

# 人類の進化

岡部 六雄 PB3/USB40 16/4/13

(副題): 700万年の軌跡をたどる

(出所文献) J-NET21:勉強会⑥発表25 14/10/13



(目次)

はじめに

1 化石人類の調査と分析

2 人類進化の系統と分類

3 化石から人類進化を探る

4 現生人類

5 最後に

- ・皮膚の色
- ・交替劇プロジェクト
- ・最後のまとめ

6 編集後記

a 人類の進化 馬場 悠男 丸全出版

b ホモ・サピエンスと旧人1・2・3 西秋 良宏 六一書房

c ネアンデルタール人は私たちと交配した スヴァンテ・ペーホ 文藝春秋

d 人類進化大全 クリス・ストリガー他 悠優書館

e 生命大躍進 小泉 公二 NHK出版

f ヒトはこうして増えてきた 大塚 柳太郎 新潮選書

g ヒトの進化 700万年史 河合 信和 ちくま新書

h 人類の進化大図鑑 馬場 悠男 河出書房新社

j 人間性の進化 馬場 悠男 日経サイエンス

k 人類20万年、遙かなる旅路 アリス・ロバーツ 文藝春秋

m 人体600万年史(上/下) ダニエル・E・リーパーマン 早川書房

## (はじめに)

今日、現生人類はこの地球上のどこへ行こうとも、おそらくそこには既に人が暮らしているだろう。私たちは地球のほぼ全域に生息するようになった、極めて稀な種なのである。住む場所によって外見や言葉は異なるが、互いが遠い親戚であることは一目で分かる。文明が誕生するまでの気が遠くなるほど長い年月を人類がどのように暮らしていたかを想像してみよう。

その世界には都市や村はもとより、定住する家もなく、畑もなければ、作物もなかった。人類は、持ち運びできる以上の物は持たず、日々の生活に必要な道具と武器と衣服のすべてを自分で作るか、小さな集団の中で調達していた。食物を育てることはせず、周囲の環境についての知識のみを頼りとして、食べられる植物を探し、死肉をあさり、狩りや釣りで肉を得て、1日1日を生き延びていたのである。 D・J・コーエン(米国・数理生物/人口学者)

だが、そもそも私たち人類は、いつ、どこで、誕生したのだろうか。種としての本質的な特徴は何か。どのような経緯で世界全体に住むようになったのだろうか。これらの問いの背景には根源的な謎が潜んでいる。即ち、私たち人類はどこから来たのか、そして、私たちは何者か、人類であるということは何を意味するのか、……。

そうした謎は、古代ギリシャの時代から人間は向き合い続け、数千年に渡り哲学や宗教によって探究されてきたが、現在では、経験的なアプローチがそれらに取って代わり、私たちの遠い過去を探り、そこで見つけた手がかりに光を当てていけば、きっと科学が例えば、化石の形態的証拠に加え、元素分析やDNA分析などの手法の発展により、永年の謎を解いてくれると確信できるようになったのである。

ここ数年の間に、私たちは人類進化に関するパラダイムの転換を迫られるような新事実にあいついで直面してきており、それは古人類学者や考古学者が新たに発見した化石人骨や文化遺物に基づく事実であって、人類進化の概念や枠組みがとてつもなく広がってきたのである。例えば、

- アフリカ中部で見つかった700万年前の猿人の頭骨は、DNA分子時計が予想した500万年前よりはるか昔に人類はアフリカで誕生し、本当のヒトとはいえないような状態でユーラシアに拡散したことが分かった。
- ドマニシ遺跡(グルジア共和国)で頭骨が発掘され、アフリカ以外では最古の人類化石で、およそ160万年前のものだと判定。「ドマニシ原人」の発見によって、人類がアフリカを出たのは100万年前という従来の出アフリカ説が大きく塗り替えられようとしている。
- 現代人とは別に独自の進化を遂げた小さな原人、ホモ・フロレンシエンシスがつい最近(1万数千年前)まで東南アジアで生き延びていたという。
- 南アフリカ・ブロンボス洞窟をはじめアフリカ各地で次々と発見される遺跡や道具は、ホモ・サピエンスがヨーロッパで洞窟壁画を描くという芸術を発達させるよりも前に、アフリカでさまざまな芸術が開花していたことを物語る。

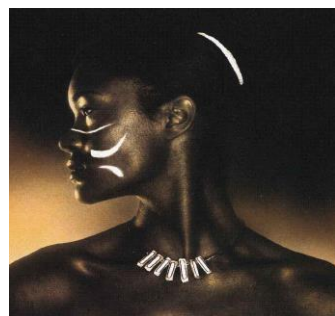


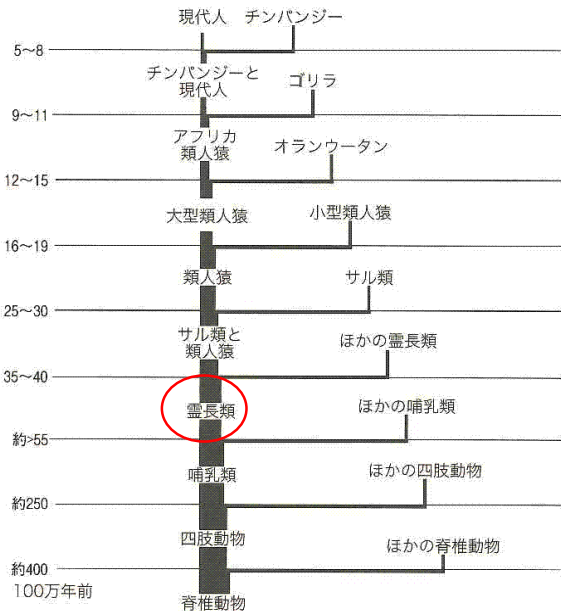
図-1: 最も古いとされる貝殻ビーズの装身具(推定:7万5千年前のアフリカで登場)

こうした新事実は、私たちヒトが他の動物と異なる点、つまり、私たちが持つヒトらしさ、「人間性」とでもいべき特徴が、いつ、どこで、どのように、誰によって獲得されてきたかという問いに対する具体的な答えをこれまでの予測を大きく超えた範囲で知る手がかりとなるのである。さらに、人類は「特別に創造された存在」という意味ではなく、アフリカに生まれ、まったく偶発的な理由から進化し、生き延び、数を増やし、世界中に広がった「種」という意味において、骨や石器の痕跡証拠や遺伝子の研究を通じて、私たちは誰で、どこから来て、どうやって世界中に住むようになって

たかをまた、語り始めたのである。

最近の150年間に生物学者によってもたらされた多くの重要な進歩は、一つの比喩に集約される。現在および過去のすべての生命体である動物、植物、菌類、細菌、ウイルス、その他のあらゆる生物は、「生命の樹」、つまり**系統樹**の枝のどこかに位置しており、我々はその系統樹の枝によって現在あるいは過去に生きていたすべての生命体とつながっている。我々につながる枝の根元に位置する生物は、絶滅した我々の祖先である。しかし、我々のすぐそばの枝に位置する生物は、我々と近縁だが、祖先ではない。

a1



系統樹の根元に位置する最も単純な生命体は約30億年前に登場するが、ここでは途中を省き、一気に太い幹を駆け登るとすべての脊椎動物を含む枝にたどり着く。

およそ4億年前には四肢を持つ脊椎動物の枝に至り、2.5億年前には哺乳類の小枝に、そして**霊長類**を含む細い枝に行き着く(図-1)が、霊長類の枝の付け根は、現在から数千万年も隔たっている。

a2

人類進化の旅は、系統樹をたどって、サル類と類人猿、類人猿、そして大型類人猿の枝へと続く。人類と類人猿は、共通の祖先種から分岐してきたのは間違いない。分岐年代は現生する種のDNAの違いに基づき推定される。

f16

図-2: 生命の樹の脊椎動物部分(現代人につながる部分を強調)

最近の研究によると(図-3)、

- 760～600万年前に、ヒトは現生のチンパンジー/ボノボの共通の祖先から分岐した。(チンパンジーとボノボとの分岐は250万～200万年前で、チンパンジーとヒトとのDNAの違いはわずかに1-4%である)
- 970～760万年前に、チンパンジー/ボノボとヒトの共通祖先からゴリラが分岐。
- 1900～1500万年前に、これらの共通の祖先からオランウータンが分岐したと推定されている。

f16

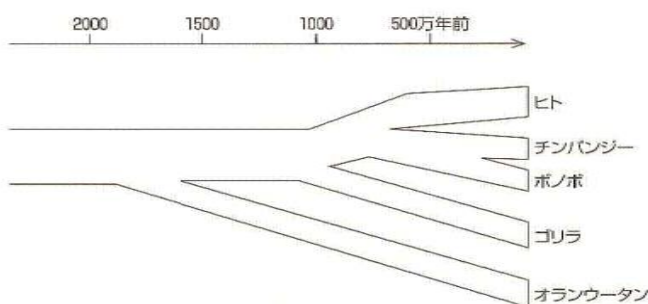
700万年以上にわたって人類は進化を遂げてきたが、人類の系統樹の中で生き残った枝はホモ・サピエンス(知恵のある人)だけで、今の地球上に生きるすべての人間は、ホモ・サピエンスという単一の生物種のメンバーである。人類も他の生物と同様に、「属名と種名」を連記する二名法で示される。例えば、私たちが含まれる「ホモ」と「サピエンス」は、それぞれが生物分類上の属と種の名で、**ホモ・サピエンスとはヒト(ホモ)属のヒト種**という意味である。生物としての側面を強調する時は**ヒト**、文化をもつ側面を強調する時は**人間**と呼ばれる。

h162

f15

f16

a2



■(専門用語)

「分類群」	: 種や属など分類の単位となる概念
「単系統群」	: 系統樹の「枝」のこと
「ヒト族」(ホミニ)	: ヒトに至る主枝あるいは側枝に位置する種や属をまとめた呼び方で、化石人類と現生人類を含む広義の人類を指す単系統群である。

なお、人類という日本語は、現在の世界中の人々(ホモ・サピエンス)を含む概念である。

図-3: 人類と類人猿の系統樹と分岐年代

(人類の進化段階を一望する)

人類化石の発見が少なかった1970年代までは、1つの時代には1つの人類種がいて、**猿人・原人・旧人・新人**と段階的に進化してきたという考え方が支配的であったが、その後、数多くの人類化石が発見されたことで、1つの時代に複数の属や種の人類がいたという、複雑な過程を踏んで人類は進化してきたのである。200万年前に、少なくとも6種の人類がアフリカに居た。そして、10万年前には5種のヒトが、アフリカやヨーロッパ

hp

d227

ツパ、フロレス島に各1種、東南アジアに2種が住んでいたが、現在では、**私たち1種だけ**である。つまり、人類は段階的に進化したのではなく、**何回も枝分かれして進化し、多くは絶滅し**、現在では私たちホモ・サピエンスの1種だけが生存していると認識されるようになったのである。

日本の人類学研究者は、ヒト族に含まれる人類(チンパンジーとの共通祖先から分かれた後の単系統群)を「猿人」、「原人」、「旧人」、「新人」という4つの進化段階に分けていたが、最近では「猿人」をさらに「初期猿人」と「猿人」に分ける傾向にある。そして、ヒト族に含まれるすべての人類を「ホミニン」と呼んでいる。なお、人類進化の地域と年代を4つの進化段階に対応させて、全体を一望してみると、次の図-4になる。

a77

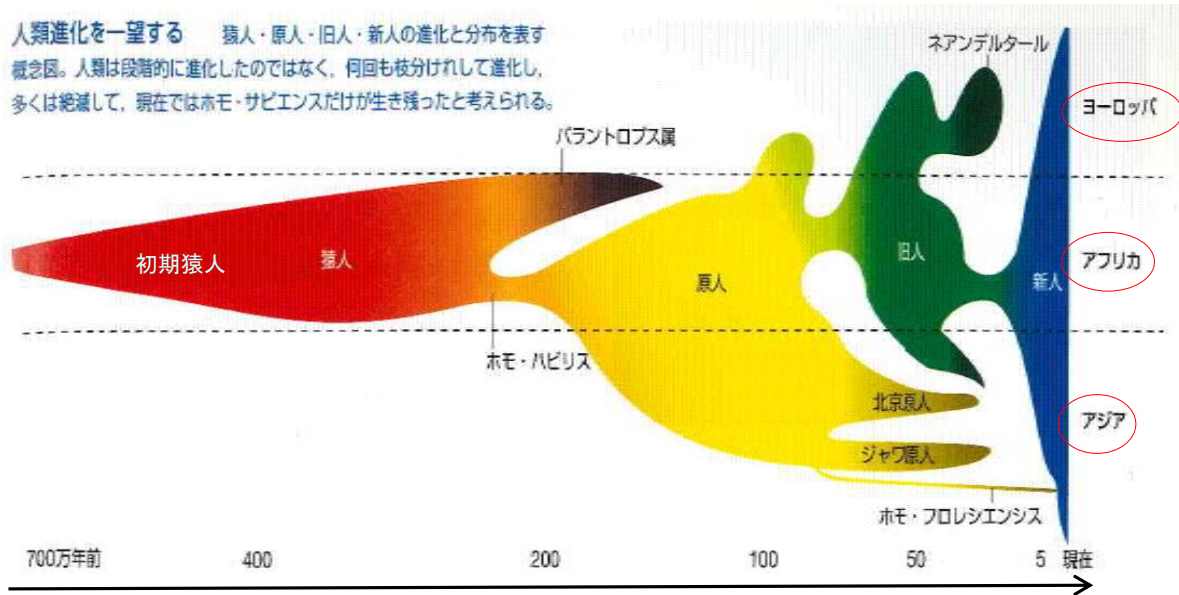


図-4: 人類の進化段階と分布域の模式図

a162

古人類学は本来は、古い人類に関するすべての研究(学問)を含むが、実際には化石の研究が主で、遺伝学、考古学、年代学などを補完しながら、とりわけヒトに至る細い枝の進化史を復元しようとする学問である。ここでは人類進化の長い旅の最後の部分、ヒトとチンパンジーの最後の共通祖先から現在のヒトに至る道筋に焦点を当てる。

a8

a2

### 1 化石人類の調査と背景

ヒト族にどのような人類化石があるのか、それらはどのように発見され、背景をどのように調べたかを考察する。  
(人類化石の記録)

a33

化石は過去に生きていた生物の遺骸あるいは痕跡であるが、何百万年も前の人類化石がよい状態で発見されることは滅多にない。一般に生物の身体は、ほんのわずか化石としてしか残らない。化石は多くの場合、地層や岩石の中に保存されていて、研究者は化石を2つの種類に区分する。

a55

a34

- ① 動植物の実際の遺骸で形成された本当の化石
- ② 痕跡化石で、360万年前にタンザニアのラエトリでつけられた足跡や糞化石

人類化石という言い方は、痕跡化石を含まない本当の化石を意味し、通常、動物化石は骨や歯のような硬組織しか含んでいない。腐蝕しやすい筋肉や皮膚、内臓のような軟部組織が残るのは、北ヨーロッパの泥炭に埋もれた遺体や氷河に閉じ込められた遺体(1991年9月に標高3275mのアルプス山中で発見された5300年前のアイスマン)のような、特殊な事例しかないので、人類の骨格が化石記録となって保存されるのは極めてまれである。

人類の硬組織が化石になるためには骨や歯が川や海、洞窟の中で速やかに土砂に覆われる必要がある。土砂は骨や歯がそれ以上崩壊しないように保護し、化石化を進める。化石化のプロセスは、堆積層に含まれる化学物質(多くは銨物質)が骨や歯に含まれる有機物と置換することによって始まり、堆積層の化学物質は骨や歯の硬組織の無機物とも置換していき、このような置換が何年も続くと、骨は化石となる。化石は骨や歯の形をした石で、化石の周りの石は堆積物が固まったものである。

a35

骨や歯が化石化する過程に起こる変化を「続成作用」とよぶ。遺跡が違えば、あるいは同じ遺跡でも違った場所から出土した化石は、化学的環境が微妙に違うため、それぞれ異なる化石化の程度を示す。硬い地層に保存された化石が最近、露出した場合、非常に頑丈であるが、風雨に長くさらされると、濡れたティッシュペーパーのようにもろくなる。意図的な埋葬の場合、骨の保存がよく、6-7万年前以降の人類化石がよく発見される理由である。



人類化石の大部分は、川や海、洞窟の床などに堆積した地層から発見される。化石が埋まっていた本来の地層は「母岩」と呼ばれ、人為的な墓でない限り、母岩から発見された人類化石は母岩と同じ年代とみなされる。地層に埋まった状態で見つかった化石は、「原位置」で見つかったと記録されるが、大部分の人類化石は浸食によって母岩から離れてしまっており、その場合、「表面採集」と記録される。

a36

**(人類化石を発見する)**

古人類学者は人類化石を発見するためにはどこを探せばいいのか。19世紀にチャールズ・ダーウィンはヒトに最も近い動物はアフリカに棲むチンパンジーやゴリラであるから、これら3者共通の祖先もアフリカに住んでいた可能性が高いと予測した。実際にここ50年間では人類の起源を探る野外調査がアフリカに集中している。しかし、アフリカ全土を調査する訳にはいかないが、人類化石が発見される特定の場所があるのだろうか。

a37

例えば、古人類学者は100万年前の地層が自然の浸食によって現われているところを探す。浸食は、地殻の大きな塊であるプレートが押し合ったり離れたりするところで起こりやすい。その結果、地殻の境界の断層面では、地殻の片方が上昇し、他方が下降する。これが、アフリカの**大地溝帯**で低地や台地あるいは岸壁が形成される機構である。(図-5)

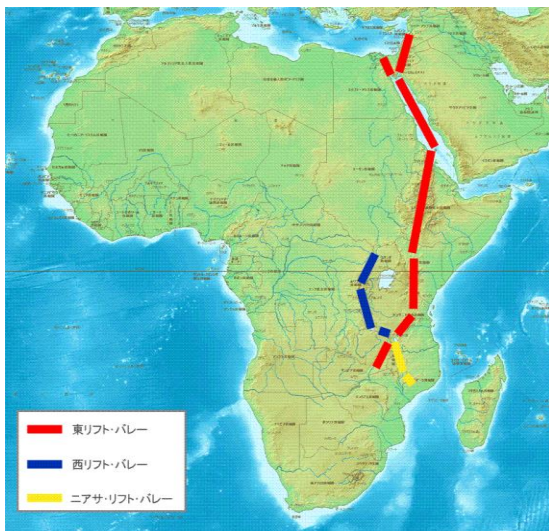
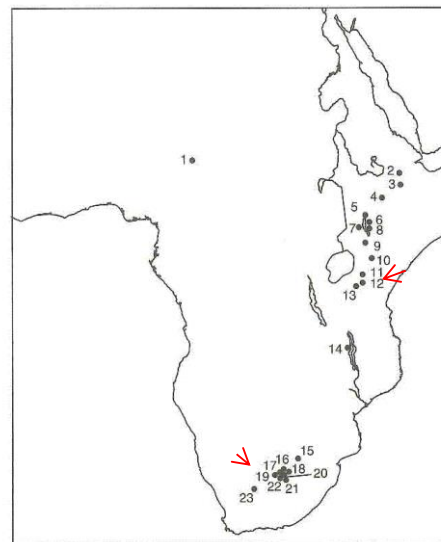


