

화분 분석을 통한 의왕시 지역의 후기 플라이스토세 고식생 및 고기후 연구

정철환^{1,*} · 임현수² · 윤호일²

¹순천대학교 한국경관지질연구소, 540-742, 전남 순천시 매곡동 315

²한국해양연구원부설 극지연구소, 406-840, 인천 연수구 송도동 7-50

Late Pleistocene Paleovegetation and Paleoclimate of the Uiwang Area Based on Pollen Analysis

Chull-Hwan Chung^{1,*}, Hyoun Soo Lim², and Ho Il Yoon²

¹Korea Landscape and Geology Institute, Suncheon National University, Chonnam 540-742, Korea

²Korea Polar Research Institute, Korea Ocean Research and Development Institute, Incheon 406-840, Korea

Abstract: The Late Pleistocene pollen record from the Poil-dong, Uiwang, Kyunggi-do, reveals that mixed coniferous and deciduous broadleaved forests were spread along with herb and fern understory. Palynofloral changes reflect climate fluctuations. From ca. 43,100 to 41,900 cal. yr BP, a mixed coniferous and deciduous broadleaved forest combined with open grassland occupied the study area, which indicates cooler condition than today. During the period of ca. 41,900-41,200 cal. yr BP, along with fern understory a decrease in subalpine conifers and an increase in temperate deciduous broadleaved trees suggest a climatic amelioration. A climatic deterioration, as evidenced by an increase in subalpine conifers and a decrease in the density of vegetation cover, occurred from ca. 41,200 to 39,700 cal. yr BP.

Keywords: pollen analysis, late Pleistocene, paleovegetation, paleoclimate, Uiwang

요 약: 경기도 의왕시 포일동의 후기 플라이스토세 퇴적층에 대한 화분분석 결과, 초본류 및 양치식물로 이루어진 저층의 발달과 함께 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 분포했던 것으로 나타났다. 기후조건을 반영하는 식생조성의 변화가 인지되는데, 약 43,100년 전-41,900년 전 시기에는 오늘날보다 다소 추운 한랭한 온대 기후하에서 초지식생을 수반한 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 발달하였다. 약 41,900년 전-41,200년 전 동안에는 양치식물 저층의 발달과 함께 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림 내에서의 아한대성 침엽수의 감소와 온대성 낙엽 활엽수의 증가가 나타나는데 이는 기후조건이 온난화를 지시한다. 약 41,200년 전-39,700년 전 시기에는 기후 한랭화에 따른 아한대성 침엽수의 증가와 식생밀도의 감소가 나타난다.

주요어: 화분분석, 후기 플라이스토세, 고식생, 고기후, 의왕시

서 론

오늘날 전세계적으로 발생하고 있는 기상이변과 지구온난화 문제를 올바르게 이해하고 대처하기 위해서는 과거 기후 변천과정에 대한 고찰이 필요하다. 특히 신생대 제4기 후기는 빙하기와 간빙기가 반복되

면서 기후변동, 해수면변동 및 지리·지형적 변화가 컸던 시기로 특정 지역의 현재 기후특성 형성에 직접적이고 중요한 작용을 하였다. 제4기 후기의 기후 변화를 포함한 환경적 불안정성은 당시의 식생(vegetation)에 직접적인 영향을 주었다. 따라서 고식생 복원은 과거 기후를 포함한 환경 변천과정과 오늘날 지역적 식생을 고찰하는 데 있어 가장 효과적인 방법 중 하나이다(Wolfe and Hopkins, 1967; Traverse, 1988). 퇴적층에 보존될 수 있는 식물의 부분 중 양적으로 가장 풍부한 것은 화분이다. 화분은 또한 안

*Corresponding author: chungch93@hanmail.net

Tel: 82-62-971-0328

Fax: 82-62-530-0578

정된 성분으로 이루어졌을 뿐만 아니라 미화석의 장 점도 함께 가지고 있다. 화분분석에 의한 고식생 복원은 고기후를 포함한 제4기 고환경 연구에 매우 중요한 역할을 한다.

지난 20 년동안 제4기 고기후에 대한 관심이 크게 고조되면서 외국에서는 고식생 복원을 통한 기후변화에 대한 연구가 활발하게 진행되어 많은 자료를 축적하였으나 국내에서의 제4기 식생변화나 기후변화에 대한 연구는 아직 미흡한 편이며 기존의 연구도 대부분 플라이스토세(Pleistocene) 말과 홀로세(Holocene)에 집중되어 이루어졌을 뿐 최후극빙기(Last Glacial Maximum) 이전의 식생이나 기후조건에 대한 자료는 매우 빈약한 실정이다(윤순옥, 1996, 1997; 박지훈, 2004; 이상현 외, 2004; 정철환 외, 2005; Chang and Kim, 1982; Choi, 1998; Chung, 2007; Yi et al., 2008).

이 연구에서는 경기도 의왕시 포일동지역의 후기 플라이스토세 지층을 대상으로 화분분석을 실시하여 당시의 식생을 복원하고 이를 바탕으로 기후조건을 포함한 고환경에 대해 고찰해보려 한다.

