

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

①4月8日	堆積学の歴史、堆積粒子の起源	(多田①)
②4月15日	風化・浸食過程	(多田②)
③4月22日	運搬・堆積過程+碎屑性堆積物1 (風成層・水河性相)	(多田③)
④5月7日	碎屑性堆積物2(河川成相)	(多田④)
⑤5月13日	碎屑性堆積物3(浅海成相)	(多田⑤)
⑥5月20日	蒸発岩・化学沈殿岩	(小宮①)
⑦5月27日	堆積成鉱床とエネルギー	(小宮②)
⑧6月3日	碎屑性堆積物4(深海成相)	(多田⑥)
⑨6月10日	碎屑岩の成層作用	(多田⑦)
⑩6月17日	炭酸塩堆積物1(浅海成相)	(小宮③)
⑪6月24日	炭酸塩堆積物2(深海成相)	(小宮④)
⑫7月1日	⑬7月8日 休講	
⑭7月15日	炭酸塩岩の成層作用	(小宮⑤)
⑮7月22日	試験	

## 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(レア), 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)

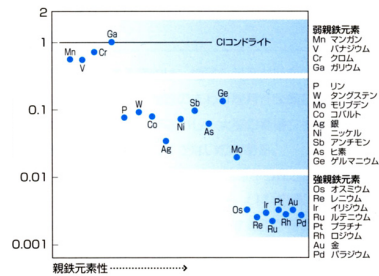
ベースメタル(Fe, Al, Cu, Zn, Pb):  
 採掘が容易。埋没量, 生産量が多い。  
 精錬が容易。

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。

## レアメタル: 白金族, 希土類元素

レアメタル(47元素)と白金族

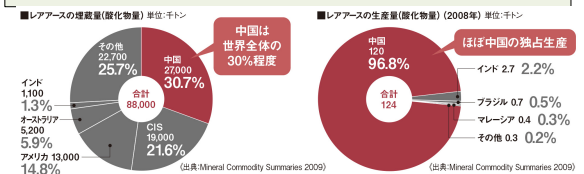
## マントルの組成(親鉄元素)



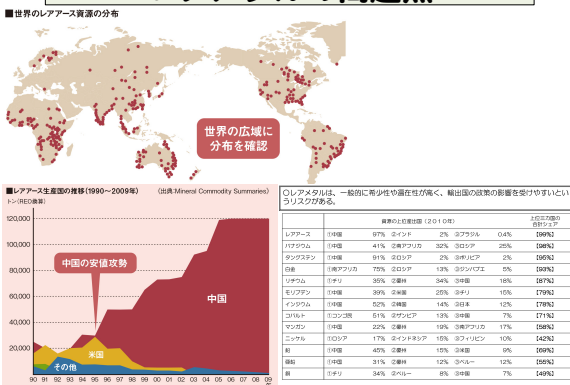
- ①親鉄性元素はマントルに少ない
- ②強親鉄性元素もマントルに含まれる
- ③強親鉄性元素濃度は一定

