

20の「ます目」を切った場合 $X \leq 20$ であるから 乱数表によって引けば 03 16 11 14 10番目の「ます」の中の化石をみればよいということになる。こうして1部の観察からその全体を考えるとという方法は 数学的にもいろいろ興味ある問題があつて 花粉分析が 一名花粉統計学 (pollen statistics) とよばれた理由もここにある。花粉の数を計算する時 1々記録しないで急速にその成果をえたい時など 私は写真のような集計ソロバンを利用している。このソロバンの左端は小さな黒板となつていて その化石名が記入できるようになっている。その右の9個の玉は1個づつ見出すごとに動かしてゆき 10個になれば次の枠内の玉を1つ動かす。これが50個になればさらに右の枠内の玉を1つ動かす。こうして1種について計200個までは計算できるようになっている。このほか 諸外国では計算上いろいろの器具を使つており ポイントカウンターやテープレコーダを用いての集計などがある。しかし計算対象となる要素が非常に多いので 特殊な機器でなければ不可能であろう。

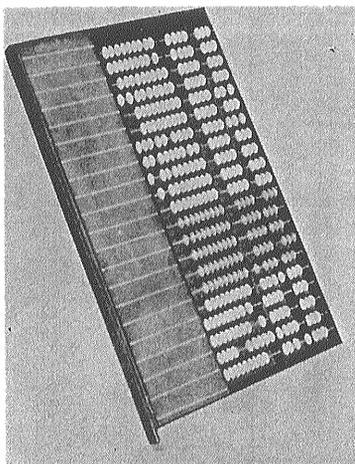
結果のあらわし方

こうして集計した花粉群の値をどういふように表わすのか。その表わし方にもいろいろある。まず第3図のように1つの炭層の中で 1 2...10 の層位で試料をとつたとすると それぞれ各試料の花粉分析結果からその位置の花粉構成がわかる。その花粉構成を表わすのに第4図のような折線または鋸歯図表 (sawblade chart) 第9図のような棒状または柱状図表 (bar chart) 第7図のようなパイまたは扇形図表 (piechart) などがある。第3図の折線図表は4からL12に至る各層で花粉群がどうなつてゐるかを示したもので 花粉の種類ごとに異なつたマークを第5図のようにきめておき図示する。この第4図をみれば L6の層準ではナラ (Quercus) の類が著しく多いことがわかる。しかし

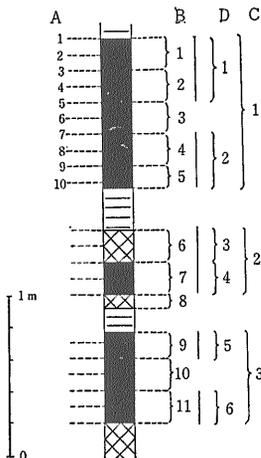
この表わし方も 取り上げる要素が多くなつたり 数種のものと同じ含有割合を示すということになると 図面がこんでわかりにくくなる。また著しく含有量が異なる場合も図面に表現しにくくなる。

こうした場合には第6図のように各種類を切りはなし併列においた分解図表の方が理解しやすい。含有量の著しく異なるものでも 下方の目盛を適当に定めることによってよく表わすことができる。

