

## 資 料

551.7 : 561 : 551.782.1 + 551.791 (57—15)

### 花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の 植物史よりみたる気候変化\*

V. S. VOLKOVA

小岩井 隆 訳

西シベリア低地は地球上の最大平原の一つである。その内部には鮮新世—第四紀に海成層や陸成層が堆積され、とくに湖成層・沖積層・氷河や表成層が目立っている。西シベリアの地形が削剝と沈積の形成経過中にうけた実質的影響は気候の変化からであり、気候は氷河期と間氷河期に再三の交代を伴っている。脆弱層や凹凸の地形は湿気と乾燥期の交代や暖気と寒気の交代の結果である。湿った時期には広い範囲で氷河と湖沼と沖積層ができるし、乾燥時期には風成層や特別の表層ができる（ボルコバ夫妻，1965；ボルコバ，1965）。

気候の変化は第四紀の堆積に独特の段階をつくったばかりでなく、実質的には植物群や植生の発展史に影響をあたえた。第四紀初期の微弱な前寒冷気候の結果として氷河にとりかこまれた植生がある。この植生は現在の景観とは同類でない。気候の特性と関連してステップ広野の発達がある。そこで、現在までの第四紀に起こったシベリアの気候変化の特性を考えなければならぬ。ある研究グループは、西シベリアの気候は本質的には変化しただけでなく、有機化学的尺度においてみられる堆積であるから、気候変化を層相の区分に採用するのは困難であると推察した。他の研究者たちは、この推察を莫大な数の資料をもとにして論破している。気候変化の問題を解決するには、第四紀の全体の物象—地理学的状況や堆積の区分によって正しく理解することであり、それには広範な知識を要する。

現在で西シベリアの植生を変えた特性について意見を異にするのは花粉学者と果実学者との間にあるようである。花粉学者の考えることは、気候変化の実際上の大きな影響を植物群の組成におくよりも植物の特長におくということである。植物発展史の研究は化石の種子や果実による植物群の組成にたよるよりも気候変化を層相の決定に用いることであり、そのために花粉学者の資料によってより多くの知識を得たのである。

植物の組成研究についてはオビとイルチシ両河盆地の第四紀の地層から産した種子や果実の化石によって、ピ・エ・ニキチン（P. A. NIKITIN）が強調したことは“シベリアに気候の大変化はなかった”ことである。この資料によれば、第四紀前半分ではイルチシ下流の気候では強い暖気は目立たない（彼が「フローラ SSSR」報告にのべたところのオブスク植物区すべてについて）。また第四紀の気候は現在と似ていて、おそらく全期間は現在より寒かったかも知れない（NIKITIN, 1938, 176 p.）。大寒冷の時期（極大氷河時代）には植物帯の南方への変化はわずかであり、これに対し暖い時期に北方への逆の移動があったとニキチンは仮定した。

この気候の評価についての解釈はまったく正しくないと思はれている。この誤は、第四紀期間のすべての特別な気候を植物群の組成では解明できないのに、そのような植物群の組成を気候の判断にさいして分析していることである。植物による気候変化の研究は第四紀中の短い期間からでは困難であり、植物群の解明は新しい種の出現と経過を追究するのではほとんどうまくゆかない。エ・エヌ・クリシュトホウィチ（A. N. KRISHTOFОВИЧ, 1957, 556 p.）が指摘したことは“第四紀の植物の種の組成は（正確を要するが）植物化石で決定されることで、

\* В. С. Волкова: Колебания Климата в Истории Формирования Растительности в Плицен-четвертичное Время в Западной Сибири по Ланным Палинологии, Палинология Сибири. к II. Международной Палинологической Конференции (Утрехт, Нидерланды, 1966 г.) p. 15—27

とくに死滅したものを除外してもっぱら今日実在する種の範囲できめる”。

第四紀の植物史では重要事項をつかみ、その地理的再配列を研究の対象とする。第四紀の植物の全部は現在の状態において鮮新世後期における組織をそのままずっとつづいている(パクロブスカヤ POKROVSKAJA, 1961, 1965; ドロフェエフ DOROFEEV, 1965)。第四紀中にはいくらか種の死滅があり、その領域の境界に変化を生じた。その他では、第四紀の植物の進化に関する資料は研究が不充分である。進化の文献として「*Cornus sibirica* LOOD と *Cornus sukaczewii* NIKITIN との関係」、*Azolla interglacialica* NIKIT. の死滅について、また「*Azolla* 属の新種の変化と適応性について」がある。*Azolla*—さんしょうも科の資料のうちでいくらかは現段階において反論され、植物による気候変化の研究は行きづまっている。なんとすれば、彼の研究対象である果実は間氷期の地層から少しも出ていない。また全然氷河期の植物が研究されていない。このようでは、もっぱら重要な知識は、孢子—花粉の分析の資料からとることになる。この方法は連続系列によることを主眼とし、果実学に比して植物の鑑定としてうけ入れられるばかりでなく、いろいろの植物の相が考えられるし、その時期の成長と拡がりが見跡できる。

最近における西シベリアの植物や植生の発達史に関する資料は次の報告書に含まれている。

E. M. LAVRENKO, V. V. REVERDATTO, A. N. KRISCHTOFVICH, V. N. SUKACHEV, M. P. GRICHUK, N. Y. KATZA, M. I. NESCHTADTA, L. V. GOLUBEVA, N. S. SOKOROVA, O. V. MATVEEVA, V. P. NIKITIN, G. F. BUKREEVA, その他。

