

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 准教授

2016/11/10

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, ボーキサイト)
- (3) 堆積性鉱床 : Pb, Fe, Zn, Mn, U, Pd, P, Rh(ロジウム), Os, Si, Al, Ca, Mg

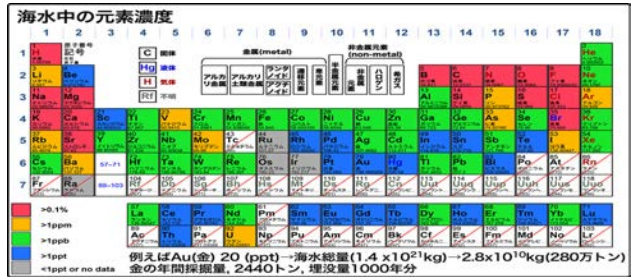
(1) 砂鉱(placer): 後背地に特殊な鉱物が多く含まれていて、それが川や風によって運ばれ堆積したもの

- (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. NaAlSi₃O₈ + H₂O → NaAl₂(OH)₄ + H₂O (含NaやSi)
NaAlSi₃O₈ + H₂O → Al₂Si₂O₇(OH)₂ + H₂O (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(ボーキサイト)。



海水中の微量元素の濃度の平均値の変遷 (海洋地球化学, 菊生俊敏 編)

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

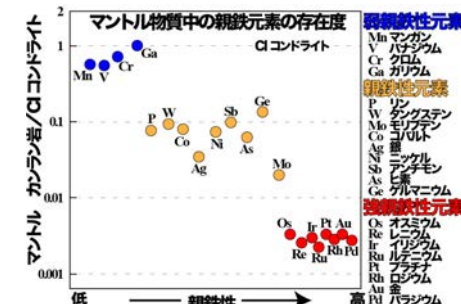
例えはAu(金) 20 (ppt)→海水総量(1.4 × 10²¹ kg)→2.8 × 10¹⁰ kg(280万トン)
金の年間採掘量, 2440トン, 埋没量1000年分

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。

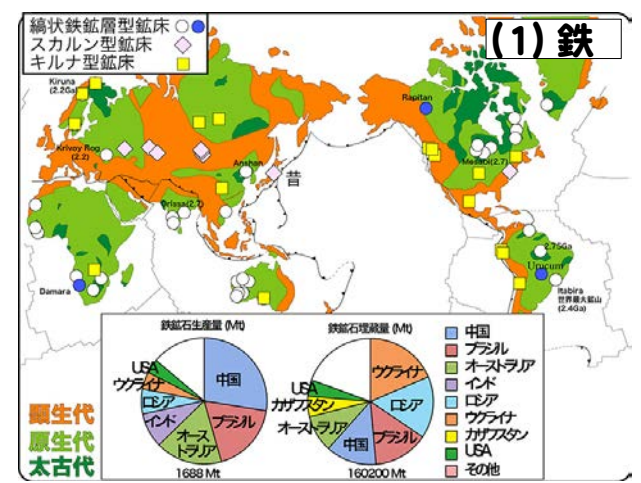
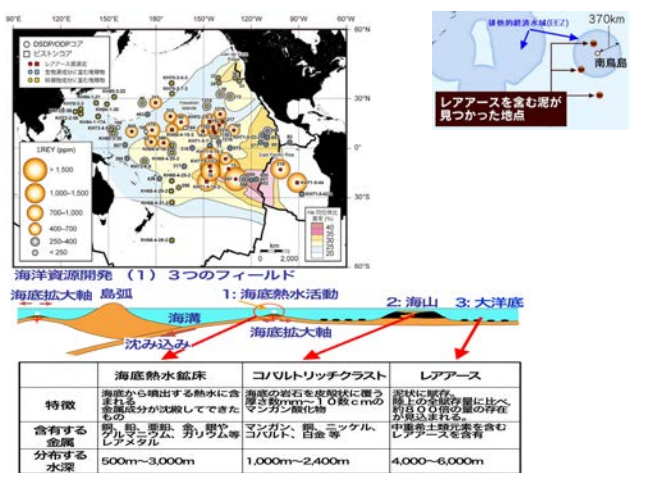
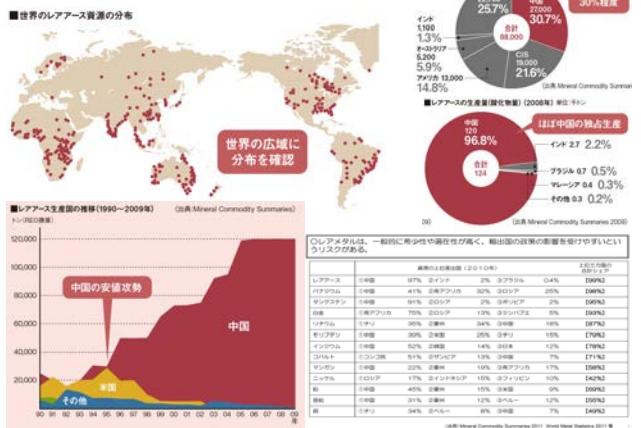


