

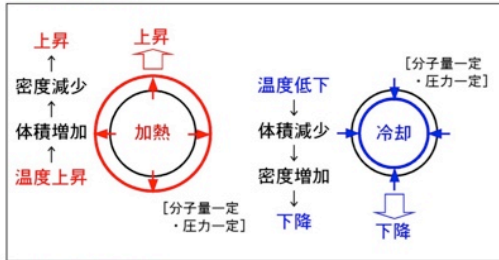
サブシステム：気圏

大気の運動

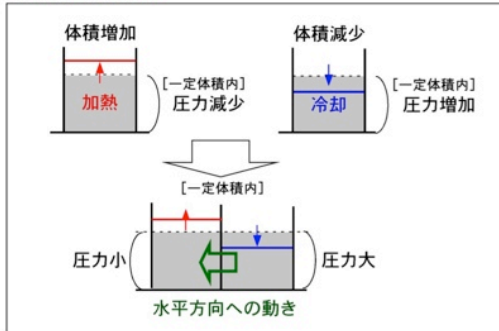
- ・ 垂直方向：
密度差（浮力）
- ・ 水平方向：
気圧差（気圧傾動力）

★ 温度差

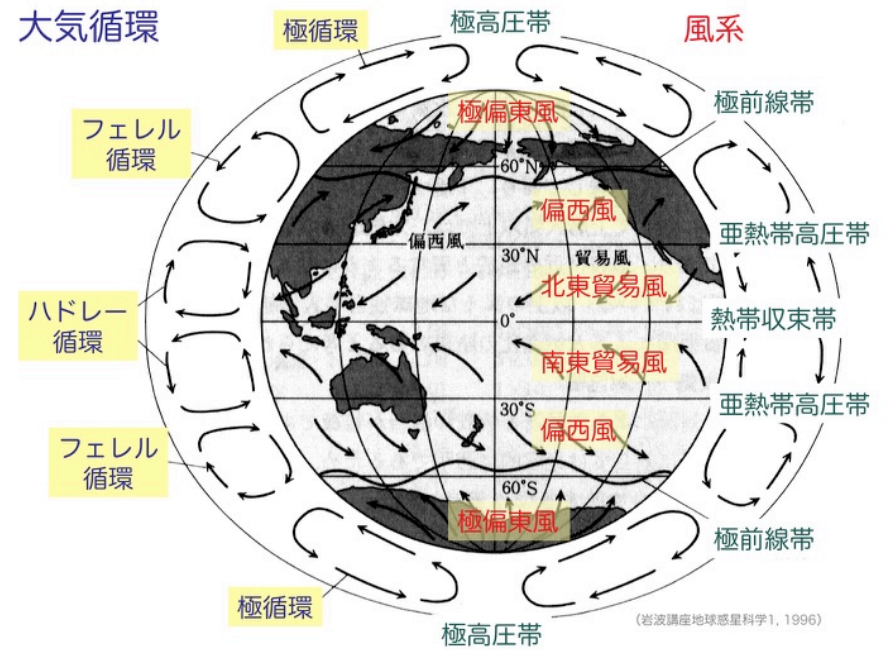
◎垂直方向の運動



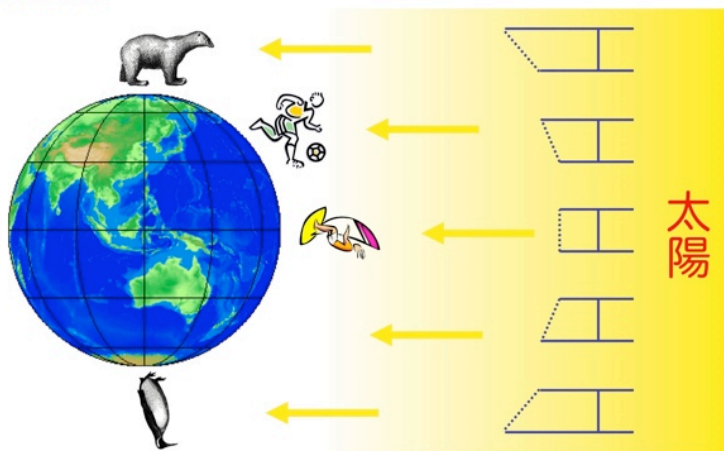
◎水平方向の運動



大気循環



太陽放射

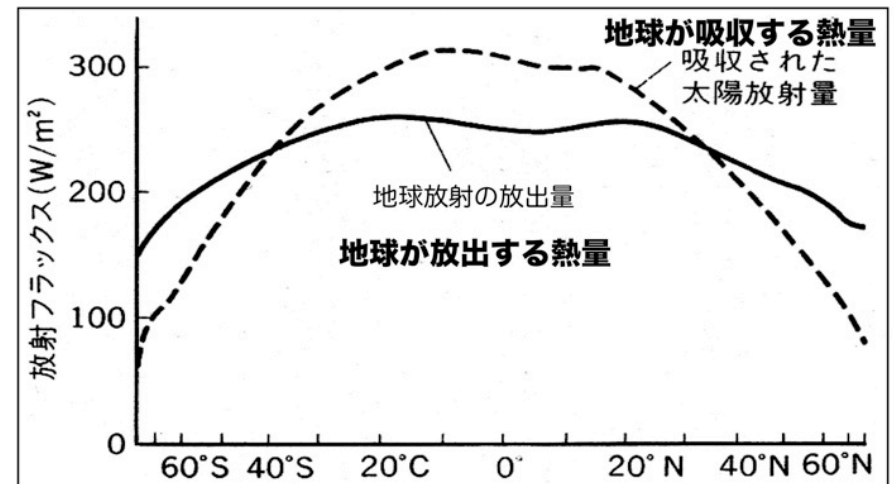


緯度の違い → 太陽高度の違い

- 単位面積当たりの日射量の違い（赤道域：大，極域：小）
- 温度分布を決定

