

下記の設問に対する回答をミニットペーパーに書いて提出

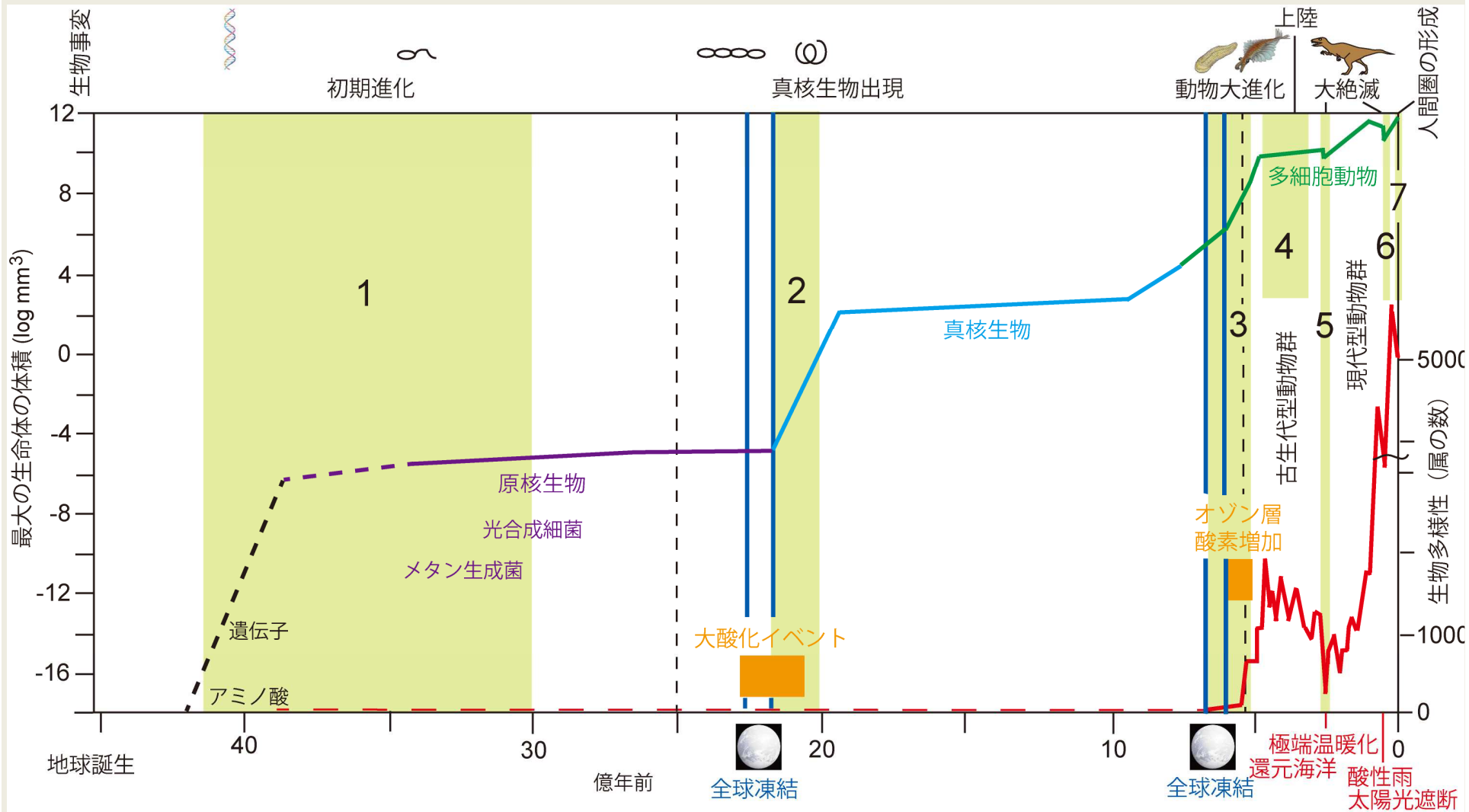
1. 大量絶滅の原因として一番多いのはなにか？
2. ペルム紀末の大量絶滅時の海洋環境は？（1行）
3. 火山活動が起こす気候変動とそのプロセスは？（2行）
4. 白亜紀/古第三紀境界の大量絶滅時に起きたことを順に箇条書きせよ。小惑星衝突から絶滅まで。

まとめ

地球の生物と環境の歴史

# 生命環境史を研究するための基礎知識

## 生命環境史：地球の生物と環境がおりなす歴史と変化のプロセス



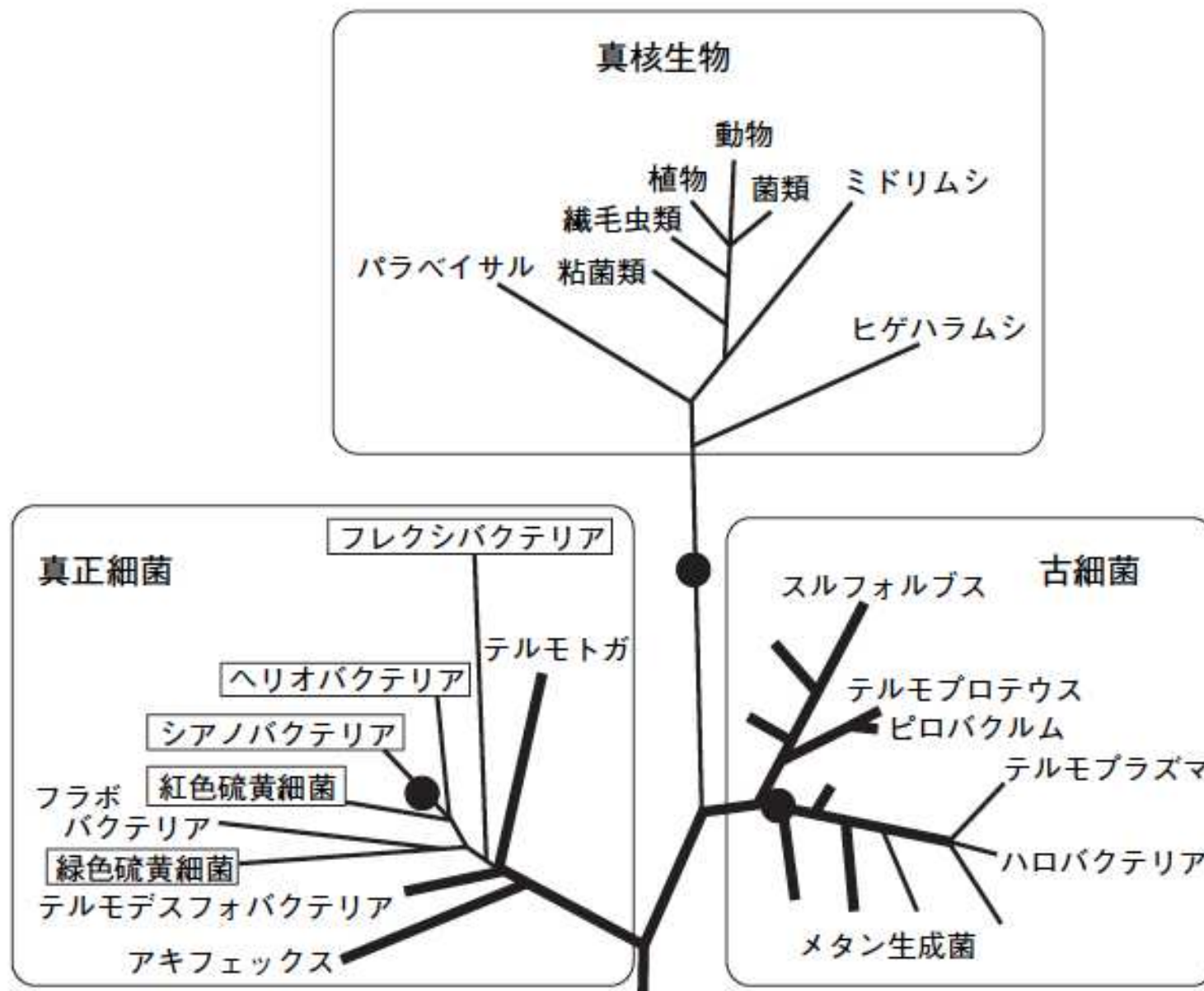
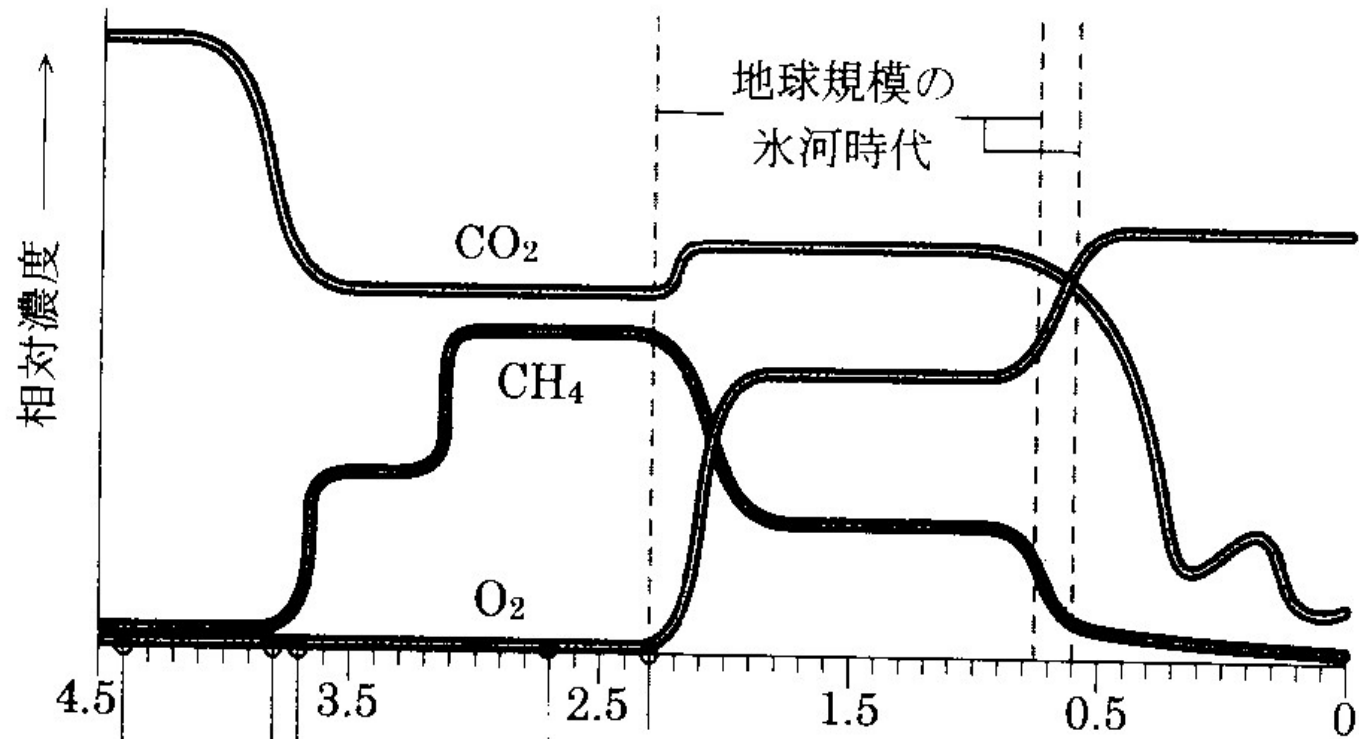


図 7.1 生物の系統樹

太線は超高熱菌を表す。●は 27 億年前。分子化石や同位体の生物痕跡をもとに、生物の系統樹の分岐点における時間を特定できる。





時間 [10億年前]

- 大気中に酸素が出現
- シアノバクテリアの出現
- メタン生成菌の大気組成への寄与が始まる
- 最初の微生物が CO<sub>2</sub> の消費を始める
- 高濃度の CO<sub>2</sub> と弱い太陽放射がつりあう

