

堆積学(夏学期, 水曜2限(10:30~12:00))

堆積性鉱床とエネルギー

- ① 4月10日 堆積学史、堆積粒子の起源
- ② 4月17日 風化・浸食・運搬過程
- ③ 4月24日 碎屑性堆積物(浅海成相)
- ④ 5月1日 碎屑性堆積物(深海成相)
- ⑤ 5月8日 河川成相
- ⑥ 5月15日 風成相・水河成相
- ⑦ 5月29日 碎屑岩の統成作用
- ⑧ 6月5日 蒸発岩・化学沈殿岩
- ⑨ 6月12日 堆積成鉱床
- ⑩ 6月19日 炭酸塩堆積物1(浅海成相)
- ⑪ 6月26日 炭酸塩堆積物2(深海成相)
- ⑫ 7月3日 炭酸塩岩の統成作用
- ⑬ 7月17日 試験, ⑭ 7月10日 予備日

資源 (鉱床とは)

- (1) 地球の資源(鉱産、エネルギー、木材、環境)
- ①生物も含め、何にでもほぼ全ての元素が含まれている。
- ②鉱床(経済的に成り立つ)として扱えるには、それらの元素が“濃集”させる必要がある(金でさえ3ppm必要)。

(2) 鉱床と地球史

- ①形成時期が地球史の特定の時代に限定
- ~鉄鉱床, Mn鉱床, 礫岩型金-ウラン鉱床, コマチアイトに伴うNi
- ②形成に長い時間が必要
- ~石油、石炭、木材
- ③特定の場所と時期でのみ形成
- ~白金族(剛ア), ダイヤモンド
- ④その他
- ~金

資源・鉱床

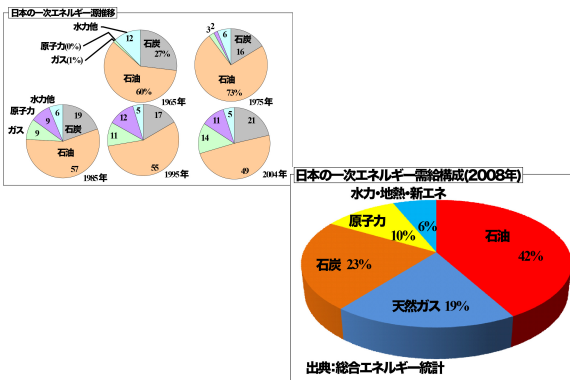
(1) 鉱産資源 : ベースメタル: 鉄, Mn
: レアメタル: 白金族, 希土類元素

(2) エネルギー : 石油, (石炭), 天然ガス(メタンハイドレート)

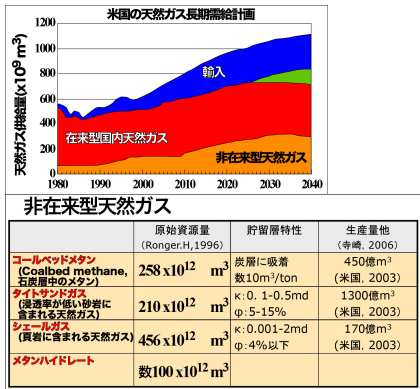
ベースメタル(Fe, Al, Cu, Zn, Pb):
採掘が容易。埋没量, 生産量が多い。
精錬が容易。

レアメタル:
埋没量, 生産量が少ない。
天然で濃集しない(鉱床にならない)
精錬が困難。

日本の一次エネルギー構成



(米国の)天然ガス長期需給計画



メタンハイドレート

メタンハイドレート (Type-I)

- ⑤ 水分子とメタンガス分子とからなる氷状固体結晶。
- ⑤ 水分子は内部に5-6Åの空隙を持った立体網状構造(クラスレート)を作り、その空隙にメタンガスが入り込む。
- ⑤ メタンハイドレートの酸素同位体値は周囲より高くなる。
- ⑤ メタンハイドレートには塩素などは含まれない

