

화분분석을 통한 제주도 한남리지역의 홀로세 고식생 및 고기후 연구

정철환* · 오강호

순천대학교 한국경관지질연구소

요약: 제주도 서귀포시 한남리의 홀로세 퇴적층에 대한 화분분석을 통하여 고식생 및 고기후 변화를 고찰하였다. 산출된 화분군에서는 낙엽성 활엽수와 상록 활엽수가 주종을 이루고 있으며 초본류도 지속적으로 나타났다. 홀로세 초기(ca. 9,400 ~ 8,100 yr BP) 동안에는 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속으로 주로 이루어지고 초본류 저층이 국지적으로 분포된 온대성 낙엽성 활엽수림이 발달했던 것으로 나타났다. 홀로세 중기(ca. 8,100 ~ 2,500 yr BP)에는 난온대성 상록 활엽수가 증가하여 오늘날과 유사한 난온대성 낙엽-상록 활엽수 혼합림이 발달하였다. 수변식물인 오리나무속(*Alnus*)의 증가는 당시 기후가 습윤하였다는 것을 지시하는데 홀로세 중기의 이러한 습윤한 난온대 기후로의 변화는 해수면 상승에 따른 해양성 기후의 영향과 홀로세 최적기(Holocene climate optimum)의 기후 특성을 반영하고 있는 것으로 판단된다.

주요어: 화분분석, 홀로세, 고식생, 고기후, 제주도 서귀포시

서론

홀로세(Holocene)는 마지막 빙하기가 끝나고 기후가 급격하게 온난화하면서 해수면 상승과 이에 따른 지리·지형적 변화, 생태계 변화 등 다양한 환경적 변화를 가져온 시기로 기후를 포함한 특정지역의 오늘날 환경 조건 형성에 직접적이고 중요한 작용을 하였다. 이러한 환경적 변화는 당시의 식생(vegetation)에 직접적인 영향을 주었을 것이며, 따라서 고기후를 포함한 홀로세의 환경 변화를 효과적으로 고찰하기 위해서는 과거의 식생을 복원하는 것이 필수적이다 (Wolfe and Hopkins, 1967; Traverse, 1988). 식물은 기후 변화에 아주 민감하여 비교적 좁은 층서적 구간에서도 상이한 식물군이 나타날 수 있으므로, 홀로세와 같이 비교적 짧은 기간동안 발생했던 환경 변화를 파악하는 데 유용하게 이용될 수 있다. 특히 홀로세의 식생 조성이 오늘날과 크게 다르지 않기 때문에, 현생 식물군집과 직접적인 비교에 의하여 세부적인 생태학적 조건을 정확하게 파악할 수 있다.

제주도는 동아시아 대륙 연변부인 한반도 남단에 위치하고 있으며 신생대 제4기 화산활동으로 형성된 하나의 화산도로서 한반도의 신생대 후기 지질특성을 이해하는 데 중요한 지역이다. 또한 제주도는 북상하는 쿠로시오 해류의 직접적인 영향을 받는 지역으로 한반도와는 다소 구별되는 환경적 특성을 보여주고 있으며 빙하기에는 육화되는 등 환경적 변화가 심했던 곳으로 제4기 동안 한반도 남부 지역에서의 기후를 포함한 고환경 및 지사에 대한 중요한 단서를 제공해줄 수 있을 것으로 기대된다. 제주도의 지질에 대한 연구는 Yokoyama (1923)의 고생물학적 연구를 시작으로 암석학, 수리지질학, 지구물리학적 연구가 다수 수행되었으며, 이들 연구를 통하여 제주도는 제4기 화산활동에 의해 형성된 두꺼운 현무암질 용암류로 주로 이루어져 있고 소규모의 화산쇄설성암 및 퇴적층이 국지적으로 분포하고 있는 것으로 알려져 있다(원종관, 1976; 민경덕 외, 1986; 이동영 외, 1987; 김동학 외, 1989; 황상구, 2000; 손영관, 2004; Lee, 1982). 이 퇴적층에서 다양한 종류의 화석이 산출되어 고생물학적 연구(김봉균, 1972; 박근배 외, 1986; 정규귀 외, 1997; 박지훈과 박경, 2009; Kim, 1969, 1984; Yoon, 1981; Paik and Lee, 1984; You *et al.*, 1987; Kang, 2003)가 활발하게 이루어 졌으나, 대부분 유공충, 연체동물, 개형충, 초미화석과 같은 해양 생물 화석을 중심으로 수행되었으며