図-5: アフリカ大地溝帯の位置



(NO.12)  
オールドヴァイ渓谷  
  
(NO.19)  
ステルクフォン  
テイン洞窟

a89

図-6: 初期猿人と猿人の化石が出土したアフリカの遺跡

世界最大の地溝である大地溝帯(グレート・リフト・バレー)は、主にアフリカ大陸を南北に縦断する巨大な谷で、プレート境界の一つである。大地溝帯の谷は幅35 - 100km、総延長は7,000kmにのぼる。北は西アジアのヨルダン地溝帯から南はモザンビークのマプト湾(ローレンソマルケス湾)に至る。

hp

大地溝帯の両側で地層を削って谷や川が形成されると、その崖面から化石が露出することがあるが、このような場所は「露頭」と呼ばれ、実際に化石が発見された場合は出土地点と呼ぶ。東アフリカの大地溝帯では火山活動が活発で、堆積層が隆起・浸食され地層が露出するので、各年代の地層から人類化石が発見される。ケニアやタンザニアをはじめ、大地溝帯周辺では人類化石が多数発掘されており、発見される人類化石の多さから、大地溝帯は「人類生誕の地」とも呼ばれる。タンザニアの大地溝帯にある「オールドヴァイ渓谷」は、まさにそのような条件の整った最も有名な遺跡である。

a38

南アフリカでは、全く違った地質学的条件の場所で人類化石が発見される。石灰岩の地層の割れ目に沿って地下水が流れてできた洞窟(鍾乳洞)で化石が見つかるのである。(例: 図-5のステルクフォンテイン洞窟)

小さな割れ目が拡がり、いくつか集まって洞窟に成長し、そこに地表から流れ込んだ土砂が貯まる。洞窟の入り口には、しばしばハイエナが棲みつく。そばに生えた木の上には、ヒョウが獲物を引きずり上げて隠すことがある。

南アフリカの洞窟で発見される人類化石の大部分は、ヒョウやハイエナが運んできた死体か、あるいはヤマアラシのような骨を集めてかじる習性のある動物の仕業と考えられる。



図-7: ステルクフォンテイン発掘現場

20世紀半ばまではアジアやヨーロッパが主な調査地であった理由は、ヨーロッパには古くから多くの先史学者がいて研究していたので、人類の祖先の化石を発見するためには有利であり、それ以外の地域よりも発見の機会が多かったのである。

a39

**(人類化石の年代推定)**

遺跡の地層の積み重なりから、下の方ほど年代が古いと理解できるが、実際には古さをどのように測ったり、また何百キロメートルも離れた遺跡から出土した化石の年代をどのように比較するのだろうか。化石などを使って地層の新旧を決めることはできても、その地層や岩石がいったい何年前のものだったのかということはどうやって調べたらいいのか。自然界には規則正しいリズムを持った現象があり、それが地層や岩石中に残されていれば、それを利用して年代を求めることができる。

a42

考古学や地質学で一般的に利用される**年代測定法**には以下のようなものがある。

1. 相対年代:	相互の新旧関係で表記される年代
2. 絶対年代:	数字として出される年代
3. 理化学的年代:	自然科学的方法による年代
4. 暦年代:	究極に目指すべき年代

in

年代測定は、現在手に入れられるものから、その年代(古さ)を測定する技術であり、年代測定法を**絶対年代**と**相対年代**に大別した時、絶対年代値と一致する暦年代や理化学的年代は絶対年代に含まれる。

**絶対年代**とは、それが正に絶対、正しいという意味ではなく、「他と比べられない」「他と比べる必要がない」という意味での「絶対」である。**相対年代**とは、地層の上下関係、化石の新旧、遺物の形式などから決められた、相対的な先後関係を示す年代で、例えば、地質時代を生物の変遷を目安にして、古いほうから先カンブリア時代、古生代、中生代、新生代と大区分し年代をいう。(地質年代表を参照)

また、地質学における「白亜紀」「第四紀」などや考古学における「旧石器時代」、「弥生時代」などのような時代区分は、もともと標識となる遺物・遺物群あるいは化石・化石群に由来する相対的な年代(**相対年代**)であるが、**絶対年代**では、このような標識を必要とせず、それだけで年代を現わすことができ、**数字で出される年代**であるといえる。絶対年代を求める方法にも、**相対的年代測定法**と**絶対的年代測定法**がある。

① 絶対年代測定法では、人類化石が含まれる地層の岩石や動物化石が使われ、原子核崩壊のように一定の時間が経過する自然現象に準拠するか、あるいは、地磁気の逆転のような全地球的に起こる現象を根拠とする。地球上には、時間の経過とともに一定の変化をする物質がある。このような物質の特性を利用して、変化の速度の定数を用いて絶対年代を測定するのが、絶対的年代測定法である。一般に理化学的年代測定と称されるものの多くは、この方法に含まれている。

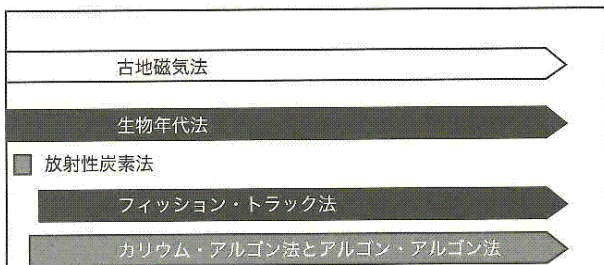
a42

図表-8: 主な絶対的年代測定法

測定法の種類	対象資料の種類	測定年代範囲(a年)
1 放射性炭素(年代測定)法	生物遺体	0 ~ $6 \times 10^4$
2 フィッシュントラック法	凝灰岩・溶岩・火砕流堆積物・ガラス	$10^3$ ~ $3 \times 10^9$
3 カリウム・アルゴン法	溶岩・火砕流堆積物	$10^4$ ~ $5 \times 10^9$
4 ウラン系列法	溶岩、火砕流堆積物、凝灰岩、化石骨、サンゴ、石灰質・深海底堆積物	$10^4$ ~ $3 \times 10^5$
5 熱ルミネッセンス法	凝灰岩・貝化石・土器	$10^3$ ~ $5 \times 10^5$
6 電子スピン共鳴法	鍾乳石・凝灰岩・断層・氷河	$10^3$ ~ $3 \times 10^6$
7 ラセミ化法	化石骨・微化石・貝	$10^3$ ~ $5 \times 10^6$
8 黒曜石水和層法	黒曜石	$10^3$ ~ $3 \times 10^4$

in

絶対年代測定法の中で最も有名なのは**放射線炭素法**であるが、人類進化の最近の年代にしか適用できない。



(絶対年代測定法の主要な用語説明)

■炭素14/炭素14年代:

植物は光合成により、大気中の二酸化炭素を取り込み、動物は植物や他の動物を食べて炭素を取り込む。炭素は、植物や動物、およびそれらを原材料としたものに例外なく含まれている(自然界には、その炭素に12、13、14という三種類の「同位体」が存在する)。



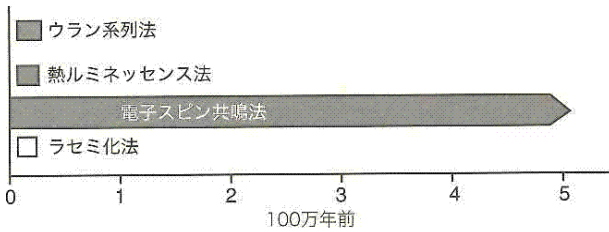


図-9: 各種の年代測定法とその適応可能年代

このうち炭素14は、放射線(ベータ線)を出しながら少しずつ窒素に変わっていく放射性同位体である。生物は外から炭素を次々に取り込んでいるので、体内の炭素14の濃度は、それらが生きている限り大気中の濃度に等しい。  
 ただし、生物が死ぬと外から炭素が取り込まれなくなり、時間が経過すると遺体の炭素14は壊れ続け、濃度は減少していく。つまり炭素14年代が示す年代は、生物が死んで外から炭素を取り込まなくなった年代に相当する。

原子が放射線を出して別の原子に変わり、元の量の半分になるまでの時間を半減期というが、これはそれぞれの放射性同位体に固有で、温度や圧力など周囲の環境によらず一定である。この性質を利用して、炭素14の個数を数えることで年代を測定することが、炭素14年代法である。しかし、実際には大気中の炭素14濃度は変動していたので、「炭素14年代」はあくまでも計算上の年代である。

炭素14の半減期は5,730±40年である。これは、5,730年後には炭素14濃度が半分になり、11,460(=5730×2)年後にはその半分の4分の1になることを意味する。生物が死亡してから約5730年を経過すると、死亡時に含まれていた放射性炭素-14の半分が崩壊して窒素-14になるため、放射性炭素(年代測定)法は、オーストラリアやヨーロッパのホモ・サピエンス化石の年代推定に有効である。しかし、4万年より古くなると、残っている放射性炭素-14の分量が少なくなるので、信頼性が著しく低下する。

■カリウム・アルゴン法/アルゴン・アルゴン法:

東アフリカの遺跡(タンザニアのオールドヴァイ、ケニアのクビー・フォラ、エチオピアのハダール)で人類化石を含む地層はカリウムとアルゴンの同位体元素が豊富な火山灰層に挟まれているが、放射性カリウム-40が崩壊してアルゴン-40に変わる速度は、炭素-14に比べて極めてゆっくりである。このため、人類進化の早い段階(およそ10万年前以前)の化石や石器を含む地層に対して適用される。

■古地磁気法:

古地磁気法とは、過去の地磁気(地球に関連した磁気)の方向が複雑に変化した現象の記録に基づいている。岩石ができるときに帯磁した残留磁気を測定すると、地質時代の地球磁場の方向と強さを知ることができるため、その結果、地磁気の方向(北極・南極)の逆転や地磁気極の移動、大陸の位置のずれなどが明らかになっている。

地球の歴史の大部分の期間では、地磁気の向きは今と反対であったため、現在の向きを正磁極、反対の向きを逆磁極と呼んでいる。例えば、ある地層の磁気を調べると、現在の地磁気とは違った方向にN極が向かっていて沈み込み方も違う。もし、その地層が動いてないとすればこの地層は今から何百万年前の地層である、と判断できる。つまり、その地層の磁北極はこっちを向いている、その延長線に磁北極があったのは今から何百万年前なのでこの地層は何百万年前の地層だというように、地層の年代をその地層の磁気によってとらえるのが、地磁気年代測定法である。

\* 地球最後の地場逆転を示す地層境界として国際的に認定されると、市原市養老川沿いに地質年代=千葉時代(チバニアン)が誕生する。

■(アルミ酸)ラセミ化法: 約30-4万年前の測定に有効

地質年代表、会報16/4月号

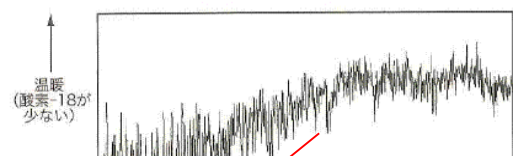
考古学や法科学のために使われる理化学的年代測定法の一つで、生化学的な反応を時計として用いる。例えば、卵殻はロイシンというアミノ酸を含み、卵殻が形成された時は全てのロイシンがL型であるが、一定の割合でD型に変化する(=ラセミ化という)。つまり、両者は数千年から数万年かけて少しずつ互いに入れ替わるため、生物の遺骸(骨)に残ったアミノ酸を採取し、L型とD型の割合や時間ごとに変化する率が分かれば、そのラセミ化の程度で卵殻がいつ形成されたか、計算により年代を測定することができる。

② 相対年代測定法の一つ、動物化石を利用した「生物年代法」がある。ある遺跡から発見された動物化石が、既に絶対年代測定法によって年代が明らかな遺跡から発見された動物化石に匹敵する場合に有効である。ただ、絶対年代測定法に比べ、おおよその年代しか分からないが、もしA遺跡の動物化石がB遺跡の動物化石と酷似しているならば、AはBの遺跡年代とほぼ同じと推定できる。

南アフリカの洞窟遺跡の大部分は、レイヨウ(シカに似たウシ科の動物)やサルを化石を含んでいるため、それらに相当する動物化石が出土する東アフリカの遺跡年代を動物化石の種類が対応する南アフリカの洞窟の年代に当てはめることができる。生物年代法はアフリカのチャドやグルジアのドマニシ遺跡でも使われる。

(地球の気候変動)

酸素[O]には 質量数、16、17、18の3種類の安定同位体が存在しており、海水(H<sub>2</sub>O)としての酸素は<sup>16</sup>O(軽い水)と少量の<sup>18</sup>O(重い水)で構成されてい



a42

a43

a44

a45

a47

hp

る。(ここでは酸素-17は省く)  
自然界における天然存在比は次のとおり。

$^{16}\text{O}$	99.63%
$^{17}\text{O}$	0.04%
$^{18}\text{O}$	0.20%

人類の進化は、地球の気候が大きく変動する中で展開してきた。例えば、気温の変化は深海底の堆積層を切削したボーリング・コアを調べると分かる(図-10)。

実際に、地球の気温が低くなり、**気候が寒冷化すると氷床が発達し海水から蒸発した水は、陸上に蓄積され海に戻って来なくなる。**海水が蒸発するときには「軽い水」が選択的に蒸発するので、残された海の水は「重く」なる。水は、軽い水分子の方が蒸発しやすいので、海から水が蒸発して雨となって地表に戻るが、陸の上に降った雨が海に戻れば、最終的に海水の酸素および水素の同位体組成は変わらない。しかし、雨水が大陸に雪として降り、それが大陸氷床として陸の上に留まった場合、海水は次第に「重く」なってゆく。特に、氷河が大陸を覆った氷河期においては海の水は重くなる**ことが、特に $^{18}\text{O}$ と $^{16}\text{O}$ の原子数の比の増加として認められている。**

一般に水蒸気に含まれる酸素(-16)の割合は海水よりも多いので、もし海から蒸発した水が少ししか海に戻らないということが起きると、海水では酸素(-16)が少なくなり、海水中の酸素(-16)に対する酸素(-18)の比率(酸素同位体比)が高くなる。表面海水中の酸素同位体の値は、海水温度によって変動する。

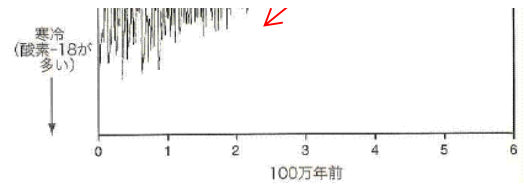


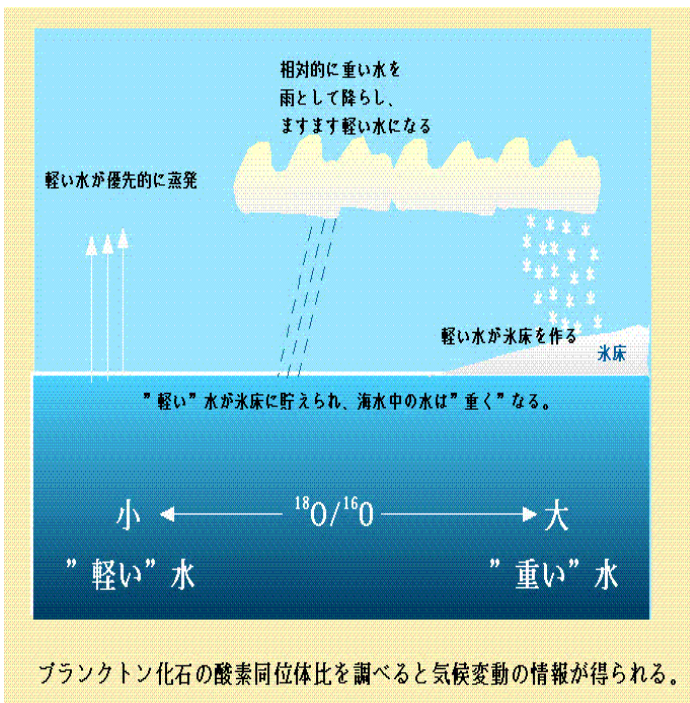
図-10: 過去600万年間の深海底堆積物中の酸素同位体レベルの変化:  
重い酸素-18と軽い酸素-16の比率が周期的に変化しつつ、全体として寒冷化の方向を示している。  
特に**300万年前**から地球の気温が低くなっている。

hp

a48

hp

hp



◆(海水の蒸発): 別の表現

海水が蒸発し、積雪によって氷床に取り込まれ易いのは**重い水よりも軽い水である**ので、結果として軽い水が氷床に選択的に取り込まれていく。そのため、氷床が拡大する氷期の海水は**相対的に重い水が多くなり**、逆に氷床が縮小する間氷期の海水は軽い水が多くなる。  
海水中を漂う石灰質有孔虫は海水を使って石灰質の殻を作るが、この殻には水温が低いほど、重い海水が多いほど多くの $^{18}\text{O}$ が取り込まれるので、酸素同位体比 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ は氷期に大きく、間氷期に小さくなる。

図-11: 海水中の酸素同位体の変動と気候変化

(ミランコビッチ周期=地球軌道要素変動周期)

人類進化の後半では、長期的な地球の低温化に加えて、深海底の堆積層(地層)から推定した周期的気候変動が多大な影響を及ぼしたと考えられる。地球の気候は、寒/暖、乾/湿の周期的変化を起こし、300万年前以前では、2.3万年周期の歳差さいさ運動、300万年前以降では、4.1万年周期の地軸傾きの変化、100万年前以降では10万年周期の離心率の変化の**3つの働き**によって、地球が受ける日射量が周期的に変化し、その日射量の極小期と極大期が氷期と間氷期に当たるとされ、北半球では100万年前以降に**厳寒の時期(氷期)が訪れることになった**。このことから、**厳寒の時期には北極近くや南極で氷床が発達したために海水面が低下し、大陸棚の多くが陸化したこと**で、現代人の祖先がユーラシアからオーストラリアあるいはアメリカに移住することができたのである。**地球の気候変動が、人類の進化に重要な影響を与えた一因でもある。**

a48

2 人類進化の系統と分類

西洋科学では、すべての生物は1758年にスウェーデンのカルロス・リンネウスによって提唱された体系に従って分類される。体系の基礎は「種」であり、恒常的に交配して子孫を生み出す形態的によく似た生物の集団である。すべての生物は特定の種に属し、似たような種は「属」としてまとめられる。属は「族」に、族は「科」に、科はさらに上位の分類群にまとめられ、最後は「界」に行き着く。現代人はホモ・サピエンスという種で、ヒト属(ホ

a52



モ属)に、そしてヒト族に属する。

a53

種は分類群の一つである。リンネ式分類体系は、種より包括的な(上位の)さまざまな階級の分類群で構成されている。新しく発見された化石が既知の人類種に該当するどうかを検討し、既知のどの種にも当てはまらないと確信したら、はじめて新種を提唱し、新しい名前を考える。従って、研究者はほかの既知のどの属にも当てはまらないと確信した場合のみ、新しい属を提唱することができる。もっと上位の階級分類群でも同様である。

科学的な種の定義として普及しているのは、ハーバード大学・進化生物学者エルンスト・マイヤーの生物学的な種概念である。それは、「交雑する自然集団のグループで、他のグループから生殖的に孤立している」ことである。現生の動物であれば、どの個体とどの個体が番うのか、観察により分かるが、化石の場合は通用しない。しかし、同種のオスとメスの個体は互いに番っても他の種の個体とは番わないので当然、同種の個体はほかの種の個体より互いによく似ている。よって、番い行動の情報がなくても、外部形態、内部構造、DNAでの遺伝学的情報によって、化石の種を同定することができる。

a58

ただし、人類化石は骨や歯のような硬組織に限られ、しかも破片がほとんどである。身体の筋肉や神経、血管、内臓などの軟部組織が残らないため、古人類学者は磨(す)り減った歯や大腿骨の一部という証拠だけで、いかにして化石の種を同定するか、が問題で、常に悩んでいる。

### (ヒトとは)

ヒトの由来を理解する契機になったのは、絶滅した近縁種の存在が明らかにされたことである。

f16

- ① 1924年(大正13年)に、オーストラリア出身の医師・人類学者のレイモンド・ダートが、南アフリカ共和国ヨハネスブルグの北西40kmにあるスタークフォンテイン洞窟で、世界ではじめて化石骨を発見した。
- ② 1947年に、スコットランド出身の医師・古人類学者のロバート・ブルームが、南アフリカ(スタークフォンテイン溪谷)で頭蓋骨を発掘した。

