

## 「100万年ほど前の東京の自然と生態系」

### 松川正樹

東京学芸大学  
環境科学分野・教授



こんにちは、松川です。

最初に、私が研究している内容とそのいきさつについて簡単に話したいと思います。私は子どもの頃勉強が大嫌いでした。けれどこの東京学芸大学に学生として入学し、その時出会ったのがたまたま化石でした。化石を勉強していたらこれが面白いなと思い、それがきっかけで最初はアンモナイトの化石を研究していました。

そんな中、あるとき日本で初めて恐竜の足跡を発見し、これにより人生が大きく変わりました。今まではアンモナイトを研究していましたから海の環境を見ていたわけですが、これをきっかけに、陸の環境に興味を持ち始めたのです。そう思って調べてみると、陸の環境を研究している人は日本では少ないことが分かりました。そこで、アメリカの研究者と一緒に足跡を使ってアメリカや中国で研究するようになりました。そうするうちに、陸がどのように変わっていったのかな、ということに興味を持ちました。すると、東京学芸大学よりも西の方に、今から100～200万年前にできた陸の地層があるということが分かりましたので、地層から出てくる化石を使って、約20年かけて多摩川の昔の環境を調べてきました。

しかし、これでは自然のほんの一部しか見ていない、もっと全体を見てみたいということずっと思っていたので、当時の生態系がどのようになっていたのかということ解析するシステムを、5年かけて作りました。今後は、場所・時間を変えたりして陸がどのように変わっていったのかということの研究したいと考えています。

今日は、100万年前と現在がどういうふうに変わっていったかということについての話をします。

(以下、パワーポイントを使い説明)

#### 失われた世界を復元するには

私たちが生活する空間がいつできたのかということ、ずっと時間をさかのぼっていけば昔の生活空間というもの理解できるわけです。けれども、例えば1万

年前がどうだったかということを知るためにはそれなりの方法がありますが、そこで描かれるものには非常に多くの情報のロスがあります。つまり失われた世界がそこにはあることになりました。したがって、そういうものを知るためにはどうしたらいいか、ということを考えなければなりません。

失われた世界を復元するためにはまず1つは、それがいつのことなのかという時間の設定をします。つまり地質時代を決めます。このとき、どれくらいの時間の幅があるのかということ意識しなければなりません。次に、それがどこの場所なのかという場所の設定が必要になります。このとき、地形の問題、地形の景観、当時の気温、など当時の環境も含めすべて意識しなければなりません。

失われた世界を復元する材料には次のようなものがあります。まず1つは、過去の自然が封入されている地層、2つ目が過去の生物を表す化石、3つ目は現在の自然現象を比較材料に使って過去に応用するという事です。また、出てこない資料に対してどうなっていたのかということに気にしてもしょうがないので、出てきた資料を最大限に利用するということが重要です。これらを使うことで、失われた世界をある程度復元することができます。しかし、それでもそれは失われた世界の一部であるわけですが、その中でエッセンスだけを取り出していくということを考えています。

東京の場合、家が密集していますから、自然や地層が残されている場所は非常に限られていて、川沿いのごく一部にしかありません。100万年前の地層は、多摩地域では多摩丘陵などの丘陵地帯や多摩川といった川沿いに行くとも見ることができます。特に多摩川は非常に良い場所で、東京学芸大学から西にわずか10kmの場所にあり、多摩川の中では中央線の鉄橋の下あたりに調度地層が見えます。この辺りからは二枚貝の化石、樹の化石、ゾウの足跡が見つかります。他には八王子の西側から五日市を通って青梅へ向かう南北の線と立川の間の辺りに行くとも地層を見ることができます。そのほかのところは家が建ってしまっていて見えません。

(柱状図を見せながら) このように分布する地層を西側から丹念に調べ、地層の厚さを測り、地層がどのように重なっているのかということを示す柱状図を作ります。これを西側から順に標高に合わせて並べることで、標高何mのところはどういう地層が見られるのかということが分かります。この柱状図を見ますと、西側に行くほど古い地層が、東側に行くほど新しい地層が見られるということが読み取れます。

