

정족산 무제치늪의 경관발달

유 호 상 · 공 우 석

경희대학교 문리과대학 지리학과

Landscape Changes of the Mujechi Moor, Mt. Jungjok

Ho-Sang You and Woo-Seok Kong

Department of Geography, Kyunghee University, Seoul, 130-701, Korea

요 약

경남 울산 정족산 무제치늪은 대암산 용늪과 더불어 경관적 가치와 생태학적 가치가 뛰어난 남한내의 대표적인 습원으로 알려져 왔다. 이 연구에서는 무제치늪 일대의 항공사진과 늪에 침입한 소나무의 분포 및 연륜 분석을 이용하여 무제치 제1늪과 제2늪의 지난 20여 년간(1978~2000)의 경관발달을 살피고, 제1늪과 제2늪의 좌우로 설치되어 있는 방화선 형성에 따른 늪지의 인위적인 간섭 및 훼손 여부를 고찰하였다.

1978, 1988, 1998년도에 촬영된 항공사진을 GIS기법을 이용하여 분석한 결과, 1978~1988년, 1988~1998년 사이의 늪지 면적 감소율은 제1늪이 -23.9%, -16.4%로, 제2늪이 -2.6%, -12.6%로 나타나 제1늪의 면적감소율이 제2늪보다 높게 나타났다. 그러나 늪지의 육화를 지시하는 소나무의 확산 및 분포상태를 분석한 결과에서는 소나무의 침입율이 제1늪 0.28/100m²그루, 제2늪 0.57/100m²그루로 나타났고 수고 1.5m, 흉고직경 2.5 cm 이하인 소나무 유령목의 침입 개체수는 제1늪 11그루, 면적이 제1늪의 39.8%인 제2늪에서 10그루로 나타났다.

무제치 제1늪 우측과 제2늪 좌측을 따라 설치된 방화선과 배수구를 실측한 결과, 방화선 설치로 인해 강수 때 집수역 내의 일부 지표수가 늪으로 흘러들어 가지 못하고 외부로 유출되는 것으로 조사되었다. 이를 바탕으로 계산된 제1늪과 제2늪의 소실된 집수역은 각각 전체 집수역 면적의 12.1%(11,413.8 m²), 40.4%(15,969.5 m²)였다. 항공사진 분석과 현지조사에 의하면 방화선 설치로 인해 기존의 제1늪과 제2늪 중 일부가 파괴되었고, 방화선 설치로 인해 적색 화강암 풍화층이 노출된 제2늪의 좌측 하단부에서 토사가 늪내로 유입된 흔적이 관찰되었다. 현재 무제치 제1, 제2늪은 육화가 진행되고 있는 것으로 나타났으며 방화선 설치는 육화를 더욱 가속화시킬 것으로 예측된다.

ABSTRACT

The landscape changes at the Mujechi moors I and II during the last twenty two years were analysed using a tree ring analysis of pine trees, a distributional pattern of pine tree, an aerial photograph interpretation and a measurement of firebreak line.

The analysis of aerial photographs(taken in 1978, 1988, 1998) indicates that the area of Mujechi moors I and II have gradually decreased. The decreased rate of moor area was relatively high, i.e., -23.9%(1978~1988) and -16.4%(1988~1998) at the Mujechi moor I, but a little bit low, i.e.,

-2.6%(1978~1988) and -12.6%(1998~1998) at the Mujechi moor II.

However, dendrochronological analysis of pine trees at moors I and II shows that the appearance rates of pine trees per 100m² at moor I and II were 0.28 and 0.57, respectively. And the number of younger pine trees(height is under 1.5m, DBH is less than 2.5 cm) invaded into moors are numbered eleven at the moor I, and ten at the moor II. This shows that the shift of a wetlands into a land was faster at the moor II than the moor I.

The construction of a firebreak line and waterway along the moors I and II areas since the December, 1995, has diverted watershed flow and prohibited the runoff flow into the moors. The analysis of GIS suggests that the decreased watershed area were about 11,413.8m²(12.1 % of whole watershed area) at the moor I and 15,969.5m²(40.4 % of whole watershed area) at the moor II. The negative impact of firebreak line on the inflow of water into the moors I and II and destruction of vegetation along the firebreak line are noticeable from the field survey.