大氣海洋

$^{12}\text{C}$  99% /  $^{13}\text{C}$  1%

生物

$^{12}\text{C}$

光合成 有機物

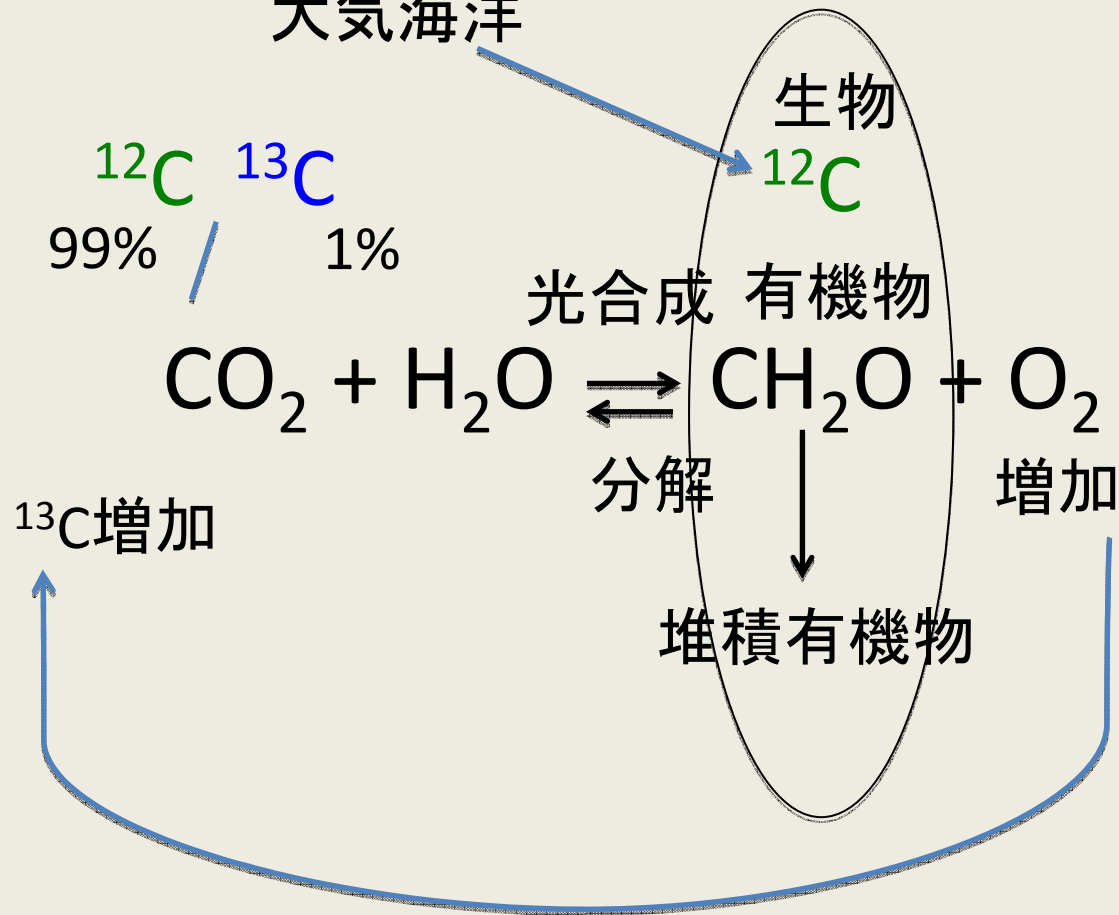


分解

增加

$^{13}\text{C}$ 增加

堆積有機物



# Euaryotes appearance and Great Oxidation Event

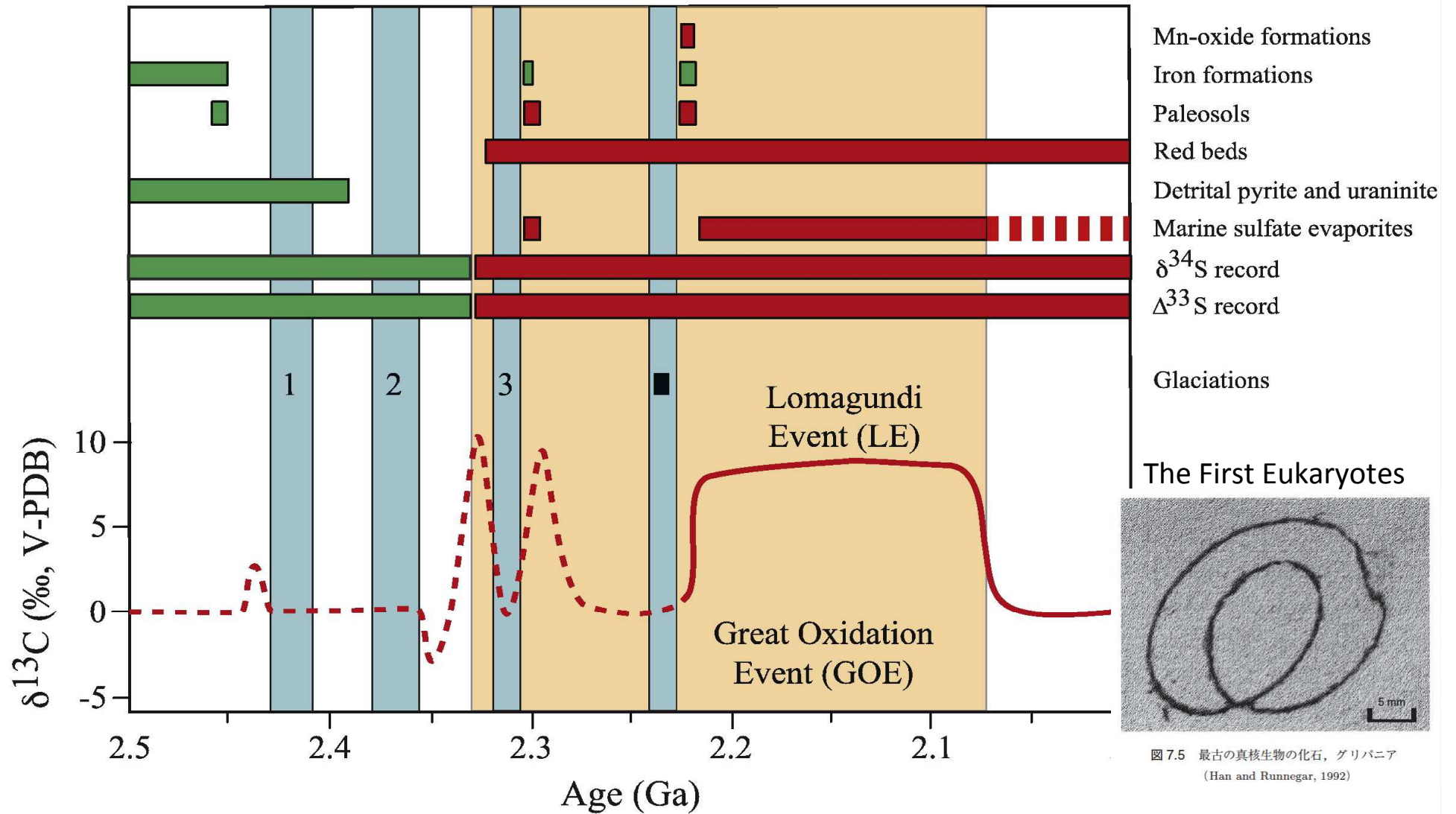
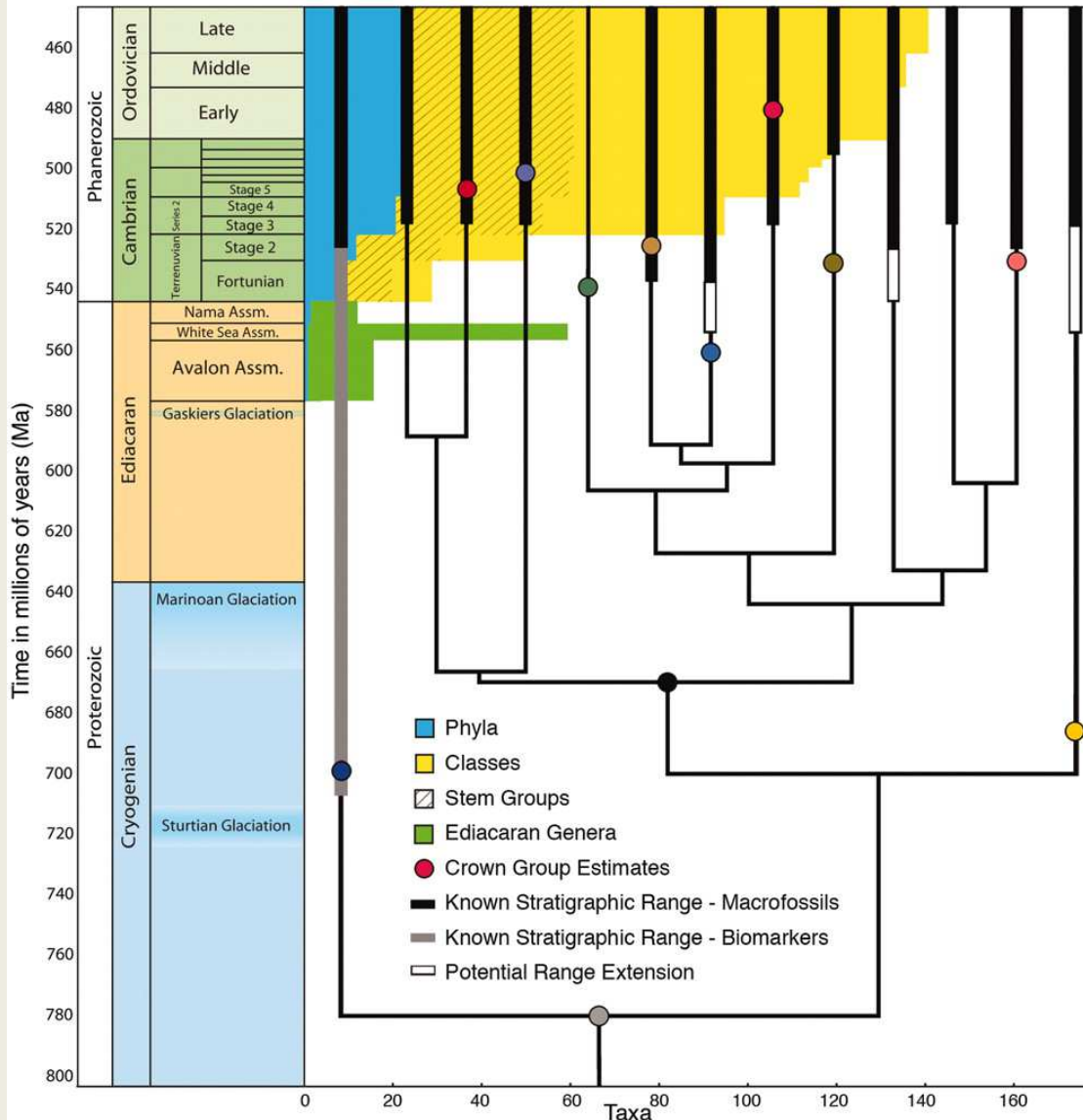
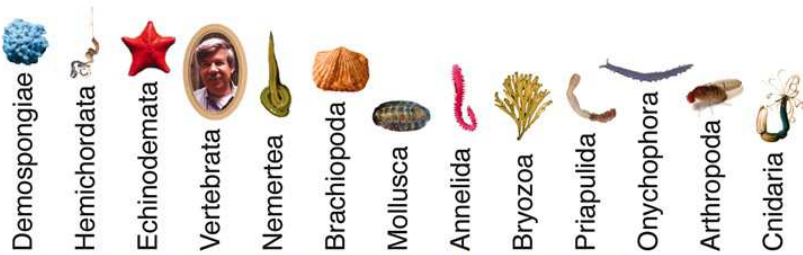
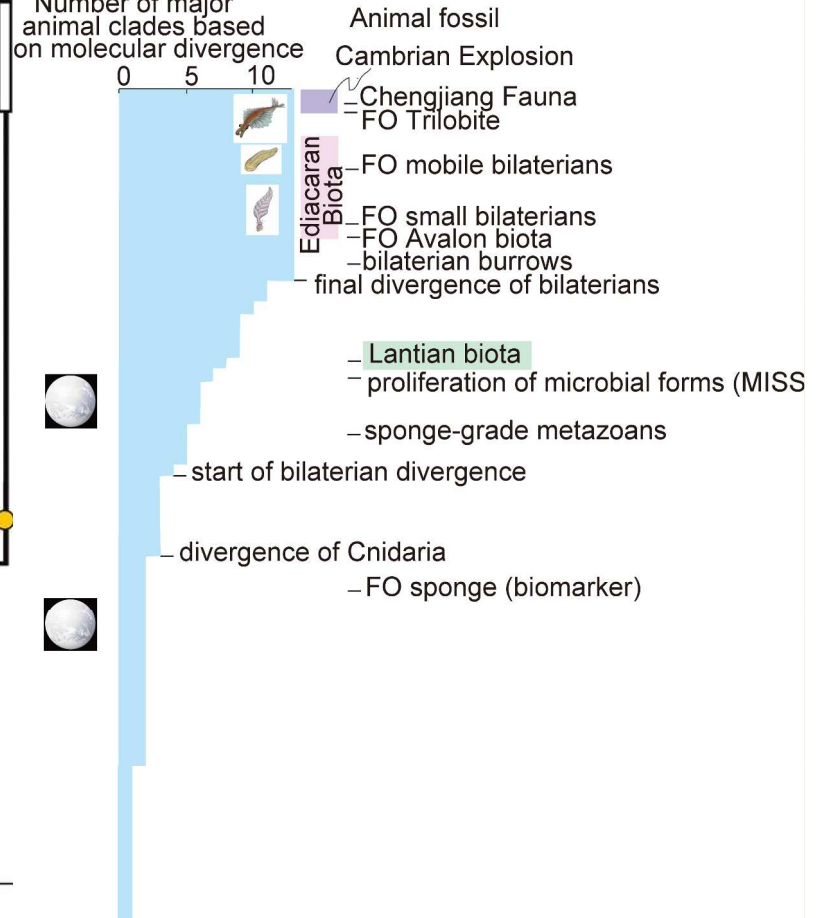


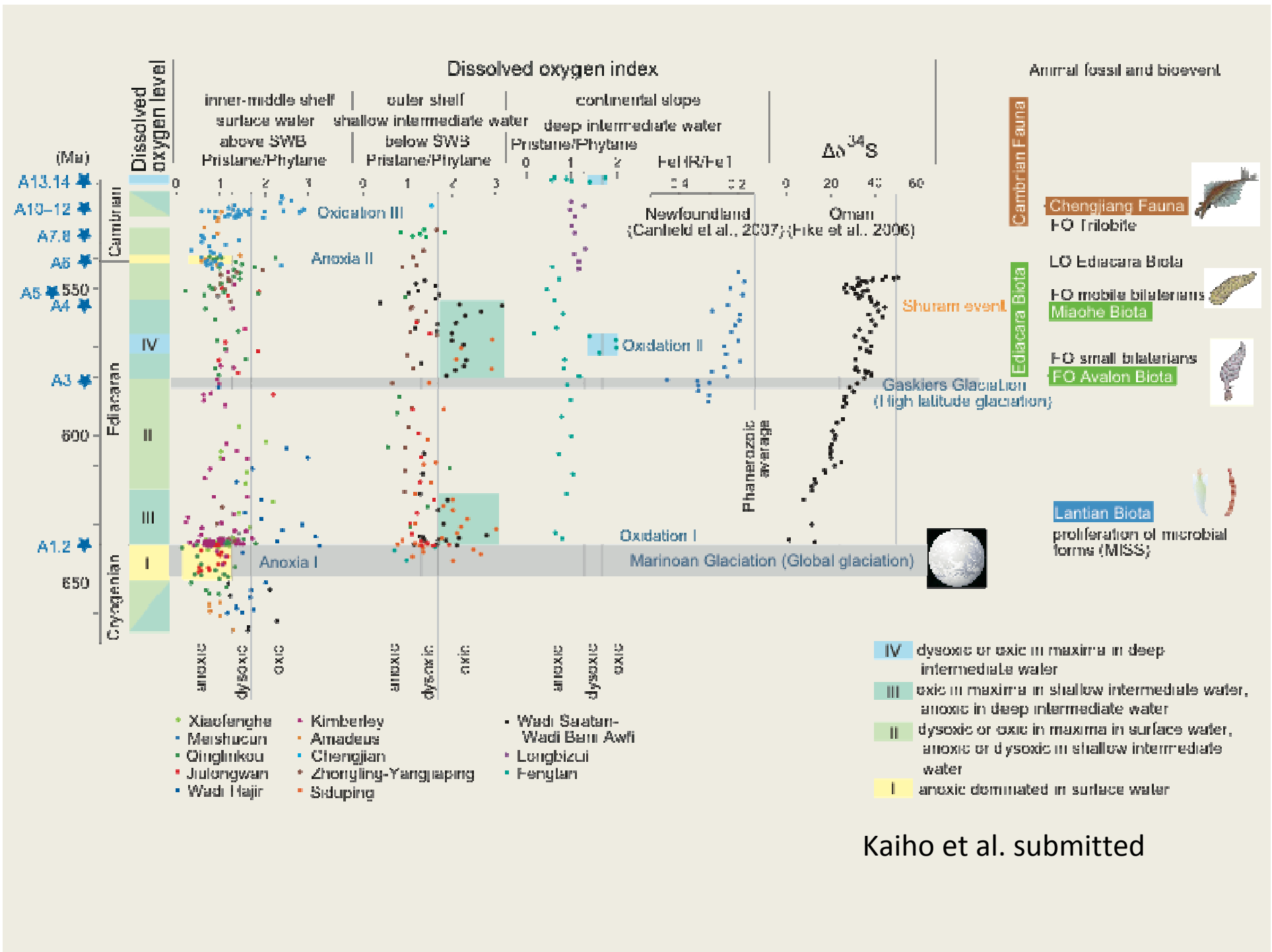
図 7.5 最古の真核生物の化石, グリパニア  
(Han and Runnegar, 1992)

