

京都精華大学 基礎講義  
**自然科学論B**  
～宇宙科学と人文社会科学・芸術表現～

**担当教員：磯部洋明**  
京都大学宇宙総合学研究ユニット・特定講師  
京都精華大学・非常勤講師

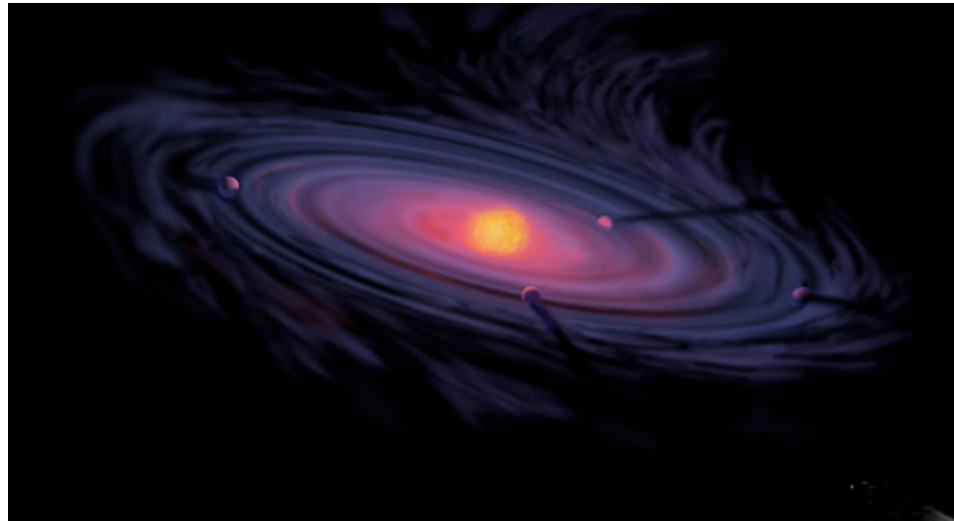
\*画像は特に断りがない限り、wikipedia commonsから入手可能なもの。

第8回 2010年6月15日

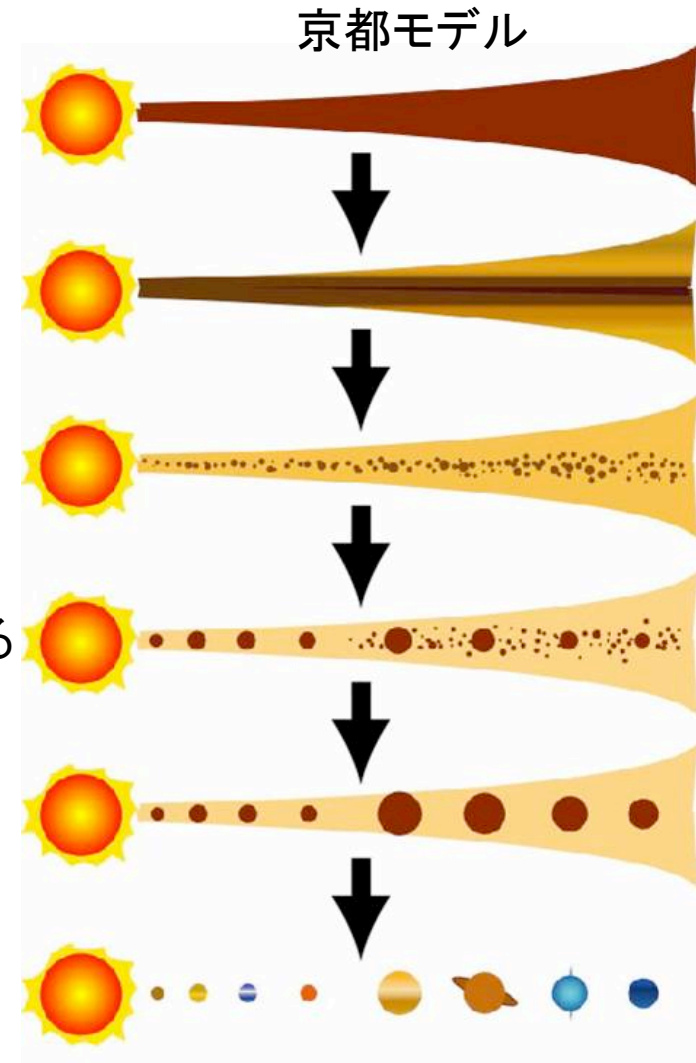
# 太陽系ができるまで

- 137億年前 ... 宇宙の誕生
  - 始めは水素とヘリウムだけの宇宙
- 135億年前 ... 最初の星の誕生
- 星の内部で核融合（炭素、酸素、窒素、鉄...）
- 超新星爆発で宇宙空間に新しい元素をまき散らす
- 繰り返し...宇宙の中に徐々に色々な元素が増える
  
