

산악 국립공원 등산로의 훼손 유형과 요인*

김 태 호**

Typology of Deteriorated Hiking Trails in Mountain National Parks of Korea*

Kim, Taeho**

요약: 지리산과 한라산을 대상으로 산악 국립공원 등산로의 훼손 유형을 요인별로 조사하였다. 등산로 훼손은 침식프로세스가 진행되는 장소에 따라 노면 저하, 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기로 구분할 수 있다. 노면 저하와 측벽 후퇴가 주로 자연적인 침식 요인에 의해 일어나는 훼손 유형인 반면 노면 확대 및 분기는 인위적인 답암으로 발생하는 훼손 유형이다. 노면 저하를 일으키는 가장 탁월한 프로세스는 우세이며, 측벽 후퇴는 등산로의 물리적 환경에 따라 우세, 서illet발작용, 촉식, 도목, 동물작용 등 탁월한 프로세스가 달라진다. 노면 확대 및 분기는 답암을 일으키는 원인에 의해 유형화할 수 있다. 지표류에 의해 등산로 노면이 낮아지는 과정에서 드러난 나무뿌리, 자갈 및 암반과 국지적인 세굴로 인하여 노면에 만들어진 높낮이차 등 우세와 관련하여 발생하는 훼손 사례가 많다. 또한 평탄면 등산로에서는 물웅덩이, 산림지대의 등산로에서는 천근성 수목인 구상나무의 도목이 노면 확대 및 분기의 주요 원인이 된다. 돌갈기 공법처럼 노면 보호공법이 오히려 등산객의 등산로 이탈을 조장하기도 하며, 보행에 불편을 주는 요소가 없더라도 등산객이 지름길을 만드는 과정에서 노면 확대 및 분기가 발생할 수 있다.

주요어 : 등산로 훼손, 노면 저하, 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기, 지리산 국립공원, 한라산 국립공원

Abstract : Hiking trails in Mt. Jiri, and Mt. Halla, National Park have been examined in terms of their degrading factors. The trails are deteriorated by natural erosion processes as well as human trampling. Trail deterioration is classified into tread lowering, sidewall retreat, path widening and divergence based upon a place where erosional processes occur. Tread lowering and sidewall retreat is generally produced by natural erosion factors, whereas path widening and divergence is generated by human trampling. Rainwash is the most contributing process to tread lowering. By contrast, several processes such as rainwash, needle ice action, deflation, tree falling and animal activity play a major role in sidewall retreat according to physical conditions of a hiking trail. Path widening and divergence could be classified by a factor producing human trampling. There are lots of cases related to rainwash such as the tree root, gravel, and bedrock, exposed by a surface flow lowering a tread and the riser produced by tread scouring. A puddle of rainwater on a flat tread and a fallen tree of *Abies koreana* in a forest region are also major factors to cause path widening and divergence. A paved tread with stones encourages a hiker to walk out of a trail. Taking a shortcut also results in path widening and divergence without a factor giving a hiker inconvenience on a trail.

Key Words : deteriorated hiking trail, tread lowering, sidewall retreat, path widening and divergence, Mt. Jiri National Park, Mt. Halla National Park

1. 서 론

우리나라에서는 1967년 지리산 일대의 440km² 구역이 제1호 국립공원으로 지정되면서 처음으로 국립공원 제도가 도입되었다. 이후 계룡산을 비롯하여 한려해상, 설악산, 속리산, 한라산 등 우수한 생태계와 자연경관을 지닌 지역들이 잇따라 국립공원에 포함되면서 현재는 국토 면적의 6.6%를 차지하는 6,581km² 구역에 20개의 국립공원이 지정

되어 있다. 이 가운데 해상·해안공원인 한려해상, 다도해해상, 태안해안 및 변산반도 국립공원과 사적(史蹟)공원인 경주 국립공원을 제외한 15개의 국립공원이 육상공원으로 소위 산악 국립공원에 해당한다.

산악 국립공원은 우리나라를 대표하는 산으로 일찍부터 많은 사람들이 찾았을 뿐 아니라 최근의 백두대간 종주나 100명산과 관련하여 조성된 전국적인 등산 봄으로 인하여 과거보다 더 많은 등산

* 이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-327-B00758).

** 제주대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Jeju National University)(kimtaeho@jejunu.ac.kr)

객이 몰리는 산이다(산림청, 2007). 더욱이 2007년부터 국립공원 입장료가 폐지되면서 국립공원을 찾는 사람들은 더욱 늘어나 국립공원 가운데 가장 많은 사람이 찾는 북한산의 경우, 2007년도 등산객 수는 2006년도의 4,874,790명보다 2.1배 늘어난 10,190,803명이라는 기록적인 등산객 수를 보였다(국립공원관리공단, 2011). 그러나 단기간에 등산객이 급격하게 증가하면서 산악 국립공원의 보전과 관리 측면에서 많은 문제들이 드러났으며, 특히 주요 등산로를 따라 진행되고 있는 식생 파괴와 토양침식으로 인한 산지 훼손은 사회적인 관심을 끌게 되었다(문화일보, 2006; 국민일보, 2007; 연합뉴스, 2007).

일반적으로 등산로에 대한 이용 압력이 높아지면 등산객의 답답으로 인하여 등산로 노면에는 난 투수층이 형성된다(Quinn *et al.*, 1980; 大貫 等, 1999; 김태호, 2003). 투수성이 떨어진 평탄면의 등산로에는 빗물의 표면 저류로 인하여 물웅덩이가 출현하기 쉬워지고, 등산객이 물웅덩이를 피하여 걸음으로써 주변 식생이 파괴되고 등산로가 확대된다. 또한 비탈면의 등산로에는 빗물이 노면을 따라 흐르게 되므로 릴 또는 우곡침식을 통하여 등산로가 세굴된다(Weaver and Dale, 1978; 小野 等, 1990; 최오길, 2002).

이와 같이 등산객의 답답으로 출현하는 등산로 노면의 난투수층에 기인한 훼손은 비교적 잘 알려져 있으나 등산로에서 발생하는 훼손 사례는 이외에도 매우 다양하다(Hammitt and Cole, 1998; Birchard and Proudman, 2000; 渡辺, 2008). 국내에서는 등산로 정비 매뉴얼을 통하여 등산로에서 발생하는 훼손 유형을 언급하고 있다. 예를 들면, 산림청(2006)은 등산로 훼손 유형을 노면 침식형, 노폭 확대형, 노면 주변 훼손형 및 노면 보행 불편형으로 구분하고, 각 유형을 다시 세분하여 전부 14개 유형으로 정리하고 있다. 국립공원관리공단(2009)은 여기에 산사태형을 추가하여 전부 17개 유형으로 구분하고 있다.¹⁾

그러나 이들 유형화는 분류 방식이 체계적이지 않아 유형간 내용이 중복되는 경우가 많다. 예를 들면, 노면 침식에 속하는 노면 침식형과 노면 세굴형, 노폭 확대에 속하는 수목뿌리 노출형은 모두 등산로를 따라 흐르는 지표류의 침식으로 인하

여 노면이 낮아지는 유형으로 훼손 내용이 비슷하다. 또한 등산로의 횡적 확대를 가리키는 경계 침식형, 노폭 확대형 및 노면 주변 훼손형도 본질적으로 같은 유형이며, 암석 풍화형과 암반 노출형도 유형간 구분이 모호하다. 더욱이 산림청(2006)과 국립공원관리공단(2009)의 유형화는 훼손을 일으키는 요인에 대하여 간과한 부분이 많기 때문에 등산로 훼손 유형과 요인에 대한 논의가 충분하게 이루어졌다고 보기是很 어렵다.

본 연구에서는 지리산과 한라산을 중심으로 산악 국립공원 등산로에서 발생하는 다양한 훼손 사례를 요인별로 분류하고, 훼손 유형의 발달과정을 밝혀 향후 등산로 관리 및 보전에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다. 지리산 국립공원의 종주 등산로를 중심으로 화엄계곡, 피아골, 뱀사골, 중산리 및 백무동 등산로와 한라산 국립공원의 성판악, 관음사 및 돈내코 등산로에서 조사가 이루어졌다.

