

簡易處理法에 의한 坑木의 耐腐効力에 관한 研究*

沈 鍾 變*² · 辛 東 韶*² · 鄭 希 錫*²

Studies on the Effect of Diffusion Process to Decay Resistance of Mine Props*¹

Chong Sup Shim,*² Dong So Shin,*² and Hee Suk Jung*²

This study has been made to make an observation regarding present status of the coal mine props which is desperately needed for coal production, despite of great shortage of the timber resources in this country, and investigate the effects of diffusion process on the decay resistances of the mine props as applied preservatives of Malenit and chromated zinc chloride. The results are as follows.

1. Present status of the coal mine props

Total demand of coal mine props in the year of 1975 was approximately 456 thousand cubic meters. The main species used for mine props are conifer (mainly *Pinus densiflora*) and hardwood (mainly *Quercus*). Portions between them are half and half. With non fixed specification, wide varieties of timber in size and form are used. And volume of wood used per ton-of coal production shows also wide range from 0.017 cubic meter to 0.03 cubic meter.

2. Decay resistance test

a) The oven dry weight decreased between untreated specimen and treated specimen has not shown any significantly, although it has shown some differences in average values between them. It may be caused by the shorter length of the test.

b) The strength of compression test between untreated specimen and treated specimen has also shown the same results as shown in case of weight decrease. Reasons assumed are the same.

c) The amounts of the extractives in one percent of sodium hydroxide (NaOH) between untreated and treated specimen have shown the large value in case of untreated specimen than that of treated

3. The economical benefit between untreated and treated wood when applied in field has seen better in long term base in case of treated wood, although the primary cost of treated wood add a little bit more cost than that of the untreated wood.

現在 各炭礦에서는 莫大한 量의 坑木을 使用하고 있다. 한편 그 供給源인 國內 林產資源은 基本 不足現象을 나타내고 있다. 따라서 앞으로 그 供給이 크게 憂慮되고 있어 이에 對備하기 위한 適切한 方法의 模索이 切實히 要請되고 있다. 이와 같은 우리나라 坑木 實情을 감안하여 本 研究는 坑木使用의 現況을 把握하고, 坑木의 腐敗를 닥아 그 使用年限을 연장시킬 수 있는 實用的이며 簡易한 方法을 모색하기 위하여 實施되었으며 그 結果는 다음과 같다.

1. 本 試驗은 大韓石炭公社 長城礦業所에서 實際 供給中인 坑木을 供試材로 하여 防腐劑에는 水溶性防腐劑인 Malenit와 chromated zinc chloride를 使用하였으며, 處理 方法으로는 比較的 簡易한 方法인 diffusion process (擴散法)를 適用하였다.

2. 坑木使用現況을 調査한 結果는 1975年度 總坑木所要量이 456千 m³로서 內材 全體供給量의 16%

*¹ Received for Publication on December. 10, 1975.

*² 서울大學校 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University

에 해당하고 있으며 樹種은 針葉樹(소나무, 낙엽송 等)와闊葉樹(참나무類 等)로 크게 구별되었고, 그比率은 炭礦에 따라 差異는 있었으나 大體로 半半 정도였다. 規格面에서는 一定한 것이 없었으나一般的으로 末口直徑 16cm(10~20cm), 材長 1.8m(1.2~3.6m) 정도의木材가 많이 使用되고 있었다. 톤當木材所要量은 矿山에 따라 差異가 있었다 (石公 0.017m³/ton, 民炭 0.03m³/ton), 다음 坑木을 求하는 方法에는 直營生產을 하는 경우와 生產品을 購入하는 경우로 区分 되었으며, 石公과 같은 큰 炭礦은 直營이 많았고, 餘他 民炭은 組合共同購入을 하거나 個別 購入으로 充當하고 있었다. 坑木價格의 形成過程은 條件에 따라 差異가 甚하였으나 一般的으로 供給地 價格으로는 거의 同一한 價格이 있다(19,500원m³).

3. 處理坑木의 耐腐力試驗

(가) 供試材의 全乾重量減少率은 無處理와 處理(Malenit와 chromated zinc chloride) 間에 平均數值에 있어서는 處理材가 大體로 크게 나타났으나 兩者間에 有意的인 差異는 나타나지 않았다. 이 것은 供試期間이 짧은데 起因하는 것으로 推定된다.

(나) 壓縮強度를 試驗한 結果는 無處理와 處理(Malenit와 chromated zinc chloride) 間에 平均數值에 있어서는 後者가 大體로 強하게 나타나 있으나, 亦是 兩者間의 有意的인 差異는 나타나지 않았다. 이것도 供試期間이 너무 짧은데 起因하는 것 같다.

(다) 供試材의 1% 苛性曹達液(NaOH) 抽出物은 無處理材의 경우가 處理材의 경우보다 많았고 Malenit 處理材와 chromated zinc chloride 處理材 間에는 거의 같은 값을 나타냈다.

4. 經濟的 効率에 대한 調查 結果는 處理材가 無處理材에 比較하여 原價比에서는 16% 가량 增資된 터 反하여, 處理材는 그 使用年限이 2倍에서 3倍나 길어지기 때문에 年賦金比에서는 後者가 38%나 節減되는 것으로 나타났다.

緒 言

現下 林產資源개발 問題는 世界的인 課題로 되고 있다. 我們나라는 全國土의 67%에 該當하는 664 萬 ha의 山林面積을 갖고 있으나, 林產資源의 主軸이 되는 林木의 蓄積은 積히 적어서 約 7千萬 m³에 불과하다. 이를 ha當蓄積으로 換算하면 13m³ 内外로서 美國, 日本, 西獨 等 다른 나라와 비교하면 積히 빈약한 실정에 있다.

그러나 한편 我們나라의 年間木材需要量은 650m³萬 m³에 達하고 있으며 그것도 每年 증가추세를 나타내고 있다. 反對로 木材供給面을 보면 國內材의 供給量은 約 100 萬 m³ 정도로서 全體 供給量의 16%에 지나지 않고 殘餘分은 막대한 外材를導入하여 총當하고 있는 實情이다. 그 量을 보면 약 5,400 千 m³나 되며 世界 97個原木輸入國中에서 日本과 이태리 다음 가는 랭킹 3位에 이르고 있다. 이와 같은 不均衡한 木材需給狀態는 국가경제 발전에 있어 큰 문제가 아닐 수 없다.

특히 73年度에 일어난 油類波動으로 심한 충격을 받고 있는 資源不足國家들은 앞으로의 資源問題를 해결하기 위해 多角度로 많은 연구를 하여 오고 있다. 我們나라의 경우 “오일쇼크” 이후 石炭의 需要量은 한때

급격히 증가하였으며, 林產資源과 더불어 유일한 에너지 源으로 이에 대한 依存度는 어느 때보다 增大一路에 있어, 石炭生產의 重要性은 날로 높아가고 있는 것이 사실이다. 이와 같은 國家의 重要性을 띤 石炭生產에 있어 많은 여건중, 크게 문제가 되고 있는 하나는 必要不可缺한 坑木의 供給問題라 할 수 있다. 즉 坑木의 需要量은 年間 456千m³나 되며 그 全量을 國內材에 의존하고 있는 바, 이 量은 年間 國內材 總供給量의 42%에 해당한다. 한편 坑木用材는 차림이나 形質等에 있어 一定한 規格을 要하고 있기 때문에 適材確保에 制限을 받고 있다. 즉 현재 我們나라에 保有된 林木資源을 보면 대부분 幼齡林이 아니면 老齡林으로 구성되어 있어, 坑木의 適材를 求得하기에는 여러가지로 不利한 點이 많다. 따라서 일부 炭礦에서는 極甚한 坑木難으로 採炭作業에 많은 지장을 招來하였던 것도 事實이다.

이와같이 坑木供給의 어려운 展望에 비추어 그 消費節減을 위한 古坑木의 再利用은 물론, 가급적 代用材의 開發利用에도 많은 努力を 경주하여야 할 것이다. 또한 不合理한 採炭法의 改善등도 아울러 검토되어야 할 것이다. 그러나 代用材의 開發等 坑木의 圓滑한 공급을 위하여 아직도 뚜렷한 成果를 거두지 못하고 있는 實情이다.

이와같은 實情을 감안할 때 坑木의 소비절약을 위한

使用壽命 延長問題가 擡頭되지 않을 수 없다. 즉 炭鐵의 경우 坑內 事情을 調査하여 보면, 關係溫度가 비교적 높고 또한 溫濕度의 變化가 年中 그리 크지 않으므로 다른 場所에 比하여 木材의 腐朽가 比較的 容易하게 일어나는 곳이라 할 수 있다. 따라서 坑內에서도 長期間 木材를 사용하여야만 되는 場所에는 그 腐朽를 防止하기 위한 防腐處理을 實施하여, 그 使用年限을 延長함으로서 坑木의 消費節減과 아울러 槍坑作業費를 줄일 수 있을 것이다. 특히 누구나가 손쉽게 處理할 수 있는 簡易防腐處理方法이 있다면 금상첨화격으로 坑木使用에 革新을 招來할 것이다. 本 調査研究는 이와 같은 切實한 要請에 應하기 위하여, 擴散法을 適用해서 坑木의 防腐處理試驗을 試圖하여 그 實用性與否를 檢討한 것이다.

끝으로 本 試驗이 진행되는 동안 試驗場所 提供 等 많은 협조를 해 주신 大韓石炭公社 李根陽 社長님과 同公社 長省礦業所 鄭權永 所長, 그리고 豊영표 生產副所長과 관계직원에게 깊은 謝意를 表하는 바이다.

研究 略 史

木材의 三大缺陷의 하나인 腐敗性을 改善하기 위한 木材防腐는 오래전부터 實施되어 왔다. Hunt(1952)²⁶⁾에 의하면 1705年 英國에서 Hamberg氏가 Mercuric chloride를 使用하여 防腐處理를 始作한 記錄이 있고, 美國에서는 1716年 Crook氏가 木材防腐處理에 관한 特許를 받은 것을始初로 하여, 그 以後 많은 研究와 實用方法이 論議되었다. 특히 Hunt, Garratt(1952)等²⁶⁾이 상당히 깊이 연구한 업적들은 그들의 著書를 통하여 그 대장을 알 수 있다.

이중 坑木의 防腐는 國家에 따라 또는 鐵業會社의 여려가지 事情에 따라 程度의 差異는 있으나 많은 관심의 대상이 되어 왔으며, 최근 各國의 研究 경향을 보면 아래와 같다.

Hunt²⁶⁾는 1926~1929年 間에 걸쳐 金鐵, 銅鐵 및 石炭鐵에서 防腐處理와 無處理坑木의 使用壽命과 有益性을 比較한 바 있고, 1944年 松島⁴²⁾는 坑木에 대한 調査研究에서 坑木은 石炭, 金屬 및 石油 等의 採掘에 있어 繁要不可缺한 資材이며, 특히 採炭用坑木의 使用量은 金屬이나 非金屬類에 使用되는坑木量에 比해 約 9倍에 달하고 있어, 採炭用坑木의 防腐處理를 적극적으로 권장한 바 있다. 森林資源總合對策協議會(1951)¹⁹⁾에서 밝힌 바에 의하면, 日本內 日立炭鐵工業會社 等數個의 會社에서는 이미 크레오소트(Creosote)油 또는 木醋液을 使用하여坑木의 防腐를 實施해서 防腐處理坑木

의 得失을 밝혔다. 이와 같은 結果는 日本이 二次大戰中 鐵物資源의 급속한 需要增加에 따라, 이에 必要不可缺한 坑木供給과 그 대책문제로서 坑木防腐處理의 시급성이 論議實踐에 옮겨진데 起因하는 것으로 觀測된다.

Walter⁵⁸⁾는 美國 Illinois炭鐵產業에 있어서 特대한坑木費가 支出되고 있었으므로, 그 對策으로서 坑木의 使用年限을 延長함과 同時, 그 勞動費 節約을 위하여 坑木의 標準化와 防腐處理를 實施하여야 한다고 주장하였다.

Rentokil Laboratories Ltd. (1963)⁵⁰⁾에서는 坑木의壽命 延長, 補修費의 節減 및 人命의 損失을 防止하기 위해 真空加壓注入에 의한 防腐處理를 實施해야 한다고 밝혔다. Hollingsworth²⁵⁾는 坑木의 防腐處理는 坑木의 便用場所에 따라 결경해야 하는데, 一般的으로 坑木壽命이 5個月以上 要求되는 場所, 또는 菌의 發生이 쉬운 場所 等에서는 坑木防腐處理는 經濟的 타당성이 인정된다고 하였다.

