

화분분석에 의한 한국 중서부 저지대의 4,000년전 이후 고환경

이상현* · 전희영** · 윤혜수***

*한국자원연구소 자연재해방제연구단, **한국자원연구소 지질연구부, ***충남대학교 지질학과

Paleoecological Aspect using Palynology since 4,000 Year B. P. in the Lowland of Western Central Korea

Sangheon Yi*, Hee-Young Chun** and Hyesu Yun***

*Center for Natural Hazard Prevention Research, Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Daejeon, Korea,

**Geology Division, Korea Institute of Geology, Mining and Materials, Daejeon, Korea,

***Dept. of Geology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea,

요 약

경기도 화성군 안녕리 지역의 충적층 시추 시료로부터 화분분석이 처음으로 수행되었다. 그 결과 2개의 화분대: 제 1 화분대(Pollen Zone I: *Alnus-Quercus-Pinus*)와 제 2 화분대(Pollen Zone II: *Pinus*)가 설정되었다. 제 1 화분대는 약 3,500 yr. B.P.~2,000 yr. B.P. 동안 침엽-낙엽 활엽수 혼합림(mixed coniferous and deciduous broadleaved vegetation), 제 2 화분대는 2,000 yr. B.P. 이후의 침엽-상록활엽수림(coniferous vegetation and evergreen broadleaved vegetation)으로 각각 특징지워진다. 제 1 화분대는 저지대 하호성(fluvio-lacustrine) 환경으로 호수가 형성되기 시작하는 시기이며, 제 2 화분대는 완전한 호수 혹은 저수지 환경이 형성된 시기이다.

화분 분석결과에 의하면 약 3,500 yr. B.P.부터 2,000 yr. B.P.까지는 식물의 서식분포는 주로 자연 환경조건에 지배를 받은 반면에, 2,000 yr. B.P. 이후는 소나무림으로 특징지워지면서 인간의 정착생활 시작으로 농경지 확대와 자연림 파괴가 시작되어 자연림에서 인공림으로 바뀌어진 것으로 해석된다. 결과적으로, 화분분석을 통하여 이 연구지역의 고환경과 인간간섭시기를 밝힐 수가 있었으며, 또한 담수조류의 분석으로 과거 존재했던 호수의 규모를 규명할 수가 있었다.

ABSTRACT

A palynological investigation of the Annyeong-ri, Hwasung-gun, Gyeonggi-do, in where Yung-Nung and Gun-Nung are located, was carried out for the first time. From the pollen analysis, two pollen zones are established: Pollen Zone I: *Alnus-Quercus-Pinus* and Pollen Zone II: *Pinus*. Pollen Zone I is characterized by Mixed coniferous and deciduous broadleaved vegetation during about 3,500 yr. B.P.-2,000 yr. B.P., while after 2,000 yr. B.P. Pollen Zone II appears to be Coniferous vegetation and Evergreen broadleaved vegetation. The former reflects there was a lowland fluvio-lacustrine environment before fully lacustrine one which represents the latter. Pollen analysis indicates the vegetation before 2,000 yr. B.P. was controlled by en-

vironmental factor such as climate conditions, whereas after that time vegetation was strongly effected by human's impact. It is concluded that pollen analysis is useful to find out the relationship between vegetation history and man's interference. In addition freshwater algae play to tell the lake environments.

서론

경기도 화성군 태안읍 안녕리에 위치한 사적 제 206호인 두 개의 陵: 健陵과 隆陵, 전방에 호수가 존재했었다고 전해져 오고 있다. 하지만, 현재는 그 지역을 매몰하여 농경지로 사용하고 있으며, 연구지역은 이들 사적지 남쪽에 위치하고 있다(Fig. 1). 따라서, 이들 능에 대한 역사성과 자연지리적 환경을 설명할 때 그 당시 호수의 존

재 여부와 규모를 재 규명하기 위해 이 연구를 수행하였다.

초본류와 목본류 식물들은 각각 그들이 서식하기에 적합한 환경을 가지고 있으며, 생활사를 통해서 계속적으로 포자, 화분을 생산한다. 모식물(mother plants)로부터 이탈된 포자, 화분은 종자형성을 위한 기능을 하지만, 그 기능을 다하지 못하고 지면에 낙하여 소실, 분해되는 것도 상당수에 이른다. 그러나 수중이나 습지와 같은 비교적 산소의 공급이 용이하지 못한 환경에 운반

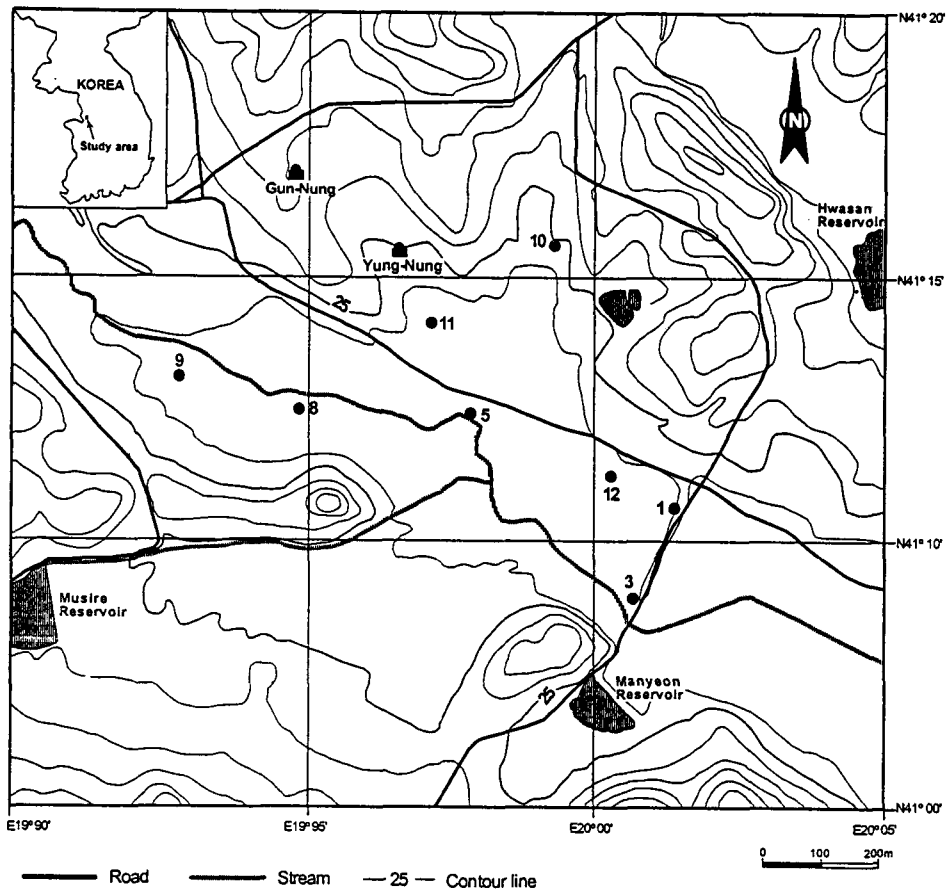


Fig. 1. Topographic and core location map for the Hwasung area.

퇴적되는 포자, 화분은 화석으로 남는다. 그러므로 화석화된 포자, 화분의 조성을 분석함으로써 지구상에 지질시대에 걸쳐 존재한 식물의 형태와 분포양상을 정확히 파악할 수 있다. 포자, 화분 미화석의 구성물질은 스포로폴레닌(sporopollenin)이라고 하는 유기질 복합체로 이루어져, 타구성물질(예: 석회질, 규질)로 이루어진 미화석들보다 보존되기에 용이한 장점을 가지고 있다(Traverse, 1988). 포자, 화분을 생산하는 모식물들은 육지에서 서식하므로 그 당시의 자연환경 조건, 기후조건 및 시대를 반영한다.

그 외, 연못이나 호수에서는 담수조류(fresh-water algae) 및 수서식물(aquatic plant)이 서식하는데 이들은 호수의 수심, 강으로부터 유입되는 물 흐름의 강약, 수온 및 영양염류 공급도와 같은 물리·화학적 요인에 따라 다양도(diversity) 및 산출도(abundance)에 영향을 받게 된다. 따라서 퇴적물에서 추출된 이들의 산출양상을 분석함으로써 호수나 연못의 규모뿐만 아니라 영양염상태를 알아낼 수가 있다.

1950년대부터 제4기의 퇴적층과 유적 발굴지의 문화층으로부터 포자, 화분연구가 활발히 이루어지고 있으며, 산출된 화석으로 자연환경 변화와 인간간섭, 즉 인간의 정착시기와 경작지 개발 등을 밝힘으로써 고환경을 복원하는데 이용되고 있다(최, 1992a, b; 윤, 1997; Troels-Smith, 1960; Dimbleby, 1963, 1985; Martin, 1963; Bryant & Holloway, 1983, 1996; Bryant & Hall, 1993; Hall, 1985; Tsukada, et al., 1986; McAndrews, 1988).

따라서, 이 연구의 목적은 첫째 화분의 산출과 빈도수를 이용하여 시대를 설정하고 고환경을 복원하는 것이며, 둘째 이들 미화석의 산출근거로 인간간섭의 시기와 정도를 규명하는 것이며, 셋째 담수조류와 수서식물의 산출근거를 이용하여 호수의 존재를 밝히는 것이다.

실험 및 분석 방법

한국 중서부(북위 37° 11' 49"~37° 12' 11", 동경 126° 59' 41"~127° 11' 17")지역의 충적지에서 시추한 총 14개의 시추공 중 8개의 시추공으로부터 55개 시료를 채취하여 화분분석을 하였다(Fig. 1). 시추는 기반암이 존재하는 깊이까지 이루어졌으며, 각각의 시추깊이는 대부분 10m 이하로써 시료채취는 깊이에 따른 암상변화 층위에서 이루어졌다(Fig. 2). 채취된 시료는 표준실험 방법(Fægri & Iversen, 1989)에 따라 30g의 시료를 500ml 플라스틱통에 넣은 후, KOH(15%)를 시료량의 2~3배 정도 넣고 water bath에서 60℃의 온도로 30분간 중탕하였다. 반응이 끝난 후 원심분리기를 이용하여 3회 이상 세척을 하였다. 세척한 시료는 ZnCl₂(비중 2.0)의 비중액을 이용하여 화분 및 담수조류 미화석을 추출·농축한 후 glycerine jelly를 이용하여 슬라이드를 2개 이상 제작하였다. 화분분류를 위해 총 110개의 슬라이드를 제작하여 광학현미경하에서 분석하였다.

화분분석은 각 시료 당 기준 개체수를 300으로 하여 화분이 300개체가 도달할 때까지 세었으며, 그 이상의 숫자에서는 관찰(scanning)만 하고 보존상태가 양호한 개체는 현미경 사진촬영을 하였다. 또한 화분과는 별도로 담수조류도 분석하였다. 이들 분석된 자료를 이용하여 각 시추공의 화분산출 스펙트럼을 작성하여 고환경을 해석하였다(부록 I-VIII 참고).

