

## 短 報

# 北海道東部春採湖の花粉分析による 過去 9,500 年前から 3,200 年前にかけての古植生変遷

酒井恵祐<sup>1</sup>・中西利典<sup>2</sup>・七山 太<sup>2</sup>・藤木利之<sup>3</sup>・大串健一<sup>1</sup>

## Paleovegetation changes from 9,500 to 3,200 years ago based on pollen analysis in Lake Harutori, eastern Hokkaido, Japan

Keisuke Sakai<sup>1</sup>, Toshimichi Nakanishi<sup>2</sup>, Futoshi Nanayama<sup>2</sup>,  
Toshiyuki Fujiki<sup>3</sup> and Ken'ichi Ohkushi<sup>1</sup>

**Abstract:** Based on pollen analysis conducted at Lake Harutori from 9,500 to 3,200 cal BP, paleovegetation was reconstructed. Throughout this period, the presence of conifer fossil pollen grains was minimal, while fossil pollen grains from deciduous broadleaf trees were predominant. Notably, there was an increase in fossil pollen grains from deciduous broadleaf trees during the mid-Holocene, suggesting a warmer environment compared to the last glacial. Particularly during the warm mid-Holocene period, there was an increase in deciduous broadleaf trees. Furthermore, the expansion of the *Juglans* genus during the mid-Holocene suggests a pioneering occupation of river floodplains due to increased rainfall and snowfall associated with warming. It is suggested that from the mid-Holocene to the late Holocene, the environment around Lake Harutori may have been conducive to the establishment of *Betula* forests. After 4,000 cal BP, fossil pollen grains of *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* decreased slightly, while conifer fossil pollen grains increased slightly. This supports the idea of a transition from a warmer to a cooler environment in the area around this lake, consistent with previous studies.

**Key words:** Lake Harutori, fossil pollen, Jomon Transgression, vegetation change

<sup>1</sup> 神戸大学人間発達環境学研究科・Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, Kobe, 657-8501

<sup>2</sup> ふじのくに地球環境史ミュージアム・Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 422-8017, Japan.

<sup>3</sup> 岡山理科大学理学部基礎理学科・Department of Applied Science, Faculty of Science, Okayama University of Science, Okayama, 700-0005, Japan.

\* Corresponding Author

受付日：2023年11月8日，受理日：2024年2月15日，WEB掲載日：2024年3月25日

## はじめに

地球の地質時代は 11,700 年前に最終氷期（更新世）から完新世へ移行し、寒冷な気候から温暖な気候へと変化したことが知られている (Walker et al., 2012; Grootes et al., 1993). 日本では青森県陸奥湾の研究から前期完新世 (11,650 ~ 8,186 cal BP) から中期完新世 (8,186 ~ 4,200 cal BP) にかけて、周期的に高温期と低温期を繰り返しながらも現在より温暖であったと推定されている (Kawahata et al., 2009). 完新世は日本の時代区分の縄文時代が長く続いた時代である。Crema et al. (2016) は、約 6,000 cal BP から北海道の人口が増加し始め、約 5,000 ~ 4,000 cal BP まで増加し、その後減少した結果から人口の変化を気候変化の影響であると推測している。こうした気候の移行期における陸域の環境は、古気候の理解だけでなく、縄文文化の成立や展開を議論する上で重要な時期である (辻, 1997).

完新世の北海道東部の花粉分析に基づく古植生・古環境を復元する研究は、斜里 (松田, 1983), 網走湖豊住 (星野ほか, 2020), 落石湿原 (守田, 2001), 茨散沼 (Fujiki et al., 2018), 西別湿原 (吉川ほか, 2021) の陸上コアの分析で報告されている (図 1A). また十勝沖 (Igarashi et al., 2011) で海洋コアでの分析も報告されている。これらの研究結果では、前期・中期完新世の温暖化や後期完新世 (4,200 cal BP ~ 現在) の冷涼化が年代のずれはあるものの類似した傾向を示す。しかしながら、釧路地域での古植生データは少なく、植生変動について十分に分かっていない。釧路では縄文時代の貝塚から現在では北海道南部に生息している暖流系の貝の化石が出土し、暖流系種が生息できる環境であったことを示唆している (松島・山代, 1992). こうした道東の縄文文化と気候変動の関連性を議論する上で、釧路の古植生データは重要な位置づけを担う。道東地域の気候変動だけではなく、地域的な植生変動に関する知見を提供できると考えられる。

春採湖は、北海道東部の釧路市に位置する海跡湖である (図 1). 春採湖には、7,500 ~ 6,000 cal BP 頃に年縞を示唆する細互層がみられる堆積物が残されていると推定されている (Nanayama et al., 2003; Nakanishi et al., 2023). 本研究では、釧路地域の古植生変動を明らかにし、植生と気候変動との関連性を考察するため、春採湖の堆積物を用いて約 9,500 ~ 3,200 年前の花分析を行った。

## 調査地周辺の概要

春採湖は、海進や津波の影響を受け、約 9,500 cal BP 以降から現在にかけて環境が変化したことが珪藻分析によって明らかとなっている (添田・七山, 2005). 約 9,500 ~ 約 8,500 cal BP までは干潟環境であったが、巨大地震津波の影響で内湾環境へと変化した。約 8,500 ~ 約 3,000 cal BP にかけては一時的な湖水環境になった時期があるものの、主に内湾環境が卓越した。その後、約 3,000 cal BP 以降に地震津波の影響もしくは海面停滞による沿岸砂州の発達により閉塞し、湖沼環境が成立したことが明らかとなっている (添田・七山, 2005). 1989 年の調査時点では、湖水面積は 0.36 km<sup>2</sup>, 最大水深は 5.7 m, 平均水深は 2.3 m である (知北ほか, 1997). 春採湖に流入する河川は春採川などの小河川のみであり、春採湖下流で支川の沼尻川と合流しながら、太平洋へ流出する (北海道, 2001). また、春採湖は過去に流出河川から海水が逆流して流入しており、上層には淡水層、下層 (2 m 以深) には滞留塩水層があり、成層化している汽水湖である。現在は堰き止めが設置されており、海水の流入はほとんどない (角田, 2016).

北海道道東地域の気候は、亜寒帯湿潤気候である (Beck et al., 2018). 植生は、落葉広葉樹林帯と針葉樹林帯の推移帯である針広混交林が成立している (吉岡, 1973). 釧路市の植生は、釧路市立博物館 (2014) によると、低湿地にはヨシスゲ類、ハンノキ湿地林、ミズゴケ類の群落が分布している。また、段丘・丘陵地には、ミズナラやイタヤカエデ、シラカンバが優占する広葉樹林帯が分布し、丘陵地から山岳地山麓には針広混交林帯が広がっている。さらに、山岳地山麓にはアカエゾマツやエゾマツ、トドマツからなる針葉樹林帯が広がり、山岳地上部にはダケカンバやミネカエデ、ミヤマハンノキなどの上部広葉樹林帯やハイマツ低木林帯が広がっている。春採湖の周辺には、ヨシ原が広がり、ハンノキやヤナギ類、ヤチダモの湿性林、イタヤカエデやミズナラ、ハリギリなどの広葉樹が生育している (釧路市立博物館, 2021).

