Jour. Korean For. Soc. Vol. 100, No. 3, pp. 476~482 (2011)

한국임학회지

JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY

지리산 숲길 경남권역 구간의 훼손 실태 평가

박재현[1] · 허근영[2*] · 임홍근[1]

[1]경남과학기술대학교 산림자원학과, [2]경남과학기술대학교 조경학과

Degradation Assessment of Forest Trails in Gyeongnam Domain of Mt. Jiri

Jae-Hyeon Park[1], Keun-Young Huh[2*] and Hong-geun Lim[1]

[1]Department of Forest Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

[2]Department of Landscape Architecture, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

요 약: 이 연구는 경남지역을 중심으로 운영되고 있는 지리산 숲길의 토양물리성의 변화를 분석함으로써 지리산 숲길의 토양 피해 저감을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다. 숲길 개설 1~3년 경과 후 단위m당 평균숲길침식량은 인월-금계 구간은 0.0015 m^3, 동강-수철구간은 0.0018 m^3, 수철-청암구간은 0.0027 m^3이었으나 청암-악양구간은 침식이 발생하지 않은 것으로 분석되었다. 인위적 답압에 의한 영향이 높은 토양깊이 5 cm에서의 토양경도는 조사구간에서 토양깊이 10 cm에서보다 높게 나타나 이용자의 답압에 의한 숲길 영향은 현재까지 토양 5 cm 정도까지 미치는 것으로 나타났다. 지리산 숲길은 2008년 개통 후 약 1~3년이 경과된 현재까지 이용되는 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암구간의 경우 이용자의 답압에 의한 영향이 크다고 판단되는 토양깊이 0~7.5 cm에서의 평균 공극률은 약 1.4~1.5배 낮아진 것으로 나타났다. 이와 같이 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암, 청암-악양구간 모두 산림과 숲길이 토양용적밀도는 대조구인 산림지역보다 약 1.6~3.1배 높은 값을 나타내었는데, 이러한 이용객의 증가에 따른 영향은 토양에 지속적으로 영향을 미칠 것으로 사료되며, 이를 억지하기 위해서는 이용자의 과도한 집중화 및 분산을 유도할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다고 사료된다.

Abstract: As part of studies on the reduction of forest trails degradation caused by high users density, this study was carried out to investigate soil physical properties of forest trails of Gyeongnam Domain in Mt. Jiri, Southeast Korea. Since the forest were opened for leisure trailing in 2008, the average soil erosion amounts per a square meter on the forest trails were 0.0015 m^3 from Inweol to Gumgeo, 0.0018 m^3 from Dongang to Suchol, and 0.0027 m^3 from Suchol to Chungam for 3 years. But, from Chungam to Agyang, the erosion was almost not occurred because it was recently opened. The soil hardness in 5 cm depth was significantly higher than in 10 cm depth. It indicates that intensive soil compaction by users has mainly affected in 5 cm soil depth until now on. In three forest trails compacted intensively, the porosity of 0-7.5 cm soil layer was down to 1.4-1.5 times compared to that in 2008. In additions, the bulk density was up to 1.6-3.1 times compared to the controls, which were not opened to users. As a result, the degradation caused by high users density would keep occurring on the three forest trails unless any counterplans are considered for the degradation reduction. At the moment, users distribution to other forest trails and long-term sabbatical years would be the most effective counterplans to keep from users gravitation on the three forest trails.

Key words **:** *forest trail, soil compaction, soil erosion, soil hardness, soil physical properties*

서 론

숲길은 산 정상으로 가는 길이 아닌 산자락을 끼고 만든 완만한 경사의 등산로다. 숲길은 산 정상에 오르기 힘들다는 단점을 이용해 산의 허리나 둘레를 돌아가며 걷는 트레킹이기도 하며, 등산을 할 때 꼭 정상에 올라야 한다

본 연구는 2011년 경남발전연구원의 연구비에 의하여 수행되었음.

*Corresponding author
E-mail: sumoto@gntech.ac.kr

는 수직산행 문화에서 둘레길을 평범하게 다닐 수 있도록 하는 수평산행 문화로의 개편이기도 하다. 이러한 숲길은 전국에 걸쳐 계속 확대되어 가고 있는 실정이며, 현재 이용되고 있는 숲길은 지리산 숲길(총 5코스, 300 km), 제주올레길(210 km), 울진 금강소나무숲길(16 km), 대구올레길(18 km), 서울성곽순례길(24 km), 한강길(15 km), 강화나들길(55 km), 마곡사 솔바람길(11 km), 변산 마실길(100 km), 고창 신화가 있는 질마재길(40 km), 군산 구불길(18 km), 익산 백제의 숨결 둘레길(14 km), 진안 마실길(214 km), 남도 갯길 6천리길(5,040 km), 광주 무등산 옛길(12 km), 해운대 달맞이길(3 km), 이기대 해안산책로(4 km), 영주 소백산 자락길(19km), 울산 솔마루길(24 km), 무학산 오솔길(12 km), 강원 바우길(12 km) 등 각 지역, 지자체 마다 특색 있는 명칭으로 숲(또는 둘레길, 올레길)을 조성하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 숲길, 올레길, 트레킹길, 산책길, 탐방로 등 저마다의 이름으로 서로 다르게 운영돼 왔던 전국의 숲길을 체계적으로 운영 관리할 수 있도록 산림문화휴양에 관한 법률로 숲길은 등산, 트레킹, 레저스포츠길, 탐방로, 휴양치유숲길 등으로 분류되어 숲길과 유사한 형태의 길을 만들 때는 다른 법률에 특별한 규정이 없는 한 모두 이 법률에 따르도록 했다(한국임업신문, 2011).

