

지리산 왕등재늪의 식생변천사 연구

장병오 · 신성욱 · 최기룡*

울산대학교 자연과학대학 생명과학부

Vegetation History of Wangdeungjae Moor, Mt. Jiri in Korean Peninsula

Jang, Byeong-O, Seong-Uk Sin and Kee-Ryong Choi*

Department of Biological Science, University of Ulsan, Ulsan, Korea

ABSTRACT: We carried out pollen analysis and radiocarbon dating from sediments of Wangdeungjae moor (960 m a.s.l.) to clarify vegetation history of temperate broad-leaved deciduous forest zone of Mt. Jiri. Three local pollen zones and two sub-zones were recognized on the basis of variation in the palynofloral assemblage: I. *Quercus* zone (150-114 cm), II. *Quercus-Pinus* zone (114-43 cm): II a. *Quercus-Pinus* subzone (114-83 cm), II b. *Quercus-Pinus-Herbs* subzone (83-43 cm), III. *Pinus-Quercus* zone (43-27 cm). Radiocarbon date from sediment depth 111-116 cm was estimated 1,160±40 yr B.P. From these results, overall vegetation around of Wangdeungjae moor and Mt. Jiri have changed from *Q. mongolica* dominant to steady decrease of *Q. mongolica* whereas steady increase of *P. densiflora*, finally abrupt increase of *P. densiflora*. 'Medieval Warm Period (MWP)' and 'Little Ice Age (LIA)' have not had an effect on change of vegetation around, at least, Mt. Jiri. But at maximum period of LIA, extension of grassland and steady increase of *Pinus* were recognized around the moor. After then, an abrupt increase of *Pinus* is supposed that vegetation change is reflected in human impact surging around foothills.

Key words: Broad-leaved deciduous forest, LIA, Mt. Jiri, Pollen analysis, Vegetation history

서론

식생변천 연구를 통한 과거의 식생 복원과 변천과정에 대한 규명은 현존식생의 정확한 진단과 생태적 천이 원리에 입각한 삼림의 관리와 보존에 중요한 자료이다. 한반도에서 식생변천에 대한 연구는 서, 남부 지역의 해안 저지대에 집중되어 있다(최 등 2005, 송 2002). 이러한 저지대는 지역에 따라서 편차는 있지만 비교적 이른 시기에 인위적인 요인에 의해 식생이 파괴되었거나 교란되었다. 그러므로 약 4,000 yr B.P. 이후 현재까지 자연적인 기후환경의 변화에 의한 식생변천에 대한 해석이 어렵다. 이러한 문제를 해결 할 수 있는 방안으로 인간의 간섭을 받지 않은 산지 습지를 대상으로 한 식생변천 연구가 필요하다. 그러나 한반도에서 산지 습지에 대한 식생사의 규명은 흔하지 않다(장 등 1987, 최 2001).

현재 진행되고 있는 범지구적인 환경의 변화가 식생 변화에 어떤 영향을 주고, 그 영향의 방향이 어떠한지는 생태계의 구성원인 인간에게 매우 중요한 문제이다. 이러한 문제에 대한 접근의 시작은 기후 상태가 현재와는 달랐던 과거의 지역 식생과 고환경에 대한 보다 더 정확하고 섬세한 자료의 확보에 있을 것이다. 이는 미래의 기후 변화와 이에 대응한 식생변화라

는 본질적인 문제와 인간에게 미칠 충격에 대한 통찰을 제공할 것이다. 이러한 의미에서 산지 습지는 습지 자체가 갖는 생태학적인 가치뿐만 아니라 습지 형성 초기부터 현재까지 자연 역사를 복원할 수 있다는 점에서 매우 소중한 자료이다.

왕등재늪의 식생변천사에 대한 논의는 Kim and Lee(2005)에 의해 시도된 바 있다. 그러나 이는 충실한 방사성 동위원소 연대 측정과 다양한 프락시 자료(multi-proxy data)를 이용한 분석에도 불구하고, 늪의 형성 초기부터 현재에 이르는 섬세한 화분 분석을 통한 식생변천에 대한 논의에는 부족한 면이 있다. 따라서 본 연구에서는 한반도 남부지방 해발 960 m에 위치하는 왕등재늪에 대한 식생변천사의 규명을 통하여 지리산 지역과 그 주변에서 성립, 발달하고 있는 식생 자원의 성인(成因)과 변천 과정에 대한 정확한 이해와 현존 식생의 평가, 잠재 자연 식생의 복원, 미래 식생에 대한 예측과 대응을 위한 자료 제공을 위해 수행되었다. 또한 식생변천이 현재까지 밝혀진 광역적 기후 변화에 대응하여 어떻게 변화하였는지를 검토하고자 한다.

