

ORIGINAL ARTICLE

## 경주국립공원 남산 지구의 탐방로 훼손 유형 및 환경피해도 평가

허상현\* · 유주한

동국대학교 경주캠퍼스 조경학과

### Assessment of Impact Rating Class and Deterioration Type on the Trails in Mt. Namsan District, Gyeongju National Park

Sang-Hyun Heo\*, Ju-Han You

*Department of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju, Gyeongju 780-714, Korea*

#### Abstract

This study was carried out to systematically maintain and manage the trails by assessing the physical characteristics, the types of deterioration and impact rating class of trails located in Mt. Nam District of the Gyeongju National Park. The major trails followed 6 routes including Sambulsa-Geumobong(A), Yongjongsaji-Geumobong(B), Yongjanggol-Yiyoungjae-Gowibong(C), Cheonusa-Gowibong(D), Sangseojang-Forest road(E) and Tongiljeon-Forest road(F). The routes length of A was 2.2 km, 2.7 km of B, 3.4 km of C, 1.3 km of D, 2.0 km of E and 1.0 km of F. In the physical characteristics, A was the widest and F was the narrowest in the width and bared width of trail. In depth of erosion, B was the deepest and E was the shallowest. D was the steepest and E was the gentlest in the slope. In the results of analysing the types of deterioration, A were 13 types, 11 types of B, C and D, 10 types of E and 6 types of F. The times of appearance of deterioration types in A were 86 times, 75 times of B, 105 times of C, 48 times of D, 47 times of E and 13 times of F. In case of the impact rating class, trail erosion was II degree, I degree of trail expansion, root exposure, trail divergence and rock exposure.

**Key words** : Divergence, Rock exposure, Root exposure, Trail erosion

#### 1. 서론

우리나라의 국립공원은 1967년 지리산국립공원이 최초로 지정된 이후 2013년 무등산국립공원이 최근에 지정되어 총 21개소가 있다. 국립공원은 자연자원, 자연경관, 역사문화자원 등 다양한 자원이 복합적으로 존재하는 지역으로 흔히 국립공원은 풍부한 생물과 생물종다양성을 보유하고 있는 지역이라고 생각한다. 이는 우리나라 전체 식물의 64.3%, 포유동물의 75.0%, 조류의 70.6%가 국

립공원에서 서식 및 분포하고 있어 생태적 중요성이 높다(Yoon, 2007). 또한 국립공원은 문화유산과 자연생태계의 적절한 보전을 위해 전 세계적으로 채택된 보전수단이며, 종보호, 교육, 휴양이 중요한 목표이다(Möst et al., 2015; Papageorgiou and Kassioumis, 2005).

최근 국립공원에서 등산, 생태교육, 산림치유 및 야영 등 다양한 활동이 급격히 증가하고 있으며, 대부분의 국립공원 내 활동은 법정 탐방로를 이용한다. 탐방로는 국립공원의 중요한 시설물로서 공원의 이용행태를 유도하

Received 7 September, 2015; Revised 11 October, 2015;

Accepted 12 October, 2015

\*Corresponding author: Sang-Hyun Heo, Department of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju, Gyeongju 780-714, Korea

Phone: +82-54-770-2234

E-mail: hsh@dongguk.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기 위한 동선이며, 등산, 자연관찰, 자연감상 등 다양한 이용목적 달성을 위한 시설물이다(Mun et al., 2013). 그러나 국립공원의 이용이 탐방로에 집중되는 만큼 이용 빈도와 압력이 높아져 훼손과 교란도 심각하게 발생되고 있다.

탐방로의 훼손은 대부분 탐방객들의 지속적인 답압으로 인해 토양이 고결화되어 난투수층이 발생되어 노면침식, 세굴, 수목 및 암석노출이 이어져 이용 상 불편을 초래할 뿐만 아니라 주변 식생이나 환경에 영향을 준다. 따라서 탐방로 훼손은 공원자원에 악영향을 미칠 뿐만 아니라 인명사고로도 연결될 수 있기 때문에 간과해서 될 문제가 아니다. 이에 우리나라의 국립공원 탐방로 훼손에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다.

이를 살펴보면, 북한산국립공원(Oh et al., 1987), 치악산국립공원(Kwon et al., 1988), 가야산국립공원(Kwon et al., 1989), 속리산국립공원(Kwon et al., 1990), 지리산국립공원(Kwon et al., 1991; Kwon and Lee, 2003), 한라산국립공원(Oh and Heo, 1992), 소백산국립공원(Kwon et al., 1993), 덕유산국립공원(Kwon et al., 1994), 주왕산국립공원(Kwon et al., 1995), 오대산국립공원(Kwon et al., 1996), 설악산국립공원(Lee et al., 1997), 월악산국립공원(Kwon et al., 2005), 속리산국립공원과 설악산국립공원의 비개방 탐방로(Cho, 2012), 경주국립공원(Mun et al., 2013; Mun and You, 2013) 등 많은 지역에 대한 연구가 진행되었으며, 해안·도서형을 제외하고 대부분 산악형 국립공원에 해당되나 이 중 유일하게 사적형인 경주국립공원에 대한 연구가 수행되었다. 그러나 대부분 연구가 Frissell(1978)의 5개 등급을 수정한 6개 등급으로 평가하여 특정 평가기준에 국한되어 있으며, 탐방로와 함께 주변 환경도 포함되어 탐방로의 훼손에 집중되지 못한 경향이 있었다. 또한 경주국립공원의 탐방로 평가에 있어 남산 지구는 1개 탐방로만을 대상으로 연구하였기에(Mun et al., 2013) 대표성이 낮다고 판단된다.

따라서 본 연구는 경주국립공원 중 역사문화환경이 우수한 남산 지구의 탐방로에 대한 물리적 특성, 훼손유형 및 환경피해도를 객관적으로 평가 및 분석하여 탐방로의 관리를 위한 환경정보를 제공하는데 목적이 있다. 그리고 탐방로의 평가기준을 국립공원관리공단에서 사용하고 있는 평가기준과 부합될 수 있도록 보완하여 지

속적인 정보가 구축될 수 있도록 하는데 의의가 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상지

1968년 12월 31일에 지정된 경주국립공원은 사적형 국립공원으로 토함산 지구, 남산 지구, 단석산 지구, 구미산 지구, 화랑 지구, 소금강 지구, 서악 지구, 대본 지구 등 8개 지구로 구성되어 있으며, 면적은 138.7 km<sup>2</sup>이다. 이 중 연구대상지인 남산 지구는 금오봉(467 m)과 고위봉(495 m)이 있으며, 탐방로 연장길이는 40.9 km, 탐방로 수는 20개소이고 면적은 약 21.8 km<sup>2</sup>이다(Mun 등, 2013). 남산의 남북 연장길이는 8 km, 동서는 12 km이며, 동남향은 경사가 완만하고 서남향은 경사가 급하고 주요 식생군락은 졸참나무군집, 밤나무-졸참나무-신갈나무군집, 소나무군집, 소나무-리기다소나무-아까시나무군집이 형성되어 있다(Yi and Choi, 2000). 토양은 사질양토로 배수는 양호하나 건조에 약하고 토심이 얇으며, 토양산도는 pH 5~6으로 약산성을 띤다(Jeong, 2005).

