

# 화 분 분 석 (花 粉 分 析)

崔 基 龍

## 目 次

- 1. 序 論 ○ HF 法
- 2. 花粉分析의 意義 ○ 比重選別法
- 3. 花粉分析의 方法 3) 封入劑와 封入法
- 1) 野外調査와 試料採集 4) 檢鏡
- 2) 試料로부터의 花粉·胞子の 分離 5) 計算
- KOH 法
- 4. 맺음말 ○ 參考文獻
- Acetolysis 法

## 1. 서 론(序 論)

인류(人類)가 출현(出現)한 이후(以後) 현재(現在)까지의 약(約) 200萬年間, 그들이 남긴 인공유물(人工遺物)은 당시(當時)의 자연환경(自然環境)과 밀접한 관계(關係)속에서 만들어졌으리라 생각된다. 그러나 人工遺物을 중심(中心)으로 한 유적(遺蹟) 발굴(發掘)은 인간(人間)과 자연환경(自然環境)과의 상호관계(相互關係) 즉 그 배경(背景)이 된 자연환경(自然環境)의 변천관계(變遷關係)를 이해(理解)하기에는 정보(情報)의 부족함을 느낀다.

인류(人類) 출현(出現) 이후(以後)의 자연환경(自然環境) 변천(變遷)에 관(關)한 고생물학(古生物學), 인류학(人類學), 식물학(植物學), 토양학(土壤學), 지질학(地質學)등 수많은 연구분야(研究分野)로부터 해석(解析)이 시도(試圖)되고 있으나 고환경(古環境) 복원(復元), 특히 식생(植生)의 변천(變遷) 및 기후(氣候)의 변화(變化)를 밝히기 위해서는 화분분석(花粉分析)이라고 하는 유력(有力)한 방법(方法)이 있다.

한반도(韓半島)를 중심으로 한 화분분석(花粉分析)은 산기(山崎)(1940) 이래(以來) 단편적(斷片的)인 연구(研究)가 보고(報告)되고 있으나 (오지영 1971 : 홍순철 1978 : 조화룡 1979 : 강상중 1980 : 安田喜憲 등(等) 1980 : 김민준 등 1982 : 장정희 등 1982), 고고학적(考古學的) 퇴적물(堆積物)을 대상(對象)으로 한 연구(研究)는 극히 최근(最近)에야 이루어지고 있다.(박문숙 1986). 고고학적(考古學的) 발굴(發掘) 자료(資料)의 양(量)은 계속 증가 추세에 있으나, 인공유물(人工遺物)을 중심으로 한 당시(當時)의 문화적(文化的) 단편(斷片)을 연구(研究)하는데 그치고 있다. 이에 본보고서(本報告書)에서는 花粉分析의 기초적(基礎的)인 지식(知識)과 최근(最近)의 연구결과(研究結果)를 중심

으로 하여 구체적(具體的)인 花粉分析方法과 시료(試料)의 채집(採集), 분석방법(分析方法)을 소개하고자 한다.

## 2. 화분분석의 의의(花粉分析의 意義)

花粉(pollen)은 식물(植物)이 종족(種族)을 유지(維持)하기 위하여 가장 안전(安全)하고 확실(確實)하게 웅성핵(雄性核)을 난핵(卵核)까지 도달시키는 매체(媒體)로서 생산(生産)하는 것이며, 이 임무를 완수하기 위하여 육상식물(陸上植物)의 대부분(大部分)의 화분(花粉)은 동물(動物)에 의존하거나 바람에 의해 운반되어진다. 풍매화(風媒花)는 수분(受粉)의 확률(確率)이 낮기 때문에 대량(大量)의 화분(花粉)을 대기중(大氣中)에 방출(放出)하나, 그 대부분은 본래(本來)의 사명(使命)을 완수하지 못하고 지면(地面)에 떨어지고 만다. 이에 반하여 동물(動物)을 매체(媒體)로 하는 경우에는 수분(受粉)의 확률(確率)이 높은 편이지만, 그래도 어느 경우거나, 본래(本來)의 사명(使命)을 달성하는 花粉은 총생산량(總生産量)의 1%에 불과하다.

그렇다면 대기중(大氣中)에 방출(放出)되어 본래(本來)의 수분(受粉)이 되지 않은 99% 이상(以上)의 탈락화분(脫落花粉)은 어떻게 되는 것일까? 대다수(大多數)의 花粉은 친식물(親植物)(parent plant)의 주변(周邊)에 낙하(落下)하나 요행히도 바람에 실린 花粉은 몇km, 혹은 몇 십, 몇 백km를 계속 날아가서 최후(最後)에는 어디엔가 낙하(落下)하게 된다. 건조(乾燥)한 지면(地面)이나 공기(空氣)의 유통(流通)이 잘되는 곳에 떨어진 花粉은 토양미생물(土壤微生物)에 의해 분해(分解)되거나, 직사광(直射光)과 산소(酸素)에 의해 광화학적(光化學的)인 자기산화분해(自己酸化分解)를 일으켜 이들 花粉들은 분해되고 만다. 그러나 수중(水中) 혹은 습지(濕地)와 같은 산소(酸素)의 공급이 나쁜 지면(地面)에 낙하(落下)하거나, 유수(流水)에 의하여 전술(前述)한 곳과 같은 곳에 운반되어진 花粉은 그 내용물은 분해되어버리지만, 외막(外膜exine)만은 분해되지 않고 몇백만 년간이라도 퇴적물중(堆積物中)에 화석(化石)으로서 남게 된다. 화석으로 남는 花粉은 제2의 임무로서 인류(人類)에게 과거(過去)의 고환경(古環境)의 변화(變化)에 관한 귀중한 정보를 제공하여 주게 된다.