## 試料と方法

本研究で用いた試料は、2019 年にオールコア掘削により春採湖南部の陸上で採取された全長 43.7m の R1H コアである (Nakanishi et al., 2023). 上部か

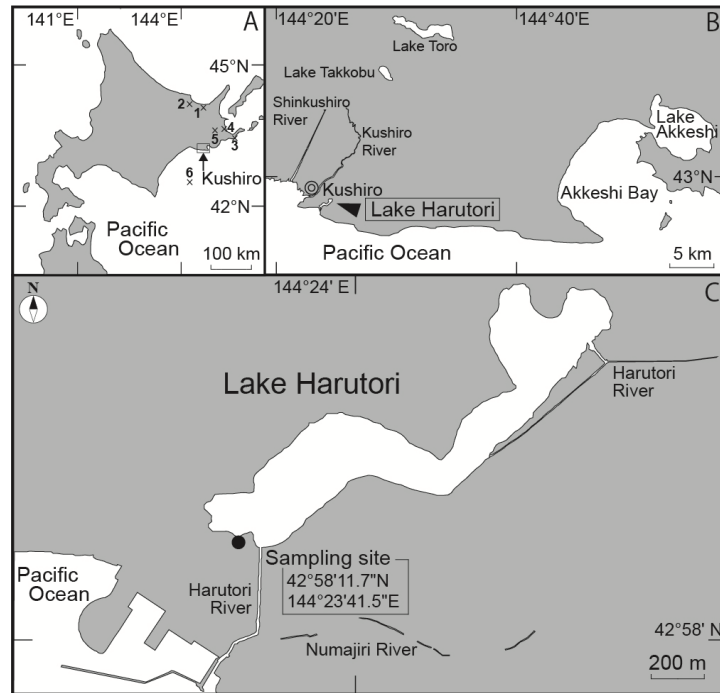


図1 春採湖の位置および試料採取地点

A. 北海道全体と先行研究地点 1: 斜里 (松田, 1983), 2: 網走湖豊住 (星野ほか, 2020), 3: 落石湿原 (守田, 2001), 4: 茨散沼 (Fujiki et al., 2018), 5: 西別湿原 (吉川ほか, 2021), 6: 十勝沖 (Igarashi et al., 2011), B. 釧路地域, C. 春採湖

**Fig. 1** Location of Lake Harutori and sample collection site. A: Hokkaido and previous study sites. 1: Shari, 2: Lake Abashiri, 3: Ochiishi Mire, 4: Barasantou Bog, 5: Nishibetsu Mire, 6: Off Tokachi, B: Kushiro area, C: Lake Harutori

ら深度 9 m までは盛り土であり, 深度 24 m 以深は主に砂層であることから, 深度 9 ~ 24 m の部分を使用した (図 2). 花粉分析の試料は R1H コアの主に泥層 (36 試料) で行ったが, 一部砂層 (3 層) も含んでいる. 春採湖湖底の完新世堆積物は, 主に植物片混じりの年縞を示唆する泥層の細互層とテフラ層, 貝混じりの砂層によって構成されている (Nanayama et al., 2003 ; Nakanishi et al., 2023). また, 春採湖で本コアより約 600 m 北東部の湖底で採取されたコアによって湖底には 22 層の津波によるイベント堆積物が残されていることが分かっている (Nanayama et al., 2004). 本研究で使用した R1H コア堆積物にはそのうち 16 層 (rh1 ~ 16) のイベント堆積物が残されていた.

本コアの堆積年代は, Nakanishi et al. (2023) によって測定された植物試料の値と北海道の駒ヶ岳火山から産出した火山灰 (Ko-g) を基にして推定した. その  $^{14}\text{C}$  年代 (BP) の結果は, IntCal20 (Reimer et al., 2020) に基づいて, Calib 8.2 ソフトウェア (Stuiver et

al., 2020) を用いて暦年代 (cal BP) に較正した. 火山灰 (Ko-g) の年代は, 中村・平川 (2004) の 6,600 ~ 6,500 cal BP を用いた. 深度 13.95-13.98 m と 15.37 m, 15.71-15.73 m と 16.86-16.88 m の  $^{14}\text{C}$  年代の測定値はほぼ同じかわずかに逆転しているが, これらの試料はそれぞれの誤差 ( $1\sigma$ ) の範囲内であり, 必ずしも層位関係と矛盾しているとはいえない. ただし, 花粉ダイアグラムを作成する際の年代値は, 年代試料 (植物試料) の再堆積の可能性を考慮し, 深度 15.37 m と 16.86-16.88 m の年代値を用いた. また, 本研究で比較した先行研究の結果は, それぞれの年代値を IntCal20, MARINE20 (Heaton et al. 2020), Calib 8.2 ソフトウェアを用いて暦年代 (cal BP) に較正し直した.

化石花粉および胞子の抽出は, 10% KOH 処理,  $\text{ZnCl}_2$  溶液処理, アセトリシス処理 (Erdtman, 1934) を行った. その後, エタノール (99.5%) で脱水し, キシレンに置換した. そして, 光学顕微鏡で観察するため, 抽出したサンプルをオイキットで封入した

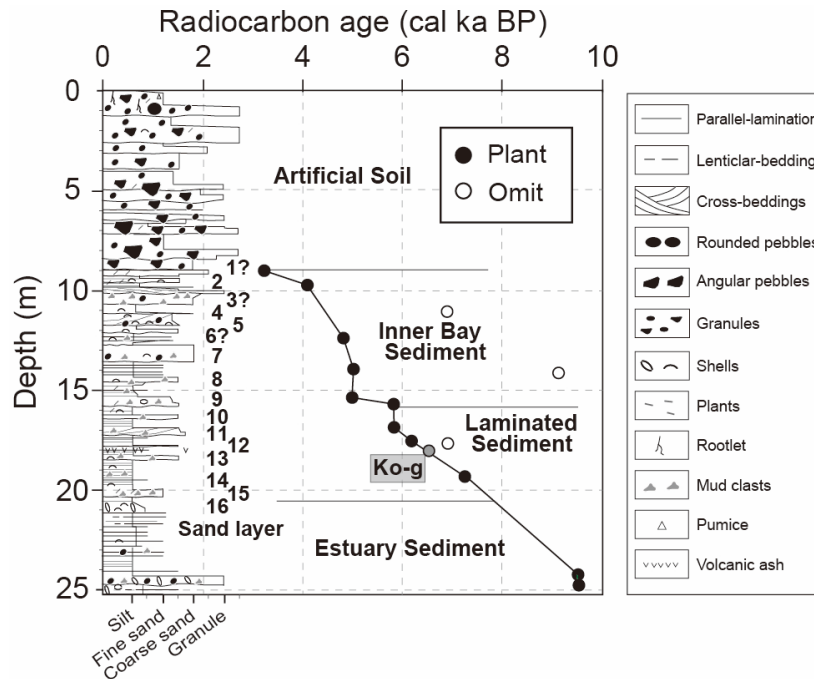


図2 RIH コアの堆積年代曲線および柱状図 (Nakanishi et al., 2023 を一部改変)  
 Fig. 2 Sedimentation curve and Geological cross-section of the RIH core. (Modified from Nakanishi et al., 2023)