1958年 美國林產研究所²⁰⁾에서는 木材의 腐朽에 영향하는 因子 즉 水分, 空氣 및 溫度에 대한 菌의 要求度를 밝혔고, Osborne와 Thrower(1966)⁴⁸⁾는 그 연구에서 坑內 있어서 菌의 分布는 菌의水分要求度에 영향받으며, 목재의 腐朽를 막기 위하여서는 菌의 生長과 分散을 감소시켜야 한다고 하였다. Levy (1962, 1964, 1968)^{28, 39, 40)}는 英國의 Tywarnhale 鐵山內에 存在하는 菌種別 번식과정, 空氣內에 存在하는 胞子의 數, 그리고 菌의 侵入經路 等에 관한 研究에서, 菌의 侵入은 初期腐朽 또는 菌이 休眠狀態에 있는 木材가 入坑되거나, 坑夫의 몸과 웃에 붙어서 侵入되지만, 空氣에 의한 傳染은 큰 문제가 아니고, 傳染의 主要原因은 다른 感染材와 접촉하거나 또는 入坑된坑木에 存在하는 微生物에 의한다고 하였다. 따라서 우선 木材의 殺菌에 목표를 두어야 한다고 밝혔다. 우리나라에서는 정(1970)³⁰⁾이 炭鐵坑木의 腐敗菌에 관한 研究에서 坑內配置된 소나무와 참나무에 寄生하는 菌種을 調査報告한 바 있다. 上記 報告者の 調査結果에 따르면, 木材를 加害하는 菌種은 樹種이나 坑內位置에 따라 달랐다.

그밖에 腐朽菌의 殺菌을 위해 여러가지 防腐劑와 그 處理法이 研究되어 왔다. Takeo와 Inoue (1962)⁵⁶⁾는 Malenit의 滲透長과 防腐處理材의 耐久力에 관하여 報告하였고, 三井鐵山회사⁴⁴⁾는 이와거트 注入坑木과 普通坑木의 比較耐腐性을 調査한 바 있으며, Amamiya (1954, 1955)^{3, 4, 5, 6)}는 擴散法에 있어 操作方法, 擴散現象과 原理, 使用防腐劑의 濃度, 木材의 含水率, 被覆堆積期間 및 處理濕度 等에 관한 연구 結果를 報告하였

고, 또한 Amemiya와 Inoue(1964)⁷⁾는 소나무의 3樹種을 供試하여 Wolman염, Na-PCP 그리고 PCP 等의 防腐劑를 사용하여 浸漬期間과 藥劑注入量의 關係式을 유도하였다. Sedziak(1968)⁵²⁾는 소나무와 다그리스·퍼(Douglas fir) 坑木의 防腐處理方法을 比較하기 위해 C2C를 使用하여 真空加熱處理와 加壓處理사이에 藥劑浸透에 관한 研究에서, 含水率이 30% 以下에서는 浸透가 매우 나쁘다고 했다. Hollingsworth²⁵⁾는 坑木用防腐劑는 食鹽處理일지라도 효과가 있고, creosote의 效果가 가장 우수하다고 하였으며, 坑內 火災豫防을 위해서는 水溶性防腐劑가 바람직하다고 하였다. Walter⁵³⁾가 報告한 바에 의하면 Illinois炭鐵產業에서 坑木防腐處理는 크레오소트, 또는 크레오소트와 콜탈의 混合物로 처리된 것이 93%에 달하였고, 기타는 C2C등으로 처리되었다. 크레오소트는 火災時 절은연기를 발생하기 때문에 좋지 못하고, C2C는 다른防腐劑보다 火災豫防의 效果가 있어 坑木防腐劑로 충분한 가치가 있다고 하였다. 布村(1955)⁴⁶⁾等은 마레닛트와 보티텐鹽의 注入量과 諸因子에 관한 報告를 하였으며, 美國木材防腐協會(1974)⁹⁾는 原木, 製材木, 橋梁과 鐮山用枕木 等에 대한 防腐劑 加壓注入時 防腐劑別 樹種別에 따른 차리조건을 規格化하였다.

또한 剝皮方法에 따른 防腐劑 注入 개선에 관한 연구로서, 홀란드의 Trijntje⁵⁷⁾는 구주적송(歐州赤松)의 剝皮條件을 無剥皮, 半剥皮 그리고 完全剥皮 等으로 하여 9種의 防腐劑로 試驗한 결과, 樹皮의 存在는 크레오소트를 제외한 모든 防腐劑의 防腐效力를 감소시켰음을 보고하였고, 독일의 Göhre (1957-9)²³⁾가 實施한 坑木의 剝皮方法과 防腐劑 注入에 관한 研究에서도, 有皮材는 충분한 보호가 되지 않았음을 보고하였다. 그리고 Banks (1973)¹⁰⁾는 그연구에서 가문비나무의 小試驗片을 갖고 防腐劑 注入改善을 위해 좁은 간격으로 incising을 한 결과, 無處理材보다 2倍以上 吸收되었으나 incising으로 因해 휙강도는 15% 減少되었다. 그러나 큰 목재의 경우는 強度의 영향은 매우 작을 것으로 추정된다고 밝혔다. 剝皮는 많은 노력이 요구되고 있어一般的으로 無剝皮 또는 半剝皮狀態로 防腐劑를 注入코자 하였으나 뚜렷한 개선책이 강구되지 않았다.

防腐處理材와 無處理材의 耐用壽命에 대해서 Höganäs (1948)²⁴⁾가 實施한 研究에 의하면, 1938年以來 비소(砒素)주입 항목을 耐久力이 요구되는 장소와 主運搬路에 使用하여 왔던바, 無處理材는 木材의 品質, 含水率 그리고 循環空氣 등에 좌우되었으며 2~10年以上 사용할 수 없었으나, 비소주입재는 수명이 길고 어떤 淚새나 獨성으로 因한 사고도 없어, 지금까지도 매년 비소주입 항

목 10,000~20,000m를 사용하고 있다고 보고 하였다. 大浦坂(1960)⁴⁷⁾는 그연구에서 無處理坑木의 수명은 1~2年 不遇하나, 防腐處理材는 약 3倍 以上의 수명이 유지되고, Walter⁵⁸⁾는 그연구에서 坑內에서 無處理材의 수명은 2~3年에 불과하나, 防腐處理材는 10~20年 또는 그 이상 지속될 수 있어, 坑木의 護命延長은 물론 勞動費節約에도 크게 기여함을 밝혔다. 또한 Hollingsworth²⁵⁾는 크레오소트로 防腐處理한 坑木은 16年이 경과하였어도, 어떤 부분에도 부패가 관찰되지 않았음을 보고하였다. 이밖에도 Krzyzewski (1969)^{34,35)}의 枕木과 支柱의 防腐處理材와 無處理材의 耐用壽命의 比較, Amemiya (1970)⁸⁾等의 防腐處理支柱의 地上과 地下部位에서 耐用壽命, 比重 및 壓縮強度의 減少率의 比較, Krzyzewski (1974)³⁶⁾의 支柱의 防腐劑와 防腐處理方法別 耐用壽命의 比較, 또는 Sedziak (1970)⁵²⁾, Gillespie(1969)²¹⁾等 많은 研究報告가 있다.

우리나라에서는 筆者와 같이 趙(1967)²⁹⁾等이 防腐處理坑木의 防腐效果를 알기 위해, Malenit와 C2C을 사용하여 擴散法과 溫冷浴法에 의한, 소나무의 3수종의 坑內 供用試驗結果, 供用期間이 짧아서 樹種, 防腐劑, 注入法에 따른 防腐效果를 관찰할 수 없었고, 다만 處理와 無處理坑木 사이에 防腐效果를 관찰할 수 있었다.

Cockcroft(1974)¹⁷⁾는 防腐處理 할 때 初期에 防腐處理費가 附加되나 耐用年數가 증가함으로, 無處理構造物의 補修費는 初期 防腐處理費보다 5~10倍 더 所要됨으로 木材使用前에 반드시 防腐處理를 實施할 것을 주장하였다. Bryan(1949)¹¹⁾는 坑木防腐處理의 經濟性과 實用化를 위한 防腐處理方法은 簡單하고 단순한 形태의 공장을 사용한 open tank process이며, 이 方法에 의한 防腐處理坑木은 그 수명이 크게 연장되어 坑木의 消費節約이 커다고 보고한 바 있다. 또한 Cockeroff(1965)¹⁸⁾는 木材防腐處理에 있어 木材價格의 10~15%를 附加支出함으로서 耐用年數를 5倍로 증진시킨다는 것은 投資效果가 크다고 하였다. 일본의 通商產業省(1962)⁴⁹⁾은 소나무坑木의 經濟性分析에서 年利 5%으로 계산하였을 경우, 無處理材의 年賦金은 1石當 1,978圓에 달하나, 防腐處理材의 年賦金은 1,134圓으로 크게 절약된다고 하였으며, 森林資源總合對策協議會(1951)¹⁹⁾에서도 坑木防腐處理의 경제성 조사에서 防腐處理가 크게 有利함을 밝혔다.

우리나라에서 防腐處理坑木의 經濟性 analysis結果에 의하면, 趙(1967)²⁹⁾等은 防腐處理坑木은 無處理坑木에 比해 原價는 27%高價이지만, 年賦金은 約 45% 정도 저렴하여 防腐處理는 대단히 유익한 것으로 보고되었다.

坑木의 防腐는 Solomon과 남아연방의 金鎖, 미국의

銅鑛, 미국과 유럽의 炭鑛 等 全世界的으로 인정받고 있으며, 영국의 모든 鑛山은 防腐處理材를 使用해서 防腐處理로 因한 國費의 절약과, 아울러 광산용강철은 다른 목적을 위해 양보되어야 함을 밝혔다.⁴⁹⁾

Walter(1950)⁵⁰⁾는 Illinois 炭鑛產業에 所要되는 木材量은 대단히 많으나 少量만이 防腐處理가 되고 있는데, 앞으로는 鑛山業者와 防腐業者를 위하여, 또한 資源節約을 위해서는 坑木의 防腐處理는 반드시 實施되어야 함을 밝혔다. Mabry(1953)⁴¹⁾은 坑木의 寿命이 2.5~3年 以上 要求되는 炭鑛에서는 加壓注入에 의한 防腐坑木을 사용함으로서, 木材防腐工業은 물론 鑛山產業에도 유익할 것이라고 하였다.

또한 防腐劑 使用時 安全性에 대해 井上(1973)²⁷⁾은 防腐劑의 毒性과 人體에 대한 防腐劑의 作用 等을 보고한 바 있고, Stalker 와 Cornwell(1975)⁵⁵⁾는 copper-chrome-arsenate 性分을 단독 또는 혼용하여 動物의 口腔毒性에 대한 보고에서, 工場經營者는 防腐劑와 防腐處理의 기술적이고 實제적인 지식을 이해함으로서 安全에 대한 기여를 할 수 있다고 하였다.

Cockcroft(1973, 1974)^{15, 18)}의 報告에 의하면 木材防腐에 대한 정교화를 위해 현재 51個國에서 168名의 代表者로 구성된 木材防腐國際研究團이 있고, 이 단체에서는 每年 수행된 木材防腐의 生物的問題, 木材防腐劑에 의한 여러가지 試驗, 木材防腐劑와 處理方法 등에 대한 주요한 研究實績 等이 報告되고 있다고 하였다. 또한 Gill(1972)²²⁾는 美國에서 使用되는 防腐坑木의 數量을 を 包含한 木材防腐에 대한 統計를 調査報告한 바 있다.

以上과 같이 外國에서는 坑木防腐에 대해서 防腐剤, 防腐處理方法, 防腐處理材의 寿命과 經濟性 等에 대해 많은 연구가 수행되고 있으나, 우리나라에서는 이와 같은 重要한 연구들이 別로 실시되고 있지 않다.

材料와 方法

I. 材 料

1. 供試原木

1) 防腐剤 渗透長豫備試驗用 原木: 炭鑛에서 使用되고 있는 坑木을 防腐處理하기 前에, 防腐剤의 生材滲透力を豫備調査하기 위하여, 本大學 水原演習林內에 生育하고 있는 흙고지름 20~22cm 정도의 林木中에서, 소나무 4本과 상수리나무 2本을 選定하여, 材長 30cm가 되는 供試原木을 각각 10本씩 都合 20本(2束×2束×5束)를 採取하였다. 同時に 이들 樹種의 生材含水率을 測定하기 위해, 渗透長 測定用 原木의 採取部位에 인

접해서 4cm 두께의 圓板을 하나씩 採取하였다.

