

# 第 11 講 新生代の温暖化とヒトへの進化

<http://ext-web.edu.sgu.ac.jp/koide/chikyu/>

Email: [chikyu2019@ykoide.com](mailto:chikyu2019@ykoide.com)

## ▼ 新生代とは

### 1 時代区分

新第三紀

古第三紀

第四紀

更新世 (180.6 万年前～1.15 万年前)

完新世 (1.151 万年前～現在)

### 2 新生代の概要

- ・中生代末の大絶滅 (K-Pg 境界) : 前回紹介
- ・全般的寒冷化と局所的温暖化
- ・哺乳類の多様化、大型化
- ・被子植物の多様化
- ・人類の誕生

## ▼ 時代区分の改変

第三紀の廃止

第四紀の廃止から存続へ

## ▼ 過去の気候や気温の推定

### 1 過去の環境の推定

### 2 地層の特徴

### 3 生物相

有孔虫 (foraminifera)

浮遊性有孔虫 (Planctonic foraminifera)

底生有孔虫 (Benthic foraminifera)

### 4 同位体組成

炭素同位体 :  $\delta^{13}C$

## ▼ 気候変動

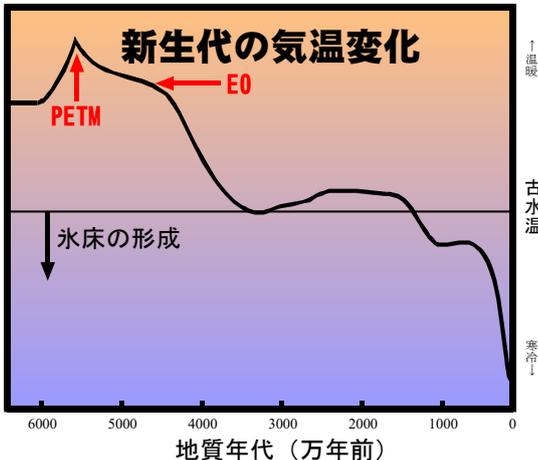
### 1 気候変動

### 2 暖かい中生代

### 3 中生代から新生代へ

## ▼ PETM と EO

### 1 始新世温暖化の発見



### Azolla event

### 2 急激な温暖化 : PETM

生物への影響

### 3 緩やかな温暖化 : EO

### 4 変化と原因

変化

・海水準変動 : 海面が熱膨張で海進

・海洋循環

・Lysocline

・酸素欠乏症?

考えられる原因

現在の地球温暖化問題への貢献

## ▼ 寒冷化

### 1 新生代の寒冷化

### 2 寒冷化の原因

## ▼ 多様化した生物

### 1 哺乳類の多様化

### 2 被子植物の多様化

### 3 多様化の要因

・中生代末の大絶滅

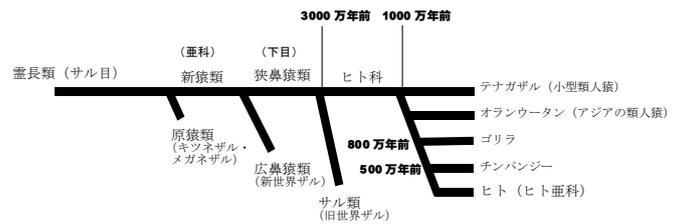
・新生代の寒冷化

## ▼ 第四紀 : ヒトの時代

### 1 第四紀とは

### 2 ヒトへの進化

### ヒトへの進化



### 3 ヒト、人類とは

道具を使用 : ダメ

現在の定義 : 暫定的

・直立二足歩行

・音声言語の使用

・家族の形成

## 第 11 講 新生代の温暖化とヒトへの進化

<http://ext-web.edu.sgu.ac.jp/koide/chikyu/>

Email: [chikyu2019@ykoide.com](mailto:chikyu2019@ykoide.com)