メタンハイドレート 1m³ = メタンガス 約160-170m³ + 水 約0.8m³

メタンハイドレート

ガス種と結晶型

ゲスト分子 結晶構造 水和数

ゲスト分子	結晶構造	水和数
iso-C ₃ H ₈	II型	17 H ₂ O
C ₃ H ₈ (CH ₃) ₂	II型	17 H ₂ O
n-C ₃ H ₈	I型	7 2/3 H ₂ O
C ₂ H ₆	I型	5 3/4 H ₂ O
CO ₂	I型	5 3/4 H ₂ O
Xe, H ₂ S, CH ₄	I型	5 3/4 H ₂ O
O ₂ , N ₂ , Kr, Ar	II型	5 2/3 H ₂ O

No Hydrates

メタンハイドレート

(1) メタンハイドレート:

- ⑤ 水分子とメタンガス分子とからなる氷状固体結晶。
- ⑤ 水分子は内部に5-6Åの空隙を持った立体網状構造(クラスレート)を作り、その空隙にメタンガスが入り込む。

メタンハイドレート (Type-I)

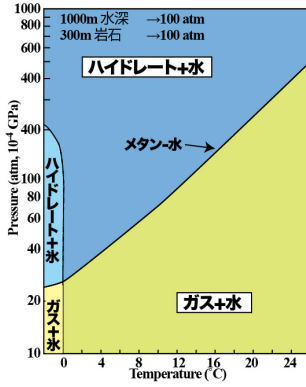
空隙径 8.6Åの菱形 14面体

空隙径 7.88Åの五角 12面体

水(46):メタン(8) = 5.75:1 = 1kg(1L):9.66mol = 1L:216L (c.f. メタンの溶解量は水の体積の2-5倍)

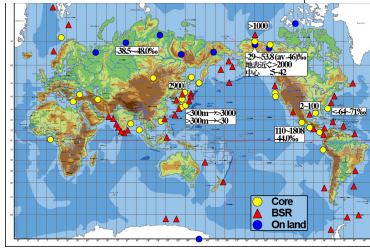
メタンハイドレートの安定領域

- (1) メタンハイドレートの相図:
 ◎ハイドレートは高压低温で安定。
 ◎深海4°Cなら→水深400m以深。
 (2) 不純物の混合の効果
 ◎塩濃度(35%)
 →少し低温・高压に
 ◎硫化水素・二酸化炭素
 →高温・低压に拡大



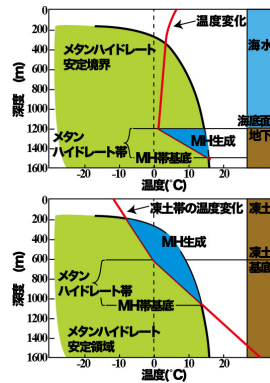
メタンの起源

- (1) 生物発酵起源のガス (メタン生成)
 (2) 有機物の熱分解起源のガス
 (3) 火山性ガス



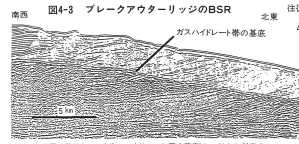
メタンハイドレートの安定領域

- (1) 海底の場合
 ◎400m以深の海底下で安定
 ◎右図の場合
 →1200~1500mで安定。
 (2) 永久凍土地帯
 ◎右図: 表面温度-12°Cの時
 ◎200~1000mで安定。

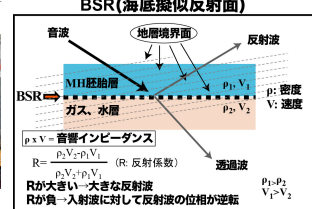


メタンハイドレートの探索とBSR

- (1) BSR: 海底擬似反射(Bottom Simulating Reflector)



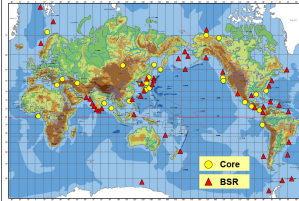
- ①地層の境界面とは斜交し、海底面に平行に強い反射面が存在する
 ②メタンハイドレート層の基底