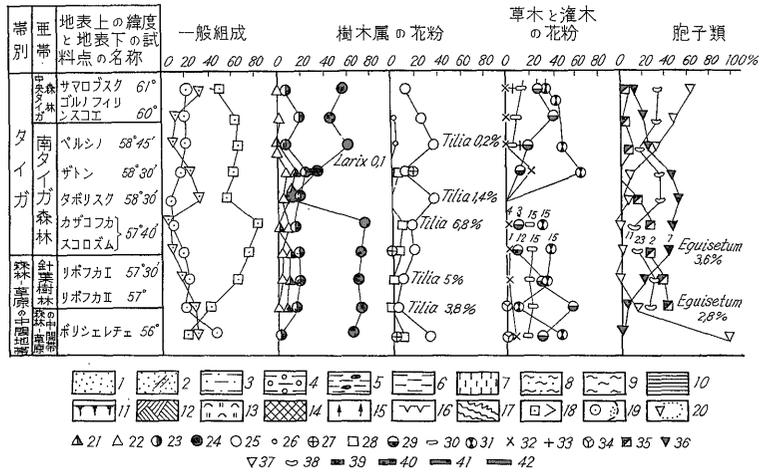
近年ではシベリアの氷河期を区分して植生の実験結果による組成図を作製するような試案(GITERMAN その他, 1965)がある。研究の手順としては花粉学上の資料をもとにして景観帯の変化をかき、それと第四紀のうちのいろいろの欠けた部分にそれぞれの植物種の領域を考えて記入する(N. Y. KATZA, S. V. KATZ, 1948; GOLUBEVA, 1960; GRICHUK, 1961; ARKHIPOV, MATVEEVA, 1964; MATVEEVA, 1965)。

いろいろの植物の歴史や気候変化の価値の問題をとくのに、私達はイルチシ河下流の模式的な断面の花粉—孢子分析を資料として利用した。この地域は基本的な成層区の一つであり、第四紀中の古地理学の諸般の問題を解釈するためによい所で、いろいろの植生や気候変化史のものがたるものを含んでいる。景観の再現には固定化されたものであっても似かよったものであり、私達はどんな環境でも現在に至るまでの複雑な歴史学的発展の生産物とみなし現在の地理的環境を採択した。指定地は冠水地でありその花粉分析の組成は現在の植物帯と同様な組成であると考えられる。なお最近では全域についてもまた西シベリアの植生帯にとっても花粉—孢子分析の組成は厳密なものではなく満足できない。エム・ピ・グリチュク(M. P. GRICHUK, 1959)の研究は有用な報告であり問題の究明にあたり興味をよぶもので、その研究はオビ河の盆地で行なわれ、またア・ピ・ペルマコフ(A. P. PERMJAKOV, 1964)のものはエニセイ河の盆地で実施された。

私達はイルチシ河の盆地の種々の植物帯や小亜帯からつくった分析図(第1図)を論評しようと思う。研究の結果として私達は次の結論をえた。すなわち、「イルチシ河の谷における植物のどんな帯状分布も、孢子—花粉の分析のある型が適用される」。

表土の試料からとった孢子—花粉のスペクトル(花粉分析図と訳す)は単純で、イルチシ河盆地の植物帯や小亜帯の特長を反映する。花粉分析ではオビ河盆地の分析と多くの一致する特長が示されるが、2, 3の相異点としては、地区のちがいの特長が反映している。イルチシ河の花粉分析図を論評すれば、モミ、シベリア松や白樺の割合が目立つが唐松の花粉が欠けている。イルチシ河で南タイガ亜帯の花粉分析にはボタイ樹の花粉は5%まで出現するのに対し、唐松はオビ河の雪どけの冠水地にはない。イルチシ河の花粉分析図ではミズゴケが多く、緑ゴケはずっと少ない。この相違を考えれば気候の変化に原因するのではなく、地域的植物組成の特質であり、それは第四紀時代の植物の再構成の時に考慮されよう。全体的にみて、問題を解決するための花粉分析は、少ないけれども、西シベリアのために信頼される分析であれば、第四紀の

花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の植物史よりみたる気候変化 (小岩井 隆訳)



第1図 いろいろの植物帯やイルチシ川下流の亜帯の表土試料による孢子—花粉分析

- 多種類の砂
- 偽層のある砂
- 水平堆積の砂質粘土
- 砕片—板状礫入り砂質粘土
- 粘土含有の砂質粘土
- 無層理砂質粘土
- レス(黄土)殻状の砂質粘土
- レンズ状のローム
- 無層理ローム
- 粘土(Clay)
- 埋られた粘土
- スゲ属の泥炭
- ミズゴケの泥炭
- 現在の土壌(Soil)
- 堆の皮・樹木種の幹
- 楔形
- 動かされた地層
- 樹木種の花粉総計
- 草木と灌木の花粉総計
- 孢子総計
- モミ
- カラマツ
- シベリア松
- 松
- 樹状の樺
- 灌木状の樹
- 柳属
- ハンノキ属
- 禾本科植物
- スゲ属
- 草木
- あかね科
- ヨモギ属
- しゃくなげ科
- ヒカゲノカヅラ科
- 緑藻
- ミズゴケ属の苔
- 羊歯植物
- 3%以上
- 5%以上
- 15%以上
- 40%以上 (以上凡例は第1~3図まで共通)