조사지 개황

왕등재늪(35° 28 '15 " N, 127° 47 ' 30 " E, ca 960 m a.s.l.)은 지리산지역 동쪽 가로 120 m, 폭 50 m정도의 산지 습지(선과

* Corresponding author; Phone: +82-52-259-2397, e-mail: pollen@mail.ulsan.ac.kr

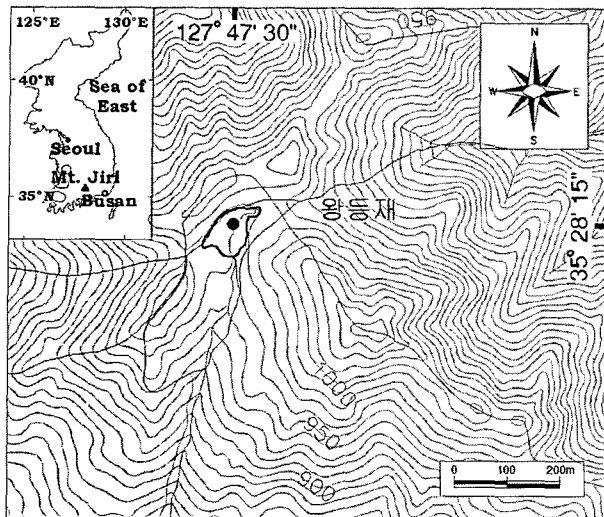


Fig. 1. A map showing the location of sampling site of Wangdeungjae moor, Mt. Jiri.

이 1997)로서, 지리산국립공원 북동방향 끝자락에 위치한다 (Fig. 1). 지리산 식생대는 수평적으로 남쪽사면 일부는 난온대 형에 속하지만 그 이외의 지역은 냉온대에 속한다. 수직적으로는 난온대, 냉온대 남부/저산지형, 냉온대 중부/산지형, 냉온대 북부/고산지형 그리고 아고산/고산지형 식생 등 폭넓은 식생 스펙트럼을 간직하고 있다. 한라산국립공원 역시 수직적으로는 동일한 식생 스펙트럼을 갖고 있다. 그러나 제주도는 군락지리학적으로 대륙형에 속하는 한반도와는 달리 이행(移行)형인 제주도아형에 속하므로 한반도아형(Kim 1992)에 속하는 지리산과는 구분된다.

왕등재의 기후 정보를 확인하기 위하여 산청 기상 관측소(138.6 m a.s.l.)의 자료를 이용하였다. 2004년 기준 지난 30년간 연평균 기온은 12.7°C 강수량은 1530.7 mm로 전형적인 하계 다우형 기후임을 알 수 있다(Fig. 2). 해발고도의 상승에 따른 기온감률 -0.56°C/100 m를 적용할 경우 왕등재의 연평균 기온은 8.1°C이다.

한반도에서 냉온대 중부/산지형 식생과 남부/저산지형 식생의 경계는 온량지수(warmth index, WI)등치선 100 WI, 그리고 냉온대 중부/산지형과 북부/침엽수림(northern conifer forest)의

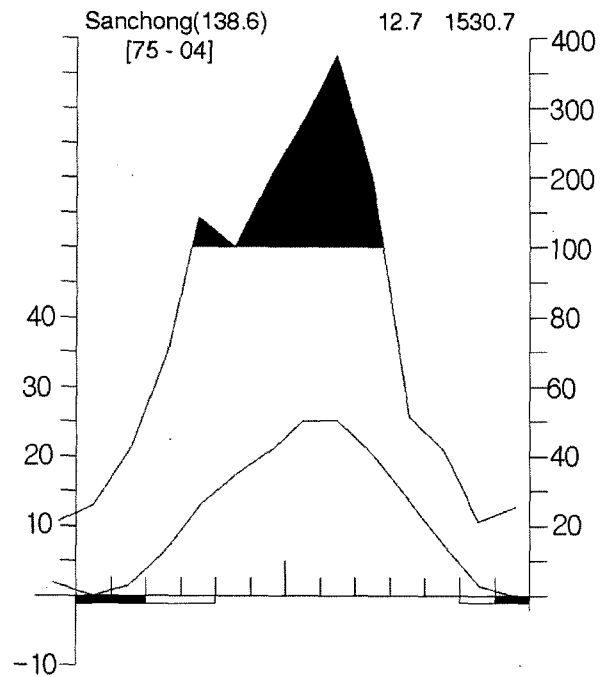


Fig. 2. Climate diagram of Sancheon during 1975~2004.

경계는 온량지수 등치선 55 WI에 각각 대응된다(Yim and Kira 1975). 해발고도 상승에 따른 기온감률을 고려한 지난 30년간 왕등재의 온량지수와 한량지수는 각각 67.4 WI, -30.2CI 이다 (Table 1). 이를 통하여 왕등재 주변의 식생형은 냉온대 중부/산지형 식생이다. 군락 분류학적으로 신갈나무-생강나무 아군단에 해당한다(김 2004).

