

AMS ^{14}C 年代測定に基づく
北海道石狩低地帯の花粉分析データからの古植生と推移相
**Findings on vegetation changes in the Ishikari Lowland, Hokkaido,
from pollen analysis and AMS ^{14}C dating**

星野フサ^{1*}・春木雅寛²・南 雅代³・中村俊夫³

Fusa Hoshino^{1*}, Masahiro Haruki², Masayo Minami³, Toshio Nakamura³

¹北海道大学総合博物館 (植物ボランティア)・²北海道大学総合博物館 (資料部研究員)・

³名古屋大学ISEE年代測定研究部

¹The Hokkaido University Museum (volunteer: plant), Minami-ku, Sapporo 005-0005, Japan.

²The Hokkaido University Museum (Siryoubu kenkyu-in), Kiyota-ku, Sapporo 004-0846, Japan.

³ISEE, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan.

*Corresponding author. E-mail: ffusaa@gmail.com

Abstract

The 10.2 m core sample collected from the Higashinopporo Wetland, the east side of the Nopporo Hills in the central part of the Ishikari Plain, in 1997 has shown the presence of temperate deciduous broad-leaved forests and the continuous appearance of a small amount of *Fagus crenata* pollen. The authors collected the surface soil and conducted pollen analysis at 30 survey points set in 2020 within a range of 7 km east-west and 6 km north-south from the three planted *Fagus crenata* parent tree groups in the Higashi-Nopporo Wetland region. The result indicates that fallen *Fagus crenata* pollen was confirmed at an appearance ratio of nearly 20% below the crown of the trees, while the ratio was just 0-1% in the south-west direction.

The authors reconsidered the survey results obtained from a pollen analysis on the Oxygen Isotope Stage 5e, which was conducted in 1970, when almost a whole fossil of *Palaeoloxodon naumanni* was excavated in Churui, the Tokachi Plain, the eastern part of Hokkaido. The research has proven that the elephants lived in the period when the climate was warmer than now by 11 degrees or more Celsius and temperate deciduous broad-leaved forests prospered. Sedimentation in peat stratum in the Higashinopporo Wetland began in mean 5917 ± 46 calBP, 1σ (NUTA2-27702), which nearly corresponded to the height of Holocene glacial retreat period, around 6,000 years ago.

Keywords: AMS ^{14}C dating; pollen analysis; global warming; *Fagus crenata*; Ishikari lowland

1. はじめに

ナウマンゾウが北海道十勝南部の中川郡幕別町忠類で1969年に発見された翌年大規模な発掘が行われ、ほぼ1頭分の化石が発見された (亀井, 1978)。そして、その時代は約12万年前と確定された (高橋, 2010)。発掘箇所の地層に温帯性の落葉広葉樹や常緑針葉樹の花粉の存在によりその時期に温暖な温帯性の落葉広葉樹林や針広混生林が生育する環境であったと推測されている (大江・小坂, 1972)。しかし、この前提条件といえる森林性樹木の花粉の飛散距離がどのようなものであったのかについてはよくわかっていなかった。すなわち (1) 温帯性の落葉広葉樹 (有力な樹種であるブナなど) の花粉が

とてつもない遠距離から飛来したのか、はたまた親木（成木）群が比較的近い距離にあったのかについての吟味はあまりされてこなかった。また、(2) 花粉から分かった植生は、ナウマンゾウの通年の食料でもあったが、常緑種でなければ冬期間の積雪や霜害、最低気温によっては落葉し冬芽を作って越冬するため通年の食料とはなりえず、この面から植物の生活形や生活史との関係が検討されてこなかった。

以上の観点に立って、本研究ではまず①ブナを主として、落葉広葉樹や常緑針葉樹などの花粉飛散距離について、石狩低地帯の親木（成木）群の存在が明瞭な場所で、現生植生ではあるがその現地調査をもって花粉飛散距離や方向などを考察すること。②十勝ナウマンゾウ発掘時の埋没地層の花粉データを見直し、ナウマンゾウ生息時を含む植生の種属と推移を著者らの森林植生調査についての経験知をもとに再検討する。③石狩低地帯もまたナウマンゾウの大白歯が発掘され、温帯性の落葉広葉樹や常緑針葉樹の花粉が出現していることから、①の地域で植生の種属と推移について同様に考察する（図1参照）。

2. 調査地・調査方法

(1) 花粉飛散距離現地調査

調査域は札幌市に隣接する江別市南でブナ親木群3か所（緑色の樹木で示した）を含む東西7 km、南北6 km内である（図1と2、表1）。東半分はほぼ平坦な泥炭湿原（石狩川の支流千歳川流域）であったが、江別市による1959年からの開拓事業で東西方向の耕地防風林を各所に配置する広大な農村地帯となった。西半分は国有林で石狩森林管理署が管理し、明治時代以前からの常緑針葉樹と落葉広葉樹の混生林が主体であるが、かつて林業試験場があり、明治後期からの国内外樹種の試験林や植林地、さらに今回ブナ親木群の一つとして調査対象とした苗畑地の樹木園がある。調査域北部は江別市の市街地に続き、総合運動公園、博物館、大学や小学校などと住宅地が散在し、北西部の一角には農林水産省の旧林木育種場があり、今回の調査対象となったブナ親木群がある。また、調査域中央部には明治

