

堆積学(夏学期, 水曜 2限(10:25~12:10))

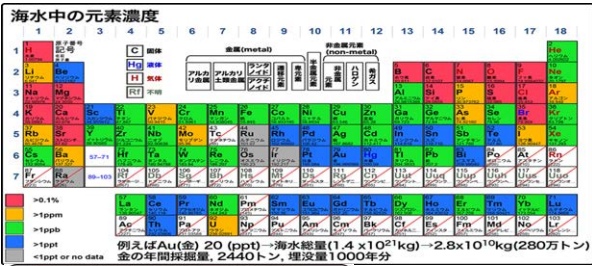
堆積性鉱床とエネルギー

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)として採れるには、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
- ②形成に長い時間が必要
- ③特定の場所と時期でのみ形成
- ④白金族(南ア)、ダイヤモンド
- ⑤その他
- ⑥金



海水中の微量元素の濃度の平均値の変遷 (海洋地球化学, 福生俊敏 編)

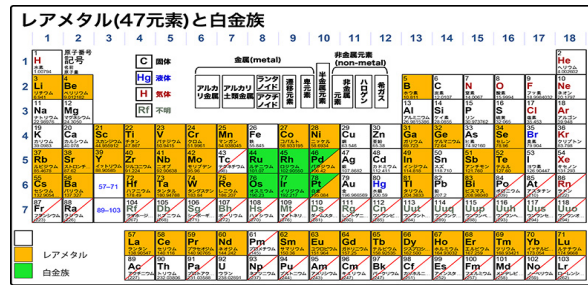
元素名	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代
鉄	180	36	0.7	0.6
銅	50	8	2	2
銀	3	0.3	0.03	0.02
金	0.02	0.02	0.06	0.00015
鉛	0.2	0.2	0.005	0.005
ヒスマス	0.1	0.1	0.05	0.00015

例えはAu(金) 20 (ppt) → 海水総量(1.4 × 10²¹kg) → 2.8 × 10¹⁰kg(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)

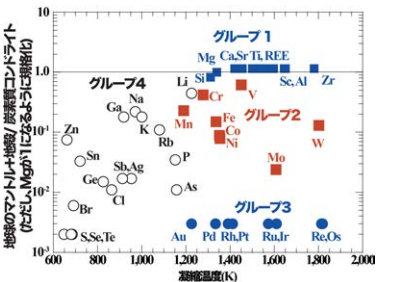
ベースメタル(Fe, Al, Cu, Zn, Pb): 採掘が容易, 埋没量, 生産量が多い. 精錬が容易.
レアメタル: 埋没量, 生産量が少ない. 天然で濃集しない. 精錬が困難.



化学沈殿岩(縞状鉄鉱層, 縞状Mn層など)

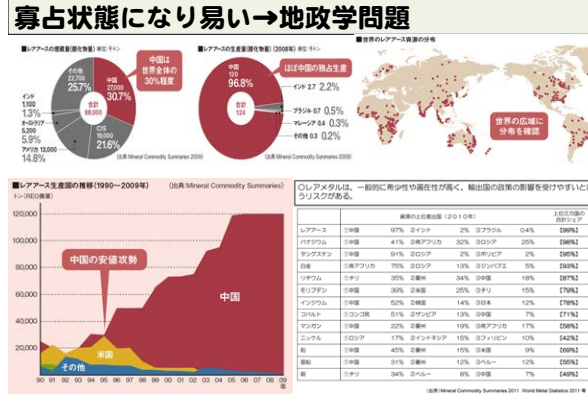
- 堆積性が主要な鉱床形成である有用元素
- (1) 砂鉱 : Sn, Au, Pt, REE, Zr, K, Na, Ba, S, Ca, Mg
 - (2) 残留鉱床 : Al, Ni(ラテライト, ボーキサイト)
 - (3) 堆積性鉱床 : Pb, Fe, Zn, Mn, U, Pd, P, Rh(ロジウム), Os, Si, Al, Ca, Mg
- (1) 砂鉱(placer): 後背地に特殊な鉱物が多く含まれていて、それが川や風によって運ばれ堆積したもの
- (1) 鉱物が化学的に安定
 - (2) 後背地に多く存在
 - (3) 多くの場合、その鉱物は比重や硬度が大きい。
- 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(Mg₃Al₂Si₃O₈), 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った粘土鉱物を形成する。
e.g. NaAlSi₃O₈ + H₂O → NaAlSi_{1.5}O₅(OH)₄ + H₂O(含NaやSi)
NaAlSi₃O₈ + H₂O → Al₂Si₂O₅(OH)₄ + 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)。

