

## 荒廢山地에서의 산불이 森林植生 및 土壤에

### 미치는 影響에 관한 研究(I)<sup>1</sup>

—冠岳山 뱀골溪谷에서의 初期影響—

禹 保 命<sup>2</sup> · 權 台 鎬<sup>2</sup>

## Effects of Forest Fire on the Forest Vegetation and Soil (I)<sup>1</sup>

—The First Year's Results after Fire at Mt. Gwanag—

Bo Myeong Woo<sup>2</sup> · Tae Ho Kwon<sup>2</sup>

### 要 約

本 研究는 山地荒廢가 極深하여 岩石裸出이 심하고, 土深이 얇은 冠岳山에서 1983年 6月 5日 發生한 地表火에 依한 土壤 및 森林植生の 變化樣相을 把握하기 위해 實施되었다. 土壤의 水分含量, 有機物含量, pH는 山火發生直後(20日後) 一時的으로 增加하였다가 時日의 經過에 따라 차츰 減少하였다. 全窒素, 有效磷酸, 置換性 鹽基도 위와 같은 傾向을 보였으며, Na를 除外한 置換性 鹽基의 경우, 表層이 下層보다 높은 値을 나타내었다. 火에 의한 土性의 變化는 거의 없었다. 各 林地의 種別 相對優占值을 基準으로 山火에 의한 Increasers, Decreasers, Invaders, Neutral species를 區分할 수 있었다. 種 多樣性은 山火發生直後 낮은 값을 보이다가 점차 增加하며, 南東斜面이 南西斜面보다 크게 나타났다. 均在度는 山火後 時日經過에 따라 木本에서는 계속 減少하는 반면, 草本에서는 계속 增加하고 있었으며, 林地間 類似度는 山火發生地에서 가장 높은 것으로 나타났다. 山火는 森林地被植生을 燒却하고 地表土壤浸蝕을 조장하여 山地荒廢를 加速시킨다. 特別, 冠岳山 調查地에서와 같이 이미 林地의 浸蝕과 荒廢가 심한 山地에서는 森林環境의 惡化에 미치는 山火의 影響이 더욱 크게 나타났다.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to measure the changes in soil properties and forest vegetation after surface fire, which had occurred on June 5, 1983 in Mt. Gwanag, Kyunggi-do. Moisture content, organic matter and acidity of soil increased just after the fire and then dropped down up to those of unfired areas as time goes. Also total nitrogen, available phosphorous exchangeable base had the similar trend to moisture, organic matter and acidity. Most of the exchangeable bases in surface soil except for sodium were higher than those in sub-soil. No changes in soil texture by the fire were found. Increasers, decreasees, invaders and neutral species could be classified according to the relative importance value of each species. Species diversity was reduced just after the fire and increased gradually afterward. Diversity in the southeast slope was higher than that in the southwest slope. Due to the fire, evenness of woody plants decreased continuously while that of herbs increased. Species similarity was shown greater at fired areas than at unfired areas.

*Key words: forest fire; fire ecology; forest denudation by fire.*

<sup>1</sup>接受 10月 14日 Received October 14, 1983.

<sup>2</sup>서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

## 緒 論

불은 人類의 發展에 至大한 役割을 한 有益한 것이 있음에도 不拘하고 잘 統制되지 못함으로 인해 人間生活에 많은 被害를 가져오기도 한다.

森林에 있어서도 간혹 發生하는 산불은 森林環境에 실로 多樣하게 影響을 줄 뿐 아니라 被害 또한 莫大하다. 即 森林內의 被覆物을 燒却시킴으로서 裸出된 土壤으로 말미암아 表土의 水分吸收能을 低下시키고 地表流出을 增大시켜 土壤浸蝕을 加速化할 뿐 아니라 土壤微生物을 줄이거나 活動을 阻害시키는 등 土壤의 物理化學的 變化를 초래하여 土壤의 生産性을 惡化시키기도 한다. 또 種組成을 變化시켜 林相自體가 바뀌기도 하고 復舊되지 않은 山火跡地는 森林景觀美를 크게 해치기도 한다. 한편 山火에 의한 植生遷移의 特性을 利用한 大規模 草地의 造成이나 土壤肥沃度의 一時的 增大에 着案하여 여러가지 森林施業에 人爲的인 火入을 利用하기도 한다.

우리 나라의 경우 山火는 病蟲害, 盜濫伐와 함께 重要한 森林被害의 原因으로 指摘되고 있다. 우리 나라 山火發生은 乾燥한 春期 및 秋期에 集中되고 있는 것이 特徵인데 最近 5年間 산불發生件數를 보면 年平均 452件으로 1978年 925件에서 1982年 136件으로 減少傾向을 보이니 相當 被害面積이 2.7ha 정도로 被害規模는 每年 다소 增加하는 傾向을 보인다. 산불發生의 原因은 대부분이 人爲的인 것으로 登山客 및 行人에 의한 失火가 34%로 가장 크게 나타나고 있다.<sup>20)</sup> 산불의 種類는 險峻한 地形條件과 어린 나무들로 構成된 林相으로 인해 地表火 내지 樹冠火인 것이 大部分이다.

