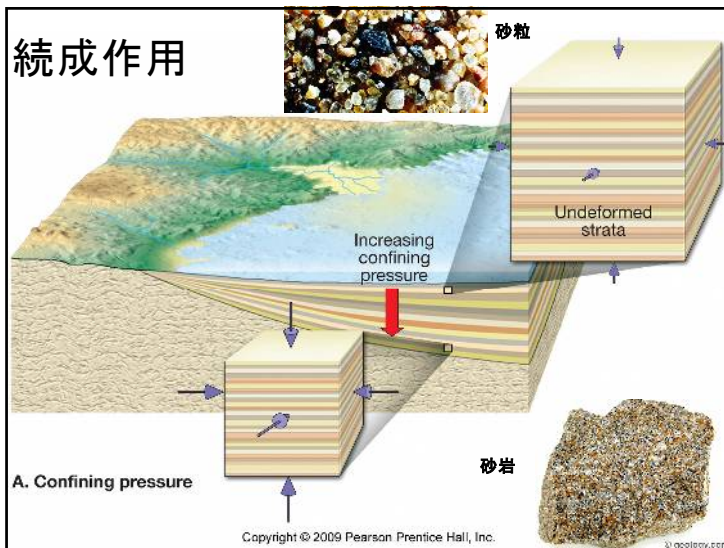
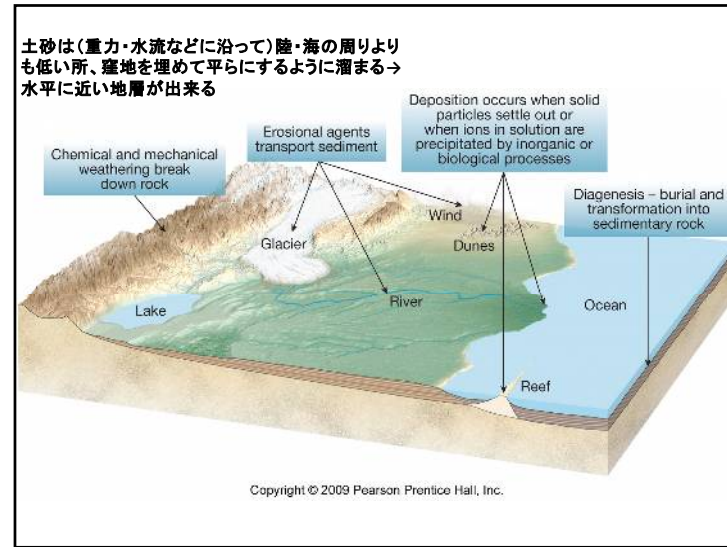


地学概論 A

**第8回 堆積構造：
地層中に記録された「過去の堆積環境」**

1. Permanently embedded in lava
2. Taking a short cut through the forest and St. Croix
3. Foisted by active lava flows
4. Lost a fight with juniper tree
5. Sat too close to the Gouffernian fragments



続成作用 (diagenesis) は堆積物が固まって堆積岩になる作用で、以下のような2つの方向の作用がある (Wiki)。

物理的続成作用
 碎屑物が上載圧力を受け、粒子間の隙間が詰まったり、粒子間の水が排水に伴って抜けたりする圧密現象 (コンソリデーション) と呼ばれる物理的作用を中心とする。

化学的続成作用
 地下水に溶け込んだ成分 (炭酸カルシウムや二酸化ケイ素など) が晶出し、長期間を経て、粒子間結合部およびその周辺に化学生成物を析出し、固結力を高める (膠結: セメンテーション) 作用等。

物理的作用と化学的作用は堆積終了と同時にスタートするが、初期は主に圧密に伴う物理的作用が支配的で、その終了の後、数万年の長期にわたって化学的続成作用が続く。なお、化学的作用は、固結した堆積岩が掘削などによって表層に露頭し、乾湿繰り返しや凍結融解などの風化作用を受けると次第に消失して強度低下をもたらし、さまざまな工学的問題を引き起こす場合がある。

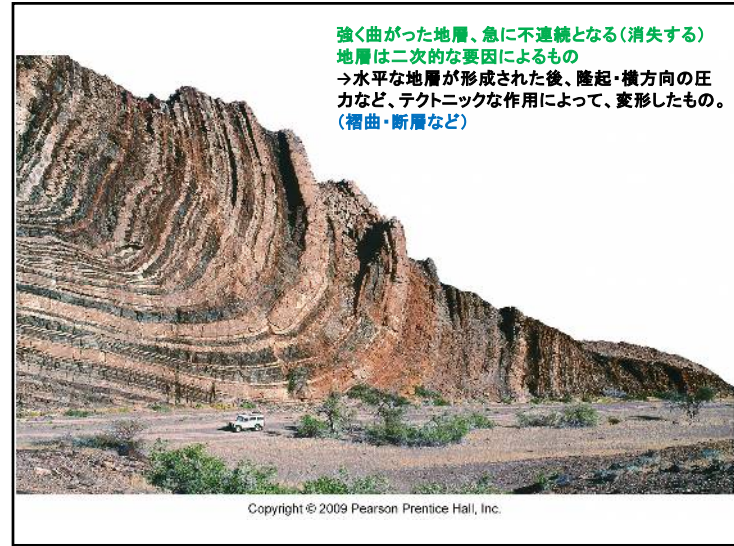


地層と層理面

Dead Horse Point (Utah)

