

홀로세말 의림지 호소환경과 식생변천 고찰

강상준¹ · 이상현² · 김주용²

¹충북대학교 생물교육과 · ²한국지질자원연구원

Late Holocene Environment and Vegetation Change of Eurimji Reservoir, Jecheon, Korea

Sang-Joon Kang¹, Sangheon Yi², Ju Yong Kim²

¹Chungbuk National Univ.

²Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

초 록 : 제천 의림지는 홀로세말에 형성된 호소로서 중부 내륙지역의 수문, 기후 및 식생변천 연구를 수행하기 위한 최적의 퇴적체를 포함하고 있다. 의림지 호소 퇴적체 중 ER3-1호공에서 AMS 탄소동위원소 연대측정 자료를 수반한 퇴적상과 화분군집산출상을 검토하여 고기후와 수문환경변화를 해석하였다. ER3-1호공의 고도 307.5m~309.5m 구간은 약 1,920 yrBP~1,420 yrBP 기간에 안정한 퇴적체를 보이며, 이 상부에는 과거 약 2000년 전·후에 재동된 퇴적물이 분포한다. 본 시추공의 화분군집산출을 보면 목본화분으로 소나무속, 참나무속이 우점한 것으로 보아 현존식생과 거의 유사한 식생환경으로 추론된다. 전반적으로 천변에는 오리나무속, 물푸레나무속, 버드나무속과 같은 호습윤성 교목이 성장했으며, 호안에는 부들, 수련, 고마리 등 수서식물이 생육했던 것으로 해석된다. 문화편년으로 볼 때 의림지는 청동기~철기시대 및 고대사회 초기에 축조되었던 것으로 추정된다. 의림지 입지환경과 호저 퇴적체에서 나타나는 양상은 약 3,200 yrBP~200 yrBP 기간 동안 전반적으로 서늘하고 건조한 시기(Cool and dry period)가 우세한 환경 하에서 참나무속-소나무속-전나무속을 우점으로 하는 식생군락이 형성되었던 것으로 보인다.

abstract : AMS radiocarbon dates indicated that Eurimji reservoir, located at Jecheon City, Chungbuk Province, has been formed during the late Holocene Epoch. The sedimentary sequence at bottom reveals histories in hydrology, climate conditions and past vegetation dynamics. Ages controlled sedimentological and palynological analyses on ER 3-1 Core contribute to reconstruct paleoclimate and past hydrological conditions. These analyses suggest that lower interval (307.5m~309.5m elevations) of the ER 3-1 Core was deposited in stable from 1,920 yrBP to 1,420 yrBP, but upper layer sediment above these elevations was composed of reworked sediments during the pre and post 2,000 yrBP. Pollen assemblage indicates that watershed vegetation of the Eurimji reservoir, during the period of 1,920 yrBP~1,420 yrBP, was closely comparable to modern vegetation dominated Pinus and Quercus mixed vegetation. Also, riparian including Alnus, Fraxinus and Salix were inhabited along the banks of stream, and aquatics such as Typha, Nymphaea and Persicaria flourished at shore of the reservoir. According to cultural chronicle, it infers that the Eurimji reservoir was formed from the Bronze Age to the Iron Age or the beginning of ancient society. An integrated data suggested that Quercus-Pinus-Abies mixed forest flourished under cool and dry climate conditions during 3,200 yrBP ~ 200 yrBP.

1. 서론

과거 약 260만년 전의 자연현상과 인류의 환경적응을 연구하는 제4기 중에서도 지난 1만년 전을 홀로세로 불린다(Table 1). 홀로세의 기후 복원 중에서도 습지나 호소를 대상으로 하는 연구가 가장 효율적이다. 특히, 제천 의림지의 호저퇴적체는 홀로세말 이후 수문기후와 식생환경 변천의 연구에 유용한 정보를 보존하고 있다.

제4기의 연구 중에서도 고환경복원 연구가 주요 주제이며, 고환경 복원을 위한 방법 중 기후변화에 민감하게 반응하는 꽃가루, 나이트 혹은 연륜, 고생물, 안정동위원소 분석 등이 있다. 이 중에서도 식물 유기체를 이용한 과거 식생복원 연구는 주로 식물집단의 분포가 주요 기후, 즉 기온이나 강우량(토양의 건조도)에 의하여 결정된다. 이런 유기적인 관계성을 이용하여 퇴적체 내의 식물 유기체를 연구하여 식생종류를 우선 결정한다. 그런 후 이들 식생이 특정 수문기후 환경을 선호하므로 산출되는 식생을 정량적으로 처리하여 과거 기후변화를 해석하고 있다.

특히 식생은 화분(기후→식생→화분)을 생산함으로 이의 역순서(기후←식생←화분)에 따라 화분을 분석함으로써 과거의 식물상이나 식생을 알 수 있고, 나아가 과거의 기후까지도 추정해 낼 수가 있는 것이다. 그러므로 과거의 식생변천이나 환경변화를 알아보는 방법으로서 널리 사용되는 것이 화분 분석법이다.

본 연구는 의림지 호소퇴적체의 퇴적상, 연대 측정 및 화분자료를 통하여 의림지의 고기후환경을 추론하는데 있다. 이를 위하여 우선 의림지 호소퇴적체 중에서 ER3-1호공의 퇴적상과 AMS 연대측정 자료를 검토하고, 주요 구간에 산출되는 화분군집산출상을 분석한 후 최종적으로 고환경을 해석하였다.

2. 주변 자연환경 배경

1) 지질 및 지형 분포

제천시의 지형은 높은 산으로 둘러싸인 분지

지형이다. 북쪽으로는 차령산맥이 지나고, 남쪽으로는 소백산맥이 경상북도와 경계를 이루어 북쪽과 남쪽이 높고 서쪽과 동쪽은 낮은 지형학적 특성을 이루고 있다. 북쪽에는 용두산(龍頭山, 873m)이 위치하고 있는데, 풍화에 강한 선캄브리아기 화강암질편마암으로 된 고산지형을 이루고 있다.

의림지 주변에는 화강암질편마암을 관입한 쥐라기 흑운모화강암이 기반암으로 되어 있는데, 풍화에 약해 비교적 경사가 완만한 평지를 이루고 있다. 이들 흑운모화강암을 부정합으로 피복하고 있는 충적층은 제천시를 중심으로 주변에 분포하고 있다(김기완 외, 1967). 이런 기반암의 지질학적 특성으로 인하여 용두산 골짜기에서 흘러내린 물은 의림지에 가두고 흙과 모래는 서쪽의 용추폭포를 통하여 홍류동 쪽으로 유출되는 지형학적 특성을 보여주고 있다.

의림지와 제2 의림지를 포함하는 계곡은 선캄브리아기 편마암과 쥐라기 화강암이 주향이동성 단층에 의하여 의림지 북쪽에 위치하는 산지일대는 상당히 지체가 교란되어 있다. 반면 의림지는 화강암이 편마암내로 켜기모양으로 들어간 곡부 입구에 위치하고 있다. 의림지 계곡의 상류를 거슬러 올라간 곳에 위치하는 제2 의림지 부근에는 현 하상보다 더 높은 위치에 구하상 역층이 널리 발달하고 있다.

하상역층은 의림지 북쪽의 산지 경사면으로부터 남동으로 발달한 소곡부 중앙을 향하여 이동된 쇄설물들로 구성된다. 의림지 상류의 계곡에는 편마암류가 분포하며, 비교적 가파른 산세를 보이지만, 의림지로 내려올수록 계곡 양안에 모두 쥐라기 화강암이 널리 분포하고 있다. 제천 화강암류는 주로 흑운모가 많은 중-조립질 화강암이며 풍화작용에 비교적 약한 암석으로서 풍화 시 마사토를 많이 생산하여 호우 시 지형경사면을 따라 이동된다.