2. 연구지역 개관

1) 지리산 국립공원과 주요 등산로

전북 남원, 전남 구례, 경남 산청, 함양 및 하동에 걸쳐 있는 면적 471.8km², 둘레 길이 320km의 지리산 국립공원은 1967년 12월 29일 국내 최초로 국립공원으로 지정되었다. 천왕봉을 비롯한 표고 1,500m를 넘는 16개의 봉우리를 중심으로 이루어진 지리산의 주산릉은 종석대를 경계로 덕두산-바래봉-세걸산-민복대-성삼재로 이어지는 남북능선과 노고단-토끼봉-덕평봉-촛대봉-천왕봉으로 이어지는 동서능선으로 구분된다. 동서방향의 주산릉으로부터 북동-남서 및 북북서-남남동 방향으로 다수의 부속 산릉과 심원계곡, 화엄계곡, 피아골, 한신계곡 등 하곡이 발달한다. 지리산 북사면과 동사면을 흐르는 하천은 임천강과 덕천강을 거쳐 낙동강으로 유입하며, 남사면과 서사면을 흐르는 하천은 섬진강으로 유입한다(그림 1).

지리산 국립공원은 주로 선캠브리아기의 지리산 편마암 복합체에 속하는 변성암류로 이루어져 있으며, 중생대 쥐라기의 화강암이 편마암 복합체를 일부 관입하고 있다. 변성암류 가운데 혼성페그마

산악 국립공원 등산로의 훼손 유형과 요인

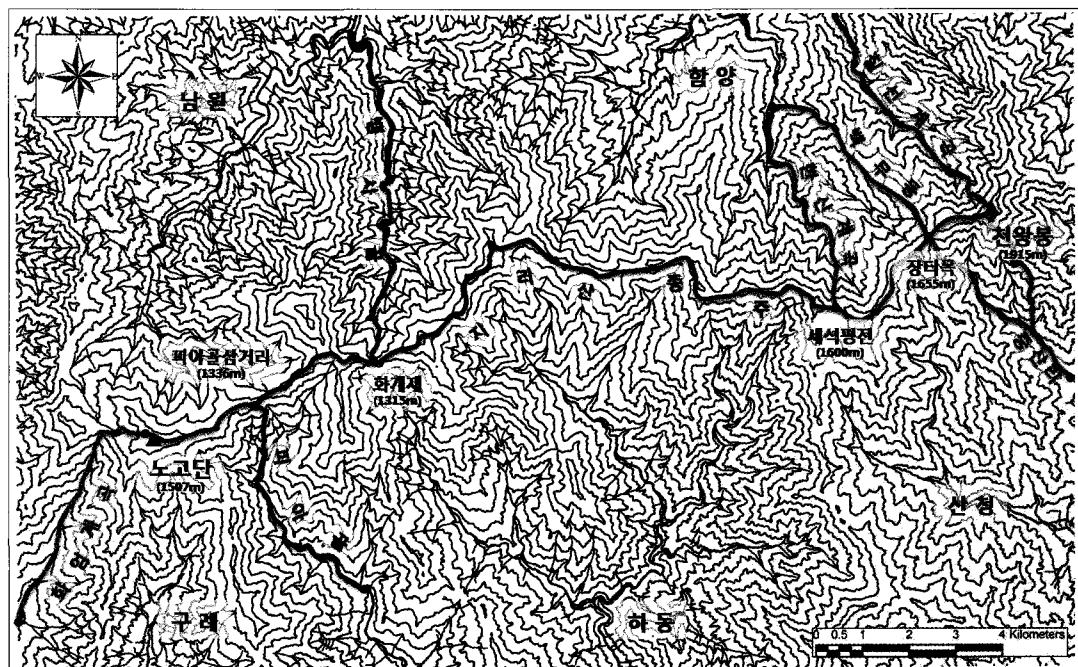


그림 1. 지리산 일대의 지형 및 주요 등산로

타이트질 편마암과 화강암질 편마암은 지리산 중앙부에 분포하는 반면 반상변정 편마암과 미그마 타이트질 편마암은 지리산 동·서부의 주변부에 나타난다(국립공원관리공단, 2003).

지리산 국립공원은 주산릉을 경계로 남부와 북부의 기온과 강수량이 다르다. 연평균 기온은 남부 13°C, 북부 12°C이며, 여름철 기온은 비슷하나 겨울철 기온은 남부가 다소 높다. 여름철 남해로

부터 유입된 다습한 대기가 남사면에 지형성 강우를 만들므로 1,600~1,800mm의 많은 강수량을 보이는 반면 북사면은 겨울철 북서계절풍의 영향으로 많은 적설량을 기록한다(지광훈 등, 2009).

지리산 국립공원에는 총길이 230.8km에 달하는 51개소의 등산로가 개설되어 있다. 지리산에서 등산객이 가장 많이 찾는 등산로는 노고단(1,507m) 부터 천왕봉(1,915m)까지 주산릉을 따라 개설된

표 1. 지리산 국립공원의 주요 등산로

등산로	표고(m)		고도차(m)	길이(km)	소요시간(h)	지형특성
	기점	종점				
지리산 종주	1,430	1,915	600	25.5	12:20	산릉
화엄계곡	240	1,430	1,190	7.6	3:40	계곡
피아골	420	1,330	910	6.0	3:40	계곡
뱀사골	470	1,315	845	9.2	4:00	계곡
한신계곡	540	1,600	1,060	6.5	4:50	계곡
백무동	540	1,655	1,115	5.8	3:30	계곡·산릉
중산리(칼바위)	610	1,915	1,305	5.4	4:30	계곡·산릉
중산리(장터목)	610	1,655	1,045	4.0	3:30	계곡
칠선계곡	380	1,915	1,535	9.2	7:00	계곡
대원사	410	1,915	1,505	10.2	7:50	계곡·산릉

길이 25.5km의 종주 등산로이다. 종주 등산로에는 삼도봉(1,490m), 명선봉(1,586m), 덕평봉(1,521m), 영신봉(1,561m), 촛대봉(1,703m), 제석봉(1,806m) 등 20여개의 봉우리가 이어진다. 최저점은 화개재(1,315m), 최고점은 천왕봉이므로 최대 고도 변화는 600m에 달한다. 소요시간은 12시간 20분이나 보통 1박2일 또는 2박3일 일정으로 산행이 이루어진다. 기점의 노고단 대피소를 비롯하여 연하천, 벽소령, 세석 및 장터목 대피소 등 5개 대피소에서 일일 629명의 등산객을 수용하고 있다.

천왕봉 정상으로 직접 올라가는 등산로는 남사면의 산청 중산리 코스와 북사면의 함양 백무동 코스가 대표적이다. 중산리 등산로(칼바위 코스)는 중산리 탐방안내소(610m)에서 칼바위(750m), 로타리 대피소(1,335m)를 지나 천왕봉에 이르는 길이 5.4km의 등산로로 소요시간은 4시간 30분이다. 로타리 대피소부터 정상까지 급경사의 비탈길이 이어지나 천왕봉에 오르는 최단거리이므로 인기가 높다. 또 다른 중산리 등산로(장터목 코스)인 칼바위, 유암폭포(1,190m)를 지나 장터목(1,655m)에 도달한 후 종주 등산로를 이용하여 천왕봉에 오르기도 한다. 중산리 입구에서 장터목까지의 거리는 4km로 소요시간은 3시간 30분이다. 따라서 중산리 지역에서는 칼바위 코스로 정상에 올라간 후 장터목을 거쳐 돌아오는 순환형 산행이 보편적이다.

백무동 등산로(하동바위 코스)는 백무동 탐방지원센터(540m)에서 하동바위(850m), 소지봉(1,312m)을 거쳐 장터목에 도달한 후 천왕봉으로 올라가는 코스이다. 장터목까지의 거리는 5.8km로 소요시간은 3시간 30분이며, 자리산 북사면에서 가장 많은 등산객이 이용한다. 백무동 인근의 추성동(380m)에서 시작되는 칠선계곡 등산로를 이용하면 천왕봉으로 직접 올라갈 수 있다. 선녀탕(620m), 칠선폭포(880m), 마폭포(1,400m)를 지나는 길이 9.2km, 소요시간 7시간의 칠선계곡 등산로는 사전예약제로 운영되므로 이용 등산객은 제한적이다.

자리산 종주 등산의 기점으로 알려진 화엄계곡 등산로는 구례 화엄사(240m)에서 코재(1,250m)를 거쳐 노고단 고개(1,430m)에 이르는 길이 7.6km, 소요시간 3시간 40분의 등산로이다. 1988년 구례 광의면과 남원 산내면을 잇는 성삼재 관통도로가 포장되면서 노고단 인근 성삼재(1,102m)까지 자동

차로 올라갈 수 있게 됨으로써 이용하는 사람이 급격하게 줄었다.

이외에 자리산 능선의 종주 등산로와 산 아래쪽 등산로 입구를 잇는 피아골 등산로(구례 직전마을~피아골삼거리), 뱀사골 등산로(남원 반선~화개재), 한신계곡 등산로(함양 백무동~세석평전), 대원사 등산로(산청 유흥~천왕봉)가 종주 산행과 연계하여 등산객이 즐겨 찾는 등산로들이다.