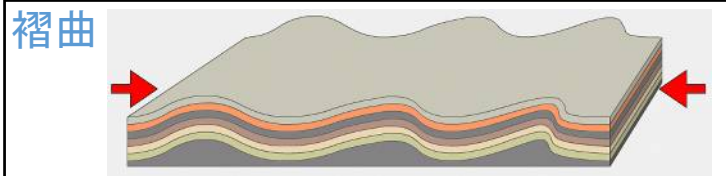


地層と層理面

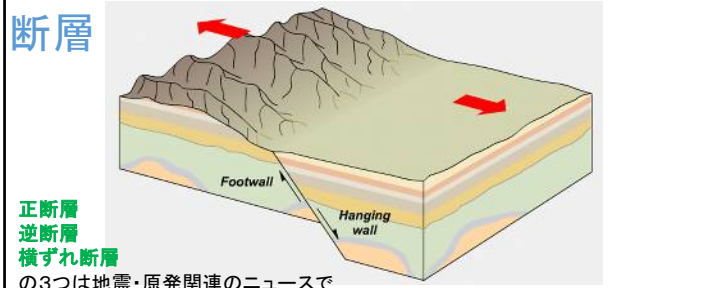


強く曲がった地層、急に不連続となる(消失する)
地層は二次的な要因によるもの
→水平な地層が形成された後、隆起・横方向の圧力など、テクトニックな作用によって、変形したもの。
(褶曲・断層など)

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



いろいろな種類がありますが、詳しくは地学概論Bで学びます。



正断層
逆断層
横ずれ断層
の3つは地震・原発関連のニュースで出てきますので違いを覚えましょう。

地層の重なり方に規則性はあるのか？

土砂は(重力・水流などに沿って)陸・海の周りよりも低い所、窪地を埋めて平らにするように溜まる
→ 水平に近い地層が出来る

Deposition occurs when solid particles settle out or when ions in solution are precipitated by inorganic or biological processes

Chemical and mechanical weathering break down rock

Erosional agents transport sediment

Wind

Diagenesis – burial and transformation into sedimentary rock

Lake, River, Ocean, Reef

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

地層墨重の法則

Law of superposition

地層は基本的に万有引力の法則に従って、**下から上に向かって堆積する**(**下にあるものほど、古い**)という考え方。(化石による)地層同定の法則と並ぶ層位学の基本法則であり、地層の新旧や年代判定を行う上での大原則である。

デンマークの科学者ニコラウス・ステノが、1669年に提唱した法則。彼は、1666年10月にリヴォルノで捕らえられたサメを解剖した際、サメの歯とトスカーナ近辺で産出する化石の形状が類似していることを発見し、翌年に発表した解剖結果報告において、この化石が生物由来のものであると結論づけた。彼は、この考えを推し進め、化石を含む岩層は海底で堆積したものと考えられること、水によって堆積した以上、最下層を除いては水平に堆積したものと考えられること、連続して堆積した場合、上に行くほど堆積した時期が新しくなることを見いだした。これにより地球の発達過程が検証されるようになった (Wiki)。

Grand Canyon 地層墨重の法則

Law of superposition

次の3つの法則からなる (Wiki)。

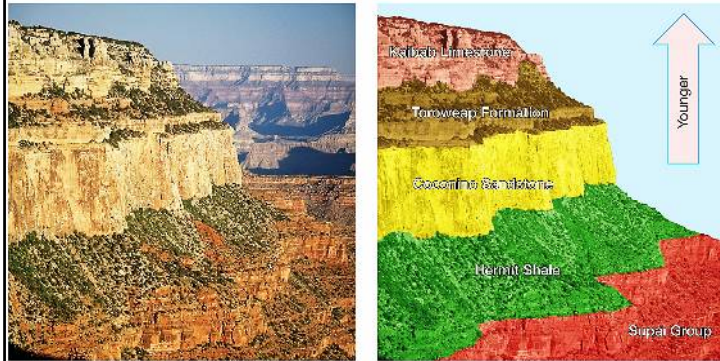
第1法則 **地層は水平に堆積する** (初原地層水平堆積の法則。Law of original horizontality)。

