

1. イントロダクション

1-1. 地球環境学2では何を学ぶか？

一言でいうと、「生物相と地球環境の歴史」。

a) 生物相とは

一定の場所（同一環境／地理的区域）に産する生物の全種類。

*種間相互の関係や環境の意義などは含まない概念。動物相と植物相に分けるのが一般的。

例えば、

- ・日本の陸上の哺乳類相
- ・ヨーロッパの海の貝類相
- ・南アメリカの熱帯雨林の植物相
- ・名古屋市の雑木林のミミズ相

b) 生物相と地球環境の歴史

地球環境は時代とともに大きく変動。これと強く関連して生物相も変化。現在の地球環境と生物相は長い変遷史のなかのほんの一瞬の姿。

過去の生物相と地球環境の例を挙げれば、

- ・約1万5千年前の東海地方
最終氷期で現在よりずっと寒冷な気候、平野にブナ林発達、ナウマンゾウ、オオツノシカ、ヒグマ、バイソンなどが生息
- ・約1500万年前の東海地方
現在よりも暖かく亜熱帯気候、岐阜県瑞浪市付近まで海域
- ・約1億5千万年前の東海地方、、、

*生物相と地球環境はこれからも変わって行くだろう。

1-2. 本講義の内容のあらまし

大きく2つのパートに分かれている。

- ・その1：過去の生物相と地球環境の研究法
どのようにして過去の生物相と地球環境を推定するか？ 地層や化石の基礎的な事項とさまざまな推定方法について解説
- ・その2：生物相の変遷
生物相の変遷史を時代を追って概説。とくに変遷史上重要なイベントを中心に扱う。
 1. 生命の誕生

2. 光合成生物の出現
3. 真核生物の出現
4. 海生無殻無脊椎動物の出現と分化
5. 海生有殻無脊椎動物の出現と分化
6. 古生代の海洋生物相
7. 生物の上陸
8. 古生代の陸上生物相
9. 古生代末の大量絶滅
10. 中生代の海洋生物相
11. 爬虫類の出現と発展
12. 裸子植物と被子植物の出現と発展
13. 中生代末の大量絶滅
14. 哺乳類の出現と発展
15. 人類の時代

1-3. 本講義を受講する意義

- 1) 現在の地球の多様な生物相がどのようにして出来上がったかを学び、今後どうなっていくかを考える。
→生物と環境の関係の見方、環境問題
- 2) 過去（というつかみどころのないもの）をどう知るか、を学ぶ。
- 3) マスコミに出てくる地球科学、地球環境学に関連する番組や記事の見方を学ぶ。

2. 過去の生物相と地球環境の研究法

2-1. 地層

a) 地層とは：堆積岩からなる層状の構造体

- ・地球の歴史の"保存庫".
- ・原則的に下位ほど古く、上位ほど新しい.

b) 地層が形成される場所

- ・海洋（浅海、遠洋、、、）
- ・河川、湖
- ・氷河
- ・砂漠 など

c) 地層を調べて何がわかるか

1) 形成時の自然環境

- ・堆積した場所（上述の例の他、緯度、経度なども）
- ・後背地の状況：火山活動、山地の存否、河川系、氷床の発達
- ・気候、海水温
- ・海水準、海洋循環
- ・その他（たとえば、地球の自転周期、潮汐のリズム、天体の衝突）

2) 当時の生物相

- ・いつ、どこに、どんな生物がいたか

2-2. 過去を知る方法

a) 堆積学的方法：堆積物の特徴にもとづく方法

- ・地層を構成する岩石の種類と組み合わせ
- ・岩石を構成する粒子の形状、表面組織、集合様式（堆積構造含む）
- *堆積した場所がわかる（間接的に気候なども）

b) 地球化学的方法：堆積物中の物質の化学組成や同位体組成などにもとづく方法

環境の違いによる物質の偏在に着目。様々な方法がある。以下に例をいくつか挙げる。

例 1. イオウ化合物の量：海成か淡水成か（海成で多く、淡水成で少）

例 2. 貝化石の中の Mg/Ca 比, Sr/Ca 比：水温の指標（比が大きいほど水温高い）

例 3. 氷床コア中の気泡の成分：過去の CO₂ 濃度

例 4. 有孔虫化石の酸素同位体比：過去の海水温や氷床の発達の程度などの指標（比が大きいほど水温低く、氷床発達）

c) 古生物学的方法：化石にもとづく（詳しくは次章）

2-3. 化石

a) 化石とは：過去の生物の遺骸と生活の痕跡

・体化石：生物体（全部／一部）。例として，貝殻，恐竜の骨，木の葉

・生痕化石：生活の跡。例として，足跡，巣穴，糞，噛み跡

*化石といっても「石」のように固くなっているとは限らない。どのぐらい古いと化石と呼ぶか，にはっきりした境はない。ヒトの手の加わったものは化石に含めない（貝塚の貝殻など）