결 과

이 연구지역에서 산출된 포자, 화분 및 담수조류 미화석은 목본화분 14종, 초본화분 14종과 포자 4종, 그리고 담수조류 9종이다.

목본화분(Arboreal Pollen: AP)

Pinus(소나무屬), *Picea*(가문비나무屬), *Quercus*(참나무屬), *Pterocarya*(중국굴피나무屬), *Betula*(자작나무屬), *Corylus/Carpinus*(개암나무屬/서나무屬), *Castanea*(밤나무屬), *Ulmus/Zel-*

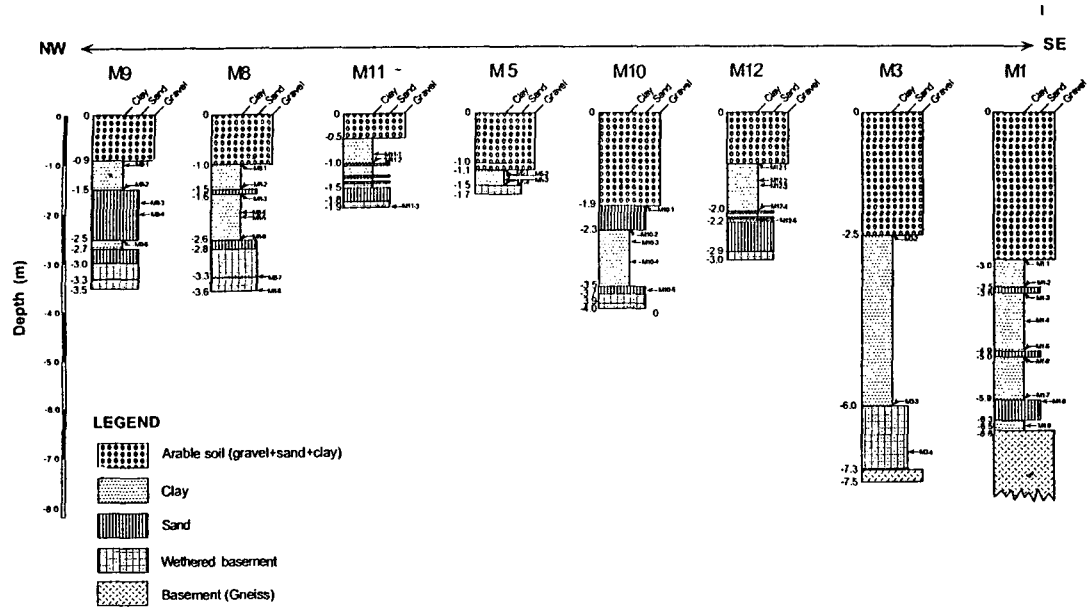


Fig. 2. Generalized lithologic columnar section with sample position of Cores in the Hwasung area.

kova(느릅나무屬 / 느티나무屬), *Alnus*(오리나무屬), *Salix*(버드나무屬), *Tilia*(피나무屬), *Juglans*(가래나무屬), *Larix/Pseudotsuga*(잎갈나무屬 / 미송屬), *Taxodium*(낙우송屬).

초본화분(Non-arboreal Pollen: NAP)

Graminae(벼과), Cyperaceae(사초과), Compositae(국화과), Chenopodiaceae(명아주과), *Artemisia*(쑥屬), *Persicaria*(여뀌屬), *Fagophyrum*(모밀屬), *Nuphar*, *Lusula*, *Plantago*(질경이屬), *Smilacipites*, *Valeriana*, *Geranium*, *Calystegia*.

포자(Monolete, Trilete Spores)

Polypodiaceae(고란초과), Lycopodiaceae(석송과), *Osmunda*(고비屬), *Deltoidospora*, *Tichomanes*, *Ceratopteris*(물고사리屬)

담수조류(Freshwater algae)

Zygnematacean Zygosporer: *Gelasinicysta vangeelii*, *Spirogyra*, *Lecaniella*, *Mougetia*

Chlorophytes: *Botryococcus*

Prasinophytes: *Micrystidium*, *Sigmopolis*, *Cynatiopsisphaera*

Unknown affinity freshwater algae: *Arcella*, *Chomotriletes*

1. 화분대(Pollen Zone)

이 연구지역에서 산출된 주요 화분의 출현율을 기준으로 2개 화분대(pollen zone)가 구분되었으며, 하부에서 상부로 화분대 I과 II로 각각 설정되었다(부록 I-VIII).

제 1 시추공(Core M1: 부록 I 참고)

제 1 화분대(Pollen Zone I): *Alnus-Quercus-Pinus* (깊이 6.27~5.0 m)

낙엽활엽수인 오리나무속은 이 화분대에 걸쳐 최우점을 차지하면서 제 2 화분대가 시작되는 하부에서 급격하게 감소하는 것이 특징적이다. 또한 두 번째의 우점종으로 나타난 초본화분의 비과는 화분대의 중간 깊이(5.85 m)서 증가를 하다가 상부에서 급격하게 감소한다. 쑥속 및 명아

주과들도 비교적 높은 산출도를 보인다. 고란초과의 포자는 화분대의 최하부에서 높은 산출도를 보이다가 상부로 갈수록 감소하며, 이 화분대의 경계부에서 다시 약간 증가하는 양상을 보인다. 개암나무속/서나무속과 느릅나무속/느티나무속들도 전 구간에 걸쳐 비교적 양호하게 나타난다.

또한, 이 화분대에서는 담수조류인 *Chomotriletes*, *Sigmopollis* spp., *Spirogyra* spp. 및 *Arceella* sp. A가 풍부하고 다양하게 산출된다. 특히 *Sigmopollis* spp.는 이 화분대의 상부에서 최대의 산출을 보이다가 제 2 화분대에서 산출양상이 급격히 떨어지는 것이 특징적이다.

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 4.9~3.0 m)

이 화분대에는 목본화분보다 초본화분에 속하는 종들이 더욱 높은 산출도와 다양도를 보이는 것이 특징적이다. 벼과 화분은 전 구간에 걸쳐 최우점으로 산출되는데 상부로 갈수록 산출도가 증가하는 것이 특징이며, 명아주과와 쭉쭉도 높은 산출도를 보인다. 제 1 화분대에 이어서 소나무속이 약간 더 높은 산출도를 보여주고 있으며 상부 구간으로 갈수록 증가하다가 감소하는 경향을 보이고 있다. 그 외 참나무속, 잎갈나무속/미송속 및 낙우송속도 비교적 양호한 산출도를 보여주고 있다. 고란초과도 역시 풍부한 산출과 상부로 갈수록 증가하는 양상을 보인다. 골풀과의 *Luzula*는 이 화분대에서만 산출되는 것이 특징적이다.

또한 담수조류 중 *Gelasinicysta vangeelii*는 하부 구간에서 높은 산출도를 보이다가 상부로 갈수록 감소하는 양상을 보여준다. *Micrystridium*과 *Cymatiosphaera*는 이 화분대에서만 산출되고, 반대로 *Simopollis* spp.는 산출도가 제 1 화분대보다 상당히 감소하는 것이 특징이다.

제 3 시추공(Core M3: 부록 II 참고)

제 2 화분대 (Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 7.0~2.5 m)

벼과 화분이 전 구간에 걸쳐 최우점으로 산출되며 상부로 갈수록 산출도가 증가하면서 2.5 m 깊이에서 최고의 산출도를 나타낸다. 침엽수인 소나무속과 가문비나무속 역시 전 구간에 걸쳐서 두 번째 우점으로 산출된다. 쭉쭉과 고란초과들도 전 구간에 걸쳐서 풍부하게 산출된다. 낙우송속과 사초과는 하부 구간에서 풍부하게 산출되다가 상부 구간으로 갈수록 산출빈도수가 감소한다. 이와는 반대로 명아주과는 하부 구간에서 상당히 낮은 산출도를 보여주나 상부 구간으로 가면서 풍부하게 산출되는 것이 특징이다.

담수조류는 최하부 깊이에서는 산출되지 않다가 상부로 갈수록 여러 종이 산출되는데, 그 중 *Micrystridium*, *Spirogyra* sp. A 및 *Chomotriletes* 등은 상부인 2.5 m 깊이에서 비교적 높게 산출되는 것이 특징이다.

제 5 시추공(Core M5: 부록 III 참고)

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 1.5~1.1 m)

이 화분대 역시 벼과와 침엽수에 속하는 기낭이 두 개인 소나무속이 전 구간을 통해 최우점으로 산출된다. 쭉쭉은 최하부깊이(1.5 m)에서는 낮은 산출을 나타냈지만 상부로 가면서 비교적 풍부하게 지속적으로 산출된다. 그 외에 낙우송속과 고란초과가 전 구간에 걸쳐서 낮은 산출도를 나타내는 것이 특징적이다.

담수조류는 전 구간에 걸쳐 다양도뿐만 아니라 산출도가 상당히 낮게 나타난다. 이 화분대에서는 *Spirogyra* spp.와 *Gelasinicysta vangeelii*가 특징적으로 산출된다.

제 8 시추공(Core M8: 부록 IV 참고)

제 1 화분대(Pollen Zone I): *Alnus-Quercus-Pinus* (깊이 3.6~2.1 m)

오리나무속 화분이 전체 구간에서 풍부하게 산출되는데 특히 하부 구간(3.3 m)에서는 최고의

우점으로 산출되다가 상부 구간으로 갈수록 산출도가 급격히 떨어진다. 또한 참나무속이 전체적으로 풍부하게 산출되는 것이 특징이다. 그 외에 벼과, 사초과 그리고 고란초과가 전 구간에 걸쳐 풍부한 산출을 보여주고 있으며, 앞의 두 화분은 상부 구간으로 갈수록 증가하는 반면에 세 번째의 고란초과 포자는 상부로 갈수록 약간 감소한다. 썩속도 비교적 전 구간에 풍부한 산출을 나타낸다.

담수조류는 *Gelasinicysta vangeelii*가 특히 상부 구간에서 풍부하게 산출되는 것이 특징적이며, *Spirogyra* spp., *Arcella* sp. A 및 *Chomotriletes* 등도 비교적 풍부하게 산출된다.

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 1.8~1.0 m)

벼과와 소나무속 화분이 제 1 화분대 하부보다 상당히 높은 산출도를 보여주고 있으며 전 구간에 걸쳐 우점으로 산출되는 것이 특징이다. 또한 사초과와 참나무속은 제 1 화분대와 변함없이 풍부하게 산출된다. 썩속 역시 제 2 화분대 하부 경계 깊이(1.8 m)에서 갑자기 높은 산출을 보이는 것이 특징적이다. 명아주과는 제 1 화분대보다 산출도가 비교적 높게 나타낸다. 이 화분대에서 오리나무속은 최하부 구간만 제외하고는 거의 산출되지 않는다.

