

# システム論の基礎

## 第7回 システムの例1 地球システム

氏原 温

### 1. 地球システムとは

- ・特徴：複雑で巨大  
時間とともに変化（進化）
- ・地球をシステムとして捉えることで何が得られるか  
地球の諸現象（例えば、地震、火山噴火、気候変動、環境変化、、、）の仕組みの理解、将来予測
- ・地球システムと、これを構成するサブシステム  
一般的なサブシステム／研究目的による様々なサブシステム

### 2. システム論的に見る地球の諸現象

#### 1) 火山

火山が形成される要因とは／火山がもたらすものとは

#### 2) 地震

地震のメカニズム／地震の予測は可能か

#### 3) 気候変動

- ・気候システム  
気候変動の要因は何か
- ・大気組成の変化と気候変動  
気候変動の歴史／二酸化炭素濃度変化と気温の関係
- ・二酸化炭素濃度変化とは別の要因による気候変動  
海洋循環の大変化／塩分の低下／ミランコビッチサイクル

### 3. まとめ

人類は地球システムをどこまで捉えているか。

### 4. 参考書

- 1) 岩波講座地球惑星科学2「地球システム科学」岩波書店
- 2) 岩波講座地球惑星科学11「気候変動論」岩波書店
- 3) 「地球の変動と生物進化」北海道大学出版会

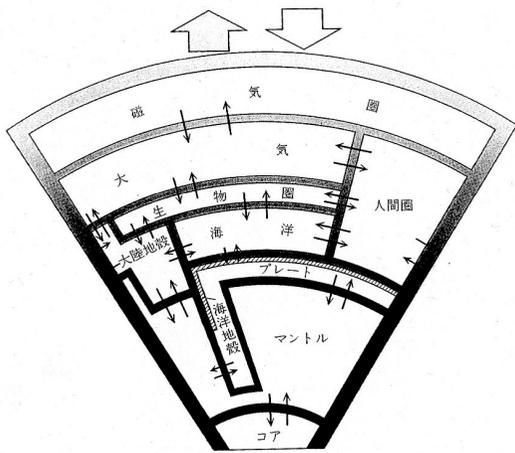
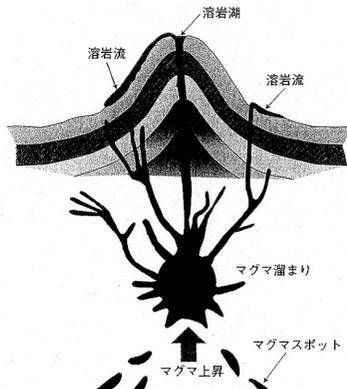


