

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・氷河成相
⑦ 5月29日	碎屑岩の続成作用
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	炭酸塩岩の続成作用
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(南ア), ダイヤモンド
 ④**その他**
 ~金

資源・鉱床

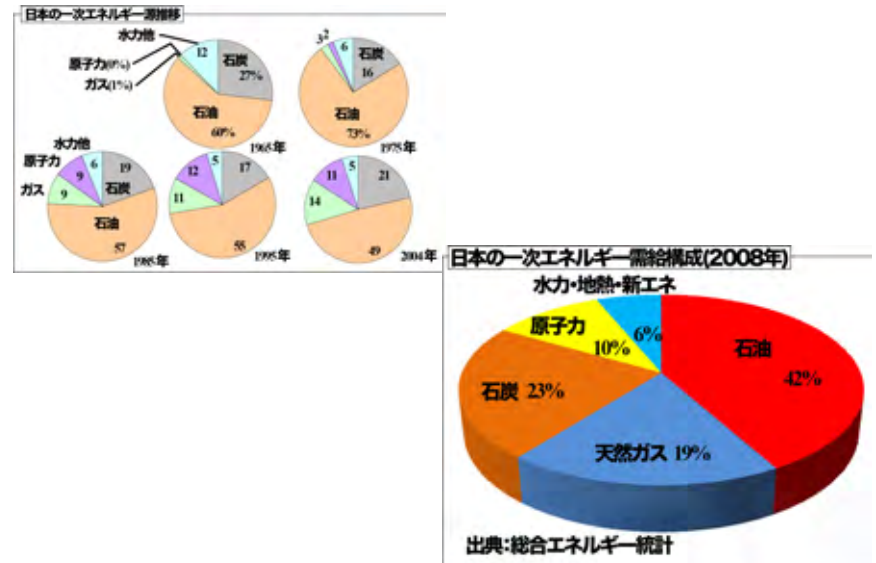
(1) 鉱産資源 : ベースメタル: 鉄, Mn
 : レアメタル: 白金族, 希土類元素

(2) エネルギー : 石油, (石炭), 天然ガス(メタンハイドレート)

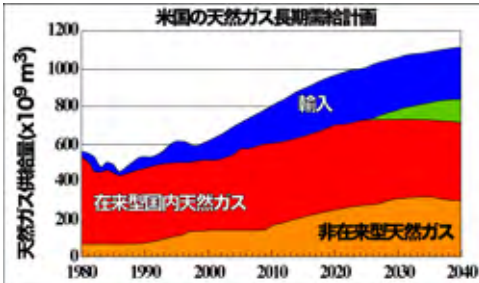
ベースメタル(Fe, Al, Cu, Zn, Pb):
 採掘が容易。埋没量, 生産量が多い。
 精錬が容易。

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

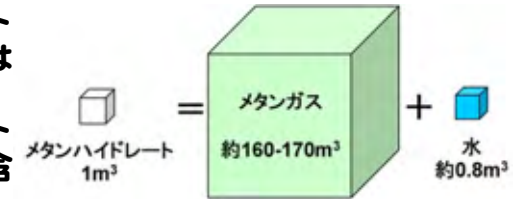
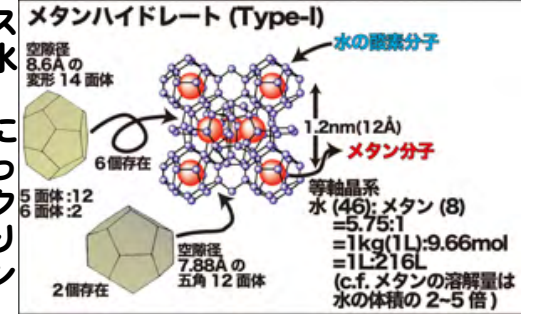


非在来型天然ガス

	原始資源量 (Ronger,H,1996)	貯留層特性	生産量他 (寺崎, 2006)
コールベッドメタン (Coalbed methane, 石炭層中のメタン)	258 x 10 ¹² m ³	炭層に吸着 数10m ³ /ton	450億m ³ (米国, 2003)
タイトサンドガス (浸透率が低い砂岩に 含まれる天然ガス)	210 x 10 ¹² m ³	κ: 0. 1-0.5md φ: 5-15%	1300億m ³ (米国, 2003)
シェールガス (頁岩に含まれる天然ガス)	456 x 10 ¹² m ³	κ: 0.001-2md φ: 4%以下	170億m ³ (米国, 2003)
メタンハイドレート	数100 x 10 ¹² m ³		

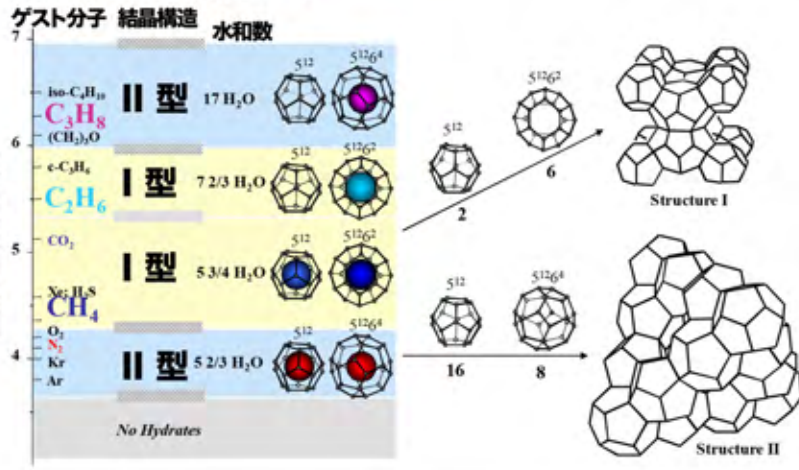
メタンハイドレート

- ⇒ 水分子とメタンガス分子とからなる氷状固体結晶。
- ⇒ 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の酸素同位体値は周囲より高くなる。
- ⇒ メタンハイドレートには塩素などは含まれない



