

講演 2

過去から学ぶヒトの未来： 環境変動と霊長類の進化

霊長類研究所教授 高井 正成



京都大学の霊長類研究所の高井正成と申します。私は、ただいまご紹介いただきましたように、化石が専門でして、今回の附置研のシンポジウムを、うちの所長から、今年は君でお願いしようということで引き受けたんですけども、メインテーマを見てびっくりしたんですけども、「科学が見いだす日本の進路」って、私、過去のことしかやってませんので、現代とどうやって結びつけようかといって、一応、「過去から学ぶヒトの未来」ということで、何とかタイトルを考え出したんですけども、私の前の今お話しいただいた田中先生は、「宇宙のはじまり」ということでしたから、それに比べたら霊長類の最近は1億年ぐらいの歴史があるじゃないかといわれているんですけど、それから比べたらだいぶ最近の話ですので、少しは何とか分かりやすい話になるようにしたいと思います。

ここにありますように、「環境変動と霊長類の進化」ということでお話しするんですけども、最初は霊長類の全体の話をして、その中で幾つか進化の中でトピックというものがありますので、その2つ、3つぐらい大きなトピックがありますが、その中で最初の2つぐらいをお話ししようと思ったんですけども、今回のほかの講演者の皆様



の話聞いていますと、タイトルを見てますと、いろんな、本当に、こんなにいろんなことについて皆さん興味があるんだろうかと思うぐらい多岐にわたってますので、私の話をもう少し絞って、霊長類の起源について中心に話をしたいと思います。

最初にお話ししたいのは、霊長類とは何かと、簡単にいうとサルなんですけれども、我々ヒトも含めてサルとヒト、それを霊長類と言います。ヒトの場合というのは、非常に特殊化してまして、我々こうやって2本足で立って、こうやって手でマイクを持って話しして、皆さん椅子に座って、それ聞いているという非常に変わった動物なんですけれども、ほかのサル、一般的な霊長類とは全然違った姿をしています。

後でお話ししますが、これが我々最もなじみ深いニホンザルです。これはチンパンジーです。それから、これはインドとかによくいるハヌマンラングールというサルで、

これはチンパンジー、類人猿です。ニホンザルとハヌマンラングールというのは、これは一般的なサルと言われるものです。これは、原猿類のスローロリスかな、ガラゴかな、スローロリスだと思うんですけども、その辺の原猿類という非常に原始的なサルです。

こういった霊長類には1つの決まった共通性というものがあるんですけども、1つと言わず幾つかあるんですけども、非常に共通点があるといえはるんですが、実は霊長類というのは、哺乳類全体の中で非常に定義の難しい動物群でありまして、これといった特徴がないわけです。

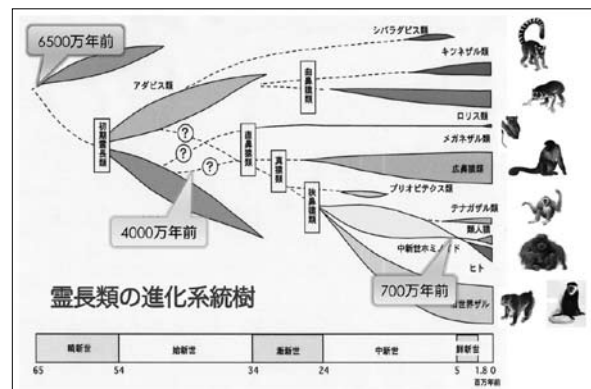
これといった特徴とは何かといいますと、例えば、ゾウでしたら、皆さんご存じのように長い鼻がありますね。もうすぐにわかる、ああ、これはゾウだと。それから、例えば、キリンだったら首が長いので、ああ、これはキリンだとわかりますね。クジラだったら、ずんぐりむっくりした大きな海に、水中に住んでいる動物なのですぐにわかる。

ただ、霊長類というのは、なかなかその定義が難しくて、ここで見ている限りで、定義するというのは、なかなか難しいわけです。哺乳類としての一般的な特徴をそのまま備えていまして、一言でいうと特殊化していない哺乳類とも言えます。その中で霊長類が、こういった特徴を持っているかとお話ししながら、その進化について考えたいと思うんですけども。

霊長類の進化系統樹と出しましたが、こちらの左のほうが古いほうで、大体6500万年前ぐらいから出現したとよく言われています。こちらが現在ですね。代表的な霊長類の絵をつけてあるんですけども、上のほうのこの3つの赤い枝、これが曲鼻猿類とか原猿類というんですね。

このメガネザルというのが最近、こちらの割とサルらしいサルの真猿類というものに近いということがわかったので、原猿類という言葉はあんまり使わないんですけども、メガネザルを除いた原猿類を曲鼻猿類と言います。これも合わせて原猿類と、残りは南米広鼻猿類。それから、旧世界ザルというのは、これはアジアとかアフリカの旧大陸にいるサルです。で、類人猿がここに来た。ヒトはこの辺です。ヒトは非常にこの最近のことではありません。

こちらのほうというのは、古いほうですので、もう絶滅した化石霊長類のグループです。私、今ご紹介にあずかりましたように、最初は南米でこの辺の化石をやっていたんですけども、だんだん飽きてきたので、コロンビアでやっていたんですが、こっちの、もう少し古いこのボリビアで、もっと古い南米サルが一番古い化石とかやっていて、それもだんだん飽きてきたので、こちらの最近ミャンマーとかで、ずうっとさかのぼって、ミャンマーのこの辺の化石をやったんですけど、あまりにも難しいのと、商売敵のフランス人とかア



アメリカ人がいっぱい山に入ってきて、同じ場所で発掘を始めて、もう何かぐちゃぐちゃな世界になってきたので嫌気が差してきまして、最近ミャンマー、同じミャンマーでずうっと来て、この辺やってます。

あちこちやっているんで、どれについて話をするかというのは、難しいんですけども、今回は一番古い、この辺の霊長類の起源について話そうというわけです。

霊長類の進化のトピックといってましたけれども、3つぐらい大きなイベントがありました。1つは、霊長類の起源と言われている6500万年前ぐらいです。どうして霊長類の起源を知ったのかと、どうしてほかの哺乳類と分れたのかということですね。

