

7 世界の気候とその成り立ち



コンテンツのなかから気候と関係する地域の様々な事象を探してみよう

モンゴル、ステップ～森林ステップの境界付近

1. 気候をカタチづくるもの

気候とは、ある程度長い期間における気温や降水量などの大気の状態のこと (<https://www.data.jma.go.jp/risk/risktoha.html>)

まずは、地域ごとの気候の違いについて学ぼう。地域の広がりには独立峰や島のように狭い範囲で多様な気候が見られることもあるし、大陸スケールで気候が異なるという認識もある。

ただし、気候変動の時代には気候を静的な状態ではなく、ダイナミックに変動するシステムとして捉える必要が出てきたことを認識しよう。

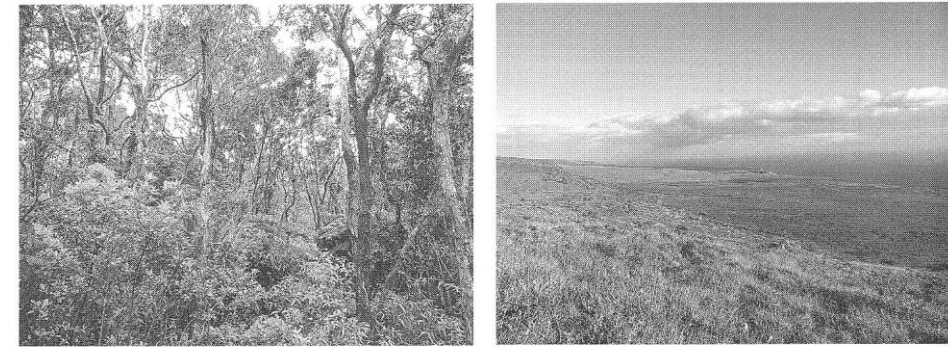
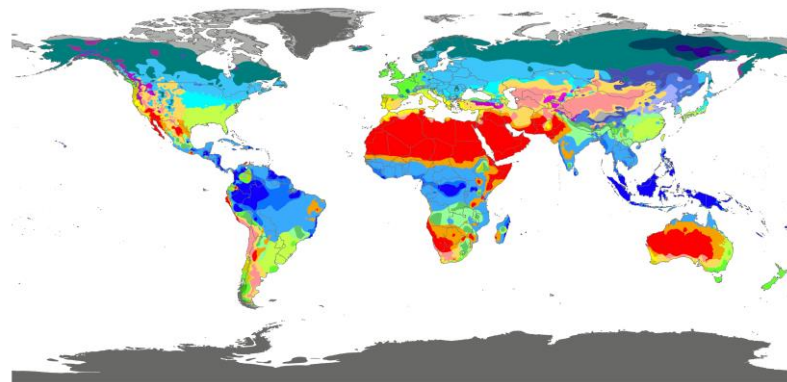


図 7-1 ハワイ島キラウエア火山における多様な自然景観

ハワイ諸島は北東の貿易風の影響で、島の北東側と南西側で気候が大きく異なる。また、標高が高い島では高さ方向に気候が変化する面白い島なのである。

World map of Köppen-Geiger climate classification



気候は気温と降水量の組み合わせで区分することができるが、植生景観は気候と関係している。そこでケッペンは気象データと植生を組み合わせで世界の気候区分を行った。



同じ草原であるが、左はタンザニア、ンゴロンゴロクレーター周辺のサバンナ、右はモンゴル、ドンドゴビ県のステップ



DATA SOURCE : GHCN v2.0 station data
Temperature (N = 4,844) and
Precipitation (N = 12,396)
PERIOD OF RECORD : All available
MIN LENGTH : >=30 for each month.
RESOLUTION : 0.1 degree lat/long
Contact : Murray C. Peel (mpeel@unimelb.edu.au) for further information

(Wikipediaより)

2. 放射収支と地球の温度

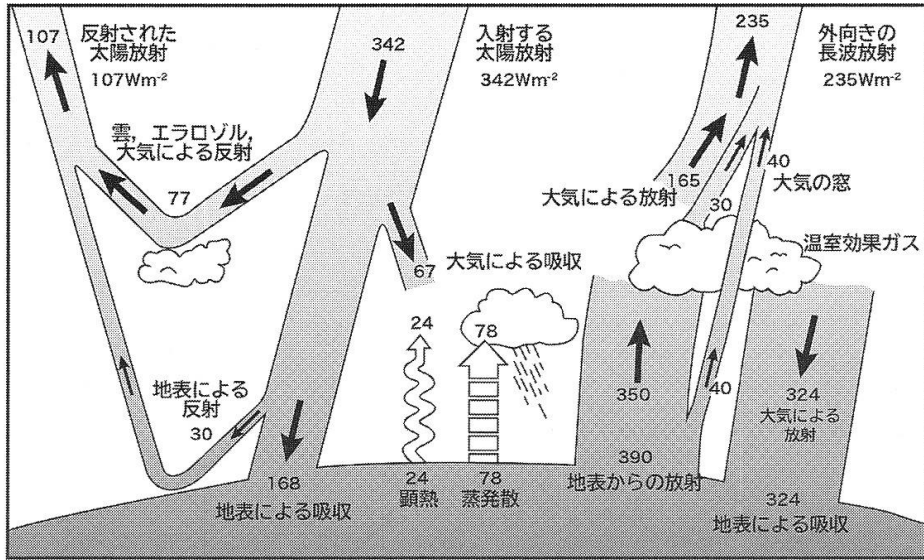


図 7-2 地球におけるエネルギー収支 (Kiehl and Trenberth 1997)
『IPCC 第 4 次評価報告書』(気象庁訳 2007) をもとに作成。

地球の気候は、太陽から届く**太陽放射エネルギー**と、地球が放出する**地球放射エネルギー**のバランスに支配される

$$S_0 \times (1-A) \times \pi r_e^2 = I_e \times 4 \pi r_e^2 \quad \dots \text{式 (1)}$$

太陽定数 (1370Wm^{-2})のうち、地球に到達する分が $(1-A)$ で、地球の断面積をかけた値が地球が受け取る太陽放射エネルギー

表現を変えよう [ある地点で考える]

放射収支式 $R_n = S \downarrow - S \uparrow + L \downarrow - L \uparrow = (1-a)S \downarrow + L \downarrow - L \uparrow$

ここで、
 $S \downarrow$: 下向き短波放射 (日射)
 $S \uparrow$: 上向き短波放射
 $L \downarrow$: 下向き長波放射 (大気放射)
 $L \uparrow$: 上向き長波放射 (地表面の放射)
 a : アルベド (日射の反射率)

