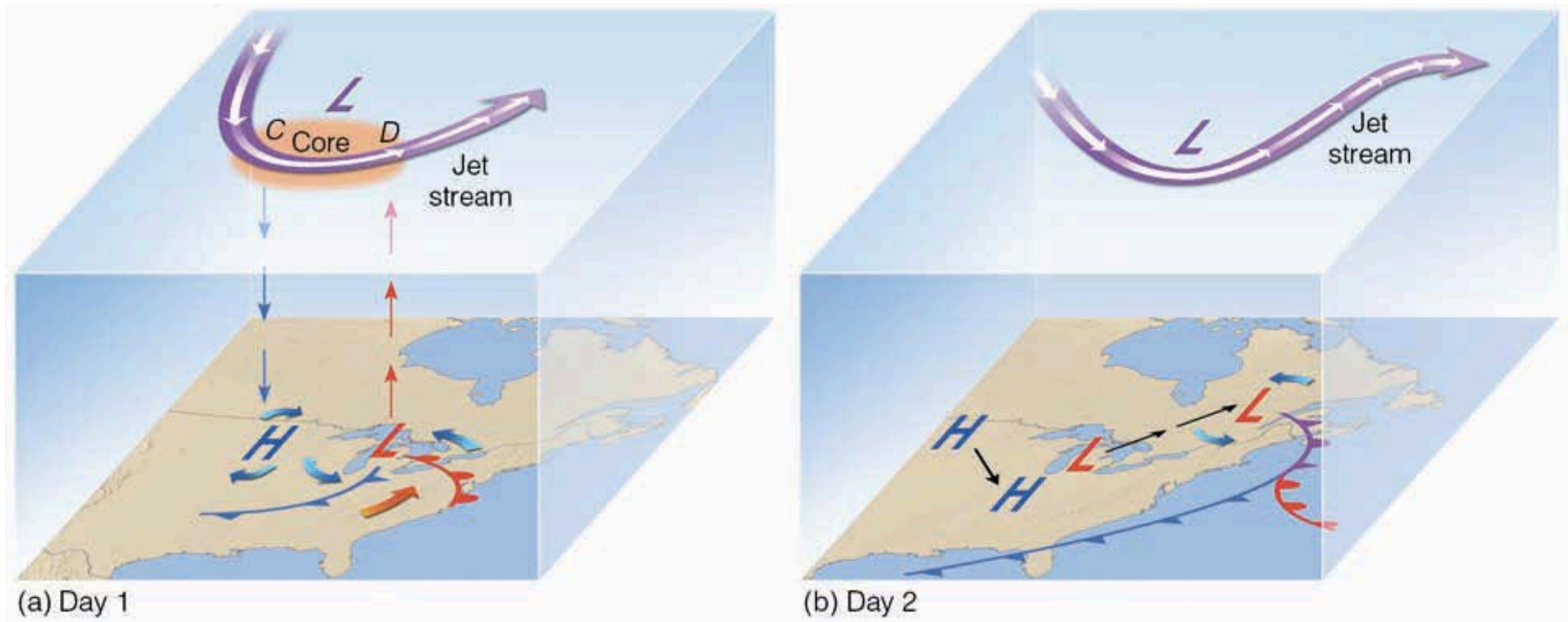


Korea Meteorological Administration(KMA)

VALID : 21KST 09 MAY 2019 (t=+24h)

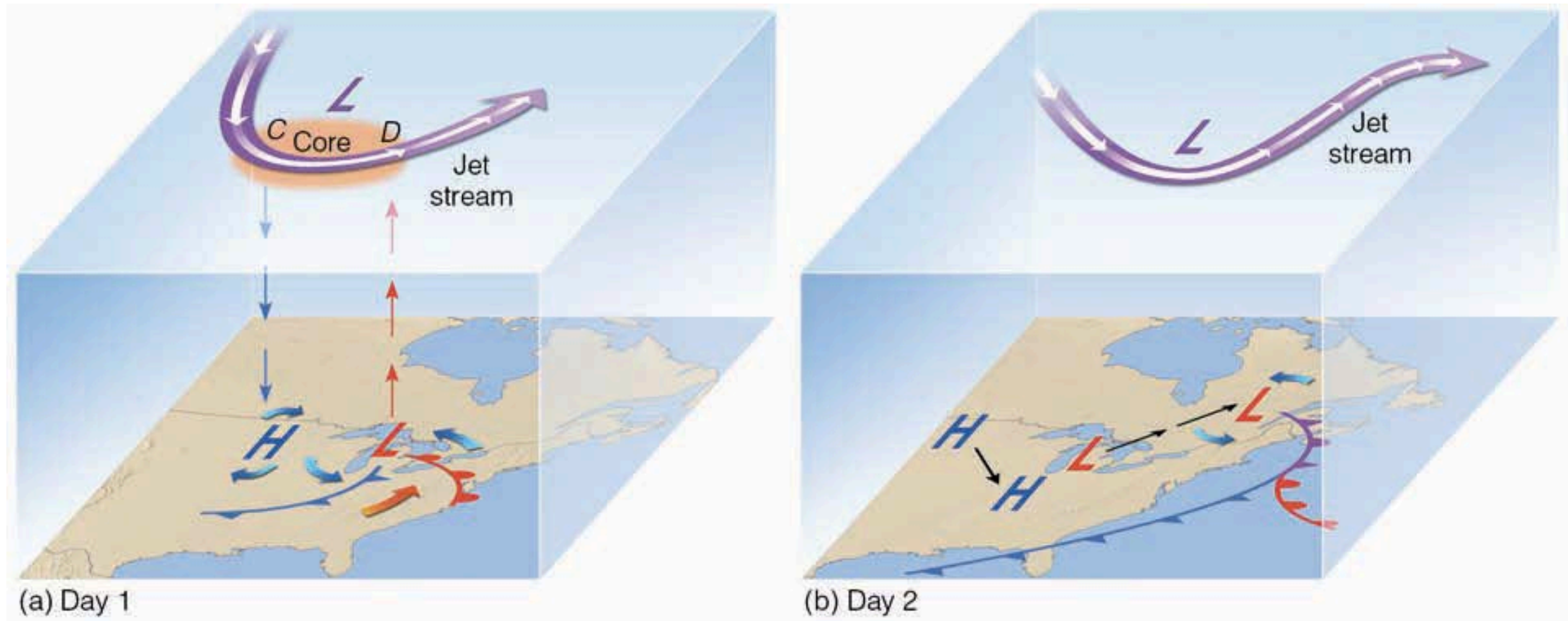


# 제트류와 저기압 시스템



- 중위도 지역 저기압 시스템은 주로 polar front를 따라 발달
- 이는 곧 polar front의 상층에 존재하는 polar jet의 역할이 있음을 제시

