

Press Release(R2/10/7)

北海道の降水量に対するアジアモンスーンの影響を実証

北海道南西部・大沼の過去 350 年間の湖底堆積物の解析

岐阜大学教育学部の勝田長貴准教授、教育学研究科の内藤さゆり修了生、池田久土修了生、北海道教育大学函館校教育学部の田中邦明名誉教授、金沢大学環日本海域環境研究センターの落合伸也助教、同センター長の長尾誠也教授、岐阜聖徳学園大学教育学部の川上紳一教授（岐阜大学教育学部名誉教授）らの研究グループは、北海道南西部の大沼の湖底堆積物と水質の研究を行い、北海道駒ヶ岳の1640年以降における噴火活動の歴史を克明に記録していること、1640年以降の北海道の夏の気候は大陸性の夏のアジアモンスーンの影響を強く受けてきたことを明らかにした。また、大沼の湖底堆積物にはマンガン^{1,2)}に富む律動的な縞状構造が認められ、水文学的調査によって、この堆積構造が夏季の貧酸素化した深層水塊で形成された年縞堆積物（1年毎の縞が刻まれた堆積物）であり、その形成は夏のアジアモンスーンの降水強度を反映していることが明らかとなった。研究成果は、2020年10月2日（金）に国際誌 Quaternary Science Reviews 誌に掲載された。

【発表のポイント】

- 1640年、1929年、1996年に発生した北海道駒ヶ岳の噴火に伴う火山灰は、大沼まで到達した。
- 大沼の堆積物には、1640年～1935年にかけて大陸性の夏の東アジアモンスーンの影響が克明に残されている。
- 水質調査によると、菱マンガン鉱（ $MnCO_3$ ）が夏季の貧酸素化した深層水塊で沈殿しており、1年に1枚の年輪として湖底堆積物に刻まれている。
- 菱マンガン鉱の縞模様が形成された時期は、夏の東アジアモンスーンに伴う降水量と地表水の流入量が低下したことが示唆された。すなわち、この縞模様の形成は、湖の鉛直循環が安定化する期間に生じるものである。

【概要】

北海道南西部の渡島半島に位置する大沼の湖底堆積物について、マンガンを中心とした土壌分析と、湖水の水質分析を行った結果、この堆積物にはマンガンを主体とする縞模様が律動的に形成されていることが明らかになった。湖の水塊が成層化し、深層水塊が貧酸素化する時期にマンガン沈殿物が1年に1枚の層を成して堆積しており、その堆積は夏季の降水量が低下する時期に生じている。これにより、北海道周辺の夏季の降水量は、1640年～1850年にかけて減少し、1860年～1930年にかけて増加したことが明らかとなった。先行研究で示される東アジアモンスーンの影響は、中国大陸を中心とした大陸性気候と、中部日本を含む海洋性気候の影響に支配されており、大陸性気候下での降水量が増加する時期は、海洋性気候による降水量が減少傾向を示すことが知られているが、今回の研究結果によって北海道周辺の降水強度は、大陸性気候下での影響を受けていることが明らかとなった。こうした数十年規模変動の古気候復元では、高い決定精度で堆積物の年代を与えることが求められ、大気由来の²¹⁰Pbの堆積フラックスと、大沼から8 km 北方の北海道駒ヶ岳の火山噴出物層（1640年、1929年、1996年）によって大沼の堆積層の時間軸が確立されたことが本研究の発見につながった。

【背景】

人の活動の場である陸域の環境は、気候変動、人々の生活、海洋の循環、太陽活動の変化や火山噴火のような様々な要因によって、時々刻々と変化している。これらの陸域環境で生じた過去の変動を記録している湖底の堆積物を解析することで、環境変動の指標となり得る化学成分の堆積学的・化学的な形成メカニズムが解明される。更に、堆積物の堆積年代を高精度で推定することによって、信頼性の高い環境変動の復元を行うことが可能となる。

