

호사시나무의 結晶性物質의 種類와 分布特性^{1*}

朴相珍² · 朴秉守²

Distribution and Types of Crystalliferous Substance in *Populus alba* × *glandulosa*^{1*}

Sang Jin Park² and Byung Soo Park²

要 約

호사시나무는 速成造林 樹種으로 選定되어 全國에 普及되어 있으나 伐採利用段階에 材內에 包含된 隘湧이와 結晶性物質의 影響으로 볼 수 있는 刃物이 쉽게 磨耗되는 등의 生理的인 缺點이 發見되고 있다. 本 研究은 특히 이들 缺點中 結晶性物質의 種類와 그 分布特性을 究明코져 하였다.

結晶性物質은 心材에 주로 分布하고 分布量은 樹體內의 部位에 따라 差異가 크며 그 種類는 silica, aluminum, 炭酸칼슘, 修酸칼슘이었다. silica와 aluminum을 主成分으로하는 結晶性物質은 放射柔細胞와 導管 및 木纖維內腔에는 粒狀으로 관찰되었고, 灰酸칼슘은 隘湧이와 導管 및 木纖維에 柱狀 혹은 塊狀으로 分布하였다. 한편 修酸칼슘은 주로 樹皮의 篩部柔細胞에 鎖狀으로 分布하고 있었다.

ABSTRACTS

Rapidly growing *Populus alba* × *glandulosa* has been massively planted in Korea. However, when the wood is processed, the edges of the sawing machinery and tools are easily worn away and spoiled due to the leaf knot and the crystalliferous substance contained in the wood. This study deals with the distribution diagnoses and types of crystalliferous substance.

The concentrations of crystalliferous substance are substantially higher in the heartwood than in the sapwood from the same tree. The degree of concentration different appreciably from the location in the heartwood. The crystalliferous substance are mostly composed of silica, aluminum, calcium carbornate and calcium oxalate. The silica and aluminum granules were observed in the lumen of ray cells, vessels and wood fibers, but the calcium carbonates observed in the leaf knot, vessels and wood fibers formed by styloid and druse. The calcium oxalates of chambered crystals were very common in the phloem parenchyma cells.

Key words : Crystalliferous, substance, silica, aluminum, calcium carbonate, calcium oxalate, styloid, druse.

緒 論

우리나라는 年間木材需要量의 85%를 輸入에 依存하고 있는 資源貧國으로서 自給率을 높이기 爲한 對策의 一環으로 速成樹의 開發과 植栽를 獎勵

하여 왔다. 速成樹인 호사시나무는 農村所得增大事業의 一環으로 1960年代 後半부터 約 180萬 헥타에 1億 5千萬本을 植栽하여 數年前부터 採伐利用段階에 있다.

그러나 最近 호사시나무는 쓰임새가 비슷한 같은 樹種인 이태리포플러와는 달리 加工利用過程에

¹ 接受 1990年 7月 31日 Received July 31, 1990.

² 慶北大學校 農科大學 College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea.

* 本 研究은 文敎部 自由公募課題 學術研究造成費의 支援에 依하여 遂行되었음.

서 여러가지 缺點이 나타나고 있으며 특히 切割工程이 있어서 刃物의 磨耗도가 極甚하여 使用忌避의 主要原因이 되고 있다.

한편 사시나무屬의 最近 研究結果에 依하면 몇 樹種에서는 結晶性物質의 分布가 報告되고 있는데, Lee³⁾는 황철나무에서 修酸石灰의 結晶이 多量으로 分布하고 있음을 確認한바 있다. 또 玄사시나무에서는 Kim等¹¹⁾, Chung等⁵⁾의 結果에 의하면 放射柔細胞 內에 silica가 分布한다고 한다. 따라서 刃物의 磨耗도가 極甚한 原因은 結晶性物質의 影響으로 생각해 볼 수 있으며 아울러 玄사시나무에는 軸方向에 直角으로 달리고 있는 立공이가 多量으로 分布하는 것이 이미 밝혀져 있으므로^{5,19)} 이와 上昇作用하면 더욱 크게 影響을 미친다고 볼 수 있다.

