

はじめて学ぶ海洋学：第4回

台風はどのようにして日本に来ちゃうの？ 海洋と大気の相互作用

教科書34p. ～49p.

yokose@kumamoto-u.ac.jp

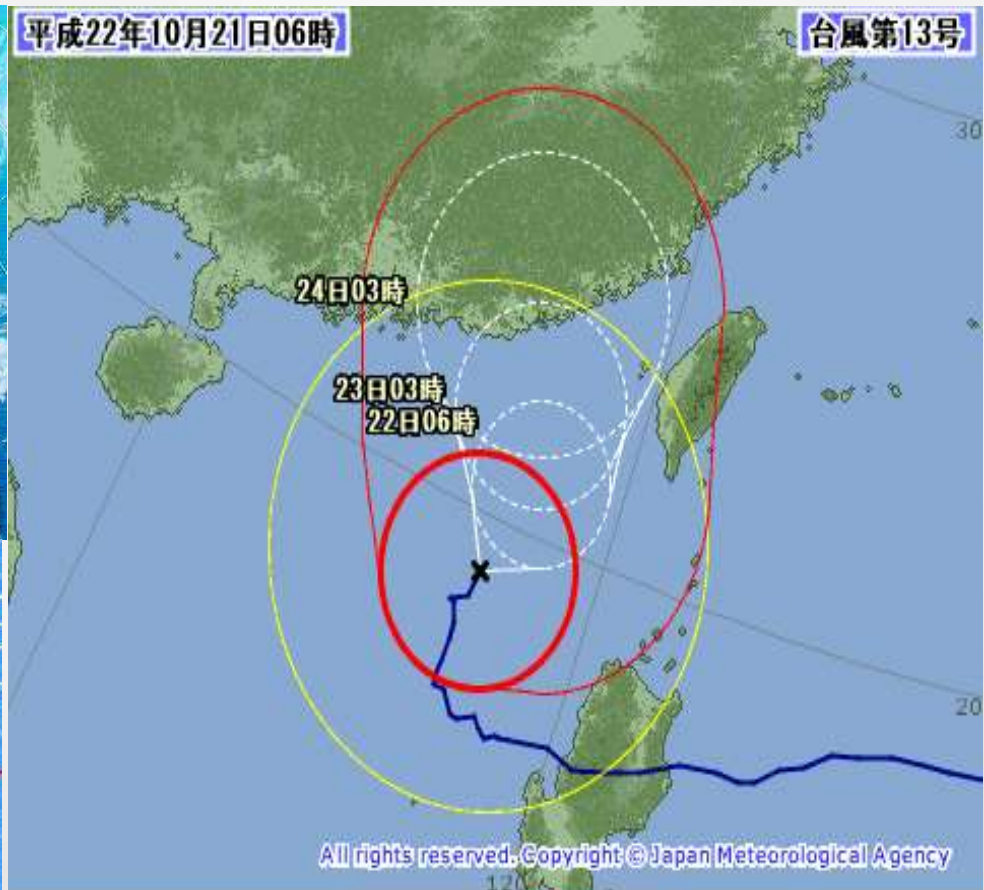
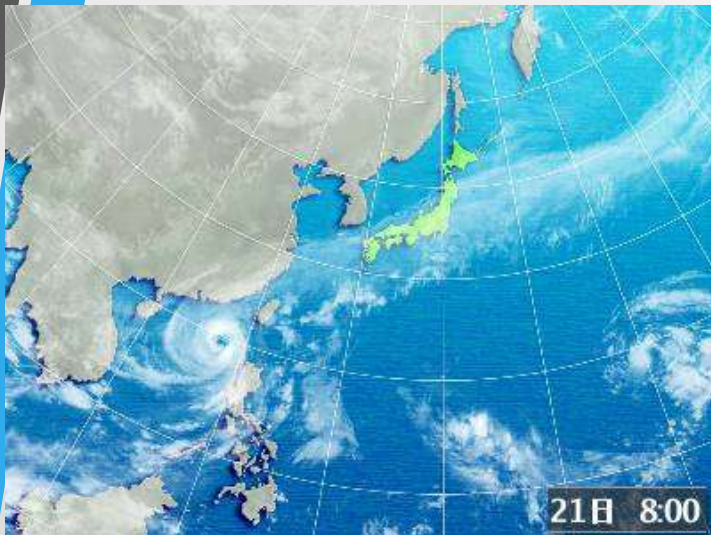
今日の内容

