

## 제주도 물영아리늪 퇴적물의 화분분석에 의한 식생변천

이창수 · 강상준<sup>1)</sup> · 최기룡\*

울산대학교 생명과학부, <sup>1)</sup>충북대학교 과학교육학부  
(2010년 10월 12일 접수; 2010년 11월 20일 수정; 2010년 12월 3일 채택)

### Vegetational History of the Mulyeongari Fen by Pollen Analysis in Jeju Island, Korea

Chang-Su Lee, Sang-Joon Kang<sup>1)</sup>, Kee-Ryong Choi\*

Department of Biological Sciences, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

<sup>1)</sup>School of Science Education, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

(Manuscript received 12 October, 2010; revised 20 November, 2010; accepted 3 December, 2010)

#### Abstract

For the reconstruction of the past vegetational changes in Jeju Island, Korea, pollen analysis and radiocarbon dating on the sediments obtained from the Mulyeongari fen were carried out. By the results, the vegetational changes around the Mulyeongari fen from ca. 3,300 cal. yr BP to the present can be interpreted and reconstructed. The pollen record from the Mulyeongari fen was divided into two local pollen assemblage zones and three sub-pollen assemblage zones. Zone I (*Quercus-Carpinus-Herbs* Zone) was characterized by the predominance of *Quercus*(30~63%), *Carpinus*(9~35%) and herbs(40~424%). Zone II was characterized by three sub-pollen assemblage zones and the high occurrence ratio of the tree layer in comparison with Zone I. In Zone IIa (*Quercus-Carpinus* Zone), herbs(3~161%) were drastically decreased in predominance of *Quercus*(28~56%) and *Carpinus*(14~31%). In Zone IIb (*Carpinus-Quercus* Zone), *Carpinus*(36~48%) was preferentially increased but *Quercus*(29~39%) was slightly decreased. In Zone IIc (*Quercus-Carpinus* Zone), *Carpinus*(26~38%) was decreased inversely but *Quercus*(36~50%) was increased. In addition, Cyperaceae was also increased to 52%. Consequently, it is suggested that cool temperate southern/sub-montane vegetation composed of *Quercus* and *Carpinus* which was physiognomy of deciduous broad leaved forest was distributed around the Mulyeongari fen from ca. 3,300 cal. yr BP. In addition, *Cyclobalanopsis*(4~23%), *Castanopsis*(1~12%) and *Myrica*(under 1%) which are warm-temperate evergreen deciduous forest components were constantly appeared from this period. Accordingly, it can be inferred that the present vegetation type around the Mulyeongari fen was formed from ca. 180 cal. yr BP.

**Key Words** : Pollen analysis, Vegetational history, Cool temperate southern/sub-montane vegetation, Jeju Island

#### 1. 서론

최종빙기 최극성기 이후의 한반도 원식생에 관한

\*Corresponding author : Kee-Ryong Choi, Department of Biological Sciences, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea  
Phone: +82-52-259-2397  
E-mail: pollen@ulsan.ac.kr

화분분석 연구는 Yamazaki(1940)에 의해서 처음으로 이루어졌으며 그 후 Kang(1980), Jang(1986), Jang 등(1987), Choi와 Koh(1989), Choi(1992, 1998, 2001), Choi 등(2005), Jang 등(2006)에 의해 한반도의 습지를 대상으로 실시되었다.

그러나 제주도를 대상으로 한 화분분석 연구는 수편에 불과하고(Chung 등, 2004; Chung, 2007; Moon

과 Chung, 2005; Park과 Park, 2009), 대부분이 해안 지역에 가까운 해발고도 150 m 미만인 저지대의 퇴적층에서 이루어졌다. 그렇기 때문에 산지의 삼림식생을 복원하기 위해서는 산지에 관한 많은 자료 축적이 필요하다. 또한 제주도를 대상으로 한 화분분석 연구 대부분이 연대측정이 되지 않았거나, 화분대의 연대를 추정할 수 있을 정도의 충분한 측정이 이루어지지 않았다. 그러므로 그들의 연구 결과로는 시간의 축과 연결하여 식생을 논하기 어렵다.

제주도는 한반도 지역의 대륙성기후와 일본 열도의 해양성기후의 특성을 동시에 내재하고 있는 전형적인 이행형(섬형) 기후지역에 속한다. 또한 중앙부에는 한라산(1,950 m)이 위치하고 있어서 기후 조건이 지역에 따라 편차가 크다. 이처럼 제주도는 기후특성과 지형적 특성이 복합적으로 작용한다(Kim, 1998).

따라서 제주도의 과거의 식생을 복원하기 위해서는 지역에 따른 기후인자의 특성을 인지하고 연대측정을 동반한 화분분석 연구가 필요하다. 본 연구에서는 물영아리늪에서 채집된 퇴적물을 대상으로 연대측

정을 동반한 화분분석을 실시하여 식생변천과정의 정보를 얻고자 시도하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구지 개황

제주도는 한반도의 최남단의 북위  $33^{\circ}10' \sim 33^{\circ}34'$ , 동경  $126^{\circ}10' \sim 127^{\circ}00'$ 에 해당되며 일반적인 기후 분류상 아열대기후대에서 온대기후대로의 전이지대에 위치하고 있다. 일 년 내내 남서쪽에서 흘러드는 적도 해류의 지류인 쿠로시오(黑潮) 난류의 영향을 받고 있으며 동절기에 북쪽에서 흘러오는 북한 해류나 황해의 연안류 같은 한류의 영향을 직접 받지 않는다.

