

惑星地球科学

！注意

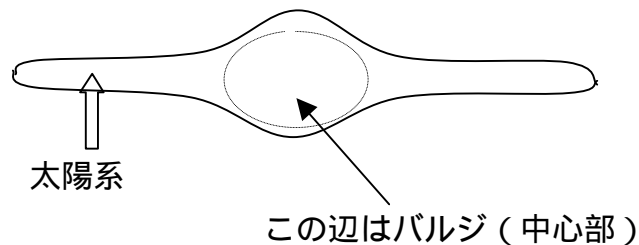
以下大体において明朝体部分は過去のシケプリから、ゴシック体部分は作者の付けたし・改訂です。少々細かすぎる部分、逆に薄い部分あるとは思いますがご容赦ください。

第1講 惑星としての地球

1. 銀河系と太陽系

* 太陽系の位置：銀河系の中心から約3万光年（銀河の端）で、太陽系は銀河を1周するのに約2億年かかる

* 銀河系の構造：



* 太陽系の構造

地球型惑星：水金地火 質量小、密度高

木星型惑星：木土天海 質量大、密度低（大部分はガス）

この2つの間に小惑星帯がある。

なお 2006 年に準惑星となった冥王星他、海王星の軌道以遠の準惑星はエッジワース・カイパーベルト天体と呼ばれる。

* 太陽系の誕生（太陽と惑星は同時にできる）

1. 星間ガスの濃い部分が重力で収縮して回転しながら集まり、円盤形に広がる

この際ある一定の距離のところに物質が集中するように広がっていき、このときできた塊が後に惑星となる。

2. 収縮が進みガスの最も濃い中心部が太陽となる（ガスの97%）

3. 残りのガスは惑星になる（ガスの3%）

ガスの中でダスト（ガス 昇華 結晶）が集まって細かい隕石になり、衝突によって一塊になって惑星となる。

太陽風によってガスが吹き飛ばされた惑星は地球型惑星に、太陽風が弱くガスが吹き飛ばなかったところでは岩石の塊を中心にガスが収束し木星型惑星になる。

* 原始地球の形成

元は大きな岩石の固まりで、重力で隕石が降り注ぎ無数のクレーターがあったが、隕石の中には CO_2 や水蒸気といった揮発成分が含まれており、衝突の熱で隕石が蒸発、溶解して揮発成分が逃出し、地球の引力で地球上にとどまる(原始大気となる)。そして原始大気(CO_2 ,水蒸気)の温室効果で地球の表面はマグマの海(マグマオーシャン)になった。その後冷えてマグマは固まり地球の岩盤を形成し、水蒸気は海を形成した。

マグマオーシャン時(1500 以上)、融けていた重いもの、軽いものが分離。鉄などの重いものは地下へ沈み、核を形成することになる。

初期地球の大気は約 90 気圧で大部分は CO_2 。但し最初(金属核形成前)はメタン中心(酸化できない)

マグマオーシャンが終わり多少冷えたとはいえ液体の水は存在できたのか？

というかむしろ.....

太陽は Young Faint Sun、つまり輝度低い(エネルギーは今の 7 割程度)

cf HR 図上での星の進化:主系列星になる前の原始星は質量、表面温度ともに小さい
地球は氷づけになっていたのでは？しかしスノーボールアースと呼ばれる時代はずっと後の時代。ではなぜ地球はそれほど冷えずに高温だったのか？

厚い CO_2 の大気がそれを阻んだから。

ところで酸素は？

23 億年前くらいまではウラン(酸化すると液体になるはず)鉱床ができていた。そしてこの頃より縞状鉄鉱層(酸化鉄が海底に沈殿してできた)もできており、酸素が急増した証拠となっている。

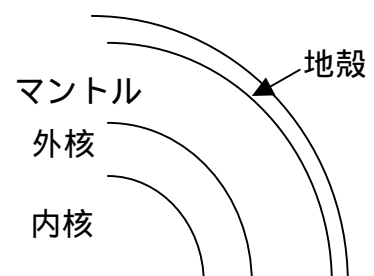
* 地球の構造

1 . 層構造

外側から、地殻、マントル(大部分固体一部溶解)

外核(液体)、内核(固体)

各層では構成物質が異なっている。



2 . 熱の対流

地球は誕生以来中心部の熱と放射性同位体の熱を宇宙空間に逃がし続けている

ため、地球内部では熱の対流がおり、地球内部のマントルは(固体だが)対流している。

- ・ マントル温度低、硬 波伝わるの速い 沈み込む(アジアなど)
- ・ マントル温度高、軟 波伝わるの遅い 湧き上がる(太平洋など)

こうしたマントル対流はブルームと呼ばれ、地球最大のエネルギー移動である。

プレートテクトニクスはブルームの上に乗っているに過ぎない。プレートテクトニクスは液体の水の存在が影響しているため(その結果大陸と海洋のでき方がそれぞれ異なる。)、太陽系では地球にしか存在しない。

3 . 地球の元素構成(全体)

O > Si > Mg > F

4 . 地球と他惑星との比較

	状態	例
成長テクトニクス	マグマオーシャン	46 億年前の全ての惑星
ブルームテクトニクス	プレート無し	金星、原始地球
プレートテクトニクス	多数プレート	地球
収縮テクトニクス	単一プレート	火星、水星(小さくすぐに冷え、対流できず)
最終テクトニクス	単一プレート	月

現在の地球では成長テクトニクスは核で、ブルームテクトニクスは下部マントルで、プレートテクトニクスは地殻から上部マントルで起こっている。

第2講 プレートテクトニクス

地球の表面には 12(13)枚のプレートがありそれらが流動(年間数 cm)しているという考え。プレートは海嶺から生まれ、海溝でマントルに沈んでゆく。プレート運動の原動力ははっきりとは分からないが、ブルーム(以下参照)などマントルの動きと関係がある。

