



INVITATION

立命館大学

古気候学研究センター

小さな花粉から、 地球の気候変動を読み解く

センター長 教授 理学博士 中川 毅 氏

Lab SCOPE net
年縞採取の様子はこちらから
<http://www.labscope.net>



Lab SCOPE WEB

年縞は冷蔵庫に保管・管理される。
写真は2014年プロジェクト時のもの。



水月湖は、福井県若狭三方五湖のなかで一番大きな汽水湖。その名にふさわしい凜とした美しさが漂う。

恐竜少年から、古気候学者へ

土の中から見つかる人工の遺物や遺構、太古の生物の痕跡は、私たちの想像力と冒険心をかき立てる。遺物や化石そのものもさることながら、それらが蘇らせる、見たこともない遠い昔の世界の姿が、人間の知的好奇心をそそのかもしない。

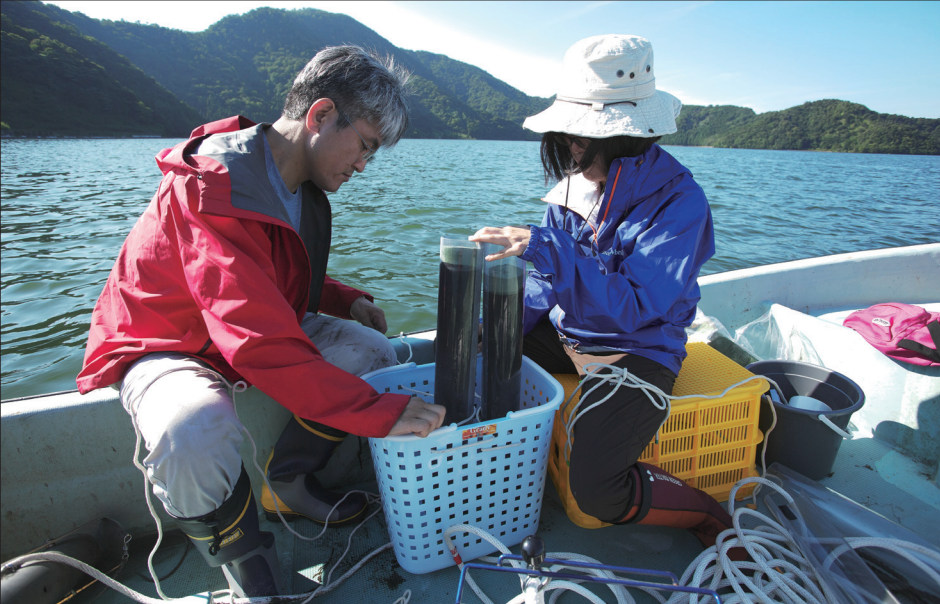
立命館大学古気候学研究センター長の中川毅氏も、少年時代、恐竜に心ひかれ古生物学者に憧れていた。成長とともに自然科学への探究心はいっそう高まり、京都大学理学部に進んだのち、植物学、地質学、考古学、地理学など、多様な分野を渡り歩きながら研究の道を歩んできた。「分野は違えど一貫して研究対象としてきたのは花粉の化石です。同じ化石でも、恐竜よりはるかに小さくなってしまいました」と笑う中川氏。気さくな笑顔に少年のような雰囲気感を漂わせるが、過去の気候の解明をめざす古気候学の分野で、気鋭の研究者として世界に知られる存在だ。

古気候学研究センターは、中川氏の研究の社会的価値に注目した立命館大学が、英国ニューカッスル大学の教授だった同氏を招聘（へい）して2014年に立ち上げた研究組織である。琵琶湖の南東部に滋賀県が整備を進める「びわこ文化公園都市」の一角に、新たな教育と研究の拠点として1994年に開設した、びわこ・くさつキャンパス内にある。

ここを拠点に中川氏が取り組む研究は、水月湖（すいげつこ）という湖の底に蓄積された堆積物を調べ、含まれる花粉の分析を通じて、過去の気候変動のメカニズムを解明することだ。

