

# 地球の元素組成

順位 (原子数比)	宇宙	地球全体
1	H	O
2	He	Fe
3	O	Mg
4	C	Si
5	Ne	S
6	N	Al
7	Mg	Ca
8	Si	Ni
9	Fe	Cr
10	S	P
11	Ar	Na
12	Al	Ti
13	Ca	Mn
14	Na	Co
15	Ni	K

表 1-3 地球全体の化学組成 (%)

元 素		Mason <sup>46)</sup> (1966)	Morgan, Anders <sup>50)</sup> (1980)
鉄	(Fe)	34.63	32.07
酸素	(O)	29.53	30.12
ケイ素	(Si)	15.20	15.12
マグネシウム	(Mg)	12.70	13.90
ニッケル	(Ni)	2.39	1.82
硫黄	(S)	1.93	2.92
カルシウム	(Ca)	1.13	1.54
アルミニウム	(Al)	1.09	1.41
ナトリウム	(Na)	0.57	0.13
クロム	(Cr)	0.26	0.41
マンガン	(Mn)	0.22	0.08
コバルト	(Co)	0.13	0.08
リン	(P)	0.10	0.19
カリウム	(K)	0.07	0.01
チタン	(Ti)	0.05	0.08

西村雅吉著『環境化学（改訂版）』1998，裳華房，p.12.

原子の全質量(g) = 地球の質量 $5.97 \times 10^{27}$  (g) × 組成%

原子の物質質量(mol) =  $\frac{\text{原子の全質量(g)}}{\text{原子量(g mol}^{-1}\text{)}}$

# 元素の普存

I. Noddack

分析法の感度を高めれば高めるほど、  
検出される元素の数は多くなる。

全ての鉱物中には、全ての元素がある。

全ての物の中には、全ての元素がある。

# 太陽系の成り立ち

46億年前

## 恒星

H, He 主体の星間物質

凝集

巨大化

ガスの大部分を集める

星

重力収縮

中心部が高温

H の核融合

エネルギーの放出

## 惑星

微惑星 ( 10 km の隕石 )

衝突

巨大化

# 地球の成り立ち

隕石 ( 10 km ) が衝突を繰り返す 巨大化

衝突のエネルギー

重力エネルギー

地球全体を溶融

核エネルギー ( 不安定核種  $^{40}_{19}\text{K}$  ,  $^{235}_{92}\text{U}$  の  
自発的発熱壊変 )

比重差により層状構造

低密度 : ケイ酸塩 , 酸化物 , 硫化物

高密度 : 融解鉄 ( Fe と Ni , Au , Pt との合金 )