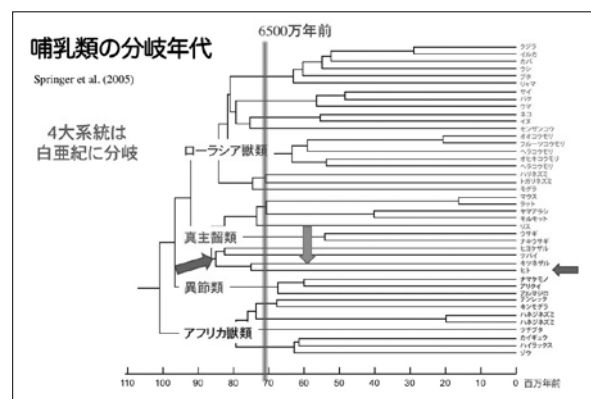
2つ目の大きなトピックというのは、ここでちょっと非常に、こちら側のパターンと、右側のパターンと、真ん中辺のパターン、左側のパターンが違ってくると思うんですが、化石の霊長類のアダピス類というのとオモミス類というのがいるんですけども、そこから原生の非常に現代的な霊長類が出てくるのが大体その3500万とか4000万年前なんですけど、その中でいわゆるサルらしいサルと言われている真猿類というグループがあるんですけども、我々ヒトを含むグループです。その起源がこの辺にどうもあったらしいということで、これまた面白いトピックの1つです。

3つ目のトピックは、我々ヒトにとっては、非常に重要なヒトの起源というのは大体最近700万年前とか、そのくらいと言われている。

3つぐらい話すと時間に余裕があったりするんですけど、ちょっときょうは時間もありませんし、私が、いつも話しているときというのは、大体霊長類学の公開講座とかで、東京でやったりもするんですけども、そうすると、サルのことが好きという人が何人も何人も来てリピーターでやってくるので、まあ話をどんどん進めてやってしまうんですけど、今回は非常に範囲の広いテーマで話をしていますので、1つぐらいに絞って、このお話をしたいと思います。

サルについて話す前に、哺乳類の大分類ということについてお話ししたいと思うんですけども、哺乳類といっても、この場合は、有胎盤類哺乳類といいまして、いわゆる私たちが哺乳類と言っているものです。我々の有胎盤類とは違うというのは、有袋類といいまして、オーストラリアとか南米にいるお腹に袋を持った動物群のことを有袋類といいます。それとは別の我々の含まれる、ヒトの含まれている有胎盤類というのが、最近4つの大きな系統群に分かれることがわかってきました。

これは物質生物学のヒトたちの成果なんですけども、1つは、ここに幾つか枝分かれている、ここですね。異節類というグループです。これは南米大陸にいるグループです。例



えば、ナマケモノとかアリクイとか、アルマジロのグループです。これが1つの大きなグループを形成すると。

2つ目は、この辺の枝になっているわけですがけれども、アフリカ獣類という名前がついています。何でそんな名前がついているかといいますと、どうもアフリカ大陸に起源したんじゃないかと、現在、アフリカ大陸に多くいる動物が含まれているので、そういう名前がついています。

具体的にいうと、ゾウ、それからマナティー、それからツチブタ、ツチブタってあんまり知らないでしょうけど、アフリカのちょっと変わった動物です。それから、ハリジネズモとか、キンモグラとか、テンレックとか、よくわけがわからないですけど、ゾウとかマナティーみたいな動物です。あと、ハイラックスも入っています。それがアフリカ獣類というグループです。

それから、3つ目のグループ。これは非常に大きなグループでして、ローラシア獣類という名前がついています。ローラシアというのは、かつて中生代のころに、地球上の大陸が非常に大きな大陸の固まりでして、それが北のローラシア大陸と南のゴンドワナ大陸というのに分かれたんですけども、でも北側のローラシア大陸に起源しているんじゃないかということで、そういう名前がついています。

ここには、ウシとかカバとかブタとかという偶蹄類、それからバク、サイ、ウマという奇蹄類、それから、最近もう偶蹄類にくっついちゃっているクジラの類い、それから食肉類。要するに、ネコとかアザラシとかイヌとか、そういうグループです。それからあと変わっているのは食虫類のモグラとかハリネズミ、トガリネズミ、それから変わったところではコウモリがついています。こういったかなり大きなグループを形成しているのがローラシア獣類というグループです。

もう1つあるのが、真主齧類という、何かこう舌をかみそうな変な名前なんですが、英語というか学名でいいますとユウアーコンタグリレスと、もっと舌をかみそうな名前です。そういう名前をつけるぐらいやったら漢字で書いたほうが皆さんわかりやすいだろうと。主齧って、主というグループは何というか、アーコンタ類というグループなんですが、我々ヒトとか霊長類とか齧歯類とかを含むのをアーコンタというんですけども、それですね。齧歯類の「齧」というのは齧歯類、これはネズミです。それをくっつけて、それでそこから、昔、アーコンタ類というところにコウモリが入ってまして、コウモリを抜いたので、新しい分類群として「真」というのをつけてユウアーコンタグリレスとっています。この中に入っているのが、我々ヒト、サル、チンパンジー、それからヒヨケザル、ツパイ、それから齧歯類、それからウサギと、こういうのがくっついていてという、ちょっと変わっているわけです。

我々は、要するに哺乳類の中の有胎盤類の中の大きな分類群でいきますと、リスとかネズミとかウサギと同系統という、ちょっと変わった結果が最近は出ています。

それをもう少し分岐年代とかを示した研究結果が出てますので、それをお見せしながら、その年代的なことをお話するんですけれども、これは、こちらの動物の名前というのは全然読めないと思いますので、色だけ見ていただければいいんですが、4つぐらいにいろいろ分けています。さっき言いました南米の、ここが大体6500万年前という白亜紀と中生代と新生代と分かれるんです。恐竜の絶滅したところです。

先ほど言いました南米の異節類というのは、このグループです。それから、2つ目、これアフリカ獣類というのはこのグループです。それから、ローラシア獣類というのはこれです。それで真主齧類というのはこれです。ローラシア獣類と真主齧類というのはくっつくんじゃないかとよく言われています。

我々ヒトというのは、この辺に位置してしまっていて、まずこの4大系統というのは中生代の白亜紀のころに分岐したといわれています。これ大体100万年単位の年代が出るんですけど、大体9000万年とか1億年前には、ほぼ分かれていたんじゃないかというのが分子生物学的な研究成果です。

我々ヒトの系統というのは、ここにありまして一番古い。その霊長類とほかの動物群が分かれた。霊長類って齧歯類、いわゆるヒヨケザルとかツパイ、一番近い動物群と分かれたのが、大体もう8500万年前じゃないかというのが、分子生物学的な見解です。

ただし、実際のこの矢印というのは、一番古い霊長類と、あと確認される化石がこの辺です。これ以上古くなってくると、非常に化石が断片的なこともありますし、霊長類としての特徴がよくわからなくなってくるので、霊長類と言えるかどうかかわからないと。ただ、分子生物学的な証拠が、この辺かなり古くなってますので、最近では化石屋さんも、この先もっと古いのが見つかるんじゃないかということで、一応整合性はとれているということになっています。

