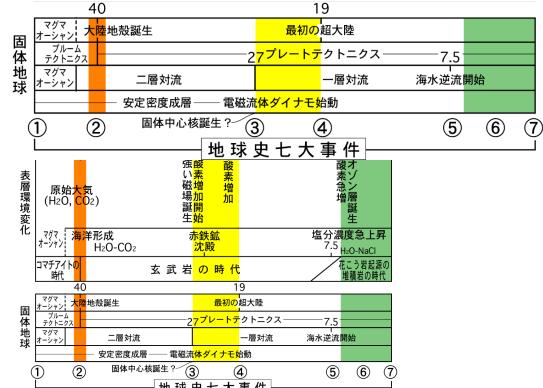


惑星地球科学2 (第八回目)

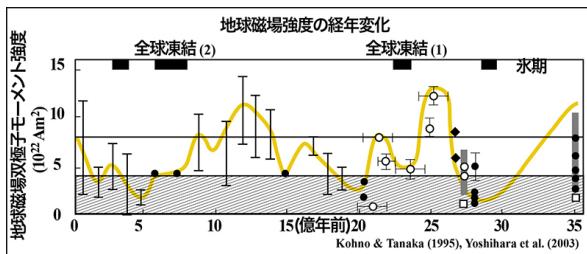
地球史2：固体地球

東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 准教授
2014/12/2

地球史7大事件年表



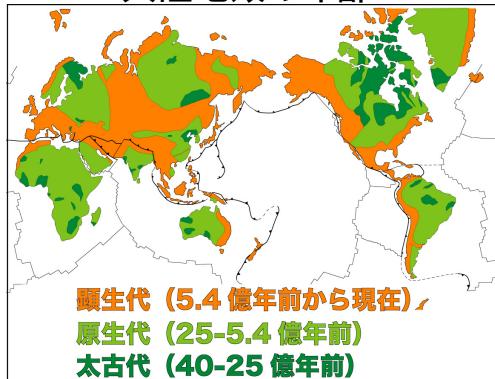
地球史7大事件年表



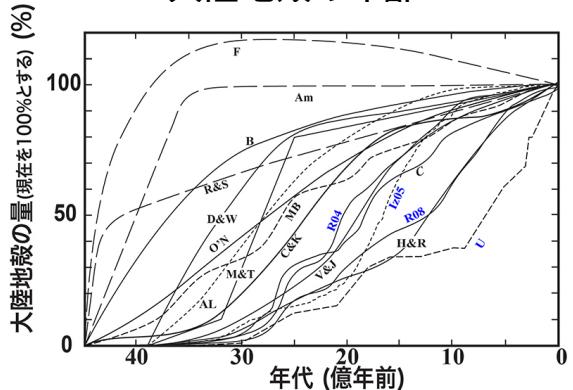
プレートテクトニクスと大陸形成



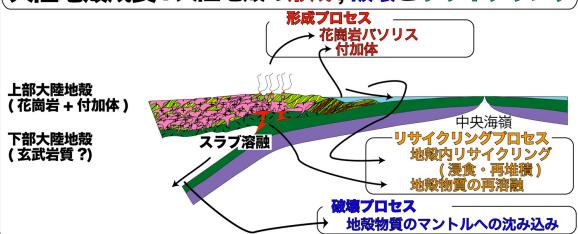
大陸地殻の年齢



大陸地殻の年齢



大陸地殻成長：大陸地殻の形成、破壊とリサイクリング

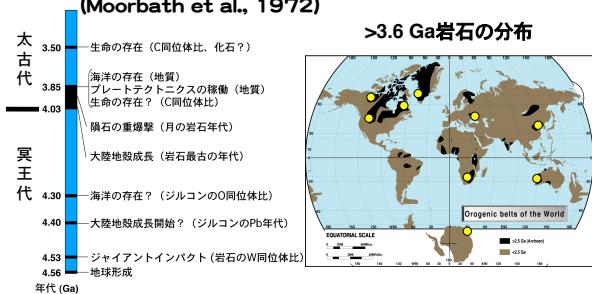


冥王代とは：地球上で最古の地質体(岩石)
が存在する以前(4.03 Ga)。

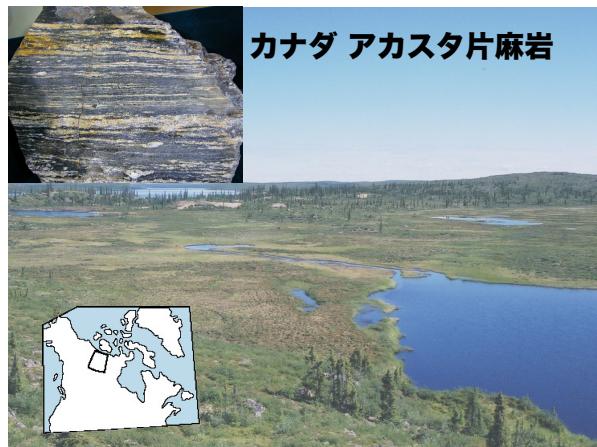


最古の岩石について

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)



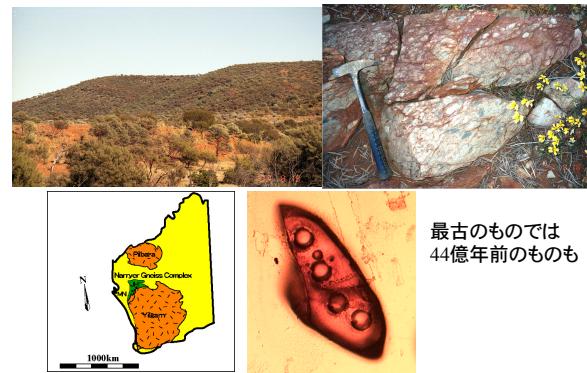
カナダ アカスタ片麻岩



どのような岩石→大陸地殻の岩石
→既に大陸が形成され始めていた。



地球最古の物質（鉱物）を含む礫岩
—岩石とは鉱物又は岩片の集合体—



鉛同位体

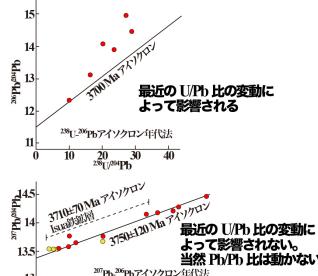
$$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 8\alpha + 6\beta, \lambda_{238} = 0.155125 \times 10^{-9} / \text{yr} \quad (3.21)$$

$$^{238}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb} + 7\alpha + 4\beta, \lambda_{238} = 0.98485 \times 10^{-9} / \text{yr} \quad (3.22)$$

$$^{227}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 6\alpha + 4\beta, \lambda_{232} = 0.049475 \times 10^{-9} / \text{yr} \quad (3.23)$$

(a) $^{238}\text{U}-^{206}\text{Pb}$ 法

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{238} t) - 1 \right]$$