# 地球と地圏の層状構造 1

## 密度

地球全体の密度 : 5 . 5

地球内部に 5 . 5 以上の密度のものが存在

地表岩石の平均密度 : 2 . 9

## 地震波

地震波の地球内部での伝播速度，反射，屈折より推定

不連続な層状構造

深度 2,900 km 以下で，地震波の横波が完全に消失する

液体

# 地球と地圏の層状構造 2

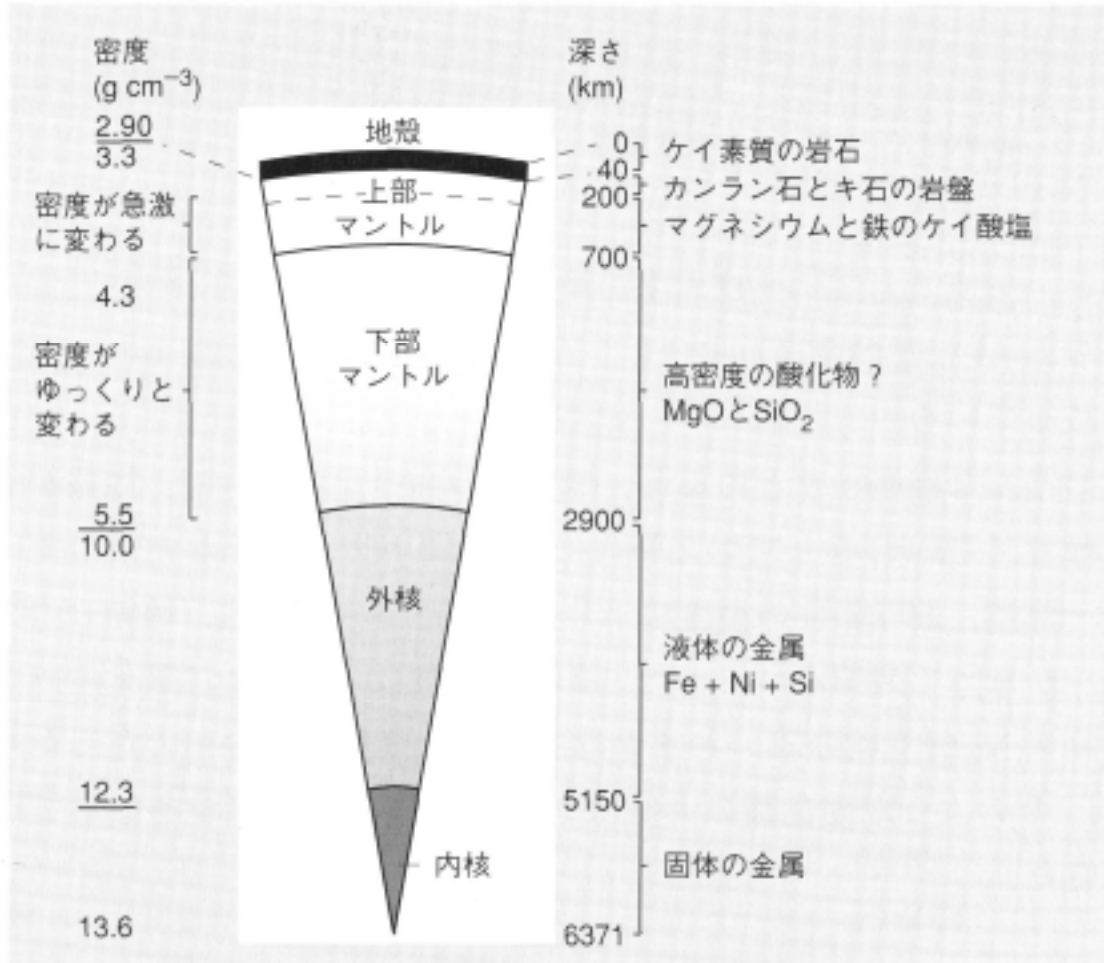


図 1.2 地球断面のモデル。ケイ酸塩は、マントルより地殻にずっと多い。(Raiswell ほか, 1980)

