

화분분석으로 본 제주도 김녕사구 일대의 후빙기 중기 이후 환경변화*

박지훈** · 박 경***

Post-glacial Environmental Changes Reconstructed from the Pollen Analysis in Gimnyeong Sanddune Area*

PARK, Ji-Hoon** · PARK, Kyeong***

요 약 : 제주도 저지대의 후빙기 환경변화를 밝히기 위한 사례연구로서 제주시 김녕사구 모래층에 협재된 2매의 흑색사질부식층을 대상으로 화분분석을 실시하였다. 분석결과, 조사지역 일대에서 매물부식층이 형성될 당시 즉, KY-I期(약 6,180yrBP~1,380yrBP의 어느 시기, 후빙기 중기~후기)와 KY-II期(1,380yrBP~현재의 어느 시기, 후빙기 후기)의 삼림식생은 KY-I期에서는 KY-Ia(침활혼합림) → KY-Ib(상록침엽수림) → KY-Ic(상록활엽수림)로, KY-II期에서도 KY-IIa(침활혼합림) → KY-IIb(상록침엽수림) → KY-IIc(상록활엽수림)로 변천했다는 것이 밝혀졌다. 그리고 KY-I期와 KY-II期 모두 대부분 상록성 삼림식생이 우점하므로 당시의 기후환경은 난대성 기후였던 것을 알 수 있었다. 그런데 KY-I期와 KY-II期の 식생환경과 기후환경은 현재 조사지역 일대가 난온대의 상록활엽수림대에 속하는 점을 감안하면, 지금의 환경과 큰 차이가 없었던 것으로 생각된다. 단, 전술한 두 시대 모두 지금과 유사한 환경 하에 있었지만, *Cyclobalanopsis*가 중심이 되는 상록활엽수림과 *Carpinus*가 중심이 되는 낙엽활엽수림과의 상호 관계를 고려할 때, KY-Ic期가 KY-IIc期 보다 다소 기온이 높았으며, KY-I期와 KY-II期 내에서도 각각 기후와 삼림식생의 미세한 변화가 있었던 것이 밝혀졌다.

주요어 : 화분분석, 김녕사구, 후빙기, 환경변화, 매물 부식층

Abstract : Two layers of buried humus layer in Gimnyeong sanddune has been analyzed to elucidate the environmental changes happened in low area in Jeju during the Post-glacial (Holocene). This shows that regional vegetation changed from conifer-deciduous mixed through evergreen coniferous to evergreen broadleaf trees, and during KY-II period (1,380yrBP~present) and also during the KY-I period(sometime between 6,180yrBP~1,380yrBP). During both KY-I and KY-II periods, dominant vegetation of the region indicated that climate was sub-tropical type. Both vegetation and climate conditions are not so different from those of the present Jeju which lies in the subtropical broadleaf evergreen vegetation zone. Temperature in KY-Ic period, however, was warmer than KY-IIc period considering the relationship between broadleaf evergreen trees with *Cyclobalanopsis* and broadleaf evergreen trees with *Carpinus*.

Key Words : pollen analysis, Gimnyeong sanddune, Post-glacial, environmental changes, buried humus layer

* 이 논문은 2009년도 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

** 공주대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Dept. of Geography Education, Kongju National University), pollenpjh@kongju.ac.kr

*** 교신저자, 성신여자대학교 사회과학대학 지리학과 조교수(Assistant Professor, Dept. of Geography, Sungshin Women's University), kpark97@sungshin.ac.kr

I. 서론

1. 연구목적

과거부터 제4기 환경변화 복원에 유용하게 사용되고 있는 화분분석을 이용하여 제주도의 식생변천 및 기후변동을 논의한 연구는 저지대의 정철환 외(2004), 문병찬·정철환(2005), Chung(2007) 그리고 산지대의 최기룡·김서용(1998) 정도로서 그 편수는 매우 적다.

최기룡·김서용(1998)은 서귀포시 남원읍에 위치한 산지습지인 물영아리늪에서 채취한 퇴적물을 대상으로 원식생을 복원하기 위하여 화분분석을 실시하였다. 그 결과, 그들은 물영아리늪 일대에서 약 2,600yrBP~현재까지의 식생은 M1a(서어나무 낙엽활엽수림 전기 시대) → M1b(서어나무 낙엽활엽수림 중기 시대) → M2(서어나무·참나무 낙엽활엽수림 후기 시대)로 변천하였다고 주장하였다. 이 연구는 후빙기 전 시기가 아닌 후빙기 후기의 식생 복원에 머물고 있지만, 제주도의 산지대에서 절대연대를 동반하여 화분분석이 행해진 최초의 연구라는 점에서 주목된다.

정철환 외(2004)는 서귀포시 인근에 분포하는 제4기 퇴적층의 시추코어(BH-4공)를 대상으로 화분분석을 행하였다. 그 결과, 시추심도 200cm를 경계로 그 상부의 화분조성에서는 난대종의 화분 및 포자가 우세한 반면에 하부의 화분조성에서는 난대종이 감소하고, 초본류가 증가하는 점에 착안하여 각각 후빙기와 최종빙기에 대비된다고 주장하였다. 이 연구는 하부 화분조성에 대비되는 퇴적층에서 약 26,700yrBP의 절대연대치를 측정하여 이를 바탕으로 제주도에서 최초로 최종빙기의 화분분석 자료를 발표했다는 점에서 그 의의가 크다. 그러나 정철환 외(2004)는 상부 화분조성에 대비되는 퇴적층에서 후빙기를 지시하는 절대연대치가 없고, 후빙기의 식생변천 및 기후변화가 시계열적으로 세분하여 논의되지 않았다. 문병찬·정철환(2005)은 제주시 한경면 청수리에서 시추한 청수공의 퇴적층을 대상으로 화분분석을 행하여 2개의 화분분대(Zone I, II)를 설정하였으며, 그 시대를 제4기 플라이스토세로 추정했다. 그들은 청수공의 식생조성이 오늘날 한라산 고

지대의 침엽수림 및 낙엽활엽수림과 한반도 산악지역의 한랭한 온대의 낙엽활엽수림과 유사한 것으로 보아, 당시의 기후는 한랭한 온대였으며, 상위의 Zone II가 하위의 Zone I 보다 다소 온화한 환경으로 추정했다. 그러나 이 연구는 절대연대치를 동반하여 화분분석을 행한 것은 아니다.

Chung(2007)은 마르(Maar)형 분화구인 서귀포시의 '하논 분화구'의 시추공(BH-4B)을 대상으로 화분분석을 실시하여 약 21,800~9,900yrBP의 식생변천 및 기후변동을 복원하였다. 이 연구는 다수의 절대연대를 동반하여 최종빙기의 환경변화를 구체적으로 논의했다는 점에서 매우 중요한 의미가 있다. 그러나 분석자료가 대부분 최종빙기 및 후빙기로의 이행기에 한정되므로 후빙기 중기 이후의 환경변화에 대해서는 논하지 못했다.

이상과 같이 제주도에서 화분분석을 이용한 제4기 환경변화 자료는 부족할 뿐만 아니라 특히 절대연대를 동반하여 후빙기 전 시대의 삼림식생을 복원한 연구는 전무하다. 그러므로 제주도를 대상으로 후빙기 화분대의 설정과 시·공간적 식생변천 및 기후변동 복원에 관해서는 아직 해명되지 않은 점이 많다.

따라서 화분분석을 이용하여 제주도의 후빙기 환경을 복원하기 위한 하나의 사례연구로서 제주시 구좌읍의 김녕사구 모래층에 협재된 2매의 흑색사질부식층(이하 매물부식층)을 대상으로 화분분석을 실시하여 김녕사구 일대의 후빙기 식생변천 및 기후변동을 복원하고자 한다.