지리산 현존 식생은 사면 방향과 지형적 특징에 따라 차이가 있지만 800~1,000 m a.s.l.까지 건조한 사면은 굴참나무, 졸참나무가 우점 하는 식물군락, 800~850 m a.s.l.까지 계곡 주변은 갈참나무, 개서어나무가 우점 하는 식물군락이 발달하고 있다. 신갈나무 우점군락의 중심은 800~15,000 m a.s.l.로서 가장 넓은 면적을 차지한다. 1,350 m a.s.l.부근은 구상나무 우점군락이 발달하고 있다. 또한 소나무는 주로 식생이 파괴되었던 산록지대나 암석 노출 지대에 분포하고 있다(임과 김 1992).

Table 1. The Climatological data and Warmth/Coldness indices of study area (1974-2004).

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
Temperature(°C)	0.0	1.7	6.4	12.7	17.3	21.4	24.6	24.8	20.0	13.8	7.6	2.1	12.7
Precipitation(mm)	26.6	42.8	68.2	109.6	98.8	205.3	299.6	360.2	200.7	52.7	44.9	21.1	1530.7
Temperature(°C)*	-4.6	-2.9	1.8	8.1	12.7	16.8	20.0	20.2	15.4	9.2	3.0	-2.5	8.1
Warmth Index													67.4
Coldness Index													-30.2

* The temperature is applied a normal temperature lapse rate:(-0.56°C/100 m) at 960 m a.s.l.

재료 및 방법

화분 분석을 위한 시료는 왕등재늪에서 Hiller type hand borer를 이용하여 채집 하였다. 시료 채집 당시 채집지점은 25 cm까지 물에 잠겨 있었다. 수면을 기준으로 27cm부터 직경 2 mm내외의 굵은 모래(Gravel)가 나오는 150 cm까지 층위별로 32개의 시료를 채집하였다. ¹⁴C연대 측정용으로 111~116 cm의 퇴적물을 이용하였다(Table 2).

화분 분석을 위한 시료는 KOH-ZnCl₂-Acetolysis법을 이용하여 처리한 후 글리세린젤리로 봉입(Erdtman 1960)하여 현미경하 400배로 검경하였다.

시료당 산출 화분·포자는 과(科) 또는 속(屬)별로 Trees (고목화분), Shrubs (관목화분), Herbs (초본화분), Spores (포자류)로 아래와 같이 구분하였다. 산출 화분의 수는 고목화분 출현수 기준 300개 이상 검경하였다. 전체 화분·포자 출현수가 현저히 낮을 경우 고목화분 출현수 기준 200 이상 검경 하였다. 과, 속 화분·포자의 출현율은 고목화분수를 모수로 하여 백분율(%)로 화분변천도에 나타내었으며, 전체 화분 출현수를 모수로 하여 Trees, Shrubs, Herbs, Spores의 출현율 역시 백분율(%)을 화분변천도에 함께 나타내었다.

Trees: *Abies* (전나무屬), *Acer* (단풍나무屬), *Betula* (자작나무屬), *Carpinus* (서어나무屬), *Castanea* (밤나무屬), *Fraxinus* (물푸레나무屬), *Juglans* (가래나무屬), *Pinus* (소나무屬), *Platycarya* (굴피나무屬), *Quercus* (참나무屬), *Tilia* (피나무屬), *Tsuga* (솔송나무屬), *Ulmus* and *Zelkova* (U+Z, 느릅나무屬 및 느티나무屬)

Shrubs: *Alnus* (오리나무屬), *Corylus* (개암나무屬), *Ilex* (감탕나무屬), *Salix* (버드나무屬), *Tripterigium* (메역순나무屬)

Herbs: *Artemisia* (쑥屬), Caryophyllaceae (석죽科), *Clematis* and *Caltha* (오나리屬 및 동의나물屬), Compositae (쑥屬을 제외한 국화科), Cyperaceae (사초科), *Fagopyrum* (모밀屬), Gramineae (벼科), *Impatiens* (봉선화屬), *Menyanthes* (조름나물屬), *Paranasia* (물매화풀屬), *Patrinia* (마타리屬), *Sanguisorba* (오이풀屬), *Thalictrum* (핑의다리屬), Umbelliferae (산형科),

Spores: Trelet形 포자, Monolete形 포자

결 과

방사성탄소연대측정은 서울대학교 기초과학교육연구공동기

기원 AMS연구실에 위탁하여 측정하였으며 그 결과 1,160±40 yr B.P.로 나타났다(Table 2). 주요한 화분의 출현율은 Fig. 3과 같다. 화분의 출현율의 변화를 통하여 3개의 국지화분군대(local pollen assemblage)와 2개의 아화분대(sub-zone)로 구분하였다.