b) 化石（体化石）のできかた

・生物体の死後の急速な埋積

→遺骸（の一部）がそのまま保存される

*別の物質（ SiO_2 , CaCO_3 , FeS など）に置き換えられる（置換化石）、溶解して痕跡だけが堆積物中に残る（印象化石）こともある。

・ある生物が化石になりやすい条件とは（体化石で）

・硬組織をもつ（ CaCO_3 , SiO_2 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ などの骨、歯、殻をもつ）

・個体数が多い（期待値の問題）

・埋積されやすい環境に生息

*すべての生物が化石になるわけではない。

c) 化石から解読出来ること

1) 過去の地球環境

・現生種の生息環境条件を参考にする。生息環境条件の狭いものを示相化石と言う。例）造礁性サンゴ→温暖で浅く透明度の高い海

・形態に基づく。形態のもつ機能と環境の関係から。例）マンモスの長い毛→寒冷な気候

2) 地質時代

・時代を特徴づける化石から地層の相対的な年代。

3) 生物の進化

2-4. 化石記録の集約から地球の歴史の編纂

a) 化石記録の時空分布の集約

・化石記録（どこのどんな地層にどんな化石が産出するか）を時代順に並べる作業を地域を拡大し編纂

ひとつの露頭→複数の露頭→小地域（○○層群）→大地域（日本全体）→世界

- ・同時に時代的な目盛りを入れる

相対年代（化石の出現や絶滅時期を使った相対的な年代）

絶対年代（放射性同位元素の半減期などを用いた物理的な年代）

*長年にわたる世界中の多くの古生物学者の努力により、年表は出来上がって来たが、まだまだ新しい発見は多く、本当に完成するのは遥か未来のことであろう。

b) 地史的イベントの解明

- ・イベントとは：生物相変遷の歴史上の（急激で）大きな変化

次章以降に例示するように、多様化イベントや絶滅イベントなどがある。

- ・イベント時（あるいはその直前）に何があったか、どのような影響を与えたか、を考える。

恐竜の絶滅の原因を例にとると、

ステップ1：現象間の時間的關係に注目

恐竜の絶滅時期と、小惑星の衝突／大規模火山噴火／気候変化、、の時期の關係

- *ミステリ小説に例えれば、小惑星や火山が恐竜を葬った容疑者。ステップ1ではまずアリバイ調査をして容疑者を絞り込むこととなる。

ステップ2：因果關係の証明

ある現象が恐竜に具体的にどのような影響を与えたかを示し、現象と恐竜絶滅の因果關係を証明。たとえば、小惑星の衝突が地球環境にどのような影響を与え、それがどのようにして恐竜を絶滅に至らせたかを示す。