湖底の堆積物には、鉄やマンガンからなる層が挟まれており、樹木年輪のように1年に1枚ずつ作られる年縞が発見されることがある。我が国では、福井県の水月湖の年縞堆積物が有名であり、放射性炭素年代測定の校正に使われている (Ramsey et al. 2012)。水月湖の年縞は、鉄を主体とした菱鉄鉱 (FeCO_3) の縞模様から構成されるが、現在の水月湖では、水の環境が淡水性から汽水性へと変化しているため、鉄の縞模様は形成されておらず、その形成メカニズムは明らかとなっていなかった (Kawakami et al. 1996)。今回、大沼で発見された菱マンガン鉱 (MnCO_3) は、水月湖の鉄と同様の炭酸塩の化学形態を持ち、現在でも淡水環境が維持されていることから、鉄やマンガンからなる年縞の堆積過程を検討することができた。

本研究では、大沼に堆積した堆積物コアを採取し、古気候の解読を進める中で、堆積物中に見られるマンガンの縞状構造の分析結果に焦点を当てて解読を行った。駒ヶ岳の火山灰層 (1640年、1929年、1996年) を堆積物の年代軸のアンカーポイントとして用いることで地層の堆積速度を高精度化し、堆積物のマンガ含有量の変動と、世界各地の気候変動の指標を比較した結果、北半球で寒冷化が進んだ小氷期 (1550年~1850年) にマンガ含有量の増加が認められることが明らかとなった。湖水におけるマンガンの地球化学的挙動と、古気候学的物質循環過程の考察から、これらの変動が東アジアの夏のモンスーンの降水強度のうち、中部・西南日本等の海洋型の降水変動とは異なり、中国や韓国などの大陸型の降水変動と期を一にする降水変動の歴史を推移してきたことが明らかとなった。

【研究の経緯】

渡島大沼は北海道南西部の渡島半島に位置する堰止湖であり、大沼と小沼と呼ばれる2つの湖沼から構成される。その形成は、隣接する北海道駒ヶ岳の噴火活動の影響を受けており、1640年の大噴火に伴い山体崩壊と岩屑なだれが発生し、現在の形となった。北海道駒ヶ岳は、1640年以降も度々噴火を起しており、1694年、1856年、1929年には大噴火が発生し、これらの噴火の噴出物は山体とその周辺に堆積した (図1)。

2012年6月に、大沼周辺の環境変動の歴史を明らかにすることを目的とし、大沼と小沼で掘削が行われた (柏谷ほか 2019)。その結果、湖底から深さ数メートルの地層から、1640年の岩屑なだれ堆積層が発見された。その上位の湖底堆積物からは、数枚の火山灰層が確認され、1694年、1856年、1929年の駒ヶ岳の大噴火で生じた火山噴出物が大沼まで到達した可能性が報告されたが (Kashiwaya et al. 2015; 柏谷 2019)、これらの認識は、これまでに復元された歴史時代における駒ヶ岳の噴出物の分布 (勝井ほか 1989; 吉本ほか 2007) と矛盾するものであった。

堆積物の火山灰層の同定は、堆積物の年代軸を正確に与えることができるため、古気候変動を正確に復元する上で重要となる。こうした背景のもと、本研究グループは、2012年6月に掘削された湖底堆積物に見られるマンガンの縞状構造の形成メカニズムの分析を合わせて、堆積物の分析を注意深く行い火山灰層の同定と古環境変動の復元を進めた。その結果、1694年と1856年の大噴火の際には、駒ヶ岳の火山噴出物は大沼には到達していない、という従来の研究結果 (勝井ほか 1989; 吉本ほか 2007) を支持する結果となった (図1B)。また、湖底堆積物の最上位の火山灰層は、1996年3月の水蒸気爆発で生じた火山灰 (宇井ほか 1997) であることが明らかになった (図1C、図2)。更に、これらの火山灰層をもとに湖底堆積物の解析を進めた結果 (図3)、マンガンの律動的な変動は数十年規模で繰り返しており、その原因が東アジアモンスーンの夏の降水の減少に伴って発生した深層水塊への溶存酸素量の低下に伴う堆積記録であることが明らかになった (図4)。

【研究支援】

本研究は、科研費補助金 (24700947, 26300005, 16H05643 等)、ニッセイ財団環境問題研究助成の資金援助を得て行われました。また、大沼での調査分析は、大沼漁業協同組合、大沼合同遊船株式会社の皆様にご協力を得て行われました。

