

PLANT & FOREST

Physical characteristics and evaluation of deteriorations class of a trail in Deogyusan National Park

Ju-Ung Yun¹, Myeong-Jun Kim², Hong-Seok Bang², Jin-Won Kim¹, Won-Ok Jeong^{1*}

¹Korea National Park Research Institute, Korea National Park Service, Wonju 26441, Korea

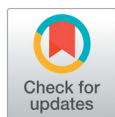
²Forest Environment & Geospatial Technology Research Institute, Daejeon 34070, Korea

*Corresponding author: wonokjung@knps.or.kr

Abstract

The purpose of this study was to analyze the deterioration of trail conditions and to obtain information for desirable maintenance and restoration of a trail in Deogyusan National Park. The physical characteristics of a trail were surveyed at a total of 412 sites over 79.8 km length. The average trail degree and width were found to be 14.31° and 1.60 m, respectively, while the average bare trail width was 1.40 m and the average maxim trail depth was 5.66 cm. Major deterioration types of trail were trail deepening (36.6%), rock exposure (33.9%), and root exposure (12.5%) in order of frequency. Deterioration classes of the trail were 0.626 km (0.8%), 3.110 km (3.9%) and 8.935 km (11.2%) for heavily, moderately, and lightly deteriorated, respectively, with a deterioration rate of 12.671 km (15.9%). Compared to other national parks, the ratio damaged trail to the total trail was 15.9%, which is slightly higher than other, including Jirisan National Park 9.6% (2019), Bukhansan National Park 13.6% (2019), Sokrisan National Park 11.7% (2019), Chiaksan National Park 12.3% (2015), and Woraksan National Park 10.5% (2015). The section of trail in Deogyusan National Park where the damage grade is analyzed as "Heavy" should therefore be restored in consideration of the field conditions. In particular, the damage status of the trail is expected to be greatly improved when the trail surface maintenance level is restored.

Key words: Deogyusan National Park, deterioration class, trail deterioration type, trail physical properties



OPEN ACCESS

Citation: Yun JU, Kim MJ, Bang HS, Kim JW, Jeong WO. Physical characteristics and evaluation of deteriorations class of a trail in Deogyusan National. Korean Journal of Agricultural Science 49:367-377. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220035>

Received: August 02, 2021

Revised: May 23, 2022

Accepted: May 27, 2022

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

국립공원은 우리나라를 대표할 만한 자연생태계와 자연, 문화 경관의 보전을 전제로 지속 가능한 이용을 도모하고자 국가가 직접 관리하는 보호지역으로 중요한 역할을 담당하고 있어 체계적이고 효율적인 관리가 매우 중요하다(Sim and Lee, 2020).

특히, 국립공원 내 탐방로는 국립공원 내 자연생태계, 경관·문화를 탐방할 목적으로 조성, 관리되는 보행자 중심의 공간으로서 국민들의 여가활동, 자연체험, 문화체험, 경관감상, 신체적 건강, 심리적 치유 및 휴양뿐만 아니라 생태복지 및 생태윤리를 실현하는 장소로 정의된다

(KNPS, 2020). 국립공원 통계자료에 의하면 국립공원 탐방객 수는 2006년 약 2,678 만명에서 2017년 4,727만명으로 1.76배 증가하였으며, 최근에는 코로나19의 영향으로 2020년 기준 3,527만명으로 집계되고 있다(KNPS, 2021).

탐방로는 인간이 자연에 쉽게 접근할 수 있고 숲과 같은 자연생태계 공간의 내부를 연결하는 기반시설로서 탐방로상에서 발생하는 각종 부정적인 영향은 주변 생태공간으로 전달되면서 산림생태계 및 환경자원의 훼손 및 악화로 이어질 수 있다(KNPS, 2009). 또한, 탐방로는 국립공원 내 탐방객들의 중요한 시설물인 동시에 인간활동이 빈번하게 이루어지기 때문에 자연환경에 대한 영향이 집중되므로 훼손에 대해 민감한 지역이다(Mun et al., 2013).

또한, 탐방로상에서 발생하는 훼손원인은 대부분 기상, 지형, 토양, 식생 등 탐방로의 입지조건과 관련한 자연환경 요인과 과밀이용, 보행 및 휴식 등의 이용행태와 관련한 탐방활동 요인, 그리고 배수체계나 시설 부실 등의 설계, 시공과 정비, 복구체계나 이용자 관리 등의 유지관리 체계에 기인한 시설관리 요인 등 3가지로 크게 구분할 수 있다(Oh et al., 2005).

탐방로의 복원 및 유지관리를 위한 훼손실태의 조사는 다양한 형태의 선행연구로 구분할 수 있는데, 탐방로에 대해 가시적 피해등급을 3개 등급으로 구분하는 방법을 적용한 경우(Oh et al., 1987)와 등산로와 주변 시설물 등의 훼손 실태와 토양 및 식생변화 등을 조사하여 환경피해도를 적용하는 방법(Kwon et al., 1988) 등이 있다. 또한, 덕유산국립공원 매표소-백련사-향적봉-동엽령-칠연폭포에 대해 신속조사법(rapid survey technique)을 적용하여 탐방로의 노면 재료, 훼손정도, 탐방로 토양의 이화학적 특성, 주변 훼손 현황 등을 파악하여 제시하고 있다(Seo et al., 1994).