### ▼ 前口上：Kzm 君：日本では生き辛い才能をもつ人

化石探しの名人：一人で化石をこつこつと探す。亀やサルの化石を神奈川県で始めて発見。ばらばらの化石をひとりでこつこつと組み上げていくこともできる。

感電事故：化石の出たガケの写真を撮るために、電柱に登って感電して、大怪我をした。

しかし、自分の化石に対する情熱のために、他のことは苦手である。日本では、このような一芸に秀でた才能を持っている人間は生きづらい。

現在、上田市立博物館に在籍しているはず。

### ▼ 新生代とは

#### 1 時代区分

##### 新生代

新生代は、

古第三紀（6550 万年前～2303 万年前）

新第三紀（2303 万年前～現在）

の 2 つに細分されている。

##### 新第三紀

新第三紀は、

暁新世（6550 万年前～5580 万年前）

始新世（5580 万年前～3390 万年前）

漸新世（3390 万年前～2303 万年前）

に区分され。

##### 古第三紀

古第三紀は、

中新世（2303 万年前～533.2 万年前）

鮮新世（533.2 万年前～180.6 万年前）

に区分される。

##### 第四紀

更新世（180.6 万年前～1.15 万年前）

完新世（1.151 万年前～現在）

以前にあった第四紀は、消えたが、名称としては残っている。新第三紀の一番新しい時代の細分方として残っているに過ぎない。時代は 260 万年前～現在である。

#### 2 新生代の概要

新生代は、中生代の末の大絶滅と、寒冷化による、生物進化に影響があった。

新生代の特徴を挙げると、

- ・中生代末の大絶滅（K-Pg 境界）：前回紹介
- ・全般的寒冷化と局所的温暖化
- ・哺乳類の多様化、大型化
- ・被子植物の多様化
- ・人類の誕生

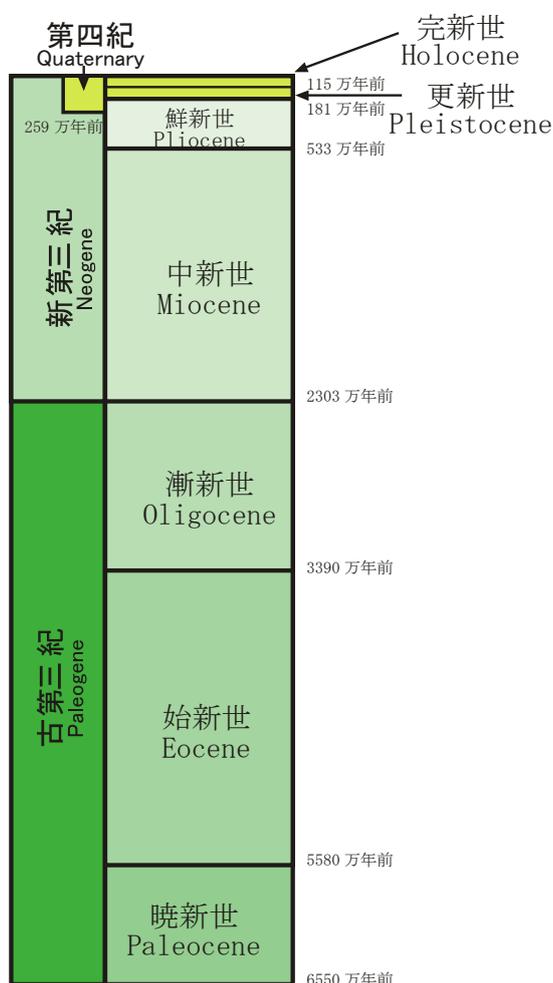
となる。

### ▼ 時代区分の改変

2005 年、2012 年に時代区分の大きな改変があった。

第三紀の廃止

## 新生代の時代区分



新第三紀と古第三紀だけの区分になる。

ただし、第三紀ありきの名称なので矛盾しているが、これを使うことになった。

#### 第四紀の廃止から存続へ

第四紀はその成立過程から、地域性のつよいものであるので、廃止がいったんは決定されたが、「第四紀」という時代区分は、非常に多くの分野で使用されているので、社会的に影響が大きくなる。そのため、各分野から、廃止中止の提案や議論が起こった。現在では、復活して、存続して使用できることになった。