R_n (Net Radiation)は地表面が受け取る正味の放射量

熱収支式 $R_n = H + \lambda E + G$

ここで、
 H : 顕熱
 λE : 潜熱 (λ は蒸発の潜熱)
 G : 地中熱流量

水収支式 $P = E + D + \Delta S$

ここで、
 P : 降水量
 E : 蒸発量
 D : 流出量
 ΔS : 貯留量変化

放射収支は熱収支、水収支とも関連し、地域の気候を形成するのだ

- ▶ 表面温度5780Kの太陽が放射するエネルギーのピークは波長0.5 μm 付近（緑色）にある

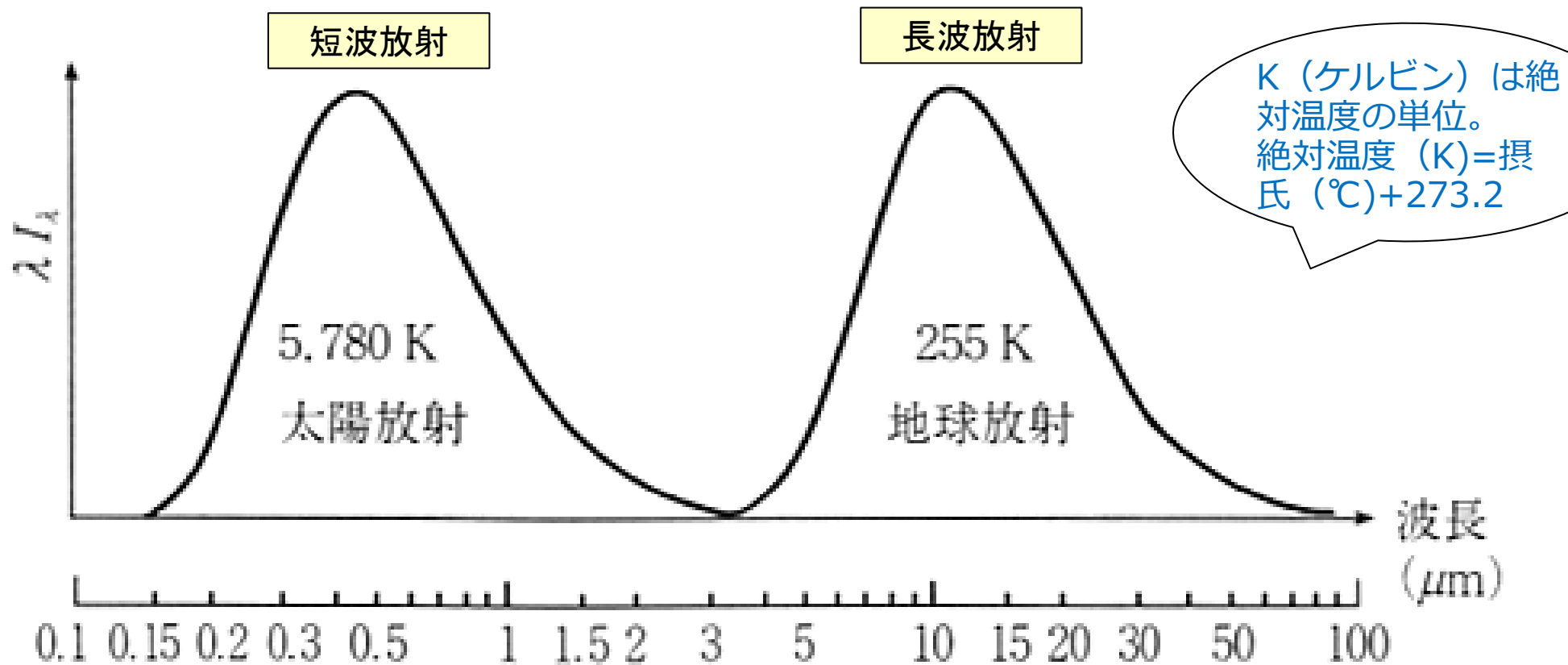


図 2.3 太陽（左図）と地球（右図）からの黒体放射²⁾

- ▶ 常温の物体が放射するエネルギーのピークは波長10 μm 付近にある

注) ウィーンの変位則：物体の温度が高くなるに従って、その色は波長の短い方へずれる
たとえば、ガスコンロの青い炎と赤い炎では、青い方が温度が高い

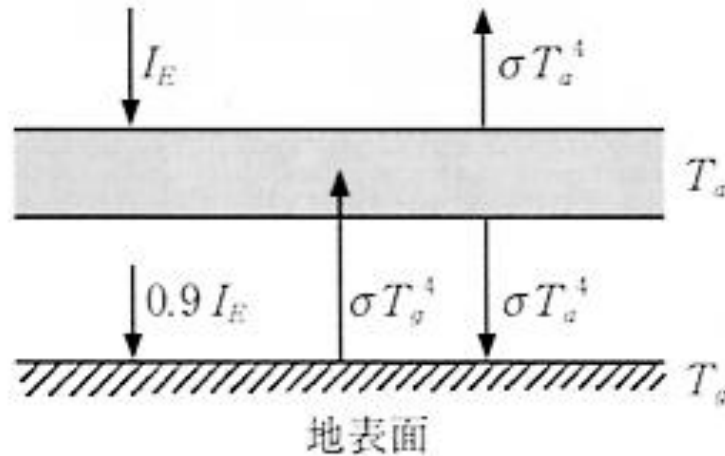
- あらゆる物体はエネルギーを放射している
- そのエネルギー E は絶対温度 T の4乗に比例
(シュテファン・ボルツマンの法則)