一番古い霊長類の化石というのは、化石としてわかるのは、プルガトリウスっていう北米から見つかったものなんですけど、これは遊離歯化石といって、歯が1ミリか2ミリぐらいの歯がバラバラになって出てくるので、なかなかお見せできるようなものじゃないんですけれども、アジアで見つかった最古の霊長類化石というのがありまして、これが大体5500万年前モンゴルから見つかったもので、アルタニウス



といます。アルタイ山脈の近くで見つかったもので、そういう名前なんですけれども。

これは実物の化石をちょっと研究したことがありまして、大きさといいますと、これ私の人差し指なんですけど、ご自分の人差し指をピッと出して、その上にこう乗せていただければわかるんですけれども、これがあごです。頭の大きさが大体このぐらいの、我々の

人差し指のこの先っちょに乗っちゃうぐらいの大きさです。1つの歯というのは1ミリとか2ミリなので、まあ2ミリもないぐらいです。

だから、これが一緒に出てくるとわかるんですけど、ばらばらに出てくると、さすがに専門家でもお手上げ状態ということです。だから、いい化石が出てくればわかるんですけども、なかなかわからないので、霊長類の起源については、化石屋さんはなかなか大きなことは言わないと。

ただし、化石って、最近どんどん、どんどん、古いいものが出てくるようになりまして、これはジュラマイヤといいまして、2011年ですから、おとし公表された論文に載っていたものですけども、中国の遼寧省東北部のあたりにあるところですね。遼寧省から見つかっているジュラ紀の哺乳類の化石と言われております。

これ写真ですけども、ここ、かなり頭のこう仰向けになった状態で肋骨だとか手だとかが残ってしまして、これをきれいにクリーニングして、それを復元するとこんな形になる。ここまで残っていると、かなりのことがわかるので、これが哺乳類だとか、どの系統だとかいろんなことが言えるわけですね。これはなかなか見つからないと。だけれども、こういうのが幾つか見つかることによって、その年代的なものとか、初期の哺乳類の復元とかできるようになりました。

これ、後で覚えておいてほしいんですけど、非常に長細い頭でして、こういう腕が、手足がこうついて、肋骨があって、ウェストがギュッとあると、こんな形ですね。一方これは、最も古い霊長類化石の1つで、カルポレステスといいまして、6000万年前ぐらいの北米で見つかっているものです。これは霊長類か霊長類でないかとかいう議論もあるんですが、非常に霊長類的な特徴を示しています。

全身骨格というか、大体60%から70%ぐらい見つかるんですけども、これだけ見つかりと、かなりのことがわかりまして、これ黒くなっているところが見つかったところですね。復元させて、このしっぽが長くて、こんなふうに肉つけて、指の骨とかをこうやってきれいに、1つが何か1ミリとか2ミリとか、それぐらいしかないんですけども、そういうやつを一生懸命復元して、クリーニングして比較してということをやっているわけですよ。どうも樹上性の動物だったんじゃないかと、そういう結論になっています。

今お見せした2つの絵をもっとわかりやすい絵にして比較するんですけども、初期哺乳類の復元図って大体こんな感じに大体なっています。

中生代のころからも哺乳類はいたんですけども、哺乳類というのは、もう最初のころは、みんなこんなような感じです。ほかにもちょっと変わった哺乳類というのがいたんですが、それは全部絶滅してしまった系統ですね。初期の哺乳類というのは、こんなふうに顔が長細い、一般的にはネズミみたいな感じですね。それで、しっぽがかなり長かっただろうと、こんなことが言われています。大きさとしては、現在のやっぱりネズミです。小さなネズミでしかない。

一方、これが初期の霊長類の復元図です。カルポレステスというものなのですが、カルポというのは果実、レステスというのは泥棒で、果実泥棒という名ですが、こんなところに果実をつけているんですけども、この2つがどう違うかっていうことなのですが、1つは、この顔の目のところですね、最初のころの哺乳類というのは目が横についているわけです。もっとわかりやすく、目が横について、サルの場合は、霊長類に近くなってくると目がもう大分前のほうに来ると。

例えば、皆さんは、こうやって目の前に、こうやって手を持ってきまして、真っすぐ立てて、それずうっと目に近づけていくと、右目を閉じて左目を閉じていってやると、右目だけだとすると、手の片一方側が、左目だけだとするとまた手の平の反対側が見えるだけです。その左右で違うとこが見えるというのが大事なことで、これが前のほうについているということです。これが立体視ができるということです。

それから、もう1つは、手足の、先ほどからのちょちょこ言ってましたが、手足の指の復元なんですけれども、我々の霊長類の1つの大きな特徴、初期霊長類の大きな特徴は、こうやって皆さんの腕をこう出していただいて、もう片方の腕でこうつかんでいただくといいんですが、これです。こうやってつかんで、この物をつかむという把握能力ですね。手があったときに、我々の手というのは、親指がほかの指と違う方向を向いていまして、これ拇指対向性、親指が向かい合うということなのですが、それによって物をこうやってつかむことができる、これが霊長類の特徴です。

ここで見ておわかりのように、初期哺乳類って、ほかの哺乳類は指がほかの指があんまり向いてないわけです。それで、地上だとあんまりそんなこと必要はないですし、樹上でもあんまり向いてません。初期霊長類の場合は、この手足が両方とも親指が反対側を向いて物をつかむことができる。ただし、ヒトの場合は、完全に二足歩行に適応してしまったので親指が、ほかの指と同じようになっています。

これが霊長類の特徴で、もう1つ言いました、目が前を向いてるとか、多くの哺乳類が眼窩、目の入るとこは、ここなんですけれども、これは頭の上ですが、例えば、シカだと横向きなんです。馬とか牛とかはみんなそうです。これなぜ横を向いているかといいますと、彼らは植物食性、草食性ですので、ものを食べてときに、遠くから天敵がやってきて襲われないように常に広くを見てないといけないと。その場合では横へ向いているほうが、その視野が広がるので有利であると。

ところが霊長類の場合は、目が完全に前を向いているので立体視ができるというわけです。この目が前を向いているというのを視軸の収斂というんですけども、目の軸が前の



ほうを向いて、外側に向かずに、こういうふうに立体視ができるように重なるようになると収斂と表現します。

これ、食肉類になりますと、これコヨーテですけれども、眼窩は割と前へ向いていると。食肉類というのは、餌を、獲物を捕まえる、かみついたりしなければいけないので、立体視ができて距離感がないといけないので前を向いているんだろうと言われていました。

さっきの手足の話ですけれども、例えば、哺乳類のほかの動物の手足とか見てきますと、例えば、クマというのは、よくヒトに近いとか似ているとか言いますが、こうやってよく見てみますと、手足というのは完全に手の平とか足の平が平らで、親指も同じ方向を向いています。だからクマは物を握ることができません。よくクマに襲われたら胸に飛び込んじゃえば何とかなんとはいえますけど、まあヒグマの場合はやめたほうがいいでしょうけれども、普通のクマの場合だと、ツキノワグマぐらいだと何とかなんとはいえますね。