제주도의 중심에는 한라산이 위치해 있으며 한라산의 동쪽 15 km, 해발고도 476 m에 물영아리늪이 위치해 있다(Fig. 1). 연구지역의 기후는 물영아리늪에 가장 가까운 서귀포 기상대의 과거 30년간(1980~2009년)의 자료를 이용하였다(Weather Resources Database, 2009). 그 결과 연강수량은 약 1,900 mm,

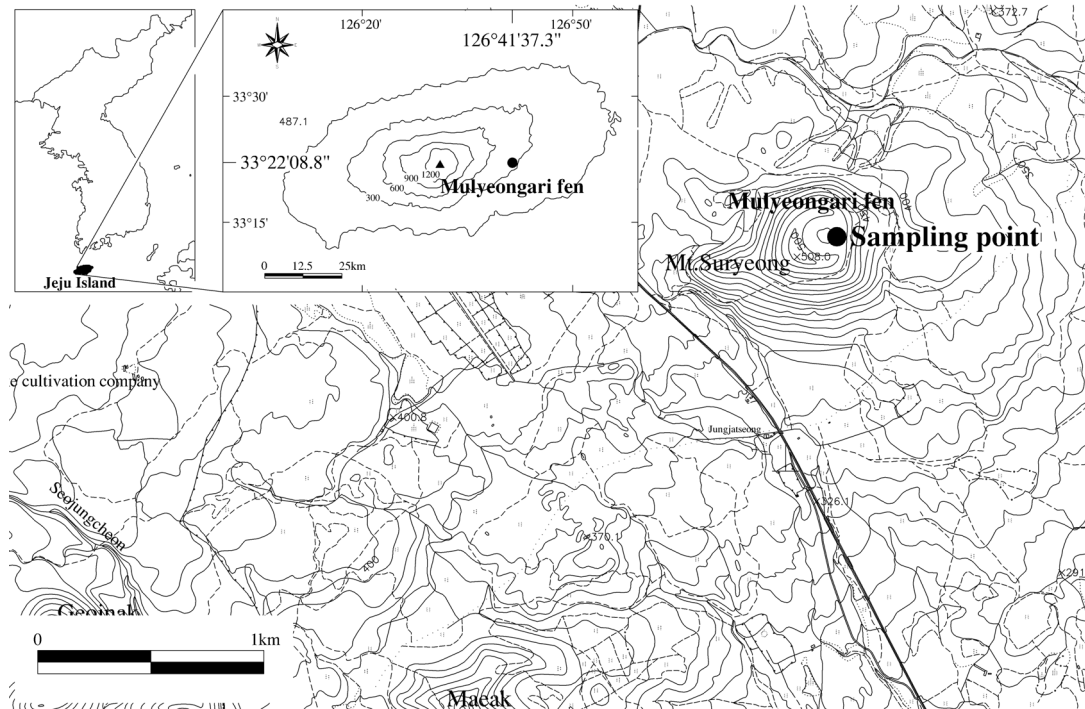


Fig. 1. Topographic map of study area and sampling point of the Mulyeongari fen.

평균온도 16.6°C, 연 중 월평균온도가 10°C 이상인 일수는 275일, 영하의 온도를 나타내는 달은 1, 2월로 한반도보다 많은 강수량과 온난한 기후를 가지고 있는 것으로 나타났다(Fig. 2).

또한 온량지수(Warmth Index)는 99.1°C·month 이상이고 한랭지수(Coldness Index)는 0°C 또는 -2°C·month로서 지수만으로는 난온대 식생대에 속하고 부족수(water deficiency, d)는 없으며 습윤지수(moisture index, Im)와 건습지수(humidity/aridity, K)가 Im>60, K>10이므로 과습윤기후구에 해당함을 알 수 있다(Yim과 Kira, 1975; Yim 등, 1990).

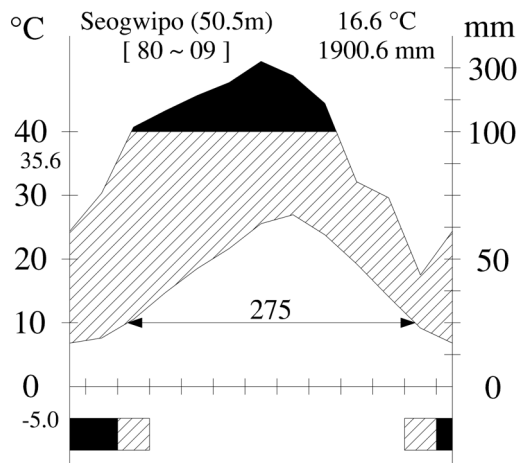


Fig. 2. Climate diagram of Seogwipo during 1980~2009.

## 2.2. 시료처리 및 방법

물영아리늪의 3개 지점을 선정하여 힐러형 채집기(Hiller type hand bore, Japan)로 시료를 채집하였으며 현장에서 퇴적물의 특성을 기재하였다. 획득된 퇴적물은 Standard soil color charts(2001)에 의거하여 토색과 토성을 분류 하였다. 채집된 3개 주상시료 중에서 퇴적 상태가 가장 양호하다고 판단된 표층으로부터 깊이 270 cm의 퇴적물을 선택한 후 이 퇴적물을 70개의 subsample로 나누어 화분분석에 사용하였다. 획득된 70개의 subsample에서 화분포자 이외의 물질을 제거하기 위해 Fægri 등(1989)의 방법에 따라 시료를 처리 하였고 glycerin jelly로 봉입(Erdtman, 1943)하여 slide 제작 후 광학현미경하에서 400배로 검정하

였다.

