

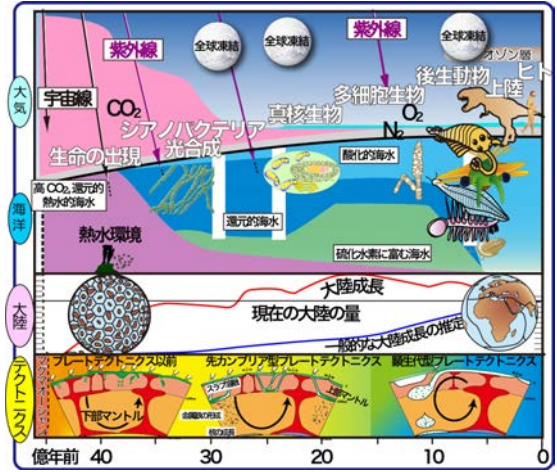
生物多様性学II ～生命・地球環境進化～ (第二回目)

-地球史概説-

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

2016/10/12



地質年代区分

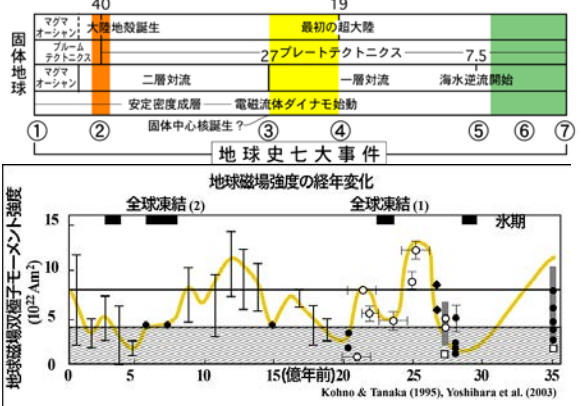
地質年代	地質年代	地質年代	地質年代	地質年代
新元古代	古元古代	中生代	中生代	中生代
Pre-Cambrian	Proterozoic	Triassic	Jurassic	Cretaceous
Archaean	Proterozoic	Triassic	Jurassic	Cretaceous
Archaean	Proterozoic	Triassic	Jurassic	Cretaceous

(1) 地質年代区分と年代層序区分
(2) 地質年代区分の境界、人為的なものと生物種の変化
(3) 地質年代区分と地質年代層序区分の一致と不一致

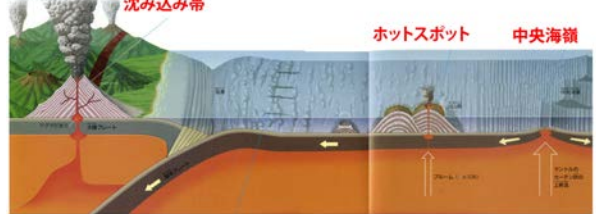
地球史7大事件年表

年代	40	35	27	21	19	7.5	4.5
生命史のイベント	生命の誕生	最先の超大陸	光合成開始	真核生物出現	多細胞生物出現	生物大絶滅	人類誕生
表層環境変化	原始大気 (H ₂ O, CO ₂)	海洋形成	強い磁場開始	酸素増加	酸素急増	塩分濃度急上昇	海洋酸化
固体地球	マグマ海洋	安定密度成層	電磁流体ダイナモ開始	二層対流	二層対流	海水逆流開始	プレートテクトニクス

地球史7大事件年表

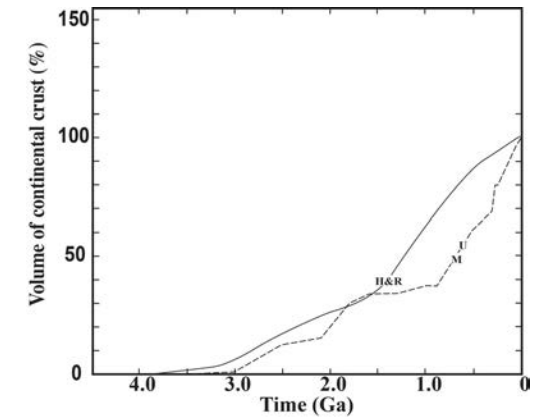


プレートテクトニクスと大陸形成



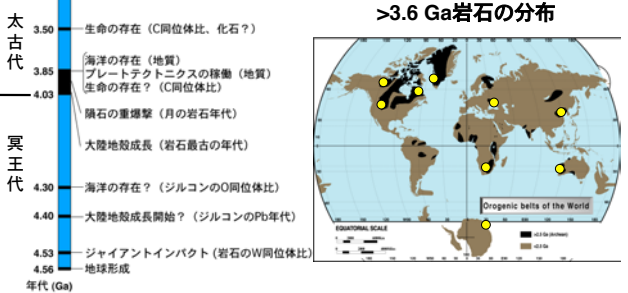
沈み込み帯はマントル物質を使って、(中央海嶺で玄武岩として抽出) その玄武岩から大陸地殻をつくる。