탐방로의 훼손현황 및 특성은 조사 목적 등에 따라 다소 다르게 나타나고 있으며, Jeong (2009)은 탐방로의 훼손 특성 및 노면 안정성 평가를 위해 국립공원 탐방로 24개 노선 80.1 km에 대해서 탐방로의 물리적 특성, 훼손유형, 노면 침식량, 건전지 및 훼손지 판정 등의 조사결과를 바탕으로 탐방로 노면침식량과 환경인자와의 관계 등을 제시한 바 있다. 또한, 국립공원공단에서는 자연공원법 제36조(자연자원의 조사)에 의거하여 5년 마다 자연공원의 자연자원을 조사하고 있으며, 여기에 탐방로의 물리적 특성 및 훼손지에 대한 조사를 실시하여 이를 기초로 탐방로의 복구 및 관리계획을 수립하고 있다.

따라서 본 연구에서는 중장기적인 관리 차원에서 덕유산국립공원 법정탐방로 14개 노선 79.8 km에 대해서 탐방로의 물리적 특성 및 훼손유형, 규모 등을 조사하고, 이를 바탕으로 훼손등급을 구분하고 탐방로의 효율적인 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

Materials and Methods

연구 대상지

연구대상지인 덕유산국립공원은 1975년 10번째 국립공원으로 지정되었다. 행정구역상 전라북도 무주군과 장수군, 경상남도 거창군과 함양군의 경계에 걸쳐 있으며, 총 229.43 km²의 면적에 분포하고 있다. 남한에서 네번째로 높은 향적봉(1,614 m)이 주봉으로 아고산대 생태계의 보존가치가 높고, 북쪽으로 흘러가는 금강과 동쪽으로 흐르는 낙동강의 수원지이다.

덕유산국립공원내에 조성되어 있는 법정탐방로 15개 노선 83.1 km 중 목재 데크 시공 등으로 인하여 조사를 할 수 없는 구간을 제외한 14개 구간 79.8 km를 대상지로 선정하였다(Fig. 1).

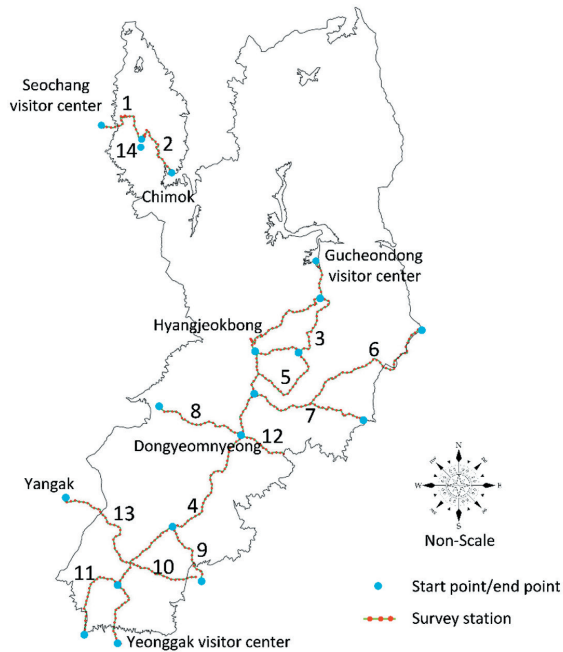


Fig. 1. Survey trail and station in Deogyusan National Park.

연구 방법

연구대상지인 덕유산국립공원내에 조성된 탐방로 조사를 위하여 Cole (1983)과 Oh 등(1987)이 이용한 고정조사구를 이용한 신속조사법(rapid survey techniques)과 전체를 대상으로 조사하는 전체조사법(census techniques)을 적용하였다.

덕유산국립공원내에 조성되어 있는 주요 탐방로 14개 구간 79.8 km에 대해 200 m 간격으로 조사지점을 구분(신속조사법; rapid survey techniques)하여 총 412개소에 대해 조사하였다(Table 1). 또한, 신속조사법(rapid survey techniques)에 의한 조사지점 사이에 발생한 훼손지에 대하여 전체조사법(census techniques)을 적용하여 훼손유형, 규모 등을 조사하였다.

Table 1. Survey trail in Deogyusan National Park.