ちなみに、地層には平山層、寺田層といった名前が付いています。これは地名からとったもので、それぞれの石の特徴に固有名詞を与えます。ですから私が松川という名前をもつように、地層も名前を持っているのです。

以上、調べた結果をまとめ、五日市、青梅、立川、秋川、多摩川でそれぞれ見られる地層を下から順番に重ね、そこに岩石の種類と、産出した化石とその場所を示した図がこちらです。ここで時間を設定します。この中には火山灰が含まれていて、火山灰を調べると何万年かということが分かります。そうしますと、立川のJRの鉄橋の下あたりに分布する地層が約130万年前、八王子の市役所の裏通りに分布する地層が約200万年前、そして五日市のサマーランドの近くの地層が約300万年前ということが分かりました。つまり、これは300万年前から100万年前の間のお話であるということをご理解いただきたいと思えます。

### 300万年前と100万年前の東京

次に、化石として産出した動物が時間とともにどのように変わってきたかということを見ることで、環境の変化を読み取ることができます。まず、300万年前から200万年前まではゾウやシカがいますので、ここは陸地だったことが分かります。それから200万年前から100万年前まではクジラの化石や貝の化石が出ることから、ここは海だったことが分かります。そしてそれより新しくなるとゾウの化石がでることからまた陸になったことが分かり、その後また海になったことが分かります。このように、多摩川の当時の環境が海になったり陸になったりしたということが化石から読み取ることができるわけです。

このように環境が何回も変わったとき、その変わり方について我々は海進・海退という名前で呼んでいます。海が入ってくることを海進といい、それによって陸が減少します。また反対に海が退くことを海退といい、それによって陸が増加します。これらの原因はなにかというと、1つは地球の温暖化・寒冷化によって海水面が上下する、2つ目は地域の地殻変動で陸が上下する、3つ目はこれらが合わさった複合体です。

多摩川の地域に分布する、300万年前から100万年前の地層は1つの連続した地層なのかというと実はそうではないことが最近分かりました。約290万年前の地層の辺りで、不整合というものが見られることが分かりました。これは一度全体的に土地が隆起して削剥されたことを示すものです。このことから矢嵐層と飯能層と

いう地層の間には時間の欠如があることと、何らかの地殻変動があったということが分かりました。

これらの材料を使うことで、最初にできた地層はどこで溜まったものなのか、そして上の地層はどこで溜まったものなのか、そしてその間には陸がどういう動きをしたのかということをおおよそ推定することができるわけです。

すると、300万年前の地形というのは、北に陸地があって、南に海があったらしいということが分かりました。当時の北にあった陸地は現在の五日市の辺りで、そこからは像の歯の化石が出てきます。また当時の南にあった海は現在の中津地域（相模原の南西の方向に当たる）で、そこからは貝の化石が沢山出てきます。このように現在と違って南北方向に海から陸に変わったのだな、ということが読み取れます。

では地殻変動が起きた後の100万年前の地形はどうだったかということを読み取ります。そのために、地層の中に含まれる礫を使いました。飯能層と呼ばれる地層は礫岩でできていて、その礫の並びを測定すると、昔どちらの方向から川が流れてきたのかということが読み取れます。それを行った結果、西に山があり東側に向かって川が流れていた、つまり飯能層という地層ができた場所は扇状地であったことが分かりました。従って100万年前の東京は西に陸地、東に海があるという地形であったことが読み取ることができます。

先ほどの300万年前の地形と比べますと、最初は南北方向に陸と海があったものが、100万年ほど前になると東西方向に陸と海があるということが分かります。なぜこのように地形が変わったかということ、おそらく丹沢山地が大きく隆起したことによって、陸と海の関係が東西方向に変化したことが考えられます。

### 300万年前から1万年前の東京にいた動物

では次に、沢山産出している陸上の大型脊椎動物化石を最大限利用して、読み取れることを紹介します。時代は、古い順に約300万年、200万年前、100万年前、1万年前の大きく4つの時期に分けることができます。この間に200万年ほどの時間の幅はありますが、いずれも同じような種類のゾウやシカがでていきますから、陸地における基本的な生物の種類は変わっていないことが分かります。