이러한 숲길은 걷는 문화를 조성함으로써 국민들에게 건강한 생활을 영위할 수 있는 여건을 마련함과 동시에 전국을 걸으며 여행할 수 있는 기반을 만들어주고 있다. 뿐만 아니라 전국 각지에 조성되어 있는 숲길을 이용하도록 함으로써 전국을 다니며 각 지역의 문화를 체험할 수 있고 지역의 독특한 문화를 알리는 계기가 되기도 한다. 그러나 이러한 숲길은 과도한 이용객으로 인하여 숲길 주변의 훼손을 조장하는 마이너스적 역할 뿐만 아니라 잘못된 숲길 문화로 인하여 지역민들의 위화감을 조성할 수 있는 문제도 안고 있다. 즉, 최근에는 수많은 사람들의 숲길 산행에 따라 주변 산림환경의 훼손 및 농작물을 훼손하거나 가져가는 등 문제도 발생하고 있고, 화장실 등의 불비로 인하여 주변이 공중화장실이 되는 문제도 안고 있다. 더욱이 지역의 특산물을 팔기 위한 상술의 발달로 순수한 농촌문화가 도시문화로 전환되는 계기가 됨으로써 전통적인 농촌의 인심이 사라지는 문제점을 안고 있다(이상윤, 2011).

지리산 숲길은 2007년 시범구간 20 km(전라북도 남원시 산내면 매동마을~경상남도 함양군 마천면) 개통 이후 2008년 50 km(전라북도 남원시 주천면~경상남도 산청군 수철마을) 추가 개통 이후 2010년 현재 지리산 숲길의 열린구간은 총 70여 km이다. 2009년 산청군 수철마을에서 하동군 상이리 60 km, 2010년 하동군 청암면 상이리~하동군 악양면 대축마을 26 km, 전라남도 구례군 산동면 계척마을~전라남도 구례군 토지면 51 km에 대한 조사 설계를 마친 상태이고 하반기에는 지자체별로 조성사업에 들어갈 예정이다(경남일보, 2011). 지리산 숲길은 수평적 산행의 시발점으로 울진 금강소나무숲길, 제주 숲길 등으로 전국에 확산되고 있으며, 이러한 움직임은 제주올레길보다 먼저 시도된 것으로 바람직한 수평적 산행을 위한 길 조성 붐을 일으키는 요인으로 작용되었고(산림청, 2005), 2009년 현재 이용자는 10만명에 이르고 해마다 이용자는 늘고 있다(이상윤, 2011). 이렇게 증가하는 이용자들에 의한 답압 등에 의하여 숲길 토양은 경화되는데, 숲길의 노면은 개설 및 이용에 따라 토양에 부의 영향을 미치고(Paul *et al.*, 1991; 井手, 1992), 점토질 토양에서는 그로 인한 토양의 물리성에 부의 영향이 크다(Servadio *et al.*, 2001).

토양용적밀도는 산림작업시 지표토양의 훼손 및 경화로 인하여 발생하는 산림훼손을 판단하는 지표가 되는데(Krag *et al.*, 1986; 朴在鉉, 1995), 인위적이거나 기계적인 답압으로 인하여 증가된 임도 노면 토양의 용적밀도가 자연임지 상태로 회복되기 위해서는 비이용시 약 20년 이상이 경과되어야 하고(Adams, 1981; Froehilich *et al.*, 1985), 운재로 노면 토양의 용적밀도는 토양표층으로부터 15 cm 깊이까지 영향을 받기 쉬우며, Sidle(1980)은 벌채작업에 따른 토양교란 후 토양용적밀도는 토양깊이 7.5 cm에서 25~45%, 22.5 cm에서 25%가 증가한다고 하였다.