본 연구는 제주도 저지대에서 후빙기를 지시하는 절대연대를 동반한 최초의 화분분석 연구라는 점과 그동안 화분분석 연구를 위한 시료채취 지역으로서 그다지 중요하게 취급되지 않았던 해안사구의 매물부식층을 대상으로 했다는 점에서 그 의의가 있다. 본 분석결과는 향후 제주도 지역에 있어서 후빙기 화분대 설정을 논의할 때 중요한 기초자료가 될 것이다.

2. 연구지역

1) 지형개관

연구대상 지역은 북제주군 김녕리에 위치한 사구로

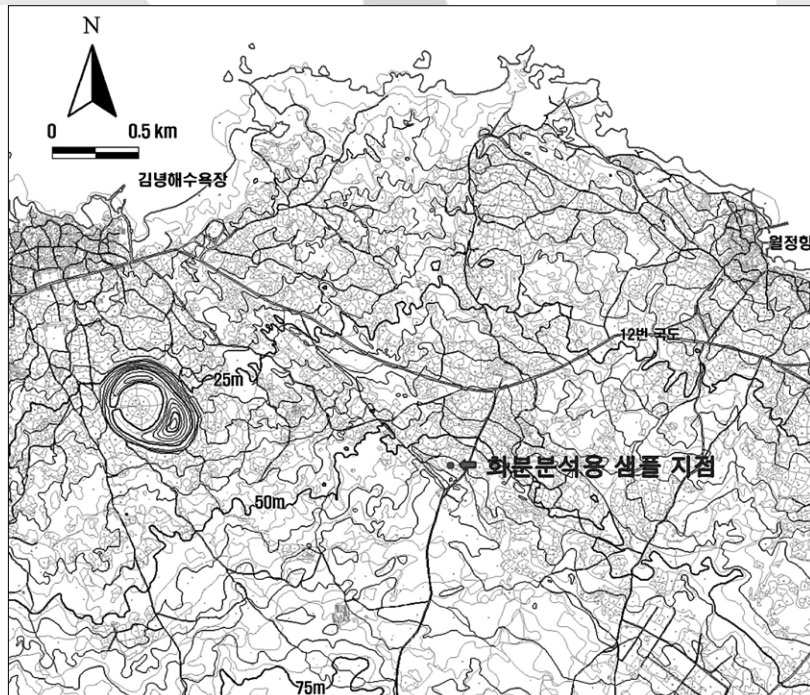
서 내륙으로 6km 이상 길게 발달되어 있어 제주도 지역에서 최대의 사구를 형성하고 있으며 기존의 연구에서 연대측정과 화학적 분석 및 항공사진을 이용한 질감 분석 등이 이루어진 지역이다(박경 · 손일 · 장은미, 2004; 장은미 · 박경, 2006; 박경 · 손일, 2007). <그림 1>의 연구지역 지형도에서 보는 바와 같이 용암이 흘러 내려서 형성된 제주도 북서면의 해안지역은 경사가 매우 완만하여 10km 내륙까지도 해발 50m를 넘지 않는 것으로 나타나며, 이로 인하여 내륙 깊숙이 사구가 발달할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 조사지역의 해변이나 사구 모두 90% 이상 석회질 성분으로 구성되어 있으나(한태홍, 1993), 사구의 대부분은 발작물의 경작지로 이용되고 있다. 김녕사구는 비교적 얇은 피복물 형태로 용암류를 덮고 있지만, 조사가 이루어진 지역의 경우 수 m를 넘는 비교적 두터운 퇴적층이 형성되어 있으며, 이들 사구 퇴적물의 중간에는 2개의 매몰 고토양층 내지는 매몰된 유기물 층이 연속된 층서를 보이면서 나타나고 있다. 이 지역의 사구의 하단부는 OSL 연

대측정의 결과 6.6~6.18ka 정도의 연대를 보이는 것으로 미루어 보아 후빙기의 범세계적인 온난화과정을 보여주는 것으로 해석되었었다(박경, 2007; 박경 · 손일, 2007).

2) 식생개관

제주도는 植物區系地理學的으로 보면, 한반도 南部亞區(中井, 1935), 群系水準(formation level)으로 보면, 韓國暖溫森林帶(warm temperate forest zone ; Yim & Kira, 1975)에 포함된다. 제주도는 동북아 온대 지역 중에서 전형적으로 섬형(또는 이행형)의 식생지역으로서 식생분포의 압축현상으로 식생의 수직분포 변화가 뚜렷이 관찰된다(김종원 · 이을경, 2006). 임양재 외(1991)에 의하면, 제주도는 크게 저지대의 난대 상록활엽수림, 중북부의 냉온대 낙엽활엽수림, 고지대의 아고산대(아한대) 상록침엽수림대로 구분된다.

표고 약 600m 이하의 해안이나 저지대는 대부분 농경지 또는 주거지이고 *Robinia pseudo-acasia* plantation



<그림 1> 연구지역 위치도

(아카시아 식재림)과 *Quercus acutissima*(상수리나무), *Quercus serrata*(졸참나무)와 *Pinus thunbergii*(곰솔) 등의 이차림들 외에 난대성식물인 *Quercus acuta*(불가시나무), *Castanopsis cuspidata* var *sieboldii*(구실잣밤나무), *Castanopsis cuspidata* var *thunbergii*(메밀잣밤나무)와 *Quercus myrsinaefolia*(가시나무) 등의 상록활엽수들이 수악과 부근, 안덕계곡, 효돈천계곡, 천지연, 천제연, 산방산과 섭섬 등 일부지역에서만 군락을 이루고 있다(임양재 외, 1991). 이와 같은 제주도의 난온대-상록활엽수림을 대표하는 구실잣밤나무-콩짜개덩굴군집은 상록식물종 가운데 내동성이 높은 종들(동백나무, 감탕나무 등)에 의해 특징 지워진다(김종원 · 이울경, 2006).

제주도에 분포하는 상록활엽수의 대부분은 표고 600m 이하에 분포하는데 주요 수종으로는 순비기나무, 갯메꽃, 통보리사초, 좀보리사초 등의 해안식물과 구실잣밤나무, 가시나무류, 동백나무, 참식나무, 후박나무 등의 상록활엽수, 예덕나무, 성산, 천선과나무 등의 낙엽활엽수가 있다(임양재 외, 1991).

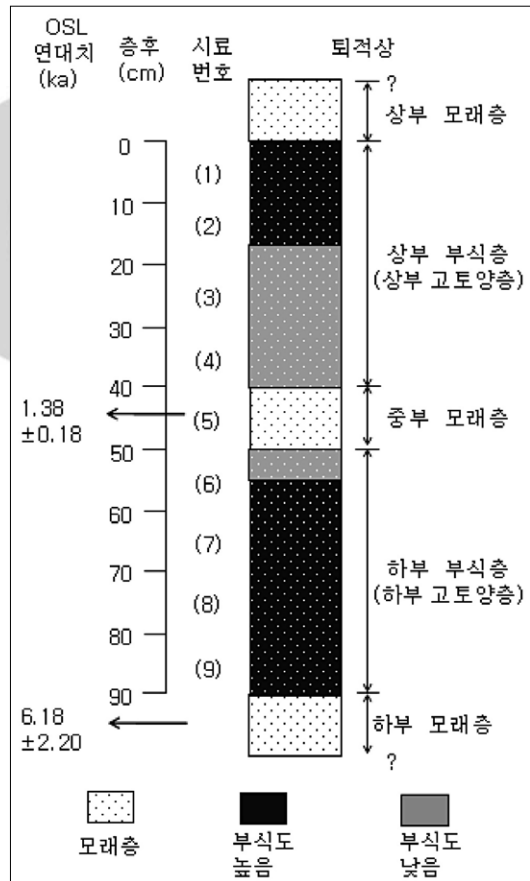
표고 600~1,400m의 중북부에는 냉온대성식물인 서어나무, 개서어나무, 물참나무와 졸참나무 등 낙엽활엽수림의 군락과 능선부에 소나무군락이 분포한다(임양재 외, 1991). 이와 같은 냉온대 남부·저산지대-삼림식생으로 서어나무-굴거리나무군집과 졸참나무-팽팡나무군집이 대응되며, 서어나무와 개서어나무가 졸참나무 보다 우세하다(김종원 · 이울경, 2006). 제주도에 분포하는 낙엽활엽수의 분포역은 학자들에 따라 견해차가 있으나 대체로 표고 600~1,400m에 분포하는데 주요 수종으로는 서어나무, 개서어나무, 졸참나무, 물참나무, 층층나무, 당단풍, 가막살나무, 제주조릿대 등이 있다(임양재 외, 1991).

