

山岳湖沼堆積物に基づく完新世の気候変動の解析

公文 富士夫
信州大学理学部物質循環学科

Holocene climate variability based on lake sediment in the Japanese Alps district, central Japan

Fujio Kumon
Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

Key words: 気候変動, 山岳湖沼, 完新世, 日本アルプス, 有機炭素
climate variability, Holocene, mountain lake, Japanese Alps, organic carbon

気候変動の重要性

最近 100 年間に地球の平均気温は 1℃ 近くも上昇したと言われている (例えば, Mann and Bradley, 1999). この上昇の主因は人間の産業活動とされているが, 自然のトレンドとの分離はできていない. 西暦 1000 年から 1900 年頃までは地球全体の平均気温は低下傾向にあったとされ, 0.25℃ ほどの平均気温の低下が推定されている (Mann and Bradley, 1999). このトレンドがそのまま延長すると判断すれば, 人為的な気温上昇量はもっと大きいことになる.

もう少し長い時間スケールで見た場合, 18000 年ほど前に最終氷期の最盛期がおわり, 徐々に温暖化が初まる. この後の温暖化の過程には少なくとも 3 回の寒冷化した期間 (姜の戻り) が挟まれており, 温暖化の過程が単純に進んだのではないことが分かる. そして, 約 1 万年前に急激に温暖化が進み, 現在に続く完新世の温暖期が始まった. 完新世の温暖期も一様な気候であったわけではなく, 日本では「縄文海進」として知られている温暖期もあれば, やや冷涼な気候の優勢な「小氷期」もあり, かなりの多様性があったと考えられる.

気候変動の原因としては, 地球の軌道要素の周期的変化に基づく太陽輻射量の周期的変動 (ミランコビッチサイクル) が知られてい

るが, それだけでは説明しきれないさまざまな現象がある. 例えば, 北半球の高緯度地方では, 太陽輻射量は 2 万年ほど前から増加と続け, 約 1 万年前にピークに達した後, 徐々に減少している. この単調に増加する過程で全体として温暖化が進んでいるが, その過程で発生した 3 回の寒の戻りは, 輻射量の増減としては説明できず, 大陸氷河の消長や大洋の深層水循環の停止と関連して現象と解釈されている (Bradley, 1999). 完新世に入って輻射量が減少を始めた後にもっとも温暖な時期が生じ, また, やや冷涼な時期と温暖な時期の繰り返し認められる. 地球外から入力される輻射量に変動がないとすると, これらの寒暖変動には, 大気や海洋の循環およびそれらの相互作用に起因した地域差や時代差があるものと推定されるが, その詳細についてはほとんどわかっていない. 古気候についての高精度の情報を広い範囲で集積することによって, これらの気候変動の規則性やメカニズムを解明することが, 緊急の課題となっている温暖化の予測や温室効果ガスの役割評価に重要である.

日本アルプス地域の利点

日本列島の地理的位置は, 言うまでもなく, 地球最大のアジア大陸の東縁にあり, また, 最大の太平洋の西縁にある. この位置は, 偏

西風のみならず、冬の北風と夏の南風を交互に受け取るいわゆるモンスーン帯であり、地球規模の大気循環を直接被る場である。また、そこは海洋循環の影響も少なくない。気候変動の資料の多くは北欧や北大西洋に集中しており、氷床のアイスコアなどは極地域でしか得られないデータを提供する。しかし、それはそれなりに偏りのある資料であり、地球全体の気候変動の解明には中緯度や低緯度地方の、また、アジアや太平洋の十分なデータが必要である。中・低緯度地域では湖沼堆積物が古気候のもっとも重要なデータソースと言える。また、気候変動は最終的には個々の地域の変動として解明されないと、実用的とはならない。そういう視点から見ると、日本列島という地域性のある古気候データこそ重要である。

その点で、日本アルプスなどの山岳地にある湖沼の堆積物は、内陸にあるために海洋の影響が少ないこと、高度が大きいため気候変化が増大されて影響を与えること、海洋に比較して堆積速度が大きいため高い分解能の資料が得られること、数千年から数万年間にわたる長期間の資料が得られること、などの利点がある。

私は 1998 年度に科学研究費補助金を得て、マケレス型柱状採泥器を購入し、山岳地の湖沼堆積物の採取と、その試料に基づく古気候解析に努めている。また、それ以前からも共同研究者とともに本格的なボーリング調査によって得られた試料を用いて、古気候・古環境変動を研究していた。マケレス式採泥器は、圧搾空気を使ったピストン式コアラーであり、また、自己浮上機構を持っているという点で、操作が比較的簡便である。最長 3.8 m の乱されない柱状試料を採取できるので、堆積速度にもよるが、数千年間をカバーする試料の採取が可能である。今後も高度や堆積環境の異なる湖のデータを系統的に集積して、完新世後半の古気候変動の解明を進めるつもりである。

