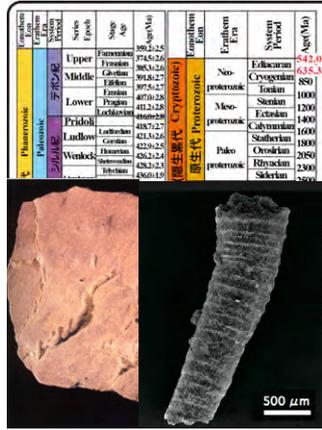


生物多様性学II ~生命・地球環境進化~ (第八回目)

-全球凍結, 後生動物の出現
とカンブリア爆発-

東京大学総合文化研究科:
小宮 剛 准教授
2018/12/12

Ediacara紀(6.3~5.42億年前)とは(開始と終わり)



スノーボールアース (Snowball Earth, 全球凍結, 全地球凍結) とは、地球全体が赤道付近も含め完全に氷床に覆われた状態をいう。

氷河期: 地球の気候が長期に渡って寒冷化する期間で、極地の氷床や山地の氷河群が拡大する時代である。

- (1) 南半球と北半球に氷床がある時期。現在も氷河期。
- (2) 北アメリカとヨーロッパ大陸に氷床が拡大した寒冷期について用いられる。最後の氷期は1万年前に終了した。

氷河期の中の寒い時期を氷期、暖かい時期に間氷期という。

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}_{\text{sample}} \div \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}_{\text{SMOW or PDB}} - 1 \right) \times 1000 (\text{‰})$$

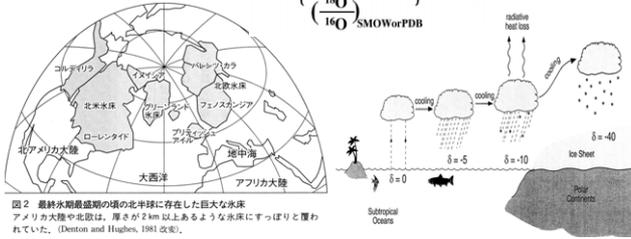
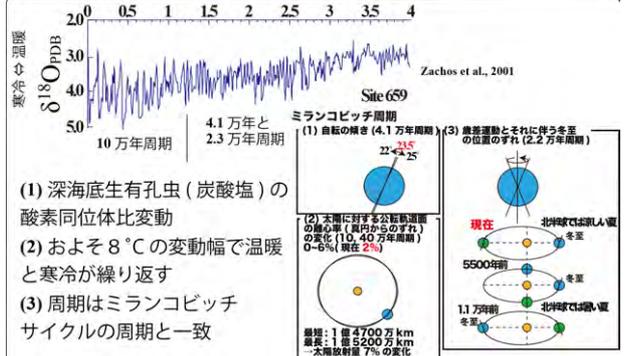


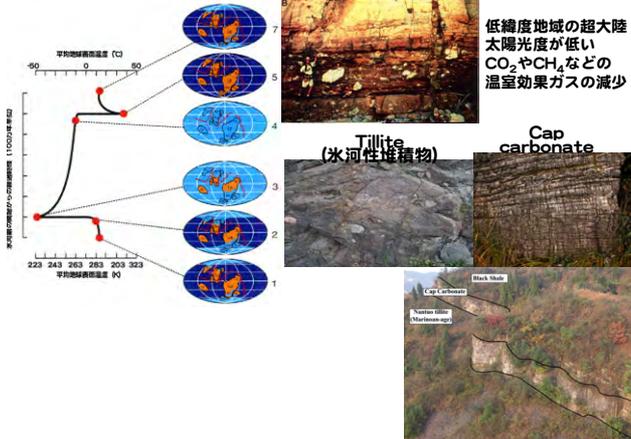
図2 最終氷期最盛期の頃の北半球に存在した巨大な氷床。北アメリカ大陸や北極は、厚さが2 km以上あるような氷床にすっぽりと覆われていた。(Denton and Hughes, 1981 改定)。