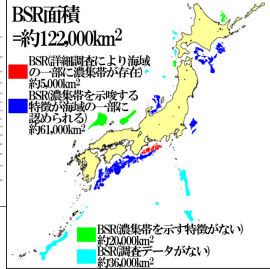
南海トラフコア

メタンハイドレートの分布

世界のメタンハイドレート分布域



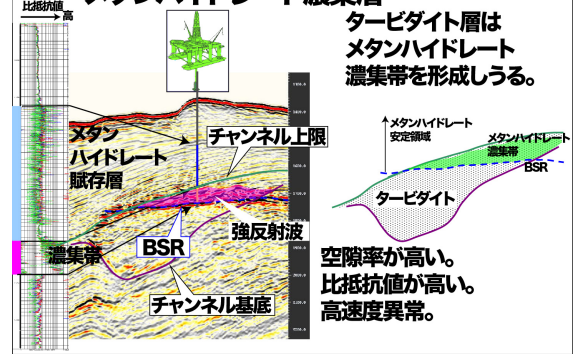
日本周辺のメタンハイドレート分布



メタンハイドレートの濃集帯

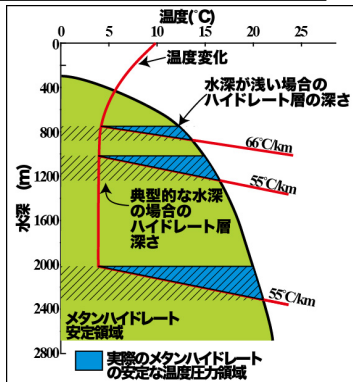
メタンハイドレート濃集層

タービダイト層はメタンハイドレート濃集帯を形成しうる。

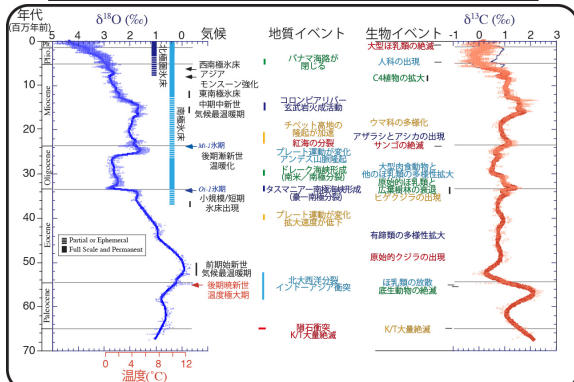


メタンハイドレート帯の厚さ

一般に水深が深い方が、より厚いメタンハイドレート層を形成し易い



メタンハイドレート分解と地球史



ケロジェンを4グループに分類と石油生成との関係

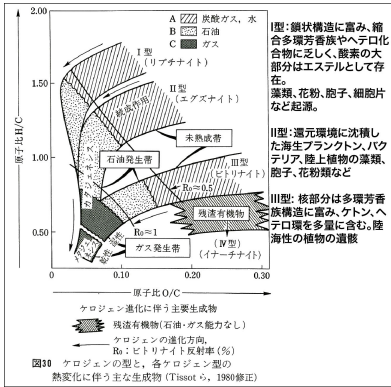
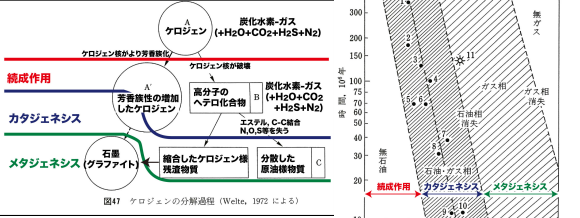


図10 ケロジェンの型と、各ケロジェン型の熱変化に伴う主な生成物 (Tissotら, 1989修正)

ケロジェンから炭化水素へ



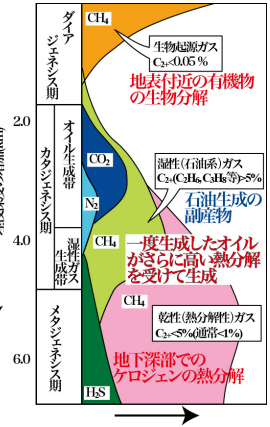
縮成作用期
 ①官能基が取り除かれるO→H₂O, CO₂, N₂やCH₄などのガスも
 ②ケロジェン核が分離。ケロジェン核はより芳香族に富む
 ③一部の分離したものは有機溶媒に溶解するNOS化合物となる