$$E = \sigma T^4$$

ここで、 σ はシュテファン・ボルツマン定数
 地表面から σT_g^4 のエネルギーが放射される
 地表面は大気から σT_a^4 のエネルギーを受ける



気層の吸収率は
 太陽放射に対して
 0.1、地球放射に
 対して1と仮定



放射収支 -放射平衡の状態-

$$0.9 I_E + \sigma T_a^4 - \sigma T_g^4 = 0 \quad (\text{地表面})$$

$$0.1 I_E - 2\sigma T_a^4 + \sigma T_g^4 = 0 \quad (\text{気層})$$

$$\sigma T_a^4 = I_E \quad (T_g \text{を消去すると})$$

図 2.6 大気を1つの薄い層で代表したときの大気の温室効果の説明図²⁾

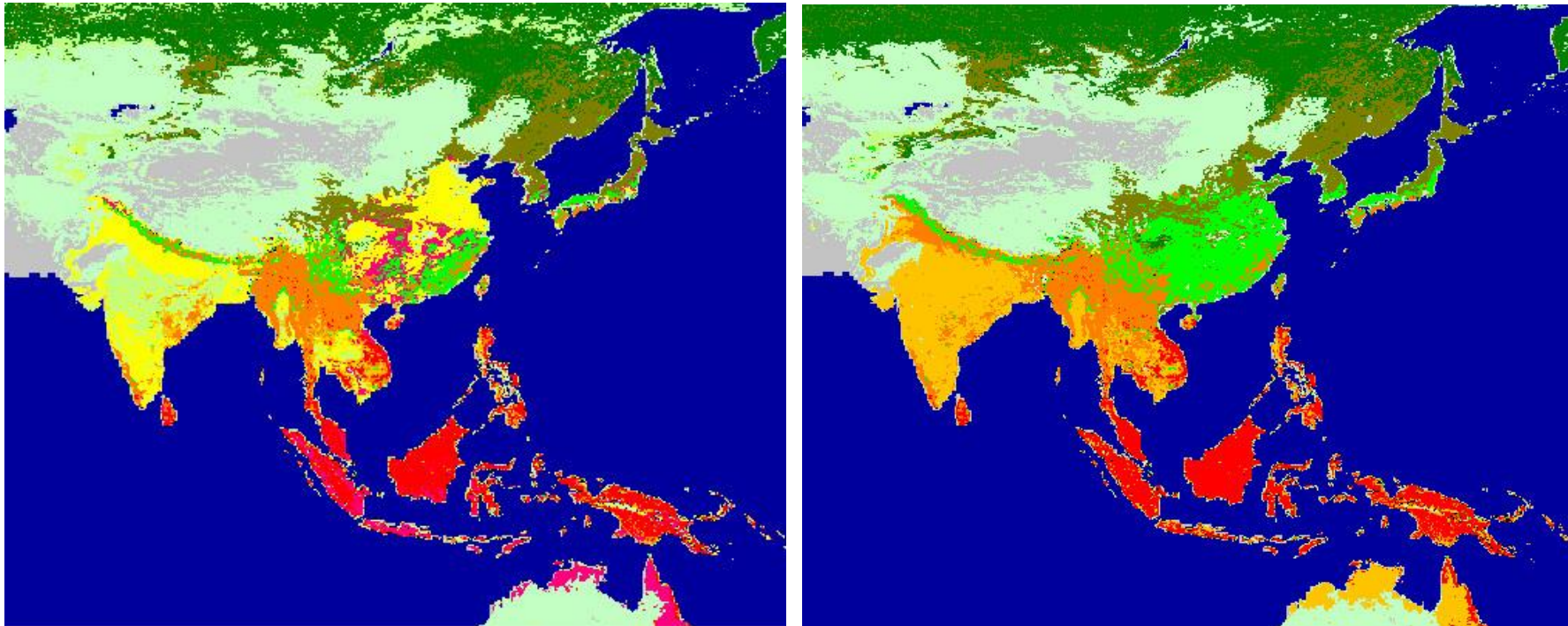
I_E が入射太陽エネルギー、 T_a が気層の温度、 T_g が地表面の温度。

(エース水文学)

アルベドとは日射の反射率である

- 土地利用・土地被覆（水域、森林、畑、．．．）によってアルベドが異なる
- アルベドが変わると、地表面の放射収支が変わる
- 土地利用・土地被覆が変わると放射収支が変わる
- 土地利用・土地被覆の変化は気候変化を引き起こす

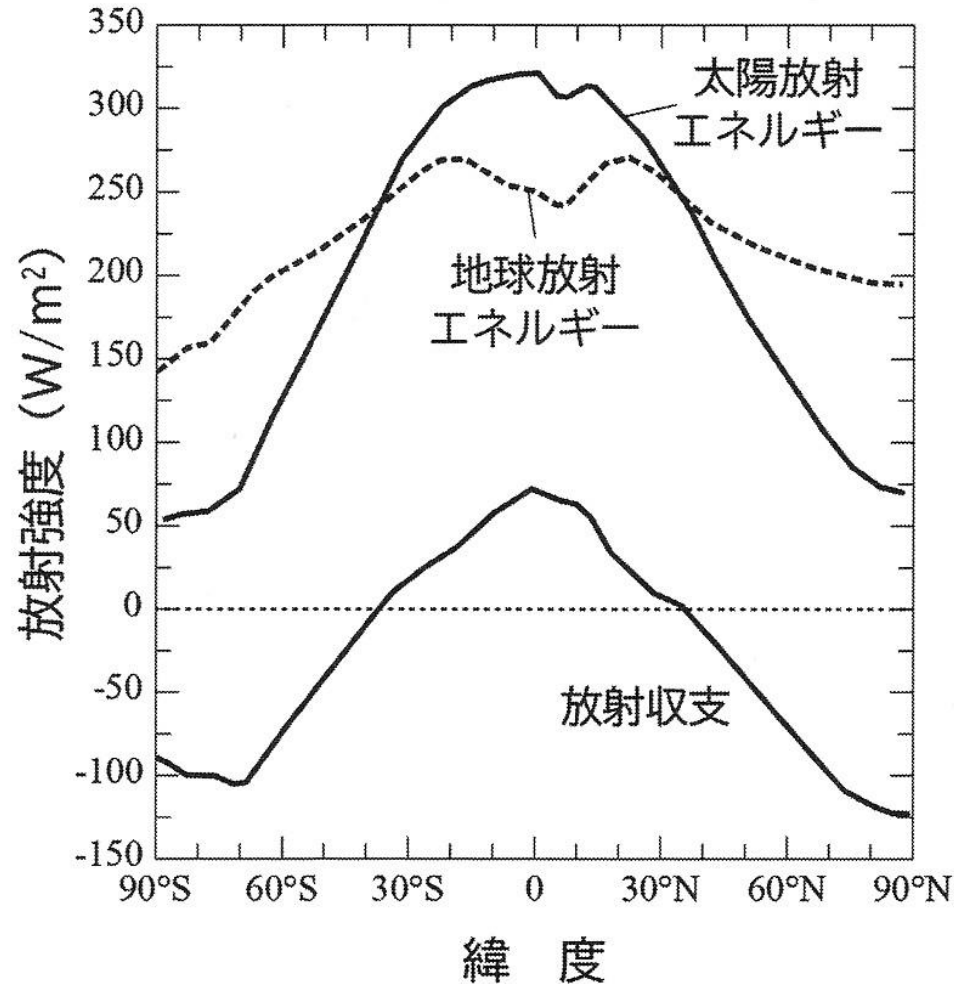
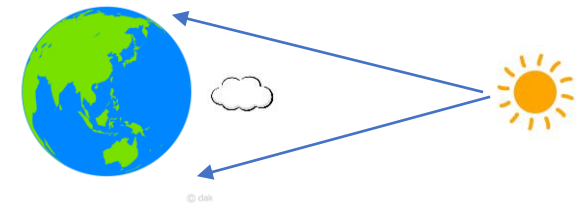
- ・ 人類の歴史は植生改変の歴史でもある
- ・ 農地化は最大の植生改変
- ・ 人間活動が気候を変えているのだ
- ・ そのことの意味を考えてみよう