검정된 화분은 acetolysis 처리과정을 거친 현생화분과 비교해 가면서 동정하였다. 산출된 화분포자는 과(Family) 또는 속(Genus)별로 Trees, Shrubs, Herbs, Spores로 구분하였다. 주요한 과, 속 화분포자의 출현율은 교목화분수를 모수로 하여 백분율(%)로 계산(Fossitt, 1996)하여 화분 변천도(pollen diagram)에 나타내었다. 또한 전체 화분수를 모수로 하여 Trees, Shrubs, Herbs, Spores의 출현율 역시 백분율(%)로 계산하여 화분 변천도에 통합하였다(Fig. 4).

그리고 연대측정은 퇴적물의 퇴적 층위를 고려하여 표층으로부터 98~100 cm, 176~178 cm, 220~222 cm 및 268~270 cm의 4개 시료에서 각각 2 cm의 시료를 절취하여 서울대학교 기초과학공동기기원에 의뢰하였다.

## 3. 결과

### 3.1. 퇴적물의 특징 및 연대측정 결과

퇴적물의 형태(sediment type)는 입자 크기, 토양 외의 구성 물질, 토양 색에 따라 분류 하였다. 퇴적물 분석을 통하여 물영아리늪의 퇴적물은 5개의 형(type)으로 구분되었다(Fig. 3).

채집된 퇴적물 중 가장 하부의 시료는 깊이 264 cm의 것으로 모래가 주요 성분인 sandy clay였으며 색깔은 dark reddish brown이었다. 그 상부에 해당되는 223~240 cm의 퇴적물은 입자가 작은 silty clay로, 색은 brownish black으로 바뀌었다. 218~223 cm층에서 다시 sandy clay로 바뀌며 색도 bright reddish brown으로 바뀌었다. 123~264 cm의 141 cm 두께인 퇴적물은 sandy clay와 silty clay가 반복적으로 나타났다. 218~222 cm의 4 cm를 제외하고는 sandy clay 일 때 dark reddish brown을, silty clay 일 때 brownish black을 띠었다.

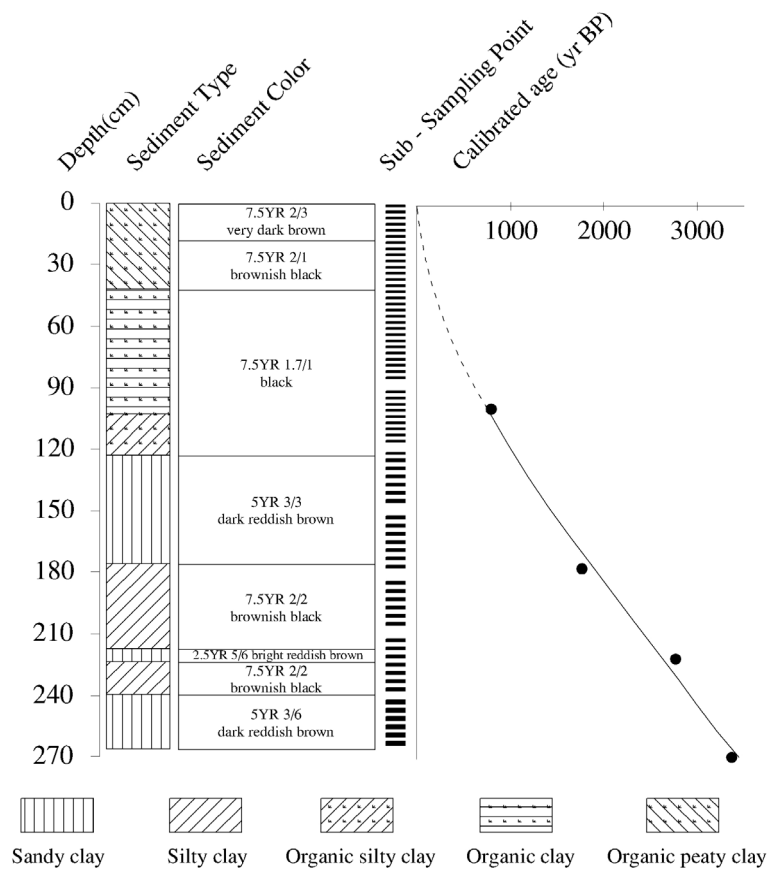
이러한 퇴적물의 형태로 볼 때, 물영아리늪의 하층부(123~264 cm)는 유역 삼림토양의 침식에 의한 퇴적이 자주 일어난 것으로 사료된다. 123 cm에서부터 표층에 이르는 퇴적물은 유기물질이 다량 포함된 organic silty clay로 바뀌며 black의 색을 띤다. 이 지점부터 상층부로 갈수록 유기물 성분이 많이 포함되

**Table 1.** AMS <sup>14</sup>C ages of sediments obtained from the Mulyeongari fen

Sample Code	Material	Depth (cm)	AMS <sup>14</sup> C Age (yr BP)	Calibrated age (yr BP)
SNU08-716	sediment	98~100	880±50	800
SNU08-717	sediment	176~178	1841±50	1770
SNU08-718	sediment	220~222	2660±50	2770
SNU08-719	sediment	268~270	3150±50	3370

어 있으며 입자의 크기도 작아진다. 42~123 cm는 organic clay이며 붉은색이 일부 섞여 있는 black의 색을 띠었다. 0~42 cm 깊이의 퇴적물은 organic peaty clay이며 이 구간의 하층부는 brownish black, 상층부는 very dark brown의 색을 띠고 있다.

Table 1은 Carbon dating 결과이고 Fig. 3에 퇴적물의 형태와 같이 연대측정 결과를 나타내었는데 Fig. 3에서 보는바와 같이 특별한 층위의 교란 없이 안정하게 퇴적된 것으로 보인다.