Erwin et al., 2011  
Science



Number of major animal clades based on molecular divergence





Kaiho et al. submitted

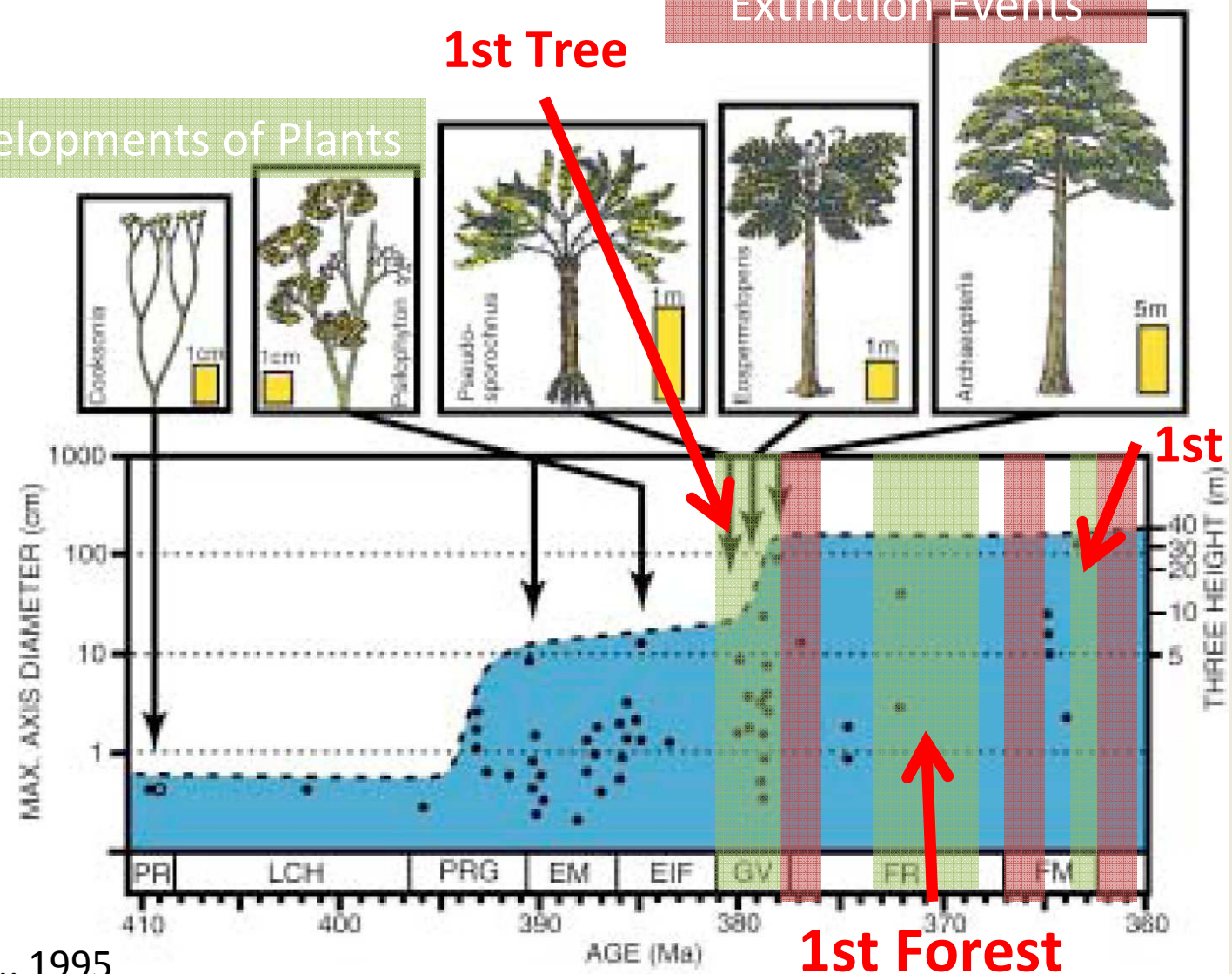
Developments of Plants

Extinction Events

1st Tree

1st Seed

1st Forest

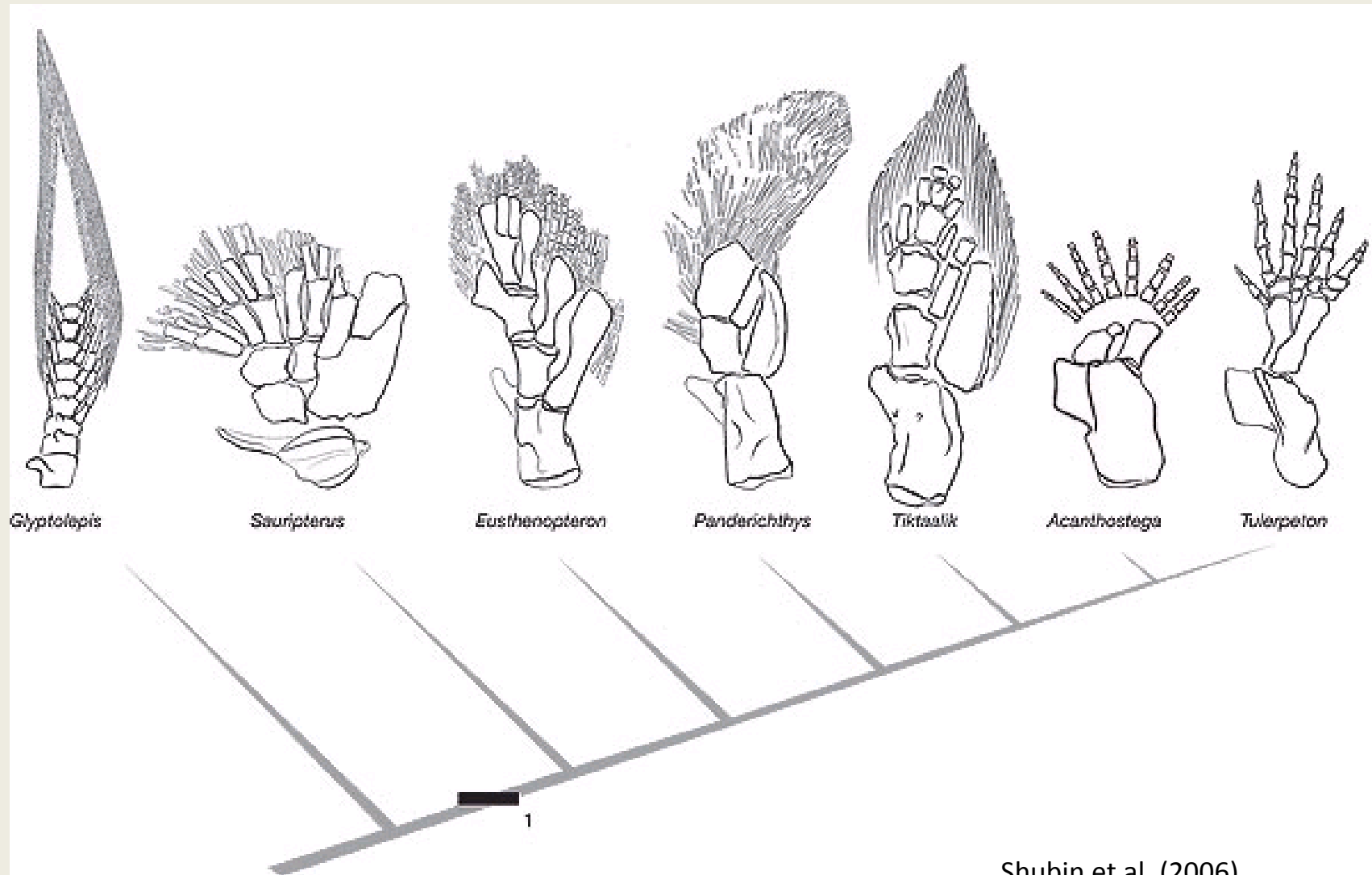


Algeo et al., 1995

**Figure 4.** Maximum size of vascular land plants during the Devonian; note the rapid increase associated with appearance of trees in the Givetian. Maximum diameters of plant axes, estimated tree heights, and representative fossil genera from Chaloner and Sheerin (1979), Gensel and Andrews (1984), and Mosbrugger (1990).

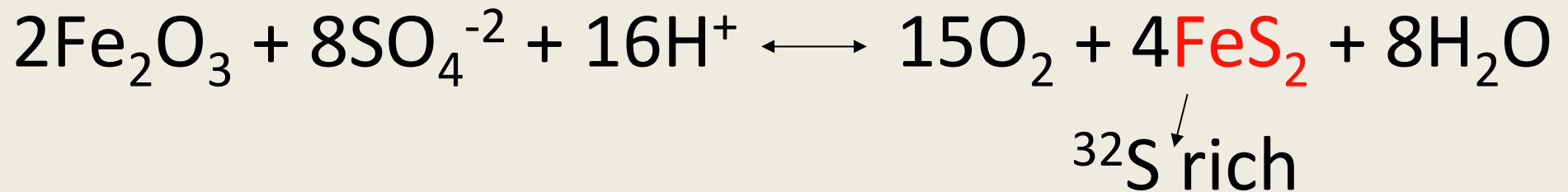
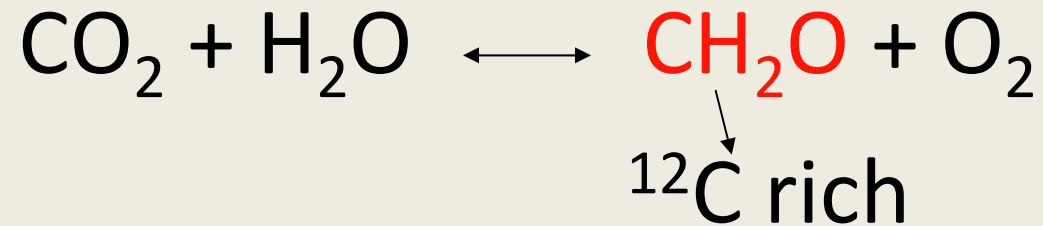


# 鰭から腕へ

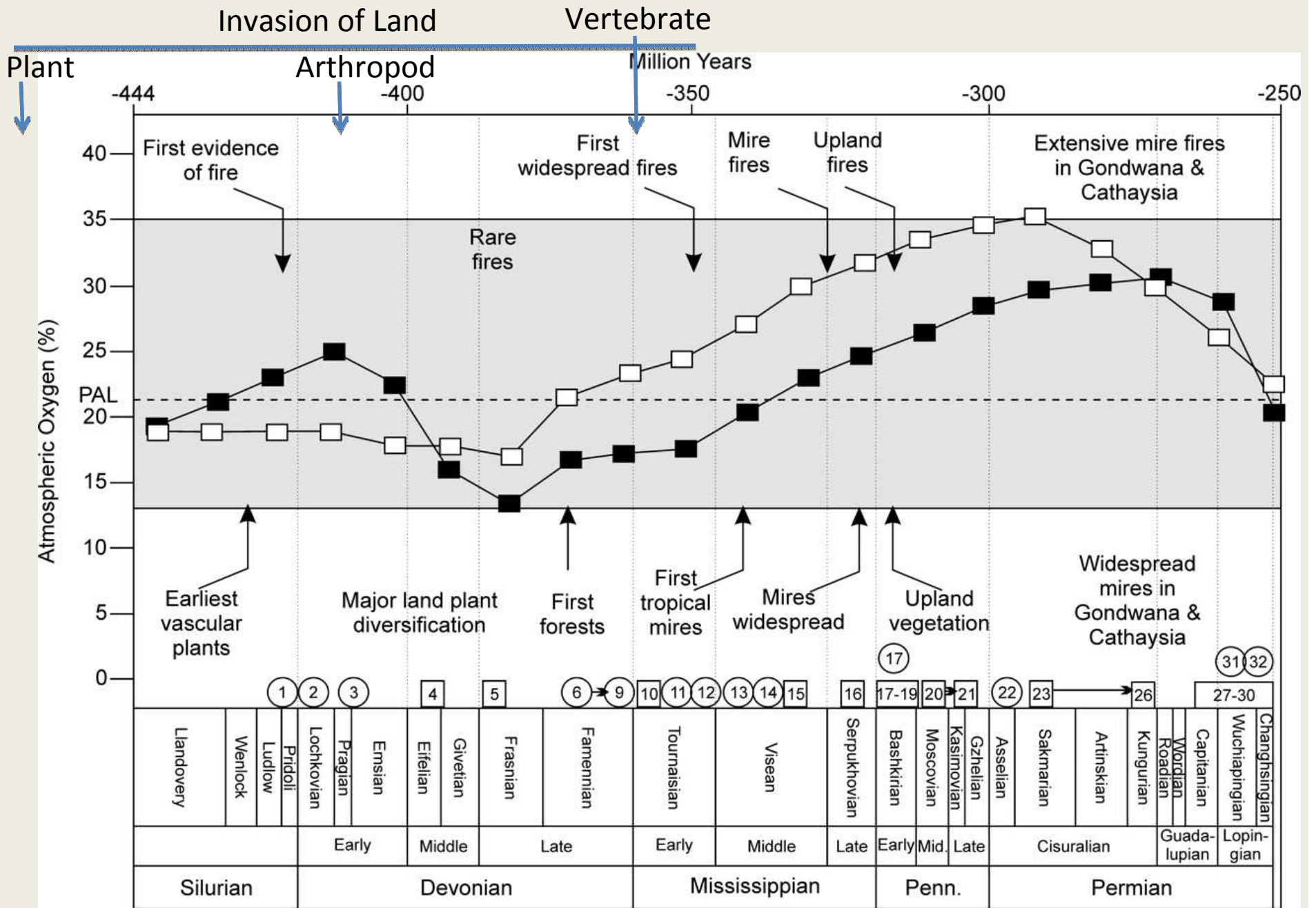


Shubin et al. (2006)