森林에 있어서의 山火의 影響은 오래로부터 많은 觀心의 對象이 되어 왔으며 Ahlgren and Ahlgren<sup>21)</sup>이 森林火災의 生態的 效果에 대해 綜合的으로 考察한 外에도 많이 研究되어 왔으며,<sup>1, 7, 14, 15, 18)</sup> 種子發芽,<sup>23)</sup> 生産性,<sup>24)</sup> 및 樹木에서의 被害形態<sup>11, 12)</sup> 뿐 아니라 草地에 있어서도 Dix,<sup>6)</sup> Kucera and Ehrenreich,<sup>9)</sup> Daubenmire<sup>5)</sup> 등이 山火效果를 生態的 側面에서 밝혔고, 康<sup>22)</sup>은 草地의 構造와 生産性에 대해, Vlamis and Gowans<sup>17)</sup>은 灌木林을 生産性이 높은 牧野地로 轉換하는 데 산불의 效果를 認定하였다. 土壤에 대해서는 Heyward<sup>8)</sup>가 土壤水分, Barnette and Hester<sup>4)</sup>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 影響<sup>3, 14, 16, 19)</sup>에 對해 많이 研究

되고 있으나 이들의 結果를 綜合해 볼 때 山火에 의한 土壤性質의 變化는 一般的인 結論을 내리기가 어려우며 地域內 特性, 氣候, 構成種, 土壤型 등에 따라 달라질 수 있는 것으로 본다.<sup>2)</sup> 우리 나라에서는 洪等,<sup>30)</sup> 朴,<sup>25)</sup> 朴·金<sup>26)</sup>이 植生과 土壤에 대해, 車<sup>29)</sup>가 山火跡地의 土壤變化와 管理에 대해 考察한 바 있다.

本 研究는 岩石裸出이 極深하고 不安定한 土壤條件을 지닌 山地에서 山火에 依한 森林環境의 破壞狀態와 回復段階를 調査하여 山林復舊를 위한 基礎資料를 얻고자 實施 되었다. 本 研究를 위하여 現地調査 및 資料分析을 實施해준 서울大學校 農科大學 林學科 砂防工學研究室의 麻鎬燮, 李憲浩, 李宗學, 그리고 土壤科職員들에게 깊이 감사드린다.

## 材料 및 方法

### 1. 調査地 概況

本 研究가 實施된 곳은 서울大學校 農科大學 樹木園의 山林인 京畿道 安養市 冠陽洞과 始興郡 果川面의 境界地點인 冠岳山의 一部(東經 126°58', 北緯 37°26')로서 佛成寺 뒷편 陵線部와 뱀골溪谷의 上流流域이 만나는 地點이다.

이 곳은 1983年 6月 5日의 休日에 入山한 登山客의 牧事도중 不注意에 의한 失火로 發生한 地表火로 인해 溪谷의 發火地點인 標高 300m에서 標高 500m에 이르는 兩 斜面의 約 10여 ha程度의 被害를 입은 곳이다. 이는 우리 나라 산불 1件當 平均被害面積인 2.7ha에 비해 상당히 큰 것으로 山火의 進行方向이 溪谷에서 陵線部로 번져나갔기 때문에 延燒速度가 가속되었다. McArthur<sup>10)</sup>는 아래에서 위로 進行되는 산불의 경우가 그 進行速度가 빠르고 被害面積도 크게 된다고 報告한 바 있다. 消失地의 陵線部에 大規模의 많은 岩石이 突出하여 있음으로 산불이 더 이상 進行되는 것을 어느 程度 遮斷할 수 있었으므로 陵線部에서 鎮火되었다.

이 地域의 斜面方位는 各各 南東(SE)向 및 南西(SW)向으로서 斜面의 平均傾斜는 20°~25°로 比較的 急한 편이다. 산불發生地域과의 比較를 위해 산불이 發生하지 않은 곳에 設置된 調査林地는 산불發生地의 東쪽 陵線을 境界로 隣接한 標高 300m에서 500m에 걸친 地域으로서 斜面方位는 산불發生地와 마찬가지로 南東(SE) 및 南西(SW)向이며 平均傾斜는

25°~30°로 산불發生地에 비해 多少 急한 편이나 일반적인 地形條件은 비슷하다고 생각된다. 地質은 모두 대보花崗岩으로 산불發生地域과 산불이 發生하지 않은 地域에 있어서 원래의 土壤條件 및 植生組成도 대체로 類似한 것으로 볼 수 있으며 특히 冠岳山에 있어서의 大部分 土壤이 그러하듯이 砂質壤土로 거친 모래成分이 많으며, 土深이 대단히 얇거나 또는 表土流失로 인한 岩露出地가 많은 特徵을 보이고 있다. 調査地內나 부근에는 기상관측소가 설치되어 있지 않다.

2. 調査方法

各 調査區는 크게 2個 地域, 即 산불發生地域(burned area, B)과 산불이 發生하지 않은 地域(unburned area, U)으로 나누고 다시 이를 南東斜面과 南西斜面으로 各各 區分한 뒤 各 斜面別로 標高 300m부터 500m까지 50m마다 代表的인 곳에 2m×2m의 永久 方形區를 設置하였다. 따라서 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)가 된다.

1) 土壤調査

土壤環境에 미치는 산불의 影響을 把握하기 위해 산불發生後 20日이 經過한 1983年 6月 25日에 植生調査와 類似한 方法으로 산불發生地域과 산불이 發生하지 않은 地域에 대해 各 斜面別로 標高 300m에서 500m에 걸쳐 100m마다 土深 0~10cm, 10~20cm 部位에서 各各 分析用 土壤試料을 vinyl bag에 採取하였다. 또한 時日의 經過에 따른 土壤環境의 變化를 把握하기 위해 산불發生後 100日程度 經過한 1983年 9月 12日에 산불發生地域으로부터 同一 方法으로 土壤試料을 採取하였다.

