

함양 상림 복원을 위한 식생 및 입지특성 분석Ⅱ*

박 재 현

진주산업대학교 산림자원학과

Analysis on the Plant and Site Characteristics for the Restoration of Sangrim Woodlands in Hamyang-Gun, Korea Ⅱ*

Park, Jae-Hyeon

Department of Forest Resources, Jinju National University, Jinju, Korea.

ABSTRACT

This study was conducted to establish a management plan for the Sangrim Woodlands restoration by analyzing the vegetation survey and the site characteristics of the Sangrim Woodlands Natural Monument (Natural Monument 154) in Hamyang-Gun, Gyoungsangnam-Do, Korea. According to the vegetation analysis, the species diversity by the location of Sangrim was higher near forest (1.000) than near urban (0.358) areas. Although forest occupied 53% of the Sangrim woodlands area, it is still insufficient, requiring to transform arable land, lawn, or house areas to the forest within the woodlands. Soil bulk density was increased in access areas frequently used by public, while it was decreased in closed areas. Soil hardness at 0-10 cm soil depth was generally improved in the closed areas, while became worse in the public access areas compared with the soil hardness in 2004.

Key Words : the Sangrim Woodlands Natural Monument, restoration, Soil bulk density, Soil restoration, the access restriction area.

* 이 연구는 2010년 국립진주산업대학교 기성회연구지원을 받아 수행하였음.

Corresponding author : Park, Jae-Hyeon, Dept. of Forest Resources, Jinju National University, Jinju, Korea,
Tel : +82-55-751-3248, E-mail : pjh@jinju.ac.kr

Received : 9 August, 2010. **Revised** : 4 October, 2010. **Accepted** : 8 October, 2010.

I. 서론

상림은 천연기념물 제 154호로 다른 천연기념물로 지정된 20여 곳의 숲 가운데 유일한 낙엽활엽수림으로 면적 205,824m²의 대지에 120여 종의 활엽수 2만여 그루가 안정된 수림을 이루고 있다. 또한, 상림은 1,100년 전 최치원이 함양태수로 부임해서 조립한 우리나라 최초의 인공림으로 경상남도 함양군 함양읍 대덕동에 위치한다. 이 숲이 지금과 같이 상림과 하림으로 구분된 것은 약 200년 전 숲의 가운데 부분이 황폐해진 후부터이며, 하림은 거의 파괴되고 현재 상림만이 남아 있다(문화공보부, 1973; 임경빈, 1993). 상림은 본래 독으로 물이 넘치는 것을 막는 방수림(防水林)으로 조성되었으나, 최근 운동장을 조성하고 레크리에이션 장소로 활용되어 이용객에 의한 식생 및 토양훼손과 관리부재로 환경피해가 가중되고 있다. 따라서 함양군에서는 1994년부터 2001년까지 7년간 상림숲 보호를 위해 총 32억 원의 예산을 투자 보호책 설치, 수목 외과수술 등 다양한 노력을 하였으나 아직도 함양 상림은 그 유명세와 함께 이용객의 과도한 답압으로 토양이 훼손되고 심하게 경화되어 식생 생장에 어려움을 겪고 있을 뿐만 아니라 계속되는 공해와 산성비 등으로 인하여 토양이 산성화됨으로써 이의 복원이 필요한 실정이다(함양군, 2002).

토양의 답압은 토양의 용적밀도를 측정하여 분석하면 판단하기 쉬운데, 토양용적밀도는 산림작업시 지표토양의 훼손 및 경화로 인하여 발생하는 산림훼손을 판단하는 지표가 된다(Krag et al., 1986; 박재현, 1995). 또한, 인위적 또는 기계적 답압으로 인하여 증가된 입도 및 작업로 토양의 용적밀도가 교란되지 않은 자연입지 상태로 회복되기 위해서는 약 20년 이상이 경과되어야 한다는 연구결과가 있는 반면(Sidle, 1980; Adams, 1981; Froehlich et al., 1985), 백운산 작업로의 경우 토양용적밀도의 회복에는 약 10년 정도가 필요하다는 보고도 있었다(우보명 등, 1994). 아

울러 인위적 요인에 의한 토양의 용적밀도는 토양표층으로부터 15cm 깊이까지 영향을 받기 쉬우며, Sidle(1980)은 별채작업에 따른 토양교란 후 토양용적밀도는 토양깊이 7.5cm에서 25~45%, 22.5cm에서 25%가 증가한다고 하였다. 따라서 이 연구는 함양 상림의 토양 및 입지특성을 분석하여 상림 복원을 위한 기초적 관리방안을 제시하고자 수행하였다.

II. 연구방법

1. 조사지 개황

상림의 토지이용현황 및 조사지 위치는 그림 1과 같다.

2. 연구방법

함양 상림의 자연식생 상태를 파악하기 위하여 함양 상림의 식생상태를 대표한다고 판단되는 지역(상림 다별당 좌측 화단 절경이 식재지 안쪽; site 1, 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞 숲; site 2, 상림 물레방안 옆 소로 옆 숲; site 3)에 20m×20m의 방형구를 3개소 설치하여 식생조사를 수행하였다. 또한, 식생조사구는 함양군(2002)에서 울타리 주변 또는 자연식생이 고사하여 빈공간이 큰 곳 등 인위적으로 식재한 지역을 배제하고, 상림의 자연성이 그대로 유지되는 지역을 대상으로 하였으며, 가능하면 울타리와 소로 등이 포함되지 않는 면적을 조사구로 정하였다. 식생조사는 방형구 내의 교목층, 아교목층, 관목층, 하층식생으로 구분하여 식생의 종명, 피도, 빈도, 종다양도, 울폐도, 수관폭, 재적 등 식생조사를 수행하였다. 또한, 함양 상림의 위치별 토양의 경화 상태를 파악하기 위하여 2004년 5월에 10개소를 선정하였으며, 그때 분석된 자료를 기초로 하여 6년이 경과된 2010년 5월 동일한 장소에 대하여 조사를 수행하였다. 조사 대상 지역은 인위적 답압이 진행된 활엽수림 지역, 인위적 답압이 적은 활엽수림 지역, 낙엽층을 걷어내고 초본류

