

荒廢山地에서의 산불이 森林植生 및 土壤에 미치는 影響에 關한 研究(IV)¹

禹保命² · 李憲浩³

Effects of Forest Fire on the Forest Vegetation and Soil(IV)¹

Bo-Myeong Woo² and Heon-Ho Lee³

要 約

冠岳山 岩石山地에서 地表火가 發生한지 5年이 經過한 後 土壤條件 및 森林植生 變化에 미친 影響을 밝히고자 1988年 7月에 實施한 調査結果는 다음과 같다.

有機物含量, pH, 全窒素含量은 산불發生 後 3年까지는 增加를 나타낸 後 安定을 보였다. 5年間 草本, 木本植物의 相對優占值 變動에 의하여 出現種들을 산불에 敏感種, 耐性種, 侵入種, 無反應種으로 區分할 수 있었다. 種多樣度指數, 類似度指數 等 多樣性指數의 變動을 考慮할 때, 산불 後 5年 동안에 種構成側面의 回復은 이루어 졌으나 樹冠鬱閉, 林木成長 等 植生發達側面에서의 回復은 아직 이루어지지 않은 것으로 判斷된다.

ABSTRACT

To investigate the effects of forest fire on the change of vegetation and soil conditions by the lapse of time, the 5th soil survey and vegetation analysis were carried out in July of 1988 at the rocky areas of Mt. Kwanak, where ground fire broke out 5 years ago. Three-year increasing trends of organic matter content, the value of pH, and total nitrogen content stabilized after the restoration of the vegetation. By the comparison of the occurrences of the species for 5 years after the forest fire, woody and herbaceous plants were categorized into 4 groups, *i.e.*, invasive, sensitive, tolerant, and neutral species to the forest fire. Although such diversity indices as the species diversity and similarity index indicate that the restoration of damaged vegetation to the original species composition was proceeded for the period, the restoration of vegetation to the original crown closure and tree growth was not proceeded yet.

Key words : forest fire ; forest ecology ; fire tolerance ; species diversity ; forest denudation by fire .

緒 論

森林被害의 重要한 原因이 되는 산불은 木材資源의 損失 뿐만 아니라, 土壤 및 植生構造의 變

化, 山地浸蝕의 加速化 또는 景觀의 毀損 等 森林生態系 全般에 걸쳐 多様な 影響을 미치게 된다.

산불의 影響에 關한 外國의 研究를 보면, Ahlgren 와 Ahlgren(1960)은 산불이 森林에 미친 影響을 土壤環境 가운데에서 濕度, 土性, 불이 나

¹ 接受 1989年 6月22日 Received on June 22, 1989

² 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul Nat'l University.

³ 東京大學 農學部大學院(博士課程) Dept. of Forestry, College of Agri., Tokyo University, Tokyo, Japan.

는 동안의 土壤溫度, 肥沃度, 土壤의 pH, 有機物含量, 無機鹽類含量, 微量元素에 關하여 調查研究 하였으며, 또한 生物環境에 關해서는 灌木植物의 疾病과 病蟲, 박테리아, 無脊椎動物, 脊椎動物, 植物의 遷移에 關한 文獻을 整理하여 發表한 바 있고, Daubermire(1968)는 산불이 草地植生에 미친 影響으로 土壤의 有機物含量과 含水量, 化學的成分의 變化, 微氣候의 變化, 土壤植物相, 地上小動物, 種組成, 生産性 및 密度에 對하여 報告하였으며, Swan(1970)은 불이 난 後의 種組成的 變化를 Increasers, Decreasers, Neutral, Invaders, Retreaters로 分類하여 報告하였다. 이와 類似한 研究로는 Douglas 와 Ballard(1971), Stark(1977), Vogl과 Schorr(1972) 등이 있다. 그리고, Dix(1960), Kucera 와 Ehrenreich(1962), Danbenmire(1968) 등이 草地植生에 미친 산불의 影響을 불 놓은 地域, 伐草地域, 落葉土 除去地域 및 對照區를 設定하여 生態學的으로 比較研究한 結果, 불로 因해 開花率이 促進되고 種當 生體量과 열매 收穫量이 增加되어 對照區에 비해 處理區에서 生産性的 增加가 있었음을 報告하였다. Vlomis와 Growans(1961)은 灌木林을 生産性이 높은 牧野地로 轉換하는 데 산불이 效果가 있다고 報告하였다. 土壤에 대해서는 Heyward(1939)가 土壤水分에 關하여, Barnette와 Hester(1930)가 有機物 蓄積에 미치는 산불의 影響을 報告한 以後, 森林土壤의 養料에 미치는 산불의 影響에 對해서는 Austin과 Baisinger(1955), Vlomis等(1955), Wagle와 Kitchen(1972) 등에 의하여 많은 研究가 遂行되었으나, 이들의 結果를 綜合해 볼 때, 산불에 의한 土壤性質의 變化는 地域內 特性, 氣候, 構成種, 土壤型 등에 따라 달라지기 때문에 一般的인 結論을 내리기가 어렵다.

우리나라에서는 Hirao(1941)에 의해서 北韓地域의 산불跡地의 植生에 關한 研究가 있었을 뿐 그 以後 이에 關한 調查研究가 거의 없었으나, 最近에 이 分野에 對한 研究가 活發히 進行되고 있다. 金(1970)은 산불後 殘餘種子의 發芽率에 對하여, 康(1971)은 산불에 의한 草地의 構造와 生産性에 對하여 報告하였으며, 朴과 金(1981)이 植生과 土壤에 對하여, 차(1981)가 산불跡地의 土壤變化와 管理에 關하여, 金과 鄭(1971)이 산불跡地의

二次遷移에 對하여, 鄭과 金(1987)이 土壤과 流出水의 化學的 性質과 植物量에 對하여, 李等(1988)이 산불에 의한 土壤 및 植生의 變化에 關하여 報告하였다.

1986)에 繼續되는 것으로서, 산불 發生後 5년이 經過한 뒤의 結果를 報告하는 것이다. 이는 土壤條件이 不安定한 岩石裸出地에서 산불 後 時間經過에 따른 森林植生 및 土壤의 回復過程을 把握하므로써, 산불이 森林環境에 미치는 影響 및 森林의 再生能力을 밝히는 데 그 目的이 있다.

