

홀로신 중기 광주광역시 연산동 일대의 고식생 및 고기후 변화

박정재* · 김민구**

Mid-Holocene palaeoenvironmental change at the Yeonsan-dong, Gwangju

Jungjae Park* · Minkoo Kim**

요약 : 광주광역시 화전 유적지의 습지 퇴적물에 화분분석, 수침목재 동정, 그리고 기초적인 퇴적물 분석 등을 수행하여 얻은 결과를 토대로 이 지역의 홀로신 중기 고식생 및 고기후를 유추해 보았다. 약 8200 ~ 6800년 전에는 홀로신 기후최적기에 비해 기후가 다소 건조하여, 참나무 개체수는 상대적으로 적었고 다양한 수목들이 함께 서식했다. 약 6800 ~ 5900년 전은 홀로신 기후최적기로 온난 습윤한 기후가 강화되면서 참나무속에 유리한 환경이 조성되었으며 저습지의 면적이 감소하였다. 6100년 전 경에는 한반도 남동부에서 홀로신 기후최적기의 지속으로 극상림에 가까운 삼림이 형성되었다. 약 5900 ~ 4700년 전에는 기후가 냉량건조해지면서 극상림인 참나무숲의 면적뿐 아니라 전체 삼림 면적이 감소하였다. 이 시기 말미에는 기후의 일시적인 호전으로 오리나무숲이 팽창하였다. 마지막으로 약 4700 ~ 3300년 전에는 오리나무의 세력이 감소하고 참나무가 우점했으며 상대적으로 건조한 기후가 지속되면서 삼림의 밀도는 낮았다.

주요어 : 화전 유적지, 화분분석, 고식생 및 고기후, 홀로신 중기, 기후 최적기

Abstract : The aim of this research is to infer paleovegetation and paleoclimate in the Hwajeon archeological site of Gwangju city during mid-Holocene through the analysis of pollen, waterlogged woods, and sediments. Between 8200 ~ 6800 years ago, relatively dry climate resulted in a weakened dominance of oak and high diversity of tree genus. During the Holocene climatic optimum period (6800 ~ 5900 years ago), oak forests expanded while wetland areas diminished as warm/humid climate intensified. Between 5900 ~ 4700 years ago, the entire forest area as well as oak climax forests was reduced due to a relatively cool/dry climate. However at the end of this period, oak forests expanded since a favorable climate condition temporarily resumed. Lastly, between 4700 ~ 3300 years ago, oaks dominated but alders were weakened. The density of forest was low because of a relatively dry climate in this period.

Key Words : Hwajeon archeological site, pollen analysis, paleovegetation and paleoclimate, mid-Holocene, Holocene climatic optimum

1. 서론

교란되지 않은 습지퇴적물은 식생 및 기후 변화 그리고 인간의 영향 등과 관련된 고환경 정보를 제공한

다. 지구 온난화 등의 기후 변화가 많은 이들의 우려를 낳고 있는 현 상황에서 미래의 기후를 정확히 예측하고자 하는 욕구는 고환경 정보에 대한 수요의 증가로 이어지고 있다. 과거의 기후 변화 역사를 정확히 파악

* 서울대 지리학과 조교수 (Assistant Professor, Department of Geography, Seoul National University), jungjaep@snu.ac.kr

** 전남대 인류학과 조교수 (Assistant Professor, Department of Anthropology, Chonnam National University), minkoo@jnu.ac.kr

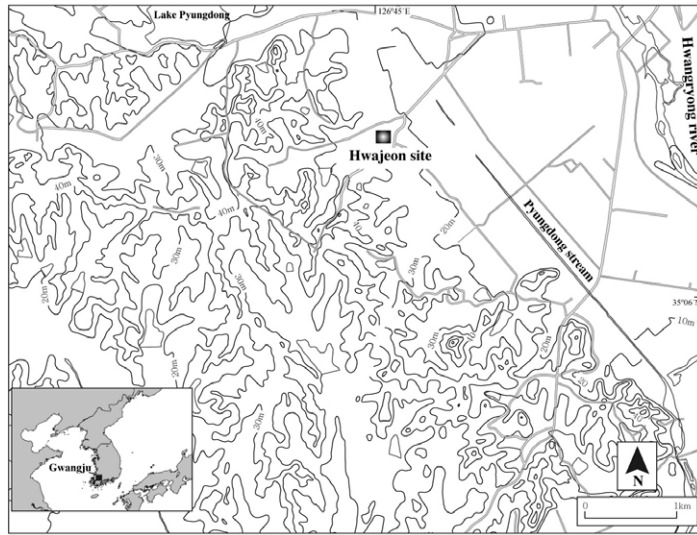


Figure 1. Map of the sampling site 시료 채취 지점

할 수만 있다면 미래의 변화에 대한 예측 또한 가능하리란 생각 때문이다.

과거의 환경 변화를 유추할 때 가장 이상적인 시료는 호수 퇴적물이다. 그러나 남한 지역에는 극히 일부의 석호를 제외하면 인간의 영향을 받지 않은 자연 그대로의 호수는 존재하지 않는다. 부분적으로 분포하는 고호소 퇴적물도 농경 등의 인간 행위로 상당부분 훼손된 경우가 많아 비교란 퇴적물 시료의 확보가 쉽지 않은 편이다. 따라서 우리나라에서 장기간의 식생·기후 변화를 보여주는 화분분석 자료는 매우 드물다 - 방어진(Jo, 1979), 영랑호(Yasuda *et al.*, 1979), 월함지(Chang and Kim, 1982), 향호 (Fujiki and Yasuda, 2004), 경포호 (Yoon *et al.*, 2008).

최근에는 고고학 발굴 및 지표조사에 의해 발견되는 습지 퇴적층을 대상으로 화분분석 등의 퇴적물 분석이 다수 이루어지고 있다 (e.g. Choi *et al.*, 2005; Lim *et al.*, 2007). 유적 발굴지에서는 일단 시료 채취가 매우 용이하다. 또한 습지 퇴적물뿐 아니라 목탄이나 종자 등도 함께 발견되므로 인간의 영향으로 인한 식생 변화나 주민들의 생활상 변화 등을 함께 파악할 수 있다는 장점도 갖는다.