제천분지에 위치하는 제천의 시가지는 화강암류의 차별적 풍화에 의하여 형성된 것으로 해석된다. 의림지 일대 현재 하상에는 자갈을 위주로 하는 사력층이 널리 분포하는데, 제2 의림지로 갈수록 이들의 분포는 더 두드러진다. 의림지보

다 더 하류는 지표에 풍화작용이 심하여 토양 발달이 많이 진행되어 있다.

의림지를 중심으로 계곡 양쪽에는 사질을 위주로 하는 하상 퇴적층이 널리 발달해 있다. 의림지 일대는 화강암 차별풍화와 차별작용으로 소하천을 따라 곡부가 형성될 수 있었던 지형 특징을 보인다. 의림지의 하류는 신월동 방향으로 가면서 기반암 삭박에 의해 깊은 계곡부에 하천이 발달하며, 반대로 구 비행장 및 청전동 방향으로 가면서 전형적인 하성 모래와 하성 자갈들이 호층을 이루면서 발달해 있다. 의림지 하류 중에서도 중간지대는 지형 고도가 양쪽에 발달한 계곡에 비하여 상대적으로 높은 지역이 분포하며 이들 지표면은 주로 경작지로 이용되고 있다.

2) 주변 식생분포

의림지(義林池)는 현재 충청북도 기념물 제 11 호 (1976.12.21.)로 지정되어 있으며(Fig. 1), 김제

의 벽골제(碧骨堤), 밀양의 수산제(守山堤)와 함께 한국 3대 농경저수지 중 하나로서 삼국시대에 축조된 것으로 알려져 있다. 이런 역사학적 중요성으로 인해 중·고등학교 교과서에 등재됐었지만 고고학적으로 입증할만한 근거가 없다가 여 누락되는 수모를 당하기도 하였다.

의림지의 둘레는 약 2km에 이르고 면적은 151,470m²이며 저수량은 6,611,891m³, 수심은 8~13m이다. 의림지의 수원(水源)은 용두산과 봉양읍 명암리 고갯마루 싸릿재(뉴치, 柵峙)에서 발원한다. 용두산과 싸릿골 주변의 소나무림(*Pinus densiflora* forest)은 일제시대에 벌목 후 2차림 또는 그 후속수(successive trees)가 재생된 것으로 척박하고 건조한 지역에 우점하는 군락이다. 현생 식생도에 의하면 제천시를 중심으로 의림지 지역은 냉온대 중부 삼림대이고(Fig. 2), 의림지를 중심으로 한 제천시의 식생분포를 묘사한 현존식생도(actual vegetation map)를 Fig. 3에 나타냈다.

Table 1. Summary of distinct climatic periods during the Holocene epoch.

PERIOD	EVENT	CLIMATE CONDITIONS
1,850AD~present	Contemporary climate	Steady warming trend
1,550~1850 AD	Little Ice Age	Coldest temperature since the beginning of the Holocene. Populations die from crop failure and famine in Europe
1,300~1,550 AD		Cool and more extreme weather; abandonment of settlements in the Southwest United States
1,100~1,300 AD	Medieval Optimum	Warm; warmest climate since the Climatic Optimum, Vikings established settlements on Greenland and Iceland
150 BC~900 AD		Cooling trend; Nile River(829AD) and Black Sea(800~801AD) froze
750~150 BC		Slight warming not as warm as the Climatic optimum
1,500~750 BC		Colder temperatures and renewed ice growth, sea level drop of between 2 to 3 m below present day levels.
2,000~1,500 BC		Short warming trend
3,000~2,000 BC		Cooling trend; drops in sea level and the emergence of many islands
5,000~3,000 BC	Climatic Optimum/ Hypsithermal period	Warm conditions, temperature were perhaps 1°C~2°C warmer than today. Great ancient civilizations began and flourished
10,000~8,500 BC	Younger-Dryas	Rapid cooling, prolonged cold period, the rapid warming
14,000 years ago	Holocene warming	Slow warming from last ice age, ice melt

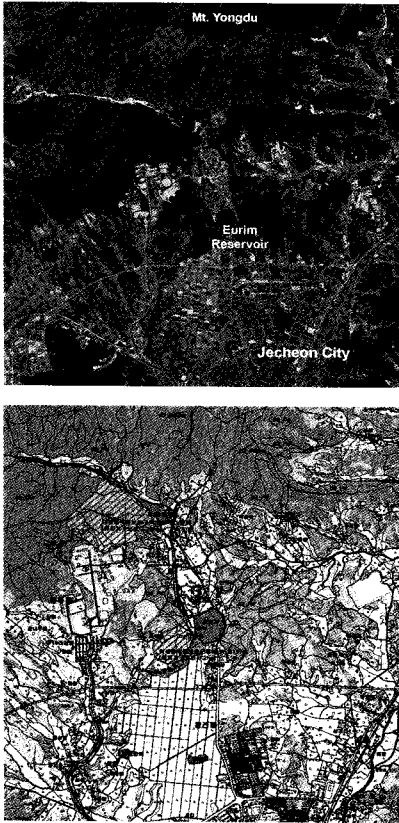


Fig. 1. Satellite image (left) and geomorphology map (right) of the Eurimji Reservoir.

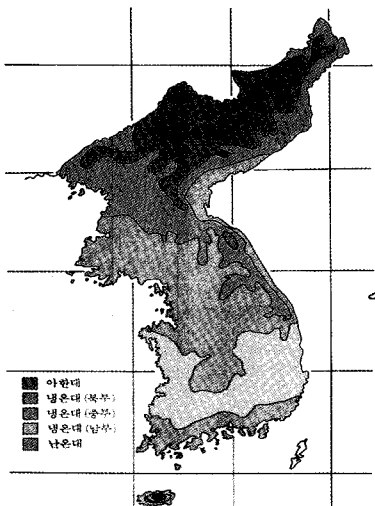


Fig. 2. Modern vegetation map of Korea (Yim et al., 1978).

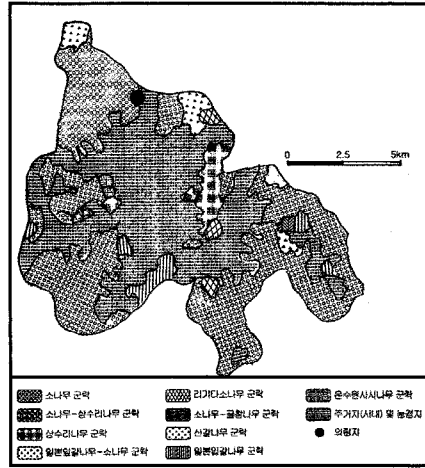


Fig. 3. Actual vegetation map around the Eurimji reservoir.

의림지 주변에는 자연식생인 소나무 군락(*Pinus densiflora* community)이 가장 넓은 면적에 걸쳐 분포하고, 일부 지역에 신갈나무 군락(*Quercus mongolica* community)과 굴참나무 군락(*Q. acutissima* community)이 분포하고 있을 정도이다 (Fig. 4).

