

綠化와 人間(II)[※]

-火山性 荒廢地의 綠化-

江崎次夫¹⁾ · 岩本徹²⁾ · 芮縉榮³⁾ · 全槿雨⁴⁾

Revegetation and human(II)[※]

-Revegetation of volcanic denuded land-

Tsugio Ezaki¹⁾ · Tohru Iwamoto²⁾ · Sun-Young Yea³⁾ and Kun-Woo Chun⁴⁾

요 약

火山性 荒廢地를 綠化할 때에 우선 荒廢地의 특징을 정확하게 파악하는 것이 중요한 과제이다. 이 연구에서는 이러한 시점에서 우선 火山性 荒廢地의 커다란 특징인 降灰現象과 이에 동반하는 表面流의 발생과 이황산가스의 문제를 규명하였다. 이어서 火山性 荒廢地 綠化에 이용되고 있는 곰솔의 성장을 촉진시키는 데에는 荒廢地의 특징을 人爲的인 방법으로 극복하는 것이 중요하다는 것을 지적하였다. 이 문제점을 해결하기 위해서는 모래밭버섯 등의 共生微生物과 독자적으로 개발한 被覆資材를 併用하는 것이 유효하다는 것을 3년간에 걸친 기초적인 모델실험에 의해 규명하였다. 마지막으로 이들을 併用한 구체적인 綠化事例로서 長崎縣의 雲仙普賢岳와 鹿兒島縣의 櫻島를 대상으로 검토하였다. 그 결과, 共生微生物과 被覆資材의 併用은 火山性 荒廢地 綠化에 대단히 유효한 것으로 나타났다. 이 성과는 세계 각지의 火山性 荒廢地 綠化에도 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

It is one of the important tasks to accurately grasp features of the devastated land to revegetate the denuded, volcanic land. In the present report three factors of such features were discussed: the ash fall phenomenon, the overflow of surface water, and the generation of sulfurous acid gas, which are all usual, harmful factors for the successful growth of introduced plants to such area. In addition, it is indicated that to overcome those harmful factors some artificial tools should be applied in such regions before the

※ 이 논문의 일부는 科學技術部에서 지원하는 2000년도 산불被害復舊 技術開發事業(研究開發 課題名: 2次 山林被害 防止技術 開發)에 의해 진행되었음.

- 1) 山林科學研究所 特別研究員, 日本, 愛媛大學 農學部: College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan
- 2) 日本, 愛媛大學 農學部: College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan
- 3) 江原大學校 大學院 林學科: Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
- 4) 江原大學校 山林科學大學 山林資源學部: Division of Forest Sciences, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

introduction of pioneer tree species such as *Pinus thunbergii* and *etc.* In our three-year pilot study it is found out that the use of mulching sheets developed originally by research members combined together with symbiotic microorganisms such as *Pisolithus tinctorius* Coker *et* Couch *f. tinctorius* was very effective. Experimental plots surveyed throughly in Mt. Fugendake in Nagasaki Prefecture and Mt. Sakurajima in Kagoshima Prefecture showed successful revegetation as models. Finally, for the revegetation of the denuded, volcanic land it is recommended that mulching sheets should be used together with symbiotic microorganisms.

Key words : volcanic denuded land, revegetation, sulfurous acid gas, mulching sheets, symbiotic microorganisms

I. 緒 論

동아시아에 위치하는 일본은 세계에서 유수한 火山國인 것은 주지하는 바와 같다. 북쪽으로부터 北海道의 十勝岳, 有珠山, 昭和新山, 駒ヶ岳, 秋田·山形縣 경계에 있는 鳥海山, 福島縣의 磐梯山, 新潟縣의 燒山, 群馬·長野縣 경계에 있는 淺間山, 東京都 伊豆大島の 三原山, 三宅島, 岐阜·長野縣 경계의 御嶽山, 長崎縣의 雲仙普賢岳, 熊本縣의 阿蘇山, 鹿兒島·宮崎縣 경계의 霧導山, 鹿兒島縣의 櫻島, 開門岳, 硫黃岳 등 현재도 활발하게 활동하고 있는 화산이 많다. 최근에는 휴화산으로 일본의 상징인 富士山の 새로운 활동에 대한 내용이 보도되고 있으며, 또한 기억에도 새로운 長崎縣의 雲仙普賢岳, 23년만인 작년에 噴火活動을 재개하여 洞爺湖 온천상가에 막대한 피해를 준 有珠山과 三宅島의 활발한 화산 활동 등이 문제로 대두되고 있다. 한편, 普賢岳는 거듭된 火碎流 등으로 大災害를 일으켰지만, 현재는 休止期에 들어가 있으며, 有珠山도 소강상태가 계속되고 있으나, 三宅島는 아직도 주민들이 귀가할 시기에 대한 전망조차 서 있지 못한 상태이다. 그러나 언젠가는 화산활동이 진정되어 復舊工事も 개시될 것으로 기대된다. 이와 같이 활발한 火山活動을 하고 있는 화산이라도 火山活動의 休止 혹은 진정화가 확인되면 火山活動에 의해 荒廢된 주변지역의 復舊를 진행하게 된다. 따라서 이 논문에서는 火山性 荒廢地의 綠化에 대해 지금까지

의 자료와 현지에서의 실험결과를 토대로 앞으로의 방향성을 제시하고자 하였다.

II. 火山性 荒廢地의 特徵

다른 荒廢地에 비해 火山性 荒廢地의 큰 특징은 降灰와 아황산가스의 영향이 매우 크다는 것이다. 이 때문에 植物이 성장하기 어렵다는 점과 특히 降灰나 噴火物의 영향으로 浸透能이 현저하게 저하하기 때문에 表面流가 발생하여, 매 降雨마다 주변 지역의 土壤表面이 浸蝕되거나 雨水가 특정 장소에 집중되어 表層崩壞를 일으키는 경우가 많다. 또한 降灰나 火山性 噴火物이 溪流나 河川에 堆積하여 적은 降雨에도 土石流가 되어 流下하는 일이 많아 소위 荒廢溪流나 荒廢河川이 많은 것도 火山性 荒廢地의 특징의 하나이다.

이상과 같이 火山性 荒廢地의 綠化는 降灰의 영향에 의한 表面浸蝕, 表層崩壞와 아황산가스에 어떻게 대응할 것인가가 큰 포인트인 것은 말할 필요도 없다. 따라서 우선 綠化를 생각할 경우, 첫째로 防災的인 견지에서 降灰의 영향에 의한 表面浸蝕과 表層崩壞를 방지할 수 있는 자재를 개발하는 것이고, 둘째로 植物의 生育環境의 견지에서 降灰나 아황산가스에 강한 植物種類를 개발하거나 저항력을 증대시키는 자재를 연구, 개발하는 것이다. 즉 火山性 荒廢地의 綠化를 실시하는 경우에 이 두 가지의 입장을 병행하여 생각하는 것이 대단히 중요하다.