- 黄色：農耕地、● 赤：熱帯雨林、● 橙：熱帯季節林、● 緑：常緑広葉樹、● 緑：落葉広葉樹、● 緑：常緑針葉樹
- 緑：草地、● 灰：沙漠

左は衛星データを用いて描いた現在の土地被覆図、右は気候データを用いて復元した自然植生図、すなわち人間が植生を改変しなかった場合の植生分布(Kondoh,1995)

3. 大気循環と世界の気候



太陽放射エネルギー

- ・ 高緯度ほど太陽高度は下がり、放射強度は小さくなる
- ・ 赤道付近は雲が多いので、少し放射強度は小さくなる

地球放射エネルギー

- ・ 受け取った太陽放射エネルギーは、地球放射エネルギーとして放出
- ・ 緯度による差は太陽放射エネルギーより小さい

放射収支

- ・ 太陽放射エネルギーと地球放射エネルギーの差である放射収支は、低緯度でプラス、高緯度でマイナスとなる
- ・ ということは、低緯度から高緯度に向かってエネルギーが輸送されなければならないな～

それが、風と海洋の循環なのだ

図 7-3 緯度に沿った太陽放射エネルギー，地球放射エネルギー，および放射収支 (Hartmann 2013 より作成)

エネルギーを運ぶ大気循環

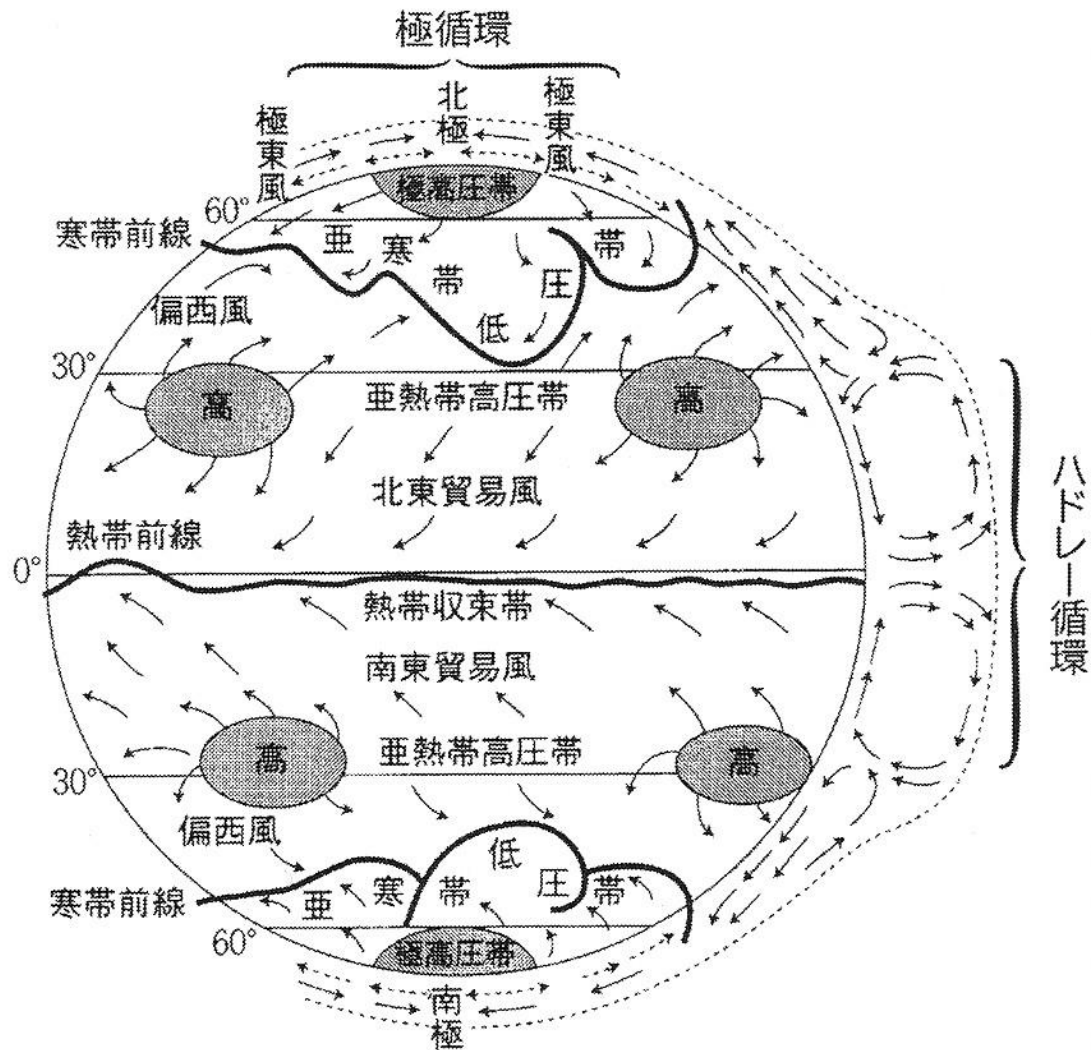


図 7-4 大気循環の模式図 (水野 2018 より作成)
外側に対流圏の断面を誇張して示している。

- 赤道付近
 - ・大気は暖められて、上昇する
 - ・対流圏上部で南北に分かれて、高緯度方向に向かう
 - ・南北30度付近で、下降気流となる
- ⇒ハドレー循環

下降気流ということは高気圧→亜熱帯高圧帯
⇒天気が良い、雨が降らない→沙漠が形成される



沙漠の分布(UNEP)
亜熱帯高圧帯に起因する沙漠のほか、山陰効果、内陸効果、寒流の効果によるものなどがある

- 極域
 - ・極高圧帯
 - ・シベリア高気圧は冬の北西季節風と寒さをもたらす
- 中緯度 (概ね30~60度)
 - ・偏西風の蛇行と、温帯低気圧によるエネルギー輸送

4. 海陸分布や地形の影響を受ける気候

モンスーン

大陸と海洋で熱に対する性質が異なるため、大陸と海洋の間では季節により風向を大きく変える季節風（モンスーン）が生じる。大陸規模の海陸風と考えても概ね良い。
⇒東アジアからインド洋沿岸、アフリカ大陸東部、カリブ海、南北アメリカ大陸東岸、オーストラリア東岸などでみられる（次ページの図参照）。