Trail No.	Trail name	Length (km)	Survey station
1	Anguksa-seochang visitor center	3.8	19
2	Anguksa-Chimok	3.7	19
3	Hyangjeokbong-Inwoldam	5.7	33
4	Yeonggak visitor center-Gucheondong visitor center	26.0	125
5	Baengnyeonsa-Jungbong	4.4	22
6	Sinpungnyeong-Hoenggyeongjae	7.8	38
7	Baegambong-Songgyesa	6.5	32
8	Anseong visitor center-Dongyeomnyeong	4.4	23
9	Hwangjeom-Satgatgoljae	3.4	14
10	Hwangjeom-Wolseongjae	2.6	18
11	Yuksimnyeong-Namdeogyusan	3.6	22
12	Byeonggok-Dongyeomnyeong	3.5	14
13	Yanggak-Wolseongjae	4.0	27
14	Anguksa-Nammunji	0.8	6
Total		79.8	412

조사결과를 바탕으로 탐방로별 물리적 특성 및 훼손유형, 규모 등을 분석하고 이를 바탕으로 탐방로의 훼손등급 기준표에 의하여 훼손등급을 구분하였다.

탐방로 물리적 특성

탐방로 구간에 대해 휴대용 GPS (Trimble TDC100, Geo systems, Seoul, Korea)를 이용하여 신속조사법(rapid survey techniques)에 의해 이동거리 200 m 거리마다 측점을 선정하고 선정된 측점에 대해서 탐방로의 물리적 특성(탐방로 경사, 폭, 나지폭, 최대침식깊이)을 조사하였다(Cole, 1983; Oh et al., 2005; Lee et al., 2021).

탐방로 훼손유형

신속조사법(rapid survey techniques)과 전체조사법(census techniques)을 병행하여 측점 사이에 발생한 지점에 대하여 위치, 규모(길이, 폭, 깊이 등) 등의 훼손상태를 기준으로 자연 상태의 탐방로 상에서 물리적 훼손의 발생 및 진행과정을 기준으로 노면침식, 노면세굴, 노폭확대, 뿌리노출, 암석노출, 비탈면 붕괴로 국립공원 탐방로 관리 매뉴얼에 의하여 훼손유형을 구분하였다(KNPS, 2020).

탐방로 훼손등급

전체조사법(census techniques)을 통하여 탐방로 구간내 훼손이 발생한 지점에 대해 위치, 규모(길이, 폭, 깊이 등) 등 훼손상태를 기준으로 훼손등급을 강, 중, 약, 건전으로 구분하였다(Table 2; KNPS, 2020).

Table 2. Deterioration class criteria of trail (KNPS, 2020).

Deterioration class	Class criteria
Heavy	<ul style="list-style-type: none"> - Areas of spread of deterioration, such as rock exposure, root exposure, trail erosion, expansion and vegetation destruction in the surrounding areas - Sections requiring immediate restoration due to severe deterioration - Bare width 1.8 - 2.4 m more and restoration required sections within 1 to 3 years
Mild	<ul style="list-style-type: none"> - Partially deterioration section due to slope erosion and poor drainage of road surface, etc. - Sections requiring restoration within a short period of time due to concerns over the progress and spread of destruction - Bare width 1.5 - 1.8 m more and restoration required sections within 4 to 7 years
Light	<ul style="list-style-type: none"> - Required sections, such as drainage of trail surfaces and induction of copper wires due to local damage - Sections requiring maintenance of some trail and maintenance of facilities - Bare width within and outside 1.2 - 1.5 m
Non	<ul style="list-style-type: none"> - Average width of the trail is not more than 1.2 meters, a lot of leaves on the trail and road width is maintained due to surrounding vegetation

Results and Discussion

탐방로 물리적 특성

덕유산국립공원 탐방로 14개 노선 총 79.8 km 구간에 대해 휴대용 GPS를 이용하여 이동거리 200 m 구간 마다 측점을 선정하고 입지인자를 조사하여 탐방로별 물리적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 14개 노선 79.8 km, 412 개 측점을 조사하여 탐방로 물리적 특성을 조사한 결과, 평균경사는 14.31°, 평균 노폭은 1.60 m, 평균 나지폭은 1.40 m, 평균 노면 침식깊이는 5.66 cm로 조사되었다(Table 3).

Table 3. Physical characteristics of trail in Deogyusan National Park.

Trail No.	Length (km)	Survey point	Trail degree (°)	Trail width (m)	Bare width (m)	Maxim trail depth (cm)
1	3.8	19	9.42	1.48	1.19	1.78
2	3.7	19	8.42	1.07	0.83	7.86
3	5.7	33	7.88	3.24	3.22	2.61
4	26.0	125	15.60	2.07	1.90	6.40
5	4.0	22	14.14	1.15	0.79	4.18
6	7.8	38	16.33	1.20	1.01	8.72
7	6.5	32	12.81	1.30	1.13	8.50
8	4.4	23	17.26	1.68	1.46	4.69
9	3.4	14	11.79	1.74	1.34	7.29
10	2.6	18	17.00	1.76	1.59	3.56
11	3.6	22	22.34	1.07	0.86	4.71
12	3.5	14	22.67	1.11	1.05	8.23
13	4.0	27	11.74	1.91	1.68	7.15
14	0.8	6	13.00	1.65	1.52	3.50
Total	79.8	412	-	-	-	-
Average	-	-	14.31	1.60	1.40	5.66

14개 탐방로 중에서 탐방로 평균경사가 7.88°로 가장 낮은 3번 노선(향적봉 -인월담) 구간은 완만한 계곡을 따라 백련사까지 연결되는 포장도로 구간을 포함하고 있어서 낮게 조사되었으며, 평균경사가 22.67°로 가장 높은 12번 노선(병곡 - 동엽령) 구간은 병곡마을에서 동엽령까지 계곡과 능선부의 급경사 지역을 통과하는 구간이 다수 조사 되어 영향을 미친 것으로 분석되었다.

