

花粉のゆくえ

(2)

徳永重元

3. 花粉分析はどうやるのか

花粉分析については 前回だいたいのことをお話したわけだが まずその目的に応じた技術の面をみることにしよう。 私たちは何かを研究する場合 研究計画なしにはじめるということはまず少ないことだろう。 ただ花粉にほれこんで それのいろいろな面を知りたいと思っただけの人でも いつの間にか自分の仕事の内容をある方向にむけているものである。

まず 研究の目標をたてよう

花粉学 少しせまい範囲で考えて花粉分析をやろうという人にもいろいろの立場がある。 たとえば 高校の学生で夏休みに花粉の形を調べたいとか 学校の先生で自分の住んでいる地方の泥炭層の生い立ちを こうした面から見たいとか 石油会社や炭鉱に勤めている人で花粉分析を資源探査の方面へ応用してみたいとか さまざまな希望があることだろう。 いずれにしても 何かやっているうちに問題がでてくるだろうと 大プロシキをひろげて その中のものをあさるよりも 最初からねらいを定めて そのことを追求し その上で発展させるという方が どれだけ有効であるかはいうまでもない。 この少ない紙教では これら各方面のすべてに満足にあたえるようにすることは とうていできないので もっとも一般的に使われている 泥炭・石炭・堆積岩などの花粉分析法の大体をのべて そのやり方のねらいということを考えていただくことにする。 目標を決めるといっても どうしたらよいのだろうか？ その人のおか

れている研究環境 やさしくいえば能力・費用・時間などを じゅうぶんに考えての上で計画を立てる。 こうしたことは 何も花粉分析に限ったことではないのだが ことに量的な処理を必要とする微古生物学ということになると やはり系統的な作業の不可能の時は 小ぢんまりとやるのがかんじんである。 身近な対象からはじめるということ また花粉分析の結果のみを独断的に発表し 植物学や地質学の専門家から それに含まれている誤りを指摘されぬよう じゅうぶん現生植物生態学の知識をもちこむ必要がある。 分析の結果は 母植物を明らかにすることであり それはつまり他の植物化石から考える手法と何もことなる点がないといえる。

方法のすゝめ方

取り扱う試料と研究目的のちがいによって 試料処理のコースも変ってくるのだが それは第1表でみていただくことにする。 試料をどって粉にし 薬品で処理してとけるものは全部とかし出し とけぬ残渣を集めて顕微鏡下で観察し 花粉・胞子の各々を識別し これを集計して花粉図表を作る。 これが花粉分析法の基本的な過程である。

試料のとり方：野外でとるときは その試料のかたさにもよるが 普通ハンマーその他の器具で 地層または炭層を何 cm おきか またはある部分をきめて採取する。 私がよくきかれることは 何 cm おきに試料をとったらよいかということである。 その間隔はふつう泥炭層の場合は 5 cm 石炭層の場合は いろいろだ



←
ニルス・グスタフ・ラーゲルハイム (Nils Gusaf Lagerheim) (1860~1926) (スウェーデン人)
近代花粉分析の父と呼ばれ 藻類や原生動物の研究を経て花粉分析の基礎をたてた人

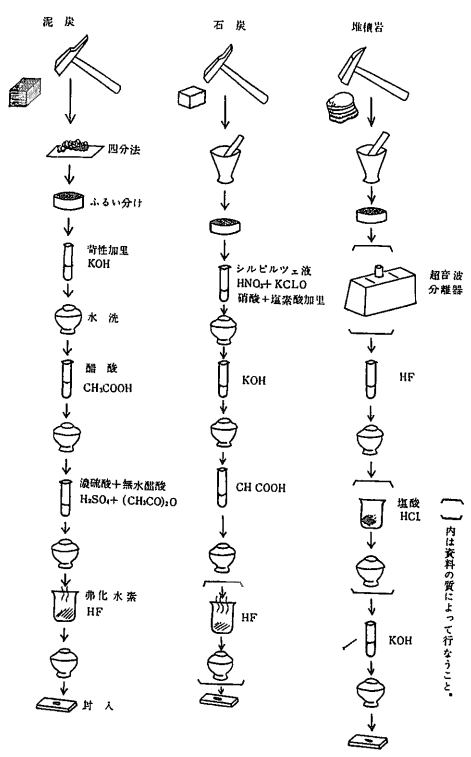
→
レナルト・フォン・ポスト (E. J. Lennart von Post) (スウェーデン人) ラーゲルハイムについて花粉分析法をまなび 大いに発展させた功績は大きい