### ▼ 過去の気候や気温の推定

#### 1 過去の環境の推定

素材は、その時代の限られた環境で形成された地層や岩石です。地層が中心となる。地層、生物相（化石）、化学組成（同位体組成）などが利用される。

#### 2 地層の特徴

堆積物やその構成物として、特別な環境で形成されるものがある。そのような構成物は、環境復元に利用できる。

#### 3 生物相

生物は、環境に適応して生きている。温かいや寒い環境を示す生物がいれば、その生物から環境を推定できる。熱帯性、温暖性、寒冷地性、熱帯雨林性、寒流系、暖流系、などの生物が化石から区分できる。

#### 有孔虫 (foraminifera)

石灰質の殻を持つ原生生物。サイズ 1mm~5cm 程度、化石では最大で 19cm。現生・化石合わせて 25 万種が知られており、各種の指標生物として有用である。

有孔虫の殻の一部が堆積物として沈殿し化石になる。海洋底の堆積物中において、有孔虫殻が多いものを有孔虫軟泥と呼び、年月を経て固結すると石灰岩となる。

#### 浮遊性有孔虫 (Planctonic foraminifera)

海洋の表層に生息する単細胞の原生動物プランクトン。現生種は約 40 種。例：星砂

#### 底生有孔虫 (Benthic foraminifera)

海底で生息する原生生物。沿岸の潮間帯から深海域にまでの多様な環境に生息。現生の有孔虫のほとんどが底生である。地層堆積時の環境（水深、水温、生物生産性など）を知る上で有用な指標

#### 4 同位体組成

生物がつくる殻や骨には、海水や大気中の成分が使われているものがある。もしそれらの成分のうち、気温変動によって変動する値を持つものがあるとすると、その値が、環境の指標の化石として利用できる。そのようなものによって、過去の温度が定量値として推定される。

#### 炭素同位体： $\delta^{13}\text{C}$

$^{12}\text{C}$  と  $^{13}\text{C}$  は海水温のトレーサーとして使われる。C の軽い同位体 ( $^{12}\text{C}$ ) の方が、植物が光合成するとき吸収されやすいことが分かっており、そのときのプランクトン（浮遊生物）の大発生により大量の  $^{12}\text{C}$  が海に取り込まれる。

もし海水が循環できなくなると、プランクトンの死滅によって  $^{12}\text{C}$  が海底に沈降し、表層は  $^{13}\text{C}$  が比較的多くなる。

そのような特性を利用して、過去の気候のトレーサーに利用されている。

### ▼ 気候変動

#### 1 気候変動

地球の気候は変動している。暖かい時代と寒い時代が繰り返している。寒い時代には氷河期となり、高緯度、高山には氷床と氷河が発達する。そんな繰り返しがあつた。しかし、気候は非常に複雑なメカニズムによるために、詳細な変動はなかなか解明できていないの現状である。

## 2 暖かい中生代

有孔虫は、炭酸塩 ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) やリン酸塩 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) などの成分からできている。これらの成分のうち、酸素は海水のものが使われている。酸素の同位体から、海水の温度が推定できる。値自体は、換算の方法がいろいろあるので、変化しうるが、化石からえられる酸素同位体は一定である。したがって、同位体のパターンは、変化しない。