노폭이 3.24m로 넓게 조사된 3번 노선(향적봉 - 인월담) 구간은 백련사-인월담(3.9 km) 구간이 사찰 진입을 위한 콘크리트 포장도로로 구성되어 노폭이 넓은 것으로 조사되었으며, 다른 노선들은 탐방객 통행량과 주변여건을 고려 하여 유효 노폭 1.50 - 1.80 m를 적정 노폭으로 관리하고 있는 국립공원 탐방로 관리 기준(KNPS, 2020)과 비교하여 적정하게 유지되고 있는 것으로 분석되었다.

12번 노선(병곡-동엽령)의 평균경사가 22.67°, 노면침식 깊이 8.23 cm로 노면 침식 깊이가 심한 것으로 조사되었다.

탐방로에 대한 물리적특성 중에서 노폭, 나지폭, 노면침식 깊이에 영향을 미칠 것으로 예측되는 노면 경사와의 관계를 살펴보면(Fig. 2), 노면 경사 - 노폭 확장에는 20% ($R^2 = 0.20$), 노면 경사-나지폭 확장에는 14% ($R^2 = 0.14$), 노면 경사 - 노면침식 확장에는 4% ($R^2 = 0.04$) 정도 기여하는 것으로 분석되었다.

Park 등(2010)의 연구에서는 지리산국립공원 칠선계곡 탐방로를 대상으로 노폭 확장에는 노면의 횡단경사가 21%, 노면침식에는 종단경사가 74% 정도 기여하는 것으로 보고되고 있으나, 본 연구에서는 노면의 경사가 증가 할수록 노면침식은 증가하고 노폭과 나지폭은 감소하는 경향을 보이지만 유의미한 결과를 나타내지는 않는 것으로 분석되었다.

일반적으로 완경사지와 급경사지에서 답압으로 인한 토양압밀 상태를 비교한 실험에서 사면 아래쪽으로 더 많은 압력이 가해지는 경사지에서 토양 압밀이 더 크게 일어나고, 또한 답압으로 인한 난투수층은 모든 탐방로에서 출현 하게 되지만 침식작용이 활발하게 일어나는 구간은 경사구간에서 비교적 단기간에 표토가 제거되어 암반이 노출 되고(Weaver and Dale, 1978), 사면경사도가 클수록 사면침식이 용이하고 붕괴의 위험성이 크다고 알려져 있다.

즉 노면의 경사가 탐방로 훼손에 영향을 미치는 것으로 판단되지만 각 국립공원의 지형적인 특징, 탐방로의 배치, 탐방객의 이용정도 등 다양한 직간접적인 요인에 의한 차이에 영향을 받을 것으로 판단되며 향후 추가 연구가 필요한 부분으로 판단된다.