マンツルの組成 (親鉄元素)



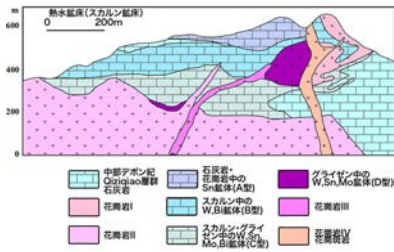
- ① 親鉄性元素はマンツルに少ない
- ② 強親鉄性元素もマンツルに含まれる
- ③ 強親鉄性元素濃度は一定

レアメタルの問題点



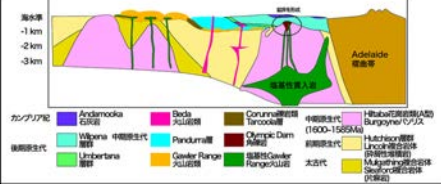
スカルン型

石灰岩と火成岩の間での熱水鉱床



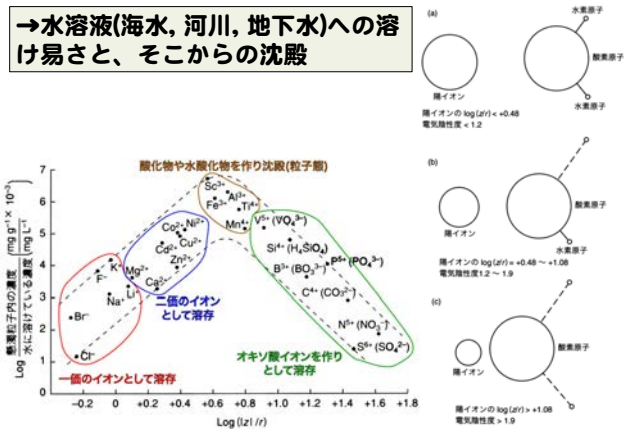
キルナ型

堆積岩とアルカリ花崗岩の間での熱水鉱床

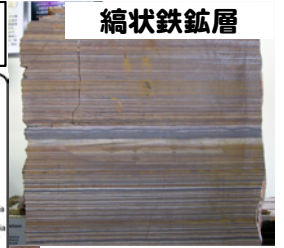
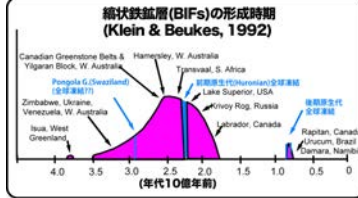


