

무등산국립공원 중봉과 누에봉 복원공사지역 식생회복 평가^{1a}

김영선^{2*} · 심석영³

Evaluation of Vegetation Recovery after Restoration Works at the Jungbong and Nuebong Area, Mudeungsan National Park^{1a}

Young-Sun Kim^{2*}, Seok-Young Shim³

요약

본 연구의 목적은 무등산국립공원 식생복원사업후 경과년수에 따라 식생변화상태, 인위적 복원조치에 대한 효과 등 식생회복정도를 평가하는데 있다. 1996년에 시행한 중봉 군부대 이전 복원공사지역과 1999년에 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역에 식물상, 상대우점치, 종다양도, 유사도 등을 분석하기 위해 모니터링 시험구 11개소, 복원공사지역 인근 자연림에 대조구 10개소 등 총 21개소의 조사구를 설치하여 복원공사지역과 주변 자연림간 식생회복 정도를 평가하였다. 복원 후 17년이 경과한 중봉 군부대 이전 복원공사지역은 종구성의 유사도지수 평균치가 3.5%로 낮았으나 관목층의 수고는 112%의 수준으로 회복되었다. 복원 후 14년이 경과한 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역의 유사도지수 평균치는 5.05%이었고 산철쭉과 털진달래가 출현하는 관목층의 수고는 82.6% 수준으로 회복되었다. 무등산국립공원과 다른 국립공원지역의 아고산대 복원평가방법과 복원공사기술개발을 위하여 복원공사지역의 지속적인 모니터링이 필요하다.

주요어: 아고산대, 식물종, 상대우점치, 종다양도지수

ABSTRACT

The purpose of this study is to assess the degree of vegetation recovery such as the vegetation change and the effect of artificial restoration measures according to the number of years since the restoration works at the damaged Jungbong and Nuebong area in Mudeungsan National Park. We set up a total of 21 survey areas including 11 monitoring areas to analyze the flora, relative dominance, species diversity, and similarity in the restored site after relocation of Zungbong army base in 1996 and the restored site after the demolition of Nueebong telecommunication facility in 1999 and 10 control areas in the adjacent natural forest to assess the vegetation recovery in the restored sites and the nearby natural forest. The Mean Similarity Index of seed composition was relatively low at 3.5% in the Jungbong restoration site 17 years after the restoration, and the height of shrub layer, in which azaleas and furred azaleas appeared, recovered to the level of 82.6%. We concluded that it is necessary to continue monitoring the restored sites to develop the recovery assessment

1 접수 2018년 11월 26일, 수정 (1차: 2018년 12월 20일), 게재확정 2018년 12월 24일

Received 26 November 2018; Revised (1st: 20 December 2018); Accepted 24 December 2018

2 (사)한백생태연구소 부소장 619, Henanda-ro Buk-gu., Gwangju(61272), Korea

3 호남대학교 조경학과 대학원생 Dept. of Landscape Architecture, Honam Univ., Gwangju(62399), Korea

a 이 논문은 2016년도 무등산국립공원사무소의 지원을 받아 연구되었음

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-62-651-1119, FAX: +82-62-651-1119, E-mail:0sunsky@hanmail.net

method and recovery work technology for sub-alpine areas in Mudeungsan National Park and other national park areas.

KEY WORDS: SUB-ALPINE AREA, TAXA OF PLANTS, RELATIVE IMPORTANCE PERCENTAGE, SPECIES DIVERSITY INDEX

서론

국립공원내 아고산대는 경관성, 희귀성, 생태적 가치가 크다. 우리나라의 대표적인 아고산대는 지리산국립공원, 설악산국립공원, 무등산국립공원에 분포하고 있다(Oh, 2017). 무등산국립공원은 과거 도립공원인 1999년부터 과도한 이용에 의해 황폐화에 이르게 되었다. 이후 지리산, 소백산국립공원 등 훼손된 아고산대 생태복원방법에 활용된 기법들을 적용하여 무등산국립공원의 생태계 복원을 위한 학술적 연구와 생태복원공사를 시행하게 되었다. 무등산국립공원은 우리나라의 대표적인 아고산대를 포함하고 있으며, 1995년 복원공사 후 생태계가 회복과정에 있다.

생태계의 복원 관련 용어는 복원, 복구, 치유, 저감, 개량, 대체, 재생, 조성, 재현, 조성 등이 있으며, 이중 복원은 훼손 또는 교란 이전의 원래 상태로 완벽하게 되돌리기 위한 시도로 주로 국립공원 자연보존지구, 희귀식물 훼손지, 생태보전지역 훼손지 등에 주로 적용하고 있다. 반면 복구는 원래의 상태로 되돌리기 어려운 경우 원래의 자연 상태와 유사하게 되돌리기 위한 방법으로서 광산개발지역, 산사태지역, 채광, 채석장, 도로훼손지역 등에 적용하는 용어로 사용하고 있다(Oh *et al.*, 2011).

