

# 침식·퇴적환경변화와 식생변화의 관계연구

-정족산 무제치 늪을 사례로-

신영호

서울대 대학원

## 1. 서론

자연 환경은 크게 무기환경시스템과 생물환경시스템으로 구분할 수 있다. 두 시스템은 수평적인 관계를 이루며 상호간에 영향을 미치며 변화한다(Usher, 2001). 양자간의 관계에 대하여 비교적 짧은 시간 스케일을 통한 연구는 많으나(Vile, 1988; Thornes, 1990), 이에 반해 긴 시간스케일 동안의 관계는 잘 밝혀지지 않았다(Phillip, 1995; Edwards와 Whittington, 2001). 오랜 시간에 걸쳐 변화된 양 시스템간의 관계를 살펴보기 위해서는 각각의 환경 변화의 기록을 동시에 온전하게 보존하고 있는 연구대상이 필요하다. 이러한 연구대상 중의 하나가 산지습지의 퇴적물이다. 일반적으로 산지습지는 장기간의 무기환경시스템과 생물환경시스템의 변화의 산물들을 퇴적물의 형태로 포함하고 있다. 또한 산지습지는 접근이 불리하기 때문에 인간에 의한 교란이 비교적 적다. 이 연구에서는 장기간 동안의 무기환경시스템과 생물환경시스템간의 관계를 밝히는 일환으로 정족산 무제치늪의 산지습지 퇴적물 분석을 실시하였다. 이를 통하여 무기환경시스템의 변화에 포함되는 침식·퇴적환경변화와 생물환경시스템의 변화에 속하는 식생변화와의 관계를 살펴본다.

## 2. 연구지역과 연구방법

### 1) 연구지역

연구지역인 정족산 무제치늪은 행정구역상 울산광역시 울주군 삼동면, 웅촌면 그리고 경상남도 양산시 하북면의 경계부에 위치하고 있으며 정족산의 해발고도는 749.1m이며, 정상부근에 위치한 무제치늪은 비교적 큰 4개의 늪과 그 밖의 작은 늪으로 구성되어 있다(이동영 등, 1998). 연구를 위한 시료채취는 정족산 정상 정상에서 동쪽 300m 지점에 위치한 무제치 3늪에서 실시하였다. 무제치 3늪은 주변이 단일한 지질로 구성되어 있고 비교적 경사가 급한 사면의 아래에 위치하고 있어 환경변화에 의한 결과물들이 사면을 따라 쉽게 운반되어 퇴적될 수 있는 환경을 가지고 있다.

### 2) 연구방법

무제치 3늪에서 가장 두꺼운 퇴적층을 보이는 지점에서 Piston type borer을 사용하여 94cm까지 시료를 채취하였다. 시료를 육안으로 식별가능한 층의 경계부는 제외하여 2cm 기본간격으로 총 41개로 나누었다. 침식·퇴적환경변화를 살피기 위하여 사질입자의 함량을 측정하였고, 식생변화를 살펴보기 위하여 화분분석을 실시하였다. 각 환경변화간의 관계를 살펴보기 위해서는 피어슨 상관분석법을 이용하였다. 또한 환경변화가 일어난 시기를 확인하기 위하여 채취된 퇴적물 시료 중에서 4개의 시료를 선별하여 14C 연대측정을 실시하였다(표 1).

LAB 번호	깊이(cm)	시료특성	<sup>13</sup> C(‰)	방사성탄소연대(yr B.P.)
SNU 02-080	19~20	유기퇴적물	-22.9	650±80
SNU 02-081	47~48	유기퇴적물	-20.0	3100±40
SNU 02-082	70~71	유기퇴적물	-20.1	4620±80
SNU 02-083	89~90	유기퇴적물	-18.7	6410±150

<표 1> 퇴적물의 연대(14C 연대측정)

### 3. 연구결과

#### 1) 침식·퇴적환경변화

사질입자의 함량은 평균 56.47%로 0~22cm에서는 약 40%, 23~33cm은 약 50%, 34~67cm은 60~70%, 그리고 그 이하는 약 60% 값을 보였다. 전체적으로 사질입자의 함량은 하부에서 상부로 오면서 약간 증가하다가 감소하는 경향을 보였다.