WD1 zone: *Quercus* zone (Depth: 150~114 cm, Sample no.: 32-23)

*Quercus*를 비롯한 낙엽활엽수(*Ulmus* & *Zelkoba*, *Fraxinus* 등)와 *Pinus*의 출현율의 소폭 증감이 있으나, 식생형의 변화를 확인할 정도의 뚜렷한 경향이 없는 시기이다. 깊이 150-137 cm(Sample no. 32-28)에서 *Alnus*의 출현율은 본 화분변천도에서 최고 41.5%로 가장 높다. 낙엽활엽수의 출현율이 80%이상을 보이며 이들 중에서도 *Quercus*의 출현율이 약 60%이상을 차지한다. *Pinus*의 출현율은 약 16%대로 낮은 출현율을 보인다. 이 화분대는 압도적으로 높은 낙엽활엽수와 전체 화분변천도 대비 *Alnus*의 상대적인 높은 출현율로 특징지워진다. 137 cm 이후 초본류가 서서히 감소하고 고목류의 출현율은 약간씩 증가한다. 반면 *Alnus*의 뚜렷한 감소가 특징적이다. 본 화분대(zone)을 지나면서 *Pinus*의 출현율이 서서히 증가하기 시작한다.

WD2 zone: *Quercus-Pinus* zone

본 화분대는 *Pinus*가 지속적으로 증가하는 반면, *Quercus*가 지속적으로 감소하는 시기로 다음과 같이 두개의 아화분대(sub-zone)로 구분되었다.

WD2a: *Quercus-Pinus* sub-zone (Depth: 114~83 cm, Sample no.: 37-15)

본 아화분대는 WD1의 상층부에서부터 급감한 *Alnus*, 초본류(Herbs)출현율이 계속 낮게 유지된다. *Quercus*와 *Pinus* 화분 출현률의 증감이 반복되지만 대체로 *Pinus*가 약간씩 증가한다. 본 아화분대부터 관목류(Shrubs)중에서 이전 화분대에서는 거의 출현하지 않았던 *Corylus*, *Tripterigium*이 >1~4%정도로 낮지만 꾸준히 출현하고 있다. 특히 *Corylus*는 본 화분대에서 4.4%로 전 층위에서 가장 높은 출현율을 기록한다. WD1에서 41% 까지 이르던 *Alnus*는 본 아화분대(WD2a)에서는 2%이하 또는 출현하지 않는다. 총화분수(Total pollen sum) 대비 Herbs출현율도 낮게 계속 유지된다. 이에 반하여 *Pinus*화분 출현율은 13%까지 감소하는 경우도 있지만 대체로 30%로 증가한 출현율을 보인다. *Quercus*의 경우 여전히 50%~70%의 높은 출현율을 보인다.

WD2b: *Quercus-Pinus-Herb* sub-zone (Depth: 83-43 cm, Sample no.: 14-5)

Table 2. Radiocarbon age of Wangdeungjae moor, Mt. Jiri

Sample ID	Depth (cm)	Material	Laboratory number	¹³ C (‰)	¹⁴ C yr B.P.
Jirisan 1	111-116	sediment (silty peat)	SNU 03-303	-23.0	1160±40

본 아화분대는 *Pinus*의 증가, *Quercus*의 감소, 초본류 화분의 증가로 특징 지워진다. WD2a에 비해 22.2%로 일시 감소한 *Pinus*는 지속적으로 증가하여 67 cm 부근에서는 38.3%로서 *Quercus* 보다(35.0%) 높게 나타난다. 이러한 상황은 깊이 44 cm 까지 조금씩 증가하여 59.5%까지 이른다. 이에 반해 WD2a에서 70% 이상 높은 출현률을 보였던 *Quercus*는 본 화분대에서 25% 대로 낮게 나타나는 경우도 있다.

본 화분대에서 Herbs 출현을 증가는 극적이다. WD2a에서 매우 낮은 출현율을 보이던 Gramineae, Cyperaceae, Umbelliferae, Compositae, *Artemisia* 화분 및 Trelet형 포자의 출현율이 일제히 증가한다. 특히 Umbelliferae와 *Artemisia*는 각각 37.7%, 33.3%로 높은 출현율을 보인다. 초기의 일제히 증가한 Herbs 화분은 이후 증감이 반복된다.

WD3 zone: *Pinus-Quercus* zone (Depth: 27~43 cm, Sample no.: 4-1)

Pinus 출현율의 급격한 증가로 특징 지워진다. WD2b 아화분대 최상층에서 일시적으로 급감했던 *Pinus* 화분은 본 화분대에서 급격히 증가하여 최고 88.3%까지 증가한다. 이에 반해 *Quercus*는 급감하여서 10%이하 까지 떨어지기도 한다. 이 화분대에서 여태까지 출현한 적이 없었던 *Fagopyrum*이 1~2립씩 출현한다.

고 찰

냉온대 중부/산지형 낙엽활엽수림의 발달

한반도 남동지역 무재치늪(520m a.s.l.) 화분 분석에서 냉온대 중부/산지형 식생은 약 6,700 yr B.P. 이후에 완성되었다(최 2001). 지리산 주변에서 냉온대 중부/산지형 식생의 형성 역시 이 시기 이후였을 것으로 추정된다. 본 화분 분석 결과는 1,160 ±40 yr B.P. 이전까지 전형적인 냉온대 중부/산지형 식생이 유지되고 있었던 것으로 사료된다. 화분 분석을 통하여 추정된 WD1의 식생 개황은 현재 지리산의 잠재 자연 식생을 가장 적절하게 반영하는 것으로 보인다.