材料 및 方法

1. 調查地 概況

本 研究 調查地는 1983年 6月5일에 登山客에 의한 失火로 산불이 發生된 서울大學校 農科大學 樹木園(京畿道 安養市 冠陽洞과 果川市의 境界地點)의 佛成寺 뒷편 陵線部와 맹골溪谷의 上流域이 擔하는 地帶이다.

산불의 被害面積은 約 10ha로서, 地表火의 形態로 標高 300m에서 500m地點까지 溪谷 斜面이 산불被害를 입었다.

冠岳山은 소나무林 群落, 신갈나무林 群落, 소나무-신갈나무林 群落으로 크게 3개의 群落으로 大別되며, 소나무林에서 신갈나무 群落으로 遷移가 進行되는 段階이다. 林相의 上層은 소나무, 신갈나무가 優占하고, 灌木層은 철쭉, 조록싸리가, 草本層은 기름새, 맑은 대쭈이 各各 優占하고 있다(Yi, 1972). 기타 詳細한 概況은 前報(禹와 權, 1983; 禹等, 1985, 1986)에 記述되어 있다.

本 研究 調査는 산불 發生後 5년이 經過한 1988年 7月 7일에 實施하였다.

2. 調查方法

調查地를 산불發生地域(Burned area, B)과 산불이 發生하지 않은 地域(Unburned area, U)으로 나누고, 이를 다시 南東斜面과 南西斜面으로 各各 區分하였다. 各 斜面別로 標高 300m부터 500m까지 50m마다 代表的인 곳에서 1983년에 設置한 2m×2m의 永久方形區를 5m×5m 크기로 擴張하여 設置하였다. 總 調査區의 數는 斜面別로 5個씩 모두 20個(2地域×2斜面×5調査區)이다.

(1) 土壤調査

既往의 調査方法과 同一하게 하였다.

(2) 植生調査

既存의 2m×2m 方形區를 喬木層의 重要性을 考慮하여 5m×5m 方形區로 擴張하여 設置하고, 喬木은 DBH 10cm以上 灌木은 DBH 2cm~10cm, 地被植生은 樹高 1m미만 또는 DBH 2cm 미만인 것을 基準으로 區分하여 5m×5m 方形區에서 每木調査하였으며, 草本은 5m×5m 方形區內에 重疊되게 2m×2m의 方形區를 設置하여 調査하였다.

分析方法은 前報(禹와 權, 1983; 禹等, 1985, 1986)의 方法과 同一하게 하였다.

結果 및 考察

1. 土壤에 끼친 산불의 影響

산불 發生後 산불地域과 非산불地域에서 時間經過에 따른 土壤性質 變化를 표 1에 나타내었다.

有機物含量은 산불發生 直後 前般的인 增加를 가져왔다가 점차 減少해가는 傾向을 나타내고 있었다. 산불로 인한 土壤內 有機物含量은 산불發生 前보다 增加한다는 Douglas와 Ballard(1971), 朴(1981)의 報告, 그리고 減少한다는 Austin과 Baisinger(1955), Barnette와 Hester(1930), 康(1971), 차(1981), 또한 增加하였다가 減少한다는

李等(1988)의 報告를 綜合할 때, 落葉 및 有機物層의 不完全 燃燒, 地形, 土性 등의 要因에 따라 變化樣相이 左右될 수 있으며 表土層에서는 이러한 影響이 더욱 큰 것으로 判斷되었다. 산불 發生後 3년이 經過한 B4林地에서는 1년이 經過한 B3林地와 比較하여 有機物含量이 減少하였는 데, 이는 表土層이 얇은 土壤에서 降雨 등으로 因한 洗脫作用때문이라 思料된다. 그러나 5년이 經過한 B5林地에서는 B4林地와 類似的한 것으로 보아 林相植物이 活着되면서 더 以上の 地表洗脫이 進行되지 않는 것으로 나타났다.

土壤酸度는 산불發生後 1年 經過時까지는 산불 發生地域(5.80, 5.21)이 發生하지 않은 地域(5.27, 5.39)에 비해 pH가 높게 나타나 산불이 土壤의 pH를 增加시킨다는 Austin과 Baisinger(1955), Douglas와 Ballard(1971), 洪等(1968), 朴(1981), 차(1981), 李等(1988)의 여러 報告와 一致한다. 또한 Viro(1974)는 핀란드에서의 산불 發生後 林相의 pH가 2~3pH단위 정도 增加했으며 50年정도가 經過되어야 原狀態로 回復되었음을 報告하였다. 그러나 산불後 3年, 5년이 經過한 B4, B5林地에서는 pH가 各各 5.12, 5.21로 減少하여 산불이 發生하지 않은 地域보다도 낮은 값을 나타내었다. 이는 산불로 因해 初期에 풍부했던 監基性金屬 즉, Ca⁺⁺, K⁺, Mg⁺⁺ 등이 下層으로 서서히 溶脫되다가 時間이 經過함에 따라 流失

Table 1. Soil properties at the burned and unburned areas of the Mt. Gwanak

Site*	Depth (cm)	Moisture content (%)	Organic matter (%)	Texture	pH (H ₂ O 1:5)	Total nitrogen (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable(m.e./100g)			
								K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
B1	0~10	4.7	8.9	SL	5.80	0.33	143.86	0.38	0.05	3.34	1.30
	10~20	9.8	5.3	SL	5.21	0.11	31.40	0.22	0.03	1.16	0.49
B2	0~10	3.0	6.2	SL	5.32	0.19	40.25	0.19	0.02	1.29	0.56
	10~20	2.5	4.9	SL	5.27	0.14	34.80	0.19	0.02	0.96	0.37
B3	0~10	2.9	6.6	SL	5.55	0.25	24.86	0.25	0.03	2.31	0.96
	10~20	11.0	4.4	SL	5.29	0.11	9.01	0.12	0.02	1.17	0.78
B4	0~10	10.8	3.5	SL	5.12	0.21	25.88	0.15	0.11	0.94	0.39
	10~20	11.1	2.3	SL	5.20	0.15	15.42	0.12	0.10	0.68	0.34
B5	0~10	-	3.6	SL	5.21	0.13	36.75	0.41	0.34	0.40	0.33
	10~20	-	3.5	SL	5.17	0.14	21.55	0.35	0.33	0.50	0.34
U1	0~10	2.2	5.7	SL	5.27	0.12	20.51	0.08	0.02	0.80	0.41
	10~20	1.9	4.5	SL	5.39	0.10	11.90	0.07	0.02	0.68	0.43
U2	0~10	-	1.9	SL	5.21	0.06	22.53	0.26	0.20	0.26	0.15
	10~20	-	1.7	SL	5.32	0.06	12.00	0.28	0.22	0.45	0.19