표고 1,400m 이상의 고지대에는 아한대성식물인 구상나무(*Abies koreana*)와 눈향나무(*Juniperus chinensis* var. *sargentii*) 등의 침엽수군락과 정상 부근의 털진달래(*Rhododendron mucronulatum*)와 산철쭉(*R. yedoense* var. *poukhenense*) 등 왜성 저목들의 군락 그리고 일부에 초원에 형성되어 있다(임양재 외, 1991). 주요 수종의 고도별 분포를 보면, 1,400m

이상의 침엽수림대, 즉 아한대에는 구상나무, 시로미, 눈향나무, 털진달래, 산철쭉 등이 널리 분포하고 있다(임양재 외, 1991).

3. 분석방법

화분분석용 시료채취는 김녕사구의 표고 약 55m지점에서 행해졌다. 시료채취를 행한 김녕사구의 단면에는 3매(상부·중부·하부)의 모래층과 그리고 그 모래층에 끼여 있는 고토양층인 흑색의 사질 부식층(이하 매물 부식층)이 2매(상부·하부)로 부식층이 확인되었다. 필자들은 매물 부식층을 중심으로 10cm 간격으로 9개의 화분분석 시료를 채취하였다(그림 2).



(그림 2) 시료채취 지점의 단면도

기본적으로 단면의 퇴적층은 패각질 모래임. 부식의 정도는 상대적인 의미임. 시료번호는 화분분석용 시료번호임.

각 시료당 10g씩을 채취하여 KOH-ZnCl₂-Acetolysis법(Erdtman, 1934)을 이용하여 검출된 화분을 현미경을 이용하여 400배 이상으로 확대 동정하였다. 그리고 각 시료마다 수목화분(AP)을 총 100개 이상 검정한 후, 이것을 기본수로 하여 화분다이아그램을 작성하였다.

본고에서 활용한 절대연대 자료는 박경·손일(2007)에서 행해진 OSL 연대측정치로서, 하부모래층과 중부모래층에서 시료를 채취하여 분석하였다. 그 연대치는 각각 6.18±2.20ka, 1.38±0.18ka이다(그림 2).

〈표 1〉 제주도 김녕사구에서 검출된 수목화분

| | | | |
|------------------------|---------|-------------------|---------|
| <i>Pinus</i> | 소나무속 | <i>Zelkova</i> | 느티나무속 |
| <i>Tsuga</i> | 솔송나무속 | <i>Pterocarya</i> | 중국굴피나무속 |
| <i>Cryptomeria</i> | 삼나무속 | <i>Tilia</i> | 피나무속 |
| <i>Betula</i> | 자작나무속 | <i>Ilex</i> | 감탕나무속 |
| <i>Cyclobalanopsis</i> | 가시나무類 | <i>Celtis</i> | 팽나무속 |
| <i>Quercus</i> | 참나무속 | <i>Cornus</i> | 층층나무속 |
| <i>Castanopsis</i> | 구실잣밤나무類 | <i>Salix</i> | 버드나무속 |
| <i>Carpinus</i> | 서어나무속 | <i>Albizzia</i> | 자귀나무속 |
| <i>Corylus</i> | 개암나무속 | <i>Magnolia</i> | 목련속 |
| <i>Ulmus</i> | 느릅나무속 | Ericaceae | 진달래과 |

II. 분석결과

분석결과, 수목화분(AP)으로는 1과 19속, 비수목화분(NAP)으로는 6과 9속, 포자(Spores)로는 Monolete spores, Trilete spores가 검출되었다(표 1, 표 2).

검출된 화분의 출현율을 보면, 상록활엽수로는 *Cyclobalanopsis*, 상록침엽수로는 *Pinus*, 낙엽활엽수로는 *Carpinus*가 높게 나타났다. 본고에서는 화분대구분에 있어서 화분의 절대 출현량이 극히 적었던 층준(그림 2의 시료번호 5)을 제외시키고 주요 화분의 출현율 변화, 퇴적상의 변화, 퇴적시기 등을 고려하여 2개의 花粉帶(KY-I帶, KB-II帶)와 2개의 亞花粉帶(KY-Ia帶, KY-Ib帶, KY-Ic帶, KY-IIa帶, KY-IIb

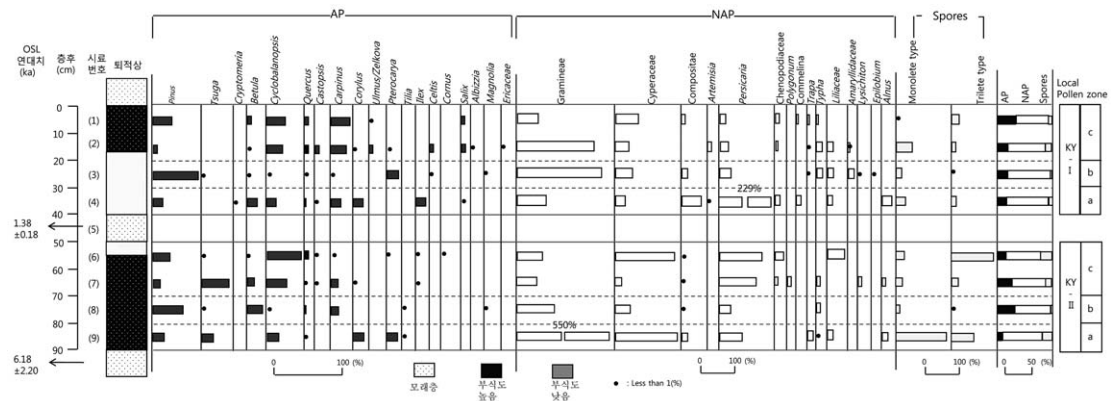
〈표 2〉 제주도 김녕사구에서 검출된 비수목화분

| | | | |
|-------------------|-------|-------------------|-------|
| Gramineae | 벼과 | <i>Trapa</i> | 마름속 |
| Cyperaceae | 사초과 | <i>Typha</i> | 부들속 |
| Compositae | 국화과 | Liliaceae | 백합과 |
| <i>Artemisia</i> | 쑥속 | Amaryllidaceae | 수선화과 |
| <i>Persicaria</i> | 여뀌속 | <i>Lysichiton</i> | 리시키톨속 |
| Chenopodiaceae | 명아주과 | <i>Epilobium</i> | 바늘꽃속 |
| <i>Polygonum</i> | 마디풀속 | <i>Alnus</i> | 오리나무속 |
| <i>Commelina</i> | 닭의장풀속 | | |

帶, KY-IIc帶)로 구분하였다(그림 3).