が決まっているわけではない。要するに調べることのくわしさの程度や研究規模によるわけである。

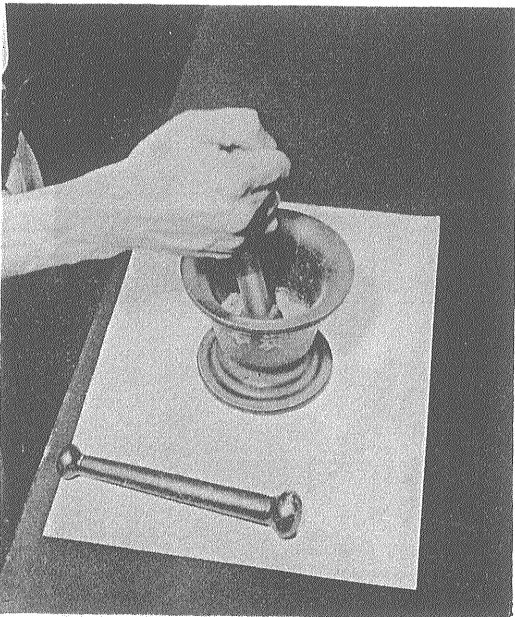
試料のとのえ方：とった試料は泥炭のようにやゝ湿気のあるものはビニール袋 石炭や岩石のような堅いものは布製の袋に入れる。石炭をサンプル袋に八分目ほど入れてみると 約700g の重さになるが そのうち実際に使うのは わずか数g である。とった場所 その層序的位置 たとえば ○○炭層の上限から×cm の所ということがわかるように記した紙片を同封するか または袋の番号をノートに控えて 忘れぬようにしたいものである。これと同時にやらねばならないのは その地層の簡単な地質柱状図をも作っておくことで それのどの部分からとったということを知るためである。

こうして採取した試料は 粉であるよりむしろ塊である場合が多い。それを砕くために鉄製のルツボや筒の中に入れて叩くのだが 褐炭は柔らかいので袋の中に入れてたまたまいたり 泥炭では固まっているものをもみほぐす。粉になったといってもまだ不揃いである。粒をそろえるために篩(ふるい)にかけるのだが 粒をどの位の大きさにしたら処理のために都合がよいのだろうか。これはいうまでもなく入っている化石が砕かれずそして薬品が作用できる大きさということになる。花粉や孢子の化石は 大体20~200ミクロン(1ミクロンは1mmの1,000分の1)だから 網目の幅200ミクロン以下に砕かぬ方がよいということになる。しかし一方薬品が作用するためにはできるだけこまかい方がよい。それで大体65メッシュ(125ミクロン目幅)に通して それ以上大きいものはさらにくさき 小さなもののみを集める。どうしても125ミクロンより小さい粉が多く

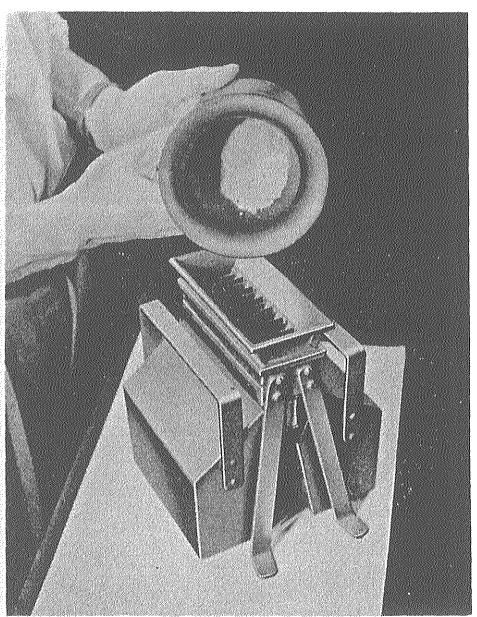


第1表 花粉分析のやり方

であるが 前にも述べたようによくしたもので 化石は結果的にみて ほとんどこわれていない。それで粒のちようどよい大きさというものは 40~50メッシュ程度といえるだろう。次に粉にした試料は 量をへらす(縮量する)のだがそのへらし方もある一定の方法によった方がよい。



