



北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鈴木, 順雄 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://doi.org/10.32150/00001714 |

北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

鈴木 順 雄

北海道教育大学釧路分校地学教室

Pollen and Diatom Analyses of Mud Materials
at the Bottom of Lake Saroma, Hokkaido, Japan

Nobuo SUZUKI

The Department of Geology, Kushiro Branch, Hokkaido University of Education

昭和44年10月16日 受 領

は し が き

北海道東部のオホーツク海岸にならぶ湖沼群についての研究は、湖沼学・水産学的な分野の研究が数多くあり、また、地質学的分野では、湖の形成過程という観点から、後氷期の地史の組立てを試みたものがある。最近では、大島和雄等(1966)のサロマ湖の形成史と底質についての報告があり、また、佐竹俊孝(1967)のサロマ湖の底質の粒度組成についての報告がある。これらはいずれも地史的考察の上で、湊正雄等(1953)のオホーツク海沿岸の湖の形成史とは若干異なる見解を述べ、注目される。

筆者は大島等のサロマ湖底質の採取試料について、花粉と珪藻の分析をそれぞれ行ない、これらに基づいて、古植物学的考察を試み、北海道東部オホーツク海沿岸の湖沼群の1つであるサロマ湖の形成史の検討を試みた。

これらの試料による花粉・珪藻分析は湖底堆積物中の花粉・珪藻の垂直分布変化と湖底表面の試料による花粉の水平分布状況を知るとともに、湖底堆積物の堆積速度などを推定し、湖の形成過程を考察するための一手段として行なった。この結果から花粉組成の変遷などについては、多少問題はあるが、ある程度の状況を知ることができた。また、堆積速度については同位元素による年代測定が行なわれなかったため、推測にとどまり、その結論は今後に残した。

この研究にあたって、試料を提供され、有益な助言をいただいた大島和雄・佐竹俊孝両氏に厚くお礼を申し上げます。また、花粉分析にあたっては岡崎由夫教授の御指導をいただいた。

I. 花粉試料と処理・分析法

試料：試料はサロマ湖の湖底表面から7cmの深さまでの試料(表層最上部)16点、湖底表面から深さ49cmまで垂直採取した泥質試料10点である。これらの試料のうち、湖底の表層最上部の試料の採取地点は、大島等(1966, fig. 1)のそれらと同じであるが、分析試料は、とくに泥質物を選んだ(第1図)。また、垂直採取試料の採取地点は第1図に示したように、Locs. 4, 5, 11, 13, 17, 24, 26, 27, 36, 40, 43の11点である。これらの試料は、大島・佐竹等(1966)の Distribution of patterns shown silt-clay contents, fig. 7の80%以上の分布範囲に入り、また、同じく Distribution of organic carbon contents, fig. 15の25%以上の範囲に大部分が含まれて

いる。

垂直採取試料の深さは第1表に示した。

処理・分析法：泥質試料10gをとり、1) KOH (10%)を加え、湯煎上で15分間暖ため水洗する。2) HCl 1:水1を加えて10分間暖ためてから水洗する。3) HF (50%) 1:水2を加えて1時間放置し、水洗する。4) アセトリシス法で処理し、水洗する。

薄片はグリセリンゼリーで封入し、600~1000倍で検鏡した。

集計は200個粒を同定したものについて、 Σ Apで行なった。なお、薄片中で200個集計した後、残りの全域を検鏡して、種類の見落としのないようにした。

第1表 垂直試料採取地点番号と深さ*

| 試料の採取地点番号 | 採取試料の深さ |
|-----------|--------------------|
| | * (cm) |
| <u>4</u> | 1~6 1: 0-7 |
| <u>5</u> | 1~6 2: 7-14 |
| <u>11</u> | 1~6 3: 14-21 |
| <u>13</u> | 1~6 4: 21-28 |
| <u>17</u> | 1~7 5: 28-35 |
| <u>24</u> | 1~7 6: 35-42 |
| <u>26</u> | 1~5 7: 42-49 |
| <u>27</u> | 1~6(試料は間隔7cmごとに採取) |
| <u>36</u> | 1~6 |
| <u>40</u> | 1~5 |
| <u>43</u> | 1, 3, 5. |

II. 花粉組成と出現頻度

組成：サロマ湖底の泥質試料から検出された花粉植物群は48科、55属である。このうちシダ類が5科9属、松柏類4科5属、被子植物は39科44属である。これらのうち、個体数の多いものは、*Abies*, *Picea*, *Alnus*, *Betula*, *Quercus* などであるが、*Betula* と *Quercus* はその花粉形態から、それぞれ2種が含まれている*。 *Abies*, *Picea*, *Quercus* の3者は、本地域における花粉植物群でとくに古気候の指示者として重要である。一方、これらの科・属の分布をみると、常緑広葉樹は全くみられず、大部分は温帯性のものであり、Pinaceae, Salicaceae, Juglandaceae, Betulaceae, Fagaceae, Ulmaceae などは北日本に普通に分布し、現在の植生とほぼ一致する。しかし、この中には僅かであるが、現在のサロマ湖周辺や道東北部の植生にはみられない属が認められる。例えば、*Fagus*, *Castanea*, *Zelkova*, *Tsuga*, Taxodiaceae, Cupressaceae などであり、これらは現在、西南北海道を除けば、北海道から消えている。これらは新第三紀末期と第四紀の一時期には明らかに北海道に広範囲に分布していたものである。

