

치악산 국립공원의 등산로 및 야영장 훼손과 주변 토양 및 식생환경의 변화¹

권 태호² · 오구균³ · 권영선⁴

Trail and Campground Deteriorations, and Their Environmental Changes of Soil and Vegetation in Chiak Mountain National Park¹

Tae-Ho Kwon², Koo-Kyoon Oh³, Yong-Seon Kwon⁴

요 약

치악산국립공원의 구룡사지구를 대상으로 등산로 및 야영장의 훼손실태와 그 주변토양 및 식생환경의 변화를 조사하였다. 등산로의 상태를 표현하는 등산로 폭 및 나지노출폭은 이용밀도에 따른 차이가 인정되었으며, 최대깊이는 등산로물매와 직선회귀관계($R^2=0.35$)가 성립되었다. 진구간에 걸쳐 출현빈도가 높은 등산로 훼손형태는 암석노출(48%), 종침식(29%), 및 뿌리노출(27%) 등의 순이었으며 등산로물매가 훼손발생에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 등산로 주변토양 및 식생인자의 변화경향은 일정하지 않았으나 이용객의 간섭형태에 따라 변화경향을 구분할 수 있었다. 야영장에서의 수목훼손형태 및 출현빈도는 이용객의 영향범위의 판단에 유의한 기준이었으며 소나무림야영장이 혼효림야영장보다 훼손범위가 넓었고, 훼손형태별 출현빈도는 거리 및 수관층위에 따라 달랐다. 토양함수량, 토양산도, 토양경도, 하층수관의 피복도, 100m²당 출현수종수, 개채수, 상층 및 중층의 흉고단면적 등의 인자는 야영장에서 임내방향으로 거리가 멀어짐에 따라 유의한 회귀관계를 보였으며, 야영장에서의 이용간섭의 영향범위는 70-80m 이상이었다. 야영행위에 대한 내성수종으로는 고추나무, 산뽕나무, 국수나무, 팥대싸리 등이 파악되었다.

ABSTRACT

Trail and campground deteriorations and their environmental changes of soil and vegetation were studied in Guryong district of Mt. Chiak National Park in 1988. The Widths of both the entire trail and the bare portion as the trail condition were significantly greater on the more heavily used trail, and regressions showed the significant positive relationship between slope along the trail and maximum depth of the trail($R^2=0.35$). Deterioration types of trail which had higher frequency for a

1 접수 11월 20일 Received on November 20, 1988.

2 대구대학교 농과대학 College of Agriculture, Taegu Univ., Kyongsan, Korea.

3 서울대학교 대학원 Graduate School, Seoul Nat'l Univ., Suwon, Korea

4 서울시립대학교 조경생태연구실 Lab. of Landscape Ecology, Seoul City Univ., Seoul, Korea.

total of 63 observations were rock exposure(48%), trail deepening(29%) and root exposure(27%) in the high order. And occurrence of trail deterioration was considerably influenced by slope along the trail. Ecological changes of soil and vegetation of trailsides were not found at a uniform tendency but could be grouped by the types of user's disturbance. On campsites, tree damage types and their frequencies were basic as a means of which grasp the limits of user's impact. The area with damaged trees on campsite in pine forest were larger than that in mixed forest and the frequency by damage type of trees varied according to the distance from the core of campsite and to the crown layer. Water content, pH and hardness of soil, coverage of lower trees, species and individuals per 100m², basal areas of upper and middle layer of trees had significant relationship with the distance from campsite to forest. The range influenced by user's disturbance was more than 70-80m, and *Staphylea bumalda*, *Morus bombycis*, *Stephanandra incisa* and *Securinega suffruticosa* were considered as tolerant species to user's impact.

서 론

치악산은 비로봉(1,228m)을 비롯한 향로봉, 남대봉으로 이어지는 험준한 산세와 울창한 삼림으로 빼어난 자연 경관을 이루고 있는 곳으로 1984년 12월 국립공원으로 지정되었다. 총면적 182.09km²로서 강원도 원주시와 원성군, 횡성군에 걸쳐 있으며, 영동고속도로와도 인접하여 접근성이 편리함으로 인해 인근 시군에서는 물론 서울을 비롯한 전국에서 많은 이용객이 모여들고 있고, 그 수도 매년 증가하는 추세이다. 1987년의 치악산국립공원 이용객 수는 257천명으로, 계절별로 볼 때 단풍철인 10월이 가장 많고 다음으로 피서 휴가기간인 8월에 집중되는 경향을 보이며,¹⁸⁾ 이용특성상 등산로와 야영장에 이용압박이 집중되는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 과도하고도 집중적인 이용압박은 필연적으로 자연공원의 자원훼손과 본래가치의 하락을 초래하게 되는데 실제로 치악산국립공원의 등산로 및 야영장 주변에서의 물리적, 생태적 훼손현상은 상당히 심각한 것으로 관찰되고 있다.

따라서 본 연구는 치악산국립공원지역 이용객의 90% 이상을 수용하고 있는 구룡사지구를 대상으로 등산로 및 야영장의 물리적 훼손실태와 그 주변의 토양 및 식생환경의 변화를 규명하여 이들의 보수·복구방안 및 공원관리지침의 마련에 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

연구 방법

1. 조사지선정

본 조사는 진입로를 기준으로 구분되는 치악산국립공원 내 6개지구 중 이용객의 대부분이 집중되고 있는 구룡사지구로 제한하였으며, 조사가 실시된 등산로 및 야영장의 위치는 Fig. 1과 같다.

(1) 등산로

구룡사지구의 등산로는 주로 구룡교에서 세림폭포입구까지의 약 2.8km구간을 거쳐, 사다리병창을 지나 비로봉에 이르는 2.9km의 암벽등산구간과 세림폭포입구에서 우

측계곡부로 진입하여 약수터입구를 지나 비로봉에 이르는 약 3.5km의 계곡구간으로 구분된다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 세림폭포이후의 2개노선은 등·하산에 선택적으로 이용되는 순환식등산로의 기능을 가지며, 따라서 구룡교-세림폭포입구 비로봉 구간이 세림폭포입구-비로봉 구간에 비해 이용밀도가 훨씬 높다고 할 수 있다.

본 등산로조사는 조사편의는 고려하여 구룡교→세림폭포입구→계곡부→비로봉에 이르는 총 6.3km 구간을 대상으로 하였다.

(2) 야영장

구룡사지구에서 텐트 1~2동 규모의 개별야영지를 제외하고 비교적 집단적으로 야영행위가 이루어 지는 지역은 구룡폭포 윗쪽의 구 관리사무소 주변에 위치한 임내야영장지역으로, 임상, 도로 및 수계 등에 의해 차단 내지 구분된 대소규모의 야영장들이 집합되어 있다.

본 야영장조사는 권¹⁹⁾의 보고와 관련하여 소나무림과 혼효림지역에서 각각 1개씩의 조사지를 선정하였는데(그림 1) 소나무림야영장이 혼효림야영장에 비해 집단이용이 보다 많으며 규모도 크다.

2. 조사방법 및 분석

(1) 등산로조사

등산로의 훼손상태조사는 단기간의 조사연구에 적합한 Cole²¹⁾의 rapid survey techniques개념을 적용하여 100m 간격마다 계통적으로 조사지점을 추출하고,²²⁾ 각 지점마다 등산로폭, 나지노출폭, 최대깊이, 등산로물매, 토양경도 등을 측정하였다. 또한 각 지점에서 나타나는 훼손의 형태로서 분기현상, 종침식, 측면붕괴, 뿌리노출, 암석노출, 암설(rock fragment)의 발생, 화폭등의 여부를 조사하였고 시설 또는 보수내용을 기록하였다.