2) 含水率 調査用 原木: 炭鑛貯木場에 在荷되어 있는 坑木用 原木에 대한 適正 防腐處理方法을 適用하기 위해, 먼저 原木의 含水率이 과악되어야 함으로, 大韓石炭公社 長省礦業所 露天貯木場에 入荷된지 1個月이 경과한 原木中에서, 材長 1.8m가 되는 소나무, 낙엽송과 층층나무의 原木을 각 3本씩 任意抽出하고, 抽出된 原木의 材長 中間部位에서 4cm 두께의 圓板을 採取하여 含水率 測定用에 使用하였다.

3) 耐腐力 試驗用 原木: 坑木을 使用하였을 때 防腐處理된 것과 無處理坑木과의 사이에 坑內 耐腐力 比較에 使用될 試驗用 原木은, 大韓石炭公社 長省礦業所 露天貯水場에 入荷된지 約 3個月이 경과한 原木中에서, 材長 1.85cm인 소나무와 창나무類의 原木을 樹種別로 각각 12本씩 無作爲抽出하였다. 抽出된 原木은 다시 材長이 30cm가 되도록 切斷하여 耐腐力 試驗用 原木과, 또한 材長의 中間部位에서 길이 5cm의 含水率 測定用 圓板을 採取하여 供試하였다. 耐腐力 試驗用 供試原木의 數量은 樹種別, 處理別 그리고 坑內 配置場所別로 각각 10個씩 都合 120本(2束×3束×2束×10束)을 使用하였다.

2. 供試防腐剤: 渗透長과 耐腐力 試驗用 防腐剤는 水溶性인 Malenit(NaF:80% 以上, dinitrophenol:8% 以上, antimony:1%)의 50% 水溶液과 chromated zinc chloride (ZnCl₂:80%, Na₂Cr₂O₇:20%)의 75% 水溶液을 製調하여 使用하였다.

3. 水質分析用 물: 炭鑛에서 使用되고 있는 물의 無機物의 含量을 알기 위해, 長省礦業所內 上水道用水를 採取하여 分析하였다.

4. 被覆用 材料: 防腐剤 處理後 一定한 期間 積材 하여 防腐剤의 材內 渗透를 촉진하기 위하여, 積材全面 被覆에는 비닐과 벗침 가마니를 混用하였다.

II. 方 法

1. 防腐處理: 渗透長과 耐腐力 試驗用 供試原木의 防腐處理는 擴散法을 適用하였다.

1) 防腐剤塗布量: Malenit 處理의 경우 乾物留保量을 原木 1m³當 3kg 기준으로 하여, 同藥劑 50% 水溶液과 솔을 使用하여 原木 1m³當 6kg이 되게 原木의 全表面을 均일하게 一回 塗布하였다. Malenit 溶解에 使用된 물은 長省礦業內 上水道用水로서, 이 물은 極硬水임으로, Malenit의 침전을 防止하기 위해 염산으로 pH 7.0 까지 中和시킨 다음에 Malenit를 溶解시켰다.

chromated zinc chloride 處理의 경우는 乾物留保量을 原木 1m³當 8kg 기준으로 하여, 同藥劑 75% 水溶液

과 솔을 사용하여, 原木 1m³當 10.7kg이 되게 原木의 全表面에 균일하게 二回 塗布하였다.

2) 被覆과 積材 :防腐劑를 塗布한 供試原木은 乾燥를 防止하고, 높은 相對濕度를 부여하기 위해 바람이 通하지 못하도록 비닐로 쌓고, 그 위에 가마니로 被覆하였다. 積材期間은 30日로 하였고 積材期間동안에 月平均溫度는 滲透長試驗의 경우 20°C이고, 耐腐力試驗의 경우는 約 12°C였다.

3) 供試原木의 配置 :供試原木의 坑內配置는 長省礦業所 長省坑의 225meter level(ML) 主運搬路(長省 min cross에서 鐵岩쪽으로 複線 中間地點)와, 600ML 主排氣風道昇(入口에서 40m 地點)에 각각 60本씩 配置하여 6個月間 供試하였다.

供試坑의 條件은 225ML 主運搬路의 경우 平均溫度 18°C, 平均濕度 92%, 平均風速 68cm/sec이며 排水路에는 常時 물이 흐르는 곳이다. 그리고 600ML 主排氣風道昇의 경우는 平均溫度 17°C, 平均濕度 100%, 平均風速 344cm/sec인 條件을 갖추고 있는 곳이다.

4) 各種測定

① 含水率測定 :防腐劑滲透長 및 耐腐力試驗에 使用된 供試木의 含水率測定은 모두 全乾法에 의하고, 다음 公式으로 含水率을 計算하였다.

$$U = \frac{W_s - W_0}{W_0} \times 100$$

W_0 : 全乾무게 (g)

W_s : 含水狀態무게 (g)

② 滲透長測定 :防腐劑가 坑木內로 滲透狀況을 测定하기 위하여 處理木의 積材期間이 30日 경과한 후, 供試原木의 材長中央部位를 절단하여 나타난 橫斷面上에 皇色試藥을 塗布하여, 呈色反應에 따라 直交 4半徑部位에서 徑斷方向으로 滲透長을 测定하여 平均值을 求하였다.

여기에서 適用한 呈色試驗에 있어 Malenit 處理材는 JIS A9102에 따라 第1液(zirconium oxychloride: 2.5g, 鹽酸: 40cc, 水: 957.5cc)과, 第2液으로서 alizarin sulfon-säure natorium salz 2.5% 水溶液을 만들어, 第1液과 第2液을 等容混合液을 調製하여 使用했다. 그리고 chromated zinc chloride 處理材는 K₃Fe(CN)₆ 1% 水溶液, KI 1% 水溶液, 可溶性 漂粉 1% 水溶液의 等容混合液을 使用하였다.

③ 耐腐力測定 :全乾重量減少率은 供試原木을 坑內配置하기 以前, 健全材에서 测定한 무게와 含水率을 使用하여 健全材의 全乾木質무게 (Ww_1)를 算出하고, 坑內配置하여 6個月이 경과한 腐朽材에서 测定한 무게와 含水率을 使用하여, 腐朽材의 全乾木質무게 (Ww_2)를 算出

하여 다음과 같이 全乾重量減少率을 求하였다.

$$Wl = \frac{Ww_1 - (Ww_2 - Pw)}{Ww_1} \times 100$$

Ww_1 ……健全材의 全乾木質무게 (g)

Ww_2 ……腐朽材의 全乾木質과 防腐制의 乾物 무게 (g)

Pw ……防腐劑의 乾物留保量 (g)

여기서 Ww_1 과 Ww_2 는 다음과 같이 求하였다.

$$Ww_1 = \frac{Wg_1}{1 + \frac{U_1}{100}}$$

$$Ww_2 = \frac{Wg_2}{1 + \frac{U_2}{100}}$$

Wg_1 : 健全材의 含水狀態 무게 (g)

U_1 : " 含水率 (%)

Wg_2 : 腐朽材의 含水狀態 무게 (g)

U_2 : " 含水率 (%)

④ 圧縮強度測定 :坑內에 配置한 腐朽材의 縱壓縮強度測定用 試驗片 製作은, 各 處理別 供試原木 10個中에서 供試番號가 虹수인 原木 5個를 대상으로 하여, 各 原木에서 材長中央部位의 直徑方向에서 가급적 外周部에 인접하여, 크기 20×20×40mm의 試驗片을 두개식 채취하였다. 圧縮強度의 测定은 含水率의 同一狀態를 유도하기 위해 3일간 물속에 담구어 두었다가, 韓國工業規格 KS F 2206에 의하였으며, 测定한 試驗機는 林業試驗場에 設置된 Universal material testing machine, IS 10ton, Autograph를 利用하였다.

$$\sigma_{11} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2)$$

P : 最大荷重(kg)

A : 荷重面積(cm²)

⑤ 抽出物試驗 : 主運搬路에 6個月間 供試한 소나무와 참나무의 無處理와 防腐處理 供試木의 邊材部位에서 40~60mesh의 木粉을 採取하고, 이 採取된 木粉 1g을 1% NaOH水溶液 100cc에 혼합한 다음, 온도 100°C에서 1시간 동안 加熱해서 抽出처리하여 그 抽出量을 测定하였다.

⑥ 其他 : Malenit 溶解水의 水質分析은 原子吸光分析에 의하여 含有된 無機物 Ca과 Mg의 含量을 测定하고, 이를 다시 CaCO₃ 含量으로 환산하였다.

그리고 坑木의 生產供給과 現地使用實態等의 資料調査는 山林廳, 商工部, 大韓石炭公社 및 大韓炭礦協同組合 等의 관계기간에 出張하여 調査하였다.

試 驗 結 果

1. 坑木의 生產供給 및 使用實態調査

1) 石炭生産量: 近年에 있어 우리나라의 年間 石炭生産量은 1973年度 1,357萬噸(石炭公社: 425萬噸, 民營炭礦: 932萬噸), 1974年度 1,525萬噸(石炭公社: 440萬噸), 民營炭礦: 1,085萬噸)을 生產하였고, 1975年度는 1,750萬噸(石炭公社: 470萬噸, 民營炭礦: 1,280萬噸)을 生産계획하고 있어, 每年 石炭生産量은 증가추세를 보이고 있다.

2) 坑木의 樹種別 使用實態: 石炭公社와 民營炭礦의 年間 坑木所要量은 약 456千 m³에 達하며, 이들 全量은 國內材에 의존하고 있다. 石炭公社와 民營炭礦의 樹種別 使用實態는 表 1과 같다.

表 1. 坑木의 使用實態

(單位: m³)

區 分	石炭公社	民營炭礦	計
針葉樹	75,900	171,350	247,250
闊葉樹	37,400	171,350	208,750
計	113,300	342,700	456,000

1. 石炭公社……1967~1973年間 平均數量임.
2. 民營炭礦……1974年度 使用計劃數量임.

石炭公社에서는 소나무나 낙엽송을 위주로 한 針葉樹材 使用率은 전체의 67.1%이며, 殘餘量은 참나무類를 위시한 各種闊雜木을 使用하고 있고, 民營炭礦의 경우는 針葉樹와闊葉樹材의 使用比率은 거의 같다.

3) 石炭tons坑木所要量: 石炭 1 톤生産하는데 필요한 坑木所要量은 石炭公社의 경우, 1967年度 0.033m³에서 1974年度 0.017m³로 점차 節減되고 있다. 그러나 民營炭礦의 경우는 個個의 炭礦事情에 따라 다소의 差異는 있을 것이다, 대략 0.03m³ 정도가 所要되고 있다.

4) 坑木의 入手節次: 石炭公社와 民營炭礦은 坑木의 入手節次가 相異하다. 石炭公社는 坑木의 直營生產과 아울러 購入材로 충당하고 있다. 1967~1973年間 平均 直營生產量은 전체 所要量의 43%로서 48,700m³이고, 購入材는 57%로서 64,600m³이다. 또한 直營生產材와 購入材에 있어 樹種의 比率은 直營生產의 경우 針葉樹와闊葉樹의 比率은 거의 같고, 購入材의 경우는 針葉樹材가 20%이고闊葉樹材가 80%에 達하고 있다.

그리고 民營炭礦의 경우는 炭礦協同組合에 加入有無에 따라 坑木의 入手節次가 서로 相異하다. 炭礦協同組合에 加入한 약 84個의 民營炭礦은 炭礦協同組合이

國有林 管理廳과 隨意契約下에 坑木을 代行生産하여, 民營炭礦의 인접 鐵道驛까지 수송공급해서 民營炭礦이 坑木을入手하고 있다. 그러나 炭礦協同組合에 加入되지 않은 약 20餘個의 民營炭礦들은 자체로 直營生產하거나, 또는 購入하는 등 兩者의 方法을 混用하여 자체조달을 하고 있다.

5) 坑木의 使用實態: 坑木으로 使用되는 原木의 치수는 밀구직경이 10~20cm이고 材長이 1.2~3.6m이다. 原木의 材長別 所要趨勢는 材長 1.8m인 原木이 약 85%로서 가장 많이 사용되고 있고, 材長 2.1m인 原木이 14%정도 사용되고 있으며, 其他가 약 1% 정도이다. 鎌山內 坑木의 使用處는 주로 坑內 檻拔, 枕木, 壁卷(lagging)等에 사용되고 있다. 그리고 材種은 原木, 半割材 및 製材品의 形態로 利用되고 있다. 坑內에서 坑木의 使用年限은 使用處에 따라 그 수명이 다르나, 一般에 所要되는 資材를 제외하고, 대체로 1~1.5年 정도로 利用되고 있다.