현재까지 경남지역의 숲길에 대한 연구는 전무한 수준에 있으며, 지리산 숲길에 대하여 2008년 지리산 숲길에 대한 이용자 실태조사를 실시하였는데(사단법인 숲길, 2008), 이 설문조사에서는 지리산 숲길을 온 목적, 지역 분할인원수, 지리산 지역에 거주하는 사람의 이용자수 등 한정적인 설문에 대하여 조사를 수행하였으며, 이후 지리산 숲길 등 숲길의 이용실태 등에 관한 연구는 전무한 실정이다. 아울러 각 지역에서 숲길(또는 올레길)에 대한 개인적인 모니터링 및 개선책에 대한 건의 등이 분산적으로 이루어지고 있고, 인터넷 싸이트에 가입한 동호회 등을 통하여 일부 개선점에 대하여 의견이 개진되고 있는 상황이다. 즉, 지리산 숲길 및 최근 개설되고 있는 숲길 또는 올레길 등에 대하여 주변환경훼손 및 이용자 실태조사, 지역 주민들이 생각하고 있는 숲길의 개선 방안 등 다양한 측면에서 전반적인 조사가 필요한 실정이다. 특히, 이러한 숲길에 대한 학술적 연구는 현재 변화되고 있는 산행문화에 대하여 보다 심도 있는 연구방향을 설정하는 측면에서 대단히 중요한 문제이다. 따라서 이 연구는 경남지역을 중심으로 운영되고 있는 지리산 숲길의 토양물리성의 변화를 분석함으로써 지리산 숲길의 토양피해 저감을 위한 기초적인 자료를 마련하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

현지조사는 2011년 토양의 동결기가 끝난 3월부터 5월 10일까지 경남지역에 개설된 지리산 숲길을 중심으로 각 구간별로 조사를 실시하였다. 조사지역은 Figure 1에서와 같이 인월-금계구간, 동강-수철구간, 수철-청암구간, 청암-악양구간 등 총 4개 구간을 대상으로 하였으며, 특히 금계-동강구간은 조사결과 임도(콘크리트포장) 또는 아스팔트포장도로가 대부분을 차지해 산림지대를 통과하는 흙길이 없어 조사대상에서 제외하였다.

사람의 이동 등에 따른 답압에 따라 토양의 물리성에 영향을 준다고 판단되는 토양의 표토(0~7.5 cm)를 토양채취기(채토기)로 각 조사구간의 숲길과 그 주변 산림지역으로 구분하여 100cc 캔으로 3반복 채취한 후 토양시료를 건조기에서 105°C로 48시간 건조 후 토양수분함유율, 공극률, 토양채취용적과 건조토양의 비율로 토양용적밀도를 구하였다(李天龍, 1995). 또한, 관입식 토양경도계(DIK-5520)를 이용하여 숲길의 구간별로 토양깊이별 토양경도를 각기 3반복 측정하였으며, 대조구로써 교란되지 않은 자연산림 지역을 숲길 주변 산림지역으로 선정하여 숲길에서 조사한 방법과 동일하게 측정분석하였다. 아울러 숲길침식조사구는 조사구간 당 200 m에 대하여 육안으로 명확히 침식구가 구분되는 누구(rill)의 침식구폭, 침식구의 평균깊이, 침식구 길이를 조사하고 침식량을 계산하였다(朴在鉉, 1995).

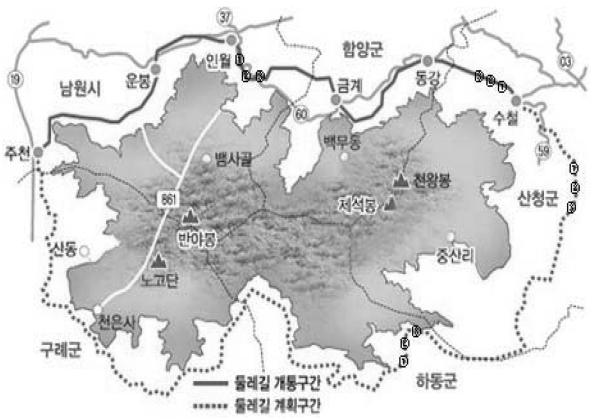

Figure 1. Map of survey site (①; site1, ②; site2, ③; site3).

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

조사지인 인월-금계구간, 동강-수철구간, 수철-청암구간, 청암-악양구간 등 총 4개 구간의 조사지점의 지황 및 임황조사 결과는 Table 1과 같다. 조사지인 인월-금계구간은 19.3 km, 동강-수철구간은 11.9 km, 수철-청암구간은 36.7 km, 청암-악양구간은 47.0 km로 청암-악양구간이 가장 긴 것으로 나타났다. 조사구 중 경사도가 가장 높게 나타난 곳은 수철-청암구간 중 조사구 1로 35°이었으며, 경사도가 가장 낮은 곳은 청암-악양구간으로 경사도는 2°로 나타났다. 주변임상은 모두 소나무와 활엽수가 혼효되어 있는 혼효림을 나타내고 있었고, 모암은 대부분 퇴적암이었으며, 조사구간의 고도는 모두 321~749 m의 범위에 있는 것으로 나타났다.

2. 토양침식량

각 조사구간별 토양침식량은 Table 2와 같다. 조사구간 중 침식량이 가장 많은 구간은 동강-수철 구간으로 노선길이 200 m당 평균토양침식량은 0.53 m^3이었으며, 가장 적은 구간은 청암-악양 구간으로 침식은 발생하지 않았다. 즉, 동강-수철 구간 중 조사구 1의 토양침식량은 0.57 m^3로 같은 구간에서도 가장 높게 나타났는데, 이는 경사도가 조사구 3보다 작았음에도 임도개설구간으로 곡선부에 해당하는 구간으로 침식구가 깊었기 때문인 것으로 사료된다. 특히 수철-청암구간에서는 조사구는 모두 임도구간

Table 1. Characteristics of survey site.