현재 많은 연구자들이 서식처를 복원하고 생물다양성을 증진시키는 일에 관심을 가지고 있으며, 이를 중요한 일로서 연구를 진행하고 있다. Oh(1991)는 관악산의 훼손된 임간나지의 식생 복원에 관한 연구결과를 토대로 지리산 노고단지역에서 산림생태계 복원공법개발 시험연구와 훼손의 원인이 되는 이용행태 등에 관한 연구를 최초로 시행했다. 박선홍(Park, 2009)은 우리나라 5개 국립공원의 능선부 훼손복원지의 복원과정 모니터링과 식생변화 과정을 비교 분석하여 훼손복원의 효과를 밝히고 향후 대상지역을 보전하는 관리방안과 관리체계에 사용될 기초자료를 제공하고 국립공원 고산대의 식생회복정도를 평가하였다. 최대훈(Choi, 2016)은 지리산국립공원 노고단 일원 훼손지 복원공사지역의 식물상, 상대우점치, 종다양도, 유사도 등을 비교 분석하여 종간경쟁에 의해 안정화되어가는 천이과정상에 있다고 평가하였다. Oh(2017)는 지리산국립공원 노고단에서 1992년에 시행한 훼손지 식생복원시험지역을 대상으로 20년간 식생회복결과를 분석한 결과, 수고생장이 인근

자연림 식생의 20% 수준으로 회복하였으며, 자연림대비 20% 수준까지 이루어지는데 20여년이 소요된다고 예측하였다. 광주광역시(Gwangju, 2011)는 ‘무등산자연공원 일원 자연자원 및 기초현황’에 대한 연구에서 무등산도립공원 일대 탐방로로 이용되고 있는 도로와 주변의 훼손상태를 파악한 결과를 분석하여 훼손방지과 공원의 보전·관리계획에 기초자료를 제공하였다. 국립공원관리청(National Park Authority, 2013)은 무등산국립공원 자연자원조사의 일환으로 무등산국립공원내 탐방로, 산사태 발생지 등을 대상으로 훼손지 일반현황과 훼손유형 및 원인을 분석하여 공원관리를 위한 기초자료를 제시하였다. 국립공원관리청(National Park Authority, 2015)은 ‘무등산국립공원 자연생태계 복원 종합계획’ 연구에서 아고산대 생태계 특성을 가지고 있는 정상부, 외래수종 조림지, 군사 및 통신도로, 목장부지 등 훼손된 생태계 및 자연경관을 회복하는 복원의 원칙과 기본 방향을 수립하여 제시하였다. 이와 같이 무등산국립공원의 복원 연구는 연구자들이 훼손지의 문제점과 관리방안을 제시하고 있지만 훼손지 복원공사지역의 식생변화 모니터링의 보고는 거의 없는 상황이다.

따라서 본 연구는 무등산국립공원 복원사업시행에 따른 복원공사지역의 식생변화상태, 인위적 복원조치에 대한 효과 등 식생회복정도를 평가하고, 향후 국립공원 아고산대 복원공사지역의 모니터링과 유지관리에 기초자료를 제공하는 목적으로 수행하였다.

연구방법

1. 조사지 개황

무등산은 1972년 5월 22일 도립공원, 2013년 3월 4일에는 국립공원 제21호로 지정되었다. 전체면적이 75.425km²로 광주광역시(북구, 동구)와 전라남도(담양·화순군)에 위치하고 있으며 인근 대도시에서 살고 있는 시민들의 편의시설 설치와 개발로 식생이 심하게 훼손되었다. 이후 1996년부터 훼손지 복원공사를 시행하였고 2013년 국립공원으로 지정된 후 개발 및 탐방객에 의한 훼손을 제한하고 있다.

무등산국립공원의 훼손지 복원공사는 다음과 같다. 1996

년 중봉 군부대 이전 복원공사지역(17년경과)은 원지형선을 복원하는 등 기반안정 및 지형복원공사와 자생풀포기심기, 황마멸칭공사 등 식생복원공사를 시행하였다. 자생풀포기 심기 방법은 경사도 15% 이상 지역에 30% 녹화를 실시하였고 경사도 15% 이하 지역은 10% 이상의 녹화률로 황마멸칭과 병행하여 실시하였다. 1999년 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역(14년경과)은 원지형선의 복원과 기반안정 및 지형복원공사, 황마멸칭, 자생풀포기심기, 통나무묻히기, 토양개량 등을 통해 4년간 복원공사를 진행하였으며 복원공사완료 후 1년 뒤에 산철쭉(12주)과 진달래(8주) 총 20주를 이식하였다. 무등산국립공원의 기상은 대상지와 인접한 광주광역시 동구 용연동의 기상자료이며 1987년부터 2017년까지 30년간의 기온 및 강수량을 조사하였다. 무등산지역의 30년 평균기온은 14.1℃, 평균 풍속 2.1m/s, 강수총량은 1,393.7mm를 보였다(Korea Meteorological Administration, 1987-2017).