- 台風の原因は、熱帯の暖かい海
- 海水は、地球の大事な熱貯蔵庫
- 大気循環は、暖められた海水が支配する
- 地球の熱を大気循環を使って宇宙へ放出



地球温暖化と海洋学的知識の関連
「不都合な真実」をよりよく理解するために

2010年、台湾の南西にいた台風13号



25m/s以上の暴風域

暴風警戒域

15m/s以上の強風域

予報円

台風の発生と進路は、なにが決めるのか？

台風の進路は インターネットで調べられる

- 比較してみると面白い

気象庁サイト（3日先まで）

（5日先まで）

ヨーロッパのサイト（10日先までの予測）

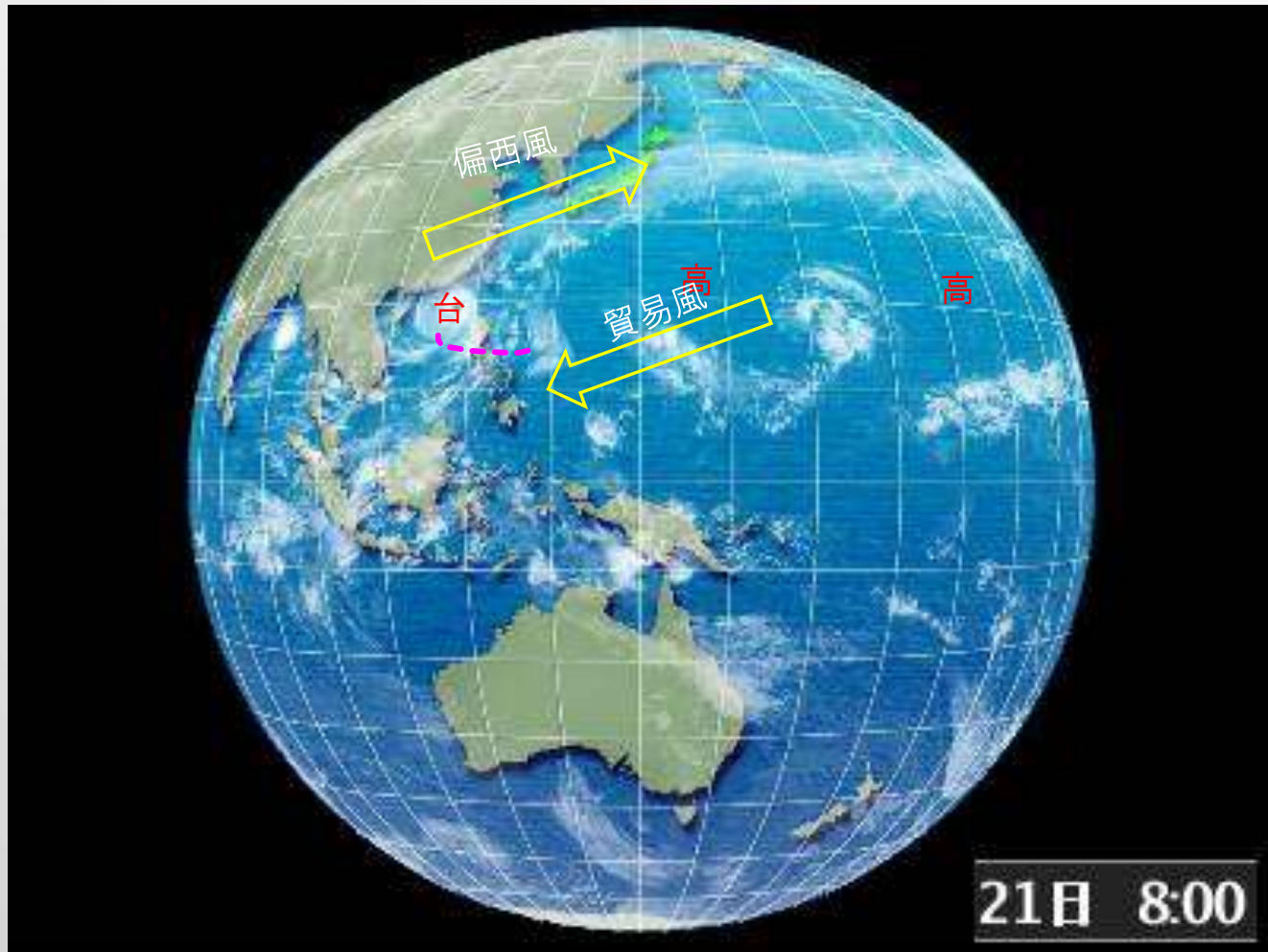
Windy（上記サイトのデータを使用）

アメリカのサイト（5日先まで）

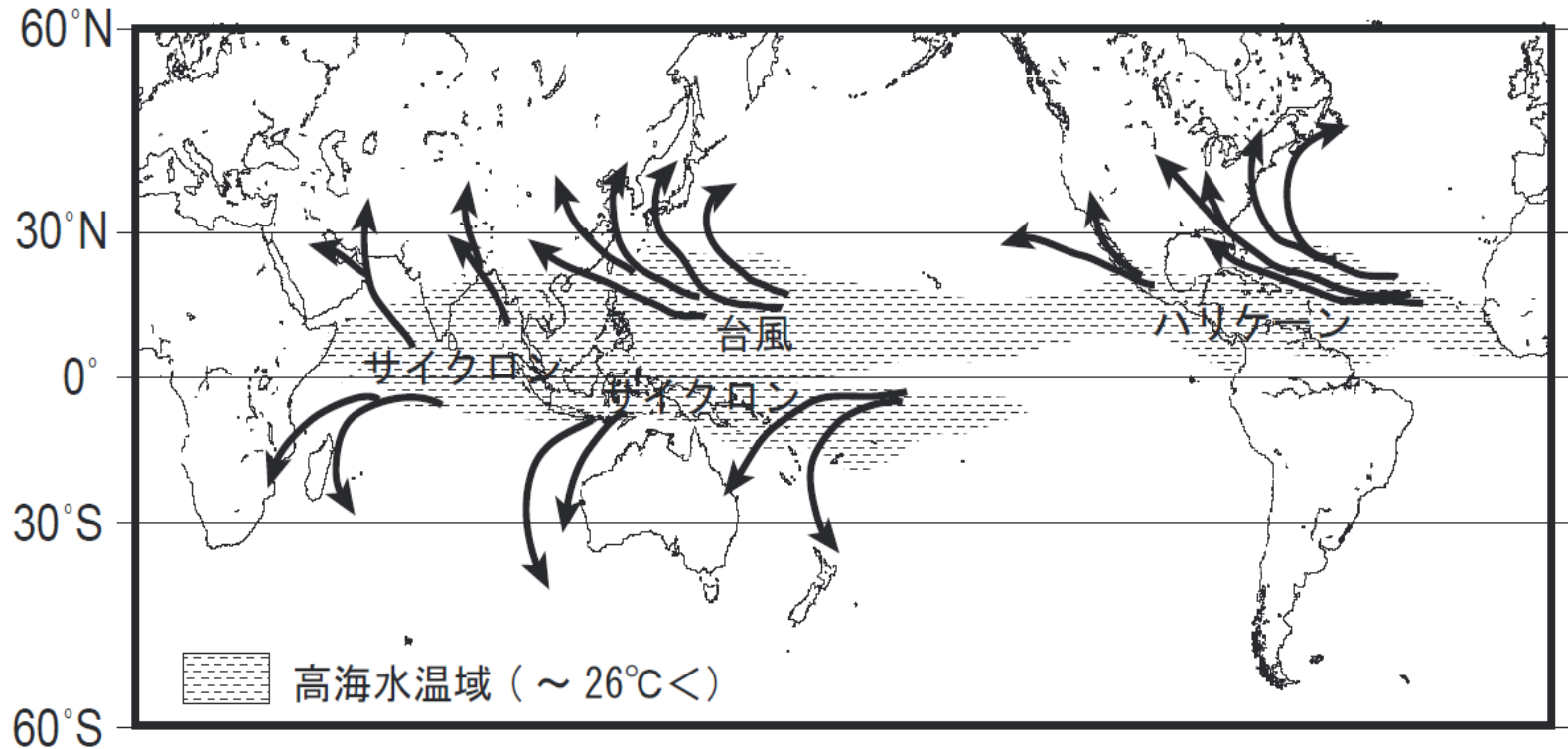
カナダのサイト（10日先まで）

各サイトのモデル計算を比較した図

台風の進路を決める偏西風・貿易風



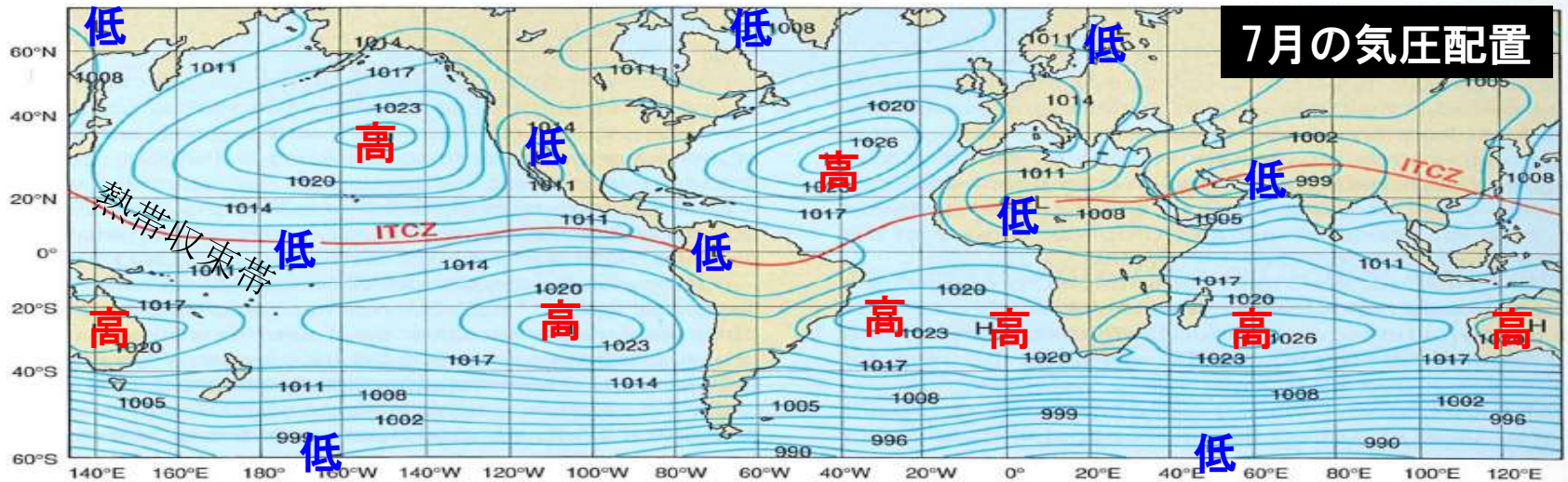
台風・ハリケーン・サイクロンは赤道の近くで発生して、カーブしながら高緯度地方に向かう。



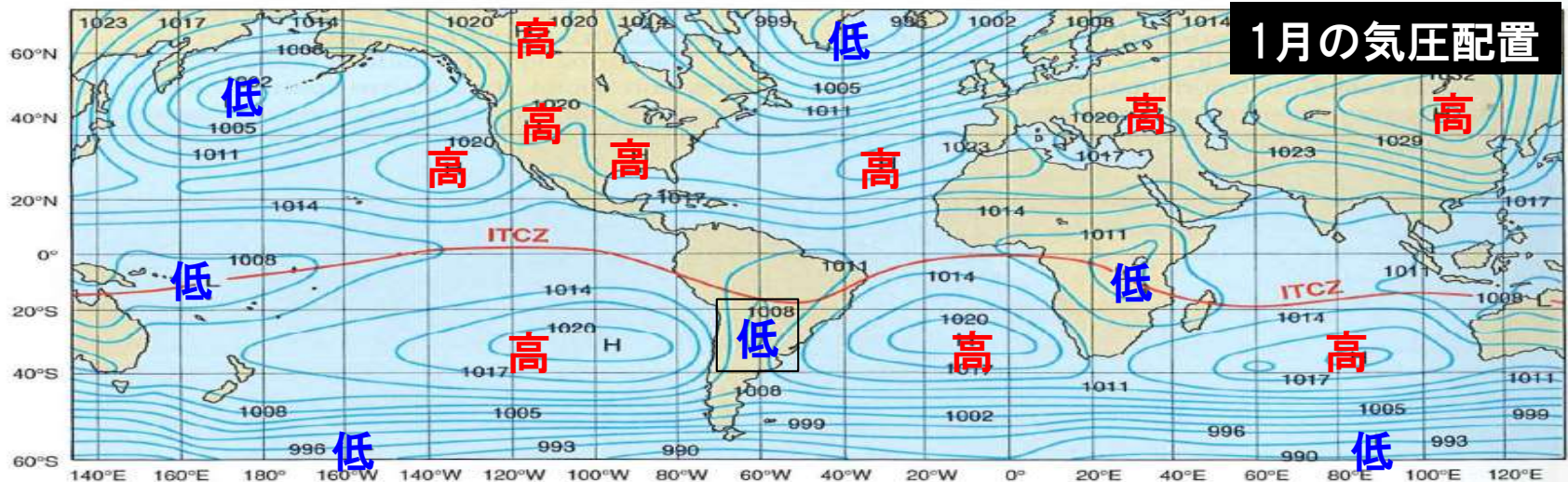
矢印は主な台風（ハリケーン、サイクロン）の進路

いずれも赤道近くの、洋上で発生している

地球の大まかな気圧配置：緯度による分帯



台風は、高気圧の周囲に沿って移動している。



(b) January

台風は温度の高い海水をエネルギー源にしている。



2005年ハリケーン
カトリーナ

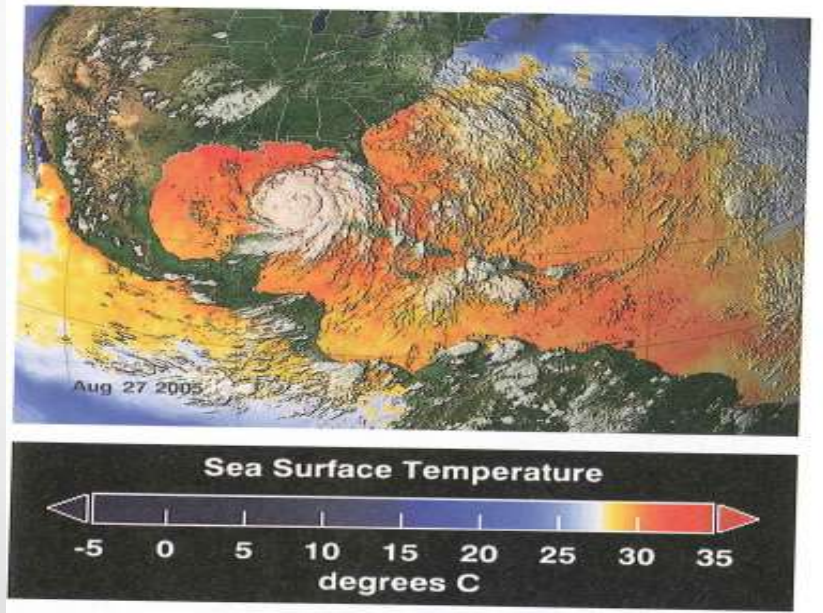
2005年にアメリカ南部を襲ったハリケーンカトリーナ。

死者・行方不明者＝約2500名

避難民： 300万人

<世界的な影響>

原油価格や穀物価格の高騰

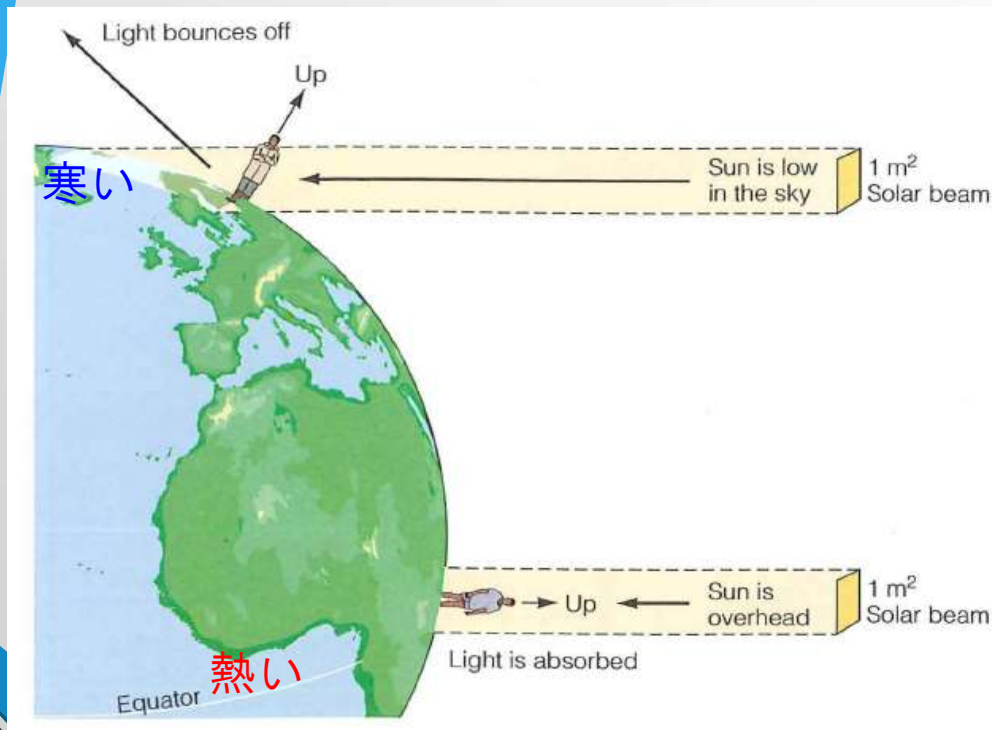


台風は、海面温度の高いところで発生する。

台風のおさらい

- Hurricanes


太陽が真上から当たる熱帯地方は、地球上で最も日射量が高く、しかもアルベドの低い海に覆われているため加熱されやすい。



緯度	緯度	緯度		緯度		砂漠	落葉樹林(夏)
90°N, S	60°N, S	60°~極	60°以下	雨期	乾期		
0.23~0.09	0.20~0.07	0.80	0.70	0.24	0.18	0.28	0.18



だから、赤道周辺の海水は効率よく太陽で熱せられる。



海水が熱せられることと、台風が発生することのつながりは？



Good Point!