*Corresponding author E-mail: chungch93@hanmail.net

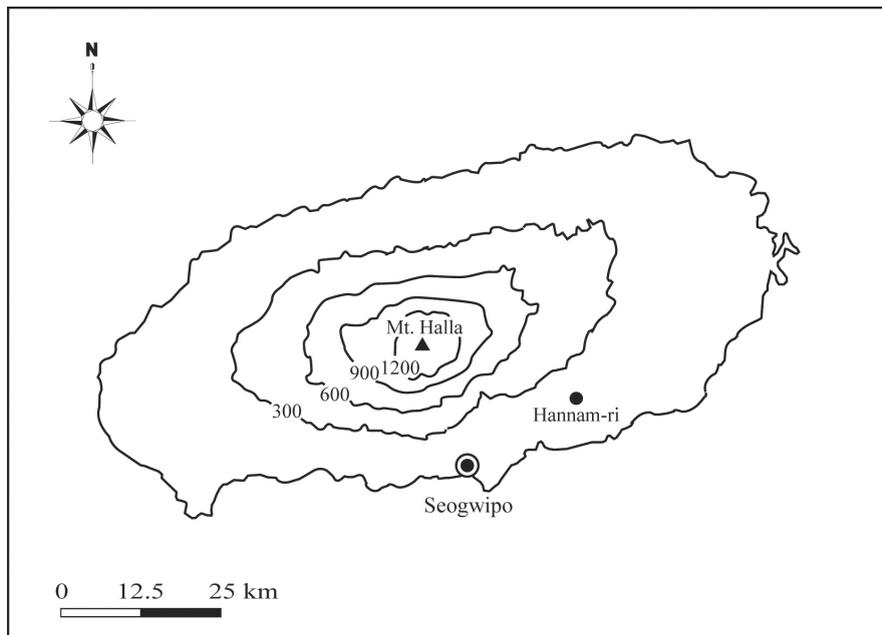


Fig. 1. Map showing location of study area.

기후조건 등 당시의 육상 환경에 대한 자료가 빈약한 실정이다. 최근 제주도의 육상 퇴적층에 대한 화분 연구(정철환 외, 2004; Chung, 2007)를 통하여 플라이스토세(Pleistocene) 말에서 홀로세 초기의 제주도 식생 변화 및 고기후에 대한 단서를 얻을 수 있었으나 홀로세 중기 이후의 자료는 알려져 있지 않다.

이 연구에서는 제주도 서귀포시 남원읍 한남리의 홀로세 퇴적층에 대한 화분분석을 실시하여 당시의 식생을 복원하고 이를 바탕으로 식생 및 기후특성을 고찰하고자 한다.

연구지역 및 방법

연구지역은 제주도 남쪽의 해안평원지대에 인접한 중산간지대로 한라산 동남쪽 기슭에 위치하며 행정구역상 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 한남리 1063-1번지에 해당한다(Fig. 1). 이 지역은 북쪽으로는 제주시 조천읍, 동쪽으로는 서귀포시 표선읍, 서쪽으로는 서귀포 시가지와 각기 접하고 있으며 북서쪽에 한라산이 위치하고 있고 제주도를 남북으로 관통하는 1118번 지방도가 조사지점 동쪽을 지나고 있다.

제주도 서귀포시 한남리 일대는 제주도 남쪽 해안에 위치한 우리나라의 최남단 지역으로 북상하는 쿠로시오 해류의 영향을 받아 해양성 난온대(warm temperate) 기후 특성을 보인다. 이 지역의 연평균 기온은 16.2°C, 최난월(8월) 평균 기온 26.6°C, 최한월(1월) 평균 기온 6.6°C, 연 평균 강수량은 1,850 mm로 높은 편이고 그 중 약 40% 이상이 여름철에 내린다(기상청, 2003). 이 지역의 현 식생은 해발고도에 따라 해안가 저지대의 상록활엽수림대, 한라산 사면의 낙엽성 활엽수림대, 한라산 정상부의 침엽수림대로 뚜렷하게 구분된다(이우철과 임양재, 2002; Uyeki, 1933; Yim and Kira, 1975). 즉 해발고도 600 m 아래의 해안 저지대와 구릉지에는 상록 참나무속에 속하는 붉가시나무(*Quercus acuta*), 종가시나무(*Q. glauca*), 참가시나무(*Q. salicina*)와 구실잣밤나무(*Castanopsis cuspidata*), 동백나무(*Camellia japonica*), 사스레피나무(*Eurya japonica*), 까마귀쪽나무(*Litsea japonica*) 등으로 이루어진 난온대성 상록활엽수림이 분포하고 해발고도 600-1400 m의 한라산 사면에는 졸참나무(*Quercus serrata*), 상수리나무(*Q. acutissima*), 물참나무(*Q. grosserrata*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*), 개서어나무(*C. tschonoskii*), 참개암나무(*Corylus sieboldiana*), 참느릅나무(*Ulmus*

