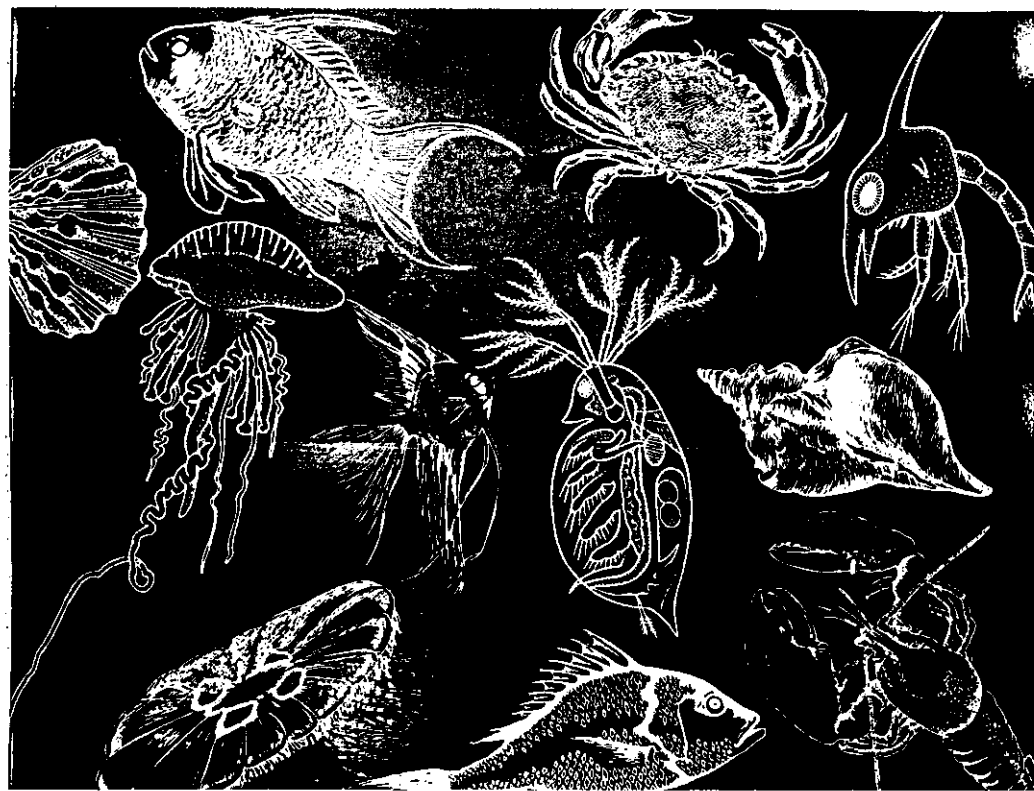


BLUE BACKS

水と生命の 生態学

水に生きる生物たちの多様な姿を追う

日高敏隆 編



第2節 大鬼湖の謎と気候の変遷

陳鎮東

1 大鬼湖にはなぜ魚が棲めないか

台湾の南西部に大鬼湖 (Great Ghost Lake) という湖がある。なぜこのような名前がついたのかというと、いくつもの伝説があるからである。一つは、大鬼湖が禁断の土地で、愚かにもそこに入った者は二度と戻ってくることはできない、というものである。ほかにもいろいろな伝説がある。今から二〇年ほど前、台湾の地方政府が台湾の多くの湖にさまざまな種類の魚を放流しようとした。この試みは大成功に終わったが、大鬼湖は違った。大鬼湖の魚は生き残れなかったのである。もう一度、魚が放流された。しかし、やはりだめであった。当然これは、大鬼湖のミステリー性をさらに高めることになった。

わたしはこの大鬼湖に大きな興味をもった。それは、大鬼湖にいるゴーストを探そうというものではなかった。一九八四年にアメリカから台湾へ帰国したとき、酸性雨の研究をしようと思つたのである。

まず全般的調査から始めた。いろいろな湖で水を採取して、酸性度を測ったのである。そのときには表層の水しか採取しなかった。しかし、それでもすぐに、多くの高地山岳湖が酸性であることを発見した。多くの湖の水は緩衝力（バッファの力）が非常に小さいので、少しでも酸性の水が入ってくると、湖の水がぐっと酸性度を高めてしまうのである。

