

SGS6833: 대기과학

리뷰

주제

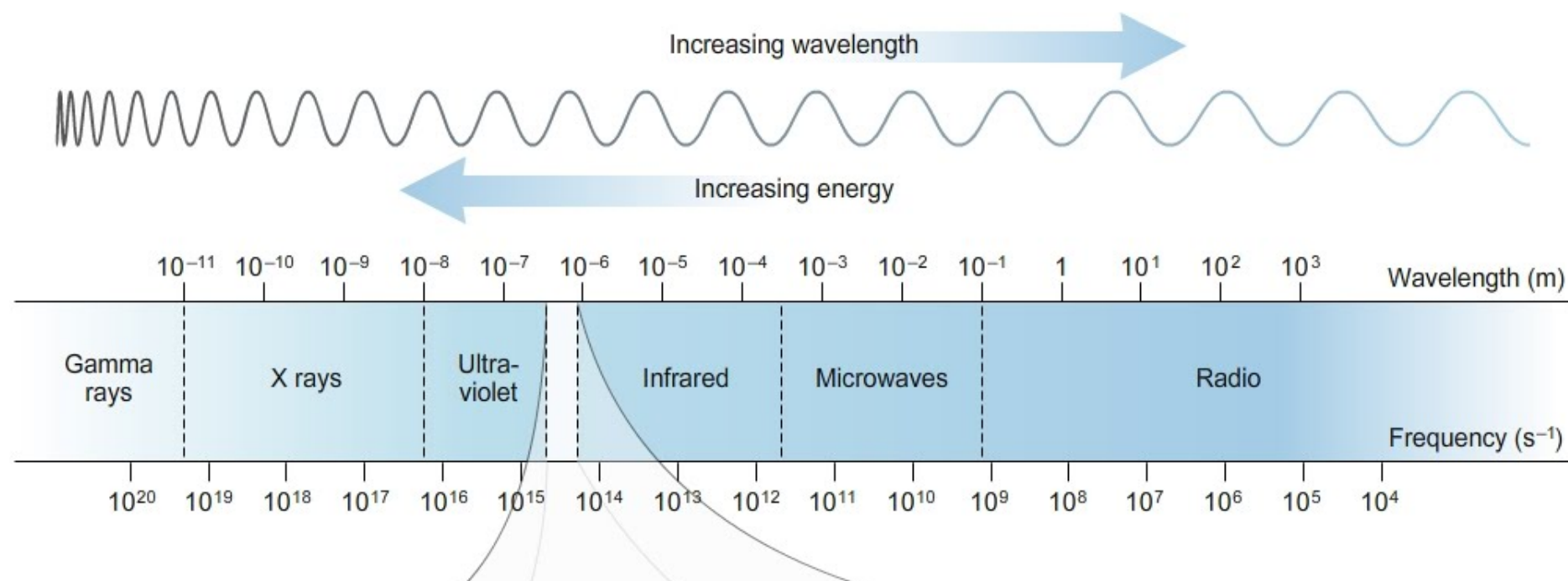
- 대기 조성/에너지
- 기온 / 습도
- 안정도, 구름
- 강수
- 기압
- 바람

대기

- 대기는 지구 가장자리에 얇은 띠로 존재
- 공기의 밀도는 압력과 온도에 영향을 받음
- 태양에 의한 불규칙한 가열로 열에너지가 공급되고 결국 운동에너지를 변환되어 대기가 순환
- 공기분자들은 지표면 근처에 많으므로 고도에 따라 공기분자들의 총 질량이 감소하고 밀도도 감소함
- 공기분자들의 질량으로 압력이 생김 → 고도에 따라 압력 감소

대기 복사

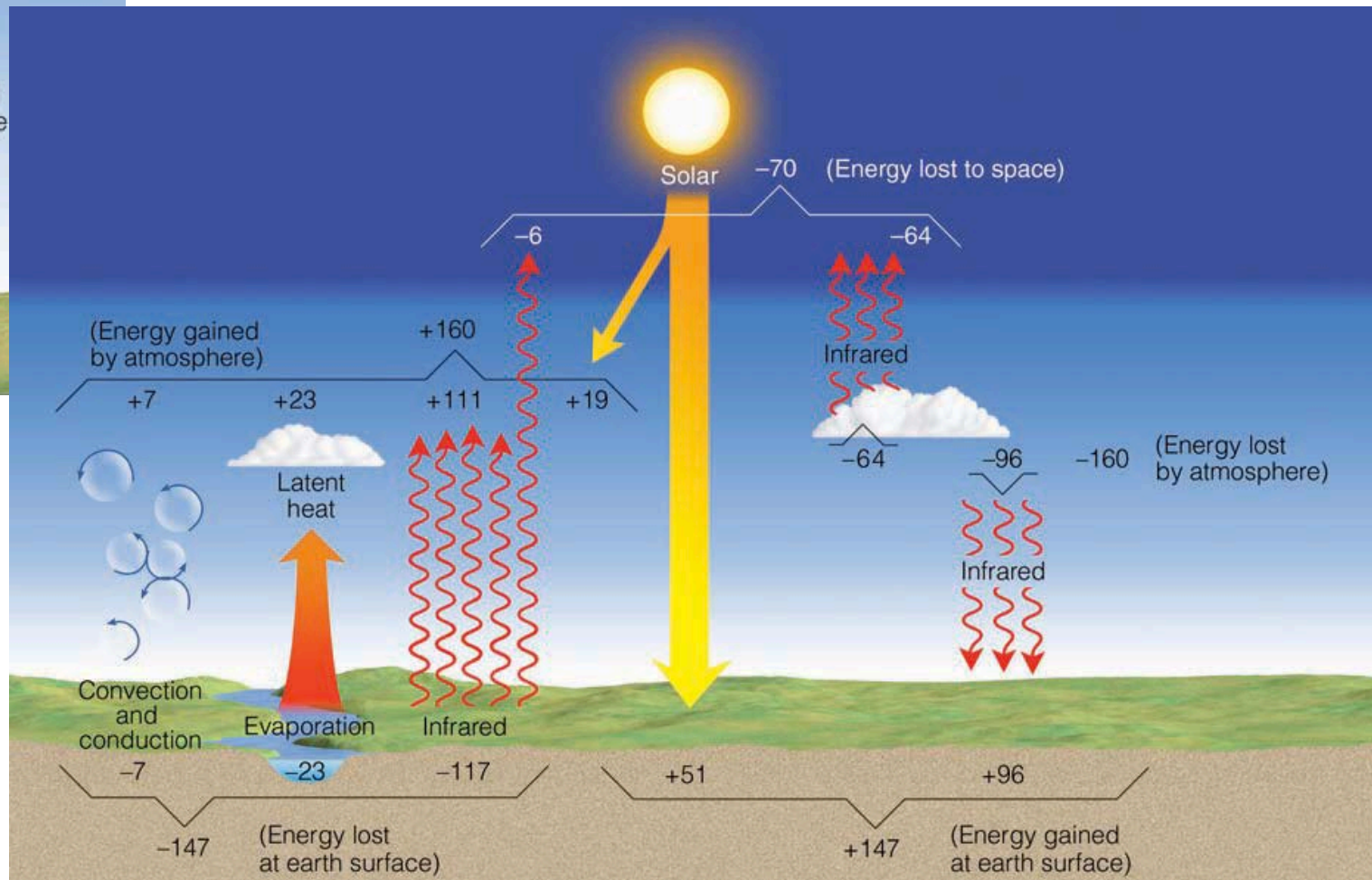
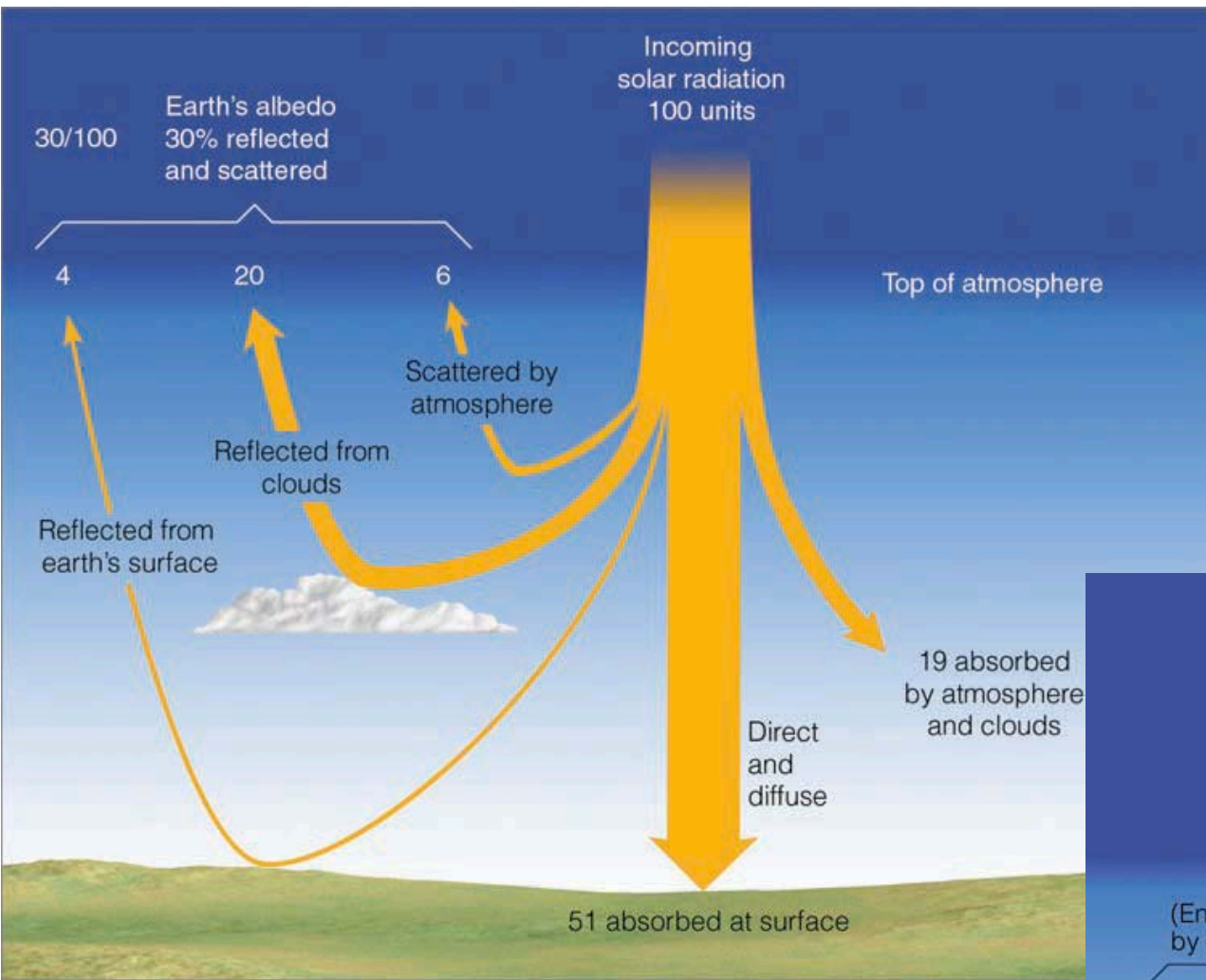
- 복사
 - 복사는 파동의 형태로 이루어짐
 - 파동이 흡수되면 열이 전달
 - 빛의 속도가 곧 복사의 속도
 - 파고가 높을 수록, 주파수가 짧을수록 에너지가 큼



대기복사

- Stefan - Boltzmann Law : $E = \sigma T^4$
 - 온도에 의해 복사에너지량이 결정됨
- Wien's Law : 온도가 높을 수록 최대 복사에너지의 파장이 짧음
 - 태양 : 복사에너지가 가시광선 주파수 영역에 집중
- 복사 균형 : 지구에서는 태양으로부터 받는 에너지와 방출하는 에너지가 균형을 이룸 (흑체)
 - 태양에너지는 측정 가능 → Stefan-Boltzmann Law → 지구의 방출온도 ($255\text{ K} < 288\text{ K}$)
- 대기는 태양에너지 흡수에 소극적이지만 적외선영역의 복사에너지 흡수에 적극적 (온실가스) → 지표면에 복사에너지 전달

대기복사



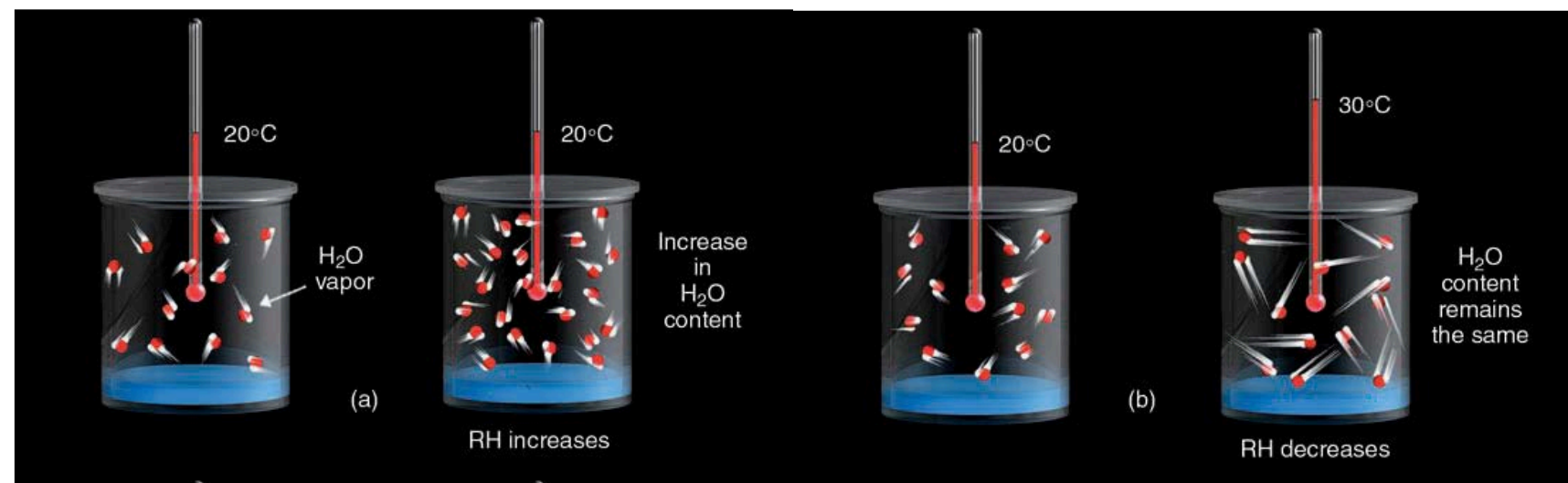
온도

- 원자 / 분자의 평균 운동에너지
- 낮 : 태양 단파복사에너지로 지표면 온도 상승
 - 전도 : 비효율적 열전달
 - 대류 : 바람은 대류를 효율적이게 함
- 밤 : 지구장파복사로 지표면 온도 하강
 - 기온 역전층
 - 대류가 일어날 수 없음, 바람은 온도 하강 억제
- 태양복사에너지와 지구장파에너지가 같아지는 낮시간에는 최고 온도, 새벽에는 최저온도
- 구름의 역할

습도

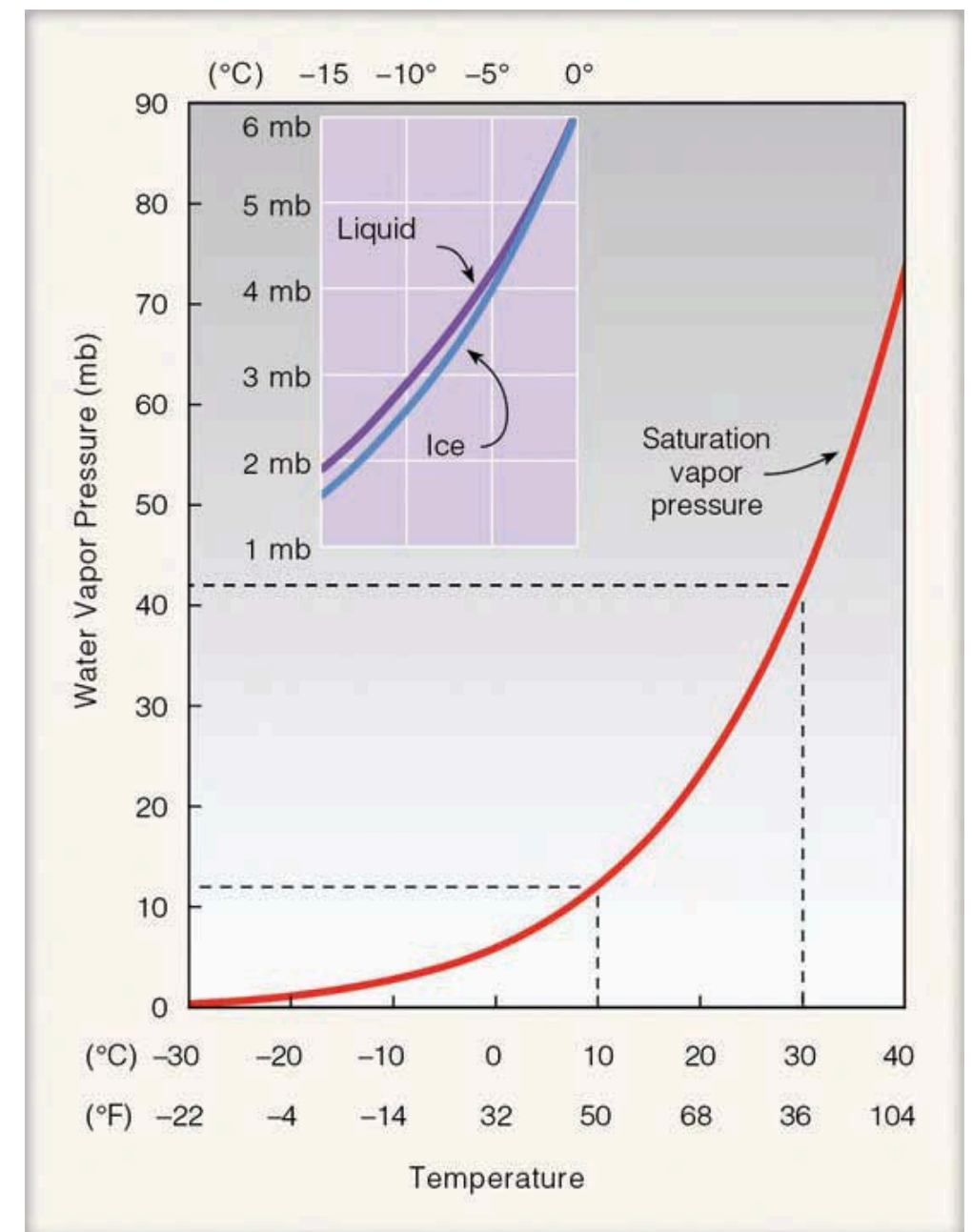
- 포화: 증발 = 응결
- 따뜻한 공기 : 높은 운동에너지로 응결핵에 쉽게 응결되지 않음
→ 공기가 따뜻할 수록 더 많은 수증기를 가질 수 있음
- 습도를 측정하는 방법
 - 절대 습도 = 수증기 질량 / 공기 부피 (밀도의 단위)
 - 비습 = 수증기 질량 / 공기 질량 (g/kg)
 - 상대습도 = 수증기압 / 포화수증기압 x 100%