6) 坑木의 價格形成實態: 原木 1m³當 價格의 形成實態는 石炭公社와 炭礦協同組合의 경우가 서로 原木生産費 算出過程이 다소 相異하나, 1974年度 末期에 조사한 原木 1m³當 平均生産價格의 形成實態는 表 2.3과 같다.

表 2. 石炭公社의 直營生產時 價格形成

區 分	林木代	伐採費	輸送費	管理費	計
單價(원)	7,460	4,460	6,830	1,200	19,950
構成比 (%)	38	22	34	6	100

表 3. 炭礦協同組合의 代行生産時 價格形成

區 分	林木代	伐採費	林施	道設	上下車	輸送費	其 他	計
單價(원)	8,250	2,850	600	900	5,700	1,200	19,500	
構成比 (%)	42	15	3	5	29	6	100	

※ 生産하여 철도역까지 運搬價格임.

2. 防腐劑 渗透長 試驗

소나무와 상수리나무에 대한 chromated zinc chloride와 Malenit의 渗透長은 表 4와 같다.

3. 含水率調査

炭礦貯木場에 載荷되어 있는 소나무, 낙엽송 및 층층나무 坑木의 含水率을 調査한 結果 表 5와 같다.

4. 坑木의 耐腐力 試驗

1) 含水率: 耐腐力 試驗用 소나무와 참나무類 供試木의 含水率은 表 6와 같다.

表 4. 防腐劑 滲透長

區分 番號	소나무							상수리나무								
	Chromated Zinc Chloride				Malenit			Chromated Zinc Chloride				Malenit				
	耐材幅 (mm)	含水率 (%)	滲透長 (mm)	滲透率 (%)	邊材幅 (mm)	含水率 (%)	滲透長 (mm)	滲透率 (%)	邊材幅 (mm)	含水率 (%)	滲透長 (mm)	滲透率 (%)	邊材幅 (mm)	含水率 (%)	滲透長 (mm)	滲透率 (%)
1	34	159.9	31	91	31	150.1	29	94	29	71.4	18	62	35	72.6	21	60
2	37	117.2	34	92	36	119.9	33	92	31	64.9	20	65	27	72.9	23	85
3	36	144.6	35	97	36	135.7	29	81	41	69.8	17	42	30	68.8	18	60
4	33	140.0	31	94	34	138.5	29	85	28	67.8	16	89	29	68.2	22	76
5	44	100.3	39	89	40	127.0	31	78	30	69.8	19	63	29	72.6	21	72
平均	37	132.2	34	93	35	134.2	30	86	32	69.4	18	64	30	71.0	21	71

1. 含水率 : 邊材의 含水率임.

2. 滲透率 : 滲透長 / 邊材幅 × 100

表 5. 貯木場내 坑木의 含水率(%)

區分 樹種	含水率 (%)			備考
	邊材	心材	邊心材	
소나무	153.4	42.2	100.2	
나염송	115.7	36.4	60.4	
총총나무	94.4	—	94.4	

2) 水質分析 : 鐵業所內 上水道用水量 原子吸光分析에 의해 無機物 含量을 시험한 결과 Ca 은 242.55 ppm이고 Mg 은 17.50 ppm이었다. 이들 Ca과 Mg 의 含量을 기준으로 하여 CaCO_3 의 含量으로 환산하면, CaCO_3 가 678.45 ppm으로서 極硬水에 屬하고 있다.

表 6. 耐腐力 試驗用 供試木의 含水率(%)

區分 番號	소나무			參나무類			備考
	邊材	心材	邊心材	邊材	心材	邊心材	
1	62.8	—	62.8	66.2	60.3	64.3	
2	122.1	—	122.1	68.1	63.4	66.1	
3	50.0	—	50.0	54.7	68.3	55.2	
4	99.4	37.2	94.6	61.1	66.4	63.0	
5	121.8	—	121.8	53.9	67.4	54.6	
6	149.7	—	149.7	63.7	67.6	65.7	
7	36.4	41.8	36.5	59.5	64.7	56.7	
8	131.8	—	131.8	64.4	67.2	64.8	
9	84.1	—	84.1	68.0	69.0	68.4	
10	109.7	—	109.7	61.1	65.3	61.7	
11	104.0	—	104.0	56.8	68.8	63.1	
12	173.7	—	173.7	70.9	84.7	75.9	
平均	103.8	39.5	103.4	62.4	67.8	63.3	

3) 耐腐力 試驗

① 全乾重量減少率 : 運搬坑斗 風道昇에 供試한 소나무와 參나무類의 無處理, chromated zinc chloride處理와 Malenit處理材의 全乾重量減少率을 보면 다음 表 7, 8, 9, 10과 같다.

表 7. 運搬坑內 소나무의 全乾重量減少率(%)

處理 番號	無處理	Chromated Zinc Chloride 處理	Malenit 處理	備考
1	5.4	1.7	0.3	
2	1.8	0.8	3.7	
3	5.0	2.4	0.7	
4	3.1	0.4	4.2	
5	4.1	3.7	2.3	
平均	3.9	1.8	2.2	

$$F = 2.58 < 3.88 = F_{0.05}$$

表 8. 風道昇內 소나무의 全乾重量減少率(%)

處理 番號	無處理	Chromated Zinc Chloride 處理	Malenit 處理	備考
1	4.8	6.1	3.2	
2	3.7	3.4	4.3	
3	7.0	2.0	3.6	
4	4.9	2.8	0.8	
5	8.5	4.9	3.4	
平均	5.8	3.8	3.1	

$$F = 3.53 < 3.88 = F_{0.05}$$

表 9. 運搬坑內 참나무類의 全乾重量減少率(%)

處理 番號	無處理	Chromated Zinc Chloride 處理	Malenit 處理	備考
1	3.1	2.7	3.4	
2	1.8	0.6	1.9	
3	3.6	2.7	1.4	
4	5.0	0.4	0.7	
5	4.0	0.7	3.0	
平均	3.5	1.4	2.1	

$$F = 3.79 < 3.88 = F_{0.05}$$

表 10. 風道異內 참나무類의 全乾重量減少率(%)

處理 番號	無處理	Chromated Zinc Chloride 處理	Malenit 處理	備考
1	1.5	4.5	3.3	
2	4.1	1.4	0.2	
3	6.3	4.3	2.0	
4	8.1	0.8	1.6	
5	6.0	2.6	4.3	
平均	5.2	2.7	2.3	

$$F = 3.22 < 3.88 = F_{0.05}$$

② 壓縮強度 : 運搬坑斗 風道異에 供試한 소나무와 참나무類의 無處理, chromated zinc chloride處理, Malenit 處理材의 生材時 壓縮強度를 보면 다음 表 11, 12, 13, 14 와 같다.

表 11. 運搬坑內 소나무의 生材時 壓縮強度(kg/cm²)

處理 番號	無處理		Chromated Zinc Chloride 處理		Malenit 處理	
	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度
1	0.37	228	0.39	239	0.40	254
2	0.39	243	0.42	286	0.32	196
3	0.36	205	0.42	229	0.40	220
4	0.38	232	0.38	261	0.39	274
5	0.36	205	0.36	236	0.42	225
平均	0.37	223	0.39	250	0.39	234

$$1. F = 2.58 < 3.88 = F_{0.05}$$

2. 含水量은 鮑水狀態임.

表 12. 風道異內 소나무의 生材時 壓縮強度(kg/cm²)

處理 番號	無處理		Chromated Zinc Chloride 處理		Malenit 處理	
	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度
1	0.37	207	0.36	218	0.41	213
2	0.40	256	0.33	184	0.39	234
3	0.34	181	0.48	222	0.36	230
4	0.39	223	0.40	231	0.42	237
5	0.38	202	0.41	282	0.42	278
平均	0.38	214	0.40	227	0.40	238

$$1. F = 3.53 < 3.88 = F_{0.05}$$

2. 含水量은 鮑水狀態임.

表 13. 運搬坑內 참나무類의 生材時 壓縮強度(kg/cm²)

處理 番號	無處理		Chromated Zinc Chloride 處理		Malenit 處理	
	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度
1	0.66	442	0.65	442	0.62	425
2	0.66	490	0.69	550	0.72	516
3	0.64	394	0.68	412	0.71	391
4	0.60	372	0.70	330	0.71	525
5	0.67	308	0.66	398	0.67	385
平均	0.65	401	0.68	426	0.69	448

$$1. F = 3.79 < 3.88 = F_{0.05}$$

2. 含水量은 鮑水狀態임.

表 14. 風道異內 참나무類의 生材時 壓縮強度(kg/cm²)

處理 番號	無處理		Chromated Zinc Chloride 處理		Malenit 處理	
	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度	比 重	壓 縮 強 度
1	0.66	432	0.63	425	0.67	460
2	0.65	397	0.62	463	0.69	478
3	0.66	480	0.68	398	0.63	387
4	0.61	300	0.69	462	0.64	344
5	0.64	419	0.63	366	0.62	448
平均	0.64	406	0.65	423	0.65	423

$$1. F = 3.22 < 3.88 = F_{0.05}$$

2. 含水量은 鮑水狀態임.

③ 抽出物試驗 : 運搬坑에 供試한 소나무와 참나무類의 1% NaOH 抽出物은 다음 表 15와 같다.

表 15. 1% NaOH 抽出物(%)

樹種	處理	無處理	Chromated Zinc Chloride	Malenit 處理	備考
소나무	18.52	13.32		11.44	
참나무類	18.65	16.32		16.55	

表 16. 防腐處理坑木의 經濟性分析(m³當)

(1974年 11月 기준)

區 分	木材代 (원)	防腐劑代 (원)	處理作業費 (원)	坑假設費 (원)	計	原價比 (%)	年賦金 (원)	年賦金比 (%)
無處理坑木	19,500	0	0	12,000	31,500	100	36,225	100
防腐處理坑木	19,500	3,100	2,000	12,000	36,600	116	22,513	62

※ 防腐處理條件

- 樹種 : 소나무原木
- 防腐劑 : chromated zinc chloride (zinc chloride 80%, sodium dichromate 20%)
- 防腐劑留保量 : 8kg/m³
- 防腐劑價格 : zinc chloride 300원/kg, sodium dichromate 650원/kg
- 防腐處理法 : 擴散法
- 作業處理費 : 2인 × 1000원 = 2000원(剥皮, 塗布, 運搬 및 積材 포함)
- 坑假設費 : 6인 × 2,000원 = 12,000원
- 耐用年限 : 無處理坑木 1年, 防腐處理坑木 : 2年
- 年利 : 15%

考 察

1. 坑木의 生產供給 및 使用實態

우리나라는 油類波動 이후 石炭需要量이 매년 격증하고 있으므로, 이에 따라 政府에서도 石炭增產에 박차를 가하고 있다. 따라서 石炭增產에 필수자재인 坑木의 수요도 아울러增大一路에 있어 序頭에서도 밝힌 바와 같이, 금후 坑木의 계속적인 供給問題가 重大한 과제로 등장되고 있는 실정이다. 調查結果에 나타나 있는 바와 같이 우리 나라의 年間 坑木需要量은 456千m³로서 全量內材에 의존하고 있다. 1974年度 우리 나라의 年間 木材總需要量은 약 6,791千m³이나, 國內材 供給量은 1,083千m³로서 總需要量의 16%에 지나지 않고, 殘量은 外材導入에 의존하고 있는 實情이다. 國內材 중에서 坑木用材로서의 供給率은 42%에 달하고 있으며, 殘餘量은 팔프 및 기타一般用材로서充當되고 있다. 이와 같은 實態에서 보면 石炭坑木의 供給問題도 중요한 위치를 점하고 있으나, 팔프용재 라든가 또는一般用材도 대단히 중요한 위치를 점하고 있다는 것은 주지의 사실이다.

다음 坑木의 規格을 보면 비교적 通直하고 지름이 小徑材 또는 中徑材가 요구되며, 生材時 최소의 縱壓縮強度가 3,000 psi 이상이고, 높은 刚性(stiffness)과 耐久力 그리고 形質商(강도대 비중의 비율)이 큰 性質을 필요로 하고 있어, 坑木用材는 치수와 形質에 제한을 받고 있는 特殊性을 지니고 있으며, 購入價格도 저렴하여

4) 坑木防腐處理의 效果

防腐處理坑木의 效果를 無處理坑木과 비교하여 다음과 같은 條件 하에 經濟性을 분석한 결과 表 16과 같다.