【引用文献】

- Hariya, Y., Kikuchi, T. (1964) Precipitation of manganese by bacteria in mineral springs. *Nature* 202, 416-417.
- 柏谷健二 (2019) 特集：せき止湖の形成とその後の環境変動-北海道駒ヶ岳と渡島大沼を中心に-：緒言. 地形 40, 1-3.
- Kashiwaya, K. et al. (2015) *Earth Surface Processes and Environmental Changes in East Asia*:

Records From Lake-catchment Systems. 336p. Springer

- 勝井義雄ほか（1989）北海道駒ヶ岳火山地質図. 地質調査所
- Kawakami, S.-I. et al. (1996) A new opportunity to detect paleo-earthquake events dating back to the past 10 millennia: a record from lacustrine sediment. *Engineering Geology* 43, 177-188.
- Ramsey, C. B. et al. (2012) A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr B. P. *Science* 338, 370-374.
- 宇井忠英ほか（1997）北海道駒ヶ岳 1996 年 3 月の噴火. *火山* 42, 141-151.
- 吉本充宏ほか（2007）北海道駒ヶ岳火山の噴火履歴. *地質学雑誌* 113, 81-92.

【論文情報】

雑誌名：Quaternary Science Reviews

タイトル：Sedimentary rhythm of Mn-carbonate laminae induced by East Asian summer monsoon variability and human activity in Lake Ohnuma, southwest Hokkaido, northern Japan

著者：Nagayoshi Katsuta¹, Sayuri Naito¹, Hisashi Ikeda¹, Kuniaki Tanaka², Takuma Murakami^{3,4}, Shinya Ochiai³, Yoshiaki Miyata³, Mayuko Shimizu⁵, Asuka Hayano¹, Konami Fukui¹, Hitoshi Hasegawa⁶, Seiya Nagao³, Mayuko Nakagawa⁷, Kana Nagashima⁸, Masakazu Niwa⁵, Masafumi Murayama⁹, Masako Kagawa¹, Shin-ichi Kawakami^{1,10}

¹Faculty of Education, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu 501-1193, Japan

²Hokkaido University of Education, Hakodate Campus, Hachiman-cho 1-2, Hakodate, Hokkaido 040-8567, Japan

³Low Level Radioactivity Laboratory, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Wake, Nomi, Ishikawa 92301224, Japan

⁴Horonobe Research Institute for the Subsurface Environment, 5-3 Sakaemachi, Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido 098-3221, Japan

⁵Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, Toki, Gifu 509-5102, Japan

⁶Department of Global Environment and Disaster Prevention, Faculty of Science and Technology, Kochi University, Akebono-cho 2-5-1, Kochi 780-8520, Japan

⁷Earth Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan

⁸Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2-15 Natushima-cho, Yokosuka 237-0061, Japan

⁹Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, B200 Monobe, Nankoku, 783-8502, Japan

¹⁰Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University, Takakuwanishi, Yanaizu-cho, Gifu 501-6194, Japan