**Fig. 3.** The profiles of sediment type and 14C ages of sediment collected from the Mulyeongari fen.

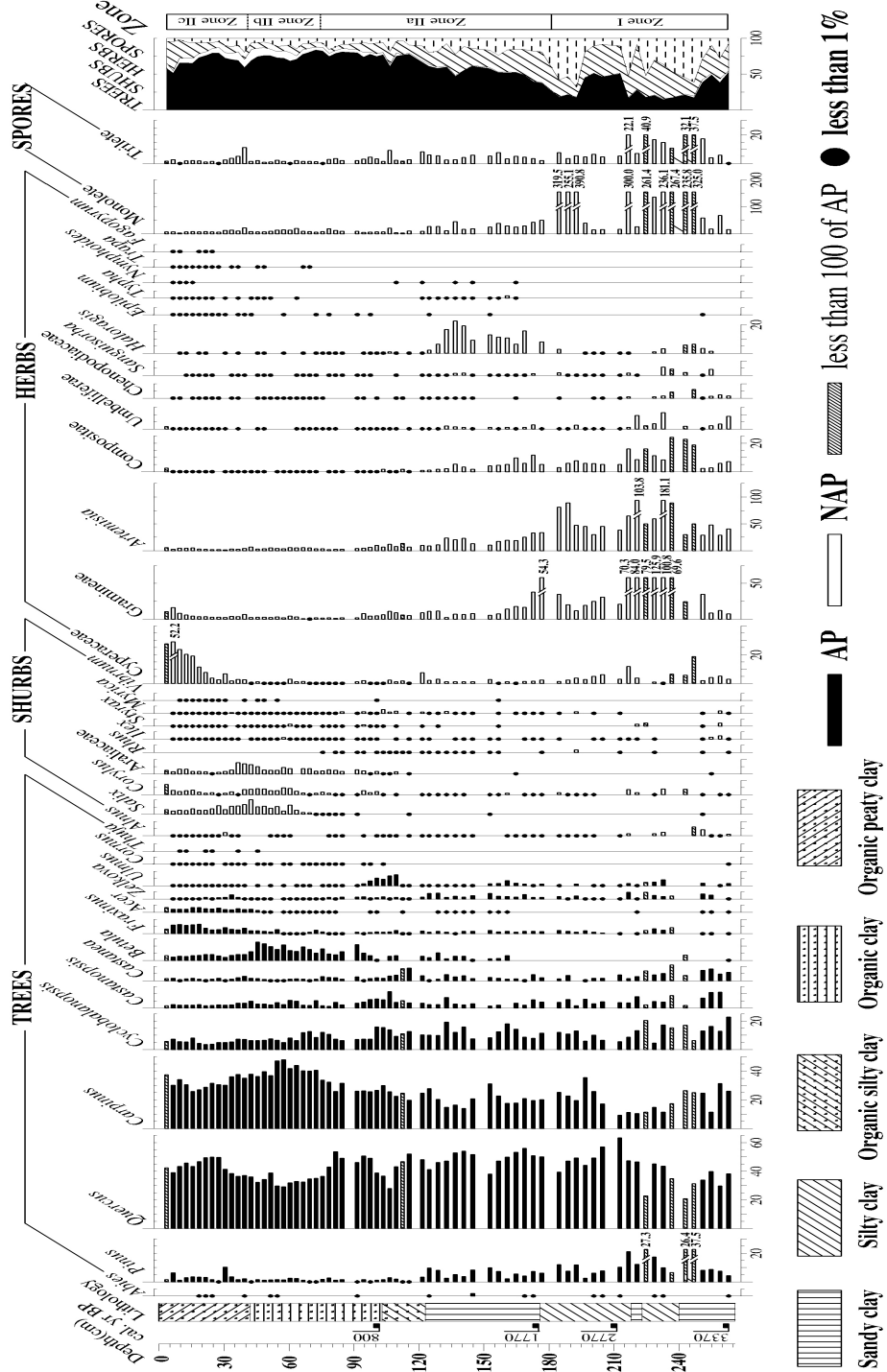


Fig. 4. Pollen diagram of the Mulyeongari fen in Jeju Island.

### 3.2. 화분분석 결과

물영아리늪의 화분분석 결과 AP와 NAP의 출현율을 기준으로 2개의 화분대(zone I, zone II)로 구분되었으며, zone II는 주요 화분 출현율의 변화로 3개의 아화분대(zone IIa, zone IIb, zone IIc)로 구분되었다(Fig. 4).

#### 3.2.1. *Quercus-Carpinus-Herbs* Zone (Zone I, 264~180 cm depth; ca. 3,300~2,000 cal. yr BP)

본 화분대에서 교목화분은 총 화분수의 15% 이상 52%미만으로 계속 출현하였으며 교목화분 중 *Quercus*와 *Carpinus*가 각각 30~63%, 9~35%의 출현율로 가장 높게 나타났다. 난온대성 화분인 *Cyclobalanopsis* (5~23%), *Castanopsis*(2~11%)는 연속적으로 출현하였으며 *Myrica*의 경우 1%미만으로 불연속적인 출현율을 보였다. 관목화분 중 *Ilex*가 불연속적이지만 1% 미만으로 출현하였다. 초본화분은 71~327%의 출현율을 보였으며, 그 중 *Artemisia*(30~181%), *Gramineae* (8~126%)가 가장 높은 출현율을 보였다. Spores 또한 16~396%의 높은 출현율을 보였다. 초본화분과 Spores의 높은 출현율은 이 화분대의 특징이다.