大陸地殻の成長

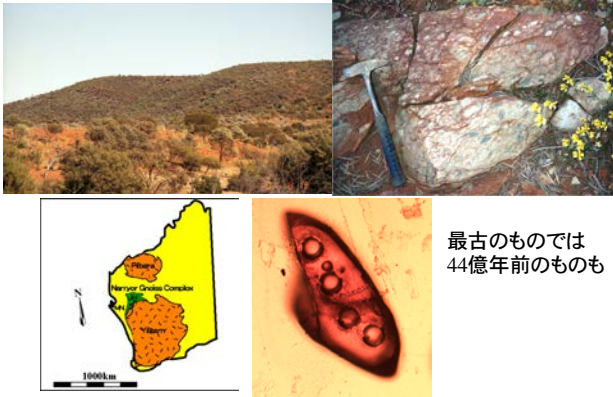


最古の岩石について

- 1989年：カナダ北西部アカスタ川で39.6億年前の岩石を発見 (Bowring et al., 1989)
- 1986年：(幻の?)南極で最古(39.3億年前)の岩石発見 (Black et al., 1986)
- 1972年：西グリーンランドヌーク地域で、37.5億年前の岩石 (Moorbath et al., 1972)



地球最古の物質 (鉱物) を含む礫岩 一岩石とは鉱物又は岩片の集合体一



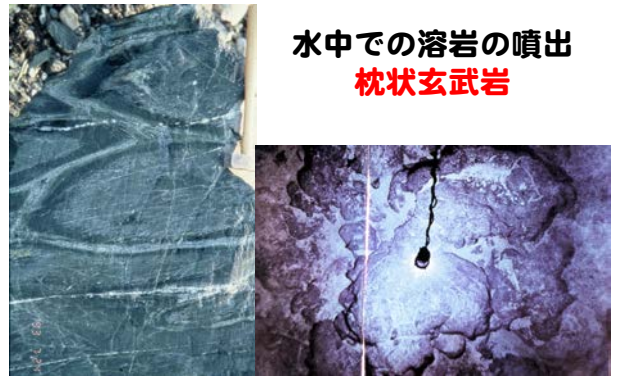
初期地球物質(38億年前以前)



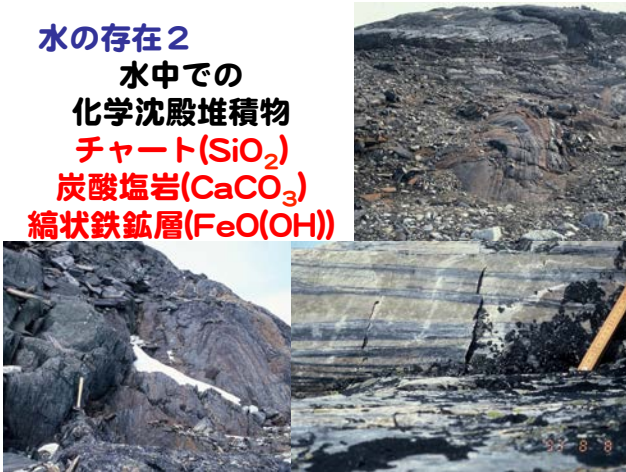
イスア地質(グリーンランド, 38億年前) 一プレートテクトニクスの開始、海洋の存在と生命の痕跡一



水の存在 1



水の存在 2 水中での 化学沈殿堆積物 チャート(SiO₂) 炭酸塩岩(CaCO₃) 縞状鉄鉱層(FeO(OH))