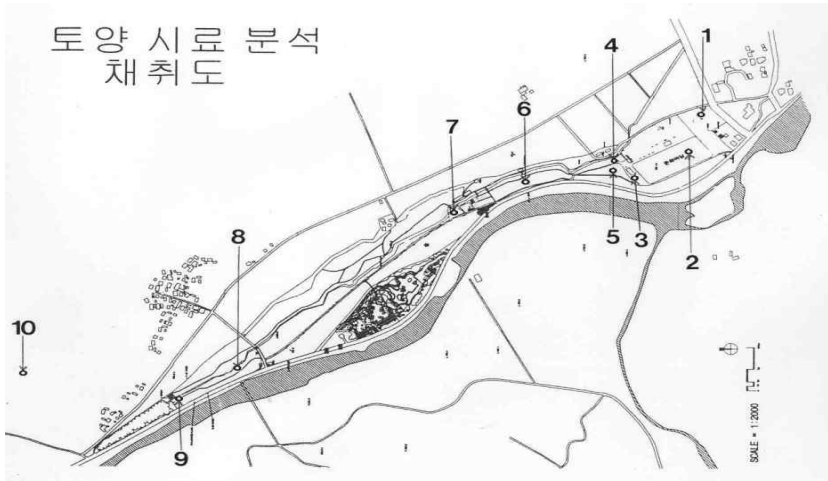


그림 1. 상림의 토지이용현황 및 조사지 위치.

(단, ① : 상림 입구 우측 숲, ② : 상림 다별당 앞 잔디밭, ③ : 상림 다별당 좌측 휴식터, ④ : 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, ⑤ : 상림 다별당 좌측 화단(동굴레 식재지), ⑥ : 다별당 산책로 좌측, ⑦ : 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞, ⑧ : 상림 옛 소로, ⑨ : 상림 물레방아 옆 소로(올타리 안), ⑩ : 자연 산림지)

(동굴레 등)를 식재한 곳, 낙엽층을 견어내지 않고 초본류를 식재한 곳, 산책로, 잔디밭, 대조구(주변 해송 순림)인 산림지역으로 구분하였다. 즉, 위치별로는 상림 입구 우측 숲(①), 상림 다별당 앞 잔디밭(②), 상림 다별당 좌측 휴식터(③), 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지(④), 상림 다별당 좌측 화단 동굴레 식재지(⑤), 다별당 산책로 좌측(⑥), 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞(⑦), 상림 옛 소로(⑧), 상림 물레방아 옆 소로(올타리 안, ⑨), 자연 산림지(⑩)에 대하여 토양조사를 수행하였다. 이 지역에 대하여 토양 캔 100cc에 각기 2반복 표층 토양을 교란되지 않도록 채취한 후 pH측정기(DAIKI 1750)를 이용하여 토양의 수인함양능력을 분석하였다.

아울러 토양의 물리성을 측정하기 위하여 토양채취기(채토기)로 사용하는 토양 캔의 깊이에 적합하도록 각 조사구에서 토양깊이 10cm 정도에서 동일하게 토양시료를 채취하였으며, 채취한 100cc 토양을 건조기에서 105℃로 48시간 건조 후 토양수분함유율, 토양채취용적과 건조토양의 비율로 토양용적밀도, 토양입자비율을 구하였다(藤原 등, 1996). 또한, 각 조사지에서 관입식 토

양경도계(DIK-5520)를 이용하여 토양깊이별 토양경도를 각기 3반복 측정하였으며, 대조구로써 교란되지 않은 자연산림 지역을 상림과 근접한 산림에서 선정하여 조사지에서 조사한 방법과 동일하게 측정·분석하였다. 아울러 토양의 투수능을 측정하기 위하여 토양의 투수속도를 레이저로 측정하는 투수능측정기(DIK-4000)를 이용하여 투수속도를 구한 후 계산 값을 이용하여 토양의 투수계수를 측정하였다. 또한, 함양 상림 토양의 산성화 정도 및 토양의 화학성을 분석하기 위하여 조사지 토양 500gram을 채취하여 토양의 pH, 유기물함량, 전질소, 치환성양이온(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), 유효인산, 양이온치환능력 등을 국립산림과학원 토양분석실에 의뢰 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 함양 상림의 식생조사 결과

1) 함양 상림지역의 자연 및 식생 현황

함양 상림은 해발 171~180m에 위치하며, 평탄하고 장방형으로 이루어져 있으며, 서쪽에는 위천(渭川)이 흐르고 동쪽에는 농경지가 분포하

며 숲 안에는 대덕 저수지에서 흘러내리는 물이 폭 2~3m의 개천을 이루면서 흐르고 있다. 함양 상림은 1980년부터 2009년까지 30년간 산청 기상대 자료(기상청, 2010)에 따르면 연평균기온 12.7℃, 연간강수량 1,479.2mm, 한랭지수 -11.0℃, 온량지수 104.2℃로서 온대남부낙엽활엽수림(임경빈, 1985)의 특성을 지니고 있으며, 최근 10년 내에 태풍 루사 및 매미로 집중호우가

내렸고 이로 인한 피해가 있었다(산림청, 2003). 지형은 평탄하여 특징 있는 경관이나 초점이 되어 시설을 끝만한 경관이 없고, 노거수로 이루어진 숲은 천개경관(Canopied Landscape)을 이루고 있다. 함양 상림에서 출현하는 수종은 전체 구역에 걸쳐 교목은 흉고직경 6cm 이상, 관목은 수고 1m, 수관폭 80cm 이상을 대상으로 전수 조사한 결과(함양군, 2002), 교목은 총 개체수가 4,516본

표 1. 함양 상림의 식생조사 결과.