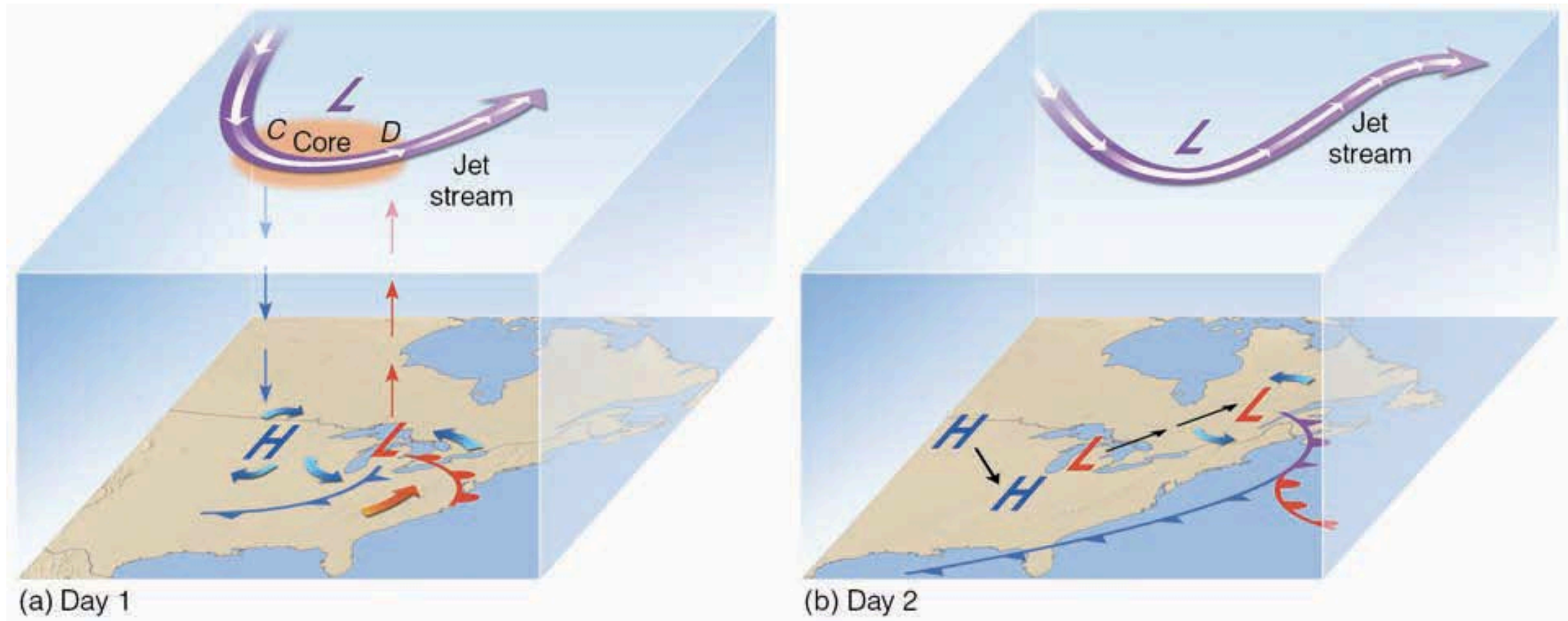
# 제트류와 저기압 시스템



- Polar jet이 파동을 형성함
- 기압골에서 등압선의 간격이 좁으므로 제트류가 더 빠름
- 제트류 속도 변화로 수렴/발산이 발생

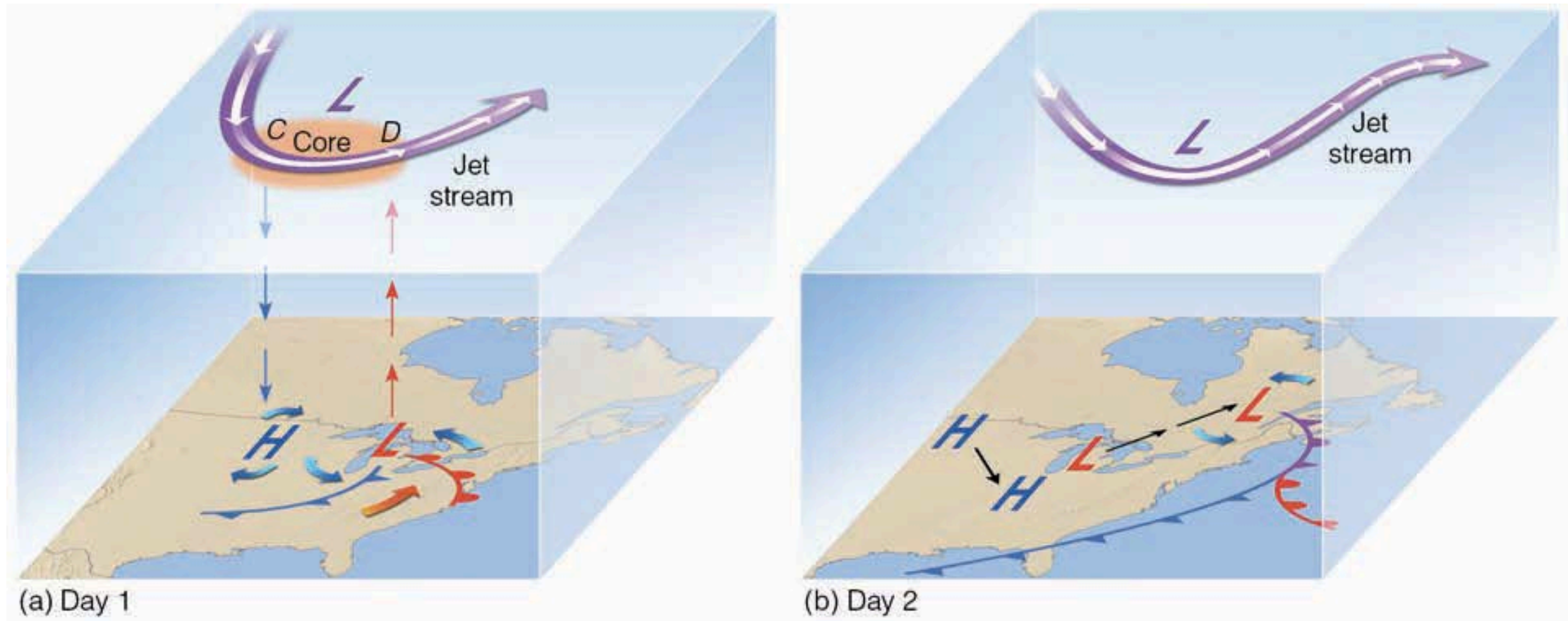


# 제트류와 저기압 시스템



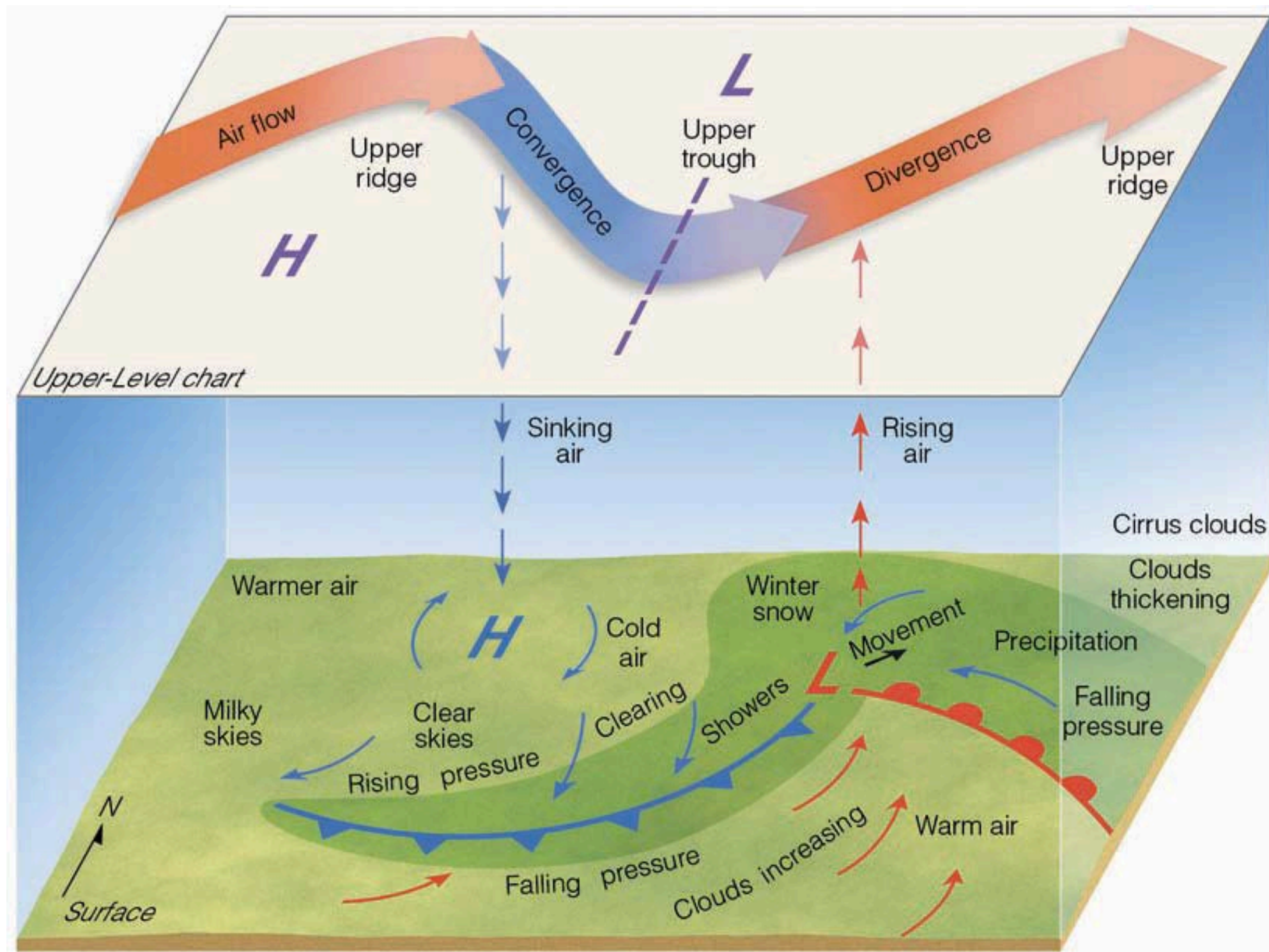
- 제트류는 지상바람보다 훨씬 빠르므로, 저기압 상공에서 일어나는 발산이 지상의 수렴보다 더 강함
- 마찬가지로, 고기압 상공의 수렴이 지상의 발산보다 더 강함
- 저기압/고기압이 더욱 발달할 수 있음

# 제트류와 저기압 시스템



- 북반구 겨울에 polar jet의 남하 -> 저기압 시스템도 같이 남하
- 북반구 겨울에 polar jet이 강함 -> 겨울철 저기압 시스템의 세기도 강함
- 지상의 저기압/고기압이 상승/하강 기류에서 벗어나면 시스템 소멸

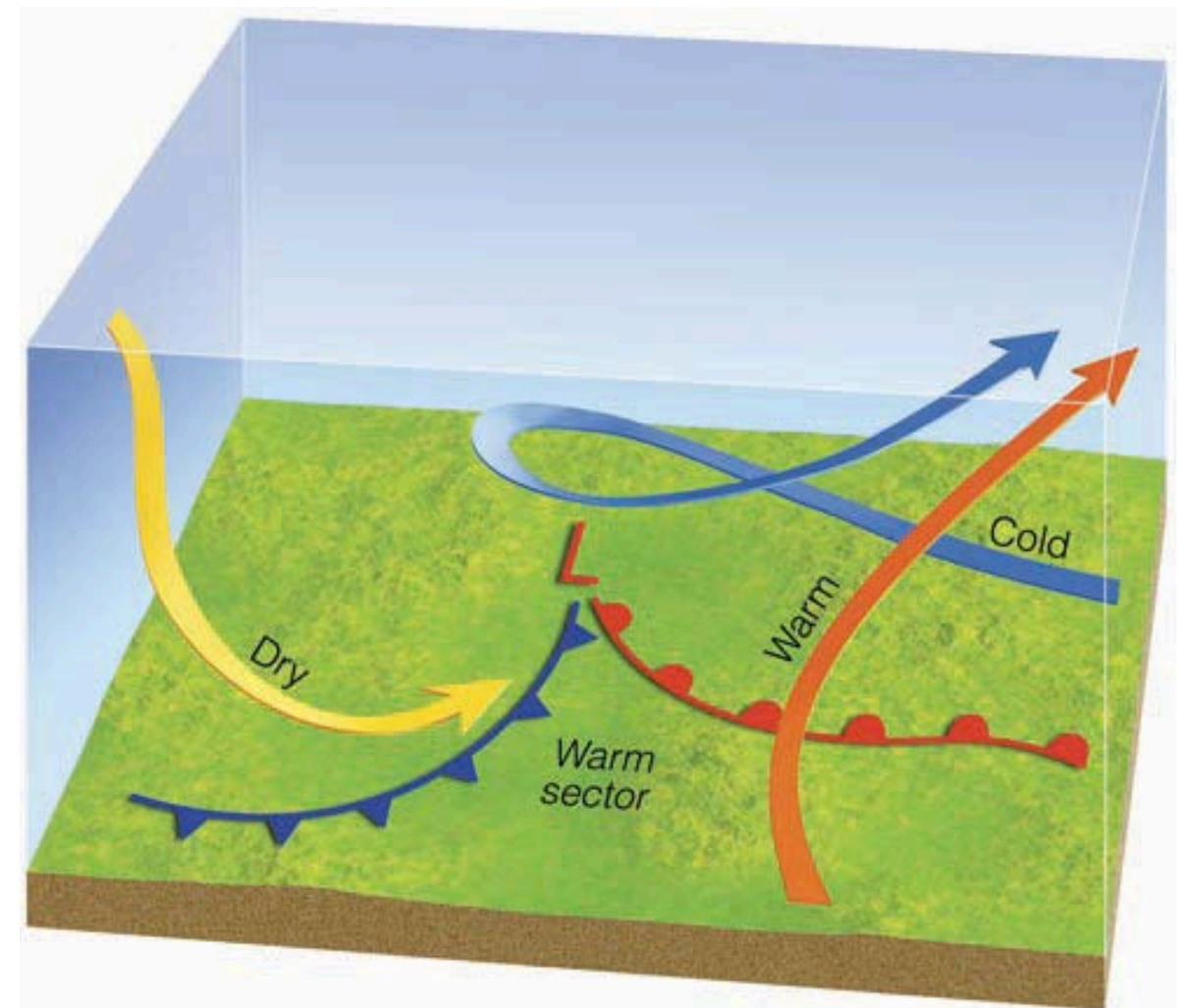
# Summary of all





# 저기압 시스템에서의 공기 흐름

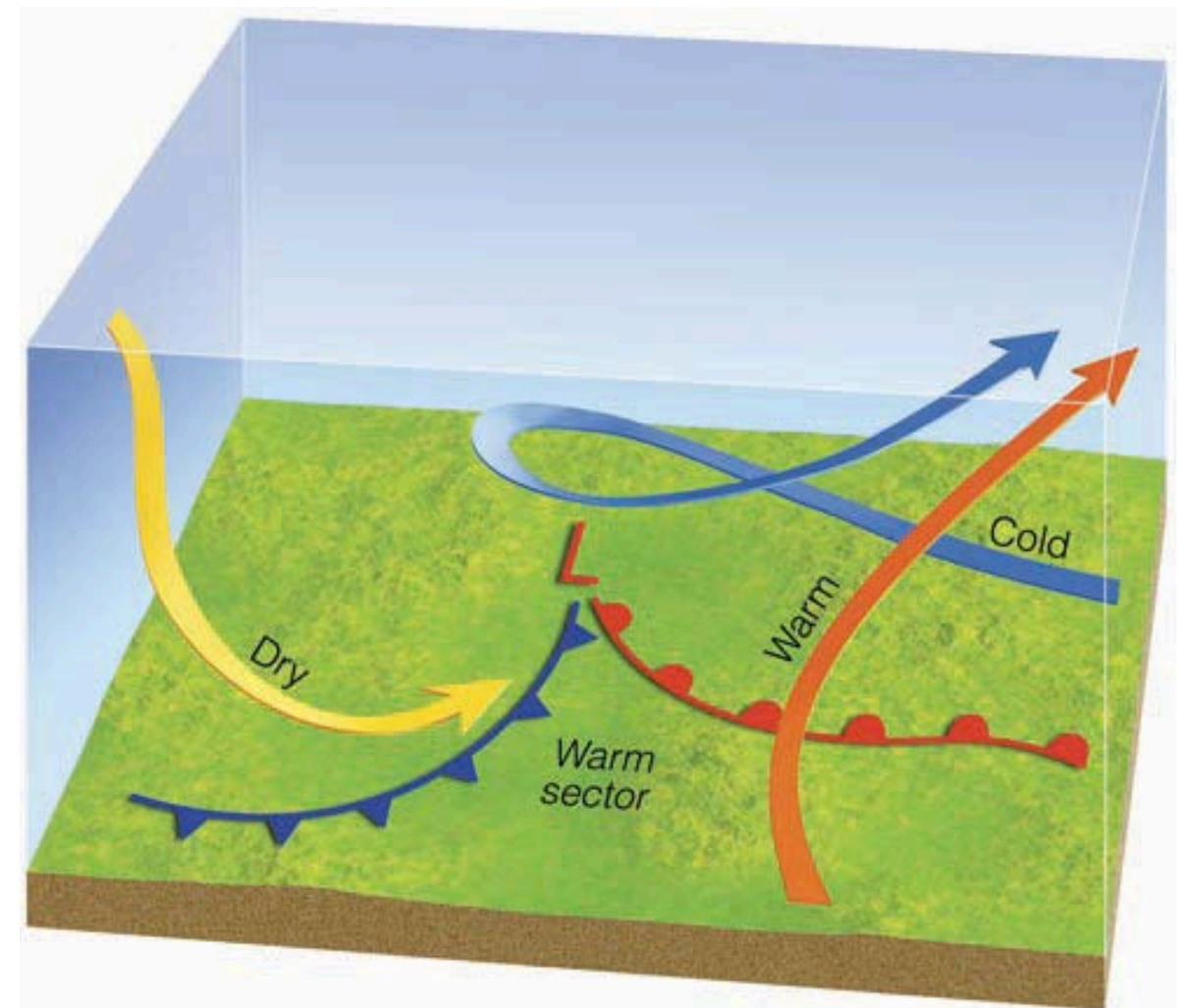
- 남쪽의 따뜻한 공기는 북상하며 온난전선을 따라 상승
- 따뜻한 공기가 상승하며 온도가 낮아지고, 응결이 일어남
- 따뜻한 공기 밑에는 서쪽으로 이동하는 차가운 공기 위치
- 저기압 중심부를 지나면서 반시계방향으로 회전하며 상승
- 눈구름 발달 가능