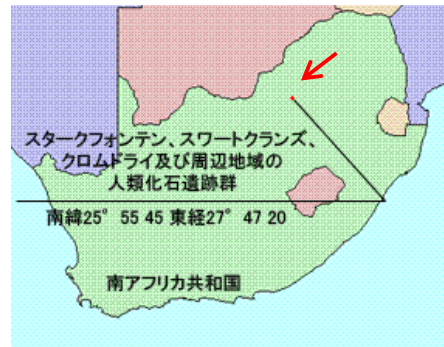


図-12: 南アフリカの人類化石遺跡群の位置

f17

この南アフリカで発見されたこれらの化石骨が**猿人**のものであることが公に認知され、**アウストラロピテクス・アフリカヌス**と命名された。アウストラロピテクス属(猿人)の化石は、南アフリカや東アフリカで数多く発見されている。アウストラロピテクス属は、420万年ほど前に出現し、210万年ほど前に絶滅している。(最近になって、アウストラロピテクス属より前に生息していた人類の化石が東アフリカだけでなく、アフリカ中央部のチャドからも発見されている。

最初のヒト属のメンバーである**ホモ・ハビリス(原人)**は、240万年ほど前にアウストラロピテクス属から分岐したと考えられ、160-170万年くらい前まで生息し、その少し前に**ホモ・エレクトス(原人)**へと進化した。なお、ホモ・エレクトスから**ホモ・サピエンス**に進化した過程については、新たな発見も多く、いまなお議論が続いているが、有力説は、ホモ・サピエンス(新人)と**ホモ・ネアンデルターレンシス(ネアンデルタール人)**が、ホモ・エレクトスから分かれた**ホモ・ハイデルベルゲンシス(旧人)**を共通祖先として、60万年程前から分化したとするものです。ネアンデルタール人(旧人)とホモ・サピエンスとの関係は、21世紀に入って新たな発見が続く、特にネアンデルタール人の化石骨からDNAが抽出され、分析の結果、現代人が保持しているDNAは大半が約20万年前に東アフリカで誕生したホモ・サピエンスに由来するものの、ネアンデルタール人に由来するDNAもわずか(平均1~4%程)にみられるのである。

f17

ホモ・サピエンスは20万年ほど前に誕生したとする説は、世界中に生きている多くのヒトのミトコンドリアDNAをアメリカの分子人類学者レベッカ・キャンらが分析した結果に基づいている。エチオピアなどで最近発見された初期のホモ・サピエンスの骨の年代が、20万~16万年前に遡ることが確かめられた。

f17

f18

キャンらの研究以来、すべてのヒトが共通するただ一つの祖先DNAにたどりつけることから、その共通祖先はよく「**ミトコンドリア・イヴ**」と呼ばれるが、このことはヒトの祖先としてただ一人の「イヴ」が存在したことを意味するのではなく、「イヴ」の本体は「ヒトの系統樹」ではなく、「**遺伝子の系統樹**」である。この遺伝子の系統を持った祖先の数については分からないが、ただ世代を超えて子孫を残し続けるには、少なくとも2000-3000人の核となる祖先集団が必要だったと推測される。

最古のサヘラントロプス(チャドで発見された最初期の猿人)が登場したのが700万年前で、サヘラントロプス以降

g6



個人発表

の全人類種を総称して学名で呼ぶ「ホミニン」(ヒト族)の属と種を示す。

図表-12-1:

ヒト族(ホミニン)		(ホモ属の種)	(通称)
(アウストラロピテクス亜族)		ホモ・ハビリス	原人
初期猿人	サヘラントロプス属	ホモ・ルドルフェンシス	
	オロリン属	ホモ・エルガスター	
	アルディピテクス属	ホモ・エレクトス	
猿人	アウストラロピテクス属	ホモ・フロレシエンシス	
	ケニアントロプス属	ホモ・ハイデルベルゲンシス	旧人
	パレントロプス属	ホモ・ネアンデルターレンシス	
	(ヒト亜族)	ホモ・サピエンス	新人
ホモ属(ヒト属)			

⇒ホモ・サピエンスは、世界に70億を超える個体数があるのに、たった1種の動物で、他にはいない、極めて珍しい哺乳類である。

人類700万年の歴史を概観してみると、3つの大きな画期的な窺(うかが)い知る出来事があった。

- ① サヘラントロプスなどの初期ヒト族の誕生(700万年前)
- ② 初期型ホモ属(アフリカ型ホモ・ハビリスなど)の分岐(250万年前)
- ③ ホモ・サピエンスの出現(20万年前)

(人類進化の系統樹): 最近の本から幾つか引用する。

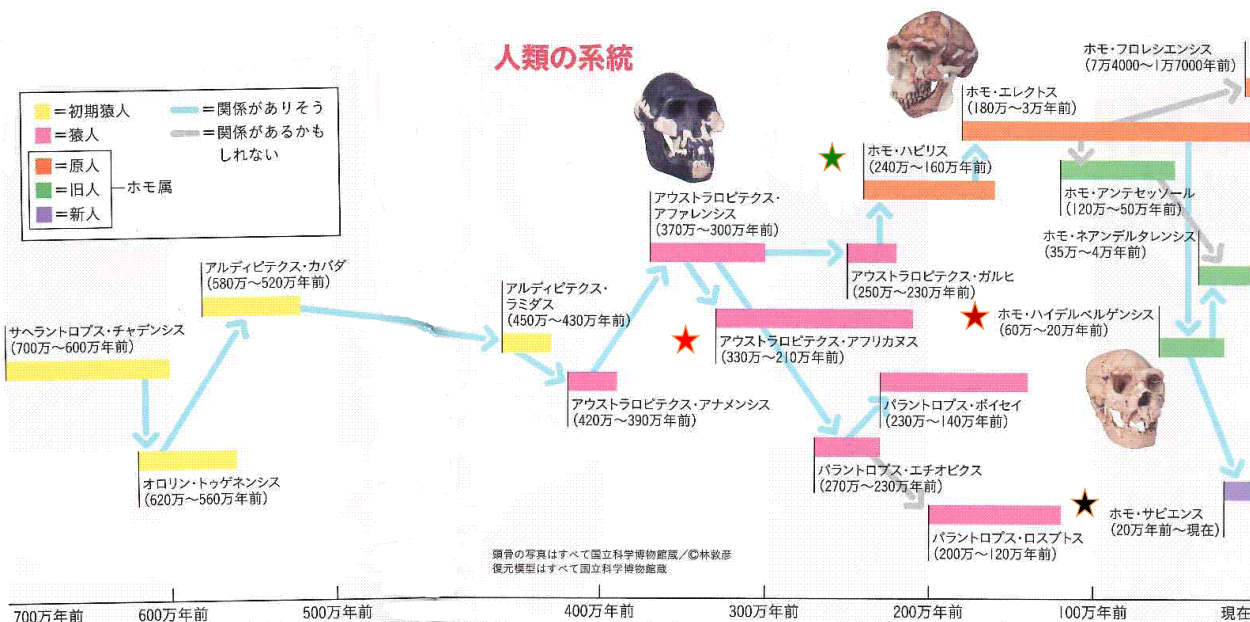
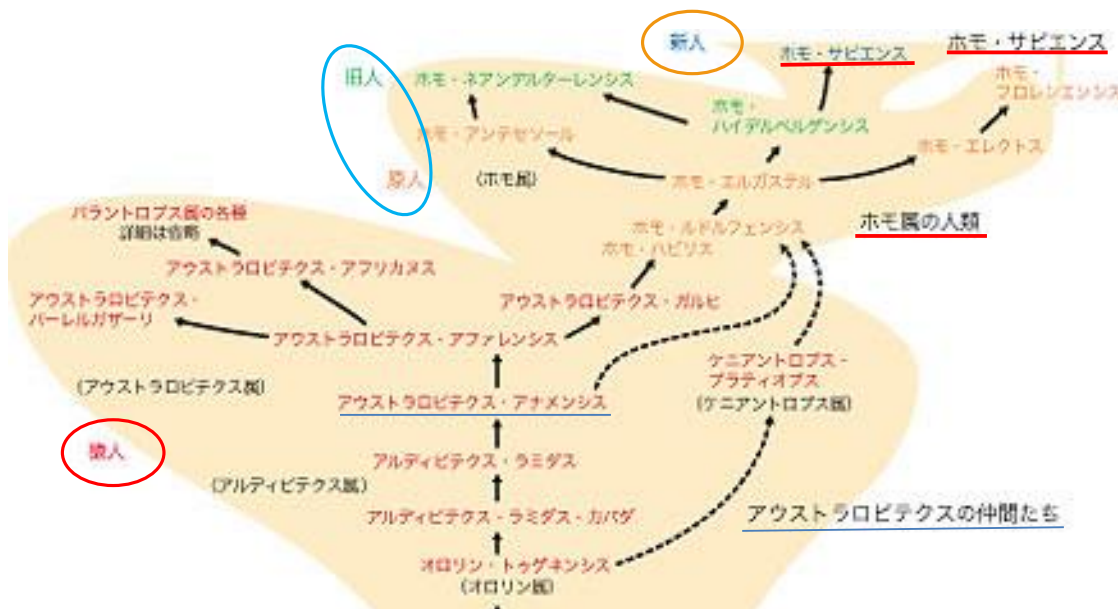


図-13 : 人類の系統図



g7

g3

g6

e126

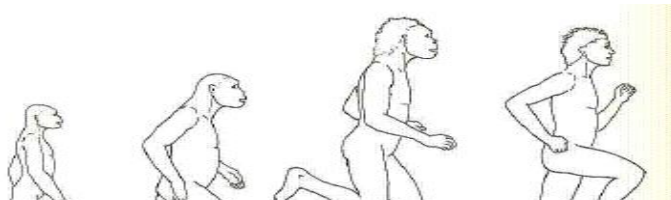
図-14: 人類進化の系統樹(3群) ⇒アウストラロピテクス属(猿人)、ホモ属の人類(原人、旧人)、ホモ・サピエンス(新人)の3群

ヒト族に含まれる人類として、多くの種が命名されているが、ホミニンが何種いたのかは、まだ分かっていない。その背景には、「種」の捉え方が統一されていないという事情があるうえ、またその命名をすべての研究者が認めている訳ではなく、多くの種を認める研究者を「分けたがり屋(分割派、細分派、スプリッター)」、少しの種しか認めない研究者を「纏めたがり屋(統合派、ランパー)」と呼ぶ。両方の研究者とも同じ証拠を調べるが、変異をどのように考えるか、解釈が違うのである。化石記録における連続性を重視する研究者は、種の数をお少くする傾向があり(纏めたがる)、不連続性を重視する研究者は種のお数を多くする傾向にある(分けたがる)。しかし、何をどう言おうとも実行しようとも、すべての分類は仮説にすぎない。

以下は、分けたがり屋の分類仮説である。

図表-15: ヒト族人類化石の分類仮説 ●印: 別頁に注釈あり

通称	分けたがり屋の種名	年代(万年前)	主な化石発見遺跡
初期猿人 (かもしれない人類)	●サヘラントロプス・チャデンシス	700-600	: アフリカ中央部のチャドのトロス・メナラ
	●オロリン・トゥゲネンシス	620-560	: ケニアのルケイノ
	●アルディピテクス・カダツバ	580-520	: エチオピアのミドル・アワッシュ
	●アルディピテクス・ラミダス(狭義)	570-430	: エチオピアのミドル・アワッシュ、ゴナ
猿人とホモ・ハビリス (ほぼ確実に人類)	●アウストラロピテクス・アナメンシス	420-390	: ケニアのアリア・ベイ、カナポイ
	●アウストラロピテクス・アフアレンシス(狭義)	400-300	: タンザニアのラエトリ/エチオピアのペローデリー、ディキカ、フェジェジ、ハダール、マカ、ホワイトサンズ/ケニアのアリア・ベイ、タバリン、ウエスト・トルカナ
	ケニアントロプス・プラティオプス	350-330	: ケニアのウエスト・トルカナ
	アウストラロピテクス・パールエルガザリ	350-300	: チャドのパール・エル・ガザール
	●アウストラロピテクス・アフリカヌス	300-240	: 南アフリカのタウング、グラディスヴェール、マカパンスガット(第3、4層)、ステルクフォンテイン(第4層)
	●アウストラロピテクス・ガルヒ	250	: エチオピアのブーリ、ミドル・アワッシュ
	●パラントロプス・エチオピクス	250-230	: ケニアのウエスト・トルカナ/エチオピアのおモ・シュングラ累層
●パラントロプス・ボンセイ(狭義)	230-130	: タンザニアのオールドヴァイ、ペニンジ(ナトロン)/エチオピアのコンソ、おモ・シュングラ累層/ケニアのチェソワニャ、クービ・フォラ、ウエスト・トルカナ	
●パラントロプス・ロブストス	200-150	: 南アフリカのクーパース、ドリモレン、ゴンドリン、クロムドライ(第3層)、スワルトクランス(第1・2・3層)	
原人と旧人 (古代の人類)	●ホモ・ハビリス(狭義)	240-160	: タンザニアのオールドヴァイ/エチオピアのおモ・シュングラ累層/ケニアのクービ・フォラ/南アフリカのステルクフォンテイン、スワルトクランス
	ホモ・ルドルフェンシス	240-160	: ケニアのクービ・フォラ/マラウィのウラハ
	●ホモ・エルガスター	190-150	: ケニアのクービ・フォラ、ウエスト・トルカナ/グルジア(トマニ)
	●ホモ・エレクトス(狭義)	180-20	: 旧大陸の多くの遺跡/インドネシアのサンブンマチャン、サンギラン、トリニール/中国の周口店/タンザニアのオールドヴァイ/エチオピアのメルカ・クントール
	●ホモ・フロレシエンシス	9.5-1.8	: インドネシアのフローレス島のリアン・ブア
	ホモ・アンデセツソル	70-50	: スペインのアタブエルカのグラン・ドリナ
	●ホモ・ハイデルベルゲンシス	60-10	: アフリカとヨーロッパの多くの遺跡/ドイツのマウエル/イギリスのボックスグローブ/ザンビアのカブウェなど
●ホモ・ネアンデルタレンシス	20-3	: ヨーロッパとアジアの多くの遺跡	
新人 (我々自身の人類)	●ホモ・サピエンス(狭義)	20-現在	: 旧大陸の多くの遺跡 : 新大陸でもお少しの遺跡





個人発表



図-16: 祖先たちの復元イラストと 人類の進化のイメージ

a7

- 初期猿人(かもしれない人類)のアルディピテクス・ラミダスは、手足に把握機能があり、森で樹の上に住んでいたが、腰を伸ばして直立することができ、時々地上を歩いた。歯と顎は小さく、主に果物を食べていて、脳容積は現代人の4分の1ほど。
- 猿人(ほぼ確実に人類)のアウストラロピテクス・アファレンシスは、完全に直立し、足にはアーチ構造があったが、大股で歩く能力や走る能力は原人以降の人類に比べるとやや劣った。森と草原を行き来し、発達した臼歯で草原の硬い食物も食べていた。脳容積は現代人の4分の1~3分の1。
- 原人(古代の人類)のホモ・エレクトゥスは、森から離れて平原に住んでいた。脚は長くなり、現代人と同様あるいはそれ以上に走るのが速かったのであろう。道具の使用により、歯と顎が小さくなっていった。脳容積は現代人の3分の2程度。旧人は、原人に比べると身体は同じようだが、歯はやや小さく、脳容積は現代人に近い大きさである。
- 新人(我々自身の人類)のホモ・サピエンスは、我々自身であり、身体は華奢であるが、戦略的・創造的な精神能力を持っている。歯と顎は小さくなり、顎の先(オトガイ)が出っ張っている。

基本的には「種」とは、遺伝子が形態、あるいはその両方において、独自性が認められる個体群のことである。2つの個体群を見比べて、別々の種に分けなければならない程違っているのかどうかを判断するのは、簡単なことではない。古生物学者の場合、研究対象はるか昔に死滅した生物なので、調べられるのはその骨格か、悪くすれば骨のかけらだけとなり、種の見極めは一段と難しくなる。

a62

k12

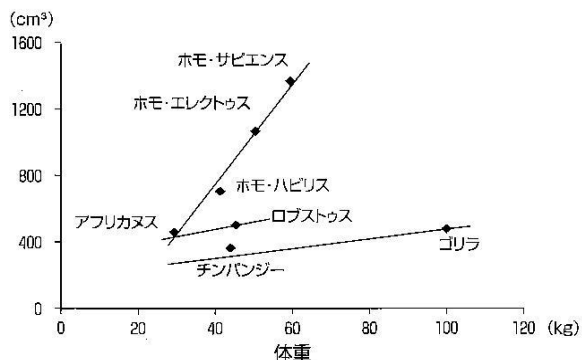
(直立二足歩行と脳の大型化)

人類の最も基本的な特徴は、二足で直立し歩行することである。直立したり、二本脚で歩いたりする動物は他にもいるが、「直立二足歩行」は人類しかできない。アウストラロピテクス属やそれ以前の人類も、常習的に直立二足歩行をしていたが、ホモ・ハビリスになってその完成度が増したと考えられている。前肢(腕と手)が歩行から解放され、器用な動作ができることに触発され、ヒト属のメンバーは複雑な行動をとり、高度な文化を創り出すようになったと考えられる。

f18

g6

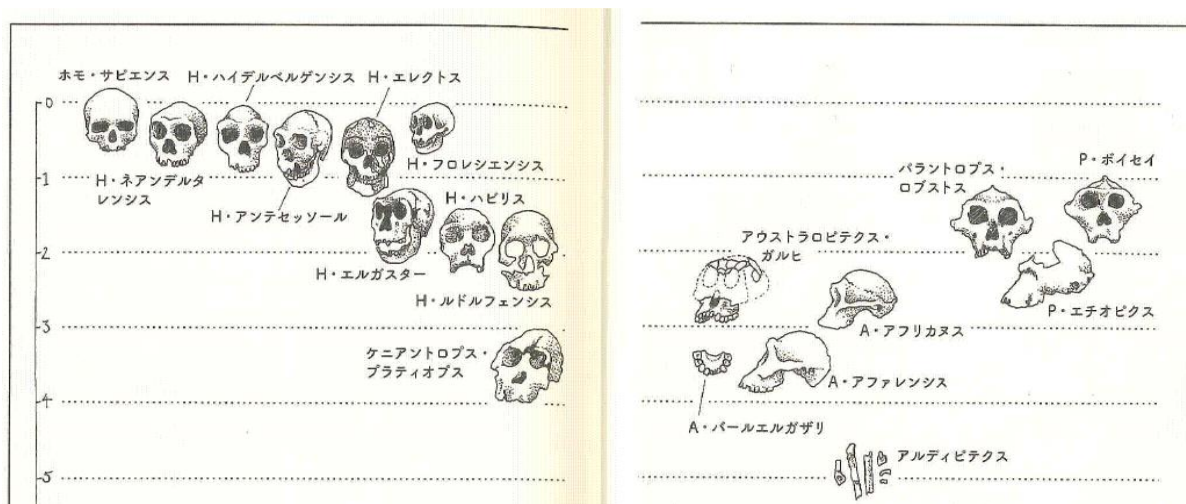
ヒトの進化が特異なことは、多くの形態や生理学的な機能にもみられるが、脳の大きさもその一つで、動物の脳の大きさは身体の高さにも規定されるが、図-15に示される脳容量と体重の関係から分かるように、特異的な**脳の大型化**が、絶滅したアウストラロピテクス属にはみられず、ホモ属だけに起きたのである。



f19

図-17: 人類と類人猿の体重と脳容量

◆過去700万年間に出現したホミニン(ヒト族)と頭蓋骨



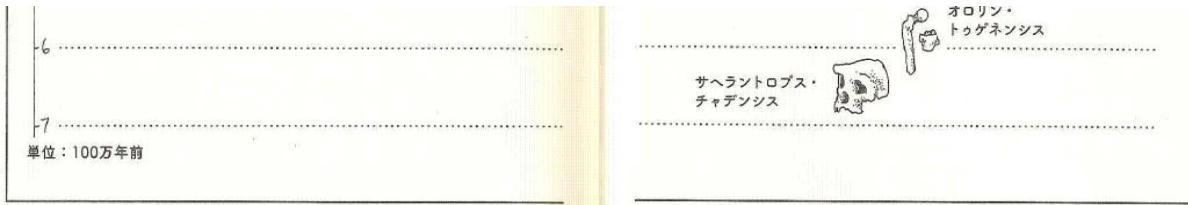


図-18： 人類系統樹

k14

### 3 化石から人類進化を探る

ヒト族の根幹になりそうな4つの分類群(属)を代表する化石について概観してみよう。

#### (1) 初期猿人： かもしれない人類 (馬場悠男 国立科学博物館人類研究部長 / 2007年)

a77

##### ●サヘラントロプス・チャデンシス： (チャドのサヘル地域の人)

a84

最初期の猿人の一種(華奢型猿人)。アフリカのチャド北部でフランスのポワティエ大学のM.ブルネが2001年に発見。年代は、相対年代測定法によって700万～600万年前と推定され、現在のところ世界最古の人類の祖先といえる。ほぼ完全な頭骨、下顎片、歯などがある。