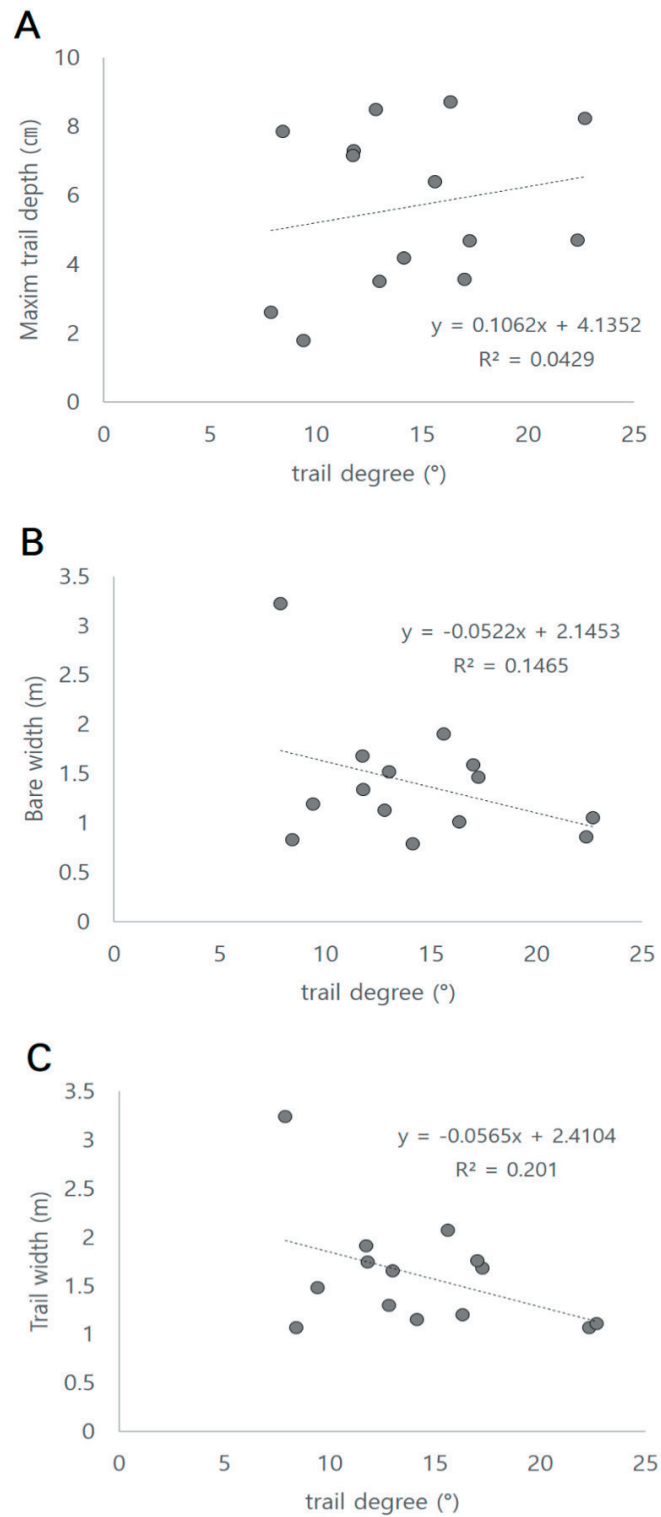


Fig. 2. Relationship between trail physical properties. (A) Relationship between trail degree (°) and maxim trail depth (cm), (B) relationship between trail degree (°) and trail width (m), (C) relationship between trail degree (°) and bare width (m).

탐방로 훼손유형

탐방로 훼손유형은 훼손진행 단계(과정)를 판단하는 지표로서 중요한 자료가 된다. 훼손유형은 자연 상태의 탐방로 상에서 물리적 훼손의 발생 및 진행과정을 기준으로 노면침식, 뿌리노출, 암석노출, 노면세굴, 사면침식, 노폭확대 등으로 구분하였으며 전체조사법(census techniques)에 의한 각 구간별 훼손유형은 다음과 같다(KNPS, 2020).

덕유산국립공원 탐방로 79.8 km 구간에서 발생한 훼손 유형별 발생 건수는 총 623건으로 조사되었으며, 그 중 노면침식이 228회(36.6%)로 가장 많이 발생하였다. 암석노출 221회(33.9%), 뿌리노출 78회(12.5%), 노폭확대 44회(7.1%), 노면세굴 37회(5.9%), 사면침식 25회(4.0%) 등의 순으로 발생하였다(Table 4; Fig. 3).

Table 4. Deterioration type of trail in Deogyusan National Park.

Trail No.	Deterioration type												Total
	Trail erosion		Root exposed		Rock exposed		Trail deepen		Slope erosion		Trail widen		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
1	3	10.3	3	10.3	12	41.4	5	17.2	-	0.0	6	20.7	29
2	9	39.1	4	17.4	9	39.1	-	0.0	1	4.3	-	0.0	23
3	6	33.3	-	0.0	6	33.3	-	0.0	1	5.6	5	27.8	18
4	64	37.0	24	13.9	60	34.7	2	1.2	8	4.6	15	8.7	173
5	15	42.9	4	11.4	13	37.1	2	5.7	-	0.0	1	2.9	35
6	25	47.2	11	20.8	15	28.3	-	0.0	-	0.0	2	3.8	53
7	26	46.4	11	19.6	18	32.1	-	0.0	-	0.0	1	1.8	56
8	20	35.1	7	12.3	19	33.3	7	12.3	1	1.8	3	5.3	57
9	3	33.3	-	0.0	3	33.3	-	0.0	3	33.3	-	0.0	9
10	11	26.8	3	7.3	17	41.5	2	4.9	3	7.3	5	12.2	41
11	24	40.0	8	13.3	8	13.3	15	25.0	1	1.7	4	6.7	60
12	12	33.3	3	8.3	12	33.3	2	5.6	5	13.9	2	5.6	36
13	10	31.3	-	0.0	18	56.3	2	6.3	2	6.3	-	0.0	32
14	-	0.0	-	0.0	1	100.0	-	0.0	-	0.0	-	0.0	1
Total	228	36.6	78	12.5	211	33.9	37	5.9	25	4.0	44	7.1	623



Fig. 3. Deterioration type of trail in Deogyusan National Park. (A) Trail erosion (Sinpungnyeong-Hoenggyeongjae), (B) root exposed (Baegambong-Songgyesa), (C) slope erosion (Hwangjeom-Satgatgoljae), (D) complex damage (root exposed, trail divide, trail widen).