주변토양 및 식생환경의 변화를 조사하기 위해 구룡교를 기점으로 약 1km간격마다 belt transect를 설치하되 등산로의 상태와 이용객의 행태 등을 고려하였다. 등산로경계부로부터 임내방향으로 폭 10m, 길이 5m의 소조사구

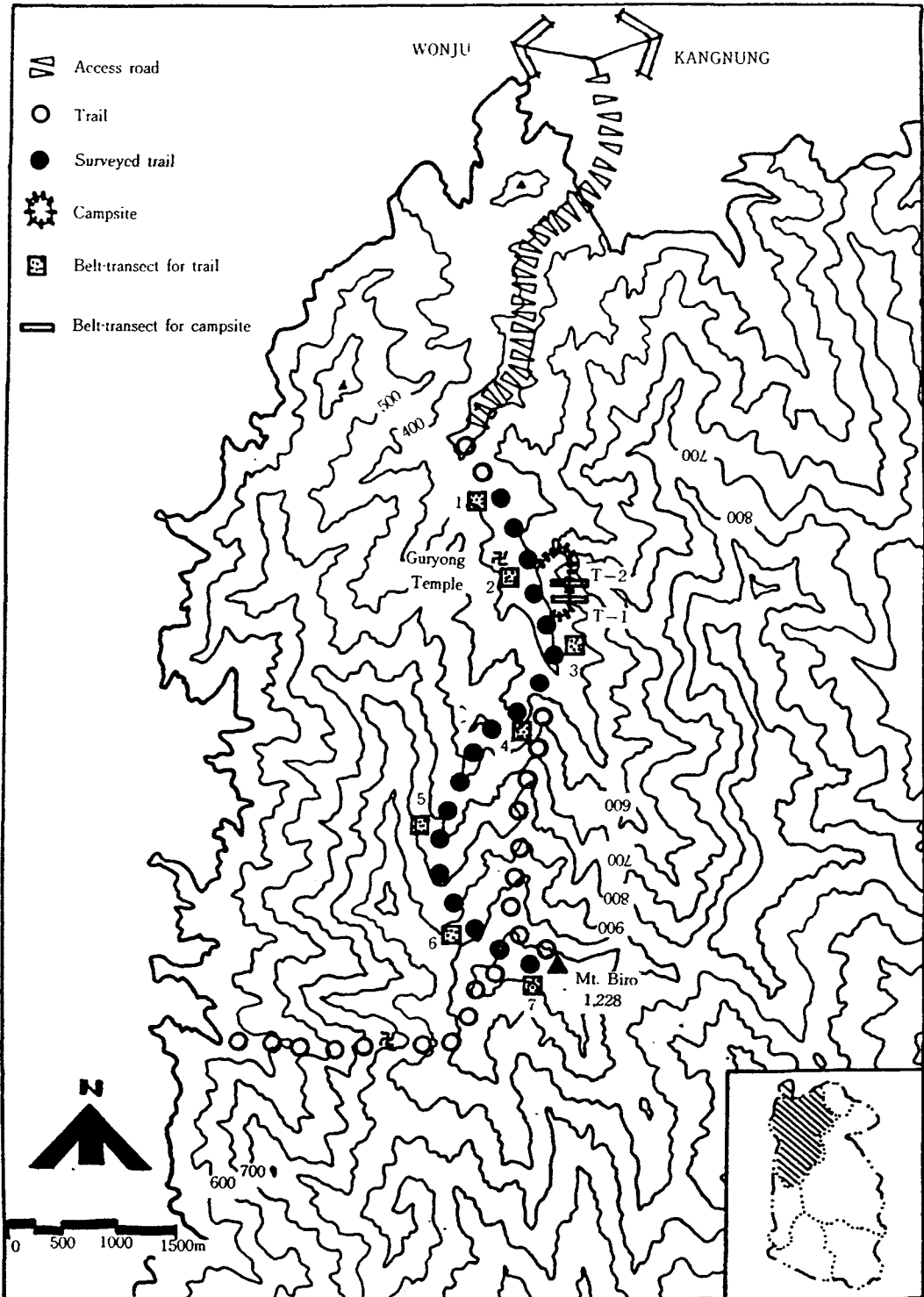


Fig. 1 Location of survey site in Guryong district of Chiak Mountain National Park.

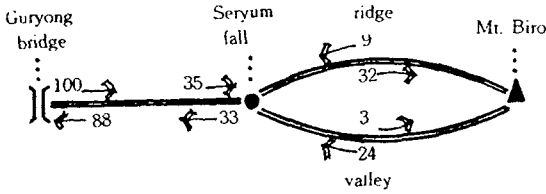


Fig. 2 Average percentage of users passing along the each trail in Chiak Mountain National Park.

를 4~6개씩 연속적으로 배치하여 소조사구마다 수관층위별 매목조사를 실시하고 토양경도를 측정하였으며 분석용 토양시료를 300 g 씩 채취하였다.

(2) 야영장조사

야영행위에 따른 환경변화의 조사가 가능한 소나무림지역(T-1) 및 혼효림지역(T-2)에 대해 각각 야영장 중앙을 관통하는 냇가로부터 산정방향의 비야영지에 이르는 폭 10m의 belt transect를 약 70~80m 길이로 설치하고 각 10m 씩의 구간에 대해 등산로조사와 같은 방법으로 식생조사, 토양경도측정 및 분석용 토양시료를 채취하였다. 또한 야영장내에서의 물리적 수목훼손상태를 가지손상목, 수간상처목, 절단목 및 뿌리노출목으로 구분하여 각 피해목의 수를 조사하였다.

(3) 분석

토양경도는 야마나카식 토양경도계로 측정된 경도지수를 평균하여 절대경도로 환산한 단위면적당 저항치¹⁾로 나타냈으며, 채취된 토양시료는 실험실로 운반하여 일주일간 풍건한 후 토양함수량, 유기물함량, 토양산도 등을 분석하였다.

식생조사자료에 의해 소조사구별로 각 수준의 흉고단면적 또는 수관점유면적을 이용한 상대피도 및 상대밀도를 계산한 후 상대우점치를 산정하였으며 종다양도, 균제도, 유사도지수¹²⁾ 및 Cole⁶⁾의 식물상이도계수를 산출, 이용에

따른 식생환경의 변화를 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 등산로의 물리적 훼손

등산로상태를 표현하는 일반적인 인자로는 등산로폭, 나지노출폭, 최대깊이 등을 들 수 있으며 이들 인자들은 주변 환경특성 및 이용특성에 따라 많은 변화를 나타낸다.^{2,3,10,14)}

구룡교에서 비로봉까지 계통적으로 추출된 63개의 조사지점으로부터 얻어진 치악산 등산로상태의 개황은 Tab 1과 같다. 평균로폭은 2.5m, 평균나지노출은 2.1m이며 평균최대깊이는 15cm 정도로 나타나있고, 등산로 전체구간의 평균물매와 토양경도는 각각 11.5%, 60.9kg/cm³이었다. 표는 또한 이용밀도의 차이에 따른 결과도 제시하고 있는데, 이용밀도의 구분은 세럼폭포입구-비로봉 구간이 순환식형태로 배치되므로서 그림 2에 나타난 각 노선별 통행자비율을 바탕으로 하여 구룡교-세럼폭포입구를 이용밀도가 높은 구간, 세럼폭포입구-비로봉을 낮은 구간으로 구분하였다 이용강도에 따른 등산로폭, 나지노출폭 및 최대깊이의 차이가 인정되었으며 등산로폭과 나지노출폭은 이용밀도가 높은 노선에서 더 넓은 반면 최대깊이는 낮은 노선에서 큰 값을 보이고 있다. Cole⁷⁾은 Selway-Bitterroot Wilderness의 등산로조사 결과 등산로폭 및 나지노출폭의 이용강도에 따른 차이는 유의성이 인정되나 평균최대깊이에서는 이용강도의 차이가 없었다고 하였고, 또 등산로폭은 이용량과 높은 상관을 가지나 깊이는 일정한 경향을 갖지 않는다는 보고^{1,10)}와 관련시켜 볼 때 이용밀도가 낮은 구간에서 최대깊이가 큰 값을 나타낸 본 조사결과는 구룡교-세럼폭포입구 구간이 비교적 시설, 보수가 이루어진 곳이 다소 있고, 또한 낮은 구간의 등산로 물매가 상당히 급해 이러한 영향이 크게 작용한 것이라 생각된다.

따라서 63개의 조사자료를 이용, 등산로상태를 물매와 관련시켜 분석한 결과, 등산로폭과 나지노출폭에서는 등산로 물매의 영향이 인정되지 않았으나 최대깊이에서는

Tab. 1 Trail conditions in relation to amount of use.

Amount of use	N	Trail width ¹⁾	Bare width ¹⁾	Maximum depth ¹⁾	Trail slope ¹⁾	Soil hardness
		m			%	kg/cm ³
Light	35	2.2	1.9	0.18	16.5	54.4
Heavy	28	3.0	2.4	0.13	5.4	71.4
Mean	63	2.5	2.1	0.15	11.5	60.9

1 Significant at p=0.01, using the difference-of-means test.

다음과 같은 유의한 회귀식을 얻을 수 있었다.

$$\text{Maximum depth(cm)} = 8.06 + 0.533 \text{ Slope}(\%),$$

($R^2=0.35$, $F=32.89^{**}$)

즉, 최대깊이에 있어서의 변동량의 35%가 상기 회귀식으로 설명됨을 알 수 있었다. 토양경도에 있어서 이용밀

도에 따른 차이는 거의 없었으며 이미 상당한 전압이 이루어진 것으로, 답압이 어느 정도 증가하면 토양전압의 유의적인 증가는 더 이상 이루어지지 않는다는 Liddle과 Greig-Smith¹⁶⁾의 보고를 반영하고 있다.