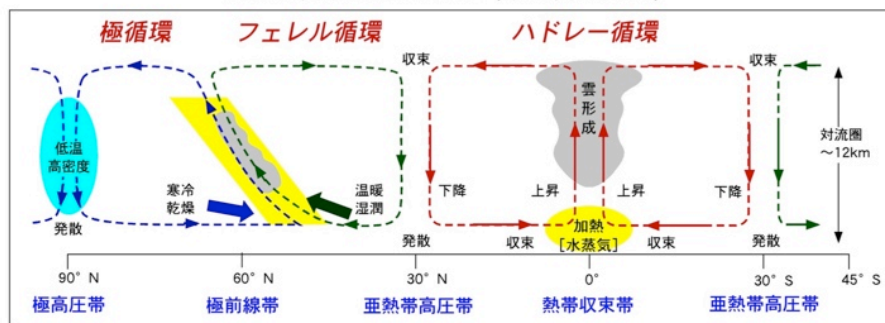
太陽放射の吸収量、地球放射の放出量

(中島, 1993)



大気循環・・・日射量の緯度変化

- エネルギー収支の南北不均衡
- 大気の南北方向の運動（不均衡の是正）



[中・高緯度域]

- ◆極域：極高圧帯
 - ・下降流（低温・高密度、乾燥）
 - 赤道方向への流れ
- ◆亜熱帯高圧帯から極方向への流れ（高温・低密度、湿潤）
 - 60°N, 60°S付近で大気の混合
 - 極前線帯を形成（低気圧域、高気圧域の発生）

[赤道域]

- ◆熱帯域：熱帯収束域・・・上昇流（低圧域）
 - 雲の形成 → 潜熱の解放（加熱）
 - 上昇流の助長
- ◆30°N, 30°S：亜熱帯高圧帯・・・下降流（高圧域）
 - 下降（温度上昇・飽和水蒸気圧上昇）
 - 乾燥大気 → 砂漠域

