

堆積学(夏学期, 水曜2限(10:30~12:00))

蒸発岩と化学沈殿岩

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

堆積岩：

流体運動の作用により地表あるいは水底に沈積した固体粒子の集合物を堆積物とし、圧密や膠結(コウケツ)などによる粒子間稠密(チュウミツ)で固結した堆積物

堆積粒子：堆積物や堆積岩を構成する粒子。
岩石片や鉱物、火山噴出物、生物の遺骸、流体の蒸発及び化学反応で晶出した粒子

(1) 堆積岩の種類

- (1) **碎屑岩**～火成岩、変成岩、堆積岩などの既存の岩石の風化作用で形成された粘土鉱物や砂、岩片などが、水、氷、風などにより水中または陸上に堆積して形成された岩石。
- (2) **化学沈殿岩**～縞状鉄鉱層など。海水などから無機的に鉱物が晶出沈殿したもの。
- (3) **生物岩**～チャートや石灰岩など。生物の化石がたまつたもの。

(2) 続成作用

- (1) 堆積岩は堆積物が続成作用を受けて、固くなり形成される。
- (2) 続成作用。
圧密作用～堆積物が積もることで圧迫され粒間の水が抜け固化
セメント化作用～ある程度、埋没した岩石は粒間の水から、無機的に方解石、ドロマイト、石英、カルセドニー、粘土鉱物などが形成、充填する。
再結晶化作用～ある程度高温(100～150℃)になると、その温度圧力条件に適した鉱物が新たに晶出する。

化学沈殿岩

縞状鉄鉱層、縞状Mn層、リン酸塩岩など

縞状鉄鉱層

- ① アルゴマタイプ
- ② スペリオールタイプ

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

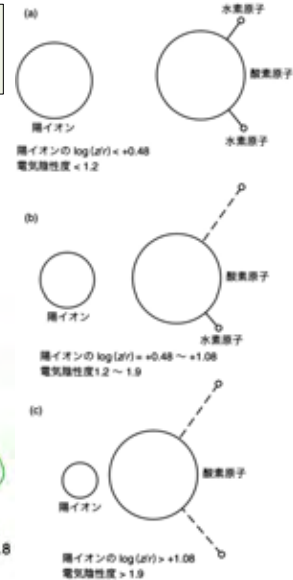
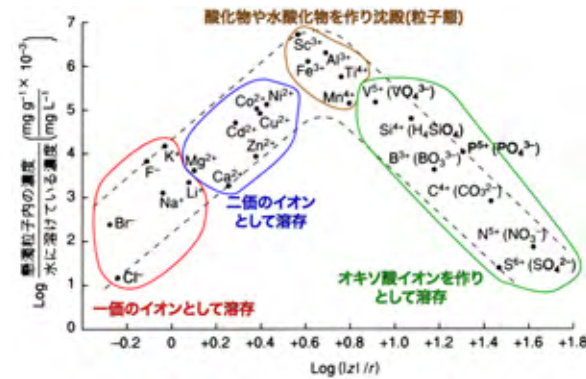
23億年前

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

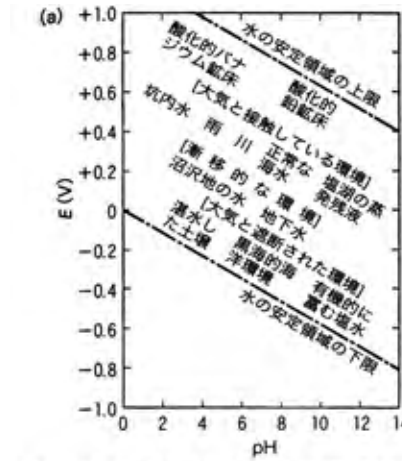
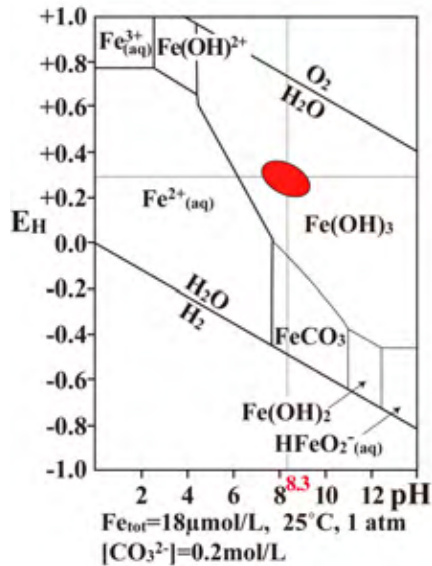