서론

습원은 외부의 환경변화에 극도로 민감하게 반응하는 습지생태계로 한번 훼손되거나 파괴되면 인공적인 복구가 거의 불가능하고 자연적인 복구에도 장기간의 시간을 필요로 한다(강상준과 최기룡, 1997). 경남 울산 정족산 무제치늪은 남한 지역에서 발견된 습원 중 규모로는 강원도 인제군의 대암산 용늪에 버금가고 꼬마잠자리, 큰물자라, 끈끈이주걱 등 각종 멸종위기 및 보호 야생 동식물의 서식이 확인된 경관적 가치와 생태학적 가치가 뛰어난 습원으로 알려져 왔다(조영복과 김도성, 1998; 김맹기, 1997). 지금까지 무제치늪은 자연적인 원형이 비교적 잘 보존되어 왔으나 정족산 정상까지 설치되어 있는 방화선이 무제치늪의 좌·우측을 인접하여 지나고 있어 등산객에 의한 훼손 가능성과 방화선 설치에 따른 늪의 교란 가능성이 우려되고 있다.

이에 따라 이 연구에서는 항공사진 분석과 늪지대로 침입한 소나무의 분포 및 연륜분석을 통하여 무제치 제1늪과 제2늪에 대한 지난 20여년간(1978~2000)의 경관 발달을 고찰하고자 한다. 또한, 현지에서의 방화선 실측을 통하여 방화선 설치로 인한 늪의 인위적인 교란 및 훼손 여부를 확인하고 향후 무제치늪의 경관변화를 예측하고자 한다.

연구방법

무제치늪의 변화과정을 알기 위해 1978, 1988, 1998년도에 촬영된 항공사진을 바탕으로 GIS기법을 이용하여 무제치 제1, 2늪의 면적변화를 분석하였다. 무제치늪의 육화 현황을 파악하기 위하여 무제치 제1늪과 제2늪 내부와 주변부에 성장하며 수분조건에 민감하게 반응하는 소나무의 분포를 조사하였다. 또한 육화에 따른 소나무 천이를 알기 위해 연륜 채취가 가능한 소나무를 대상으로 제1늪과 제2늪에서 각각 22, 24개의 생장편을 추출한 후 실험실에서 광학 현미경을 이용하여 수령을 분석하였다(박상진, 1997; 박원규 외, 2001). 무제치 제1늪과 제2늪의 좌우측을 따라서 설치된 방화선이 두 늪의 발달에 미치는 영향과 방화선 설치로 인한 늪의 인위적인 교란 여부를 알아보기 위하여 제1늪과 제2늪의 좌·우측 방화선 구간에서 방화선의 경사, 길이와 방화선 측면에 형성된 배수로의 폭, 너비, 깊이를 50m 줄자, 클리노미터를 사용하여 현장에서 실측하였다. 실측된 자료를 분석한 후 강수 때 지표수가 제1늪과 제2늪으로 유입되는지 또는 배수구를 통하여 외부로 배출되는지의 여부를 파악하였고 이를 바탕으로 GIS기법을 이용하여 제1늪과 제2늪의 집수역 면적을 계산하였다.

연구지역 개관

경남 울산광역시에서 남서방향으로 약 18.5 km 떨어진 곳에 위치한 정족산 정상으로부터 북동방

향으로 약 1.5 km 떨어진 지점에 소규모의 평탄면이 형성되어 있다. 해발고도 500 m~600 m 내외의 능선부에 둘러싸인 이 지역은 북북동-남남서 방향으로 경사가 완만해지는 타원형의 분지형태를 갖추고 있다. 이 분지의 상부에 제1늪이, 하부에 제2늪이 분포한다.

무제치 제1늪과 제2늪은 행정구역상 울산광역시 울주군과 삼동면이 접하는 경계부 일대에 형성되어 있다. 이들 두 늪의 위·경도와 해발고도는 제1늪이 35° 27' 34" N~35° 27' 44" N, 129° 08' 29" E~129° 08' 41" E, 507 m~535 m, 제2늪이 35° 27' 23" N~35° 27' 27" N, 129° 08' 19" E~129° 08' 35" E, 544~554m 이다.

