

第四紀 後期 英陽盆地의 自然環境變化

尹順玉*, 曹華龍**

영양부근 반변천이 절단감입곡류를 하여 생긴 구유로상에 약 7m 두께의 토탄지가 형성되어 있다. 이 토탄지를 대상으로 boring 자료분석과 화분분석을 실시하여 토탄지의 지형발달과 제4기 식생 및 기후환경변화를 검토하였다.

구유로상(연지와 원당지 일대)에 토탄지가 형성된 것은 주위산지에서 공급된 선상지성 퇴적물에 의해 구유로가 막혀 습지가 형성되었기 때문에 가능했던 것으로 볼 수 있다.

토탄층은 그 특징에 따라 하부층과 상부층으로 구분되며, 이들 사이에는 부정합관계가 있다. 탄소연대측정자료, 각 화분분대 화분조성상의 특징, 토탄퇴적속도 등으로 볼 때, 하부토탄층은 대략 60,000년 BP경부터 퇴적되기 시작하여 만빙기까지, 상부토탄층은 완신세 중기경부터 거의 현재까지 형성된 것으로 추정된다.

boring지점 1(YY1)과 지점 2(YY2)의 토탄층 화분분석결과는 수목류의 우점시기로 대비할 때, 총 다섯개의 화분대(화분대 YYI, YYII, YYIII, YYIV와 YYV)와 12개의 아분대로 구분되었다. 두지점 간에는 퇴적상 뿐 아니라 화분조성에서도 일견 차이가 있다. 즉, 공통적으로 화분대 III이 존재했으나 화분대 I, II는 주상도 YY1에서만, 화분대 IV와 V는 주상도 YY2에서만 나타났다.

하부토탄층은 화분대 I, II, III시기를 포함하며, NAP시기로서 쑥(*Artemisia*)속, 오이풀(*Sanguisorba*)속, 미나리과(*Umbelliferae*), 벼과(*Gramineae*)와 사초과(*Cyperaceae*) 등 초본류의 비율이 월등히 높고, 한냉기 수목으로 출현하는 가문비나무(*Picea*)속, 소나무(*Pinus*)속, 자작나무(*Betula*)속 등의 목본류를 포함하며, 이들 목본류의 절대화분량은 상부토탄층에 비해 극히 적어 삼림밀도가 낮은 Würm빙기의 식생경관을 나타내었다.

상부토탄층은 화분대 IVb, V시기를 포함하며, AP시기로서 *Pinus*와 *Quercus* 등이 높은 비율로 나타나고 절대 화분량도 많아, 홀로세 온난기의 삼림경관을 나타내었다.

각 화분대 및 아분대 우점수목의 기후환경에 대응하는 생태적 특징으로 작성한 가상 기온변화곡선의 내용은 다음과 같다: 화분대 I은 *Betula*우점시기로서 약 57,000년 BP까지 형성되었으며, 상대적 한냉기로 간주된다. 화분대 II는 EMW우점시기로서 57,000~43,000년 BP에 형성되었으며, Alt Würm에서 mittel Würm으로 전환되는 Interstadial로 간주된다. 화분대 III은 43,000~15,000년 BP간의 가장 오랜 시기를 포함하며, mittel Würm~Jung Würm기에 해당한다. 한냉기인 화분대 III 시기 중에는 *Betula*, *Pinus*, *Picea* 등의 목본류가 교대로 우점하는데, YY1에서 *Quercus*와 *Picea*의 화분조성 변화로 볼 때 아분대 IIId시기가 가장 한냉하였을 것으로 추정된다. 화분아분대 IVa는 하부 화분대와 상부 화분대간의 전환기층으로서 피나무(*Tilia*)속 우점시기로 나타나며, Holocene에 해당하는 화분대 IVb와 V는 약 7,000년 BP부터 현재까지 식생변화로 각각 *Quercus*와 *Pinus*가 우점하는 시기로 한국 동해안의 曹(1979)의 화분대 I과 II에 각각 대비된다.

Bartlein et al.(1986)의 diagram을 통해 볼 때, 영양지역의 Würm빙기 최성기의 7월 평균기온은 현재보다 약 10°C 더 낮았을 것으로 추측된다.

主要語: 토탄층, 지형발달, 화분분석, 제4기, 식생 및 기후환경변화, AP, NAP, 우점시기.

* 경희대학교 물리과학과 지리학과 조교수

** 경북대학교 사범대학 지리교육과 교수

1. 서 언

우리나라에는 토탄지가 별로 발달해 있지 않다. 그 이유는 지형적으로 안정된 지반이 오랫동안 침식을 받아 왔기 때문에 토탄지가 형성될 위치가 별로 남겨져 있지 않다는 점과 기후적으로 가을부터 그 다음해 봄까지 대기가 건조하여 토탄형성에 나쁘게 작용하는 점 등이다. 지금까지 우리나라에서 연구된 토탄지의 대부분은 후빙기 해퇴와 더불어 해안충적평야에 형성된 두께 수 cm 내지 수 m의 토탄으로 그 형성연대도 대부분 완신세 중기 이후의 것이다. 플라이스토세에 형성된 토탄은 그 분포지가 매우 적고, 층후가 얇은 것이 일반적이다.

우리나라의 토탄지 분포가 이와 같기 때문에 토탄으로부터 얻은 화분분석연구의 성과도 적고 그것도 대부분 시기적으로 완신세에 해당하는 것이다. 플라이스토세에 해당하는 화분분석연구는 Yasuda et al. (1980)와 Chang et al. (1982)의 속초 영랑호의 호저퇴적물로 연구된 17,000y.BP 이후의 것과 曹外(1987)가 가조분지 저위 단구상에 32,000-30,000y.BP 경 형성된 토탄층을 대상으로 행한 화분분석연구가 있을 뿐이다.

그러나 영양주변 반변천의 절단감입곡류 구유로 상에 두께 약 7m의 토탄층이 확인되었고, ^{14}C 연대측정자료를 기초로 추정된 형성연대가 60,000y.BP-현재까지(일부 결층이 있긴 하지만)로 나타났다. 본 연구는 이 토탄을 시료로 화분분석을 행하여, Würm빙기에서 현세에 이르는 기간동안 식생변천과 또 이를 기초로 한 기후변화를 추정해 보았다.

2. 연구지역 개관

본 연구 대상 토탄지는 경상북도 영양군 영양읍 삼지리 (북위 $36^{\circ}40'13''$, 동경 $129^{\circ}8'3''$)에 위치한다. 영양은 경북 북부내륙에 위치하는 내륙분지로 동쪽에는 500~1,000m의 높은 산지로 막혀 있고, 서쪽과 남쪽은 500~600m의 구릉성 산지에 둘러 싸여 있다(그림 1). 영양분지를 가

로 질러 흐르는 반변천(유역면적, 1,948km², 주류길이 120km)은 삼지리 부근에서 지류 하원천과 사이의 분수계를 절단하여 본류의 물이 지류 하원천 유로를 따라 흐르게 되어 삼지리에서 영양 남쪽까지 약 6km의 원래 유로는 구유로로 남게 되었다. 이 구유로는 절단된 뒤 신유로 쪽의 하상저하로 인하여 단구화되어 현재 상류쪽은 현하상과 18m, 하류쪽은 7m의 비고를 보이고 있다. 토탄지는 상류쪽 절단부에서 약 1km 거리에 있는 구유로상이며, 이곳의 표고는 240m 정도 이다.

이 지역에 토탄지가 형성된 것은 구유로 북쪽 산지에서 구유로 쪽으로 흘러 나오는 소하천들에 의해 토탄지 윗쪽(원당 부근)과 아랫쪽(연지 부근)에 선상지성 퇴적이 이루어지면서 그 사이에 와지를 만들고 습지를 이루게 한 것이 원인인 것으로 판단된다.

오늘날 구 하도상에는 벼농사가 이루어지고 있고, 피대지, 연지, 원당지의 저수지는 관개의 목적으로 이용되고 있다. 이들 삼지호 부근에 습지가 발달해 있다.

3. 퇴적상

삼지리 토탄지의 boring은 약 400m 거리를 두고 두 지점에서 실시되었는데, 상류쪽의 것을 영양1(Y Y1), 하류쪽의 것을 영양2(Y Y2)로 부르기로 한다. 보링은 밀폐식 hand auger로 이루어 졌다(그림 2참조).

Y Y1은 표면의 해발고도가 240.2m인데 표면에서 8.0m 깊이까지 보링이 이루어 졌다. -7.5m¹⁾ 부근에서 부터 그 아랫쪽은 역을 포함하는 sand 층이 퇴적되어 있고, -7.5~-3m 사이는 흑갈색의 토탄층이 계속된다. 이 토탄층은 섬유질이 거의 없을 정도로 분해되었으며 compact한 상태이다. -3m에서 표면까지는 암갈색(7.5YR 3/4) 내지 청회색(10BG 6/1)을 띠는 silty clay층으로 이루어져 있다.

Y Y2는 표면의 해발고도가 239.5m 인데 boring은 표면에서 7.5m 깊이까지 이루어 졌다. -7m 아랫쪽은 유기질이 전연 포함되지 않는 sand층이 퇴적되어 있으며, 그 위에 -7~-4m

