

生物多様性学II ～生命・地球環境進化～

-現在の地球-

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

2018/9/26

生物多様性学2ガイダンス

授業の内容 (水曜日：2限(10:25~12:10), 担当, 小宮)

- (1) ガイダンス・現在の地球(9/26)
 - (2) 地球史概略(10/10)
 - (3) 生命の組成と生命の起源(10/17)
 - (4) 化学進化とバンスペルミア(10/24)
 - (5) 初期生命(10/31)
 - (6) 化学指標と古環境解釈(11/7)
 - (7) 太古代～原生代の生命進化(12/5)
 - (8) 全球凍結(12/12)
 - (9) 後生動物の出現とカンブリア爆発(12/19)
 - (10) 顕生代の生命史と大量絶滅(1/8)
 - (11) テスト(テスト期間中)
- 一環境変動による生命進化と生物による環境変化—
地質学・古生物学に基づく

授業の評価

期末試験をする予定+出席

テストのルール：持ち込み可

持ち込みできる物：①授業で配布した資料、②各自のノート(コピーなどを貼付けただけのものは不可。ただし、自分で資料を調べ勉強しそれを切り貼りしたものは可)③教科書・本類

持ち込み不可の物：①コンピューター、電子辞書、携帯電話・iPad等(ネットに接続できる機器)②他人のコピー等

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp

<http://www43.tok2.com/home/isua/>

16号館826B

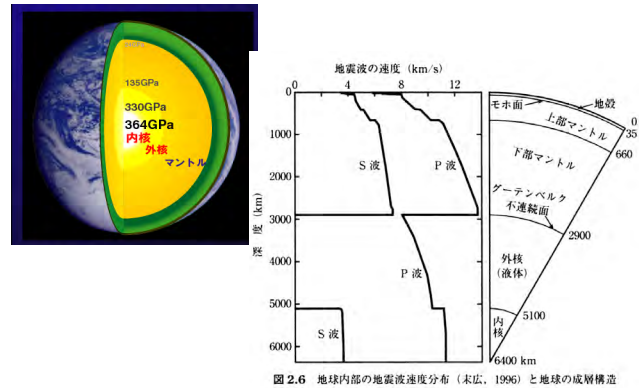
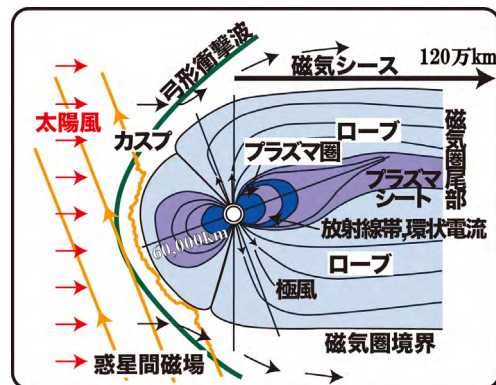
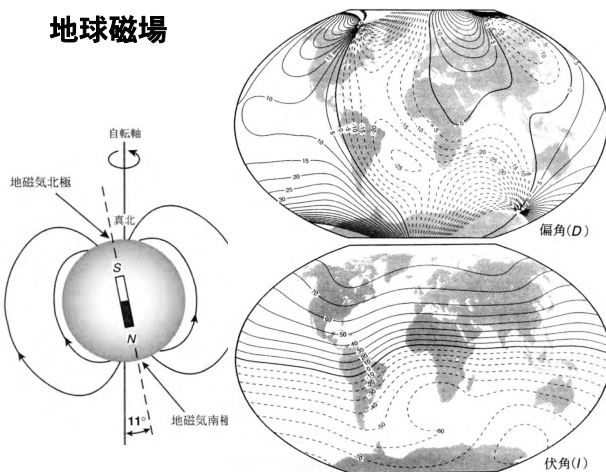


