

北海道中山第2湿原での花粉分析と加速器質量分析 (AMS)法 ^{14}C 年代測定

星野フサ*1・中村俊夫*2

*1 北海道大学総合博物館 〒060-0810 札幌市中央区北10条西8丁目
(自宅) TEL011-583-8308, fusa@d2.dion.ne.jp

*2 名古屋大学年代測定資料研究センター 〒464-01 名古屋市千種区不老町

はじめに

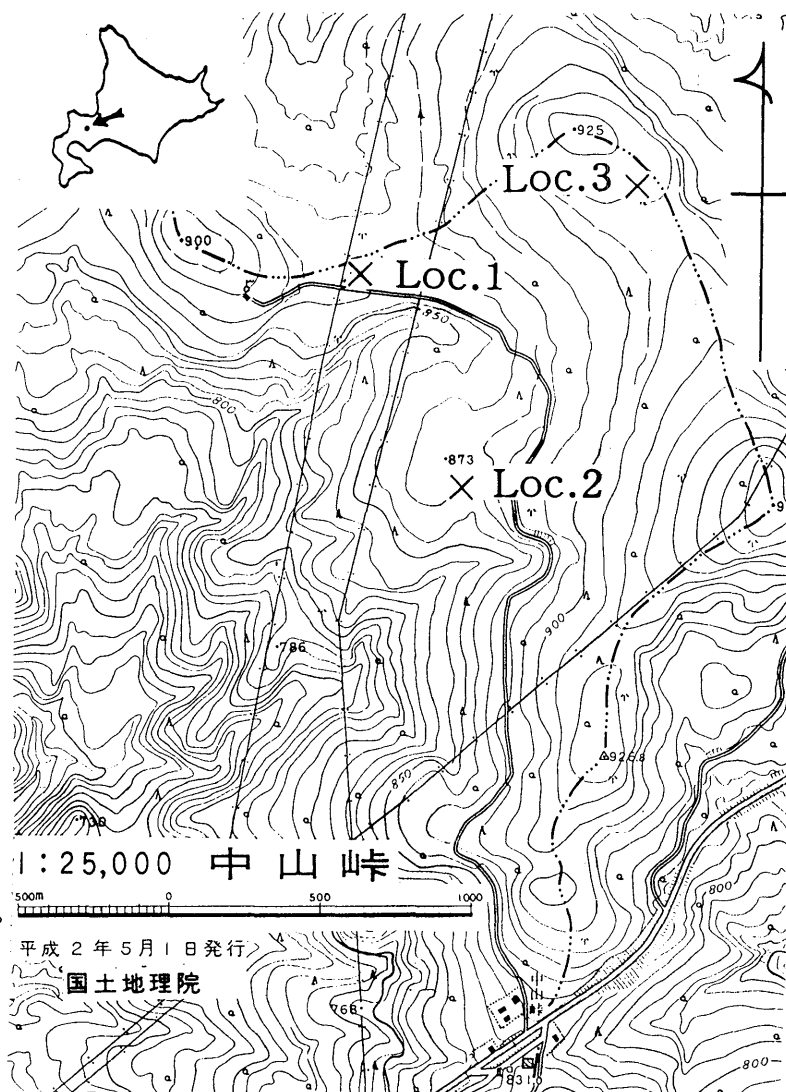
調査地点は右に示した3つの湿原のうちLoc.2 (第二湿原) 海拔870mの地点である。

すでに星野ほか (1997) で花粉分析の概略を述べているが、追跡調査の結果分かったことを記述することとする。

中山湿原の現在の気象については北海道開発局土木研究所中山峠観測所で昭和61年から平成3年にわたる6ケ年の観測値によると、平均気温は 3.9°C 、年平均降水量は1097.2mm、最大積雪深は昭和63年3月の305cmである (喜茂別町 (財) 林政総合調査研究所、1992)。

本湿原はアカエゾマツ高木林に取り囲まれており凹地形面に発達した面積1haほどの小規模な湿原である。湿原の代表的群落はミヤマイヌノハナヒゲワタミズゴケ群集である (橘・富士田、1997)。