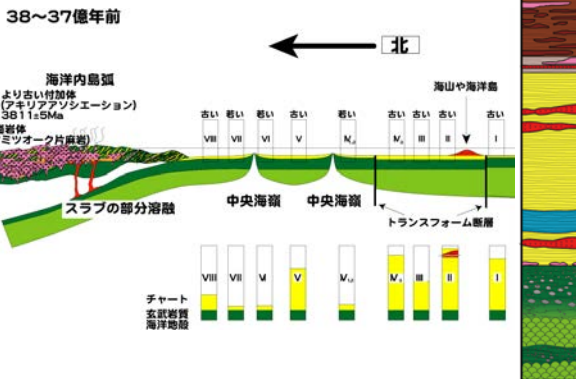


水の存在 3

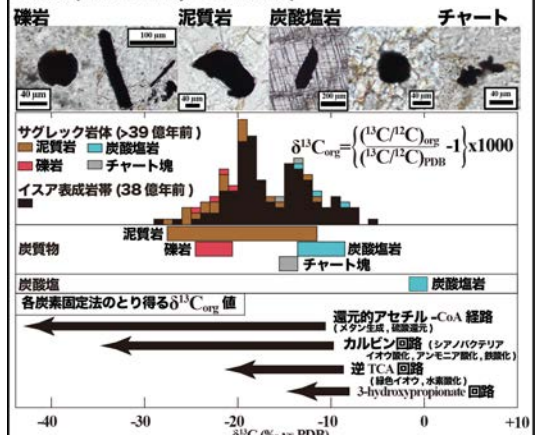
水中での 砕屑性堆積物 礫岩

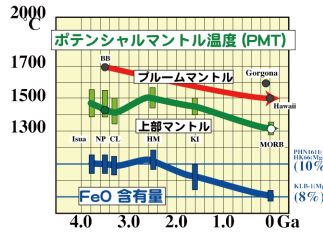


プレートテクトニクスの開始



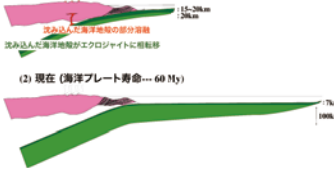
炭質物 (ラブラドル, >39 億年前)



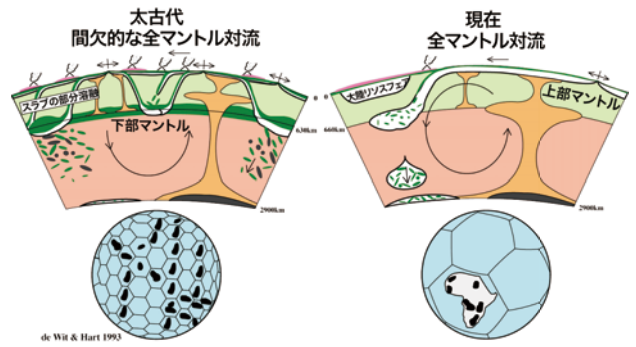


海洋プレートの構造 (海洋地殻とプレートの厚さ)

(1) 太古代 (海洋プレート寿命 --- 10-20 My)



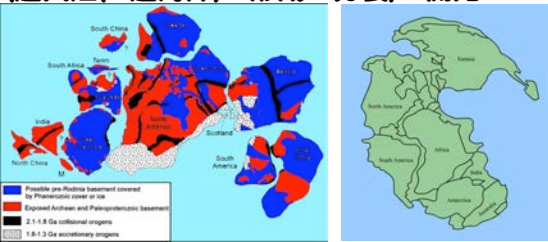
太古代のテクトニクス



超大陸(Columbia)の形成 (19億年前)

ウィルソンサイクル

(超大陸(&超海洋)の形成と分裂)の開始



ケノーランド(24-25) ↓
 コロンビア(15-21) ↓
 ロディニア(8-11) ↓
 ゴンドワナ(6-5) ↓
 パンゲア(2.5) ↓
 アメイジア(+2.5)

太陽系形成時

太陽

地球

木星

火星

水星

金星

太陽-地球(1AU)

太陽-火星(0.2AU)

太陽-木星(5.2AU)

太陽-水星(0.4AU)

二次大気モデル (衝突脱ガス)