항공사진 분석

이 연구에 이용된 항공사진자료는 1978, 1988, 1998년도에 산림청 임업연구원에서 무제치늪 일대를 촬영한 1 : 15,000 축척의 항공사진이다. GIS 분석을 위해서 먼저 이들 항공사진을 1,000dpi의 해상도로 Scanning한 후 국립지리원에서 제작한 1 : 5,000 축척의 수치지도를 기본으로 Intergraph사의 Image Analysis를 이용하여 좌표를 입력하였다. 이때 사용된 좌표체계는 Transverse Mercator좌표계, Tokyo 기준점, Bessel 1841 Ellipsoid이며 경위도 좌표원점은 동부원점(38° 00' 00.000" N, 129° 00' 10.405" E)을 사용하였다. 다음으로 GeoMedia Pro 3.0(Intergraph Korea LTD., 2000)을 이용하여 좌표가 입력된 항공사진

(Image File)에서 무제치 제1늪과 제2늪의 1978, 1988, 1998년도 면적과 분포변화를 분석하였다.

항공사진 분석 결과, 무제치 제1늪과 제2늪 모두 면적이 감소하였으며 면적감소율은 제1늪이 제2늪보다 높게 나타났다. 제1늪의 면적은 1978년에서 1998년 사이에 11,144 m²의 면적이 감소하였으며, 특히 1978~1988년 사이의 감소율이 -23.9%로 높게 나타났다. 제2늪의 면적은 1978년에서 1998년 사이에 1,476m²가 감소하였고 1988~1998년 사이의 감소율이 -12.6%로 높게 나타났다. 한편 김중원 등(1998)이 무제치 제1늪과 제2늪의 현존 식생도를 작성하면서 측정된 면적은 제1늪이 16,845m², 제2늪 9,009.7m²이었다(Table 1).

1978년도(Fig. 1)와 1988년도에 촬영된 무제치늪 항공사진을 비교, 분석한 후 현지조사를 거쳐 제1늪과 제2늪의 분포변화를 Fig. 2에서 고찰하였다. A, C는 1978년에 비해 제1늪이 쇠퇴한 지역, B는 성장한 지역이며 D는 제2늪이 쇠퇴한 지역, E는 제2늪이 성장한 지역이다. 특히, A 지역의 쇠퇴 면적이 큰 것으로 나타나 제1늪의 면적 감소는 대부분 A 지역의 쇠퇴에 의한 것으로 여겨진다.

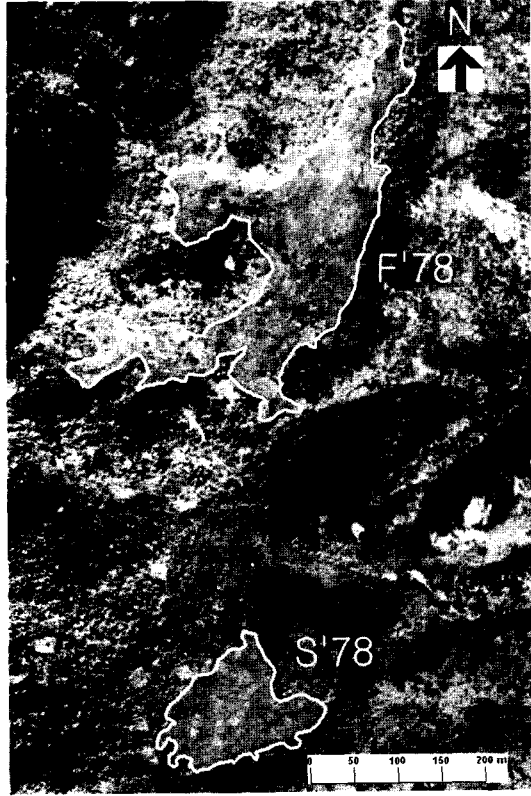
1988년도부터 1998년도 사이의 무제치 제1늪과 제2늪 분포변화를 Fig. 3에서와 같이 고찰하였다. F, G, H는 제1늪이 쇠퇴한 지역, I와 J는 제2늪이 쇠퇴한 지역이다. 특히 G와 I는 방화선 건설로 인해 제1늪과 제2늪이 인위적으로 축소된 지역으로, 제1늪보다는 제2늪에서 손실된 면적이 크게 나타났다. K는 Table 1에서 언급한 김중원 등(1998)의 제1늪 측정 면적과 비교하기 위하여 표시하였

Table 1. Areal changes of the moors I and II from 1978 to 1998 by aerial photo interpretation

Year	Area of the moor I (m ²)	Area of the moor II area (m ²)	Area ratio of the moor II to moor I
1978	32,182	9,855	30.6%
1988	24,489(decreased ratio -23.9%)	9,594(decreased ratio -2.6%)	39.1%
1998	21,038(decreased ratio -16.4%)	8,379(decreased ratio -12.6%)	39.2%
1998①	16,845	9,009.7	53.5%

*. 증감율은 이전 촬영연도를 기준으로 하였음.