カタジェネシス期
 ①結合がより多く切られ、小さくなる。
 ②NOS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
 ①C-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

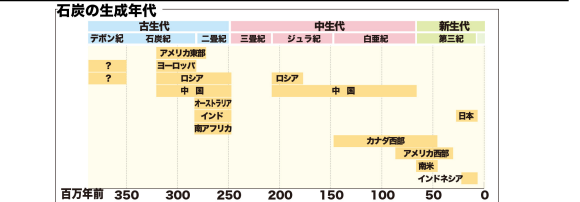
天然ガス

- (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

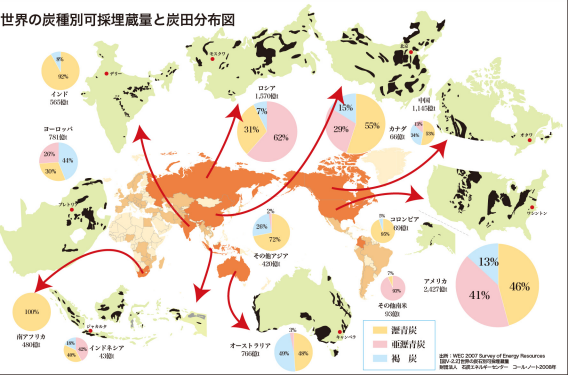


石炭の分布、年代

- (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

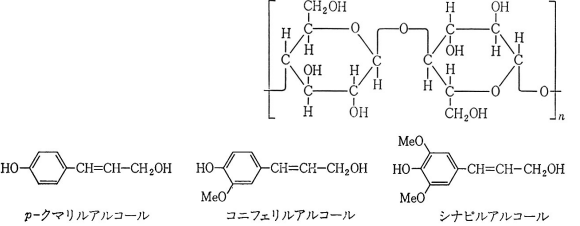


石炭の分布、年代

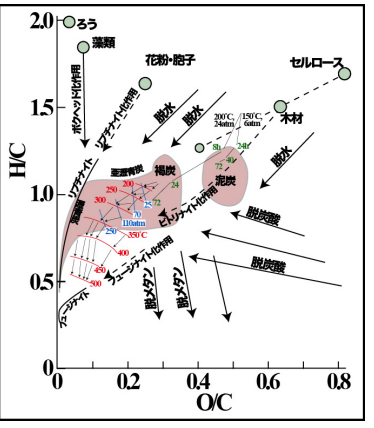


石炭の起源物質

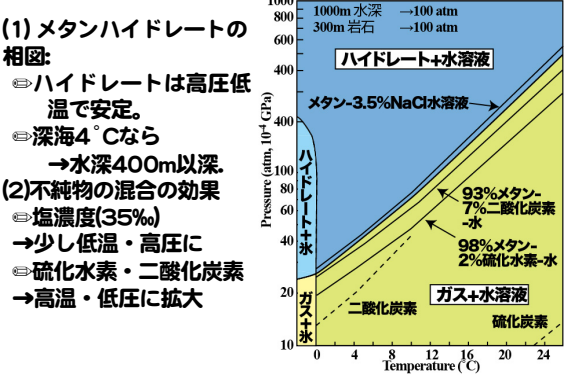
- (3) 石炭の起源物質:
 ①陸上植物のセルロース(陸上植物, >50%)vsリグニン(ca.30%)
 セルロース:細胞膜の主要成分
 リグニン:セルロースで構成された植物組織の結合