Distribution/Site No.		Length of section (km)	Slope (°)	Bedrock	Stand	Height (m)	Location
Inweol-Gumgeo	1	19.3	18	Sedimentary	Mixed	470	3525' 55", 12736' 46"
	2		8	Sedimentary	Mixed	474	3525' 55", 12736' 45"
	3		4	Sedimentary	Mixed	481	3525' 54", 12736' 44"
Dongang-Suchol	1	11.9	8	Sedimentary	Mixed	450	3524' 15", 12748' 07"
	2		5	Sedimentary	Mixed	552	3524' 13", 12747' 77"
	3		11	Sedimentary	Mixed	553	3524' 22", 12747' 44"
Suchol-Chungam	1	36.7	35	Sedimentary	Mixed	749	3521' 28", 12752' 46"
	2		3	Sedimentary	Mixed	708	3520' 57", 12752' 53"
	3		4	Sedimentary	Mixed	684	3520' 43", 12753' 00"
Chungam-Agyang	1	47.0	25	Sedimentary	Mixed	321	3508' 10", 12742' 50"
	2		2	Sedimentary	Mixed	347	3508' 10", 12742' 55"
	3		6	Sedimentary	Mixed	368	3508' 09", 12742' 57"

으로 대부분은 콘크리트 포장이 되어 있으나 이 지역은 토사도를 형성하고 있었으며, 이 구간 중 조사구 1은 토양침식량이 1.58 m^3으로 가장 높았는데, 이는 25°의 경사도로 경사가 급하고 임도개설 후 누구침식구가 깊게 발생한데 기인하는 것으로 사료된다. 그러나 청암-악양 구간에서는 숲길의 토양침식량이 나타나지 않은 것은 밤나무 숲의 작업도 개설 후 오랜 시간이 경과한 후 노면에도 식생이 침입하여 피복되어 있거나 새로 숲길을 조성한 부분은 숲길 조성 후 1개월도 경과하지 않았을 뿐만 아니라 산지 비탈면경사를 따라 숲길은 평균절취고 20/18~25 cm로 절취높이가 낮고 숲길 개설 과정에서 답압에 의한 다짐으로 침식이 발생하지 않은데 기인한 결과로 사료된다. 또한 단위m당 평균숲길침식량은 인월-금계구간은 0.0015 m^3, 동강-수철구간은 0.0018 m^3, 수철-청암구간은 0.0027 m^3로 침식량은 많지 않은 것으로 분석되었다. 백운산의 경우 운재로 노면침식량은 운재로 개설 당년도에 총연장 2,609 m에서 약 73.58 m^3/km/yr로(朴在鉉, 1995)로 이와 비교했을 경우 km로 환산하였을 때 인월-금계구간은 평균침식량이 1.45 m^3/km/yr로 운재로보다 약 1/50에 불과해 숲길의 침식량은 많지 않은 것으로 분석되었다. 그러나 청암-악양 구간과 같이 숲길이 개설된 지 1개월이 경과하지 않은 경우에는 여름철 집중호우 등의 영향이 발생된 경우에는 다른 경향을 나타낼 수 있으므로 지속적인 자료수집이 필요할 것으로 사료된다. 특히 동강-수철구간, 수철-청암구간과 같이 4개 구간의 숲길 중 숲길침식량이 상대적으로 많은 구간의 경우에는 임도 및 농로로 사용한 지역의 구간 길이가 길게 나타나므로 이러한 지역에 대해서는 숲길침식량을 저감하고 보다 쾌적한 숲길보전을 위하여 통나무를 이용한 횡단배수로의 설치 등 숲길침식저감을 위한 다양한 방법을 강구할 필요가 있을 것으로 사료된다(Vaughan, 1984; Brown, 1991).

3. 구간별 숲길의 토양경도

숲길 노면 토양의 훼손 및 회복을 파악하는 것은 무엇보다도 노면 토양의 토양경도의 변화를 측정하는 것인데(Mataba and Thomas, 2002), 숲길의 노면과 주변 대조구 산림에서 관입식 토양경도계를 이용하여 토양깊이별 토양경도를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

인월-금계구간의 자연임지 상태에서의 토양경도는 3반복 결과 차이는 없는 것으로 나타나 토양깊이 15 cm까지 6.3 kgf/cm^2 이하로 낮았으며, 일반적으로 답압에 영향을 받기 쉬운 토양깊이 0~5 cm까지는 1.7 kg/cm^2 이하로 인위적 훼손이 없는 산림토양의 토양경도와 유사하였다. 그러나 숲길에서는 지표토양에서는 평균 토양경도가 18.7 kgf/cm^2로 같은 층의 산림지보다 매우 높게 나타났으며, 답압에 영향을 받기 쉬운 0~5 cm까지의 토양경도는 조사구 1에서는 23.5 kgf/cm^2로 가장 높았으며, 평균토양경도는 17.8 kgf/cm^2로 나타나 답압의 영향이 상당한 것으로 분석되었다. 또한 인위적 답압에 의한 영향이 높은 토양깊이 5 cm에서의 토양경도는 조사구 2와 3에서는 각각 18.0 kgf/cm^2, 12.0 kgf/cm^2으로 나타난데 반해 토양깊이 10 cm에서의 토

Table 3. Soil hardness (kgf/cm^2) of forest trails.