본 화분대에서 Sandy clay와 Silty clay가 짧은 간격으로 반복 되어 나타나며 퇴적물의 형에 따라 *Artemisia*, *Gramineae*, *Compositae*, *Umbelliferae*, Spores가 증감을 반복하였는데, 퇴적물 형이 Silty clay 일 때 *Artemisia*(45~181%), *Gramineae*(20~126%), Spores(44~396%)가 높은 출현율을 보였다.

#### 3.2.2. *Quercus, Carpinus* Zone (Zone II, 180~0 cm depth; ca. 2,000 cal. yr BP~present)

본 화분대는 교목화분의 높은 출현율로 특징 지어진다. 교목화분은 증가하여 총 화분수의 37% 이상 84%미만으로 출현하였으며, 관목화분 또한 증가하여 총 화분수의 1% 이상 16%미만으로 출현하였다. *Cyperaceae*, *Gramineae*를 제외한 초본화분의 출현율은 계속 감소하여 표층에 이르러서는 1% 미만의 출현율을 보인다.

##### 3.2.2.1. *Quercus-Carpinus* Zone (Zone IIa, 180~74 cm depth; ca. 2,000~470 cal. yr BP)

전 시기인 *Quercus-Carpinus-Herbs* Zone에서 총 화분수의 52% 미만이었던 교목화분은 본 화분대에서

부터 꾸준히 증가하여 최고 총 화분수의 84%의 출현율을 보였다. 교목화분 중 *Quercus*(28~56%)와 *Carpinus* (14~34%)가 가장 높은 출현율을 보였다.

*Cyclobalanopsis*(6~19%)와 *Castanopsis*(2~11%)는 큰 변화 없이 일정한 출현율을 보였으며 *Myrica*는 본 화분대로 부터 연속적으로 1% 미만의 출현율을 보였다. *Betula*(1~5%)의 출현율도 본 화분대에서 부터 꾸준히 출현하며 증가하였다. *Pinus*는 출현율이 감소하여 1% 미만의 출현율을 보였다. 3% 미만으로 계속 출현하였던 *Ulmus*가 110~94cm 지점에서 일시적인 출현율을 보이며 8%까지 출현하다 감소했다.

전 화분대에서 1% 미만이었던 관목화분은 다소 증가하여 1%에서 7%의 출현율을 보였으며 *Styrax*와 *Viburnum*가 본 화분대에서부터 출현하였다. 반면 *Haloragis*를 제외한 초본화분(9~78%)과 Spores(6~51%)의 출현율은 감소하였지만, *Epilobium*, *Typha*, *Nymphoides*, *Trapa*와 같은 습지성 초본화분이 본 화분대에서 부터 출현하였다. 초본화분의 출현율 동태에서 특이한 것은 3% 미만의 출현율을 보이던 *Haloragis*가 퇴적물 형태가 Sandy clay로 변화되는 화분대의 시작 지점(176 cm; ca. 1,900 cal. yr BP)부터 급격한 증가율을 보이며 최고 23%의 출현율을 보인다는 점이다. 그 후 감소하여 퇴적물 형이 Organic silty clay로 변화하는 지점(122 cm; ca. 1,100 cal. yr BP)부터 1% 미만의 출현율을 보였다.

##### 3.2.2.2. *Carpinus-Quercus* Zone (Zone IIb, 74~41 cm depth; ca. 470~180 cal. yr BP)

본 화분대는 출현율이 가장 높았던 *Quercus*(29~39%)에서 *Carpinus*(36~48%)로 역전되는 점에서 구분되어졌다. *Cyclobalanopsis*(5~13%), *Castanopsis*(2~5%), *Myrica*(1% 미만)는 일정한 출현율을 보였으며, *Betula* 출현율이 5%에서 13%까지 증가했다. 관목화분인 *Salix*(1~10%), *Araliaceae*(1~6%), *Corylus*(1~5%)가 출현율이 증가하였고 *Ilex*, *Styrax*, *Viburnum*이 1% 미만으로 연속적으로 출현하였다. 또한 전 화분대에서 꾸준히 출현하였던 *Rhus*가 본 화분대부터 소멸되었다. 초본화분은 큰 변화없이 일정한 출현율을 나타냈으며 이 화분대의 중간 층위(47 cm; ca. 200 cal. yr BP)에서 *Thuja*가 출현하였다.

3.2.2.3. *Quercus-Carpinus* Zone (Zone IIc, 41~0 cm depth; ca. 180 cal. yr BP~present)

본 화분대는 *Quercus*(36~50%)와 *Carpinus*(26~38%)가 높은 출현율을 보였다. 큰 맥락에서 zone IIa와 같은 식생유형을 이루고 있지만 전 화분대에서 1~3%의 출현율을 보이던 Cyperaceae가 출현 증가폭이 증가하여 최고 52%의 출현율을 보였다. 또한 Gramineae도 소폭 증가하여 상층부에서는 16%의 출현율을 보이는 점에서 구분된다. 난온대성 화분인 *Cyclobalanopsis*(4~8%), *Castanopsis*(2~3%), *Myrica*(1% 미만)는 일정한 출현율을 보였다. *Betula*(2~4%)는 출현율이 감소하였다. 관목화분의 총 출현율은 전 화분대보다 다소 감소하였다. 본 화분대의 시작층위에서는 *Thuja*가, 중간층위에서는 *Fagopyrum*이 출현하였다.

대 남부저산지 식생형으로 *Quercus*와 *Carpinus*가 우점하였으며 *Fraxinus*, *Acer*, *Zelkova*, *Ulmus*가 혼재하고 있었으며, 또한 난온대성 화분인 *Cyclobalanopsis*, *Castanopsis*, *Myrica*가 서식하고 있었음을 알 수 있다. 한반도의 냉온대 남부/저산지 식생형에서 나타나는 *Pinus*의 증가(Choi, 2005; Jang 등, 2006)는 제주도에 찾아 볼 수 없었다.