III. 火山性 荒廢地의 植物에 要求되는 條件

전술한 바와 같이 火山性 荒廢地는 일반 荒廢地에 비해 降灰와 아황산가스의 영향을 강하게 받기 때문에 더욱 나쁜 조건하에 있다고 할 수 있다. 따라서 도입할 植物에는 우선 降灰와 아황산가스에 대한 강한 저항력이 요구되며, 또한 일반 荒廢地에서 요구되는 1) 浸蝕防止에 기여할 수 있을 것, 2) 植物의 生物學的 입장에서 生育環境이 열악한 장소에서 發芽·發根 및 生育이 가능할 것, 3) 실제 施工面에서 공사 및 관리에 경비를 그다지 필요로 하지 않을 것 등의 조건(江崎, 1999)을 만족해야 한다. 예를 들면 枝葉數가 많고, 건조나 酸性土壤에 견딜 수 있으며, 施工性에 뛰어나야 한다는 등의 구체적인 조건을 만족시켜야 한다.

표 1은 火山性 荒廢地 植物에 요구되는 조건으로 기본적으로는 일반 荒廢地의 植物에 요구되는 조건에 火山性 荒廢地에서 특히 요구되는 조건을 첨가한 것이다. 이러한 조건을 만족시키는 植物은 현재까지는 매우 한정되어 있으며, 지금까지의 현지조사로 확인된 것은 木本植物로는 곰솔, 다정큰나무, *Symplocos lucida* Sieb. et Zucc와 동백나무, 草本植物로는 참억새, 띠나 털머위 정도이다.

IV. 火山性 荒廢地 綠化를 위한 微生物(菌根菌)을 이용한 基礎的 實驗

鹿兒島縣의 櫻島 등과 같은 火山性 荒廢地에는 주변에서 飛散해 온 곰솔 種子가 發芽·拔根하여 散在的으로 生育하고 있다(사진 1). 따라서 이 곰솔에 대해 降灰나 아황산가스에 대한 저항력을 증대시키기 위해 현재 모래발버섯이나 솜양지꽃 등의 外生菌根菌(Ezaki 등, 1997; 江崎 등, 1998; 江崎, 1998)과 시판되고 있는 內生菌根菌(AM菌, VA菌根菌, Arbuscular 菌根菌이라고도 함)을 이용하여 현지, 묘포에서의 모델 및 실내에서 각종 실험을 실시하고 있다. 그 결과를 토대로 현지에 도입하기 위한 최적의 방법을 검토 중에 있으며, 이미 外生菌根菌인 모래발버섯을 이용한 현지실험에서는 예측한 성과를 얻고 있다.

內生菌根菌은 주로 야채류에 이용하는 것을 목적으로 개발된 것으로 일반 농업분야에서는 널리 이용되고 있으며, 수확량의 증대 및 氣象災害나 病蟲害에 대한 저항력 증대에 공헌하고 있다(岡部, 1997). 따라서 여기서는 火山性 荒廢地에 있어서 곰솔의 降灰나 아황산가스에 대한 저항력을 증대시키기 위해 전술한 外生菌根菌이 유효하였던 것에 착안하여 內生菌根菌의 有效性에 대해 火山性 荒廢地에의 적용을 전제로 실시한 실내실험 결과를 서술한다.

표 1. 植物에 요구되는 조건

浸蝕防止의 입장에서	植物 자체에 요구되는 특성	施工管理의 입장에서
1. 葉 면적이 넓다 2. 枝葉數가 많다 3. 成立密度가 높다 4. 地上部를 잘 덮는다 5. 根系發達이 뛰어나다 6. 土壤緊縛力이 뛰어나다 7. 키에 변화가 있다	1. 降灰에 강하다 2. 아황산가스에 강하다 3. 種子를 다량으로 구할 수 있다 4. 草本이면 多年生으로 草丈이 낮다 5. 初期成長이 빠르다 6. 토지에 대한 요구도가 적다 7. 酸性土壤이나 건조에 잘 견딘다. 8. 繁殖力이 왕성하다. 9. 病蟲害에 강하고 衰退하지 않는다 10. 常綠 또는 綠色期間이 길다	1. 구하기 쉽다. 2. 施工費가 저렴하다 3. 施工性이 뛰어나다 4. 維持管理費가 싸다 5. 주위 환경에 위화감이 없다



사진 1. 飛散해 온 種子로부터 發芽한 곰솔의 生育狀況(鹿兒島縣의 櫻島)

內生菌根菌을 木本植物에서 사용된 사례(岡部, 1997)로는 실험실에서 삼나무나 편백에 집중하여 좋은 성적을 남긴 보고가 있는 정도이며, 內生菌根菌이 곰솔의 생육에 응용된 보고는 지금 단계에서는 찾아볼 수 없다. 우리 연구그룹에서는 많은 綠化用 木本植物에 적용을 시도하고 있으며, 이미 10數種에 대해서는 그 효과를 확인하고 있다. 따라서 火山性 荒廢地를 포함한 많은 荒廢地에서 이용되는 곰솔에 대한 실험결과에 관해 서술한다.

培養土에 시판되고 있는 菌根菌을 重量比 1~5% 첨가한 곰솔 種子를 播種하여 生育시킨 후, 80일이 경과한 결과를 그림 1에 나타냈다. 菌根菌을 1% 첨가하는 것만으로 무첨가에 비해 전체적으로 성장이 양호해 지고, 특히 중량의 증가가 두드러졌다. 菌根菌의 농도는 1%에서 효과가 가장 높게 나타났고, 농도를 높여도 그 이상의 효과는 나타나지 않았다. 또한 地上部와 地下部の 길이와 중량(T/R率)의 비율은 그림 2에서 알 수 있듯이 菌根菌을 첨가하여도 거의 변하지 않았는

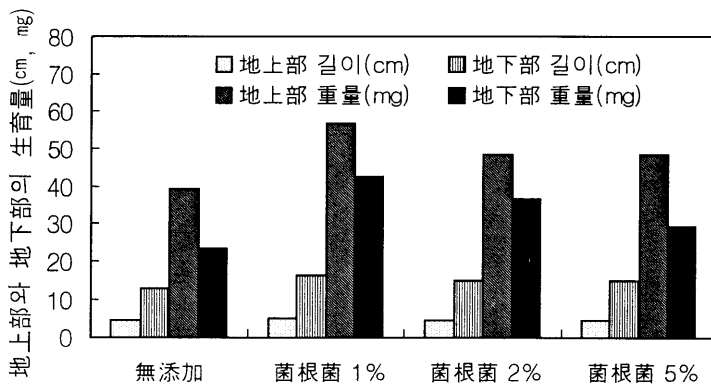


그림 1. 곰솔의 成長에 대한 菌根菌의 各 濃度別 影響

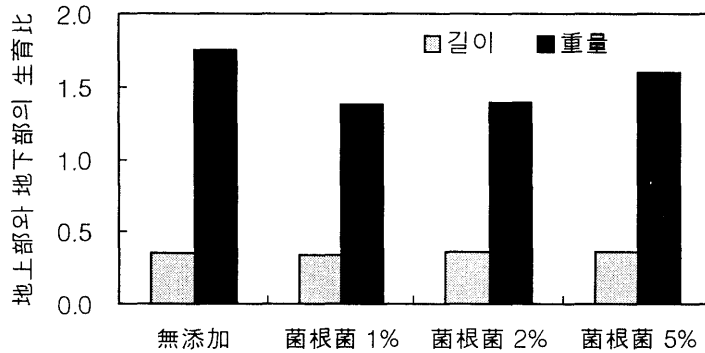


그림 2. 곰솔의 地上部와 地下部の 生育比

데, 이는 菌根菌의 영향이 地下部和 地上部に 동일하게 나타나고 있는 것을 의미한다. 결과적으로 菌根菌을 소량만 첨가하여도 곰솔의 성장을 촉진시킬 수 있다고 생각된다.