景観の再現にとっては既成型として利用されねばならない。鮮新世—第四紀期間の植物群や植生の組成に気候の変化が影響したと決めるためには漸新世からはじめてその特長を見つけることが必要である。漸新世後期では湖成層の形成があり(ペー・ア・ニコラエブ(V. A. NIKORAEV)によるツルタススク層, ベジェウリスク層), この時期に低地の台地には広葉—針葉樹林が育った。その組成の大部分の種属は松柏科に属し, 代表種は *Pinus* 属で *Pinus cembraeformis* ZAKL., *P. sibiriciformis* ZAKL., *P. prolocembra* ZAKL., *P. strobiformis* ZAKL., その他, である。

花粉分析図の特長では *Taxodiaceae* 科の花粉が多く(8~25%まで)含まれ, この植生の組成中での *Tsuga* 属は優勢ではなかった。*Tsuga* 属は3種である。その花粉の含有は1%を超えない。温冷—温暖性の広葉樹は *Fagaceae* 科(大体は *Quercus*, *Fagus*, *Castanea*), *Juglandaceae* 科と *Betulaceae* 科である。

植生のなかには亜熱帯に多い植物の *Myrica* sp., *Liquidambar* sp., *Nyssa* sp., *Ilex* sp., ときに *Magnolia* sp. がわずか加わっている。

漸新世後期には雑草—灌木の植生があり, 新第三紀と第四紀に広く発展したものと同じ科の形態があった。

雑草—灌木の植生は

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| <i>Chenopodiaceae</i> | アカザ科            |
| <i>Leguminosae</i>    | マメ科             |
| <i>Polygonaceae</i>   | タデ科             |
| <i>Onagraceae</i>     | アカバナ科 (Trapa 属) |
| <i>Labiatae</i>       | シソ科             |
| <i>Ericaceae</i>      | ツツジ科            |
| <i>Rubiaceae</i>      | アカネ科            |
| <i>Borraginaceae</i>  | ムラサキ科           |

## Dipsacaceae

## マツムシソウ科

と *Artemisia* (ヨモギ) 属である (ボルコバ, パノバ, 1964)。

ヴィ・ア・ニコラエフ (1963) によれば、中新世の前半期にはイシムスク層とイ・ゲー・ザリツマン (I. G. ZALIZMAN) によって命名されたタボルジャンスク層という湖成層が存し、植物の組成や特長が変わっている。低地の台地には葉の小さい針葉樹の森が広く発展した。森林のなかには漸新世後期の植物とちがって *Pinus* aff. *sibvestris*, *P. strobiformis*, *P. sibiriciformis* の割合が増大している。

黒松属は報告によればかなり多種多様である。モミの類に *Omorica* と *Eupicea* の資料が加わったのは大きい収穫である。森のなかにわずかながら *Taxodiaceae* 科の存在が報告されている。

実質的变化が表層の植物のなかに発生し、その状況は *Betulaceae* 科、とくに *Betula* sp., *Alnus* sp. が代表して優占し、針葉樹を伴うハンノキ—白樺の森が卓越する。広葉樹は *Carpinus* sp., *Carya* sp., *Juglans* sp. その他でその価値はまだ低い。草木では禾本科や豆科やアカザ類を代表者とする。中新世初期の森林にはとくにミズゴケ (*Sphagnum*) と緑藻が豊富な沼沢があり大多数の羊歯植物のうちエゾチシダ科 (*Polypodiaceae*) が発展する。

植生の全貌は温暖—熱帯と湿潤の気候を証明する。植物の進展は好熱帯性型の数が減少の傾向にある。中新世の終わりから中期鮮新世のはじまりまでヴィ・ア・ニコラエフ (1963) によれば、チェルラクス層の粘土層の形成期間中で、あるいはイ・ゲー・ザリツマン (1965) のパクロダルス層にあたるかもしれない、森の広さは縮小した。景観に関する報告から地理学上の分帯を縮図化してはっきりさせた。松柏科の森はハンティーマンシスクの緯度から北方へ発展した。森林—草原の中間地帯が南方の卓越した位置を占める。細葉樹林のうちで広く分布したのは白樺とハンノキであり、針葉樹のうちでは松である。広葉樹木は渓谷で発達した。チェルラクス層の花粉図表では *Taxodium* sp., *Sequoia* sp., *Tsuga* sp., *Glyptostrobus* sp. の散在があげられる。がいして中新世後期は西シベリアの南部で草原—ステップが広く、植物帯の形にまで進展した。

南方地区のチェルラクス層の花粉分析ではヨモギ属の花粉は10%から20~30%まで含有し、アカザ科は20~50%を含有する。マメ科、十字科や黄麻科は同じくらいみいだされた。ツルガイスク型の植物群の出現と発展の植生価値は現在の状態に近く、生育の段階に制約があって気候は氷結と乾燥期を示す。鮮新世中期には年平均の温度低下と沈積量の縮小が関係して森林の形態は森林—ステップ中間帯に入れ替る。森林の北方限界は例えばタバリスク村の緯度にとどまり、南方ではサバナ型の植物の発展がある。*Taxodiaceae* (スギ科) はレリックの状態として存在する。鮮新世前期の低地帯の範囲ではイルチシ河の広い屈曲線から南方では主として沖積層が形成され、まれに湖成層があり—ピテンケイスキ層 (シアンツェル, ラブルシン, シクリナ, 1965), 一部はコチコプスク層として特長づけられている。孢子—花粉分析からピテンケイスク沖積層は沢山の資料が得られた。