①은 김중원 등(1998)이 환경부의 정족산 무제치늪 2차년도 조사시 현장에서 1 : 100 축척의 지도를 만들고 이를 실선법에 의한 전산처리를 하여 제작한 현존식생도에 의해 측정된 면적임.



F'78 : Area of the moor I (32,182m²). S'78 : Area of the moor II (9,855m²)

Fig. 1. Area of the moor I and II in 1978.

다. 김종원 등은 제1늪의 면적을 계산하면서 K의 좌측 부분을 제1늪에 포함시키지 않았다. 그러나 이 연구에서는 K를 중심으로 한 이 지역에 역새와 습식식물이 혼생하며 우측의 제1늪과 연결되어 있음을 확인했던 현지조사와 항공사진 분석을 근거로 이 지역을 제1늪에 포함하였다.

연륜 분석

최기룡(1998)의 화분분석 연구에 따르면 무제치늪은 현재로부터 약 6,000년 전에 형성되었으며 이 당시의 무제치늪은 매우 과습한 환경으로 오리나무 등 낙엽활엽수림이 우점하는 시대였다. 약 6,000년전 이후부터는 소나무, 참나무 등이 급속히



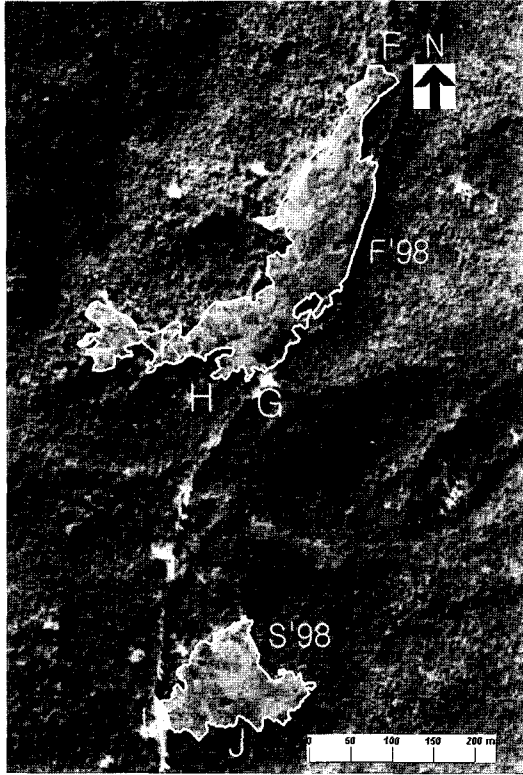
F'88 : Area of the moor I (24,489m²). S'88 : Area of the moor II (9,594m²)

A, C, D : Decreased area from 1978 to 1988.
B, E : Increased area from 1978 to 1988

Fig. 2. Areal change of the moors I and II from 1978 to 1988.

발달하고 오리나무림이 축소되는 침엽·낙엽활엽수 혼합림 시대이다. 최기룡(1998)은 이 시기를 ① 과습한 상태에서 보다 건조한 상태로 이행된 소나무-오리나무-참나무의 혼합림 시대, ② 이후 다시 과습한 환경으로 바뀌면서 소나무는 축소되고 오리나무가 우점하는 오리나무-참나무 혼합림 시대, ③ 이전 시기에 거의 자취를 감췄던 소나무림이 다시 확대되면서 오늘날의 무제치늪 일대의 경관이 만들어진 시대 등 3시기로 세분하였다.

김종원(1997)은 정족산 일대 무제치늪의 식생이 졸참나무-은방울꽃으로 대표되는 산지삼림식



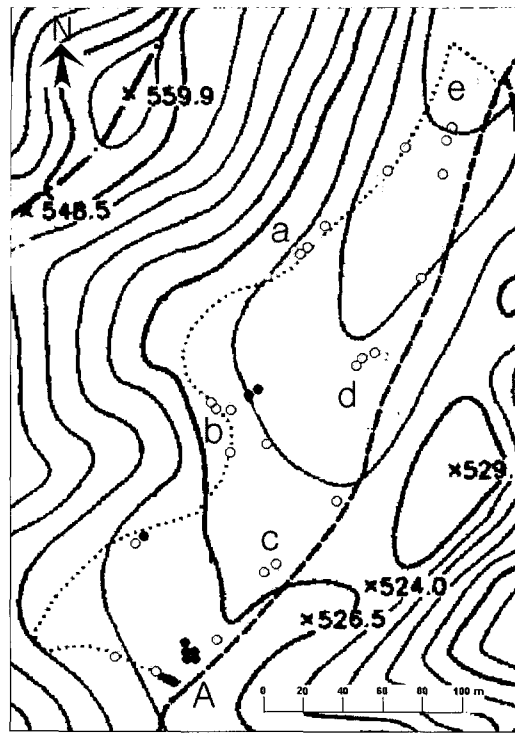
F'98 : Area of the moor I (21,038m²),
 S'98 : Area of the moor II (8,379m²)
 F, G, H, I, J : Decreased area from 1988 to 1998

Fig. 3. Areal change of the moors I and II from 1988 to 1998.