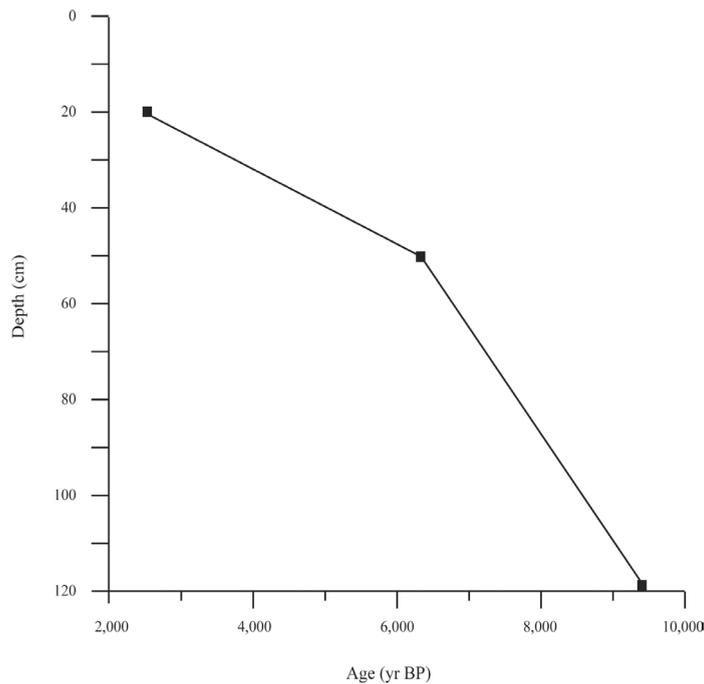


Fig. 2. Age-depth model on the basis of three radiocarbon dates.

parvifolia), 소나무(*Pinus densiflora*) 등으로 구성된 냉온대성(cool temperate) 낙엽성 활엽수림이 발달되어 있다. 1400 m 이상의 한라산 정상부에는 구상나무(*Abies koreana*), 소나무(*Pinus densiflora*), 향나무(*Juniperous chinensis*), 사스래나무(*Betula ermanii*) 등으로 이루어진 아한대성 침엽수림이 분포하고 있다.

이 지역은 지형적으로 한라산 남사면 하부에 해당하여 해발고도 100 - 200 m의 완만한 경사를 이루고 있으며 곳곳에 낮고 완만한 구릉이 산재되어 분포하고 있다. 조사지점은 하천(서중천)에 인접한 소규모 층적층이 분포하는 지역(해발고도 150 m)으로 도로 확장공사를 위한 문화유적 발굴조사 과정에서 인위적으로 절개된 약 2.0 m 깊이의 트렌치 단면에 노출된 제4기 퇴적층을 대상으로 연구가 수행되었다. 조사지점의 제4기 퇴적층은 현무암으로 이루어진 기반암 위에 약 1.2 m 두께로 발달되어 있으며 하부로부터 50 cm 두께의 황갈색 점토층, 40 cm 두께의 흑갈색 사질점토층, 30 cm 두께의 황색 점토층 등으로 이루어져 있다(Fig. 3). 이번 연구에서는 1.2 m 두께의 황갈색 점토층, 흑갈색 사질점토층, 황색 점토층을 대상으로 화분분석 및 탄소연대측정(AMS)을 실시하였다. 화분분석 시료는 10 cm의 일정간격으로 총 12개의 시료가 채취되었다. 탄소연대측정 시료는 황갈색 점토층, 흑갈색 사질점토층, 황색 점토층에서 각기 1개씩 총 3개의 시료를 채취하였다(Table 1). 탄소연대측정은 뉴질랜드의 분석기관인 Rafter 연구소에 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 400 배율의 현미경하에서 시료 당 한개 이상의 슬라이드를 관찰하였다.