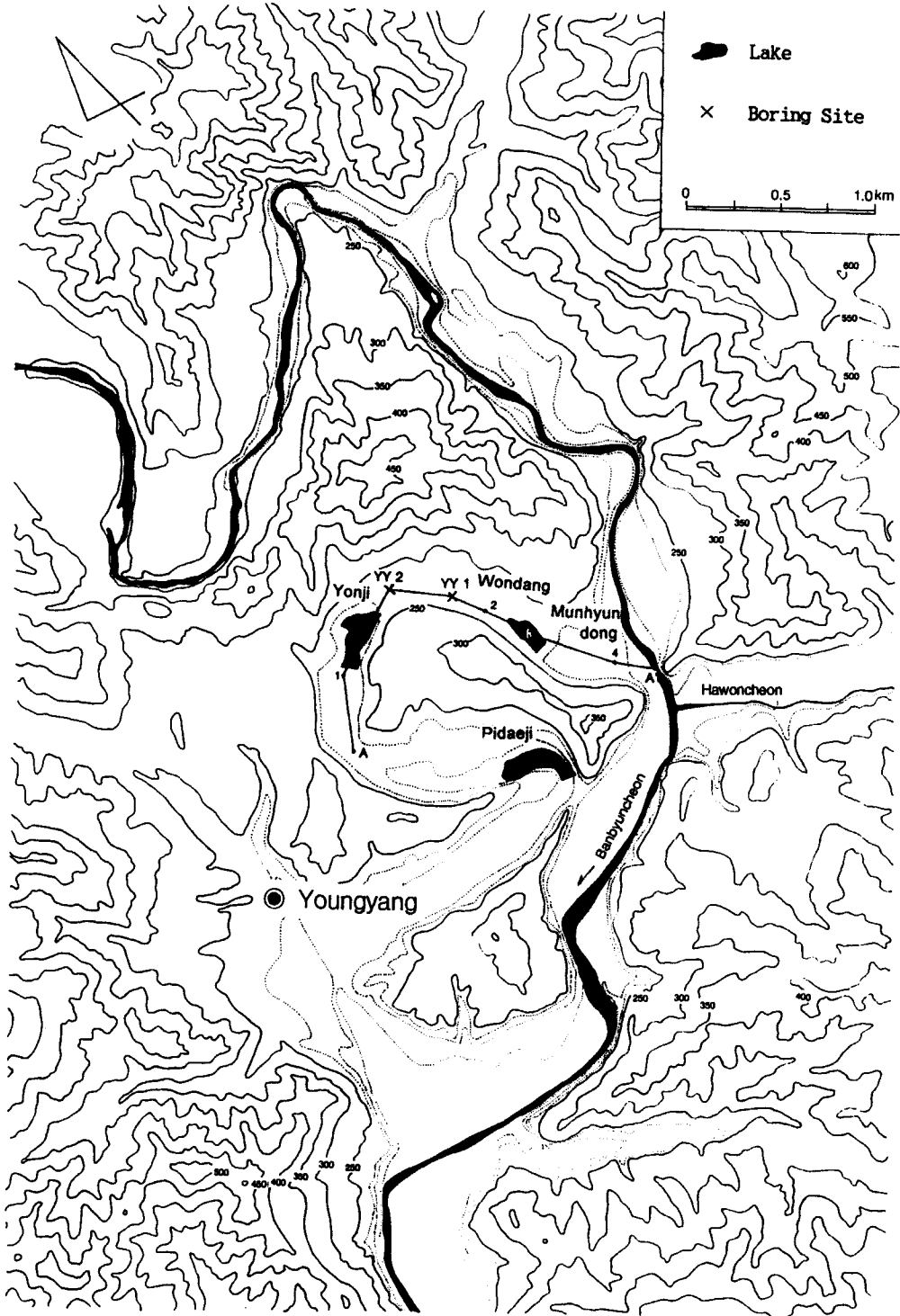


그림 1. 연구지역

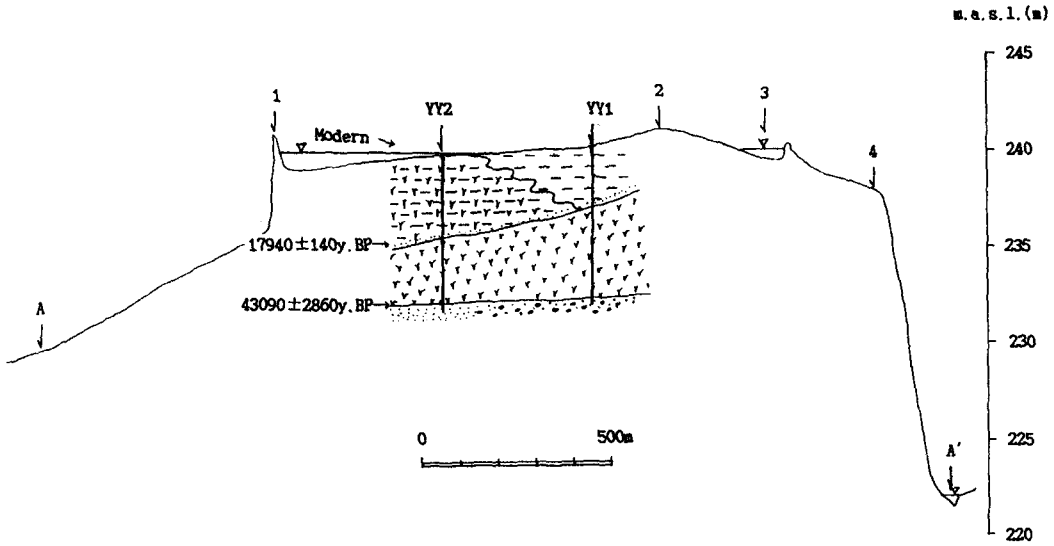


그림 2. 반변천 구하도면(A~A' 간)의 종단면도

까지는 분해되어 섬유질이 거의 없고 compact한 토탄층으로 되어 있다. -4.0~-3.8m 사이는 유기질과 silt질을 약간 포함한 sand층이 퇴적되어 있고, 그 윗쪽은 섬유질이 많은 미분해된 토탄이나 유기질 silt층이 -0.3m까지 계속된다. 두께 0.3m의 표층은 역을 포함한 유기질 silt로 되어 있다. YY2의 -4.0~-3.8m에 퇴적된 sand층을 경계로 그 윗쪽과 아랫쪽 토탄은 분해 및 compaction 정도가 매우 다르며, 후술할 화분분석결과에서도 이 층을 경계로 위, 아래의 화분조성이 현저하게 변하고 있으므로, 이들은 부정합의 관계에 있는 것으로 판단된다. 따라서 이 부정합면 윗쪽의 토탄을 상부토탄, 아랫쪽의 것을 하부토탄이라 부르기로 한다. YY1의 토탄(-7.5~-3m)은 모두 하부토탄에 해당한다.

YY2 boring주상도의 하부(-6.8m), 중부(-4.3m), 상부(-0.5m)에 퇴적된 토탄을 일본 동북대학 14C 연대측정실에서 측정한 결과, 각각 43,090±2,860y.BP(Th-1710), 17,940±140y.BP(TH-1711), modern(TH-1712)의 연대값을 얻을 수가 있었다.

4. 화분분석

화분분석을 위한 präparat는 KOH, Acetolysis, ZnCl₂ 처리과정을 거쳐 만들어 졌다. YY1에서는 하부토탄층만을, YY2에서는 상, 하부 토탄층이 분석시료로 이용되었다. 검경은 하부토탄층의 목본화분수가 상부토탄층에 비해 월등히 적어 목본화분(AP) 150개 내외가 될 때까지 하였고, 상부토탄층은 목본화분 비율이 크게 높아 목본화분(AP) 200개 이상을 검경하였으며 이를 기준으로 초본화분(NAP), Spore의 비율이 정해졌다. 화분 다이어그램은 Fægri & Iversen(1989)에 따라 Cumulative Diagram과 Composite Diagram(그림 3, 6 참조) 그리고 Resolved Diagram(그림 4, 5, 7, 8 참조)을 작성하였다. Cumulative Diagram은 총화분량에 대한 AP, NAP, Spore의 비율관계 규명에 유효하고, Composite Diagram은 개개 화분곡선의 기준점을 동일하게 둠으로서 식생의 상호 우점관계 규명에, Resolved Diagram은 개개 화분곡선의 변화과정을 살피는데 유용하다.

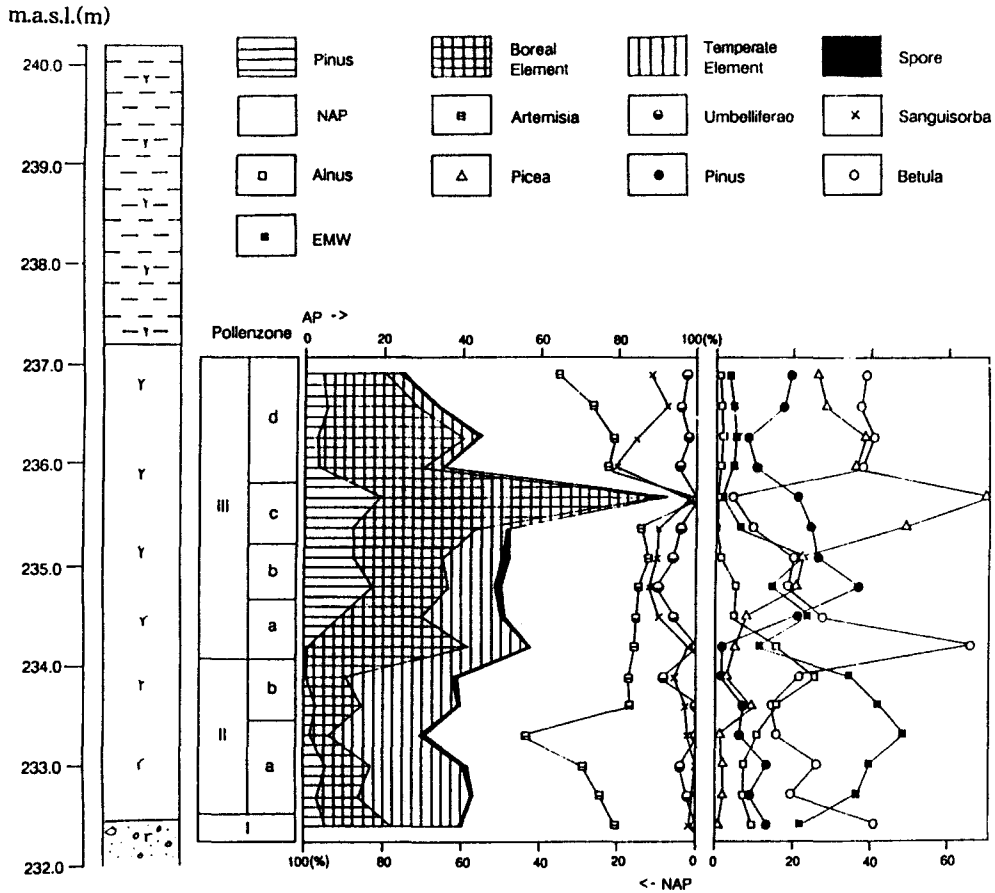


그림 3. Cumulative & Composite Diagram of Profile YY1

1) boring지점 영양1(YY1)

이 boring 주상도 윗부분(해발고도 237.20m와 240.20m 사이)에는 매우 소량의 화분이 발견되어 화분 다이어그램에서 생략되었다. 따라서, 검경은 아랫부분(232.20~236.90m)의 16층준에 대해 이루어 졌다. 화분조성에 따라 3개의 화분대 및 아분대 즉, 화분대 YY1-I, 화분대 YY1-II (화분아분대 IIa, IIb)와 화분대 YY1-III (화분아분대 IIIa, IIIb, IIIc, IIId)로 구분되었다(그림 3, 4, 5 참조).

(1) 화분대 YY1-I(232.25~232.55m): Betula우점시기

Betula가 40.5%로 우점하고 Pinus도 12.8%를 차지하여, AP 중 한냉기후 지표수목

의 비율이 상당히 높다. Quercus, Ulmus/Zelkova와 Fraxinus/Oleaceae를 포함하는 EMW²⁾는 총 27.6%이며, 그중 Quercus가 13.6%로 상대적으로 높게 출현하는 편이다. 온난습윤 지표수목인 Alnus가 9.1%이며, 온난건조 지표수목으로 볼 수 있는 Castanea가 4.1%로 비교적 낮게 출현한다.

NAP에서는 Artemisia가 가장 높은 비율을 점하여 52.9%. Gramineae 및 Cyperaceae가 각각 20 내지 25%, Chenopodiaceae 그리고 Bistorta vulgaris 및 Solanum 등이 각각 2~3%씩 출현한다.

