

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月20日現在

機関番号：64302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500992

 研究課題名（和文） 花粉分析による高時間分解環境復元とその限界－長野深見池  
年縞堆積物による性能評価

 研究課題名（英文） High-resolution Environmental Reconstruction and Its Limit:  
Performance of Pollen Analysis Using Annually Laminated Sediment  
from Lake Fukami, Nagano Prefecture

研究代表者

北川 淳子（KITAGAWA JUNKO）

国際日本文化研究センター・研究部・プロジェクト研究員

研究者番号：90571703

研究成果の概要（和文）：

深見池から12本の堆積物のコアを採取した。年縞は平均3%程度の欠損が認められた。バイオマイゼーションでの潜在自然植生の復元結果では植生の微妙な変化をとらえる事が可能であることがわかった。定量的気候復元では1年毎での復元は現実的でなく10年～20年程度のまとまりで行うのが適当である事がわかった。また、気温では秋と冬では良い結果が得られたが、春夏は精度が悪く、降水量に関しては微妙な変化はとらえられない事が判明した。

研究成果の概要（英文）：

12 sediment cores were recovered from Fukami-ike lake. About 3% of annual laminae in average were missing from the core. It is revealed that biomization method was powerful enough to detect slight change of vegetation. Quantitative climate reconstruction by best modern analogue method performed well to reconstruct autumn and winter temperature, but it did not reconstruct slight change of precipitation. The performance was better when sediment of 20-30 years was analyzed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：年縞堆積物、花粉分析、気候復元精度、高時間分解精度、歴史記録

## 1. 研究開始当初の背景

文字による歴史記録は残っている物は少なく、記録されていない物も多い。また、歴史記録は人間の主観が働き、長い間に変質するものもある。文字の記録は古くなるほど少なく、人間の歴史の中では残っていない時代のほうが長い。過去の環境復元を行うのに、自然の記録である湖沼の堆積物が利用されてきた。近年、堆積物にも年輪のように1年毎に形成される縞、年縞があることがわかり世界で注目を浴びている。これと火山灰層などの年代マーカーを合わせる事で堆積物の正確な年代が決定できる。日本では福井県水月湖において日本初の年縞堆積物を発見し、年縞解析と加速器炭素 14 年代によって高精度の年代軸を環境文明史に与えることに成功している。また、国外では水月湖の年縞堆積物に注目し、水月湖の堆積物の花粉分析で、最終氷期から間氷期への移行期の定量的な気候復元を高精度に行い、気候変動のトリガーや伝達について議論されている。水月湖の年縞堆積物の発見をきっかけに、日本国内の各地で年縞は発見され、研究が行われてきている。また、近年、花粉分析による定量的気候復元、定量的な植生復元を行うバイオマイゼーションの技術が発展し、水月湖での分析にも利用され、定量的に気温や降水量の復元を行っている。これらの技術の発展により、より客観的に花粉分析から気候変動を議論できるようになってきた。花粉分析の分野では、年縞堆積物を利用した高精度の年代軸の確立と共同で研究を行うことにより、これらの技術を駆使して、高精度に過去の気候や植生の復元を試みようとしている。しかしながら、年縞堆積物の縞の計測によって1年単位で年代軸が決められるにも関わらず、水月湖の結果では、事実上100年オーダー単位での時間分解での議論となっている。それは、花粉分析それ自体の精度については未だ検証はされておらず、花粉分析の結果がどの程度のイベントを反映することができるのか、また、反映されるまでにどれくらいのタイムラグがあるのかがわかっていないことが1つの理由である。また、年縞といっても、年毎に堆積環境は異なり、欠如していたり、攪乱されていたりする。これらの要因による年縞の計測の誤差も含まれることも考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究は、歴史記録の豊富に残っている江戸時代以降に形成された長野県下伊那郡に