われわれは、高山湖と亜高山湖に関心を移した。そしてさらに詳細に、今度は表層水だけでなく湖の水全体について試料を採取して調査を行った。その結果、大鬼湖が、台湾で最も深い湖であるというだけでなく、底層の水がほぼ一年中無酸素である唯一の湖であることを発見したのである。大鬼湖に魚が生き残れなかった理由は、これでわかった。それは単に、水中に溶存酸素がないからであった。

ミステリーはこれで解けてしまった。しかし、わたしの興味はさらに大きくなった。大鬼湖には酸素がないので、湖の底に堆積した泥の中の有機物は、よく保存されていた。そして、魚やその他の大きな生物がないので、泥はかきまわされることはなかった。さらに、この湖は傾斜が急で深いので、風や波が泥を乱すことはない。常に新しい泥の下に相対的に古い泥があり、それがずっと連なっているのである。すなわち、非常によい状態で保存され、堆積した順序の乱されていない泥が、湖の底に積もっていることが明らかであった。これは、過去の気候上の出来事の記録を保管する場所となっているということである。

2 保存された過去の気候

大鬼湖は、台湾南部の山の中にある。湖は標高約二一五〇メートルのところであり、長さは六五〇メートル、幅は二六〇メートルである。湖の面積は約一〇・八七ヘクタール。この湖に流れ込む川、流れ出す川などの流域面積を合わせると、約九〇・三ヘクタールである。最大の深さは、雨期には約四〇メートル、乾期には約二メートル浅くなる。平均水深は一五・四メートルである。地層は、ほとんどが珪質粘土岩か粘板岩からなる中新世の地層である。この地区は台湾で最も湿度の高い場所である。雨は五月から九月に集中して降り、年間の降雨量は約四二〇〇ミリメートル。年間平均温度は一三度Cである。短い冬の間の水の循環期を除くと、水深の深いところは、ほとんど一年中無酸素である。

しかし最も重要なのは、堆積物が沈積した後、酸化することもなく、生物によって乱されることもなく十分に守られているので、気候その他の環境の信号がよく記録されているということである。

湖の底のコアをとってみると、堆積物は黒と白の縞模様になっていることがわかる。全体としては、黒っぽいのであるが、ところどころに白い層が交ざっているのである(図2-5)。この白い層の部分は非常に細かい粒子でできていて、有機物の含有量もかなり低いことがわか

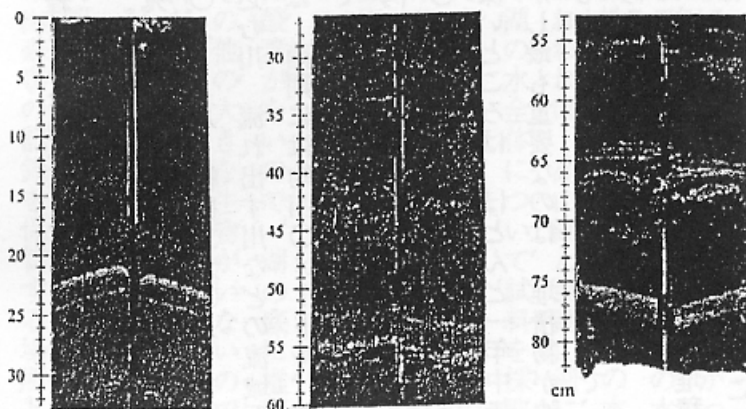


図2-5 大鬼湖の底のコアをとってみると、黒っぽい堆積物のところどころに白い層が交ざっているのがわかる。

った。

粗い植物の断片もいくつか交ざってはいたが、ほとんどの粒子は、シルトか細かい砂、あるいは粘土や多少粗い砂などであった。堆積物全体の中に、砂利は見当たらなかった。

全体としては黒っぽい堆積物の層の中に、白い層がある場所は、上から三センチ、一四センチ、二三センチ、三〇センチ、五一センチ、五八センチ、六三センチ、七五センチ、七九センチ、および八四センチのところであることがわかる。

それぞれの白い層の厚みは、〇・一センチから二センチまでさまざまである。この白い層の下には、しばしば小枝や葉の断片があることが注意をひいた。これは、もしかすると環境の急激な変化を示しているのかもしれない。

