

산불지역 식생구조 분석을 통한 식생복원 모델 개발¹

김정호^{2*} · 이수동³

Development of Ecological Restoration Model Consider Analysis on the Vegetation Structure of Burned Area¹

Jeong-Ho Kim^{2*}, Soo-Dong Lee³

요약

본 연구는 산불피해지역 식생구조 분석을 통한 생태적 식생복원 모델을 제시하고자 2000년도에 산불이 발생하여 사방사업차원에서 잣나무, 자작나무 등을 조림한 영인산 자락 일대를 대상으로 하였다. 현존식생 조사대상지로 선정된 1,152,404.3m² 중 산불지역은 69.2%이었고 이중 관목숲이 24.67%로 가장 넓었다. 현존식생유형과 산불피해상태를 고려해 설정한 27개 조사구(단위면적 100m²)를 분석한 결과 10개 군락으로 구분되었다. 산불지역은 관목층 식생이 우점하였고 잣나무군락, 굴참나무군락, 곰솔군락, 졸참나무군락, 자작나무군락으로 나뉘어졌고 비산불지역은 소나무군락, 상수리나무군락, 졸참나무군락, 신갈나무-졸참나무군락, 자작나무군락으로 구분되었다. 종다양도는 산불지역이 0.3679~0.5907로 비산불지역 0.5728~0.8865보다 낮았다. 출현종수는 산불지역이 5~8종으로 비산불지역 8~12종보다 작았으며 개체수는 산불지역(156~465개체)이 비산불지역(61~227개체)보다 많았다. 100m²당 층위별 생육밀도 분석결과 교목층에서는 신갈나무가 1~8주, 졸참나무가 3~5주, 아교목층에서는 졸참나무 2~4주, 신갈나무 1주 등이 출현하였다. 토양의 경우 산불지역 pH가 5.45로 비산불지역 pH 5.25보다 높았다. 식생복원모델은 천이 중간단계에 해당하는 신갈나무-졸참나무 중경목군락을 모델로 설정하여 식재종과 식재밀도 그리고 식재모델을 제시하였다.

주요어 : 천이, 토양산도, 종다양도, 식재밀도

ABSTRACT

This study has analyzed the vegetation structure to suggest a vegetation ecological restoration model by using the case of the afforestation for erosion control area with *Pinus koraiensis* and *Betula platyphylla*, etc., on the hills of the Young-in mountains after its great fire in 2000. Of the area having a dimension of 1,152,404.3m² selected as a survey site for the existing vegetation, the forest fire area accounted for 69.2% among which, brushwoods accounted the most for 24.67%. As a result of analysis of the 27 surveyed unit plots[unit dimension: 100m²]set up in consideration of the existing vegetation pattern and damaged state from the forest fire, the surveyed area was classified into 10 communities. Shrub layer's vegetation was found to be dominant in forest fire areas and the surveyed sites were classified into 5 plant communities, i.e. *P. koraiensis*

1 접수 6월 8일 Received on Jun. 8, 2007

2 동문건설(주) 특화사업부 Dept. of Specialization Project, Dongmoon Construction Co., Ltd., Seoul(150-744), Korea

3 진주산업대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Jinju National Univ., Junju(660-758), Korea

* 교신저자, Corresponding author(hoyal209@chol.com)

community, *Quercus variabilis* community, *P. thunbergii* community, *Q. serrata* community, *B. platyphylla* community in forest fire areas, while non-forest fire areas were classified into 5 plant communities, such as *P. densiflora* community, *Q. acutissima* community, *Q. serrata* community, *Q. mongolica*-*Q. serrata* community, *B. platyphylla* community. Species diversity of forest fire areas was 0.3679~0.5907 and that of non-forest fire areas was 0.5728~0.8865. In addition, the number of the species in the forest fire areas was 5~8 and that of non-forest areas was 8~12; however, the population of forest fire areas(156~456) was higher than that of non-forest fire areas(61~227). In the analysis of growth density per layer[of 100m²], there appeared 1~8 trees of *Q. mongolica* and 3~5 trees of *Q. serrata* in the upper layer species; 2~4 trees of *Q. serrata* and one tree of *Q. mongolica* in the canopy layer. As for the characteristics of soil, acidity of forest fire areas was pH 5.45 and that of non-forest fire was pH 5.25. By setting up the middle D.B.H range of *Q. mongolica*-*Q. serrata* community as the vegetation restoration model, planting species, planting density and planting models are suggested

KEY WORDS : SUCCESSION, SOIL pH, SPECIES DIVERSITY, PLANTING DENSITY

서론

산림은 환경개선기능, 수자원함양기능, 국토보전기능 등의 중요한 역할을 수행하지만, 최근의 무분별한 국토개발에 따른 벌채, 병충해 등으로 인해 산림의 훼손이 가중화 되고 있다. 특히 산불은 우리 주변에서 흔히 접하는 산림생태계 훼손의 대표적 요인으로(이경재 등, 2000; 박관수 등, 2002) 1989년부터 1998년까지 약 334건의 산불이 발생했고 피해면적은 약 1,515ha에 이르고 있다. 산불발생시기는 11월부터 이듬해 4월까지 집중되어 그 피해규모가 매년 증가하고 있다.

산불발생후 피해지역은 토양침식 등을 방지하기 위한 사방사염차원에서 조림이 이루어져 대부분 기존 생태계 속성을 고려하지 않은 복원으로 산림생태계 훼손은 가중되고 있다. 특히 산불은 토양과 식생구조의 변화를 야기하므로 생태적 속성을 명확히 분석한 후 복원 방안을 수립해야 한다. 산림훼손지역의 생태적 식생복원은 생태적 천이와 같은 식물생태학적 지식을 기반으로 도출해야하며(Morrison, 1996) 아울러 기존 식생 및 잠재자연식생을 고려하여 복원해야 한다.

지금까지 산불지역에 대한 연구는 산불피해 후 식생구조 분석 및 모니터링 연구(김갑덕 등, 1991; 山田等, 1966), 산불피해 후 산화지와 비산화지간의 식생구조 및 토양이화학적 특성의 동태에 관한 연구(심학보와 김원, 1996; 오기철 등, 2001), 토양이화학적 특성 변화에 관한 연구(남이 등, 2000; 김중갑과 오기철, 2001) 등산불이 초본층에 미치는 영향에 대한 연구(박관수 등, 2002) 등이 대부분이다. 이 외에 산불지역 피해목 제거와 야생조류와의 관계, 토양침식량에 대한 연구가

진행되고 있다(최창용 등, 2007; 정원욱과 마호섭, 2001). 산불피해지역에 대한 연구는 1996년도에 발생한 고성산불을 기점으로 강원도 일대 소나무림 피해 및 복원에 대한 연구와 식생변화 동태에 관한 연구가 주를 이루고 있는 실정이며 산불피해지역의 특성에 따른 식생복원모델에 대한 연구는 실정이다.

연구대상지가 위치한 영인면 아산리 일원은 식물구계학상 한반도의 온대남부에 위치하고 있으면서 온대중부지역과 인접하여 다양한 식물상이 나타나고 있으나(정용문 등, 2006), 이상명과 김호준(2001)에 의한 식물상 보고, 정용문 등(2006)에 의한 산림군락 구조 분석 연구뿐이다. 연구대상지는 2000년도 산불이 발생한 영인산자락 일대 중 2001년에 잣나무, 자작나무, 툼림나무, 곰솔 등을 조림한 산불피해지역을 중심으로 주변 일대를 대상으로 하였다.