一次大気モデル 1と2

太陽系星雲ガス(H₂)とマグマオーシャン(O)が反応してH₂Oを生じる。
 H₂ + O(岩石中)=H₂O

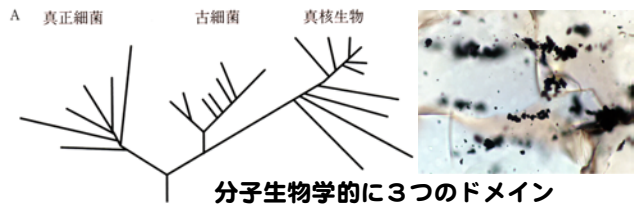
②他の地球型惑星の大気の組成

成分	濃度 (bars)	存在比 (%)
金星 (Venus)	CO ₂ 86.4	96
	N ₂ 3.2	3.5
	H ₂ O 0.009	1x10 ⁻²
90 bar	Ar 0.0063	7x10 ⁻³
地球 (Earth)	N ₂ 78	77
	O ₂ 21	21
	H ₂ O 0.01	1
1 bar	Ar 0.0094	0.93
	CO ₂ 3.55x10 ⁻⁴	3.5x10 ⁻⁴
火星 (Mars)	CO ₂ 0.0062	95
	N ₂ 0.00018	2.7
	Ar 0.00010	1.6
6-8x10 ⁻³ bar	H ₂ O 3.9x10 ⁻⁷	6x10 ⁻³
	CO, O ₂ , CH ₄	<1

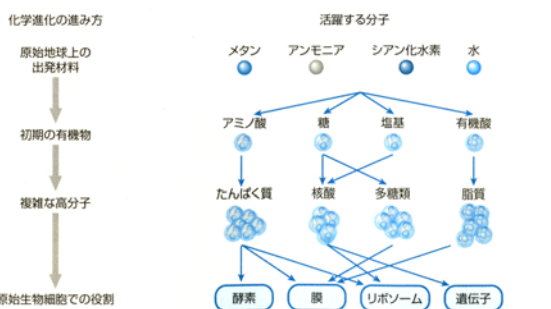
他の惑星はCO₂が多い。地球大気はO₂が特徴的
 火星にもCH₄とO₂が存在することが分かった

生命とは

- (1) 細胞膜の存在
→半開放的な境界膜に包まれている
- (2) 自己複製/自己増殖
- (3) 自己維持機能をもつ(代謝をする)
- (4) 進化をする



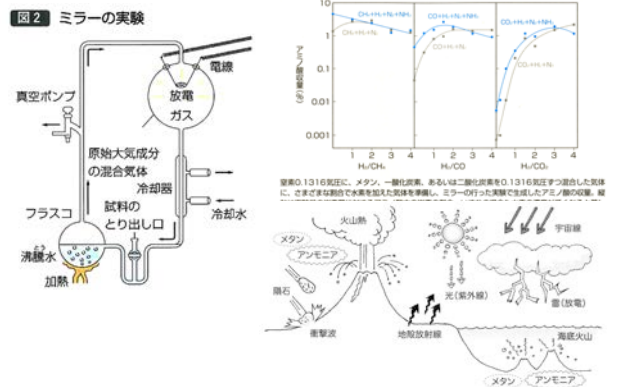
生命の起源—化学進化—



メタン、アンモニア、シアン化水素、水から、アミノ酸、糖、塩基、有機酸が合成される。これらからたんぱく質、核酸、多糖類、脂質がつくられ、酵素、膜、リボソーム、遺伝子といった生命体をつくる物質になる。

無機物質→生命へ

アミノ酸の合成



生命原材料物質は宇宙起源？ —パンスペルミア—



マーチソン隕石

アミノ酸	マーチソン隕石	放射
グリシン	〇〇〇〇	〇〇〇〇
アラニン	〇〇〇〇	〇〇〇〇
α-アミノ-n-酸	〇〇〇	〇〇〇〇
α-アミノ酸	〇〇〇〇	〇〇
バリン	〇〇〇	〇〇
メチロバリン	〇〇〇	〇〇〇
イソバリン	〇〇	〇〇
プロリン	〇〇〇	〇
ピペコリン酸	〇	x
アスパラギン酸	〇〇〇	〇〇〇
グルタミン酸	〇〇〇	〇〇
β-アラニン	〇〇	〇〇
β-アミノ-n-酸	〇	〇
β-アミノイノ酸	〇	〇
γ-アミノ酸	〇	〇〇
サルコシン	〇〇	〇〇
N-エチルグリシン	〇〇	〇〇〇
N-メチルアラニン	〇〇	〇〇

生命出現の場所

- ① 深海・熱水環境
- ①' 海底の粘土層
- ② 干潟→prebiotic moleculeの形成 (粘土鉱物, 脱水縮合)
- ③ 陸上の熱水環境 (Yellowstone)
- ③' 陸上の熱水環境 + 気液分離 & 気相濃集泥湖沼
- ④ 初期大陸 (斜長岩 + KREEP)