- 地球と生命の材料が整った

# 太陽系と地球の誕生



1. 生まれつつある太陽の周りにガスと塵の円盤ができる
2. 塵が集まって塊(微惑星)になる
3. 微惑星が衝突を繰り返して地球サイズに成長



# ジャイアントインパクトと月の形成

- 地球に火星くらいの大きさの別の微惑星が衝突
- => 月が形成
- 衝突のエネルギーで地球も月もどろどろに溶ける=> マグマオーシャン



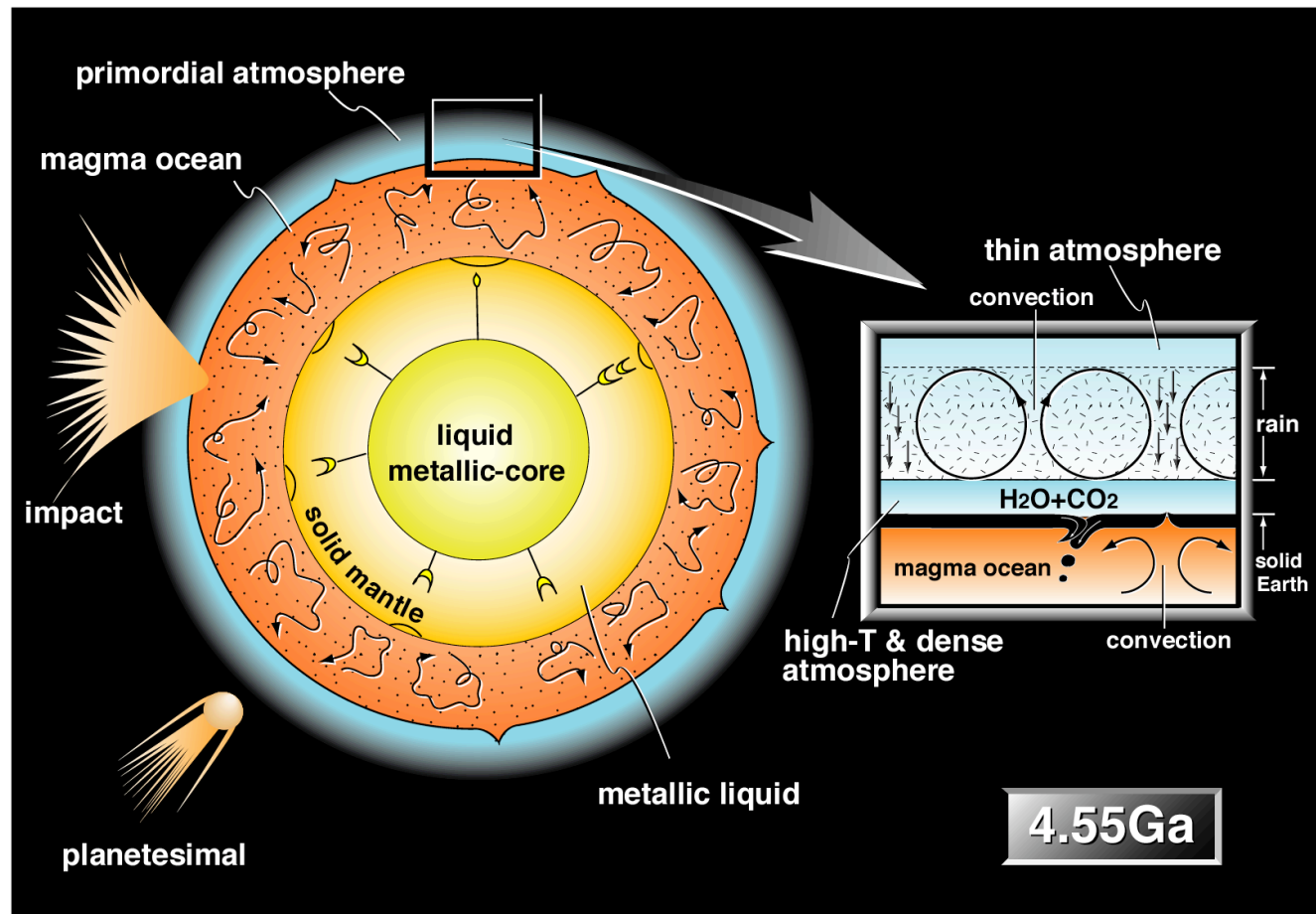
\*月の形成にはこれ以外にも説がある

生まれてしばらくの地球はこんな感じ？

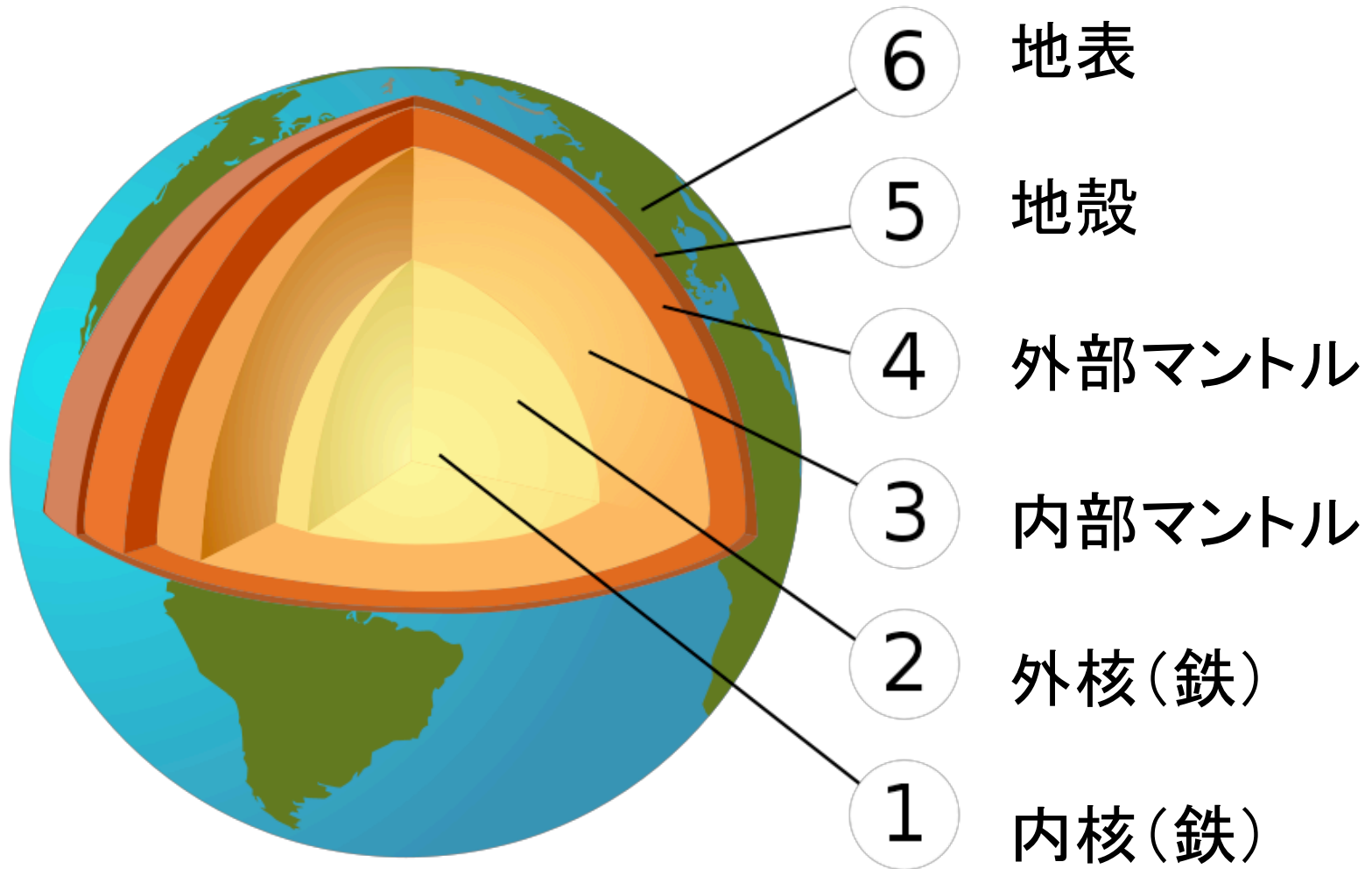
David A. Aguilar (CfA)



