

恐竜時代と地球環境 — その進化と絶滅 —

小 島 郁 生¹⁾

今日世間では、「恐竜ブーム」と言うことで、さきにも科学博物館で開催いたしました恐竜展も、おかげさまで大盛況のうちに終わらせていただきました。きょうはこれに関連して、恐竜の進化と絶滅について取り上げてみました。

大昔、この地球上に栄えていた恐竜について、謎といえることは幾つもあります。そのうち最も大きな謎に、恐竜は私たち哺乳類のような温血動物だったのか、それとも、トカゲやワニなど現生は虫類がそうであるように冷血動物だったのか、ということがあります。このことは恐竜の生態とも関係した大変重要なことなのです。この点について、恐竜の習性などもからめてお話ししたいと思います。もう一つの大きな謎は、言うまでもなく、恐竜はなぜ絶滅したかということです。この点について現在いろいろの説が出されております。今日は、恐竜の絶滅に関する代表的な説をいくつかご紹介した後、私自身で考えておりますことをお話ししたいと思います。

1. さまざまな恐竜たち

さて、地球の歴史45億年のうち、生物が栄えた約6億年前から現在までを、地質学の世界では古生代・中生代・新生代と呼んでおります。恐竜はそのうちの中生代の生き物で、中生代の三畳紀から白亜紀の末にかけて、つまり今から約2億5,000万年前から6,500万年前に、この地球上に存在したわけです。そのころはもちろん人類は存在しませんでしたし、哺乳類としては、鼠くらいのおおきさの、現在の哺乳類の祖先にあたるものがチョロチョロしているだけでした。そんな誰も見ていない時代のものごとができるのは、化石のおかげであります。化石は、人類史以前の遙かな過去の様子を探るための手掛かりとなる、貴重なものなのです。恐竜の栄えていた様子は、この時代の地層に含まれる化石を調べることによって、わかってきたわけです。

ひとくちに恐竜といいますが、その中には大きく分け

まして、爬虫類の竜盤目に分類されるものと、鳥盤目に分類されるものがあります。この二つのグループは、骨盤の形の違いから分類されておまして、竜盤目はトカゲ形の骨盤、鳥盤目は鳥に似た骨盤を持っているわけです。例として第1表に示しましたように、竜盤目は3つ、鳥盤目は4つに分類されています。もっとも、こういう分類も、知識の増加に伴い、最近では研究者によって少しづつ異なったものが提案されています。ここでは古典的な分類の例をあげながら、面白そうなものから順に説明していきたいと思います。

(1) 竜盤目獣脚類

これは、二本足で歩く肉食のけもの竜の仲間で、科学博物館の中央ホールに骨格標本が展示してあるタルボサウルスや、有名なティラノサウルスが代表的なものです。

さて、ティラノサウルスの骨格標本をみて奇妙に思われることに、その前足があげられます。二本の前足にはそれぞれ指が二本づつしかなく、しかも恐竜の体や丈夫そうな足とは不釣り合いほどに短いのです。ではこの二本の前足は、いったい何に使われたのでしょうか？ これじゃあまりに小さすぎて、例えば、顎が痒いときに掻いたり、つま楊子の代わりに使ったりもできそうにありません。このことについて研究者のあいだでは、二通りの考え方がなされておりますが、より信じられている説は、起き上がるときに体のバランスをとるのに使うとい

第1表 竜盤目と鳥盤目の大分類の例 (Colbert, 1955による)

竜盤目	Saurischia
古足亜目	Palaeopoda
竜脚亜目	Sauropoda
獣脚亜目	Theropoda
鳥盤目	Ornithischia
鳥脚亜目	Ornithopoda
剣竜亜目	Stegosauria
曲竜亜目	Ankylosauria
角竜亜目	Ceratopsia

1) 国立科学博物館地学研究部:

〒169 東京都新宿区百人町3-23-1

うものです。化石が出ておりますので、ティラノサウルスが腹ばいになって寝ていたらしいということはかなりの確からしきでわかっておりますが、起き上がるときに体がずれないように、地面に突き刺すのに使ったというのです。

一般にティラノサウルスは、暴君竜、あばれんぼうの恐竜と言われていました。その身体つきを見ても、歯は鋭く、太い尾や丈夫な後足も立派そうです。しかしこうした物が獲物と戦うのに本当に役立ったのか、疑問に思う人がおります。最近では、弱った動物を襲ったり、死体を見つけて食べていたという説が出されています。ティラノサウルス、タルボサウルスなどは目や鼻、耳などの出来は良かったようですから、遠くにある餌になりそうな物を見つけるのは得意であったと考えられるわけです。

また、ティラノサウルスはしばしば尾を地面につけて身体を支えるように想像図に描かれるのですが、歩いた跡の化石には尾を引きずった形跡のあるものはごく少なく、むしろ尾をピンとのぼして走っていたようです。

けもの竜の頭骨を並べてみると、ケラトサウルスに見られるように、顎の関節が蛇のように外れ易くなっているという、構造上の共通点があることがわかります。ところがこうした構造は、ティラノサウルスにだけは認められません。こうした訳で、ティラノサウルスの先祖がどんな恐竜だったのかは、謎となっています。

さて、恐竜の頭骨が大変保存のいい状態で出てくると、脳の「鋳型」が残っていることがあります。またレプリカをとって、脳のつくりや大きさなどを研究することができます。たとえば、けもの竜(写真1)のアロサウルスについては、アメリカのマドセンという学者によって研究が進められました。脳の大きさがわかると、こんどは恐竜の身体の大きさと脳の大きさの比がわかります。各種の恐竜についてこうしたことを調べるうちに、恐竜の仲間の中に、明らかに現生鳥類と同程度の比率の大きな脳をもつものが見つかってきました。大部分の恐竜は、

現生は虫類と同程度なのですが、サウロロニトイデスなどは、こうした点からみると鳥類と同等なレベルに達していたと思われる。

(2) 竜盤目竜脚類

次に、竜盤目竜脚類(雷竜)のプロントサウルスや、その仲間のカマラサウルスなどの四本足の大型恐竜についてお話いたします。

この仲間の恐竜は、大きな身体に比べ頭が極端に小さく、口も小さいので、常に口を動かして植物を食べていないと、あの大きな体を保つことはできなかったでしょう。

雷鳥のなかまの化石からは、杭のような形の歯またはへら状の歯が見つかっています。こうした歯は、雷竜がけもの竜と違って草食であったことを示しています。さらに、現在の鳥がそうであるように胃石を使って食べた物を砕いていたようです。丸のみにした物を、強力な胃壁と胃石を使って砕いていたらしいのです。その証拠となる胃石の化石が、しばしば見つかっております。

さて、このような大型の雷竜は、どのような格好をしていたのでしょうか？ 雷竜の復元骨格としては、現在は足が身体の下にまっすぐ伸びたのが正しいとされています。かつては、爬虫類という先入観から、川を張ったようにも復元されましたが、これでは水の中でしか体重を支えられないということになり、化石からわかっている雷竜の生態とは、まったく合わないのです。大型の雷竜は、現在の哺乳類と比較すれば象に似ているとも言えます。雷竜の足のつくりには確かに象に似た部分があり、足の関節を曲げずに歩いたり走ったりしていたと考えられています。こうした点は、サイのような曲げられる足関節を持ち、運動能力もすぐれていた角竜などとは、かなり違ったことといえます。

またこの仲間では、背骨の上にあるきょく突起が、大きく高く立派に発達する特徴があります。この特徴は、尻尾から腰、背中を通るからだの後ろ側に、丈夫なじん帯や筋肉が分厚くついていたことを示しています。そしてプロントサウルスの仲間の多くは、尻尾と二本の後ろ

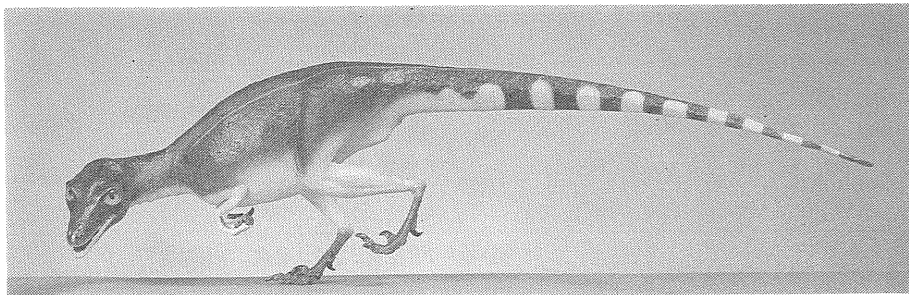


写真1

最近、分類上の位置が明確となった肉食恐竜トロエドンの生体復元模型。獣脚類の例。(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)