(Kershaw et al., 1993). 各サンプルで少なくとも樹木花粉について 200 個以上の同定と計数を規定とした。ただし、ハンノキなどは好湿地性のため、湿地などで局地的に生育し、湿地などの堆積物では検出される花粉個数が多くなり、周辺に生育する広域的な他の樹木花粉の出現率が過小評価されてしまう可能性がある。そのため、ハンノキ属を樹木花粉 200 個の規定から除外し (Fujiki et al., 1998), 各分類群の割合もハンノキ属を除いた樹木花粉の総数に基づいて計算した。

クラスター解析は Hammer et al. (2001) の PAST4 ソフトウェアを使用した。樹木花粉が上述した規定に達していない試料はクラスター解析から外した。アルゴリズムはグループ間平均連結法 (UPGMA) を、類似度はコサイン類似度を使用し、制約条件を層序 (stratigraphic) とした。

## 結果

RIH コアの年代は、Nakanishi et al. (2023) の植物試料の年代値を暦年較正した結果、9,500 ~ 3,200 cal BP であった (表 1・図 2)。下位で得られた年代値よりも有意に古い試料は、再堆積したと考えられ

るため、Nakanishi et al. (2023) に従って堆積速度の解釈から除外した (表 1)。本コアの主要な構成種である化石花粉・胞子の光学顕微鏡写真を図 3 に、化石花粉・胞子組成の変遷図を図 4 に示した。

RIH コアの結果をみると、全期間を通じて針葉樹花粉の出現率は 5% 未満と低く、広葉樹花粉の出現率が高かった。特にコナラ属コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が約 30 ~ 60% の出現率で優勢であった。クルミ属 (*Juglans*) は高い出現率ではないが、9,500 cal BP 頃から増加し始め、7,700 cal BP 頃がピークであり、その後減少した。クマシデ属 (*Carpinus*) とカバノキ属 (*Betula*)、ハンノキ属 (*Alnus*) の変動パターンは類似しており、7,000 cal BP 頃から増加傾向を示した。ニレ属-ケヤキ属 (*Ulmus & Zelkova*) は高い出現率ではないが、全期間を通じて出現し、7,000 cal BP 頃付近から微減傾向を示した。草本花粉は全期間を通じて大きな変動はなかった。シダ胞子類は 9,500 ~ 8,000 cal BP 頃までが全期間を通じて最も高い出現率であった。その後、6,000 cal BP 頃まで 10% 程度の出現率で大きな変動はなかったが、5,600 cal BP 頃から増加傾向を示した。

また、クラスター解析の結果を図 5 に示した。ク

表 1 R1H コアの植物試料の <sup>14</sup>C 年代測定結果 (Nakanishi et al., 2023 の値を暦年較正: \*は堆積速度の解釈から除外)

Table 1 AMS <sup>14</sup>C dating results using plant samples from the R1H core (Calibrated the values of Nakanishi et al., 2023: \* =Omit).

9.04-.07	Twigs	3,020	30	3,079 - 3,093 (2.4%) 3,110 - 3,124 (2.3%) 3,143 - 3,271 (72.5%) 3,285 - 3,341 (22.8%)
9.75-.76	Plant fragment	3,730	30	3,981 - 4,153 (98.3%) 4,209 - 4,220 (1.7%)
*11.07-.08	Plant fragment	6,040	40	6,750 - 6,762 (1.2%) 6,783 - 6,993 (98.8%)
12.40-.42	Plant fragment	4,230	30	4,648 - 4,674 (9.6%) 4,697 - 4,757 (38.1%) 4,802 - 4,857 (52.3%)
13.95-.98	Plant fragment	4,420	40	4,865 - 5,068 (73.6%) 5,102 - 5,134 (4.6%) 5,169 - 5,278 (21.8%)
*14.14-.16	Plant fragment	8,180	40	9,014 - 9,154 (65.5%) 9,165 - 9,274 (34.5%)
*14.65-.67	Plant fragment	19,810	110	23,416 - 23,559 (8.9%) 23,716 - 24,161 (91.1%)
15.37	Twigs	4,410	30	4,865 - 5,053 (91.8%) 5,189 - 5,235 (6.4%) 5,245 - 5,264 (1.8%)
15.71-.73	Seeds, Plant fragment	5,060	40	5,663 - 5,677 (1.6%) 5,714 - 5,911 (98.4%)
16.86-.88	Plant fragment	5,100	40	5,743 - 5,926 (100%)
17.55-.57	Leaves	5,370	40	6,004 - 6,084 (25.7%) 6,108 - 6,155 (20.8%) 6,165 - 6,281 (53.5%)
*17.67-.71	Leaves	6,050	50	6,746 - 6,770 (2.4%) 6,776 - 7,012 (94.2%) 7,128 - 7,153 (3.4%)
19.33-.34	Plant fragment	6,320	40	7,163 - 7,320 (100%)
*23.10-.12	Plant fragment	21,420	170	25,311 - 25,980 (100%)
24.25-.27	Plant fragment	8,510	40	9,466 - 9,542 (100%)
*24.48-.50	Wood	39,800	370	42,603 - 439,15 (100%)
24.77-.79	Plant fragment	8,550	40	9,476 - 9,551 (100%)

ラスター解析の結果をもとに、下位から LH1 ~ 4 の 4 つの花粉帯に区分し、さらに LH1 帯と LH3 帯は、それぞれ LH1a と LH1b 帯、LH3a と LH3b 帯の 2 つの花粉垂帯に区分した。LH2 帯から LH4 帯は類似度約 0.97 を境に識別できた。LH3a は 2 試料のみで構成されており、LH3 帯を細分した。LH1 帯は類似度約 0.97 で識別できないため、類似度約 0.90 で区分した。LH1b は 1 試料のみで構成されており、LH1 帯を細分した。以下に花粉帯ごとの結果を示す。