* B1, B2, B3, B4, B5, U1, and U2 refer to burned area of 20 days, 100days, 1 year, 3 years, 5 years after fire, and unburned area of 20 days and 5 years after fire, respectively.

結果라고 判斷된다.

窒素含量에 있어서는 산불發生 直後에 높은 增加를 보이다가 減少하였으나 B3, B4林地에서 0.25%, 0.21%의 다소 높은 값을 나타내고, B5林地에서 다시 0.13%의 減少하는 傾向을 보였다. 산불로 인한 土壤窒素의 變化에 關하여 綜合한 Ahlgren과 Ahlgren(1960)에 의하면, 土壤內 窒素는 산불로 인해 增加 또는 減少하는 데, 增加하는 경우는 산불이 土壤內에서의 窒素固定박테리아作用 等の 促進에 일부 原因이 있다고 報告하였으며, Daubenmire(1968)도 산불이 植物群落 內의 豆科植物의 比率를 增加시킬때 그 結果 土壤養料가 增加하고, 따라서 窒素含量도 間接的으로 增加하게 된다는 報告를 통하여 산불後 初期 1~2年間 싸리類 等の 豆科植物의 增加와 有關하다고 생각할 수 있다.

有効磷酸의 경우 산불後 顯著한 增加를 보였다가 점차 減少하는 傾向을 나타내어 Austin과 Baisinger(1955)의 報告와 거의 一致하나 B5林地에서는 다소 높은 값(36.75, 21.55)을 보이고 있었다.

置換性監基의 경우 산불後 非산불地域 보다 顯著한 增加를 보인뒤 점차 減少하다가 B5林地에서는 K^+ , Na^+ 가 顯著히 增加하는 傾向을 나타냈다.

2. 植生에 對한 산불의 影響

(1) 各 調査地의 優占值

表 2, 3은 산불發生後 時日의 經過에 따라 區分된 (B1, B2, B3, B4, B5로 區分) 調査林地와 非산불地域(U1, U2)의 種別 相對優占值를 나타내고 있다. 이때의 相對優占值를 木本과 草本으로 나누어 생각했기 때문에 樹高와 密度의 影響을 排除하고 相對頻度와 相對被度만을 考慮한 값이다.

산불發生後 5年經過한 B5林地에 出現한 種은 모두 37種으로 木本이 23種, 草本이 14種이었다. B5의 木本種數는 산불後 3年經過한 B4(20種), 5年前의 非산불地域 U1(17種)보다 增加하였으나 調査面積의 增加에 따른 影響도 關連있으리라 본다. 한편 B5와 調査時期 및 面積이 같은 非산불地域 U2보다는 2種이 적었다. B4, U1에서 出現하지 않은 樹種이 B5, U2에서 共히 5~6種 出現한 것은 산불의 影響보다는 全體의 植生發生때문

으로 判斷된다.

草本의 경우는 산불後 100日後(B2), 1年後(B3)에서는 그 種數가 顯著히 增加했으나 3年後(B4), 5年後(B5)에는 점차 낮아졌으며, 非산불地域인 U1, U2의 結果와 類似하였다.

B5에서 相對優占值가 높은 木本樹種은 신갈나무(27.55%), 소나무(27.55%), 참싸리(9.32%), 조록싸리(6.62%), 굴참나무(4.55%) 등이었고, 非산불地域인 U2보다 싸리類, 굴참나무勢力은 컸으나 철쭉勢力은 작게 나타났으며 나머지 대부분 樹種들의 勢力은 類似하였다. 따라서 局地的 地形變化를 考慮할 때, 산불後 5年동안에 種組成側面의 植生回復은 거의 이루어진 것으로 判斷된다. 한편 B5에서 相對優占值가 높은 草本植物은 새, 김의털, 강아지풀, 양지꽃 등이었으며 특히 새의 勢力이 44.3%로 매우 컸다. 그러나 산불初期에 出現했던 비짜루, 오이풀, 기름나무, 구절초 등은 5年後 사라졌다. Ahlgren(1960)은 植生の 再生과 生長에 미치는 산불의 影響에 對하여 報告하면서 草本과 木本을, 非산불地에만 出現하는 種, 산불地에만 出現하는 種, 양쪽에 出現하는 種으로 區分하고, 이들의 生植方法의 차이가 種의 出現에 關係하며 재로 인해 添加된 養料가 산불後 初期의 先驅樹種의 生長을 旺盛하게 한다고 하였다.

本 研究의 경우, 신갈나무, 싸리類의 相對優占值가 높은 것은 地下部 또는 樹幹으로부터 나온 旺盛한 萌芽力을 考慮할 때 Ahlgren(1960)이 報告한 結果와 類似하였다. 소나무의 相對優占值가 높게 나타난 것은 산불이 地表火 形態로 草本類와 地被植生을 태우고 기존 소나무의 樹幹下部에 상처를 주었으나 時日이 經過하면서 소나무가 回復되었기 때문이다.

Vogl과 Schorr(1972)는 산불發生後의 遷移에 있어서 灌木과 草本類의 稚樹 出現은 산불재의 有無, 土壤pH의 變化가 決定的이라고 한 바 있고,朴(1981)은 重要值를 基礎로 Increasers, Decreasers, Neutral species의 세가지 區分에 의해 산불에 의한 植生變化를 說明한 바 있다.