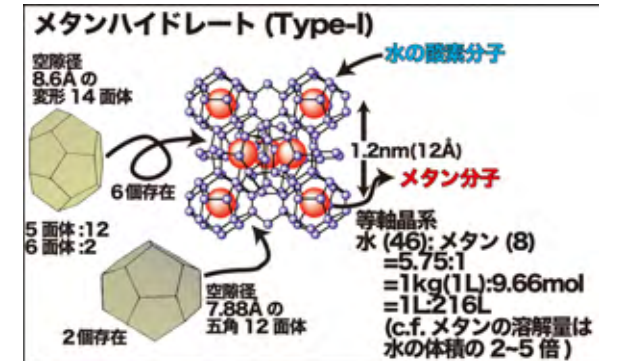
メタンハイドレート

ガス種と結晶型



メタンハイドレート

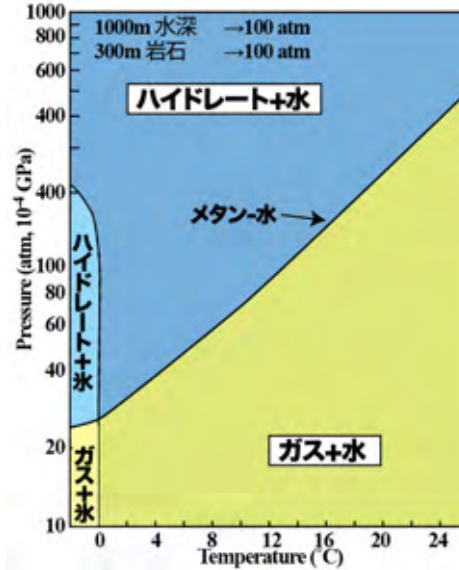
- (1) メタンハイドレート:
- ⇒ 水分子とメタンガス分子とからなる氷状固体結晶。
 - ⇒ 水分子は内部に5~6Åの空隙を持った立体網状構造(クラスレート)を作りその空隙にメタンガスが入り込む。



メタンハイドレートの安定領域

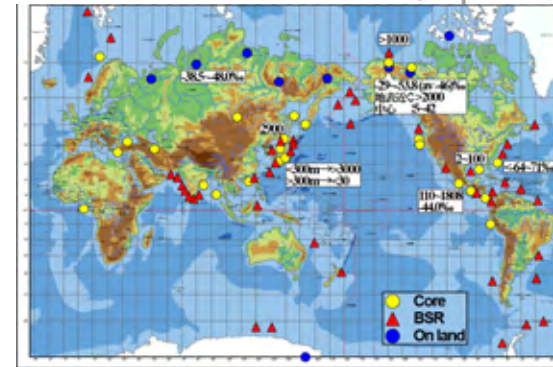
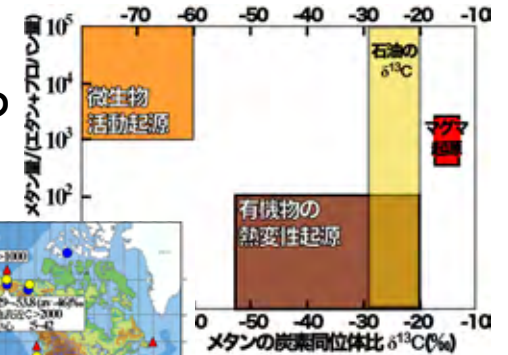
(1) メタンハイドレートの相図:

- ⇒ 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



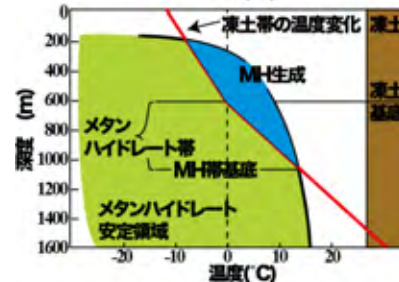
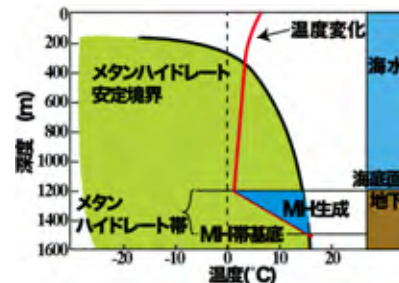
メタンハイドレートの安定領域