(2) 화분대 YY1-II(232.55~234.05m): EMW우점시기. Alnus절정기

전 시기를 통해 EMW(Quercus 25%, Ulmus 10%, Fraxinus/Oleaceae 2~5%정

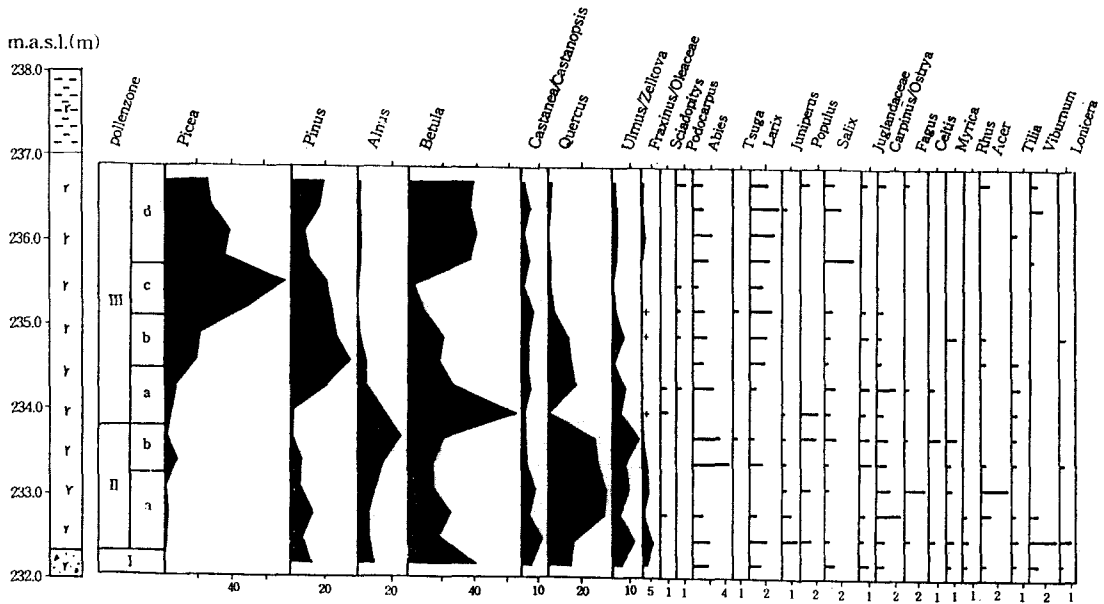


그림 4. Resolved Diagram of Profile YY1(AP)

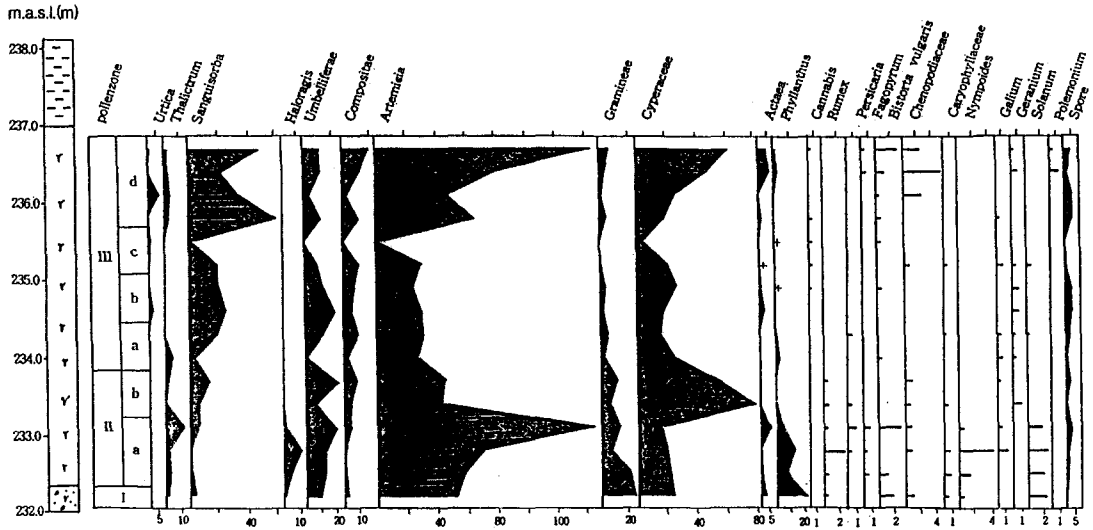


그림 5. Resolved Diagram of Profile YY1(NAP)

도)가 약 40%로 크게 우점하고, *Alnus*가 증가하여 peak를 이룬다. 그밖에 *Carpinus/Ostrya*, *Castanea*, *Populus*, *Juglans*, *Fagus*, *Celtis*, *Corylus*, *Acer* 그리고 *Tilia* 등의 낙엽활엽수림의 비율이 다른 시기에 비해

상대적으로 높다. 반면 *Betula*의 비율은 약 20%로 크게 감소했고, *Picea*와 *Pinus*도 이 시기에 최소치를 나타낸다.

NAP의 비율은 화분대 I, II를 통하여 총 화분량의 60-70%로 비교적 높다. 그 중

Artemisia, *Cyperaceae* 그리고 *Umbelliferae*가 상당량을 차지하며, 특히 *Gramineae*와 *Phyllanthus*는 상대적으로 다른 시기에 비해 그 비율이 높다.

이 화분분대는 화분조성에 따라 2개의 아분대 IIa와 IIb로 나누어진다.

① 화분아분대 IIa(232.55~233.45m): EMW증가, *Artemisia*절정기

EMW는 크게 증가하여 233.3m에서 41.1%를 차지하여 peak에 도달한다. 그 중 *Quercus*가 35%로 대부분을 점하고 *Ulmus/Zelkova*와 *Fraxinus/Oleaceae*도 이 시기에 최대치에 도달한다. *Picea*는 1~2%에 불과하다.

NAP로는 *Artemisia*가 급증하여 150%로 peak를 이룬다. 또한 *Haloragis*는 5~10%로 이 시기에만 출현한다. 그 밖에 *Rumex*, *Bistorta vulgaris*, *Nymphoides* 그리고 *Solanum*의 출현율도 1~2%로 비교적 높다. *Cyperaceae*는 20% 내외에 불과하다.

② 화분아분대 IIb(233.45~234.05m): *Alnus*절정기, *Cyperaceae*절정기, EMW감소 시기

여전히 EMW가 35~40%로 우점하고 있으나 감소경향을 나타내고, *Alnus*는 계속 증가하여 233.9m에서 25.5%로 절정기에 도달한다. *Betula*는 다시 20%를 넘으며 증가 경향을 나타낸다. *Pinus*는 계속 감소하여 이 시기 말경에 2%이하로 최소치에 이른다

NAP중 *Artemisia*는 급감하여 40%에 불과하며 그 대신 *Cyperaceae*가 급증하여 80%가 넘게 출현하여 peak를 이룬다. *Phyllanthus*, *Haloragis* 그리고 *Solanum*은 거의 나타나지 않는다.

(3) 화분대 YY1-III(234.05~237.05m): *Betula* → *Pinus* → *Picea* → *Betula*절정기

한냉기후 수목인 *Betula*, *Pinus*와 *Picea*가 교대로 peak에 오르면서 우점하는 시기이다. 반면 낙엽활엽수림의 EMW, *Alnus* 및 *Carpinus/Ostrya*는 크게 축소되었다.

이전 시기에 비해 초본류는 총 화분량의 50%를 점하여 크게 감소했다. 그 중 *Gramineae*는

5%에 불과하고 *Thalictrum*과 *Haloragis*의 폐쇄곡선도 중단되었다. *Artemisia*와 *Cyperaceae*도 약 20% 가량 출현한다.

이 화분분대는 *Betula*, *Pinus*와 *Picea*의 우점시기에 따라 IIIa, IIIb, IIIc, IIId 네개의 아분대로 구분된다.

① 화분아분대 IIIa(234.05~234.65m): *Betula*절정기

*Betula*가 234.2m에서 65.2%까지 급격히 증가하여 peak를 이루는 대신 상대적으로 *Quercus*는 크게 축소되어 0.4%를 나타낸다. 이후 *Quercus*는 다시 증가하였으나, 화분분대 II시기에 비해 크게 축소되어 20~23%에 그친다. *Ulmus/Zelkova*도 계속 감소하여 5~7%에 불과하며 *Fraxinus/Oleaceae*의 폐쇄곡선은 중단된다. *Alnus*는 급격히 감소하여 234.5m 층준에서 4.6%까지 이르는 반면, *Picea*는 비로소 증가하기 시작하여 4.5%까지 도달한다.

② 화분아분대 IIIb(234.65~235.25m): *Pinus*절정기

234.8m에서 *Pinus*는 급속히 증가하여 35.9%로 peak에 도달한다. *Picea*도 계속 증가하여 235.1m에서는 20.6%까지 도달한다. 이때 *Alnus*는 계속 감소하여 1.2%에 이르고 EMW도 다소 감소하여 20%정도 점한다. *Larix*도 2% 정도까지 증가했다.

초본류의 경우 *Pinus*의 절정기에 *Sanguisorba*와 *Umbelliferae*는 20~25%로서 작은 peak를 이루고, *Cyperaceae*도 235.1m에서 26.7%를 차지하여 미약하나마 증가경향이 나타난다.

③ 화분아분대 IIIc(235.25~235.85m): *Picea* 절정기

235.7m 층준에서 *Picea*가 70.7%로 peak를 이룬다. *Pinus*는 감소하여 약 20%, *Betula*도 계속 감소하여 3.6%까지 축소된다. EMW는 이 시기에 이르러 본격적으로 축소되었다. *Quercus*는 11%, *Ulmus*도 0.2%에 불과하다. 이때 초본류도 크게 축소되어 총 화분량의 10%에도 미치지 못했다. *Sanguisorba*도 2.3%로 감소했고, *Umbelliferae*와 *Compositae*는 전

혀 나타나지 않으며, *Artemisia*, Gramineae, Cyperaceae도 미량 출현할 뿐이다. Spore의 비율도 1%이하로 극히 낮아진다.

④ 화분아분대 IIId(235.85~237.05m): *Betula*확장기, NAP확장기

*Betula*가 다시 세력을 회복하여 전시기에 걸쳐 약 40%로 크게 우점한다. *Picea*는 계속 감소하여 236.9m에서 26%에 이른다. *Picea*의 절정기 이후 크게 감소했던 *Pinus*는 *Picea*가 계속 감소하는 동안 다시 증가하기 시작하여 약 20%까지 도달한다. *Abies*는 1~2%, *Larix*는 3~4%수준을 유지한다. EMW의 출현율은 여전히 낮아 최대치가 5%에도 미치지 못한다. *Castanea*의 비율도 2~5%로 비교적 감소했다.

대부분의 초본류는 이 시기에 크게 증가하여 마지막 층준인 236.9m에서 peak에 도달한다. 즉, *Artemisia*, Cyperaceae와 Compositae는 급격히 증가하여 이 층준에서 각각 146.8%, 63.2% 그리고 18.2%까지 도달한다. 그 밖에 *Urtica*, *Thalictrum*, Actaceae, *Phyllanthus*, Chenopodiaceae, *Fagopyrum*, *Bistorta vulgaris*와 *Plantago* 등도 증가하였다.

2) boring지점 영양2 (YY2)

화분 분석은 232.7~239.5m 사이의 24층준에서 실시되었다. 화분조성 및 영양1에서 이루어진 분석결과와 대비하여 화분대 YY2-III(IIIa, IIIb, IIIc, IIId), IV(IVa, IVb)와 YY2-V(Va, Vb, Vc)로 구분하였다(그림 6~8 참조).

(1) 화분대 YY2-III(232.60~235.75m): *Betula* → *Pinus* → *Betula* → *Picea*우점시기

전 시기를 통하여 NAP가 70-80%를 차지한다. 그 중 *Sanguisorba*가 약 60% 그리고 *Artemisia*가 100% 이상의 높은 비율로 꾸준하게 나타난다. 또한 비록 변화는 심하지만 Umbelliferae가 20-100%, Gramineae가 10-80·90%로 상당히 높은 비율을 차지한다. 그밖에 Compositae가 10-20%, Cyperaceae가 10-30%, *Bistorta vulgaris*, Chenopodiaceae, *Thalictrum*, *Phyllanthus*, Actaceae 등이 각

각 5% 정도 출현한다. *Urtica*, *Galium*, *Lysichiton*, *Geranium*, *Solanum*, *Xanthium* 그리고 *Polemonium* 등이 소량이지만 이 시기에 나타난다.

목본류 중에서 EMW를 포함하는 낙엽활엽수림의 비율은 매우 낮다. 한냉기후지표인 *Picea*, *Betula* 그리고 *Pinus*가 AP의 대부분을 차지하는데, 이들의 우점시기에 따라 이 화분분대는 4개의 아분대 즉, IIIa, IIIb, IIIc, 그리고 IIId로 나누어진다.

① 화분아분대 IIIa(232.60-233.35m): *Betula*우점시기

*Betula*가 232.9m에서 45.9%로 peak를 이루며 우점한다. 이 시기에 *Alnus*도 약 20~30%로 그 비율이 높다.