足で体重を支えて、上体を高く持ち上げる姿勢もとれたのではないかと考えられています。こうした恐竜の姿勢は、アメリカの恐竜学者のバックアの1978年の提唱によるものです(Bakker, 1978)。バックアはさらに、雷竜の仲間の頭骨のてっぺんに近いところにある鼻の穴についても、1986年におもしろい意見を出しています(Bakker, 1986)。雷竜と比較される象もやはり額のところに鼻の穴が開いているので、例えばディプロドクスは象のような長い鼻を持っていたかもしれないということです。象の鼻のような軟組織は、化石として残りにくいので、こうしたことがなかったとは言い切れないわけです。これとは別に、水の中に入ったときに、鯨と同じように潮を吹いたかもしれないという想像もなされています。

(3) 竜盤目古足類

三疊紀に栄えた祖先形の竜盤類で、肉食動物の古竜盤類の仲間や、草食動物のプラテオサウルス類などが含まれます。

(4) 鳥盤目剣竜類

次に、ステゴサウルスをはじめとする剣竜についてお話しします。ステゴサウルスは頭も小さく、したがって脳も非常に小さく、長らく馬鹿な恐竜と考えられてきました。しかし最近では、必ずしもそうではないと考えられるようになってきました。こうした恐竜では、脊髄の肩や腰のところに、神経がかたまったりかなり大きな膨らみがあるのです。鶏も実はこれに類したものを持っており、そのため首を切って殺しても足でトコトコ歩いている、なんてことになります。脳ではなく、こうした神経節がその近くの運動神経を支配し、刺激に対する反射をつかさどっているからです。したがって、剣竜でも同じようなことが考えられるわけです。よく漫画にあるように、尻尾をかみつかれた痛みが何分もかかって脳に伝わって、おもむろに反応するというわけではなかったと考えられるのです。

ステゴサウルスの背中の上には五角形の板がたくさんついております。この板は、厚い皮膚の中に板状の骨質の核を包んだ角質のさやがちゃんと入っており、背中の筋肉でしっかりと支えられておりました。ですから、真横まで来たかどうかはわかりませんが、かなり動かした模様です。この板については、ラヂエーターの役目をしていたという説がありますが、詳しいことはまだよくわかっておりません。

ステゴサウルスの腰のところからその前後にかけては、雷竜の場合と同じく、よく発達したきょく突起がついており、じん帯や筋肉が分厚く発達していた模様です。この強力な筋肉に支えられ、ステゴサウルスは、腰をてことして上体を高く起こすことができたと考えられ

ます。骨の様子を詳しく調べますと、例えば前足でも骨の上の粗面が発達していて、筋肉が大量につくようになっています。そこで筋肉の復元図では、三角筋・三頭筋が相当に発達していたように描かれることが多いのです。筋肉の発達は、回転したり、前方へ突進したりする動きをするのに好都合であり、剣竜の仲間は大変運動能力が優れていたと想像されます。

(5) 鳥盤目鎧竜類

鎧竜は、現在の爬虫類でいいますと亀に例えられます。身体の上に分厚い鎧を発達させた、防御一点張りの草食恐竜の仲間でした。曲竜類ともよべれます。

(6) 鳥盤目鳥脚類

鳥脚類は鳥竜とも言われ、二本足あるいは四本足で立つ草食の恐竜で、ながらく泳ぎの得意な、水辺に住む恐竜と思われてきました。代表的なものに、カモノハシ恐竜と呼ばれる、恐竜のグループがあります。カモノハシ恐竜という名前ですが、これは英名の duck-billed dinosaurs を訳したものです。研究者によっては、カモノハシ恐竜とかあるいはあひるのくちばし恐竜とも申しますが、同じものです。カモノハシ恐竜には、名前のいわれともなっている伸びた平らなくちばしがあって、このくちばしの前の方には、歯がありません。この構造は、水中の泥などをすくって食べるには大変都合が良さそうなので、そのようにしていたと考えられていました。

ところが、現在ドイツのセンケンベルグの博物館にあるカモノハシ恐竜のミイラの標本の胃から、陸上植物の葉とか球果とかが大量に出てまいりました。こうした食性は、陸上の植物を食べていた陸生の恐竜だったことを示します。カモノハシ恐竜の骨格は、野牛に似てカーブした背骨を持つと考えられます。生きていたときは野牛と同じように、下を向いて地面にはえているものを食べたことが多かったのではないかと想像されます。カモノハシ恐竜のくちばしの前の方には、確かに歯はありませんが、両側には多数の歯がはえており、最も多いものでは上下あわせて2,000本に達しています。みつかった食べ物にもとずいて陸生と考えると、この恐竜が持つ多数の歯を積極的に使っていたのではないかと考えられる訳です。歯と、そしておそらくよく発達していたであろう頬を使って、側面からこぼすことなく上手に噛んで食べていただろうと想像されます。

水辺にいたと想像されてきたことから、カモノハシ恐竜の手足には水掻きがあると考えられてきました。ところがこれも最近の研究では怪しくなってきました。バックアは同じ標本を検討した上で、本来は犬や猫の足の裏にある肉のパッドのようなもので、ミイラ化石になるにもなると縮んでひきつり、水掻きのように見えたので

はないかと考えました。実際カモノハシ恐竜の足の指は短く、あまり開けそうになく、少くとも泳ぎの達人と考えるにはかなり無理がありそうです。現在の水辺に住む爬虫類であるワニと比較してみますと、ワニでは、伸びた背骨からきょく突起がまっすぐ発達し、上からみると脊椎骨の横突起も長く、泳ぎを支える力強い尾をつくっています。ところがカモノハシ恐竜では、きょく突起は斜めについており、横突起も短く、ワニのように力強い尾ではなかったと考えられます。こうした尾ではよく泳げたとは考えられないというのが、バッカーの意見です。

カモノハシ恐竜の仲間では、頭の原型はイグアノドンのようなものですが、後にはヘルメットのようにおでこがでてくるものや、パラサウロロフスのようにとさかのような物が非常に発達した、変わった形の頭をもつようになった種類が出てきます。これには大きく言うと、とさかのように発達した部分に鼻の穴が伸びているものとうそではないものの2つのタイプがあります。



写真2 草食恐竜マイアサウラが巣の中の子たちに餌を与えている様子の復元骨格。(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)



写真3 孵化する鳥脚類マイアサウラの生体復元模型。(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)

上野の科学博物館で行われた大恐竜展にきたマイアサウラも、カモノハシ恐竜の仲間です(写真2)。この骨格標本は、現在科学博物館の中央ホールに、タルボサウルスと並べて展示してあります。マイアサウラの生態における著しい特徴は、巣をつくって子育てをしていたこと、さらに、その巣が互いに親の身体の大きさだけ離れていたということにあります。恐竜が営巣する鳥類と大変よく似た点を新たに見いだしたという意味で、マイアサウラの発見と研究は重要といえます。初めて報ぜられたのは1979年のことでした(Horner & Makela, 1979)。

さて、マイアサウラの巣の中からは、卵の化石や子ども恐竜の遺骸も、やはりたくさん見つかっております。これを調べて、マイアサウラの卵の中での発生の様子と、孵化(写真3)したあとの成長を復元してまとめることがなされました。マイアサウラの子どもは、まるっこいちばしをもっていてまだカモノハシ恐竜的な特徴がでないことと、尾をピンと伸ばしたように復元されていることに注意してください。ロッキー山地でこの恐竜を研究しているホーナーは、マイアサウラにおいても腰から尻尾にかけての靭帯や筋肉は非常に発達しており、走っているときだけでなく、遊んだり歩いたりしているときも尻尾をあげていたと考えているようです。マイアサウラの大腿骨は成長するにつれてずいぶん大きくなるので、骨の成長のスピードは大変大きかったと考

