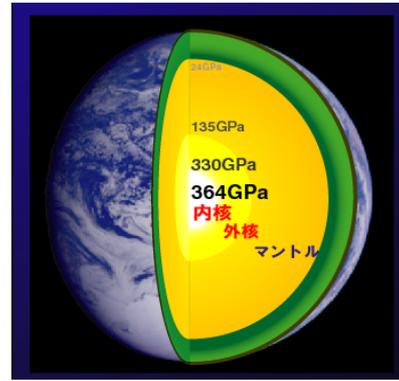


宇宙地球科学 I (第二回目)

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
2014/10/16



地球の内部構造

地球内部の地震波速度分布

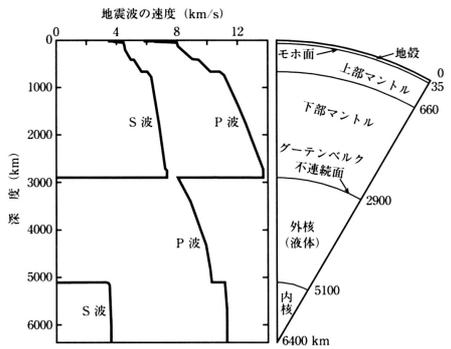


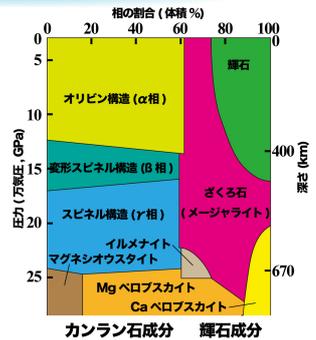
図 2.6 地球内部の地震波速度分布 (末広, 1996) と地球の成層構造

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



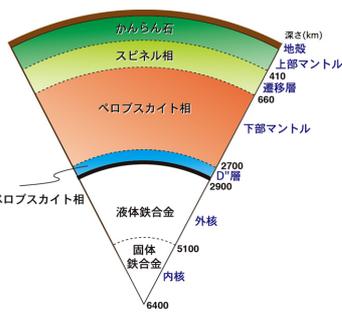
β -spinel: ウォズレアイト, γ -spinel: リングウッダイト,
Mg-ilmenite: アキモイト, Mg-perovskite: ブリッジマナイト

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, キンバーリー
目的: ダイヤモンド採取
深さ: 約1100m
操業: 1914年8月に閉鉱



地球の組成を直接推定 -マントル起源の岩石を探す-



ダイヤモンド鉱山



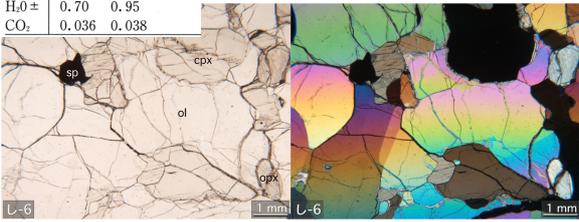
- ①ダイヤモンド鉱山はクラトンにのみある。
- ②それらのクラトンの下にはテクトスフェアと呼ばれる地震波の速いマントルが存在する
- ③ダイヤモンドを運んだマグマ (キンバーライト) は、大陸分裂時に噴火

マンツルの石

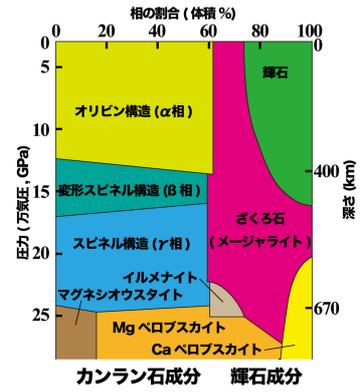
	(1)	(2)	(3)
SiO ₂	45.32	44.21	44.20
Al ₂ O ₃	4.41	4.13	2.05
Cr ₂ O ₃			0.44
Fe ₂ O ₃	1.44	1.94	
FeO	6.37	6.98	8.29*
MgO	38.51	37.68	42.21
CaO	2.73	3.13	1.92
Na ₂ O	0.30	0.53	0.27
K ₂ O	0.02	0.13	0.06
H ₂ O ±	0.70	0.95	
CO ₂	0.036	0.038	

(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)₃Al₂Si₅O₁₂
- 60~10km **スピネル** (Mg, Fe²⁺)(Al, Cr, Fe³⁺)₂O₄
- 10km以浅 **斜長石** (Ca, Na)(Al, Si)Si₂O₈