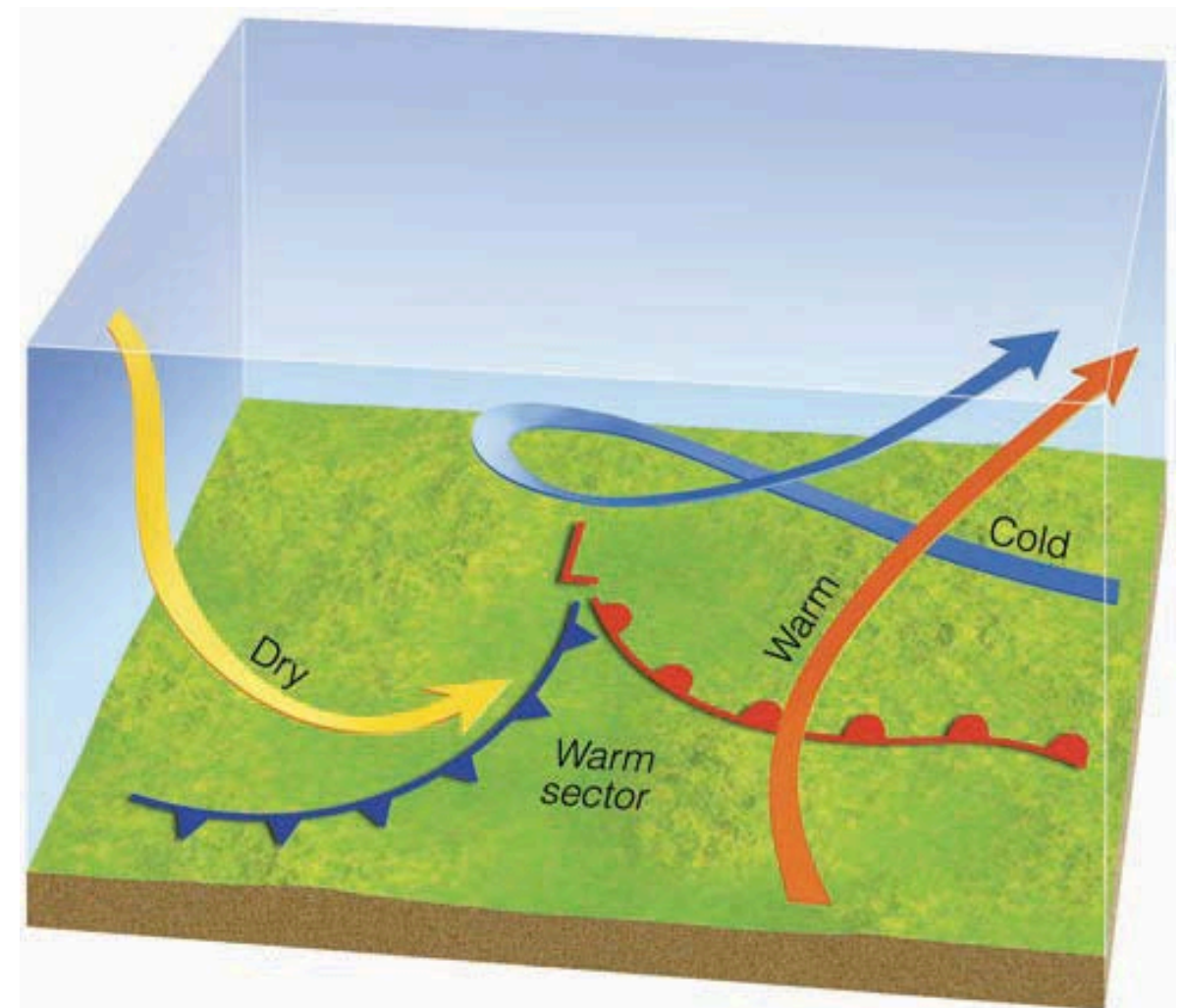
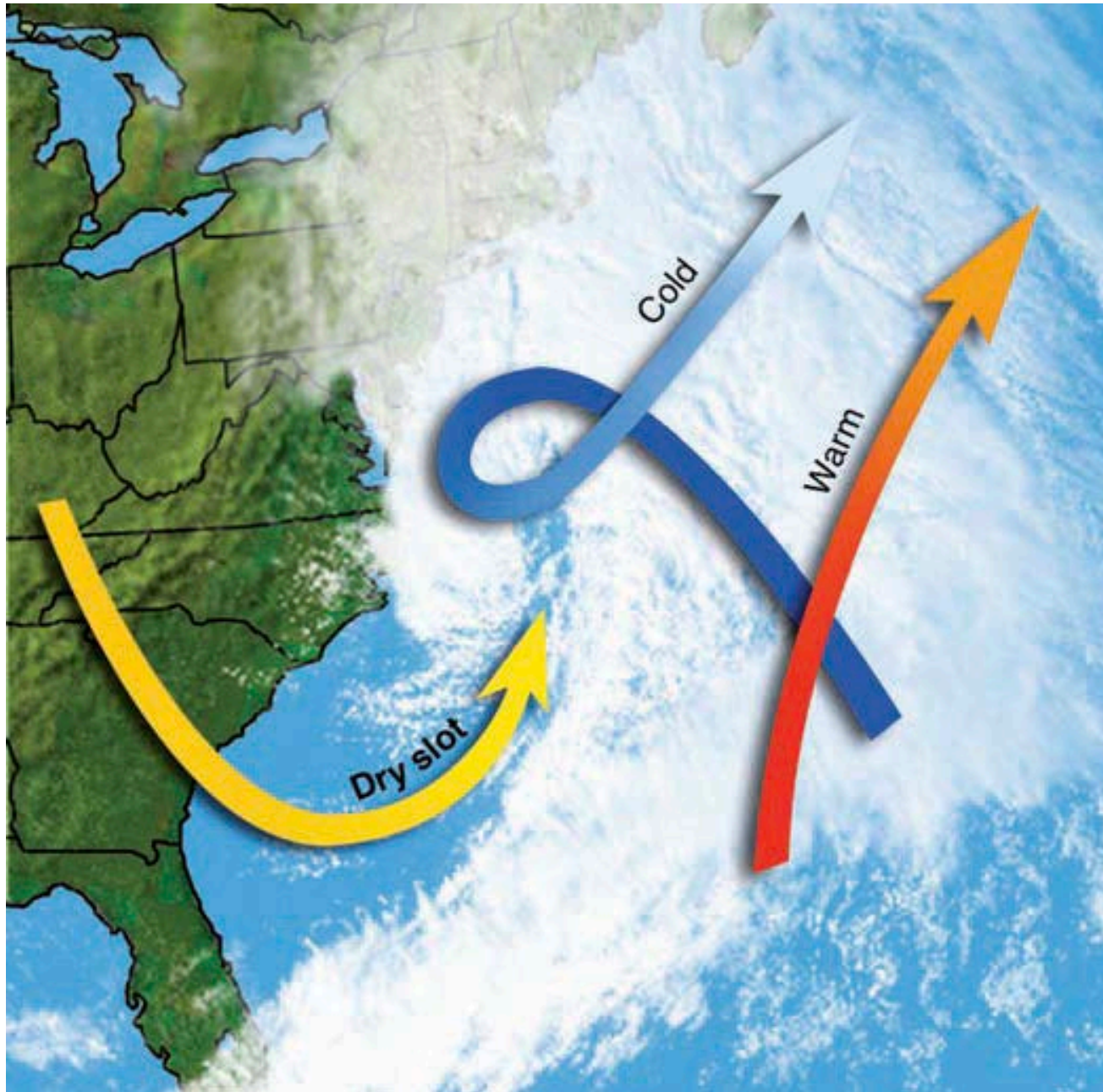


# 저기압 시스템에서의 공기 흐름

- 한랭전선 뒤에는 차갑고 건조한 공기가 접근하며 하강
- 하강으로 인하여 한랭전선 뒤에는 맑고 추운 날씨
- 강한 바람으로 저기압중심으로 건조한 공기가 유입되기도 함 -> dry slot



# 저기압 시스템에서의 공기 흐름





# 와도 (vorticity)

---

- 상층의 수렴/발산이 중요함에도 불구하고 직접 관측하는 것이 쉽지 않음
- 와도와 수렴/발산의 관계를 찾는다면 와도를 이용하여 수렴/발산이 있는 곳을 찾을 수 있음
- 와도는 연직축을 중심으로 수평방향의 회전을 나타내는 척도
- 반시계방향으로의 회전은 양(+)의 와도
- 시계방향으로의 회전은 음(-)의 와도

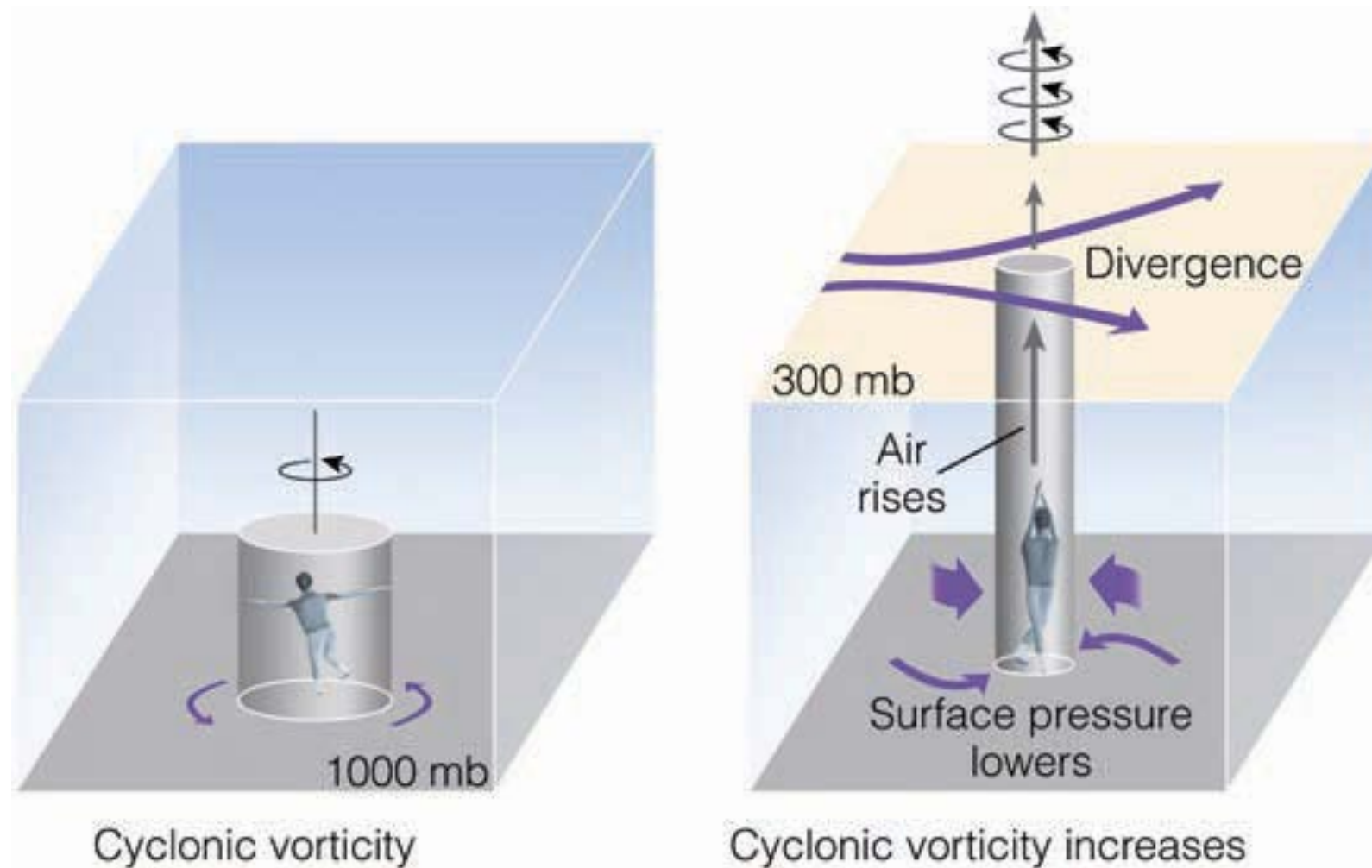
# 와도 (vorticity)

---

- 북반구 저기압에서는 반시계방향의 바람이 있으므로 양의 와도를 가짐
- 북반구 고기압은 음의 와도
- 남반구 저기압은 음의 와도
- 남반구 고기압은 양의 와도
-



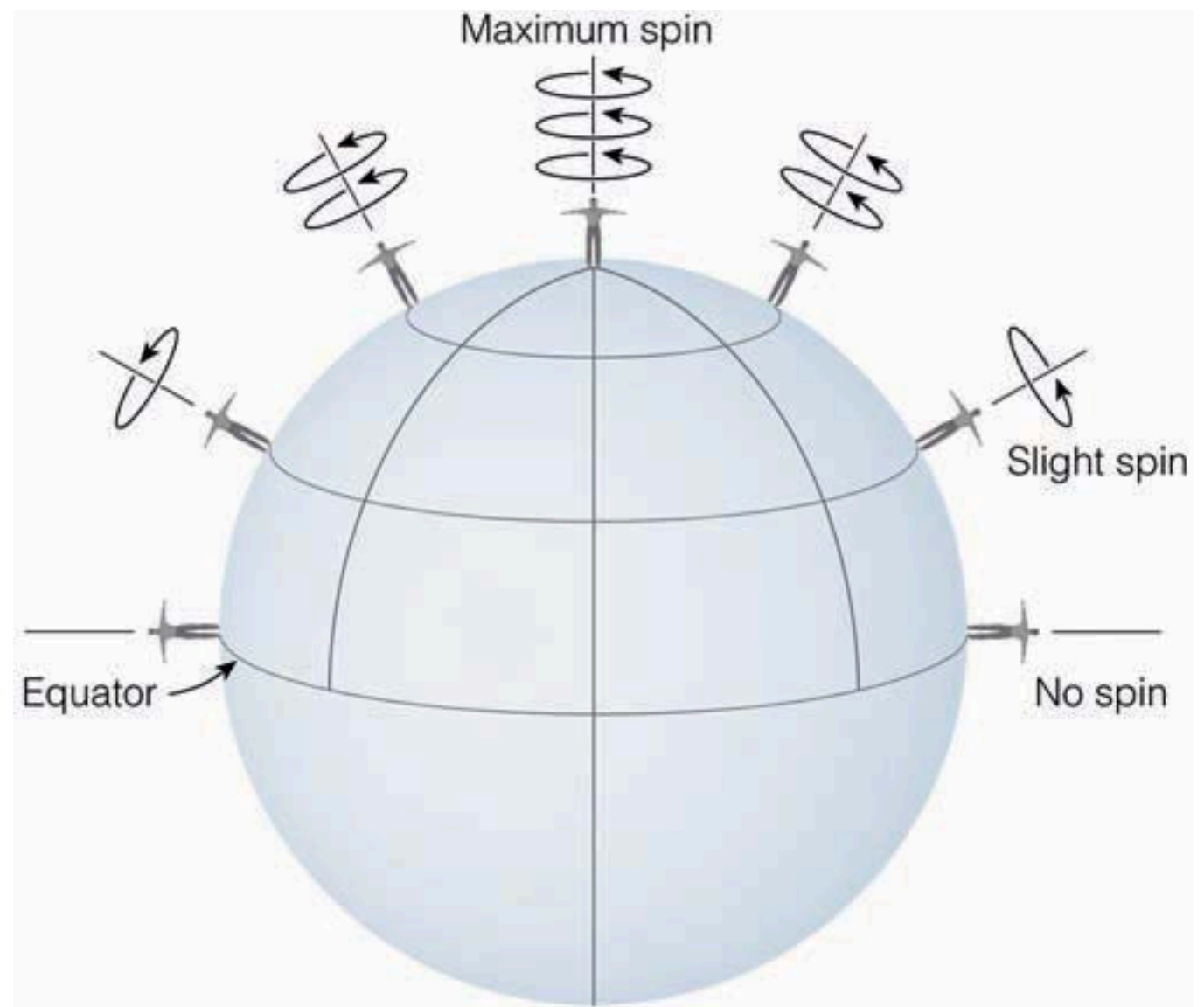
# 와도 (vorticity)