등산로 훼손형태별 발생빈도와 등산로 상태를 Tab 2에

Tab. 2 Trail conditions in relation to physical deterioration types of trail

Deterioration type	N	Trail width	Bare width	Maximum depth ¹	Trail slope ¹	Soil hardness
	(%)	----- m-----			%	kg/cm ²
Diverged	8(13) ²	2.1	1.9	0.17	15.9 ³	45.4
Root-exposed	17(27)	2.3	2.0	0.17 ⁴	18.4 ⁴	51.7
Rock-exposed	30(48)	2.5	2.2	0.18 ⁴	16.6 ⁴	57.4
Rock-fragmentary	12(19)	2.9	2.4	0.15	12.2 ⁴	69.4
Widening	6(10)	3.8	3.1	0.21 ⁴	15.7 ⁴	70.6
Deepening	18(29)	2.6	2.2	0.24 ⁴	18.3 ⁴	59.1
Non-deteriorated	19(30)	2.8	2.1	0.10	4.5	68.3

1 Significant at $p=0.05$, using the analysis of variance.

2 Percentages of each type to total of 63 observed points.

3, 4 Significant at $p=0.05$ and 0.01 , respectively, using the difference-of-means test.

나타내었다. 총 6.3km의 조사구간(63개 조사지점)중 발생빈도가 가장 많은 훼손형태는 암석노출로서 30개소, 48%에 이르며, 다음으로 종침식(최대깊이 20cm이상) 29%, 뿌리노출 27%의 순이었다. 사실·보수된 지점을 포함하여 훼손되지 않은 건전한 지점은 19개소(30%)이었으며, 2개 이상의 등산로로 분기된 형태도 13%나 출현하고 있어 치악산의 등산로는 전반적으로 심하게 훼손되어가고 있음을 알 수 있다. 이러한 등산로 훼손은 대부분 이용강도가 낮은 구간, 즉 세럼폭포-비로봉 구간에서 발생되고 있는데 이용강도와 등산로 훼손빈도간에는 일정한 경향을 보이지 않으며, "이용이 적은 등산로에서도 훼손이 심각한 문제가 될 수 있다"는 사실로 볼 때, 등산로 물매와 그에 따른 이용행태의 제약여부 등의 영향이 상당히 작용할 것으로 판단된다. 또한 1개 조사지점에서 몇가지 훼손형태가 동시에 출현되고 있음은 어떤 훼손이 발생하면 불편한 통행성으로 인해 새로운 형태의 훼손을 유발시키는 것으로 생각되는데 암반노출로 인해 분기현상이 생겨나는 것이 그 한 예이다. 그러므로 심각한 훼손형태가 일단 발생되면 조속한 보수와 개선이 이루어져야 할 것이며, 이를 위해서는 정기적인 등산로의 순찰과 변화상태의 관찰을 실시해 나가야 할 것으로 본다.

훼손형태에 따른 등산로상태도 차이를 보이는데, 최대깊이 및 등산로물매는 훼손형태에 따라 유의한 차이가 인정되므로 뿌리노출, 암석노출, 활목 및 종침식 등은 등산로의 최대깊이와 밀접한 관계를 가지며 이들의 발생은 등산로 물매로부터 기인하는 바가 크다고 판단된다.

2. 등산로주변의 토양 및 식생환경의 변화

등산로주변에서 나타나는 환경변화는 이용객수 및 이용행태에 직접적인 영향을 받으며 입지조건, 등산로상태 및 주변식생형에 따라 변화정도나 경향이 다르게 나타난다.

5, 19)

등산로의 이용에 따른 주변토양 및 식생환경의 변화를 구명하기 위하여 전구간에 걸쳐 약 1km 전후의 간격을 두고 조사지점을 선정한 결과 Tab 3과 같이 이용강도가 높은 구간에서 3개(조사지 1~3), 이용강도가 낮은 구간에서 4개지점(조사지 4~7), 총 7개 지점에 belt transect를 설치, 조사하였다. 조사지의 해발고는 350~1,150m, 경사도는 20~70%이며 토성은 대체로 식양토인 것으로 나타났다. 조사지 1, 4 및 6은 이용객의 간섭이 관찰되는 곳이며 조사지 3 및 5는 지형적인 제약으로 이용간섭이 거의 없다고 판단되는 곳이다. 또한 조사지 2는 등·하산중의 이용객 휴식이 빈번히 이루어지는 지점으로 상층입관이 비교적 소한 편이며, 조사지 7은 비로봉정상 가까이에 위치하여 관목형 수목이 밀집되어 있으며, 등산로 상에는 mud flow의 발생 등 토양침식이 활발하게 이루어져 암반노출이 확대되고 있는 곳으로, 경계부를 제외하고는 이용간섭이 크지 않을 것으로 판단된다.

Fig 3은 각 조사지에 있어서 등산로 경계부로부터 임내방향으로의 토양 및 식생환경인자의 변화를 연속적으로 나타낸 것이다. 토양의 물리적성질의 변화에 있어서 토양

Tab. 3 Site conditions of 7 belt transects along the trail

No	Elevation (m)	Aspect	Slope (%)	Soil texture	Soil moisture	Crown Cover (%)			Mean height (m)			Remarks
						Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	
1	350	E	50	Clay loam	Mod.	90	30	30	15	5	2.0	Disturbance
2	400	NE	40	Clay loam	Dry	50	50	40	17	4	2.0	Disturbance ; repose ; trail widening
3	500	W	30	Clay loam	Dry	70	40	30	14	7	2.0	No disturbance cutting slope ;
4	550	NW	55	Clay loam	Mod.	60	40	50	11	5	1.5	Disturbance
5	750	E	70	Clay loam	Wet	70	50	60	10	5	2.0	No disturbance ; steep slope
6	900	E	60	Silty Clay	Wet	70	40	40	8	4	2.0	Disturbance
7	1,150	NW	20	Clay loam	Wet	20	80	40	5	3	1.5	Disturbance on short distance