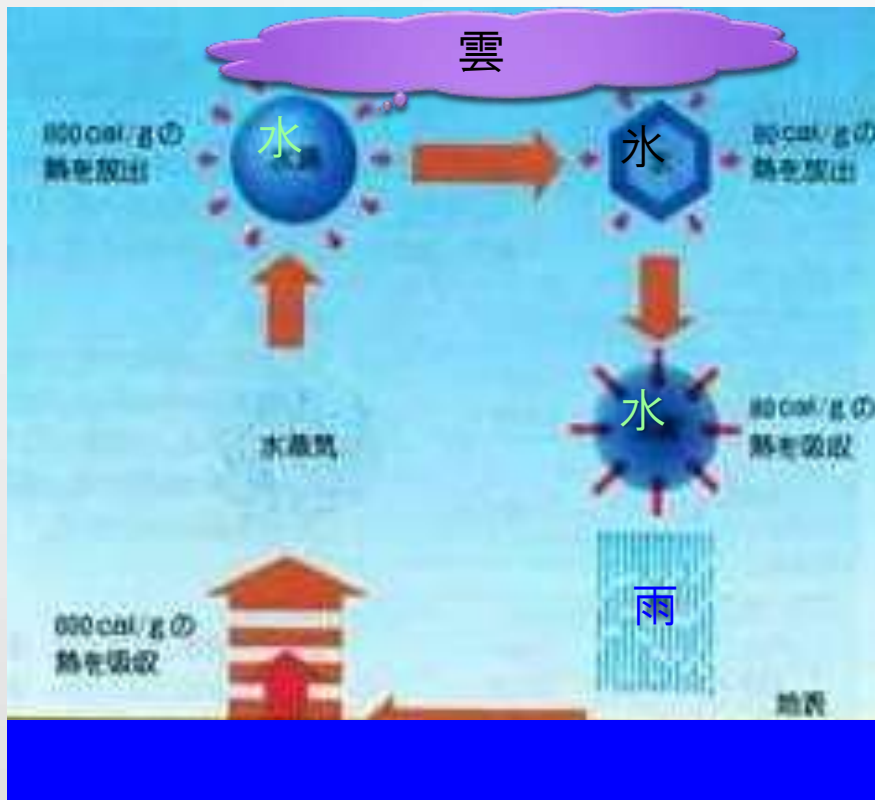
大気循環における水の役割は重要

540cal/g 水滴が凝結する
発熱

氷ができる 80cal/g
発熱

水分が蒸発する

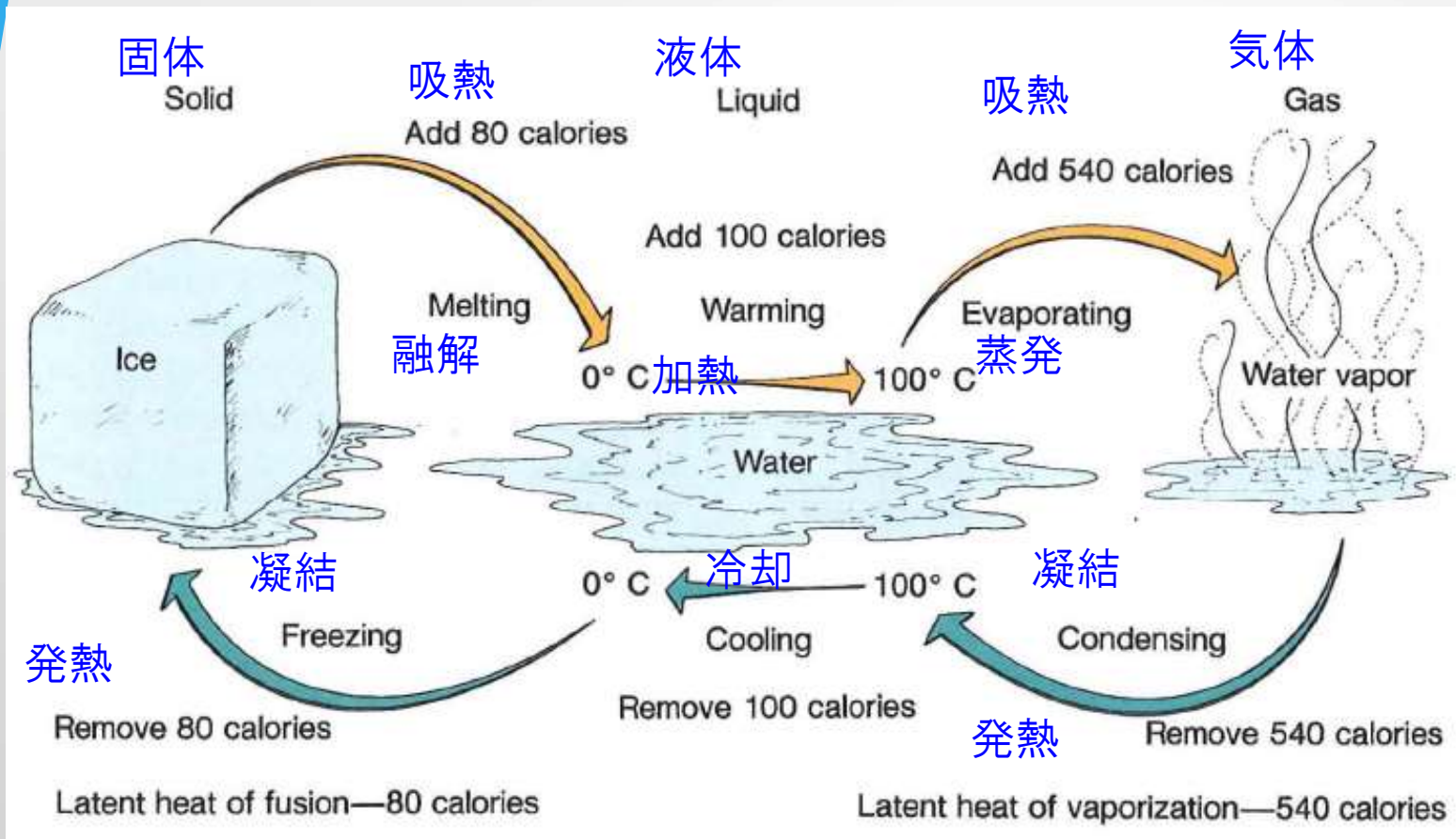
540cal/g
吸熱



80cal/g
吸熱
雪が解けて雨となつて
地表に降り注ぐ

太陽の光によって熱せられる
〔海面や地面〕

水を介した、熱の輸送（潜熱）



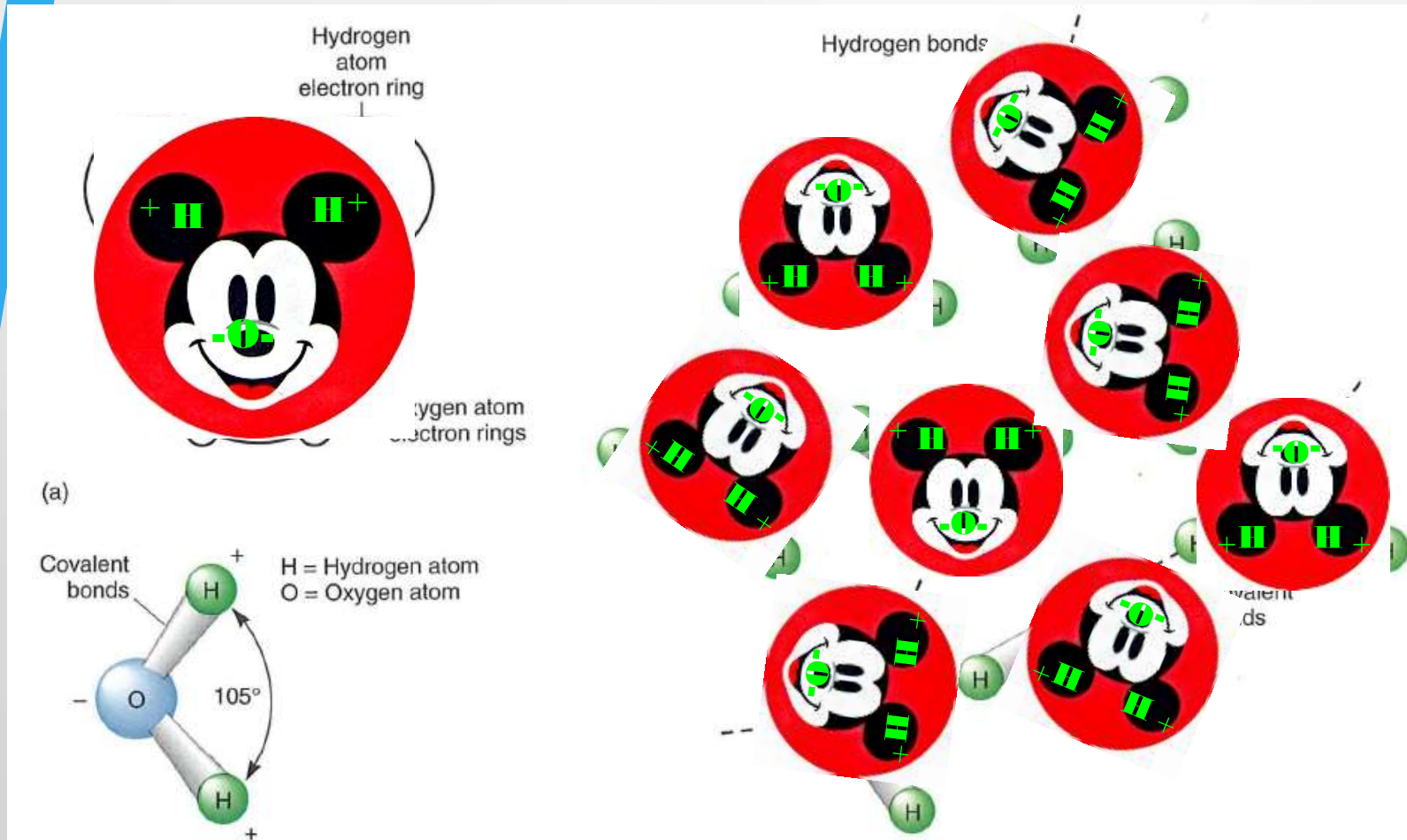
水 (0°C, 1g) に100cal 熱量を加える : 100°Cのお湯になる。
氷 (0°C, 1g) に100cal 熱量を加える : 20°Cの水になる。

応用例は、



そうです、保冷剤です。
基本的には、99%水と少量の高分子吸収体など。
保冷材は、凍っていないと意味がありません。

水素結合が、温度変化を妨げる



H⁺とO⁻からなる、水素結合を切断するのにエネルギーが必要

水は、100°Cでなくとも蒸発する！

- 水が蒸発するのは、周囲より温度が高いから？

いいえ、水は、100°Cでなくとも蒸発します。
冬だろうと、夏だろうと、洗濯物は乾きます。
ただ、夏に比べると冬のほうが乾きが遅くなる。
(飽和水蒸気圧や沸騰と間違えないように)。

蒸気圧

0°C	6hPa	20°C	23hPa	40°C	74hPa
80°C	475hPa	100°C	1013hPa	120°C	1989hPa

760mmHg = 30 inch Hg 柱 = インチは親指の幅

水蒸気は軽いので空気中を上昇できる。

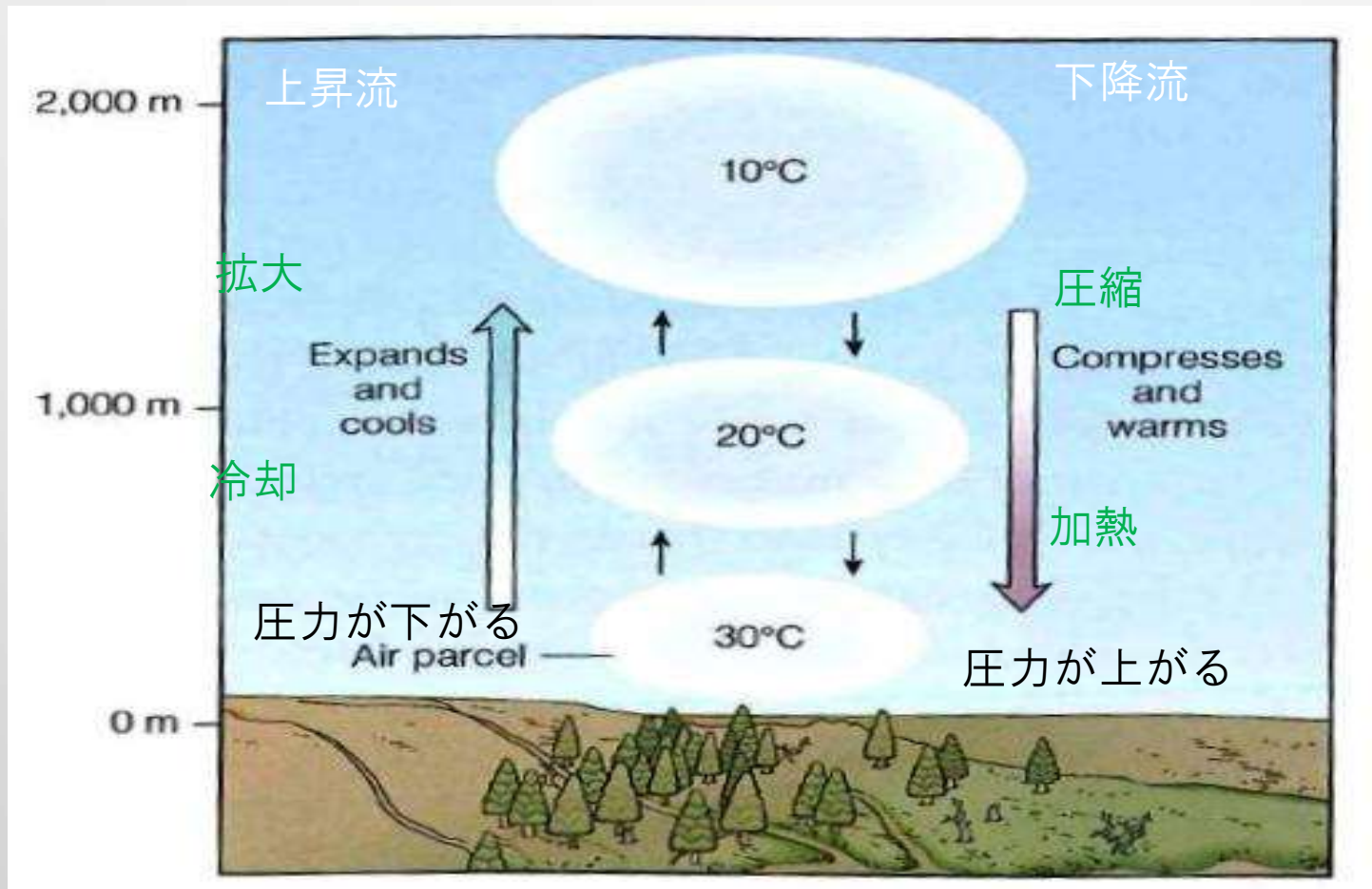
Table 7.1 Composition of the Atmosphere

Permanent Gases			
Gas	Formula	Percent by Volume	Molecular Weight
Nitrogen	N ₂	78.08	28.01
Oxygen	O ₂	20.95	32.00
Argon	Ar	0.93	39.95
Neon	Ne	1.8 × 10 ⁻³	20.18
Helium	He	5.0 × 10 ⁻⁴	4.00
Hydrogen	H ₂	5.0 × 10 ⁻⁵	2.02
Xenon	Xe	9.0 × 10 ⁻⁶	131.30