* プレート

地下 70 ~ 150km までの地殻とマントル上部の固い(剛体:力を加えられると、その

もの自体は変化せずに動く、完全剛体は存在しない部分をリソスフェア(プレート)という。一方それより下部の地下 200km までのマントルで柔らかい部分をアセノスフェアという。プレートはいわば卵の殻のようなものである。

地殻	リソスフェア (プレート)
マントル	固い
	アセノスフェア 柔らかい

(物質による区分) (物性による区分)

アセノスフェアが柔らかいから上にあるプレートは流動できる

* 3つのプレート境界

1. 収束型 (ぶつかる)
2. 発散型 (離れる)
3. 平行移動型 (すれ違う)

参考 <http://georoom.hp.infoseek.co.jp/7old/3litho/photo/plate1.gif>

* 発散型プレート境界 (プレートの生まれるところ&プレートが裂けるところ)

場所: (中央)海嶺 (ex 大西洋の中央海嶺) プレートの生まれるところ

陸上ではアイスランド 中央海嶺が陸上に現れたもの。無数の大地の裂け目(ギャオ)が見られる。境界から離れるほどプレートの年代は古い。マントル物質が上昇してきて(ブルーム)境界の表層付近で部分溶解してマグマだまりをつくり、それが冷えて固いプレートができてゆく。海嶺から海水に噴出するマグマもあり、それは玄武岩となり枕状溶岩を形成。

中央海嶺で生まれた溶岩は地磁気がバラバラ。キュリー温度より下がるときに磁気を持つようになるため、これは地磁気が反転していた時期があった証拠。これが海底に縞模様として現れている。

大陸の分裂 (ex アフリカ大地溝帯) プレートが裂けるところ

ブルームにより大陸が加熱され割れ目ができる。地表付近ではブルームでできたマグマだまりがあり、割れた大陸の一部は重いので軽いマグマに沈みこむ。

よって谷ができて地溝が形成され海水が浸入したりする。

これに関しては第 8 講や下のブルームの説明を参照。

* 収束型プレート境界（プレートの沈み込むところ）

場所：海溝

海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んでゆく。地震多発地帯。

・地震 = 地殻岩石の破壊が波として伝播する現象

日本で頻繁に起こる小規模地震の多くは大陸プレートにもぐりこんだ海洋プレートの境界面で起こる深発地震である。その境界面を和達 - ベニオフ面という。一方でもぐりこむ海洋プレートに引きずられて沈み込んだ大陸プレートが跳ね上がって（逆断層）起こる地震は海溝型地震といい巨大地震となる。

* 平行移動型プレート境界（プレートがすれ違うところ）

ex サンアンドレアス断層：トランスフォーム断層の代表例

プレートの動きは球面上の回転運動のため回転軸付近はゆっくりと外側に行くほど速く動く。その調整のためにずれているのがトランスフォーム断層。

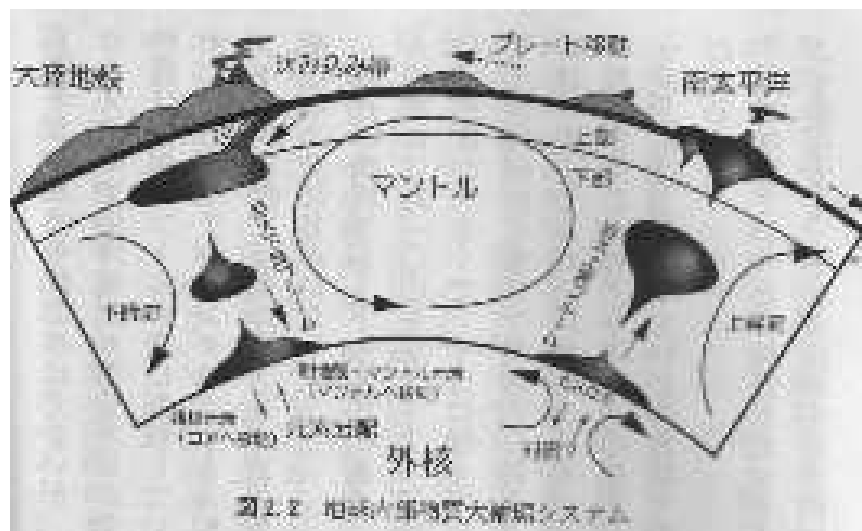
* プルーム 少々込み入った説明になりますが重要です。後から出てくる所も参考に理解されたい。

プルームとは地球の内部、マントル内における対流である。すぐ後で説明するが、地球の表面では海洋プレートが大陸プレートの下にもぐりこんでいる。沈み込んだ海洋プレートは低温のままマントル上部の底（約 670km）に溜まっていく（海洋地殻の密度はマントル上部よりは大きい、下部よりは小さいため）。このような下降流をコールドプルームという。ある程度溜まると、原因はよくわからないが 6～8 億年に一回一気にマントル内を沈み込む。これがスーパーコールドプルームである。現在はアジア大陸の下に存在している。この流れが周辺のプレートを集める働きをする。そのために超大陸形成の要因となる。ただし超大陸などについては第 8 講で記述することにする。スーパーコールドプルームが原動力となって逆に上昇するのがスーパーホットプルームである。現在はアフリカ大陸と南太平洋の下に存在していると言われる。このスーパーホットプルームが地表に達するときは大陸の分裂に関係するものと見られている。スーパーホットプルームもまた地下約 670km のところで一度とどまる。これが地表に上昇する動きがマントルと外核の境界から高温物質が地上に突き上げるマントル内の動きをホットプルームと言う（ただしプルームはマグマではない。地上付近でそれらによって周辺部の岩石が溶けてマグマができる。）。ホットプルームがあがってくる場所は中央海嶺ではなくホットスポットである。ここでの活動の跡が海山列である。代表例は天皇海山列とハワイ諸島。今ホットスポットがあるのは東端のキラウエア（ハワイ島）。こうした一連の動きをプルームテクトニクスと言う（磯崎先生らが提唱した概念）。