화분막(花粉膜)은 Fritzsche(1837)의 의해 내막(內膜intine)과 외막(外膜exine)의 2(層)으로 구성(構成)되어 있는 것이 알려져 왔다. (그림 1). 외막은 그후 다시 내층(內層)과 외층(外層)으로 세분(細分)되어졌으나 그 경계(境界)에 관해서는 아직 분류방법(分類方法)이 통일(統一)되어 있지 않다. 대별(大別)하여 2층(層)으로 나누어지는 화분막중(花粉幕中)에서 내막(內膜)은 cellulose, pectin, callose 등(等)으로 형성(形成)되어질 경우가 대부분으로 이들은 퇴적물(堆積物) 속에서 거의 분해(分解). 소실(消失)되어지고 외막(外膜)만 남게 된다. 외막(外膜)의 조성(組成)에 관하여 Zetzshe 등(等)(1931)은 현생(現生) 花粉과 포자(孢子)를 알칼리로 처리하여 세포질(細胞質)과 내막(內膜)을 용해(溶解)시켜 거둬 알칼리에 불용성(不溶性)인 물질(物質)에 강산(強酸)을 가(加)하여 가수분해(加水分解)시켜 알칼리에도 산(酸)에도 불용(不容)인 물질(物質)을 얻었다. 이 물질(物質)을 화분(花粉)의 경우는 pollenine, 포자(孢子)인 경우는 sporonine이라고 명명(命名)하였으나, 현재(現在)는 양자(兩者)를 구별(區別)하지 않고 sporopollenine이라고 부르고 있다. 그러나 5억년전의 암석중(岩石中)에서도 발견(發見)되는 花粉은 황산과 과산화수소의 혼합액, 40%의 크롬산, 오존에 의해 분해된다고 알려져 있다. 또한 열에도 비교적 약하여 고

열을 받은 퇴적물(堆積物) 속에서는 화석(化石)으로 남을 수가 없다.

花粉이 퇴적물(堆積物)속에 잔존(殘存)하기 위한 필요조건(必要條件)으로서는 저온(低溫) 다습(多濕)하며 산소(酸素)의 공급(供給)이 나쁜 곳으로(例: 호소성퇴적물(湖沼性堆積物)) 알려져 왔으나, 최근에는 온도조건(溫度條件)은 그렇게 중요하지 않으며, 아열대(亞熱帶)의 퇴적물(堆積物)에도 花粉이 포함되어 있는 것으로 알려져 있다.(Nakamura 1957 : Rossignol 1962). 전술(前述)한 바와 같이 花粉은 대량(大量)으로 생산(生産)되어지며, 튼튼한 외막(外膜)을 갖고 있고, 개개(個個)의 종(種)의 花粉에는 특징(特徵)이 있다는 점(花粉 표면(花粉表面)의 조직(組織), 형태(形態), 크기, 발아공(發芽孔)(구(溝)의 수, 위치(位置), 배열(配列)이 종마다 틀린다) 등이 花粉分析을 가능하게 한다.

이러한 특색(特色)을 가지는 花粉과 포자(孢子)를 포함(包含)하고 있는 퇴적물(堆積物)을 상층(上層)으로부터 하층(下層)으로, 순차적(順次的)으로 花粉과 포자(孢子)의 종류(種類)와 양(量)을 조사(調査)하면 그 결과(結果)는 여러 가지 방면(方面)으로 이용되어 진다. 기초적(基礎的)인 면으로서는 직물(織物)의 역사(歷史), 식생(植生)의 변천(變遷), 기후(氣候)의 변화(變化), 농경(農耕)의 기원(紀元) 등과 응용적(應用的)인 면으로서는 지층(地層)의 대비(對比), 석탄(石炭), 석유(石油)의 탐사법(探查法)에까지 발전(發展)하여 유전개발(油田開發)에 중요(重要)한 역할(役割)을 담당하고 있다.

이와같은 퇴적물(堆積物)을 분석(分析)하여 그 속의 花粉과 포자(孢子)를 조사하는 방법을 花粉分析(pollen analysis)이라고 한다. 花粉分析은 엄밀(嚴密)하게 말하면, 花粉分析과 포자분석(孢子分析)(spore analysis)으로 나눌 수가 있으나 통상 花粉과 동시(同時)에 포자(孢子)도 연구(研究)의 대상(對象)이 되고 있기 때문에 일괄(一括)하여 花粉·포자분석(孢子分析)을 花粉分析이라고 한다.