ある深見池の年縞堆積物を利用し、年縞の年毎の動向を詳細に調べ、気象記録の残る時代の花粉分析を1年～10数年の極めて高い時間分解精度で分析して、環境史イベントや気候の復元を行う。その上で花粉分析により検出できるイベントをできうる限り拾う。そして、そのイベント復元結果を他プロキシによる復元結果や歴史記録と批判的に対比し照らし合わせて、花粉記録がどの程度まで歴史記録にあるイベントを反映しているか、また、反映されるまでにどの程度のタイムラグがありえるのかを調べ、花粉分析で復元可能な範囲を明確にし、花粉分析それ自体の精度を検証する。

## 3. 研究の方法

長野県深見池で湖底の堆積物のコアをまず採取した。年代軸を確実なものとするため、池の複数地点(12本)から採取したコアの年縞幅時系列について年輪年代学で用いられるクロスデーティングを行った。明色スポンジ層と暗色緻密層を1年として、年層は実体顕微鏡観察と軟X線(SOFTEX)撮影をして決定した。この127層の年縞を年輪計測システムを利用して編年し、コアの年層の欠損を調べた。そして、年縞のカウントにより、年代を決定した。

歴史記録については「長野県の歴史」(塚田正朋1974)と「阿南町誌 下巻」(阿南町誌編纂委員会(編)1987)、「昭和の災害史事典」(日外アソシエーツ編集部(編)1993-1995)、「熊谷元一写真全集」(熊谷元一1994)及び「天変地異年表」

(<http://www.nagai-bunko.com/shuushien/tenpen/ihensiryoku.htm>)に記述のある、1600年代から1990年代までの農業、開発、気象災害、火山噴火、台風被害、洪水、火災、公害に関する記述を基に歴史年表を作成した。

湖沼に堆積する花粉は主に周辺に生育する植物由来である。花粉分析の下調べとして、植物相の調査を行った。

気候復元の下準備として、表層花粉のサンプリングを行った。気候復元の基礎データとなる表層花粉のデータの分析を行った。その上で、花粉分析の結果をもとに、ベストモダンアナログ法によるバイオマイゼーション

(Gotanda et al. 2002; Gotanda et al. 2008)と定量的気候復元(Nakagawa et al. 2002)を行い、気象庁のデータと照らし合わせ、気候復元の精度を検証した。

バイオマイゼーションと定量的気候復元では、花粉分析の結果の1年ごとの花粉流入量を利用し、5年、11年、21年、31年分の層をまとめて分析した結果として各花粉分類群の流入量の合計を計算した。そのデータ

を利用して、Nakagawa et al. (2002)の方法で気候復元を行った。復元には公開されている定量復元のためのソフトウェア、Polygon2.2.4を利用した。年平均気温、春の平均気温（3月、4月、5月）、夏の平均気温（6月、7月、8月）、秋の平均気温（9月、10月、11月）、冬の平均気温（12月、1月、2月）、温暖指数（吉良 1948）、寒冷指数（吉良 1948）、年降水量、春の降水量、夏の降水量、秋の降水量、冬の降水量を復元した。

また、近年の米の生産について花粉分析の結果と照らし合わせ、不作の年の検出の可能性も検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 堆積物の採取

2010年9月に深見池でボーリング調査を行った。マッケラスピストンコアラで、4mの塩化ビニールチューブを利用して12本のコア（FKM10-1～12）を採取した。また、表層の部分の採取するため、リムノス表層サンプラーで上部およそ50cmを5本採取し、引き上げた後に金属の筒を挿入し、内部にドライアイスを入れ凍結させ、採取部の堆積物は攪乱されることなく、輸送可能とした。サンプルは国際日本文化研究センターに輸送した後、半分に分割し、写真撮影をした後に花粉分析を含む各分析用のサンプルに分割した。

コアは最長368cm、最短208cmのものが採取できた。いずれもおよそ200cmまたはそれ以上深にあるタービダイト層まで連続した葉理（ラミナ）が観察された。軟X線写真観察で、ラミナはスポンジ状の層と密度の高い層で形成されている年縞であることが確認できた。年縞は定常的に堆積し、年縞の間に歴史災害と考えられるイベント層が挟在している。深見池周辺では多くの災害が歴史に記録されている。1854年の安政の大地震と1891年の濃尾地震によってできたタービダイト層がすべてのコアに挟在していた。