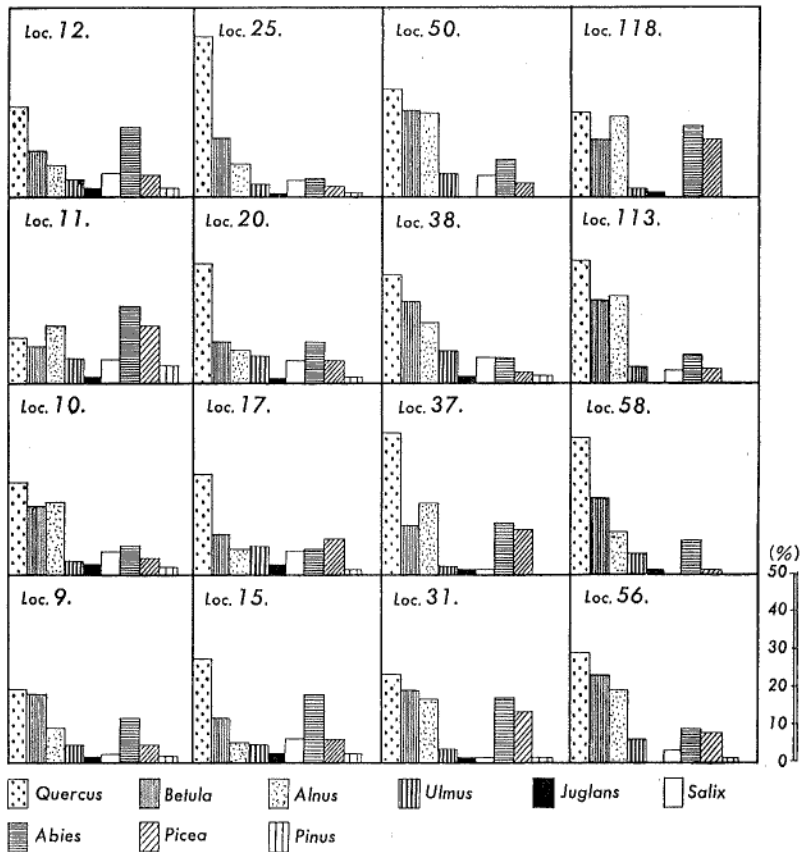
第2表 サロマ湖底質泥産の花粉および孢子

| | | | |
|-------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| PTERIDORHYTA | <i>Polypodium</i> | Chloranthaceae | <i>Betula</i> spp. 1, 2 |
| Equisetaceae | <i>Pteridium</i> | <i>Chloranthus</i> | <i>Carpinus</i> |
| <i>Equisetum</i> | GYMNOSPERMAE | Salicaceae | <i>Corylus</i> |
| Lycopodiaceae | Pinaceae | <i>Populus</i> | Fagaceae |
| <i>Lycopodium</i> | <i>Abies</i> | <i>Salix</i> | <i>Castanea</i> |
| Osmundaceae | <i>Larix</i> | Myricaceae | <i>Fagus</i> |
| <i>Osmunda</i> | <i>Picea</i> | <i>Myrica</i> | <i>Quercus</i> spp. 1, 2 |
| Lygodiaceae | <i>Tsuga</i> | Juglandaceae | Ulmaceae |
| Polypodiaceae | <i>Pinus</i> | <i>Juglans</i> | <i>Ulmus</i> |
| <i>Asplenium</i> | Taxodiaceae | <i>Pterocarya</i> | <i>Zelkova</i> |
| <i>Dryopteris</i> | Cupressaceae-Taxaceae | Betulaceae | Polygonaceae |
| <i>Onoclea</i> | ANGIOSPERMAE | <i>Alnus</i> | <i>Polygonum</i> |

* *Betula* spp. 1, 2 は *Betula ermani*, *B. maximowiziana* と *B. platyphlla* var. *japonica* とにそれぞれ推定され、前2者が大型、後者は小型の花粉である。 *Quercus* spp. 1, 2 も同様で、*Quercus dentata* と *Q. mongolica* の2種と推定される。

北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

| | | | |
|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| Chenopodiaceae | <i>Ilex</i> | Alariaceae | <i>Viburnum</i> |
| <i>Chenopodium</i> | Celastraceae | Cornaceae | Compositae |
| Caryophyllaceae | <i>Euonymus</i> | <i>Cornus</i> | <i>Artemisia</i> |
| Nymphaeaceae | Aceraceae | Ericaceae | <i>Taraxacum</i> |
| Saxifragaceae | <i>Acer</i> | Oleaceae | Typhaceae |
| Hamamelidaceae | Rhamaceae | <i>Fraxinus</i> | <i>Typha</i> |
| <i>Hamamelis</i> | Tiliaceae | Gentianaceae | Potamegotonaceae |
| Geraniaceae | <i>Tilia</i> | <i>Menyanthus</i> | <i>Potamegoton</i> |
| <i>Geranium</i> | Malvaceae | Plantaginaceae | Hydrocharitaceae |
| Rutaceae | Oenotheraceae | <i>Plantago</i> | Gramineae |
| <i>Phellodendron</i> | <i>Epilobium</i> | Rubinaceae | Eriocaulaceae |
| Anacardiaceae | <i>Trapa</i> | <i>Galium</i> | <i>Eriocaulon</i> |
| <i>Rhus</i> | Haloragaceae | Caprifoliaceae | Liliaceae |
| Aquifoliaceae | <i>Myriophyllum</i> | <i>Sambucus</i> | |



第2図 湖底表層最上部(0~7 cm)の花粉組成・出現頻度

出現頻度：湖底の表層最上部(0~7 cm)試料では、Loc. 11を除く16地点のすべてで、松柏類と広葉樹のうち、*Quercus*が最も高い値を示し、松柏類では*Abies*が高い。*Quercus*はLoc. 25では40%を越し、Loc. 11の12.5%を最小としている。*Abies*はLoc. 11の20%が最高で、Loc. 25の5%が最小を示す。*Betula*、*Alnus*、*Ulmus*、*Picea*、*Pinus*などはそれぞれほぼ一定の値で現われ、各採取地点の頻度差はそれほど大きくはない。*Zelkova*はこの地方に現生しないもの

の一つであるが、Locs. 9, 10, 25, 31, 118 を除く多くの地点 (Locs. 11, 12, 15, 17, 20, 37, 38, 50, 56, 58, 113) では Ulmaceae (第2図では *Ulmus* で表示しているもの) の頻度数中の1/3以内が *Zelkova* で占められている。*Pterocarya*・*Juglans* は比較的少なく、2%以下である。草本類は概して少なく、すべてを集めても、各地点で5%を越えることがなく、また、シダ類は8%以下である。

垂直採取試料では、各地点とも深度別に花粉組成の変化が明瞭に現われる。とくに *Quercus* と *Abies* の頻度の変化は著しく、*Quercus* では0~50%の間を、*Abies* では10~75%の間を増減するが、とくに地点別では Locs. 4, 11, 13 が最もはげしい変化をみせる。

他の属では、出現頻度が上記2者に比べて少ないため、その変化はゆるやかである。例えば、*Betula* は Locs. 5, 17, 24, 26, 27, 36, 43 で10~17%の変化にとどまり、Locs. 4, 11, 13 では、0~15%の間で上下変化である。また、*Alnus* は *Betula* とほぼ同様の増減を示すが、*Salix* はやや不規則な変化をする。Ulmaceae (*Ulmus*+*Zelkova*, 第3図では *Ulmus* で表示してある。) は10%以下で、ほぼ *Betula*, *Alnus* と同傾向で変化する。*Picea* と *Pinus* は *Abies* の消長に応じて、それぞれ30~20%の間で変化し、*Abies*>*Picea*>*Pinus* の関係を保持する傾向を示す。

湖底の表層最上部の花粉組成と現植生との関係：最上部(0~7cm)試料の花粉組成は、サロマ湖内であれば、どの地点においても、ほぼ一様なものであると考えられる。湖盆底の泥質が同一時期に、一様な同じ条件下で堆積している時、その中にとりこまれる花粉組成はどの地点でも大差ないと考えられる。しかし、花粉分析の結果では、各採取点における属・科各々の頻度は多少の差異がみとめられている。このことは採取した試料が一定の深さ0~7cmまでの堆積物であることによるらしい。このことは各地点における泥質物の堆積速度が異なり、同じ深さのものでも年代がかなり離れていることを意味するか、または、堆積物が湖水流によって浸食されたかどうかなどである。従って、これを満足させるためには、試料は湖底表層面からのみ得る必要があると思われる。

次に、花粉組成と後背地や湖周辺の植生との関係、つまり、各採取点の花粉組成が森林の組成にどのような影響を受けているかを眺めてみたい。サロマ湖周辺の森林分布は第3表・第4図に示している。一方、花粉組成には上述のような問題があるが、大局的に植生が平均化された形で反映されているとみなされよう。少なくとも、湖流や河川によって花粉の供給源はサロマ湖周辺が主体であるが、花粉の飛散能力からみると、さらに広い地域に拡大して考えなければならないと思われる。しかし、この場合にも湖盆底の表層面からのみ得た試料を以って詳細に調べる必要がある。