2. 조사방법

식생구조조사 분석을 위하여 각 지역별로 조사구와 인근 자연림에 대조구를 설치하였다(Figure 1). 모니터링 지역은 총 2개 지역으로서, 1996년 복원공사를 시작한 중봉 군부대 이전 식생복원공사지역과 1999년 복원공사를 시행한 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역이다. 복원공사지역 모니터링 시험구와 주변 대조구의 규격과 개소 수는 Table 1과 같다. 1996년 복원공사를 시행한 중봉 군부대 이전 식생복원공사지역은 초본층과 관목층이 우점하는 지역으로 5m×5m 모니터링 조사구 8개소, 5m×5m 대조구 6개소, 10m×10m 대조구 1개소 총 15개소를, 1999년 복원공사를 시행한 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역은 초본층과 관목층이 우점하여 5m×5m 모니터링 조사구 3개소, 5m×5m 대조구 3개소, 총 6개소를 설치하였다(Table 2). 식물상 변화를 파악하기 위해 조사구 21개소에서 출현식물을 2016년 춘계, 하계, 추계 3계절에 걸쳐 조사하였다. 식물상은 Braun-Branquet(1964)방법으로 우점도와 균도를 조사하였으며, 한국의 나무(Kim and Kim, 2013)와 대한식물도감(Lee, 2003a, 2003b)를 기준으로 동정하고 종은 Enger의 분류체계에 따라 정리하였다. 시험구 안에서 출현하는 목본수종 중 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 교목층 이하 수목 중 수고 2m 이상의 수목을 아교목층, 0.3-2.0m 사이의 수목을 관목층, 수고 0.3m 미만의 수목을 지피층으로 수관층위를 구분하여 조사를 하였다. 교목층과 아교목층 수목은 흉고직경(cm)과 수고(cm)를, 관목층과 지피층은 수목의 수관폭(장·단변의 길이:cm)과 수고(cm)를 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 조사구별로 비교하였다(Brower and Zar, 1977; Shannon. and Weaver,1963; Walter, et al., 1975).

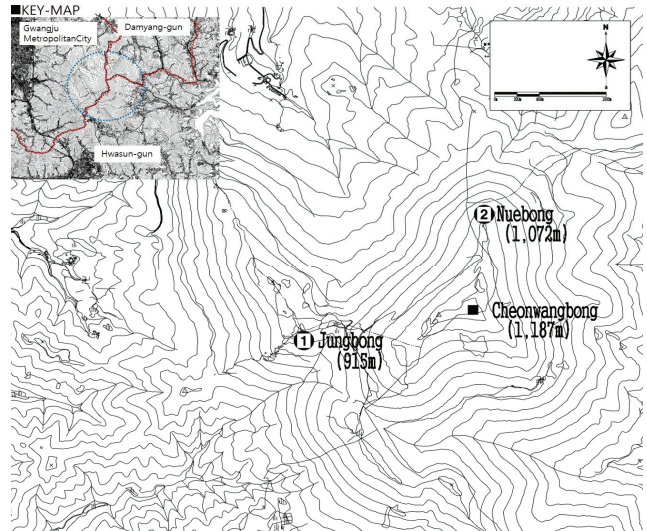


Figure 1. Location map of monitoring plot at Mudeungsan National Park 1. Jungbong Area, 2. Nuebong Area

Table 1. Size and number of monitoring and Control plots at restoration work area in Mudeungsan National Park

Area	Monitoring plots		Control plots	
	Size(m)	No. of plot	Size(m)	No. of plot
Jungbong	5×5	8	5×5 10×10	6 1
Nuebong	5×5	3	5×5	3

결과 및 고찰

1. 1996년 중봉 군부대 이전 복원공사지역

1996년에 복원공사를 시행한 뒤 17년이 지난 2017년, 중봉 군부대 이전 복원공사지역의 조사구는 해발고 약 880m이며 능선부 사면에 위치하고 경사도는 5°이었다. 8개의 복원시험구에서 목본식물의 수고는 0.5-2.2m로 대조구의 0.5-2.0m의 112% 수준을 나타내었다. 개체수는 복원 시험구가 2-22개체로 대조구 14-41개체에 비하여 적게 나

타났고 피복도는 10-30%수준으로 대조구의 15-40%와 비슷한 수준이었다. 지피층 피복도는 복원시험구가 30-50% 수준으로 대조구 10-35%보다 높게 나타났다. 단위면적당 목본식물의 수고와 지피 피복도는 복원시험구가 대조구보다 높은 상관관계를 나타내었다(Table 2와 Table 3). 복원시험구 8개소 중 4개의 복원시험구에서 쭈깨잎나무의 상대우점치가 높은 값을 나타내었다. 그리고 7개의 대조구 중 3개의 대조구에서 조록싸리의 상대우점치가 높게 나타났다(Table 4). 종구성의 다양성을 나타내는 종다양도는 25m²당 복원시험구에서 0.2237-2.3661의 범위를 나타냈다.