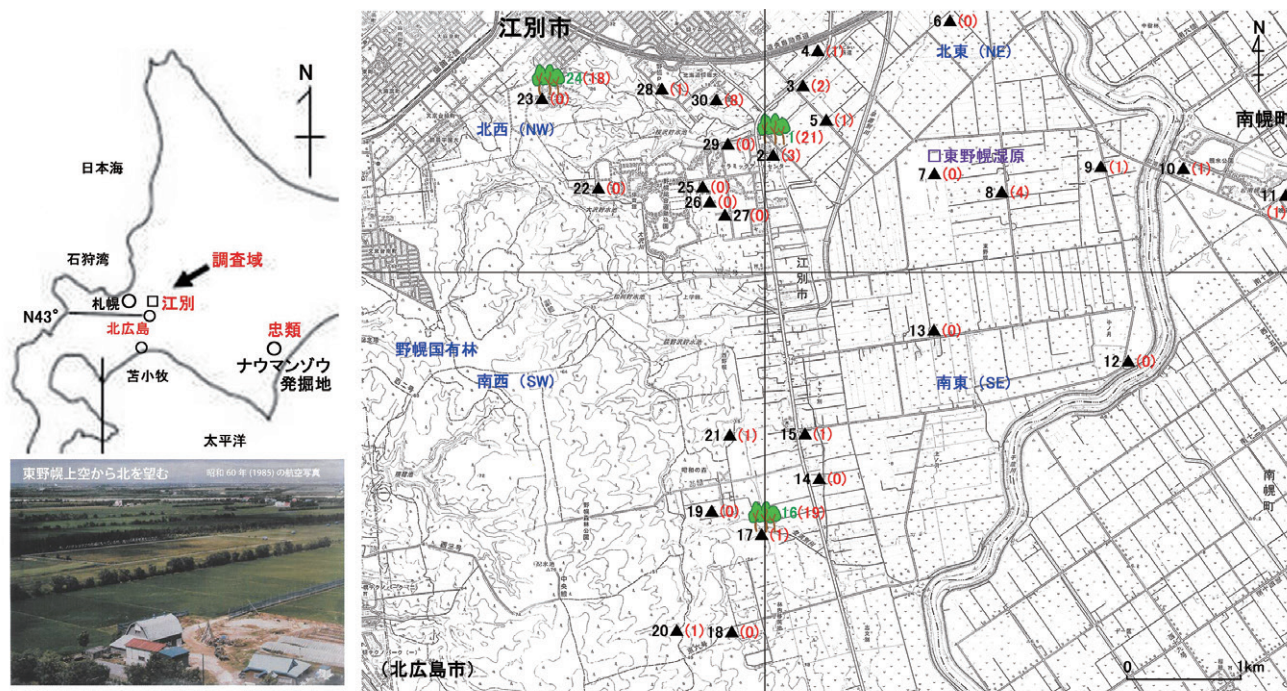


図1 調査域の江別市南部と親木群の位置

先の黒字は30調査地点の番号、カッコ内の赤い数字はブナの花粉出現数、緑の樹木は親木群。□は1997年コア採取の東野幌湿原。左下の写真はノハナショウブ保存会2020パンフレットから1985年当時の調査域東側の農村景観。

表1 調査域内のブナ植栽地の親木群調査結果

調査地	親木個体数	樹高(m)	胸高直径(cm)	備考
千古園(*)	27	20.1-24.2	22.9-166.2	関矢孫左衛門氏植栽か
関矢庭	4	6.8-16.7	17.9-39.2	千古園から212mの距離
樺澤庭	3	13.6-18.3	83.8-87.4	千古園駐車場から118mの距離
育種場(**)	18	6.8-24.2	13.7-50.8	檜山営林署から1963.4植栽
苗畑樹木園(***)	14	14.8-24.6	42.6-75.7	石狩森林管理署

備考：1.千古園(*)は北越社の関矢孫左衛門氏が開拓で来道時に種子から育苗し植栽か。
 2.育種場(**)は森林総合研究所北海道育種場。檜山森林管理署からのブナ種子を使用。
 3.苗畑樹木園は石狩森林管理署が管理。隣接の樹木園は明治42年から10数年をかけて植栽。



図2 今回の調査域の植栽されたブナ親木（成木）群

いずれも樹高24-25 m、胸高直径51-166 cm、左は調査地点No.1千古園、中央は調査地点No.24育種場、右は調査地点No.16石狩森林管理署の苗畑樹木園の林況。

時代の開拓者の屋敷跡で江別市に寄贈され公園となった今回の主な調査対象となったブナ親木群が多い千古園がある。現地調査はまず千古園ブナ親木群から放射状に任意に8か所を選定し、その後、樹木園と育種場のブナ親木群を加え、いろいろな方向と距離に調査地点を増やしていった。3カ所の親木群の樹冠下を含め、合計30地点となった。調査地点はGPSで位置を記録した後、5 m×5 mの方形区の植生調査を行い、周囲の植生（種類、植被率、高さなど）を調べ、表層腐植を採取して実験室に持ち帰った。周辺に存在する種々の樹種についても親木の樹種、サイズを丹念に調べた。この表層試料およびボーリングコアから採取した試料2 ccは10%KOH処理後、目開き150メッシュの網通しをし、傾斜法、HCl処理、フッ化水素（表土30試料は塩化亜鉛過飽和溶液攪拌後超音波発振器）、アセトリシス処理後、グリセリンゼリーにより封入した。検鏡は微分干渉付き光学顕微鏡1000倍で同定を行った。星野（1990と1994）によりカウントした花粉・孢子数は100個である。

(2) 十勝忠類のナウマンゾウ発掘地

ナウマンゾウ発掘地は十勝地方南部の現在の幕別町忠類である（図1参照）。ナウマンゾウ化石が埋蔵されていたコラムC（第3層泥炭層）を含むホロカヤントウ層は洪積世後期の時代に堆積したもので層厚は10 mほどであった。三枚の泥炭層は上下を砂礫やシルト層で挟まれている。著者の一人星野（大江）は発掘時に現場で参加しており、ナウマンゾウ化石を含む全層の試料を任されて発掘当時の分析結果を発表している（大江・小坂, 1972）。