NAP중 *Artemisia*가 233.2m에서 268.3%로 peak를 이루고, Umbelliferae는 232.9m에서 100%로 peak를 이룬다. Compositae도 이 화분 아분대에서 약 20%로 최대치를 나타낸다.

② 화분 아분대 IIIb(233.35-233.95m): *Pinus*우점기

이 시기에 *Pinus*의 화분량이 급증하여 233.5m에서는 43.9%로 peak를 이룬다. *Picea*는 계속 증가하여 이 아분대 마지막 층준에서 14.6%까지 도달한다. *Pinus*가 급증한 대신 *Betula*가 30%로 축소된다. *Abies*가 1-2%로 출현한다. 그 밖에 *Alnus*, *Corylus* 그리고 *Castanea* 등은 감소되고 EMW는 별 변화가 없다. 이 시기에 NAP도 다소 축소된다. *Artemisia*가 급격히 감소되어 50%에도 미치지 못한다. Umbelliferae는 20% 이하로 감소되고, Compositae는 약 5%, Gramineae와 Cyperaceae도 감소하여 1%에도 미치지 못한다. *Phyllanthus*, *Persicaria*, *Bistorta vulgaris* 그리고 Caryophyllaceae 등은 이 시기에 현저히 감소한다. 그러나 *Sanguisorba*는 오히려 80%까지 증가하였다.

③ 화분 아분대 IIIc(233.95-235.45m): *Betula*우점시기, *Picea*와의 경쟁시기

*Pinus*가 다시 급격히 감소하여 5-6%를 접한다. 그 대신 *Betula*는 다시 증가하여 약 50% 정도에 이르며 우점한다. *Alnus*는 계속 감소하

여 1%에도 미치지 못한다. EMW도 미약하나마 감소한다. 반면 *Picea*는 급격히 증가하여 약 40%까지 도달하며, *Betula*와 면상대칭관계²⁾를 이루며 선두다툼을 벌인다.

NAP는 다시 우세해져서 *Betula*가 우점하던 화분아분대 IIIa시기와 유사한 패턴을 나타낸다. 234.1m층준에서 Gramineae가 120%로 peak에 도달하며 이 시기에 크게 확대된다. *Polemonium*이 2-3%까지 비교적 크게 증가한다.

④ 화분 아분대 IIIId(235.45-235.75): *Picea* 우점기

*Picea*가 계속 증가하여 235.6m에서 44.8%로 peak를 이루면서 *Betula*에 우점한다. 이때 *Betula*는 상대적으로 감소하여 35%에 이른다. 기타 목본류는 별 변화가 없다. NAP는 크게 축소된다. 즉, *Sanguisorba*는 11.2%, Umbelliferae는 18.2%, *Artemisia*는 12.6% 그리고 Compositae는 2.0%까지 감소한다. 반

면 Cyperaceae는 증가하여 50%로 peak를 이룬다. *Spore*는 이 시기에 거의 나타나지 않는다.

(2) 화분대 YY2-IV(235.75-236.35m): EMW시기

*Tilia*와 *Quercus*를 중심으로 *Ulmus/Zelkova* 그리고 *Fraxinus/Oleaceae*의 비율이 비교적 높아 EMW우점시기가 된다. 그중 *Tilia*와 *Quercus*가 화분대 구분에 영향을 미치며, 이들의 화분조성 변화에 따라 이 화분대는 2개의 아분대 IVa와 IVb로 나누어진다.

① 화분 아분대 IVa(235.75-236.05m): *Tilia*시기, Holocene로의 전환기

*Tilia*가 급격히 증가하여 55.5%로 peak를 이루고, *Quercus*도 다시 증가하기 시작하여 18.5%에 이른다. *Picea*와 *Betula*는 급격히 감소하여 각각 3.7% 정도 출현한다. 초본류는 현저히 감소하여 Gramineae, Cyperaceae와 *Phyllanthus* 등의 폐쇄곡선은 중단된다. 그러

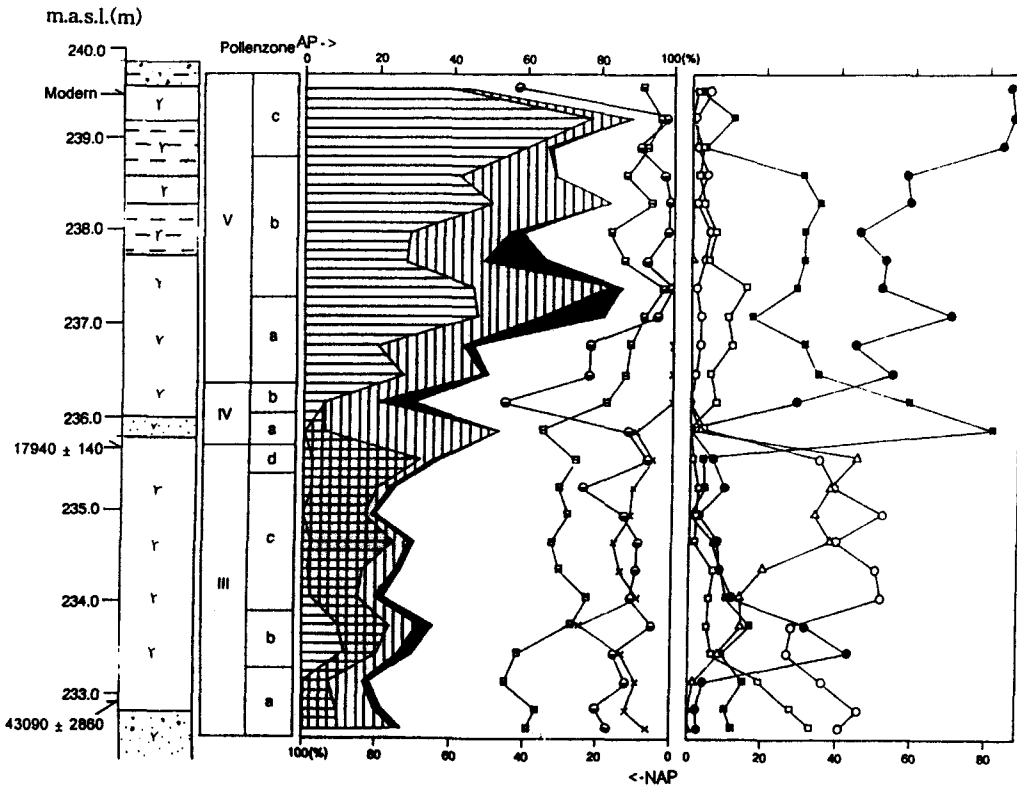


그림 6. Cumulative & Composite Diagram of Profile YY2

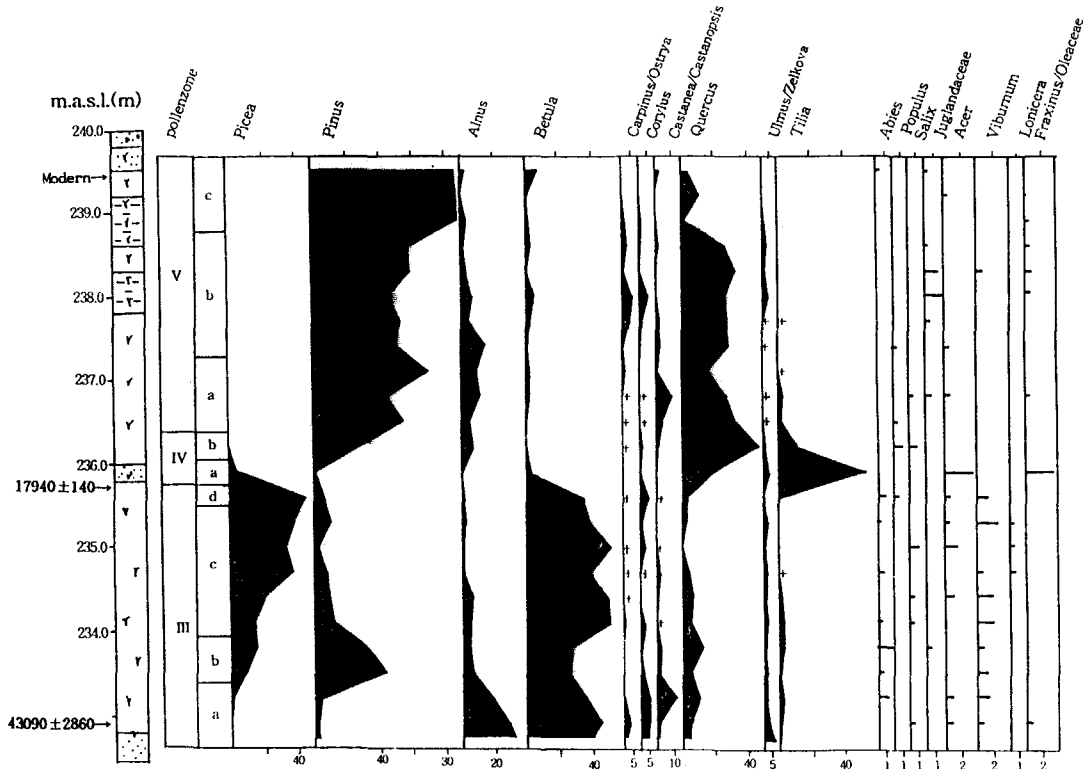


그림 7. Resolved Diagram of Profile YY2(AP)

나 *Sanguisorba*, Umbelliferae, Compositae 그리고 *Artemisia* 등은 여전히 화분아분대 IIId 와 비슷한 비율로 출현하고 있다.

② 화분아분대 IVb(236.05-236.35m) : *Quercus*우점시기

*Quercus*는 급격히 증가하여 236.2m에서 46.3%로 peak를 이룬다. *Tilia*의 비율은 크게 감소하여 11.2%를 나타낸다. 반면 *Pinus*는 크게 증가하여 15.4%에 도달한다. *Alnus*도 다시 증가하기 시작하여 6.9%를 나타낸다.

NAP비율은 여전히 높아 총화분량의 80%를 차지한다. 그중 Umbelliferae가 221.7%로서 peak를 이룬다. *Artemisia*도 88.8%로서 여전히 높은 비율을 차지한다. *Persicaria*가 15%로 peak를 이루고 Caryophyllaceae와 *Thalictrum*이 각각 8%와 12%로 크게 증가했다. *Typha*도 6.9%로 크게 증가했다. 그러나 화분대 III에서 중심초본이었던 *Sanguisorba*, Compositae, Gramineae 그리고 Cyperaceae

는 크게 축소되어 거의 나타나지 않았다.

(3) 화분대 YY2-V(236.35-239.80m) : *Pinus*우점시기, 삼림시대

총 화분량에서 목본류가 차지하는 비율이 60-80%로 크게 증가하고, 절대 화분량도 화분대 I, II, III시기에 비해 2배 이상 증가했다.

목본화분량 중 *Pinus*가 전 시기에 걸쳐 크게 우점한다. 또한 이 시기의 중심수종인 *Quercus*와 면상대칭관계에 있다. 따라서 이 두 수종간의 증감변화에 따라 아분대를 구분하였다. 이 화분대는 Va, Vb 그리고 Vc 등 3개의 아분대로 나누어진다.