風化・ガス放出(酸化)  $\longleftrightarrow$  堆積







Scott A C , and Glasspool I J PNAS 2006;103:10861-10865

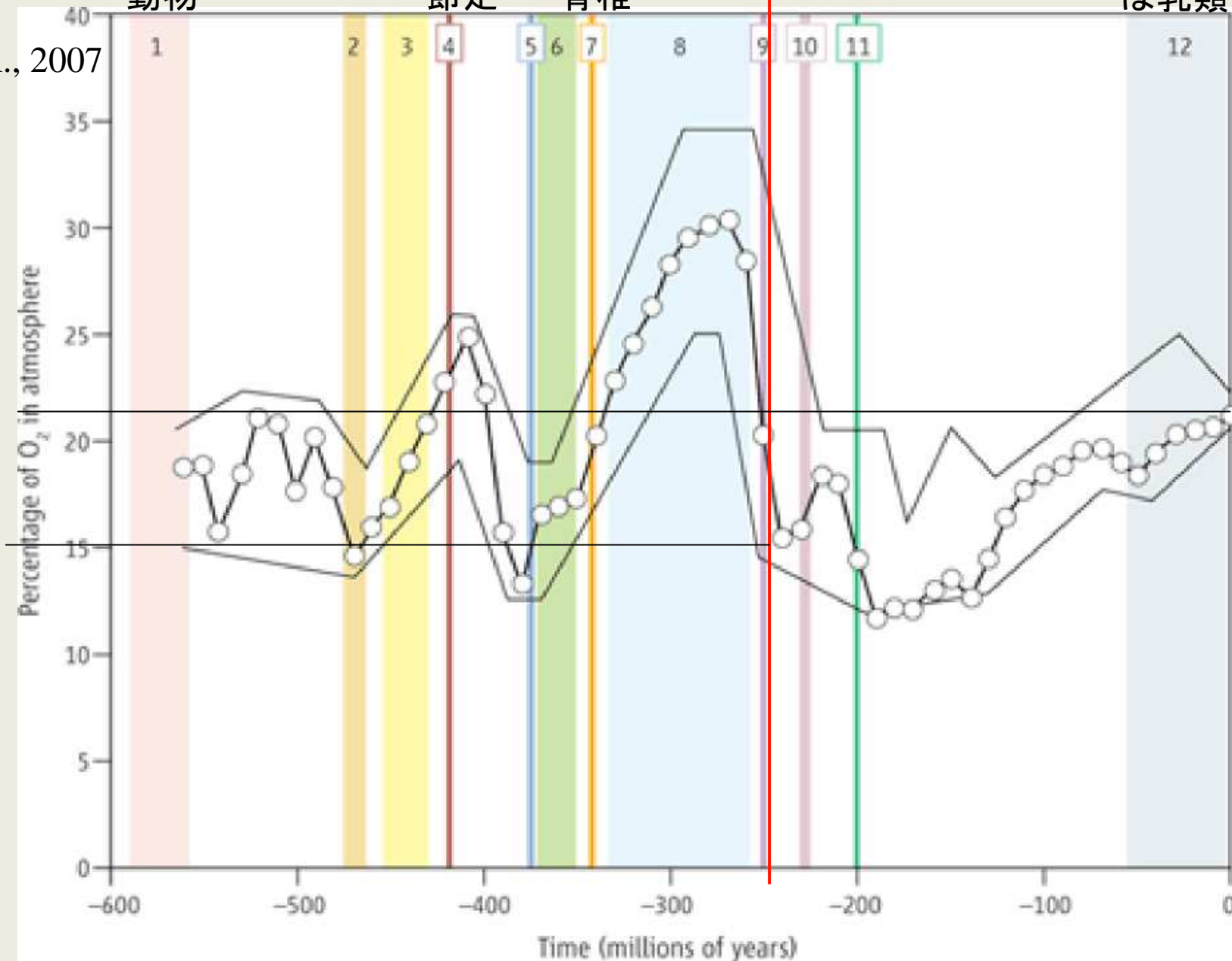
大気中酸素%:炭素-硫黄循環モデルに炭素同位体比と硫酸塩硫黄同位体比を入れた。

E 動物      O 節足      F/F 脊椎      P/T 恐竜      T/J ほ乳類

Berner et al., 2007

現在の高度  
0 m 相当

現在の高度  
5000 m 相当

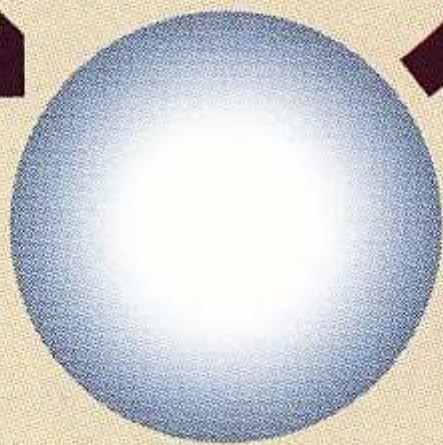




部分凍結状態  
現在



無氷床状態  
例：白亜紀  
(約1億年前)



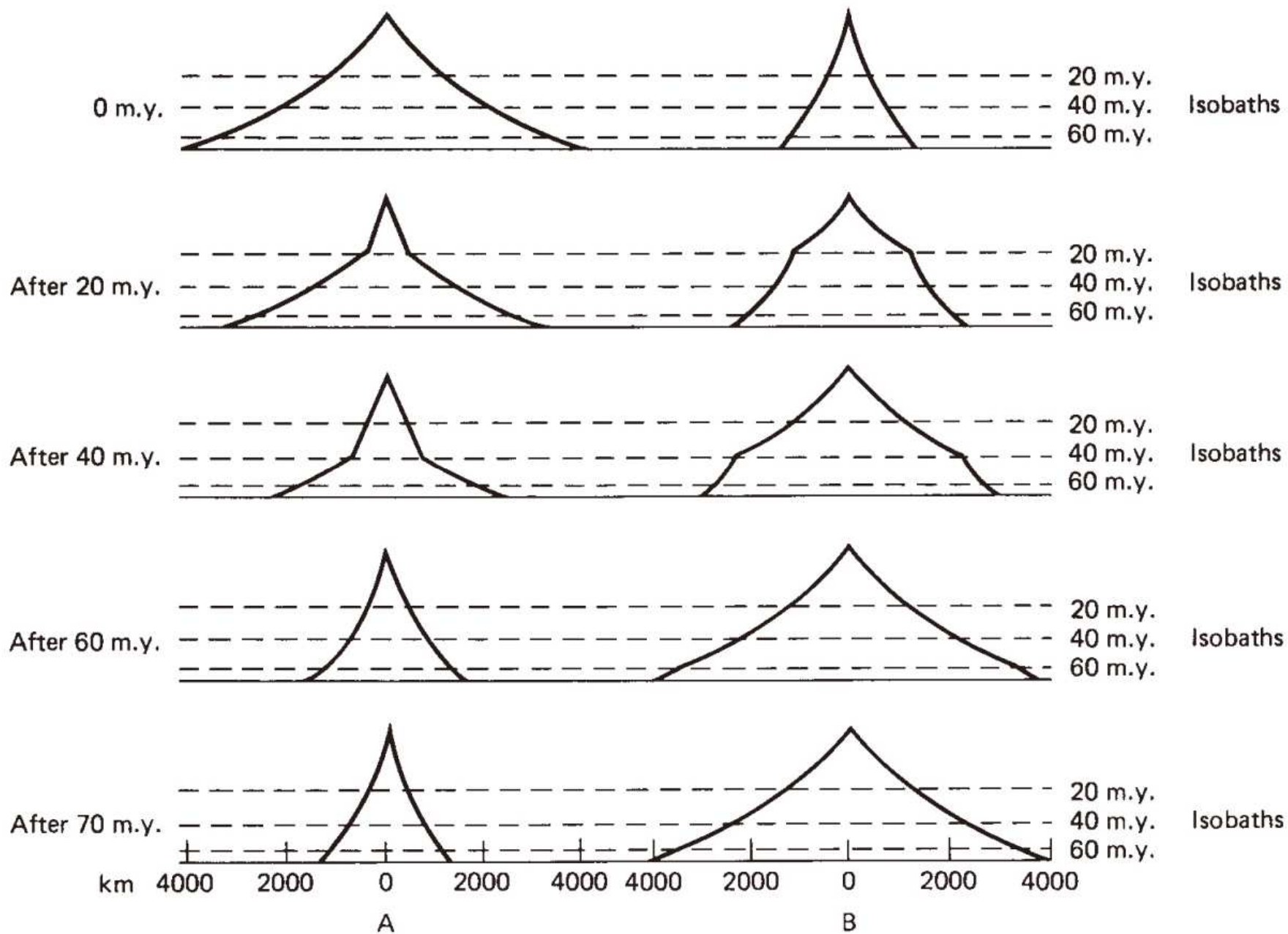
全球凍結状態  
例：原生代  
(約22億、7.5億、6億年前)

図3：地球の安定な気候状態。無氷床状態、部分凍結状態、全球凍結状態の3つがある(大陸の形は現在のものを示した)



# 海底火山

## 海嶺



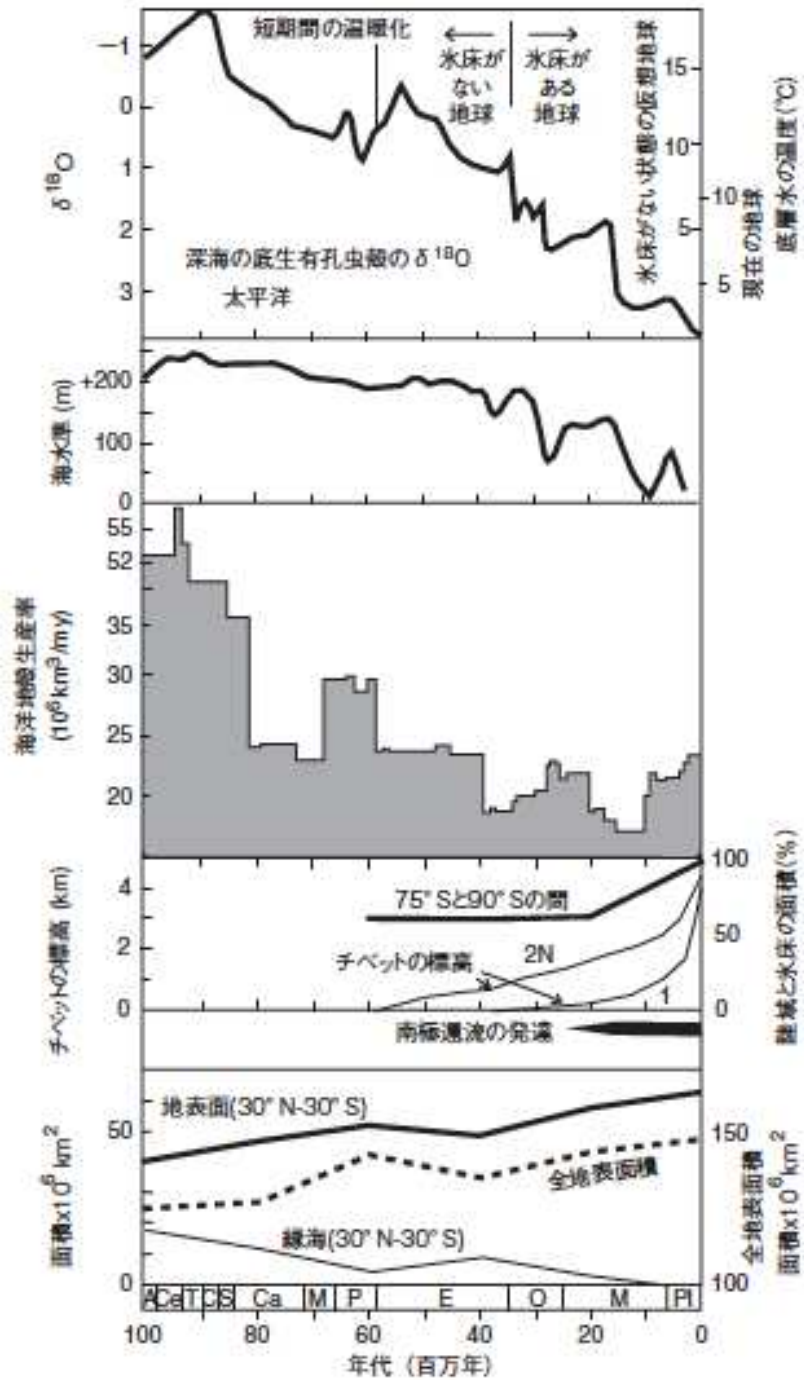
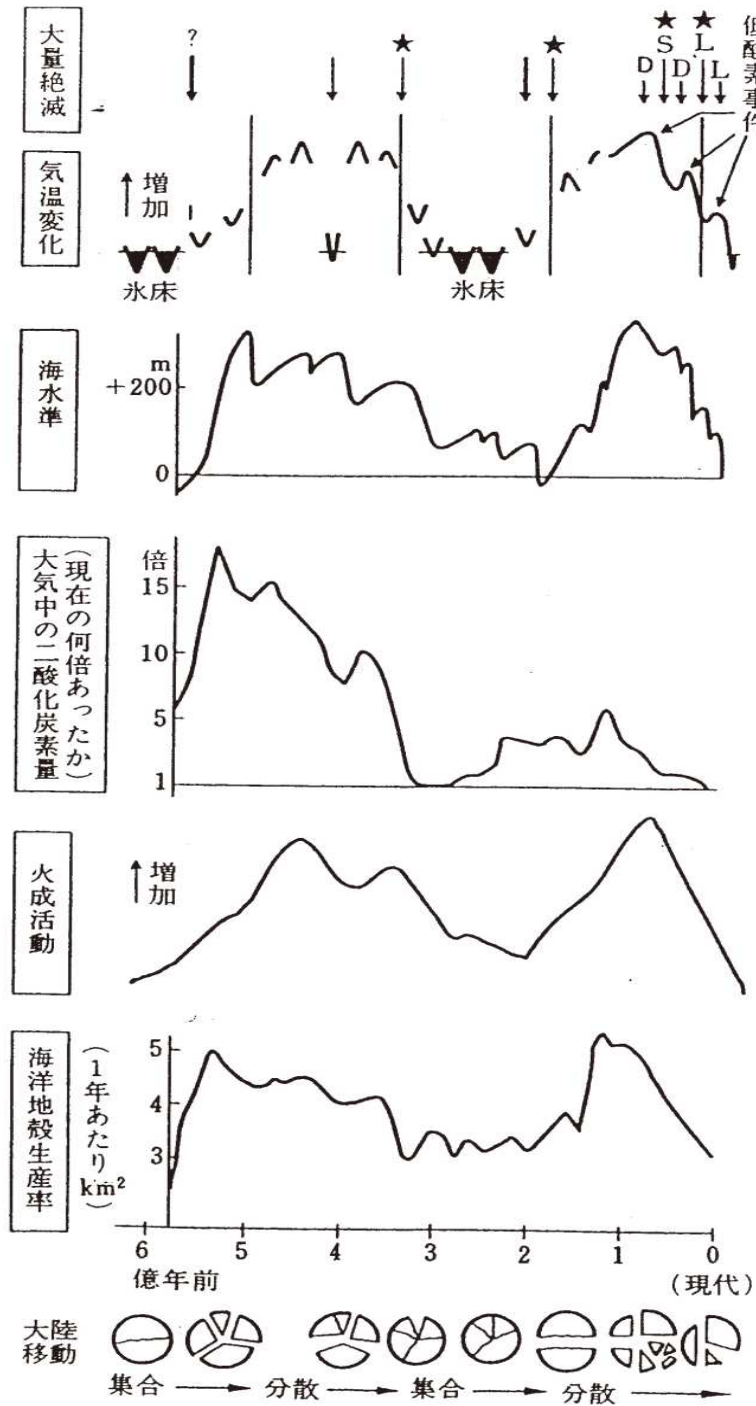
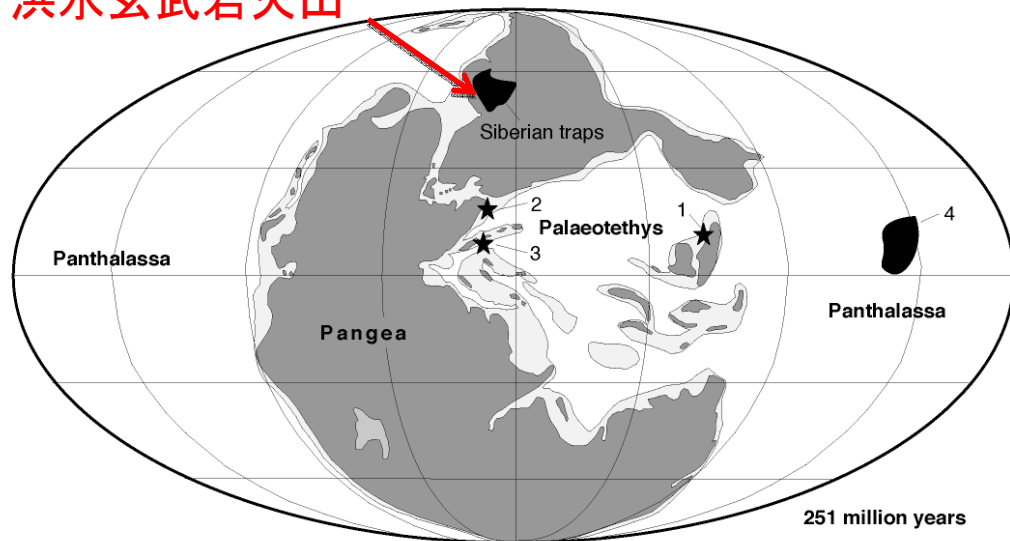