(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。

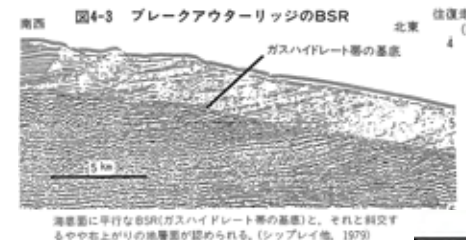
(2) 永久凍土地帯

- ⇒ 右図: 表面温度-12°Cの時
- ⇒ 200~1000mで安定。

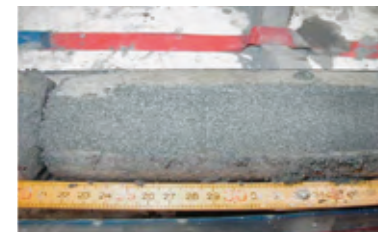


メタンハイドレートの探索とBSR

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

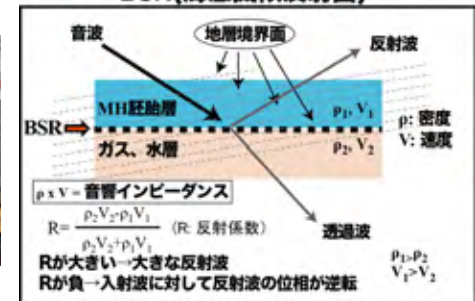


- ① 地層の境界面とは斜交し、海底面に平行に強い反射面が存在する
- ② メタンハイドレート層の基底



南海トラフコア

BSR(海底擬似反射面)



石油の地層

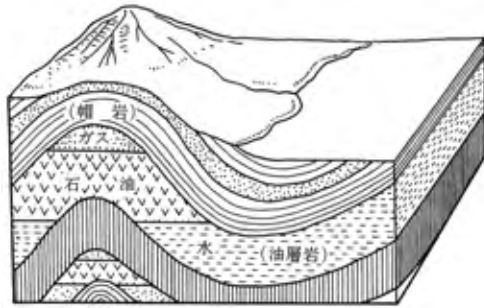


図12 地層の背斜構造での石油のたまり方

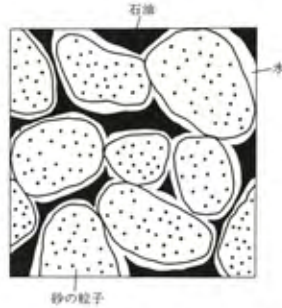


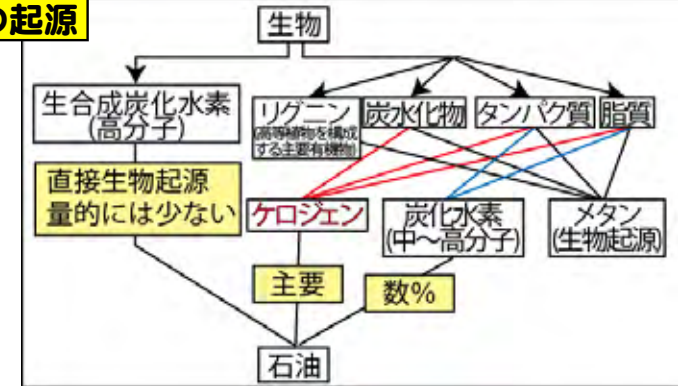
図13 貯留岩中に石油が含まれている状態

貯留岩中の構成粒子は表面張力の大きな水で覆われ、石油は水の間に存在。水は通常塩水（油田鹹水）で、海水起源とされているが、 SO_4^{2-} やアルカリ土類に枯渇、ただし、若い時代の油田鹹水は特に海水に似る

石油の起源

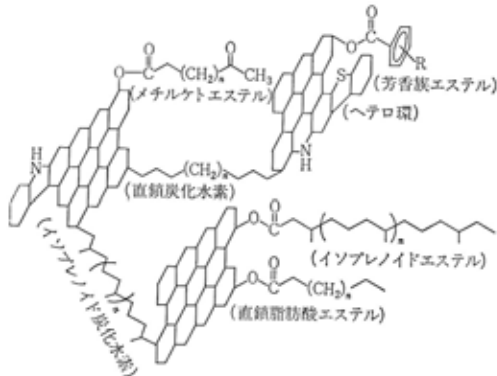
- (1) 炭化水素の起源 (有機説 vs. 無機説)。
- (2) 炭化水素の熟成 (熟成してから、濃集するのか、濃集してから、熟成するのか?)。
- (3) 炭化水素の濃集。

炭化水素の起源



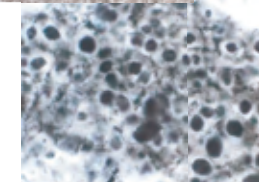
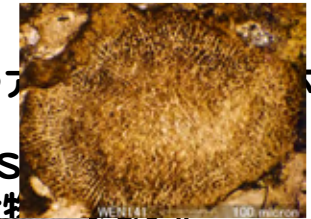
ケロジェンとは

- 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な有機物
- 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やすい種々の側鎖を持つ。→熟成によりなくなる