DOI 番号： <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106576>

論文公開URL：

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379120305382?dgcid=author>

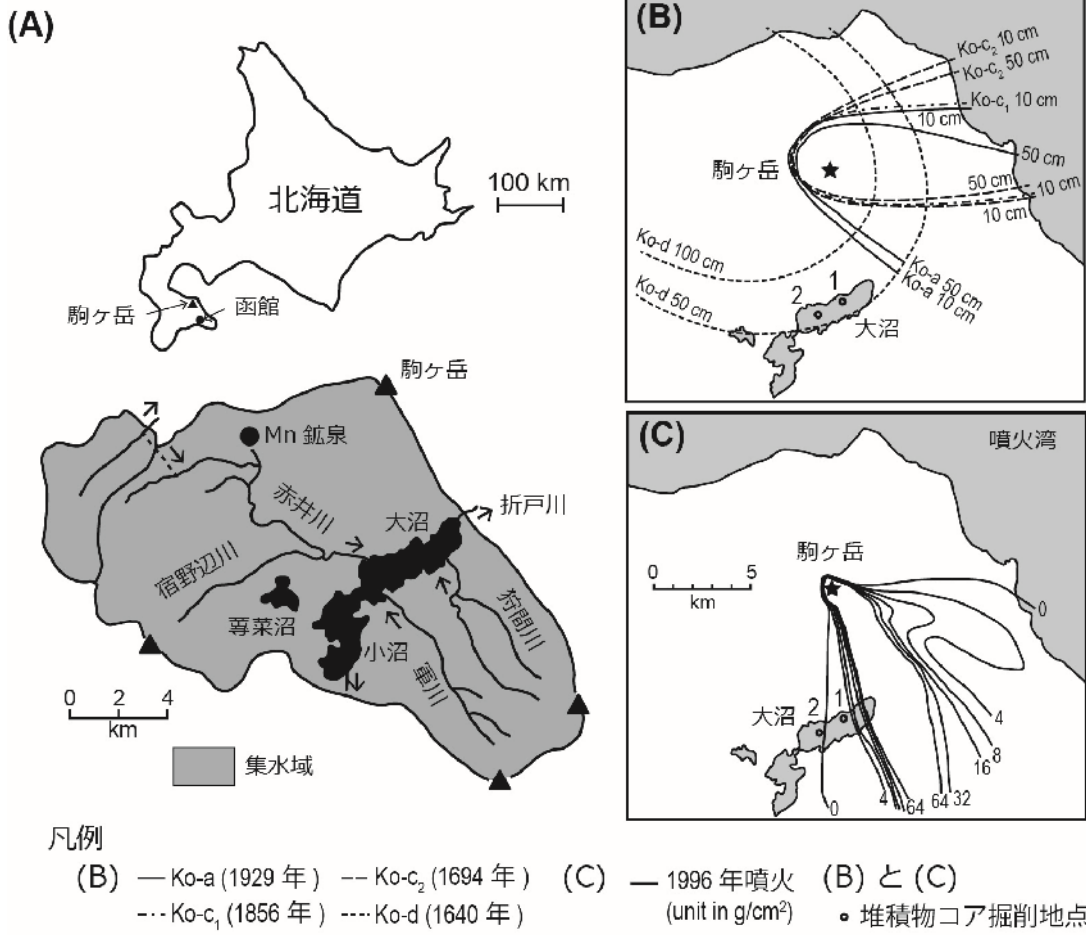


図1. 北海道南西部の渡島半島に位置する大沼とその集水域には、北海道駒ヶ岳が分布しており (A)、1640年の大噴火以降に噴火が繰り返して発生しており、駒ヶ岳からの噴出物が山体とその周辺に分布している (B-C)。