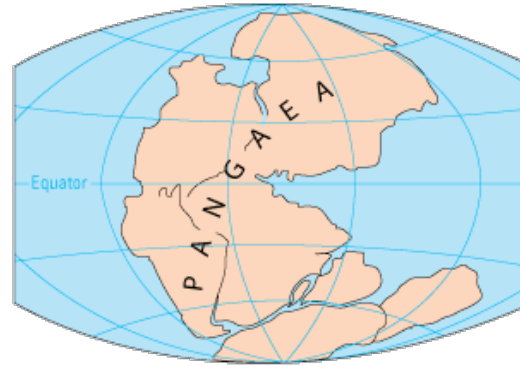
# 生まれたばかりの地球の構造



# 今の地球の内部構造



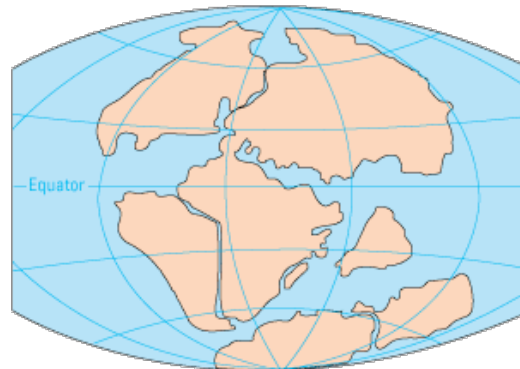
# プレートテクトニクス と大陸移動説



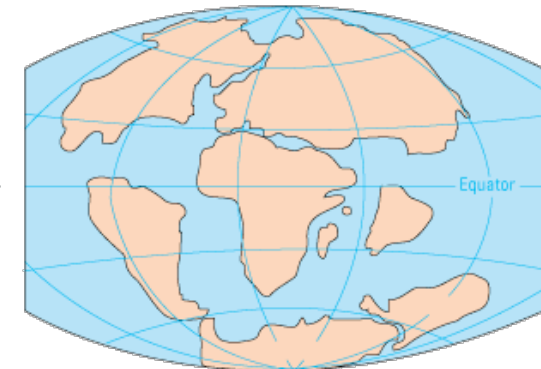
2億2千万前



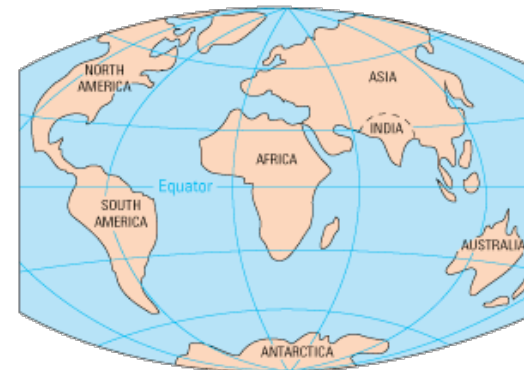
2億前



1.5億前(ジュラ紀)



6500万年前(恐竜絶滅の頃)

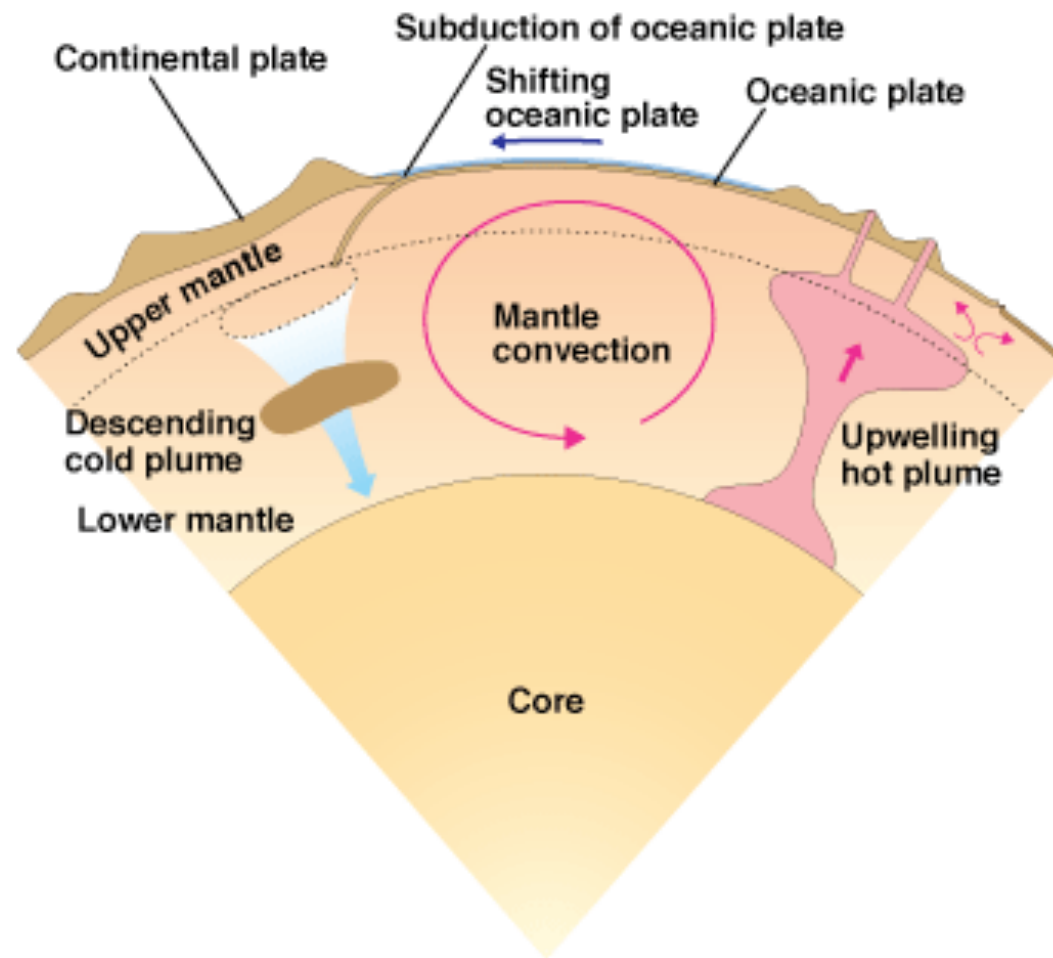


現在

Kious & Tilling, The Dynamic Earthより  
<http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html>