#### 花粉帯 LH1a (約 9,500 ~ 8,100 cal BP)

本帯では、9 試料中 4 試料が規定数を満たさなかった。コナラ属コナラ亜属は未規定試料を除くと出現率が 30 ~ 60% 程度 (平均 50%) で最も優占した。次いで、カバノキ属が下部で 40% 程度、その後は 20 ~ 30% 程度出現した。ハンノキ属は、未規定試料を除くと 10% 程度出現した。クルミ属とクマシデ属、ニレ属-ケヤキ属の出現率がそれぞれ 10% 未満だった。低率ながら、ブナ属 (*Fagus*) の出現が認められた。草本花粉では、ヨモギ属 (*Artemisia*) は 5 ~ 10% 程度、イネ科 (*Poaceae*) は 5% 程度、ガ

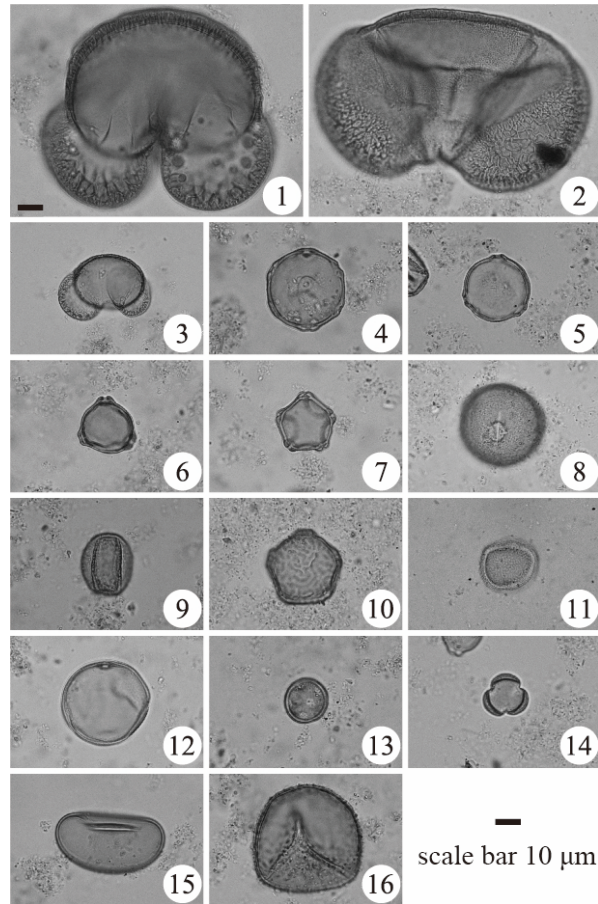


図3 R1H コアから検出した化石花粉・胞子の光学顕微鏡写真

Fig. 3 Selected light microphotographs of the fossil pollen found in the R1H core.

1: *Abies*, 2: *Picea*, 3: *Pinus*, 4: *Juglans*, 5: *Carpinus*, 6: *Betula*, 7: *Alnus*, 8: *Fagus*, 9: *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, 10: *Ulmus* & *Zelkova*, 11: *Typha*, 12: Poaceae, 13: *Thalictrum*, 14: *Artemisia*, 15: monolete type FS, 16: trilete type FS

マ属 (*Typha*) とカラマツソウ属 (*Thalictrum*) はわずかに出現した。単条溝型シダ胞子 (monolete type FS) は多少ばらつきがあるが 5 ~ 30% 程度と全ての花粉帯の中でも出現率が高かった。三条溝型シダ胞子 (trilete type FS) は 5 ~ 10% 程度出現した。

#### 花粉帯 LH1b (約 8,100 ~ 8,000 cal BP)

LH1 帯を細分した本帯は 1 試料のみであり、カバノキ属とコナラ属コナラ亜属がそれぞれ 30% 程度の出現で優勢であったが、コナラ属コナラ亜属は LH1a 帯から 20% 程度急減した。クルミ属とクマシデ属、ニレ属-ケヤキ属、ハンノキ属はそれぞれ 10% 前後出現した。ブナ属はわずかに出現した。草本花粉では、イネ科 10% 程度、ヨモギ属 5% 程度、ガマ属とカラマツソウ属がわずかに出現した。単

条溝型シダ胞子は 20% 程度、三条溝型シダ胞子は 10% 未満の出現であった。

#### 花粉帯 LH2 (約 8,000 ~ 7,000 cal BP)

本帯もコナラ属コナラ亜属が 45 ~ 60% 程度 (平均 55%) 出現し、優占した。次いで、カバノキ属が 15 ~ 25% 程度、クルミ属が 5 ~ 15% 程度出現した。クルミ属は LH1 帯より増加し、本帯の下部でピーク (15% 程度) となり、その後 LH3a 帯にかけて減少した。ハンノキ属は 5% 前後の出現であったが、本帯最上部で 10% 程度に増加した。クマシデ属とニレ属-ケヤキ属は 10% 未満、ブナ属は 5% 未満出現した。草本花粉では、イネ科は 1 試料で 10% 程度出現したが、その後は 5% 未満の出現であった。ヨモギ属は本帯下部で 10% 程度の出現で