결 과

연대

3개의 토양시료에 대한 탄소연대측정(AMS) 결과 제주도 한남리 제4기층의 연대는 $9,407 \pm 60$ 에서 2,502

Table 1. AMS ^{14}C ages from the Holocene deposits of Hannam-ri, Jeju Island.

Sample Code	Material	Depth(cm)	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	AMS ^{14}C Age(yr BP)
JHQ-12	soil	20	-24.2	2,502±40
JHQ-11	soil	50	-22.4	6,309±50
JHQ-10	soil	120	-22.4	9,407±60

± 40 yr BP의 범위를 갖는 것으로 나타났다 (Table 1 및 Fig. 2). 황갈색 점토층 최하부에서 채취된 시료(심도 120 cm)의 연대값은 9,407 ± 60 yr BP, 흑갈색 사질점토층의 시료(심도 50 cm)는 6,309 ± 50 yr BP, 황색 점토층의 시료(심도 20 cm)는 2,502 ± 40 yr BP로 각기 측정되었다.

화분산출현황

제주도 한남리 제4기층에 대한 화분분석 결과, 전반적으로 화분 산출량이 낮게 나타났으며 일부 구간에서는 화분이 산출되지 않았다. 채취된 12개 시료 중 화분이 산출되지 않은 최상부 20 cm 구간(심도 0 ~ 20 cm 구간)의 2개 시료를 제외한 10개 시료를 대상으로 화분분석을 수행하였다. 전체적으로 목본류 화분(약 70%)이 우세하게 나타나며 낙엽성 참나무속(*Quercus* subgenus *Lepidobalanus*), 오리나무속(*Alnus*), 서어나무속(*Carpinus*), 느릅나무속(*Ulmus*)/느티나무속(*Zelkova*) 등의 낙엽성 활엽수와, 상록 참나무속(*Quercus* subgenus *Cyclobalanopsis*) 및 구실잣밤나무속(*Castanopsis*) 등의 상록 활엽수의 화분이 우세하게 산출된다(Fig. 3). 그 외에도 침엽수로는 소나무속(*Pinus*) 및 낙우송과(Taxodiaceae)-측백과(Cupressaceae)-주목과(Taxaceae)와 초본류인 국화과(Compositae) 및 쑥속(*Artemisia*) 등이 자주 관찰되었다.

화분분대(zonation)

대표적인 화분 종류들의 산출양상과 전반적인 화분 산출량에 근거하여 3개의 화분 분대를 설정하였다 (Fig. 3). 각 화분대의 연대는 탄소연대를 보간(interpolation)하여 구하였다.

하부 화분대(Lower zone)는 심도 120 cm 부터 90 cm까지의 구간에 해당하며 낙엽성 참나무속(30 % 내외) 및 느릅나무속/느티나무속(20 % 내외) 화분이 우세하게 나타나며 초본류인 국화과(15 % 내외) 화분도 풍부하게 산출된다. 이 외에도 서어나무속 및 오리나무속 등의 낙엽성 활엽수와 상록 참나무속 및 구실잣밤나무속 등의 상록 활엽수가 자주 관찰된다. 이 화분대에서는 전반적으로 목본류 화분이 전체 화분·포자의 80 %에 달하며 그 중에서도 낙엽성 활엽수 화분의 우세가 특징이다.

상부 화분대(Upper zone)는 심도 90 cm 부터 20 cm까지의 구간에 해당하며 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속 화분의 뚜렷한 감소와 함께 상록 참나무속 및 구실잣밤나무속 등의 상록 활엽수 화분의 증가가 특징이다. 우세한 종류로는 오리나무속, 낙엽성 참나무속, 느릅나무속/느티나무속, 상록 참나무속 등이다. 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속은 여전히 풍부하게 산출되지만 각기 약 15 % 및 약 10 %의 점유율을 보여 하부 화분대에 비해 현저히 감소된 양상을 보인다. 오리나무속은 이 화분대에서 10 % 내외의 점유율을 보이며 뚜렷한 증가를 보인다. 그 외에도 낙우송과-측백과-주목과 및 서어나무속 등의 목본류와 국화과, 쑥속, 벼과(Gramineae) 등의 초본류도 지속적으로 관찰된다.

비산출대(Barren zone)는 심도 20 cm부터 0 cm까지의 구간으로 화분이 산출되지 않았다. 이 구간은 황색 점토층 구간으로 토양색이 부분적으로 적색을 띠는 등 산화작용을 받았음을 지시하고 있어 화분이 보존되기 어려운 조건에서 생성된 것으로 생각된다.