孢子分析이 시작된 이래(以來)(Lagerheim 1902) 花粉分析은 삼림변천(森林變遷 forest history)의 규명(糾明)을 주목적(主目的)으로 하였다. 즉, 인류(人類) 진화(進化)에 있어서 그 배경(背景)이 되었던 제4기(Quaternary)의 여러 시기(時期)의 삼림변천(森林變遷)에 초점을 맞추었다. 특히 Von Post(1944)에 의해 확립(確立)된 花粉帶(opollen zone)의 체계(體系)는 광범위(廣範圍)한 지역(地域)에 걸쳐 동시성(同時性)을 가지고, 일반적(一般的)으로는 기후(氣候) 변화(變化)에 밀접(密接)하게 관련(關聯)하고 있다. 이 사실은 고고학적(考古學的) 자료(資料)와 관련(關連)하여 구성(構成)되어지고 있는 퇴적물(堆積物)의 분석(分析)에 의해서 花粉分析에 근거(根據)한 시대구분(時代區分)과 고고학상(考古學上)의 편년(編年)의 구분(區分)에 이용(利用)되어질 수 있겠다. 최근에는 관목(灌木), 초본(草本)을 포함한 식생(植生)의 변천(變遷)(vegetation history)에 관해서도 보다 많은 연구(研究)가 이루어지게 되어 고고학자(考古學者)들에게도 큰 관심을 불러 일으키게 되었다. 이는 인간이 식물군(植物群)에 주는 영향(影響), 다시 말해서 식물재배(植物栽培), 삼림벌채(森林伐採) 등에 관한 대량(大量)의 자료(資料)를 제시하여 주기 때문이다.

### 3. 화분분석의 방법(花粉分析의 方法)

花粉分析을 하기 위해서는 세심한 주의를 기울여 야외조사(野外調査)와 시료채집(試料採集)을 실시하여야 한다. 제4기 갱신세(更新世) 전기(前期) 혹은 제3기 이전의 오래된 시대(時代)의 시료(試料)는 퇴적물(堆積物)이 장기간(長期間)에 걸쳐 압축(壓縮)되어져 단단하게 되어 석탄(石炭), 니암(泥岩), silt 암 등으로 되어져 있기 때문에 햄머나 동

력굴삭기(動力掘削機)를 사용(使用)하여 채집(採集)하여야 한다. 그러나 갱신세(更新世) 후기(後期)나 완신세(完新世)(Holocene)의 시료(試料)는 아직 퇴적물(堆積物)이 연하기 때문에 채집(採集)하기 쉽다. 채집장소(採集場所)는 유적(遺蹟)의 발굴(發掘) 현장(現場), 습원(濕原), 호수, 연못, 논, 각종(各種) 공사(工事)의 현장(現場), 바다 등이 되겠다.

시료(試料)의 채집(採集)은 가능(可能)하다면 노출단면(露出斷面)으로부터 채집하는 것이 이상적(理想的)이다. 그 이유(理由)는 시료(試料)가 상하교반(上下攪拌)될 위험이 있기 때문이다. 또 층서학적(層序學的) 변화(變化)와 시료(試料) 채집(採集)에 가장 좋은 지점(地點)을 직접 육안(肉眼)으로 볼 수 있기 때문이다. 특히 유적(遺蹟) 발굴지(發掘地)에서는 하나의 층으로부터 채집된 시료를 다른 층의 시료와 절대 섞이지 않게 주의하여 채집하여야 한다. 그러기 위해서는 토양단면(土壤斷面)에 수평(水平)으로 나이프를 넣어 항상 깨끗한 면으로부터 채집이 이루어져야 한다. 채집된 시료는 상하의 위치(位置), 깊이, 시료의 육안적(肉眼的) 조성(組成), 색(色), 채집년월일 등과 특기할 만한 사항을 기록하여 비닐주머니에 넣어 보관하면 된다. 노출단면이 없는 곳에서는 boring에 의한 core를 채집(採集)하는 이외(以外)에는 다른 방법(方法)이 없다. Boring은 일반적(一般的)으로 그 지형(地形)의 중앙부(中央部)가 가장 깊을 경우가 많으나, 한쪽으로 치우친 경우도 있기 때문에 2-3개소에서 boring을 하는 것이 이상적(理想的)이다. 시료(試料) 채집(採集) 장치는 여러 가지 type이 있으나, 그 대표적(代表的)인 것은 그림2와 같다. 시료의 채집은 표층(表層)으로부터 연속적(連續的)으로 채집(採集)하며, 시료(試料)의 양(量)은 퇴적물(堆積物)의 종류(種類)에 따라 달라질 수도 있으나, 통계적(統計的)으로 신뢰(信賴)될 수 있는 花粉을 유출하기 위하여 가능한 한 많은 양의 퇴적물(堆積物)을 채집(採集)하는 것이 좋다.