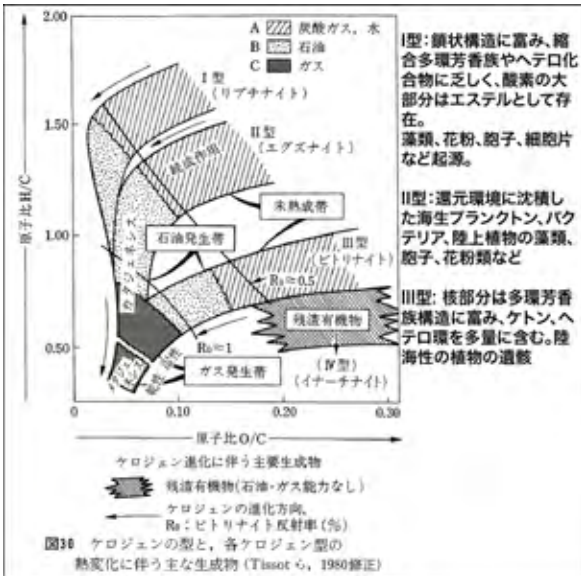


ケロジェンとは

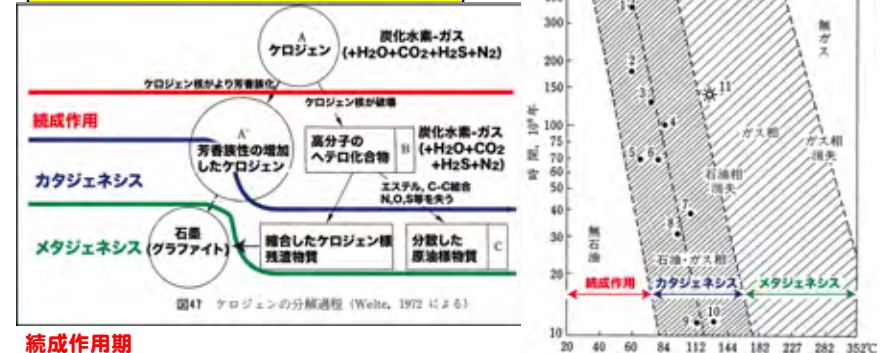
- ① 堆積物中に存在する有機溶媒やアルカリ水溶液に不溶な有機物
- ② C,H,Oを主成分とし、少量のN,Sを含んだ複雑な非晶質高分子有機物で、一定の化合物ではない。
- ③ 核の部分は芳香族構造からなり、アルキル鎖によって、網状構造。
- ④ 加水分解や酸化を受けやすい種々の側鎖を持つ。→熟成によりなくなる



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



縮成作用期

- 官能基が取り除かれるO→H₂O, CO₂, N₂やCH₄などのガスも
- ケロジェン核が分離。ケロジェン核はより芳香族に富む
- 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

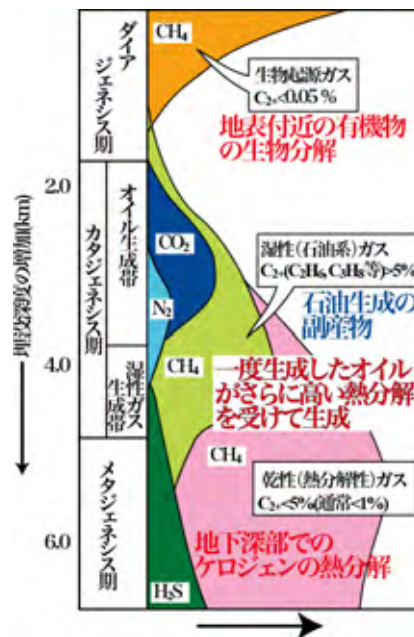
- 結合がより多く切れ、小さくなる。
- NOS化合物はエステルやC-C結合が破壊され、かつNOSなどのヘテロ原子もなくなる。→炭化水素(低~中分子量化)

メタジェネシス期

- 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

- 不燃性天然ガス~CO₂, N₂など
- 可燃性天然ガス~炭化水素, C₁~C₄脂肪族炭化水素
 - 生物起源ガスと熱分解性ガス
 - 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

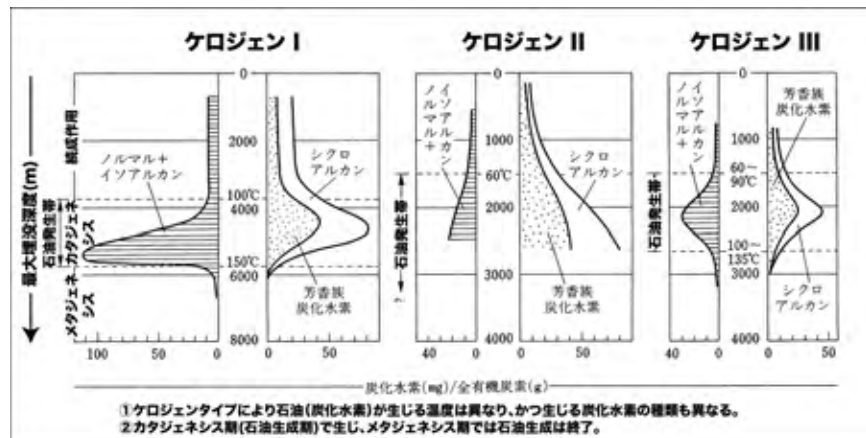
(2) 主要鉱床の時代:

- 石炭紀~二畳紀前半: 管束隠花植物陸上植物
- ジュラ紀~白亜紀前半: 裸子植物やシダ植物
- 白亜紀後半~古第三紀: 被子植物

石炭の生成年代

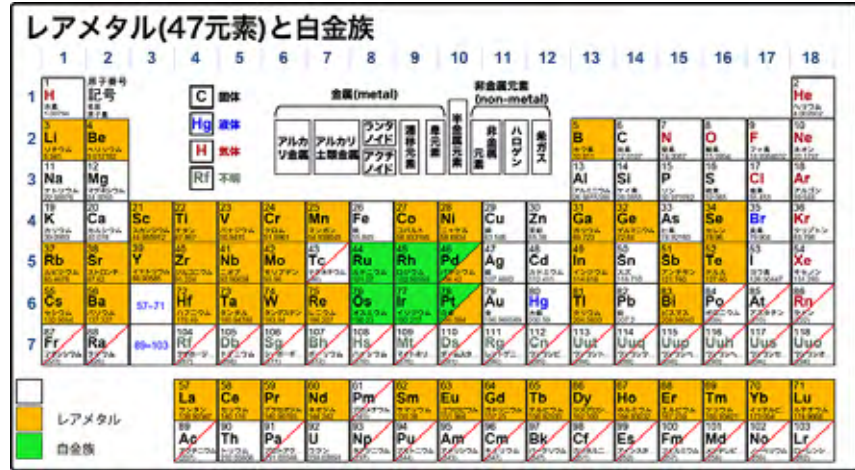


カタジェネシス期と炭化水素形成(石油生成)