リスなんかは、ちょっと違うんですけども、かぎ爪といって、枝に爪をひっかけて登るようになっています。

これはゾウです。ゾウとかバクって、有蹄類というのは蹄みたいのがついていて、ゾウの場合は4つとか、まだ残ってますけど、バクになると3つしかない、ウシになると2つしかないとかになっています。

面白いのは、これキツネザルは原始的なサルですが、コアラも実は親指とかが反対を向いて物を握れるようになっています。やはり霊長類の専売特許ではありません。

これをもう少し詳しく説明すると、リスとかですと、割と樹上に住んでいてサルに似ているように思えるんですけど、実は彼らの指というのは、かぎ爪になっていて、先っちょに爪がついていると。原始的な霊長類のたとえばアイアイというののだと、これも同じようにかぎ爪になっているんです。全部がそうじゃないんですけど、かぎ爪が多いです。

これはオマキザルという南米のサルですけども、これになりますと、もうかぎ爪じゃなくて、先がこう一方で指になっていて、こういうふうになっているのは、我々ヒトと同じ平爪というのがついています。この場合は引っかけることができないと。だから、霊長類では把握能力があるということになっています。

簡単にまとめますと、霊長類というのは特殊化していない哺乳類なんですけれども、解剖学的には幾つか、こういう特徴化して、眼窩軸が収斂している、眼窩軸、視軸といったほうがいいですかね。それから手足の把握能力、脳が大きくなっているとか、成長がゆっくりになっているとか、このあと、ほかにもいろいろごちゃごちゃあるんです

霊長類：特殊化していない哺乳類

- 眼窩軸の収斂
 - 立体視
 - 手足の把握能力
 - 手による捕獲と足による姿勢維持
 - 脳の進化
 - 情報処理能力
 - 成長の遅延
 - ゆっくり成長
- 化石記録に残りやすい

けど、大体この辺の4つぐらいが大きいんですが、我々化石屋さんの場合ですと、脳とか成長性なんというのは、ほとんど化石に証拠が残りませんので、実際には視軸、目が前へ向いているとか、手足が把握能力あるかどうかということだけが特徴として残っているわけです。

では、そういうものが霊長類に2つがそろっていたからといって、なぜそれで霊長類が成功して適応放散ができたのかという話なんですけど、樹上性のほかの小型哺乳類でもですね、把握力に関しては、先ほども言いましたように、オポッサムとか有袋類の中にも多少の把握能力があるものがあります。オオガラゴなどの原猿類でもあります。リスになるとちょっと爪がついているんでちょっと違うと。

例えば、眼窩のほうでも、目が前へ向いているかどうかというのも、霊長類のロリスというのは原猿類ですけれども向いています。リスというのは、当然、先ほども言いましたように横のほうを向いているわけです。だけれども、ネコとか食肉類は完全に前を向いていると。別に1つだけとったら霊長類は、ほかにも似たものがあるんですけども、2つ組み合わせると、ほとんど絞られていくと、霊長類でしかない。本当はもっといろんな特徴があるんでしょうけれども、何千万年も昔のものになると化石でしかわからないから、そうなるわけなんです。

霊長類が起源したのは、先ほどいいましたように白亜紀のころだったんじゃないかという、最近言われていまして、白亜紀というのは中生代ですけども、中生代の地球というのは、どういふとこだったかといいますと、非常に安定した温暖な世界でした。

地球上の対流が1つにまとまっていまして、パンゲアという大きな超大陸ですね、それが、だんだん北のほうにローラシア大陸、南のほうにゴンドワナ大陸と分かれまして、それが、さらに今のように分かれていくんです。

その過程でいろんな気候的な変化が起こるわけですけども、簡単に言うと、安定した温暖な環境で、この図でもわかりますように、恐竜が非常に繁栄していた時代だと、皆さんご存じのように非常に大きな恐竜が登場してきたと、これはイグアノドンですかね。

こちらの食性はどうかといいますと、シダ類と裸子植物という、シダ類というのは今もありますシダです。裸子植物というのは、今でいうと、スギとかマツとかイチョウとか、そんなものです。そういった植物が非常に多かった時代です。そういう安定して暖かくて、恐竜がいて、裸子植物の植物がほぼ占めていた世界が、だんだん変わってくるわけです。

これが中生代の最後の白亜紀という時代で、大体1億5000万年前から始まって、6500万年前に終わるんですけども、白亜紀のころ、植物群の比率が急激に変わります。大体、白亜紀の前期の終わりぐらいから、だんだん、だんだん、被子植物といわれるものが増えてくるわけです。

被子植物というのは何かといいますと、簡単に言うと花を咲かせる植物です。花を咲か

せる植物が増えてきまして、グロッソプテリスというような、そういう絶滅した裸子植物群から、現在まだ生息している、生きている最も原始的な被子植物というのは、アンボレラというニューカレドニアにいるのが、こんなような花を咲かせている。

それで、化石としては非常に一番古いのは中国の遼寧省とかで見つかっているアーケフルクトゥスという、こんなよくわからないんですけど、花がこしょこしょっとまとまったような形をしています。

それから、日本でも非常に古い花の化石が出てまして、羽幌町という北海道の有名な町があるんですけども、我々にとっては有名なんです、そこからプロトモニミアという花の化石が出てます。これは大体9000万年前ということからの時代ですね、チューロニアンという時代でして、こんなような花の化石が出てます。このように白亜紀の後期になってきますと、花を咲かせる植物が非常に増えてきたというわけです。

裸子植物と被子植物の違いというのは、先ほども言いましたように花を咲かせるかどうかなんですけれども、花を咲かせると、どういうことになるかという植物学的には、もっといろいろなあれがあるんですけども、動物と関連した意味では、花を咲かせたところに虫が寄ってくるわけです。その蜜があるから。蜜にひかれ虫がやってくる。

そうすると、それまで裸子植物というものは風媒花といわれまして、風にあおられて、例のスギ花粉がバーッと舞い散らされて風に飛んでいって、それが別のところに行って受粉するわけですが、虫媒花といわれる被子植物、花を咲かせる植物になりますと、虫が運んでくれると、で、飛躍的に変わるわけですが、つまり被子植物が進化するに従って、虫が増えてくる。虫が爆発的に白亜紀の後半から増えることになりました。そうすると、その虫を食べる動物というのがまた現れてきまして、それがどうも霊長類だったんじゃないかといわれています。