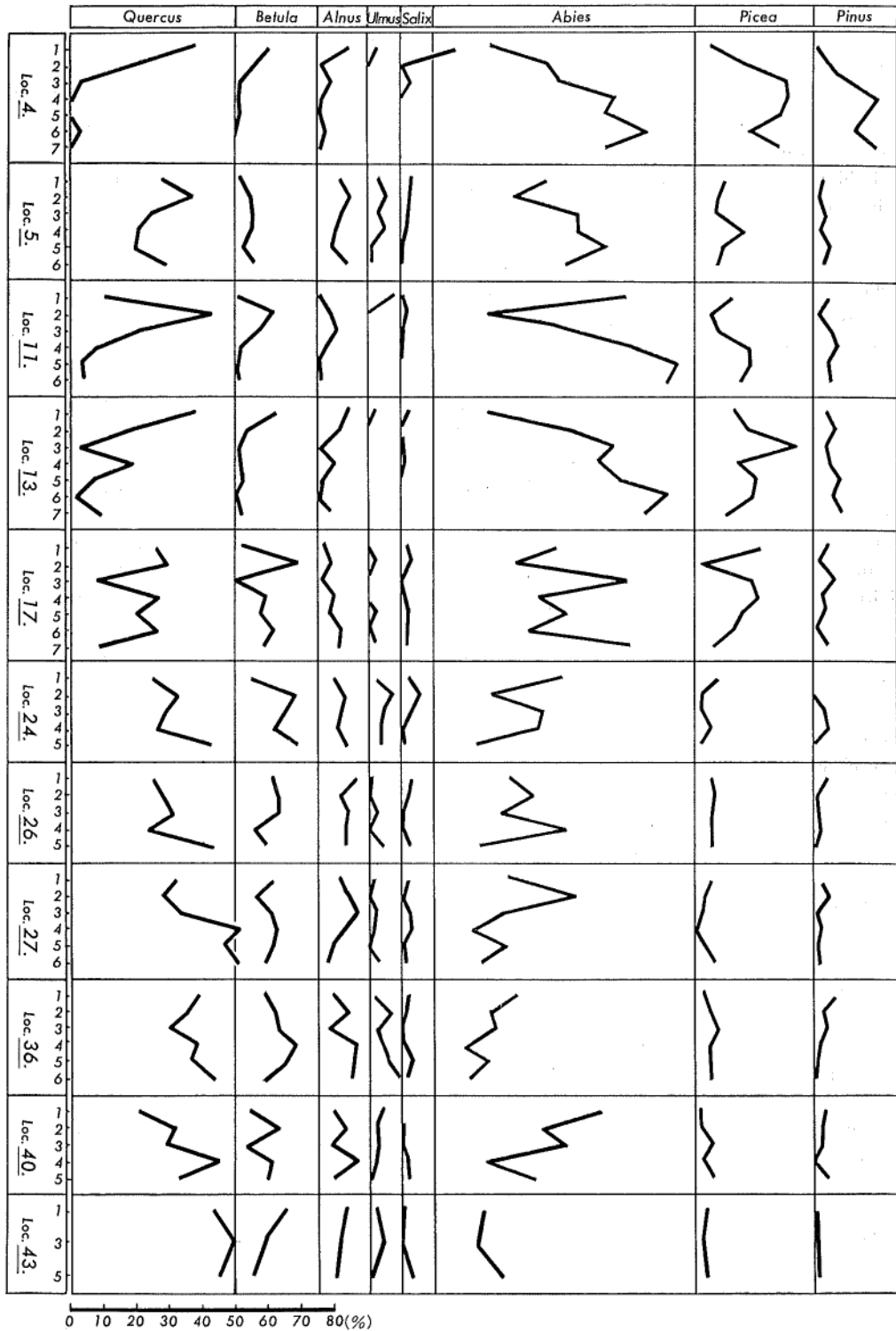
第3表 オホーツク海沿岸(北海道東北部)地域の植物

館脇操(1953, 1961) 宮田泰(1953)による

| | | |
|-------------------|--|-----------------|
| Doronoki | <i>Populus maximowiczii</i> HENRY. | Salicaceae |
| Ezoyamanarashi | <i>Populus sieboldi</i> MIQ. | " |
| Keyamahannoki | <i>Alnus hirsuta</i> TURCZ. | Betulaceae |
| Shirakanba | <i>Betula platyphylla</i> SUKATCHEN var. <i>japonica</i> | " |
| Kashiwa | <i>Quercus dentata</i> THUNB. | Fagaceae |
| Mizunara | <i>Quercus mongolica</i> FISCHER | " |
| Ohyónire | <i>Ulmus laciniata</i> (TRAUTV.) MAYR. | Ulmaceae |
| Hosobanoakaza | <i>Atriplex gmelini</i> C. A. MEY. | Chenopodiaceae |
| Hamaakaza | <i>A. subcordata</i> KITAGAWA. | " |
| Hosobanohamaakaza | <i>A. gmelini</i> C. A. MEY. | " |
| Okahijiki | <i>Salsola komarovii</i> LINN. | " |
| Hosoyamaawa | <i>Calamagrostis Epigeios</i> (LINN.) ROTH. | Caryophyllaceae |