## 2) 시료(試料)로부터의 화분(花粉)·포자(孢子)의 분리법(分離法)

花粉分析의 준비(準備)에는 두 가지의 원칙(原則)이 있다. 첫째는 적절한 감독 하에서 실시할 것, 둘째는 分析에 사용(使用)할 화학약품(化學藥品)을 최대한의 주의를 기하여 사용하는 것이다. 이상적(理想的)인 실험실(實驗室)의 상태(狀態)는 공기정화장치(空氣淨化裝置)가 설치된 무균실험실(無菌實驗室)이다.(실험실내(實驗室內)에서 떠돌아 다니는 공중화분(空中花粉)과 포자(孢子)등이 시료(試料)와 섞이는 것을 방지할 수 있으며, 시료(試料)에 곰팡이가 피는 것을 막을 수 있다.) 또한 유해(有害)가스 환기장치(換氣裝置)와, 매분(每分)30000회전(回轉)의 속도가 가능하며 15ml, 50ml의 관을 교환할 수 있는 원심분리기(遠心分離機), 그리고 전기보온기(電氣保溫器 water bath)가 필요(必要)하다.

화분분석(花粉分析)에 들어가기 전에 시료중에 화분(花粉)·포자(孢子)를 포함하고 있을 공산이 큰 퇴적물(堆積物)을 알 수 있는 간단한 방법이 있다. 시료(試料) 채집(採集) 현장(現場)에서 퇴적물(堆積物)이 유기물(有機物)(갈색-흑갈색)을 포함하고 있을 때(육안(肉眼)으로 확인가능)는 우선 花粉·포자를 포함하고 있을 가능성이 높다. 육안(肉眼)으로 유기물(有機物)이 확인되지 않을 경우에는 시료(試料)의 일부(一部)를 연소(燃燒)시켜 유기물(有機物)이 타는 냄새로 확인하는 방법도 있다. 또한 시료의 일부를 10% KOH에 넣어 10분정도 항온수조기(恒溫水槽器)에 넣어 가열하거나 (약 80℃), 혹은 24시간 이상(以上) 침전시켜 상정액(上澄液)의 색이 옅을수록 花粉·포자의 함량이 적다고 판단하여 농축분리(濃縮分離)를 하지 않으면 안된다.

초기의 花粉分析에서는 소량(小量)의 이탄(泥炭)(peat)을 slide glass위에 놓고, 10% KOH를 1방울 떨어뜨려 이들을 섞으면서 알콜램프에 가온(加溫)만하여 cover glass를 덮어 검경(檢鏡)하였다. 이와같은 단순한 알카리 처리만으로도 비교적(比較的) 양호(良好)한 결과(結果)가 얻어지는 시료도 있으나, 최근(最近)에는 여러 가지 방법(方法)이 고찰(考察)되어 시료(試料)의 성질(性質)에 따라 2-3의 방법(方法)을 조합(組合)하여 분석(分析)하고 있다. 다음의 방법들은 가장 대표적(代表的)으로 널리 사용되어지고 있는 방법들이다.

#### ○ KOH法

Von Post의 시대(時代)부터 사용(使用)되어지고 있는 가장 간편한 방법으로 현재(現在)에도 널리 사용(使用)되어 지고 있다. 어떠한 시료(試料)의 처리(處理)에도 먼저 본(本) 방법을 사용하는 경우가 대부분이다. 광물질(鑛物質)을 포함하지 않는 순이탄(純泥炭)의 분석(分析)에 특히 자주 사용된다.

- ① 1-2cm의 시료(試料)를 10ml의 유리 원심관(遠心管)에 넣고 10% KOH 5ml를 섞는다. 항온수조기(恒溫水槽器)(약 80℃)속에서 10-20분간 가열한다. 가열하는 동안 유리 막대기로 잘 섞어준다.
- ② 0.5mm전후의 눈금을 가진 필터로 시료를 별도의 원심관에 옮긴다. 필터 위에 남은 시료는 증류수로 씻으며 원심관에 옮긴다.
- ③ 5분 전후 1500-200회전으로 원심분리(遠心分離)
- ④ 증류수로 원심분리 2-3회

#### ○ Acetolysis 法

Erdtman(1934)이 고안(考案)한 방법이다. 식물유체중(植物遺體中)의 cellulose를 가수분해(加水分解)하여 가장 효과적으로 제거시킬 수가 있어 현재 가장 널리 사용되어지고 있다.