2) 한라산 국립공원 및 주요 등산로

제주도 중앙에 위치한 면적 151.3km²의 한라산 국립공원은 1970년 국내 일곱 번째의 국립공원으로 지정되었다. 신생대 제4기의 분화활동으로 만들어진 한라산은 한반도의 국립공원 산지와는 다른 지형경관을 지니고 있다. 조면현무암질 용암류가 겹겹이 쌓여 만들어진 한라산은 동서방향으로 완만하게 뾰족한 사면이 특징적인 하와이형 순상화산이다(그림 2). 표고 600~1,000m 이상의 산악지대에 설정된 한라산 국립공원에서 경사 15° 이하 사면이 전체 면적의 70.5%를 차지하는 반면 30°를 넘는 급경사 구역은 4.9%에 지나지 않는다(제주도, 2000).

분화활동 후반에 분출한 조면암 및 조면현무암질 용암류로 인하여 한라산 정상의 백록담 분화구와 서벽을 비롯하여 산록에 다수의 단성화산이 출현하였다. 한라산 국립공원에는 오름으로 불리는 46개의 단성화산이 분포하고 있다. 이들 오름은 백록담 서벽과 같은 일부 용암돔을 제외하면 대부분 화산쇄설물이 화구 주변에 쌓여 만들어진 스코리아콘이다(제주도, 1997).

한라산 국립공원에는 조면현무암과 조면암으로 분류되는 11개의 암층이 나타난다. 동사면과 서사면에는 조면현무암이 넓게 분포하며, 한라산 정상의 백록담 서벽을 중심으로 북사면의 텁라계곡, 서사면의 Y계곡과 영실계곡을 따라 조면암이 분포한다(국립공원관리공단, 2002).

한라산 동사면(762m)과 서사면(972m)의 연평균 기온은 10.8°C와 9.6°C이다. 또한 백록담 화구륜(1,920m)의 연평균 기온은 3.7°C이며, 11월부터 3월까지 동계 5개월의 평균 기온은 -4.2°C로 11월을 제외한 4개월은 월평균 기온이 영하로 내려

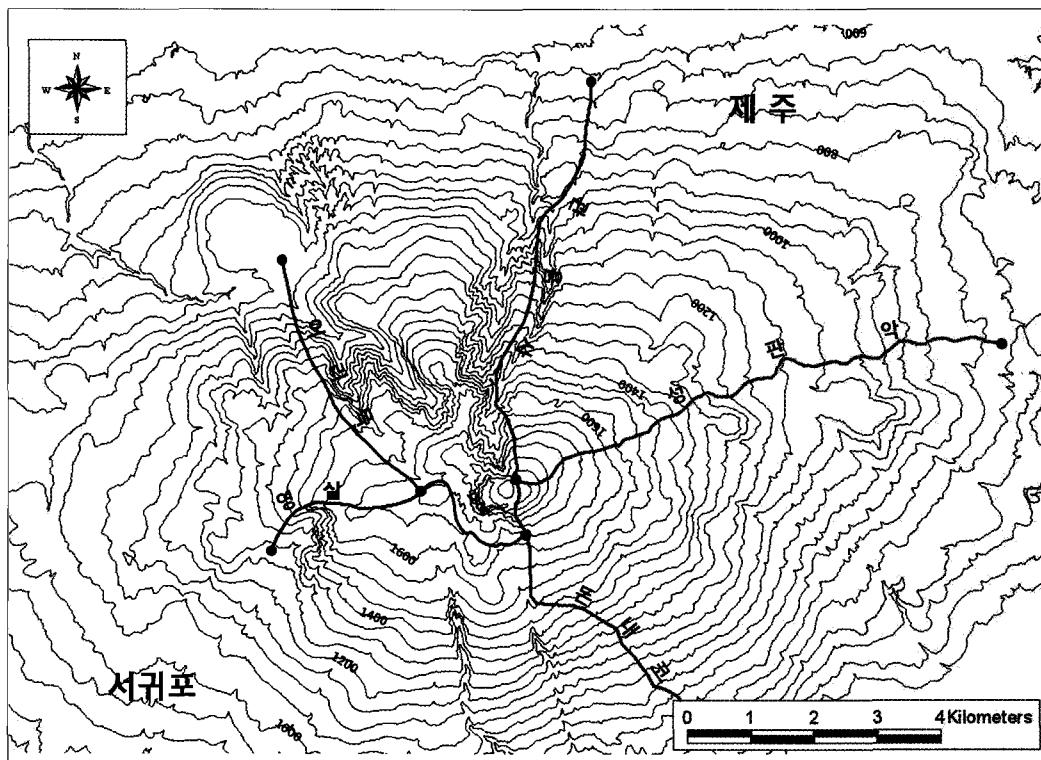


그림 2. 한라산 일대의 지형 및 주요 등산로

간다(고정군, 2000). 동사면과 서사면의 강수량은 각각 4,198mm와 3,011mm로 국내 최다우지에 해당한다. 강수의 하계 집중도가 높아 6월부터 9월까지의 강수량이 전체 강수량의 60% 정도를 차지한다. 그러나 100mm 이상을 기록한 달이 10개월 이상으로 전년에 걸쳐 강수가 발생하는 해양성 기후의 특징을 보인다.

한라산 국립공원에는 총길이 37.1km의 등산로 6개소가 개설되어 있다(그림 2). 북서사면의 어리목 등산로는 한라산 국립공원 관리사무소가 소재하는 어리목(970m)에서 사제비동산(1,400m), 윗세오름

대피소(1,670m)를 거쳐 남벽 분기점(1,610m)에 이르는 길이 6.8km의 등산로이다. 소요시간 3시간으로 현재 가장 많은 등산객이 이용하는 한라산의 기본 코스이다.

남서사면의 영실 등산로는 영실계곡(1,280m)에서 병풍바위(1,500m)를 거쳐 윗세오름 대피소에 이르는 길이 3.7km의 등산로이다. 소요시간 1시간 30분의 최단거리 코스로 제주도 남서지역을 내려보는 병풍바위 일대의 조망점이 뛰어나 인기가 높은 등산로이다.

동사면의 성판악 등산로는 성판악 탐방안내소

표 2. 한라산 국립공원의 주요 등산로

등산로	표고(m)		고도차(m)	길이(km)	소요시간(h)	지형특성
	기점	종점				
어리목	970	1,610	735	6.8	3:00	산릉
영실	1,280	1,670	390	3.7	1:30	계곡산릉
성판악	760	1,925	1,165	9.6	4:30	산릉
관음사	620	1,925	1,305	8.7	5:00	계곡산릉
돈내코	500	1,610	1,110	7.0	3:30	산릉

(760m)에서 사라오름(1,300m), 진달래밭 대피소(1,500m)를 거쳐 한라산 동릉 정상(1,925m)에 이르는 길이 9.6km의 등산로이다. 한라산에서 가장 긴 코스로 소요시간은 4시간 30분이다. 구간이 길고 경관을 조망하기 어려운 산림지대를 통과하므로 등산객이 많지 않았으나, 백록담 분화구를 볼 수 있는 코스이므로 자연휴식년제에 따른 정상 통제가 해제된 2000년부터 등산객이 꾸준히 증가하고 있다. 특히 2010년 12월부터 산정 화구호를 지닌 사라오름이 개방되면서 등산객이 더욱 증가하고 있다.

북사면의 관음사 등산로는 관음사 야영장(620m)에서 탑라계곡(850m), 삼각봉 대피소(1,508m)를 거쳐 한라산 동릉 정상에 이르는 길이 8.7km의 등산로이다. 소요시간 5시간으로 시간이 가장 많이 걸릴 뿐 아니라 등산로의 고도 변화도 심하여 이용객이 가장 적은 코스이다.

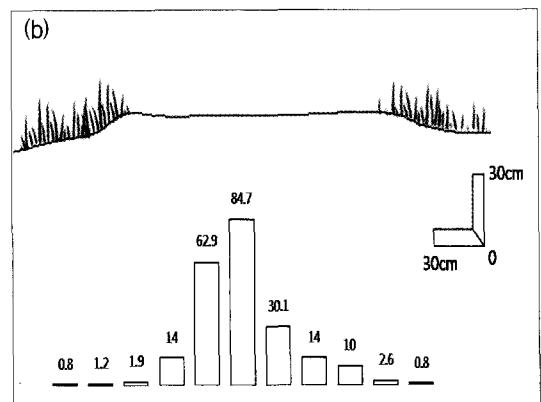
남사면의 돈내코 등산로는 서귀포의 돈내코 입구(500m)를 출발하여 평궤 대피소(1,400m)를 경유하여 남벽으로 한라산 정상에 오르는 코스였으나, 남벽 일대의 등산로 훼손으로 1994년부터 자연휴식년제가 적용되어 출입이 통제되었다. 2009년 12월부터 남벽 분기점까지 다시 개방되면서 어리목, 영실 및 돈내코 등산로가 서로 연결되었다.

