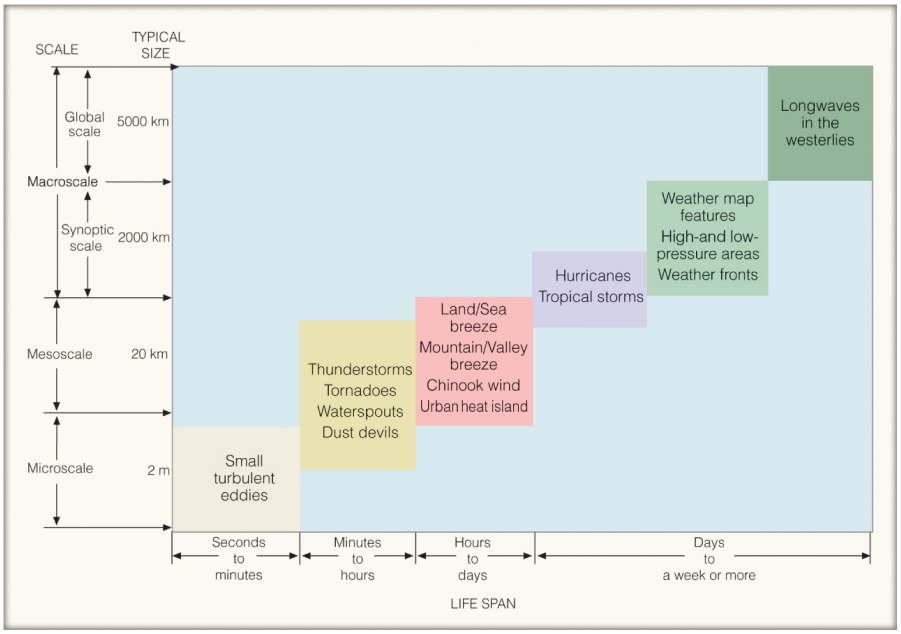
대기권의 현상 1

(열순환, 뇌우, 태풍, 저기압)

환경기후과학

대기의 운동 (순환)

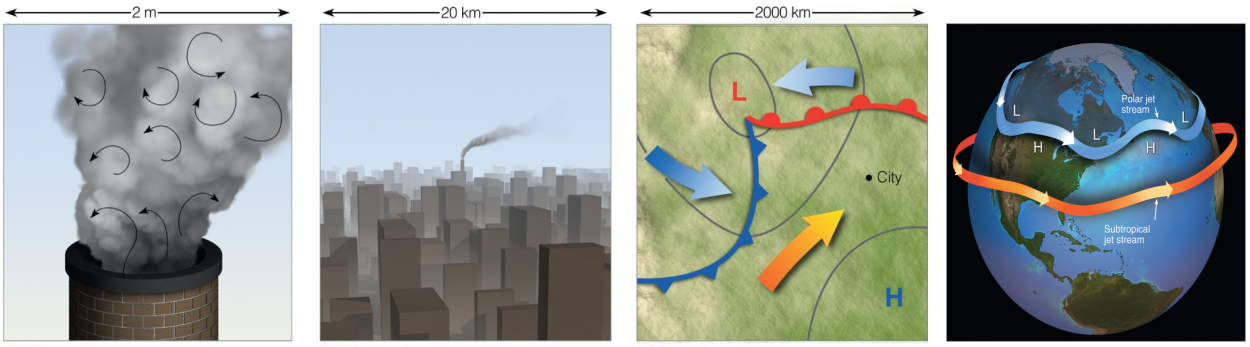
대기 운동의 규모



대기의 운동은 다양한 시공간 규모를 갖는다.
시공간 규모에 따른 구분: **미규모, 중규모, 대규모** (종관규모+지구규모)

대기의 운동 (순환)

대기 운동의 규모



(a) Microscale (b) Mesoscale (c) Synoptic scale

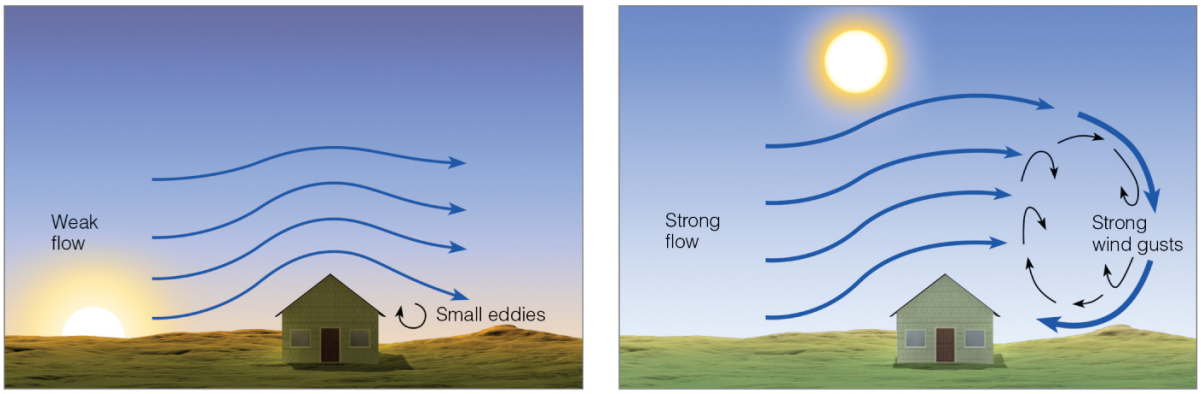
종관규모 지구규모

미규모 **중규모** **대규모**

대기의 운동은 다양한 시공간 규모를 갖는다.
시공간 규모에 따른 구분: **미규모, 중규모, 대규모** (종관규모+지구규모)

대기의 운동 (순환)

미규모 운동

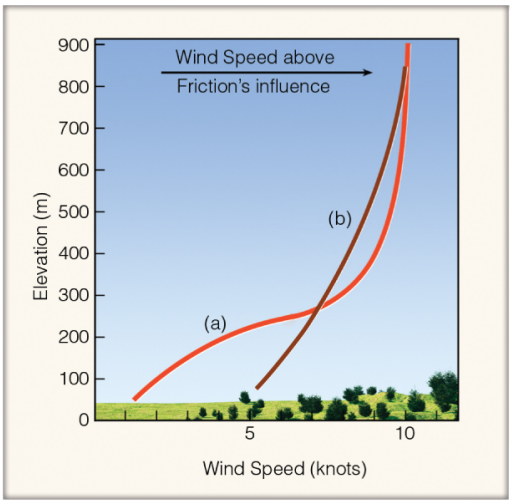


(a) Stable air (b) Unstable air

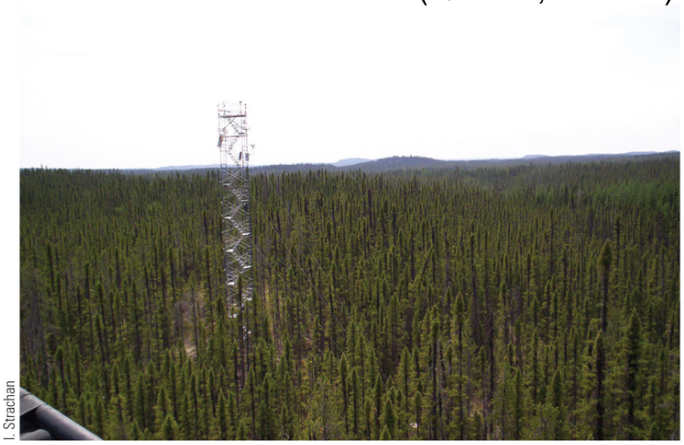
예) 건물에 의해서 생기는 소용돌이
대기의 안정도에 따라 소용돌이의 규모가 달라진다.

대기의 운동 (순환)

미규모 운동



Flux tower
(Quebec, Canada)

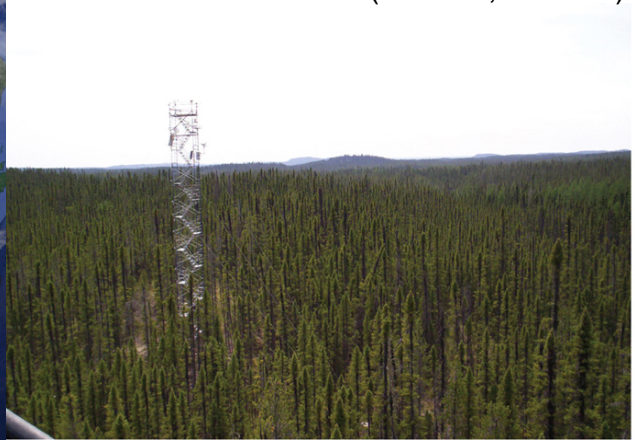


지표면의 마찰에의해서 생기는 미규모 연직운동은
지표면의 열, 운동량 (마찰), 화학물질 (수증기, 이산화탄소, 메탄)을 대기로 수송하는 중요한 역할을 한다.

대기의 운동 (순환)

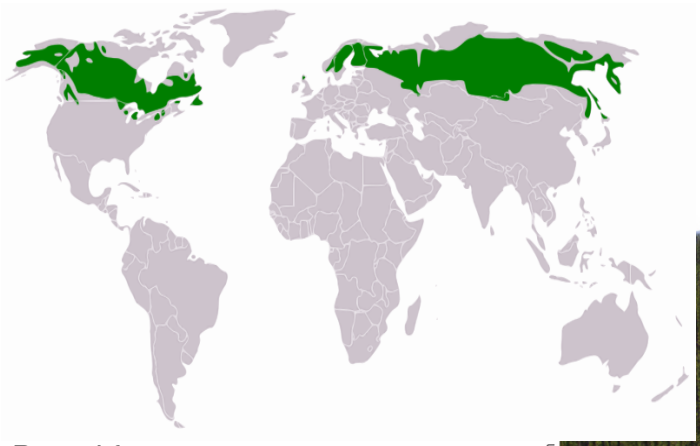
미규모 운동

Flux tower
(Quebec, Canada)



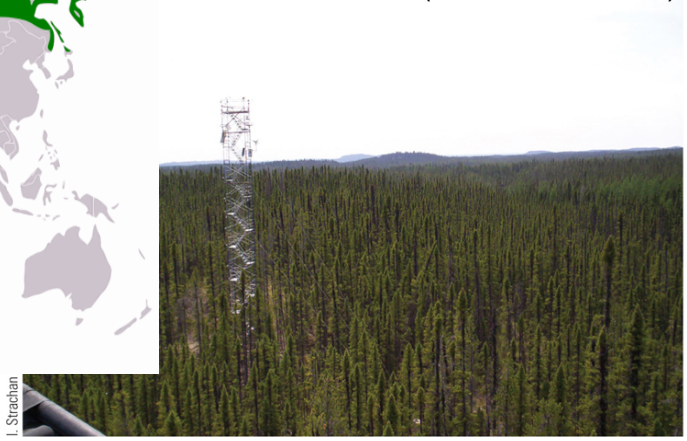
지표면의 마찰에의해서 생기는 미규모 연직운동은
지표면의 열, 운동량 (마찰), 화학물질 (수증기, 이산화탄소, 메탄)을 대기로 수송하는 중요한 역할을 한다.