- *ステップ2まで解明するのはなかなか難しい。明確な因果關係を示す証拠が見つからないことが多いから。実はこれはミステリ小説でも同様。

3. 生物相の大変化

3-1. 生命の誕生

a) 生命誕生のシナリオ

・生命とは

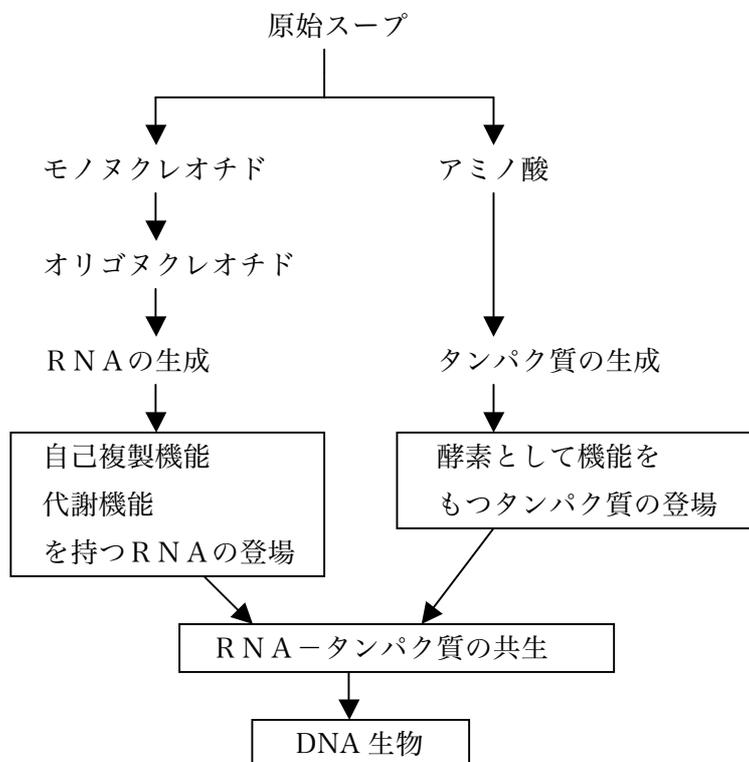
- 周囲の環境との間に境界面を持つもの
- エネルギー、物質、情報の代謝を行う
- 自己複製を行う

・生命の起源—DNA が先かタンパク質が先か？

【シナリオ】

発生した場所—海洋 *熱水口起源説が有力

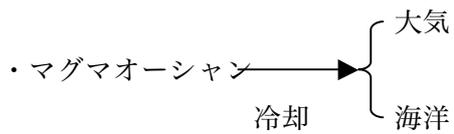
- 高温、高圧
 - メタン、 H_2 、 H_2S 、 NH_4 、などの還元ガスが多い
 - 金属イオン濃度高
- 有機物（アミノ酸、核酸の材料）の生成に有利
原始スープ



b) 最古の化石

- ・グリーンランド イスアの堆積岩 (3.8Ga)
現生生物に近い同位体組成値をもつ炭素—生命の痕跡—
- ・西オーストラリア ピルバラ地域の堆積岩 (3.4-3.2Ga)
微化石

c) 背景



- ・ この頃には海洋は安定した環境になった (?)
- ・ ただし、海水温は現在よりもかなり高かった (化学進化には有利か?)
- ・ 大気、海洋中に遊離 O₂ はほとんどない
→ 初期の生物は嫌気性のものと考えられる

3-2. 光合成生物の出現

a) 出現過程

- ・初期の生物…嫌気性
 - ・嫌気的環境で無機物質の酸化・還元反応でエネルギーを獲得



- ・嫌気的環境で光のエネルギーを利用するバクテリア



- ・シアノバクテリア（ランソウ類）

* 最古のランソウ類化石：2.7Ga？

確実な最古の記録は、カナダの 2.0Ga の地層のもの

b) 背景・意義

- ・2.7Ga 頃に大陸地殻の急激な成長



- ・大規模な安定大陸



- ・広い浅海域の形成

c) 影響

- ・2.7–1.9Ga 頃

大規模な縞状褐鉄鉱床が世界の各地に形成される

* ランソウ類の活動により、大量の O_2 が発生したため

- ・ O_2 が Fe^{2+} などの酸化に使われた後

海洋中、大気中に O_2 が増加して行く

“酸素汚染”

→ 嫌気性細菌を圧迫

3-3. 真核生物の出現

a) 出現時期

- ・ 1.8-1.0Ga 頃 真核生物? (グリパニアなど) 出現
- ・ 中央オーストラリア Bitter Springs 層群 (0.9G) の化石は確実

b) 背景

- ・ O₂ 増加
- ↓
- ▼ 真核生物の出現
- ランソウが古細菌と共生→葉緑体に
酸素吸収をするバクテリアが古細菌と共生→ミトコンドリアに

c) 影響

- ・ 細胞内共生
- ↓
- ▼

・ O ₂ 分圧の高い環境での生息が可
・ O ₂ 呼吸によりエネルギー代謝の向上
- ↓
- ・ O₂ 分圧がさらに上昇
- ↓
- ▼ O₂ 呼吸生物の発展

* パスツールポイントを越える (O₂ 分圧現在の 1 / 100)