3. 결과 및 고찰

등산로 훼손은 등산로 내부에서 일어나는 경우와 외부에서 일어나는 경우로 구분할 수 있다. 등산로는 보통 노면과 측벽으로 이루어져 있으므로 침식이 일어나는 장소에 의해 노면 저하와 측벽 후퇴로 나눌 수 있다. 또한 등산로 외부의 훼손은 등산로에 접하여 일어나는 노면 확대와 등산로에서 떨어진 곳에서 일어나는 노면 분기 또는 복선화로 나눌 수 있다. 그러나 노면 확대와 노면 분기는 본질적으로 같은 프로세스에 의해 일어나는 현상으로 볼 수 있으므로 등산로 훼손 유형을 크게 노면 저하, 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기의 세 유형으로 구분하여 정리한다.

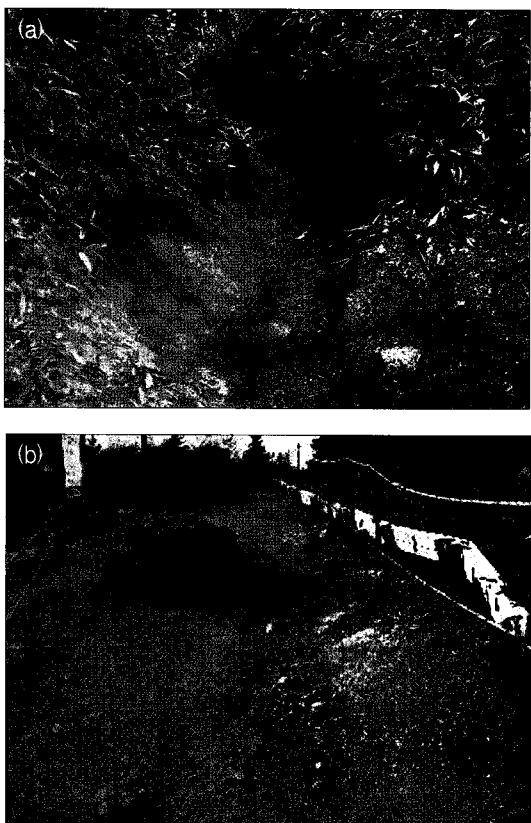
1) 등산로의 노면 저하

등산로 노면은 등산객의 담압이라는 인위적인 요인에 의해 낮아질 수 있을 뿐 아니라 담압으로 난투수층이 형성되면 경사진 등산로를 따라 지표류가 흐르면서 세굴된다. 등산객의 지속적인 보행으로 지피식생과 부식층이 제거되고, 나지화된 노면에 계속 담압이 가해지면 토양층이 압밀됨으로써 노면이 낮아진다. <그림 3>은 지리산 종주 구간의 안부에 만들어진 노폭 136cm의 등산로이다. 구배 0.5°의 평탄면에 위치하므로 지표류로 인한 침식이 일어나기 어려워 건전 상태를 보인다. 그러나 노면의 토양경도는 중앙의 최고치 84.7kgf/cm³를 중심으로 10.0~62.9kgf/cm³이며, 노면 가장자리도 1.9~2.6kgf/cm³로 등산로 바깥쪽의 0.8kgf/cm³에 비하여 높아 노면 전체가 압밀되어 있음을 알 수 있다. 이곳의 등산로 노면은 가장자리의 석생으로 덮여 있는 지면보다 3cm 정도 낮아진 상태이다.



(a) 평탄면에 만들어진 등산로(종주 구간), (b) 토양경도(kgf/cm³) 분포

그림 3. 담압으로 낮아진 등산로 노면



(a) 우곡형 등산로(백무동 구간), (b) 노면에 발달한 릴(종주 구간)

그림 4. 지표류의 침식으로 낮아진 등산로 노면

그러나 등산로 노면을 낮추는 가장 탁월한 프로세스는 노면을 따라 흐르는 지표류가 일으키는 릴 또는 우곡침식이다. 적절한 배수 체계가 갖추어져 있지 않은 경우라면 노면에 난투수층이 형성되어 있는 등산로 자체가 배수로 역할을 하게 되므로 등산로를 따라 흐르는 물을 쉽게 볼 수 있으며, 결과적으로 우곡형 또는 비대칭 양벽형²⁾으로 분류되는 등산로가 만들어진다(그림 4a). 특히 사면을 가로지르는 등산로에서는 등산로에 접한 상부 사면으로부터 직접 지표류가 유입되거나 측벽 단면에서 측방침투류의 형태로 흘러나오므로 상당한 유량을 지닌 유수가 발생할 수 있다. 따라서 유수가 사라진 뒤에도 등산로 노면에는 물길을 따라 세울된 흔적들이 많이 남아 있다. <그림 4b>의 등산로 노면에는 우측 상부사면으로부터 유입한 지표류가 만든 폭 30cm, 깊이 4cm의 릴이 뚜렷하게

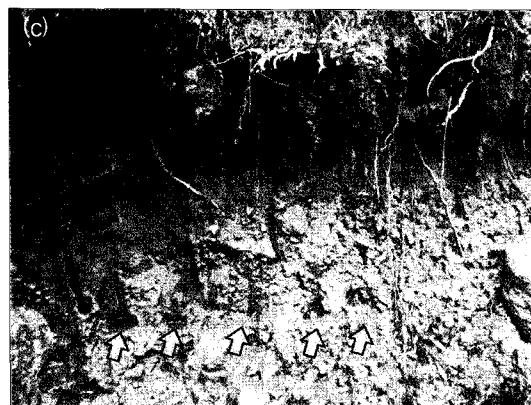
남아 있다. 또한 등산로 우측에 설치한 토사밀림 방지용 목책의 하단부가 노면으로부터 15~20cm 높이에 있는 것으로 보아 우세로 인하여 노면이 빠른 속도로 낮아지고 있는 장소이다.

바람이 강한 산악지대에서는 닫압과 우세 이외에 취식작용(deflation)으로 등산로의 토양입자가 제거되어 노면이 낮아질 수도 있다. 그러나 조사 등산로들이 주로 삼림지대를 통과하고 있으며, 초기지대에 위치한 한라산의 등산로도 노면이 대부분 둘로 포장되어 있어 바람으로 인한 노면 저하는 제한적으로 보인다.

2) 등산로의 측벽 후퇴

등산로의 구조상 등산객이 측벽을 따라 걷기는 어려우므로 등산로 측벽은 인위적인 닫압보다는 자연적인 침식작용을 통하여 후퇴하게 된다. 지표류는 등산로의 노면을 낮출 뿐 아니라 측벽도 후퇴시킨다. 예를 들면, 등산로 바깥 사면에서 등산로로 유입한 지표류는 측벽을 따라 흘러내리며 단면을 침식하게 되는데, 특히 사면과 측벽 상단이 만나는 경사급변점에서 침식이 가장 활발하게 일어나므로 측벽 상단은 빠른 속도로 후퇴한다. <그림 5a>에서 지표류가 유입되고 있는 측벽 상단의 경사급변점은 주변보다 최대 150cm 상부사면 쪽으로 후퇴하였다. 또한 사면을 가로지르는 등산로의 측벽에는 상부사면에서 발생한 측방침투류가 파이프류의 형태로 측벽 단면에서 용출하는 경우가 많다. 그 결과 파이프를 중심으로 단면의 세굴이 일어날 뿐 아니라 파이프로부터 흘러나온 유수의 침식작용으로 파이프 아래쪽 단면도 후퇴한다(그림 5b).

산림지대에 위치한 등산로에서는 수목의 차단현상 때문에 빗방울이 측벽 단면에 직접 떨어지며 일으키는 우적침식의 효과는 크지 않다. 그러나 측벽 위에 등산로 쪽으로 지피식생이 튀어나와 있는 곳에서는 측벽 상단의 돌출부로부터 강우 시 발생하는 낙수물이나 고드름이 녹으면서 발생하는 낙수물로 인하여 측벽이 세울될 수 있다(그림 5c). 이들 우세로 인한 측벽 후퇴는 후술하듯이 능선이나 안부의 분수계에 위치한 대칭형 등산로보다는 사면을 가로지르기 때문에 등산로 한쪽으로 상부



(a) 지표류 유입으로 인한 측벽 상단의 침식, (b) 파이프류로 인한 측벽 단면의 침식, (c) 측벽 위 식생 돌출부에서 떨어지는 낙수물로 인한 측벽 단면의 세าะ

그림 5. 우세에 의한 측벽 후퇴(종주 구간)

사면이 나타나는 비대칭형 등산로에서 탁월하게 일어난다.