각 농도의 있어서 곰솔 苗木의 成長狀況은 사진 2와 같다. 즉 1% 및 2% 添加區의 곰솔은 無添加區에 비해 뿌리 전체의 성장이 양호하였고, 뿌리의 分枝도 활발하며, 細根量도 상당히 많았

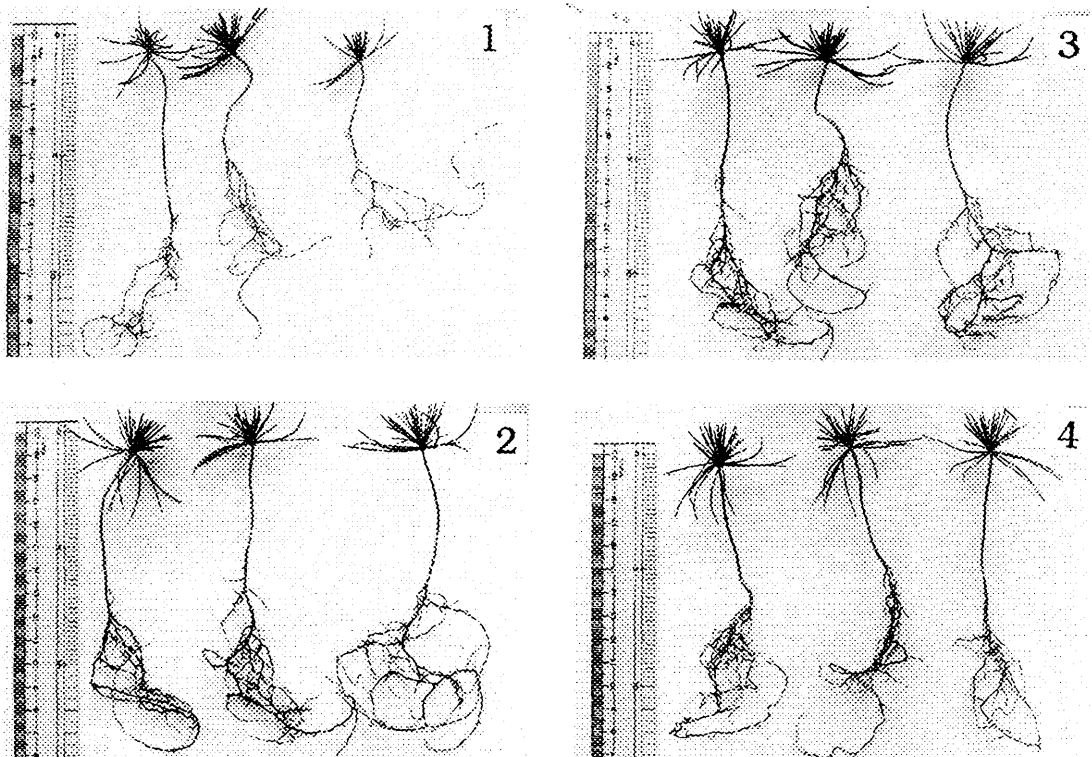


사진 2. 곰솔의 成長에 대한 菌根菌의 各 濃度別 影響

다. 더욱이 地上部의 성장도 地下部의 성장 정도는 아니었지만, 無添加區에 비하면 菌根菌 첨가의 효과가 나타났다. 5% 添加區는 1% 및 2% 添加區에 비해 약간 成長量이 낮게 나타났으나 첨가 농도가 증가하면 반대로 성장이 억제된다고는 할 수 없다.

菌根菌은 草本性인 해바라기나 잔디의 뿌리에 많이 존재하는 것으로 알려져 있다. 또한 일반적으로 土壤微生物의 생육에 木炭을 첨가하면 微生物이 풍부해 지고, 植物의 根圈을 확대시키는 데에도 관계가 있다고 생각되고 있어 해바라기와 木炭 두가지를 이용하여 전술한 것과 같은 방법

