

# 지리산국립공원 노고단 일원 식생복원지 회복 평가<sup>1a</sup>

오구균<sup>2\*</sup>

## Evaluation of Vegetation Recovery after Restoration Works at the Nogodan Area, Jirisan National Park<sup>1a</sup>

Koo-Kyoon Oh<sup>2\*</sup>

### 요 약

본 연구의 목적은 식생복원사업후 경과년수에 따라 지리산국립공원 노고단일원의 식생구조의 회복수준을 평가하는 데 있다. 1992년(23년 전)에 시행한 헬기장 주변 훼손지 복원연구 시험지역, 1996년(19년 전)에 시행한 노고단 정상부 훼손지 복원사업지역, 2008년(7년전)에 시행한 군시설 이전지 복원사업지역에 모니터링 시험구 14개소, 복원지 인근 자연림에 대조구 12개소 등 총 26개소의 조사구를 설치하여 복원사업지와 인근 자연림간 식물상, 상대우점치, 종다양도, 유사도지수 등을 분석하여 식생회복 정도를 평가하였다. 23년이 경과된 훼손지복원시험지역은 시험구와 대조구 간 종구성의 유사도지수 평균치가 35.2%이었고, 관목층 수고는 20% 수준으로 회복되었다. 19년이 경과된 정상부 식생복원사업지역은 종구성의 유사도지수 평균치가 17.6%로서 상대적으로 낮았으나, 털진달래가 출현하는 관목층의 수고는 20%의 수준으로 회복되었다. 7년이 경과된 군시설이전지역의 유사도지수는 34.3%로 비교적 높았으며, 관목층의 피복도는 대조구의 20% 수준을 나타냈다. 국립공원지역의 생태복원평가기법과 생태복원기술개발을 위하여 복원사업지역에 대한 장기모니터링이 필요하다.

주요어: 복원사업, 장기모니터링, 상대우점치, 유사도지수

### ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the recovery rate of vegetation structure after restoration works at the damaged Nogodan area in Jirisan National Park. Fourteen monitoring plots were set up at restoring work area and twelve control plots were set up at natural forest near monitoring plots. Flora, Relative Importance Percentage and Similarity Index were analyzed. Mean Similarity Index between monitoring plot and control plot near helliport area showed thirty five point two percent and height of shrub layer recovered up to twenty percent, approximately during twenty three years after experimental restoration works. Mean Similarity Index between monitoring plot and control plot around Nogodan peak area showed seventeen point six percent but height of shrub layer recovered up to twenty percent, approximately during nineteen years after restoration works. Mean similarity index between monitoring plot and control plot on transferred military area showed

1 접수 2016년 11월 25일, 수정(1차: 2017년 1월 7일, 2차: 2017년 1월 17일), 게재확정 2017년 1월 18일

Received 25 November 2016; Revised (1st: 7 January 2017, 2nd: 17 January 2017); Accepted 18 January 2017

2 호남대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Honam Univ., Gwangju 62399, Korea

a 이 논문은 2015년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아 연구 되었음(This study was supported by research fund from Honam University, 2015).

\* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-62-940-5500, Fax: +82-62-940-5053, E-mail: ohkk@honam.ac.kr

thirty four point three percent but coverage of shrub layer showed twenty percent, approximately during seven years after restoration works. Long term monitoring shall be necessary for developing assessment criteria of ecological restoration and ecological restoration technology.

**KEY WORDS: RESTORATION WORKS, LONG TERM MONITORING, RELATIVE IMPORTANCE PERCENTAGE, SIMILARITY INDEX**

## 서론

아고산대는 희귀성과 경관성, 생태적 가치가 크다. 우리나라의 대표적인 아고산대는 지리산국립공원과 한라산국립공원에 분포하고 있다. 지리산국립공원의 노고단 일원은 생태적, 역사적, 문화적 가치가 매우 높은 곳으로서 과거 과도한 벌채, 전쟁, 접근도로개발과 과밀이용 등으로 황폐화 되어 왔다. 국립공원관리청은 1990년대 자연휴식년제 등을 시행하였으나 자연의 회복력에 의한 훼손지 복원이 불가능한 지경에 이르렀다. 이에 노고단 생태계 복원을 위한 학술적 연구와 생태복원공사를 시행하게 되었으며 복원 성과는 소백산, 설악산, 국립공원 등 훼손된 아고산대 복원공사에 활용하게 되었다.

Oh(1991)는 경기도 관악산에서의 레크레이션 활동으로 답압에 훼손된 임간나지의 임간식생 복원에 관한 연구를 최초로 시행했고, 1992년부터 지리산국립공원 노고단 일원에서 아고산대 식생복원공법개발 시험연구와 훼손의 원인이 되는 이용행태 등에 관한 연구를 시행했다(Kwon *et al.*, 1991; Oh *et al.*, 1997). 정승준 등(Jung *et al.*, 2001; Jung, 2001)은 국립공원 능선부의 훼손된 산림지대와 초원지대를 대상으로 식생 복원연구를 통하여 바람이 강하고 많은 아고산대 식생복원에서는 자생풀포기심기가 효과적이라고 보고하였고, 박선홍(Park, 2009)은 우리나라 5개 국립공원 능선부 훼손복원공사지역의 복원과정을 모니터링하여 식생변화상태를 보고하였다. 김철의(Kim, 2010)은 지리산국립공원내 외래종 조림지의 벌채 후 식생회복에 대한 모니터링을 하여 식생회복결과를 분석하였다. 한편, 신현탁 등은(Shin *et al.*, 2013) 최근 지리산국립공원 노고단에서 1992년에 시행한 식생복원시험지역을 대상으로 인접 산림지역을 조사 20년간 식생회복결과를 분석한 결과, 복원공사지 식생은 중간경쟁에 의해 안정되어 가는 천이 과정상에 있으며, 시간이 지나면서 입지환경에 적응된 수종들에 의해 안정된 식물군락으로 천이를 예측하였다. 훼손지를 복원하여 자연을 회복시키는 것은 매우 중요한 일로서 많은 연구자들이 관심을 갖고 연구하고 있는 상황이다.