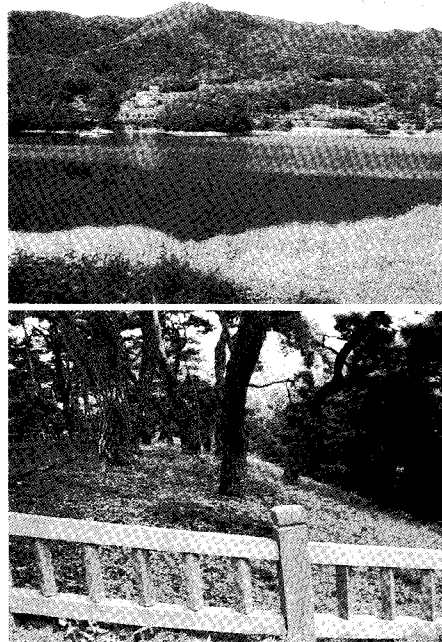


Fig. 4. *Pinus densiflora* forest of Yongdusan and big pine trees on bank of Eurimji reservoir.

소나무(*P. densiflora*)는 제주도를 포함한 한반도 전역, 북해도 일부 지역을 제외한 일본 전역, 북으로는 중국의 요동반도의 황해 지역과 산둥반도의 일부 지역, 러시아의 헝카 호수(Khanka)에 이르고 있으나 그 이상에서는 분포하지 않는다. 이에 반해 곶솔(*P. thunbergii*)은 경기도 중부(37° 50' N)이남의 해안, 일본의 해안과 도서 지역에 한하여 분포하고 있다(吉岡 1958, Nakamura & Krestov 2008).



Fig. 5. A picture of the Eurimji reservoir drawn by Bang-Woon Lee (1803).



Fig. 6. A picture (unknown artist, 1872 AD) of the Eurimji reservoir stored in Gyujang-gak Museum.

소나무는 토양 양분이나 수분에 대한 요구도가 낮기 때문에 산의 능선 등 매우 건조한 지역, 척박한 곳에서도 큰 군락을 이루는 속성을 갖고 있다. 신갈나무는 한반도 중부지역의 냉온대 낙엽활엽수림대와 표고 700m 이상에 주로 분포하는 수종으로 우리나라 극상림(極相林, climax forest)의 하나로 알려져 있다.

지금으로부터 약 200여년 전 이방운의 그림(1803년)이나 규장각에 보관되어있는 그림(1872년)을 보면 의림지의 독에 노송이 자라고 있고 주변의 산에도 소나무가 우점하는 식생이었음을 알 수 있다(Figs. 5 and 6).

3. 시추코아 방법 및 분석

시추코아는 유압 회전수세식 시추기를 사용하였으며, PVC pipe (길이 100cm, 직경 5cm)를 내장한 로드 (rod) 끝에 경량비트를 달아 직접 퇴적물 속으로 관입시켜 퇴적물 시료가 PVC pipe 속으로 들어오게 하는 방법으로 시추하였다.

본 시추의 특징은 케이싱을 사용하지 아니함으로써 케이싱 속으로 들어가는 순환수도 쓰지 않는다는 점이다. 이처럼 순환수를 쓰지 않고 또한 퇴적물이 빠지지 않도록 잡아주는 catcher를 로드 (rod) 끝에 부착하여 사용하므로, 모래나 자갈 같이 점착력이 부족한 시료도 잘 획득할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 로드를 퇴적물 속으로 관입시킬 때 회전시키거나 breaker로 충격을 주기 때문에 시료가 교란될 수 있다는 단점도 있다. 코아시료 채취 후에는 PVC pipe를 비닐 랩으로 포장하여 수분 증발과 교란을 방지하였고, 실내에서는 약 4℃의 저온에 보관하였다. 퇴적상 기재는 실험실에서 육안 관찰과 사진 촬영으로 실시하였고, 색상은 토양색 측정기 SPAD-503 (Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하였다.

ER 3-1 시추공의 호저 퇴적물 코아를 중심으로 퇴적상 분석, 연대측정 및 화분분석을 실시하였다. ER 3-1 호공의 시추위치는 북위 37°10' 06.97", 동경 126°12' 38.69" 이며, 시추코아의 분포고도는 314.23~307.25 m이며 전체 코아 길이는 6.98 m이다(Table 2).

Table 2. Subsamples for pollen analysis taken from ER 3-1 Core in the Eurimji Reservoir.

BRBL	Total depth (cm)	Elevation (m)	Pollen sample	Sample No.
179	-895.5	312.5	1	의림 3-1호공 - 062
218	-933	312.1	2	의림 3-1호공 - 074
254	-969.5	311.7	3	의림 3-1호공 - 086
285	-1000	311.4	4	의림 3-1호공 - 097
297	-1012.5	311.3	5	의림 3-1호공 - 101
311	-1025	311.2	6	의림 3-1호공 - 104
321	-1035	311.1	7	의림 3-1호공 - 108
331	-1045.5	311.0	8	의림 3-1호공 - 112
341	-1055.5	310.9	9	의림 3-1호공 - 116
352	-1066	310.8	10	의림 3-1호공 - 120
363	-1077.5	310.6	11	의림 3-1호공 - 124
371	-1085.5	310.6	12	의림 3-1호공 - 127
389	-1103	310.4	13	의림 3-1호공 - 131
422	-1135	310.1	14	의림 3-1호공 - 141
441	-1154	309.9	15	의림 3-1호공 - 146
455	-1168.5	309.7	16	의림 3-1호공 - 151
476	-1189	309.5	17	의림 3-1호공 - 158
528	-1240.5	309.0	18	의림 3-1호공 - 168
564	-1276.5	308.6	19	의림 3-1호공 - 181
613	-1324	308.2	20	의림 3-1호공 - 196
679	-1390	307.5	21	의림 3-1호공 - 219

BRBL: Below Reservoir Bottom Level

4. 결과

1) 의림지의 호저 퇴적체 퇴적상

ER 3-1 시추공은 unit 1 (307.25~308.02cm), unit 2 (308.02~310.38cm), unit 3 (310.38~311.90cm), unit 4 (311.90~314.23cm) 등 4개의 unit으로 구분된다 (김주용 외, 2009).

최하부의 unit 1에는 자갈과 모래가 주로 분포한다. unit 1의 상부 부분에서는 모래가 상부 세립화(fining upward)를 보이는 것으로 보아 이 구간은 호저 퇴적체 중에서 약 1900 yrBP~1400 yrBP 기간동안 호저의 안정퇴적체로 보인다. unit 2에서는 모래가 우세하게 나타나며 퇴적물 분류상 zS (실트질 모래)에 속하며, 식물파편이 일부 포함되어 있다. unit 3의 최하부에는 식물파편이 약 10cm 정도로 두껍게 층을 이루고 있으며, 그 위로 검은색 실트질 모래 또는 모래질 실트가 분포하고 있다.

전반적으로 ER 3-1호공 퇴적상을 보면, 최하부에 유기물이 적은 잔자갈이 포함된 갈색 조립모래 우세 구간(고도 308 m 직하)이 존재한다. 직상위 층은 유기물이 포함된 회갈색 조립모래 우세구간(308 m~309 m)과 암회갈색 유기질 니질물과 목편 등이 혼합된 조립모래 구간(309 m~310.4 m)이 위치한다. 그 상부에는 유기질 니질물이 많은 암회색~갈색 사니질 구간(310.4 m~311.9 m), 갈색과 담갈색의 니질과 사질의 호층 구간(311.9 m~312.5 m)이 존재한다. 그리고 최상부의 회갈색 사질층 구간(312.5m 상부)으로 이루어져 있다(Fig.7).