北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

第3図 垂直採取試料による花粉出現頻度

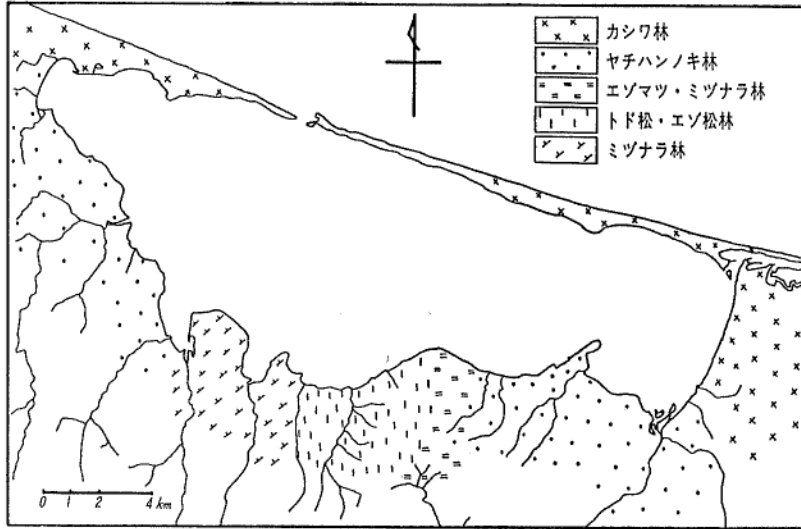


鈴木 順 雄

| | | |
|-----------------------|--|-------------------|
| Ezokawaranadeshiko | <i>Dianthus superbus</i> LINN. | Caryophyllaceae |
| Hamahakobe | <i>Honkenya peplodes</i> (LINN.) EHRH. | " |
| Ooyamahusuma | <i>Meohringia laleriflora</i> (LINN.) FENZL. | " |
| Ezoōyamahakobe | <i>Stellaria paniculigera</i> MAKINO | " |
| Katsura | <i>Cercidiphyllum japonicum</i> SIEB. et ZUCC. | Cercidiphyllaceae |
| Akikaramatsu | <i>Thalictrum thunbergii</i> DC. | Ranunculaceae |
| Ezoakikaramatsu | <i>T. sachalinense</i> LECOYER | " |
| Kinmizuhiki | <i>Agrimonia pilosa</i> LEDEB. | Rosaceae |
| Oodaikonso | <i>Geum japonicum</i> THUNB. | " |
| Hosobanokawarasaiko | <i>Potentilla chinensis</i> SER. | " |
| Ezotsurukinbai | <i>P. egedei</i> WORMSKJ. var. <i>groenladica</i> | " |
| Ezoichigo | <i>Rubus idaeus</i> LINN. var. <i>aculeatissimus</i> | " |
| Nawashiroichigo | <i>R. parvifolius</i> LINN. | " |
| Shimowaremokō | <i>Sanguisorba officinalis</i> LINN. | " |
| Nanakamado | <i>Sorbus commixta</i> HEDL. | " |
| Inuenju | <i>Maackia amurensis</i> PURR. et MAXIM. | Legminosae |
| Sendaihagi | <i>Thermopsis lupinoides</i> (LINN.) LINK. | " |
| Hamahūrō | <i>Geranium yesoense</i> FRANCH et SAVAT. | Geraniaceae |
| Hauchiwakaede | <i>Acer japonicum</i> THUNB. | Aceraceae |
| Ezoitaya | <i>A. mono</i> MAXIM. | " |
| Shinanoki | <i>Tilia japonica</i> (MIQ.) SIMONKAI. | Tiliaceae |
| Yanagiran | <i>Epilobium angustifolium</i> LINN. | Oenotheraceae |
| Harigiri | <i>Kalopanax septemlobus</i> (THUNB.) KOIDZ. | Araliaceae |
| Hotarusaiiko | <i>Bupleurum logiradiatum</i> TURCZ. var. <i>breviradiatum</i> | Umbelliferae |
| Ichiyakuso | <i>Pyrola japonica</i> KLENZE. | Pyrolaceae |
| Kusaredama | <i>Lysimachia vulgaris</i> LINN. var. <i>davurica</i> | Primulaceae |
| Ezorindo | <i>Gentiana triflora</i> PALL. va. <i>japonica</i> | Gentianaceae |
| Hamahirugao | <i>Calystegia soldanella</i> (LINN.) ROEM et SCHULT. | Convolvulaceae |
| Hamabenkeiso | <i>Mertensia aseatica</i> (TAKEDA) MacBRIDE. | Boraginaceae |
| Musharindo | <i>Dracocephalum argunense</i> FISH. | Labiatae |
| Namikiso | <i>Scutellaria strigillosa</i> HEMSL. | " |
| Unran | <i>Linaria japonica</i> MIQ. | Scrophulariaceae |
| Oobako | <i>Plantago asiatica</i> LINN. | Plantaginaceae |
| Heraoobako | <i>P. lanceolata</i> LINN. | " |
| Kibananokawaramatsuba | <i>Galium verum</i> LINN. var. <i>asiaticum</i> NAKAI. | Rubiaceae |
| Akanemugura | <i>Rubia jesoensis</i> (MIQ.) MIYABE et MIYAKE. | " |
| Tsuriganeninjin | <i>Adenophora triphylla</i> (THUNB.) A. BC. | Campanulaceae |
| Yamahahako | <i>Anaphalis margaritaces</i> (LINN.) BENTH. | Compositae |
| Ezoyomogi | <i>Artemisia montana</i> (NAKAI) DAMPAN. | " |
| Otokoyomogi | <i>A. congesta</i> KITAM. | " |
| Shiroyomogi | <i>A. stelleriana</i> BESS. | " |
| Yotsubahiyodoribana | <i>Eupatorium Glehni</i> FR. SCHM. et. TRAUTV. | " |
| Yanagitanpopo | <i>Hieracium umbellatum</i> LINN. var. <i>japonicum</i> HARA. | " |
| Kasenso | <i>Inula salicina</i> LINN. var. <i>asiatica</i> KITAM. | " |
| Hamanigana | <i>Ixeris repens</i> (LINN.) A. GRAY. | " |
| Sikagiku | <i>Matricaria tetragonosperma</i> (Fr. SCHM.) HARA te KITAM. | " |
| Ezooguruma | <i>Senecio pseudo-arnica</i> LESS. | " |
| Akinokirinso | <i>Solidago decurrens</i> LOUR. | " |
| Yamanekabo | <i>Agrostis clavata</i> TRIN. | Gramineae |
| Hogaerigaya | <i>Brylkinia schmidtii</i> OHWI. | " |

北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

| | | |
|---------------|--|-------------|
| Iwanogariyasu | <i>Calamagrostis langsdorffi</i> (LINK) TRIN. | Gramineae |
| Hamaninniku | <i>Elymus mollis</i> TRIN. | ” |
| Ezonokôbô | <i>Hierochloe pluriflora</i> KOIDZ. | ” |
| Susuki | <i>Miscanthus sinensis</i> ANDERSS. | ” |
| Doroi | <i>Juncus gracillimus</i> (BUCHEN.) V. KREZ. et GONTSCH. | Juncaceae |
| Ezonegi | <i>Allium schoenoprasum</i> LINN. | Liliaceae |
| Ezokisuge | <i>Hemerocallis yezoensis</i> HARA. | ” |
| Ezokasiyuri | <i>Lilium davuricum</i> KER-GAWL. | ” |
| Nejibana | <i>Spiranthes sinensis</i> (DERS.) AMES. | Orchidaceae |
| Todomatsu | <i>Abies sachalinensis</i> (FR. SCHM.) MASTERS. | Pinaceae |
| Ezomatsu | <i>Picea ezoensis</i> (SIEB. et ZUCC.) CARR. | ” |
| Maizuruso | <i>Majanthemum dilatatum</i> (WOOD) NELS et. MACBR. | Liliaceae |



第4図 サロマ湖周辺の森林植生

垂直採取試料の花粉組成：本試料は第1表に示したように、7 cm 間隔ごとに一括して採取したものである。このため精度はやや悪くなったと思われる。第3図は各試料採取点における深さごとの花粉組成を現わしたものである。この図には、頻度の高い、重要種—広葉落葉樹では *Quercus*, *Betula*, *Alnus*, *Ulmus*・*Zelkova*, *Salix*, 針葉樹では *Abies*, *Picea*, *Pinus*—を選んである。これらは冷温帯北部から亜寒帯南部の気候変化に対して、その変化を量的に顕著に現わす樹木 (*Quercus*, *Abies*, *Picea*) と気候の変化にかかわらず比較的安定した樹木 (*Betula*, *Alnus*) に分けられる。

次に、これらの8属について、深度による消長を眺めてみたい。

Quercus：垂直変化は次の3つの型が認められる。(i) 下部から上部に向って増大し、その差が著しいもの。(ii) 10~30%の範囲内を上下するもの。(iii) 下部から上部に向って頻度が低くなり、その差が少ないものである。地点別では、Locs. 4, 11, 13 は i 型、Locs. 5, 17 は ii 型、Locs. 24, 26, 27, 36, 40, 43 は iii 型に属する。ii 型のうち Loc. 5 は 20% より高い値で増減するが、Loc. 17 はほぼ 25% より低い値で上下しており、ii 型はさらに ii-a 型と ii-b 型に分けることができる。

Betula, *Alnus*, *Salix*：この3者は *Quercus* のような顕著な変化をしないが、*Quercus* の増減に応じて僅かに変わる。

Ulmus・*Zelkova* (第3図では *Ulmus* で一括している。)：Ulmaceae の垂直変化は、*Quercus*

のそれに応じてわずかに変動する。第3図では *Zelkova* については表現していないが、その出現する深度は採取点で異なる。浅いものでは0~7 cm で出現する (Locs. 11・12・15・17・20・25・37・38・50・56・58・113, Loc. 5-1・3・6, Loc. 11-1, Loc. 17-1, Loc. 24-3・4・5, Loc. 26-2・4, Loc. 27-4).