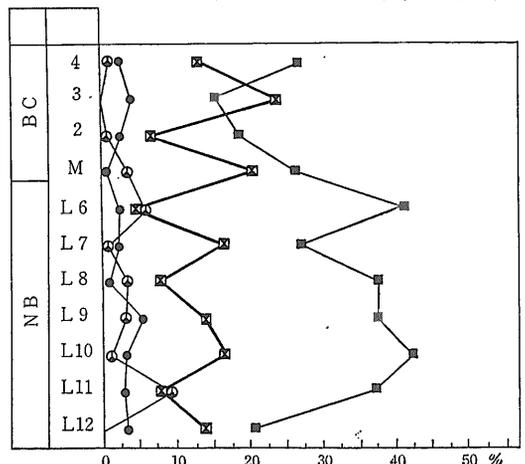
こうした例と同じ考えだが 棒または柱を使って表示する棒グラフは花粉分析においては 連続的に試料がとれない場合によく使われる。第6図のように その試料の深度を示して並べるのや A cm から B cm の間を柱グラフで表示するものなどがある。試料をとる間隔があまり広くなつたりして 折線グラフでも化石群の組成が表示しにくい場合などに用いられる。扇形またはパイグラフとよばれるものは 花粉分析結果の水平的変化を表示する時や 試料中のおもな花粉組成の割合を表わす時に使われている。たとえば 第7図の扇形図表は古第三紀の石狩層群中の美唄本層の花粉構成を表わしたもので 内容は樹木種・非樹木種・鑑定不能の花粉などを表わしたものである。またソ連では 第四紀層の花粉分析の結果を表示するものに広く用いている。そのやり方はまず各地での分析結果をこの扇形図表で表わし それに取り上げる要素はごく特徴的なものに止めておく。次に地図上に試料採取位置を入れ その所にこの扇形図表を描く。一見して同一層準の地層ではどのように花粉構成が地域的にちがうか わかるようになってゐる。このほか第8図のような帯図表も使われている。いずれにせよ 花粉構成をできるだけわかりやすく示そうということにほかならない。このほかに花粉化石の時間的 (垂直的) 存在範囲を示した図表 レンジチャート (Range chart) がある。これは第10図に示したように特徴のある化石種が 「どの層準からどの層



第2図 化石集計用ソロバン



第3図 試料採取位置



第4図 折線図表 ①

準まで出るか」ということを示したもので こうした定性的な表示に加えて 第11図に示したような定量的な表現を加えたものがある。これは微古生物学ではよく使われるもので 花粉分析ばかりのものではない。

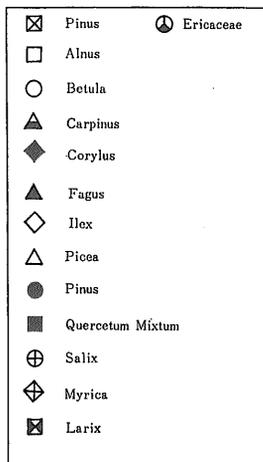
17 分析結果についての考え方

いろいろわかりやすいように表現された図表によって 私たちは花粉分析の結果を知ることができた。この図表を前にしてどういう結論を導き出そうとするのか23の例をあげて考えてみよう。まず最初に述べたように花粉分析を行なって その堆積物の形成当時の気候のうつり変りを知ろうとしたり この方面からみた炭層の比較(対比)を行なおうとしている。こういう場合この図面に出ている各種類の数字そのままを過去の植物群の構成であるという前にちよっと花粉についての性質を調べてみよう。

