

延日地域 新生代 第三紀 마이오세層의 化石花粉 分析에 관한 研究

張楠基 · 金起完 · 金載根
(서울대학교 師範大學 生物教育科)

Analyses of Fossil Pollen of Tertiary Miocene in the Yeonil Area, Korea

Chang, Nam-Kee, Ki-Wan Kim and Jae-Geun Kim
(Dept. of Biology, College of Education, Seoul National Univ.)

ABSTRACT

The use of modern pollen spectra for comparative interpretation of fossil pollen sequence requires the ability to distinguish different vegetation types by their pollen spectra, which may show similarities to the fossil assemblages. Tertiary marine and non-marine sediments, the Yeonil Group, of the Yeonil area, Korea, was found thirty-two palynomorphic genera. One of the characteristic features of Yeonil geo-flora is predominance of coniferous trees over shrubs, herbs, and ferns. Miocene deposits of Yeonil area, Korea, are differentiated with five zones. According to the pollen diagram it can be inferred the climate of the Tertiary Miocene of the Yeonil area, Korea.

緒 論

化石花粉은 陸成堆積物로부터 海成堆積物에 이르기까지 産出범위가 대단히 넓은 반면에 장소에 따라 그 産出種과 産出量이 다르다. 또 花粉은 지질변형에 비교적 강한 特性이 있으며 식물종류별로 形態가 多樣하기 때문에 地質學에서는 生物層序學의 도구로 많이 이용된다.

生物學 分野에서도 장기간에 걸친 氣候와 地形의 變化에 따라 生物도 變化해 간다면, 化石花粉 分析을 통한 植物群落의 變遷을 보면서 古氣候의 變遷을 알아낼 수 있을 뿐만 아니라 이를 現在의 기후조건에 견주어 植物群落의 變遷을 예측하는데 이용할 수 있다. 현재 地質學 分野에서는 古代 化石花粉研究를 통한 지질시대의 分析이 비교적 많이 이루어지고 있다(安田, 1974; Bong, 1979; 奉, 1981; Cwynar, 1982). 그러나 化石花粉 分析에 관한 연구는 미주지역(Birks and Peglar, 1980) 및 유럽지역(Bradshaw, 1981)에서는 많이 진행되어지고 있으나, 우리나라의 경우는 거의 이루어지지 않고 있다.

본 研究에서는 그동안 地質學 分野에서 研究가 이루어졌고 한때 石油의 有無에 관한 논란이 많았던 浦項 부근의 化石花粉을 分析하여 과거의 식물상과 地質時代에 따른 식물상 變遷을 연구하였다.

材料 및 方法

調査地の 概況 및 試料採取

延日地域은 慶尙北道 영일군에 속하며 浦項市와 接境하고 있다. 북위 36°00'00''와 35°50'00'', 동경 129°25'20''와 129°15'00'' 사이에 位置한다(Fig. 1).

年平均氣溫은 13.2°C이고 年平均降水量은 1,084.2 mm로 전형적인 暖溫帶性 氣候를 나타낸다(중앙기상대, 1985). 주변의 植生은 상수리나무(*Quercus acutissima*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 밤나무(*Castanea crenata*) 등의 落葉활엽수가 主種을 이루고 여기에 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Abies holophylla*) 등의 상록침엽수가 약간 섞인 混生 闊葉林을 이루고 있다.

本 研究에서 사용된 岩石試料은 Yoon(1975)에 의해 地層에 관한 研究가 잘된 慶尙北道 浦項地域의 延日地方에서 採取하였다(Fig. 1). 이 地方의 地層은 新生代 第3期 마이오세 地層이었다. 岩石은 上部 실트스톤부터 下部 이암, 실트스톤, 이암, 역암이 교대로 層厚를 形成하였으며 이암은 公同적으로 砂岩層과 泥岩層이 교대로 섞여 있고 역암층의 경우도 중간 層厚에 이암층이 끼어들어가 있는 것으로 나타났다. 岩石의 採取는 最上層에서 下部 1,200 m까지의 岩石을 노출된 地層을 中心으로 하여 21개의 部分에서 地層別 깊이별로 이루어졌으며 採取岩石의 깊이별 주상도는 Fig. 2와 같다. 지층은 암석의 종류에 따라 5층으로 나누었으며, 고기후 추정에 이용하였다. 採石한 試料은 한국동력자원연구소에 의뢰하여 입수된 것이다.