← 鉄乳鉢で試料を粉にする



→ リッフルサンプラー 試料分別器によって分ける

たとえば菓子袋の中にいきなり手を突こんで「あられ」を1握り取出したとすると どうも小さいものばかりつかみがちである。なるほど大きいものは袋の底にたまっているからだ。それよりもこの袋の中のもの一枚の紙の上にあけ平にし十文字に線をひいて4等分しその相対する部分を取り去ってゆけば内容は平均化してくる。これを4分法というがほかにも機械的にやることもできる。これまでを試料の機械的処理としておく。

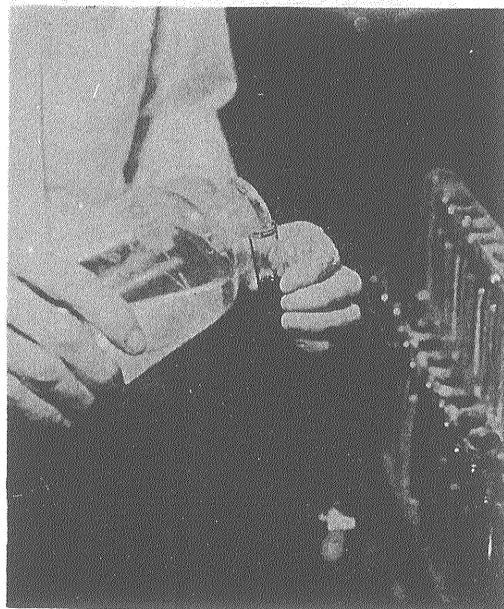
試料に薬品を作用させる：粉末となり また縮量された試料から こんどは化石を取り出す段階となるのだが その試料の性質によって 幾通りもの方法が考えられている。その目的とする所は 化石をそこねずにたくさん取り出すことにある。泥炭質のものは容易に分解しやすく 石炭や岩石は堅くて 炭化あるいは石化しているので その中から化石を取り出すには強い薬品を作用させなければならないのは当然のことである。いずれにしても 複雑な炭質有機物が多く含まれているので これをとかすためには 酸とアルカリが使われる。泥炭や石炭の中には フミン・ビチュウメン フムス炭その他があって そのうちフミンなどは苛性加里 (KOH) などとでける。酸で鉱物質やセルロースの一部をとかせば 大体残るのはフムス質といわれるもの その中に花粉・胞子化石が入っている。とかさされてきた液はどういう物か いつかこの話を石炭化学の会でした所 こうした質問がでて閉口したことがある。私たちのねらいはその残ったものにある。生成物の話は棚上げとして先へ進もう。花粉と胞子は 非常に強い膜をもっているので 弗化水素 (HF) などのような強酸でも 短時間なら侵されることはない。ましてやそ

れ以下の弱酸ならば 影響はないはずだが やはりできるだけ作用力の少ない方がよいわけである。

泥炭の場合にはまず苛性加里 (KOH) 10%液を試料に注ぎ 1昼夜ぐらい放置してのち 上澄のフミン酸を含んだ茶色の液をすて 残渣に水を加えて洗う。この時の器は小型ピーカーでも 遠心分離管でもよい。試料は数gでもじゆうぶんである。その後沈澱がおちつくのをまち 上澄液をすてる。この作用を早く行なうためには 遠心分離器を使うこともよい。それから先は試料の質によって多少こととなるのだが 普通泥炭の場合残渣に氷醋酸 (CH₃COOH) を加え これを1昼夜位作用させ 水洗後あらかじめ作っておいた 濃硫酸 1 無水醋酸 9 の割り合いの液を加える。この方法を アセトリシス (acetolysis) とよんでいるが セルローズ質のものとかしてしまいう作用もある。さらにこの残りの沈澱物を 濃厚弗化水素液に 6~12時間つけ 珪酸鉱物分をとかしてしまふ。こうして最後によく水洗してえた残渣から標本を作る段階となるのだが これまでの間 1試料大体 3~4日のでき上ると考えてよいだろう。それで同時に何10個もやれば その能率は向上する。