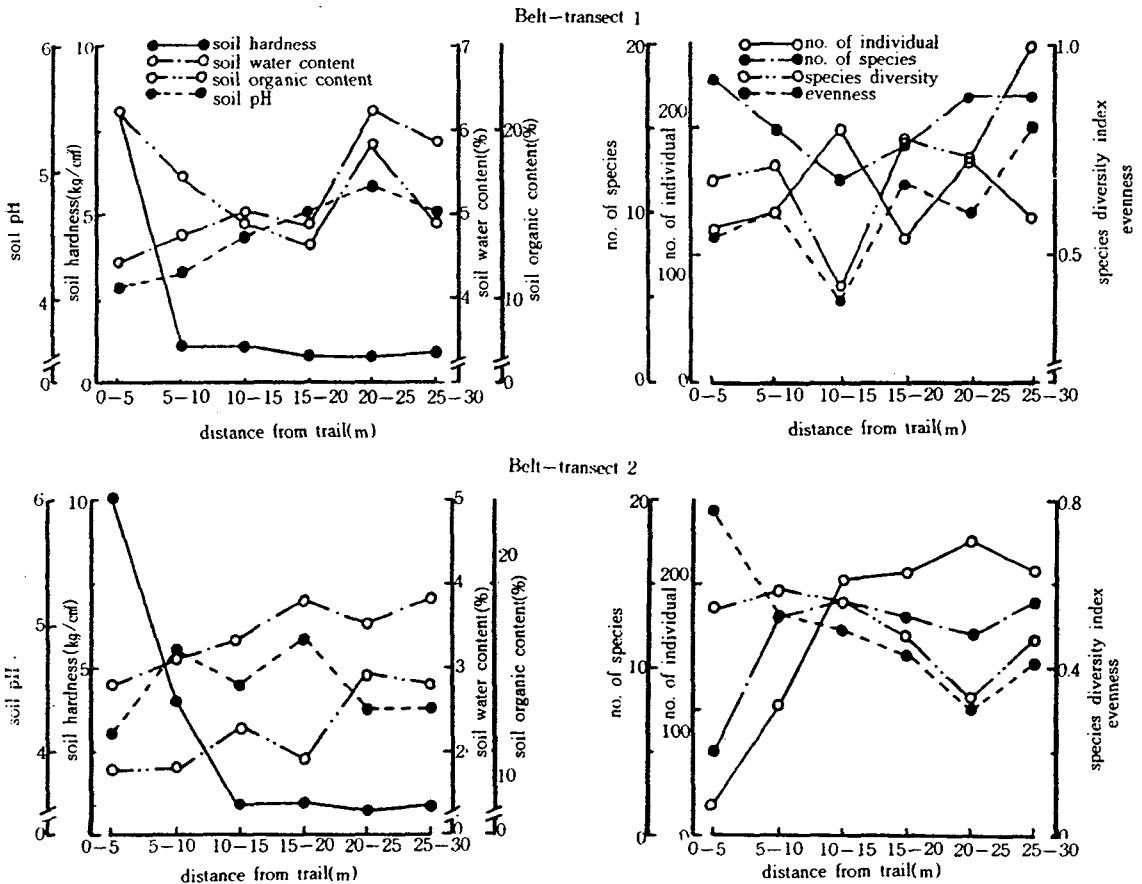
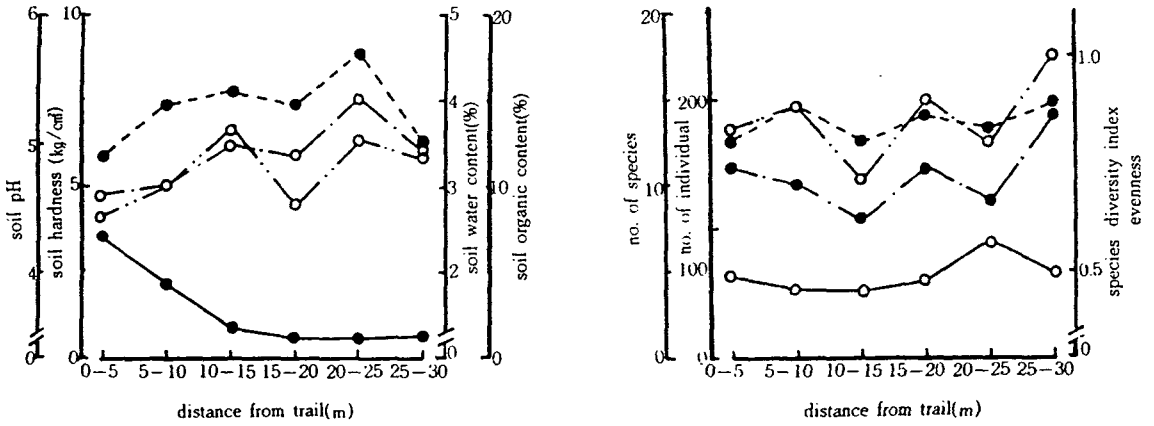
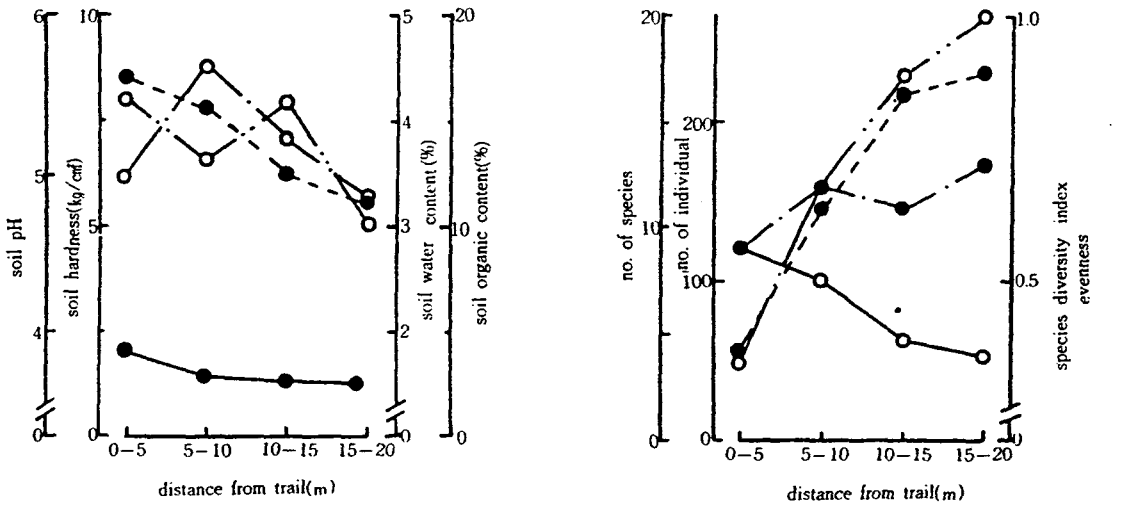


Fig. 3 Change of soil properties and ecological diversity from trail edge to forest.

Belt—transect 3



Belt—transect 4



Belt—transect 5

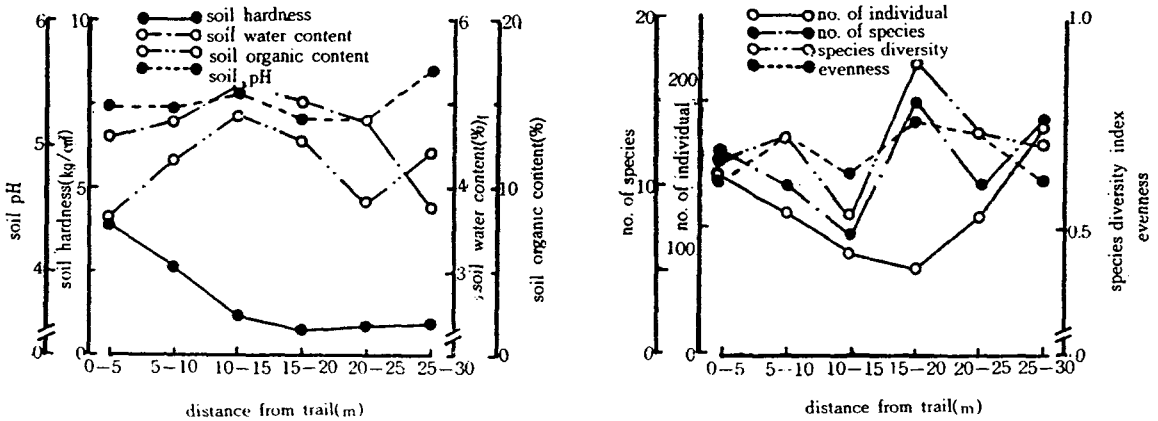
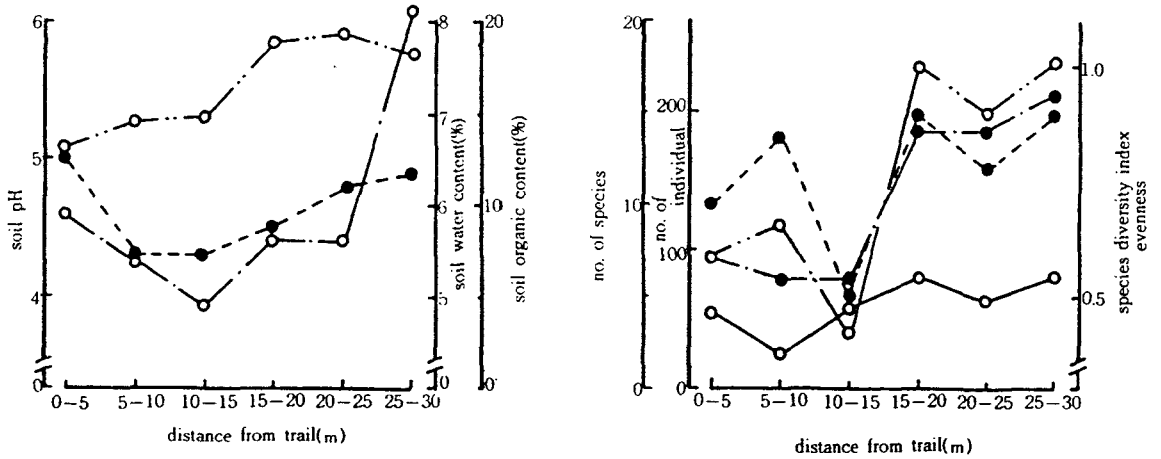


Fig. 3 Continued

Belt—transect 6



Belt—transect 7

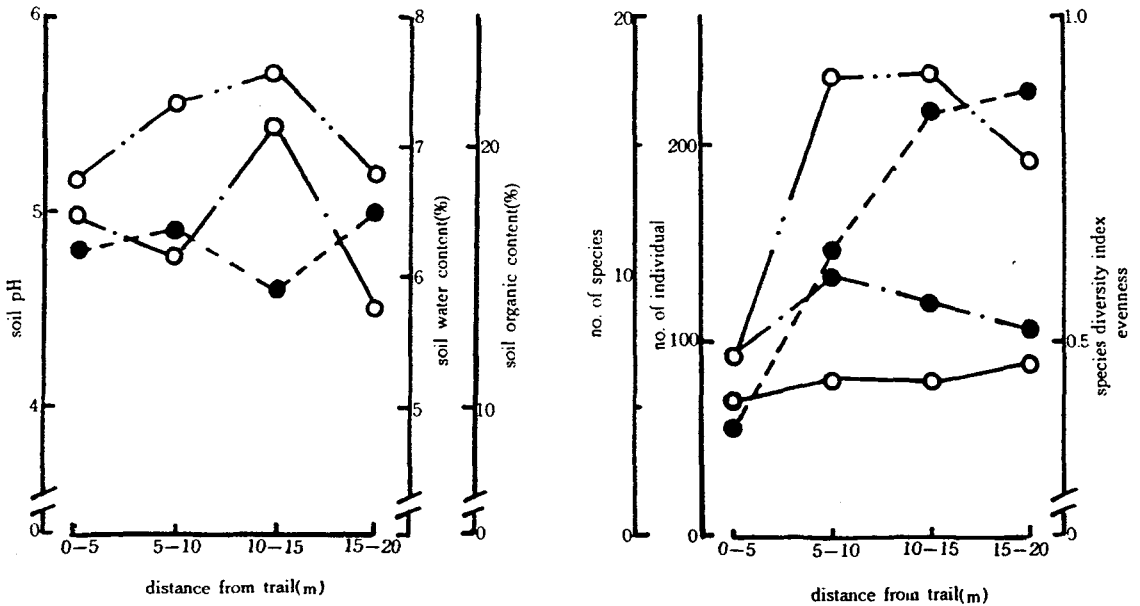


Fig. 3 Continued.

