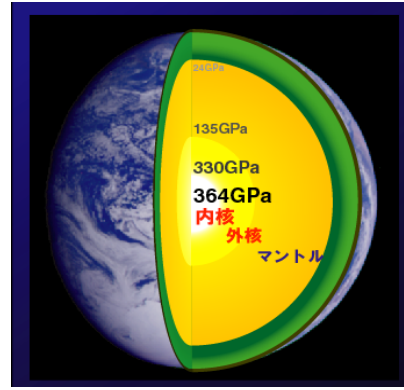


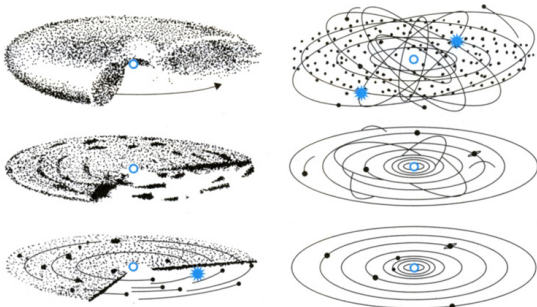
GCOE地球たち特別講義6(2012)
 (31D281-1300W)
 — 初期地球 —

東京大学・総合文化研究科 小宮 剛



地球の内部構造

太陽系の形成モデル

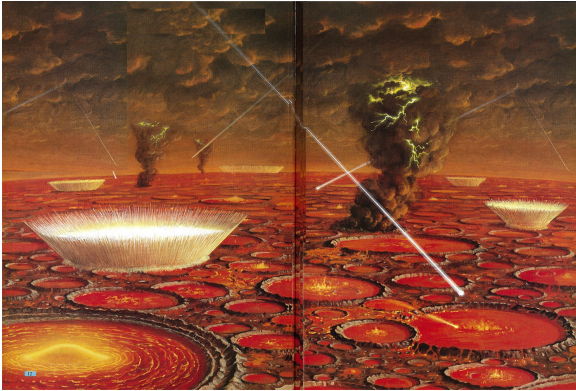


原始太陽を取り巻くおびただしい微惑星が衝突を繰り返し、サイズが大きくなったものが惑星となった。

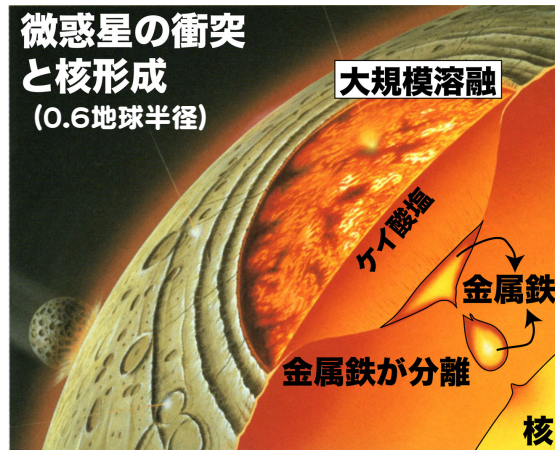
微惑星の衝突による成長
 (0.4地球半径で大気の形成)



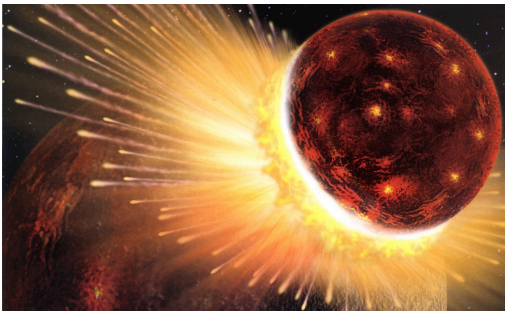
マグマオーシャン(0.5地球半径)



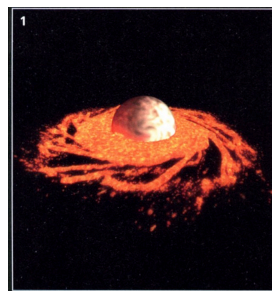
微惑星の衝突
 と核形成
 (0.6地球半径)



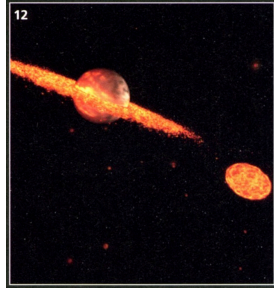
ジャイアントインパクトと月の形成



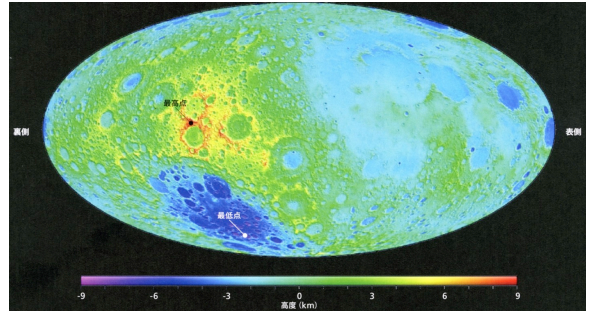
ジャイアントインパクトと月の形成



ジャイアントインパクトと月の形成

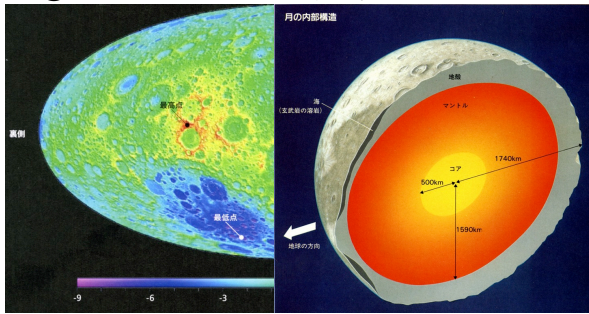


③地球と月の表層と内部構造の違い



- ①裏側に高地.表側に低地が卓越.
- ②高地は斜長岩.低地は玄武岩.隕石孔の底にも斜長岩.

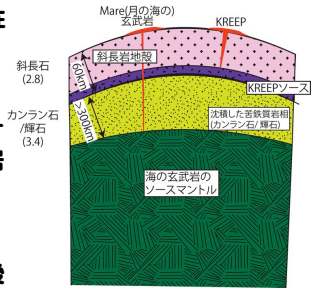
③地球と月の表層と内部構造の違い



- ①裏側に高地.表側に低地が卓越.
- ②高地は斜長岩.低地は玄武岩.隕石孔の底にも斜長岩.