Soil depth (cm) /Section	Inweol-Gumgeo				Dongang-Suchol				Suchol-Chungam				Chungam-Agyang			
Site no.	1 (comparison site)	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st
0	14.5 (1.0)	20.5	21.0	0	25.0	20.0	11.5	0	23.5	23.5	23.5	0	0	1.0	1.0	0
5	23.5 (11.0)	18.0	12.0	1.7		25.0	13.0	1.0				0	9.5	11.0	5.0	1.5
10	(20.0)	10.5	11.0	4.0			7.5	1.2				1.5	6.0	13.0	15.0	6.0
15	(23.5)	10.5	23.5	6.3			7.0	2.0				2.0	9.5	6.5	22.0	6.7
20		12.5		5.3			9.5	7.0				15.0	23.5	9.0	15.8	7.3
25		12.0		5.5			10.0	7.0				20.0		8.5	14.0	11.3
30		11.5		5.0			9.8	10.0				23.5		13.0	11.0	12.5
35		10.0		7.7			10.0	16.0						11.0	11.0	15.0
40		8.0		8.0			11.0	17.5						10.5	11.0	12.0
45		8.0		13.3			7.5	17.0						11.3	17.5	11.0
50		4.0		12.5			11.3	18.0						10.0	23.5	15.0
60		20.0		18.7			15.0	20.5						9.0		18.0
70		13.5		17.7			19.0	18.0						9.2		20.0
80		10.5		20.7			11.5	23.0						6.2		18.7
90		3.5		23.5			23.5	23.5						22.0		22.7

양경도는 각각 10.5 kgf/cm^2, 11.0 kgf/cm^{2}보다 높게 나타나 이용자의 답압에 의한 숲길 영향은 현재까지 토양 5 cm 정도까지 미치는 것으로 분석되었다. 그러나 이러한 이용객의 증가에 따른 영향은 토양깊이 10 cm 깊이까지도 지속적으로 영향을 미칠 것으로 사료되며, 이를 억지하기 위해서는 이용자의 과도한 집중화 및 분산을 유도할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다고 사료된다. 이는 동강-수철 구간에서도 마찬가지의 결과를 나타내었는데, 동강-수철구간 중 임도를 제외한 산길에 위치한 조사구 3에서 토양깊이 5 cm의 토양경도는 13.0 kgf/cm^{2}이었으나 토양깊이 10 cm에서의 토양경도는 7.5 kgf/cm^{2}로 다른 구간과 같은 결과를 나타내었다. 한편, 인월-금계구간 중 기 농로로 이용되었던 구간인 조사구 1에서는 농로로 이용되다가 숲길로 전환된 곳과 농로로 사용되는 곳과의 토양경도를 비교한 결과, 숲길로 이용되는 표층토에서의 토양경도는 14.5 kgf/cm^{2}인데 반해 농로로 이용되는 곳은 1.0 kgf/cm^{2}로 농로로 이용되는 곳보다 약 15배에 달하는 값을 나타내었으며, 토양 5 cm깊이에서는 숲길로 이용되는 곳은 23.5 kgf/cm^{2}인데 반해 농로로 이용되어 사용이 거의 이루어지지 않는 곳에서의 값 11.0 kgf/cm^{2}보다 약 2.1배에 달하는 것으로 분석되었다. 즉, 숲길로 이용되는 지역은 동일한 지역임에도 계속되는 이용자들의 답압으로 토양이 경화되는 것으로 나타났다. 동강-수철구간의 산림지역에서 평균토양경도는 토양깊이 20 cm까지는 7.0 kgf/cm^{2}로 나타났으며, 토양깊이 90 cm에서 평균토양경도는 23.5 kgf/cm^{2}를 나타내었다. 그러나 숲길의 조사구 1에서는 표층토의 토양경도가 25.0 kgf/cm^{2}로 대단히 경화된 상태를 나타내었으며, 3개 조사구의 평균토양경도는 18.8 kgf/cm^{2}를 나타내었고, 조사구 2에서는 표층토양의 토양경도가 20.0 kgf/cm^2, 토양깊이 5 cm에서 토양경도가 25.0 kgf/cm^{2}를 나타내었는데, 이와 같이 조사구 1과 2 모두 답압에 영향을 많이 받는 토양깊이 0~5 cm에서의 토양경도가 25 kgf/cm^{2}를 나타낸 것은 임도로 사용한데 기인한 결과로 사료된다. 그러나 조사구 3은 산길로 이어지는 곳으로 표토의 토양경도는 11.5 kgf/cm^{2}로 임도보다는 토양경도가 낮지만 숲길의 이용에 따른 답압으로 토양이 경화되는 것으로 나타났다. 즉, 답압에 따른 영향이 큰 토양 5 cm 깊이까지의 토양경도는 평균 12.3 kgf/cm^{2}로 같은 깊이에서의 토양경도는 산림지역(0.5 kgf/cm^2)에서보다 약 25배가 높은 값을 나타내었다. 수철-청암구간은 흙으로 된 숲길은 대부분 임도로 이루어져 있는데, 이 숲길의 표층토양의 평균토양경도는 23.5 kgf/cm^{2}를 나타내 대단히 경화된 토양경도를 나타내었다. 이에 비해 산림지역의 표층토양에서 평균토양경도는 0 kgf/cm^{2}을, 토양깊이 10 cm에서는 1.5 kgf/cm^{2}를 나타내 숲길이 산림지역보다 대단히 경화된 토양경도를 나타내었는데, 이는 계속되는 차량의 이동 그리고 임도 개설시 자갈 등을 섞어 개설한 토사도의 영향에 따른 결과라 사료된다. 즉, 이 숲길의 토양경도는 식물의 생육이 어려운 범위에 해당하는 것으로(李天龍, 1995; 우보명, 2003) 식생의 침입에 따른 생육활성이 좋지 않을 것으로 사료된다. 청암-악양구간의 산림지역에서 5 cm 깊이까지의 평균토양경도는 1.5 kgf/cm^{2}인데 비해 같은 깊이에 대하여 숲길에서의 평균토양경도는 8.5 kgf/cm^{2}로 산림지역보다 약 5.7배 높은 토양경도를 나타내었다. 이는 숲길을 개설한 지 1개월 밖에 경과되지 않았으며, 이용자의 이용이 비교적 매우 적은 상태였는데 이러한 결과를 나타낸 것은 숲길을 조성하면서 표층토가 다져진 결과로 생각된다. 즉, 이 구간의 조사구 1에서는 토양깊이 5 cm깊이에서의 토양경도는 9.5 kgf/cm^{2}인데 반해 토양깊이 10 cm에서는 토양경도가 6.0 kgf/cm^{2}로 토양깊이 5 cm보다 낮게 나타나 토양깊이 5 cm까지는 숲길을 조성하면서 영향을 미친 것으로 판단된다.