地下約 670km までの上部マントルでの現象が存在するのは太陽系では地球だけである。これは液

体の水が存在し化学変化(水の存在による融点の低下、cf 第3講)を起こす必要があるからである。つまりここで起きるプレートテクトニクスは地球にしか存在しないことになる。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%97%E3%83%AB%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%83%86%E3%82%AF%E3%83%88%E3%83%8B%E3%82%AF%E3%82%B9>



岩波新書『生命と地球の歴史』

プレートはなぜ沈む？

- ・ プレート移動のエネルギーは必ずしも明らかではないが、中央海嶺では下から湧き出て動かされているのは間違いない。
- ・ 海溝で沈み込むプレート自身の重みで動いている??
軽いものはずなのにプレートは沈むのか？

沈み込んだプレートの岩石が地下深く潜るにつれ、圧力によって相転移(結晶構造の変化)し、相対的に周囲のマントル物質より重くなると、碇として挙動する。そしてプレートはさらに沈み込んでいく。

プレートの世界は深さ約 670 キロまで。その下はブルームの世界。

第3講 プレートと岩石1 (プレート上の物質について)

* 火成岩 ex 花崗岩 (黒白半透明からなる結晶の集合体)

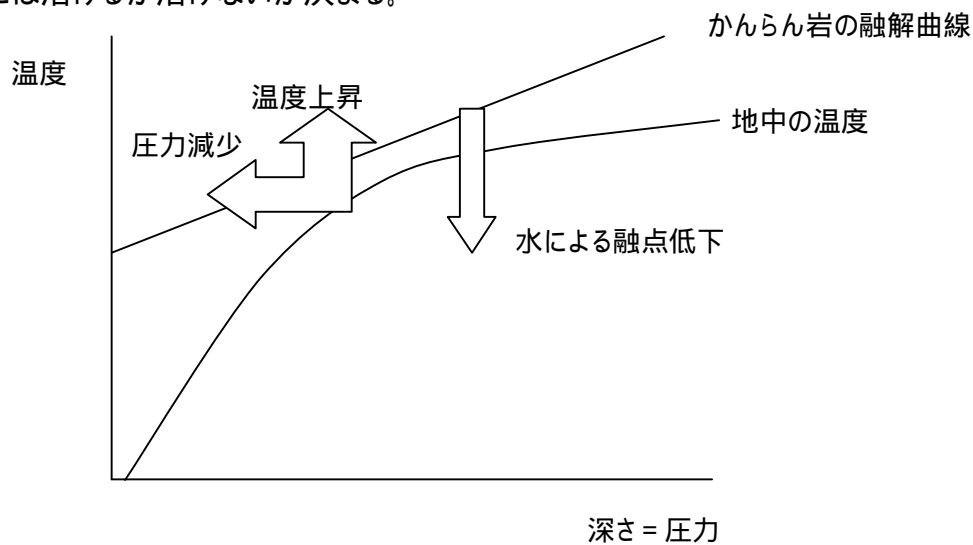
= マグマが冷えてできた岩石

- ・ マグマ = 天然に発生したケイ酸塩メルト (岩石は基本的に SiO_2 からなる)
- ・ 溶岩 = 地表に噴出したマグマ (ドロドロ状態も固まった状態も)

マグマは地下、溶岩は地上として区別する。

・ 岩石の溶解プロセス

岩石は様々な種類の鉱物から構成されているので、一気に溶けるのではなく溶けやすい鉱物から溶ける。よって液体と固体が混在するおかゆみたいな状態 (部分溶融) が発生する。部分溶融状態でマグマの成分が分離し化学組成が変化する (高校地学で習った結晶分化作用)。岩石は温度と圧力の関係 (つまり、岩石は高温状態か低圧状態かで溶ける。但し水の存在により融点が低下することによっても融ける。) で基本的には溶けるか溶けないか決まる。



マントル内のブルームの固体流動によって、温度は一定のまま圧力が下がる。これによりマグマが発生する (部分溶融)。部分溶融中に分離した軽いものは地下を上昇していくが、地表の軽い岩石よりは重いのでとまる。これがマグマだまり (マグマは部分溶融時の結晶分化作用によりマントル物質とは化学組成が異なる)。このまま冷えて固まることもあれば噴火することもある。