Variable Gases			
Gas	Formula	Percent by Volume	Molecular Weight
Water vapor	H ₂ O	0 to 4	18.02
Carbon dioxide	CO ₂	3.5 × 10 ⁻²	44.01
Methane	CH ₄	1.7 × 10 ⁻⁴	16.04
Nitrous oxide	N ₂ O	3.0 × 10 ⁻⁵	44.01
Ozone	O ₃	4.0 × 10 ⁻⁶	48.00

- 空気は、基本的に窒素 (N₂)と酸素 (O₂) でできている。
- それぞれの分子量は、28と32である。一方、水分子 (H₂O) は、18なので、平均的な空気よりも軽い。
- したがって、必ずしも温度が高くななくても上昇できる。
- ただし、水滴になると一気に密度が増加して落ちてくる (雨)。

水蒸気を多く含んだ軽い空気は、上昇し、膨らんで、さらに軽くなる。



積乱雲と水蒸気の蒸発：夏空



太陽にやっけて暖められた、赤道地域の海や夏の海は、多量の水蒸気が発生し、水分と熱を上空に持ち上げる。

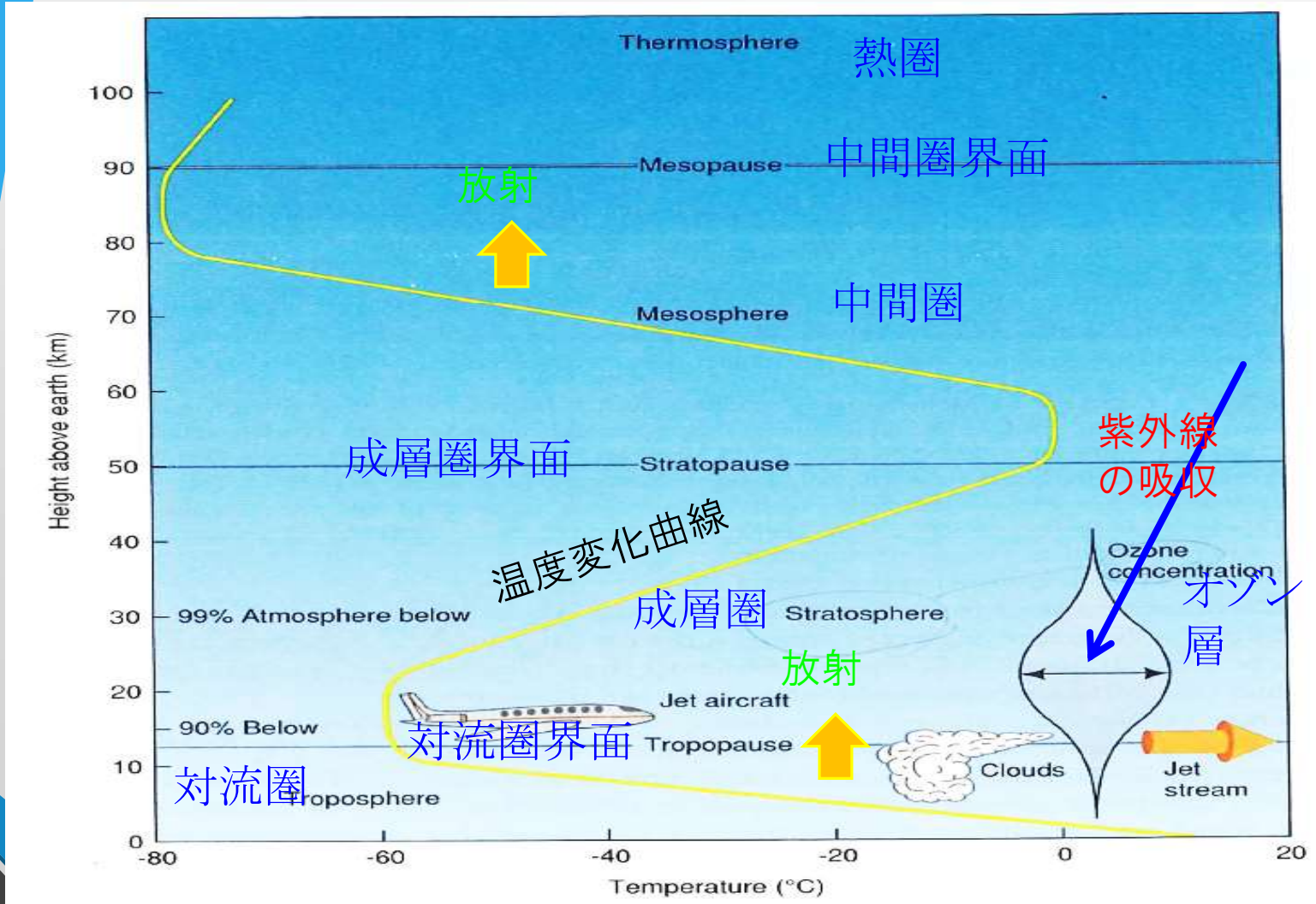
宇宙から見た積乱雲




<http://eol.jsc.nasa.gov/scripts/sseop/photo.pl?mission=ISSo16&roll=E&frame=27426>