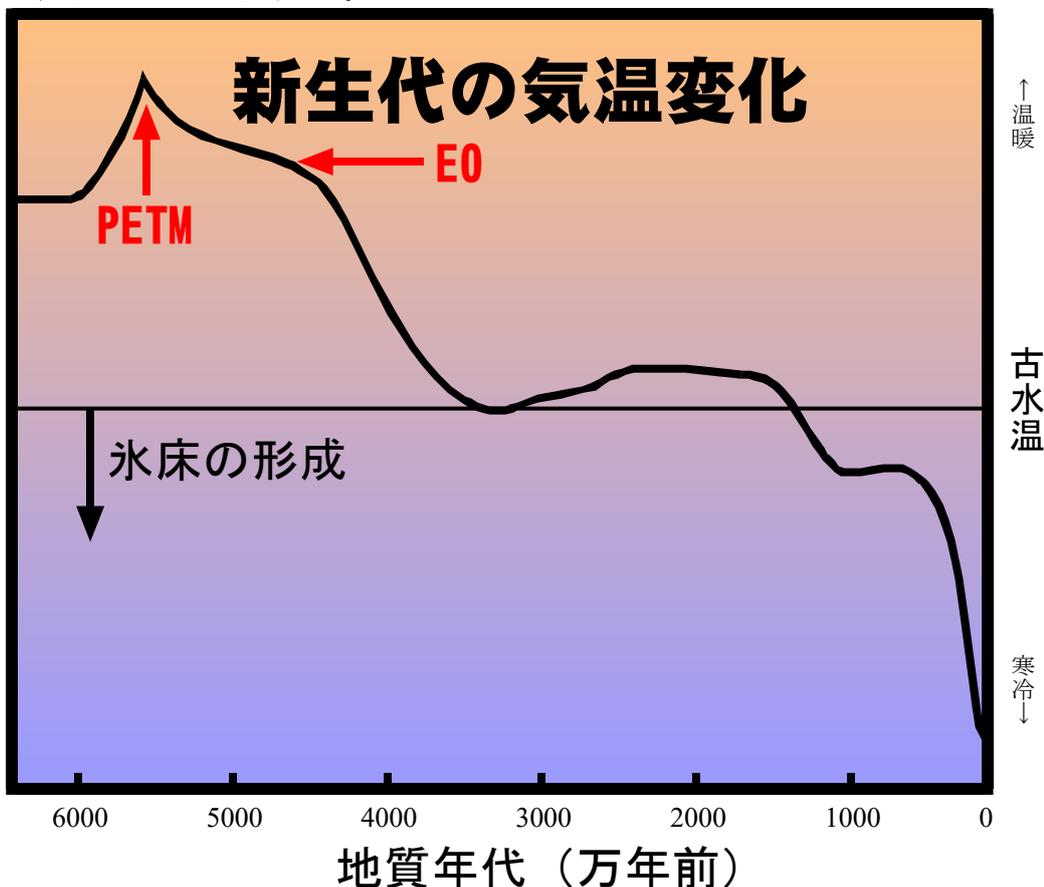
## 3 中生代から新生代へ

新生代の古第三紀に入った直後、白亜紀の温暖化がいったんおさまる。暁新世の終わり頃から、再度温暖化がはじまる。始新世の前期から中期にかけて (5500 年から 4500 万年前)、白亜紀に匹敵するほどの温暖化が起こる。

### ▼ PETM と EO

#### 1 始新世温暖化の発見

1990年に海洋学者のケネットとストット (Kennett and Stott) の論文がきっかけになった。海底の堆積物の分析から、北極海では始新世の始まりに、海水面だけでなく海水温全体が突然高くなり、深海では酸欠になり絶滅が起こったと考えた。



#### Azolla event

4900 万年前の北極海で、一時的ですがアカウキクサが大発生したと推定される。これをアカウキクサ・イベント (Azolla event) と呼んでいる。

アカウキクサとは、直径 1 から 2cm ほどの小さな葉を持つ、淡水に生息する浮遊性のシダ植物で、日本でも近畿以西の本州、四国、九州などで見られ、熱帯から温帯の暖かい地域に生息している植物である。アカウキクサは、繁殖力が旺盛で、条件さえよければ、2、3 日で葉っぱが、2 倍に増えていく。

極寒の海であるはずの北極海に、なぜか熱帯や温帯でしか育たないアカウキクサが大発生した。このイベントと同時に、大気中の二酸化炭素の量が、3500ppm あったものが 650ppm に激減した。二酸化炭素が、一気に約 82% も減少した。

