

宇宙地球科学 I (第二回目)

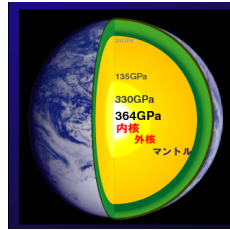
惑星地球の組成と起源

東京大学総合文化研究科：

小宮 剛 准教授

2015/10/1

地球の内部構造



地球内部の地震波速度分布

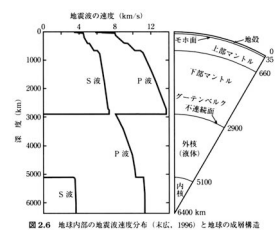


図2.6 地球内部の地震波速度分布 (木匠, 1996) と地球の成層構造

マントルの層構造と鉱物種の変化

マントル上部 (カンラン岩)

カンラン石 (Mg_2SiO_4)、
単斜・斜方輝石、
ガーネット

遷移層

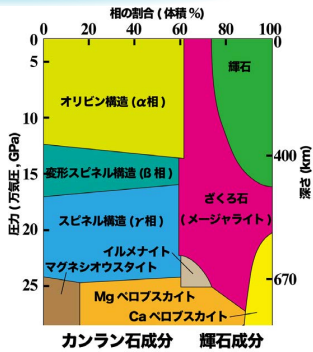
スピネル (Mg_2SiO_4)
ガーネット

下部マントル

Mgペロブスカイト ($MgSiO_3$)
マグネシオウスタイト
Caペロブスカイト



β-spinel: ウォズレイト, γ-spinel: リングウッドイト,
Mg-ilmenite: アキモイト, Mg-perovskite: ブリッジマナイト



マントルの層構造と鉱物種の変化

マントル上部 (カンラン岩)

カンラン石 (Mg_2SiO_4)、
単斜・斜方輝石、
ガーネット

遷移層

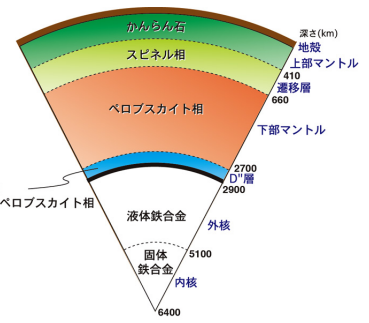
スピネル (Mg_2SiO_4)
ガーネット

下部マントル

Mgペロブスカイト ($MgSiO_3$)
マグネシオウスタイト
Caペロブスカイト

D''層

ポストペロブスカイト相
マグネシオウスタイト
Caペロブスカイト



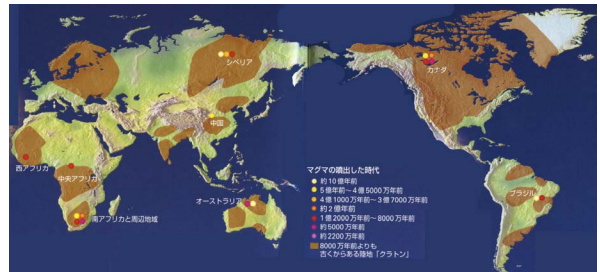
地球の組成を直接推定 -マントル起源の岩石を探す-

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

ダイヤモンド鉱山



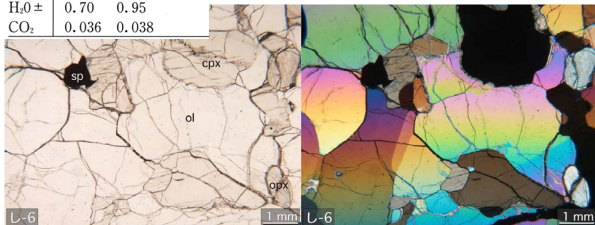
- ①ダイヤモンド鉱山はクラトンにのみある。
- ②それらのクラトンの下にはテクトスフェアと呼ばれる地震波の速いマントルが存在する
- ③ダイヤモンドを運んだマグマ(キンバーライト)は、大陸分裂時などに噴火