1995년부터 3차례에 걸쳐 지리산국립공원 노고단 일원,

아고산대 훼손지에 시행한 식생복원사업으로 노고단 일원 생태계가 회복과정에 있다. 따라서 본 연구는 지리산국립공원 노고단 일원의 아고산대 훼손지 식생복원사업 후 식생회복 정도를 파악하고, 향후 국립공원 아고산대 훼손지 식생복원평가기준과 복원기술개발에 기초자료를 제공하는 목적으로 수행하였다.

## 연구방법

### 1. 조사지 개황

1967년 12월 29일 우리나라 최초로 국립공원으로 지정된 지리산국립공원 노고단 일원은 1988년 성삼재 관통도로가 건설된 후 노고단으로의 접근성이 용이해지면서, 노고단 탐방객이 연간 3만 명에서 100만 명 이상으로 증가하면서(Lee and Oh, 1990) 노고단 일대의 아고산대 산림식생이 심하게 훼손되었다. 국립공원관리공단은 1991년 1월부터 노고단 일원을 자연휴식년제 구간으로 지정한 뒤, 1995년부터 훼손지 복원공사를 시행하였고, 2007년부터 국립공원 특별보호구로 지정하여 관리하고 있다.

노고단 일원에 시행된 복원시험 및 사업은 다음과 같다. 1992년 노고단 헬기장 주위에 오구균(Oh *et al.*, 1997)이 파종, 자생풀포기심기, 표토피복처리 등을 통하여 200m<sup>2</sup> 면적에 복원 실험을 실시하였다. 1994년에는 응용생태연구회에서 노고단 훼손지 복원설계를 수행했고(Korea National Park Service, 1994) 1995년부터 노고단 지역 (38,000m<sup>2</sup>)에 노후한 흙파이프, 측구, 안내판, 목책 등을 철거하고 원지형선을 복원하는 등의 기반안정 및 지형 복원 공사와 자생풀포기심기, 파종, 볏짚멀칭공사 등을 시행하였다(Oh *et al.*, 1997). 2009년에는 군부대가 이전한 22,246m<sup>2</sup>에 페콘크리트문기, 통나무문기 등 기반안정 및 지형복원 공사를 실시하였고 자생풀포기심기와 신갈나무 묘목식재공사를 시행하였다(Korea National Park Service, 2008). 2007년부터 2014년까지 노고단 주변 성삼재의 기상 자료에 의하면, 대상지의 연평균기온은 7.4℃-8.3℃, 평균풍속은 1.8m/s-3.0m/s, 이고, 총강수량은 997.5mm-2,577mm사이로 변동이 심하였다(Korea Meteorological Administration, 2007-2014).

## 2. 조사방법

식생구조조사 분석을 위하여 각 지역별로 조사구와 조사구 인근 자연림에 대조구를 설치하였다(그림 1). 모니터링 지역은 총 3개 지역으로서, 1992년에 복원시험을 한 헬기장 지역, 1996년에 복원사업을 시행한 정상부 지역, 2008년에 군부대의 이전에 따른 복원사업 지역이다. 1992년 복원시험지역은 사업지역이 아니나 훼손지에 복원시험을 진행한 지역으로서 식생회복평가에 의미가 있어 연구대상지에 포함하였다. 복원·시험 또는 공사지역 모니터링 조사구와 복원공사지 주변 대조구의 규격과 개소 수는 표2와 같다. 1992년 복원시험을 진행한 복원시험지역은 관목층이 우점하는 지역으로 5m×5m 복원시험구 4개소, 5m×5m 대조구 2개소를, 1996년 복원사업을 시행한 정상부 복원사업지역은 초본층이 우점하여 2m×2m 복원시험구 5개소, 2m×2m 대조구 5개소를, 2008년 복원사업을 시행한 군사시설지 복원사업지역은 초본층이 우점하여 2m×2m 복원시험구 5개소, 2m×2m 대조구 5개소를 설치하였다(표 1). 식물상 변화를 파악하기 위해 조사구 40개소에서 출현식물을 2015년 춘계, 하계, 추계 3계절에 걸쳐 조사하였다. 식물상은 대한식물도감(Lee, 2003a, 2003b)과 한국의 나무(Kim and Kim, 2013)를 기준으로 동정하고 종은 Enger의 분류체계에 따라 정리하였으며, Braun-Branquet(1964)방식으로 우점도와 균도를 중심으로 정리하였다. 시험구 안에서 출현하는 목본수종중 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 교목층 이하 수목중 수고 2m 이상의 수목을 아교목층, 0.3m-2.0m 사이의 수목을 관목층, 수고 0.3m 미만의 수목을 지피층으로 수관층위를 구분하여 조사, 분석하였다. 교목층과 아교목층 수목은 흉고직경(cm)을, 관목층과 지피층은 수목의 수관폭(장·단변의 길이:cm)을 측정하여 수종명과 함께 기록하였다. 단, 다간성 줄기를 갖는 수종의 경우, 원줄기를 중심으로 지름 60cm 안에 있는 줄기를 동일한 개체로 포함하여 흉고직경이나 수관폭을 측정하였다. 목본층을 대상으로 상대우점치, 종다양도 및 유사도지수를 분석하여 각 복원시험지별로 비

교하였다(Brower and Zar, 1977; Shannon. and Weaver, 1963; Walter, *et al.*, 1975).