ボーリング・コアの採取はトーマス型ボーラーを使用した。4.9mの所で手掘りの掘削は不可能となり基底に達した。



地点	緯度	経度
Loc. 2	42° 52' 14" N	141° 5' 52" E

花粉分析

試料の処理後の検鏡はZeissアキシオスコープ光学顕微鏡を使用し、1000倍で微分干渉装置を使用して花粉を同定した。試料番号491には十分な花粉を含んでいなかった。この調査地点の層相の変化は花粉ダイアグラムの左側に柱状図として、また花粉組成は柱状図の右側に表示した。

数えた樹木花粉数(AP)については星野 (1994b) を考慮し、1試料について安定した環境が予測される場合100個以上と、環境変動が不安定な場合は200個以上とした (花粉ダイアグラムの試料番号に下線を付けたものは200個以上である)。各樹木花粉の表示は、同定した樹木花粉総数を基数として百分率を求め、さらに各非樹木花粉・胞子の表示については、同定した全

ての花粉・胞子の総数を基数として百分率を求めた。花粉帯としては下位よりN2-1~N2-6の6花粉帯を設定しN2-4とN2-6はさらに細分し亜帯を設定した(a, b)。

加速器質量分析 (AMS)法による¹⁴C年代測定

試料はPinusが20%を超える連続出現からほぼ消滅に変わる試料番号512を測定試料として最初に選定した。この泥炭質土壤に含まれている植物片は微細すぎて手作業で分取できなかったため、土壤試料全体に含まれる有機態炭素約25mgを中村・中井(1988)、Kitagawa, et al. (1993)によって分析した(表1)。

追実験用にヒブシサマールの温暖な時期に先立つ温暖期の始まりを示す試料番号488、晩水期の針葉樹Piceaが完全に消滅した時期でありまた水生植物のNuphaの連続出現の終了期である467、奇妙な出現傾向を示すPiceaの出現開始直前の364の3試料を選定した。これら3試料はタデトロン2号機により結果を入手した(表2)。

表1 泥炭質土壤試料から分離された植物細片と有機態炭素の $\delta^{13}\text{CPDB}$ 値および¹⁴C年代値
Table 1 ¹⁴C ages and $\delta^{13}\text{CPDB}$ values obtained for plant fragments and soil organic materials separated from peaty soil samples

地点名	試料番号	試料深度(cm)	試料材質	試料の量(mg)	CO ₂ の回収量(収率)	炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{CPDB}$ (‰)	¹⁴ C年代値*(yrs BP)($\pm 1\sigma$)	測定コード番号
Loc.2	512	452	泥炭中の有機態炭素	前処理後の土壤:12.24	2.28mgC(18.6%)	-29.0	10830 \pm 110**	NUTA-4120

*) ¹⁴Cの半減期として5,568年を用い、西暦1950年から遡った年数で示してある。誤差はone sigma (1 σ)を示した。 ***) 炭素同位体分別の補正が行ってある。

表2

番号	試料採取場所	試料番号	試料の種類	$\delta^{13}\text{CPDB}$ (permil)	¹⁴ C age (yr BP)	¹⁴ C年代を暦年代に校正した年代(Stuiver et al,1998)* 上段:暦年代較正值 下段: $\pm 1\sigma$ の暦年代範囲(probability)	測定コード番号(NUTA2-)
1	中山 Loc.2	No.364	泥炭土壤	-26.2	460 \pm 20	Cal BP 511 Cal BP 522-503 (100%)	-597
2	中山 Loc.2	No.467	泥炭土壤	-27.1	8500 \pm 30	Cal BP 9525, 9506, 9501 Cal BP 9529-9515 (40.1%) Cal BP 9513-9492 (59.9%)	-598
3	中山 Loc.2	No.488	泥炭土壤	-27.8	8935 \pm 30	Cal BP 10153 Cal BP 10184-10147 (27.8%) Cal BP 10135-10112 (14.6%) Cal BP 10055-10031 (17.6%) Cal BP 9993-9957 (27.4%)	-596