4. 구간별 숲길 토양의 공극률, 토양의 용적밀도

지리산 숲길의 이용자가 이용하는 노면과 주변 대조구 산림에서 측정 가능한 토양깊이 0~7.5 cm 까지의 공극률(%), 토양용적밀도(g/cm^3)를 측정한 결과는 Table 4와 같다.

인월-금계구간의 산림지에서 토양 0~7.5 cm 깊이의 평균공극률은 약 79.7%를 나타내었으나, 같은 깊이에서 숲길의 공극률은 평균 약 52.4%로 산림지역보다 약 1.5배 낮은 값을 나타내었다. 동강-수철구간에서는 산림지에서 평균공극률은 67.1%를 나타내었는데, 숲길에서는 약 46.8%로 산림지보다 약 1.4배 낮은 값을 나타내었다. 수철-청암구간에서는 산림지역에서 평균공극률은 83.0%를 나타내었는데, 숲길에서는 56.3%를 나타내 산림지보다 약 1.5배 낮은 값을 나타내었다. 또한 청암-악양구간에서의 평균공극률은 산림지에서 72.9%를 나타내었으나 숲길에서는 약 67.5%를 나타내 산림지보다 약 1.1배 낮은 값을 나타내었다. 이와 같이 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암 구간보다 청암-악양 구간의 산림과 숲길이 공극률의 차이가 가장 낮은 것은 청암-악양 구간은 현재 개통을 위한 공사를 실시한 후 공식적으로 개통을 알리지 않아 이용자가 많지 않은데 기인하는 결과로 사료된다. 즉, 지리산 숲길은 2008년 개통 후 약 1~3년이 경과된 현재까지 이용되는 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암구간의 경우 이용자의 답압에 의한 영향이 크다고 판단되는 토양깊이 0~7.5 cm에서의 평균공극률은 약 1.4~1.5배 낮아진 것으로 나타나 이용자

Table 4. Soil porosity(%) and bulk density (g/cm^3) of forest trails and forest floor.

