

宇宙地球科学 I (第六回目)

地球資源・エネルギー

東京大学総合文化研究科：
小宮 剛 教授

komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp
http://www43.tok2.com/home/lsua/

化学沈殿岩(縞状鉄鉱層、縞状Mn層など)

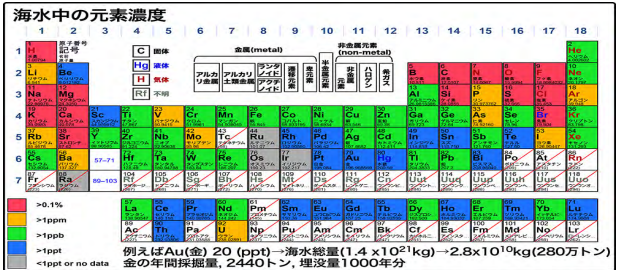
堆積性が主要な鉱床形成である有用元素

- (1) 砂鉱 : Sn, Au, Pt, REE, Zr, K, Na, Ba, S, Ca, Mg
- (2) 残留鉱床 : Al, Ni(ラテライト, ポークサイト)
- (3) 堆積性鉱床 : Pb, Fe, Zn, Mn, U, Pd, P, Rh(ロジウム), Os, Si, Al, Ca, Mg

(1) 砂鉱(placer): 後背地に特殊な鉱物が多く含まれていて、それが川や風によって運ばれ堆積したもの

- (1) 鉱物が化学的に安定
 - (2) 後背地に多く存在
 - (3) 多くの場合、その鉱物は比重や硬度が大きい。
- 例: Au, Pt, イリドスミン(Ir, Os), 磁鉄鉱, チタン鉄鉱
錳石, クロム鉄鉱, 鉄マンガン重石(Fe,Mn)WO₄
ザクロ石Mg₃Al₂Si₃O₄, モナズ石(Ce,La,Nd,Th)PO₄, ジルコン, ダイヤモンド, 石英

(1) 残留鉱床: 一般に風化によって、鉱物の一部が水に溶解する。この時、水に溶けにくい元素は残り粘土鉱物を形成する。
e.g. $NaAlSi_3O_8 + H_2O \rightarrow NaAl_3Si_1O_3(OH)_4 + H_2O(含NaやSi)$
 $NaAlSi_3O_8 + H_2O \rightarrow Al_2Si_2O_7(OH)_4 + H_2O(含NaやSi)$
そのようにして生じた粘土鉱物が、運搬され、再堆積する(ラテライト, Al₂O₃とFe₂O₃に富む)。さらに、Fe₂O₃が溶脱され、Al₂O₃に濃集(ポークサイト)。



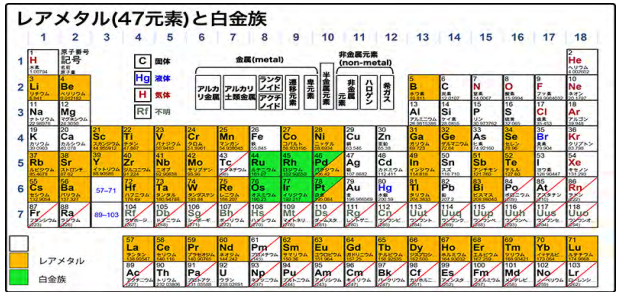
海水中の微量元素の濃度の平均値の変遷 (海洋地球化学, 微生物地球化学)

元素名	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代
鉄	180	36	0.7	0.6
銅	50	8	2	2
銀	3	0.3	0.03	0.02
金	0.02	0.02	0.06	0.00015
鉛	0.2	0.2	0.005	0.005
ヒスマス	0.1	0.1	0.05	0.00015