대조구 7(C7)에서 종다양도가 2.3661로 가장 높게 나타났고 복원시험구 6 (M6)에서 0.2237로 가장 낮게 나타났다.

종구성의 균질한 상태를 보여주는 균재도는 0.3227-1.0000의 범위를 나타냈으며, 복원시험구 5(M5)에서 1.0000로 가장 높게 나타났고, 복원시험구 6(M6)에서 0.3227로 가장 낮게 나타났다.

식물집단이 잠재적으로 가질 수 있는 최대종다양도는 0.6931에서 2.6391범위를 나타냈다. 대조구 7(C7)에서 2.6391로 가장 높게 나타났고, 복원시험구 5(M5)와 6(M6) 및 대조구 3(C3)에서 0.6931으로 가장 낮게 나타났다(Table 5).

Table 2. General description of monitoring plots at Jungbong area restored 17 years ago

		Monitoring plots							
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Altitude(m)		895	875	870	890	887	881	884	896
Slope Aspect		328°	345°	3°	177°	149°	133°	156°	174°
Topography		slope	slope	slope	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge
Slope(°)		8	8	5	2	2	3	5	5
Tree layer	height(m)	-	-	2.0	2.2	-	-	-	-
	covering(%)	-	-	5	10	-	-	-	-
	number			2	4				
Shrub layer	height(m)	1.0	0.8	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6	0.6
	covering(%)	30	20	20	15	10	30	30	30
	number	20	10	15	10	2	17	22	22
Ground cover	coverage(%)	30	30	30	40	50	30	40	30

M: Monitoring plot, C: Control plot

Table 3. General description of control plots at Jungbong area restored 17 years ago

		Control plots						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Altitude(m)		895	875	870	890	887	881	884
Slope Aspect		328°	345°	3°	177°	149°	133°	156°
Topography		slope	slope	slope	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge
Slope(°)		8	8	5	2	2	3	5
Tree layer	height(m)	-	-	-	-	-	-	2.0
	covering(%)	-	-	-	-	-	-	10
	number							8
Shrub layer	height(m)	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	1.6	0.8
	covering(%)	30	3	20	40	30	15	20
	number	14	20	14	41	21	15	24
Ground cover	coverage(%)	30	35	30	20	20	20	10

Table 4. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at Jungbong area restored 17 years ago

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
M1	<i>Alnus firma</i>	-	10.91	10.91
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	49.96	49.96
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	4.75	4.75
	<i>Salix gracilistyla</i>	-	34.39	34.39
M2	<i>Boehmeria spicata</i>	-	70.83	70.83
	<i>Philadelphus schrenkii</i>	-	6.94	6.94
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	22.24	22.24
M3	<i>Salix koreensis</i>	100	-	75
	<i>Boehmeria spicata</i>	-	63.08	15.77
	<i>Rosa multiflora</i>	-	19.81	4.95
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	17.11	4.28
M4	<i>Stephanandra incisa</i>	-	65.10	16.28
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	18.17	4.54
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	6.72	1.68
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	27.37	-	20.53
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	10.02	2.5
	<i>Salix gracilistyla</i>	72.63	-	54.47
M5	<i>Pinus densiflora</i>	-	56.25	56.25
	<i>Salix hallaisanensis</i>	-	43.75	43.75
M6	<i>Stephanandra incisa</i>	-	6.02	6.02
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	93.98	93.98
M7	<i>Boehmeria spicata</i>	-	51.05	51.05
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	2.77	2.77
	<i>Rosa multiflora</i>	-	7.92	7.92
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	19.38	19.38
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	13.09	13.09
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	5.79	5.79
M8	<i>Boehmeria spicata</i>	-	73.41	73.41
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	22.73	22.73
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	-	3.86	3.86
C1	<i>Pinus densiflora</i>	-	11.78	11.78
	<i>Boehmeria spicata</i>	-	14.82	14.82
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	65.56	65.56
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	7.84	7.84
C2	<i>Salix hallaisanensis</i>	-	12.17	12.17
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	27.28	27.28
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	32.09	32.09
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	-	28.47	28.47