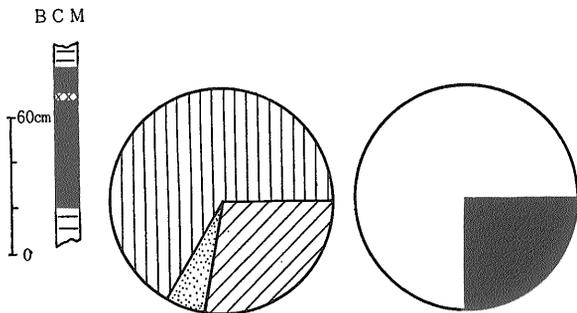
花粉の生産量：

植物の種類によってその花から生産される花粉の数量はいろいろ異なっている。ポール (Pohl) による数字を下にあげてみよう (花1個あたりの花粉粒数)。

- Pinus nigra* (ヨーロッパクロマツ) 1,480,000個
- Picea excelsa* (ヨーロッパモミ) 590,000



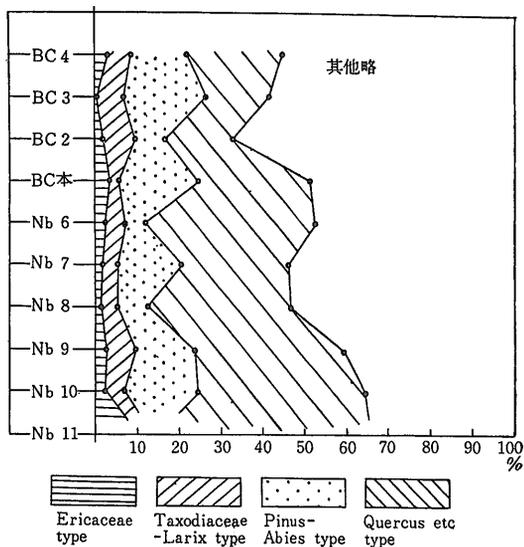
第5図 花粉マークの例



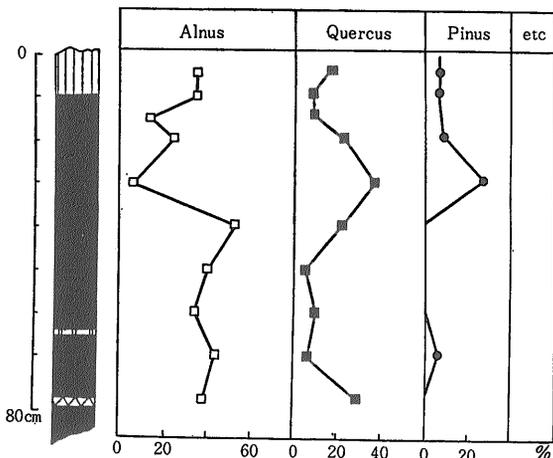
BCM：美唄本層

- 樹木種
- ▨ 非樹木種
- ▩ 鑑定不確実種
- △ 花粉
- 孢子

第7図 扇形図表 (樹木種・非樹木種・鑑定不確実花粉の割合)



第8図 帯図表



第6図 折線分解図表

U3/U113/42	Sphagnum	Pteridophyta	Lygodium	Sciadopitys	Taxodium	Pinus Typen	u. s. w.
212.17							
213.91							
214.59							
216.44							
217.53							
217.85							
218.20							
219.10							
220.05							
略							

第9図 棒(柱)状図表

Paläogen			Neogen		Namen der Sporomorphen
Paläozän	Eozän	Oligozän (Chart.)	Miozän	Pliozän	
---	---	---	---	---	Polypodiaceoip. speciosus u. marrospaciosus
---	---	---	---	---	Moriosp. dorigensis
---	---	---	---	---	Schizaeoisporit pseudo dorigensis
---	---	---	---	---	Lygodiosp. or. adriensis
---	---	---	---	---	Osmundasp. or. primarius
---	---	---	---	---	Abietineae m. Flügeln
---	---	---	---	---	Abietineae labdicus maximus

↑ 第10図 化石産出範囲表 (Range chart)

	Bibai				Noborikawa							
	4	3	2	M	L	L	L	L	L	L	L	L
Cycas ? sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ginkgo sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Podocarpus ? sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Abies sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Larix sp. 1,2.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Picea sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Pinus sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Glyptostrobus sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Taxodium sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Salix sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Juglans sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Pterocarya sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Alnus sp. 1,2.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Betula sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Carya sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Carpinus sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Corylus sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Quercus sp. 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Quercus sp. 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ilex sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ericaceae A	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Ericaceae B	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Potamogeton sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Carex sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Musa sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sabal sp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

→ 第11図 Range chart の一例

- Juniperus communis (トショウ) 400,000
- Tilia cordata (シナノキ) 43,500
- Quercus sessiliflora (フユナラ) 41,200
- Acer platanoides (ヨーロッパカエデ) 8,000