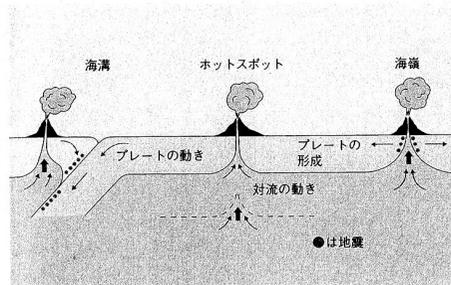
図 1.3 地球システムとサブシステム間相互作用。

D-1



【1-5-1】 火山体の断面図

①-4



【1-2-3】 海溝—海嶺—ホットスポット概念図

①-5

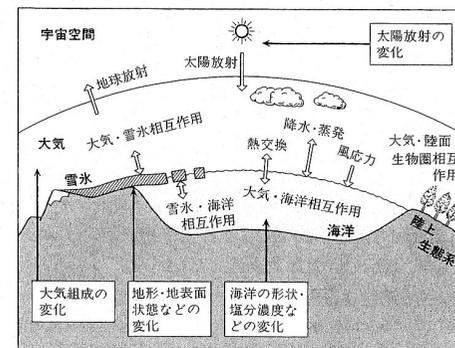


図 2.2 気候システムの概念図。気候システムは、大気-海洋-陸面-雪水の相互作用から成っている。

①-7

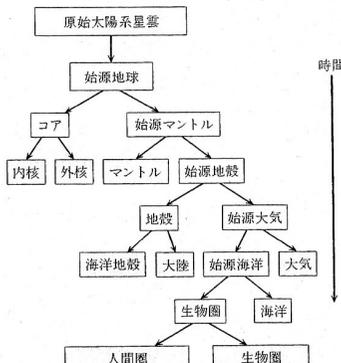


図 1.1 地球の構成要素の分化とその時間的階層構造。

①-2

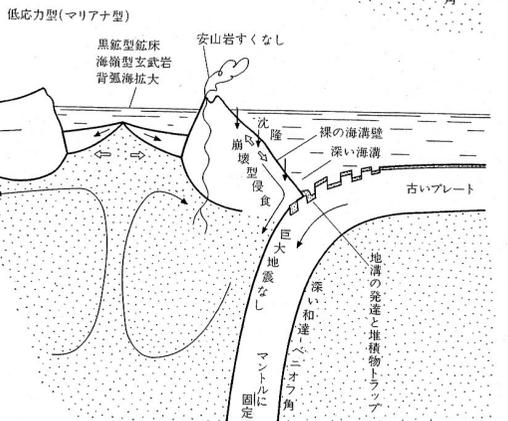
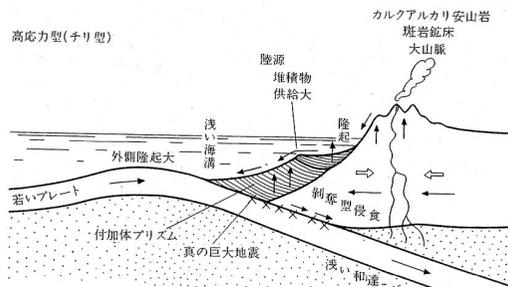


図 6.31 二つのタイプの沈み込み帯。(a) 高応力型(チリ型)。(b) 低応力型(マリアナ型)。⇨はストレス、⇦は運動の方向を示す。(Uyeda, 1984)

①-6

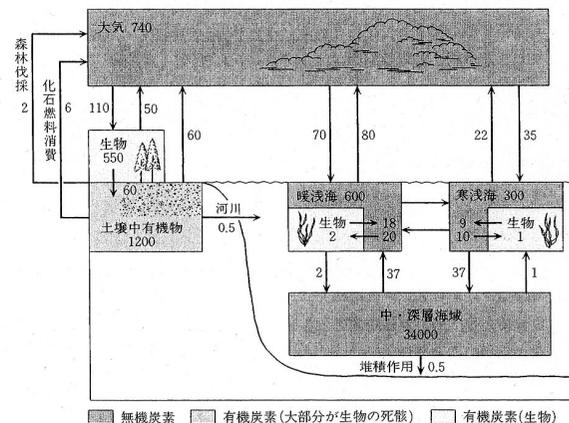


図 2.3 数年～数百年スケールで見えた場合の炭素循環システム (Moore and Bolin, 1986)。数字は  $10^{18}$  g 炭素で、矢印は 1 年間の流量を表す。

①-8

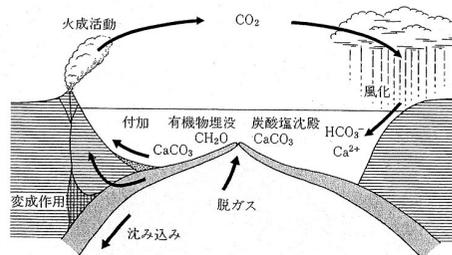


図 2.4 数十万～数百万年以上の時間スケールで見えた場合の炭素循環システム (Tajika and Matsui (1992) にもとづく)。

①-9

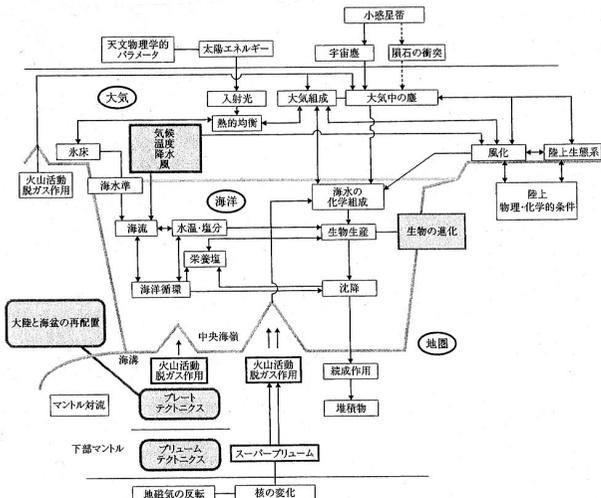


図 1-1 地球表層環境システム、とくに物質循環に関連したシステムを表す模式図 (川幅, 1998)

図中大気の部分が大気圏、海洋の部分が水圏、地殻・マントル・核の部分が地圏となる。生物圏は、大きく陸上生物圏と海洋生物圏に分かれる。

①-3

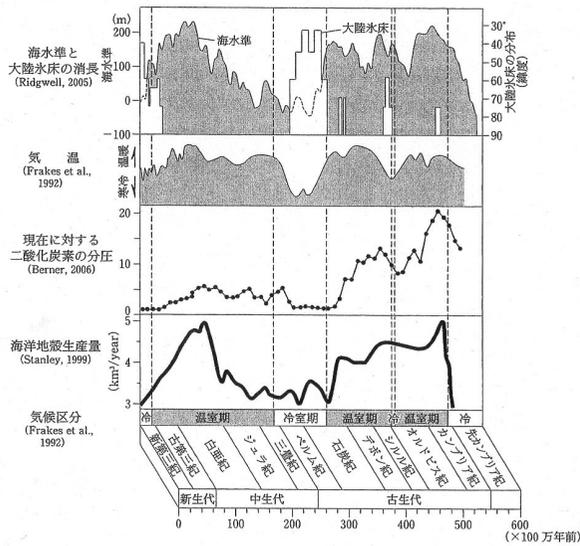


図4 顕生代の古気候、海洋地殻生産量、二酸化炭素濃度、気温、海水準、氷床量の変遷 (Takashima et al., 2006 を改変)