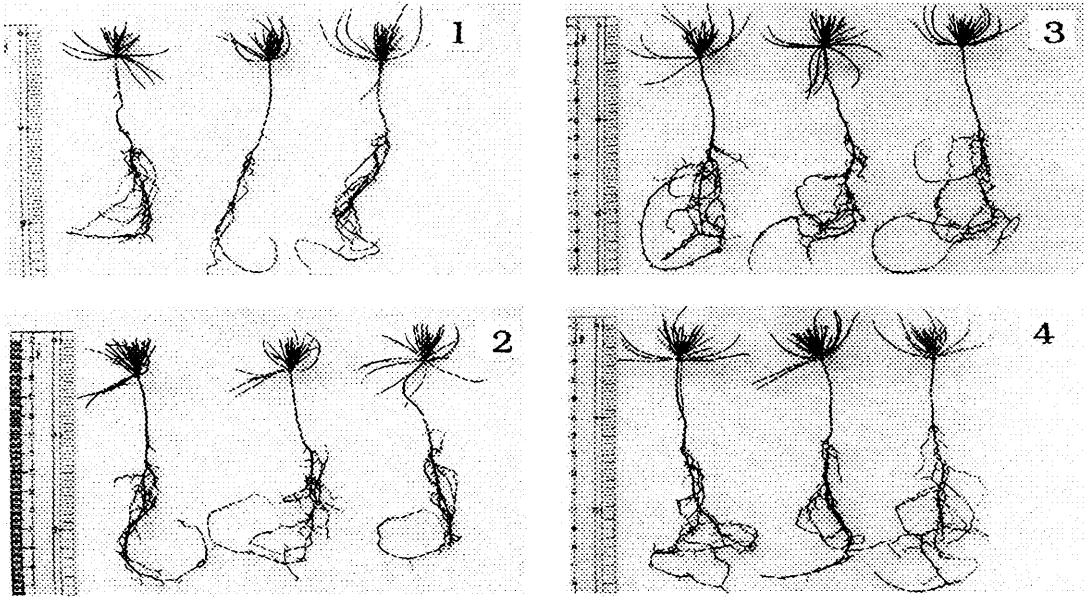


사진 3. 해바라기가 있을 때에 菌根菌이 곰솔에 미치는 影響

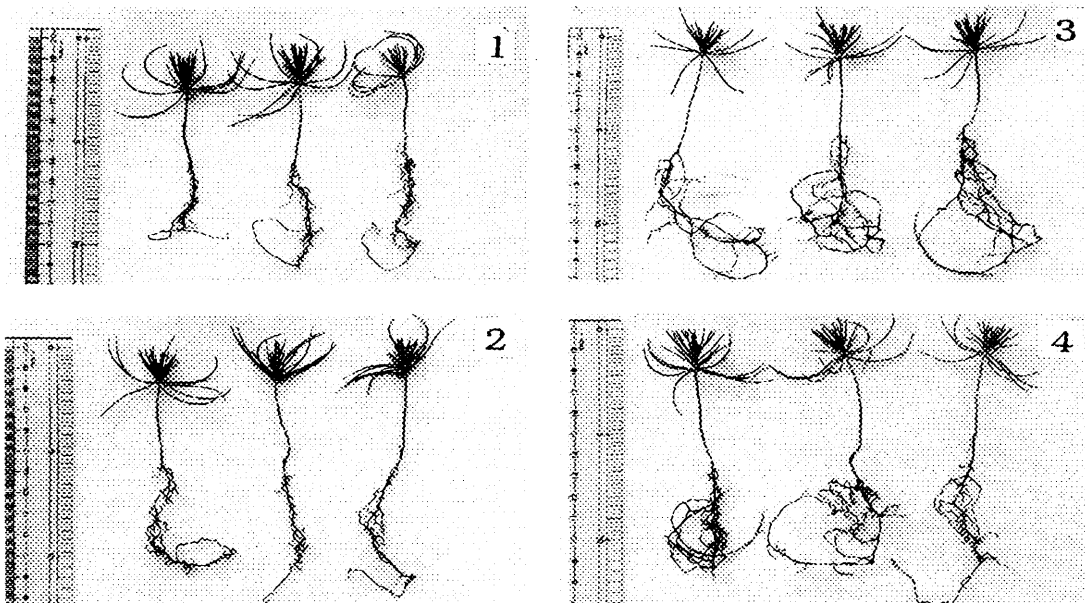


사진 4. 木炭을 存置했을 때에 菌根菌이 곰솔에 미치는 影響

으로 실험을 시도하였다. 80일이 경과 후의 곰솔 苗木의 상황은 사진 3 및 사진 4에 나타난 바와 같으며, 여기서 菌根菌의 添加濃度는 모두 1%이다. 실험결과, 해바라기 및 木炭의 효과는 현저하지는 않았지만, 적으나마 효과가 나타나고 있으므로 이 방법도 앞으로 현지에서 실제로 실험을 실시할 때에는 고려해야 할 것이다. 특히 木炭은 除間伐이 진행되지 못한 林分에서 대량으로 얻을 수 있는 삼나무, 편백을 원재료로 할 경우에 대량 생산이 가능하기 때문에 현지에 충분히 응용 가능한 방법으로 생각된다.

V. 구체적인 綠化事例

1993년부터 櫻島의 野尻川와 黑神川 上流의 荒廢地 및 1995년부터 雲仙普賢岳에서 각각 실시하고 있는 荒廢地의 綠化實驗(江崎 등, 1996: 1998: 1999: 丸本 등, 1999)을 토대로 지금까지의 구체적인 綠化狀況과 앞으로의 과제에 관하여 서술하기로 한다.

1. 雲仙普賢岳

1994년 말부터 雲仙普賢岳(사진 5)의 분화가 점점 약해져 1995년 5월에는 火山噴火豫知連絡會로부터 분화활동의 종식이 선언됨에 따라 土壤浸蝕防止와 綠化·樹林化를 위한 治山工事が 長崎縣 島原振興局에 의해 개시되었다. 荒廢裸地斜面的 復舊基本對策의 하나는 헬리콥터에 의한 航空綠化工이었다.



사진 5. 長崎縣 雲仙普賢岳

우리 연구그룹은 지금까지 散布되어 온 濕式工法과는 달리 AM菌을 넣은 자루(GB, 사진 6)를 살포하는 乾式工法을 제안할 기회를 얻어 火碎流가 流下한 장소에서 실험을 실시하였다(사진 7).

그러나 普賢岳의 시험시공은 최선의 공법을 신속히 시공하여 土石流에 의한 災害를 방지하는 것을 주목적으로 하였기 때문에 시공한 모든 자루에 菌根菌이 들어 있어 菌根菌이 없는 자루, 즉 對照區를 설정할 수 없었다.

또한 사진 8은 자루를 散布하기 전에 예비실험으로 櫻島에 있어서 자루에 곰솔 種子와 菌根菌을 넣어 荒廢地에서 실험하고 있는 상황이다. 예측한 대로 곰솔이 發芽하여 순조롭게 生育하고 있는 것을 알 수 있다.



사진 6. AM菌을 넣은 자루(50cm×cm)

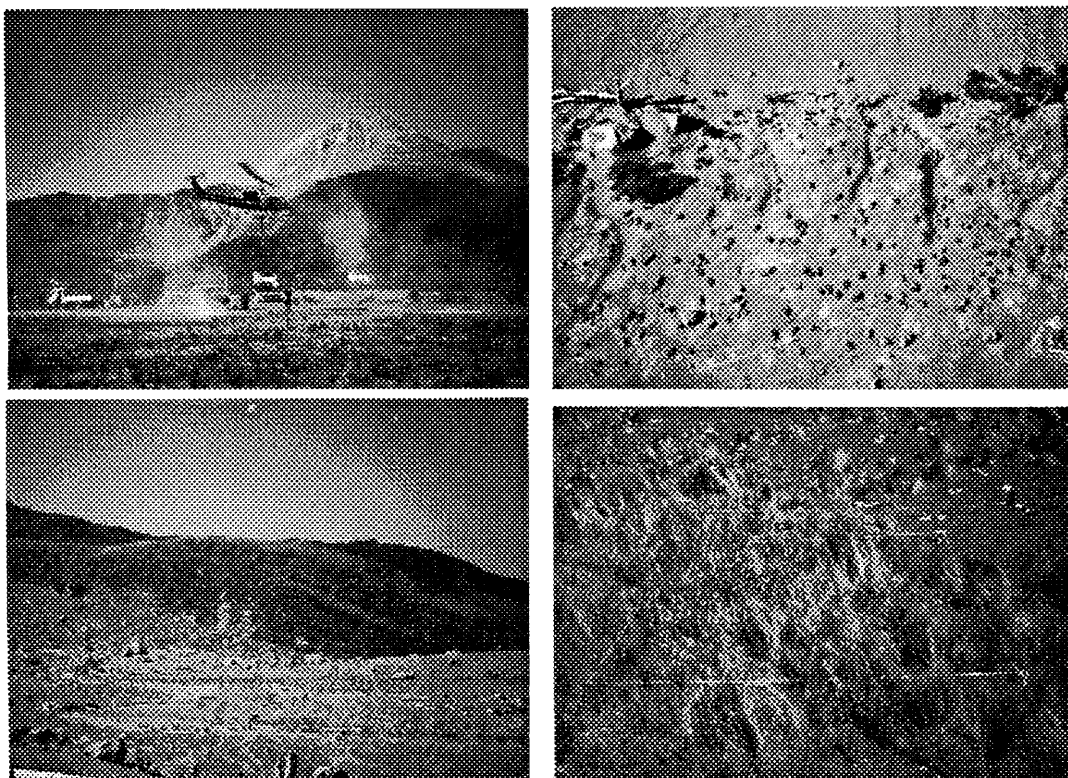


사진 7. 普賢岳 垂木臺地에 있어서 乾式航空散布에 의한 綠化

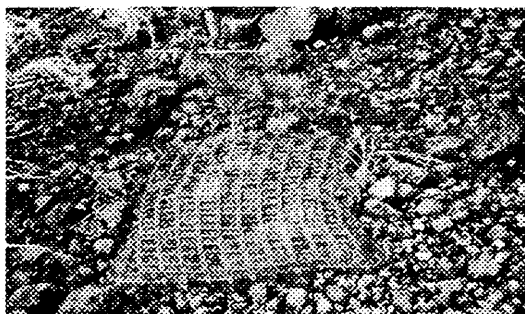


사진 8. 자루로부터 發芽한 곰솔의 生育狀況(櫻島에서의 豫備實驗)

普賢岳 垂木臺地에 있어서 *Eragrostis curvula* Nees(WLG) 뿌리의 AM菌 共生率의 變化를 그림 3에 나타냈다. 裸地에서 發芽·生育한 WLG는 빈약하였으며, 일부 뿌리에 AM菌의 감염을 확인할 수 있었지만, 대부분의 뿌리는 감염되지 않았다. 한

편 자루 위의 WLG는 극히 왕성한 生育을 나타냈으며, AM菌 共生率은 무집종 裸地보다 확실히 높았다. 또한 자루를 관통하여 하부로 신장한 뿌리에도 AM菌이 감염되어 있으며, 그 共生率은 서서히 높아지는 傾向을 나타냈다.