3-4. 海洋無殻無脊椎動物の出現と分化

a) エディアカラ生物群

- ・ 最古の確実な動物化石
南オーストラリアのエディアカラ丘陵 (570-540Ma)
- ・ 浅海の堆積物
- ・ 30 種以上の生物
 - 腔腸動物 (刺胞動物) クラゲ類
 - 腔腸動物 (刺胞動物) ウミエラ類
 - 環形動物 オヨギゴカイ類
 - 不明動物

【特徴】

- ・ 硬い殻を持たない生物ばかり
 - ・ ベントス、ネクトン、プランクトンの分化
 - ・ 確かな捕食者はいない (?)
- * 現世生物とはまったく異なる分類群の生物であるとする意見もある。

b) 背景

- ・ 全球凍結とその後の温暖化
730Ma と 640Ma に非常に厳しい寒冷化、地球表層が凍結した状況になったがその後急激な温暖化

c) 意義

- ・ 海洋中に生物拡散 (プランクトン、ネクトン、ベントス)
- ・ food chain の形成
- ・ 多細胞生物の発展
- ・ 無殻生物の繁栄 - 捕食者の不在

3-5. 海洋有殻無脊椎動物の出現と分化

－カンブリアの大爆発－

a) バージェス動物群

- ・カンブリア紀中期 約 530Ma
- ・多様な無脊椎動物 120 属、150 種
 - 海綿動物：カイメンの仲間、多種産出
 - 刺胞動物：サウマプティロン、ウミエラの仲間
 - 有櫛動物：ファスシクルス、クシクラゲ類、
 - エラヒキムシ類：オットイアなど、比較的多種
 - ヒオリテス類：ハプロフレンティス、ツノガイに少し似た殻をもつ、所属不明
 - 軟体動物：スケネラ、原始的な貝類
 - 環形動物：カナディアなど、ゴカイ類
 - 有爪動物：ハルキゲニアなど、奇妙な形で有名、今は現世のカギムシに近いと考えられている。
 - 節足動物：三葉虫、カナダスピス、マルレラほか多数、もっとも多様。
 - 腕足類：アクロシラやリングュレラなど、二枚貝型の殻をもつ
 - 棘皮動物：ウミユリ類
 - 脊索動物：ピカイア、ナメクジウオの仲間
 - 不明動物：アノマロカリス、オパビニア、ヴィヴァクシアなど。

b) 背景

- ・先カンブリア代末までは、地球は生物が住むのに好適な環境となった（水温、O₂濃度、O₃層）
- ・ Gondwana大陸の形成→陸地の浸食→海中の栄養塩類の増加
- ・ ながら空きのニッチに適応放散

c) 意義

- ・多様な体制、生活様式の生物群の出現、現生動物門ほぼすべて出そろう
- ・捕食－被食関係の複雑化
- ・海洋の生態系の整備
- ・有殻生物：体の保護、大型化

3-6. 古生代の海洋生物相

- ・ オルドビス紀には無脊椎動物のほぼすべての綱が出そろう
- ・ オルドビス紀末、デボン紀後期、ペルム紀末に生物の大量絶滅

【おもな生物】

放散虫：珪酸の殻をもつ原生動物。カンブリア紀から現在まで繁栄。おもに外洋でプランクトン生活をする。地層の年代を決定するのによく用いられる。

フズリナ類：古生代に栄えた大型の底生有孔虫。石炭紀後期からペルム紀にかけて大繁栄した。示準化石として有名。

古盃類：海綿動物に含める考えもある。杯状の形をしている。カンブリア紀に繁栄した。地球史上最初の造礁性生物。

サンゴ：古生代には現在とは異なるグループのサンゴが繁栄した。有名なものとして、床板サンゴ類のハチノスサンゴやクサリサンゴがあり、サンゴ礁を形成した。

二枚貝、腹足類；カンブリア紀に出現し、現在にいたるまでほとんどの時代で繁栄している。

頭足類：オウム貝類とアンモナイト。オウムガイはカンブリア紀に出現、古生代に繁栄した。オルドビス紀—シルル紀にかけては、長い円錐状の殻を持つグループが栄え、最大のものは殻長6mに達した。中生代以降は急速に衰退。