図 2.6 地球内部の地震波速度分布 (末広, 1996) と地球の成層構造

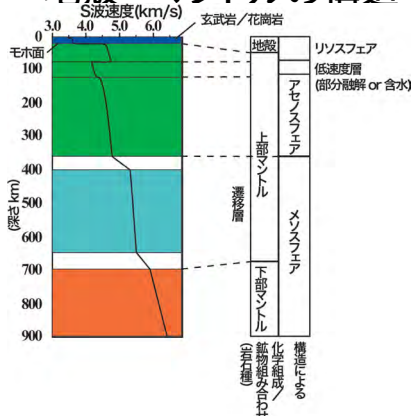
地球内部の地震波速度分布

地球磁場



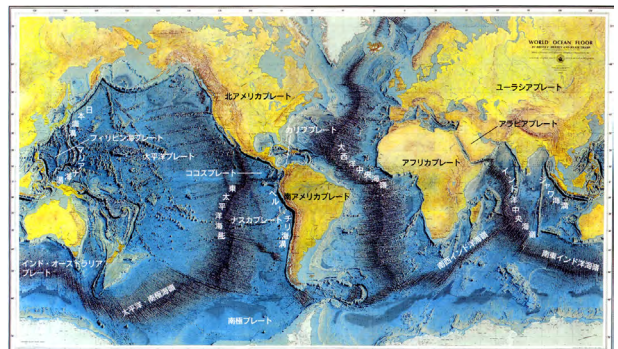
液体金属核と地球磁気圏と太陽風 (宇宙線)
宇宙ST: <2000km, 静止衛星: 35,786km(地表から),
月まで: 38万km

地殻—マントルの構造



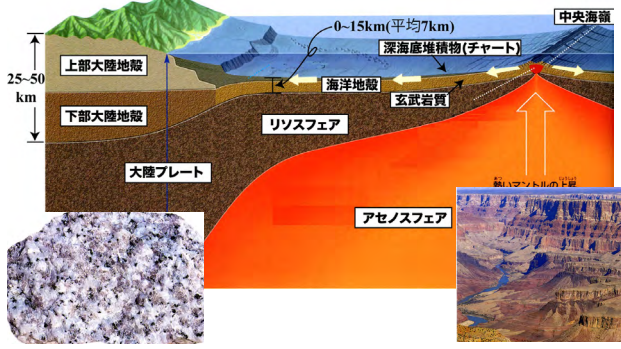
地殻の構造

①大陸地殻, ②海洋地殻



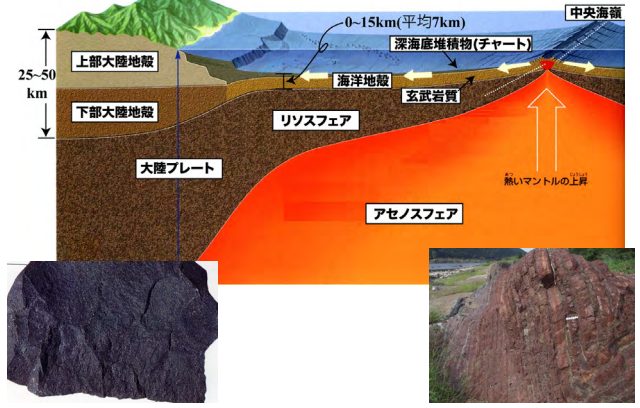
①大陸地殻

上部大陸地殻(花崗岩類,堆積岩,変成岩,付加体)
下部大陸地殻(玄武岩,変成した玄武岩類)



②海洋地殻

玄武岩類+深海底堆積物
+陸源性堆積物



マンツルの層構造と鉱物種の変化

マンツル上部

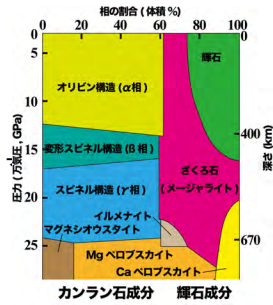
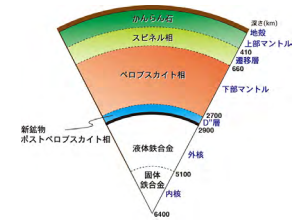
(カンラン岩)
カンラン石 (Mg_2SiO_4)
単斜・斜方輝石、
ガーネット