(1)堆積性鉱床: Fe, Mn, U, Pについて

→水溶液(海水, 河川, 地下水)への溶け易さと、そこからの沈殿

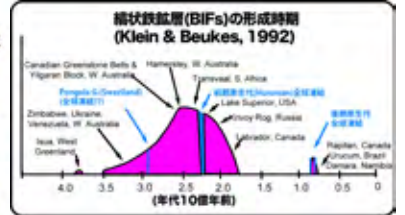
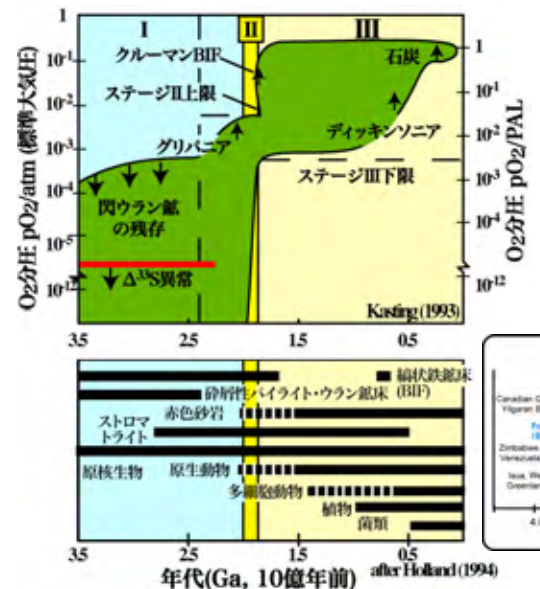


Feについて



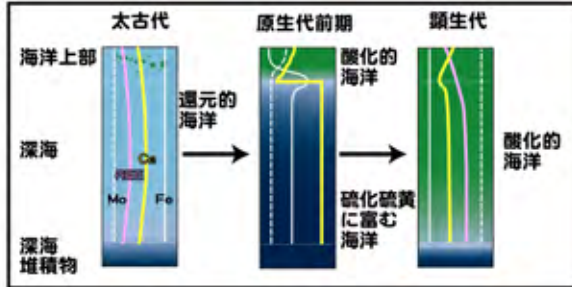
鉄は Fe^{2+} だと可溶,
 Fe^{3+} だと不溶
錯体 $Fe(H_2O)_6^{2+}$, $Fe(H_2O)_6^{3+}$
 $Fe(HCO_3)_2(aq)$