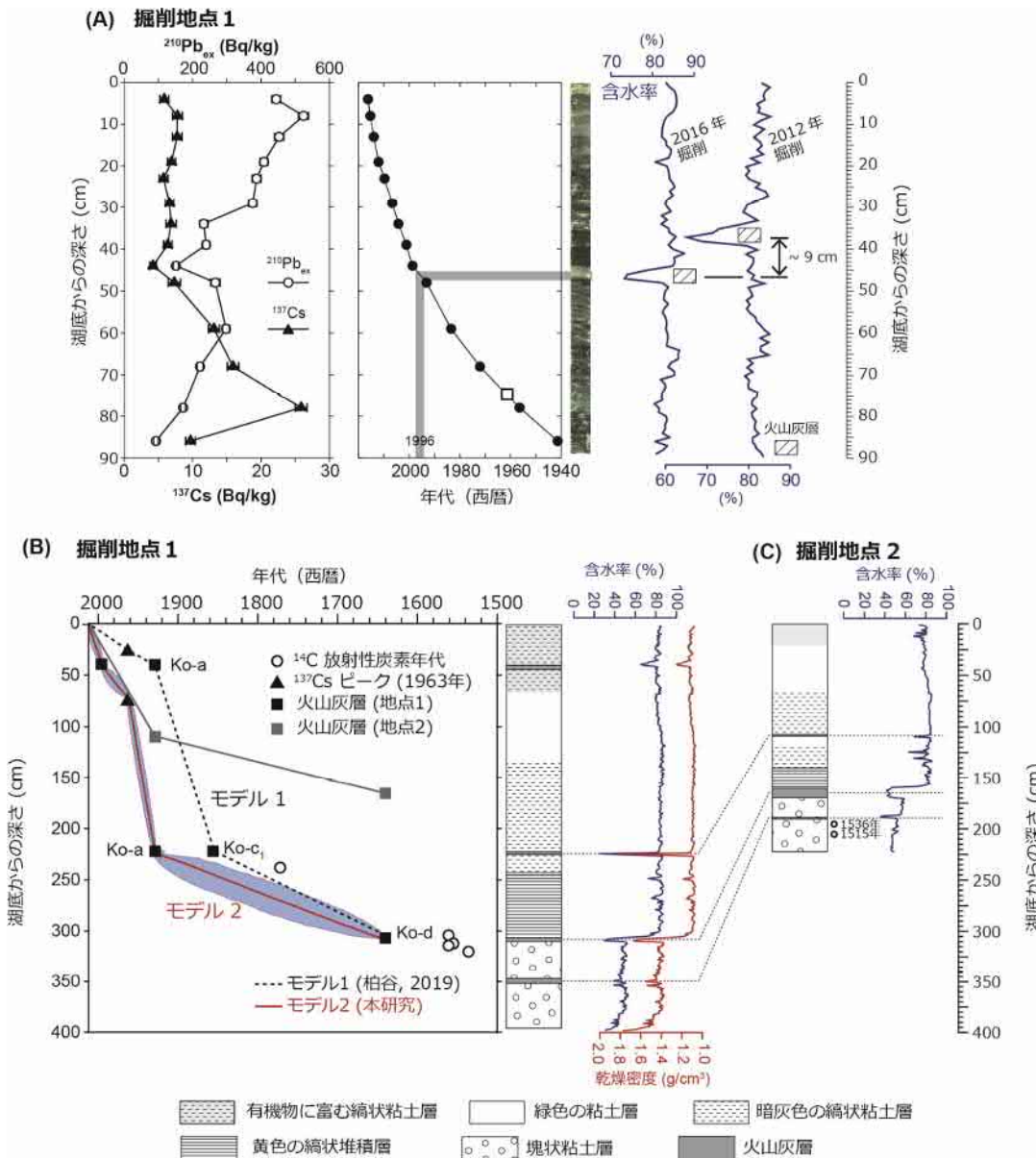


図2. 地点1で2016年に採取した堆積物コアには、湖底から約45cmの位置に火山灰層が認められ、その年代が ^{210}Pb 年によって1996年と特定された(A)。また、同地点で2012年に採取した堆積物コアには、湖底から約225cmの位置に火山灰層が確認されており、同様の火山灰層は地点2で2012年に採取した堆積物コアでも深さ110cmで認められた(B, C)。この火山灰層は、図1Bの駒ヶ岳起源の噴出物Ko-aの分布から、1929年の大噴火で生じたものであることが明らかとなった。