- ① 상기(上記)의 KOH법중에서 ①-④처리(處理)를 완료(完了)한 시료(試料)에 탈수(脫水)를 위하여 빙작산(CH<sub>3</sub>COOH)을 3-4ml섞어 원심분리(遠心分離)
- ② 탈수(脫水)된 시료에 무수작산과 황산(黃酸) 9:1의 혼합액(混合液)을 넣는다. 항온수조기(恒溫水槽器)에서 5-10분간 가온(加溫)한 후 원심분리(遠心分離).
- ③ 침전물(沈澱物)에 빙작산을 5ml 넣은 후 원심분리
- ④ 증류수로 원심분리
- ⑤ 10% KOH를 넣고 증탕기에서 15초 정도 가온시킨 후 원심분리
- ⑥ 증류수로 2-3회 원심분리

#### ○ HF 法

Assarson 등(1924)에 의해 도입되었다. HF는 화석화분(化石花粉)·포자(孢子)의 외막에 손상을 주지 않고 게이산질(酸質)을 용해(溶解)하기 때문에 시료중 무기물이 포함되는 경우에는 KOH 처리 다음에 HF처리를 실시한다

- ① 폴리에틸렌의 원심관중(遠心管中)의 시료에 5ml의 48% HF를 넣고, 폴리에틸렌제의 막대기로 섞어준다.
- ② 항온수조기(恒溫水槽器) 속에서 무기물(無機物)이 충분히 용해(溶解)할 때까지 가

은 한다.

③ 증류수로 원심분리

④ 침전물(沈澱物)에 10% HCl을 넣어 가온(加溫)하여 콜로이드상의 게이산, 불소를 용해시켜 따뜻한 상태에서 원심분리

⑤ 침전물에 증류수를 넣어 원심분리(2-3회)

※ HF는 발(發)연(煙)하며 유독(有毒)하고, 피부(皮膚)에 닿으면 상처를 내고, 또 유리질을 침식시키기 때문에 반드시 고무장갑을 끼고 트랩 내에서 조작(操作)하여야 한다.

○ 비중선별법(比重選別法)

Knox(1942)가 CHBr<sub>3</sub>(비중 2.89)중액(重液)을 처음으로 미화석(微化石micro fossile)의 분리(分離)에 사용하였다. 이 방법은 시료에 유기물(有機物)이 적고, 점토(粘土)나 silt가 많을 때 HF 처리가 양이 많을 경우에 사용된다. 광물질(鑛物質)은 비중이 그 이상으로 유기물은 1.5-1.8이상이다. 이와같은 비중의 차를 이용하여 분리한다. 중액(重液)은 상기(上記)의 CHBr<sub>3</sub> 외에도 ZnCl<sub>2</sub>(1.96), SnCl<sub>2</sub>(1.97) 등이 있다. 구미(歐美)에서는 CHBr<sub>3</sub>가 사용되어지고 있으나, CHBr<sub>3</sub>의 가스는 유독성(有毒性)이며 고가(高價)이기에 수용성(水溶性)이며 값이 싼 ZnCl<sub>2</sub>가 주로 사용되고 있다. 여기에서는 ZnCl<sub>2</sub> 중액에 의한 방법을 소개한다.

① KOH처리가 끝난 침전물(沈澱物)에 비중(比重)을 1.6-1.8로 조정(調整)한 중액을 4-5ml 넣어 시험관을 mixer나 초음파(40KC/sec 30분이내)로 혼합(混合)시킨다.

② 침전층(沈澱層)과 상정액(上澄液)이 확실히 분리될 때까지 10분 이상(2시간 이내) 원심분리.

③ 증류수를 10ml넣은 15ml의 원심관에 표층(表層)에 떠 있는 물질(物質)만을 스포이드를 사용하여 옮긴후 원심분리

④ 침전물에 증류수를 섞어 원심분리

3) 봉입제(封入劑)와 봉입법(封入法)

① 封入劑

시료(試料)로부터 분리(分離)한 花粉·胞子를 포함한 침전물(沈澱物)은 고정하여 관찰(觀察), 측정(測定)하여야 하는데, 封入劑로서는 물, 무수(無水)글리세린, 글리세린 젤리, 발삼, 실리콘 오일 등이 사용된다. 유럽에서는 실리콘 오일이 주로 사용되며, 북미에서는 글리세린 젤리가 주로 사용되고 있다. 다음에 글리세린젤리법을 소개한다.

실리콘 오일과 함께 가장 널리 사용되어지고 있는 이 방법(方法)의 이점(利點)은 굴절률(屈折率)이 낮고(1.43), 분석(分析)된 침전물(沈澱物)을 바로 봉입(封入)할 수 있으며, 장시간에 걸쳐 반영구(半永久)프레파라트로서 이용 가능한 점이다. 결점(缺點)은 시간이 지남에 따라 화분(花粉)이 팽윤(膨潤)하게 되고, 수분이 증발함에 따라 콘트라스트가 없어지는 점이다. 글리세린 젤리를 만드는 방법은 다음과 같다.

젤라틴	150g	물	175ml
페놀	7g	글리세린	150ml

젤라틴이 물에 흡수되면 가열하여 녹인 후 거즈(혹은 필터)에 거른다. 이것에 글리세린과 페놀을 넣어 잘 섞어주면 된다.