이 화분대 역시 하부의 제 1 화분대와 같이 풍부하고 다양한 담수조류의 산출양상을 보여주고 있는데, 특히 *Spirogyra* sp. A는 대단히 높은 산출도를 나타내지만, 반면에 제 1 화분대에서 담수조류 중 우점종으로 나타났던 *Gelasinicysta vangeelii*는 이 화분대에서 산출도가 급격히 떨어지는 것이 특징적이다.

제 9 시추공(Core M9: 부록 V 참고)

제 1 화분대(Pollen Zone I): *Alnus-Quercus-Pinus* (깊이 2.5~1.7 m)

이 화분대에서는 오리나무속이 최고의 우점종

을 차지하고 있으며 상부로 갈수록 급격히 증가하는 것이 특징이다. 고란초과 역시 우점종 중의 하나로서 상부 구간으로 갈수록 급격히 증가한다.

그 외에 참나무속도 이 화분대의 최하부(2.5 m) 구간에서 비교적 풍부하게 산출되다가 감소하는 양상을 보여준다. 잎갈나무속/미송속은 전 구간에 걸쳐서 뚜렷한 산출도의 변화 없이 계속적으로 산출된다.

담수조류는 *Chomotriletes*, *Spirogyra* sp. A 그리고 *Simopollis* spp. 만이 산출된다.

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 1.5~1.0 m)

벼과와 침엽수인 소나무속 화분이 전 구간에 걸쳐 우점으로 산출되고 있으며, 제 1 화분대 하부보다 뚜렷하게 높은 산출도를 보이는 것이 특징이다. 반면에 오리나무속과 고란초과는 대단히 낮은 산출도를 나타내고 있다. 참나무속도 제 1 화분대보다 비교적 높은 산출도를 나타내는 것이 특징적이다. 사초과도 제 1 화분대 중 최 하부 구간(2.5 m)만 산출되던 것이 이 화분대에서는 전 구간에 걸쳐서 산출된다.

제 1 화분대에서 산출하지 않았던 담수조류 *Gelasinicysta vangeelii*와 *Arcella* sp. A가 전 구간에 걸쳐 산출되고 있으며, 반면에 *Chomotriletes*는 전혀 산출되지 않는다. 또한 *Spirogyra* spp.의 산출이 최상부 구간(1.0 m)에서 급격히 증가하는 것이 특징적이다.

제 10 시추공(Core M10): 부록 VI 참고)

제 1 화분대(Pollen Zone I): *Alnus-Quercus-Pinus* (깊이 4.0~3.0 m)

이 화분대의 특징은 오리나무속이 전 구간에 걸쳐서 최우점을 차지하면서 상부 구간으로 갈수록 급격히 증가하는 양상을 보인다. 그리고 고란초과 포자 역시 전 구간에서 높은 산출을 나타내는 것이 특징이다. 그러나 벼과는 다른 시추공들의 제 1 화분대와는 달리 비교적 낮은 산출도를

보여준다. 또한 쭈속, 참나무속 및 낙우송속 화분들은 전 구간에 걸쳐서 비교적 양호한 산출양상을 나타낸다. 그 외에 침엽수인 소나무속도 최하부 구간(4.0 m)에서 비교적 높은 산출을 보이다가 상부로 갈수록 급격히 감소한다.

담수조류 중 *Chomotriletes*가 풍부하게 산출되는 것이 특징이며, 이 외에 *Spirogyra* sp. A, *Arcella* sp. A, *Mougeotia* 및 *Micrystridium* 등이 적은 양이지만 전 구간에 걸쳐서 산출된다.

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 2.5~1.9 m)

벼과 화분이 전 구간에 걸쳐 최우점으로 산출되는데 상부로 갈수록 산출도가 서서히 감소한다. 이와 함께 명아주과도 높은 산출도를 나타내는데 최상부 구간(1.9 m)에서는 감소한다. 제 1 화분대에 이어서 소나무속이 비교적 양호한 산출도를 보여주고 있으며 상부 구간으로 갈수록 급격히 증가한다. 오리나무속은 이 화분대에서는 한 구간(2.5 m)에 극히 적은 양의 산출을 제외하고는 전혀 산출되지 않는 것이 특징이다. 참나무속과 낙우송속은 제 1 화분대와 마찬가지로 특별한 변화 없이 지속적으로 산출된다. 또한 명아주과와 국화과가 비교적 풍부하게 산출되는 것이 특징적이다. 그 외에 고란초과는 제 1 화분대보다는 낮은 산출도를 보이지만 전 구간에 걸쳐서 비교적 풍부하게 산출된다.

하부 화분대에서 비교적 풍부하게 산출되었던 *Chomotriletes*는 거의 산출이 되지 않는다. 하지만 *Gelasinicysta vangeelii*와 *Mougeotia*는 이 화분대의 특정구간(2.5 m)에서 비교적 높은 산출도를 보이는 것이 특징이다.

제 11 시추공(Core M11: 부록 VII 참고)

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 1.9~0.8 m)

벼과 화분이 전 구간에 걸쳐 최우점으로 산출되는 것이 특징이다. 그리고 침엽수에 속하는 소

나무속도 역시 우점종으로서 상부 구간으로 갈수록 서서히 증가한다. 또한 사초과와 쭈속 그리고 참나무속도 전 구간을 통해서 비교적 풍부하게 산출되고 있다. 그 외에 명아주과와 낙우송속도 양호한 산출도를 보여주고 있다. 고란초과도 역시 양호한 양상을 보이지만 상부로 갈수록 서서히 감소하는 양상을 보여주고 있다.

담수조류는 *Spirogyra* spp.가 전 구간에 걸쳐 나타나지만, 특히 상부구간(1.0~0.8 m)구간에서는 우점종으로 산출되는 것이 특징적이다. 그 외에 *Gelasinicysta vangeelii*는 최상부 구간(0.8 m)에서 비교적 양호하게 산출된다.

제 12 시추공(Core M12): 부록 VIII 참고)

제 1 화분대(Pollen Zone I): *Alnus-Quercus-Pinus* (깊이 2.2~2.0 m)

이 화분대의 특징은 오리나무속과 함께 고란초과가 전 구간을 걸쳐서 최우점으로 산출된다. 그리고 포자인 *Trichomanes*도 특정 구간(2.0 m)에서 풍부하게 산출되는 것이 특징적이다. 그 외에 쭈속, 참나무속, 낙우송속 그리고 침엽수인 소나무속도 전 구간에 걸쳐서 양호한 산출을 보이고 있다.

이 화분대에서는 담수조류 중 *Chomotriletes*가 풍부하게 산출되는 것이 특징이다.

제 2 화분대(Pollen Zone II): *Pinus* (깊이 1.6~0.8 m)

벼과의 산출도는 전 구간에 제일 높는데, 상부로 갈수록 서서히 감소하는 것이 특징이다. 명아주과와 국화과 역시 벼과와 비슷한 산출양상을 보이지만 최상부 구간(0.8 m)에서 급격히 떨어진다. 소나무속도 전 구간에 걸쳐 높은 산출도를 나타내면서 최상부 구간에서 급격히 증가하는 것이 특징을 보인다.

담수조류는 특정구간(1.6 m)에서만 여러 종 : *Gelasinicysta vangeelii*, *Mougeotia*, *Spirogyra* sp. A, *Arcella* sp. A, *Micrystridium*이 함께 비교적

양호하게 산출한다.

2. 담수조류 미화석군집(Freshwater Algae Assemblages)

전체 시료에서 담수조류 미화석은 포자, 화분 미화석에 비해 상대적으로 매우 적은 양(시료 당 10~140개체)으로 산출되었다. 이 조류화석들은 대체적으로 얇은 호수·작은 연못 혹은 물 흐름의 세기가 약한 곳에서 주로 서식하는 Zygnematacean Zygospore와 Prasinophytes, 녹색조류(Chlorophytes), 그리고 소속불명(unknown affinity)의 조류(예: *Chomotriletes*)들이다. 각 시추공에 대한 담수조류의 산출도는 포자, 화분 미화석의 산출도와 함께 부록(I~VIII)에 나타내었다.

식생변천

한반도에서는 6,000 yr. B.P.를 전·후로 동해안과 서해안지역 저지대의 화분 우점종이 다르게 화석으로 산출된다(최, 1997). 즉 서해안 저지대의 화분분석 결과에 의하면 약 10,000 yr. B.P. 이후 참나무속→오리나무속→소나무속의 산림 변천과정을 보이는 반면, 동해안 저지대에서는 참나무속→소나무속의 변천과정을 보인다(이명석 등, 1999) 이 연구의 화분분석결과는 서해안 저지대의 산림 변천과정에서 6,000 yr. B.P. 이후인 오리나무속→소나무속의 산림 변천과 잘 일치되어 나타난다.

각 화분대를 대표하는 화분과 이들 화분대의 산출도가 높은 포자, 화분을 고려하여 식생형을 결정하였으며, 침엽-낙엽활엽수 혼합림(mixed coniferous and deciduous broad-leaved vegetation)과 침엽-상록활엽수림(coniferous vegetation and Evergreen broad-leaved vegetation forest)으로 구분할 수 있다(Table 1).

침엽-낙엽활엽수 혼합림(제 1 화분대: Pollen Zone I)

이 시대동안의 식생은 목본식물로서 침엽수인 소나무속과 함께 오리나무속, 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속의 낙엽활엽수가 우점하는 침엽-낙엽활엽수 혼합림으로 저지의 산림지대였을 것으로 해석된다. 이들 목본식물 외에 낙우송속, 피나무속 등도 비교적 양호하게 산출된다. 이외에 초본식물로는 벼과, 쑥속 및 사초과들도 비교적 양호하게 산출되지만 목본식물보다는 전 구간을 통해 전체적으로 낮은 비율로 산출된다.

침엽-상록활엽수림(제 2 화분대: Pollen Zone II)

이 시대의 가장 큰 특징은 침엽수인 소나무속이 전 시대에 걸쳐 우점을 나타내고 있으며, 동시에 벼과, 사초과, 명아주과 및 국화과 같은 초본 화분의 높은 다양도와 풍부한 산출 및 고란초과의 포자의 급증이다. 또한, 침엽-낙엽활엽수 혼합림과는 다르게 오리나무속의 산출이 급격히 감소 혹은 거의 산출하지 않으며, 참나무속은 꾸준히

Table 1. Schematic diagram of pollen zone represented by dominant taxa and vegetation type in the Hwasung area

Pollen zones	dominant taxa	vegetation type
Pollen zone II <i>Pinus</i>	Graminae, <i>Artemisia</i> , <i>Pinus</i> , Cyperaceae, Chenopodiaceae, <i>Fagopyrum</i>	Coniferous vegetation and Evergreen broadleaved vegetation
Pollen zone I <i>Alnus-Quercus-Pinus</i>	<i>Alnus</i> , Gramineae, <i>Quercus</i> , <i>Tilia</i> , Polypodiaceae, Chenopodiaceae	Mixed coniferous and deciduous broadleaved vegetation

산출된다. 참나무속은 이 연구지가 식생분포를
 균계수준으로 보면 냉온대 중부지역(Yim &
 Kira, 1975)에 속하는 것으로 모식물(mother
 plant)은 신갈나무(*Quercus mongolica*)로 추정되
 며, 현재 이 지역의 식생을 살펴보면 대부분 참나
 무, 밤나무와 소나무 식물이 주로 농경지 부근의
 저지대 산림에서 서식한다.