Abies : *Quercus* と並んで頻度数の増減が顕著で、約10%から80%の間を変化している。この増減の型は *Quercus* のそれとは逆に i 型・ii 型 iii 型の3つに分けられる。

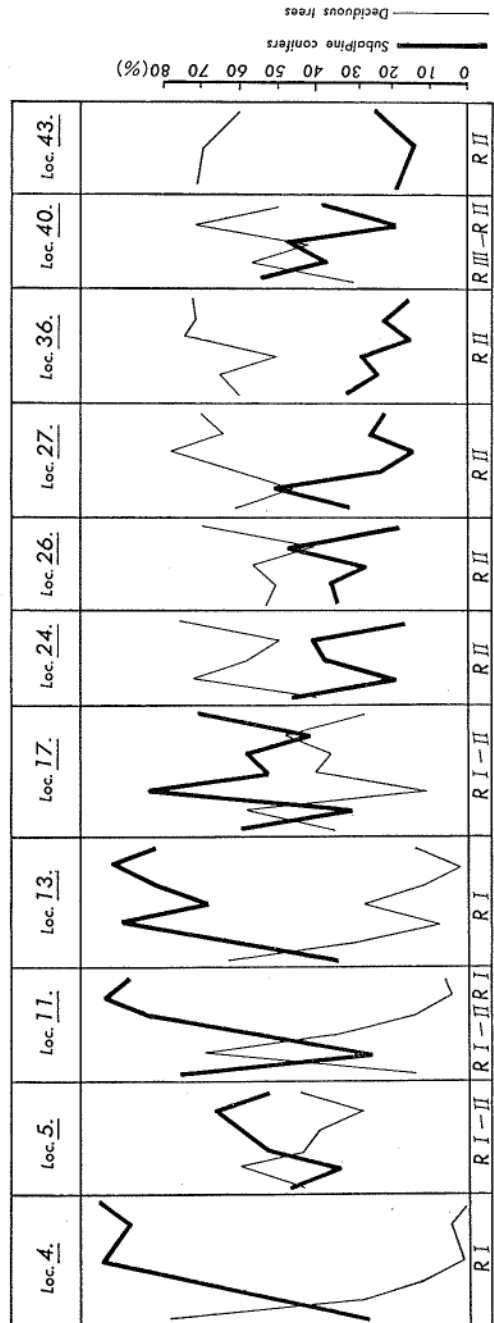
Picea, *Pinus* : *Abies* のような大きな変化はないが、ほぼ *Abies* の増減に従ってわずかに変動し、*Abies* > *Picea* > *Pinus* の順位は変わらない。

これらの花粉組成は、山崎次男 (1951) の分類によると、“5. *Picea* < *Abies*, *Picea glehnii* を伴う (南カラフト・オホーツク海側)”, “3. *Picea* < *Abies*, *Larix* を伴う (南カラフト・オホーツク海側)” のタイプをも含んでいると思われる。*Larix* は Loc. 4-2 と Loc. 11-2 でその存在が認められている。他方, *Tsuga*, *Fagus* は数地点でみとめられており、このことから、山崎次男の“6. *Abies* (*Fagus* を伴う), *Picea* を欠く (北海道の黒松内低地帯以南)” に近い型をも、花粉供給域内に存在していたことも考えられ、さらに、*Castanea* を含むことを強調すれば、温暖性の森林組成が一時期は存在したことも推測されるが、同じ地点では *Castanea* とともに *Cupressaceae*・*Taxaceae* の存在が認められている。

III. 花粉の産出頻度変化の型による分帯

II 項で述べたように、湖底泥の堆積速度、湖底泥の侵食などについては湖底の表層最上部の花粉組成を解析する上での問題点として指摘した。いま、これを *Zelkova* の深度別、水平別の出現状況によってみた場合、上述の2つの点を考える必要に迫られる。

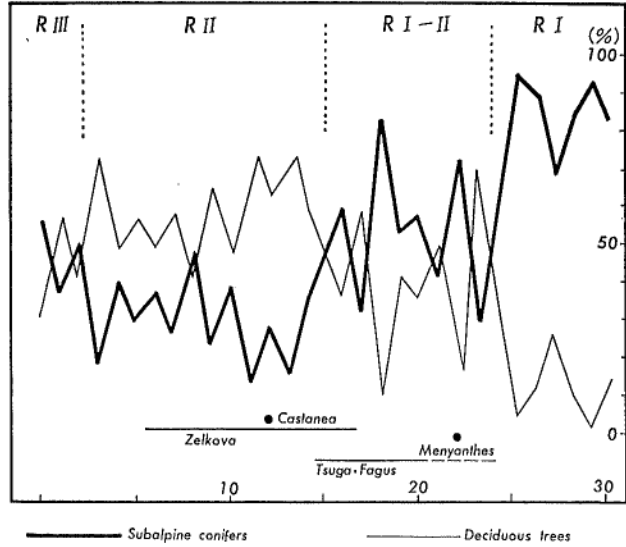
湖底を侵食する湖水流が、ある範囲の表層部を削りとり、この結果、湖底表面は各地点でかなり異なった時期の堆積物を露わし、また、かくはんされているとすれば、それら表面の花粉組成は互いに異なるであろう。この際、削剝深度や植生の変化が大きく、また、堆積速度がきわめて小さいなどを考慮する必要がある。このような湖底泥のかくはんの時期を、サロマ湖形成史 (大島等, 1966) に求めると、III 期および VI 期が考えられる。しかし、湖水流による湖底堆積物への影響については、まだ知られていないので、これを直ぐ結び



第5図 落葉広葉樹と亜高山性針葉樹の出現頻度

つけることは危険である。同様なことは堆積速度についても言える。いずれにしても、今回得られた花粉組成を解析する上で、湖底の堆積物が地点での深度のちがいはあるにせよ、削剝されたと考えなければならぬ。

第5図は各地点における垂直試料の花粉組成を頻度曲線で示したものである。また、第6図はこれを基にして、気候の変遷状況を把握する目的でつくったものである。この場合、その基準としたものは、中村純（1952、尾瀬ヶ原上田代湿原）の花粉組成による時代区分（R I, R II, R III, R I-II）であり、これに従って再配列したものである。



第6図 サロマ湖底質中の花粉組成の変遷

この図で、落葉広葉樹としては *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, *Ulmaceae*, *Salix*,

亜高山帯針葉樹は *Picea*, *Pinus*, *Abies* をとり、それらの各々の合計頻度を表わしたが、その他 *Zelkova*, *Fagus*, *Tsuga*, *Castanea* と *Menyanthes* などの気候および森林帯を指示する樹木花粉は別に配列した。