## レアメタルの問題点

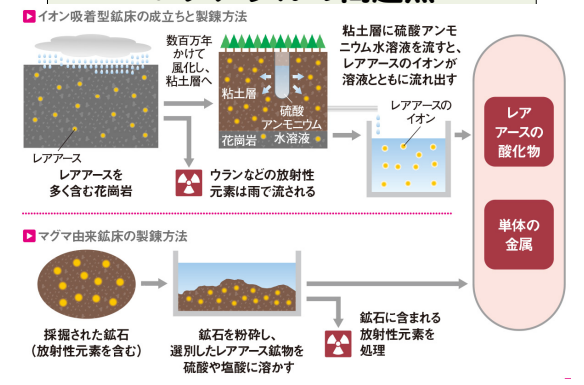
寡占状態になり易い  
 →地政学問題



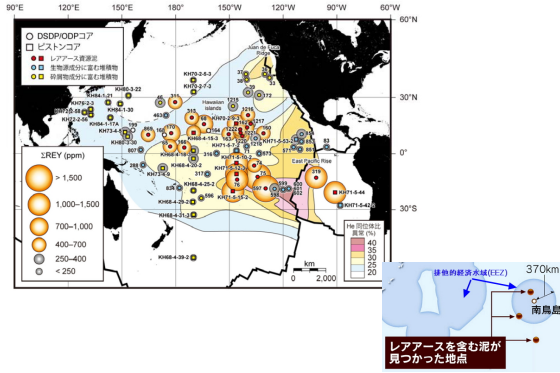
## レアメタルの問題点



## レアメタルの問題点

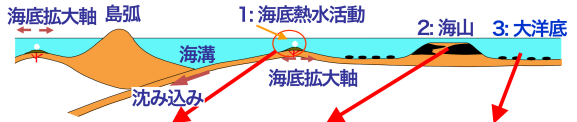


## レアアースを探せ

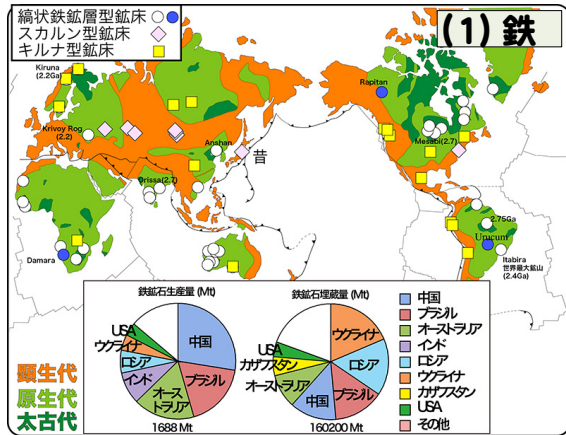


## レアアースを探せ

### 海洋資源開発 (1) 3つのフィールド

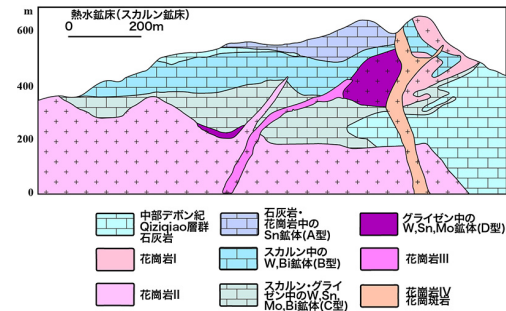


	海底熱水鉱床	コバルトリッチクラスト	レアアース
特徴	海底から噴出する熱水に含まれる金属成分が沈殿してできたもの	海底の岩石を皮殻状に覆う厚さ数mm~10数cmのマンガン酸化物	泥状に賦存。陸上の全量に比べ、約800倍の量が見込まれる。
含有する金属	銅、鉛、亜鉛、金、銀、コバルト、ニッケル、ウラン、カリウム等	マンガン、銅、ニッケル、コバルト、白金等	中希土類元素を含むレアアースを含有
分布する水深	500m~3,000m	1,000m~2,400m	4,000~6,000m



