

(原著論文)

バイカル湖内上部堆積物 (VER 94 / 5 - St. 21) の花粉分析

三好 教夫¹⁾・竹内 徹²⁾・片岡 裕子¹⁾・上田 圭一¹⁾・
 守田 益宗¹⁾・河室 公康³⁾・高原 光⁴⁾・長谷 義隆⁵⁾・
 井内 美郎⁶⁾・尾田 武文⁷⁾・箕浦 幸治⁷⁾

¹⁾ 岡山理科大学 〒700-0005 岡山市理大町 1 - 1

²⁾ 藤田地質 (株) 〒703-8203 岡山市国府市場 65 - 7

³⁾ 森林総合研究所 〒305-8687 茨城県稲敷郡荖崎町松の里 1

⁴⁾ 京都府立大学 〒606-8522 京都市左京区下鴨半木町 1 - 5

⁵⁾ 熊本大学 〒860-8555 熊本市黒髪 2 - 40 - 1

⁶⁾ 愛媛大学 〒790-8577 松山市文京町 2 - 5

⁷⁾ 東北大学 〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉

(1999年3月30日 受付, 1999年5月12日 受理)

Pollen Analysis of Upper Sediment (VER 94 / 5 - St. 21) in Lake Baikal

Norio MIYOSHI¹⁾, Tohru TAKEUCHI²⁾, Hiroko KATAOKA¹⁾, Keiichi UEDA¹⁾,
 Yoshimune MORITA¹⁾, Kimiyasu KAWAMURO³⁾, Hikaru TAKAHARA⁴⁾,
 Yoshitaka HASE⁵⁾, Yoshio INOUCHI⁶⁾, Takefumi ODA⁷⁾ and Kouji MINOURA⁷⁾

¹⁾ Okayama University of Science, Ridai-cho, Okayama, 700-0005 Japan

²⁾ Fujita Geology Co. Ltd., Kokufu-Ichiba, Okayama, 703-8203 Japan

³⁾ Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba Norin Kenkyu Danchi-Nai,
 Ibaragi, 305-8687 Japan

⁴⁾ Kyoto Prefectural University, Hangi-cho, Shimogamo, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8522 Japan

⁵⁾ Kumamoto University, Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan

⁶⁾ Ehime University, Bunkyo-cho, Matsuyama, 790-8577 Japan

⁷⁾ Tohoku University, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, 980-0845 Japan

Lake Baikal, situated in southern Siberia between Irkutsk Oblast and Buryat in Russia, is the deepest and oldest lake with the largest volume of fresh water in the world. A core 162cm long containing clay, sand and sandy silt deposits with some chips of wood was sampled from upper sediments at 920m depth by a research ship (Vergergin) in the northern basin (coordinates N54°50'01", E109°14'56") of Lake Baikal. Age estimation of the core indicated that the sediments started to accumulate ca. 15000 years ago, based on ¹⁴C-dating of a sample (St. 16) from the middle lake basin. From the results of pollen analysis, five major vegetational changes could be recognized from the bottom to the surface as follows :

B21 - II b (162 - 140cm, 15000 - 12000yr B.P.) with arctic taxa [*Alnus*, *Betula*, *Betula* (N)]

B21 - II a (140 - 112cm, 12000 - 10000yr B.P.) with arctic and subarctic taxa [*Betula*, *Betula* (N), *Picea*]

B21 - I c (112 - 94cm, 10000 - 8000yr B.P.) with subarctic taxa [*Betula*, *Abies*, *Picea*, *Pinus* (D, H)]

B21 - I b (94 - 40cm, 8000 - 3000yr B.P.) with subarctic taxa [*Pinus* (D, H), *Abies*, *Picea*]

B21 - I a (40 - 0cm, 3000 - 0 yr B.P.) with subarctic and arctic taxa [*Pinus* (D, H), *Abies*, *Picea*, *Betula* (N)]

The investigated part of the core covers approximately the last 15000 years of the late glacial period and the Holocene, and the reconstructed vegetational history can be regarded as typical for the period from the late glacial period to the present day around the northern lake basin of Lake Baikal. Taiga began increase at about 10000yr B.P., and climax forest was established by ca. 8000yr B.P.