# プレートテクトニクスとプルームテクトニクス



# 生命とは？

- 外界と自分を区別する境(細胞膜)を持つ
- 代謝を行う(外界からエネルギーや物質を取り込み、利用して、排出する)
- 自己複製を行う

# 生命じゃないもの

京都精華大学本館



**建物**: 外界と内部を区別するが、代謝もしないし自己複製もしない

NASA

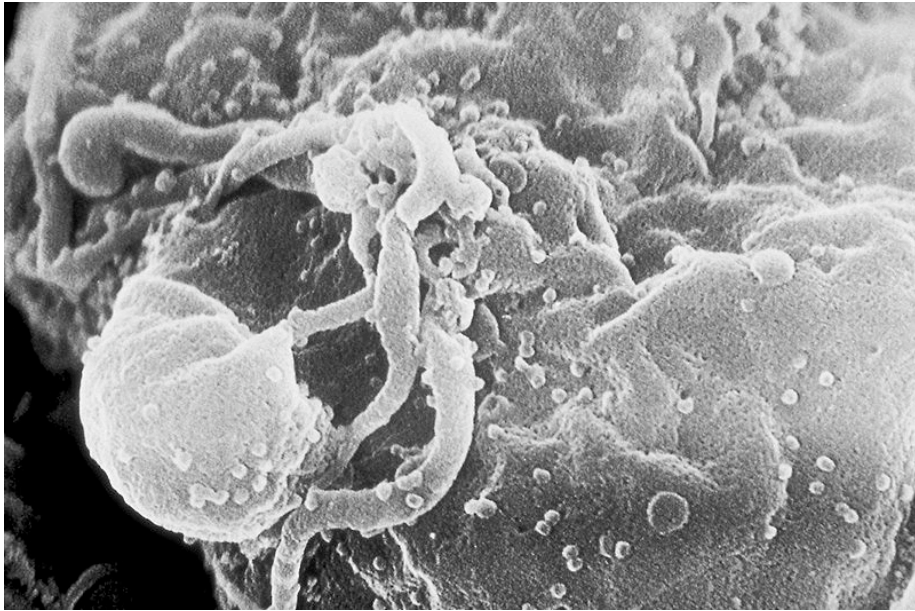


**地球**: 外界と内部を区別はややあいまい。代謝みたいなこと(太陽エネルギーを取り入れて海洋や大気が循環)もするが、自己複製はしない

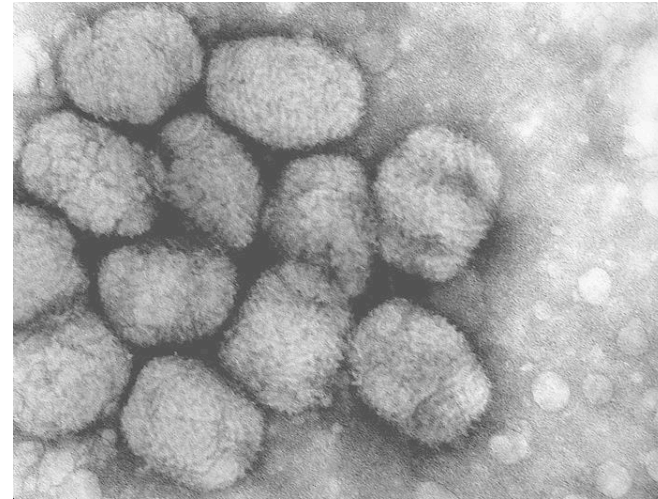
**コンピュータウイルス**:  
自己複製はするが、「外界と内部」という概念はない。代謝もしない。

# ウイルス

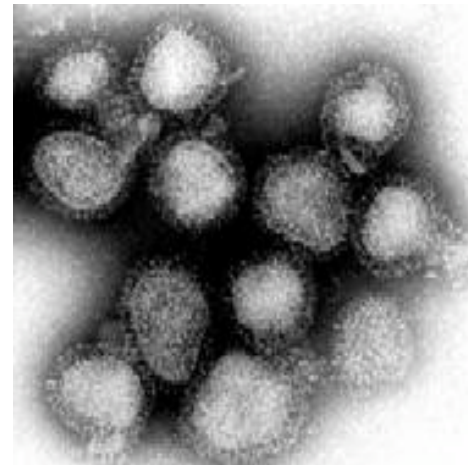
天然痘ウイルス



ヒト免疫不全ウイルス  
Human Immunodeficiency Virus, *HIV*



インフルエンザウイルス



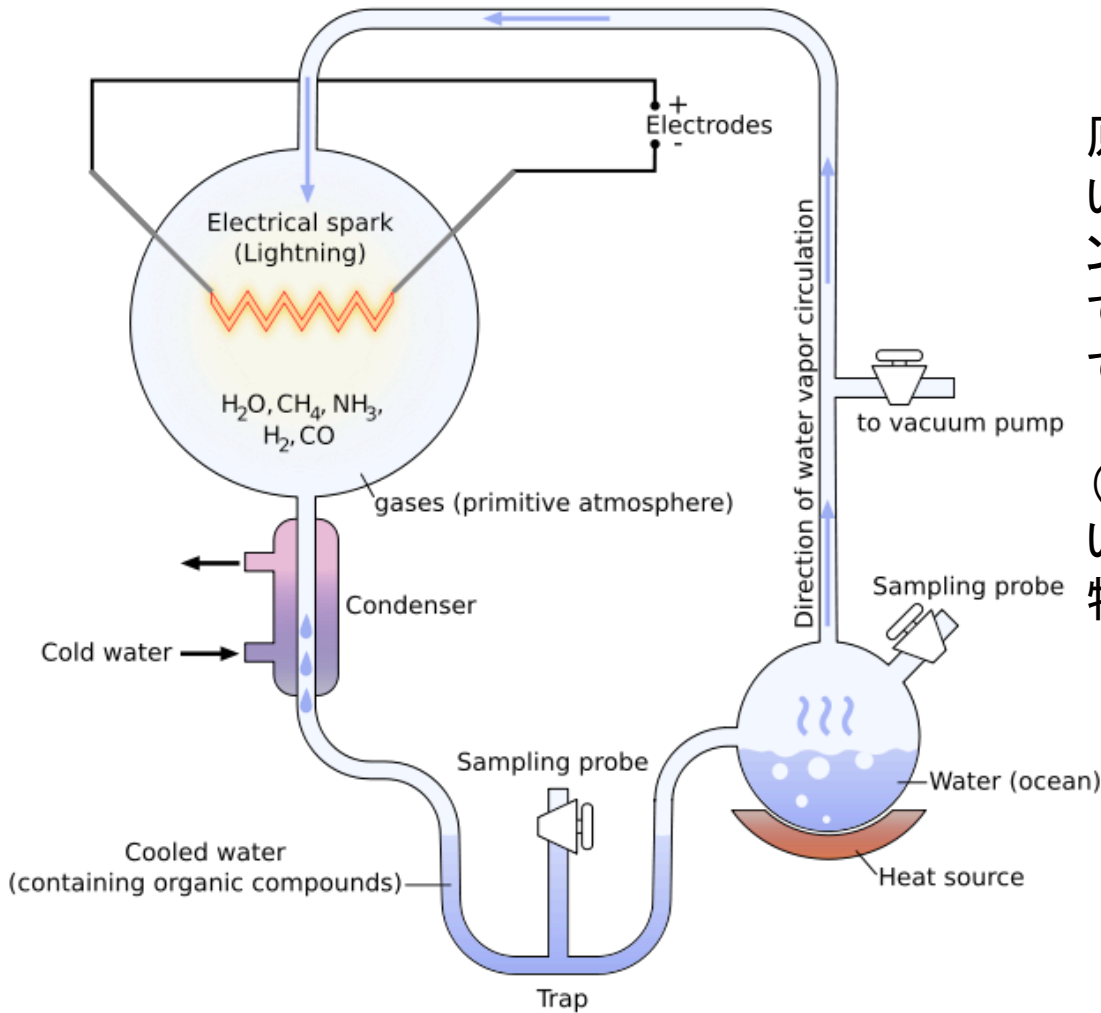
# ウイルスは生物と無生物の中間

- ウイルスは遺伝情報(DNA/RNA)を持つ
- 細胞を持たない。自分自身で代謝は行わない。
- 自分だけでは自己複製できない。他の生物の細胞に寄生して増殖する。
- 化学物質のように結晶化して保存できる(Stanley 1935)

# 地球生命史重大事件

- 地球の誕生(約45億年前)
- 原始生命の発生(約40億年前)
- バクテリア(原核細胞)の出現(38-35億年前)
- 光合成の開始(27億年前)
- 真核細胞の出現(21億年前)
- 多細胞生物の出現(10億年前)
- 硬骨格生物の出現(5.5億年前)
- 人間の出現(500万年前)

# ユーリー・ミラーの実験



原始地球の大気に存在していたと考えられる、水、メタン、アンモニア、水素を混ぜて放電すると、生命の材料であるアミノ酸ができた

(生命ができたわけではないので注意。材料になりうる物質の一部ができただけ。)

# パンスペルミア説

- 最初の生命(の種)が地球で生まれたのではなく、宇宙からやってきたとする説
- 生命そのものというより、材料となる化学物質(アミノ酸など)が宇宙からやってくる、ということも含む(準パンスペルミア)。宇宙空間では多くの有機物、変わった形の分子が見つまっている。あり得ない話ではない。