遷移層

スピネル (Mg_2SiO_4)
ガーネット

下部マンツル

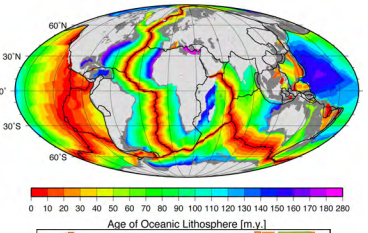
Mgペロプスカイト ($MgSiO_3$)
マグネシオウスタイト
Caペロプスカイト



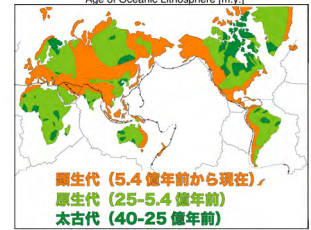
D''層

ポストペロプスカイト相
マグネシオウスタイト
Caペロプスカイト

海底の年代

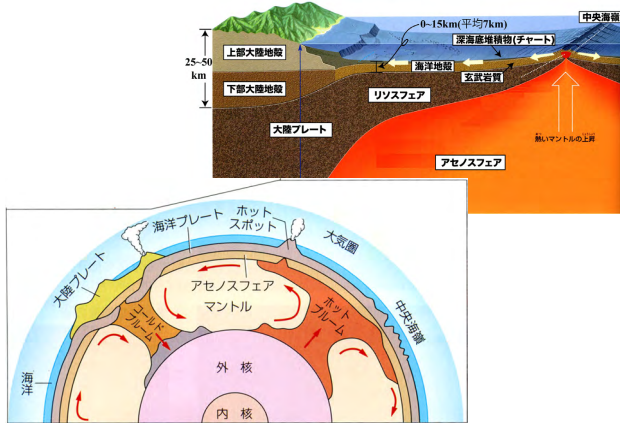


大陸地殻の年齢



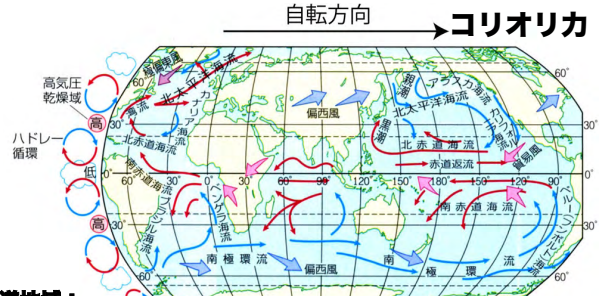
新生代 (5.4億年前から現在)
原世代 (25-5.4億年前)
太古代 (40-25億年前)

プレートテクトニクスとブルームテクトニクス



海洋の循環(2つのタイプがある)

②-1 海洋表面での循環(海流, 風成循環: 深さ1000m位まで)

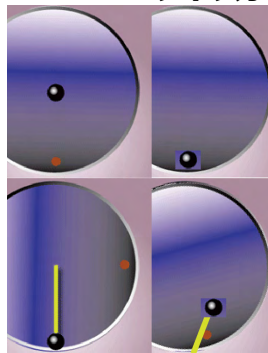
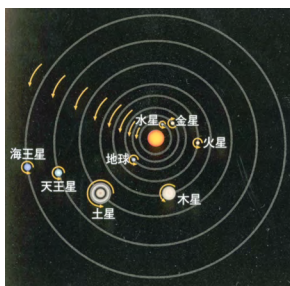


赤道地域:
ハドレー循環~表面では北から南への空気の流れ+自転→貿易風
中緯度地域~逆に南から北への流れ+自転→偏西風
→風+暖かい海水が極域へ移動する→海流

海洋の循環(2つのタイプがある)