본 논문에서는 광주광역시 화전 유적지의 습지 퇴적물에 화분분석, 수침목재 동정, 그리고 기초적인 퇴적

물 분석 등을 수행하여 얻은 결과를 토대로 과거 이지역의 고식생 및 고기후를 유추해 보았다. 화전 유적지에서 발견된 습지 퇴적층은 총 두께가 단 80cm에 불과하지만, 연대측정 결과 장기간에 걸쳐 퇴적된 것으로 확인되었으며 퇴적율이 비교적 일정하여 분석할 만한 가치는 충분한 것으로 판단된다. 우리나라에서는 적절한 퇴적물 시료의 부족과 멀티프록시 연구의 부진으로 홀로신 기후 최적기가 뚜렷이 정립되지 못한 채 다양한 연구결과들이 어지럽게 제시되고 있는 실정이다.(Yasuda *et al.*, 1979; Jo, 1979; Chang and Kim, 1982; Choi 1998; Fujiki and Yasuda, 2004; Choi *et al.*, 2005; Jang *et al.*, 2006). 따라서 화전 퇴적층이 포함하고 있는 한반도 홀로신 기후 최적기(Holocene climatic optimum)의 식생 및 기후 변화 정보는 향후 한반도의 고환경 기본 자료로써 활용가치가 높을 것이다.

2. 연구지역 및 연구방법

연구지역(시료 채취 지점, 북위 35° 07' 24", 동경 126° 44' 38")은 광주광역시 광산구 연산동 화전마을의 남쪽에 위치하며 영산강의 지류인 평동천의 범람으로 형성된 충적지이다 (Figure 1). 서쪽으로는 해발

30m 정도의 낮은 구릉이 자리잡고 있고, 최근까지 이곳에서 논이나 비닐하우스 재배가 이루어졌다(Honam Cultural Property Research Center, 2011). 연구지역은 한반도의 서남부에 위치하고 서해에 인접해 있어 온난다습한 기후 특성을 보인다. 연평균 기온은 13℃ 이고 연평균강수량은 1,400mm이다. 연강수량의 60%가 여름철에 집중되며, 8월의 평균기온은 26.2℃, 1월의 평균기온은 -0.3℃이다(Domestic Climate Data).

광주광역시 소재 (재)호남문화재연구원의 화전마을 유적 지표·시굴 조사 과정(2009년 2월 ~ 4월)에서 드러난 약 80cm 정도의 비교란 퇴적층 벽면으로부터 4~6 cm 간격으로 총 17개의 시료를 채취하였다(Figure 2). 퇴적층이 조성된 시기를 파악하기 위해 서울대학교 기초과학공동기기에 퇴적물 시료 4개(105cm, 132cm, 151cm, 178cm)와 퇴적층에서 발견된 수침목재들 중 2개 시료(5번과 40번)의 탄소연대측정을 의뢰하였다(Table 1). 각각의 연대치는 Calib 6.0 모델을 통해 교정연대치로 변환하였다(Stuiver and Reimer, 1993).

화분분석은 Faegri and Iverson(1989)의 표준 화분 추출 방법을 따랐으며, 10%의 HCl, 10%의 KOH, 51% HF, Acetolysis 처리 단계를 거쳤다. 최종적으로 남은 샘플들을 실리콘 오일과 함께 섞어 슬라이드 글래스로 만들고 40배율의 렌즈를 장착한 Leica 현미경을 이용해서 400배율로 화분을 관찰하였다. 화분 동정은 한국

화분도감(Chang and Rim, 1979)과 기존의 화분 동정 문헌 등을 참조하였다. 총 17개의 시료를 분석하였으며 각 샘플당 최소 400개 이상의 화분을 동정하였다. 한편, 이 지역 농경의 영향을 밝히기 위해 벼과(Poaceae)화분의 크기도 측정해 보았으나, 동정된 벼과화분의 절대수도 현저히 적고 모두 35um 이하로 측정되어 그 결과를 제시하지는 않았다. 화분 유입량을 산출하기 위해 1개의 Lycopodium 태블릿(Batch No. 177745, 포자갯수 - 18584)을 각 시료에다 첨가하였다(Stockmarr, 1971). 총 화분 수에서 Lycopodium 수가 차지하는 비율을 기준으로 화분의 농도(concentration)치를 얻었고, 수목화분(AP)의 총수를 모수로 하여 각 화분의 백분율을 산출하였다. 또한, 작열감량과 입도분석을 실시하여 퇴적물의 구성을 파악하였다. 퇴적물의 수분량을 측정하기 위해 24시간 동안 섭씨 105도로 건조시켰으며 유기물량의 측정을 위해 1시간동안 섭씨 550도의 열을 가했다. 퇴적물의 입도는 전남대 지리학과 자연지리실험실의 Sympatec/Helos 시스템을 이용하여 측정하였다. 대자울값의 측정에는 Bartington Instruments의 MS2 기기를 이용하였다.

수중분석을 위한 목재시료 64편은 화전 유적의 저습지 층에서 채집되었으며 발굴조사단이 유적지에 설치한 기준дук 1과 2 사이에서 노출된 것들이다(Honam Cultural Property Research Center, 2011). 시료 채집

Table 1 Radiocarbon dates from the Hwajeon site. 화전 유적지 시료들의 탄소연대측정 결과

Sample Depth (cm)	Material dated	Laboratory No.	$\delta^{13}C$ (‰)	Age(^{14}C yr BP)	Two σ age range (cal yr BP)	Median (cal yr BP)
105	sediment	SNU09-R125	-25	3050 ± 60	3076~3383	3260
132	sediment	SNU09-R126	-25	4530 ± 60	5028~5323	5170
151	sediment	SNU10-R003	-25	5510 ± 50	6263~6406	6310
178	sediment	SNU09-R127	-25	4540 ± 60	5031~5326	5170
Sample Number	Material dated	Laboratory No.	$\delta^{13}C$ (‰)	Age(^{14}C yr BP)	Two σ age range (cal yr BP)	Median (cal yr BP)
5	waterlogged wood	SNU10-R055	-25	4380 ± 50	4844~5268	4950
40	waterlogged wood	SNU10-R056	-25	4380 ± 60	4841~5276	4970