多数の星間分子を発見した  
野辺山45m電波望遠鏡





# 一番最初の生命の証拠

- 炭素原子には陽子6つ、中性子6つを持つC12と、陽子6つ、中性子7つを持つC13がある。
- 生命はC12を選択的に取り込む $\Rightarrow$ C13の割合が自然界より少ないと、生命活動の間接的証拠
- グリーンランドの約38億年前の変成岩中で、C13が特異に低い値を持つものが見つかったのが。地球で最初の生命の証拠。
- 40億年前くらいまで、原始地球は恐らく岩石も溶けた高温のマグマオーシャンのような状態だった。生命は地球が「生命が住めるような環境」になってからすぐに誕生？

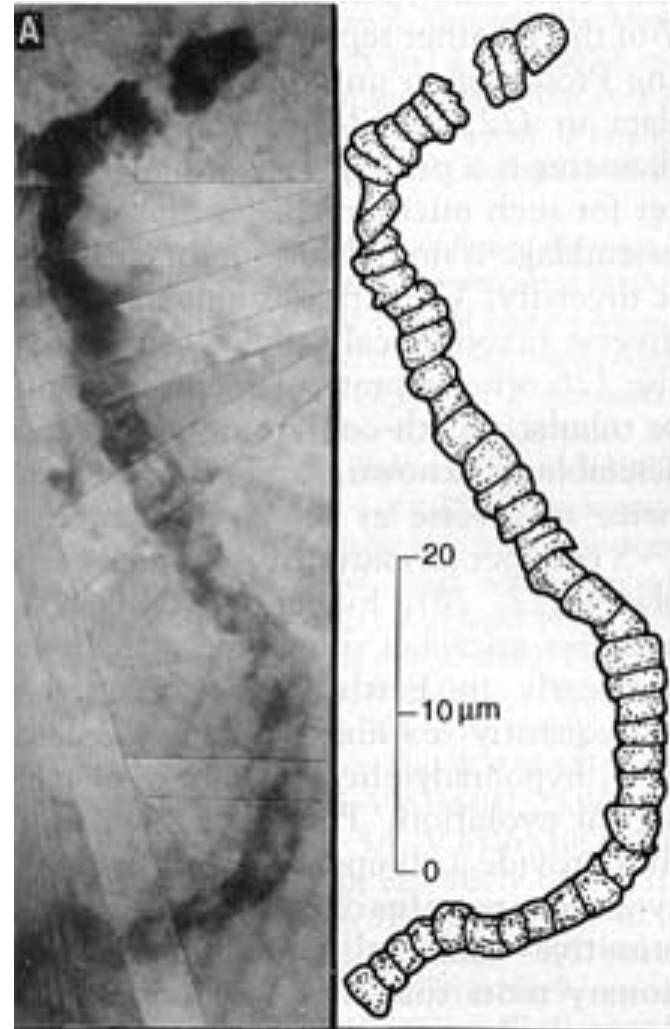
# 地球最古の化石

約35億年前のバクテリア

チャートと呼ばれる、海の底に堆積する  
岩石から発見。

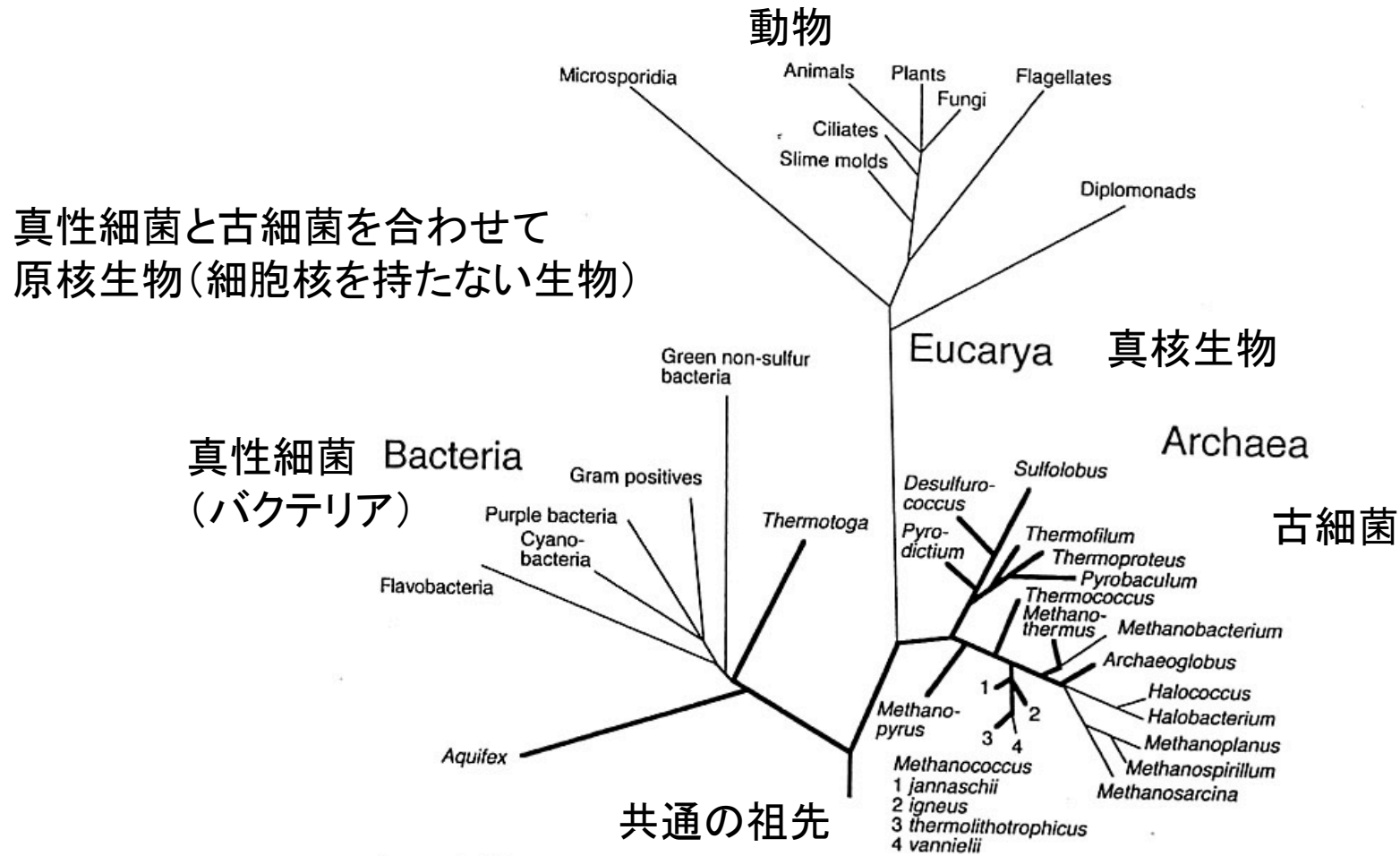
最古の生物は海の底？

浅い海で生まれたという説もあるが、どう  
やら最近では深海という説が優力か。



Schopf 1993

# 地球生命の系統



真性細菌と古細菌を合わせて  
原核生物(細胞核を持たない生物)

真性細菌 Bacteria  
(バクテリア)

Archaea  
古細菌

共通の祖先

FIGURE 1 Universal phylogenetic tree. Bold lines: Hyperthermophiles. Schematically redrawn and modified from Woese *et al.* 1990; root according to Iwabe *et al.* 1989.