脳容積は320～380立方センチとチンパンジー並みだが、脊髄が通る大後頭孔(頭骨の底にあり、頭骨と脊柱をつなぐ部分)が下を向いており、脊柱が頭骨を下から支えているので直立二足歩行をしていたことがわかる。犬歯は退化して、人類の特徴が見られる。

すべての古人類学者がヒト族と認めている訳ではないが、他の猿人のように東アフリカや南アフリカではなく、中北部アフリカで発見されたことから、初期猿人の生息域はこれまで考えていたよりはるかに広い地域で多様な進化をしていたことになる。

a86

図-19： サヘラントロプス・チャデンシス

##### ●オロリン・トゥゲネンシス： (トゥーゲンの祖先)

ケニア北部のトゥーゲン・ヒルズで発見された人類化石で2番目に古い原始的な最初期人類の可能性がある。年代はカリウム・アルゴン法によって、化石が発見された地層の火山性凝灰岩は610万～580万年前の中新世のものであると推定されている。下顎大臼歯の歯冠が1974年に、さらに2000年以降に12個の化石が発見されたが、破片しかない。

a87

オロリンの小臼歯と大臼歯はエナメル質が厚い。化石を発見したブリジット・セニュー、マルチン・ピックフォード(共にフランス)は、これほど厚いエナメル質はチンパンジーには見られず、ヒト族人類の一員である猿人にしか見られないと主張する。

しかし、オロリンが最初期人類ではないという批判は3つある。

- ①オロリンの大腿骨は樹上生活をする霊長類と大差がないということ
- ②厚いエナメル層という特徴がヒト族人類にのみ見られるかどうか明らかになっていないこと
- ③オロリンの歯の形態は類人猿と似ていること(彼らも認めている)

さらに、証拠が充実するまでは、オロリンはヒトとチンパンジーとの共通祖先に近い類人猿と見なすのがよい。

#### <アルディピテクス属>

a90

最初期から初期の猿人でアルディピテクス属に含まれる2種の原始的なヒト族人類(華奢型猿人)である。両者ともエチオピアのミドル・アワッシュの三角地帯で、米・カリフォルニア大学のティム・ホワイトおよびY.ハイレセラシエ、東京大学の諏訪元たちによって1990年代に発見された。

##### ●アルディピテクス・カダツバ(地上のサルの祖先)

生息年代は、カダツバ(始祖)は580万～520万年前で、化石は下顎骨、歯、幾つかの身体の骨を含んでいる。上顎犬歯が長くて尖っている等多くの特徴はチンパンジーと似ていて、後の時代の猿人と似ている特徴はほとんどなく、ヒト族に属する根拠は強くない。



●アルディピテクス・ラミダス(地上のサル)の根源)

生息年代は、ラミダス(根の意味)は約450~400万年前で、化石はたくさんの歯、いくつかの上顎骨破片、頭蓋底の破片を含んでいた。アルディピテクス・ラミダスがヒト族人類に含まれるとする幾つかの根拠があるが、最強の証拠は大後頭孔の位置が、チンパンジーより前進しているが現代人ほどではない点である。脳容積は不明で、身体の大きさは、両者とも小柄なチンパンジーと同じくらいで30-35キログラムと推定。

a91

【チンパンジーの祖先の化石】

現在のヒトとチンパンジーが互いに最も近い動物であるなら、同じ時間を別々に進化してきたはずであるが、チンパンジーの祖先の化石は事実上、皆無である。実に不思議である。広い生物学的興味という観点からみると、ヒトの祖先をさらに見つけるよりはチンパンジーの祖先を一つも見つけるほうが重要であろう。もし最初期のチンパンジーがどのような姿をしているか、実際に分かれば、ヒトの最初期の祖先を適切に同定できる機会が増え、さらにヒトとチンパンジーを含む単系統群の中で、成因的相同性がどのように起こったかを明らかにすることができるはずである。

a92

\*相同性とは、生物のある構造、例えば遺伝子やタンパク質が、進化的に共通の祖先を持つ場合のことをいう。

もし、ヒトとチンパンジーの分岐年代が分子時計の証拠によって800万年前から500万年前に近づくなら、サヘラントロプス・チャデンシスのような最初期人類かもしれない化石は、年代が古いので、人類の系統から外されることにもなり得るのである。しかし、ヒトの最古の祖先ではなく、チンパンジーの最古の祖先を探そうとする化石研究者は誰もいない。

a93

(2) 猿人とホモ・ハビリス: ほぼ確実に人類

a95

アルディピテクス属の発見により、その次に続く属となった。アルディピテクス・ラミダスの年代から50万年後の400-300万年前には、「かもしれない人類」よりもはるかに完全な人類である猿人の化石記録が見つかったが、それはまごうことなきヒト族人類である。

彼らの形態はチンパンジーよりも現代人に近いが、我々自身が含まれるホモ属(ヒト属)の人類を特徴づけるような顎と歯、あるいは身体のサイズとプロポーションはまだ、備わっていなかった。

<アウストラロピテクス属>

約420万 - 約390万年前にアウストラロピテクス・アナメンシスが、約400万 - 約300万年前にアファレンシスが現れ、約300万 - 約240万年前にアフリカヌスに進化した。

この属からパラントロプスと、ホモ(ヒト属)最初の種ホモ・ハビリスに進化したと考えられている。



図-20: アフリカの初期アウストラロピテクスの化石の発見場所地図

(東アフリカの猿人)

●アウストラロピテクス・アナメンシス(アナム地域の南のサル)

ケニアのカナボイで発見された化石で、生息年代は420~390万年前。アウストラロピテクス・アファレンシスの祖先らしいと見なされる。アナメンシスの犬歯はアファレンシスよりもチンパンジー的だが、臼歯はチンパンジーとはまったく違う。しかし、独立した種ではなく、アウストラロピテクス・アファレンシスの地理的変種にすぎないというのが正解だろう。

a98

●アウストラロピテクス・アファレンシス(アファール地区の南のサル)

アファレンシスの生息年代は400-300万年前で、化石は1974年にタンザニアのラエトリから、同時期にエチオピアのハダールから見つかった。幾つかの保存のよい頭骨と下顎骨、たくさんの身体の骨があるので、身長や体重を信頼性高く、推定できる。

a96

体重は35~55キログラムほどで、脳容積は400~500ミリリットルであり、チンパンジーの平均350ミリリットルより大きい。切歯(せし)はチンパンジーよりはるかに小さいが、小臼歯と大臼歯はチンパンジーよりずいぶん大きい。アファレンシスの食べ物にはチンパンジーの食物よりも硬く、なかなか噛み潰せないものが含まれていたことが分かる。骨盤と下肢骨の形態は直立二足歩行の能力があったことを示すが、長距離は歩けなかったらしい。

a98

人類がつけた足跡の最古の例は、タンザニアのラエトリでメアリー・リーキー(古生物学者)が1976年に発見した360万年前の足跡列化石である。この足跡列は、18cm、21cm、26cmの長さの足跡があり、推定された110cm~155cmほどの身長は、アファレンシスの化石から推測された身長に合致するものである。

●アウストラロピテクス・ガルヒ(驚くべき南のサル)

エチオピアのブーリとミドル・アワッシュで発見された250万年前のアウストラロピテクス・ガルヒはいろいろな点で特別に風変わりである。四肢骨は二足歩行していたことを示しているが、歯は他の3種の華奢型猿人と呼ばれるアナメンシス、アファレンシス、バールエルガザリよりも大きい。石器はガルヒの化石と一緒に発見されていないが、すぐ近くで発見された動物化石には石器を使って肉を削ぎ取った時にできる切り傷があり、250万年前の人類が意図的に動物の死体を解体したことを意味しており、現在の最古の証拠である。

a99

a100

## 個人発表

これまでの猿人の化石は、中央アフリカから東アフリカの開地遺跡(洞窟ではなく、開けた場所にある遺跡)で発見されていたが、化石が発見されるのは人類が住んでいた場所とは限らない。何らかの原因で人類化石が集まる場所がある。

1924年、南アフリカでは子供の頭骨化石がまったく違った地質学的背景で発見された。南アフリカのタウングのバクストン石灰岩採石場に開いた小さな洞窟の中にあった化石骨の破片の中から見つかった。この新しい人類化石(アウストラロピテクス)の発見者:レイモンド・ダート教授(オーストラリア出身の人類学者)が命名した。

a101

(南アフリカの猿人解釈)

南アフリカの洞窟で発見される人類化石では、東アフリカの人類化石のように信頼性の高い年代推定ができないことで、南アフリカのすべての洞窟では、猿人の化石は他の動物化石と一緒に硬い骨混じりの洞窟堆積物である角礫岩に閉じ込められている。現在も洞窟絶対年代を測定する方法は不可能で、見つかった哺乳動物を東アフリカの遺跡の哺乳動物と比較することで年代を推定している。

a103

### ●アウストラロピテクス・アフリカヌス(アフリカの南のサル)

相対年代測定法で推定されたアウストラロピテクス・アフリカヌス化石を含む角礫岩の年代は300~240万年前である。研究者の共通認識としては、アフリカヌスの身体はアファレンシスと似ているが、臼歯は大きく、頭と顔はアファール猿人ほどチンパンジー的でなく、脳容積はアファレンシスより大きい。四肢骨は二足歩行ができたが、木登りもしたことを示している。一緒に見つかった動物や植物から、当時の生活環境が草原性の疎林だったことが分かる。

a104

<パレントロプス属(人のそばに)>

200~150万年前のパレントロプスはアフリカヌスとは違って、臼歯が大きく、顔が広く、脳容積がやや大きかった。アウストラロピテクス・アフリカヌスもパレントロプス・ロブストス(頑丈な副人)も洞窟で発見されるが、そこで暮らしていたという痕跡はない。

パレントロプスがアフリカヌスとは違っていることがはっきりしたのは、1959年にメアリーとルイス・リーキー夫妻がタンザニアのオールドヴァイ渓谷で190万年前の頭骨化石を発見したからである。

### ●パレントロプス・ボイセイ(ボイズ氏の副人)

独特な特徴は、頭骨、下顎骨、歯の構成で、広く頑丈で平らな顔、巨大な臼歯、縮小した切歯と犬歯という組合せは、今までの他の人類種には見られないが、大きな上下顎骨と臼歯にも関わらず、脳容積は450mlほどで華奢型猿人と呼ばれるアウストラロピテクスと同様である。

a105

### ●ホモ・ハビリス(器用なヒト)

(馬場悠男 国立科学博物館人類研究部長 / 2007年)

1960年、アフリカ・タンザニアのオールドヴァイ渓谷でルイスとメアリー・リーキー夫妻は猿人より人間に近い人類種の最初の化石を発見した。240万~160万年前の初期ヒト属の一種で、いわゆる猿人と原人の中間に位置すると考えられているが、今でも研究者の間では、これらの人類が我々自身のホモ属の一員なのか、それとも脳容積が増加した猿人なのかで議論している。

ホモ属の人類は少なくとも750mlの脳容積が必要であるが、オールドヴァイで発見されたハビリスの化石の脳容積は600~700mlしかなかった。同様の化石が東アフリカや南アフリカの遺跡から発見されたが、新しい化石の証拠を加えても、ホモ・ハビリスと猿人を区別できない。歯と顎から身体の大きさを推定しても、後のホモ属ではなく猿人に似ており、体の骨も猿人と事実上変わらない。オールドヴァイで発見されたハビリスの手の骨は簡単な石器を作って使う時に必要な器用さを持っているが、アファレンシスらの手の骨と同じだ。

a108

a109

a110

## (3) 原人と旧人: 古代の人類

今まで見てきたヒト族人類は、現代人と比べると小柄(25~55kg)で、また脳容積はおおざっぱに推定されているだけで、原人以降のホモ属(ヒト属)人類よりはるかに少ない。四肢プロポーションも現代人と比べると脚が短い。これは、初期猿人や猿人は、二足歩行の効率が低く、食物を得たり寝たりする場所として木を利用していたことを示している。つまり、初期猿人、猿人は現代人とは全く別の進化段階の人類といえる。

では、人類進化の過程で、現代人と似たような人類は、いつ、どこで現われたのだろうか。

a113

### ●ホモ・エルガスター(働くヒト)-原人

ケニア北部のクービ・フォラ、ウェスト・トゥルカナで発見された、200万年前より少し新しい化石には、初期猿人や猿人とは違って現代人に近い人類の証拠が見られ、ホモ・ハビリスより現代人に似ている最初の人類種である。ホモ・エルガスターの歯と顎は、身体の大きさの割に初期猿人や猿人より小さいのは、それ以前の人類とは違った軟らかい食物を食べていたか、食べる前に食物を処理していたと考えられる。

石器のそばに焼けた土が残っている最古の証拠は、200~100万年前の間である。しかし、これは人為的な火の使用の証拠だと解釈したくなるが、雷が木に落ちて火が燃えた後に残った燃えかすと、管理された炉の中の燃えかすを区別するのは難しい。

人類が火を管理できたという最古の考古学的証拠は、イスラエルのゲシュル・ベノート・ヤーコブ遺跡で、年代は約80万年前にさかのぼる。石でつくった炉跡の証拠は約30万年前以降である。

a114

a115



個人発表

ホモ・エルガスターの長い脚は、二本足で長い距離を効率よく歩くことができるように、木から木へではなく、地面を移動するために進化し、腕は類人猿のような樹上の移動能力を失ったのである。しかし、脳容積は、ホモ・ルドルフェンシスと変わらなかった。なぜ脳の拡大が人類進化のもっと後になってからしか起こらなかったのかは、古人類学者をいまだに悩ませる問題である。理由の一つが、妊娠後期における過剰な危険性を避けることと関係するのだろう。

ホモ・エルガスターの骨盤の産道の形とサイズ、そして、大人の脳容積から推定された新生児の頭は小さいので、産道を横向きのままでも通り抜けることができ、現代人のように途中で産道の形に合わせて縦向きにして通り抜ける必要はないことが分かった。ホモ・エルガスターでは困難な出産はなかったと考えられている。

(出アフリカは誰が、いつ?)

約200万年前より古い人類化石や考古学的記録はアフリカ以外では発見されていない。しかし、「証拠のないのは、存在しない証拠ではない」から、さらに人類化石の証拠を探す必要がある。今のところ、アフリカ以外で最も古い人類の化石証拠はコーカサスのドマニシ遺跡で見つかっている。人類化石の含まれている地層の絶対年代は不明であるが、直下の溶岩層の年代は放射性元素法で180~170万年前と推定、人類化石と一緒に発見された動物化石の相対年代もそれと矛盾しない。

a118

●ホモ・エレクトス(直立するヒト) - 原人 (馬場悠男 国立科学博物館人類研究部長 / 2007年)

アフリカだけでなく、中国やインドネシア、欧州と幅広い地域で化石が発見された、180万~20万年前のヒト属の総称で、広義のホモ・エレクトスに当たる。ハビリスに比べると、脳容積は大きく(600~1200立方センチ)、歯は小さい。脳頭蓋は低くつぶれた形で、眼窩(がんか)上隆起という眉の部分の出っ張りが目立っている。化石から、頭も身体も大きくなり、脚が長くなり、移動能力に優れた体格のようで、現代人とほとんど変わらない。人類最初の出アフリカはホモ・エレクトスだと考えられている。

hp

ホモ・エレクトスの発見される有名な遺跡は、インドネシアのソロ河(ジャワ島東部を流れる同島最長の川で、全長 350km)付近と北京原人が見つかった中国の周口店洞窟である。1891年、ジャワのトリニール村のソロ川河岸でオランダの解剖学者、ウジェーヌ・デュボワは最初のホモ・エレクトスの化石(大臼歯、大腿骨、頭蓋冠)を発見した。この化石はピテカントロプス・エレクトス(=ジャワ原人)と名付けられたが、今日では北京原人やアフリカの原人と共にホモ属に含められ、ホモ・エレクトスとしてまとめられている。

a119

ホモ・エレクトスの手の器用さに関する化石証拠はないが、オールドヴァイ型の見事な石器(ハンドアックス)をつくっていた。

a123

アフリカでは後期のホモ・エレクトスが旧人のホモ・ハイデルベルゲンシスに進化した。インドネシア(とりわけガンドン)と中国は、ホモ・エレクトスが最後まで生き残っていた辺境の基地であつたらしい。インドネシアでは、特殊化を遂げた後期のホモ・エレクトスはホモ・サピエンスへとは進化せず、絶滅した可能性が高い。

a124

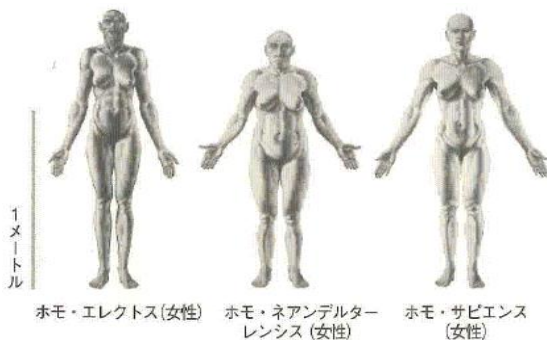


図-21-1: ホモ属の3つの種の女性復元図



図-21-2: アジアで見つかった4原人

m上114

pb150128

●ホモ・フロレシエンシス(フローレス原人)

2003年にインドネシア・フローレス島にある洞窟の7万~2万年前とされる地層から見つかった人類で、成人でも身長1~1.1メートル、脳容積400ミリリットルほどの新種の人類化石が発見され、彼らは1万数千年前まで生きていたことが分かった。

a156

また、歯の形や大きさは分析の結果、歯の特徴はジャワ原人と最も似ており、初期のジャワ原人の一部(あるいはその近縁集団)がフローレス島に漂着し、おそらく100万年以上にわたって、小さな島で独自の進化を遂げ、身体も脳も小型化したと解釈するのが妥当である。つまり、祖先のジャワ原人(ホモ・エレクトス)に比べ、身長が3分の2以下、脳容積も2分の1以下になったのである。フローレス島では漂着した巨大なステゴドンゾウが水牛ほどの大きさに縮小していた(島嶼化:とうしょか)が、人類にも同じような小型化が起こり得たと考えざるを得ない。

a157

pb151119

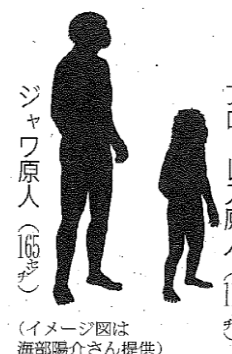


図-21-3: フローレンス原人とジャワ原人

●ホモ・ハイデルベルゲンシス(ハイデルベルクのヒト)-旧人

アフリカでは、エチオピアのボドやザンビアのカブウェなどで、60万年前の旧人の化石が見つかるが、名称の所以は最初にドイツのハイデルベルクで下顎骨化石が発見されたためである。眼窩上隆起は発達しているが、脳頭蓋は丸みを帯び、脳容積は1200ミリリットルもあり、エルガスター(800ミリリットル)やエレクトス(1000ミリリットル)より多い。下顎骨や歯は退縮しているが、四肢骨は太く頑丈であり、特に関節は現代人より大きい。