임과 김(1992)은 지리산 북사면 한신계곡(1,000~1,200 m a.s.l.), 달궁계곡(750 m a.s.l.), 뱀사골 계곡(840 m a.s.l.) 부근 계곡에 돌과 모래로 이루어진 계곡변을 따라 토양적-지형적 극상림(edaphic-topographic climax forest)으로 물오리나무-산수국 군집(*Hydrango-Alnetum hirsutae* assoc. nov.; 구분종: 물오리나무(*Alnus hirsuta*), 산수국(*Hydeangea serrata* for. *acuminata*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*))을 보고한 바 있다. WD1에서 출현하는 *Alnus* 화분의 경우 무재치늪(520 m a.s.l.)의 현존식생과 식생사를 고려할 때 최(2001)가 지적한바와 같이, *Alnus japonica*로 볼 수 있다. 그러나 연구 지역에서 *Alnus* 출현의 증감과 퇴적물의 조성, 지리산의 현존식생, 왕등재의 해발고도 등을 고려할 때, 본 화분대의 *Alnus*는 습지 주변의 계곡과 습지내에 각각 군락상 또는 분반상(patch)으로 존재하였던 물오리나무(*Alnus*

hirsuta)로 판단된다. 또한 이러한 *Alnus*의 급격한 쇠퇴는 주로 토양환경의 변화에 의한 결과로 판단된다.

기후 환경 변화와 냉온대 중부/산지형 식생 변화

기후 변동과 관련하여 가장 최근에 있었던 범 지구적인 기후 변동은 'Medieval Warm Period' (MWP)와 'Little Ice Age' (LIA)이다. 이러한 기후 변화는 유럽의 경우 그린란드 빙하의 시추를 통해서 확인된다(Stuiver et al. 1995). 동아시아 지역에서도 일본은 Karasuma site에서 퇴적물 표면 온도 변화의 복원을 통하여 8~12세기까지 온난기가, 한랭기는 15~18세기에 확인되었다(Goto et al. 2005). 또한 나카츠나호(中綱湖)에서 10~13세기에 온난기가 확인 되었으며, 12~19세기에 한랭기가 확인 되었다(Adhikari and Kumon 2001). 한반도 서부, 남부 지역의 기후에 많은 영향을 미치는 대표적 인 난류인 쿠로시오 해류의 퇴적물 분석을 통하여 약 600 yr B.P.에 쿠로시오 해류의 약화가 확인 되었다(Jian et al. 2000).

중국의 경우 티베트 고원과 그 주변의 빙하 시추 시료에서 방사성 산소($\delta^{18}O$)측정에 17세기와 19세기에 뚜렷한 한랭기를 확인하였다(Yao et al. 1997). 또한 북경 근처 석회 동굴의 석순에서 얻은 1,100년 동안의 매년 석회암 침전기록을 통하여 14세기 말, 17세기초, 19세기에 뚜렷한 한랭기가 있었다(Qian and Zhu 2002).

이처럼 MWP와 LIA는 유럽지역(Stuiver et al. 1995)이나 북미 지역(Cronin et al. 2003)에 한정된 기후 현상이 아니라 동아시아 몬순의 영향을 받는 중국, 일본 지역에서도 확인 되는 광역적 기후 변화 현상이다. 이는 한반도에서도 17세기를 중심으로 해서 뚜렷한 한랭기가 있었다는 것을 미루어 짐작할 수 있다.

MWP와 LIA가 있었던 시기의 한반도는 역사 시대로서 고려시대와 조선시대 해당하므로 다양한 사료가 남아 있어 이를 통하여 과거의 기후를 확인 할 수 있다. 그 결과 MWP에 해당하는 900~1,100년 사이에 건조, 습윤, 건조가 반복되었고, 1350~1400년에 몹시 습윤하였다. LIA는 1551~1650, 1701~1750, 1801-1900년 사이에 뚜렷하게 나타난다(김 1997).

WD2a 화분대에서 나타난 화분상(pollen flora)의 특징은 깊이 106(sample no.21)에서 *Tsuga*가 검출되었으며, 초본류 출현율이 매우 낮다. *Tsuga*의 출현과 초본류의 감소는 이전 보다 상대적으로 온난한 기후의 영향으로 인하여 숲이 확장된 결과로 판단된다. 이전 시기보다 온난한 기후로 인해 습지 주변에 삼림의 발달이 강하게 있었던 것으로 보인다. 그 결과 교목 화분 출현률이 증가하고, 관목, 초본류 화분 출현율이 감소한 것으로 보인다.