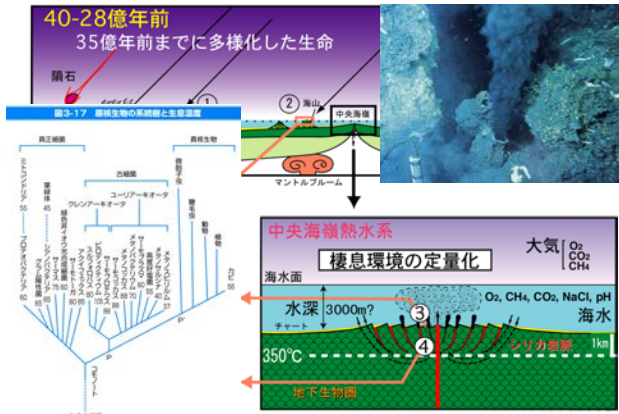
脱水縮合反応

紫外線

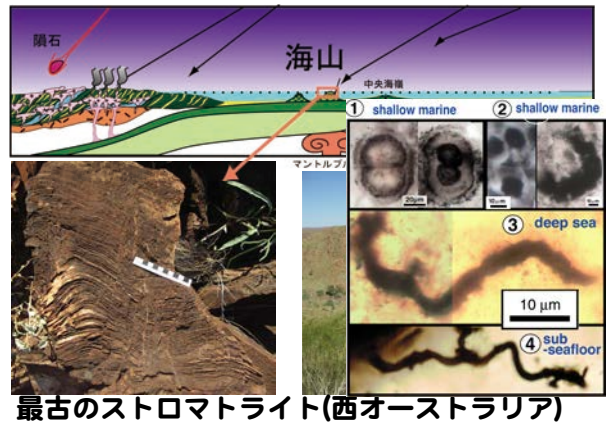
仮想的環境



40~35億年前—深海から—

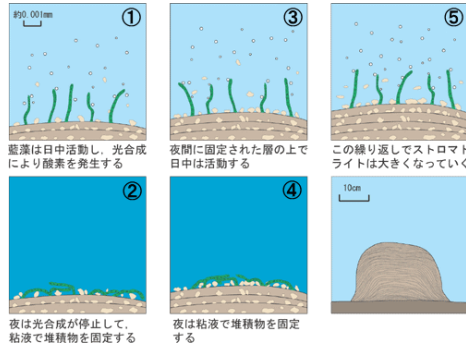


35億年前—生命の多様化, 光合成の開始—



最古のストロマトライト(西オーストラリア)

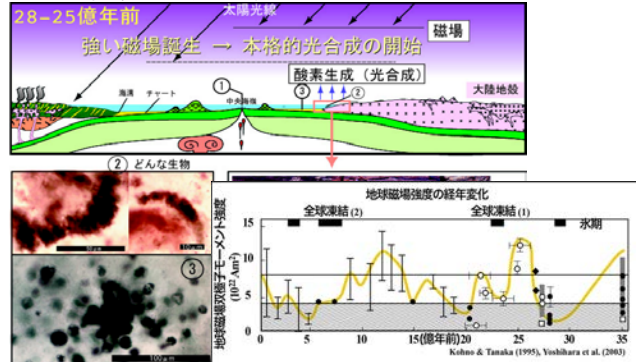
ストロマトライトの成長



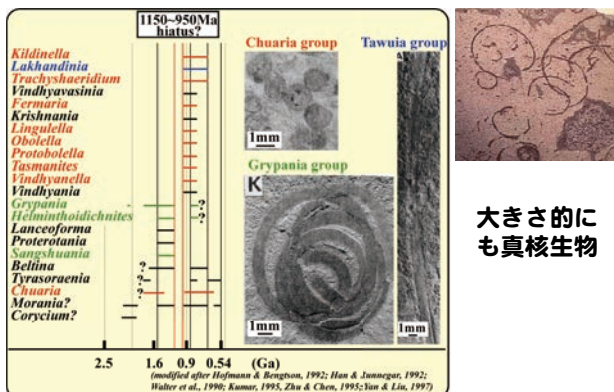
酸素発生型光合成の開始と大気酸素の増加

27億年前頃の地球磁場の発達

浅海域に大規模に光合成生物(シアノバクテリア)が出現
→海水/大気中の酸素の増加



19億年前、macrofossilsの出現。



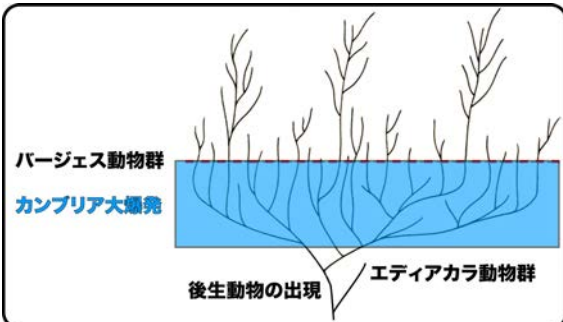
大きき的にも真核生物

最古の多細胞植物は？



These fossils of *Bangiomorpha pubescens* are 1.2 billion years old. 1250- to 750-million-year-old Hunting Formation, Somerset Island, arctic Canada: modern bangiophyte red algaに似ている(Butterfield, 2000).