수종 (Site 1)	평균 수고 (m)	평균 흉고직경 (cm)	평균 채적 (m ³ /ha)	울폐도 (%)	평균 수관폭 (m ²)	평균 단면적 (m ²)	본수 (N)	피도 (%)	밀도 (%)	종 다양도
느릅나무 (<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> NAKAI)	9.3	12.0	0.05	87	22.6	0.01	1	0.92	8.3	0.358
서어나무 (<i>Carpinus laxiflora</i> Bl.)	12.2	29.4	0.55		66.5	0.09	8	58.0	66.7	
줄참나무 (<i>Quercus ximccormickii</i> Carruth)	14.7	46.0	1.28		75.0	0.17	3	41.1	25.0	
수종 (Site 2)	평균 수고 (m)	평균 흉고직경 (cm)	평균 채적 (m ³ /ha)	울폐도 (%)	평균 수관폭 (m ²)	평균 단면적 (m ²)	본수 (N)	피도 (%)	밀도 (%)	종 다양도
감태나무 (<i>Lindera glauca</i> (Siebold & Zucc.) Blume var. <i>glauca</i>)	8.9	8.0	0.03	80	34.2	0.005	1	0.8	5.55	0.697
나도밤나무 (<i>Meliosma myriantha</i> S. et Z.)	6.6	8.2	0.02		21.8	0.006	9	7.99	50.0	
느티나무 (<i>Zelkova serrata</i> MAKINO)	14.5	28.0	0.45		54.2	0.061	1	9.84	5.55	
대팻집나무 (<i>Ilex macrospoda</i> MIQ.)	6.1	8.0	0.05		25.0	0.005	3	2.51	16.7	
때죽나무 (<i>Styrax japonica</i> S. et Z.)	7.5	14.0	0.06		12.8	0.015	1	2.46	5.55	
사릅주나무 (<i>Sapium japonicum</i> Pax et Hoffm.)	6.7	18.0	0.09		47.0	0.025	1	4.07	5.55	
서어나무 (<i>Carpinus laxiflora</i> Bl.)	10.0	24.0	0.23		29.8	0.045	1	7.23	5.55	
줄참나무 (<i>Quercus ximccormickii</i> Carruth)	15.6	72.0	3.17		126.2	0.407	1	65.1	5.55	
수종 (Site 3)	평균 수고 (m)	평균 흉고직경 (cm)	평균 채적 (m ³ /ha)	울폐도 (%)	평균 수관폭 (m ²)	평균 단면적 (m ²)	본수 (N)	피도 (%)	밀도 (%)	종 다양도
감태나무 (<i>Lindera glauca</i> (Siebold & Zucc.) Blume var. <i>glauca</i>)	7.5	6.0	0.02	90	31.82	0.003	2	0.44	7.14	1.000
노린재나무 (<i>Synplocos chinensis</i> for. <i>Pilosa</i> Ohwi)	3.6	4.0	0.002		13.84	0.001	1	0.10	3.57	
대팻집나무 (<i>Ilex macrospoda</i> MIQ.)	6.87	10.0	0.03		49.8	0.009	3	1.85	10.7	
때죽나무 (<i>Styrax japonica</i> S. et Z.)	8.7	12.0	0.05		64.6	0.011	1	0.89	3.57	
사릅주나무 (<i>Sapium japonicum</i> Pax et Hoffm.)	6.43	6.9	0.01		18.34	0.004	7	2.17	25.0	
상수리나무 (<i>Quercus acutissima</i> CARRUTH)	15.8	42.0	1.09		101.2	0.138	1	10.9	3.57	
서어나무 (<i>Carpinus laxiflora</i> Bl.)	4.45	6.0	0.01		17.54	0.003	2	0.44	7.14	
줄참나무 (<i>Quercus ximccormickii</i> var. <i>acuteserrata</i> Max.)	15.8	60.0	2.23		101.3	0.283	1	22.2	3.57	
줄참나무 (<i>Quercus ximccormickii</i> Carruth)	16.4	68.0	3.06		77.02	0.366	2	57.4	7.14	
쪽동백나무 (<i>Styrax obassia</i> Siebold & Zucc.)	7.58	8.5	0.02		18.49	0.006	8	3.60	28.6	

이며, 현존식생은 총 22개 유형으로 이중 졸참나무-서어나무군집(31.8%), 졸참나무군집(14.5%)의 분포면적이 상대적으로 넓었으며, 전체적으로 졸참나무 우점의 참나무류 식생이 전체 면적의 51.3%로 가장 넓게 분포하였고, 서어나무 우점식생은 10.3%, 느티나무 우점식생은 4.2%이었다(한봉호 등, 2004). 또한, 상림에 생존하고 있는 수목은 참나무류 열매 채취를 위한 수단 피해, 지체부에 나무썩음병균의 침입으로 인한 피해, 화기 등의 피해, 딱따구리 등 천공성 조류에 의한 피해 등의 사유로 약 412본의 수목이 수간부나 가지 부위에 피해를 입고 있는 것으로 나타났다(함양군, 2002).

함양 상림의 자연식생 상태를 파악하기 위하여 함양 상림의 식생상태를 대표한다고 판단되는 지역에 20m×20m의 방형구를 3반복으로 설치 식생조사를 수행한 결과는 표 1에서와 같다.

함양 상림 site 1에서 식생조사결과, 우점종은 8본의 서어나무로 나타났으며, 이 수종의 피도는 58%, 밀도는 66.7%, 평균수관폭은 66.5%, 평균수고는 12.2m, 평균흉고직경은 29.4cm, 평균재적은 0.55m³/ha이었으나, 본수는 3본으로 평균수고가 14.7m, 평균흉고직경이 46cm인 졸참나무에 비해 평균재적은 약 1/2로 작은 것으로 분석되었다.

Site 2에서 평균수고 15.6m, 평균흉고직경 72cm, 평균재적 3.17m³/ha, 평균수관폭 126.2m², 피도

65.1%인 졸참나무가 상층교목을 이루고 있는 반면, 나도밤나무는 본수가 9본으로 아교목층을 이루고 있는 것으로 나타났다. Site 3에서는 상수리나무와 졸갈참나무가 각각 평균수관폭 101.2m², 101.3m²로 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 상층교목을 이루고 있는 것으로 나타났으며, 이들 수종은 평균흉고직경이 각각 42cm, 60cm로 다른 수종들보다 재적량도 가장 많은 것으로 나타났다. 그러나 사람주나무는 7본으로 아교목층을 이루는 쪽동백나무(8본)와 가장 본수가 많은 것으로 나타났다. 즉 Site 1, 2, 3을 비교해 본 결과 Site 3의 종다양도가 1로 가장 높았으며, Site 2는 0.697, Site 1은 0.358로 나타났다. 즉, 함양 상림의 위치별로 상림 다별당 좌측 화단 절경이 식재지 안쪽, 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞 숲, 상림 물레방안 옆 소로 옆 숲으로 갈수록 식생의 종다양도는 높아지는 것으로 나타났는데, 이는 다별당 측으로 갈수록 도심방향에 접근하고 있고, 상림 물레방아 방향으로 갈수록 산림지역으로 연결되는 위치에 따른 영향 등 이용자의 이용빈도 및 간섭도 등 다양한 영향에 기인한 결과로 사료된다. 특히 식생조사결과 종다양성이 낮은 지역에 대해서는 이용자 진입으로 인한 간섭을 강화하고, 상림의 식생특성에 적합한 수종을 선택 조림을 실시하는 방법도 강구할 필요가 있을 것으로 사료된다. 함양 상림의 수관울폐도는 그림 3과 같다. 3개의 조사구에서 site 3이 수관면적