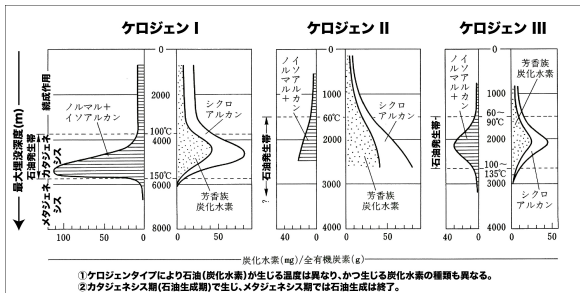
石炭の形成プロセス



メタンハイドレートの安定領域

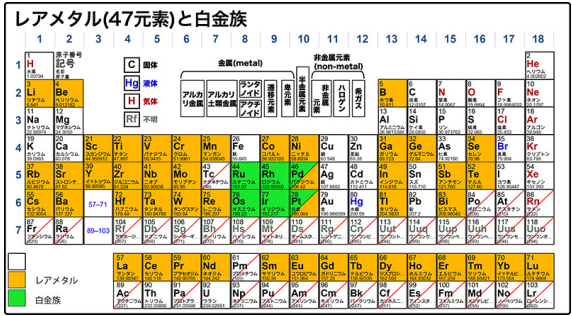


カタジェネシス期と炭化水素形成(石油生成)

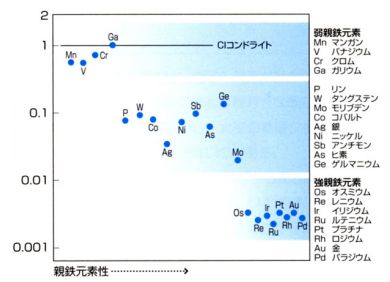


①特に、Ⅰ型は安定なC-C結合が主な化学結合のため、オイル生成は比較的高温で始まり、狭い温度範囲で起る。

レアメタル: 白金族, 希土類元素



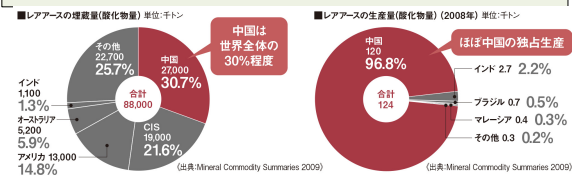
マンツルの組成(親鉄元素)