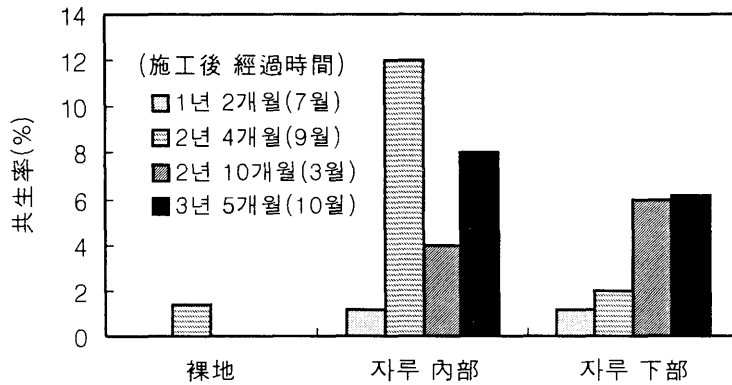


그림 3. 普賢岳 垂木臺地에 있어서 *Eragrostis curvula* Nees(WLG)의 AM菌 共生率(1995년 5월~1998년 10월)

시공 후 3년 5개월이 경과한 조사결과는 그림 4와 같다. 자루 하부 및 주변부의 WLG 뿌리 신장에 따라 AM菌 共生率이 확대해 가는 것을 알 수 있다. 더욱이 자루 내부 및 하부의 토양 속의 AM菌 胞子數는 經時的으로 증가하고 있는 것이

확인되어 微生物의 生態圈이 확대하고 있는 것이 밝혀졌다. 4년 후의 植生の 生育狀況은 사진 9와 같다. 도입한 草本 및 木本植物이 착실하게 定着·生育하고 있었으며, 식물을 도입한 곳에서는 土壤浸蝕이 발생하지 않았다. 그러나 인공적으로 植物을

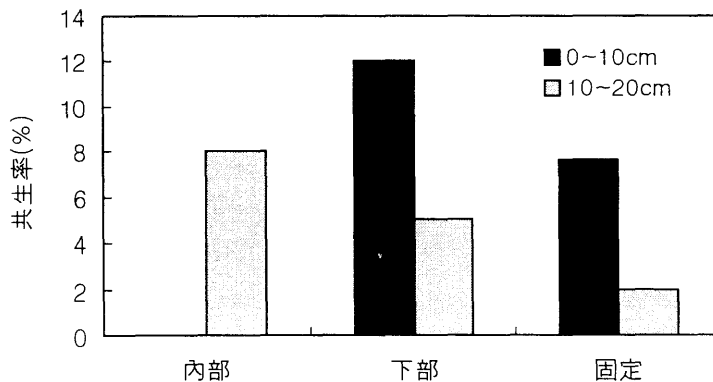


그림 4. 普賢岳 垂木臺地에 있어서 *Eragrostis curvula* Nees(WLG)의 AM菌 共生率의 分布狀況(1998년 10월: 시공 후 3년 5개월)

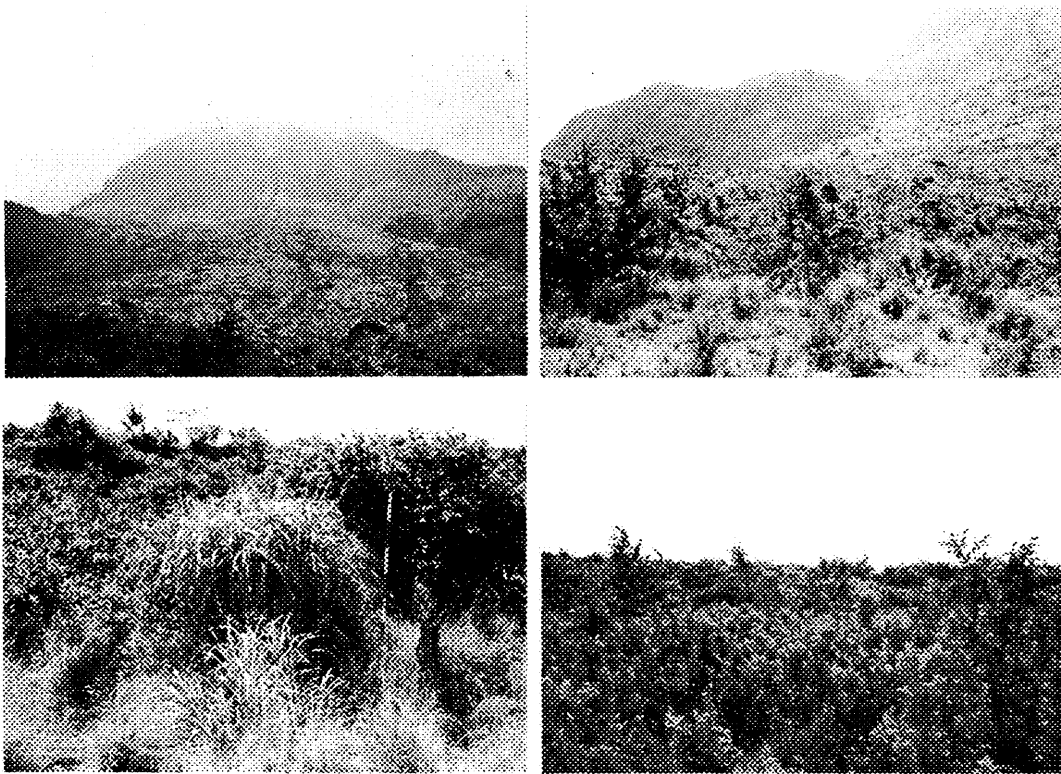


사진 9. 普賢岳 垂木臺地에 있어서 4년 후의 植生の 生育狀況

도입하지 않았던 곳의 일부에서는 사진에서 알 수 있는 듯이 土壤浸蝕이 발생하고 있었다.

1997년 5월에 새로 시공된 赤松谷 및 水無川 流域의 乾式航空散布地에서 실시한 植物 뿌리의 AM菌 共生率은 그림 5와 같다. 植物이 성장함에 따라 共生率이 증가하였으며, 현재까지 土壤浸蝕은 거의 발생하지 않았다(丸本 등, 1999).