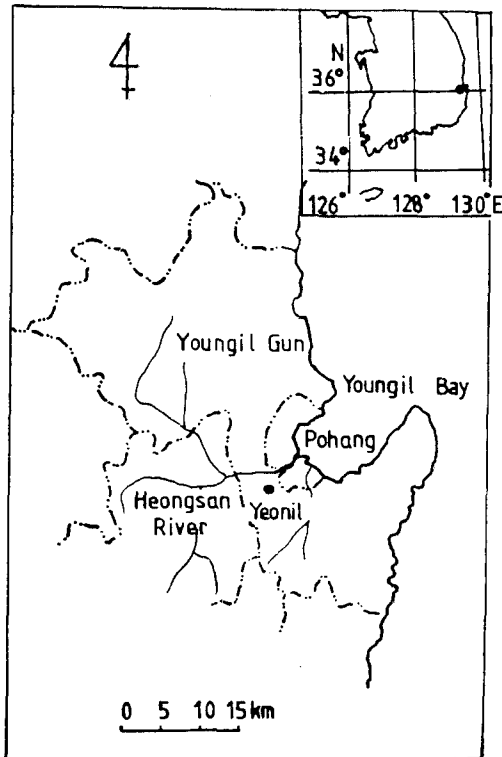


Fig. 1. The location of Yeonil Area.

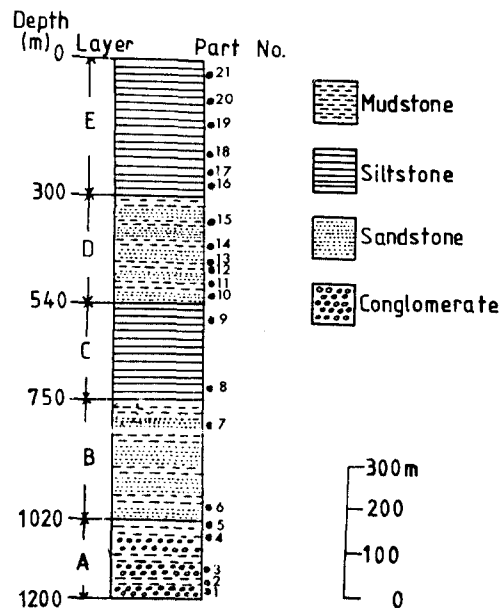


Fig. 2. Geologic columnar sections of Yeonil Area showing sample zone.

岩石花粉의 分析方法

層別로 採取된 岩石을 물로 씻은 후 말린 다음 직경 1 mm 이하의 粒子로 부수어 分析에 사용하였다. Assarson and Granlund 方法(Faegri and Iversen, 1975)을 변형하여 사용하였다. 즉, 試料 1 g을 10% HCl로 처리한 다음 水洗하고 55% HF로 SiO₂를 제거하였다. 그리고 ZnCl₂로 花粉을 集積하고 Schulz 용액을 처리한 후 5% KOH로 처리하였다. 처리된 花粉은 水洗하여 glycerin jelly로 mounting한 후 檢鏡하였다.

Plot 別로 100個 또는 50個의 花粉을 同定하여 樹木의 種類別로 分類하였고 總花粉量에 대한 各種類別 花粉出現率을 %로 計算하여 pollen diagram을 作成하였으며 이것을 근거로 하여 過去の 植生과 氣候를 추정하였다. 花粉의 同定은 張(1986), Shimakura(1974), Kapp (1969) 그리고 Whitehead(1963) 등의 方法을 이용하였으며 形態를 識別하기 곤란하거나 同定이 不可能한 花粉은 結果에서 제외하였다.