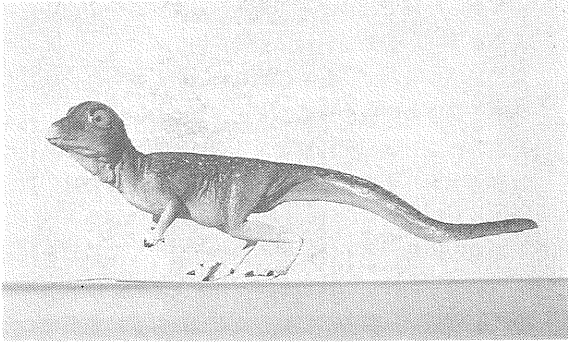


写真4 鳥脚類オロドロメウスの子ども生体復元模型。
(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)

られています。大恐竜展の時にマイアサウラと一緒にきた恐竜に、オロドロメウスという鳥脚類の仲間がおりました。オロドロメウスの子供(写真4)はマイアサウラと違って、孵化するとすぐ巢の外に出て遊んでいたようです。こうした様子も、営巣地の化石からわかっています。以上の事情は、1988年にホーナーとゴーマンによりまとめて単行本として出版されました(Horner & Gorman, 1988)。

さて、図鑑を初めとする恐竜の復元図は最近ではカラーで描かれることが多いのですが、本当の皮膚の色は残念ながらわかりません。皮膚の化石は出ているのですが、それには色は残っておりません。恐竜時代の植物の化石から、当時の森林や草原の様子を想像し、あるいは恐竜の化石から、動物の習性を推定し、それにあったような感じの色を塗り、模様を画いているのです。もちろん、現生の動物たちの色や模様を参考にいたします。

マイアサウラやオロドロメウスについては、卵の化石

から発生の様子がわかっております。ホーナーたちは、オロドロメウスの巣の中になんか見つかった卵の化石をCTスキャン(断層撮影)して、発生の途中の子供の骨が入っている状態を、初めて明らかにしました。関節が全くはずれないで確実につながった孵化直前の子供の化石は、たった一個しか見つかっていませんが、恐竜の色とは違って、実際のデータから恐竜の発生の様子を明らかにすることができたわけです(写真5)。

初めに述べました恐竜の2大分類の竜盤目・鳥盤目というのは、恐竜の腰の骨の形にもとづく命名です。竜盤目では現在の爬虫類と同じように、座骨・恥骨・腸骨がそれぞれ三方向を向き、このうち恥骨は前を向いたかたみに組み合っています。ところが鳥盤目では、恥骨が腸骨とほぼ平行に向いた、鳥の骨盤に似た配列をしています。こうした鳥盤目の骨の配列は、お腹の中で内臓がより多くの容積を占めるのに都合が良くなっています。こうした長い腸をもった鳥盤目の恐竜はみな植物食であったようです。恐竜時代のうち特に三畳紀とジュラ紀には、被子植物はまだ出現していなかったため、現在使っている意味での草が当時もあったのかは大変疑問であるため、研究者によっては草食といわず植物食という言い方をします。ただ、一般には生態上の用語としては、肉食に対して草食という言い方は、差しつかえないのではないかと思います。

(7) 鳥盤目角竜類

このグループの恐竜は、大きな角を発達させました。その代表はなんと言ってもトリケラトプスでしょう。

トリケラトプスの骨格としては、ニューヨーク自然史博物館のものがしばしば引用されます。この標本は、やはり爬虫類であることを強く念頭においたため、肘を横に張った格好に復元されています。しかし最近では、肘を

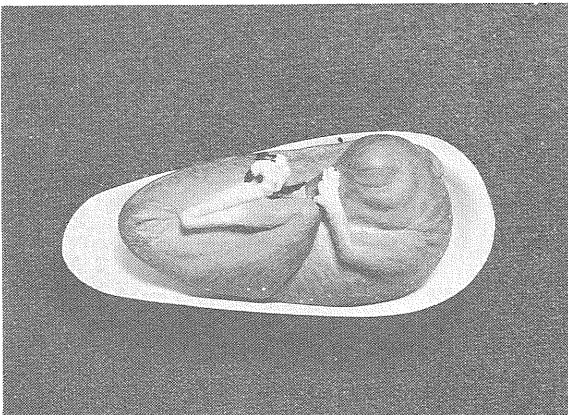


写真5 鳥脚類オロドロメウスの孵化直前の生体復元模型。
(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)



写真6 角竜類トリケラトプスの生体復元動刻模型。
(モンタナ州立大学ロッキーズ博物館)

はず四肢が胴体からまっすぐ下に伸びた形が正しいと考えられるようになりました(写真6)。現在爬虫類でも、トカゲは肘の張り方が大きいですが、ワニになるとその程度が少なくなるというように、ある程度変化があります。哺乳類の、よくトリケラトプスにたとえられるサイでは、足は胴体から下へまっすぐにのびています。角竜でも、特に前足では多少は肘を張ることがあっただろうと思いますが、化石で残っている足跡は肘をはった状態での歩き跡とは合いません。やはり現在のサイのように、まっすぐ伸びた足で歩いておったと考えるほうが正しいと思われまます。

これをもう少し細かくみるために、ワニ・トカゲのなかまの関節の構造と比較してみたいと思います。トリケラトプスとかカスモサウルスといった角竜の間では、肩の関節のソケットのところへ前足の骨がまっすぐ入ったときに、中にうまく納まるようになっていきます。ところがワニやトカゲでは、こうはなっておりません。昔は恐竜は爬虫類であるという先入観にとらわれ、こうした細かな骨格の特徴を考えることなく、ワニやトカゲにあわせた間違いの復元をしてしまっていたわけです。

角竜のなかまとサイとのあいだで、足首・下腿骨・大腿骨同士の比較をしてみます。すると、角竜の間では、サイと比べて遜色のないがっしりした体つきをしていたことがわかります。また象と比較してみましても、がっしりすると同時にむしろ機能的で、運動能力の上では角竜の方が優っていたのではないかと考えられます。トリケラトプスの間々の骨格標本に筋肉をつけて考えてみますと、脛骨稜というものが発達して大量の筋肉がつくようになっていきます。ふくらはぎの筋肉だけでなく、膝を伸ばす筋肉も発達していたようです。他方、獣脚類の長く伸びた腸骨には一面べったりと筋肉が付きまます。こうして復元してみた足の様子は、草食の角竜類でも肉食の獣脚類に勝るとも劣らず、運動能力は大変大きかったと推定されます。

2. 恐竜の進化—冷血か温血か？

こうした多種多様な恐竜たちを、地域と生息時代べつにまとめる試みがなされています。アメリカのバックーは、ジュラ紀の恐竜産地であるコモト、白亜紀の恐竜産地のユタ州で、それぞれまとまって出てくる恐竜を調べました(Bakker, 1986)。ジュラ紀後期と言うのは、恐竜たちが大型化した時代ですが、同時に、背の大変高い針葉樹が出現した時代でもありました。大型の恐竜—雷竜の間やステゴサウルスたちはそれを餌にしており、食べるために木を支えに伸び上がるようなことをしたもの

が多かったのではないかと考えられます。一方白亜紀に入りますと、背の低い被子植物が出てきました。この時代の植物を食べていた恐竜たちは、低いところの物を食べる下向きの姿勢をとることが多かったのではないかと想像されるわけです。事実、大型の雷竜は、この時代には衰えております。恐竜時代の復元に当たっては、最近はこちらの点も考慮されるようになってきています。

恐竜を理解する上で、この動物が現生の爬虫類と同じように冷血動物だったのか、それとも鳥類や哺乳類のように温血型だったのかということは、非常に重要なことであります。

この問題を解く手がかりは、骨の構造に見いだされます。ディメトロドンやエダフォサウルスなど、恐竜時代より古い時代に当たる古生代ペルム紀終わり頃の大型の爬虫類では、骨の中の血管を通っていた跡(ハバース管)が疎らで、年輪状の成長の粗密が認められます。一方恐竜では、ハバース管が密であり、化石骨自体にも平行な層状組織が発達せず、コラーゲン繊維の状態を検出してみると、網状のしっかりした構造を持っております。こうした骨の構造は、古生代、あるいは現生の爬虫類とはまったく異なっており、むしろ鳥類や哺乳類と似ていると言はざるをえません。たとえばこうした事実から、恐竜が混血型であったとする説が出されているわけです。