- 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

レアメタルの問題点

寡占状態になり易い
→地政学問題

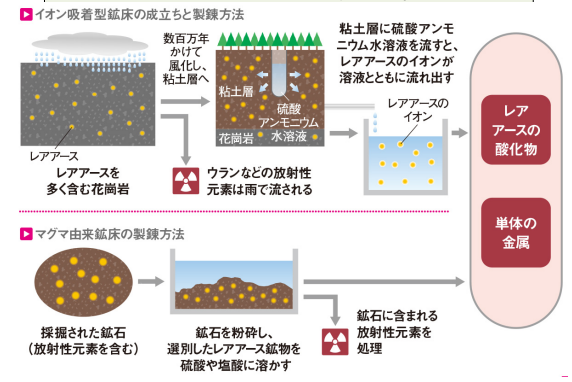


レアメタルの問題点

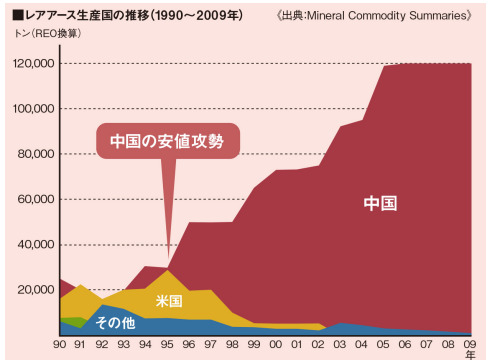


レアメタル	中国	インド	ブラジル	マレーシア	その他
セリウム	97%	2%	0%	0%	1%
プラセオジム	97%	2%	0%	0%	1%
ネオジム	97%	2%	0%	0%	1%
プロセオジム	97%	2%	0%	0%	1%
サマリウム	97%	2%	0%	0%	1%
ユビウム	97%	2%	0%	0%	1%
ホウミウム	97%	2%	0%	0%	1%
エールビウム	97%	2%	0%	0%	1%
テールビウム	97%	2%	0%	0%	1%
イットリウム	97%	2%	0%	0%	1%
スカンジウム	97%	2%	0%	0%	1%
ランタノイド	97%	2%	0%	0%	1%
タリウム	97%	2%	0%	0%	1%
セリウム	97%	2%	0%	0%	1%
プラセオジム	97%	2%	0%	0%	1%
ネオジム	97%	2%	0%	0%	1%
プロセオジム	97%	2%	0%	0%	1%
サマリウム	97%	2%	0%	0%	1%
ユビウム	97%	2%	0%	0%	1%
ホウミウム	97%	2%	0%	0%	1%
エールビウム	97%	2%	0%	0%	1%
テールビウム	97%	2%	0%	0%	1%
イットリウム	97%	2%	0%	0%	1%
スカンジウム	97%	2%	0%	0%	1%

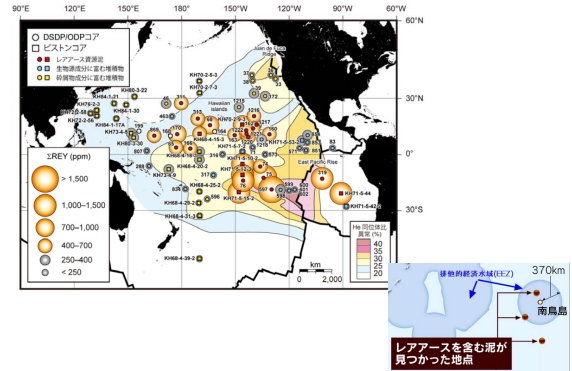
レアメタルの問題点



レアメタルの問題点

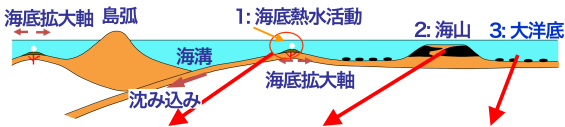


レアアースを探せ

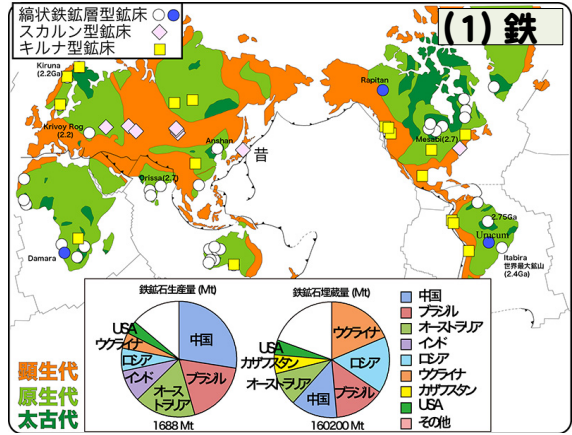


レアアースを探せ

海洋資源開発 (1) 3つのフィールド

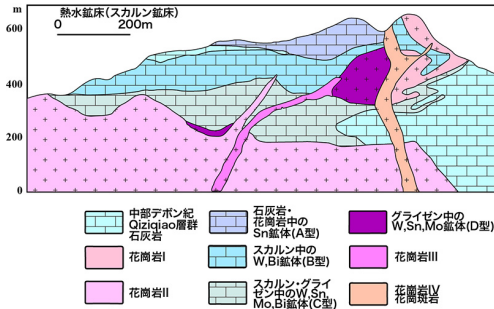


	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	レアアース
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してきたもの	海底の岩石を皮殻状に覆う厚さ数mm~10数cmのマンガン酸化物	泥状に賦存。陸上の全貯存量に比べ、約800倍の量の存在が見込まれる。
含有する金属	銅、鉛、亜鉛、金、銀や、アルミニウム、ガリウム等レアメタル	マンガン、銅、ニッケル、コバルト、白金等	中重希土類元素を含むレアアースを含有
分布する水深	500m~3,000m	1,000m~2,400m	4,000~6,000m



(1) スカルン型

(1) 鉄



石灰岩と火成岩の間での熱水鉱床

(3) 縞状鉄鉱層型

(1) 鉄



縞状鉄鉱層

18億年前以前

海水中の Fe^{2+} が酸化されて、 Fe^{3+} になり、沈殿($FeO(OH)$)