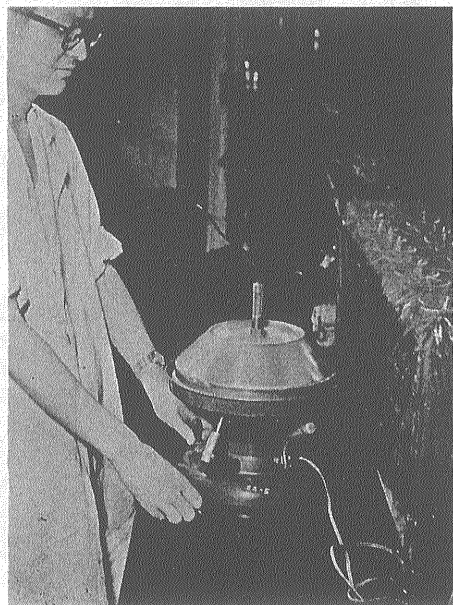
泥炭・石炭・堆積岩の処理に共通の事がらとしては 何しろ作業の始めから終りまで 全く肉眼では見えないものを扱うのだから 化学分析と同じような心くばりが必要である。もし実験の途中で 水洗の時に失われる花粉があるかどうか心配だったら 時々顕微鏡下で上澄液をしらべるのがよい。遠心分離器は水洗にさいして沈澱を早めること 傾瀉法で上澄液をすてる時に 花粉が逃げぬようにすることに 有効である。

次に さらに炭化のすすんでいる 石炭 の場合を調



←
薬品を加え試料をとかす

→
遠心分離器で残液を早く沈でんさせる



べてみよう。石炭は弱い酸やアルカリなどでは分解しない。それで まず濃硝酸(HNO_3)と塩素酸加里(KCIO_3)をまぜたシュルツエ液(Schulze solution)に浸す。一夜もおくとこの強酸のため石炭の基質に含まれていたフミンなどが分解する。次に沈澱をのこして上澄液をあげ沈澱をよく水洗する。酸性がうすくなったころ苛性加里(KOH)10%液を加える。液は一変して黒色となり可溶のフミン酸が析出しその量は炭質によって色々となる。粘結炭の場合などは非常に粘性のある液となってしまつて沈澱を分離するのに困難なことがある。さて こうした液を一昼夜もそのままにしておくと沈澱と上澄液が分かれるので上澄をすて沈澱を水で洗い前と同じように醋酸で処理する。時にはこの後に弗化水素で鉱物質をとかすことがある。こうした分析の結果をみると 黒い色をした堆積物つまり炭質堆積物の中により多く花粉・胞子化石が含まれているといったことがわかる。こうした泥炭や石炭ばかりでなく砂岩や頁岩のような堆積岩の中にも花粉・胞子化石は見出される。それらの中からとり出すには まず弗化水素液に6~12時間つけてすつかり鉱物質をとかしてしまう。それから苛性加里(KOH)・醋酸(CH_3COOH)を用いて処理する。しかし 試料の種類にもいろいろあつて石灰分の多いものには 塩酸(HCl)をさらに加えるなどしなければならぬので 上にあげたのはごく公式的なものであることを知っていたがきたい。

標本の作り方：処理をしおわた残渣はピーカーまたは遠心分離管に入っているわけだが まず水をあげ沈澱の表面が糊状にまで乾いた時 ガラス棒にそれをつけてスライドガラスの上へ移す。そこにはあらかじめ暖めてとかしたグリセリンゼリーがのせてありその中に残渣をまぜて封入する。この封入剤にもいろいろあつてガムクロラルを使う場合は 試料を一たんスライドガラスの上のせや乾燥したのちクロラルをたらして封入する。

大体日本ではこの2つの封入剤を使っているが 米国その他では いろいろな商品名で示されている封入剤たとえばクレアコール(Clearcol)・ヴィニライト AY-AF・パーマウント(Permount)などが使われている。

標本の見方：標本はすでにここにでき上つた。1つの試料から大体5枚づつぐらいのプレパラート標本を作っておけば 数を計算する上にまずじゆうぶんといえよう。しかしプレパラートに入っている化石の状態によって その枚数は一定ではない。次にこれらを顕微鏡でみる段取りとなるが。顕微鏡では大体400倍から1500倍位のレンズを使つてみる。