図 7.35 過去 1 億年の地球環境変動

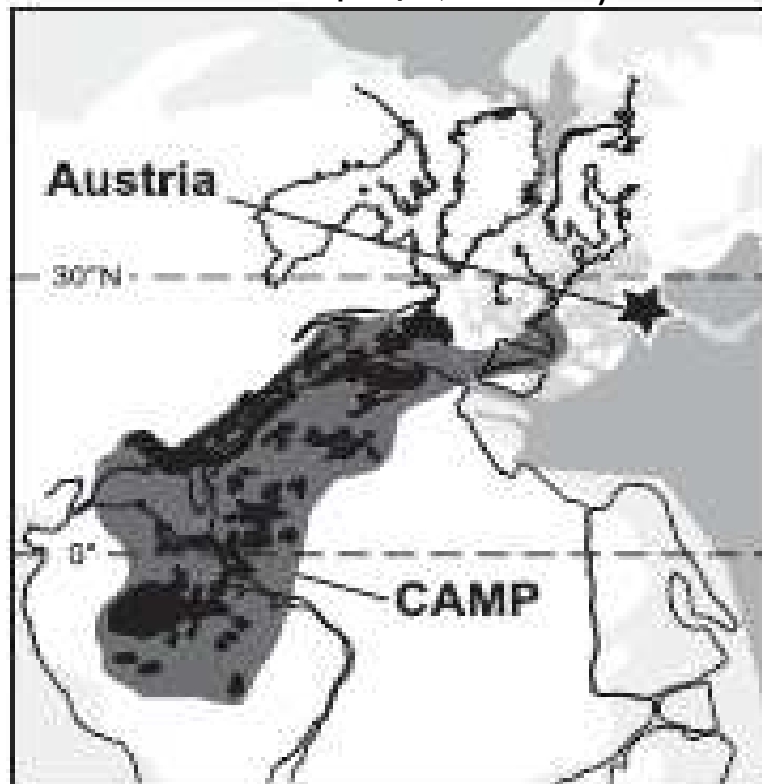
Figure 1

# ペルム紀末—三疊紀初期 (253–251 Ma)

洪水玄武岩火山



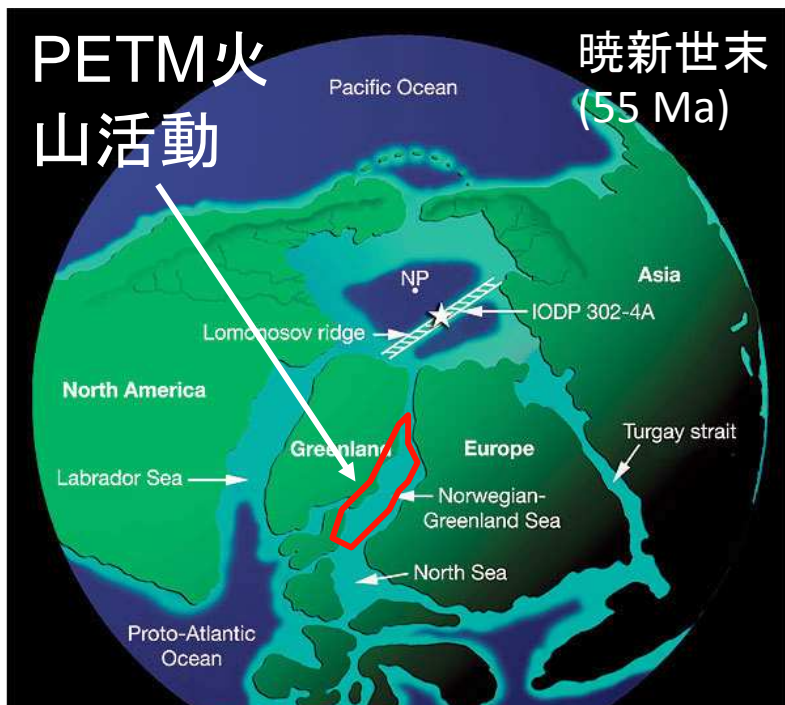
# 三疊紀末 (200 Ma)



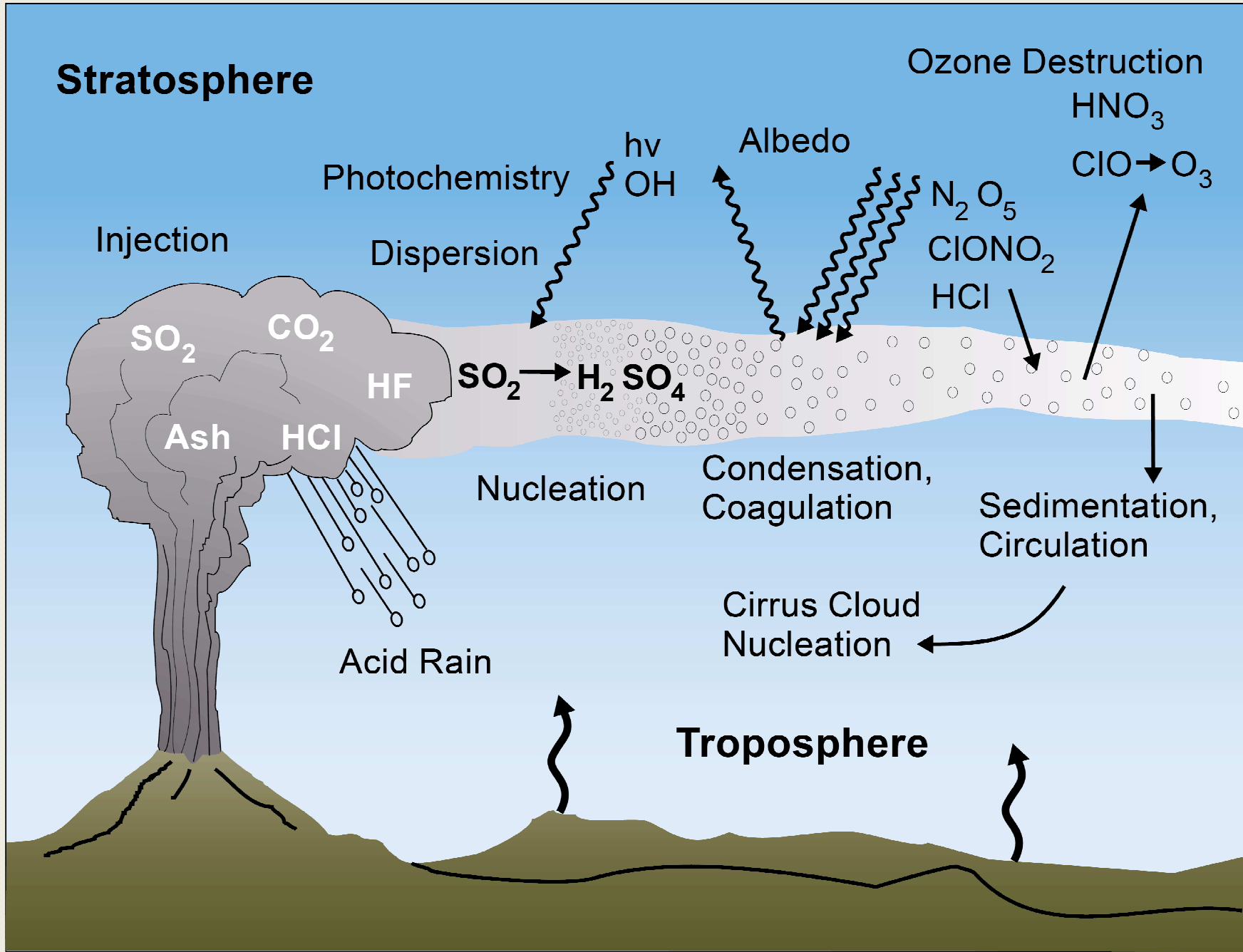
(Ruhl et al., 2011)

PETM火山活動

暁新世末 (55 Ma)



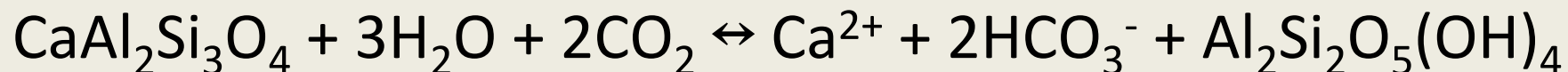
Modified from Sluijs et al., 2006, Nature