한편 냉온대 북부고산지 식생형에서 관찰되는 *Betula*의 출현이 주목된다. *Betula*는 Zone IIa 지점부터 연속적으로 출현하여 증가하다가 Zone IIb 중간지점부터 감소한다. 이 시기는 ca. 900 ~ ca. 200 cal. yr BP에 해당된다. 비슷한 시기에 Park과 Park(2009)에서도 미묘한 변화를 관찰 할 수 있었다. 난온대성 상록 활엽수종인 *Cyclobalanopsis*가 우점했던 시기에서 위와 비슷한 시기에 일시적으로 *Pinus*가 우점하게 된다 (Fig. 5). 이들로 부터 이 시기에 제주도에서는 일시적으로 한랭한 기후가 형성 되었거나, 토양의 발달이 매우 척박 하였을 것으로 사료된다. *Quercus*, *Carpinus*, *Ilex*, *Styrax*, *Viburnum*이 꾸준히 출현하지만 *Pinus* 화

4. 고 찰

4.1. 냉온대 남부저산지 식생

물영아리늪 일대는 ca. 3,300 cal. yr BP부터 냉온

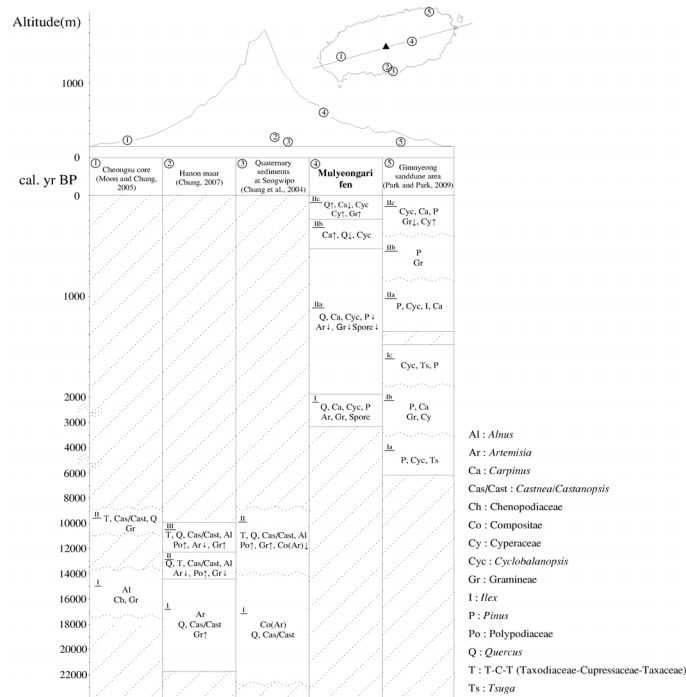


Fig. 5. Comparison of pollen zones from ca. 22,000 cal. yr BP to the present in Jeju Island.

분 증가의 부재, *Betula*의 출현, 난온대성 화분의 높은 출현율로서 물영아리늪 일대는 한반도와는 다른 냉온대 남부저산지 식생형을 나타낸다.

#### 4.2. 제주도의 식생변천사

물영아리늪의 연구에서는 아쉽게도 깊이 270 cm 이하의 퇴적물을 얻지 못한 관계로 본 연구에서 밝혀진 제주도의 냉온대 남부저산지형 식생형 이전의 식생형, 다시 말하면 3,370 cal. yr BP 이전 시대의 식생형에 대해서는 개관할 수 없었다. 그러나 몇몇 연구자들에 의해 발표된 결과(Chung 등, 2004; Chung, 2007; Moon과 Chung, 2005; Park과 Park, 2009)와 본 연구 결과를 종합하여 ca. 22,000 cal. yr BP부터 현재까지의 제주도의 식생변천 과정을 나타낼 수 있었다(Fig. 5).

제주도는 ca. 22,000 cal. yr BP부터 ca. 14,000 cal. yr BP까지의 Pleistocene 말에는 초본류의 우점을 특징으로 들 수 있다. *Artemisia*가 총 화분수의 30~50%까지 출현함으로써 가장 우점 하였다. 전체 화분수 대비 교목의 화분이 차지하는 비율이 50%를 넘지 못한다.

이런 결과에 의하면 제주도는 ca. 14,000 cal. yr BP 이전까지는 아한대·한대 식생형을 갖추고 있었음을 알 수 있다. Chung(2007)의 연구 대상지역이 해발고도 53 m에 위치하고 있는 Hanon maar인 것을 감안하면 이러한 식생형은 제주도 전역에 분포하였을 것으로 사료된다. 따라서 제주도에서의 홀로세(Holocene)와 플라이스토세(Pleistocene)의 분기점은 ca. 14,000 cal. yr BP로 사료된다.