結果 및 考察

植物相 分析

연일 지역의 岩石花粉 分析 結果로 總 25科 32屬의 花粉이 出現하여 科의 다양성을 나타내고 있다. 이 결과에 따라 屬의 數도 많은데 그 結果를 樹木의 종류별로 group을 지어 요약하면(Table 1), 활엽 교목이 여러 수종 중에서 屬의 다양성이 두드러져 보이고 이들은

Table 1. Geo-flora of Yeonil Area obtained by pollen analysis

Seed Plant		
Tree		
Coniferous	Evergreen, Deciduous	<i>Pinus, Picea, Juniperus Larix</i>
Broad Leaf	Deciduous	<i>Alnus, Betula, Carpinus, Corylus, Quercus, Juglans Castanea, Magnolia, Ulmus, Acer, Ginkgo</i>
Shrub		
Broad Leaf		<i>Rhododendron, Euonymus</i>
Herb		
Terrestrial	Perennial	<i>Lilium, Arisaema, Dianthus, Goodyera, Carex, Zoysia, Iris</i>
	Annual	<i>Chenopodium, Polygonum</i>
Aquatic	Perennial	<i>Nymphaea, Myriophyllum</i>
Fern		
		<i>Osmunda, Pteridium, Onoclea, Rumohra</i>

Table 2. Distribution of major palynomorphic groups in the Yeonil Area

Plant Group	Family	Genus	Percentage
Coniferous Tree	2	4	54.4
Deciduous Tree	7	11	32.2
Deciduous Shrub	2	2	1.2
Terrestrial Herb	9	9	4.5
Aquatic Herb	2	2	2.3
Fern	3	4	5.8

각층에 많은 量이 고르게 分布하는 것으로 나타났다. 草本의 경우도 屬에 따라 다양하게 나타나지만 그 數가 적기 때문에 정량적 분석은 곤란하였다.

본 조사지의 樹木群의 出現率을 보면 (Table 2) 岩石花粉에서는 교목이 86.6%로 단연 優勢하고 교목중에서도 針葉樹가 전체의 54.4%로 우세하게 나타난다. 또한 활엽교목, 관목, 초본, 양치류 등은 대체

Table 3. Distribution of palynomorphs in the Yeonil Area

Spore or Pollen	Part No.																			Total		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21
<i>Pinus</i>	41	39	19	47	39	24	33	46	34	25	11	3	5	2	17	31	28	25	40	34	31	574
<i>Picea</i>	29	35	10	21	25	21	34	37	29	14	—	—	2	1	7	25	5	15	9	6	17	342
<i>Larix</i>	2	3	1	2	2	1	2	7	1	—	—	—	2	—	1	1	1	1	2	—	—	29
<i>Juniperus</i>	—	2	8	—	8	—	6	4	2	—	21	—	2	—	—	—	3	—	—	—	5	61
<i>Alnus</i>	—	—	—	—	—	1	1	3	3	—	—	2	8	—	11	—	3	—	—	8	—	40
<i>Betula</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	5	4	2	8	—	1	—	—	—	—	21
<i>Carpinus</i>	3	2	1	5	—	—	—	—	1	—	2	—	3	—	25	9	4	3	2	—	—	60
<i>Castanea</i>	—	—	—	1	12	—	1	—	3	—	2	32	7	11	21	1	10	4	—	4	4	113
<i>Corylus</i>	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	3	2	2	1	—	—	—	—	—	1	12
<i>Quercus</i>	8	6	2	6	8	—	8	1	12	—	—	18	12	13	8	10	21	8	1	12	16	170
<i>Juglans</i>	5	4	7	6	2	1	6	—	3	1	—	5	—	1	—	10	3	5	2	—	—	61
<i>Magnolia</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	8
<i>Ulmus</i>	9	2	—	10	2	—	6	—	7	1	—	2	1	2	2	6	3	7	2	1	—	63
<i>Acer</i>	—	4	—	1	—	1	1	—	3	—	1	10	4	5	1	—	3	—	1	1	4	40
<i>Ginkgo</i>	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	6
<i>Rhododendron</i>	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	1	2	—	3	—	1	—	—	—	11
<i>Euonymus</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	4	—	—	—	1	—	—	1	—	11
<i>Lilium</i>	—	1	—	1	—	—	—	—	—	2	3	—	2	—	—	—	—	6	—	—	—	15
<i>Arisaema</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2
<i>Dianthus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	2	—	—	—	5
<i>Goodyera</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3
<i>Carex</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	—	—	—	3	5	—	7	—	2	23
<i>Zoysia</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	2	—	—	—	3	2	4	—	—	15
<i>Iris</i>	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
<i>Chenopodium</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	1	—	—	—	—	—	4
<i>Polygonum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	6	4	2	—	—	—	1	—	—	—	15
<i>Nymphaea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	6	2	—	—	—	—	—	—	—	16
<i>Myriophyllum</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	21	2	1	—	—	—	—	—	—	27
<i>Osmunda</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	7	6	2	20
<i>Pteridium</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	6	6	7	27
<i>Onoclea</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	5	5	12	7	30
<i>Rumohra</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4	11	9	3	30
Total	99	100	50	100	100	50	100	100	99	50	50	100	98	50	110	101	100	100	100	100	100	1857