さて、かりに恐竜が温血型であったとすると、食べる量の問題が出てきます。温血動物の体重50kgの犬は一年間に約500kgの餌を食べますが、かりに同じ大きさのトカゲがいたとしますと、その食べる量は50kgですみます。温血であることで、これだけエネルギーを必要とするわけです。バックーは、いろいろな産地から出た化石骨から、草食恐竜と肉食恐竜の割合を求めました(Bakker, 1975)。これを餌動物と捕食者の割合として仮定すると、捕食者が餌動物の1ないし3%前後ということになります。この関係は、哺乳類における肉食獣と草食獣の割合の関係と大変よく似ております。さらに、骨の構造の類似、そして、足の骨のつくりから推定される運動能力も、恐竜と哺乳類とでは大変よく似かよっています。こうした証拠は、恐竜が温血型であったと考える研究者にとっては有利な証拠と言えるわけです。恐竜の温血論者の中には、蛇・トカゲ・ワニ・亀は冷血のまま中生代から今日まで続く一方、哺乳類・哺乳類型爬虫類を一括し、恐竜・テコドントの間そして翼竜を一括し、それぞれ温血であったという系統樹を提唱する人もおります。

一方、恐竜の身体の大きさから、事実上体温が一定に保たれていたと考える研究者もおります。小型のトカゲは、外気温の変化そのままに体温が上下しますが、もう

少し大きいワニでは体温の変動は小さくなります。大部分の恐竜はワニより遙かに大きく、したがって大型の恐竜では、エネルギー代謝の上では冷血型であったとしても、大きさが効いて体温が一定であった(慣性による恒温)とも考えられるわけです。それでも、小型の肉食恐竜や草食恐竜の一部は温血であったと考える研究者が、最近が増えてまいりました。

3. 恐竜時代の地球環境

恐竜時代に入った三畳紀には、北方のローラシアと南方の Gondwana 両大陸の東部が、東西に延びたテチス海で分けられていました。大陸の内部には砂漠が広がり乾燥気候の卓越することが多いようでした。裸子植物の種子は裸でしたが、胚乳をもつので乾いたところに落ちて雨で土が湿ると芽を出すことができました。こういう環境では両生類よりも爬虫類の方が有利で、恐竜が出現したのでしょうか。

ジュラ紀に入ると、古生代終わりにできていた高い山脈が磨滅し、陸地の大部分は低地で沼沢をつくり、暖かく湿気が多い川辺に植物が繁茂していました。中期には、グリーンランド・スピッツベルゲン・南極などを含めて、石炭のもとになる植物が茂っていたのです。中期から後期にかけて、高緯度でさえも温暖な気候で特徴づけられ、北米の大部分と欧州南部は亜熱帯的気候でした。サンゴなどは現在のサンゴ類の仲間がいる北限からほぼ 3,200km も北に産出し、末期にはイギリスのヨークシャーまでサンゴの産出が知られています。

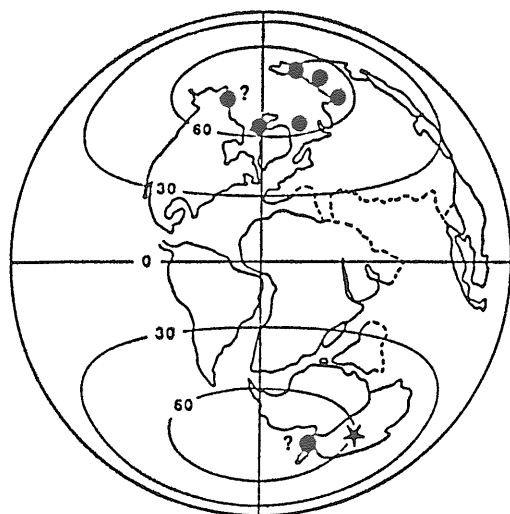
白亜紀には海が侵入して、低い陸地は海面下に没したため、北方のローラシア大陸は、東アジアと北米西部にまたがる部分と、欧州と北米東部にまたがる部分に分かれました。南方の Gondwana 大陸は、ばらばらに分かれて遠く離れていきました。植物化石の証拠からみると、地球上に気候帯ができていたばかりでなく、四季の変化が生じるようになっていました。前期には、当時の赤道をはさんで南北両半球で高温乾燥気候を示す植物群があり、両極を囲んだ内陸地域では温暖湿潤の植物群が知られています。後期には、高緯度の所でさえ、今日では暖帯や亜熱帯地域に限られている属の陸上植物が化石として産出しているのです。被子植物が著しくなりました。これは実(子房)で種(胚珠)を保護しますが、種子の成熟と落葉は冬の寒さや日照りなど季節的できびしい気候に対する適応です。

恐竜時代には空を飛ぶ翼竜が栄えました。これは当時の大気 conditions が、翼竜のような暮しを許したということでしょう。プテラノドンやニクトサウルスなど翼竜の空

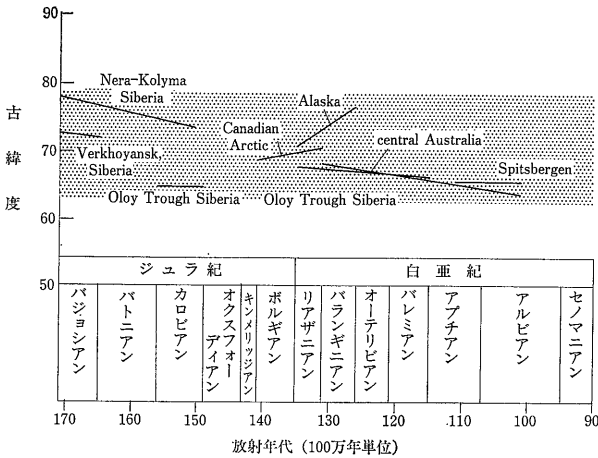
気力学の結果によりますと、彼等は最もすぐれたグライダーのように飛べたのですが、飛行できる速度の幅がせまかったようです。大気が穏やかで、現代ほど風速にばらつきがなかったのでしょう。プテラノドンは時速わずか 24km で空を舞うことができたというのです。かなり高緯度の地方まで、滑空に理想的な微風が吹いていたのでしょうか。

恐竜時代の気候条件は、当時の大陸の配置や山脈の有無、海流の状態などからも復元されます。この時代には、世界の屋根といわれるヒマラヤ山脈がまだできていないので、陸地が平坦か、500~1,000m 級の低い山岳であったと仮定した気象学者の議論では、現在のアジアモンスーンは姿を消すか、北緯 10°か 15°までしかモンスーンは北上できないとのこと。また太平洋西半分の台風発生数は現在年間 25 個ですが、大西洋のハリケーンなりに年間 9 個ほどに少なくなるでしょう。冬の北西季節風も南方の北東季節風も姿を消します。ジェットと呼ばれるほどの強い東風は吹かず、中央アジアの砂漠気候もできないようです。以上が最近までの知識でした。

ところが、フレイクスとフランシスは、かなりジョッキングな論文を 1988 年に提出しています (Frakes & Francis, 1988)。オーストラリア中央部の白亜紀前期の泥岩は、特大の外來性の岩塊を含んでおり、これは氷山による漂流運搬によってもたらされたのだというのです。高緯度の氷が存在したということ。ジュラ紀中期から白亜紀中期には、同様な起源の地層が、古緯度 65°と 78°の間に位置した他の大陸からも報告されました



第1図 白亜紀初期の氷山による漂流運搬堆積物の分布 (Frakes & Francis, 1988 より)。



第2図 ジュラ紀・白亜紀における氷山による漂流運搬堆積物の分布 (Frakes & Francis, 1988 より). 各地域について、地質時代と古緯度に関する不確実性があるので、その幅を、線の長さで表現してある。点々で示した範囲 (65°-78°) 内にすべてのデータが収まっている。

(第2図)。たとえば、カムチャッカと西シベリアの間、カナダ北極圏、スピッツベルゲン、アラスカ、ニュージーランドなどです。北半球でも南半球でも、少なくとも季節的に特に高地にはおそらく氷河がありました。