表 2-1 主な深見池周辺の災害

年(AD)	出来事
1991-1995	深見池周辺の保全工事
1946	南海地震
1891	濃尾地震
1854	安政の大地震
1850	大満水（洪水）
1804	子の満水

表 3-1 計測年縞の欠損一覧

コア	計測したラミナ数	ラミナ欠損数	欠損割合(%)
FKM10-1	107	4	3.74
FKM10-2	125	5	4.00
FKM10-3	127	1	0.79
FKM10-4	59	0	0.00
FKM10-5	127	1	0.88
FKM10-6	113	1	0.88
FKM10-7	117	4	3.42
FKM10-8	123	6	4.88
FKM10-9	126	6	4.76
FKM10-10	126	5	3.97
FKM10-11	121	2	1.65
FKM10-12	97	2	2.06
合計	1368	40	2.92

##### (2) 年縞のクロスデーティング

深見池の年縞は下部の薄い層でも平均1cmある（Kawakami et al. 2004）にも関わらず、コアにより欠損がみられた。湖沼全体に均一に堆積するのではなく、場所により堆積量が変わっていることがわかった。平均すると年縞の3%程度の欠損が認められた。例えば、10,000年で300年の誤差が生まれることになる。年縞堆積物といえ、3%程度の誤差があることを踏まえて復元結果を考察していくことが必要である。

##### (3) 阿南町深見ノ池の植物相調査

池周辺では、同定した分類群数は264である。生育場所は、池東、池北、池西、池南とし、池畔水中を加えた。生育環境は、路傍、草地（池畔の開けた草地）、湿地、水田、水田石垣（段々畑状の水田に設けられた石垣）、畑、放置畑（野菜畑）、花壇、果樹園、針葉林、落葉林、並木（落葉樹の並木）、林縁などである。

阿南町内の溜池（大堤）では79分類群（表4-2）、鷗目（尾根のコナラ・クヌギ林）では26分類群、井戸入沢橋（林道で囲まれた小さな丘、クヌギ、ケヤキ林）では58分類群、阿南町新野（ハナノキ自生地）では92分類群、阿南町北条（天竜川沿い右岸、放置された耕地、川辺林）では91分類群、新野巣山湖（人口の貯水池）では30分類群が同定された。いずれの場所もイネ科やキク科に属する植物が多く、帰化植物も多く認められた。

##### (4) 表層花粉採取

ボーリング地点周辺と木曾山脈の東と赤石山脈の東、及び、表層花粉のデータの少ない伊豆半島で、冷温帯から暖温帯までの気候

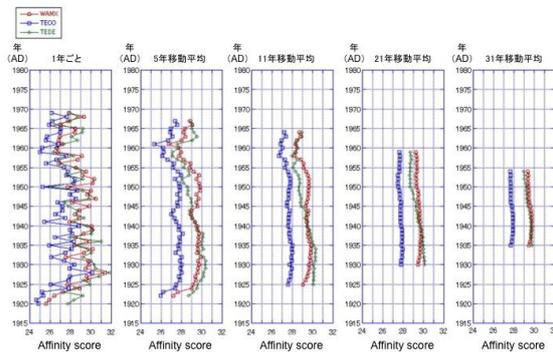
帯で表層花粉のサンプル（コケ、腐葉土、湖底の泥など）の採取を行った。採取地点はボーリング地点を中心に 63 地点に及ぶ。その花粉分析を行い、日本の表層花粉データに追加した。

#### (5) 長野県下伊那郡阿南町深見池の花粉分析結果

花粉分析結果では、周辺の植物相を含む多くの花粉分類群が検出されていることから、周辺の植物相を反映したものであると言える。1900 年代には植物相は大きく変化していなかった。また、樹木花粉では遠方から飛来するものが多い。深見池の周辺は古くから開発され、多くは農地として開墾されている。そのため、多くの樹木花粉は人為攪乱の比較的少ない周辺の山林からやってきたものと考えられる。