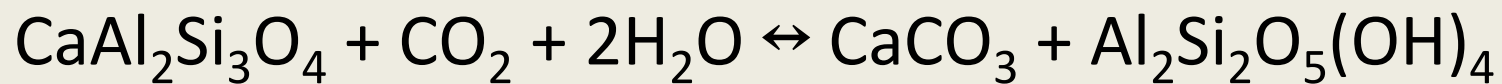
炭酸塩の生成により二酸化炭素が発生する。



岩石は水と二酸化炭素と反応し、下の式のように変化する。  
これを化学的風化 (chemical weathering) という。

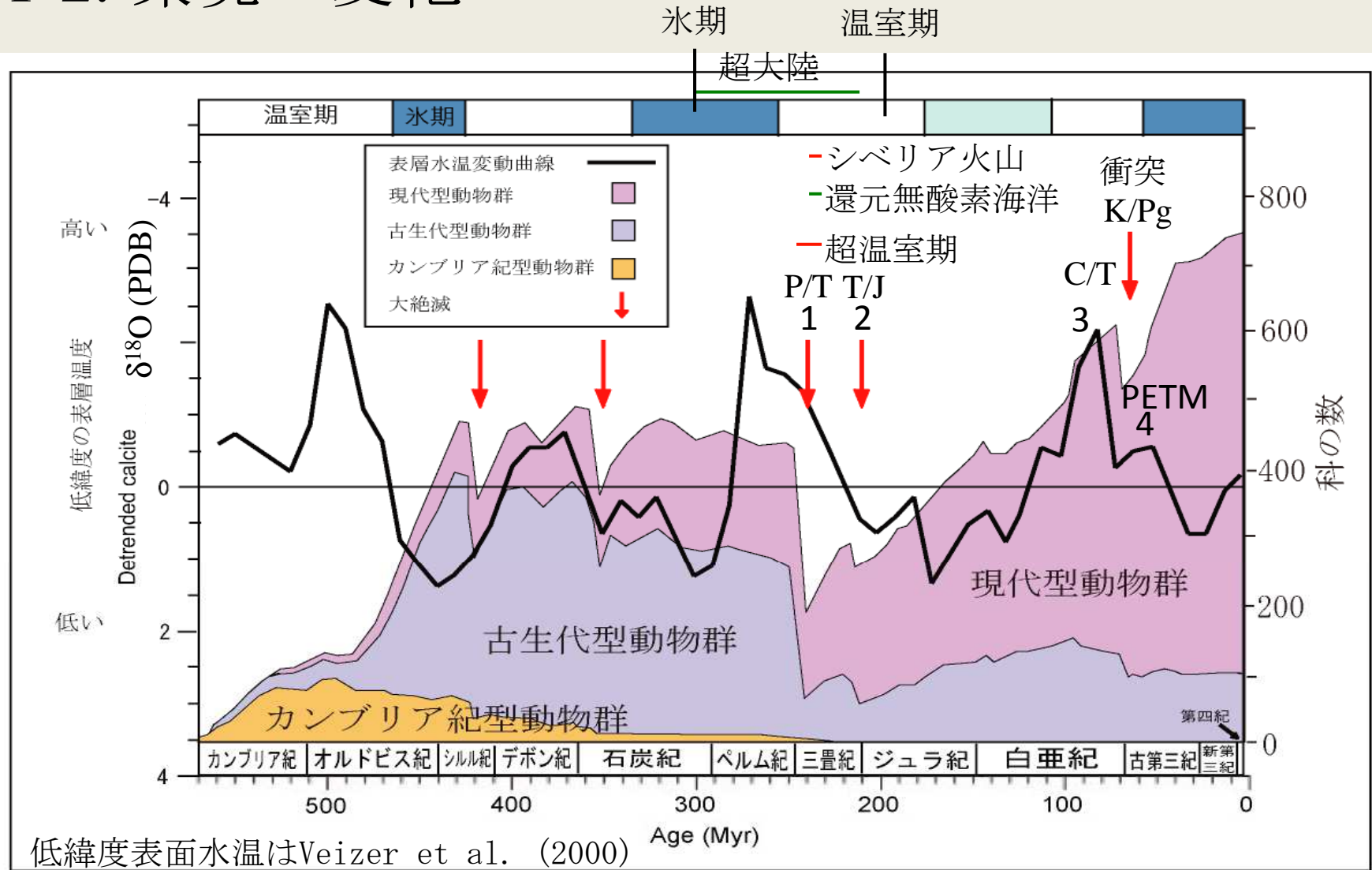


上記2つの式を合計すると、炭酸塩の生成は風化を考慮すれば、  
二酸化炭素を吸収していることになる。

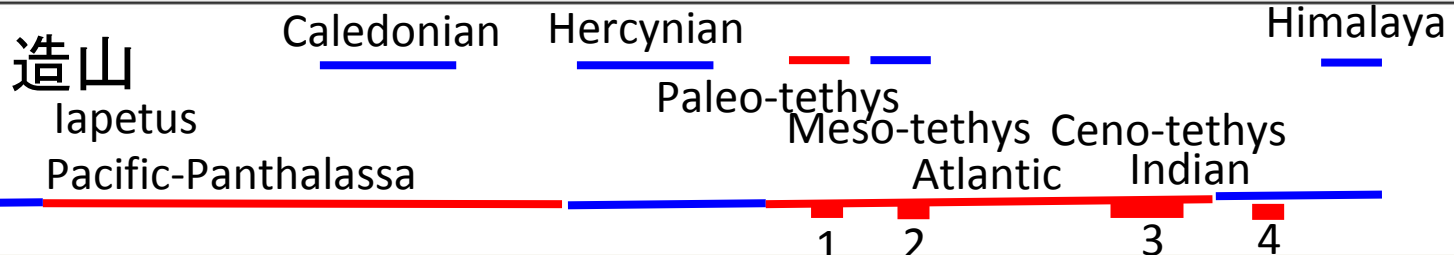




# 1-2. 環境の変化

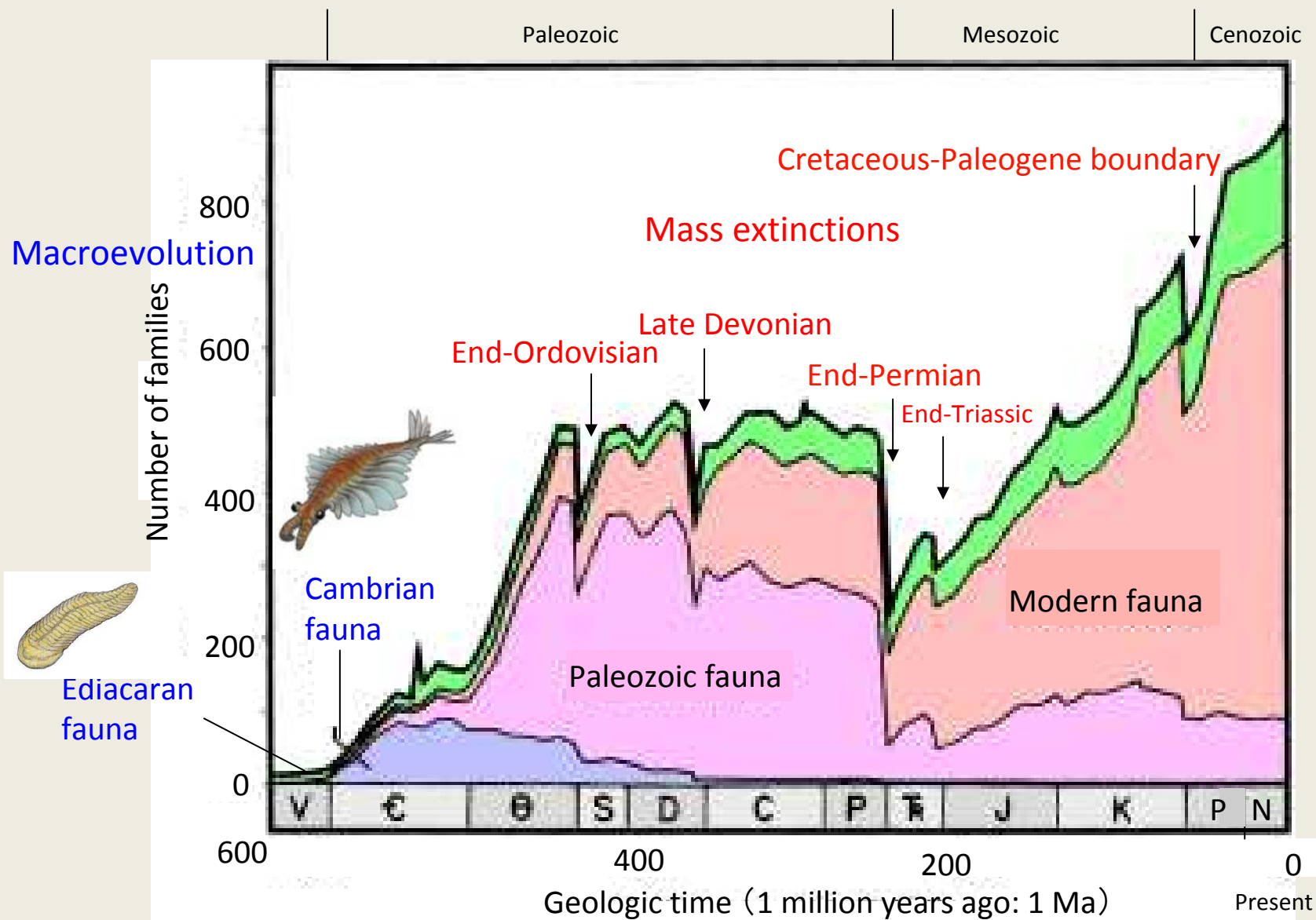


低緯度表面水温はVeizer et al. (2000)