オーストラリアからは、氷河域の特徴である表面構造をもった石英砂粒やグレンドナイト (低温高圧下で安定の方解石仮像) が見つかりました。いっぽう、北半球でも、ケムバーが1987年に著した論文によると、グレンドナイトを含む海成層が白亜紀前期の2層準で確認されているのです (Kemper, 1987)。下部サクソン盆地では、テチス動物群を含む堆積物と北極海動物群を含む堆積物が交互していました。暖流堆積物は炭酸塩を多量に含み、大部分が淡色で多様な動物群で特徴づけられる海進時の産物です。寒冷堆積物のほうは、暗色で炭酸塩のない粘土で表され、微化石動物群の多様性のない海退時産物でした。

かつては、白亜紀には地球上の多くの場所に熱帯ないし温帯の水がゆきわたり、極に氷はなかったといわれました (Kauffman, 1979)。ところが、前述のように、定説が崩れてしまったのです。そこへもってきて、さらにショッキングな報告があり前後してもたらされています。たとえば、ブラウワーズらが1987年に報じたところでは、白亜紀の終り頃、アラスカの北極側の三角州的環境に草本質植物が繁茂していて、そこにはラムベオサウルス類のカモノハシ恐竜に代表される草食恐竜、ティラノサウルス類やトロエドン類などという肉食恐竜が住んでいました (Browsers et al., 1987)。高地の植物群落は温暖から寒冷にわたる森林で、広葉樹と針葉樹から成っていまし

た。草食恐竜ハドロサウルス類の子どもとおとなが共存していたので、彼らは1年中高緯度に留まっていたように思われます。そうだとすると、この恐竜たちは内温性つまり温血動物であった可能性が充分あるというわけです。

北極域と似たような事情は白亜紀の南極域からも明らかにされました。リッチら7名が1988年に論文を書いています (Rich et al., 1988)。今日のオーストラリア南東海岸に沿った部分は、白亜紀のうち約1億5000万年前から1億3000万年前までの間南極の緯度でしたが、そこには多様な陸生動物がいたということです。続成作用でできる方解石中の酸素同位体比は、年平均温度が5℃以下、南洋スギ、マキ、ナギ、イチョウ類の材に残された年輪は季節性を示していました。寒冷で非熱帯性の気候だったので。脊椎動物、無脊椎動物、植物など150以上の種類が知られましたが、その中に恐竜がいました。鳥脚類のヒブシロフォドン科の3属5種は、すべてその土地だけにいる固有種でした (第3図)。獣脚類

は3種ありました。肉食恐竜アロサウルスと迷歯類らしい両生類も産出していますが、これらは他の場所で前者はジュラ紀末に、後者は三疊紀末に絶滅しているので、隔離というような条件が、オーストラリアで生き延びた要因のようです。

上記の恐竜たちは、リッチとリッチの共著で1989年に記載されました (Rich & Rich, 1989)。当時の南緯70°~85°と推定される地域 (古地磁気の研究から判明) に卓越した恐竜は小型から中型の種類でした。生物相が遺存種を含み局地的なものだという特徴を併せ考えますと、これらは他所との地理的相違というよりは、むしろ緯度相応の気候のために南極が隔離された安全地帯だったからだろうといわれます。

恐竜たちはやはり相当な長期にわたって高緯度地方に住むことのできた温血動物であったのでしょ。

4. 恐竜はなぜ絶滅したか？

最後に恐竜を巡る最大の謎—なぜ彼らは滅んだのかについて、お話します。恐竜は確かに、地質時代の中生代白亜紀と新生代第三紀の境界 (C/T境界) で滅んでおります。そしてこの境界では、恐竜だけではなく、魚竜・首長竜・翼竜も滅びました。一方、蛇・トカゲ・ワニ・亀などの祖先に当たる爬虫類は、滅んだものもおりますがかなりの割合で残りました。つまり、全ての爬虫類が滅んだわけではないのです。爬虫類だけでなくこの時代の哺乳類や頭足類についても、似たようなことがありま

種類	西 オトウエイ盆地										東 ジブスランド盆地				
	Casterton	Dinosaur Cove West	Dinosaur Cove East	Slippery Rock	Knowledge Creek	Eric the Red	Point Franklin	Point Lewis	Marengo	Cumberland River	Punch Bowl	Kilconda	Eagles Nest	Cape Paterson	Koonwarra
Dinosaur indet.		●	●	●		●	●	●	●	●		●			
<i>Fulgurotherium australe</i>			●									●	●		
Victorian hypsilophodont A		●	●	●											
Victorian hypsilophodont B		●	●	●				●							
Victorian hypsilophodont C			●	●											
Victorian hypsilophodont D													●		
Theropoda								?	●						
<i>Allosaurus</i> sp.													●		
Dinosaur footprint					●										
Testudines		●	●	●									●		●
<i>Chelycarapookus arcuatus</i>	●														
Plesiosaur		●		●						●			?		
?Lepidosaur													●		
Pterosaur			●	?											
Aves														●	
Labyrinthodont										●					
Pisces				●											
Ceratodontidae				●											
<i>Ceratodus avus</i>													●		●
<i>Ceratodus nargun</i>								●							
<i>Ceratodus</i> sp.														●	
<i>Coccolepis woodwardi</i>														●	
<i>Wadeichthys oxyops</i>														●	
<i>Koonwarria manilfrons</i>														●	
<i>Leptolepis koonwarri</i>														●	
花粉による時代判定	-	L. Ap. - E. Al	-	-	-	L. Ap. - E. Al.	-	-	-	B. - V. - B.	-	-	B. - Ap.	-	-

第3図 南東オーストラリアの Otway 層群および Strzelecki 層群の脊椎動物化石リスト (Rich et al. 1988より).

L. AP: アプティアン後期 (1億1400万年前)

E. AI: アルビアン前期 (1億1000万年前)

B. -AP: バレミアンからアプティアン (1億2500万年前-1億1300万年前).

V. -B: バランギニアンからバレミアン (1億3800万年前-1億2500万年前).

す。頭足類の中で有名なアンモナイトは、恐竜と同じように白亜紀の終わりに絶滅していますが、ペレムナイトの仲間の一部は第三紀まで生き延びています。魚類や哺乳類について調べてみても同様です。つまり、白亜紀末期を境にして、いろいろな動物で、それまで栄えていた種類が減っており、内容が大きく変わっている、しかし根だやしになった訳ではない、ということです。恐竜の絶滅も、こうした他の動物たちに起きたのと一連の変化だと理解する必要があります。けっして、恐竜の身体だけが、中生代の終わりにむけておかしくなっていたわ

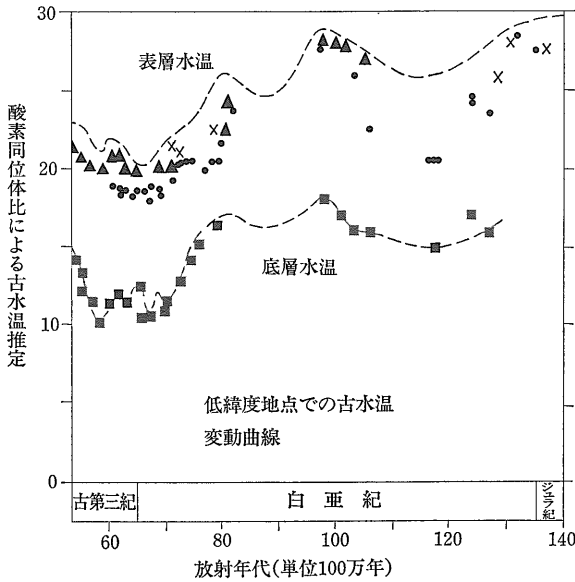
けではないのです。

恐竜だけではなく他の動物をも巻き込んだ絶滅の共通原因は、言うまでもなく、大規模な環境の変化にあると考えられます。植物化石などにもとづき、白亜紀末から第三紀にかけて気温が下がって行ったらしいことが、以前から言われておりました。有孔虫殻の酸素同位体比から計算された古水温の低下も明らかです(第4図)。恐竜と同じ運命をたどったアンモナイトを例にとって進化の経路を追ってみますと、白亜紀後半から末期にかけて属の数がだんだん減ってきて、最後に絶滅していることがわかります(第5図)。注目されることは、この間にいくつかの著しい海退期があることです。こうした様子を古生物学者は、アンモナイトは海進期には分布を広げたが、海退期に陸地が広がるにつれて浅いところにいる種属が死に絶えるということを繰り返しつつ、徐々に属の数を減らして行き、白亜紀末期の大海退にはとうとう適応できずに絶滅してしまったと解釈しています(第6図)。