## ② 封入法

slide glass위에 글리세린 젤리와 침전물(寢殿物)을 적당량 떨어뜨린 후, 잘 섞어 cover glass를 덮는다. 장기간 보조하고 싶을 때에는 cover glass 주위(周圍)를 발삼이나 매니큐어로 막아서 수분의 증발을 막아주는 방법도 있다.

花粉·胞子を 염색하여 관찰하는 방법도 있으나 필자는 특별히 염색할 필요를 느끼지 않기에 여기서는 생략한다.

## 4) 검경법(檢鏡法)

花粉·胞子の 크기는 5~200u이나 일반적(一般的)으로 30~50u의 크기가 대부분인 미세한 입자이기 때문에 광학현미경(光學顯微鏡)으로 관찰(觀察), 측정(測定)한다. 檢鏡은 장시간 연속(連續)해서 하기 때문에 현미경은 최상(最上)의 상태(狀態)로 조정(調整)해 놓아야 한다. 또한 접안(接眼)렌즈에는 micrometer를 넣어 두는 것이 좋다. 檢鏡은 보통 150-600에서 실시되나, 동정(同定)이 어려울 때에는 1,000 이상으로 관찰(觀察)할 경우도 있기 때문에 10의 유침(油浸)렌즈가 필요하다. 사진(寫眞) 장치(裝置)와 위상차(位相差) 장치도 준비하는 것이 좋다.

檢鏡을 할 때에는 프레파라트는 반드시 전면(全面)을 측정(測定)하지 않으면 안 된다. 왜냐하면 cover glass를 덮을 때 花粉·胞子が 불균등(不均等)하게 분포할 경우가 있기 때문이다. 측정의 방향은 종횡(縱橫) 어느쪽으로 실시하여도 좋으나 전시야(全視野)를 한번에 측정하는 것이 아니라 micrometer, mechanical stage의 눈금을 사용하여 일정한 방향으로 측정하는 것이 바람직하다(그림 3).

출현(出現)한 개체수(個體數)는 전용의 기록지(紀錄紙)에 기록하나 30-40개의 counter를 이용하여 세면 더욱 편리하다.

시료(試料) 1점당 몇 개의 花粉을 세어야만 시료중에 포함된 花粉·胞子の 조성(組成)을 올바르게 추정(推定)할 수 있을까? 물론 많이 세면 셀수록 좋으나 시료(試料)가 많으면 시간적(時間的)인 제약(制約)도 있기 때문에 식생(植生)의 조성을 추정(推定)하기 위한 최소한(最小限)의 수(數)를 아는 것이 중요하다. 일반적(一般的)으로 안정(安定)된 출현빈도(出現頻度)를 나타내는 최소수는 150-200개 이상으로 알려지고 있다. 그러나 최근에는 木本花粉(AP:arboreal pollen)을 300개 이상, 木本花粉+草木花粉(NAP:non-arboreal pollen)을 500개 이상으로 할 경우가 대부분이다.

## 5) 계산법(計算法)

측정(測定) 결과(結果)의 처리법(處理法)으로서는 정성적(定性的)인 %에 의한 상대치법(相對值法)과, 1cm<sup>2</sup>당 1년간에 몇 개의 花粉이 강하(降下)했을까를 산출(算出)하는 정량적(定量的)인 절대치법(絕對值法)이 있다. 여기에는 상대치법(相對值法)을 소개한다.

북유럽에서 시작된 花粉分析의 주목적(主目的)은 삼림(森林)의 변천(變遷)과 그 배경(背景)이 된 기후(氣候)의 변화(變化)를 추정(推定)하는 것이었다. 이것을 가장 잘 반영(反映)하는 것은 목본류(木本類)이기 때문에 초기(初期)에는 목본류(木本類)를 대상(對象)으로 하였다. 그래서 측정결과(測定結果) 표시(表示)도 목본류(木本類)의 화분수(花粉數)를 기본수(基本數)(BN:basic number)로 하여 각종류(各種類)의 출현빈도(出現頻

度)를 %로써 표시하는 방법이 채택되어 현재까지도 널리 사용되어지고 있다. 그러나 중부유럽에서는 *Corylus*가 대량으로 출현하는 시대가 있었기 때문에 이것을 총목본화분(總木本花粉)( $\Sigma AP$ )으로부터 뺀 것을 기본수로 하여 %로 나타내는 것이 일반적이었다. 花粉의 생산력(生産力), 산포력(散布力) 등이 식물(植物)의 종류(種類)에 따라 차이가 밝혀져 목본류(木本類)에서 특정(特定) 花粉을 가감(加減)한 계산법(計算法)이 발표(發表)되고 있다. 또한 초목(草木) 花粉의 중요성이 인정되어 기본수(基本數)를 목본+초본(木本+草木)으로 하는 등 여러 가지 방법이 있다.