縞状マンガン層

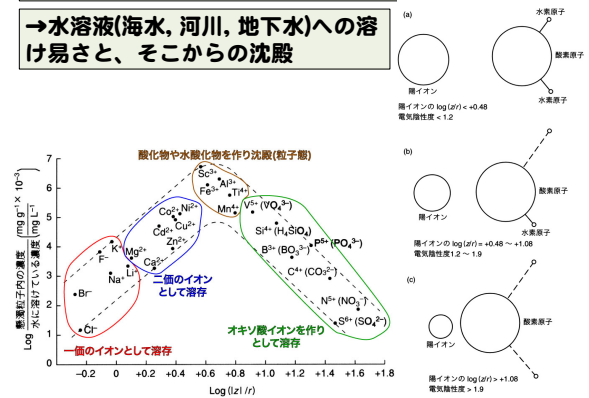
23億年前

海水中の Mn^{2+} が酸化されて、 Mn^{3+} または Mn^{4+} になり、沈殿

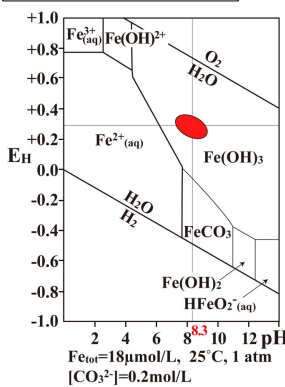


(1) 堆積性鉱床: Fe, Mn, U, Pについて

→水溶液(海水, 河川, 地下水)への溶け易さと、そこからの沈殿

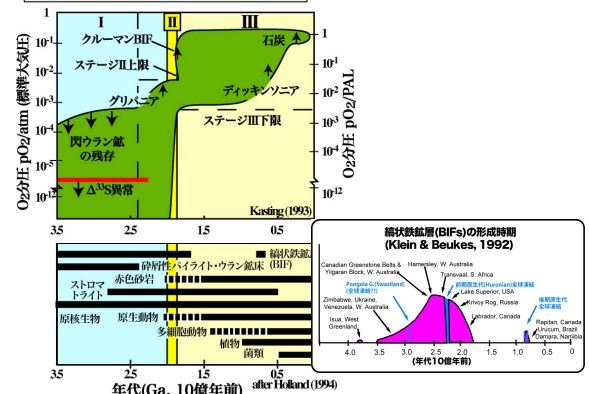


Feについて



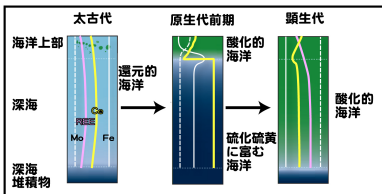
鉄は Fe^{2+} だと可溶、 Fe^{3+} だと不溶
 錯体 $Fe(H_2O)_6^{2+}$, $Fe(H_2O)_6^{3+}$
 $Fe(HCO_3)_2(aq)$

大気・海洋の酸素濃度の上昇

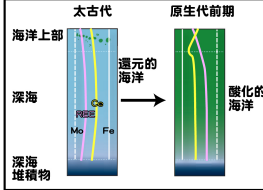


大気・海洋の酸素濃度の上昇

Canfield モデル

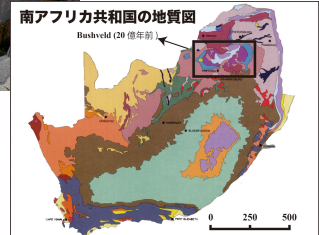


Cloud モデル

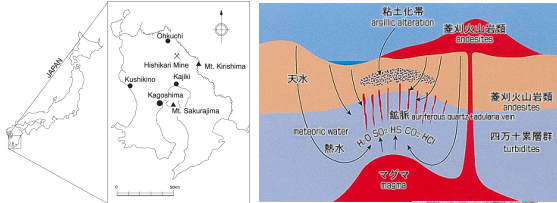


(2) 白金属鉱床

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



(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)