남산 지구는 경주역사유적지구 중 하나로 산 자체가 박물관을 연상시킬 정도로 다양한 중요 문화재가 산재되어 있어 문화재 감상을 위해 탐방객들이 많이 찾는다. 경주국립공원의 문화재는 국보 11건, 보물 23건, 사적 13건, 사적 및 명승 1건, 경상북도 유형문화재 13건, 경상북도 기념물 1건, 경주시 문화재자료 4건 등 66건이 있으며, 남산 지구는 보물 10건, 사적 2건, 경상북도 문화재 10건 등 22건의 지정문화재가 분포한다(Korea National Park Service, 2008). 2013년 국립공원관리공단 경주사무소의 내부자료에 의하면, 경주국립공원의 전체 탐방객은 3,147,155명으로 이 중 토함산 지구가 가장 많은 2,344,405명이며, 그 다음이 남산 지구로 555,888명이다. 또한 남산 지구 중 삼릉이 가장 많은 196,204명이며, 그 다음이 삼불사로 110,515명이고 춘계와 추계에 집중되는 경향을 보인다.

남산 지구의 해발고도, 경사, 향과 같은 지형적 특성은 Fig. 1.과 같다. 해발고도는 150~200 m가 가장 많은 4.3 km<sup>2</sup>(19.7%)이며, 그 다음이 200~250 m로 3.8 km<sup>2</sup>(17.6%)이고 450~500 m는 가장 작은 0.1 km<sup>2</sup>(0.4%)로 나타나 해발고도는 비교적 낮다. 경사는 20~25°가 가장 많은 4.8 km<sup>2</sup>(22.1%)이며, 25~30°가 4.5 km<sup>2</sup>

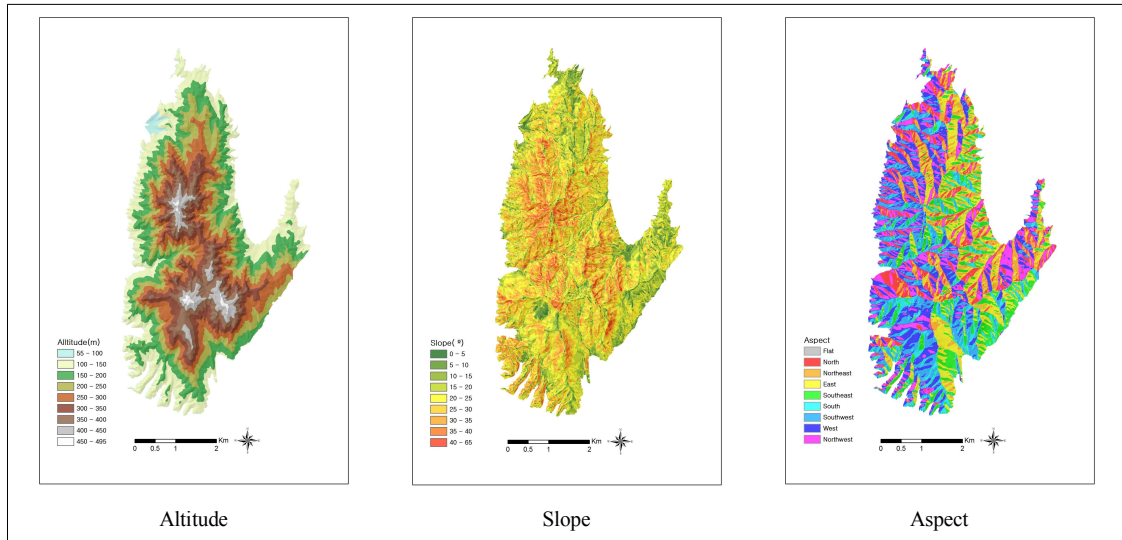


Fig. 1. The topographical characteristics of Mt. Nam district.

(20.6%)이고 0~5°가 가장 작은 0.4 km<sup>2</sup>(1.9%)이다. 향의 경우 서향이 가장 많은 3.6 km<sup>2</sup>(16.4%)이며, 그 다음이 북서향 3.1 km<sup>2</sup>(14.0%)이고 지명과 관련된 남향은 1.9 km<sup>2</sup>(8.6%)이다. 따라서 남산 지구는 해발고도가 높지 않으나 경사가 급하고 주로 서향, 북서향으로 형성되어 있다.

2.2. 연구방법

조사구간 선정을 위한 예비조사는 2014년 6월에 탐방로의 주변 조건, 노선형태, 지형 등에 대해 실시하였으며, 현장조사는 2014년 7월에서 10월까지 총 4회에 걸쳐 수행하였다. 탐방로는 탐방객들의 방문빈도, 이용에 따른 훼손발생지역, 관리가 필요한 지역 등을 경주국립공원 문화자원과 및 탐방시설과의 자문을 통해 선정하였으며, 선정된 구간의 경우 A구간은 삼불사-금오봉, B구간은 용장사지-금오봉, C구간은 용장골-이영재-고위봉, D구간은 천우사-고위봉, E구간은 상서장-임도삼거리, F구간은 통일전-임도삼거리이다(Fig. 2).