로 어떤 특수층에서 많이 발견되는 반면에 침엽수림은 거의 고른 분포를 보이고 있다는 것이 특기할 만하다.

침엽수 중에서는 Pinaceae가 단연 우세하고 *Pinus*, *Picea*, *Larix*의 3屬으로 속의 다양성은 보여주지 못하고 있다.

활엽수 중에서는 Fagaceae가 전체의 15.3%를 차지하고 그외에 Betulaceae, Juglandaceae, Magnoliaceae, Ulmaceae, Aceraceae, Ginkgoaceae가 모두 합쳐 16.9%를 나타내고 있다. 이중 Betulaceae는 花粉의 保存狀態가 다른 화분에 비해 양호한 편이다. 관목의 경우는 2科가 出現되었으나 그 分布가 매우 미미하였다. 草本에 있어서는 9科의 陸上草本이 나와 科의 다양성은 보여주고 있으나 분포가 미미하고 水中草本의 경우 上部 泥岩層에서 *Myriophyllum*이 많이 出現되는 것이 특기할 만하다. 孢子花石으로는 蘇苔類의 경우는 보이지 않고 모두 羊齒類의 化石으로 Osmundaceae, Pteridaceae, Aspidiaceae가 거의 같은 비율로 분포되어 있다는 것을 알 수 있었다. 아울러 종류를 알 수 없는 花粉이 나왔지만 그 수는 매우 적었다. 그밖의 화분의 상세한 分布는 Table 3과 같다.

地層別 植物相 分析

Table 3에서 보는 것처럼 各地層別 植物相의 특징은 다음과 같다.

(1) A層

기저 역암층으로 泥岩이 간간이 교대되어 있다. 地表로부터 1,020~1,200 m 地域으로 Part 1~5가 여기에 해당된다. 이 층은 針葉樹가 가장 優勢한 層으로 *Carpinus*, *Quercus*, *Juglans* 등의 落葉 활엽수도 어느정도 고르게 나타나는 편이었다. 本層의 下部(Part 1, 2)와 上部(Part 4, 5)는 침엽수의 분포가 강세를 보이는 반면에 中部(Part 3)는 침엽수의 세력이 약하고 낙엽활엽수와 대등한 混合林을 형성하였던 것으로 나타났다. 이외에 *Iris*, *Lilium* 등의 草本植物도 미약하게 분포하였던 것으로 추정된다.

(2) B層

하부 泥岩層으로 사암이 간간이 교대되어 있다. 지표로부터 750~1,020 m 지역으로 Part 6, 7이 여기에 해당된다.

이 層에서는 침엽수가 절대적으로 우세하고 활엽수는 A層에 비해 매우 빈약한 편이었으며 A層에서 관찰되었던 草本植物의 花粉이 전혀 나타나지 않았다. 이러한 사실을 A層과 연관시켜 생각해 보면 본 研究 時期인 Miocene 이전에 무성했던 낙엽 활엽수가 기온의 영향으로 점차 침엽수림으로 되어 이 B層이 형성되었던 시기에는 완전히 침엽수림이 정착된 시기로 볼 수 있다.

(3) C層

中部 세일층으로 地表로부터 750~540 m에 해당되는 층으로 볼 수 있다.

이 層은 대부분이 침엽수이고 이 층의 기저부(Part 8)는 활엽수가 전무한 상태이고 中部(Part 9)부터는 서서히 혼합수림을 형성하여 가는 것으로 추정할 수 있었다.