1. KY-I帶

KY-I帶는 수목화분의 경우, *Cyclobalanopsis*와 같은 상록활엽수(17~50%)와 *Pinus*·*Tsuga*와 같은 침



〈그림 3〉 제주도 김녕사구의 화분다이아그램

엽수 화분(25~50%)이 섞여서 출현한다. 그리고 비수목 화분의 경우, Gramineae가 하위 층위에서 최고 550%로 높게 나타나고 상부 층위에서는 Cyperaceae와 *Persicaria*가 최고 175%, 125%로 높게 출현한다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 비수목 화분이 수목화분과 포자에 비해서 출현율이 높다. 이 띠는 주요 화분군의 조성 차이에 따라 다시 3개의 아분대(KY-Ia帶, KY-Ib帶, KY-Ic帶)로 세분된다.

KY-Ia帶에서는 수목화분의 경우 상록활엽수인 *Cyclobalanopsis*, 상록침엽수인 *Pinus*와 *Tsuga*, 낙엽활엽수인 *Corylus*, *Pterocarya*와 *Tilia*가 15% 전후로 골고루 출현한다. 비수목화분의 경우, Gramineae가 550%로 압도적으로 높고, 그 다음으로 Cyperaceae가 180%, *Persicaria*가 67% 순이다. 포자로는 Monolete spores가 67% 출현하고, Trilete spores가 150%를 나타낸다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 9%, 73%, 18%로서 비수목 화분의 출현율이 압도적으로 높다.

KY-Ib帶에서는 수목화분의 경우, 前帶에 비해 상록활엽수인 *Cyclobalanopsis*가 1% 미만으로 감소했으며, 상록침엽수인 *Pinus*는 44%로 급증하였다. 그리고 낙엽활엽수도 감소하여 *Carpinus*와 *Tilia*가 10% 전후로 출현한다. 비수목화분의 경우, 前帶에 다량으로 출현했던 Gramineae는 약 110%로 급감하였지만, 여전히 KY-Ib帶에서 가장 높은 출현율을 나타내는 화분이다. 그 다음으로 Cyperaceae가 44%, *Persicaria*가 33% 순이다. 포자의 출현율도 급감하여 Trilete spores가 11%를 나타낸다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 31%, 66%, 3%로서 비수목화분의 출현율이 前帶에 비교하여 여전히 높지만, 수목화분의 출현율은 급증하였으며, 포자의 출현율은 급감하였다.

KY-Ic帶에서는 수목화분의 경우, 前帶에 감소했던 상록활엽수인 *Cyclobalanopsis*가 30~50%로 증가했으며, 상록침엽수인 *Pinus*는 다소 감소하여 10~25% 출현했다. 그리고 낙엽활엽수는 前帶에 마찬가지로 *Carpinus*가 10% 전후로 출현한다. 비수목화분의 경

우, KY-Ia帶와 KY-Ib帶에 가장 높은 출현을 나타냈던 Gramineae는 감소하여 60~75% 출현한다. 이 띠에서 가장 높은 출현율을 나타내는 화분은 Cyperaceae로서 최고 175%까지 출현하고 그 뒤를 이어서 *Persicaria*가 110~125% 출현한다. 포자의 출현율 중 Trilete spores는 급증하여 125%를 나타내지만, Monolete spores는 前帶에 이어서 25%로서 큰 변화가 없다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 21%, 63%, 16%로서 비수목화분의 출현율이 前帶에 이어서 여전히 높지만, 수목화분과 포자의 출현율은 前帶에 비교하면 역전된다.

2. KB-II帶

KY-II帶는 수목화분의 경우, 주로 *Cyclobalanopsis*와 같은 상록활엽수(29~35%)와 *Pinus*와 같은 침엽수 화분(18~67%)이 섞여서 출현한다. 그리고 비수목화분의 경우, *Persicaria*가 하위 층위에서 최고 229%로 높게 나타나고 Gramineae가 중부 층위에서는 최고 229%로 높게 출현한다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, KY-I帶에 이어서 비수목화분이 수목화분과 포자에 비해서 출현율이 높다. 이 띠도 주요 화분군의 조성 차이에 따라 다시 3개의 아분대(KY-IIa帶, KY-IIb帶, KY-IIc帶)로 구분된다.

KY-IIa帶에서는 수목화분 경우, 상록활엽수인 *Cyclobalanopsis*와 *Ilex*, 상록침엽수인 *Pinus*, 낙엽활엽수인 *Carpinus*와 *Corylus*가 15% 전후로 골고루 출현한다. 비수목화분의 경우, *Persicaria*가 229%로 압도적으로 높고, 그 다음으로 Gramineae가 86%, Compositae가 57% 순이다. 포자로는 Monolete spores가 14% 출현하고, Trilete spores가 29%를 나타낸다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 16%, 77%, 7%로서 비수목화분의 출현율이 압도적으로 높다.

KY-IIb帶에서는 수목화분 경우, 前帶에 비해 상록활엽수로인 *Cyclobalanopsis*가 1% 미만으로 감소했으며, 상록침엽수인 *Pinus*는 67%로 급증하였다. 그리고 낙엽활엽수는 前帶에 비해 큰 차이가 없어

*Pterocarya*가 17% 출현한다. 비수목화분의 경우, 前帶에 다량으로 출현했던 *Persicaria*가 약 33%로 급감하였으며, 이를 대신하여 KY-IIb帶에 들어서 Gramineae가 250% 급증한다. 그 다음으로 Cyperaceae가 50%로 높은 출현율을 나타낸다. 포자의 출현율은 前帶에 비해 큰 차이가 없다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 18%, 79%, 3%로서 비수목화분의 출현율이 前帶에 비교하여 역전히 높으며, 전체적으로는 큰 차이가 없다.

KY-IIc帶에서는 수목화분 경우, 前帶에 감소했던 상록활엽수로인 *Cyclobalanopsis*가 33-35%로 증가했으며, 상록침엽수인 *Pinus*는 다소 감소하여 6-29% 출현했다. 그리고 낙엽활엽수는 前帶에 비해서 증가하여 특히 *Carpinus*가 24-29% 출현한다. 비수목화분의 경우, Gramineae가 61-230%로 가장 높게 출현하며, 그 뒤를 이어서 Cyperaceae가 41-67%가 출현한다. 포자의 출현율 중 Monolete spores가 이 띠에 들어서 하부 층위에서 47%로 증가하지만, 전체적으로는 큰 차

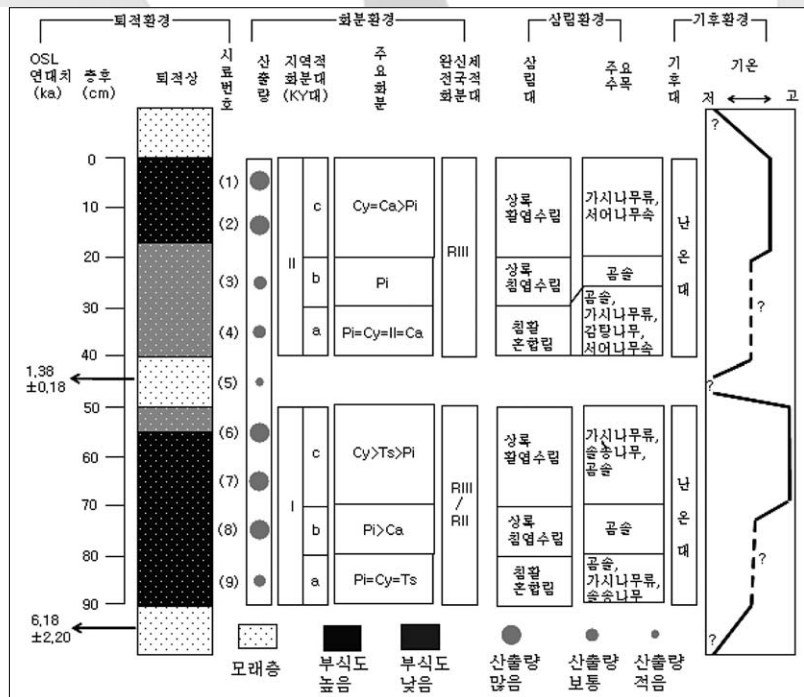
이는 없다. 그리고 화분과 포자의 전체 출현율을 100%로 할 때, 수목화분, 비수목화분, 포자의 비율이 33%, 67%, 10%로서 비수목화분의 출현율이 前帶에 이어서 높으며, 수목화분과 포자의 출현율은 前帶에 비교하면, 역전된다.