3 堆積物の年代決定

そこで、RBI (Relative Brightness Index : 相対明度指数)、全有機炭素量などを調べてみることにした(図2-6)。RBIは、右に向かつて突き出た部分が、白い層のあるところである。RBIが低い部分はより黒く、含水量が高い。また炭素・窒素・硫黄の含有量、それから炭素と窒素の比も高い。しかし、炭素と硫黄の比、および窒素と硫黄の比は、低くなっている。一方、RBIが高い部分は色が明るく、含水量、有機物含有量は低く、炭素と窒素の比は低く、炭素と硫黄、あるいは窒素と硫黄の比が高くなっている。

一般的にいつて、湖の堆積物の窒素の九〇パーセント以上は有機性の窒素である。炭素と硫黄は、ほとんどが貧栄養湖の堆積物中の有機物から生じる。しかし、堆積物の主要な源は、湖岸の土であるが、この湖岸の土壤は、有機物をほんのわずかしか含んでいない。ということは、堆積物の中にある有機物は、主に植物プランクトンと陸上の植物を起源としているわけである。そして、植物プランクトンの炭素と窒素の比は、陸上に生える植物の炭素と窒素の比よりも低く、そして植物プランクトンの炭素と硫黄の比と窒素と硫黄の比は、陸上植物のものよりは高いということもわかっていた。

このようなことから考えると、黒い堆積物の中の有機物はほとんどが陸上植物を起源にして

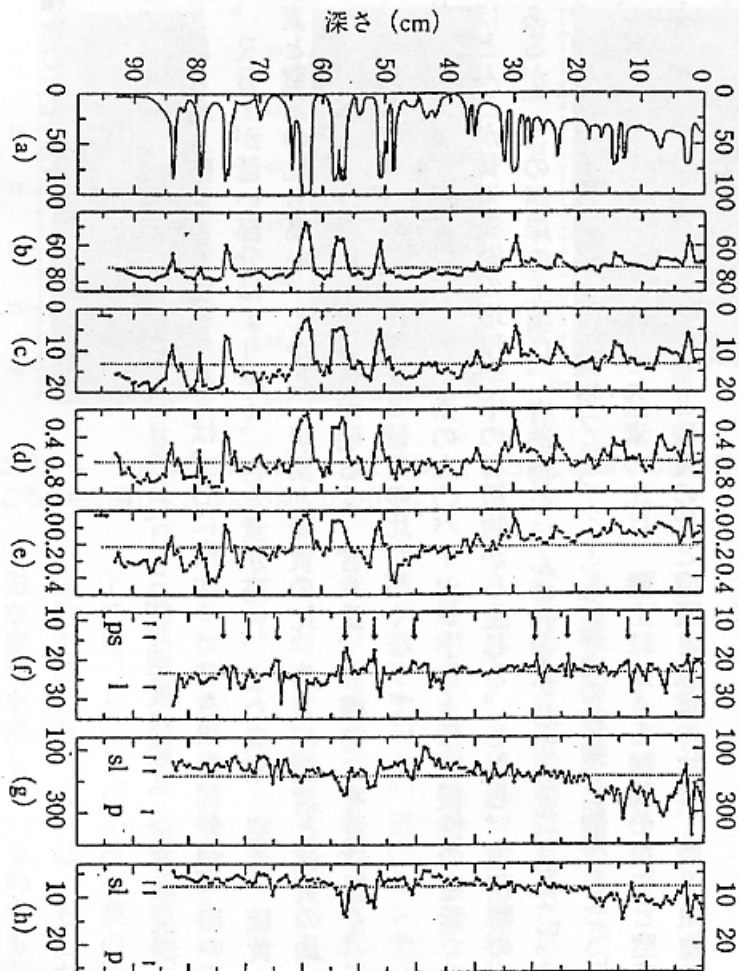


図2-6 大鬼湖の堆積物における (a) RBI (b) 含水量 (c) 全有機炭素 (d) 全窒素 (e) 全硫黄 (f) 炭素と窒素の比 (g) 炭素と硫黄の比 (h) 窒素と硫黄の比の分布。破線は平均値を示している。l、pおよびpsは、それぞれ陸上植物、植物プランクトンおよび岸の土壌の成分を示している。