ある試算では、当時の北極海の広さ (約 400 万平方 km) に、80 万年間に渡ってアカウキクサが覆い繁殖を

しつづければ、この単独のイベントで、大気中の二酸化炭素を2割に減少させることも可能だとされている。

北極海では、この温暖期に大きな環境変化が起こる。北極海の海底には、現在、8mほどの堆積物がたまっている。珪質砕屑物とプランクトンを原料とする有機物が主成分としているが、その中にアカウキクサの化石からできている数mmの薄い層がある。アカウキクサの薄層が、北極海のどこからの海底堆積物からも見つかる。その薄層がたまった時代は、4900万年前である。詳細な古地磁気と花粉の研究から、その薄層の形成された期間が、80万年間であることがわかった。

北極海の異変が全地球的な絶滅を起こした、という説もでてきた。PETMは北極海周辺の局地的な現象ではなく、全地球的な大事件だと考えられている。

## 2 急激な温暖化：PETM

PETM (Paleocene-Eocene Thermal Maximum) で暁新世と始新世の温度の極大という意味。Initial Eocene Thermal Maximum (IETM)、Late Paleocene Thermal Maximum (LPTM) とも呼ぶ。日本語では、「暁新世-始新世境界温暖化極大」イベント(事件)と呼ばれる。

PETM (5550万前ころ)は、数千年ほどの間に、北極海の海面温度が5度から8度上昇し、赤道域の気温上昇は5度上昇し、深海の水温は4-5度上昇したと見積もられている。

PETMは17万~12万年前で回復した( $\delta^{13}\text{C}$ の記録から)。この時間は、大気中の炭素の滞留時間(100~200万年)に比べて比較的急速である。

### 生物への影響

PETMに伴って、1000年ほどで35~50%の底生有孔虫の大量絶滅があった。深いほど激しい絶滅した。K-Pgの絶滅時より底生有孔虫は絶滅した。

一方、浮遊性有孔虫は多様化した。哺乳類も多様性をました。

## 3 緩やかな温暖化：EO

温暖化は5550万年前をピークとして1000万年間も継続する。この長期の温暖化を、始新世高温期(EO: Eocene OptimumあるいはMECO: Middle Eocene Climatic Optimum)と呼ぶ。

5000万年前の温暖化のピーク時には、PETMと同じほどの平均気温に達する。

PETM後のEocene Optimumでは、全地球的な温暖期で、大気中の二酸化炭素も現在よりもっと多く、現在の10倍ほどの3500ppmもあったらしい。

始新世高温期以降の時代は、寒冷化へ向かっていく。その寒冷化は、今も継続中。

## 4 変化と原因

### 変化

- ・海水準変動：海面が熱膨張で海進
- ・海洋循環
- ・Lysocline：炭酸塩が溶解し始める深さの上昇。わずか数1000年で2km上昇
- ・酸素欠乏症？：海洋、特に北大西洋の一部では、生物擾乱が存在しない。これが原因で無酸素状態が出現

### 考えられる原因

- ・火山活動
- ・彗星の影響
- ・泥炭の燃焼
- ・軌道強制力
- ・メタン放出：メタンハイドレートが融けだしたとする仮説があるがまだ不明。
- ・海洋循環：海洋循環の変化で海底ガスハイドレートを不安定化、メタンの大量放出

### 現在の地球温暖化問題への貢献

温暖化が急に起こり、そのあと終息する。これは自然現象としておこったことである。そのメカニズムがわかれば、現在問題になっている地球温暖化も解決できるのではと期待されている。