$$p = \rho RT$$



이슬점온도

- 이슬점온도 : 상대습도가 100%가 되는 온도
- 이슬점 온도는 수증기량에 의해 결정
- 온도 = 이슬점온도 → 포화



안정도

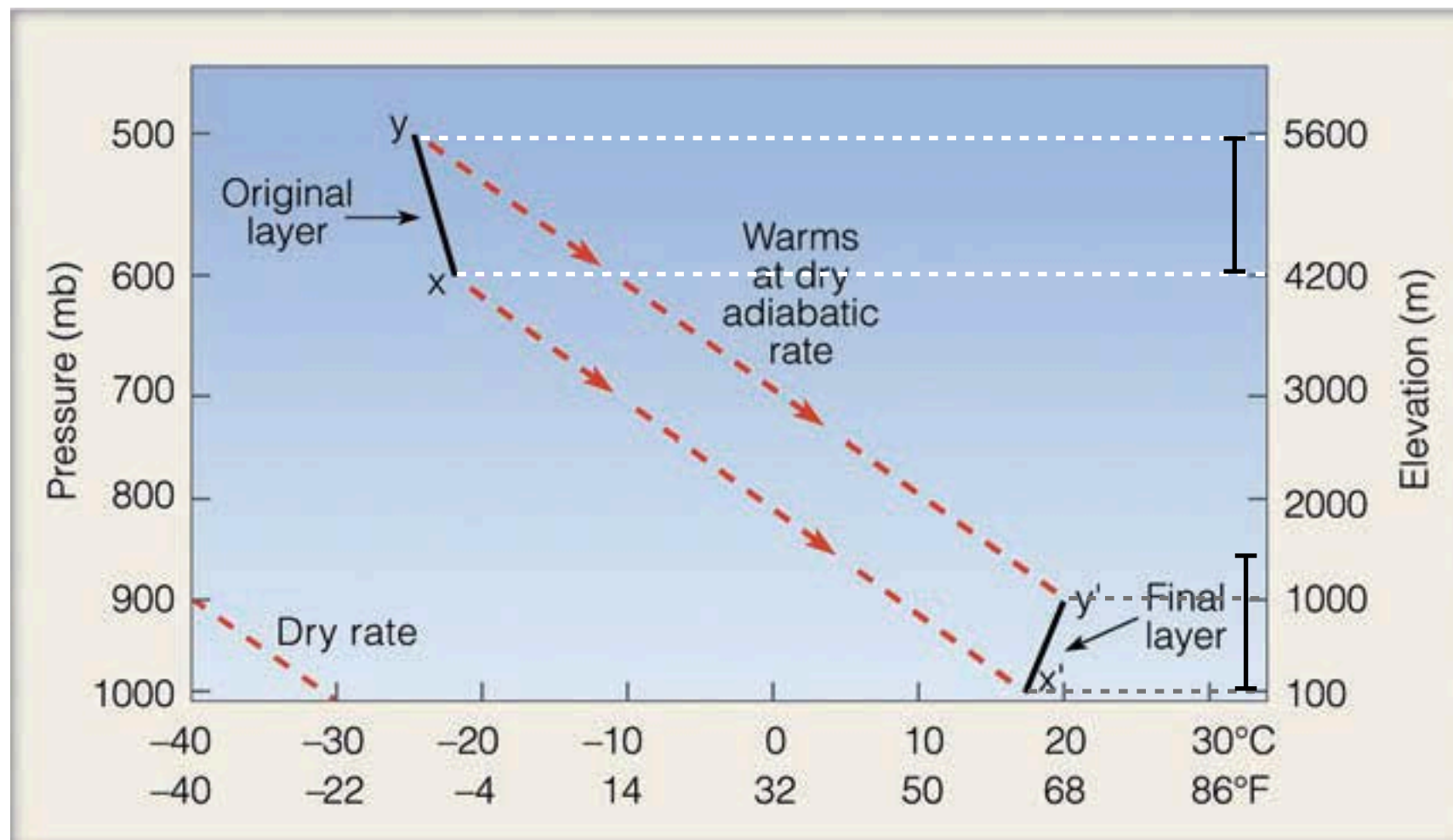
- 공기의 상승/하강은 외부의 힘 뿐만 아니라 안정도에 의해서 일어남
- 에너지가 낮은 상태로 가려고 하는 성질
- 열역학 제 1법칙 $\Delta Q = \Delta U - \Delta W$
 - 열의 가감없이 공기 상승 \rightarrow 팽창 \rightarrow 온도 감소
 - 열의 가감없이 공기 하강 \rightarrow 압축 \rightarrow 온도 상승
- 건조단열감률 : 1 km 마다 10도 감소

안정도

- 습윤단열감률 : 응결로 인한 잠열이 온도하강을 늦춤
 - 포화에 도달한 공기가 상승하면서 온도는 계속 하강
 - 온도가 하강하면 포화수증기압도 하강
 - 응결이 계속적으로 일어남
 - 따뜻한 지역과 차가운 지역의 습윤단열감률 비교
- 대기 중에서 습윤 단열 감률은 $10^{\circ}\text{C per 1 km}$ 에서 $3^{\circ}\text{C per 1 km}$ 사이

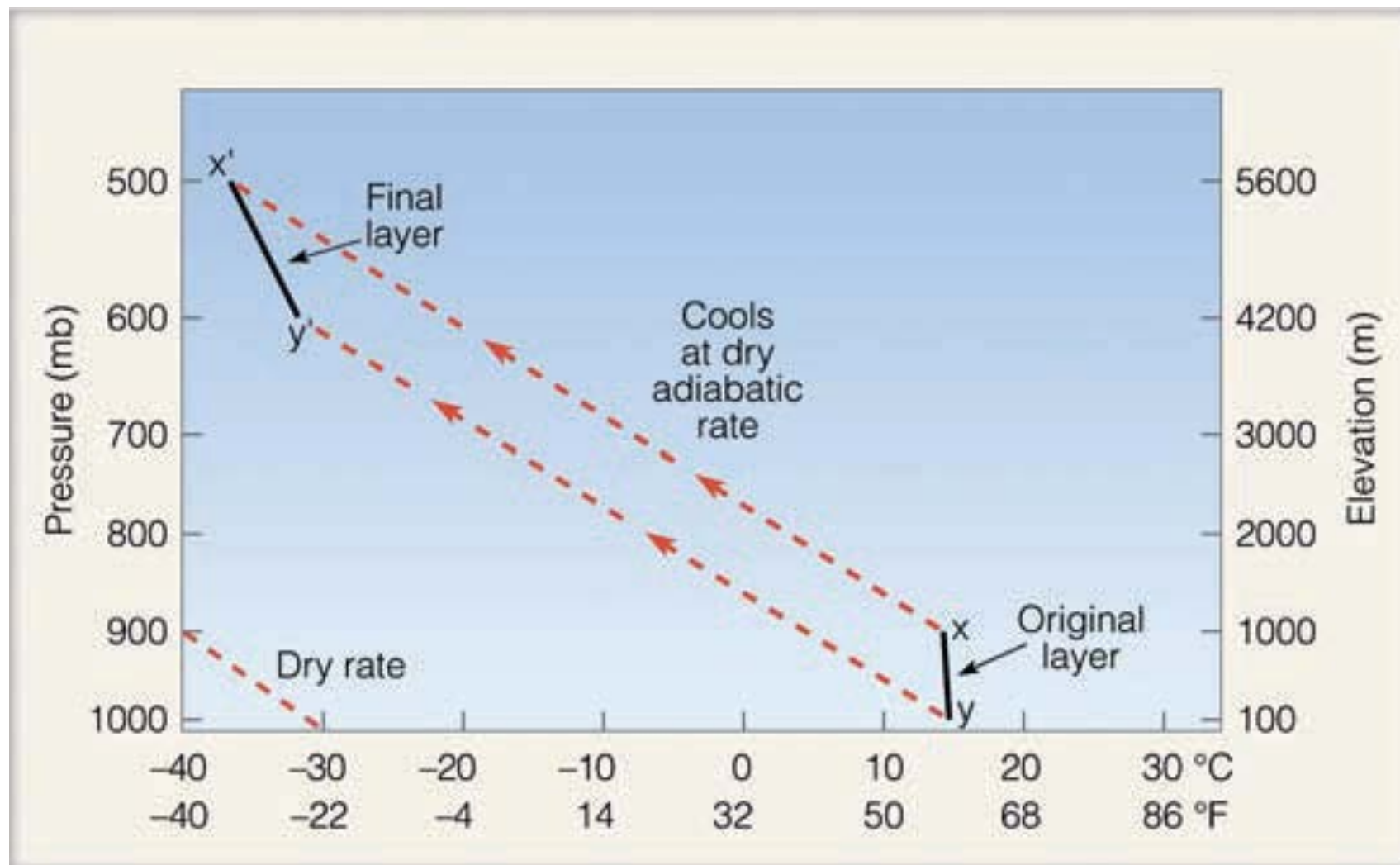
안정도

- 공기의 단열감률과 주위 환경의 기온감률을 비교
- 절대안정 : 환경기온감률이 작을때 / 기온역전 / 고기압지역



안정도

- 공기의 단열감률과 주위 환경의 기온감률을 비교
- 절대불안정 : 환경기온감률이 클때 / 공기 상승

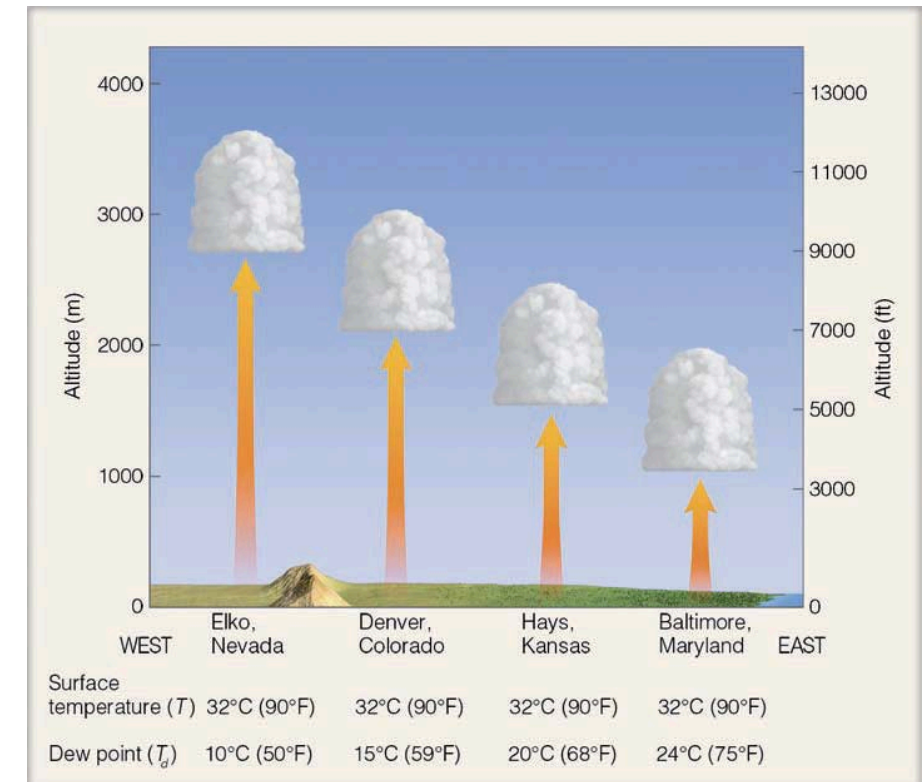
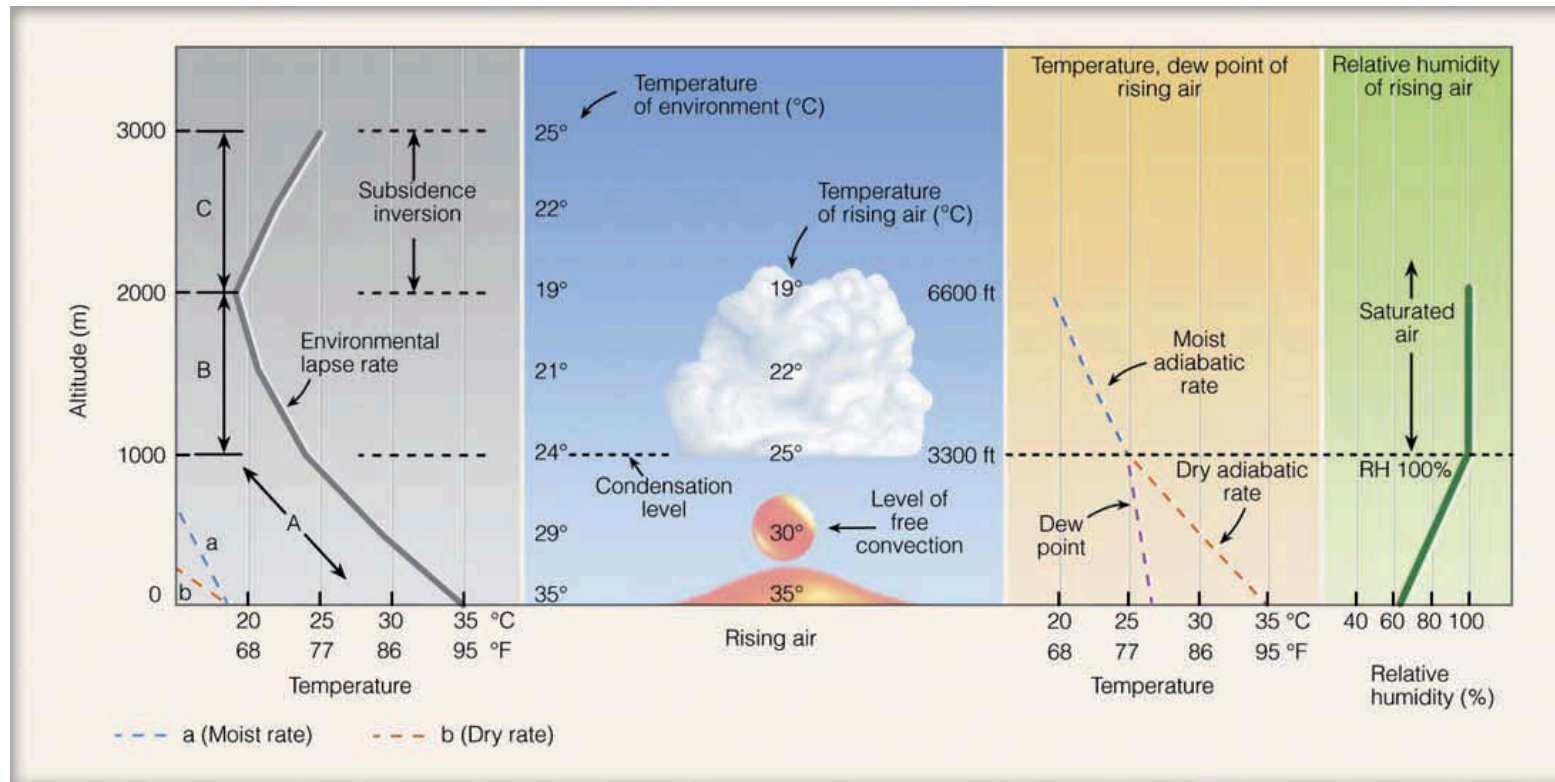
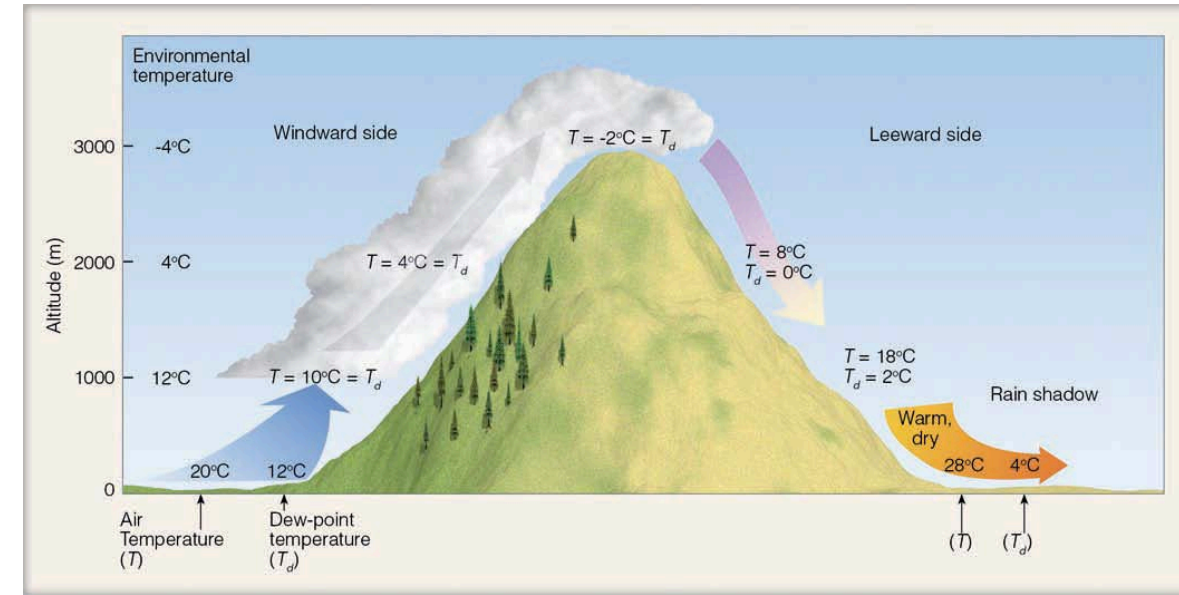


안정도

- 조건부 불안정한 대기 : 환경 기온 감률이 건조 단열 감률과 습윤 단열 감률 사이일 때 조건부 불안정한 대기
- 대류권은 대체로 조건부 불안정한 대기
- 대기가 불안정해지는 경우
 - 상 하층 공기 온도차이가 커질 때
 - 상층공기가 차가운바람/복사에너지 방출등으로 차가워질 때
 - 하층공기가 태양복사/따뜻한바람 등으로 따뜻해질 때
 - 공기의 혼합: 상하운동으로 상층공기 냉각/하층공기 가열
 - 하부 포화, 상층 불포화 공기의 상승