こうした漸減的な見方と異なって、恐竜は大隕石の落下によって死に絶えたという説が、近年取り沙汰されております。この隕石説は、イタリアのグビオというところで白亜紀から第三紀へと続く地層の微量元素分析を行ったところ、C/T境界の粘土層からイリジウムの濃集が見いだされたことに始まります。このようなイリジウムの濃集は、その後、世界各国の陸上や、深海掘削試料からも、ぞくぞく見つかることとなります。日本でも、山形大学の研究者が北海道東部のC/T境界に赤色粘土層を見つけ、イリジウムは検出されなかったものの、衝撃石英が含まれることを見いだしま

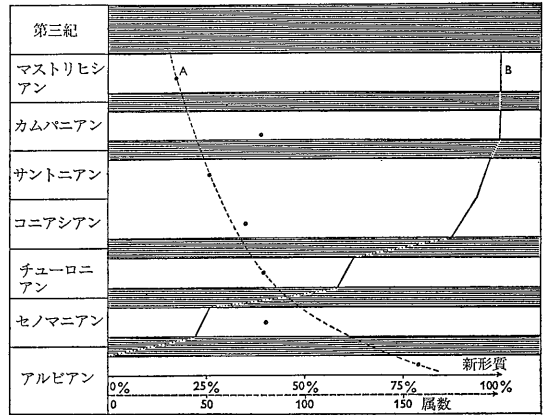
した。こうした世界的現象は、白亜紀の終わりに大きな隕石が地球上に落下し、当時の地球に、物理的のみならず生態的にも大きな影響をおよぼしたことを強く示唆するというわけです。

イリジウム濃集という証拠と共に、この説は世に界広がって行き、猛烈な賛否両論を巻き起こしました。こうした時期にシカゴ大学のラウプとシエプコフスキーは、現在から古生代のペルム紀までの間での、海生生物の絶滅を科・属のレベルで調べ、この間に数回の大絶滅が周期的に起こっていることを見だし、1984年に発表しま



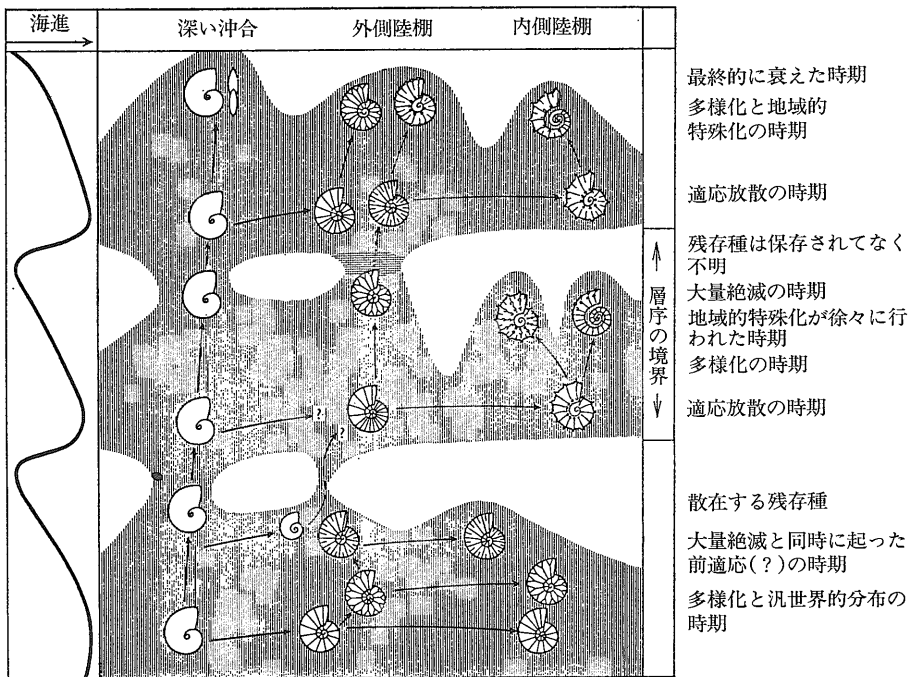
第4図 白亜紀古水温変動曲線の例。赤道太平洋の DSDP 掘削点より得られた石灰質化石の酸素同位体分析に基づく推定 (Douglas & Woodruff, 1981 に基づく)。

した (Raup & Sepkoski, 1984)。地質時代としては、中新世中ごろ、始新世終わりごろ、そして白亜紀末期などに、いろいろな種類の生物がいっせいに絶滅することが起こっているというのです (第8図)。この事実が伝わると、こんどは天体物理学者がこの問題に関心を持

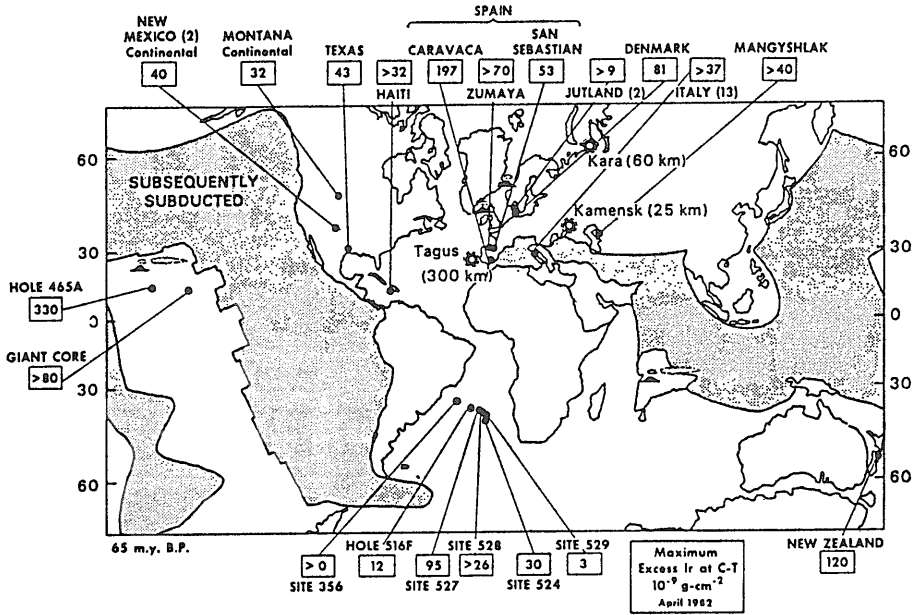


第5図 白亜紀後期にアンモナイト属数 (A) が漸次減少。新形質 (B) の出現度と、海退現象 (横線部) との関係を示す (Wiedmann, 1969 より)。

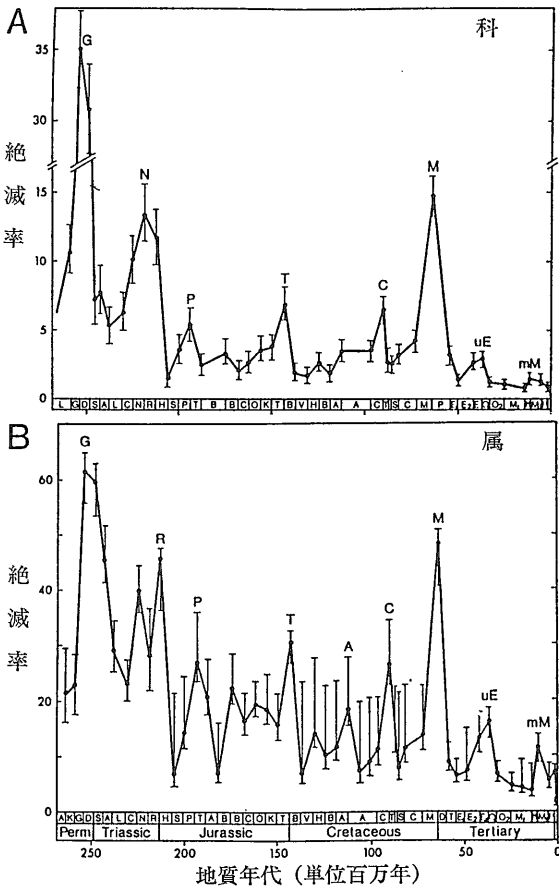
つようになり、3つのグループが研究を始めました。こうして出された説の一つが、ネメシス説です。銀河系宇宙の中の恒星の多くは連星系をつくっており、両方とも明るいこともあるけれど、一方は目では見えないくらい暗いことも多いということです。この説では、じつは太陽も、未発見の伴星をともなった連星系をつくっていると考え、伴星をネメシスと呼んでいます。この伴星は今では遠いところにおりますが、彗星が生まれる場であると考えられているオールの雲を2千600万年周期で通