탐방로의 물리적 특성은 측점수, 노선길이, 노폭, 나지폭, 침식깊이, 중단경사를 조사하였으며, 측점은 100~150 m 간격으로 설치하였고 노선길이는 시점에서부터 종점까지의 길이를 측정하였다. 측점과 노선길이는 GPS(GARMIN, GPSmap60CS, USA)를 이용하여 기록하였다. 노폭은 탐방로의 좌우측 폭을, 나지폭

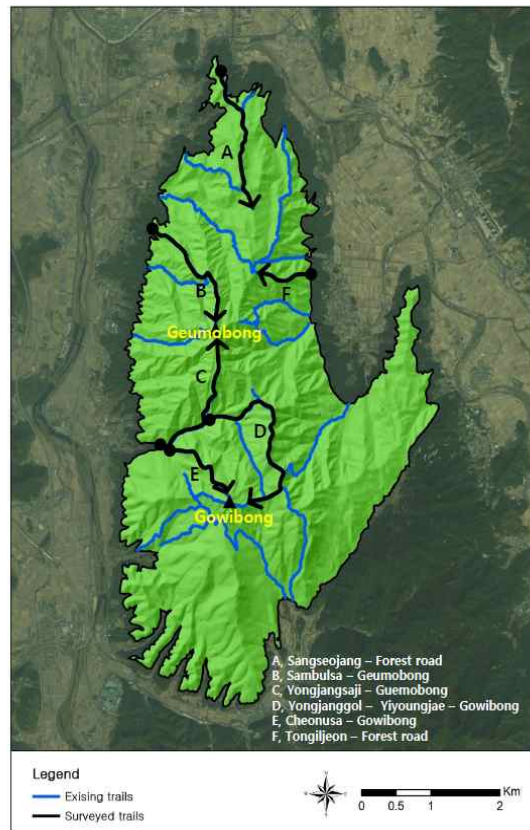


Fig. 2. The surveyed routes in this study.

**Table 1.** The assessment items of impact rating class in this study

Item	Information	Degree	Judgement
Trail erosion	Intensity and frequency of erosion	I	The surface-covers remain in trail.
		II	The depth of erosion is below 10cm.
		III	The depth of erosion is 11~20cm.
		IV	The depth of erosion is over 21cm.
Trail expansion	Bared width and deteriorated degree	I	The bared width is below 1.2m.
		II	The bared width is 1.3~1.5m.
		III	The bared width is 1.6~1.8m.
		IV	The bared width is over 1.9m.
Root exposure	Intensity and frequency of root exposure	I	The roots are not exposed in trail.
		II	The root exposure is below 10%.
		III	The root exposure is 11~20%.
		IV	The root exposure is over 21%.
Trail divergence	Deteriorated degree by trail divergence	I	Nothingness
		II	The divergence is 1 time. (The bared width is below 1.9m.)
		III	The divergence is 1 time. (The bared width is over 2.0m.)
		IV	The divergence is over 2 time.
Rock exposure	Intensity and frequency of rock exposure	I	The rocks are not exposed in trail.
		II	The rock exposure is below 10%.
		III	The rock exposure is 11~20%.
		IV	The rock exposure is over 21%.

Source: Nam(2015)

은 지피물, 식생이 없는 나지의 좌우측 폭을 50 m 줄자 (Komelon, Phantom Fiber, Korea)를 사용하여 측정하였다. 침식깊이는 침식부분 상단에 알루미늄 함척(SB, ST-55M, Korea)을 수평이 되도록 고정된 후 줄자를 수직으로 내려 측정하였으며, 종단경사는 경사계(Suunto, PM-5/360PC, Finland)를 사용하였다.

훼손유형은 Korea Forest Service(2004)의 14개 유형과 Korea National Park Service(2009)의 17개 유형 중 공통 유형과 비공통 유형을 종합하여 총 17개 유형을 적용하였다. 노면침식은 노면침식형, 노면세굴형, 경계침식형, 암석풍화형 등 4개 유형, 노폭확대는 셋길형, 노폭확대형, 암반노출형, 수목뿌리노출형 등 4개 유형, 노면 주변 훼손은 노면 주변 훼손형 1개 유형, 노면보행 불편은 계단높이에 불편형, 노면배수불량형, 노면폭협소형, 구슬자갈불편형, 급경사형 등 5개 유형, 산사태는 붕괴형, 땅밀림형, 유동형 등 3개 유형이다. 노면침식형은 과

도한 이용, 강우에 의한 물길 형성, 암반풍화 및 탐방로 경계의 식생훼손 등에 의해 발생되며, 노폭확대는 통행 불편에 따른 분기 현상, 이용에 따른 노폭확대, 암반 및 수목뿌리 노출에 의해 나타난다. 노면 주변 훼손은 나지가 넓게 확산되어 훼손되는 것이며, 노면보행 불편은 높은 계단높이에 따른 주변 훼손, 배수불량, 노폭의 협소, 작은 자갈에 의한 것이다. 산사태의 경우 강우에 의한 사면 붕괴, 강우 포화에 따른 지층의 밀림 현상, 토사석력이 계류에 흘러내려 발생된다.

환경피해도는 탐방로의 훼손평가 관련 연구(Cho, 2012; Korea Forest Service, 2004; Kwon et al., 1988; Kwon et al., 1989; Kwon et al., 1990; Kwon et al., 1991; Kwon et al., 1993; Kwon et al., 1994; Kwon et al., 1995; Kwon et al., 1996; Kwon et al., 2005; Kwon and Lee, 2003; Lee et al., 1997; Leung and Marion, 1999; Lynn and Brwon, 2003; Moore et al.,

2012; Mun et al., 2013; Mun and You, 2013; Oh et al., 1987; Park et al., 2010)에서 사용빈도가 높고 공통적으로 사용한 노면침식, 노폭확대, 수목뿌리노출, 셋길, 암반노출 등 5개 항목으로 평가하였다(Table 1).

노면침식은 답압에 의한 난투수층 발생으로 강우 침투가 불량하여 탐방로 노면이 침식된 것으로 노면에 식생, 낙엽 등의 지피물이 존재하면 I 등급, 노면침식이 10 cm 이하이면 II 등급, 침식깊이가 11~20 cm 지역은 III 등급, 21 cm 이상 깊게 침식된 지역은 IV 등급이며, 노폭확대는 이용압력과 빈도에 따른 나지확대 및 훼손정도를 표현한 것으로 나지폭이 1.2 m 이하 지역은 I 등급, 1.3~1.5 m 지역은 II 등급, 1.6~1.8 m 지역은 III 등급, 1.9 m 이상이면 IV 등급을 부여하였다.

수목뿌리노출은 토양유실 및 세굴에 의해 수목뿌리가 노출된 것으로 수목뿌리가 전혀 노출되지 않은 지역은 I 등급, 10% 이하로 노출된 지역은 II 등급, 11~20% 지역은 III 등급, 21% 이상 노출된 지역은 IV 등급이며, 셋길은 통행이 불편하여 새로운 동선이 발생된 것으로 셋길이 전혀 없으면 I 등급, 나지폭의 합이 1.9 m 이하이고 셋길이 1회 발생한 지역은 II 등급, 셋길이 1회이고 나지폭의 합이 2.0 m 이상인 지역은 III 등급, 셋길이 2회 이상 발생하여 훼손이 발생된 지역은 IV 등급으로 평가하였다. 암석노출은 수목뿌리노출과 동일한 현상에 의해 발생된 것으로 노면에 암석이 전혀 노출되지 않은 지역은 I 등급, 10% 이하는 II 등급, 11~20%는 III 등급, 21% 이상으로 암석이 많이 노출된 지역은 IV 등급이다.

