

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

① 4月8日	堆積学の歴史、堆積粒子の起源	(多田①)
② 4月15日	風化・浸食過程	(多田②)
③ 4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)
④ 5月7日	碎屑性堆積物2 (河川成相)	(多田④)
⑤ 5月13日	碎屑性堆積物3 (浅海成相)	(多田⑤)
⑥ 5月20日	蒸発岩・化学沈殿岩	(小宮①)
⑦ 5月27日	堆積成鉱床とエネルギー	(小宮②)
⑧ 6月3日	碎屑性堆積物4 (深海成相)	(多田⑥)
⑨ 6月10日	碎屑岩の続成作用	(多田⑦)
⑩ 6月17日	炭酸塩堆積物1 (浅海成相)	(小宮③)
⑪ 6月24日	炭酸塩堆積物2 (深海成相)	(小宮④)
⑫ 7月1日	⑬ 7月8日 休講	
⑭ 7月15日	炭酸塩岩の続成作用	(小宮⑤)
⑮ 7月22日	試験	

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

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

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)

岩塩は透水性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地中海周辺国でみ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地中海周辺国でみられる蒸発岩が形成



図 6.22 西地中海におけるメッシニアン期の古地理復元図。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溜 (Basin-Rifted passage) を経て地中海に流入した (矢印)。水内の役割を果たす地形の高まりにより外洋から隔離された海盆は、蒸発・塩析の作用を受け、厚成の堆積岩を、ベティック半島の地中海岸の出口に近い海盆はシワの堆積する場となった。

- 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。

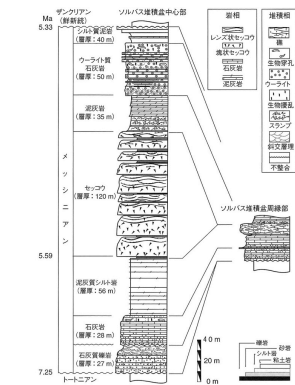
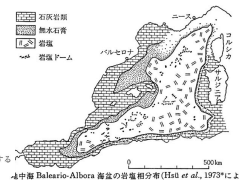


図 6.23 南スペイン・フランス地方のソルバス堆積岩 (図 6.22) を参照する。メッシニアン期の堆積岩層構造。

③ユースター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

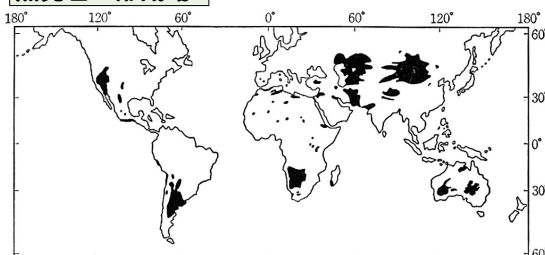
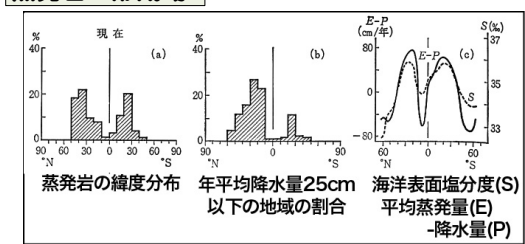


図 4.7 現在堆積しつつある蒸発岩の分布(Drewry et al., 1974*による)

- 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。

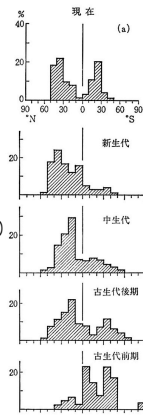
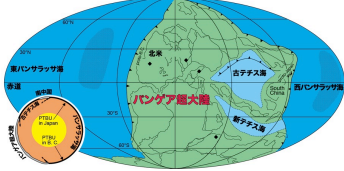
蒸発岩の形成場