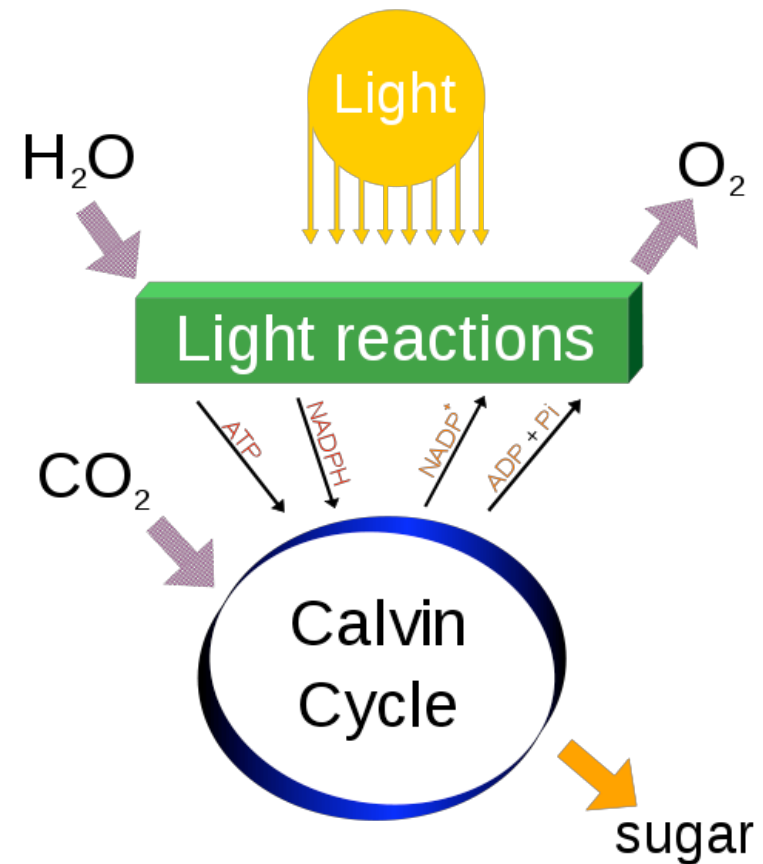
太線部分は~100度の高温の水を好む好熱菌

# 初期の生物の姿

- 深海で生まれたらしい
- 高温を好む熱水菌に近い親戚
- => 恐らく、深海で火山活動がある熱水活動域で、メタン発酵や硫黄酸化をエネルギーにして活動していた。
- この頃地球に酸素はほとんどない。当時の生物は嫌気性、つまり酸素はむしろ猛毒。
- 酸素がない=>オゾン層もない=>大量の紫外線が降り注ぐ=>地上は生命が生まれる環境ではなかった。
- ここまでが、少なくとも35億年前(地球ができて10億年)くらいまでにでき、27億年前まで続いた。

# 27億年前の大事件：光合成の開始

- 光合成とは？
  - 材料(水と二酸化炭素)から**光のエネルギー**を使って、酸素と有機物(糖分)を作ること
- 約27億年前、浅海で酸素発生型光合成を行うシアノバクテリアが出現
- 当時の生物は嫌気性。酸素は迷惑な産業廃棄物。

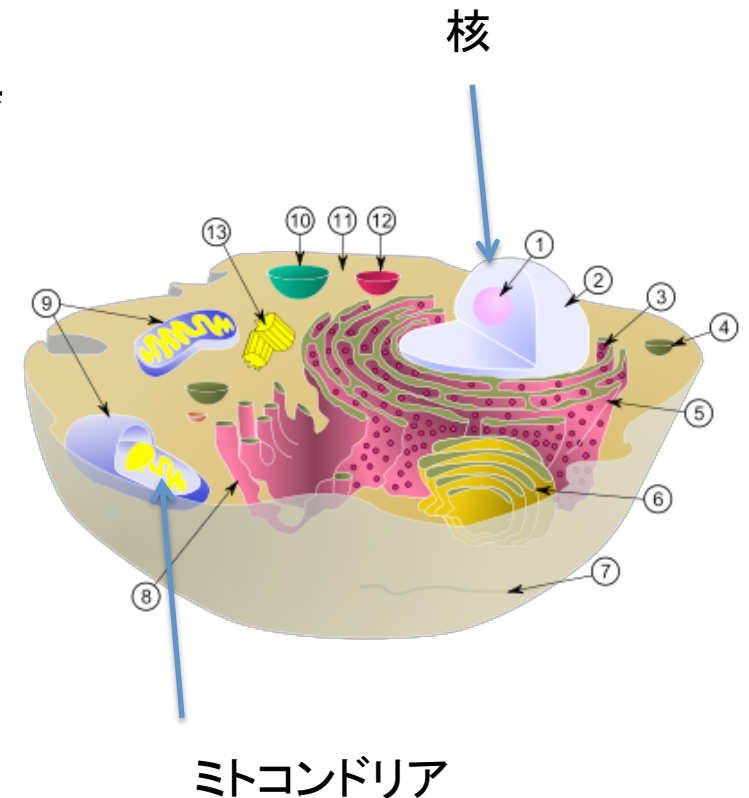


# 酸素は毒？

- 酸素(O<sub>2</sub>)は他の物質と反応しやすい(酸化、燃焼)
- エネルギーを得るのに便利
- 同時に、何でも「錆びさせて(酸化させて)」しまう危険な物質(活性酸素)
  
- 体内に酸化防御装置(酵素)を準備して、地球中にまき散らされた酸素を呼吸する生物が出現(約20億年前)