연구 지역 및 연구 방법

연구지역인 의왕시 포일동 일대는 한반도의 중서부 지역에 위치하며 수도권 남부지역에 해당한다(Fig. 1). 이 지역은 광주산맥의 남서단 끝자락에 위치하여 산세의 발달이 미약한 편이며 구릉성 산지나 평야지대로 주로 이루어져 있다. 조사지점은 동쪽의 청계산에서 뻗어나온 낮은 완만한 구릉 사면의 하단부(해발고도 50 m 내외)에 자리하고 있으며 조사지점으로부터 서쪽으로 약 300 m 거리에 안양천의 지류인 학의천이 지나고 있다. 최근 문화유적 발굴조사 과정에서 약 5 m 두께의 제4기층이 노출되었다. 이 지층은 하부로부터 하성기원의 자갈층, 암회색 이탄질점토층(5YR 3/1), 황적색 점토층(5YR 5/8), 적색 조립질 모래층(2.5YR 4/8), 황갈색 사질점토층(10YR 6/8), 갈색 사질점토층(7.5YR 6/4)으로 이루어져 있다(Fig. 2). 층리를 보이는 암회색 이탄질점토층과 황적색 점토층으로 이루어진 하부 2 m 구간은 하천 배후습지에서 퇴적된 것으로 보이며 토양찌꺼기가 발달한 상부 3 m 구간(적색 조립질 모래층, 황갈색 사질점토층, 갈색 사질점토층)은 토양화작용을 받은 사면기원 퇴적층으로 판단된다. 화분분석을 위하여 화분산출이 기

대되는 하부 2 m 구간(해발고도 46-44 m)의 암회색 이탄질점토층과 황적색 점토층에서 10 cm의 일정간격으로 총 21개의 시료가 채취되었다. 연대설정을 위하여 암회색 이탄질점토층과 황적색 점토층으로 이루어진 심도 350-500 cm 구간에서 50 cm 간격으로 4개의 시료를 채취하여 탄소연대측정(AMS)을 실시하였다. 탄소연대측정은 서울대학교 기초과학공통기기원 AMS 분석실에 의뢰하여 분석하였다.

화분 추출실험은 표준처리방법(Traverse, 1988)에 따라 10% HCl, 51% HF, Schulze's Solution 및 10% KOH에 반응시킨 후 각 단계마다 증류수로 4-5 차례 세척하여 탄산염, 규산염 및 유기물질을 순서대로 제거하였다. 이러한 과정을 거쳐서 농축된 화분을 적당량의 글리세린 젤리와 혼합하여 관찰용 슬라이드를 제작하였다. 제작된 슬라이드를 400배율의 현미경 하에서 시료당 한개 이상의 슬라이드를 관찰하여 200개 이상의 화분을 counting 하였다.

연구 결과

연대

4개 시료에 대한 탄소연대측정(AMS) 결과는 Table 1에 제시되어 있으며 연대측정 결과는 다시 Fairbanks calibration curve version 0108(Fairbanks et al., 2005)을 이용하여 보정하였다. 보정된 탄소연대측정 값 중 일부는 시료의 층서적 위치와 부합하지 않는 연대값을 지시하고 있는데 심도 450 cm에서 채취된 시료(SNU09-R188)의 연대값은 37,691±529 cal. yr BP로 상위의 시료보다 젊은 연대값을 지시하고 있으며 심도 400 cm에서 채취된 시료(SNU09-R187)의 연대값은 탄소연대 보정 범위인 50,000년을 넘어가는 것으로 나타나 하위의 시료보다 더 오래된 연대값을 지시하고 있다(Table 1). 층서적 위치에 부합하지 않는 연대값을 지시하고 있는 시료 SNU09-R188 및 SNU09-R187의 $\delta^{13}C$ 값이 -40.20‰과 -18.00‰로 각기 나타나고 있어 일반적인 $\delta^{13}C$ 값의 범위인 -22.00 - -26.00‰ 보다 비정상적으로 높거나 낮는데 이는 이들 시료가 다른 기원의 탄소에 의해 오염되어 연대값의 신뢰도를 확인하기 어렵다는 것을 의미한다. 따라서 이번 연구에서는 비정상적인 $\delta^{13}C$ 값을 보이고 층서적 위치에 부합하지 않는 연대값을 지시하고 있는 2개의 시료(SNU09-R188 및 SNU09-R187)의 연대값을 제외한 나머지 2개 시료의 연대값을 바탕

Table 1. AMS ¹⁴C ages from the Late Pleistocene deposits of study area

Sample code	Sample Depth (cm)	Material	δ ¹³ C (‰)	AMS ¹⁴ C Age (yr BP)	Calibrated age (cal. yr BP)
SNU09-R186	350 cm	bulk soil	-25.75	34,400±600	39,762±606
SNU09-R187	400 cm	bulk soil	-18.00	42,300±2,800	-
SNU09-R188	450 cm	bulk soil	-40.20	32,300±500	37,691±529
SNU09-R189	500 cm	bulk soil	-24.83	38,200±300	43,164±309

으로 연대설정을 실시하였다. 이에 따르면 화분분석이 수행된 구간의 연대는 43,164±309(심도 500 cm)와 39,762±606(심도 350 cm)로 분석되었다.

화분 산출 현황

의왕시 포일동 제4기층에 화분분석 결과, 채취된 21개 시료 중 지표로부터 심도 350-500 cm 구간의 암회색 이탄질점토층과 황적색 점토층 하부에 협재된 회색 내지 암회색 실트층에서 채취한 16개 시료에서 보존상태가 양호한 화분이 산출되어 이번 연구에 사용되었다. 황적색 점토층 상부 구간에서 채취된 5개 시료는 화분산출 상태가 불량하여 이번 연구에서 배제되었는데 이 구간에서는 토양화작용을 받았음을 지시하는 토양췌기가 발달되어 있어 화분이 토양화과정 중 산화작용에 의해 파괴된 것으로 생각된다.

산출된 화분군에서는 전반적으로 침엽수 및 초본류의 화분이 우세하게 산출되며 낙엽성 활엽수의 화분과 양치식물의 포자도 지속적으로 나타난다. 우세하게 나타나는 종류로는 소나무속(*Pinus*), 낙우송과(Taxodiaceae)-측백과(Cupressaceae)-주목과(Taxaceae), 낙엽성 참나무속(Deciduous *Quercus*), 벼과(Gramineae), 사초과(Cyperaceae), 썩의 다리속(*Thalictrum*), 국화과(Compositae), 고란초과(Polypodiaceae) 등이다(Fig. 3).