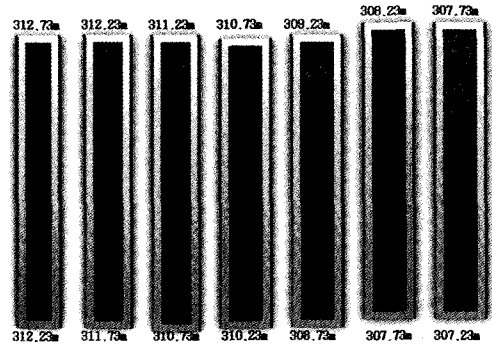


Fig. 7. Cores of ER 3-1 in the bottom of the Eurimji reservoir (김주용 외, 2009).

2) 의림지 퇴적체의 연대측정

탄소동위원소 연대측정 자료에 의하면, 화분분석 구간은 지난 약 1,900년 동안 퇴적되었음을 반영한다(Table 3). 화분산출 특성은 크게 2개의 구간으로 세분된다. 즉 하부구간(심도 389~679cm, 고도 310.4~307.5 m, 화분대 ER-1~ER-2)은 동시대성(contemporary)화분만 산출되며, 상부구간(심도 179~371cm, 고도 312.5~310.6 m, 화분대 ER-3~ER-4)은 동시대성과 재동된 화분이 함께 산출된다(Fig.8). 하부구간은 약 1,920 yrBP~1,390 yrBP에 기간동안 퇴적되었던 것으로 나타났다. 상부구간은 지층누증의 법칙에 의해 최소한 1,390 yrBP 이후에 퇴적되었을 것으로 간주된다.

Table 3. AMS radiocarbon dates of ER 3-1 Core (김주용 외, 2009).

Core	Sample No.	Depth (cm)	Elevation (m)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yrBP)	Calendar year	Laboratory No.
ER 3-1	ER-23	256.5	311.7	Sediment bulk	-25.0	2110±50	BC 143±68	ISa090031
	ER-24	315.5	311.1	Sediment bulk	-25.1	2020±50	BC 38±62	ISa090032
	ER-25	382.0	310.4	Wood fragment	-26.5	1390±50	AD 633±30	IWd090005
	ER-26	475.5	309.5	Sediment bulk	-26.0	1420±50	AD 613±32	ISa090033
	ER-27	482.5	309.5	Wood fragment	-27.5	1250±50	AD 768±69	IWd090006
	ER-28	624.0	308.1	Sediment bulk	-23.6	1740±50	AD 297±61	ISa090034
	ER-29	678.5	307.5	Sediment bulk	-24.0	1920±50	AD 79±54	ISa090035

그러나 연대측정자료에 의하면, 상부구간(심도 179~371cm, 고도 312.5~310.6m, 화분대 ER-3~ER-4)은 시기가 역전되는 것으로 보아 퇴적물이 제방공사와 관련하여 재동되었음을 반영한다(Fig. 7). 이런 현상은 화분군집상에서도 잘 표현되는데, 상부 2개의 화분대 시기동안 퇴적

물이 자연 혹은 인위적인 교란작용을 많이 받았음을 시사한다.

3) 의림지의 화분산출 특성

김주용 외(2002)에 의하여 호저 퇴적체의 예비 화분분석으로 약 1000yrBP 오리나무속, 소나무

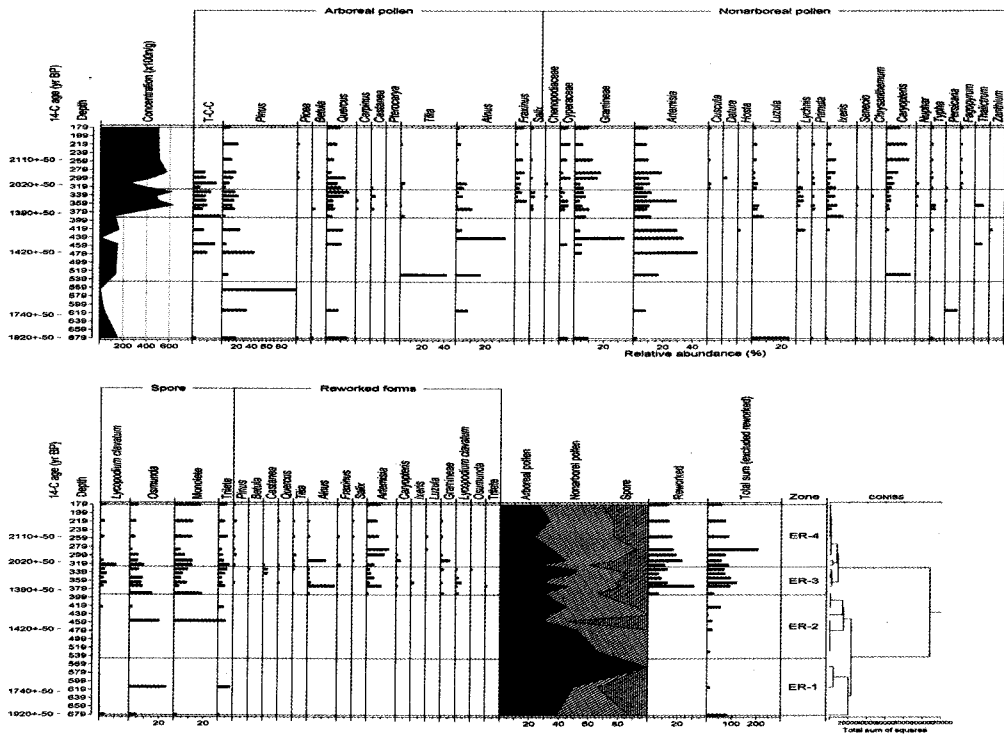


Fig. 8. Pollen diagram from ER 3-1 Core of the Eurimji Reservoir. Note: Contemporary taxa together with Reworked forms were present in Upper sedimentary sequence encompassed ER-3 to ER-4 pollen zones.

속, 가문비나무속 등이 확인되었다. 그 후 2008년도 제천 의림지 호저퇴적체는 시추코어 ER 3-1호공의 시추코어를 통하여 재검토되었다. 금번 시추코어 ER 3-1호공에서는 21개 시료를 채취하여 목본화분, 초본화분 및 포자를 동정하였으며, 재동된 화분, 포자와 담수조류의 산출을 확인하였다. 특히 재동된 화분, 포자는 상부구간(심도 179~371cm, 고도 312.5~310.6 m, 시료번호 1~12)에서 동시대성(contemporary)의 화분, 포자와 함께 산출되었다. 이들은 시료에 따라 산출량의 변화가 심하게 나타났다. CONISS와 화분군집상의 변화, 산출비 변화 및 재동된 미화석의 특성을 이용하여 총 4개의 화분대, ER-1~ER-4를 설정하였다(Fig. 8).

금번의 화분군집상을 볼 때 의림지 주변 산록지대는 약 2000yr BP 이후에 소나무, 한랭성 낙엽활엽수인 자작나무 등이 생장하였다. 또한 온대 낙엽활엽수인 참나무, 서어나무, 밤나무 등도 같이 생육하였던 것으로 나타났다. 저지에는 저수지와 하천주변에는 오리나무, 물푸레나무 및 버드나무 등이 번성하였을 것으로 생각된다. 이들 수목들은 상부구간(화분대 ER-3, ER-4)으로 가면서 산출량 증가와 다양한 수서식물(수련, 부들, 여뀌)들이 산출되는 것으로 보아 저수지의 규모가 확장되었을 가능성도 존재한다.