●ホモ・ネアンデルタレンシス(ネアンデル谷のヒト)

旧人の化石で最も有名なのは、ネアンデルタール人という通称名で知られるホモ・ネアンデルタレンシスである。頭骨、歯、四肢骨に独自の特徴を持つ。生息域はヨーロッパとその付近に限局されていた。後期のネアンデルタール人は、ツンドラ地域に匹敵する寒冷気候の中で生き延び、特有の形態を発達させていた。ネアンデルタール人の特徴を示す最も古い化石証拠は、スペインのアタプエルカにあるシマ・デ・ロス・ウエソスという遺跡から見つかる。

この人類種に名付けられたホモ・ネアンデルタレンシスは1856年に、ドイツのネアンデル谷(タール)にあるフェルトホーファー洞窟で、ネアンデルタール1号という部分骨格化石が発見され、模式標本(生物の種、亜種、型などに学名を与えたときに、その基礎になった標本)になっていたからである。この模式標本化石が見つかった地層の年代は、約4万年前と推測された。

10~3万年前の後期ネアンデルタール人は、典型的な特徴を備えている。鼻の孔(梨状口)が大きく、鼻腔は広く、顔は中央部が前に突出して頬骨が後退して外側を向いた流線形であり、脳頭蓋は長く頭頂部と後頭部に丸みがあり、四肢骨は太く、関節部が大きい。

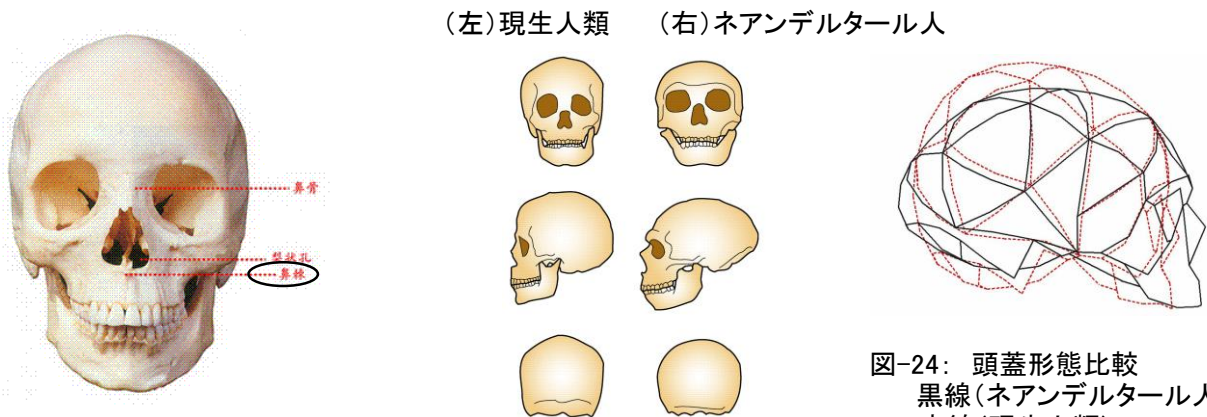


図-22: 梨状口(=鼻腔の入口)

図-23: 頭蓋骨の比較図(イメージ)

図-24: 頭蓋形態比較  
黒線(ネアンデルタール人)  
赤線(現代人類)

ネアンデルタール人の模式標本の発見以後、化石から居住域はヨーロッパと西アジアであった。ネアンデルタール人は寒冷な地域に住んでいたと考えられ、彼らの居住域は(100万年前から10万年毎に訪れるようになった)寒い時期には拡がり、その間の暖かい時期には狭くなっていた。スカンジナビア半島でネアンデルタール人化石が発見されないのは、あまりにも寒すぎたためであろう。

(ネアンデルタール人のミトコンドリアDNA)

ネアンデルタール人の分類に関して、ネアンデルタール人のミトコンドリアDNAを調べることができるようになって、一連の証拠が得られてきた。ライプツヒ大学マックス・プランク進化人類学研究所で、スヴァンテ・ペーボ(遺伝学部門ディレクター)が率いる研究室のマシアス・クリングスたちは、「次世代シーケンサー」という新技術を駆使し、あらゆる化石人骨の中ではじめて、ネアンデルタール人の模式標本の上腕骨化石からミトコンドリアDNAの断片を抽出することに成功した。

この化石ミトコンドリアDNAの塩基配列は、現代人の塩基配列の変異幅から明らかに外れていた。さらに、同じ遺跡で最近、発見された別の個体と、メツマイスカヤ(ロシア)の小児人骨、ヴィンディヤ(クロアチア)の2個体、エンギス(ベルギー)の子供、最も古く発見されたラ・シャ・ペルー・オー・サン(フランス)の化石からミトコンドリアDNAが抽出され、これらのミトコンドリアDNAの塩基配列の変異幅は、現代アフリカ人から同じ数だけ無作為に採取されたそれと同じであった。

ネアンデルタール人たちは、現代アフリカ人集団と同様に、遺伝子プール(互いに繁殖可能な個体からなる集団を持つ遺伝子の総体のこと)を共有する集団であることが確かめられたことになる。しかし、ネアンデルタール人のミトコンドリアDNAの塩基配列とアフリカ人のそれは、重複せず全く違っていた。解析された断片は短かったことから、今後、他の場所でもミトコンドリアDNAの結果が同じように得られるならば、ネアンデルタール人が現代人とは別の種だという判断(\*)がより強くなる。

- その後、やはりペーボたちによって、ネアンデルタール人の核DNAの解析が進み、ゲノム(ある個人が持つすべての遺伝情報の全塩基配列)が明らかになり、現在のヨーロッパ人とアジア人はネアンデルタール人と1~4%の遺伝子を交換(交配)していたことが分かった。



つまり、アフリカを出た現生人類、ホモ・サピエンスは中東でネアンデルタール人の遺伝子を取り込んで、世界中に広がって行ったことの証拠が明らかにされたのである。ただし、ホモ・サピエンスとネアンデルタール人は同じ種であるという訳ではない。

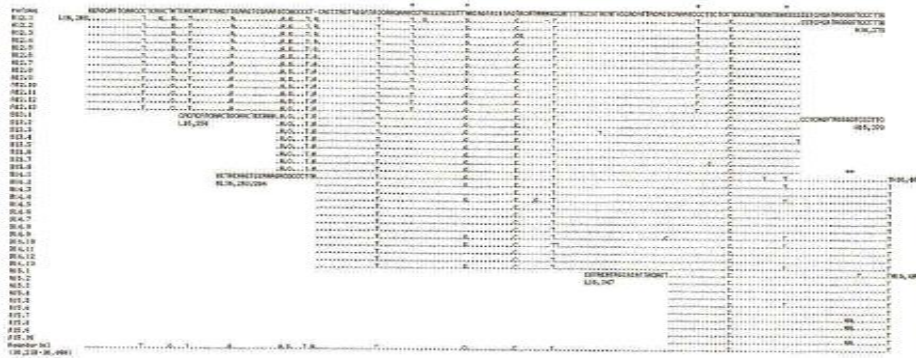


図-25: ネアンデル谷から出土したネアンデルタール人(模式標本)のmtDNA断片の再構築

長い間、ネアンデルタール人が現代人に進化したという保守的な見解があったが、それはイスラエルの幾つかの遺跡で発見された化石の年代が根拠の一つであった。アムッドとタブーンで発見されたネアンデルタール人化石の年代が、カフゼーで発見されたサピエンス化石より古かったからである。しかし、最近、年代が再検討され、カフゼーのサピエンス化石の方がタブーンやアムッドのネアンデルタール化石より古いことが分かったのである。

ネアンデルタール人は、おそらく遺体を埋葬した最初の人類であった。幾つかの遺跡で埋葬儀式の証拠が見つかっている。これこそが、ネアンデルタール人の化石がそれ以前の人類化石よりもたくさん残っている原因であろう。

#### 4 現生人類

##### <ホモ・サピエンス(新人)-我々自身の人類>

ここでは、新人、ホモ・サピエンス、現代人という名称を使うが、それぞれの背景は違っても事実上は同じ内容を示し、新人は日本で使われる猿人・原人・旧人・新人という段階的な区分の一つであり、ホモ・サピエンスは新人に該当する実際の人類の種名である。現代人は歴史的な意味の現代人ではなく、形態的に(解剖学的に)現代人と同様な人々という意味で、現生人類も同じ意味。

20世紀末近くまで、現代人の起源に関する一般的な認識は、旧来の考えとして、原人あるいは旧人が旧大陸のあちこちで別々に新人に進化したという「多地域進化仮説」が一般的であった。例えば、ヨーロッパではネアンデルタール人が現代ヨーロッパ人に、アジアでは北京原人が現代東アジア人に進化した等といい、地理的変異集団である「人種」は、それぞれの地域で長い間、別々の進化史をたどってきたと主張されていた。

##### (化石の発見と年代の見直し、分子証拠)

1980年代に一部の研究者たちは、3つの証拠を組合せることで、これまで進化の脇道であり文化的にも遅れていたと見なされていたアフリカが実は現代人とその文化の発祥の地であるかもしれないというのである。

- ① レバント(レバノン、イスラエル、シリアなどの地中海東岸地域)から出土した人類化石の年代が見直されたことである。かつては、イスラエルのスクールやカフゼー遺跡での現代人的な化石は約4万年前と推定され、同じ地域のケバラやアムッド遺跡のネアンデルタール人化石は約6万年前と考えられていたので、レバント地域ではネアンデルタール人が現代人に進化した証拠と見なされていたが、その後、スクールやカフゼー遺跡の年代が再測定され、約10万年前と古いことが判明し、ネアンデルタール人の子孫ではなく、スクールやカフゼーの化石はアフリカからやってきた初期の新人、ホモ・サピエンスだったのである。





図-26: 大地溝帯と死海地溝帯

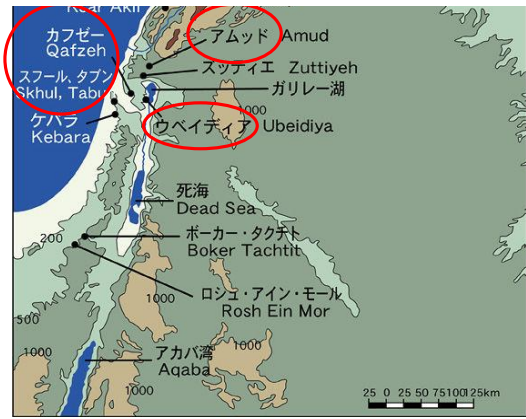


図-27: 死海地溝帯

東アフリカを南北に走る大地溝帯と西アジアを南北に走る死海地溝帯はどちらも初期人類遺跡の宝庫である。しかし、両者が人類史上果たした役回りが異なるために遺跡の役割も違う。大地溝帯の遺跡は主として**人類の起源**とその後の進化を、死海地溝帯の遺跡は主として**現代人の起源**と関わる部分で注目されている。

死海地溝帯は、西アジアの西端、地中海に沿って南北に全長約1000キロメートルの帯状の盆地が走る。その南の方に死海があり、死海地溝と呼ばれ、デデリエ洞窟はその北端にある。死海地溝はアフリカ出身の初期人類がユーラシア大陸に移り住むとき、最初に足を踏み入れた場所で、現代人の起源論争のなかで脚光を浴びている遺跡である。

- ② 南アフリカとエチオピアで1968年には、現代人的な化石が見つかり、20～15万年前にはアフリカで現代人のようなホモ・サピエンスが誕生していたことが分かったことである。

a141

- ◇南アフリカのクラシーズ河口遺跡で現代人的な頭骨破片が見つかり、年代は12万年前と判明。
- ◇エチオピア南部のオモ・キビッシュ遺跡でも現代人的な頭骨化石(脳頭蓋部分)が見つかり、放射性年代判定の結果、19万年前とされた。
- ◇エチオピアのヘルト遺跡で発見された頭骨は16万年前と推定された。

- ③ 古人類学ではなく、分子生物学的方法で現代人の変異を研究した結果で、カリフォルニア大学バークレー校のレベッカ・キャンとアラン・ウィルソンのグループは、できるだけ多くの民族(ヨーロッパ人・北アフリカ人・西アジア人・サハラ以南アフリカ人・アジア人・ニューギニア人・オーストラリア先住民)を含む147人からミトコンドリアDNAを採取し、塩基配列を比較解析した。

a142

147名の中に133種類のミトコンドリアDNAのタイプを発見し、突然変異パターンの違いが少ないタイプを持つ個人同士を結び付ける系統樹を作成した。その結果、ミトコンドリアDNAの樹状図は地理的な分布と一致した。人類の系図は2つの大きな枝に分かれ、

- (1) 最も根元に近い何本かの枝はサハラ以南アフリカ人ばかりで、次に
  - (2) 根元に近い何本かの枝は、サハラ以南のアフリカ人とそれ以外の人であることが分かった。
- 即ち、全人類に共通の祖先のうちの一人がアフリカにいたことを示唆することであり、大部分のミトコンドリアDNAの変異はアフリカに起源があったと推測された。

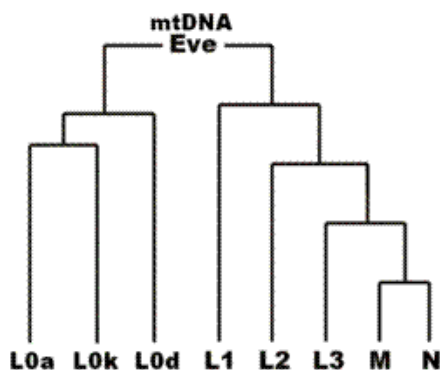


図-28: ミトコンドリアのハプロタイプ

ハプロタイプとは、生物がもっている単一の染色体上の遺伝的な構成(具体的にはDNA配列)のことで、L0～L3がアフリカにのみ存在する一方、他の地域はMか、Nのどちらかしか存在しない

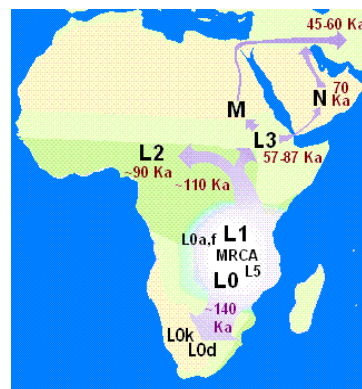


図-29: 現生人類のハプログループ



**(ミトコンドリア・イブ仮説)**

ミトコンドリアは独自のDNAを持っており、母方の系統を通してのみ遺伝されていくため、子供は核DNAを両親から受け継ぐが、ミトコンドリアDNAに関しては母方からしか受け継ぐことはない。よって、ミトコンドリアは事実上、すべては必ず母親から子に受け継がれ、遺伝するが、

父親から受け継がれることはない。したがって、ミトコンドリアDNAを調べれば、母親、母親の母親、さらに母の母の母の…と女系をたどることができ、ミトコンドリアDNAの進化史は母系遺伝の歴史をよく表している。

このように論理的に明らかにされた古代の女性に対して名付けられた名称が「**ミトコンドリア・イブ**」である。これは、すべての現代人の母親は20万年前のアフリカ女性だったということを意味している。

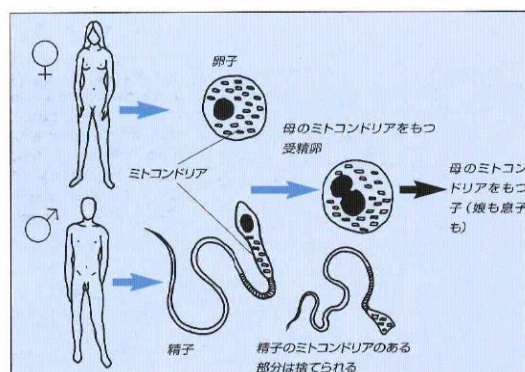


図-30: 独自のDNAを持つミトコンドリア

また、この事実は以下の可能性を示している。

- 1 現代人であるホモ・サピエンスは、世界のどこよりも長く住んでいた。
- 2 かつて、アフリカ人の人口は世界中のすべての人々の人口より多かった。多くの人々がいれば、それだけ突然変異の起こりやすいという理由とよく合う。

さらに、キャンらは3つの主張をしている。

- 1) ミトコンドリアDNAの違いは自然選択の影響を受けない(つまり、突然変異は中立ということである)。突然変異は中立説に基づくなら、その発生頻度は経過した年月と相関すると考えられている。それは、2つの民族間でDNA配列がとてもよく似ているということは、分かれた後に起きた突然変異が少ないと言うことで、より最近に分かれた民族であるということを示す。逆にあまり似ていない配列は、たくさんの突然変異を蓄積してきたと考えられ、古い時代に分かれた遠い民族であるという基本的原理が成り立つ。

このように、ミトコンドリアDNAの違いの多少を調べていくと、いつごろ、どこでミトコンドリアDNAの違いが発生し始めたか(違いが発生する前のミトコンドリアDNAは何時、何処に存在したか)が推定できる。即ち、全ての人類の母親にたどり着けるのではないかと考えることができる。つまり、ミトコンドリア・イブはより正確に言えば「現生人類の最も近い共通女系祖先」だと言える(彼女の女系祖先はすべて「現生人類の共通の女系祖先」でもあるが、その中で「最も近い」のがミトコンドリア・イブである)。

- 2) サハラ以南アフリカ人とそれ以外の現代人とのミトコンドリアDNAの違いを蓄えるには20万年の期間が必要であり、それ故に新人ホモサピエンスは、アフリカで20万年前に誕生したと予測できる。

また、キャンらの分析の結果、場所的には一人のアフリカの女性にたどり着き、時間的には(分子時計の理論により、突然変異の蓄積の速度を仮定し、計算を行ったところ)人類の仮想上の共通の母親は、約16万年±4万年前、つまり最大で20万年前に存在すると結論づけ、ネイチャーに1987年に発表された。この論文は、ダーウィンも推測した「人類のアフリカ起源説」を裏付ける証拠であった。

- 3) 彼ら新人がアフリカから移住していく過程で、旧大陸の各地で出会ったはずの原人や旧人とは交雑しなかったということである。さらに、彼ら新人は、アフリカの原人や旧人のみが現代人の遺伝子プール(互いに繁殖可能な個体からなる集団が持つ遺伝子の総体)に貢献したのであって、それ以外の地域の原人や旧人は現代人の遺伝子プールに何の貢献もしていないと主張した。  
キャンらは、20万年前以降の我々の祖先はすべてアフリカ系だという。

ただ、現代人のミトコンドリアDNAの主要な起源がアフリカであることに疑いがないが、アフリカ以外の原人や旧人も現代人の遺伝子プールに貢献している証拠が見つかってきているのである。

**(Y染色体と核DNA)**

ミトコンドリアDNAと同様に、特に注目したいのは、男性しか持たないY染色体に含まれるDNAである。Y染色体は父親から男子のみに継承され、また、Y染色体は一つしかないため、他の染色体で相同染色体が対合する時



## 個人発表

に起こる組み換えも起こさないでY染色体のDNAは、女性におけるミトコンドリアDNAに匹敵する特徴を持つ。Y染色体の研究結果では、Y染色体の27タイプのうちの21タイプがアフリカに起源があり、Y染色体の変異は、世界中のどこよりもアフリカで大きかった。

このように、ミトコンドリアであれ、Y染色体であれ、核の相同染色体であれ、そこに含まれるDNAの研究結果は、すべてではなくとも大部分のDNAは、アフリカ起源であることを示しており、また、約200万年前以来、アフリカが新たな人類集団を生み出し、それらをアフリカの外へ拍動のように押し出す心臓の働きをしたことを示している。