(3) 石狩低地帯

東野幌湿原は前述の花粉飛散距離調査域の中央部にある。明治期の開拓以前の泥炭湿地の面影を少し残しているが、1959年の大規模な農地化の進展に伴い、明渠排水路が縦横に走って地下水位は下がり、現在はかつての湿原植物はごく少ない。深さ10.2 mのコア採取地点は北緯43°4′9.69″、東経141°33′50.5″、海拔高8.8 mである（図1参照）。

3. 結果

(1) ブナなど現存する温帯性樹種の花粉の移動距離

江別市南部の調査域において調べた各調査地点（番号1-30）の花粉・胞子100個中の各植物種の出現数（%）は表2に示したとおりである。ブナの花粉数（%）は、親木群のある調査地点1の21%、調査地点16の19%、および調査地点24の18%と親木群の樹冠下方が多かった。このようにブナの親木群の樹冠下方（根元から3-10 m以内）であっても、花粉・胞子数の20%前後を占める程度であった。花粉出現数（率）は親木群の樹冠下を離れると、距離の違いによらず、0%が調査30地点中13地点（43.3%）と多く、1%が10調査地点（33.3%）であった。また2%、3%、4%、8%が各1調査地点（3.3%）であった。このように、樹冠下を除き、1個（1%）以上のカウント数が14個の調査地点でみられたが、その7割を占める10調査地点は1%であった。各調査地点におけるカウント数から花粉はあまり遠くに飛ばずに、ほとんど近くに落ちることがわかった。1%であった調査地点11は親木群（調査地点1）から最も遠く、これをブナ花粉の最大到達距離とすると、距離は3,300 mであった。同じ温帯性樹種のコメツガ、スギ、五葉マツ型などはさらに遠く、5,000 m前後まで飛散していた。

ブナを含む16樹種・属の花粉飛散距離結果は表3のとおりであった。[1]スギは親木群からの最も近い距離で500 m (出現率1%)、遠い距離で5,800 m (出現率4%)と大きかった。[2]コナラ亜属(ミズナラ)、ハンノキ属(多くはハンノキ)は30調査地点のほとんどで出現し親木も各所にみられるなど広範種であった。[3]コナラ亜属、ハンノキ属、ブナ属は遠い距離で3,000 mと大きかった。コナラ亜属は近距離で出現率41%と大きな値を示し、遠い距離で8%に達していた。ハンノキ属は近距離で出現率1%、遠い距離で2%、中間的な距離で最大の出現率10%を示していた。[4]モミ属とカラマツ属は野幌国有林に天然木や植栽林として親木が多く、5-30 mの至近距離で出現するが、3,000 mの遠距離まで達する。[5]トウヒ属は野幌国有林の天然林内に少数みられるエゾマツ成木や調査域東部の耕地防風林の樹高8-12 mのアカエゾマツ植栽木で、10 mの近距離から1,000 mまで達する。[6]五葉マツ型は野幌

表2 今回の調査域内30調査地点の出現植物花粉・孢子数

[illegible]

国有林東側に1909年に植栽されたストロブマツ林の成木から飛散した花粉といえ、10 mの近距離から5,000 mとスギについて遠距離まで達した。[7]これに対して二葉マツ型は野幌国有林樹木園や野幌小学校と周辺に植栽されたニホンクロマツとニホンアカマツが多くを占め、若干のバンクスマツ成木もみられた。移動距離は100-1,300 mとトウヒ属とあまり変わりがなかった。[8]コメツガ成木は野幌国有林樹木園の数個体であったが、近距離ではなく2,700-4,700 mと遠距離に飛散していた。[9]ニレ属成木は野幌国有林、ブナ親木群周辺など各所に散在していて、調査地点までの距離も少ない10 mから中距離の1,300 mに飛散していたが、これ以上の遠距離では見られなかった。[10]オニグルミは野幌国有林内に親木が散在しており10-40 mとかなり近距離で見られ、遠距離では見られなかった。[11]カバノキ属は天然木として親木が野幌国有林内に散在していて、調査域東部でも各所で散在している。5-250 mの近距離でみられた。[12]シデ属（サワシバ）は天然木として親木が野幌国有林内に散在し、近距離の60 mから中距離の1,200 mまで飛散していたが、これ以上の遠距離ではみられなかった。[13]シナノキ親木は野幌国有林内に散在し樹冠下の3 mから中距離の900 mまで飛散していた。[14]クリの親木は主に野幌国有林内に天然木として散在するが、20-50 mのごく近距離でしか見られなかった。[15]トネリコ属は少数のアオダモと大多数のヤチダモが野幌国有林内に天然木として存在するほか、東部の耕地防風林や農家の屋敷周辺に散在する。10-20 mのごく近距離でみられた。[16]トチノキは植栽木で、直径30 cmを超える親木が千古園や野幌国有林東縁に散在するが、今回の30調査地点では花粉が全く見られなかった。

表3 主要樹種・属と花粉移動距離

樹種・属	花粉移動距離(m)	樹種・属	花粉移動距離(m)
モミ属	5-3,400m	ブナ属	3-3,300m
カラマツ属	30-3,000m	コナラ亜属	10-3,400m
トウヒ属	10-1,000m	オニグルミ	10-40m
五葉マツ型	10-5,800m	ハンノキ属	50-3,000m
二葉マツ型	100-1,300m	カバノキ属	5-250m
コメツガ	2,700-4,700m	シデ属	60-1,200m
スギ	500-5,800m	シナノキ	3-900m
ニレ属	10-1,300m	トネリコ属	10-20m
クリ	20-50m		