Soil depth (0-7.5 cm) /Section	Inweol-Gumgeo				Dongang-Suchol				Suchol-Chungam				Chungam-Agyang			
Site no.	1 (compar-ison site)	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st	1	2	3	fore-st
Soil porosity	47.8	58.4	51.1	79.7	45.6	36.4	58.4	67.1	54.6	57.3	57.0	83.0	76.7	53.7	72.0	72.9
Soil bulk density	0.62	1.23	0.74	0.54	1.44	1.69	1.13	0.81	1.37	1.42	1.34	0.45	0.62	1.23	0.74	0.52

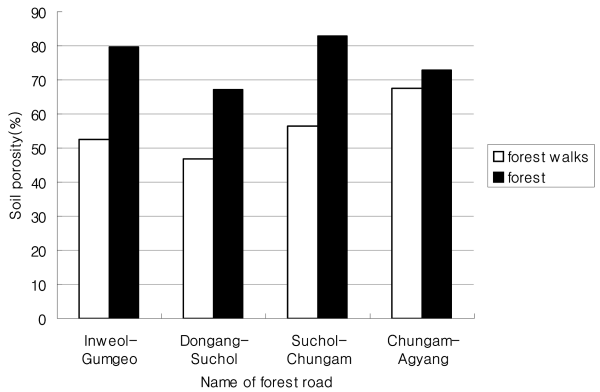

Figure 2. Staff graph of surface soil (0~7.5 cm) porosity of forest and forest trails.

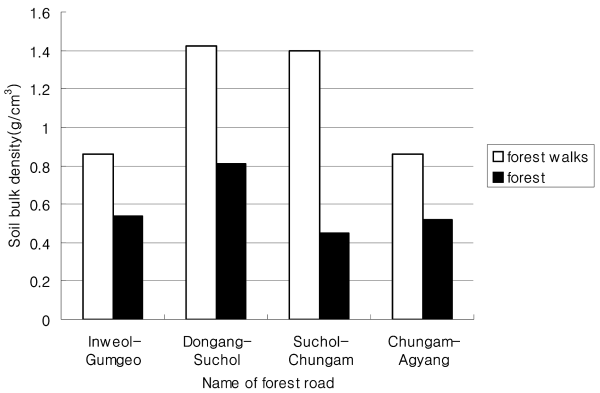

Figure 3. Staff graph of bulk density of surface soil (0~7.5 cm) of forest and forest trails.

의 토양답압에 따른 공극률의 저하가 발생된 것으로 판단된다. 따라서 이러한 숲길에서의 공극률의 저하는 이용객의 증가로 인해 지속적으로 낮아질 것으로 사료되며, 장기적인 모니터링을 통해 공극률의 저하속도를 측정함으로써 토양답압에 의한 숲길의 훼손을 저감하기 위한 방안의 강구가 필요할 것으로 사료된다. 李天龍(1995)은 이러한 토양의 공극률의 저하는 장래 식생 및 토양의 회복상태를 판단하는 지표로 작용하므로 지속적인 연구가 필요하다고 하였는데, 이 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다.

인월-금계구간의 산림지 토양 0~7.5 cm 깊이의 평균토양용적밀도는 0.54 g/cm^{3}를 나타내었으나, 같은 깊이에서 숲길의 평균토양용적밀도는 0.86 g/cm^{3}를 나타내 산림지역보다 약 1.6배 높은 값을 나타내었다. 동강-수철구간에서는 산림지에서 평균토양용적밀도는 0.81 g/cm^{3}를 나타내었는데, 숲길에서는 약 1.42 g/cm^{3}로 산림지보다 약 1.8배 높은 값을 나타내었다. 수철-청암구간에서는 산림지역에서 평균토양용적밀도는 0.45 g/cm^{3}를 나타내었는데, 숲길에서는 1.40 g/cm^{3}를 나타내 산림지보다 약 3.1배 높은 값을 나타내었다. 또한 청암-악양구간에서의 평균토양용적밀도는 0.52 g/cm^{3}를 나타내었으나 숲길에서는 약 0.86 g/cm^{3}를 나타내 산림지보다 약 1.7배 높은 값을 나타내었다. 이와 같이 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암, 청암-악양구간 모두 산림과 숲길이 토양용적밀도는 대조구인 산림지역보다 약 1.6~3.1배 높은 값을 나타내었는데, 이는 평균공극률과 마찬가지로 이용자의 토양답압에 따른 토양용적밀도가 높아진데 기인하는 결과로 판단된다. 따라서 이러한 숲길에서의 토양용적밀도의 증가는 이용객의 증가로 인해 지속적으로 높아질 것으로 사료되므로 토양용적밀도의 증가를 억지하기 위한 방법을 강구하기 위하여 지속적인 모니터링을 통해 토양답압에 의한 숲길의 훼손을 저감하기 위한 방안의 강구가 필요할 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 지리산 숲길의 과도한 이용에 따른 토양물리성의 증대가 발생한다면 장기적으로 지리산 칠선계곡 탐방로에 대한 휴식년제 실시(박재현, 2010), 하동 송림복원을 위한 휴식년제 실시(박재현 등, 2010)를 통한 휴식년제의 도입 등에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 한편, 집재작업을 위한 운재로의 경우 교란되지 않은 자연 상태로 회복시키기 위해서는 자연 상태에서 약 23년이 경과되어야 한다는 연구결과(Froehilich *et al.*, 1985)로 판단할 때 수철-동강구간의 경우 숲길은 차량 및 이용자에 의한 답압이 병행되는 지역으로 토양답압의 정도는 더 클 것으로 사료되며, 이를 억지하기 위한 방법의 강구가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

이 연구는 경남지역을 중심으로 운영되고 있는 지리산 숲길의 토양물리성의 변화를 분석함으로써 지리산 숲길의 토양피해 저감을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다. 조사· 분석 결과는 다음과 같다.