コリオリ効果

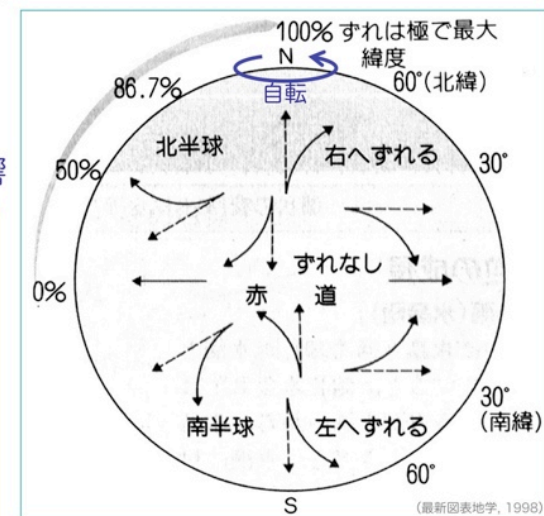
地球上を移動する物体
進行方向に対して
北半球：右ずれ
南半球：左ずれ

地球の自転による影響

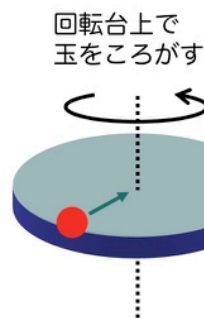
◆コリオリ力（転向力）
地球上を移動する物体が、地球が自転しているために受ける見かけの力

進行方向に対して直交
・北半球：右向き
・南半球：左向き

大きさ： $F = 2\omega m V \sin \lambda$
・物体の速度
・ $\sin(\text{緯度})$ に、比例

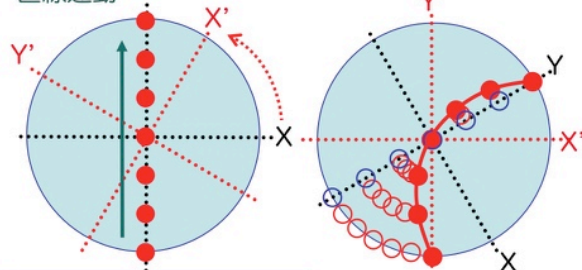


コリオリ効果

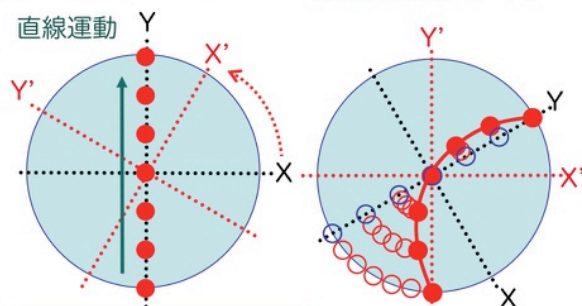


回転台の外から見ると・・・
（静止座標系: X-Y）

直線運動



回転台上での軌跡は・・・
（回転座標系: X'-Y'）



軌跡を曲げる力
（見かけの力）

▼
コリオリ力
（転向力）

大気循環

◆日射量の緯度変化

- エネルギー収支の南北不均衡
- 大気の南北方向の運動（不均衡の是正）

◆地球の自転の影響・・・コリオリ効果 → 大気循環パターン

◇大気循環パターンの変動

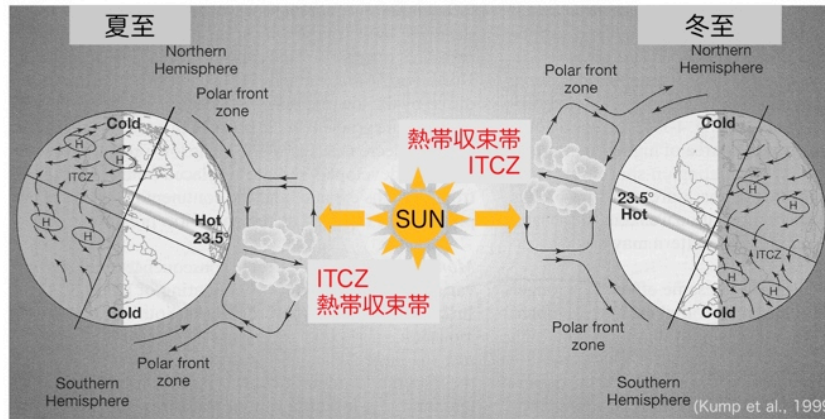
- A. 自転軸の傾き → 季節変化
 - ・緯度方向の変化パターン
- B. 海陸分布 → 大気循環パターンの複雑化
 - ・温度分布を複雑化

[大気循環の役割・作用]