第6図 アンモナイトの進化と海水準変化との関係を示すモデル。黒地は海の環境(濃い部分は保存されていない)、白地は陸の環境を示す (Wiedmann, 1973 に基づく)。



第7図
イリジウム異常の発見場所と濃集量 ($10^{-9}g/cm^2$)。白亜紀末の大陸分布図に、ほぼ近い時期の隕石クレーターと火成活動の位置をも併せ示してある。アミ部は白亜紀以後プレート下にサブダクション (Alvarez et al., 1982)。



過して、たくさんの彗星をはじき出すというのです。こうして軌道を乱された彗星の中には、地球にぶつかるものがある、そのたびに生物の大絶滅が引き起こされるというのがネメシス説です。

もう一つは、太陽系振動説です。太陽系は、銀河面に対して上下に多少振動しながら回っており、銀河面と約3,200-3,300万年の周期で交差するごとに彗星の軌道を乱し、それが地球にぶつかって大絶滅を引き起こしたというものです。

また、未発見の外惑星Xを考える説もあります。冥王星の外側に、大きな楕円軌道で回る未知の惑星があり、周期的に彗星の軌道を乱すことにより、地球上への彗星の衝突と、周期的な大絶滅を引き起こしたとするものです。

こうした説に対する反論を、アメリカの古生物学者たちが、一昨年、サイエンスに連名で出しております (Sloan et al., 1986)。彼らは、モンタナ州の白亜紀から第三紀にかけての恐竜と原始有蹄類の産地を、多数、調べました。そして、恐竜は徐々に種類が減って行くのに対して、原始有蹄類はゼロから始めてだんだん増えて行き、この傾向にイリジウムの濃集層は関係ない、ということがわかりました。つまり、恐竜から原始有蹄類に代

第8図 ベルム紀から現世にいたる海生生物 (科: A, 属: B) の絶滅率。絶滅率が高くなっているところには、時代の頭文字を大文字で記入してある (Raup, 1987)。

第2表 ヘルクリーク層における恐竜絶滅と有蹄類放散の例。

KS, BCA: 白亜紀, BCW-SMP: 白亜紀または暁新世. HH: 同左, FR: 暁新世
(Sloan et al., 1986 より)

Taxa	KS	BCA	BCW SMP	HH	FR
<i>Dinosaurs</i>					
<i>Albertosaurus</i>	×	×	×	×	×
<i>Tyrannosaurus</i>	×	×	×	×	
<i>Dromaeosaurus</i>	×	×	×	×	×
<i>Velociraptor</i>	×	×	×	×	
New genus and species R	×	×	×	×	×
<i>Saurornitholestes</i>	×	×	×		
<i>Paronychodon</i>	×	×	×	×	×
<i>Thescelosaurus</i>	×	×	×	×	×
<i>Edmontosaurus</i>	×	×	×	×	×
<i>Pachycephalosaurus</i>	×	×	×		
<i>Stygmoloch</i>				×	
<i>Ankylosaurus</i>	×	×			
<i>Triceratops</i>	×	×	×	×	×
Totals	12	12	11	10	7
<i>Ungulate mammals</i>					
<i>Protungulatum donnae</i>		×	×	×	×
<i>Protungulatum gorgun</i>			×	×	×
<i>Mimatuta morgoth</i>			×	×	cf.
<i>Mimatuta cf. minuiel</i>					×
<i>Baioconodon harbichti</i>				×	cf.
<i>Baioconodon engdahli</i>					cf.
<i>Oxyprimus trikseni</i>				×	×
<i>Oxyprimus n. sp.</i>					×
Totals	0	1	3	5	8
Dinosaur teeth per metric ton of sediment	168.0	27.3	34.5	27.9	18.3
Dinosaurs as percent MNI	10	1.1	3.7	5.9	
Mammals as percent MNI	15	33.1	30.5	29.2	

表される哺乳類へと、卓越する動物の種類が徐々に変わって行った、というわけです(第2表)。

恐竜絶滅の原因の一つとして古生物学者は、白亜紀末期の大海退を考えています。このときには、海ではモササウルスや、はじめにふれたようにアンモナイトが絶滅しています。この海退によって、こうした生物の生息を支えていた浅い海や陸棚が失われると同時に、北米大陸がアジア大陸とつながったと考えられます。こうなると、北米大陸には住んでいなかった動物たちがアジア大陸から大量に移住してきます。中新世と鮮新世に両大陸がつながったときは、アジアのほうから剣歯虎など食肉類・ゾウ類が、北米からウマ類が反対側の大陸に渡っています。中新世の隔離された南米に栄えていた南蹄類は、鮮新世の陸橋で南北アメリカ大陸の動物群交流のため、絶滅してしまいました。更新世にはマンモスがやはりアジアから移住しました。北米にアジアで栄えたゾウ・クマ・トナカイ類が見られる一方、アジアにも北米に多いオオカミ・ラクダ類が見つかります。更新世に南北

アメリカが接続した時、北米からの侵入者のウマ・シカ類が南に広がる一方、南米独特の哺乳類の多くが絶滅し、南から北へは僅かの種類が移住しました。

中世代にも、大陸が地続きになるのにもなった動物の移住は起こっており、たとえば早い時期にアジアに住んでいたプロトケラトプスは、後にアメリカ大陸で角竜類の適応放散を導きました。こうした移住により、異なった系統の、これまで互いにみたこともない動物同士の接触が起こるわけです。そして地質時代を通してみますと、このような異種動物の接触が起こると、必ず大規模な絶滅が起こっています。恐竜の場合も、同じ様なケースの極めて大規模なものであったと考えられるわけです。このような大昔には、今のような医者もいなければ薬もありません。新に生じた生態関係で、えき病が流行したり、寄生虫がまんえんしたりしたのかもしれませんが。これと逆の例が、オーストラリアの有袋類といえるわけで、オーストラリアは Gondwana の分裂以来一度も他の大陸とつながって陸生動物の往来を経験することな

く来ましたので、分裂当時と同じく有袋類が生き残り、各所に有袋類の適応放散が行われ生態系のうで優位を占めているわけです。いずれにせよ、恐竜だけではなく地質時代の生物全般の絶滅について、徐々に絶滅して行ったという考え方を古生物学者はとっております。

こうした大海退は、地球規模での気温の低下によって氷床が発達する、つまり、海底大山脈の縮小低下による海盆容積の増加のほかにも、むしろ大量の水が氷の形で陸上に蓄えられることによっておこるわけです。白亜紀末期にも、氷床が著しく発達したのではないかと、最近の研究結果から推定できます。

一方、隕石衝突説を支持すると考えられていたいろいろの証拠のうち、衝撃石英、マイクロテクタイトそしてイリジウム濃集層の成因について、その後違った考え方が出てきています。まず衝撃石英については、大規模な火山の噴火の際にも、周辺の岩脈でできるということが、主張されています(Coutillot, 1990)。マイクロテクタイトについては、堆積物の堆積から続成作用の過程で、できるという考え方が出されております (Brooks et al., 1985)。極端な例では、酸処理をしてとがしたマイクロテクタイトの残さから球形の植物プランクトン化石ができたことを報告したものがあります。肝心のイリジウムについてもよく調べなおすと、白亜紀側から第三紀側へ合計5枚ほどの濃集層が見つかってきました。これにたいして、隕石の衝突といった希な現象が、短期間のうちに5回起こったということは、考えにくいわけです。イリジウムの出現についてはホット・スポット起源の、大規模な火山活動により、全地球規模に分散されたとする論文 (Olmez et al., 1986) は別としても、C/T ます境界粘土層そのものが火山起源であるとも示唆されています (Rampino & Reynolds, 1983)。また、ある種の藻類に属する海生微生物が、イリジウムを濃集すると言う報告 (Schmitz et al., 1988) もなされております。こうした訳で、隕石説と言うものの当否については、まだ決着していないというのが妥当なところと思います。

私自身は、隕石や彗星の衝突があったかもしれませんが、そして大規模な火山活動などもあったのでしょうか、大陸の接続に伴う種の接触などにより恐竜がだんだん減っていき、さらにこうした外界の大変化まで重なるという、複合した原因によって、恐竜は絶滅したと考えております。

主要文献

Alvarez, W., Alvarez, L. W., Asaro, F. & Michel, H. V. (1982): Current status of the impact theory for terminal Cretaceous extinction. *Geol. Soc. America*,

Special Pap., 190, 305-316.