야 한다. 樹種別 使用實態를 보면, 坑木 全需要量 중 소나무와 낙엽송을 위주로 한 針葉樹가 147,250m³이고, 참나무類와 자작나무 등을 위주로 한 濡葉樹가 208,750m³정도 사용되고 있다. 原木의 形質上으로 볼 때 針葉樹가 坑木用材로서 優秀함은 더 말 할 나위도 없다. 단 우리나라의 林木蓄積 74,466,000m³ 중에서 針葉樹가 46%, 濡葉樹가 35%, 그리고 混生林이 19%를 점유하고 있어, 針葉樹의 量이 많은 것 같으나 針葉樹는 대부분 幼齡林과 老齡林이 많고, 濡葉樹도 주로 오지에 分布되어 있는 관계로, 規格에 맞는 坑木의 供給問題뿐 아니라, 어떠한 形태의 坑木이라도 그 供給이 점차 어려운 實情에 놓여 있다. 日本의 경우 1973年度 坑木의 樹種別 供給內譯을 보면 針葉樹가 135천m³, 濡葉樹 234천m³로서 都合 369천m³가 소요되고 있어, 이들 數量은 1968年度 需要量 874 천m³에 비교하면 매년 절감되어 가고 있는 실정이다.

이와같이 坑木의 계속적인 供給問題와 消費 절감을 위해서는, 앞으로 長期的인 供給과 절감계획을 세워 적극적으로 推進하여야 할 것이 요망된다. 다음에 石炭 톤당 坑木의 所要量을 보면 10餘年 전만 하더라도 0.04m³에 달하고 있었으나, 石炭公社에 의하면 炭礦의 經營체신으로 인하여, 1967年度 0.033m³에서 1974年度에 0.017m³로 매년 절감경향을 나타내고 있다. 이것은 石炭生産者가 坑木切減의 중요성을 의식하고, 이에 對處하여 가고 있는 狀態를 볼 수 있다. 그러나 民營炭礦의 경우는 아직도 施設의 零細性등 제반 여건이 여의치 않아

石公에 따르지 못하고 있으며, 톤당 0.03m³를 사용하고 있는 실정이다. Walter⁵⁸⁾의 미국 Illinois 炭礦地域에서 조사 보고한 소요량은 石炭 톤당 1.087bd. ft.에 비하면 우리나라의 木材消費量은 훨씬 높은 편이다. 일반적으로 外國의例를 보면, 炭礦內의 시설을 鐵製 등으로 대체하여 永久化하는 경향이 있어, 坑木의 所要量은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 گ도에 永久化를 위한 施設의 擴大强化와 아울러 坑木의 消費節減을 위한 積極的인 努力이 계속되어야 할 것이다.

한편 坑木의 입수절차를 보면, 石炭公社의 경우 自體 生產供給率은 43%이고, 殘餘量은 購入材에 의존하고 있다. 구입과 直營生產率은 매년 일정한 것은 아니며 해에 따라 起伏이 심하다. 石公이 保有하고 있는 林野는 貸付林과 管理林을 포함하여 28,802ha로서 全國林野 總面積의 0.43%이다. 그리고 保有하고 있는 林木蓄積은 627,987m³로서 비교적 單位面積當蓄積이 높은 편에 속하나, 坑木의 自給을 위하여는 빈약한 입장에 있기 때문에, 앞으로 自給自足을 위하여는 林地와 林木의 확보가 요청되고 있는 형편이다. 民營炭礦의 경우는 조사결과에서 밝힌 바와 같이, 炭礦協同組合에 加入有無에 따라 坑木의 입수 절차가 相異한데, 炭礦協同組合에 가입된 民營炭礦은 炭礦協同組合이 國有林 管理廳과 수의 계약을 하여 坑木을 大行 生產하여, 民營炭礦의 인접 鐵道驛頭까지 輸送供給을 해 주어 坑木이入手되어지나, 炭礦協同組合에 加入되지 않은 民營炭礦에서는 自體로 直營生產을 하던가, 또는 市中에서 구입하여 충당하고 있다. 일반적으로 民營炭礦의 경우는 自體 山林保有量이 극히 적어서 自給自足은 대단히 어려운 實情에 있어, 현재로는 市中에서 구입 또는 國有林의 林木를 사서 쓰는 도리밖에 없게 되어 있다. 그러나 금후 항구적인 坑木供給을 위하여는, 自體 山林을 어느 정도 保有하도록 조치하여 造林을, 적극 권장하는 것이 문제를 根本의 으로 해결하는 결과가 될 것이다. 한편 木材生產은 하나의 큰 事業이기 때문에 群小炭礦이 坑木을 직접 生산할 때는, 伐採許可등 어려운 점이 허락할 것으로 생각되는 바, 生產能力이 있는 炭礦協同組合이 이를 代行하여 편의를 도모하여 줄수 있다면 크게 도움이 될 것이다. 또한 항목의 가격 등을 山主에게 유리하게 조성할 수 있다면 坑木供給은 비교적 원활히 될 것이다.

坑木의 價格形成實態는 石炭公社나 民營炭礦의 경우 공히 1974年度末을 기준하여 m³당 19,500원 정도로 供給이 이루어지고 있다. 그러나 일반적인 物價上昇을 떠나서라도 保有林木의 奧地化로 인해 伐採費와 運搬費 등이 上昇할 要因이 내포되고 있어, 坑木의 供給價格은

다소 引上될 전망이 있다. 이와 같은 실정을 감안한다면, 鐵山經營者는 鐵山附近의 山林을 확보하여 坑木用 林木를 造林하여 生產함으로써 坑木代를 절감할 수 있을 것이다.

끝으로 炭礦貯木場이 재하되어 있는 坑木은 오랫동안 露天貯藏으로 인하여, 降雪에 의한 材質低下가 현저하게 일어나서 이들 坑木이 坑內에 入坑하면, 다른 건전한 坑木에 까지 腐朽를 촉진시킬 가능성이 있어, 재하항목에 대한 철저한 管理도 아울러 강구되어야 할 것이다.

2. 防腐劑 渗透長 試驗

소나무와 상수리나무의 生材滲透力を 일기 위해 防腐剤 chromated zinc chloride와 Malenit의 高濃度 水溶液을 도포하여 輟 산법에 의하여 처리한 후, 그 삼투을 조사한 결과, chromated zinc chloride의 평균 삼투장은 소나무가 34mm로서 상수리나무는 18mm보다 커졌다. Malenit의 평균 삼투장은 수나무가 30mm이고, 상수리나무가 21mm로서 역시 소나무의 삼투력이 상수리나무보다 커졌다. 이와같이 수종간에 방부제 삼투장의 차이는 목재조직이 다른데 기인한 것으로서, 상수리나무는 그 導管에 tyloses와 같은 조직을 갖고 있어, 약제의 삼투를 방해하거나 저연시키기 때문이다. 趙等²⁹⁾의 연구결과에 의하면 소나무와 잎갈나무는 상수리나무나서나무보다도 藥劑의 삼투가 優秀하다고 하였는데 그 내용과 일치하고 있다.

그리고 chromated zinc chloride와 Malemit 藥劑의 삼투장은 兩者가 서로 비슷한 삼투장을 나타내고 있다. 이것도 역시 趙等이 研究報告한 내용과 비슷한 경향을 나타내고 있으며, Malenit와 chromated zinc chloride 사이에 침투장의 큰 차이는 존재하지 않은 것 같다. 다만 有機溶媒用 방부제인 경우에는 점도가 낮은 것이 注入이 容易해 지나, 水溶性인 防腐剤는 점성은 크게 문제가 되지 않은 것으로 보인다. 藥劑의 침투장에 영향하는 因子는 대단히 많다. 주요한 인자는 木材含水率, 被覆積材期間, 藥劑와 濃度의 關係, 藥劑濃度, 溫度, 그리고 木材의 性質과 前處理條件 등에 따라 다르다. Amemiya^{3,4,5,6)}는 纖維飽和點이 하의 含水率 즉 30%이하에서는 藥劑의 渗透가 잘 되지 않는다고 하였다. 적어도 渗透에 적정한 含水率은 50% 이상이라고 하였다. 그리고 Osmo-salt, Osmo-plastic, Malenit 50% 水溶液으로 시험한 결과, 적재 35일 이후 20mm 이상 渗透長을 얻을 수 있는 樹種別 含水率은 삼나무와 낙엽송은 약 40%이고, 소나무는 60%가 되어야 하나, 實質的目的을 위해서는 삼나무와 낙엽송의 含水率도 50% 이상이어야 하며, 30% 이하에서는 모든 樹種이 防腐剤가 잘 삼투

되지 않았으며, 확산법에 의해 삼나무 心材의 防腐劑滲透는 다소 어려웠고, 高含水率의 木材의 경우는 擴散法에 의한 防腐處理가 加壓注入의 경우보다 더욱 양호한 결과를 얻었다. 또한 Wolman salt 50% 水溶液을 사용하여 소나무, 참나무 및 삼나무에 擴散法을 적용해서 關係濕度 100% 되는 조건에서 2개월간 처리한 후, sodium fluoride는 心邊材의 경계부까지滲透가 되었고, dinitrop henol과 Na-PCP는 3~6mm가滲透되었는데, 이들은 木材에 흡수되어 溶液으로서 木材內 깊이滲透되지 않는다는 것을 밝혔다. 또한 Malenit 50% 水溶液을 表面塗布하고 피닐 피복과 무피복으로 구분하여, 온도 27°C, 관계습도 70% 조건 하에 1개월간 積載한 결과, 비닐 피복의 경우 소나무와 낙엽송은 모두 상당한滲透가 일어났고, Malenit의 한 성분인 sodium fluoride는 邊材를 통해 心材까지 침투되었으나, 두피복의 경우는滲透가 잘 되지 않았다. sodium fluoride의 삼투장은 表面으로부터 100mm미만이었다. 특히 無剝皮材의 삼투는 박피재의 삼투와 거의 비슷하여, 樹皮가 얇다면 防腐劑의滲透를 방해하지 않는다는 사실을 밝혔다.

滲透長의 영향인자는 대단히 많으며, 또한 인자가 복합적으로作用할 수 있어 매우 복잡한 현상이나, 擴散法에 있어 삼투장에 영향하는 주요인자들을 개설하면 다음과 같다. 木材含水率은 다음 인자들보다도 藥劑滲透에 가장 크게 영향하는因子가 되고 있다. 藥劑는 주로 木材內自由水를擴散시켜滲透를 유발시키기 때문에, 材中에自由水가 많이 존재할 수록滲透가 용이하게 된다. 그래서自由水가 존재하지 않은含水率 30% 이하에서는 약제의滲透가 대단히不良하며, 長期間에 경과해도 우수한 효과를 거둘수가 없다. 그러나含水率이 높으면 短期間내擴散效果를 쉽게 얻을 수 있다. 그러나 극단적으로含水率이 높다고 해서 반드시滲透效果가比例的으로增加하는 것이 아니고, 含水率 75% 이상을 초과하면含水率에 증가에 따른滲透速度는 약간 완만한 증가를 나타낸다. 다만擴散法을 적용할 수 있는含水率의 한계는 대략 40~50% 이상이면 충분히 가능할 것이다. 그런데 여기에서 주의해야 할 사항은 藥劑의擴散과 목재의含水率 사이에는 밀접한 관계를 갖고 있으나, 이는木材表層의含水率이滲透效果에 절대적으로 영향하는 것으로含水率은 주로表層의含水率이 기준이 되어야 할 것이며, 木材의平均含水率을 적용해서는 안 된다. 실제로 들어平均含水率이 높다 하여도, 木材는表層이 먼저乾燥하여 상당히 떨어지는 경우가 허다하기 때문에 소기의 성과를 얻을 수 없으므로, 이때에는藥劑處理前에 물을散布하여表面의含水

率이滲透에 일맞는 범위까지 높혀 주어야 할 것이다. 實用的으로表面含水率의 적당한 범위는 적어도 40% 이상이 바람직하다.