- ★ 熱エネルギーの輸送：温度格差の是正 → 気温分布
- ★ 水の輸送（循環）・・・淡水
 - ・潜熱としてエネルギー輸送・・・3相存在（水、水蒸気、氷）
 - ・物質を輸送する媒体

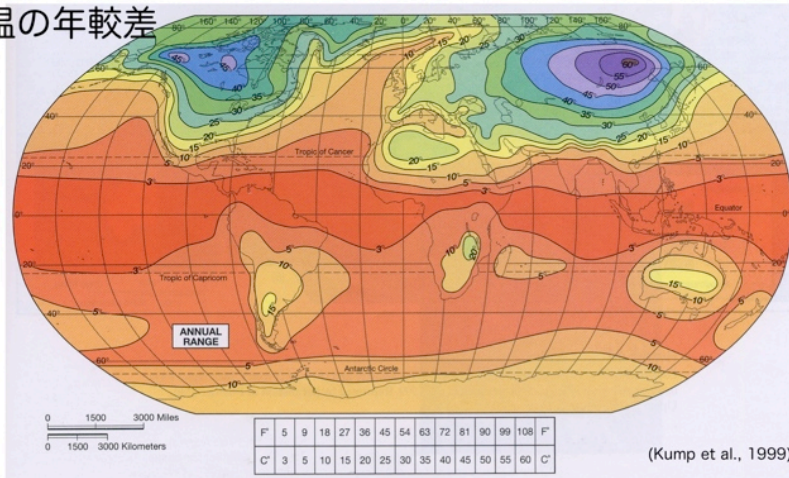
大気循環パターンの変動

A. 地軸の傾き → 季節変化



熱帯収束帯の南北移動 → 大気循環パターンの変化
(温度分布の変化)

気温の年較差



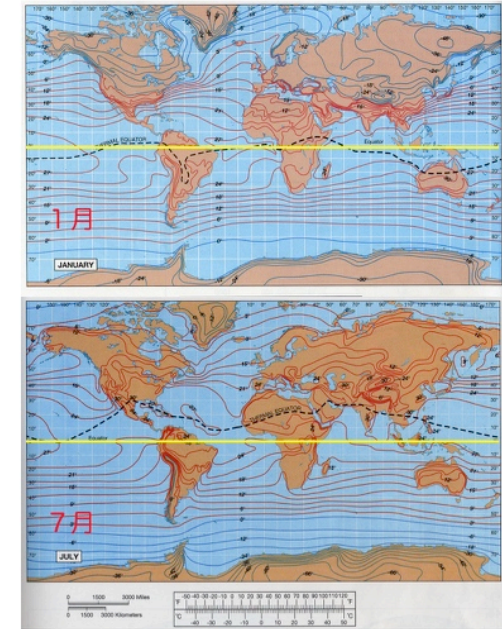
- ・ 熱帯域：年較差小 → 緯度が高くなるほど年較差大
- ・ 変化パターン：南半球・緯度方向に単純，北半球・複雑
- ★ 海陸分布の影響
 - 年較差大：大陸内部，特にユーラシア・北米大陸内部