은 발굴이 종료된 직후에 실시하였으며 채집된 시료는 알루미늄 호일과 플라스틱 지퍼백으로 밀봉하여 2°C에서 냉장보관하였다. 조직구조 관찰을 위해 실체현미경으로 관찰면의 위치를 결정하고 한 변이 1cm 내외가 되도록 시편 블록을 제작하였다. 이후 수침목재 시편은 목재의 강도에 따라 두 가지 방법으로 처리되었다. 수침 상태임에도 불구하고 목재의 강도를 충분히 유지하고 있다고 판단되는 시료는 별다른 처리 없이 시편

블록을 활주식 마이크로톰을 이용하여 절단하고 두께 15~20um 정도의 3단면 절편을 만들었다. 반면 강도를 충분히 유지하지 못한 시편들은 폴리에틸렌글리콜(PEG) 용액에 수일간 함침하여 일시적으로 단단하게 만든 후 마이크로톰을 이용하여 절단하였다. 절편들을 사프라닌(safranin) 용액으로 염색하고 에탄올 용액으로 단계적(25%, 50%, 75%, 100%)으로 탈수하였다. 제작된 영구 프레파라아트에서 목재 구성세포의 조직학적 특성을 실체현미경과 생물현미경을 이용하여 ×20-500배의 배율에서 검경하였으며, 이를 현생 목재와 비교하여 동정하였다 (Figure 3).

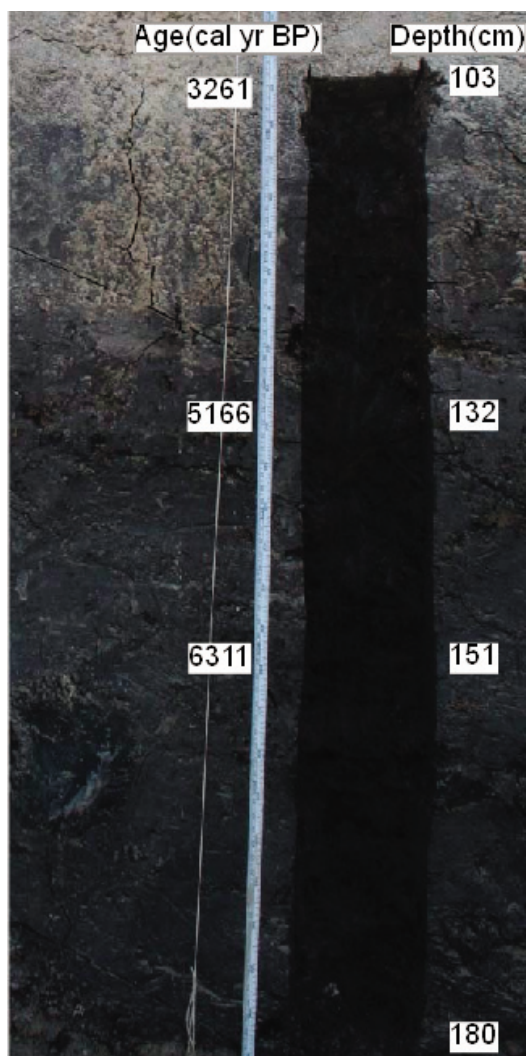


Figure 2. Profile of Hwajeon trench with age data. 시료를 채취한 화전퇴적층 단면과 깊이에 따른 탄소연대치

3. 연구결과 및 토의

1) 연대측정

화전 퇴적층에서 총 4개 지점의 연대치를 얻었다. 그러나 퇴적층의 최말단인 178cm 시료의 경우, 퇴적층의 교란 혹은 시료의 오염 등의 이유로 정확한 연대치가 산출되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 178cm 시료의 연대치를 제외한 나머지 3개의 연대치 정보를 기반으로 퇴적물 분석 결과를 시기별로 해석하였다.

교란된 178cm 시료의 연대치를 제외했을 때, 화전 퇴적층의 전체적인 퇴적율은 거의 일정한 것으로 보인다 (Figure 4). 따라서 화분의 농도와 화분의 침전율(Accumulation) 간에 특별한 차이는 없었고 이에 그래프로 도시하지 않았다. 전체 퇴적율을 일정하다고 가정하면 178cm 퇴적물의 연대는 ca. 8200 cal yr BP로 추정된다. 퇴적층의 최상부인 105cm가 3260 cal yr BP이므로 화전 퇴적층은 3260 ~ 8200 cal yr BP 동안에 퇴적되었음을 알 수 있다. 수침목재의 2개 연대치(4950, 4970 cal yr BP)의 경우 132cm 퇴적물 시료의 연대(5170 cal yr BP)와 엇비슷하며, 전체 수침목재들의 동정 결과는 화분 분석을 통해 유추할 수 있는 약 5000년 전의 식생 양상과 연관시킬 수 있다.