アポロ計画の成果

(1)月には斜長岩地殻が存在
→マグマオーシャンの時に
低密度の為、浮遊。
(2)KREEPと呼ばれる。液
相濃集元素(マグマに濃集
する元素)にとむ特殊な玄武岩
が存在する。
→マグマオーシャンの時の
上(斜長岩)と下(鉄に富むカ
ンラン岩)から固化し、最後
に残された液に富む中間層
起源



マグマオーシャンの実証

太陽系の組成(太陽の組成)

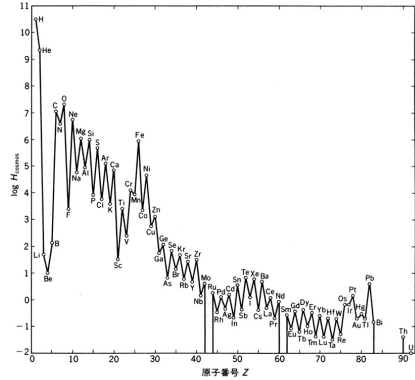
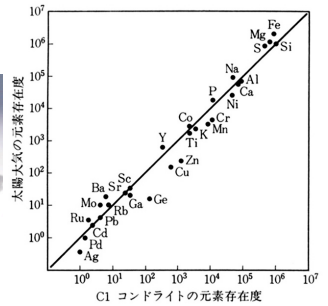


図 6.1 元素の宇宙存在度 $H_{\text{宇宙}}$ と原子番号 Z との関係。Si 原子の数を 10^4 に規格化してある。存在度の数値(現在に対する値)は表 6.1 にかかげる

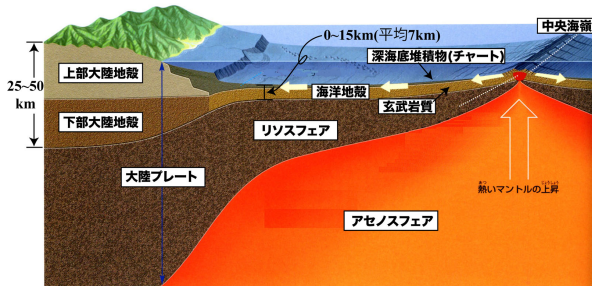
太陽系の組成(宇宙存在度)と炭素質コンドライトの組成



ガス成分以外はよく一致

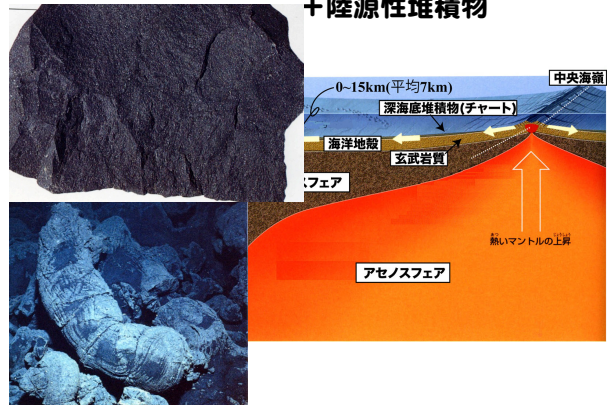
②海洋地殻

玄武岩類+深海底堆積物
+陸源性堆積物



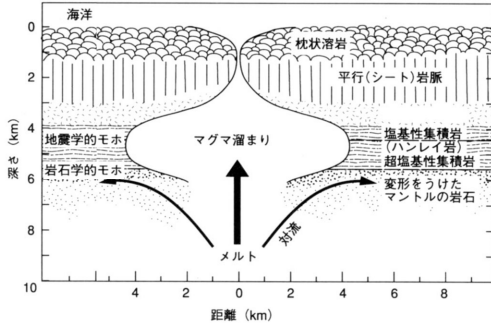
②海洋地殻

玄武岩類+深海底堆積物
+陸源性堆積物



②海洋地殻断片

Ophiolite



地球の組成を直接推定 -マンツル起源の岩石を探す-

どのような所でとれるのか



場所: 南アフリカ, キンバリー
目的: ダイヤモンド採取
深さ: 約1100m
操業: 1914年8月に閉鉱



マンツルの石 (2) どんな石?



マンツルの石 (2) どんな石?

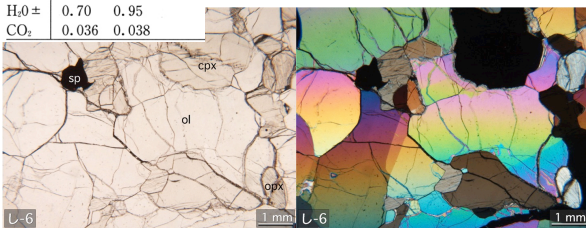


マンツルの石

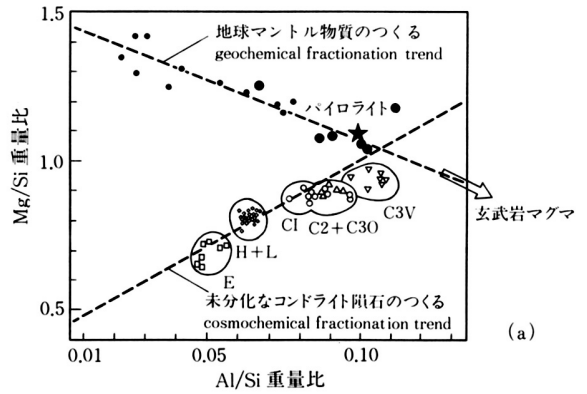
	(1)	(2)	(3)
SiO ₂	45.32	44.21	44.20
Al ₂ O ₃	4.41	4.13	2.05
Cr ₂ O ₃			0.44
Fe ₂ O ₃	1.44	1.94	
FeO	6.37	6.98	8.29*
MgO	38.51	37.68	42.21
CaO	2.73	3.13	1.92
Na ₂ O	0.30	0.53	0.27
K ₂ O	0.02	0.13	0.06
H ₂ O±	0.70	0.95	
CO ₂	0.036	0.038	

(4) マンツルの主要鉱物は

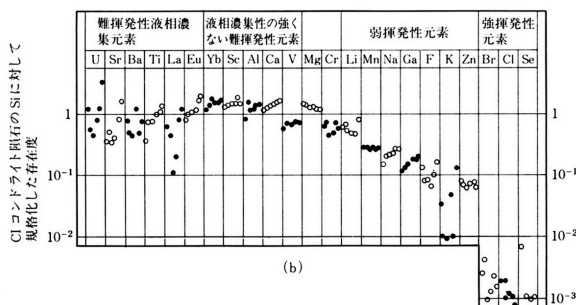
- 60% カンラン石 (Mg, Fe)₂SiO₄
- 25% 斜方輝石 (Mg, Fe)SiO₃
- 10% 単斜輝石 Ca(Mg, Fe)Si₂O₆
- 5% アルミを含む相
- 60km以深 ガーネット (Mg, Fe, Mn)₃Al₂Si₃O₁₂
- 60~10km スピネル (Mg, Fe²⁺)(Al, Cr, Fe³⁺)₂O₄
- 10km以浅 斜長石 (Ca, Na)(Al, Si)Al₂Si₂O₈