#### (6) バイオマイゼーション

バイオマイゼーションでの潜在自然植生の復元結果を気象庁の観測データと比較すると、かなり微妙な気候の変化による植生変遷が反映されていた。湖の堆積物が周辺の植生の微妙な変化をとらえていたと言えるだろう。また、日本でのバイオマイゼーションの精度は非常によいことがわかった。



10-3-1 コアの潜在自然植生復元のバイオムスコア

#### (7) 定量的気候復元

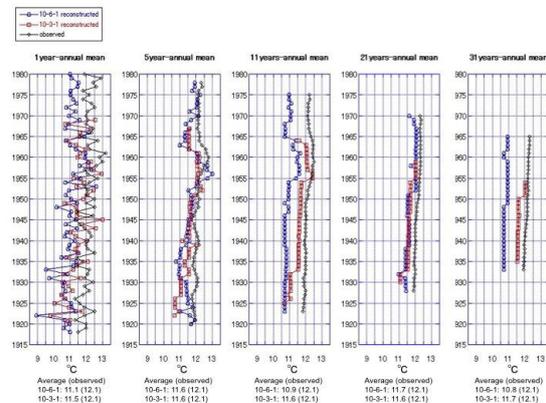
最近の傾向として、高分解能の分析が多くなされるようになってきた。しかしながら、この分析の結果から花粉分析では 1 年～5 年というような高分解で分析しても気候の復元値は実測値との相関が悪く、実際の値とかけ離れている可能性が高い。むしろ 10 年～20 年程度での分析が適当と考えられる。降水量と夏の気温以外では 11 年と 21 年が最も良い相関を示す傾向にあった。

降水量の復元は、平均値は実測値に近い値に復元されるものの、相関が悪く、常に同じ値が復元されてくる。

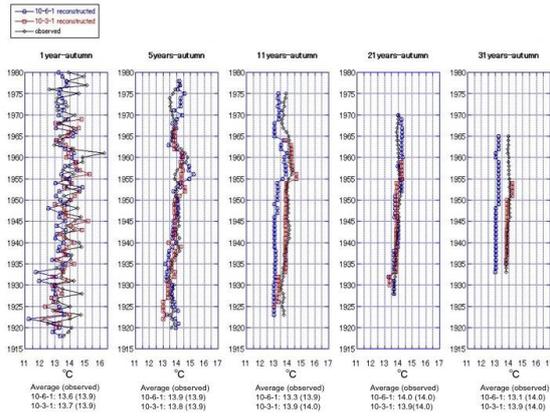
年平均気温は比較的信頼のおける復元結

果となったが、春と夏の気温の復元においても難しいことがわかった。復元された平均気温が実測値から大きく離れてしまう。信頼性に欠ける。それに対して、秋と冬は復元された平均気温が実測値に近く相関もよい。温暖指数 (WI) と寒冷指数 (CI) に関しても春夏の復元は悪く、秋冬の復元が良い傾向が現れる。WI では、相関係数は分析年数が増加するほど改善される傾向にあったが、実測値との平均値との差が大きい事から、信頼性が低かった。CI の復元では平均値は実測値に近く復元された。復元値と実測値の相関係数は 21 年で最も高い値を示し、この分析年数でかなり信頼のおける復元と言える。春から夏にかけては多くの植物では開花し、次の年の花芽を形成する時期であるが、花粉の形成に関して言えば、その後の時期になってくるため、秋と冬の気温の復元のほうが良い結果が得られた可能性がある。別の理由として、春から夏、特に夏の気温は十分温暖で、多少の気温の変化は花芽形成に影響を与えなかった可能性がある。1918 年から 1980 年の年毎の WI をみると、WI は 89.6°C から 109.3°C と大きく変化するが、いずれも照葉樹林帯の範囲である (吉良 1948)。それに対して、CI では -18.4°C から -4.9°C となり、中間温帯林と照葉樹林の境界 (吉良 1948) をまたがっている。この差が花粉生成を左右し、復元結果に現れたことにより、春から夏の気温より、秋から冬の気温の復元のほうが良い結果であったかもしれない。しかしながら、秋の気温は WI への貢献度が高く、春の気温は CI への貢献度が高いため、花芽形成の時期に関連した結果と考えたほうが良いかもしれない。