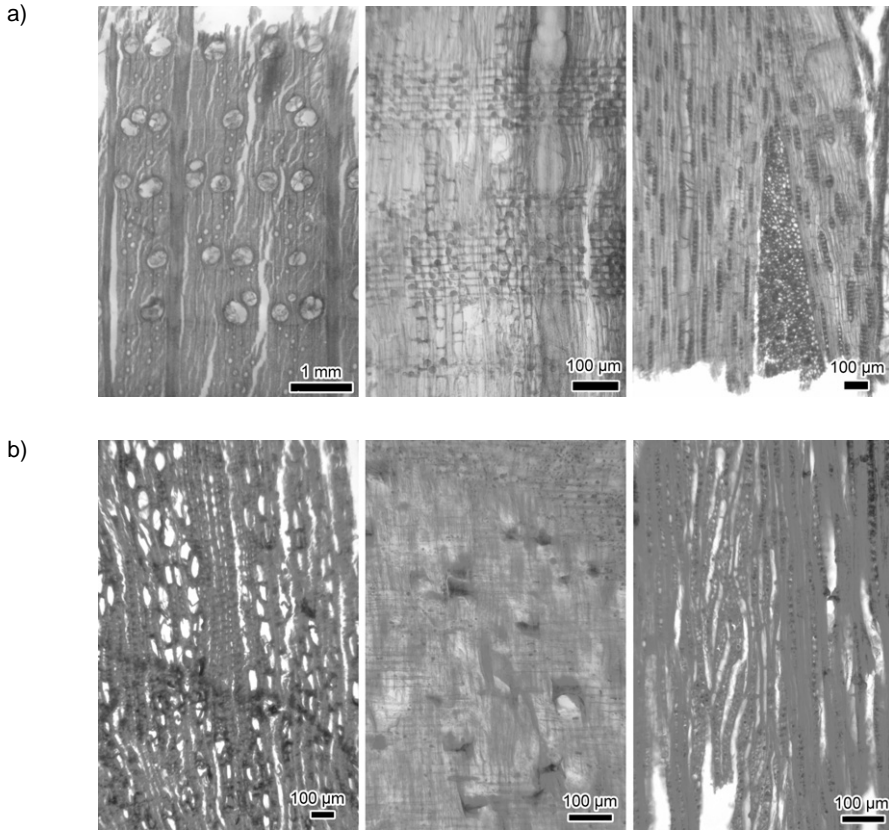


Figure 3. a) *Quercus* (sample # 23); b) *Alnus* (sample # 3)
 a) 참나무속 목재 (시료 # 23); b) 오리나무속 목재 (시료 # 23)

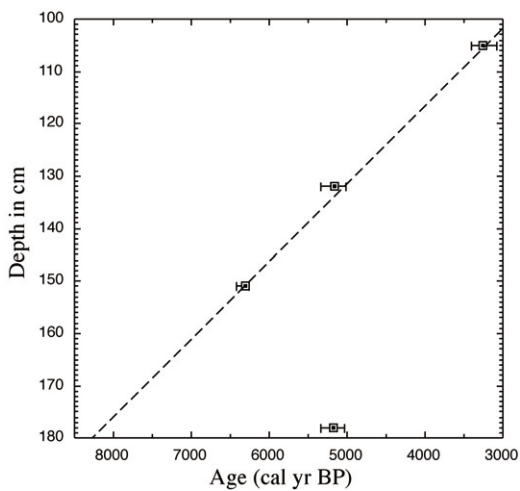


Figure 4. Hwajeon age-depth profile. 화전 퇴적층 깊이-연대 그래프

2) 화분 및 퇴적물 분석

전체적으로 퇴적층 깊이에 따른 화분조성의 변화가 심하지 않다(Figure 5). 특히 (낙엽성) 참나무속 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*)은 일관되게 전체 수목화분(AP)의 약 40~70%를 점하고 있어서, 이 분석 결과를 가지고 기후변화를 논하기란 쉽지 않다. 소나무속(*Pinus*) 화분의 경우, 대부분의 깊이에서 10% 이하로 나타나고 있다. 소나무속 화분은 상대적으로 다른 화분들에 비해 풍부하게 생산되고 형태적 특성으로 인해 산포거리도 길어, 일반적인 화분분석 결과에서 높은 점유율을 보이는 것이 특징이다. 따라서 본 분석 결과에서 나타나는 매우 낮은 소나무속의 비율은 연구 지역 주위로 넓은 면적에 걸쳐 참나무 삼림이 울창하게 들어서 있었음을 시사한다. 참나무속의 우점으로

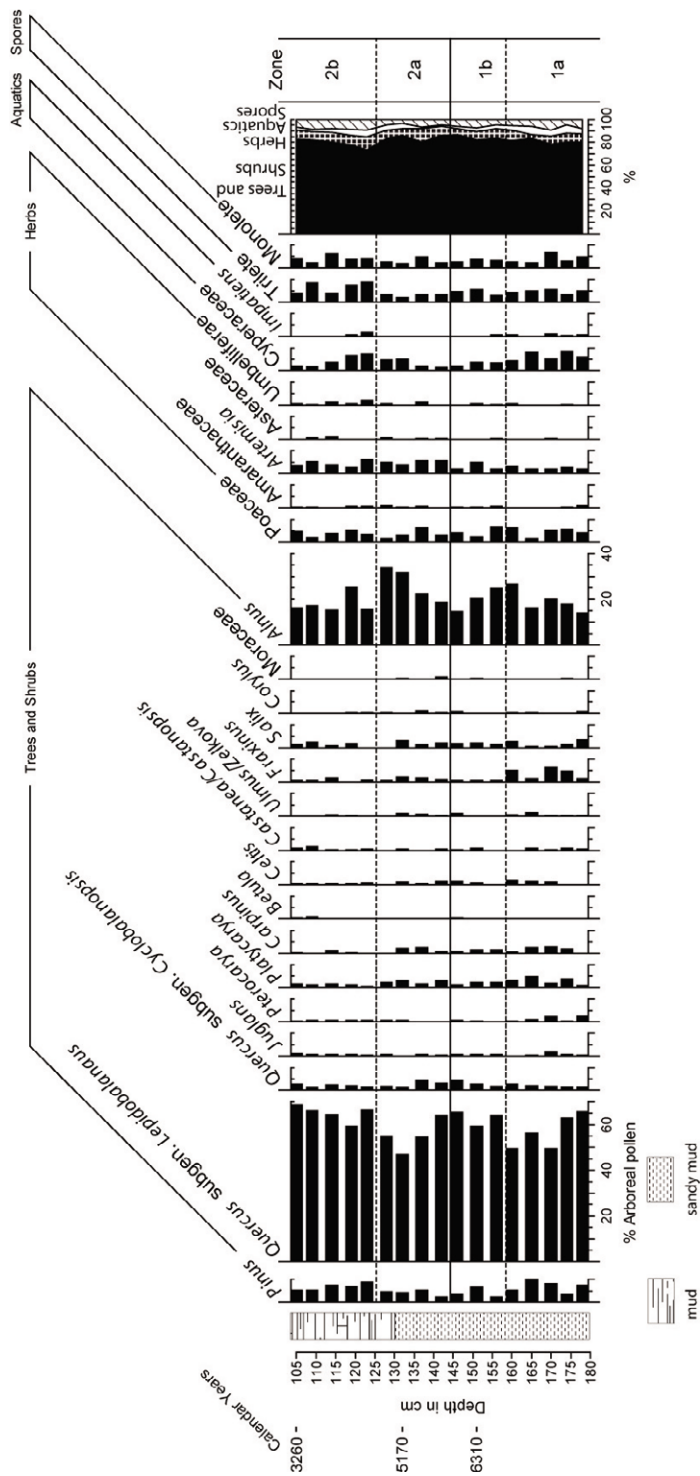


Figure 5. Selected pollen taxa from the Hwajeon sediment samples. 화전 시료의 화분분석 결과 (중요한 화분의 선택 제시)