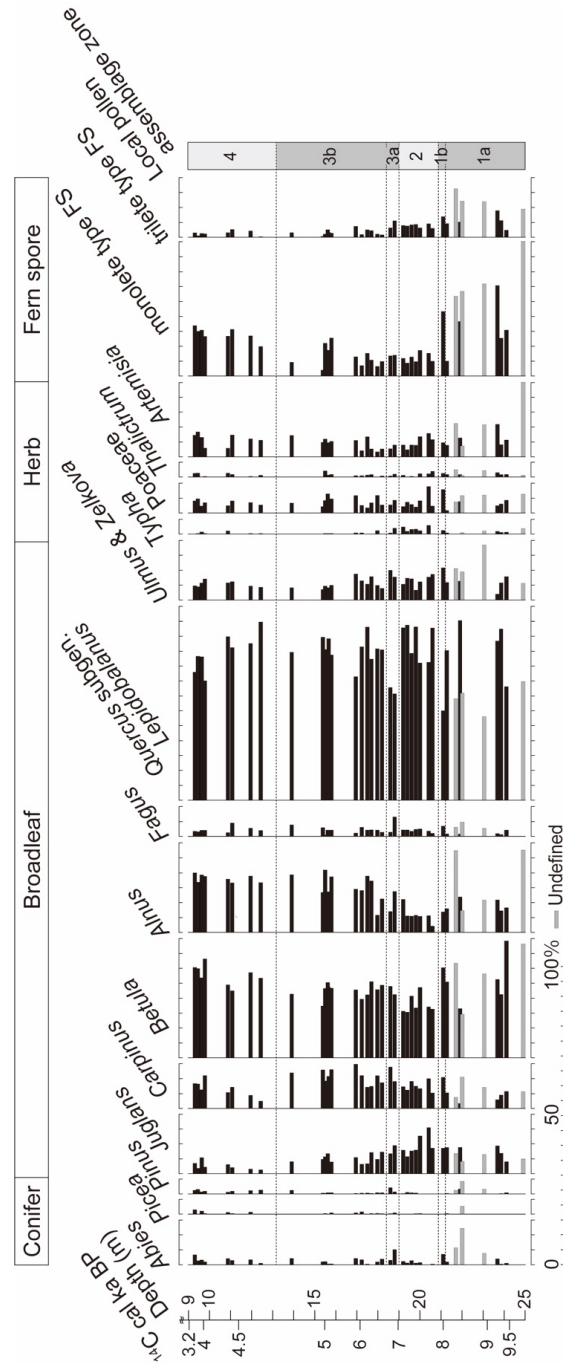


図4 春採湖 R1H コアから出現した化石花粉・胞子のダイアグラム (灰色の箇所は未規定試料, Local Pollen assemblage zone については図5で後述する)

Fig. 4 Fossil pollen diagram of the R1H core. (Gray bar is Undefined. Local Pollen Assemblage Zone is explained in Figure 5.)

あったが、LH3a 帯にかけて 5% 未満の出現に減少した。ガマ属とカラマツソウ属はわずかに出現した。単条溝型シダ胞子は 10% 未満、三条溝型シダ胞子 5% 未満の出現であった。

**花粉帯 LH3a (約 7,000 ~ 6,800 cal BP)**

LH3 帯を細分した本帯は 2 試料のみであり、コナラ属コナラ亜属が 40% 程度出現し、優占した。次いで、カバノキ属が 20% 程度出現し、LH2 帯の上部から 10% 程度増加した。クマシデ属とハンノ

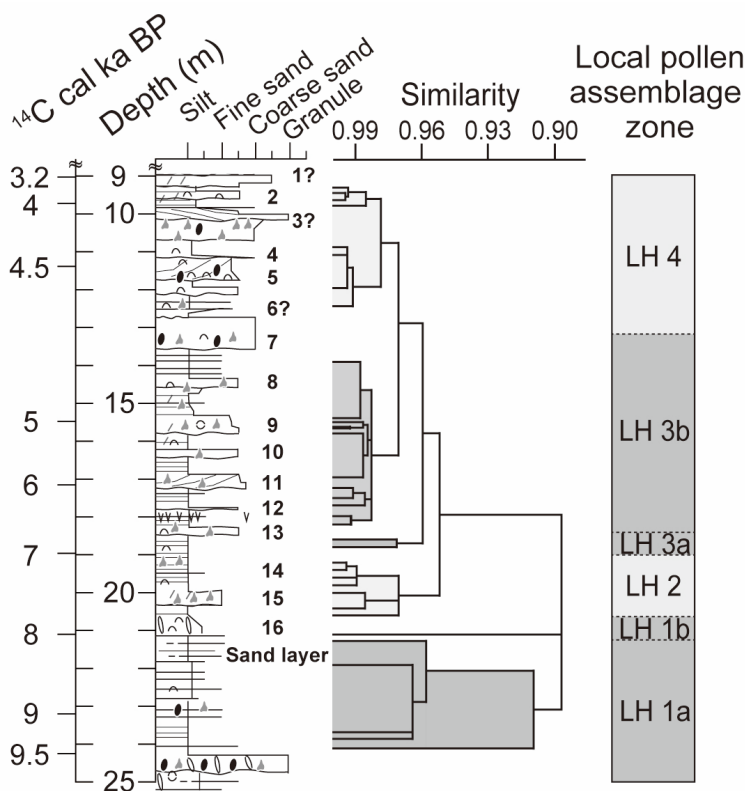


図5 R1H コアの花粉出現に基づくクラスター解析

Fig. 5 Cluster analysis based on the pollen appearance pattern of the R1H core

キ属は15%未満、クルミ属とニレ属一ケヤキ属は10%未満出現した。ブナ属は本帯の1試料で5%を超える出現であった。針葉樹のモミ属も1試料で5%出現したが、それ以外では極めて低率で出現した。草本花粉はLH2帯から大きな変動がなく全て5%未満の出現であった。単条溝型シダ胞子は10%未満、三条溝型シダ胞子5%程度の出現であった。

#### 花粉帯 LH3b (約 6,800 ~ 4,850 cal BP)

本帯もコナラ属コナラ亜属が40~60%程度(平均50%)出現し、優占した。次いで、カバノキ属が15~25%程度出現した。ハンノキ属はLH3a帯から多少ばらつきがあるが5%程度増加し、10~20%程度出現した。クマシデ属とカバノキ属はLH2帯より5%程度増加し、それぞれ10~15%程度、25%程度出現した。クルミ属はLH2帯上部からの減少傾向が本帯でも続きLH4帯にかけて緩やかに減少し、5%未満の出現であった。ニレ属一ケヤキ属は、LH3b帯から緩やかに減少し、LH4帯にかけて5%未満の出現であった。ブナ属はわずかに出現した。草本花粉のヨモギ属は、LH2帯下部か

ら減少傾向を示したが、LH4帯にかけて再び5%程度増加し、10%未満の出現した。イネ科とガマ属、カラマツソウ属はLH3a帯から大きな変動がなかった。単条溝型シダ胞子はLH4帯にかけて5%程度の増加傾向を示した。三条溝型シダ胞子は花粉帯4にかけて緩やかに2%程度減少した。

#### 花粉帯 LH4 (約 4,850 ~ 3,600 cal BP)

本帯もコナラ属コナラ亜属が40~60%程度(平均50%)出現し、優占したが、本帯下部から上部にかけて15%程度減少した。カバノキ属はLH3b帯上部から緩やかな増加が続き20~35%程度出現した。ハンノキ属はLH3b帯からの増加傾向が止まり、20%程度で安定した出現率を示した。針葉樹が合計で5%程度出現し、全期間を通じて若干増加傾向を示した。クマシデ属は、本帯下部で5%程度まで減少したが、上部にかけて10%程度まで増加した。クルミ属はLH3b帯よりもさらに減少し、全体を通して最も低い5%未満の出現であった。ニレ属一ケヤキ属は5%程度、ブナ属はわずかに出現し、LH3b帯から大きな変動がなかった。草本花粉のヨ



モギ属は微増し、10% 程度出現した。イネ科とガマ属、カラマツソウ属は LH3b 帯から大きな変動がなかった。単条溝型シダ胞子は LH3b 帯から増加を示し、本帯上部では 15% 程度出現した。三条溝型シダ胞子はわずかに出現した。