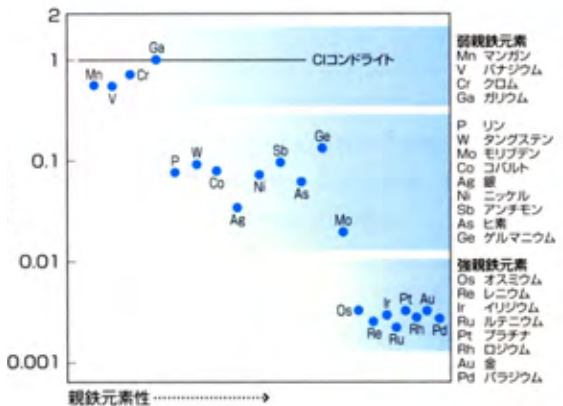


- ①特に、I型は安定なC-C結合が主な化学結合のため、オイル生成は比較的高温で始まり、狭い温度範囲で起る。

レアメタル: 白金族, 希土類元素



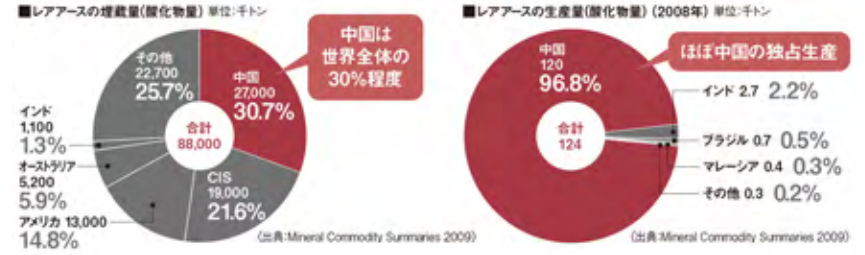
マンツルの組成(親鉄元素)



- 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

世界のレアース資源の分布



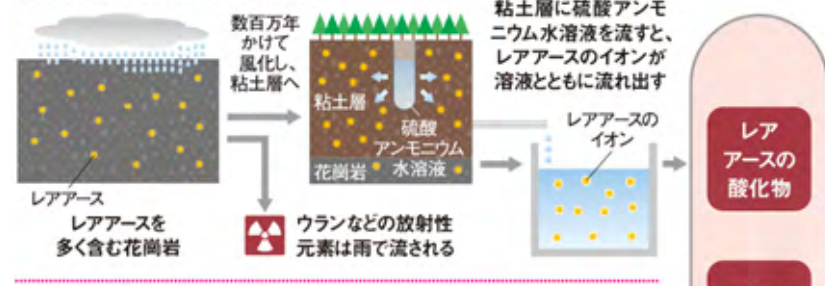
レアメタルは、一般的に希少性や毒性が高く、輸出国の政策の影響を受けやすいというリスクがある。

	資源の上位産出国 (2010年)	2010年のレアース消費国
レアース	中国 97%、インド 2%、オーストラリア 0.4%	中国
バナジウム	中国 41%、ロシア 32%、ロシア 20%	中国
マンガン	中国 91%、ロシア 2%、オーストラリア 2%	中国
鉄	中国 47%、ロシア 13%、オーストラリア 0%	中国
リチウム	中国 30%、オーストラリア 34%、オーストラリア 18%	中国
モリブデン	中国 30%、オーストラリア 25%、オーストラリア 10%	中国
インジウム	中国 52%、中国 14%、中国 12%	中国
コバルト	中国 51%、ロシア 13%、中国 7%	中国
マンガン	中国 22%、中国 19%、中国 17%	中国
ニッケル	中国 17%、中国 10%、中国 10%	中国
銅	中国 40%、中国 10%、中国 0%	中国
亜鉛	中国 31%、中国 12%、中国 12%	中国
錳	中国 34%、中国 8%、中国 7%	中国

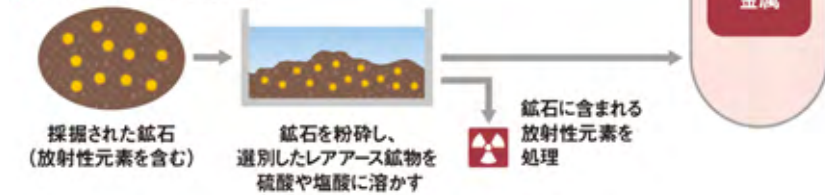
出典: Mineral Commodity Summaries 2011, World Steel Statistics 2011