그리고 피복적재기간은藥劑의滲透長을 결정하는 중요한因子가 되고 있다. 藥劑의滲透速度는 대체로 3週間까지는 크나, 그 이후는 점차減少하게 된다. 왜냐하면材表面에 부착되어 있는藥劑의濃度는 점차減少하고, 時間의 경과에 따라材表面의濃度와材內部의濃度가平均화되어서濃度傾斜가减少되어 진다.濃度傾斜와擴散速度는 비례적關係가 있기 때문에,滲透速度는時間의 경과에 따라 점차减少하게 된다. Amemiya¹⁾에 의하면 소나무류의材表面含水率이 40%일 경우 NaF의 1日間滲透速度는 수선방향이 0.55mm, 전선방향이 0.42mm로서 평균 0.5mm 정도 된다고 하였다. 本試驗의 결과는 Amemiya의 보고 내용보다 다소 많은滲透長을 나타내고 있는데, 이는本試驗供試材의含水率이 높은데基因된 것으로 생각된다. 參考로 Amemiya의 판두께에 따른擴散期間의報告內容을 알아보면, 板의 양측면으로부터藥劑가完全히滲透되는擴散期間은 두께 1cm : 10日, 2cm : 20日, 3cm : 30日, 4cm : 40日, 5cm : 50日 등이 소요되나, 두께가 5cm 이상인板材의 경우는 후반의擴散速度가 저하되어, 上記一定한擴散速度로計算된 값보다 더 많은時間이 소요될 것이라하였다.

藥劑의濃度는擴散速度와 비례적인關係가 있다.材表面의부착된藥劑의濃度가 높으면,材表面과內部와의濃度傾斜가 커져서比較의長期間동안濃度差異를 유지할 수 있어,滲透期間을 연장하는 역할을 하기 때문에藥劑滲透를 돋는 결과가 된다.防腐劑種類에 따라濃度의差異는 있으나, chromated zinc chloride와 Malenit를材表面에 적정부착량을 유지하기 위해서는 Malenit 50% 水溶液과 chromated zinc chloride의 경우 75% 水溶液이適正한 것으로生覺된다.趙 등이濃度別滲透長試驗에 있어서도上記濃度가 가장效果의임을 밝혔다. Wolman salt의 경우常溫에서의溶解度는 4~5%에 불과함으로 50%의高濃度로는藥劑全部가溶解되지 않고, 處理液中에서침전물을 이루고 있기 때문에, 균일한 도포를 위해 전분을混入하여糊狀으로材surface에부착시키는方法도藥劑滲透를 돋는方法이 될 것으로 생각된다.

적재溫度는 높을수록滲透壓과擴散係數가 커져서藥劑의擴散速度는 당연히增大될 것이다. 따라서擴散期間中에溫度가 높으면藥劑의滲透는促進될 것이다. 實제에 있어서는 다른因子가 개입되어 저해되는 경우

도 있다.

Schulze¹⁾의 實驗結果를 보면, dinitrophenol과 NaF는 溫度 20°C인 경우가 40°C인 경우 보다 藥劑의 渗透長이 우수하였다. 이와같이 溫度가 너무 높으면水分이 증발되어 含水量을 低下시키는 原因이 될 수 있기 때문이다. 또한 溫度가 너무 낮아서 木材中에 自由水나材面에 부착된 藥劑가 凍結하면 渗透가 不可能하게 되므로, 實際 擴散法에 있어서 극단적으로 높은 溫度와 낮은 溫度를 피하는 것이 좋고, 다만, 0°C 이상에서는擴散은 가능하나 20°C前後가 우수한 渗透現象을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 적재기간중에 充分한 關係濕度를 유지해 줄 필요가 있다. 材面에 부착된 藥劑自體의 吸濕은 물론 木材의 乾燥를 방지할 수 있는 충분한 關係濕度를 유지해야 할 것이다. Amemiya가 報告한 關係濕度別 NaF의 渗透長은 關係濕度가 100%인 경우는 時間의 경과에 따라 계속 渗透現象이 현저하였으나, 75%에서는 초기에 5mm 정도의 渗透가 일어났을 뿐, 그 이후에는 전혀 渗透效果를 얻을 수 없었다. 木材中에 藥劑가 移動可能한 限界濕度는 藥種에 따라 다르다. 一般的의 경향을 보면 물에 대해 溶解度가 높거나, 吸濕性이 큰 藥劑는 낮은 關係濕度에서도 移動이 이루어지나, 높은 關係濕度에서는 移動速度가 더욱 커진다. 이와같은 性質을 利用하기 위해 乾燥材를 침지처리하거나, 藥劑를 도포한 후 비닐布로 완전 피복하여 藥劑의 渗透를 促進시킬 수 있다.

다음에 渗透長은 木材의 性質에 따라 다르다. 同一한 樹種과同一한 木材일지라도 渗透方向에 따라 다르다. 組織의으로 볼 때 纖維方向, 徑斷方向, 觸斷方向이 있는데, 이 方向에 따라 渗透長이 각각 다르다. 이 3方向에 따른 渗透速度는 次유: 경단: 촉단 = 1: 2/3: 1/2으로 報告하고 있다. 이는 次유방향의 渗透速度가 가장 크고, 徑斷方向은 수선의 영향으로 觸斷方向보다 다소 크게 나타난다. 原木을 防腐處理할 경우는 주로 徑斷方向의 渗透가 主軸을 이루게 될 것이고, 壁權用과 같은 半割이나 製材의 경우는 주로 촉단방향의 渗透와 경단방향이 渗透가 일어날 것이다.

그리고 同一含水率이라도 心邊材間의 渗透速度가 다르며, 邊材는 心材보다 渗透速度가 큰 경우가 많다. 이와같은 現狀은 心材의 torous는 有緣膜孔을 遮斷하고 있어,水分移動에 制約을 가하는 것으로 생각할 수 있다. 一般的으로 原木의 有効 渗透長은 邊材의 80%이상이어야 하는데, 本 試驗의 경우 소나무는 Malenit와 chromated zinc chloride 藥劑가 공히 80% 이상의 渗透를 나타내고 있으나, 상수리나무는 基準未達의 渗透

長을 나타내고 있다. 상수리나무는 tyloses의 존재 등으로 인하여, 투파성이 不良한데 因因된 것으로 생각된다. 따라서 소나무는 적재기간이 1개월 정도면 충분한 渗透效果를 얻을 수 있으나, 상수리나무는 보다 긴 적재기간을 要하고 있다. 이 밖에도 木材性質이 渗透에 영향하는 因子는 比重, 年輪幅, 抽出物등의 연향을 생각할 수 있다.

3. 含水率調査

炭鐵 貯木場에 재하되어 있는 坑木의 含水率은 대단히 높았다. 소나무邊材 含水率은 153.4%이고, 낙엽송邊材 含水率은 115.7%이며, 충충나무는 94.4%에 달하고 있었다. 이들 調査된 原木은 長城鐵業所 貯木場에 入荷된지 1個月이 경과된 原木의 含水率이다. 原木의 入荷는 年度別 또는 季節別에 따라 差異가 있고, 또한 재하되는 原木數量도 자연히 入荷量과 消費量에 따라 左右되고 있다. 一般的으로 재하량은 鐵業所 事情에 따라 다르지만, 坑木의 品貴로 인하여 長期間 재하되는 경우는 드물다. 李³⁷⁾가 報告한 바에 의하면, 石炭公社의 경우 1967~1973年間 年度別 재하原木의 數量을 最低 7日分에서 最高 97日分이며, 平均으로 49日分으로 되어 있다. 이와같이 原木의 장기적 재하는 어려운 실정인바, 鐵山 貯木場에 在荷되어 있는 原木은 伐採되어서 入荷된 이후 短期間內 소모되는 것으로 볼 수 있다. 따라서 鐵山에 在荷된 原木의 含水率은 재하기간중에 乾燥로 인한水分損失은 극히 무시할 정도로 적을 것으로, 대체로 本 試驗에서 調査된範圍內에 含水率을 保有하고 있을 것이다. 그러므로 炭鐵坑木의 適正防腐處理는 擴散法에 의함이 가장 妥當할 것으로 판단된다.前述한 바와 같이 含水率이 아주 높은 경우에 原木의 防腐處理는 加壓注入法이나 침지법등으로 所期의 成果를 거양할 수 없으므로, 다만 擴散法에 의한 防腐處理가 이루어져야 할 것이다.^{32, 61)}

4. 坑木의 耐腐力試驗

1) 含水率

耐腐力試驗用 供試原木의 含水率은 表 6과 같이 소나무邊材 含水率의範圍를 36.4~173.7%이고, 그 平均含水率은 103.8%이다. 소나무는 徑級이 적어서 心材가形成된 것을 볼과 2個 뿐이며, 心材의 含水率은 37.2~41.8%에 속하고 있었다. 참나무類의 경우 邊材含水率의範圍는 53.9~70.9%이고 그 平均은 62.4%이며, 心材含水率의範圍는 60.3~84.7%이고 그 平均은 67.8%이다. 소나무는 心邊材間의 含水率의 차이가 커있으며 邊材의 含水率은 광범위하게 分布하고 있었다. 그러나 참나무는 心邊材間의 含水率의 차이가 적었으며, 含

水率의 分布도 비교적 좁았다. 소나무와 참나무類는 모두 섭유 포화점 이상으로서擴散法에 의한防腐處理가 가능한 含水率을 갖고 있다.

2) 水質分析

坑木의 防腐處理時 使用될 물의 硬度는 Malenit의 침전을 좌우하는 問題가 있어, 長城礦業所內 上水道用水의 水質을 分析한 결과 極硬水에 속하고 있음이 밝혀졌다. 供試한 물의 CaCO_3 의 含量이 678.45ppm로서 硬水 基準含量을 초과하고 있어, 이 물을 사용할 경우 Malenit의 침전이 생겨 온전한 藥劑 渗透가 어려운 것 이므로, 鹽酸을 使用하여 PH7.0으로 事前에 中和시켜서 藥劑를 溶解하여 使用하였다. 大部分 矿山에서 溶出되는 물은 無機物의 含量이 높을 것으로, 이들 물을 使用하여 防腐處理를 실시할 경우, 藥種에 따라서 실태를 들면, Malenit의 경우와 같이 硬水에 침전현상이 야기되는 藥種에 대해서는, 笠井(1944)³¹⁾의 報告內容에 따라 事前에 水質分析을 하여 使用함이 渗透力を 둡는데 一益이 될 것이다.

3) 耐腐力試驗

(1) 全乾重量減少率

運搬坑에 6個月間 配置한 소나무의 全乾重量減少率은 無處理가 3.9%, chromated zinc chloride 處理가 1.8%, Malenit 處理가 2.2%였으나, 處理間의 有意의 差異가 나타나지 않았다. 또한 風道昇내 6個月間 配置한 소나무의 全乾重量減少率은 無處理가 5.8%, chromated zinc chloride 處理가 3.8%, Malenit 處理가 3.1%였으나, 處理間의 有意의 差異가 나타나지 않았다.

運搬坑내 6個月間 配置한 참나무類의 全乾重量減少率은 無處理가 3.5%, chromated zinc chloride 處理가 1.4%, Malenit 處理가 2.1%였으나, 處理間의 有意의 差異는 나타나지 않았다. 또한 風道昇내 6개월간 配置한 참나무類의 全乾重量減少率은 無處理가 5.2%, chromated zinc chloride 處理가 2.7%, Malenit 處理가 2.3%였으나, 處理間의 有意의 差異가 나타나지 않았다.