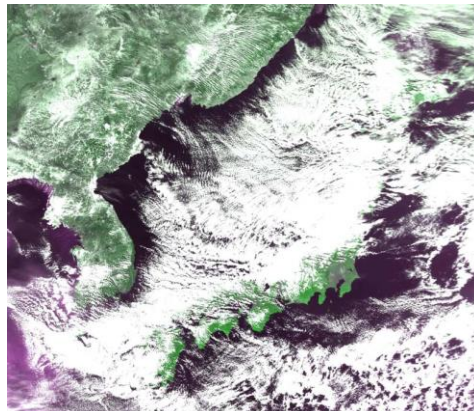
アジア・モンスーン

- ・南アジアから東アジアに広がる大規模なモンスーン。モンスーンは雨ももたらし、アジア諸地域の多様な文化をけいせいしている。
- ・アジアの特徴である沖積低地と降水量が稲作の恵みをもたらした。



<https://pixabay.com/>

日本海側は積雪地帯であるが、北緯30度程度でこんなに積雪量の大きな地域は世界にあるだろうか。それは何がもたらしたのか。



東アジアにおける平均的な最大積雪深は日本の日本海側が圧倒的に多いことがわかる。

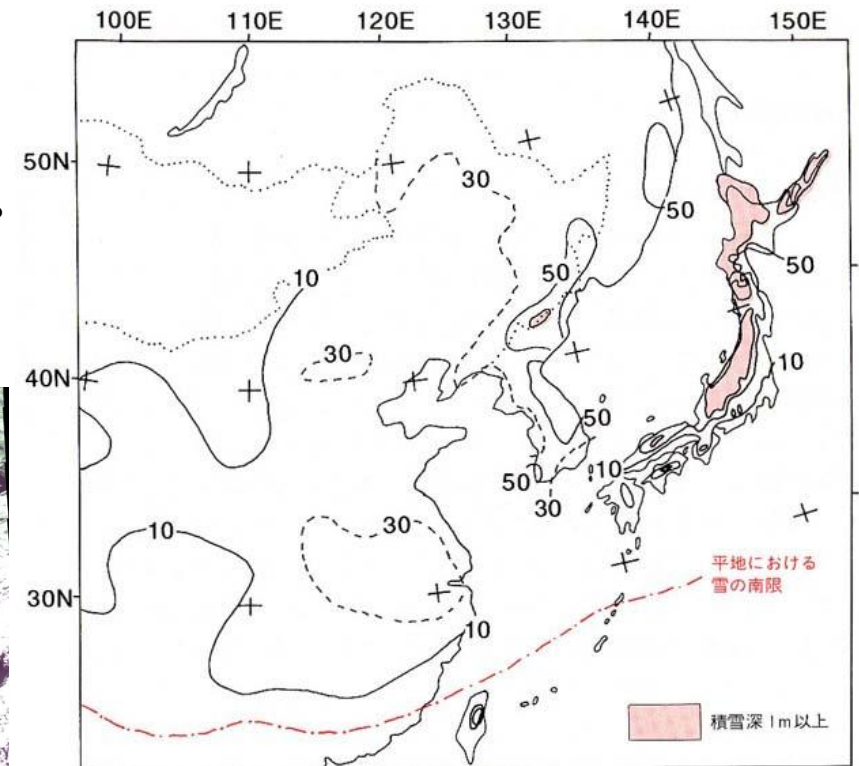
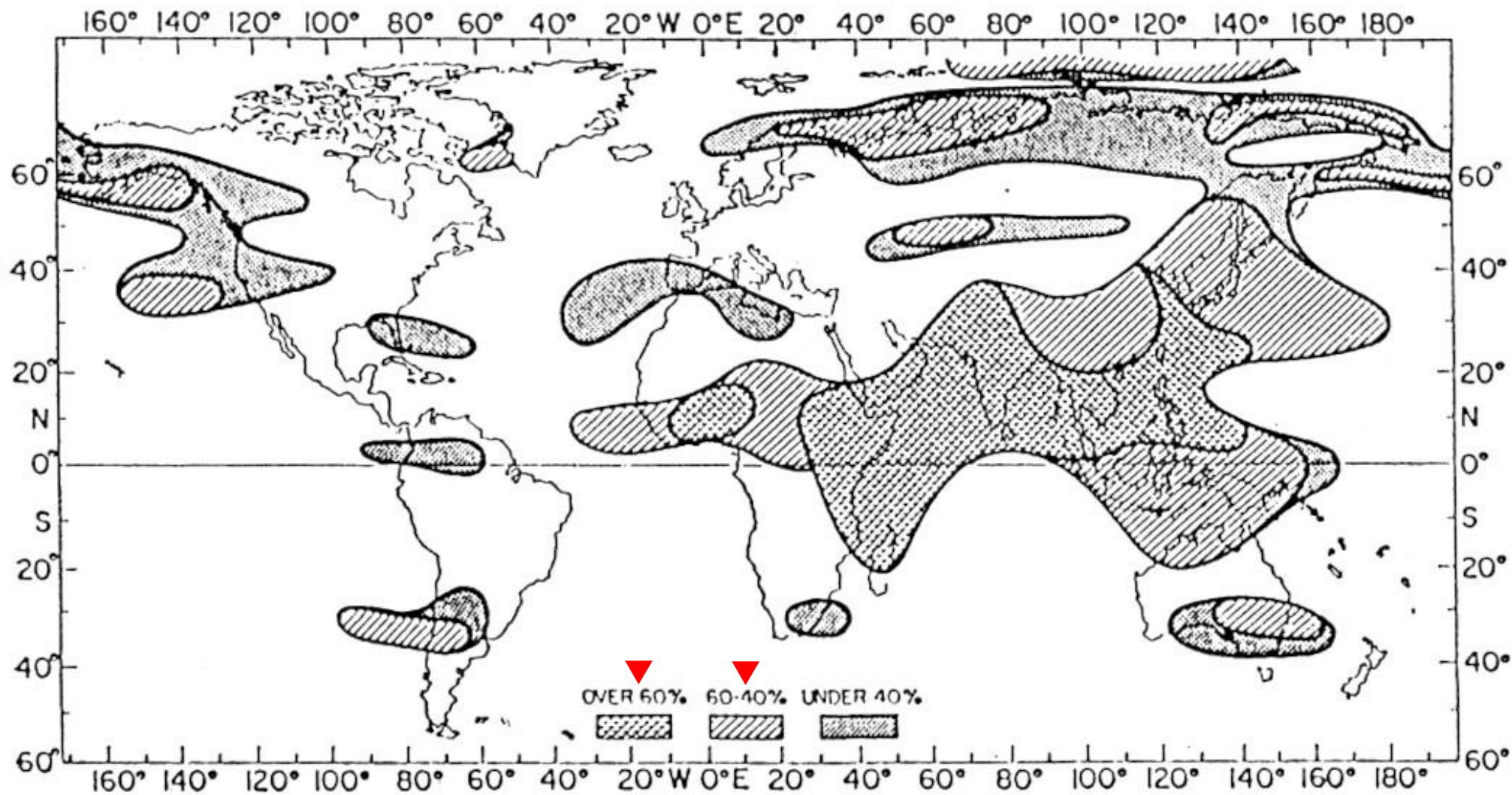