地球表面温度とミランコビッチサイクル



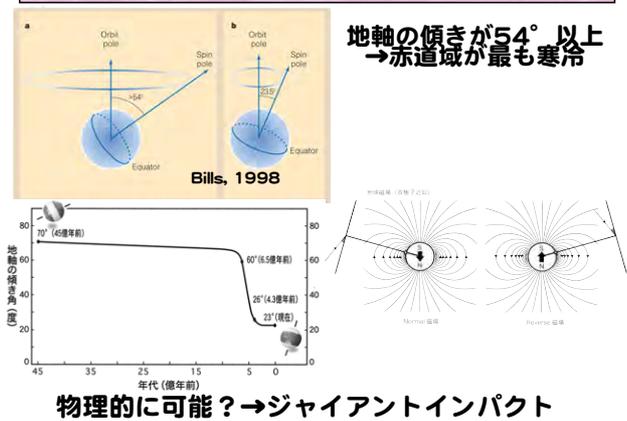
地球全体の太陽定数は変化しないので、なぜ北半球の寒冷時が地球全体の寒冷期になるのかは不明

全地球凍結(7.5と6.3, (5.8)億年前)



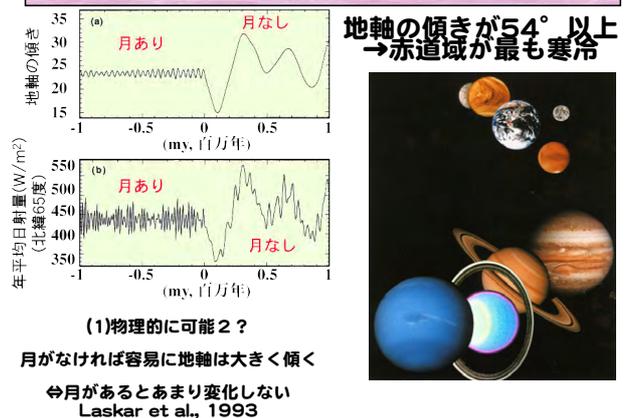
低緯度地域の超大陸
太陽光度が低い
CO₂やCH₄などの
温室効果ガスの減少

赤道域に氷河性堆積物が存在する理由



地軸の傾きが54°以上
→赤道域が最も寒冷

地軸が大きく傾いていたモデルの検証

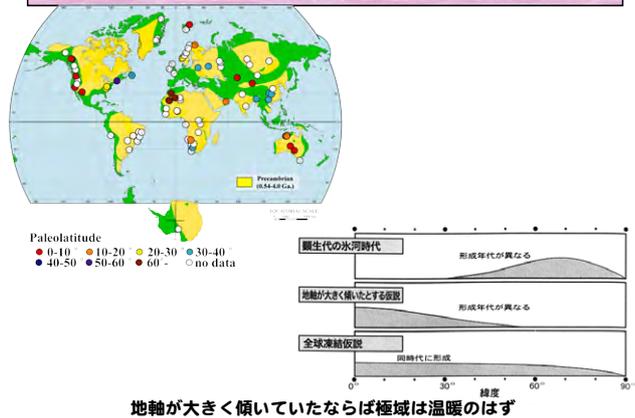


(1)物理的に可能?

月がなければ容易に地軸は大きく傾く

☾月があるとあまり変化しない
Laskar et al., 1993

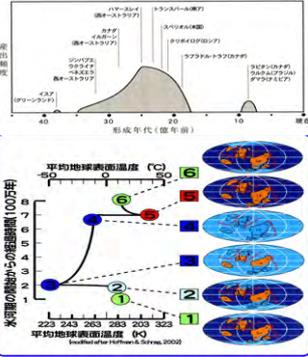
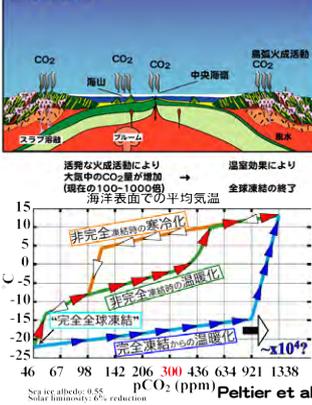
全地球凍結 vs 地軸の傾きの変化