例)  $BN = \Sigma AP$

$BN = \Sigma AP - (Alnus, 속(屬), Corylus 屬)$

$BN = \Sigma AP + \Sigma NAP$

$BN = \Sigma AP - (Pinus 屬 + Alnus 屬 + 1/4 Betula 屬)$

#### 4. 맺음말

처음 원고를 정리하기 시작했을 때는 한반도(韓半島) 내에서 보고(報告)된 花粉分析結果를 중심으로 식생(植生)의 변천(變遷)과 인간(人間)과의 상호관계(相互關係)를 밝히고자 하였다. 그러나 1940년대 이래 우리나라에서의 花粉分析에 관한 연구보고(研究報告)는 불과 10여편에 지나지 않았다. 북(北)유럽을 중심(中心)으로 한 유럽과 미국, 일본에서는 수백, 수천편의 연구가 보고(報告)되었으며, 현재(現在)도 활발한 연구가 이루어지고 있다. 그래서 결국은 본고(本稿)에서는 花粉分析의 방법론(方法論)의 소개에 그치고 말았다. 그러나 이번 기회를 통하여 花粉分析은 구체적으로 어떻게 한다는 것이 花粉分析에 관심(觀心)을 가진 분들에게 도움이 되었으면 한다. 그래서 유적(遺蹟) 발굴지(發掘地) 등을 중심으로 한 花粉分析 자료(資料)가 축적되어 이제는 구체적인 花粉分析 결과(結果)를 제시하며 논의(論議)가 이루어지기를 바라는 바이다.

끝으로 발표(發表)의 기회를 제공하여 주신 문화재관리국(文化財管理局)과 연구소(研究所)의 관계자들에게 감사하는 바이다.



## 참고문헌(參考文獻)

- Assarson, G. och E. Granlund, 1924. En metod för pollenanalys av nimerogena jordarter. Geol. for stockholm forhdl., 46:76.
- 조화룡. 1979. 한국동해안에서의 후빙기의 화분분석적연구, 동북지리, 33(1):23-35.(韓國東海岸における後氷期の花粉分析的研究, 東北地理)
- Erdtman, g. 1934. Über die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. Svensk Bot. Tidskr., 28:354-361.
- Fritzsche, C.J. 1837. Über den pollen Mem. sav. etrang. Acad St. Petersburg, 3:649-672.
- Faegi, K. and J. Iversen. 1964. textbook of Pollen Analysis. Muuksgaard. copenhagen.
- Erdtman, g. 1966. sporodem morphology and morphogenesis. Grana Palynol., 6:318-323.
- 홍순철. 1978. 군자면일대의 토탄(土炭)의 화분분석(花粉分析). 서울대 석사논문
- 장정희·김준민. 1982. 영랑호, 월함지 및 방어진의 제4기 이후의 식피의 변천, 식물학회지. 25(1):37-53.
- 강상준. 1980. 대암산 고층습원의 화분분석적연구(예보), 충북대학교논문집, 19:253-260
- 김준민, 오인혜. 1982. 김제지역의 제4기 식피기록에 대하여 박봉규박사회갑기념 논문집, 18-26.
- Knox, A.S. 1942. The use of bromoform in the separation of non-calcareous microfossils. Science, 95:307.
- Lagerheim, G. 1902. Metoder for pollenundersökning. Bot. Notis., 75-78.
- Nakamura, J. 1957. Pollenanalysis from two swamps of the Amami islands. Rep. Usa Marine biol. stat., 4(4):1-12.
- 오지영. 1971. 평택지구 토탄의 화분분석. 식물학회지 14:66-73.
- Post, L. v. 1944. The prospect for pollen analysis in the study of the earth's climatic history, New Phyt., 45:193-217.
- 박문숙. 1986. 한국후기 홍적세의 자연환경연구-수양개, 창내유적의 꽃가루분석을 중심으로- 충북대학교 대학원 석사논문.
- 安田喜憲・塚田松雄・金遵敏・李相泰・任良宰, 1980. 韓國における環境變遷史と農耕の起源, 1-19
- 山崎次男. 1940. 花粉分析による朝鮮南部の樹種變遷に関する考察. 日本林學會誌. 22(2):73-85.
- Zetzsche, f. und H. Vicari. 1931. Untersuchungen über die Membran der sporen und Pollen. II. III. Hely. Chim. Acta, 14:58-62, 62-67.