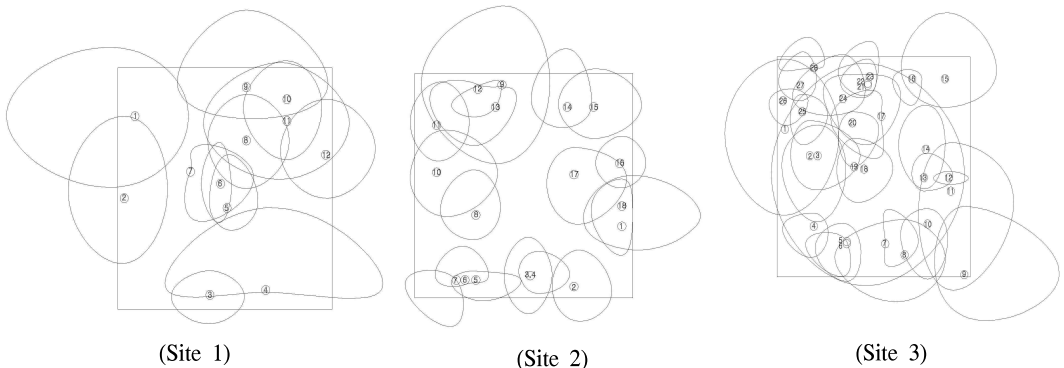


그림 2. 함양 상림지역에서 조사구별 수관울폐도(단, 그림에서 숫자는 임목의 위치를 나타낸다).

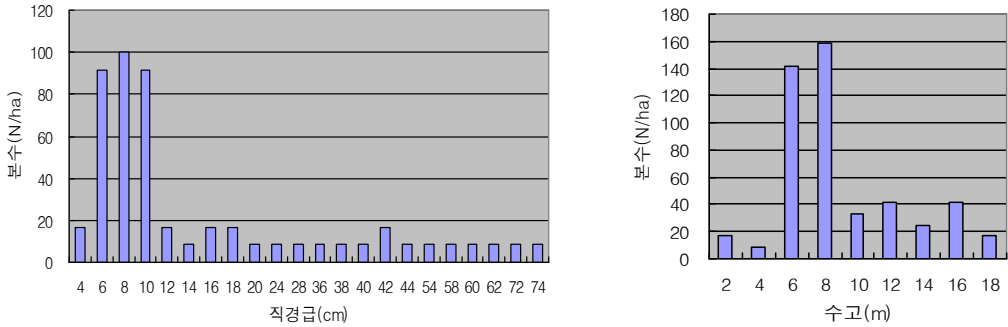


그림 3. 함양 상림의 직경급, 수고 패턴.

이 높게 나타났으며, 이러한 지역의 경우에는 상층교목의 수관의 접속부로 인한 아교목 및 중층식생의 성장을 고려하여 상층식생의 접속부에 대한 가지치기 등 시업이 필요할 것으로 사료된다.

2) 함양 상림의 직경급, 수고 패턴 분석

직경급(2cm 활약)의 분포범위는 4~74cm로 70cm의 분포폭을 보였고, 평균직경급 18cm 이하가 74.1%를 차지하고 있으며, 하위 등급으로 갈수록 입목본수가 많아지는 분포패턴을 보이고 있는데 그중 8cm급의 입목본수가 100본/ha로 가장 많았다(그림 3). 한편, 수고급(2m 활약)의 분포범위는 2~18m로 16m의 분포폭을 보였고, 평균수고는 10m이나 8m급의 입목본수가 전체의 43.8%

를 차지하고 있다. 이 입분은 직경 8cm급과 수고 8m급에서 개체목간 경쟁이 두드러지는 것으로 나타났다.

함양 상림의 흉고직경이 평균값을 가진다고 판단되는 흉고직경 28cm의 서어나무를 성장추로 조사하여 연륜생장을 조사(그림 4)하였다. 생장은 초기 5년까지 평균 4.0mm/yr의 성장을 보이다 이후 15년까지 평균 2.5mm/yr의 성장으로 감소하다가 25년까지는 평균 1.5mm/yr의 성장을 보였다. 또한, 30년까지는 2.5mm/yr로 생장이 증가하다가 다시 37년까지는 1.5mm/yr로 생장이 줄어드는 경향을 나타내었다. 아울러 47년까지는 다시 2.5mm/yr로 생장이 늘다가 55년까지는 1.5mm/yr로 생장이 줄어드는 성장패턴을 나타내고 있다.

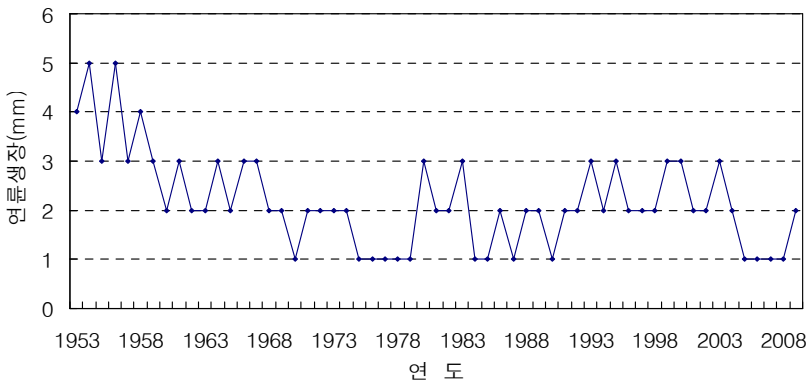


그림 4. 함양 상림의 연륜생장 패턴.