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
C3	<i>Pinus densiflora</i>	100	-	75
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	63.08	25
C4	<i>Stephanandra incisa</i>	-	5.480	5.48
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	25.43	25.43
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	18.09	18.09
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	28.28	28.28
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	-	22.72	22.72
C5	<i>Stephanandra incisa</i>	-	29.93	29.93
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	30.96	30.96
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	18.08	18.08
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	-	16.32	16.32
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	-	4.71	4.71
C6	<i>Pinus densiflora</i>	-	-	50.00
	<i>Alnus firma</i> S	13.49	-	4.50
	<i>Magnolia sieboldii</i>	-	5.90	0.98
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	62.28	8.22	22.13
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	44.88	7.48
	<i>Acer pseudosieboldianum</i>	-	6.83	1.14
	<i>Cornus controversa</i>	14.39	-	4.80
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	7.37	1.23
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	5.91	15.67	4.58
	<i>Styrax japonicus</i>	3.94	-	1.31
C7	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	6.01	1.00
	<i>Weigela subsessilis</i>	-	5.12	0.85
	<i>Quercus serrata</i>	7.10	-	2.37
	<i>Morus bombycis</i>	35.00	-	15.29
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	-	16.71	2.79
	<i>Philadelphus schrenkii</i> .	-	10.50	1.75
	<i>Crataegus pinnatifida</i>	-	4.97	0.83
	<i>Prunus sargentii</i>	-	-	5.81
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	42.87	7.15
	<i>Cornus kousa</i>	-	-	4.95
	<i>Cornus controversa</i>	23.18	-	15.25
	<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	-	8.36	1.39
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	34.74	4.97	12.41
<i>Styrax japonicus</i>	-	3.70	28.72	

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 5. Species diversity index of monitoring and control plots at Jungbong area restored 17 years ago

	H'	J'	D	H' max
M1	1.0941	0.7892	0.2108	1.3863
M2	0.8018	0.7298	0.2702	1.0986
M3	1.1218	0.8092	0.1908	1.3863
M4	1.5367	0.8557	0.1423	1.7918
M5	0.6931	1.0000	0.0000	0.6931
M6	0.2237	0.3227	0.6773	0.6931
M7	1.3337	0.7444	0.2556	1.7918
M8	0.6547	0.5959	0.4041	1.0986
C1	0.8378	0.6044	0.3956	1.3863
C2	1.3452	0.9703	0.0297	1.3863
C3	0.2573	0.3712	0.6288	0.6931
C4	1.5102	0.9383	0.0617	1.6094
C5	1.4482	0.8998	0.1002	1.6094
C6	2.0406	0.8212	0.1788	2.4849
C7	2.3661	0.8966	0.1034	2.6391

H': Species Diversity, H' max : Max Species Diversity
J': Evenness, D: Dominance, M : Monitoring plot, C : Control plot

중봉 군부대 이전 복원공사지역의 조사구별 유사도지수는 0.00%에서 15.32%의 범위를 나타냈다. 중봉지역 복원 시험구 M1과 대조구 C1간의 유사도지수가 가장 낮아 조사구들 중 가장 이질적인 집단으로 나타났지만, 복원시험구 M6과 대조구 C3 간 중구성은 15.32%서 가장 높은 유사도 지수를 나타냈다(Table 6).

관속식물상은 25과 38속 42종 7변종 1품종 총 50분류군이 확인되었다. 복원시험구(M)와 대조구 (C)중에서 M3에서 식물상이 16분류군으로 가장 많이 나타났고, C1에서 14분류군, M5와 C4에서 13분류군, M7와 M8에서 12분류군, M6에서 10분류군, C2와 C5에서 9분류군, C3와 C6에서 8분류군, M2에서 6분류군, C7에서 3분류군이 확인되었다 (Table 7).

2. 1999년 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역

1999년에 방송통신시설 철거지역의 복원사업을 시행하고 14년이 경과한 복원공사지역의 조사구는 해발고 1,051-1,061m 사이의 사면부에 위치하고 있고 경사도는 5-20°이었다. 목본식물의 수고는 시험구가 0.5-2.0m로 대조구의 1.6-1.8m에 비하여 유사한 수치를 나타냈는데, 이 결과는 자생풀포기 이식공사시 식재한 목본식물의 영향으로 추정된다. 개체 수는 복원시험구가 1-4개체로 대조구 4-9개체에 비하여 낮

Table 6. Similarity index of monitoring and control plots at Jungbong area restored 17 years ago

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0.00	2.47	5.32	3.03	1.96	10.93	3.78	2.47	-						
C2	4.55	0.00	2.85	12.33	2.03	6.35	0.00	4.43	5.35						
C3	0.00	0.00	2.85	3.03	1.35	15.32	0.00	0.00	12.28	5.35					
C4	1.70	0.00	2.85	8.85	0.00	5.15	5.20	1.55	5.55	8.94	4.24				
C5	4.61	0.00	2.85	10.69	0.00	6.16	3.01	4.43	5.16	11.70	5.16	10.88			
C6	1.82	0.85	2.85	8.46	9.38	7.48	2.54	0.64	10.67	9.93	8.83	9.26	7.88		
C7	0.79	4.87	0.00	11.67	0.00	0.00	2.31	0.64	0.00	4.75	0.00	4.67	3.60	14.77	

M and C are referred to table 2 and 3.