- 상층에서 발산이 있으면, 저기압이 발달하고, 따라서 와도도 증가
- 공기 기둥은 위로 늘어나며 상승운동 발생

# 행성과도

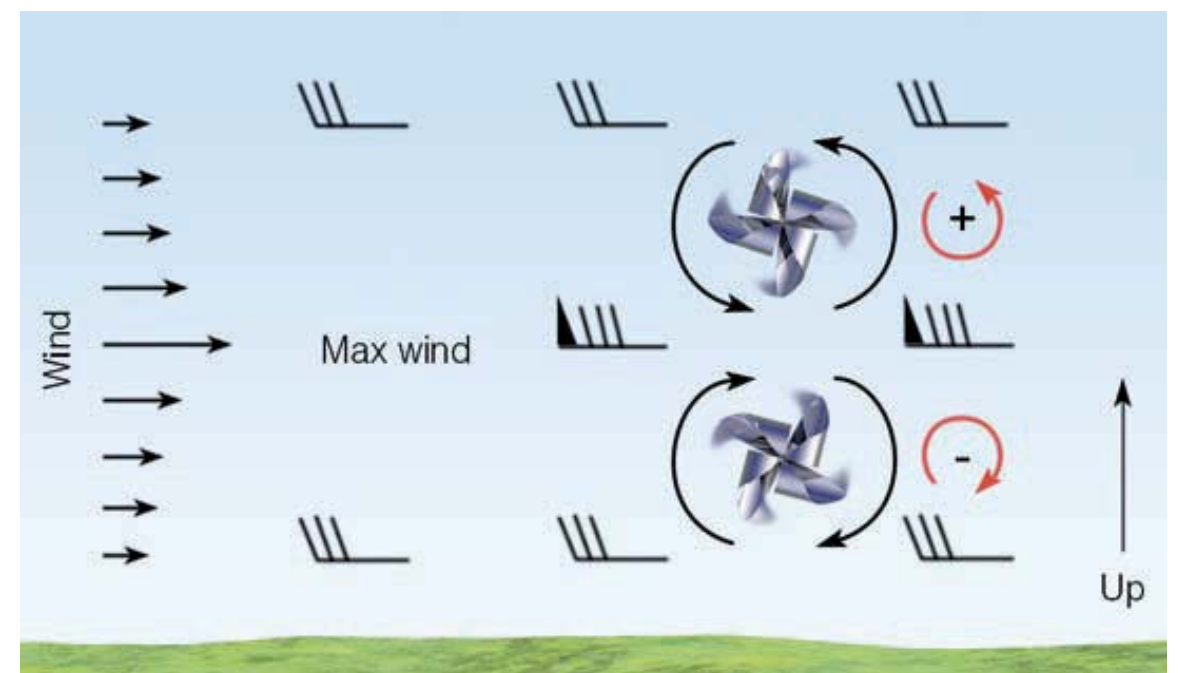
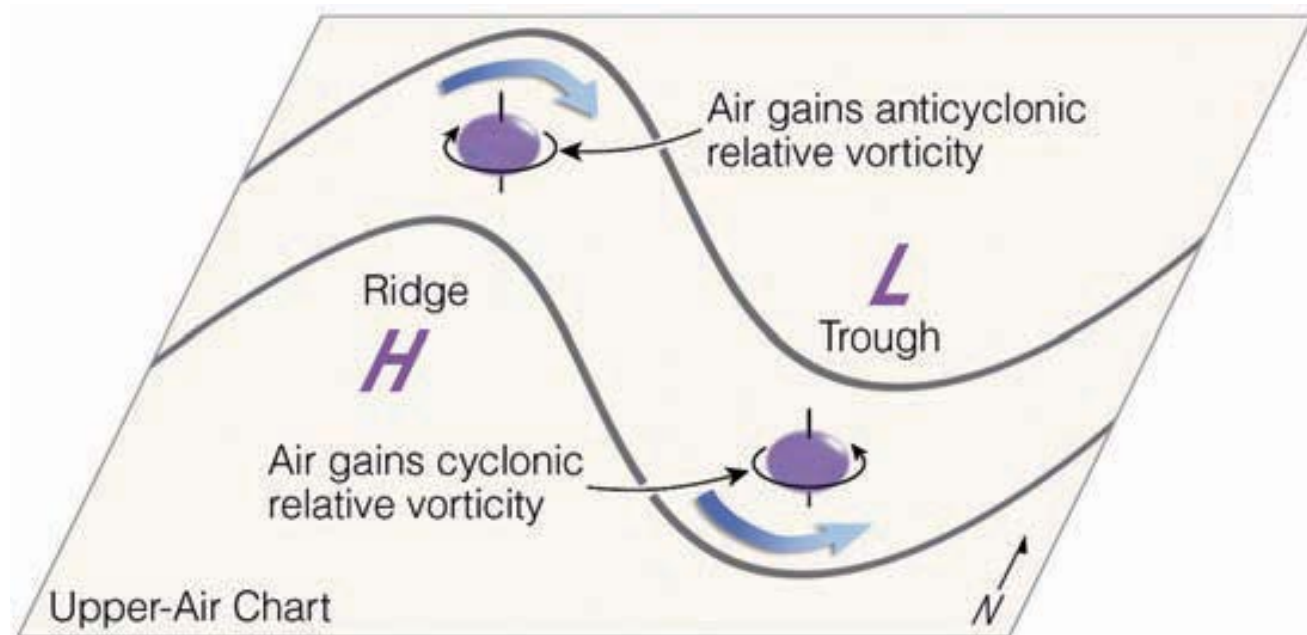
- 지구의 회전으로 지구상의 모든 물체는 와도를 가지고 있음
- 지구의 회전방향이 반시계방향이므로 지구자전으로 양의 와도를 가짐.
- 이를 행성와도라고 함
- 행성와도는 위도에 따라 다르게 느껴짐 (연직축이 지구회전축과 다름)
- 코리올리계수로 표현됨





# 상대वाद도, 절대वाद도

- 회전하는 지구 위에서 물체의 회전이 있다면 이를 상대वाद도라고 함
- 저기압/고기압에서의 공기 회전이 모두 상대वाद도임
- 상대वाद도가 변할 수 있는 경우는, 굽이치거나, shear가 있을 때



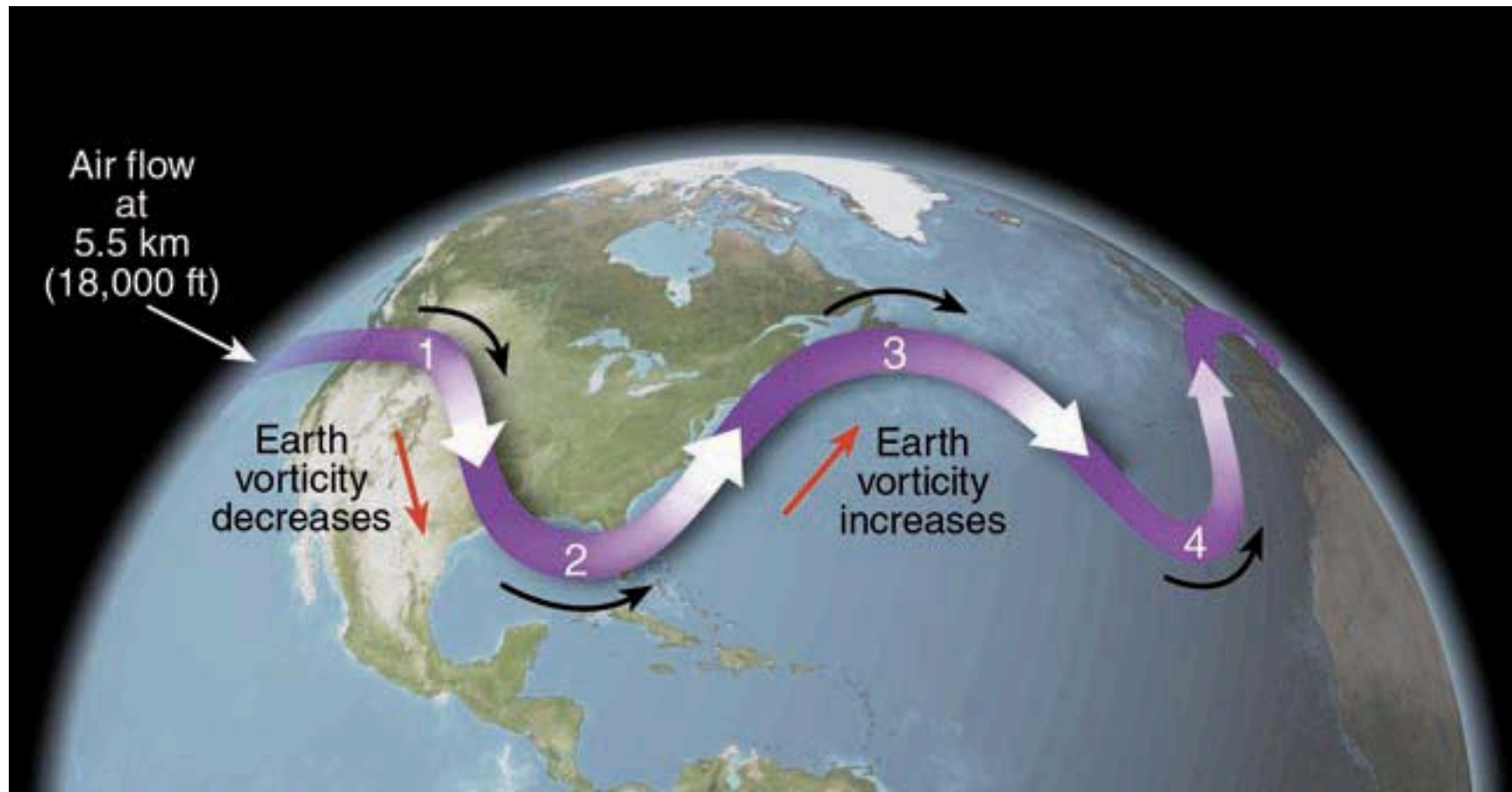
# 절대와도와 파동

---

- 지구 상층에는 wavenumber가 3~6인 파동이 북극을 중심으로 존재
- 이러한 파동이 지상의 고기압/저기압에 큰 영향을 준다는 것을 확인함
- 그렇다면 파동이 생기는 원인은 무엇인가?
- 상층에 수렴/발산이 없는 지균풍이 분다고 가정할 때, 절대와도 (행성와도 + 상대와도)는 보존됨
- 즉, 공기를 따라 이동할 때, 행성와도가 커지면, 상대와도가 감소하여야 하고, 행성와도가 작아지면 상대와도가 커져야 함

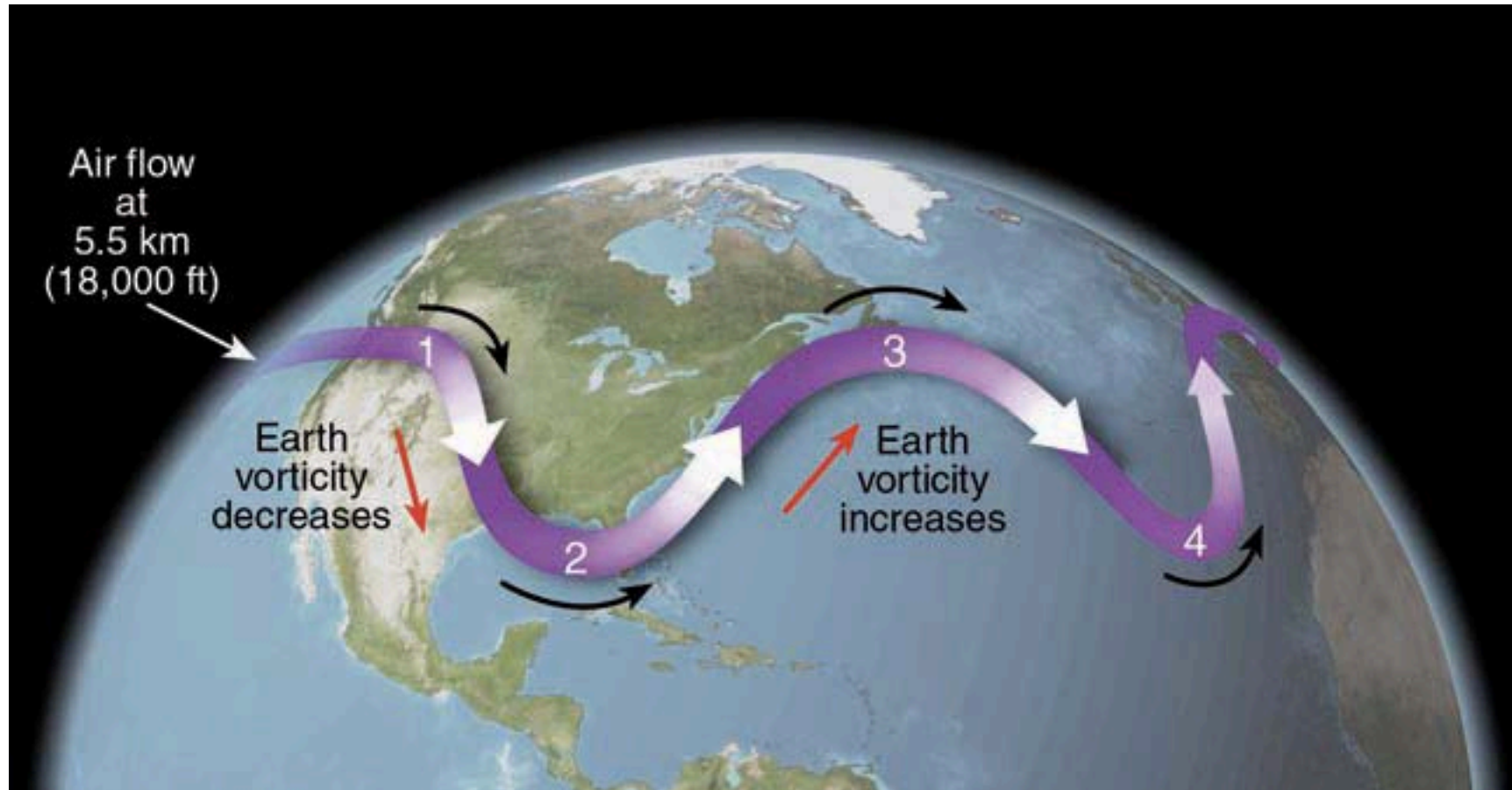


# 절대와도와 파동



- 그림과 같은 공기의 흐름에서, 산맥을 지날 때 공기에 섭동이 생겨 남쪽으로 가는 움직임이 생김
- 행성와도가 작아지므로, 상대와도가 커져야 함 -> 반시계방향 움직임

# 절대와도와 파동

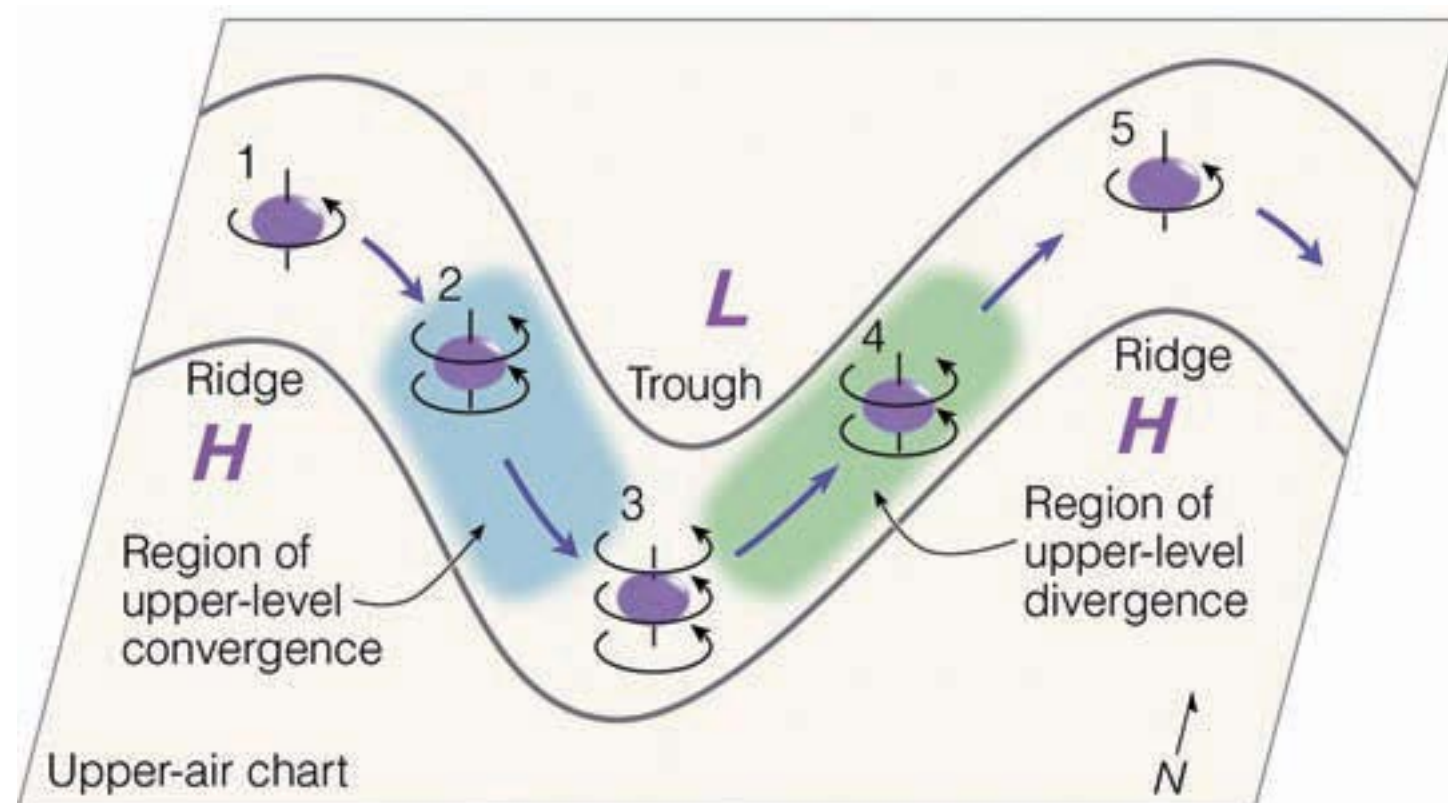


- 2번에서 3번으로 가면서 행성와도가 증가함
- 절대와도가 변하지 않게, 상대와도가 감소하여야 함 -> 시계방향의 회전
- 지구를 돌면서 큰 파동을 생성