注意事項

○¹⁴C年代値はyr BPの単位で、西暦1950年から過去へ遡った年代値で示されます。

¹⁴Cの半減期として、国際的に用いられているLibbyの半減期5,568年を用いて¹⁴C年代値を算出しました。

- 年代値の誤差は one sigma ($\pm 1 \sigma$; 1 標準偏差) を示しました。これは、同じ条件で測定を 100 回繰り返したとすると、測定結果が誤差範囲内に入る割合が 68 回である事を意味します。誤差を表示の 2 倍 ($\pm 2 \sigma$; 2 標準偏差) にとると、誤差範囲に入る割合は 95 回になります。
- $\delta^{13}\text{CPDB}$ を用いて炭素同位体分別の補正を行いました。
- *) ^{14}C 年代値から暦年代への較正は、樹木年輪についての ^{14}C 濃度測定から得られた較正データを用います。ここでは、INTCAL 98 ^{14}C 年代-暦年代較正データと Radiocarbon Calibration Program Rev 3.4 (Stuiver, M. and Reimer, P.J., 1993, Radiocarbon, 35, p. 215-230.) を用いて較正を行いました。
- *)暦年代は、 ^{14}C 年代値が、 ^{14}C 年代値-暦年代較正曲線と交わる点の暦年代値、および真の年代が入る可能性が高い暦年代範囲で示されます。また、真の年代が、表示されたすべての範囲のどれかに入る確率が 68% (1σ) です。年代範囲の後に示された確率は、68%のうちで、さらに特定の年代範囲に入る確率を示します。

結果と考察

各花粉帯の主なAP (樹木花粉) とNAP (非樹木花粉・孢子) の特徴を加速器質量分析(AMS)法による ^{14}C 年代測定の結果を添えて以下に示す。

1) N2-1花粉帯 (試料番号525~516)

AP: *Picea* (トウヒ属)、*Pinus* (マツ属-ハイマツ) と *Betula* (カバノキ属) が多く2%ほどの *Larix* (カラマツ属) が連続して出現する。

NAP: *Cyperaceae* (カヤツリグサ科) と *Artemisia* (ヨモギ属) がやや多く、最下部で1.7%の *Selaginella selaginoides* (コケスギラン) が産出する。*Sphagnum* (ミズゴケ) が少量産出する。

氷河期の寒冷な環境であった。

2) N2-2花粉帯 (試料番号514~488)

AP: *Picea* と *Betula* が多い。*Pinus* が急減する512のAMS- ^{14}C 年代測定結果は $10830 \pm 110\text{yrBP}$ (NUTA-4120)であり、最上部の488では $8935 \pm 30\text{yrBP}$ (NUTA2-596)であった。

NAP: *Nupha*(コウホネ) など抽水植物が散点的に出現する。

N2-1帯の環境に比べ少し緩和されたが寒冷である。ここは峠に近接した山地斜面で河川は存在せず飛来の可能性なく花粉形態の特徴が明瞭な *Nupha* の存在は降水量の増加を物語っている。