경도는, 전 조사지에 걸쳐, 경계부는 다소 차이가 있으나, 산정방향 5~15m까지 뚜렷한 감소경향을 보이다가 이후부터 안정되고 있다. 토양유기물함량 및 토양pH 역시 조사지 4를 제외하고는 대체적인 증가경향을 보이고 있어 토양성질에 대한 이용간섭의 영향이 인정된다. 조사지 4

의 경우는 20m 상방에 암벽이 가로막고 있어 설치된 belt의 길이가 짧을 뿐 아니라 암설붕락이 발생되므로서 변화경향이 다소 상이하게 나타난 것이라 생각된다. 토양수분은 거리에 따른 변화범위가 작고 경향도 일정하지 않았다.

식생환경의 변화에서는, 지형조건으로 말미암아 이용객에 의한 임내교란이 거의 없는 조사지 3, 5의 경우 종수, 종다양도 및 균재도는 약간의 증감을 반복하지만 뚜렷한 변화경향을 보이지 않았으며 이는 북한산국립공원¹³⁾의 결과와 유사하였다. 개체수는 조사지 3에서 거의 일정하나 조사지 5에서는 15~20m까지 감소하다 다시 증가함을 보이고 있는데 이는 등산로경계부에서 15m 전후까지 번성하는 조릿대의 영향으로 생각된다. 이용객의 간섭이 다양한 형태로 발생하는 조사지 1, 4 및 6의 경우 종수, 종다양도, 균재도는 임내로 갈수록 대체로 증가하는 경향을 보였다. 조사지 1과 4에서 10~15m구간에 급격한 감소현상이 보이는데 조사지 1에서는 15m 전후에 대·소변행위를 위한 소목의 출입로가 생겨나 주변식생이 다소 파괴되어 있고, 조사지 4에서는 15m부근에 대형압과가 위치하고 있는데서 나타난 결과라 생각된다. 개체수는 감소 혹은 증가경향을 보이나 3개 조사지의 임내하층에 국지적으로 번성하는 조릿대군락의 영향때문이며, 조릿대를 제외한다면 모두 임내방향으로 갈수록 개체수가 증가하는 경향이 뚜렷하였다.

조사지 2는 등산로주변에서 휴식이 이루어지는 형태로서, 종수는 15m까지 증가한 이후 안정되고 있으며 개체수도 15m까지 급한 증가를 보이다가 다소 안정되어 가는 모습을 나타낸다. 이러한 경향은 토양경도의 변화형태에 비추어 볼 때 상호관련성이 클 것으로 생각되며 이용간섭의 영향이 등산로로부터 임내를 향해 점차적으로 감소해 가는 유형으로 간주된다. 종다양도 및 균재도는 약한 감소현상을 나타내고 있다.

조사지 7에서도 종수 및 개체수는 임내로 갈수록 증가하고 있으며 종다양도와 균재도는 5~10m까지 증가하다가 대체로 안정되는 경향을 보여 이용영향이 주로 경계부에 집중되는 유형으로 판단된다.

종합적으로 볼 때 등산로 전체에 걸쳐 이용간섭이 주변 토양 및 식생에 미치는 영향정도는 일정하지 않으며, 주변식생형, 지형 및 입지조건, 이용간섭의 형태, 즉 등산객의 행태 등에 좌우되는 것으로 보인다. 특히 지형 및 입지조건으로서 등산로 인접사면의 경사, 등산로의 단면형태 등을 유형별로 구분하여 분석한다면 이용객의 행태와 그 영향이 삼림에 가해지는 형태에 따라 ① 점감형(gradual type) : 조사지 2, 4 ② 집중형(localizing type) : 조사지 7 ③ 분산형(scattering type) : 조사지 1 ④ 무파괴형(no-impact type) : 조사지 3 등으로 유형을 구분하여 파악할 필요가 있을 것으로 판단되며 이러한 유형별로 조사가 이루어진다면 주변환경의 변화경향은 더욱 뚜렷하게 포착될 수 있으리라 본다.

등산로에 있어서 답압을 비롯한 이용간섭에 대한 내성이 강한 수종을 조사하기 위해, 경계부로부터 폭 10m, 길이 5m의 10개 조사지점을 선정하여 각 수종별 출현빈도를 조사한 결과, Raunkiaer의 빈도계급이 C급이상인 것을 국수나무, 고추나무, 조릿대, 작살나무, 다래등으로 나타

나 이러한 수종이 등산객의 간섭에 비교적 잘 견디는 것으로 파악되었다.

3. 야영장 훼손

구룡사지구의 야영장면적은 총 12,310m²로 임상을 기준으로 볼 때 나지지역(2,210m²), 소나무림지역(3,220m²) 및 혼효림지역(6,880m²)으로 구분되며 이용객의 과밀이용에 따른 야영장의 파괴정도를 5단계로 분류한 Frissell¹⁴⁾의 환경피해도 등급별로 보면 전체면적에 대한 피해도 등급별로 보면 전체면적에 대한 피해도 2, 3 및 4의 비율은 각각 14.9%, 49.3% 및 35.8%로서 피해도 5에 해당하는 지역은 없었다¹⁵⁾. 일반적으로 피해도 4, 5는 이미 토양침식이 진행되고 있어 인위적인 복구대책이 없이는 자연적인 회복이 불가능한 지역이며, 피해도 3은 대부분 지피식생은 없고 부식층은 존재하나 역시 자연적인 회복은 어렵다는 점을 감안할 때 이러한 자연회복을 기대하기 곤란한 지역이 야영장전체면적의 약 85%, 10,476m²에 달해 야영장의 훼손정도가 대단히 심각함을 나타내고 있다. 이는 북한산국립공원내 전체 야영장 평간인 73.0%는 물론 피해가 가장 극심한 인수산장지역의 84.7%²¹⁾ 보다도 높은 것이며 더구나 치악산의 경우 야영장의 수용규모에 비해 이용객의 수가 훨씬 많을 뿐만 아니라 여름철의 야영객 집중현상이 날로 심화되는 추세로 미루어 야영장의 적절한 관리를 위한 다각적인 대책이 마련되어야 할 것이며, 현상태로 방치하게 된다면 야영장의 훼손강도나 면적의 확산은 더욱 가속화 될 전망이다.

야영장의 이용강도에 따라 뿌리노출, 상층목의 수간손상, 암석노출 등의 훼손이 확대되는데,^{6,13,15)} 2개의 야영장에 설치된 belt transect 내에서 상·중층 수목에 가해진 물리적 훼손형태의 거리별 변화를 나타낸 것이 Tab. 4이다.

뿌리노출목은 T-1, T-2지역 모두 90% 이상이 0~30m 사이에 집중적으로 출현하고 있어 본 야영장의 주황동구역의 범위를 뚜렷이 나타내고 있다. 그러나 수목에 가해지는 여타 훼손피해의 범위는 큰 차이를 보인다. 야영장에서의 물리적인 수목훼손행위는 캠프파이어를 위한 땀감채취, 임내활동편의를 위한 장애목제거, 텐트설치장소의 확장, 텐트설치도구대용, 그네설치 및 이용, 맹목적 훼손행위 등을 들 수 있는데 혼효림의 T-2지역에서는 가지손상, 수간상처, 절단등의 훼손현상의 출현범위가 뿌리노출의 피해범위와 유사하나 소나무림의 T-1지역의 경우 훼손범위는 훨씬 넓어 주황동구역을 벗어난 약 60m까지 이르고 있으며, T-2지역에서는 절단목이 가장 많은 피해형태이나 T-1지역에서는 수간상처목이 가장 많았다. 이러한 현상은 이용밀도 및 행태와도 관련이 클 것이나¹⁶⁾ 두지역간 개체수의 차이, 상층목 수고 등의 임분조건에도 기인하는 것으로 판단된다.