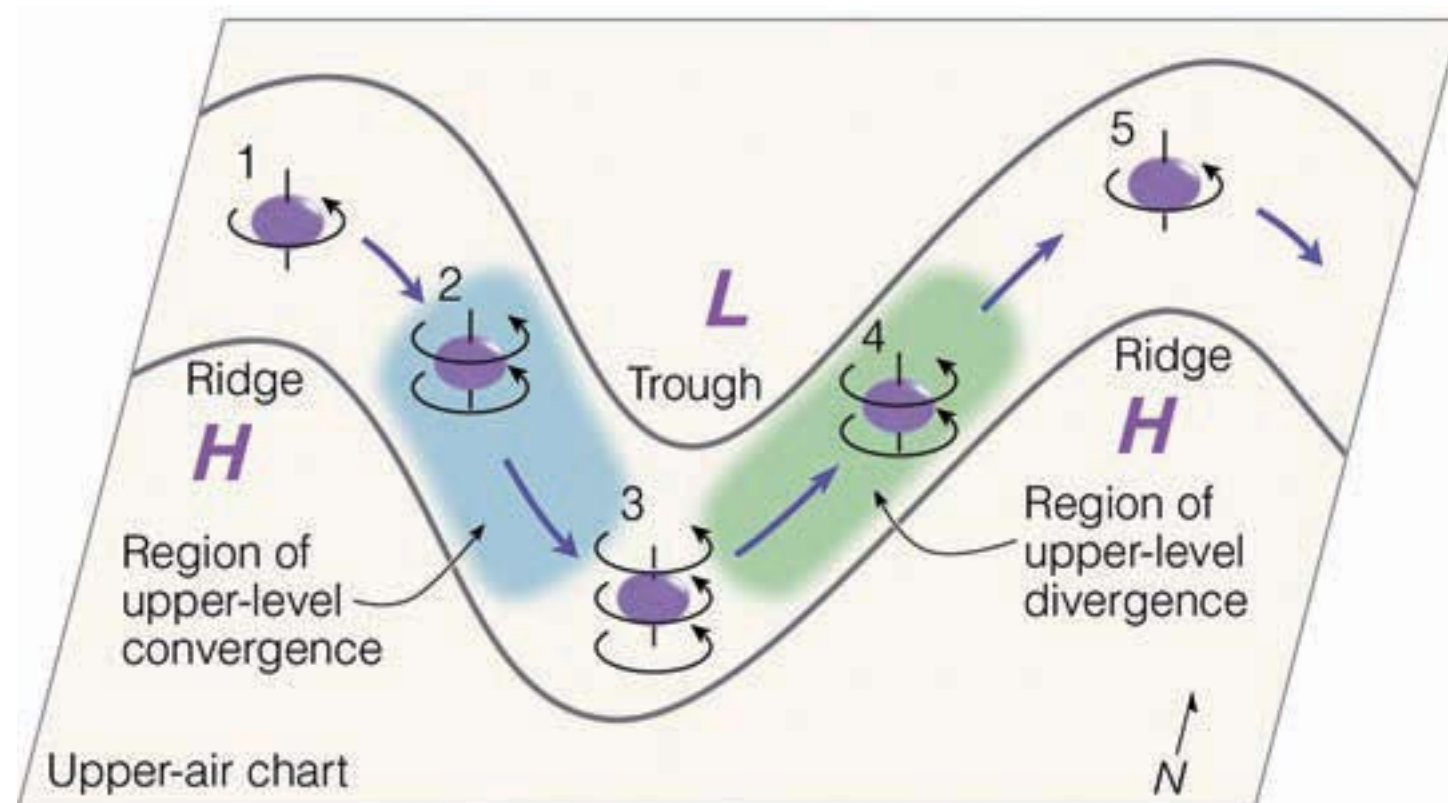
# 와도 변화와 수렴/발산

- 행성와도가 상대와도보다 크기 때문에 공기는 대체로 양의 절대와도를 가짐
- 공기가 굽이치면서 공기의 상대와도가 계속 변하게 됨
- 1에서는 상대와도가 음이므로, 절대와도는 제일 작은 곳



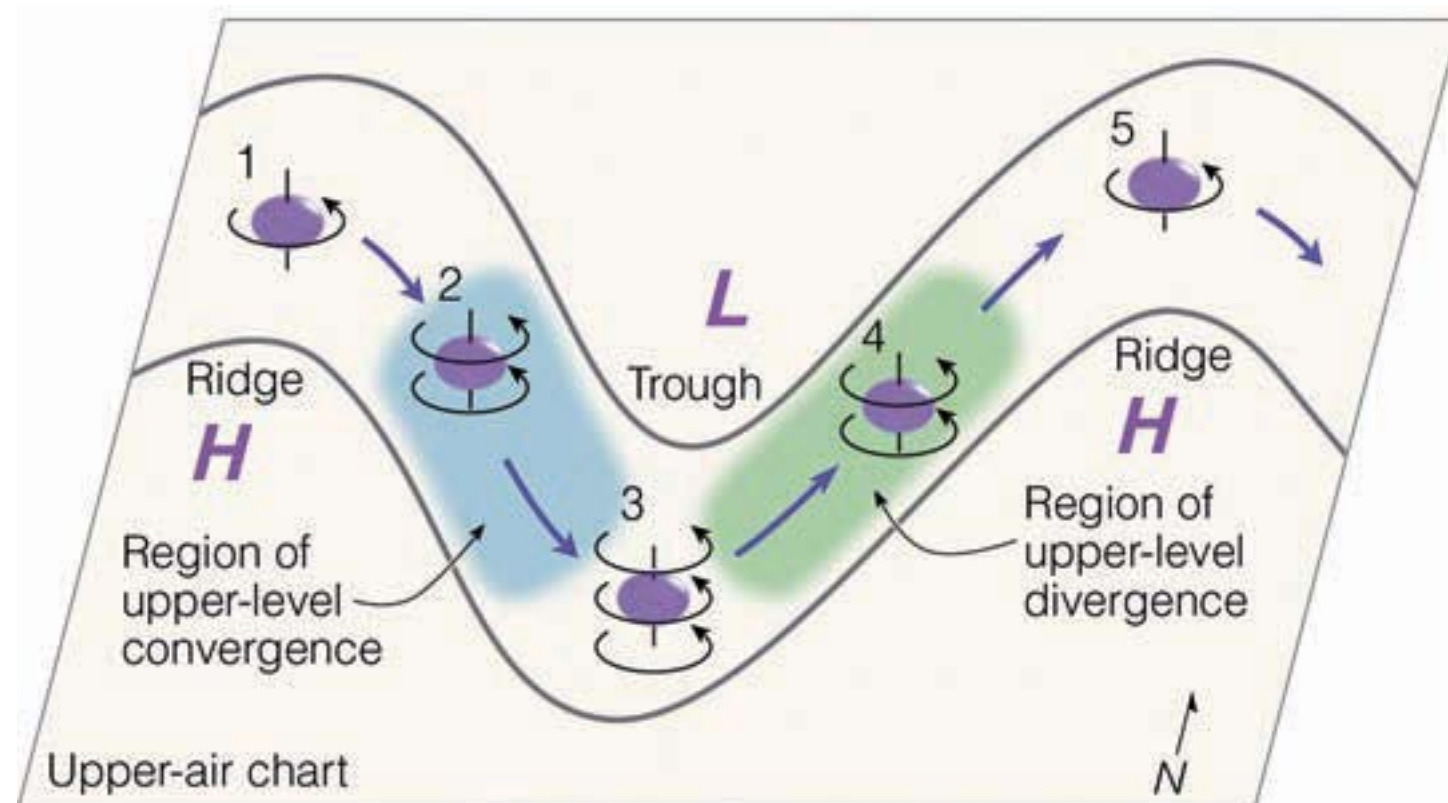
# 와도 변화와 수렴/발산

- 2에서는 공기가 곧게 흐르므로 상대와도가 없음
- 3에서는 공기의 상대와도가 양수이므로, 행성와도와 더불어 가장 큰 양의 절대와도를 가짐
- 4는 2와 같고, 5는 1과 같음



# 와도 변화와 수렴/발산

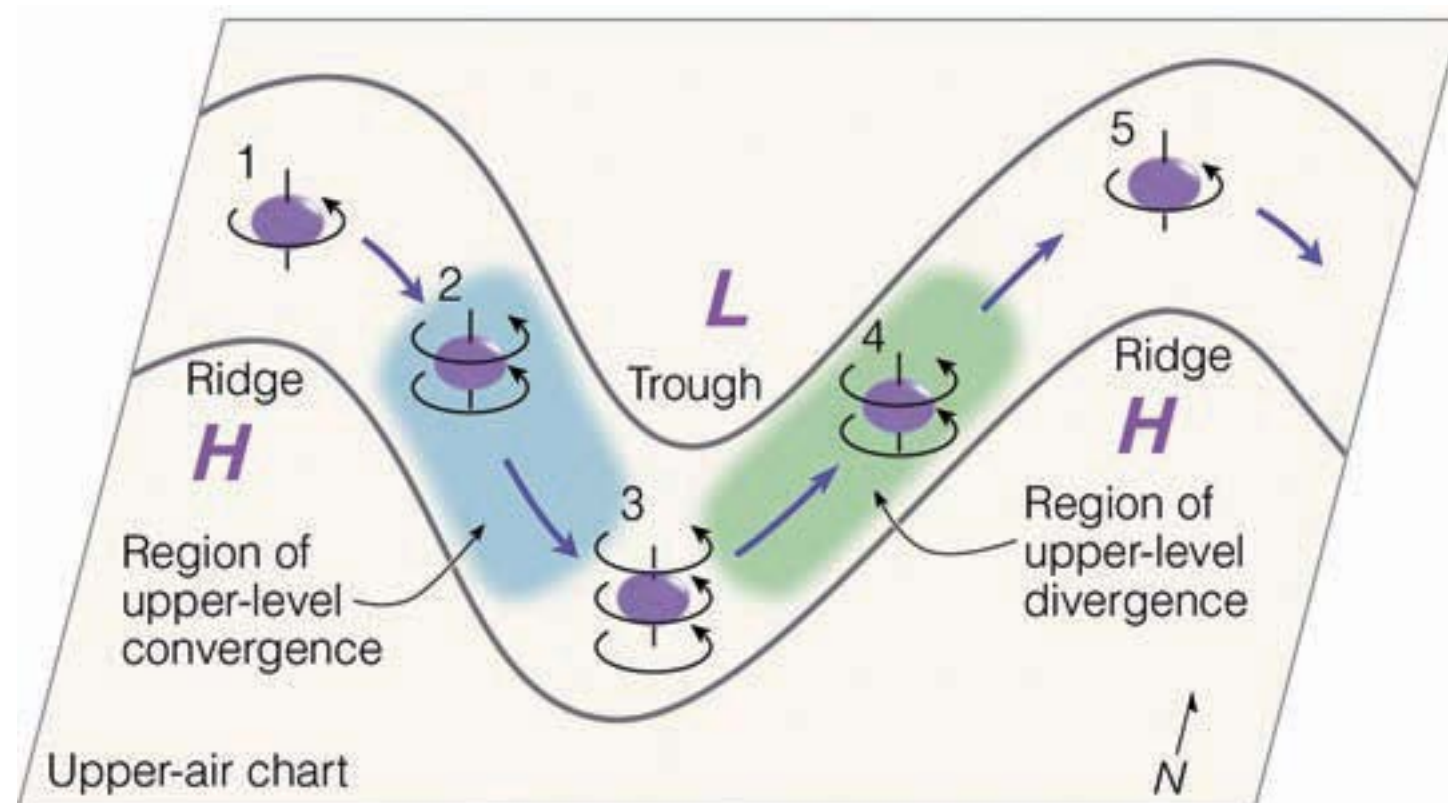
- 공기가 1에서 2을 거쳐 3으로 갈 때 절대와도가 증가함
- 공기가 수렴하는 지역을 지나므로 하강을 함
- 즉, 공기의 절대와도가 증가하는 지역이 수렴하여 하강하는 지역