양치식물의 포자는 일자형 발아구(monolete)를 갖는 고란초과가 전반적으로 우세하게 나타나며 그 외에도 Y자형 발아구를 갖는 포자도 자주 관찰된다. 양치식물의 포자는 심도 410 cm 아래 구간에서는 대부분 10% 이상의 풍부한 산출량을 보이지만 심도 410 cm 상부구간에서는 5% 내외의 점유율을 보이며 감소하는 양상을 보인다.

나자식물 화분은 기낭이 발달되어 있는 소나무과(Pinaceae)의 소나무속(*Pinus*), 가문비나무속(*Picea*), 전나무속(*Abies*), 잎갈나무속(*Larix*)과 발아구가 없는 낙우송과(Taxodiaceae)-측백과(Cupressaceae)-주목과(Taxaceae)가 대표적인 종류들이다. 소나무속은 심도 410 cm 아래 구간에서는 대부분 1% 이하의 미약하

고 간헐적인 산출을 보이거나 심도 410 cm 상부 구간에서는 5-10%로 현저히 증가하는 양상을 보인다. 가문비나무속과 전나무속은 대체로 5% 미만의 낮은 산출량을 보이며 지속적으로 산출된다. 잎갈나무속은 심도 410 cm을 기준으로 그 하부 구간에서는 5% 미만의 낮은 산출량을 보이거나 그 상부 구간에서는 5-10%로 증가하는 양상을 보인다. 낙우송과-측백과-주목과 화분은 나자식물 중에서는 가장 풍부하게 산출되며 대부분의 시료에서 5-10%의 점유율을 보이며 지속적으로 나타난다.

피자식물 화분은 전체 시료를 통하여 가장 다양한 종류가 나타나는데 그 중 수목류(arboreal)로는 오리나무속(*Alnus*), 자작나무속(*Betula*), 낙엽성 참나무속 등이 대표적이며 초본류(non-arboreal)로는 벼과, 사초과, 썩의 다리속, 국화과 등이 풍부하게 나타난다. 오리나무속은 대부분의 시료에서 약 3-6%의 산출량을 보이며 심도 410 cm 상부 구간으로 가면서 약간 증가하는 경향을 보인다. 자작나무속은 2-7%의 산출량을 보이며 지속적으로 나타난다. 낙엽성 참나무속은 대부분의 시료들에서 4-7%로 산출되는데 상부 구간으로 가면서 다소 감소하는 양상을 보인다. 초본류로서는 벼과, 사초과, 썩의 다리속, 국화과 등이 우세하게 나타나는 종류들인데 그 중에서도 벼과는 대부분의 시료에서 5-10%의 산출량을 보이거나 지속적으로 산출된다. 사초과는 심도 410 cm을 기준으로 그 하부 구간에서는 5-10% 산출량을 보이거나 그 상부 구간에서는 3% 미만으로 감소하는 양상을 보인다. 썩의 다리속 또한 심도 410 cm 하부 구간에서는 10% 내외의 높은 산출량을 보이거나 그 상부 구간에서는 2-3%로 현저히 감소하는 경향을 보인다. 국화과는 대체로 5-10%의 산출량을 보이며 지속적으로 산출된다. 그 외에도 수목류에 속하는 서어나무속(*Carpinus*), 중국굴피나무속(*Pterocarya*), 밤나무속(*Castanea*), 느릅나무속(*Ulmus*), 느티나무속(*Zelkova*) 등과 초본류인 썩속(*Artemisia*), 가래속(*Potamogeton*), 장미과(Rosaceae) 등이 자주 관찰되는 종류들이다.