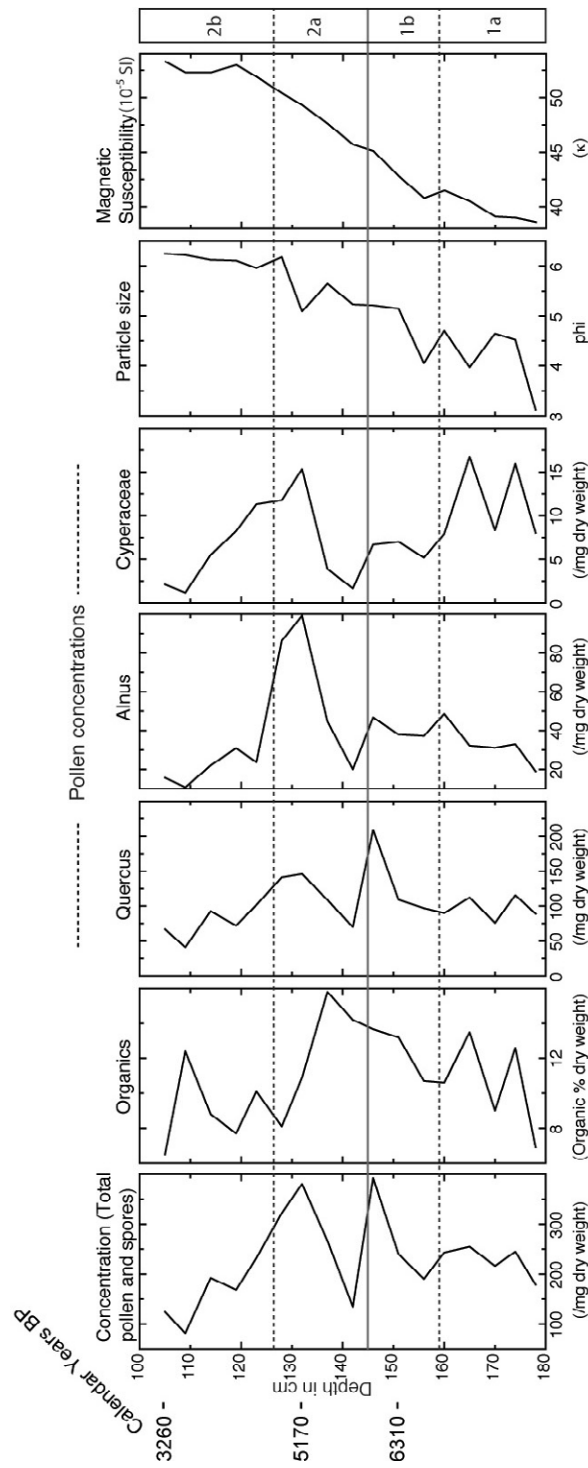


Figure 6. Hwajeon pollen concentrations, organic content, particle size, and magnetic susceptibility.

화전 시료의 화분 농도, 유기물량, 입도, 대자율

인해 화분도표 상에서 화분비율 조성의 변화가 드러나지 않고 있으므로, 화분농도와 입도 및 대지율 자료를 통합한 별도의 도표를 추가적으로 작성하여 분석 결과의 해석을 시도하였다(Figure 6). 화분도표 상에서 나타나는 미묘한 변화를 토대로 퇴적층을 4개의 zone으로 구분하였다. 다음은 각 시기(zone)별 화분 및 퇴적물 분석 결과와 이에 대한 해석이다.

(1) Zone 1a (178 ~ 159 cm, ca. 8200 ~ ca. 6800 cal yr BP)

참나무속의 비율은 상향감소하며 소나무속의 비율은 다른 시기에 비해 상대적으로 높다 (9~10%). 중국 굴피나무(*Pterocarya*), 굴피나무(*Platycarya*), 물푸레나무(*Fraxinus*) 등 다양한 수목들의 출현율이 비교적 높게 나타난다. 사초과(*Cyperaceae*) 비율은 전체적으로 높게 나타나고 있으며(7~8%), 봉선화속(*Impatiens*)이 꾸준히 출현한다. 오리나무속(*Alnus*)의 비율은 상향증가한다.

이와 같은 화분 조성은 이후에 나타나는 기후 최적기에 비해 이 시기가 상대적으로 건조했을 가능성을 반영한다. 환경적인 불리함이 참나무의 감소를 초래하면서 소나무를 포함하는 다양한 수목들이 함께 서식할 수 있는 조건을 제공했을 것으로 추측된다. 습지 식물인 사초과의 높은 비율은 이 시기에 화전유적지 인근 저습지가 비교적 넓게 분포했음을 시사한다.

(2) Zone 1b (159 ~ 145 cm, ca. 6800 ~ 5900 cal yr BP) : 홀로신 기후 최적기

이 기간 동안에는 홀로신 기후최적기와 관련된 특징적인 식생변화가 눈에 띈다. 우선, 소나무속 비율이 이전 시기에 비해 낮아진 반면 참나무속의 비율은 약 65% 까지 증가한다. 이전 시기에 5% 이상 산출되었던 물푸레나무속의 출현율은 갑자기 감소한다. 오리나무속의 비율은 상향감소하다 Zone 1b 구간 상단에서 최하에 이른다(약 15%). 사초과의 변화 모습 또한 오리나무속과 거의 유사하며, 봉선화속은 오리나무속 및 사초과가 감소하면서 사라진다. 이와 반대로 유기물량은 상향증가한다. 전체 화분농도와 참나무속의 화분농도는 상향증가하며, 이 구간 상단에서 최고치를 보인다.