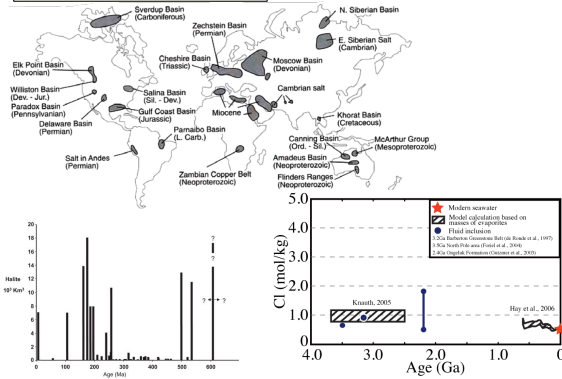
- ①安定大陸の中・低緯度地帯。赤道直下の10°以内を除く、南北50°内。年間降水量25cm以下
- ②降水量が極端に小さく、河川水の流入も少なく、蒸発量が降水量や流入量を上回る。
- ③海洋域では、海洋表面塩濃度の高い所に相当。

蒸発岩の形成場

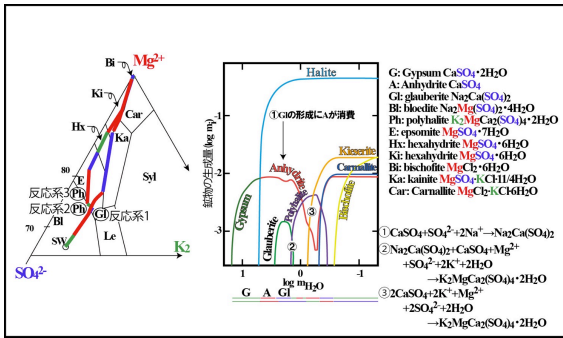
- ① 古生代前期 (カンブリア紀-石炭紀) : 蒸発岩の発達が少ない時。南に偏っているが、大陸分布による。
- ② 古生代後期~中生代中期 (ペルム紀~ジュラ紀)
 - ≡ 超大陸パンゲア (ローレンシア+ Gondwana大陸)
 - ≡ ペルム紀に、ローレンシア大陸中央部に New Red Sandstone (UK) と呼ばれる砂漠堆積物が広がるとその東側には北と東から湾入した Zechstein sea (浅海, ドイツ)
 - ≡ 三疊紀中期~後期: 南~東から湾入した浅海域
- ③ 中生代後期~新生代 (白亜紀~新生代)
 - ≡ 南大西洋沿岸 (白亜紀初頭の Aptian) と地中海域 (メッシニアン) 255 Ma, 後期ペルム紀



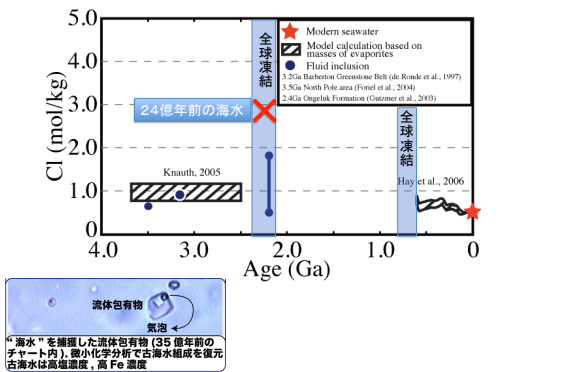
地球史と evaporite



地球史と蒸発岩



海水塩濃度の経年変化



化学沈殿岩 (綽状鉄層、綽状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

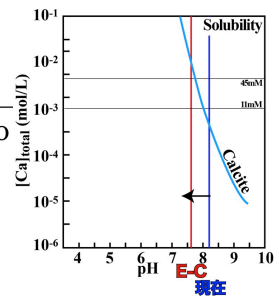
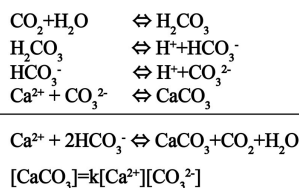
(1) 残留鉱床: 一般に風化によって、鉱物の一部が水に溶解する。この時、水に溶けにくい元素は残り粘土鉱物を形成する。
 e.g. NaAlSi₃O₈ + H₂O → NaAlSi₁O₃(OH)₆ + H₂O (含NaやSi)
 NaAlSi₃O₈ + H₂O → Al₂Si₂O₅(OH)₄ + H₂O (含NaやSi)
 そのようにして生じた粘土鉱物が、運搬され、再堆積する(ラテライト, Al₂O₃とFe₂O₃に富む)。さらに、Fe₂O₃が溶脱され、Al₂O₃に濃集(ボーキサイト)。

炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

- (1) 炭酸塩堆積物・炭酸塩岩とは
 - ≡ 構成鉱物の50%以上が炭酸塩鉱物からなる堆積物または堆積岩
 - ≡ 多くの場合化石の集積体で、底生生物遺骸からなる原地性~準原地性のものが多い。異地性のものでも運搬距離は短く、バンクや海山状の石灰質堆積物が重力流として深海に流れ込んだ程度(石灰質タービダイト)
- (2) 炭酸塩岩の構成鉱物
 - ① 方解石 (calcite, CaCO₃), アラレ石 (aragonite, CaCO₃), ドロマイト (dolomite, CaMg(CO₃)₂)
 - ② シデライト (siderite, FeCO₃)
 菱マンガン鉱 (rhodochrosite, MnCO₃)
 マグネサイト (magnesite, MgCO₃)
 - ③ 低Mg方解石 (<4 mol% MgCO₃)
 高Mg方解石 (>4 mol% MgCO₃)

炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

(3) 炭酸塩鉱物の生成



⑥ 生物ポンプと無機 (物理, アルカリ) ポンプまとめ

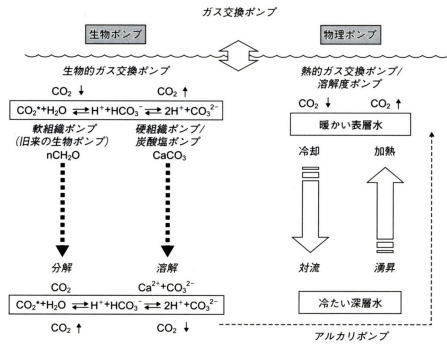
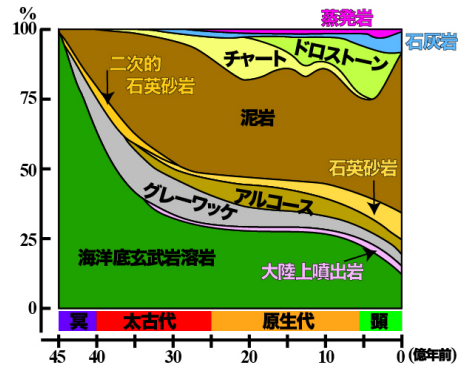


図 1.3.9 生物ポンプと物理ポンプのまとめ。

⑥ 炭酸塩岩の経年変化



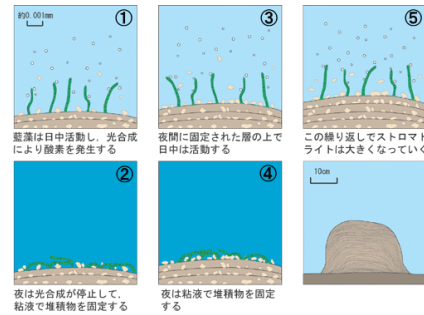
カナダ・ラブラドルNulliak表成岩帯3.95Ga

炭酸塩岩

ストロマトライト
一酸素発生型光合成細菌: シアノ
バクテリア



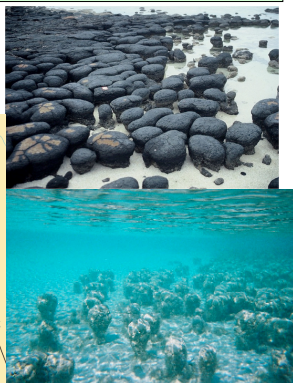
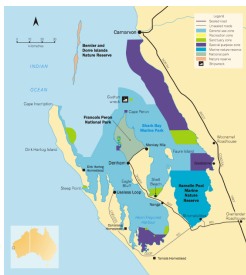
ストロマトライトの成長