顕微鏡は普通の生物用実用型のものでじゆうぶんで

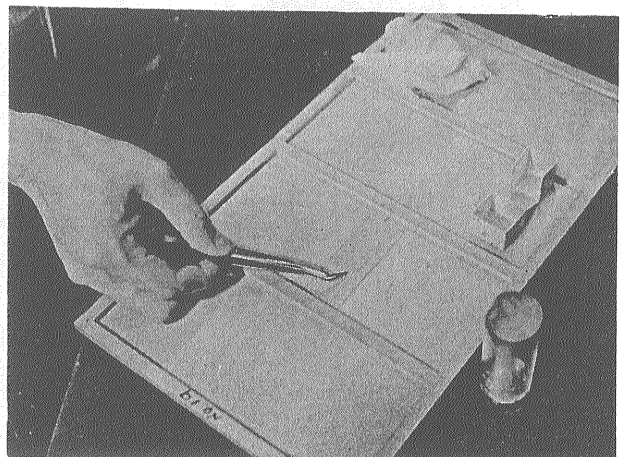
ある。しかし化石の属だけでなく 種についても鑑定し 記載しようということになると やはり高級・新型のものほど有効であることはいうまでもない。

私の研究室では ラボルクスⅢ型(Labolux・ライツ製)の顕微鏡を使っているが 花粉学において最近使用されているものはオートルクス(Ortholux・ライツ製)やフォトマイクロスコープ(Photomicroscope・ツァイス製)などで 現在における世界最高級のものである。

プレパラート中に含まれているものは 植物の残片や花粉・胞子 泥炭では珪藻などであり それらのうちから花粉と胞子化石だけの数を計算するのだが 全部の数を算え上げることは決して上策とはいえない。試料の中に含まれている花粉・胞子は 何千 何万あるかもしれぬし 貧弱な研究系統では それを数えるのに実に多くの日数を要して 結局は全体を見通しできなくなる。そこでいろいろ研究された結果 1試料中から200個を計算すれば まず大体そこに含まれている花粉群を表していえるということになっている。

こうしたことの裏付けには 花粉統計学(pollen statistics)とよばれる理論的研究があつて この一端については後に花粉鑑定に項について述べることにする。

標本の鑑定・分類・命名・記載：観察しながらその化石の名前を決め記録してゆくこと これは最も熟練を要することでもあるし 大切なことでもある。その前に私たちが気になるのは プレパラートのどの部分を見るかということであり 200個の化石を計算するうちに そのプレパラートの1部しか見ていなかったということもおこりうる。部分と全体これは単にこゝでは数学的にわり切れぬ技術的な問題も含んでいる。それである間隔をおいた線上にみえる化石を観察するというのも そのプレパラート中に含まれている化石群を正しく表わす一方法であるし 基盤目に切つたうちの一定部分をランダムに抽出し その部分をみることも一案



標本をプレパラートに封入する

である。化石の鑑定ということは誰しも苦手である。とくにこうした微小なものであり またあまり普段目にふれるものでもないといった化石については その基本的な見方をのみこむまでには相当の努力を要することは事実である。たとえば 野外で貝化石を拾ってきてその筋の専門家にみてもらったとする。化石の形が完全であればその人は立ちどころに「〇〇です」と鑑定してくれるだろう。貴方は感心するし またどういふ点で「〇〇」とわかったのかと興味をもつことだろう。その専門家の頭の中では すごい速さでその化石の特徴が大きな要素から小さな要素へとかび上ってくる。あたかも計算機で記憶値が出てくるように。そして化石を鑑定するのだが ここでこうした要素を抽出してうまくならべ カード化して索引できるようにしたらということが 私の頭の中にアイデアとして浮かんだ。花粉化石について誰でもある程度の知識をえれば カードによって大きい要素から小さい要素へとひいてその種名がわかるように ホールソートカードシステムを作った。その結果 こうした顕微鏡下でみた化石の鑑定が速くできるようになりつゝある。そのくわしいことについては 鑑定の項のあとでのべる。さて話は横道にそれてしまつたが 現在花粉・胞子化石については 3通りのあらわし方がある。

その1つは 自然分類 (Natural classification) といわれるもので 化石花粉を現生植物の花粉と比較の上でリンネ (Linnaeus) のいわゆる2命名法によって属種名をつけてゆくものである。