생과 진퍼리새-큰방울새난군락, 바늘골-끈끈이주걱군락, 골풀-사마귀풀군락 등으로 구분되는 산지 습원식생, 그리고 이 두 식생형 사이의 전이형인 소나무-억새군락의 전이식생으로 구분하였다. 아울러 일반적으로 습지 주변에서 선구식생의 한 형태로 관찰되는 소나무, 억새 등으로 이루어진 식물군락은 군락지리학적으로 중부산지형 및 남부저산지형의 졸참나무-작살나무아군단 식생형에 걸쳐서 발달하는, 습지식생이 산지식생으로 진행되는 천이도중상의 식생형으로서 무제치늪의 소나무-억새군락은 무제치늪 내에서 산지식생으로의 천이가 가장 많이 진행된 식물군락으로 고려된다

고 하였다.

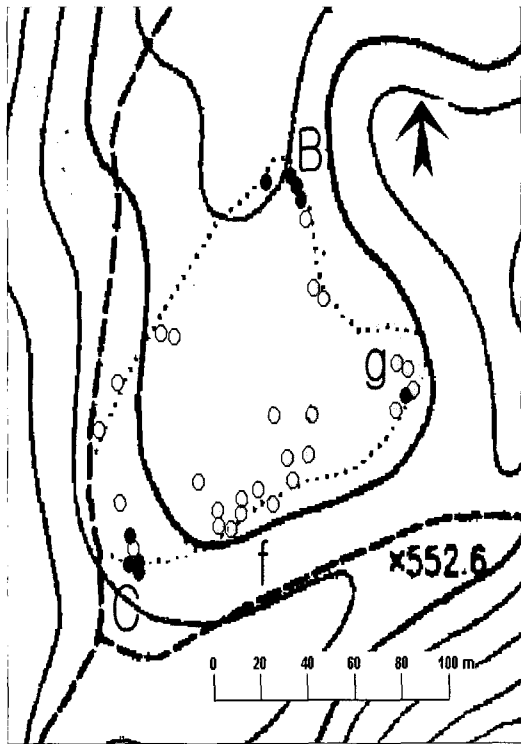
이 연구에서는 무제치늪과 그 주변부에 침입한 소나무의 분포 조사와 채취한 소나무 연륜의 수령 분석을 통하여 무제치늪의 육화 상태를 고찰하였다. 무제치 제1늪과 제2늪의 내부와 경계부에 침입한 소나무의 분석 결과, 침입한 소나무의 개체수는 제1늪에서 60그루, 제2늪에서 48그루로 나타났고 늪의 단위면적(m²)당 소나무 침입율은 제1늪이 0.28/100m²그루, 제2늪이 0.57/100m²그루로 제1늪에 비해 제2늪의 소나무 침입율이 높은 것으로 나타났다. 유령목은 제1늪에서 11그루, 제2늪에서 9그루가 조사되었다.



○ : Pine tree invaded into the moor I,
 ● : Tree-ring analysed pine tree
 ● : Young pine tree (height < 1.5 meter, DBH < 2.5 centimeter)
 [---] : The moor I

Fig. 4. Young pine tree and dated pine tree invaded into the moor I.

Fig. 4는 제1늪에 침입한 소나무와 유령목이 조사된 지점을 표시한 것이다. 제1늪에서 소나무가 주로 침입한 곳은 늪과 북서쪽의 완만한 산릉이 접하는 a 지역, 늪과 늪 중앙 좌측의 산릉 말단부가 만나는 b 지역, 그리고 방화선과 늪이 접하는 c, d 지역이었다. 물이 흘러나가는 배출구가 있는 북쪽의 e 지역에서는 다른 지역에 비해서 소나무의 침입 정도가 비교적 낮았다. 유령목이 주로 침입한 곳은 A 지역으로 8그루의 유령목이 조사되었다. 현지조사시 A 지역에서 불에 타거나 그을린 흔적이 있는 고사목들이 다수 발견되어 화재 후에 소나무가 다시 침입했을 가능성이 높은 것으로 여겨진다.