대기-지표면-생물 상호작용



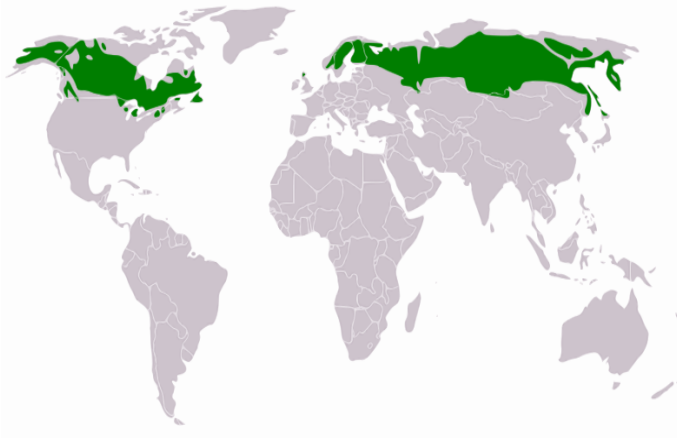
Boreal forest

Flux tower
(Quebec, Canada)

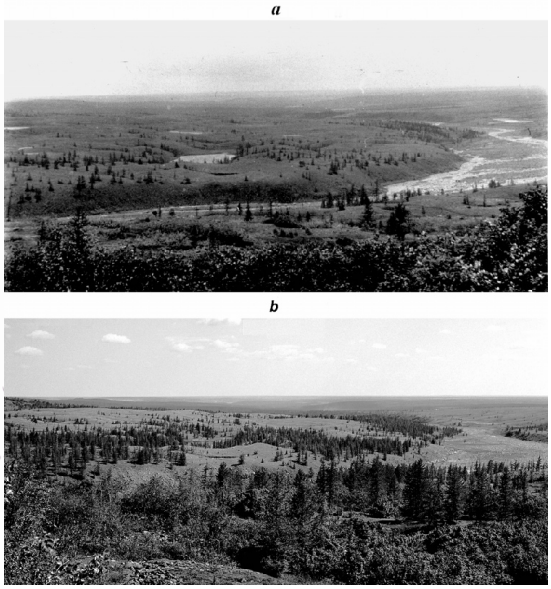


지표면의 마찰에의해서 생기는 미규모 연직운동은
지표면의 열, 운동량 (마찰), 화학물질 (수증기, 이산화탄소, 메탄)을 대기로 수송하는 중요한 역할을 한다.

대기-지표면-생물 상호작용



Boreal forest



(from science news)

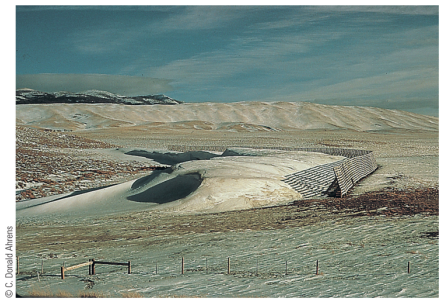
지구온난화에의한 Boreal forest 의 변화

(a) 1942 년에 촬영한 Siberian Ural 지역 사진, 툰드라가 주를 이룬다.

(b) 2004 년 같은 지역의 사진, 빽빽한 관목으로 이루어진 숲이 보인다.

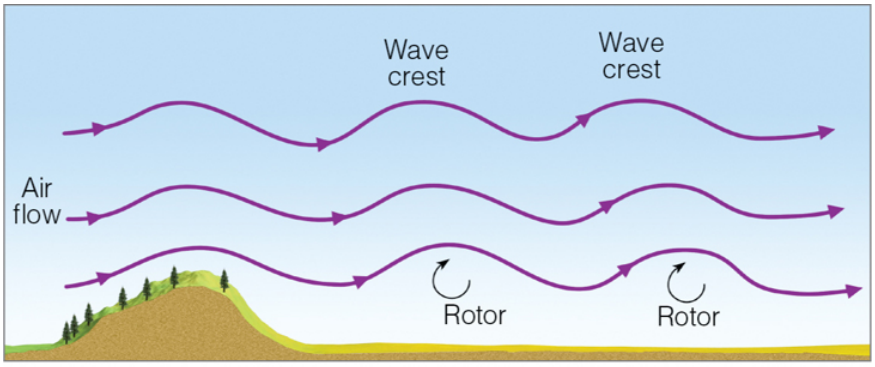
대기의 운동 (순환)

미규모 운동



대기의 운동 (순환)

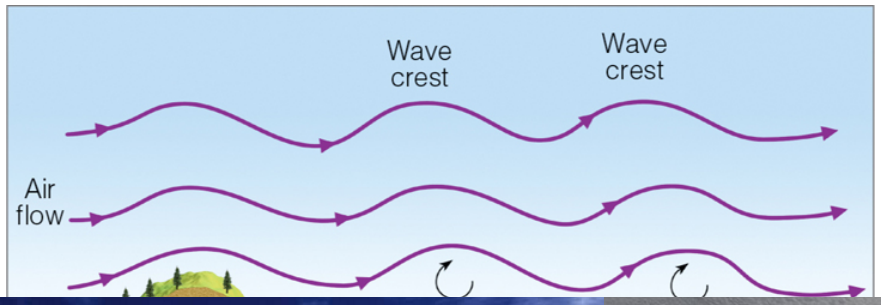
미규모 운동

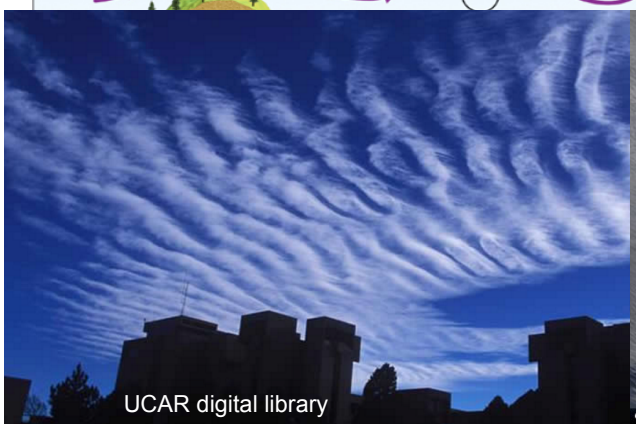


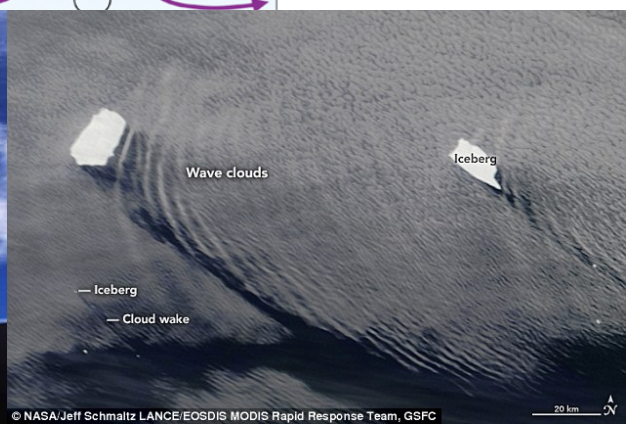
풍하층 산악파 (lee wave) 와 두루마리 맴돌이 (rotor)

대기의 운동 (순환)

미규모 운동

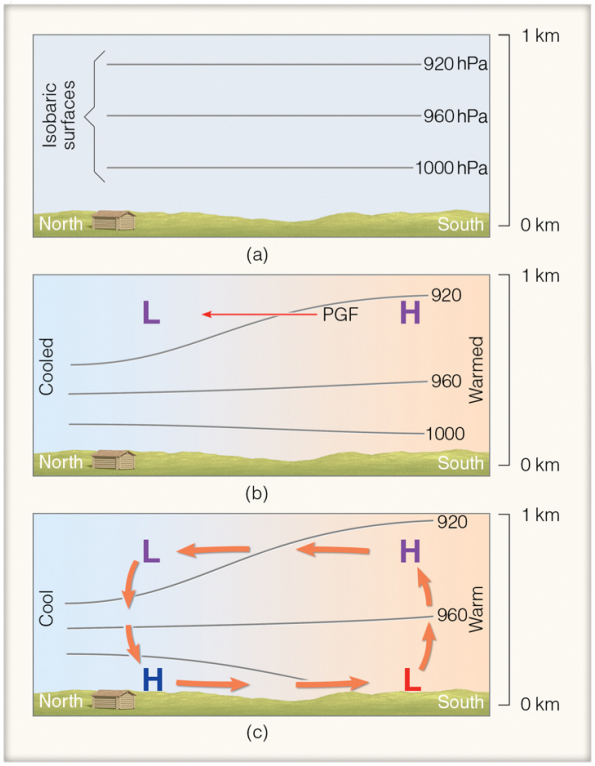






대기의 운동 (순환)

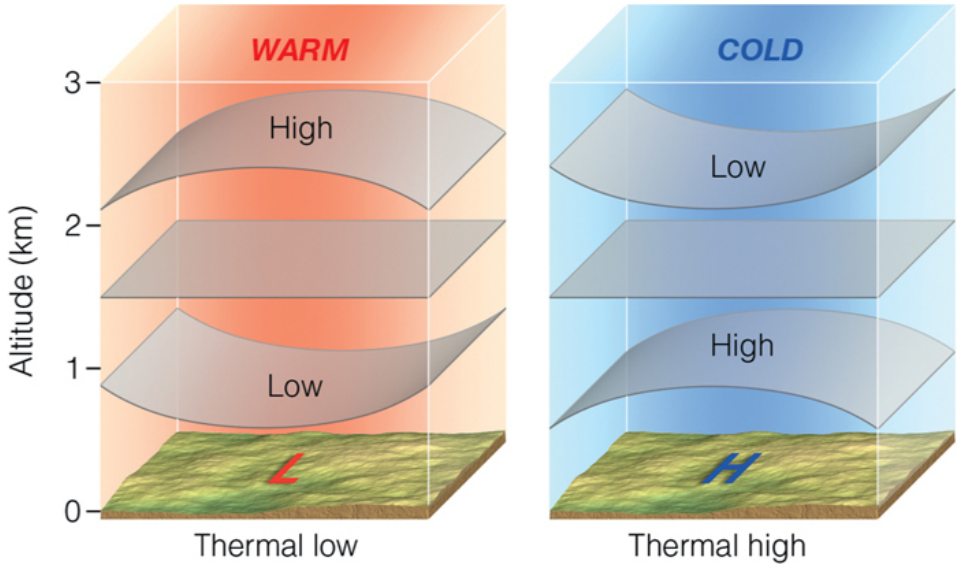
* 열순환 (thermal circulation)



차가운 공기는 수축하고,
뜨거운 공기는 팽창하기 때문에
b) 차가운 공기 위에는 저기압이
뜨거운 공기 위에는 고기압이 형성
c) 그림과 같은 순환이 형성되고
순환에 의해서 지상에는 상층과 반대
의 기압패턴이 형성된다.