地軸が大きく傾いていたならば極域は温暖のはず

全球凍結

全球凍結後



全地球凍結：原因は不明

温室効果ガス

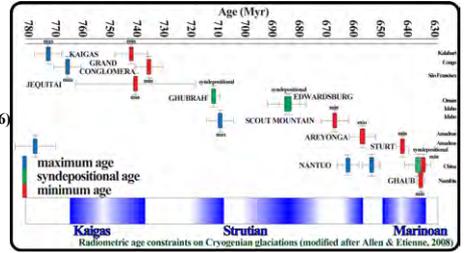
- (1) ロディニア超大陸の分布、熱帯域での大規模火成活動と風化によるCO₂の急減 (Donnadieu et al., 2004; Goddard et al., 2003)
- (2) 大規模な風化に伴うCO₂の減少とメタン発生型生物の衰退 (Schrag et al., 2002)
- (3) 超大陸の周りに大陸縁が発達し、有機炭素が埋没し、大気中の炭素量(すなわちCO₂)も減少+暗い太陽 (Hoffman et al., 1998)

海洋循環とアルベド

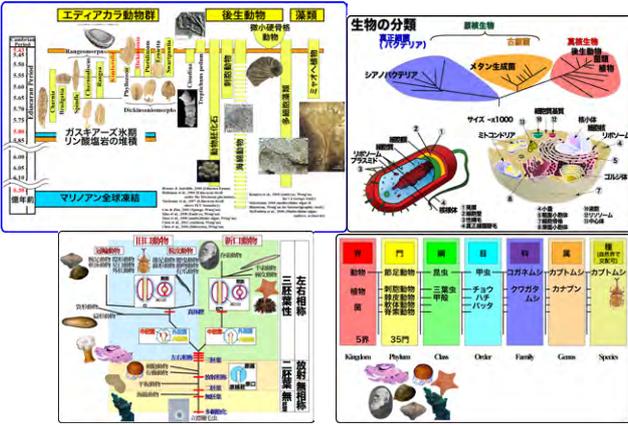
- (4) 超大陸が赤道域に分布しアルベドの上昇と熱帯域をまたくように超大陸が分布し海洋循環を妨げる (Smith & Pickering, 2003)
- (5) 超大陸が赤道域に分布しアルベドの上昇と暗い太陽 (Kirschvink, 1992; Hyde et al., 2000)

地球外や地球内部

- (6) 暗い太陽 (Hyde et al., 2000)
- (7) 低い火成活動度 (Tajika, 2004)
- (8) 地球磁場の低下 (Maruyama & Liou, 2006)