산불發生後 時間의 經過에 따라 各 樹種들의 相對優占值의 增減을 고려하여 산불에 對한 sensitive species, tolerant species, invasive species, neutral species로 區分한 結果는 表4와 같다. Sensitive species에는 木本の 경우, 철쭉, 노간

Table 2. Importance value of woody plants at the burned and unburned areas

Species	B1*	B2*	B3*	B4*	B5**	U1*	U2**
<i>Quercus mongolica</i>	30.46	26.39	26.19	24.34	27.55	16.31	26.47
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	30.00	16.46	5.57	4.45	6.62	1.90	0.17
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	24.43	13.69	14.07	15.51	9.32	8.33	5.77
<i>Weigela subsessilis</i>	6.18	6.71	3.99	4.03	2.25	6.67	3.70
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	5.33	5.67	6.39	5.98	2.58	1.98	2.82
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1.95	1.07	5.00	3.83	2.57	4.56	4.02
<i>Clematis mandshurica</i>	1.76	1.15	2.17	1.15	2.30	0.76	
<i>Quercus variabilis</i>		12.03	3.69	4.46	4.55		1.95
<i>Securinega suffruticosa</i>		3.38			0.73		
<i>Stephanandra incisa</i>		2.52	4.19	6.26	2.62	3.99	1.35
<i>Cocculus trilobus</i>		2.37	4.33	0.99		4.15	
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>		2.10	0.98	2.83	0.55	1.33	0.17
<i>Pueraria thunbergiana</i>		1.56					
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	1.40						0.73
<i>Smilax china</i>		1.19	0.98	2.44		3.39	0.40
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>		1.18		2.45	1.52	8.73	5.18
<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i>		1.09		0.91	0.43		
<i>Pinus densiflora</i>			14.17	8.32	27.55	27.75	34.88
<i>Rubus crataegifolius</i>			3.74	2.55			0.20
<i>Callicarpa japonica</i>			1.94		1.38	2.00	0.93
<i>Clematis brachyura</i>			1.11				
<i>Smilax sieboldii</i>			1.01	2.36	0.48		0.35
<i>Juniperus rigida</i>						3.38	5.25
<i>Quercus serrata</i>				3.45		3.21	0.17
<i>Styrax japonica</i>						1.19	2.15
<i>Eucnymus alatus</i> for. <i>striatus</i>				0.95	4.12		
<i>Quercus dentata</i>				1.73			0.15
<i>Fraxinus mandshurica</i>					2.95		
<i>Eucnymus sachalinensis</i>					0.67		0.15
<i>Lindera obtusiloba</i>					0.82		1.10
<i>Clerodendron trichotomum</i>					0.50		
<i>Euonymus pauciflorus</i>					0.22		
<i>Indigofera kirilowii</i>					0.20		0.35
<i>Prunus sargentii</i>							1.65
<i>Menispermum dauricum</i>							0.15

† Legends of B1~U2 are same as Table 1.

* Unit area : 40m², ** Unit area : 250m²

주, 패죽나무, 소나무, 국수나무 등이, 草本으로는 솔새, 골무꽃, 개맥문동이었으며, tolerant species에는 신갈나무, 싸리類, 노린재 등과 새, 김의 털, 억새 등이고, invasive species에는 광대싸리, 풀싸리, 굴참나무 등과 비싸루, 핑의 다리, 맑은 대쭉, 강아지풀 등이, neutral species에는 병꽃나무, 참취, 쪽이었다. 李等(1988)의 報告에서 耐火力이 弱한 樹種으로는 소나무, 노간주나무를, 萌芽力이 強하여 適應力이 強한 樹種에는 참나무, 싸리類 등을 들었는데 이는 本 研究結果와 部分的으로 一致하고 있다.

(2) 種多樣性

산불發生後 5年동안 時間經過에 따른 種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度의 變化를 木本, 草本 및 斜面別로 나타낸 것이 表 5이고, 南東斜면의 多樣性指數를 나타낸 것이 그림1이다.

表 5에 의하면, 木本の 種數는 南東斜面에서 初期에 增加하다가 5年後 약간 減少하고 있으며, 非산불林地인 U1보다는 全體的으로 增加하는 편이다. 草本의 種數는 산불後 3年(B4)까지는 增加하다가 5年(B5)에는 非산불林地(U1) 水準으로 減少

Table 3. Importance value of herbs at the burned and unburned areas species

Species	B1*	B2*	B3*	B4*	B5**	U1*	U2**
<i>Arundinella hirta</i>	30.83	18.77	20.64	17.80	44.30	31.35	
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	23.80	12.04	14.46	20.89		19.87	63.00
<i>Festuca ovina</i>	18.77	12.69	14.46	20.01	15.60	7.18	21.50
<i>Asparagus schoberioides</i>	4.19	2.28					
<i>Aster scaber</i>	4.10	3.58	2.46	4.25	1.20	3.08	
<i>Isodon japonicus</i>	3.96	7.28	1.70	4.71	1.20	2.06	
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	2.69	1.42	0.62			0.99	
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	2.31	1.12	2.92	1.92		1.03	
<i>Sanguisorba officinalis</i>	2.21	1.42					
<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	1.77	2.10	0.97	2.23			
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>	1.48	1.35	0.66			4.00	
<i>Artemisia keiskeana</i>	1.30	1.60	3.85	4.57	4.70		
<i>Setaria viridis</i>	1.24	5.96	5.30		10.90		6.00
<i>Peucedanum terobinthaceum</i>	1.22	1.39					
<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>		3.40	0.67	1.33		1.03	
<i>Commelina communis</i>		2.37	2.57				
<i>Carex siderosticta</i>		1.27		0.97			
<i>Youngia scorchifolia</i>		1.05		1.05			
<i>Carex humilis</i>		0.85					
<i>Ilex dentata</i>		0.83		3.90			
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>		0.79					
<i>Cassia minosoides</i> var. <i>momame</i>		0.78	3.45				
<i>Calamagrostis arundinacea</i>		0.78					
<i>Potentilla fragaricoides</i> var. <i>major</i>		0.76	1.99		6.80		1.90
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>		0.76	1.29			4.54	
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>		0.76	1.49				
<i>Hypericum erectum</i>		0.73	2.75		2.30		
<i>Synurus deltooides</i>		0.72				1.14	
<i>Artemisia japonica</i>		0.72	3.41				
<i>Artemisia sylvatica</i>			3.96				
<i>Chrysanthemum boreale</i>			2.28				
<i>Allium thunbergii</i>			1.24				
<i>Hemerocallis lilioasphodelus</i>			0.89				
<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>			0.79	0.91			
<i>Lysimachia clethroides</i>			0.78				1.90
<i>Erigeron annuus</i>			0.69				
<i>Saussurea nescerrata</i>			0.69	1.01	1.30	1.18	
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>			0.65			17.58	
<i>Smilax nipponica</i>			0.63		3.60		
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>			0.63				
<i>Atractylodes japonica</i>			0.61				
<i>Scutellaria indica</i>						1.18	
<i>Viola dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>			0.61		1.20	0.99	
<i>Liriope spicata</i>			0.61		1.20	0.99	
<i>Potentilla freuniana</i>				4.18	1.20		
<i>Isodon serra</i>				0.98			
<i>Chrysanthemum zawadskii</i>				4.51	2.70		3.70
<i>Athyrium yokoscense</i>				1.07			
<i>Rhbia akane</i>				1.86			
<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>davidii</i>				1.04			
<i>Lespedeza cuneata</i>				1.20			