實驗室로 가져온 土壤試料은 7日間 風乾한 後 約 5g씩 秤量瓶에 넣어 105°C dry oven에서 24時間 乾燥시킨 뒤 무게를 달아 土壤水分含量을 換算하였는데 이 때의 水分은 吸濕水에 해당한다. 또한 2mm sieve를 通過시킨 細土에 대해 10g 정도를 取해 110°C에서 2時間 oven-dry시킨 뒤 600°C의 電氣爐에서 4時間 待위 冷却시켜 損失量으로서 有機物含量을 換算하였으며<sup>21)</sup> 나머지 試料은 土性, pH, 全窒素, 有效磷酸 및 置換性 陽이온(K, Na, Ca, Mg)의 分析을 위해 林業試驗場 山林調査部에 의뢰하여 賁廻하였다.

2) 植生調査

1983年 6月 25日(산불發生 20日後)에 各 調査區別로 出現한 木本 및 草本에 對해 頻度, 密度, 被度를 測定하고 이를 基礎로 相對頻도와 相對被度を 換算하여 各 調査地內 種別 優劣의 比率을 나타내는 相對優占值를 算出하고<sup>20)</sup> 이 값을 상호 比較하여 산불의 影響에 따른 Increasers, Decreasers, Invaders Neutral species로 區分하였다.<sup>15)</sup>

또한 各 林地間, 時間繼列에 따른 種構成狀態의 多樣性 및 類似性을 把握하기 위해 種多樣度, 均一度, 優占度 및 類似度 指數로서 群落係數 等을 算出, 比較하였다.

研究當初에는 山火가 山地의 浸蝕 및 土壤流失에 끼치는 影響까지도 測定하고자 하였으나 研究費가 확보되지 못하여 차후로 연기되었다.

結果 및 考察

1. 土壤에 끼친 影響

各 林地別로 6個 調査區에서 얻어진 土壤 性質의

Table 1. Soil properties on burned and unburned areas of Mt. Gwanag

Site*	Depth (cm)	< 2-mm Fraction									
		Hygroscopic H <sub>2</sub> O (%)	Organic matter (%)	Texture	pH (H <sub>2</sub> O 1:5)	Total nitrogen (%)	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable			
								K+	Na+	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
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
U	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

\*B1, B2, and U refer to burned area of 20 days and 100 days after fire and unburned area, respectively.

平均값으로서 산불發生地域과 산불이 發生하지 않은地域을 比較하여 表 1에 나타내었다.

吸濕水로서 나타난 土壤水分은 산불發生後 初期에 4.72%의 높은 값을 보였다가 時日이 多少經過한後 減少하여 산불이 發生하지 않은地域보다 높은 水分含量을 나타내고 있다. 一般的으로 土壤水分은 山火後 減少하며 極深한 山火는 表土의 水分吸收 및 保有能力을 低下시킴으로서 土壤浸蝕을 增加시킨다.<sup>2,3,5)</sup> 고 報告되고 있으나 氣象條件과 土深, 土性 등 土壤의 物理的 狀態에 따라 오히려 增加할 수도 있는 것이다.<sup>2,5)</sup> 本 調査地에서 나타난 山火後 初期의 높은 水分含量은 植生의 被覆이 적어져 光線과 바람의 影響으로 砂質土壤의 경우 多孔形이 된다<sup>29)</sup>는 것을 고려할 때 모래成分이 많은 土性條件과 산불로 인해 생긴 재(ash)로 말미암아 일시적으로 土壤의 保水能力을 增加시킨 것으로 생각되며 時日이 經過함에 따라 재가 流失 또는 溶脫되면서 砂質土壤의 吸濕水 標準值인 2.1%에 近似한 값을 갖게된 것으로 보인다.

有機物含量도 산불이 發生하기 前 表土層에서 5.7%, 下層土에서 4.5%인 것이 發生後 8.9%, 5.3%로 增加했다가 곧 減少하는 傾向을 보여주고 있다. 산불로 인한 土壤內 有機物含量은 산불發生前보다 增加<sup>7,25,26)</sup> 또는 減少<sup>3,4,22,29)</sup> 한다는 報告를 綜合할 때 落葉 및 有機物의 不完全燃燒, 有機物의 量, 土性 등의 여러 要因에 따라 有機物含量의 變化樣相이 左右될 수 있는 것으로 본다.

Ahlgren and Ahlgren<sup>2)</sup>은 山火發生 中의 表土의 溫度와 熱은 매우 높아지게 되며 土壤의 土性 및 化學的 變化에 直接的으로 影響을 준다고 하였는데 本 調査에서는 土性에 큰 變化가 나타나지 않았으며 土深과도 無關하게 모두 砂質土壤으로서 粘土의 比率은 6~13%이었다.