ゲー・エフ・ブクレエバ (VUKREEVA, 1965) の試料からは広く広がった乾地生植物がイルチシ河の中流盆地でバラビンスクとクルンジンスク階にあることが証明された。灌木植物の役割は大きくない。灌木植物の花粉は白樺・ハンノキに属し、広葉樹としては *Juglans* sp., *Carya* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp. があり、針葉樹としてモミや松やシベリア松がみとめられた。広葉樹の地区は乾地性植物のステップ型と併合していてゲー・エフ・ブクレエバは疑問視している。かれはこの植物の花粉が地層中にひきつづき示されることを考えている。私達の考えでは広葉樹型の場合、低地を囲んだ谷や山の面では氷結の極限時期に至るまでレリックの形で充分保存される。

鮮新世後期では植物が地帯の境界と一緒に地区の範囲であらわされる。例えば、低地の南西部にはヨモギやアカネのステップが優勢であった。花粉分析では50~75%のアカネの花粉と20%のヨモギが示される。西シベリアの中央と南東部を含んだ草木—灌木地帯は草木—禾本科ス

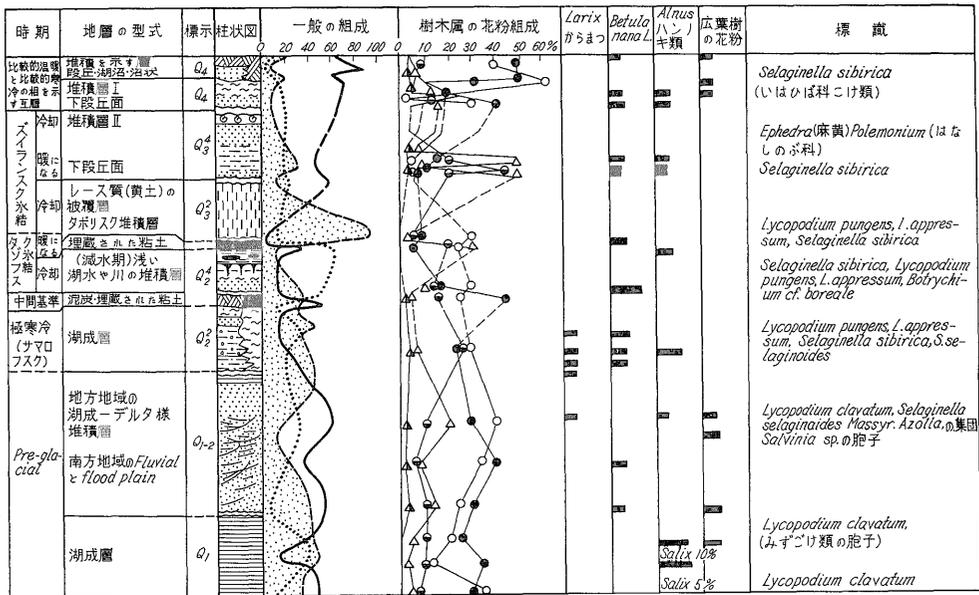
花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の植物史よりみたる気候変化 (小岩井 隆訳)

テップの独特の型である。花粉分析では草木の花粉が20~30%までと禾木科は35~50%で優勢である。東方においての花粉分析では白樺や厚い葉片をもつ草木の役割が増大する。鮮新世後期の気候は現在のものに近かったが同じではなく、ともかく樹木種の中では *strobis* の松の部分や広葉樹があり、それらは中新世に存在した。

鮮新世の終わり~第四紀の初まりにはとくに湖成粘土層が形成されたこと (ヴェ・エス・ボルコバ (V. S. VOLKOVA, 1965, 1966) の資料によれば、セメイキンスク層の下部) とカチコフスク層のウビンスク部層があり、エス・ア・アルヒポフ (S. A. ARKHIPOV, 1965) によれば、北方低地の海成層と同期であり、年平均温度のかなりの低下を生じたので沈殿層厚を増大した。この気候の低下は植生の組成改変と植物帯の変更とをもたらした。

ステップと一部森林の地方では白樺—松の森林が広い進展をみせ、河の窪地ではモミとシベリアマツが育った。森林中の低い林には広葉樹が分布した。ポタイジュ、ニレ、クルミ、柏など広葉樹の拡張は低地の南西部で、ウラルや北カザフスタンと同様に生育した。この地域の植生中の大きな役割は *strobis* 区系が演じた。広葉樹が参加したかどうかの解釈は、ウビンスク部層とそれと同期の堆積に花粉の含有が少ないのでむづかしい。低地の北方では同時期にモミを混合する白樺—松の森林が発展した。森林の北方限界はサレハルダ地方から北方に移動した。南タイガと親近の植生はセメイカ村の緯度まで分布した。現今ではセメイキン層の層序は中部タイガの亜帯として配列されている。多分に第四紀初期には南タイガの境は 200~250km 北方へ移動している。

第四紀初期の第2半期中に、セメイキン層の中部層を堆積する期間があり、それと同期の地層はフェドソフスク層でおそらくオビ河の下流のポリスク層の大部分にあたり、結氷の気候となり、年平均の沈積量は縮少した。低地の内部でハンティーマンシスクの緯度から南方では松や白樺とシベリア松からなる森林が生育した。モミや唐松はれい属的である。森林の組成から広葉樹はなくなってペトロパロフスクから南方は特有のステップにおきかえられ、それに白樺が入りこみ、河の渓谷に沿ってはモミが加わる。この期間にツンドラ式植生をつくった。ツンドラ式植生は多分今より広い拡がりがあり、イルチシ河の盆地 (第2図) からの花粉学者の資料では寒冷の気候が存在していた。