## 결과 및 고찰

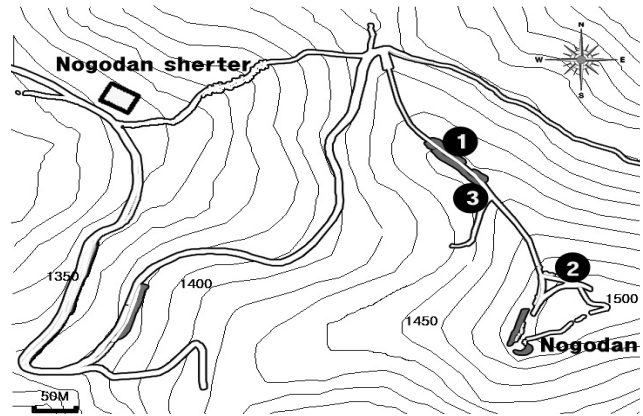


Figure 1. Location map of monitoring plot at Nogodan area  
1. Heliport Area, 2. Peak Area, 3. Military Facility Area

### 1. 1992년 식생복원 시험지역(헬기장 주위, 23년 회복지)

1992년에 복원시험을 시행한 뒤 23년이 지난 헬기장 주변 복원시험지역(이하 헬기장 주위)의 조사구의 해발고는 약 1,440m이며 능선부 사면상에 위치하고 경사각은 5°이었다. 4개의 시험구에서 목본식물들의 수고는 0.4m-0.6m로 대조구의 2.5m의 20%. 수준을 나타냈고, 개체수는 시험구는 20-30개체, 대조구는 25-29개체로 비슷하였고 피복도는 20%-30%수준으로 대조구의 70% 보다 매우 낮았다 단위면적당 목본식물의 개체수와 지피층 피복도는 모니터링 시험구와 대조구간 유사하였다(표 2). 복원시험구 4개소 중 3개의 복원시험구에서 털진달래의 상대우점치가 높은 값을 나타내었다. 2개의 대조구는 수고 1.5m이하 관목숲으로서 대조구 2개소 모두 털진달래의 상대우점치가 높게 나타났(표 3). 종구성의 다양성을 나타내는 종다양도는 25㎡당 복원시험구에서 0.7460-1.1184의 범위를 나타냈다. 대조구 2(C2)에서 종다양도가 1.1184로 가장 높게 나타났고 복원 시험지 2(M2)에서 0.7460로 가장 낮게 나타났다. 종구성의 균질한 상태를 보여주는 균재도는 0.5888-0.8068의 범위를 나타냈으며, 대조구 2(C2)에서 0.8068로 가장 높게 나타났고, 복원시험구 1(M1)에서 0.588로 가장 낮게 나타났다. 식물집단이 잠재적으로 가질 수 있는 최대종다양도는 1.0986에서 1.6094범위를 나타냈으며. 복원시험구 M1, M3과 대조구 C1 3개 조사구에서 1.6094로 가장 높게 나타났고, 복

Table 1. Size and number of monitoring and Control plots at restoration area in Nogodan, Jirisan National Park

Area	Monitoring plots		Control plots	
	Size(m)	No. of plot	Size(m)	No. of plot
Heliport Area	5 X 5	4	5 X 5	4
Peak Area	2 X 2	5	2 X 2	5
Military Facility Area	2 X 2	5	2 X 2	5

Table 2. General description of monitoring and control plots at heliport area restored 23 years ago

	Monitoring plots				Control plots	
	M1	M2	M3	M4	C1	C2
Altitude(m)	1438	1438	1438	1438	1439	1439
Slope Aspect	332°	332°	332°	332°	332°	332°
Topography	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge
Slope(°)	5	5	5	5	5	5
Tree layer	height(m)	-	-	-	2.5	2.5
	covering(%)	-	-	-	40	40
	number	-	-	-	4	7
Shrub layer	height(m)	0.4	0.5	0.5	1.5	1.5
	covering(%)	25	20	30	70	70
	number	26	20	30	25	29
Ground cover	coverage(%)	35	30	35	35	30

M: Monitoring plot, C: Control plot

Table 3. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at heliport area restored 23 years ago

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
M1	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	72.57	24.19
	<i>Salix caprea</i>	-	17.78	5.93
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	3.56	1.19
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	3.56	1.19
	<i>Betula ermanii</i>	-	2.54	0.85
M2	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	58.64	19.55
	<i>Salix caprea</i>	-	36.00	12.00
	<i>Betula ermanii</i>	-	5.37	1.79
M3	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	61.14	20.38
	<i>Salix caprea</i>	-	21.53	7.18
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	-	12.43	4.14
	<i>Betula ermanii</i>	-	2.64	0.88
	<i>Pinus densiflora</i>	-	2.27	0.76
M4	<i>Salix caprea</i>	-	36.37	12.12
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	28.60	9.53
	<i>Pinus densiflora</i>	-	27.56	9.19
	<i>Betula ermanii</i>	-	7.47	2.49
C1	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	32.74	58.55	41.34
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	37.01	4.43	26.15
	<i>Pinus densiflora</i>	20.25	-	13.50
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	32.66	10.89
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	4.36	1.45
C2	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	35.58	0.49	44.64
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	49.96	0.17	36.69
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	14.46	0.03	9.64
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	0.31	9.03