고식생 복원 및 고환경 고찰

오늘날 제주도 지역의 식생분포는 해발고도에 따라 뚜렷하게 구분되는데, 해발고도 600 m 아래의 해안 저

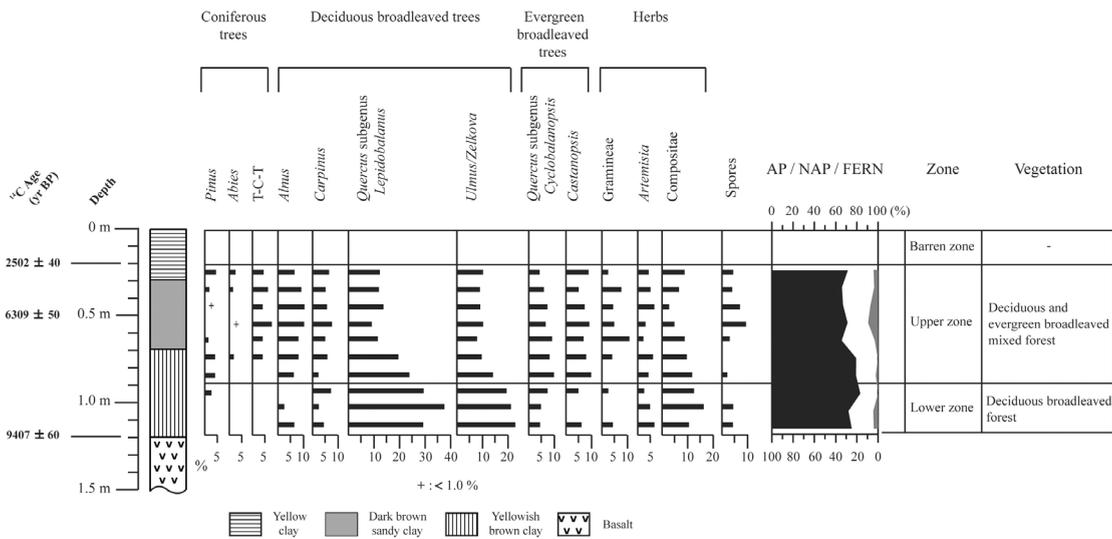


Fig. 3. Percentage diagram of the principal pollen taxa. T-C-T in figure is an abbreviation for Taxodiaceae-Cupressaceae-Taxaceae.

지대와 구릉지에는 난온대성 상록활엽수림이 주로 분포하며 해발고도 600-1400 m의 한라산 사면에는 냉온대성(cool temperate) 낙엽성 활엽수림이 그리고 1400 m 이상의 한라산 정상부에는 아한대성 침엽수림이 각기 분포하고 있다(이우철과 임양재, 2002; Uyeki, 1933; Yim and Kira, 1975).

한라산 정상부에 주로 분포하는 소나무 및 구상나무 등과 같은 기상을 갖는 침엽수 화분은 바람에 의해 먼 거리까지 이동되어 저지대의 환경에서 주로 퇴적되는 경향이 있으므로 고식생 복원이나 고환경 해석에 있어 많은 주의가 필요하다. 이번 연구에서 소나무과 화분이 대부분의 시료들에서 2-3%의 낮은 산출비율로 나타나는데, 이는 산출된 대부분의 소나무과 화분이 해발고도가 높은 한라산의 침엽수에서 이동되어 공급된 외래 화분(exotic pollen)이기 때문인 것으로 보여진다. 서귀포지역의 제4기층에 대한 기존 화분 연구(정철환 외, 2004; Chung, 2007)에 의하면 최후극빙기(Last Glacial Maximum)부터 홀로세에 걸쳐 소나무과 화분의 산출량은 대체로 3% 내외로 일정하게 나타나고 있는 것으로 보고되었다. 이는 기후변화에 민감하게 반응한 저지대 식생과 달리 한라산 정상부에는 침엽수림이 지속적으로 분포하며 저지대에 화분을 공급하는 것을 의미한다. 이번 연구에서는 고식생 및 고기후의 복원에 있어 고도와 기후조건이 다른 한라산에서 이동된 것으로 보이는 소나무과 화분은 배제하고 연구지역 일대의 국지적 식생(Local vegetation)을 중심으로 고찰하였다.