アンモナイトはデボン紀に出現、古生代から中生代にかけて繁栄。大量絶滅とその後の適応放散を何度か繰り返した。種によって底生、游泳性、浮遊性のものがあつたと考えられている。

三葉虫：節足動物の1グループ。古生代のカンブリア紀とオルドビス紀に大繁栄し、石炭紀以降は急速に多様性が減少、ペルム紀末に絶滅。おもに底生で、一部の種は游泳性。非常に発達した複眼をもつ。

腕足類：二枚貝形の殻をもつが、まったく別の生物。古生代、とくにデボン紀にもっとも栄えた。ほとんどの種は海底の岩盤に固着して生活。

ウミユリ：棘皮動物の一グループ。植物的な形をしているが、ウニやヒトデに近い。オルドビス紀に出現し、おもに古生代に繁栄した。古生代には浅海に生息したが、現在はほとんどが深海に生息している。

筆石類：半索動物。カンブリア紀に出現、オルドビス紀とシルル紀に大繁栄した。小さな個体が集まって群体をなし、固着生活か浮遊生活をした。石炭紀に絶滅。

魚類：オルドビス紀に最古の記録がある。デボン紀に放散が起り、軟骨魚類（サメやエイ）、条鰭類（現在の大部分の硬骨魚がこれに属する）肉鰭類（肺魚やシーラカンスを含む）などが現れた。古生代に繁栄して絶滅した魚類として板皮類が有名。頭から胸にかけて、鎧のような骨板で覆われていた。ダנקルオステウスは体長6mに達し、古生代最大の脊椎動物として知られる。

3-7. 生物の上陸

a) 上陸に際して生物に求められるもの

1. 水の保持
2. 呼吸方法の変化
3. 体制の変化（重力への対応）
4. 繁殖方法の変化

b) 化石記録

・最初の陸上植物

クックソニア（シルル紀末）

* これより前のオルドビス紀中期にはコケ植物が上陸した、という見解もある。

・最初の無脊椎動物

昆虫、クモ、サソリ、ヤスデなど（デボン紀）

・最初の脊椎動物

両生類（イクチオステガ）（デボン紀）

* 最古の四肢動物はアカンソステガとされる。ただし、水中生活が主だったらしい。

c) 背景

・生物上陸の原因

1) 食物連鎖

植物 ← 昆虫 ← クモ、サソリ ← 両生類

2) 気候変化（脊椎動物についての説）

デボン紀…乾期と雨期の気候変化大、湖沼水域に原始的な魚類が進出

→ 乾期に湖沼水域の縮小

→ 鱚類の出現（乾期に耐える）

→ 両生類

d) 意義

・植物

- ・ 陸上の food chain の基盤を作る
- ・ O₂ 生産量増大（石炭紀に O₂ 濃度高まる）
- ・ 陸上の環境の多様化（日かげなど）
- ・ 土壌の生成
- ・ 石炭の形成（CO₂ 固定）

・動物

- ・ 陸上大型動物の発展
- ・ 以降の昆虫類の大発展

3-8. 古生代の陸上生物相

a) 植物

- ・シルル紀～デボン紀…小型のシダ植物
- ・石炭紀～ペルム紀…巨大なシダ植物の繁栄、裸子植物も森林の重要な要素に

鱗木：レピドデンドロンなど、石炭紀に栄える。現在のヒカゲノカズラの仲間のシダ植物。高さ 40m に達した。葉が脱落した跡が鱗状になるのが名前の由来。

封印木：シガラリアなど、レピドデンドロンに近いグループのシダ植物

ロボク：カラミテスなど、現世のトクサの仲間のシダ植物。高さ 20m に達する。

コルダイテス：石炭紀からペルム紀の裸子植物。マツやスギに近い。樹高は 30m に達した。

b) 無脊椎動物

昆虫類：デボン紀に出現後、石炭紀後期になって有翅昆虫が多様化。トンボ類、ゴキブリ類、バッタ類などのほか古生代末に絶滅するグループも繁栄した。トンボ類のメガニューラは両翅間が 75cm に達する巨大さで有名。

c) 脊椎動物

両生類：石炭紀からペルム紀にかけて多様化。この時代には大型の種類が多く、最大で全長 4m に達した。中生代以降は小型の種が生き残る。

爬虫類：石炭紀に出現、石炭紀後期からペルム紀にかけて"哺乳類型爬虫類"が繁栄し、陸上生態系の頂点に立つ。草食性のものと、肉食性のものがあった。ディメトロドン、エダフォサウルス、ディキノドンなどが有名。