지리산과 한라산의 아고산대는 눈으로 덮여 있는 한겨울을 제외하면 동결융해작용이 활발하게

일어나는 곳으로 산정 일대에는 유상구조토와 같은 주빙하지형이 발달한다(김도정, 1970; 장호, 1983; 김태호, 2001). 따라서 아고산대에 위치한 등산로도 동결융해작용을 받게 되는데, 특히 측벽에 발달하는 서릿발은 단면으로부터 토양입자를 직접 떨어뜨리거나 또는 토양입자를 이완시켜 분리를 조장함으로써 측벽 후퇴를 가져온다(그림 6). 동결융해 교대일이 100일 이상으로 추정되는 한라산 아고산대에서는 토양침식을 주도하는 가장 탁월한 요인으로 서릿발작용을 들고 있으며(김태호, 2006), 지리산 종주 구간에서도 남향 측벽을 지닌 남사면 등산로보다 서릿발작용이 더 효과적일 것으로 생각되는 북향 측벽을 지닌 북사면 등산로의 노폭이 더 크다(김태호, 2011).



그림 6. 측벽에 발달한 서릿발과 단면에서 분리된 토양입자(종주 구간)



그림 7. 쓰러진 구상나무로 인한 측벽 후퇴(종주 구간)

지리산과 한라산의 아고산대에는 한국 특산종으로 잘 알려진 구상나무(*Abies koreana*)가 넓게 분포한다(임양재 등, 1991; 임양재·김정언, 1992). 구상나무는 뿌리가 땅속 깊숙이 뻗지 못하고 옆으로 길게 뻗는 천근성(淺根性) 수목이므로 강풍이나 적설에 의해 비교적 잘 넘어진다. <그림 7>은 등산로 측벽 위에 서 있던 직경 30cm의 구상나무가 넘어질 때 뿌리가 측벽 단면을 뚫고 나오면서 측벽 후퇴를 일으킨 사례이다. 뿌리 노출로 측벽 상부가 붕괴되었을 뿐 아니라 높이 90cm에 이르는 측벽의 토양은 이완된 상태로서 우세나 취식작용을 통하여 신속하게 제거될 수 있기 때문에 주변 측벽보다 빨리 후퇴하여 노폭이 큰 등산로가 만들어진다.

이와 같이 등산로 가장자리의 나무가 넘어짐으로써 단면이 이완된 측벽이나 서릿발작용으로 이완된 토양입자로 덮여 있는 측벽은 취식작용에 의한 토양입자의 제거를 통하여 측벽이 후퇴할 수 있다. 노면에서와 마찬가지로 산림지대를 통파하는 등산로가 대부분이므로 측벽 후퇴에 미치는 취식의 효과는 크지 않을지라도 한라산 아고산 초지대와 같이 산림지대를 벗어난 구역에서는 취식으로 인한 등산로의 측벽 후퇴를 무시하기는 어렵다(김태호, 2006).

동물의 활동이 측벽 후퇴로 이어지는 사례도 발생한다. 특히 식물의 뿌리를 파먹는 멧돼지가 긴 주둥이로 등산로 측벽을 파헤치는 과정에서 단면의 침식을 일으킬 수 있다. 지리산 종주 구간에서는 담압으로 토층이 치밀해진 등산로 노면을 파하

여 담압이 일어나지 않는 측벽이나 토양경도가 낮은 노면 가장자리에 멧돼지가 파헤친 흔적으로 보이는 구멍들이 빈번하게 나타난다(그림 8). 한라산에서는 멧돼지의 흔적을 찾기 어려운 반면 노루가 아고산 초지대의 토양 단애면을 밟고 다니면서 단애면을 후퇴시킨다는 보고(김태호, 2006)로부터 노루로 인한 측벽 후퇴도 생각할 수 있다.

3) 등산로의 노면 확대 및 분기

등산로에 보행을 방해하거나 불편을 주는 요인이 발생하면 대부분의 등산객은 방해 요인을 피하려고 등산로를 벗어나게 된다. 이때 노면 가장자리를 따라 걷게 되면 단순히 등산로의 노면 확대에 그치나 노면에서 멀리 떨어져 걸게 되면 등산로가 분기되어 복선화되며, 그 후 두 노면이 이어지면 노폭이 이례적으로 넓은 등산로가 만들어진다. 따라서 등산로의 분기는 인위적인 담압에 의해 지피식생이 파괴되고 토양이 노출하여 새로운 등산로가 만들어지는 것이므로 등산객의 보행을 방해하는 요인에 의해 유형화가 가능하다.

일반적으로 산림지대에서 등산로 바닥의 토양이 제거되어 노면이 낮아지면 가장 먼저 등산로 가장자리에서 있는 수목의 뿌리가 드러난다. 노출된 나무뿌리는 등산객에게 불편을 주기 때문에 등산로 훼손의 척도로도 사용된다(김세천·박종민, 1998; Leung and Marion, 1999; 권태호 등, 2005). 아랫부분은 땅에 묻힌 채 윗부분만 드러난 나무뿌리와는 달리 나무뿌리 전체가 노면 위로 드러나 보행에 지장을 주면 등산객은 등산로를 벗어나게 된다. <그림 9a>는 굵기 5~10cm, 길이 150cm의 구상나무 뿌리가 노폭 90cm의 등산로 노면 위 20~60cm 높이에 드러나 등산로를 완전히 가로막은 사례로, 노출된 나무뿌리로 인하여 등산로 좌측에 노폭 90cm, 길이 9m에 이르는 분기로가 만들어졌다.

등산로의 토양이 제거되더라도 흙속에 섞여 있던 자갈들은 그 자리에 남게 되므로 바닥이 낮아지면서 노면은 점차 자갈로 덮이게 된다. 노면을 보호하기 위하여 포설하는 쇄석과 달리 잔류 자갈은 크기가 제각각이고 쇄석에 비하여 훨씬 큰데다 밟으면 잘 움직이므로 잔류 자갈로 덮여 있는 노



그림 8. 멧돼지가 파헤친 등산로 측벽(종주 구간)



그림 9. 등산로가 낮아지면서 드러난 (a) 나무뿌리, (b) 자갈 및 (c) 암반으로 인한 노면 분기(종주 구간)

면에서는 미끄러지기 쉽다. 특히 비탈면의 내리막 등산로에서는 보행을 크게 방해하게 되므로 국립공원관리공단(2009)은 자갈로 덮인 노면을 구슬자갈 불편형으로 구분하고 있다(그림 9b). 그러나 자갈 노면에서는 적극적인 등산로 이탈보다는 등산로 가장자리로 걸으면서 노면을 확대하는 경우가 많다.

산악지대의 토층은 두텁지 않으므로 토양입자가 제거되어 노면이 낮아지면 암반이 드러나기 쉽다. 풍화물질이 만들어지더라도 아래쪽으로 이동하기 쉬운 비탈면은 특히 토층이 얕아 암반 노면이 출



(a)노출 암괴(종주 구간), (b)근계(백무동 구간), (c)세 굽된 통나무 계단(중산리 구간)

그림 10. 등산로에 만들어진 높낮이 차로 인한 노면 분기

현하는 경우가 많다. 비에 젖은 암반 노면은 낙상(落傷)의 주요 원인이 되므로 내리막 등산로의 암반 구간에서는 주변에 우회 공간이 있으면 대부분 분기로가 출현한다(그림 9c).

등산로 바닥의 국지적인 세굴로 노면에 높낮이 차가 발생하여 보행이 불편해지면 등산객은 쉽게 등산로를 이탈하게 된다. 예를 들면, 노면이 낮아지면서 암괴가 드러나면 계단 모양의 등산로가 출현하게 되고, 지속적인 세굴로 노출된 암괴 부분이 커져 오르내리기 불편해지면 등산로를 벗어나 분기로가 만들어진다. <그림 10a>는 노폭 100cm의 오르막 등산로 노면에 높이 55cm의 암괴가 드러나면서 출현한 높낮이차로 인하여 등산로 왼쪽에 노폭 60cm의 분기로가 만들어진 사례이다.

노면이 세굴될 때 등산로 가장자리에 서 있는 수목의 근계(根系)가 뿌리 사이를 채우고 있는 흙이나 뿌리 밑 토층의 침식을 억제하게 되면 나무뿌리를 경계로 등산로 노면에 높낮이차가 발생할 수 있다. <그림 10b>는 신갈나무(*Quercus mongolica*) 근계를 경계로 아래쪽 등산로에서는 세굴로 인하여 우곡화가 진행된 반면 위쪽 등산로에서는 세굴이 일어나지 않아 나무뿌리 지점의 노면에 높낮이 차가 발생했으며, 이 지점을 우회하는 과정에서 등산로 좌측에 분기로가 만들어졌다.