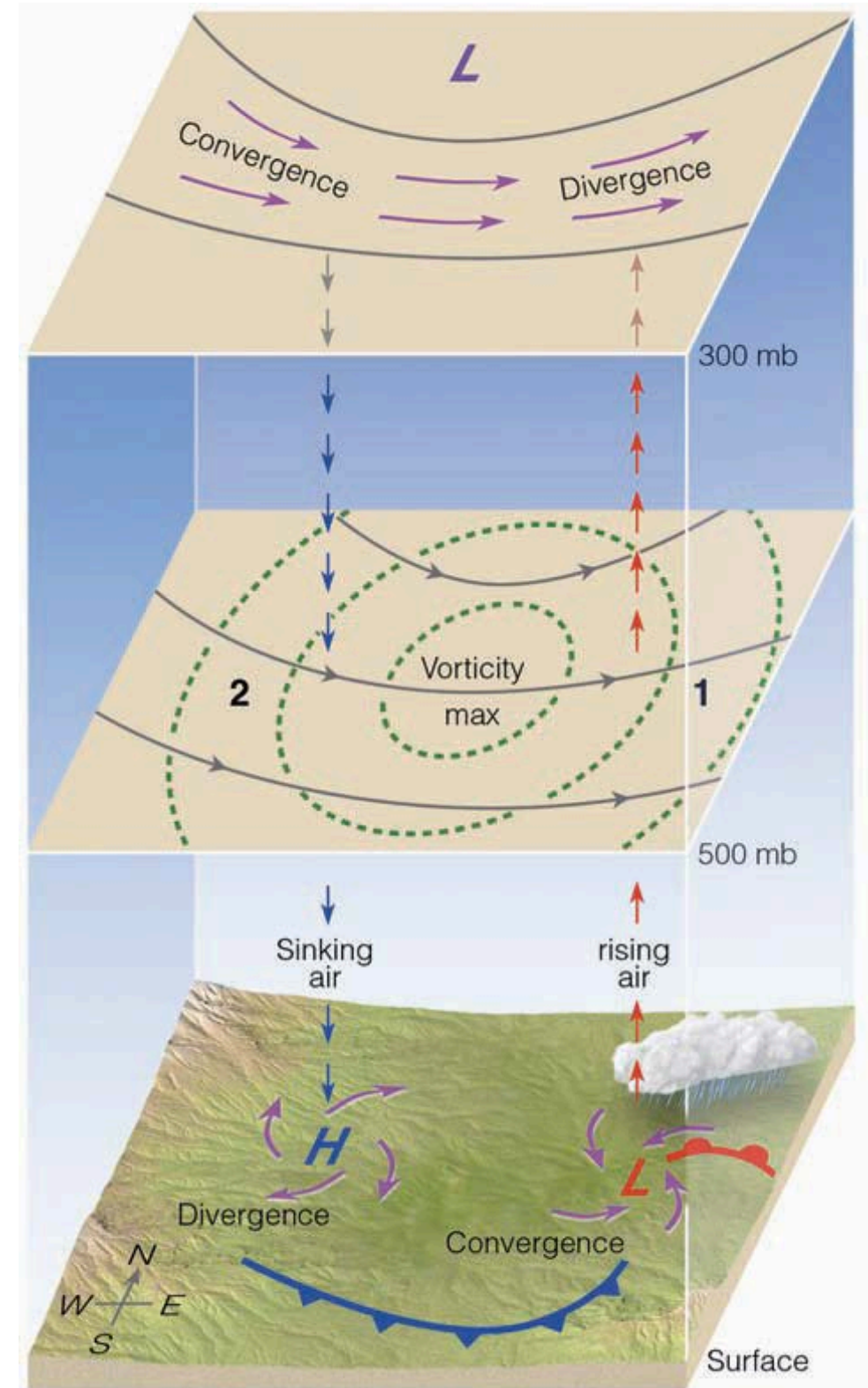
# 와도 변화와 수렴/발산

- 반대로 3에서 4를 거쳐 5로 갈 때, 절대와도는 감소함
- 이 때 공기는 발산을 경험
- 즉, 절대와도가 감소하는 지역에서 공기의 발산이 일어나고, 지상에서는 저기압이 발달



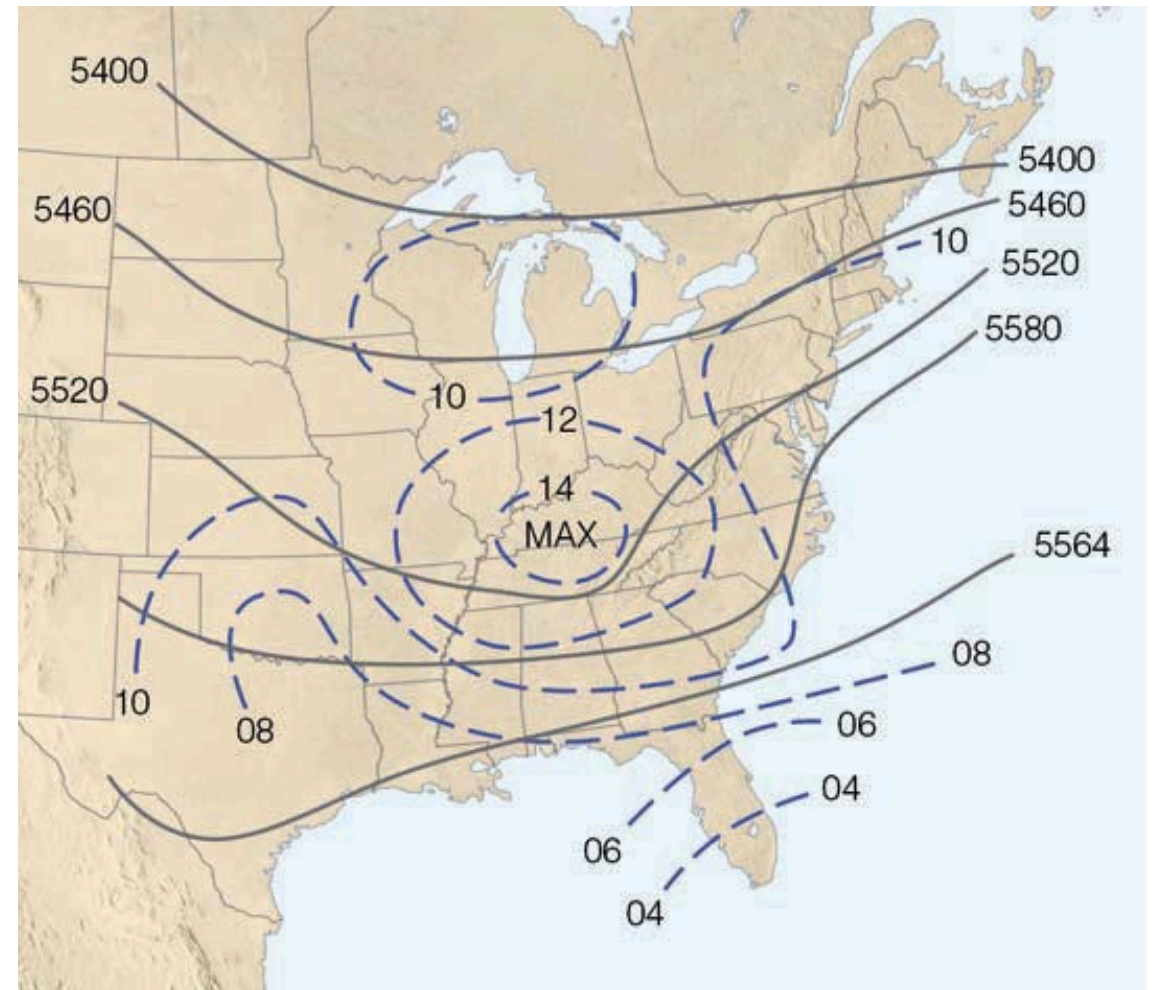
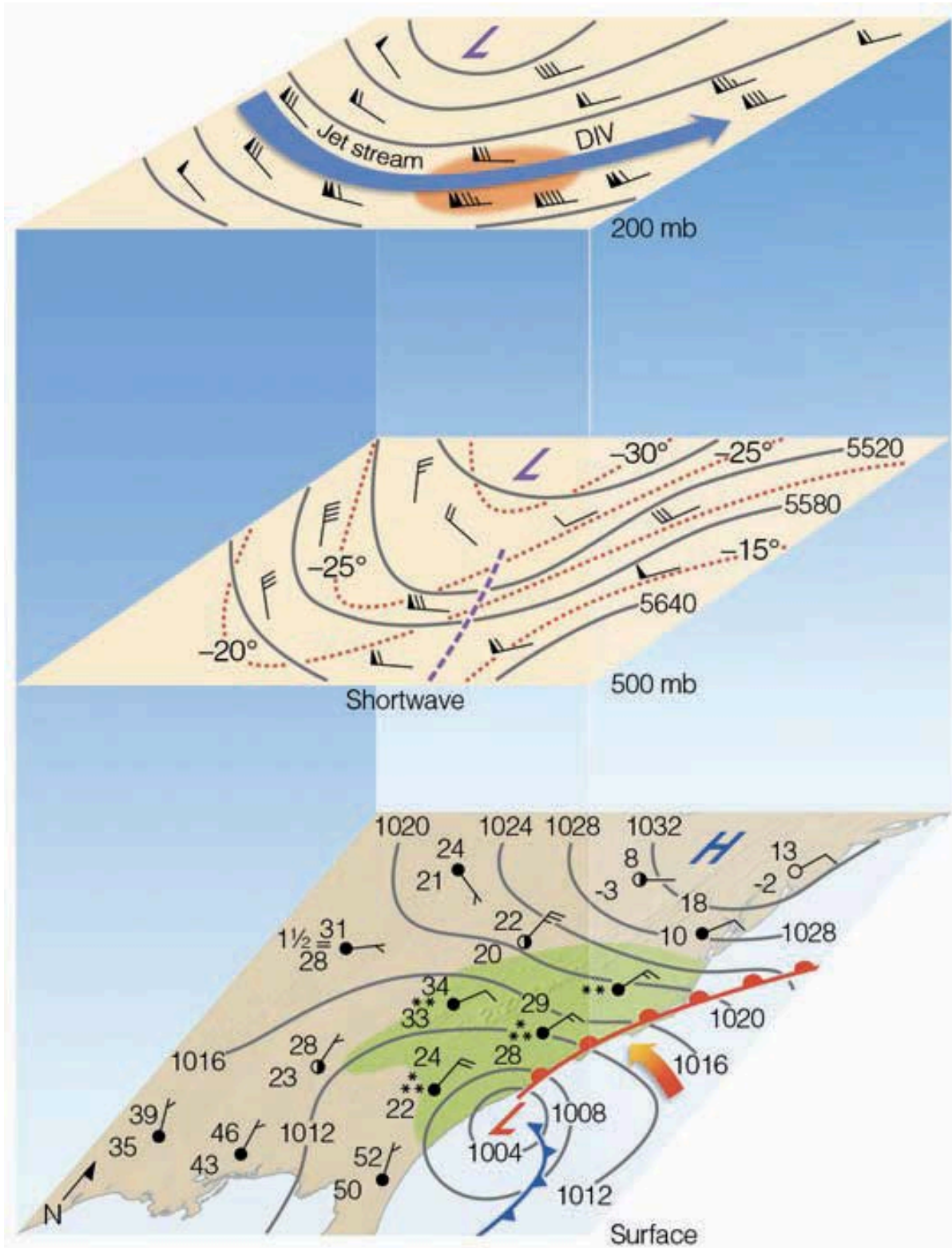
# 와도 변화와 수렴/발산

- 상층부(300mb)에서 수렴이 일어나는 곳과 발산이 일어나는 곳 사이에 기압 골이 존재
- 500mb 에서 최대 절대와도가 기압골 아래 존재
- 지상의 고기압이 상층의 수렴, 절대와도증가 지역과 일치
- 지상의 저기압이 상층의 발산, 절대와도감소 지역과 일치