気温分布

- 南半球：
 - 経度方向ほぼ一様
- 北半球：
 - 複雑，特に大陸部

気温分布の季節変化

- 夏半球：
 - 極～赤道の温度勾配が弱い
 - 大気循環一弱
- 冬半球：
 - 極～赤道の温度勾配が強い
 - 大気循環一強



大気循環パターンの変動

B. 海陸分布

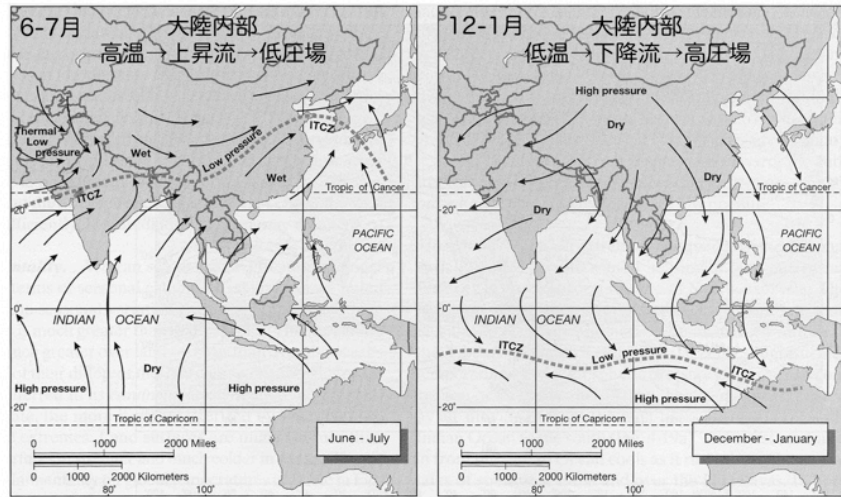
海・陸の熱的特性の違い

- ・ 太陽放射の吸収
 - 海：アルベド0.06・吸収大
 - 陸：アルベド0.2・吸収小
- ・ 吸収したエネルギーの輸送
 - 海：大気へ - 対流、下方へ - 混合 [早い]
 - 陸：大気へ - 対流、下方へ - 伝導 [遅い]
- ・ 熱容量
 - 海 > 陸 (水は乾燥土壌の3~4倍)
 - 比熱： 水 4.18 J/K·g (at 20°C)
 - 花崗岩 0.80~0.84 J/K·g (at 20-100°C)

* 海陸分布の大気循環への影響
海風・陸風，アジアモンスーン

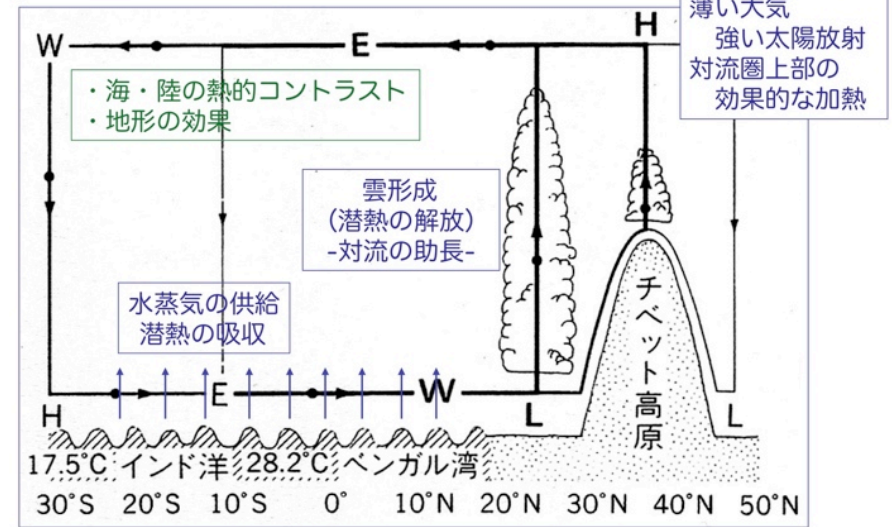
海陸分布の気候循環への影響

◆アジアモンスーン



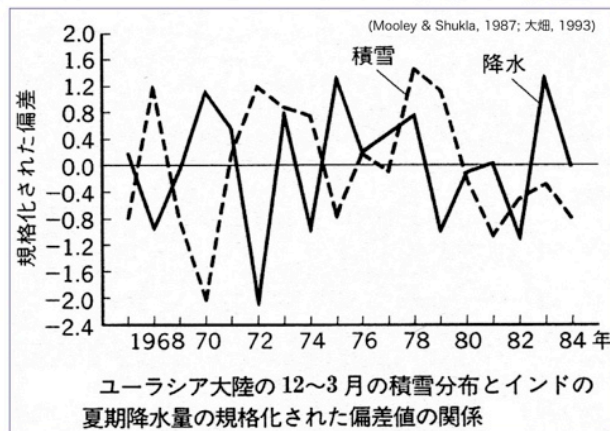
(Kump et al., 1999)

アジアモンスーン



(村上, 1993)