正確な「年代ものさし」が持つ価値

「水月湖」の名を耳にしたことがある方は多いかもしれ



採取したての年縞はプリンのように柔らかく、硫化水素の匂いが鼻に付く。「水月湖の匂い」と北場育子氏(准教授 理学博士)(右)。



上：2018年、福井県若狭町に開設予定の年縞博物館(仮称)
下：年縞のスライス。季節によって異なるものが堆積することで、明暗ができ、年輪のような層ができる。

ない。この美しい名の湖は、福井県南部の若狭湾沿岸にある三方五湖(みかたごこ)のうち、最も大きく水深の深い汽水湖である。

水月湖が世界にその名を知らしめたのは2012年のこと。湖底から採取された堆積物の「年縞」と呼ばれる縞模様が、化石や遺跡などの地質年代を決定するための「世界共通のものさし」を構成する重要な要素に選ばれたのだ。その意義について、中川氏は次のように解説する。

「私の専門とする古気候学のほか、考古学、古生物学、地質学など、過去の事象の解明をめざす学問に共通して重要なのが、研究対象となる事象がいつ起きたのか、年代を測定する手法です。現在、広く用いられているのは放射性炭素年代測定法ですが、この手法には数百～数千年という大きな誤差が生じてしまう欠点があります。そのため、ほかのもっと正確な手法と比較して年代を補正する必要がありました。水月湖の湖底の堆積物は、およそ7万年前から1年に1層ずつ、木の年輪のように規則正しい縞模様の年縞となって積み重なっています。その厚さ平均0.7mmの層を1つずつ数えることで、各層が今から何年前のものか推定できます。そこに含まれている試料の放射性炭素を測定すれば、放射性炭素年代測定法の誤差を数十年程度にまで小さくできるのです」。

その正確な年代の目盛りとしての価値が評価され、水月湖の年縞堆積物は、2012年の国際放射線炭素会議において、放射線炭素年代を正確な年代に読み替えるための標準換算表のデータに採用された。

失敗と挫折を乗り越えて

水月湖がそれほど価値のある堆積物を有しているのは、いくつかの奇跡的な条件が重なったためである。このこと

については、中川氏の著作『時を刻む湖』、『人類と気候の10万年史』に詳しく書かれているので参照いただきたい。

中川氏はニューカッスル大学講師だった2006年に、英国の政府系学術助成機関から研究資金を得て水月湖の湖底を掘削した。7万年分の年縞堆積物は柔らかく崩れやすいえ、およそ45mもの長さになる。「そこに円筒形のパイプを差し込んで掘り出すのですが、45m一気ににはできません。そこで、場所と深さを変えながら何回かに分けて掘り、つなぎ合わせることで、切れ目で生じてしまう試料の欠損を完全に解消しました」と振り返る。その後、外部の研究機関の協力を得ながら4年の歳月を費やして年縞を1層1層数え、さらに誤差の修正などを施すことで、年縞堆積物は世界共通の年代のものさしとなった。

ものさしづくりは、はじめからうまくいったわけではない。実は、最初の本格的な年縞堆積物の掘削と調査が、1993年、中川氏の恩師である安田喜憲博士(現立命館大学環太平洋文明研究センター長)を中心としたチームによって行われている。その頃、修士課程で安田研究室に所属していた中川氏も掘削に参加している。ところが、当時の技術面での限界などから取りこぼしが生じ、結果的にものさしも不完全なものとなってしまった。

しかも、中川氏が2003年に発表した論文は、その不完全なものさしに基づいていたために生じた誤りがあることが、のちに判明したのだ。「その後何年も、学会に出席するたびに『あれは間違いでした』と言い続けました」。中川氏はさらりと話すが、研究者としての悔しさは察するに余りある。

そうした挫折を乗り越え、今度は自分がチームを率いて掘削プロジェクトを成功させた。今年9月には、完全なものさしに基づいて2003年の誤りを正した論文を投稿する予定だ(8月取材時点)。最初の掘削から24年、先達から引き継いだ意志と経験、研究者として完璧をめざし諦め