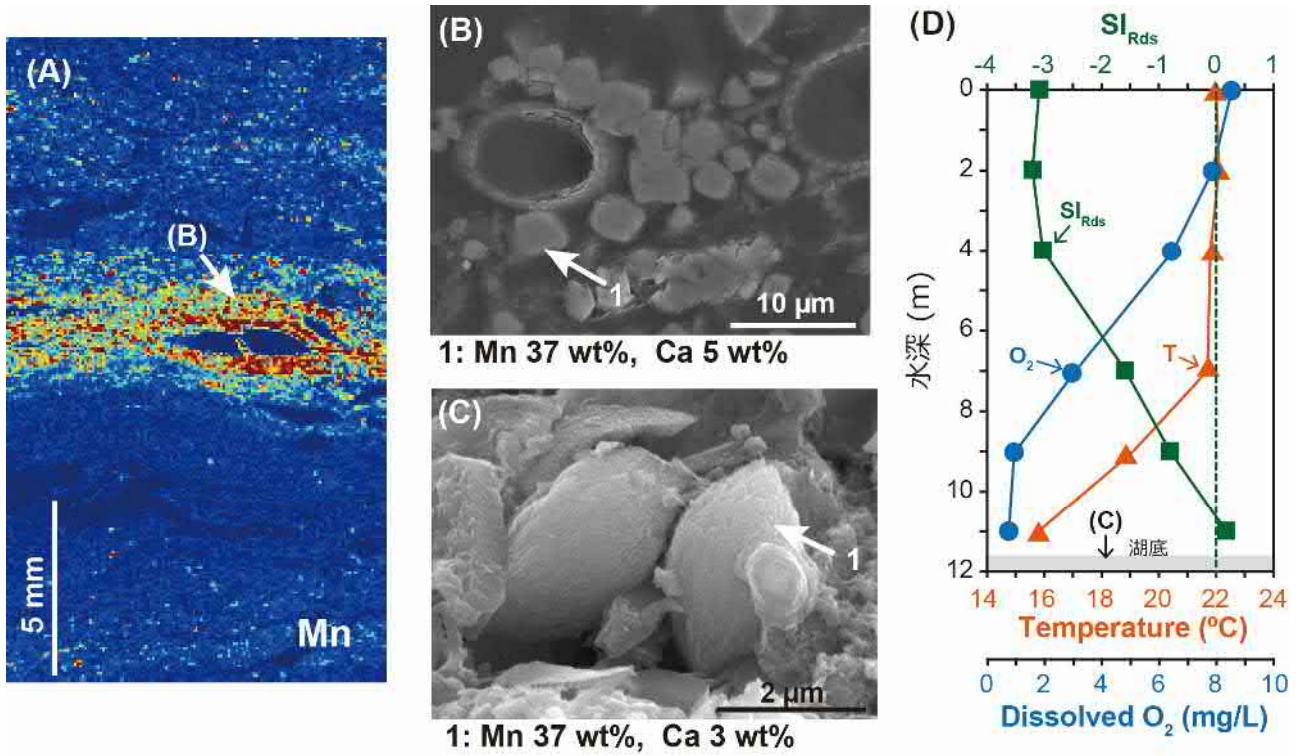


図3. 地点 1 の堆積物コアと水塊の化学成分を示す。堆積物中の Mn は縞状に分布しており (A)、その縞を構成する物質が菱マンガン鉱 (MnCO_3) となる (B)。同様の物質は、夏季の貧酸素化した深層水塊でも堆積物の表層に見られた (C)。そのときの水塊の鉛直分布が D となっており、夏季の貧酸素化した時期に形成されたことが示唆された。D の SI_{Rds} は、菱マンガン鉱 (MnCO_3) の飽和度を示し、貧酸素化した深層水塊で菱マンガン鉱に対して過飽和となることが明らかとなった。