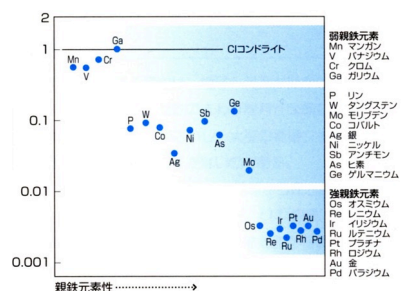
地球の組成と隕石の組成



地球の組成 (揮発性元素)

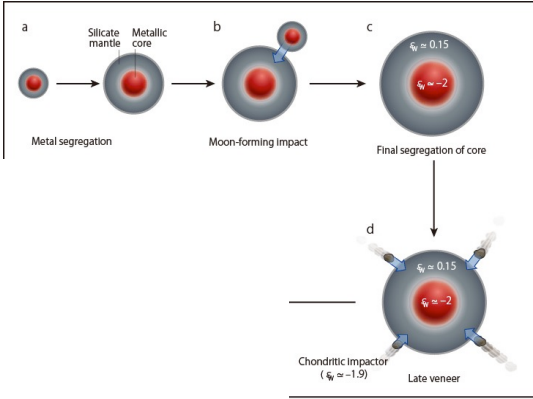


マンツルの組成 (親鉄元素)

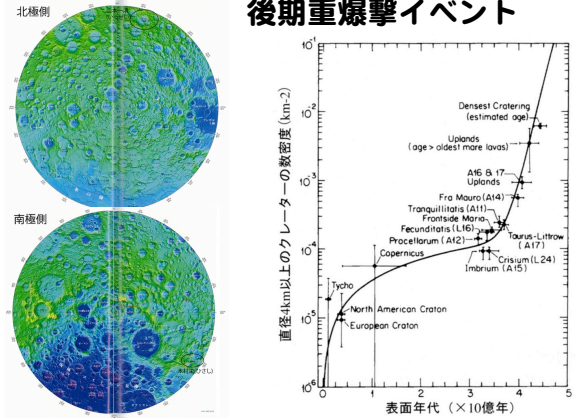


- ①親鉄性元素はマンツルに少ない
- ②強親鉄性元素もマンツルに含まれる
- ③強親鉄性元素濃度は一定

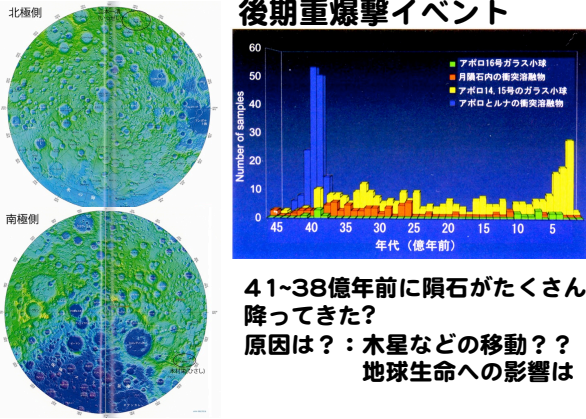
ジャイアントインパクト後



月のクレーターとクレーター年代学と後期重爆撃イベント



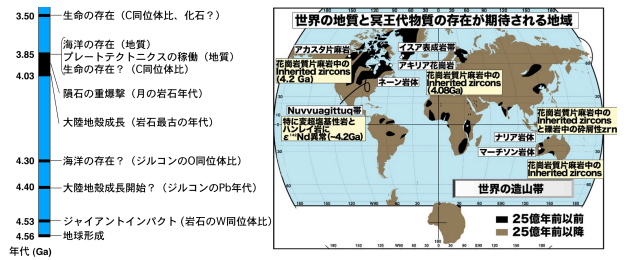
月のクレーターとクレーター年代学と後期重爆撃イベント



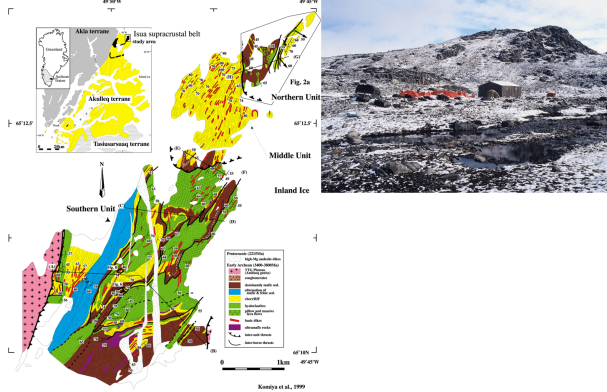
41~38億年前に隕石がたくさん降ってきた?
 原因は? : 木星などの移動??
 地球生命への影響は

太古代

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).



イスア地質 (38億年前) —海洋の存在と生命の痕跡—



水の存在

水中での化学沈殿堆積物
炭酸塩岩
縞状鉄鉱層

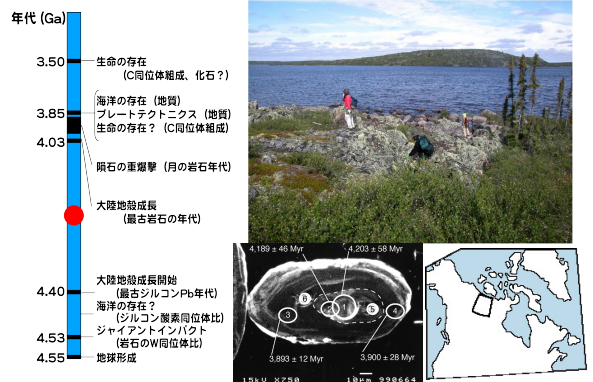
水中での碎屑性堆積物
礫岩



水の存在 2



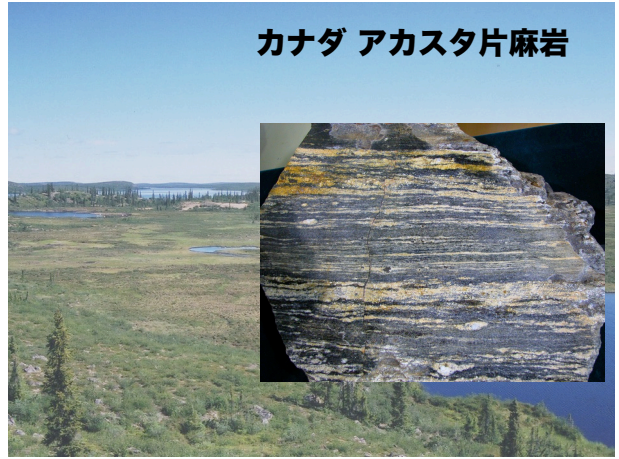
世界最古の地質体(40億年前)