3-9. 古生代末の生物の大量絶滅

a) 概要

- ・地球の歴史上最大の大量絶滅
- ・ペルム紀後期の 260Ma、252Ma の 2 回の絶滅事件
- ・サンゴ、フズリナ、腕足類、ウミユリ、コケムシ、アンモナイト、放散虫、
"哺乳類型爬虫類"、植物、昆虫などのグループで多くの種が絶滅
- ・海洋生物の 90% の種が絶滅
- ・陸生生物の 77% の種が絶滅

b) 原因諸説

1) 著しい寒冷化 ← パンゲアが南極点に位置したため

- 根拠：
- ・大規模な氷河性堆積物の存在
 - ・熱帯域に生息していた生物で特に絶滅率が高い
 - ・高緯度地域の生物が低緯度地域に移動している

2) 大規模な海面低下

- ↓ 根拠：世界各地に大規模な不整合の存在
- ↓ 大陸棚の面積減（87%減） → 浅海生物の居場所が大幅減

3) 玄武岩噴出説

- ・大規模な火山活動 → 多量の岩片やエアロゾルの放出 → 地球規模の日射量低下 →
光合成低下 → 食物連鎖の崩壊

根拠：シベリアに古生代以降では最大規模の火山活動があった証拠
炭素同位体比の大幅な減少

4) 海洋無酸素事件

根拠：炭素同位体比の大幅な減少、世界的な黒色泥岩層の発達
浅海では豊富な化石、沖合（深海）では貧化石

<シナリオ>

海水準低下 → 有機物を含んだ大陸だなの堆積物の露出、風化、浸食
→ 大気と接して有機物の大量の酸化 → CO₂ 増加 → 温暖化（シベリアの火山活動も関与） →
海洋循環の遅滞 → 深海は無酸素状態へ

* かつては、有機物の大量酸化が酸欠をもたらした、というシナリオもあった

*まだ絶滅原因についての定説はない。複数の原因が複雑に関与している、とする考えもある。

c) 意義

- ・地球史上最大の生物相の変化
- ・しばらく（三畳紀前半までの 1000 万年ほど）生物相は多様度減（単調）
- ・ニッチに大きな空白
→中生代に中生代型生物（アンモナイトのセラタイト目、アンモナイト目、恐竜など）が大発展

3-10. 中生代の海洋生物相

- ・ペルム紀末の大量絶滅のあと三畳紀前期まで単調な生物相
- ・三畳紀中期以降 中生代型の生物の出現・発展
- ・三畳紀／ジュラ紀の境界で比較的大きな絶滅

【繁栄した生物】

有孔虫：ジュラ紀に浮遊性有孔虫が出現し、以後発展したのが注目される。

サンゴ類：古生代型サンゴに代って六放サンゴが出現。現在まで繁栄する。

二枚貝類：中生代を特徴づけるものとしては、厚歯二枚貝と三角貝（三畳紀—白亜紀）、モノチス（三畳紀）、イノセラムス（ジュラ紀—白亜紀）などがある。

ウニ：ペルム紀末に絶滅しかかったウニ類は、三畳紀後期に放散した。ホンウニ類はジュラ紀以降繁栄した。

ウミユリ、腕足類：繁栄は続くが、古生代ほどではない。

アンモナイト：セラタイト目が三畳紀に、アンモナイト目がジュラ紀、白亜紀に大繁栄した。

ベレムナイト：頭足類の1グループ。矢尻形の鞘が化石として残りやすい。遊泳能力に優れていたと考えられている。

硬骨魚類：硬骨魚の条鰭類が多様化し、現在の繁栄につながる。

海生爬虫類：魚竜はジュラ紀に栄えた魚型の爬虫類。首長竜はジュラ紀—白亜紀に繁栄した。首の短い種類もある。モササウルス類は、大トカゲ類の仲間で全長10mに達する種もある。白亜紀後期に栄えた。