最も古い地層からは、多くのシカの足跡、ゾウの足跡、そしてオオカミの頭の化石が出てくることが分かりました。

2番目に古い地層からは、私たちは新種のゾウの1頭

分の化石を発見するという幸運に恵まれました。場所は中央高速道路付近の多摩川で、ここには新種のゾウの臼歯、ゾウの足跡、メタセコイヤの樹の化石などが見られます。なので、ここはメタセコイヤがあるような陸地で、そこにゾウがいて死んでしまったのだな、というようなことが読み取れるわけです。

3番目に古い地層からは、昭島市の多摩大橋の上流付近で、オオカミの頭蓋骨を他の方が見つけています。その場所には他にゾウの足跡が沢山見られます。この足跡を見ますと、2頭の像が歩いたことがわかりますが、大きい足跡の列と小さい足跡の列が並んでいます。ゾウは、群れを作ってメスが子どもを育てるらしく、このことから大きい足跡はメスで、小さい足跡は子どもだな、ということが分かり、ここには群れがいたのだらうということが分かります。

最も新しい地層からは、中央線の鉄橋より100m上流の辺りに、沢山のシカとゾウの足跡が見られます。このシカの足跡から歩いた方向を示すと、沢山の足跡が同じ方向を向いていることから、群れでいたのだらうということを読み取ることができます。また、ゾウの足跡の大きさからゾウの体の大きさを読み取ることができ、大体足跡の大きさの5倍の長さが腰の高さに相当します。このことから、この足跡をつけた像は腰の高さが約160cmのゾウで、大人でも比較的小さいゾウだったことが読み取れました。

また、バナヤケヤキ、メタセコイヤなどの植物の化石が沢山出ています。私の元で博士の学位をとった人が植物の研究をしていまして、彼によって、植物の化石から温帯落葉樹、常緑落葉樹、草原といった植生を示すこと、そしてその環境が氾濫源と川があるような場所であったことが復元されました。さらに彼は、地層から出た植物化石の組成が現在の標高600m付近の植物の組成であることから、当時の気温は現在よりも約4℃低かったという結論を導き出しました。これらから1万年前の古地理を描くと、平地が非常に少なく、山地が多い、というような図を描くことができます。

### 生態系の復元方法

自然界全体を理解するためには生態系を復元する必要があります。このように植物、動物などの役者がそろったことにより、生態系の考察が可能になります。

生態系については、1973年に北沢さんという人が総合的な研究をされています。私にとっては憧れの研究でした。ここでは現在のある地域を対象に、食物網を作ったり、どのような動植物がどれだけいるかという

ことを示していました。私はこれを化石に、つまり失われた世界に当てはめたらおもしろいだろうな、と思い、それを実行したのです。以下では、私が開発した生態系の解析方法と、それを元に復元した現代の東京（学芸大学）の生態系と、そして100万年前の東京（多摩川）の生態系を示し、過去と現代の生態系を比較したいと思います。

生態系というのは、植物が太陽光エネルギーを元にエネルギーを生産して、それを消費者が食べて、さらにそれを高次の消費者が食べるというような、エネルギーの流れに注目したシステムのことです。その中には植物が生産するエネルギーを柱とする植食者系と、ミミズや微生物などの分解者が関わっている腐食者系の2つのエネルギーの流れがあるのですが、化石の場合には微生物などは残りませんので、植食者系のみを考えていきます。

そうすると、例えば山地で100kg生産された植物のうち、消費者に渡るのはたった1%程度で、その間にはいろいろなロスが存在します。その調べはついていまずので、それを使って生態系を復元しようということです。

また、動物にも食べるものに好き嫌いがありますが、そこは分かりませんから、どれも同じくらい食べていたのだらうという仮定で話を進めます。

そして、私が1日に食べるお米の量だとか肉の量だとかを計算してずっと進めていくと最終的には、ある地域に行くときどれくらいの動物がすめるのかというようなことがわかるのです。

つまり基本的な考え方は何かというと、1日に動物が取得する食料の量を見積もって、全体の食物網構造を見て、必要な量と外に排出されるロスを調べる、そうするとある地域の生息個体数が見積もれますよ、という話です。