- : Pine tree invaded into the moor II.
- : Tree-ring analysed pine tree
- : Young pine tree (height < 1.5 meter, DBH < 2.5 centimeter)
- : The moor II

Fig. 5. Young pine tree and dated pine tree invaded into the moor II.

Fig. 5는 제2늪에 침입한 소나무와 유령목이 조사된 지점을 표시한 것이다. 제2늪에서는 중앙부와 북서측을 제외한 주변부 전 지역에서 소나무가 조밀하게 침입해 있었다. 특히 제2늪의 남측에 소나무가 집중적으로 침입해 있었고 g와 f 지역에서 침입 정도가 높았다. 유령목은 주로 늪의 배출구가 있는 B(4그루) 지역 주변과 C(4그루) 지역에 밀집해 있었다. 또한 C 지역의 소나무 수령이 대부분 14~15년으로 항공사진 분석결과(Fig. 3의 J지역)와 일치하고 있어 이 지역의 육화가 다른 지역보다 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타났다.

연륜분석에 사용된 소나무는 제1늪 22그루, 제2늪 24그루로 나무마다에서 앞뒤로 2개의 코아를 채취한 후 실험실에서 광학현미경을 사용하여 수령을 측정하였다. 수고가 1.5m, 흉고직경이 2.5cm 이하인 소나무 유령목은 제1늪에서 11그루, 제1늪에 비해 면적이 39.8%인 제2늪에서는 10그루가 조사되었다.

제1늪에서 채취한 소나무의 연륜을 분석한 결과 6~10년 사이의 수령을 갖는 소나무는 7그루, 11~15년 사이의 수령을 갖는 소나무는 10그루, 16~20년 이상의 수령을 갖는 소나무는 2그루, 21년 이상의 수령을 갖는 소나무는 3그루로 나타났다. 제2늪의 연륜분석 결과 6~10년 사이의 수령을 갖는 소나무를 6그루, 11~15년 사이의 수령을 갖는 소나무는 13그루, 16~20년 이상의 수령을 갖는 소나무는 5그루였으며 21년생 이상의 수령을 갖는 소나무는 없었다. 이들 수령이 확인된 소나무들의 출현시기를 항공사진 촬영년도와 방화선 건설 시기(1999. 12)에 기초하여 1978년 이전, 1979~1988년, 1989~1996년, 1997~2000년 네 시기로 나누어 다시 살펴보았다(Table 2).

1979년에서 1988년 사이에 제2늪에 침입한 소나무 수가 급격하게 증가하였고 유령목 역시 제1늪과 비교할 때 면적에 비해서 상대적으로 많은 수의 소나무가 침입해 있음을 알 수 있다. 현지조사에서도 제1늪의 대부분 지역이 아직도 습지식물을 유지하고 있는 반면, 제2늪은 면적의 1/2 이상이 역새와 소나무, 털진달래 등으로 피복되어 있어

Table 2. Occurrence of invaded pine trees into the moors I and II

Period(Age)	The moor I (Invaded pine tree)	The moor II (Invaded pine tree)
1978 year < (above 23)	2	0
1979~1988(12~22)	9	17
1989~1996(5~11)	11	6
1997~2000(1~4)	0 (Young pine tree - 11)	0 (Young pine tree - 10)

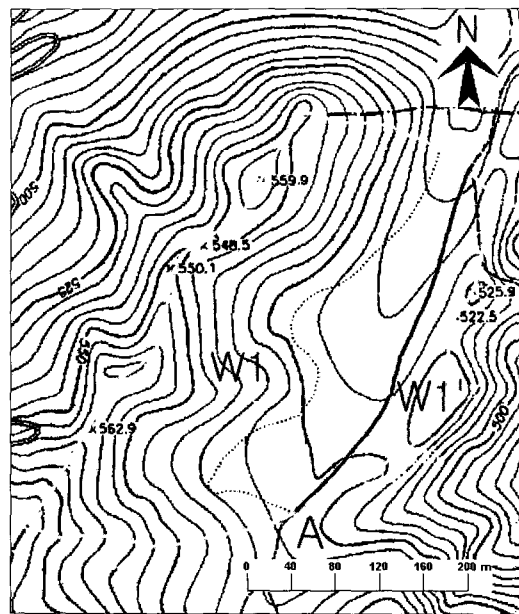
제2늪의 육화가 제1늪보다 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타났다.