구름

- 공기를 상승시키는 작용
 - 지표면의 가열로 인한 대류
 - 지형에 의한 상승
 - 공기의 수렴 / 전선에 의한 상승



강수

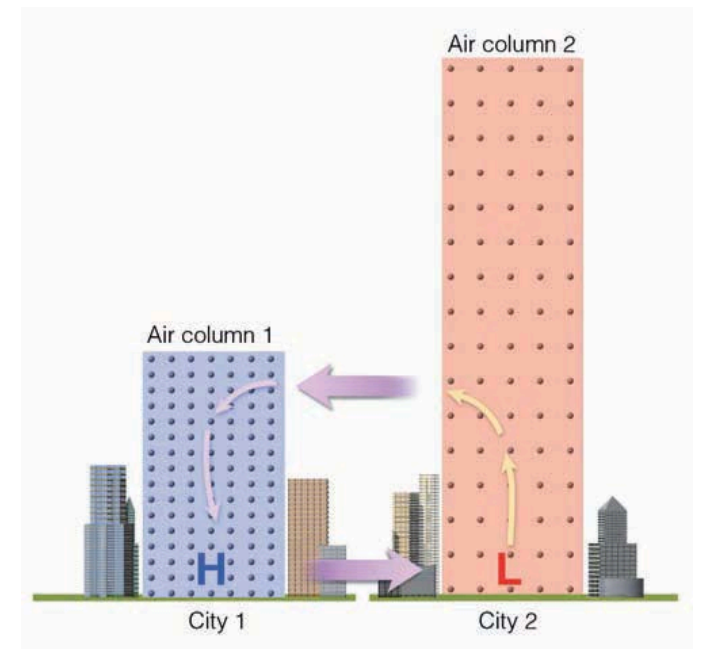
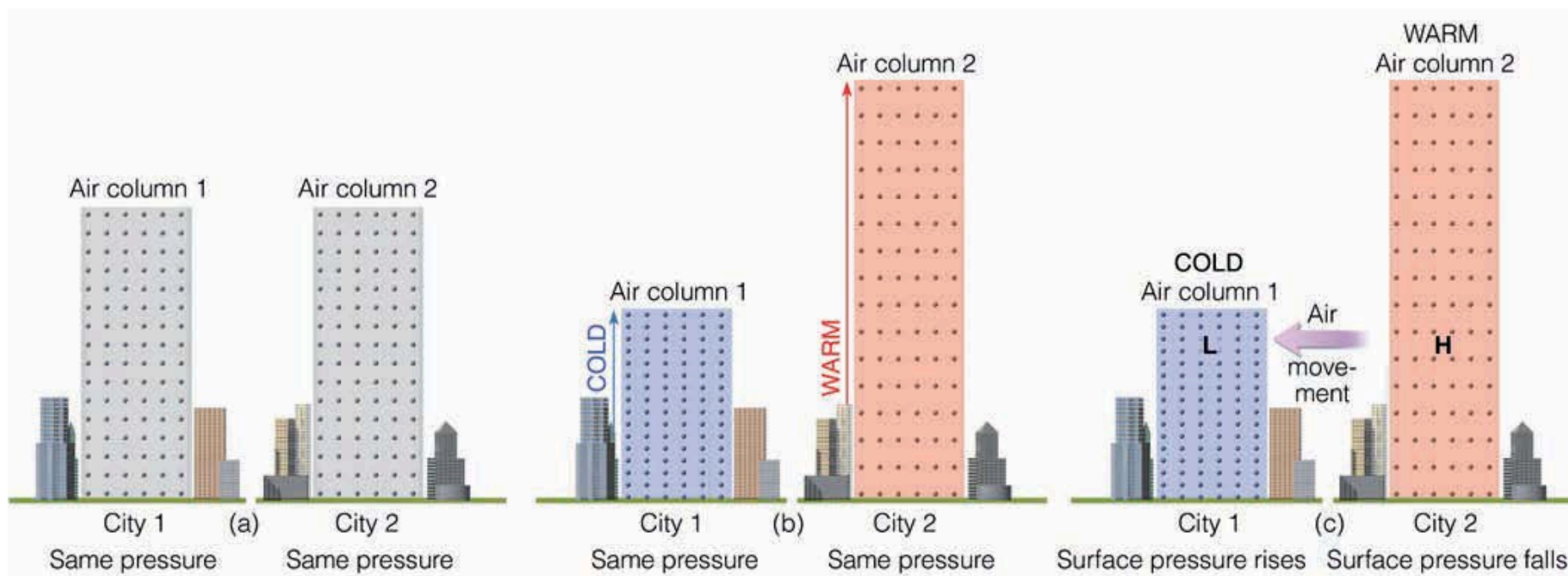
- 충돌/병합에 의한 강수 : 따뜻한 구름에서 구름 입자끼리 충돌/병합하여 성장
 - 구름입자의 극성이 다를 때 구름입자가 잘 성장
 - 구름속에서 보내는 시간이 길 수록 구름입자가 잘 성장
 - 높은 구름일 수록 구름입자가 잘 성장
- 빙정에 의한 강수 : 구름입자가 얼어서 빙정이 되고 빙정의 응결핵 역할을 하여 빙정 성장 및 강수
 - 얼음의 포화수증기압이 물보다 낮음 → 빙정 주위의 수증기압이 상대적으로 낮음 → 물방울은 작아지고 빙정은 성장 → 강수

강수

- 강한 적운에서 우박 발생: 구름 속에서 최소 5~10분 이상 머물러야 우박으로 성장
- 적운 내 강한 상승기류로 작은 수증기들이 구름 상층으로 공급
- 상승기류로 무거워진 우박이 떨어지지 않고 계속 성장

기압

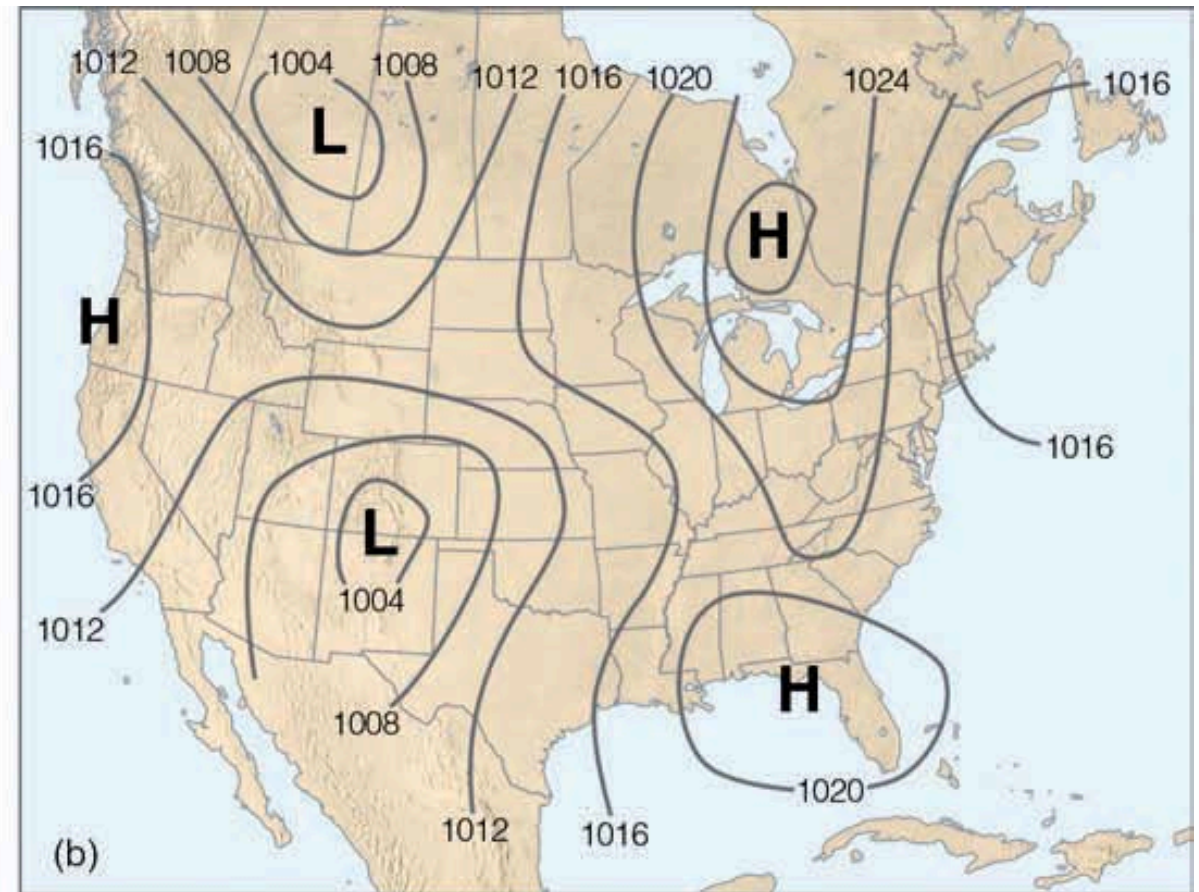
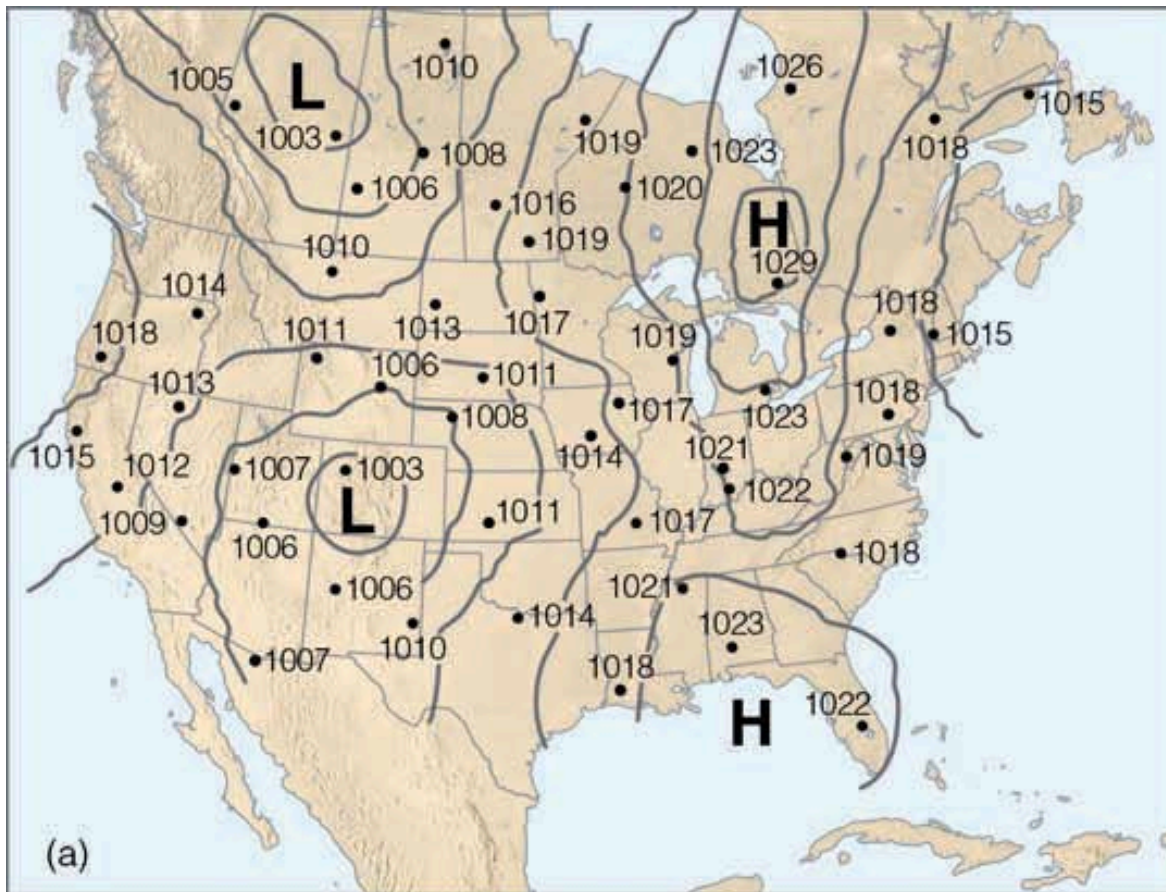
- 단위면적에 가해지는 공기의 힘
 - $p = \rho RT$
 - 온도가 증가하면 밀도 감소



- 기압차이로 생기는 힘을 기압경도력이라고 함

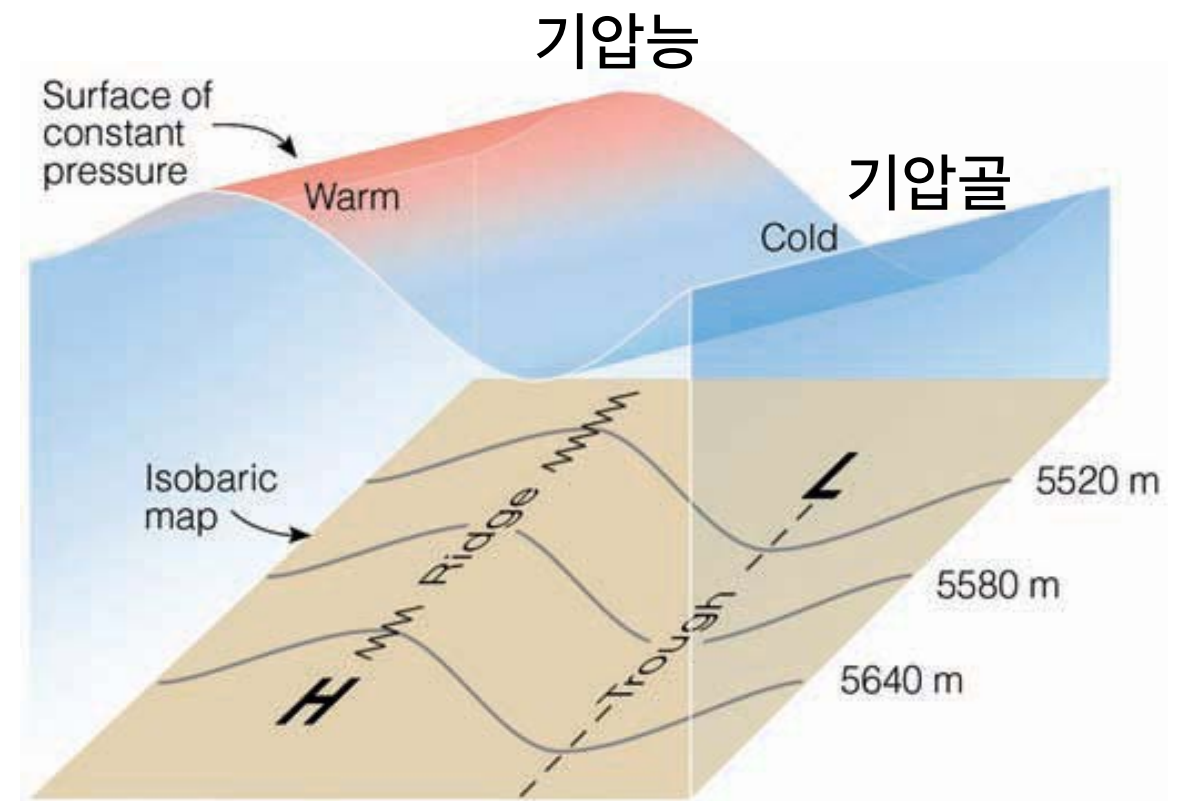
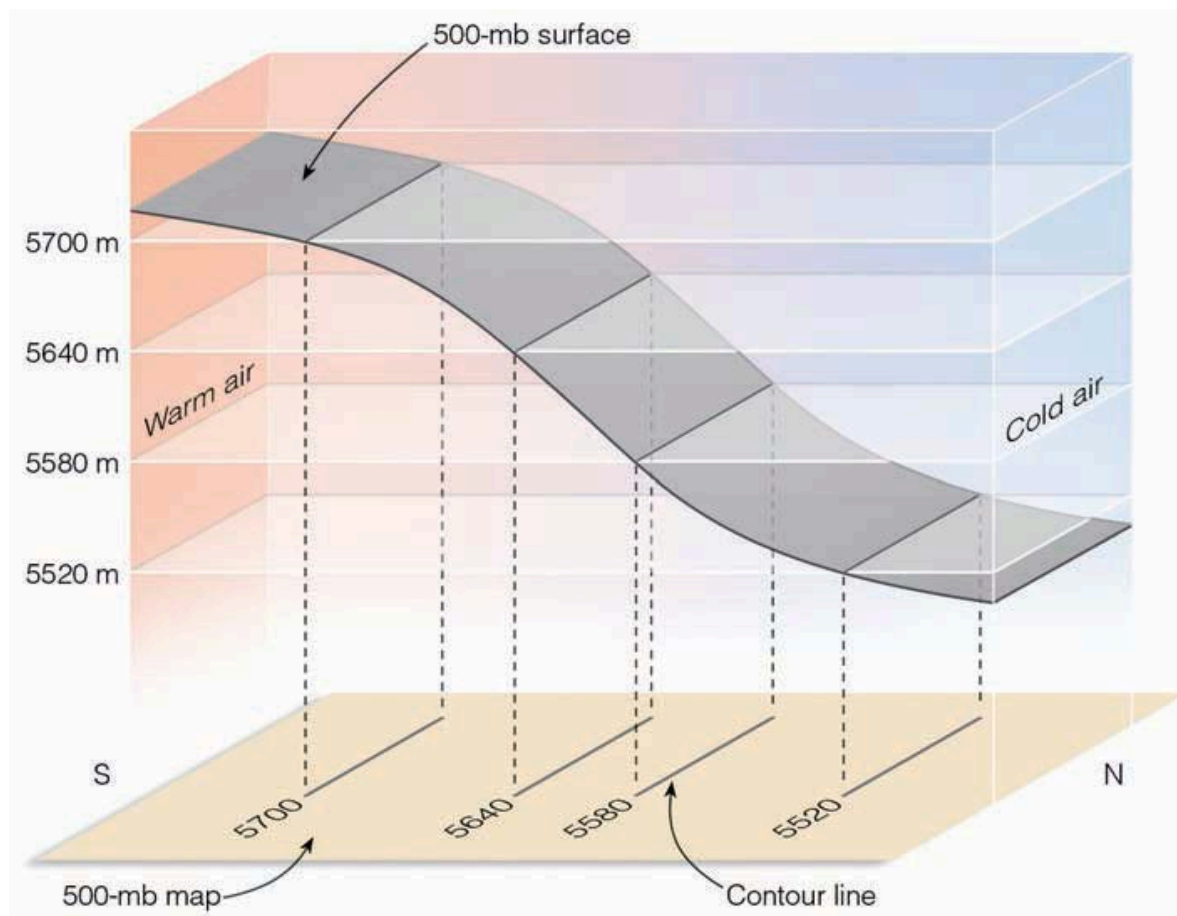
기압의 표시

- 해수면 기압을 이용한 등압선
 - 저기압/고기압 위치 파악
 - 등압선 간격으로 기압경도력 파악



기압의 표시

- 등압면의 고도를 이용하여 표시
- 등압면이 높은 곳에 고기압 위치
- 기압경도력은 등압면의 고도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용
- 따뜻한 지역에서 등압면고도가 높음