# 真核生物の出現(21億年前)

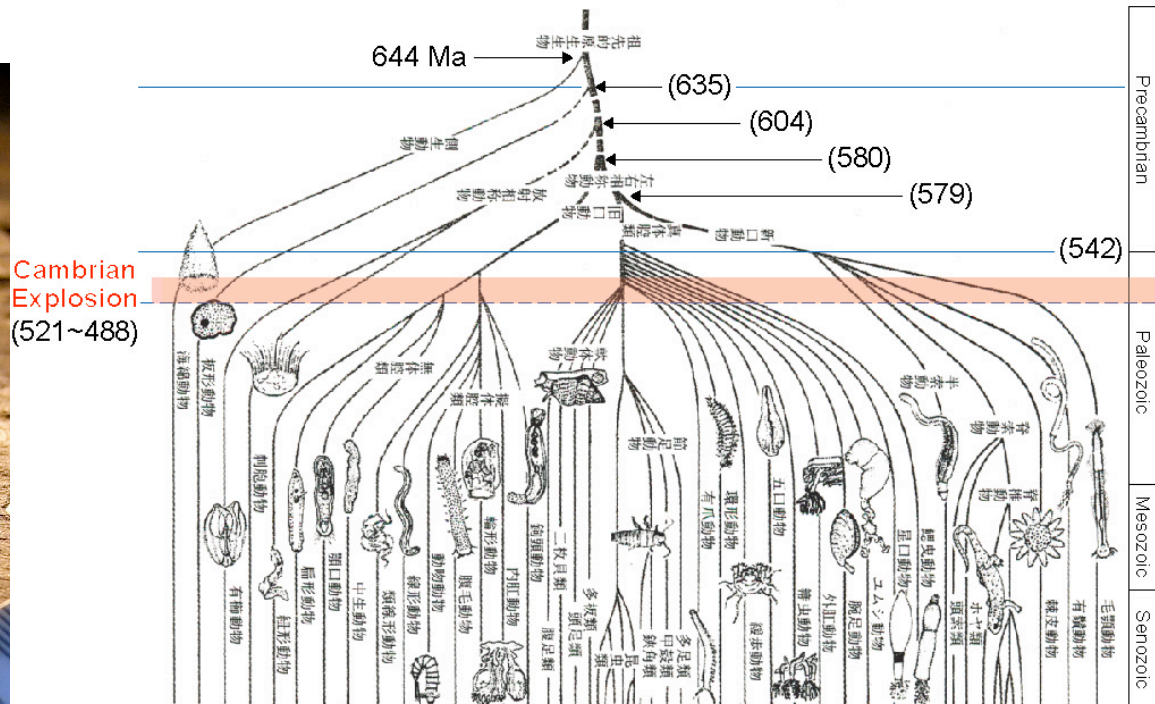
- 真核生物＝DNAが「核」という入れ物に保護され、ミトコンドリア、葉緑体などの細胞内の様々な小器官を持つ生物。(人間も真核生物)
- **共生説**：恐らく、真核生物の細胞中小器官は、それぞれ独自の能力を持った別の原核生物だった
  - － 光合成をするシアノバクテリア⇒葉緑体
  - － 呼吸能力を持つ原核生物⇒ミトコンドリア
- 真核生物の登場により、細胞が大型化し、DNAが核という容器に守られ、細胞内の分業が進んだ⇒より複雑な生命への道



# 多細胞生物の出現(10億年前) =>巨大化、複雑化

硬骨格生物の出現(5.5億年前)  
=>硬殻=身を守るもの...他の生物の補食が始まった  
この辺りより前を先カンブリア時代とよぶ

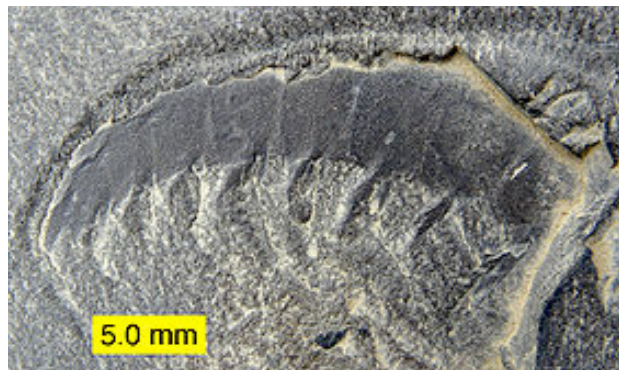
## 三葉虫





# カンブリア紀爆発

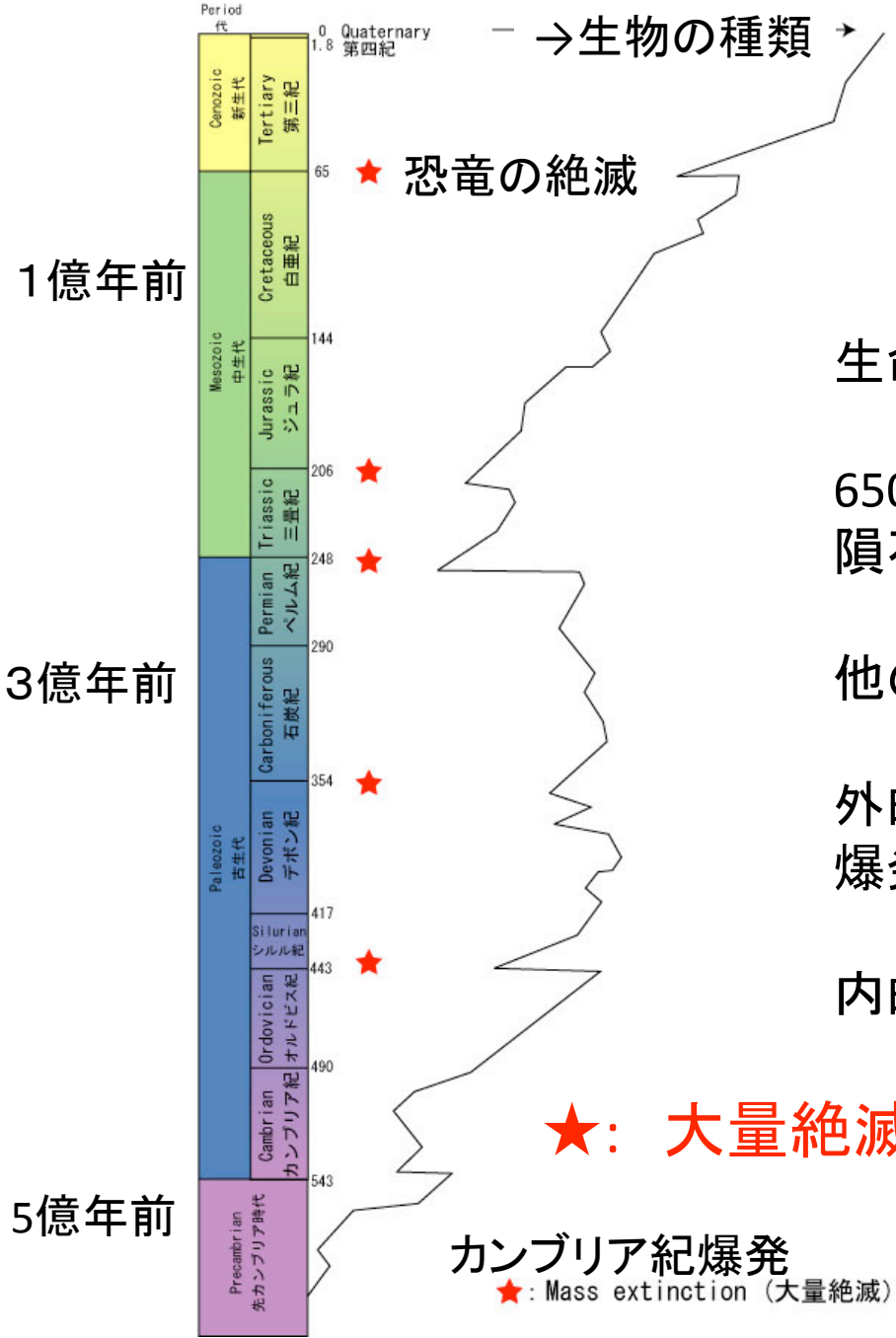
カンブリア紀(5.45～5億年前)におきた生物の急激な多様化。多くはすぐに絶滅した。



# 陸地への進出

- 生物の多様化 ⇒ 複雑な生態系、ピラミッド型の食物連鎖
- 住処を探して新しいフロンティア...陸地へ
- ちょうど4～5億年前に太陽からの紫外線をふせぐオゾン(O<sub>3</sub>)層が形成され、生命が陸地に住めるようになった
- 大型化、恐竜の誕生