上述の区分帯が得られた地点と森林組成は次のとおりである。

R I: Locs. 4, 11, 13, 亜寒帯針葉樹林が現在より降下した時代（寒冷時代）。

R I-II: Locs. 5, 17, 亜寒帯林と下部の温帯との交代（不安定な時代）。

R II: Locs. 24, 26, 27, 36, 43, 亜寒帯針葉樹林が現在より上昇（温暖時代）。

R III: Locs. 40 と R II の上部, 亜寒帯針葉樹林が再び降下（減暖時代）。

R I: この時代の組成は針葉樹花粉が優勢で広葉樹のそれを圧倒しており、ミツガンワ (*Menyanthes trifoliata*) が含まれる。

R I-II: ここでは針葉樹・広葉樹の両者が交錯するが、針葉樹の頻度は上下を通じ広葉樹より高く、*Tsuga*, *Fagus* が点在している。

R II: 広葉樹の頻度は針葉樹のそれより高く、*Castanea*, *Cupressaceae-Taxaceae* の出現をみる。

R III: R II の初期のように針葉樹・広葉樹の両者が交錯するが、上方に向い針葉樹が増加する傾向が認められる。

次に、上述の区分に主として関与した花粉以外の頻度の小さいものをみると、*Zelkova* は R-II の後半から R III の中頃までは常に存在したとみられる。しかし、*Larix*, *Tsuga*, *Fagus*, *Castanea*, *Cupressaceae-Taxaceae*, *Pterocarya* などのような頻度が非常に低いものは、そのまま後背地の森林組成に結びつけることはできない点もある。中村純（1967, pp. 66-67, 第4図）によると、花粉が飛来する距離は、その分布限界線から最大数 100 km に及んでいるといわれる。この点を重視すれば、頻度数の低い上述の花粉を含む花粉組成の場合、半径数 100 km の範囲内の植生も一応考慮に入れる必要があろう。しかし、これは組成を解析する上で、大勢を変えない限りでは問題にはならない。また、花粉組成が湖の周辺の植生をそのまま反映し、頻度数の少ない樹木花粉が、その植生内での密度が非常に小さかったとも考えることができる。そのいずれをとるにしても、先に述べた分帯を大きく変えるものではない。

IV. 湖底泥の堆積速度と花粉組成

垂直試料の花粉組成によって、湖底堆積物は RI, RI-II, RII, RIII の4期が認められたことは前項に述べた。しかし、その分帯区分は II 項で述べたように、地点によって上位の分帯がしばしば欠如している。従って、これを説明するためには、湖水流による浸食を考えなければならない。すなわち、RI に位置づけられた Locs. 4, 11, 13 はその上位の RIII, RII, RI-I の堆積物がけずりとられていることになる。また、上位3帯 (RI-II, RII, RIII) が認められる Locs. 24, 26, 27, 36, 40, 43 では、下位の RI は、試料が採取された深さ 35~42 cm の以深にあるとみなされる。このような湖底の浸食をもたらした時期については、前述したように、大島等 (1966) の III・VI 期に当たると思われる。VI 期は新湖口堀さく期であり、このため湖水流が変化し、III 期は東湖盆と中央湖盆の連結期とされ、これによって湖水流が一時的にせよ、大きく変化したものと考えられる。前者の場合、湖水流に与える影響は非常に少ないとみられるが、後者の場合は、東湖盆から中央湖盆へ湖水が流入し、また、この時期は季節的増水期と合致していた上、湖水循環期とも一致して、底質泥をはげしく浸食したとの推測が考えられる。

この推測をもってみれば、浸食量が最も大きかった地点は、Locs. 4, 11, 13, 5, 17 などであり、その水深は中央湖盆の 18~19 m, 東湖盆では 10~11 m で、湖盆のうちでは最も深い部分に当たる。他方浸食量が少ないか、または無かった地点としては、Locs. 24, 26, 27, 36, 40, 43 などがこれに当たる。

しかし、上述のような浸食が期待できないならば、湖の形成過程において湖盆の変化が漸移するのに伴って、湖底の泥の堆積量も変化したと考えなければならない。すなわち、浸食量が大きいとした Locs. 4, 5, 11, 13, 17 などの水深の大きい地点での堆積量は、Locs. 24, 26, 27, 36, 40, 43 などの地点に比べてかなり少なかったことを意味し、また、湖盆が深いほど堆積量が少なかったとも考えられよう。しかし、花粉組成による区分では、前述のように上位の分帯を欠く点からみるとこの考えはとれない。

第6図の総合花粉変遷図には縦軸に試料採取間隔の 7 cm を 1 目盛として記入したが、RI から RIII までにはほぼ 30 目盛が刻まれる。ふつう湖底における泥の堆積速度は 1 年当り 0.01~0.3 cm (中村純; 1967, p. 47, 第3表の1, 堀江正治; 1964, p. 59, 第2表) といわれる。また、野尻湖では、深さ 0~30 cm で 0.2 cm/year, 30~70 cm では 0.01 cm/year とされている。これらの値を直ぐにサロマ湖に当てはめることは危険であるが、一応この数値で第6図の目盛りをみると、最下位の RI 期までは 21,000 年から 690 年の値が得られ、その平均値は約 14,000 年となる。この年代は大島等 (1966, p. 6, 表1) のサロマ湖の地史では “I: Saroma marsh” 時代 (沖積世早期) に相当し、中村純は RI を 1 万年前頃とみなしている。これを釧路付近の第四紀の地史 (岡崎由夫; 1966, p. 198, IV-21 表) に対応すると、おおよそナラ・エゾマツ期の花粉組成 (約 1 万年余) に当たると思われる。

第4表 サロマ湖底泥の珪藻組成

| Species | Numbers of localities | | | | | | | | | | | | | | | | | | Facies | |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | 19 |
| BACILLARIOPHYTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Achnanthes brevipes</i> AGARDH. | | | | | | | | | | | | | | | | | | r | | m. l. |
| <i>Actynoptychus undulata</i> (BAIL.) RALFS. | r | r | | | | | | | | | | | | | | | | r | | m. |
| <i>Amphora lineata</i> GREG. | | | | | | | | c | | r | | | | r | | | | | | f.-m. |