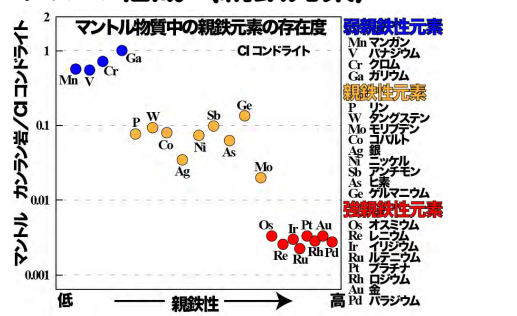
例えはAu(金) 20 (ppt) → 海水総量(1.4 × 10²¹kg) → 2.8 × 10¹⁰kg(280万トン)
金の年間探掘量, 2400トン, 埋没量1000年分

資源・鉱床

- (1) 鉱産資源: ベースメタル: 鉄, Mn
レアメタル: 白金族, 希土類元素
 - (2) エネルギー: 石油, (石炭), 天然ガス(メタンハイドレート)
- ベースメタル(Fe, Al, Cu, Zn, Pb): 探掘が容易, 埋没量, 生産量が多い, 精錬が容易。
レアメタル: 埋没量, 生産量が少ない, 天然で濃集しない, 精錬が困難。

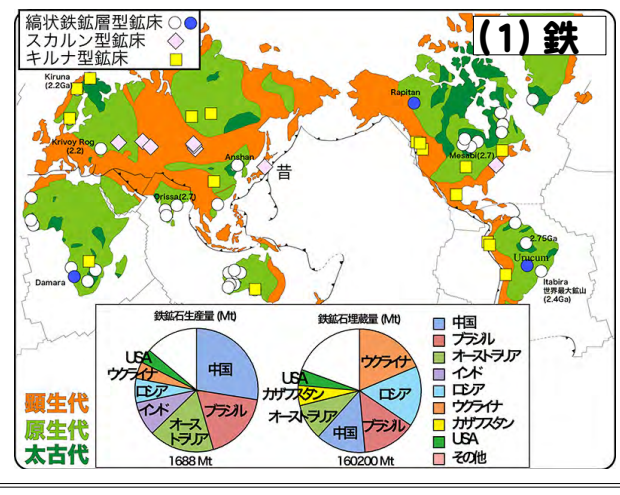
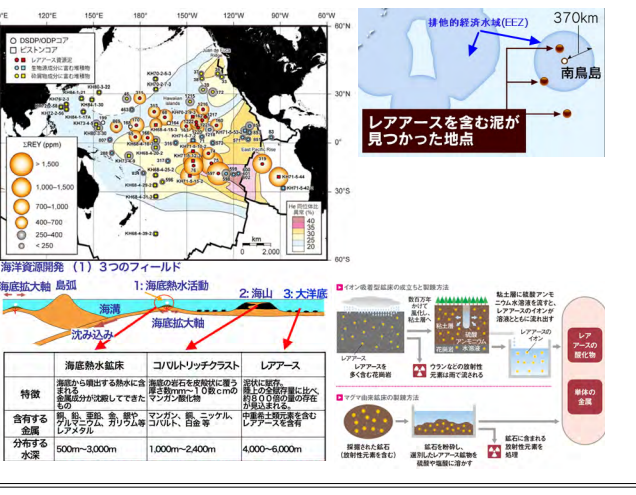
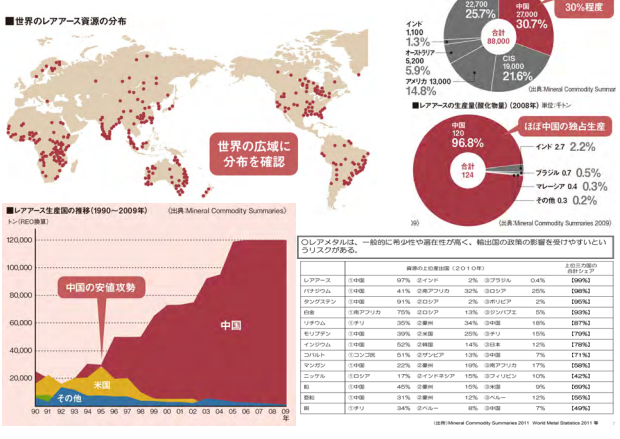


マンツルの組成 (親鉄元素)