(2) 十勝忠類の花粉データ分析

第3泥炭層のコラムCは上から17C-7、17C-1、17C-2、17C-3、17C-4、17C-5、17C-6の7試料でナウマンゾウの骨が入っていた部分は17C-5である。出現花粉・孢子数は表4、花粉組成は図3のとおりでA帯、B帯、C帯の3帯に分けた。A帯（17C-6）は全体的にはやや乾性の立地であったことがわかる。落葉広葉樹が優勢であった。種子分散の仕方からみると常緑針葉樹類やニレ属、ハンノキ属（4%）、カバノキ属、シデ属など風力散布種のほか、コナラ亜属（45.7%）が多い。オニグルミ（9.9%）などの動物散布種がみられ、キク亜科（15.2%）など多様な植物種ばかりではなく鳥獣類を交えた温かい気候下で豊かな生物相となっていたことを物語っている。B帯（17C-5~3）は常緑針葉樹ではスギ属は0.5%だが、マツ属が11.7%に増加し、モミ属（トドマツ）が2.7%、カラマツ属0.7%、トウヒ属が中部で1.6%出現する。落葉広葉樹のコナラ亜属は20.9%に減少したが、ブナ属は0.5%の連続出現となる。ハンノキ属とオニグルミ増加傾向が見られ、カバノキ属、シデ属、ハシバミ属、ヤナギ属、カエデ属など種数の増加を見る。草本類ではカヤツリグサ科が24.7%、キク亜科は8.4%と多く、ヨモギ属2.2%、イネ科2.4%で、単条溝型シダ類は5.5%から20.4%に増加した。B帯ではこのように常緑針葉樹ばかりではなく落葉広葉樹の種数も増加していた。ハンノキ属の花粉数の増加は、成林して花粉数が増したとみられ、A帯に続く温暖な気候のもとで明るく比較的乾いた立地に樹木を主とした森林植生が広がったといえる。C帯（17C-2、17C-1、17C-7）は単条溝型孢子とハンノキ属が上部に向けて増加し、カヤツリグサ科が42.8%から上部に向けて減少する。コナラ亜属も減少し、モミ属（トドマツ）が9.0%となる。適潤からやや乾性な立地であった。

(3) 石狩低地帯東野幌湿原の花粉分析

深さ10.2 mのボーリングコアが採取された。表5の数字はカウントした花粉・孢子数である。温帯性

表4 第3泥炭層のコラムCの出現植物花粉・孢子数

試料番号/植物種	ヒカゲノササ科	※単条溝型孢子	※モミ属	※カラマツ属	※トウヒ属	※マツ属	※ミズゴケ属	※アヤメ属	※カヤツリグサ科	※イネ科	※ニレ属	※クリ	※ブナ属	※コナラ亜科	※オニグルミ	※サワグルミ	※ハシバミ属	※カバノキ属	※ヤナギ属	※カエデ属	※タデ科	※モウセンゴケ属	※ナデシコ属	※アカサ属	※モミノキ属	※ミツガシワ属	※キク亜科	※タンポポ科	※ヨモギ属	数えた花粉の合計	花粉帯
17c-7	0	218	53	0	0	19	0	0	102	3	8	0	0	40	23	3	94	4	3	1	1	1	1	1	0	0	5	5	0	587	C
%	0.0	37.1	9.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	17.4	0.5	1.4	0.0	0.0	6.8	3.9	0.5	16.0	0.7	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.9	0.9	0.0	100.0	
17c-1	0	169	24	2	3	28	0	2	268	16	3	0	3	41	29	3	93	12	5	2	0	2	1	0	0	0	14	17	2	740	
%	0.0	22.8	3.2	0.3	0.4	3.8	0.0	0.3	36.2	2.2	0.4	0.0	0.4	5.5	3.9	0.4	12.6	1.6	0.7	0.3	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	1.9	2.3	0.3	100.0	
17c-2	0	75	40	0	1	22	0	0	288	9	4	1	1	65	30	4	57	5	14	2	1	1	8	0	0	2	1	25	16	1	673
%	0.0	11.1	5.9	0.0	0.1	3.3	0.0	0.0	42.8	1.3	0.6	0.1	0.1	9.7	4.5	0.6	8.5	0.7	2.1	0.3	0.1	0.1	1.2	0.0	0.0	0.3	0.1	3.7	2.4	0.1	100.0
17c-3	1	42	1	0	0	24	0	0	46	5	1	0	1	34	15	0	18	2	3	0	1	0	1	0	0	0	7	4	0	206	B
%	0.5	20.4	0.5	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	22.3	2.4	0.5	0.0	0.5	16.5	7.3	0.0	8.7	1.0	1.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	3.4	1.9	0.0	100.0	
17c-4	0	28	5	0	3	12	1	0	33	4	1	0	1	38	18	1	16	1	2	0	1	0	2	0	0	0	13	2	0	182	
%	0.0	15.4	2.7	0.0	1.6	6.6	0.5	0.0	18.1	2.2	0.5	0.0	0.5	20.9	9.9	0.5	8.8	0.5	1.1	0.0	0.5	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	7.1	1.1	0.0	100.0	
17c-5	0	25	4	3	0	53	1	0	112	10	5	0	0	63	66	0	32	8	5	1	1	8	0	0	0	0	38	10	1	454	
%	0.0	5.5	0.9	0.7	0.0	11.7	0.2	0.0	24.7	2.2	1.1	0.0	0.0	13.9	14.5	0.0	7.0	1.8	1.8	1.1	0.2	0.2	1.8	0.0	0.0	0.0	8.4	2.2	0.2	100.0	
17c-6	0	11	0	0	2	2	0	0	17	2	2	0	0	102	22	2	9	2	5	1	1	0	3	0	0	0	34	6	0	223	A
%	0.0	4.9	0.0	0.0	0.9	0.9	0.0	0.0	7.6	0.9	0.9	0.0	0.0	45.7	9.9	0.9	4.0	0.9	2.2	0.4	0.4	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	15.2	2.7	0.0	100.0	