이후로 *Quercus*가 증가하여 우점하며 T-C-T (Taxodiaceae-Cupressaceae-Taxaceae), *Castanea/Castanopsis*, *Alnus*가 연속적으로 출현하는 냉온대 북부·고산지 식생형이 나타난다. Jang 등(2006)에 따르면, 한반도에서 최종 빙기 이후 해수면 상승으로 현재와 유사한 상태의 해수면을 유지하는 ca. 8,000 yr BP까지 범지구적으로 몇 번의 한랭한 시기가 있었다. 제주도에서는 ca. 12,000 cal. yr BP부터 T-C-T가 최우점하고 *Quercus*, *Castanea/Castanopsis*, *Alnus*가 출현하는 식생형에 대해서 그 단편을 찾을 수 있었다. 이와 같은 식생형은 그 시기에 제주도 남부뿐 만 아니라 서부에서도 나타나는 식생형으로서 오랜 기간 동

안 발달하여 제주도 전역에 걸쳐 발달하였을 것으로 사료된다. ca. 10,000 cal. yr BP에서 ca. 6,000 cal. yr BP까지 제주도의 식생형은 개관 할 수 없었지만 ca. 10,000 cal. yr BP부터 ca. 6,000 cal. yr BP까지 식생형의 변화는 냉온대 북부·고산지 식생형에서 냉온대 남부·저산지 식생형으로 이행되었음이 틀림없다는 사실을 확인할 수 있었다. 이로 미루어 볼 때, 그 시기의 어느 한 시점에서 냉온대 중부·산지형 식생이 발달하였을 것으로 사료되며 그 특징으로 *Quercus*가 급격히 증가하고 난온대성 식물인 *Cyclobalanopsis*, *Castanopsis*가 출현하여 증가했을 것으로 사료된다.

물영아리늪과 김녕 사구(砂丘)의 화분분석 결과 (Park과 Park, 2009)를 비교하여 볼 때 물영아리늪은 *Quercus*와 *Carpinus*가 우점하는 식생형을, 김녕 사구는 *Pinus*와 *Cyclobalanopsis*가 최우점하는 식생형을 보였다. 이는 산지식생과 해안식생의 군계형(群系形)의 차이에서 비롯된 영향으로 보인다. 이러한 사실은 현재의 제주도에서 해안과 가까운 계곡과 평지 및 산록지대에서 자생하는 *Pinus*와 *Cyclobalanopsis*에서 확인할 수 있다. 이를 통하여 해발고도 476 m에 위치하고 있는 물영아리늪 일대는 ca. 3,000 yr BP부터 냉온대 남부·저산지 낙엽활엽수림대를, 해발고도 50m 이하에 위치하고 있는 김녕 사구 일대는 ca. 6,000 yr BP부터 난온대 상록수림대를 형성하고 있음을 알 수 있다.

Moon과 Chung(2005)에서 연대측정을 동반한 화분 분석이 이루어지지 않아 다른 지점과 비교·분석이 어렵지만 상층부의 화분 출현종으로 시대를 짐작 할 수 있었다. 그 결과 *Alnus*와 *Chenopodiaceae*, *Gramineae*가 우점하는 하층부를 다른 지점과 비교해 보았을 때 비슷한 시기임에도 불구하고 우점하는 종이 다르다. *Alnus*와 *Chenopodiaceae*가 우점하는 식생형은 그 시기의 제주도 전체의 기후를 논하기에는 부족하다. 해안에 위치하고 있는 연구 지역의 특성상, 그 시기의 연구지역은 과습한 기후조건을 가지고 있었으며 그로 인해 *Alnus*와 *Chenopodiaceae*가 우점했을 것으로 사료된다.

#### 4.3. 외부 요인에 의한 식생의 변화

본 물영아리늪의 화분분석 연구에서 수량(水量)의



공급이 활발했던 흔적과 그로 인한 작은 식생의 변화를 발견할 수 있었다.

첫째, Zone I에서 초본화분과 Spores는 심한 편차로 증감을 반복하는데 이는 토성, 즉 퇴적물의 변화가 가장 큰 원인으로 사료된다. Sandy clay, Silty clay가 짧은 간격으로 퇴적된 것으로 보아, 물영아리늪으로 많은 수량(水量)의 유입으로 인한 유역의 사면 침식작용에 기인된 것으로 사료된다.

둘째, 176 cm 지점에서 *Haloragis*의 출현율이 급격히 증가했다. 또한 이 기간 동안 *Typha*가 낮은 출현율이지만 1%미만으로 연속적으로 출현하였다. 퇴적물 형이 Sandy clay이며 *Haloragis* 출현율의 급격한 증가, 그 시기로부터 습지성식물 화분의 연속적인 출현, *Haloragis*와 습지성식물 화분 외의 초본화분 출현율 감소를 종합하여 볼 때, 이 기간 역시 물영아리늪의 수량 공급이 활발했으며 동시에 배수작용도 활발히 진행된 것으로 사료된다.

셋째, 110 cm ~ 94 cm 지점에서 3% 미만으로 출현하였던 *Ulmus*가 일시적인 출현율의 증가를 보이는데 이 또한 많은 수량(水量)의 유입으로 발생하는 원인으로 사료된다. *Ulmus* 출현율의 일시적인 증가는 토양의 무기질층과의 연관성을 생각해 볼 수 있다(Park, 2003). 무기질이 함유된 토양이 유입되는 원인으로 사면 붕괴를 예로 들 수가 있는데, 본 연구 지역의 연대 측정 결과 특별한 층위의 교란 없이 안정하게 퇴적된 것으로 나타난 점(Fig. 3), *Ulmus*의 높은 출현율을 보이는 정중앙 층위에서 퇴적물 형(토성)의 변화가 일어난 점, *Ulmus* 외의 전체적인 식생 변화가 없는 점, *Ulmus*가 증가하기 바로 전 분석 시료에서의 화분 절대량 감소로 보아 많은 수량(水量)의 유입으로 배후 사면의 붕괴 발생과 그것에 동반한 토사의 유입 때문인 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 제주도 물영아리늪의 퇴적물 속에 존재하는 화석 화분의 조성을 통해 과거의 식생복원을 시도하였다. 그 결과, 물영아리늪 일대는 ca. 3,300 cal. yr BP 부터 냉온대 남부·저산지형 삼림식생인 *Quercus*와 *Carpinus*가 우점하는 낙엽활엽수림의 상

관(Physiognomy)을 이루고 있었으며 *Pinus*는 낮은 피도로 출현하였다. 또한 난온대 상록활엽수종인 *Cyclobalanopsis*와 *Castanopsis*도 그 시기로 부터 5~20%의 꾸준한 출현율을 나타내었다.