土壤酸度는 表層土의 경우 산불이 發生하지 않은地域에서 pH 5.27 임에 비해 산불發生地에서는 5.80, 5.32로 나타나 산불이 土壤의 pH를 增加시킨다는 여러 報告<sup>3,7,25,26,29,30)</sup>와 一致하고 있으며 時日이 經過하면서 減少하여 곧 산불 發生前의 狀態로 도달하는 것으로 보인다. 산불 發生 直後 土壤 表層에서의 pH가 下層보다 特히 높은 값을 보이고 또 下層土의 pH는 오히려 낮게 되었다가 점차 增加하는 事實은 산불로 인해 생겨난 재의 添加와 下層土로의 溶脫때문으로 생각되어지고, Daubenmire<sup>5)</sup>는 一般的으로 草地에서의 불은 大部分 土壤의 pH를 增加시키게 되는 데 이는 植物이 타고난 뒤 재(ash)속에 含有된 염기

성 금속인 Ca, Mg, K 등이 豊富해지기 때문이라고 하였고, 朴·金<sup>25)</sup>도 같은 結果를 報告한 바 있다.

窒素含量은 산불이 發生하지 않은地域에서는 表層 0.12%, 下層 0.10%였으나 산불發生 直後 0.33%, 0.11%로 表層에서 높은 增加를 보이고 그後 점차 減少하는 것으로 나타났다. 산불로 인한 土壤窒素의 變化에 關한 研究報告를 綜合한 Ahlgren and Ahlgren<sup>2)</sup>에 依하면 山火로 인해 土壤窒素는 增加 혹은 減少하는 데, 增加하는 경우 山火가 土壤에서의 生物學的인 窒素固定活動을 促進시키는 데에도 一部 原因이 있다고 하였다. Daubenmire<sup>5)</sup>도 山火가 植物群落內의 豆科植物의 比率을 增加시킬 때 土壤養料의 增加가 顯著하고 따라서 窒素含量도 間接的으로 增加하게 된다고 하였다. 本 調査의 結果는 산불에 의한 土壤窒素의 增加를 報告한 朴,<sup>25)</sup> 朴·金,<sup>26)</sup> Douglas and Ballard<sup>7)</sup>, Vlamis<sup>15)</sup> 등의 結果와 一致된 傾向을 보이고 있으며, 또한 大部分 土壤窒素의 減少를 밝힌 報告에서는 有機物 含量도 減少하고 있었고 本 調査를 包含한 增加를 報告한 경우, 山火에 의한 土壤窒素와 有機物含量의 增加가 共通的으로 나타나고 있음은 土壤窒素가 有機物含量과 보다 關聯性이 있는 것으로 推定된다.

有效磷酸 및 K, Na, Ca, Mg 등 置換性 鹽基의 산불에 의한 變化는 산불發生 直後 各各 顯著的한 增加(表層의 경우 約 3~7倍)를 보였다가 차츰 減少해감을 볼 수 있다. 이는 植物體가 山火에 의해 灰分化된 養料가 土壤에 追加되어 鹽基性 物質이 增加하는 것이라 생각되며 可溶性 鹽基가 山火에 의해 2~8倍 增加한다는 Austin and Baisinger<sup>3)</sup>의 報告와 거의 一致하고, 康<sup>22)</sup>이 산불에 의한 草地의 biomass와 無機養料와의 關係에서 밝힌 結果와 일치함을 보여주는 것이다. 結局 林地의 生産性을 높이기 위한 火入도 불로 인한 植物生長에 有用한 養分, 特히 窒素供給의 增加와 함께 置換性 鹽基의 增加에 主目的이 있는 것이다. 本 調査에서는 表層土에서 山火에 의한 有效磷酸의 增加가 相對的으로 가장 크고 Na의 增加가 比較的 낮았으며, 또 山火後 곧 산불이 發生되지 않은 곳의 Na값과 같은 水準에 到達하는 것은 Na가 다른 成分에 비해 解離도가 커서 쉽게 溶脫되는 것으로 생각되며, Austin and Baisinger<sup>3)</sup>가 山火直後 2~8倍로 增加하는 可溶性 鹽基의 溶脫에 의한 損失可能性을 指摘하였고 실제 山火發生 이듬해 山火가 發生치 않은地域의 水準으로 低下된다는 報告와 一致함을 볼 수 있다. 또한 土深에 따른 이들의 量은 Na와

K의 경우를 除外하고는 表層土가 下層土보다 많았다.

2. 植生에 끼친 影響

1) 各 調査地의 優占種

表 2에 各 調査林地(B1, B2, U로 區分)의 種別 相對優占値를 보이고 있다. 이 때의 相對優占値는 木本과 草本으로 나누어 생각했기 때문에 樹高와 密度의 影響을 排除하고 相對頻도와 相對被度만을 고려한 값이 되는 것이다.

B1 林地(산불發生 20日後)에 나타난 種數는 22種으로 木本 8種, 草本 14種으로 優占種은 木本의 경우 조록싸리(*Lespedeza maximowiczii*) 신갈나무(*Quercus mongolica*), 참싸리(*Lespedeza cyrtobotrya*)였고 草本의 경우 새(*Arundinella hirta*), 억새(*Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*), 김의털(*Festuca ovina*)이었다.

B2 林地(산불發生 100日後)에 나타난 種數는 모두 48種으로 木本이 18種, 草本이 30種이며 신갈, 조록싸리, 참싸리 등이 木本中에서 優占値가 높았고 草本에서는 김의털, 새, 억새, 방아꽃(*Isodon japonica*), 강아지풀(*Setaria viridis*) 등이 높게 나타났다.