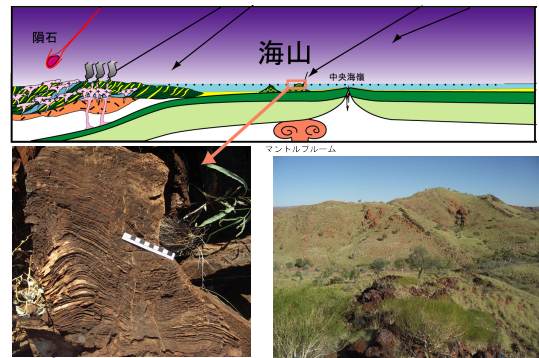
酸素発生型光合成の開始と大気酸素の増加

現在の地球にある“太古”の海

(1) 高塩分濃度 —シアノバクテリア ストロマトライト—

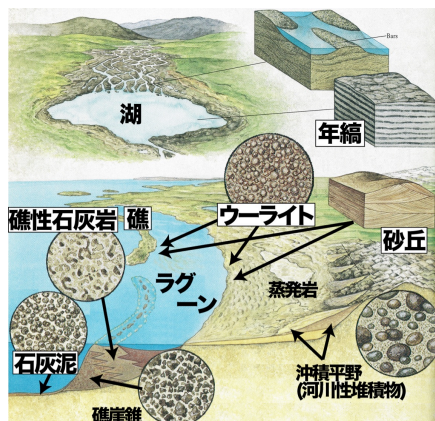


35億年前—生命の多様化, 光合成の開始—



最古のストロマトライト(西オーストラリア)

- (1) 陸上 (subaerial): 鍾乳洞、海岸の完全に波の影響を受けない所
- (2) 風成環境
- (3) Tidal zone: 潮上帯 ~ 潮間帯 ~ 下干潮帯
- (4) 海岸
- (5) 陸棚(ラグーンなど)
- (6) リーフ(礁)
- (7) 大陸斜面
- (8) 海洋底



炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

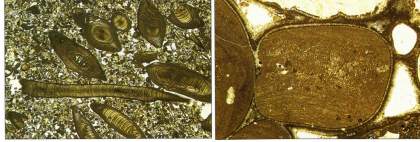
炭酸塩岩の構成物		粒径	特徴
基質部 or 粒子	基質部	<4μm	ミクライト(狭義)
		>4μm	石灰泥
粒子	生物の選別	顕微鏡の細かい暗色見かけ	スーパーライト
	生物の選別	粗粒で透明	非生物粒子 (ペロイド、ウーイド等) 生物遺骸粒子

(3) 炭酸塩堆積物・炭酸塩岩の構成要素

- ① 粒子: 生物骨格粒子と非生物骨格粒子
- (i) 生物骨格粒子・生碎物(skeletal grain, bioclast)
 - 石灰藻類、造礁サンゴ、有孔虫、腕足動物、軟体動物、コケムシ等
 - 各生物のサイズ
 - 一般に炭酸塩堆積物は原地性~準原地性が多い(円磨度が低い, 生物固有のサイズ, 淘汰が悪い)

炭酸塩堆積物中の生物化石(石灰藻, 紅藻)

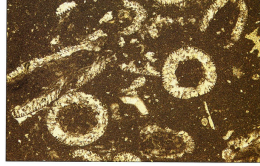
Corallinaceae (Coralline algaeサンゴモ, 高Mg方解石)



Solenporoid (高Mg方解石)



Gymnocodiaceans (アラレ石)



炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

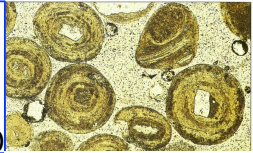
(3) 炭酸塩堆積物・炭酸塩岩の構成要素

①粒子：生物骨格粒子と非生物骨格粒子

(i) 非生物骨格粒子

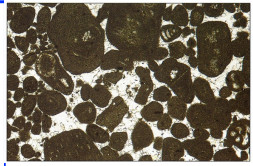
①ウーイド(魚卵石)

核とそれを取り囲む被殻(2mm径。>2mmはピンイド)。海水よりも高塩分のごく浅海域で、波浪などによる転動により形成
ウーライト(ウーイドからなる岩石)



②ペロイド

石灰泥からなる内部構造を持たない楕円形ないし不定形粒子。①腕足類や節足動物などの糞が固結したペレット②穿孔性微生物によるミクライト化作用③ミクライト質のイントラクラスト(礫、波浪や穿孔などで生じる)



炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

(i) 非生物骨格粒子

③イントラクラスト

同一堆積盆または同一水域内で形成された炭酸塩堆積物が準同時に浸食され堆積したもの。

→砂〜小礫サイズ、やや円磨。

→潮上帯(supratidal)〜潮間帯(intertidal)の炭酸塩岩に多い

→波浪や潮流による半固結底質の削剥、生物浸食、初期続成による堆積物の体積変化、潮上帯での乾裂などによる

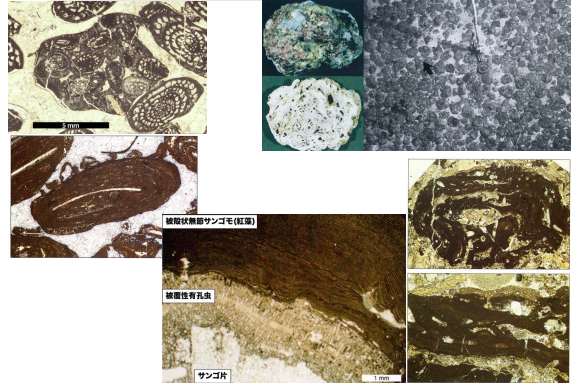
④その他の同心円状構造

①オンコイド：シアノバクテリアによる被覆： ooidのように完全に球形でなく、また被覆も明瞭でない。

②石灰藻球(rhodolith)：無節サンゴモ

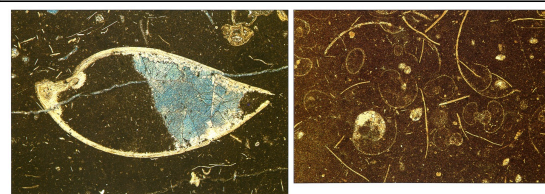
③有孔虫球(macroid)

炭酸塩堆積物・炭酸塩岩



炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

②基質：シルトサイズ(62μm)以下の石灰泥から構成



≒4μm以下の微粒炭酸塩鉱物またはその岩石をミクライトと呼ばれる。

①海水から無機的・生物活動に誘引されて沈殿

②生物骨格が細粒化

③細粒なセメントや土壌生成物

炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

③セメント：炭酸塩鉱物の溶解沈殿による。

≒ 鉱物組成：低Mg方解石, 高Mg方解石, アラレ石, ドロマイト, シンデライト等。石膏(gypsum), 無水石膏(anhydrite), 石英

≒ 結晶サイズ：

● マイクロスパー, 4~10 μM,

● スパー, >10 μM

≒ 産状

≒ 孔隙：

結成過程で溶溺作用により孔隙が形成されたり、セメントによって充填されたりする。

結晶形態	産状
equant (等粒状) ($d_{50} < 10 \mu m$)	均一な大きさの結晶が互いに接している状態
bladed (刃状) ($d_{50} < 10 \mu m$)	結晶の成長方向が揃った状態
fibrous (繊維状) ($d < 1 \mu m$)	針状結晶の成長方向が揃った状態
equant (自形)	結晶の成長方向が揃った状態
subequant (半自形)	結晶の成長方向が揃った状態
isometric (等形)	結晶の成長方向が揃った状態
モザイク組織	結晶の成長方向が揃った状態
hypidiomorphic	結晶の成長方向が揃った状態
idiomorphic	結晶の成長方向が揃った状態
polyhedral	結晶の成長方向が揃った状態
irregular	結晶の成長方向が揃った状態
poikiloblastic	結晶の成長方向が揃った状態

成因(孔隙における間隙水の状態と結成段階)

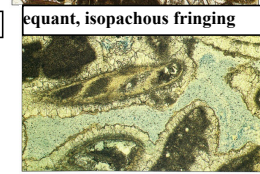
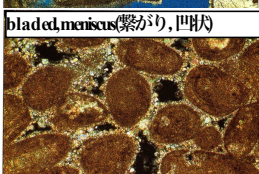
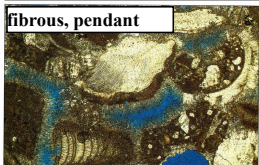
孔隙中に空気と水が共存

孔隙中に水が満たす

地下深部に埋没

炭酸塩堆積物・炭酸塩岩

③セメント：炭酸塩鉱物の溶解沈殿による。



(1) 炭酸塩の堆積環境

(1) 陸上

(subaerial): 鍾乳洞、海岸の完全に波の影響を受けない所

(2) 風成環境

(3) Tidal zone: 潮上帯〜潮間帯〜干潮帯

(4) 海岸

(5) 陸棚(ラグーンなど)

(6) リーフ(礁)

(7) 大陸斜面

(8) 海洋底