토의 및 결론

시대

C¹⁴ 절대연대측정은 보편적으로 층적층의 퇴
 적물에 함유된 이탄(peat)을 추출, 농집하여 측
 정이 이루어진다. 하지만 이 연구지역의 층적층
 에서는 이탄과 같은 탄소성분을 많이 함유한 유
 기물(organic matter)이 존재하지 않기 때문에
 절대연대측정이 이루어질 수 없었다. 그러므로
 한반도 후기 빙하기 이후의 층적층에서 화분분석
 과 절대연대측정을 병행하여 수행되었던 기존의
 자료들과 대비를 통해서 상대적인 연대측정이 이
 루어졌다.

하부 구간인 제 1 화분대(Pollen Zone I)의

화분조성(pollen assemblage)은 주로 참나무속,
 오리나무속 그리고 소나무속으로 특징 지워진다.
 이들 우점 화분들은 Jo(1979)에 의해 설정된 IIb
Pinus-Quercus 화분대, 박(1990)의 Zone I
Quercus-Alnus 화분대, 최(1992a)가 설정한 IS-1
Pinus-Quercus 화분대 및 Yi, 등 (1996)의 Pollen
 Zone I *Quercus-Pinus* 화분대의 주 화분조성과
 잘 대비된다. 상기 화분대들의 절대연령측정에
 의한 지질연대는 3,500~2,000 yr. B.P.이다. 따
 라서, 제 1 화분대는 3,500~2,000 yr. B.P.동안
 에 이루어진 것으로 해석할 수 있다(Fig. 3).

상부 구간인 제 2 화분대의 화분조성은 주로
 소나무속과 벼과로 특징된다. 이들 우점종들은
 Jo(1979)의 IIc Upper *Pinus* 화분대, 박(1990)의
 Zone II *Pinus*, 그리고 최(1992a)의 IS-II *Pinus*
 화분대의 화분조성과 잘 대비가 된다. 이들 화분
 대는 시대적으로 2,000 yr. B.P.-Present를 나타
 내는 것으로, 이 화분대의 시대는 2,000년 이후에
 이루어진 것으로 판단된다(Fig. 3).

Radiocarbon age (yr. B.P.)	Ilsan (Choi, 1993)	East Coast (Jo, 1979)	Chollipo (Park, 1990)	Iksan (Choi, 1992a)	Southern Asan Bay (Yi, et al., 1996)	Hwasung (This study)	Vegetation
Present							
1,000		IIc Upper <i>Pinus</i>	Zone II <i>Pinus</i>	IS-III <i>Pinus</i>	Pollen Zone II <i>Pinus</i>	Pollen Zone II <i>Pinus</i>	Coniferous vegetation & Evergreen broad-leaved vegetation
2,000				IS-II <i>Ulmus + Zelkova</i>			
3,000	IS-4 <i>Alnus-Pinus</i>	IIb <i>Pinus-Quercus</i>	Zone I <i>Quercus Alnus</i>	IS-I <i>Pinus-Quercus</i>	Pollen Zone I <i>Quercus-Pinus</i>	Pollen Zone I <i>Alnus-Quercus-Pinus</i>	Mixed Coniferous & deciduous broad-leaved vegetation
4,000							
5,000	IS-3 <i>Alnus-Quercus-Pinus</i>						
6,000	IS-2 <i>Alnus-Quercus</i>						Deciduous broad-leaved vegetation

Fig. 3. Correlation diagram of pollen zones established by several authors since 6,000 years B. P. in Korea.

고기후 및 인간 간섭

제 1 화분대(약 3,500~2,000 yr. B.P.)는 호흡성인 오리나무속과 낙우송속 등이 우점으로 산출되며, 이 외에 낙엽활엽수인 참나무속, 피나무속 같은 목본화분이 풍부 혹은 양호하게 산출된다. 이와 반대로, 초본화분의 출현율은 빈약한 상태이다(Fig. 4). 이들 화분들의 산출상태로 보아 토양의 과습(過濕)한 조건이 오래 지속되었음을 알 수 있으며, 이 시대에 낙엽성 활엽수들이 서식하기에 좋은 기후인 온대의 습한 기후조건이었을 것으로 해석된다.

제 2 화분대(약 2,000 yr. B.P.)는 소나무림 시대로 인간간섭시기를 잘 보여주는 시기이다. 전 화분대와는 달리 목본화분인 오리나무속과 낙우송속의 급감과 함께 소나무속이 전 구간을 걸쳐 우점으로 산출되며 이와 함께 사초과, 쭉쭉, 벼과, 모밀속 및 명아주과 같은 초본식물들의 산출이 급증하는 것이 특징적이다(Fig. 4). 즉 낙엽성 활엽수림이 좁아지며, 소나무속을 우점으로 하는 침엽수림의 분포역이 점차 확대되는 시기이다. 따라서, 이러한 산출 경향은 기후의 변화가 일어났음을 시사하거나 혹은 인간의 간섭으로 인한 자연림 파괴의 결과로 2차림(인공림)이 형성

되었음을 나타낼 수 있다. 소나무과가 우점으로 산출되는 것과 함께 경작물로 이용되는 벼과, 사초과, 쭉쭉, 메밀속 및 명아주과 같은 초본식물의 높은 산출은 기후 변화에 의한 식생의 변화보다는 인위적인 요인에 의한 것으로 해석된다. 즉 인간이 정착하면서 멧감으로서 낙엽활엽수를 주로 사용함에 따라 상대적으로 침엽수인 소나무가 서식의 영역을 확대하고, 또한 농경생활의 시작으로 농경지 확대를 위한 자연림의 벌채를 생각할 수 있다. 이 시대는 지표면에 매우 근접한 층위이며 현재 농경지로 사용되고 있음을 고려할 때 인위적인 요인에 의해 성립된 식생을 반영한 시대라고 판단된다.

고호수 규모

제 1 화분대는 오리나무속과 낙우송속이 우점으로 산출되는데, 이들은 호흡성의 식물로 하성주위의 저지대 일대에 널리 서식하였던 것으로 판단된다. 또한 담수조류인 *Sigmopolis*와 *Zygospora*에 속하는 *Gelasinicysta vangeelii*와 *Spirogyra*등이 산출된다. 이들 조류들은 소택지 혹은 물의 흐름이 아주 약한 곳에서 서식하는 것으로 알려져 있다(van Geel, 1976, 1978). 반대로 초본화분의 산출율은 극히 낮은 것으로 나타났다.

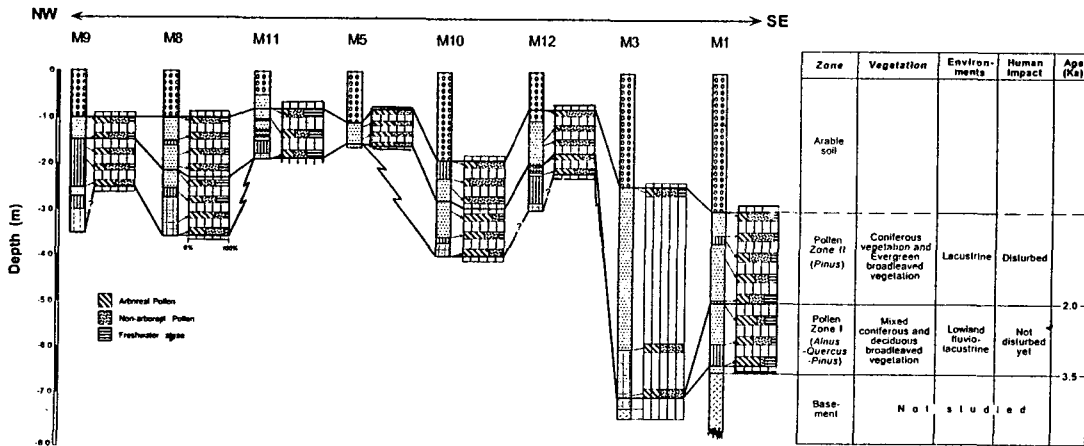
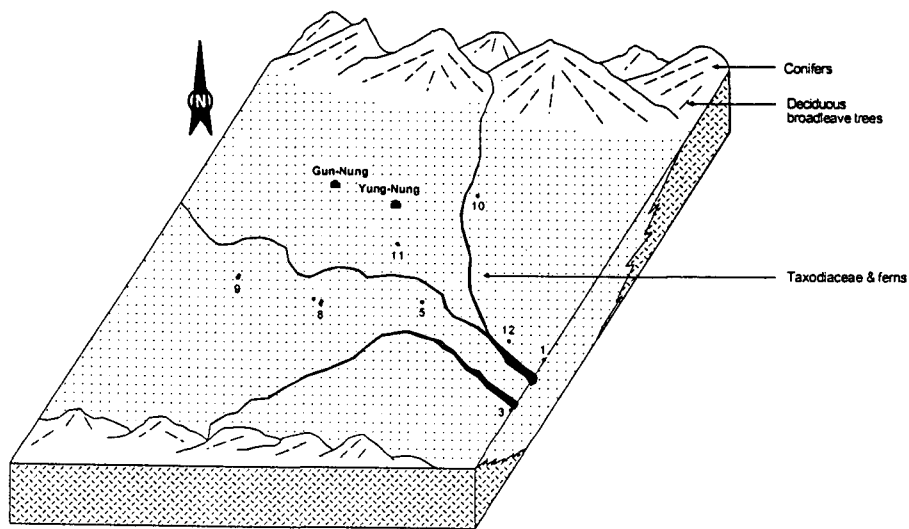


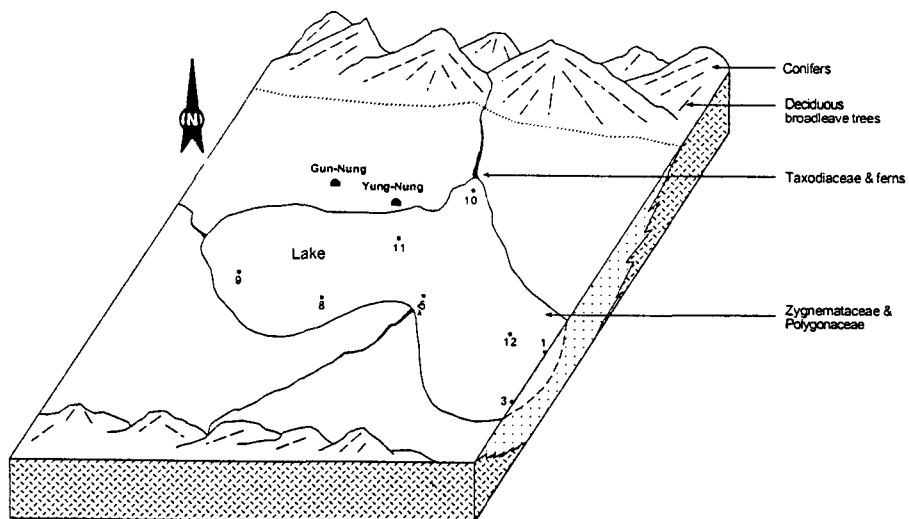
Fig. 4. Integrated pollen zone correlation between cores (see Fig. 2 for lithologic reference).