대기의 운동 (순환)

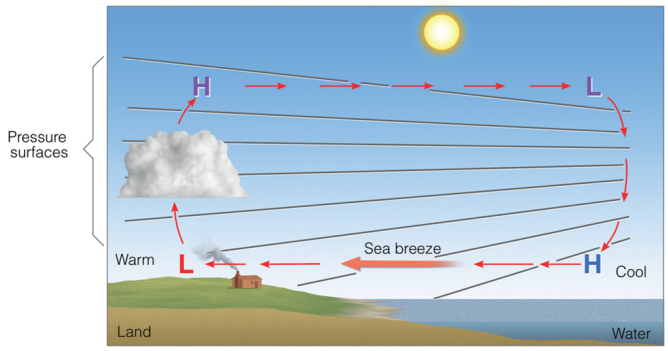
* 열순환 (thermal circulation)



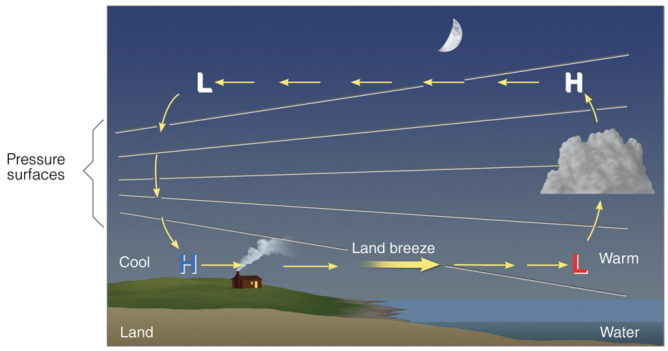
● FIGURE 9.13 The vertical distribution of pressure with thermal (cold) highs and thermal (warm) lows.

대기의 운동 (순환)

중규모 운동 - 해풍과 육풍



(a) Sea breeze



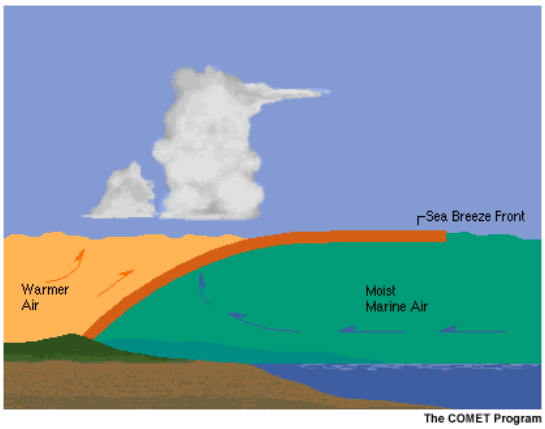
(b) Land breeze

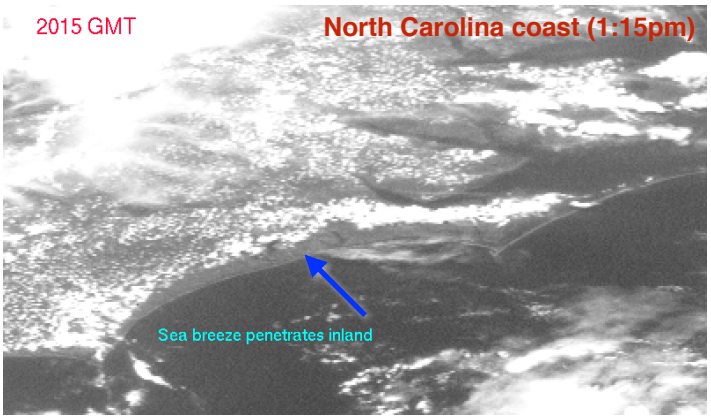
지표면은 해양에 비해 비열이 낮기 때문에 복사에 민감하게 반응한다 (낮에는 빠르게 가열되고, 밤에는 빠르게 식는다)

따라서 낮에는 상대적으로 차가운 해수면 근처에 고기압이 형성되어 해양으로부터 육지로 바람이 불고 (해풍), 밤에는 반대로 지표면위에 고기압이 형성되어 바람이 육지로 부터 해양으로 분다 (육풍).

대기의 운동 (순환)

중규모 운동 - 해풍과 육풍



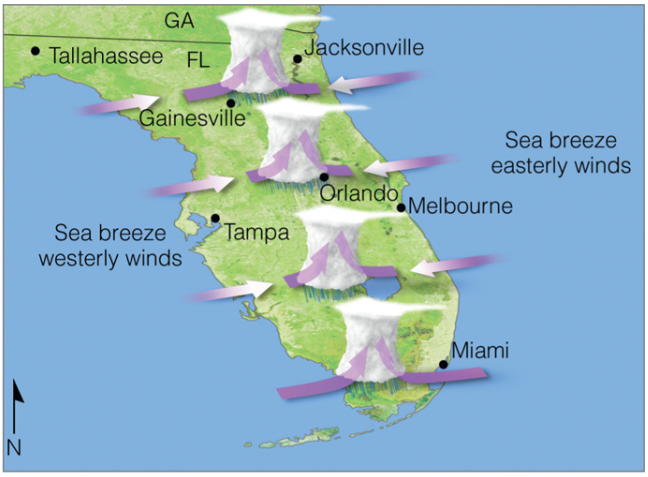


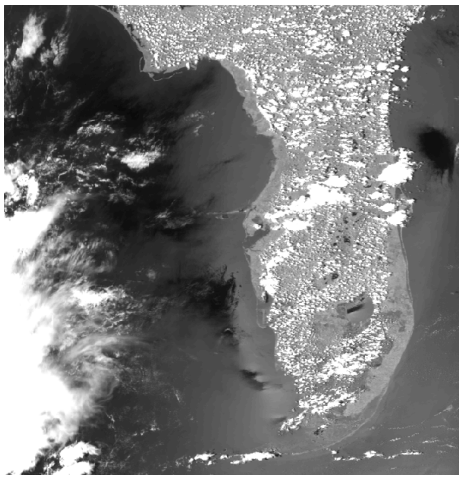
Sea breeze front

(from ssec.wisc.edu)

대기의 운동 (순환)

중규모 운동 - 해풍과 육풍

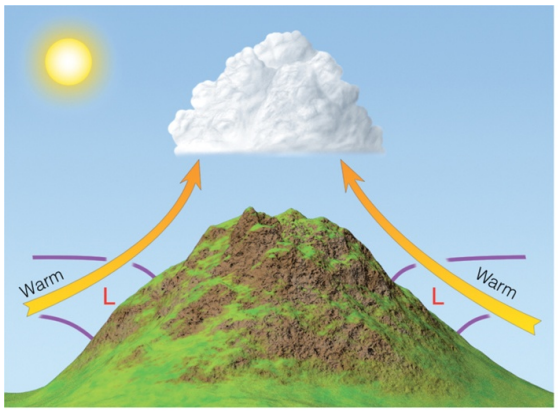




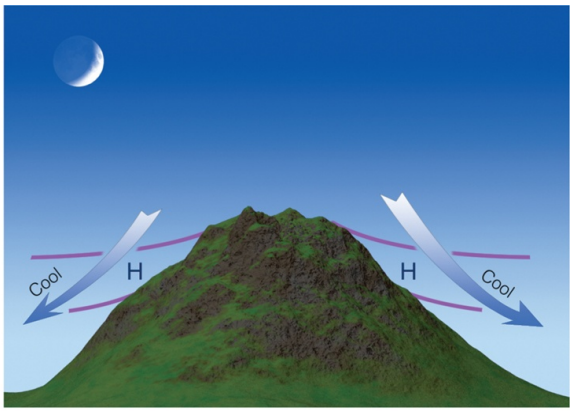
(from ssec.wisc.edu)

대기의 운동 (순환)

중규모 운동 - 산바람 골바람



Valley breeze



Mountain breeze

낮에는 계곡의 벽이 쉽게 가열되어 계곡을 따라 상승하는 바람이 (골바람), 밤에는 계곡의 벽이 냉각되어 밀도가 큰 공기가 산비탈을 따라 내려오는 바람 (산바람) 이 형성

대기의 운동 (순환)

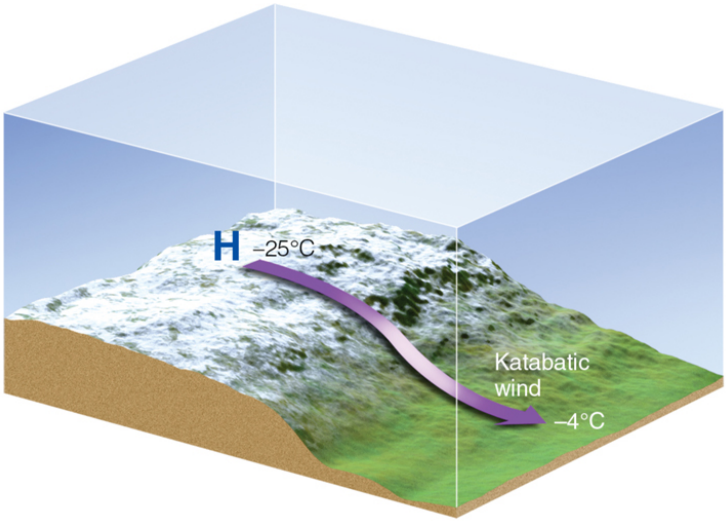
중규모 운동 - 산바람 골바람

대기의 운동 (순환)

중규모 운동 - 산바람 골바람

대기의 운동 (순환)

Katabatic wind

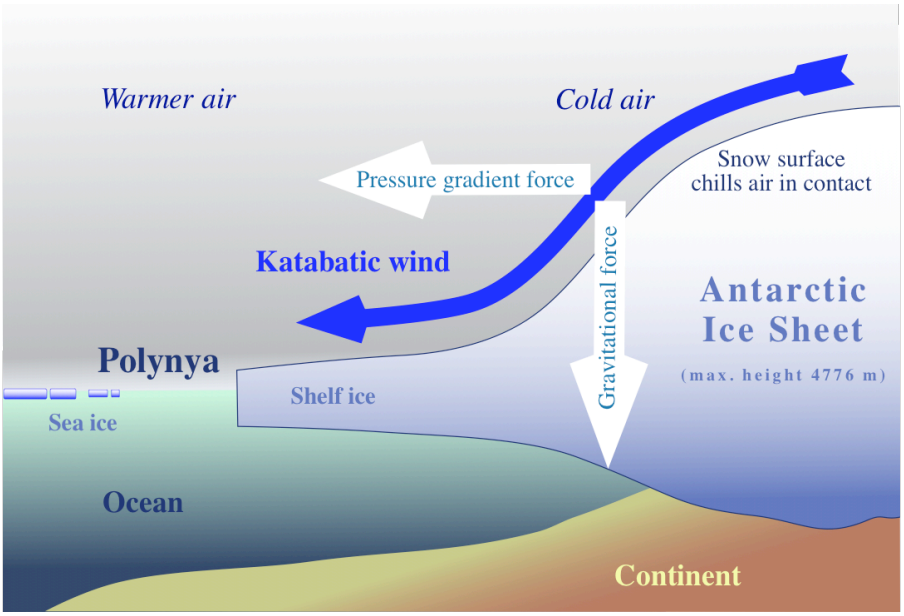


● FIGURE 9.21 Strong katabatic winds can form where cold winds rush downhill from an elevated plateau covered with snow.

https://www.youtube.com/watch?v=Mhxj2fL8ZhE

대기의 운동 (순환)