②-1

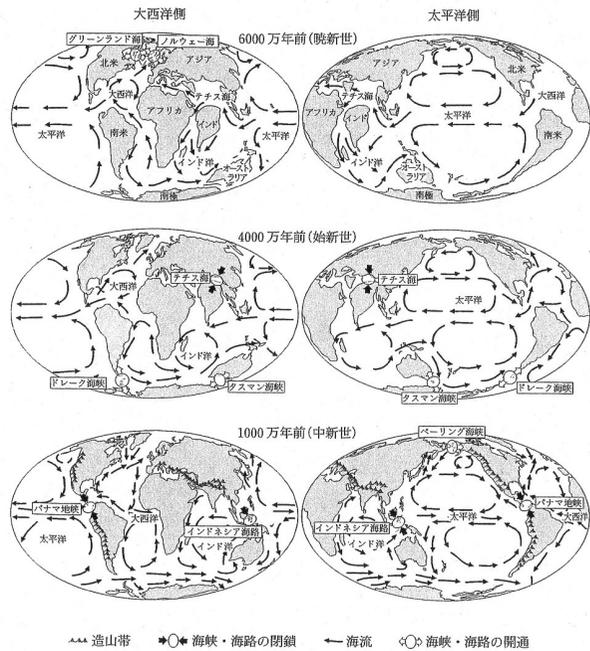


図3 晩新世、始新世、中新世の古地理図と海流系、gatewayの分布(古地理図は Lawver et al., 2003, 海流系は Andel, 1985 を参考に作成)

②-3

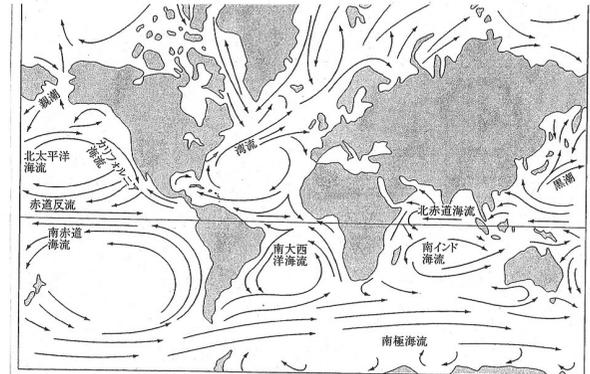


図1-6 海洋の表層循環

②-5

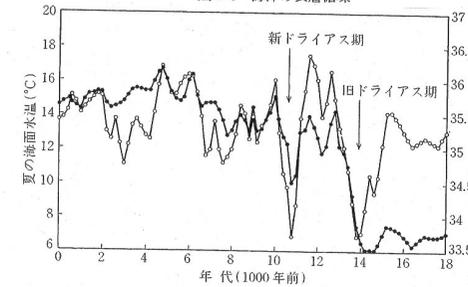


図3.15 アイルランド沖の海面水温(黒丸)と塩分(白丸)の過去1.8万年前の記録 (Duplessy et al., 1992)