그리고 퇴적물은 주로 사질로 구성되었다. 따라서 미화석의 산출양상과 퇴적물의 구성상태로 보아 호수가 형성되기 시작하는 단계인 하호성 (fluvio-lacustrine) 환경인 것으로 해석된다 (Figs. 4 & 5a)

제 2 화분대 (Pollen Zone II)에서는 낙엽성 활엽수 산출의 급감과 소나무속과 초본류 화분, 특히 벼과가 우점으로 산출한다. 초본류 중 벼과의 증가는 재배종 벼과식물로 해석할 수 있겠으나 최상부 층위를 제외한 나머지 층위의 벼과식



A. about 4,000-2,000 yr. B.P.



B. Since 2,000 yr. B.P.

Fig. 5. Paleoenvironmental reconstruction of the Hwasung area based on spores and pollen. Numerical numbers are Core's location.

물은 습지식물 혹은 물가에서 서식하는 갈대식물의 화분일 가능성도 있다. 즉, 이들은 매립되기 전 호숫가에서 주로 서식했던 것으로 해석된다. 그리고 비교적 수분이 풍부한 곳에 발달하는 개암나무속의 화분도 연속적으로 출현하므로 호수 혹은 저수지 주변의 수분이 풍부한 환경을 나타내는 것이라 추정할 수 있다. 또한 사초과, 벼과, 여뀌과, 물고사리속 등의 수생식물 혹은 고관초과, 낙우송속의 습지식물들이 제 1 화분대에서부터 제 2 화분대에까지 산출되는 것으로 보아 호수 혹은 저수지가 형성될 당시부터 습지 혹은 소택지 지역이었던 것으로 해석한다.

그리고 Zygosporae와 Chlorophytes에 속하는 현생담수조류들은 주로 얕은 호수 혹은 연못 같은 물의 흐름의 세기가 아주 약한 곳에서만 생활을 하는 것으로 알려져 있다(van Geel, 1976, 1978). 이 화분대는 앞에서 열거한 담수조류들이 전 화분대보다 다양하고 산출도 역시 높은 것으로 보아 호수 혹은 저수지 환경이었던 것으로 해석된다.

연구지역 서쪽 끝에 위치하고 있는 시추공 M9 중 하부 층위에는 두꺼운 사질층으로 구성되었으며, 이 층위에서는 초본화분보다 목본화분이 더 많이 산출된다. 또한 이 층위에선 다른 시추공들의 비슷한 층위에 비해 담수조류인 Zygosporae의 산출이 대단히 빈약하다(Fig. 4). 이러한 사실은 그 지역이 퇴적물이 유입되는 상대적으로 물의 흐름이 빠른 호수 혹은 저수지의 입구일 것으로 판단된다. 그리고 시추공 M5는 비교적 얕은 퇴적층을 이루고 있는데(Figs. 2 & 4), 시추공의 전 구간에 걸쳐서 산출되는 화분은 수생 혹은 습지식물의 초본화분인 벼과가 우점으로 산출되고 있다(참고: 부록 3). 반대로 얕은 곳의 조용한 환경에서 서식하는 담수조류의 산출은 극히 빈약하다. 따라서, 이 시추공의 위치는 호수의 가장자리 일부로서 항상 물에 잠긴 곳이 아닌, 때때로 지면으로 노출되는 불안정한 지역임을 반영한다고 할 수 있다.

연구지역 동쪽에 위치한 시추공 M1과 M3는

주로 점토층으로 구성되었으며(Fig. 2), 이들 층위에서 산출되는 화분은 주로 수생하는 초본화분들과 담수조류들이 풍부하게 산출된다(Fig. 4). 이것은 호수의 물의 흐름이 약한 곳임을 반영하는 것으로 아마도 호수 혹은 저수지의 말단부분(distal area)을 나타내는 것이라고 해석한다. 따라서 과거 호수가 존재할 당시 고수로 방향(palaeostream direction)은 북서쪽에서 물과 퇴적물이 호수로 유입되었을 것으로 해석한다. 그리고 제 2 화분대는 과거 호수환경에서 퇴적작용이 이루어졌다고 해석한다(Fig. 5b). 결과적으로 제 2 화분대는 그 당시 호수의 규모를 알려주는 기본 정보가 될 수 있다.

감사의 글

실내실험을 도와준 서성호, 조홍범(충남대학교 지질학과 대학원)께 감사한다.

참고문헌

- 박인근, 1990. 천리포 수목원의 이탄의 화분분석. 한국생태학회지, 13(4), p. 311-320.
- 윤순옥, 1997. 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리 복원. 대한지리학회지, 32 (1), p. 15-30.
- 최기룡, 1992a. 익산군 미륵사지의 퇴적층에 대한 화분분석적 연구. 한국생태학회지, 15 (1), p. 59-65.
- 최기룡, 1992b. 꽃가루 분석- 일산 새도시 개발지역 학술조사보고 1, p. 145-154, 한국선사문화연구소, 경기도.
- 최기룡, 1997. 한반도 후빙기의 식생변천사. 자연보존, No. 100, p. 28-33.
- Bryant, V. M., Jr. & Holloway, R. G. 1983. The role of palynology in archaeology; in: Schiffer, M. (ed.), *Advances in archaeological method and theory*, 6; Academic Press, New York, p. 191-224.

- Bryant, V. M., Jr. & Holloway, R. G. 1996. Chapter 23A. Archaeological palynology; in: Jansonius, J. & McGregor, D. C. (ed.), *Palynology: principles and applications*; American Association of Stratigraphic and Palynologists Foundation, 3, p. 913-917.
- Bryant, V. M., Jr. & Hall, S. A. 1993. Archaeological palynology in the United States: a critique; *American Antiquity*, 58, p. 416-421.
- Dimbleby, G. W. 1963. Pollen analysis of a mesolithic site at Addington, Kent. *Grana Palynologica*, 4, p. 140-148.
- Dimbleby, G. W. 1985. *The palynology of archaeological sites*; Academic Press, New York, 176 p.
- Fægri, K. & Iversen, K. 1989. *Textbook of Pollen Analysis* (4th ed.). John Wiley & Sons, Chichester.
- Hall, S. A. 1985. Bibliography of Quaternary palynology in Arizona, Colorado, New Mexico and Utah; in: Bryant, V. M., Jr. & Holloway, R. G. (ed.), *Pollen records of Late-Quaternary North American sediments*; American Association of Stratigraphic and Palynologists Foundation, p. 407-423.
- Jo, W. 1979. Palynological studies on post-glacial age in eastern coastal region, Korea Peninsula. *Annals of the Tohoku Geographical Association*, 31(1), p. 23-35 (in Japanese).
- Martin, P. S. 1963. The last 10,000 years: a fossil pollen record of the American Southwest; University of Arizona Press, Tucson, 87 p.
- McAndrews, J. 1988. Human disturbance of North American forests and grasslands: the fossil pollen record; in: Huntley, B. & Webb, T., III (ed.), *Vegetational history*; Kluwer Academic Publishers, Toronto, p. 673-697.
- Troels-Smith, J. 1960. The Muldbjerg dwelling place: an early Neolithic archeological site in the Aamosen bog, West Zealand, Denmark. *Smithsonian Report for 1959*, p. 577-601.
- Traverse, A. 1988. *Paleopalynology*, Unwin Hyman, 600 p.
- Tsukada, M., Sugita, S. & Tsukada, Y. 1986. Oldest primitive agriculture and vegetational environments in Japan. *Nature*, 322, p. 632-634.
- van Geel, B. 1976. Fossil spores of Zygnemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 22, p. 337-344.
- van Geel, B. 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, p. 1-120.
- Yi, M., Kim, J-M., Kim, J-W. & Oh, J-H. 1996. Holocene pollen records of vegetation history and inferred climatic changes in a western coastal region of Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 12, p. 105-114.
- Yim, Y-J. & Kira, T. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. *Japanese Journal of Ecology*, 25 (2), p. 77-88.

(Accepted : November 18, 1999)