표 2. 함양 상림의 토지이용 분석 결과.

구분	숲	잔디광장	역사인물	취수장	도로·구거	대지	농경지	계
면적(m ²)	117,971	8,000	6,698	9,138	54,977	2,631	21,499	220,914
비율(%)	53.4	3.6	3.0	4.1	24.9	1.2	9.7	100

2. 함양 상림의 토지이용 분석

함양 상림의 토지 이용은 숲과 배수지, 역사인물공원, 잔디광장으로 크게 구분할 수 있으며, 면적 및 비율은 표 2와 같다.

함양 상림의 도면을 가지고 토지이용 현황을 분석한 결과 함양 상림은 전체가 220,714m²이며, 이 가운데 숲이 117,971m²로 전체 면적의 53.4%로 가장 많은 면적을 차지하고 있으며, 다음으로 도로·구거가 24.9%, 농경지가 9.7%, 취수장이 4.1%, 잔디광장이 3.6%, 역사인물지 3.0%, 대지가 1.2%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다. 그러나 숲의 면적이 가장 높은 비율을 차지하고는 있으나 전체 면적의 50%를 약간 웃돌아 숲의 면적을 늘리는 것이 필요한 실정이다. 즉, 함양 상림의 천연기념물 지정 목적 등을 고려할 때 숲

의 면적이 적다는 것은 그만큼 함양 상림의 자원적, 경관적, 문화적 중요성으로 판단할 때 잔디광장, 역사인물, 농경지 등의 면적을 일부 수용해 숲을 조성해 줌으로써 숲의 면적을 증가시키는 것이 필요한 실정이다. 즉, 산책로 주변의 나지화된 지역 그리고 운동장 주변지역은 인위적인 복구 대책 없이는 회복이 불가능할 것으로 사료된다(권태호 등, 1991).

3. 토양의 물리성 분석

연구 대상으로 선정한 10개 조사지에 대하여 토양의 물리성을 분석한 결과는 표 3과 같다.

상림 숲 10개 조사지 토양의 물리성을 분석한 결과, 토양의 답압정도를 나타내는 토양용적밀도는 상림 다별당 앞 잔디밭은 2006년 1차 조사시

표 3. 함양 상림 토양의 물리성 분석 결과.

구분	토양용적밀도 (g/cm ³)	투수계수 (cm/sec)	조공극률 (pF2.7, %)
①	0.953 (0.942)	0.0136 (0.0226)	37.3 (37.1)
②	1.227 (1.700)	0.0041 (0.0013)	26.4 (21.4)
③	1.276 (1.340)	0.0015 (0.0185)	35.9 (24.2)
④	1.009 (1.002)	0.0082 (0.0032)	38.9 (20.0)
⑤	0.726 (0.720)	0.0204 (0.0273)	31.1 (31.2)
⑥	1.516 (1.590)	0.0052 (0.0124)	28.9 (25.2)
⑦	0.928 (0.912)	0.0027 (0.0221)	30.3 (31.2)
⑧	0.956 (0.950)	0.0053 (0.0045)	30.5 (30.3)
⑨	1.263 (1.160)	0.0007 (0.0226)	30.7 (30.2)
⑩	0.605 (0.601)	0.0240 (0.0260)	37.8 (37.6)

단, () 값은 2010년 2차 조사시의 값을 나타낸 것이며, ① : 상림 입구 우측 숲, ② : 상림 다별당 앞 잔디밭, ③ : 상림 다별당 좌측 휴식터, ④ : 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, ⑤ : 상림 다별당 좌측 화단(동굴레 식재지), ⑥ : 다별당 산책로 좌측, ⑦ : 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞, ⑧ : 상림 옛 소로, ⑨ : 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안), ⑩ : 자연 산림지의 값을 나타낸다.

1.227g/cm³이었으나, 4년이 경과한 2010년 2차 조사시에는 1.700g/cm³으로 높아져 이용객에 의한 답압에 의한 영향이 지속된데 따른 결과로 판단되며, 상림 다별당 좌측 휴식터와 다별당 산책로 좌측을 제외하고 대부분 토양용적밀도는 감소하는 경향을 나타내어 부분적으로 토양의 회복이 이루어지는 것으로 분석되었다. 이는 함양군의 지속적인 관리로 인한 이용객의 출입을 조절한데 기인한 결과로 사료된다. 뿐만 아니라 토양의 침투능력을 나타내는 투수계수는 자연산림지가 1차, 2차 조사시 각각 0.0240cm/sec, 0.0260cm/sec로 가장 높았으며, 상림 입구 우측 숲이 2차 조사시 0.0226cm/sec으로 1차조사시보다 빠르게 회복되는 것으로 나타나 이용객의 출입통제에 따른 상림의 관리가 효과를 나타나고 있는 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 토양의 침투능을 높여 줌으로써 토양으로의 물침투를 증대시켜 토양의 수원함양기능을 좋게 하는데 기여할 것으로 사료된다. 아울러 토양의 보수성을 나타내는 조공극률(pF2.7)(이천용, 1995)은 2차 조사시 자연산림지(37.6%)보다 가장 높은 값을 나타내었으며, 상림 다별당 좌측 휴식터, 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지는 1차 조사시 높은 값을 나타내었으나, 2차 조사시 그 값이 낮게 나타난 것은 이용객의 과도한 이용에 따른 토양답압과 질경이 식재지의 제거 등 이용에 따른 영향에 기인한 결과로 사료된다.