第2図 イルチシ川下流第四紀層の花粉・胞子を総括したダイアグラム

だがこの断片的な時期の寒冷な面そのものは西シベリア低地の実質上の凍結を証明するものと認められるし、ましてイルチシ河盆地に氷河時代の地層が欠けているので、寒冷な気候は植物の性質に反映されている。これはまた低地周辺の山脈の凍結にも原因がある。

低地帯の南東部(プリエニセイ沈降)での植生の状況の再現は花粉学者の資料では困難であるが、オ・ベ・マトベエバ(O. V. MATVEEVA)の資料では(アルフィポフ,マトベエバ,1964)沈殿層にはほかの凍結期とおなじく、いくらかの花粉と孢子が含有されている。

花粉学者の資料の分析について、私達の考えでは、第四紀初期の氷河時代の移動の幅と永続性について、凍結の時期は氷河時代(氷河が起こるのは凍結時の寒冷がやや暖いときに生ずる)よりも著しく小さかったことを証明した。

第四紀初期の終わりに(セメイキンスク層の上部とその西シベリア低地の南部に同様で)新しくシベリア松—松の森林(第2図)が広く分布生育し、オビ河盆地にはモミーシベリア松—白樺の森林が分布し植生帯はほとんど現在と同様に配列する。

第四紀初期の終わりにから第四紀中部の初めの期間に、旧河川の堆積がつくられたところでは(タボリスク, ツルハンスク, クルンジニスク, チャノフスク, 北方ではカズイムスク層), さらに気候は温暖でかなり湿気をもつことになる。この時期には気候の変化がいくつかの相として示されている。それは植物の組成に反映している。タボリスク期のはじめに植物帯は現在と同じような位置を占めたが植物の組成は豊富であった。ピ・ア・ニキチンの記載したところでは、砂地の植物で、タボリスク期(ボルコバ, 1966)の前半期には外来型が15%まであらわされていた。外来型の植物は今ではこの地区に生育しない。外来種のうちでとくに目立つのは

<i>Azolla interglacialia</i> NIKIT.	(オホアカウマクサ)
<i>Salvinia natans</i> ALL.	(サンセウモ)
<i>Selaginella selaginoides</i> LINK.	(イハヒパーイハゴケ)
<i>Typha cf. angustata</i> BORG et CHAUB.	(ヒメガマ)
<i>Sparganium minimum</i> FR.	(チシマククリ)
<i>Potamogeton fluitans</i> ROTH.	(ヒルムシロ)
<i>P. marinus</i> L.	
<i>Najas flexilis</i> WILLD.	(イバラモ)
<i>Najas graminea</i> DEB.	(ホツスモ)
<i>Heleocharis acicularis</i> ROEM. et SCHULT.	
その他	

( )内は近似種(訳者記入)

列挙した植物は水生型であり、そのうちの大部分は温暖気候に育っている。花粉学者の資料によれば植生の発展には明らかに3段階がある。

イルチシ河低地のタボリスク期のはじめには白樺の森林と白樺—松の森林が育った。黒松の役割は知られていない。広葉樹は加わっていなかった。草木質の表層は禾木科—草木の集団であると鑑定された。エム・ペ・グリチュク(M. P. GRICHUK, 1916)の推察では、オビ河盆地ではこの時期に森林となる地域の発展が少なく、溪谷に沿ってモミが生育した(モミの森林とステップの相を示す)。

イルチシ河下流のタボリスク期の第2半期はモミの森林の最盛の初期である。モミの花粉含有量は分析で20%まで増加し、それが表土の試料では2倍を超える含有があり、モミ森林の発展に2相が指摘される(2相のモミの花粉の極限は14%と20%である)。モミ林の発展の中間で、気候はかなり乾燥し(モミ花粉の含有は8%を超えない)、モミと白樺—松森林の最盛期と広葉樹の混合を伴う(ニレ, ボタイ樹, ハシバミ)。広葉樹の森林の組成を示す範囲はオビ河の中上流で、エム・ペ・グリチュク(1961)が指摘し、同様なことをヴェ・ヴェ・ザウエル(V. V. ZAUER, ZUBAKOV, 1958)はエニセイ河盆地に同一時期のものとして指摘した。マト同時期の

花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の植物史よりみたる気候変化 (小岩井隆 訳)

ヴェエバはタボリスク期に広葉樹が西シベリア低地の段丘に育たなかったことを述べた。この結論は明らかに低地のプリエニセイ地区にとっては正しいが西シベリア全域ではない。この機会に、植物の発展が地域的特質によることを考慮する必要がある。

タボリスク期の間では草木—灌木集団の特長が変わった。禾木科—草木集団の中に水生や沿岸—水生植物の割合が復活した。花粉学の資料は草原の植生の組成について立派に湿地性植物の痕跡を確認した (ニキチン, 1938)。大きな興味のあることは *Azolla interglacialica* とさんしょうもの集合する源を認めたことである。この型の極限は今日、ステップ帯に生きている。それはタボリスク期には 400km より多く北へ拡がることを示す。ステップ森林の種族共存の発見は気候の不安定な状態を示すものである。明らかに湿潤と乾燥の周期が存在した。沈殿物でみる周期はごくわずかである。この期間には例えば、ステップの種属がイルチシ河でセメイカ部落の緯度にまで移動したことになる。植物帯の変化は北へ向かって、その中央部で測定すれば 300km 以上の移動に達する。