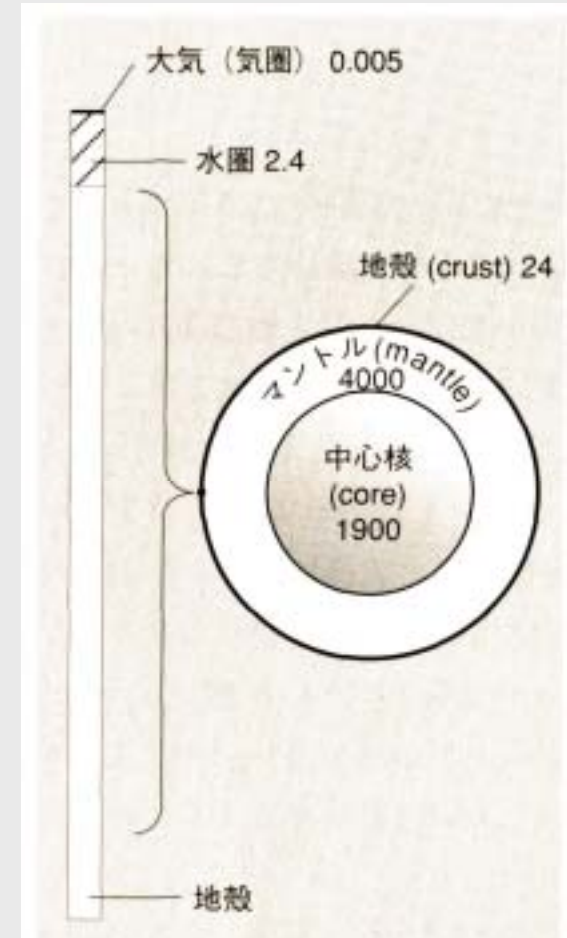
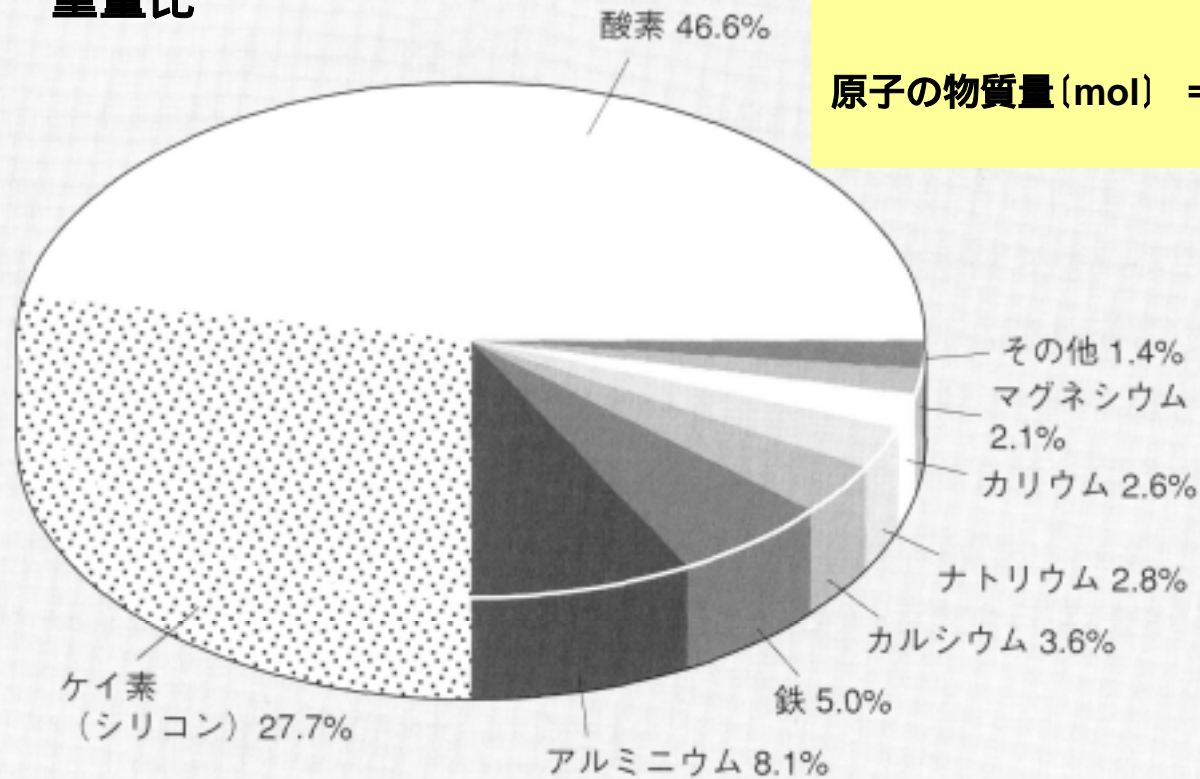


図 2.1 物質の存在量でみた地圏 (geosphere)・水圏 (hydrosphere)・気圏 (atmosphere) のサイズ (単位:  $10^{24}$  g =  $10^{18}$  トン)

# 地殻の元素組成

重量比



原子の全質量(g) = 地殻の全質量  $2 \times 10^{25}$  (g)  $\times$  重量比%

$$\text{原子の物質質量 (mol)} = \frac{\text{原子の全質量 (g)}}{\text{原子量 (g mol}^{-1}\text{)}}$$

図 1.3 地殻をつくっているおもな元素.