## 考 察

### 春採湖周辺における植生変化および気候変遷史

9,500 ~ 3,200 cal BP の春採湖周辺は針葉樹の分布は限られており、広葉樹が優占した環境であったと考えられる。完新世の道東の花粉分析で年代測定が多くなされている結果は少ないが、斜里（松田, 1983）、網走湖豊住（星野ほか, 2020）、落石湿原（守田, 2001）、茨散沼（Fujiki et al., 2018）、西別湿原（吉川ほか, 2021）でも同様に針葉樹が低率で、広葉樹が優占する環境が確認されている。また、斜里（松田, 1983）と落石湿原（守田, 2001）では、広葉樹が優占する以前は針葉樹が出現しており、移行する時期は松田（1983）で約 7,800 cal BP、守田（2001）で約 7,000 cal BP と推定している。さらに、道東の海洋コアの十勝沖（Igarashi et al., 2011）では、完新世において陸上コアほど針葉樹の出現が低率ではないが、広葉樹が優占した。道東以外でも内陸部の剣淵盆地（五十嵐ほか, 1993）と富良野盆地（五十嵐ほか, 1993）や、渡島半島の熊ノ湯湿原（中村・塚田, 1960）、万畳敷湿原（吉田ほか, 2019）においても、前期完新世において針葉樹が低率の出現率で広葉樹が優占する環境が示されている。本コアにおいても針葉樹が低率であることは、これらの結果と同様な出現パターンであり、この時期の気候の温暖化が要因の一つであるとと考えられる（五十嵐, 1986）。以下に、春採湖周辺における植生変化と気候変遷史を花粉帯ごとに示す。

### 花粉帯 LH1a/b（約 9,500 ~ 8,000 cal BP）

本帯は主に前期完新世後半に相当し、樹木花粉が規定数に満たなかった層準が 4 試料あり、当時の植生を十分に理解することは難しいが、コナラ属コナラ亜属が優占し、カバノキ属を多く伴う植生であったと考えられる。最終氷期から完新世に入ると気候は寒冷から温暖へと大きく変化し、植生も針葉樹から落葉広葉樹へ大きく変化した（五十嵐, 1990; 辻, 1997）。五十嵐（1986）は、北海道全域においてコナラ属が拡大した時期は 8,000 BP（約 8,900 cal BP）であると推定しているが本研究では 9,500 cal BP 頃

からコナラ属コナラ亜属が出現しており、600 年程度早い。五十嵐（1986）では、コナラ属は氷期に北海道の各地にレフュジアを有していたことを示唆している。本研究の堆積物試料は砂層を多く含む堆積物であるため、一部において不連続性の可能性も考えられる。そのため、この 600 年程度の年代差について正確に議論するためには、今後同地域での連続した堆積物の採取などによる研究が必要である。従って、本研究で断定することはできないが、本研究で出現時期が早かったことは、春採湖周辺にコナラ属のレフュジアが存在した可能性が考えられる。また、北海道に広く自生するカバノキ属のシラカバやダケカンバは、先駆樹種として裸地や荒廃地に侵入し、再造林化を助ける役割をもつため（荒木, 2014）、植生が大きく変わる際に先駆植物として出現したと考えられる。草本花粉やシダ胞子の増加についても、遷移によって裸地などが拡大した影響で増加したと考えられる。同様の遷移が道東の落石湿原（守田, 2001）、網走湖豊住（星野ほか, 2020）でも確認され調和的である。よって、本帯は最終氷期の針葉樹林が生育した時期から完新世の広葉樹林が生育する時期へと植生が変わる移行期に相当すると推定される。また、LH1b（約 8,000 cal BP）におけるコナラ属コナラ亜属の急減な減少は Igarashi et al.（2011）の十勝沖と類似した結果である。ただし、道東の他の結果では記録されていないため、本研究と十勝沖の結果でのみの記録である。Igarashi et al.（2011）は、この時期のコナラ属コナラ亜属の急減を夏の気温低下である 8.2 ka イベント（Prasad et al., 2009）である可能性を示唆している。

### 花粉帯 LH2（約 8,000 ~ 7,000 cal BP）

本帯の中期完新世のコナラ属コナラ亜属などの広葉樹の増加は、道東の十勝沖（Igarashi et al., 2011）、斜里（松田, 1983）、網走湖豊住（星野ほか, 2020）、茨散沼（Fujiki et al., 2018）でも確認されており、温暖・湿潤な環境であったと考えられる。また、クルミ属は約 7,500 cal BP でピークを示し、斜里（松田, 1983）、網走湖豊住（星野ほか, 2020）、茨散沼（Fujiki et al., 2018）、でも同様な出現パターンを示した。道東の研究ではないが、小野・五十嵐（1991）は、クルミ属の増加は、完新世の温暖化によって、日本海への対馬暖流の流入し、降雨量や降雪量の増加が原因としている。これに伴い河川の氾濫が起り、種子の拡散およびその氾濫原に先駆植物としてカバノキ属とクルミ属が一斉林を作ったと推定している

(小野・五十嵐, 1991). 春採湖には直接流入する大  
河川はないが, 約 1 km 西には釧路川が流れており,  
クルミ属の増加は釧路川(図 1B)が氾濫し, その  
氾濫原から春採湖に花粉が飛来した可能性が考えら  
れる. 斜里, 網走湖豊住, 茨散沼も近くに河川が流  
れているため, 同様の氾濫によるものであると考え  
られる. 同じ道東でクルミ属の増加がほとんど見ら  
れなかった落石湿原(守田, 2001)の近くには河川  
が無いことから, 本帯でのクルミ属の増加は氾濫  
に関係するものだと考えられる. また, 本帯では草  
本花粉・シダ胞子の出現が低率であり, 落葉広葉樹  
林として安定した植生となったためであると考えら  
れる.