図 8-5 東アジア地域における、平均的な最大積雪深分布
ユーラシア大陸東部では全般に値が50cm以下と小さいのに対し、日本列島の日本海側では1m以上の地域が大きく広がっている。新井(1992)を簡略化。

(風景のなかの自然地理より)

世界のモンスーン域

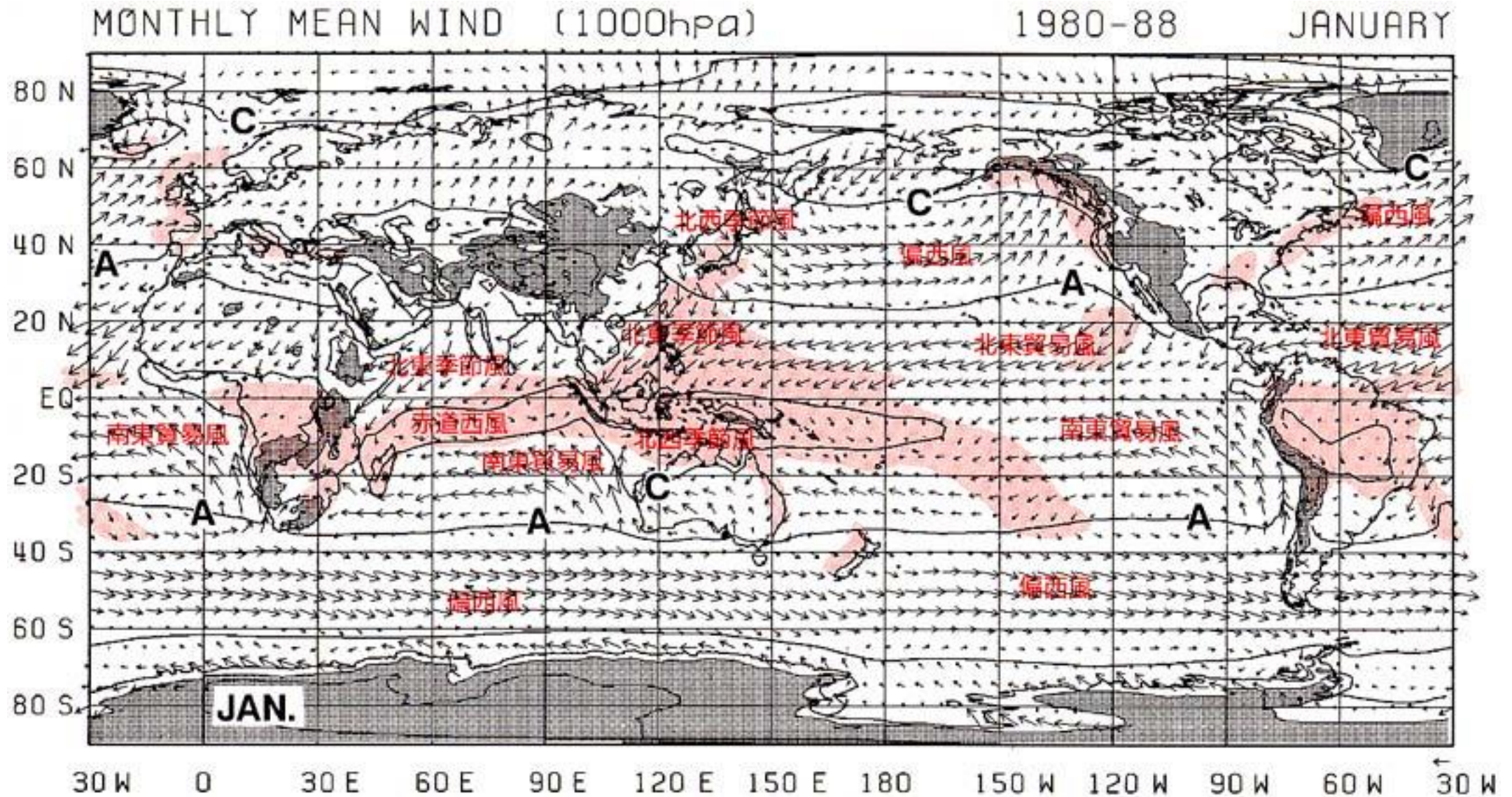
- (1) 1月と7月の地表面卓越風向の差が120度以上
- (2) 1月と7月の地表面卓越風向の出現頻度が40%を超える



第1図 Khromov (1957) による地表面卓越風向逆転域の分布。地表の卓越風向平均出現頻度が三つのカテゴリーで示されている。40%以上の領域が「モンスーン域」。