おり、白い層の中の有機物は大部分が植物プランクトンを起源としているように思われた。

一方、鉛や炭素の同位体を使って、堆積物の年代決定を行った。その結果が図2-7(a)に示されている。湖底にある堆積物にこのような縞模様が生じるということは、たとえば湖とその流域で地すべりや泥流が起こったということが考えられる。しかし、大鬼湖のまわりには強力な浸食から土壌を守る草木が生い茂っているので、そのような可能性はほとんどない。

だとすると、この黒と白の層は、気候の変化を表しているものかもしれない。つまり、陸上の植物は水の中の生物より温度と湿度の変化に敏感であるから、当然、陸上の植物は気候の変化によって大きな影響を受けているはずである。

温暖で湿気の多い期間、流域には陸上植物が繁殖する。これらの植物は、湖の堆積物をより多くの有機物を含む、炭素と窒素の比の高いものにするであろう。けれども、涼しくて乾燥した期間が続くと、陸上植物の繁茂は低くなり、それに対して植物プランクトンの比が大きくなる。すると、堆積物の有機物含有量は少なくなり、炭素と窒素の比は低くなる。堆積物の中の白い層は、植物プランクトンから生じるものと同じ性質をもっていることがわかっている。

図2-7(b)に示されているとおり、二五〇〇年にわたる堆積物の中で、白い層がはっきり現れているのは、前二五〇年、前八〇年、九〇年、四二〇〜五二〇年、六二〇〜七〇〇年、八五〇〜九三〇年、一三五〇〜一四三〇年、一五五〇年、一七三〇〜一八〇〇年、および一九六〇

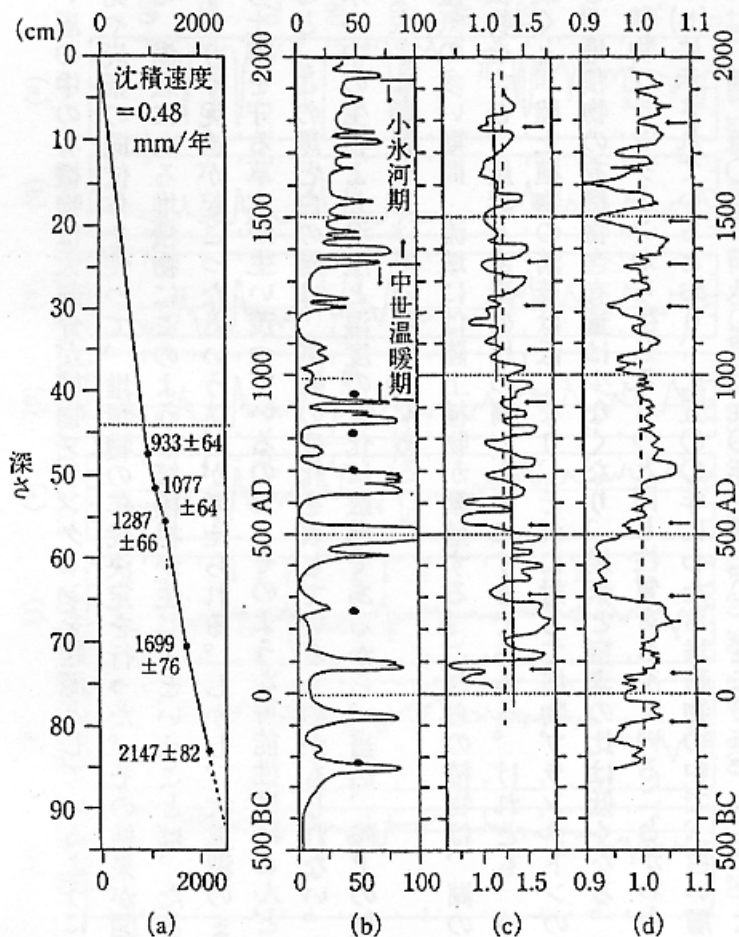


図2-7 RBI曲線と歴史・自然の記録との比較。(a) 炭素の同位体 (^{14}C) による年代決定と沈積速度 (b) RBI (c) 中国における温度 (d) 中国北部中央の降水量の変化。破線は平均値を示している。

年であることがわかる。一三五〇〜一九五〇年に、堆積物のRBIは一三五〇年以前よりずっと高くなっていた。

いわゆる小氷河期は、一五五〇〜一八五〇年に起きている。そして、同じような小氷河期は、中世温暖期として知られる九〇〇〜一三〇〇年の期間が終わる一三五〇年から始まったということもいわれている。図2-7(b)をよくみると、RBIの低い部分と高い部分が、地球規模の小氷河期と相関関係をもっていることがわかる。