第2法則 **その堆積は側方に連続する** (地層の側方連続の法則。Law of lateral continuity)。

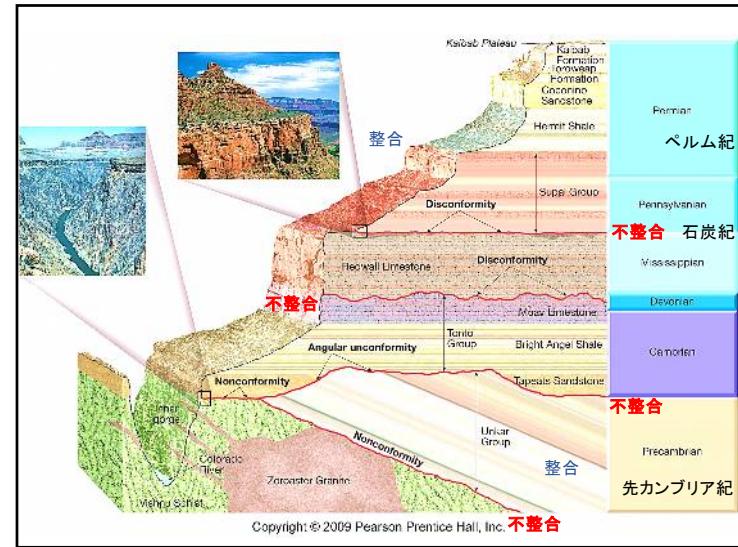
第3法則 **古い地層の上に新しい地層が累重する**。

1791年、イギリスの土木技師**ウィリアム・ミス**は運河の工事による経験から、これを証明し、確立させた。

地層墨重の法則

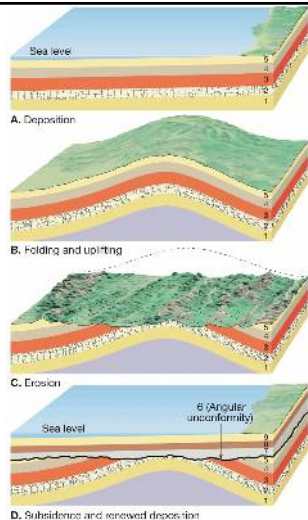


Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



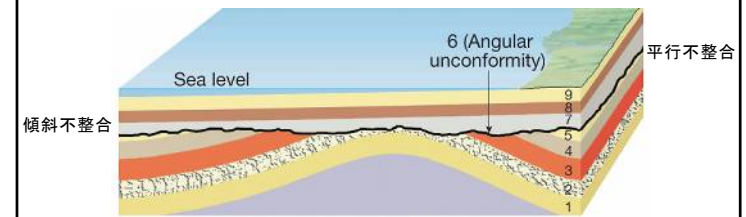
Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

不整合



Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

不整合



地層(堆積岩)から得られる情報

堆積環境(場所・気候など)

碎屑物の産状(礫・砂粒の形など)

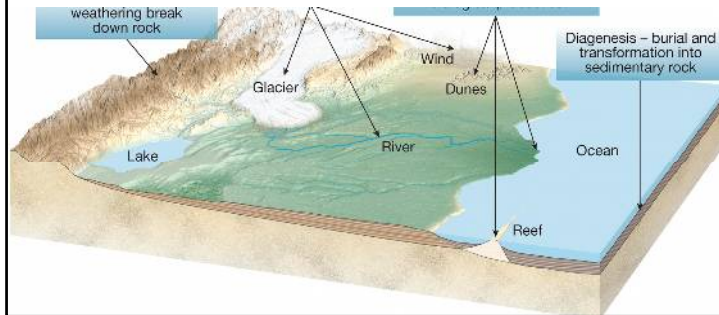
堆積構造(水・風など流体の作る形)

化石(貝・骨・生痕化石など)→示相化石

堆積の時期

化石(示準化石)

年代測定(放射性元素など)



堆積環境の手掛かり



堆積構造

• 地層に見られるさまざまな堆積構造は、堆積した場所やそのまわりの環境を記録しています。

• 層理面が波打っている、**漣痕(れんこん)**=**リップルマーク**は、水の流れが海や湖の底の砂の表面に作りだした模様です。この模様は、当時の水の流れの速さや向きを知る手がかりになります。

• **斜交葉理(しゃこうようり)**=**クロスラミナ**も水の流れが作りだした模様です。(NHK・地学基礎)