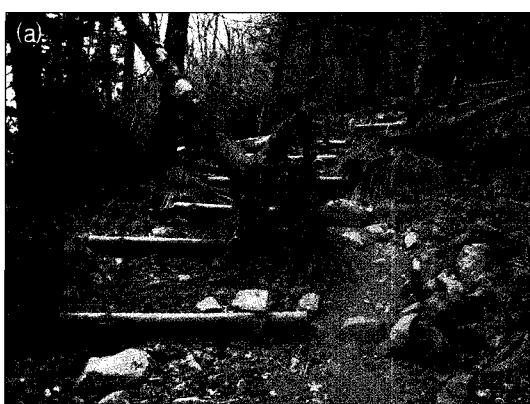
비탈면에 조성된 계단 등산로에서 발판을 채우고 있는 흙이 세굴되고, 노면 위로 계단 시설물이 높게 돌출하여 등산객의 보행을 방해함으로써 등산로가 분기될 수 있다. <그림 10c>는 급경사의 비탈면에 통나무로 조성된 계단 등산로이다. 통나무 사이의 발판을 채우고 있던 흙이 전부 세굴되어 높이 24cm에 달하는 2단의 통나무가 노면 위로 돌출하고 있을 뿐 아니라 계단의 발판 간격이 발을 디디기 어려울 정도로 좁아 자연스럽게 등산로 우측에 노폭 70cm의 분기로가 만들어졌다.

등산로 주변에 서식하는 식생이 등산객의 등산로 이탈을 일으킬 수 있는데, 특히 큰 나무가 넘어져 등산로를 가로막고 등산객이 넘어진 나무를 우회하면서 분기로가 만들어진다. <그림 11a>는 등산로 옆에 서 있던 높이 7m, 직경 20cm의 구상나무가 등산로 쪽으로 넘어지면서 노면 위 40~140cm 높이에 걸쳐 있는 사례로, 넘어진 나무를 우회하면서 등산로 오른쪽에 노폭 80cm, 길이 2.7m

의 분기로가 출현하였다. 지리산 종주 구간에는 천근성 수목인 구상나무가 넓게 분포하고 있으므로 전 구간에 걸쳐 넘어진 구상나무로 인하여 분기된 등산로를 확인할 수 있다.

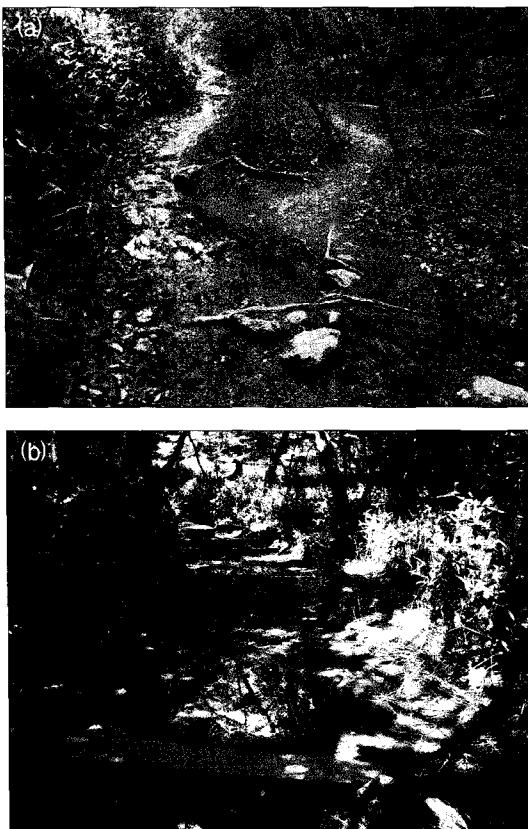
등산로를 따라 지속적으로 통행이 이루어지고 있으므로 등산로 한쪽으로 식생이 침입하기 어려워 식생의 성장으로 인한 등산로 분기 사례는 잘 나타나지 않는다. 그러나 일부 장소에서는 덩굴나무가 등산로 한쪽으로 줄기를 뻗어 등산객의 보행을 방해하는 경우가 있다. <그림 11b>는 미역줄나무(*Tripterygium regelii*)의 줄기가 노면 위 1.5m 높이에 늘어진 사례로, 나무줄기에 배낭이나 머리가 걸리므로 등산객이 이를 피하여 걸으면서 등산로 좌측으로 40cm 정도 노폭이 확대되었다.

집암으로 등산로 노면에 난투수층이 형성되면 빗물의 침투 속도가 떨어져 평탄한 노면에서는 침



(a) 쓰러진 구상나무로 인한 노면 분기, (b) 미역줄나무의 줄기 침입으로 인한 노면 확대

그림 11. 등산로 주변 수목으로 인한 노면 확대 및 분기(종주 구간)



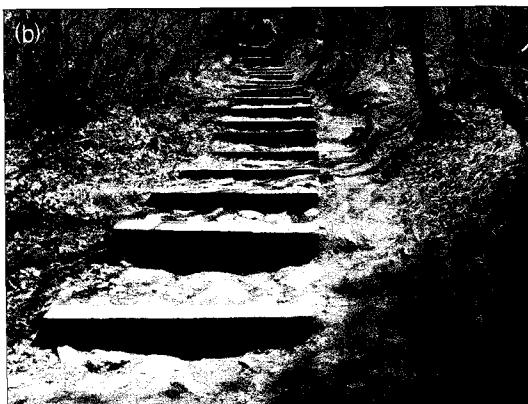
(a) 지표류로 인한 노면 분기(화엄계곡 구간), (b) 물웅덩이로 인한 노면 확대(성관악 구간)

그림 12. 등산로에 출현한 물로 인한 노면 확대 및 분기

투하지 못한 빗물이 저류되고, 비탈길 노면에서는 지표류를 이루며 흘러내린다. 비가 그친 뒤에도 노면에 남아 있는 물웅덩이와 유수는 등산객을 등산로 밖으로 벗어나게 하는 가장 흔한 요인이다. <그림 12a>는 등산로 우측 사면에서 유입한 물이 노폭 120cm의 등산로를 따라 9m 길이의 구간을 흐르고 있는 사례로, 물웅덩이로 변한 노면을 우회하면서 등산로 우측에 폭 60cm의 분기로가 만들어졌다. 노면의 물웅덩이와 진흙탕은 등산객을 우회시키는 가장 강력한 요인으로서, 우회 공간이 없는 장소에서도 등산객은 가능한 물웅덩이와 진흙탕을 피하여 걷기 때문에 분기까지는 이어지지 않더라도 노면은 확대된다(<그림 12b>). 적설량이 많은 한라산에서는 이런 봄 강수가 발생하지 않더라도 노면에서 녹고 있는 눈과 융설수를 피하여 등산로를 벗어나면서 노면이 크게 확대된다(김태

호, 2008).

답암으로부터 등산로 노면을 보호할 목적으로 돌깔기, 각목깔기, 통나무돌깔기, 통나무깔기, 통나무박기, 목재데크, 우드락깔기, 잔자깔깔기, 수피깔기 및 흙시멘트포장 등 다양한 포장공법이 등산로에 적용되고 있다(Birchard and Proudman, 2000; 국립공원관리공단, 2009). 그러나 보호공법이 적용된 노면이 오히려 보행에 불편을 줌으로써 등산객의 등산로 이탈을 조장하는 경우도 일어난다. <그림 13a>는 돌깔기 공법이 적용된 노폭 120cm의 등산로이다. 돌로 포장된 노면으로 인한 보행의 불편함 때문에 등산객이 노면을 벗어남으로써 등산로 좌측 가장자리에 폭 50cm의 노면이 새롭게 만들어졌고, 우측에는 노면 가장자리에 서 있는 수목까지 피하려고 노면을 완전히 벗어나면서 노폭 50cm의 분기로가 출현하였다. 돌깔기 공법으로



(a) 돌깔기 공법과 관련된 노면 분기(화엄계곡 구간),
(b) 돌출한 각재로 인한 노면 확대(종주 구간)

그림 13. 노면 보호공법으로 인한 노면 확대 및 분기

인한 노면의 확대 사례는 용암류로 이루어져 본래부터 돌계단이 많은 한라산 등산로에서 잘 나타난다. <그림 13b>는 포장된 돌이 움직이지 못하도록 일정한 간격으로 각재(角材)를 같이 설치한 등산로이다. 그러나 각재가 노면 위로 돌출한데다 배치 간격도 보폭과 조화를 이루지 못하고 있다. 그 결과 각재가 발에 잘 걸리게 되므로 이를 피하여 등산로를 벗어나면서 등산로 우측에 노폭 40cm의 노면이 만들어졌다.