例えば、先ほどの絵にありましたように、これは果実なんですけども、こういった花が生えている、ミツバチみたいな虫とかいろんな虫がやってくる。飛んでいる虫だけじゃなくても、いろんな動物がいるんです、虫が来ると思うんですけども、やってきた。そのところに、その虫を食べに霊長類とかもやってくると、いろんな動物とかも来るでしょうけれども、ほかには鳥とかいたと思うんですが、霊長類がやってくると、枝の先ですので、こうやってもうブヨンブヨンとかうって、こう非常に動くわけですね、この枝が。それでも、それでもそこから振り落とされないようにするためには、かぎ爪で引っかけて、こう何とか振り落とされないようにするという手もありますが、こうやって把握能力を持った手足で持っているという姿勢を維持することができると、これですね。

それから、その食物を虫を例えば捕るために、これは果実なんですけど、虫をとるためには、足でしっかり枝をつかまえていて手で、こうやってぱしっと捕まえなければいけない。それで把握能力があったほうがいいだろうと。それから、把握能力があるだけでなく、その距離感がないと捕まえられませんので立体視が必要であると、こう前を向いてい

るんじゃないかと。それから枝のところで視覚的な情報をすぐに処理して、それをぱっとトンボを捕まえたり、やっぱりかしこくなければいけないので脳が発達したんじゃないかと、そういうふうに考えられています。

こういうふうには、枝の先で花が咲く植物が増えてきて、そこに集まる虫を食べるようになって、霊長類や初期霊長類が適応放散することができたんじゃないかというのが、非常に有力な仮説です。

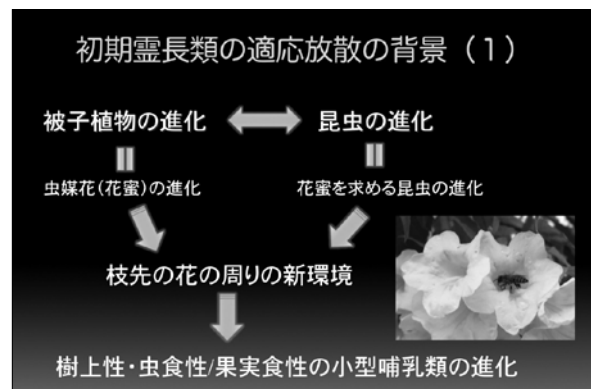
それをもう少しまとめますと、白亜紀の後半ぐらいに被子植物が進化してきたと、被子植物と昆虫と、虫ですね、これは共進化と言われているんですけども、互いに蜜を食べるために昆虫が進化して、昆虫が進化してくることによって、その虫媒花としての被子植物がどんどん進化すると、虫媒花、花蜜が進化すると、虫が集まってくるし、虫の食べているその花蜜というのは霊長類も食べます。それから、被子植物の果実、種をつくりますので、それを食べにもやってくると。

それから、昆虫が進化したことによって、昆虫の花蜜を求める昆虫が出てきて、それを食べる動物が出てくる。植物として求めることが、植物とする動物が出て進化することができるので、つまり、樹上の枝先の花の周りに新しい新環境が出てきたんじゃないかと。そこにうまく適応することによって、霊長類は、我々の祖先は進化することができたんじゃないかと言われています。

ただし、それだけでは霊長類が進化をする必要条件にはなったでしょうけども、十分ではないわけです。もう1つ大きな要素が、有名な恐竜の絶滅です。

当時、非常に温暖で安定した世界でしたので、巨大な恐竜というのが生息することができました。あまりにも巨大になり過ぎていたんですけど、子どものときは、これ、子どもの恐竜の化石って幾つか出るんですけども、こういった小さいのがいます。ただし、恐竜というのは、かなり急激に成長したということが今言われていまして、すぐに大きくなってしまわないので、霊長類、あるいはほかの哺乳類が大きくなろうとすると、恐らくすぐ食べられてしまうんですね。なかなか大きくなるという、大型化する余地がなかったわけですね。

もう少し、爬虫類と哺乳類、説明しますと、爬虫類と哺乳類というのは、爬虫類はご存じのように変温性ですね、それで



爬虫類と哺乳類		
	爬虫類	哺乳類
体温	変温性	恒温性
行動	日中?	夜間・昼間
採食効率	気にしない	重要
有利な環境	温暖で安定	温度変化・季節性

哺乳類というのは恒温性です。

簡単にいうと、爬虫類というのは日中の暖かいとこでないと体が温まらないので行動できない。哺乳類になりますと、体が常に暖かいので、夜中でもいつでも行動することができると、これが特徴です。

それで爬虫類というのは、最少効率、食えないとき食わずにじいっとしとけばいいので、例えば、ワニとかでも、もう結構食わずにじいっとしていることが多いですね、カメとかもそうです。

ところが、哺乳類というのは、体を同じ温度で保つためには常に体を温めなければいけないと、そのためには常に食物をとって体を温めてやらなければいけないと。だから、その最少効率、ひたすら食べてなければいけないという、非常に重要な条件があります。

従って、爬虫類というのは、こういったことをいろいろと考えますと、非常に温暖で安定した状況では過ごしやすいわけですね。常に暖かいですし、そうするところでは、シダ植物なり、裸子植物がたくさんに大量に、わあっと植わってれば、それをずっと食べていけばいいので、どんと大きくなると。

哺乳類の場合は、常に食べてなければいけないんですけれども、その代わり温度変化とか季節性に関しては、あるところに関しても生きることができるということになります。

恐竜がどちらかというのは、なかなか難しいもので、一般に爬虫類に入れられているんですけれども、最近、恐竜温血説というのはかなり有力になってきて、ある程度わからないところがあるんですけれども、体の大きさのサイズからいくと、そんなに体温が高かったというわけではないと思われます。

恐竜が絶滅した後、これは、どういう原因でなったかというのはなかなか、いろいろな説があるんですけれども、最近に有力なのはですね、大体6500万年前ぐらいに大きな大きな隕石が落下したと、それで、1つの証拠は、メキシコ、ユカタン半島の先ちょに、チクシュブークレーターと有名なところがあるんですけど、そこに直径が10キロぐらいある大きな大きな隕石が落ちて、それによってもものすごい衝撃があったんですね。今でもこんな跡が残っていて。それによって大量の塵芥がワアッと舞い上がりまして、太陽の光が遮られたので気温が低下する。そうすると大規模な火災も起こるだろう、巨大な津波があっただろうと、一番大事なのは、そうやって急激な外部からの、地球外からの影響によって、急激な変化があったので、生態系のバランスがばっと崩れてしまたんではないかと、それで、大きな恐竜が全部絶滅してしまったんではないかと言われています。

ただし、この絵は、非常に劇的に描いていますけれども、隕石が落ちたところは、こんなことなっただしょうけれども、ほかのところは、もっとじわじわ、じわじわと、いつまでもたっても温かくなならないしという形で、環境が壊れていったんだと思います。