또한 가지손상이나 수간상처 등의 피해가 상층·중층의 구별없이 고르게 발생하는데 비해 절단행위는 주로 중층에 집중됨으로 보이는 것도 하나의 특징이라 할 수 있다.

Tab. 4 Types and frequencies of mechanical damage to trees for each transect on campsite¹.

Transect	Distance (m)	Individuals			Multilated trees			Scared trees			Felled trees			Trees with exposed roots		
		U	M	T	U	M	T	U	M	T	U	M	T	U	M	T
----- % ² -----																
T-1 (Pine forest)	0-10	9	0	9	27	-	17	35	-	21	-	-	-	42	-	33
	10-20	7	5	12	33	22	29	35	25	31	50	33	35	33	33	33
	20-30	3	2	5	-	22	8	18	17	17	-	17	15	25	33	27
	30-40	1	6	7	13	11	13	-	25	10	-	17	15	-	-	-
	40-50	1	7	8	7	22	13	-	25	10	-	22	20	-	33	7
	50-60	5	8	13	13	22	17	12	8	10	50	6	10	-	-	-
	60-70	10	7	17	-	-	-	-	-	-	-	6	5	-	-	-
70-80	4	28	32	7	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				(15) ³	(9)	(24)	(17)	(12)	(29)	(2)	(18)	(20)	(12)	(3)	(15)	
T-2 (Mixed forest)	0-10	10	15	25	27	39	33	57	33	53	-	30	30	54	-	54
	10-20	11	15	26	18	54	38	14	67	24	-	57	57	15	-	15
	20-30	5	9	14	46	-	21	29	-	24	-	7	7	23	-	23
	30-40	4	29	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40-50	4	30	34	9	8	8	-	-	-	-	7	7	8	-	8
	50-60	5	70	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	60-70	6	78	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				(11)	(13)	(24)	(14)	(3)	(17)	(0)	(30)	(30)	(13)	(0)	(13)	

¹ U, M and T represent upper layer, middle layer and sum of upper and middle layer, respectively.

² Percentage represents the ratio of damaged trees in each plot to all plots on transect.

³ Numbers in parenthesis are sums of damaged trees on transect.

4. 야영장주변토양 및 식생환경의 변화

야영장에서의 레크레이션행위에 의한 환경의 변화는 이용기간, 이용자수 및 이용형태에 따라 그 변화정도나 면적이 달라진다.^{2,11)} 소나무림과 혼효림지역에 설치한 각각의 belt transect를 통해 야영장이용에 의한 토양성질 및 식생구조의 변화를 조사한 결과를 Tab.5에 나타내었다. 2개 지역 모두 야영장으로부터 입내로 진행할 수록 토양의 물리적 성질 및 생태적 다양도가 변화하였다.

양지역에 있어서 30m를 전후하여 토양경도의 큰 차이를 보여 전술한 수목훼손현황에서 뿌리노출목 출현빈도의 집중범위와 거의 일치함이 확인되며, 주활동구역의 토양경도치가 자연적인 회복이 불가능하다는 20kg/cm²에 근사한 값을 보여 적절한 관리대책이 요청된다. 또한 소나무림야영장(T-1)지역의 토양경도가 혼효림지역(T-2)보다 전반적으로 높아 인위적 간섭의 영향이 더욱 확대되어 있음을 시사하고 있으며 이러한 경향은 하층수관의 피복

도에서도 뚜렷하게 나타나고 있다.

야영장으로부터 입내방향으로 거리가 멀어질수록 유의한 회귀관계를 가지며 변화해 가는 인자들을 회귀방정식과 함께 나타낸 것이 Tab.6이다. 소나무림야영장에서는 토양함수량, 토양산도, 100m²당 출현수종수 및 개체수, 하층수관의 피복면적, 최대종다양도 및 균재도가 높은 결정계수를 갖는 유의한 인자로 나타났고, 혼효림야영장의 경우에는 토양함수량, 토양산도, 토양경도, 100m²당 상층 및 중층의 흉고단면적, 그리고 하층수관의 피복면적 등이 거리변화에 따른 유의한 회귀관계를 갖는 인자였다. 유의한 인자가 양 조사지지에서 다소 상이하게 나타나는 것은 조사지의 지형 및 입지조건과 그에 따른 식생형의 차이로 인해 각 인자의 변화가 연속성을 유지하지 못하는 데서 기인한다고 생각된다.

한편, 유의성이 인정되는 이들 인자 중 거리에 따른 변화가 잘 표현되는 것에 대해 그래프화한 것이 Fig. 4이다. 토양함수량과 토양산도의 변화는 적합도가 상당히 높은

Tab. 5 Changes of soil properties and ecological diversity from the center of campsite to non-use site in Chial Mountain National park.

Distance (m)	Soil				Individual No.	Basal area (cm ² /100m ²)		Lower Tree Coverage (m ² /25m ²)	Species Diversity (H')	Hmax	Evenness (J')	
	Water Content (%)	pH	Hardness (kg/cm ²)	Organic Content (%)		Species No.	Basal area					
							Upper					Middle
T-1 (Pine forest)												
0-10	1.20	6.3	3.67	3.95	8	37	4,332.3	0.00	2.40	0.8801	0.9745	
10-20	1.40	5.8	18.88	7.71	13	84	11,403.6	324.57	8.16	1.0774	0.9672	
20-30	1.50	5.9	13.98	6.67	7	25	6,801.7	364.43	0.79	0.7627	0.9025	
30-40	2.82	5.1	6.96	8.66	20	291	989.8	390.74	26.59	1.0284	0.7912	
40-50	2.61	5.1	9.00	5.69	23	188	706.9	608.87	40.49	1.2039	0.8841	
50-60	2.53	4.9	10.56	5.26	22	306	6,581.0	1,208.53	39.36	1.1270	0.8395	
60-70	2.85	4.9	3.17	5.50	16	337	5,733.2	150.20	33.08	0.8791	0.7301	
70-80	2.85	4.8	3.49	10.57	18	244	4,227.0	446.30	24.68	1.0968	0.8737	
T-2 (Mixed forest)												
0-10	0.90	6.2	13.98	4.76	17	81	1,034.18	333.21	6.84	1.1235	0.9131	
10-20	1.48	5.5	17.72	3.86	21	282	1,663.80	246.22	42.72	1.1148	0.8431	
20-30	1.89	5.6	6.96	5.44	17	198	1,103.08	330.64	36.52	0.9023	0.7333	
30-40	1.65	5.6	3.77	4.85	16	169	333.40	516.59	36.68	1.0067	0.8361	
40-50	2.29	5.0	2.48	2.63	19	266	1,614.19	499.31	57.16	1.0075	0.7878	
50-60	3.78	4.3	0.81	17.28	23	311	3,179.29	915.19	28.44	0.9824	0.7215	
60-70	2.80	5.0	0.56	6.12	14	178	4,169.88	1,277.14	17.24	1.0207	0.8906	

Tab. 6 Regression equation of environmental changes on distance in each transect site

Transect site	Equation	R ²	F-value
T-1(Pine forest)	$Y_1 = 0.763 + 0.0574 X - 0.00040 X^2$	0.842	13.35
	$Y_3 = 6.53 - 0.0452 X + 0.00030 X^2$	0.927	31.96
	$Y_5 = 4.3251 X^{0.356}$	0.503	6.08
	$Y_6 = -39.3 + 8.86 X - 0.0593 X^2$	0.699	5.82
	$Y_9 = -12.0 + 1.56 X - 0.0134 X^2$	0.716	6.30
	$Y_{11} = 0.796 + 0.0170 X - 0.00015 X^2$	0.569	3.29
	$Y_{12} = 1.03 - 0.0073 X + 0.00006 X^2$	0.617	4.03
T-2(Mixed forest)	$Y_1 = 0.712 + 0.0435 X - 0.00008 X^2$	0.756	6.18
	$Y_3 = 6.32 - 0.0386 X + 0.00021 X^2$	0.722	5.19
	$Y_4 = 19.3 - 0.525 X + 0.00349 X^2$	0.844	10.83
	$Y_7 = 1.876 - 91.5 X + 1.97 X^2$	0.859	12.19
	$Y_8 = 389 - 13.6 X + 0.416 X^2$	0.970	64.81
	$Y_9 = -0.9 + 2.64 X - 0.0366 X^2$	0.692	4.49