보행에 지장을 주는 요소가 등산로에 없더라도 등산객이 단순히 지름길을 만드는 과정에서 분기로가 출현할 수 있다. <그림 14>는 노고단의 코재 부근에 위치한 등산로로 도로 선형이 U자와 같이 크게 휘어지는 장소이다. 이곳에서는 주로 노고단 대피소에서 성삼재 방면으로 하산하는 등산객이 보행거리를 줄이기 위하여 등산로 사이의 급사면을 가로질러 내려오면서 노폭 50cm의 분기로가 만들어졌다.



그림 14. 지름길을 만들면서 출현한 분기로
(종주 구간)

4) 훼손 유형의 발달과정

등산객의 지속적인 보행으로 치퍼식생이 제거되고 나지가 드러나면서 등산로 노면이 출현한다. 비탈면에 위치한 등산로라면 담압으로 치밀해진 노면을 따라 땅속으로 침투하지 못한 빗물이 흘러내리면서 릴 또는 우곡침식을 일으켜 노면이 낮아진다. 반면에 평坦한 안부나 완만하게 사면을 가로지르는 구간의 등산로 노면에는 물웅덩이와 진

흙탕이 만들어지고 이를 우회하는 과정에서 노면이 분기된다. 유수와 물웅덩이의 가장자리를 따라 겹게 되면 등산로의 출현 위치에 관계없이 노면 확대로 이어진다. 분기로 인하여 새롭게 만들어진 노면에서도 같은 프로세스가 진행된다.

노면이 릴 또는 우곡침식으로 낮아지면서 만들어지는 우곡형 등산로에서는 노면 가장자리의 측벽이 점차 높아짐에 따라 우세, 서릿발작용, 취식, 도복, 동물작용 등 다양한 침식프로세스가 측벽 단면에서 일어나 측벽을 후퇴시키고 결과적으로 등산로의 노면 확대로 이어진다. 고산의 산림지대에 위치하는 조사 등산로의 자리적 특성상 우세와 서릿발작용이 가장 탁월한 침식프로세스이다. 그러나 우세는 등산로 유형에 따라 그 강도가 달라진다. 안부나 산릉처럼 분수계에 만들어진 대칭형 등산로는 등산로에서 양쪽 사면으로 지표수와 지중수가 발산하는 장소이므로 사면으로부터 등산로 안쪽으로 지표류가 흘러들어오지 못할 뿐 아니라 등산로 측벽에 파이프류도 발생하기 어렵다. 반면에 사면을 가로지르는 비대칭형 등산로는 등산로와 접하는 상부사면에서 측벽을 타고 등산로 안쪽으로 지표류가 유입하기 쉽고, 지중에서도 측방침투류가 파이프류의 형태로 등산로 측벽에 발달할 수 있다. 이와 같이 등산로의 측벽 후퇴를 일으키는 침식프로세스는 등산로가 놓여 있는 장소의 물리적 환경에 따라 시공간적으로 탁월한 프로세스가 달라질 수 있다(山田, 1993; 김태호, 2008).

한편, 노면 침식에 동반하여 등산로 바닥에 드러난 나무뿌리, 자갈 및 암반이 보행을 방해하거나, 국지적인 세균로 암괴, 나무뿌리 및 계단 시설물이 노면에 높낮이차를 만들어 오르내리기 불편해지면 등산객이 자연스럽게 등산로를 이탈하면서 노면이 분기된다. 노면 침식과는 관계없이 등산로 주변의 나무가 쓰러져 등산로를 가로막거나 정비된 노면이 보행에 불편을 주는 경우에도 등산로를 벗어나게 된다. 또한 등산로에 물리적 변화가 전혀 없더라도 보행 거리를 줄이려는 의지 때문에 등산로를 이탈함으로써 노면 분기가 발생한다. 분기되어 새롭게 만들어진 노면에서도 다시 노면 저하를 비롯하여 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기 등의 훼손 유형이 진행된다.

등산로의 노면 확대 및 분기는 등산객이 등산로

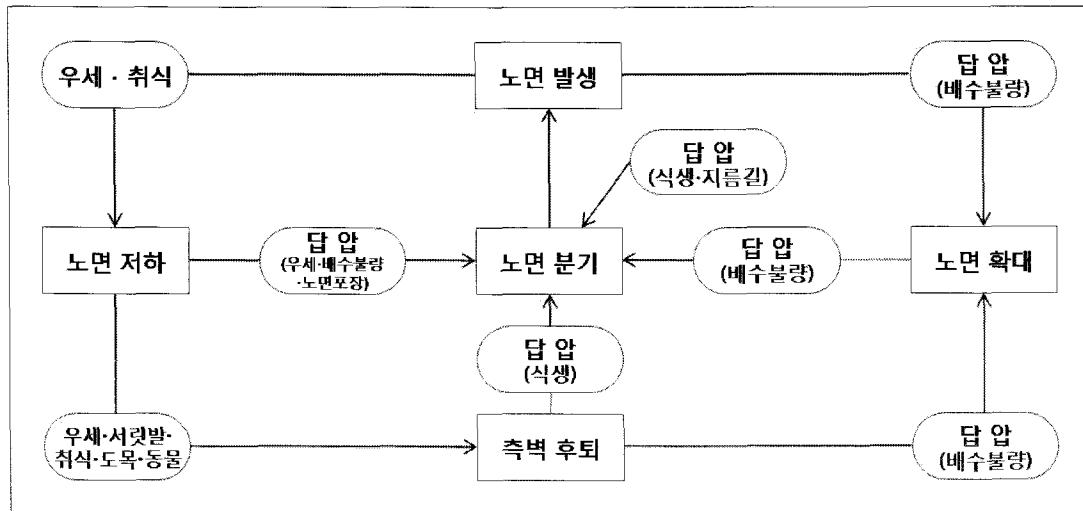


그림 15. 등산로 훼손 유형의 발달과정

가장자리를 걷거나 바깥으로 벗어나 걸으면서 일어나는 인위적인 훼손 유형인 반면 등산로의 노면 저하와 측벽 후퇴는 노면과 측벽에서 진행되는 다양한 침식프로세스를 통하여 일어나는 주로 자연적인 훼손 유형이다. 등산객의 보행으로 인한 인위적인 훼손 유형은 매년 조금씩 일어나기 보다는 특정한 해에 한 번에 큰 폭으로 일어나는 반면 자연적인 침식프로세스에 의한 훼손 유형은 매년 조금씩 일정한 비율로 일어나는 차이가 있다(小野等, 1990; 渡辺深澤, 1998; 김태호, 2008).

<그림 15>는 등산로 훼손 유형의 발달과정을 훼손 요인과 관련시켜 정리한 것이다. 자연적인 요인은 우세, 서릿발작용, 취식, 도목(倒木) 및 동물작용으로 구분했으며, 인위적인 요인인 답압은 답압을 일으키는 원인에 따라 우세형(우세로 인한 나무뿌리, 자갈 및 암반의 노출과 노면의 높낮이 차 발생), 배수불량형(물웅덩이와 진흙탕), 식생형(도목과 덩굴식물), 노면포장형(돌깔기와 돌계단) 및 지름길형으로 구분하였다.

4. 결 론

등산객의 지속적인 보행이 이루어지는 산악 국립공원 등산로는 인위적인 답압뿐 아니라 자연적인 침식프로세스를 통해서도 훼손이 진행된다. 등산로 훼손은 침식작용이 일어나는 장소에 의해 등

산로 내부와 외부로 구분하고, 다시 내부는 노면과 측벽으로, 외부는 가장자리와 이격된 곳으로 구분할 수 있다. 따라서 이를 장소를 기준으로 등산로 훼손을 노면 저하, 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기로 유형화할 수 있다. 이 가운데 노면 저하와 측벽 후퇴는 주로 자연적인 요인에 의한 유형인 반면 노면 확대 및 분기는 인위적인 답압으로 인한 유형이다.

노면 저하는 답압으로 노면이 압밀되면서 일어날 수도 있으나 등산로 바닥의 토층을 효과적으로 제거하는 지표류의 릴 또는 우곡침식에 의해 탁월하게 일어난다. 측벽 후퇴는 우세, 서릿발작용, 취식, 도목 및 동물작용이 중요한 프로세스이나 등산로가 놓여 있는 위치나 표고, 식생분포 등 물리적 환경에 따라 탁월한 프로세스가 달라진다.