탐방로와 탐방로 주변의 훼손과정은 탐방로 노면의 토양침식으로부터 시작하며 단계별 진행과정을 보면 탐방객의 지속적인 답압에 의해 지피식생이 훼손되고 낙엽이나 유기물이 유실되면서 나지화가 진행된다(KRIHS, 2000). 나지화로 토양공극이 감소함에 따라 토양의 통기성 및 수분침투능이 저하(Weaver and Dale, 1978; Seo et al., 1994; Kim and Park, 1998; Kim, 2008)됨으로써 경사지의 탐방로 상으로 흐르는 유출수가 증대되고 이에 따라 토양 유실 등을 수반한 노면침식이 발생하는 것으로 알려져 있다(Quinn et al., 1980; Coleman, 1981). 즉, 횡단배수 등 배수 체계의 조절만으로도 상당한 효과를 기대할 수 있으나 방치로 인한 훼손의 가속화로 뿌리노출, 암반노출, 노면세굴 등 바닥침식을 초래하게 된다. 지속적인 훼손이 이용자의 통행에 불편을 초래하여 기존의 보행공간을 회피하게 되고 새로운 보행공간을 개척함으로써 탐방로가 분기되고 노폭이 확장되면서 주변지역으로 훼손면적이 확장되는 것으로 보고되고 있다(Quinn et al., 1980; Choi, 2002; Ito et al., 2002).

덕유산국립공원 탐방로상에 발생한 훼손유형은 노면침식과 뿌리노출 현상이 306회로 전체 훼손유형의 49.1%, 암석노출 현상이 211회에 33.9%를 차지하여 노면침식에 따른 뿌리노출, 암석노출이 진행되고 있는 단계이며 노폭 확대, 노면세굴, 사면침식의 초기단계로 토양침식 진행단계로 볼 때 초기 단계에서 중기 단계로 훼손이 진행되는 것으로 판단된다.

따라서 덕유산국립공원 탐방로는 향후 노면 유출수에 의한 침식과 같은 노면침식이 더 이상 진행되지 않도록 탐방로 정비 및 복구계획 수립 단계에서 횡단배수로를 포함한 배수시설의 계획과 설치가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

탐방로 훼손등급

각 탐방로별 훼손 발생지점에 대해 국립공원 탐방로 관리 매뉴얼(KNPS, 2020)을 참고하여 탐방로별 훼손등급을 『강』, 『중』, 『약』으로 구분하고 분석한 결과는 다음과 같다(Table 5).

전체조사법(census techniques)을 통하여 구간별 훼손정도를 조사한 결과, 전체 구간 중 훼손된 구간의 길이는 12.671 km로 조사되었으며, 그 중 훼손등급 「강」 구간이 0.626 km (0.8%), 「중」 구간이 3.110 km (3.9%), 「약」 구간이 8.935 km (11.2%)로 조사되었다. 전체구간에 대한 훼손비율은 12.671 km (15.9%)로 나타났으며, 「약」 구간의 비율이 11.2%로 가장 높았고, 「중」 구간 3.9%, 「강」 구간 0.8%로 덕유산국립공원의 탐방로의 훼손정도는 「약」과 「중」 사이에 위치하는 것으로 판단되어 탐방로의 훼손정도를 고려한 탐방로의 관리 및 정비가 필요한 것으로 판단된다.

훼손된 비율이 가장 높은 구간은 황점-월성재 탐방로로 전체구간 2.6 km 중 0.898 km의 훼손구간이 발생하여 34.5%의 훼손비율을 보여 정비가 필요한 구간으로 분석되었으며, 안국사-남문지와 향적봉-인월담은 훼손비율이 각각 3.1, 5.3%로 매우 낮은 훼손비율을 나타내고 있어 건전한 구간이 비교적 많이 분포하는 것으로 분석되었다. 아울러 덕유산국립공원에 대해서 동일한 조사방법을 적용하여 연구된 선행연구(KNPS, 2016)에 따르면, 2016년 기준 14개 노선 79.8 km에 대해서 강, 중, 약의 등급에 포함되는 훼손길이는 16.90 km (21.2%)로 2020년 12.69 km (15.9%)보다 높게 나타났다(Table 6). 이와 같은 결과를 보이는 요인으로는 일부 조사항목이 조사자의 정성적인 평가에 따른 차이를 보일 수 있지만, 일부 노선에서의 급격한 훼손율의 감소는 2016년 조사 결과를 바탕으로 덕유산국립공원 탐방로에 대한 정비 및 관리가 지속적으로 수행된 것에 기인한다고 판단된다.

덕유산국립공원에 국립공원의 지형적 특징의 하나인 해발 1,000 m 이상 아고산대 기후 특성을 나타내는 구간이 다수 분포하고 있으며, 탐방객에 의한 인위적 요인과 서릿발과 같은 자연적인 환경요인으로 인하여 다른 지역에 비해 쉽게 침식 및 훼손이 확대될 가능성이 높고 복원에도 많은 시간과 비용이 소요되므로 훼손발생 초기에 관리 계획, 복구계획 수립 및 예방을 위한 대책마련이 필요할 것으로 판단된다.