(1)堆積性鉱床: Fe, Mn, U, Pについて

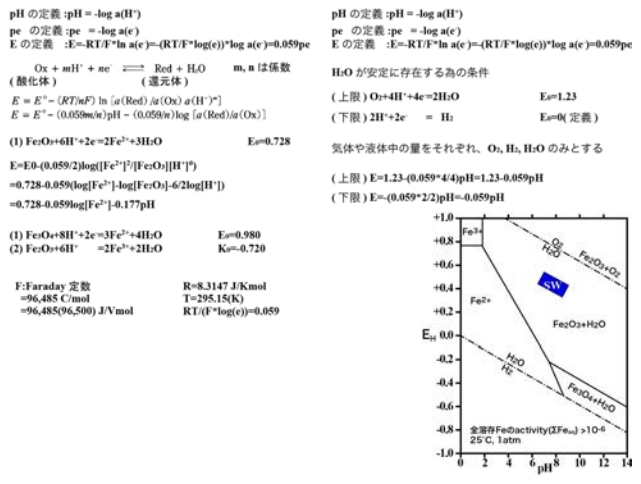
→水溶液(海水, 河川, 地下水)への溶け易さと、そこからの沈殿



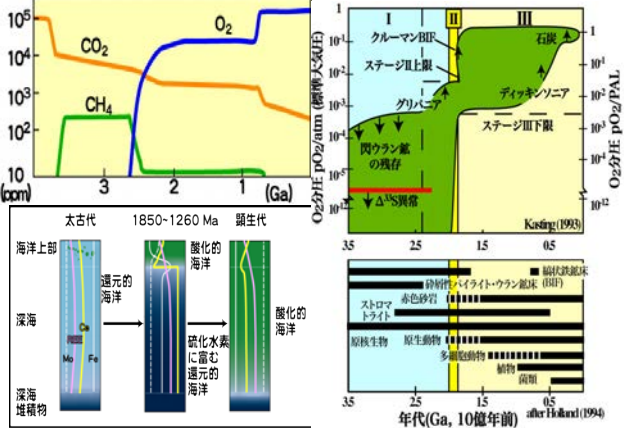
18億年前以前
海水中のFe²⁺が酸化されて、Fe³⁺になり、沈殿(Fe₂O₃, FeO(OH))



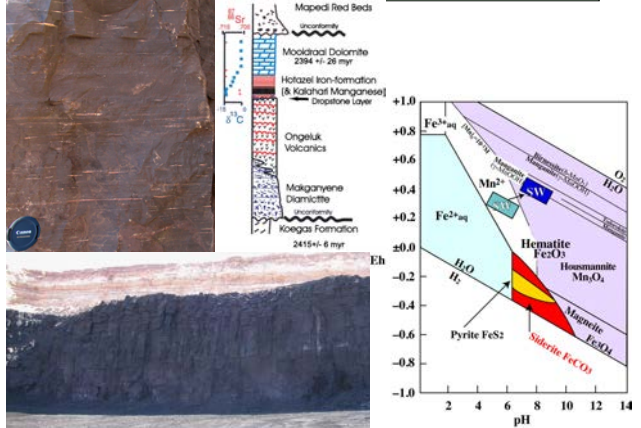
23億年前
海水中のMn²⁺が酸化されて、Mn³⁺またはMn⁴⁺になり、沈殿



大気・海洋の酸素濃度の上昇



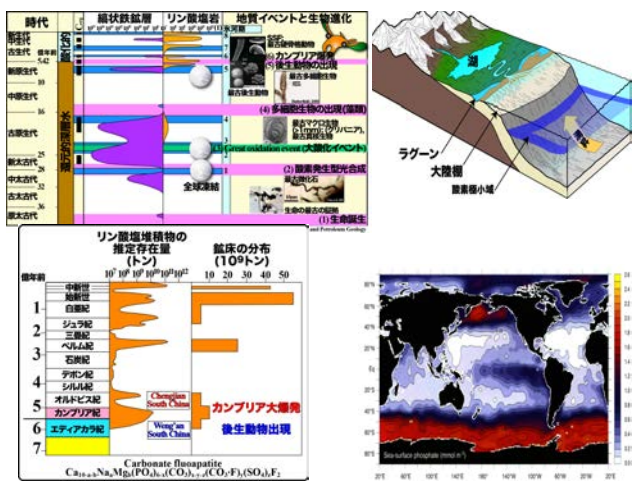
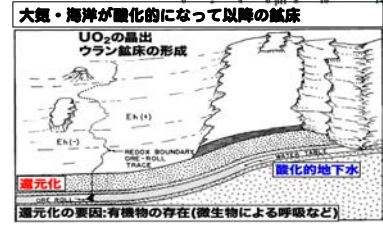
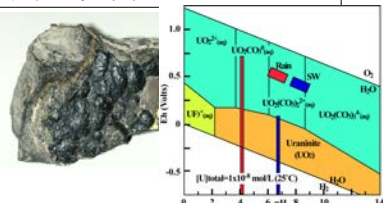
縞状マンガン層の形成と酸素濃度



ウラニナイト

UO₂の黒色の鉱物

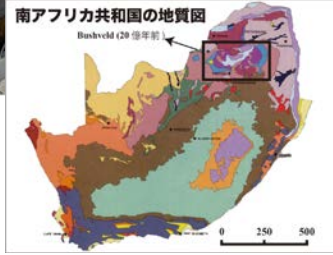
Uについて
+3, +4, +5, +6が存在
①酸化的な~少し酸化的な状態
UO₂²⁺やU⁴⁺が最も安定
②還元的な状態
UO₂(uraninite)
③他の価数は不安定
3価はすぐに4価になってしまう。
5価はUO₂⁺をつくり、結局6価や4価になってしまう。