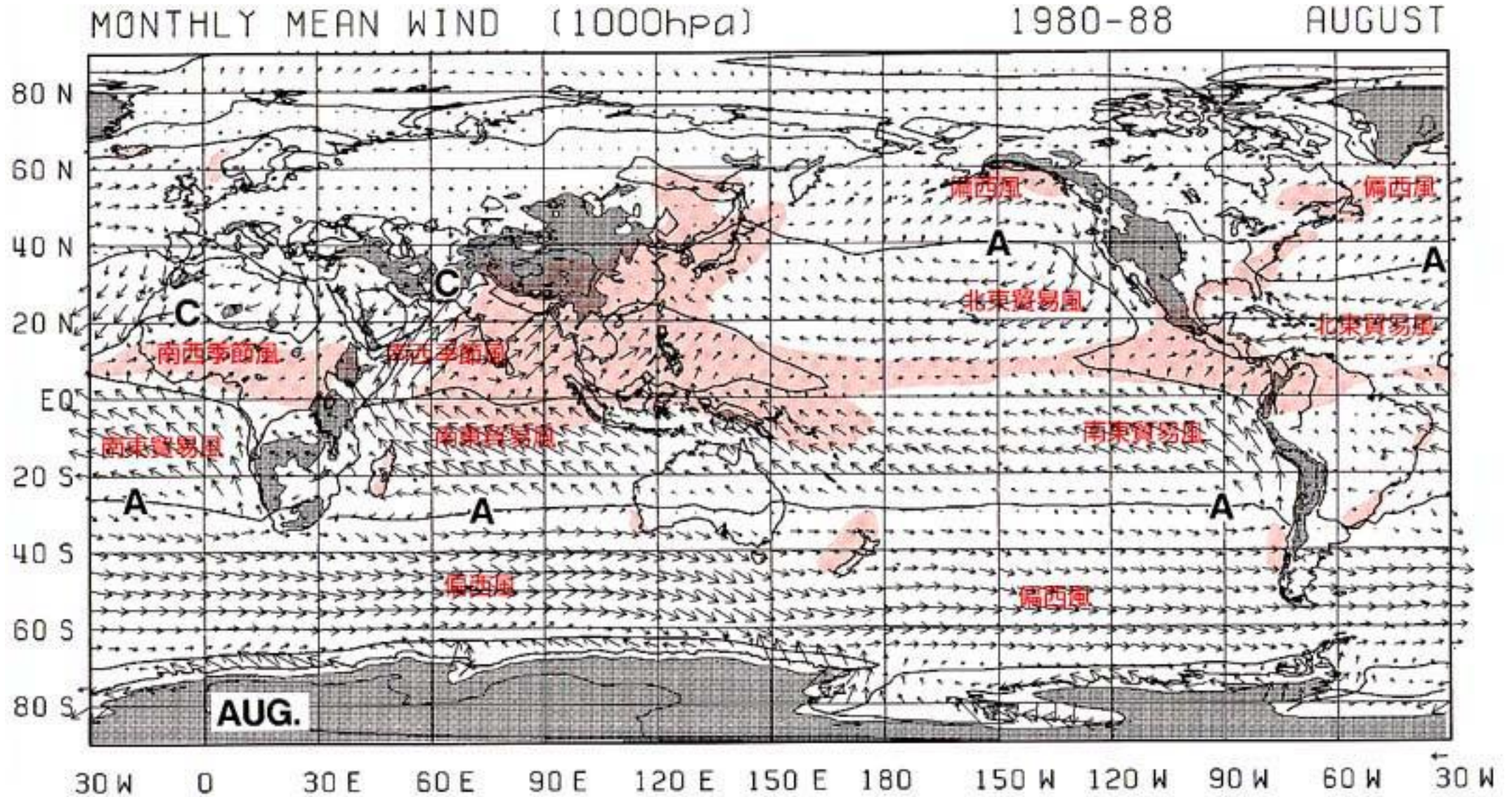
(村上,1992 天気 39.7.)

1月の平均風速、風向および降水量や雲量の多い地域の分布



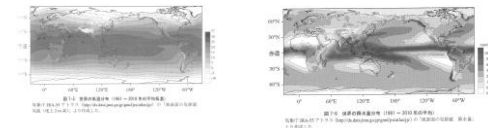
(風景のなかの自然地理より)

8月の平均風速、風向および降水量や雲量の多い地域の分布

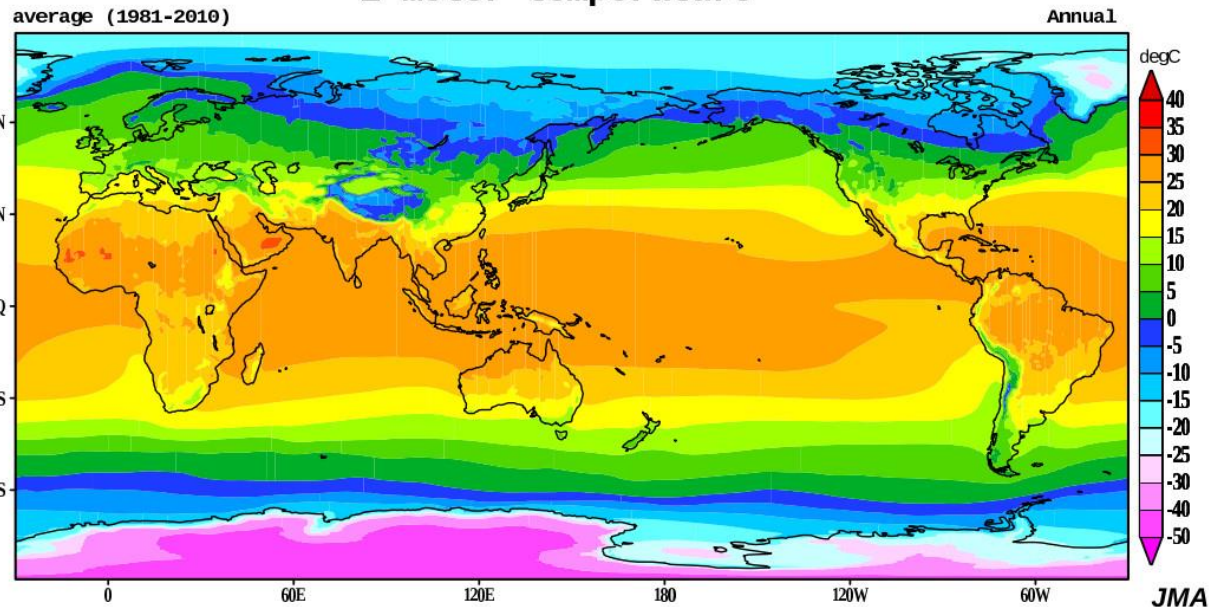


(風景のなかの自然地理より)