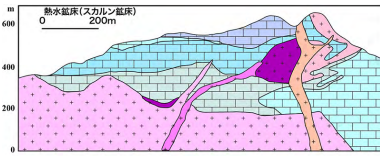
- ① 親鉄性元素はマンツルに少ない
- ② 強親鉄性元素もマンツルに含まれる
- ③ 強親鉄性元素濃度は一定

レアメタルの問題点



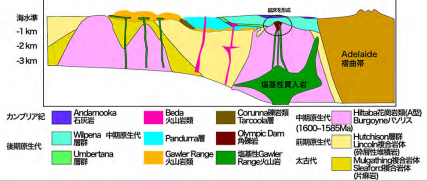
スカルン型

石灰岩と火成岩の間での熱水鉱床



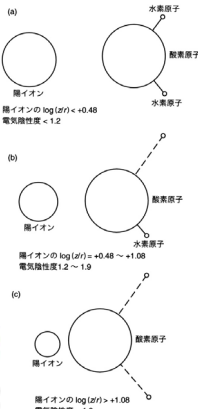
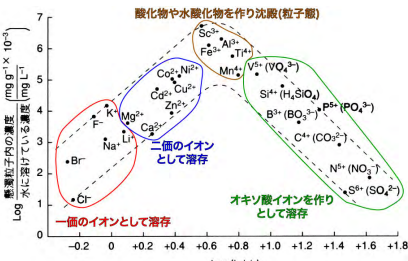
キルナ型

堆積岩とアルカリ花崗岩の間での熱水鉱床

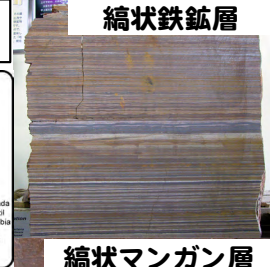
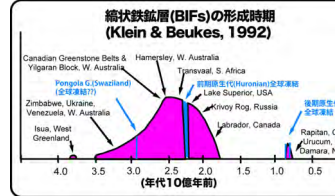


(1) 堆積性鉱床: Fe, Mn, U, Pについて

→水溶液(海水, 河川, 地下水)への溶け易さと、そこからの沈殿



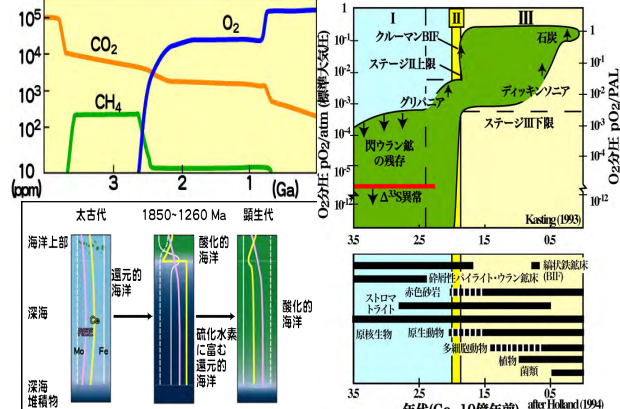
18億年前以前 海水中のFe²⁺が酸化されて、Fe³⁺になり、沈殿(Fe₂O₃, FeO(OH))