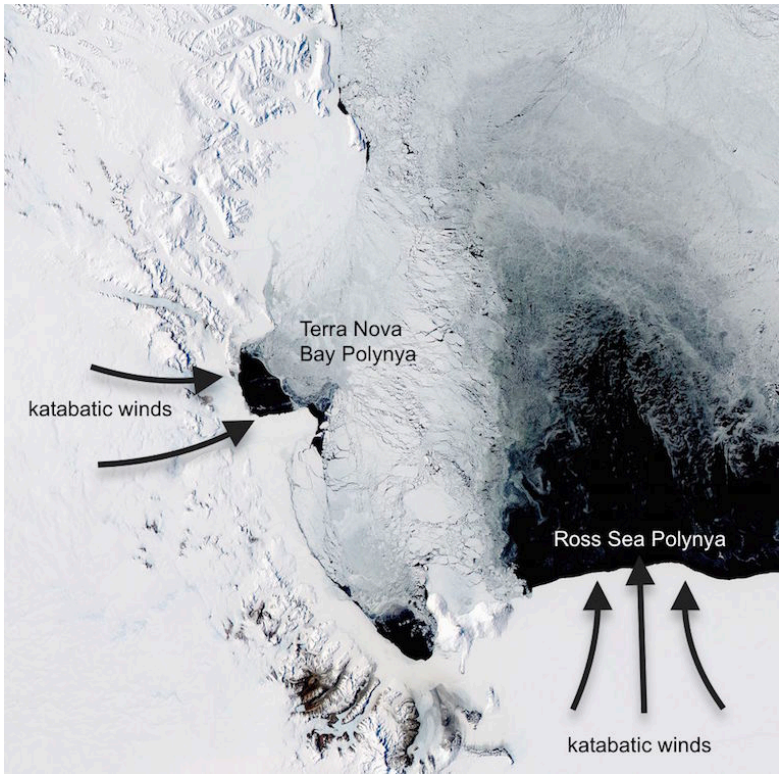
Katabatic wind (하강풍, 밀도류)



(from wikipedia)

대기의 운동 (순환)

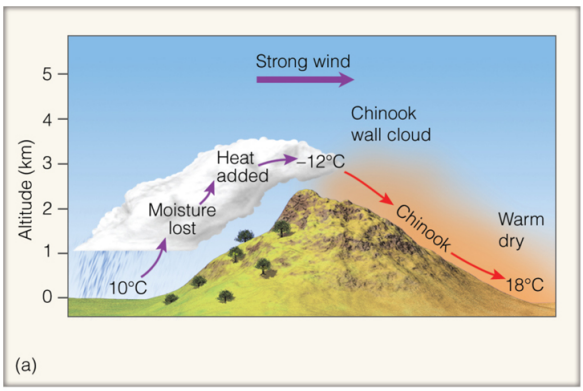
Katabatic wind (하강풍, 밀도류)

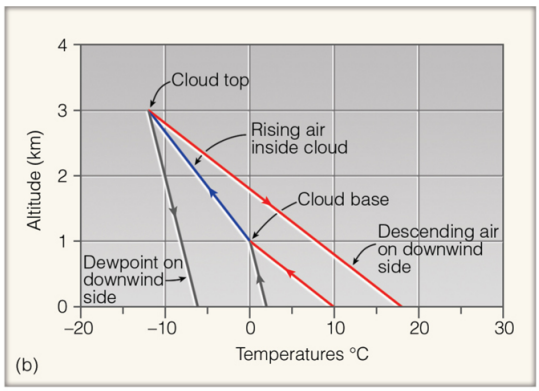


(from EGU)

대기의 운동 (순환)

지형에 의한 현상 - 높새바람



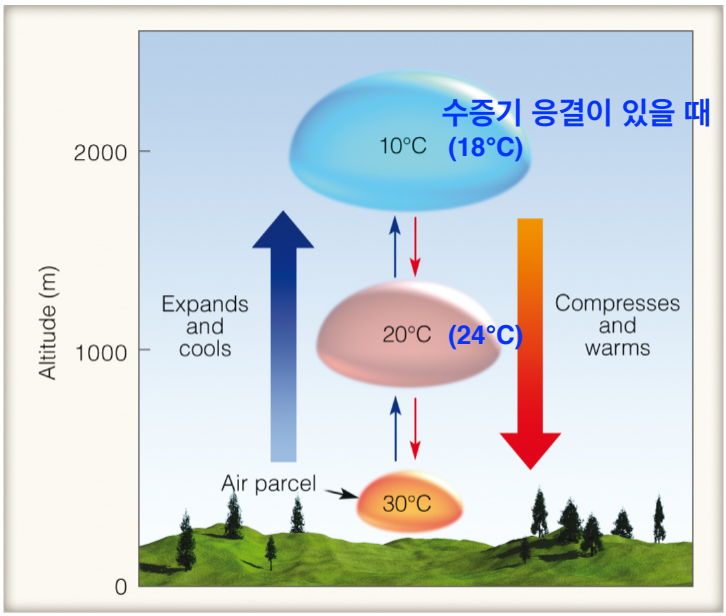


지형에 의해 강제로 공기가 상승, 수증기 응결 ➔ 습윤기온감률로 온도 하강

정상을 지난 후 하강 ➔ 건조기온 감률로 온도 상승

높은산이 있을때 풍하측에서 건조하고 따뜻한 지역이 형성

Chinook(북미 Rocky 산맥), foehn (Europe), zonda (Argentina)

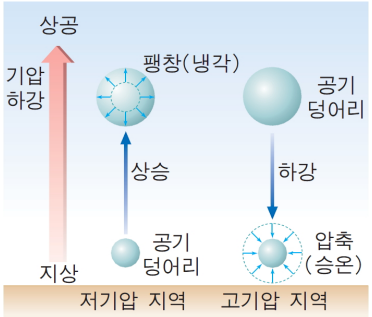


● FIGURE 6.2 The dry adiabatic lapse rate. As long as the air parcel remains unsaturated, it expands and cools by 10°C per kilometre; the sinking parcel compresses and warms by 10°C per kilometre.

단열냉각

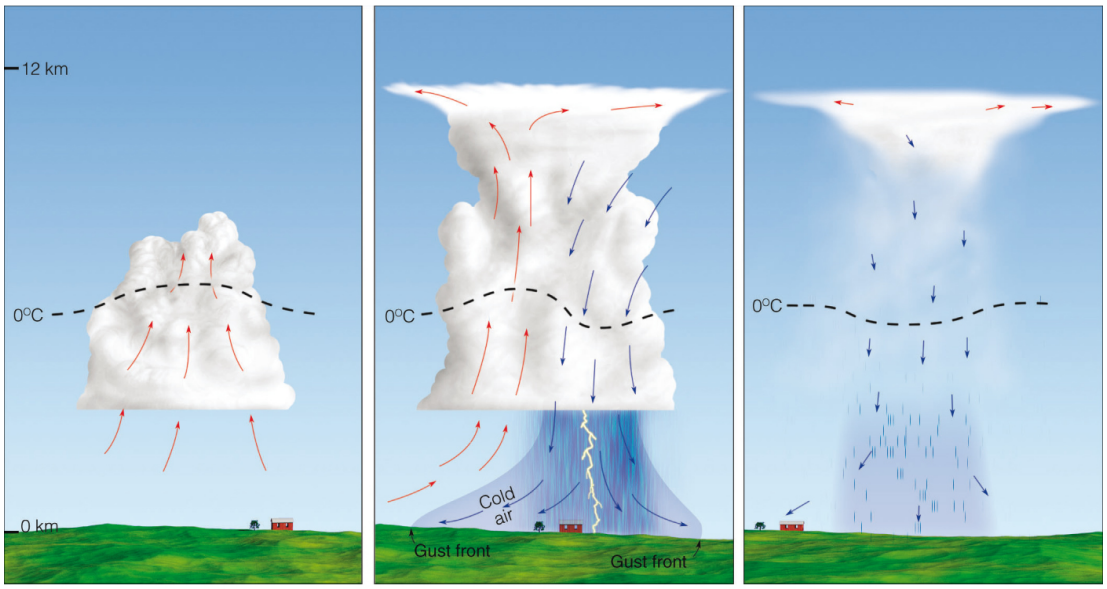
지구대기의 공기는 **1 km 상승할 때 약 10°C 정도씩 냉각**된다 (건조기온감률).

수증기가 응결하여 잠열 방출을 방출하기 시작하면 냉각효과가 완화되어 온도가 **1 km 마다 약 6°C 정도 감소**한다 (습윤기온감률).



대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)



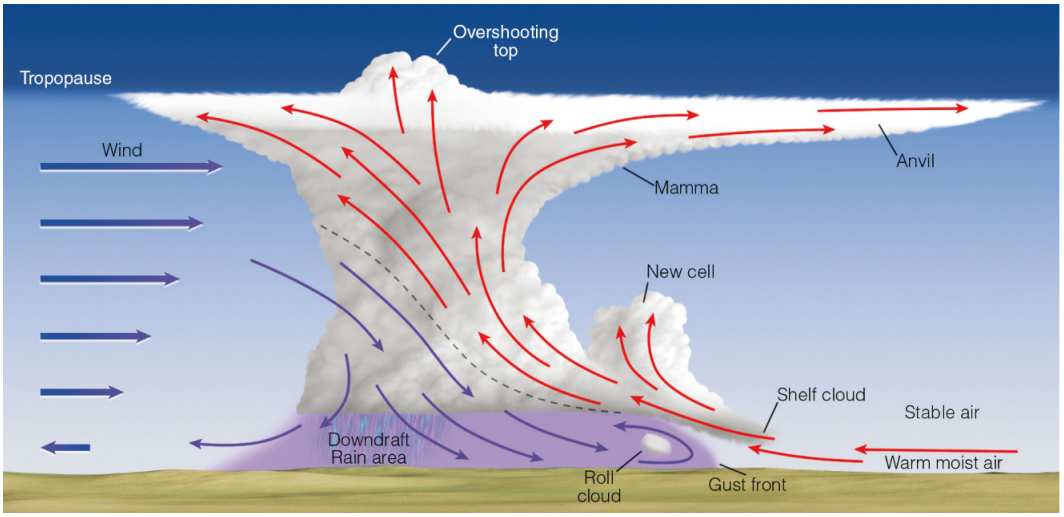
(a) Cumulus (b) Mature (c) Dissipating

대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)

대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)

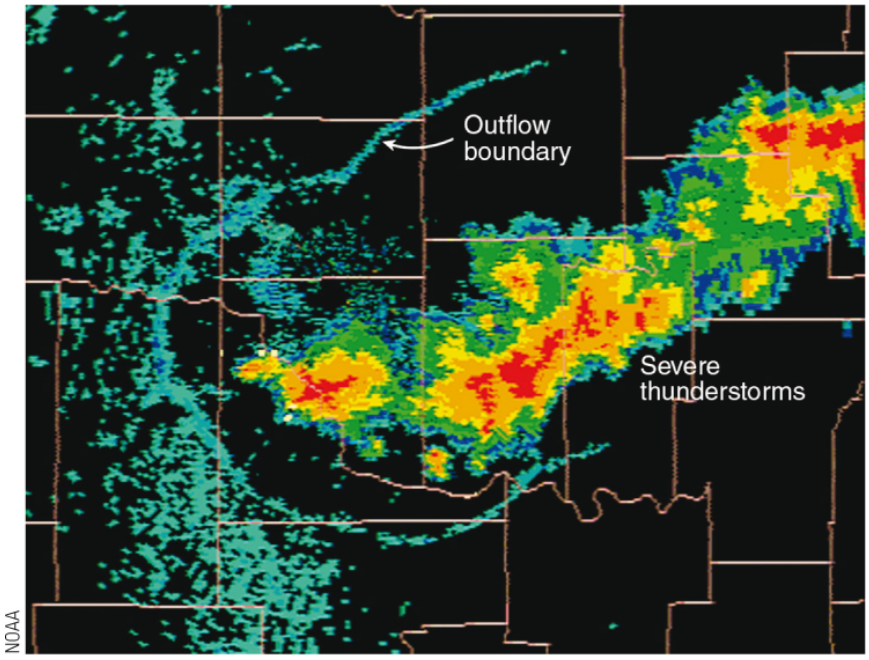


연직방향의 풍속시어에 의해 뇌우 내부의 순환은 상승기류가 하강기류로 위로 기울어져 올라가는 구조를 갖는다.