注：植物の並びは米倉・邑田 (2012) による。以下同じ。

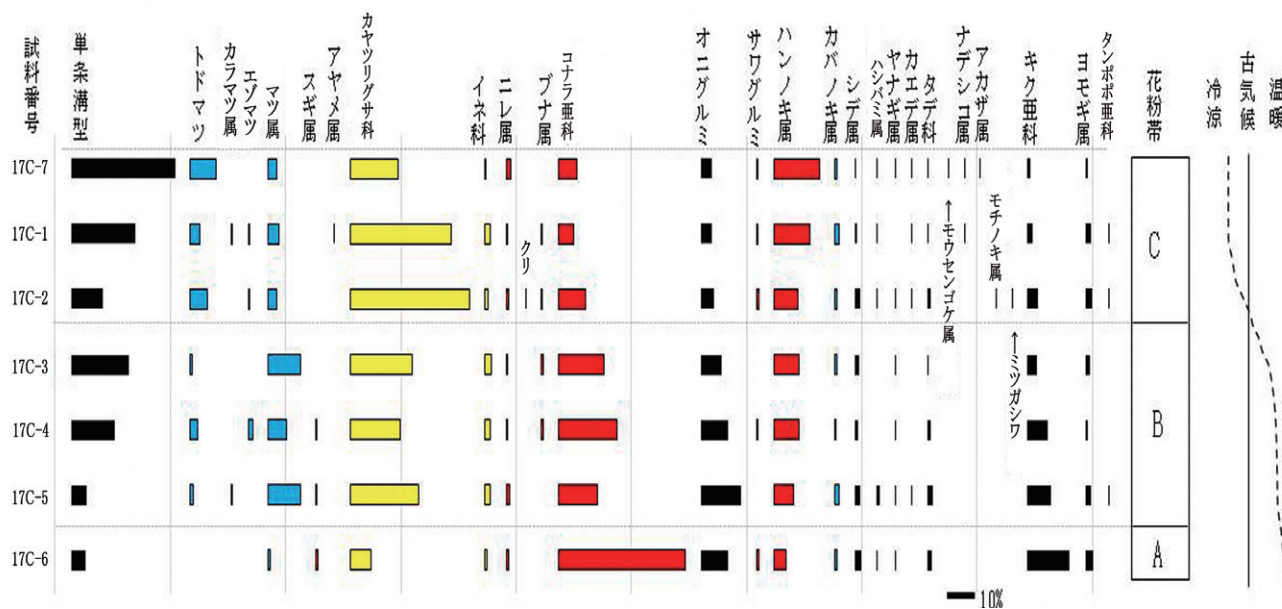


図3 ナウマンゾウの骨のあった17Cの層準の花粉組成図

樹種のブナはほぼ連続的に出現し最大6%に達する。

表層から深度7.0 mまでは泥炭、そこから下部は泥炭質粘土、そして青灰色粘土であった。表土は試料番号1041で最下部深度10.2 mの試料番号は1407である。

図4に示したように下部からA、B、C、D、Eの五つの花粉帯に分けられた。A花粉帯は試料番号1407 (深度10.2 m) で、青灰色粘土層の中にあり、最下部からの試料である。コナラ亜属は30%に達しハンノキ属は13%であった。トウヒ属 (*Picea*) とモミ属 (トドマツ:*Abies*属) も出現していた。草本類のカツリグサ科は8%、ミズゴケも3%と少なく、単条溝型孢子シダ類が15%であった。B花粉帯は試料番号1259 (深度630 cm) から試料番号1288 (深度699 cm) で単条溝型孢子が96%に達する部分もある。コナラ亜属とハンノキ属がほぼ同様の出現の仕方をして競争関係にない生育適地をもっていたことが窺える。ただ、コナラ亜属は上部で増加傾向を示し、イネ科も増えて14%に達している。単条溝型孢子シダ類が上で減少するが最大96%となる時期もあり、カヤツリグサ科5%やミズゴケ3%と少ないことから、立地として湿性化ではなく、乾性地が増加したといえる。AMS¹⁴C年代測定の結果は、B帯直

下の深度7.00 m (試料番号1289) でmean 5917 ± 46 calBP (NUTA2-27702) であった (表6)。C花粉帯はコナラ亜属 (ミズナラ) とハンノキ属が安定的な増加傾向を示して中部でコナラ亜属は最大で37%、ハンノキ属は33%に達した。トウヒ属とモミ属 (トドマツ) の常緑針葉樹は3%ほど出現する部分がある。

温帯性落葉広葉樹のブナ属は最大6%でほぼ連続出現する。ニレ属 (*Ulmus*)、オニクルミ属 (*Juglans*)

表5 東野幌湿原の花粉・孢子カウント数

試料番号/植物種	※ミズゴケ属		ヒカゲノカズラ科		※ヤマドリゼンマイ		※三条溝型胞子		※単条溝型胞子		※トドマツ		※トウヒ属		※二葉マツ型		※五葉マツ型		コメツガ		スギ	※ミズバショウ属		※ガマ科		※ホシクサ属		※カラマツリグサ科		※イネ科		※カラマツソウ属		※アリノトウグサ		ワレモコウ属		※ニレ属		エノキ属		※ブナ属		※コナラ亜属		※ヤチヤナギ		※オニグルミ		※ハンノキ属		※カバノキ属		※シデ属		※ハシバミ属		ヤナギ属		※アケボノ科		ウルシ属		カエデ属		キハダ属		タデ科		モウセンゴケ		※ツツジ科		トネリコ属		イボタノキ属		※モチノキ属		※ミツバシロ属		※キク科		※ヨモギ属		タラノキ属		セリ科		カウント数の合計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1041	8		2	1	3	1	2																					2	18		2	1	1		1	13	13		11	8	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