4. 토양 답압에 의한 토양경화도 분석

관입시험기를 이용하여 측정한 함양 상림의 각 조사지별 토심별 토양경도도는 표 4와 같다. 각 조사지에서의 평균 토심은 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안)가 51.5cm로 가장 깊었는데 이 지역은 울타리로 보호되어 소로의 흔적만 있으며, 다음으로 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞이 40.5cm이었는데 이 지역은 낙엽층이 남아 토양화 과정이 심화되는데 기인한 것으로 사료된다. 그러나 주변 산림지는 37.5cm에 불과해 이들 지역

보다 토심이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안)와 상림지역에서 낙엽층을 견지 않은 사운정 앞은 그 동안 토양복원을 위해 모래 등을 복토한 지역이었기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 표충토에서 토양경도가 가장 높은 곳은 다별당 산책로 좌측으로 토양경도는 24.5kgf/cm²에 달해 다른 조사지 보다 매우 높은 값을 나타내었는데, 이는 많은 이용객들의 누적된 답압에 기인한 결과라 생각된다. 즉, 이 정도의 토양경도가 자연임지 상태로 회복되기 위해서는 매우 오랜 시간이 소요된다는 것을 의미하는 것이다.

한편, 토양 5cm 깊이에서 가장 높은 토양경도를 나타낸 지역은 상림 다별당 앞 잔디밭으로 토양경도는 27.7kgf/cm²로 이용객들의 답압에 의한 토양경도보다 높은 결과를 나타내었는데, 이는 이용객들이 놀이를 하거나 축구 등 운동을 함으로써 발생하는 답압이 토양경화에 더 크게 작용하는 것을 의미하는 결과이다. 그러나 이 지역에서 표충토양의 토양경도는 다른 지역에서와 마찬가지로 0kgf/cm²으로 나타났는데, 이는 관입시험기로 관입을 할 경우 다져진 토양이 아닌 경우 지표면의 토양경도는 대체로 0kgf/cm²으로 나타나는 것과 유사한 결과였다. 그러나 이 지역의 토양경도는 토양 5cm 깊이밖에 관입이 되지 않는 것으로 나타나 토양이 매우 경화된 것으로 분석되었다. 한편, 2004년 1차 조사시보다 6년이 경과된 2010년 2차 조사시에도 이 지역은 토양 5cm까지 밖에는 관입이 안 되었으며, 그 때의 토양경도는 28.0kgf/cm²으로 토양이 매우 딱딱해진 것으로 분석되었다. 그러나 함양군에서 추후 다별당 앞 잔디밭을 산림으로 복원하려고 계획을 추진하고 있는바(함양군, 2002), 산림으로 복원을 할 경우에는 경운 등 토양경도를 약화시키는 작업이 필요한 것으로 사료된다. 또한, 10개의 조사대상지역에서 답압 등에 가장 영향이 크다고 판단되는 표충토 및 토양깊이 5cm, 10cm에서의 1차조사 때인 2004년보다 2010년 2차 조사 때 더

표 4. 각 조사지별 토심별 토양경도.

조사지별토양경도 토양깊이 (cm)	(kgf/cm ²)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
토심(cm)		25.0	9.0	13.5	7.0	11.0	3.0	40.5	11.5	51.5	37.5
0		0 (0)	0 (0)	2.0 (6.0)	0 (0)	0 (0)	24.5 (25.0)	0 (0)	3.0 (2.2)	0 (0)	0 (0)
5		9.7 (9.4)	27.7 (28.0)	19.0 (19.2)	20.0 (20.2)	14.0 (13.0)		4.0 (3.8)	7.5 (7.1)	10.0 (8.2)	2.5 (2.0)
10		16.0 (15.3)		19.5 (19.6)		26.0 (26.0)		4.0 (4.0)	13.5 (13.0)	12.0 (10.2)	5.0 (4.3)
15		17.0 (17.1)						9.5 (9.5)		11.0 (10.9)	6.0 (5.2)
20		16.5 (16.5)						14.5 (14.3)		17.5 (18.0)	4.0 (3.9)
25		15.0 (16.0)						14.8 (15.0)		9.0 (9.6)	8.5 (9.0)
30								10.0 (9.0)		7.0 (7.0)	9.5 (9.4)
35								6.0 (6.2)		9.0 (9.2)	13.3 (13.2)
40								6.0 (6.2)		9.0 (9.2)	
45										9.0 (9.3)	
50										9.5 (9.5)	

단, () 값은 2010년 2차 조사시의 값을 나타내며, ① : 상림 입구 우측 숲, ② : 상림 다별당 앞 잔디밭, ③ : 상림 다별당 좌측 휴식터, ④ : 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, ⑤ : 상림 다별당 좌측 화단(둥굴레 식재지), ⑥ : 다별당 산책로 좌측, ⑦ : 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞, ⑧ : 상림 옛 소로, ⑨ : 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안), ⑩ : 자연 산림지의 값을 나타낸다.

경화된 지역은 상림 다별당 앞 잔디밭, 상림 다별당 좌측 휴식터, 다별당 산책로 좌측 등 3개 지역으로 나타났는데, 이 지역은 지속적으로 이용객의 답압에 의한 영향으로 판단되며, 산림지역을 제외한 상림 입구 우측 숲, 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, 상림 다별당 좌측 화단(둥굴레 식재지), 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞, 상림 옛 소로, 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안) 등 6개 지역으로 분석되었는데, 이들 지역의 토양경도는 비교적 2004년 1차 조사 때 보다 낮아지는

것으로 나타났는데, 이는 울타리 등을 설치해 이용객들이 진입하지 않아 토양이 점차 회복되는데 기인한 결과로 사료된다.

한편, 1차 조사 때 토양 10cm 깊이에서는 상림 다별당 좌측 화단(둥굴레 식재지)에서 26.0kgf/cm²로 매우 높은 토양경도를 나타내었는데, 이는 기존에 둥굴레를 식재하기 전 이미 토양이 경화되어 있었음을 의미하는 것으로 그 보다 상층부의 토양경도가 이 보다 낮은 14.0kgf/cm²로 나타나 둥굴레 식재 후 토양이 점차 회복되어지고 있는

것으로 분석되었다. 즉, 2차 조사 때 이 지역의 토양깊이 5cm에서는 토양경도가 13.0kgf/cm^2 으로 1차 조사때보다는 회복되는 것으로 나타났으며, 토양깊이 10cm에서는 1차 조사 때와 토양경도는 같은 값을 나타내 토양깊이 10cm까지는 회복현상이 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

토양 깊이가 15cm에서는 1차 조사 때 상림 입구 우측 숲이 토양경도 17.0kgf/cm^2 로 비교적 높은 값을 나타내었는데, 이 지역의 같은 토양깊이 이하에서는 2차 조사 때와 유사한 값을 나타내어 토양깊이 10cm 이하의 깊이에서는 6년이 경과되어도 토양경도는 회복되지 않은 것으로 분석되었다. 즉, 이와 같은 결과는 계속되는 이용객들이 그 곳에서 휴식을 취하며, 답압을 하기 때문에 나타난 결과로 이 토양을 자연적인 산림지역과 같은 상태로 복원하기 위해서는 이용객들이 들어가지 못하도록 한 상태에서 수십 년 이상이 소요될 것으로 생각된다(박재현, 2002, 2005).