3-11. 裸子植物と被子植物の出現

a) 裸子植物の出現と発展

- ・デボン紀後期に出現
- ・ペルム紀中頃～白亜紀前期に繁栄
針葉樹（マツ、スギなど）、イチョウ類、ソテツ類
- ・ペルム紀後半～白亜紀初期に中生代型が繁栄
世界的に単調で共通性高い植物相

b) 背景と意義

- ・乾燥化への対応
- ・種子による繁殖

c) 被子植物の出現と発展

- ・三畳紀に出現？
（確実な記録－白亜紀前期）
- ・白亜紀中頃に急速に発展
→裸子植物に代わり陸上植物相を支配
ソテツ類、イチョウ類の急速な衰退
- ・白亜紀の被子植物
モクレン類、クスノキ類などの繁栄

* 被子植物の特徴

- ・裸子植物に比べて種子の発芽時間が短い→再生産の早さ
- ・気孔形成による呼吸同化作用の効率化
- ・子房による種子の保護

d) 背景と意義

- ・白亜紀後半の寒冷化
- ・昆虫、鳥類の種子分散
- “花のある世界”の始まり
- ・昆虫、鳥類（哺乳類）と植物の共栄

3-12. 中生代の爬虫類の大発展（大適応放散）

a) 発展の歴史

- ・ 三畳紀前～中期
"哺乳類型爬虫類"は次第に衰退
小型の主竜類の出現・発展
- ・ 三畳紀後期
最初の恐竜の出現
エオラプトル 体長 1 m
- ・ ジュラ紀～白亜紀
陸上では鳥盤類、竜盤類が大発展

* 恐竜とは：「直立型の歩行をする陸生の爬虫類」

b) おもな爬虫類

1) 恐竜

鳥盤類…剣竜類 ステゴザウルス

鳥脚類 トラコドン、イグアノドン

角竜類 トリケラトプス

鎧竜類 アンキロサウルス

竜盤類…竜脚類 マメンチサウルス、アパトサウルス

獣脚類 ティラノサウルス

アロサウルス

ベロキラプトル、ディノニクス

2) 水中（海中）の爬虫類

カメ類、ワニ類、魚竜類、首長竜類、モササウルス類

3) 空中の爬虫類

翼竜…プテラノドン、ランフォリンクスなど

* 最大はケツアルコアトラス 翼長 11～12m

c) 背景

- ・ ジュラ紀～白亜紀
温暖な気候が長期間続く→大型化？

d) 意義

- ・ 新しい食物連鎖のトップを占める

3-13. 中生代末の生物の大量絶滅

a) 概要

- ・恐竜、アンモナイト、貝、ベレムナイト、浮遊性有孔虫などの絶滅
- ・海洋動物の 66.3% の絶滅

* 絶滅したもの…恐竜、海洋表層性物

生き残ったもの…陸上小動物と海洋中、深層、河川の生物

b) 原因諸説

1) 気温低下説

- ・白亜紀中期以降気温は低下
平均気温 中期：23℃→後期：16℃（現在15℃）
CO₂濃度：現在の4～8倍→低下
- ・恐竜、アンモナイト、有孔虫の衰退パターンに一致

2) 海水準低下説

3) 隕石衝突説

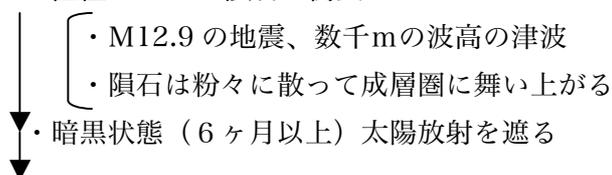
- ・アルバレス(1980)の説
- ・中生代と新生代の境界（K/T境界）に厚さ10cm ぐらいの粘土層
この中にイリジウムが異常に濃集
イタリアで通常の30倍
デンマークで通常の100倍
地殻にはまれな元素
→隕石がもたらしたものであろう

・その他の根拠

- ・マイクロテクタイト…衝突時に溶解した鉱物の飛沫
- ・ショックド・クォーツ…衝突の強い衝撃による
- ・多量のすす…世界的な大火災
- ・クレーターが存在
- ・津波の跡…（海に落ちれば）世界的津波が発生