Key words : Pollen analysis, Lake Baikal, vegetational history, arctic taxa, taiga

バイカル湖は、ユーラシア大陸アジア側の中央シベリア南東部モンゴルとの国境に近いタイガ（亜寒帯性針葉樹林帯）の中にある世界最古・最深・最大容量の淡水地溝湖である。本湖は3000万年前に形成され、以来今日まで約7000mにもおよぶ湖底堆積物を沈積し続けていると推定されている。

1980年代の後半から地球環境問題や異常気象などが契機となって、地球環境変動に対する関心が高まり、海洋底堆積物や南極大陸氷床コアの研究から、優れた研究成果が生まれてきている。しかし、酸素や水素の同位体比の変化から推定された海面水温の変化の推定が、実際に陸上の気候や植生に結びついているのかどうか、結びついているとしても時間的・地域的差異がどのように現れるかなど、課題が残されている⁽¹⁾。

1988年に旧ソ連科学アカデミーが、バイカル湖地域を世界の科学者に開放したのを契機に、日・ロ・米の国際共同研究「バイカル湖の湖底泥を用いる長期環境変動の解析に関する研究」が1995年から始まった。そして1996年冬には、本湖アカデミシャンリッジの水深382mの地点で湖底掘削が行われ、約200mのコア(BDP-96)が採取された。この試料は分割されて、目下¹⁴C法や古地磁気による年代測定・化学情報による物質循環の解明と古環境の復元・DNAによる生物進化の解明・生物情報による堆積環境の復元などの研究が進められている。筆者らは、生物情報のうちでも特に花粉分析による長期環境変動の解明を進めており、すでにその概略については、学会やシンポジウムで発表してきた^(2, 3)。

ところが、このBDP-96は、大型の掘削船台で採取されたため、上部の軟弱な堆積物が6.3mほど攪乱のため欠落し、数回の水期・間水期の植生変遷史の復元が不可能になっている。すでに、本湖の湖底上部堆積物の花粉分析については、Bezrukova (1998)⁽⁴⁾による北湖盆2地点(323PC-1, 259k-3)と南湖盆1地点(305a-5)の合計3地点の報告と、尾田など⁽⁵⁾による中央湖盆アカデミシャンリッジでの報告(St.16)などがあるが(Fig. 1)、まだこの広大な本湖にとっては、十分な成果が蓄積されていない。そこで本報では、本湖北湖盆で採取された上部試料(VER 94/5-St.21)(Fig. 1)の花粉分析結果について報告する。さらに、本研究のもう一つの目的は、本湖のような規模としては海洋に匹敵する大きな湖の堆積物が、陸域の湿原堆積物と同じような植生変遷史を示すかどうかを検討してみることである。

試料と方法

バイカル湖はN51°26' ~ 55°46', E103°42' ~ 109°58'の間に位置する。気象は亜寒帯に属し、本湖の南湖盆の西方にあるIrkutskでの観測によれば、年平均気温0.0°C、最高気温(7月)17.5°C、最低気温(1月) - 19.1°C、年降水量460.5mmとなっている⁽⁶⁾。低地での降水量はこのように極端に少ないが、800m以上の山地では1000mm以上の降雨があり、豊富な植物相を生みだしている。