그러나 이러한 영향이 습지 주변의 뚜렷한 식생 변화를 주도할 만큼은 강력하지 않았던 것으로 보인다. *Pinus*와 *Quercus*의 화분 생산력과 산포력을 고려할 때 여전히 지역식생의 상관은 *Quercus*가 절대적으로 우점하는 시기이다. 이 시기를 전후 하여서 왕등재 내부와 주변의 자연 환경에 미묘한 변화가 있었던 것은 분명한 것으로 판단된다. 이를 통해서 볼 때 본 화분대가

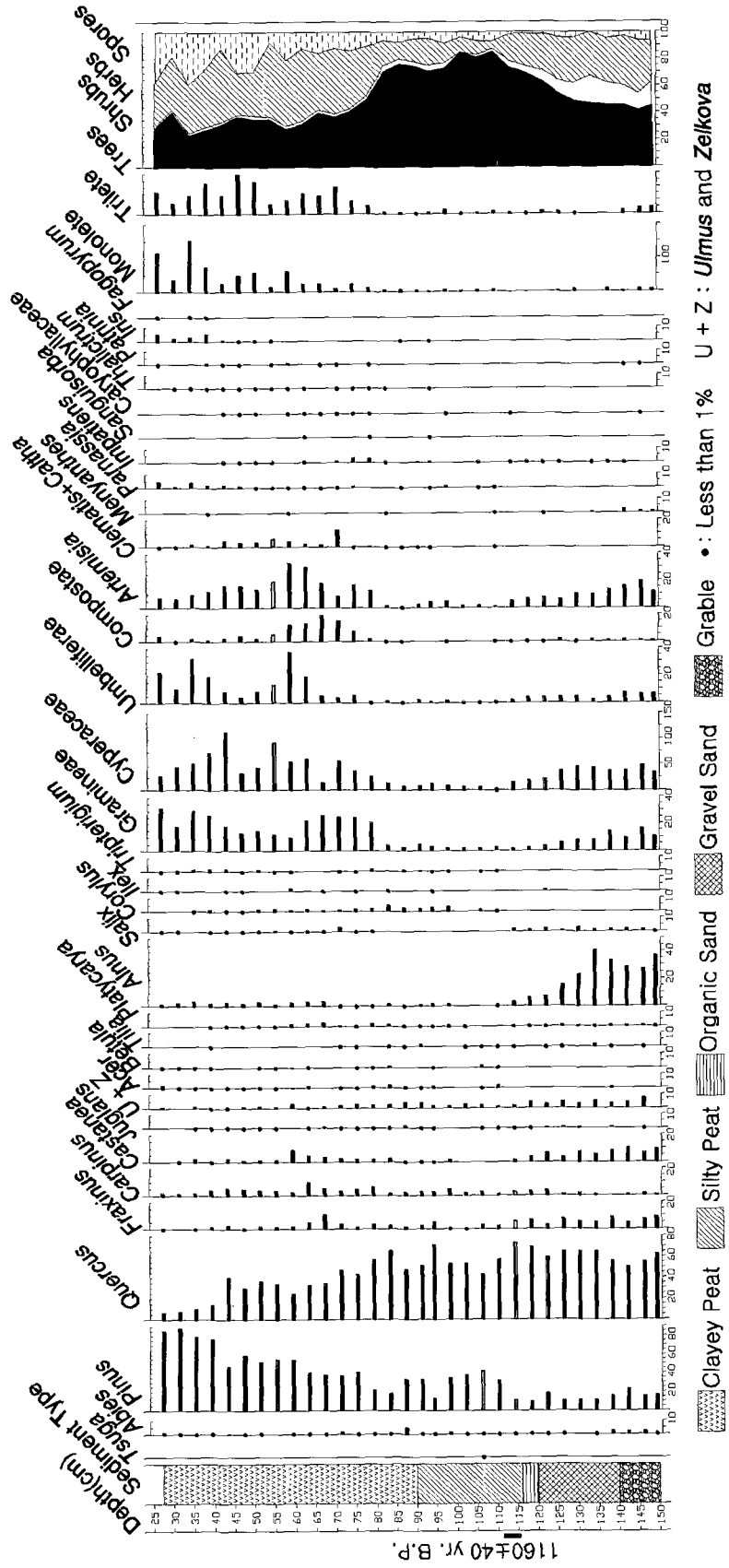


Fig. 3. Pollen diagram of Wangdeungjae moor, Mt. Jiri. Calculation based on the total tree pollen grains.

MWP에 해당하는 한반도 기후를 반영한 식생 변화로 판단된다.

WD2b 아화분대는 수목 화분의 경우 *Pinus*의 증가와 *Quercus*의 감소, 초본류의 뚜렷한 증가로 특징 지워진다. 전체 화분 출현수에 대한 해당 화분군의 출현을 역시 전시기에 비하여 뚜렷이 증가하였다. 초본류 화분과 포자 출현률의 증가는 숲바닥에 도달하는 숲 속에서는 광량의 증가, 습지와 같은 초지에서는 초지 규모의 증가와 관련 있다. *Pinus* 출현률의 증가가 곧바로 기후 변화에 기인한 것인지는 단정적으로 판단하기는 곤란하지만, 잦은 기상 이변과 한랭·건조한 겨울 기후의 강화로 인하여 암각지나 건조한 사면 능선부를 중심으로 *Pinus*가 지리산 지역에서 서식범위를 서서히 확대한 것은 분명한 것으로 판단된다. 따라서 본 화분대가 LIA 기후 특성을 반영한 식생 변화로 여겨진다.