マントルの組成(親鉄元素)

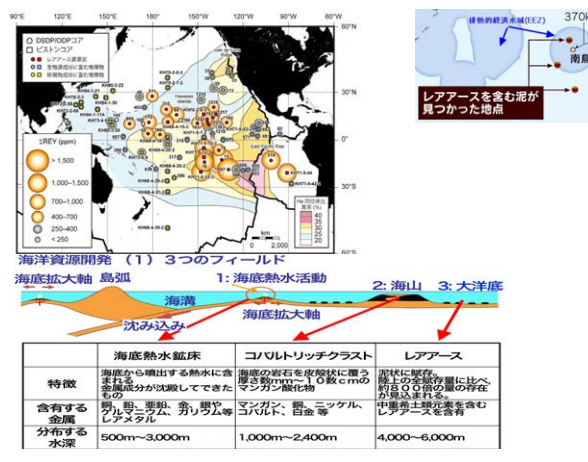
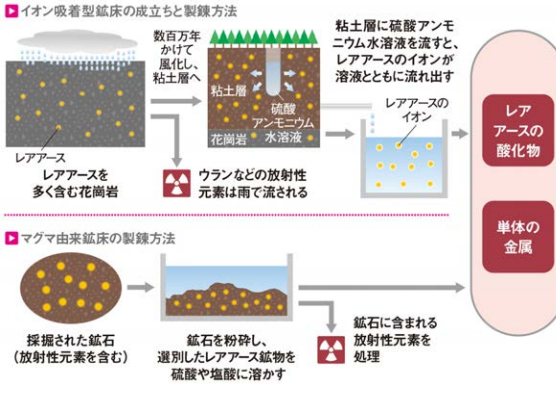