大気・海洋の酸素濃度の上昇

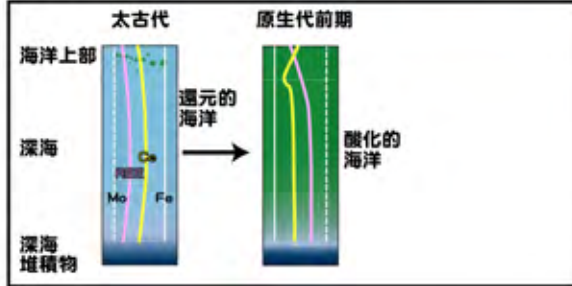


大気・海洋の酸素濃度の上昇

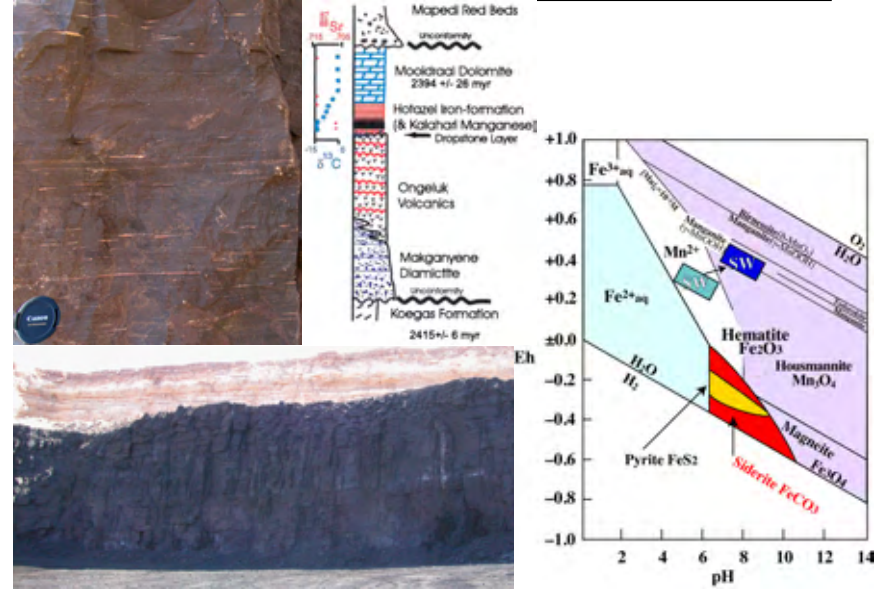
Canfield モデル



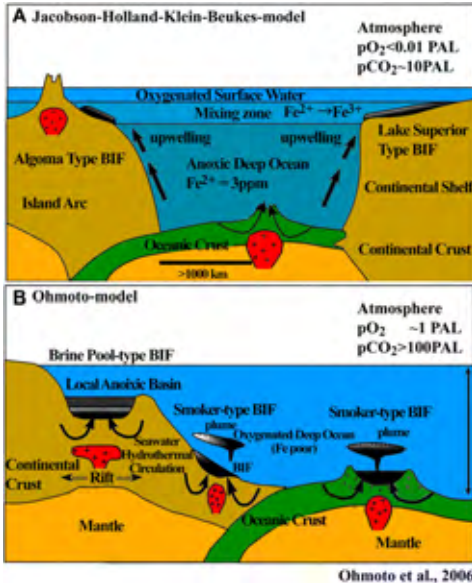
Cloud モデル



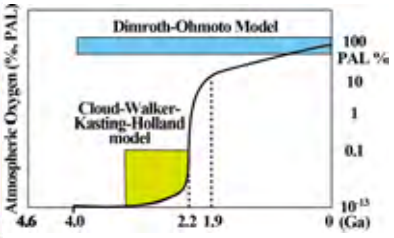
縞状マンガン層の形成と酸素濃度



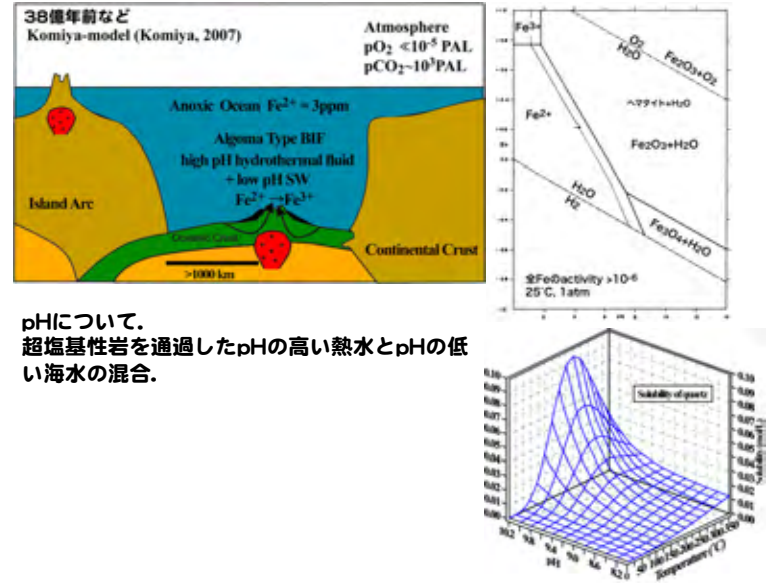
縞状鉄鉱層の形成と大気酸素濃度の二つのモデル



完全に還元的でも形成されるのか
 (1) Feの光化学反応
 $Fe^{2+} + hv \rightarrow Fe(OH)^+ + H^+$
 (pH=6.5)
 (2) Fe酸化細菌
 Fe^{2+} 酸化光合成細菌 $4Fe^{2+} + CO_2 + 11H_2O + hv \rightarrow [CH_2O] + 4Fe(OH)_3 + 8H^+$
 (3) pHについて、
 熱水の周りに、localにpHが高かった。



縞状鉄鉱層の形成と海水・熱水組成



pHについて、
 超塩基性岩を通過したpHの高い熱水とpHの低い海水の混合。

大気・海洋が酸化のようになって以降の鉄床

鉄鉱床

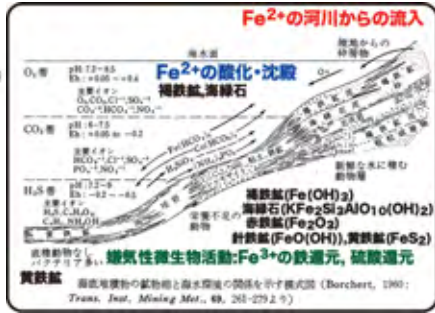
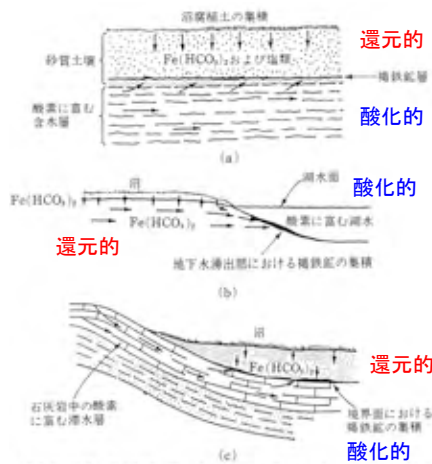


図 7.3 沿層鉄床の形成 (Borchert, 1990: Trans. Inst. Mining Met., 69, 261-279より)