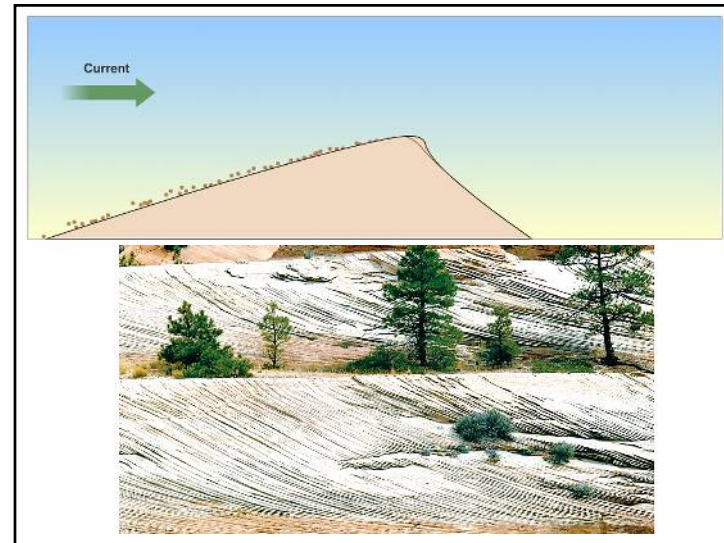
斜交層理
クロスベッド
Cross-bed

→
Duneデューン
が地層中に
保存された物
(の断面)。
強い流れを
示す。
風成は大きい
物が多い

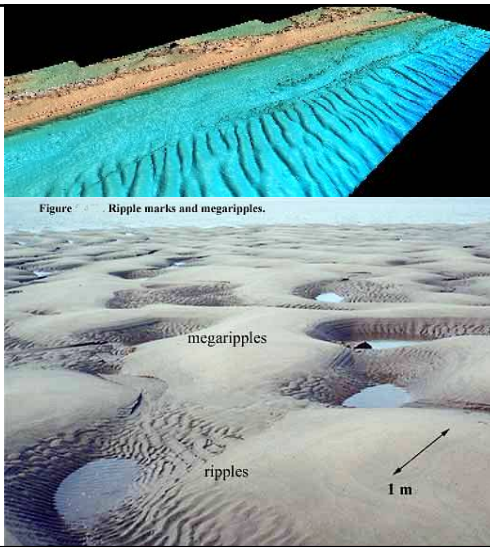


B.

Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.



斜交層理
 クロスベッド
 Cross-bed
 →
 Duneデューン
 が地層中に
 保存された物
 (の断面)。
 強い流れを
 示す。
 水成は小さい
 物が多い



風紋・ Wind Ripple



Ripple

リップル
 リップ
 リプル
 リプ

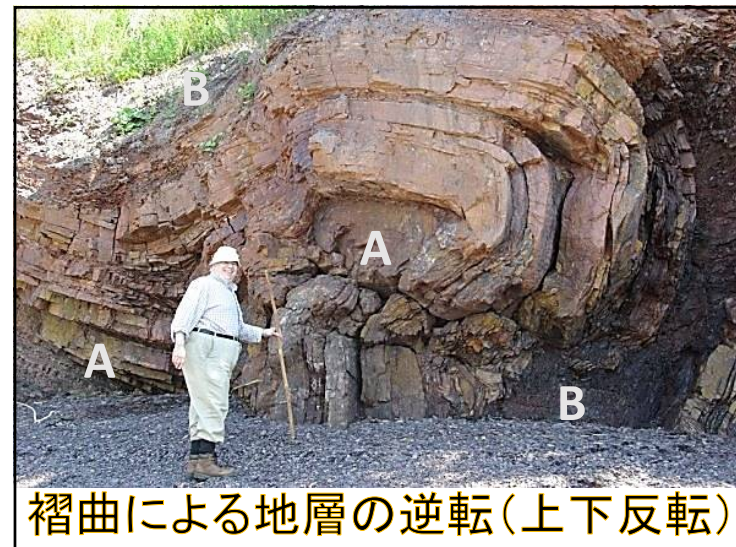
などなど



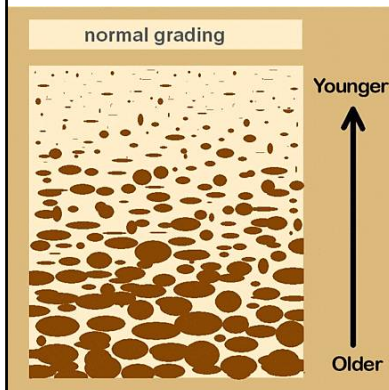
風でも水流でも出来る！

リップル (Ripple) : 水でも出来る (弱い流れ・波)



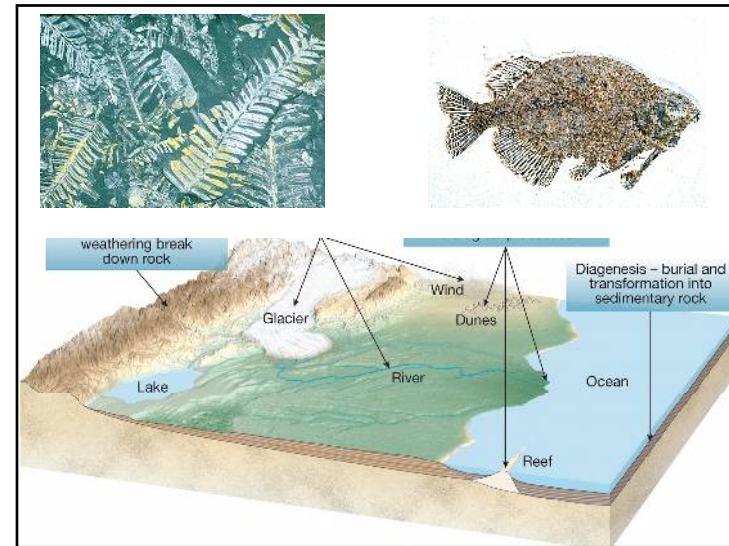


級化層理と上下判定



級化層理 (Wiki):

構成粒子が、下部が粗粒で、上部に向かうにつれて連続的に細粒へと変化している単層のことである。時間とともに粒子を運搬する水流が弱まった場合や、乱泥流によって運ばれた粒子が堆積した場合に生じる。粗粒のほうが堆積した時点での下部だと分かるため、もともとの地層の上下方向を決めるのに役立つ。



示相化石:

その化石が含まれる地層の堆積環境を明確に示す化石 (Wiki)