본 연구에서는 생태적 속성을 고려한 식생복원을 위해 산불지역과 비산불지역의 식생구조를 분석하여 산불에 의해 훼손된 피해지역의 식생복원모델을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사범위 및 시기

연구대상지는 충청남도 아산시 영인면에 입지한 영인산(363m) 서쪽 일원에 위치하며 2000년도에 산불이 발생한 지역이다. 영인산은 북위 36°49'76.6"~36°51'15.4", 동경 126°56'39.7"~126°57'74.9"로 충청남도 서북부지역에 위치하며 행정구역상으로는

충청남도 아산시 영인면 아산리에 속한다. 영인산 일원은 식물분포 구계상 북대식물계의 중일구계에 속하고 냉온대 낙엽활엽수림대의 온대중부에 속하며 주요 우점 수종으로는 신갈나무, 소나무, 상수리나무, 졸참나무 등이다(정용문 등, 2006).

현존식생은 산불피해지역을 중심으로 면적 1,152,404.3㎡를 설정하여 2006년 5월에 조사하였다. 식물군락구조 조사를 위한 조사구는 10m×10m (100㎡) 크기의 방형구를 산불피해상태와 현존식생유형을 고려하여 총 27개소를 설정하였으며 조사는 2006년 11월에 2차례 실시하였다. 토양특성도 산불피해와 현존식생유형을 고려하여 총 20개소를 설정하였으며 토양채취 및 분석은 2006년 10월에 실시하였다.

2. 조사분석 방법

1) 식생 및 환경요인 조사

현존식생조사는 식생상관을 중심으로 1/5,000 축척의 수치지형도를 이용하여 작성하였다. 식생조사는 Monk *et al.* (1969)의 방법을 참조하여 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 수관층위별로 실시하였으며 흉고직경(DBH) 1cm 이상이면서 상층수관을 이루는 수목을 교목층, 흉고직경 1cm 미만의 수목을 관목층, 기타 수목을 아교목층으로 구분하였다. 교목층과 관목층은 10m×10m 크기의 방형구에서 수목의 흉고직경을, 관목층은 각 방형구에서 5m×5m 크기로 중첩해서 설치한 소형 방형구 1개소에서 수목의 수관폭(장변×단

변)을 조사하였다. 각 조사지의 일반적 개황으로는 지형적 위치, 경사도, 울폐도, 수고 등을 조사하였다. 토양분석을 위한 시료는 유기물층을 걷어내고 A층에 해당하는 토양층에서 채취하였으며 토양특성 분석은 산불이 산림토양이 미치는 영향을 연구한 Ahlgren and Ahlgren(1960)의 연구결과를 고려하여 토양 pH, 유기물함량, 양이온치환능력, 유효인산, 전기전도도 등을 분석하였다. Figure 1은 연구대상지 및 조사위치도이다.

2) 식물군락구조 조사

식생조사 자료를 토대로 각 수종의 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(importance value: I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점치(importance percentage: I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며 개체들의 크기를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층 I.P.×3+아교목층 I.P.×2+관목층 I.P.×1)/6으로 평균상대우점치(mean importance percentage: M.I.P.)를 구하였다. 이외 군락별 종수 및 개체수, Shannon의 종다양도(Pielou, 1975)를 분석하였다. 군락의 분류는 대상지가 산불피해 및 인위적 식재에 의해 훼손된 식생구조이므로 조사구별 평균상대우점치(Mean Importance Percentage: M.I.P.)와 평균흉고직경을 고려하여 구분하였다.

결과 및 고찰

1. 조사지 개황

Table 1은 연구대상지를 산불지역과 비산불지역으로 구분하여 설정한 27개 조사구에 대한 일반적 개황을 나타낸 것이다.

산불지역에 설정한 10개 조사구의 경사는 13~35°이었으며 층위별 수고는 교목층 3.5~4m, 아교목층 2~3m, 관목층 0.5~1.5m로서 대부분 교목층과 아교목층이 훼손된 상태로 산불 피해후 성장한 수목 일부가 교목층과 아교목층을 형성하고 있었다. 층위별 흉고직경은 교목층 3~4cm, 아교목층 2~3cm이었다.

비산불지역에 설정한 17개 조사구의 경사는 7~26°이었고 층위별 수고는 교목층 9~17m, 아교목층 3~7m, 관목층 1~2m이었다. 층위별 평균흉고직경은 교목층 14~27cm, 아교목층 3~6cm이었다.

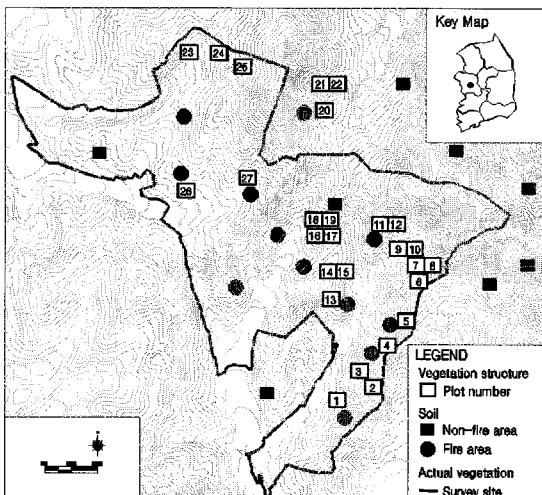


Figure 1. Location map of survey plots

Table 1. General description of the physical features and vegetation of the surveyed plots

Community	Burned area										
	<i>P. koraiensis</i> (Planted)		<i>Q. variabilis</i>			<i>P. thunbergii</i> (Planted)		<i>Q. serrata</i>	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Planted)		
Plot number	1	2	3	4	5	6	13	20	24	25	
Aspect	N30W	N45W	N80W	N45W	N86W	N70W	N75W	S80E	N30W	N35W	
Slope(°)	34	30	20	20	28	22	13	26	35	30	
Canopy	Height(m)	-	-	4	-	3.5	-	-	-	-	
	Mean DBH(cm)	-	-	4	-	3	-	-	-	-	
	Cover(%)	-	-	40	-	30	-	-	-	-	
Subcanopy	Height(m)	-	2	-	2	-	2.0	3	2	2	2
	Mean DBH(cm)	-	2	-	2	-	2	3	2	2	2
	Cover(%)	-	10	-	10	-	30	20	10	10	10
Shrub	Height(m)	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5
	Cover(%)	80	90	80	80	70	80	40	20	20	20
Herb	Height(m)	0.5	1.0	0.5	0.5	0.3	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
	Cover(%)	30	30	30	40	40	40	5	50	50	50

Table 1. (Continued)

Community	Non-burned area											
	<i>P. densiflora</i>			<i>Q. acutissima</i>				<i>Q. mongolica</i> - <i>Q. serrata</i>		<i>Q. serrata</i>	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	
Plot number	7~8	14~15	27	9~10	11~12	22~23	26	17	21	16	18~19	
Aspect	S86W	S35W	S40W	S30W	S45W	N50E	S35W	N45W	N50E	N45W	S10W	
Slope(°)	24	7	15	18	16	22	15	17	22	17	26	
Canopy	Height(m)	9	17	13	14	15	15	15	13	15	13	
	Mean DBH(cm)	18	27	15	20	17	20	15	15	20	15	14
	Cover(%)	70	60	70	80	70	70	75	80	70	80	70
Subcanopy	Height(m)	4	4	-	-	3	6	10	7	6	7	6
	Mean DBH(cm)	3	4	-	-	3	6	17	5	6	5	4
	Cover(%)	20	20	-	-	20	10	40	15	10	15	15
Shrub	Height(m)	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	Cover(%)	30	20	40	70	40	20	3.0	20	20	20	50
Herb	Height(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	Cover(%)	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	

2. 현존식생구조 분석

현존식생구조 분석은 연구대상지 전체의 자연성, 식생발달정도, 훼손정도 등을 파악하여 향후 생태적 복원 계획 수립의 기초가 된다(조우 등, 2005). 연구대상지의 현존식생 유형별 면적 및 비율은 Table 2와 같고 현존식생유형을 도면화한 것은 Figure 2이다.