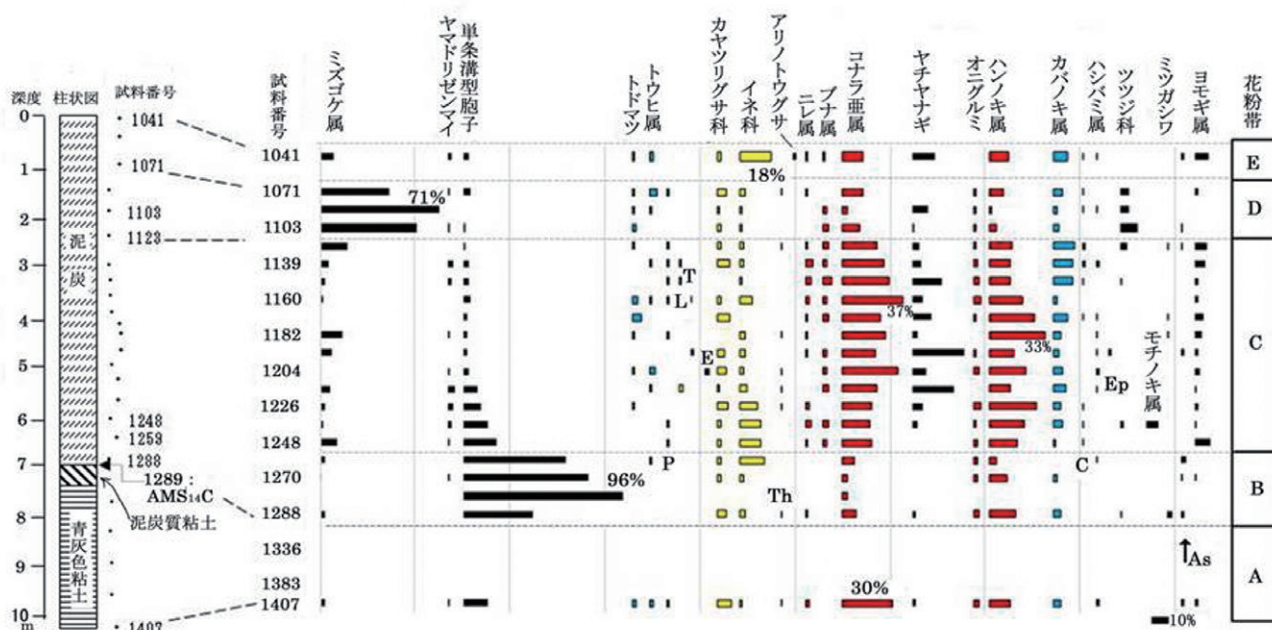


図4 東野幌湿原の花粉・孢子組成

凡例はP:二葉マツ型、L:ミズバショウ、T:ガマ科、E:ホシクサ、Th:カラマツソウ属、C:シデ属、Ep:ヤナギラン、As:キク科

表6 東野幌湿原コア試料の ^{14}C 年代とその較正年代

sample No.	depth	material	$\delta^{13}\text{C}$	^{14}C age	age error	calibrated age range	calibrated age	Lab. Code
	(m)		(permil)	(BP)	($\pm 1\sigma$)	(cal BP, $\pm 2\sigma$) (probability)	(mean value) (cal BP, $\pm 1\sigma$)	(NUTA2-)
						5990-5889 cal BP (89.2%)		
東野幌湿原						5806-5767 cal BP		
ENH-1289	7.00	泥炭	-29	5158	± 30	(6.2%)	5917 ± 46	27702

など落葉広葉樹が顕著にみられるようになり、とくにカバノキ属は最大12%に達した。低木類のヤチヤナギも最大で31%を占めることもあった。草本類ではシダ類は1%に減少した。カヤツリグサ科は7%の部分があり、イネ科は下部で12%であり、ミズゴケは中部で増えて13%に達した最上部で17%となる。ヨモギ属が少ないが最上部で7%となる。D帯は、全体的な状況は下位のC帯に似て常緑針葉樹や落葉広葉樹は変わらず出現し、コナラ亜属13%、ハンノキ属8%、カバノキ属5%に達している。ツツジ科がやや多く10%、ミズゴケ属が下部から中央部で最大71%に達し最上部で41%である。E帯は最上層の試料番号1041のみでコナラ亜属とヤチヤナギが13%、イネ科は急増し18%になるなど湿地が明渠排水の影響によりやや乾性地化したことを物語っている。

4. 考察

(1) 花粉の移動距離と親木群の関係

東西7 km、南北6 kmの調査域内ではブナについてみれば花粉はあまり遠くに飛ばずに、ほとんど近くに落ちることを示し、飛散距離は3,300 mであった。以上からブナの花粉出現率が1%であっても親木の存在を示唆する大きな意味があると考えられた。他に地表に花粉が出現した主要16樹種・属もおおよそ6,000 mの距離内であった。ブナをはじめ主要な17の樹種・属の花粉の移動方向は成木（親木）群から東方向がほとんどで、西、北、南方向への移動は少ないかほとんどないとみられた。出現した樹木花粉は、成木（親木）があつて、作られ飛散することから、花粉採取地点から成木（親木）の樹群の存在を読み取れることがわかった（表3参照）。言い換えれば地層深くに埋もれていた古い時代の花粉でも、このような距離範囲に成木（親木）の樹群が存在していたとする根拠になると考えられる。すなわち花粉が地中から見つかれば、この距離内に親木が存在していたと考えることができる。