### 花粉帯 LH3 a/b (約 7,000 ~ 4,850 cal BP)

本帯も中期完新世に相当し, LH2 帯で先駆的に  
増加していたクルミ属は減少し, コナラ属コナラ  
亜属を主体とし, カバノキ属やクマシデ属, ニレ属一  
ケヤキ属の冷温帯性の広葉樹が優占したと考えられ  
る. そのため, 本帯は LH2 帯からの植生に大きな  
変動がなかったことから温暖・湿潤傾向が安定した  
と推定される. 次に, 道東の他の地域と比較する.  
春採湖においてカバノキ属は, 本帯の約 6,500 cal  
BP から約 3,200 cal BP にかけて緩やかに増加した.  
道東の西別湿原(吉川ほか, 2021)では, 約 5,800  
cal BP から約 3,000 cal BP に増加を示しており, 同  
様なパターンである. 一方で十勝沖(Igarashi et al.,  
2011), 斜里(松田, 1983), 網走湖豊住(星野ほか,  
2020), 茨散沼(Fujiki et al., 2018)では低率であった.  
LH1 帯で述べたカバノキ属のダケカンバは LH1 帯  
で述べた先駆的な種であると共に特定の地域や気  
候において極相林を形成する(石田ほか, 2014; 小  
島, 1994). そのため, 春採湖と西別湿原のみでカ  
バノキ属花粉がこの期間も緩やかに増加しているこ  
とは, 先駆的に入ってきたダケカンバの極相林の成  
立やシラカバの二次林が長く成立していた可能性が  
ある. しかしながら, 本研究でカバノキ属の種につ  
いて断定することはできず, 今後の研究で検討する  
必要がある. また, 約 6,300 cal BP から湿地環境に  
多く見られるハンノキ属の増加が見られ, 孢子類も  
増加した. このことは, 道東の他の地域では同様な  
増加は見られないため, 推定ではあるが, 春採湖周  
辺域でハンノキ属の湿地林が局所的に存在し, そ  
の林床にはエゾメシダなどのシダが生育し(宮脇,  
1988), 湿地環境が成立し始めた可能性がある. ま  
た, 本帯の深度 15 ~ 16 m の試料の内 3 試料は砂層

を分析した. クラスタ分析では前後の試料と類似  
度がわずかに下がり, ハンノキ属が増える試料が一  
部あったが, その他の植生には顕著な違いは見られ  
なかった.

### 花粉帯 LH4 (約 4,850 ~ 3,600 cal BP)

本帯は中期完新世末期から後期完新世に相当す  
る. 本帯末期までは, LH3 帯に続き, カバノキ属  
やハンノキ属の緩やかな増加が続き, 中期完新世の  
温暖化のピークを過ぎた後でもこれらの植生には影  
響がなかったと考えられる. しかし, 本帯末期から  
は針葉樹がわずかに増加すると共にコナラ属コナ  
ラ亜属の減少が確認できる. コナラ属コナラ亜属の減  
少は, 道東の十勝沖(Igarashi et al., 2011), 斜里(松  
田, 1983), 落石湿原(守田, 2001), 茨散沼(Fujiki  
et al., 2018), 西別湿原(吉川ほか, 2021)でも類似  
した傾向が見られた. 特に斜里, 落石湿原, 茨散沼  
ではコナラ属コナラ亜属の減少に伴い, 現在に向  
かって針葉樹の増加が確認でき, 西別湿原でもわず  
かに増加する. 春採湖の本帯上部でも針葉樹の増加  
の傾向がわずかに見られ, 針葉樹の増加およびそれ  
に伴う植生変化の始まりを示すと考えられる. この  
ことは, 年代にずれはあるものの気候の冷涼化に伴  
い三内丸山遺跡が衰退した約 4,200 cal BP と同時期  
である(Kawahata et al., 2009). また, 五十嵐・高橋  
(1985)は道央の結果から, 約 4,000 cal BP から気  
候の冷涼・湿潤化に伴い針葉樹が増え始め, 約 2,000  
cal BP からさらに気候の冷涼・湿潤化したことによ  
り針葉樹林が拡大したと推定している. これらのこ  
とから, 本帯上部は気候の冷涼・湿潤化の始まりを  
示すと考えられる. ただし, 網走湖豊住(星野ほか,  
2020)では同様の植生変化が見られるが, 他の地域  
より時期が 1,000 年程度早く, 変化の時期が異なっ  
ているため, この差が地域によるものか, 年代モデ  
ルによるものかについて慎重な議論が必要である.

## ま と め

北海道釧路市の春採湖で採取された堆積物の花粉  
分析結果から 9,500 ~ 3,200 cal BP 間の古植生を復  
元し, 環境変化を道東の先行研究と比較・考察した.  
本研究期間の春採湖周辺には, 針葉樹がほとんどな  
く, 広葉樹が主要な構成種であったと考えられた.  
特に中期完新世の温暖期にかけて広葉樹が増加を示  
した. 前期完新世においてコナラ属コナラ亜属は先  
行研究より早い時期から増加し, 年代モデルの精度

の問題が残るが、春採湖周辺にレフュジアが存在した可能性を示唆した。また、中期完新世のクルミ属の増加は、温暖化による降雨・降雪の増加に伴う河川の氾濫原に先駆的に優占したことを示唆した。中期完新世から後期完新世にかけては春採湖および西別湿原においてカバノキ属が他の地域より長く成立できる環境であった可能性が示唆された。後期完新世の約 4,000 cal BP 以降は、針葉樹の微増とコナラ属コナラ垂属の減少傾向が見られ、温暖な環境から冷涼な環境に移行し始める可能性が示された。

## 謝 辞

本研究では、コア分割・記載などにあたり高知大学の近藤康生教授、立命館大学の山田圭太郎助教、国立科学博物館協力研究員の山口龍彦博士、明治コンサルタント株式会社の重野聖之博士にご助力いただきました。ここに記して謝意を表します。

本研究は科研費（18H01310、代表：中西利典；22K03744、代表：七山 太）の助成を受けて、高知大学海洋コア国際研究所共同利用・共同研究（19A056）のもと実施された。また、特別研究員奨励費（22KJ2267）、（株）パレオ・ラボによる「若手研究者を支援する研究助成（第 16 期）、2021 年度深田野外調査助成、JST 科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創設事業の助成を一部使用した。

## 引用文献

荒木基二・渡辺 誠・斎藤秀之・渋谷正人・玉井 裕・小池孝良 (2014) 窒素沈着がダケカンバとシラカンバの成長と外生菌根の発達に与える影響. 北方森林研究, 62: 65-66.

Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A. and Wood, E.F. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data* 5: 180214.

知北知久・福山龍次・坂本博明・中路晃平 (1997) 閉鎖性汽水湖における死水の挙動特性 - 釧路市春採湖での結氷期観測から -. 北海道大学地球物理学研究報告, 60: 13-28.

Crema, E.R., Habu, J., Kobayashi, K. and Madella, M. (2016) Summed probability distribution of 14C dates suggests regional divergences in the population dynamics of the Jomon period in eastern Japan. *PLoS*

ONE, 11: e0154809.

Erdtman, G. (1934) Über die Verwendung von Essigsäure-anhydrid bei Pollenuntersuchungen. *Svenska Botanica Tidskrift*, 28: 354-361.

Fujiki, T., Morita, Y. and Miyoshi, N. (1998) Vegetational History of the Area around Kashira Island in the Inland Sea, Okayama Prefecture, Western Japan. *Quarterly Journal of Geography*, 50: 189-200.

Fujiki, T., Wada, K., Sato, E. and Okuno, M. (2018) Vegetation history and the impact of tephra deposition during 7000 years T based on pollen and tephra analysis of a Barasantou Bog sediment core, eastern Hokkaido, northern Japan. *Quaternary International*, 503: 24-31.