하강한 차가운 공기는 돌풍전선(gust front)과 새로운 뇌우의 성장을 돕는다.

대기의 현상

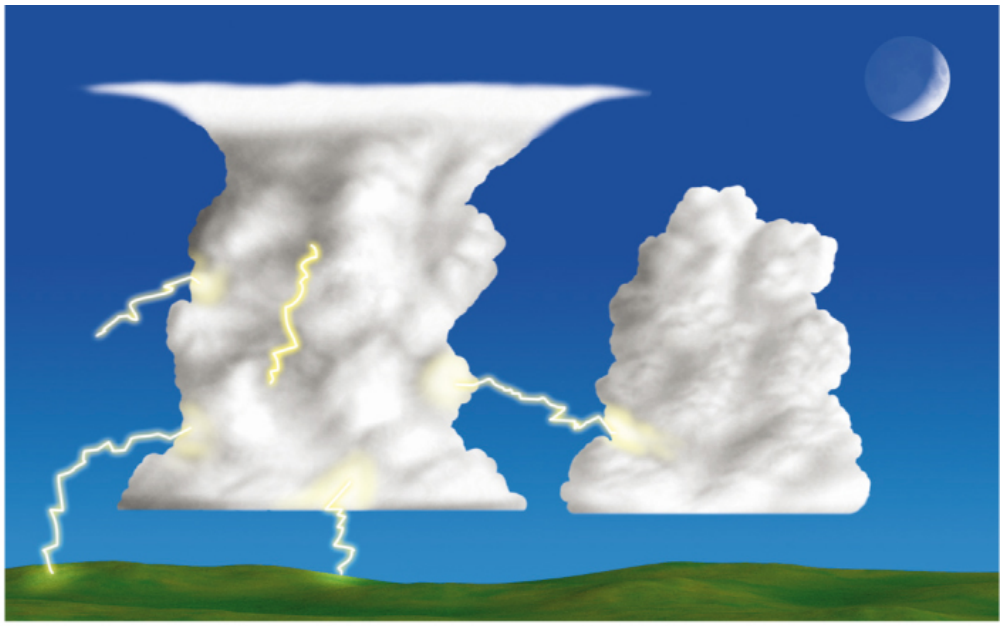
미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)



레이다 영상에 잡힌 돌풍전선(gust front)의 유출 경계

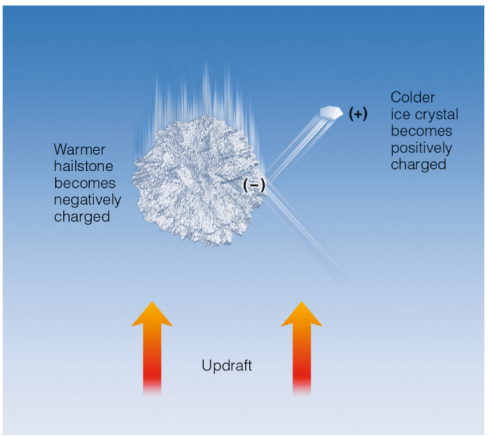
대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)



대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)

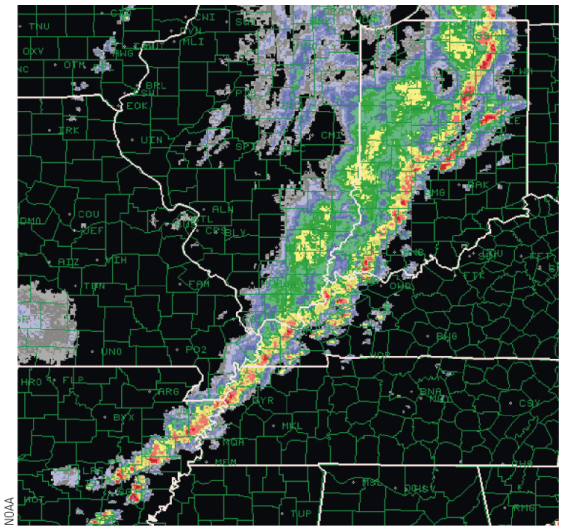


크기가 크고 상대적으로 따뜻한 우박은 빙정과 충돌후 음극으로 (-) 대전, 빙정은 양극 (+)으로 대전

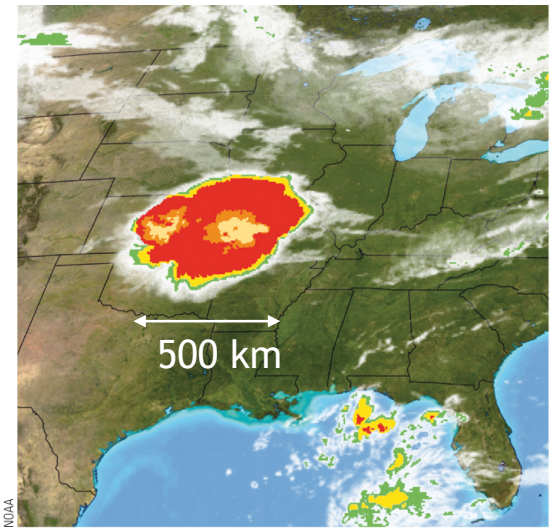
낙하속도에 따라 연직으로 대전 ➔

대기의 현상

중규모 현상 - 전선, 대류복합체



전선



중규모 대류 복합체
(mesoscale convective complex)

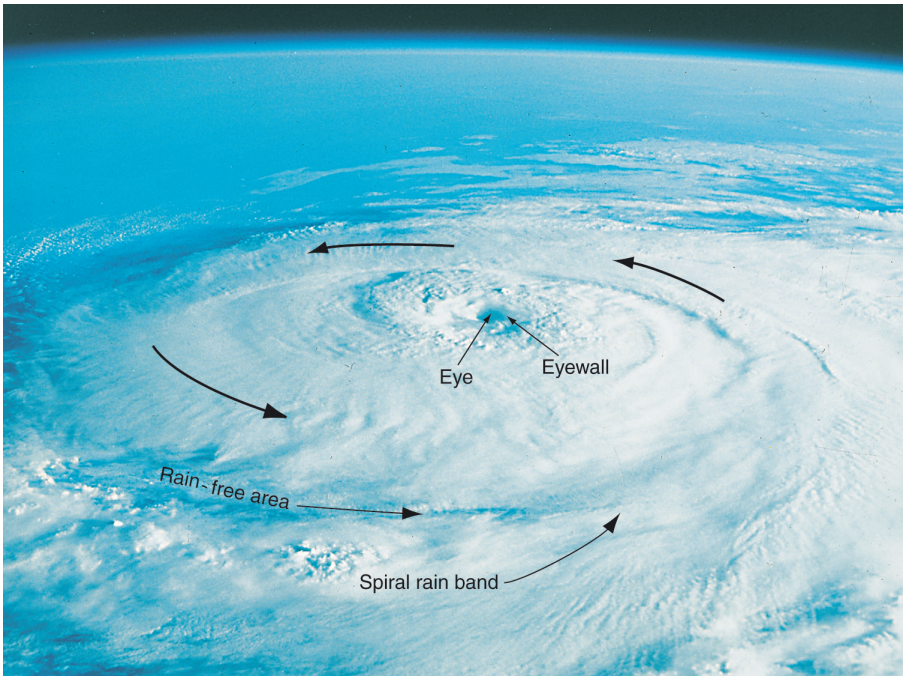
대기의 현상

미규모, 중규모 현상 - 뇌우 (thunderstorm)

https://www.youtube.com/watch?v=knO1eCtSaJw

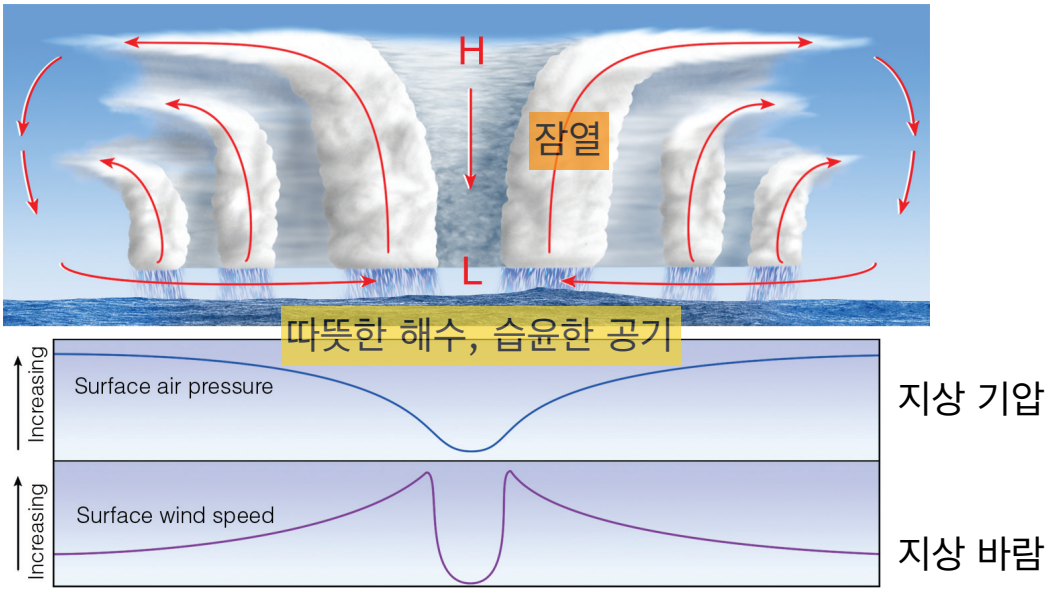
대기-해양 상호작용

태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)



대기-해양 상호작용

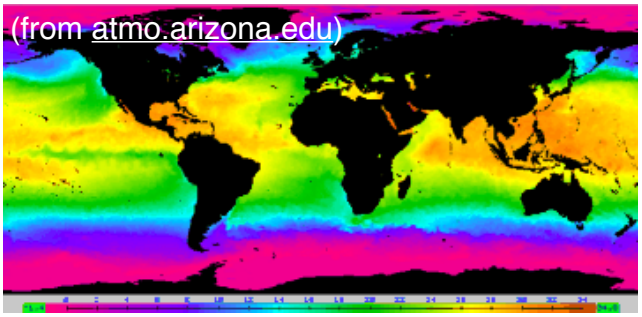
태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)