오리나무속의 화분농도는 큰 변화없이 비교적 일정하다.

소나무속과 물푸레나무속의 감소는 참나무속과의 경쟁에서 이들이 밀려났음을 시사한다. 온난습윤한 기후가 강화되면서 소나무나 물푸레나무보다는 한반도의 극상종인 참나무에 보다 유리한 환경이 조성되었을 것이다. 오리나무속 및 사초과의 출현율이 지속적으로 감소하고 봉선화속이 사라지는 모습은 산지쪽의 저습지 가장자리로부터 하천 방향으로 참나무숲의 확장이 이루어지면서 저습지의 면적이 점차 감소한 결과로 판단된다. 그러나 오리나무속의 화분농도에는 큰 변화가 없는 것으로 보아, 저습지의 면적이 줄긴 했으나 동시에 습윤한 기후가 오리나무속의 생육에 좋은 영향을 주어 개체군의 밀도가 증가했을 가능성이 있다. 화분농도 도표에서 참나무속의 화분농도가 최고치에 이르는 6100 cal yr BP이 한반도 남동부에서 홀로신 기후 최적기의 지속으로 극상림에 가까운 삼림이 형성된 시점으로 판단된다. 유기물량의 상향 증가 또한 기온의 상승으로 인해 저습지 인근 지역의 생산량이 점차적으로 증가했음을 지시한다.

(3) Zone 2a (145 ~ 127 cm, ca. 5900 ~ 4700 cal yr BP)

Zone 2a 시기에는 홀로신 기후 최적기가 끝나고 상대적으로 냉량건조해지면서 식생 조성이 변하는 모습이 나타나고 있다. 참나무속의 출현율은 지속적으로 감소하여 45% 정도에 그치고 있다. 물푸레나무속의 비율은 미약하게 재상승한다. 오리나무속은 가파르게 상향증가하며 이 구간 상단에서의 비율이 35% 이상에 달한다. 사초과도 오리나무속과 비슷하게 상향증가한다. 이전시기와 비교할 때 쑥속(*Artemisia*)의 증가가 비교적 뚜렷한 편이다 (5% 이상). 전체화분 농도와 참나무화분 농도는 이 구간 하단부에서 급격하게 감소하는 모습을 보인다. 입도와 대지율은 이전 시기에 이어서 꾸준히 상향증가하고 있다. 한편 유기물량은 상향증가하다 구간 중앙부부터 급격히 감소한다.

이와 같은 식생 조성의 변화는 이전 시기에 비해 수목의 서식 조건이 불량해졌음을 시사한다. 참나무속의 감소와 오리나무속 및 물푸레나무속의 증가는 기후환

경의 악화로 극상림인 참나무숲의 면적이 감소하면서 생긴 빈 공간을 햇빛을 선호하는 수목들이 점유했음을 지시한다. 오리나무속 및 사초과의 출현율이 높아진 모습은 과거에 감소했던 저습지 환경이 일부 회복되었음을 시사한다. 썩속의 증가 또한 기후환경의 변화와 삼림 면적의 감소를 직접적으로 지시하고 있다.

무엇보다도 참나무 화분을 포함한 전체 화분농도의 감소가 5800 ~ 5600 cal yr BP에 매우 뚜렷하게 나타나고 있는 것으로 볼 때 이 시기에 기후가 비교적 냉량 건조해지면서 삼림 면적의 감소가 가속화되었던 것으로 판단된다. 이후 전체 화분농도는 다시 상향증가하지만, 참나무속 화분농도의 증가세는 거기에 미치지 못하고 있고 그에 반해 오리나무속의 화분농도는 매우 가파르게 상승하고 있다. 이 구간 초기에 기후의 전반적인 악화로 전체 삼림의 감소가 나타났지만, 이후 5200 ~ 4800 cal yr BP 경에는 다소 습해지면서 비어 있던 공간의 상당부분이 오리나무숲으로 채워졌다고 추측된다. 뿌리혹박테리아를 갖고 있는 오리나무는 참나무가 빈 공간으로 재진입하기 전 선구종 역할을 담당했다고 볼 수도 있다. 서해안 지역에서 대략 6000년 전부터 이전에 우점하던 참나무의 세력이 약해지고 오리나무 개체수가 증가했다는 사실은 기존의 화분분석 결과에서 이미 제시된 바 있다(Choi, 1998). 입도자료의 경우, Zone 1b와 2a 간의 경계를 기준으로 입도의 변화가 나타나고 있으며, 기후의 건조화로 인한 하천 유량의 감소가 범람원에 퇴적되는 입자의 크기 감소로 이어졌던 것으로 보인다. 뚜렷하지는 않지만 오리나무속의 비율이 높을 때 퇴적물 입자의 크기가 커지는 것을 볼 수 있는데 하천 유량의 일시적인 증가와 관련이 있는 것으로 사료된다. 대자울의 증가추세는 이 시기의 산림 면적 감소로 인한 토사유출량 증대를 지시하는 것으로 보인다. 한편 유기물량의 경우, 퇴적물 분석 시 화분농도와 유기물량은 일반적으로 비슷한 유형의 변화를 보이는데, 이 구간에서의 연구결과에는 큰 차이가 나타난다. 아마도 이 구간에 다량으로 산재해 있는 목재 미소파편들의 영향을 받은 것으로 보이며 따라서 큰 의미는 없는 것으로 사료된다.