5. 世界の気温分布と降水量分布

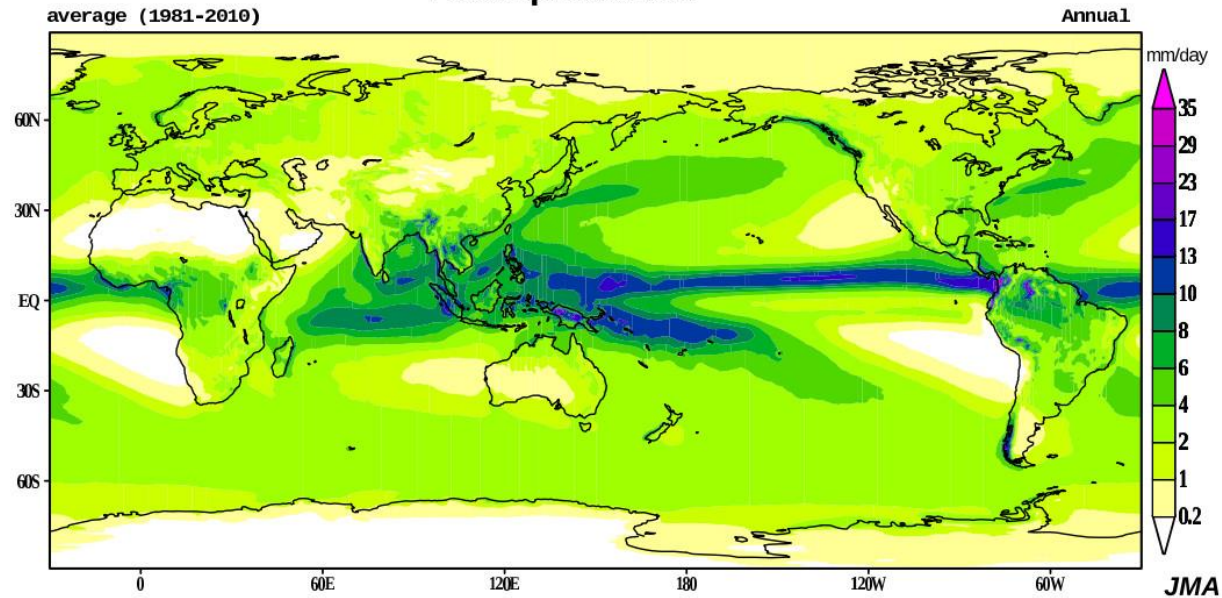


2 meter temperature



気温はほぼ緯度に平行な分布で、標高によってもかわっている。海陸分布や海流の影響も受けている。

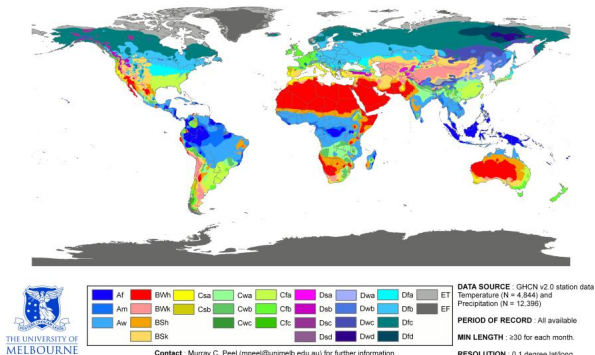
Precipitation



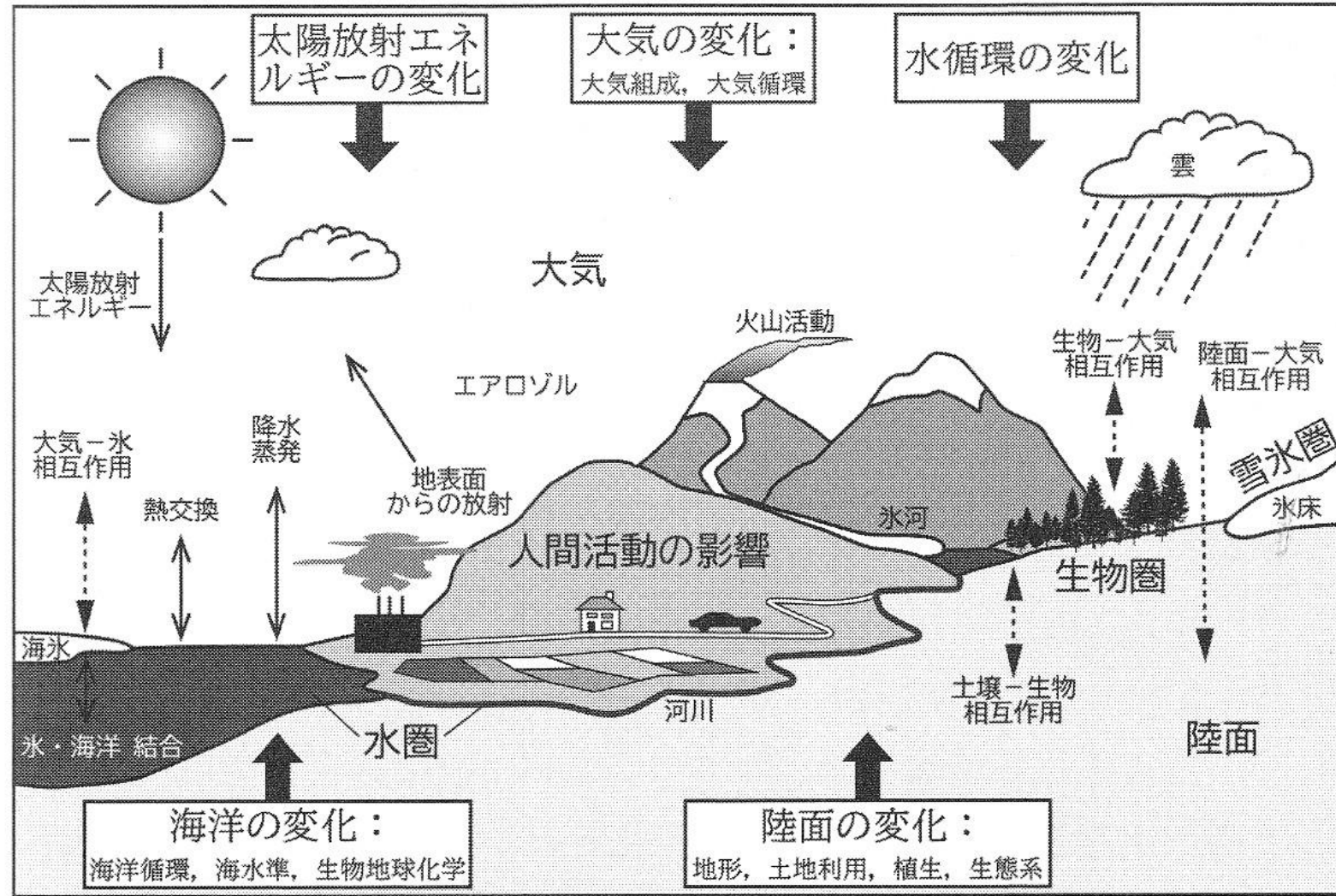
降水量は偏在する。赤道付近、特に東南アジア島嶼部で降水量が多い。緯度30～50度では低気圧の影響で降水量は多くなっている。

地球上の地域ごとに、気温と降水量の組み合わせは異なることがわかるだろう。それが多様な気候を形成する理由の一つなのだ。複合的な視点をもって、ケッペンの気候区分を見直すとなにかがわかってくるかな。

World map of Köppen-Geiger climate classification



コラム 気候システムと地球温暖化



気候とはある場所の気温や降水量の平均的な状態であるが、気候変動の時代では気候システムとして捉える必要がでてきた。

気候システムでは気候を形成する様々な要素が相互作用して今の状態をつくり出している。

ひとつの要素が変わると全体の挙動が変わってくる。

また、ある変化が別の変化の要因になることもある。

それが気候変動あるいは地球温暖化である。

図 7-7 気候システムを構成する要素とそのプロセスおよび相互作用 (IPCC 2007 より作成)