(4) D層

中上部의 泥岩層으로 역시 사암이 간간이 교대되어 있다. 지표로부터 540~300 m의 地域으로 Part 11~15에 해당된다.

본 층의 기저부는 針葉樹가 優勢하지만 점차로 침엽수의 優勢는 약화되고 낙엽 활엽수가 매우 우세하게 된다. 여기서 주목할 사항은 中部層(Part 12, 13)에서 *Myriophyllum*, *Nymphaea* 등의 수서식물이 많이 출현되어 지형적으로 이 層이 형성될 당시에는 소택지였었다

는 것을 짐작케 한다. 다른 草本植物도 대체로 고르게 많이 산출되었다.

(5) E層

上部の 세일층으로 地表~300 m가 되는 層으로 Part 16~21에 해당된다. 이 층은 針葉樹와 활엽 교목이 共存하는 양상이며 *Osmunda*, *Pteridium*, *Onoclea*, *Rumohra* 등의 음지·습지식물이 특히 많이 출현되는 시기이다. 때문에 당시 이 지역은 습한 상태였음을 알 수 있다.

以上에서와 같이 本 調査地는 D層을 제외하고는 침엽수림이 비교적 우세하거나 활엽수의 分布를 약간 증가하는 상태이고 최상부는 양치류가 매우 많은 것으로 보아 숲이 우거져 그늘지고 습한 상황이었음을 알 수 있다. 이 결과는 양치류는 습하고 그늘진 지역을 상징하고 *Chenopodium* 따위는 건조한 지역을 상징한다는 Birks(1976)의 Paleocological study에서 花粉을 통하여 지형의 分析을 論議한 방법에 따라 추정된 것이다.

氣候帶 分析

本 研究 地域의 氣候 變化를 類推하기 위해 花粉圖를 作成하였다. 層別花粉圖는 화분 분포표를 보고 화분 출현 갯수가 50個 이상되는 *Pinus*, *Picea*, *Juniperus*, *Castanea*, *Quercus*, *Juglans*, *Ulmus* 등 8屬외에 *Osmunda*, *Pteridium*, *Onoclea*, *Rumohra* 등 양치류를 한데 묶어 Fern으로 해서 총 9가지를 이용하여 화분도표를 만들었다(Fig. 3).

Fig. 3을 보면 A層의 경우는 한대성 침엽수가 우세하고 여기에 난대성 낙엽 활엽수가 조금 섞여 있어 기후는 한냉한 방향으로 진행되는 것으로 생각할 수 있는데 이 한냉한 기후는 B層이 형성될 당시에 확실하게 자리 잡은 것으로 볼 수 있다.

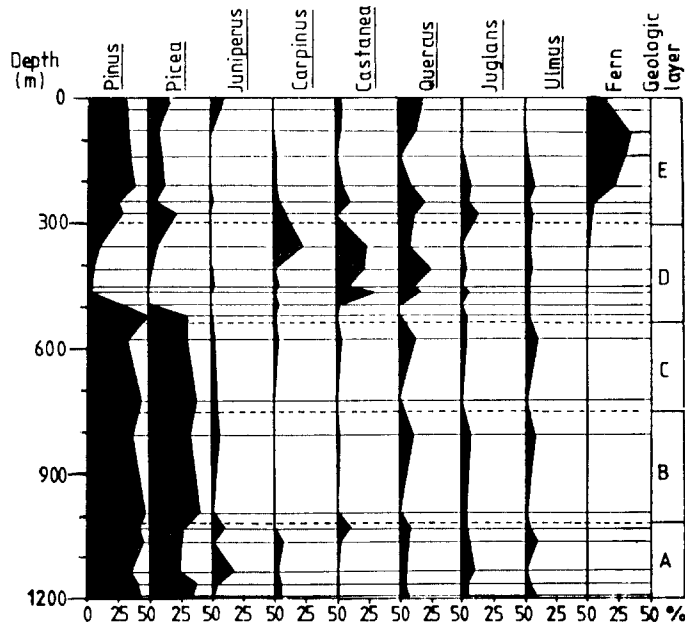


Fig. 3. Pollen diagram of Yeonil Area.