もう1つの適応放散の背景なんですけれども、こうやって白亜紀の次は、恐竜とか、ほかの大きな動物が、いろんな動物が絶滅しました。それによって、いわゆる専門用語でい

うところのニッチ生態的地位というんですけれども、これはようするにアパートの部屋みたいなもので、恐竜が絶滅していなくなってくれたもので、そのアパートに入ることができたわけですね。それによって哺乳類が急激に適応放散することができたと。

先ほどから霊長類、サルの話ばかりしますけれども、霊長類以外の小型の哺乳類も急激に適応放散します。それが進化することができたというのが大きなことです。この2つの要因が組み合わさることによって、例えば、枝先が新環境へ適応すると。それで把握能力があり、立体視野、情報処理能力が進化する。こちらでその適応放散して、どんどん進化していく下地ができるわけですね。

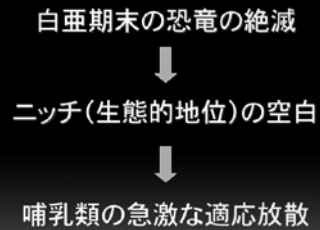
こちらのニッチが恐竜が絶滅することによって、ニッチが空洞化して、大型化することができるようになると、捕食圧から解放されると。こういう別の要因もクリアされたと、その結果として樹上において初期霊長類が適応放散することができたのではないかと考えられています。

この大型化って、結構大きな要因の1つで、このころの初期霊長類というのは、ほかの哺乳類もそうですけど、小型の場合、昆虫とか果実を食べるのが主だったと考えられています。果実というのはカロリーが高くていいんですけども、昆虫なんかは特にカロリーが高くて、非常にいいたんぱく質も含まれていますし栄養源なんですね。

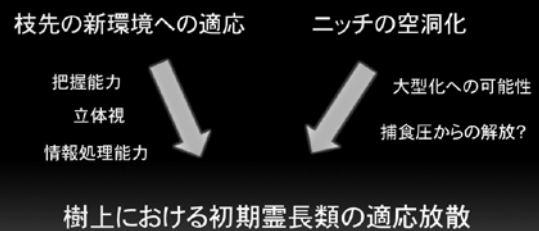
現在でも昆虫食の動物というのはかなりいます。ただし、昆虫食というのは弱点がありまして、例えば、1つの昆虫を食べるには、例えば、手でバシッと捕まえると、どんなに体が大きな動物でも一度に食べれる昆虫の量というのは少ないわけです。そうすると、時間当たりに直すと、カロリーの効率はいいんですけども、あまりたくさんは食べれないと。だから、アリなんかを食べてるアリクイみたいな動物だと、大量に一度にワアッと食べれるのはいいんですけども、それ以外の例えば、飛行性の昆虫とか食べる場合には、なかなか効率がよくないので、ある程度体が大きくなってくると、昆虫食だけではやっていけないわけですね、虫食では無理です。

そこで大型化すると何が出てくるかといいますと、植物食性、特に草とか葉っぱを食べる動物が出てきます。それができるようになるには、消化するために非常に大きな消化器

初期霊長類の適応放散の背景（2）



新生代初頭の霊長類の適応放散

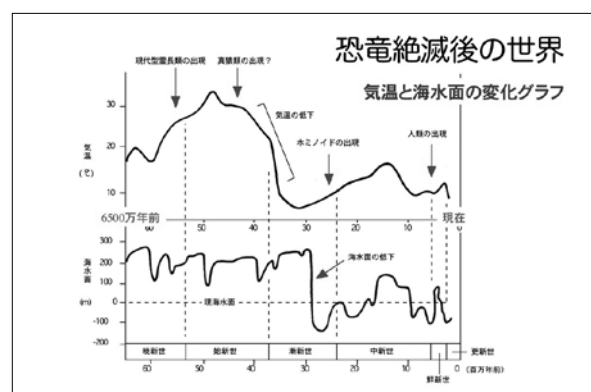


官がなければいけないんです。胃とか腸で消化するんですけども、そういう動物は体が大きくなると。恐竜がいたときには、体がある程度大きくなると恐らく襲われて食べられてしまうので大きくなれなかったんですけども、恐竜がいなくなったことによって、そういうことができることになったと。それが我々霊長類の初期放散につながっていったと思います。

ただし、ほかの樹上性の哺乳類と競合がいろいろありまして、恐竜が滅んだ後の新生代の最初のころというのは、暁新世という時代なんですけど、そのころは、ここにあるリスというのは齧歯類のリスですね。そういった動物だけじゃなくて、ほかにも似たような食物を、果実だとか、虫を食べる動物がかなり出てきたことがわかっています。

そういった動物と競合しながら、霊長類というのは進化してきたわけなんですけれども、そこをどうやって競合して生存競争に勝つことができたか。なかなか難しい話なんですけれども、例えばこれ、リスザルという、現実のリスよりもちょっと一回り大きい子ネコぐらいの大きさの南米のサルですけども、この場合ですと、その目が前のほうに向くと、リスの場合は横を向いていますね、ここのところが。リスの場合ですと、体は小型のリスに似ているんですけど、目が前のほうへ向く、目が前のほうに向くと鼻の鼻面（はなづら）がすごく長かったのが、それがそのスペースがなくなるので、目と目が近づくようになりますね。鼻が短くなる。嗅覚が退化する、視覚が進化する。そうすると、鼻面が短くなった分、こちらの頭が大きくなるスペースができてきたんじゃないかと考えられています。それで、その脳の大型化を可能にすることによって、さらに進化することができたんじゃないかというのが最近の説ですね。

それで初期の霊長類は、恐竜もいなくなったし、虫も食えるようになって大きくなれるようになったし、簡単に進化できるようになったかといったら、そんなに簡単にはいきませんで、これは気温と海水面の変化グラフなんですけど、こちらが6500万年の場合、こちら現代です。



恐竜がいなくなって、恐竜が絶滅したこのころというのは、大分気温がぐーんと下がってきたと考えられているんですけど、だんだん新しい時代になりまして、だんだん、だんだんこう上がっていくわけです。始新世という時代にピークを迎えまして、それから急激にどんどん、どんどん下がっていった、漸新世のころには、もう本当に急激に気温が下がります。

なぜ下がったかという、ちょっとこの後お話ししますが、下がるとサルの住めるようなところが減りますので、かなり危機になりました。ここを乗り越えたときに出てきたのが真猿類といわれている我々ヒトにつながる系統なんです。