Table 5. Deterioration class of trail in Deogyusan National Park.

Trail No.	Length (km)	Deterioration class				Ratio (%)
		Heavy (km)	Mild (km)	Light (km)	Sum (km)	
1	3.8	-	0.146	0.477	0.623	16.4
2	3.7	-	0.262	0.550	0.812	21.9
3	5.7	-	0.043	0.257	0.300	5.3
4	26.0	0.078	0.805	1.854	2.737	10.5
5	4.0	0.011	0.265	0.306	0.582	14.6
6	7.8	0.088	0.331	0.896	1.315	16.9
7	6.5	0.065	0.310	0.855	1.230	18.9
8	4.4	0.109	0.228	0.880	1.217	27.7
9	3.4	-	0.048	0.380	0.428	12.6
10	2.6	0.035	0.170	0.693	0.898	34.5
11	3.6	0.083	0.366	0.519	0.968	26.9
12	3.5	0.110	0.037	0.444	0.591	16.9
13	4.0	0.047	0.099	0.799	0.945	23.6
14	0.8	-	-	0.025	0.025	3.1
Total	79.8	0.626	3.110	8.935	12.671	15.9

Table 6. Comparison of damaged trail lengths in 2016 and 2020.

Trail No.	Trail name	Length (km)	2016		2020	
			Damage length (km)	Ratio (%)	Damage length (km)	Ratio (%)
1	Anguksa-seochang visitor center	3.8	1.10	28.9	0.62	16.4
2	Anguksa-Chimok	3.7	0.90	24.3	0.81	21.9
3	Hyangjeokbong-Inwoldam	5.7	1.50	26.3	0.30	5.3
4	Yeonggak visitor center-Gucheondong visitor center	26.0	2.80	10.8	2.74	10.5
5	Baengnyeonsa-Jungbong	4.0	1.00	25.0	0.58	14.6
6	Sinpungnyeong-Hoenggyeongjae	7.8	1.20	15.4	1.32	16.9
7	Baegambong-Songgyesa	6.5	0.90	13.8	1.23	18.9
8	Anseong visitor center-Dongyeomnyeong	4.4	1.50	34.1	1.22	27.7
9	Hwangjeom-Satgatgoljae	3.4	1.60	47.1	0.43	12.6
10	Hwangjeom-Wolseongjae	2.6	0.50	19.2	0.90	34.5
11	Yuksimnyeong-Namdeogyusan	3.6	0.90	25.0	0.97	26.9
12	Byeonggok-Dongyeomnyeong	3.5	1.00	28.6	0.59	16.9
13	Yangak-Wolseongjae	4.0	2.00	50.0	0.95	23.6
14	Anguksa-Nammunji	0.8	0.00	0.0	0.03	3.1
Total		79.8	16.90	21.2	12.69	15.9

Conclusion

국립공원 탐방로는 탐방활동을 지원하기 위한 기반시설로서의 역할뿐만 아니라 탐방객의 위험요소로 작용할 수 있다. 따라서 탐방로의 이용과정에서는 탐방객의 안전 및 편의를 보장하면서 자연환경에 대한 훼손을 최소화하기 위한 지속적인 유지관리 체계가 뒷받침되어야 한다. 이를 위해서는 탐방로에 대해서 정기적인 모니터링을 실시하여 탐방로의 물리적 특성, 훼손현황, 훼손유형 및 등급을 구분하고 탐방로의 지속적인 유지관리 체계를 마련해야 할 필요성이 있다.

본 연구 결과를 바탕으로 덕유산국립공원 탐방로의 훼손정도는 2016년 선행연구(KNPS, 2016)와 비교해 볼 때, 훼손길이 16.90 km (21.2%)에서 12.69 km (15.9%)로 전체 탐방로 대비 5% 감소한 것으로 나타났다.

다른 국립공원의 경우에는 지리산 9.6% (2019년), 북한산국립공원 13.6% (2019년), 속리산 11.7% (2019년), 치악산 12.3% (2015년), 월악산 10.5% (2015년)로 조사되었으며, 본 연구의 훼손비율은 15.9%로 높게 나타났다. 덕유산국립공원의 탐방로는 다른 국립공원에 비해서는 탐방로의 훼손비율이 높은 것으로 분석되었으나, 2016년의 조사 결과에 비해서는 5%정도 훼손비율이 감소하여 국립공원측에서 꾸준한 탐방로 정비 및 관리를 진행한 성과라고 판단된다.