이상에서 알 수 있듯이 雲仙普賢岳와 같이 분화한지 얼마 안되는 장소에서는 接種源인 AM菌은 전혀 존재하지 않거나, 존재해도 매우 적다. 따라서 이러한 장소에서의 AM菌 接種은 매우 효과적이라고 판단되며, 또한 물을 이용하지 않은 乾式工法은 이점이 많기 때문에 지금보다 더 평가받아야 된다고 생각한다. 또한 이 공법은 火山

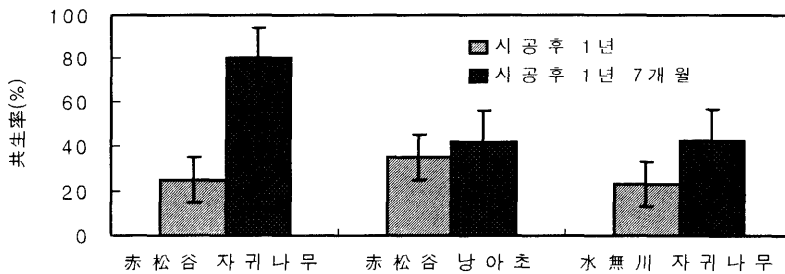


그림 5. 普賢岳 試驗地에 있어서 AM菌의 共生率 (1997년 5월 시공: 시공 후 1년 및 1년 7개월)

性 荒廢地뿐 만 아니라 일반 荒廢地나 각종 비탈면 綠化에 응용이 가능하기 때문에 더욱 보급을 확대해야 할 것이다.

2. 櫻島

櫻島(사진 10)의 火山灰 降灰性 荒廢地에 있어서 裸地斜면의 土壤浸蝕을 방지하지 않고 곰솔 등을 植栽하면 降雨시에 쉽게 토양이 浸蝕되고, 그에 따라 곰솔 등이 점차 倒伏하여 枯損하게 된다. 그러므로 이상과 같은 현상을 방지하고, 도입할 곰솔 등의 성장을 촉진하면서 降灰나 아황산가스에 대한 저항력을 증대시키기 위해서는 土壤浸蝕防止資材의 개발과 그것에 병용하는 微生物 등의 연구개발이 요구된다. 따라서 필자들은 새로 개발한 被覆資材(江崎 등, 1996)를 이용하여 火山灰의 유출을 방지하고, 菌根菌을 접종함으로써 早期에 綠化를 도모하기로 하였다.

櫻島에서는 1994년 5월 30일에 櫻島의 野尻川 河口로부터 2,500m 지점의 右岸 荒廢地 약 2,000㎡에 시험지를 설정한 후 계속해서 조사실험을 실시하고 있다. 실험에서 우선 對照區를 제

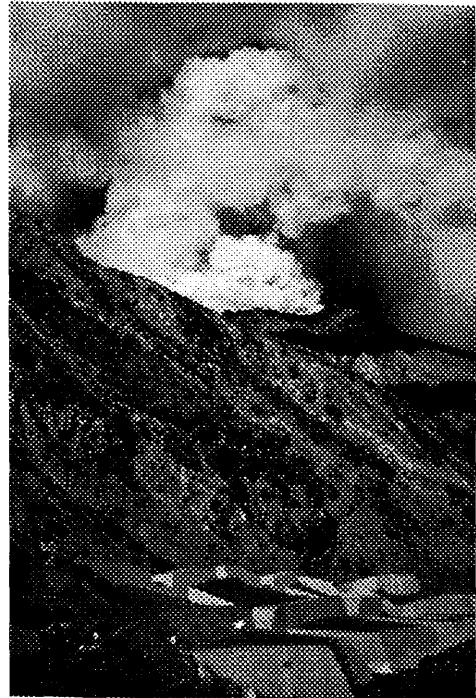


사진 10. 鹿兒島縣의 櫻島

외한 실험구역 전체를 일부 充填土壤을 넣은 被覆資材로 被覆하였다(그림 6, 사진 11).

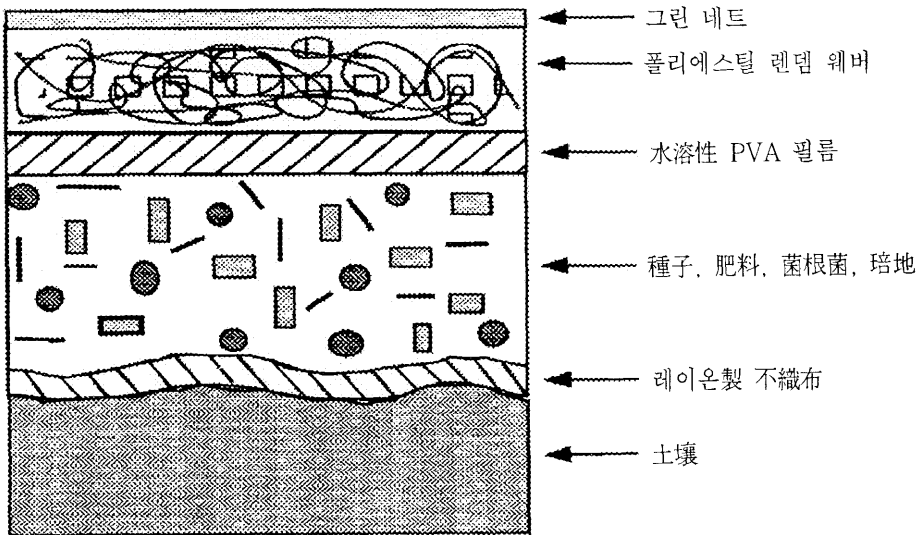


그림 6. 被覆資材의 構造

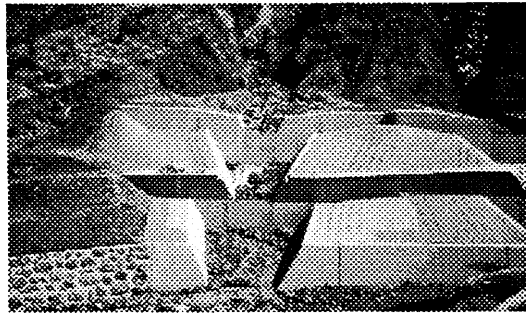


사진 11. 실험개시 당초의 野尻川流域 試驗地(1994년 5월)

그리고 鹿兒島縣 日置郡 吹上町에서 採種하여 森林總研의 묘포에서 육묘한 2년생 곰솔을 1m²당 1本 비율로 植栽하였다. 植栽할 때 곰솔의 根系에는 外生菌根菌인 *Pisolithus tinctorius* f. *turgidus*(PT, 福島縣 磐梯山産) 및 솜양지풀(AH, 茨城縣 莖崎町産)의 孢子를 接種하였다. 또한 일부 곰솔 根元에는 內生菌根菌을 감염시킨 참여새도 동시에 植栽하였다.