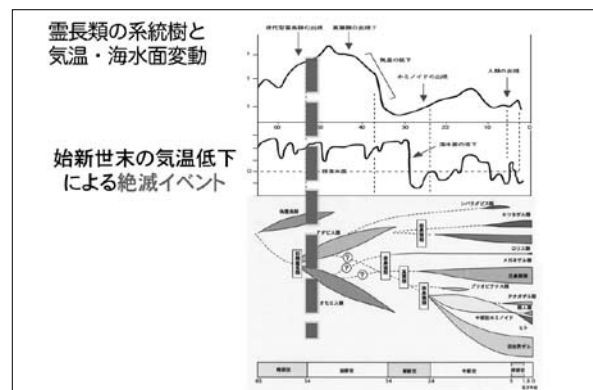
この話も時間があつたらしたかったんですけども、あんまりないですので端折るんですが、その後、またもう一回気温がだんだん上がってきまして、中新世の時代に非常に高くなってくると。それがまた下がってきて、下がってポショポショとなっているのが現在につながっているわけですね。

これだけ見てもわかりますように、地球全体の気温というのは非常に変わってまして、最近、地球の温暖化がどうのこうのと言って、すごく大問題になっていますけれども、古生物屋に言わせると、始新世のころを見ろよという感じで、こんな高かったじゃないかと。別に気温が高かっても生物は生きていけるんですけど、ヒトにとっては大問題ですね。突然気温が高くなったら、現在住んでいるところが海水面が上がってきて水浸しになって狭くなりますし、気温を高くしているのも、気温が高くなったから大問題だと言っているのも全部ヒトで、我々ヒトが原因をつくって、それをさらに問題だ問題だと騒いでいるという、ちょっとおかしい話なんですけれども、それはそれで大事なことです。

もう1つ大事なことは、こうやって気温が変わっていくと、気温が上がり下がりしていて、海水面というのが変わります。海水面が下がるとこって、やっぱりいろいろ個々の事情があるんですけど、この漸新世のころに急激に下がります。なぜ下がるかといいますと、気温が下がるからです。地球全体が気温が下がるとどうなるかといいますと、ローカルな、地域的な事情は別として、簡単に言うと、世界中の水分が氷になってしまうんです。

このころ、南極大陸ができて、でっかいでっかい大陸氷河ができます。つまり地球上の水分が氷河になって氷となって溶けなくなってしまうと、その分だけ海水面が下がるわけです。それによって、これだけ急激な変化が出てできました。これによって起こる変化がいろいろあります。

その前に、この気温の変化、海水面の変化、それから霊長類のその系統樹と時間軸を年代を合わせると、どうなっているかといいますと、簡単に言うと、この気温が下がって、海水面が下がったところに、古いタイプの化石種が全部で絶滅して、で、新しいのが出てきているというわけです。この辺の話もすると非常に面白いわけですが、きょうはちょっと端折りながら……。これが絶滅イベントといわれているものです。



先ほど言いましたように、気温が変わって海水面も下がると、それ以外に、それをもたらした要因として、大陸の移動というのがあるんですけど、最近ではプレートテクトニクスとして非常に子どもでも知っているような話なんですけど、地球上のその近く、地表の部分というのは、幾つかのプレートと言われる板みたいなもので分けられることがわかってきて、その板が、どうも何千万、何億年かけて移動してきたというのがわかってきました。

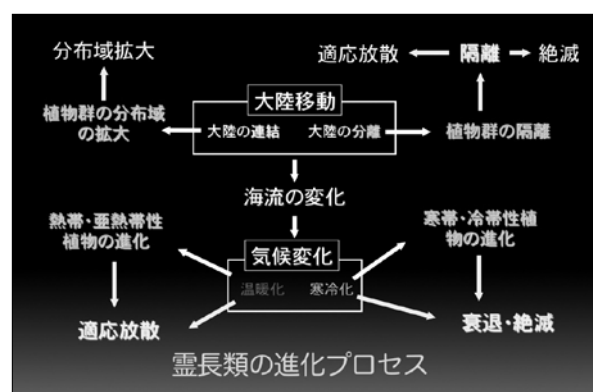
これは、大体2億年前、ジュラ紀ですね。恐竜が一番盛んだった時代の地球の大陸配置です。これ全部くっついていたので、これをパンゲアとって、超大陸と読むんですけども、これが幾つか分かれていきます。だんだん、だんだん北の大陸と南の大陸に分かれてまして、北側が北米と、あと我々のアジア、ヨーロッパはこの辺ですね。ごちゃごちゃあります。これをローラシア大陸と呼んでいます。

南側は、これをゴンドワナ大陸といいまして、南米とアフリカとインドと南極とマダガスカル、この辺がくっついている大陸です。これが、どんどん、どんどん、分裂していきまして、これは大体6500万年前って、恐竜が絶滅したころです。かなり分裂していくと。

最初のころは、1つの大きな大陸で、これは暖かかったんですが、そのくらい分裂するころも、まだ暖かかったわけです。なぜかといいますと、赤道のあたりが一番太陽に近いので暖かいというのはわかると思うんですが、暖かい海流が、どんどん、どんどんこの間を流れて行くわけです。地球をぐるぐる、ぐるぐる流れているので、地球全体が温められて、暖かかったわけです。それが、さっき言いました始新世の一番暖かかったころなんです。

この辺はテチス海と言われているんですけども、これがだんだん、だんだん、さらに、この大陸から分裂していきますと、一番大きな特徴は、大体5000万年前ぐらいから、この南の南極大陸が完全に離れてしまうんです。ほかの南米、アフリカ、オーストラリア、この辺ではがれたりします。そうすると、南極大陸だけが孤立して、南極大陸の周りだけをぐるぐる、ぐるぐる海流が流れ始めるんです。これを環南極周回流とかいうんですけども、それによって南極大陸が孤立して、どんどん寒冷化してきます。こちら側の暖かい海水が、こちらに行かずに戻っちゃうわけですね。ここだけがぐるぐる、ぐるぐる。で、南極大陸に大きな大きな大陸氷河ができて、それが大きな冷蔵庫みたいなものですね。冷凍庫ができて、その分だけ地球全体が寒くなる。で、世の中は寒くなって、海水面が下がったというふうになります。

そして、どうなるかといいますと、先ほど言いましたけども、大陸が移動することによって、大陸が連結したり、分裂したりするわけですが、それによって海水の海流が変わる。そうですね、気候が変化するわけですね。例えば、暖かい海流が流れてくると暖かくなるし、寒い海流が流れるから寒くなると。



例えば、この北海道とヨーロッパを比べると、ヨーロッパのほうがちょっと緯度が高いぐらいやと思うんですけども、あちらのほうは、メキシコ湾流というのが北米のほうから流れてきて、それが暖かいので緯度が高くていいわけです。だから、海流というのは

非常に大きいと。海流によって気候が変化して、そうすると大陸が分裂して、連結してとなると、連結すると同じような植物群が拡大して、その植物群に依存する。暖かいところの植物群に依存するのはサルですから、霊長類の分布域も拡大すると。あるいは、大陸が分離すると、植物群は隔離されますし、当然動物群も、それに依存するサルもみんな隔離されて、その結果として、うまいこといくと、それぞれの場所で適応放散するし、うまいこといかないと、そこでは絶滅してしまうとなるわけです。