산불이 發生하지 않은 U林地에서는 總 35種이 出現하여 木本이 18種, 草本이 17種으로 木本이 草本보다 1種 많았고 優占種으로 소나무(*Pinus densiflora*), 신갈, 철쭉(*Rhododendron schlippenbachii*), 참싸리 등이고 새, 억새, 솔새(*Themeda triandra* var. *japonica*), 김의털, 개솔새(*Cymbopogon tortillis* var. *goeringii*), 구절초(*Chrysanthemum zawadskii* var. *latilobum*) 등이 草本類의 優占種이었다.

Table 2. Importance value of plants on burned and unburned areas.

Species	B1			B2			U		
	Woody plant	Herb	Total	Woody plant	Herb	Total	Woody plant	Herb	Total
Woody plants									
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	30.00		8.77	16.46		7.11	1.90		1.15
<i>Quercus mongolica</i>	27.69		8.33	22.32		9.98	13.33		10.28
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	24.33		7.30	13.69		5.92	8.33		5.64
<i>Weigela subsessilis</i>	6.18		2.35	6.71		2.81	6.67		4.49
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	5.33		1.79	5.67		2.48	1.98		1.55
<i>Quercus</i> × <i>grosseserrata</i>	2.77		0.92	4.07		1.75	2.98		2.08
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1.95		0.77	1.07		0.43	4.56		3.16
<i>Clematis mandshurica</i>	1.76		0.73	1.15		0.47	0.76		0.49
<i>Quercus variabilis</i>				12.03		5.58			
<i>Securinega suffruticosa</i>				3.38		1.43			
<i>Stephanandra incisa</i>				2.52		1.02			2.84
<i>Cocculus trilobus</i>				2.37		0.95			2.64
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>				2.10		0.82			0.87
<i>Pueraria thunbergiana</i>				1.56		0.66			
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>				1.40		0.59			
<i>Smilax china</i>				1.19		0.49	3.39		2.44
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>				1.18		0.49	8.73		6.16
<i>Lespedeza thunbergii</i> var. <i>intermedia</i>				1.09		0.44			
<i>Pinus densiflora</i>							27.75		22.53
<i>Juniperus rigida</i>							3.83		2.53
<i>Quercus serrata</i>							3.21		2.52
<i>Callicarpa japonica</i>							2.00		1.44
<i>Styrax japonica</i>							1.19		0.86
Herbs									
<i>Arundinella hirta</i>		30.83	21.89		18.77	10.42		31.35	6.56
<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>		23.80	16.26		12.04	6.85		19.87	5.06
<i>Festuca ovina</i>		18.77	14.23		22.69	12.22		7.18	2.67
<i>Asparagus schoberioides</i>		4.19	2.54		2.28	1.37			
<i>Aster scaber</i>		4.10	2.46		3.58	2.06		3.08	1.13

Species	B1			B2			U		
	Woody plant	Herb	Total	Woody plant	Herb	Total	Woody plant	Herb	Total
<i>Isodon japonica</i>		3.96	2.35		7.28	4.24		2.06	0.77
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>		2.69	1.59		1.42	0.84		0.99	0.36
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>		2.31	1.59		1.12	0.62		1.03	0.36
<i>Sanguisorba officinalis</i>		2.21	1.51		1.42	0.78		2.02	0.77
<i>Thalictrum aquilegifolium</i>		1.77	1.16		2.10	1.20			
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latilobum</i>		1.48	0.92		1.35	0.75		4.00	1.25
<i>Artemisia keiskeana</i>		1.30	0.78		1.60	0.93			
<i>Setaria viridis</i>		1.24	0.73		5.96	3.47			
<i>Peucedanum terebinthaceum</i>		1.22	0.72		1.39	0.82			
<i>Rubia cordifolia</i> var. <i>pratensis</i>					3.40	1.89		1.03	0.36
<i>Commelina communis</i>					2.37	1.29			
<i>Carex siderosticta</i>					1.27	0.70			
<i>Youngia sonchifolia</i>					1.05	0.59			
<i>Carex humilis</i>					0.85	0.48			
<i>Ixeris dentata</i>					0.83	0.47			
<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>					0.79	0.45			
<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>					0.78	0.44			
<i>Calamagrostis arundinacea</i>					0.78	0.44			
<i>Potentilla freyniana</i>					0.76	0.43			
<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i>					0.76	0.43		4.54	1.32
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>					0.76	0.43			
<i>Hypericum erectum</i>					0.73	0.42			
<i>Synurus deltoides</i>					0.72	0.41		1.14	0.38
<i>Artemisia japonica</i>					0.72	0.41			
<i>Themeda triandra</i> var. <i>japonica</i>								17.58	4.54
<i>Scutellaria indica</i>								1.18	0.38
<i>Saussurea neoserrata</i>								1.18	0.38
<i>Liriope spicata</i>								1.03	0.36
<i>Viola yedoensis</i>								0.99	0.36

Swan<sup>15)</sup>은 New York 洲에서 山火後 4個 植物群集의 變化를 追跡하여 頻度を 基準으로 한 *Increasers*, *Decreasers*, *Invaders*, *Retreaters*, *Neutral species* 로 나누었다. Ahlgren<sup>17)</sup>은 Minnesota 北東部に 있어서 植生の 再生과 生長에 미치는 산불의 影響에 대해 報告하면서 草本과 灌木을 ①未山火地에만 出現 ②山火地에만 出現 ③兩쪽에 共通의으로 出現하는 것으로 區分하고 이들의 繁殖方法의 差異가 種의 出現에 關係함을 밝히고 재로부터 添加된 糞料가 山火後 初期植生の 生長을 旺盛하게 한다고 하였다. 本研究의 경우, 木本에 있어서 山火後 初期에 出現하는 신갈, 싸리類 等 優占種의 共通의인 特徵이 地下部 또는 樹幹으로부터 나온 새로운 萌芽에 의해 回復되는 것임을 고려할 때 Ahlgren이 제시한 結果와 같은 傾向을 보임을 알 수 있다. Vogl and Schorr<sup>18)</sup>는 山火發生後의 遷移에 있어서 灌木과 草本類의 幼苗의 出現은 다른 要因보다 재의 有無 및 土壤 pH의 變化

가 더 決定的이라고 한 바 있다.