(2) 十勝地方ナウマンゾウ発掘地の植生と気候条件

十勝地方南部はナウマンゾウが発掘されブナの殻斗も産出した（矢野, 1987）。そのコラムCの泥炭層の花粉分析結果は、周辺に湿性地と適潤~やや乾性地が広がっていたことを物語っている。丘陵地には常緑針葉樹が少数存在するが、ミズナラ（*Quercus*属）、サワグルミ、オニグルミ（*Juglans*属）、ブナ属（*Fagus*）など温帯性の落葉広葉樹林があり、これにキク科、ヨモギ属、シラネワラビのような単条溝型シダ類などの草本類が加わっていたことがわかる。湿性地にはハンノキ属（*Alnus*）やカヤツリグサ科やイネ科、アヤメ科など草本類がみられた。古気候カーブはA帯、B帯の温暖からC帯で冷涼への変化を示した。しかし、落葉広葉樹がB帯とほとんど変わらず多様であることから、やや冷涼へ転じた程度で大きな影響を受けてはいないと考えられた。

キク亜科でナウマンゾウなど哺乳動物の食用になる現生植物としては多年生、高茎で茎の柔らかなヨブスマソウ、エゾアザミ、アキタブキ、さらには茎が少し硬いがヨツバヒヨドリなどであろう。カヤツリグサ科では高茎多年生のオクノカンスゲ、オオカワズスゲ、エゾアブラガヤ、丈は低いヒメシラスゲ、ゴンゲンスゲなどが該当するのではないかと考えられる。また一部の常緑低木種としてヤ

チヤナギ、ツツジ科も候補に上る。草食動物のナウマンゾウは現在とほぼ同じ気候である（五十嵐, 2010）なら冬期間、積雪や凍結が続き食料がない。植物の生活史からみると越冬できるのはシダ類、カヤツリグサ科、アキタブキ、アザミ類、ヨブスマソウなどのキク科植物であり、ごく少数だが低木類の常緑種のヤチヤナギ、ツツジ類である。理科年表の令和3年版（気象部）には、この130年間の最低気温、積雪、霜などの月別の数値が示されている（丸善出版KK, 2021）。これに基づけばナウマンゾウの通年の食料となる草本植物が生育できるのは、積雪や凍結のほとんどない、現在では千葉県銚子市くらいの気候環境であり、現在より11℃温度が高く（札幌と比べると9℃高い）、これで体を感じる寒さは別としてナウマンゾウの食料植物が確保できたことになる。大江・小坂（1972）は4℃以上高温としたが、ナウマンゾウの食料面からは植物生育上10℃以上の高い温度であったであろう。いずれにせよ4℃以上の温度環境は、近年地球温暖化が叫ばれている中でその温暖化時代が12万年前にすでにあったことを意味する。

また、これまでナウマンゾウとともにあった重要なブナ、スギなどの温帯性樹種については、花粉が少量（2, 3%）程度しか出ていなかったため、本州から飛来したのではないとも言われていた。殊にブナについては、北上したとする説（小野・五十嵐 1991）があるが、このように北上したらしいとされるものとは別に、レフュージア（待避地）として残ったものがあった（滝谷・萩原, 1997）ことが道南地方函館市近くの横津岳上部におけるボーリング試料の花粉分析と年代測定値から分かっている。十勝地方忠類でも数%の連続的なブナ花粉の出現は、本研究の前述した「花粉の飛散距離」で述べたような3 km程度の距離にある親木群の存在を物語っているといえる。ブナ以外のスギ、コメツガ、マツ類の花粉の飛散距離についても、表3に示したように4–6 kmであり、花粉の存在は4–6 kmの距離内に親木群が存在していたと考えることができる。

(3) 石狩低地帯の森林植生と推移相

東野幌湿原A帯のコナラ亜属とハンノキ属の出現率からみて、A帯形成時期には湿地がほとんどなく、ほとんど平坦な湿性でないやや乾性の盛り上がった地形であったかもしれない。1383（深度9.6 m）から1316（深度7.8 m）は花粉をほとんど産出しないことは海が存在を示すかもしれない。B花粉帯は単条溝型孢子がほとんどであることの意味を今後解明したい。

全体的に常緑針葉樹は各花粉帯で少なく、落葉広葉樹や草本類優位で終始している。グイマツ（*Larix*属）やコメツガ（*Tsuga*属）もこの東野幌湿原ではみられなかった。このように東野幌湿原は西に現在の野幌国有林の常緑針葉樹林、針広混生林が控えているのだが、各花粉帯で常緑針葉樹が極めて少なく、C帯から落葉広葉樹が増加していく。背後の常緑針葉樹をもつ樹林はまだ十分な成木林とはなっておらず、平坦な低地は少しずつ乾性化しながら豊富な落葉広葉樹林が発達していったと考えられる。なお、ブナ属はほぼ連続出現をしており最大6%を示すことからこの地域でのブナ親木群の存在を示唆した。

前述したようにB帯直下の深度7.00 mの試料番号1289の年代はmean 5917 ± 46 calBP, ± 1σ（NUTA2-27702）であった。氷期の終焉で海面は上昇し、6,000–7,000年前頃にはその高さはピークに達し、この海の侵入期を縄文海進と呼んでいるが、石狩川沿いで縄文海進最盛期の海岸線の正確な位置はこれまで明らかではなかった（平川・中村, 2002）。しかし、本研究により野幌丘陵の東、東野幌付近の海的位置と当時の古植物とその推移の動態を花粉分析により提示することができた。

5. 結論

石狩低地帯の江別市南部の森林と農村地域の東西7 km、南北6 km内でブナ親木群3か所を含む30調査地点を任意に選び、2020年春~秋にブナ親木群からの飛散花粉の出現率を調べ、各調査地点からの飛散距離を求めた。親木群の樹冠下方の花粉出現率は18–21%で、花粉はほぼ東方向へ飛散し飛散距

離は3–3,300 mで、出現率は0–8%であった。ブナ花粉は親木群樹冠下方などを中心にかなり近くに飛散することが多かった。同時にこの地域のブナを含む17の主要な常緑針葉樹、落葉広葉樹について花粉の飛散距離を求め表3に示したが、おおよそ6 km以内に飛散していた。この事実から帰納的には1%以上の花粉出現率があればこの範囲内に親木（成木）群の存在を推定できることになる。