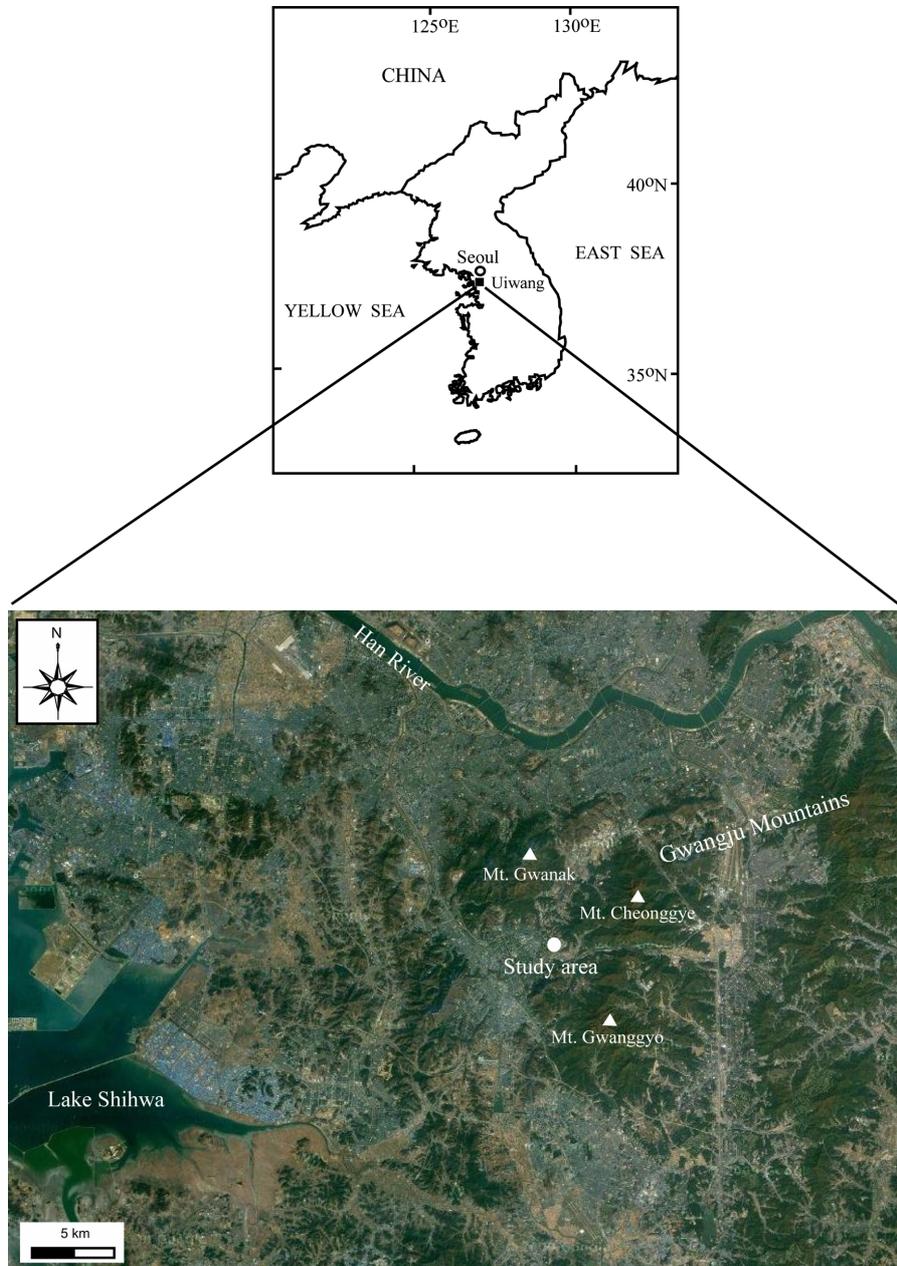


Fig. 1. Map showing location of study area.

단위 시료 중 화분 절대함량(Pollen Concentration Rate)을 측정하기 위해 Lycopodium tablet(Batch 483216, X=18583)을 사용하였다. 2g의 시료에 3개의 Lycopodium tablet을 투여하여 산출된 화분량과 Lycopodium의 상대비율을 이용하여 시료 1g당 함유된 화분의 절대함량을 계산하였다(Stockmarr, 1972; Maher, 1981). 시료별 화분의 절대함량은 7,000-

28,000개/g의 범위를 보이는데 심도 420 cm 하부 구간에서는 대부분 20,000개/g 내외의 상대적으로 높은 함량을 보이는 반면, 심도 420 cm 상부 구간에서는 대부분 10,000개/g 이하로 감소하는 양상을 나타낸다.

화분분대(Pollen zonation)

대표적인 화분 종류들의 산출양상과 전반적인 화분

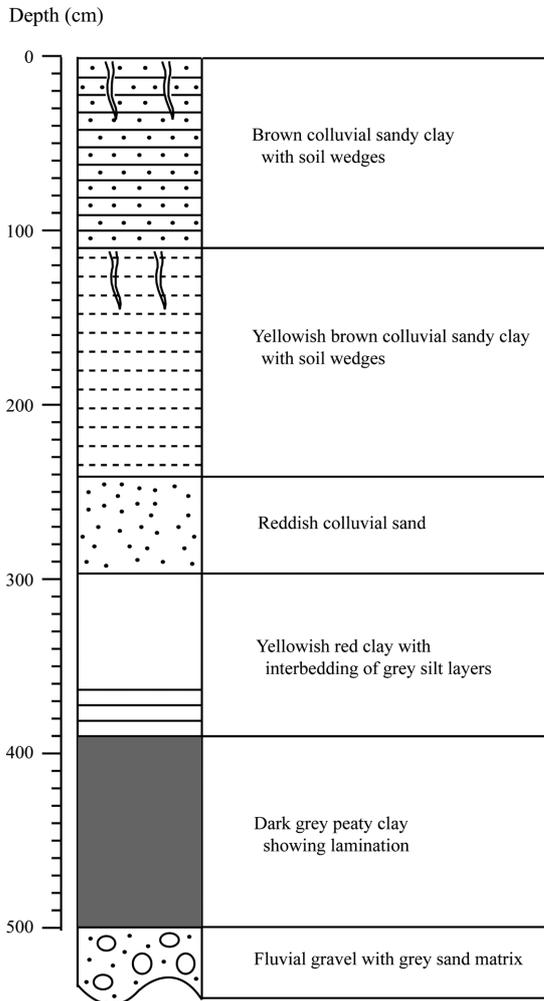


Fig. 2. Lithology of the 5 m-thick section studied.

산출량에 근거하여 3개의 화분 분대를 설정하였다 (Fig. 3). 각 화분대의 연대는 보정된 탄소연대를 보간(interpolation)하여 구하였다.

화분대 I은 심도 445 cm부터 500 cm까지의 구간에 해당하며 벼과, 사초과, 꿩의 다리속, 국화과 등의 초본류와 고란초과로 대표되는 양치식물의 포자가 우세하게 나타나고 수목류로는 낙우송과-측백과-주목과 및 낙엽성 참나무속이 풍부하게 산출된다. 이 외에도 가문비나무속, 오리나무속, 자작나무속 등이 지속적으로 관찰된다. 이 화분대에서는 약 20,000-28,000개/g의 화분 절대함량을 보인다.

화분대 II은 심도 415 cm부터 445 cm까지의 구간에 해당하며 양치식물 포자의 우세와 함께 벼과, 사초과, 꿩의 다리속, 국화과 등의 초본류가 여전히 풍부하게

산출되나 하위의 화분대 I에 비해 초본류의 점유율은 다소 감소한 경향을 보인다. 수목류로는 낙우송과-측백과-주목과 및 낙엽성 참나무속이 대표적이며 그 외에도 가문비나무속, 서어나무속, 중국굴피나무속, 밤나무속 등이 자주 관찰된다. 이 구간에서는 가문비나무속, 전나무속, 잎갈나무속 등의 아한대성 고산지대 침엽수(subalpine conifers)의 화분 산출량이 하위의 화분대 I에 비해 감소되어 나타난다. 이 화분대에서는 약 8,000-19,000개/g의 화분 절대함량을 보인다.