① 화분 아분대 Va (236.35-237.55m) : *Pinus*확장기, *Alnus*증가시기

*Pinus*가 급격히 증가하여 237.10m에서 69.9%로 peak에 달한다. 이 때 *Alnus*도 약 15%로 꾸준히 증가한다. 반면 EMW는 급격히 감소하여, *Quercus*는 15.4%, *Tilia*는 0.5%

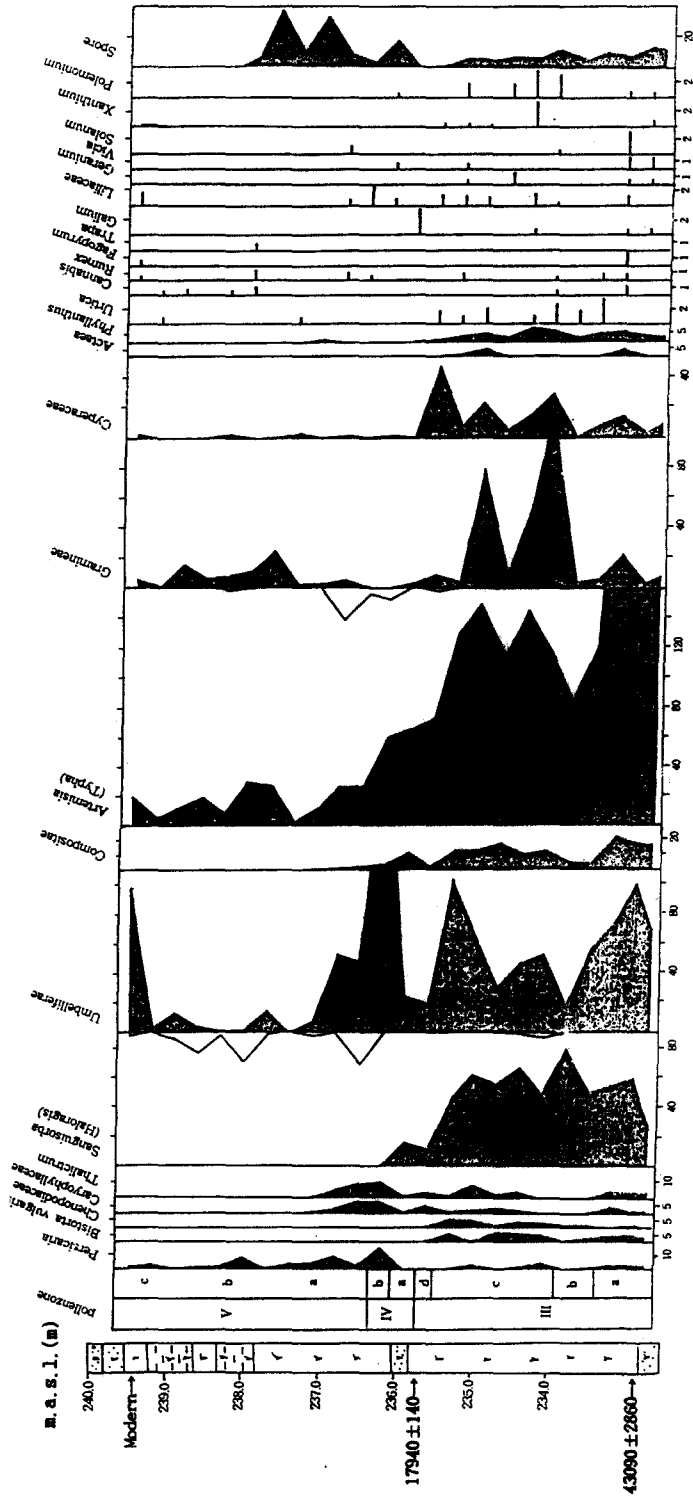


그림 8. Resolved Diagram of Profile YY2(NAP)

에 불과하며, *Ulmus/Zelkova*는 거의 나타나지 않는다.

전체적으로 NAP의 비율도 크게 줄어 237.10m에서는 총 화분량의 20%에도 미치지 못한다. *Caryophyllaceae*와 *Thalictrum*이 각각 5-10%정도 차지하다가 이 아분대 말기에는 사라진다. 30-50% 정도로 이시기 초본류의 상당비율을 차지하던 *Umbelliferae*와 *Artemisia*도 이시기 말경에 크게 축소된다. 이 시기동안 크게 증가하던 *Typha*는 236.80m층준에서 21.4%로 peak를 이루나 237.10m에서 폐쇄곡선이 중단된다. 반면, 대부분이 *Polypodiaceae*인 Spore의 비율은 크게 증가하여, 이 층준에서 26.1%로 peak를 이룬다.

② 화분 아분대 Vb(237.55-238.75m): *Quercus* 및 다양한 수종의 낙엽 활엽수림의 증가시기.

*Pinus*는 축소경향을 보이거나 여전히 50%를 넘어 우점종이다. 이에 반해 *Alnus*는 5%이하로 감소경향을 나타낸다. *Quercus*는 약 30%로 비교적 안정된 출현율을 보인다. *Ulmus/Zelkova*도 증가하여 2-3%정도 출현한다. *Carpinus/Ostrya*와 *Corylus*도 4-5%까지 증가하고, *Juglans*도 폐쇄곡선을 이루며 2%가량 출현한다.

NAP의 비율은 화분 총량의 10-40%사이에서 변화하며 이전 시기에 비해 크게 감소했다. 비교적 골목이 심한 편이다. 중심되는 초본류는 *Persicaria*, *Haloragis*, *Umbelliferae*, *Artemisia* 그리고 *Gramineae* 등이다. *Gramineae*는 이 시기부터 10-20%로 크게 증가한다. 기타 초본류들은 그 비율은 그리 높지 않다. 초기에 Spore는 237.7m에서 31.1%로 peak를 이루며 크게 증가하나 이후 소멸된다.

③ 화분 아분대 Vc(238.75-239.50m): *Pinus*확장기

*Pinus*는 다시 크게 증가하여 AP 중 85% 이상을 차지한다. *Quercus*는 현저하게 감소하여 2-10%에 불과하다. 239.50m에서 *Umbelliferae*가 100%까지 급증하고, *Artemisia*가 20%까지 증가한다. 이들을 제외한 다른 목본류와 초본류들은 그 비율이 매우 낮

다. 이 층준에서 *Quercus*는 2.9%로 감소하고, *Betula*는 5%, *Castanea*는 2.5%까지 증가한다.

5. 고찰

1) 대비 및 편년

YY1, YY2 두 지점은 비교적 인접해 있음에도 불구하고, 퇴적상에 있어서 큰 차이가 있고 토탄의 화분조성에 있어서도 일견 상당한 차이를 나타내었다. 그러나 'Composite Diagram'에서 나타나는 AP의 우점시기를 대비함으로써 두 지점간의 상호관계를 규명할 수 있었다.

결과적으로 연구지역은 5개의 화분대, 즉 화분대 I~화분대 V로 구분된다. YY1과 YY2의 두 지점에서는 공통적으로 화분대 III이 존재했으나, 화분대 I, II는 YY1에서만, 그리고 화분대 IV와 V는 YY2에서만 나타났다. 이들 각 화분대 및 아분대는 주로 목본화분의 우점시기로 구분되었고, 이들 우점수목들의 기후 및 기타 환경에 대한 생태적 특징에 따라 화분대가 구분되었다. 즉, 화분대 I은 한냉기후지표인 *Betula* 우점시기, 화분대 II는 *Quercus*를 주로 하는 온난기후지표인 EMW 우점시기, 화분대 III은 *Betula*, *Pinus*, *Picea* 등 한냉수목으로 구성되는 Boreal Element가 차례로 우점하는 시기, 화분대 IV는 다시 온난기후지표인 *Tilia*, *Quercus* 등 EMW 우점시기, 그리고 화분대 V는 침엽수인 *Pinus*의 우점시기이다. 이 5개 화분대는 다시 I, IIa, IIb, IIIa, IIIb, IIIc, IIId, IVa, IVb, Va, Vb와 Vc 등 12개의 아분대로 세분된다

화분대 I, II, III은 compact하고, 섬유질이 심하게 분해된 하부토탄층에서 나타났고, 화분대 IVb와 V는 상부의 신선한 토탄층에 대비되었다. 퇴적상에서 부정합층으로 나타난, 하부토탄층과 상부토탄층간의 경계부 sand층은 화분아분대 IVa에 대비되며 *Tilia*우점시기로서 화분조성상에서도 점이기의 특성을 보인다.

또한 화분대 I, II, III은 NAP(Non-Arboreal Pollen) 시기로서 초본류의 비율이

매우 높고, 화분대 IVb와 V는 *Pinus*와 *Quercus* 등의 목본류가 월등하게 높은 비율을 차지함으로써 AP(Arboreal Pollen) 시기에 해당된다. 아분대 IVa는 NAP시기에서 AP시기는 이행해 가는 점이거이다.

화분대 I, II, III에서는 한냉기후의 지표로 언급되는 *Betula*, *Picea* 및 *Pinus*(다수의 *P. pumila*, *P. koraiensis* 등으로 간주되는 Haploxyton 포함)가 지속적으로 높은 비율을 차지하여 한냉했던 기후시기에 대비되고, 화분대 IV, V는 *Pinus*(*P. densiflora* 또는 *P. thunbergii* 등의 대다수의 Diploxyton 포함) 및 EMW가 우세하게 출현하여 온난했던 기후시기를 나타낸다.

화분 절대량에 있어서도 하부화분대 I, II, III의 화분총량은 상부화분대 IVb, V에 비해 상대적으로 적다. 그 경계층인 아분대 IVa의 경우, 출현하는 화분 절대량은 상, 하부토탄층에 비해 극히 적어서 역시 과도기적인 특성을 보였다.

하부 화분대의 식생은 AP 중 가장 높은 비율을 나타내는 *Betula*가 *Alnus*와 함께 구 하도상의 저습한 지대에 사는 목본류였고, *Pinus* 및 *Picea* 등 침엽수가 비교적 척박한 한냉기의 토양에서 주로 성장했던 것으로 보여진다. 따라서 화분절대량이 낮고, 초본류의 비율이 목본류에 비해 매우 높은 하부화분대 형성시에는 상부화분대 형성기와 같은 삼림경관은 존재하지 않았고, Tundra지역과 같은 疎林의 초지경관이 나타났을 것으로 간주된다.

탄소 연대측정 결과 YY2의 하부토탄층의 최하부, 즉 화분대 IIIa 초기의 시기는 43,000 2,100~2,860y.BP(TH-1,710)를 나타내고 하부토탄층의 최상부, 즉 화분대 IIId 말기는 17,940±140y.BP(TH-1711)시기를, 그리고 상부토탄의 최상부층에 해당하는 화분대 Va시기는 modern으로 측정되었다.

이상과 같은 사실에서 볼 때, 화분대 I, II 그리고 III은 플라이스토세의 마지막 빙기인 Würm빙기에 해당하고, 화분대 IV와 V는 홀로세에 대비되었다.

또한, 하부토탄층에 해당하는 화분대 I, II, III 및 이들 아분대 형성시기가 토탄층의 퇴적속

도로 측정되었으며, 상부토탄층의 화분대 IV, V 및 아분대는 화분조성으로 그 형성시기가 유추되었다. 이들 편년과 대비는 다음 章에서 후술하고자 한다.

2) 식생 및 기후환경 변천

하부 화분대의 NAP는 주로 *Artemisia*, *Sanguisorba*, Umbelliferae, Gramineae와 Cyperaceae로 구성된다. 이러한 초본류는 당시 한냉한 기후시기에 삼림이 빈약한 가운데 번성했으며, 따라서 이 지역은 일사량이 충분했던 것으로 볼 수 있다. 이 시기 NAP 총량은 대략 AP의 150-200%에 달했다. 그 밖의 NAP로서 *Geranium*, *Phyllanthus*, *Solanum* 그리고 *Polemonium*은 비록 그 비율이 낮지만, 이 시기에 주로 출현하여 한냉기후 지표로서의 의미를 갖는다고 볼 수 있다.