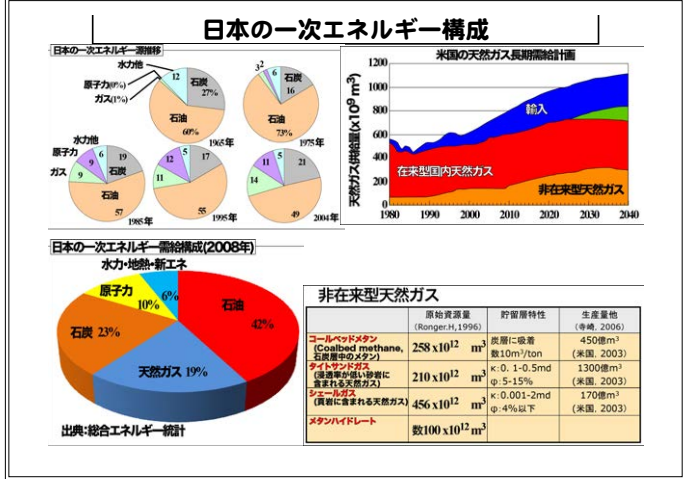
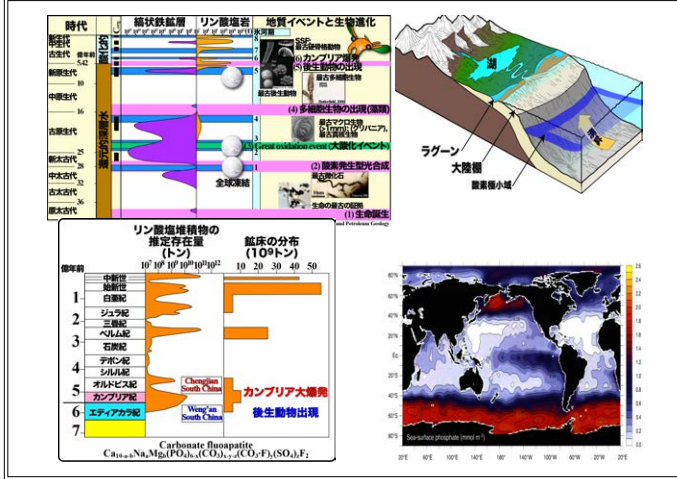
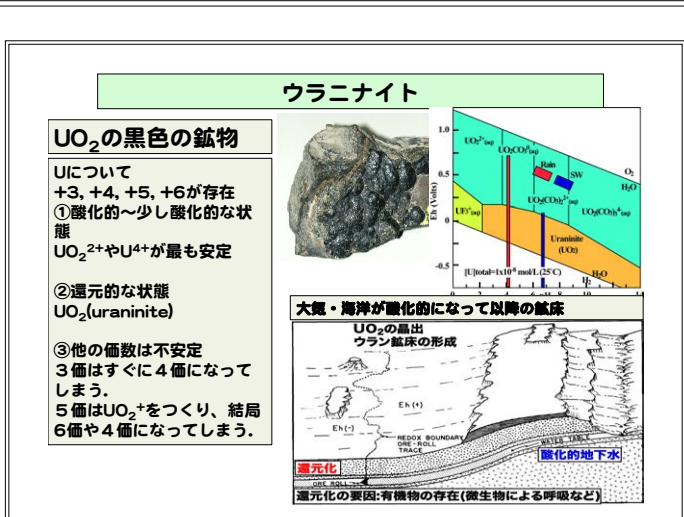
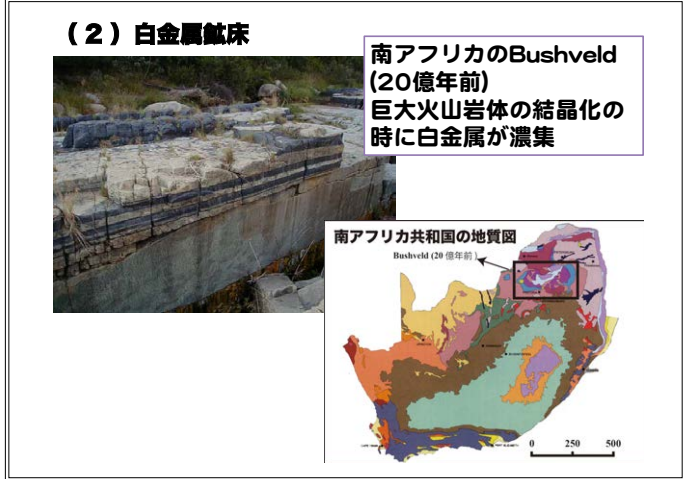