산불피해로 인해 식생이 훼손된 지역 중 1,152,404.3m²를 연구대상지로 선정하여 현존식생구조를 분석하였다. 조사결과 산불피해 흔적이 남아있는 지역은 797,501.5m²(69.2%)이었으며 이중 산불로 인해 교

목층과 아교목층이 훼손되어 관목숲으로 형성된 지역이 24.67%(248,354.8m²)이었다. 이외 주요 현존식생 유형으로는 신갈나무(8.79%), 소나무(9.88%), 리기다소나무(6.20%) 등이었으며 신갈나무는 사면지역, 소나무와 리기다소나무는 능선부와 계곡부 저지대를 중심으로 분포하였다.

관목숲 식생우점지역은 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무, 떡갈나무 등의 참나무류가 맹아 혹은 치수상태로 우점하면서 일부 잣나무, 곰솔, 자작나무, 참싸리, 툇림나무 등이 조림된 상태이었다. 영인산 지역의 주요 식생은 능선부역 소나무, 사면지역은 신갈나무와 졸참

Table 2. The distribution ratio of actual vegetation types

Type	Area (m ²)	Ratio (%)
1. <i>Pinus densiflora</i>	113,808.5	9.88
2. <i>P. densiflora</i> - <i>Quercus acutissima</i>	173.4	0.02
3. <i>P. densiflora</i> - <i>Q. serrata</i>	2,328.6	0.20
4. <i>Q. mongolica</i>	101,284.1	8.79
5. <i>Q. mongolica</i> - <i>Q. acutissima</i>	26,545.0	2.30
6. <i>Q. mongolica</i> - <i>Robinia pseudo-acacia</i>	15,084.8	1.31
7. <i>Q. mongolica</i> - <i>Q. serrata</i>	6,985.8	0.61
8. <i>Q. acutissima</i>	189,196.1	16.42
9. <i>Q. acutissima</i> - <i>Q. mongolica</i>	11,825.8	1.03
10. <i>Q. acutissima</i> - <i>P. densiflora</i>	1,858.0	0.16
11. <i>Q. acutissima</i> - <i>Q. serrata</i>	3,261.6	0.28
12. <i>Q. serrata</i>	4,370.0	0.38
13. <i>Q. Spp.</i>	31,921.8	2.77
14. <i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	19,635.8	1.70
15. <i>P. rigida</i>	71,427.8	6.20
16. <i>P. rigida</i> - <i>P. densiflora</i>	1,151.2	0.10
17. <i>Castanea crenata</i>	91,397.3	7.93
18. <i>C. crenata</i> - <i>Q. acutissima</i>	5,719.6	0.50
19. <i>Robinia pseudo-acacia</i>	8,871.5	0.77
20. <i>Populus x albaglandulosa</i>	13,263.7	1.15
21. Shrub(fired area)	284,354.8	24.67
22. Glassland	11,489.7	1.32
23. <i>Phragmites communis</i>	2,373.5	0.21
24. <i>Salix koreensis</i>	6,392.3	0.55
25. Farm	118,638.2	10.29
26. Urban area	9,045.4	0.78
Total	1,152,404.3	100.00

나무, 계곡부 저지대는 상수리나무가 주로 분포하므로 (정용문 등, 2006) 연구대상지의 경우에도 산불이전에는 신갈나무와 졸참나무 등의 참나무류가 우점하는 지역이었을 것으로 판단되므로 향후 이들 수종을 고려한 복원방안이 수립되어야 한다.

3. 식물군락구조 분석

1) 군락분류

연구대상지는 산불로 인한 피해, 인위적 조성 등의 지속적 인간의 간섭이 가해진 지역으로 TWINSpan에 의한 군락의 분류는 불가능하였다. 이에 본 연구에서는 현존식생 유형을 고려하여 설정한 27개 조사구의 평균

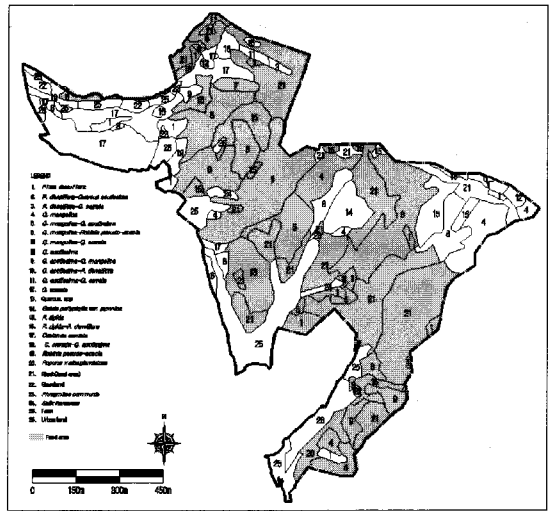


Figure 2. The map of actual vegetation types

상대우점치와 산불피해유무를 참고로 군락을 분류하였다(Table 3).

군락은 총 10개 군락으로 구분되었으며 이중 산불지역 5개 군락, 비산불지역 5개 군락으로 나뉘어졌다. 산불지역의 경우 조성된 잣나무군락(2개 조사구), 곰솔군락(1개 조사구), 자작나무군락(3개 조사구)과 산불 후 관목식생 중 우점수종을 중심으로 굴참나무군락(3개 조사구), 신갈나무-졸참나무군락(1개 조사구)으로 구분되었다.

비산불지역은 교목층 우점종에 의해 주로 구분되었는데, 소나무군락(5개 조사구) 상수리나무군락(7개 조사구), 신갈나무-졸참나무군락(2개 조사구), 졸참나무군락(1개 조사구), 자작나무군락(2개 조사구)이었다.

2) 상대우점치

평균상대우점치를 고려하여 구분된 10개 군락별로 층위별 상대우점치 및 평균상대우점치를 나타낸 것이 Table 4이며 Figure 3은 주요 군락의 수관투영도이다.

산불지역내 잣나무군락은 Figure 3에서 나타나듯이 산불피해 후 관목식생이 우점하는 가운데 사방사업 차원에서 잣나무가 식재된 상태로 교목층은 형성되지 않았으며 아교목층은 잣나무(I.P. 77.3%)가 우점하면서 떡갈나무, 굴참나무, 신갈나무 등이 일부 출현하였다. 관목층은 졸참나무(I.P. 37.0%)와 진달래(I.P. 30.0%)가 주요 우점종이었다. 산불지역의 굴참나무군

Table 3. Mean importance percentage of major woody species in twenty-seven plots

Community* Species	Fired area										Non-fired area																	
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X									
	1	2	3	4	5	6	13	20	24	25	7	8	14	15	27	9	10	11	12	22	23	26	17	21	16	18	19	
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59.5	69.4	50.0	50.0	50.0	29.9	9.3	-	-	-	-	2.3	26.6	-	-	-	-	-
<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	-	60.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. koraiensis</i>	45.7	54.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	14.5	2.3	59.8	43.9	68.8	35.6	-	-	-	8.5	2.0	5.2	-	0.4	-	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. dentata</i>	-	16.6	13.2	4.6	0.8	-	0.8	42.7	34.8	-	-	-	-	4.0	0.7	-	7.7	6.9	-	1.0	8.0	2.8	-	-	11.1	0.9	13.7	
<i>Q. aliena</i>	-	-	14.5	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6	-	-	-	9.4	2.2	7.4	11.4	-	-	-	7.0	-	0.5	55.4	38.8	
<i>Q. mongolica</i>	7.2	-	0.2	30.5	10.9	-	23.5	-	9.8	-	24.9	7.6	-	-	1.1	0.7	-	5.8	7.5	24.8	0.1	5.6	41.6	50.0	20.5	-	-	
<i>Q. serrata</i>	12.5	10.1	6.1	2.9	3.1	2.0	50.2	1.1	-	1.5	-	3.6	-	3.1	0.1	2.7	-	3.4	-	-	-	-	38.7	23.8	50.0	-	2.9	
<i>Q. acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.1	-	-	33.3	22.7	0.4	53.4	53.9	71.5	62.7	25.2	50.0	50.0	-	-	-	7.3	-	
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	3.0	1.0	4.2	2.3	5.4	1.2	-	0.6	2.3	14.5	0.9	0.7	0.2	-	0.1	0.5	4.7	-	-	-	0.2	1.1	-	-	-	-	2.1	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	17.0	7.4	-	4.6	5.4	1.2	0.7	0.8	24.3	11.8	6.8	9.3	1.3	3.8	2.3	-	-	-	-	0.9	0.6	3.2	2.9	-	4.9	-	-	
<i>Betula paltiphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	0.4	-	-	-	31.3	20.9	22.9	-	-	-	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.5	38.3	
<i>Syrax japoni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	0.5	0.7	1.5	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	6.3	-	-	-	
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	0.6	40.6	-	1.0	0.9	18.7	2.9	-	-		
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	6.5	0.3	-	-	-	-	3.0	0.3	2.2	0.8	-	0.5	2.9	-		
<i>Smilax china</i>	-	2.9	1.2	0.5	0.5	-	2.9	0.9	-	-	0.9	0.7	0.9	-	1.0	0.3	-	1.0	-	-	-	1.4	-	-	-	-	1.5	