本研究の試料St.21の採取された北湖盆の湖岸周

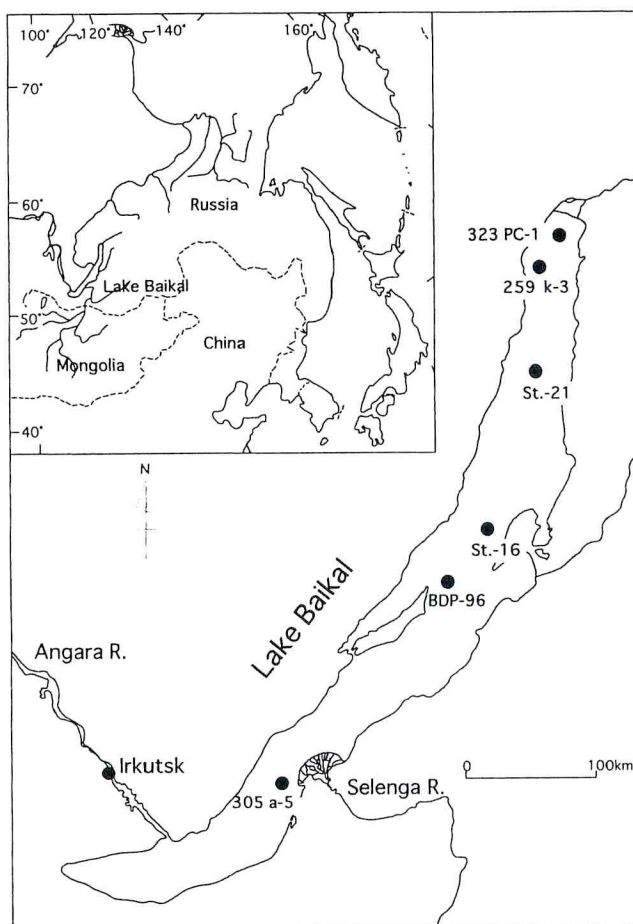


Fig. 1. Map showing the positions of St. 21, St. 16 and BDP - 96 in Lake Baikal.

辺地域にあたる北西地区（カテリンスキー地区）は、バイカルスキー山地があり、草地・ポドソル・ツンドラ・極地ツンドラの領域に属する。森林帯はシベリアマツやオウシュウアカマツからなるマツ林とカンバとハコヤナギが優占する落葉広葉樹林が中心で、シベリアカラマツ、シベリアモミも分布する。全般に乾燥が強くて、植生は貧弱である。これに対して北東地区（バルグジンスキー地区）は、バルグジン山地とスヴィヤトイ・ノース半島よりなる地域で、バルグジン・ザポベトニック（自然保護区）があり、東シベリアさつての北方動物・植物の宝庫である。シベリアマツ・オウシュウアカマツ・シベリアモミ・ダフリアカラマツなどからなる針葉樹林は、シベリア東部を代表するタイガである⁽⁷⁾。

本報で分析に供した試料は、国際共同研究が始まる前の予備調査として、1992～1994年度に文部省科学研究費補助金（国際学術研究）による「世界最大の淡水湖バイカル湖における環境・物質循環・生態系の相互作用に関する研究」⁽⁸⁾の一環として、ロシア科学アカデミー陸水学研究所所属のベルジャーギン号でグラビティコアラを用いて、1994年8月に本湖内26地点で採取された上部堆積物の内の1試料である。それは8月26日にN54°50'01", E109°14'56"地点の水深920mから採取された162cmのコアで、「VER 94/5 - St. 21」と名付けられている（Fig. 1）。

本試料の性状は、下層の162～95cmまでは砂層と砂質シルト層が3回交互に繰り返して堆積し、95～42cmまでは粘土層である。その上に5cmの砂層が

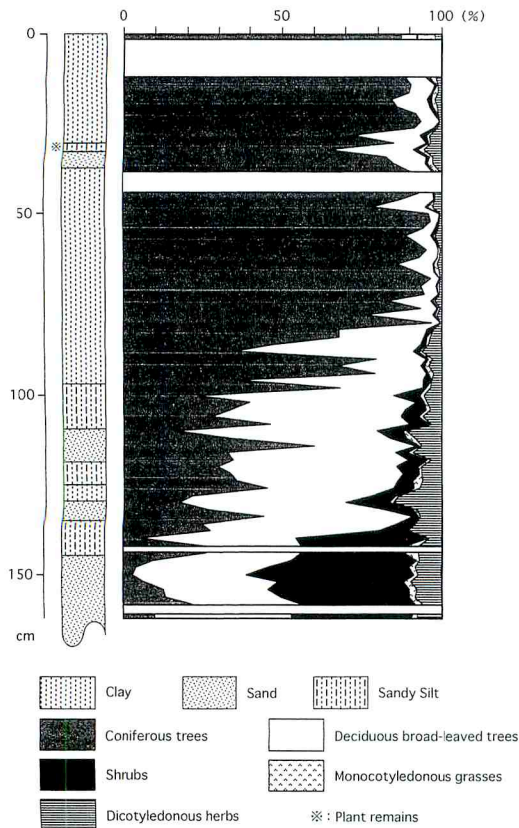


Fig. 2. Stratigraphy of surface sediments at St. 21 in Lake Baikal and the corresponding pollen diagram divided into plant life forms.

あり、37～35cmには、*Populus*・*Salix*の木片とGramineaeの組織片(能城修一博士同定)が多量に含まれている。それより上の表層は再び粘土層である(Fig. 2, 3).