R.I.P.: Relative Importance Percentage, M.R.I.P.: Mean Relative Importance Percentage, T: Tree layer, S: Shrub, M: Monitoring plot, C: Control plot

Table 4. Species diversity index of monitoring and control plots at heliport area restored 23 years ago

	H'	J'	D	H' max
M1	0.9476	0.5888	0.4112	1.6094
M2	0.7460	0.6791	0.3209	1.0986
M3	1.0682	0.6637	0.3363	1.6094
M4	1.0182	0.7345	0.2655	1.3863
C1	1.1037	0.6858	0.3142	1.6094
C2	1.1184	0.8068	0.1932	1.3863

H': Species Diversity, H' max : Max Species Diversity

J': Evenness, D: Dominance, M : Monitoring plot

C : Control plot

Table 5. Similarity index of monitoring and control plots at heliport area restored 23 years ago

	M1	M2	M3	M4	C1
C1	31.25	33.33	38.71	45.71	-
C2	33.33	28.57	34.48	36.36	93.33

M and C are referred to table 2.

원시험구 M2에서 1.0986으로 가장 낮게 나타났다(표 4).

조사구간 종구성의 유사도지수는 31.25%에서 93.33%의 범위를 나타냈다. 헬기장 주위 조사구중 복원시험구 M1과 대조구 C1간의 유사도지수가 가장 낮아 조사구들중 가장 이질적인 집단으로 나타난 반면, 복원시험구 인근 대조구 C1과 C2 간 종구성은 93.33%로서 높은 유사도지수를 나타

냈다(표 5).

노고단 시험구에서 출현한 관속식물은 21과 29속 28종 4변종 총 32분류군이 확인되었으며, 복원시험구와 대조구 중에서 복원시험구 4에서 19분류군으로는 식물상이 가장 많이 나타났고, M1과 C1에서 16분류군, M3에서 15분류군, M2와 C2에서 14분류군이 서식하고 있었다(표 6).

## 2. 1996년 식생복원 지역(정상부, 19년 회복지)

1996년 복원사업이 시행되어 19년이 경과한 복원사업지역의 조사구는 해발고 1,490m - 1,496m 사이의 산정상부에 위치하고 있고, 2°-15°의 경사각을 보이고 있다. 목본식물은 복원시험구중 2곳에서 출현하지 않았으며, 나머지 3개의 시험구에서 0.5m-0.6m의 크기로 출현하였고 대조구에서는 0.8m-1.4m의 크기로 출현했다. 피복도는 30%-50%로 대조구의 80%의 절반 수준이었다. 지피층의 피복도는 수고 2.5m 내외의 소교목층이 울창한 대조구의 5%에 비하여 복원시험구가 35%-95%수준으로 매우 높았으며 목본식물의 피복도와 역상관 관계를 나타내었다(표 7). 정상부 일대 복원시험구 5개소 중 M6, M7 조사구는 초본층이 우점하며 목본식물이 출현되지 않았다. 복원시험구 M5와 M8 또한 목본식물 중 털진달래만 조사구 안에 출현하였으며 복원시험구 9에서 참싸리, 털진달래, 붉은병꽃나무가 자라고 있었다. 대조구 5개소는 철쭉의 상대우점치가 가장 높은 가운데 초본

Table 6. The flora of monitoring and control plots at heliport area restored 23 years ago

	Total	M1	M2	M3	M4	C1	C2
Families	21	14	11	11	14	12	10
Genera	29	14	13	13	18	14	12
Species	28	14	13	14	16	14	12
Varieties	4	2	1	1	3	2	2
Taxa	32	16	14	15	19	16	14

M and C are referred to table2.

Table 7. General description of monitoring and control plots at peak area restored 19 years ago

		Monitoring Plots					Control Plots				
		M5	M6	M7	M8	M9	C3	C4	C5	C6	C7
Altitude(m)		1492	1495	1496	1496	1494	1490	1490	1490	1490	1490
Slope Aspect		25°	25°	30°	25°	25°	30°	30°	30°	30°	30°
Topography		slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope
Slope(°)		8	12	5	5	2	15	15	15	15	15
Tree layer	height(m)	-	-	-	-	-	2.5	2.4	2.7	2.6	2.6
	covering(%)	-	-	-	-	-	20	20	20	20	20
	number	-	-	-	-	-	1	7	2	1	1
Shrub layer	height(m)	0.6	-	-	0.5	0.6	1.3	1.4	1.0	0.8	1.4
	covering(%)	40	-	-	30	50	80	80	80	80	80
	number	10	-	-	6	11	8	5	7	7	8
Ground cover	covering(%)	60	95	90	65	35	10	5	5	5	5

Table 8. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at the peak area restored 19 years ago

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
M5	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	100.00	33.33
M6	-	-	-	-
M7	-	-	-	-
M8	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	100.00	33.33
	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	53.07	17.69
M9	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	40.39	13.46
	<i>Weigela florida</i>	-	6.55	2.18
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	100.00	63.99	88.00
C3	<i>Weigela florida</i>	-	17.10	5.70
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	13.57	4.52
	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	5.34	1.78
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	87.78	40.74	72.10
C4	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	12.22	25.96	16.80
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	33.30	11.10
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	72.73	30.98	58.81
C5	<i>Tripterygium regelii</i>	27.27	60.95	38.50
	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	8.07	2.69
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	100.00	-	66.67
C6	<i>Tripterygium regelii</i>	-	100.00	33.33
	<i>Weigela florida</i>	100.00	12.05	70.68
C7	<i>Tripterygium regelii</i>	-	76.78	25.59
	<i>Philadelphus schrenkii</i>	-	11.17	3.72

R.I.P., M.R.I.P, M and C are referred to table 3.