タボリスク期の終末には植物の森林型はタボリスク村の緯度まで存在した。森にはシベリア松、白樺や松が多くなった。気候の乾燥と関係してモミと広葉樹の置換が生じた。

このように植生集団の再三の変更と植物帯の移動は気候の変化が原因と解った。もっとも高い温暖と湿度がタボリスク期の中間にあった。それについてはモミの森林の最盛期があり、広葉樹型の存在や外来種が証明するし、私達の考えでは、ニキチン (1965) の報告でシベリアのミンデル—リス期の気候が激寒であったとしていることは間違っている。タボリスクの間氷河期の気候がかなり温暖であることは花粉学上の資料が証明するばかりでなく、淡水介や小さな契歯類や巨大な哺乳類 (ボルコバ, 1966) の化石で証明される。

気候の判断には果実学の分析による植物群によるばかりでなく、生物界の相互に似たグループの評価を考慮せねばならない (ボルコバ, 1962, 1. 2)。

花粉学の資料によって、気候変化の最大の知識をうけられることができたので、第四紀中期と後期の氷河時代が規定されよう。第四紀中期には寒冷な気候と凍結気候の進展があり、新しい氷河周辺の植生型が産れた。この植生型は現在の景観と同じでない。それには雑然とした組成が認められること、いろいろの地理学上の地帯との関係があり、また生態学上異なる生息地が認められる。氷河周辺の景観には独自にいろいろに関連した草原の要素、森林—草原の中間帯、ツンドラ、森林としての要素までが勘案されている。イルチシ川は氷河周辺の植物の組成から、草原の代表として、ヨモギ、アカザ、黄麻があり、それらの共通の組成としては20から50%を占めるが、森林帯の型式はモミ、松、白樺、シベリア松で総計20%となる。ツンドラ、森林—ツンドラ地帯の代表者として *Betula nana* L., *Salix polaris* WHEB., *Botrychium boreale* MILDE, *Lycopodium pungens* La PYL., *L. appressum* (DESV.) RET., *Selaginella sibirica* (MILDE) HIERON があらわれる。草木—灌木の植生のうちとくに北極地方のヒカゲノカヅラ属の存在をみる。

西シベリア地域の周辺の景観 (ボルコバ, 1966) では氷河最盛期と今とでは比較にならない。凍結期の波動的襲来は段々に組成上の植生を減じた。ハンチー—マンシースクの緯度から南方に、植生で顕著な時期がみられ、組成ではタボリスク期の植生の終末と類似している。あとでは北タイガとして別のものがでてくる。凍結と氷塊層の増大に伴って代表的黒マツタイガー帯に代わって唐松を伴う白樺の疎林を生じた。その後北タイガは森林—ツンドラ中間地帯に変わった。ツンドラとツンドラ—ステップ型の植生は凍結の第2半期の極限に形成された。孢子—花粉分析によってそれはタゾブスク期 (ボタク (VOTAKH), 1962; グリチュク (GRICHUK), 1961; ボルコバ, 1965) としてとくに指名される。

とにかく、サマロフスク期とタゾブスク期には植生組成に実質的の交替があらわれ、景観帯の境界にかなり変化が生じた (第1表参照)。サマロフスク期には凍結期の境から南方に、現在の中部タイガ亜帯の地方にみられるツンドラ帯と森林—ツンドラ中間帯を生じ、南タイガの森林帯に北タイガの疎林を配合したようになる。森林の北限の境は 600~700km 南方へ移動した。

景観の大きな変化はエニセイ川盆地についてもエス・エル・トロイツク (S. L. TROITZK, 1961) によって確認された。花粉学上の資料からイルチシ川下流でタゾフスク期には植物帯の大移動がサマロフスク期同様に 600~700 km あると決定された。

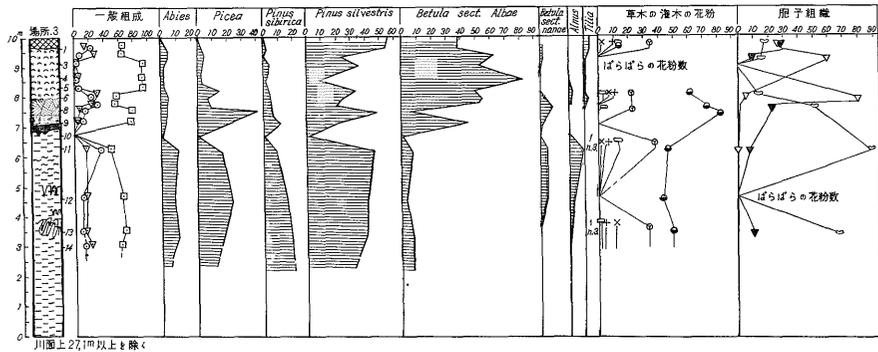
ズイランスク凍結期には低地域に、オビーイルチシ川間の地帯に、湖沼、沖積、凍結層と表層のレス (黄土に似る) ができた。くわしい花粉—孢子分析からは、ハンティーマンシスクの緯度から南方に広がる森林の面積が縮小されたことが認められる。現在の中央タイガ亜帯の地域には森林—ツンドラ中間帯が配分され、タボリスク—北タイガー帯の南方に及んでいた。イルチシ川盆地ではズイランスク期の植物分布図 (ギテルマン, その他, 1965) に、ツンドラ—草原の植生の周辺型として記入された。実際には指示地域より北方に配置されることは明らかである。ズイランスク期の本来の景観帯の大移動は 600~700 km と決定された (トロイツキ (TROITZKI, 1961); ボルコバ, 1965)。