マグマの地上への噴出は地震など何らかの外圧による (下からのマグマに押し上げられたり、水蒸気爆発することもある)。

・マグマの生じる場所

中央海嶺 海洋底をつくる

高温のマントル物質が上昇しており地表付近になると圧力低下でマグマが発生
海嶺では海水中に噴出したマグマは枕状溶岩(溶岩が急速に冷やされて丸まるため)となる。

ホットスポット プレートテクトニクスとは直接関係ない

マグマ発生の仕組みは中央海嶺に近い(圧力低下による)。

高校地学では温度の上昇の要素もあると習ったような気がするが、磯崎先生に否定されました。

島弧 - 海溝系(プレート沈み込み地帯) 大陸をつくる

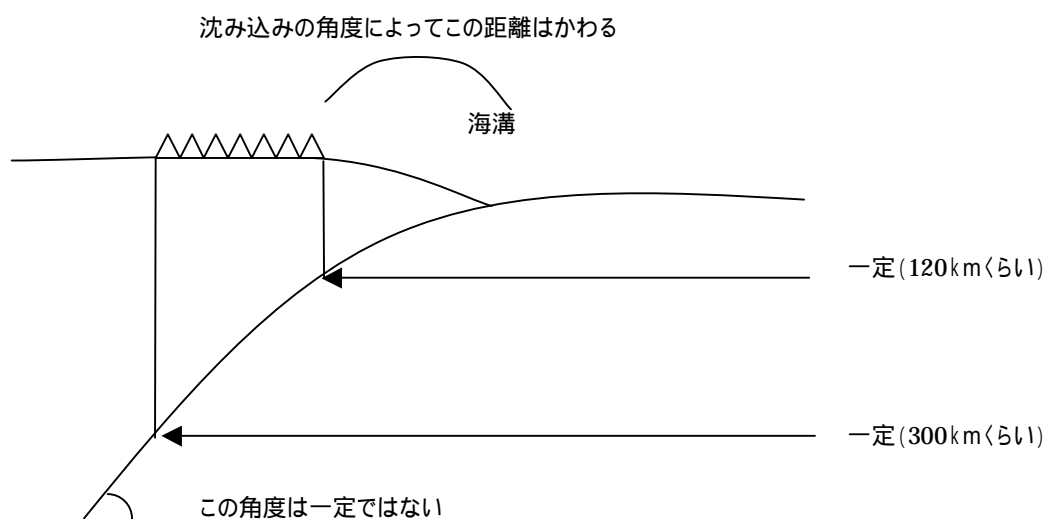
海溝は地下深いために最もプレートが冷やされているところであるがマグマが発生する。
なぜなら水が存在するためである。海洋プレートが大陸プレートに沈み込む時、岩石に OH 基の形で水と一緒に取り込まれる。地下に行くと高い圧力で OH 基は岩石から搾り出され岩石の融点を下げる。よってマグマが発生。発生場所は決まっている。 HP 参照

参考 <http://www.max.hi-ho.ne.jp/lylle/kaseigan3.html>

・火山フロント

日本列島周辺のような島弧 - 海溝系のある場所ではマグマの発生場所は決まっているので、マグマが噴出する火山の分布場所も決まっている。火山の分布する地域としない地域の境界を火山フロントという。

海溝における沈みこみの角度は一定ではないので、この角度によって火山フロントまでの距離は変化(火山フロントの生じる部分の深さは一定)。



* 火成岩の分類 (覚えるべき重要な岩石のみ掲載)

火山岩		玄武岩	*****	*****
深成岩	かんらん岩	*****	*****	花崗岩
	黒っぽい			白っぽい
	SiO ₂ 少ない			SiO ₂ 多い
	融点高い			融点低い

かんらん岩 = マントル物質

岩石の部分溶解でマグマが地上(海中)に噴出していくが、できる火成岩は徐々に黒から白っぽくなる。(結晶分化作用により融点の高い鉱物から溶けていき徐々に岩石中の SiO₂ 濃度が高まるため)

- ・ マグマオーシャン時、金属の核が分離してできたマントルはかんらん岩でできている
- ・ 中央海嶺では圧力低下により部分溶融し、かんらん岩から玄武岩に変化
- ・ プレートとなって運ばれた玄武岩は海溝で沈み込むとき水の存在によって部分溶融し花崗岩に変化 これによって大陸が成長

第4講 プレートと岩石2

* 堆積岩

地球表面の流体を介して堆積した堆積物が岩石に変化したもので、地球上での比率は火成岩に比べて極めて小さい。

Ex. 礫(れき)岩 直径 2mm 以上の比較的大きい堆積物の礫からなる堆積岩。

世界最古の礫岩：約 38 億年前グリーンランド産 海ができていた証拠(但し世界最古の岩石は約 40 億年前の枕状溶岩、これも海ができていた証拠)

* 堆積岩のできるプロセス

岩石の浸食&風化で碎屑物に 流体による運搬 堆積 続成作用によって堆積岩に

・ 岩石の風化

1. 化学風化：雨水に含まれる CO₂ による浸食など
2. 物理的風化：日中熱せられ夜冷やされるといった温度変化によって岩石が膨張・収縮して岩石が壊れる、氷河によって削られるなど。

以上2つの要素が組み合わさって岩石は風化して削られてゆく。

- ・ 流体による運搬

氷河、風、河川

- ・ 堆積

地球は大陸：海洋 = 30：70 で海洋が大部分なので岩石が浸食、風化してできた碎屑物の多くは海洋に堆積してゆく。特に海中斜面のふもとに堆積してゆく。

堆積物のたまる場所

1. 安定大陸（陸上）
2. 受動的大陸縁（海洋） 大西洋沿岸など近くにプレート境界がない。
3. 活動的大陸縁（海洋） 日本沿岸など近くにプレート境界がある。
4. 遠洋深海（海洋）

- ・ 続成作用

堆積物が堆積の圧力で押しつぶされたり、海水中の様々な成分が結晶化し堆積物の粒同士をくっつけることで堆積岩がつくられるプロセス。

- * 安定大陸

大陸棚(水深 200メートル以下、大陸地殻に属する)にたまる。これが隆起したものがグランドキャニオン。他には風によってたまる砂丘や、海水の蒸発による岩塩など。

- * 受動的大陸縁

大西洋沿岸などのように近くにプレート境界がない大陸沿岸のこと。発生、沈降などのプレート活動がないため地震や火山はない。

- ・ コンチネンタルライズ (continental rise)

海溝の存在しない大陸斜面の基部にある滑らかな斜面。大陸棚からの堆積物が堆積している。深海(海底)扇状地(海の中に堆積物が流れ着く谷間があり、そこにできる扇状地のような形態の地形)がつながってできている。

参考 http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/FU/EE_5.html

- ・ リフト(rift:切り裂く)

コンチネンタルライズのできるまで(例:大西洋)

ウェゲナーの説:かつて大西洋はなく、アフリカ・北米・南極大陸はくっついていていた。しかし、地下からのマントルプルーム(スーパーホットプルーム)で加熱された大陸は3つ又々に裂け目が入り、プルームの力で分裂(リフト)し始めた。それらが各地で起こり大陸分裂が始まる。なおこのとき火山活動が発達する。その後大陸