따라서 물영아리늪 일대의 식생은 냉온대 남부·저산지대와 난온대 상록활엽수림대의 식생대가 함께 나타남을 알 수 있었다. 물영아리늪은 몇 번에 걸친 침식·퇴적작용으로 인해 초본층이 다양하고 풍부하게 존재하였으며 그에 따른 변화가 큰 편이다. ca. 2,000 cal. yr BP부터 빠른 속도로 교목층과 관목층이 발달하여 현재의 식생유형이 만들어지기 시작하였으며, ca. 470~180 cal. yr BP에는 최우점종이 *Quercus*에서 *Carpinus*로 역전되는 식생형을 보였다. *Carpinus*가 최우점하는 식생형은 제주도 식생에서의 전방적인 특징이라고 볼 수 있다. 물영아리늪 일대에 현재와 같은 식생형은 ca. 180 cal. yr BP부터 출현하여 형성되었다고 사료된다.

## 참고 문헌

- Choi, K. R., Koh, J. K., 1989, Studies on Moor Vegetation of Mt. Daeam, East-Central Korea, Korean J. Ecology, 12(4), 237-244.
- Choi, K. R., 1992, Palynological Study of the Alluvial Valley Plain Deposits from the Miruksa Site, Iksan-gun, Korea, Korean J. Ecology, 15(1), 59-65.
- Choi, K. R., 1998, Origin and Natural Environment of the Mujechi Highmoor Peat Bog, Cheongjoksan, The Korean J. Quaternary Research, 12(1), 63-76.
- Choi, K. R., 2001, Palynological Study of Mujechi Bog, The Korean J. Quaternary Research, 15(1), 13-20.
- Choi, K. R., Kim, K. H., Kim, J. W., Kim, J. C., Lee, G. K., Yang, D. Y., Nahm, W. H., 2005, Vegetation history since the mid-lateglacial from Yeongsan river basin, Southwestern Korea, J. Ecol. Field Biol., 28(1), 37-43.
- Chung, C. H., Yoon, H. I., Lee, S. H., 2004, Paleoclimatic Implications of Palynoflora from the Quaternary Sediments at Seogwipo, Jeju Island, Korea, J. Korean Earth Science Society, 25(5), 377-385.
- Chung, C. H., 2007, Vegetation response to climate change on Jeju Island, South Korea, during the last

- deglaciation based on pollen record, *Geosciences J.*, 11(2), 147-155.
- Erdtman, G., 1943, *An Introduction to Pollen Analysis*, Chronica Botanica, Waltham, Massachusetts.
- Fægri, K., Kaland, P. E., Krzywinski, K., 1989, *Textbook of Pollen Analysis*, 4th ed., The Blackburn Press, N J., 69-90.
- Fossitt, J. A., 1996, Late quaternary vegetation history of the western isles of Scotland, *New Phytol.*, 132, 171-196.
- Fujihara Industry Co., 2001, *Revised standard soil color charts*, Tokyo: Fujihara Industry Company.
- Jang, B. O., Yang, D. Y., Kim, J. Y., Choi, K. R., 2006, Postglacial vegetation history of the central western region of the Korean peninsula, *J. Ecol. Field Biol.*, 29(6), 573-580.
- Jang, N. K., 1986, *Illustrated Flora and Fauna of Korea*, vol. 29, Ministry of Education.
- Jang, N. K., Kim, Y. P., Oh, I. H., Son, Y. H., 1987, Past Vegetation of Moor in Mt. Daeam in Terms of the Pollen Analysis, *Korean J. Ecology*, 10, 195-204.
- Kang, S. J., 1980, A Preliminary Pollen Analytical Study of the High Moor in Daeam Mountain, *Res. Review of Chungbuk National University*, 19, 253-260.
- Kim, J. W., 1998, Vegetation of Parasitic Volcanos in Cheju Islands, *Bulletin of the KACN*, 17, 23-48.
- Moon, B. C., Chung, C. H., 2005, Palynostratigraphic and paleoclimatic implications of the Pleistocene Cheongsu core sediments, Jeju Island, Korea, *J. Korean Earth Sci. Society*, 26(3), 276-282.
- Park, J. H., 2003, Holocene climate change in the central part of the Oh-u backbone range, Northeastern Japan with special focus on the *Ulmus/Zelkova* pollen ratio, *J. Korean Geomorphological Association*, 10, 239-253.
- Park, J. H., Park, K., 2009, Post-Glacial Environmental Changes Reconstructed from the Pollen Analysis in Gimnyeong Sanddune Area, *J. Korean Geomorphological Association*, 16(1), 43-55.
- Weather Resources Database, 2009, Korea Meteorological Administration, <http://www.kma.go.kr>, Accessed 2 March 2010.
- Yamazaki, T., 1940, Beitrage zur Verwandlung der Baumarten in sudlichen Teile von Korea durch die pollenanalyse, *J. Jap. For. Sc.*, 22(2), 17-29(in Japanese).
- Yim, Y. J., Kira, T., 1975, Distribution of forest vegetation and climate in Korean peninsula, I. Distribution of some indices of thermal climate, *Jap. Jour. Ecol.*, 25(2), 77-88.
- Yim, Y. J., Paik, K. S., Lee N. J., 1990, *The Vegetation of Mt. Halla, A Study of Flora and Vegetation*, The Chung-Ang University Press, Seoul, 51-67.