Table 7. The flora of monitoring and control plots at Jungbong area restored 17 years ago

	Total	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Families	25	9	5	11	4	8	6	6	9	11	8	5	8	5	8	3
Genera	38	12	7	16	5	14	9	11	12	12	10	8	12	9	8	3
Species	42	11	3	16	3	10	9	9	10	13	6	7	11	7	5	2
Varieties	7	1	3	-	1	3	1	3	2	1	3	1	2	2	3	-
Forma	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Taxa	50	13	6	16	4	13	10	12	12	14	9	8	13	9	8	3

M and C are referred to table 2 and 3.

Table 8. General description of monitoring and control plots at Nuebong Area restored 14 years ago

	Monitoring Plots			Control Plots			
	M9	M10	M11	C8	C9	C10	
Altitude(m)	1052	1054	1055	1061	1057	1051	
Slop Aspect	334°	331°	13°	335°	10°	296°	
Topography	Ridge	Ridge	Ridge	Ridge	slope	slope	
Slope(°)	10	10	5	7	20	20	
Tree layer	height(m)	2.0	-	-	-	-	
	covering(%)	10	-	-	-	-	
	number	4	-	-	-	-	
Shrub layer	height(m)	0.6	1.8	0.5	1.8	1.6	
	covering(%)	30	30	40	20	20	
	number	1	5	4	5	4	9
Ground cover	coverage(%)	30	35	30	10	20	30

M and C are referred table 2.

Table 9. Relative Importance Percentage of monitoring and control plots at Nuebong area restored 14 years ago

Plot	Species	R.I.P.		M.R.I.P.
		T	S	
M9	<i>Salix hallaisanensis</i>	78.44	-	39.12
	<i>Morus bombycis</i>	-	-	50.00
	<i>Lindera erythrocarpa</i>	21.56	-	10.88
M10	<i>Lindera erythrocarpa</i>	100	-	75
	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	100	25
M11	<i>Rhododendron mucronulatum</i> var. <i>ciliatum</i>	-	28.12	28.12
	<i>Rhododendron yedoense</i> f. <i>poukhanense</i>	-	71.89	71.89
C8	<i>Quercus mongolica</i>	58.65	-	43.99
	<i>Morus bombycis</i>	6.93	-	5.2
	<i>Hydrangea serrata</i> f. <i>acuminata</i>	-	14.3	3.58
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	46.93	11.73
	<i>Tripterygium regelii</i>	8.34	20.74	11.44
	<i>Staphylea bumalda</i>	18.3	-	13.73
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	7.79	18.05	10.36
C9	<i>Salix hallaisanensis</i>	29.46	-	22.1
	<i>Quercus mongolica</i>	11.29	-	8.47
	<i>Morus bombycis</i>	59.26	-	44.45
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	53.38	13.35
	<i>Tripterygium regelii</i>	-	46.62	11.66
C10	<i>Quercus mongolica</i>	59.21	11.09	47.18
	<i>Morus bombycis</i>	40.8	-	30.6
	<i>Hydrangea serrata</i> f. <i>acuminata</i>	-	66.52	16.63
	<i>Stephanandra incisa</i>	-	22.4	5.6

R.I.P, M.R.I.P., M and C are referred to table 4.

았으나 목본식물의 피복도는 대조구의 20%에 비하여 복원 시험구에서 30-40%수준으로 높게 나타났다. 지피층의 피복도는 목본식물층의 피복도 영향으로 복원시험구에서 높은 30-35%수준을 나타냈다(Table 8). 누에봉 방송통신시설 철거 복원 공사지역의 복원시험구 3개소 중 M9를 제외한 복원시험구 2개소에서는 관목층에 털진달래와 산철쭉이 우점하는 것을 확인하였고, 인근 자연림인 대조구 C8, C10에서 야교목층에 신갈나무가, C9에서 산뽕나무가 우점하고 있었다(Table 9). 복원시험구들의 종다양도는 0.4560-1.1685의 범위를 나타냈으며, 대조구 C10에서 1.1685로 가장 높게 나타났고, 복원시험구 M10에서 0.4560으로 가장 낮게 나타났고, 균재도는 0.6500-0.9686의 범위로서 복원시험구 M10에서 0.6500으로 가장 낮게 나타났고, 최대종다양도는 0.6931-1.0986의 범위로서 복원시험구 C8 대조구에서 1.9459로 높게 나타났고, 복원시험구 M10과 M11 조사구 2개소에서 가장 낮게 나타났고(Table 10).