ISSo16-E-27426

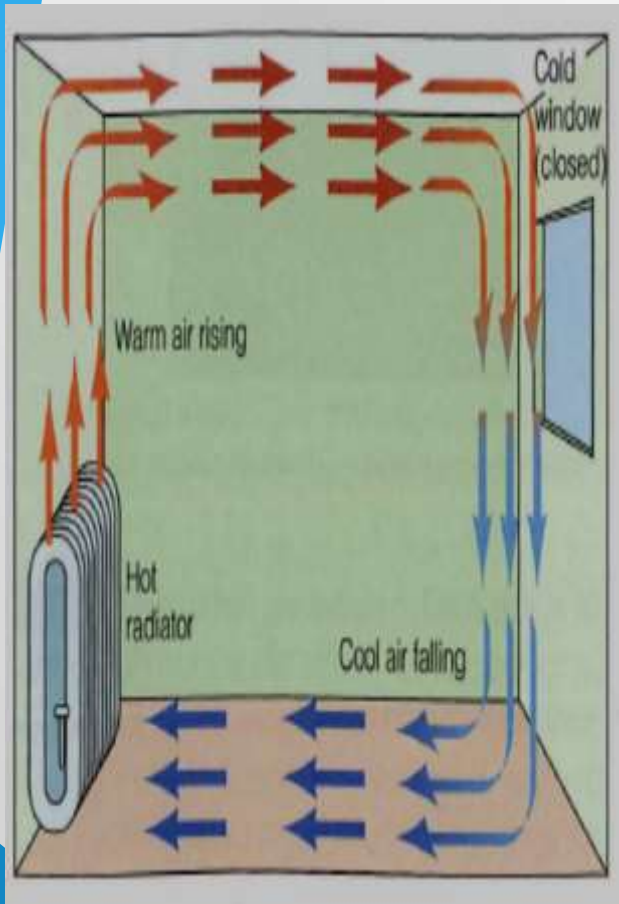
地球の熱を宇宙に吐き出せ



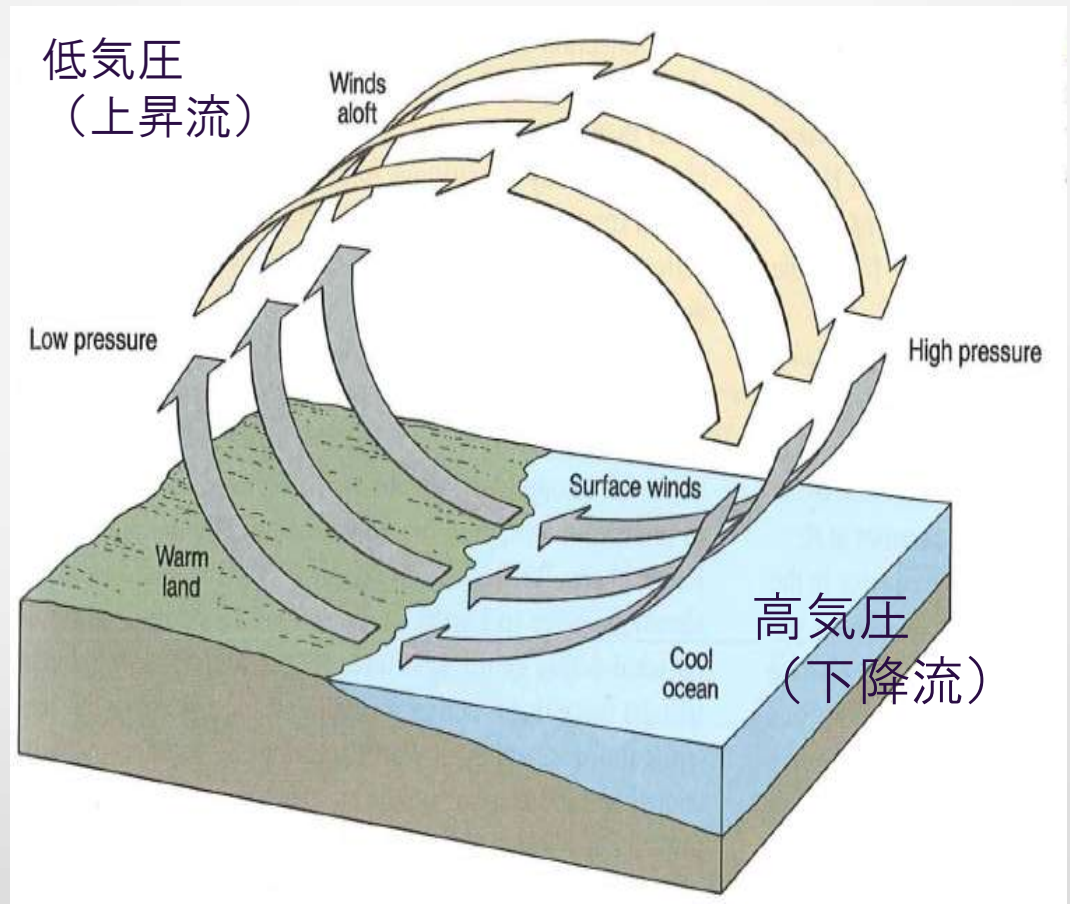


横風を上昇気流と下降気流で作り返せ！

大気の循環パターン

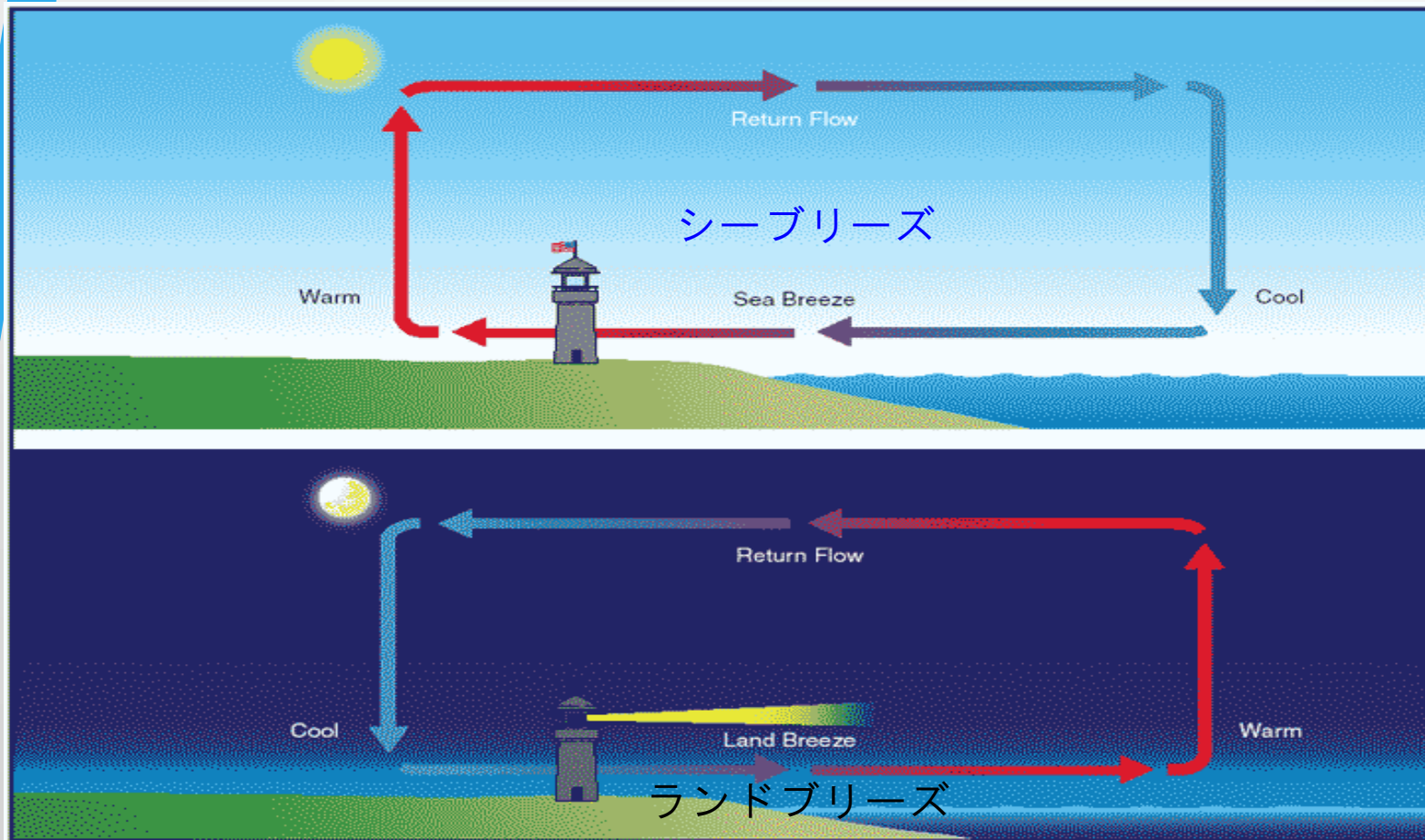


暖められた気体は
軽くなって上昇



冷やされた気体は、重くなって
下降する。

海陸風の原理（大気循環の局地性）

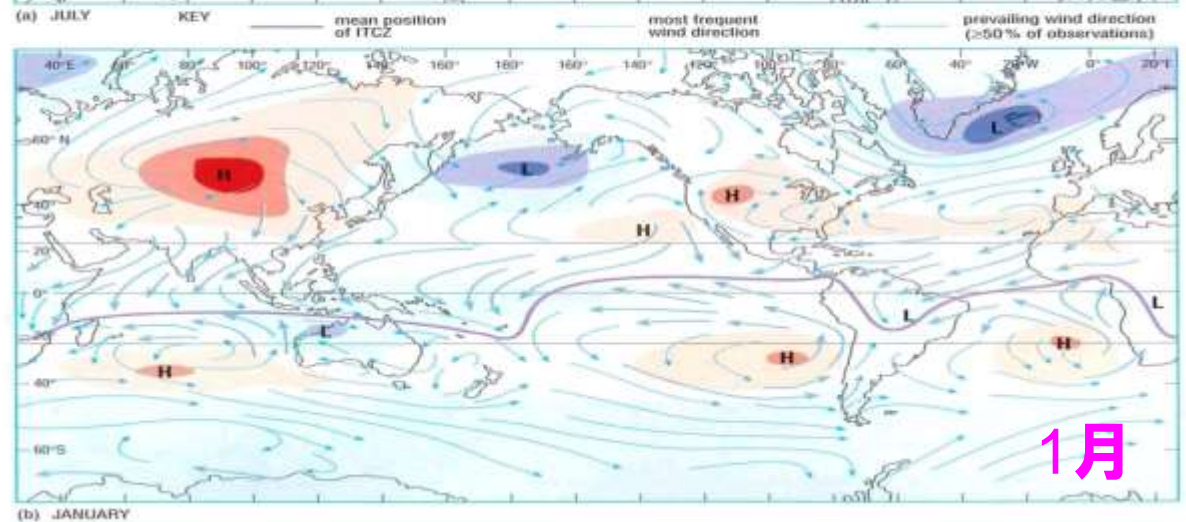
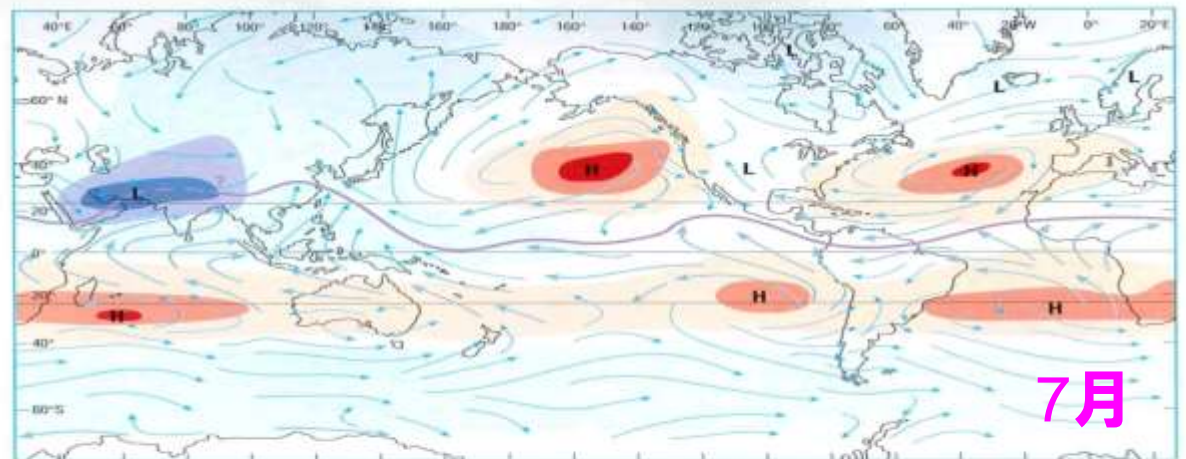


<http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/Aviation-Weather-Principles.html>