층 및 관목층이 우점한 복원시험구와는 다르게 아교목층과 관목층식물이 우점하였다(표 8).

노고단 정상부 조사구들의 종다양도는 0-1.2149의 범위를 나타냈다. 복원사업주변 대조구 C3 조사구에서 종다양도가 1.2149로 가장 높게 나타났고, 노고단 복원시험구 M5, M8에는 털진달래 1종만 출현하여 0으로 나타났다. 균재도는 0.1236-0.4564의 범위서 대조구 C3에서 0.1236으로 가장 낮게 나타났다. 최대종다양도는 0-1.3863의 범위로서 철쭉이 우점하는 대조구 C3에서 가장 높게 나타났고, 복원시험구 M5, M8에는 털진달래 1종만 출현하여 0으로 나타났다. 복원시험지 M6와 M7에서는 목본 식물종이 나타나지 않았다(표 9).

정상부 일대 조사구별 유사도지수는 0%-78.57%의 범위를 나타냈고. 복원시험구 M5과 대조구 C6, 복원시험구 M6

Table 9. Species diversity index of monitoring and control plots at the peak area restored 19 years ago

	H'	J'	D	H' max
M5	0	0	1.0000	0
M6	-	-	-	-
M7	-	-	-	-
M8	0	0	1.0000	0
M9	0.9165	0.8342	0.1658	1.0986
C3	1.2149	0.8764	0.1236	1.3863
C4	0.8676	0.7897	0.2103	1.0986
C5	0.8487	0.7725	0.2275	1.0986
C6	0.3768	0.5436	0.4564	0.6931
C7	0.8487	0.7725	0.2275	1.0986

H', J', D, H'max, M and C are referred to table 4.

Table 10. Similarity index of monitoring and control plots at the peak area restored 19 years ago

	M5	M6	M7	M8	M9	C3	C4	C5	C6
C3	23.08	40.00	35.71	18.18	26.67	-			
C4	24.00	25.00	22.22	12.50	13.79	68.97	-		
C5	32.00	16.67	22.22	18.75	20.69	62.07	78.57	-	
C6	0	0	9.09	0	8.33	58.33	69.57	78.26	-
C7	8.70	18.18	16.00	6.67	22.22	59.26	53.85	61.54	76.19

M and C are referred to table 2.

Table 11. The flora of monitoring and control plots at the paek area restored 19 years ago

	Total	M5	M6	M7	M8	M9	C3	C4	C5	C6	C7
Families	19	8	8	10	11	12	12	10	9	8	10
Genera	35	10	10	13	17	15	14	13	12	9	12
Species	35	8	9	12	15	15	15	13	13	9	12
Varieties	4	3	1	1	3	-	1	1	1	-	-
Taxa	41	11	10	13	18	15	16	14	14	9	12

M and C are referred to table 2.

와 대조구 C6, 복원시험구 M8와 대조구 C6 사이 유사도가 0%로서 목본식물의 종구성에의 유사성이 없는 것으로 나타났다. 대조구 C4와 C5 사이의 유사도가 78.57%로서 종구성이 가장 유사하였다(표 10).

관속식물상은 총 19과 35속 37종 4변종 41분류군이 확인되었으며, 복원시험구(M)와 대조구(C)중에서 M8에서 18분류군으로 가장 많이 확인되었고, M9와 C3에서 15분류군, C4와 C5에서 14분류군, M7에서 13분류군, C7에서 12분류군, M5에서 11분류군, M6에서 10분류군, C6에 9분류군이 확인되었다(표 11).

### 3. 2008년 식생복원 지역(군부대이전지, 7년 회복지)

2008년에 군시설이전지역의 복원사업을 시행된, 7년 경과한 복원시험 조사구들은 해발고 1,441m-1,449m, 사면부에 위치하고 있고 경사각은 5°-20°의 범위를 나타내었다. 목본식물들의 수고는 시험구는 0.4m-0.5m로 대조구의 0.7m-1.0m에 비하여 복원공사후 경과년수에 비하여 높은 수치를 나타냈는데, 이 결과는 자생풀포기 이식공사시 함께 이식한 목본식물의 영향으로 추정된다. 목본식물의 피복도는 대조구의 60%-90%에 비하여 복원시험구에서는 5%-20%수

준으로 매우 낮았으며 시험구간 차이가 컸다. 지피층의 피복도는 목본식물층의 피복도 영향으로 복원시험구에서 상대적으로 높은 5%-30%수준을 나타냈다(표 12).