(b) $^{235}\text{Th}-^{207}\text{Pb}$ 法

$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{235} t) - 1 \right]$$

(c) $^{232}\text{Th}-^{208}\text{Pb}$ 法

$$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{232}\text{Th}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{232} t) - 1 \right]$$

(d) $^{238}\text{U}-^{207}\text{Pb}$ 法

$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{238} t) - 1 \right]$$

$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} - \frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \frac{1}{(37.88)} \cdot \frac{[\exp(\lambda_{238} t) - 1]}{[\exp(\lambda_{238} t) - 1]} \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} = 137.88$$

一致年代、不一致年代

$^{238}\text{U}-^{206}\text{Pb}$ 法, $^{235}\text{U}-^{207}\text{Pb}$ 法, $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$ 法, $^{232}\text{Th}-^{208}\text{Pb}$ 法, $^{238}\text{U}-^{208}\text{Pb}$ 法から得られた年代が一致することを一致年代 (concordant age) と言う。一方、一致しない場合を不一致年代 (discordant age) という。

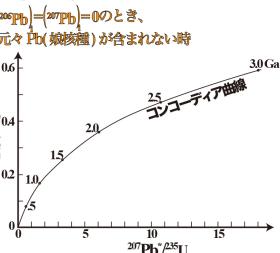
(a) U-Pb 年代

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{238} t) - 1 \right] \Rightarrow \frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \left[\exp(\lambda_{238} t) - 1 \right] \Rightarrow \frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} = \left[\exp(\lambda_{238} t) - 1 \right]$$