III. 고찰

이 논문에서는 사구 퇴적층에 협재된 매몰부식층의 퇴적환경을 복원하는 것이 목적이 아니라 김녕사구 일대의 후빙기의 삼림식생과 기후변화를 복원하는 것이 목적이므로 수목(화분) 위주로 논의하였다.

1. KY-I期の 식생 및 기후환경

이 시대에 대비되는 하부 매몰부식층(그림 2)의 형성시작과 형성종료를 지시하는 직접적인 절대연대치는 아직 없다. 그러나 박경 · 손일(2007)에 의하면, 하



〈그림 4〉 제주도 김녕사구 일대의 후빙기 중기 이후 환경변화의 복원

부 매몰부식층의 직하와 직상의 모래층을 대상으로 한 OSL 연대측정 결과가 각각 $6.18 \pm 2.20\text{ka}$, $1.38 \pm 0.18\text{ka}$ 인 점에 기초하면, 하부 매몰부식층은 약 6.18~1.38ka의 어느 시기에 형성된 것이며, KY-I期の 화분대(KY-I帶)는 전국적 화분대(Nakamura, 1952)중에서 RII(후빙기 중기)~RIII(후빙기 후기)에 대비된다.

화분분석 결과, KY-I기에 검출된 주요 화분인 *Cyclobalanopsis*, *Pinus*, *Tsuga*, *Carpinus*로부터 김녕사구 일대에서 생육했을 모식물(parent plant)을 추정하면, 다음과 같다.

먼저, *Quercus*는 크게 상록성의 *Cyclobalanopsis* (가시나무아류)와 낙엽성의 *Lepidobalanus*(참나무아속)가 나타난다. *Cyclobalanopsis* 경우, 현재 한반도 최남단 지역 및 남부 도서지역에 분포하는 난온대 상록수림의 주요 구성종인 *Q. acuta*(붉가시나무), *Quercus myrsinaefolia*(가시나무), *Q. glauca*(종가시나무) 등이 있다(이창복, 1993).

그리고 *Lepidobalanus* 경우, 주요 종으로는 *Quercus mongolica*(신갈나무)와 *Q. serrata*(졸참나무) 등이 있는데(이창복, 1993) *Q. mongolica*는 냉온대 북부 침활혼합림과 냉온대 중부 낙엽활엽수림에서 주요종이며, *Q. serrata*는 냉온대 남부 낙엽활엽수림의 주요종이다(Yim, 1977; Kim, 1992).

한편, 제주도에 분포하는 낙엽활엽수의 주요 수종인 *Quercus serrata*는 한라산국립공원, 산굼부리 등의 산지 사면 및 평탄부에 넓게 분포하나 비교적 토심이 얇고 습도가 낮으며 광량이 많은 지역에 분포한다. 고도별로 보면, 표고 약 400~1,250m에 분포하고 800~900m에서 약 85%로 가장 높은 출현빈도를 보이고 있다(임양재 외, 1991).

그리고 제주도에 분포하는 낙엽활엽수 중에서 *Quercus mongolica*와 *Q. serrata*의 잡종인 *Quercus grosseserrata*(물참나무)는 한라산의 표고 1,600m~1,650m에 분포하는 것으로 보고되어 있으나(정대현·이우철, 1965), 대체로 표고 900~1,700m에 분포하고 1,200~1,400m가 분포의 중심지로 생각된다. 이 수종은 주로 사면 하부나 꼭부의 습도가 높고 배수가 불량

한 지역에서 생육이 왕성하다(임양재 외, 1991).

따라서 현재의 제주도 삼림식생분포와 해당 식물의 생태를 고려하면, KY-I기에 검출된 대부분의 *Cyclobalanopsis* 화분의 모수는 *Quercus acuta*, *Q. myrsinaefolia*, *Q. glauca*일 가능성이 높고 *Cyclobalanopsis* 화분과 함께 검출되는 소량의 *Quercus* 화분의 모수는 *Quercus grosseserrata* 보다는 *Quercus serrata*에서 기원했을 가능성이 높다.

한편, 제주도 저지대에 분포하는 대표적인 *Pinus*로는 상록침엽수인 *Pinus densiflora*(소나무)와 *Pinus thunbergii*(곰솔)이 있다. *Pinus densiflora*는 수평적으로는 제주도 한라산에서 함북 증산에 이르기까지 온대림지역의 전역에 걸쳐 분포하고, 수직적으로는 각 산지의 표고 10~1,300m까지 분포하지만, 한라산에는 표고 1,200~1,800m까지 분포한다(정대현·이우철, 1965). 김종원(2005)에 의하면, *Pinus densiflora*의 수평적 그리고 수직적 중심 분포는 냉온대 남부 낙엽활엽수림대이며, 이 식생대의 상하에서 입지의 토지적 특성으로부터 부분적으로 관찰되기도 한다. 자연식생으로서의 *Pinus densiflora*림은 기본적으로 졸참나무-작살나무아군단 식생역 내에서 분포하며, 부분적으로 난온대 상록활엽수림 지역의 동백나무군강 및 냉온대 중부 낙엽활엽수림대의 신갈나무-생강나무아군단 식생역에서도 관찰되기도 한다. 따라서 *Pinus densiflora* 분포는 수평적으로는 개마고원 이남의 한반도 남부 지방에 집중되며, 중부지방으로부터 남부지방으로 이동하면서 그 빈도가 증가하는 양상을 보여주고 있다(김종원, 2005).

*Pinus densiflora*는 현재 한라산의 1,500m 이하 산록의 양지나 산복의 약간 건조한 지역에 분포하며, 고도별로는 1,000~1,200m 부근에서 높은 출현율을 나타낸다. 소나무는 현재 영실 표고 1,000~1,300m 부근과 관음사 등산로의 1,200~1,300m 부근에서는 낙엽활엽수인 물참나무, 서어나무, 졸참나무 등과 혼생하고 있으나 삼림이 발달하면서 그 분포역은 감소할 가능성이 높다(임양재 외, 1991).

*Pinus thunbergii*는 수평적으로는 제주도에서 다도해상의 각 도서를 거쳐 동해안은 강원도 속초까지 서

해안은 경기도 남양만을 거쳐 인천 작약도까지 분포하며, 또 울릉도에도 분포한다. 그리고 *Pinus thunbergii*는 수직적으로는 한라산에서 표고 700~1,100m, 월출산에서 400m 이하, 계룡산에서 100~200m, 대둔산에서 50m 이하, 울릉도에서 700m 이하에 분포한다(정대현 · 이우철, 1965). *Pinus thunbergii*는 제주도에서 표고 650m 이하의 산지 및 해풍의 영향이 미치는 곳에 분포하며, 대체로 고도 약 400m 이하의 산지 및 평탄부에 넓게 분포한다. 또한 곰솔은 식재림 또는 방풍림으로 사용되기도 한다(임양재 외, 1991).