カナダ アカスタ片麻岩



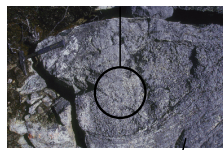
カナダ アカスタ片麻岩



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。

花崗岩質片麻岩

花崗閃緑岩質片麻岩



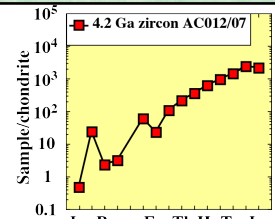
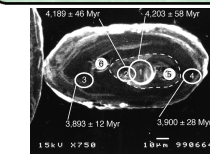
トーナール岩質片麻岩

閃緑岩質片麻岩



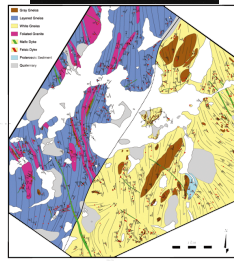
花崗岩質片麻岩

Characteristics of the 4.2 Ga inherited zircon



REE pattern of the inherited zircons consistent to Qz-diorite Gray Gneiss

Wide distribution of 4.2 Ga continental crust
First constraint on the minimum volume of the Hadean continental crust



カナダ・ラブラドル

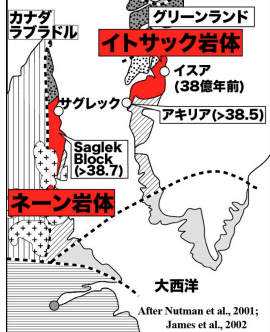
西グリーンランドの特長
表成岩の存在

玄武岩, コマチアイト,
超塩基性岩, BIF, chert
炭酸塩岩, 砂・泥・礫岩

アカスタ片麻岩の特長
太古代最初期の地質体

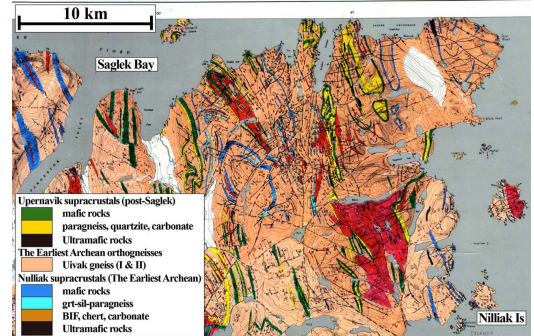
38.7億年前の片麻岩
が広く分布。
論文にはなっていない
が39.2億年前
の花崗岩質片麻岩も?

西グリーンランドとラブラドル東岸の対比



西グリーンランドとアカスタの特長を両方もつが、
90年代初頭(LA-ICPMSやカソード以前)以降研究無し

従来の地質図



- ①表成岩帯内部の詳しい地質情報が無い
- ②表成岩帯と片麻岩体との関係を示す地質情報が無い

Uivak 片麻岩(38.7億年前):
Saglek Dykes に切られている片麻岩



Nulliak表成岩帯
超塩基性岩、コマチアイト、玄武岩



明瞭な層構造

Nulliak表成岩帯

BIF(縞状鉄鉱層)



初生組織を残し、最古の“疑いの無い”BIF

Nulliak表成岩帯

chert



明瞭な層構造

Nulliak表成岩帯

炭酸塩岩



Nulliak表成岩帯

炭酸塩岩(ストロマトライト構造?)



Nulliak表成岩帯

碎屑堆積岩(砂岩, 泥質岩, 礫岩)



ガーネット石英砂岩

Nulliak表成岩帯

碎屑性堆積岩(砂岩, 泥質岩, 礫岩)



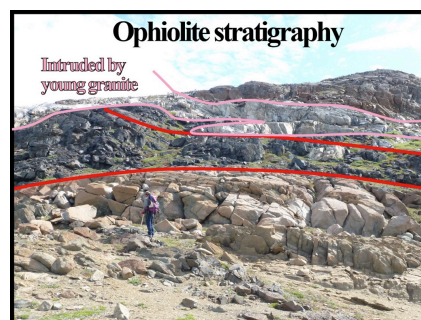
泥質片麻岩(泥岩/黒色頁岩)

Nulliak表成岩帯

碎屑性堆積岩(砂岩, 泥質岩, 礫岩)



Ultramafic rocksの起源



Ophiolite stratigraphy

Intruded by young granite

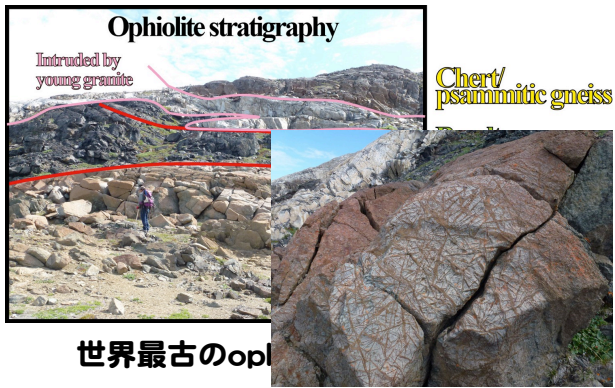
Chert/
psammimic gneiss

Basalt
Gabbroic rocks

Ultramafic rocks

世界最古のophioliteと考えられる

Ultramafic rocksの起源



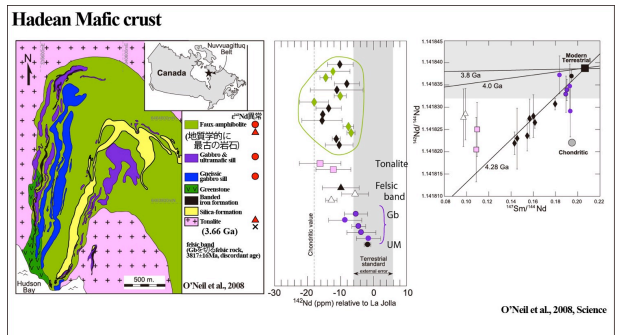
Ultramafic rocksの起源



Ultramafic rocksの起源

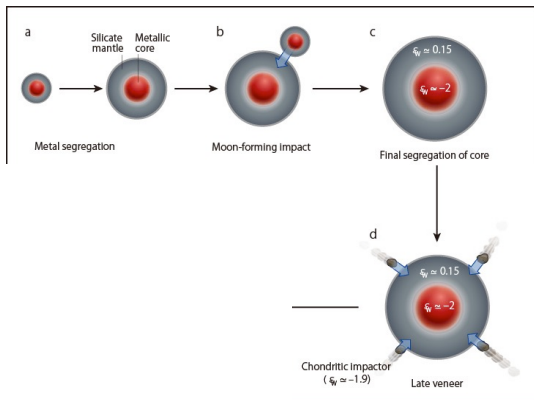


Hadean crust?