환경피해도 평가항목에서 건전한 상태는 I 등급, 보

통의 현상유지 상태는 II 등급, 일부 훼손된 상태는 III 등급, 심각하게 훼손이 진행되면 IV 등급을 의미하는 것으로 국립공원관리공단(Korea National Park Service, 2009)에서 제시한 건전, 약, 중, 강 의 등급과 동일하며, 이는 I 등급은 건전, II 등급은 약, III 등급은 중, IV 등급은 강을 표현한다. 또한 대부분 국립공원 탐방로 연구에서 적용한 산림환경피해도 6 등급을 기준으로, 0~1 등급은 I 등급(건전), 2~3 등급은 II 등급(약), 3~5 등급은 III 등급(중), 5~6 등급은 IV 등급(강)으로 변환시켜 해석할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 물리적 특성

경주국립공원 남산 지구의 탐방로에 대한 물리적 특성은 Table 2와 같다. 평균 노폭은 A구간(삼불사-금오봉) 2.1 m, B구간(용장사지-금오봉) 및 C구간(용장골-이영재-고위봉) 각 1.9 m, D구간(천우사-고위봉) 1.4 m, E구간(상서장-임도) 1.6 m, F구간(통일전-임도) 1.3 m로 나타났으며, 평균 나지폭은 A구간 1.7 m, B구간 0.7 m, C구간 1.6 m, D구간 1.3 m, E구간 0.8 m, F구간 0.4 m로 확인되었다. 평균 침식깊이는 A구간 13.2 cm, B구간 14.0 cm, C구간 13.4 cm, D구간 10.1 cm, E구간 8.4 cm, F구간 8.9 cm이며, 평균 종단경사는 A구간 11.1°, B구간 6.7°, C구간 5.4°, D구간 13.6°, E구간 4.2°, F구간 9.8°로 조사되었다.

각 조사항목별 최대값의 경우 노폭과 나지폭은 A구간, 침식깊이는 B구간, 종단경사는 D구간으로 나타났으

Table 2. The physical characteristics of trails by routes

Route	No. of point	Distance (km)	Trail width (m)	Bared width (m)	Depth of erosion (cm)	Slope (°)
A	26	2.2	2.1	1.7	13.2	11.1
B	28	2.7	1.9	0.7	14.0	6.7
C	37	3.4	1.9	1.6	13.4	5.4
D	15	1.3	1.4	1.3	10.1	13.6
E	23	2.0	1.6	0.8	8.4	4.2
F	13	1.0	1.3	0.4	8.9	9.8
Mean	23.7	2.1	1.7	1.1	11.3	8.5

A, Sambulsa-Geumobong; B, Yongjangsaji-Geumobong; C, Yongjanggol-Yiyoungjae-Gowibong; D, Cheonusa-Gowibong; E, Sangseojang-Forest road; F, Tongiljeon-Forest road

며, 최소값은 노폭과 나지폭은 F구간, 침식깊이와 종단 경사는 E구간으로 확인되었다. 탐방로의 노폭과 나지폭이 좁을수록 이용압력이 높지 않다는 것을 의미하는데 (Mun 등, 2013) A구간은 다른 구간에 비해 넓게 확인되어 이용압력이 높은 것으로 생각된다. 특히 국립공원관리공단 경주사무소의 내부자료 중 2013년 탐방객수 현황을 보면, 삼불사 구간이 110,515명으로, 남산 지구의 전체 탐방객 555,888명의 약 20%에 해당되어 탐방객수가 많음을 확인할 수 있었다. 따라서 노폭과 나지폭이 넓은 것은 많은 탐방객들이 본 구간을 이용한 결과에 의한 것으로 판단된다.

전체 구간의 평균 노폭은 1.7 m, 평균 나지폭은 1.1 m, 평균 침식깊이는 11.3 cm, 평균 종단경사는 8.5°로 나타났다. 다른 지구의 노폭, 나지폭 및 침식깊이는 토함산 지구 1.1 m, 0.9 m, 13.1 cm, 단석산 지구 1.9 m, 1.3 m, 33.8 cm, 구미산 지구 0.8 m, 0.7 m, 5.8 cm, 소금강 지구 5.9 m, 3.9 m, 37.1 cm, 화랑 지구 1.1 m, 0.9 m, 14.2 cm, 서악 지구 1.8 m, 1.7 m, 14.2 cm이었다(Mun 등; Mun과 You, 2013). 이를 비교해보면, 노폭과 나지폭은 토함산 지구, 구미산 지구, 화랑 지구보다 넓지만 단석산 지구, 소금강 지구, 서악 지구보다 좁았다. 또한 침식깊이는 구미산 지구를 제외한 다른 지구보다는 크지 않은 것으로 확인되었다. 노폭과 나지폭은 상기 전술한 이용압력과 관계가 있지만 일부 지구보다 넓게 나타난 것은 남산 지구가 다른 지구와 달리 문화재 탐방을 목적으로 단체 탐방형태가 많아 탐방로 일부를 넓게 확장하였기 때문으로 생각된다. 침식깊이도 다른 지구보다 크지 않은 것은 탐방 및 보행에 불편을 초래하지 않도록 주기적인 관리를 하고 있기 때문에 나타난 결과라고 판단된다.

### 3.2. 훼손유형

구간별로 출현한 훼손유형은 Fig. 3.과 같이 요약되었다. A구간은 13개 유형이 86회 나타났으며, 노면침식형(a) 23회(26.7%), 수목뿌리노출형(h) 18회(20.9%), 노폭확대형(f) 16회(18.6%), 노면세굴형(b) · 암반노출형(g) 각 5회(5.8%), 경계침식형(c) · 셋길형(e) 각 4회(4.7%), 암석풍화형(d) · 계단높이불편형(j) 각 3회(3.5%), 급경사형(n) 2회(2.3%), 노면주변 훼손형(i) · 노면폭협소형(l) · 구슬자갈불편형(m) 각 1회(1.2%)로 조사되었

다. B구간은 11개 유형이 75회 나타났으며, 노면침식형 24회(32.0%), 수목뿌리노출형 14회(18.7%), 노폭확대형 8회(10.7%), 노면세굴형 · 경계침식형 각 7회(9.3%), 암석풍화형 6회(8.0%), 암반노출형 4회(5.3%), 셋길형 2회(2.7%), 노면주변 훼손형 · 계단높이불편형 · 붕괴형(o) 각 1회(1.3%)로 관찰되었다.