研究対象とおもな成果

羅列的になるが、これまでの研究成果の特徴を湖ごとに簡単に説明する。より詳しい情

報はそれぞれに関する論文・報告を参照していただきたい。

木崎湖

大町市の北に位置する木崎湖は、河川流入の影響が大きいことが特徴である。約 1500 年前までの柱状試料を 3 地点で採取しており、大規模な洪水に由来する密度流の堆積物が多数確認されており、洪水を表す気象記録としての重要性が判明した。「中世温暖期」や「小氷期」に対応する全有機炭素量 (TOC) や全窒素 (TN) の変動も確認された。これらの成果は、公文ほか (2000)、Kumon (2001) に報告され、また、公文ほか (投稿準備中) で公表される予定である。

中綱湖

中綱湖は流入河川がほとんど影響しない、閉鎖的環境が特徴である。そのため、気候の寒暖変動が TOC や TN 量の変動としてよく記録されている。約 1300 年前までに対応する柱状試料が得られており、中世温暖期や小氷期がはっきりと確認される。小氷期には湖の結氷と関連したドロップストーンの増加が認められ、この時期における冬の厳しさが初めてはっきりと示された。また、糸魚川-静岡構造線沿いの地震活動に伴う異常堆積物も確認され、湖沼堆積物が地震の周期性を解明する資料ともなることが例示された。これらの成果は、Adhikari and Kumon (2001) で公表された。

青木湖

青木湖は非常に閉鎖性が強く、また、大きな深度と複雑な湖底地形をもつ貧栄養湖である。北東部の緩斜面上で採取した柱状試料は遅い堆積速度を反映して、約 3 m の長さで約 1 万年間をカバーするものであった。この堆積物中の TOC・TN 量と珪藻殻数に基づいて、約 1 万年間の寒暖変動を復元した。ここで明らかにされた完新世の気候変動は、尾瀬ヶ原における花粉分析に基づく古気候復元や北欧における花粉や樹木年輪に基づく気候変動と大筋において一致するが、個々の期間の年代や寒暖の推定強度には差が認められる。この結果は Adhikari et al. (in press) として、間もなく