レアメタルの問題点

イオン吸着型鉱床の成立と製錬方法

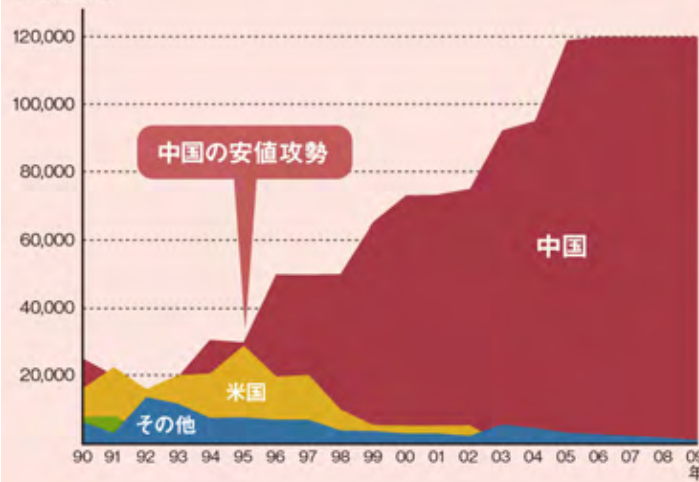


マグマ由来鉱床の製錬方法

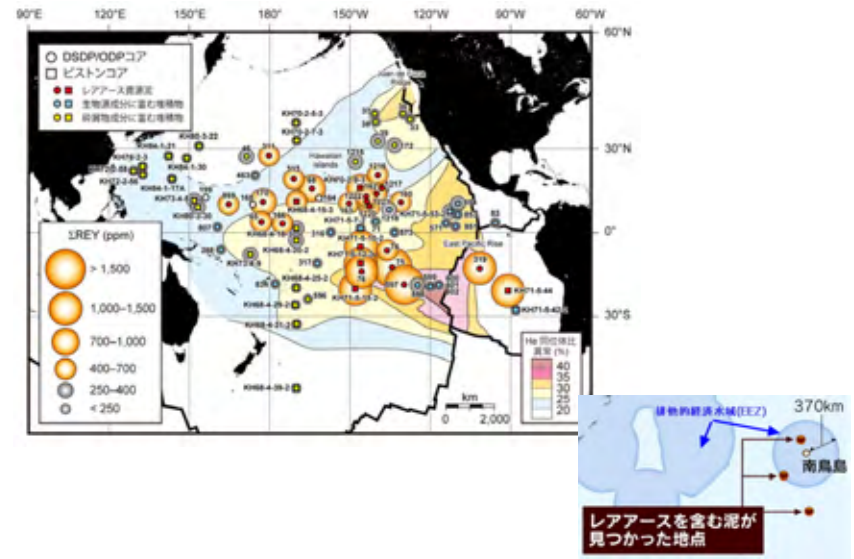


レアメタルの問題点

レアース生産国の推移 (1990~2009年) (出典: Mineral Commodity Summaries) トン (REO換算)