Y₁ : Soil water content, Y₂ : Soil organic content, Y₃ : Soil pH, Y₄ : Soil hardness, Y₅ : No. of species, Y₆ : No. of individual, Y₇ : Upper basal area, Y₈ : Middle basal area, Y₉ : Lower tree coverage, Y₁₀ : Species diversity, Y₁₁ : Maximum species diversity, Y₁₂ : Evenness, X : Distance

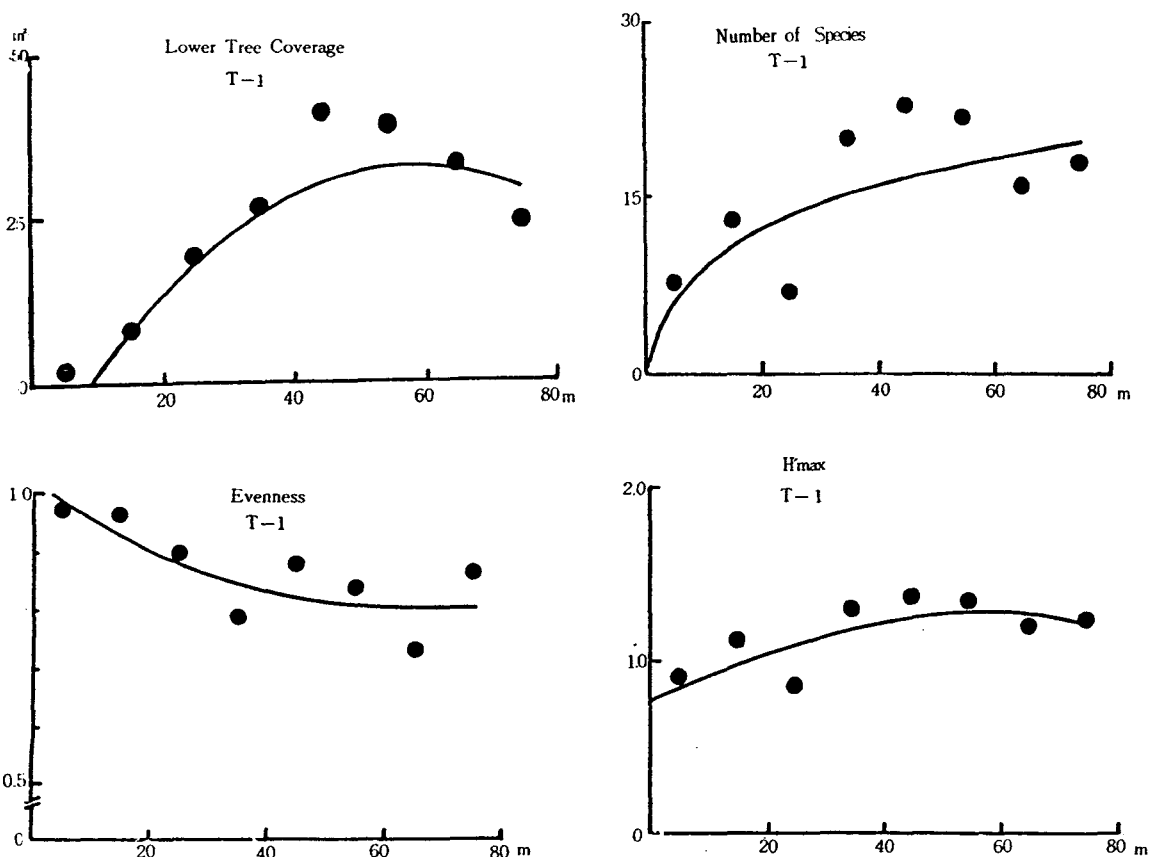


Fig. 4 Changes of soil properties and ecological diversity from the campsite to non-use site.

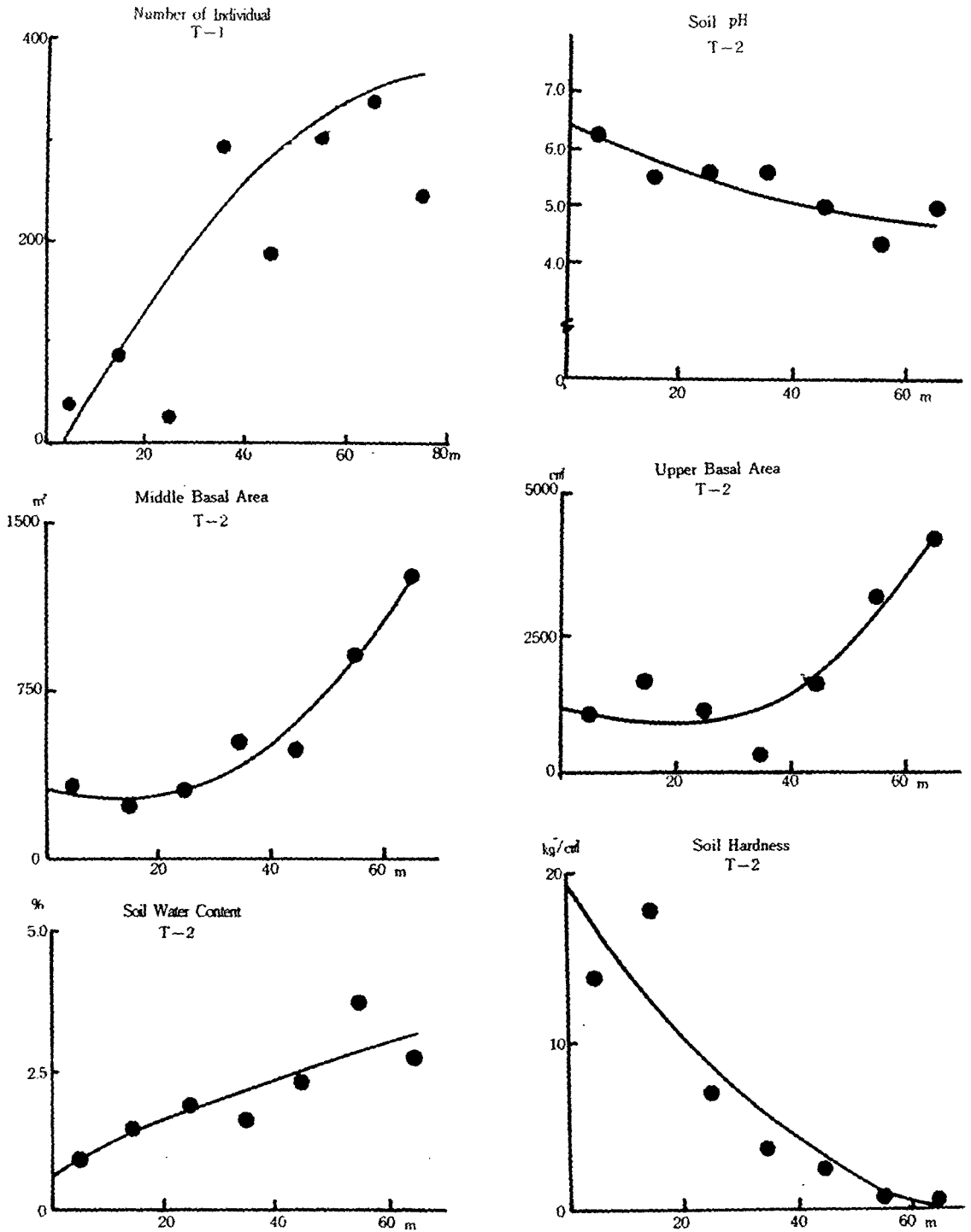


Fig. 4. Continued.

며, 특히 토양산도는 야영장부근에서 높은 수준의 pH 6.3을 나타내다 점차 낮아져 일반 삼림토양 수준인 pH 5.4에 근사하고 있다. 이러한 사실을 야영장의 이용형태가 부단히 집중적이고, 음식물찌꺼기나, 대·소변의 영향이 비교적 널리 미치고 있기 때문^{6,18)}이라는 보고와 일치한다. T-2지역에서 토양경도는 급격한 감소현상을 보이며 50m 부근에서 2kg/cm²이하로 낮아지고 있다. T-1 지역에서 출현수종수는 야영장으로부터 멀어짐에 따라 지수함수적 증가를 보여주며, 개체수와 함께 30~40m까지 급격한 변화를 나타내었고, T-2 지역의 상·중층수목의 흉고단면적의 변화도 약 40~50m이후부터 급격한 증가경향을 보이므로써 이용객의 간섭이 심하게 작용하는 범위를 대체로 확인할 수 있다. T-1지역에서 나타난 하층수관의 피복면적, 최대종다양도, 군체도의 변화경향도 40m지점 이후에서 거의 안정된 수준에 이르고 있다. 이상에서 얻어진 결과를 종합할 때 야영객의 이용으로 말미암은 구룡사지구 야영장에서의 토양성질 및 식생환경의 변화는 약 40~50m까지 영향을 직접적으로 받고 있는 것으로 나타났다. 인위적 간섭의 영향범위에 관한 이러한 결과는 지리산 화엄사계곡 야영장²¹⁾에서의 100m, 내장산 피크닉장소²²⁾에서의 70m 및 북한산 국립공원²³⁾에서의 약 100m 등에 비해 낮은 값이지만, 야영장의 규모와 이용밀도, 주변 지형

조건에 따라 상이할 것으로 추측되며, 인접군집과의 동질성 여부에 의한 잠재적, 간접적 영향범위까지 고려한다면 더 널리 영향이 미칠 것이라 생각된다.