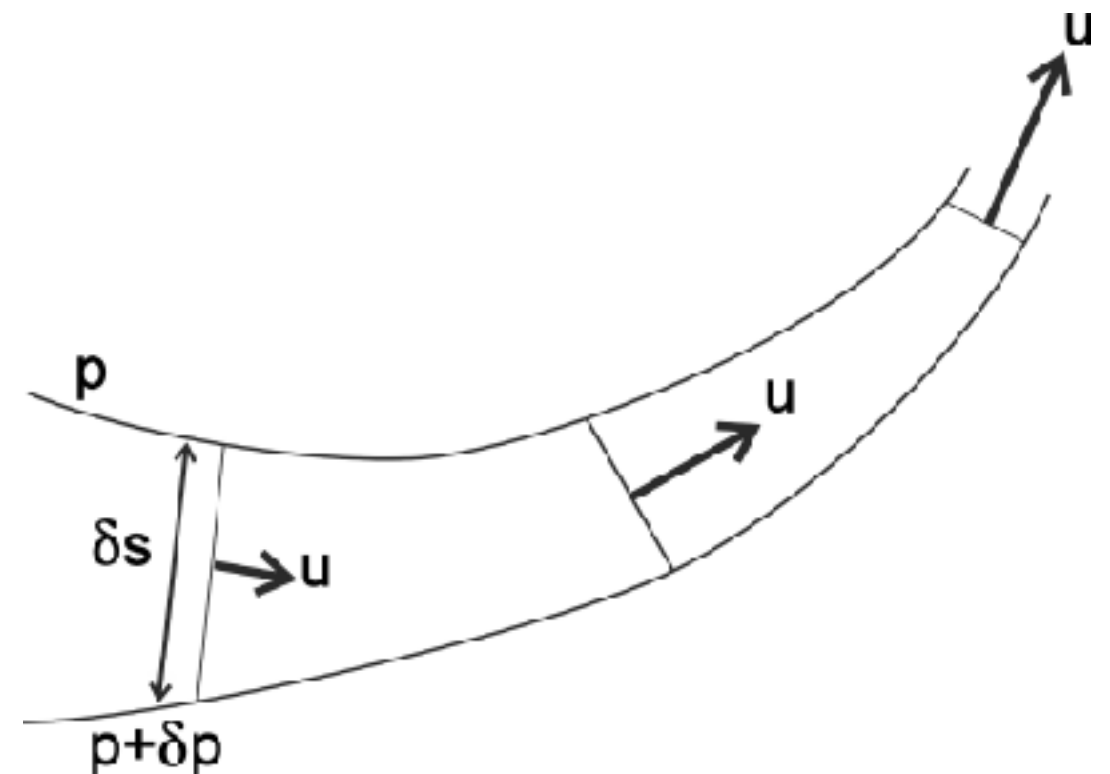
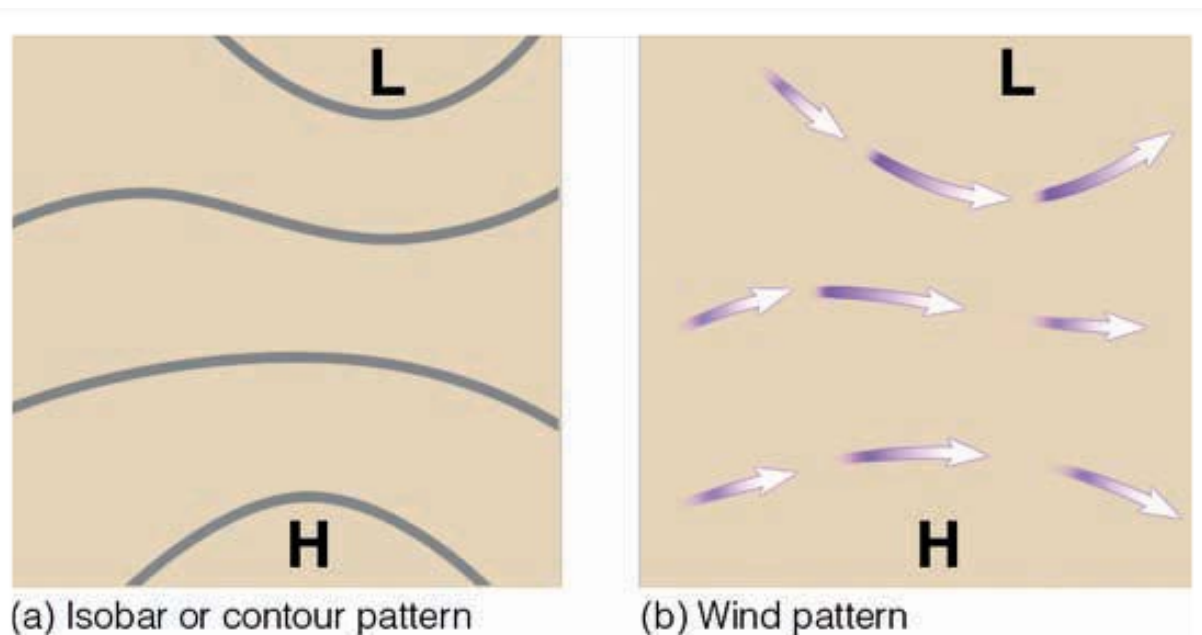


바람

- 공기의 움직임
- 공기에 작용하는 힘 : 기압경도력, 중력, 원심력, 전향력, 마찰력 등
 - 기압경도력: 기압차이에 비례, 거리에 반비례
 - 전향력: 지구의 자전으로 발생, 속도와 위도에 비례하여 북반구에서는 움직임의 오른쪽, 남반구에서는 왼쪽으로 작용
 - 마찰력: 움직이는 물체의 속도에 비례, 움직임의 반대방향으로 작용
- 정역학 평형 : 연직기압경도력과 중력이 균형을 이루고 있는 상태

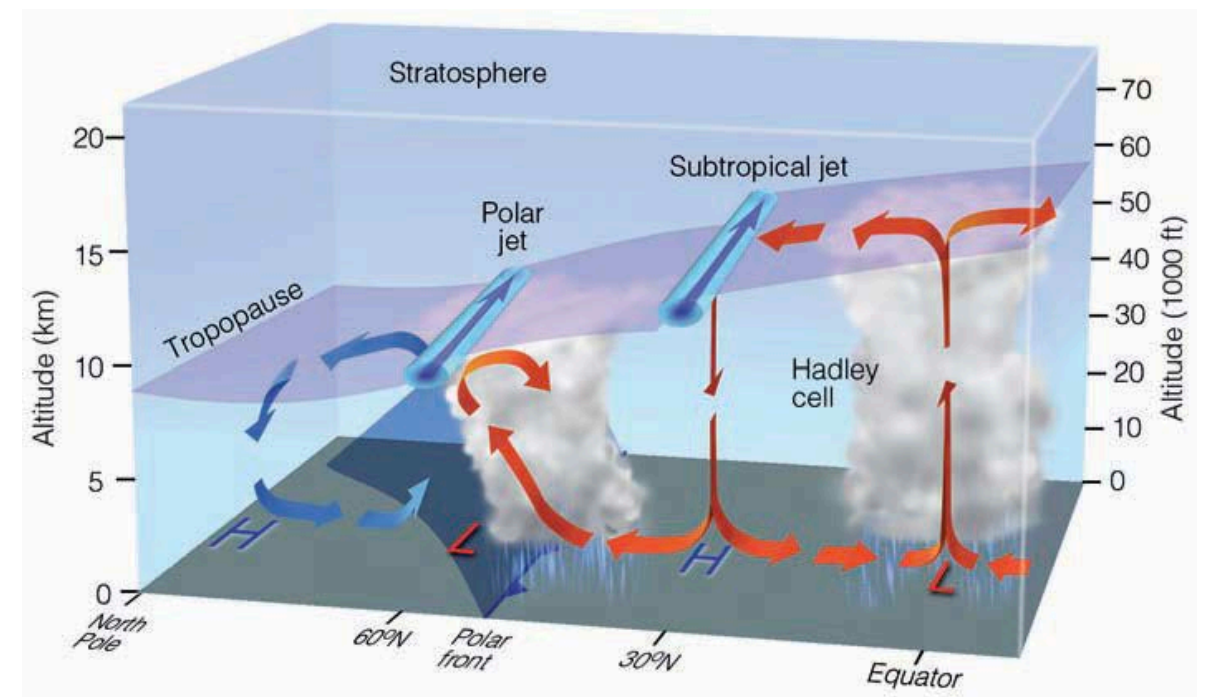
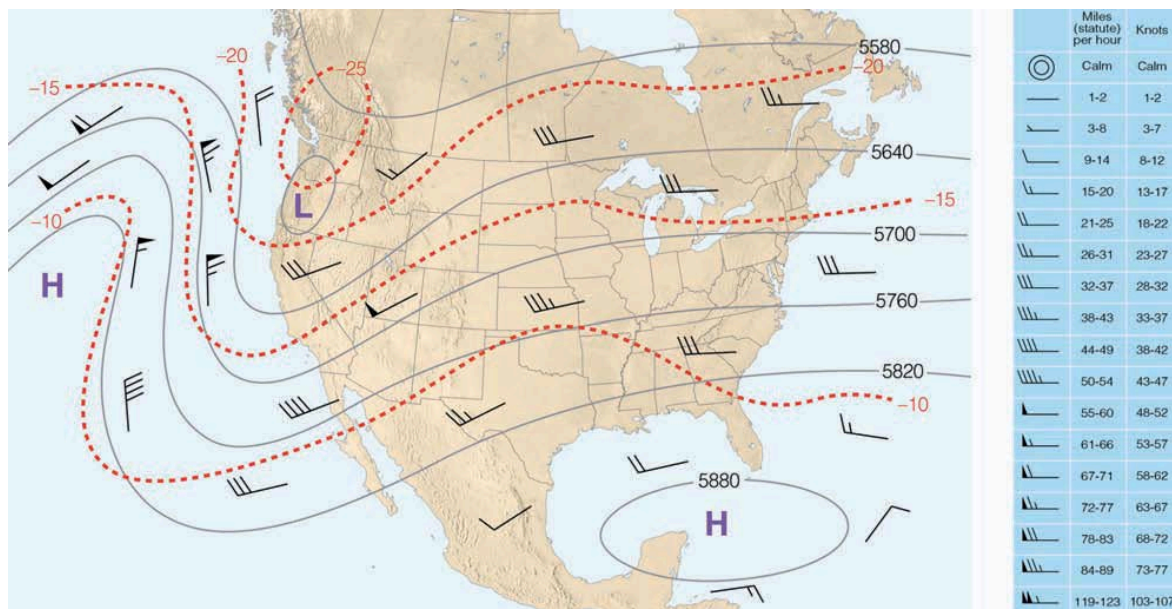
지균풍

- 기압경도력과 전향력이 균형을 이루는 바람 (총 힘 = 0)
- 마찰이 없는 상공에서 부는 바람
- 기압경도력이 커지면 공기가 빠르게 움직이고 더불어 전향력도 커짐



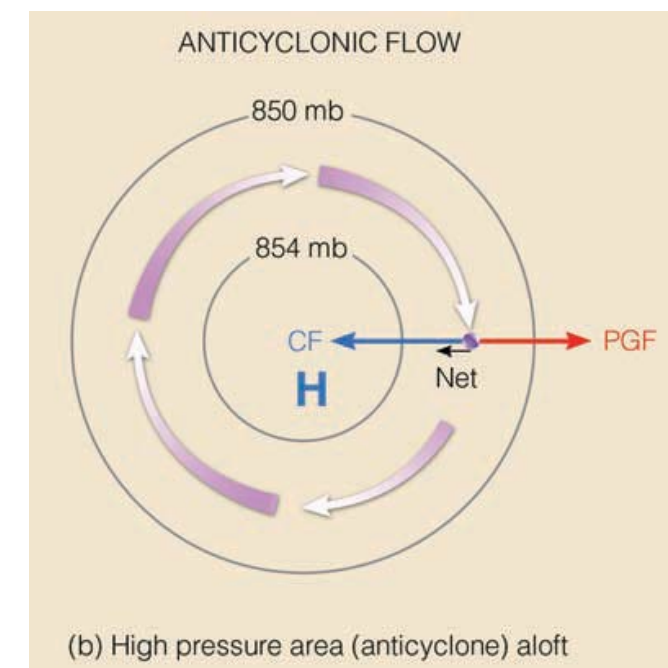
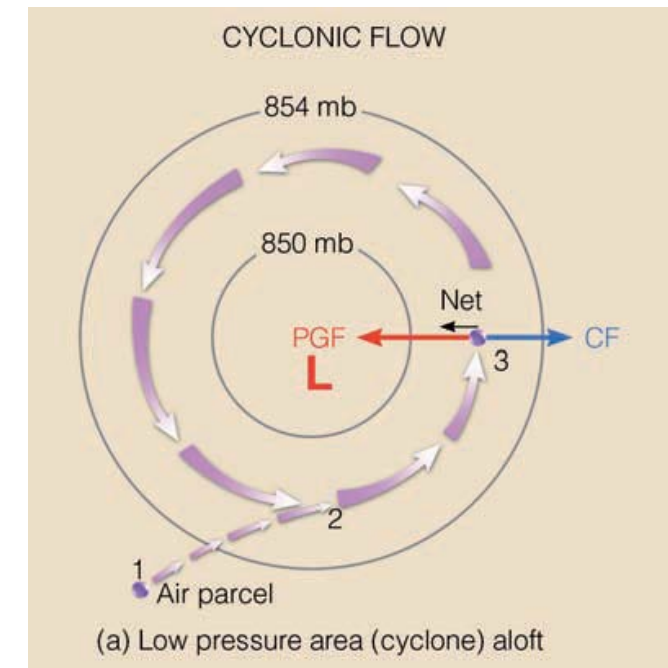
지균풍과 온도

- 등압면의 고도에서 지균풍의 방향과 세기를 추정 가능
- 온도가 등압면의 고도에 영향을 주므로, 온도를 이용하여 지균풍 추측 가능 (혹은 바람을 보고 온도변화 예상 가능)
- 온도풍 : 온도 차이가 존재하면, 지균풍의 연직 변화가 생김
- 제트류 : 겨울철 온도경도가 여름철보다 심하기 때문에 제트류도 겨울이 더 강함



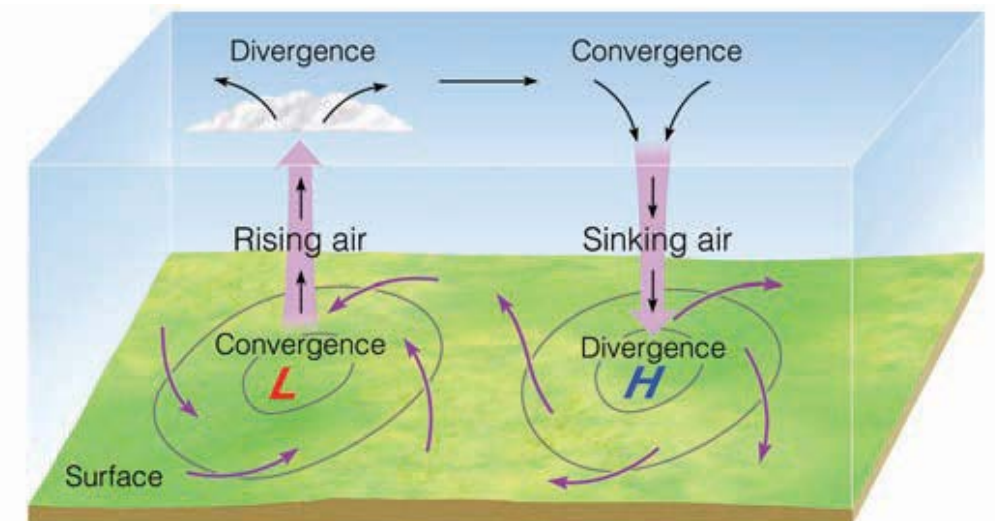
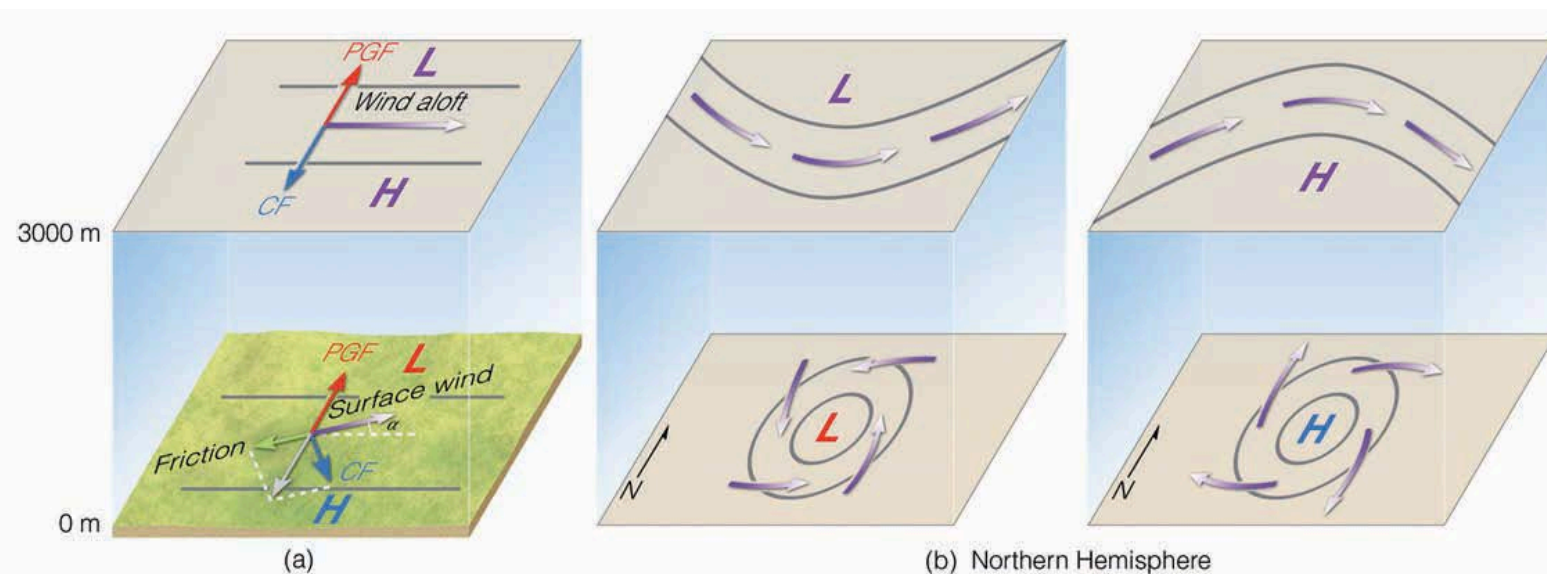
경도풍

- 원형의 등압선 주위에서 부는 바람
- 저기압 : 기압경도력 = 전향력 + 원심력
 - 바람의 속도가 등압선이 평형일 때 보다 느림
 - 실제: 저기압 주변 바람이 빠름 (등압선간격)
- 고기압 : 기압경도력 + 원심력 = 전향력
 - 바람의 속도가 등압선이 평형일 때보다 빠름
 - 실제로는 저기압 주변보다 바람이 느림