化石から、その生物の生きていた環境を推定することができた場合、その化石の存在により、その地層が堆積した時の環境を推定できる。たとえばそれが熱帯に生息すると考えられる生物の化石であれば、その地域が当時は熱帯域の気候にあったと判断できるし、それが海岸性の生物であれば、その地点は海岸か、それよりさほど遠くないところであったと判断できる。

化石が示相化石として用いられる条件として、以下のものがあげられる。

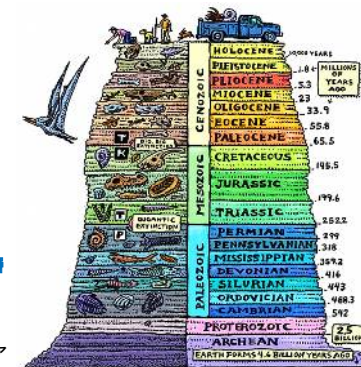
- 生息条件が限定されていること。
- 現生の種との対比から生息環境についてある程度の推察が可能であること。
- 現地性のものであること(底生の動植物の化石、生痕化石など)。

地層の対比

地球誕生から46億年分、今までの全ての地層が1か所に積み重なっている場所はありません。そのため地球の長い歴史を調べるには、地層同士をつなげる必要があります。

地層同士をつなげるには、岩石の色などが特徴的な層を見つけ出すことが大きなポイントになります。地層同士をつなげるのに役立つ、この特徴的な層を **かぎ層** といいます。かぎ層を利用して、離れた場所にある地層が、時間的にどう関係になるのか調べることを、「**地層の対比**」といいます。

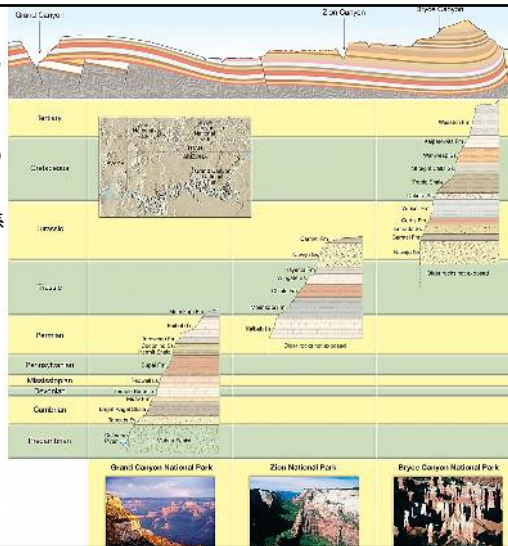
しかし、かぎ層を使って対比できるのは、比較的距離の間に限られます。例えば、日本とアメリカの地層を比べるような時には使えません。そのような場合は、生物の化石が利用されています。(NHK 地学基礎 より)



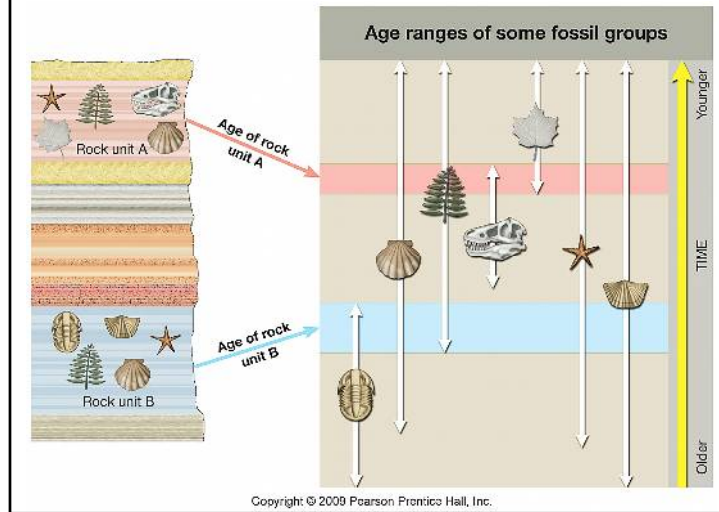
http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/compl_ex_life/fossil_record.html

地層の対比

- 横方向の広がりを明らかにする (堆積環境の規模など)
- 2地点以上で観察される地層の上下関係を明らかにする



化石を利用した地層の年代の決定



示準化石 (しじゆんかせき, index fossil, leading fossil) とは、その化石の含まれる地層が堆積した地質時代を示す化石である。標準化石とも言われる (Wiki)。

放射年代測定が登場するまで、地質学において、離れた地域の間で地層を対比する手がかりは化石以外なく、そうした研究の中で、特に年代推定の指針となる化石が求められた。

CENOZOIC ERA (Age of Recent Life)	Quaternary Period	<i>Pecten gibbus</i>	<i>Naptunea tabulata</i>
	Tertiary Period	<i>Calyptrophorus velatus</i>	<i>Venericardia planicosta</i>
MESOZOIC ERA (Age of Medieval Life)	Cretaceous Period	<i>Scaphites hippocrepis</i>	<i>Inoceramus labiatus</i>
	Jurassic Period	<i>Perisphinctes tiziani</i>	<i>Nerinea trinodosa</i>
	Triassic Period	<i>Trochites subbullatus</i>	<i>Monotis subcircularis</i>
PALEOZOIC ERA (Age of Ancient Life)	Permian Period	<i>Leptodus americanus</i>	<i>Parafusulina basal</i>
	Pennsylvanian Period	<i>Dictyocostus americanus</i>	<i>Lophophyllum proliferum</i>
	Mississippian Period	<i>Cactocrinus multibrachiatus</i>	<i>Prolecanites gurleyi</i>
	Devonian Period	<i>Mucrospirifer mucronatus</i>	<i>Palmatolepus unicornis</i>
	Silurian Period	<i>Cyatophyllum niagarensis</i>	<i>Hexameris horneri</i>
	Ordovician Period	<i>Bathyurus extans</i>	<i>Tetragraptus fruticosus</i>
Cambrian Period	<i>Paradoxides pinus</i>	<i>Billingella corrugata</i>	