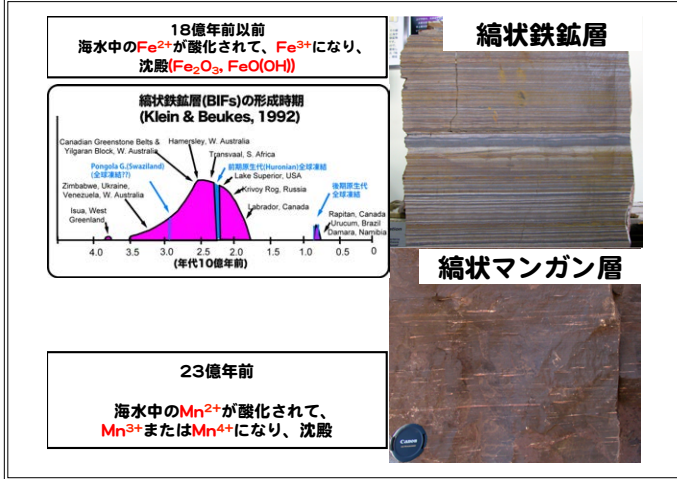
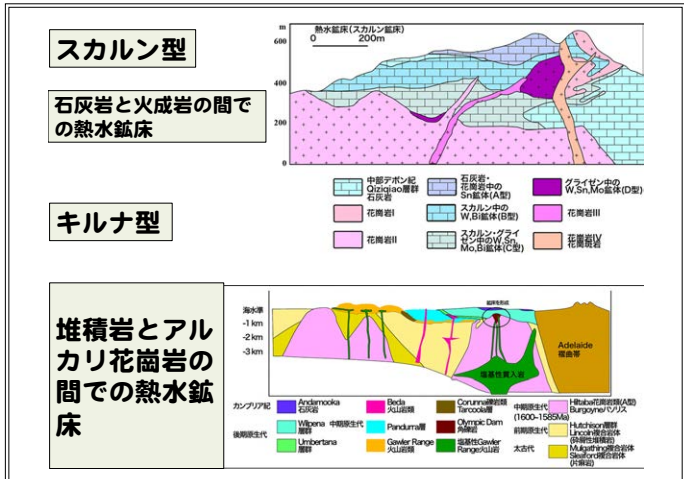
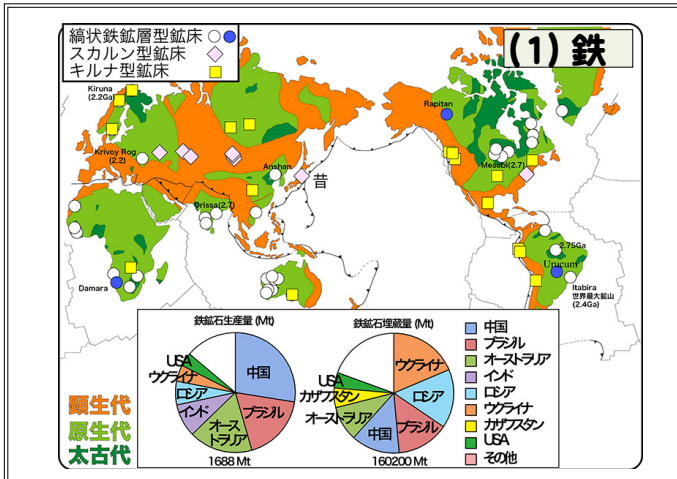
- ①親鉄性元素はマントルに少ない
- ②強親鉄性元素もマントルに含まれる
- ③強親鉄性元素濃度は一定