・シナリオ

- ・直径10kmの隕石が衝突



- ↓ ・ 気温の低下（陸で4℃、海洋で3 - 4℃）
- ▼ ・ 生物の絶滅

4) 火山活動説

- ・ ハラム（1987）
- ・ 隕石衝突の根拠とされるものは大規模な火山活動で説明できる
<シナリオ>

- ↓ ・ スーパープルーム（マントル下部起源の大規模な火成活動）
- ▼ ・ 大規模な火山活動（インドのデカン高原に大量の火山岩）
- ▼ ・ 太陽放射を遮る→寒冷化、エアロゾルによる酸性雨
- ▼ ・ 生物の絶滅

* 現在では、隕石衝突説がもっとも支持されている

c) 意義

- ・ ニッチの大きな空白（特に陸上）
 → 新生代に新生代型生物の発展（哺乳類など）

3-14. 哺乳類の出現と発展

a) 発展の歴史

- ・ 三畳紀末期

最初の哺乳類：“哺乳類型爬虫類”キノドン類から進化

- ・ ジュラ紀～白亜紀

非常にゆっくりと進化、小型のものばかり

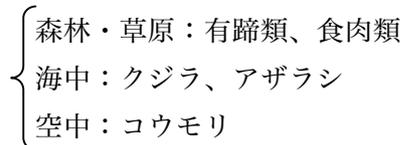
- ・ 白亜紀



- ・ 新生代

有胎盤類の大適応放散

中生代型爬虫類の占めていたニッチに進出



一方有袋類は北米→南米→オーストラリアへ移動

漸新世以降、島大陸となったオーストラリアで繁栄（他ではほぼ絶滅）

* 哺乳類の特徴

- ・ 毛皮（表皮）
- ・ 温血
- ・ （有胎盤）
- ・ 異歯形性（複雑な臼歯）
- ・ あごの発達（咀嚼機能大）

b) 背景

- ・ 新生代における寒冷化、乾燥化
- ・ 中生代型爬虫類絶滅の空白のニッチ埋める
- ・ 植生の変化－草原の拡大

c) 意義

- ・ 寒冷気候への適応
- ・ 寒帯への大型陸上動物の分布
- ・ 運動能力の発達…手足の発達
- ・ 脳の発達

3-15. 人類の時代

a) ヒトの生物学的特徴

1. 直立歩行…体の各部（背骨、頭、腰骨、4肢）直立歩行に適応
2. 道具の使用
3. 大脳の拡大
4. 雑食

b) 化石記録

- ・サヘラントロプス 7-6Ma チャド
- ・オロリン 約6Ma ケニア
- ・アルディピテクス 5.5-4.4Ma 東アフリカ
- ・アウストラロピテクス 5.5-1.5Ma アフリカ
- ・ケニアントロプス 3.5Ma ケニア
- ・ホモ・ハビリス 2.2-1.8Ma 東アフリカ
- ・ホモ・ルドルフェンシス 2.4-1.9Ma 東アフリカ
- ・ホモ・エルガスター 1.9-1.5Ma 東アフリカ
- ・ホモ・エレクタス 1.6-0.9Ma アフリカ、ヨーロッパ、アジア
- ・ホモ・ハイデルベルゲンシス 0.78-0.5Ma ヨーロッパ
- ・ホモ・ネアンデルターレンシス 0.2-0.03Ma ヨーロッパ、中近東、中央アジア
- ・ホモ・サピエンス 0.2Ma-

* 東アフリカで出現 急速な進化を遂げる

c) 背景

- ・寒冷化→森林の減少→サバンナへ進出、直立歩行

d) 意義

- ・直立…脳の拡大、手の使用
- ・道具の使用…狩り

4. まとめ

1) 生物相と地球環境の歴史のまとめ

両者の相互作用について

- ・地球環境の変化が生物相に変化をもたらした例
- ・生物相の変化が地球環境に変化をもたらした例

2) 生物相と地球環境の歴史から見ると、現在の状況はどのように位置づけられるか

3) 生物相と地球環境の将来像

参考図書

- ・「地球生物学」池谷仙之・北里洋著、東京大学出版会
- ・「絶滅古生物学」平野弘道著、岩波書店
- ・「生命と地球の進化アトラス I」R. T. J. ムーディ・A. Y. ジュラヴリョフ著、朝倉書店
- ・「生命と地球の進化アトラス II」D. ディクソン著、朝倉書店
- ・「生命と地球の進化アトラス III」I. ジェンキンス著、朝倉書店
- ・「古生物学事典 第2版」日本古生物学会（編）、朝倉書店