이와 같이 생태적 차이가 확연히 다른 이엽송(예: *Pinus densiflora*)과 오엽송(예: *Pinus koraiensis*)을 화분상으로 구별한 논문(예: 安田喜憲 외, 1978)이 있다. 그러나 이엽송 중에서 *Pinus densiflora*는 *Pinus thunbergii*와 그 분포 경계가 비교적 뚜렷하지만, 화분 동정상 두 화분의 구별이 어렵기 때문에 기존의 대부분의 화분다이아그램 상에서는 양자의 화분을 구별하지 않고 표현하고 있는 실정이다. 따라서 *Pinus* 화분의 모수 추정에는 *Pinus* 생태를 충분히 고려하여 시료채취지점 일대에서 생육했을 가장 적합한 종을 고려해야 한다.

본 조사지역에서 이 시대에 출현하는 *Pinus* 화분의 모수도 전술했듯이 화분 동정상으로 이엽송의 소나무 중 어느 종에 해당되는지 판단하기가 매우 어렵지만, 소나무속의 주요 종의 생태 그리고 지형적 환경 즉, 시료채취지점이 해안 저지대로서 바다로부터 약 2km 떨어져 있으므로 해안의 영향이 충분히 미치는 해안사구인 점 등을 고려할 때, 대부분이 조사지역 일대에서 생육했던 곰솔(일부 소나무)의 화분에서 유래했을 가능성이 높다고 판단된다.

현재 제주도에 *Tsuga sieboldii*가 생육하고 있지는 않지만, 기존 화분분석 자료에 의하면, 과거 지질시대에 제주도와 한반도 내륙에서도 생육했던 것으로 확인된다. 즉, 제주도의 서귀포 일대에서 약 26,000~12,000년전에 걸쳐서 *Tsuga sieboldii*가 생육했던 것으로 알려져 있다(김문홍, 1994 등). 이것은 서귀포 일대의 당시의 기후가 현재 한라산 정상에 기후환경과 유사했다는 것을 의미한다(공우석, 2007).

따라서 이 시대에 조사지역에서 검출된 *Tsuga* 화분

의 모수는 *Tsuga sieboldii*일 가능성이 높다. 그러나 현 식생분포대, *Tsuga sieboldii*의 생태 그리고 시료채취 지점의 지형적 환경 등을 고려하면, 해당 화분이 멀리서 바람에 의해 날아왔을 가능성이 높다. 그러나 현재까지 명확하지 않으므로 추후 제주도에서 *Tsuga sieboldii* 또는 그 화분과 관련 사례연구가 축적되면 심도 깊은 논의가 가능할 것으로 생각된다.

그런데 시료채취 지점을 중심으로 바다를 제외하고 육지를 기준으로 할 때, 내륙 쪽으로 반경 1km, 2km, 3km, 4km, 5km 내의 최고 해발고도는 약 65m, 약 80m, 약 100m, 약 120m, 약 150m로서 전체적으로 고도가 완만하게 높아진다. 단, 시료채취 지점에서 1~2km내에 입술봉(표고 82m), 2~3km 내에 묘산오름(116.3m) 그리고 5~9km에 걸쳐서 둔지봉(287m), 돛오름(284.2m), 월랑봉(382.4m)이 포함된다. 이것은 현재의 삼림식생대 고도를 고려하면, 당시의 수목화분이 상당히 멀리서부터 비산했다는 것을 의미한다.

따라서 이 시대에는 조사지역 일대의 저지대를 중심으로 난대성식물인 *Quercus acuta*, *Quercus myrsinaefolia* 등의 상록활엽수들이 군락을 이루고, *Q. serrata*와 *Pinus thunbergii* 등이 이차림을 이루는 삼림식생 환경을 생각해 볼 수 있다. 이와 같은 삼림식생 환경은 현재 단편적으로 남아있는, 제주도의 표고 600m 이하의 난온대 상록활엽수림대(임양재 외, 1991)의 삼림식생 환경과 매우 유사하다.

이상과 같은 화분조성, 연대측정, 현 식생대, 주요 수종의 생태, 지형적 환경 등을 종합적으로 고려해 볼 때, KY-I期는 시기적으로 약 6,180yrBP~1,380yrBP의 어느 시기에 해당되며, 전국적 화분대(Nakamura, 1952) 중에서 후빙기 중기(RII)~후빙기 후기(RIII)에 대비된다(그림 4).

조사지역 일대에서 하부 매몰부식층이 형성될 당시 즉, KY-I期의 기후 및 식생환경은 일부 침활혼합림과 상록침엽수림이 포함되지만, 대체로 상록성 수목을 중심으로 한 상록활엽수림이다. 그리고 현재 조사지역 일대가 난온대에 속하는 점을 고려하면, 이 시대의 기후 환경은 지금과 큰 차이가 없었던 것으로 추정된다.

그러나 KY-I期를 좀 더 세분하면, 이 시대는 KY-

Ia(침활혼합림) → KY-Ib(상록침엽수림) → KY-Ic(상록활엽수림)로 삼림식생이 변천하는 것을 알 수 있다. 즉, KY-Ia期는 *Pinus thunbergii*, *Cyclobalanopsis*, *Tsuga sieboldii*가 주를 이루는 침활혼합림시대이고, KY-Ib期는 *Pinus thunbergii*가 중심이 되는 상록침엽수림시대, KY-Ic期는 *Cyclobalanopsis*, *Tsuga sieboldii*, *Pinus thunbergii*가 중심이 되는 상록활엽수림시대이다. 따라서 KY-I期 내에 다시 미세한 삼림 변천이 있었다는 점으로 볼 때, 그 원인이 되는 기온의 미변동이 이 시대에 존재했을 것으로 추정된다.

그러나 김녕사구의 고토양층인 매몰부식층에서 행해진 KY-I期의 화분분석 자료는 제주도에서 절대연대를 동반한 기존 분석 자료가 거의 없으므로 그 결과가 제주도의 북부해안에 위치한 조사지역 일대의 국지적인 현상을 반영하는 것인지 아니면, 제주도 전 지역에서 광역적으로 발생한 현상인지에 관해서는 명확하지 않다. 따라서 본고에서는 임시로 KY-I期를 KY-Ia期, KY-Ib期, KY-Ic期로 세분하였지만, 추후 사례연구가 축적되면, 다시 논의할 필요가 있다.

2. KY-II期의 식생 및 기후 환경

이 시대에 대비되는 상부 매몰부식층(그림 2)의 직접적인 형성시작과 형성종료를 지시하는 절대연대치는 없다. 그러나 박경·손일(2007)에 의하면, 상부 매몰부식층 직하의 모래층을 대상으로 한 OSL 연대측정 결과가 1.38 ± 0.18 ka이므로 상부 매몰부식층은 1.38ka~현재(구체적으로는 상부 모래층의 형성 이전)의 어느 시기에 형성되었으며, KY-II期의 화분대(KY-II帶)는 전국적 화분대(Nakamura, 1952)인 RIII(후빙기 후기)에 대비된다.

화분분석 결과, KY-II期에 검출된 주요 화분인 *Cyclobalanopsis*, *Pinus*, *Carpinus*, *Castanopsis cuspidata* var *sieboldii*로부터 김녕사구 일대에서 생육했을 모수를 추정하면, 다음과 같다.

이 시대에 검출된 *Cyclobalanopsis* 화분의 모수는 KY-I期와 마찬가지로 그 대부분은 *Q. acuta*(붉가시나무), *Quercus myrsinaefolia*(가시나무) 등으로 추정된다. 그리고 *Pinus* 화분의 모수도 KY-I期와 마찬

가지로 *Pinus*의 생태를 고려하면, 그 대부분은 *Pinus thunbergii*로 추정된다.