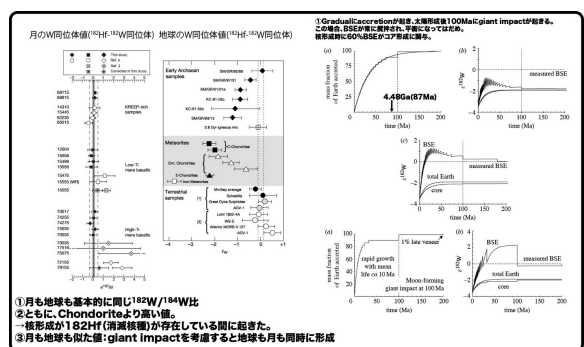


$^{146}\text{Sm} \rightarrow ^{142}\text{Nd}: 1.03 \times 10^8 \text{ year}$
 $^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}: 1.06 \times 10^{11} \text{ year}$

Late Veneer



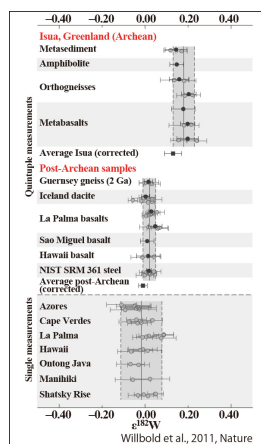
冥王代地球の物質学 1



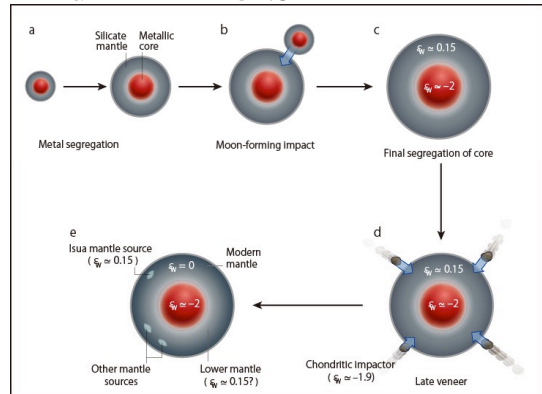
①月も地球も基本的に同じ $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 比
 とともに、Chondriticより高い値。
 ②核形成が ^{182}Hf (消滅核種)が存在している間に起きた。
 ③月も地球も似た値: giant impactを考慮すると地球も月も同時に形成

$^{182}\text{Hf}: 9 \times 10^6 \text{ year} \rightarrow (^{182}\text{Ta}: 114.43 \text{ day}) \rightarrow ^{182}\text{W}$
 $^{182}\text{Hf}: 9 \times 10^6 \text{ year} \rightarrow (^{182}\text{Ta}: 114.43 \text{ day}) \rightarrow ^{182}\text{W}$

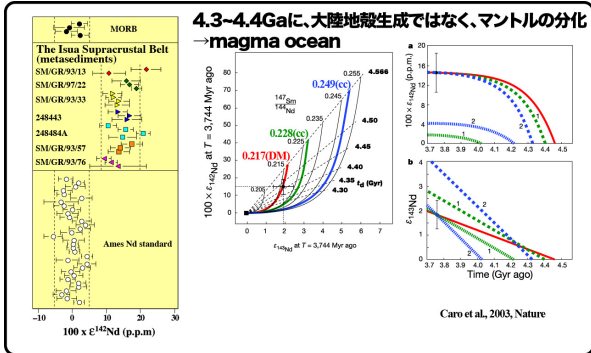
冥王代地球の物質学 1



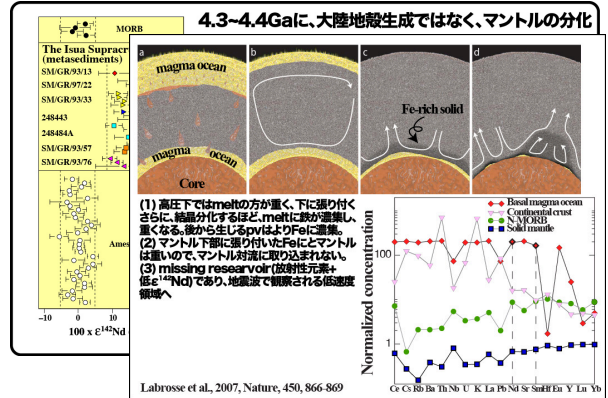
核形成の時期とlate Veneer



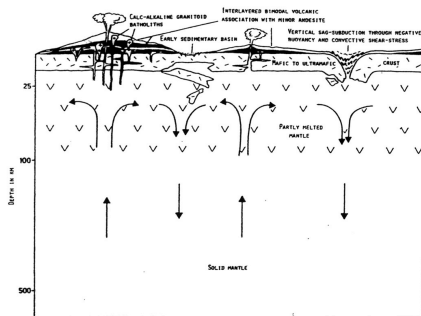
冥王代地球の物質学 2



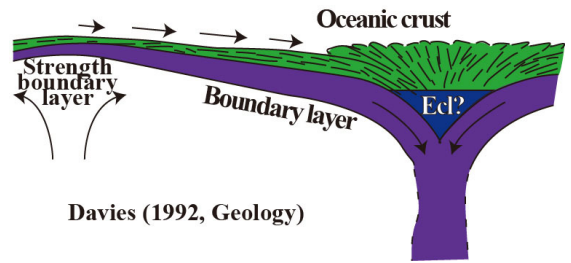
冥王代地球の物質学 2



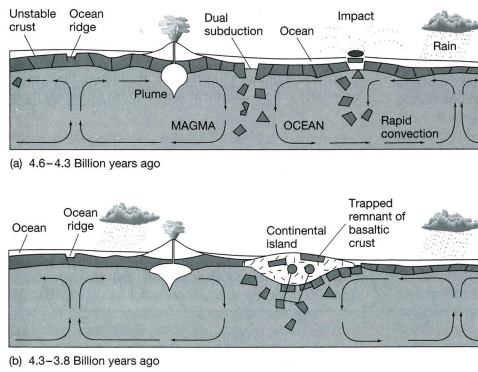
プレートテクトニクスが起きていない場合の地殻生成モデル



プレートテクトニクスが起きていない場合の地殻生成モデル

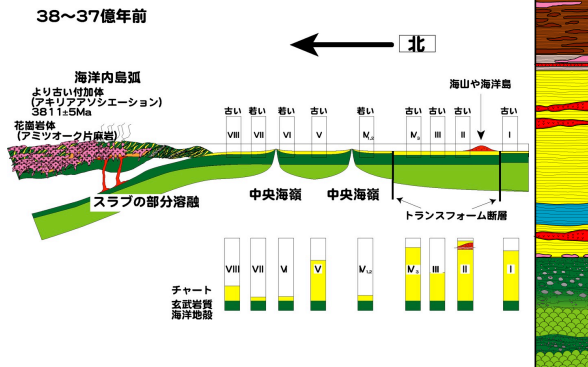


プレートテクトニクスが起きていない場合の地殻生成モデル

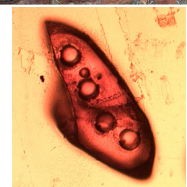
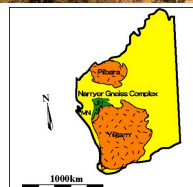