4 中国大陸の歴史との比較

中国の気候の変動は、洪水や干ばつに関する歴史の記録からもわかる。最近一〇〇〇年は気候がより乾燥していて、変化が大きかった。このような歴史的干ばつと洪水、および降水量の記録から、中国北部中央を一一の主要な乾期を含むいくつかの乾燥期と湿潤期に分けることができるが、白い層の部分はその乾燥期と一致しているのである。すべての乾燥期に白い層が現れているわけではない。けれども、気候の平均的影響が大鬼湖の堆積物に反映されており、それが大規模な気候の変動があったことを意味しているということは、明らかにみてとれる。

寒い期間には、広いシベリア高地が、中国北部の地域の気候を乾燥させる。つまり、寒冷期

と乾燥期は、同時に生じるわけである。すると、寒い乾燥した気候がシベリア高地から中国にかけてのいわゆる黄土（砂塵の嵐）を引き起こす。堆積物における白い層は、砂塵の嵐が頻繁に起きた時期、五〇〇年、七〇〇年、九〇〇年、一一〇〇年、および小氷河期などと非常に一致しているのである。

また、別の記録によって、過去二五〇〇年間にわたる中国の一四一の湖の湖沼面積の変動がわかっている。中国全体としては、湖沼拡大の時期が三回あった。これは降雨量が多く、洪水頻度が高いということである。一方、湖沼が小さくなっているのは、乾燥期と一致している。この湖沼面積の変動の記録と、堆積物における白い層の関連をみると、あまりはつきりとはしていない。しかし、白い層の存在がはつきりしている時期は、中国沿岸の湖沼面積の変動がよく起こった時期と、かなり一致していることも明らかである。前八〇年、九〇年、五〇〇年、九〇〇年、一四〇〇年、一七五〇年の乾燥期は、すべて白い層の存在と合致している。

現時点で、中国西部は北太平洋における細かな砂の嵐（エアロゾル）の発生源になっている。このような砂塵の嵐が起きると、そのペールは東に向かって何千キロも伸びることがある。湖底における堆積物の白い層は、ときには一〜二ミリの薄い層として、あるいはいくつかの薄い層が集まって全体として約三〇ミリの層として現れている。この白い堆積物の層は、黄土のような細かい径の砂からなり、砂塵がたくさん降ったことを示している。

温暖で湿気の多い時期には、大鬼湖のまわりで草木がよく生い茂って、湖に豊富な有機物を供給したであろう。同時に、吹き上げられる砂塵は少なくなり、空気中の砂塵のほとんどは湖に到着する前に、雨で洗い流されてしまっていたはずである。大鬼湖に到着する砂塵はほとんどなく、湖に到着したとしても、砂塵は有機物で覆われたということである。その結果、砂塵の粒子は、黒い堆積物と区別できなくなったであろう。

気候が寒く乾燥してくると、陸上植物の成長が阻害されて、陸上植物起源の有機物は減る。そのかわりに、湖の水中の植物プランクトン由来の有機物が増えてくることになる。降雨量が少ないので、流域から湖に運ばれる物質も少なくなる。すると、風によって運ばれた砂塵、そして有機物含有量の少ない湖岸からの土壌が植物プランクトンと一緒に堆積して、白い層をつくることになる。白い層のすぐ下に、小枝とか葉の断片があることもあるが、それは気候の變化、寒くなるのが急激であったので、植物の落葉を促したからかもしれない。

5 二六〇〇年間の金属量変動

これと並んで、湖底の堆積物の中には、さまざまな金属が含まれている。

地球環境では、自然に流動化された微量元素と人為的に流動化された微量元素があることが

知られている。微量元素の中でも鉛は非常に調査しやすいものである。人間の活動によって生じる鉛の発生は、この約四五〇年来使われている灰吹き法という金・銀の製錬法の開発によって始まり、産業革命の起こった一八世紀の終わりにはいちじるしく増大したということがよく知られている。さらに一九四〇年ごろから、自動車の排気ガスに含まれる鉛によって、大気中の鉛の濃度は急激に上昇した。