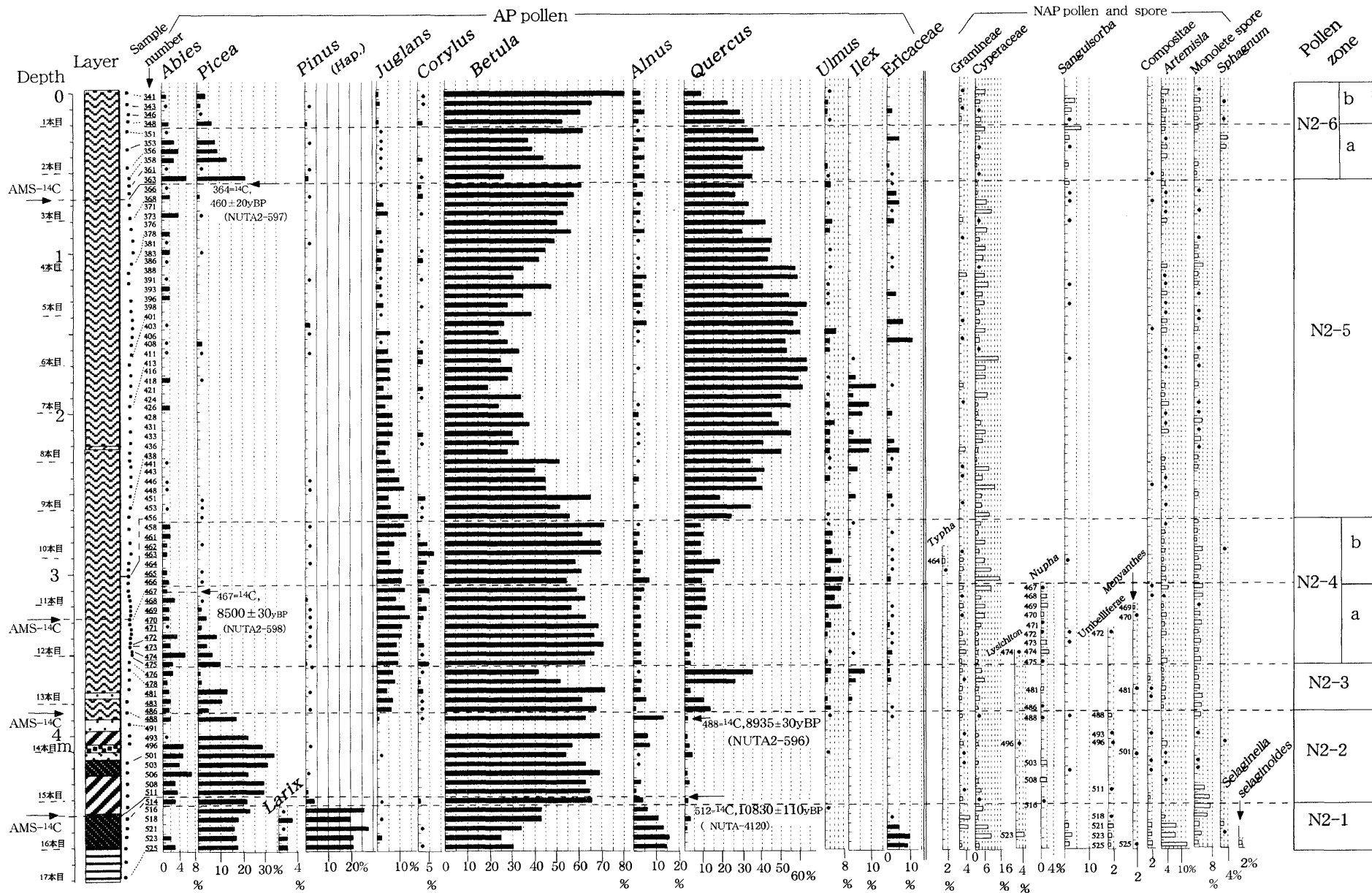
3) N2-3花粉帯 (試料番号486~476)

AP: *Quercus* (ミズナラ) が増加を始め最上部476では35%となる。このとき *Picea* は1%である。これは温暖な時期が存在したことを物語っている。連動して本地域周辺に存在しない *Juglans* (オニグルミ) が増加する。N2-2と同様に *Betula* が優勢であるが上部で減少する。

NAP: 抽水植物がやはり散点的に出現することから降水量の増加は続いていたことがわかる。

4) N2-4花粉帯 (試料番号475~458)

AP: *Abies* が増加し3.5%となる部分があるがこの少量連続出現は458までである。*Quercus* は減少した。*Betula* が多く次に *Juglans* と *Ulmus* (ニレ属) が多い。*Picea* はほぼ消滅した



{ 341 = AP pollen was counted over 200
 { 373 = AP pollen was counted over 100

467でのAMS-¹⁴C年代測定の結果は8500±30yr BP (NUTA2-598)で、降水量の多い環境はここ467で終了する。N2-4は晩氷期からヒプシサマールの温暖期に移行するとき北緯43度の亜高山帯がたどった環境の変化、すなわち*Betula*が優勢で降水量の多い環境が存在したことを物語っている。

NAP: *Nuphar* が連続出現するのは*Picea*がほぼ消滅した467までで、ここまでをN2-4-aとする。

5) N2-5花粉帯 (試料番号456~366)