ウラニナイト

UO₂の黒色の鉱物

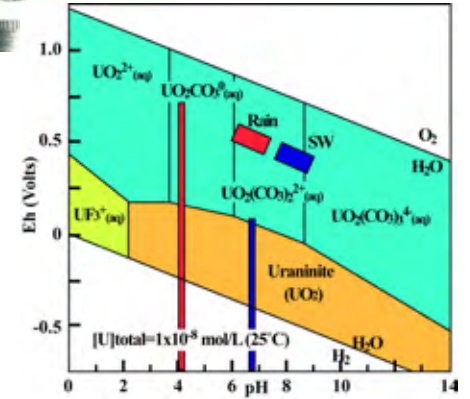


<http://ja.wikipedia.org/wiki/閃ウラン鉱>

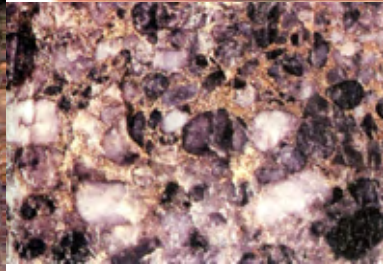
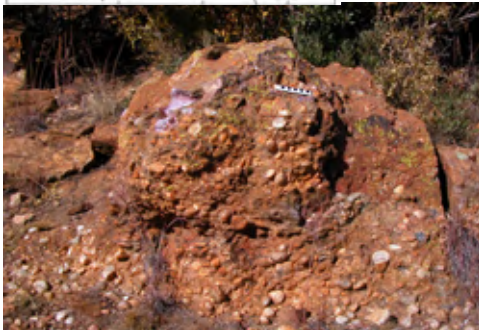
Uについて
 +3, +4, +5, +6が存在
 ①酸化の～少し酸化のな状態
 UO₂²⁺やU⁴⁺が最も安定