한편, 수침목재 분석 또한 제한적이긴 하나 흥미로운 결과를 제시하고 있다. 동일한 층서에서 발견된 총

64편의 수침목재를 분석한 결과 모두 6종의 수종이 검출되었으며 그 중 참나무속 목재가 42편으로 압도적인 다수를 차지한다. 그 뒤를 오리나무속(7편), 자작나무속(*Betula*)(4편), 물푸레나무속(2편), 때죽나무속(*Styrax*)(1편), 이팝나무속(*Cbionanthus*)(1편)이 따른다. 방사성탄소연대 측정 결과 이들 나무들은 약 5000년 전에 서식했던 것으로 밝혀졌다. 화분분석 결과에 따르면, 상대적으로 냉량건조한 기후가 6000년 전부터 지속되다가 에 일시적으로 다소 습윤해지면서 오리나무 개체수가 최정점에 이른다. 더군다나 이 시기에 오리나무속의 개체수가 많았을 가능성이 높은 범람원 상에서 참나무 목편이 많이 발견된다는 점은 흥미롭다. 참나무숲이 연구 지역 인근에서 유지되고는 있었지만 오랫동안 지속된 불리한 환경조건으로 인해 서식 및 생장이 원활하지 않았음을 반영하는 것으로 보인다. 그리고 5000년 전 일시적으로 습윤해지면서 삼림이 팽창했을 무렵에는 오리나무와의 경쟁에서 밀렸을 가능성이 높다.

6000 ~ 5000 cal yr BP 사이에 전세계적으로 기후가 냉량건조해졌다는 연구결과들은 쉽게 찾을 수 있다. 이 시기에 열대지역에서는 기후가 보다 건조해졌고(Enzel *et al.*, 1999; Gasse, 2000; Gasse, 2001) 극지역에서는 보다 한랭해졌다는 주장(Denton and Karlen, 1973; Bond *et al.*, 1997)이 강하다. 특히 이 시기의 기후 변화는 홀로신 동안의 여타 냉량했던 시기들과는 달리 상당히 오랜 기간(1000년 이상) 지속되었다는 것이 중론이다. An *et al.*(2000)의 주장을 따르면, 광주광역시 위치인 한반도 남동부의 홀로신 여름 몬순 최적기는 6000년 전 경이다. 최적기 이후 ITCZ가 보다 남하하면서 여름몬순의 약화로 연구지역이 건조해졌을 가능성이 높으며, 이러한 기후변화가 식생변화로 이어진 것으로 판단된다.

국내의 기존 연구들을 살펴보면, 지역별로 홀로신 최적기가 끝나고 냉량건조해지는 시점이 서로 다르게 나타나고 있을 뿐 아니라 같은 지역 내에서도 상이한 결과들이 제시되고 있다. 우선 Choi(1998)는 한반도의 동서해안의 화분분석 자료를 종합해볼 때 약 7000년 전부터 한반도에서 건조화에 따른 식생 변화가 나타나기 시작한다고 보았다. 한반도 동해안의 경우 포항에

서 약 7000년 전(Jo, 1979), 향호에서 약 5800년 전 (Fujiki and Yasuda, 2004), 영랑호에서 약 4500년 전 (Yasuda *et al.*, 1979; Chang and Kim, 1982)부터 기후 및 식생 변화가 보이며, 서해안 경우에는 광주에서 약 6200년 전(Choi *et al.*, 2005), 천리포에서 4500년 전(Jang *et al.*, 2006; Yang *et al.*, 2008)부터 냉량건조해지고 있다. 이렇게 각 연구에서 홀로신 중기 이후 건조해지는 시점이 상이한 이유는 (일시적으로 오리나무의 급증을 가져온) 약 5000년 전의 습윤했던 기후 때문인 것으로 생각된다. 이는 향후 후속 연구에 의해 검증될 필요가 있다.

(4) Zone 2b (127 ~ 105 cm, ca. 4700 ~ 3300 cal yr BP)

이 구간에서는 다시 참나무속의 비율이 매우 높아진다(약 70%). 굴피나무가 비교적 뚜렷하게 감소하며 오리나무는 전체적으로 낮은 비율을 보인다(약 15%). 썩속은 Zone 1에 비해 꾸준히 높게 나타나고 있다. 다른 구간에 비해 포자류의 비율이 비교적 높다. 전체화분 농도는 빠르게 상향감소하며 참나무속, 오리나무속, 사초과의 화분 농도 모두 감소하고 있다. 한편 퇴적물 입자의 크기는 이전 시기들에 비해 매우 낮게 나타나며, 대자율은 비교적 높고 균일한 값을 보인다.

이 시기에는 기후의 변화로 참나무가 재우점하면서 오리나무와 굴피나무의 감소로 이어지고 있다. 그러나 전체 화분 농도의 가파른 감소 추세를 고려할 때 기후가 호전되었다기보다는 오히려 불량해졌다고 보는 것이 타당하다. 포자류와 썩속의 비율이 비교적 높게 나타나는 점도 이러한 해석을 뒷받침한다. 이전 시기와 비교할 때 기후가 더욱 건조해지면서 저습지에서 생육하는 오리나무 개체에 불리하게 작용했을 가능성이 있다. 참나무가 우점한 시기지만 전체적으로 삼림의 밀도는 낮았을 것으로 보인다. 한편, 퇴적물 입자의 크기 감소는 하천의 유량 감소와 관계있는 것으로 보이며, 높은 대자율 값은 기후 변화로 인한 주위 삼림 밀도의 저하를 지시한다. 이러한 강수량의 지속적인 감소는 이전 구간에서 언급한 바와 같이 ITCZ의 남하에 따른 여름몬순의 약화와 관련이 있을 것으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

광주광역시 화전유적지의 저습지 퇴적물에 대한 분석 결과는 홀로신 시기 기후변화에 의해 연구지역 환경이 어떠한 변화 과정을 거쳤는지 잘 보여주고 있다. 화전 퇴적물의 분석을 통해 유추된 시기별 연구지역의 식생 및 환경은 다음과 같다.