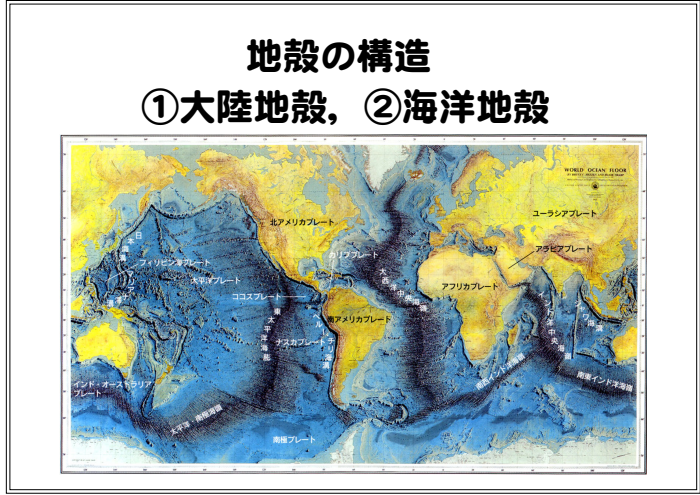
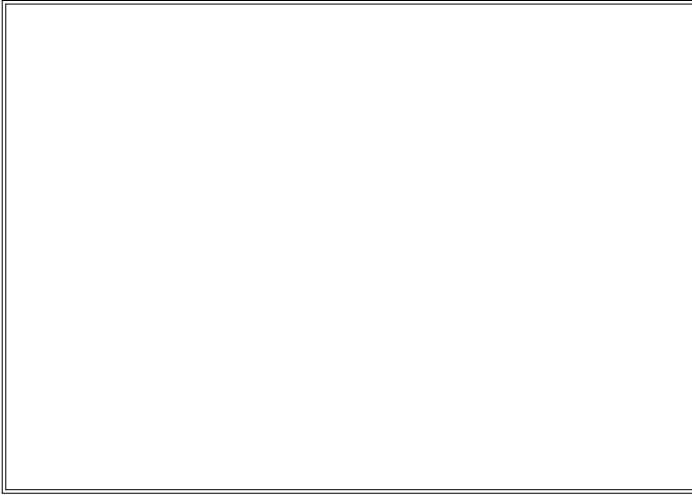
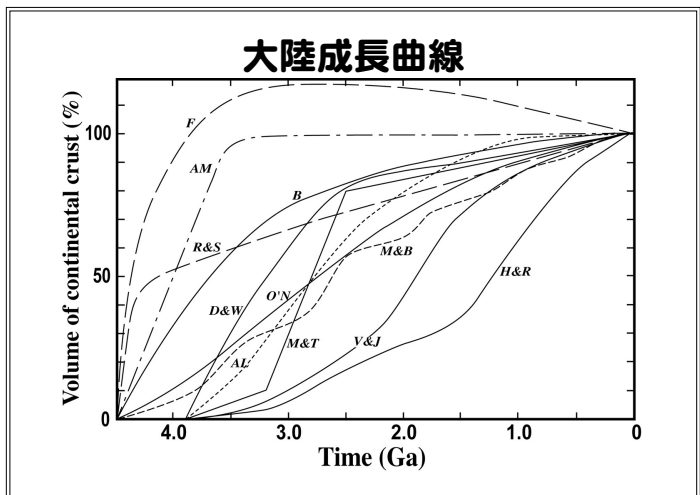
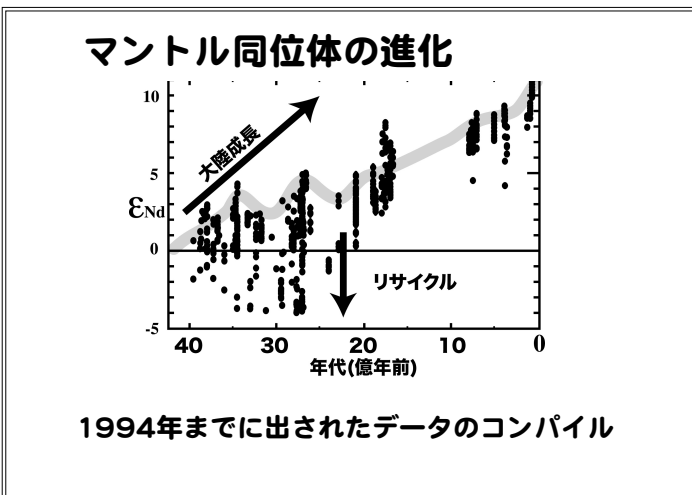
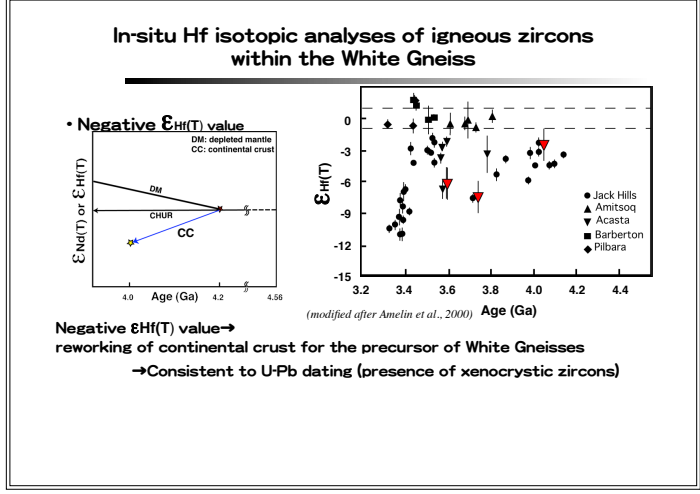
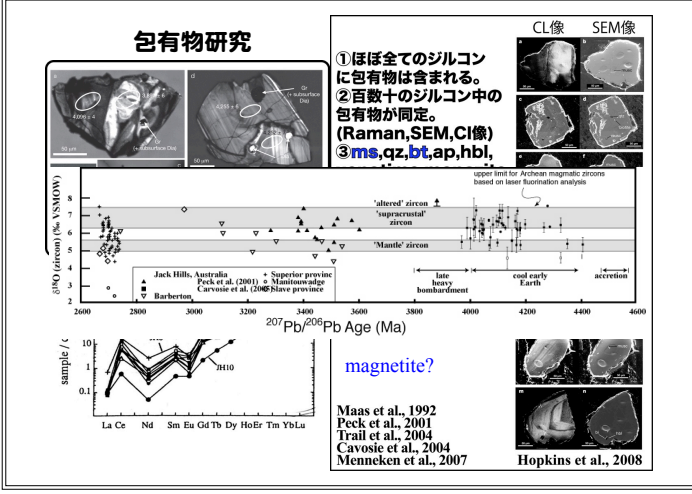
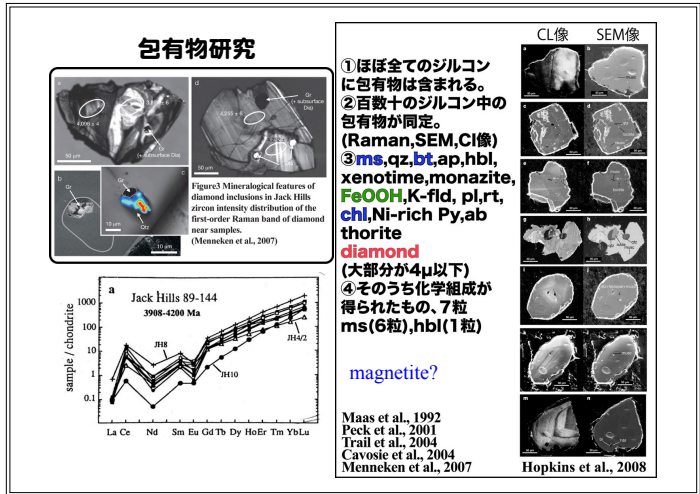
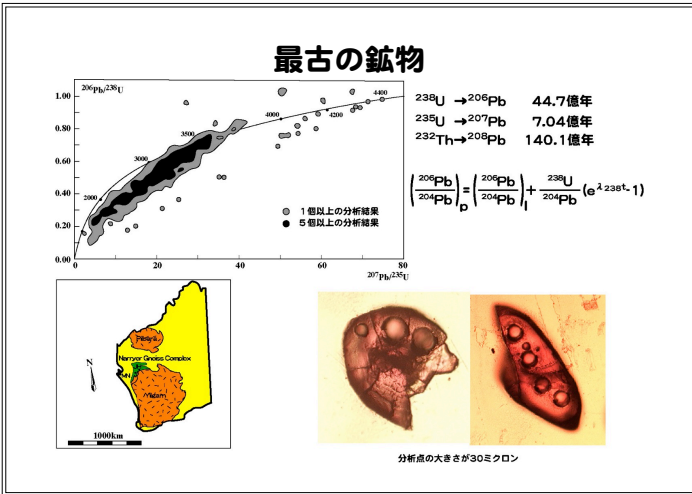
プレートテクトニクスの開始