全地球凍結後の生命の爆発的進化



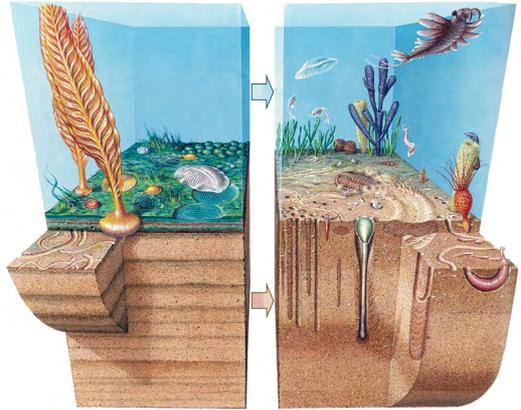
Ediacara動物群 1



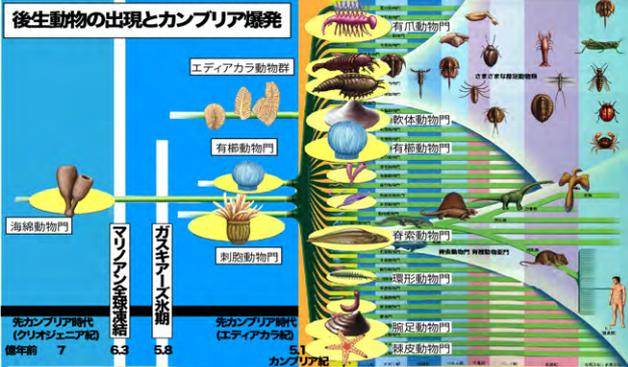
カンブリア型 (顕生代型) 動物群—硬骨格と左右相称—



エディアカラ型からカンブリア型の生態系へ



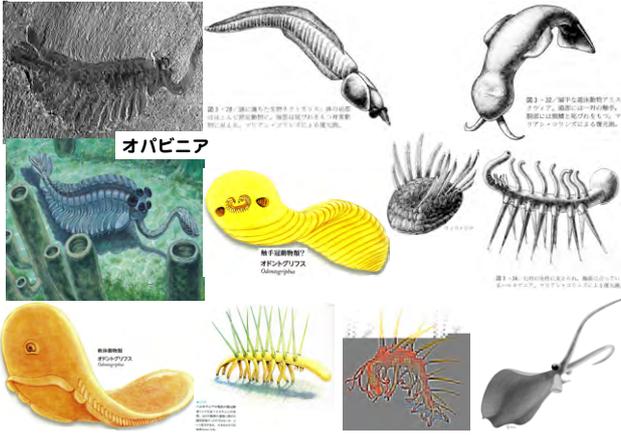
カンブリア爆発とは「カンブリア紀と先カンブリア時代の境にあたる。およそ5億4千万年前の地層から多細胞動物の化石が突如出現し、現在の門に相当する動物が出そろった。これらの動物は数百万年という、極めて短期間に爆発的に出現した。このことをカンブリア爆発という。」(進化化学辞典)



(3) Burgess動物群(アンモロカリス)



カンブリア大爆発. 現世にない門が頻出。



カンブリア大爆発の原因

Darwin (1859): "Non-Explosion"
地層の欠損とか (時間分解能が悪い)

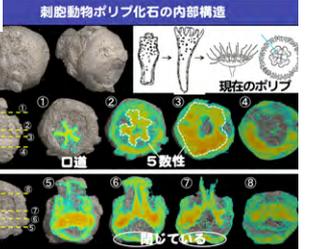
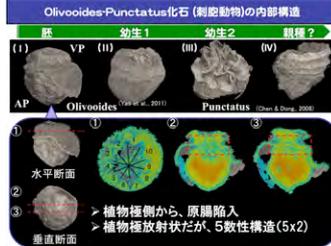
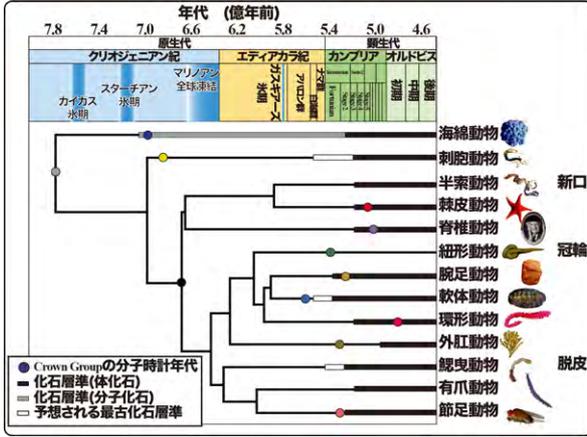
Gould (1973): "Single Episode"
いわゆるカンブリア大爆発