このわずかな例をみても 生産量は種類によって大きな開きがあることがわかっている。一般的にみて花1個あたりでは針葉樹の花粉は 広葉樹にくらべ約10倍の生産量をもっているといえよう。さらに広葉樹の中でもカエデなどは さらに少ないことがわかっている。

そこでこの事実を花粉分析の値に導びき入れるとすると 花粉化石群のうち針葉樹の花粉数を10分の1として考えてみたらどうだろうか。しかしこの場合その簡単に割り切れぬ問題がまだたくさんあることに気付く。たとえば 堆積物の中に入りうる花粉がたくさんの中から飛来したものだということ その量的な関連性はつかみがないということである。しかし極端に多い場合や少ない場合など このような生産量を考えに入れた解釈は行なわれた方がよいのではないだろうか。1試料中に数%しか針葉樹の花粉が見出されないような場合には こうした数量的な値から考えられる針葉樹構成よりもさらに割引して考えてよいと思う。羊歯植物の孢子や単子葉類 とくに一般に草本類といわれているものの花粉などはその生産量について明らかでないが 分布が地域的であることに注意をはらう必要がある。

花粉分布について

いま かりに花粉の生産量というものが種類によって大差がないとしても こうした花粉が堆積層の中に入る場合いろいろの条件で変化することも当然考えられる。分布についてはどういう要素が働いているか調べてみよう。翼をもった花粉をはじめ 風によって飛ぶいわゆる

風媒花 虫の足や羽について花粉が運ばれてゆく虫媒花 鳥がついばんだ口や羽や体などに花粉がついてゆく鳥媒花 水に流れて花粉が散ってゆく水媒花などのあることは前に述べた。こうしたうちでも風によって飛ぶ風媒花が一番飛び散る距離も長く またこうした花から生産される花粉の量も多いとあって 分布の一樣性普遍性が知られている。空中花粉学 (Aeropalynology) とは こうした考察のもととなる空中における花粉の分布状態を調べる分野だが 残念なことにわが国ではこうした資料がきわめて少ない。幾瀬氏の最近の研究によれば 千葉県習志野においては 1年を通じ花の咲く季節である2月から6月にかけては 2月末スギ 4月末マツの花粉が著しく多量に空中に散布されているという。

こうした分布傾向はきわめて短い年月の間の現象だが 私たちが対象とする長い地質学的時間を経過した堆積物の中にどのように反映しているだろうか。その堆積層の形成速度にもよるのだが 第四紀の氷縞のように1年1年の経過をよみとるのは少し困難のようである。したがって もっと大きな単位で 分布の傾向を見出してゆかなければならない。

それにしても どういう種類の花粉に分布能力があるのかは 現在の資料でもよくよみとることができる。

たとえば ある炭層中に風媒花のマツ類花粉が非常に多く含まれてい層準がみつかったとしても それを手がかりとしてどの範囲まで炭層を対比していったらよいかその基礎的な考えのもとになることは その花粉の分布範囲ということだろう。極端な例をいえば陸地から数1,000kmはなれた洋上でも 針葉樹花粉が捕捉されて

比 重			容 積 (μ ³)		落 下 速 度 cm/sec	
Typha	ガマ	1.161	Picea	132,200	Picea	5.96
Corylus	ハシバミ	1.008	Fagus	51,770	Fagus	4.88
Dactylus		0.981	Pinus silv.	47,030	Pinus silv.	2.93
Betula	カバノキ	0.808	Pinus mont.	37,070	Dactylis	2.84
Alnus	ハンノキ	0.752	Dactylis	14,600	Pinus mont.	2.63
Typha	ガマ	0.747	Corylus	10,150	Corylus	2.34
Fagus	ブナノキ	0.713	Juniperus	9,460	Alnus	1.57
Taxus	イチイ	0.579	Alnus	9,070	Typha lat.	1.52
Picea	モミ	0.550	Betula	7,537	Betula	1.52
Pinus mont.	モンクナマツ	0.496	Taxus	7,131	Typha ang.	1.26
Juniperus	ビャクシン	0.405	Typha ang.	6,775	Taxus	1.02
Pinus silv.	クロマツ	0.391	Typha lat.	4,669	Juniperus	0.89