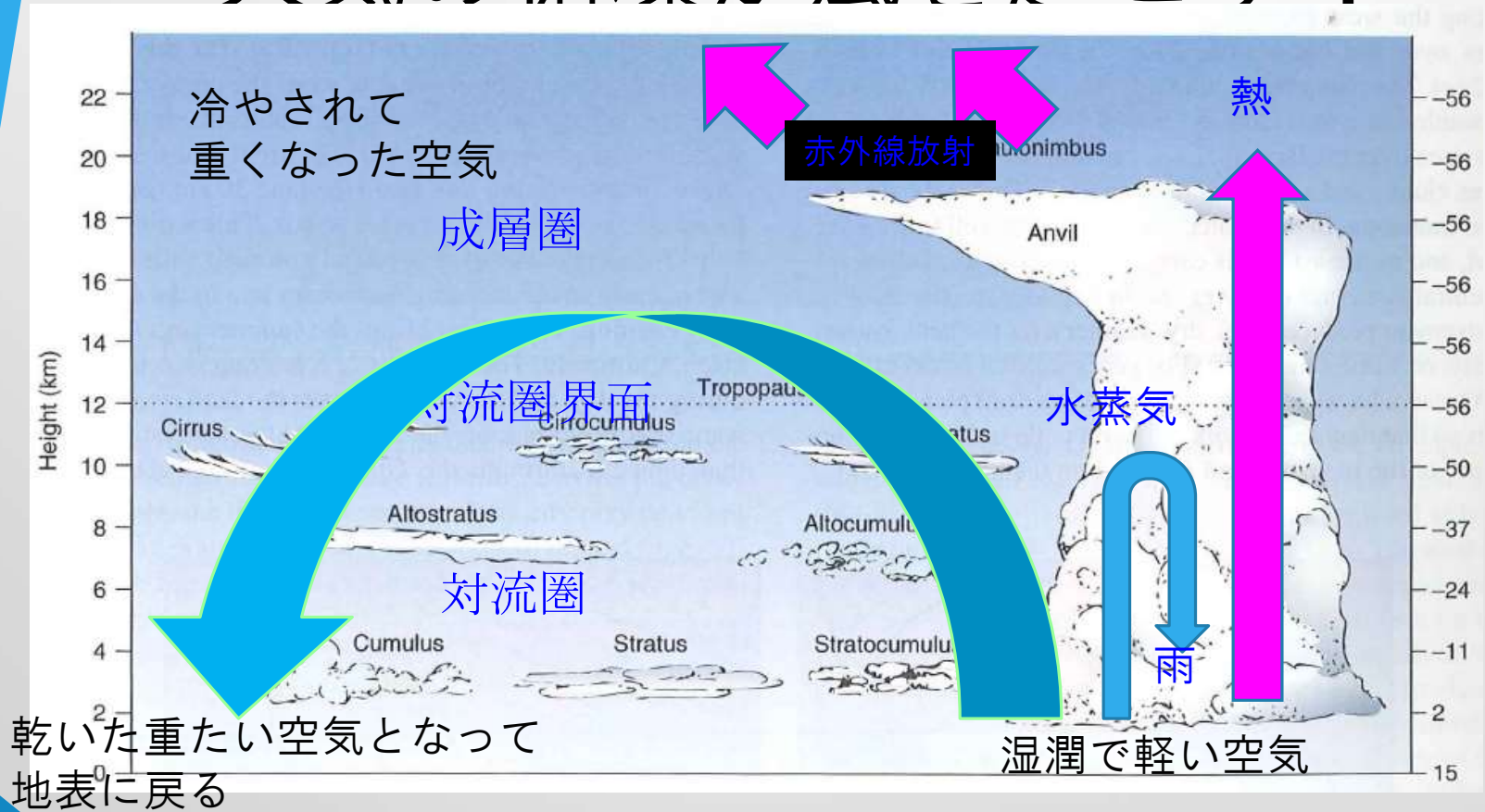
モンスーン: 巨大な海陸風 大陸と海洋の位置関係で決まる

海洋：
熱しにくく
さめにくい

大陸：
熱しやすく
さめやすい



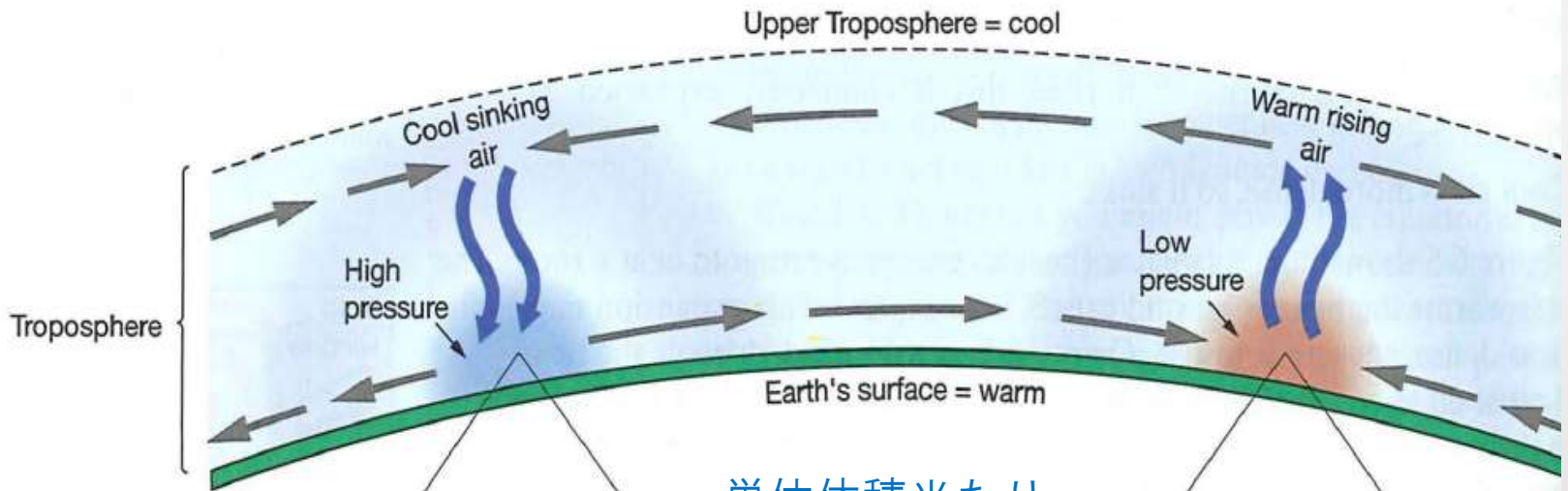
大気の循環が風を起こす！



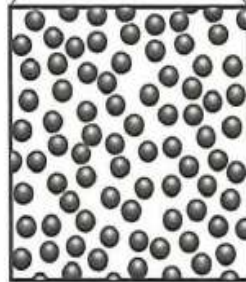
高気圧

低気圧

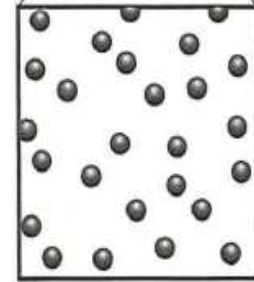
暖かくて湿った軽い空気（低気圧）
冷たくて乾いた重たい空気（高気圧）



単位体積当たり
の気体分子数が
異なる



Molecules
close together

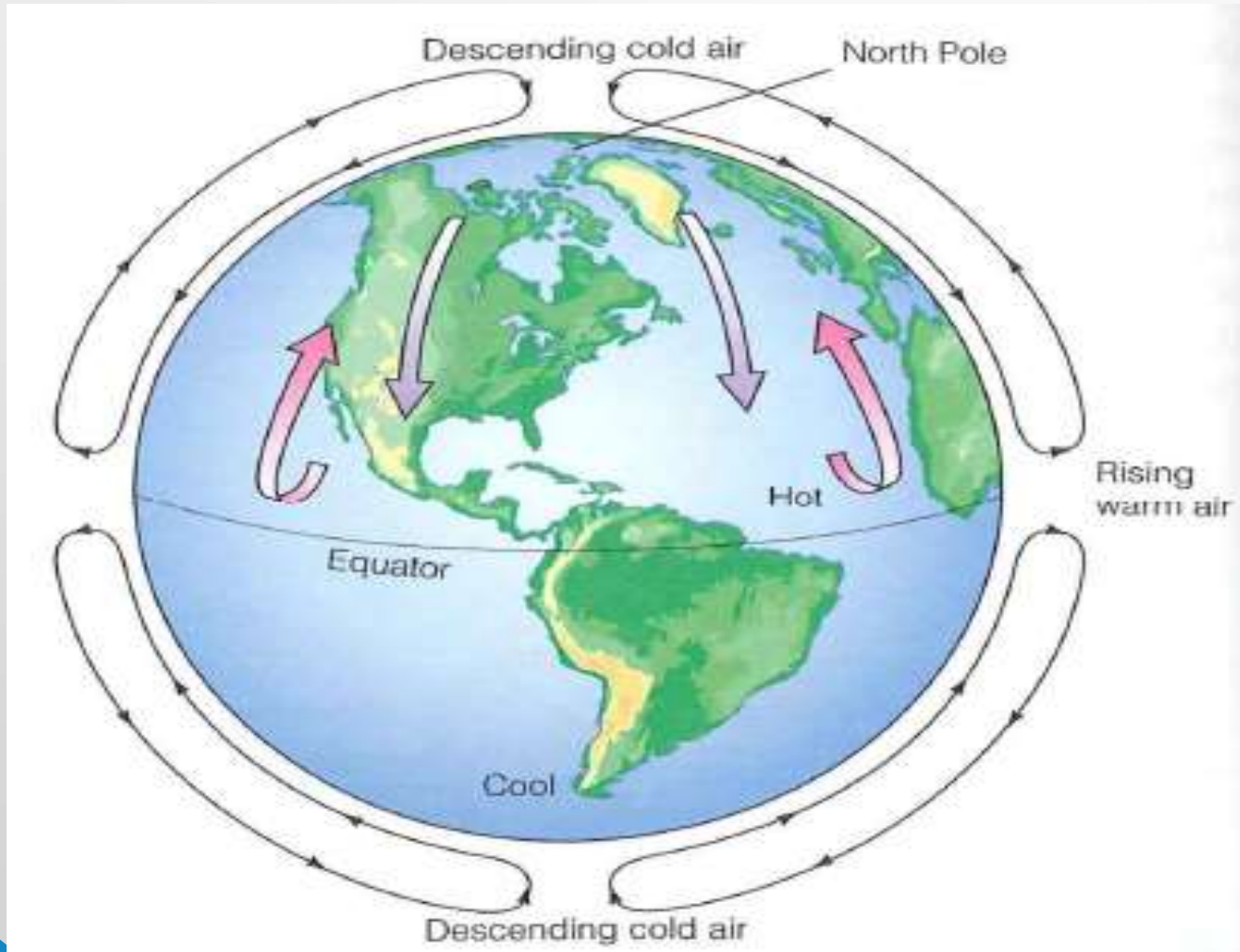


Molecules
far apart

期待の

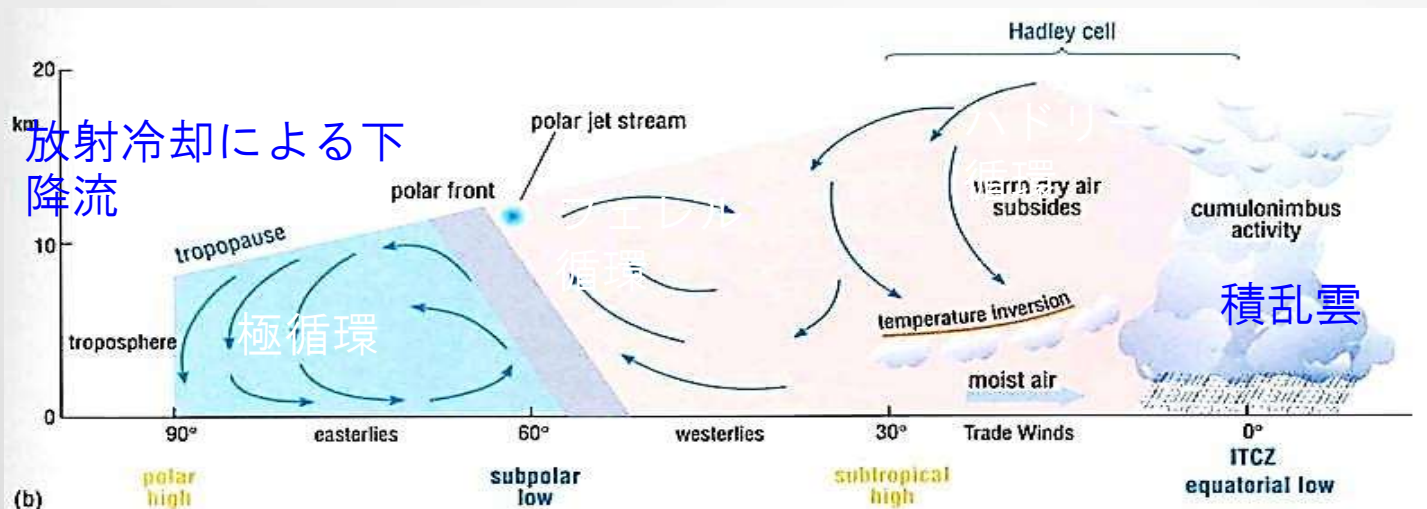
熱帯地域で上昇して、極域で下降す

赤道は年中暑く水蒸気が豊富だから、上昇流が卓越する



極域は、年中寒いから空気が冷やされて、降りてくる。

もっと複雑な循環セルを地球は持っています。



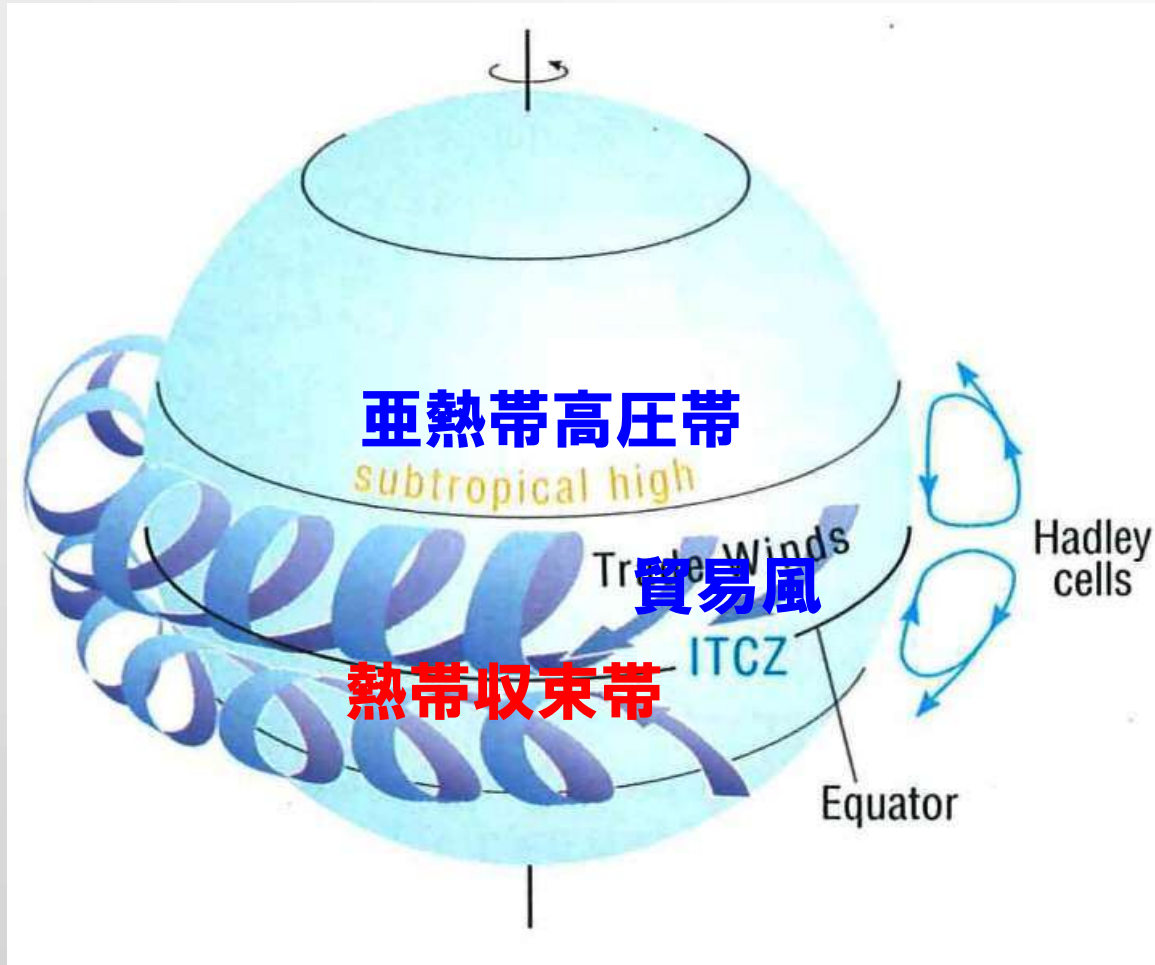
複雑さは、地球の自転によってもたらされます。



渦巻きを作り出すコリオリ力

貿易風：コリオリ力による渦巻き

南半球では、進行方向に対して左に曲がる性質がある。

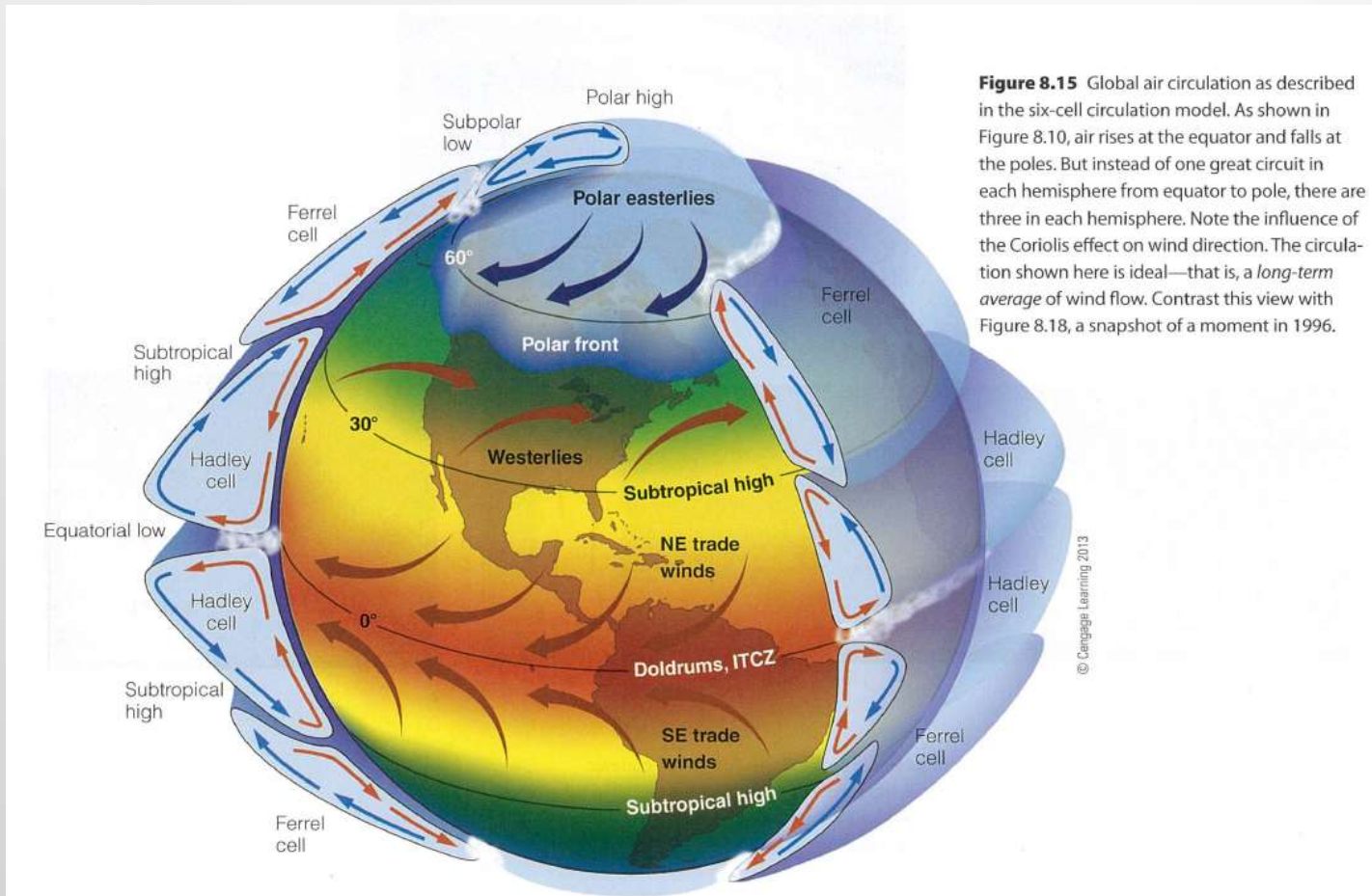


北半球では、進行方向に対して右に曲がる性質がある。

Wind patterns

- [Global wind Pattern](#)

大気の循環は、渦巻き状