* I: *Pinus Koraiensis* Comm.(Planted), II: *Quercus variabilis* Comm., III: *Pinus thunbergii* Comm.(Planted), IV: *Quercus serrata* Comm., V: *Betula paltiphylla* var. *japonica* Comm.(Planted), VI: *Pinus densiflora* Comm., VII: *Quercus acutissima* Comm., VIII: *Quercus mongolica-Quercus serrata* Comm., IX: *Quercus serrata* Comm., X: *Betula paltiphylla* var. *japonica* Comm.

락은 교목층에서 굴참나무가 수고 3.5~4m, 흉고직경 3~4cm의 규격으로 상대우점치 94.8%로 우점하였고 아교목층은 굴참나무(I.P. 51.0%), 신갈나무(I.P. 17.5%), 갈참나무(I.P. 14.5%) 등이 주요 출현종이었다. 관목층은 진달래(I.P. 20.7%)가 우점하면서 신갈나무, 참싸리, 떡갈나무 등이 분포하였다(Figure 3). 곰솔군락은 산불피해후 수고 2m정도의 곰솔이 식재된 상태로 교목층은 아직 형성되지 않았으며 아교목층에서는 곰솔이 I.P. 88.6%로 우점종이었다. 관목층은 굴참나무(I.P. 84.0%)가 주요 출현종이었다. 졸참나무군락은 산불피해후 맹아 및 치수에 의해 졸참나무(I.P. 54.9%)와 신갈나무(35.3%)가 교목층을 형성하고 있으며 관목층에는 졸참나무와 조록싸리가 주요 출현종이었다. 자작나무군락은 산불피해후 자작나무를 식재한 상태로 아교목층에 자작나무(I.P. 93.8%)가 우점하였고 관목층은 떡갈나무(I.P. 24.3%), 산딸기(I.P. 19.1%), 진달래(I.P. 12.8%) 등이 주요 종이었다. 관목층 식피율은 20%정도로 다른 군락에 비해 낮았는데, 이는 자작나무 식재지역 일대가 산불피해가 심했기 때문이었다.

이상 산불피해지역내에 분포하는 5개 군락의 상대

우점치를 분석한 결과 사방사업차원에서 식재된 잣나무, 곰솔, 자작나무 등을 제외하고는 대부분 신갈나무, 떡갈나무, 갈참나무, 졸참나무, 참싸리 등이 우점하고 있었다. 산불이나 벌채에 의해 훼손된 지역은 주변 식생에 의해 영향을 받는 것으로 나타났으며 낙엽참나무류가 우점했던 지역은 졸참나무의 출현빈도가 높다는 연구(우보명 등, 1994; 박관수 등, 2002; 오기철 등, 2001)와 비교해 볼 때 본 대상지역은 낙엽참나무류인 신갈나무가 우점하였던 지역으로 신갈나무와 더불어 졸참나무가 다수 출현하였다. 따라서 향후 산불피해지역 식생복원을 위해서는 신갈나무와 졸참나무를 우점종으로 한 식생복원이 이루어져야 한다.

비산불지역내 5개 군락중 소나무군락은 교목층에서 소나무(I.P. 95.3%)가 우점하였고 아교목층에서도 소나무(I.P. 40.2%)가 우점하면서 상수리나무와 신갈나무 등이 주요 출현종이었다. 관목층은 진달래(I.P. 22.0%)와 산초나무(I.P. 12.8%)의 우점도가 높았다. 특히 소나무군락은 지속적 하예작업으로 인해 관목층을 중심으로 다양한 종들이 출현하고 있었다. 상수리나무군락은 대상지 사면저지대를 중심으로 넓게 분포하였고 대부분 흉고직경 20cm이상으로 대경목이었다.

Table 4. Importance percentage(I.P.) of ten-communities

Community Species	Fired area											
	<i>Pinus koraiensis</i> (Planted) Comm.				<i>Quercus variabilis</i> Comm.				<i>P. thunbergii</i> (Planted) Comm.			
	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d
<i>Pinus koraiensis</i>	-	77.3	0.6	51.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. rigida</i>	-	2.0	0.3	1.4	3.2	-	-	1.6	-	-	-	-
<i>P. thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88.6	2.9	60.0
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	0.9	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-
<i>Corylus sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	-	6.9	4.5	6.1	94.8	51.0	6.3	65.4	-	11.4	84.0	35.6
<i>Q. dentata</i>	-	9.7	9.3	9.6	-	13.5	14.2	6.9	-	-	-	-
<i>Q. aliena</i>	-	-	-	-	2.1	14.5	5.6	6.8	-	-	-	-
<i>Q. mongolica</i>	-	2.5	3.4	2.8	-	17.5	17.3	8.7	-	-	-	-
<i>Q. serrata</i>	-	-	37.0	12.3	-	3.6	14.0	3.5	-	-	5.9	2.0
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	1.6	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	1.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	1.7	1.4	1.6	-	-	15.8	2.6	-	-	3.6	1.2
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	4.5	1.5	-	-	2.0	0.3	-	-	-	-
<i>Rhus chinensis</i>	-	-	0.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	30.0	10.0	-	-	20.7	3.4	-	-	3.6	1.2
<i>Smilax china</i>	-	-	4.4	1.5	-	-	3.5	0.6	-	-	-	-

* a: Canopy layer importance percentage, b: Subcanopy layer importance percentage, c: Shurb layer importance percentage, d: Mean importance percentage

Table 4. (Continued)