AP: *Quercus* が長期にわたって優勢で63.4%に達する部分もある。*Betula*は減少傾向を示し*Ilex* がやや多い部分がみられるのは北海道の植生観察で低地のやや小高い所のミズナラ林にイヌツゲなどを交えているのをよくみかける。さらにヒプシサマールの温暖期のころ*Picea*が本地域に存在しなかったことが読み取れる。364でのAMS-¹⁴C年代測定の結果は460±20yrBP (NUTA2-597)であった。

NAP: *Cyperaceae*がやや多い傾向が続いていく。

6) N2-6花粉帯 (試料番号363~341)

AP: *Picea*は最下部363で21.3%の突然の大量出現をしたが徐々に減少する。*Betula*の産出傾向はこれまでの産出傾向とは違った不自然さを読み取ることができる。とくに348以降の*Betula*の急増が示す傾向は特異的であり、N2-6-bは産業革命などの人間による環境破壊を反映しているかもしれない。

NAP: *Sphagnum* (ミズゴケ) が少量出現する。

すでに述べた通り、調査地点はアカエゾマツ高木林に取り囲まれた面積1haほどの小規模な凹地形面に発達した湿原であり、現在の年平均気温は3.9°Cである。しかし、まったく予測できない過去に起きたできごとを提示している。

Loc.1 (第一湿原、標高870m) で、*Picea* は1840yrs BP以後徐々に増加している(星野ほか、1997) ことと比べて、Loc.2のような*Picea* の減少傾向は今の所、他の地点にはあまりみられない。*Betula*の表層で急増する傾向はすでに金川他(2001)により解明された羊蹄山山頂、寿都において見られる。*Betula*が増加するのは陽樹の彼等が温暖化に衰退した樹木の間に拡大していると読み取れるのである。

最後に花粉分析と詳細な年代測定を可能にするAMS-¹⁴C年代測定を組み合わせる事によってこれまでにとどってきた北緯43度の多雪地域の現存植生の成り立ちの一例をここに詳細に提示することができた。

まとめ

1. グイマツが晩氷期にハイマツ群落とともに存在していた。この中に*Selaginella selaginoides*を伴っていた。*Pinus*の消滅期は、10830±110yrs BP (NUTA-4120) であった。
2. *Quercus*はミズナラと考えられ、ヒプシサマール以前に1度拡大した時期があった。この拡大は8935yr BP以後である。しかし、この拡大は一担停止した。温暖化の戻り(単純に温度が上昇するのではなく)があったことになる。この減少期(小寒冷期)は*Juglans* や*Nuphar* が多く存在し水環境(降水量)の増大期であったことを示す。今回の調査地域は峠に続く亜高山の山地斜面であり本地点周辺に大きな氷河が存在しない北海道の亜高山地域においては周辺から大量の水の流入は不可能である。天(空)からの降水によって抽水植物の生存が保証されたと考えられる。降水量が増大した時期はN2-2、N2-3そしてN2-4-aである。この高

い降水量の洗礼を受けた後にやや寒冷な時期が訪れそのあとにヒプシサマールの温暖期がくる。

3. N2-6-a花粉帯が終了する後に*Picea*が増加しない原因は人間活動の可能性がある。*Betula*は陽樹であるから彼等に都合の良いパイオニアとして増加できる環境（温暖化の影響）が部分的に実現しているのだから拡大している（*Betula*花粉の増加）と読み取れる。