の裂け目には海水が進入し大西洋が形成。地上からの堆積物が大陸斜面の基部に堆積してなだらかな斜面のコンチネンタルライズが形成された。よってコンチネンタルライズの下には海洋地殻と大陸地殻の境界ができることになる。

現在の東アフリカ大地溝帯(リフトバレー)もこの例。

第5講 化石と地層

* 化石 = 地層や岩石中に天然に保存された過去に生存した生命の痕跡の総称 (別に石化している必要はなく肉のままでもよい。ex 冷凍マンモスも化石) 化石として残るには急速に埋められ酸化しない必要があるが、この点で堆積物の溜まりやすい海中の生物が化石として残りやすい。殻や骨が化石として残りやすいが、時に軟体部も残ることがある。

・ 生命 = 膜で隔てられた内空間
自己代謝を行う (物質 & エネルギー)
自己複製を行う (生殖) クローンではない。少しずつ異なって複製するので生物の多様性が生まれる。
進化

・ 地球生命

1. タンパク質でできている
2. 世代交代に DNA が関与 (DNA 複製で世代交代してゆく)
3. 水の存在が前提 (氷では不可能) DNA の存在には水が必要
生物種の分類は、子供ができるか否か (交配可能性) でわかる。

・ 化石のカテゴリー

体化石 生物の体全体、一部の化石で我々に馴染み深いもの。

大型化石、微化石 (観察には顕微鏡使用する) もある。ex 恐竜、微生物

生痕化石 ex 足跡、巣穴、フン

化学化石 生物の体の一部の有機物の分子。情報をもっている。

ex DNA、炭化水素など有機物 (ナノメートルサイズでごく極小)

・化石がもつ情報

年代

各々の時代に特徴的な化石があり、化石の含まれる地層の年代決定に役立つ。

古環境

化石のある地層が堆積した時の環境（気候、水温など）の推定に役立つ。

古地理

化石のある地層の堆積時の地理（陸か海か、地形など）の推定に役立つ。

進化史

・地質年代区分表および地球史 Pt. 生物は絶滅を繰り返していた。

参考 <http://www.s-yamaga.jp/nanimono/chikyu/chishitsunendai-01.htm>

冥王代	太古代	原世代	顕世代		
先カンブリア時代			古生代	中生代	新生代
原始地球 マグマの海	CO2 減少	大陸形成活 発 光合成開始 真核生物	酸素急増加 生物の上陸	恐竜の繁栄 温暖気候	人類祖先誕 生 氷河時代

生命誕生

硬い殻を持つ生物の誕生

- ・太字は地球史上の区分、細字は地質年代の区分形式です。
- ・詳しくは上記の HP をご覧ください。上の表のように大まかな時代区分や年代、出来事は覚えたほうがいいですが、HP にある“～紀”など細かい情報は覚える必要性は低いとのこと。
- ・なぜ時代区分が生まれるか。生物の入れ替わりはシャープ(紀の終わりに絶滅)だから。
- ・化石を見れば遠隔地相互の対比可能。
- ・いくつかの化石が各大陸で見つかれば大陸同士がくっついていた証拠になる。

第6講 活動的大陸縁 (cf.受動的大陸縁)

- ・大陸縁には2種類

1. 受動的大陸縁 (大西洋型大陸縁)

2. 活動的大陸縁 (太平洋型大陸縁)

- * 活動的大陸縁

- ・プレート収束境界にある

- ・主な構成要素

海溝：6000m以上の深さをもつ。それより浅いものをトラフと呼ぶ。海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込んで形成されている。

付加体：海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレートの上にたまっていた堆積物がはぎ取られ、陸側にくっついたままとなったもの。

- ・付加体のできるプロセス (雪掻きモデル)

参考 <http://www.s-yamaga.jp/nanimono/chikyu/fukatai-01.htm>

海洋プレートにたまっていた堆積物は海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む時に、大陸プレートの先端がストッパーとなって一緒に沈み込まず、海洋プレートが斜めに切れて刺身の切り身状になり、海溝の裂け目の大陸プレート側に張り付いていく。よって付加体は海溝を埋めてゆく役割を持つ。付加体により大陸プレートの先端は成長し、海洋プレートは後退する。

日本列島も付加体でできた島弧である。

大陸の物質を作っているのは火山フロントの真下だが、大陸プレートの先端となるのは海溝に運ばれてきた海洋プレートの堆積物である。ただしその堆積物の起源は火山灰や陸が削られたものなので実は大陸の物質が循環しているだけ。

堆積物が少ない場所では海洋プレートが海溝に沈み込んでも付加体はできない。

海洋プレートが平らでなく、海山など突起物があるとプレート移動で海溝にそれが来たとき付加体を削り、海溝で大陸が後退することになる。

付加体は下に貼りつくので、地層累重の法則をやぶり上のほうが古い(付加体の一つの切り身の内部は上のほうが新しい)。

第7講 チャート

！注意

ここは以前のシケプリには載っていません。今年からの追加と思われます。しかも磯崎先生の専門分野みたいです。

つまり最重要ポイント！？

チャートとは

- ・ 細粒緻密
- ・ 硬い(叩くと火花が出る) 95%以上が SiO₂
- ・ ガラス光沢
- ・ 堆積岩
- ・ 日本列島に多い
- ・ プラクトン(放散虫)の殻の化石がつまっている

チャートの溜まる速度は 3mm/年程度 = チャートは溜まりにくい

太平洋や大西洋の真ん中の深海底で放散虫を含む軟泥が溜まり、固まる
(大陸縁では粗粒な堆積物が溜まりやすいのでチャートの形成は不可能)