5. 의림지 화분산출과 식생분포 특성 논의

한국에서 화분 분석법을 사용하여 과거의 식생변화를 연구한 사람은 일본인 야마자끼(山崎, 1940)와 마쯔시마(松島, 1941)가 최초이다. 1970년 후반에 들어서면서 일부 한국 학자들에 의하여 연구가 시작되었으며, 특히 1980년대에 들어 지리학, 지질학, 고고학 분야에서 연구가 활발히 수행되고 있다(손보기 1974; 박영철, 1976; 1988; 曹華龍, 1979; 장정희와 김준민, 1982; 강상준과 이성주 1983; 손보기 외, 1992; 조화룡 외, 1994; 윤순옥, 1997; 최기룡, 2001; 정철환 외, 2004; 장병오 외, 2006; 윤순옥 외, 2008; 이상현 외 2008; 전창표 외, 2009; 최기룡 외, 2009).

이 가운데 고식생과 고기후 등 과거의 환경을 비교적 상세히 기록하고 있는 퇴적물을 얻어 연구한 것은 1976~1978년 동해안의 영랑호, 경포호, 향호 등 5개 자연호, 안압지, 덕진지 및 월함지 3개 인공호, 경기도 군자리, 평택읍, 김제읍, 예안리, 방어진 등 충적평야의 12개 습지의 퇴적물을 채취하여 연구한 것이 처음이다(김준민 외, 1978; 安田·塚田, 1978; 中井·洪, 1980). 그 이후 한국의 고층습원인 대암산 용늪에서 얻은 결과가 주목된다 (강상준 1988; 김주용 외, 1998; 최기룡 외, 2009; Kang, 2007; Kang 1980).

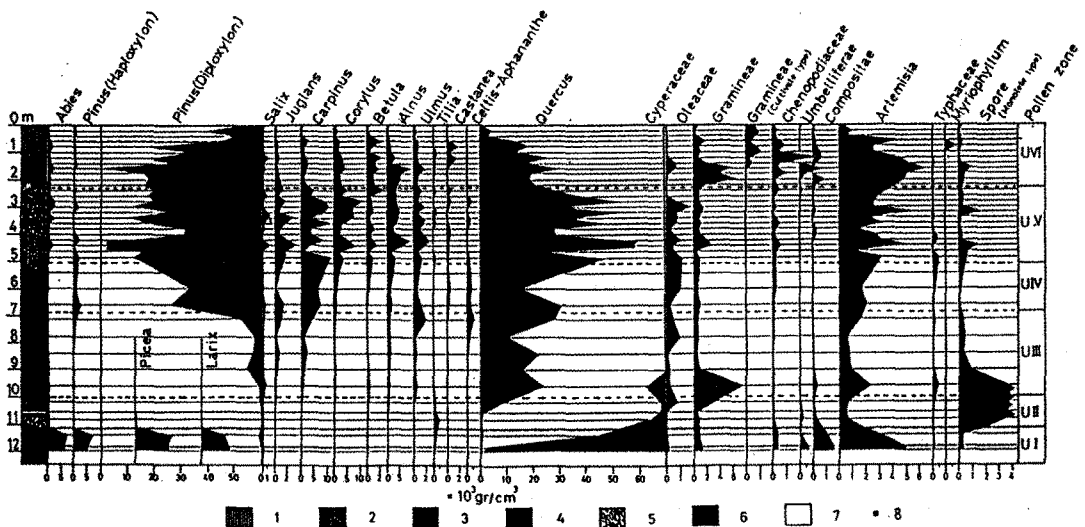


Fig. 9. Pollen diagram of Lake Young-Lang (Yasuda *et al* 1980).

금번 의림지의 화분분석을 통하여 한국의 약 2,000~3,000 yrBP 전후에서 현재에 걸치는 시대의 화분산출 특성을 영랑호와 고산습지인 용늪의 연구결과 비교하여 고찰해 보면 다음과 같다.

우선 영랑호 퇴적물의 화분분석에서는 6개 화분대 중에서 상부 2개 화분대인 약 4,500~1,400 yrBP의 참나무속, 소나무속(2엽), 서어나무속, 개암나무속, 느릅나무속 구간(가래나무속 시대)과 약 1,400yr BP~Present의 소나무속(2엽)(초본화분시대)에 대비될 수 있다(김준민 외, 1978; 安田·塚田, 1978) (Fig. 9).

상기 연구에 의하면 4,500~1,400 yrBP의 기간은 소나무속 화분이 약간 감소하는 경향을 나타내고, 전나무속과 참나무속이 다시 증가하는 것으로 보아 약간 서늘(Cool)했던 것으로 볼 수 있다. 안정동위원소를 이용한 고기온(Palaeotemperature)의 측정에서도 4,500 yrBP는 약간 차고 서늘한 시기였다고 하였다(中井·洪, 1980). 그리고 1,400 yr BP~현재는 농경활동에 따른 삼림 파괴가 심했던 시기이다.

한국에서 유일한 고층습원이라고 알려진 대암산 용늪은 과거의 식생변천과 기후변화를 알아보기 위한 최적한 습원(High moor, Raised bog)이다. Kang(1980)은 습원 표면에서부터 1 m 깊이까지 10cm 간격으로 이탄을 채취하여 꽃가루 분석을 수행하였다(Fig. 10).

즉 습원의 표면에서 40cm~50cm 깊이 이탄 속에는 소나무와 참나무의 화분이 가장 많이 산출되었으나 그 외에도 자작나무, 전나무, 개암나무, 오리나무 그리고 철쭉과의 화분이 출현하였다. 대암산 용늪을 중심으로 주변 산지의 삼림식생변천 분석결과, 약 3,200~1,200 yrBP의 참나무속-소나무속-전나무속의 시대와 약 200 yrBP~현재의 소나무속-참나무속의 시대가 의림지의 식생산출 시기에 대비될 수 있을 것이다.

그리고 소나무의 화분이 많이 산출된다는 것은 자연에 대한 인간의 간섭이 시작되었음을 암시해주는 것으로 약 2,000 yrBP~2,500 yrBP부터 인류의 농경활동으로 말미암아 원시림이 파괴되기 시작했음을 의미하는 것이다. 고고학적 편년에 따르면 이 시기는 신석기 시대 중기로 집약농업이 행해지는 시기에 해당된다.

깊이 40cm에서 70cm 사이의 이탄 속에는 참나무 화분이 전체의 50% 이상을 차지하였다. 소나무의 꽃가루는 현저히 그 양이 줄어들었고 개암나무와 오리나무의 화분은 위쪽의 층에서 보다 그 출현비율이 다소 높았다. 이렇게 참나무, 오리나무, 개암나무 등의 갈잎나무(闊葉樹)의 화분이 많이 산출되는 것은 이때의 기후가 지금보다 따뜻했음을 의미한다. 특기할만한 일은 이 깊이에서는 물이끼의 포자가 전연 나타나지 않는 대신, 고사리식물의 포자 출현비율이 매우 높다는 것이다.