謝辞

最初に、日頃より花粉分析の研究を進めるにあたり御指導をいただいている北海道大学総合博物館高橋英樹教授に対し心より感謝を申し上げたい。また、使用したトーマス型ローラーは、国際日本文化研究センター安田喜憲教授から寄贈されたものである。湿原の調査は、北方山草会の高野英二・洋子御夫妻、高野秀樹氏、谷口正美氏、窪田和博氏とその友人2名の御協力による。高野氏御一家と谷口正美氏には、許可申請ならびにリヤカー貸与等諸々の協力をいただいた。北海道立理科教育センター地学研究室長高橋文明氏は北方山草会の高野英二・洋子御夫妻と出会う機会を与えられた。花粉分析の器具の一部は、札幌第一高校萩原法子教諭の御協力による。喜茂別町役場企画振興課宮崎英伸氏は中山峠の気象資料を送っていただいた。北海道の現存植生の観察は、北海道植物友の会巡検主催者各位の御指導による。トウヒ属の現生花粉は林木育種センター北海道育種場丹籐 修課長に御寄贈いただいた。グイマツの現生花粉は北海道大学附属植物園に御寄贈いただいた。光学顕微鏡による観察は、札幌静修高校関係者各位の御好意による。斎藤報恩会博物館竹内貞子博士は花粉分析について日頃より励ましをいただいている。本研究の一部は、文部省科学研究費重点研究「文明と環境」によっておこなわれた。以上の方々に対しここに記して深く感謝申し上げます。

引用文献

- 星野フサ（1994b）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（1）：25-37
- 星野フサ・中村俊夫・近藤鍊三・前田寿嗣（1997）加速器質量分析（AMS）法による¹⁴C年代測定に基づく晩氷期以降の植生変遷—喜茂別町中山湿原（ca.43° Nの亜高山帯）の場合—日本第四紀学会講演要旨集27。日本第四紀学会、東京
- 喜茂別町（1992）森林総合利用調査報告書。109p、喜茂別町（財）林政総合調査研究所
- 中村俊夫・中井信之（1988）放射性炭素年代測定法の基礎—加速器質量分析法に重点をおいて—。地質学論集、29：83-106
- 橘 ヒサ子・富士田裕子（1997）中山湿原の植生。財団法人自然保護助成基金1994・1995年年度研究助成報告書「北海道の湿原の変遷と現状の解析—湿原の保護を進めるために—」。財団法人自然保護助成基金199-202

Vegetational History Based on the Pollen Record and AMS- ¹⁴C Dating,
at Nakayama Mire of Loc.2 in South-Western Hokkaido, Japan, since
the Late Glacial Substage

Fusa Hoshino*1, Toshio Nakamura*2

*1 The Hokkaido University Museum, Hokkaido University, Kita 10
Nishi 8, Sapporo 〒060-0810, Tel 011-583-8308, fusa@de.dion.ne.jp

*2 Dating and Materials Research Center, Nagoya University, Furo-cho,
Chikusa-ku, Nagoya 〒464-01

The vegetational history during the last ca.12,000 years of Nakayama mire of Loc.2 (ca. 43 ° N), in the province of Shiribeshi, south-western Hokkaido (870m a.s.l.) is reconstructed based on the pollen record and AMS- ¹⁴C dating. The study site is now surrounded by *Picea glehnii* of subarctic forest species. Fossil pollen from a core taken from the site revealed the history of the vegetation since the Last Glacial Substage (after 12,000yrBP). AMS- ¹⁴C dating was employed at several points where the plant pollen spectrum changed abruptly. During the Late glacial substage mixed forest composed mainly of *Picea*, *Larix gmelinii*, *Pinus pumila*, *Betula* and *Alnus* together with *Selaginella selaginoides* developed under a cold climate. Boreal coniferous forest characterized by *Picea* and *Betula* coexisting with a few aquatic plants developed after 10,830yr BP. After the large ratio of *Quercus* to *Betula*, declined aquatic plants such as *Nuphar* and *Juglans* together increased relative to *Betula*. These aquatic plants grew until about 8,500 yr BP. *Quercus*, which grows in warm climate and is associated with *Ilex*, persists through out this ca.7500 yr span. After 460yr BP pollen count of *Picea* spikes greatly then gradually decrease. The depth from 0.2m to surface shows rapid increase of *Betula* and decrease of *Quercus*. The surface appearance of *Quercus* is thought to result from wind transport because *Quercus* does not grow in the vicinity. The partial disappearance of the *Picea* forest presently covering widely the mires in the subalpine zone at 43 ° N suggests further global warming continues over the earth and that *Betula* forest will expand as driven by human activity.

Key word: mire, pollen, AMS- ¹⁴C, vegetational history, human activity