이러한 초본류들은 그 비율에 있어서 YY1과 YY2간에 다소 차이가 있다. YY1에서 NAP가 차지하는 비율은 총 화분량의 50-60%이고, YY2에서는 70-80%로서 YY2에서 NAP의 비율은 더욱 높다. 이와 같은 차이는 YY2지점에서 *Artemisia*가 YY1에 비해 대량으로 출현하는데, 그 원인은 두 지점 간의 미세한 환경차에서 기인된 것으로 보여진다. 즉 보령지점 YY1은 동서로 뻗어있는 환류 구릉의 북 사면에 인접한 구 하도면 상에 위치하는데 반해 YY2는 배후산지의 남 사면에 위치함으로써 보다 많은 수광량으로 인해 양지 식물인 *Artemisia*가 번성할 수 있었을 것이다(그림 1 참조).

화분대 I의 *Betula* 우점시기는 YY1의 최하부 모래층 위에 최초로 퇴적된 토탄층에서 나타났으나 232.4m의 한 층준에 불과하여, 속단하기 어려우나 비교적 한냉습윤했던 시기로 보여진다. 또한 EMW와 함께 *Alnus*, *Castanea/Castanopsis* 등의 비율도 다소 높은 편이다. 화분대 II로 향하는 점이기의 성격을 띤다.

화분대 II는 EMW우점시기인데 아분대 IIa에서는 *Betula*를 비롯한 한냉수목비율은 감소하였고, 반면 *Quercus*, *Ulmus/Zelkova*, *Fraxinus/Oleaceae*, *Alnus*, *Castanea/*

Castanopsis 등의 온난성 수목들의 비율이 크게 높아졌다. 비교적 온난했던 기후환경이 화분대 II 시기 동안 지속되었다. 아분대 IIa시기 동안은 *Artemisia*가 절정기에 이르는 것으로 볼 때, 기 후는 온난화로 인해 다소 건조한 경향을 보인다. 후반기의 아분대 IIb시기에서는 EMW의 비율이 낮아졌으나, 오히려 *Alnus*는 최대치에 도달하였다. 이와 같은 경향은 온난한 가운데 점차 냉량 습윤한 환경으로 전환된 것을 반영한다.

화분대 III은 연구지역에서 나타난 전 화분대 가운데 가장 한냉하고 오래 지속된 기후시기로 특징지어지며, YY1, YY2에서 공통적으로 존재했다. 아분대 IIIa는 *Betula* 우점시기, 아분대 IIIb는 *Pinus* 우점시기로서 양지점에서 잘 대비된다. 그러나 아분대 IIIc에 이르러 YY1에서는 *Picea* 우점시기로, YY2에서는 *Betula* 우점시기로 나타나며, 이어 아분대 IIId시기에는 역으로 YY 1에서는 *Betula* 우점시기, 그리고 YY2에서는 *Picea*우점시기로 나타났다. 이러한 현상은 양 지역에서 식생 천이 과정의 차이에 기인한다.

YY1과 YY2에서 화분대 III시기 동안 퇴적된 토탄층의 두께는 공통적으로 3.0m이며, YY2에서 측정된 편년자료를 근거로 할 때, 시기적으로 약 43,000~15,000y.BP 간에 걸쳐 퇴적되었으므로 토탄층의 퇴적속도는 0.107mm/y에 달한다.

中村(1975)에 의하면 일반적으로 토탄층은 퇴적속도가 0.1~2.5mm/y이며, 평균 1.0mm/y에 이른다. 이렇게 볼 때, 화분대 I, II, III시기에 퇴적된 하부 토탄층은 퇴적속도가 매우 낮다. 이것은 토탄층이 상당히 분해되었고, 오랜 기간 동안 상부로 부터의 압력 등으로 인해 매우 compact하게 된 결과로 볼 수 있다.

위와 같이 계산된 토탄 퇴적율을 하부토탄층의 각 화분대에 대비하면, 그들의 형성시기는 다음과 같다. 화분대 I은 약 60,000~57,000y.BP까지, 화분대 II는 57,000~43,000y.BP동안 그리고 화분 아분대 IIIa는 43,000~37,400y.BP간에, 아분대 IIIb는 37,400~31,800y.BP동안 형성되었다. 아분대 IIIc와 IIId는 두 지점 간에 다소 시기적으로 차이를 보인다(표 1).

YY1에서 우점 수목의 천이 과정은 아분대

IIIc의 *Picea* 우점시기에서 아분대 IIId의 *Betula* 우점시기로 다소 단순하게 이루어졌다. 그러나 이와는 달리 YY2에서는 보다 오랜 시기에 걸쳐 천이과정이 진행되었는데, 즉 아분대 IIIb의 *Pinus* 우점기 이후 아분대 IIIc 동안 우점한 *Betula*는 *Picea*와 지속적으로 심각한 경쟁관계에 있었고, 이후 아분대 IIId시기의 짧은 기간 동안 *Picea*가 최종적으로 우점하게 되었다. 토탄층의 퇴적속도에 따르면, YY1에서 아분대 IIIc는 31,800~26,200y.BP에 걸쳐 5,600년 동안, YY2에서 아분대 IIIc는 31,800~20,600y.BP의 약 11,200년 동안 계속되었다. Pollenzone은 생물층서학적 단위를 제공하므로써 "Biozone"이 되는 것이다. 따라서, 비록 두 지역이 서로 인접하여 위치한다 하더라도 천이 과정은 다르게 진행됨으로서 아분대 IIIc, IIId의 수목 우점시기가 YY1과 YY2지점에서 다소 차이를 나타냈던 것으로 본다.

YY1에서 화분대 III시기를 통하여 나타난 *Picea*와 *Quercus*의 관계를 보면, 시종 *Picea*는 퇴적층의 상부를 향하여 점차 증가하고 *Quercus*는 감소하므로써 역의 상관관계에 있다. 지금까지 남한에서 행해진 화분분석 연구결과에서 *Picea*는 홀로세퇴적물 중에서 수목류 가운데 1%이하의 낮은 비율로 존재했다. 한반도의 여러지역을 대상으로 연구한 Matusima(1941)의 화분분석 결과에 따르면, *Picea*는 북한의 평강, 용천 등지에서 5%까지 출현했지만, 그 밖의 지역은 아주 낮은 비율을 보였다. 그러나 Pleistocene 최종빙기 퇴적물에서는 비교적 높은 출현율을 나타내어 당시의 한냉한 기후환경을 나타내는 지표수목이 되고 있다. 예를 들면 가조 지역의 30,000y.BP 경에 퇴적된 하안 단구상의 토탄층(曹外, 1987)과 17,000y.BP 경에 퇴적된 영랑호저 퇴적물에서(Yasuda et al., 1980; Chang et al., 1982) 높은 비율을 나타내었다.

Straka(1975)에 따르면 *Picea*는 북극형 대륙성 수목이다. 빙기를 통하여 중부 유럽으로 이동해 온 경로에 대한 확실한 증거나 가능한 추정 은 불가, 우랄, 카르파티아산맥 기슭, 남동부 알프스 주변부 등에서 찾을 수 있다. 후빙기가 진

표 1. Profile YY1과 Profile YY2간의 화분대 대비

m. a. s. l. (m)	Profile YY1				Profile YY2				
	sedimentary facies	Pollenzone	dominant AP	y. BP	sedimentary facies	Pollenzone	dominant AP	y. BP	
240.0	plowed soil				plowed soil				
239.0	silt				fibrous silty peat	V	c	Pinus-Quercus	
238.0							b		
237.0	compact decomposed brown peat	III	d	Betula-Picea	15000(?)	IV	a	Quercus	6000(?)
236.0			c	Picea-Betula	15000		b		Tilia
235.0			b	Pinus			d		Picea-Betula
234.0			a	Betula	43000(?)		c		Betula-Picea
233.0	sand with gravel	II	Quercus			III	b	Pinus	43000
232.0							a	Betula	

행되면서 *Picea*는 중부 유럽으로 이동해 왔다. 만빙기 동안 알레뢰드 변동기(Alleröd Wärmeschwankung)를 거치는 동안 북동부 알프스에서 눈에 띄게 번성했고, 보레알기에 이르러 동남부 유럽에서 빈번하게 출현한다. 그러나 *Picea*가 겨울이 온화한 해양성 기후를 싫어하여 서브아틀란틱기의 습윤했던 시기에는 확실하게 감소되었다.

Bartlein et al.(1986)에 의하면, 각종 화분의 출현확률은 연 강수량 및 7월 기온과 밀접하게 관련된다(그림 9). 즉, *Picea*의 최적 성장을 위해서는 7월 평균기온은 12-15°C, 연 강수량

800-1,200mm이고 1,500mm를 넘지 않아야 한다. *Quercus*의 경우, 7월 평균기온 25°C, 연 강수량 1,000mm를 제시했다. Webb(1985)의 diagram에서는 *Picea*와 *Quercus*의 연 평균기온과 연 강수량간의 밀접한 관련성을 보여준다(그림 10). 즉, 연 평균 4°C가 *Picea*와 *Quercus*의 우점의 경계온도로 이보다 더 따뜻하면 *Quercus*가 우점하고, 더 냉량하면 *Picea*가 우점한다. *Picea*와 *Quercus*는 온도와 강수량에 대해 상호 반비례 관계에 있다. 이들의 관점에서 YY1 하부 화분대에 나타난 *Picea*와 *Quercus*의 증감 관계를 볼 때, 화분대 II시기가

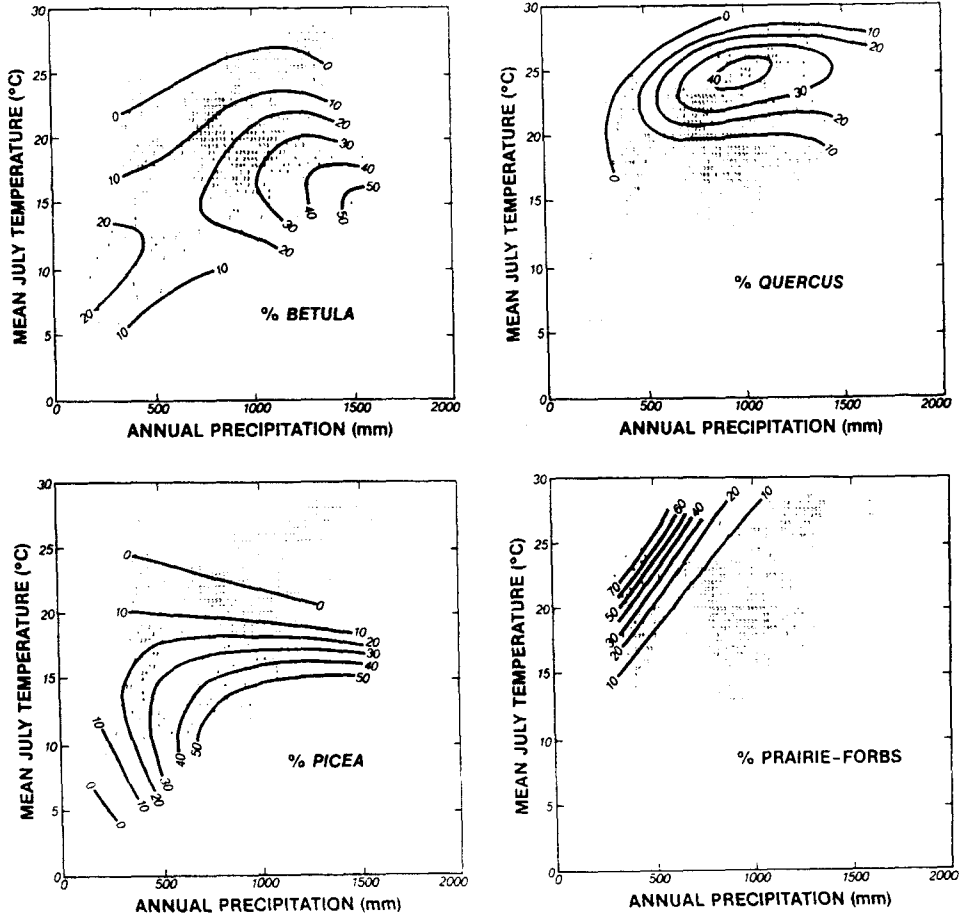


그림 9. Bartlein et al. (1986)에 의한 *Betula*, *Quercus*, *Picea* 및 초지식물화분의 온도 및 강수량에 따른 분포도

래 기후 환경은 점차 한냉해졌을 것으로 볼 수 있다

*Betula*는 하부 화분대 거의 전 시기동안 높은 비율로 나타나지만, YY1에서는 아분대 IIIc에서 *Picea*와 경쟁관계에 있었고, 이후 아분대 IIId 시기에 *Betula* 우점기로 전환되었다. YY2에서도 아분대 IIIc, IIId에서 *Betula*는 높은 비율을 차지하며 *Picea*와 경쟁 관계에 있었다.