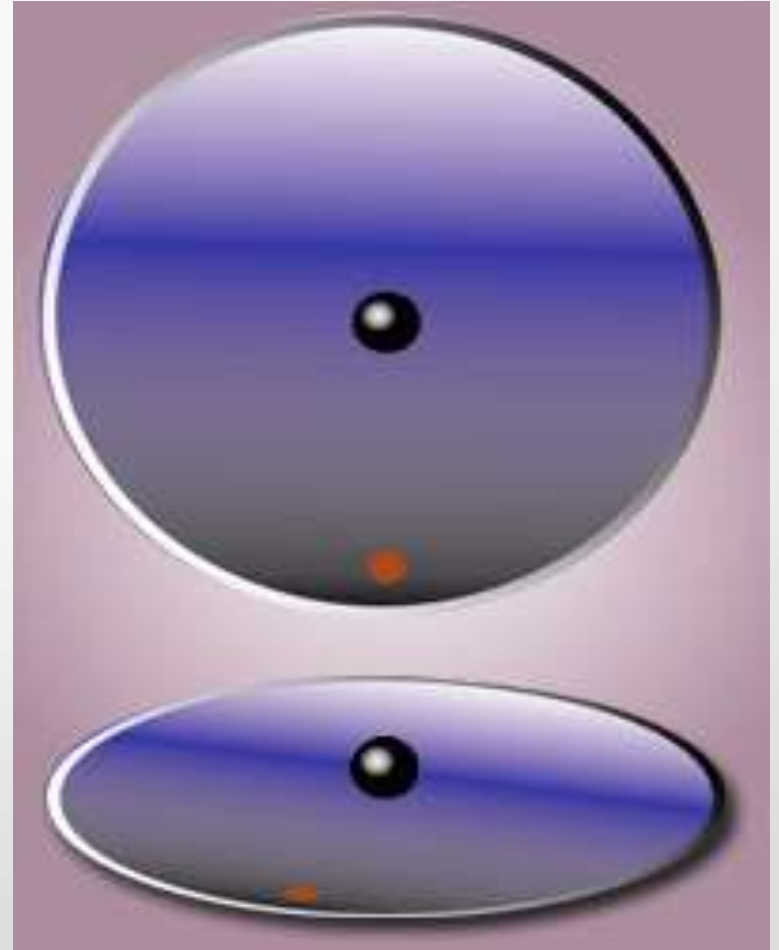


Oceanography (Tom Garrison, 2012)

回転している場での物の動き



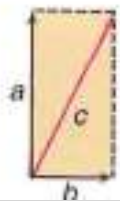
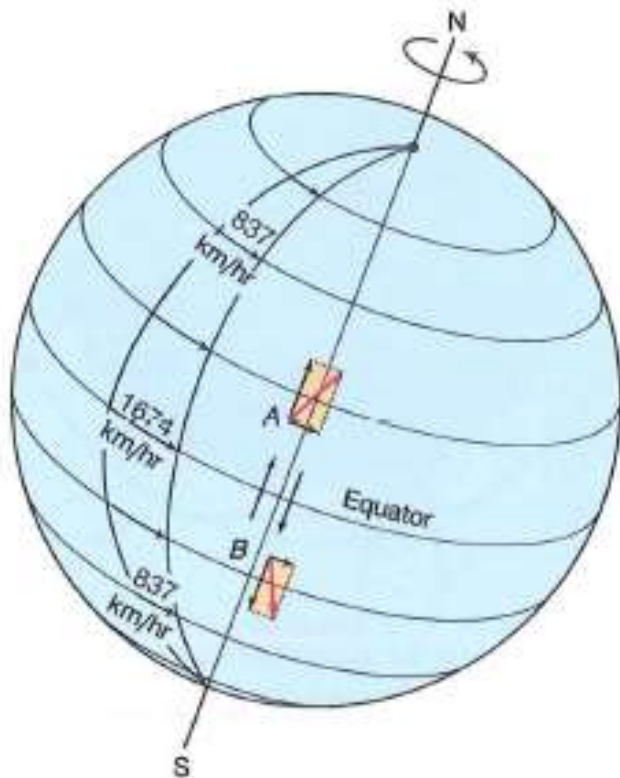
その場でみると、曲がっているけど。
外側から見ると意外とまっすぐ！



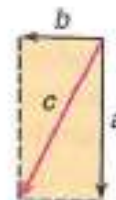
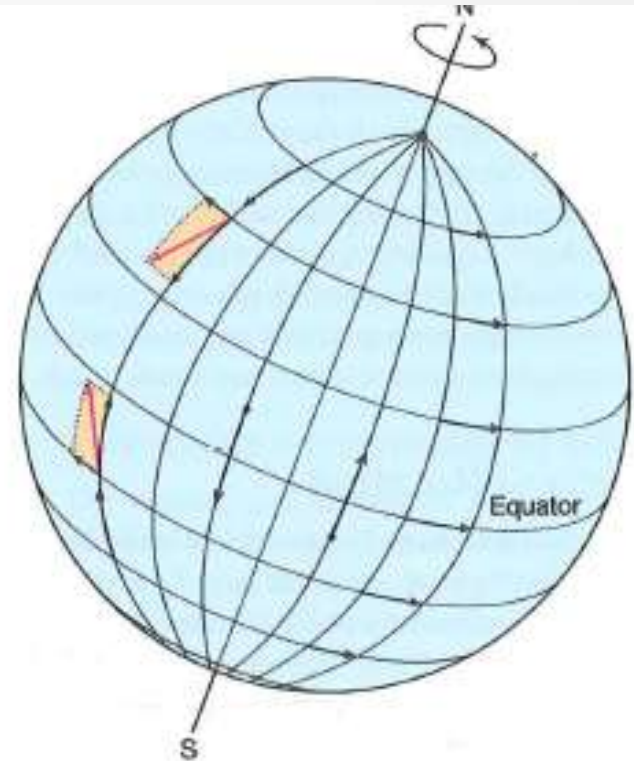
コリオリ力

- [Coriolis effect](#)

自転の影響（コリオリ力）で右に曲がる（北半球）



a = Initial north or south wind velocity of poleward moving air
 b = Initial eastward velocity minus the eastward velocity of the Earth at a higher latitude
 c = Resultant velocity of the wind

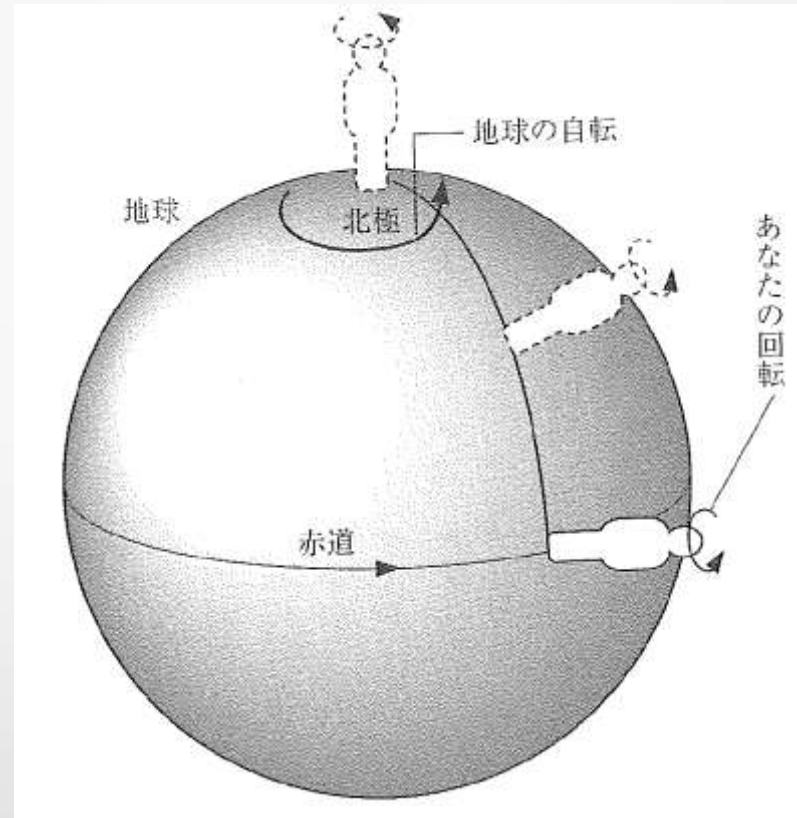
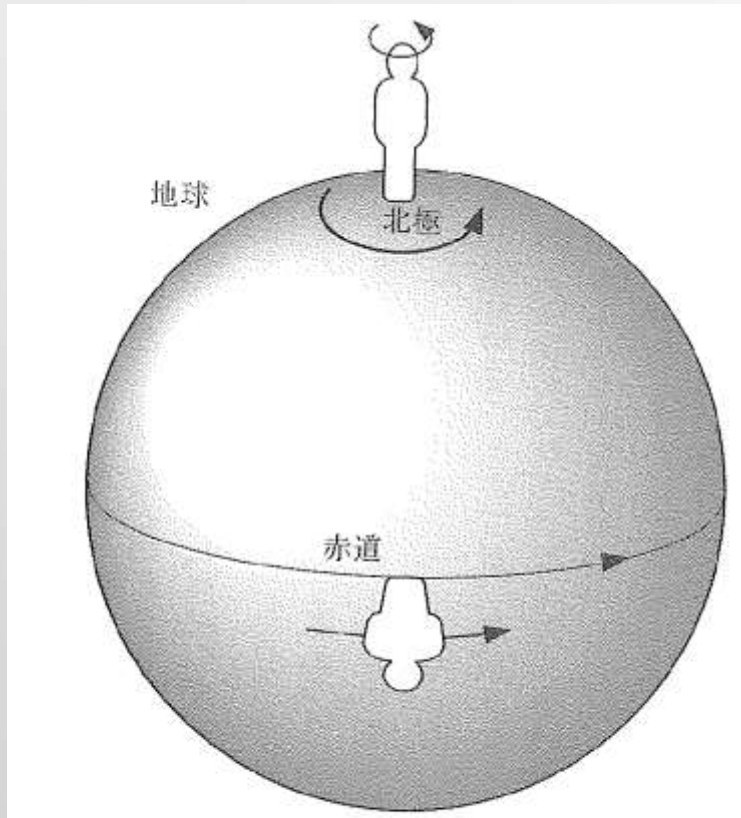


a = Initial north or south wind velocity moving toward the equator
 b = Initial eastward velocity minus the eastward velocity of the Earth at a lower latitude
 c = Resultant velocity of the wind