## (1) スカルン型

## (1) 鉄



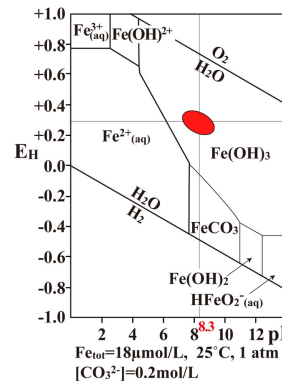
## 石灰岩と火成岩の間での熱水鉱床

## (3) 縞状鉄鉱層型

## (1) 鉄

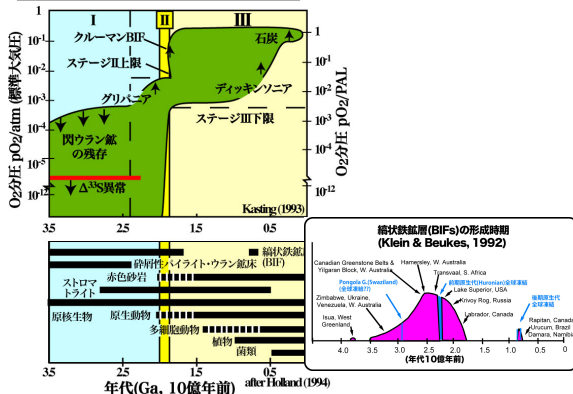


## Feについて

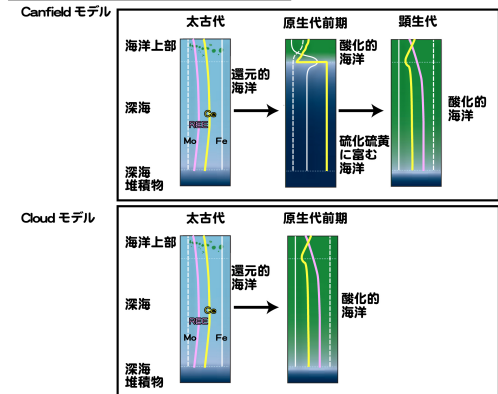


鉄はFe<sup>2+</sup>だと可溶、Fe<sup>3+</sup>だと不溶  
 錯体Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub><sup>2+</sup>, Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub><sup>3+</sup>  
 Fe(HCO<sub>3</sub>)<sub>2(aq)</sub>

## 大気・海洋の酸素濃度の上昇



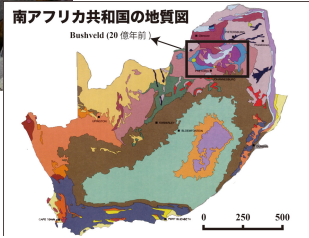
## 大気・海洋の酸素濃度の上昇



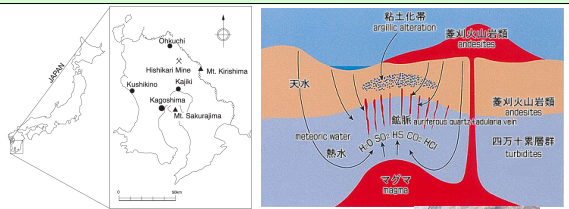
## (2) 白金属鉱床



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



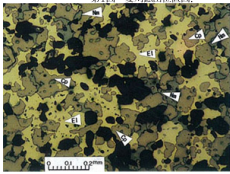
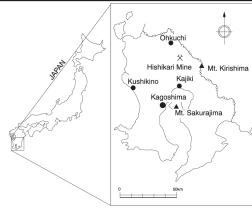
## (3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



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産出鉱山。



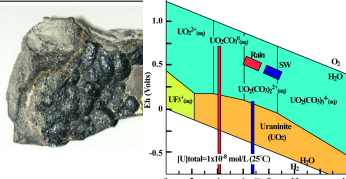
## (3a) 現在の日本の金山 (菱刈鉱山)



## ウラニナイト

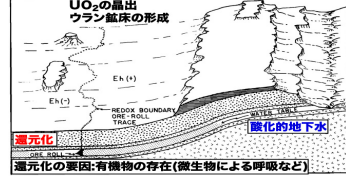
### UO<sub>2</sub>の黒色の鉱物

Uについて  
①酸化の+3, +4, +5, +6が存在  
②還元的な状態  
UO<sub>2</sub>(uraninite)