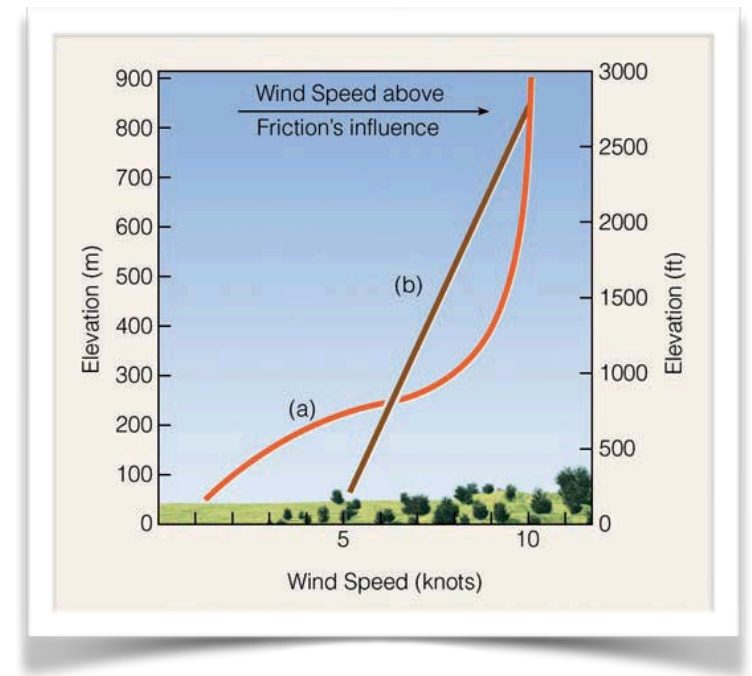
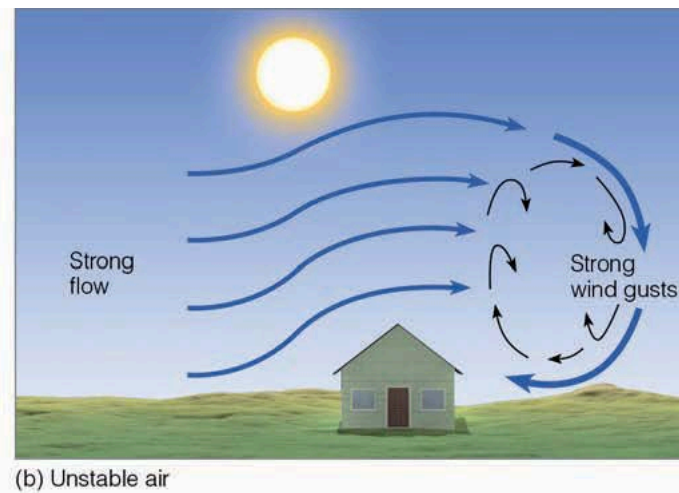
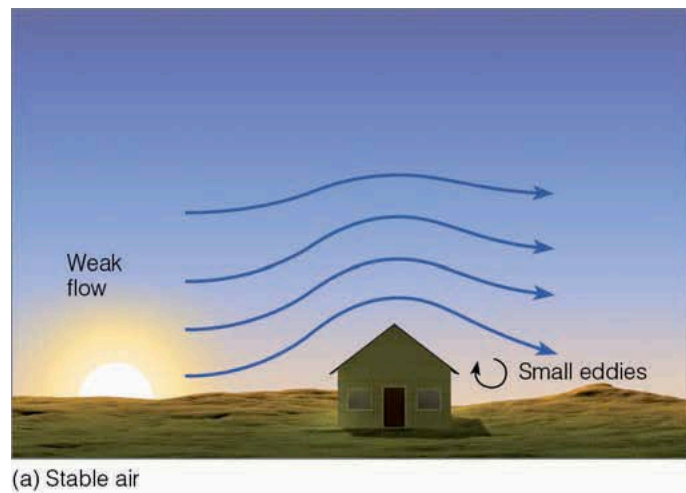
지상의 바람

- 지표면 마찰이 바람의 속도를 낮춤
- 기압경도력 + 전향력 + 마찰력 = 0
- 바람이 등압선을 가로지름
- 저기압에서는 공기의 수렴이 일어남 → 상승
- 고기압에서는 공기의 발산이 일어남 → 하강



여러가지 바람

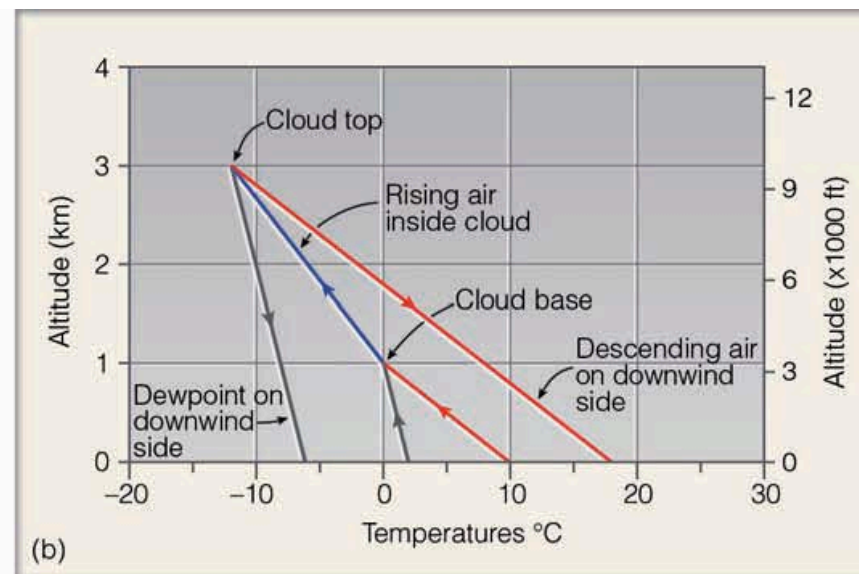
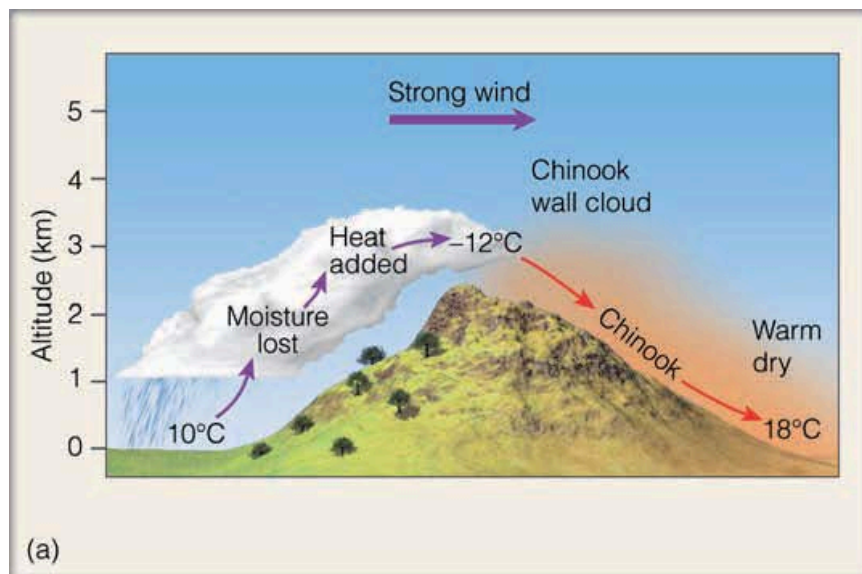
- 시공간적인 규모에 따라 다양한 형태의 바람 존재
- 작은 규모의 난류는 바람을 늦춤



- 지형등에 의해 굽이치는 바람들로 인하여 난류 발행
- 열순환에 의한 바람 (~ 1km) : 가열의 차이로 인한 기압경도력
 - 작은 규모에서는 전향력이 보통 느껴지지 않음
- 해륙풍 : 바다/육지의 열량 차이

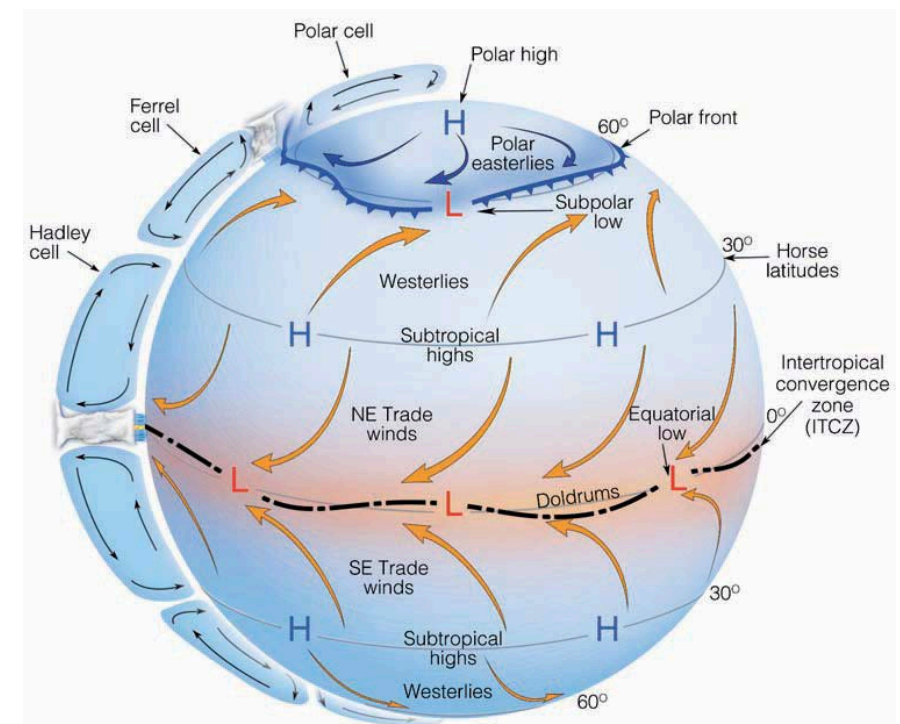
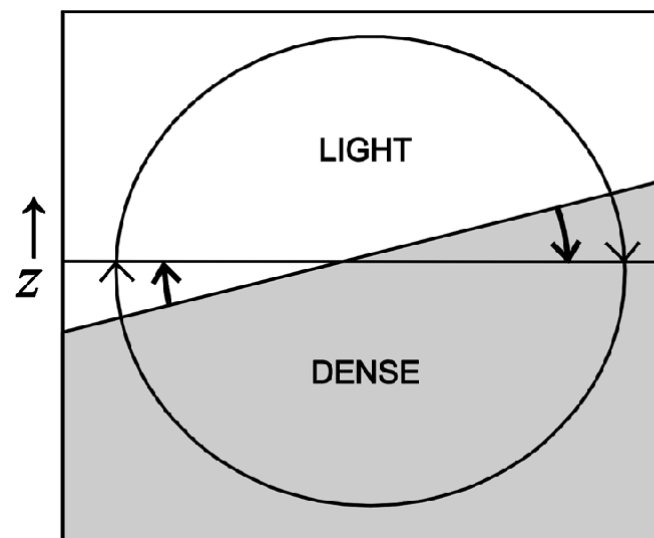
여러가지 바람

- 계절풍 : 계절에 따라 바뀌는 바람, 해륙풍과 비슷한 원리
 - 전향력이 작용할 수 있을 정도의 규모
 - 여름철 습한 공기의 유입으로 강우 발생
- 산악풍, 계곡풍, Katabatic wind, Santa Ana wind
- 퓌 현상 : 강수로 수증기를 잃어버린 바람이 단열압축으로 온도 상승 → 뜨겁고 건조한 바람



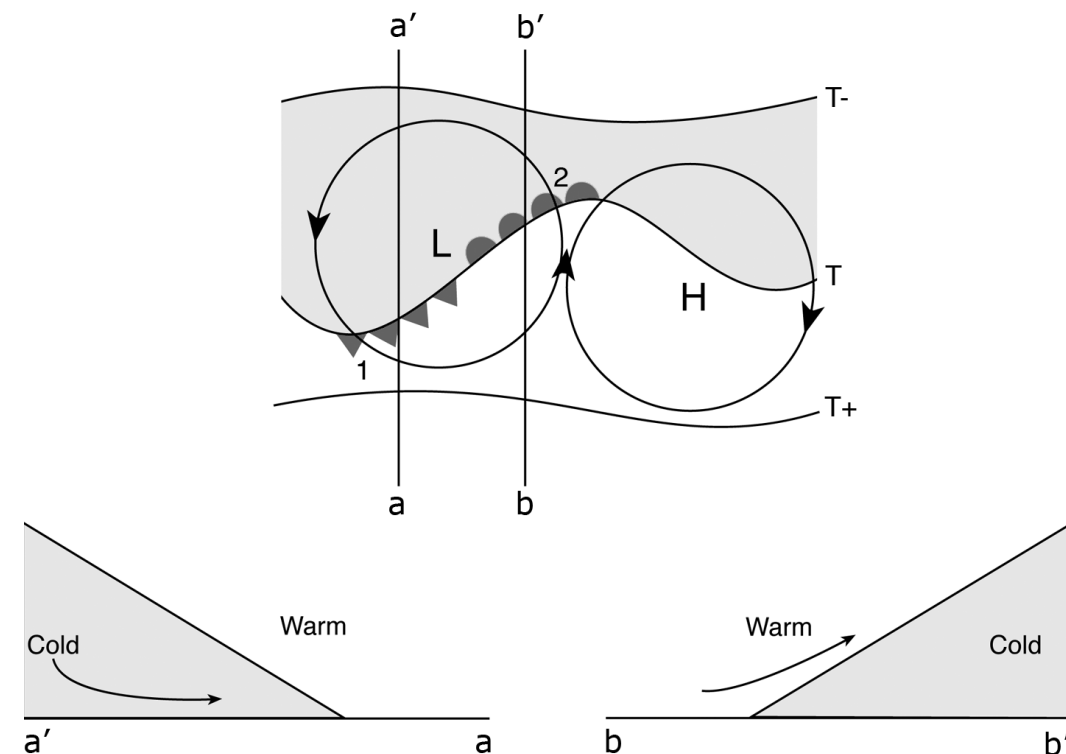
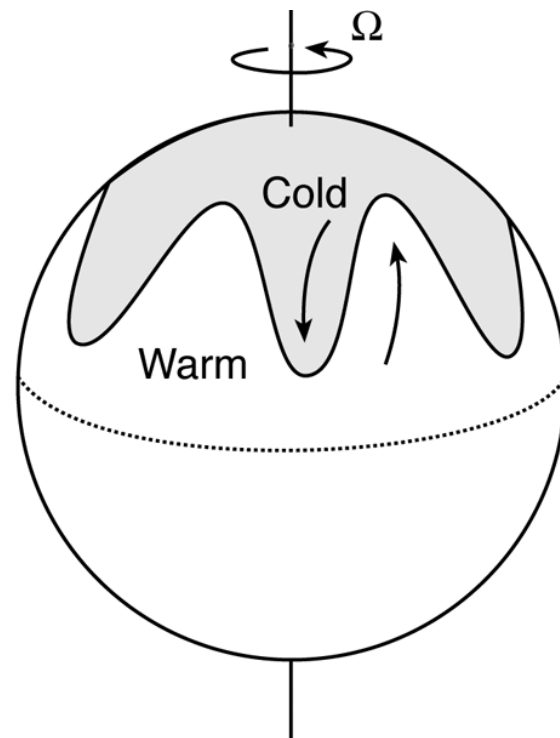
대기대순환

- 복사에너지의 불균형
 - 저위도지방: 태양에너지 > 지구장파복사에너지
 - 고위도지방: 태양에너지 < 지구장파복사에너지
- 해들리 순환은 회전이 약할 때 발생
- 해들리 순환은 열에너지를 고위도로 전달하지 못하지만 총에너지를 고위도로 전달



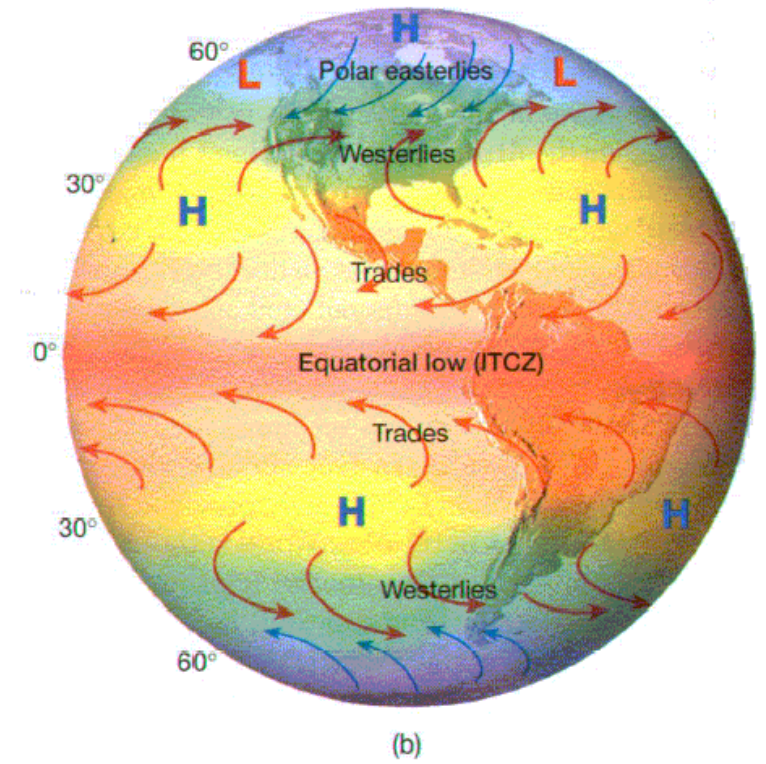
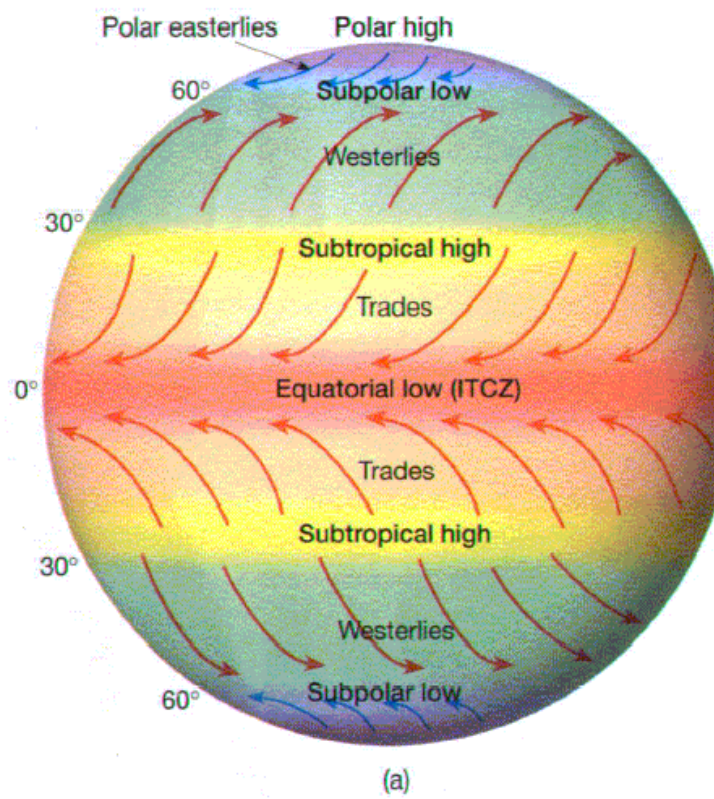
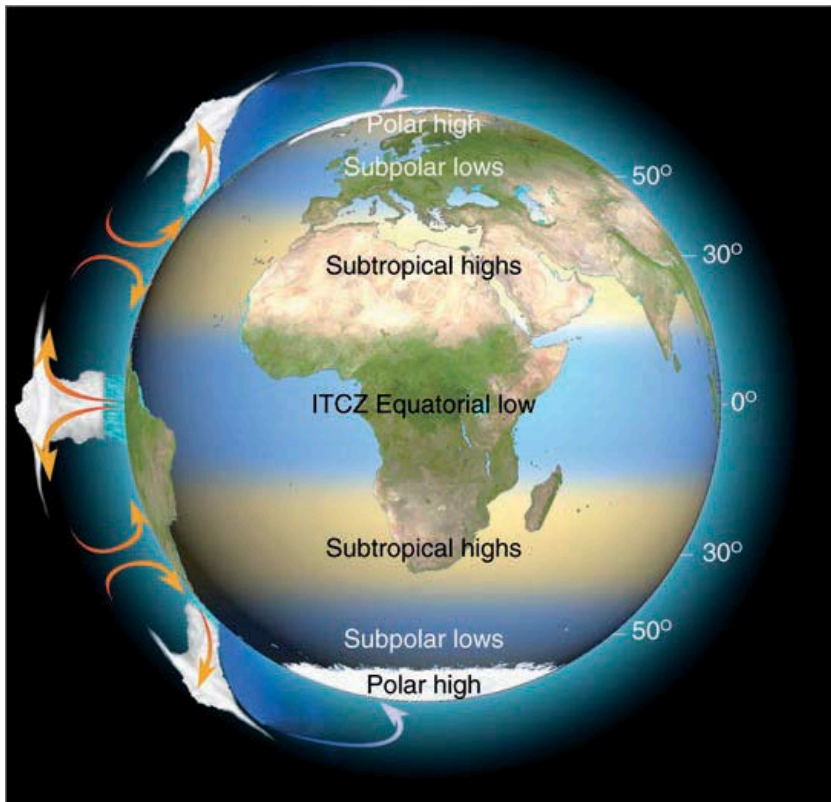
대기대순환