PLATE I

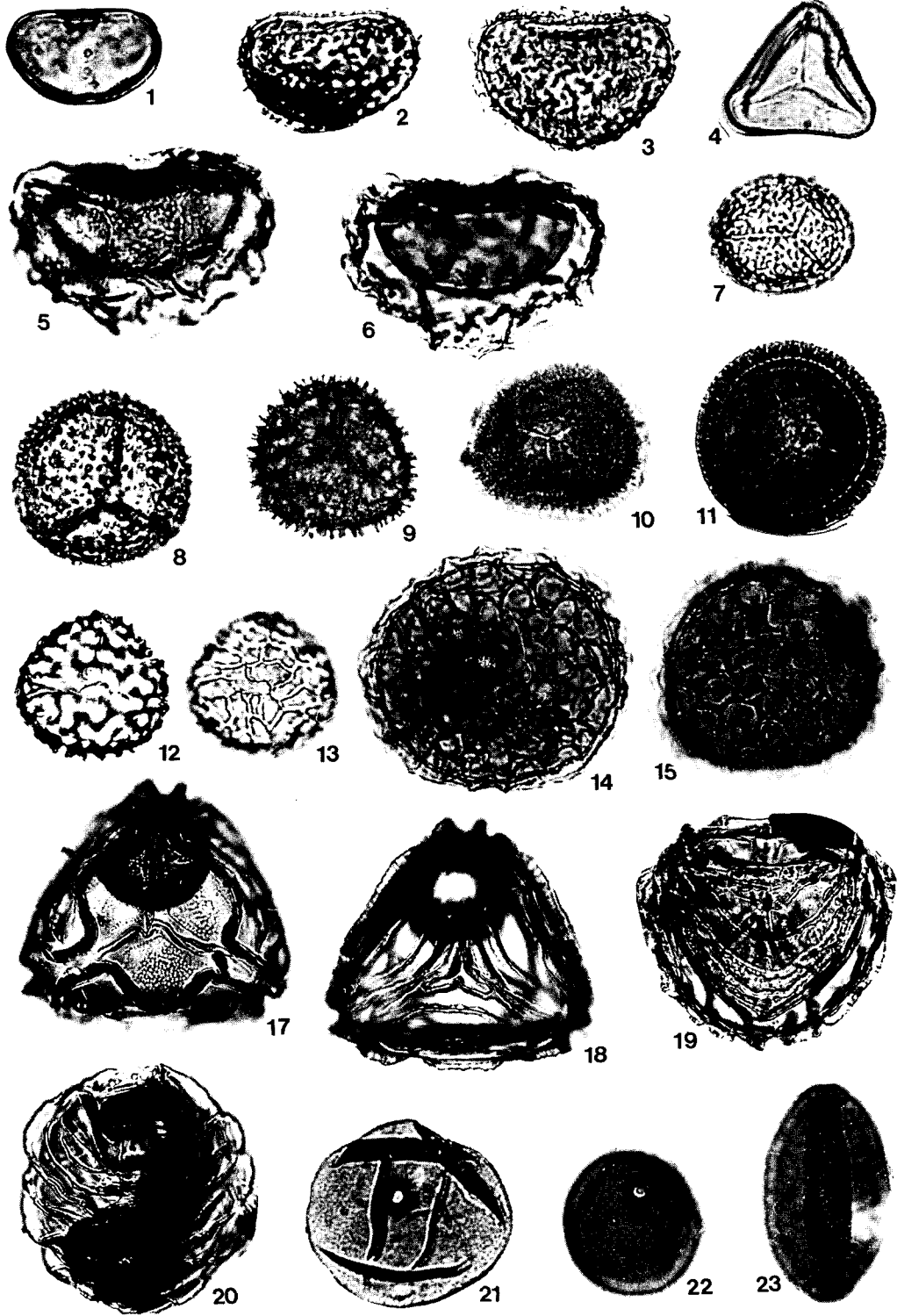


PLATE I

(All photographs are $\times 800$ unless otherwise stated. Specimens are identified by Core-slide number and "England Finder" references).

Spores (Figs. 1~20)

- Fig. 1.** Polypodiaceae, Core M8-6, V35 /2
Fig. 2. Polypodiaceae, Core M8-8, J9 /1+2
Fig. 3. Polypodiaceae, Core M8-6, O46 /4
Fig. 4. *Deltoidospora*, Core M1-13, F33 /3+4
Fig. 5~6. Polypodiaceae, Core M8-6, L45 /2+4
Fig. 7. *Osumunda*, Core M9-4, V44 /2
Fig. 8. *Trichomanes*, Core M8-6, N19 /1+3
Fig. 9. *Trichomanes*, Core M1-9, K20 /2+4
Fig. 10. *Piluria*, Core M14-1, P28 /1+3
Fig. 11. *Piluria*, Core M8-1, U21 /4
Fig. 12~13. *Lycopodium*, Core M9-4, D31 /1
Fig. 14. *Lycopodium/Riccia*, Core M8-2, K11 /1+3
Fig. 15. *Lycopodium/Riccia*, Core M1-6, V47 /1+2
Fig. 17~18. *Ceratopteris*, Core M10-2, C40 /4 ($\times 560$)
Fig. 19. *Ceratopteris*, Core M8-1, L39 /1 ($\times 560$)
Fig. 20. *Ceratopteris*, Core M10-3, R24 /2 ($\times 560$)

Non-arboreal Pollen (NAP: Figs. 21~23)

- Fig. 21.** Graminae, Core M10-1, C31 /4
Fig. 22. Graminae, Core M1-9, G25 /2
Fig. 23. *Fagophyrum*, Core M1-9, H23 /3

PLATE II

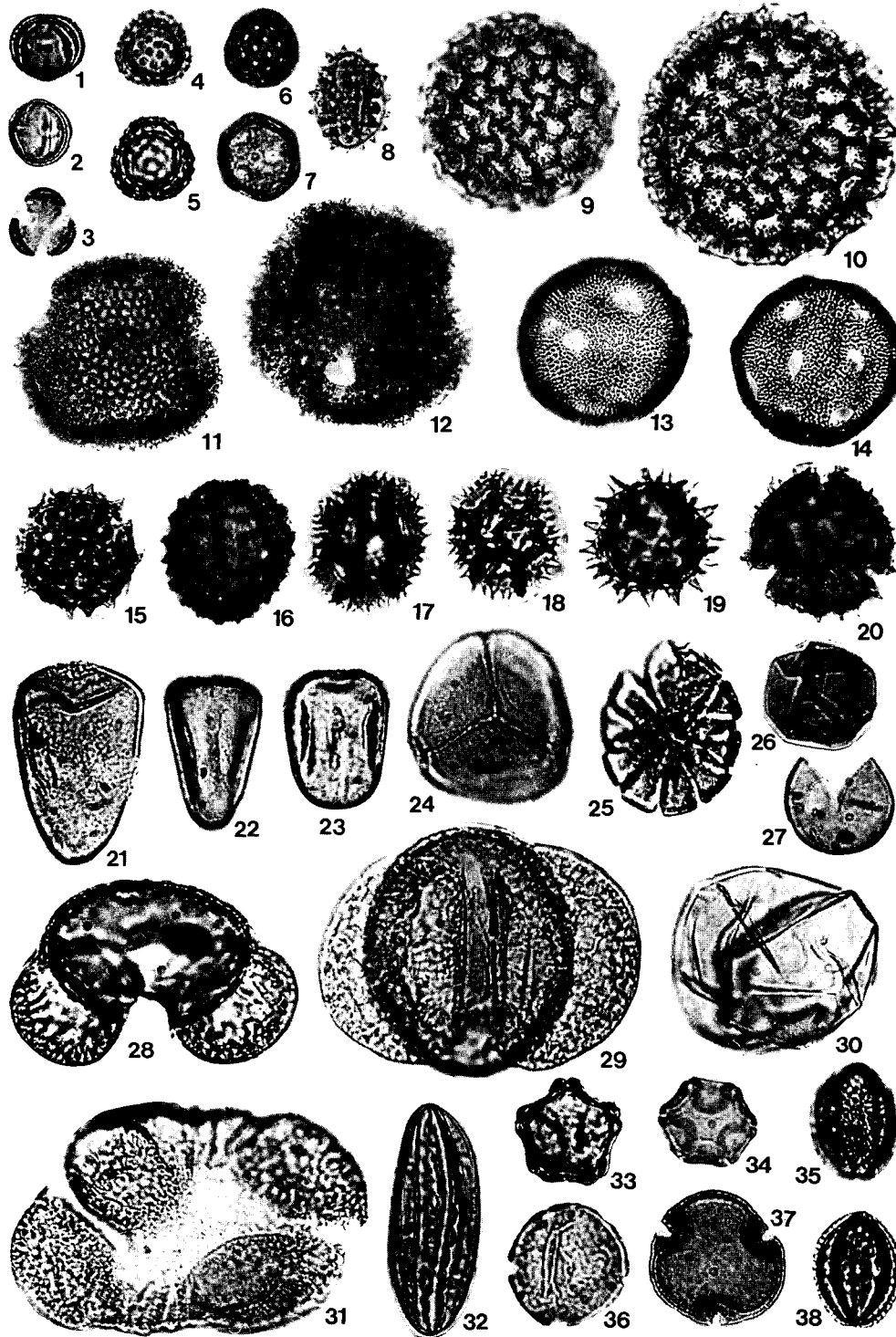


PLATE II

Non-arboreal Pollen (NAP: Fig. 1~25)

- Fig. 1.** Compositae (*Artemisia*), Core M1-11, E13
Fig. 2. Compositae (*Artemisia*), Core M1-19, E27 / 4
Fig. 3. Compositae (*Artemisia*), Core M1-10, U35 / 3
Fig. 4. Compositae (*Ambrosia*), Core M9-5, M34 / 1+3
Fig. 5. Compositae (*Ambrosia*), Core M10-2, D48 / 2
Fig. 6. *Cheonopodium*, Core M1-9, C19
Fig. 7. *Plantago*, Core M8-1, D25 / 4
Fig. 8. *Nuphar*, Core M1-13, D11
Fig. 9. *Persicaria*, Core M8-2, X13 / 2
Fig. 10. *Persicaria*, Core M8-1, L18 / 1
Fig. 11. *Geranium*, Core M1-10, M45 / 2 (× 500)
Fig. 12. *Geranium*, Core M9-5, G45 / 1+2 (× 500)
Fig. 13. *Calystegia*, Core M8-1, C24 (× 500)
Fig. 14. *Calystegia*, Core M8-1, M39 / 3 (× 500)
Fig. 15. Compositae (*Valeriana*), Core M1-13, F39 / 4
Fig. 16. Compositae (*Valeriana*), Core M1-13, C47 / 3
Fig. 17. Compositae (*Lactua*), Core M1-10, F21
Fig. 18. Compositae (*Lactua*), Core M1-13, D32 / 3
Fig. 19. Compositae (*Patrinia*), Core 8-1, B22 / 3
Fig. 20. Compositae (*Patrinia*), Core 1-10, O45 / 1+3
Fig. 21. Cyperaceae, Core M1-8, O38 / 4
Fig. 22. Cyperaceae, Core M1-9, D24 / 1
Fig. 23. Cyperaceae, Core M8-3, S14 / 1+3
Fig. 24. *Lusula*, Core M1-9, N44 / 1
Fig. 25. *Codonopsis*, Core M8-7, A27 / 3

Arboreal Pollen (AP: Figs. 26~38)

- Fig. 26.** *Taxodium*, Core M1-13, E16
Fig. 27. *Taxodium hiatus*, Core M1-10, R40 / 2
Fig. 28. *Pinus*, Core M8-6, R20 / 3+4
Fig. 29. *Picea*, Core M1-3, B41 / 3 (× 560)
Fig. 30. *Larix/Pseudotsuga*, Core M1-10, W32 / 3+4 (× 560)
Fig. 31. Pollen (4 sacchi), Core M1-10, S43 / 4
Fig. 32. *Ephedra*, Core M1-13, D42 / 1+3
Fig. 33. *Alnus*, Core M9-1, K16 / 2
Fig. 34. *Alnus*, Core M1-10, U33 / 3
Fig. 35, 38. *Salix*, Core M8-8, F40 / 1
Fig. 36. *Ulmus/Zelkova*, Core M1-10, R28 / 1+3
Fig. 37. *Tilia*, Core M1-10, W38 / 1