화분대 III는 심도 350 cm부터 415 cm까지의 구간으로 소나무속, 잎갈나무속, 낙엽성 참나무속 등의 수목류와 벼과 및 국화과로 대표되는 초본류가 우세하게 나타난다. 양치식물 포자도 자주 관찰되나 3개의 화분대 가장 낮은 점유율을 보인다. 전반적으로 하위의 화분대 I 및 II에 비해 초본류의 점유율이 감소된 반면 침엽수, 특히 아한대성 고산지대 침엽수의 점유율은 증가하는 양상을 보인다(Fig. 4). 소나무속 및 잎갈나무속은 화분대 I 및 II에서는 2% 내외의 빈약한 산출을 보이나 이 화분대에서는 5-10%로 현저히 증가하는 양상을 보인다. 반면에 사초과 및 꿩의 다리속 등의 초본류는 이 화분대에서 뚜렷하게 감소되어 나타난다. 화분 절대함량은 대부분 10,000개/g 미만으로 나타나 3개 화분대 중 가장 낮은 값을 보인다.

고식생 복원 및 고환경 고찰

연구지역인 의왕시 포일동 일대는 기후 특성상 중부 서안형에 속하며 한반도 북부와 남부 사이의 점이적 기후 조건을 갖고 있다. 이 지역의 연평균 기온은 11.6°C, 최난월(8월) 평균 기온 25.2°C, 최한월(1월) 평균 기온 -3.2°C, 연평균 강수량은 1,267.9 mm이고 그 중 약 60% 이상이 여름철에 내린다(기상청, 2003). 이 지역의 현 식생은 한반도 온대 중부 낙엽성 활엽수-침엽수 혼효림대에 속하며 신갈나무(*Quercus mongolica*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 노린재나무(*Symplocos chinensis* for. *pilosa*), 때죽나무(*Styrax japonica*), 철쭉(*Rhododendron schlippenbachii*) 등의 낙엽성 활엽수와 소나무(*Pinus densiflora*), 노간주나무(*Juniperus rigida*) 등의 침엽수로 대표된다(이우철과 임양재, 2002; Uyeki, 1933).

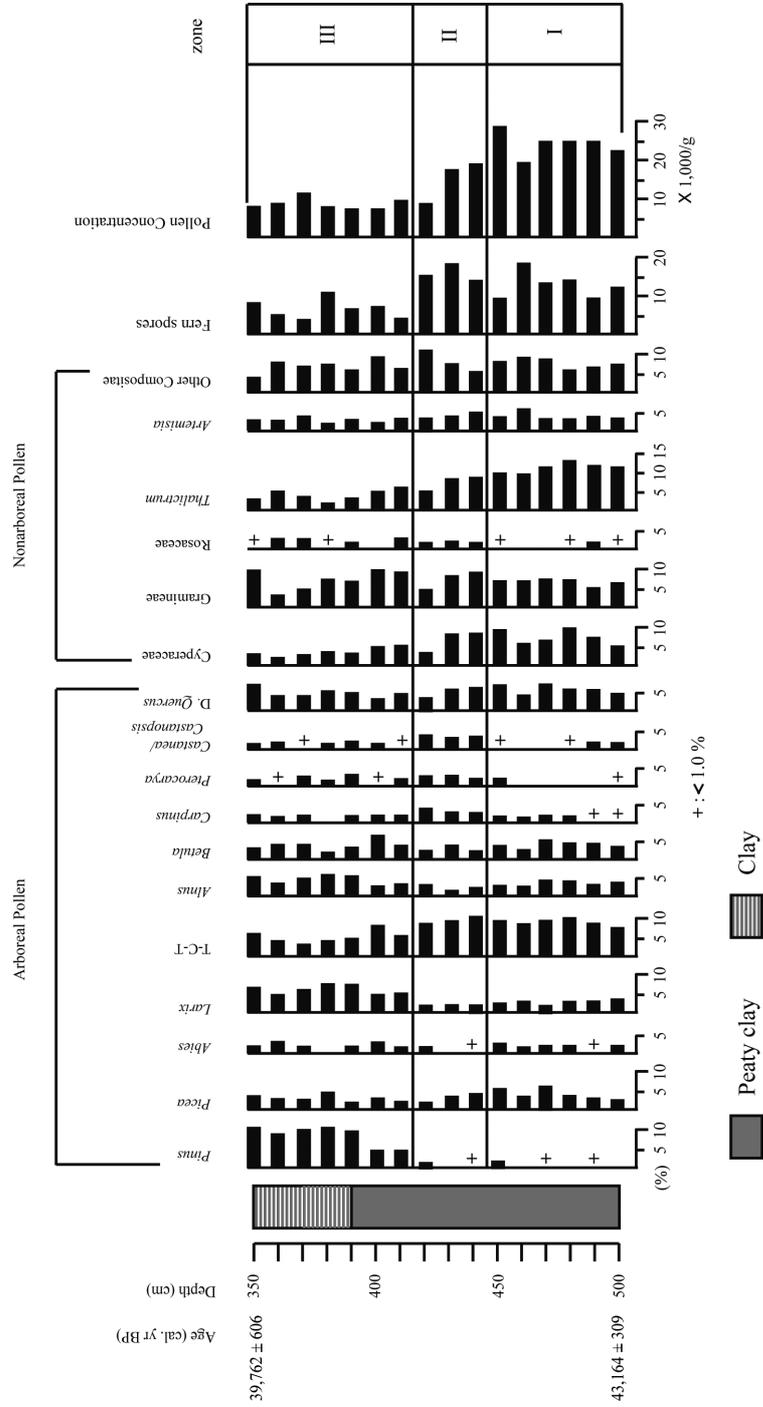


Fig. 3. Percentage diagram of the principal pollen taxa. T-C-T in figure is an abbreviation for Taxodiaceae-Cupressaceae-Taxaceae.