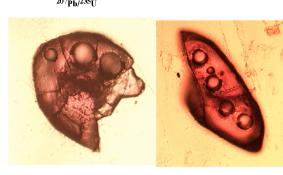
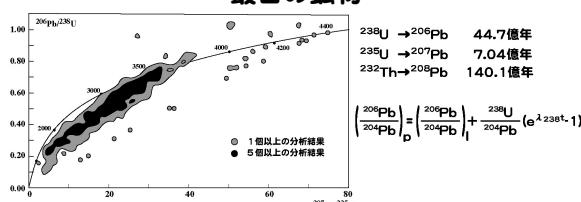
$$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left[\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right]_0 + \left[\frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \right] \left[\exp(\lambda_{235} t) - 1 \right] \Rightarrow \frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \frac{^{235}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} \left[\exp(\lambda_{235} t) - 1 \right] \Rightarrow \frac{^{206}\text{Pb}}{^{235}\text{U}} = \left[\exp(\lambda_{235} t) - 1 \right]$$

$\lambda = \frac{1}{t} \ln \left[1 + \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} \right) \right]$
 $t = \frac{1}{\lambda_{238}} \ln \left[1 + \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} \right) \right]$

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} = \left[\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}} \right)_0 + 1 \right]^{\frac{1}{\lambda_{238}}} - 1$$



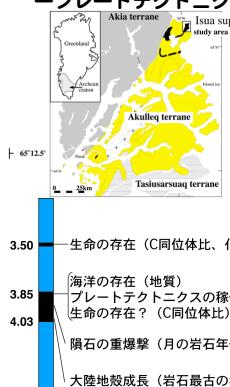
最古の鉱物



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) プレートテクトニクスの開始、海洋の存在と生命の痕跡



水の存在2 水中での 化学沈殿堆積物 チャート(SiO_2) 炭酸塩岩(CaCO_3) 縞状鉄鉱層(FeO(OH))