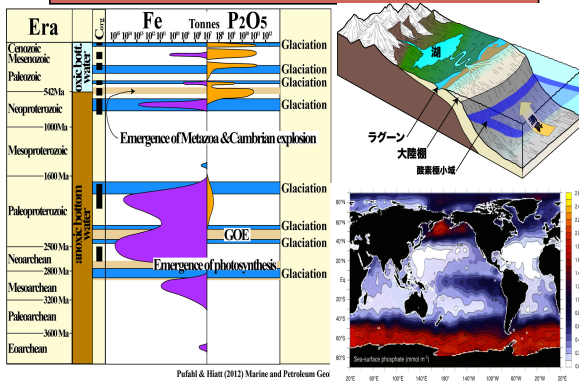


③他の価数は不安定  
3価はすぐに4価になってしまう。  
5価はUO<sub>2</sub><sup>+</sup>をつくり、結局6価や4価になってしまう。

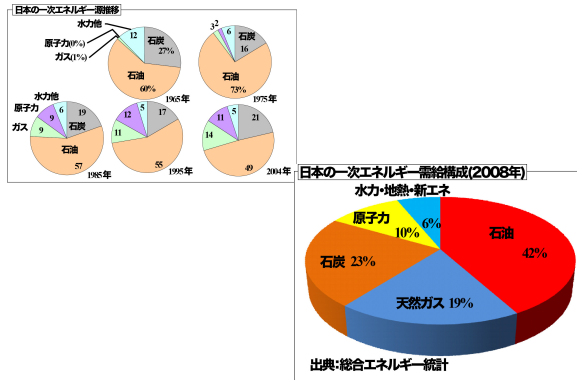
### 大気・海洋が酸化剤になって以降の鉱床



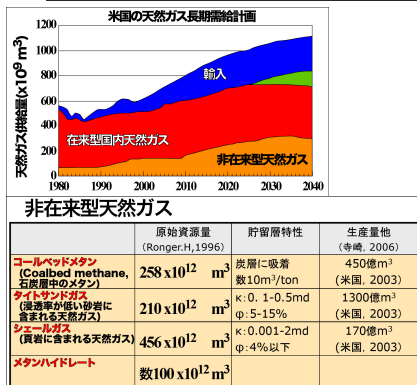
## リン酸塩岩の堆積と生命進化



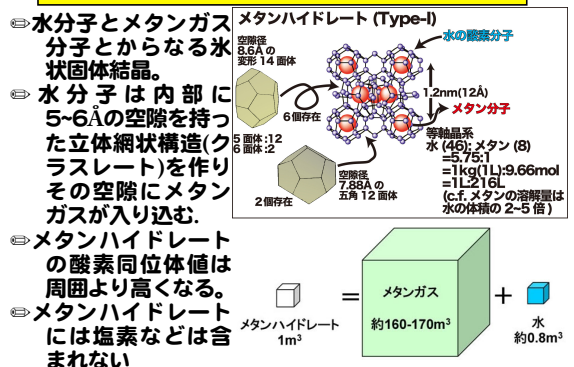
## 日本の一次エネルギー構成



## (米国の)天然ガス長期需給計画

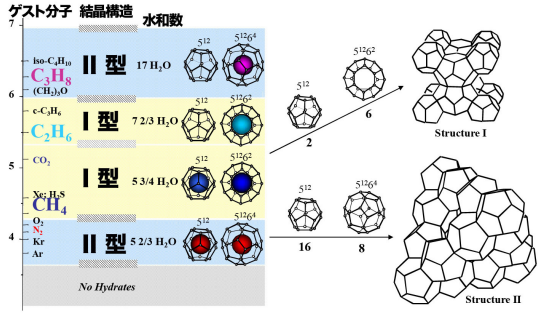


## メタンハイドレート



## メタンハイドレート

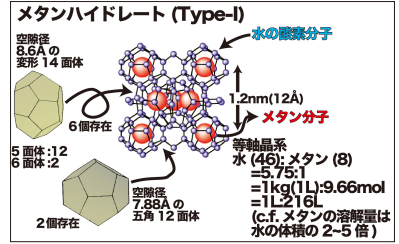
### ガス種と結晶型



## メタンハイドレート

### (1) メタンハイドレート:

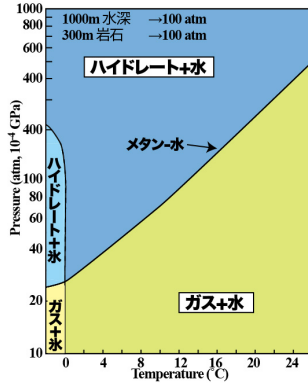
- 水分子とメタンガス分子からなる氷状固体結晶。
- 水分子は内部に5-6Åの空隙を持った立体網状構造(クラステート)を作りその空隙にメタンガスが入り込む。



## メタンハイドレートの安定領域

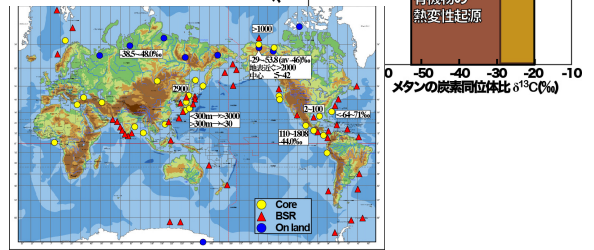
### (1) メタンハイドレートの相図:

- ハイドレートは高圧低温で安定。
- 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・高圧に
- 硫化水素・二酸化炭素→高温・低圧に拡大



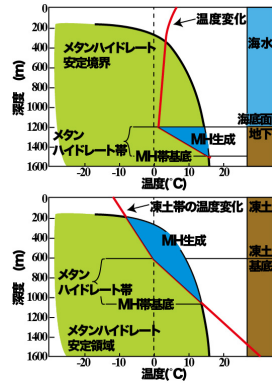
## メタンの起源

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



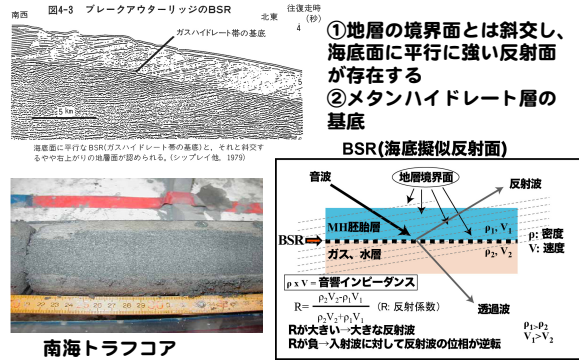
## メタンハイドレートの安定領域

- 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。
- 永久凍土地帯
- 右図: 表面温度-12°Cの時
- 200~1000mで安定。

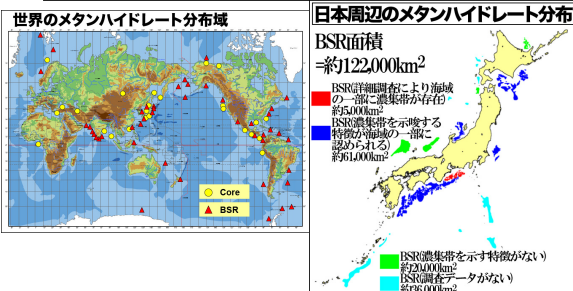


## メタンハイドレートの探索とBSR

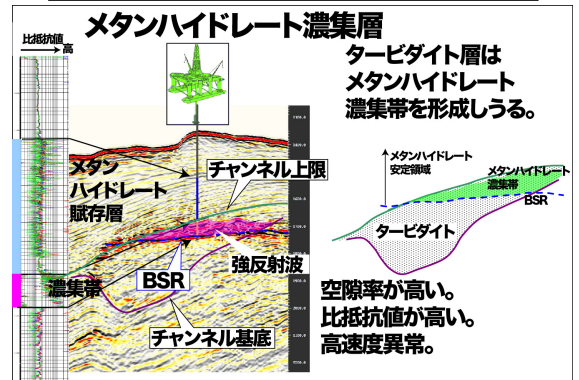
### (1) BSR: 海底擬似反射(Bottom Simulating Reflector)



## メタンハイドレートの分布

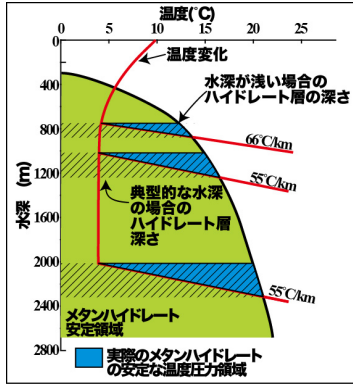


## メタンハイドレートの濃集帯

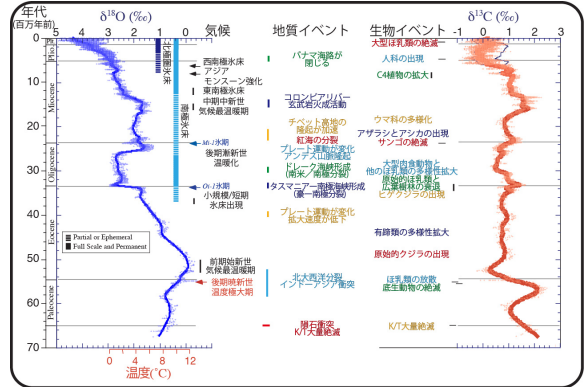


### メタンハイドレート帯の厚さ

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



### 石油とは

**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。

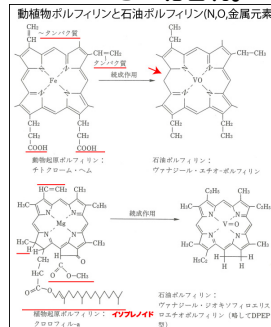
**ガス**：常温・常圧で気体の低分子量炭化水素(C<6)を主成分とする石油成分。