試料は約2cm毎に1点、合計81点について分析を行った。その処理方法は、水酸化カリウム(KOH)法、塩化亜鉛($ZnCl_2$)比重分離法、フッ化水素酸(HF)法、アセトリシス $\{(CH_3CO)_2O:9 + H_2SO_4:1\}$ 法の順に行って化石花粉・胞子を濃縮し、グリセリンゼリーに包埋してプレパラートを作成した。化石花粉・胞子の同定は、各試料ごとに木本花粉を200個以上行い、更に草本花粉を含めて500個以上になるまで行った。各花粉・胞子の産出頻度は、低木も含めた木本花粉の総数を基本数として算出し図示した(Fig. 3)。なお生活型による花粉分布図は、木本・草本花粉の総数を基本数として図示した(Fig. 2)。

結 果

^{14}C 年代測定は、35～37cmに含まれる*Populus*や*Salix*の木片を使って実施の予定であるが、その値はまだ出ていない。

花粉分析では81点の試料を分析したが、表層近くや42cm前後の8点については、検鏡可能なだけの化石花粉・胞子を分離できなかった。検鏡可能な73点については34種類を同定した。その内訳は、裸子植物6種類・被子植物木本類5種類・双子葉植物草本類13種類・同単子葉類5種類・シダ植物胞子4種類・コケ植物胞子1種類で、未同定のものが8種類ある。この内主要な種類の消長をみると、裸子植物では*Pinus* (*Diploxylon* type, 以下Dと略す)が中層(100～50cm)の下部から上層(50～0cm)まで非常に多く50～80%も占める。*Pinus* (*Haploxylon* type, 以下Hと略す)も*Pinus* (D)とほぼ同じ消長を示すが、産出頻度は20%前後かそれ以下である。*Picea*は下層(162～100cm)上部の112cm以深では10～40%も産出しているが、それ以浅では10%以下が多い。*Abies*は下層上部から中層下部にかけてやや多くなるが20%をこえない。落葉広葉樹では、*Betula*が下層から中層下部の94cmまで多く20～80%も産出しているが、それより上部では10%以下と極端に少なくなっている。*Betula nana* type (以下Nと略す)は下層下部で30%近く出るが、下層上部と上層では10～20%以下で、中層はとくに少ない。*Alnus*は下層下部で33～58%も産出するが、下層下部では15%以下に減少し、中層以浅ではほとんど見られなくなる。草本類が目立つのは*Artemisia*だけで、下層下部で15%以上も出るが、上部から中層下部では10%以下に減少し、中層上部で極端に少なくなり、上層で再び少し増加する。その他の草本類はすべて5%以下で、下層でやや多く、中～上層に向かって少なくなる傾向を示している。シダ植物胞子も草本類と同じように下層で多く中層で減少し、上層でやや増加が見られる。とくに多く産出しているのはLycopodiaceaeとmonolet type (以下monoletと略す)である。コケ植物胞子では*Sphagnum*が下層で見られるが5%以下で、しかも散発的に産出するのみである。

以上のような主要木本類の消長を中心にして、次の2花粉帯(5花粉亜帯, B21-Ⅱb～Ⅰa:B21はLake Baikal: station-21の略)を認めた。

花粉帯の特徴

B21 - II b: *Betula*, *Betula* (N), *Alnus* の落葉広葉樹が非常に多く産出し、裸子植物は *Picea* が 20% 前後産出する程度で、*Pinus* (D) や *Abies* は少ない。草本類では *Artemisia* とシダ植物胞子の *Lycopodiaceae* と *monoletes* が多い。

B21 - II a: B21 - II b 帯とかなり似た産出傾向を示すが、*Alnus* と *Betula* (N) が減少し、*Picea* は 30% 前後に増加し、*Pinus* (D) も増加傾向が見られる。

B21 - I c: *Betula* は B21 - II b 以来の高率を維持しているが、*Alnus* と *Betula* (N) はほぼ完全に減少する。*Picea* も再び 20% 台に後退する。逆に *Pinus* (H) は 20 ~ 60% 以上に増加してくる。*Abies* は 5% 以下であるが連続して産出しはじめ、最高 20% まで達する。

B21 - I b: B21 - II b ~ I c で優占した落葉広葉樹と草本類やシダ植物胞子などは、本帯で著しく減少する。それに対して *Pinus* (D) が 70% 以上も産出して圧倒的に優勢となり、*Pinus* (H) も 10 ~ 20% にまで増加が見られる。さらに *Picea* や *Abies* も低率ではあるが連続的な産出がみられ、全体としてマツ科針葉樹が顕著である。