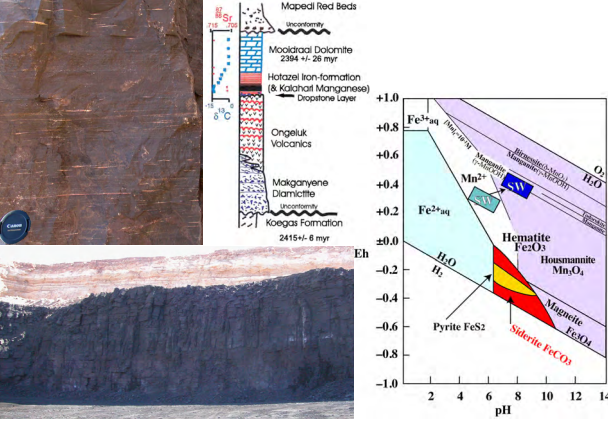
23億年前 海水中のMn²⁺が酸化されて、Mn³⁺またはMn⁴⁺になり、沈殿



大気・海洋の酸素濃度の上昇

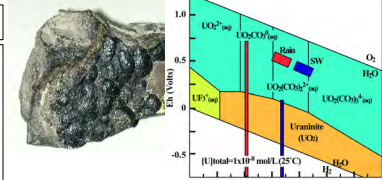


縞状マンガン層の形成と酸素濃度

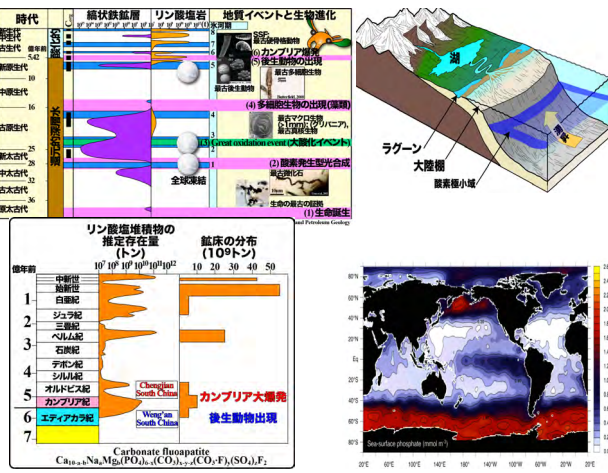


ウラニナイト

UO₂の黒色の鉱物
 Uについて +3, +4, +5, +6が存在
 ① 酸化の少し酸化的な状態 UO₂²⁺やU⁴⁺が最も安定
 ② 還元的な状態 UO₂(uraninite)
 ③ 他の価数は不安定 3価はすぐに4価になってしまう。 5価はUO₂⁺をつくり、結局6価や4価になってしまう。

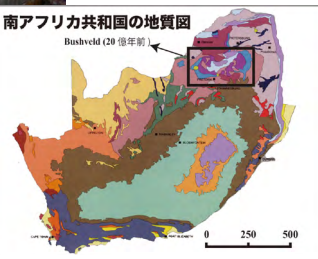


大気・海洋が酸化のなると以降の鉱床
 UO₂の晶出
 ウラン鉱床の形成
 還元化
 酸化地下水
 還元化の要因: 有機物の存在(微生物による呼吸など)



(2) 白金属鉱床

南アフリカのBushveld (20億年前) 巨大火山岩体の結晶化の時に白金属が濃集



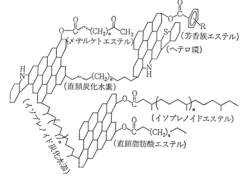
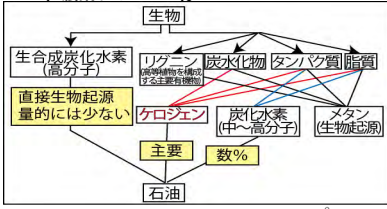
石油の起源

- (1) 炭化水素の起源 (有機説 vs. 無機説)。
- (2) 炭化水素の熟成 (熟成してから、濃集するのか?)。
- (3) 炭化水素の濃集。

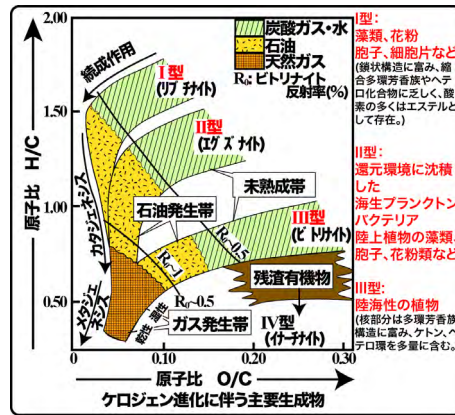
炭化水素の起源

ケロジェンとは

- ① 堆積物中に存在する有機溶媒やアルカリ水溶液に不溶性有機物
- ② C,H,Oを主成分とし、少量のN,Sを含んだ複雑な非晶質高分子有機物で、一定の化合物ではない。
- ③ 核の部分は芳香族構造からなり、アルキル鎖によって、網状構造。
- ④ 加水分解や酸化を受け易い種々の側鎖を持つ。→熟成によりなくなる