**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チュメン。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。

### 炭化水素

炭素と水素が結合してできた化合物。



炭素数	炭素結合	例	構造式
飽和炭化水素	単結合	メタン	CH <sub>4</sub>
		エタン	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
		プロパン	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
不飽和炭化水素	二重結合	エチレン	CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>
		プロピレン	CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>3</sub>
		ブチレン	CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>
芳香族炭化水素	環状結合	ベンゼン	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
		ナフタレン	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
		アントラセン	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>

図1 主な炭化水素の種類 万田幸治氏 ( ) 内に窒素原子

### 石油の分布、年代

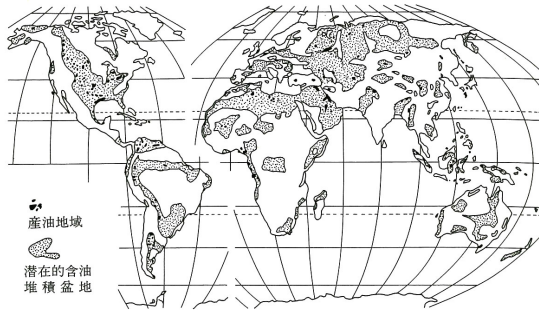


図11 世界の堆積盆地と主な油田の分布 (Fernow, 1970 による)

### 石油の分布、年代

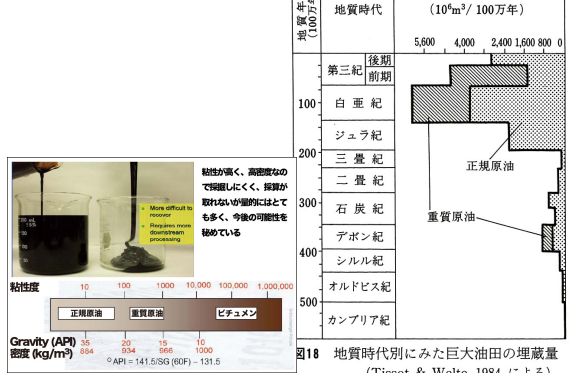


図18 地質時代別に見た巨大油田の埋蔵量 (Tissot & Welte, 1984 による)

### 石油の地層

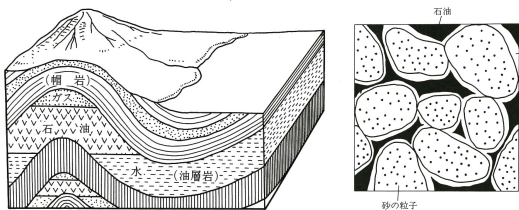


図12 地層の背斜構造での石油のたまり方

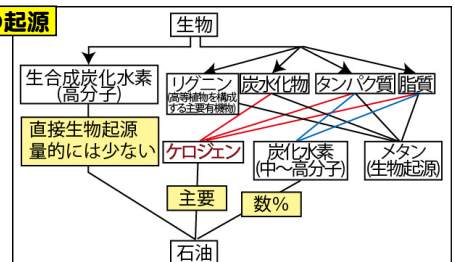
図13 貯留岩中に石油が含まれている様態

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<sub>4</sub><sup>2-</sup>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

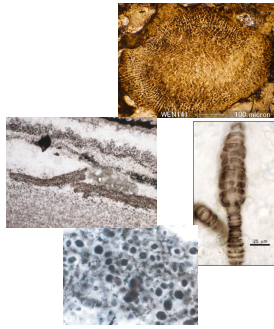
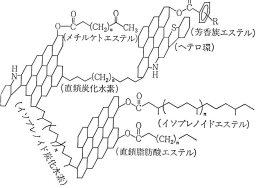
- (1) 炭化水素の起源 (有機説 vs. 無機説)。
- (2) 炭化水素の熟成 (熟成してから、濃集するのか、濃集してから、熟成するのか?)。
- (3) 炭化水素の濃集。