## ▼ 寒冷化

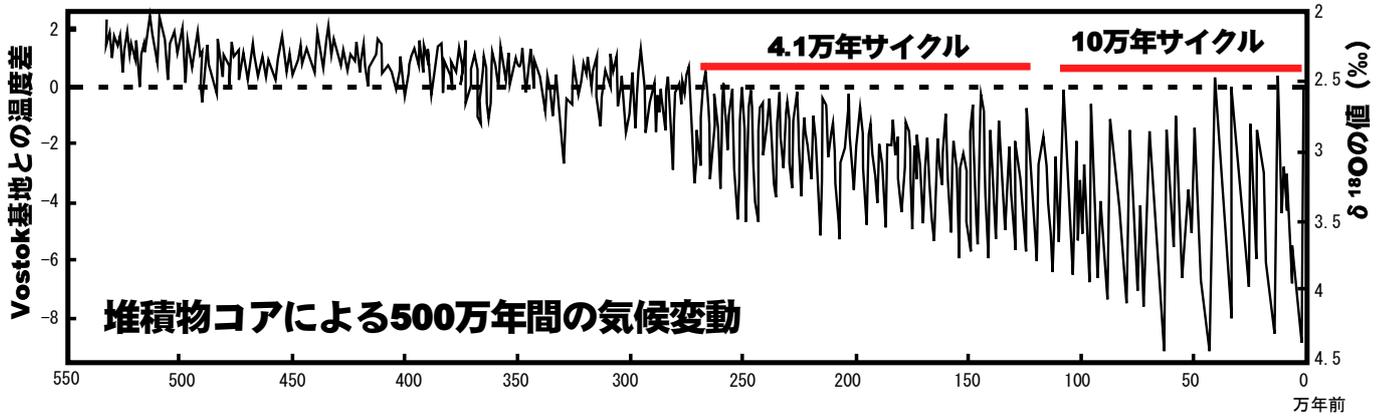
### 1 新生代の寒冷化

古第三紀初期（約 5500 万年前）から、地球の気候は寒冷化の一途である。

この寒冷化は、グラフを見れば明らかだが、現在も、進行中である。

地球温暖化というのは、長い地球の歴史から見れば、一時的な事件に過ぎないかもしれない。

しかし、この傾向は、今までの歴史をみると、続いていく可能性はある。



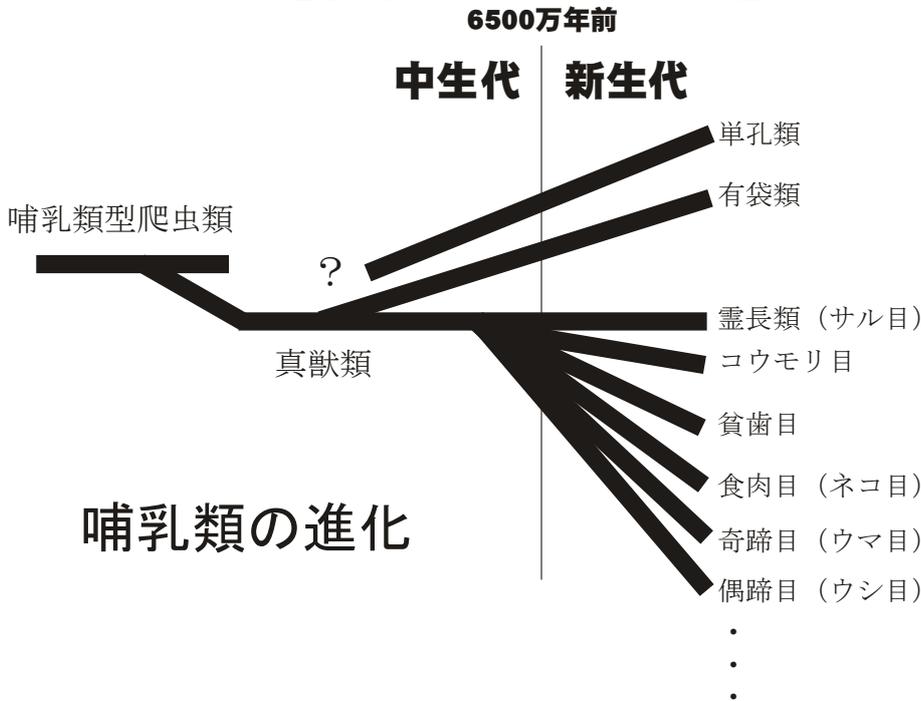
### 2 寒冷化の原因

プレートの生産速度の低下によって、火山活動が低下して、火山によって大気に持たされる、二酸化炭素の量が減り、二酸化炭素の温室効果が低下したため、と考えられている。もしそうなら、今後、寒冷化はつづく。