*Betula pendula*는 유라시아형의 성장요구량이 적은 한냉형 수목이다. 이는 벌목 및 화재로 인해 나타난 열린 공간상에 개척종으로서 중요성을 갖는다. 또한, *B. pubescens*는 유럽 시베리아형이며 스칸디나비아, 아일랜드 및 그린란드 등 극지 수목한계지역 그리고 고산지의 산림한계

선까지 분포하여 추위에 대한 강한 저항력을 갖는 하부 식생이다. 그 성장적지는 습윤하고 유기질이 풍부한 토양이며, 저습지에서도 자주 출현한다(Straka, 1975). Bartlein et al. (1986)의 diagram에 의하면, *Betula*는 1,500mm 정도의 많은 연 강수량과 7월 평균기온 15°C를 적정온도로 하는 한냉습윤기후의 지표수종이다.

즉, 이들 수목의 화분조성에서 볼 때, 화분대 III시기를 통하여 기후는 점차 한냉해졌으나, 아분대 IIIc, IIId에서는 기온 저하로 인해 상대적 인 습도는 증가했을 것이다. 또한 화분대 III의 마지막 시기는 Würm빙기의 절정기와 대비되어, 가장 한냉했던 시기로 볼 수 있다.

이 시기의 연구지역은 *Betula*와 함께 *Picea*

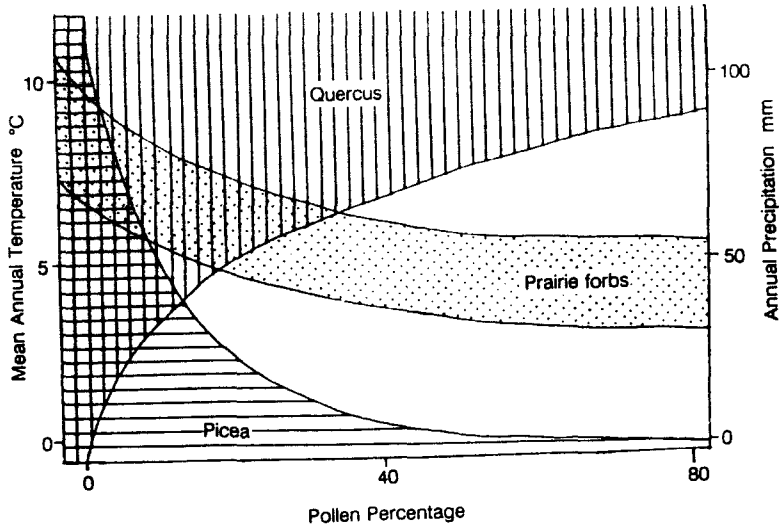


그림 10. Webb(1985)에 의한 *Picea*, *Quercus* 및 초지식물의 온도와 강수량과의 상관다이어그램

최성기를 나타내었으며, 이들 수목의 7월 최적 성장 요구온도로 미루어 볼 때, 현재의 연구지역의 7월 평균 기온을 약 25°C로 간주하더라도 10°C는 더 낮았던 것으로 추측할 수 있다.

아분대 IIId의 최상부층에서 측정된 연대와 홉(1979), Yasuda et al.(1980)의 후빙기 화분분석 결과를 종합해 볼 때, 화분대 IVa는 약 15,000-7,000y.BP 간의 어느 시기에 형성된 것으로 간주할 수 있다. 이는 만빙기에서 완신세 초기를 포함하는, 즉, 만빙기의 Älteste Tundrenzeit에서 완신세의 Präboreal 간의 시기이다. Firbas(1949)에 의하면, 만빙기란 Älteste Tundrenzeit, Bölling, Ältere Tundrenzeit, Alleröd 그리고 Jüngere Tundrenzeit로 구분되고 있으나, 사실상 퇴적상에 결층이 있어 교란의 가능성이 있으므로 화분 조성으로 그 시기를 구분하는 것은 매우 어렵다.

또한 Bludau(1985)에 의하면, Algäu Alpen지역의 Ammergebirge에서 관찰된 완신세 초기의 Präboreal기에 형성된 퇴적층은 놀랄 만큼 낮은 화분량과 퇴적층의 교란으로 저조한 화분분석 자료를 제공할 뿐 아니라, Boreal로의 이행기에도 이와 같은 지질적인 변화가 인정되고 있다. 연구지역에서 현저하게 나타나는 하부토탄층과 상부토탄층간의 퇴적학적,古식물학적인 부

정합 현상은 유럽과 유사하게 당시의 급격한 환경변화를 반영하는 것으로 추측된다.

이런 관점에서 볼 때, 화분아분대 IVa의 식생 환경은 아분대 IVb로 가는 전환기이다. 즉, 이 시기의 화분 함유량은 극히 낮아 2cm³당 51개의 화분이 동정되었다. 수목류로는 *Tilia*가 상대적으로 높은 비율을 차지했다. 이는 다른 화분대에서 극히 드문 현상인데, 아마 갑작스러운 후빙기 기후 온난화에 기인했을 것으로 보여진다.

Yasuda et al.(1980)은 영양지역 화분아분대 IVa 시기와 유사한 영양호지역 화분대 UII를 역시 홀로세로의 전환기로 인정했다. 이 층군이 sand와 細礫으로 구성되었을 뿐 아니라 화분함유량도 낮았으며, 목본류 중 *Quercus*와 *Tilia*의 비율이 높아 연구 지역의 경우와 유사한 특색을 나타내고 있다. 아분대 IVa의 우점 수목인 *Tilia*는 아분대 IVb의 우점수목 *Quercus*와 함께 EMW우점시기를 나타내어 화분대 IV의 동일한 범주에 넣을 수 있었다.

상부 토탄층에서 화분대 IVb는 *Quercus*를 주로 하는 EMW가 우점하고, 화분대 V는 *Pinus*(*Diploxylon*인 *P. densiflora*)가 우점하여 연구지역의 홀로세 식생환경을 대표한다. *Pinus*는 이 두 화분대를 통해 꾸준히 증가하여 화분대 V에서는 월등히 높은 비율을 차지하는

데, 이러한 영양지역의 화분조성은 한반도 서해안 지역보다 동해안 지역과 잘 대비된다.

연구지역의 화분분석 결과를 동해안의 화분분석 연구결과와 비교하면, 연구지역의 *Quercus*가 우점하는 화분아분대 IVb의 토탄층은, 동해안지역 토탄층 퇴적속도를 감안할 때, 두께가 60cm로 매우 얇다. 이러한 사실은 아분대 IVa sand층 위에 이 시기 토탄층의 하부가 누락되었기 때문에 나타난 것으로 생각된다. 즉, 아분대 IVa에 계속된 지질학적인 부정합시기를 반영하는 것으로 볼 수 있다.

화분아분대 IVb가 시작되면서 *Pinus*가 높은 비율로 증가하지만, *Quercus*를 중심으로 하는 EMW양에는 도달하지 못했다. *Tilia*의 비율도 여전히 높으며 *Alnus* 및 *Pinus densiflora*의 비율이 높아져 홀로세의 온난습윤한 환경이 본격적으로 조성되었음을 알 수 있다. 이러한 기후환경은 갈색 삼림토의 생성에 영향을 미쳤고³⁾ 삼림지역이 확장되면서, 빙기의 하부 화분대의 주요 초분류였던 *Sanguisorba*, *Artemisia*, *Gramineae*와 *Cyperaceae* 등 초지식생경관은 점차 축소되었다. 또한 *Umbelliferae*와 *Typha*가 증가했던 것으로 볼 때, 습지로 공급되는 수분량도 다소 증가하였을 것이다. 이 아분대 YY2-IVb시기를 曹(1979)의 포항지역 화분분석결과와 대비하면, 화분조성으로 볼 때 그 형성시기가 약 6,000-7,000y.BP로 추정된다. 따라서 홀로세 초기에 해당되는 그 하부 약 3,000~4,000년 기간이 불연속 기간 속에 포함되었을 것으로 보인다.

화분대 V의 AP 비율은 전체화분량의 60-80%로서 NAP에 비해 절대적으로 높고, 화분조성도 단순하다. 또한 프레파라트當 검경된 화분총량이 하부토탄층의 2~3배에 달하므로, 화분대 V가 형성되는 동안 이곳은 수목류가 크게 번성한 삼림경관이 존재했음을 알 수 있다. 이는 당시에 기후가 온난하게 되어 수목의 개화능력이 크게 향상되었음을 뜻한다.

NAP중 *Artemisia*, *Umbelliferae*, *Sanguisorba*, *Compositae*, *Gramineae* 그리고 *Cyperaceae*는 현저히 감소했으며, *Bistorta vulgaris*, *Chenopodiaceae*,

Phyllanthus, *Solanum* 그리고 *Polemonium*도 거의 출현하지 않는다. 반면, *Persicaria*, *Haloragis* 그리고 *Typha* 등은 이 시기에 현저하게 증가하여 *Gramineae*와 함께 홀로세의 중심초분류가 된다. YY2에서 본 화분대 V는 약 3.5m두께로 상부토탄층에서 가장 두꺼운 층이며, *Pinus* 우점시기이다. *Pinus*는 *Quercus*와 함께 전체 수목류 중 80-90%를 차지하여, 이들이 당시 삼림형성의 주요 구성원이었다. 따라서 이 두 수목의 증감경향은 상호 면상대칭관계를 나타내므로, 그 변화에 따라 3개의 아분대로 나누어 진다. 즉, 아분대 Va에서 *Pinus*가 크게 증가하였다가 아분대 Vb에서 증가율이 둔화되었으나, 아분대 Vc시기에 그 절정기에 도달했다. *Quercus*의 비율은 그 역의 관계로 나타난다.

홀로세의 *Pinus*의 급격한 증가현상에 대해서는 몇몇 기존의 가설이 있으며, 기본적으로 *Quercus*에 대한 *Pinus*의 상대적인 증가현상은 기후의 냉량건조화 결과로 보고있다(曹, 1979; Yasuda et al., 1980).

아분대 Vc에 이르러 *Pinus*는 크게 증가하였고, 초분류 중에는 특이하게 *Umbelliferae*가 높은 비율을 차지한다. 이로인해 기타 식생은 거의 중요성을 갖지 못한다. 이와 같은 현상은 당시의 *Pinus*의 증가가 기후환경에 의한 것이라기보다 인간에 의한 벌목이나 화재에 연유한 이차림으로서의 성격으로 간주된다.