### 東京学芸大学構内の生態系の復元

東京学芸大学の生態系を作るに当たって、東京学芸大学の先生方のお力を借りて、構内の草本・木本・昆虫・鳥類・哺乳類を調べました。哺乳類としてはタヌキ、ハクビシン、ネコなどがいることが分かりました。そしてタヌキを頂点とした食物網構造が描かれました。これを元に計算を行い、構内に生息する動物の推定値をだし、その推定値と、実際に観測した個体数つまり観測値がどれくらいかけ離れているかを示す誤差率を求めました。そうすると、例えばカラスやコウモリ、ネコなどは推定値よりも観測値が以上に大きいことがわ

かります。またそれ以外のタヌキ、鳥類、ネズミなど多くの動物の場合、誤差は1に近く、学芸大学構内に生息している数としては適当である、というようなことがわかります。

そして、推定値と観測値を元にそれぞれについて生態ピラミッドを作ります。そうすると、推定値の場合は、まさに絵に描いたような三角形の理想的なピラミッドができました。ところが観測値の場合、頭でっかちのおかしなピラミッドになってしまったのです。この原因を考えたとき、先ほどの誤差率の大きかったカラスやコウモリが邪魔をしているのだらうと考え、その動物の観測個体数を除いたピラミッドを作ってみました。そうすると見事に正常なピラミッドができました。というのも、カラスやネコは生産者である植物だけでなく、生産者には含まれない人間からもらう餌や人間が出すゴミを食べているからなのです。

### 100万年前の東京の生態系

次に、約100万年前の東京（多摩川）の生態系を復元しました。過去の生態系を復元する場合には、観測値のところに化石の数から見積もられる個体数が入ります。そうして先ほどと同じようにして計算をし、推定値を求めます。その結果をみると、例えば、肉食動物のオオカミは1km<sup>2</sup>辺り約0.7匹、またゾウは1km<sup>2</sup>辺り約11匹となりました。この数字の良し悪しを判定するには誤差率を求める必要があります。以前、アフリカのセレンゲティ国立公園の動物を使って同じようにモデル計算を行い、動物の推定値と実在数との誤差を求めたのですが、その時の誤差は肉食動物の場合は約7倍、草食動物の場合は2.8倍であることがわかっています。したがって、多摩川で求めた動物の推定値は、このような誤差があることを考慮してもそれほど悪くない数字であるといえます。

さて、現在の東京の人口密度は5500人/km<sup>2</sup>で、100万年前の東京（多摩川）の動物の個体数密度と比べると100～1000倍も大きい値です。なぜこれほど多い人間がこの土地に住めるのかというと、答えは簡単で、食料の供給方法の違いです。つまり、過去の場合は自生の植物が食されているので、生態系内には少しの動物しか生息できないのですが、現在は生態系の外から多くの食料が輸入されるから多くの人間が生活できてしまう、というわけです。

最後に、昔の古生態系と現在の生態系を比較しますと、次のようなことがあげられます。まず1つ目は、昔は大型の動物がいたけれども今はいないということ、2

つ目は、小型の動物は雑食動物が増えているということ、3つ目は、植物の生産量が非常に減少していることです。このことから、現在は植物の生産量が微小な地域では小型の動物が適している、そのため大型の動物が絶滅してしまったのだらうという結論に至りました。

100万年ほど前は、オオカミを頂点とする生態系が存在していましたが、人間が来ることによってそれは壊されてしまったわけです。このように、大昔の生態系を理解すると現在の生態系との比較ができ、過去から現在の変化を読み取ることで、将来の生態系も予測できるかもしれないという期待が出てきたといえます。私は地質関係の中でも古生物学を研究しているのですが、それだけではなく、地質学、古生物学、人類学そして生態学、そういうものを使うことで、将来の生態系の動態を復元できるのだらうという結論に達しました。（会場、拍手）

### <講師プロフィール>

**松川正樹**（まつかわまさき）

東京学芸大学 環境科学分野 教授

化石と地層を基に、失われた過去を復元している。陸上の生態系の中に生息できる動物の個体数や動物種の出現、繁栄、絶滅の道筋を考察している。