アジアモンスーンとユーラシア大陸の積雪

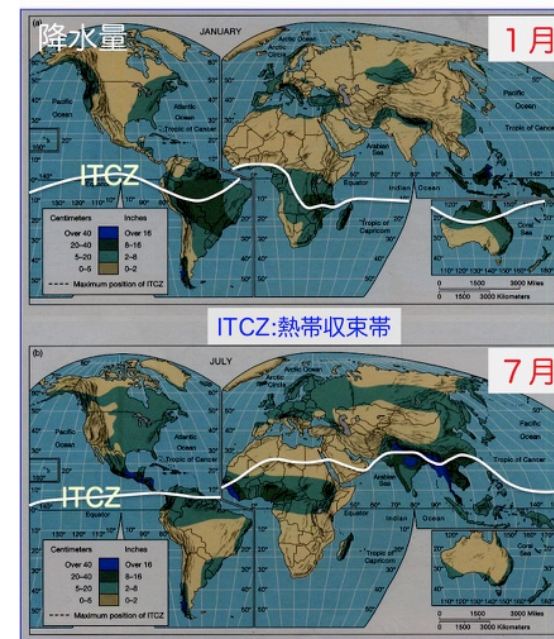


積雪面積とモンスーンの降水量：負の相関

★ 積雪 → 地表の冷却効果

太陽放射の反射, 春期の融解・融解水の蒸発 (潜熱を奪う)

ユーラシア大陸の加熱が弱まる → モンスーンの抑制

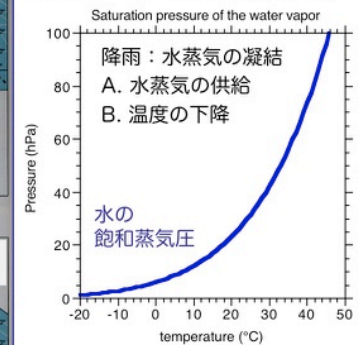


(Kump et al., 1999)

大気循環→水の循環

→ 降水分布

時間的・地域的な変化が大

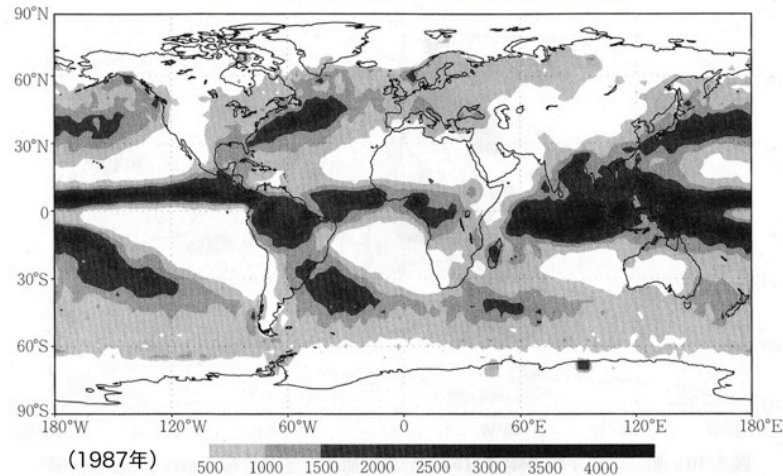


温度の下降・大気の上昇

- ・対流による上昇流:
赤道収束帯、積乱雲
- ・密度差のある大気の混合:
極前線帯
- ・山地での上昇:
山地の風上側で降雨

年降水量

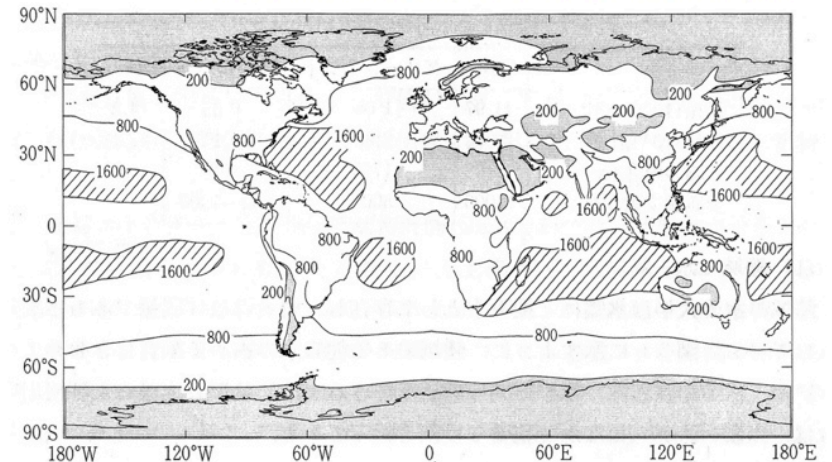
多：熱帯収束帯、極前線帯
少：亜熱帯高圧帯、大陸内部、極域



(1987年) 衛星搭載のマイクロ波放射計データと地上雨量データを組み合わせて作成された2.5度グリッドの年降水量(mm)。GPCPより月平均雨量データをftpにて取得し、積算して図化した。
(岩波講座地球惑星科学3, 1996)