Fortey et al (1997): "Deep roots, Two Episodes"
見つからない化石があるだけ

バージェス動物群
カンブリア大爆発

後生動物の出現
エディアカラ動物群

カンブリア大爆発の原因



多細胞 背・腹相軸 左右相軸 三胚葉

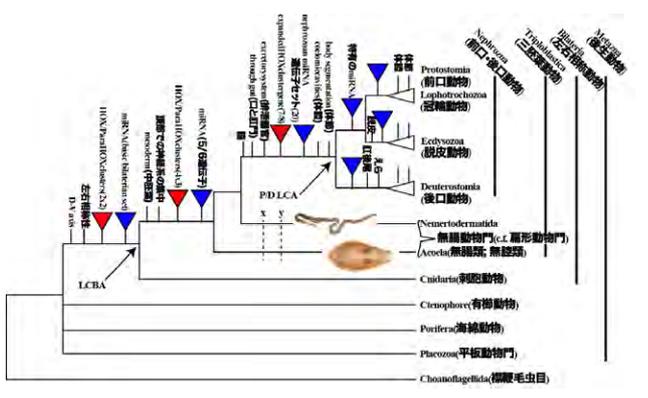
分岐直後の左右相性の初期刺胞動物

or

二胚葉性ながら左右相性の絶滅種

冠輪動物
刺胞動物
棘皮動物
半索動物
有節動物
海綿動物
平板動物

刺胞動物の形態遺伝子セット

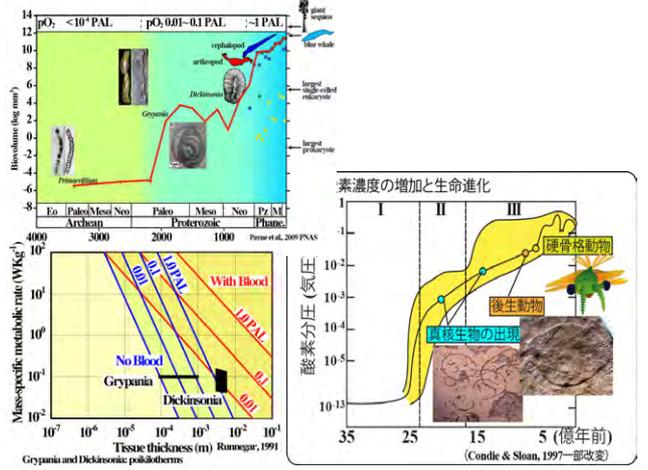


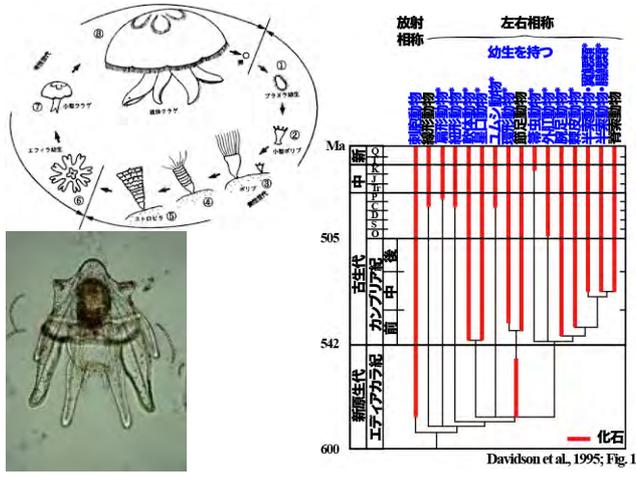
多細胞生物の進化

The oldest animal embryos(600-580 Ma)

A 一般的な考え方 B 新しい提案

多細胞生物の進化

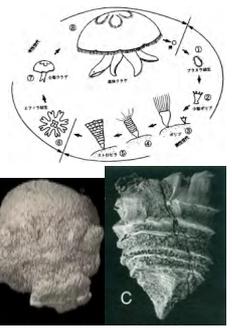
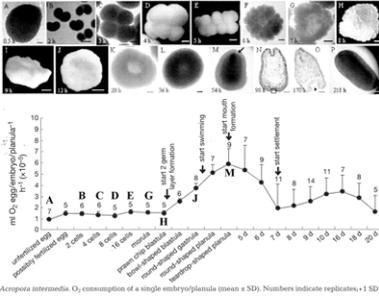




Effects of low dissolved oxygen on planula settlement, poly growth and asexual reproduction of *Aurelia aurita*

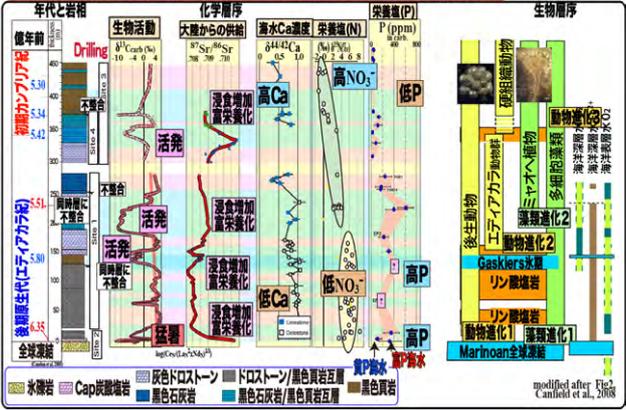
HARUTO ISHII*, TORIFUMI OHIRA & TAKESHI KOBAYASHI

Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Etchujima, Minato-ku, Tokyo, 108-8477, Japan
Received 8 February 2007; Accepted 11 October 2007



Aurelia aurita O₂ consumption of a single embryopluteum (mean ± SD). Numbers indicate replicates, * 1 SD

環境変動解釈と生命進化: マリノアン全球凍結からカンブリア大爆発まで



海水のSr同位体進化