マントルの石

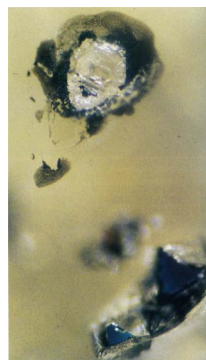
	(1)	(2)	(3)
SiO ₂	45.32	44.21	44.20
Al ₂ O ₃	4.41	4.13	2.05
Cr ₂ O ₃			0.44
Fe ₂ O ₃	1.44	1.94	
FeO	6.37	6.98	8.29
MgO	38.51	37.68	42.21
CaO	2.73	3.13	1.92
Na ₂ O	0.30	0.53	0.27
K ₂ O	0.02	0.13	0.06
H ₂ O ±	0.70	0.95	
CO ₂	0.036	0.038	

(4) マントルの主要鉱物

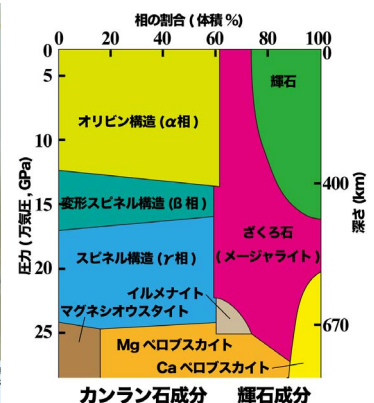
- 60% カンラン石 ($(Mg, Fe)_2SiO_4$)
- 25% 斜方輝石 ($(Mg, Fe)SiO_3$)
- 10% 単斜輝石 ($Ca(Mg, Fe)Si_2O_6$)
- 5% アルミを含む相
- 60km以深 ガーネット ($(Mg, Fe, Mn)_3Al_2Si_5O_{12}$)
- 60~10km スピネル ($(Mg, Fe^{2+})(Al, Cr, Fe^{3+})_2O_4$)
- 10km以浅 斜長石 ($(Ca, Na)(Al, Si)Si_2O_8$)



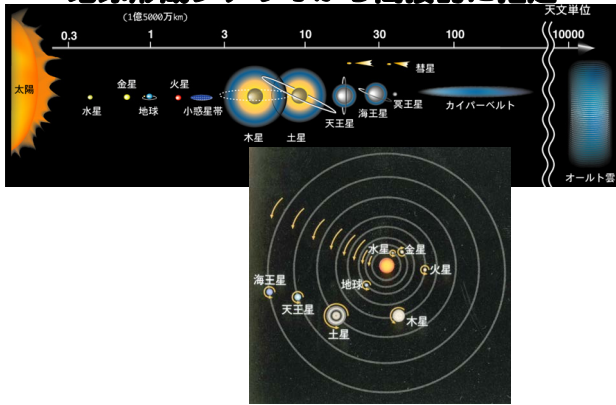
ダイヤモンド中の包有鉱物は下部マントル物質も運ぶ！！



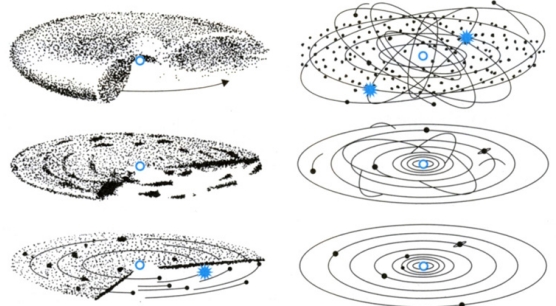
③ $MgSiO_3$ ペロブスカイトだったと考えられる輝石の色。約200 μm。青っぽい共存結晶はマグネシオウスタイト。



地球の組成を推定 -地球形成シナリオから間接的に推定-

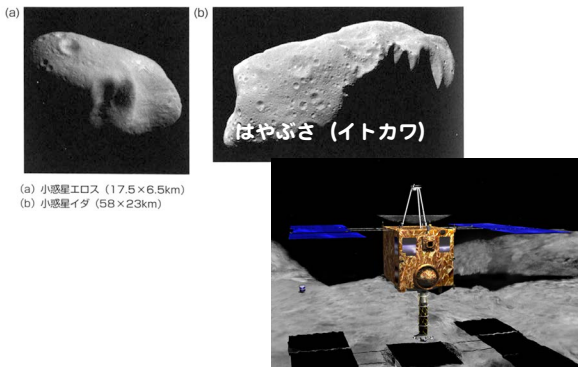


太陽系の形成モデル

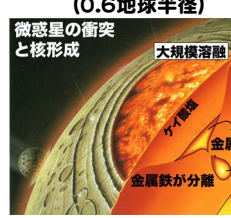


原始太陽を取り巻くおびただしい微惑星が衝突を繰り返し、サイズの大きくなったものが惑星となった。

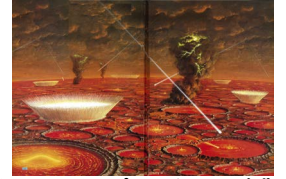
衝突合体を免れたもの 隕石や小惑星として存在



微惑星の衝突による成長 (0.4地球半径で大気形成)