38~37億年前



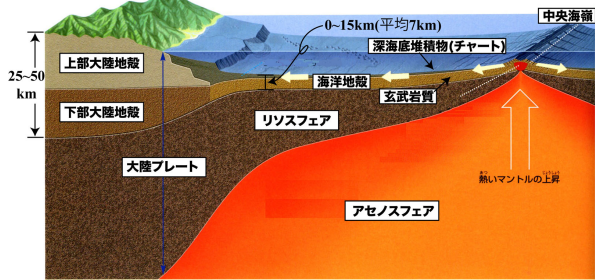
地球最古の物質 (鉱物) を含む礫岩 一岩石とは鉱物又は岩片の集合体





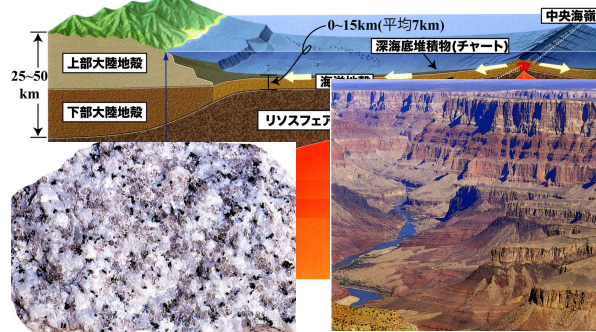
①大陸地殻

上部大陸地殻(花崗岩類,堆積岩,変成岩,付加体)
 下部大陸地殻(玄武岩,変成した玄武岩類)



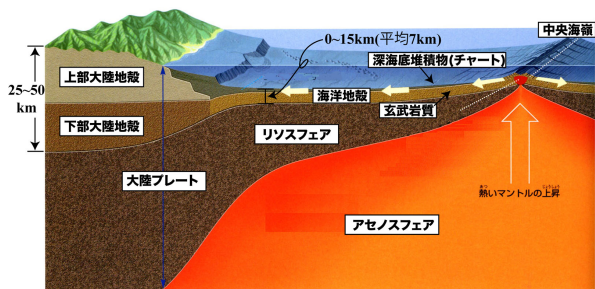
①大陸地殻

上部大陸地殻(花崗岩類,堆積岩,変成岩,付加体)
 下部大陸地殻(玄武岩,変成した玄武岩類)