PLATE III

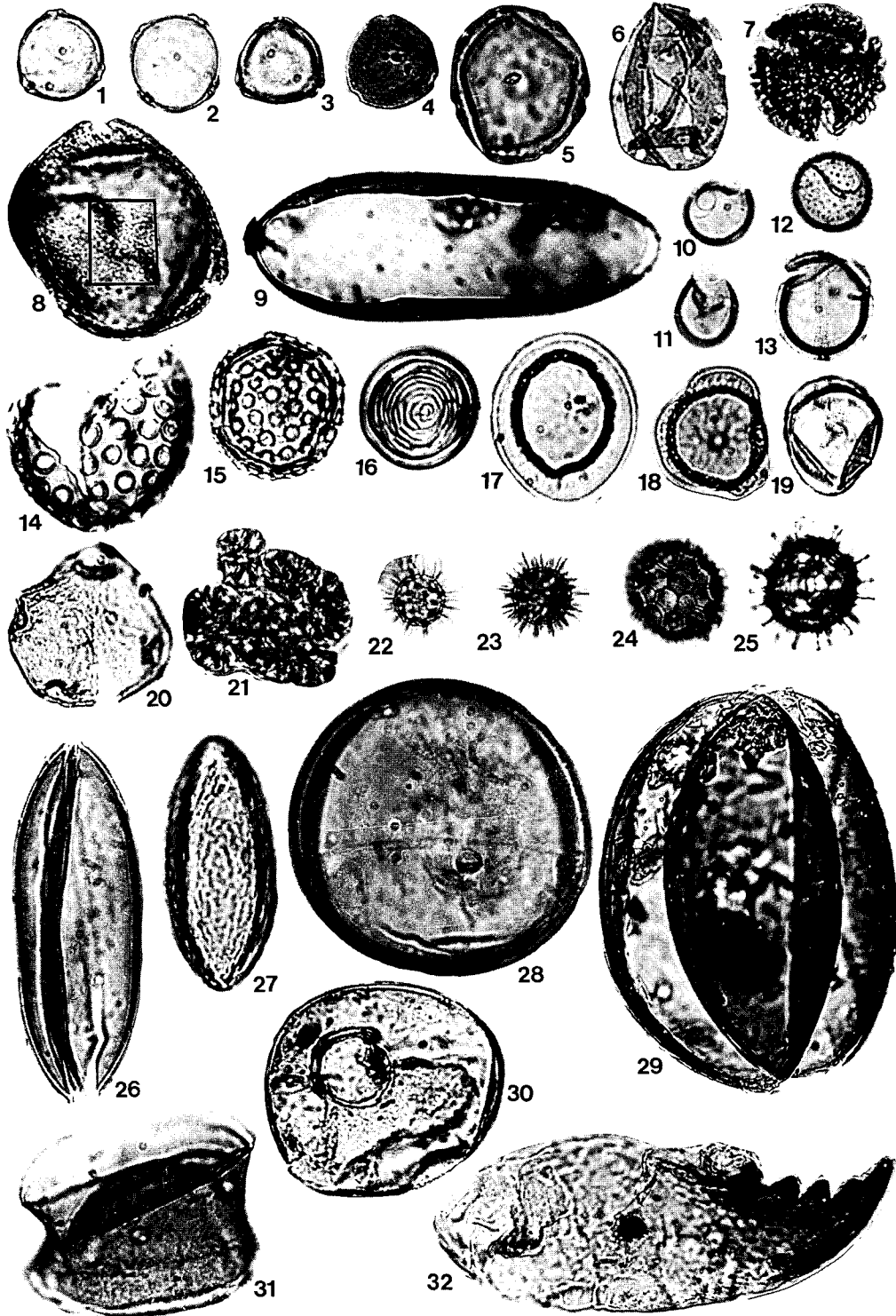


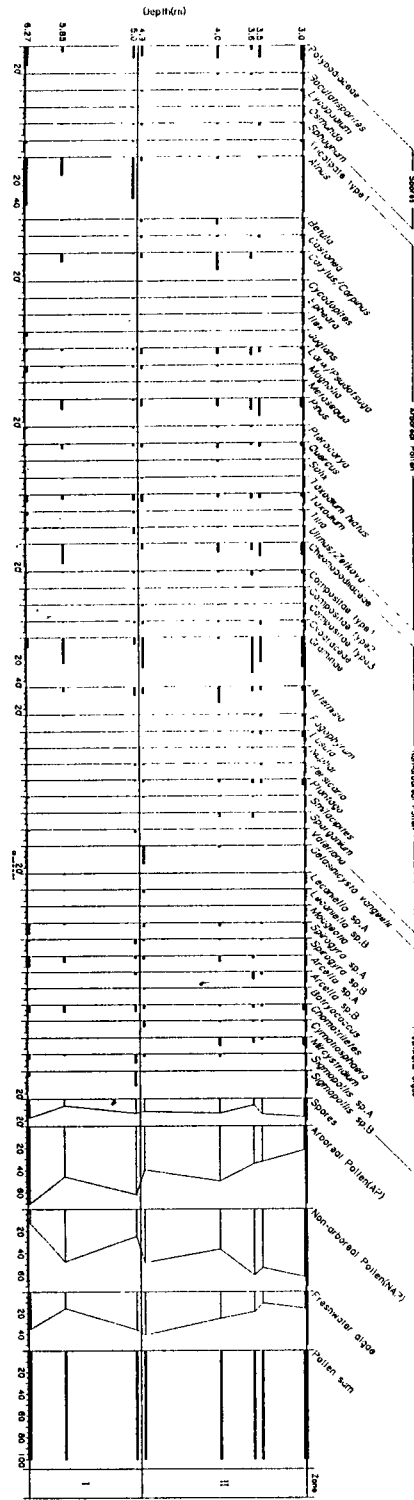
PLATE III**Arboreal Pollen (AP: Figs. 1~9)**

- Fig. 1.** *Betula*, Core M9-2, R30 /4
Fig. 2. *Betula*, Core M1-8, F40 /1
Fig. 3. *Corylus/Carpinus*, Core M8-3, U42
Fig. 4. *Corylus/Carpinus*, Core M1-13, H11 /2
Fig. 5. *Pterocarya*, Core M1-11, J16 /1+2
Fig. 6. *Juglans*, Core M1-13, E16 /3
Fig. 7. *Ilex*, Core M10-2, J46 /3
Fig. 8. *Lonicera*, Core M10-3, V31
Fig. 9. *Magnolia*, Core 8-8, L20 (X 500)

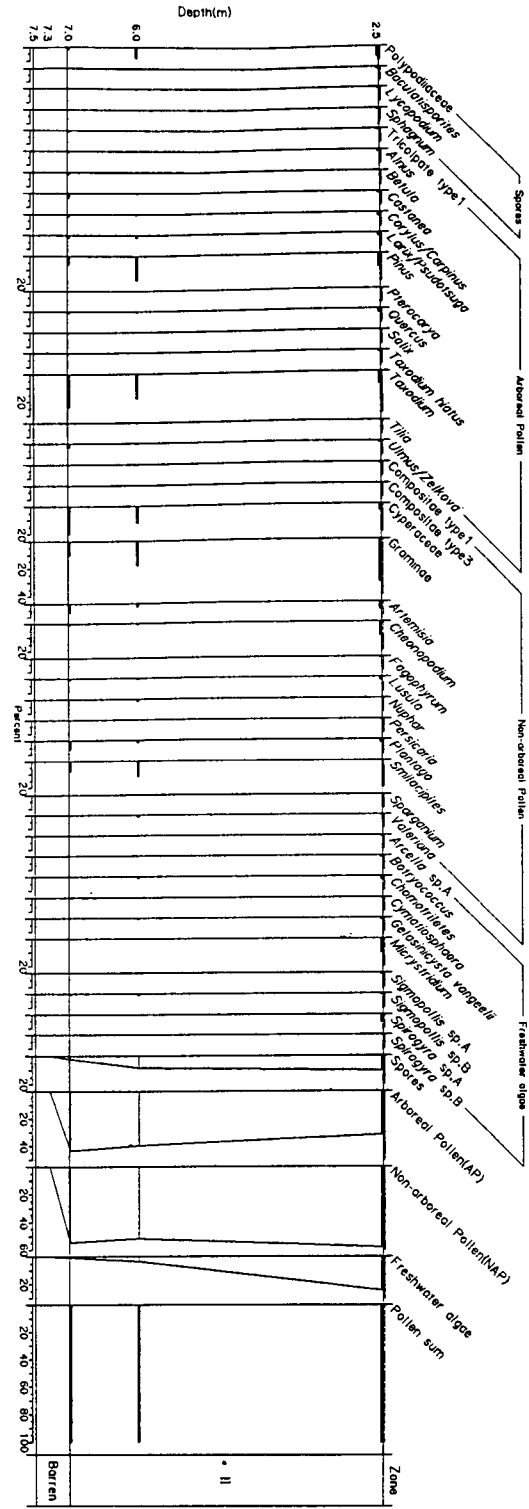
Freshwater algae (Figs. 10~32)

- Fig. 10.** *Sigmopollis* sp. A, Core M1-13, H45
Fig. 11. *Sigmopollis* sp. A, Core M1-13, C18 /4
Fig. 12. *Sigmopollis* sp. B, Core M1-10, R16 /1
Fig. 13. *Sigmopollis* sp. B, Core M1-16, J20 /1
Fig. 14. *Gelasinicysta vangeelii*, Core M8-5, C17 /1
Fig. 15. *Gelasinicysta vangeelii*, Core M8-5, N36 /3
Fig. 16. *Chomotriletes*, Core M1-10, P28 /3
Fig. 17. *Lecaniella* sp. A, Core M9-2, V22 /1
Fig. 18. *Lecaniella* sp. B, Core M1-6, C48 /2+4
Fig. 19. *Lecaniella* sp. B, Core M1-11, P43 /1
Fig. 20. *Mougeotia*, Core M8-5, D27 /1+3
Fig. 21. *Botryococcus*, Core M1-13, C42 /4
Fig. 22. *Micrystridium*, Core M1-9, F22 /2
Fig. 23. *Micrystridium*, Core M1-3, C21 /4
Fig. 24. *Cymatiosphaera*, Core M10-3, L24
Fig. 25. *Cymatiosphaera*, Core M8-1, D32 /1
Fig. 26. *Spirogyra* sp. A, Core M1-3, G49 /4
Fig. 27. *Spirogyra* sp. C, Core M8-2, E22 /2+4
Fig. 28. *Spirogyra* sp. B, Core M1-9, F27 /2
Fig. 29. *Spirogyra* sp. B, Core M10-3, T22 /4
Fig. 30. *Arcella*, Core M1-11, M21 /1+2
Fig. 31. Zygosporae, Core 8-6, W21 /2
Fig. 32. Scolecodont, Core M3-3, K23