- 중위도 지역은 자전의 효과가 큼
- 편서풍이 우세하여 바람에 의해 열과 에너지가 고위도로 전달되기 어려움
- 하지만 에디들에 의해 에너지가 고위도로 전달



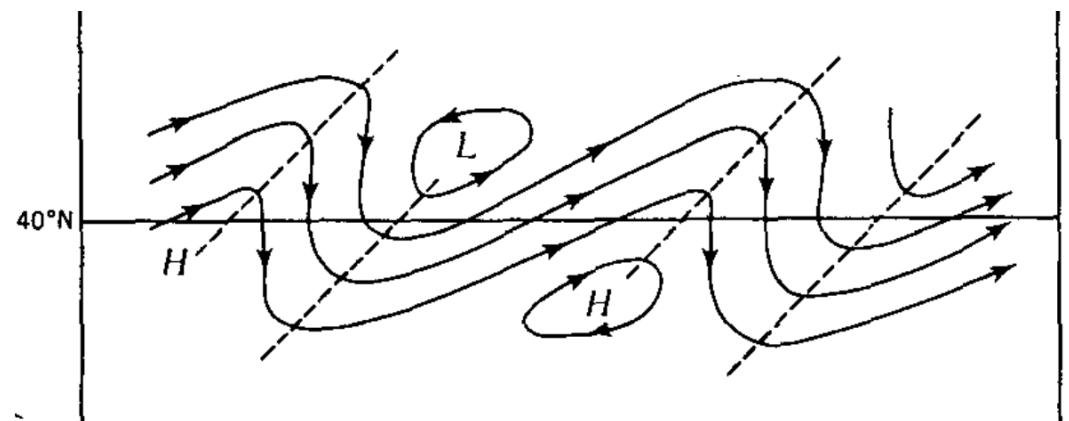
대기대순환

- 강수에 영향
- 대륙과 해양으로 인한 고기압/저기압

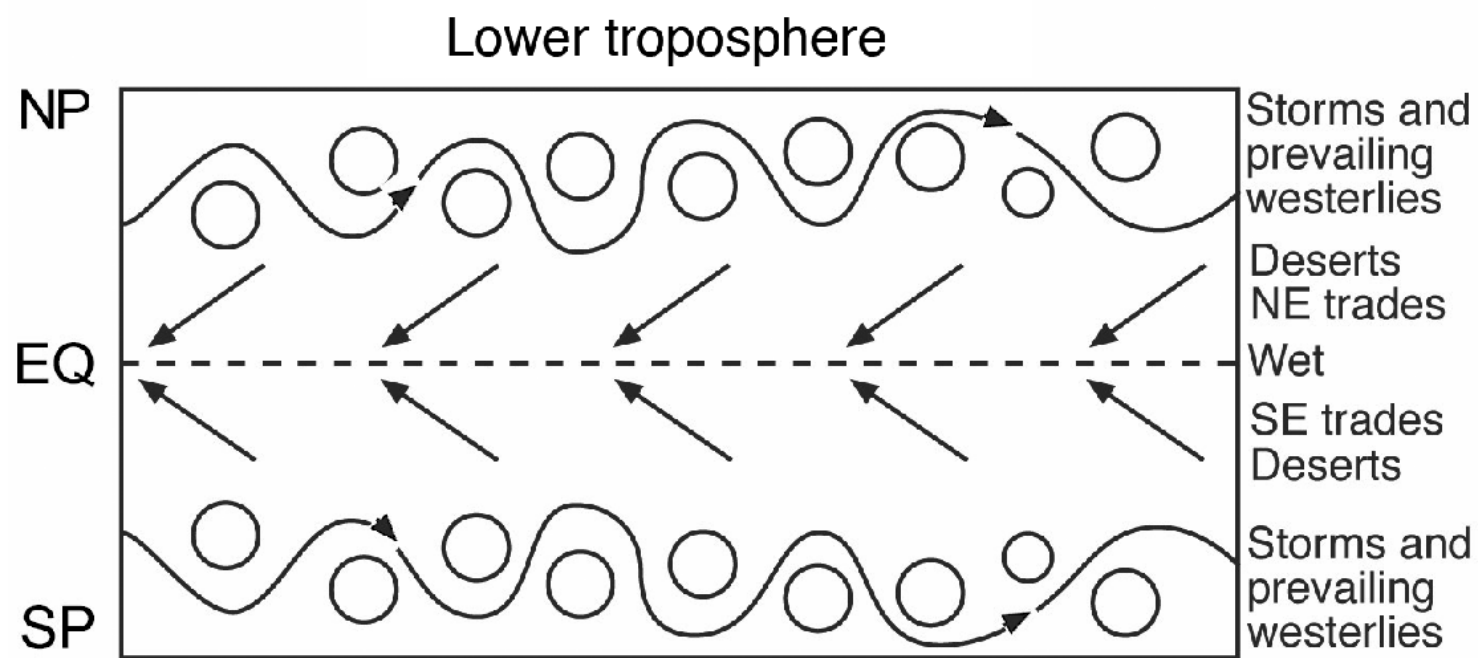
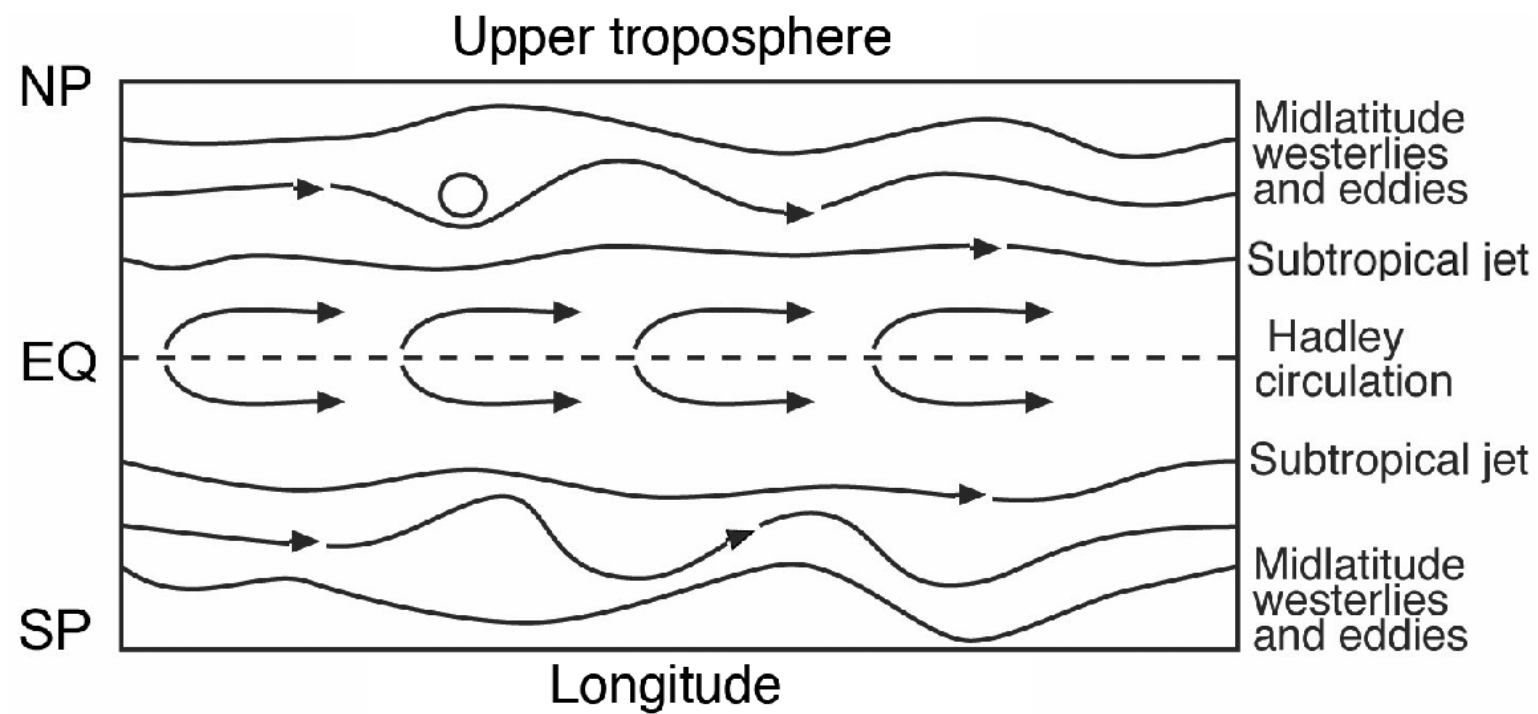


대기대순환

- 대기대순환으로 운동량도 고위도로 전달됨
 - 저위도지역: 마찰이 무역풍을 느리게 함 → 대기는 각운동량을 공급받음
 - 중위도지역: 마찰이 편서풍을 느리게 함 → 대기는 각운동량을 잃음
- 대기대순환이 각운동량을 저위도에서 고위도로 전달
- 중위도 지역에서는 에디의 비대칭 형태로 인해 바람에 의해 각운동량이 고위도로 전달됨



대기대순환

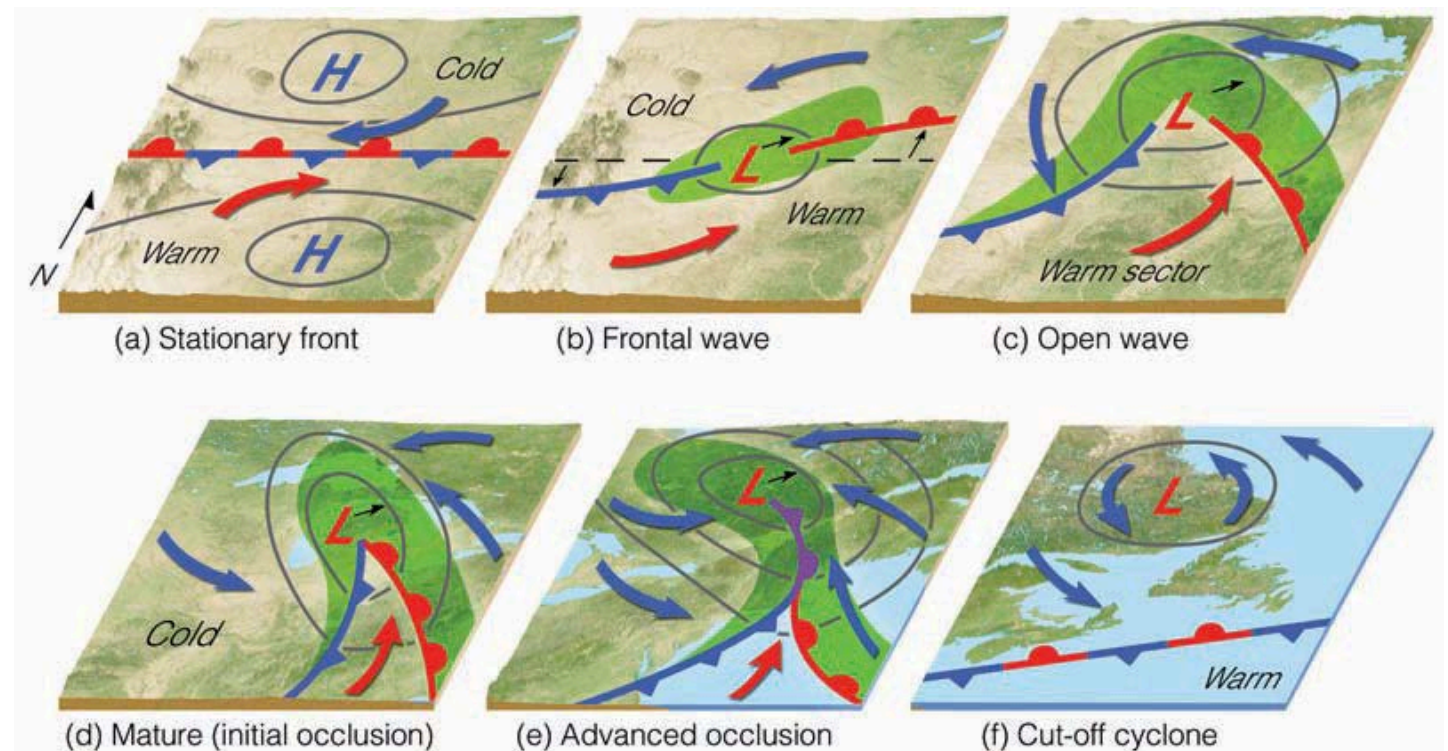


전선

- 성질이 다른 기단이 이루고 있는 경계면 (transition zone)
- 전선을 사이에 두고 온도/습도 차이가 큼
- 정체전선 / 한랭전선 / 온난전선 / 폐색전선
 - 정체전선 : 바람이 전선과 평행하게 불며, 수렴을 통해 저기압으로 발달할 수 있음
 - 한랭전선 : 차가운 기단이 전진, 강한 바람과 강수
 - 온난전선 : 따뜻한 기단이 전진, 완만한 온도상승, 전선면에서 온도역전발생
 - 폐색전선 : 따뜻한 공기가 상층에 위치하여 에너지레벨이 낮음

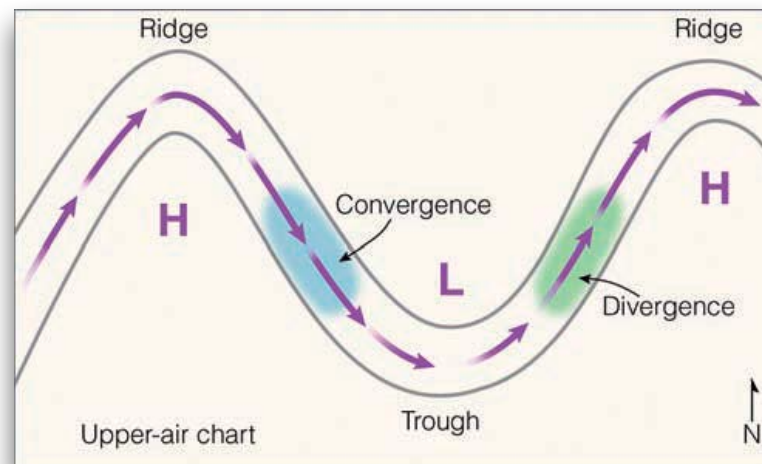
중위도 날씨

- 정체전선이 12 ~ 24 시간 후 저기압으로 발달
- 위치에너지가 운동에너지로 변환
- 강수에 의한 잠열 공급 → 저기압 발달
- 한랭전선이 온난전선을 따라잡아 폐색전선 형성
- 에너지고갈 → 저기압소멸



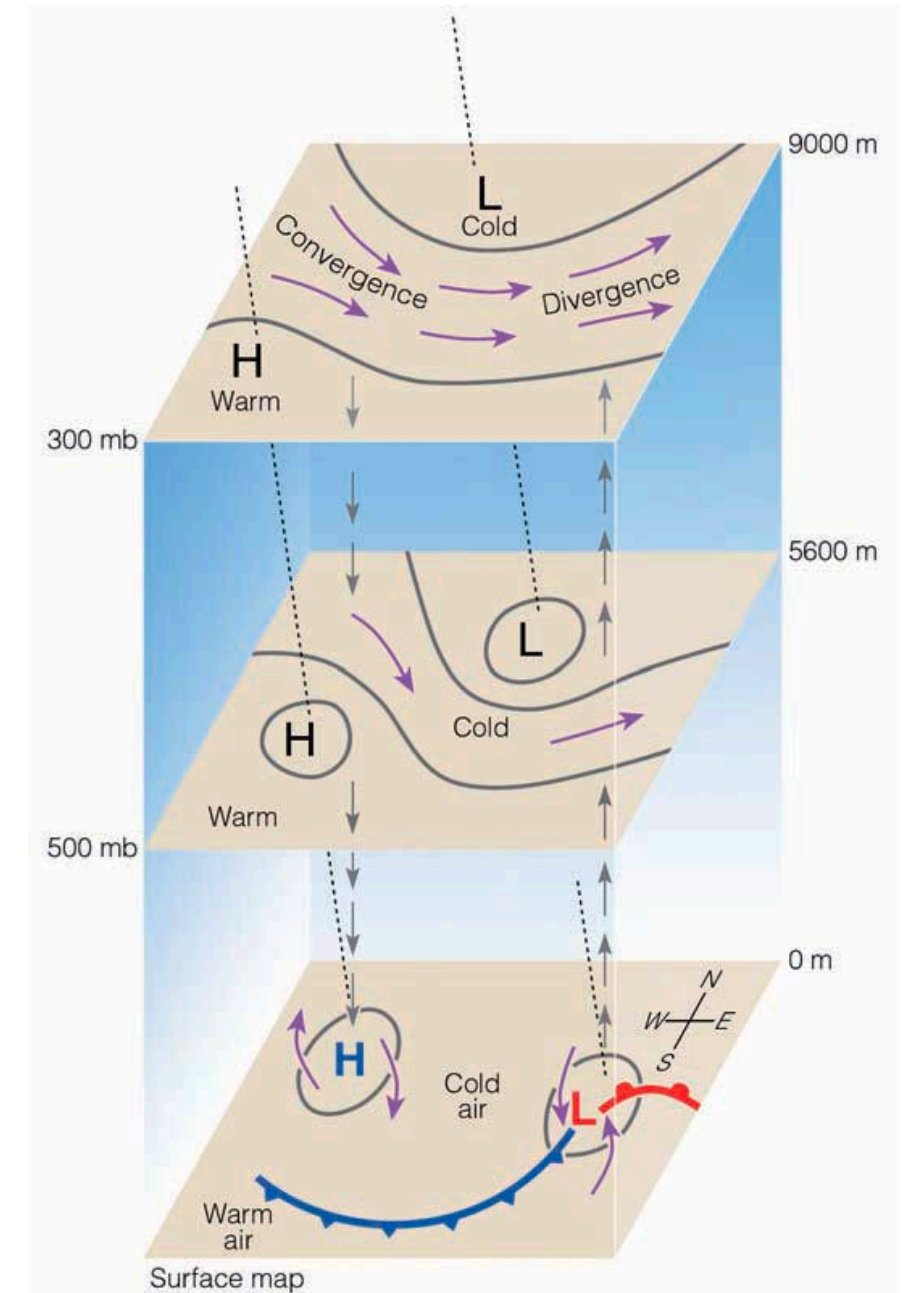
저기압의 발달

- 지상 저기압의 발달은 상층의 발산이 있을 때 가능
 - 지상 저기압의 상승기류가 상층의 발산으로 흩어지지 않으면 지상의 공기 수렴과 상승이 유지될 수 없음
- 상층의 발산이 일어날 수 있는 경우
 - 등압선 간격 변화로 지균풍 세기 변화
 - 파동형태의 흐름으로 기압골 앞에서 수렴, 기압골 뒤에서 발산 발생