北海道サロマ湖の底質泥の花粉および珪藻分析

| Species | Numbers of localities | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Facies |
|---|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | |
| <i>Amphora ovalis</i> KUTZING. | | | r | | | | | | r | | | | | | | | | | | f. |
| <i>Arachnoidiscus ehrenbergi</i> BAIL. | | r | | | c | r | | | | r | | | r | | | | | | | m. l. |
| <i>Aulacodiscus Voluta-Coeli</i> GRUN. | c | | r | | a | a | c | | a | a | c | a | | | | | | | | m. l. |
| <i>Auliscus caelatus</i> BAIL. | r | r | r | | c | c | | r | r | | | r | | | | | | | | m. l. |
| <i>Buddulphia aurita</i> (LYNGB.) BREB. | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | m. n. l. |
| <i>B. obtusa</i> KUTZ. | | | | | | c | r | | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>B. pulchillea</i> GRAY. | | r | c | | c | | | c | a | a | c | a | | | | | | | | m. l. |
| <i>Campyloneis grevillei</i> (SM.) GRUN. | | | | | c | r | | | r | r | | r | | | r | | | | | m. l. |
| <i>Campylodiscus Ralfsii</i> W. SMITH. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>Cocconeis curvirotonda</i> | | | | | r | | | | | | | | | | | | | | | f. |
| <i>C. pediculus</i> EHR. | | | | | | | | r | | | | r | r | | | | | | | f.-b. |
| <i>C. pellucida</i> GRUNOW. | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | | f. |
| <i>C. pracentula</i> EHR. | r | | | | | | | c | | | | | | | | | | | | f. |
| <i>C. pracentula</i> var. <i>klinoraphis</i> GEITLER. | | | | | | | | | | | | c | | | | | | | | f. |
| <i>C. pseudomarginata</i> GREGORY. | | | | | | | | | r | | r | | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. scutellum</i> EHR. | r | r | | | | | | | r | r | | r | r | | | | | | | b.-m. |
| <i>Coccinodiscus anguste-lineatus</i> A. SCHMIDT. | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. asteromphalus</i> EHR. | r | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | m. |
| <i>C. curvatulus</i> GRUNOW. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | m. n. o. |
| <i>C. concinnus</i> W. SMITH. | | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | m. l. |
| <i>C. exentricus</i> EHR. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. marginatus</i> EHR. | r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. megalomma</i> A. SCHMIDT. | | | | | r | r | r | | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. lineatus</i> EHR. | | r | | | | | | | | | | r | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. oculus-iridis</i> EHR. | | | | r | | | | | | | | c | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. perforatus</i> EHR. | | | | | | | | | r | | r | | | r | | | | | | m. l. |
| <i>C. radiatus</i> EHR. | | | | | | | | | | r | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>C. rothii</i> (EHR.) GRUNOW. | | | | | | | | | r | | | | | r | r | | | r | | m. l. |
| <i>Cyclotella comta</i> (EHR.) KUTZ. | | | r | | | | | | | | | | | | | | | | | f. |
| <i>C. kutzingiana</i> THWAITES. | | | | | | | | | | | | | c | r | | | | | | f. |
| <i>C. striata</i> (KUTS.) GRUNOW. | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | f. |
| <i>Cymatopleura solea</i> W. SMITH. | | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | f. |
| <i>C. elliptica</i> var. <i>consticta</i> W. SMITH. | | | | | | | | | | | | | | | | | | r | | f. |
| <i>Cymbella aspera</i> (EHR.) CLEVE. | r | | | | | | | | | | | | | | | | | | | f. |
| <i>C. ehrenbergi</i> KUTZ. | | | | | | | | | | | | r | r | | | | | | | f. |
| <i>C. lanceolata</i> (EHR.) V. HEURCK. | | | | | r | | | | | | | | | | | | | | | f.-b. |
| <i>C. turgita</i> (GREGORY) CLEVE. | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | f. |
| <i>Diatoma vulgare</i> BORY. | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | f.-b. |
| <i>Diploneis fusca</i> (GREG.) CLEVE. | c | c | c | | a | c | c | c | c | r | c | c | | r | | | | | | m. l. |
| <i>D. fusca</i> var. <i>pelagica</i> (A. S.) CLEVE. | | | | | | | | | | | | c | | | | | r | | | m. l. |
| <i>D. ovalis</i> (HILSE) CLEVE. | | | | | | | | r | r | | r | c | r | c | | | c | | | f.-b. |
| <i>D. splendida</i> (GREG.) CLEVE. | c | c | | c | c | c | c | c | c | c | c | c | r | r | | | | | | m. l. |
| <i>D. schmidti</i> (BREBISSON) HEIDEN. | | | | | | | | c | | | r | | | | | | | | | b.-m. |
| <i>Donkinia recta</i> ? H. PER. | | | | | | | | r | | | r | | | | | | | | | m. |
| <i>Epithema Hyndmanni</i> W. SMITH. | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | b. |
| <i>E. turgida</i> (EHR.) KUTZ. | | | | | | | | | | | | | a | c | | | | | | f.-b. |
| <i>E. zebra</i> (EHR.) KUTZ. | | | | | | | | r | r | | | | c | | | | | | | f. |

| Species | Numbers of localities | | | | | | | | | | | | | | | | | | Facies | |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | 19 |
| <i>Fragilaria intermedia</i> GRUNOW. | | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | f. |
| <i>F. oceanica</i> CLEVE. | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | m. n. |
| <i>Hyalodiscus subtilis</i> BAILEY. | | | | | | | | | | | | | r | r | r | | | | | m. l. |
| <i>Isthmia nervosa</i> KUTZ. | | | | | r | | | | | | | | | | | | | | | m. l' |
| <i>Melosira distans</i> (EHR.) KUTZ. | | | | r | | | | | | | r | | | | | | | | | f. |
| <i>M. granulata</i> (EHR.) RALFS. | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | | | c | | c | | | f. |
| <i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i> MÜLL. | | | | | | | | | | | | | | | r | | r | | | f. |
| <i>M. hyperborca</i> (GRUNOW) | | | | | | | | r | r | | | | | | | | | | | m. |
| <i>M. islandica</i> O. MULLER. | | | | | | | | | | | | | r | c | | | r | | | f. |
| <i>M. italica</i> (EHR.) KUTZ. | | | | | | | | | | | | | r | r | | | | | | f. |
| <i>M. nummuloides</i> (DILLW.) C. A. AGARDH. | | | | | | | | r | r | | | | | | | | | | | b. |
| <i>M. sulcata</i> (EHR.) KUTZ. | | | | | | | | r | r | | | | | | | | | | | m. n. l. |
| <i>M. undulata</i> (EHR.) KUTZ. | | | | | | | | | | r | | | | | c | | | | c | f. |
| <i>M. varians</i> C. A. AGARDH. | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | f. |
| <i>Navicula benmedyi</i> W. SCHMITH. | | | | r | | | | | | | | | r | | r | | r | | | m. l. |
| <i>N. marina</i> RALFS. | | | | | | | | r | r | | | | | | | | | | | b.-m. |
| <i>N. placentra</i> (EHR.) GRUN. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | f. |
| <i>N. radiosa</i> KUTZ. | | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | f. |
| <i>Nitzschia vitrea</i> NORMAN. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | f.-b.-m. |
| <i>Rhabdonema adriaticum</i> KUTZ. | | | a | | | | | | | | | | | | | | | | | m. n. o. |
| <i>Rhopalodia gibberula</i> (EHR.) O. F. MULLER. | | | | | | | | | | | | r | | | r | | | | | f.-b. |
| <i>Surirella capronii</i> BREBISSON | | | | | | | | r | | | | | | | | | | r | | f. |
| <i>S. cuneata</i> A. S' | r | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | m. l. |
| <i>S. fastuosa</i> EHR. | | | | | | | | r | | | | | | | | | | | | m. l. |
| <i>S. robusta</i> EHR. | | | | | | | | | | | | | | | | | | r | | f. |
| <i>Stephanopyxis</i> sp. | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | | b.-m. |
| <i>Synedera affinis</i> KUTZ. | | | | | | | | | | | | | | a | | | | | | f.-b. |
| <i>S. pulchella</i> KUTZ. | | | | | | | | r | | | | | a | | | | | | | f.-b. |
| <i>S. tabulata</i> (AGARDH) KUTZ. | | | | | | | | | | | | | | r | r | | | | | f.-b.-m. |
| <i>S. ulna</i> (NITSCH.) EHR. | | | | | | | | | | | | | | | c | | | | | f. |
| <i>Tharassiosira hyalina</i> (GRUN.) | | | | | | | | | | | | | | r | r | | | | | m. l. |
| <i>Triceratum impar</i> A. SCHMIDT. | | | | | | | | | | | | | | | r | | | | | m' l. |
| <i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGBYE) KUTZ. | | | | | | | | | | | | | r | | | | | | | f. |
| CHLOROPHYTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pediastrum boryanum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | c |
| CHAROPHYTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Characeae | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | r |
| PROTOZOA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Distephanus</i> sp. | c | c | c | | | | | | | | | c | c | | | | | | | |

Locality numbers and depth of samples.