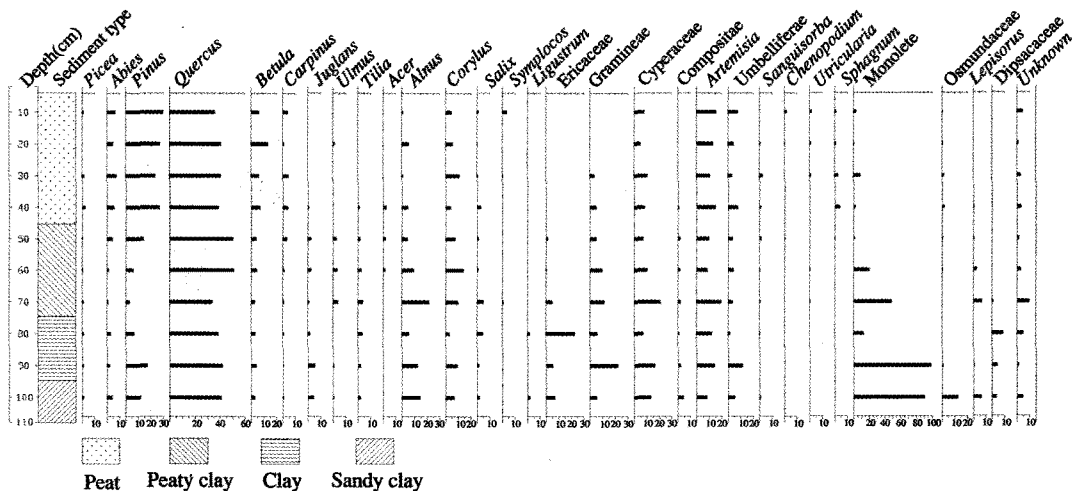


Fig. 10. Pollen diagram from the peat of the Yongneup bog (Kang 1980).

이것은 대암산 큰용늪이 고층습원으로서 그 모양과 특징을 갖추기 시작한 것은 약 2,000년 전부터 시작되어 현재에 이르고 있음을 암시해 주고 있다. 그리고 70cm에서 100cm 깊이까지의 이탄속의 화분의 종류와 양을 보면, 이 깊이에서 역시 참나무 화분이 대부분을 차지하였고 철쭉과 식물, 벼과 식물, 사초과 식물, 쭉 종류의 화분 및 고사리 식물의 포자가 비교적 많이 나타났다.

깊이 100cm~110cm 지점 및 155cm - 170cm 지점의 이탄에 대한 절대연대는 각각 3,470±240 yrBP 및 4,105±175 yrBP이었으며(Table 4), 최근 최기룡 외 (미발표, 2009)은 큰용늪의 두 지점(site 5, site 6)에서 획득된 퇴적물을 이용하여 C¹⁴연대 측정 결과 큰용늪은 절대연대로 약 5,100 yrBP~현재에 이르기 까지 식생 변천에 대한 정보를 간직하고 있는 것으로 확인되었다(Table 5).

Table 4. Age dates of Yongneup peats in Mt. Dae-Am, Korea (Kang et al., 2001, 강상준 외, 2005).

Layer (cm)	¹⁴ C age(BP)	Lab Cod
0 - 5	180±70	NUTA-5365
30 - 35	870±80	NUTA-5288
45 - 50	1,900±70	NUTA-5287
55 - 60	1,890±80	NUTA-5364
75 - 80	1,850±90	NUTA-5462
100 - 110	3,470±240	GX-23199
155 - 170	4,105±175	GX-23200

NUTA : Center for Chronological Research in Nagoya University, Japan
GX : Geochron Laboratories, Krueger Enterprise, INC, Massachusetts, USA

Table 5. Age dates of Yongneup peats in Mt. Dae-Am, Korea (unpublished, Choi et al., 2009).

Site & Sample No.	Depth (cm)	Code No.	¹⁴ C age (BP)	Cal. (BC/AD)
Site 5: 1	54~56	SNU08-720	1,660±50	390 cal AD
Site 5: 2	71~73	SNU08-721	2,740±50	880 cal BC
Site 6: 1	54~56	SNU08-722	2,510±50	630 cal BC
Site 6: 2	88~90	SNU08-723	1,800±50	220 cal AD
Site 6: 3	141~143	SNU08-724	4,480±50	3,200 cal BC
Site 6: 4	163~165	SNU08-725	4,740±50	3,500 cal BC
Site 6: 5	177~179	SNU08-726	5,060±50	3,850 cal BC

결론적으로 상기의 영랑호와 용늪의 고식생 환경과 의립지의 화분산출 상태를 비교하여 보면 다음과 같다. 우선 문화사적으로 볼 때, 의립지의 호소 퇴적체의 하한은 가장 이른 시기로 볼 때, 청동기에서 철기에 이르는 시기에 속할 것으로 판단된다.

한국을 비롯하여 일본, 중국 동북지방, 극동 러시아에서 최종빙기 최성기(Last Glacial Maximum) 이후인 과거 약 17,000 yrBP 이후의 화분대는 유럽문화편년(Culture), Blytt & Sernander 기후(Climate) 등과 비교하여 요약될 수 있다 (Table 6; 강상준, 1994). 이 요약표에 의하면 기존의 여러 연구자들에 의하여 한반도와 주변에 대한 식생변천 자료를 이용하여 약 15,000 yrBP 이후 식생변천을 일반적인 문화편년과 기후변화에 연관하여 비교하고 있다.

한국의 경우 17,000~15,000 yrBP사이에는 가문비나무속, 전나무속, 5엽 소나무속 등이 다량 출현하는 것으로 보아 이 시기의 기후는 한랭한(Cold) 기후로 추정되며 수양개 유적은 17,000 yrBP, 대전 유적은 15,000 yrBP로 보고 있으며(이용조 1991), 15,000~10,000 yrBP 역시 초본화분, 단구형 포자가 다량 출현하는 것으로 보아 한랭한 기후로 추정된다.

10,000~6,000 yrBP사이의 식생은 주로 참나무속이 우점한 시기인데 전 시대에 비하여 급격히 따뜻해진 시기, 즉 향난기(向暖期, Warmer)에 상당한다. 유럽 편년으로 보면 이 시기는 중석기시대에 해당하며 한국의 경우 일산에서 6,500 yrBP를 후기 구석기로 추정하고 있다(손보기 외, 1992).

6,700 yrBP~4,500 yrBP(특히 4,000 yrBP)의 시기에는 2엽의 소나무속이 급증하는 시기이며 기후는 매우 따뜻한 온난기(Warm period)로서 Climatic Optimum에 해당된다. 일산의 토탄층을 보면 갈색 토탄이 6,500 yrBP~3,400 yrBP 사이에 나타나는데 갈색 토탄과 검은색 토탄이 접하는 부분을 회귀층(Recurrence layer, 한계층 RY층)이라 한다. 이것은 강우량이 증발량을 뺀 돌게 되면 그 사이의 층은 부식화가 진행되지 않아서 연한 색을 나타내게 되고 건조기후가 되면 그 사이의 퇴적물은 부식이 빨라져서 검은색이 된

Table 6. Culture, Climatic period, pollen zones and vegetation changes around the Korean Peninsula during past 15,000 years(강상준, 1994).