年蒸発量

多：亜熱帯高圧帯の海上、大洋の西部沿岸（暖流）
少：大洋の東部沿岸（寒流）、砂漠・乾燥域、極域



年蒸発量(mm/年)の空間分布(Baumgartner and Reichel(1975)にもとづく)。斜線部は1600 mm/年以上の領域、アミの部分は200 mm/年以下の領域を示す。
(岩波講座地球惑星科学3, 1996)

大気循環→水の循環：水蒸気の移動

(a) 降水量－蒸発量の緯度分布

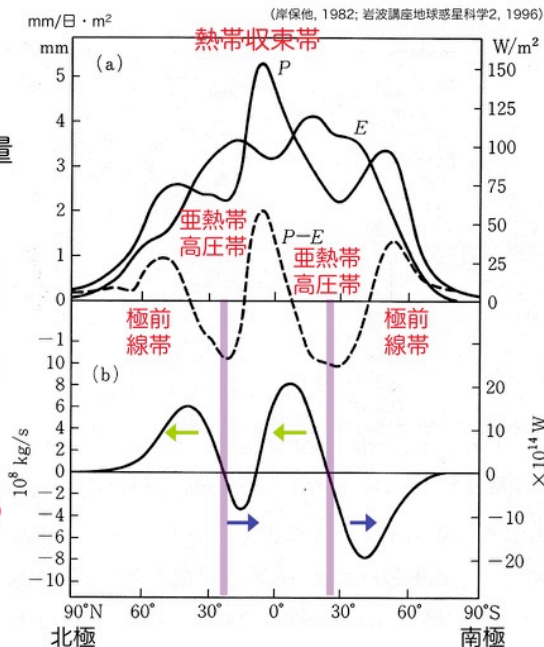
P: 降水量, E: 蒸発量

P>E 熱帯収束帯
極前線帯
P<E 亜熱帯高圧帯

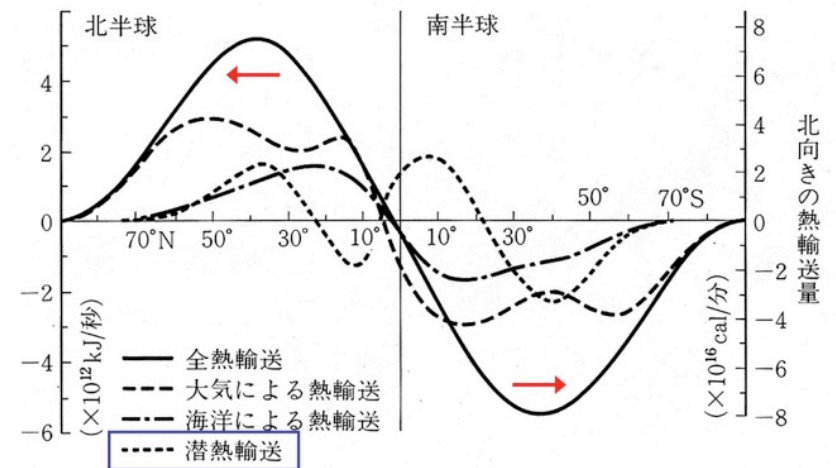
(b) 水蒸気の輸送量

正：北向き
負：南向き

* 亜熱帯高圧帯から水蒸気の補給



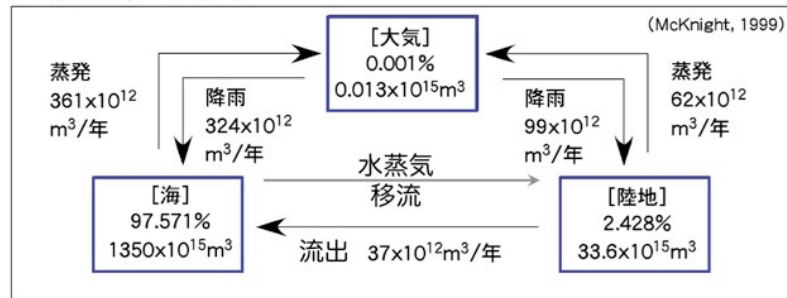
水蒸気の移動・・・潜熱輸送



地球の南北方向におけるエネルギー輸送(浅井富雄(1981))