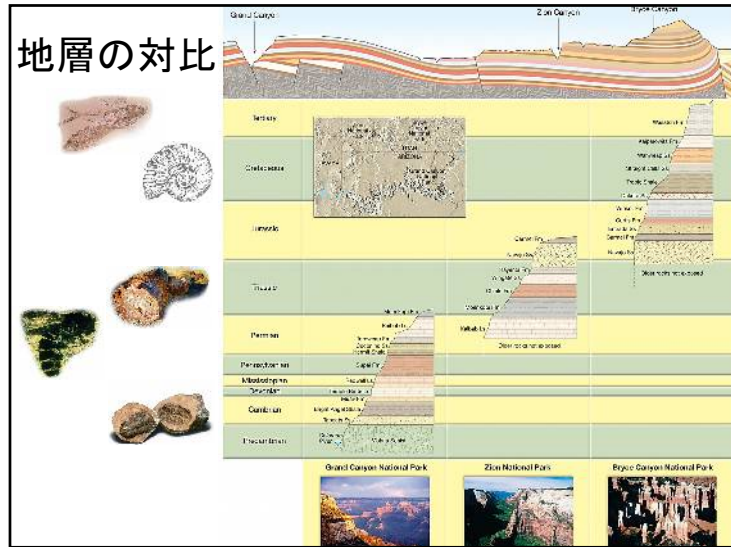
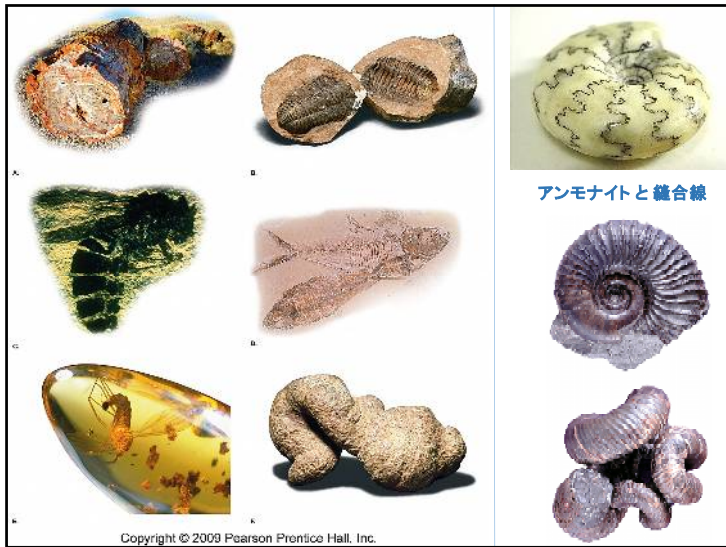
示準化石の条件 (Wiki)

化石が示準化石として用いられる条件として、以下のものがあげられる。

- 現生していないもの。
- 短い年代によって形態に変化が生じたもの。
- 地質時代ごとに形態が異なっていることにより、逆にその形態から地質時代を決定することができるようになる。
- 分布領域が広く、かつ多数発見されるもの。分布が狭いものでは、他地域と比較ができない。個体数が少なく、発見の頻度が少ないものも役に立ちにくい。

したがって、示準化石には(保存性のよい)殻を持ち、個体数の多い小型の動物、二枚貝や巻き貝、あるいは甲殻類等が多い。三葉虫(古生代)やアンモナイト、三角貝(中生代)などは、いずれも広く分布し、多くの属種に分化したことが明確であることから、それぞれの時代を象徴する示準化石としてよく知られている。古生代については、腕足類も示準化石として利用される他、大型の有孔虫であるフズリナ、筆石なども広く利用される。新生代では、ほ乳類、貨幣石などがあげられる。

浮遊性有孔虫に代表される微化石も、示準化石として用いられる。これらは、アンモナイト等の大型化石に比べ、岩石中に見いだされる個体数ははるかに多く(拳大の試料中に数百から数十万個)、大型化石を含まない岩石からも発見されることが多いため、示準化石としてより有用である。最近では、放射虫、珪藻、石灰質ナノプランクトンなどの海生の浮遊生原生動物が地質年代決定の際に用いられる。



相対年代と絶対年代

年代測定法 (Wiki)