最初の拍動はホモ・エルガスターのような原人の集団、次の拍動は、ホモ・ハイデルベルゲンシスような旧人の集団であった。そして、現代的なホモ・サピエンス集団は、何回かの拍動としてアフリカから出て行ったことだろう。それぞれのホモ・サピエンス集団は、見かけはほとんど変わらなかったが、文化的・技術的にはそれぞれ違っていたであろうが、世界中の現代人集団は、比較的最近の5~4万5000年前に北東アフリカから世界に広がったという点に関しては研究者の間で共通の認識がある。

a146

新しい遺伝子は2つの方法で遠くに届く。

- 1) 人々が移住する際に自身の身体で運ぶことである。
- 2) 混血によって伝播することである。

つまり、アフリカ人が隣の旧世界の人々と混血し、さらにその人々が隣の人々と混血することによって、バトンを手渡すように、アフリカから遠くまで波のように新しい遺伝子が伝わるということで、これは「波状拡散仮説」と呼ばれ、現代人の起源に関する最新の仮説が想定している遺伝子の伝わり方である。

### ◆アフリカを離れた現代人

アフリカ以外の地域へのホモ・サピエンスの到達については、2つの議論がある。

- 1) 現代人的な人々自身の到達で、最古のホモ・サピエンスの化石証拠と
- 2) 現代人的な行動の到達で、ホモ・サピエンスのみが可能だったという最古の考古学(人類が残した痕跡を研究)的証拠である。

現代人的な形態とは何かの議論よりも、現代人的な行動とは何かの議論の方が難しい。かつて、考古学者はヨーロッパの祖先が約4万年前に行なった現代人的な行動以外にも、世界各地に現代人的な行動の証拠があると、認識するようになった。例えば、ヨーロッパ各地で洞窟壁画が発見されているが、アフリカには洞窟壁画がないという理由で現代人的な行動がなかったと見なされていたが、実際にはアフリカにも洞窟壁画があるが、調査が不十分だったに過ぎず、また、洞窟壁画を描くには洞窟が必要であるが、アフリカの大部分には洞窟がない。

a147

### ◆ヨーロッパの現代人

ヨーロッパにおける現代人(ホモ・サピエンス)の最古の化石は、ルーマニア(ペステラ・ク・オアセ遺跡)で3万5000年前の化石が、イギリス(ケント洞窟群)では3万年前の化石が発見されている。ヨーロッパにおける現代人的行動の最古の証拠は、ブルガリア(バチョ・キロ遺跡やテムナタ遺跡)で4万3000年~4万年前の証拠がみつき、また4万年前以降では西ヨーロッパ各地でその証拠が数多く、見つかっている。

また、ヨーロッパでは、現在人(ホモ・サピエンス)とネアンデルタール人は、地域差があるが、1万年近く共存していて、ネアンデルタール人の最後の証拠は、フランスのサン・セゼール遺跡、スペインのサファラヤ遺跡、クロアチアのヴィンディア遺跡の化石で、どれも約3万年前である。



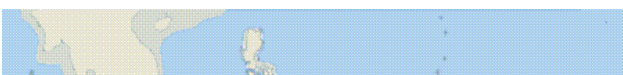
図-31: クロアチア北部のヴィンディア洞窟  
ネアンデルタール人の人骨化石を発見

a148

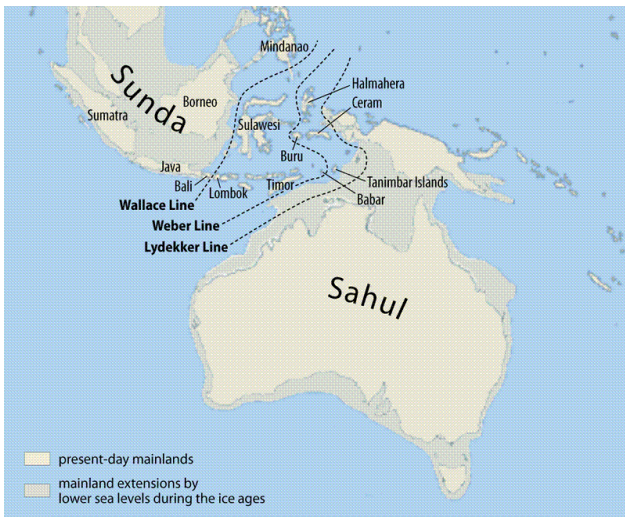
### ◆アジアの現代人: サフィールとオセアニア

オーストラリア、ニューギニア、タスマニアを含む地域は、サフィール・ランドと呼ばれる。それは氷期に氷床が発達して海水が陸上に固定され海面が下がった時にはつながって一つの大陸になってしまう。同様に、インドシナ半島、スマトラ、ジャワ、ボルネオなどを含み、氷期には一続きの亜大陸となる地域は、スندا・ランドと呼ばれる。現代人(ホモ・サピエンス)は4万年前にはサフィール・ランドの一部に移住していたはずである。

a149



インドネシアジャワ島東部のガンドンで発見された  
ジャワ原人(ホモ・エレクトス)化石の5-3万年前と



この年代は彼らと現代人はこの地域で共存していた可能性がある。  
 しかし、ホモ・サピエンスの小型化モデルというべきホモ・フロレシエンシスがフロレス島で1万8000年前まで生存していたということは、年代の重複は必ずしも生息域の重複ではないということも物語る。別種の人類が別々の島で暮らしていれば、出会わずに済むこともある。

スンダ・ランドの初期現代人たちは、原始的な舟かいかだを使い、スンダ・ランドから海を越えてサフル・ランドに渡るために、数日間は海上で過ごせるような技術があったことになる。

a150

図-32: 氷河期のサフル・ランドとスンダ・ランドの海岸線

サフルランドをなす大陸棚とスンダランドをなす大陸棚の間に、「ワラセア」という陸地がある。アボリジニの先祖たちはこの群島伝いにサフルランドへと渡っていった。 スンダランドと想定されている範囲は、現在タイの中央を流れるチャオプラヤー川が氷河期に形成した広大な沖積平野の呼称で、現在ではタイランド湾から南シナ海へかけての海底に没しており、マレー半島東岸からインドシナ半島に接する大陸棚がそれに当たる。

氷河期に、海面が100メートル程度低くなり広大な平野であった。最近では、紀元前70000年頃から紀元前14000年頃にかけてのヴュルム氷河期には陸地であった。紀元前12000年頃から紀元前4000年にかけて約8000年間にわたる海面上昇により海底に没した。オセアニアのオーストラリアとニューギニアの間に海面下にしずんだ平野をサフル・ランドと呼ばれる。



図-33: 赤い部分がワラセアである。ウェーバー線(分布境界線)を青線で示す。

◆サフルランドの現代人

化石の証拠から判断し、サフル・ランドに最初に移住した人類はホモ・サピエンスであるが、最初の移住がいつだったかは不明である。5万年前の化石があるともいわれるが、確かなのは気候が今より湿潤だった4万～3万5000年前である。

オーストラリア人(オーストラリア先住民)の化石には、形態的な変異が大きい。この違いを一部の研究者は移住の波が複数回あったためと考えているが、多くの研究者は広大な大陸へ拡散したための地域的な変異にすぎないと見なしている。

- ・マンゴ湖付近の人々は、額が立ち、脳頭蓋が高く、顔が平らである。
- ・ノーザン・ヴィクトリアのカウ・スワンプやクーボール・クリークの人々は、額が傾斜し、脳頭蓋が低く、顔が前に突き出している。

◆新大陸の現代人

旧大陸から新大陸へ渡るには、3つのルートが考えられる。

- 1) ベーリング海峡を越えて
- 2) アリューシャン列島を伝って
- 3) 大西洋北部を越えて、

である。

今日では、3ルートとも海を渡る必要があるが、4～3万年前以降に



a151



は、何回も寒い時期が訪れ、海水面が下がったので、ベーリング海峡は閉じ、アリューシャン列島はつながり、太平洋北部ですら狭くなって、人が渡りやすくなった。問題は、かつて人類が経験したことのない厳寒の気候であった。

(人類の南下経路と時期): 短期年代説

氷河期の最盛期には、蒸発した海水が両極に氷床として固定されるため、海水の量が減少して海水準が低下するが、その海面が現在より約150m程度下がり、そのためアジアと北アメリカの間のベーリング海峡は陸続きになったと考えられている。

最終氷河期の1.5万年前頃、コルディアエラ氷床とローレンタイド氷床の間に無氷回廊(Mackenzie Corridor)ができ(上図)、そのために、カナダのユーコン地方からアメリカ合衆国の北部まで移動できるようになったことで、この回廊地帯を通過して大型哺乳類(マンモス、野牛)の動物や人類が南方に移動した。



図-34: 無氷回廊(北アメリカ)

北極圏に人類が最初に住み始めたのは2万7000年前であり、1万5000年前には継続的に住んでいたという証拠がある。この間の時期ならば、現代人が移動するマンモスの群れを追って、知らないうちに新大陸に移動してしまった、ということも考えられるが、アラスカでは現代人が1万2000年前以前に住んでいたという証拠は見つかっていない。

旧来の認識(前述)では、移住民たちはアラスカとカナダにあった広大な氷床の部分的な割れ目(無氷回廊)に沿って南下し、北アメリカから中央アメリカ、南アメリカに急速に拡大したと言われていたが、想定される無氷回廊における考古学的な証拠はほとんど発見されていない。このことから、この否定的な証拠を利用して、新大陸住民はヨーロッパから直接やってきたというシナリオを提唱している一部の新大陸考古学者もいる。

新大陸の考古学的証拠の中で有名なものは、クローヴィス型尖頭器(槍先)と呼ばれる石器が特徴のクローヴィス文化である。

◆クローヴィス文化は、

後期氷河期の終わり、放射性炭素年代測定によると13,000B.P(クローヴィス層と呼ばれる地層)から8,500B.Pとされる時期に北米を中心に現われた、独特な槌状剥離が施された尖頭器を特徴とするアメリカ先住民の石器文化である。

編年上は、古インディアン期に属し、指標となる尖頭器が、1930年代にニューメキシコ州東部のリャノ・エスタカード地方の町クローヴィス近郊のブラックウォーター・ドロウ遺跡でマンモスの骨に共伴して発見されたことに由来する。

・BP(B.Pは、Before Presentの略で、何年前を表わす)は、年代測定で年代を表す指標で、<sup>14</sup>C年代では、1950年を基点とする。



図-35: クローヴィス尖頭器

a152

最古のクローヴィス遺跡は1万1000年前で、その直後の時代からは、北アメリカの氷床に覆われていなかった多くの地域でクローヴィス型尖頭器が使われていた証拠が見つかっている。しかし、最近ではクローヴィス文化より原始的な石器文化の証拠が発見されている。有名な「先」クローヴィス文化は、

(北アメリカ): アラスカ州チュクタイ/ペンシルバニア州メドウクロフト/ヴァージニア州カクタス・ヒル/サウスカロライナ州トッパー

(南アメリカ): ベネズエラのタイマ・タイマ/ブラジルのペトラ・フラータ/チリのモンテ・ベルデ

北アメリカのペンシルバニア州メドウクロフト岩陰遺跡の放射性炭素14年代は、少なくとも1万4000年前、あるいは、2万年前に人々が住んでいたことを示している。チリのモンテ・ベルデ遺跡は極めて保存よく、1万2500年前に南アメリカに現代人が住んでいたことを示す証拠となっている。そこでは、20-30人が住める程度の住居の跡が残っていて、柱に動物の革を縛り付けたヒモまで残っている。モンテ・ベルデは一年中使われていた形跡があり、新世界における最古の半定住性住居遺跡といえる。

クローヴィス文化の人々が最初の新大陸住民である仮説に関するもう一つの問題は、クローヴィスの遺跡がアメリカ合衆国やカナダの東部に偏っていることである。もし、彼らがベーリング陸橋を通過してきたのなら、分布が東部に偏るのはどう説明することができるのか……。

a153

新大陸へは、何回かの移住の波があったと考えられる。異なる集団が異なる時期にやってきて各地に移住し、



それぞれが新大陸住民の遺伝的・文化的な多様性を形成するために貢献したことだろうと思う。現代人は、いつ、どこから、どのようにして新大陸にやってきたのであっても、新大陸の多様な環境の隅々にまで拡がるには、多くの時間を要しなかった。メキシコで4万年前のヒトの足跡が発見されたという最近の報告は、すでに十分議論の多い問題に新たな論争をもたらしたのである。しかし、私たち人類の起源を探る営みは簡単なものではなく、例えば初期猿人の化石は、すべてを合わせても、スーパーマーケットのカートに収まるほどしか得られていない。(ほとんどの化石は体の一部分ばかり)

a裏

(今後注目すべき点)

a154

研究者は、アフリカで30万年前以降の遺跡をもっと発見し、年代を信頼性高く測定できるように技術を進化させるべきである。また、遺伝子シーケンシング(DNA塩基配列解析)の技術がますます進歩すれば、世界各地の多くの個体の多くの遺伝子が解析されるだろう。

人類進化の後半に興味を持つ研究者は、形態と行動との関連について確信が持てないでいる。

- ・頭の大きさや形の違いは行動や文化の違いを示すのか？
- ・人類はいつ複雑な音声言語をしゃべるようになったのか？
- ・脳の形や大きさを見れば、それが分かるのか？
- ・小さく複雑な石器をつくることができるようになったのは、手の発達なのか、それとも認知力の進歩なのか？

今後の研究が大いに進むことに期待したい。

## 5 最後に

### 1) 肌の色

現生人類が地球の至るところに拡散し、砂漠、北極のツンドラ、熱帯雨林、高山地帯と、ありとあらゆる住環境に暮らすようになってから起こった自然選択で、各地の各集団は独自の特徴をいろいろと持つようになり、体型はそうした違いの一つにすぎない。その中でおそらく最も間違っただけの関心の対象となってきた形質が、肌の色である。少なくとも6つの遺伝子により、皮膚の外側の層は色素を合成するようになっている。

m上229

色素は天然の日焼け止めのようなもので、紫外線放射によるダメージを遮断する役割を果たしているが、同時に(通常なら日光に反応して皮膚が生成するはずのビタミンDの合成を妨げている。結果として、1年を通じて紫外線放射が強烈な赤道近くでは、色素沈着を濃くする方向へと強い自然選択が働いたが、温帯に移住した集団の間では、十分なレベルのビタミンDが確実に生成されるように色素沈着を薄くする自然選択が働いたのである。

m上230

ただ、各人や各集団に違いをもたらす多くの形質、例えば毛髪の質感や目の色などは、皮相的なものであり、その多くは紛れもないランダムな変異であって、自然選択とも、文化的進化とも関わりのないものである。

#### ●肌の色が多様になった訳とは

肌の色は輝かしい進化の証拠である(ホモ・サピエンスの肌の色の不思議)

体表面のほとんどの部分がむき出しで、しかもその裸の皮膚の色にさまざまなバリエーションがあるのは、霊長類のなかでもヒトだけである。地理学者や人類学者は、ある地域に昔から住んでいる人々の皮膚の色がでたらめに決まっているのではないことをかなり前から認識していた。

皮膚の色の濃い人々は赤道近くに、薄い人々は極地近くに住んでいる傾向があるが、新たな事実が次々と発見され、皮膚の色のバリエーションをこれまでとは違う観点から進化学的に解明しようとする研究が始まっている。太陽光に含まれる紫外線(UV)は繁殖の成功のカギを握る栄養素に影響を及ぼすことがあり、この影響を一定の範囲に抑えようと自然選択が働いた結果、皮膚の色が決まることが、近年の疫学的、生理学的研究からわかってきた。



図-36: 肌(手)の色

j100

(多毛から無毛へ)

皮膚への色素沈着の進化は、無毛化と関係がある。無毛化に変化したという証拠がある。160万年前頃のトゥルカナ・ボーイ(ホモ・エルガスターに属する原人)の脚は長い。おそらく二足歩行で長距離を活発に歩くことができたであろう初期人類は、脳が過熱しないように体を冷やす必要が生じたことから、体表面の汗腺の数を増やし、皮膚を覆う体毛を減らすことでこれを可能にしたと考えられている。しかし、体毛を失ったヒト属は、今度は日光、とりわけ紫外線の悪影響から皮膚を守らなければならなくなった。

(天然のUVカット剤)

チンパンジーの無毛部分の皮膚にはメラノサイトと呼ばれる細胞があり、紫外線にあたると暗褐色の色素メラニンをつくるが、全身の毛を失ったヒトはなおさら、メラニンをつくる能力は非常に重要となった。天然のUVカット剤であるメラニンは大きな有機分子で、紫外線の悪影響を物理的・化学的に防ぐ。紫外線を吸収してエネルギーを減少させるほか、紫外線のダメージによって皮膚のなかに生じたフリーラジカル(反応しやすい活性酸素)を中和する作用もある。

これまで、人類学者も生物学者も熱帯に住む人の皮膚にメラニンが多いのは、皮膚ガンを防ぐためだと考えてきた。カリフォルニア大学サンフランシスコ校のクリーバーは、日光にあたるとメラノサイトが壊れてしまう色素性乾皮症の患者は、扁平上皮ガンや基底細胞ガンになる確率が高いと報告している。死亡率の高い悪性黒色腫は全皮膚ガンの4%程度だが、皮膚の色の薄い人にしかみられない。

皮膚ガンと肌の色の濃さには確かに関係がありそうだが、進化の視点から考えると疑問も生じる。どの皮膚ガンもかなり、年をとってから発病するのが普通で、生殖可能年齢を過ぎてからというケースがほとんどで、そうすると、皮膚を守るために色が濃く進化したとは考えにくい。一般に、生殖年齢以降のことがらは淘汰圧とはなりえないからだ。メラニンがヒトの進化において果たしてきた役割とはいったい何だろうか？

j102

(胎児に必要な栄養素を守る)

皮膚の色が薄い人に強烈な人工太陽光線を浴びせると、必須ビタミンBである葉酸塩の血中濃度が異常に低下すること、また、ヒトの血清を同じ条件下にさらすと、1時間以内に葉酸塩の含有量が半分になるという論文がある(1978年のバーモント大学/ルイビル大学)。この発見は、生殖、つまり進化に対して重大な意味をもつ。1980年代後半、西オーストラリア大学で、妊娠中に葉酸塩が欠乏すると赤ちゃんが脊椎披裂(ひれつ)になるなどの神経管異常の発生率が高くなることを立証していた。

また、葉酸塩はDNA複製に不可欠な物質で、細胞分裂が活発に起きるあらゆる過程で必要になる。雄のマウスとラットの実験で葉酸塩を欠乏状態にすると、精子が形成できなくなり、生殖不能になったり、オランダのナイメーヘン大学医療センターでは、男性不妊症患者の治療に葉酸を使うと精子数を増やせることができたりする報告があった。

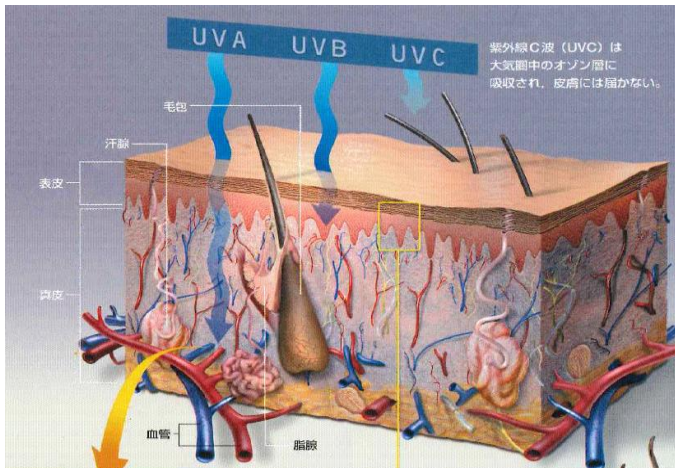
このような研究結果から、「体内の葉酸塩を紫外線による破壊から守るために皮膚の色が濃く進化した」という仮説を立てた。1996年、アルゼンチンの小児科医の論文がこの説を裏付けた。神経管異常の赤ちゃんを出産した3人の若い女性についての報告で、彼女たちは皆健康であったが、3人とも妊娠初期にサンベツで肌を焼いていたという。紫外線がDNAを傷つけ皮膚がんの原因になるほか、葉酸塩の破壊も紫外線が悪影響をおよぼす原因に加わった。