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。

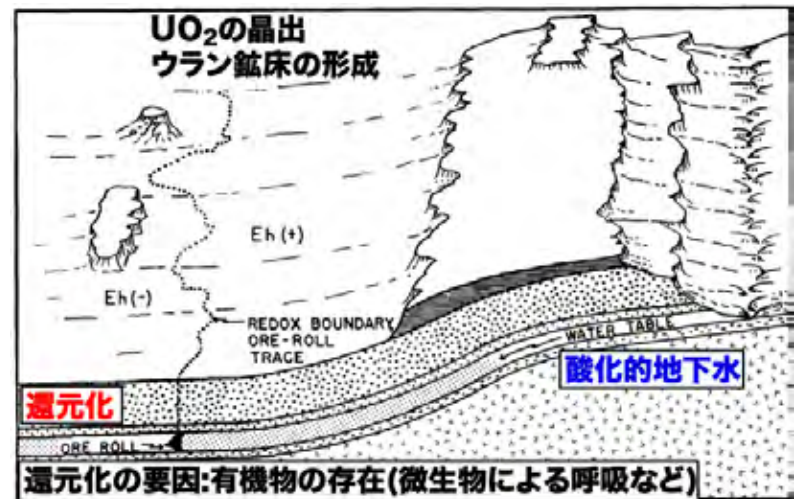


Witwatersrand conglomerate

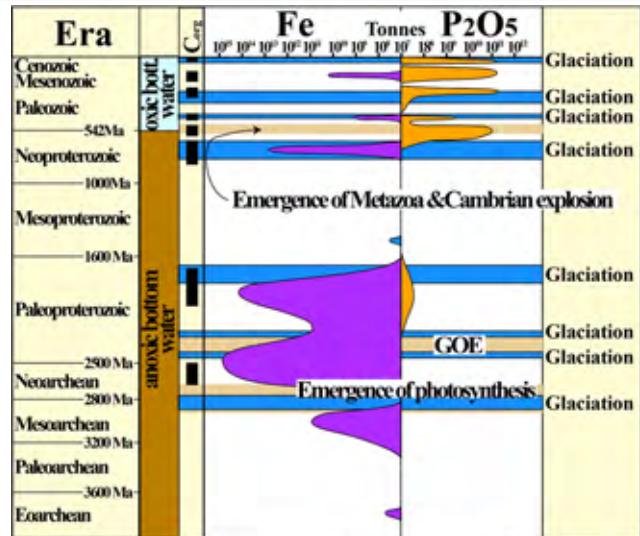


大気・海洋が酸化のようになって以降の鉄床

ウラン鉄床

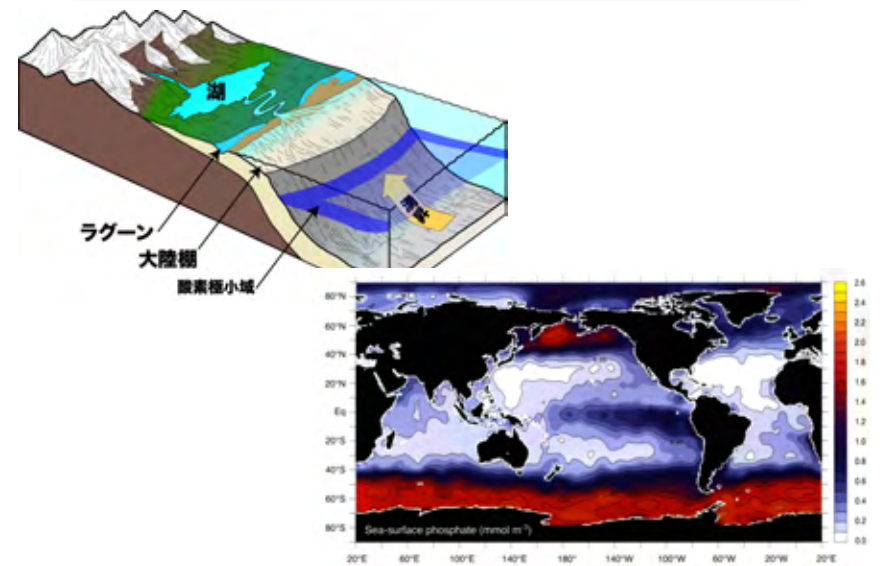


リン酸塩岩の堆積と生命進化

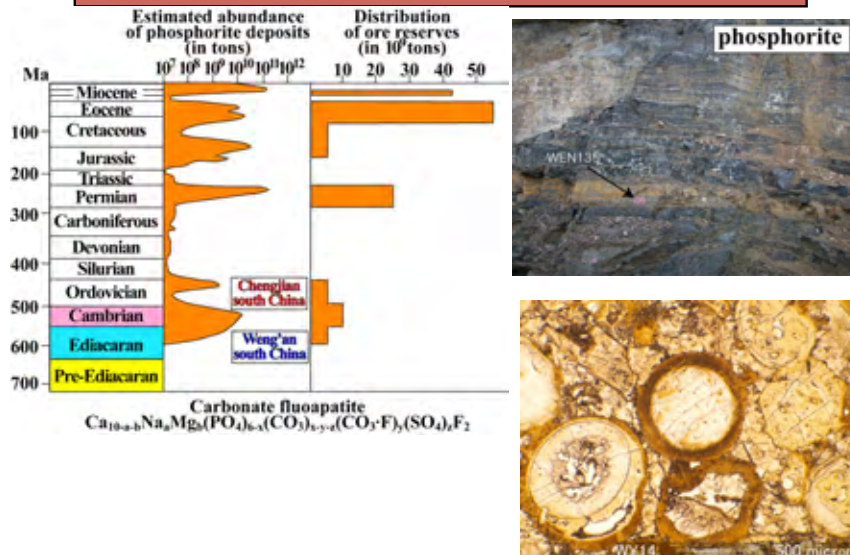


Pufahl & Hiatt (2012) Marine and Petroleum Geology

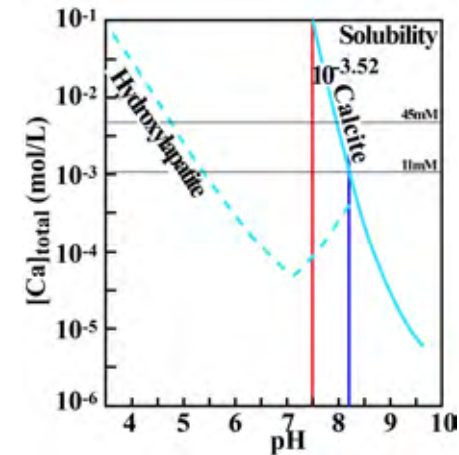
リン酸塩岩の堆積



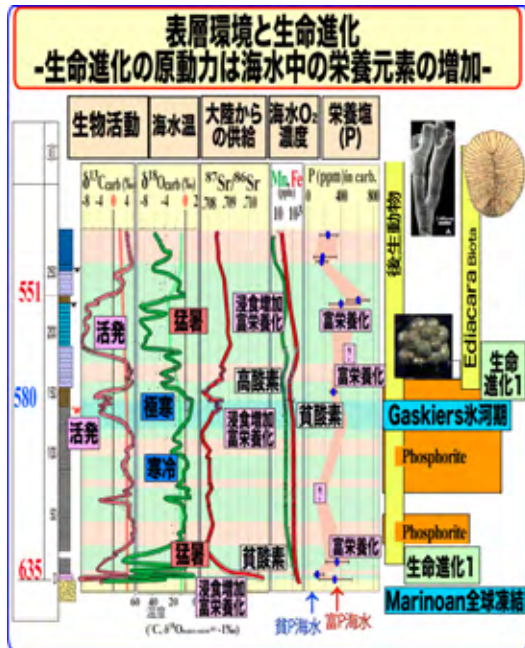
リン酸塩岩の堆積と生命進化



リン酸塩岩の溶解度の相図



炭酸塩とリン酸塩は排他的
 →リン酸塩が晶出するには炭酸塩に不飽和



堆積盆地(sedimentary basin)
 : 堆積物がまとまって存在する場所(特に盆地状構造でなくてもOK)