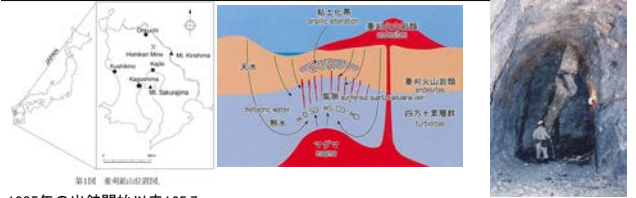
(2) 白金属鉱床



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

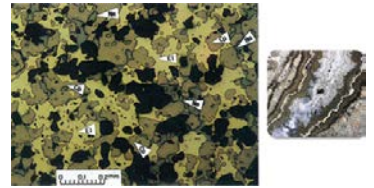


(3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)

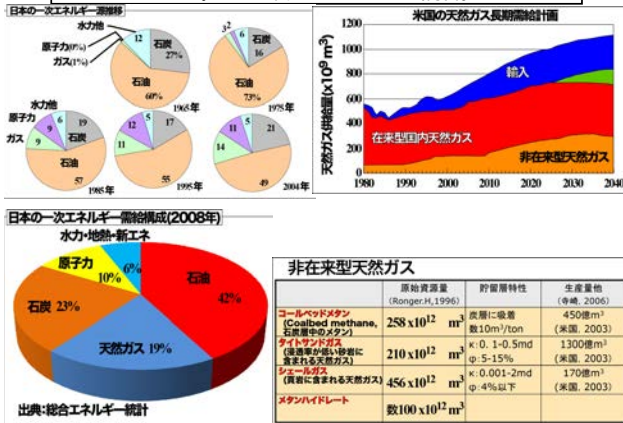


1985年の出鉱開始以来165.7
トン(2008年3月末現在)の金を
産出。

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。



日本の一次エネルギー構成



メタンハイドレート

メタンハイドレート (Type-I)

水分子とメタンガス分子とからなる氷状固体結晶。

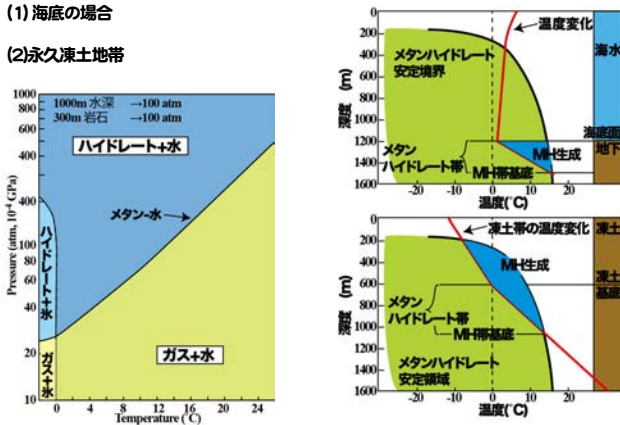
水分子は内部に5-6Åの空隙を持った立体網状構造(クラスレート)を作り、その空隙にメタンガスが入り込む。

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 1m³ = 約160-170m³ のメタンガス + 約0.8m³ の水

メタンハイドレートの安定領域



メタンハイドレートの探索とBSR

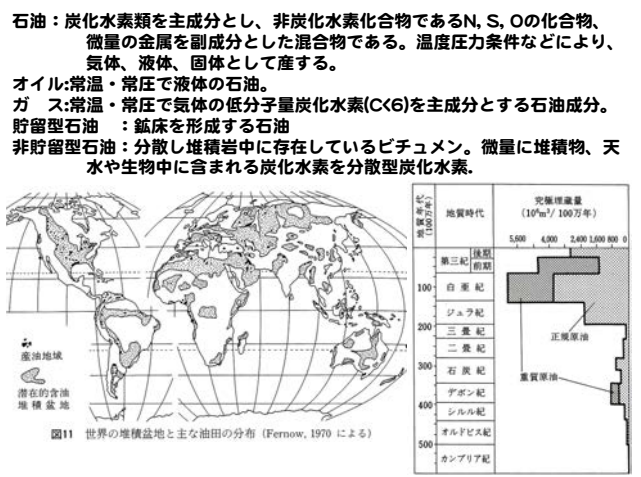
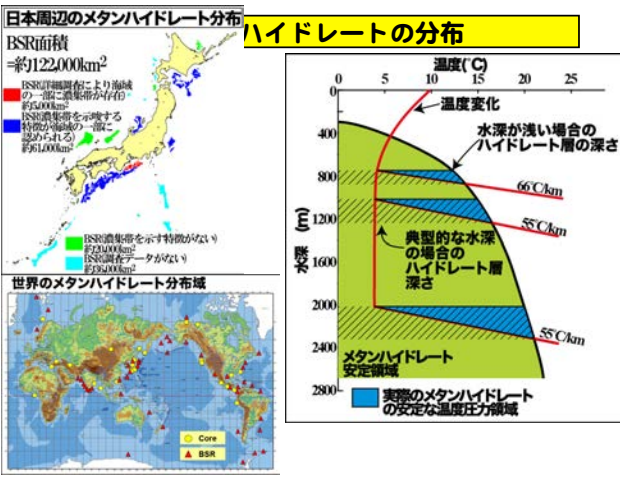
(1) BSR: 海底擬似反射(Bottom Simulating Reflector)