토양깊이 20cm에서는 1차 조사 때 상림 물레방아 옆 소로(울타리 안)가 17.5kgf/cm^2 로 나타났으며, 2차 조사 때에는 이와 유사한 18.0kgf/cm^2 으로 나타났으며, 더 깊은 토심에서는 1, 2차 조사 때 모두 그보다 낮은 토양경도를 나타내었는데, 이는 토양깊이 10cm 이하에서는 석력 등이 불규칙적으로 분포한 결과로 사료된다. 이는 토양깊이 20cm까지가 이용객들의 답압에 의한 토양경화의 영향을 받고 있음을 의미하는 결과라 생각된다. 따라서 이러한 경화된 토양을 복원하기 위해서는 경운 등 토양통기성 증진 작업이 필요할 것으로 생각되나, 현실적으로 어려운 점이 있으므로 이러한 방법보다는 국립공원관리공단에서 시행하는 자연휴식년제와 같은 방법(박재현, 2000)을 응용, 숲 지역에서는 울타리 등을 이용한 자연적인 이용객 제한 및 상림을 지속적으로 관리하는 직원의 상주 등을 통해 이용객의 유입을 금지하는 등 토양이 복원되도록 하는 방안을 강구할 필요가 있을 것으로 생각된다.

5. 토양의 화학성 분석

함양 상림 지역 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 5와 같다.

함양 상림 토양을 분석한 결과, 1차 조사시와 토성은 유사한 결과를 나타내었으나, 2차 조사 전의 기간 동안 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지의 관리 등에 의한 모래의 복토 등으로 모래질 토양으로 토성이 변화하였으며, 다별당 산책로 좌측은 토양침식 및 부식에 의한 토양화 작용에 의한 영향 등으로 사질양토로 바뀐 것으로 분석되었다. 즉 나머지 지역의 모래 : 미사 : 점토의 함량비는 미소하게 변화하였으나 이는 지역 및 조사지점의 미세한 변화에 의한 영향에 기인하는 것으로(이천용, 1995) 분석되었다. 또한, 토양내 수분의 보유능력과 밀접한 관계를 가지는 점토함량은 산림지를 포함하여 전체적으로 우리나라 변성암 모재인 A층의 점토함량 15.6%, B층 17.9%에 비해(정진현 등, 2003) 낮은 값을 보이고 있는 것으로 나타나 일반적으로 이 지역이 낮은 토양온도를 가지며, 이 같은 토양생성요인이 토양의 물리 화학적 풍화에 의한 2차광물인 점토의 생성에 제한적 요인으로 작용했을 가능성이 있다고 생각된다(정진현 등, 2003). 한편, 토양의 산성화 정도를 나타내는 산도(pH)는 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, 상림 다별당 좌측 화단(등굴레 식재지), 다별당 산책로 좌측 숲 등 약알칼리성을 나타낸 지역(pH 6.17~6.45)은 pH가 약산성(4.83~5.73)으로 변화되어 시간의 경과에 따른 낙엽 등 부식에 의한 토양화 과정에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다(이천용, 1995; 정진현 등, 2003). 그러나 다른 지역의 경우에는 토양pH에서 큰 변화 나타나지 않은 것으로 분석되었으며, 시간의 경과에 따라 토양pH는 미소하게 변화할 것으로 사료된다. 토양내 이화학적 성질뿐만 아니라 토양수분보유능력에 가장 크게 영향을 미치는 유기물함량의 경우 분석 결과, 상림 다별당 앞 잔디밭은 1차 조사시에는 6.06%이었으나 2차 조사시에는 0.31%로 낮아져 이용객들에 의한 지

표 5. 함양 상림 토양의 화학성 분석 결과.

구분	토양입자비율(%)				pH	유기물 (%)	전질소 (%)	C.E.C. (cmol ⁺ /Kg)	치환성양이온(cmol+/Kg)			
	모래	미사	점토	토성					K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
①	70.56 (74.70)	25.59 (23.37)	3.85 (1.93)	SL	4.95 (5.66)	1.20 (2.21)	0.071 (0.092)	11.66 (12.42)	0.18 (0.22)	0.09 (0.20)	0.16 (0.92)	0.32 (0.36)
②	62.78 (83.80)	34.97 (14.27)	2.25 (1.93)	SL	4.51 (5.42)	6.06 (0.31)	0.335 (0.016)	15.18 (10.02)	0.65 (0.13)	0.12 (0.25)	3.24 (2.70)	1.24 (0.99)
③	82.58 (67.62)	13.89 (28.85)	3.53 (3.53)	SL	5.39 (5.18)	1.50 (2.20)	0.073 (0.105)	10.12 (14.64)	0.27 (0.30)	0.13 (0.11)	2.96 (1.82)	2.73 (0.51)
④	83.38 (86.44)	14.37 (11.31)	2.25 (2.25)	SL (S)	6.44 (5.73)	3.72 (3.82)	0.143 (0.143)	10.34 (9.92)	0.48 (0.50)	0.15 (0.13)	6.23 (5.20)	1.30 (0.49)
⑤	70.34 (77.66)	23.45 (20.73)	6.21 (1.61)	SL	6.45 (4.83)	4.21 (4.30)	0.135 (0.190)	11.23 (10.66)	0.49 (0.45)	0.18 (0.11)	6.44 (6.31)	1.32 (0.57)
⑥	87.00 (84.00)	10.43 (12.15)	2.57 (3.85)	S (SL)	6.17 (5.09)	1.64 (1.69)	0.093 (0.098)	9.02 (10.84)	0.35 (0.19)	0.14 (0.13)	3.89 (1.31)	1.40 (0.40)
⑦	45.46 (51.26)	50.36 (42.64)	4.18 (6.10)	SiL	4.18 (4.84)	8.10 (7.80)	0.437 (0.484)	16.94 (17.24)	0.80 (0.62)	0.09 (0.21)	3.74 (0.75)	1.58 (0.37)
⑧	70.56 (78.02)	25.59 (17.48)	3.85 (4.50)	SL	4.95 (4.83)	1.20 (1.72)	0.071 (0.078)	11.66 (10.68)	0.18 (0.22)	0.09 (0.18)	0.16 (0.59)	0.32 (0.69)
⑨	74.50 (80.90)	22.61 (16.21)	2.89 (2.89)	SL	4.84 (5.10)	0.70 (1.66)	0.043 (0.073)	11.66 (11.44)	0.13 (0.08)	0.07 (0.12)	0.11 (0.40)	0.25 (0.26)
⑩	73.12 (74.20)	22.38 (20.57)	4.50 (5.23)	SL	5.02 (5.12)	4.56 (4.73)	0.075 (0.082)	10.78 (10.92)	0.29 (0.27)	0.09 (0.11)	0.36 (0.32)	0.82 (0.80)