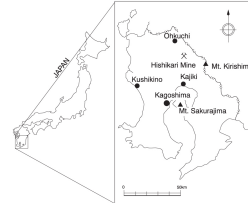


第11図 菱刈金山位置図

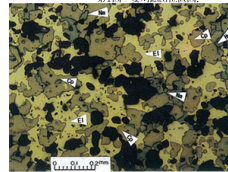
1985年の出鉱開始以来165.7トン(2008年3月末現在)の金を産出。
菱刈鉱山は鉱石1トン中に含まれる平均金量が40グラムを超えるという高品位(世界の主要金鉱山の平均品位は約5グラム)を誇っており、現在1年間に7.5トンの金を産出しています。商業規模で操業が行われている国内の唯一の金産出鉱山。



(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



第11図 菱刈金山位置図



ウラニナイト

UO₂の黒色の鉱物

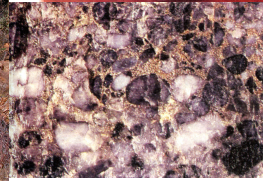
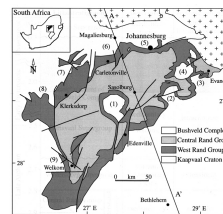
Uについて
+3, +4, +5, +6が存在
①酸化的〜少し酸化的な状態
UO₂²⁺やU⁴⁺が最も安定

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。

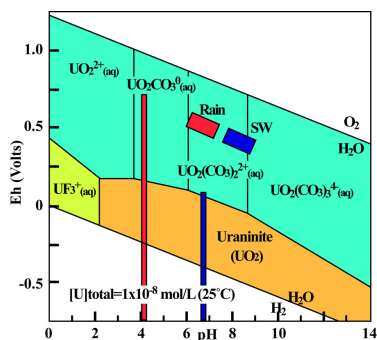


Witwatersrand conglomerate



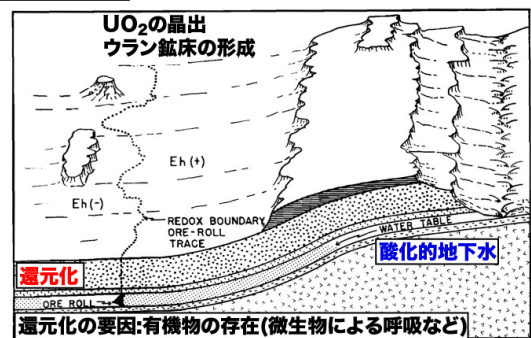
ウラニナイトの安定領域とfO₂

UO₂安定領域

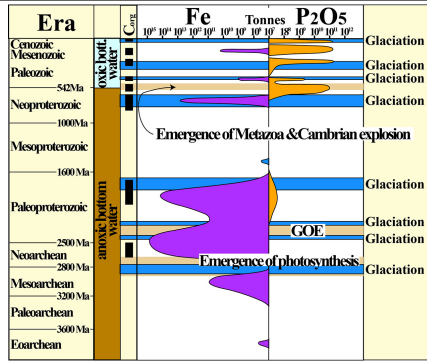


大気・海洋が酸化的になって以降の鉱床

ウラン鉱床

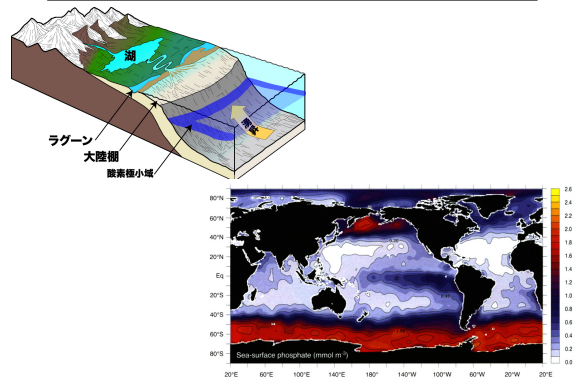


リン酸塩岩の堆積と生命進化



Pufahl & Hiatt (2012) Marine and Petroleum Geology

リン酸塩岩の堆積



リン酸塩岩の堆積と生命進化