서기	B.P.*	유럽의 문화편년	Blytt & Sernander 기후대	한국(영랑호) ¹⁾	일본(중부) ²⁾	중국(동북지방) ³⁾	극동 러시아 ⁴⁾	한국(일산) ⁵⁾	기후	지질시대
1,000	1,000	철기시대	냉온대 습윤기후 (Sub-Atlantic)	U VI	R III /	가문비나무 소나무, 자작나무 (냉온)	H I 4 가문비나무	오리나무, 소나무, 참나무 (청엽, 활엽 혼합림)	감 난 기	후 빙 기
2,000	3,000			U V	R III a					
4,000	5,000	청동기시대	냉온대 건조기후 (Sub-Boreal)	U IV	R II	(습윤온난)	H I 2 가문비나무 자작나무 누울갯나무	향 난 기		
6,000	7,000			U III	R I				가문비나무 솔송나무 감소	
8,000	9,000	신석기시대	온대습윤기후 (Atlantic)	U II	L	참나무, 가문비나무 전나무, 솔송나무	극지사막	평 상 용 빙 기	늦 은 빙 기	
10,000	11,000			U I	가문비나무, 참나무, 갯나무, 이팝나무					
12,000	13,000	중석기시대	아한대기후 (Boreal)	U II						
14,000	15,000			U I						
16,000	17,000	상부 구석기	전아한대 기후 (pre-Boreal)	U II						
18,000	19,000			U I						
20,000	21,000	마드레네 문화시대	상부 트리아스기	U II						
22,000	23,000			U I						
24,000	25,000	하부 트리아스기 (lower dryas)	온난기 (Alleröd)	U II						
26,000	27,000			U I						

1) Tsukata, M.(1974) 2) Blytt, A.G.(1876) 3) Sernander, R.(1910) 4) Yasuta et al.(1978) 5) Tsukata, M.(1967)
6) 왕개발·서향(1988) 7) Neustaut, M.I.(1959) 8) 최기룡(1992) 9) Deevey, E.S. and R.F. Flint(1957) * A.D. 1950년 기준

다. 이러한 것을 고려하면 이 층의 토단이 갈색을 나타낸 것은 습한 기후 때문이다. 따라서 이 시기의 기후는 따뜻하면서도 습한(Warm and Wet)기후였다. 유럽의 문화 편년으로 보면 신석기시대에 해당하고 한국의 경우는 신석기시대 후기에 해당된다고 할 수 있다. 특히 일산에서는 5,000 yrBP~4,000 yrBP의 토단층에서 벌씨가 출토되었는데 한국의 농경사를 밝히는데 좋은 참고가 될 것이다.

끝으로 4,500 yrBP~1,400 yrBP사이에는 소나무속 화분은 점점 감소하고, 그 대신 참나무속 화분이 우점하는 시기이다. 기후는 약간 한랭 건조, 즉 감난기(減暖期, Colder and drier)였다고 추정되고 4,500 yrBP는 신석기 후기에 해당될 것으로 생각된다. 이 시기는 의림지 호저퇴적층의 초기 형성시기와 약 2000년전 이후의 안정된 호저 퇴적층의 형성시기와 관련있는 것으로 해석된다.

또한 윤순옥 외 (2008)는 약 10,000 yrBP 이후

홀로세 동안의 화분산출을 대비하였다(Table 7). 이 표에서 볼 때, 약 10,000년전 이전에는 가문비나무, 솔송나무가 우점하고 초본으로서 사초과와 쭉, 국화과, 산형과가 우세하게 분포하고 있다. 그러나 약 10,000yr BP이후 홀로세 동안 식생변화는 약 5,000± 1,000yr BP를 경계로 이전의 참나무속 중심의 낙엽활엽수림이 우점하는 시기와 그 후의 소나무속-참나무속 삼림이 우점하는 시기로 구분되고 있다. 상기 연구에 의하면 홀로세 초기에는 동해안은 소나무속-참나무속 삼림이 우점하는 식생이었으나, 후기로 오면서 참나무속은 감소, 소나무속이증가하는 것은 인간의 영향으로 판단하여 농경의 전파를 논하였다. 즉 약 2,000 yrBP 전후로부터 동해안 속초지역에 남쪽에서부터 농경이 전파된 것으로 보고 있다.

남한의 약 2000년전 중부 내륙지역의 식생변천상을 보면 약 2,000 yr BP에 밭농사 농경지표

식물인 메밀(*Fagopyrum*)이 처음 출현하고 쑥속(*Artemisia*)의 산출이 급증하는 것으로 보고되고 있다(윤순옥 1997; 최기룡, 2003; 이상현 외, 2005; Yi et al., 2008). 논농사의 벼과(*Gramineae*) 화분 역시 이 시기를 전후하여 산출이 급격히 증가한다. 특히 메밀의 화분은 모식물로부터 생산되는 양도 적고 보존력도 약하기 때문에 이 화분이 처음 산출되는 심도와 연대가 농경시기를 반영한다. 이런 메밀화분이 체천 의림지의 상부인 제4화분대(ER-4)에서 산출되는 것으로 볼 때, 약 2,000 yr BP 당시에 형성된 의림지 호저퇴적물이 제방축조에 사용되었음을 시사한다. 의림지 호저 퇴적체의 화분조성을 보면 신석기가 끝난 이후, 청동기~철기시대 및 고대사회를 지시하는 4,500 yrBP~1,400 yrBP 사이에는 소나무속 화분이 점점 감소하고, 참나무속 화분이 우점하는 시기이며, 약 1400 yr BP이후에는 소나무우점시기로 보고 있다.

6. 결론

의림지 호저 퇴적체 ER3-1호공에서는 고도 307.5 m~309.5 m 구간에 니질물(泥物質)이 약간 포함된 사질 퇴적체가 1,920 yrBP~1,420 yrBP 기간 동안에 안정적이고 지속적으로 형성되었다. 그러나 이의 상부에는 과거 약 2000 yrBP 전후의 재동된 퇴적체가 분포하고 있다. 본 시추코아 시료에 대한 화분군집조성은 퇴적물이 비교적 교란된 상부구간에서 상대적으로 많은 화분이 산출되었다. 반면 절대연대 1,920 yrBP~1,390 yrBP 구간인 화분대 ER-1과 ER-2에서는 화분의 다양도가 낮게 나타났다. 절대연대 2,020 yrBP로부터 2,110 yrBP까지인 퇴적구간(ER-3과 ER-4)에서는 비교적 다양한 화분이 출현하였으나, 출현된 화분만으로 볼 때, 목본화분으로 소나무속, 참나무속이 우점한 것으로 보아 현존식생과 거의 유사한 식생조성이었던 것으로 추측된다. 전반적으로 습한지역에는 오리나무속, 물푸레나무

Table 7. Cumulative chart of pollen data at East Coast of Korea during Holocene (Shadowiness indicate the initiated period of agriculture)(Yoon et al. 2008).

BP (year)	영랑호	포항	주문진	방어진	방어진	영랑호	강릉	향호	경포호
0	Tsakada	조화봉			장정피, 김준민	윤순옥	Fuji and Yasuda	본 연구	
1000	UV	IIc Pinus	IIc Pinus	IIc Pinus	IIb Pinus and herb	US-II Pinus and herb	LH - 1 Pinus and herb	GP - II Pine, oak and herb	
2000	UIV Pinus	IIb Quercus-Pinus	IIb Quercus-Pinus	IIb Quercus-Pinus	IIa Quercus-Pinus	US-I Alnus-spore	LH - 3 Pinus and Quercus	GP - I Quercus	
3000		IIa Pinus							
4000							LH - 4 Pinus		
5000							LH - 5 Quercus		
6000									
7000		I Quercus							
8000	UIII Quercus					I Quercus			
10000									

속, 버드나무속 등과 같은 호습성 교목이 생육하였으며, 호안에는 부들, 수련, 고마리 등 소위 수서식물이 생장했던 것으로 간주된다.

의림지는 화분조성상 신석기가 끝난 이후 청동기~철기시대 및 고대사회를 지시하는 4,500 yrBP~1,400 yrBP 사이에는 소나무속 화분은 점점 감소하고, 참나무속 화분이 우점하는 시기로 볼 수 있다. 그리고 약 1,400 yrBP 이후 현재까지는 농경활동에 이 심해져서 삼림파괴 시기로서 주 수종으로 소나무속(2엽)이 우세하며 전반적인 초본화분이 우세한 시기로 볼 수 있다.