Fig 5 및 6은 T-1 및 T-2 지역내 조사구간의 유사도 지수 및 식물상이도계수를 나타낸 것이다.

유사도지수는 두 군집간 구성종의 유사한 정도를 나타내는 것으로, 소나무림야영장에서는 50.6~75.6%정도로서 각 조사구간의 차이가 비교적 적었으나 혼효림야영장에서는 2.3~73.3%의 큰 차이를 보이고 있으며, 특히 혼효림지역에서 40m지점 이후는 10%이하의 낮은 값들을 나타내었다. 두 집단간의 유사도지수가 20%미만이면 완전히 이질적¹⁷⁾이며, 연속된 동일군집에서는 80%이상¹⁸⁾이라는 보고를 고려할 때 야영장폭과 삼림내부폭이 극히 이질적인 수종구성상태를 보이며 야영장에서의 인위적 간섭에 의해 수종분포에 상당한 제약이 가해지고 있음을 알 수 있다.

식물상이도계수는 하층수관의 상대피도에 의해 하층 구성의 차이를 표현한 것으로, 하층식생이 인위적 간섭행위에 가장 민감한 층위임을 감안할 때 이용영향의 범위를 파악하는 효과적인 수단이 될 것으로 생각된다. 소나무림야영장에서의 각 조사구간의 식물상이도계수는 56.0~98.5%였고 혼효림야영장에서는 25.7~100%로 나타났는데

Fig. 5 Whittaker's similarity indices and Cole's floristic dissimilarity coefficients between each plot on campsite in pine forest.

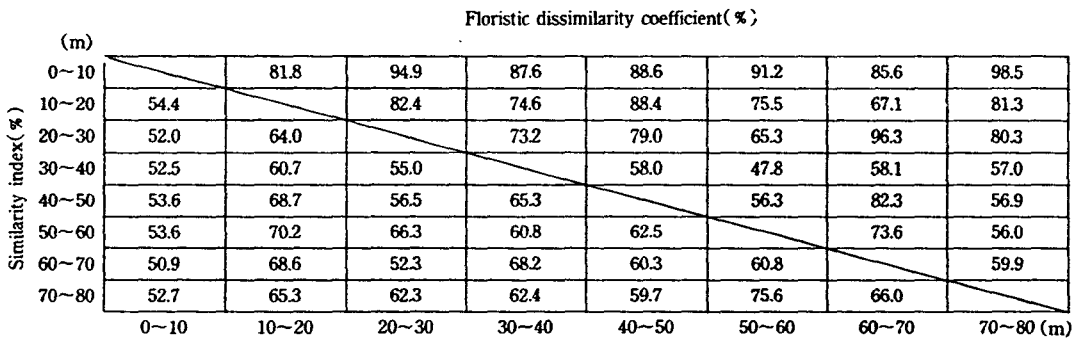
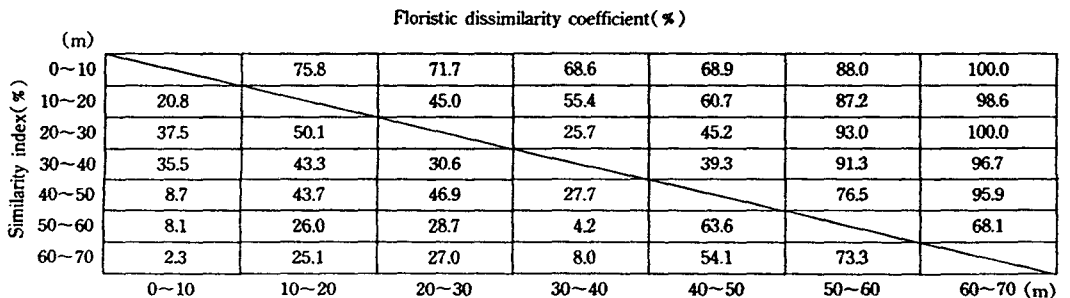


Fig. 6 Whittaker's similarity indices and Cole's floristic dissimilarity coefficients between each plot on campsite in mixed forest.



인 용 문 헌

1. Bayfield, N. G. 1973. Use and deterioration of some scottish hill paths. *J. Appl. Ecol.* 10:635-644.
2. Bratton, S. P., M. G. Hickler and J. H. Graves. 1977. Trail and campground erosion survey for Great Smoky Mountains National Park. *Manage. Rep. 16. Nat'l Park Serv., Southeast Reg.*, 661p.
3. Bratton, S. P., M. G. Hickler and J. H. Graves. 1979. Trail erosion patterns in Great Smoky Mountains National Park. *Environ. Manage.* 3:431-445.
4. Bryan, R. B. 1977. The influence of soil properties on degradation of mountain hiking trails at Grövelsjön. *Geogr. Ann.* 59A(1-2):49-65.
5. Cole, D. N. 1978. Estimating the susceptibility of wildland vegetation to trailside alteration. *J. Appl. Ecol.* 15 : 281-286
6. Cole, D. N. 1982. Wilderness campsite impacts:effect of amount of use. *USDA For. Ser. Res. Pap. INT-284*, 34p.
7. Cole, D. N. 1983a. Assessing and monitoring backcountry trail conditions. *USDA For. Ser. Res. Pap. INT-303*, 10p.
8. Cole, D. N. 1983b. Monitoring the condition of wilderness campsites. *USDA For. Ser. Res. Pap. INT-302*, 10P.
9. Cox, G. W. 1972. *Laboratory manual of general ecology*. Wm. C. Brown Co. Publ., Iowa. 232p.
10. Dale, D. and T. Weaver. 1974. Trampling effects on vegetation of the trail corridors of north Rocky Mountain Forests. *J. Appl. Ecol.* 11 : 776-772.
11. Echelberger, H. E. 1971. Vegetative changes at Adirondack campgrounds, 1964 to 1969. *USDA For. Ser. Res. Note NE-142*, 8p.
12. Frissell, S. S. 1978. Judging recreation impacts on wilderness campsites. *J. For.* 76:481-483.
13. Frissell, S. S. and D. P. Duncan. 1965. Campsite preference and deterioration in the Quetico-Superior Canoe Country. *J. For.* 63 : 256-260.
14. Helgath, S. F. 1975. Trail deterioration in the Selway-Bitterroot Wilderness. *USDA For. Ser. Res. Note INT-193*, 15p.
15. James, T. D. W., D. W. Smith, E. E. Mackintosh, M. K. Hoffman and P. Monti. 1979. Effects of camping recreation on soil, jack pine, and understory vegetation in a northwestern Ontario park. *Forest Science* 25(2) : 333-349.
16. Liddle, M. J. and P. Greig-Smith. 1975. A survey of tracks and paths in a sand dune ecosystem. I. *Soils, J. Appl. Ecol.* 12 : 893-907.
17. Whittaker, R. H. 1970. *Communities and ecosystems*. The Macmillan Co., Collier-Macmillan Ltd., London. 162p.
18. 권영선. 1987. 국립공원 야영장의 자연환경변화 및 이용자 심리의 분석에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사논문, 102pp.
19. 오구관, 권대호, 전용준. 1987. 북한산국립공원의 등산로 훼손 및 주변식생변화. *용융생태연구* 1(1) : 35-45.
20. 이경재. 1987. 내장산국립공원 내장산지구의 자연보전관리대책에 관한 연구. 서울시립대학교 조경학과 100pp.
21. 이경재, 안준수. 1986. 금오산지역에서의 레크레이션 행위가 토양 및 식생에 미치는 영향. *한국임학회지* 74 : 37-46.
22. 이경재, 김준선, 우종서. 1987. 북한산국립공원의 토양 및 식생에 대한 이용영향 및 심리적 수용력의 추정. *용융생태연구* 1(1) : 46-65.
23. 조현길, 이경재, 오구관, 1987. 야영행위가 식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구-지리산 국립공원 화엄사지구야영장을 대상으로-. *한국조경학회지* 27 : 21-31.
24. 土壤物理性測定法委員會. 1982. 土壤物理性測定法. 養賢堂, 東京. 505pp.