C구간은 11개 유형이 105회 확인되었으며, 노면침식형 35회(33.3%), 노폭확대형 23회(21.9%), 수목뿌리노출형 17회(16.2%), 암반노출형 8회(7.6%), 암석풍화형 · 구슬자갈불편형 5회(4.8%), 노면세굴형 · 경계침식형 4회(3.8%), 셋길형 2회(1.9%), 노면주변 훼손형 · 노면배수불량형(k) 각 1회(1.0%)로 나타났다. D구간은 11개 유형이 48회 출현하였으며, 노면침식형 11회(22.9%), 노폭확대형 · 수목뿌리노출형 각 10회(20.8%), 암반노출형 6회(12.5%), 급경사형 3회(6.3%), 노면세굴형 · 경계침식형 각 2회(4.2%), 암석풍화형 · 셋길형 · 노면주변 훼손형 · 구슬자갈불편형 각 1회(2.1%)로 나타났다.

E구간은 10개 유형이 47회 나타났으며, 노면침식형 14회(29.8%), 수목뿌리노출형 11회(23.4%), 노폭확대형 · 암반노출형 각 5회(10.6%), 노면폭협소형 3회(6.4%), 노면세굴형 · 경계침식형 · 암석풍화형 · 계단높이불편형 각 2회(4.3%), 노면주변 훼손형 1회(2.1%)로 조사되었다. F구간은 6개 유형이 13회 확인되었으며, 암반노출형 4회(30.8%), 수목뿌리노출형 3회(23.1%), 노면침식형 · 노면폭협소형 각 2회(15.4%), 노면세굴형 · 노폭확대형 각 1회(7.7%) 출현하였다.

전 구간에서 공통적으로 나타난 유형은 노면침식형, 노면세굴형, 노폭확대형, 암반노출형, 수목뿌리노출형 등 5개 유형이며, 이 중 출현이 가장 많은 상위 3개 유형은 노면침식형 109회, 수목뿌리노출형 73회, 노폭확대형 63회로 분석되었다. 경주국립공원 남산 지구와 유사하게 암봉이 발달한 주왕산국립공원의 경우도 노면침식형, 수목뿌리노출형, 노폭확대형이 가장 많은 출현한 것으로 나타나(Nam et al., 2015) 이에 대한 적극적인 관리가 필요할 것이다.

노면침식은 과도한 이용에 의한 답압으로 발생되는데 Quinn et al.(1980)은 탐방객의 증가의 경우 토양 압밀로 인해 난투수층이 발생된다고 하였다. 즉, 탐방로 노면에 탐방객들이 집중적으로 이용하여 답압이 발생된다.

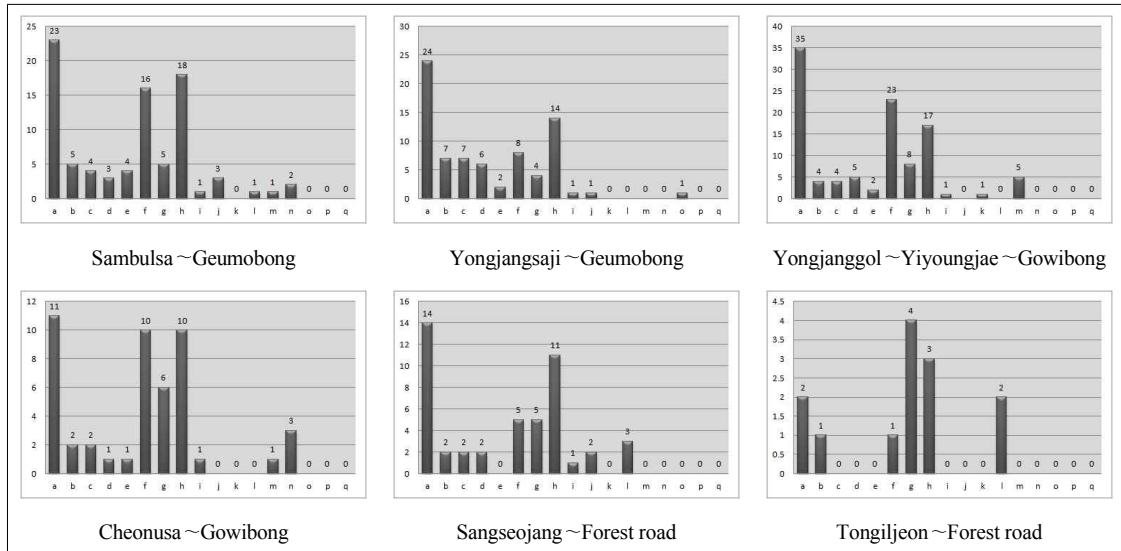


Fig. 3. The deterioration types of trails by routes.

a, Trail erosion; b, Trail scouring; c, Border erosion; d, Rock weathering; e, Divergence; f, Trail expansion; g, Rock exposure; h, Root exposure; i, Deterioration of surrounding; j, Discomfort of stair height; k, Poor drainage; l, Trail narrowness; m, Discomfort of gravel; n, Steep slope; o, Slippage; p, Creepage; q, Flowage.

이로 인한 토양의 고결로 난투수층이 발생됨으로서 강우가 토양내 침투하지 못하고 표면으로 유하하여 각종 지피물, 토양이 유실됨으로 노면이 침식된다. 노면침식은 탐방로 훼손의 초기 현상으로 침식이 지속적으로 발생될 경우 수목뿌리나 암석이 노출된다(Mun et al., 2013). 따라서 노면침식과 수목뿌리노출은 상호 연관된 작용을 하기 때문에 탐방로의 초기 훼손을 방지하고 관리하기 위해서는 탐방객들이 이용압력을 줄일 수 있는 탐방계획이 필요할 것이다.

노폭확대는 탐방로 가장자리로 통행하면서 발생하는 인위적 원인과 측벽 침식에 의해 발생하는 자연적 원인이 있으며, 주변 지피식생에 영향을 준다(Kim, 2011). 본 지역은 자연적 원인보다는 인위적 원인인 탐방객들의 이용행태에 의한 것으로 생각된다. 이는 남산 지구가 다른 지구에 비해 탐방객들이 많으며, 문화유산을 감상하기 위해 탐방객들이 지속적으로 증가하고 있다. 따라서 탐방로 경계를 명확히 표시할 수 있는 경계책 등이 설치된다면 노폭확대를 일부 저감시킬 수 있을 것이다.