次にこの結果をもとに、発掘から50年を経た十勝地方のナウマンゾウ化石発掘地の花粉データを再考察した。ナウマンゾウ化石埋没層の花粉分析データにより、少数の常緑針葉樹や落葉広葉樹の顕著な森林植生から、鳥獣が種子分散を担う温帯性の多様な落葉広葉樹種と草本類が多い植生へと推移していた。また、ナウマンゾウの食料としての植生は、主にキク科（アキタブキ、ヨブスマソウ、アザミ類など）、カヤツリグサ科、イネ科草本、シダ類と考えられた。ナウマンゾウの通年の食料植物からは、落葉せず生育できる、積雪や凍結のほとんどない、千葉県銚子市くらいの気候条件が必要で、現在より約11℃気温が高く、札幌市と比べると約9℃高かったと推測できる。大江・小坂（1972）は4℃以上高かったと述べてナウマンゾウの生息時代が酸素同位体ステージ5eと確定した（高橋, 2010）。今後この方面のさらなる研究が望まれる。温暖なこの温度環境は、亜高山帯に低地の植物が生育するなど将来予想される温暖化時代であったと考えられる。

ナウマンゾウの臼歯化石が産出する石狩低地帯もブナなどのレフュージア（待避地）があり、キク科、イネ科、カヤツリグサ科をもつ温帯性の落葉広葉樹が多い植生であったことがわかった。最終氷期が終わって海水面は上昇し東野幌湿原の深度7.00 m（試料番号1289）は泥炭の堆積の始まりがAMS¹⁴C年代測定値としてmean 5917 ± 46 calBP, ± 1σ（NUTA2-27702）であったことから、野幌丘陵の東部、東野幌付近の海岸線の正確な位置と当時の古植物とその推移の動態を提示することができた。

謝辞

国際日本文化研究センター名誉教授安田喜憲博士はトーマス型ボーラー一式を寄贈していただき、東野幌湿原における1997年の10.2 mのコア採取を進めることができた。コア採取許可をいただいた（有）内外企業の平林寛氏、小山勇氏、現地でのコア採取と整理は加藤和子氏と遠藤龍畝氏をはじめ生方正俊氏、及川政江氏、村上龍子氏、宮崎守氏の協力なくしてはできないことであった。また、花粉化石同定に当たり北海道大学総合博物館高橋英樹名誉教授と首藤光太郎助教に現生植物標本について種々ご指導を頂き、石狩沖積低地研究会各位には地質構造解析について討論いただいた。ナウマンゾウの生存時の環境の考察にあたり札幌市環境局参与小菅正夫氏と円山動物園ボランティア佐藤國男氏にはミャンマーから2018年11月に来道したアジアゾウ4頭は寒さに弱く25℃くらいの設定で18℃以下にすることはないなどのご教示をいただいた。ここに記して心より感謝申し上げる。

引用文献

- 平川一臣・中村有吾（2002）北大キャンパスの地形、地表近くの堆積物. 北海道大学総合博物館, 1–8.
- 星野フサ（1990）花粉化石は何個数えればよいか? 春日井昭教授退官記念論文集, 93–96.
- 星野フサ（1994）わく法による現存植生と表層堆積花粉の関連性について-石狩平野西部月ヶ湖南西岸の場合-. 日本花粉学会会誌, 40, 25–37.
- 五十嵐八枝子（2010）忠類ナウマンゾウ化石産出露頭の花粉化石から見た十勝地域の古環境変遷. 化石研究会会誌, 特別号 第4号, 53–59.
- 亀井節夫（1978）忠類産のナウマンゾウ *Palaeoloxodon naumanii* (KAMIYAMA) 十勝平野 地団研専報, 22, 345–380.
- 丸善出版KK（2020）令和3年 理科年表（国立天文台監修）東京, 1,118 pp.
- 大江フサ・小坂利幸（1972）北海道十勝国忠類村におけるナウマン象化石包含層の花粉分析. 地質学雑誌, 78, 219–234.

- 小野有五・五十嵐八枝子 (1991) 完新世の森林と気候の変化北海道の自然史北海道大学図書刊行会, 181–205.
- 高橋啓一 (2010) まとめ北海道忠類ナウマンゾウ産出地点の再調査報告高橋啓一・出穂雅実・佐藤宏之編 化石研究会会誌, 特別号 第4号, 75–78.
- 滝谷美香・萩原法子 (1997) 西南北海道横津岳における最終氷期以降の植生変遷. *第四紀研究*, **38**, 297–311.
- 矢野牧夫 (1987) 北海道の古植生. 「北海道の植生第5章」 (伊藤浩司編) 北海道大学図書刊行会. 札幌, 285–331.
- 米倉浩司・邑田 仁 (2012) 日本維管束植物目録, 379 pp. 北隆館. 東京

日本語要旨

石狩平野の中央部にある野幌丘陵の東側、東野幌湿原で1997年に採取した10.2 mコアは温帯性落葉広葉樹林の存在を示し、少量のブナ花粉が連続出現していた。この地域には植栽され大木になったブナ親木集団が三つあり、その周りの東西7 km、南北6 kmの範囲内に2020年に設定した調査地点30カ所で表土を採取し花粉分析した。ブナ大木の樹冠下方では20%近い出現率でブナ落下花粉が存在したが。南~西方向へは0~1%の出現率であった。北海道東部の十勝平野の忠類で1970年にナウマンゾウ化石ほぼ1体分が発掘された時の酸素同位体ステージ5eの花粉分析を再考察した。現在より11°C以上温暖な温帯性落葉広葉樹林植生が発達していた時代にこのゾウが生きていたことが判明した。東野幌湿原における泥炭層の堆積の始まりは縄文海進最盛期の6,000年前に近い 5917 ± 46 calBPであった。