* Legends as B1~U2 are same as table 1.

Table 4. Species grouping based on differences in importance value

Woody plants	U1	B1	B2	B3	B4	B5	Herbs	U1	B1	B2	B3	B4	B5
Sensitive species													
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	8.73		1.18		2.45	1.52	Sensitive species						
<i>Juniperus rigida</i>	3.38						<i>Themeda triandra</i> var.	17.58		0.65			
<i>Syrax japonica</i>	1.19						<i>Scutellaria indica</i>	1.18					
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	4.56	1.95	1.07	5.00	3.83	2.57	<i>Liriope spicata</i>	1.03					
<i>Stephanandra incisa</i>	3.99		2.52	4.19	6.26	2.62	Tolerant species						
<i>Cocculus trilobus</i>	4.15		2.37	4.33	0.99		<i>Arandrella hirta</i>	31.35	30.83	18.77	20.64	17.80	44.30
<i>Smilax china</i>	3.39		1.19	0.98	2.44		<i>Festuca ovina</i>	7.18	18.77	22.69	14.46	20.01	15.60
<i>Pinus densiflora</i>	27.55			14.17	8.32	27.55	<i>Isodon japonicus</i>	2.06	3.96	7.28	1.70	4.71	1.20
							<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	19.87	23.80	12.04	14.46	20.89	
Tolerant species													
<i>Quercus mongolica</i>	16.31	30.46	26.39	26.19	24.34	27.55	<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>	1.03	2.31	1.12	2.92	1.92	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	1.90	30.00	16.46	5.57	4.45	6.62							
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	8.33	24.43	13.69	14.07	15.51	9.32	Invasive species						
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	1.98	5.33	5.67	6.39	5.98	2.58	<i>Asparagus schoberioides</i>		4.19	2.28			
Invasive species													
<i>Quercus variabilis</i>							<i>Sanguisorba officinalis</i>		2.21	1.42			
<i>Securinega suffruticosa</i>			12.03	3.69	4.46	4.55	<i>Thalictrum aquilegifolium</i>		1.77	2.10	0.97	2.23	
<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i>			3.38			0.73	<i>Artemisia keiskeana</i>		1.30	1.60	3.85	4.57	4.70
<i>Smilax sieboldii</i>			1.09		0.91	0.43	<i>Seteria viridis</i>		1.24	5.96	5.30		10.90
				1.01	2.36	0.48	<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latifolium</i>		1.48	1.35	0.66		
Neutral species													
<i>Weigela subsessilis</i>	6.67	6.18	6.71	3.99	4.03	2.25	<i>Aster scaber</i>	3.08	4.10	3.58	2.46	4.25	1.20
							<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	0.99	2.69	1.42	0.62		

Table 5. Various diversity values of burned and unburned areas

Site*	Plant type	Aspect	No. of species	No. of individual	Species diversity (H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
B1	Woody** plants	SE	5	54	0.6283	0.6990	0.8989	0.1011
		SW	7	65	0.6004	0.8451	0.7104	0.2896
	Herbs**	SE	12	416	0.5980	1.0792	0.5541	0.4459
		SW	9	165	0.4912	0.9542	0.5148	0.4852
B2	Woody** plants	SE	16	143	0.8816	1.2041	0.7322	0.2678
		SW	11	140	0.6644	1.0414	0.6380	0.3620
	Herbs**	SE	21	606	0.6933	1.3222	0.5244	0.4757
		SW	18	300	0.7551	1.2553	0.6015	0.3985
B3	Woody** plants	SE	16	82	1.0306	1.2041	0.8559	0.1441
		SW	10	112	0.7741	1.0000	0.7741	0.2259
	Herbs**	SE	26	301	1.0016	1.4150	0.7078	0.2922
		SW	20	234	0.9906	1.3010	0.7614	0.2386
B4	Woody plants	SE	18	97	1.0840	1.2553	0.8635	0.1365
		SW	10	80	0.7932	1.0000	0.7932	0.2068
	Herbs	SE	18	300	0.9679	1.2553	0.7711	0.2289
		SW	12	105	0.7634	1.0792	0.7074	0.2926
B5	Woody*** plants	SE	16	108	0.9787	1.2041	0.8128	0.1872
		SW	20	205	1.0219	1.3010	0.7855	0.2145
	Herbs	SE	10	101	0.7431	1.0000	0.7431	0.2569
		SW	13	189	0.7042	1.1139	0.6321	0.3679
U1	Woody plants	SE	14	121	0.9902	1.1461	0.8640	0.1360
		SW	15	148	0.9588	1.1761	0.8152	0.1848
	Herbs	SE	12	212	0.6283	1.0792	0.5822	0.4178
		SW	10	218	0.5702	1.0000	0.5702	0.4298

*Legends of B1~U1 are same as table 1.