1. 숲길 개설 1~3년 경과 후 단위m당 평균숲길침식량은 인월-금계구간은 0.0015 m^3, 동강-수철구간은 0.0018 m^3, 수철-청암구간은 0.0027 m^3이었으나 청암-악양구간은 침식이 발생하지 않은 것으로 분석되었다.

2. 인위적 답압에 의한 영향이 높은 토양깊이 5 cm에서의 토양경도는 조사구간에서 토양깊이 10 cm에서보다 높게 나타나 이용자의 답압에 의한 숲길 영향은 현재까지 토양 5 cm 정도까지 미치는 것으로 분석되었다.

3. 지리산 숲길은 2008년 개통 후 약 1~3년이 경과된 현재까지 이용되는 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암구간의 경우 이용자의 답압에 의한 영향이 크다고 판단되는 토양깊이 0~7.5 cm에서의 평균공극률은 약 1.4~1.5배 낮아진 것으로 나타났다.

4. 이와 같이 인월-금계, 동강-수철, 수철-청암, 청암-악양구간 모두 산림과 숲길이 토양용적밀도는 대조구인 산림지역보다 약 1.6~3.1배 높은 값을 나타내었는데, 이러한 이용객의 증가에 따른 영향은 토양에 지속적으로 영향을 미칠 것으로 사료되며, 이를 억지하기 위해서는 이용자의 과도한 집중화 및 분산을 유도할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다고 사료된다. 뿐만 아니라 지리산 숲길은 대부분 인위적으로 개설된 구간이 많으며, 이로 인한 토양의 경화가 수반되었다고 판단되며 차후 숲길 개설시에는 가능하면 기 오솔길을 활용하는 방안도 검토할 필요가 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 경남일보. 2011. 지리산 둘레길 연말 완공합시다. 경남일보 3월 24일자 5면.
2. 朴在鉉. 1995. 白雲山 成熟濶葉樹林 皆伐收穫地에서 伐出直後의 環境變化와 運材路 浸蝕에 關한 硏究. 서울大學校 博士學位論文. pp. 137.
3. 박재현. 2010. 지리산국립공원내 칠선계곡 탐방로의 회복에 관한 분석. 한국환경복원기술학회지 13(2): 105-113.
4. 박재현, 배상원, 이상태. 2010. 하동 송림 복원을 위한 휴식년제 효과 분석. 한국환경복원기술학회지 13(5): 172-179.
5. 사단법인 숲길. 2008. 지리산 둘레길 이용실태 현황. pp. 50.
6. 산림청. 2005. 환지리산 생태역사문화 관찰로 조사 및 기본계획 수립 연구보고서.
7. 우보명. 2003. 훼손지환경녹화공학. 서울대학교출판부. pp. 568.
8. 이상윤. 2011. 지리산 둘레길과 (사)숲길. 山林政策硏究 53: 98-101.
9. 李天龍. 1995. 山林環境土壤學. 晋成文化社. pp. 45-88.
10. 한국임업신문. 2011. 둘레길올레길탐방로 제각각 '숲길'로 통합 법제화. 한국임업신문 2011년 3월 17일자 4면.
11. 井手久登. 1992. 環境に調和した道路. 造園雜誌 55(4): 342-343.
12. Adams, P.W. 1981. Compaction of forest soils: a pacific northwest extension publication. Oregon. USDA Forest Service. PNW-217.
13. Brown, G.W. 1991. Forestry and Water Quality. Oregon State University. pp. 142.
14. Froehilich, H.A., Miles, D.W.R. and Robbins, R.W. 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails central Idaho. Soil Science Society American Journal 49(4): 1016-1017.
15. Krag, P., Higginbotham, K. and Rothwell, R. 1986. Logging and soil disturbance in southeast British Columbia. Canadian Journal of Forestry Research 16: 1345-1354.
16. Mataba T. and Thomas, S.C. 2002. Quantifying seedbed condition using soil physical properties. Soil and Tillage Research 1667: 1-8.
17. Paul, W.A., Flint, A.L. and Fredriksen, R.L. 1991. Long-term patterns in soil moisture and revegetation after a clearcut of a Douglas-fir forest in Oregon. Forest Ecology and Management 41: 249-263.
18. Servadio, P., Marsili, A., Pagliai, M., Pellegrini, S. and Vignozzi, N. 2001. Effects on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. Soil and Tillage Research 61: 143-155.
20. Sidle, R.C. 1980. Impacts of forest practices on surface erosion. A pacific northwest extension publication, Oregon. USDA Forest Service. PNW 195: 1-5.
21. Vaughan, L. 1984. Logging and the environment. N.Z. Logging Industry Research Association. pp. 73.

(2011년 5월 18일 접수; 2011년 6월 8일 채택)