レアメタルの問題点



レアメタルの問題点





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 1m³

メタンハイドレート (Type-I)
空腔径 8.6Åの五角14面体
6個存在
等軸晶系
水 (46):メタン (8) = 5.75:1
=1kg(1L):9.66mol = 1L:21.6L
(c.f. メタンの溶解量は水の体積の2~5倍)

メタンガス 約160-170m³

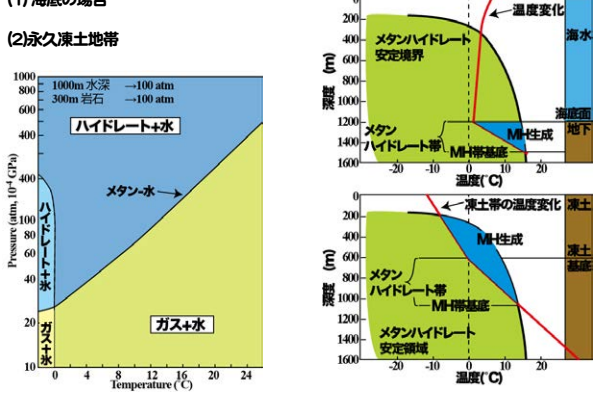
水 約0.8m³

メタンハイドレート

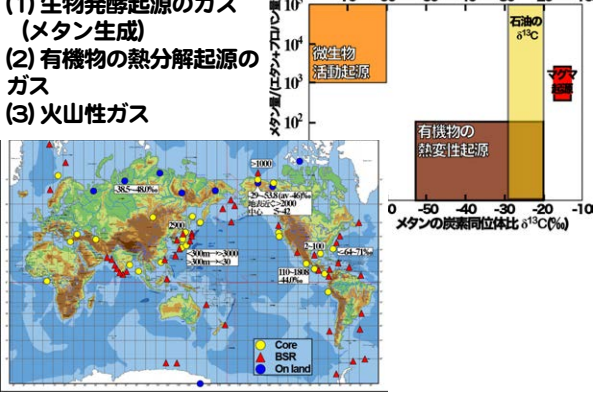
ガス種と結晶型

ゲスト分子	結晶構造	水和数
Is-C ₂ H ₆ C ₂ H ₆ (CH ₃) ₂ O	II型	17 H ₂ O
e-C ₂ H ₄ C ₂ H ₄	I型	7 2/3 H ₂ O
CO ₂	I型	5 3/4 H ₂ O
Ne, H ₂ , CH ₄ N ₂ Kr	II型	5 2/3 H ₂ O
No Hydrates		

メタンハイドレートの安定領域



メタンの起源



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)

図4-3 ブレックアウトアタリックのBSR

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)

音波 → 地層境界面 → 反射波

BSR → MH産胎層 → 反射面 → 音波 → 地層境界面 → 反射波

ガス、水層

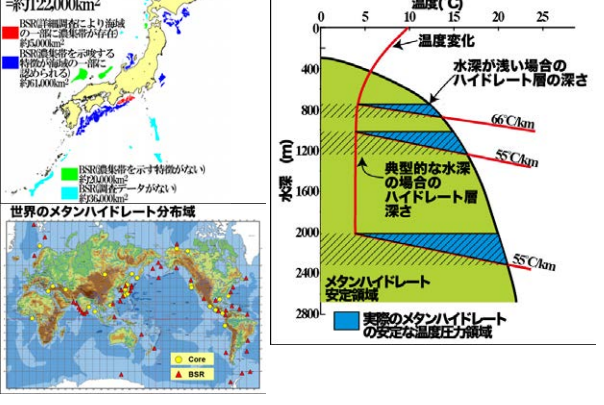
$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$ (R: 反射係数)

R が大きい → 大きな反射波

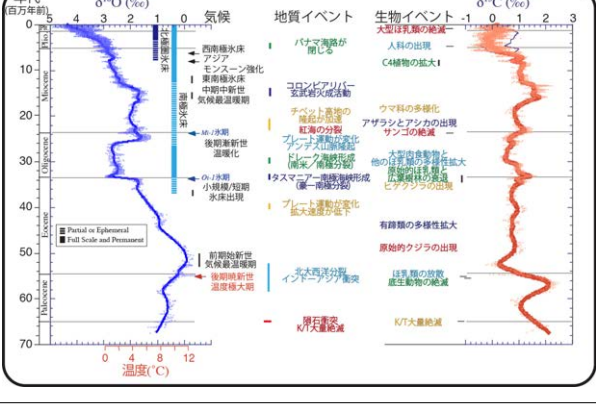
R が負 → 入射波に対して反射波の位相が逆転

南海トラフコア

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分解と地球史



石油

石油: 炭化水素類を主成分とし、非炭化水素化合物であるN, S, Oの化合物、微量の金属を副成分とした混合物である。温度圧力条件などにより、気体、液体、固体として産する。