安定陸棚 : 楕状地の周縁部で先カンブリア紀の基盤岩を不整合に覆う広大な浅海堆積物。
 海進期→化石に富む浅海成の石灰岩や頁岩
 海退期→石英質砂岩、蒸発岩、石炭層等
 基盤が安定しているため、変形をあまり受けず、海水準変動に伴う平行不整合が形成され易い。
内陸盆地 : 大陸地殻内に広域に生じる盆地状構造。その堆積物は一般には薄く(1500m以下、cf karoo盆地は約8000m)、風成、湖成、河川堆積物、石炭層、蒸発岩

蒸発岩 : 蒸発作用によって生じる堆積岩

海水が蒸発すると：
 アラレ石(CaCO₃)→石膏(CaSO₄·2H₂O)
 →岩塩(NaCl)→硫酸マグネシウム(MgSO₄)

岩塩は透水率0・岩塩ドーム(低密度2.16)
 →石油・天然ガスの集積
 →地層処分や液体燃料の一次貯留

メッシニアン塩分危機：
 ①メッシーナ期(7.246±5~5.332±5Ma)、5.96Maに地中海が干上がったイベント
 ②地中海周辺国で見られる蒸発岩が形成

メッシニアン塩分危機：
 ①メッシーナ期(7.246±5~5.332±5Ma)、5.96Maに30万年間程度に何回にもわたり地中海が干上がったイベント
 ②地中海周辺国で見られる蒸発岩が形成



①アフリカプレートの北進とイベリア半島の東進に伴いジブラルタル弧が隆起
 ②また、①の運動に伴い、横ずれのベティック構造帯とリフ構造帯が形成。堆積盆が多く作られるとともに、ここから海水が流入。

図 6.22 西地中海におけるメッシーナ期の古地理復元図
 ジブラルタル海峡は閉じており、外洋水は、イベリア半島と北アフリカに出現した水路 (Betic-Rifian passage) を経て地中海に流入した(矢印)。水門の役割を果たす地形の高まりにより外洋から半閉鎖された海域に、高温・乾燥の気候条件が及ぶと、蒸発岩が堆積する。ベティック水路の地中海寄り出口に近い海盆はセッコウの堆積する場となった。