遠洋深海堆積物

1. 陸源粗粒碎屑物質の欠如(極細粒)
2. プラクトンの遺骸(珪質 放散虫/石灰質 有孔虫、但し 3000M 以上の深海では石灰質のものは溶けるのでそれ以深ではチャートができる)が卓越
3. 低い堆積速度(数 mm/1000 年以下)
4. 宇宙塵も含まれる

層状チャート(珪質部と泥質部の交互層)は 23000 年周期で作られる(この中に宇宙塵は 1 割ほど含まれる)。

そのうち珪質部は 2000 年程度で形成され、残りの期間で泥質部を形成する。

ミランコビッチサイクル

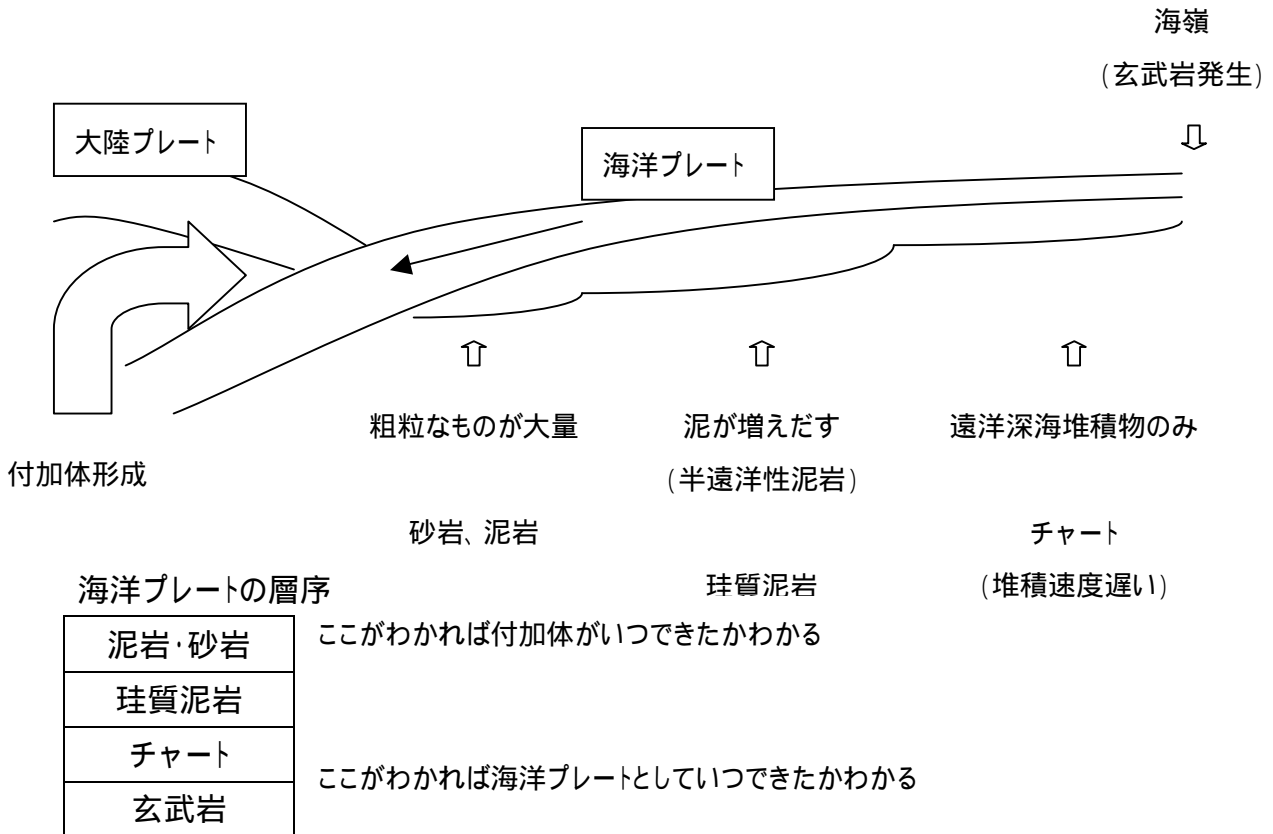
- ・ 公転軌道 10 万年に一回
- ・ 地軸の傾き 4 万年に一回
- ・ 歳差運動(コマの回転みたいなもの) 2.3 万年に一回

海底に沈んだプラクトンの死骸起源の養分は海がかき混ぜられることで循環

(ペルー沖などの湧昇流で上昇、グリーンランドや南極沖で冷やされて沈み込む)

海水が冷えたときに養分の循環活発化
 23000年ごとに寒冷となるために放散虫が大量発生

こうしてできたチャートの層は放散虫が減少するに従い泥質に移り変わっていく。
 プレートの移動に従いさらに泥質に。



付加体形成時、こうしてできたセットがぶちぶち切れるので、セットがいくつも重なり層状チャートができる。

付加体に出てくる海洋プレート層序でわかること

1. 付加体の形成年代(砂岩泥岩の最終形成年代より)
2. 沈み込んだ海洋プレートの年齢(チャートが形成され始めた年代より)

この年齢から沈み込みの角度までわかる

(沈み込むのに長かかったプレートほど堆積物が多く重いので沈み込みの角度が深い = 火山フロントは海側になる cf 第3講)

現在のプレートだけでなく、チャートを調べる(海洋プレート層序を使う)ことにより

過去のプレートの年齢・沈み込み角度がわかるようになった。

先生が自分の功績だと自慢

日本列島はほとんど付加体でできているのでチャートが出る。

海洋プレート層序を使えば日本列島がどうやってできたかわかる。

石灰岩もホットスポット火山などの周りにできた珊瑚礁起源のため、チャートと同様のことが可能。

第8講 日本列島

・前に述べたとおり日本列島は大陸の縁にできた付加体でできている。よってかつては日本列島のあった場所はプレートの沈み込む海溝であった。

* 日本列島の構成要素 (表層の堆積物と貫入した花崗岩を除く)