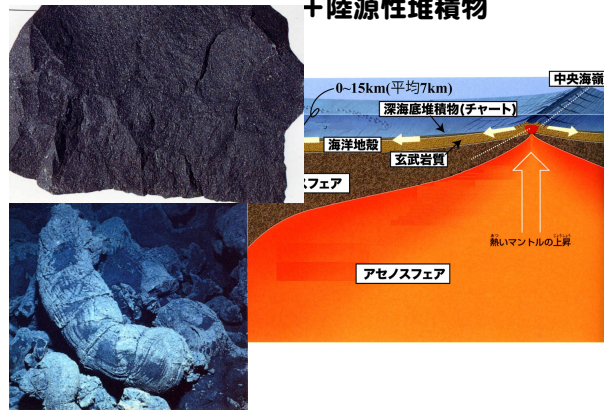
②海洋地殻

玄武岩類+深海底堆積物
 +陸源性堆積物



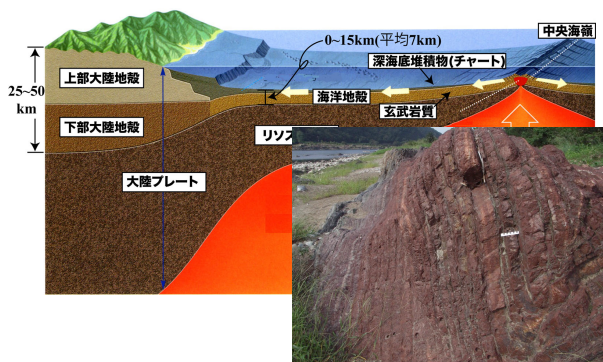
②海洋地殻

玄武岩類+深海底堆積物
 +陸源性堆積物

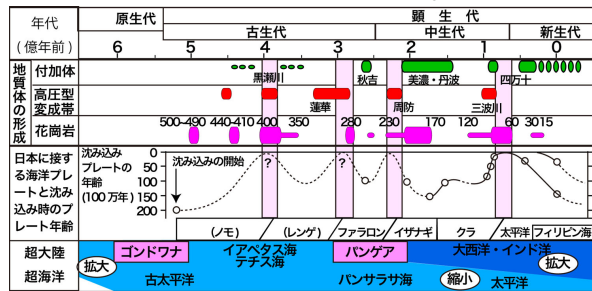


②海洋地殻

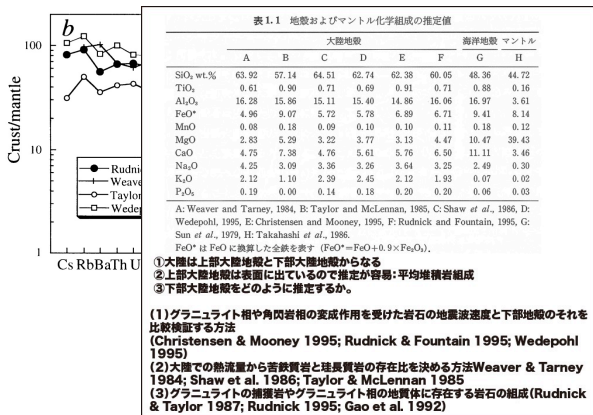
玄武岩類+深海底堆積物
 +陸源性堆積物



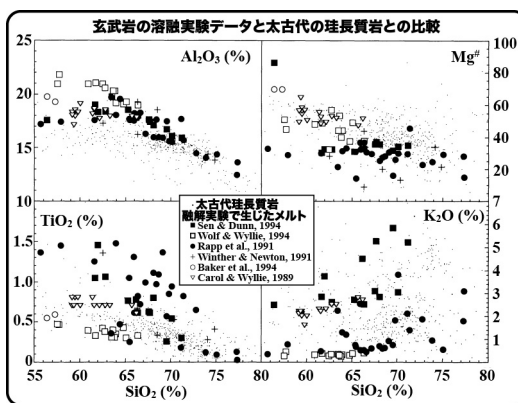
日本は不連続的に成長してきた。



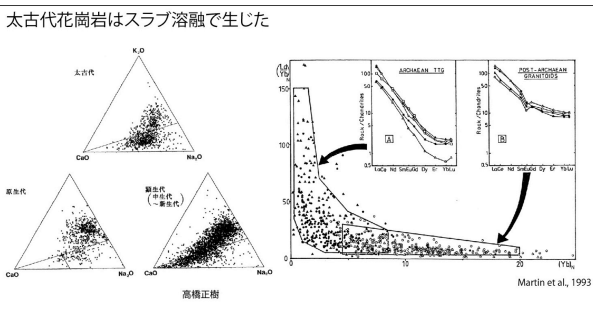
太古代の珪長質岩と実験メルトの比較



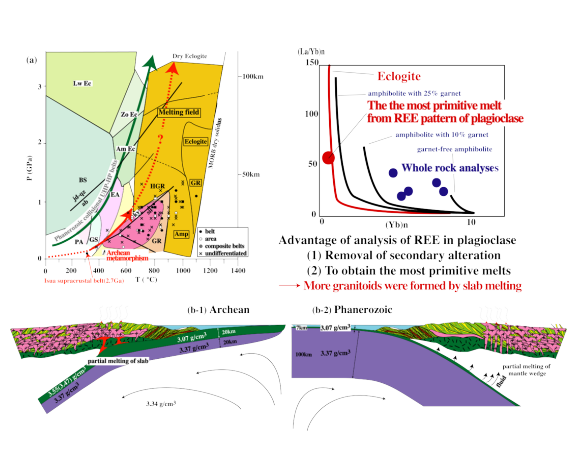
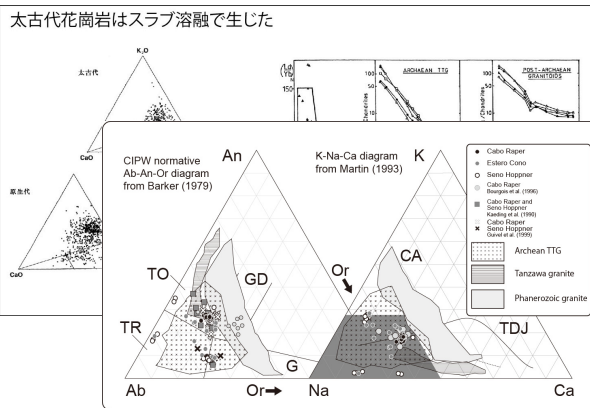
太古代の珪長質岩と実験メルトの比較



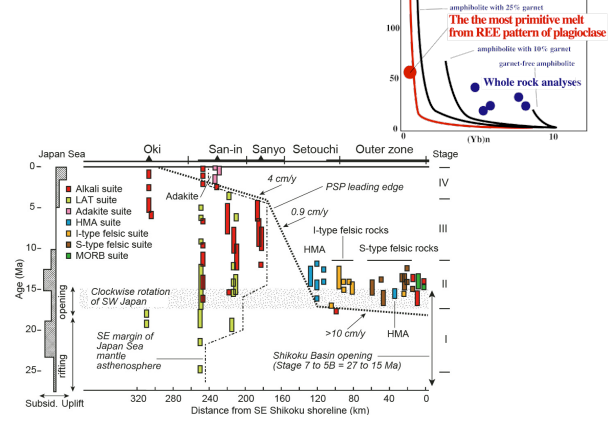
太古代と若い時代の花崗岩の比較



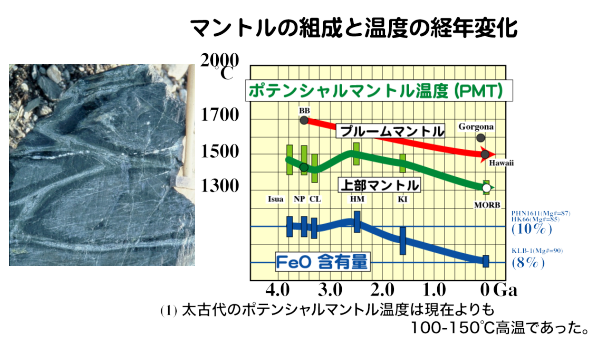
太古代と若い時代の花崗岩の比較



1500万年前の特異点



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



磁場強度の上昇(2.7Ga)

地球磁場強度の経年変化