방화선 분석

무제치 제1늪과 제2늪이 형성되어 있는 분지 중앙에는 제1늪의 우측과 제2늪의 좌측을 따라 정족산 정상까지 연결되는 방화선(1995년 12월 완공)이 설치되어 있다. 이 방화선이 양 늪의 발달에 미치는 영향을 알아보기 위하여 먼저 실내에서 1 : 5,000 지형도를 분석한 다음, 현지에서 50m 줄자와 클리노미터를 이용하여 방화선의 폭과 경사도, 방화선 측면에 만들어져 있는 배수로의 너비와 폭, 깊이를 측정하였다.

1 : 5,000 지형도 분석결과 제1늪은 우측의 능선으로부터 유수가 공급될 수 있는 집수역을 갖고 있고 제2늪은 좌측의 611.1고지에서 시작되는 집수역을 갖고 있는 것으로 나타났다. 이들 두 늪의 집수역에 영향을 줄 수 있는 방화선 구간 A(제1늪에 영향을 미칠 수 있는 방화선 조사구간)와 B(제2늪에 영향을 미칠 수 있는 방화선 조사구간)에 대한 현지에서의 실측 결과, A, B 구간의 방화선 평균너비는 각각 5.99m, 4.85m, 경사도는 늪 반대 방향으로 약 2.8°, 5.25°였다. 또한 늪 반대측의 방화선 측면에 만들어져 있는 배수로의 평균폭은 각각 158 cm, 189 cm, 평균너비는 189.58 cm, 158.18, 평균깊이 67 cm, 61 cm인 것으로 조사되었다.

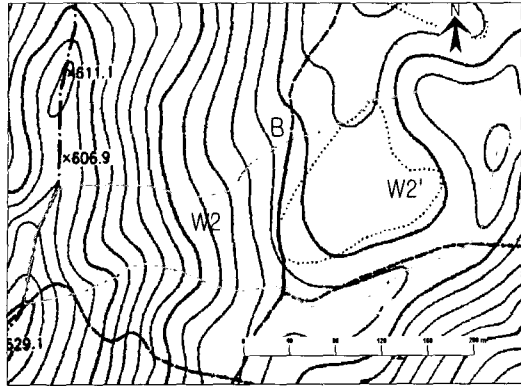
따라서, 강수시 늪 안으로 지표수가 유입될 가능성은 없는 것으로 나타났고 이를 바탕으로 제1늪과 제2늪의 집수역 면적 및 방화선 설치로 인하여 소실된 집수역 면적을 GIS기법을 이용하여 계



- W1 : Former watershed area
- W1' : Present watershed area decreased by construction of firebreak line
- A — : Firebreak line affecting watershed area.
- : The moor I

Fig. 6. Present watershed and decreased watershed area by construction of firebreak line of the moor I.

산하였다. 제1늪의 전체집수역 면적 94,144.5 m² (W1 + W1') 중 방화선 설치로 인한 소실면적은 12.1 %인 11,413.8 m²(W1')로 현집수역면적은 82,730.7 m²(W1)로 이었고 제2늪은 전체집수역



- W2 : Former watershed area
 W2' : Present watershed area decreased by construction of firebreak line
 B : Firebreak line affecting watershed area,
 : The moor II

Fig. 7. Present watershed and decreased watershed by constructing firebreak line of the moor II.

면적 39534.6 m^2 ($W2+W2'$) 중 40.4 %인 $15,969.5 \text{ m}^2$ ($W1'$)가 소실되어 현집수역면적은 $23,565 \text{ m}^2$ ($W1$)이었다(Figs. 6, 7).

또한 현지조사시 제2늪의 좌측 묘지 아래 배수로에서 방화선을 설치하면서 사라진 제2늪의 흔적(Fig. 3의 I 지역)을 확인할 수 있었다. 묘지 바로 앞의 제2늪과 방화선이 접하는 지점에서는 방화선 설치로 인해 노출된 적색화강암 풍화층으로부터 강수에 의해 토사가 늪지 내로 유입된 흔적이 있었으며 토사가 흘러든 지역은 습지식물 대신 육상 식물로 피복되어 있었다.

결론

항공사진 분석과 무제치늪에 침입한 소나무의 분포현황 및 연륜분석, 현지에서의 방화선 실측을 통하여 무제치 제1늪과 2늪에 대한 지난 20여년간의 경관발달 과정을 고찰한 결과는 다음과 같다.