堆積物の中における鉛の起源が自然的なものであるか、人為的なものであるかということとは、比較的調べやすい。なぜなら、土壌や土壌関連の成分中に含まれている自然の鉛よりも、人間が利用する鉱石のほうが、安定同位体の比が低いからである。

堆積物中におけるいろいろな金属の濃度を調べてみると、白い層の存在と相関しているようにみえる。表面から三センチ、二三センチ、三〇センチ、五一センチ、五八センチ、六三センチ、および七五センチにある白い層では、アルミニウム、セシウム、鉄、マグネシウム、ニッケル、ルビジウムおよび亜鉛の濃度は比較的高い。そしてそれと反対に、ヒ素、カドミウム、セリウム、マンガン、およびストロンチウムの濃度は低い。最初にあげたグループの金属はほとんど、地殻から自然に生じるものであり、それに対して第二のグループの金属は、有機物と関係がある。

堆積物を酸で浸出すると、金属が溶け出してくる。これらの金属のピークも白い層の存在と

関連している。

表面近くの白い層では、アルミニウム、カドミウム、セリウム、銅、鉛および亜鉛が非常に多いことがわかる。これらの金属は、人為的な起源をもっている可能性がある。さらに年代決定法を使って調べてみると、これらの金属の濃度は一三五〇年ごろ、すなわち小氷河期の始まりからだんだん増大していることがわかる。そして、台湾において工業化時代が確実に始まった一九五〇年ごろから、非常に高い速度で金属濃度が上昇した。

鉛の安定同位体の比を調べてみると、これらは一九五〇年以降、いちじるしく減少している。これは、堆積物に含まれる鉛が天然のものではなく、人為的な活動によるものであることを意味している。

一九四〇年以降、世界中で、自動車から鉛を排出したことが知られているが、最近、鉛を加えたガソリンの使用が徐々に廃止されているために、近年では鉛の濃度が下がっていることが、世界的に知られている。大鬼湖の記録はまだ鉛濃度の減少を示していない。これは、台湾ではまだ、鉛を加えたガソリンが広く使われているせいかもしれない。このように、大鬼湖の湖底の堆積物からいろいろな金属の量の記録を調べていくことによって、人間活動の影響がどのようになっているかを知ることができるのである。

6 過去の人口減少を推論する

中国では、かつてから人口が極端に増えたり減ったりした。たとえば、乾燥して寒い年が続いたとき、北部の遊牧民たちは中国に侵入しはじめた。そして広い範囲の干ばつによつて飢饉が生じ、これがさらに反乱に火をつけた。一八四年に蜂起した黄巾賊は、八〇万人を殺したといわれている。

このような混乱の中で、年老いた者、若者、弱い者が死んでいつて、犠牲者の数はさらに増えていったはずである。そして農地は耕されずに放置され、森林は伐採されたり焼かれたりした。これが、直接的または間接的にその後何年もの間、さらなる凶作を招き、それがさらに死者の数を増やしただろう。

引き続き干ばつというのは、戦争より悲惨なはずである。王莽わうまうが九年に西漢を倒したとき、人口はほぼ六〇〇〇万人であった。その後、引き続き干ばつのために、人々は共食いをするようになったといわれている。そして、人口は急速に減つて、約二五年の間に、一五〇〇万人になつてしまった。それから一三〇年後に、人口は六〇〇〇万人に戻つた。しかし、その後、東漢の後期、三国時代および西晋の時代にまた、干ばつが起こつた。三〇九年には、黄河および長江でさえ水が涸れた。