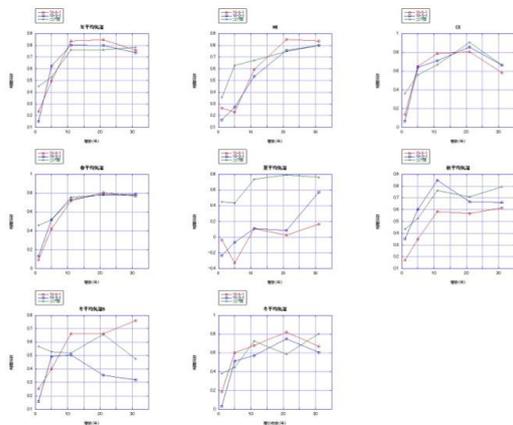
これらの結果は日本の長野県深見池の花粉分析結果によるもので、他地域について同様のことが言えるかどうかは今のところ不明であるが、気温、降水量、植物層に大きな違いがない場所では適用できると考える。それらの大きな違いのある地域での花粉分析での定量的気候復元では、異なった結果が予想される。



年平均気温の復元結果



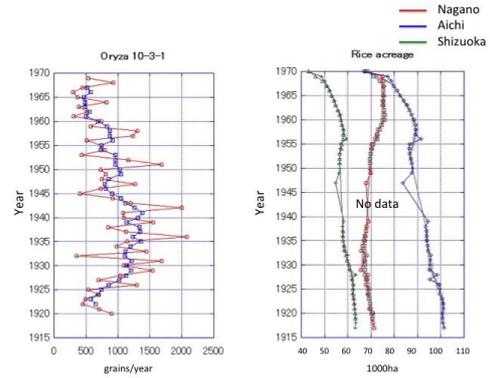
秋の平均気温の復元結果



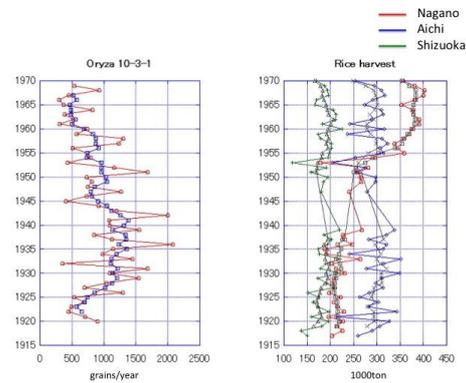
気温復元値と実測値の相関係数

(8) 米の不作と花粉データ

深見池の花粉データは、長野県でなく、愛知県の米の作付面積、収穫量を反映していると言える。これは地理的に近いと考えられる。しかし、不作の年などがあり、また、単位面積あたりの収穫量の変動が大きいため、作付面積より、収穫量を反映している。反映のされ方は、不作の年のある数年後になることが多い。これは花粉の湖へ堆積のタイムラグの可能性がある。また、不作の年の記録は、実質的には単位面積あたりの収穫量の変動を反映しているため、花粉にどの程度反映されてくるか不明と言える。



イネタイプの花粉流入量と米の作付け面積



イネタイプの花粉流入量と米の収穫量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① Pavel E. Tarasov, Takeshi Nakagawa, Dieter Demske, Hermann Österle, Yaeko Igarashi, Junko Kitagawa, Lyudmila Mokhova, Valentina Bazarova, Masaaki Okuda, Katsuya Gotanda, Norio Miyoshi, Toshiyuki Fujiki, Keiji Takemura, Hitoshi Yonenobu, Andreas Fleck 2011. Progress in the reconstruction of Quaternary climate dynamics in the Northwest Pacific: A new modern analogue reference dataset and its application to the 430-kyr pollen record from Lake Biwa. Earth-Science Review 108: 64-79