上記와 같이 處理와 無處理間의 全乾重量減少率이 數字的으로는 無處理가 處理의 경우보다 다소 높게 나타나 있으나, 統計的으로 有意의 差異를 발견할 수 없는 것은 단지 供試期間이 너무 짧기 때문에, 無處理材가 處理材보다 뚜렷한 腐朽現象이 나타나지 않는데 기인한 것 같다. 그러나 供試木을 配置한 3個月後에 관찰한 바에 의하면, 無處理材는 菌絲의 퍼짐이 肉眼으로 관찰할 수 있을 정도로 處理材보다는 뚜렷이 구별되고 있었다. 三井腐山株式會社⁴⁴⁾에서 이와이트 注入坑木에 대한 研究報告에서도 無處理坑木은 設置 2個月後부터 菌이 發

微하여 번식이 점차 격해지고, 약 2個年이 경과해서는 全表面에 피복되어 두꺼운 번식을 나타내어 材質은 부후에 의해 軟弱化되었으나, 이와이트 注入坑木은 設置 1年 2個月 이후, 脚의 중앙부에 自色의 반점 정도의 發微을 볼 수 있었고, 그 후 번식이 서서히 진행되어 2個年이 경과해서 全表面에 30% 정도가 나타났다. 그러나 打診의 의한 音은 시설당초와 큰 變化가 없었다는 報告가 있다. 그리고 大浦坂等⁴⁷⁾은 osmose 處理坑木은 施設後 菌이 전연 發生안한다고 할 수 없으나, 處理坑木은 場所에 따라 black mold 또는 white mold가 發生하고 있으나, 합마등에 의한 打音으로는 내부부식을 알 수 없었고, 無處理坑木의 경우 곰팡이가 發生하는 시기에는 打音에 의하여 内部腐朽를 알 수 있다고 하였다. 그래서 對州礦業所에서는 1957年度부터 osmose 防腐處理를 본격적으로 실시하여 왔는데, 無處理坑木의壽命은 1~2年에 불과하지만, 處理材는 약 3倍이상 使用壽命이 연장되었다는 報告가 있다. Rentokil Lab. Ltd⁵⁰⁾에서 밝힌 바와 같이, 大部分의 矿山은 Coniophora cerebella(cellar fungus)와 Poria vaporaria와 같은 菌이 잘 번식할 수 있는 상태로 습기가 많다. 本試驗에서 供試한 坑內 상태도 225ML 主運搬路의 경우 平均溫度 18°C, 平均濕度 92%, 平均風速 68cm/sec이고, 600ML 主配氣風道昇 경우는 平均溫度 17°C, 平均濕度 100%, 平均風速 344cm/sec인 條件으로서 菌이 번식하기 알맞는 상태를 갖고 있는 곳이다.

Hunt와 Garrat²⁸⁾는 부후의 原因과 程度에 따라 다른 腐朽材는 密度의 감소가 일어난다고 하였으며, Wangaard⁶⁰⁾는 腐朽菌에 따라 比重減少의 差異가 있고, Polyporous schweinitzii 菌이 침해된 목재의 比重은 약 10% 정도 減少되며, Formes pini 菌이 침해된 후기 pocket 단계에 木材比重은 약 30% 減少한다고 하였다. 本試驗에서도 處理材와 無處理材의 全乾重量減少率은 無處理材가 防腐處理材보다 크게 나타나고 있으나, 供試期間이 짧아서 有意의 差異는 나오지 않고 있다.

(2) 抽出物

運搬坑에 配置한 소나무와 참나무類의 1% NaOH 抽出物을 調査한 결과, 無處理의 경우는 소나무가 18.52%, 참나무類가 18.65%로서 가장 커고, chromated zinc chloride 處理의 경우는 소나무가 13.32%, 참나무類가 16.32%, 그리고 Malenit 處理의 경우는 소나무가 11.44%, 참나무類가 16.55%로서, 防腐處理材는 모두 無處理材보다 抽出物의 量이 적었다. 이는 防腐處理材는 無處理材보다 부후의 정도가 적다는 것을 의미하고 있다.

그리고 현단계로서는 운반항과 주배기 풍도승간에는

뚜렷한 부후의 차이가 나타나지 않고 있으며, 樹種間에는 소나무가 참나무보다 重量減少率이 다소 큰 값을 나타내고 있는 것은 아니다. 本試驗에서 各處理別 測定值가 상당히 變異를 나타내고 있는데, 이는 健全材와 腐朽材의 全乾木質 무게를 算出時 사용된 含水率은, 供試坑木의 一部에서 채취한 試驗片에서 측정한 것을 적용하였는바, 아마도 供試坑木내에는 水分傾斜가 존재할 수 있기 때문에, 이와같은 含水率을 적용한 全乾重量은 다소의 과소 또는 過大值가 나올수 있을 것으로 생각된다. 이는 試驗遂行上 供試坑木의 全體를 乾燥해서 含水率을 구할 수 없는 형편을 고려한다면 불가피한 사실이다.

(3) 壓縮強度

운반항내 6個月間 配置한 소나무의 生材時 壓縮強度는 無處理材가 $223\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서 chromated zinc chloride 處理 : $250\text{kg}/\text{cm}^2$, Malenit 處理 : $234\text{kg}/\text{cm}^2$ 보다 적었으나, 處理間의 有意的인 差異는 나타나지 않았다. 풍도승내 6個月間 配置한 소나무의 生材時 壓縮強度는 無處理材가 $214\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서, chromated zinc chloride 處理 : $227\text{kg}/\text{cm}^2$, Malenit 處理 : $238\text{kg}/\text{cm}^2$ 보다 적었으나, 處理間의 有意的인 差異는 나타나지 않았다.

참나무의 경우는 運搬坑에 配置한 供試木의 生材時 壓縮強度는 無處理材가 $401\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서, chromated zinc chloride 處理 : $426\text{kg}/\text{cm}^2$, Malenit 處理 : $448\text{kg}/\text{cm}^2$ 보다 적었으나, 處理間의 有意的인 差異는 나타나지 않았다. 그리고 풍도승에 供試한 참나무의 生材時 壓縮強度는 無處理가 $406\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서, chromated zinc chloride 處理 : $423\text{kg}/\text{cm}^2$, Malenit 處理 : $423\text{kg}/\text{cm}^2$ 보다 작았으나, 處理間의 有意的인 差異가 나타나지 않았다. 그리고 소나무와 참나무의 比重이 供試坑과 관계없이 chromated zinc chloride와 Malenit處理材의 比重은 無處理材의 比重보다 모두 커졌다. 여기에서 測定된 比重은 生材부피에서 全乾重量을 근거로 한 比重인 만큼, 無處理材는 防腐處理材보다 供試期間中 木質의 變化가 더욱 심하게 이루어 진 것으로 생각된다. 그러나 chromated zinc chloride와 Malenit의 藥劑處理間에는 별 다른 差異가 나타나지 않고 있다.

前記한 處理와 無處理間에 있어 強度의 有意的인 差異가 없는 것은,前述한 全乾重量減少率에서 論議한 바와 같이, 無處理材와 處理材의 耐腐効力を 비교하기에는 供試期間이 너무 짧아서 完全한 비교가 不可한 것이다. 그러나 調査된 壓縮強度나 比重을 고려한다면, 無處理材는 處理材에 비해 상당한 強度와 비중의 손실을 갖고 있다.

坑木의 경우는 安全과 使用壽命延長을 위해相當한

耐久力과 壓縮強度 그리고 彈性係數를 갖는 樹種이 선택되어야 하는데, 특히 壓縮強度와 彈性係數의 경우는 氣乾狀態의 것 보다는 生材時의 機械的 性質이 더욱 중요하다. 왜냐하면 氣乾材의 強度는 生材의 強度보다 훨씬 크지만, 乾燥材가 坑內 設置되면 吸濕하여 生材狀態로 전환되기 때문에, 坑木用材는 항상 生材時의 機械的 性質을 根據로 해서 선택되어야 한다. 이러한 취지에서 本試驗에서도 生材時의 壓縮強度를 구하여 보았다. 坑木用材의 縱壓縮強度는 最少 $211\text{kg}/\text{cm}^2$ ($3,000\text{psi}$) 이상을 요구하고 있는 바, 本試驗에서 測定된 모든 強度는 이 基準을 초과하고 있으나, 소나무의 경우 無處理材의 強度는 $214\text{kg}/\text{cm}^2$ 로서 허용하는 基準強度와 비슷하여, 부후가 조금만 더 進行된다면 基準強度 이하로 떨어질 가능성이 놓후하다. 木材가 腐朽되면 比重과 동시에 強度도 저하하는데, Wangaard⁶⁰⁾에 의하면 縱壓縮強度의 低下率이 比重의 低下보다 더 크다고 하였다. Rentokil Lab. Ltd⁵⁰⁾에 의하면 坑木는 설치후 6個月內 強度가 減少되어 壽命이 18個月~2年에 치나지 못하며, 이와 같이 坑木의 腐朽는 지붕의 낙하를 일으켜서 보수하는 데 費用이 들고, 때때로 人命의 損失이 따른다. 이러한 理由로 鐵筋을 대치하는 경향이 있으나, 坑木을 使用하는 것 보다 더 많은 費用이 소모되므로, 坑木의 防腐處理를 하여 使用함으로써 증가되는 費用을 切減시킬 수 있다고 하였다. Hollingsworth²⁵⁾는 地下炭礦에서 坑木이 腐朽에 의해 使用壽命이 短縮됨으로써 아주 非經濟의 일뿐 만 아니라, 坑木이 初期腐朽가 일어나면支柱의 強度는 대단히 減少하게 되어, 보통의 應力下에서도 木破가 일어 날 수 있다. 또한 목파의 위험은 健全材보다 더욱 불타기 쉬운 것으로 알려져 있어, 결과적으로 腐朽가 安全에 미치는 영향을 認識해야 함을 強調한 바 있다.

5. 防腐處理坑木의 効果

坑內는 다른 장소에 比해 關係溫度가 높고 또한 溫度가 적당하며, 年中을 통하여 溫濕度의 변화가 적어 腐朽菌의 번식이 적절한 곳이다. 坑內에 坑木이 배치되면 1~2年 동안 밖에 使用이 불가하고, 항상 補修作業을 수반하게 된다. 坑木의 使用壽命이 2年以上 요구되는 곳에서는 防腐處理材를 사용하여 수명을 연장함으로서, 木材의 소비절약과, 아울러 補修費의 節減을 기해야 할 것이다.

本試驗에서 소나무 原木에 chromated zinc chloride를 擴散法에 의해 防腐處理하였을 때, 坑木의 使用壽命을 최소로 2年으로 하여 經濟性을 分析한 結果 表16과 같다. 즉 無處理坑木과 防腐處理坑木의 原價費는 100 :

116로서 防腐處理坑木이 原價面에서 높았다. 그러나 年賦金比 100 : 62로서 防腐處理坑木이 훨씬 적었다. 여기에서 보면 處理作業費에 있어 소나무 原木의 剝皮作業이 다소 과다한 人件費를 要求하고 있으나, 만약에 벽권용재(lagging)와 같은 半割材나 또는 製材品을 防腐處理할 경우라면, 原價面에서나 年賦金은 더욱 節減될 것이다. 이와같이 防腐處理坑木은 無處理坑木에 比해 經濟的으로 꼭 有利하다. Hollingsworth²⁵⁾에 의하면 鐵山經營者는 炭礦內 어느장소에서든지 그장소의 溫度와 濕度를 알게되면, 경험에 의하여 쉽게 木材腐朽의 가능성을 판단할 수 있게 되므로, 防腐處理坑木의 使用을 위한 결정은 安全과 費用을 고려해서 결정해야한다고 하였다. Bryan¹¹⁾等은 腐朽가 급속히 일어나는 鐵山에서 防腐處理坑木의 經濟性과 實用性을 증명하기 위하여 조사한 결과, 먼저 防腐處理方法 자체가 싼값으로 할 수 있는 간단한 形態의 工場으로도 할 수 있는 開槽法(open tank process)이었으며, 그 얻어진 결과를 보면 防腐處理된坑木의壽命은 크게 연장되었고, 따라서 木材의 큰 결약을 가져왔다고 報告하였다. Cockcraft¹⁴⁾는 木材構造物의 補修費는 初期防腐處理費의 5~10倍가 더 所要됨으로 防腐處理材의 使用을 적극적으로 권장한 바 있다. 그리고 木材 初期價格의 10~15%의 防腐處理費를 附加的으로 支出함으로서, 使用壽命을 5倍로 증진시키다는 것은 가장 좋은 投資라고 하였다. 趙²⁹⁾ 等은 無處理坑木의 使用壽命은 1年에 불과하나, 溫冷浴法에 의한 防腐處理坑木은壽命이 3倍로 연장됨으로서 原價는 27% 高價이지만, 年賦金은 약 46%가 저렴함을 밝혔다. 本 試驗의 結果를 趙等의 報告內容과 比較해 보면 原價比는 작으나 年賦金比는 커다. 이와같은 差異는 防腐處理方法, 使用壽命과 年利等이 다른데 기인한 것이다. 一般的으로 擴散法은 溫冷浴法보다 防腐處理方法이 간단하나, 그 効力은 다소 떨어지는 것이 보통이다. 그러나 擴散法도 적절히 使用하면, 防腐處理費가 적게 들면서 우수한 防腐效果를 얻을 수가 있다. 그리고 素材의 含水率이 높은 경우에는, 擴散法以外의 處理方法으로는 簡易防腐處理는 어려울 것으로 생각된다.