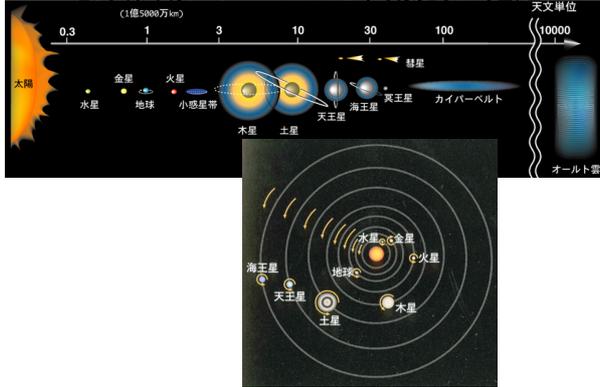


ダイヤモンド中の包有鉱物は下部マンツル物質も運ぶ！！

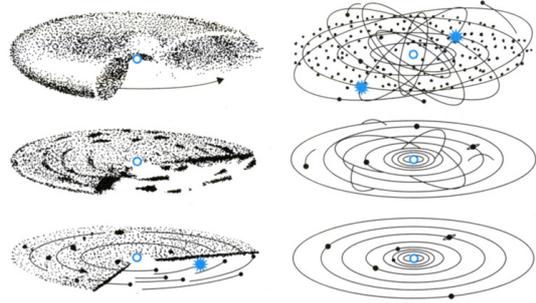


③ MgSiO₃、ペロブスカイトだったと考えられる輝石は、約 200 μm、青っぽい快存結晶はマグネシウムサイト。

地球の組成を推定 -地球形成シナリオから間接的に推定-

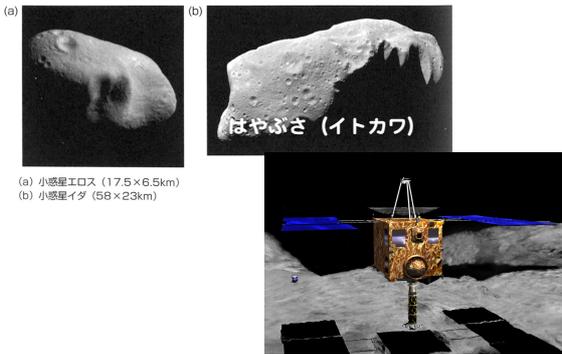


太陽系の形成モデル



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

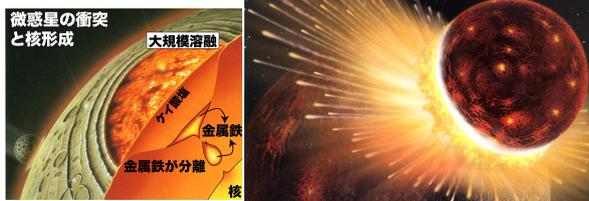


微惑星の衝突による成長 (0.4地球半径で大気形成) マグマオーシャン(0.5地球半径)



(0.6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)

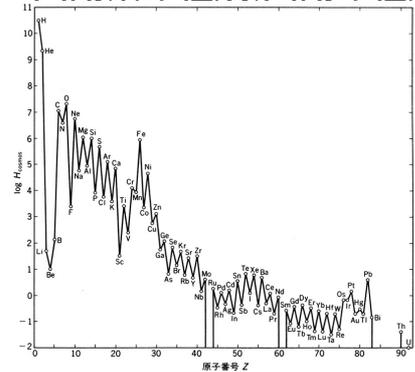
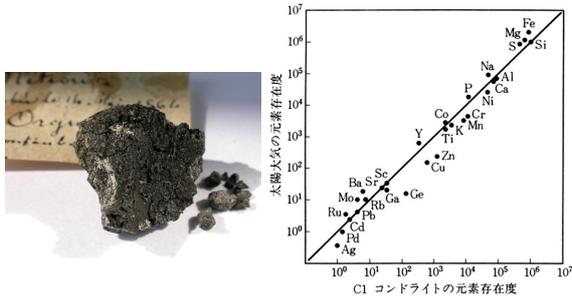


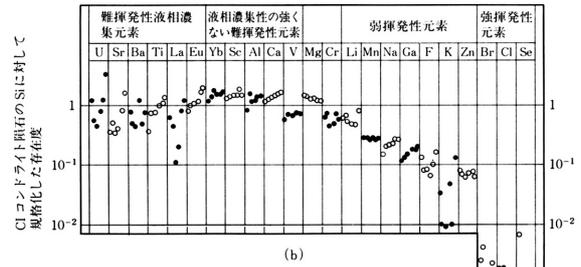
図 6.1 元素の宇宙存在度 $N_{H=10000}$ と原子番号 Z との関係図。SI 原子の数を 10^6 に規格化してある。存在度の数値(現在に対する値)は表 6.1 にかかっている

太陽系の組成(宇宙存在度)と炭素質コンドライトの組成

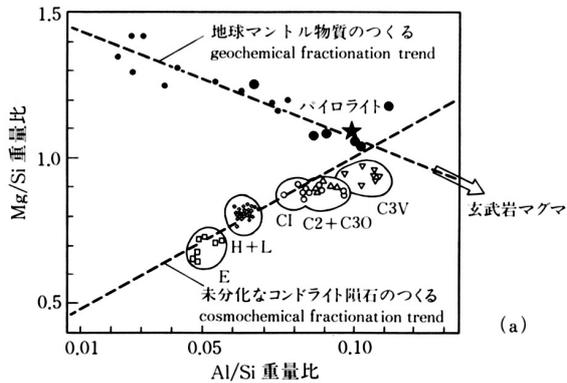


ガス成分以外はよく一致

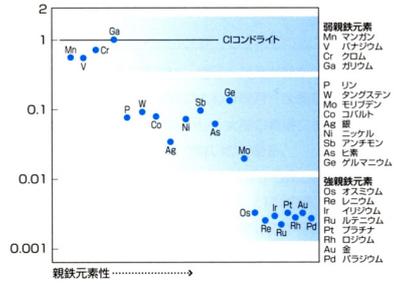
地球の組成 (揮発性元素)



地球の組成と隕石の組成



マントルの組成(親鉄元素)



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