첫째, 1978, 1988, 1998년도에 촬영된 항공사진을 분석한 결과 무제치 제1늪과 제2늪의 면적이 모두 감소한 것으로 나타났다. 1978~1988년 사이의 전촬영년도 대비 면적감소율은 제1늪이 -23.9%, 제2늪이 -2.6%이었다. 1988~1998년 사이의 전촬영년도 대비 면적감소율은 제1늪이 -16.4%, 제2늪이 -12.6%로 두 기간 사이의 면적감소율 모두 제2늪보다는 제1늪이 높은 것으로 나타났다.

둘째, 무제치 제1늪과 제2늪에 침입한 소나무의 분포 분석에서는 전체 면적에 대한 소나무의 침입율이 제1늪 $0.28/100 \text{ m}^2$ 그루, 제2늪 $0.57/100 \text{ m}^2$ 그루로 나타났다. 수고 1.5m, 흉고직경 2.5cm 이하인 소나무 유령목의 침입 개체수 역시 제1늪 11그루, 면적이 제1늪의 39.8%인 제2늪에서 10그루로 나타나 제2늪의 육화가 제1늪보다 빠르게 진행되고 있는 것으로 나타났다. 제1늪과 제2늪에서 채취한 22, 24그루의 소나무 연륜 분석 결과에서는 제1늪의 경우 6~10년생 7그루, 11~15년생 10그루, 16~20년생 2그루, 21년생 이상 3그루로 나타났다. 제2늪의 연륜분석 결과에서는 6~10년생 6그루, 11~15년생 13그루, 16~20년생이 5그루였으며 21년생 이상 수령의 소나무는 나타나지 않았다.

셋째, 1995년 12월에 늪지 좌우측을 인접하여 설치된 방화선에 대한 현지조사에서 방화선이 강수 때 지표수가 늪지로 유입되는 것을 막아 늪지의 성장과 유지에 필요한 물 공급을 감소시키는 것을 확인하였다. 이로 인해 소실된 집수역 면적은 제1늪이 전체 집수면적의 12.1%인 $11,413.8 \text{ m}^2$ 이었고 제2늪은 전체집수 면적의 40.4%인 $15,969.5 \text{ m}^2$ 가 소실된 것으로 나타났다.

넷째, 현지조사에서 방화선을 설치하면서 기존의 제1늪과 제2늪 중 일부가 인위적으로 파괴되었음을 확인하였고 방화선 설치로 인해 적색 화강암 풍화층이 노출된 제2늪의 좌측 하단부에서 토사가 늪내로 유입된 흔적이 관찰되었다. 현재 육화가 진행되고 있는 무제치늪은 방화선 설치로 인해 육화가 더욱 앞당겨지고 제1늪보다는 제2늪의 육화가 보다 빠르게 진행될 것으로 예측된다.

참고문헌

- 강상준, 최기룡. 1997. "용늪의 훼손지 복원 타당성", 대암산 용늪 복원 타당성조사 (1차년도), pp. 53-69.
- 김맹기. 1997. "울산 정족산 무제치늪의 식물상", 정족산 무제치늪 조사 결과 보고서(1차년도), pp. 74-86.
- 김종원. 1997. "정족산 무제치늪의 식생", 정족산 무제치늪 조사결과 보고서(1차년도), pp. 40-73.
- 김종원 외 4인. 1998. "무제치습원의 용늪 및 자늪의 식생과 보존전략", 정족산 무제치늪 조사결과 보고서(2차년도), pp. 34-53.
- 박상진. 1997. "연륜형성과 목재의 구조", Proceedings of The East Asia Workshop on Tree-Ring Analysis, pp. 164-174.
- 박원규, 서정옥, Liu Yu, 김요정, 한수원. 2001. 나 무나이테를 이용한 설악산 지역의 4월-8월 총 강수 량 복원, 한국제4기학회지, 15(1), 47-52.
- 조영복, 김도성. 1998. "정족산 무제치늪의 곤충상과 그 보존 방안" 정족산 무제치늪 조사결과 보고서(2차년도), pp. 62-78.
- 최기룡. 1998. "정족산 무제치늪의 화분분석 연구", 정족산 무제치늪 조사 결과 보고서(1차년도), pp. 54-61.
- Intergraph Korea LTD., 2000, GeoMedia 한글매뉴얼.

(Accepted : 3th December, 2001)