水の存在1



水中での溶岩の噴出
枕状玄武岩



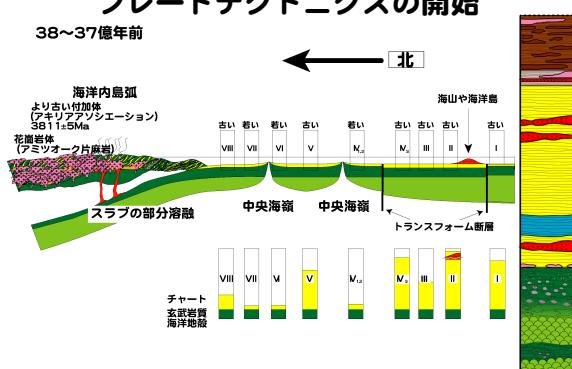
水の存在3

水中での 碎屑性堆積物 礫岩



プレートテクトニクスの開始

38~37億年前



最古生命の痕跡



生命起源と思われる炭質物

39.6億年前(最古)の堆積岩



縞状鉄鉱層

縞状鉄鉱層

チャート

39.6億年前の地球表層



39.6億年前(最古)の堆積岩

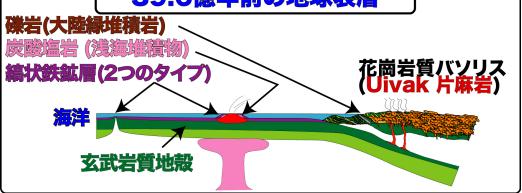


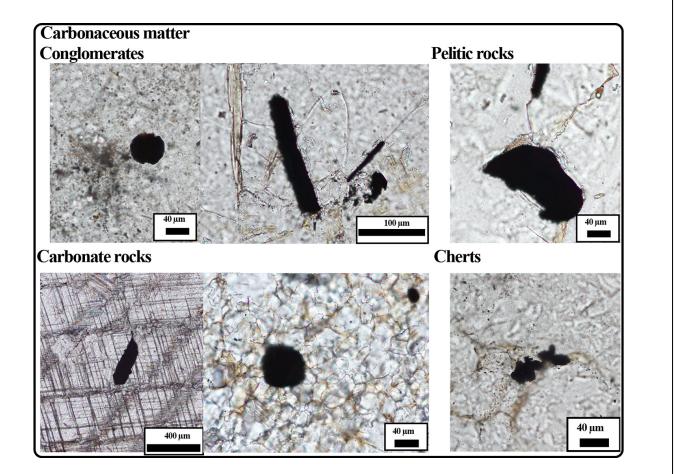
炭酸塩岩

碎屑性堆積岩

礫岩

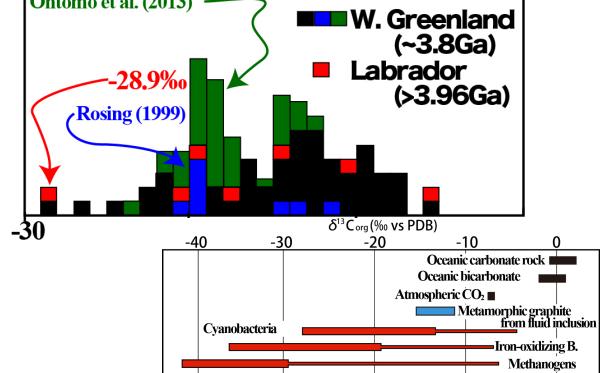
39.6億年前の地球表層



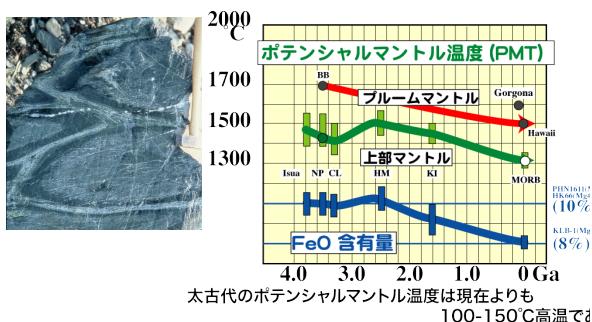


The oldest evidence for life

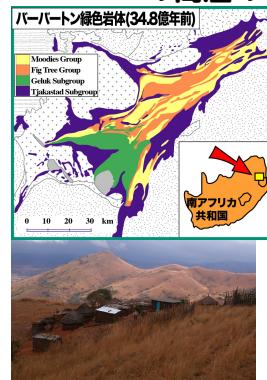
Ohtomo et al. (2013)



各時代の中央海嶺玄武岩の組成から マントルの温度を推定する



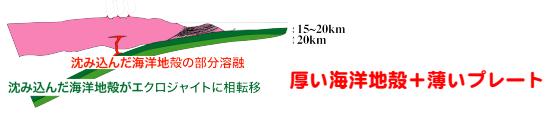
24億年前以前は1900 °C以上 の高温のプルームが上昇



海洋プレートの構造比較

海洋プレートの構造(海洋地殻とプレートの厚さ)

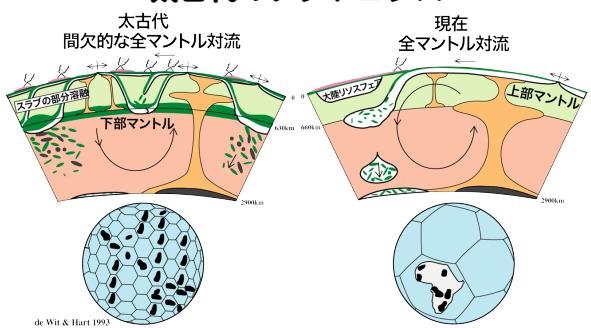
(1) 太古代
(海洋プレート寿命... 10-20 My)



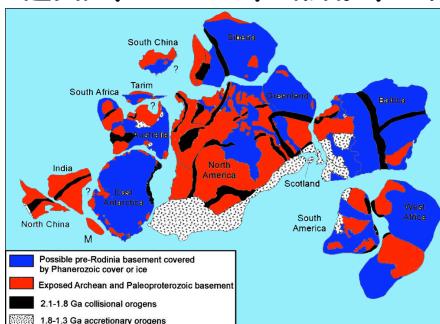
(2) 現在 (海洋プレート寿命... 60 My)



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

255 Ma, 後期ペルム紀