サマロフスク—タゾフスク期とタゾフスク—ズイランスク期には低地帯区域の周辺の植生は森林に変わった。この分界される期間に低地の凍結以外の部分では湖沼や湖沼の堆積や粘土部層の形成が行なわれた。北方低地では海成堆積が広く分布した (サンチェゴフスク層とカザンツェフスク層)。サマロフスク—タゾフスク期に南では松—樺の森林と、北では松の森が育った。凍結地以外の地帯では禾木科—草木の広い植生でみたされている。オビとエニセイ両川の低地では草木—灌木の植生が目立って貧弱であった。そこではミゾゴケや緑ごけの沼沢が優占している。

タゾフスク—ズイランスク期において松の森林と白樺森が広く発展し、川の溪谷に沿ってモミとシベリア松がある。表層の草木にはヨモギとアカザが著しく禾木科植物—草木の系統とする。同時に合弁花類があり、その中に大草原としての特長である菊科の型があらわれる。エニセイ川の下流では著者の資料によれば (研究は 1957, 1958 両年)、松—樺の森林が分布していた。その中にはハンノキ属と柳が顕著な場所をしめ川の下流に沿って生育していた。孢子植物はミゾゴケ、コケ類や羊歯植物で代表される。分布する草木のなかに、とくに草木—禾木科と顕著なのは乾地性植物があること—ヨモギ属や麻黄属 (エフェドラ) が 10~20% である。森林の北限はツジシカ市 (エニセイ川口の市街地) の北方で、すなわち現在の位置から北方へ 200~250 km の距離である。

植物帯の境界が転位することや植物の組成交替がつづくことは氷河期のあとにおこる。後期氷河と氷河期後は、オビとエニセイ両河川の第 2 の冠水台地に沖積層が堆積した期間であり、同期の地層中にはモミの森林の最盛期として 2 つの相が認められる。モミ森林の広い分布にはやや寒冷な気候を条件として年平均の沈殿量は増加を示す。この沈殿量は西シベリアの氷河外の地区でみると現在の大きさの 3 倍であった。イルチシ川盆地の第 2 の台地の基底層から産するモミの花粉の含有は 60 と 70% に達し、とりもおさず現在の花粉分析ではモミ花粉の含有に較べて 6~7 倍まざっている。モミ森林の最盛期のなかでタイガ型の植物は保持されたが樹木種のものには相関的に減少したものがある。森林を構成する樹木としてシベリア松、松と白樺がある。柳とモミは森林組成に加わらない。河と河との間の地域で広く発展するのは緑藻繁茂の湿地である。植物のタイガ型はときにモミ森林の 2 相があることで私達はカルギンスク期と対比する。モミ森林の最盛期の第 2 相の後に気候はずっと寒冷となり、沈殿量は著しく減少した。植生の中に灌木性の白樺とハンノキ属が出現した。スゲー禾木科の集団は広い拡がりを作り、そのなかに *Selaginella sibirskaya* が育った。森林の型は森林—ツンドラ中間地帯に変わった。もっぱら溪谷に沿ってシベリア松や松とモミの森林の島が残った。両川の中間の湿地区域は灌木状白樺からなる叢地と交替し、川の窪地に面する傾斜面には北方のブドウ・クルミなど房をつける植物が育った。この寒冷な相は低地をとり囲む最後の凍結した山地と関連している (サルタンスク期)。

河の氾らんで冠水する台地 I の上や両川の間広く分布する泥炭の孢子—花粉分析は



第3図 ベルシノ地域の泥炭の花粉分析

Holocene の再三の気候変化を示す。イルチシ川のボルシヨエペルシノ村の近くの泥炭の孢子・花粉のダイアグラムは3区分の森林が進展した相を示す。泥炭を形成したはじまりは(第3図, 岸の水線上7~8m), 松森林の発展の時期に由来する。黒松種(モミ, シベリア松, 唐松)と白樺は一般に知られている。晩期に(第3図, 岸の水線上8~9.3m) 松の森は白樺類に交替した。シベリア松, モミ, 唐松はいくらか川の窪地に保存され森林の中には広葉樹(ポタイ樹, ニレ)が出現した。私達の考えでは, 森として発展する2つの相は後氷期の最適条件とみなされる。樹木は最適の時期として現在の北方の全域に著しく進展した。N. Y. KATZA と S. V. KATZ, 1946の資料によれば, モミはオビ川の下流に達し, ノボゴパルタにも達し, とりもなおさず北方へ200~250kmの全域に分布した。ペトロバ(E. P. PETROVA, 1963)の資料によればポタイ樹はサレハルダ村の緯度まで移動した。この時期の生物地理学的境界の大変更は500km近くであった。泥炭の上部(第3図, 岸の水線上9.3~9.8m)は現在に近い気候のもとで堆積した(第1表参照。V. S. VOLKOVAの4相)。

とにかく, 孢子・花粉分析の資料のなかで, 私達は植物の組成に再三の輪廻があるという結論に到達し, また地理学上の地帯の境や植物の個々の形成の変更についても結論をえた。この変化は気候のわずかな変化で引き起され, 振幅により区分を引き起し, そしていろいろの期間に持続された。