Bakker, R. T. (1975): Dinosaur renaissance. *Scientific American*, 232 (4), 58-78.

Bakker, R. T. (1978): Dinosaur feeding behaviour and the origin of flowering plants. *Nature*, 274, 661-663.

Bakker, R. T. (1986): The dinosaur heresies. 482 pp., William Morrow & Company, Inc., New York. 恐竜異説, 瀬戸口烈司訳, 平凡社.

Brooks, R. R., Hoek, P. L., Reeves, R. D., Wallace, R. C., Johnston, J. H., Ryan, D. E., Holzbecher, D. E. R. J. & Collen, J. D. (1985): Weathered spheroids in a Cretaceous/Tertiary boundary shale at Woodside Creek, New Zealand. *Geology*, 13, 738-740.

Browsers, E. B., Clements, W. A., Spicer R. A., Ager, T. A., Carter, L. D. & Sliter, W. V. (1987): Dinosaurs on the north slope, Alaska: High latitude, latest Cretaceous environments. *Science*, 237, 1608-1610.

Colbert, E. H. (1955): Evolution of the vertebrates. John Wiley & Sons, New York: xiii+479pp. (2nd edition: 1969; 3rd edition: 1980). 脊椎動物の進化 (上・下), 田隅本生訳, 築地書館.

Courtillot, V. E. (1990): A volcanic eruption. *Scientific American*, 263 (4), 53-60. 火山大噴火説, 桂雄三訳, 日経サイエンス. 20 (12), 49-58.

Douglas R. & Woodruff, F. (1981): Deep sea benthic foraminifera. In Emiliani, C. (Ed.): *The oceanic lithosphere*. The Sea, 7, 1233-1327, Wiley-Intersci., New York.

Frakes, L. A. & Francis, J. E. (1988): A guide to phanerozoic cold polar climate from high-latitude ice-rafting in the Cretaceous. *Nature*, 333, 547-549.

Horner, J. R. & Makela, R. (1979): Nest of juveniles provides evidence of family structure among dinosaurs. *Nature*, 282, 296-298.

Horner, J. R. & Gorman, J. (1988): Digging dinosaurs. 210pp., Workman Pub. Comp., New York. 子育て恐竜マイア発掘記, 小島郁生訳, 太田出版.

Kauffman, E. G. (1979): Cretaceous. In Treatise in invertebrate palaeontology, Part A, A418-A487., G. S. A. & Univ. Kansas.

Kemper, E. (1987): Das Klima der Kreide-Zeit. *Geol. Jbr.*, A96, 5-185.

Olmez, I., Finnegan, D. L. & Zoller, W. H. (1986): Iridium emissions from Kilauea volcano. *Jour. Geophys. Res.*, 91, 653-663.

Rampino, M. R. & Reynolds, R. C. (1983): Clay mineralogy of the Cretaceous-Tertiary boundary clay. *Science*, 219, 495-498.

Raup, D. M. (1987): Mass extinction: A commentary. *Palaeontology*, 30 (1), 1-13.

Raup, D. M. & Sepkoski, J. J., Jr. (1984): Periodicity of extinctions in the geologic past. *Proc. of Nat. Acad. Sciences*, 81, 801-805.

Rich P. V., Rich T. H. V., Wagstaff, B. E., Mason, J. M.,

Douthitt, C. B., Gregory, R. T. & Felton, E. A. (1988): Evidence for low temperatures and biologic diversity in Cretaceous high latitudes of Australia. *Science*, **242**, 1403-1406.

Rich, T. H. V. & Rich, P. V. (1989): Polar dinosaurs and biotas of the early Cretaceous of southeastern Australia. *Nat. Geogr. Res.*, **5** (1), 15-53.

Schmitz, B., Anderson, P. & Dahl, J. (1988): Iridium, sulphur isotopes and rare earth elements in the Cretaceous-Tertiary boundary clay at Stevens Klint, Denmark. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **52**, 229-236.

Sloan, R. E., Rigby, J. K., Jr., Leigh M., Van Valen, & Gabriel, D. (1986): Gradual dinosaur extinction and simultaneous ungulate radiation in the Hell Creek Formation. *Science*, **232**, 629-633.

Wiedmann, J. (1969): The heteromorphs and ammonoid extinction. *Biol. Rev.*, **44**, 563-602.

Wiedmann, J. (1973): Evolution or revolution of ammonoids at Mesozoic system boundaries. *Ibid.*, **48**, 159-194.

OBATA Ikuwo (1991): Age of dinosaurs and the earth environment—Notes on evolution and extinction of dinosaurs—.

<受付：1991年1月24日>

〔編者注〕これは、昨年（1990年）8月の地質標本館開館10周年記念招待講演の録音テープを文章におこし、著者に加筆していただいたものである。

地球環境保護と浮遊性有孔虫一切手になった微化石—

今年1月1日にフランス領南極から、浮遊性有孔虫化石を图案にした切手が発行されました。発行形式はタブ付き連刷、印刷様式は凹版で、フランス切手の伝統を受け継ぐ上品な仕上がります。

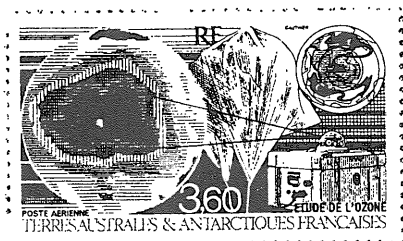
浮遊性微化石を图案に用いた切手には、1972年のセネガル発行の放射虫を描いた5枚の切手がありますが、浮遊性有孔虫化石を描いた切手は、これが最初です。

発行テーマは「気候変化」。もっと具体的に言えば、現在の地球環境を守るため、現在と過去の気候変化の研究を進めようと言う主張です。このテーマにあわせ、左の切手(①)にはオゾン層の観測用気球、右の切手(②)には海洋調査船と浮遊性有孔虫化石が描かれています。浮遊性有孔虫は、タブにもデザイン化した形ですが描かれています。過去の気候変化の研究の必要性を主張するための題材として浮遊性有孔虫化石が選ばれたのは、酸素同位体比法による海洋の古水温を測定するための材料

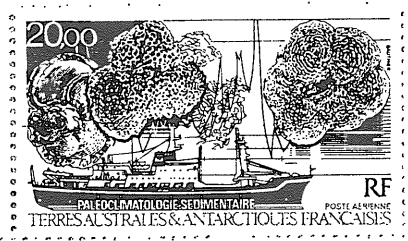
として、最も良く使われているからでしょう。その証拠に、化石のバックには、酸素同位体比曲線と読める曲線が描かれています。

浮遊性有孔虫化石を同定するためには、個体の表・裏・横の三側面から観察しなければならないのですが、描かれた3種のうち、右は *Globorotalia humerosa*、まん中は *Globigerinoides extremus*、左は *Globorotalia menardii* に同定できそうです。これらが同一試料に共存していたとすると、その年代は鮮新世—更新世前期と言うこととなります。いずれも熱帯から亜熱帯の海域を好む種類であり、フランス領南極という極寒地域から発行する切手の題材としては、首をかしげたくなりますが、テーマの主旨から言えばこれはこれでよいのかも知れません。

(地質部 吉田史郎)



①



②