1) 根元直徑 및 樹高 成長量

1994년 5월에 植栽했던 곰솔의 7년간의 根元直徑 成長量 推移를 그림 7에 나타냈다. 施用區 중에서 被覆資材+감염 참여새의 Dc區가 對照區와 같은 정도의 成長量을 보인 이외에는 對照區에 비해 120~327%의 成長量을 나타냈다. 그

중에서도 被覆資材+모래밭버섯인 Aa區는 7년간에 59.3mm의 成長量을 나타냈고, 특히 3년째 이후의 成長量 증가가 對照區에 비해 두드러졌다. 또한 樹高 成長量의 추이는 그림 8에서 알 수 있듯이 7년간은 根元直徑 成長과 같은 경향을 나타냈으며, 모든 施用區가 對照區에 비해 114~250%의 成長量을 나타냈다. 특히 5년째 이후의 成長量이 對照區에 비해 두드러졌으며, 被覆資材+모래밭버섯의 Aa區가 7년간에 175.8cm로 가장 큰 成長量을 나타냈다. 根元直徑 및 樹高 成長에서 가장 큰 값을 보인 被覆資材+모래밭버섯의 Aa區와 對照區 사이에는 0.1% 수준의 有意差가 확인되었으며, 또한 많은 施用區와 對照區 사이에도 5~10% 수준의 有意差가 확인되었다. 이와 같이 대부분의 施用區의 根元直徑 및 樹高 成長

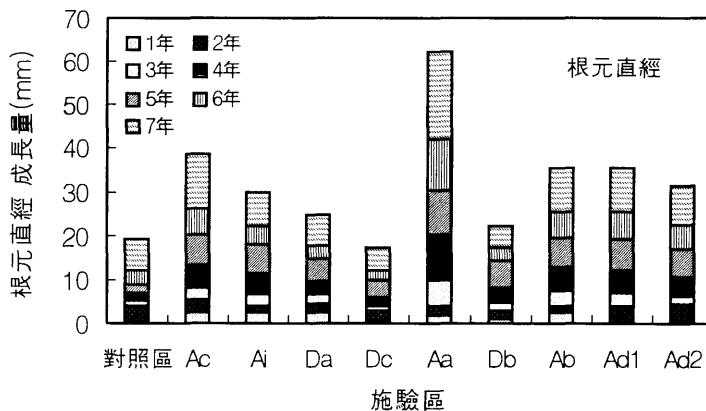


그림 7. 곰솔의 7년간의 根元直徑 成長量의 推移

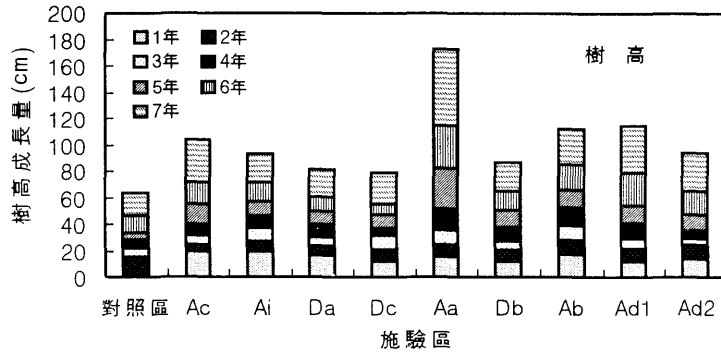


그림 8. 곰솔의 7년간의 樹高 成長量의 推移

量이 對照區에 대해 유의한 차이를 나타낸 것은 被覆資材에 의해 根系部の 土壤水分, 溫度 등의 環境條件이 개선된 것과 이에 따른 모래밭버섯 등의 菌根菌과 곰솔의 共生關係가 충분히 기능한 것은 물론 被覆資材 아래서 土壤化가 진행하고 있는 것이 밀접하게 관계한 결과라고 생각된다. 사진 12는 곰솔 植栽 후 7년간의 生育狀況이다.

그러나 당초 施用區와 對照區 사이에는 좀 더 有意差가 나타날 것으로 기대하고 있었다. 그러나 전술한 결과가 나온 것은 櫻島와 같이 현재에도 분화나 폭발이 반복되고 있으나, 대규모 분화 이래 오랜 세월이 경과하여 어느 정도의 植生이 회복하고 있는 곳에서는 유효한 土着 菌根菌이 존재하기 때문에 다른 곳에서 채취, 증식시킨 菌根菌

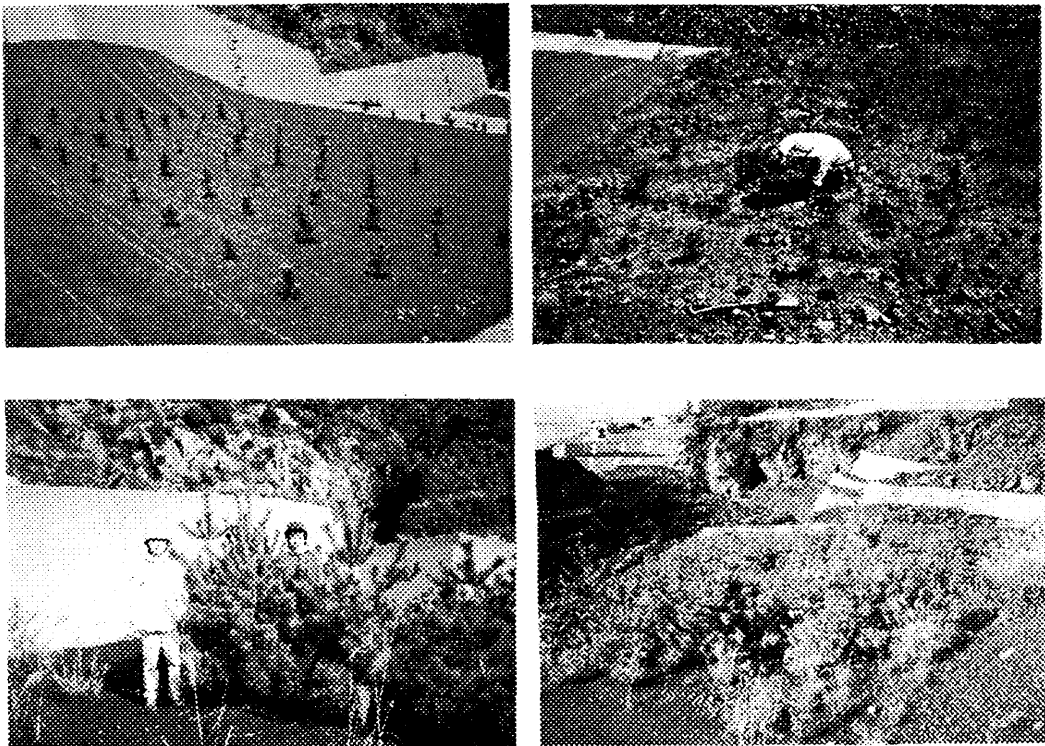


사진 12. 곰솔 植栽 후의 生育狀況



사진 13. 黑神川流域 試驗地

의 집중효과는 초기 단계에서는 확인할 수 있지만, 그 후에는 對照區에도 土着 菌根菌이 감염되어 施用區와 차이가 나타났지 않았기 때문으로 생각된다. 이는 菌根菌을 이용할 때 현장의 有效 土着 菌根菌, 植生, 토양의 두께 등에 관해 사전에 충분히 조사할 필요성을 시사하는 것이라고 생각된다. 어쨌든 被覆資材의 施用이나 菌根菌의 집중은 곰솔 根元直徑 및 樹高 成長量의 증가에 크게 기여한다고 판단된다.