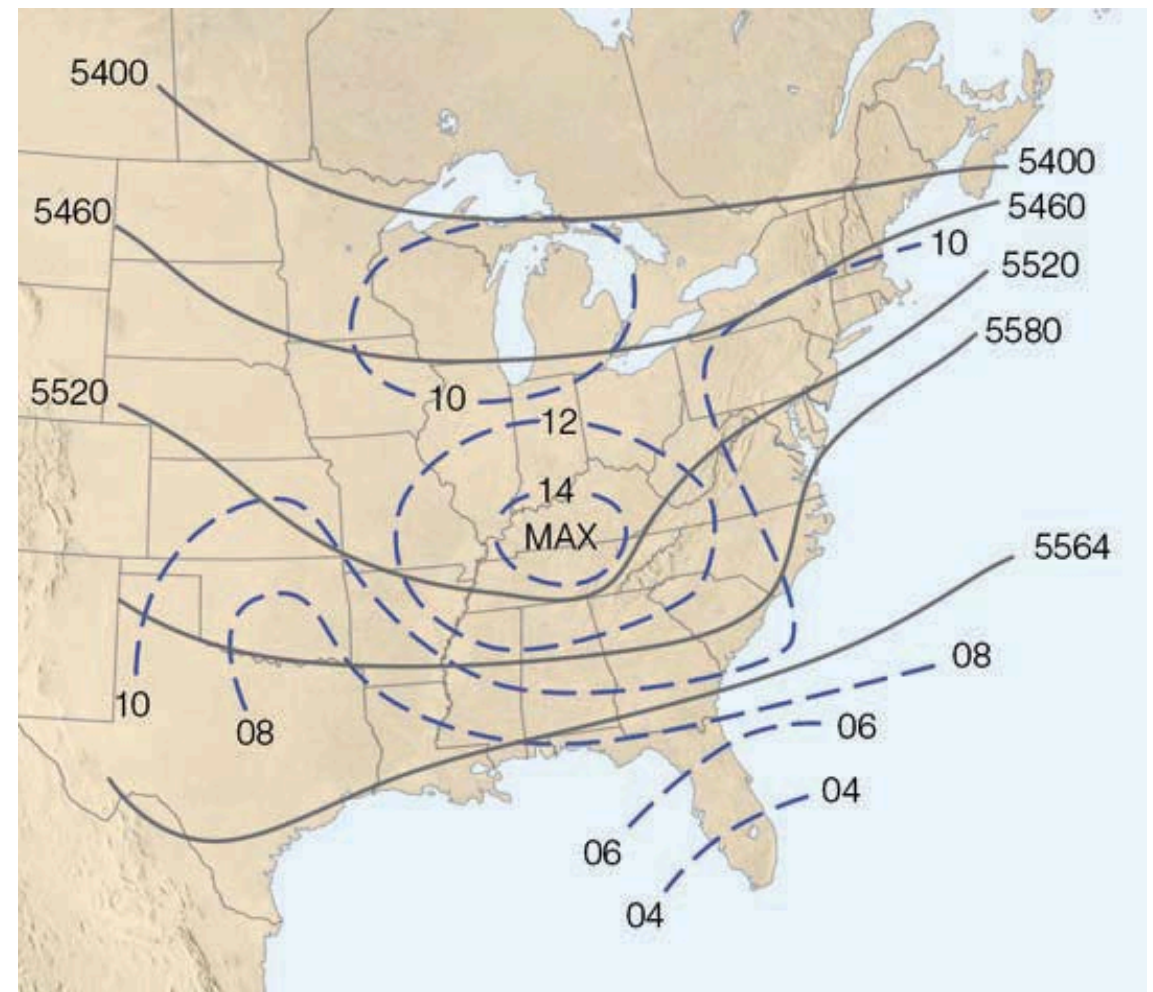
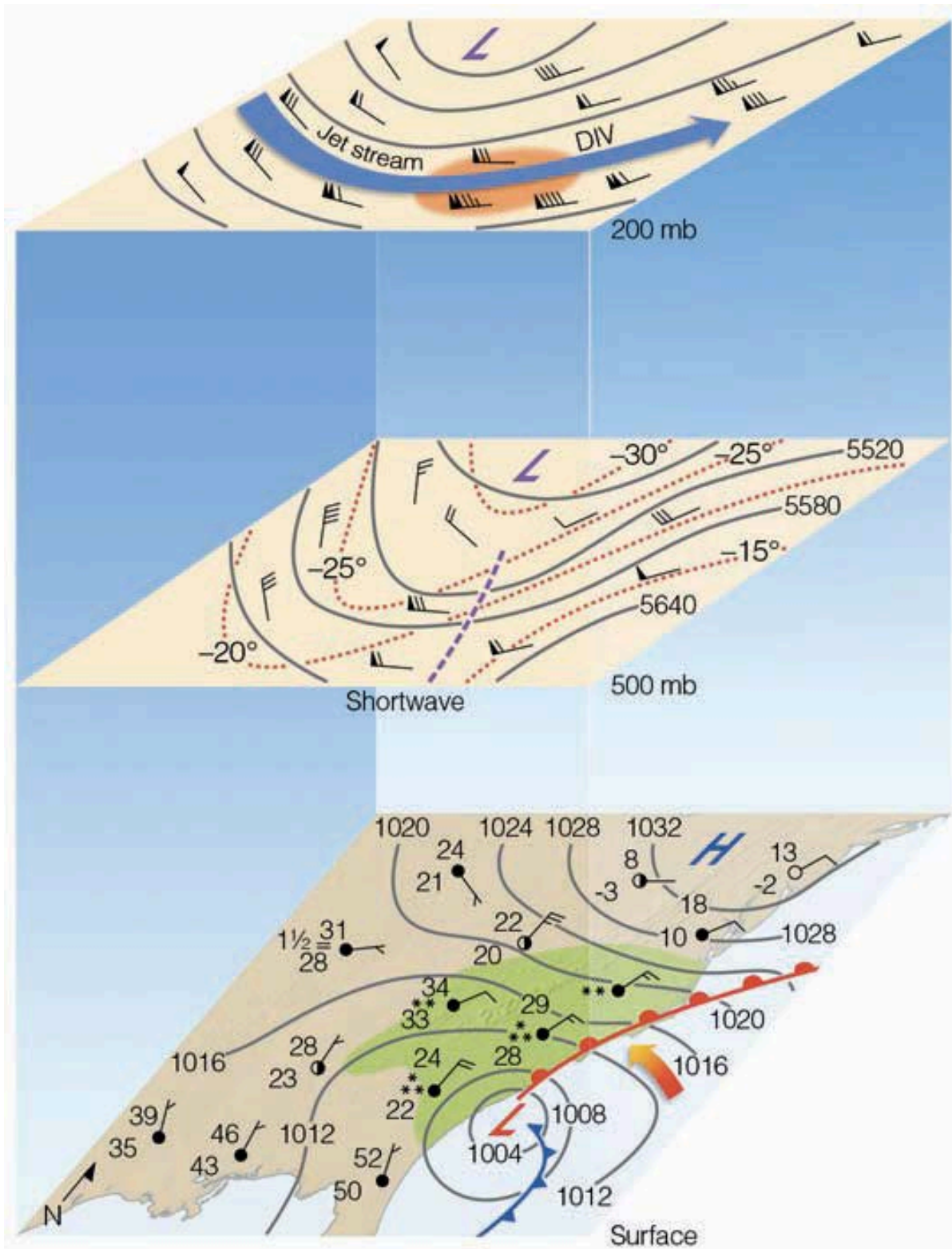
# 사례 1



- 하층에서, 습하고 따뜻한 공기의 유입
- 따뜻한 공기가 차가운 공기 위로 상승하며  
눈 발생



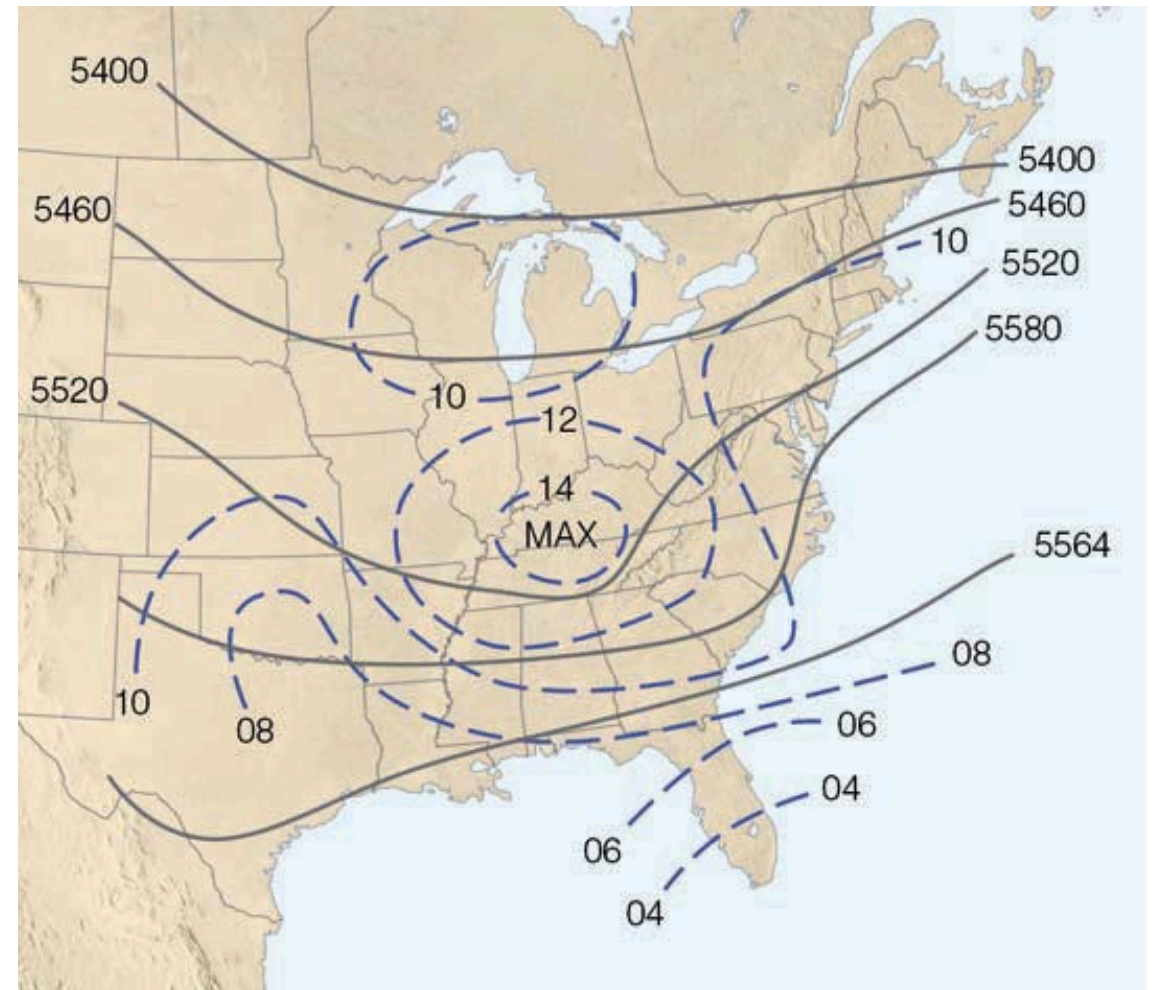
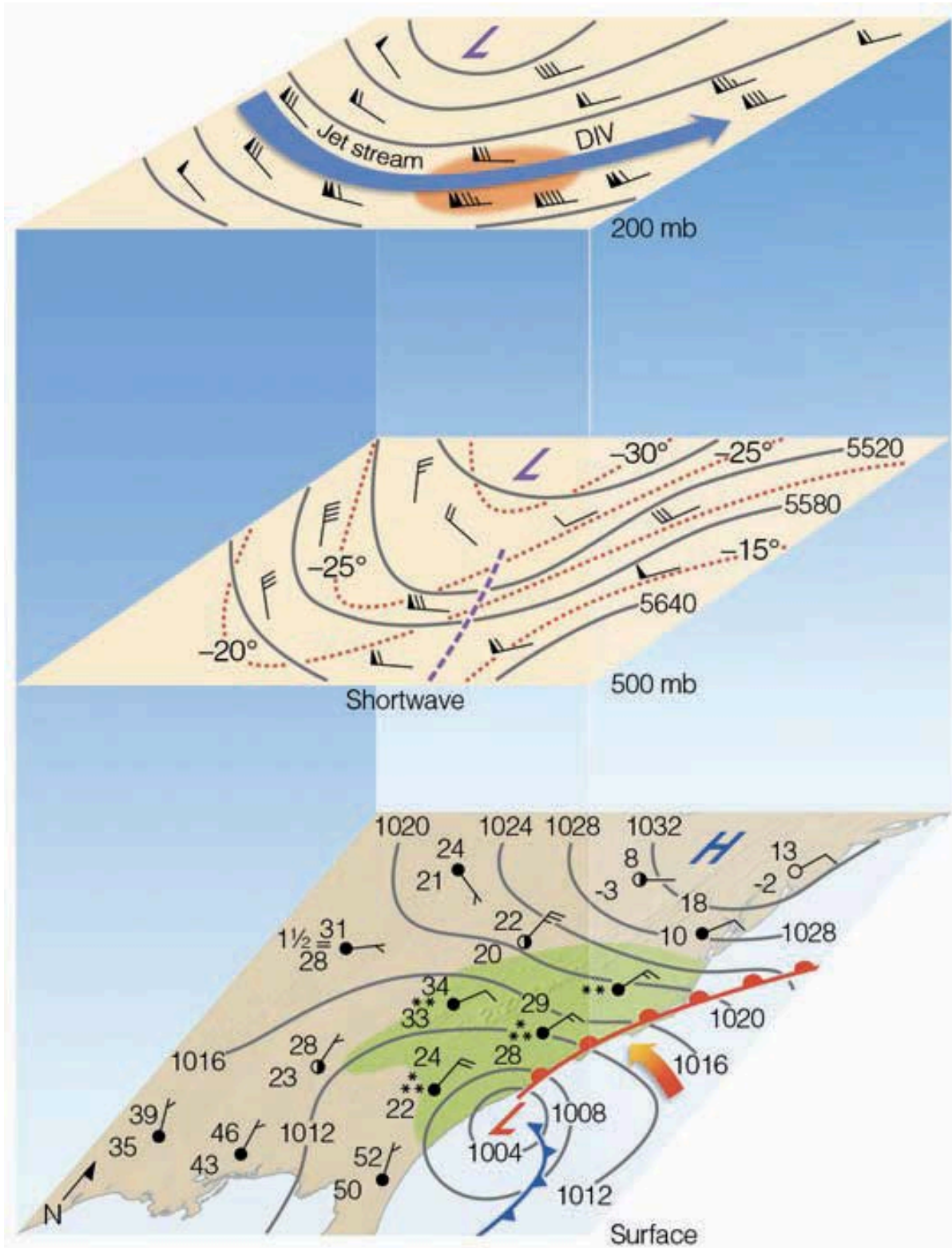
# 사례 1