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

BSR(海底擬似反射面)

カナダ北部, Mallik のコア試料



石油の地層

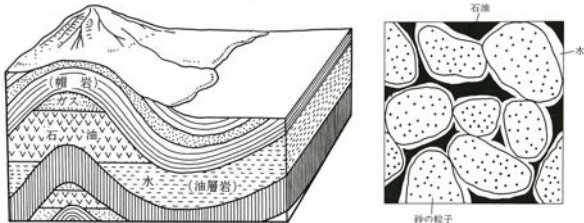


図12 地層の背斜構造での石油のたまり方

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

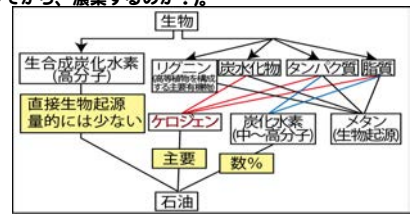
石油の起源

- (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?)。
- (3) 炭化水素の濃集。

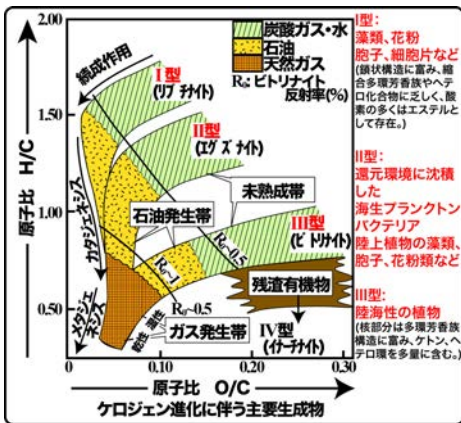
炭化水素の起源

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

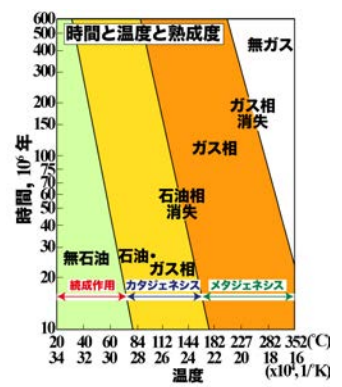


ケロジェンを4グループに分類と石油生成との関係



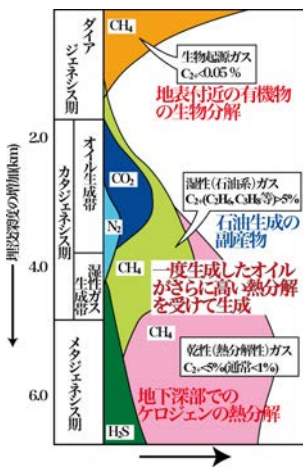
ケロジェンから炭化水素へ

- 続成作用期**
- ① 官能基が取り除かれる $O \rightarrow H_2O$, CO_2 , N_2 や CH_4 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~中分子重量) 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 $\sim CO_2, N_2$ など
 - (2) 可燃性天然ガス \sim 炭化水素, $C_1 \sim C_4$ 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

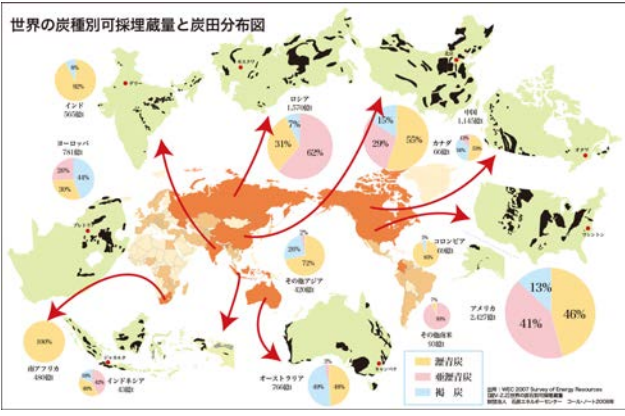


石炭の分布、年代

- (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~二畳紀前半：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