B21 - I a: マツ科針葉樹が優占するのは B21 - I b 帯と同様であるが、本帯に入ると *Betula* (N) や草本類・シダ植物胞子が少しではあるが増加傾向を示す。

考 察

1. 年代について

本試料の ^{14}C 年代測定値はまだ出ていないが、堀内など (1998) ⁽⁹⁾・尾田など (1998) ⁽⁵⁾ の St. 16 では 120cm の上部試料で 6 点の ^{14}C 年代測定を行い、最深の 120cm で $22530 \pm 190\text{yr B.P.}$ 、表層 (0cm) で $1720 \pm 90\text{yr B.P.}$ の値を得ているので、その年代軸に基づき花粉帯と本試料の花粉帯を比較してみた。その結果、本試料の花粉帯の最下層 B21 - II b は、*Alnus* と *Betula*・*Betula* (N) が顕著で、しかもまだ裸子植物がごく僅かしか産出しないことから、St. 16 の *Alnus*・*Betula*・*Salix* が優占する BA2 - 1 に対比でき、年代的には約 15000 ~ 12000 年頃に当たると推定される。このことから、本試料は最終氷期の晩氷期以降の堆積物であると考えられる。この B21 - II b の比較から得られた年代を基準にして、B21 - II a は

12000 ~ 10000 年前、B21 - I c は 10000 ~ 8000 年前、B21 - I b は 8000 ~ 3000 年前、B21 - I a は 3000 ~ 現在と仮定して以下の考察をすすめる。

2. *Larix* の植生変遷について

Larix は *Pinus* (D, H)・*Abies*・*Picea* と共にマツ科針葉樹のタイガ主要構成樹種であり、本湖北部の周辺地域では *Larix dahurica* が広く分布している。植生変遷史にもその反映されることが期待された。しかし、その産出状況を見ると B21 - II a ~ I a の各花粉帯に散発的に 1% 以下程度しかみられず、考察の対象にならなかった。これは常緑広葉樹の植生変遷史で、花粉の壊れやすいクスノキ科が含まれていないのと同様に *Larix* は花粉が大きくて重く、他のマツ科針葉樹のように気嚢を持たないため飛散力が小さくて ⁽⁹⁾、しかも比較的壊れやすい ⁽¹⁰⁾ ことから、花粉分析になじみにくい木本植物で、花粉分析の弱点の 1 つかもしれない。ただ *Larix* はクスノキ科と異なり産出率がゼロではなくて、僅かながらも産出することから、これが 1% 以下でも産出すればその試料採取地点の近辺に *Larix* の優占する森林が存在すると表層花粉の研究 ⁽⁹⁾ もある。また、Bezrukova (1998) ⁽⁴⁾ の北湖盆 323PC - 1 では *Larix* が最高 50% も産出しているところがあり、片岡など ⁽¹¹⁾ の研究でも最高 15% の産出がみられるなど、かなり多く産出する例もあることから、本属については、今後さらに検討する必要がある。恐らく本湖盆周辺の陸地で進められている表層堆積物中の花粉と現植生の関係についての研究によって、*Larix* の植生変遷史をより詳しく解明できることが期待される。

3. 湖底と湿原堆積物の花粉分析結果の比較について

バイカル湖は、世界最深で最大の容積を持つ淡水湖であり、しかもバイカルアザラシも生息している。海洋の面影さえも持っている。そこでここでは、このような広大な湖の堆積物が海洋でみられる花粉・胞子の動態と同じような傾向を示すかどうかについて、本湖盆周辺の湿原堆積物と同様な植生変遷史を示すかどうかを検討してみる。

海洋では陸域に比べてマツ属が過剰にみられること、草本類が激減し、シダ胞子の比率が増大すること、などがこれまでに報告されている。 ^(12, 13, 14) この 3 点を本分析結果に当てはめてみると、マツ属はやや多く、草本類は極端に少なく、シダ植物胞子は比較的多く出ていることから、本湖盆の花粉・胞子組成は、かなり海