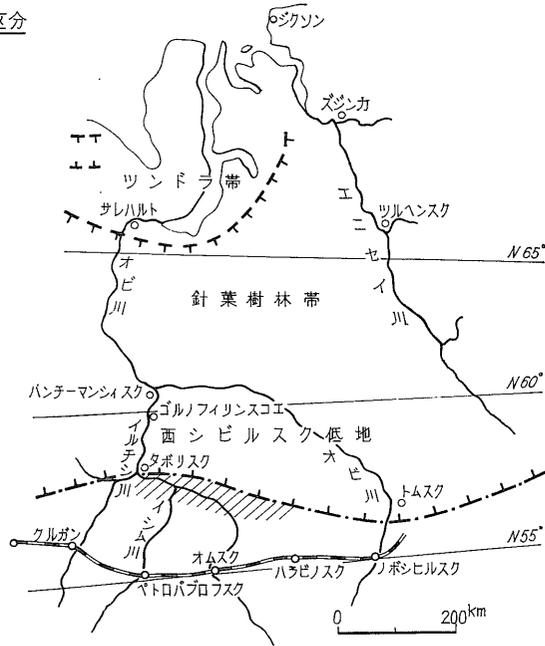
漸新世後期の終わりの寒冷気候ではタクソジウム科と亜熱帯型の系列の植物が死滅したが同様にツルガイ植物群の交代をもたらした。中新世では気候の変化と関係してハンノキ—白樺と針葉樹の森林はすぐれ, そのなかでも広分布は現生種と近縁の松がある。セコイヤとツガ(3種)の役割は小さかった。さらに中新世のおわりには草木の乾地生植物の役割が増し川辺低地のステップとして復活した。乾燥と寒冷の増大は早期—中期鮮新世におこり西シベリアの最大氷河帯には森林—草原の中間地帯の進展が引き起され, そのなかには広葉樹や *Strobus* 種の松類ががいして残った。

鮮新世後期には寒冷な気候(中新世の気候と比較して)と関係してハンチーマンシネスタの緯度から南方へ乾地生植物のステップが分布し, 森林は北方遠くへ前進した。多くの花粉学者の鮮新世後の地層に関する資料からモミーツガ森林の存在する相が欠けていることが証明された。鮮新世後期から第四紀初期にはこの森林は低地を囲む山脈にモミーツガが存在したかも知れない。鮮新世後期の植物の組成からは寒冷気候について(その振幅については)ほとんど知られてないが, 第四紀初期—中期における寒冷と比較することで証明される。鮮新世後期の冷却気候は低地ばかりでなく, その低地周辺の山脈に氷河を引き起さなかった。

現在の植物群の種は鮮新世の終末に形成された。第四紀には再三にわたり植物の組成配列に変更があり, 分布区域の境界に転位を生じ, 個々の植物形成も全体の植物帯にも変化を生じた。

現在の気候による植生区分

- 寒帯気候  
蘚苔地衣類  
場所により小灌木
- 亜寒帯気候  
(針葉樹林)
- 乾燥気候  
(砂漠植物と小灌木)
- 混合樹林  
(広葉樹林)
- プレーリー
- ステップ
- 砂漠植物



第4図 花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の植物史による気候変化

第1表 花粉学者の資料から西シベリアの第四紀における景観帯の境界線の大変化

時 期	V. S. VOLKOVA (1965)	S. L. ТРОИЦКИ (1961)
鮮新世後期—第四紀初期 (セメイキンスク)	1相 +200~250 km 2相 0 km 3相 +100 km	
タボリスク	1相 0 km 2相 +300~400 km 個々の形成では +500~700 km 3相 ±0 km	
サマロフスク	-600~700 km	700 km 以上
サマロフスク—タゾフスク	±100~200 km	—
タゾフスク	-700 km	—
タゾフスク—ズイリャンスク	+200~300 km	サンチウゴフスク後期, カサンツェフスク期 +600~700 km
ズイランスク	-70 km	700 km 以上
最後期— 最後期氷河時代の温暖 (ホロシンの気候最適条件)	1相 -300~350 km 2相 +200~250 km 3相 +500~600 km 4相 ± 0 km	1相 +200 km 2と3相 +350~400 km 4相 +200 km

花粉分析資料による西シベリア更新世—鮮新世の植物史よりみたる気候変化（小岩井隆 訳）

気候変化の振幅は西シベリアの景観帯を変えるような大きな相違を与えた。その最大の振幅は氷河時代のエポックに（表示）あらわれている。

植生の特性、すなわちその発展史は温暖と寒冷を（間氷期、中間段階期や氷河期）区別するのに応用され、同様に凍結と関係しない気候の寒冷な相もある。第四紀初期に私達は一つの冷期をおき、その冷期は振幅や継続の点からみて最後のものより小さかったと認める。それには多分低地をとりまく山地に小さな氷河があったろうと考える。

中部第四紀には2つの寒冷期があって、サマロフスクとタゾフスクの凍結に相応する。第2の寒冷の相につづいてズイランスク凍結と氷河期がある。ツンドラステップとツンドラの氷河周辺型の植生は北緯60°から南方で、サマロフスクとタゾフスクの凍結期の終末に若干分布していた。ズイランスク期には氷河周辺の植生地帯は北方へかなり配置されたがハンチーマンシスクの緯度から南方へは現在と類似する森林・ツンドラの間接地帯を展開した。北限の氷河時代のうちに温暖な時期として森林帯はかなり北方で比較的現在の位置で配置された。森林の北方への最大移動は氷河後期の気候の最適条件のときに起こった。植物帯の交代は大きな分布と著しい組成の交替からみると西シベリアの気候は第四紀の経過中に一本調子ではなく、氷河期と間氷河期の交代と結びついて実質的変動をしたことが証明される。