②-6

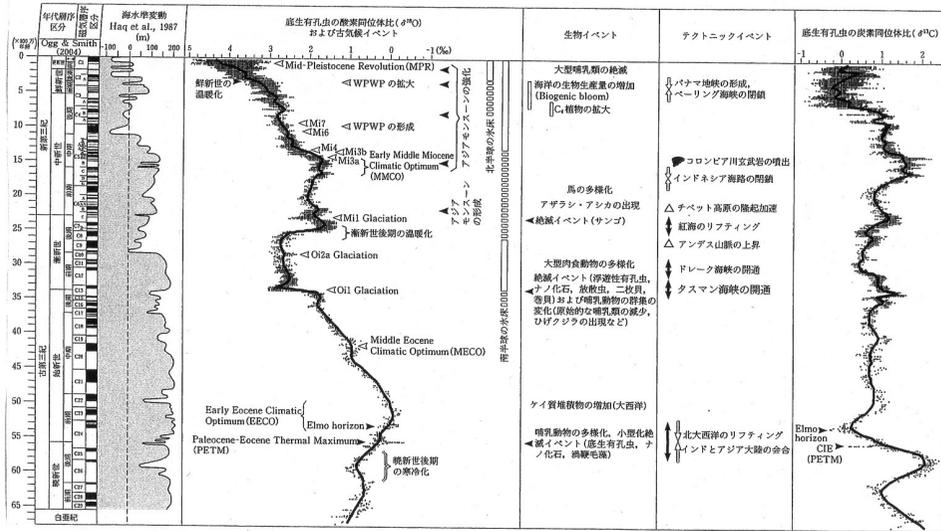


図1 新生代の年代、海水準、酸素・炭素同位体比、古気候、古生物、テクトニックイベントの総括図(Gradstein et al., 2004 の年代層をもとに、Zachos et al., 2001 および Haq et al., 1987 を参考に作成)

②-2

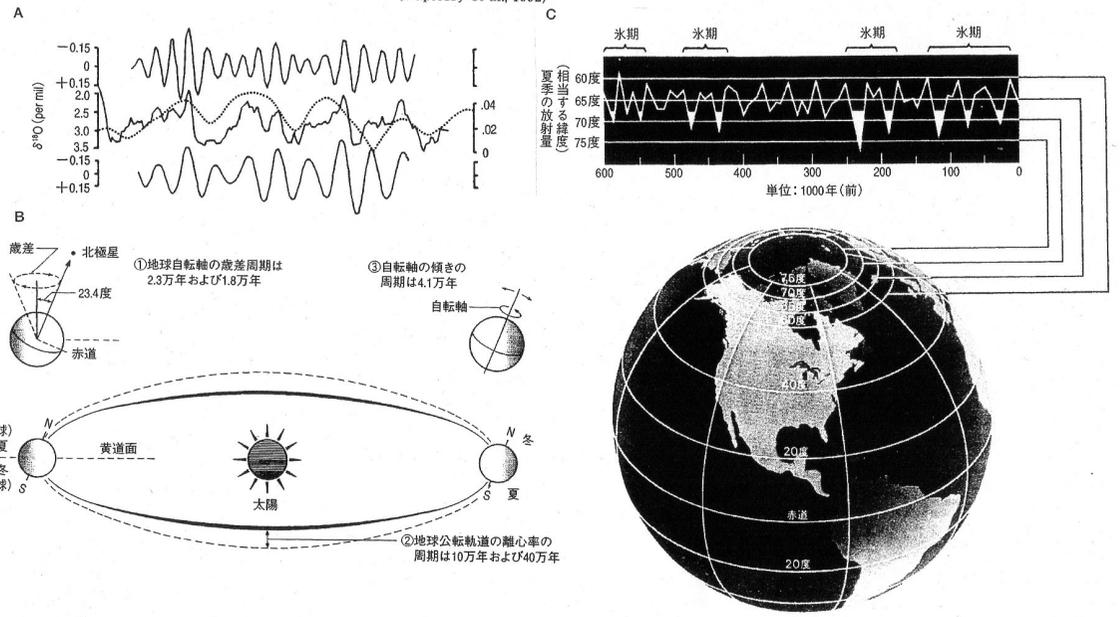


図12-2 ミランコヴィッチ理論による氷河期の周期。A: 酸素同位体比曲線(中央の点線)は約10万年周期の離心率の変化(中央の点線)とよく一致している。上の曲線は同位体比曲線から2.3万年周期成分を、また下の曲線は4.1万年周期成分を統計的手法で取り出したものである。Hays et al. (1976)より改変。B: 地球の自転と公転運動のゆらぎ。長い時間軸であると、地球は「ふらつきながら」自転し、公転している。この「ふらつき」は周期的な変動としてとらえることができる。①2.3万年と1.8万年周期の歳差運動の変化(地球の自転軸はゆっくりと円を描くように動く、いわゆる「みそり運動」をしている。この振り幅が大きいときは2.3万年、小さいときは1.8万年の周期で変動している)。②約10万年周期の離心率の変化(地球の公転軌道のかたちは楕円から円まで変化し、太陽との距離を1800万km以上も変化させている)。③4.1万年周期の地軸の傾きの変化(地軸の傾きは21.5-24.5°まで変化[現在は23.4°]し、その傾きが大きいほど、夏はより暑く、冬はより寒くなる)。Hays et al. (1976)より改変。C: ミランコヴィッチが描いた氷河期の年表。過去60万年にわたって、北緯65°地点における夏季の太陽放射(日射量)の変化を現在の緯度に置き換えて表したグラフである。たとえば、いまから23万年前の北緯65°の地点は、現在の北緯75°に相当する気候であった。あるいはまた、北緯65°で59万年前に受けた放射量は北緯72°で現在受けている放射量に相当するというものである。Köppen & Wegener (1924)より改変。

②-4