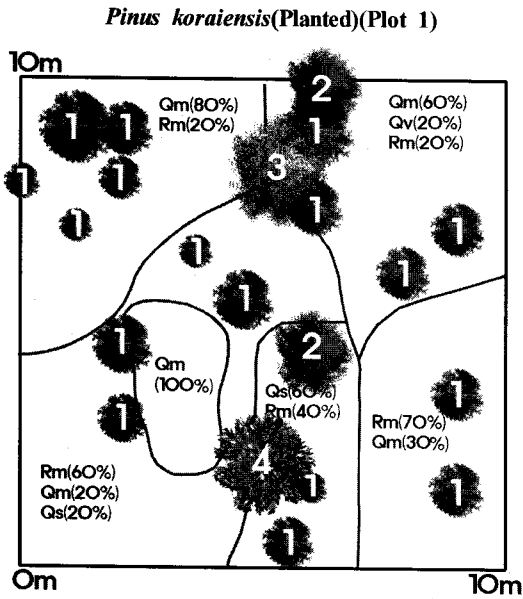
Community Species	Fired area								Non-fired area			
	<i>Quercus serrata</i> Comm.				<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Planted) Comm.				<i>Pinus densiflora</i> Comm.			
	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d
<i>Pinus rigida</i>	9.9	-	1.7	7.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. densiflora</i>	-	-	-	-	-	-	4.9	1.6	95.3	40.2	-	61.0
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	93.8	7.4	65.0	-	4.1	-	1.4
<i>Alnus hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	-	-	-	-	1.7	0.6	-	-	-	-
<i>C. sieboldiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.1
<i>Castanea crenata</i>	-	-	-	-	-	6.2	-	4.1	-	-	-	-
<i>Quercus acutissima</i>	-	-	-	-	-	-	1.2	0.4	-	25.1	5.2	9.2
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	2.0	0.7	-	3.8	2.5	1.7
<i>Q. dentata</i>	-	-	-	-	-	-	24.3	8.1	-	-	7.0	1.2
<i>Q. aliena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.8
<i>Q. mongolica</i>	35.3	-	-	26.5	-	-	3.3	1.1	4.7	11.5	5.9	7.2
<i>Q. serrata</i>	54.9	-	41.0	51.4	-	-	3.1	1.0	-	2.7	4.0	1.6
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	-	-	1.6	0.5	-	-	-	-
<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	-	-	-	-	19.1	6.4	-	-	8.9	1.5
<i>R. parvifolius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	-	0.7
<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	-	-	-	0.2	0.1	-	-	-	-
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	20.5	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	5.8	1.9	-	-	1.6	0.3
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	-	-	-	-	8.0	2.7	-	-	1.0	0.2
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	-	1.0	0.3	-	-	12.8	2.1
<i>Ailanthus altissima</i>	-	-	26.1	6.5	-	-	-	-	-	4.1	-	1.4
<i>Rhus chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1	0.4	0.8
<i>R. trichocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4	-	0.8
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	-	-	-	-	0.8	0.3	-	-	-	-
<i>Ampelopsis heterophylla</i>	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	2.1	0.5	-	-	12.8	4.3	-	-	22.0	3.7
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.1
<i>Styrax japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.9	3.3	1.2
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7	0.1
<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.2
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	0.3
<i>Smilax china</i>	-	-	8.7	2.2	-	-	2.2	0.7	-	-	2.3	0.4
<i>Liriodendron tulipifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7	1.0

* a: Canopy layer importance percentage, b: Subcanopy layer importance percentage, c: Shrub layer importance percentage, d: Mean importance percentage

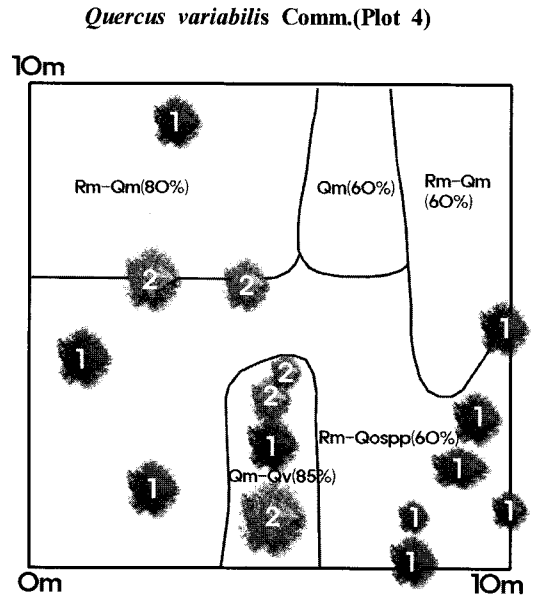
Table 4. (Continued)

Community Species	Non-fired area															
	<i>Quercus acutissima</i> Comm.				<i>Q. mongolica</i> - <i>Q. serrata</i> Comm.				<i>Q. serrata</i> Comm.				<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> Comm.			
	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d
<i>Pinus rigida</i>	2.3	3.3	-	2.3	-	5.5	-	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. densiflora</i>	2.7	48.1	0.2	17.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Taxodium distichum</i>	-	-	1.9	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juniperus rigida</i>	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57.9	7.5	-	31.5
<i>Corylus heterophylla</i>	-	-	7.9	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. sieboldiana</i>	-	-	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	-	-	4.7	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus acutissima</i>	90.2	22.2	2.4	52.9	-	-	-	-	14.6	-	-	7.3	-	-	-	-
<i>Q. variabilis</i>	-	1.3	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. dentata</i>	-	1.3	22.1	4.1	-	5.2	-	1.8	-	33.3	-	11.1	-	11.1	-	3.7
<i>Q. aliena</i>	-	5.5	7.1	3.0	-	9.3	4.2	3.8	-	-	3.1	0.5	31.5	68.4	79.5	51.8
<i>Q. mongolica</i>	4.8	11.9	2.3	6.7	88.1	-	-	44.1	17.2	23.2	24.7	20.5	-	-	-	-
<i>Q. serrata</i>	-	-	3.4	0.6	11.9	64.3	23.5	31.3	68.2	43.6	8.0	50.0	3.5	-	-	1.7
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	4.3	1.9	1.7	-	-	-	-	7.1	-	-	3.6
<i>Cocculus triobus</i>	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	0.2
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	3.5	7.3	2.4	-	11.4	38.5	10.2	-	-	17.3	2.9	-	-	-	-
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simplici-flora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	0.6
<i>Rosa multiflora</i>	-	-	1.9	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2	0.7
<i>Prunus sargentii</i>	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Albizia julibrissin</i>	-	1.4	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	-	4.3
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	-	-	5.7	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. cyrtobotrya</i>	-	-	6.7	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.0	1.2
<i>Pueraria thunbergiana</i>	-	-	2.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Indigofera kirilowii</i>	-	-	1.5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum</i> <i>schinifolium</i>	-	-	7.0	1.2	-	-	1.9	0.3	-	-	17.3	2.9	-	-	-	-
<i>Celastrus orbiculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	0.2
<i>Parthenocissus</i> <i>tricuspidata</i>	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhododendron</i> <i>mucronulatum</i>	-	-	6.9	1.2	-	-	5.5	0.9	-	-	29.6	4.9	-	-	-	-
<i>Diospyros lotus</i>	-	-	0.6	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	3.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Styrax japonica</i>	-	1.7	0.9	0.7	-	-	21.7	3.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lonicera japonica</i>	-	-	1.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Smilax china</i>	-	-	3.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6	0.6

* a: Canopy layer importance percentage, b: Subcanopy layer importance percentage, c: Shrub layer importance percentage, d: Mean importance percentage

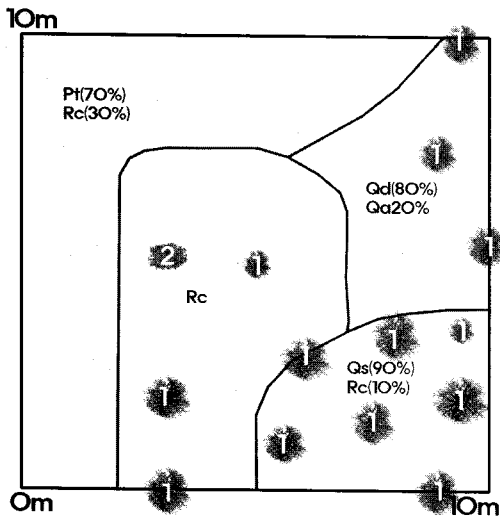


Legend 1. *Pinus koraiensis*, 2. *Quercus variabilis*, 3. *Q. mongolica*, 4. *Lespedeza cyrtobotrya*



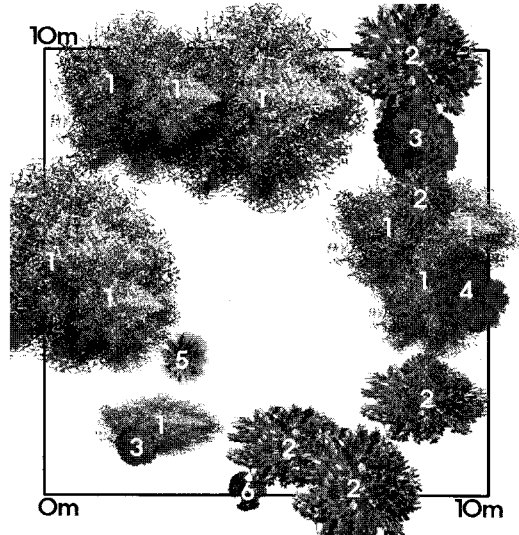
Legend 1. *Quercus variabilis*, 2. *Q. mongolica*