지리산국립공원 노고단일원 군부대 이전 지역의 복원시험구 5개소 중 M13, M14를 제외한 복원시험구 3개소에서 관목층에 미역줄나무가 우점하는 것을 확인하였고, 인근 자연림인 대조구 C10, C11, C12에서 아교목층에 털진달래가, C8과 C9에서 미역줄나무가 우점하고 있었다(표 13). 시험구들의 종다양도는 0.6492-1.0986의 범위를 나타냈으며, 복원시험구 M14에서 1.0986으로 가장 높게 나타났고, 대조구 C8에서 가장 낮게 나타났다. 균재도는 0.6398-1.0000의 범위로서 복원시험구 M13, M14에서 1.0000을, M11에서 0.6398으로 가장 낮게 나타났다. 최대종다양도는 0.6931-1.0986의 범위로서 복원시험구 M11, M12와 대조구 M14, C9, C10와 C12 총 6개소의 조사구에서 1.0986으로 높게 나타났고, 복원시험구 M10와 M13, 대조구 C8와 C11, 조사구 4개소에서 가장 낮게 나타났다(표 14).

군시설이전지역의 조사구별 유사도지수는 18.75%-85.71%의 범위로 나타났다. 복원시험구 M13와 대조구 C9 조사구 사이의 유사도지수가 18.75%로 가장 낮아 종구성이 매우 이질적이었으며, 대조구 C11와 C12 조사구 사이의 유사도

Table 12. General description of monitoring and control plots at military facilities area restored 7 years ago

	Monitoring Plots					Control Plots				
	M10	M11	M12	M13	M14	C8	C9	C10	C11	C12
Altitude(m)	1456	1449	1448	1443	1441	1448	1448	1448	1448	1448
Slop Aspect	243°	264°	264°	264°	264°	285°	285°	285°	285°	285°
Topography	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope	slope
Slope(°)	5	6	5	8	10	20	20	20	20	20
Tree layer	height(m)	-	-	-	-	-	-	2.5	2.5	2.5
	covering(%)	-	-	-	-	-	-	5	20	5
	number	-	-	-	-	-	-	1	6	1
Shrub layer	height(m)	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.7	1	0.8	0.9
	covering(%)	20	20	30	10	5	90	90	70	60
	number	12	16	14	2	3	17	16	19	5
Ground cover	coverage(%)	25	10	15	5	30	-	5	10	10

M and C are referred table 2.

Table 13. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at military facility area restored 7 years ago

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
M10	<i>Tripterygium regelii</i>	-	60.59	20.20
	<i>Schisandra chinensis</i>	-	39.41	13.14
M11	<i>Tripterygium regelii</i>	-	57.61	19.20
	<i>Symplocos chinensis f. pilosa</i>	-	22.99	7.66
	<i>Salix caprea</i>	-	19.40	6.47
M12	<i>Tripterygium regelii</i>	-	75.01	25.00
	<i>Quercus serrata</i>	-	14.50	4.83
	<i>Philadelphus schrenkii</i>	-	10.49	3.50
M13	<i>Lespedeza bicolor</i>	-	68.48	22.83
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	31.52	10.51
M14	<i>Salix caprea</i>	-	43.84	14.61
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	29.71	9.90
	<i>Quercus serrata</i>	-	26.45	8.82
C8	<i>Tripterygium regelii</i>	-	67.00	22.33
	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	33.00	11.00
C9	<i>Tripterygium regelii</i>	-	60.21	20.07
	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	-	35.00	11.67
	<i>Symplocos chinensis f. pilosa</i>	-	4.79	1.60
C10	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	100.00	35.18	78.39
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	56.33	18.78
	<i>Symplocos chinensis f. pilosa</i>	-	8.49	2.83
C11	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	75.41	-	50.27
	<i>Tripterygium regelii</i>	24.59	100.00	49.73
C12	<i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum</i>	100.00	7.94	69.31
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	65.06	21.69
	<i>Symplocos chinensis f. pilosa</i>	-	27.00	9.00R

R.I.P., M.R.I.P., M and C are referred to table 3.

Table 14. Species diversity index of monitoring and control plots at military facility area restored 7 years ago

	H'	J'	D	H'max
M10	0.6792	0.9799	0.0201	0.6931
M11	0.7029	0.6398	0.3602	1.0986
M12	0.6560	0.5971	0.4029	1.0986
M13	0.6931	1.0000	0	0.6931
M14	1.0986	1.0000	0	1.0986
C8	0.6492	0.9367	0.0633	0.6931
C9	0.8305	0.7560	0.2440	1.0986
C10	0.8018	0.7298	0.2702	1.0986
C11	0.6555	0.9457	0.0543	0.6931
C12	0.8921	0.8120	0.1880	1.0986

H', J', D, H'max, M and C are referred to table 4

지수가 85.71%로 가장 높게 나타나 복원지 주변 자연림 식생구조는 거의 유사한 것으로 나타났다(표 15).

관속식물상은 27과 49속 49종 6변종 1품종 총 56분류군이 확인되었다. 복원시험구(M)와 대조구(C) 중에서 M11에서 27분류군, M13에서 24분류군, M14에서 23분류군, M12

에서 19분류군, C8에서 16분류군, C12에서 15분류군, M10에서 14분류군, C11에서 13분류군, C10에서 11분류군, C9에서 8분류군로서 대체적으로 복원시험구에서 식물종이 많이 출현하였다(표 16).

#### 4. 고찰

지리산국립공원 노고단일원 훼손지에서 식생복원공사 후 모니터링한 결과, 복원시험구 수목들의 평균수고는 0.4m-0.6m 사이를 나타냈고, 종다양도지수는 0.31-0.95, 균재도는 0.28-0.84의 범위를 나타냈다(표 17).