・ 古期変成物 + 花崗岩、大陸棚堆積物 (チャート、砂岩、泥岩もふくむ)

能登半島・丹後半島から島根半島・山口・北部九州、北上山地南部、茨城県日立市付近のみ

・ 付加体、高圧型変成岩、火山による火成岩 (玄武岩など) その他の地域

* 日本列島の簡単な歴史

約7～10億年前: 超大陸ロディニア (現在の北米、豪、中国南部、南極、インド) が存在
約7億年前: 超大陸ロディニアがスーパープルームの活動により分裂。分裂した縁は受動的大陸縁となり、コンチネンタルライズが成長 (プレートの沈み込みはまだない。)。このとき受動的大陸縁となった、現在のユーラシアプレートの一部である揚子江 (南中国) プレート (Yangtze Block) の沿岸にあたる部分が日本列島の起源である。日本列島だけでなく北米西岸、豪州東岸でも同様のことが起きた。上記の能登半島～の部分が形成されたのはこの時期である。このときユーラシアプレートと北米プレートがくっついていた。

約5億年前 (カンブリア紀): プルームにより両大陸は分裂して現在の日本列島付近はアジア大陸の東端となる。その後海洋プレートが Yangtze Block の下に沈み込み始め (= 活動的大陸縁に変化)、コンチネンタルライズのあった場所に堆積物を巻き込んで付加体ができる。さらに火山活動も活発化し、地上に噴出したマグマでできる火成岩によって日本列島は付加体の上にさらに成長する。この成長は今から約2.5億年後まで続くとみられる。

付加体の構成は玄武岩・チャート・砂岩。これを調べればいつ形成されたものかわかる (cf 第7講)。

そして付加体の形成の性質上大陸側が古く、海側が新しくなるが、きれいにはこう並ばない。それは後の時代の褶曲や断層による。また付加体の形成の性質上上が古く、下が新しい。

授業で扱った歴史はこれほどなので、詳しくは

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E5%88%97%E5%B3%B6>

* ウィルソンサイクル

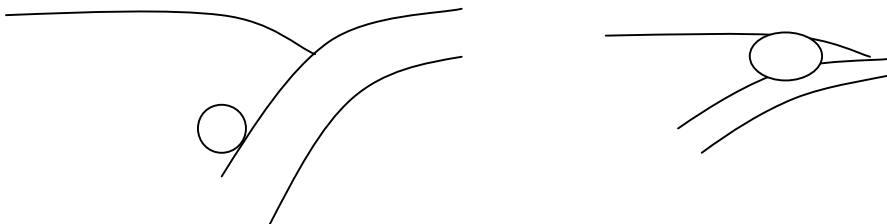
超大陸 プルームで分裂 大陸の移動 大陸衝突・融合 再び超大陸の形成
現在では例えば太平洋プレートは日本付近のプレート沈み込み地帯（海溝）に向かって年数 cm の速さで移動しており太平洋はとじていく傾向にある。逆に大西洋の中央海嶺ではプレートが生まれて拡大しているので大西洋は開く傾向にある。（太平洋は沈み込み帯だらけ。大西洋には沈み込み帯なし。大西洋は広がる一方、太平洋は収縮可能。）約2.5億年後には太平洋はなくなり（まず豪が、続いて北米がユーラシア大陸に衝突）超大陸ができる。その後シベリア付近で裂けてそこに受動的大陸縁を形成、一方現在受動的大陸縁の大西洋がプレートの沈み込みを開始し活動的大陸縁に変化……と続いていく。

付加体には低温高圧型の変成岩がときおり（約1億年ごとに地表に上がり）現れる。

この変成岩はプレートの沈み込み時に巻き込まれることによってできる（沈み込み帯は深いため低温かつ高圧）。

プレートが中央海嶺で生まれてから沈み込むまでの期間（プレート層序における玄武岩と砂泥の形成年代の差）は不定。この期間は中央海嶺が沈み込む際は0になる。中央海嶺が沈み込む周期は約1億年。

中央海嶺ではプレートができたて。つまり熱い、軽い。よって沈み込みの角度が緩い（cf 第3講、沈み込みの角度は不定）。よって変成岩は約1億年に一回押し上げられる。



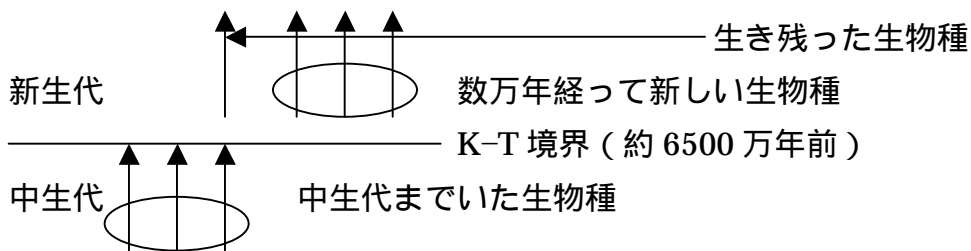
大陸は付加体として形成された部分と火山フロントからの花崗岩の貫入によって成長する。付加体の構成割合は大陸の花崗岩起源の砂・泥が高い。よって大陸の大部分は花崗岩でできる。

第9講 K-T境界事件 (K-T = 中生代-新生代) 約 6500 万年前

* 中生代の終わりに恐竜をはじめ陸海問わず地球上の多くの生物が大量絶滅した。

・なぜ大量絶滅したと考えられるか？

中生代と新生代の地層の境界で、中生代地層に含まれる多くの生物化石が途切れ、新生代地層に新たな種の生物化石が見受けられるから。



* なぜ絶滅したか？

現在ほぼ確実視されている説 **隕石衝突説** (10 数年前に有力となる)