# 大量絶滅



生命の大量絶滅は何度も起きている。

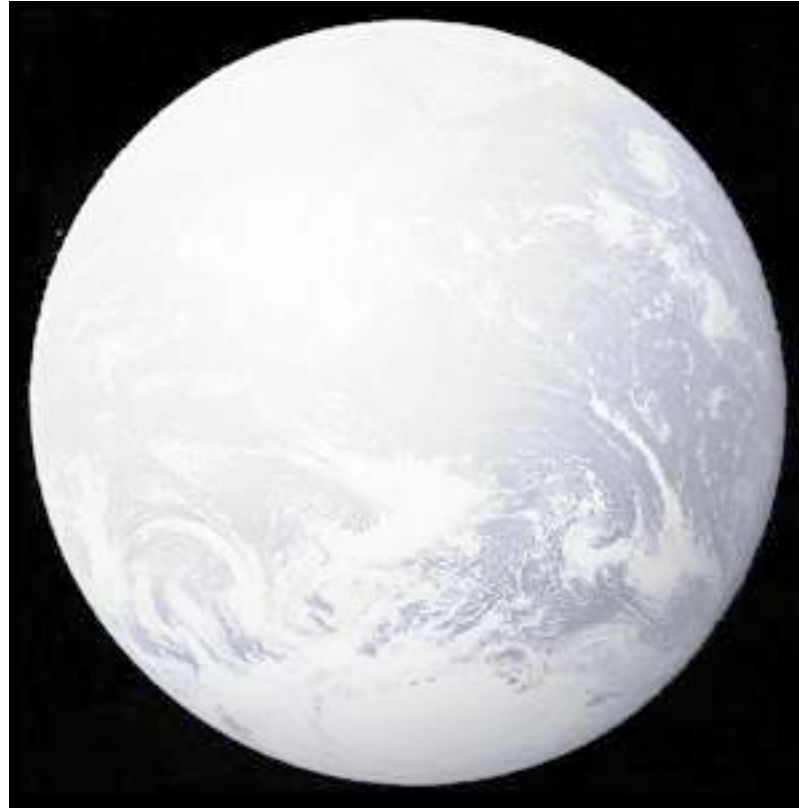
6500万年前の恐竜の絶滅は、恐らく巨大隕石の衝突によるもの。

他の大量絶滅の原因ははっきりしていない

外的要因: 巨大隕石、近傍の星の超新星爆発など

内的要因: 気候変動、火山活動など

# 全球凍結 (snow ball earth)

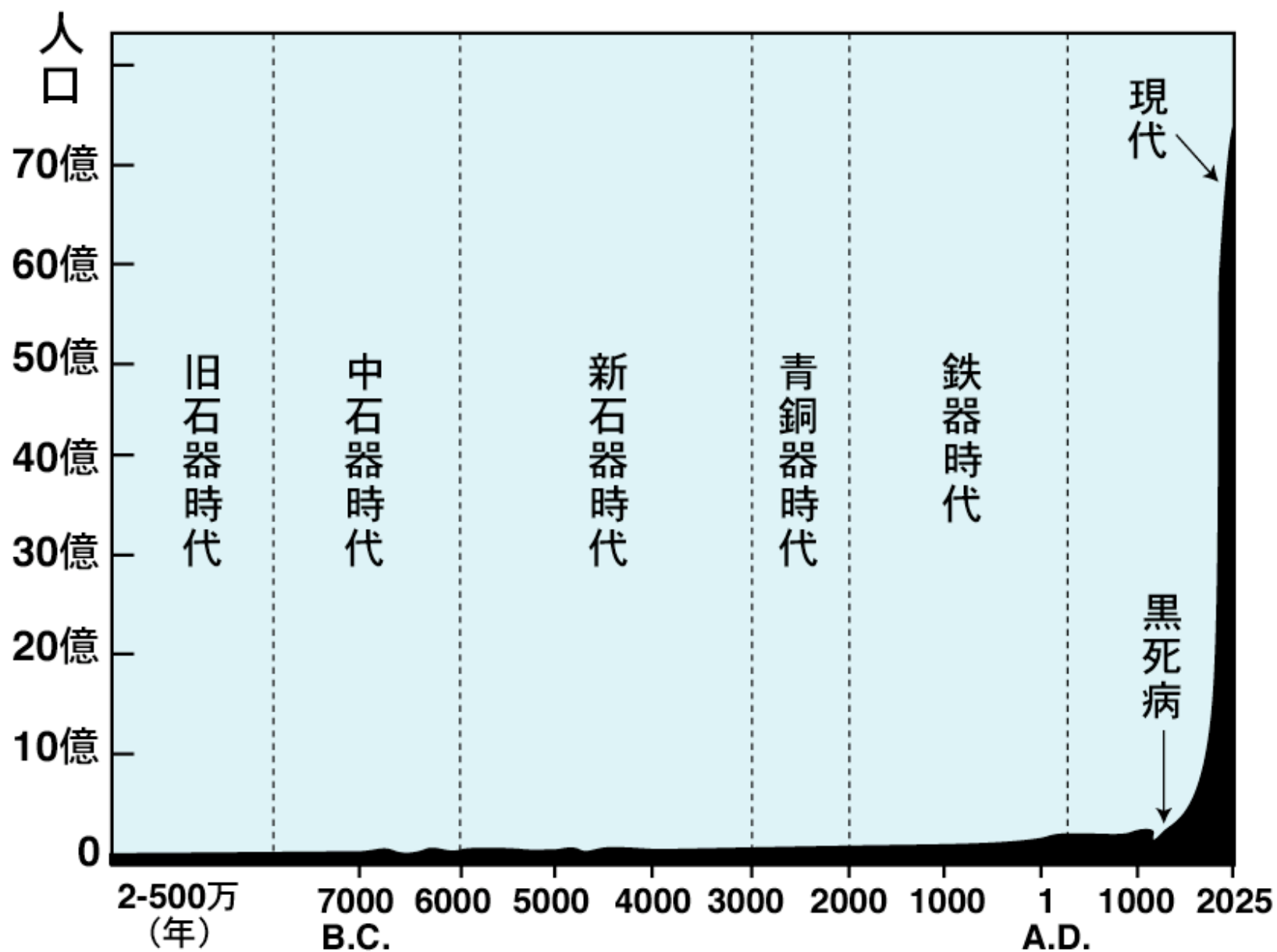


24～22億年前と7～6億年前に、地球のほぼ全体が氷に覆われた時期があったと考えられている。

# 人類(ホモ・サピエンス)の誕生

- 約500万年前:サルから分化(猿人)
  - アウストラロピテクスのルーシー(アフリカ)
- 約200万年前:ホモ・ハビリス(最初のヒト属)...石器を使用
- 約180年前:原人の誕生(北京原人、ジャワ原人)...火を使用
- 約50万年前:旧人:ネアンデルタール人など...脳が大きくなり精神的に進化。ネアンデルタール人の葬式後から花の花粉が見つかっている
- 約20万年前:新人(現生人類)

# ◆ 世界人口の歴史的推移



# 海水の化学組成進化と生命進化