그러나 본 연구가 한반도에 있었던 MWP와 LIA와 같은 기후 변화를 세밀하게 추적하는 데에는 한계가 있다. 한반도에서 MWP와 LIA가 군락 통태와 식생변천에 미친 영향을 추적하기 위해서는 첫째, 기후환경의 변화에 민감하게 반응하는 고산 또는 아고산 지역의 습지나 호수 퇴적물의 화분 분석이 행해져야 할 것이다. 둘째, 최근까지 인간의 간섭에 의한 식생 변화가 거의 없었던 곳의 퇴적물을 대상으로 화분 분석이 행해져야 할 것이다. 셋째, 세밀한 연대의 측정과 화분 분석이 행해져야 할 것이며, 마지막으로 한반도 기후 환경에 영향을 미치는 해류의 성쇠와 방향에 대한 연구가 필요하다.

인간 간섭과 식생 변화

WD3 화분대에서 *Pinus* 화분 출현율의 큰 증가는 주로 *Pinus densiflora*를 중심으로 한 식물군락이 그 분포역을 급속하게 확장한 결과로 보인다. 소나무(*P. densiflora*)는 돌출암각지나 건조한 산지능선에 분반상으로 분포한다. 동일한 속인 해송(*P. thunbergii*)은 해풍의 지속적인 영향을 받는 바닷가 암반에 분포하며, 잣나무(*P. koraiensis*)는 남부지역은 1,300 m a.s.l. 또는 중부이북에 분포한다. 그러므로 해발 960 m a.s.l.인 왕등재늪 퇴적물에서 확인된 *Pinus* 화분은 *P. densiflora*와 *P. koraiensis*임을 알 수 있으며, *Pinus* 화분의 산포 경향을 통해 추론 할 때 왕등재늪 퇴적물에서 확인된 *Pinus* 화분은 대부분이 *P. densiflora*인 것으로 여겨진다.

지리산 현존 식생에서 소나무는 산지 하부에 주로 분포한다. 이는 해당 지역에 대한 인간에 의한 직접적인 간섭과 관련이 깊다. 현존 식생을 통한 표층부의 화분 출현율을 분석할 때 *Pinus*의 급작스런 증가는 인간 간섭 결과의 반영이다. 그러나 지리산 1,000 m a.s.l 부근의 현존 식생은 신갈나무가 단연 우점한다. 이러한 상황을 미루어 볼 때 본 화분대의 *Pinus*의 과도한 출현율은 왕등재 주변 지역식생을 제대로 반영하지 못하고 있다. 이는 소나무 화분의 생산 능력과 산포 능력에 기인하는 것으로 보인다. 특히 산지 하부에서 상부로 향한 소나무속 화분의 산포가 강하게 작용한 결과로 사료된다.

본 화분대(WD3)에서 *Fagopyrum*이 출현 하였다. 그러나 이

를 통하여 습지내부나 주변에 경작과 같은 직접적인 간섭이 있었다고 보기는 어려우며, 왕등재늪 하부의 화전이나 담에서 기원한 것이 우연히 습지내로 유입된 것으로 보인다. *Fagopyrum*의 출현과 *Pinus*의 급속한 증가는 지리산을 포함한 산지하부에 대한 인간의 간섭이 급증한 결과를 반영하는 것으로 판단된다.

결론

연대 측정 결과와 왕등재 화분변천도를 통하여 늪지의 형성 초기부터 현재까지 기후대나 식생대가 뚜렷하게 변화했다는 사실은 확인 할 수 없었다. 그러나 습지 내부와 주변 지역의 환경 변화와 MWP와 LIA와 같은 광역적인 기후, 환경 변화에 대응하여 식생 역시 서서히 변화했다는 사실을 확인할 수 있었다. 본 분석의 결과는 왕등재늪에 퇴적물이 쌓일 당시부터 현재에 이르기까지 지리산 지역은 냉온대 중부/산지형 낙엽활엽수림대였다는 사실을 확인하였다. 한반도 저습지에 대한 화분 분석 결과에서 *Pinus* 화분의 뚜렷한 증가는 대략 3,000~2,000 yr B.P. 이다(최 등 2005). 반면 왕등재는 대략 200~300 yr B.P.이다. 이 시기 이전의 산림 식생은 약 1,500 yr B.P.까지는 *Quercus*를 중심으로 한 국지적 환경 및 토지적인 특성을 반영한 낙엽활엽수림으로 덮여있었음을 알 수 있다. 지리산 지역에 대한 인간 간섭에 의한 급속한 식생의 변천은 *Pinus*의 갑작스런 증가와 재배종인 *Fagopyrum*의 출현으로 확인 할 수 있었다.