저기압의 발달

- 지상 저기압의 북서쪽 상공에 저기압이 있을 때 지상 저기압 발달
- 지상 고기압의 남서쪽 상공에 고기압이 있을 때 지상 고기압 발달
- 지상과 상공의 수렴/발산의 속도 차이도 저기압발달에 영향을 줌
- 상공의 바람으로 인해 저기압 (고기압) 은 북동쪽 (남동쪽) 으로 진행

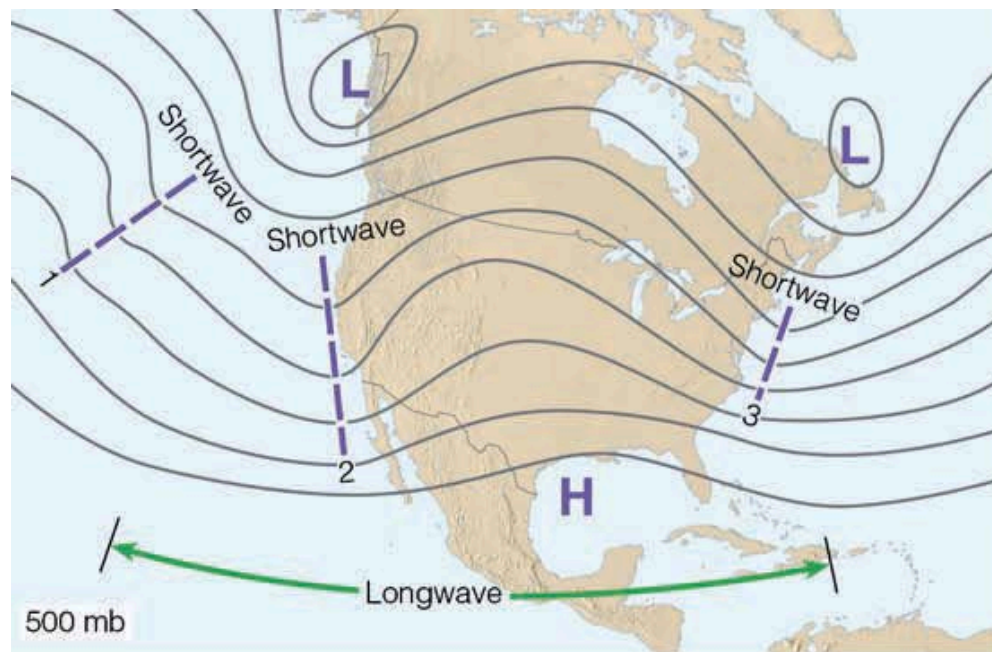


파동

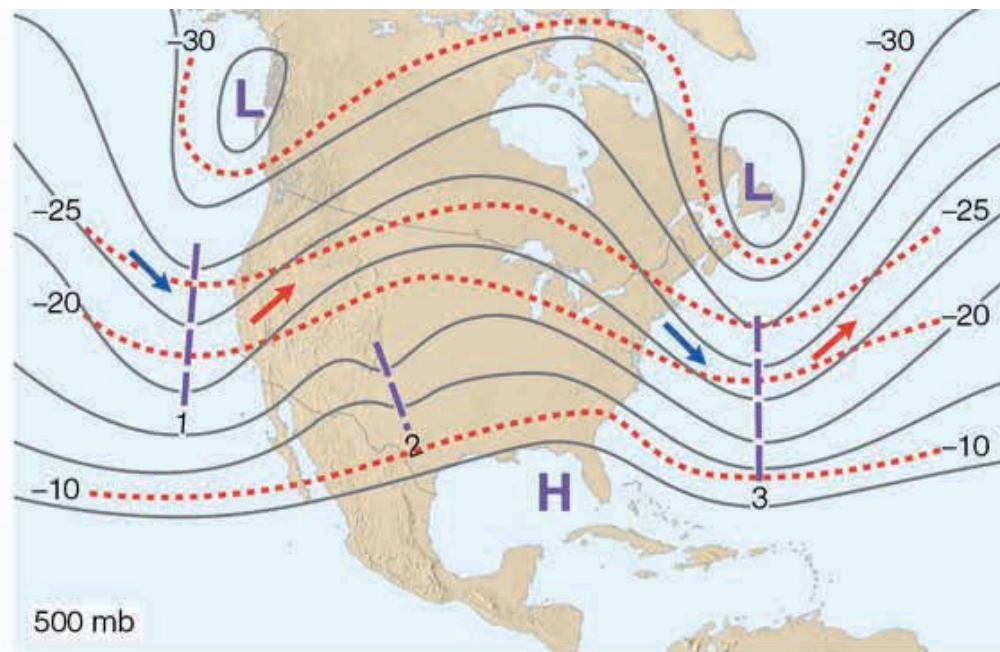
- 등압면 고도는 파동의 형태를 띄고 있고, 바람도 이에 따라 파동의 모습으로 진행
- 행성규모의 파동을 로스비파동이라고 하며, 바람이 없다면 동쪽으로 전진하는 특징이 있음
- 편서풍에 의해 파동이 천천히 서쪽으로 전달됨 (편서풍파동)
- 로스비파동 안에서 작은 파동이 이동 (파장이 짧을 수록 이동속도가 빠름) → 파동의 골과 능을 깊게, 혹은 얇게 하는 효과
- 파동이 커지면 수렴과 발산이 강하여 저기압발달에 도움

온도이류

- 등압면 고도와 등온선이 평행하지 않으면, 바람으로 인해 다른 온도의 공기가 유입 : 온도이류
- 온도이류가 있는 곳에 전선이 발달함을 유추할 수 있음
- 차가운 공기의 유입은 기압골을 발달시킴 → 저기압발달



(a) DAY 1



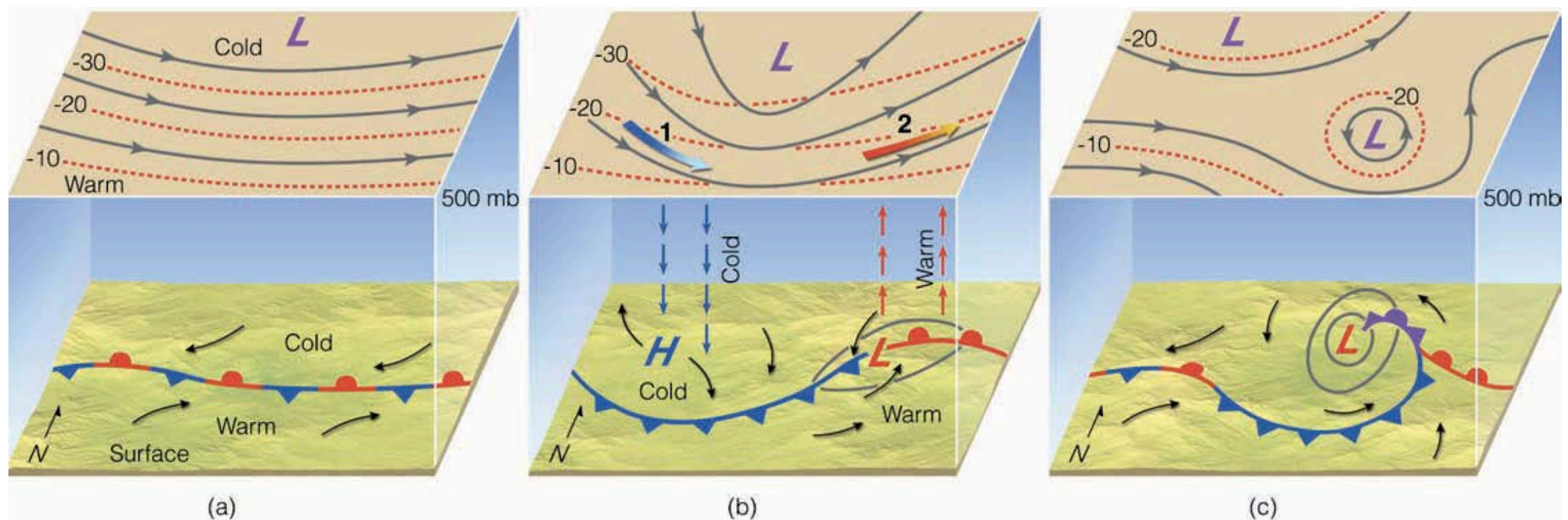
(b) DAY 2 (24 hours later)

중위도 저기압의 에너지

- 온도이류로 유입되는 차가운 공기의 하강 → 위치에너지에서 운동에너지로 전환
- 온도이류로 이동하는 따뜻한 공기의 상승 → 위치에너지에서 운동에너지로 전환
- 응결이 발생할 때 잠열이 대기 중으로 공급

중위도 저기압 소멸

- 상층 파동의 기압골이 저기압으로 떨어져 나올 때 상승/하층 저기압이 연직으로 나란히 위치
- 등온선과 등압선이 대체로 평행하여 온도이류가 발생하지 않음
- 지상이 저기압 소멸 (상층 저기압 유지)

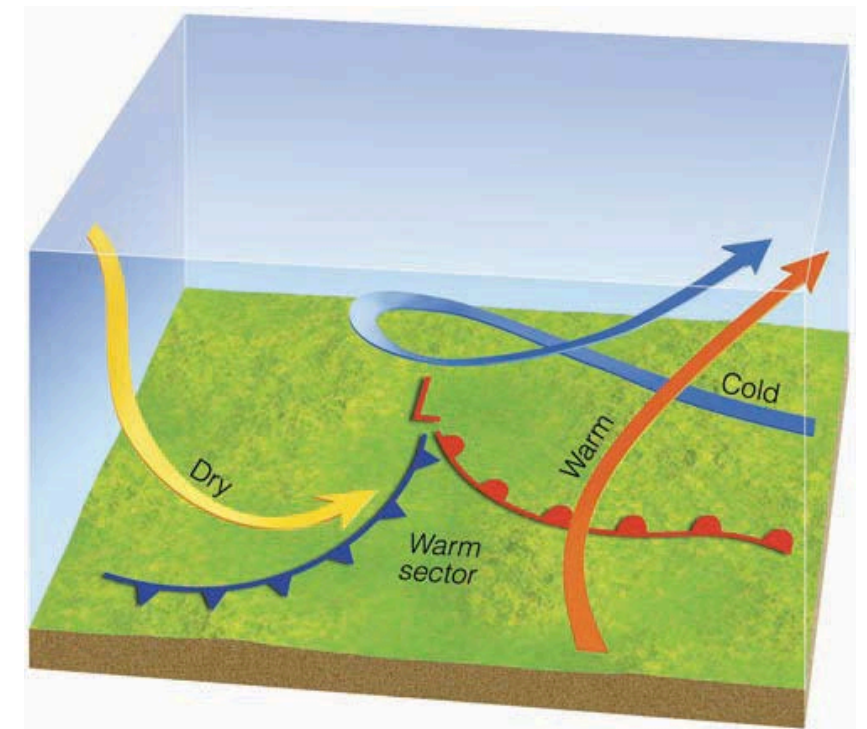


중위도 저기압과 제트류

- Polar jet이 파동을 형성
- 기압골이 생기면서 지상 저기압 발달을 이끔
- 빠른 제트류에서 일어나는 발산/수렴은 지상의 발산/수렴보다 강하여 지상 저기압 발달에 도움
- Polar jet이 있는 Polar front에서 중위도 저기압이 잘 발달함
- Polar jet이 강한 겨울철 중위도 저기압의 세력이 강함
- Polar jet이 남하할 때 중위도 저기압도 남하

중위도 저기압 공기 흐름

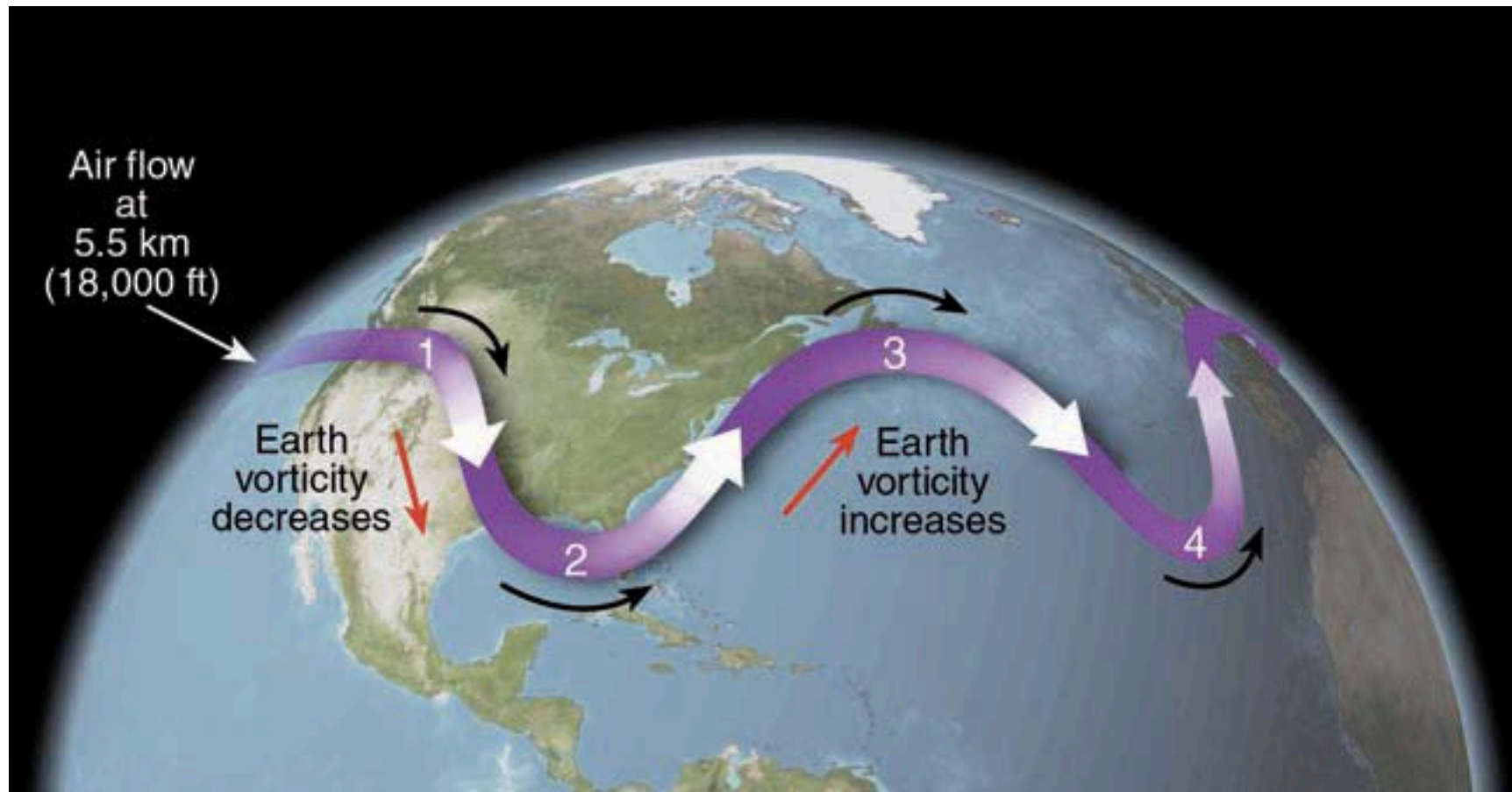
- 따뜻한 공기가 북상하며 상승
- 온난전선 위에 위치한 찬 공기는 저기압으로 수렴 후 반시계방향으로 회전하며 상승
- 한랭전선 뒤의 차가운 공기 하강
- 맑고 추운 날씨



와도

- 공기의 회전을 나타내는 척도
 - 반시계방향 : 양의 값의 와도
 - 시계방향 : 음의 값의 와도
- 행성와도 : 지구자전으로 생기는 와도, 북반구에서는 양의 값
- 상대와도 : 물체의 회전으로 생기는 와도
- 공기의 절대와도 = (행성와도 + 상대와도) / 공기의 두께
- 절대와도는 보존됨 → 로스비파동의 원인