- 500mb 에 강한 기압골 발현 - 저기압 상층에서 발산
- 온도이류 발생: 차가운 공기 유입



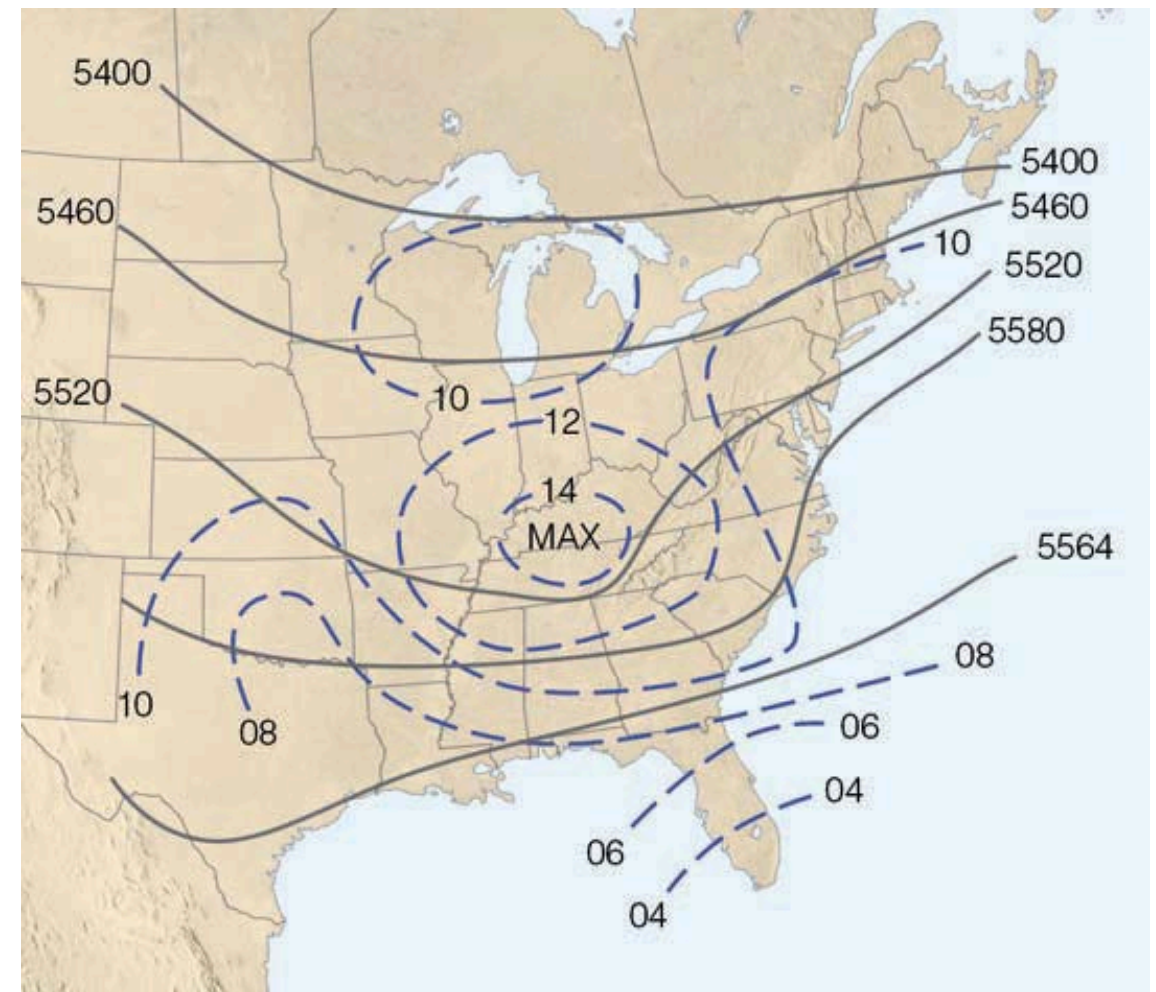
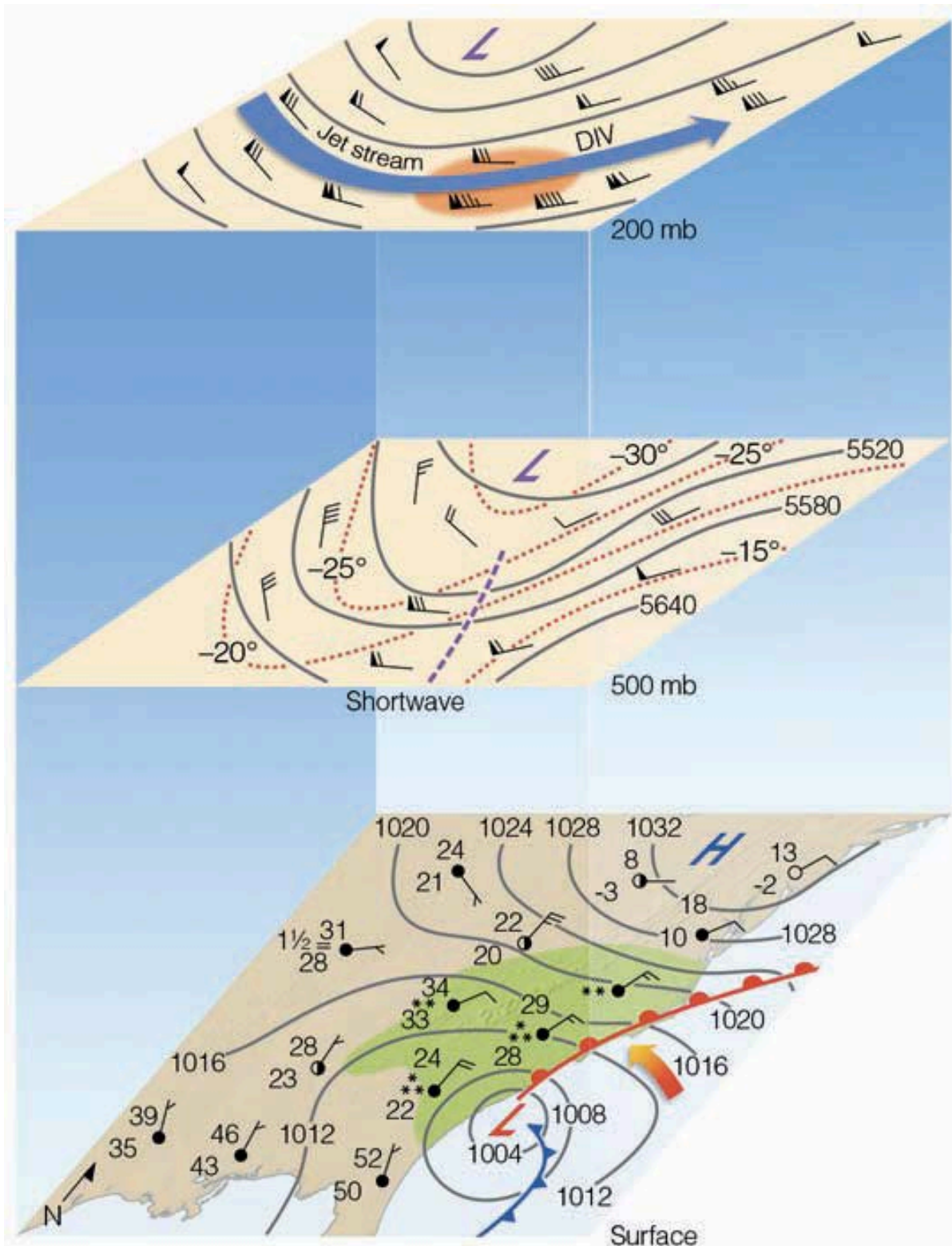
# 사례 1



- 300mb에서 제트기류가 남하
- 제트류가 빠져나가는 곳에서 발산
- 상승 유도



# 사례 1



- 500mb에서 절대와도의 최대값이 지상 저기압의 서쪽에 위치
- 저기압 상층에서 절대와도가 감소, 발산
- 지상 저기압 발달



## 사례 2

---

# Polar lows

---

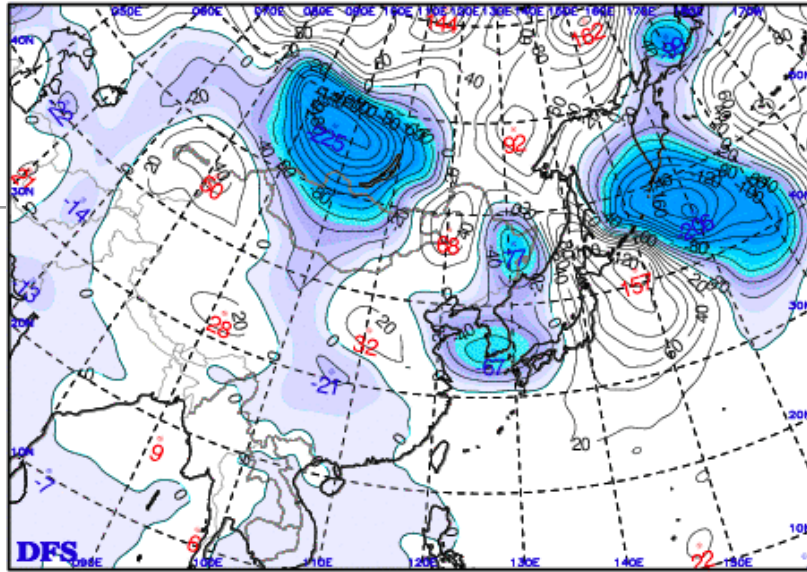
- Polar front보다 북쪽에서 발생하는 저기압.
- 차가운 공기가 상대적으로 따뜻한 바다 위를 지날 때 불안정한 상태가 됨
- 바다위의 따뜻한 공기가 상승하며 응결 -> 잠열 발생
- 저기압이 발달할 수 있는 에너지 공급
- 주로 공기가 충분히 차가워지는 겨울에 발생



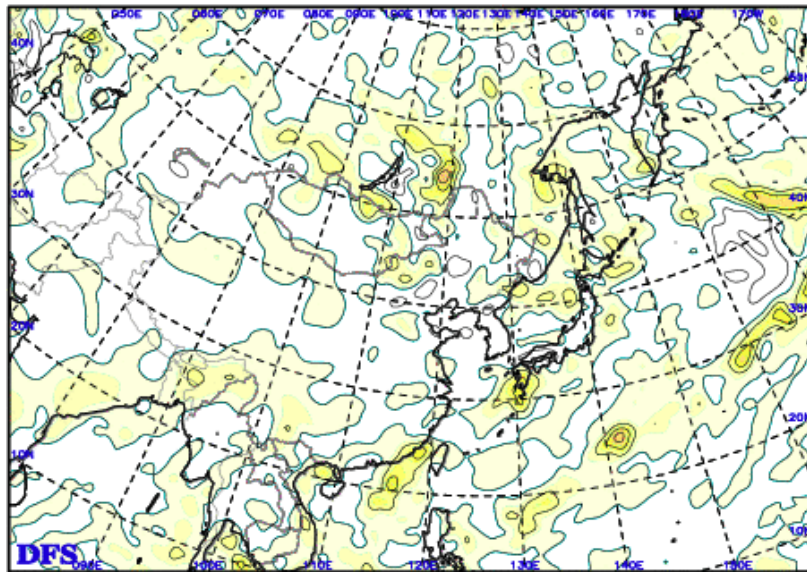
AXFE2 00UTC 09 MAY 2019

09KST 09 MAY 2019

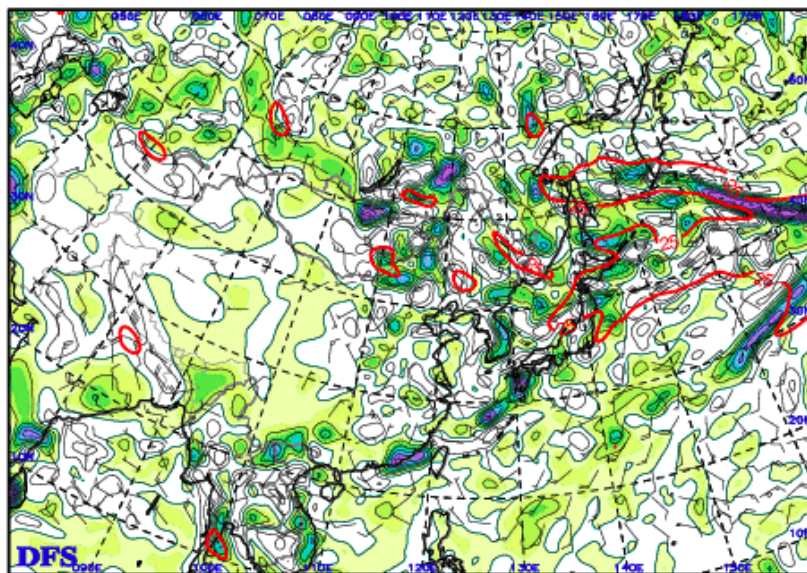
절대वाद



500hPa Height Change for 24hour(m/day)



700hPa Vertical Velocity (hPa/hour)

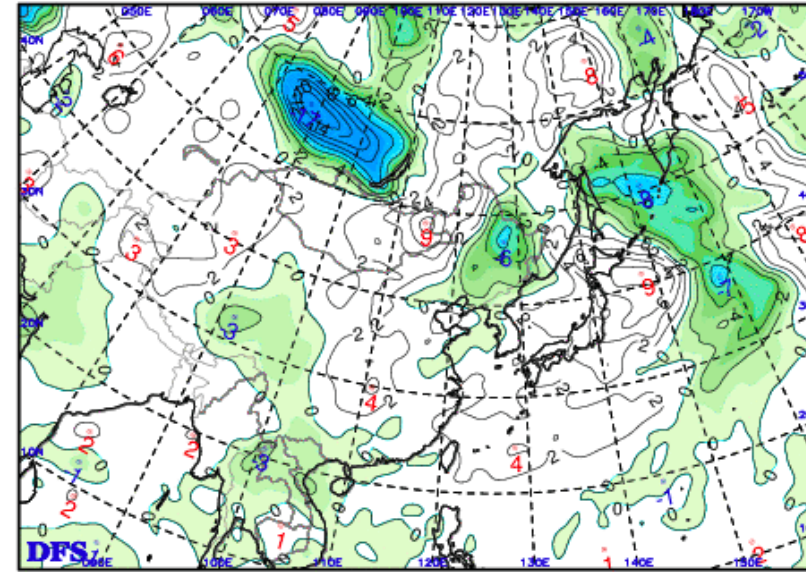


850hPa Convergence(10E-6/sec) and Isotach(>25kts)

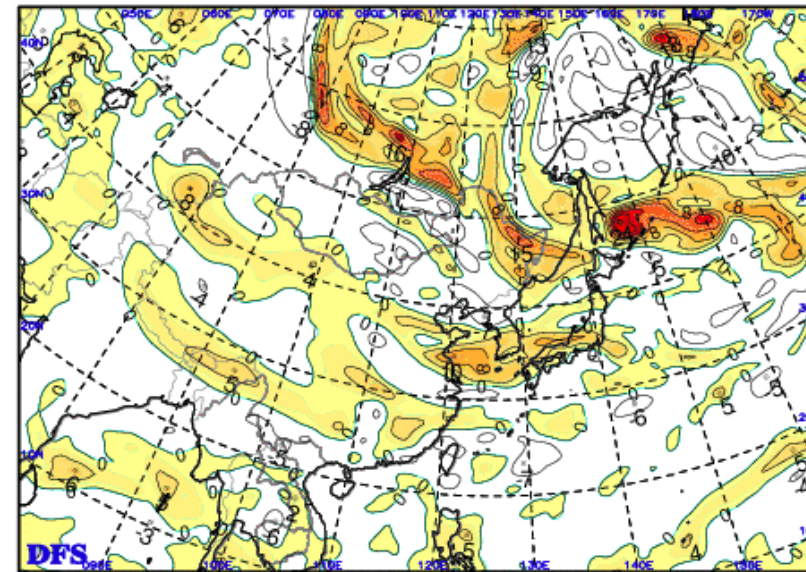
AUXILIARY ANALYSIS CHART II

GDAPS (UM N1280 L70)

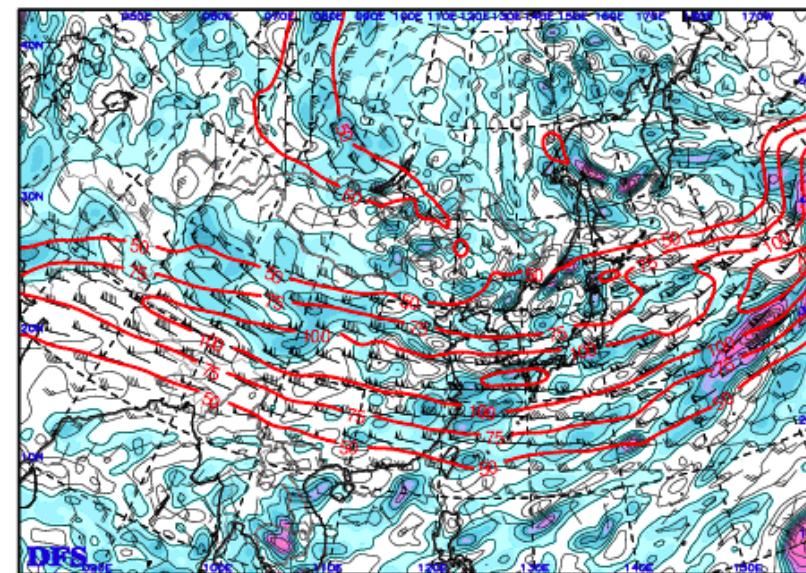
Korea Meteorological Administration



850hPa Temperature Change for 24hour(C/day)



500hPa Vorticity (10E-5/sec)



200hPa Divergence(10E-6/sec) and Isotach(>50kts)