(3) 進化系統樹



カンブリア大爆発:①爆発的に現在の動物門(体制)の全てが出現する。②現在に無い動物門も出現し、それらは絶滅した。

生物の陸上進出

植物が先、カンブリア後期~オールドビス紀

外的:オゾン層の存在

内的:①乾燥:体表を覆う不透水層(クチクラ)

②重力:丈夫な骨格や甲皮

③食料:視覚・聴覚の発達

④呼吸:表皮細胞やエラ→肺呼吸や気管呼吸

⑤繁殖:水中or乾燥に強い卵や母体内

①乾燥,水・栄養の輸送,重力:根、茎、葉の分化と

維管束構造

②繁殖:乾燥に強い胞子、種子

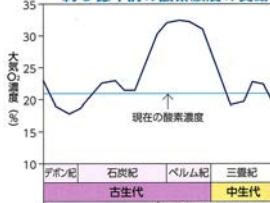
陸上動物:脊椎動物(八虫類,鳥類,哺乳類),

節足動物(クモ類,多足類,昆虫類)



酸素濃度の変化と生物進化

約3億年前の酸素濃度の変動



石炭紀:シダ植物の巨大な森林の形成
-巨大樹木の形成:
①ワックスなどの強い有機化合物の形成!
呼吸して行かなかった。
②有機物は分解されるとCO2+H2Oに戻る。
ワックスによる極めて安定な物質は、パワフルな炭素による生物が育ちる環境が育ちもされない。
有機物の埋没→大気酸素の増加
増進化

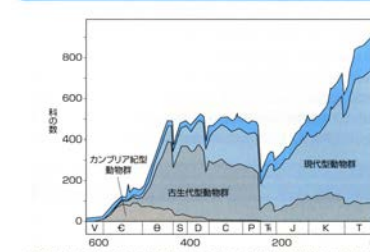
ペルム紀:裸子植物の出現
-巨大樹木の形成:
①有機物の埋没→大気酸素の増加
②寒冷化
哺乳類型は虫類(単弓類)の出現

単弓類

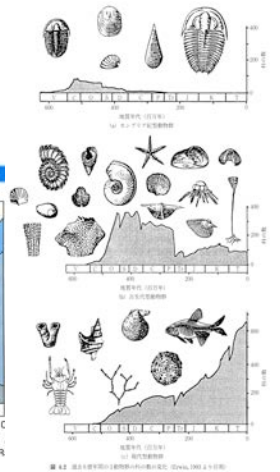
酸素濃度の増加と減少

生物の多様化:絶滅と多様化(種レベル)

図B-4 中生代における海生無脊椎動物の多様性の変遷



過去6億年間に於ける海生無脊椎動物の種の多様性。生物多様性は増加傾向にあるが、著に低下する時期があり、生物大量絶滅が起こったものと考えられた。R Sepkoski(1984)Proc. Nat. Acad. Sci., 81, 8801-8805に基づく。



絶滅とは~

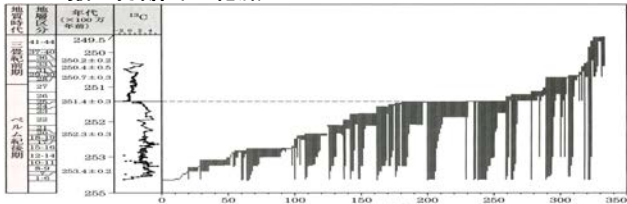
(1) ある生物の分布と多様性が無になることと等しい(Stanley, 1984)

(2) 個体群と種の消滅(Vermeij, 1987)

絶滅の種類

(1) 背景絶滅~日常的な自然選択による最適者生存の競争原理による絶滅

(2) 大量絶滅~地質学的に短時間で、少なからぬ数の分類群の絶滅



5回の大量絶滅 →最大の絶滅はP/T境界