・ 中生代、新生代の境界層にだけ**イリジウム**(地球の表面にはほとんどなく、地球の核や隕石に含まれる)が集中、しかも世界中。

異常なまでの火山活動？ or 隕石衝突？

・ 約 6500 万年前の**巨大クレーター**(直径約 200km、深さ約 40km)がユカタン半島で発見

クレーターの岩石には衝撃波が通過した痕跡あり

・ 約 6500 万年前当時のメキシコ湾付近をはじめとした世界中の海岸線に沿って**巨大津波**(最大波高約 100m)の痕跡(堆積物)発見

・ ハワイ沖で約 6500 万年前の隕石の角レキ発見(小さい隕石なら大気圏での摩擦により丸くなっているはず)

以上により隕石衝突説が有力となった。

ちなみに世界中に散らばったイリジウムの総量から隕石の大きさは約 10kmと推定されている。

* なぜ隕石衝突で大量絶滅が起こるのか？

1．衝突（一瞬） 衝突時の熱で隕石自体と大地の岩石の一部が気化。

隕石に含まれるイリジウムなどの物質や岩石のかけらなどチリ、ガスが世界中に飛散する。また、気化しなかった岩石もマグマと化す。

2．衝撃波（数分間）

3．熱波（数時間） 周辺の森林で大火災発生。北米大陸上に約 6500 万年前の炭の地層発見

4．大津波（数時間）

（ここまでで衝突地域周辺の生物の多くが死滅する）

5．暗黒（数ヶ月） 衝突で世界中に飛散した大量のチリ、ガスが成層圏まで達して滞空して太陽光を遮る。寒冷化。光合成の低下。

6．酸性雨（数年間） 空中の気化した岩石起源の有毒なチリ、ガスにより強い酸性雨が地上に降る。光合成の低下。

7．オゾン層破壊や温暖化など長期的な地球環境の変化。（～数万年）

以上により地球上の多くの生物が絶滅する。（『衝突の冬』）

* Alvarez グループ（イタリアで最初にイリジウムを発見した子と親ら） 隕石衝突説を唱えた重要人物

・ 彼らの研究の意義

地球環境変化や生物変化は従来「地球固有の歴史」とみなされてきたが、地球外の要因に大きく支配されることがあることを明示。

プレートテクトニクスと並んで 20 世紀の地球科学における最大級のパラダイム転換といえる。

第 10 講 P-T 境界（P-T = 古生代-中生代）約 2.5 億年前

・ 史上最大規模の大量絶滅事件 原因不明

* 絶滅についていろいろ

・ 大量絶滅の時には必ず生物種数が極度に減少し、その後再び生物種数は増加し始める。

・ 地質年代区分も大量絶滅などによる生物種数の変化によって決められている。

* 大量絶滅の条件（トキやパンダの絶滅とは異なる）

1. 多くの種が絶滅
2. 同時もしくは短期間に絶滅
3. ほぼ世界的規模で絶滅
4. 海陸関係なく絶滅

* P-T 境界で固有のイベントビッグ 3

1. 史上最大の大量絶滅
2. 海洋貧酸素事件
3. 超大陸パンゲアの形成・分裂
全てに因果関係があるはず

1. 史上最大の大量絶滅

海底に生息していた生物種の 96% が絶滅したことを始め、海洋中陸上ともに大量絶滅が起きた。なぜか。

2. 海洋貧酸素事件(スーパーアノキシア 命名者磯崎)

チャートの色の变化から推測。cf. 第 7 講

古生代や中生代にできたチャートは酸化鉄が含まれて赤茶色となっている。つまり十分な酸素が海中に存在したということを表す。

しかし、P-T 境界付近のチャートには硫黄と結びついた硫化鉄が含まれており灰色、黒色をしている。還元的な硫黄が鉄と結びついたということは、十分な酸素がなかったことを表す。これが古太平洋全域(パンゲア形成時のため海洋のほぼ全域)に及び、期間にして約 2000 万年続いた。

3. 超大陸パンゲアの形成・分裂

プルームの上昇と大陸の分裂(cf. 第 2 講)

プルームが地表付近まで上昇すると圧力を低下させてマグマを発生させ(cf. 第 3 講)、火山活動がおきる。スーパープルームの上昇による超大規模な火山活動があった？

P-T 境界に火山灰層、世界中で発見。

火山活動により大陸の分裂は開始することになる。

激しい火山活動により超大量の火山灰で日光が遮られ寒冷化する。そして光合成が低

下する。植物の減少の二次的な影響として動物も減少する。また火山灰起源の窒素酸化物、硫黄酸化物による酸性雨も降り注ぐ……。

以上『ブルームの冬』仮説。

まとめると以下のような流れ

パンゲアの下でコールドブルーム低下
東アフリカ(シベリア)でスーパーブルーム上昇
大規模火山活動
環境変化

* 大量絶滅とその後の回復

- 0．生物多様性の現象と生態系ニッチ（生息場所、生息環境など）の空白化
- 1．災害時型生物群の出現（災害時に活発化する）
- 2．環境回復
- 3．空白ニッチへの生存種群の拡散
- 4．新たな生物種群の急速な多様化（生物種の大進化）

絶滅は好ましくないことだが、これがなければ新生物の出現、進化はなく今日の人類も存在していなかったかもしれない。過去の偶然の出来事を経て今の人類がある。

大進化の裏には既存分類群の大量絶滅あり。

地球の環境変化には外的・強制的要因がある。

* これからも何回か起きるであろう大規模地球環境変化の要因

- 1．巨大隕石衝突
- 2．スーパーブルーム活動
- 3．全球凍結（氷河期） 現在の地球温暖化は微細な変動

人類に明るい未来はあるのか。あるはず。考える！

人類は道具、農耕、科学を駆使し反則的に増殖してきたのだから。

おしまい