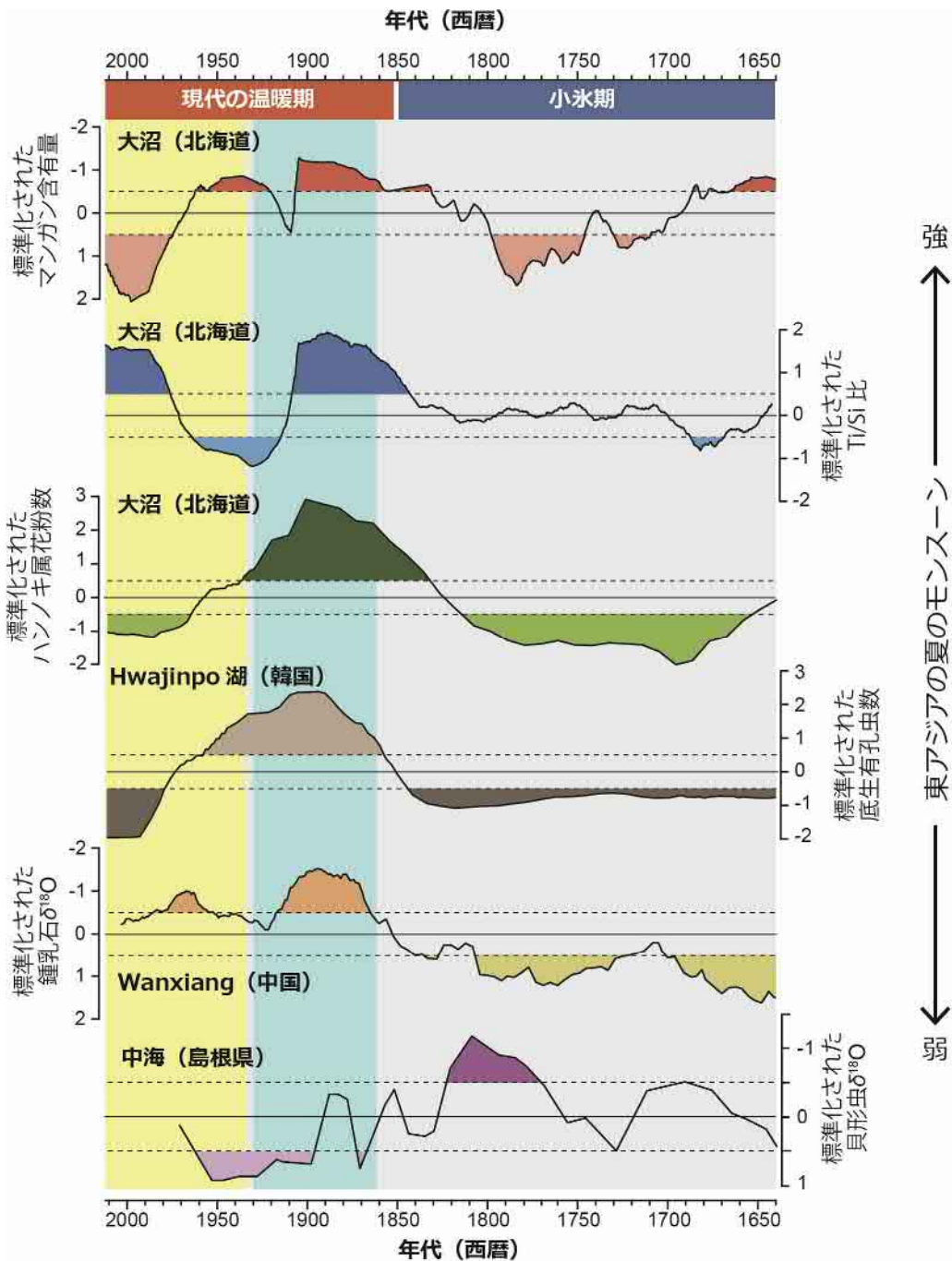


図4. 北海道南西部の古気候復元図。大沼の湖底堆積物中のマンガン含有量は小氷期に増加し、1900年ごろに減少する。それと反比例するように、降水指標を示す Ti/Si 比やハンノキ属の花粉末数は、小氷期に減少、1900年ごろに最大となることが分かり、大沼におけるマンガンの沈殿は、降水量の少ない夏季のアジアモンスーンの強度に起因していることが明らかとなった。これらの時期は、韓国や中国で復元された夏季アジアモンスーン強度指標の変動と対応しており、その一方で、これらの変動は、中海（島根県）の貝形虫の記録から復元された夏季アジアモンスーン強度とは逆位相であることが分かり、北海道の数十年規模の夏の降水変動は、中国を中心とした大陸性気候の変動を強く受けていることが明らかになった。

【注釈】

- 1) 菱マンガン鉱 (MnCO₃)：マンガンの炭酸塩鉱物。
- 2) 大沼のマンガン：大沼の湖底堆積物には、菱マンガン鉱できた年縞が挟まれているが、大沼へのマンガンの供給源としては、駒ヶ岳西麓の赤井川上流に位置するマンガン鉱泉が考えられる (Hariya and Kikuchi 1964)。

【本件に関する問い合わせ先】

<研究に関すること>

岐阜大学教育学部 准教授 勝田 長貴

電話 : 058-293-2256

E-mail : nkatsuta@gifu-u.ac.jp

<報道担当>

岐阜大学管理部総務課広報係

電話 : 058-293-3377

E-mail : kohositu@gifu-u.ac.jp

北海道教育大学函館校総務グループ

電話 : 0138-44-4206

E-mail : hak-somu@j.hokkyodai.ac.jp

金沢大学理工系事務部総務課

電話 : 076-234-6826

E-mail : s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp

岐阜聖徳学園大学総合企画部広報課

電話 : 058-279-6419

E-mail : koho@shotoku.ac.jp