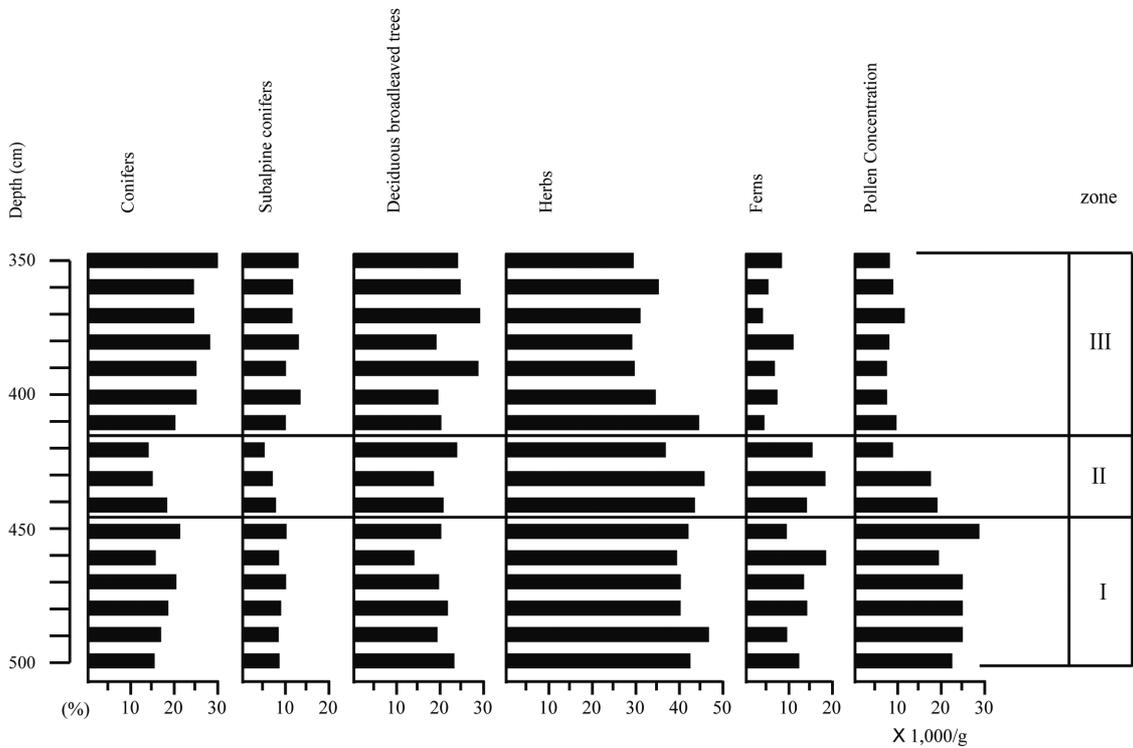


Fig. 4. Fluctuation in proportions of fern spores, coniferous pollen, subalpine coniferous pollen, pollen of deciduous broadleaved trees and herbaceous pollen.

이번 연구에서 산출된 화분군에서는 침엽수가 우세하게 나타나고 저층(understory)을 구성하는 초본류 및 양치식물이 풍부하게 산출되는 반면 낙엽성 활엽수는 상대적으로 낮은 산출량을 보이고 있어 당시의 기후조건이 오늘날보다 적박했던 것으로 보인다.

화분대 I(심도 445 cm부터 500 cm까지의 구간)은 약 43,100-41,900 cal. yr BP 동안 조사지역에는 하천 배후습지가 발달하였고 하천의 자연제방을 포함한 배후습지의 노출지에는 벼과, 사초과, 썩의 다리속, 국화과 등의 초본류로 주로 이루어진 초지(grassland) 식생의 발달을 지시한다. 또한 배후 산지의 사면이나 구릉지에는 낙우송과-측백과-주목과 및 낙엽성 참나무속으로 대표되는 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 발달했던 것으로 판단된다. 조사지역인 의왕시 포일동 일대가 낮은 구릉지대임에도 불구하고 이 화분대에서 아한대지역이나 고산지대에 주로 서식하는 가문비나무속, 전나무속, 잎갈나무속 등의 아한대성 침엽수(이우철과 임양재, 2002; Miyoshi et al., 1999)가 지속적으로 산출된다는 점을 고려해볼 때, 당시의 기후조건은 의왕시 일대의 오늘날보다 다소 추운 한랭

한 온대(cool temperate)였던 것으로 해석된다.

화분대 II(심도 415 cm부터 445 cm까지의 구간)는 약 41,900-41,200 cal. yr BP 기간에도 여전히 하천 배후습지에는 초본류가 주로 분포되었고 인근의 산사면이나 구릉지에는 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 발달되었다는 것을 보여준다. 그러나 이전의 화분대 I에 비교하여 아한대성 침엽수가 감소하고 서어나무속, 중국굴피나무속, 밤나무속 등의 온대성 낙엽 활엽수의 산출이 증가하는 경향을 보인다(Fig. 3). 이러한 식생조성의 변화는 이전의 화분대 I에 비해 온난해진 기후조건을 반영하는 것으로 판단된다. 고란초과는 3개의 화분대 중 이 화분대에서 가장 풍부하게 나타나는데, Liew et al.(2006)에 따르면 고란초과의 증가는 온도와 습도의 증가를 지시한다. 그러나 이러한 변화가 전체적인 식생변화라기 보다는 식생조성상의 미세한 변화이고 아한대성 침엽수가 비록 감소되었으나 꾸준히 나타나고 있어 기후조건이 폭은 크지 않았던 것으로 보인다. 이 시기의 기후 조건은 Greenland ice core에 대한 산소동위원소분석을 통하여 설정된 Dansgaard-Oeschger cycle의 interstadial