朴<sup>25)</sup>은 重要值를 基礎로 *Increasers*, *Decreasers*, *Neutral*의 세가지로 山火에 依한 植生變化를 區分한 바 있다. 本研究에서도 산불發生地域과 산불이 發生하지 않은 地域에서의 相對優占值의 差異를 基準으로 *Increasers*, *Decreasers*, *Invaders*, *Neutral species*의 네가지로 區分할 수 있었다. 따라서 本 調査結果에 따른 *Increasers*로 木本에서는 조록싸리, 참싸리, 신갈나무, 노린재나무(*Symplocos chinensis* for. *pilosa*), 草本으로는 억새, 김의털, 방아풀, 갈퀴꼭두선이(*Rubia cordifolia* var. *pratensis*) 等이고, *Decreasers*로는 木本에서 진달래(*Rhododendron mucronulatum*), 철쭉, 땃덩이덩굴(*Cocculus trilobus*) 청미래덩굴(*Smilax china*), 소나무, 노간주나무(*Juniperus rigida*) 等이 현저하고, 草本은 새, 솔서, 개솔새, 구절초, 골무꽃(*Scutellaria indica*), 산골취(*Saussurea neoserrata*), 개백문동(*Liriope spica*

ta), 제비꽃(*Viola yedoensis*)을 들 수 있으며, Invaders는 木本에서 광대싸리(*Securinea suffruticosa*), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 草本은 비짜루(*Asparagus schoberioides*), 평의다리(*Thalictrum aquilegifolium*), 맑은대죽(*Artemisia keiskeana*), 강아지풀, 기름나물(*Peucedanum terebinthaceum*)이 侵入된 種으로 볼 수 있었는데 이러한 種의 增加, 減少, 侵入 等도 時間繼列에 따라 速度를 가질 수 있을 것이라고 본다. 또 Neutral species 로 병꽃나무(*Weigela subsessilis*)를 비롯하여 참취(*Aster scaber*), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 오이풀(*Sanguisorba officinalis*) 等으로 區分되었다.

2) 種多樣性的 比較

表 3 및 그림 1은 산불에 의한 種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度的 變化를 調查地別, 草本, 木本別 또는 斜面別로 나타낸 것이다. 여기서 種多樣度(species diversity)는 Shannon<sup>13)</sup>의  $H' = -\sum (n_i/N) \cdot \log(n_i/N)$ 를 使用하였는 데  $n_i$ 는

한 調查地內에서의 어떤 種의 個體數이고 N은 한 調查地內에서의 總 個體數이다. 最大種多樣度(maximum  $H'$ )는 調查地別 種多樣度的 最大 可能值로서  $H' \max = \log S$  (단, S는 調查地別 種數)이며 均在度(evenness)는 相對的인 種多樣度를 意味하는 것으로  $J' = H'/H' \max$ 에 의해 算出된다. 또한 優占度(Dominance)는  $1 - J'$ 의 값으로서 均在度の 逆의 概念이다. 表 3에서 斜面別로 볼 때 대체로 南東斜面이 南西斜面보다 種多樣度를 비롯한 多樣性이 큰 것으로 나타나고 있다.

Douglas and Ballard<sup>17)</sup>는 alpine 植生群落에서 산불이 種多樣性을 增加시킨다고 報告하고 있으나, 本研究에서의 種多樣度는 木本과 草本을 함께 고려할 때, 산불이 發生하지 않은 地域(1.08)에 비해 산불 發生 直後 多少 낮은 값(0.82)을 갖지만 점차 增加해 감을 알 수 있다. 이는 種數와 關聯된 것으로서, 산불이 發生한 直後(B1)에 一次的으로 種數의 急激한 減少를 가져왔다가 時日이 經過하면서 種의 增加, 侵入 等에 의해 점차로 增加하는 것으로 특히 그림 2

Table 3. Values of various diversity of burned and unburned areas.

Site*	Plant type	Aspect	Number of species	Number of individuals	Special 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
			8	119	0.6464	0.9031	0.7158	0.2842
	Herbs	SE	12	416	0.5980	1.0792	0.5541	0.4459
		SW	9	165	0.4912	0.9542	0.5148	0.4852
			14	581	0.6209	1.1461	0.5418	0.4582
Total			22	700	0.8231	1.3424	0.6132	0.3868
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
			18	283	0.8097	1.2553	0.6450	0.3550
	Herbs	SE	21	606	0.6933	1.3222	0.5244	0.4757
		SW	18	300	0.7551	1.2553	0.6015	0.3985
			30	906	0.8129	1.4771	0.5503	0.4497
Total			48	1,189	1.0511	1.6812	0.6252	0.3748
U	Woody plants	SE	14	121	0.9902	1.1461	0.8640	0.1360
		SW	15	148	0.9588	1.1761	0.8152	0.1848
			18	279	1.0276	1.2553	0.8186	0.1814
	Herbs	SE	12	212	0.6283	1.0792	0.5822	0.4178
		SW	10	218	0.5702	1.0000	0.5702	0.4298
			17	430	0.6436	1.2304	0.5231	0.4769
Total			35	709	1.0799	1.5441	0.6994	0.3006

\*B1, B2, and U refer to burned area of 20 days and 100 days after fire, and unburned area respectively.