Table 10. Species diversity index of monitoring and control plots at area restored 14 years ago

	H'	J'	D	H'max
M9	0.9503	0.8650	0.1350	1.086
M10	0.456	0.6500	0.3500	0.6931
M11	0.5623	0.8113	0.1887	0.6931
C8	1.8849	0.9686	0.0314	1.9459
C9	1.5466	0.9610	0.0390	1.6094
C10	1.1685	0.8429	0.1571	1.3863

H', J', D, H'max, M and C are referred to table 5

누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역의 조사구별 유사도지수는 0.00-29.37%의 범위로 나타났다. 복원시험구 M10과 M11, 대조구 C8, C9 및 C10 사이에 유사도지수가 0.00%로 가장 낮아 종구성이 이질적이었으며, 복원시험구

M9와 대조구 C9 사이의 유사도지수가 29.57%로 가장 높게 나타났다(Table 11).

Table 11. Similarity index between monitoring and control plots at Nuebong area restored 14 years ago

	M9	M10	M11	C8	C9	C10
C8	2.31	0.00	0.00			
C9	29.57	0.00	0.00	20.13		
C10	13.60	0.00	0.00	27.97	21.09	

관속식물상은 23과 38속 35종 7변종 2품종 총 44분류군이 확인되었다. 복원시험구(M)와 대조구(C) 중에서 M9에서 15분류군으로 가장 많이 나타났으며, C9에서 11분류군, C8에서 10분류군, M12에서 9분류군, M10에서 8분류군, C9에서 7분류군로서 식물종이 복원시험구에서 주로 많이 출현하였다(Table 12).

3. 고찰

무등산국립공원 증봉과 누에봉 일원 훼손지에서 식생복원공사 후에 모니터링한 결과, 복원시험구에서 목본식물의 평균수고는 1.05-1.43m 사이를 나타냈고, 종다양도지수는 0.66-0.93, 균재도는 0.73-0.78의 범위를 나타냈다(Table 13).

복원시험 후 17년이 경과한 증봉 군부대 이전 복원공사지역은 두 대조구간 8.0%의 유사도지수에 반하여 대조구와 복원시험구간 유사도지수 평균값은 3.5%로서 약 43.75% 수준으로 종구성이 회복된 것으로 판단되며, 수고생장은 대조구의 약 112% 수준으로 높게 나왔다.

복원사업 후 14년이 경과한 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역의 경우 주변 대조구는 신갈나무가 소교목으로서 우점하는 가운데 복원시험구에서 털진달래와 산철쭉

Table 12. The flora of monitoring and control plots at Nuebong area restored 14 years ago

	Total	M9	M10	M12	C8	C9	C10
Families	23	12	7	8	10	7	8
genera	38	15	8	9	11	11	8
species	35	9	6	6	7	11	4
varieties	7	5	2	2	2	-	2
forma	2	1	-	1	1	-	1
taxa	44	15	8	9	10	11	7

M and C are referred to table 2

이 관목층에서 우점하는 것으로 나타났다. 복원시험구는 각 대조구에 대하여 평균적으로 5.05%의 유사도 지수를 나타냈고 대조구 간의 종구성의 유사도지수 평균값 22.57%를 고려할 때 22.3% 수준으로 종구성이 회복된 것으로 판단된다. 복원시험구 수목의 평균수고는 1.43m로서 주변 신갈나무의 수고 1.73m의 82.6% 수준이었다.

17년이 경과된 중봉 군부대 이전 복원공사지역에 자라는 목본식물의 평균 수고는 인근 자연림 대조구에 비하여 약 112% 수준으로 높은 상태이며, 수관층 수준의 유사성이 높았고 목본 식생의 종구성은 대략 43.75% 수준으로 회복된 것으로 판단된다. 이 지역은 역새 등의 초본층 식물이 우점하고 있어 추후 관목림으로 수관층이 이루어질 것으로 예상하지만 복원까지는 시간이 소요되리라고 추정된다.