하부 화분대(심도 120 cm 부터 90 cm까지의 구간)는 약 9,400 ~ 8,100 yr BP 동안 연구지역 일대에는 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속으로 대표되는 낙엽성 활엽수림이 발달하였고 그 저층(understory)에는 국화과 등의 초본류가 국지적으로 분포했었다는 것을 지시한다. 오늘날 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속은 한반도 냉온대 지역의 낮은 산사면에 발달된 낙엽성 활엽수림의 주요 구성원이다(이우철과 임양재, 2002). 따라서 이 화분대가 지시하는 식생은 오늘날 한반도 냉온대성 낙엽활엽수림과 매우 유사하다. 또한 이 화분대에서는 낙엽성 활엽수가 대부분을 차지하는 목본류 화분이 전체 화분·포자의 80%에 이르고 있어 낙엽성 활엽수의 밀도가 높은 숲(forest)이 발달했던 것으로 생각된다. 하부 화분대의 연대가 빙하기 직후의 홀로세 초기라는 점을 고려해 볼 때 빙하기 이후 기후가 온난화하기 시작하는 과정의 식생을 반영하고 있는 것으로 생각된다. 연구지역에 인접한 제주도 서귀포 지역의 호수 퇴적층에 대한 화분 자료(Chung, 2007)에 따르면 지난 최후 극빙기 동안 연구지역 일대에는 초지식생(grassland vegetation)이 광범위하게 발달하였으나 빙하기말의 해빙기(deglacial period) 동안 초지식생이 후퇴하고 냉온대성 낙엽활엽수림이 확장하는 식생 천이를 보이다가 홀로세 들어서면서 냉온대성 낙엽활엽수림의 계속된 확장과 함께 난대성 상록활

엽수림의 발달했던 것으로 알려져 있다. 하부 화분대는 Chung(2007)의 홀로세 초기 화분 자료와 잘 대비되며 당시의 기후조건은 오늘날보다 다소 추운 냉온대(cool temperate)였던 것으로 해석된다.

상부 화분대(심도 90 cm 부터 20 cm까지의 구간)는 약 8,100 ~ 2,500 yr BP 기간에 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속으로 대표되는 낙엽성 활엽수림으로부터 낙엽-상록 활엽수 혼합림으로의 식생 천이가 일어났음을 보여준다. 이 화분대가 지시하는 낙엽-상록 활엽수 혼합림은 오늘날 연구지역 일대의 식생과 매우 유사하며 그 기후 조건도 오늘날과 유사한 습윤한 난온대의 특성을 반영하고 있다. 습윤한 난온대 식물인 상록 활엽수의 증가와 함께 대표적인 수변식물인 오리나무속이 이 화분대에서 현저한 증가를 보이는 것이 이러한 기후 조건을 잘 설명하고 있다. 이 화분대에서 뚜렷한 증가를 보이는 고란초과(Polypodiaceae) 포자의 점유율 또한 이러한 사실을 뒷받침한다. Liew *et al.*(2006)에 따르면 고란초과의 증가는 온도와 습도의 증가를 지시하는 것으로 알려져 있다. 이러한 습윤하고 온화한 기후 조건은 빙하기 이후 해수면 상승과 이에 따른 해양성 기후의 영향과 함께 홀로세 최적기(Holocene climate optimum)의 기후를 반영하고 있는 것으로 판단된다. 빙하기 동안 해수면 하강으로 육화되었던 제주도 주변의 해양은 빙하기 말부터 해수면이 상승하며 침수되기 시작하여 약 7,000 yr BP에 해수면이 오늘날의 위치까지 도달했던 것으로 알려져 있다(Jin and Chough, 1998; Liu *et al.*, 2004; Kong *et al.*, 2006). 홀로세 기간 중 가장 따뜻했던 시기로 알려진 홀로세 최적기는 대체로 8,000 ~ 4,000 yr BP에 해당하는 것(윤순옥, 1997; Chang and Kim, 1982; Fujiki and Yasuda, 2004; Yi *et al.*, 2008)으로 알려져 있으며 후기 홀로세로 가면서 서서히 한랭화한 것으로 보고되었다. 상부 화분대의 연대가 약 8,100 ~ 2,500 yr BP라는 점을 고려해 볼 때 이 화분대의 상부 구간은 홀로세 최적기를 벗어나 화분 산출 양상에서는 한랭화를 지시하는 변화가 나타나지 않는다. 이는 후기 홀로세 동안의 기후 한랭화가 한반도의 다른 지역에서는 식생에 영향을 주었으나 우리나라 최남단에 위치해 있고 북상하는 따뜻한 쿠로시오 해류의 영향을 받는 서귀포지역에서는 식생 변화를 일으킬 정도는 아니었다는 것을 의미한다.