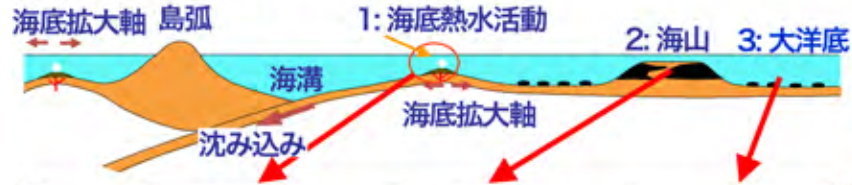


レアースを探せ

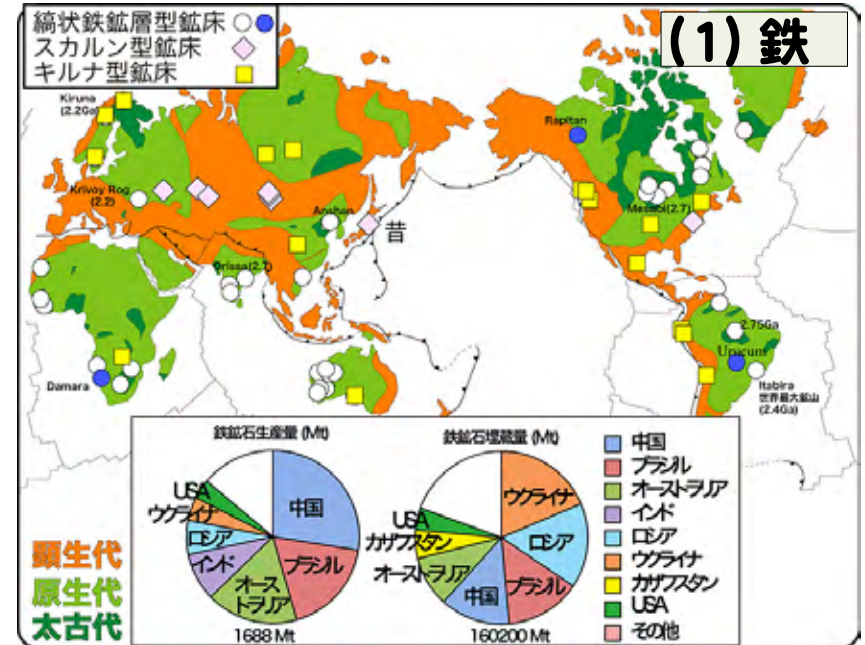


レアアースを探せ

海洋資源開発 (1) 3つのフィールド

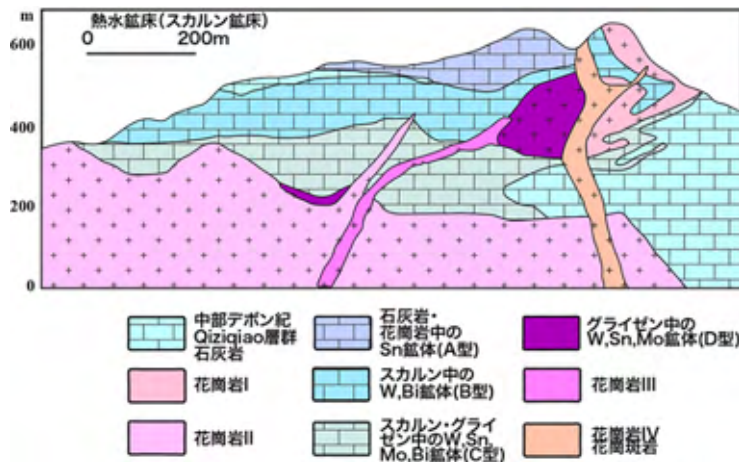


	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	レアアース
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してできたもの	海底の岩石を皮殻状に覆う厚さ数mm~10数cmのマンガン酸化物	泥状に賦存。陸上の全賦存量に比べ、約800倍の量の存在が見込まれる。
含有する金属	銅、鉛、亜鉛、金、銀やゲルマニウム、カリウム等レアメタル	マンガン、銅、ニッケル、コバルト、白金等	中重希土類元素を含むレアアースを含有
分布する水深	500m~3,000m	1,000m~2,400m	4,000~6,000m



(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

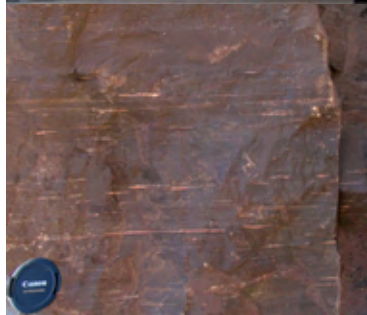
海水中の Fe^{2+} が酸化されて、 Fe^{3+} になり、沈殿($FeO(OH)$)



縞状マンガン層

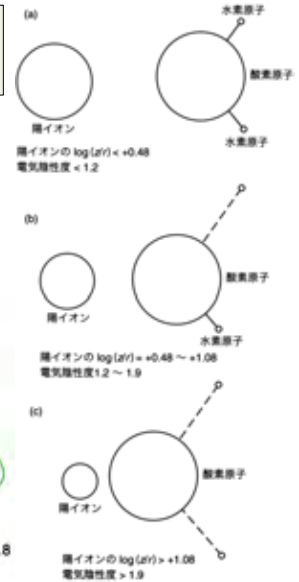
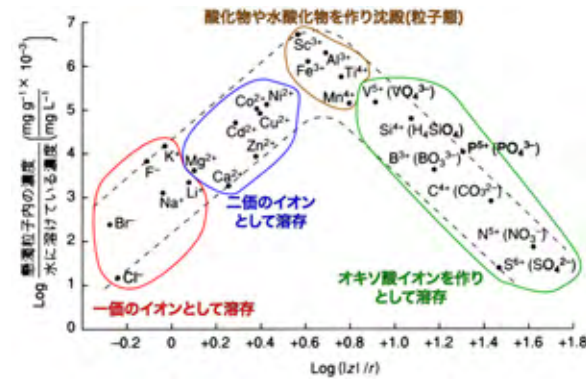
23億年前

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

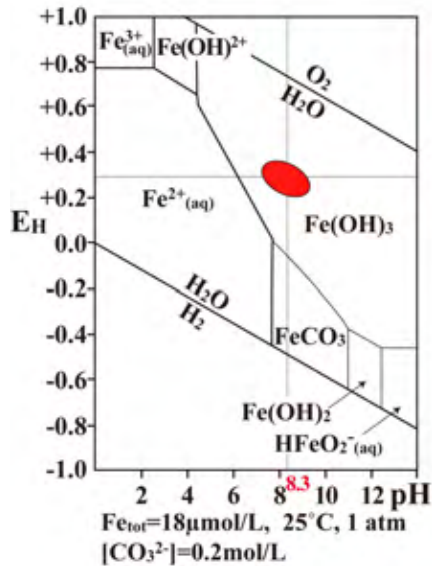


(1)堆積性鉱床: Fe, Mn, U, Pについて

→水溶液(海水, 河川, 地下水)への溶け易さと、そこからの沈殿

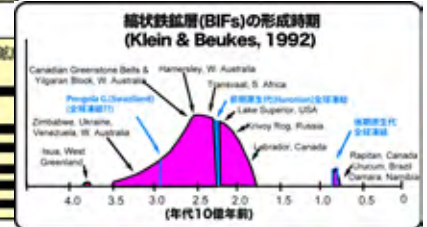
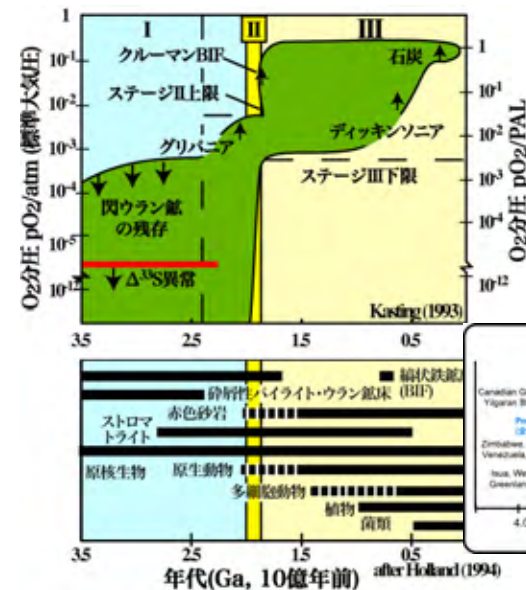