한편, 제주도 해안 저지대인 조사지역은 현재 한반도의 수평·수직적 식생대(Yim, Y. J., 1977)로는 상록활엽수대로 표기되지만, 현재 대부분의 상록활엽수림이 인위적인 채취·산불 등으로 인하여 파괴되어 원형이 심하게 훼손되거나 사라진 실정이다. 따라서 KY-II期에 대비되는 상부 매몰부식층의 형성시기가 1.38ka~현재의 어느 시기에 해당되는 점 그리고 시료 채취 지점이 저지대인 점 등을 고려하면, 당시 거주민의 인위적인 삼림파괴와 이에 따른 2차림으로서 곰솔(또는 소나무) 분포역의 확대 가능성이 있다. 그러나 이에 대한 자료가 부족하므로 아직 불명한 점이 많다.

KY-II期의 주요 화분 중 하나인 *Carpinus*의 모수는 다음과 같이 추정된다. *Carpinus*(서어나무속) 중에서 제주도에 생육하는 대표적인 종으로는 *Carpinus tschonoskii*(개서어나무)와 서어나무(*C. laxiflora*)가 있다. *Carpinus tschonoskii*는 토심이 깊고 습도가 높은 지역에서 양호하게 생육하며, 냉온대 남부의 표징종으로 널리 알려져 있다(Yim, 1977). 임양재 외(1991)에 의하면, 제주도에 개서어나무의 분포는 표고 약 1,500m가 고도상 상한이며, 고도별 출현빈도를 보면, 표고 700~1,400m 부근이 50% 이상으로 높게 나타나며, 특히 700~800m 부근은 약 75%의 출현율을 보이고 있다.

*Carpinus laxiflora*는 *Carpinus tschonoskii*와 마찬가지로 토심이 깊고 습도가 높은 사면 중·하부나 평탄부의 요지에서 왕성하게 생육한다. 이 수종은 표고 1,800m까지 분포하며(정대현·이우철, 1965), 고도별 출현빈도를 보면, 표고 600~1,400m 부근에서 75~100%의 빈도를 나타낸다(임양재 외, 1991). 임양재 외(1991)는 반음수성인 *Carpinus laxiflora*는 한라산 낙엽활엽수림대의 우점종이고 한라산의 기후조건과 비교해 볼 때, 앞으로 극상림을 형성하는데 중요한 수종으로 간주했다.

그런데 이 시대가 KY-I期에 비해 *Carpinus* 화분 출현율이 증가했다는 점은 현재 *Carpinus laxiflora*와 *Carpinus tschonoskii*가 표고 600~1,400m와 700~

1,400m에서 가장 높은 출현율을 나타낸다는 점을 감안하면, KY-II期는 KY-I期에 비하여 *Carpinus*가 중심이 되는 냉온대 낙엽활엽수림대의 분포역이 수직적으로 약간 남하했을 것으로 생각된다. 그리고 *Carpinus* 화분의 모수가 *Carpinus laxiflora*와 *Carpinus tschonoskii*에서 기원했다고 가정하면, 현재 시료채취 지점을 중심으로 반경 5km 내에서 최고 해발고도는 약 150m 이고, 반경 약 9km에서 가장 높은 표고는 월랑봉(382.4m)이므로 이 보다 훨씬 먼 곳에서 시료채취 지점까지 해당 화분이 비산하여 퇴적되었다는 것을 알 수 있다.

KY-II期에 소량이지만 검출되는 상록활엽수 화분인 *Castanopsis*와 *Ilex*는 식물생태를 고려하면, *Castanopsis cuspidata* var *sieboldii*(구실잣밤나무)와 *Ilex crenata*(깽깽나무)일 가능성이 높다. *Castanopsis cuspidata* var *sieboldii*는 한반도의 보길도, 완도, 진도, 남해도, 어청도 등에 분포하며, 제주도에서는 천지연, 숲산(섬섬), 효돈천, 하례교, 만장굴, 오라계곡, 산방산, 창천계곡, 천제연, 도순천, 수악교 등의 곡부의 중·하부에 주로 분포한다. 본 수종은 제주도에서 대부분이 해발 600m 이하의 하천이나 곡부의 사면 등 인간간섭이 적은 지역에 잔존하고 있다. 이 수종의 고도별 출현빈도는 표고 100~300m 부근에서 약 15%로 높게 나타난다(임양재 외, 1991).

상록성관목인 *Ilex crenata*는 한반도의 흑산도, 거제도, 변산반도 등에 분포하며, 제주도에서는 제1·2 횡단로, 수악교, 논고교와 국립공원 등 표고 600~1,700m의 산지 사면의 중·하부나 평탄부의 토양의 발달이 양호한 중성입지에서 좋은 생육을 보이고 있다. 이 수종의 고도별 출현빈도를 보면, 표고 1,700m 이하에 분포하고 해발 600~1,200m 부근에서 높게 나타나지만 표고 600m이하에서는 출현빈도가 낮다(임양재 외, 1991).

따라서 KY-II期에는 KY-I期과 마찬가지로 조사지역 일대의 저지대를 중심으로 *Quercus acuta*, *Quercus myrsinaefolia*가 중심이 되며, 일부 *Castanopsis cuspidata* var *sieboldii*, *Ilex crenata*가 포함된 상록활엽수들이 균락을 이루고, *Quercus serrata*와 *Pinus*

thunbergii 등이 이차림을 이루는 삼림식생 환경을 생각해 볼 수 있다. 이와 같은 삼림식생 환경은 현재 제주도의 난온대 상록활엽수림대(임양재 외, 1991)의 삼림식생 환경과 비슷하다.

이상을 종합해 보면, KY-II期는 시기적으로 약 1,380yrBP~현재의 어느 시기로서 전국적 화분대(Nakamura, 1952) 중에서 후빙기 후기(RIII)에 대비된다(그림 4). 그리고 조사지역 일대에서 상부 매몰부식층이 형성될 당시 즉, KY-II期의 삼림식생은 일부 침활혼합림과 상록침엽수림이 포함되기도 하지만, 크게 보면, 상록성 수목을 중심으로 한 난대성 상록활엽수림이다. 따라서 KY-II期의 기후환경은 현재 조사지역 일대가 난온대의 상록활엽수림대에 속하는 점을 고려하면, 현재와 환경과 큰 차이가 없었던 난대성 기후 환경이었을 것으로 추정된다.

그러나 이 시대는 식생환경을 좀 더 세분하면, KY-IIa(침활혼합림) → KY-IIb(상록침엽수림) → KY-IIc(상록활엽수림)로 삼림식생이 변천하는 것을 알 수 있다. 즉, KY-IIa期는 *Pinus thunbergii*, *Cyclobalanopsis*, *Ilex crenata*, *Carpinus*가 주를 이루는 침활혼합림시대이고, KY-IIb期는 *Pinus thunbergii*가 중심이 되는 상록침엽수림시대, KY-IIc期는 *Cyclobalanopsis*에 일부 *Carpinus*가 포함된 상록활엽수림시대이다.

한편, KY-I期기와 마찬가지로 KY-II期도 다시 KY-IIa(침활혼합림) → KY-IIb(상록침엽수림) → KY-IIc(상록활엽수림)로 삼림식생이 변천하는 것을 보아 미세한 삼림변천의 원인이 되는 기후변화가 존재한다는 것을 알 수 있다. 그리고 *Cyclobalanopsis*가 중심이 되는 상록활엽수림과 *Carpinus*가 중심이 되는 낙엽활엽수림과의 상호 관계를 고려하면, KY-IIc期가 KY-IIc期 보다 다소 기온이 낮았던 것으로 추정된다.