防腐處理坑木의 效果는 일찍이 일정된바 있어, 美國 Illinois 地方의 炭礦에서는 1948年에 이미 坑木用 濁葉樹 製材品의 전체소요량 중 8.3% (3,414,510 bd. ft.) 가 防腐處理되어 使用되었으며, 이를 防腐處理材는 98.2% 가 檀木으로 利用되고, 잔여분은 람바와 벽권용재(lagging)로 사용된 기록이 있다.⁵⁸⁾ 坑木의 防腐處理는 林木의 결약, 그리고 坑內 補修費등을 節減하기 위해 그 必要性이 증가되고 있는 實情이다.

그리고 坑木의 防腐處理에 主로 使用되고 있는 防腐劑는 creosote, creosote와 coal tar의 混合物, chromated zinc chloride, Malenit, pentachlorophenol, zinc chloride, sodium fluoride, borax 等이 있다. 이들 防腐劑는 使用方法, 防腐效力와 安全性이 각각 다르다. Walters⁵⁸⁾에 의하면 creosot와 creosote coal tar 混合物은 油性이고 진득진득하며 취급이 곤난한데다, 坑內 火災의 위험이 따르며 火災時 짙은 연기를 내는 결점이 있다. 그러나 chromated zinc chloride는 보통 使用되고 있는 다른 防腐劑보다 火災防止(fire protection)의 效果가 큰 것으로 믿어지는 防腐劑라고 報告한 바 있다. 특히 坑內의 火災의 위험은 대단히 큼으로, 防腐劑 선택에 있어서는 防腐效力뿐만 아니라, 火災예방에 대해서도 반드시 고려되어야 할 것이다.

또한 坑木의 防腐處理方法은 主로 加壓法(pressure), 바르는법(brushing), 뿐만의법(spraying) 溫冷浴法(hot-and cold bath method), 담그는법(dipping or steeping) 그리고 擴散法(diffusion process) 等이 적용되고 있다. 이들 方法은 각각 防腐剤의 注入과 浸透의 原理와 方法, 防腐效果 및 防腐處理費가 相異하다.前述한 바와 같이 높은 합수율을 갖고 있는 坑木은, 擴散法에 의해 防腐處理함이 가장 간단하고 경제적일 것으로 생각된다. 防腐處理가 初期에 다소의 費用이 들더라도 坑內主運搬路, 永久의 風道, 그리고 其他 永久의 施設物에 使用될 木材는 반드시 防腐處理를 實施해서 坑木의 消費節減을 기해야 할 것이다.

引用文獻

- 雨官昭=, 簡易木材防腐處理(I). 木材工業 17(8):
- 雨官昭=, 1955. 簡易木材防腐處理法(擴散法)について(第4報), 第六十四回 日本林學會大會講演集
- Amemiya S. 1954. Preservation of wood by the diffusion process (I). The penetrating test of a few preservatives. Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 71
- Amemiya S. 1955, Preservation of wood by the diffusion process(II). The penetrating test of a few preservative on the sapwood of beech (*Fagus crenata* Blum) with various moisture content and on the false heartwood of beech, Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 77
- Amemiya S. 1955. Preservation of wood by the

- diffusion process (III). The Penetrating test of a few preservatives on the sapwood of Sugi, Akamatau and Karamatu with various moisture contents. Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 82
6. Amemiya S. 1955. Preservation of wood by the diffusion process, The penetrating test of a preservative on the round timbers of Akamatu and Karamatu. Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 82.
 7. Amemiya S. & M. Inoue. 1964. Research for wood preserving treatment (5), Relation between period and retention by steeping progress with lumber, Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 170
 8. Amemiya S., S. Matsuoka. Y., Shoji, M. Inoue. H. Abe & K. Naito. 1970. Stake test at Asakawa Experiment Forest (2), Inspection of the treated stakes during ten years, Bulletin of the Goverment Forest Experiment Station No. 230.
 9. American Wood-Preserver's Association. 1974. Lumber, Timber, Bridge ties and Mine ties-Preservative treatment by pressure process, Standard C₂-74
 10. Banks W.B., 1973. Preservative penetration of spruce, close spaced incising an improvement, Timber Trade Journal 30 June
 11. Bryan J. & N.A. Richardson. 1949. Experiments on the preservation of mine timber, Forest Products Research Records, No. 3 (Wood Preservation Series No. 1)
 12. Celcure'a. 1972. Rentokil Limited. Data Sheet No. 1a
 13. Cockcroft R. 1965. Timber preservation
 14. Cockcroft R. 1971. Timber preservatives and Methods of treatment, Princes Risborough Laboratory, Timberlab papers No. 46
 15. Cockcroft R. 1973. The Fourth annal report of the international research group on wood preservation. IRG/WP/522
 16. Cockcroft R. 1974. Evaluating the performance of wood preservatives against fungi, Journal of the Institute of Wood science, 6(6)
 17. Cockcroft R. 1974. The performance of pentachlorophenol in a stake test in the United kingdom, Building Research Establishment Current Paper CP 21/74.
 18. Cockcroft R. 1974. The fifth annual report of the intermational research group on wood preservation, IRG/WP/531
 19. 森林資源總合對策協議會. 1951, 木材の防腐、利用合理化 資料 第 6集
 20. Forest Products Laboratory, Forest Service. US DA, 1958. Factors influencing decay of untreated wood
 21. Gillespie T., H.P. Sedziak & J. Krzyzewski. 1969. The Analysis of service life experiment on wood treated with preservatives, Wood science, 2(2)
 22. Gill T. G. & R.B. Phelps. 1972. Wood preservation statistics. AWPA 241
 23. Göhre H.C. K. 1957-9. Einfluß der Schälart auf die Tränkbarkeit von Grubenholz, Die Holzindustrie.
 24. Höganäs-billesholms Aktiebolag. 1948. Boliden impregnated mine timber, Stockholm.
 25. Hollingsworth B.C. Mining timber and its preservation.
 26. Hunt G.M. & G.A. Garatt. 1952. Wood Preservation.
 27. 井上嘉幸. 1973. 木材を 分解する 微生物とその防止対策 (2).
 28. Jo J.M. & S.H. Son. 1966. Studies on relative durability of common korean wood to decay(II), Relative durability based on losses in weight and compression strength by Phaeolus Schweinitzii (FR) Pat. The Research Reports of the Forest Experiment Station No. 11.
 29. 趙在明, 安正模, 沈鍾燮. 1967. 防腐處理坑木의 坑內供用試驗, 林業試驗場 試驗研究報告書(下).
 30. 정영길. 1970. 炭鍊坑木 腐敗菌에 관한 연구, 70년도 과학전람회.
 31. 笠井幹夫, 田村 隆. 1944. 木材の耐久, 理化書院.
 32. 梶田 茂, 1967. 木材工學, 養賢堂.
 33. Kollmann F.F.P. & W.A. Cote. 1968. Principles of Wood Science and Technology (1), Springer-Verlag.
 34. Krzyzewski J. 1969. Durability data on treated and untreated railway ties, Forest Products Lab. Ottawa. Imformation report OP-X-20.
 35. Krzyzewski J., 1969. Field evaluation of fence

- posts creosoted by the thermal process, Forest Products Lab., Ottawa. Imformation Report OP-X-25.
36. Krzyzewski J. & H.P. Sedziak. 1974. Preservation and Performance of Fence Posts. Report OP-X-82E, Study No: EFP-4-023(191), Eastern Forest Products Lab., Canada.
37. 이병훈. 1974. 항목수급의 전망과 대책, 대한석탄공사, 석탄산업 제51호.
38. Levy J.F. 1962. Studies on fungi attacking underground mining timbers and fence posts, British Wood Research Associated.
39. Levy J.F. 1964. Fungi and Wood Preservation at Tywarnhale mine, Wood, June.
40. Levy J.F. 1968. Long term trials of Wood Preservatives at Tywarnhale mine, Wood:50.
41. Mabry D.B. 1953. Pressure-treated wood in mines, A.W.P.A. 251.
42. 松島鐵也. 1944. 東北並に北海道主要炭礦の坑木に関する調査, 林業試験集報 第55號.
43. 通商産業省 木材防腐推進対策協議會. 1952. 木材の防腐その効果と方法.
44. 三井鑛山株式會社. イワニツト注入坑木にする報告.
45. Nicholas D.D. 1973. Wood deterioration and its prevention by preservative treatments Vol. I, II.
46. 布村昭夫, 本江満, 實戸君雄. 1955. 坑木の防腐剤注入に就して.
47. 大浦坂末竹, 日高壽市. 1960. 木材防腐處理について, 採礦技術研究會資料.
48. Osborne L.D. & L.B. Thrower. 1966. Timber replacement in mines, The activity of wood-rotting fungi, Holzforschung 20. Band-Heft 5.
49. Preservation and Fire in Mine, Wood preservation 85, 4.
50. Rentokil Lab. Wood Preserving Division, 1963, Mining timber No. 8/1.
51. Scheffer, T.C. A Climate index for estimating potential for decay in wood structure above ground, Forest Products Journal. 21(19)
52. Sedziak H.P. & J. Krzyzewski. 1968. A Comparison of three methods of preservative treatment for mine timbers. A.W.P.A.
53. Shields J.K. and J. Krzyzewski. 1970. Effectiveness of brush and dip preservative treatments for above-ground exterior exposure of wood. Int. Biodevn. Bull., 6, (4).
54. 藤本武夫, 井上嘉幸. 1958. 最近にすぐるホホおよゝその防腐事情.
55. Stalker I.N. & P.B. Cornwell. 1975. Safe application of Copper-Chrome-Arsenate preservatives, B.W.P.A. Annual Convention.
56. Takeo S. & Y. Inoue. 1962. Studies on water-borne wood preservatives (XI), Penetrability of wolman type preservative (Malenit) solution and durability of its treated wood. Bullein of the Tokyo University Forests No. 57.
57. Trijntje Hof, Untersuchungen über chemischen Schutz von Grubenholz, Hontinstituut TNo. Delft (Holland)
58. Walter C.S. Hardwood requirements of the Illinois coal-mining industry.
59. Walter C.S. 1950. The Illinois coal fields as a potential market for treated wood. A.W.P.A.
60. Wangaard F.F. 1950, The mechanical properties of wood. John Wiley.
61. 木材工業 Handbook, 1958. 林業試験場編, 丸善.
62. Wood Handbook. 1955. USDA Agriculture Handbook No. 72.



사진 1. 防腐處理供試木의 剥皮

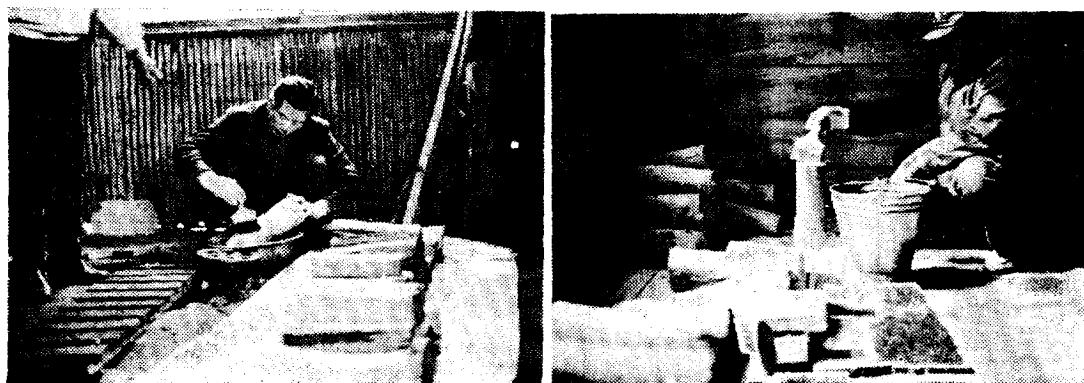
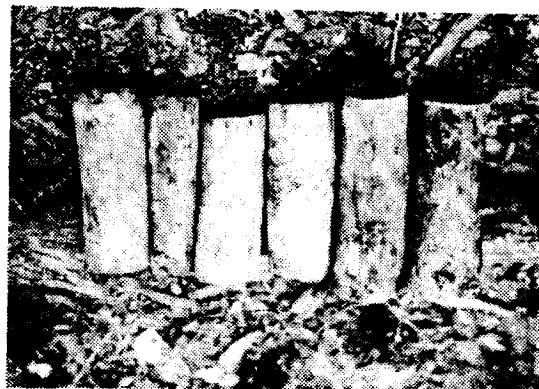


사진 2. 供試木의 防腐處理 (左 : chromated zinc chloride 處理, 右 : Malenit 處理)

사진 3. 風道昇內 6個月間 供試한 소나무의 腐朽狀態
(左 : 無處理, 中 : chromated zinc chloride
處理, 右 : Malenit 處理)