3.3. 환경피해도

노면침식, 노폭확대, 뿌리노출, 셋길, 암석노출 등 탐

방로에 대한 환경피해도를 구간별로 평가 및 분석한 결과는 Table 3과 같다. A구간에서 노면침식은 I 등급 2회(7.7%), II 등급 12회(46.2%), III 등급 9회(34.6%), IV 등급 3회(11.5%), 노폭확대는 I 등급 9회(34.6%), II 등급 4회(15.4%), III 등급 3회(11.5%), IV 등급 10회(38.5%), 뿌리노출은 I 등급 8회(30.8%), II 등급 14회(53.8%), III 등급 3회(11.5%), IV 등급 1회(3.8%), 셋길은 I 등급 22회(84.6%), II 등급 1회(3.8%), III 등급 3회(11.5%), 암석노출은 I 등급 19회(73.1%), II 등급 및 III 등급 각 1회(3.8%), IV 등급 5회(19.2%)로 나타났다. B구간의 경우 노면침식은 I 등급 4회(14.3%), II 등급 8회(28.6%), III 등급 11회(39.3%), IV 등급 5회(17.9%), 노폭확대는 I 등급 20회(71.4%), II 등급 1회(3.6%), III 등급 5회(17.9%), IV 등급 2회(7.1%), 뿌리노출은 I 등급 14회(50.0%), II 등급 11회(39.3%), III 등급 3회(10.7%), 셋길은 I 등급 26회(92.9%), II 등급 2회(7.1%), 암석노출은 I 등급 24회(85.7%), II 등급 및 IV 등급 각 2회(7.1%)로 분석되었다.

C구간의 경우 노면침식은 I 등급 1회(2.7%), II 등급 19회(51.4%), III 등급 13회(35.1%), IV 등급 4회(10.8%),

Table 3. The frequency of impact rating class by routes

Items	Degree	A	B	C	D	E	F
Trail erosion	I	2	4	1	4	9	11
	II	12	8	19	6	10	1
	III	9	11	13	4	3	1
	IV	3	5	4	1	1	0
Trail expansion	I	9	20	13	5	18	12
	II	4	1	6	5	2	0
	III	3	5	8	3	1	0
	IV	10	2	10	2	2	1
Root exposure	I	8	14	20	7	11	10
	II	14	11	10	5	10	3
	III	3	3	1	1	1	0
	IV	1	0	6	2	1	0
Trail divergence	I	22	26	35	14	23	13
	II	1	2	0	1	0	0
	III	3	0	2	0	0	0
	IV	0	0	0	0	0	0
Rock exposure	I	19	24	28	9	18	9
	II	1	2	2	0	0	0
	III	1	0	2	2	2	3
	IV	5	2	5	4	3	1

A, Sambulsa-Geumobong; B, Yongjangsaji-Geumobong; C, Yongjanggol-Yiyongjae-Gowibong; D, Cheonusa-Gowibong; E, Sangseojang-Forest road; F, Tongiljeon-Forest road

노퍽확대는 I 등급 13회(35.1%), II 등급 6회(16.2%), III 등급 8회(21.6%), IV 등급 10회(27.0%), 뿌리노출은 I 등급 20회(54.1%), II 등급 10회(27.0%), III 등급 1회(2.7%), IV 등급 6회(16.2%), 셋길은 I 등급 35회(94.6%), III 등급 2회(5.4%), 암석노출은 I 등급 28회(75.7%), II 등급 및 III 등급 각 2회(5.4%), IV 등급 5회(13.5%)로 나타났다. D구간에 있어 노면침식은 I 등급 및 III 등급 각 4회(26.7%), II 등급 6회(40.0%), IV 등급 1회(6.7%), 노퍽확대는 I 등급 및 II 등급 각 5회(33.3%), III 등급 3회(20.0%), IV 등급 2회(13.3%), 뿌리노출은 I 등급 7회(46.7%), II 등급 5회(33.3%), III 등급 1회(6.7%), IV 등급 2회(13.3%), 셋길은 I 등급 14회(93.3%), II 등급 1회(6.7%), 암석노출은 I 등급 9회(60.0%), III 등급 2회(13.3%), IV 등급 4회(26.7%)로 확인되었다.

E구간의 경우 노면침식은 I 등급 9회(39.1%), II 등급 10회(43.5%), III 등급 3회(13.0%), IV 등급 1회(4.3%), 노퍽확대는 I 등급 18회(78.3%), II 등급 및 IV 등급 각 2회(8.7%), III 등급 1회(4.3%), 뿌리노출은 I 등급 11회(47.8%), II 등급 10회(43.5%), III 등급 및 IV 등급 각 1회(4.3%), 셋길은 I 등급 23회(100.0%), 암석노출은 I 등급 18회(78.3%), III 등급 2회(8.7%), IV 등급 3회(13.0%)로 나타났다. F구간에 있어 노면침식은 I 등급 11회(84.6%), II 등급 및 III 등급 각 1회(7.7%), 노퍽확대는 I 등급 12회(92.3%), IV 등급 1회(7.7%), 뿌리노출은 I 등급 10회(76.9%), II 등급 3회(23.1%), 셋길은 I 등급 13회(100.0%), 암석노출은 I 등급 9회(69.2%), III 등급 3회(23.1%), IV 등급 1회(7.7%)로 분석되었다.

구간별로 훼손이 있거나 심각한 III~IV 등급의 출현빈도가 많은 항목의 경우 B구간은 노면침식 III 등급, A구



**Table 4.** The frequency of impact rating class by degrees

Degree	Trail erosion	Trail expansion	Root exposure	Trail divergence	Rock exposure
I	31	77	70	133	107
II	56	18	53	4	5
III	41	20	9	5	10
IV	14	27	10	0	20

간은 노폭확대 IV등급으로 분석되었으며, 나머지 항목은 I ~ II등급을 보였다. B구간은 용장사에서 금오봉으로 연결되는 탐방로인데 RUSLE 모형을 이용한 토양침식 분석 시 남산 지구 중 금오봉 일대가 토양침식이 가장 많았으며, 토심도 얇다(Choi et al., 2013)고 보고하였다. 따라서 노면침식도 답압에 의한 것도 있지만 얇은 토심과 주변 환경 여건에 의해 침식이 발생된 것으로 생각된다. 노폭확대의 경우 경주국립공원 소금강 지구에서 가장 심각하였는데 이는 많은 탐방객들에 의한 이용밀도와 압력에 의한 것이다(Mun and You, 2013). A구간은 탐방객수가 110,515명으로 남산 지구에서 두 번째로 많으며, 탐방로의 물리적 특성에서 노폭과 나지폭이 가장 넓게 분석되었기 때문에 노폭확대가 심각한 것으로 생각된다.