一方、その温暖化が進みますと、熱帯性、亜熱帯性の植物は進化すると。すると暖かいところの植物というのは、果物とかいっぱいありますし、そういうところでは、動物が生きやすいので霊長類も適応放散して成功する。逆に言うと、寒冷化した地域では、もうマツとかスギみたいなものしかないの、気温も下がって、うまいこと生きていけないので絶滅してしまうと。こういう幾つかの要因が組み合わさって、1つだけではないですね。大陸の配置、気候、海流、それから、どれだけ隔離されたかという、そういったいろんな要素が加わることによって進化していくわけです。

これをもう少しビジュアルに解説すると、こうなるんですが、暁新世といって、最初のころは割とくっついてるのが、だんだんばらばらになっていくと。この黒くなっているところが熱帯雨林だったと考えられているところですが、それがこうばらばらになって、始新世のころはいいんですけども、その後一番寒くなったって漸新世のころは、ばらばらになって熱帯雨林の場所がなくなると。そうすると、それまでうまいこといろいろなところに、世界中にばらけて繁栄していた霊長類も、それぞれのこの北の寒いところでは、もう生きていけないし、こうって一部だけしかいなくなって、隔離されて、それぞれ別の進化の道をたどることになっていくわけですね。

というわけで、まとめるとですね、霊長類の進化って、分子生物学的には8000万年ぐらいあるんですけども、そのころから、どうもほかの哺乳類とは分かれていて、霊長類というのは、サルというのは、実は哺乳類の中で最も古い系統の1つです。だから恐竜と共存していたけれども、恐竜が絶滅したころに、ようやく繁栄することできた。被子植物、花を咲かせる植物、それから昆虫、それと一緒に共進化をしてきた。ほかの大陸移動、気候変動、こういったものが影響して我々の進化史をつくってきたんですね。

地球全体で見えていくと、いわゆる顕生代というのはオルドビス紀、カンブリア紀以降のことをいうんですけども、生物が出てきたころですね。大量絶滅イベントが何回かありまして、大体、1回、2回、3回、4回、5回ぐらいあったと言われています。5回目の

霊長類の進化とは何か

■8000万年の歴史

- 哺乳類の中で最も古い系統のひとつ
- 恐竜と共存 → 恐竜絶滅後に繁栄
- 被子植物・昆虫・霊長類の共進化

■地球環境変動の影響

- 大陸移動：隔離と連結
- 気候変動：温暖・湿潤化と寒冷・乾燥化

■環境変動に対する適応

- 地理的移動
- 形態的变化

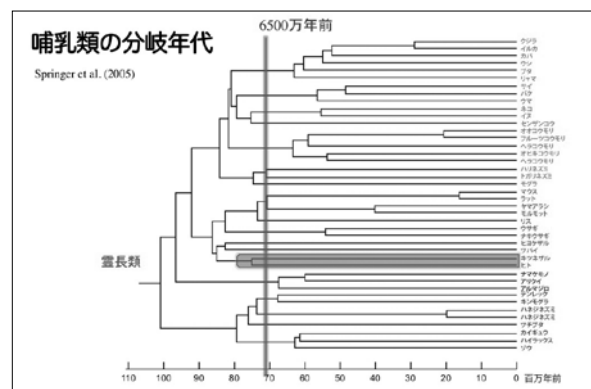
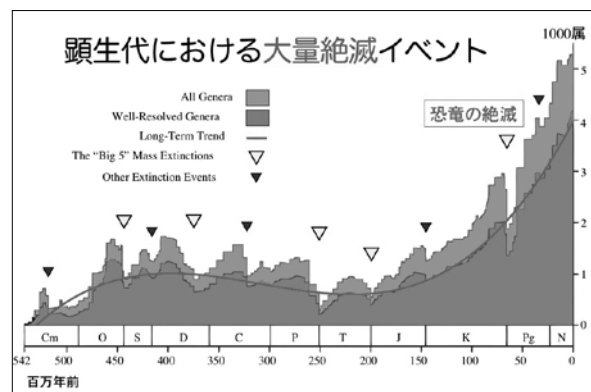
イベントが、その白亜紀と第三紀の境で、専門的にはK-Tバウンダリーとかいうんですけれども、このときに一気に、これは生物の属の種類数の推定グラフなんですけれども、ここで一気にダーンと下がるわけです。この後に生き残ることができたのが、我々霊長類だったというわけです。

先ほども言いましたように、この6500万年前の恐竜絶滅があって、その大きなイベントを乗り越えて、その適応放散したわけですけど、その前に、どうも霊長類は既に出現していただろうと、出現していたけれども、適応放散して、その後の繁栄をもたらすようになるには、幾つか厳しい試練がありまして、それをどう説明するかといっていますが、今回、きょうお話ししたところをまとめますと、体サイズが非常に小型だったことが有利だったんじゃないかと。

何が有利だといえますと、小さな環境でも体が大きいと環境が変化したときにどうにもならないんですが、体が小さいと、小さなスペースを見つけて、そこで自分が生き残るところを確保することができたとか、あるいは体が小さいと世代交代が早いので、このころの哺乳類というのは恐らく数年単位で死んでしまったじゃないかと思われるんですが、世代交代が早いので、すぐに変化することができた。

それから、樹上の新環境という、そこに適応することができたと。それから、先ほども言いましたように特殊化していない、把握能力とか目が前へ向いているというのは一種の特殊化ですけども、そんなに顕著ではないので、それしかできないという状況ではないので特殊化はしない。細かな小環境に適応した多様性があったんじゃないかと考えられています。

そろそろ話を終わりにしなければなりませんけれども、どうやってまとめるかといって、どうやってまとめようかなって考えたら、これは危機を乗り越える条件じゃないかと、現在、日本も大変な状況にあるわけですけども、我々日本というものは非常に小さくて世



K-Pイベントを乗り越えた霊長類

体サイズが小型(世代交代が早い)

樹上の新環境に適応

特殊化していない

細かな小環境に適応した多様性

危機を乗り越える条件?

交代が早いような国で、新環境へすぐに適応して、あんまり特殊化しなくて、多様化して、あっ、特殊化はちょっとしてましかね。多様性もありますので、こういう要因を持っていたら、まあここ大きな危機が来たときは日本は何とかなるんじゃないかなというわけで、何とかまとめられないかなということです。



過去は未来の鏡である

苦しいんですが、我々古生物屋が研究するときは、「過去は現在の鏡である」といって研究しているんですが、今回に限っては、もう少し変えて、「過去は未来の鏡でもある」と、過去を勉強したら、もう少し未来のこともわかるんじゃないかと、何とかなるんじゃないかというのが、私の話のまとめです。ありがとうございました。