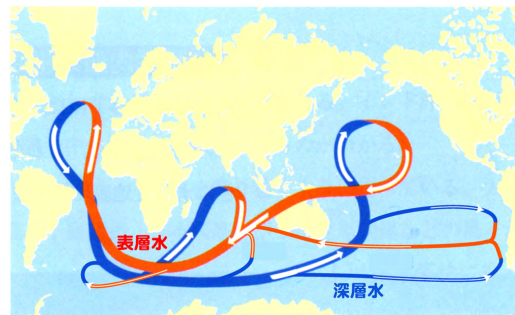
②-1 海洋表面での循環(海流, 風成循環: 深さ1000m位まで)

コリオリカ



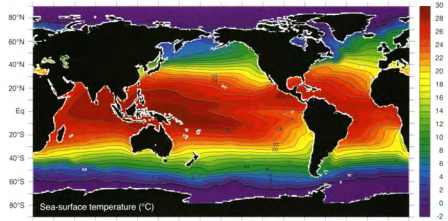
②-2

海洋大循環(熱塩循環、Broeckerのベルトコンベアーモデル)

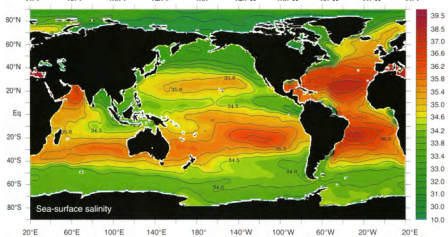


① Stommel(1961)によって提唱され、Broeckerによって海水の年代を¹⁴Cを用いて測ることによって実証された。
→最も古い年代は北太平洋深層水で約2000年(数千年規模で循環)

②-2A 海洋表面の温度分布



②-2B 海洋表面での塩分濃度分布



②-3A 海洋大循環(熱塩循環)の駆動力(密度による循環)

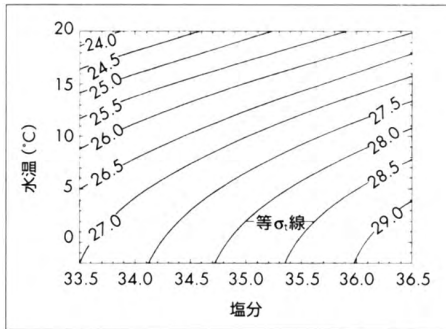


図 2.14 水温 (T)、塩分 (S)、密度の関係を示す T-S 図
σ_t は (密度-1) × 1000

海水密度は温度と塩分濃度によってコントロール

③-1 湧昇域

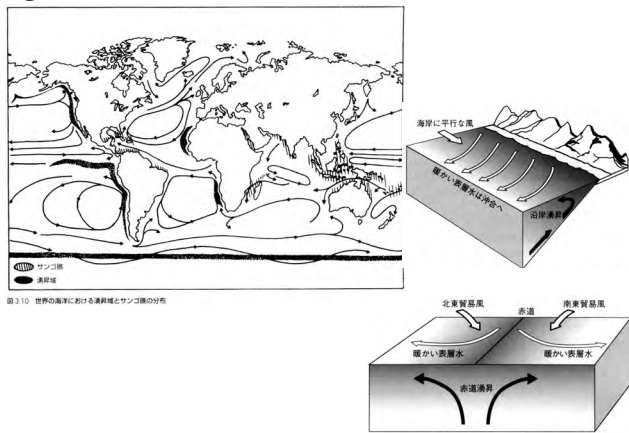
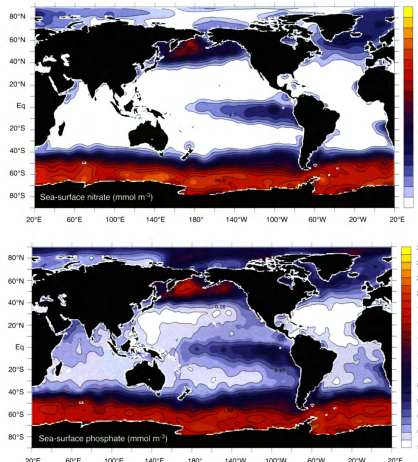
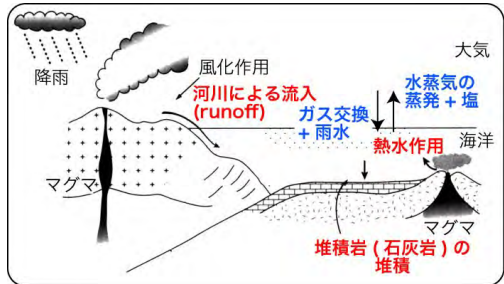