사질입자의 함량을 변화 추이를 살펴 <그림 1>과 같이 4단계로 나누었다. 사질이 많이 포함되어 있다는 것은 주변 사면에서 침식과 운반이 높게 나타난 것을 지시해 주며, 반대로 사질의 입자의 함량이 적게 나타나는 시기는 미립질의 이동에 적합한 환경이었음을 지시해 준다(宮城豊彦 등, 1979; Miyagi 등, 1981; Farenhorst 등, 1995; Martinez-Mena 등, 1999). 따라서 I(60%)층, II(60~70%)층, III(50%)층, 그리고 IV(40%)층의 사질입자의 함량을 비교해보면, 과거에서 현재로 오면서 주변지역의 사면의 침식과 운반 정도가 【중 ⇒ 강 ⇒ 중 ⇒ 약】으로 변화하였음을 알 수 있다.

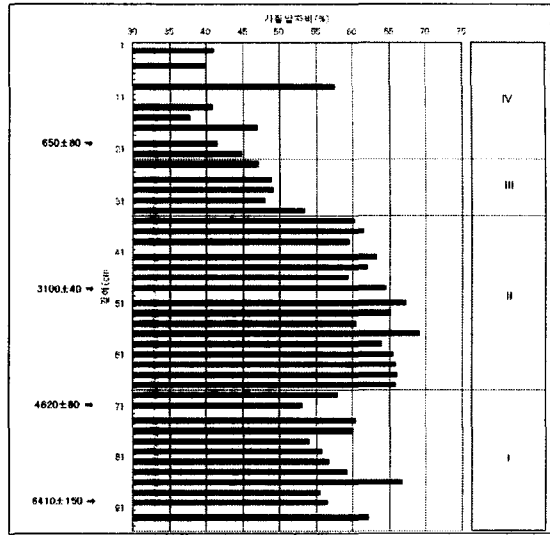


그림 1. 사질입자의 함량변화

#### 2) 식생변화

조사지역에서 검출된 화분은 총 41과 55속이며 총 41개의 시료 중에서 32개의 시료에서 유효수 이상의 화분이 검출되었다. 화분대(pollen zone)를 3개로 나누었으며 아래로부터 M3-1, M3-2, M3-3으로 명명하였다(그림 2).

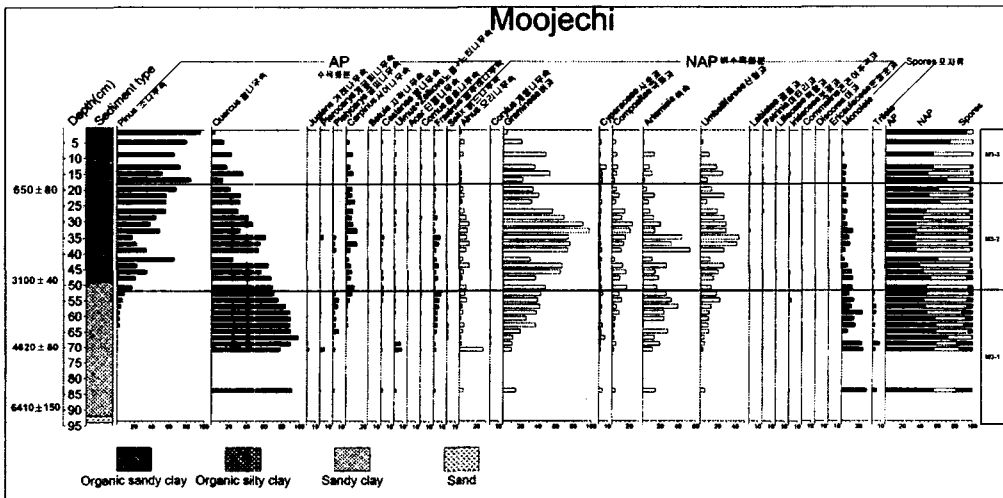


그림 2. Pollen Diagram

전체 화분대는 전반적으로 온대낙엽활엽림에서 온대침엽·낙엽활엽혼합림로 변화하는 양상을 보였으며, 또한 난대나 한대를 지시하는 화분들은 거의 검출되지 않아 기온변화는 크지 않았던 것으로 보인다. 따라서 식생의 변화를 일으킨 주원인은 기온변화에 의한 것보다는 강수량의 변화에 의한 것으로