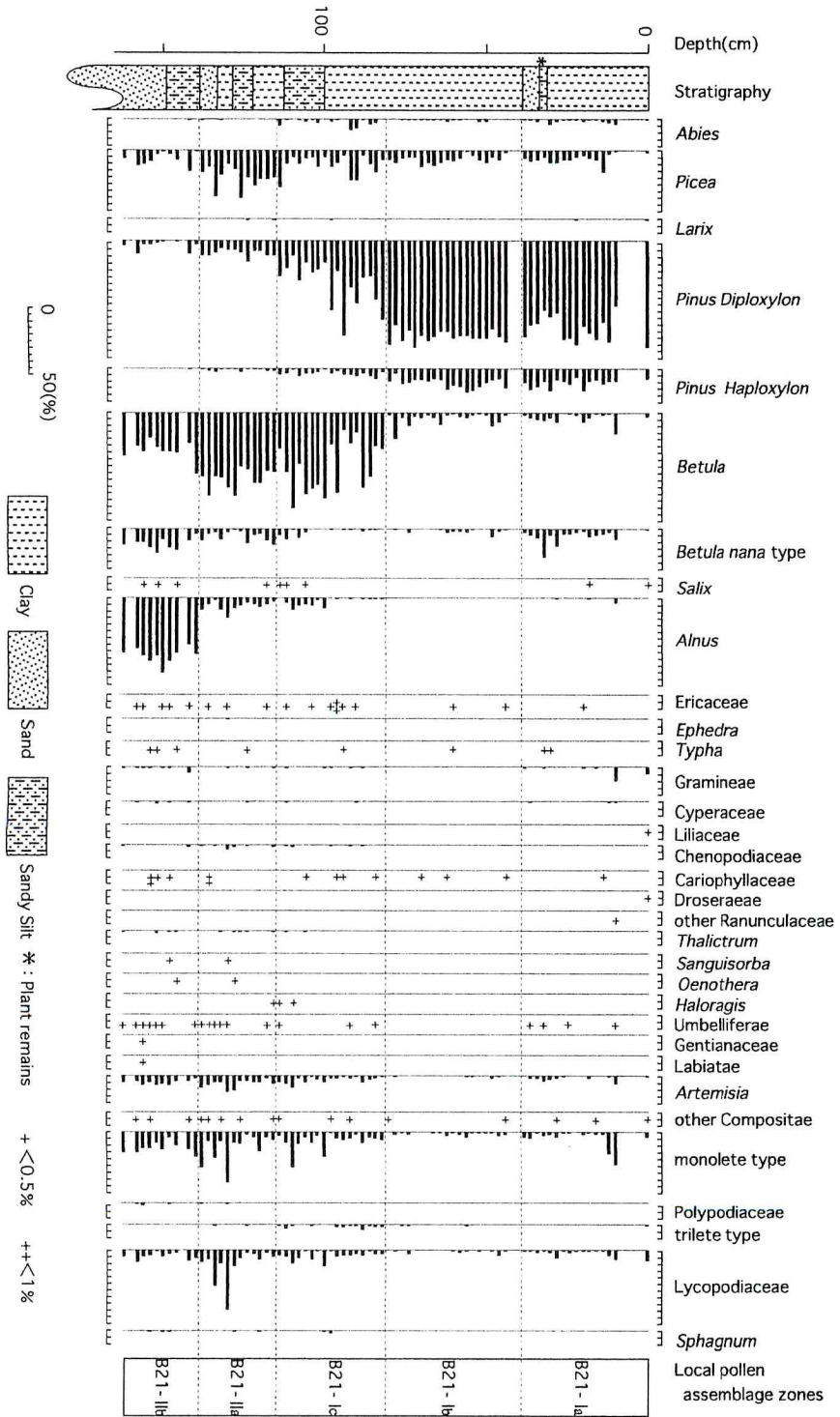


Fig. 3. Pollen diagram for St. 21 in Lake Baikal.

洋性の特徴を示していると思われる。また、本湖盆とその周辺の湿原から産出する化石花粉・胞子の組成⁽¹⁵⁾を比較すると、マツ科・双子葉植物木本類・草本類の花粉とシダ植物胞子については、両者で大差はないが、単子葉類のカヤツリグサ科やイネ科は、湖盆内の産出が非常に少ない。

4. 花粉帯について

B21 - II b (15000 ~ 12000 年前): この晩氷期前半は、*Betula* と *Picea* の高木類、*Alnus*, *Betula* (N) のような矮性低木の産出が可成り見られ、最終氷期最盛期のツンドラやステップの植生から木本類の多い森林植生への遷移が始まったことを示している。しかし、まだ *Artemisia* など被子植物双子葉類や単子葉類の草本類やシダ植物胞子の *Lycopodiaceae* や *monolete* なども多く、依然としてツンドラやステップ植生の色彩も残されている。