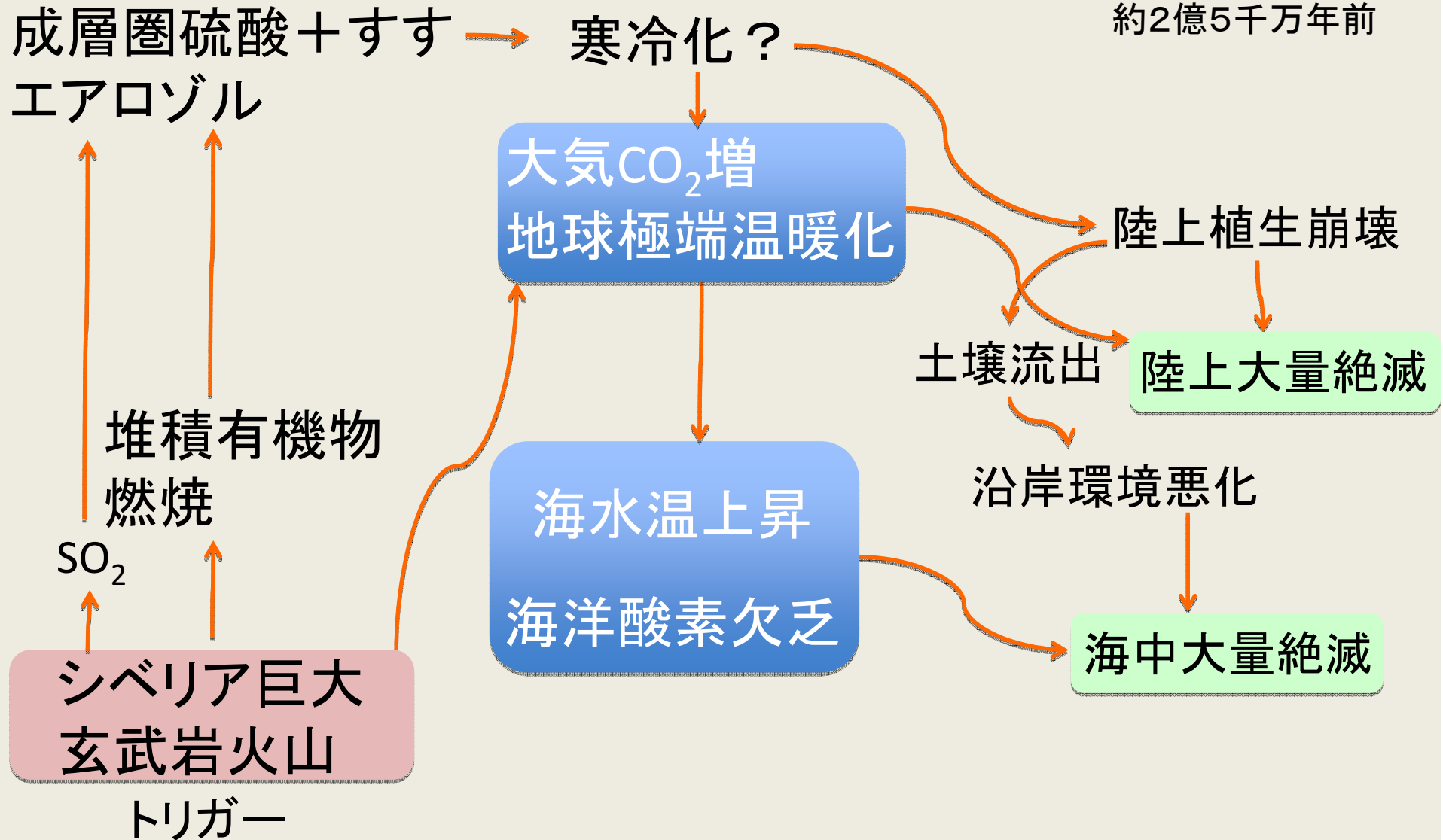
# 大量絶滅

過去6億年の海洋無脊椎動物の多様性

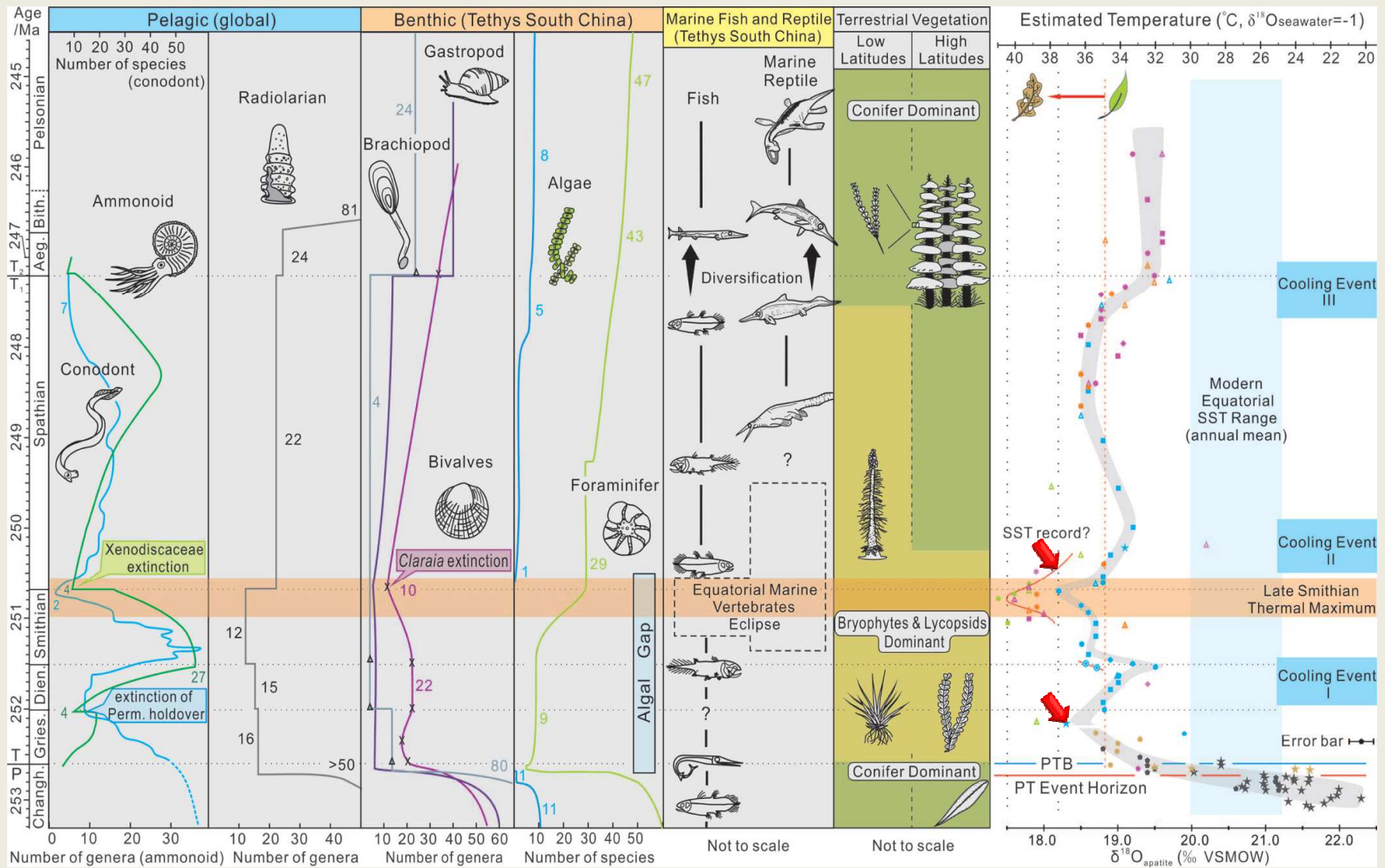


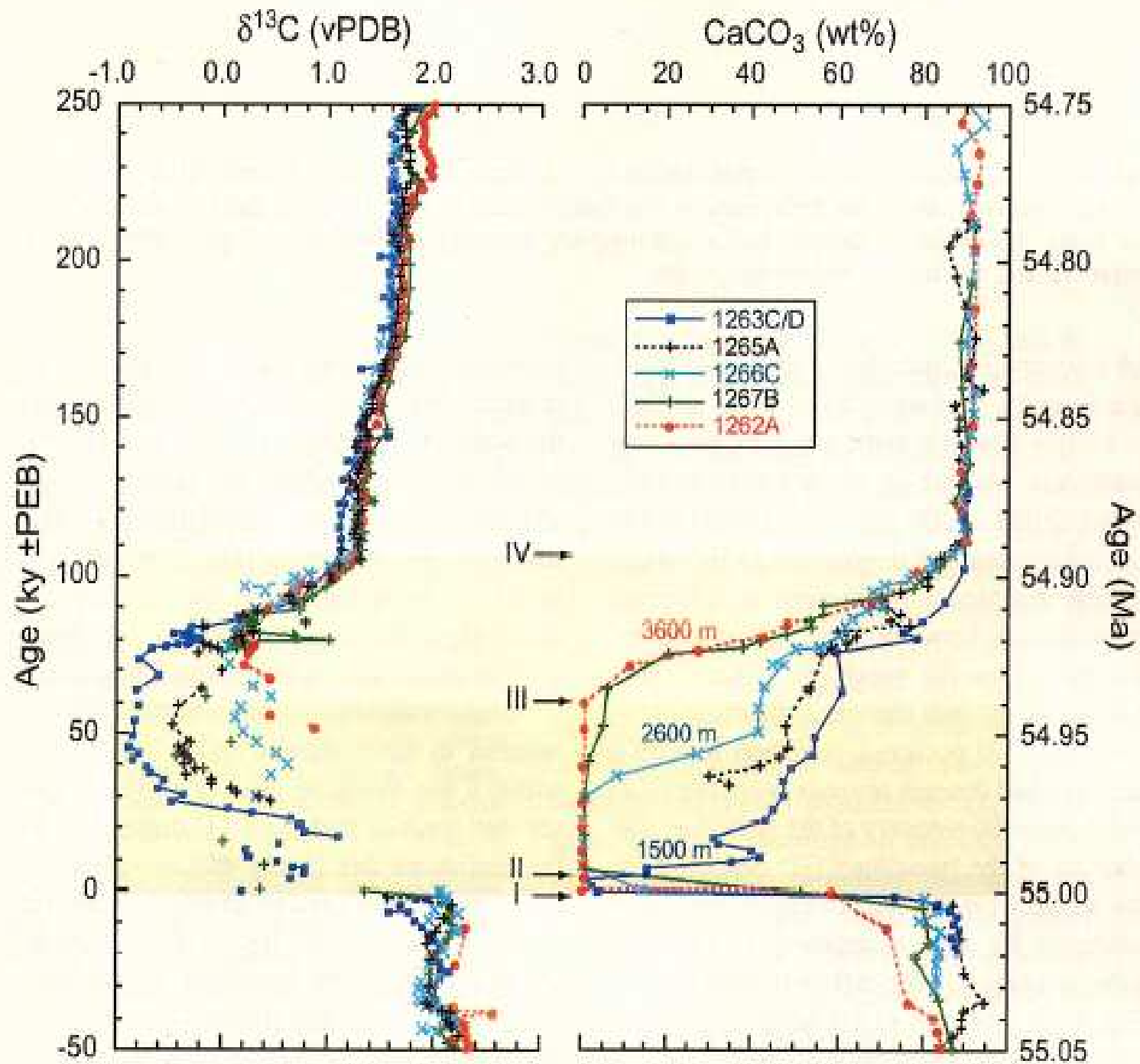
# ペルム紀/三畳紀境界大量絶滅のトリガーとプロセス

約2億5千万年前



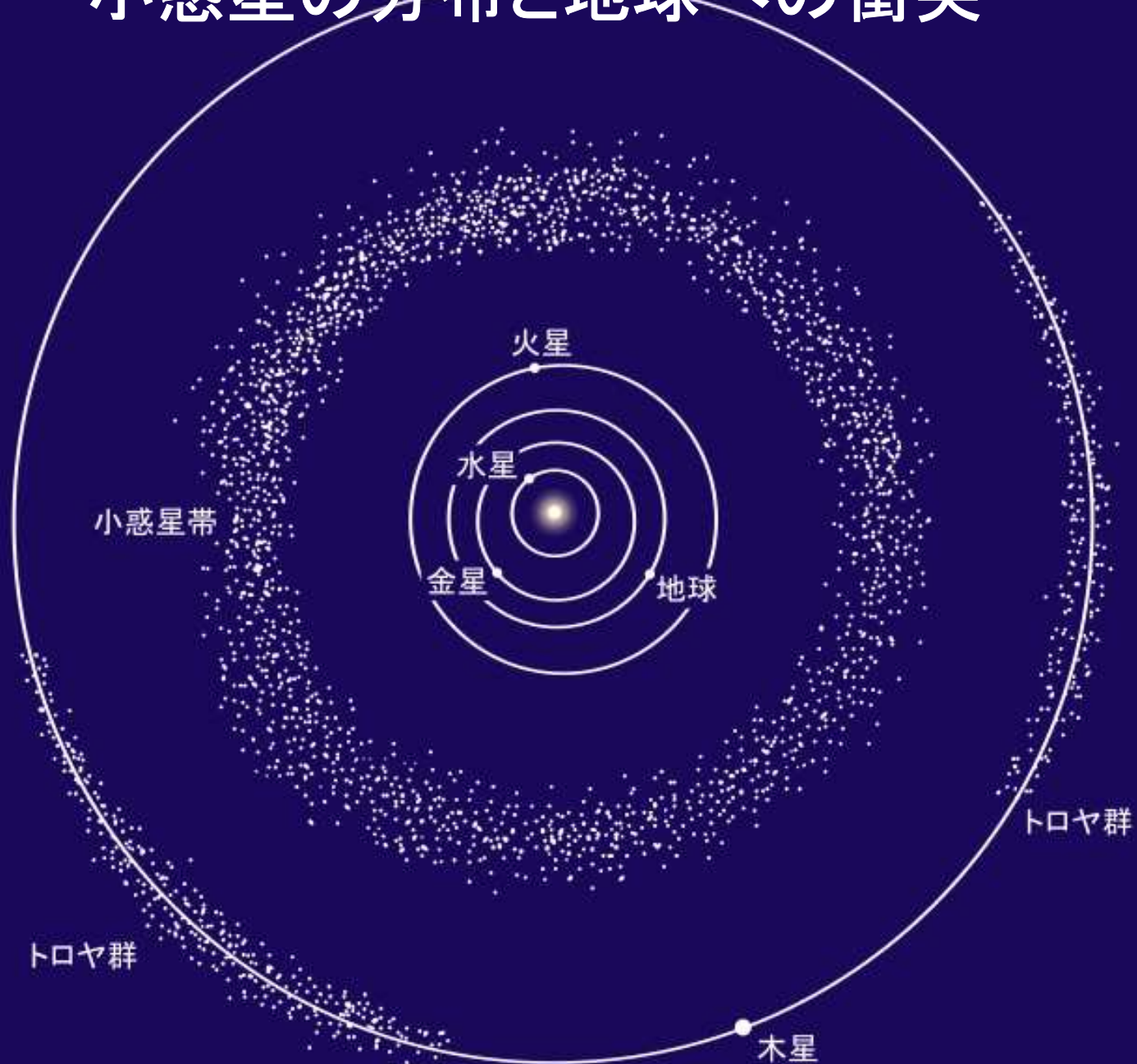
植物の回復に約200万年、動物の回復に約500万年を要した。







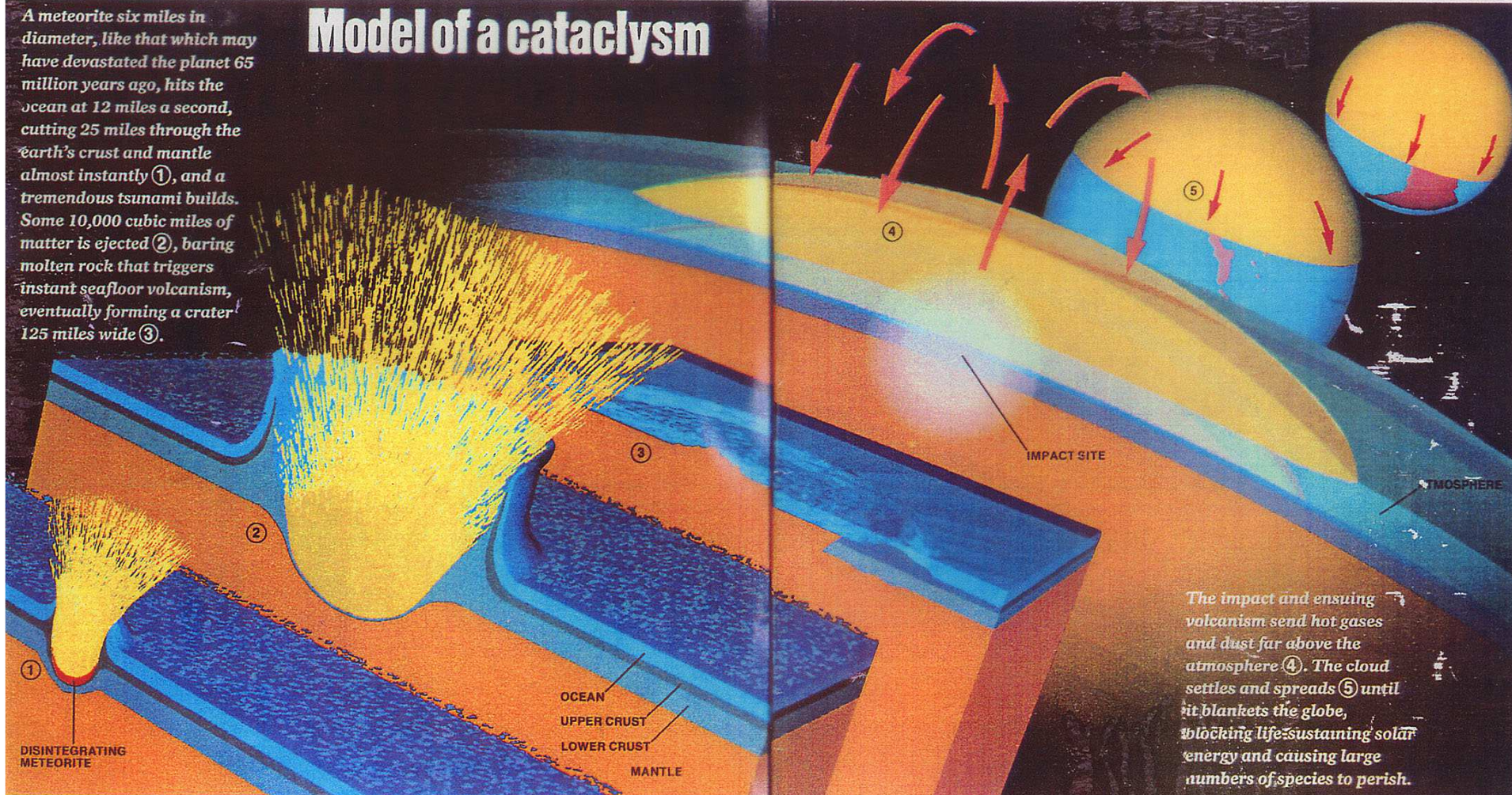
# 小惑星の分布と地球への衝突





# Model of a cataclysm

A meteorite six miles in diameter, like that which may have devastated the planet 65 million years ago, hits the ocean at 12 miles a second, cutting 25 miles through the earth's crust and mantle almost instantly ①, and a tremendous tsunami builds. Some 10,000 cubic miles of matter is ejected ②, baring molten rock that triggers instant seafloor volcanism, eventually forming a crater 125 miles wide ③.



The impact and ensuing volcanism send hot gases and dust far above the atmosphere ④. The cloud settles and spreads ⑤ until it blankets the globe, blocking life-sustaining solar energy and causing large numbers of species to perish.

COMPUTER SCENARIO BY MELVIN PRUEITT, LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, NEW MEXICO, FROM DATA CONTRIBUTED BY STERLING COLLIGATE, LOS ALAMOS; DAVID R. S. GEOLOGICAL SURVEY, FLAGSTAFF, ARIZONA; AND SHEL SCHUSTER, LISA GRANT, AND KEN KREYENHAGEN, CALIFORNIA RESEARCH AND TECHNOLOGY, CHATSWORTH, CALIFORNIA