### 炭化水素の起源

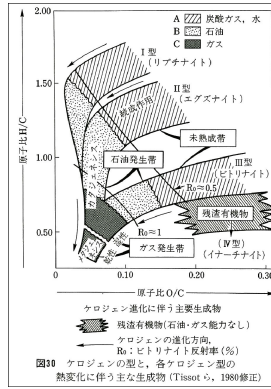


## ケロジェンとは

- ①堆積物中に存在する有機溶媒やアルカリ水溶液中に不溶な有機物
- ②C,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

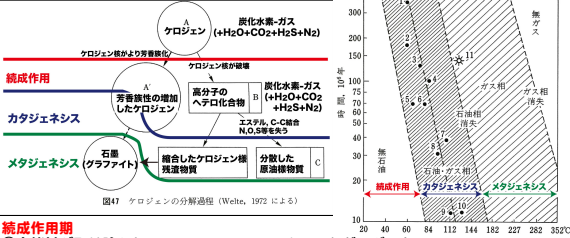


I型: 鎖状構造に富み、縮合多環芳香族やヘテロ化合物に乏しく、酸素の大部分はエステルとして存在。藻類、花粉、胞子、細胞片など起源。

II型: 還元環境に沈積した海洋プランクトン、バクテリア、陸上植物の藻類、胞子、花粉類など

III型: 核部分は多環芳香族構造に富み、ケトンヘテロ環を多量に含む。陸海性の植物の遺骸

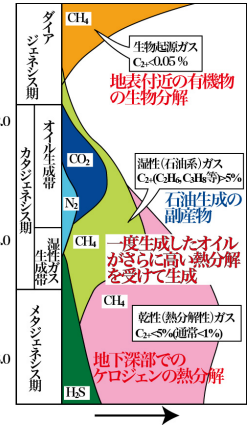
## ケロジェンから炭化水素へ



- 熱成作用期**
- ①官能基が取り除かれるO→H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>やCH<sub>4</sub>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
- カタジエネシス期**
- ①結合がより多く切れ、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
- メタジエネシス期**
- 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

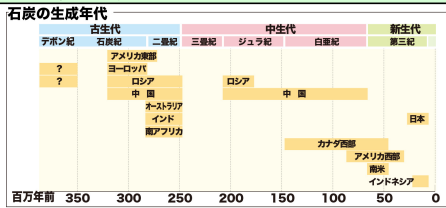
## 天然ガス

- (1) 不燃性天然ガス~CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>など
  - (2) 可燃性天然ガス~炭化水素, C<sub>1</sub>~C<sub>4</sub>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

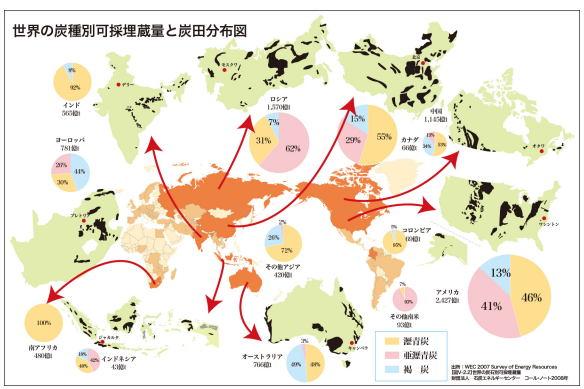


## 石炭の分布、年代

- (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

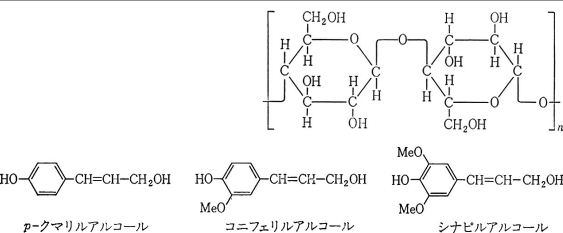


## 石炭の分布、年代



## 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