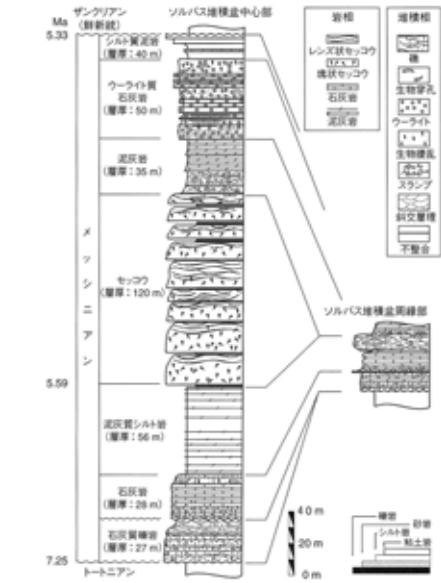


図 6.23 南スペイン・アンダルシア地方のソルホーフ堆積岩 (図 6.22) を模倣するメッシーナ系の堆積岩層序

③ユースタシーによる海水量変動により、大規模に地中海周辺地域に石膏、地中海中央付近に岩塩が堆積。

④石膏と粘土層が複数回繰り返しているのが分かる。図6.23では9回。
→1堆積周期, 2万5千年ほど。



蒸発岩の形成場

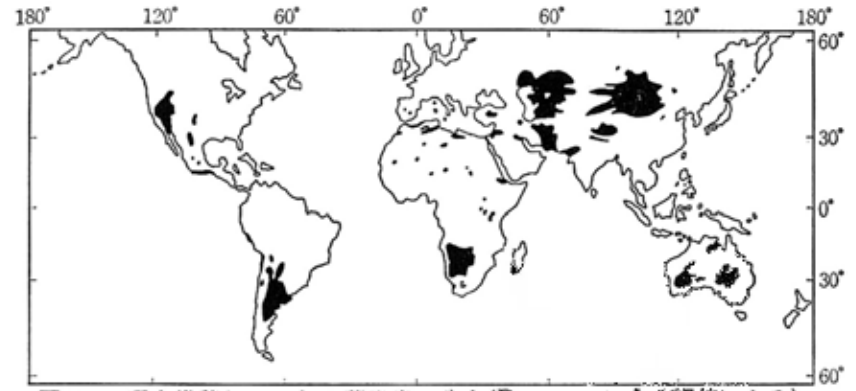
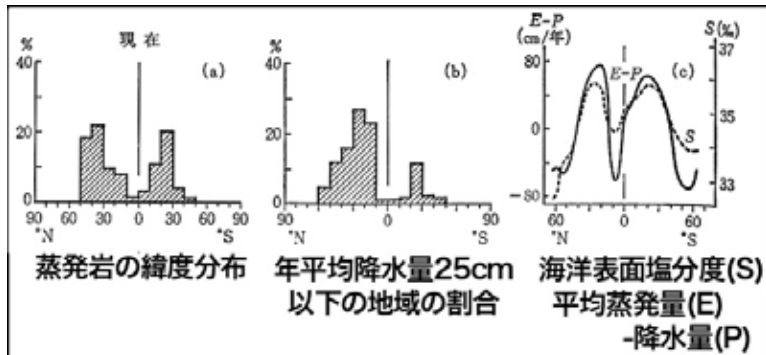


図 4.7 現在堆積しつつある蒸発岩の分布 (Drewry *et al.*, 1974*による)

- ①安定大陸の中・低緯度地帯。赤道直下の10°以内を除く、南北50°内。年間降水量25cm以下
- ②降水量が極端に小さく、河川水の流入も少なく、蒸発量が降水量や流入量を上回る。

蒸発岩の形成場

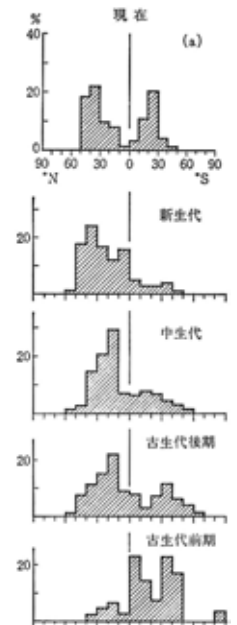


- ①安定大陸の中・低緯度地帯。赤道直下の10°以内を除く、南北50°内。年間降水量25cm以下
- ②降水量が極端に小さく、河川水の流入も少なく、蒸発量が降水量や流入量を上回る。
- ③海洋域では、海洋表面塩濃度の高い所に相当。