マグマオーシャン(0.5地球半径)



ジャイアントインパクトと月の形成



隕石

(1) 石質隕石

- ①コンドライト~コンドルールを含む
→始原的
- ②エコンドライト
→分化を受けている。(火星,Vesta,月)

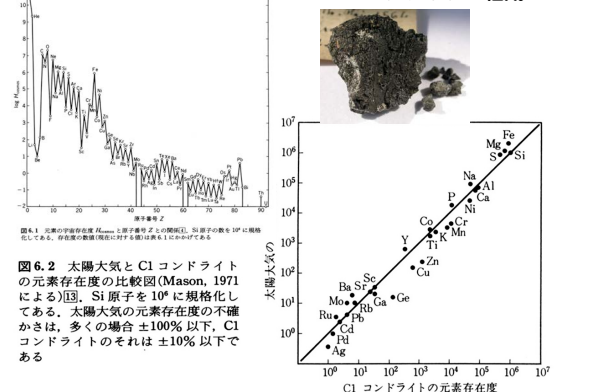
(2) 石鉄隕石

- ①パラサイト~カンラン石と金属鉄
→核分離

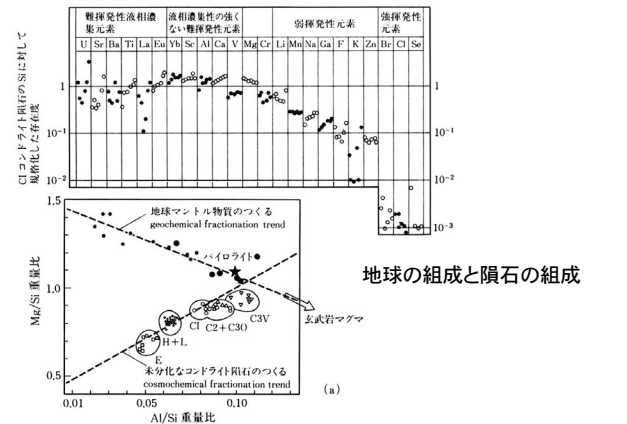
(3) 鉄隕石



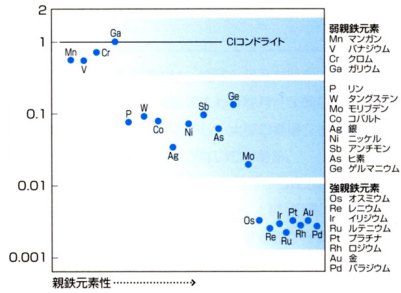
太陽系の組成(太陽の組成) 太陽系の組成(宇宙存在度)と炭素質 コンドライトの組成



地球の組成 (揮発性元素)



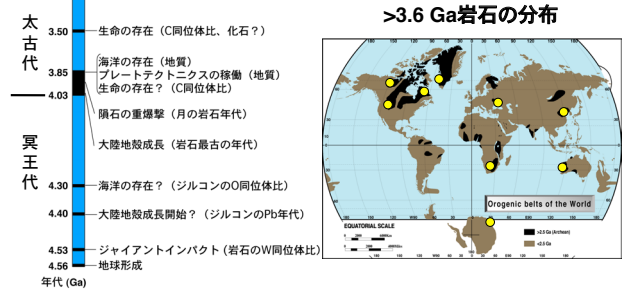
マンツルの組成(親鉄元素)