図 3.10 世界の風速における湧昇域とダウンゾンの分布

④ 海洋表面の栄養塩の濃度分布
2大重要栄養塩(NO₃⁻, P)



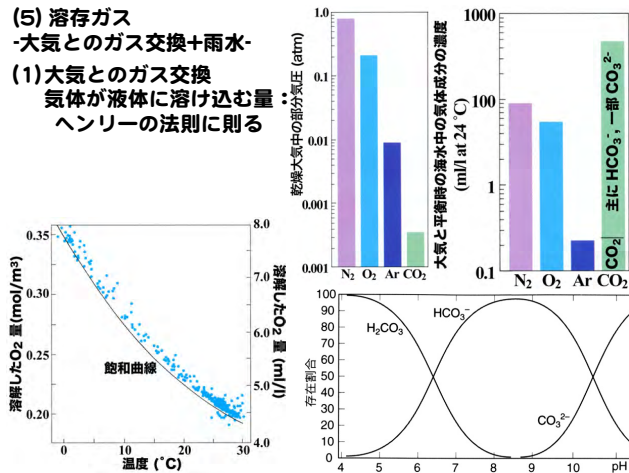
(1) 海洋: 海洋への物質の流入・流出



- (1) 大陸地殻(河川による)の流入(浸食・風化・運搬)
- (2) 中央海嶺における熱水変質作用
- (3) 堆積物(石灰岩・泥岩・チャート・Mnノジュール)の堆積
- (4) 大気とのガス交換や雨水による流入。蒸発

(5) 溶存ガス -大気とのガス交換+降水-

(1) 大気とのガス交換
気体が液体に溶け込む量：
ヘンリーの法則に則る



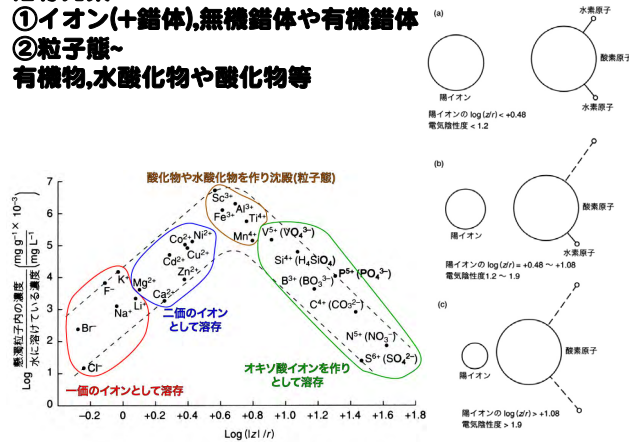
海水中の元素濃度

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57-71 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-103 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og

例えはAu(金) 20 (ppt) → 海水総量(1.4 × 10²¹kg) → 2.8 × 10¹⁰kg(280万トン)
金の年間採掘量, 2440トン, 埋没量1000年分