オイル: 常温・常圧で液体の石油。

ガス: 常温・常圧で気体の低分子量炭化水素(C<6)を主成分とする石油成分。

貯留型石油: 鉱床を形成する石油

非貯留型石油: 分散し堆積岩中に存在しているピッチメン。微量に堆積物、天水や生物中に含まれる炭化水素を分散型炭化水素。

石油の地層

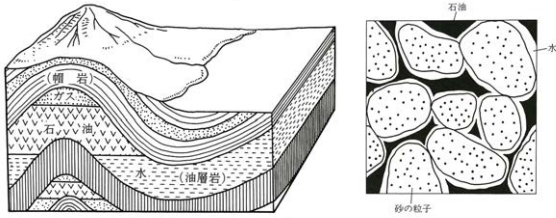


図12 地層の背斜構造での石油のたまり方

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

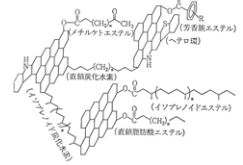
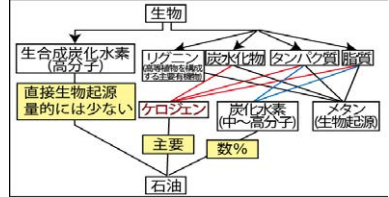
- (1) 炭化水素の起源(有機説 vs. 無機説)。
- (2) 炭化水素の熟成(熟成してから、濃集するの?)。
- (3) 炭化水素の濃集。

炭化水素の起源

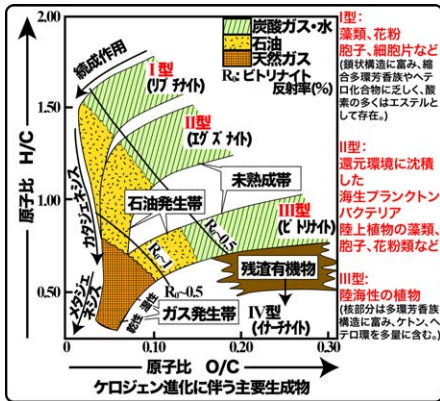
ケロジェンとは

- 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

熟成作用期

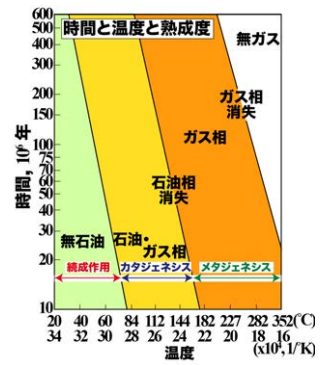
- ① 官能基が取り除かれる $O \rightarrow H_2O$, CO_2 , N_2 や CH_4 などのガスも
- ② ケロジェン核が分離。
- ③ 一部分の分離したものは有機溶媒に溶解する NOS 化合物となる

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)

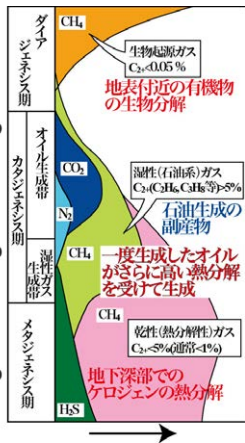
メタジェネシス期

- 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- CO_2 , N_2 など
- (2) 可燃性天然ガス-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:

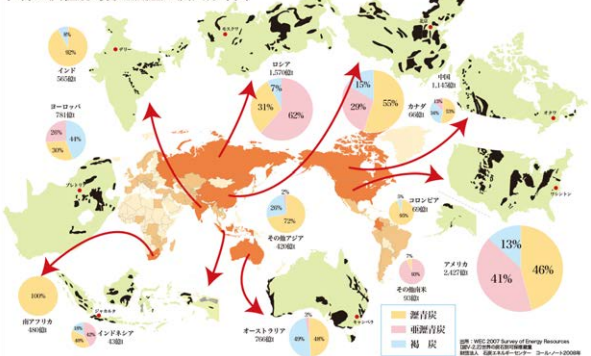
- ① 石炭紀~二疊紀前半: 管束風花植物陸上植物
- ② ジュラ紀~白亜紀前半: 裸子植物やシダ植物
- ③ 白亜紀後半~古第三紀: 被子植物

石炭の生成年代



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