등급별 환경피해도 항목의 전체적인 출현빈도를 살펴보면, 노면침식은 I 등급 31회(21.8%), II등급 56회(39.4%), III등급 41회(28.9%), IV등급 14회(9.9%), 노폭확대는 I 등급 77회(54.2%), II등급 18회(12.7%), III등급 20회(14.1%), IV등급 27회(19.0%), 뿌리노출은 I 등급 70회(49.3%), II등급 53회(37.3%), III등급 9회(6.3%), IV등급 10회(7.0%), 셋길은 I 등급 133회(93.7%), II등급 4회(2.8%), III등급 5회(3.5%), 암석노출은 I 등급 107회(75.4%), II등급 5회(3.5%), III등급 10회(7.0%), IV등급 20회(14.1%)로 분석되었다(Table 4).

이를 종합해보면, 노면침식은 II등급, 노폭확대·뿌리노출·셋길·암석노출은 I등급으로 나타나 남산 지구의 탐방로 상태는 비교적 건전한 것으로 판단된다. 그러나 노면침식은 탐방로 훼손의 초기 현상이며, 토양교결에 따른 난투수층 형성으로 인해 토양내로 강우가 침투하기 어렵기 때문에 배수불량에 따른 통행 불편 현상, 세굴 등이 발생함으로써 다양한 훼손 유형이 나타난다.

따라서 탐방로 훼손을 초기에 방지하고 관리하기 위해서는 이용압력을 조절하여 답압에 의한 고결현상을 막는 것이 가장 중요하다. 그리고 암석노출도 많이 나타났는데 남산 지구는 화강암을 기반으로 토양이 성숙되지 않았으며, 토심이 얇고 풍화토가 쌓여 불량한 토양입자를 가진다(Hur and Joo, 2005). 따라서 남산 지구는 원 토양상태가 안정적이지 못하고 대부분 암봉과 절벽 등이 형성되어 있기 때문에 암석노출은 자연적인 현상일 수도 있지만 암석노출 또한 노면침식에 의해 많이 발생되기 때문에 근본적인 탐방로 관리를 위해서 노면침식을 우선적으로 복구해야 할 것이다. 그러나 남산 지구는 중요문화재가 석조이고 현재 미 발견된 문화재가 다수 있으므로 암석노출에 대한 관리는 문화재 관련 기관과의 협의가 필요할 것이다.

#### 4. 결론

본 연구는 경주국립공원의 남산 지구에 있는 탐방로의 물리적 특성, 훼손유형 및 환경피해도를 조사 및 분석하여 탐방로의 관리 및 복구를 위한 기초자료 제공에 목적이 있다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

탐방로 구간은 A구간(삼불사~금오봉), B구간(용장사지~금오봉), C구간(용장골~이영재~고위봉), D구간(천우사~고위봉), E구간(상서장~임도), F구간(통일전~임도) 등 6개 구간을 대상으로 수행하였으며, 측정수는 A구간 26개, B구간 28개, C구간 37개, D구간 15개, E구간 23개, F구간 13개를 설치하였다.

탐방로의 물리적 특성 분석 결과, 평균 노폭은 A구간 2.1 m, B구간 및 C구간 각 1.9 m, D구간 1.4 m, E구간 1.6 m, F구간 1.3 m이며, 평균 나지폭은 A구간 1.7 m, B구간 0.7 m, C구간 1.6 m, D구간 1.3 m, E구간 0.8 m,

F구간 0.4 m이다. 평균 침식깊이는 A구간 13.2 cm, B구간 14.0 cm, C구간 13.4 cm, D구간 10.1 cm, E구간 8.4 cm, F구간 8.9 cm이며, 평균 종단경사는 A구간 11.1°, B구간 6.7°, C구간 5.4°, D구간 13.6°, E구간 4.2°, F구간 9.8°이다. 전체 구간의 평균 노폭은 1.7 m, 평균 나지폭은 1.1 m, 평균 침식깊이는 11.3 cm, 평균 종단경사는 8.5°로 분석되었다.

훼손유형과 출현빈도의 경우 A구간은 13개 유형 및 86회, B구간은 11개 유형 및 75회, C구간은 11개 유형 및 105회, D구간은 11개 유형 및 48회, E구간은 10개 유형 및 47회, F구간은 6개 유형 및 13회로 분석되었으며, 공통적으로 출현한 유형은 노면침식형, 노면세굴형, 노폭확대형, 암반노출형, 수목뿌리노출형이다. 또한 출현빈도가 가장 많은 유형은 노면침식형 109회, 수목뿌리노출형 73회, 노폭확대형 63회로 나타났다.

환경피해도 분석 결과, A구간은 노면침식 II등급 12회, 노폭확대 IV등급 10회, 뿌리노출 II등급 14회, 셋길 I등급 22회, 암석노출 I등급 19회, B구간은 노면침식 III등급 11회, 노폭확대 I등급 20회, 뿌리노출 I등급 14회, 셋길 I등급 26회, 암석노출 I등급 24회, C구간은 노면침식 II등급 19회, 노폭확대 I등급 13회, 뿌리노출 I등급 20회, 셋길 I등급 35회, 암석노출 I등급 28회, D구간은 노면침식 II등급 6회, 노폭확대 I 및 II등급 각 5회, 뿌리노출 I등급 7회, 셋길 I등급 14회, 암석노출 I등급 9회, E구간은 노면침식 II등급 10회, 노폭확대 I등급 18회, 뿌리노출 I등급 11회, 셋길 I등급 23회, 암석노출 I등급 18회, F구간은 노면침식 I등급 11회, 노폭확대 I등급 12회, 뿌리노출 I등급 10회, 셋길 I등급 13회, 암석노출 I등급 9회로 가장 많이 나타났다.

전체적인 출현빈도의 경우 노면침식은 I등급 31회, II등급 56회, III등급 41회, IV등급 14회, 노폭확대는 I등급 77회, II등급 18회, III등급 20회, IV등급 27회, 뿌리노출은 I등급 70회, II등급 53회, III등급 9회, IV등급 10회, 셋길은 I등급 133회, II등급 4회, III등급 5회, 암석노출은 I등급 107회, II등급 5회, III등급 10회, IV등급 20회로 나타났으며, 대체적으로 노면침식은 II등급, 노폭확대·뿌리노출·셋길·암석노출은 I등급으로 평가되어 남산 지구의 탐방로 상태는 비교적 양호하였다. 그러나 노면침식은 탐방로 훼손의 초기 현상이기

때문에 훼손을 조기 방지하기 위해서 모니터링이 필요할 것이다.