溶存元素

- ①イオン(+錯体),無機錯体や有機錯体
- ②粒子態~
有機物,水酸化物や酸化物等



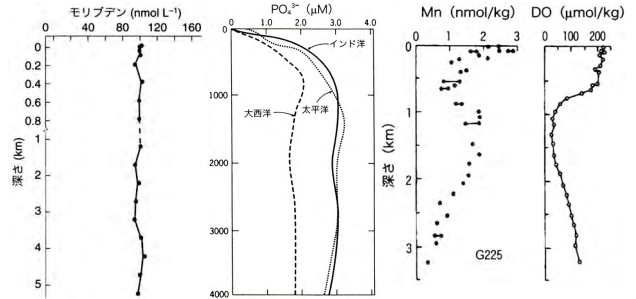
海水中の主なイオンの濃度と滞留時間

イオン	濃度(μM)	滞留時間(万年)
豊富な元素		
Cl ⁻	5.6x10 ⁵	9,000
Na ⁺	4.8x10 ⁵	6,000
Mg ²⁺	5.5x10 ⁴	1,000
SO ₄ ²⁻	2.9x10 ⁴	900
Ca ²⁺	1.0x10 ⁴	100
K ⁺	1.0x10 ⁴	1,000
C(HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , CO ₂)	2-2.4x10 ³	8
Br ⁻	8.6x10 ²	10,000
B(B(OH) ₃ , B(OH) ₄ ⁻)	4.3x10 ²	1,000
栄養塩		
Cu (CuCO ₃ , Cu ²⁺ , Co(OH) ⁺)	0.02-1x10 ⁻³	0.05
Si(OH) ₄	0-3x10 ⁻³	7
Fe (Fe(OH) ₃)	0.5-6x10 ⁻³	0.5
P (NaH ₂ PO ₄ , H ₂ PO ₄ ⁻ , MgHPO ₄)	0-0.18 ⁻³	2
不溶性		
Mn (Mn ²⁺ , MnCl ⁻)	0.08-3x10 ⁻³	0.006
Al (Al(OH) ₃ , Al(OH) ₄ ⁻)	0-4x10 ⁻²	0.02
希土類		
Ce(CeCO ₃ , Ce ³⁺ , CeCl ₂ ⁺)	3-80x10 ⁻⁶	0.01
Nd(NdCO ₃ , Nd ³⁺ , NdSO ₄)	7-50x10 ⁻⁶	0.06
可溶性 (アルカリ)		
Sr ²⁺	91	5
Rb ⁺	1.4	300
可溶性 (オキソイオン)		
MoO ₄ ²⁻	1.07x10 ⁻¹	80
UO ₂ (CO ₃) ₂ ⁺	1.4x10 ⁻²	40

平均滞留時間(τ)≡(海水中の全量 mol)/(流入量 mol/y)
 タイムスケール: 熱塩循環(数千年), 海流(数ヶ月)

③ 海水組成の鉛直分布

- (a) 保存性成分型 ~鉛直方向で濃度が変化しない
- (b) リサイクル型 ~表層が低く、深層が高い
- (c) スキャベンジ型 ~表層で多く、深層で少ない。



(a)主成分元素と (b)親生元素 (c)難溶性で平均滞留時間が短い
 大きな陰イオン

(2) 大気の組成

① 地球大気の組成

地表における乾燥大気組成比

成分	分子量	容積存在比 (ppmv)	平均滞留時間
N ₂	28.01	780800	2×10 ⁷ 年
O ₂	32	209500	2200年
Ar	39.94	9340	
CO ₂	44.01	360	増加率 年 0.4% 4年
Ne	20.18	18	
He	4.00	5.2	
CH ₄	16.05	1.8	増加率 年 1.0% 12年
Kr	83.80	1.1	
H ₂	2.02	0.5	2年
N ₂ O	44.02	0.3	増加率 年 0.2% 114年
CO	28.01	0.1	変動大 0.1年
Xe	131.29	0.09	
O ₃	48.00	0.03	変動大 数日-数週間
H ₂ O	18.02	1000-30000	変動大