肌の色にバリエーションがあるのは、何故。

- 体を冷やすための適応として体毛を失った後、初期人類の皮膚には色素が沈着し始めた。当初、科学者は皮膚がんの原因となる紫外線から体を守るために皮膚の色が濃くなったと考えたが、
- 皮膚がんができるのは通常、生殖可能年齢を過ぎてからで、そこで、妊娠や胎児の発達に不可欠な栄養素である葉酸塩の破壊を防ぐために皮膚の色が濃くなった、という別の仮説が唱えられはじめた。
- 皮膚の色が濃すぎる場合、太陽光線を遮断してしまうため、母体と胎児の骨にとって重要なビタミンBの生成が阻害されるので、ヒトは体内に蓄積された葉酸塩を保護しつつ、ビタミンDも生成できる程度に皮膚の色を薄く、進化させた。
- このように、何千年間も同じ地域に暮らしてきた人の肌の色は、十分な量のビタミンDがつくれ、しかも体内の葉酸塩を守れるように適応してきた。肌の色がその土地に適応するまでは何千年もかかる。しかし、
- 最近になって、人々の移動が盛んになり、別の土地に移住することで、紫外線量が自分の皮膚の色に合わない人々が増えてきたことから、色の薄い人は皮膚がん、色の濃い人はビタミンD欠乏症にかかる危険性が高まっている。



(太陽光を浴びると……)



熱帯に暮らす人は1年を通じて強い紫外線にさらされるため、皮膚の色が濃くてもビタミンD合成に必要な量のUVBを吸収できるが、熱帯以外の北方への移住者の皮膚はしだいに進化によって色素が失われていく。

j105

■紫外線(UV)の良い作用と悪い作用

- ・ビタミンDの合成を促す(欠乏:骨軟化症、くる病)
- ・葉酸塩(ビタミンB)を破壊する(神経管異常、生殖不能)
- ・DNAを傷つける(皮膚がんの原因)

図-37: 太陽光に含まれる紫外線(UV)

- UVA: 真皮中の血管に到達し、血液中の葉酸塩(葉酸)を破壊する。
- UVB: ケラチノサイト(角化細胞、表皮細胞の一種)に到達したUVBは、コレステロールをビタミンD前駆体に変え、ビタミンD前駆体は、肝臓でビタミンDになる。
- UVC: 大気中のオゾン層に吸収され、皮膚には届かない。

(皮膚の色と人類の移動)

12万~10万年前にアフリカに出現した初期のホモ・サピエンス、現生人類は赤道近くの強烈な紫外線と暑さに適応するため、彼らの皮膚は非常に濃い色をしていたが、熱帯から移動を始めた現生人類は、年間の紫外線照射量のはるかに少ない環境に遭遇する。このような条件下では、生来身につけていた天然のUVカット剤が逆効果になったはずである。

暗褐色の皮膚には多量のメラニンが含まれているため、紫外線(特に波長の短い紫外線)B波(UVB)はごくわずかしか皮膚を通過できない。UVBの作用は有害なものがほとんどであるが、1つだけ非常に大切な働き、つまり、皮膚内で**ビタミンDの合成を誘発する**のである。

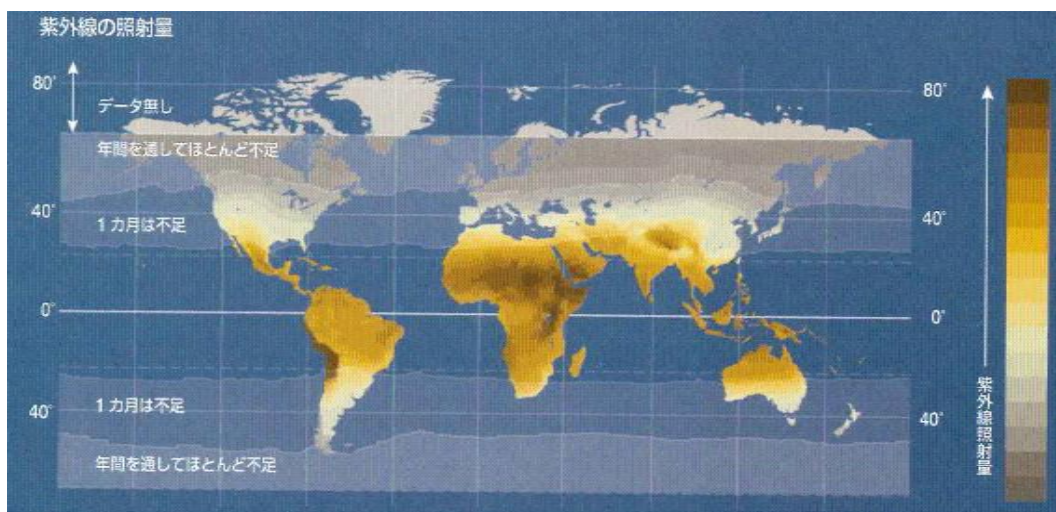


図-38: 地球規模の紫外線の照射量分布(ビタミンD不足にならない地域)

j106

(女性が男性よりも色白な理由)

ビタミンD合成に関する分析結果から、ヒトの皮膚色のもう一つの特徴も説明できる。女性は一般に男性よりも色が白い。あるデータによると、女性は男性よりも3~4%皮膚の色が薄いという結果が出ている。女性は生殖可能期間中、とりわけ妊娠中・授乳中は、男性よりもはるかに多くのカルシウムを必要とするため、食物中のカルシウムを最大限に利用しなければならない。しかし、カルシウムは体の中に吸収されにくい栄養素の一つで、吸収率を高めるためには他の栄養素も一緒に摂ることが必要で、重要な役割を果たす

j107



のが**ビタミンD**です。食事で摂ったカルシウムは、胃で消化されて腸管から吸収され、初めて骨の栄養となる。この時にビタミンDも一緒に摂ると、カルシウムの運び屋の役目をして血液中に取り込むように働きます。だから、ビタミンDの合成を促すためにUVBを吸収しやすいように男性よりもやや薄い色をしているのである。

(近年の移住者の危機)

20世紀に人類全体の健康状態は飛躍的に改善されたが、最近、幾つかの疾病が再び姿を現し始めている。

①皮膚の色の薄い人に皮膚がん(主に基底細胞がんと扁平へんぺい上皮ガン)がみられる。

②皮膚の濃い人に極度のビタミンD欠乏が原因の骨軟化症(子供ではくる病)が多くみられる。

これらの病気が増えた理由には、紫外線照射パターンの違う地域に移住したものの、生物学的適応や文化的適応がまだ、追いついていないのである。

○北欧から来た色白の人々が低緯度のフロリダや北オーストラリアの太陽を浴び続けると、皮膚が早くに老化したり、皮膚がんになりやすい。葉酸塩欠乏による悪影響も考慮しなければならない。

○褐色の肌をした南アジアやアフリカからの移住者で、現在は英国北部や米国北西部などの高緯度地域に住んでいる人たちは、ビタミンD不足になる危険性がある。骨軟化症などが高率に見られるのはそのせいだ。

(肌の色は輝かしい進化の証拠)

皮膚の色は、移動先のさまざまな環境に合わせて長い時間をかけて進化してきたことは、皮膚の色が生存に重要な役割を果たしてきたことを示す証拠である。しかし、皮膚の色は安定した因子ではないため、ヒト集団間の系統関係を解き明かす材料としては適切でない。これまでのヒトの皮膚の進化の研究から、肌の色の違いは、その他の多くの肉体的特徴と同様、自然選択によって環境に適してきた結果だと分かったのである。

皮膚の色の違いは、ヒトという種がたどった進化の最も輝かしい証拠として称えられるべきである。

j108

2) ネアンデルタール人の消滅の謎に迫る

絶滅した旧人(ネアンデルタール)と世界中に拡散した新人ホモ・サピエンスの命運を分けた真相に迫るべく、2010年にスタートした交替劇プロジェクトが、5年の歳月をもって科研費新学術領域研究(2010-2014)の事業として終了したが、研究成果は今後、引き続き、さまざまな形で発信され、広く評価を仰ぐ計画になっており、5年間の研究内容は総括的に紹介する研究集会の講演内容や出版物などから知ることができる。

hp

700万年前、アフリカでチンパンジーの祖先と別れて独自の歩みを始めたヒトは、猿人、原人、旧人と姿を変えながら生き抜いた後、20万年前に我々の祖先である新人サピエンスへと進化した。その新人の出アフリカによって、人類世界は大きなターニングポイントを迎えたのが、約10万~4万年前である。

(新人サピエンスの誕生と旧人ネアンデルタール、彼らの中で演じられた交替劇)

新人に先んじてユーラシア大陸に進出し、自らの世界を拓き繁栄を謳歌していたネアンデルタール人など各地の旧人は、入植してきた新人に吸い込まれるように消えて行く。さらに新人は、旧人が越えられなかった酷寒の地や海洋世界への壁を突破し、人類世界を飛躍的に拡大していったが、この劇的な変化はいったい何が原因で起こったのか。

旧人と新人の中で演じられたこの交替劇は、環境が大きく変貌する最終氷期に起きている。寒冷化する氷期環境下で食料問題などをどう解決したのか。それに成功した新人社会と失敗した旧人社会として捉え、考古学的証拠で裏付けようとする研究がいま、世界で盛んに行なわれている。

(交替劇プロジェクト)

世界の研究動向に呼応するように、その真相を一気に解き明かそうとする研究が日本でも進んでいる。交替劇は旧人と新人の学習能力の違いに起因するのではないかという日本発の、この新しい発想に基づく考えを「学習仮説」と名づけ、その検証作業を考古学、文化人類学、数理生物学、環境科学、生体力学、神経科学の専門家が共同で行う壮大な研究が立ち上げられた。

名称:	新学術領域研究「交替劇プロジェクト」
代表:	赤澤 威 (高知工科大教授・先史人類学)
期間:	'2010-2014年(5年間)
内容:	交替劇は、旧人と新人の間に存在した学習能力差にあったとする作業仮説を実証検証する
開催:	研究成果をまとめ、公開講演会方式で随時、研究集会を開催し発表されている。

(プロジェクトの紹介)

●交替劇とは

科学が急速に発展する現代においては、ともすれば実用的な科学の発達や技術の進歩に目を奪われがちである。しかし、我々が学問を発展させてきたのは、生活の利便さを追求するためだけではなく。目標のひとつに、我々人類がどのような存在として進化してきたのか、その答えを見つけることにあった。そこに、我々の行く末を考えるためのヒントが隠されている、そう信じてきたからである。

我々自身はいかなる存在なのか。それを知るにはさまざまなアプローチがある。そのひとつとして、消滅していった数々の化石人類の生き方を調べ、人類がどのような歩みを経て今日に至ったかを知ることが挙げらネアンデルタール人から学ぶことは、とりわけ大きい。彼らこそ、我々現代の地球人の最後の隣人であり、彼らの存在を抜きにして今の我々を語れないからである。

ネアンデルタール人と我々現代人との関係で想い浮かぶのが、我々の祖先が彼らとの間でかつて演じた交替劇である。その顛末、旧人として消えて行くことになったネアンデルタール人と今日の地球世界の幕開けを演出した新人サピエンスという結末は、しばしば「ネアンデルタール人絶滅説」として語られるが、では、この直近の交替劇で一体何があったのか。何が両者の命運を分けたのか。その真相は、現代人起源論争に残された最大の謎のままである。

本領域研究は、20 万年前の新人ホモ・サピエンス誕生以降、アフリカを起点にして世界各地で漸進的に進行した新人と旧人ネアンデルタールの交替劇を、生存戦略上の問題解決に成功した社会と失敗した社会として捉え、その相違をヒトの学習能力・学習行動という視点にたつて調査研究する。

具体的には、人文系・生物系・理工系諸分野の連携研究のもとで、

- ①旧人・新人の間に学習能力差・学習行動差が存在したこと、
- ②その能力差・行動差はヒトにおける学習能力の進化の結果であること、
- ③その能力差・行動差の存在を両者の脳の神経基盤の形態差で証明すること、

以上によって**学習仮説を実証的に検証する**計画である。

そして、人類がどのような存在として進化してきたかについて、学習能力の視点に立つ新たな実証的モデルの構築をめざす。

領域代表者  
高知工科大学・総合研究所・赤澤 威

3) 最後に(まとめ)

(きわめて文化的な種)

現生人類の身体がなぜ、どのようにして今のような姿になったのか、なぜ私たちは地球上で最後に生き残ったヒトの種となったのかを理解するには、やはり時間を遡って、私たちの身体の歴史における最後の種分化となった出来事、すなわちホモ・サピエンスの起源を見ていく必要がある。変化の化石記録だけに注目したなら、確かに顔が小さくなったり、脳と頭蓋が丸くなったりといった、頭部において一握りの変化があったことは事実である。しかし、それらの変化と、考古学記録から分かることを考え合わせると、現生人類と旧人類との最も根本的な違いは、私たちに**文化的変化**を生み出す能力があったことだと言えるだろう。

新しいモノをつくり出し、情報やアイデアを人から人へ伝達するという、まったく前例のない独特の能力を私たちは備えている。当初、現生人類の文化的変化はゆっくりと加速していった、先ずは私たちの祖先の狩猟採集のやり方に、重要ではあるが少しずつの変化を生じさせた。その後、5万年前から起こり始めた文化的、技術的な革新のおかげで人類が地球のいたるところに生息できるようになった。そして以後、文化的進化ますます回転の速い、優勢で強力な変化のエンジンになっていったのである。従って、ホモ・サピエンスのどこが特別なのか、いまでも生き残っている唯一のヒトの種がなぜ、私たちがなのかという疑問に対する最良の答えは、先ず私たちが自らのハードウェアにおいて2~3の小さな変化を進化させ、その進化によって、いまでも加速する勢いで進行中のソフトウェア革命に火をつけたから、ということになるだろう。

(誰が最初のホモ・サピエンスだったか)

どの宗教も、私たちの種、ホモ・サピエンスがいつどこで生まれたかについての各自の説をもっている。例えば、神がエデンの園で塵からアダムを作り、アダムの肋骨からイブを作ったとされたり、また最初の人類は神から吐き出されたとか、泥をこねて作られたとか、巨大なカメから産み出されたなどと説明されている。しかし、**科学では**、現生人類の起源について、現在はたった一つの説明があるだけである。そして、その出来事はよく研究され、複数の証明方法を使って検証されているので、自信を持ってこう断言してもかまわないだろう。

現生人類は、少なくとも20万年前にアフリカで旧人類から進化したのである。

私たちの種の起源が正確に時間と場所まで特定できているのは、主に人間の遺伝子が研究されてきた成果による。世界中の人々の間の遺伝的変異を比較することにより、遺伝学者は誰が誰とつながっているのかを全員に関してま

個人発表

とめた**系統図**を計算することができ、その系統図を正確に調整することにより、最後に全員が共通の祖先をもっていたのがいつだったかを見積ることができる。

何千もの人々のデータを使ってなされた何百もの研究が一致して認めていること、それが、現存するすべての人間は、元をたどれば30万年前から20万年前ぐらいのアフリカに棲んでいた共通祖先の集団に行き着き、その集団の一部が、10万年前から8万年前ぐらいにアフリカを出て各地に分散した、というものである。言い換えれば、**最近まで、人間はみなアフリカ人であった**のである。

m.L201

これらの研究は、いま生きているすべての人間が、びっくりするほど少数の祖先から下ってきていることを明らかにしている。ある計算によれば、今日の世界中の人間全員の祖先は、サハラ以南のアフリカ出身の**1万4000人**足らずの繁殖個体の集団で、非アフリカのすべてを生んだ最初の集団は、おそらく**3000人以下**だったとされている。

私たちがつい最近、そのような小さな集団から分岐したということは、また別の重要な事実を説明している。それは私たちは遺伝学的に**同質の種**であるということである。

私たちの種の全体に存在する遺伝的変異をすべて列挙したとすれば、**およそ86%**がどの集団内にも見られることが分かる。この事実を大局的にみれば、一部の集団を除いて世界中の全集団を一掃したとしても、人間の遺伝的変異のほぼすべては維持できる。(チンパンジーや他の類人猿のそれは40%も満たず、明らかに異なる)

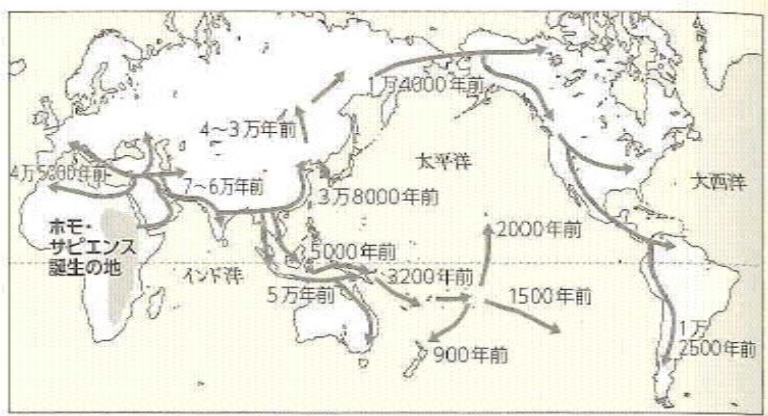
私たちの種の起源が少し前のアフリカにあることの証拠は、化石のDNAからも得られている。DNAの断片は、条件さえ適切であれば、(高温に、また酸性にアルカリ性になり過ぎなければ)化石骨の中で何千年も保存されることは可能である。数体の初期現生人類とネアンデルタール人を主とする十数体の旧人類から、大昔のDNAの断片が復元されている。

m.L202

解析によると、現生人類とネアンデルタール人それぞれの系統が最後に同じ祖先の集団に属していたのは、およそ50~40万年前で、互いのDNAは非常によく似ていて、現生人類の塩基対600個に対して1個だけがネアンデルタール人と違っているという割合である。また、ゲノムの違いから解析すると、すべての非アフリカ人(現生人類)には、2~5%という極めて小さい割合ながら、ネアンデルタール人由来の遺伝子が含まれている。これはおよそ5万年前、現生人類がアフリカを出て中東を通過する際に、ネアンデルタール人と現生人類の間でわずかに異種交配があったためと思われる。

現生人類がいつどこで最初に進化したかを示唆してくれる、また別のより具体的な手掛かりは、**化石**から得られる。分かっている限り最も古い現生人類の化石はやはり、出自がアフリカで、時代はおよそ**19万5000年前**とされる。そして、15万年前より古いと見なされる他の多数の初期現生人類の化石もやはり、すべてがアフリカから出ている。その後起こった全世界へのホモ・サピエンスの最初の離散(ディアスポラ)も、古代の骨を追っていくことで見えてくる。先ず現生人類は、約15万~8万年前の間に(これらの年代は不確定)中東に現われ、そのあと3万年程の間に、姿が見えなくなっている。

m.L203



ちょうどその時期、ヨーロッパで大きな氷河浸食が最盛期にあつて、ネアンデルタール人が中東に移住してきており、しばらく彼らに取って代わられていたのかもしれない。現生人類が新しい技術を備えて再び中東に出現したのが、**約5万年前**のことであり、以後、彼らは急速に北へ、東へ、西へと広がっていった。

図-39: 地球全域への最初期の移住ルート (文章と図中の年代に食い違いがある)

f59

(現生人類の現在、得られている最良のデータより)

- 約4万年前、初めてヨーロッパに現われた
- 約6万年前、アジアに現われた
- 約4万年前、ニューギニアとオーストラリアに現われた
- 3万年前から1万5000年前の間にベーリング海峡を渡り、新世界に到達し、そこに棲みついた