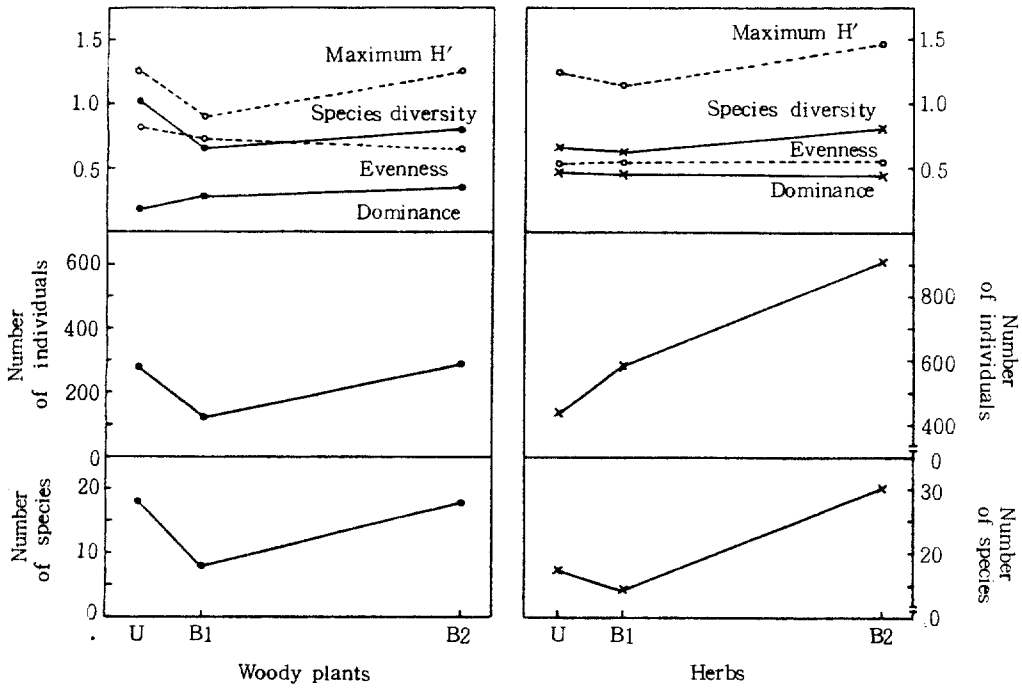


Fig. 2. Changes of various diversity values in burned and unburned areas.

에서 나타난 바와 같이 草本의 個體數는 山火後 계속 增加하고 種多樣度도 木本에 比해 산불이 發生하지 않은 地域(U)보다 더 크게 增加해 간 事實과 山火後 草本類의 頻度가 木本에 比해 一時的으로 높아지고 1 年만에 頻度가 頂點에 이른다는 Vogl and Schorr<sup>18)</sup>의 報告를 고려할 때 Douglas and Ballard의 結果는 타당한 것으로 생각되며, 산불의 發生이 植物의 生長과 再生能力이 어느 정도에 이른 6月경에 있었고 本 調查結果가 산불發生後 100 여일 정도밖에 經過하지 않았던 것임으로 미루어 種多樣度는 當분간 增加를 계속할 것으로 推定된다. 또한 可能한 最大 種多樣度는 B2 地域에서 이미 U 地域보다 많이 나타나고 있음도 그 근거가 되는 것이다.

相對의 種多樣度인 均在度는 1에 가까운 값을 가질수록 種別 個體數가 均一한 狀態라 할 수 있는데 木本의 경우 均在度는 산불로 인해 減少하는 傾向인데 반해 草本에서는 增加의 傾向을 보여 山火後 本 調查가 實施될 때까지는 草本類의 再生 및 增加가 木本에 比해 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 現象은 산불의 發生으로 인한 pH 및 陽이온 置換容量 등의 土壤條件의 一時的 變化와 各種의 繁殖方法 등에 關聯지어볼 수 있을 것이다.

### 3) 類似性의 比較

산불發生與否와 經過에 따른 各 林地間의 類似性을 把握하기 위해 2 個의 群落係數(coefficient of community)를 使用하였다.