결론

제주도 서귀포시 남원읍 한남리 홀로세 퇴적층(약 9,400 ~ 2,500 yr BP)에 대한 화분 연구를 수행하였다. 화분분석 결과, 낙엽성 참나무속, 오리나무속, 서어나무속, 느릅나무속/느티나무속 등의 낙엽성 활엽수와, 상록 참나무속 및 구실잣밤나무속 등의 상록 활엽수의 화분이 우세하게 산출되었으며 전반적으로 목본류의 점유율이 높게 나타났다.

대표적인 화분 종류들의 산출양상과 전반적인 화분 산출량에 근거하여 비산출대를 포함한 3개의 화분 분대를 설정하였다. 하부 화분대(ca. 9,400 ~ 8,100 yr BP)는 홀로세 초기 동안 연구지역 일대에 낙엽성 참나무속 및 느릅나무속/느티나무속이 주종을 이루는 낙엽성 활엽수림이 발달하였고 그 저층에는 국화과 등의 초본류가 국지적으로 분포했었다는 것을 지시한다. 당시의 기후조건은 오늘날보다 다소 한랭한 온대였던 것으로 판단된다. 상부 화분대(ca. 8,100 ~ 2,500 yr BP)는 오늘날 연구지역 일대의 식생과 유사한 낙엽-상록 활엽수 혼합림의 발달을 지시한다. 난온대 식물인 상록 활엽수의 증가와 수변식물인 오리나무속의 증가는 당시의 기후 조건도 오늘날과 유사한 습윤한 난온대였다는 것을 의미한다. 이러한 식생 및 기후 조건의 변화는 해수면 상승에 따른 해양성 기후의 영향과 홀로세 최적기(Holocene climate optimum)의 기후 특성을 반영하고 있는 것으로 판단된다.

사사

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0015680)을 밝히며 이에 감사드린다. 또한 논문의 미비한 점을 지적하고 유익한 조언을 주신 두분의 심사위원께 진심으로 감사드린다.

HOLOCENE PALEOVEGETATION AND PALEOCLIMATE OF HANNAM-RI AREA, JEJU, BASED ON POLLEN ANALYSIS

Chull-Hwan Chung and Kang-Ho Oh

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

ABSTRACT: Vegetation and climate changes were investigated on the basis of pollen analysis on the Holocene deposits in Hannam-ri, Jeju Island. The pollen assemblages consist mainly of deciduous and evergreen broad-leaved trees, and subordinately of herbs. During the early Holocene (ca. 9,400 ~ 8,100 yr BP) *Quercus* subgen. *Lepidobalanus-Ulmus/Zelkova* deciduous broadleaved forest with herbaceous understory is assumed to have developed under cool temperate conditions. From ca. 8,100 to 2,500 yr BP warm temperate deciduous and evergreen broadleaved mixed forests, which are similar to modern vegetation of the study area, replaced the former forests. An increase in riparian *Alnus* may indicate humid conditions. This humid and warm conditions during the middle Holocene reflect influences of maritime climate due to sea-level rise and the Holocene climate optimum.

Key words: pollen analysis, Holocene, paleovegetation, paleoclimate, Seogwipo in Jeju