〔学会発表〕(計12件)

- ① 北川淳子、Pollen analysis as a method of detecting Japanese cereal production、Society for Economic Botany、2013年6月28日～2013年7月2日、Plymouth, UK
- ② 北川淳子、長野県深見池の年縞堆積物を利用した花粉分析による定量的気候復元

の精度検証、日本地球惑星科学連合（招待講演）、2013年5月21日、幕張メッセ国際会議場

- ③ Kitagawa, J., Hoshino, Y, Yamada, K and Yonenobu, H, How does pollen analysis detect poor rice harvest?, Society for Economic Botany, 2012年6月6日、Frostburg, USA
- ④ Kitagawa, J., Yamada, J., Ohyama, M., Hoshino, Y., Shinozuka, Y., Yonenobu, H., Yasuda, Y., Analysis of recent vegetation change for the successful regeneration of Kiso-hinoki cypress, 52<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Society for Economic Botany, 2011年7月11日, Chase Park Plaza (St. Louis, USA)
- ⑤ 山田和芳・Saarinen, Timo・米延仁志・原口強・竹村, 恵二、表層堆積物の新しい採取方法—ミニアイスフィンガー法、日本地球惑星連合2011年大会、2011年5月25日、千葉幕張メッセ
- ⑥ 北川淳子・藤木利之・山田和芳・星野安治・米延仁志・安田喜憲、湖沼堆積物による人間干渉の歴史復元—白巣峠、田立湿原を例にして、日本地球惑星連合2011年大会、2011年5月25日、千葉幕張メッセ
- ⑦ 星野安治・山田和芳・篠塚良嗣・米延仁志・大山幹成・北川淳子、長野県深見池年縞堆積物を用いた樹木年輪年代学的手法の応用、日本地球惑星連合2011年大会、2011年5月25日、千葉幕張メッセ
- ⑧ 山田和芳・米延仁志・星野安治・大山幹成・小田寛貴・北川淳子・安田喜憲・齋藤めぐみ、湖沼年縞の年輪年代学的研究の試み～長野県深見池を例に～、日本第四紀学会2011年大会、2011年08月27日
- ⑨ 米延仁志・山田和芳・五反田克也・原口強・瀬戸浩二・大山幹成・竹村恵二・安田喜憲・青山和夫・坂井正人・高宮広土、年縞堆積物による環太平洋諸文明の高精度環境史復元、日本地球惑星連合2011年大会、2011年5月27日、千葉幕張メッセ
- ⑩ Yamada, K., Yonenobu, H., Yasuda, Y., Shinozuka, Y., Saito-Kato, M., Okuno, M., High-resolution reconstruction of the East Asian monsoon activities over the last 2k using Japanese annually laminated lake sediments, XVIII INQUA-Congress, 2011年07月21日, Bern, Switzerland
- ⑪ Kitagawa, J., Climate influence on *Castanea* and *Aesulus* tree as food sources: the case of Sannai-Maruyama site

and Kamegaoka site, Public Symposium and Workshop, “Climate change and Subsistence in prehistoric Japan, 2010年6月19日, University of California, Berkeley, USA

- ⑫ Kitagawa, J. Fujiki, T. Yasuda, Y, Was the Kiso-hinoki cypress preservation movement effective during historical period?, 51<sup>st</sup> Annual Meeting of the Society for Economic Botany, 2010年6月8日, Xalapa, Mexico

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

北川 淳子 (KITAGAWA JUNKO)  
国際日本文化研究センター・研究部・プロジェクト研究員  
研究者番号：90571703

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

米延 仁志 (YONENOBU HITOSHI)  
鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授  
研究者番号：20274277  
大山 幹成 (OHYAMA MOTONARI)  
東北大学・学術資源研究公開センター・助教  
研究者番号：00361064  
五反田 克也 (GOTANDA KATSUYA)  
千葉商科大学・政策情報学部・准教授  
研究者番号：40453469