ない心、それに共鳴した多くの人々の支えが実を結んだ。

花粉が蘇らせる過去の景色

とはいえ、これまでの成果は、中川氏にとってはあくまでも研究の基盤という位置づけだ。「私の専門は花粉分析です。水月湖の堆積物には、時代によっては1cm³の中に数十万粒、約100種類もの花粉の化石が含まれています。花粉はとても堅牢な物質で、化石と言っても恐竜の骨などと違い、物質として変化しないまま何万年も地層の中に存在しています。これを化学処理によって抽出して、顕微鏡で形を見分けながら、どの植物の花粉が何粒あるか数えるのです。すると、その時代に湖の周辺に生えていた植物の種類と量、すなわち植生がわかります」。

高校地理で習うケッペンの気候区分では、世界の気候を植生に基づいて分類している。植生を左右する要素は気温と降水量であるから、逆に考えれば、数万年前であっても、植生がわかれば当時の気温と降水量を推測できることになる。

「水月湖の堆積物のうち、年縞があるものは湖底から約45m、7万年分ですが、その下にもさらに年縞のない堆積物があり、全体では73m以上、推定15万年分にもなります。そのすべてについて50cmごと（約700年分）に含まれる花粉を分析したところ、スギ、ツガ、コナラ、ブナなどの樹木が周期的に増減を繰り返していること、それが太陽と地球の位置関係の天文学的な変化に対応していることが分かりました。さらに、過去の花粉組成を、現在の日本各地の花粉組成（種類とその構成比）と比較して似た地点を見つけることで、その時代の平均気温や降水量が数字としてわかるようになりました」。

花粉から気候を復元する方法はモダンアナログ法と呼ばれる。中川氏はこの方法に基づいて、地層中に含まれる過去の花粉組成と、現在のさまざまな地点の花粉組成を比較して、類似性のある地点を見つけ出すソフトウェア「Polygon」を自作し、日本各地の花粉組成データを集めたデータセットとともにウェブサイトで公開している。データセットは同僚であった五反田克也氏（現千葉商科大学教授）が整備した。^[1]これを使うと、例えば、2万年前の気候は、現在の北海道旭川市の気候と近かったというふうに、過去の気候がデータだけでなく景色として体感的にも理解できる。



研究用ソフトだけでなく、実験機器もみずから開発、作成するというマルチな才能を持つ

過去から未来を知るために

過去の気候を再現することで何がわかるのだろうか。中川氏はこう答える。「過去を知ること、未来を知ることにつながると考えます。現在進行している地球温暖化は、人類にとってかつてない危機と言われますが、今からおよそ1万6000年前の氷期の終わりにも、大規模な温暖化が起きています。気候変動を左右しているのは二酸化炭素だけでなく、太陽の活動周期や地球の公転や自転など、さまざまな要素が絡み合っているはずです。さらに詳細に分析してほかのデータとも照合することで、過去の、特に氷河期末期の気候変動のスピードとタイミング、メカニズムを明らかにしたい。それは、未来の気候変動の予測や、それに対処していくための知恵に、何らかの形で反映できる可能性があります」。

そのために、現在、年縞堆積物の花粉分析を1cm（約14年分）という細かな単位で行っている。これまでに1400サンプルの分析を終えているが、めざしているのは45mすべて、4500サンプルの分析だ。1つのサンプルの分析にかかる時間は約1時間、ほかの仕事と平行して進めていくには最短でも10年を要すると中川氏は見ている。「地道な作業です。学術研究にもスピードが求められる現在の風潮とは逆行していますよね。でも、本当に信頼できる、誰にでも安心して使ってもらえるデータを出すには、労力と時間がやっぱり必要なんです。やはり時間をかけて基礎的な研究を積み重ねていくことが必要だと思うのです」。

中川氏の研究グループでは今後、資金のめどが立てば琵琶湖の堆積物も掘削、分析し、気候再現につながるデータを拡充したいと考えている。1粒では目に見えないほど小さな花粉だが、その花粉を通じて再現される過去の景色は、地球全体の未来にかかわる大切な何かを、私たちに教えてくれるに違いない。（取材・文 関亜希子）

[1] <http://polsystems.rits-palaeo.com/>