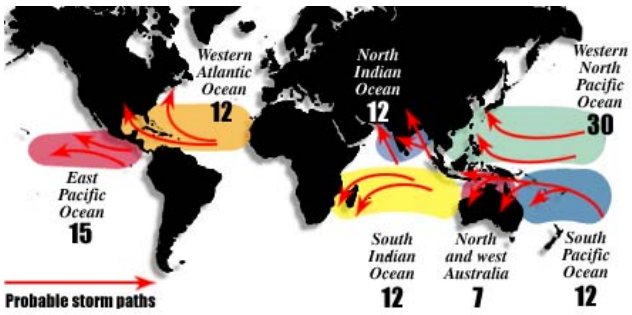


- 해양에서 증발되는 수증기는 대기에서 응결하며 열에너지를 방출하고, 방출된 열에너지는 운동 에너지로 바뀌어 대기가 움직이는 원동력이 된다.
- 태풍은 저위도 지역의 열을 고위도 지역으로 짧은 기간에 전달하는 역할을 한다

대기-해양 상호작용

태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)





해수면이 따뜻한 열대 해양에서연간 100 개 정도의 열대폭풍이 발생

일부가 태풍으로 성장

대기-해양 상호작용

태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)

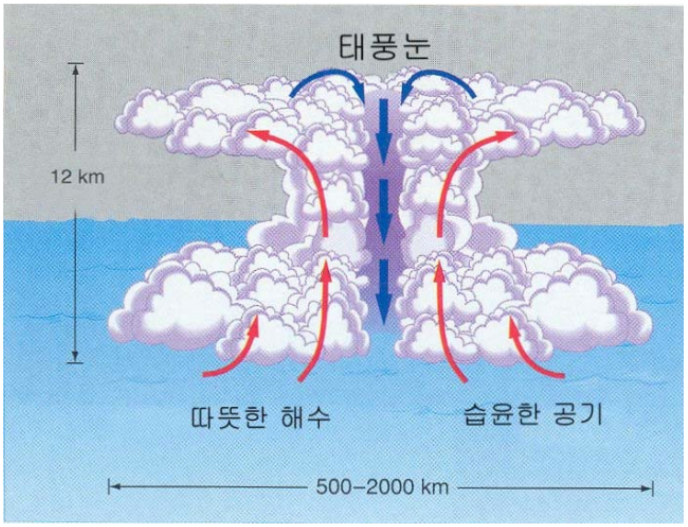


그림 9. 태풍의 구조. 따뜻한 해수로부터 열을 받아 형성된다.

태풍은 저위도지역의 남는 열을 고위도 지역으로 짧은 기간에 균등하게 배분

증발되는 수증기는 대기 상공에서 다시 물방울로 응결되면서 해양에서 얻었던 열에너지를 대기에 방출

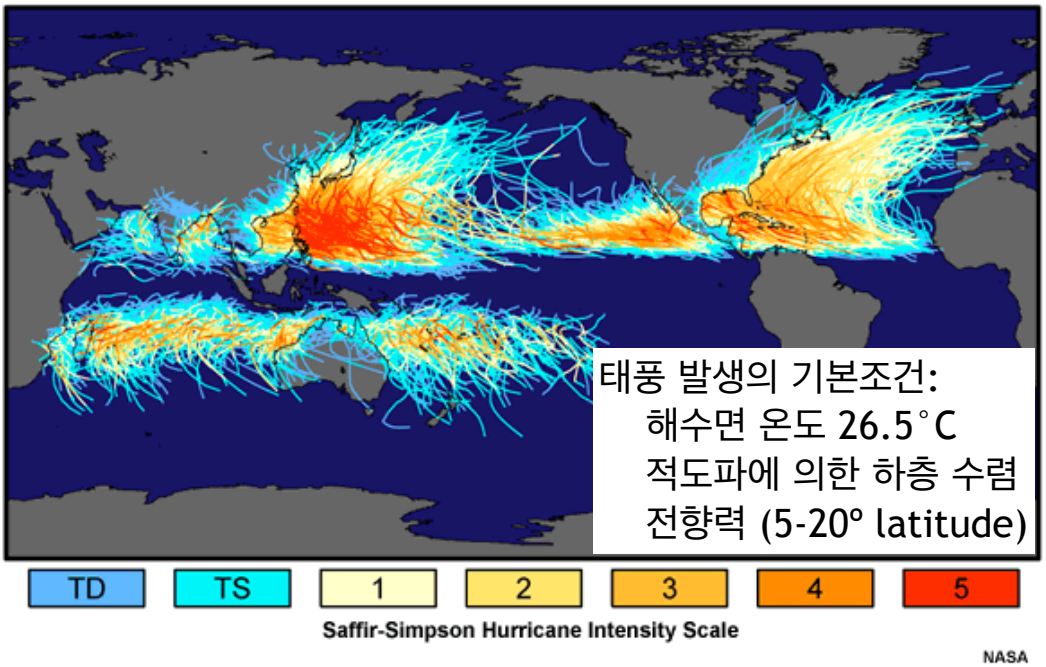
방출된 열에너지는 운동 에너지로 바뀌어 대기가 움직이는 원동력이 된다

(출처: 물리학과 첨단기술, 조양기 2004)

대기-해양 상호작용

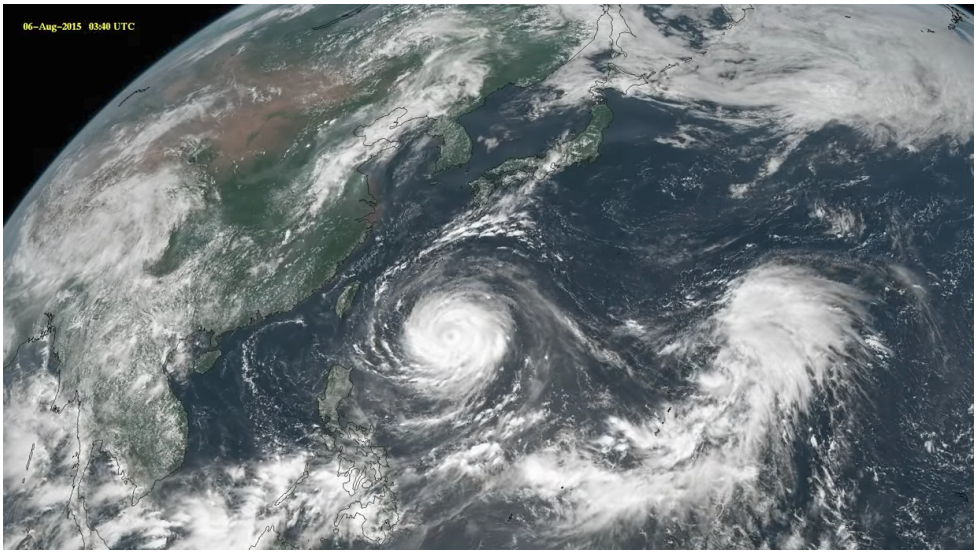
태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)

Tracks and Intensity of Tropical Cyclones, 1851-2006



대기-해양 상호작용

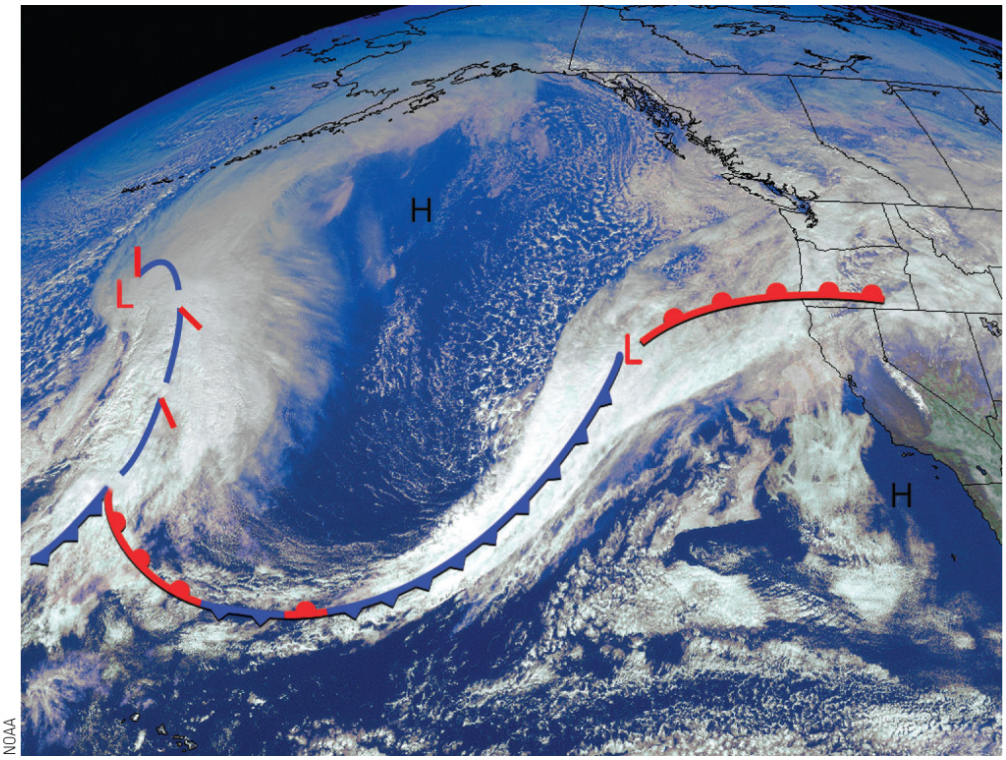
태풍 (typhoon, hurricane, cyclone)



https://www.youtube.com/watch?v=ccHBd4KhmhM

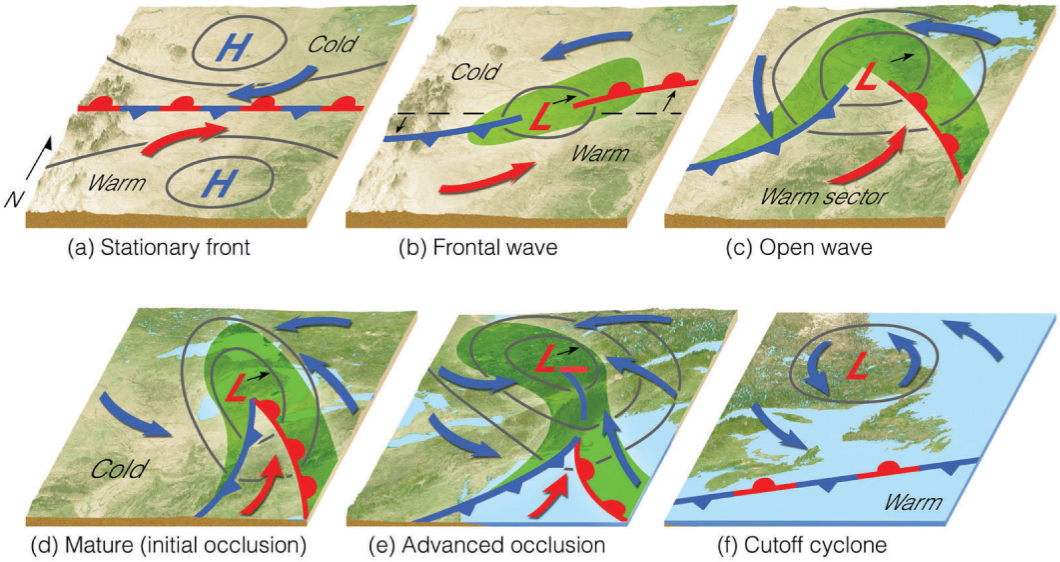
대기의 현상

종관규모 현상 - 중위도 저기압



대기의 현상

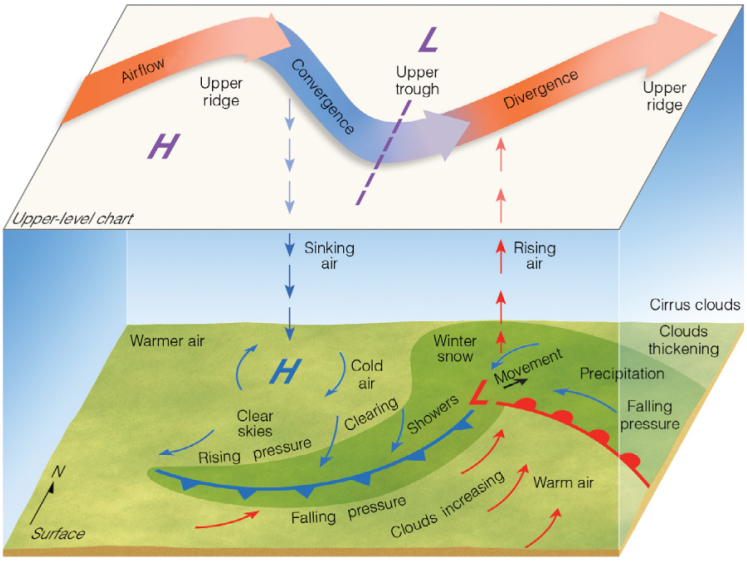
종관규모 현상 - 중위도 저기압



중위도 저기압의 발달 단계 (Polar front theory)