Pohl Erdtman 編 集 1954

るが 層序的に役立つと考えられるのは1つの堆積盆地内における程度が妥当ではないだろうか。したがって数100kmはなれた数個の炭田や泥炭地などを花粉学的に比較する場合には 個々の堆積盆地内における花粉層序を細かく立ててから出発しなければならない。鳥や虫による花粉分布ということは ほとんど地質学的には無視できるとしても 水による花粉の移動は重要である。

ことに一方に開いた堆積盆地における花粉分析では流入した堆積物とともに花粉が入りうる可能性がある。こうした点については 米国のミシシッピー川の沿岸およびメキシコ湾沿岸で詳しい研究が行なわれており 川底の白亜系中に入っていた花粉化石が 川口近くの三角洲堆積物の中に混入していたり 川の兩岸の植生と同じ花粉構成が 川口よりはなれた海底の堆積物の中から見出されている。したがって堆積物とくに三角洲堆積物または浅海堆積物にはこうした考慮が必要である。

花 粉 堆 積 に つ い て

花粉の分布に関係して花粉の堆積のしかたはどうなっているのだろうか。この点についてわかっていることを述べてみよう。花粉は前に述べたように 大きさが200μ以下 だいたい30~50μ程度だが それ自体にいろいろ形があって水面に浮かびやすいもの すぐ沈むものなどがある。室内実験の結果 エルドマン博士がまとめた所によれば比重が1に近いもの または1以上のものは Corylus (ハシバミ) Betula (カバノキ) で 軽いものは Juniperus (ビャクシン) などがある。

沈みにくいもの これは要するに空気中をふるまう機会の多いものである。私が現生の花粉を採集した体験によると空気中で腐敗の早いものに Juglans (クルミ) とか Pterocarya (サハグルミ) などがある。また一方

において全般的に針葉樹の花粉は腐りにくい。こうしたことも落下速度・比重など考えあわせると Lauraceae (クスノキ科) の花粉がのこりにくいなどといわれていることの理論的な裏付けとなるだろう。

以上花粉の生産・分布・堆積の種々相を列記して 花粉分析結果を検討しこれを解釈し応用しようとする場合の参考とした。こうしたいくたの事実から分析値そのもののうちである種を何%へらすとか増すとかいうことは結局できにくいことになる。私たちがこの花粉化石を通じて 地質時代の植物群の姿を再現しようとするときには上記のような複雑な問題があり こうした問題をより合理的に解釈するためには こうした検討と考慮をぜひ導びき入れなければならないだろう。これらの考えの背景をなすものはやはり地史学的な考え方である。花粉化石の入っている地層がどのような堆積層であるかということをもまず考え 堆積作用と花粉分布は決して無関係でありえないということを心の中に入れておく必要がある。しかし原則的には 花粉群の生育状態に関係があり その生育状態は気候に密接に関連している。

花粉分析はしたがって古気候の解明に大きな役割りを果たしてきたが それが今日までどういう道をたどって発展してきたか 次回以後日本と世界とにわけて その道をふりかえってみることにしよう。(筆者は燃料部 石炭課)

今回参考とした文献

- G. Erdtman: 1954. An introduction of pollen analysis (Chronica Botanica)
- 猪間驥一: 1957. 統計図表の見方書き方使い方(東洋経済新報)
- 幾瀬まさ・伊藤愛子・佐渡昌子: 1962. 空中飛散花粉について(植物研究雑誌 Vol. 37. No. 2)
- 中村 純: 1948. 空気中における花粉散布について(予報)(生態学研究 Vol. 12 No. 1—2)
- 徳永重元: 1958. 本邦炭の花粉学的研究I(地質調査所報告177号)