**Unit area : 40m²

***Unit area : 250m²

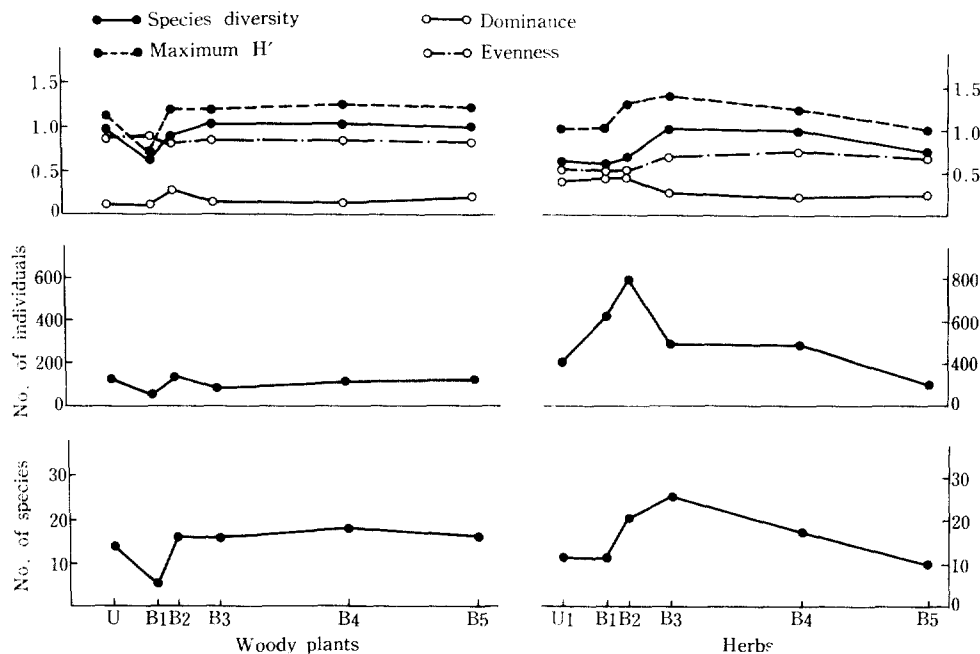


Fig. 1. Changes of various diversity values at the burned and unburned areas

하였다. 個體數에 있어서 산불後 5년이 經過한 B5의 木本은 U1보다 약간 낮은 水準이나 草本은 매우 낮은 水準이었다. 그러나 種多樣도에 있어서는 B5에 U1보다 木本, 草本 共히 높은 數値를 나타내고 있었으며 斜面別로는 南東斜面이 南西斜面보다 種多樣성이 높게 나타났다. 均在度는 B5에서 木本植物이 草本植物보다 높게 나타났는데 이 結果는 U1과 類似하였으며 B5가 U1보다 높게 나타났다. 반면 優占度는 B5, U1에서 草本이 木本보다 높아 木本이 草本보다 種組成의 均質성이 높음을 나타냈다.

그림 1은 南東斜面の 時間經過에 따른 木本, 草本의 種多樣性指數變化를 나타낸 것이다. 木本植物의 個體數, 種數, 種多樣도는 산불發生直後(B1) 급격히 減少했다가 서서히 回復되어 5年後(B5)에는 非산불林地인 U1과 類似한 水準으로 安定되었다. 그러나 草本植物은 산불發生後 100日(B2)까지 個體數가 급격히 增加하였고 種數, 種多樣도는 산불發生後 1年(B3) 까지는 增加한 以後 B5까지 계속 減少하였다.

Douglas와 Ballard(1971)는 산불이 植生群落內이 種多樣성을 增加시킨다고 報告한 바 있는데, 本 研究에서 산불發生直後 다소 낮은 값을 나타내다가 점차 增加하여 1年 經過時에는 非산불地보다 큰 값을 나타내어 이 報告와 一致한다. 산불發生後 初期에 草本의 種多樣도가 木本の 種多樣도에 비하여 낮은 값을 나타내다가 時日이 經過하면서

급격히 增加하여 1年後에는 木本の 경우보다 큰 값을 가지게 되는데, 이는 산불 後 草本類의 頻도가 木本에 비해 一時的으로 높아지면서 1年만에 頂點에 이른다는 Vogel과 Schorr(1972)의 報告와도 一致한다. 5년이 經過한 B5는 3년이 經過한 B4와 比較할 때 種多樣도가 비슷한 값을 나타내고 있으나 草本의 種數와 個體數가 減少하는 것을 그림 1에서 볼 수 있다. 均在度の 變化에 있어서 初期에는 減少하다가 1年 後부터 增加 傾向을 보이고 있었다. 이는 산불初期, 劣惡한 環境에서는 侵入種, 耐性樹種 等 一部 樹種이 優占하기 때문으로 判斷된다.

表 6은 산불發生後 5년이 經過했을 때의 산불地와 非산불地의 多樣性指數들을 나타내고 있다. 여기에서 U1은 산불發生直後의 非산불地域(對照區)이고, U2는 산불發生後 5年 經過後 非산불地域(對照區)이며, 調査面積은 草本은 40m²이고 木本은 U1이 40m², U2, B5는 250m²이다.

草本의 種數가 1983年 非산불地(U1)에서 10~12種이 1988年 非산불地(U2)에서는 6~7種으로 減少하고, 個體數도 212~218株에서 86~99株로 減少하고, 種多樣도 類似하게 減少한 것으로 보아 本 研究對象地의 對照區 草本植生은 지난 5年 동안 上層樹冠發達로 衰退한 것으로 判斷되다. 지난 5年間 非산불地(U1, U2)의 木本植物은 調査面積의 차이를 考慮할 때, 種數, 種多樣도의 增加는 微微하였으며 個體數는 反대로 減少한 結果

Table 6. Various diversity values of burned and unburned areas.