대기의 현상

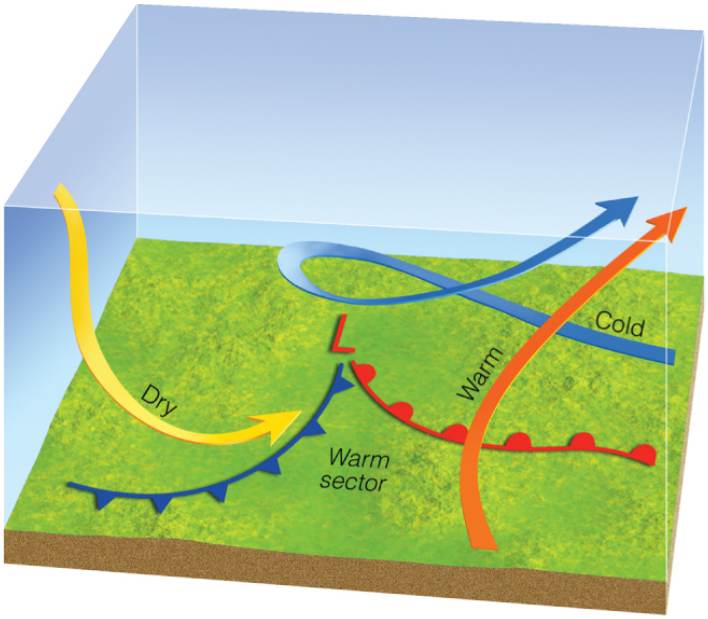
종관규모 현상 - 중위도 저기압



남북방향 온도경도에 기인한
잠재에너지가 운동에너지로 전환
저기압이 성장 (경압 불안정)

대기의 현상

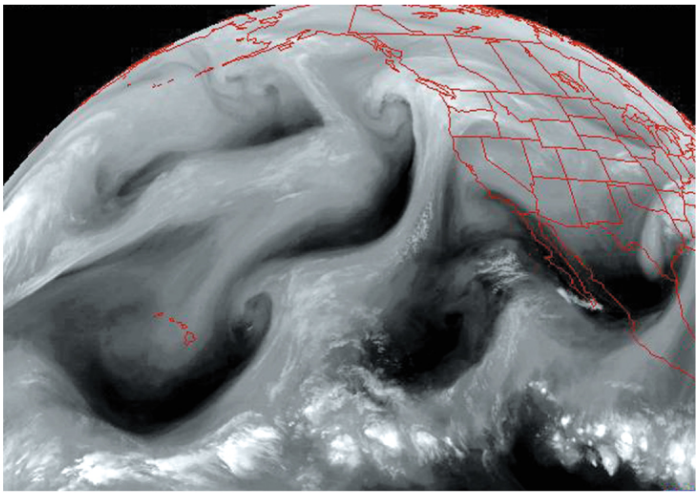
종관규모 현상 - 중위도 저기압



중위도 저기압과 관련된
공기의 순환 구조

대기의 현상

종관규모 현상 - 중위도 저기압

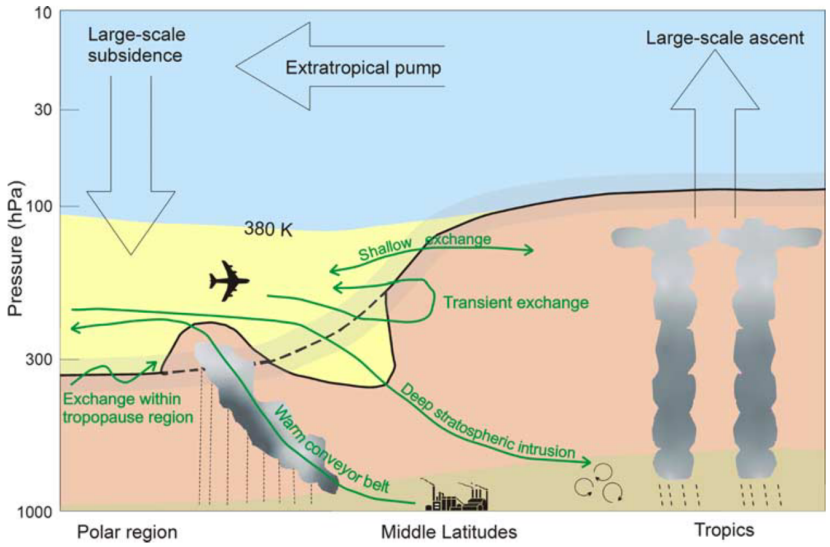


● FIGURE 12.25 This infrared water vapour image shows regions of maximum vorticity as cyclonic swirls of moisture off the coast of British Columbia and Washington State and out over the Pacific. The stretched-out band of clouds toward the bottom of the picture is the intertropical convergence zone.

중위도 저기압과 관련된
공기의 순환 구조

대기의 현상

종관규모 현상 - 중위도 저기압

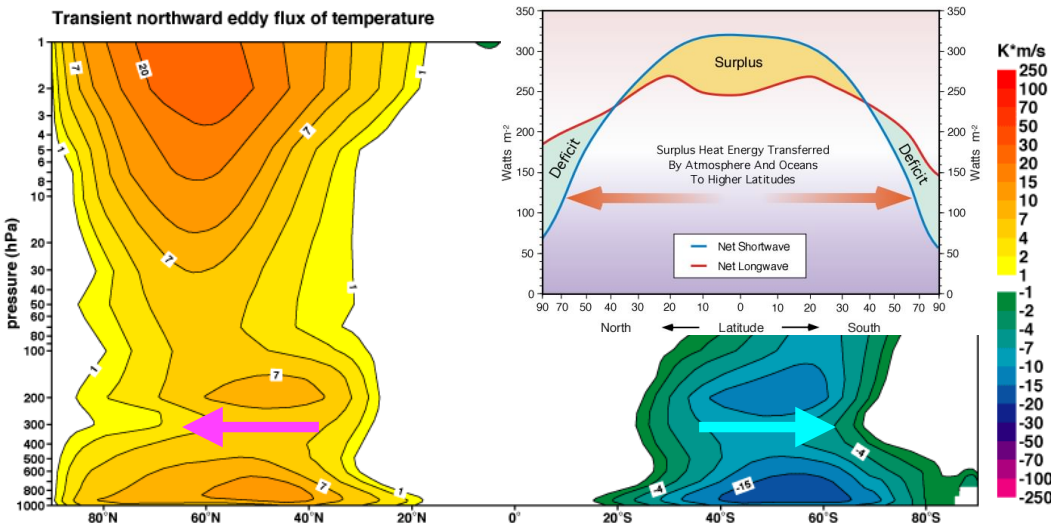


저기압에 의한 대기중의 수송은 전지구 물질 수송에 중요한 역할을 함 (녹색선)

(Stohl et al. 2003)

대기의 현상

종관규모 현상 - 중위도 저기압

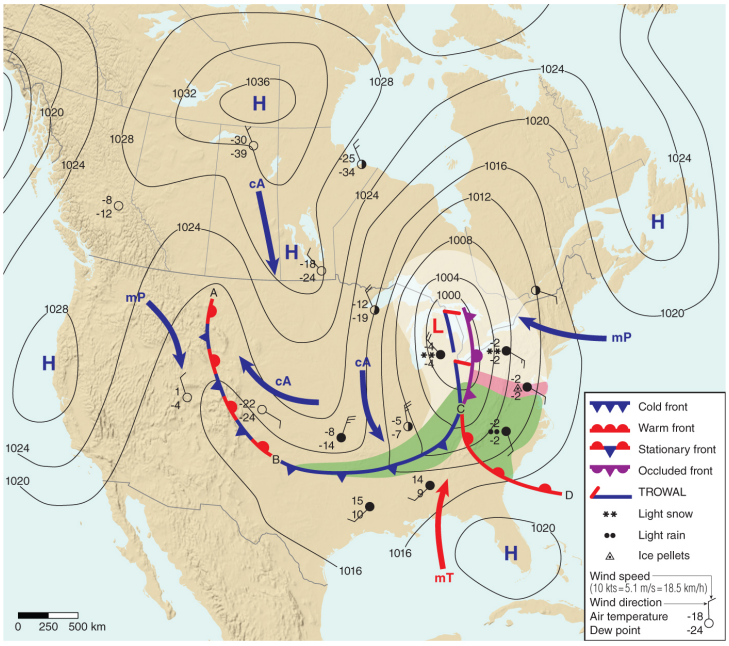


(ERA40 Atlas)

저기압에의한 열 수송 (대류권)

대기의 현상

중위도 저기압 : 전선

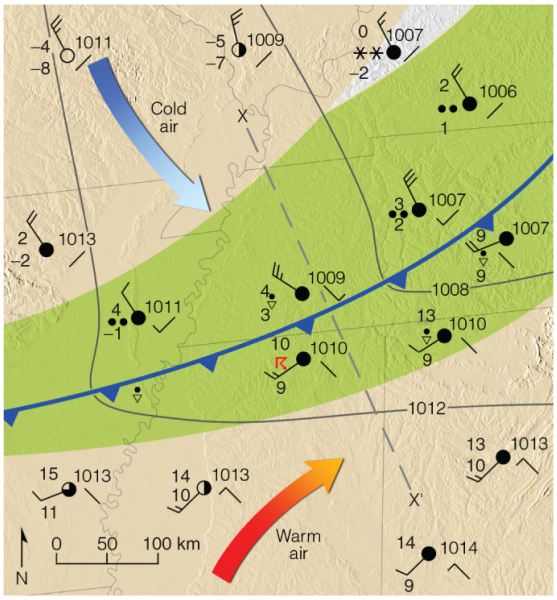


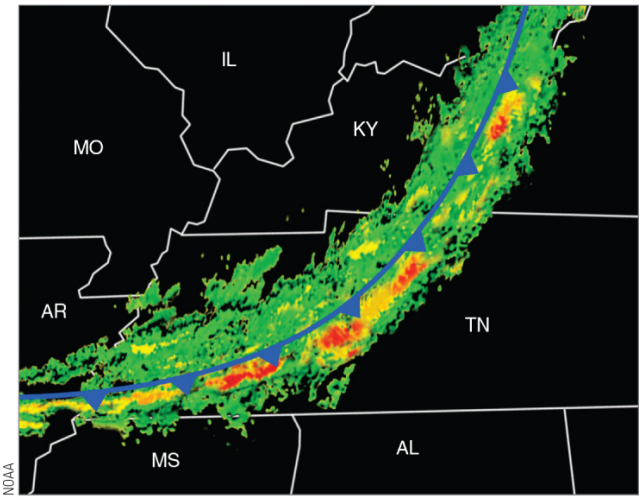
중위도 저기압과 관련된 전선의 구조

온난전선 (붉은색)
한랭전선 (푸른색)
폐색전선 (보라색)