2) 곰솔의 枯損率

櫻島の 지금까지의 곰솔 植栽木의 枯損原因은 野尻川の 거의 반대방향에 위치하는 黑神川流域 (사진 13)의 조사 결과로부터 건조에 의한 水分不足도 있지만, 그의 약 90%가 降灰와 아황산가스의 영향에 의한 것이라는 것이 확실해 졌다. 따라서 지금까지 7년간의 枯損率의 推移를 그림 9에, 또한 櫻島の 폭발·噴火回數를 그림 10에 각각 나타냈다. 1년째 및 2년째는 植栽木 根系의

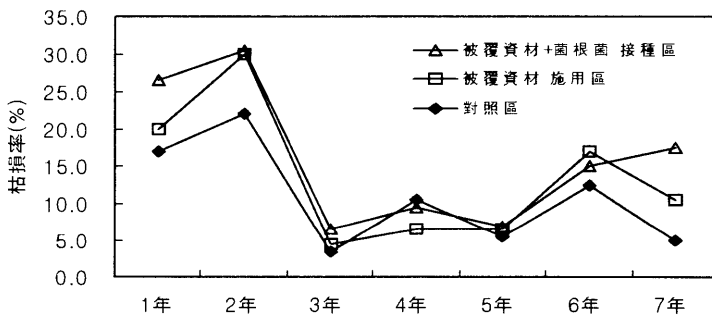


그림 9. 곰솔의 枯損率의 推移

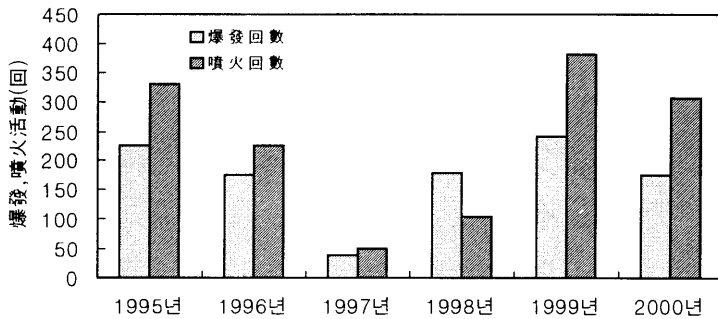


그림 10. 櫻島 火山活動의 推移

발달이 충분하지 않았던 것과 被覆資材나 菌根菌의 상승효과가 발휘되지 않았기 때문에 枯損率은 櫻島の 噴火回數에 비례하여 증가하고 있다. 그러나 3년째 이후의 被覆資材 施用區나 菌根菌 接種區의 枯損率은 對照區에 비해 낮은 수치를 보이고 있어 그 효과를 알 수 있다. 특히 아황산가스의 영향을 받은 경우, 對照區의 곰솔은 전체가 변색하고 고사하지만, 被覆資材區나 菌根菌 接種區는 新葉·新芽 등이 일부 부분적으로 고사할 뿐, 전체가 고사하는 일은 적었다. 그 중에서도 4월부터 5월에 出芽한 新葉이 7월경까지 아황산가스의 영향을 받아 고사한 경우 9월쯤에 다시 出芽하는 것이 확인되었다(江崎 등, 1996:1998). 이는 被覆資材의 施用이나 菌根菌 接種에 의해 전술한 바와 같이 根系部의 환경이 개선되므로서 微生物의 증가나 土壤化가 촉진되기 때문에 根系의 성장이 왕성해지고 아황산가스나 降灰에 대해 강한 저항력을 갖게 되었기 때문이라고 생각된다.

이상은 곰솔에 대한 被覆資材의 施用과 菌根菌 接種이 火山性 荒廢地 특유의 아황산가스나 降灰에 대해서도 耐性を 증대시키는 효과가 있다는 것을 실증하고 있는 것이라고 생각된다.

VI. 結 論

火山性 荒廢地와 같이 土壤의 物理性, 化學性 및 生物性이 부족한 곳에서는 도입한 植物의 早期定着이나 成長促進을 도모하면서 表面浸蝕 및 表層崩壞의 방지와 함께 降灰와 아황산가스의 영향을 되도록 경감, 혹은 이들에 대한 導入植物의 저항력을 증대시키는 것이 요구된다. 그러기 위해서는 初期成長을 촉진시키면서 어떻게 生育基盤인 下層土의 土壤化를 도모하는가가 문제가 된다. 微生物, 혹은 微生物을 넣은 자루, 微生物과 被覆資材의 併用은 火山性 荒廢地의 과제였던 이 문제점들을 해결할 유효한 수단이라고 생각된다.

앞으로 우리는 共生微生物의 연구를 진전시키면서 이것과 병용하는 被覆資材의 개선을 도모하고, 火山性 荒廢地를 早期에 綠化하여 災害를 미

연에 방지함과 동시에 災害가 발생한 경우에 그 피해를 최소한으로 막을 수 있는 綠化工法을 확립해 가야 한다. 또한 얻어진 성과를 일본의 火山性 荒廢地뿐 만 아니라 여러 외국의 火山性 荒廢地의 綠化에 활용하면서 그 지역의 生態系와 조화한 고유의 綠化工法을 개발하기 위한 기술향상에 공헌해 가는 것이 한국이나 火山國인 일본의 국제적인 사명이라고 생각한다. 따라서 일본의 全國特定法面保護協會도 세계로 시야를 넓혀 적극적인 활동이 기대되는 시기가 되었다고 생각한다.

마지막으로 火山性 荒廢地의 綠化에 대해 연구를 진행함에 있어 각 방면으로부터 받은 협력과 지원에 대해 깊이 감사를 드린다. 특히 實驗地 사용에 커다란 협력을 주신 일본의 國土交通省 九州地方 整備局 大隅 工事事務所 및 長崎縣 山地災害對策室 島原 振興局 農林部 山地災害復興課에 대해 거듭 심심한 사의를 표한다.

引用文獻

1. 江崎次夫·丸本卓哉·早川誠而·岡部宏秋·山本一夫·中島勇喜·全槿雨. 1996. 櫻島の河川流域荒廢地の綠化. 平成8年度砂防學會發表概要集: 227-228.
2. 江崎次夫·前田小夜·岩本徹·丸本卓哉·早川誠而·岡部宏秋·山本一夫·全槿雨·中島勇喜·幸喜善福. 1998. 火山性荒廢地の綠化. 第29回日本綠化工學會研究發表會研究發表要旨集: 328-331.
3. 江崎次夫. 1998. これからののり面綠化. のり面と環境 15: 4-16.
4. 江崎次夫. 1999. のり面への植物の導入について. のり面と環境 16: 5-17.
5. 江崎次夫·丸本卓哉·岡部宏秋·井上章二·岩本徹·全槿雨·中島勇喜·幸喜善福. 1999. 共生微生物と被覆資材を用いた荒廢地の綠化. 第110回日本林學會學術講演集: 992-993.
6. 岡部宏秋. 1997. 森づくりと菌根菌. 林業科學技術振興所. 119pp.
7. 丸本卓哉·河野伸之·江崎次夫·岡部宏秋. 1999.

- 火山性荒廢地の菌根菌利用による植生復元. 土と微生物 53(2): 81-90.
8. Tsugio EZAKI, Takuya MARUMOTO, Seiji HAYAKAWA, Hiroaki OKABE, Kazuo YAMAMOTO and Kun-Woo CHUN. 1997. Forest revegetation utilizing mulching sheet and mycorrhizal fungi. J. Agric. Met. 52(5): 617-620.