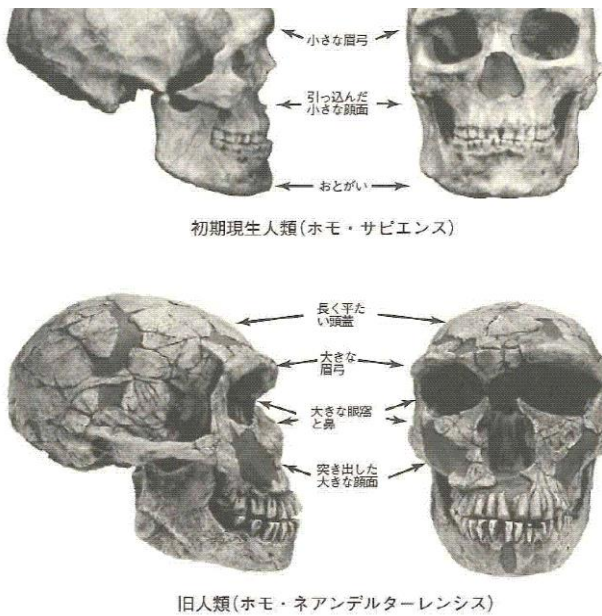


ここで重要なのは、現生人類が初めてアフリカで進化してからたった17万5000年の間に、南極大陸を除く全大陸をその棲かにしてしまい、しかも、現生人類の狩

m.L204



## 個人発表



猟採集民が広がった先では、いつでもどこでも旧人類がほどなくして絶滅してしまっている。  
例えば、今のところ、ヨーロッパで最後とされるネアンデルタール人がスペイン南端の洞窟の中にいたのは**3万年前**よりちょっと後で、現生人類が最初にヨーロッパに出現してから1万～1万5000年程のちのことで、現生人類がヨーロッパ中に広まるにつれ、ネアンデルタール人の集団は小さくなり、孤立した退避地に閉じ込められた後、永久に消滅してしまった。

これは何故だろうか。ホモ・サピエンスの何が私たちが地球上で唯一残存するヒトの種にしたのだろうか。私たちの成功のどれだけの部分が**身体**のおかげで、どれだけの部分が**頭脳**のおかげだろうか。

図-40:

初期現生人類とネアンデルタール人の頭蓋骨比較

m上206

私たちと旧人類とを区別する最も明白な違いが現われているのが、**頭部のつくり**で、2つの大きな変化がある。

m上205

- ①私たちの顔が小さいことである。現生人類の顔面は、横幅も縦幅も小さく、全脳部の下に完全に収まっている。
- ②球状の形態である。頭蓋を横から見ると、旧人類は**レモン**の、現生人類のそれは**オレンジ**の形状をしている。

進化はいまなお重要である。私たちの進化の歴史は、私たちの骨格や心臓や腸や脳がどうしてこのように働いているのかを説明してくれる。たった600万年の間にどうして私たちが**アフリカの森林に棲む類人猿から、直立して大腿で歩く二足動物へと変わり**、別のかたちの生命がないかと遠い銀河を望遠鏡で覗き込むような生き物になったかも説明してくれる。まさに驚異の600万年であったが、私たちの種の進化は、たった数回の変貌を通じて起こった。その変貌のいずれも劇的ではなく、どれも偶然の出来事で、どれも前回の變貌を条件としていた。そして、ほとんどの場合、それを誘発したのは**気候の変化**であった。

m下279

大局に見て、もし私たちが進化させた適応のうち、最も人間を変貌させたものが一つあるすれば、それは間違いなく、自然選択だけでなく、**文化を通じて**も進化できるようになったことである。今日、文化的進化は自然選択のペースを上回っている。

## 6 編集後記

(「**人類の起源**」を振り返って)

ホモ・サピエンスは霊長類の中で非常に成功した種であることは分かっている。しかし、過去でもそうであったように、私たちの種が今後、どうなるかは予測できないが、私たちはいま、重大な局面を迎えているかもしれない。地球の人口は増え続けているのに、地球上にはもう移住できる大陸はないのである。

h175

d227

h175

人類進化のストーリーを学ぶことによる教訓の一つは、進化がいかに行き当たりばったりで、些細なことから始まり、それが持続してきたかということである。6500万年前の大変化が地球に起きなかったなら、陸と海での爬虫類の支配は変わらなかっただろう。3000万年前、私たちの祖先である初期霊長類は樹上で暮らすサルのような生き物であった。そして、500～600万年前の祖先たちは、まだ部分的に樹上生活を行ないながら、地上を二足で歩く「類人猿」の仲間であった。これらの類人猿を**人類に至らしめる道へと導いた環境条件**については、幾つもの偶発的なイベントが重要な役割を果たしてきたに違いないが、いまだ分かっていない。

d226

哺乳動物種の多くは、数十万年間あるいは、200万～300万年間は存続してきたので、基本的には有限とはいえ、私たちは長く生きながらえるかもしれない。多くの種は子孫を残せず、絶滅していくが、新種を生み出す種もある。私たちが生き残れるチャンスがあるかどうかは、私たち自身の手にかかっているが、そうでない部分もあるだろう。私たちが増え続ける人口をまかなうために、これまでのように過剰な開発を続けたり、紛争などによって地球を脅かすのであれば、未来に暗雲が垂れこめるだろう。

d227

d228

しかし、今まさに立ち向かわなければならないのは、来るべき気候変動によるさまざまな影響に対してである。**これからの100年間**には、直近の1万年間よりも大きな気候変動が起ると予想されるからである。地球温暖化がいよいよ現実なものとなってきた、といえるような自然災害が世界各地で巻き起こっている。私たち人類がこれまで経験したことがない温暖な「**超間氷期**」に突入したとっていいかもしれない。これは、寒冷地域に住む人々には好ましいことのようにみえるが、温度が上昇するにつれ、世界の気候パターンに予測できない大きな

d229

変化が起こっているのである。

地球に生きるすべての人間、ホモ・サピエンス(賢いヒト)は私たち自身であり、このユニークな動物は、ヒトと人間の両方の特徴を巧みに活かしながら、地球という生存の場を存分に利用し、誕生してからわずか20万年程の間に、その数を爆発的に増やしてきた(図表-41)。そして、これまで地球上に生まれ出た現生人類(人間)と呼ばれる存在個体数は、アメリカの人口学者、カール・ハウブによれば、紀元前5万年から西暦2002年時点までを積算すると、**1065億人**程度ではないかと推定している。

西暦1年における世界の人口は1.7億人(3億人という統計もある)であった。その後、戦乱やペストの大流行などのパンデミック(大疫病)が、世界の人口の増加を低く抑え込んだ。1650年頃の世界の人口はほぼ5億人であるが、毎年的人口増加率からみると、紀元前8000年から西暦1年までよりも、さらに低くなっている。だが、その後の農業生産力の増強と衛生状態の向上により、1800年頃の世界の人口は10億人に達し、2002年の世界の人口は62億人である。そして、現在もこの地球上に**約6%**のヒトが生きているということになる。

人類の歴史を通して、飢饉などの自然災害や戦争、疫病などのさまざまな災厄が我々の祖先たちを苦しめ、希望と命を奪ってきた。人類史の大部分を占める長い長い期間、生きることは難事業であった。飢えや感染症や戦争などの災厄を制御する術を見出すようになったのは、カール・ハウブが説く5万2000年あまりの人類史の中の、わずかに最近の100年か200年間のことにすぎない。

今から200年前、世界の男女の平均寿命は、ともに25歳ほどであったという。これは、それまでの何世紀もの間変わることがなかったものと思われる。ところが、200年後には男性は65歳、女性は70歳になっている。1840年に、スウェーデンの女性の平均寿命は45歳あまりであった。それが161年後の2001年には82歳にまで延びている。1900年に37歳であった日本人女性の平均寿命は、21世紀の初頭には85歳という、地球史上かつてない程の長寿を向かえている。

(出生と死亡の原像)

ヒトの出生パターンをチンパンジーと比較すると、出産間隔は短いものの初産年齢が高いため、生涯出産数には差がなく、ほぼ6になるが、再生産年齢の間における死亡確率などを考慮すると、実際の平均生涯出産数は4と5の間になって、ギデラ人(パプアニューギニアの熱帯低湿地帯で、狩猟・採集・耕作で生きる「森の民」)やサン(アフリカ・カラハリ砂漠に棲む狩猟採集民)で観察された4.4に近いとみていい。一方の死亡パターンについては、生後1年間で1/4近くが死亡し、10歳までに半数以上が死亡するマグレブ・タイプ生命表に近いものだったといえる。

このように、20万年前(世界人口5,000人?)に誕生した現生人類の出生と死亡の原像は生涯出産数が4.4程度で、生後1年間に1/4近くが死亡し、平均寿命は20歳強と推定される。

出アフリカの後、地球全域への移住が本格化したのは7-6万年前(50万人)、定住と農耕が始まったのは1.2万年前(500万人)のことである。文明が始まった5500年前(1000万人)から、都市が出現し農村部からの移入で人口集中するようになったが、人口の集中は感染症のリスクを増大させた。

文明の進展によって人口は増え続けたが、1800年前(1.6億人)に第1の人口循環が生じて300-400年に渡り、人口が減少した。その後、再び増勢に転じて815年頃前に3.7億人に達したが、第2の人口循環が生じて200年ほど人口は減少する。モンゴル帝国の拡大でペストなどの疫病が原因であろう。15世紀末に新大陸が再発見され、世界は劇的に変化する。南米原産の穀物(トウモロコシやイモ類)によって人口支持力が上昇し、また先住民が感染症で大量死したため、300年間に約1000万人のアフリカ人が海を渡った。265年前(A.D1750年)の産業革命(7.2億人)にヨーロッパで人口転換(多産多死から少産少死へ)が始まる。人口転換の前期には多産少死で人口爆発が生じたが、新大陸が6000万人を吸収した。今から65年前(1950年)に25.3億人であった世界人口は現在(2015年)、**72億人**を超えた。

(人口変化)

ヒトが誕生してから約20万年が過ぎたが、一世代を25年とすると8000回

図表-41:

年代	世界人口	
20万年前	5,000人?	
7-6万年前	50万人	
1.2万年前	500万人	
5500年前	1,000万人	
2014年前	1.7億人	A.D1年
1800年前	1.6億人	A.D215
815年前	3.7億人	A.D1200
265年前	7.2億人	A.D1750
213年前	10億人	A.D1802
88年前	20億人	A.D1927
65年前	25億人	A.D1950
54年前	30億人	A.D1961
41年前	40億人	A.D1974
28年前	50億人	A.D1987
17年前	60億人	A.D1998
13年前	62億人	A.D2002
4年前	70億人	A.D2011
現在	73億人	A.D2015
5年後	76.7億人	A.D2020
10年後	80億人	A.D2025
15年後	83億人	A.D2030

個人発表

(30年とすると6700回)ほどの世代交代があったことになる。20万年におよぶホモ・サピエンスの歴史の中で、その大半の期間、ヒトは野生動植物を狩猟採集しながら自然界の一員として生きていた。しかし、ヒトが定住生活をはじめ、その後に農耕と家畜飼育を発見し、自然界の食物連鎖の制約から逸脱を開始した時期から人間の生き方が大きく変容すると共に、地域間でも集団間でも、同じ集団の個人間でも多様化が進むことになる。

25年後	88億人	A.D2040	f13
35年後	92億人	A.D2050	
45年後	100億人	A.D2060	f12
85年後	108億人	A.D2100	
↓	↓	↓	
?年後	120億人	A.D ?	

そして、**人口の急増は最近の200-300年間に起きた出来事**であるし、意識的な出生率の低下による人口減少は今までに経験したことがない。まさに未知の時代に入っているが、人類史の1コマであることに変わりはない。私たちに求められているのは、「賢いヒト」として、地球システムと調和する生き方とそれに見合う人口について、私たち自身の歴史の中から理解を深め、答えを見出すことになるが、人口という切り口で人類史をグローバルに眺めた時、人類の行く末を考えさせられる。

10億年後、地球から水が蒸発する s0403

**今も世界の人口は、1分に137人、1日で20万人、1年で7000万人のヒトが増えている。世界中で、1年に6000万人が亡くなり、1億3000万人が産まれているのです。**

(地球の人口支持力と地球環境の制約)

1995年にアメリカの数理生物学者ジョエル・コーエンが出版した「地球は何人の人間を支えられるか」と題する著作で、65のすべての研究を整理し、地球上における食糧あるいは食物エネルギーの最大可能収量を推定し、人口支持力を算定している。それによると、半数以上の研究が(40億~160億人)と推計したことに着目し、**地球の人口支持力(環境収容力)の平均値は120億人**になると述べている。が、この先どう推移するのか。

f238

f239

また近年、大気汚染、海洋汚染、地球温暖化、生物多様性の減少など、地球環境の劣化が急速に進んでいるが、その主な原因は人間活動であり、ヒトが環境の持続性に及ぼしている影響、さらにはその影響に人口がどの程度関わっているかも注目されるようになった。

アメリカの生態学者ポール・エーリックらは、1970年代に地球環境保全のために「**環境負荷**」を3つの要素の積として捉える考え方を提唱した。環境負荷は3つの変数と密接に関係しているといわれる。すなわち、**環境負荷 I=PAT(人口P×豊かさA×技術T)**の指標からみると、環境負荷を減らす技術が重要です。

- ・他の要因が不変なら、人口が増えるほど環境負荷は増える
- ・他の要因が不変なら、ぜいたくな暮らしをするほど環境負荷は増える
- ・他の要因が不変なら、環境に優しい技術が普及するほど環境負荷は減る

q195

q197

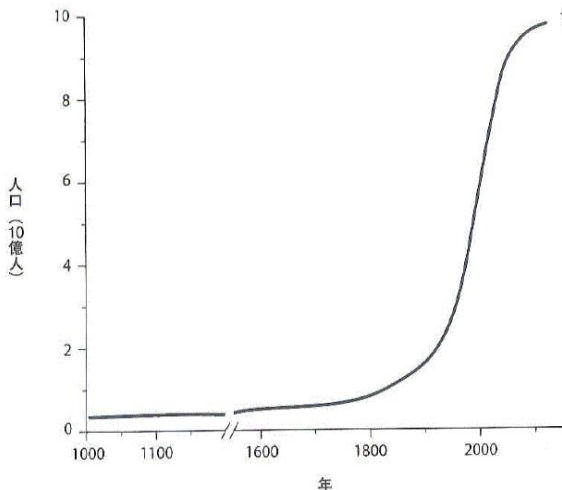


図-42: 西暦1000年以後の人口成長曲線

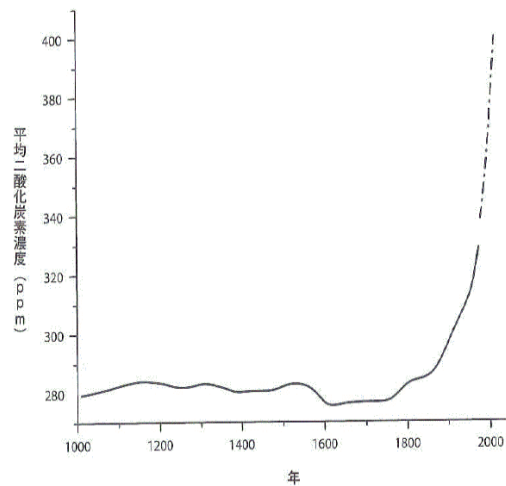


図-43: 地球大気中の二酸化炭素濃度の変化

(ビッグファイブ)

地球上の生命はこの5億年間で、「5大絶滅」と呼ばれる、5度の大量絶滅を経験した。気候変動、氷河期、火山の噴火。そして、6500万年前にメキシコ湾に落下し恐竜をはじめとする多くの生物を絶滅させた隕石——絶滅の

hp



## 個人発表

きっかけとなった原因はさまざまである。そして、今、私たちが生きる第4紀は、6度目の大量絶滅に直面しているかもしれない。

### 【BIG5】と呼ばれる地球を襲った5回の大量絶滅

1 オルドビス紀大量絶滅 : 生物種85%絶滅 (4億4千万年前)	・原因は、大質量の恒星が超新星爆発を起こすことにより、放射線であるガンマ線が閃光のように発せられる天体現象、ガンマ線バーストが発生したためと言われる。
2 デボン紀大量絶滅 : 生物種82%絶滅 (3億7千万年前)	・原因は、激しい環境変化と隕石だったといわれている。寒冷化、乾燥化や低酸素化などの大きな環境変化が8~10回にわたり立て続けに起こり、スウェーデンでは直径50kmのクレーターが出来るほどの隕石が衝突したようである。
3 ペルム紀大量絶滅 : 生物種96%絶滅 (2億5800万~2億5100万年前)	・原因は、超大陸パンゲアの形成に伴う火山活動の活発化で、生き残った生物があまりに少ないため、生物界での境界線とされP-T境界と呼ばれる。
4 三畳紀大量絶滅 : 生物種76%絶滅 (2億1千万年前)	・原因には様々な説がある。有力なのが隕石衝突説。カナダに時期の巨大隕石衝突跡があることから、またペルム紀と同じ火山活動と低酸素化であるとも推定される。これらが大量絶滅のきっかけになったと言われている。
5 白亜紀大量絶滅 : 生物種70%絶滅 (6550万年前)	・K-T境界と呼ばれるこの大絶滅の原因は様々考えられている。 最新の研究によると、巨大隕石と同時期に地球の火山活動が活発化していることが判明し、隕石と火山の両方が、この絶滅の原因になっている。 理由はユカタン半島に落ちた巨大隕石の爆発と衝撃で、地球の気候が一変。食物が枯れ果て、それを食べる草食恐竜が死に絶え、それを食べる肉食恐竜が死に絶えたと言われている。 ・巨大隕石の落下 ・火山活動 ・寒冷化 ・CO2濃度の低下 ・地磁気消滅など

これまで様々な理由で絶滅を繰り返してきた地球の生物は、そのたびに生態系はリセットされ、新しい環境に適合した新種の生物が栄えてきた。最後の絶滅から6500年以上が経過し、人間が大繁殖している現在、この地球は「**6度目の大量絶滅の途中**」であるという説がある。今までの5度の絶滅は何らかの**自然現象**の結果であった。しかし、人間が世界の隅々までその居住地を増やし、大いに栄えた陰で、どれだけの生命が絶滅したのだろうか。その絶滅スピードはとんでもないペースで増加しているという。

hp

米国『サイエンス・アドバンシズ』6月19日号に発表された最新の研究によれば、現在の生物種の絶滅ペースは**100倍も速い**という。そして、史上6度目の大量絶滅が現在進行中であると生物学者の70%は見ており、地球の歴史上おそらく最もペースの速い大量絶滅の可能性が、5度目の次に起こるとすれば、間違いなく将来、訪れる地球史上6度目の大量絶滅の原因は私たち**人類が引き起こす**ことになるかもしれない。

私たちホモ・サピエンスが繁栄することで、ネアンデルタール人やホモ・エレクトスなどの人類は既に絶滅している。気候変動、大気汚染、土地の開拓、食の乱獲などがこのまま進めば、現在生息しているあらゆる全生物種の50%以上が2100年までに絶滅する恐れがあり、その後数百年で動物種の4分の3が絶滅するとの研究も発表された。

注意しなくてはならないのは、この研究は、私たちがよく知る動物種だけを考慮したものだということ。その数がわかっていない海や森に生息する動植物を含めれば、さらに多くの生物種が私たちに発見されることもなく、絶滅していくことだろう。私たちは**巨大隕石や大地震などの天変地異におびえる前に、地球との接し方を変える**ことが先決である。

## 個人発表

■6度目の絶滅危機が果たして起こるのだろうか。起きるとすれば、原因は何か。地球温暖化か、あるいは人工知能か。いずれにしてもホモ・サピエンスの手の中にあることだけは見える。