例. *Quercus prispsites* WILSON & WEBSTER

Quercus (コナラ属) は 現存している

prispsites は 花粉による化石種名

第2は 植物名を幹としてその語尾を変形させたり

花粉であるということを示す語をつけたりしたもので半自然分類 (Half natural classification) ともいえるだろう。

例. *Alni-pollenites verus* (POTONIE) 1931

Podocarpites kasakhstania ZAKLINSKAJIA 1957

Alnus (ハンノキ属) の花粉化石であることを示している 次は *Podocarpus* (カウヤマキ属) の花粉化石であることをしめしている

第3は 観察する際にみられる形態上の種々の特徴を分類し 形態別による科 (Form family) 属 (Form genus) 種 (Form species) を作ってそれにもとづいてすべての花粉・胞子化石を分類命名してしまう。

例. *Triporopollenites coryloides* PFLUG 1953

これは3つの花粉管孔をもつた花粉であり *corylus* の花粉にている

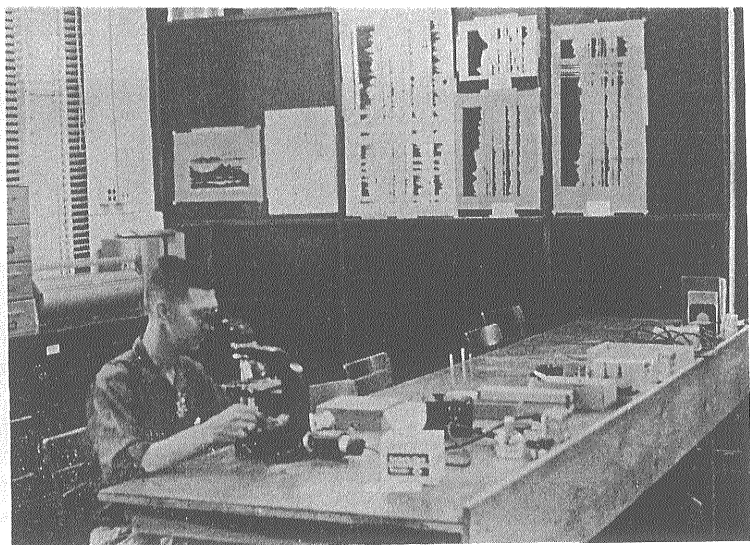
こうした3様の使い方のほかに 1930年代には 次のように表現もおこなわれていた

例. *Sporites dorogensis* R. POT. 1934

Pollenites spinosus R. POT. 1931

これらは Spore (胞子) であり Pollen (花粉) であることを示している

しかし この表現は現在ではほとんど使われていない。これらの表わし方のうち 3の形態のみによる分類はその植物名はわからないが 非常に便宜的である点と 第三紀中新世以前の化石で 直接現生植物花粉との比較ができにくくなるものに使用され とくに中生代や古生代の胞子化石は すべて形態による分類命名が行なわれているといつてもよい。1の植物名を主とする表現は 現生植物と関連性のこい時代 たとえば第三紀後半から第四紀にかけての地層中から見いだされる化石に使われているが その属名を決定するには 現生植物花粉との比較が重くみられ また国際植物命名規約にもとづく正式の表現としてうけ入れられている。では どういう分類・命名法がよいのだろうか。その立場立場で断定はできないが たとえば人間の集団を背の高低・顔かたちのちがいでわけるのが 3の分類で 姓名でわけるのが 1の分類である。3の場合 1人1人の名前をおぼえなくてもよいのだから その群別はすばやくできて便利である。1の場合は 1人1人氏名をきいてまわるが 同一姓名のものを集めるのは容易である。まずこう



花粉学研究室 (アリゾナ大学)

オーソラックス顕微鏡で観察している

いった差異があるので その目的によって使いわけをしているといってもよいだろう。

花粉・胞子の記録のやり方： ぜひのこしたいのこされなければならないといった化石の新種が出た場合 必ず写真かスケッチをとっておかねばならない。そしていろいろの文献を参考にして 結局新種であるとするならば 規定にしたがって記載公表することになる。前のべたホールソートカードシステムを使うと 顕微鏡をみながら立ちどころにそれが新種であるかどうかわかるようになってい。 第三紀および中生代の花粉・胞子化石の新種をみても 形態分類によるもの約1000種 自然分類によるもの数100種と考えられ 決して少ない数ではない。しかし 属単位まででそのくわしい記載がない場合 その論議が進展せず終っている場合が多い。やはり新種を確認の上整理する必要がある。