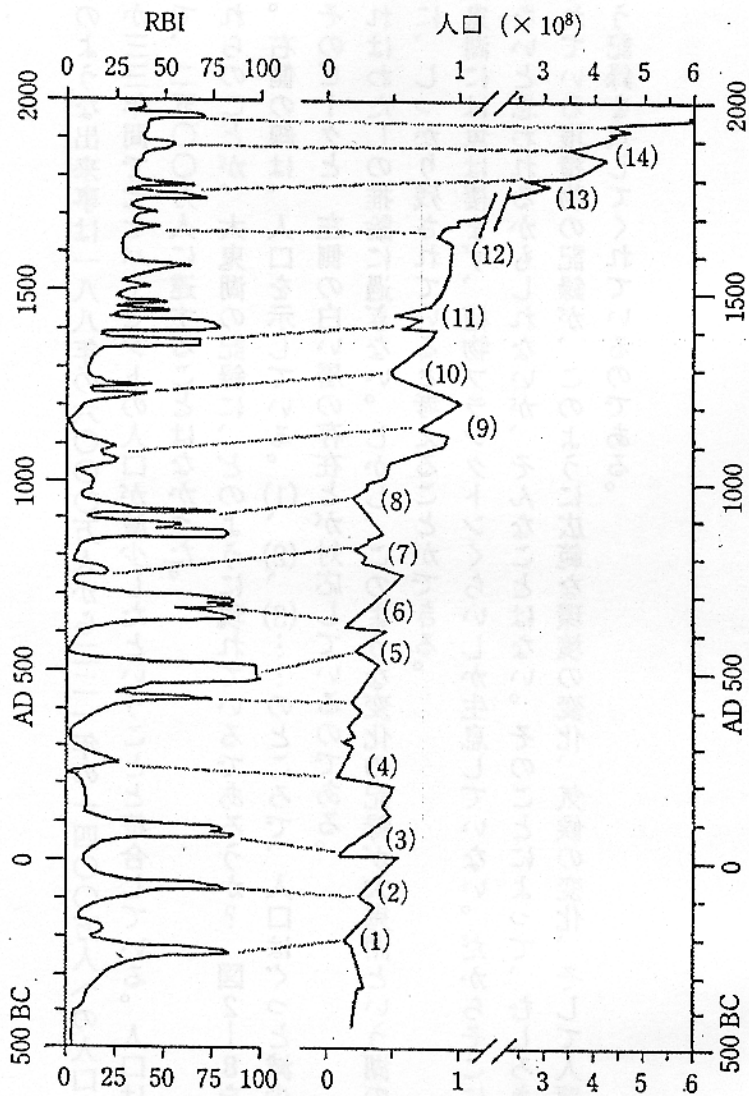


図2-8 大鬼湖の堆積物中のRBIと中国の人口。(1)~(14)は、人口が急激に減少した期間を示している。

このような出来事は一八八年の六〇〇万人から二二一年の一四〇〇万人への人口の激減、わずか三三年間で七七パーセントの人口が減少したということと符合している。人口は三四八年まで、二五〇〇万人に達することはなかった。

これらのことが、大鬼湖の記録に、どのように現れているであろうか？ 図2-8を見てほしい。右側の線は、人口を示している。(1)、(2)、(3)……のところ、人口はぐっと減少している。そのピークと、左側の白い層の存在とが対応しているのである。

これはわたしの推論に過ぎない。しかし、このような変化の記録が大鬼湖という湖の堆積物の中に、しっかりと残されていると考えることができる。

大鬼湖には魚は棲まず、植物プランクトンくらいしか生息していない。だからそこには生態学はないと思われるかもしれないが、そんなことはない。そのことによって、むしろきちんと残されている堆積物の記録が、このように広範な環境の変化、気候の変化、そして人間の歴史という記録を残してくれているのである。



水と生命の生態学



9784062573085

ISBN4-06-257308-3

C0245 ¥980E(0)



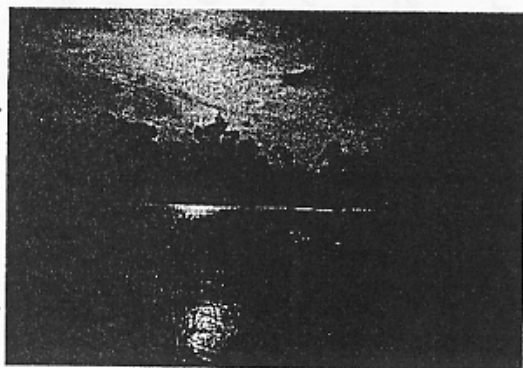
1920245009806

定価:本体980円(税別)

水の生物のおもしろ生態学

生態学琵琶湖賞に集まってきた
 世界の研究者たちの成果をわかりやすく紹介。
 タンガニーカ湖の魚から南極のオキアミ、
 プラクトン、マングローブ、ミジンコの生態など、

水と生命の饗宴をいきいきと描く。



夕景の琵琶湖(滋賀県守山市から望む)

水に生きる生物たちの多様な姿を追う

日高敏隆
編

B1308

講談社

980