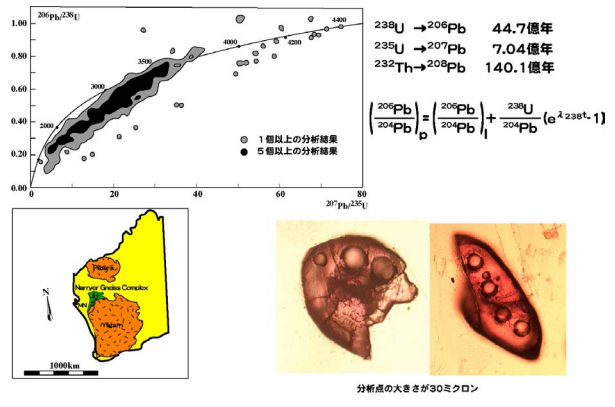
- ①親鉄性元素はマンツルに少ない
- ②強親鉄性元素もマンツルに含まれる
- ③強親鉄性元素濃度は一定

最古の岩石について

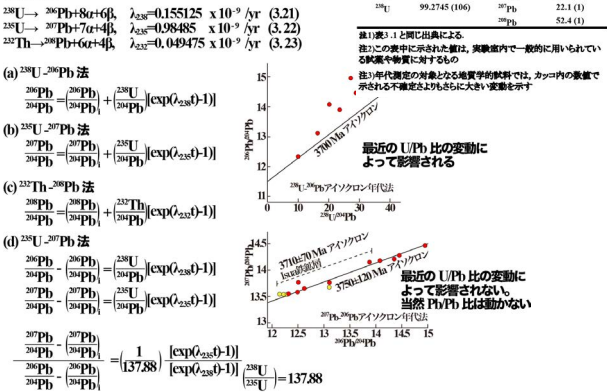
1989年：カナダ北西部アカスタ川で39.6億年前の岩石を発見 (Bowring et al., 1989)
 1986年：(幻の?)南極で最古(39.3億年前)の岩石発見 (Black et al., 1986).
 1972年：西グリーンランドヌーク地域で、37.5億年前の岩石 (Moorbath et al., 1972)