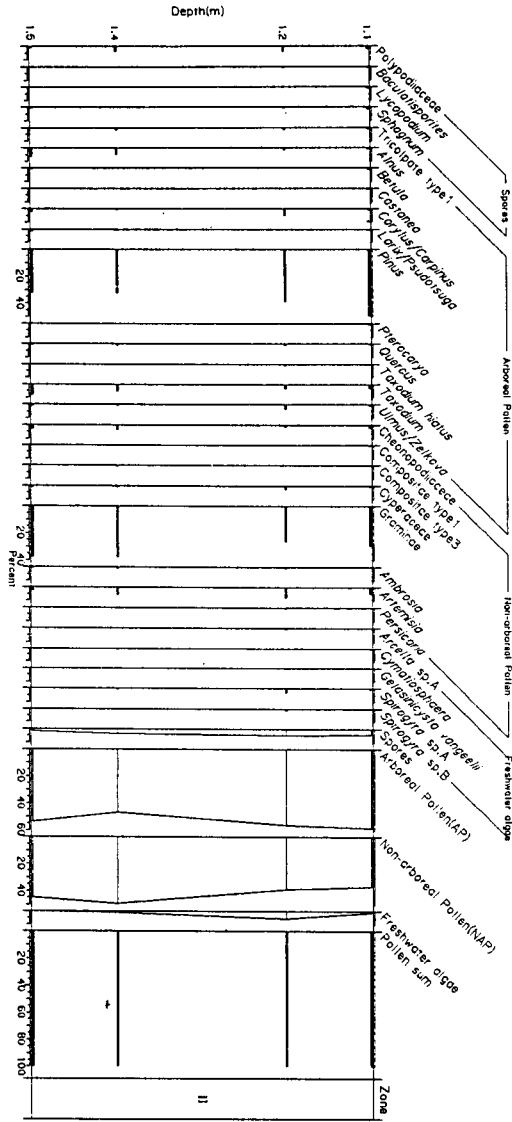
부표 I



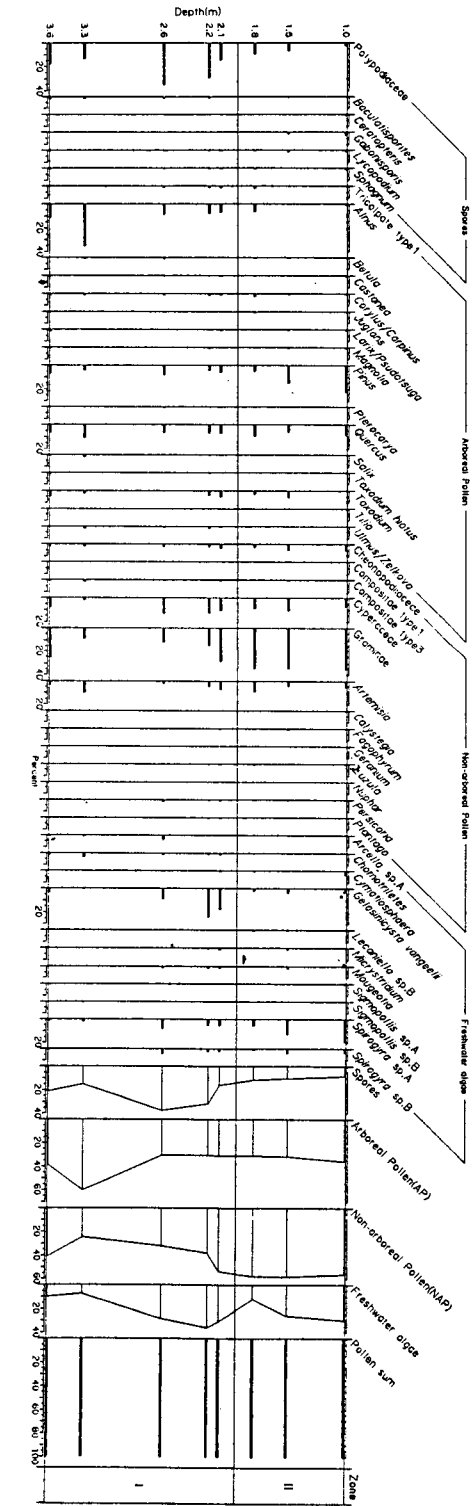
부표 II



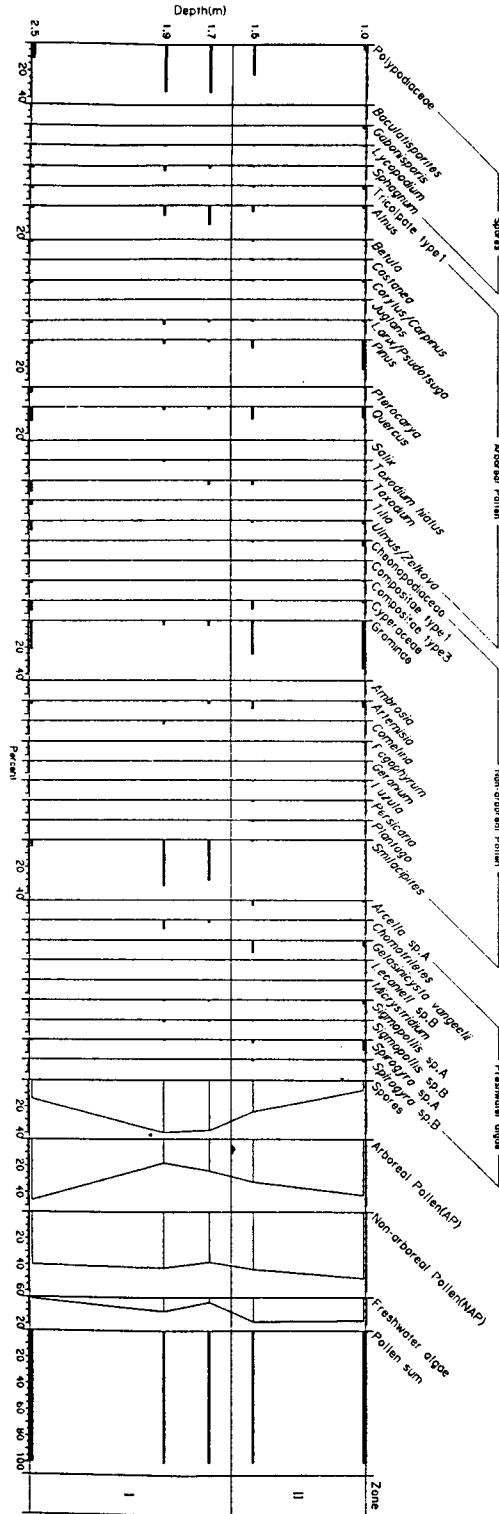
부록 III



부록 IV



부록 V



부록 VI

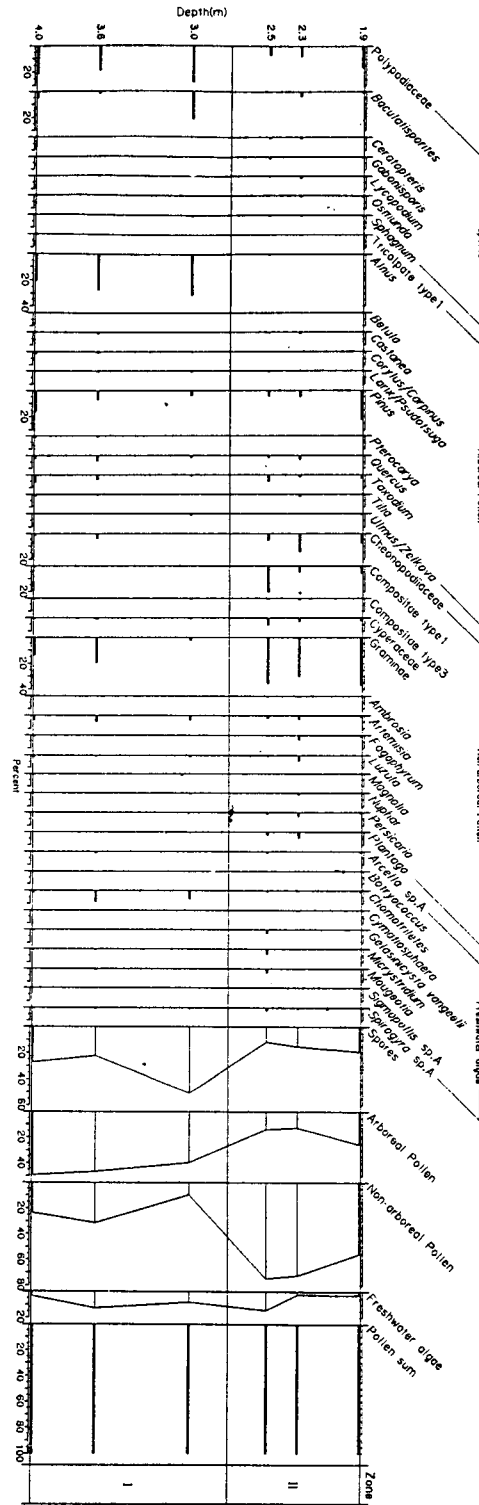


图 VII

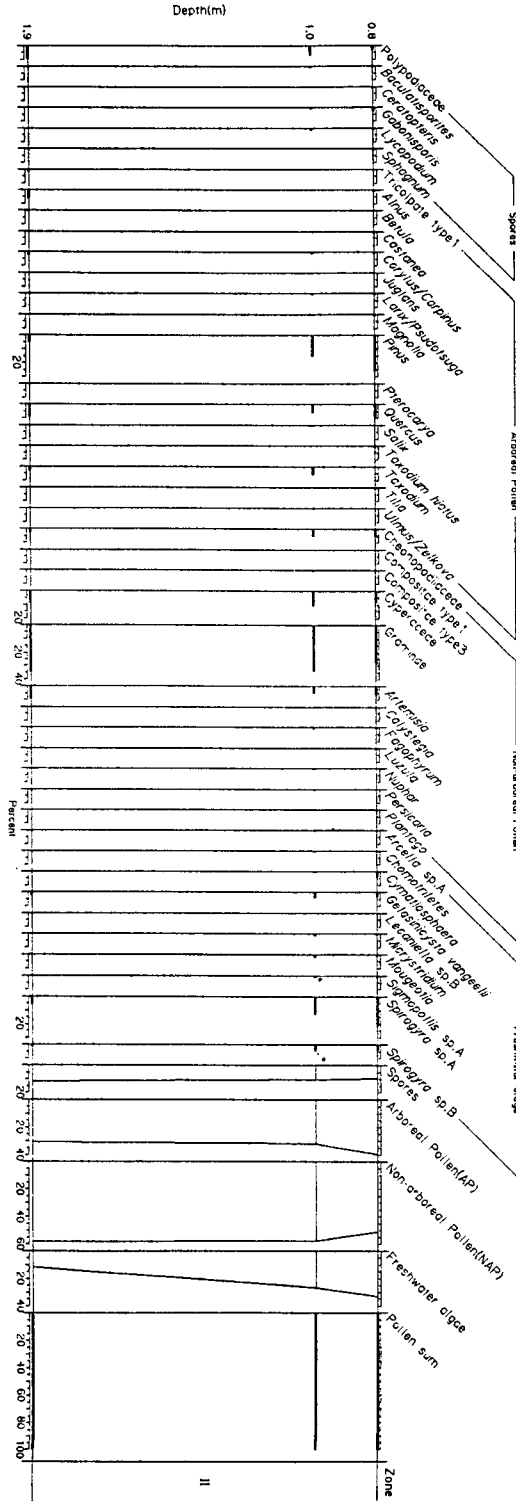


图 VIII