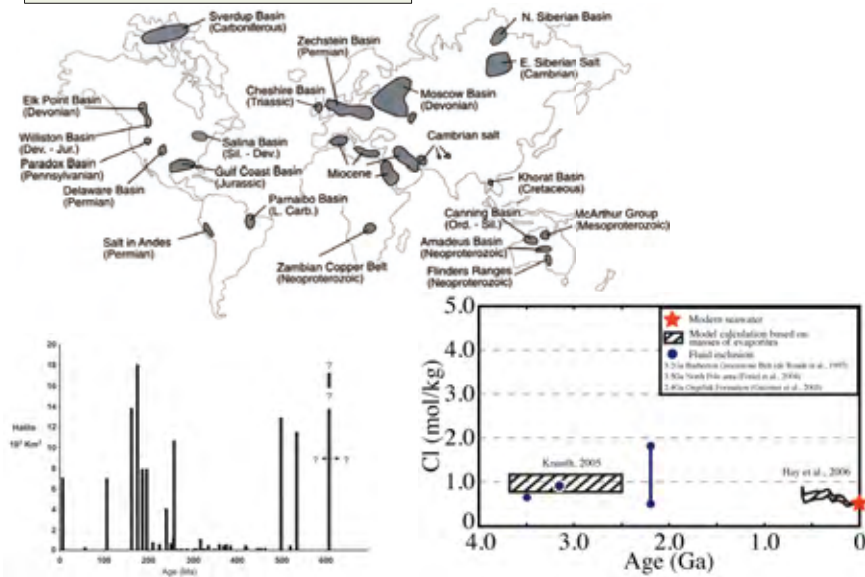
蒸発岩の形成場



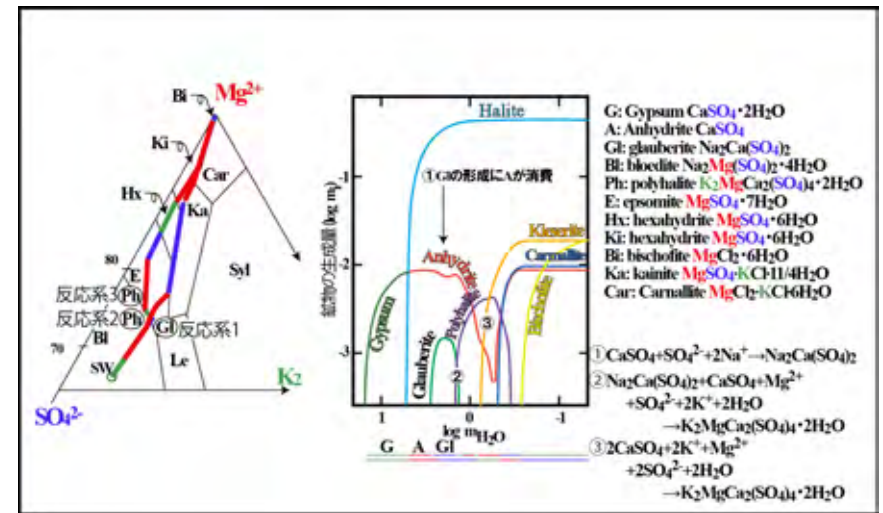
- ①古生代前期 (カンブリア紀-石炭紀)
蒸発岩の発達が少ない
南に偏っているが、大陸分布による。
- ②古生代後期~中生代中期 (ペルム紀~ジュラ紀)
⇒超大陸バンゲア (ローレンシア+ゴンドワナ大陸)
⇒ペルム紀に、ローレンシア大陸中央部にNew Red Sandstoneと呼ばれる砂漠堆積物が広がるとその東側には北と東から湾入したZechstein sea (浅海)
- ⇒三畳紀中期~後期: 南~東から湾入した浅海域
- ③中生代後期~新生代 (白亜紀~新生代)
南大西洋沿岸 (白亜紀初頭のAptian) と環地中海海域 (メッシーニアン)



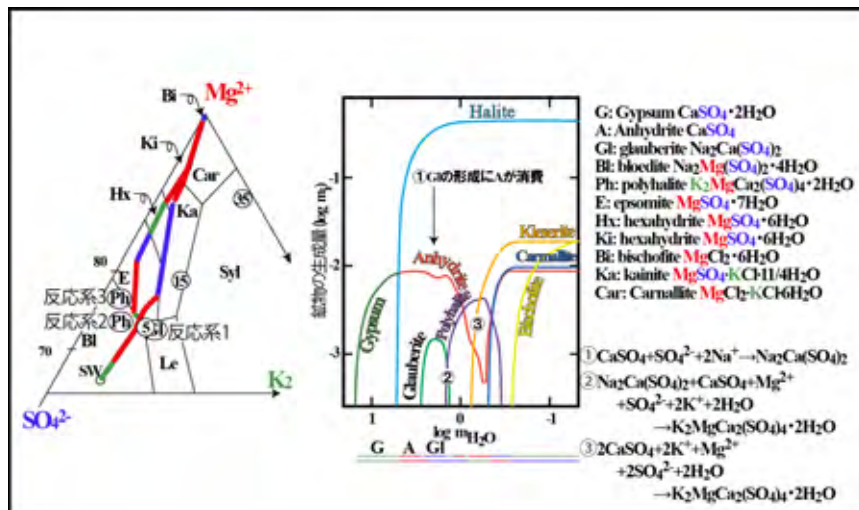
地球史とevaporite



地球史と蒸発岩



地球史と蒸発岩



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)**とは: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

特徴:

- (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
錫石, 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

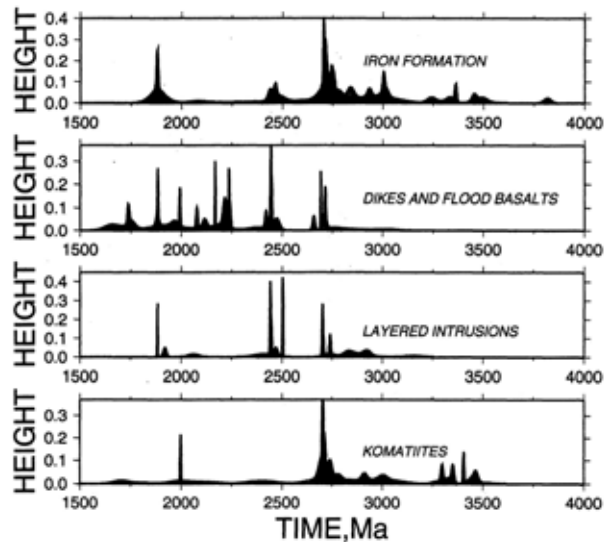
(1) **残留鉱床**とは:一般に風化によって、鉱物の一部が水に溶解する。この時、水に溶けにくい元素は残り粘土鉱物を形成する。

e.g. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaAl}_8\text{Si}_{11}\text{O}_{30}(\text{OH})_6 + \text{H}_2\text{O}$ (含NaやSi)

$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + \text{H}_2\text{O}$ (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**)。

縞状鉄鉱層の形成と大気酸素濃度とは無関係2!



火成活動と
関連?