Table 13. Vegetation recovery of the two monitoring areas restored at Nogodan

	Site S1		Site S2	
	M	C	M	C
Vertical layer of vegetation	2	2	2	2
Hight of woody plants(m)	1.05	0.93	1.43	1.73
Number of woody plants(ea/25m ²)	124	172	15	35
Taxa of plants	41	37	29	26
Species Diversity	0.93	1.40	0.66	1.53
Evenness	0.73	0.78	0.78	0.92
Dominance	0.26	0.21	0.82	1.65
Similarity index(%)	3.5		5.05	

M: Monitoring plot, C: Control plot, S1 : Jungbong area restored 17 years ago, S2 : the Nuebong area restored 14 years ago

14년이 경과된 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역은 종구성의 유사성이 22.3%, 목본식물의 수고가 82.6% 수준으로 회복된 것으로 판단되며, 복원시험구 일부지역의 식생구조에서 털진달래와 산철쭉이 상층으로 나타나 추후 관목림으로 수관층이 이루어 질 것으로 추정된다. 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역은 잠재자연식생인 신갈나무가 출현하지 않았고, 주변 자연림의 미역줄나무, 국수나무군락에 비해 복원시험구는 털진달래와 산철쭉이 자라고 있었다. 이 지역에서 목본식물의 유사성은 22.3% 수준으로 낮았는데 이는 기온이 낮은 누에봉지역의 환경적 영향에 의해 식생발달이 늦고 인근 주변지역에서 식생유입이 어려

우며, 역새 등의 초본이 우세하여 복원까지 시간이 소요되리라고 추정된다.

중봉 군부대이전 복원공사지역과 누에봉 방송통신시설 철거 복원공사지역의 생태계 회복이 천천히 진행되고 있는 상태로 이는 아고산대의 기온, 바람, 미기후 등 열악한 식물생육 환경조건의 영향으로 생각되며, 2개 복원공사지역의 목본식물 유사성은 인근 자연림 식생의 20-40% 수준으로 회복된 것으로 판단된다.

수목의 유사성이 자연림대비 20% 수준까지 이루어지는데 20여년이 소요된 점을 고려할 때, 무등산국립공원 17년이 경과한 중봉과 14년이 경과한 누에봉 일대 복원공사지역의 식생이 주변식생 70-80% 수준으로 복원이 되기까지 약 40여년 이상의 기간이 소요되리라고 추정된다. 이에 무등산국립공원과 다른 국립공원의 아고산대 복원공사지역의 복원평가방법과 복원공사기술개발을 위해서는 최소한 40년간 장기적인 모니터링과 식생회복 수준을 평가하는 지속적인 연구 노력이 필요하다.

감사의글

본 연구수행을 위하여 호남대학교 오구균교수님과 녹지생태학실 연구보조원에게 감사드립니다.

REFERENCES

- Braun-Blanquet, J.(1964) *Planzen Soziologie*, 3. Auf, Springer, Wein, NewYork, 865pp.
- Choi, D.H.(2016) *Evaluation of The Vegetation Recovery Restortaion Projects of Damaged Areas in Nogodan, Chirisan National Park*. Master Thesis, Honam Univ., 180pp.
- Cox, G.W.(1976) *Laboratory Manual of General Ecology*. Wn. C. Brown Co., 232pp.
- Gwangju Metropolitan City(2011) *Natural Resources and Basic Status of Mudeungsan Natural Park Members*. 415pp.
- 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., K.K. Oh, and J.G. Oh(2001) *A Study on Restoration Measures of vegetation for Devastated Ridge Line Area in National Park, Korea*. *Korean Journal of Environment and Ecology* 15(1): 69-78.
- Kim, C.E.(2010) *Monitoring the Vegetation Restoration after*

- Logging the Exotic Forest in National Parks. Master Thesis, Honam Univ., 89pp.
- Kim, J.S. and T.Y. Kim(2013) Woody Plants of Korean Peninsula. Dolbegae, Pahu, 689pp.
- Korea Meteorological Administration(1987~2017) Annual Report of Automatic Weather Station.
- Lee, C.B.(2005a) The Korean Plant Showcase I, Kang Moon-sa, 914pp.
- Lee, C.B.(2005b) The Korean Plant Showcase II, Kang Moon-sa, 910pp.
- Lee, K.J. and K.K. Oh(1990) Nature Devastation and Management Status at Nogodan District, Jirisan. National Park 44/45: 14-19.
- National Park Authority(2015) Mudeungsan National Park Natural ecosystem restoration comprehensive plan. 324pp.
- Oh, K.K. and D.K. Kim(2011) Ecological Revegetation Engineering. Kwangil Culture Press, Seoul, 343pp.
- 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.(2017) Evaluation of Vegetation Recovery after Restoration Works at the Nogodan area Chirisan National Park, Republic of Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 31(1): 93-103.
- Oh, K.K., B.B. Woo and D.W. Kim(1997) Rehabilitation Measures for Disturbed Subalpine Meadows in Chirisan National Park, Republic of Korea. Korean Journal of Environment and Ecology 11(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.
- Walter, H., E. Harnickell and D. Mueller-Dombois(1975) Climate Diagram Maps, Springer, New York, 36pp.