***Betula platyphylla* var. *japonica* Comm.(Plot 20)**



Legend 1. *Betula platyphylla* var. *japonica*, 2. *Castanea crenata*

***Quercus mongolica*-*Q. serrata* Comm.(Plot 17)**



Legend 1. *Quercus mongolica*, 2. *Q. serrata*, 3. *Q. aliena*, 4. *Q. dentata*, 5. *Zelkova serrata*, 6. *Pinus rigida*

Figure 3. Crown projection of major community

* Qm: *Q. mongolica*, Qv: *Q. variabilis*, Qs: *Q. serrata*, Qd: *Q. dentata*, Qospp: *Q. spp.*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Pt: *Pueraria thunbergiana*,

Table 5. The diversity index of Shannon of ten-communities

(Unit: 100 m²)

Division	Community	H'(shannon)	J'(evenness)	D(dominance)	H'max
Fired area	<i>P. koraiensis</i> (Planted)	0.4869	0.5762	0.4238	0.8451
	<i>Q. variabilis</i>	0.8003	0.8862	0.1138	0.9031
	<i>P. thunbergii</i> (Planted)	0.3679	0.5263	0.4737	0.6990
	<i>Q. serrata</i>	0.5490	0.6496	0.3504	0.8451
	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Planted)	0.5907	0.8451	0.1549	0.6990
Non-fired area	<i>Q. acutissima</i>	0.7518	0.7518	0.2482	1.0000
	<i>P. densiflora</i> Comm	0.8865	0.8215	0.1785	1.0792
	<i>Q. serrata</i>	0.7640	0.8460	0.1540	0.9031
	<i>Q. mongolica-Q. serrata</i>	0.7673	0.8497	0.1503	0.9031
	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	0.5728	0.6003	0.3997	0.9542

층위별 상대우점치를 살펴보면 교목층은 상수리나무(I.P. 90.2%)가 우점하였고 아교목층은 소나무(I.P. 48.1%), 상수리나무(I.P. 22.2%), 신갈나무(I.P. 11.9%) 등이 주요 출현종이었다. 관목층은 떡갈나무(I.P. 22.1%)의 출현빈도가 높았다. 신갈나무-졸참나무군락은 2개 조사구가 포함되며 교목층은 신갈나무(I.P. 88.1%)와 졸참나무(I.P. 11.9%)로 구성되었으며 아교목층은 졸참나무(I.P. 64.3%), 관목층은 생강나무(I.P. 38.5%)와 졸참나무(I.P. 23.5%)가 주요 우점종이었다(Figure 3). 졸참나무군락은 1개 조사구가 포함되며 교목층과 아교목층에서 졸참나무가 상대우점치 68.2%, 43.6%로 각각 우점하였다. 자작나무군락은 대상지 중앙부 계곡부를 중심으로 넓게 분포하였으며 교목층은 자작나무(I.P. 57.9%)가 우점하였지만 아교목층과 관목층에는 갈참나무가 상대우점치 68.4%, 79.5%로 우점종이었다.

3) 종다양도

10개 군락별 단위면적 100m²를 기준으로 종다양도 지수를 분석하였다(Table 5). 산불지역의 5개 군락은 종다양도지수가 0.3679~0.5907이었고 이중 곰솔군락이 0.3679로 가장 낮았다. 이는 암반이 다수 분포되어 있는 지역적 특성으로 산불피해후 다양한 종의 유입 활착이 불가능했기 때문으로 판단되었다. 비산불지역 5개 군락의 종다양도 지수는 0.5728~0.8865로 산불지역보다 높았다.

4) 종수 및 개체수

10개 군락별 종수 및 개체수를 분석하기 위해 최소 조사구단위를 고려해 단위면적 100m²를 기준으로 하였다(Table 6). 단위면적별 전체 출현종수는 산불지역이 5~8종, 비산불지역이 8~12종이었다. 산불지역이 비산불지역보다 종수가 많다는 연구(심학보와 김원, 1996)와 비교해 볼 때 차이가 있었다. 단위면적별 출현 개체수는 산불지역이 156~465개체, 비산불지역이 61~227개체로 산불지역이 비산불지역보다 현저히 높

Table 6. The number of species and individual of ten-communities

(Unit: 100 m²)

Division	Community	No. of individual				No. of species
		C ^a	U ^b	S ^c	Total	
Fired area	<i>Pinus koraiensis</i> (Planted)	-	21	444	465	7
	<i>Quercus variabilis</i>	19	11	180	210	8
	<i>P. thunbergii</i> (Planted)	-	15	404	419	5
	<i>Q. serrata</i>	12	-	144	156	7
	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (Planted)	-	-	452	452	5
Non-fired area	<i>Q. acutissima</i>	3	2	84	89	10
	<i>P. densiflora</i> Comm	6	5	216	227	12
	<i>Q. serrata</i>	8	5	80	93	8
	<i>Q. mongolica-Q. serrata</i>	11	10	40	61	8
	<i>B. etula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	7	22	112	141	9

* a: Canopy layer, b: Subcanopy layer, c: Shurb layer

게 나타났는데, 이는 산불로 인해 교목층과 아교목층이 대부분 훼손되어 관목식생에 투입된 광량이 증가하였기 때문으로 판단된다.

4. 생육밀도 분석

연구대상지내 산불피해지역의 천이경향을 고려하여 참나무류가 우점인 낙엽활엽수군락으로 복원하기 위해 참나무류군락의 생육밀도 및 수목간 최단거리를 층위별로 분석하였다(Table 7). 신갈나무-졸참나무군락은 향후 복원모델에 활용가능한 밀도 및 식재간격을 도출하기 위해 흉고직경급에 따라 중경목과 대경목으로 구분하였다. 신갈나무-졸참나무군락(중경목)의 경우 교목층에서 신갈나무 8주, 졸참나무 3주가 출현하였으며 아교목층에서는 졸참나무(4주)와 갈참나무(2주) 등이었다. 신갈나무-졸참나무군락(대경목)은 신갈나무가 교목층에서 4주만 출현하였으며 아교목층에서는 졸참나무가 4주 출현하여 신갈나무-졸참나무 중경목군락보다 단위면적당 밀도가 낮았다. 졸참나무군락은 교목층과 아교목층에서 졸참나무의 밀도가 높았다.

수목간 최단거리 분석결과 신갈나무-졸참나무군락(중경목)은 교목층 1.5~4.0m(2.0m), 아교목층 0.5~3.0m(2.2m)이었고 신갈나무-졸참나무군락(대경목)은 교목층 2.0~7.0m(5.0m), 아교목층 5.0~7.0m(6.0m)이었다. 졸참나무군락은 교목층 1.5~3.5m(2.2m), 아교목층 0.5~3.5m(2.0m)로 나타났다.

5. 토양특성

Table 8은 산불지역과 비산불지역의 토양이화학적 특성을 분석한 것으로 산불지역에 12개소, 비산불지역에 8개소를 설정하여 분석하였다. 토양산도(pH)의 경우 산불지역이 평균 5.45±0.24로 비산불지역 5.25±0.38보다 다소 높게 나타났다. 이는 산불지역이 비산불지역보다 토양산도가 낮게 나타난다는 연구결과(남이 등, 2000; Beaton, 1959; Tarrant, 1956)와 다소 차이가 있었다.