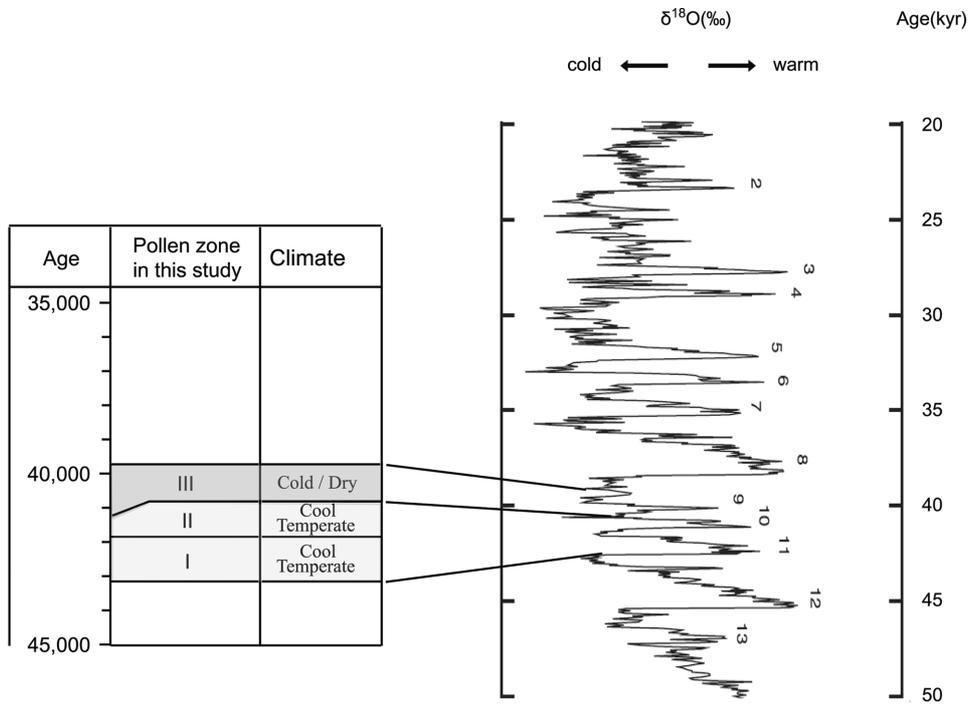


Fig. 5. Comparison of Uiwang pollen record with oxygen isotope record from Greenland (Dansgaard et al., 1993).

event 10 및 11에 대비되는 것으로 보인다(Dansgaard et al., 1993; NGRIP Members, 2004)(Fig. 5).

화분대 III(심도 350 cm부터 415 cm까지의 구간)은 약 41,200-39,700 cal. yr BP 동안 침엽수가 증가하고 초본류 및 양치식물이 감소했다는 것을 보여준다. 이는 조사지역의 하천 배후습지가 건록화되어 점차 사라지면서 초지 식생이 소나무속 및 잎갈나무속 등의 침엽수가 우세한 삼림(forest)으로 대체되었음을 보여주고 있다. 수변 초본류인 사초과의 급격한 감소는 이러한 습지의 후퇴를 잘 설명해주고 있다. 이 화분대에서는 하위의 화분대 I 및 II에 비해 아한대성 식물인 잎갈나무속과 자작나무속의 증가되어 나타나는 반면 화분 절대함량은 현저히 감소하는 양상을 보이는데 이는 화분대 이 형성되었던 시기(약 41,200-39,700 cal. yr BP) 동안 기후조건은 한랭해져 아한대 기후에 가까웠고 따라서 식생밀도(vegetation cover)도 더 낮은 상태였다는 것을 의미한다. 이러한 배후습지 건록화에 따른 퇴적환경의 변화 및 고식생의 변화로 인하여 습지 퇴적층의 퇴적이 끝나고 사면기원 퇴적층이 습지 퇴적층 상부에 쌓이게 되었다.

이번 연구 결과는 국내 후기 플라이스토세 지층에

서 수행된 기존 연구 결과와도 대체로 부합한다. 윤순옥과 조화룡(1996)은 영양분지의 후기 플라이스토세 지층에 대한 화분연구를 통하여 약 57,000-43,000년전에 걸쳐 낙엽성 참나무속이 우점하는 온대성 낙엽활엽수림이 발달하였으나 43,000-37,400년전 동안에는 한대성 자작나무속이 우점하였고 약 43,000년전을 기점으로 기후 조건이 한랭해졌다고 보고하였다. 또한 이상현 외(2006)는 아산시 풍기동 지역에 대한 화분분석을 통하여 약 43,000년전을 전후하여 기후 한랭화에 따른 식생변화를 보고하였다. 의왕시 포일동의 화분군에서는 약 41,200년전을 전후하여 화분대 I 및 II의 한랭한 온대에서 화분대 III의 한랭기로의 기후변화가 나타나는데 이는 기존 연구 결과와 유사한 양상을 보인다. 다만 윤순옥과 조화룡(1996) 및 이상현 외(2006)의 기존 연구에서는 기후 한랭화가 시작되는 시기가 약 43,000년전으로 보고되었으나 이번연구에서는 그보다 늦은 약 41,200년전으로 나타났다. 이러한 시간적 차이에 대해서는 탄소연대를 포함한 보다 다양하고 세밀한 고해상도의 연대자료가 수반된 검토가 필요하다.