노면 확대 및 분기는 등산로를 벗어나 등산로 바깥쪽으로 답압을 일으키는 요인에 따라 다시 유형화할 수 있다. 지표류에 의해 등산로 바닥이 침식되는 과정에서 드러난 나무뿌리, 자갈 및 암반을 비롯하여 국지적인 세굴로 암괴나 근계, 계단 시설물에 의해 노면에 만들어진 높낮이 차와 같이 우세와 관련하여 발생하는 사례가 많다. 또한 평坦한 노면에서는 배수가 불량하여 출현하는 물웅덩이와 진흙탕이 등산객의 등산로 이탈을 조장하고, 천근성 수목인 구상나무가 넓게 분포하는 지리산과 한라산에서는 쓰러진 구상나무가 등산로를

가로막음으로써 등산로 분기를 일으킨다. 이외에도 돌깔기나 돌계단과 같이 보행에 불편을 주는 노면 보호공법으로 인하여 오히려 등산객이 노면을 벗어날 수 있으며, 보행에 지장을 주는 물리적인 요소가 등산로에 없더라도 등산객이 이동 거리를 줄이려고 지름길을 만드는 과정에서 등산로를 이탈함으로써 노면이 확대되거나 분기되어 새로운 노면이 만들어진다.

등산로 훼손 유형의 발달과정을 살펴보면, 지피식생의 제거로 출현한 노면에는 렐 또는 우곡침식이 일어나 노면이 낮아지고, 등산객이 배수가 불량해진 노면을 피하여 걷게 되면서 노면이 확대 또는 분기된다. 노면이 낮아져 등산로 가장자리의 측벽이 높아지면 측벽을 따라 우세, 서릿발작용, 춰식, 도목, 동물작용 등의 침식프로세스가 일어나 등산로 측벽이 후퇴한다. 특히 노면 위로 쓰러진 나무가 등산객의 보행을 방해할 때는 노면이 분기될 수 있다. 측벽이 후퇴하는 과정에서도 노면의 배수불량으로 인한 노면 확대 및 분기는 지속적으로 일어난다. 우세로 인하여 노면이 낮아지면서 노면에 출현하는 다양한 보행 방해 요인에 의해 노면이 분기될 수 있으며, 노면 침식과는 관계없이 등산로 주변의 식생이나 정비된 노면, 심지어는 보행 거리를 줄이려는 등산객에 의해서도 노면이 분기된다. 분기되어 새롭게 만들어진 노면에서도 다시 노면 저하를 비롯하여 측벽 후퇴, 노면 확대 및 분기 등의 훼손 유형이 진행된다.

주

- 1) 노면 침식은 노면 침식형, 노면 세굴형, 경계 침식형, 암석 풍화형의 4유형, 노폭 확대는 샷길형, 노폭 확대형, 암반 노출형, 수목뿌리 노출형의 4유형, 노면 주변 훼손은 노면 주변 훼손형 1유형, 노면 보행 불편은 계단 높이 불편형, 노면 배수 불량형, 노면 폭 협소형, 구슬자갈 불편형, 급경사형의 5유형 등 전부 14유형으로 세분하였다(산림청, 2006). 국립공원관리공단(2009)은 이상의 14유형에 산사태에 속하는 붕괴형, 땅밀림형 및 유동형의 3유형을 추가하여 17유형으로 구분하였다.
- 2) 능선 구간을 지나는 등산로는 단면 형태가 대칭적이다. 노면 구배가 크지 않은 안부에 만들어진 등산로는 노면 양쪽의 측벽이 명묘하지 않은 반면 비탈면 등산로에는 노면 양쪽에 측벽이 잘 발달하여 우곡의 모습을 보인다. 반면에 사면을 가로지르는 등산로는

노면에 접하는 상부사면 쪽에는 측벽이 발달하나 하부사면 쪽에는 측벽이 출현하지 않아 비대칭적인 단면을 만든다. 그러나 장소에 따라서는 하부사면 쪽에도 측벽이 발달하여 대칭형과 비대칭형의 중간형을 만들기도 한다. 따라서 단면 형태를 기준으로 등산로는 노면과 주변 사면의 높이 차이가 크지 않은 평탄면형을 비롯하여 높이 차이가 큰 우곡형, 한 개의 측벽으로 이루어진 외벽형, 높이가 다른 두 개의 측벽으로 이루어진 비대칭 양벽형의 4유형으로 구분할 수 있다(김태호, 2011).

문 헌

- 고정군, 2000, 한라산 고산식물의 생태생리학적 연구, 제주대학교 박사학위논문.
- 국립공원관리공단, 2011, 2011 국립공원기본통계 [탐방관리].
- 국립공원관리공단, 2009, 국립공원 탐방로 정비 매뉴얼.
- 국립공원관리공단, 2003, 지리산국립공원 자연자원조사.
- 국립공원관리공단, 2002, 한라산국립공원 자연자원조사.
- 국민일보, 2007.2.16
- 권태호·김동욱·이준우, 2005, 월악산국립공원 등산로의 훼손실태 분석, 한국환경생태학회지, 19, 130-138.
- 김도정, 1970, 한라산의 구조토 고찰, 낙산지리, 1, 3-10.
- 김세천·박종민, 1998, 모악산도립공원 등산로의 환경훼손실태 및 이용영향에 관한 조사연구, 한국조경학회지, 25, 39-50.
- 김태호, 2011, 지리산 국립공원 종주 등산로의 물리적 특성, 대한지리학회지, 46, 발간예정.
- 김태호, 2008, 한라산 성판악 등산로 노폭의 확대 속도와 요인, 대한지리학회지, 43, 296-311.
- 김태호, 2006, 한라산 아고산 초기대 나지의 확대 속도와 침식작용, 대한지리학회지, 41, 233-246.
- 김태호, 2003, 한라산과 다랑쉬오름 등산로의 담암에 의한 토양 암밀현상, 한국지역지리학회지, 9, 169-179.
- 김태호, 2001, 한라산 백록담 화구저의 유상구조 토, 대한지리학회지, 36, 233-246.
- 문화일보, 2006.10.18

- 산림청, 2007, 산림에 대한 국민 의식 조사.
- 산림청, 2006, 등산로 정비 매뉴얼.
- 연합뉴스, 2007.7.25
- 임양재·김정언, 1992, 지리산의 식생, 중앙대학교 출판부, 서울.
- 임양재·백광수·이남주, 1991, 한라산의 식생, 중앙대학교 출판부, 서울.
- 장호, 1983, 지리산지 주능선 동부(세석-제석봉)의 주방하지형, 지리학, 27, 31-50.
- 제주도, 2000, 한라산 기초조사 및 보호관리수립.
- 제주도, 1997, 제주의 오름.
- 지광훈·장동호·박지훈·이성순, 2009, 위성에서 본 한국의 산지지형, 한국지질자원연구원.
- 최오길, 2002, 등산객에 의한 담합이 설악산 아고 산대에 자생하는 식물의 분포에 미치는 영향, 강릉대학교 석사학위논문.
- 大貫靖浩酒井正治稻垣昌宏, 1999, 屋久島登山道における難透水層の形成, 地形, 20, 541-550.
- 渡辺梯二, 2008, 登山道の保全と管理, 古今書院, 東京.
- 渡辺梯二深澤京子, 1998, 大雪山國立公園, 黒岳七合目から山頂區間ににおける過去7年間の登山道の荒廃とその軽減のための対策, 地理學評論, 71, 753-764.
- 山田周二, 1993, 白山における登山道のひろがりとその速さ, 筑波大學水理實驗センター報告, 17, 65-72.
- 小野有五·依田明實·後藤忠志, 1990, 登山道の侵食について, 森林航測, 161, 15-19.
- Birchard, W. and Proudman, R. D., 2000, *Appalachian Trail Design, Construction, and Maintenance*, Appalachian Trail Conference, Harpers Ferry.
- Coleman, R., 1981, Footpath erosion in the English Lake District, *Applied Geography*, 1, 121-131.
- Hammitt, W. E. and Cole, D. N., 1998, *Wildland Recreation: Ecology and Management*, John Wiley, New York.
- Leung, Y. and Marion, J. L., 1999, Assessing trail conditions in protected areas: application of a problem-assessment method in Great Smoky Mountains National Park, USA, *Environmental Conservation*, 26, 270-279.
- Quinn, N. W., Morgan, R. P. C. and Smith, A. J., 1980, Simulation of soil erosion induced by human trampling, *Journal of Environmental Management*, 10, 155-165.
- Weaver, T. and Dale, D., 1978, Trampling effects of hikers, motorcycles and horses in meadows and forests, *Journal of Applied Ecology*, 15, 451-457.

(접수: 2011.5.2, 수정: 2011.6.8, 채택: 2011.7.19)