(岩波講座地球惑星科学2, 1996)

◆水（淡水）の循環



陸地 (Kurzun, 1978)

- ・氷床、氷河、雪氷：50.2%
- ・地下水：48.8%
- ・河川・湖沼：0.396%
- ・土壌水分：0.034%
- ・凍土：0.625%

平均滞留時間

- ・大気：0.031年・・・十数日
- ・海洋：3740年・・・数千年
- ・陸地：908年・・・千年

陸地：

- ・氷床
- ・大陸氷床・・・数千年～1万年程度
- ・山岳氷河・・・数十年
- ・地下水・・・1万年程度
- ・河川・湖沼・・・～2週間
- ・土壌水・・・2～50週間

◆陸域の水の移動 → 風化・浸食・運搬作用 → 物質の輸送
「削剥作用」 * 海洋へ物質供給

●削剥作用

化学的・・・化学的風化による削剥
物理的・・・物理的風化による削剥

◆化学的風化・・・水の存在が重要、温度が高いほど促進

- ・溶解：岩塩 $\text{NaCl} \cdot \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ (溶液)
- ・酸化： Fe^{2+} を含むケイ酸塩鉱物 (カンラン岩、輝石、角閃石)
 $2\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{O}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{H}_4\text{SiO}_4$
- ・酸加水分解・・・雨水・土壌水にとけ込んだ $\text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
石灰岩 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$
斜長石 $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, \text{Al}) + \text{H}_2\text{CO}_3$
→ 粘土鉱物 (Al)・・・残留； $\text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{HCO}_3^-$ ・・・溶出

◆物理的風化・・・化学的風化の促進

岩石の割れ目の発生
・・・応力解放、鉱物の熱膨張率の差、水の氷結、間隙水圧

◆陸域の水の移動 → 風化・浸食・運搬作用 → 物質の輸送
「削剥作用」 * 海洋へ物質供給

●削剥作用

(Holeman, 1968; 岩波講座地球惑星科学3, 1996)

削剥速度 (mm/年)	物理的		化学的
	物理的	化学的	
アジア	0.240	0.013	
北米	0.038	0.013	
南米	0.025	0.011	
欧州	0.014	0.017	
豪州	0.018	0.001	
アフリカ	0.011	0.010	
平均	0.048	0.016	
	(75%)	(25%)	

物理的・・・浮流物質の測定値から推定
化学的・・・溶流物質の測定値から推定

◆化学的：

- ・大陸間でほぼ一定
- ・各河川で比較すると
降水量と正の相関

◆物理的：

- ・河川の起伏量に比例
(平均標高に比例)
- ・降水量に正の相関

総浮遊量：135 億トン/年
総溶容量：39 億トン/年

(岩波講座地球惑星科学9, 1996)

◆陸域の水の移動 → 風化・浸食・運搬作用 → 物質の輸送
「削剥作用」 * 海洋へ物質供給

陽イオン組成 (mg/kg)	河川水		イオン濃度 (10^{-3}mol/L)	河川水	海洋
	河川水	大陸地殻			
Al	0.05	80	Na^+	0.23	470
Fe	0.04	35	Mg^{2+}	0.14	53
Ca	13.4	30	K^+	0.03	10
Na	5.2	29	Ca^{2+}	0.33	10
K	1.3	28	HCO_3^-	0.85	2
Mg	3.4	13	SO_4^{2-}	0.09	28
			Cl^-	0.16	550
			Si	0.16	0.1

(Broecker & Peng, 1982; 地球環境化学入門, 1997)

(Broecker & Peng, 1982; Berner & Berner, 1987; 地球環境化学入門, 1997)