전기전도도(EC)는 산불지역(0.02~0.13dS/m)과 비산불지역(0.02~0.12dS/m)의 차이가 없었으며 유기물함량도 산불지역 0.46~2.73%, 비산불지역 0.82

Table 7. The rearing density of major species of major communities (unit: no. of individual/100m²)

Community	<i>Quercus mongolica</i>			<i>Q. mongolica</i>			<i>Q. serrata</i>		
	<i>Q. serrata</i> (middle DBH)			<i>Q. serrata</i> (large DBH)					
	C ^a	U ^b	S ^c	C ^a	U ^b	S ^c	C ^a	U ^b	S ^c
Major species									
<i>Quercus mongolica</i>	8	-	-	4	-	-	1	1	36
<i>Q. serrata</i>	3	4	12	-	4	-	5	2	4
<i>Q. aliena</i>	-	2	8	-	-	-	-	-	-
Others	-	3	20	-	1	96	1	1	52
The shortest distance between plants(m)	1.5~4.0 (2.0)	0.5~3.0 (2.2)	-	2.0~7.0 (5.0)	5.0~7.0 (6.0)	-	1.5~3.5 (2.2)	0.5~3.0 (2.0)	-

* a: Canopy layer, b: Subcanopy layer, c: Shrub layer, (): Average value

Table 8. Soil properties of twenty plots

Division	pH(1:5)	EC(1:5) (dS/m)	O.M. (%)	Avail.-P (mg/kg)	Ca	Mg	K	Na	
					(cmol/kg)				
Fired area	Mean	5.45±0.24	0.08±0.02	1.53±0.66	5.66±3.69	0.08±0.03	0.89±0.71	1.07±2.13	0.25±0.01
	Median	5.38	0.08	1.35	4.02	0.07	0.64	0.40	0.25
	Mode	5.38	0.07	1.28	-	0.06	-	-	0.25
	Max	5.98	0.13	2.73	13.20	0.10	2.65	7.73	0.27
	Min	5.03	0.07	0.46	1.80	0.04	0.33	0.17	0.22
Non-fired area	Mean	5.25±0.38	0.09±0.02	1.46±0.82	6.79±3.45	0.16±0.16	0.57±0.50	0.41±0.35	0.25±0.01
	Median	5.09	0.09	1.22	6.31	0.08	0.37	0.23	0.25
	Mode	5.08	0.08	-	-	0.08	0.26	0.13	0.23
	Max	6.09	0.12	2.94	13.3	0.43	1.71	1.04	0.26
	Min	5.05	0.05	0.46	3.03	0.04	0.2	0.13	0.23

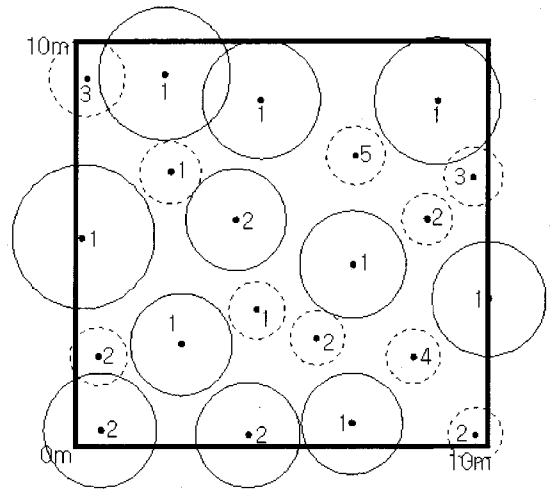
~2.94%로 유사한 상태이었다. 산불지역에서의 유기물함량은 산불 강도가 낮은 지역에서는 산화지역이 높으나 식생이 완전히 파괴된 지역에서는 비산화지의 유기물함량이 높은 것으로 연구된 바 있으며(우보명과 권태호, 1983; 심학보와 김원, 1996), 본 대상지는 산불 발생 후 6년 동안 식생회복이 일부 되었기 때문에 유사한 것으로 판단되었다. 유효인산(Avail-P)과 치환성 양이온함량은 산불지역과 비산불지역에서 유사하게 분석되어 일반적 산불지역과 비산불지역의 연구결과(남이 등, 2000; 박재현, 1995)와 다소 상이하였다.

6. 산불피해지역 생태적 식생복원 방안

훼손된 산림생태계의 복원에 있어 대상지 주위의 산림생태계나 생태계 천이계열상 중간단계 또는 잠재자연식생을 목표로 설정하는 것이 바람직하며(Sausa, 1984; 오규균, 1986) 복원지의 식재종 공간배치는 식재종의 생태적 습성과 식생학적 서열에 따른 지역의 잠재자연식생으로 해야 한다(김종원, 1993). 신갈나무와 졸참나무는 자연림지역의 온대중부지방 천이단계 중 중간단계로 연구보고되고 있다(박인협 등, 1987; 최송현, 1993; 송근준, 1994). 본 연구에서는 대상지 비산불지역 식생군락 중 대상지 원식생 혹은 잠재자연식생 중 천이중단계에 속하는 신갈나무 또는 신갈나무-졸참나무 중경목군락을 복원목표로 설정하였다.

연구대상지의 산불지역 식생분석결과 관목층을 중심으로 신갈나무, 졸참나무 등이 다수 출현하며 일부 능선부 암반지역을 중심으로 굴참나무의 출현빈도가 높았다. 현재 산불피해후 일부 잣나무, 곰솔, 자작나무가 식재되어 있으나, 인위적 간섭이 가해지지 않으면 신갈나무, 졸참나무 등이 우점하는 군락으로 발전할 것으로 판단되었다.

생태적 식생복원 모델은 복원대상지 주변지역을 대상으로 식생구조 조사를 실시하고 이를 기초로 식재수



Legend: 1. *Quercus mongolica*, 2. *Q. serrata*, 3. *Q. aliena*, 4. *Lindera obtusiloba*, 5. *Rhus chinensis*

Figure 4. Crown projection of restoration model

종, 식재비율, 식재구조 모형(평균규격, 식재거리)를 제시하여야 하므로(이경재 등, 1995) 본 연구에서는 대상지에 분포하면서 산불피해를 받지 않은 신갈나무와 졸참나무가 우점하는 군락 중 중경목급에 해당하는 군락을 대상으로 분석하였다.

Table 9는 식생복원 목표로 선정한 참나무류 중경목 군락의 층위별 종수 및 개체수, 평균고도직경 및 수고 등을 분석한 것이고 Figure 4는 이를 고려하여 식생복원 모식도를 작성한 것이다.

100m²당 식재수종과 밀도를 살펴보면, 교목층은 신갈나무(8주)와 졸참나무(3주)가 주로 분포하였으며 야 교목층은 신갈나무(2주), 졸참나무(5주), 갈참나무(2주), 생강나무(1주)가 생육하고 있으므로 이를 고려한

Table 9. Target species and no. of individual for restoration community (unit: 100m²)

Community Layer	Species name(no. of individual)	Size	
		Height (m)	DBH(cm)
Canopy layer	<i>Q. mongolica</i> (8), <i>Q. serrata</i> (3)	9~14	7~15
Subcanopy layer	<i>Q. aliena</i> (2), <i>Q. serrata</i> (5), <i>Q. mongolica</i> (2), <i>Lindera obtusiloba</i> (1)	3~7	3.5~7
Shurb layer	<i>Rhododendron mucronulatum</i> , <i>Q. mongolica</i> , <i>Q. serrata</i> , <i>Q. aliena</i> , <i>L. obtusiloba</i> , <i>Smilax sieboldii</i> , <i>Ampelopsis heterophylla</i> , <i>Weigela subsessilis</i> , <i>Stephanandra incisa</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Lespedeza maximowiczii</i> , <i>Indigofera kirilowii</i> , <i>Corylus sieboldiana</i> , <i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> , <i>Viburnum erosum</i> , <i>Rubus crataegifolius</i>	0.5~1	-

복원모델이 수립되어야 한다. 또한 영인산 일대 아교목 성상으로 주로 분포하는 산벚나무, 팔배나무, 때죽나무(정용문 등, 2006) 등이 식재가능하다. 관목층의 경우에는 대상지역내 출현하는 수종인 진달래, 신갈나무, 졸참나무, 갈참나무, 생강나무, 청가시덩굴, 개머루, 병꽃나무, 땅비싸리, 참개암나무 등 총 10종을 식재할 수 있다. 특히 이들 수종들은 영인산을 대상으로 조사한 정용문 등(2006)이 제시한 주요 관목성상의 종과도 유사하였으며 아울러 강현경과 방광자(2001)가 제시한 중부지역 신갈나무군락 복원을 위한 식재종이다.