참고문헌

- 기상청, 2003, 기상연보(1971-2000).
- 김동학, 황재하, 황상구, 최성자, 1989, 제주도 화산활동 연구(II): 제주도 서부지역의 화산층서와 분출사. 과학기술처 KR-88-(B)-4, 49p.
- 김봉균, 1972, 서귀포층의 층서 및 고생물학적 연구. 손치무교수 송수기념논문집, 169-187.
- 민정덕, 원중선, 황석연, 1986, 제주도에 분포하는 화산암류 및 퇴적암류에 대한 고지자기 연구. 광산지질학회지, 19, 153-163.
- 박근배, 이의형, 백광호, 1986, 제주도 서귀포층(플라이오-플라이스토세)산 개형층의 군집분석 및 고환경 해석. 고려대학교 이학논문집, 27, 133-147.
- 박지훈, 박경, 2009, 화분분석으로 본 제주도 김녕사구 일대의 후빙기 중기 이후 환경변화, 한국지형학회지, 16, 43-56.
- 손영관, 2004, 제주도의 수성화산활동과 제4기 퇴적작용. 대한지질학회 춘계학술답사 안내서: 제주도의 화산암과 화산활동, 대한지질학회, 3-15.
- 윤순옥, 1997, 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 홀로세 환경변화와 고지리복원. 대한지리학회지, 32, 15-30.
- 원중관, 1976, 제주도의 화산암류에 대한 암석학적 연구. 지질학회지, 12, 207-226.
- 이동영, 윤상규, 김주용, 김윤중, 1987, 제주도 제 4기 지질조사 연구. 한국동력자원연구소, KR-87-29, 233-278.
- 이우철, 임양재, 2002, 식물지리. 강원대학교 출판부, 412p.
- 정규귀, 강소라, 윤선, 1997, 제주도 서남부지역 시추코아의 저서성유공충 화석 군집. 한국고생물학회지, 13, 69-85.
- 정철환, 윤호일, 이승현, 2004, 제주도 서귀포지역 제4기 퇴적층에서 산출된 포자-화분의 고기후적 의미. 한국지구과학회지, 25, 377-385.
- 제주도, 2000, 서귀포·하효리도폭 지질보고서(1:50,000). 제주도, p.163.
- 황상구, 2000, 제주도 송악산 응회환·분석구 복합체의 화산형태. 대한지질학회, 36, 473-486.
- Chang, C.H. and Kim, C.M., 1982, Late Quaternary vegetation in the lakes of Korea. Korean Journal of Botany 25, 37-53.
- 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.
- Fujiki, T. and Yasuda, Y., 2004, Vegetation history during the Holocene from Lake Hyangho, northeastern Korea. Quaternary International 123 - 125, 63-69.

- Jin, J.H. and Chough, S.K., 1998, Partitioning of transgressive deposits in the SE Yellow Sea: a sequence stratigraphic interpretation. *Marine Geology* 149, 79-92.
- Kang, S., 2003, Benthic Foraminiferal Biostratigraphy and Paleoenvironments of the Seogwipo Formation, Jeju Island, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 19, 63-153.
- Kim, B. K., 1969, A stratigraphic and paleontologic study of the Sinyangri Formation in the vicinity of Sinyangri and Gosanri, the Jeju Island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 5, 103-121.
- Kim, B. K., 1984, Cenozoic Biostratigraphy of South Korea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 46, 85-96.
- Kong, G.S., Park, S.-C., Han, H.-C., Chang, J.H. and Mackensen, A., 2006, Late Quaternary paleoenvironmental changes in the southeastern Yellow Sea, Korea. *Quaternary International*, 144, 38-52.
- Lee, M. W., 1982, Petrology and geochemistry of Jeju volcanic Island, Korea. *Tohoku University, Scientific Reports*, 3rd ser., 15, 177-256.
- 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.
- Liu, J.P., Milliman, J.D., Gao, S. and Cheng, P., 2004, Holocene development of the Yellow River's subaqueous delta, north Yellow Sea. *Marine Geology* 209, 45-67.
- Paik, K. H. and Lee, E. H., 1984, A Plio-Pleistocene Ostracod assemblage from the Seogwipo Formation, Cheju Island, South Sea of Korea. In: Y. A. Park, *et al.*, eds., *Marine Geology and Physical Processes of the Yellow Sea*, 223-234, Proceedings of US-KOREA Symposium and Workshop on Yellow Sea.
- Traverse, A., 1988, *Paleopalynology*. Unwin-Hyman, 600p.
- 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.
- Yim, Y.-J. and Kira, T., 1975, Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula: I. Some indices of thermal climate. *Japanese Journal of Ecology*, 25(2), 77-88.
- Yokoyama, M., 1923, On some fossil shells from the island of Saishu in the Strait of Tsushima. *Tokyo Imperial University, Journal of College Science*, 44, 1-9.
- Yoon, S., 1981, The Seogwipo fauna(Mollusca) of the Jeju Island, Korea. *Proc. 6th Internat. Work. Group Meet. IGCP-114*, 149.
- You, H. S., Koh, Y. K. and Kim J. Y., 1987, Nannofossils from the Seogwipo Formation in Cheju Island, Korea. *Journal of the Palaeontological Society of Korea*, 3, 108-121.