따라서, 향후에도 덕유산국립공원 탐방로의 지속적인 관리와 복구가 수행되어야 하며 훼손 등급이 「강」으로 분석된 구간을 중심으로 현장 여건을 고려한 탐방로의 복구가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 특히, 훼손등급 「약」 인 구간에서의 비율이 높은 것으로 분석됨에 따라 노면정비 수준의 복구를 수행할 경우 탐방로의 훼손 상태는 크게 개선될 것으로 판단된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 연구는 2020년도에 국립공원연구원이 수행한 『덕유산국립공원 자연자원 조사』 연구 결과의 일부입니다.

Authors Information

Ju-Ung Yun, Korea National Park Research Institute, Korea National Park Service, Researcher (Doctor of Philosophy)

Myeong-Jun Kim, Forest Environment & GeoSpatial Technology Research Institute, Researcher (Doctor of Philosophy)

Hong-Seok Bang, Forest Environment & GeoSpatial Technology Research Institute, Researcher (Master)

Jin-Won Kim, Korea National Park Research Institute, Korea National Park Service, Researcher (Doctor of Philosophy)

Won-Ok Jeong, Korea National Park Research Institute, Korea National Park Service, Researcher (Doctor of Philosophy)

References

- Choi OG. 2002. Effects of human trampling disturbance on the spatial distribution of native plant species at the subalpine zone near the peak of Mt. Sorak. MS dissertation, Kangwon National Univ., Chuncheon, Korea. [in Korean]
- Cole DN. 1983. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. USDA Forest Service Research Paper INT (USA). No. INT-303.
- Coleman R. 1981. Footpath erosion in the English lake district. *Applied Geography* 1:121-131.
- Ito E, Yoshinaga S, Ohnuki Y, Shichi K, Matsumoto Y, Taoda H. 2002. Soil affecting the decline of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) forest in Kanto Plain, Japan. *Proceedings of the 8th International Congress of Ecology*.
- Jeong WO. 2009. Trail deteriorations characteristics and stability evaluation. *Journal of National Park Research* 1:53-58. [in Korean]

- Kim SC, Park CM. 1998. Study on environmental deteriorations of trail and use impacts in Moaksan Provincial Park. *Journal of Korean institute of Landscape Architecture* 25:39-50. [in Korean]
- Kim TH. 2008. Rates and factors of path widening in Seongpanak hiking trail of mount Halla, Jeju Island. *Journal of the Korean Urban Geographical Society* 43:296-311. [in Korean]
- KNPS (Korea National Park Service). 2009. National park trail maintenance manual. KNPS, Wonju, Korea. [in Korean]
- KNPS (Korea National Park Service). 2016. 3rd National park trail management comprehensive plan. KNPS, Wonju, Korea. [in Korean]
- KNPS (Korea National Park Service). 2020. National park trail management manual. KNPS, Wonju, Korea. [in Korean]
- KNPS (Korea National Park Service). 2021. National park basic statistics. 219. KNPS, Wonju, Korea. [in Korean]
- KRIHS (Korea Research Institute for Human Settlements). 2000. A study of the natural environmental characteristics and establishment of the conservation plan of the Halla Mountain. KRIHS, Chungnam, Korea. [in Korean]
- Kwon TH, Oh KK, Kwon YS. 1998. Trail and campground deteriorations, and their environmental changes of soil and vegetation in Chiak Mountain National Park. *Korea Journal of Environment and Ecology* 2:50-65. [in Korean]
- Lee SH, Yun JU, Choi IY. 2021. Analysis of damage status to the trail in Unmunsan County Park. *Journal of National Park Research* 2:1-9. [in Korean]
- Mun SJ, You JH, Hong KP, Heo SH. 2013. Analysis of deterioration status on the trails in the Gyeongju National Park- focused on Mt. Toham, Mt. Nam, Mt. Danseok and Mt. Gumi District-. *Journal of Korean institute of Landscape Architecture* 41:31-42. [in Korean]
- Oh KK, Kwon TH, Jeun YJ. 1987. Trail damage and vegetational change of trail side in Bukhan Mountain National Park. *Korea Journal of Environment and Ecology* 1:35-45. [in Korean]
- Oh KK, Kwon TH, Lee JW, Yoo KJ, Choi SH. 2005. Forest road maintenance manual. Soo Moon Publishing Co., Seoul, Korea. [in Korean]
- Park EH, Kim TI, Jeong WO, Kwon HG, Jeong PH. 2010. Trail characteristics and deterioration type of Jirisan National Park Chilseon valley. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 14:9-15. [in Korean]
- Quinn NW, Morgan RPC, Smith AJ. 1980. Simulation of soil erosion induced by human tramping. *Journal of Environmental Management* 10:155-165.
- Seo BS, Kim SC, Park CM, Lee CH, Lee KW. 1994. Articles: User's impacts on environmental deteriorations of trail in Tokyusan National Park. *Journal of Korean Forestry Society* 83:286-298. [in Korean]
- Sim KW, Lee JH. 2020. A causality analysis on the relationship between national park visitor use and economic variables. *Journal of Korean Forest Society* 99:573-579. [in Korean]
- Weaver T, Dale D. 1978. Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology* 15:451-457.