(1) 地球の大気構造

熱圏

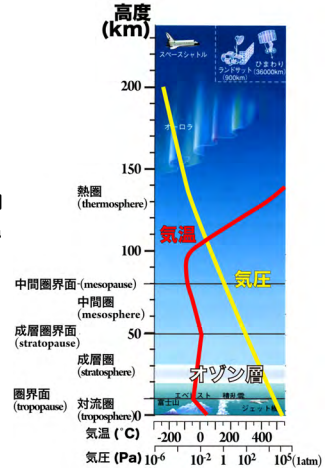
- ① 太陽の紫外放射による電離・解離による加熱: 高度ほど高温
- ② 重力的に成層

中間圏

- ① O₃の紫外放射による加熱と CO₂, H₂O 等による赤外放射冷却
- 成層圏: 高度25-50km付近の温度極大まで。

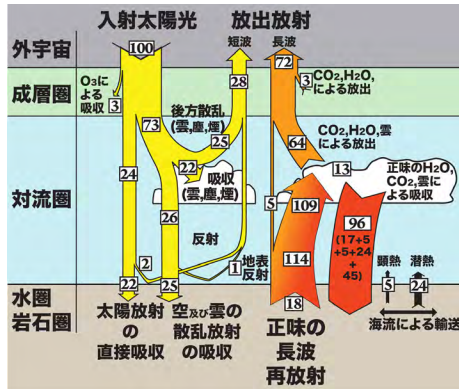
- ① O₃の紫外放射吸収加熱と CO₂, H₂O, O₃の赤外放射冷却
- ② O₃の主要部は成層圏にあり、その中心は中緯度で25km付近
- 対流圏: 高度15km付近に現れる最初の温度極小まで。

- ① 温度(密度)的に不安定
- ② 圏界面は赤道(17)極域(8km)

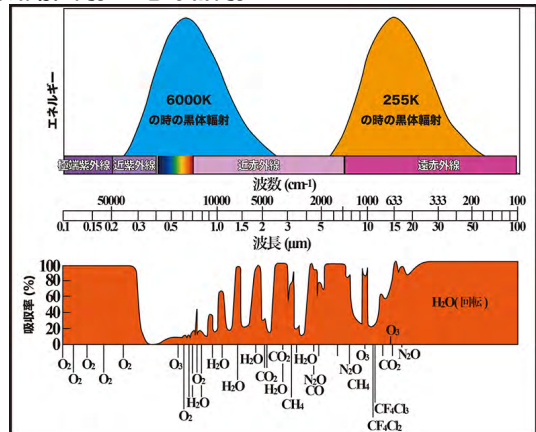


(3) エネルギー収支と地球大気

① エネルギー収支



③ 太陽入射と地球放射エネルギーのまとめ



(4) 各惑星の物理的特性と大気や温度の比較

特性	金星	地球	火星
全質量 (10 ²⁷ kg)	5	6	0.6
半径 (km)	6049	6371	3390
大気の質量 (割合)	100	1	0.06
表面気圧 (atm)	90	1	0.008
太陽からの距離 (10 ⁶ km)	108	150	228
太陽定数 (W/cm ²)	2613	1380	589
アルベド (%)	75	30	15
雲量 (%)	100	50	変動する
有効放射温度 (°C)	-39	-18	-56
表面温度 (°C)	427	15	-53
温室効果による温度上昇 (°C)	446	33	3
N ₂ (%)	<2	78	<2.5
O ₂ (%)	<1ppmv	21	<0.25
CO ₂ (%)	>98	0.035	>96
H ₂ O (%)	1x10 ⁻⁴ ~0.3	3x10 ⁻⁴ ~4	<0.001
SO ₂ (%)	150 ppmv	<1 ppbv	0
Ar (%)		0.9	1.6
雲の組成	H ₂ SO ₄	H ₂ O	塵, H ₂ O, CO ₂

太陽定数: 太陽からの入射エネルギー量 → 太陽からの距離に依存。
 有効放射温度: 宇宙から見た時の地球の温度: (入射エネルギー) - (入射時の大気による吸収) - (放射時の大気による吸収: 温室効果)