# 地球の元素組成の特徴

H, He 引力が小さいため、軽いH, He などのガスの大部分は、宇宙空間へ散逸した

2相に分割  
マントル 岩石相 親石元素  
コア (中心核) 金属相 親鉄元素

元素の偏在 クラスト(地殻)

重量比	O, Si	2元素	74.32%
	O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, H	10元素	99.17%
体積比	O	Si	Al
	93.77%	0.86%	0.47%



# 元素の第一次分別 1

表 2・2 Goldschmidt による元素の地球化学的分類

	特 性	元 素 <sup>a)</sup>
親鉄元素	金属鉄と親和性をもつ	Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Mo, W, Re, Au, Ge, Sn, C, P, (Pb, As, S)
親銅元素	硫化物鉱物をつくりやすい	Cu, Ag, Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, (Ge, Sn), Pb, As, Sb, Bi, S, Se, Te, (Fe, Mo, Cr)
親石元素	酸化物イオンと結合しやすい	Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Sc, Y, 希土類, (C), Si, Ti, Zr, Hf, Th, (P), V, Nb, Ta, Cr, (W), U, F, Cl, Br, I, Mn, (H, Tl, Ga, Ge, Fe)
親気元素	大気圏を構成する気体になりやすい	N, He, Ne, Ar, Kr, Xe

a) 括弧内の元素は部分的にその特性を示すもの。出典: B. Mason, "Principles of Geochemistry," 3rd ed, Wiley, New York (1966); L. H. Ahrens, "Distribution of the Elements in Our Planet," McGraw-Hill, New York (1965).

# 元素の第一次分別 2

- 親鉄元素 : Fe, Co, Ni 族, 白金族  
鉄により還元される      金属      中心核
- 親銅元素 : Cu, S, 大きな陰イオンに対する強い親和性       $d^{10}$   
硫化物の鉱床を形成  
融点, 沸点が低く混合融体から最後に晶出
- 親石元素 : O, Si, 希ガス型電子配置をとるイオン       $s^2 p^6$   
鉄により酸化される      鉱物      地殻
- 親気元素 :  $N_2$ , Ar, 希ガス元素  
気体      大気

# イオン化傾向

K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Cu, Hg, Ag, Pt, Au

Fe により酸化される

Fe により還元される

ケイ酸塩, 酸化物, 硫化物

Fe との合金

地殻

中心核

大 イオン化傾向 小

- 標準酸化還元電位  $M^+ / M$  0 +

硬いルイス酸 | 中間のルイス酸 +2 | +1 軟らかいルイス酸

# 元素の第一次分別 3

H																			He
Li	Be											B	C	<u>N</u>	O	F			<u>Ne</u>
Na	Mg											Al	Si	P	<u>S</u>	Cl			<u>Ar</u>
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	<u>Fe</u>	<u>Co</u>	<u>Ni</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Ga</u>	<u>Ge</u>	<u>As</u>	<u>Se</u>	Br			<u>Kr</u>
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	<u>Mo</u>		<u>Ru</u>	<u>Rh</u>	<u>Pd</u>	<u>Ag</u>	<u>Cd</u>	<u>In</u>	<u>Sn</u>	<u>Sb</u>	<u>Te</u>	I			<u>Xe</u>
Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	<u>W</u>	<u>Re</u>	<u>Os</u>	<u>Ir</u>	<u>Pt</u>	<u>Au</u>	<u>Hg</u>	<u>Tl</u>	<u>Pb</u>	<u>Bi</u>					
		Th, U																	

親気元素：N  
 親石元素：Na  
 親銅元素：Zn  
 親鉄元素：Fe

図 2・3 元素の地球化学的分類と周期律との関係. 出典: B. Mason, "Principles of Geochemistry," 3rd ed., Wiley, New York (1966). 異なる挙動を示す元素については最も特徴的な性質のみを示した

J. W. Moore, E. A. Moore 共著, 岩本振武訳『環境理解のための基礎化学』1980, 東京化学同人, p.25.