단, () 값은 2010년 2차 조사시의 값을 나타내며, ① : 상림 입구 우측 숲, ② : 상림 다별당 앞 잔디밭, ③ : 상림 다별당 좌측 휴식터, ④ : 상림 다별당 좌측 화단 질경이 식재지, ⑤ : 상림 다별당 좌측 화단(동굴레 식재지), ⑥ : 다별당 산책로 좌측, ⑦ : 상림 낙엽층 견지 않은 사운정 앞, ⑧ : 상림 옛 소로, ⑨ : 상림 물레방아 옆 소로(올타리 안), ⑩ : 자연 산림지의 값을 나타낸다.

속적인 이용에 따른 훼손 영향에 기인하는 것으로 사료되었으며, 다른 조사지는 모두 유기물함량이 증가되어 점진적으로 토양의 회복이 나타나는 것으로 분석되었다. 전질소의 경우 유기물함량과 밀접한 관계를 가지는데(정진현 등, 2003), 이와 같은 결과도 2차 조사시 유사한 결과를 나타내고 있다.

IV. 결 론

이 연구는 함양 상림의 식생조사 및 토양과 입지특성을 분석하여 상림 복원을 위한 과학적 관

리방안을 제시하고자 수행하였다.

1. 식생조사결과 함양 상림의 위치별로 도심에 근접한 지역의 종다양도지수(0.358)보다 산림에 가까운 지역의 종다양도지수(1.000)가 높은 것으로 분석되었다.

2. 함양 상림은 숲이 전체 면적의 약 53%로 가장 많은 면적을 차지하고 있으나, 농경지, 잔디밭, 대지 등을 숲으로 복원 숲의 면적을 늘리는 것이 필요한 실정이다.

3. 토양용적밀도는 이용빈도가 많은 지역의 경우에는 높아지는 경향을 나타내고 있으나, 이용제한 등 관리를 하는 지역은 낮아지는 것으로 분

석되었다.

4. 토양깊이 0~10cm까지의 토양경도는 이용이 제한되고 있는 지역에서는 1차 조사 때 보다는 회복되는 것으로 나타났으나, 이용이 계속되는 지역에서는 1차 조사 때 보다 악화되는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

- 권태호 · 오구균 · 권순덕. 1991. 지리산국립공원의 등산로 및 야영장 주변 환경훼손에 대한 이용영향. 응용생태연구 5(1) : 91-103.
- 기상청. 2010. 한국기후표(1980 - 2009). 기상청. 동진문화사 632pp.
- 문화공보부. 1973. 문화재대관림(천연기념물편). 문화공보부 632pp.
- 박재현. 1995. 백운산 성숙활엽수림 개별수확지에서 벌채직후의 환경변화와 운재로 침식에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문 137pp.
- 박재현. 2000. 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수질 특성(IV). -이화학적 특성의 계절별 변화를 중심으로-. 한국임학회지 90(1) : 146-154.
- 박재현. 2002. 벌채지내 운재로의 토양물리성 회복. 한국임학회지 91(1) : 88-95.
- 박재현. 2005. 함양 상림 복원을 위한 입지특성 분석. 한국환경복원녹화기술학회지 8(1) : 1-9.
- 산림청. 2003. '02 태풍 "루사" 수해복구 자료 모음집 802pp.
- 우보명 · 박재현 · 김경훈. 1994. 벌채적지 운재로의 토양가밀도 변화와 자연식생회복에 관한 연구. 한국임학회지 83(4) : 545-555.
- 이천용. 1995. 산림환경토양학. 진성문화사 45-88pp.
- 임경빈. 1985. 신고조림학원론. 향문사 491pp.
- 임경빈. 1993. 천연기념물-식물편-. 대원사 542pp.
- 정진현 · 김춘식 · 구교상 · 이충화 · 원형규 · 변재경. 2003. 한국 산림토양의 모암별 이화학적 특성. 한국임학회지 92 : 254-262.
- 한봉호 · 김종엽 · 조현서. 2004. 함양 상림의 환경생태적 구조 분석 및 생태적 관리방안. 한국환경생태학회지 17(4) : 424-336.
- 함양군. 2002. 함양 상림의 보존관리 및 활용을 위한 기본계획. 함양군 87pp.
- 藤原俊六郎 · 安西微郎 · 加藤哲郎. 1996. 土壤診斷の方法と活用 281pp.
- Adams, P. W. 1981. Compaction of forest soils : a pacific northwest extension publication. Oregon. USDA Forest Service. PNW-217.
- Froehlich, H. A., D. W. R. Miles and R. W. Robbins. 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails central Idaho. Soil Science Society American Journal, 49(4) : 1016-1017.
- Krag, P., K. Higginbotham and R. Rothwell. 1986. Logging and soil disturbance in southeast British Columbia. Canadian Journal of Forestry Research, 16 : 1345-1354.
- Sidle, R. C. 1980. Impacts of forest practices on surface erosion. A pacific northwest extension publication, Oregon. USDA Forest Service. PNW 195 : 1-5.