- | | | | |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1: Loc. <u>5</u> . 0-7 cm | 6: Loc. <u>5</u> . 35-42 cm | 11: Loc. <u>11</u> . 28-35 cm | 16: Loc. <u>40</u> . 7-14 cm |
| 2: Loc. <u>5</u> . 7-14 | 7: Loc. <u>11</u> . 0-7 | 12: Loc. <u>11</u> . 35-42 | 17: Loc. <u>27</u> . 0-7 |
| 3: Loc. <u>5</u> . 14-21 | 8: Loc. <u>11</u> . 7-14 | 13: Loc. <u>43</u> . 0-7 | 18: Loc. <u>27</u> . 7-14 |
| 4: Loc. <u>5</u> . 21-28 | 9: Loc. <u>11</u> . 14-21 | 14: Loc. <u>43</u> . 1-21 | 19: Loc. <u>27</u> . 14-21 |
| 5: Loc. <u>5</u> . 28-35 | 10: Loc. <u>11</u> . 21-28 | 15: Loc. <u>43</u> . 28-35 | |

Frequency

a: Abundant, c: Common, r: Rare.

Facies and ecology.

f: Fresh water, b: Brakish water, n: Marine, l: Littoral, n: Neritic, o: Oceanic.

V. サロマ湖底泥の珪藻分析

試料：花粉分析に用いた垂直試料のうち、次の5地点のものである。Loc. 5-1~6, Loc. 11-1~6, Loc. 43-1・3・5, Loc. 40-2, Loc. 27-1・2・3。これらは花粉組成の変遷図（第6図）の区分で、R I, R I-II, R II, R III にそれぞれまたがる試料である。

処理：試料はいつでも還元性の泥で、硫化水素臭がある。これらの試料10gに水を加えて煮沸し、塩酸処理を行ない、水洗（600cc ビーカー中で水洗—2時間放置したあと水を捨てる。これを数回繰り返す）する。次に超音波機で微粒塵を除き、封入する。

鑑定は400~1,000倍で行ない、試料ごとに200個ずつ鑑定したが、さらに、薄片全域を見て、未鑑定種のないようにした。

組成：珪藻群集の組成は第4表に示した通りである。

Loc. 5 (R I-II 花粉帯)と Loc. 11 (R I, R I-II 花粉帯)では *Melosira granulata* (淡水性がきわめて多く、50~80%の出現頻度を示すが、Loc. 11が Loc. 5より淡水性種が多い。Loc. 43 (R II) では淡水性~汽水性の種が目立ち、淡水性種は僅かである。Loc. 27 (R II) では淡水性種がやや目立つが、珪藻の個体数が非常に少なく、Loc. 40 (R III) では、さらに個体数種類ともに減少し、海水性種のみが僅かにみられるほどになる。また、Loc. 5 および Loc. 11 中下部では、無色珪質鞭毛目 *Destephanus* (寒冷型)が目立ち、寒冷水の影響があったことが推定される。

このような珪藻組成の変化は、湖水の塩分濃度や淡水、汽水、海水などの水域の変化を反映したことは明らかである。恐らく、湖の生成過程で砂洲の形成時期や海水準の変化、あるいは両者によって湖の水質が変化させられたものであろう。

この珪藻群集の変化は、既述の花粉組成の変遷区分と対応してみると、関連性がきわめて強いことがわかる。すなわち、淡水、汽水、海水性の珪藻のうちで淡水性種が最も優勢な時期は花粉組成による分帯の R I 期と R I-II 期であり、汽水、海水、淡水性種が混在しているのは R II 期、海水性種が殆どを占め、淡水、汽水性種が極小を示す時期は期 R III である。

淡水性種が最も優勢な時期、つまり花粉分帯の R I は大島等 (1966) の “I: Saroma marsh” 期に恐らく当たることは前述した。しかし、サロマ湖底の試料に淡水性種のみが現われるものはなく、この R I 期でも汽水・海水性種を常に伴っている。従って、Saroma marsh 期においても、部分的または一時期にせよ海水の影響下にあったと推測される。また、大島等の “II: Paleosaroma bay” 期は珪藻・花粉分帯の R II (Locs. 27, 43) に対応すると考えられるが、その珪藻組成は海水~汽水性種の優勢期であり、古地理的環境とほぼ一致する。これ以後の珪藻群集は海水性種が優占し、水質からみた場合のサロマ湖は現在に近いものになっている。

このように珪藻分析からみると、サロマ湖の水質は時代とともに塩分濃度が濃くなり、はじめの淡水が優越した水域から海水域へと漸移したと推定できる。

ま と め

サロマ湖の底質泥の柱状試料の花粉および珪藻分析の結果、花粉・珪藻による湖の形成史——古地理・古気候・水質など——を編むことは、一部問題を残したが、ある程度可能であることを知った。

1) 花粉組成の変遷によって4つの分帯—— R I, R I-II, R II, R III ——ができる。これらは後背地の森林組成の変遷および気候変遷を反映している。

2) 珪藻群集による湖の形成過程はサロマ湖が淡水域または低鹹水域から塩水濃度を漸次増して現在の高鹹水に至ったことを推定させる。

3) 花粉分析による分帯は珪藻分析によるそれとほぼ一致し、湖の形成史の上に反映している。

4) これらの分析によって、サロマ湖の歴史は沖積世早期までさかのぼることが可能である。花粉・珪藻からみると、サロマ湖形成の初期は海湾型に始まり、砂洲によって閉鎖されるという考え方よりも、Marsh 型に始まり、漸次、汽水湖へと拡大してきたと考える方が妥当である。

引用・参考文献

- 堀江正治 (1964) 日本の湖, pp. 57, 58, 第2表, 日本経済新聞社.
- 堀内清司 (1968) 湖沼 (陸水, 地球科学講座 9, 山本荘毅編) pp. 181~257, 共立出版.
- 小久保清治 (1965) 浮游珪藻類, 恒星社厚生閣.
- 湊 正雄・北川芳男 (1953) オホーツク海沿岸湖沼, 網走道立公園調査報告, pp. 48~59, 北海道庁.
- 水野寿彦 (1964) 日本淡水プランクトン図鑑, 保育社.
- 宮田 泰 (1953) 網走道立公園知床半島の森林と植物, 網走道立公園調査報告, pp. 70~74, 北海道庁.
- 中村 純 (1957) 花粉分析, 古今書院.
- 岡崎由夫 (1966) 釧路の地質, 釧路双書, 第7巻, 釧路市.
- 大島和雄・渡辺 浩・佐竹俊孝・塩沢孝之・小原昭雄・丸 邦義 (1966) 北海道サロマ湖の生態学的研究 (形成史と底質について), 北海道立水産試験所報告第6号, pp. 1~32.
- REEVES, C. C. Jr. (1968), Introduction to paleolimnology, developments in sedimentology No. 11, *Elsevier*.
- 佐竹俊孝 (1967) サロマ湖の底質の粒度組成, 地質学雑誌第73巻, 第9号, pp. 429~440.
- 館脇 操 (1953) 網走道立公園知床半島の植物, 網走道立公園調査報告, pp. 75~86, 北海道庁.
- (1961) オホーツク沿岸の落葉広葉樹林植生, 北見営林局.
- 山路 勇 (1966) 日本海洋プランクトン図鑑, 保育社.
- 山崎次男 (1951) 花粉分析法による南樺太および北海道の森林並びに気候変遷に関する研究. 京都大学演習林報告 (21), pp. 1~79.