Feについて



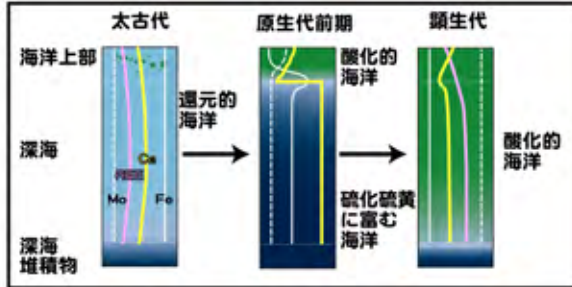
鉄は Fe^{2+} だと可溶、 Fe^{3+} だと不溶
錯体 $Fe(H_2O)_6^{2+}$, $Fe(H_2O)_6^{3+}$
 $Fe(HCO_3)_2(aq)$

大気・海洋の酸素濃度の上昇

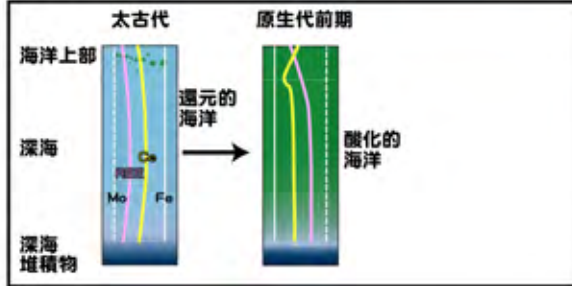


大気・海洋の酸素濃度の上昇

Canfield モデル



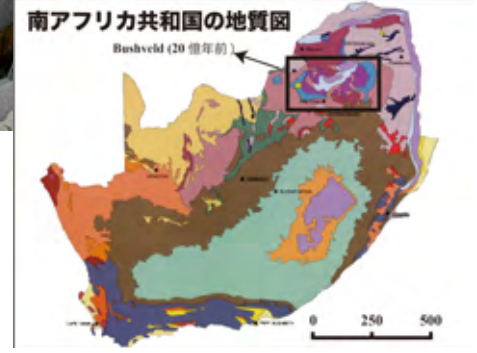
Cloud モデル



(2) 白金属鉱床



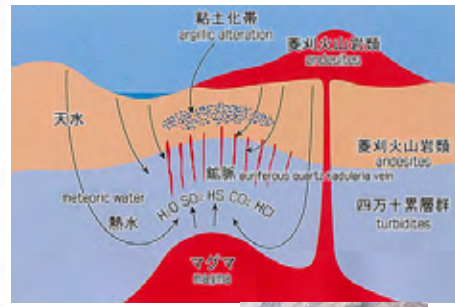
南アフリカのBushveld (20億年前) 巨大火山岩体の結晶化の時に白金属が濃集



(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



第11図 菱刈鉱山位置図

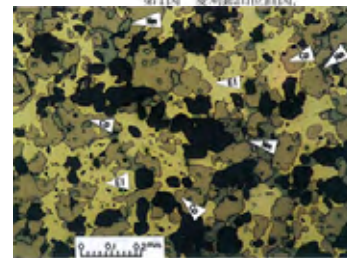


1985年の出鉱開始以来165.7トン(2008年3月末現在)の金を産出。菱刈鉱山は鉱石1トン中に含まれる平均金量が40グラムを超えるという高品位(世界の主要金鉱山の平均品位は約5グラム)を誇っており、現在も1年間に7.5トンの金を産出しています。商業規模で操業が行われている国内の唯一の金属鉱山。

(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



第11図 菱刈鉱山位置図



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酸化の～少し酸化の状態
UO₂²⁺やU⁴⁺が最も安定

②還元的な状態

UO₂(uraninite)

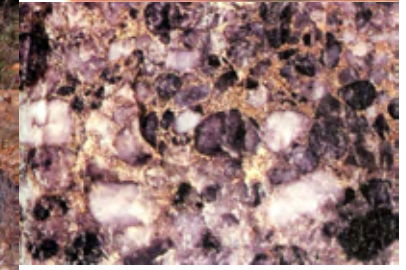
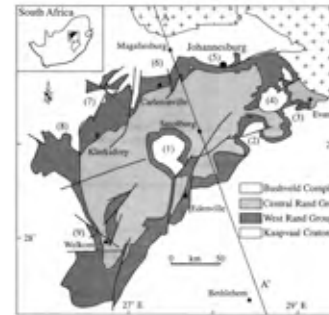
③他の価数は不安定

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。

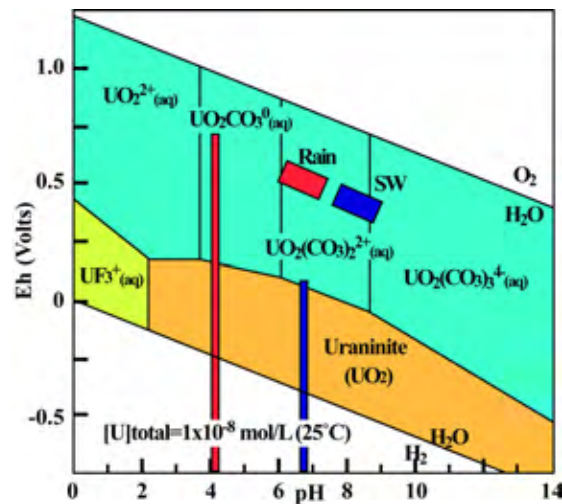


Witwatersrand conglomerate



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