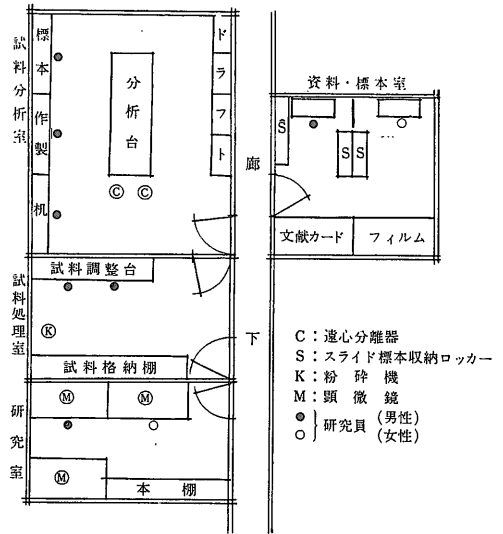
標本の整理・保存の仕方： プレパラートに封入された花粉標本は プレパラートごとに 採取地名・プレパラート番号などをつけて保管されるが 最近では試料の封入にさいして1種ごとの単一標本 (single preparation) を作ることがすすめられている。それは普通1枚のプレパラートの中にはたくさんの化石が入っているので その1つを再び捜すといつてもなかなか手間がある。それで模式種などを1枚のプレパラートに移すことが必要となり 顕微鏡下で小さい針先または棒先でこれを取り 他にうつすという なかなか細かい作業もいる。グリセリンゼリーで封入した場合 永年たつと収縮して空気が入る恐れがあるので カバーガラスの周囲をエナメル またはリゴラック (合成樹脂) のようなもので封入しておくとい。

4. 設備・材料の使い方 作り方

花粉分析にさいて使われる設備や 材料についてはこの講座の最終回においてくわしくおしらせしようと考えているが さしあたり実験をする手順などから必要なことを簡単に こゝで紹介しておこう。 世界における有名な花粉学研究所の写真や その内容と私が実際にみた米国西部の諸研究所の内容などを考えあわせてみると花粉学研究室は 基本的には次の4室に分かれると思う。

試料処理室	試料の整理・機械的処理
試料分析室	試料の化学的処理
研究室	化石の鑑定とその応用・基礎研究
資料標本室	花粉学についての文献および標本の整理保管

しかし こうした理想的な間取りはそうできるものではない。わが国では なかなかこうしたことは期待できないが しかし分析の手順上機器の配列は決まってく



米国のある会社の花粉研究室見取図

る。ちょうど写真の現像から引伸まで 暗室の中で行なうときに考えられる器具の配列の要領である。参考までにその1例をこゝに図示してみた。

分析するに際して使用する材料 つまり薬品その他はすべて市販でことがたりるし また高価なものもない。

たゞグリセリンゼリーおよびガムクロラールは 次にその作り方をかいておいたが 材料はできるだけ良質のものを使うのがよい。むしろ生物学の方面では よく使われるものであるから 専門家に良質のものを分けてもらった方がよいようである。

グリセリンゼリーの作り方

ゼラチン	7g	水	42cc
フェノール	1g	グリセリン	38cc

ゼラチンを水中につけて 約2時間おいておく するとゼラチンは水をすつてふくれる そこで他のものをまぜろ過する この時少々温度をそれに加えて ろ過できるようにしておく 器具はビーカー ろ過のフィルターには布を使う

ガムクロラールの作り方

蒸溜水	50cc	アラビアゴム	40g
グリセリン	20cc	抱水クロラール	50g

アラビアゴム末を乳鉢の中に入れ 固まらないようによくほごす 蒸溜水を少しづつ入れて固まりができたなら 乳鉢でよくこすりできないようにし 大体おねたら抱水クロラールを結晶のまゝ入れてさらによくまぜる すると内容は均一化する。さらにグリセリンを加えよくまぜ ネル布か脱脂綿かガーゼでろ過して使用する

研究作業の内容は以上のようなのだが さてかんじんの花粉・胞子化石を鑑定するには どうすればよいのか。次回からは その要領について説明することにしよう。

(筆者は 燃料部石炭課)