CC는 두 林地間에 出現한 모든 種의 數에 대한 두 林地에 共通으로 出現한 種의 數의 比率로 나타낸다.<sup>20)</sup>

C는  $2w / (a + b)$ 로 計算되며 이 때 a, b는 각각 第 1, 第 2 林地內 各種의 量의 合計이고 w는 두 林地間에 共通인 種에 있어서 두 林地中 量이 적은 것의 合計이다. C의 算出에 利用되는 量은 本 研究에서는 各 林地當 合計이 100이 되는 相對優占值(表 2)로 나타냈으므로 a, b는 각각 100이 되고 따라서  $C = W / 100$ 이 된다.<sup>20, 27)</sup> 이러한 方法으로 얻어진 林地間 類似度指數들은 그 값이 높을수록 林地사이의 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 4에서 볼 때 B1, B2의 값이 가장 크고(CC = 0.69, C = 0.47), B1U의 값이 가장 적게(CC = 0.40, C = 0.43) 나타나고 있다. B1, B2의 群落係數가 큰 理由는 同一한 산불發生林地에 대한 時間的 差異에 의해 얻어진 結果이므로 B1U, B2U에 比해 일차적인 環境要因이 보다 類似하고 共通적으로 산불의 影響을



Table 4. Indices of community similarity.

Index	Community* comparison		
	B1B2	B1U	B2U
CC	0.69	0.40	0.47
C	0.47	0.43	0.44

\*B1, B2, and U refer to burned area of 20 days and 100 days after fire, and unburned area, respectively.

입은 것이기 때문이라 하겠다. 또한 B1U에 비해 B2U의 群落係數가 높은 것은 B1이 산불發生直後의 狀態로서 回復 및 侵入 등을 통한 植生變化의 程度가 낮았기 때문으로 본다.

結 論

土質이 瘠薄하고 岩磐裸出이 심한 冠岳山에서 發生한 地表火가 土壤 및 森林植生の 變化에 미치는 影響을 究明하기 위해 本研究를 遂行한 結果 얻어진 結論은 다음과 같다.

1. 土壤의 水分含量, 有機物 含量 및 土壤 酸도는 산불 發生直後(20日) 크게 增加한 後 곧 減少하며 불에 의한 土性의 變化는 거의 없었다.

2. 土壤內 全窒素와 有效磷酸도 山火直後에는 산불로 인해 크게 增加하였다가 차츰 減少하였다.

3. 置換性 鹽基는 산불의 影響으로 모두 增加하였다가 減少하는 傾向을 나타냈으며, Na를 제외하고는 全體적으로 表層이 下層에서 보다 높은 水準을 보였다. 特히, Na의 경우 산불 發生 100日後경에 산불이 발생하지 않은 林地의 含量과 비슷한 水準을 보였는데 이는 溶脫에 基因하는 것이라 생각된다.

4. 各 林地의 種別 相對優占值를 比較하여 木本과 草本에 대해 各各 산불에 의한 Increasers, Decreasers, Invaders 및 Neutral species를 區分지을 수 있었다.

5. 種多樣性은 산불 發生直後 다소 낮은 값을 보이다가 점차 增加하였고, 南西斜面이 南西斜面 보다 種多樣性이 대체로 높았다. 均在度는 木本에서는 계속 減少했으나 草本에서는 繼續的인 增加를 보였다.

6. 산불에 의한 林地間 類似性은 산불의 被害를 입은 B1 B2 林地間에서 가장 높았고, 산불 發生林地와 산불이 發生하지 않은 林地間에서는 산불 發生直後의 林地와 산불이 發生하지 않은 林地間의 類似性이 가장 낮았다.

7. 山地土壤의 浸蝕과 流失이 심한 荒廢山地에 대한 산불의 影響은 더욱 혹심하여 自然的 回復力이 弱약하므로 植生回復를 촉진하기 위해서는 砂防工學的 林地回復技術이 도입되어야 할 것이다.

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. Effect 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.
- 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.*
- Naito, T., K. Sugawara, Y. Iwanami and S. Iizumi. 1967. Some effects of fire on the coastal pine forest at Gamow, Miyagi Prefecture. *Jap. J. Ecol.* 17: 121-125.
- Rundel, P.W. 1973. The relationship between

- basal fire scars and crown damage in giant sequoia. *Ecology* 54: 210-213.
13. Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana. 117 pp.
  14. Stark, N.M. 1977. Fire and nutrient cycling in a douglas fir/larch forest. *Ecology* 58: 16-30.
  15. Swan, F.R., Jr. 1970. Post-fire response of four plant communities in south-central New York State. *Ecology* 51: 1074-1082.
  16. Vlamis, 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.
  17. Vlamis, J. and K.D. Gowans. 1961. Availability of nitrogen, phosphorus, and sulfur after brush burning. *J. Range Manage.* 14: 38-40.
  18. Vogl, R. and K. Schorr. 1972. Fire and manzanita chaparral in the San Jacinto mountains, California. *Ecology* 53: 1179-1188.
  19. Wagle, R.F. and J.H. Kitden, Jr. 1972. Influence of fire on soil nutrients in a ponderosa pine type. *Ecology* 53: 118-125.
  20. Whittaker. 1970. *Communities and ecosystems*. The Macmillan Co., Collier-Macmillan Ltd., London. 162pp.
  21. 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.
  22. 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.
  23. 金玉昞. 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.
  24. 金玉昞, 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.
  25. 朴奉奎. 1981. 江原道 桂芳山 및 柯七峰에서의 산불이 植物群集과 土壤成分에 미친 影響에 관하여. *韓國生活科學研究院 論叢* 28: 99-107.
  26. 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.
  27. 朴仁協. 1981. 京畿道 地方 赤松林의 植物社會學的 研究. 서울大學校 碩士論文. 48pp.
  28. 정복길. 1983. 가을철 산불방지 대책. *산림* 213: 16-22.
  29. 차순형. 1981. 산화적지의 토양 변화와 관리. *산림* 189: 44-50.
  30. 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.