그러나 조사지역 일대에서 KY-II期에 속하는 절대연대를 동반한, 선행 화분분석 자료가 전무하므로 상기의 식생변천을 초래한 환경변화를 명확하게 밝히기는 어렵다. 따라서 여기에서는 KY-II帶를 3개의 아분대로 세분하였지만, 추후 사례연구가 축적되면, 이에 대해 논의할 필요가 있다.

IV. 결론 및 금후의 과제

본고에서는 제주도 저지대의 후빙기 식생변천 및 기후변화를 복원하기 위하여 김녕사구에서 확인된 2매의 매몰부식층을 대상으로 화분분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

김녕사구 일대에서 후빙기 중기 이후 삼림식생은 KY-I期(약 6,180yrBP~1,380yrBP의 어느 시기, 후빙기 중기~후기)와 KY-II期(1,380yrBP~현재의 어느 시기, 후빙기 후기) 모두 상록활엽수림인 것으로 밝혀졌다. 그리고 다시 KY-I期는 KY-Ia(침활혼합림) → KY-Ib(상록침엽수림) → KY-Ic(상록활엽수림)로, KY-II期도 KY-IIa(침활혼합림) → KY-IIb(상록침엽수림) → KY-IIc(상록활엽수림)로 삼림식생이 세분되는 것을 확인할 수 있었다.

복원된 식생을 바탕으로 당시의 기후를 추정해 보면, KY-I期와 KY-II期 모두 주로 상록성 삼림이 우세한 난대성 기후였을 것으로 생각된다. 이것은 현재 조사지역 일대가 난온대의 상록활엽수림 삼림대에 속한다는 점을 고려할 때, 전술한 KY-I期와 KY-II期の 식생 및 기후환경은 지금과 큰 차이가 없다는 것을 의미한다. 단, 전술한 두 시대 모두 지금과 유사한 환경 하에 있었지만, *Cyclobalanopsis*가 중심이 되는 상록활엽수림과 *Carpinus*가 중심이 되는 낙엽활엽수림과의 상호 관계를 고려하면, KY-Ic期가 KY-IIc期 보다 다소 기온이 높았을 것으로 추정된다. 그리고 KY-I期와 KY-II期 내에서도 각각 기후와 삼림식생의 미세한 변화가 인정된다.

그런데 제주도 저지대의 후빙기 식생변천 및 기후변화 연구는 지금까지 절대연대를 동반하여 행해진 화분분석 연구가 거의 없으므로 거의 공백 상태나 다름없다. 따라서 본고의 분석자료는 향후 제주도 저지대의 후빙기 환경연구에 있어서 중요한 기초자료가 될 것으로 생각된다. 그러나 현재로서는 본 화분자료와 대비할 수 있는 기존 자료가 부족하기 때문에 본 결과가 해안사구와 일부 저습지를 포함하는 조사지역 일대의 국지적인 환경을 반영하는 것인지 아니면, 그 보다 제주도

또는 최소한 한라산의 북사면 지역을 아우르는 광역적 환경을 반영하는 것인지에 관해서는 명확하지 않다. 향후 제주도 저지대의 후빙기 환경변화를 복원하기 위해서는 절대연대자료를 동반한 다수의 화분분석 사례연구가 필수적이다.

또한, 본 연구는 우리나라에서 화분분석을 위한 시료채취용 장소로서 활용된 적이 없었던 사구 특히 패각질 해안사구를 대상으로 퇴적층 속에 끼여 있는 매몰부식층을 이용하여 화분분석이 행해졌다. 이것은 향후 새로운 화분분석용 시료채취의 대상으로서 사구지형이 이용될 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 우리나라에서는 과거 사구지역을 대상으로 한 공중 화분과 표층 화분과 같은 기초적인 화분의 동태에 관한 연구가 없으므로 사구의 매몰부식층의 화분분석 결과를 이용하여 시료채취 지점 일대의 삼림변천과 기후변동을 명확하게 복원하기 위해서는 분석지점과 분석샘플의 수를 늘리고 이와 함께 사구에서의 화분 동태에 관한 연구도 병행되어야 한다.

사 사

본 연구 진행에 있어서 화분 및 식물생태에 관하여 많은 조언을 해주신 울산대학교의 최기룡 교수님을 비롯하여 공주대학교의 양금철 교수님과 장창기 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 실험과 자료 정리를 도와 준 공주대학교 차일영군에게도 고마움을 표합니다.

참고문헌

공우석, 2007, 생물지리학으로 보는 우리식물의 지리와 생태, 지오북, 335pp.

김문홍, 1994, 제주의 육상식물, 제주의 자연생태계, 88~123, 한국이동통신제주지사.

김종원 · 송승달 · 김성준, 1996, “울릉도 · 독도 식생에 대한 군락분류학적 연구”, 자연실태종합보고서, 10, 137-202.

- 김종원 · 이윤경, 2006, 식물사회학적 식생조사와 평가방법, 월드사이언스, 240PP.
- 문병찬 · 정철환, 2005, “제주도 청수공 시추코아에서 산출된 플라이스토세 포자 · 화분화석의 화분 층서 및 고기후적 의미”, 한국지구과학회지, 26(3), 276-282.
- 박 경 · 손 일, 2007, “제주도 김녕 · 월정사구의 OSL 연대측정결과와 그 의미”, 한국지형학회지, 14(2), 33-41.
- 박 경 · 손 일 · 장은미, 2004, “제주 김녕-월정 사구의 발달과정에 관하여”, 한국지역지리학회지, 10(4), 851-864.
- 이창복, 1993, 대한식물도감, 향문사, 990pp.
- 임양재 · 백광수 · 이주남, 1991, 한라산의 식생, 중앙대학교 출판부, 291pp.
- 장은미 · 박 경, 2006, “Feature Extraction in an Areal Photography of Gimnyeong Sand Dune Area by Texture Filtering”, 대한지리학회지, 41(2), 139-149.
- 정대현 · 이우철, 1965, “한국식물대 및 적지적수론”, 성균관대학논문집, 10, 329-435.
- 정철환 · 윤호일 · 이승현, 2004, “제주도 서귀포지역 제4기 퇴적층에서 산출된 포자 · 화분의 고기후적 의미”, 25(5), 377-385.
- 최기룡, 2001, “무제치늪의 화분분석 연구”, 한국제4기학회, 15(1), 13-20.
- 최기룡 · 김서용, 1998, “제주도 물영아리늪의 화분분석 연구”, 자연보존연구보고서, 17, 75-79.
- 한태홍, 1993, 제주도 연안 해빈과 사구에 관한 연구, 경희대학교 대학원 박사학위논문.
- 中井猛之進, 1935, 東亞植物, 岩波全書, 283pp.
- 安田喜憲 · 塚田松雄 · 金遵敏 · 李相泰 · 任良宰, 1978, 韓國における環境變遷史と農耕の起源- 韓國における環境變遷史, 日本文部省海外學術調査報告書, 1-19.
- Chung, Chull Hwan, 2007, “Vegetation response to climate change on Jeju Island, South Korea, during the last deglaciation based on pollen record”, *Geosciences Journal*, 11(2), 147-155.
- Erdtman, G., 1934. “Über die verwendung von essigsäure-anhydrid bei pollenuntersuchungen”, *Svensk Bot. Tidskr.*, 28, 354-361.
- Kim, Jong Won, 1992, Vegetation of northeast Asia on the syntaxonomy and synegeography of the oak and beech forests-, *Pb. D. Dissertation, Wien University*, 314pp.
- Yim, Y. J. and T. Kira, 1975, “Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula, I, Distribution of some indices of thermal climate”, *Jap. J. Eco.*, 25(2), 77-88.
- Yim, Y. J., 1977, “Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula, III, Distribution of tree species along the thermal gradient”, *Jap. J. Eco.*, 27(3), 177-189.

최초투고일 09. 01. 18

최종접수일 09. 02. 11