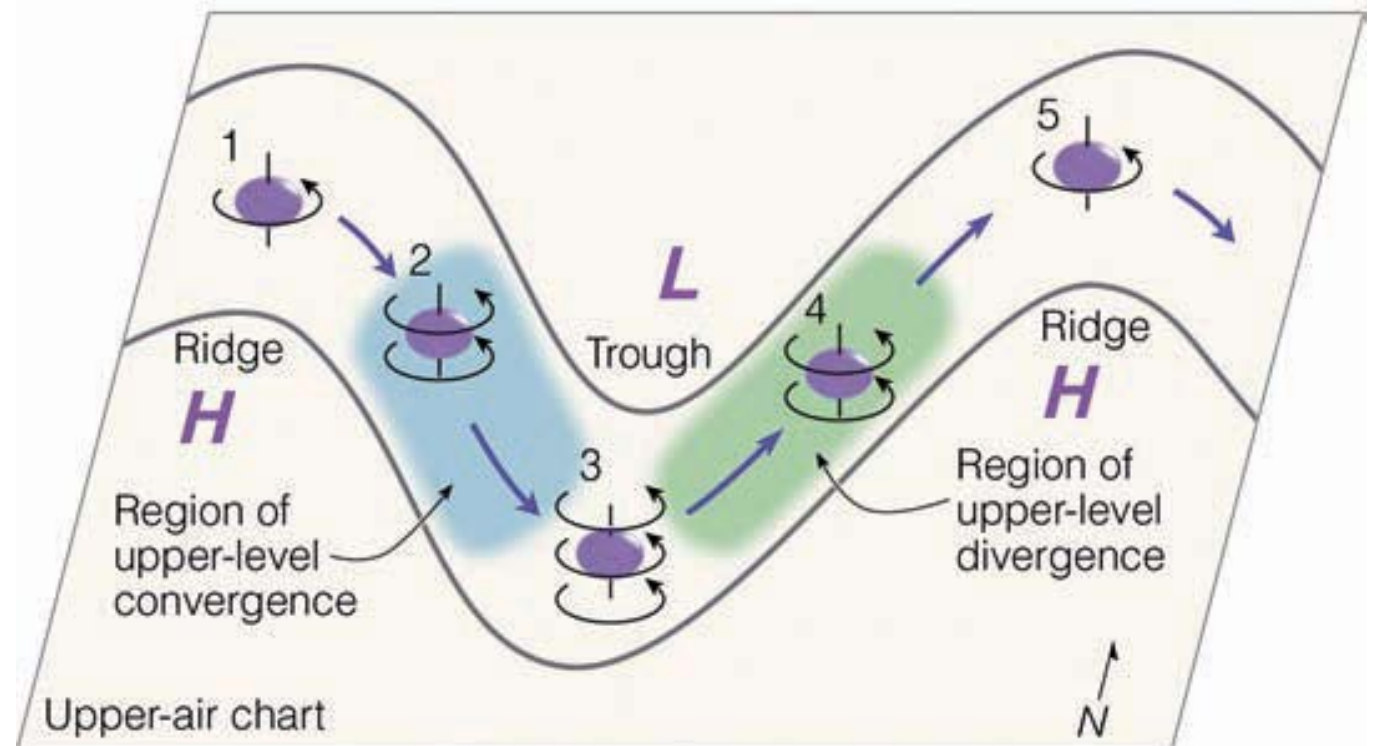
와도와 파동



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

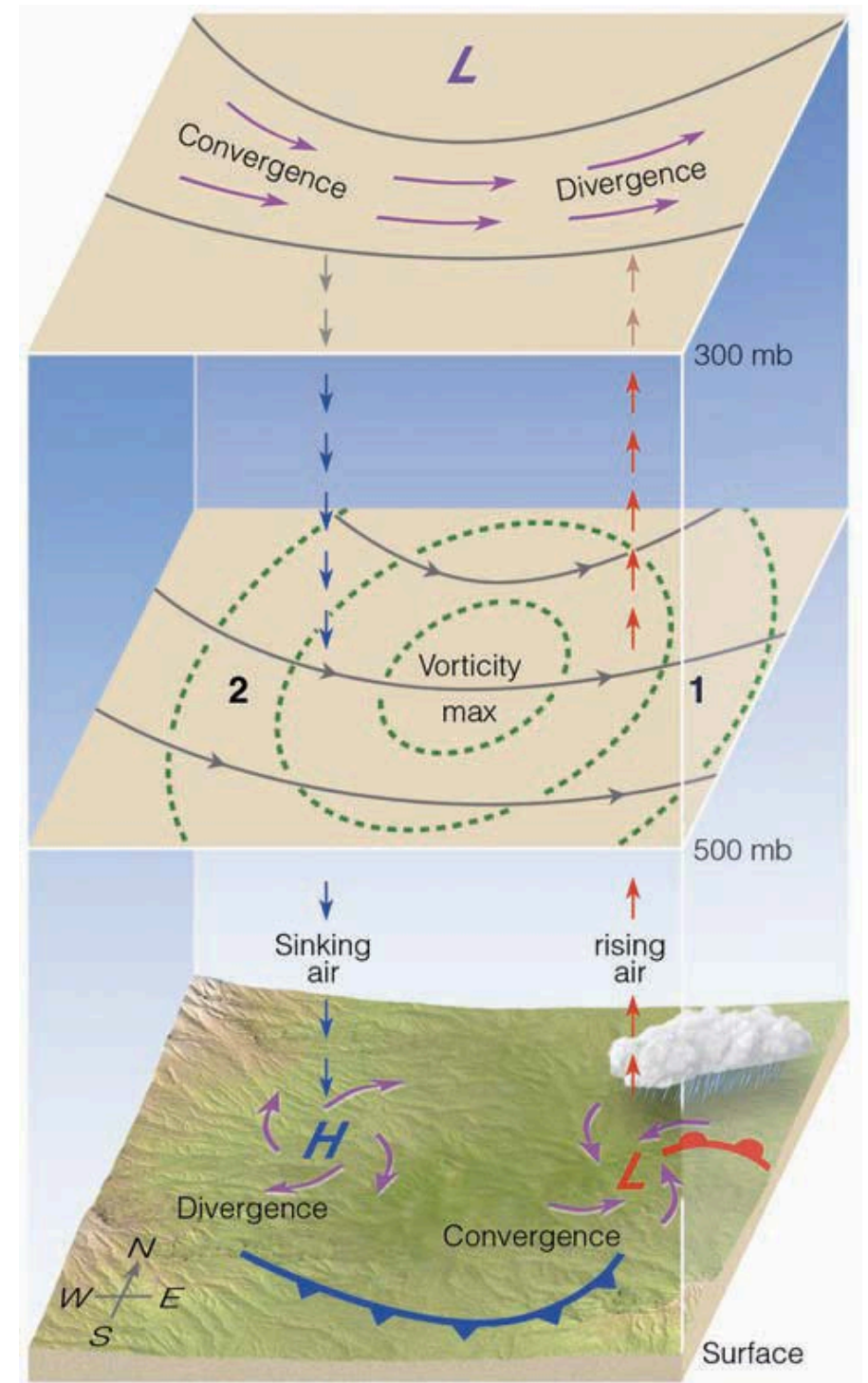
와도와 저기압

- 북반구 저기압 → 반시계방향 회전 → 양의 와도
- 저기압이 발달하면 회전 증가 → 양의 와도 증가 → 절대와도가 보존되기 위해 공기 두께의 증가 → 상승운동
- 상층의 파동에서 절대와도 값이 변함
- 와도가 가장 큰 곳: 3
- 와도가 가장 작은 곳 : 1
- 절대와도의 증가 : 수렴
- 절대와도의 감소 : 발산



와도와 저기압

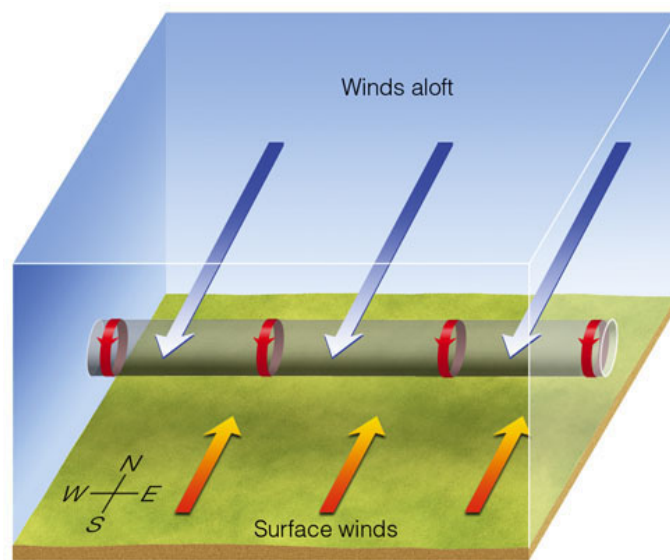
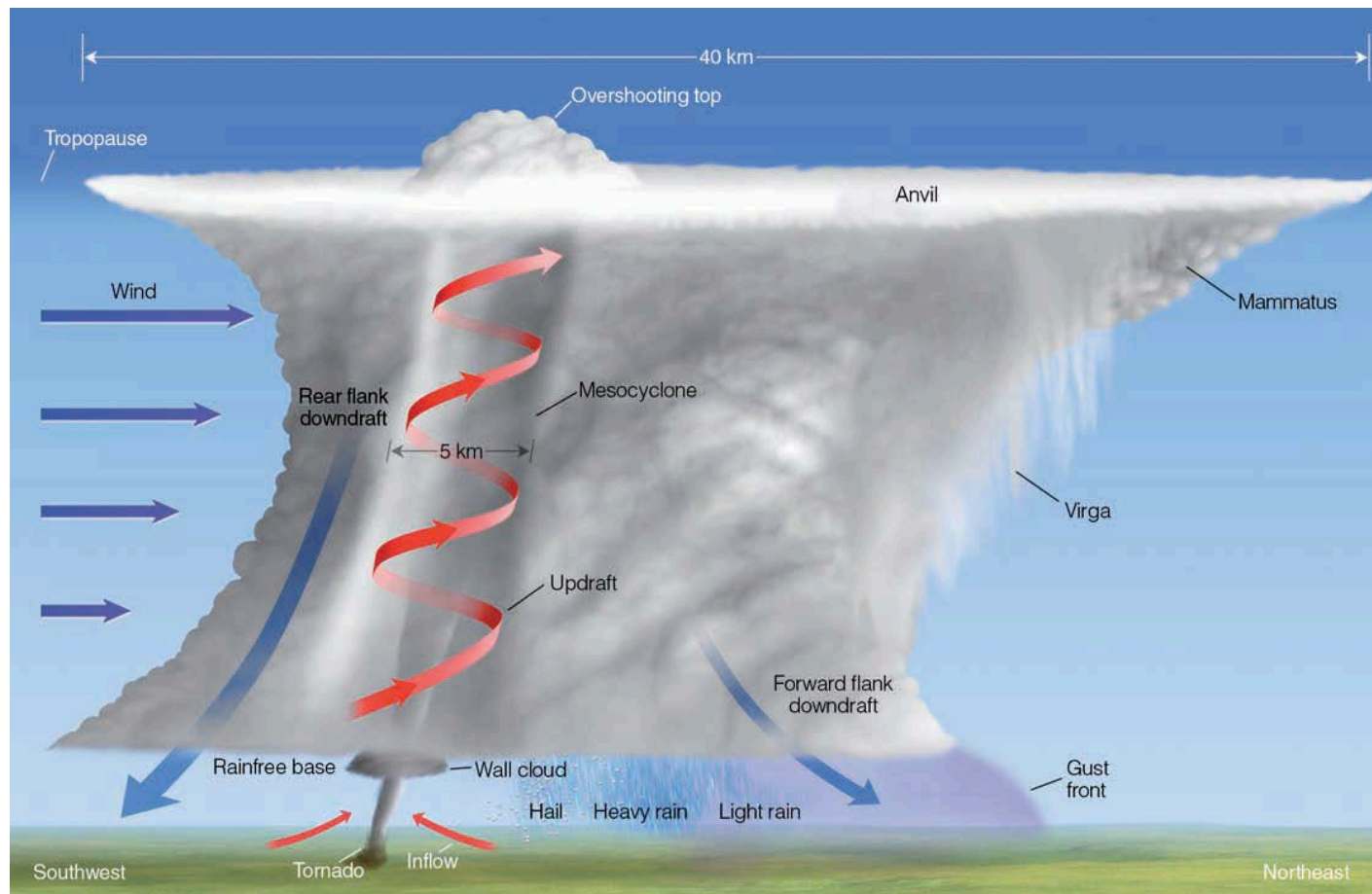
- 상층부(300mb)에서 수렴이 일어나는 곳과 발산이 일어나는 곳 사이에 기압 골이 존재
- 500mb 에서 최대 절대와도가 기압골 아래 존재
- 지상의 고기압이 상층의 수렴, 절대와도증가 지역과 일치
- 지상의 저기압이 상층의 발산, 절대와도감소 지역과 일치



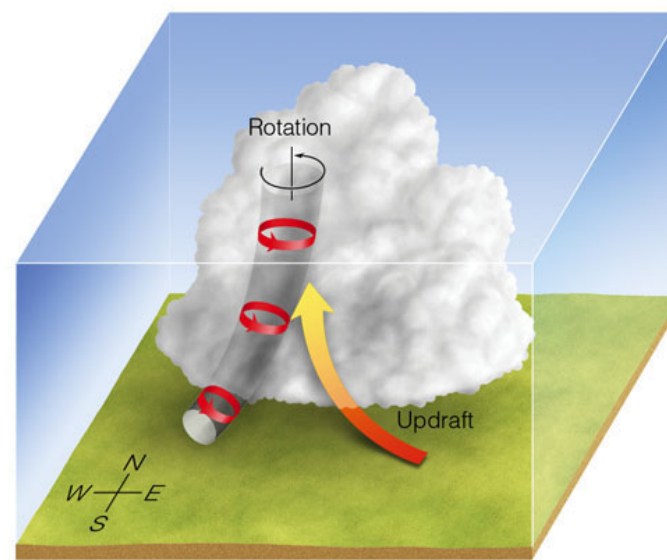
뇌우

- 국지적인 가열로 따뜻하고 습한 공기 상승으로 발생
 - 높이에 따라 온도가 빨리 감소할 때
 - 습기가 많을 때
 - 공기의 상승 요소가 있을 때
- 구름 입자가 주위의 건조한 공기로 증발할 때 온도 하강 → 하강 기류 및 강수
- 하강기류가 상승기류를 차단하면 뇌우 소멸
- 바람의 연직변화로 상승기류가 유지될 때 severe thunderstorm 으로 발달

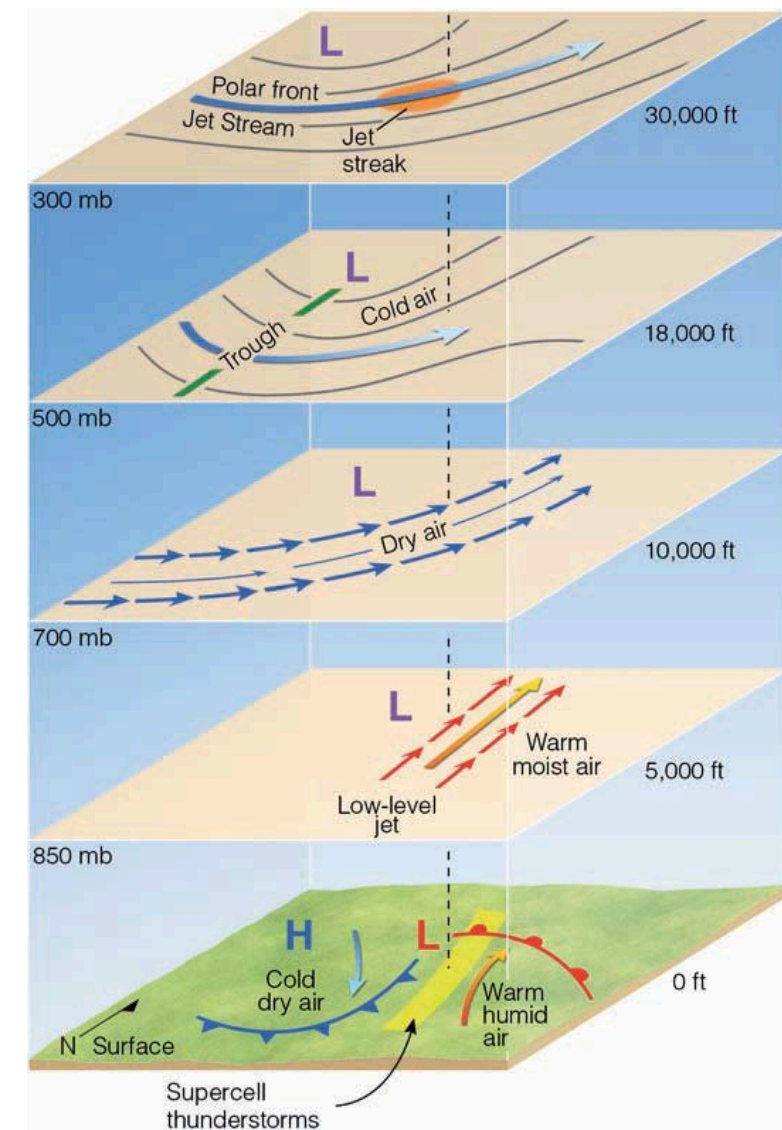
Super-cell thunderstorms



(a)



(b)

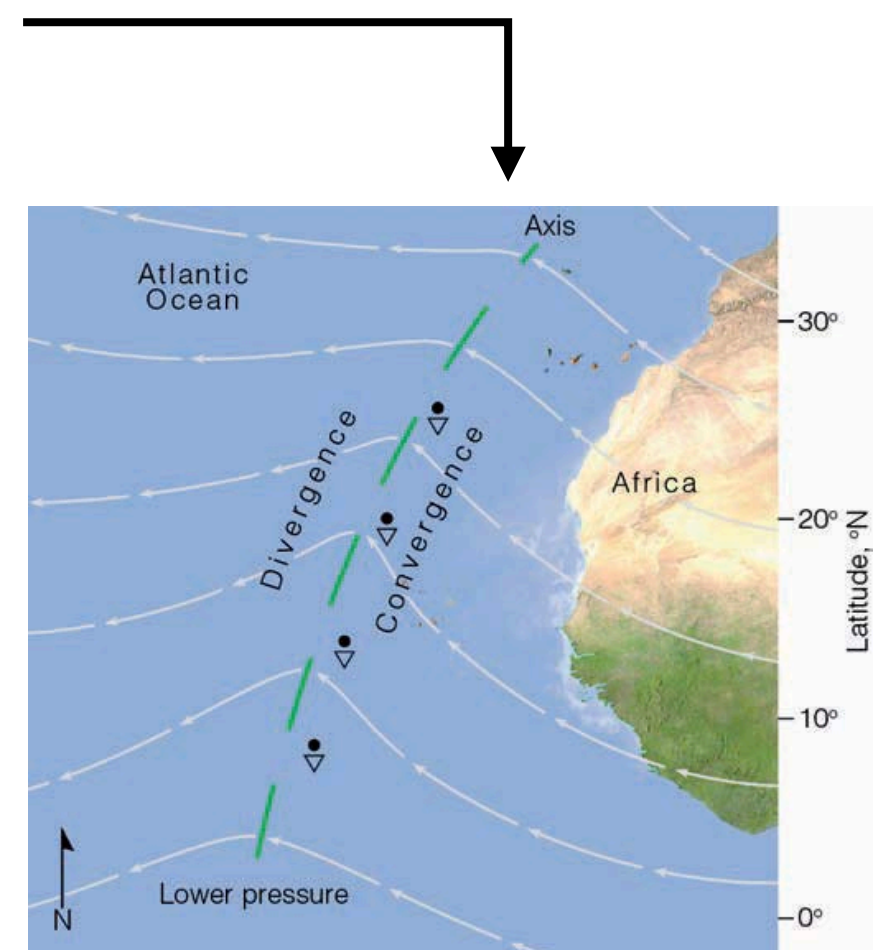


번개

- 입자들의 충돌 시 따뜻한 물체는 음이온이 되고 차가운 물체는 양이온이 됨
- 차가운 빙정들이 대체로 구름 상부에 있으므로 양극이 되고 구름 하부는 음극이 되어 전기가 방전되며 번개 발생
- 커다란 뇌우가 발생하는 지역에서 주로 관측

태풍

- 열대 지방의 강한 가열로 저위도 지역에 저기압, 고위도 지역에 고기압이 배치됨
- 무역풍을 따라 파동이 발생 (로스비파동)
- 저기압이 위치한 곳을 기압 골이라 하므로
- 저층의 수렴으로 상승운동 발생
- 적운들이 커다란 태풍으로 발달



태풍

- 태풍 생성 조건
 - 바람이 약할 때, 습도가 높을 때, 해수면 온도가 높을 때, 수렴 시 전향력으로 회전이 생길 수 있을 때
- 태풍의 발달
 - 잠열, 현열 공급 → 상승 시 잠열 방출 → 상공의 온도 상승 → 상공의 발산 → 하층의 기압하강 → 하층 공기가 중심으로 유입 → 회전반경이 줄어들며 바람이 세짐 → 마찰력 증가로 바람이 더욱 중심으로 불어들어옴 → 바람이 수증기와 열 공급 → 태풍 에너지

태풍

- 태풍의 에너지 : 잠열, 현열
 - 해수면의 온도가 높으면 잠열, 현열 상승
 - 바람이 강할수록 잠열, 현열 상승
- 공급된 에너지는 운동에너지로 전환이 되고 남은 에너지는 태풍 상층에서 복사에너지로 빠져나감
- 상층/하층 구름의 온도차이가 태풍에서 쓴 운동에너지를 나타냄
- 따뜻한 물에서 태풍의 운동에너지가 큼

태풍의 소멸

- 하강기류, 바람의 연직 변화, 수증기 공급 차단
 - 고위도 지역
 - 차가운 해수 (또는 심해수)
 - 천천히 움직일 때

열대저기압(태풍) 과 중위도 저기압 차이

	열대저기압	중위도 저기압
에너지	따뜻한 해수	비대칭 가열
중심부	따뜻한 공기	차가운공기
중심부 연직운동	하강	상승
바람	지상바람 강함	상층바람 강함