Site*	Plant type	Aspect	No. of species	No. of individual	Species diversity	Maximum H'	Evenness	Dominance
B5	Woody*** plants	SE	16	108	0.9787	1.2041	0.8128	0.1872
		SW	20	205	1.0219	1.3010	0.7855	0.2145
	Herbs**	SE	10	101	0.7431	1.0000	0.7431	0.2569
		SW	13	189	0.7042	1.1139	0.6321	0.3679
U1	Woody** plants	SE	14	121	0.9902	1.1461	0.8640	0.1360
		SW	15	148	0.9588	1.1761	0.8152	0.1848
	Herbs**	SE	12	212	0.6283	1.0792	0.5822	0.4178
		SW	10	218	0.5702	1.0000	0.5702	0.4298
U2	Woody*** plants	SE	18	540	1.0063	1.2552	0.8017	0.1983
		SW	20	612	1.0818	1.3010	0.8315	0.1685
	Herbs**	SE	7	99	0.3208	0.8451	0.3796	0.6204
		SW	6	86	0.3480	0.7782	0.4472	0.5528

*U1, U2 refer to unburned area of 20 days, 5 years after fire, and B5 refer to burned area of 5 years after fire

**Unit area : 40m²

***Unit area : 250m²

를 나타냈는데 이는 지난 5年間の 植生發達때문으로 判斷된다.

산불發生後 5年이 經過한 B5는 U1에 比하여 草本의 個體數가 減少한 外에는 類似한 多樣性指數를 나타내어 5年前의 植生으로의 回復이 이루어진 것으로 보인다. 그러나 B5와 同時期에 調査한 非산불地域 U2보다는 木本の 種數, 個體數, 種多樣度 등이 낮고 草本의 種數, 個體數, 種多樣度 값이 높은 것으로 보아 現在의 非산불地域의 植生發達狀態水準의 植生回復은 이루어지지 못한 것으로 判斷된다.

(3) 類似度指數

前報(禹와 權, 1983; 禹 等, 1985, 1986)의 類似度 算出方法에 따라 類似度指數를 計算하여 산불發生與否와 時間의 經過에 따른 各林地間의 種構成의 類似性을 比較하였다. 이때 그 값이 클수록 林地間의 種構成上 類似性이 높을 뿐 아니라 共通으로 出現한 種의 數와 量이 비슷함을 意味하는 것이다.

表 7의 右側上段은 木本만을 考慮한 類似度指數이고 左側下段은 木本과 草本을 合하여 產出한 類似度指數이다.

大體으로 木本植物의 類似度指數가 木·草本植物의 類似度指數보다 높는데 이는 산불發生後 草本植物의 變化가 크고 木本植物의 種構成上의 變化는 작음을 나타내고 있다. 木本植物의 경우 산불發生後 1年(B3)과 3年(B4)의 類似度指數가 0.81로 가장 높았으며 對照區 U1과 B1이 0.37,

B5와 B1이 0.52로 낮게 나타났다. 木·草本植物의 경우 B3와 B5가 0.63으로 가장 높았고 B1과 B4가 0.31로 가장 낮게 나타났다.

木本植物은 산불發生直後인 B1과 經過期間이 길수록 類似度指數가 減少하는 傾向을 나타내 山불發生後 점차 種構成이 變化했음을 나타냈으나 木·草本植物은 그 傾向이 一定하지 않았는데 이는 草本植物의 浸入 및 衰退 等 種構成狀態가 빠르게 變化했기 때문으로 判斷된다.

그러나, Whittaker(1970)는 類似度指數가 0.80以上이 되어야 同一群集으로 判斷할 수 있다고 했으나 本 研究 結果 木本만을 考慮하였을 경우, B5-U1의 類似度指數는 0.68이었으며 非산불林地의 山불發生直後(U1)와 5年이 經過했을 때(U2)의 類似度指數를 計算해 본 結果 0.73의 값을 나타내었고, 各各 5年이 經過한 山불林地(B5)와 非산불林地(U2)의 類似度指數는 0.75를 나타내어, 山불發生後 5年이 經過하였을 때 種構成狀態를 5年동안 植生遷移해 온 非산불林地와 매우 類似한 種構成狀態로 植生回復이 이루어진 것으로 判斷된다.

結 論

冠岳山 岩石山地에서 地表火가 發生한 지 5年이 經過한 後에 土壤條件 및 森林植生の 變化를 調査한 結果의 結論은 다음과 같다.

1. 土壤內 有機物含量은 山火發生直後에 一時的으로 增加하였다가 減少하였으나 3年이 經過한 後에는 一定한 값을 나타내었다.

2. 下層土의 pH는 山불發生直後부터 1年이 經過할 때까지 繼續的인 增加傾向을 보이다가 減少한 後 3年이 經過한 後에는 非산불林地와 類似한 水準을 나타내었다.

3. 全窒素含量에 있어서는 山불發生直後부터 3年이 經過할 때까지 增加傾向을 보이다가 5年 經過時에는 약간 減少하였다.

4. 5年이 經過한 後 各林地의 相對優占值 變化를 基準으로 한 Sensitive species, Tolerant species, Invasive species, Neutral species로 區分하였을 때, Sensitive species에는 철쭉, 노간주, 때죽나무, 소나무, 국수나무, 솔새, 꿀무꽃, 개막문둥 등이, Tolerant species에는 신갈나무, 싸리

Table 7. Indices of community similarity

	B1	B2	B3	B4	B5	U1
B1		0.70	0.59	0.57	0.52	0.37
B2	0.46		0.68	0.68	0.60	0.46
B3	0.35	0.48		0.81	0.74	0.62
B4	0.31	0.41	0.43		0.66	0.60
B5	0.52	0.53	0.63	0.56		0.68
U1	0.40	0.43	0.46	0.47	0.55	

Woody plants and herbs

Woody plants

類, 노린재, 새, 김의 털, 억새 등이, Invasive species에는 광대싸리, 풀싸리, 굴참나무, 비짜루, 썩의다리, 맑은대쭉, 강아지풀 등이, Neutral species에는 병꽃나무, 참취, 쭉 등이 나타났다.