B21 - II a (12000 ~ 10000 年前): 晩氷期後半になると、*Picea* と *Betula* の増加が一層顕著となり、*Pinus* (D) も少し増加している。逆に *Betula* (N) と *Alnus* は大きく後退し、バイオニアの性格の強い *Betula* と *Picea* を中心にした針広混交林に遷移した。

B21 - I c (1000 ~ 8000 年前): 晩氷期以来優勢を維持していた落葉広葉樹の *Betula* が減少し、針葉樹でも *Picea* が後退し、*Abies* と *Pinus* (D) がより顕著になっている。草本類やシダ植物も、晩氷期よりもさらに減少化傾向を示すが、本帯ではまだ最終氷期最盛期以来のツンドラやステップ要素が残存している。

B21 - I b (8000 ~ 3000 年前): *Pinus* (D) が圧倒的に優勢となり、*Pinus* (H)・*Picea*・*Abies* も含めたいわゆるタイガと呼ばれる亜寒帯性針葉樹林が成立したことを示している。恐らく *Larix* も花粉組成としては顕著に産出していないが、タイガの主要構成種になっていたと推定される。*Betula* は極端に後退しているが、本湖北端東部の Verkh Zaimka の河畔試料の分析結果(未発表)でも同じような傾向が出ており、本湖北部地域ではタイガの成立後 *Betula* が大幅に減少したことを示している。南湖盆の 305a - 5 でも、同じ傾向を示している。ところが本湖南東部で実施された Lake Krivoe や Bolshoe bog⁽⁸⁾ では、タイガの成立後もあまり *Betula* の減少が顕著にみられない。

B21 - I a (3000 ~ 0 年前): 主要樹種のマツ科針葉樹

は B21 - II b とほとんど同じで、タイガの森林が続いていることを示しているが、*Betula* (H)・*Artemisia*・*Lycopodiaceae*・*monolete* など草本類やシダ植物が少しいたが增加していることは、やや暖化が減じたことを意味していると思われる。

5. 植生変遷史について

北湖盆の St. 21 では前述のように晩氷期の前半は *Alnus*・*Betula* (N) の矮性低木と草本類からなり、晩氷期後半になると *Picea*・*Betula* の高木類が出現してくる。後氷期の初期になると *Abies*・*Pinus* (D, H) が増加を始め、中期以降は *Pinus* (D, H) を主体としたタイガの成立がみられた。このような傾向は、北湖盆 323PC - 1・中央湖盆 St. 16・南湖盆 305a - 5 でも同様に認められている。ただ北湖盆 295k - 3 の約 1 万年の試料では、*Pinus* (H) が 7 ~ 6000 年前まで特に多く産出し、その後に *Picea* の増加がみられ、続いて *Pinus* (H, D) を中心とした現在のタイガが成立したことを示している。全層を通じ *Pinus* (H) が *Pinus* (D) より多く産出している点でも St. 21 と異なるなど、他の 4 地点とかなり異質の結果を示しており、今後の検討が必要である。また陸域の堆積物についても、本湖盆東岸の Lake Kotokeri や Sviatojnose Peninsula 周辺の湿原堆積物の花粉分析結果から「最終氷期最盛期の植生は、*Gramineae*・*Artemisia*・other *Compositae* のような草本類と *Salix*・*Alnus*・*Betula* のような矮性低木によって特徴づけられていた。12000 ~ 6000 年前の森林は、*Picea* と *Abies* が優占していた。*Pinus* (D) は約 6000 年に増加をはじめた。」⁽¹⁵⁾との報告がある。この結果は St. 21 や St. 16 の分析結果とほぼ同じ傾向を示しており、広大なバイカル湖の湖底堆積物が、湖盆周辺地域における広域植生の変遷史を記録した貴重なタイムカプセルであることを示している。ただ、タイガの成立時期については、湖内では St. 21・St. 16 とともに約 8000 年前という結果になったが、305a - 5 では約 6000 年前、323PC - 1 では約 4000 年前、陸域の湿原では約 6000 年前となっており、今後の検討課題である。