복원시험 후 23년 경과한 헬기장 지역은 두 대조구간 93.3%의 유사도지수에 반하여 대조구와 복원시험구 4개소의 유사도지수 평균값은 35.2%로서 약 37.3% 수준으로 종구성이 회복된 것으로 판단되며, 수고생장은 대조구의 약 20% 수준이었다.

복원사업 후 19년이 경과한 정상부의 경우 주변 대조구는 철쭉이 소교목으로서 우점하는 가운데 복원시험구에서



Table 15. Similarity index between monitoring and control plots at military facility area restored 7 years ago

	M10	M11	M12	M13	M14	C8	C9	C10	C11
C8	40.00	46.51	45.71	20.00	46.15	-	-	-	-
C9	27.27	34.29	29.63	18.75	25.81	41.67	-	-	-
C10	32.00	47.37	33.33	22.86	41.18	59.26	63.16	-	-
C11	29.63	50.00	31.25	21.62	38.89	68.97	57.14	83.33	-
C12	34.48	47.62	35.29	20.51	36.84	58.06	52.17	76.92	85.71

Table 16. The flora of monitoring and control plots at military facility area restored 7 years ago

	Total	M10	M11	M12	M13	M14	C8	C9	C10	C11	C12
Families	27	9	19	13	15	13	11	7	10	11	10
genera	49	14	25	19	22	21	13	8	11	13	15
species	49	12	23	17	20	23	15	6	9	11	14
varieties	6	2	3	2	4	-	1	1	1	1	-
forma	1	-	1	-	-	-	-	1	1	1	1
taxa	56	14	27	19	24	23	16	8	11	13	15

M and C are referred to table 2

Table 17. Vegetation recovery of the three monitoring areas restored at Nogodan

	Site S1		Site S2		Site S3	
	M	C	M	C	M	C
Vertical layer of vegetation	2	3	2	3	2	3
Hight of woody plants(m)	0.5	2.5	0.6	2.6	0.4	1.8
Number of woody plants(ea/4m <sup>2</sup> )	15	9	27	47	47	70
Taxa of plants	24	17	27	23	39	20
Species Diversity	0.95	1.11	0.31	0.83	0.77	0.77
Evenness	0.67	0.75	0.28	0.75	0.84	0.84
Dominance	0.33	0.25	0.72	0.25	0.16	0.16
Similarity index(%)	35.2		26.4		34.3	

M: Monitoring plot, C: Control plot, S1 : heliport area restored 23 years

ago, S2 : the peak arearestored 19 years ago, S3 : military facilities area restored 7 years ago

털진달래가 관목층에서 우점하거나 초본류가 우점하기도 하였다. 복원시험구는 각 대조구에 대하여 평균적으로 17.6%의 유사도 지수를 나타냈고 대조구 간의 종구성의 유사도지수 평균값 66.7%를 고려할 때 26.4% 수준으로 종구성이 회복된 것으로 생각된다. 복원시험구 수목의 평균수고는 0.6m로서 주변 철쪽의 수고 2.6m의 23%수준이었다. 복원사업 후 7년이 경과한 군시설이전지역 복원시험구 유사도지수는 주변 대조구간 평균 34.3%를 나타냈고, 대조구간의 평균 유사도지수 64.6%를 고려할 때, 약 53.3% 수준으로 종구성의 유사성이 회복된 것으로 생각된다. 복원시험구 수목의 평균수고는 0.4m로서 주변 털진달래들의 수고 1.8m의 22.2% 수준이었다.

3개 복원사업 모니터링지역에서 확인된 식물의 생활형(Raunkiaer C., 1934)을 비교하였을 때, 대부분 반지중식물이 우세하게 서식하고 있으며, 복원시험구에서만 지표식물

Table 18. Life forms of the identified plants of the three monitoring areas restored at Nogodan

	S1		S2		S3	
	M	C	M	C	M	C
Th	-	-	1	-	1	-
G	4	4	7	6	10	8
H	9	7	13	12	19	11
CH	3	-	3	-	3	-
N	4	3	2	4	4	1
M	2	2	1	1	1	-
MM	2	1	-	-	1	-
Total	24	17	27	23	39	20

Th: Therophytes, N: Nanophanerophytes, G: Geophyte  
H: Hemicryptophytes, CH: Chamaephytes, M: Monitoring plot, M: Miropanerophytes, MM: Megaphanerophytes,  
C: Control plot, C, M, S1, S2 and S3 are referred to table 17

이 확인되었고, 주변 대조구보다 복원시험조사구에서 식물 종 수가 상대적으로 많았다. 정상부지역과 군시설이전지역의 시험구 1년생 초본이 출현한 반면 헬기장지역에서는 1년생 초본이 확인되지 않았다. 군시설이전지역에서는 시험구에서 아교목의 생활형 식물이 출현되었다(표 18).