연구지역의 화분아분대 Va, Vb와 Vc의 화분조성특징은 曹(1979)의 아분대 IIa, IIb 그리고 IIc와 공통성을 가지므로, 시기적으로 아분대 Va는 6,000~4,000y.BP, 아분대 Vb는 4,000~2,000y.BP 그리고 아분대 Vc는 2,000y.BP 이후로 잠정적으로 대비할 수 있다.

3) 한반도 중남부 내륙지방에 있어서 최종빙기와 후빙기의 기후변화

마지막으로 본 연구지역에서 화분분석으로 밝혀진 식생변천과정 및 ¹⁴C연대측정결과와 기존의 밝혀진 지표수종(*Picea*, *Betula*, *Quercus* 등)의 생태적 특징연구를 기초로 60,000y.BP 이후 현재까지 한반도 중남부 내륙지방의 가상

기후변화 곡선을 복원하여 보았다(그림 11).

기후지표로서는 기온이 사용되었으나, 기온의 절대치가 아니라 Woldstedt(1962)가 선정한 '매우한냉', '한냉', '냉량' 그리고 '온난'으로 구분했다. 이 그래프에 의하면, 40,000y.BP를 전후한 시기와 20,000y.BP를 전후한 시기에 기온의 저하현상이 나타나고, 특히 후자의 경우가 더욱 현저하다. 20,000y.BP를 전후한 시기의 기온저하는 최후빙기 최성기에 해당되는 것으로 볼 수 있으나, 40,000y.BP경의 기온저하를 Mittel Würm중의 아빙기로 보아야 할지, 소위 Mittel Würm으로 보아야 할 것인지는 확실하지 않다. 또 50,000y.BP의 온난기에 이어서 30,000y.BP를 전후한 시기에 기온의 상대적인 회복이 나타나는데 이들 시기가 소위 Interstadial로 표현되는 아간빙기로 볼 수 있다. 특히, 화분대 II에서 EMW가 peak를 이루었던 50,000y.BP경은

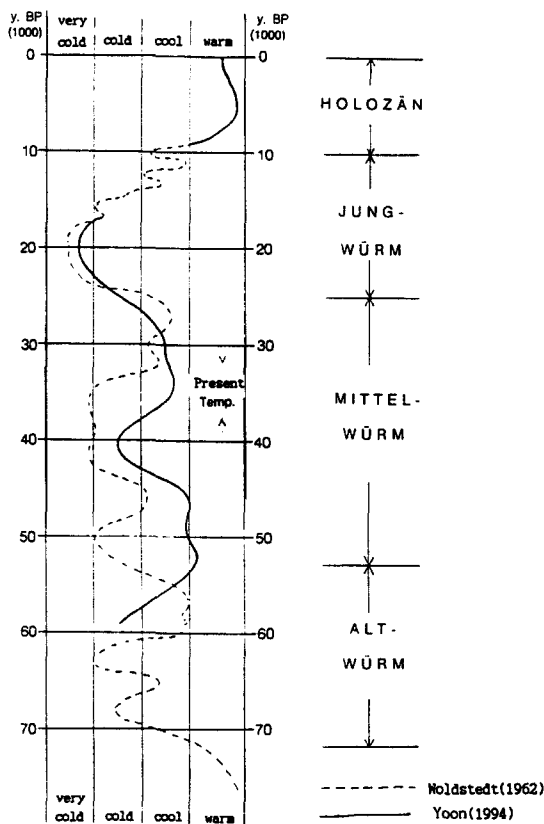


그림 11. 영양지역의 마지막 빙기 및 후빙기의 기상기온 변화곡선

Alt Würm에서 Mittel Würm으로 전환되던 시기로 Haupt Interstadialh 간주된다.

10,000y.BP 이후의 후빙기 시기는 그 이전의 냉량 혹은 한냉수종이 주축을 이루던 것과는 달리 대부분이 온난수종으로 기온이 완전히 회복된 것을 알 수 있다.

註

- 1) 표면에서 깊이 8m를 의미함. 이하 '-'로 표현된 것은 이 표현에 준함.
- 2) EMW(Eichenmischwald): 참나무혼합림. 유럽에서는 *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*와 *Acer* 등이 그 분포나 기후조건이 유사하기 때문에 EMW로 총괄하는 경우가 많다.
- 3) '면상대칭관계'란 거울에 상이 비치는 것과 같은 대칭관계에 있음을 뜻한다.
- 4) Iversen(1958a)과 Godwin(1959)에 의하면 mesocratische Boden-Element에 해당한다.

文 獻

尹順玉, 1994, "道垓川 沖積平野의 홀로세 堆積 環境", 地理學叢, 21·22: 1-22.
 曹華龍, 1979, "韓國東海岸地域における後水期 花粉分析學的研究", 東北地理, 31: 23~35
 曹華龍, 1984, 韓國의 沖積平野, - 교학연구사
 曹華龍·張昊·李種南, 1987, "加祚盆地的 地形 發達", 제4기학회지, 1(1):35-45.
 曹華龍·黃相一·尹順玉, 1994, "後水期 後期 가와지곡의 環境變化", 한국지형학회지, 1(1): 3-16.
 Barber, K. E., 1981, *Peat Stratigraphy and Climate Change*.- Rotterdam (A. A. Balkema).
 Bartlein, P. J., I. C. Prentice & T. Webb III, 1986, Climate response surfaces from pollen data for some eastern North American taxa.- *Jour. Biogeogr.*, 13: 35-57.
 Bell, M. & M. J. C. Walker, 1992, *Late Quaternary Environmental Change*.-

- New York(Longman Scientific & Technical).
- Birks, H. J. B. & H. H. Birks, 1980. *Quaternary Paleocology*.- London (Edward Arnold).
- Bloom, A. L. & Y. A. Park, 1985. Holocene sea-level history and tectonic movement, Republic of Korea.- *The Quaternary Research*, 24(2): 77-84.
- Bludau, W., 1985. *Zur Paläoökologie des Ammergebirges*.- Rheinfelden(Schäuble Verlag)
- Chang, C. H. & C. M. Kim, 1982. Late-Quaternary Vegetation in the lake Korea. -*Korean Jour. Botany*, vol. 25(1), 37-53.
- Delcourt, H. R. & P. A. Delcourt, 1987. *Long-Term Forest dynamics of the Temperate Zone*.- Heidelberg (Springer Verlag).
- Fægri & Iversen, 1989, *Textbook of Pollen Analysis*, 4th ed.- New York (John Wiley & Sons Ltd.).
- Firbas, F., 1949, *Spät- und Nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen*. Bd. I- Jena (Gustav Fischer Verlag)
- Frenzel, B., 1968. *Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasians*.-Erdwiss. Forschg., 1, Wiesbaden (Franz-Steiner-Verlag)
- Hwang, S. I. und Hwang(Yoon), S. O., 1995. Holozänes Sedimentationsmilieu der Kuestenebenen Koreas und Untersuchungen zur jungquartären Vegetationsentwicklung in den Flussgebieten des Gawaji-, Dodaecheon-, Youngyang-, Unsan- und Jumunjin-gebietes Suedkoreas. *Freiburger Geographische Hefte* 46.
- Hwang, S. O., 1994. *Untersuchungen zur jungquartären Vegetationsentwicklung in den Flussgebieten des Gawaji-, Dodaecheon-, Youngyang-, Unsan- und Jumunjin-Gebietes Suedkoreas*.- Dissertation. Universität Freiburg.
- Klink, H. J. and E. Mayer, 1983. *Vegetationsgeographie*.- Braunschweig (Westermann).
- Matusima, M., 1941. Betrachtung zur Waldentwicklung in Korea auf Grund von Pollenstatistik.-*Jap. Jour. Forst.*, vol. 23: 441-450.
- Patrick, J., Bartlein, I., Prentice, C. & Webb III, T., 1986. Climatic response surfaces from pollen data for some eastern North American Taxa.-*Jour. Biogeogr.*, 13: 35-57.
- Straka, H., 1975. *Pollen und Sporenkunde*.-Stuttgart (Gustav Fischer Verlag)
- Walter, H & Straka, H., 1970. *Arealkunde. floristische-, historische Geobotanik, Einfuehrung in die Phytologie* III/2, 2 Aufl. Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag)
- Woldstedt, P., 1962. Ueber die Gliederung des Quartaers und Pleistozaens.-*Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 23/24: 115-124.
- Yasuda, Y., Tsukada, M., Kim, J. M., Lee, S. T. & Yim, Y. J., 1980. Environmental changes and Agricultural Origin in Korea.-*Jap. Min. Educ. Overseas Res. Rep*: 1-19.

The Late Quaternary Environmental Change in Youngyang Basin, South Eastern Part of Korea Peninsula

Soon-Ock Yoon* · Wha-Ryong Jo**

Summary

The peat layer was deposited on the abandoned channel of incised meander of River Banbyuncheon with 7 meter thickness on Youngyang basin. The late Quaternary environmental change on the study area was discussed based on pollen analysis and radiocarbon-dating from this peat. The swamp which was caused to sediment the peat, was produced by which the fan debris from the adjacent slope dammed the waterflow on the abandoned channel.

The peat layer contains continuous vegetational history from 60,000y.B.P. to Recent. The peat deposit was divided into two layers by the organic thin sand horizon, which was sedimented at one time and made unconformity between the lower decomposed compact peat layers and the upper fresh fibrous peat layer.

As the result of the pollen analysis, both peat layers from the two boring sites, Profile YY1 and Profile YY2 were divided into five Pollenzones (Pollenzone I, II, III, IV and V) and 12 Subzones which were mainly corresponded by the AP (Arboreal Pollen)-Dominance. The two profiles have

some differences on the sedimentary facies and on the pollen composition as well. Therefore these were in common with the Pollenzone III, however the Pollenzone I and II existed only on the Profile YY1 and the Pollenzone IV and V existed only on the Profile YY2.

The lower layer containing the Pollenzone I, II and III revealed vegetational records of Pleistocene, which was characterized as tundra-like landscape and thin forested landscapes. It represented the NAP (Non-Arboreal Pollen)-period with a plenty of *Artemisia sp.*, *Sanguisorba sp.*, Umbelliferae, Gramineae and Cyperaceae. However a relatively high proportion of the boreal trees with *Picea sp.*, *Pinus sp.* and *Betula sp.* as AP was observed in the lower layer.

The upper layer contained the Pollenzone IVb and V and vegetational history in Holocene which was characterized by thick forested landscape with rich tree pollen. It represented AP-period with plenty of *Pinus sp.* and *Quercus sp.* as temperate trees.

The temperature fluctuation supposed from the vegetational records is as follows: the Pollenzone I(*Betula*-Dominance, about 57,000y.B.P.) represents relatively cold period. The Pollenzone II(EMW-Domi-

*Assistant Professor, Dept. of Geography, College of Liberal Arts and Science, Kyung Hee University

** Professor, Dept. of Geography, Teachers' College, Kyungpook National University

nance. 57,000-43,000y.B.P.) represents relatively warm period. This period is supposed to be Interstadial, the transitional stage from Alt- to Mittel Würm. The Pollenzone III (*Betula*-, *Pinus*- and *Picea*-Dominance in turns, 43,000-15,000y.B.P.) represents cold period which had been built from Mittel- to Jung Würm. Especially the Subzone III d represents the coldest period throughout the Pollenzone III. It corresponds to Würm Glacial Maximum. It is supposed that the mean temperature in July of this period was cooler about 10°C than present. The

Pollenzone IV and V represent the vegetational history of Holocene. *Tilia*, *Quercus* and *Pinus* were dominant in turns during this period. Subzone IVb and Pollenzone V, described here, are correlated to the Pollenzone I and II at east coastal plain of Korean peninsula reported by Jo (1979).

Key Word: peat layer, geomorphic development, pollen analysis, The Quaternary, environmental change in vegetational and climatic records, AP, NAP, dominant period