본 연구는 경주국립공원 남산 지구의 6개 탐방로 구간에 대해 훼손유형과 환경피해도를 평가하였다. 그러나 본 구간 이외에도 많은 탐방로가 있기 때문에 향후 미조사된 구간에 대한 연구가 진행된다면 남산 지구 전체의 탐방로에 대한 효율적인 관리 및 복구가 이루어질 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

이 논문은 2014년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음.

#### REFERENCE

- Cho, W., Deterioration status of closed-trail of National Parks on the Baekdudaegan mountains, South Korea, *Kor. J. Env. Eco.*, 26(5), 827-834.
- Choi, C. H., You, J. H., Jung, S. G., 2013, Estimation of danger zone by soil erosion using RUSLE model in Gyeongju National Park, *Korean J. Environ. Ecol.*, 27(5), 614-624.
- Frissell, S. S., 1978, Judging recreation impacts on wilderness campsites, *Journal of Forestry*, 76(8), 481-483.
- Hur, T. C., Joo, S. H., 2005, Soil physio-chemical properties of Mt. Namsan on Kyungju in Korea, *Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.*, 23, 53-60.
- Jeong, W. I., 2005, Analysis of possible natural damage of tourism heritages using geographic information system: a case study of Mt. Namsan, Gyeongju, *Journal of Tourism Sciences*, 29(1), 27-44.
- Kim, T. H., 2011, Physical characteristics of ridge traversing trail in Mount Jiri National Park, *Journal of the Korean Geographical Society*, 46(4), 425-441.
- Korea Forest Service, 2004, The method of ecological maintenance by deterioration types of trail, KFS, Daejeon, Korea.
- Korea National Park Service, 2008, The survey of nature resource in Gyeongju National Park, KNPS, Seoul, Korea.
- Korea National Park Service, 2009, Maintenance manual of trails in National Park, KNPS, Seoul, Korea.
- Kwon, T. H., Kim, D. W., Lee, J. W., 2005, Trail

- deterioration in Woraksan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 19(2), 130-138.
- Kwon, T. H., Lee, J. W., 2003, Trail deterioration on the ridge of the Baekdudaegan-a case of the trail between Manbokdae and Bokseongijae-, *Kor. J. Env. Eco.*, 16(4), 465-474.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Jeong, N. H., 1989, Trail and campground deteriorations and use impact on their natural environment in Mt. Kaya National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 3(1), 81-94.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Kwon, S. D., 1991, Use impact on environmental deteriorations of trail and campsite in Chirisan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 5(1), 91-103.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Kwon, Y. S., 1988, Trail and campground deteriorations, and their environmental changes of soil and vegetation in Chiak National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 2(1), 50-65.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Lee, J. W., 1990, User's impacts on trail deteriorations and edge vegetation in Sokri Mountain National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 4(1), 63-68.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Lee, J. W., 1993, Use impact on environmental deteriorations of trail in Sobaeksan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 6(2), 168-179.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Lee, J. W., 1994, Use impacts on environmental deteriorations of trail and campsite in Tukyusan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 7(2), 241-251.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Lee, J. W., 1995, Use pattern and impacts on environmental deteriorations on and around trails in Chuwangsans National Park, 8(2), 167-176.
- Kwon, T. H., Oh, K. K., Lee, J. W., 1996, Use impacts on environmental deteriorations on and around trails in Odaesan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 9(2), 211-220.
- Lee, J. W., Oh, K. K., Kwon, T. H., 1997, Use impacts on environmental deteriorations on and around trails in Söraksan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 10(2), 191-204.
- Leung, Y. F., Marion, J. L., 1999, Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountains National Park, *Environmental Conservation*, 26(4), 270-279.
- Lynn, N. A., Brwon, R. D., 2003, Effects of recreational use impacts on hiking experiences in natural areas, *Landscape Urban Planning*, 64, 77-87.
- Moore, R. L., Leung, Y. F., Matisoff, C., Dorwart, C., Parker, A., 2012, Understanding user' perceptions of trail resource impacts and how they affect experience: an integrated approach, *Landscape and Urban Planning*, 107, 343-350.
- Möst, L., Hothorn, T., Müller, J., Heurich, M., 2015, Creating a landscape of management: unintended effects on the variation of browsing pressure in a National Park, *Forest Ecology and Management*, 338, 46-56.
- Mun, S. J., You, J. H., 2013, Naturalness assessment of trails in urban area of Gyeongju National Park-focused on Sogeumgang, Hwarang and Seoak District-, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 22(4), 303-317.
- Mun, S. J., You, J. H., Hong, K. P., Heo, S. H., 2013, Analysis on deterioration status on the trails in the Gyeongju National Park-focused on Mt. Toham, Mt. Nam, Mt. Danseok and Mt. Gumi District-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 41(3), 31-42.
- Nam, Y., You, J. H., Heo, S. H., 2015, Assessment of impact rating class and deterioration condition on the trails in Juwangsans National Park, *Korean J. Env. Eco.*, 29(4), 605-614.
- Oh, K. K., Heo, S. H., 1992, Environmental deterioration of and around trail in Hallasan National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 6(1), 55-71.
- Oh, K. K., Kwon, T. H., Jeun, Y. J., 1987, Trail damage and vegetational change of trail side in Bukhan Mountain National Park, *Kor. J. Env. Eco.*, 1(1), 35-45.
- Papageorgiou, K., Kassioumis, K., 2005, The national park policy context in Greece: park user's perspectives of issues in park administration, *Journal of Nature Conservation*, 13, 231-246.
- Park, I. H., Lee, H. Y., Cho, K. J., Jang, G. S., 2010, An analysis of major trail deterioration in urban natural park- a focus on Apsan park in Daegu Metropolitan City-, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 38(3), 33-40.
- Quinn, N. W., Morgan, R. P. C., Smith, A. J., 1980, Simulation of soil erosion induced by human trampling,

- Journal of Environmental Management, 10, 155-165.
- Yi, Y. K., Choi, S. H., 2000, Vegetation structure analysis of urban forest-the case of Namsan in Kyungju, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 28(3), 13-24.
- Yoon, S. I., 2007, Crop loss survey by wildlife in National Parks of Korea, Korean J. Environ. Biol., 25(3), 223-227.