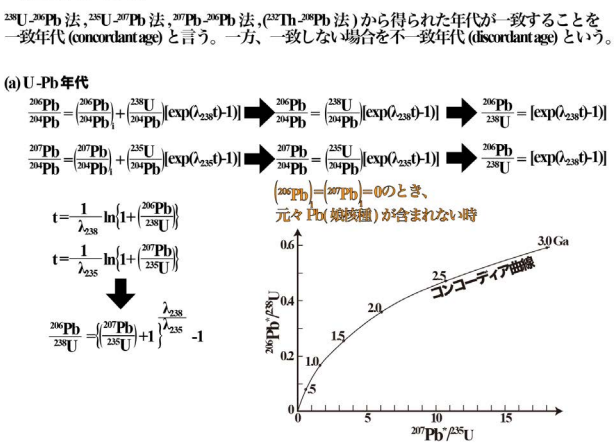
最古の鉱物



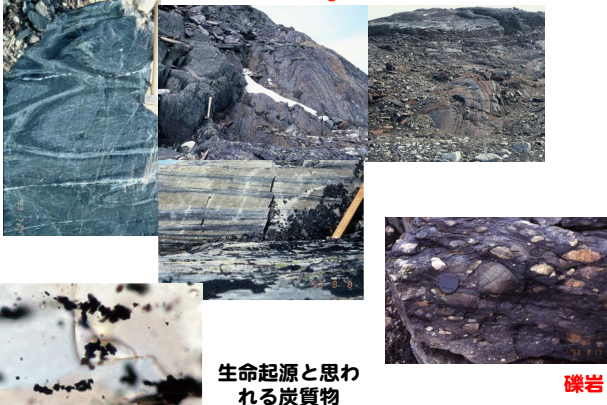
鉛同位体



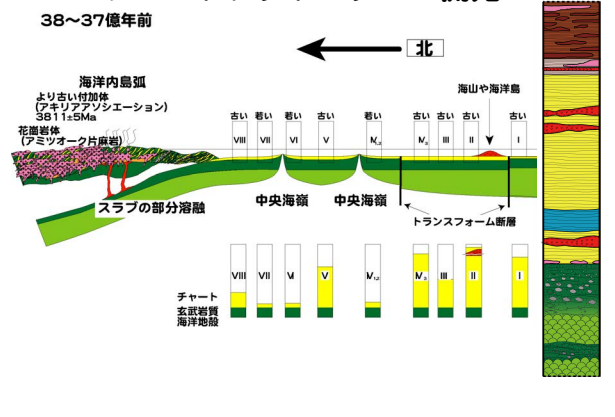
一致年代、不一致年代



水中での溶岩の噴出 化学沈殿堆積物: チャート(SiO2), 炭酸塩岩 (CaCO3), 縞状鉄鉱層(FeO(OH)) 枕状玄武岩



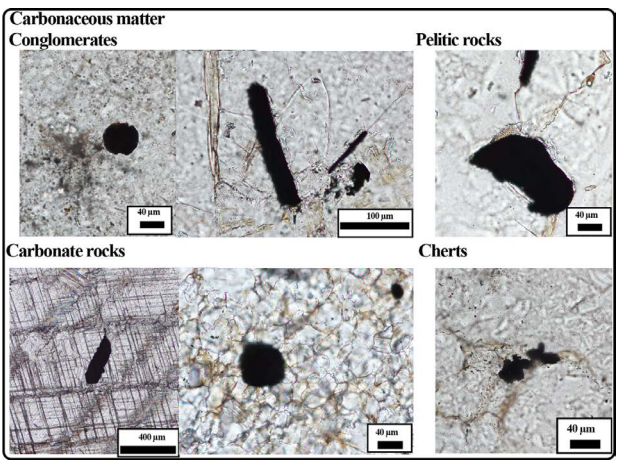
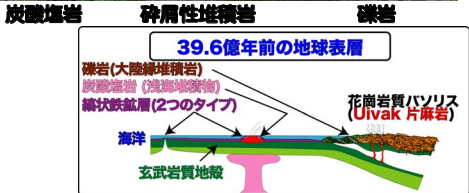
プレートテクトニクスの開始



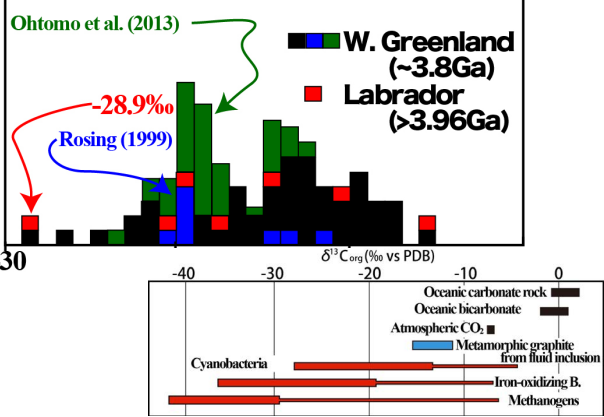
カナダ北東部ラブラドル地域、39.6億年前(最古)の堆積岩



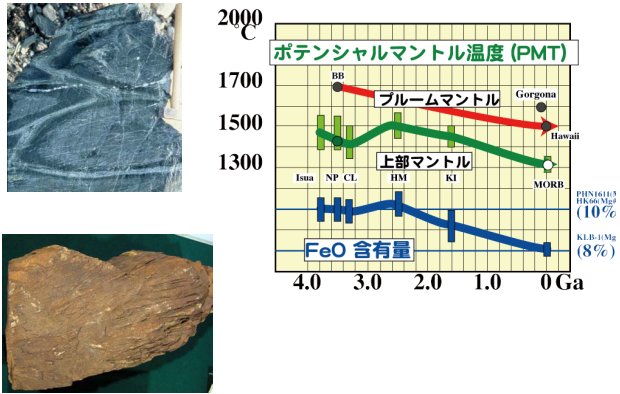
縞状鉄鉱層 縞状鉄鉱層 チャート



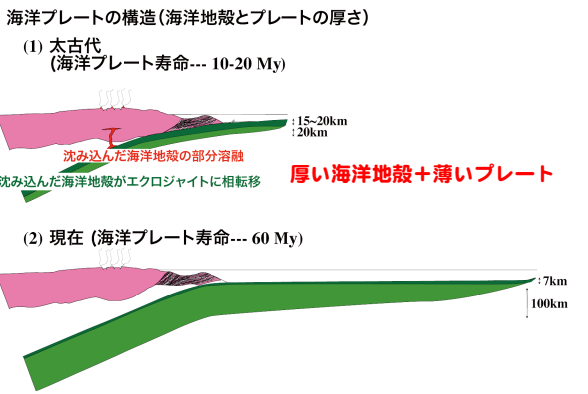
The oldest evidence for life



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



海洋プレートの構造比較



太古代のテクトニクス