- 1) Zone 1a 시기 (약 8200 ~ 6800년 전): 홀로신 기후최적기에 비해 기후가 다소 건조하여, 참나무 개체수는 상대적으로 적었고 소나무를 포함하는 다양한 수목들이 함께 서식했던 것으로 보인다. 화전유적지 인근으로 저습지가 비교적 넓게 분포했다.
- 2) Zone 1b 시기 (약 6800 ~ 5900년 전, 홀로신 기후최적기): 온난습윤한 기후가 강화되면서 참나무속에 보다 유리한 환경이 조성되었다. 6100년 전 경이 한반도 남동부에서 홀로신 기후최적기의 지속으로 극상림에 가까운 삼림이 형성된 시점으로 판단된다.
- 3) Zone 2a 시기 (약 5900 ~ 4700년 전): 기후가 냉량건조해지면서 극상림인 참나무숲의 면적뿐 아니라 전체 삼림 면적이 감소하였다. 이 시기 말미에는 기후의 일시적인 호전으로 오리나무숲의 팽창이 나타난다.
- 4) Zone 2b 시기 (약 4700 ~ 3300년 전): 오리나무의 세력이 감소하고 참나무가 우점한 시기지만 상대적으로 건조한 기후가 지속되면서 삼림의 밀도는 낮았다.

사사

본 논문을 작성하는데 (재)호남문화재연구원의 임영진 원장님께 많은 도움을 받았기에 지면을 빌려 감사드린다. 이 논문의 작성시 2010년도 정부(교육과학기술부) 재원의 한국연구재단 기초연구사업으로부터 부분적으로 지원받았다 (2010-0015554).

참고문헌

- An, Z., Porter, S.C., Kutzbach, J.E., Wu, X., Wang, Su., Liu, X., Li, X., and Zhou, W., 2000, Asynchronous Holocene optimum of the East Asian monsoon, *Quaternary Science Reviews*, 19, 743-762.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., and Bonani, G., 2001, Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene, *Science*, 294, 2130-2136.
- Chang, C.-H. and Kim, C.-M., 1982, Late-Quaternary vegetation in the lake of Korea, *Korean Journal of Botany*, 25(1), 37-53.
- Chang, N.-K. and Rim, Y.-D., 1979, *Morphological studies on the pollen of flowering plants in Korea*, Seoul National University Press. (장남기 · 임영득, 1979, 한국화분도감, 서울대학교 출판부, 서울)
- Choi, K.-R., 1998, Review: the post - glacial vegetation history of the lowland in Korean peninsula, *Korean Journal of Ecology*, 21, 169-174.
- Choi, K.-R., Kim, K.-H., Kim, J.-W., Kim, J.-C., Lee, G.-K., Yang, D.-Y., and Nahm, W.-H., 2005, Vegetation history since the mid-lateglacial from Yeongsan River basin, southwestern Korea, *Korean Journal of Ecology*, 28, 37-43. (in Korean with English abstract)
- Denton, G.H. and Karlen, W., 1973, Holocene climatic variations: their pattern and possible cause, *Quaternary Research*, 3, 155-205.
- Domestic Climate Data. Korea Meteorological Administration. n.d. Web. 25 Apr. 2011. <http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp>
- Enzel, Y. L., Ely, L., Mishra, S., Ramesh, R., Amit, R., Lazar, B., Rajaguru, S.N., Baker, V., and Sandler, A., 1999, High-resolution Holocene environmental changes in the Thar Desert Northwestern India, *Science*, 284, 125-128.
- Faegri, K. and Iversen, J., 1989, *Textbook of Pollen Analysis*, Blackwell Scientific Publications, London.
- Fujiki, T. and Yasuda, Y., 2004, Vegetation history during the Holocene from Lake Hyangho, northeastern Korea, *Quaternary International*, 123-125, 63-69.
- Gasse, F., 2000, Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum, *Quaternary Science Reviews*, 19, 189-211.
- Gasse, F., 2001, Hydrological changes in Africa, *Science*, 292, 2259-2260.
- Honam Cultural Property Research Center, 2011, The site at Hwajeon, Gwangju, Honam Cultural Property Research Center. (호남문화재연구원, 2011, 광주 화전 유적, 호남문화재연구원, 담양)
- Jang, B.-O., Yang, D.-Y., Kim, J.-Y., and Choi, K.-R., 2006, Postglacial Vegetation History of the Central Western Region of the Korean Peninsula, *Korean Journal of Ecology* 29, 573-580. (in Korean with English abstract)
- Jo, W.-R., 1979, Palynological studies on postglacial age in eastern coastal region, Korean peninsula, *Toboku-Chiri*, 31, 23-35. (in Japanese with English abstract)
- Lim, H. S., Chung, C.-H., Kim, C.-B., Lee, Y. I., Lee, H. J., and Lee, Y. C., 2007, Late-Holocene palaeoclimatic change at the Dongnimdong archaeological site, Gwangju, SW Korea, *The Holocene*, 17, 665-672.
- Stockmarr, J., 1971, Tablets with spores used in absolute pollen analysis, *Pollen et Spores*, 13, 614-621.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J., 1993, Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program, *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Yang, D.-Y., Kim, J.-Y., Nahm, W.-H., Ruy, E., Yi, S., Kim J. C., Lee J.-Y., Kim J.-K., 2008, Holocene wetland environmental change based on major element concentrations and organic contents from the Cheollipo coast, Korea, *Quaternary International*, 176-177, 143-155.
- Yasuda, Y., Kim, C.-M., Lee, S.-T., and Yim, Y.-J., 1979, Environmental changes and agricultural origin

in Korea, in *Overseas Research Report*, pp.1-19,
Japanese Ministry of Education. (in Japanese)

Yoon, S.-O., Moon, Y.-R., and Hwang, S., 2008, Pollen
analysis from the Holocene sediments of Lake
Gyeongpo, Korea and its environmental
implications, *Journal of the Geological Society of
Korea*, 44, 781-794. (in Korean with English
Abstract)

교신: 박정재, 500-757, 서울특별시 관악구 신림동 서울대학
교 사회과학대학 지리학과 (이메일: jungjaep@snu.ac.kr 전화:

02-880-6140, 팩스: 02-876-9498)

Correspondence: Jungjae Park, Department of Geography,
College of Social Science, Seoul National University, Sillim-
dong, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Korea (e-mail:
jungjaep@snu.ac.kr phone: +82-2-880-6140, fax: +82-2-876-
9498)

최초투고일 2011. 6. 27

수정일 2011. 8. 25

최종접수일 2011. 8. 28