적요

지리산 냉온대 낙엽활엽수림대의 식생변천사를 밝히기 위하여 왕등재늪(960 m a.s.l.) 퇴적물을 대상으로 화분 분석과 방사성 탄소 연대 측정을 실시하였다. 그 결과 주요한 화분·포자의 출현율의 변화로부터 다음과 같이 3개의 화분대(Pollen zone)와 2개의 아대(Subzone)로 구분하였다. I. *Quercus* zone(150~114 cm), II. *Quercus-Pinus* zone(114~43 cm): II a. *Quercus-Pinus* subzone(114~83 cm), II b. *Quercus-Pinus-Herbs* subzone(83~43 cm), III. *Pinus-Quercus* zone(43~27 cm). 퇴적물 깊이 111~116 cm 층의 방사성탄소연대는 1,160±40 yr B.P.로 측정 되었다. 이로부터 지리산 왕등재 일대의 삼림은 크게 신갈나무를 우점으로 하는 시대, 신갈나무의 점진적인 감소와 소나무의 증가 시대, 소나무의 급격한 증가 시대로 변천하여 왔음을 알 수 있었다. 'Medieval Warm Period (MWP)'와 'Little Ice Age (LIA)'는 적어도 지리산 주변 식생변화에 큰 영향을 미치지 못하였고, LIA가 최성기에 이른 시기에 습지 주변의 초지의 확장과 소나무속의 점진적인 증가가 확인 되었다. 그 이후 소나무의 갑작스런 증가는 산지 하부 지역에 대한 인간 간섭의 급증에 의한 식생변화의 반영으로 보인다.

참고문헌

- 김연옥. 1997. 한반도 고기후의 변화. *자연보존* 100:12-17.
- 김종원. 2004. *녹지생태학*. 월드사이언스, 서울.
- 선병윤, 이해복. 1997. 지리산 왕등재습지 관속식물상 및 곤충상 예비조사보고서. 국립공원관리공단.
- 송영주. 2002. 한반도 남부 저지대의 식생변천에 관한 화분학적 연구(박사학위논문). 울산대학교, 울산.
- 임양제, 김정연. 1992. 지리산의 식생. 중앙대학교출판부, 서울.
- 장남기, 금영복, 오인혜, 손영희. 1987. 대암산 습원의 이탄의 화분 분석에 의한 식생변천에 관한 연구. *한국생태학회지* 10: 195-204.
- 최기룡, 김기현, 김종원, 김종찬, 이기길, 양동윤, 남옥현. 2005. 영산강유역 범람원 화분분석연구. *한국생태학회지* 28: 37-43.
- 최기룡. 2001. 무제치늪 화분분석연구. *한국계사기학회지* 1: 13-20.
- Adhikari DP, Kumon F. 2001. Climatic changes during the past 1300 years as deduced from the sediments of Lake Nakatsuna, central Japan. *Limnology* 2: 157-168.
- Cronin TM, Dwyer GS, Kamiya T, Schwede S, Willard DA. 2003. Medieval Warm Period, Little Ice Age and 20th century temperature variability from Chesapeake Bay. *Global Planetary Change* 36: 17-29.
- Erdtman G. 1960. The acetolysis method. *Svensk botanist tidskrift*. 54: 561-564.
- Goto S, Hamamoto H, Yamano M. 2005. Climatic and environmental changes at southeastern coast of Lake Biwa over past 3000 years, inferred from borehole temperature data. *Physics Earth Planetary Interiors* 152: 314-325.
- Jian Z, Wang P, Saito Y, Wang J, Pflaumann U, Oba T, Cheng X. 2000. Holocene variability of the Kuroshio Current in the Okinawa Trough, northwestern Pacific Ocean. *Earth Planetary Sci Letters* 184: 305-319.
- Kim JG, Lee YW. 2005. Recent vegetation history and environmental changes in Wangdeungjae moor of Mt. Jiri. *Korean J Ecol* 28: 121-127.
- Kim JW. 1992. Vegetation of Northeast Asia on the syntaxonomy and syngeography of the oak and beech forest (PhD Dissertation). The University of Vienna. Vienna, Austria.
- Qian W, Zhu Y. 2002. Little Ice Age climate near Beijing, China, inferred from historical and stalagmite records. *Quaternary Res* 57: 109-119.
- Stuiver M, Pieter MG, Braziunas TF. 1995. The GISP $\delta^{18}O$ climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean, and volcanos. *Quaternary Res* 44: 341-354.
- Yao T, Shi Y, Thompson LG. 1997. High resolution record of paleoclimate since the Little Ice Age from the Tibetan ice cores. *Quaternary International* 37: 19-23.
- Yim YJ, Kira T. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in Korean peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. *Jap J Ecol* 25: 77-88.

(2006년 6월 8일 접수; 2006년 6월 26일 채택)