추정된다<sup>2)</sup>. 화분대 M3-1은 온대낙엽활엽림으로 기온은 현재보다는 조금 높고 강수량도 많은 시기이며 Quercus가 극상을 이루는 산림을 구성하고 있었던 것을 나타낸다. M3-2층은 온대낙엽활엽림에서 온대 침엽·낙엽활엽혼합림으로 변화를 보이고 있는 과정이라고 할 수 있다. 강수량의 감소에 의하여 서식지 환경의 변화가 생겨 Quercus가 감소하고, Pinus와 기타 활엽수들이 Quercus가 감소하는 지역을 중심으로 대체해 나간 것으로 보인다. 기온은 현재보다는 조금 높은 수치를 보이다가 화분대의 후반부에 가면 다소 감소하는 경향을 보였을 것이다. M3-3층은 온대침엽·낙엽활엽혼합림으로 강수량과 기온이 점차 감소하여 현재와 같은 수준에 이른 것을 지시해준다.

### 3) 침식·퇴적환경변화와 식생변화의 관계

총 41개의 층 중에서 화분의 검출이 유효하게 나타나는 32개의 층에 관한 자료를 이용하였다. 사질입자의 함량과 수목·비수목화분의 출현율<sup>3)</sup>의 관계와 각 수목화분의 출현율의 변화의 관계는 <표 2>와 같이 나타났다.

구분	상관계수(r)
수목화분	-0.296
비수목화분	0.165
수목화분명	상관계수(r)
<i>Pinus</i>	-0.781
<i>Tsuga</i>	-0.129
<i>Abies</i>	0.107
<i>Quercus</i>	0.804
<i>Cyclobalanopsis</i>	0.345
<i>Juglans</i>	-0.194
<i>Pterocarya</i>	0.010
<i>Platycarya</i>	0.545
<i>Carpinus</i>	-0.238
<i>Betula</i>	-0.412
<i>Castanea</i>	0.125
<i>Castanopsis</i>	-0.141
<i>Ulmus+Zelkova</i>	-0.155
<i>Acer</i>	0.058
<i>Cornus</i>	-0.353
<i>Fraxinus</i>	0.584

<표 2> 사질입자의 함량과 화분 출현율 간의 상관계수

일반적으로 토양의 침식율은 연강수량이 1000mm 내외의 지역에서 나지>관목>초지>삼림의 순으로 높게 나타난다고 알려져 있다(Kirkby, 1980). 이를 고려할 때 사질입자의 함량과 수목화분출현율과는 음의 상관관계가, 그리고 비수목화분 출현율과는 양의 상관관계가 나타날 것이라고 예측할 수 있다. 하지만 이 연구에서는 이러한 관계가 나타나지 않고 낮은 상관관계가 나왔다. 앞에서 살펴본 식생변화에서 삼림의 범주를 크게 넘어서지 않는다는 점을 보다 뒷받침해주는 결과라고 볼 수 있다.

한편, 사질입자의 함량과 가장 높은 양의 상관관계를 보이는 것은 Quercus이며 Platycarya와 Fraxinus가 비교적 높은 양의 상관관계를 보였으며 Pinus는 높은 음의 상관관계를 보였다(<표 3>). 양의 상관관계를 보인 수목화분들은 습윤한 환경에 적응하여 서식하는 것이며 음의 상관관계를 보이는 Pinus는 건조한 환경에 적응하여 서식하는 특성이 있다. 또한 Quercus와 Pinus는 연구지역 주변에서 각각 습윤한 조건과 건조한 조건에 적응하는 가장 대표적인 식생이다. 따라서 사질입자의 함량이 높게

1) 난온대의 중요 구성종인 Cyclobalanopsis와 Castanopsis가 출현하였으나 소수에 불과했다.

2) 일반적으로 자연적인 식생변화가 일어나는 주원인은 기온변화와 강수량변화이다.