결 론

경기도 의왕시 포일동 후기 플라이스토세 습지 퇴적층(약 43,100-39,700 cal. yr BP)에 대한 화분 연구를 수행하였다. 화분분석 결과, 소나무속, 낙우송과-측백과-주목과, 낙엽성 참나무속, 벼과, 사초과, 평의다리속, 국화과, 고란초과 등이 우세하게 산출되며 전반적으로 초본류 및 양치식물로 이루어진 저층의 발달과 함께 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 분포했던 것으로 나타났다. 오늘날 연구지역 일대에서 보기 드문 아한대성 고산지대 침엽수가 지속적으로 산출되는 것으로 보아 당시의 기후조건은 오늘날보다 더 추운 한랭한 온대 내지 아한대 기후환경이었던 것으로 해석된다.

대표적인 화분 종류들의 산출양상과 전반적인 화분 산출량에 근거하여 3개의 화분 분대를 설정하였다. 최하부 화분대 I은 하천 배후습지의 초지식생과 함께 침엽수-낙엽성 활엽수 혼효림이 발달했던 것으로 보이며 당시의 기후조건은 오늘날보다 다소 추운 한랭한 온대였던 것으로 해석된다. 화분대 II에서 나타나는 아한대성 침엽수의 감소와 온대성 낙엽 활엽수 및 양치식물(고란초과)의 증가는 화분대 I에 비해 다소 온난해진 기후조건을 반영하는 것으로 판단된다. 화분대 III에서는 침엽수의 증가와 초본류 및 양치식물의 감소가 나타나는데 이는 하천 배후습지의 건륙화를 지시하며 아한대성 침엽수의 증가와 함께 식생밀도의 감소를 나타내는 화분 절대함량의 현저한 감소는 아한대 조건에 가까운 기후 한랭화를 시사한다.

사 사

이 연구는 한국극지연구소(과제번호 PE10010)의 지원에 의하여 수행되었음을 밝히며 이에 감사드린다. 또한 논문의 미비한 점을 지적하고 유익한 조언을 주신 한국지질자원연구원 이상현 박사와 공주대학교 박지훈 교수께 진심으로 감사드린다.

참고문헌

기상청, 2003, 기상연보(1971-2000). 기상청, 293 p.
 박지훈, 2004, 온건리 유적 퇴적층의 화분분석에 의한 식생변천에 관한 연구. 한국지형학회지, 11, 61-68.
 윤순옥, 1996, Holocene 후기 삼천포 해안충적평야 지형발달과 환경변화. 한국지형학회지, 3, 83-98.

윤순옥, 1997, 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리복원. 대한지리학회지, 32, 15-30.
 윤순옥, 조화룡, 1996, 제4기 후기 영양분지의 자연환경변화. 대한지리학회지, 31, 447-468.
 이상현, 남승일, 장세원, 장진호, 2004, 한국 서해 현세 조수환경 퇴적체의 화분기록과 고환경 연구. 대한지질학회지, 40, 213-225.
 이상현, 김주용, 오근창, 양동윤, 류은영, 오규진, 2006, 화분분석을 이용한 아산시 풍기동 지역의 후기 플라이스토세 고환경. 대한지질학회지, 42, 57-68.
 이우철, 임양재, 2002, 식물지리. 강원대학교 출판부, 춘천, 412 p.
 정철환, 이현중, 임현수, 김정빈, 2005, 전라남도 무안군 피서리지역 후기 제4기 퇴적층에서 산출된 포자·화분 연구. 한국지구과학회지, 26, 597-602.
 Chang, C.H. and Kim, C.M., 1982, Late Quaternary vegetation in the lakes of Korea. Korean Journal of Botany, 25, 37-53.
 Choi, K.R., 1998, The Post-glacial vegetation history of the lowland in Korean Peninsula. Korean Journal of Ecology, 21, 169-174.
 Chung, C.-H., 2007, Vegetation response to climate change on Jeju Island, South Korea, during the last deglaciation based on pollen record. Geosciences Journal, 11, 147-155.
 Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsson, A.E., Jouzel, J., and Bond, G., 1993, Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. Nature, 364, 218-220.
 Fairbanks, R.G., Mortlock, R.A., Chiu, T.-C., Cao, L., Kaplan, A., Guilderson, T.P., Fairbanks, T.W., Bloom, A.L., Grootes, P.M., and Nadeau, M.-J., 2005, Radiocarbon calibration curve spanning 0 to 50,000 years BP based on paired $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and ^{14}C dates on pristine corals. Quaternary Science Reviews, 24, 1781-1796.
 Liew, P.M., Lee, C.Y., and Kuo, C.M., 2006, Holocene thermal optimal and climate variability of East Asian monsoon inferred from forest reconstruction of a subalpine pollen sequence, Taiwan. Earth and Planetary Science Letters, 250, 596-605.
 Maher, L.J., 1981, Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. Review of Palaeobotany and Palynology, 32, 153-191.
 Miyoshi, N., Fujiki, T., and Morita, Y., 1999, Palynology of a 250-m core from Lake Biwa: A 430,000-year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. Review of Palaeobotany and Palynology, 104, 267-283.
 NGRIP Members (North Greenland Ice Core Project Members), 2004, High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period.

- Nature, 431, 147-151.
- Stockmarr, J., 1972, Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13, 615-621.
- Traverse, A., 1988, *Paleopalynology*. Unwin-Hyman, Boston, USA, 600 p.
- Uyeki, H., 1933, On the forest zone of Korea. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, 2, 73-85.
- Wolfe, J.A. and Hopkins, D.M., 1967, Climatic changes recorded by Tertiary land flora in Northwestern North America. In Hatai, K. (eds.), *Tertiary correlation and climatic changes in the Pacific*. Proceedings of the 11th Pacific Science Congress, Sendai, Japan, 67-76.
- Yi, S., Kim, J.-Y., Yang, D.-Y., Oh, K.-C., and Hong, S.-S., 2008, Mid-and Late-Holocene palynofloral and environmental change of Korean central region. *Quaternary International*, 176-177, 112-120.

2010년 8월 11일 접수
2010년 10월 18일 수정원고 접수
2010년 11월 11일 채택