C層이 형성될 당시의 기후는 침엽수가 감소하고 활엽수가 서서히 나타나는 것으로 보아 한대에서 溫帶로 넘어가는 시기로 추측할 수 있고 D層이 형성될 무렵에는 완전히 온대성 기후가 정착된 후 난온대성으로 되어 거의 現在와 비슷한 양상을 띠고 E층이 형성되는 Miocene의 말기에는 다시 온대 수종이 주류를 이루는 온대성 기후를 형성하였음을 알 수 있다.

위의 結果는 奉(1978)의 浦項 地域의 Miocene 지층의 微古生物學的 연구와 Bong(1979)의 감포지역의 층서와 花粉研究에서 보고한 바와 일치한다.

要 約

延日 地域의 化石花粉을 분석한 結果 다음의 結論을 얻을 수 있다.

1. 延日 地域 新生代 第三紀 Miocene의 地層은 花粉 分析 結果 25科 32屬의 花粉이 檢出되었다. 이 중 특히 *Alnus*의 경우는 花粉의 保存 상태가 매우 양호하였다.
2. 연일 지역 植物相의 특징은 針葉樹인 *Pinaceae*가 절대적인 우세를 나타내고, 또 그 분포도 고르며 여기에 활엽교목이 혼합된 상태이고 그외에 관목, 草本植物, 水中植物 등이 약간 產出되었다.
3. 연일 지역의 地層帶는 5가지 지층대로 區分되는데 지층별 花粉分析을 通하여 地層이 形成될 당시의 지형 특성을 알 수 있다.
4. 화분도를 通한 기후대 구분은 延日 地域이 過去 3가지 기후대가 점진적으로 변해왔음을 보여 주는데 이는 초기의 寒冷한 氣候에서 점차 온대성 氣候를 나타내다가 이어서 난온대성 氣候로, 이것이 다시 온대성 기후로 정착되는 과정이었다.

引 用 文 獻

- 安田喜憲. (1974). 日本列島における晩水期以降の植生變遷と人類の居住. 第四紀研究, 13 : 106~134.
- Birks, H.J.B. (1976). Late-Wisconsin vegetational history at Wolf Creek, central Minnesota. Ecol. Monogr., 46 : 395~429.
- Birks, H.J.B. and S.M. Peglar. (1980). Identification of *Picea* pollen of late Quaternary age in eastern north America: a numerical approach. Can. J. Bot. 58 : 2043~2058.
- 奉弼崙. (1978). 浦項地域에 分布된 第三紀 堆積層의 微古生物學的 研究. 延世大學校 碩士論文.
- Bong, P.Y. (1979). Tertiary stratigraphy and palynology of the Gampo area, Gyeongsangbukdo, Korea. Report on Geoscience and Mineral Resources, KIGAM, 9 : 5~14.
- 奉弼崙. (1981). 장기地域의 花粉研究. 韓國動力資源研究所 調查研究報告, 10 : 7~17.
- Bradshaw, R.H.W. (1981). Modern pollen-representation factors, for woods in South-east England. J. Ecol., 69 : 45~70.
- 張楠基. (1986). 한국동식물도감 제29권 식물편(화분류). 문교부 pp.79~711.
- 중앙기상대. (1985). 한국기후편람. pp.247~249.
- Cwynar, L.C. (1982). A late-Quaternary vegetation history from hanging lake, northern Yukon. Ecol. Monogr., 52 : 1~24.
- Fægri, K. and J. Iversen. (1975). Textbook of pollen analysis. Blackwell Scientific Publ., Copenhagen, pp.23~81.
- Kapp, R.O. (1969). How to know pollen and spores. Wm.C. Brown Company Publ., U.S.A. pp. 21~249.
- Shimakura, M. (1974). 日本植物花粉圖鑑. 大阪. pp.1~60.

- Whitehead, D.R.(1963). "Northern" elements in the Pleistocene flora of the southeast. *Ecology*, 44 : 403~405.
- Yoon, S. (1975). Geology and paleontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea, Part I. Geology. *The journal of the geological society of Korea*, 11 : 187~214.

(1988年 8月 5日 接受)