3) 유형별 화분 출현율 = (각 층의 유형별 화분의 총 수)/(각 층의 출현화분의 총 수)×100

나타난 층은 습윤한 시기에 운반되어 퇴적되었고 사질입자의 함량이 낮게 나타난 층은 건조한 시기에 운반되어 퇴적되었다고 추정할 수 있다.

종합해 볼 때, 강수량의 변화로 인하여 우점하는 수목의 종류는 바뀌었으나 식생피복도의 변화가 적어 직접적으로 침식과 운반의 변화에 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과 피복의 능력은 별 차이가 없는 상황에서 강수량이 증가할 때는 사면의 침식과 운반이 강화되고 강수량이 감소할 때는 사면의 침식과 운반이 약화되는 모습으로 나타난 것으로 볼 수 있다.

#### 4. 결론

연구의 대상이 된 습지퇴적물은 6410±150 yr B.P. 부터 형성된 것으로, 추정연대 이후의 환경변화에 대한 기록을 포함하고 있다. 정족산 무제치늪을 중심으로 하는 주변의 환경변화는 기온변화가 적은 가운데 강수량이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 강수량의 변화는 직접적으로 침식·퇴적환경에 변화를 주었고 침식과 운반의 능력이 <중→강→중→약> 경향을 띠며 나타나도록 하였다. 또한 강수량의 변화는 식생변화에도 직접적으로 영향을 주어 은대낙엽활엽수림에서 은대침엽낙엽활엽수림으로 변화하도록 하였다. 그러나 침식·퇴적환경변화와 식생변화와의 관계를 살펴본 결과, 침식·퇴적환경변화에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 식생 피복도의 변화는 극미하게 일어난 것으로 생각된다. 한편 침식력의 변화와 Quercus와 Pinus의 변화간의 관계는 일정한 경향을 보였다. 그런데 이들 간의 관계는 인과관계로서 성립하는 것이 아니고 동일한 환경변화, 즉 강수량의 변화에 대한 영향으로 비슷한 경향을 가지며 변화한 것으로 볼 수 있다.

#### 참고문헌

- 이동영·최기룡·김주용·양동윤, 1998, 정족산 무제치늪의 성인과 자연환경, The Korean Journal of Quaternary Research, Vol. 12, No. 1, pp. 63-75.
- 최기룡, 2001, 무제치늪의 화분분석 연구, The Korean Journal of Quaternary Research, Vol. 15, No. 1, pp. 13-20.
- 宮城豊彦·日比野紘一郎·川邨智子, 1979, 僊臺週邊の丘陵斜面の削剝過程と完新世の環境變化, 第四紀研究, 第18巻 第3號, pp. 143-154.
- Edwards, K.J. and Whittington, G., 2001, Lake sediment, erosion and landscape change during the Holocene in Britain and Ireland, CATENA, 42, pp. 143-173.
- Farenhost, A. and Bryan, R.B., 1995, Particle size distribution of sediment transported by shallow flow, CATENA, 25, pp. 47-62.
- Kirkby, M.J., 1980, The problem, In Kirkby and Morgan(ed.), Soil Erosion and Vegetation.
- Martinez-Mena, M., Rogel, J.A., Albaladejo, J., and Castillo, V.M., 1999, Influence of vegetation cover on sediment particle size distribution in natural rainfall condition in a semiarid environment, CATENA, 38, pp. 175-190.
- Miyagi, T., Hibino, K., Kawamura, T., and Nakagami, K., 1981, Hillslope development under changing environment since 20,000 years B.P. in Northeast Japan, The Science Reports of Tohoku University, 7 th series(Geography), vol. 31 No. 1.
- Phillips, J.D., 1995, Biogeomorphology and landscape evolution: the problem of scale, Geomorphology, 13, pp. 337-347.
- Thornes, J.B., 1990, The interaction of erosional and vegetational dynamics in land degradation: spatial outcomes. In: Thornes, J.B.(ed.), Vegetation and Erosion, pp. 41-53.
- Usher, M.B., 2001, Landscape sensitivity: from theory to practice, CATENA, 42, pp. 375-383.
- Viles, H.(ed), 1988, Biogeomorphology, Basil Blackwell.