5. 種多樣度指數, 類似度指數 變化를 考慮할 때 산불發生後 5年 동안에 種構成側面에서의 回復은 이루어졌으나 樹冠鬱閉度 等 植生發達側面에서의 回復은 이루어지지 않은 것으로 判斷된다.

引用 文 獻

- Ahlgren, C.E. 1960. Some effects of fire on reproduction and growth of vegetation in northeastern Minnesota. *Ecology* 41 : 431-445.
- Ahlgren, I.F. and C.E. Ahlgren. 1960. Ecological effects of forest fires. *Bot. Rev.* 26 : 483-533.
- Austin, R.C. and D.H. Baisinger. 1955. Some effects of burning on forest soils of Western Oregon and Washington. *J. Forestry* 53 : 275-280.
- Barnette, R.M. and J.B. Hester. 1930. Effects of burning on the accumulation of organic matter in forest soils. *Soil Sci.* 29 : 282-284.
- Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grasslands. *Adv. Ecol. Res.* 5 : 209-266.
- Dix, R.L. 1960. The effects of burning on the mulch structure and species composition of grasslands in western North Dakota. *Ecology* 41 : 49-56.
- Douglas, G.W. and T.M. Ballard. 1971. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Washington. *Ecology* 52 : 1058-1064.
- Heyward, F. 1939. Some moisture relationships of soils from burned and unburned longleaf pine forests. *Soil Sci.* 47 : 313-325.
- Hirao, T., 1941. After firing, some observation of the vegetation in North Korea. *J. Jap. For. Sci.*, 23(10) : 10-13.
- Kucera, C.L. and J.H. Ehrenreich. 1962. Some effects of annual burning on central Missouri prairie. *Ecology* 43 : 334-336.
- McArthur, A.C. 1963. Revised forest fire danger tables. *Austral For. and Timber Bur. Ann. Rep.*
- Natio, T., K. Sugawara, Y. Iwanami and S. Iizumi. 1967. Some effects of fire on the on the wastal pine forest at Gamow, Miyagi Prefecture, Jap. *J. Ecology* 17 : 121-125.
- Rundel, P.W. 1973. The relationship between basal fire scars and crown damage in giant sequoia. *Ecology* 54 : 210-213.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. *The Mathematical Theory of Communities.* Univ. Illinois Press, Urbana. 117pp.
- Stark, N.M. 1977. Fire and nutrient cycling in a Douglas fir/larch forest. *Ecology* 58 : 16-30.
- Swan, F.R., Jr. 1970. Post-fire response of four plant communities in South-central New York State. *Ecology* 51 : 1074-1082.
- Vlams, J., H.H. Biswell and A.M. Schultz. 1955. Effects of prescribed burning on soil fertility in second growth ponderosa pine. *J. Forestry* 53 : 905-909.
- Vlams, J. and K.D. Growans. 1961. Availability of nitrogen, phosphorus, and sulfur after brush burning. *J. Range Manage.* 14 : 38-40.
- Vogl, R. and K. Schorr. 1972. Fire and manzanita chaparral in the San Jacinto mountains, California. *Ecology* 53 : 1179-1188.
- Wagle, R.F. and J.H. Kitchen, Jr. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. *Ecology* 53 : 118-125.
- Whittaker. 1970. *Communities and Ecosystems.* The Macmillan Co., Collier-Macmillan Ltd., London. 162pp.
- Wilde, S.A., G.K. Voigt and J.G. Iyer. 1972. *Soil and Plant Analysis for Tree Culture.* Oxford & IBH publishing Co., New Delhi. 172pp.
- Yi, Byoung Guieng. 1972. A phytosociological study of the forest communities on Mt. Kwanak, Seoul. Seoul Nat'l Univ., M.S. Thesis. 92pp.

24. 康祥俊, 1971. 草地的 構造 및 生産性에 미치는 산불의 影響. 植物學會誌, 14(3) : 36-42.
25. 金玉炅, 1970. 山火跡地の 生態學的 研究-山火後의 殘餘種子 發芽率에 對하여-. 韓林誌 10 : 29-39.
26. 金玉炅·鄭炫培, 1971. 山火跡地の 生態學的 研究-山火後 林地的 生産構造에 對하여-韓林誌, 12 : 45-54.
27. 朴奉奎, 1981. 江原道 桂芳山 및 柯七峰에서의 산불이 植生群集과 土壤成分에 미친 影響에 關하여. 韓國生活科學研究院 論叢 28 : 99-107.
28. 朴奉奎·金鍾熙, 1981. 雉岳山の 植生과 土壤에 미친 산불의 影響. 植物學會誌 24 : 31-45.
29. 禹保命·權台鎬, 1983. 荒廢山地에서의 산불이 森林植生 및 土壤에 미치는 影響에 關한 研究(I) : 冠岳山 백골계곡에서의 初期 影響. 韓林誌, 62 : 43-52.
30. 禹保命·權台鎬·麻鎬燮·李憲浩·李宗學, 1985. 荒廢山地에서의 산불이 森林植生 및 土壤에 미치는 影響에 關한 研究(II). 韓林誌 68 : 37-45.
31. 禹保命·權台鎬·李峻雨·金景河, 1986. 荒廢山地에서의 산불이 森林植生 및 土壤에 미치는 影響에 關한 研究(III). 서울大 農學研究 11(2) : 29-39.
32. 李元圭·崔 敬·吳敏榮, 1988. 山火에 依한 土壤 및 植生の 變化. 林業研究院研究報告 37 : 35-49.
33. 정복길, 1983. 가을철 산불 방지대책. 산림, 213 : 16-22.
34. 鄭蓮淑·金俊鎬, 1987. 山火가 소나무림의 土壤과 流出水의 化學的 性質 및 植物量에 미치는 影響. 韓國生態學會誌, 10(3) : 129-138.
35. 차순형, 1981. 산화적지의 토양변화와 관리. 산림 189 : 44-50.
36. 洪淳佑·河永七·崔榮吉, 1968. 植生, 土壤 및 土壤微生物에 미치는 불의 效果에 對하여. 植物學會誌 11(4) : 9-20.