摘 要

バイカル湖は、中央シベリア南東部にある世界最深・最古で、最大容積の淡水を湛えた地溝湖である。この北湖盆で採取された 162cm の表層試料 (St. 21) の

花粉分析を行った。その結果、約 15000 年前の晩水期以降に次のような植生変遷を繰り返して、タイガの極相林が成立したとみられる。[*Alnus*・*Betula* (N) など低木類と、*Artemisia* など草本類を中心としたツンドラやステップ要素の植生 → *Betula*・*Picea* など高木類の先駆種の増加 → *Picea*・*Abies*・*Pinus* (D, H) などマツ科と *Betula* の針広混交林 → マツ科を中心としたタイガの極相林の成立]。このような湖内堆積物から得られた植生変遷史は、湖盆周辺の湿原堆積物の花粉分析結果とほぼ同じ傾向を示すことが明らかとなった。

謝 辞

本研究の機会を与えて下さった岡山理科大学奥田節夫教授、国立環境研究所河室欣博士、試料に含まれる木片の樹種を同定して下さい下さった森林総合研究所の能城修一博士に厚くお礼を申し上げる。また、本研究は、科学技術庁振興調整費による「バイカル湖湖底泥をもちいる長期環境変動の研究」の一部として実施されたものであることを記し、深謝する。

引用文献

- (1) 河合崇欣：バイカル湖研究の背景。地球環境変動の科学 (井上・柏谷・箕浦編著)。古今書院 pp.1-18 (1998)。
- (2) 片岡裕子・守田益宗・三好教夫・河室公康：バイカル湖湖底堆積物 200m コア (BDP-96) の花粉分析学的研究。日本花粉学会 39 回大会 (兵庫医科大学) 講演要旨 p.8 (1998)。
- (3) Morita, Y., H. Kataoka, K. Ueda, N. Miyoshi, and K. Kawamuro: Vegetational history and periodicity based on pollen analysis of BDP-96 from Lake Baikal in Russia. BICER, BDP and DIWPA Joint Intern. Symp. on Lake Baikal (Yokohama) p.40 (1998)。
- (4) Bezrukova, E. B. : Palynology of late-glacial and Holocene sediments of Lake Baikal (in Russian). *Geography and Natural Resources* 3, 54-61 (1998)。
- (5) 尾田武文・佐藤智洋・高原 光・箕浦幸治・長谷義隆・三好教夫・中村俊夫：バイカル湖集水域における最終水期～後水期植生変遷。地球環境変動の科学 (井上・柏谷・箕浦編著)。古今書院 p.201-211 (1998)。
- (6) 国立天文台：理科年表。丸善 p.1054 (1998)。
- (7) 林 進：バイカル湖周辺の森林環境と植物。バイカル湖 (森野・宮崎編)。東京大学出版会 pp.83-97 (1994)。
- (8) 奥田節夫：世界最大の淡水湖バイカル湖における環境－物質循環－生態系の相互作用に関する研究。文部省科学研究費 (国際学術研究) 研究成果報告書 (課題番号 0404441155) pp.103 (1995)。
- (9) 堀内一穂・箕浦幸治・中村俊夫・河合崇欣：バイカル湖の堆積環境と湖底堆積物・地球環境変動の科学 (井上・柏谷・箕浦編著) 古今書院 pp.198-201 (1998)。
- (10) 島倉巳三郎：日本植物の花粉形態。大阪市立自然科学博物館収蔵目録第 5 集 pp.60, Pl.122 (1973)。
- (11) Nilsson, S. and J. Praglowksi: Erdtman's Handbook of Palynology. Munksgaard (Copenhagen) pp.580 (1992)。
- (12) Koreneva, E. V. : Marine palynological researches in the U. S. S. R. *Marine Geol.* 4, 565-574 (1966)。
- (13) 中村 純・黒田登美雄・満塩博美：堆積学的花粉分析学。1. 九州西方海域および四国の海底表層堆積物。地質調査所月報 25, 209-221 (1974)。
- (14) 松下まり子：播磨灘表層堆積物の花粉分析。第四紀研究 20, 89-100 (1981)。
- (15) Takahara, H., S. K. Krivonogov, E. V. Bezrukova, N. Miyoshi, Y. Morita, T. Nakamura, T. Shinomiya and K. Kawamuro : History of Taiga for last 30,000 years from bog sediments in the southwestern and the eastern of Lake Baikal. BICER, BDP, and DIWPA joint Intern. Symp. on Lake Baikal (Yokohama). p.102 (1998)。