# 白亜紀/古第三紀境界の 大量絶滅の原因とプロセス

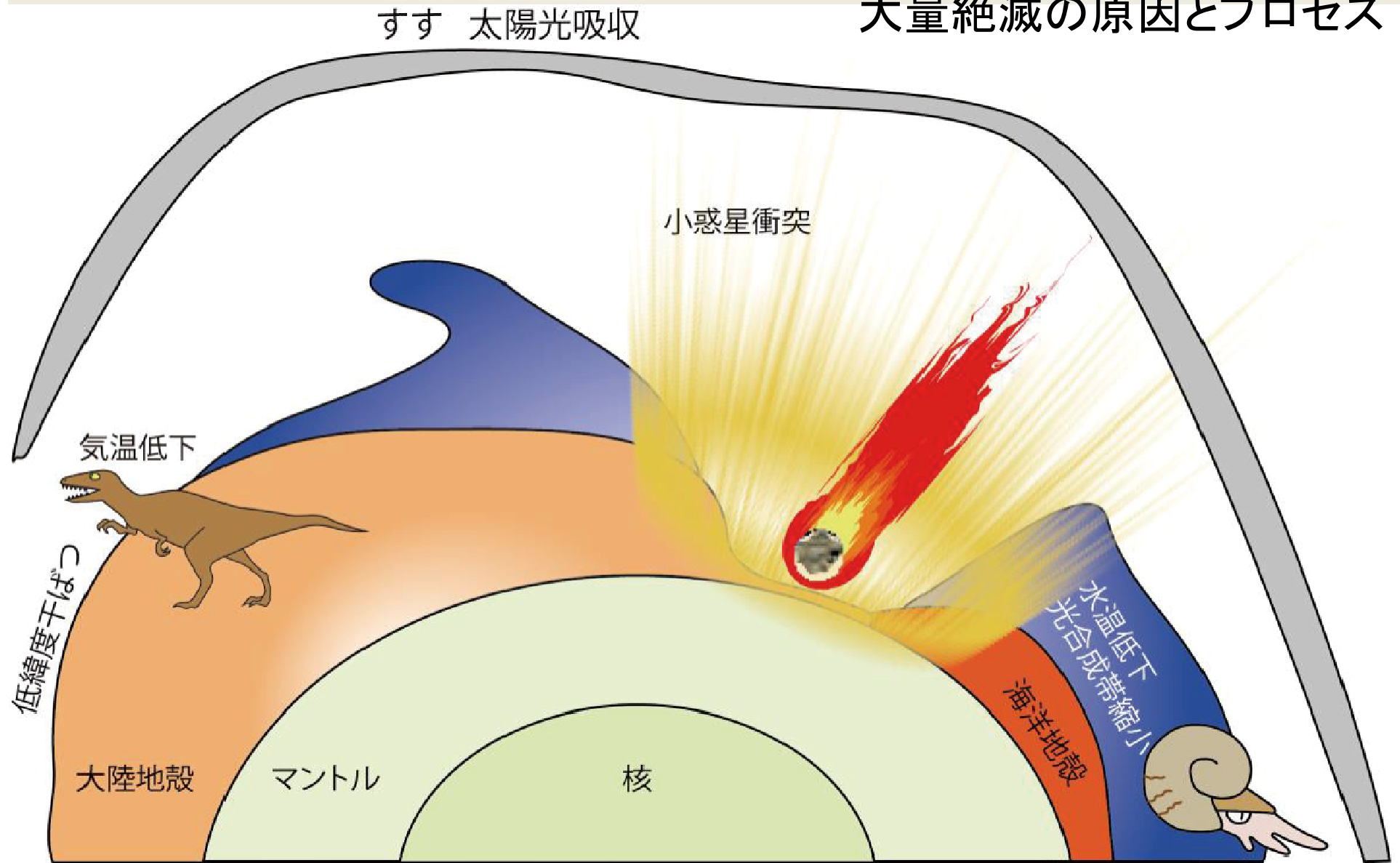


図2



# 白亜紀/古第三紀境界大量絶滅のトリガーとプロセス

Alvarez et al. 1980

トリガー 小天体衝突

プロセス

Wolbach et al. 1988

★ 津波 火災

Arinobu et al. 1999

★ Mizukami et al., 2013

★ 土壌流出

浅海濁化

★ 海洋貧酸素化

光合成停止

食物連鎖

整合的

整合的

整合的

★ 結

★ 表層水生物と大型上動物の大量絶滅

★ 森林回復: 1万年後

Mizukami et al., 2013

すすを成層圏へ放出

Kaiho et al. 2016

すすエアロゾル

太陽光吸収

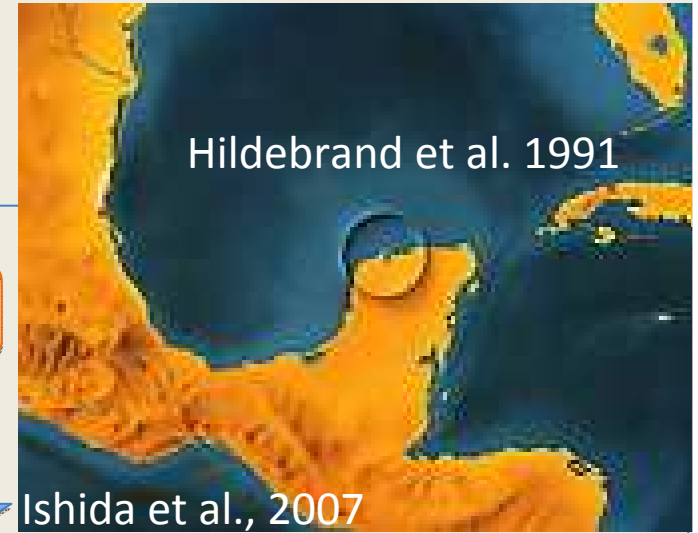
★ 晴れ上がり後の紫外線増加

★ 気温海水温低下とその後の上昇

★ 同時性

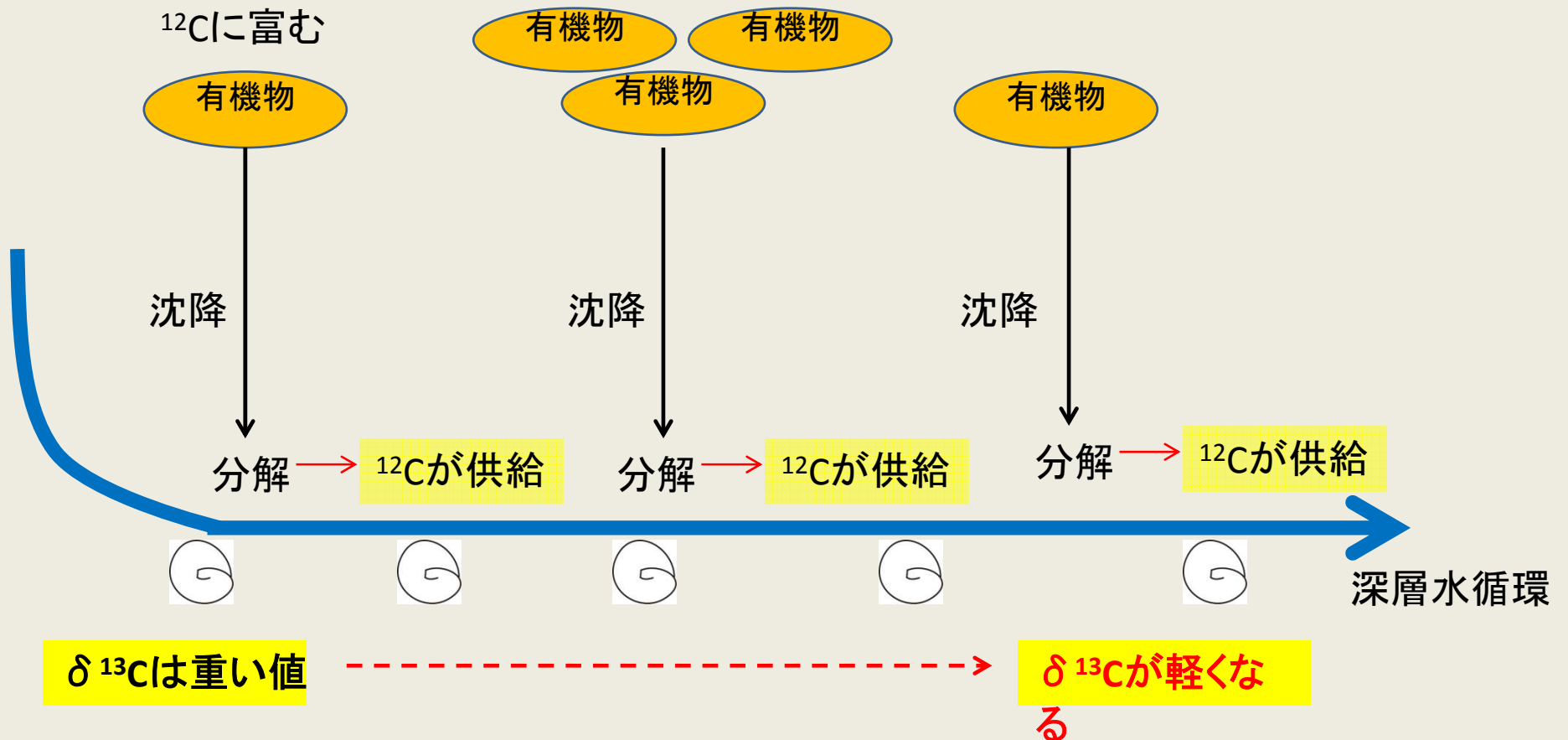
Kaiho and Lamolda, 1999

明らかなにしたこと



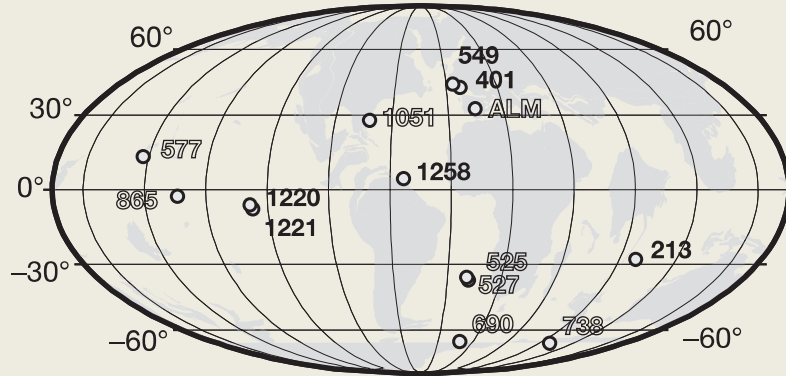
# トレーサーとしての $\delta^{13}\text{C}$

海洋ごとの  $\delta^{13}\text{C}$  を比較して、海洋深層水循環の変化を復元することができる (Nunes and Norris, 2006).

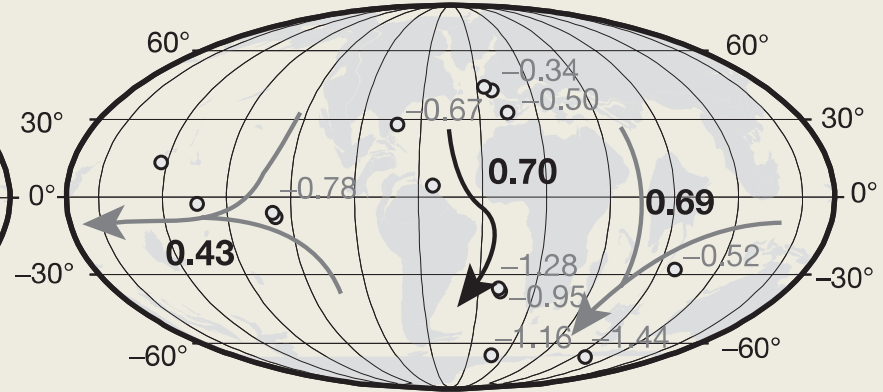


# PETM 深層水循環の復元

Site locations: 55.0 Myr ago reconstruction

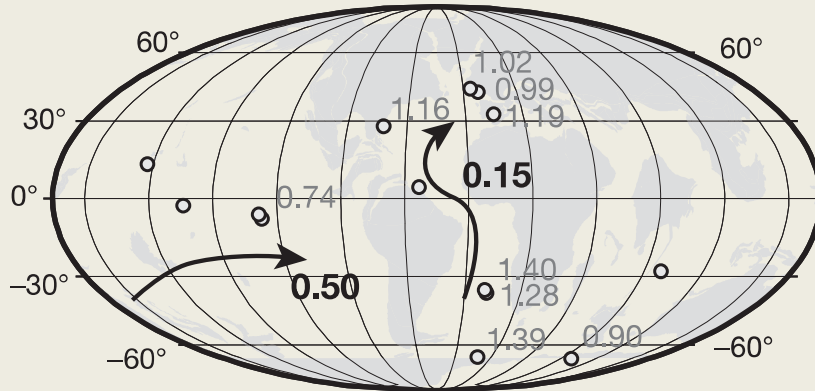


Time slice B: during CIE

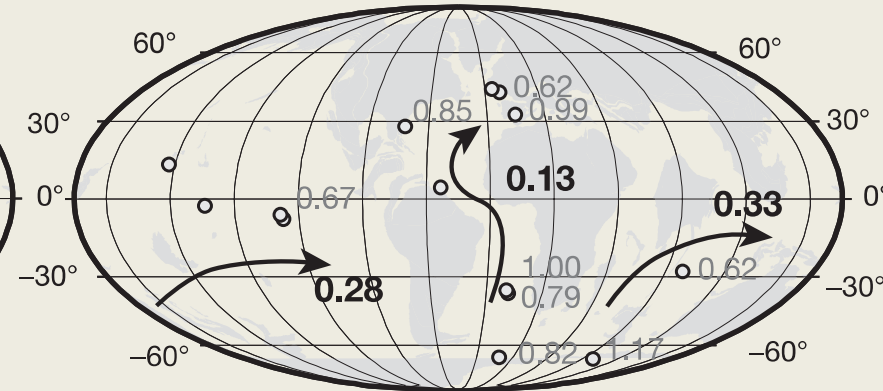




549 Isotope data from this study  
738 Isotope data from the literature

Time slice A: before CIE



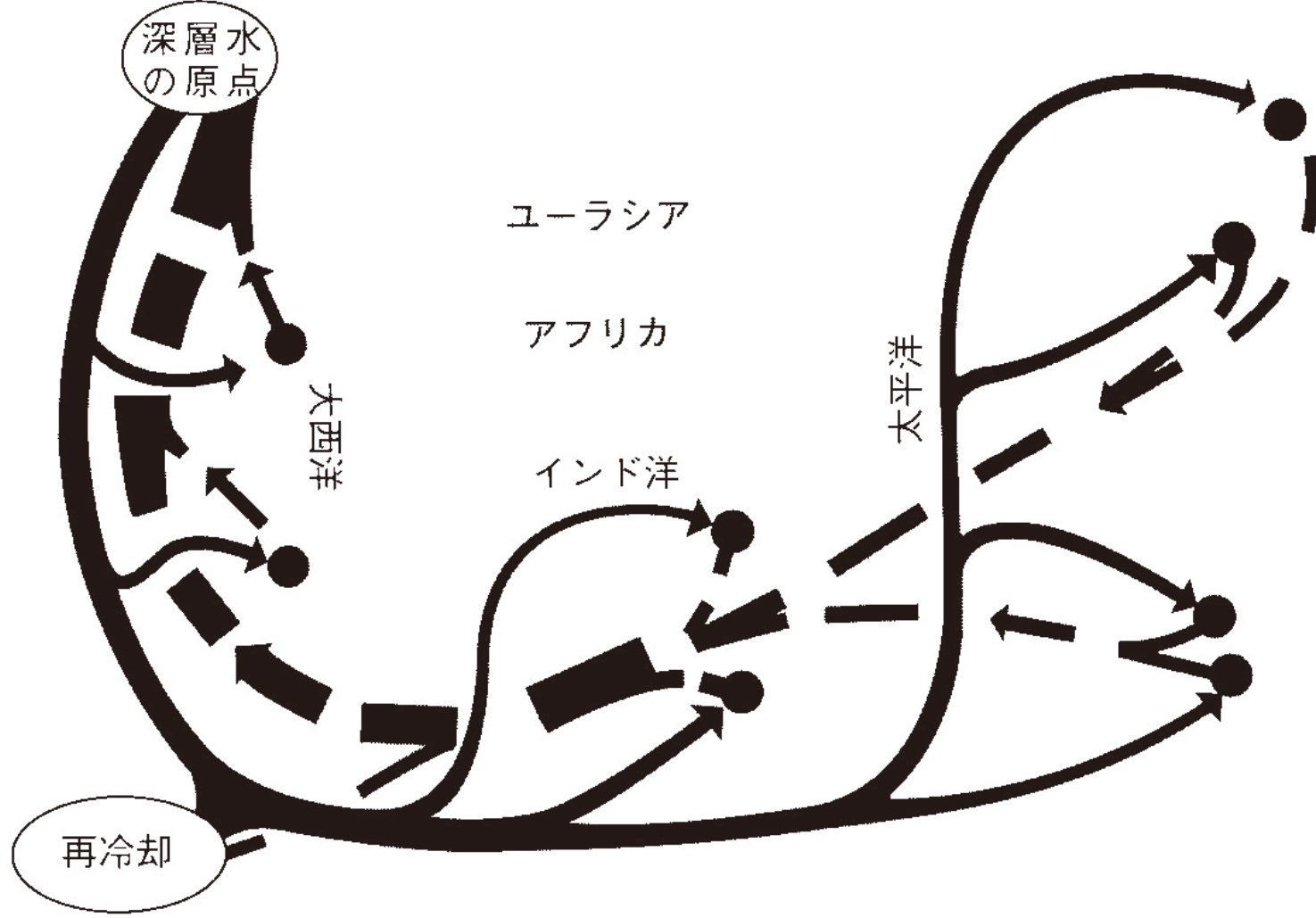
Time slice C: after CIE



 Most likely flow path of deep waters **0.50** Water mass ageing gradient  
 Other possible flow paths 1.30 Average site  $\delta^{13}\text{C}$

Nunes and Norris (2006)

南北アメリカ



再冷却

深層水の原点

大西洋

ユーラシア

アフリカ

インド洋

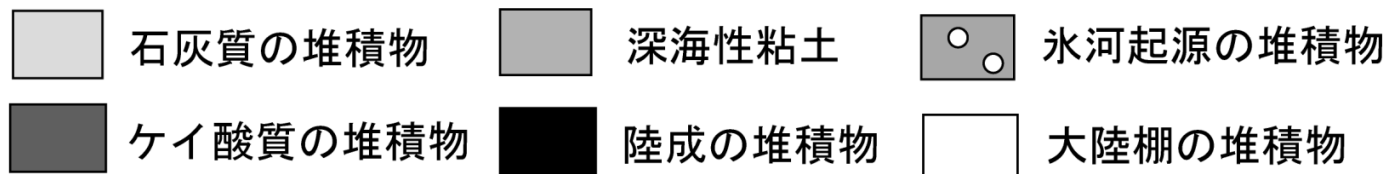
太平洋

南極大陸

南北アメリカ

## 5-3. 現在の海洋の物質循環と堆積物

### 5-3-1. 現在の海洋堆積物



### 5-3-2. 海の生物制限元素の分布

海洋: P, N, Si

		P	N	C	Ca	Si
粒子状物質	軟体部	1	15	80	0	0
	殻	0	0	40	40	50
	全組成	1	15	120	40	50
海水	深層水	1	15	800	3200	50
	表層水	0	0	680	3160	0

7月28日(金)のこの時間に試験を行ないます。  
詳細は掲示を見てください。

下記の1～4のそれぞれについて、  
要点を1～2行ずつミニットペーパーに書いて提出せよ。

1. 固体地球—環境—生物
2. 酸素と生物
3. 気候変動
4. 大量絶滅



# 1. 固体地球—環境—生物

固体地球の活動が気候変動・環境変動を起し、生物の分布を変える。

# 2. 酸素と生物

地球上に酸素が3回増えていて、最初の2回は生物の大進化と関係している。

# 3. 気候変動

長期的には火山活動で温暖化、大陸衝突による造山でCO<sub>2</sub>消費で寒冷化が起きる。

# 4. 大量絶滅

大規模火山活動と小惑星衝突により極端な気候変動が起きると、生物の大量絶滅が起きる。