결론

본 연구는 산불피해지역 식생구조 분석을 통한 생태적 식생복원 모델을 제시하고자 하였다. 연구대상지는 2000년도에 산불이 발생하여 사방사업차원에서 잣나무, 자작나무 등을 조림한 영인산 자락 일대를 대상으로 하였다.

현존식생 조사대상지로 선정된 1,152,404.3m² 중 산불피해지역은 69.2%이었고 이 중 관목층이 24.67%로 가장 넓었으며 신갈나무 8.79%, 소나무 9.88% 등이 주요 유형이었다. 식물군집구조 조사는 현존식생을 고려하여 설정한 27개 조사구(단위면적 100m²)를 대상으로 하였으며 이를 현존식생과 산불피해상태에 따라 10개 군락으로 구분하여 분석하였다. 산불피해지역은 식재된 잣나무군락, 굴참나무군락, 식재된 곰솔군락, 졸참나무군락, 식재된 자작나무군락의 5개 군락으로 구분하였다. 상대우점치 분석결과 교목층과 아교목층은 대부분 훼손되었으며 관목층에서는 참나무류와 진달래가 우점하면서 일부 잣나무, 곰솔, 자작나무 등이 식재된 상태이었다. 비산불지역은 소나무군락, 상수리나무군락, 졸참나무군락, 신갈나무-졸참나무군락, 자작나무군락으로 구분되었다. 종다양도의 경우 산불지역이 0.3679~0.5907로 비산불지역 0.5728~0.8865보다 낮았다. 출현종수는 산불지역 5~8종, 비산불지역이 8~12종이었으며 단위면적별 개체수는 산불지역이 비산불지역보다 높게 나타났다.

생육밀도 분석은 비산불지역 군락 중 신갈나무와 졸참나무가 우점하는 군락을 대상으로 하였으며 분석결과 교목층에서는 신갈나무가 1~8주, 졸참나무가 3~5주로 분포하였으며 아교목층에서는 졸참나무 2~4주, 신갈나무 1주 등이 출현하고 있었다. 이외 갈참나무, 굴참나무, 생강나무 등이 아교목층과 관목층에서 출현하였다. 토양의 경우 산불지역이 비산불지역보다

토양산도가 다소 높게 나타났으나, 전체적으로 유사하였다.

산불피해지역의 생태계 속성을 고려한 식생복원모델을 개발하기 위해 천이 중간단계에 해당하는 신갈나무-졸참나무 증경목군락을 모델로 설정하여 식재종 및 식재밀도를 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 목본만을 대상으로 식생복원모델을 수립한 것으로 향후 초본층까지 고려한 복원모델이 제시되어야 할 것이다.

인용문헌

- 강현경, 방광자(2001) 수도권 지역의 신갈나무군집 복원 모형. 한국조경학회지 28(6): 1-15.
- 김갑덕, 김태욱, 김준선(1991) 전남 백운산 별채지역의 산림 생태계 천이에 관한 연구(I)-전남 백운산 북사면 천연림 개체군 분포 및 군집의 천이-. 서울대 농대연습림연구보고 27: 54-64.
- 김종갑, 오기철(2001) 침엽수와 활엽수 산림에서 산불 후 토양화학적 및 토양미생물학적 특성 변화. 한국생태학회지 24(1): 1-7.
- 김종원(1993) 우리나라의 자연환경 현황분석 연구. 한국환경기술개발원, 83쪽.
- 남이, 민일식, 장인수(2000) 강원도 고성 산화지역의 토양 이화학성 변화. 한국환경생태학회지 14(1): 38-45.
- 박관수, 이미정, 송호경(2002) 산화가 초본층의 발생 및 토양의 이화학적 특성에 미치는 영향. 한국환경생태학회지 16(2): 141-148.
- 박재현(1995) 백운산 성숙활엽수림 별채수확지에서 벌출 직후의 환경변화. 한국임학회지 84(2): 465-478.
- 박인협, 이경재, 조재창(1987) 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구회지 1(1): 1-23.
- 송근준(1994) 수도권지역 삼림의 식물군집구조 및 생태적 천이의 특징. 서울시립대학교 대학원 박사학위논문, 140쪽.
- 심학보, 김원(1996) 초레산의 산화지와 비산화지의 식물군집구조 및 토양성분의 동태. 한국생태학회지 19(5): 417-430.
- 오구균(1986) 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식설계 기준에 관한 연구-창덕궁후원 자연식생분석을 통하여-. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 159쪽.
- 오기철, 김종갑, 정원욱, 민재기(2001) 산불 후 산림식생 및 토양환경의 변화. 한국환경복원녹화기술학회지 4(3): 19-29.
- 우보명, 권태호(1983) 황폐산지에서 산불이 산림식생 및 토양에 미치는 영향에 관한 연구. 한국임학회지 62: 43-52.
- 우보명, 오구균, 김경훈, 박종영, 박정호(1994) 백운산 연습림내 별채지역의 식생천이에 관한 연구(I). 서울대학교

- 연습림 연구보고 30: 15-25.
- 이경재, 김정호, 최송현(2000) 지리산국립공원 삼신봉주변 산불지역의 식생회복 현황. 한국환경생태학회지 14(1): 18-27.
- 이경재, 조우, 한봉호(1995) 생태적 특성을 고려한 도시환경림 조성기법 연구(I). 한국조경학회지 23(3): 48-58.
- 이상명, 김호준(2001) 전국자연환경조사보고서 -영인산 식물상-. 환경부.
- 정용문, 방의석, 조용현, 김현숙, 송호경(2006) 아산시 영인산의 산림군락 구조. 한국환경복원녹화기술학회지 9(4): 60~66.
- 정원옥, 마호섭(2001) 산불발생지의 표면유출수와 토양침식량에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지 4(3): 1-9.
- 조우, 김종엽, 홍석환(2005) 인천 백마도시자연공원 현존식생 유형과 특성. 한국환경생태학회지 19(4): 358-366.
- 최송현(1993) 북한산국립공원 삼림군집구조의 5년간의 변화 연구. 응용생태연구회지 7(1): 35-48.
- 최창용, 이은재, 남현영, 이우신(2007) 산불 발생 지역의 피해목 벌채에 따른 조류 개체군과 군집의 변화. 한국임학회지 96(1): 115-123.
- 山田勇, 吉村健次郎, 四手井網(1966) 伐採適地に植生遷移. 第77回日林講: 519-632.
- Ahlgren, I. F. and C. E. Ahlgren(1960) Ecological effects of forest fires. *Botanical Review* 26: 483-533.
- Beaton, J. D.(1959) The influence of burning on soil in the timber range area of Lac Le Jeane, British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 39: 1-11.
- Brower, J. E and J. H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company.
- Curtis J. T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 376-496.
- Monk, C.D., G.I. Child and S.A. Nicholson(1969) Species Diversity of a Stratified Oak-hickory Community. *Ecology* 50(3): 468-470.
- Morrison, D. G.(1996) Design, restoration and management. Dept. of Landscape Architecture, Univ. of Georgia, Athens.
- Pielou, E.C.(1975) *Mathematical ecology*. John Wiley & Sons, New York, 385pp.
- Sausa W. P.(1984) The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15: 353-391.
- Tarrant, R. F.(1956) Effects of slash burning on some soils of the Douglas-fir region. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 408-411.