## ▼ 多様化した生物

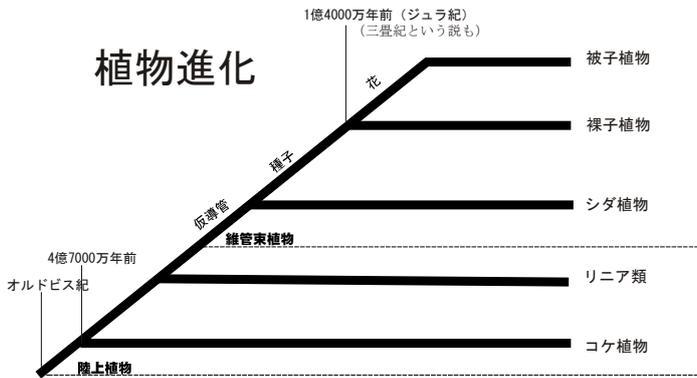
### 1 哺乳類の多様化

新生代は、寒冷化に適応できた、哺乳類が多様化し、大型化していった。



### 2 被子植物の多様化

白亜紀終わりごろから新生代前期にかけて、被子植物が大発展した。陸上での発展であった。陸上植物は、陸地の気候変動を非常に受けやすい。



### 3 多様化の要因

- ・ 中生代末の大絶滅
- ・ 新生代の寒冷化

が、原因として考えられる。

## ▼ 第四紀：ヒトの時代

### 1 第四紀とは

人類が発展してきた時代である。

ヒトは氷河期が繰り返し訪れる時代に進化してきた。そのような激しい気候変動する時代に、適応するために、知性を発達させてきた。

寒冷化する時代

第四紀は、氷河期と間氷期が繰り返す時代であり、新生代としてみると、寒冷化してきた時代である。

### 2 ヒトへの進化

鮮新世と第四紀更新世（洪積世）の古人類は、時代順に

猿人：アウストラロピテクス群、  
 原人：ピテカントロプス・シナントロプス群、  
 旧人：ネアンデルタール群、  
 新人：ホモ・サピエンス群  
 に分けられる。

それぞれ、人類の進化段階を代表するものである。

彼らの文化は、狩猟採集を基盤とする旧石器文化であった。

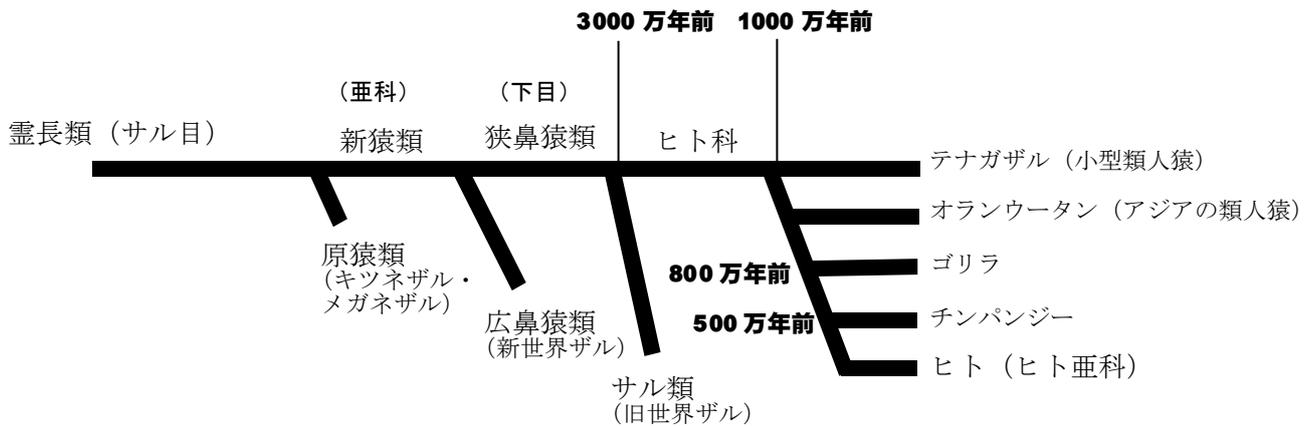
中期更新世の終り（200 万年前）から後期更新世の半ば（100 万年前）にかけて、新人（ホモ・サピエンス・サピエンス）の出現と人種の分化があった。