ちなみに：自転スピードは赤道上で500m/sec（音速：330m/sec）
 公転スピードは、30km/sec

- コリオリ力は北半球と南半球で向きが変わる。
北半球では、右に曲がろうとする
南半球では、左に曲がろうとする
- コリオリ力は、緯度によって異なる
高緯度地方は、影響が大きい
低緯度地方は、影響が小さい
赤道上では、コリオリ力が働かない

コリオリカ₂ (スピン成分：渦)

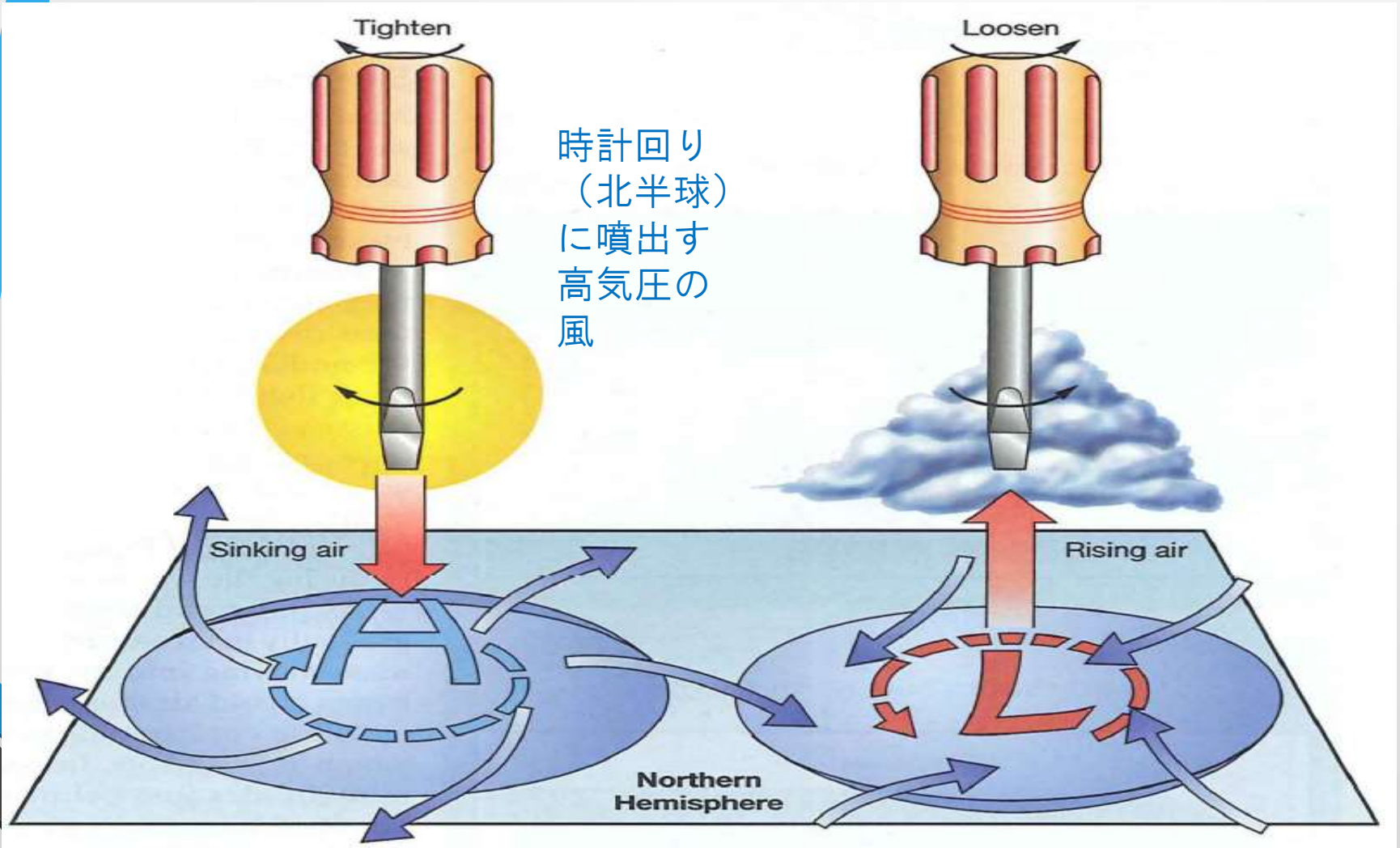


流れに対して直角右向きに作用するコリオリ力は、極で最大になり赤道で0になる。

北上流に対しての β 効果は、時計回りの回転を与える。南下流に対しての β 効果は、北上流の場合とは逆に、反時計回りの回転を与える。地球は、自転している上に球体であるという特徴を持つため、このような効果が自然現象に現れる。

ただ、地球規模の現象だから、実生活で体感することはまず不可能である。

高気圧・低気圧の風向き



砂漠地帯が帯状に存在する理由

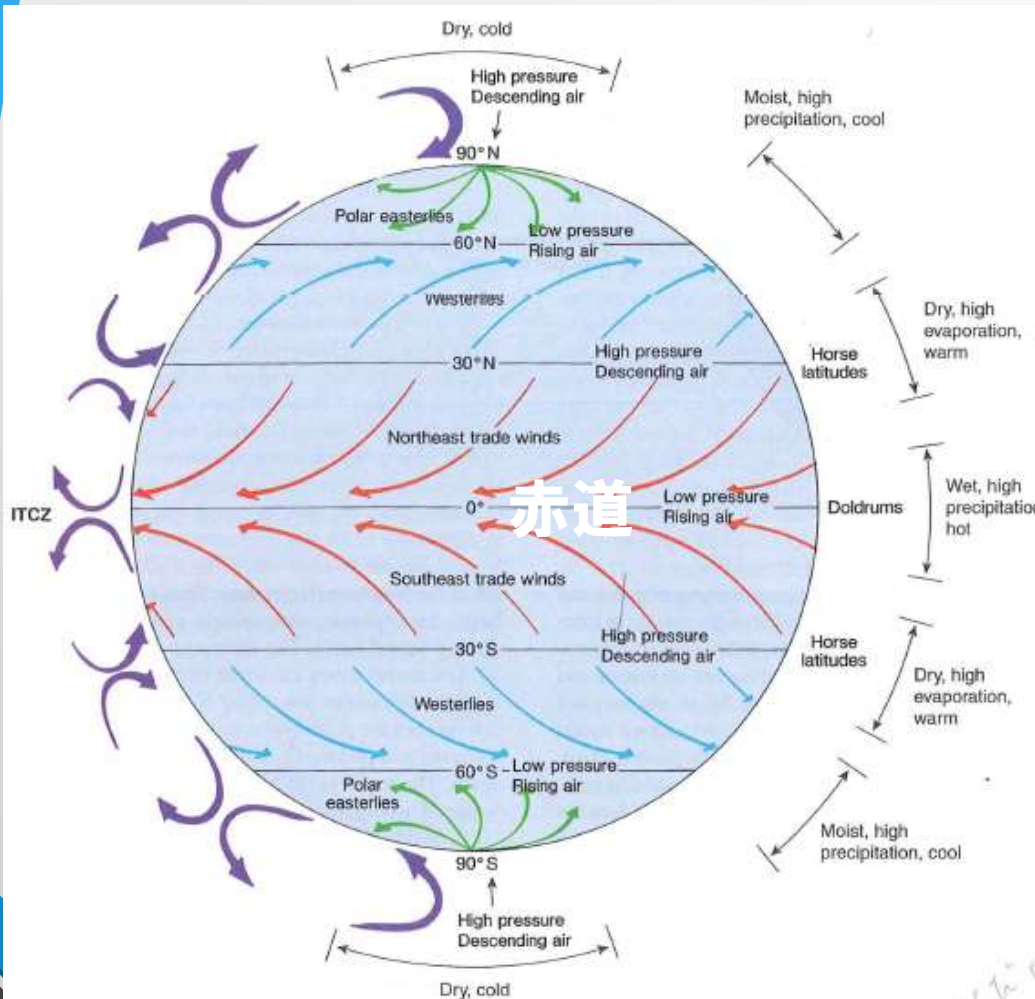
- 乾いた風が吹き降りる場所

乾燥地帯

- 湿った空気が上昇できる場所

湿潤地帯

高緯度, 中緯度, 低緯度 (30° 刻み)

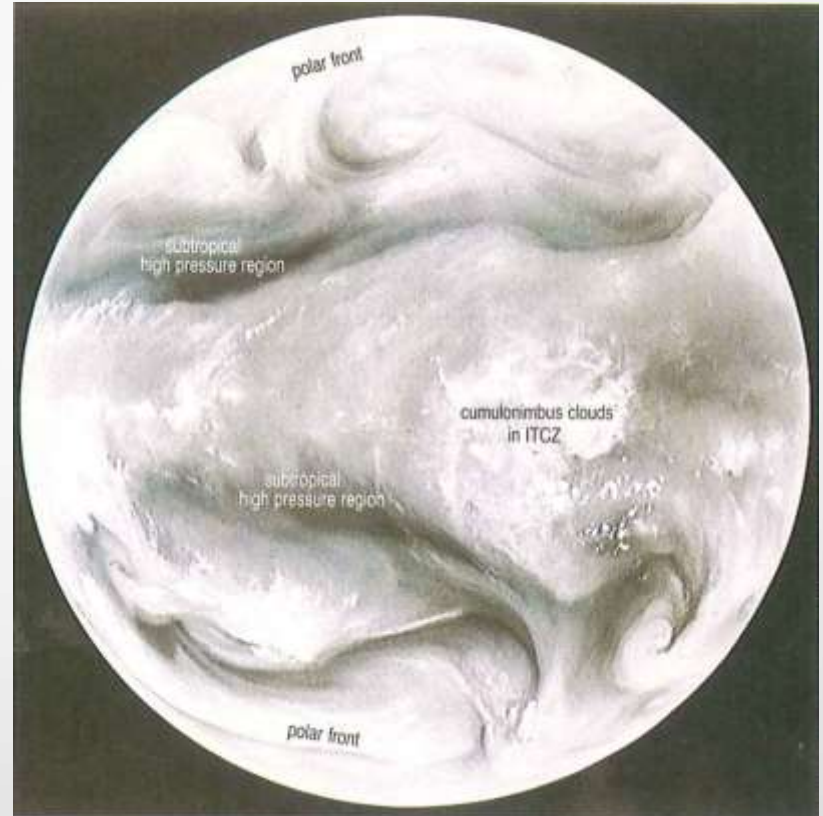


- 高緯度 極東風
- 60° N— 偏西風
- 中緯度 貿易風
- 30° N— 貿易風
- 低緯度 貿易風
- 0°— 貿易風
- 低緯度 貿易風
- 30° S— 偏西風
- 中緯度 偏西風
- 60° S— 極東風
- 高緯度 極東風

砂漠地帯がある緯度地域に帯になる



可視光イメージ



波長6000nmイメージ
水蒸気の多いところは白く、少ないところは、黒く示される。

乾燥地帯と湿潤地帯

- [Seasonal Pressure and Precipitation Pattern](#)

まとめ

- 台風は、赤道の近くの海域で発生する。
- 太陽光によって加熱された海水が、その原動力となる。
- 太陽光の熱変換は、地球上の位置と物性に支配される。
- 雪は、太陽光をもっともよく反射し、海洋は逆に、太陽光をもっとも効率よく吸収する。
- 海に吸収された太陽光エネルギーは、水分子の蒸発によって、熱を上空に持ち去る。
- 多量に発生した水蒸気は、急激に上昇し、積乱雲を形成し、時には台風に発達する。
- この上昇過程と上空における放熱過程で、大気循環が駆動され、地球内熱収支に大きく関与する。