대기의 현상

중위도 저기압 : 전선

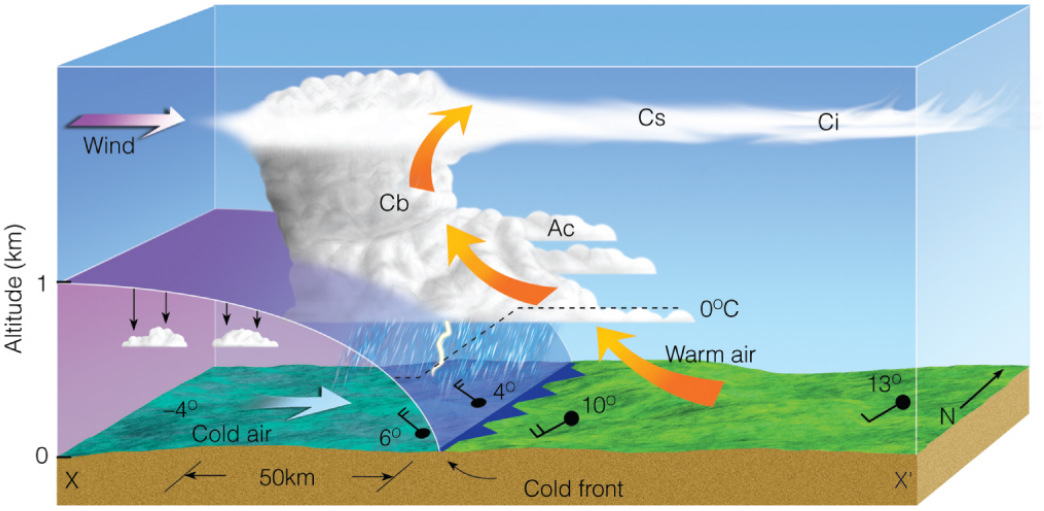




전선 주위의 온도, 바람, 강수

대기의 현상

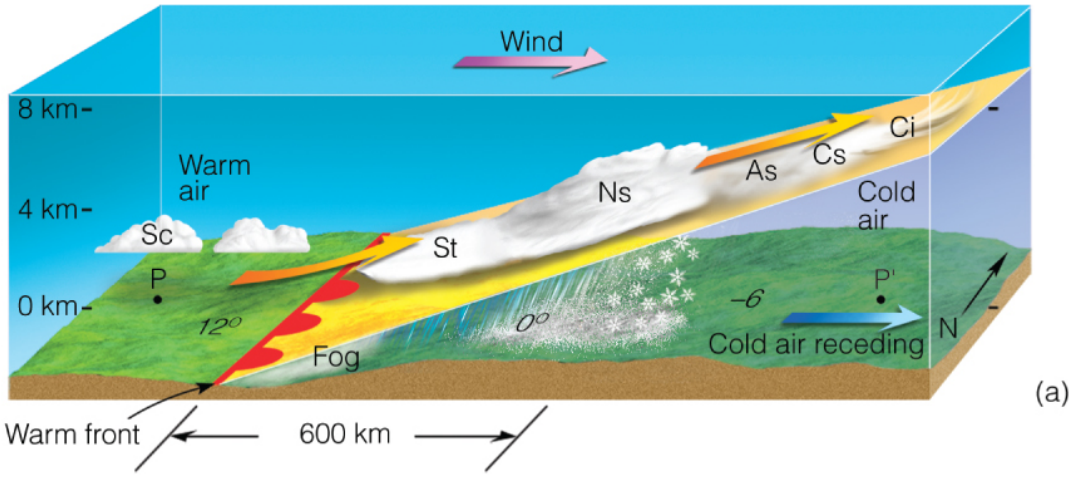
중위도 저기압 : 전선



한랭전선 주변의 현상

대기의 현상

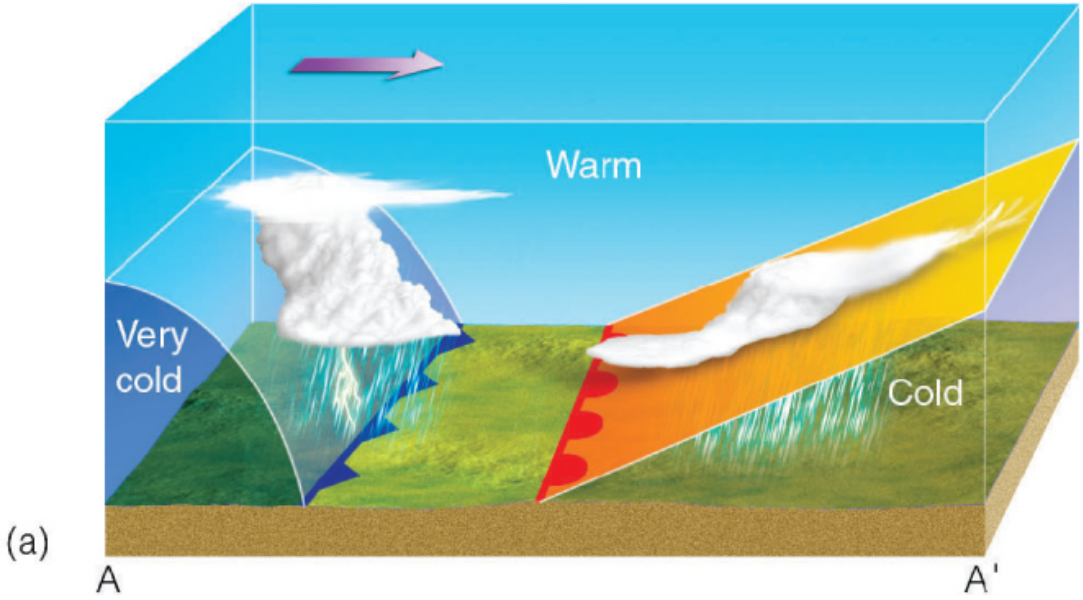
중위도 저기압 : 전선



온난전선 주변의 현상

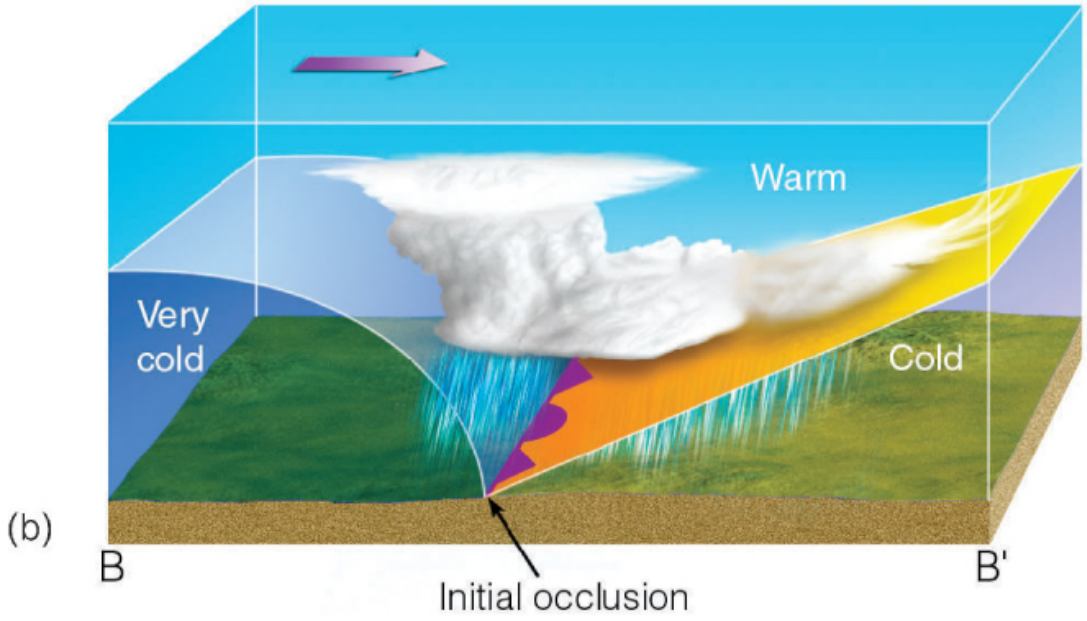
대기의 현상

중위도 저기압 : 전선



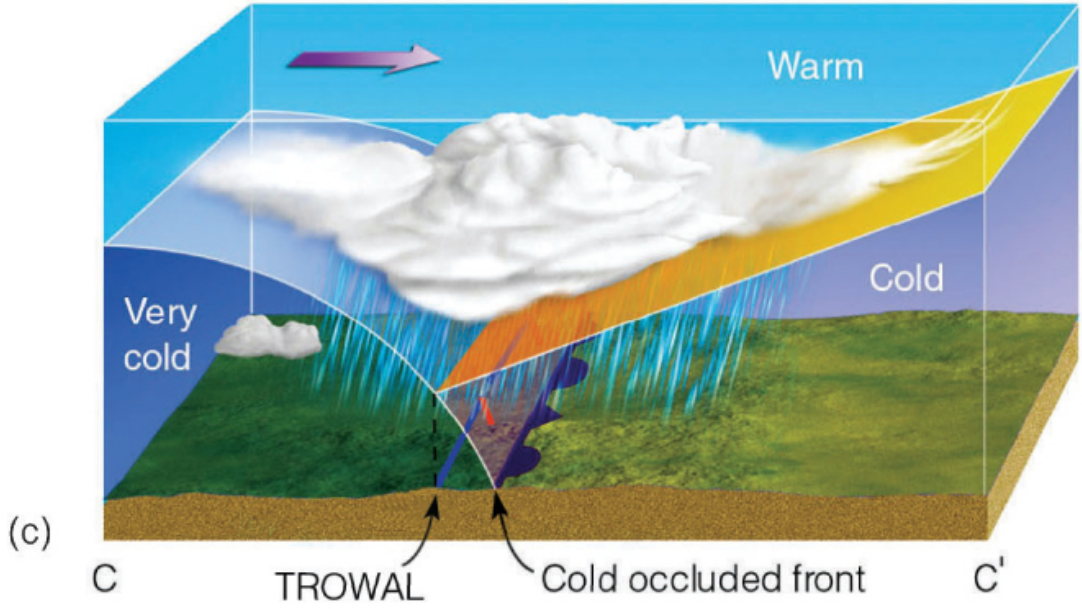
대기의 현상

중위도 저기압 : 전선



대기의 현상

중위도 저기압 : 전선



대기의 현상

중위도 저기압 : 전선

중위도 저기압과 관련된 전선의 구조

온난전선 (붉은색)
한랭전선 (푸른색)
폐색전선 (보라색)