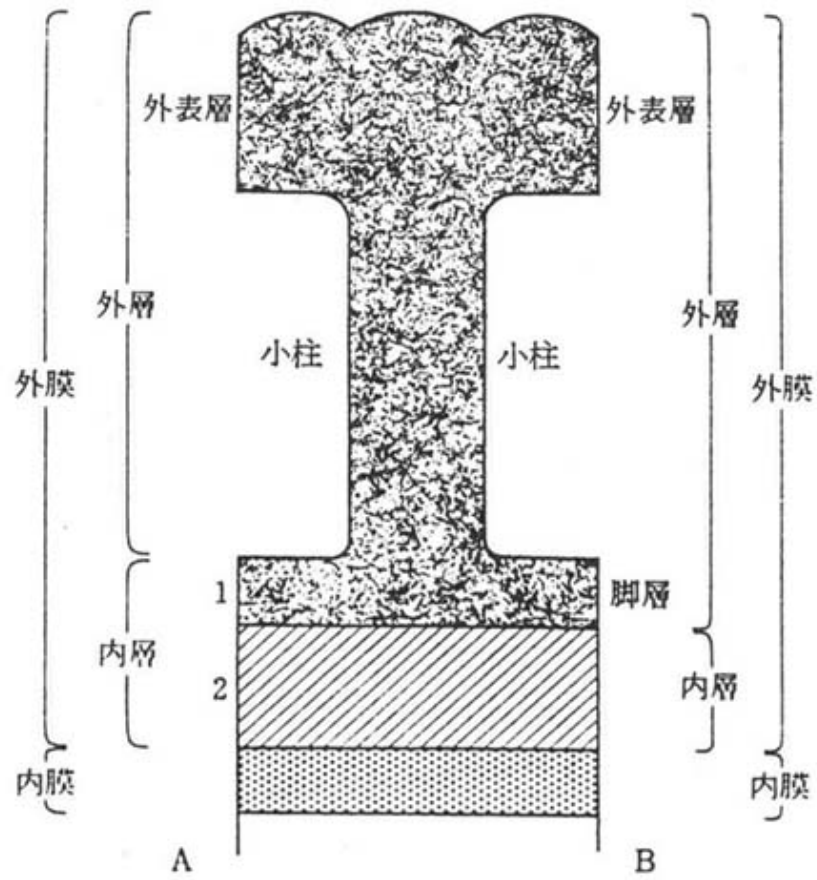


그림 1 花粉膜의 模式圖 A : Erdtman(1966)에 의한 分類 B : Faegri 等(1964)에 의한 分類.

그림 1 花粉막의 막식도(花粉膜의 膜 式圖) A : Erdtman(1966)에 의한 分類 B : faegri 等(1964)에 의한 分類

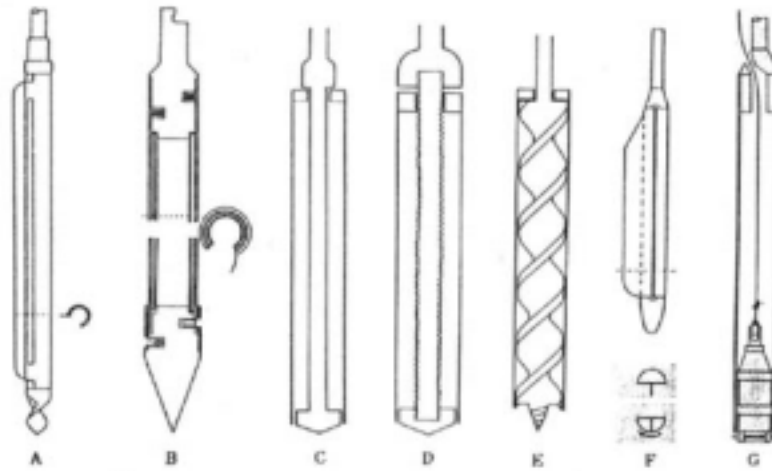


그림 2 여러가지 Type의 採集器

그림 2 여러 가지 Type의 채집기(여러 가지 Type의 採集器)

- A : 힐러 型 B : 토마스 型 C : 다그노프스티 型 D : 라이징거 型  
 E : 더글러스 型 F : 러시아 型 G : 리빙스톤 型

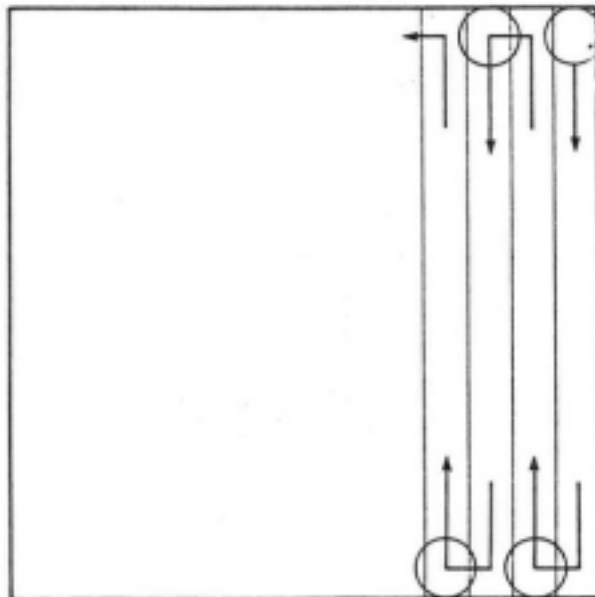


그림 3. 검경의 순서. 전시야(원형)와 읽을 수 있는 시야의 범위의 관계  
 檢鏡의 順序..全視野(原形)와 읽을 수 있는 視野의 範圍의 關係를 나타냄.)