ケロジェンを4グループに分類と石油生成との関係



ケロジェンから炭化水素へ

続成作用期

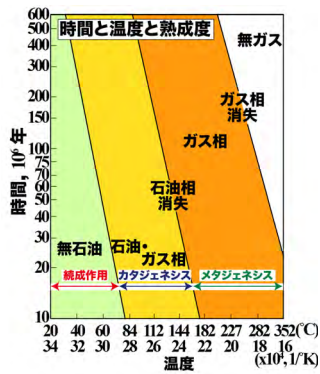
- ① 官能基が取り除かれるO→H₂O, CO₂, N₂やCH₄などのガスも
- ② ケロジェン核が分離。ケロジェン核はより芳香族に富む
- ③ 一部が分離したものは有機溶媒に溶解するNOS化合物となる

カタジェネシス期

- ① 結合がより切れ、小さくなる
- ② NOS化合物はエステルやC-C結合が破壊され、かつNOSなどのヘテロ原子もなくなる。→炭化水素(低〜中分子量)化

メタジェネシス期

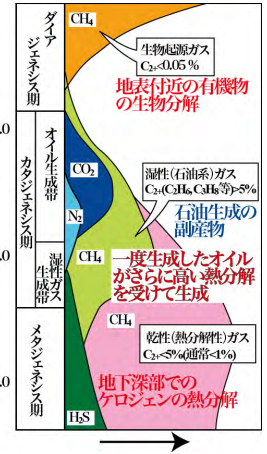
- ① C-C結合の破壊
- ② メタンガスの生成
- ③ 芳香族性を増し、縮合、石墨へ



天然ガス

- (1) 不燃性天然ガス~CO₂, N₂など
- (2) 可燃性天然ガス~炭化水素, C₁~C₄脂肪族炭化水素

- ① 生物起源ガスと熱分解性ガス
- ② 貯留岩ガス：貯留岩に濃集した有用ガス



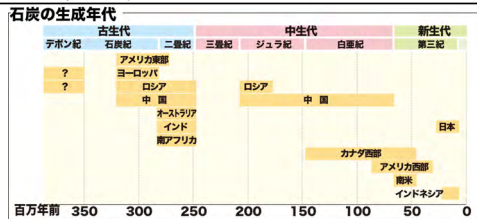
石炭の分布、年代

- (1) 年代はデボン紀以降。

陸上植物はオルドビス紀(450Ma-)、シルル紀に多様化、デボン紀後期には巨大な森林を形成

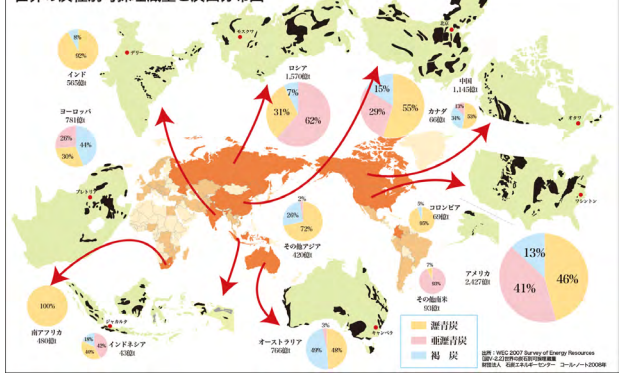
- (2) 主要鉱床の時代:

- ① 石炭紀〜二疊紀前半：管束隠花植物陸上植物
- ② ジュラ紀〜白亜紀前半：裸子植物やシダ植物
- ③ 白亜紀後半〜古第三紀：被子植物



石炭の分布、年代

世界の炭種別可採埋蔵量と炭田分布図



石炭の起源物質

- (3) 石炭の起源物質:

- ① 陸上植物のセルロース(陸上植物, >50%)vsリグニン(ca.30%)
- セルロース:細胞膜の主要成分
リグニン:セルロースで構成された植物組織の結合