放射年代 (放射性炭素年代測定法を含む)
含まれる放射性核種 (セシウム137、鉛210など) の壊変度合いを測る。

古地磁気
地磁気の反転や強度変化のパターンから既知のパターンと照合する。

年輪年代学
樹木や珪化木の年輪を数えたりパターンを比較。原理的には暦年代を直接得られる。

水縞・年縞
水床や湖沼堆積物などに年1枚記録される縞模様を数えたりパターンを比較する。

Radioactive Isotopes Frequently Used in Radiometric Dating		
Radioactive Parent	Stable Daughter Product	Currently Accepted Half-life Values
Uranium-238	Lead-206	4.5 billion years
Uranium-235	Lead-207	715 million years
Thorium-232	Lead-208	14.1 billion years
Rubidium-87	Strontium-87	47.0 billion years
Potassium-40	Argon-40	1.3 billion years

などなど

放射年代 (Wiki)

炭素14法 (放射性炭素年代測定) - 半減期約5,730年の炭素14を使用する。地層の中から産出した貝殻、埋れ木、木炭、泥炭などの有機物を対象として測定され、年代の特定には他の手法を併用した総合的な分析が行われる。±50年くらいの精度である。

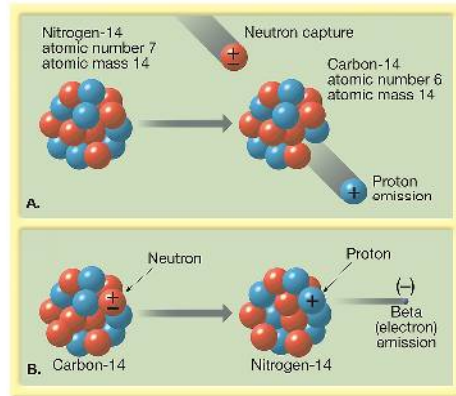
カリウム - アルゴン法

ウラン - 鉛法 (U-Pb)

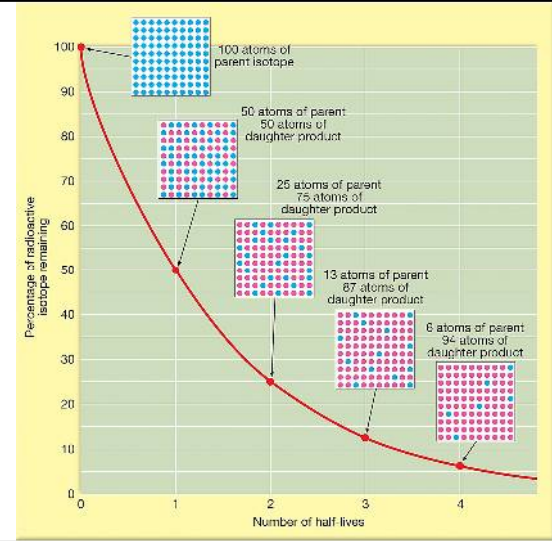
ウラン-トリウム法 (U-Th)

ウラン-ウラン法 (U-U)

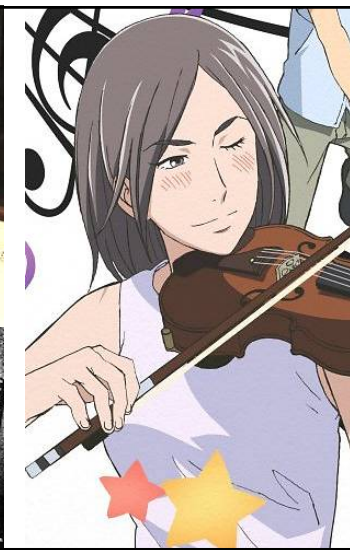
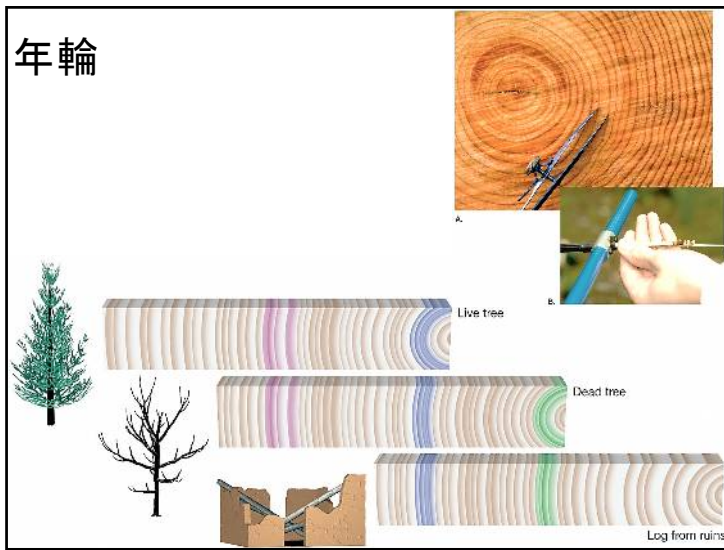
などなど