脳容積は、猿人から原人へと増大し続け、リス/ウルム間氷期に、その極致に達した。それ以後、今日まで脳容積は変化していない。

現代人と変わらない大きな脳をもつ、リス/ウルム間氷期とそれに続くウルム第 1 亜氷期に存在した人類は、ホモ・サピエンス・ネアンデルターレンシスという学名を持つ。現代人とともにホモ・サピエンスに属するが、亜種のレベルで区別されている。ホモ・サピエンス・サピエンスとホモ・サピエンス・ネアンデルターレンシスとの二つの亜種は、進化段階からみると、新人と旧人に相当する。

新人は、今から約 3 万年前のウルム第 1 亜間氷期に出現し、今日に至るまでの全人類を含んでいる。

# ヒトへの進化



## 3 ヒト、人類とは

ヒトは、分類学上、霊長目真猿亜目ヒト上科ヒト科に属し、学名はホモ・サピエンス・サピエンス (Homo sapiens sapiens) である。ヒト科には現生種としてヒト 1 種だけである。絶滅した種も含めて、広義に人類と呼ばれる。

3000 万年前から現在に至る約 400 万年の間、地球上に生息した人類には、ほぼ連続的な形態変化が認められる。

### 概観の特徴

- ・直立歩行：完全な直立姿勢。頭が両足裏の間の真上に乗る。
- ・前足（手）の付け根が背中面の位置に近い。
- ・後足が前足（手）よりも長く、かかとがある。
- ・毛がほとんどない

### 道具を使用：ダメ

ヒトの人類学的定義としては、かつては、道具の使用が考えられた。しかし、野生チンパンジーが道具を使うことを観察されたので、定義として使えなくなった。

### 現在の定義：暫定的

- ・直立二足歩行
- ・音声言語の使用
- ・家族の形成

などがあげられるが、確定しているわけではない。

### 直立二足歩行

直立二足歩行は、霊長目の中では人類だけに見られる顕著な特性であるが、その解明は人類学上の難問の一つとされ、まだ定説はない。古人類化石の出土状況から、直立二足歩行達成の環境はサバンナなどのオープンランドで、第三紀鮮新世にさかのぼると考えられている。

### 音声言語の使用（コミュニケーション能力）：暫定的

脳と声帯が発達している。身振り、表情などので他者とのコミュニケーションをとれる。

音声による会話能力の獲得は 25 万年以前。文字を持つまで（文字の発明は 3500BC ころ）の間は、口述伝承なので手法で民族の文化や歴史を継承していた。

チンパンジーが手話を学習し、実験者との間で会話をする能力をもつ。語彙数も 200 以上の学習が可能で、状況に応じて自発的かつ適切に表現し、いくつかを組み合わせる複雑な表現をすることもできる。

類人猿は、人間言語にきわめて似たコミュニケーションの能力をもつ。ただ、音声を用いることは困難だった。

## 家族形成

現在の人間社会には、家族が存在する。霊長類では、家族を形成するにはいたっていない。今西錦司は《人間家族の起原》(1961)の中で、人間家族をつぎの最小限度の条件を満たす集団と定義している。インセスト・タブー(近親婚の禁忌)エクソガミー(外婚制)コミュニティ(地域社会)配偶者間にディビジョン・オブ・レーバー(分業)が存在することである。

オランウータンの社会は安定した集団をもたない単独生活者の社会ゴリラは単雄複雌の集団を基本チンパンジーとピグミーチンパンジーは複雄複雌の集団

これらの類人猿に見られる集団は外婚の単位類人猿社会は家族形成以前の社会である。

家族の形成は言語や制度の発生とも関係があったようだ。人類の社会は血縁的なきずなを基礎にして、氏族、部族などの上位構造をつくり、地縁的なまとまりとしての民族や国家をつくりあげていった。