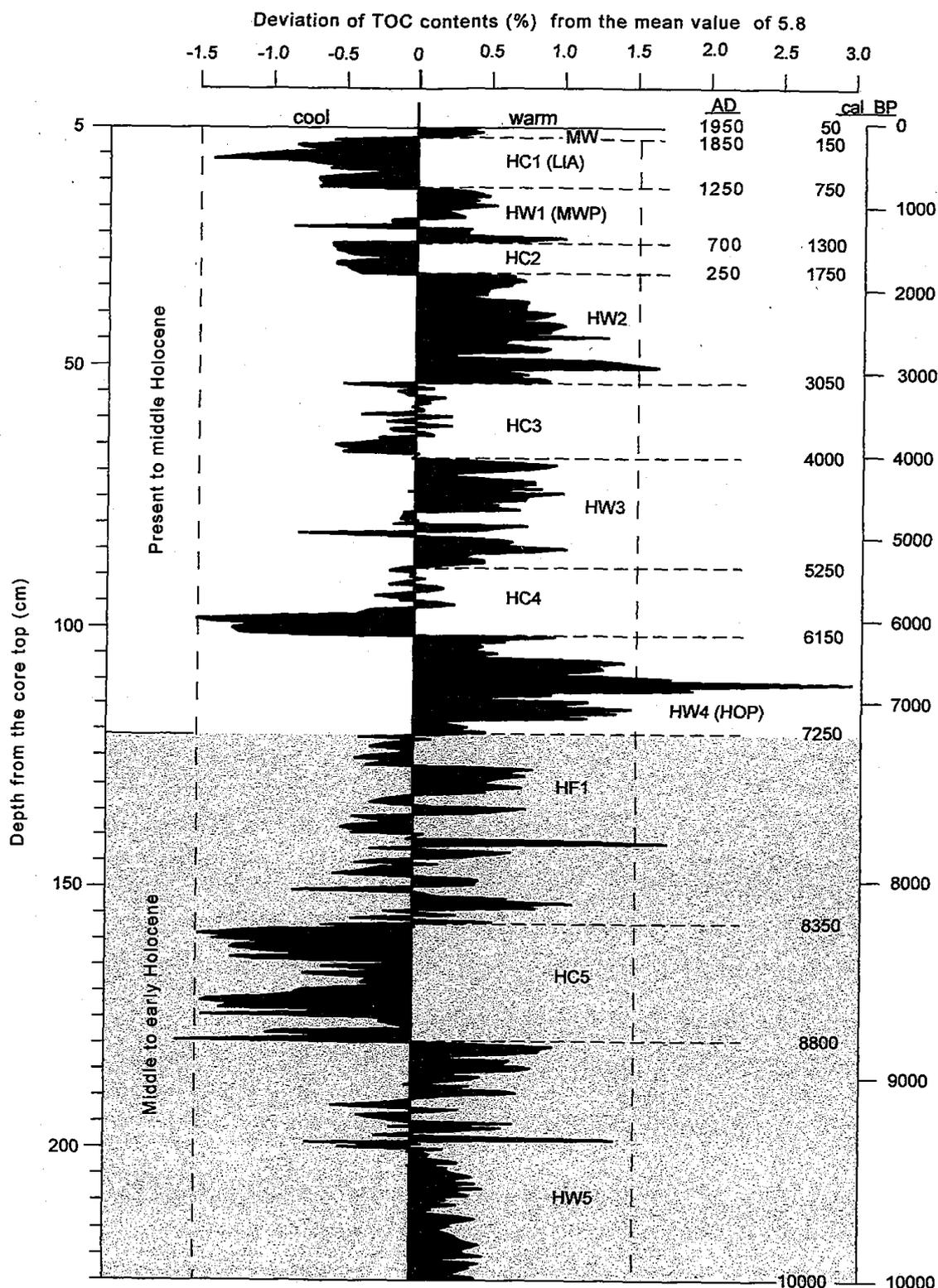


図1 青木湖の湖底堆積物の全炭素量の変動に基づく完新世の気候変動の復元

(Adhikari et al., in press より引用)

HC1-5: 冷涼期, HW1-5: 温暖期, HF1: 変動期, 下部と上部とは堆積速度が異なるので, 年代目盛り
に差がある.

公表される。その成果の一部を第1図に示す。また、青木湖には1987年に行われた2本のボーリング調査があり、その試料を使って、TOCとTNの変動にもとづいて、過去3万年間の気候変動を復元する取り組みを進めている。

野尻湖

野尻湖は閉鎖的な貧〜中栄養湖であり、近辺の新潟焼山火山に由来する火山灰層を多く挟むことが特徴である。この火山灰層は堆積物の年代指標としての有効性が高い。メケレス型採泥器で3mほどの試料を2地点で採取し、過去4千年間気候変動の解明を進めている。野尻湖では地質調査所の研究者と協力して1988年にボーリング調査を行っており、保存されていた試料を用いて、TOCとTN量、花粉組成に基づいて、2.5万年前までの気候変動を明らかにした。特に、晩氷期における詳細な古気候復元は、日本列島においては他に例のないデータであり、また、北欧との時間的ズレの存在を初めて指摘した。この成果は、公文ほか（投稿中）として、間もなく公表される予定である。

松原湖

2001年度には新しい研究対象として八ヶ岳東麓にある松原湖を設定した。この湖は閉鎖性の高い富栄養湖であり、高度が大きいことも特徴である。また、地質学的研究から、大月川岩屑流によって形成されたことが判明している（河内，1983）。河内は古文書の記録を再検討し、大月川岩屑流の発生と松原湖の誕生は仁和4年5月8日（AD888年）と推定している。それ故、約1100年間の古気候について年代精度の高い情報が期待できるからである。

2001年11月8日にメケレス型採泥器で3mほどの柱状試料を採取したが、2mほどの湖沼堆積物の下に80cm以上の厚さの火山砕屑物を主体とした1層の重力流堆積物があることが判明した。その中に含まれた樹木片について放射性炭素年代を測定したところ、1260 ± 40 y BPという測定値が得られ、これは暦年に変換するとAD770年（誤差範囲2σ AD675 ~ 875年）にあたる。この年代は古文書から推定される湖の始まり（AD888年）よりは若干

古い。しかし、木片が成長した樹木の内部に由来した可能性を考慮すると、古文書の年代と整合性のある年代値といえる。湖の底の年代が確定したので、この湖沼堆積物が記録する1100年間の気候変動の解析を進めている。

終わりに

以上述べたように、湖沼の特性や分布高度を勘案しながら、古気候情報を系統的に集積する研究を進めている。

私の使用しているメケレス型採泥器は、自動車で採泥器資材を運搬できる場所であれば、1日程度の期間で3m余の柱状試料が採取できる。湖沼の試料採取をお手伝いしますので、いろいろな目的にご活用いただきたい。

公表論文

Adhikari, D.P. and Kumon, F., 2001, Climatic changes during the past 1300 years as deduced from the sediments of Lake Nakatsuna, central Japan. *Limnology*, 2, 157-168.

Adhikari, D.P. Kumon, F. and Kawajiri K., in press, Holocene climate variability as deduced from the organic carbon and diatom records in the sediments of Lake Aoki, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 108, no.4,

Kumon, F., 2001, Paleolimnological studies. In: Saijo, Y. & Hayashi, H. (eds.), *Lake Kizaki*, 55-62. Blackhuys Publishers, Leiden.

Kumon, F. Ohno, R., Sakai, T. and Sakai, J., 2000, Climatic records during the last 40,000 years in Lake Nojiri, central Japan. In Mikami, T. (ed.) *Proceedings of the International Conference on the Climatic Change and Variability - Past, Present and future -*. Intern. Geographical Union, Comm. *Climatology*, 41-44.

公文富士夫・河合小百合・井内美郎，投稿中，野尻湖湖底堆積物中の有機炭素・全窒素含有率および花粉分析に基づく25,000～6,000年前の気候変動。第四紀研究，

公文富士夫・林 秀剛・福島和夫，2000，信州，木崎湖底堆積物に基づく過去4，5千年間の環境変遷の高精度解析。平成10・11年度科研費補助金基盤(c)(2)研究成果報告書，3-32。