Grootes, P.M., Stuiver, M., White, J.M.C., Johnsen, S.J. and Jouzel, J. (1993) Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, 366: 552-554.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. and P.D. Ryan. (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 9.

Heaton, T.J., Köhler, P., Butzin, M., Bard, E., Reimer, R.W., Austin, W.E.N., Bronk, R.C., Grootes P.M., Hughen, K.A., Kromer, B., Reimer, P.J., Adkins, J., Burke, A., Cook, M.S., Olsen, J. and Skinner, L.C. (2020). Marine20-The marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon*, 62: 779-820.

北海道(2001) 春採川水系河川整備基本方針. 北海道: 1-4.

星野フサ・岡 孝雄・春木雅寛・中村俊夫・南 雅代・近藤 務・米道 博・関根達夫・山崎芳樹・若松幹男 (2020) 北海道東部(阿寒湖 No.1・網走湖豊住 No.1) の 2 つのボーリングコアの花粉分析と AMS<sup>14</sup>C 年代測定による後期更新世と完新世の植生変遷. 名古屋大学年代測定研究, 4: 16-26.

五十嵐八枝子 (1986) 北海道の完新世におけるコナラ属の分布. 北方林業, 38: 266-270.

五十嵐八枝子 (1990) 花粉化石から探る森林の歴史: 北海道の 3 万年間. 日本林学会北海道支部論文集, 38: 1-9.

五十嵐八枝子・五十嵐恒夫・大丸裕武・山田 治・宮城豊彦・松下勝秀・平松和彦 (1993) 北海道の釧路盆地と富良野盆地における 32,000 年間の植生変遷史. 第四紀研究, 32: 89-105.

五十嵐八枝子・高橋伸幸 (1985) 北海道中央高地, 大

- 雪山における高地湿原の起源とその植生変遷 (I). 第四紀研究, 24: 99-109.
- Igarashi, Y., Yamamoto, M. and Ikehara, K. (2011) Climate and vegetation in Hokkaido, northern Japan, since the LGM: Pollen records from core GH02-1030 off Tokachi in the northwestern Pacific. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40: 1102-1110.
- 石田祐子・武生雅明・中村幸人 (2014) 南アルプス北岳におけるダケカンバ林の種組成と分布パターン. *植生学会誌*, 31: 129-142.
- Kawahata, H., Yamamoto, H., Ohkuchi, K., Yokoyama, Y., Kimoto, K., Ohshima, H. and Matsuzaki, H. (2009) Changes of environments and human activity at the Sannai-Maruyama ruins in Japan during the mid-Holocene Hypsithermal climatic interval. *Quaternary Science Reviews*, 28: 964-974.
- Kershaw, A.P., McKenzie, G.M., and McMinn, A. (1993) A Quaternary vegetation history of northeast Queensland from pollen analysis of O.D.P. Site 820. *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results*, 133: 107-114.
- 小島 覚 (1994) カムチャツカ半島のダケカンバ林の植生と環境. *日本生態学会誌*, 44: 49-59.
- 釧路市立博物館 (2021) 春採湖 (改訂新版). 釧路市立博物館, 32p.
- 釧路市立博物館 (2014) 釧路の植物 (改訂新版). 釧路市立博物館, 35p.
- 松田 功 (1983) 斜里地方における花粉分析学的研究 I. トーツル沼. 知床博物館研究報告, 5: 77-93.
- 松島義章・山代淳一 (1992) 北海道釧路湿原における海成沖積層産貝化石の 14C 年代. *神奈川県博物館研究報告 (自然科学)*, 21: 37-43.
- 宮脇 昭 (1988) *日本植生誌 北海道*. 至文堂, 563p.
- 守田益宗 (2001) 根室半島における後期更新世以降の植生変遷. *植生学会誌*, 18: 39-44.
- 中村 純・塚田松雄 (1960) 北海道第四紀堆積物の花粉分析学的研究 I. 渡島半島 (I). *高知大学学術研究報告 (自然科学)*, 9: 1-21.
- 中村有吾・平川一臣 (2004) 北海道駒ヶ岳起源の広域テフラ, 駒ヶ岳 g テフラの分布と噴出年代. *第四紀研究*, 43: 189-200.
- Nakanishi, T., Nanayama, F., Kondo, Y., Yamada, K., Sakai, K., Yamaguchi, T., Shigeno, K., Katsuki, K., Oda, H., Furukawa, R. and Hong, W. (2023) Radiocarbon ages and tsunami deposits in laminated mud layers from the Lake Harutori, Pacific coast of Hokkaido, Northeast Japan. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 538: 173-178.
- Nanayama, F., Furukawa, R., Soeda, Y. and Shigeno, K. (2004) Twenty-two outsize tsunami deposits at Lake Harutori-ko along the southern Kuril Trench. *EOS. Trans. AGU*, 85(47), Fall Meeting Suppl., Abstract T13C-1372.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Shigeno, K., Atwater, B.F., Shigeno, K. and Yamaki, S. (2003) Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench. *Nature*, 424: 660-663.
- 小野有五・五十嵐八枝子 (1991) 北海道の自然史 - 氷期の森林を旅する -. 北海道大学図書刊行会, 219p.
- Prasad, S., Witt, A., Kienel, U., Dulski, P., Bauer, E. and Yancheva, G. (2009) The 8.2 ka event: evidence for seasonal differences and the rate of climate change in western Europe. *Global and Planetary Change*, 67: 218-226.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62: 1-33.
- 添田雄二・七山 太 (2005) 北海道東部太平洋沿岸, 春採湖コア中に認められる急激な古環境変化と巨大地震津波の関係. *地学雑誌*, 114: 626-630.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, R.W. (2020) CALIB 8.2 [WWW program] at <http://calib.org>, Accessed 5 October 2022.
- 辻誠一郎 (1997) 縄文時代への移行期における陸上生態系. *第四紀研究*, 36: 309-318.
- 角田富男 (2016) 春採湖の水質. *春採湖レポート 2015*, 1-5.
- Walker, M.J.C., Berkelhammer, M., S. Björck, S., Cwynar, L.C., Fisher, D.A., Long, A.J. and Lowe, J.J. (2012)

Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), *Journal of Quaternary Science*, 27: 649-659.

吉田明弘・鈴木智也・土屋美穂・紀藤典夫・鈴木三男 (2019) 北海道南部万畳敷湿原の花粉分析からみた完新世の植生変遷. *植生史研究*, 28: 3-12.

吉川昌伸・鈴木三男・佐藤雅俊・小林和貴・長谷川健・吉川純子・戸田博史 (2021) ヤチカンバ花粉の識別と北海道東部の西別湿原における 6500 年前以降の植生史. *植生史研究*, 29: 37-52.

吉岡邦二 (1973) 生態学講座 12 植物地理学. 共立出版, 84p.