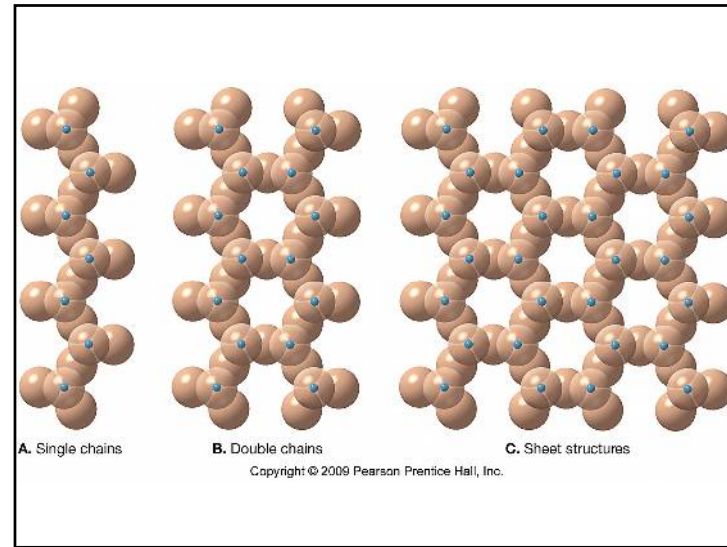
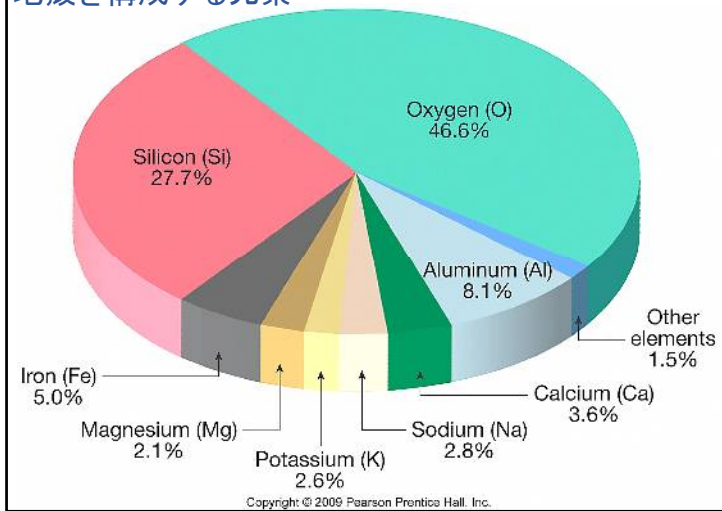
半減期



年輪



地殻を構成する元素



Negative Ions		Positive Ions					
O^{2-}	F^{-}	Na^{+}	Mg^{2+}	Mn^{2+}	Al^{3+}	Si^{4+}	0 1 2 3 Angstroms
S^{2-}	Cl^{-}	K^{+}	Ca^{2+}	Fe^{3+}	Ti^{4+}		
-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	Ionic charge

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

Mineral/Formula	Cleavage	Silicate Structure	Example
Olivine group (Mg, Fe) SiO_4	None	Independent tetrahedron	かんらん石 Olivine
Pyroxene group (Augite) (Mg, Fe) Si_2O_6	Two planes at right angles	Single chains	角閃石 Augite 普通輝石
Amphibole group (Hornblende) $Ca_2(Fe, Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Two planes at 60° and 120°	Double chains	ホルンブレンド Hornblende 普通角閃石

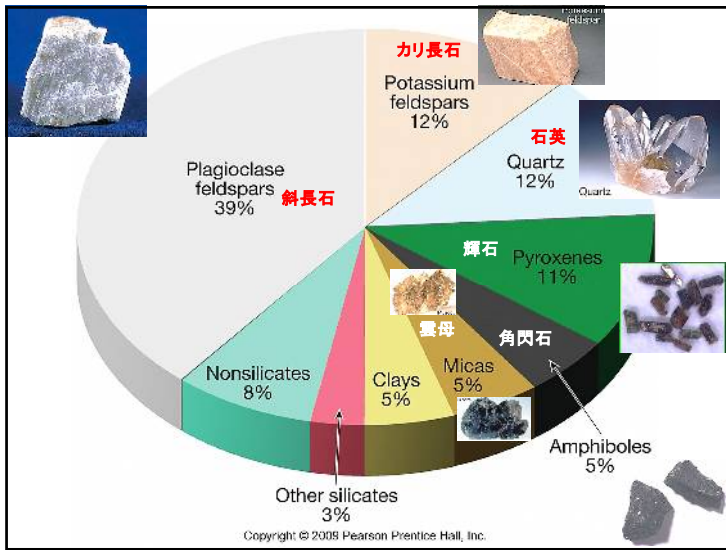
Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

Micas	Biotite $K(Mg, Fe)_2Al_2Si_2O_{10}(OH)_2$	Sheets	Biotite 黒雲母
	Muscovite $KAl_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$		Muscovite 白雲母
	One plane		

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

Feldspars	Potassium feldspar (Orthoclase) $KAlSi_3O_8$	Two planes at 90°	Potassium feldspar カリ長石
	Plagioclase feldspar $(Ca, Na)AlSi_3O_8$		石英 Quartz
	Quartz SiO_2	None	石英
		Three-dimensional networks	

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



来週の授業

第9回. 地震と津波(1):
地震のメカニズム・震度と地盤(堆積盆地)との関係

第1章3of3: p.37-46
第3章2of5: p.89-94上
第3章4of5: p. 96-98
第7章3of5: p.234-235