23년이 경과된 헬기장 인근 복원 연구시험지역에 자라는 목본식물의 평균 수고는 인근 자연림 대조구에 비하여 약 20% 수준으로 매우 낮은 상태이나 수관층 수종의 유사성이 높았고 목본 식생의 종구성은 대략 37% 수준으로 회복된 것으로 판단된다. 19년이 경과된 정상부의 복원시험사업지역은 종구성의 유사성은 26.6%, 목본식물의 수고가 23% 수준으로 회복된 것으로 판단되며, 복원시험구 일부지역의 식생구조에서 털진달래가 상층으로 나타나 추후 관목층으로 수관층이 이루어 질 것으로 추정된다. 7년이 경과된 군사시설 이전지역의 복원사업지역은 잠재자연식생인 신갈나무가 출현하지 않았고, 주변 자연림의 털진달래나 철쭉군락에 비해 복원시험구는 미역줄나무, 싸리가 자라고 있었다. 7년 경과한 복원사업지역에서 목본식물의 수고는 대조지의 22.2% 수준으로 낮았으나 종구성의 유사성은 53.3% 수준으로 이례적이었다.

조사한 3개 복원사업지역의 식생회복이 느리게 진행중인 상태로 나타났는데 이는 아고산대의 바람, 기온 등의 열악한 식물생육 환경조건의 영향으로 판단되며 조사한 3개 복원시험지역 목본식물의 수고 생장을 인근 자연림 식생의 20% 수준으로 회복된 것으로 판단된다. 그러나 복원사업 후 7년이 경과된 군시설이전지역은 복원시험구의 피복도가 20여년 경과한 다른 두 조사지역보다 피복도가 상대적으로 낮은 상태이었다. 수목의 수고생장이 자연림대비 20%수준까지 이루어지는데 20여년이 소요된 점을 고려할 때, 지리산국립공원 노고단 일원훼손지의 식생이 주변식생 수준으로 복원이 되기까지 앞으로도 50여년 이상의 기간이 소요되리라고 추정된다. 우리나라 국립공원 아고산대 훼손지역의 생태계 복원 수준은 아직 초기단계로서 주변 자연림 수준까지 복원되기에는 많은 시간이 걸릴 것으로 판단되며 아고산대 복원사업지역에 대한 장기적인 모니터링과 아고산대 생태복원기술개발에 대한 노력이 필요하다.

## 감사의글

본 연구수행을 위하여 현지조사와 자료정리 등 수고해주신 호남대학교 녹지생태학실 연구보조원 여러분에게 감사드립니다.

## REFERENCES

- Arno S.F. and R.P. Hammerly(1984) Timberline.- Mountain and Arctic Forest Frontiers, The Mountaineers, Seattle, 304PP.
- Braun-Blanquet, J. (1964) Pflanzen Soziologie, 3. Auf, Springer, Wein, NewYork. 865pp
- Cox, G.W(1976) Laboratory Manual of General Ecology. Wn. C. Brown Co, 232pp.
- Jung,S.J.(2001) A Study on Vegetation Restoration of Measures for Disturbed Ridge Line Area in National Park. Master Thesis, Honam Univ., 93pp.
- Jung.S.J., Oh.K.K. and Oh.J.G.(2001) A Study on Restoration Measures of vegetation for Devastated Ridge Line Area in National Park, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology15(1):69-78.
- Kim J.S and T.Y.Kim (2013) Woody Plants of Korean Peninsula. Dolbegae, Pahu, 689PP.
- Kim,C.E (2010) Monitoring the Vegetation Restoration after Logging the Exotic Forest in National Parks. Master Thesis, Honam Univ., 89pp.
- Korea Meteorological Administration(2007~2014) Annual Report of Automatic Weather Station.
- Korea National Park Service(2008) 2008 Restoration Design for Damaged Military Facility Area at Nogodan in Jirisan National Park. 55pp.
- Kwon,T.H., Oh,K.K and Kwon,S.D.(1991) Use Impact on Environmental Deteriorations of Trail and Campsite in Chirisan National Park. Korean Journal of Environment and Ecology5(1):91-103.
- Lee K.J and K.K Oh.(1990) Nature Devastation and Management Status at Nogodan District, Jirisan. National Park. 44/45 : 14-19.
- Masuzawa T.(1997) Ecology of the Alpine Plants. Univ. of Tokyo Press. 220pp.
- National Park Authority(1994) Environmental Survey and Restoration Design for Damaged Area in Jirisan National Park. 141pp.
- Oh,K.K.(1991) Studies on restoration of forest-floor vegetation devastated by recreational trampling, Ph. D. Dissertation, Seoul national Univ. 86pp.
- Oh, K.K. and D.K.Kim (2011) Ecological Revegetation Engineering. Kwangil Culture Press, Seoul, 343PP.
- Oh, K.K. Woo,B.B. and Kim,D.W.(1997) Rehabilitation Measures for Disturbed Subalpine Meadows in Chirisan National Park, Republic of Korea. Korean Journal of Environment and Ecology11(1):37-45.
- Park,S.H.(2009) A Study on Vegetation Restoration changes at

- Damaged Area in Alpene Zone of Five National Parks in Korea.  
Ph. D. Dissertation, Sunchon National. Univ., 168pp.
- Raunkiaer, C (1934) Life form of plants and Statistical Plant  
Geography. Charendonpress, Oxford, 621PP.
- Shannon, C. E. and E. Weaver(1963) The mathematical theory of  
communication, Univ. of Illinois Press, Urbana, 117pp.
- Shin,H.T., Oh,K.K., Park,S.G., Yi,M.H., Yoon,J.W., Kim,G.S. and  
Sung,J.W.(2013) Change Vegetation After Restoration of  
Campsite Nogodan in Chirisan National Park, Journal of the  
Korean Institute of Forest Recreation17(2):1-14.
- Walter, H., Harnickell, E. and Mueller-Dombois, D.(1975) Climate  
Diagram Maps, Springer, New York, 36pp.