기존의 영랑호나 대암산 용늪의 화분분석 자료에서도 상기 증거가 제시되어져 있다. 영랑호에서는 약 4,500yrBP~1,400 yrBP기간에 서늘하고 건조한 시기(Cool and dry period)가 있었으며, 주로 참나무속, 소나무속(2엽), 서어나무속, 개암나무속, 느릅나무속이 우세하여 가래나무속 시대로 보고 있다. 대암산 용늪에서는 약 4,300 yrBP~3,200 yrBP에는 서늘하고 건조한 감난기(減暖期, Cool and dry period)가 있었으며, 이 당시에는 소나무속-전나무속-참나무속 시대로 볼 수 있다.

즉, 남한 홀로세말은 영랑호나 용늪에서 보듯이 약 2000 yrBP에도 서늘하고 건조한 시기(Cool and dry period)가 전반적으로 우세했다면, 이러한 증거가 약 2000년전에는 이미 퇴적된 의림지 호저 퇴적체에서도 잘 나타나고 있으며 특히 소나무속과 참나무속 등이 우점하고 있는 식생에서도 잘 나타난다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

강상준, 1988. 대암산 고층습원의 퇴적구조와 화분 분석. 대암산 자연생태계 조사보고서. 환경부, p. 75-84.
 강상준, 1994. 선사고고학에 있어서 고환경 복원. 선사문화. 충북대학교 선사문화연구소, p. 23-38.
 강상준, 이성주, 1983. 화분분석에 의한 평택지역의 고환경 연구. 충북대 논문집, 26, p. 115-123.

강상준, Takahito Yoshioka, 2005. 대암산 고층습원의 환경변천. 한국육수학회지 38(1), p.45-53
 김두영, 한상화, 1969. 대암산 고층습원의 종합조사. 춘천 제1고등학교 조사보고서, 55 pp.
 김주용, 양동윤, 이동영, 1998. 대암산 고층습원의 퇴적환경. 한국제4기학회지 12, p. 55-62.
 김주용, 양동윤, 이진영, 김정호, 이상현, 2000. 제천 의림지 호저퇴적물 퇴적환경과 형성시기 고찰. 제4기학회지 14(1), 7-32.
 김주용, 양동윤, 홍세선, 이상현, 황세호, 남옥현, 임재수, 이진영, 김정찬, 김진관, 신제현, 윤현수, 오근창, 2009. 제천 의림지 제4기 지질환경 및 자연과학 분석 연구. 한국지질자원연구원 연구보고서, 1-90.
 김준민, 임양재, 강수원, 조규송, 홍사욱, 이상태, 安田喜憲, 塚田松雄, 中井信之, 水谷義彦, 中根周歩, 水野壽彦. 1978. 한반도의 자연환경 변천사에 관한 연구. 한국과학재단 보고서. 서울대학교, 108 pp.
 박영철, 1976. 한국 선사시대의 자연환경 연구-선사적지의 층위와 고생물과의 연관성을 중심으로-. 한국사연구 14, p.3-29.
 손보기, 1974. 한국 구석기시대의 연구-특히 점말동굴의 지층별 꽃가루분석과 기후의 추정-. 한불연구 1, p. 9-31.
 손보기, 장호수, 조태섭, 1992. <자연과 옛 사람의 삶·자연환경조사>. 고고학 발 굴 보고. 한국선사문화연구소, 경기도, pp.19-39.
 윤순옥, 1997. 화분분석을 중심으로 본 일산지역의 환경변화와 고지리 복원. 대한지리학회지 32, p. 15-30.
 윤순옥, 문영룡, 황상일, 2008. 경포호 홀로세 퇴적층에 대한 화분분석과 환경변화. 지질학회지 44, p. 781-194.
 이상현, 김주용, 양동윤, 김정찬, 남옥현, 윤현수, 2008. 화분분석에 의한 경기도 하남지역의 최후 빙기 최성기 이후 고환경 변화연구. 지질학회지 44, p. 673-684.
 이용조, 1991. 한강유역의 구석기 문화. 선사와 고대. 한국고고학회 1, 9-54.

- 장병오, 신성욱, 최기룡, 2006. 지리산 왕등재 늪의 식생변천 연구. 한국생태학회 지 29, p. 287-293.
- 장정희, 김준민, 1982. 영랑호, 월함지 및 방어진의 제4기 이후 식피의 변화. 식물 학회지 25, p. 37-53.
- 전창표, 이상현, 이성주, 2009. 경기도 평택지역의 홀로세 고환경 연구. 지질학회 지 45, p. 299-309.
- 정철환, 윤인호, 이승현, 2004. 제주도 서귀포지역 제4기의 퇴적층에서 산출된 포 자화분의 고기후학적 의미. 한국지구과학회지 25, p. 377-385.
- 曹華龍, 1979. 韓國 東海岸における後氷期の花粉分析的 研究. 東北地理 31, p. 23-35.
- 조화룡, 황상일, 윤순옥, 1994. 후빙기 후기의 가와지곡의 환경변화. 한국지형학회 지 1, p. 1-16.
- 최기룡, 2001. 무제치늪 화분분석 연구. 제4기학회지 1, p. 13-20.
- 최기룡, 장병오, 강상준, 2009. 화분분석에 의한 대암산 용늪의 고식생 변천 연구. 미발표.
- 홍순철, 1977. 군자리 일대의 토탄의 화분분석. 서울대학교 석사논문, 14 pp.
- Kang, S.J., 1980. Preliminary Pollen Analytical Study of the High Moor in Dae-am Mountain. Bull. of Chungbuk Nat'l Univ. 19, p. 253-260.
- Kang, S.J., 2007. Paleoenvironmental Changes Using Stable Isotope in Yongnup, High Moor, at Mt. Dae-Am of Korea. 역사와 실학 32, p. 1033-1046.
- Kang, S.J., Yoshioka, T., Takahashi, H., Lee J.Y., 2001. Palaeoenvironment in Daeam-san High Moor in Korean Peninsula. Radiocarbon 43, p. 555-559.
- Nakai, N., 1972. Carbon isotopic variation and the paleoclimate of sediments from Lake Biwa. Proc. Japan Acad. 48, p. 516-521.
- Nakai, N., Shirai, Y., 1978. Paleoclimatic features in Central Japan based on the stable isotope composition of Lake Biwa sediment and speleotherms. Proc. Japan Acad. 54, p. 81-86.
- Yasuda, Y., Tsukada, M., Kim, J.M., Lee, S.T., Yim, Y.J., 1980. The environment changes and the agriculture origin in Korea. Japanese Ministry of Education Overseas Research Reports, pp. 1-19 (in Japanese).
- Yim Y.J., and Kira, T., 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula.I. Distribution of Some indices of thermal climate. Japanese Journal of Ecology 25(2), p.77-88.
- 松島眞次, 1941. 花粉統計による朝鮮の森林變遷の考察. 日本林學會誌 23, p. 15-24.
- 中井信之, 洪思煥, 1980. 韓國永郎湖 堆積物の地球化學的手段による古氣候變遷の研究-安定同位体比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)および硫化物含量による- ° 韓國における環境變遷史. 文部省 海外學術調査, p. 57-71.
- 中井信之, 洪思煥, 1982. 韓國 永郎湖 堆積物の地球化學的手段에 의한 古氣候變遷 에 관한 研究. 한국육수학회지 15, p. 13-18.
- 山崎次男, 1940. 花粉分析による朝鮮南部の樹種變遷に關する考察. 日本林學會 誌 22, p. 17-29.
- 安田喜憲, 塚田松雄, 1978. 韓國における環境變遷史と農耕の起源. 日本 文部省海外 學術調査 中間 報告書, p.19.