本 研究는 玄사시나무의 使用忌避의 主要要因이 되고있는 刃物磨耗度의 原因이 結晶性物質에 起因하는 것으로 볼 수 있으므로 그 種類 및 分布特性을 究明하여 玄사시나무의 材質에 對한 基礎資料를 提示코저 하였다.

謝 辭

本 研究를 遂行함에 있어서 結晶性物質의 成分分析을 協助하여 주신 日本 森林總合研究所 木材利用部 材料特性科 木材組織研究室長 藤井 智之 博士께 眞心으로 感謝한다.

材料 및 方法

1. 材料

既 普及된 玄사시나무(*Populus alba* × *glandulosa*)의 主要 14個 clone 및 clone名은 不明하나 生長이 比較의 良好한 玄사시나무의 植栽地에서 試料를 採取하였다. 또 結晶生物質의 由來母系 樹種究明 및 對照를 爲하여 은백양(*Populus alba*), 수원사시나무(*Populus glandulosa*), 사시나무(*Populus davidiana*), 이태리포플러(*Populus euramericana*)를 아울러 調査하였다.

2. 實驗方法

調査 對象樹種의 胸高部位에서 두께 20cm의 圓板을 採取하고 放射方向으로 3-5年輪마다 1個의 年輪이 包含되는 長方形block을 製作하여 50% 알

콜에 保管하였다.

두께 20-30 μm의 放射斷面 切片을 만들어 slide glass上에 얹고 抱水 chloral液을 떨어뜨린 다음 加熱하여 氣泡가 發生하면 中斷하여 glycerin을 다시 떨어뜨려 放射柔細胞內의 澱粉等을 除去하고 無機物을 觀察하였다. 또 切片에 2% 鹽酸, 20% 鹽酸, 2% 醋酸, 55% 弗化水素酸, 修酸化나트륨, 100℃ 熱水, 알콜:벤젠(3:7), 99.5% 알콜로 處理하여 結晶性物質의 種類와 形態를 究明하였다¹⁶⁾. 아울러 두께 5-10 μm의 放射斷面切片을 無染色 脫水하고 canada balsam으로 封入하여 偏光顯微鏡으로 結晶物質의 存在有無를 確認하였다. 放射斷面切片을 製作한 나머지 block에서 走査電子顯微鏡用 試片을 製作하여 觀察하고 導管 및 木纖維의 內腔에 分布하는 結晶性物質을 調査하였다.

各 調査圓板에서는 다시 두께 5mm의 圓板을 만들어 軟x線 裝置로 撮影하고 結晶性物質의 分布位置를 概略의으로 究明하였다. 또 一部 試片에 對하여는 日本 森林總合研究所 所藏走査電子顯微鏡 附屬 EPMA를 使用하여 結晶性物質의 成分을 點分析을 하였다.

結果 및 考察

1. 放射柔細胞 內의 結晶性物質

玄사시나무의 主要 clone의 結晶性物質 分布有無와 分布程度를 觀察한 結果는 表 1과 같다.

表 1에서 처럼 分布程度의 差異는 있으나 그림 2의 例와 같이 玄사시나무의 境遇는 어느 clone에서나 結晶性物質을 觀察할 수 있었다. 對照木으로 使用한 樹種에서 보면 은백양은 아주 드물게 分布하고 그림 3에 나타난 사시나무 및 수원사시나무는 거의 모두 分布하며 이태리포플러는 分布를 確認할 수가 없었다. 따라서 玄사시나무의 各 clone에서 觀察되는 結晶性物質은 사시나무쪽의 影響을 받은 것으로 一旦 推定해 볼수가 있다. 한편 結晶性物質의 形態는 溫帶產材에서 흔히 볼수있는 菱形結晶이 아니고 오히려 粒狀 silica와 비슷하였다.

이들 結晶性物質의 種類를 確認하기 爲하여 우선 弗化水素酸과 술츠氏液으로 處理하여 結晶性物質의 溶解程度를 觀察하였다. 그러나 silica인지

Table 1. The crystalliferous substance in each clone *Populus alba x glandulosa*.

Clone No. or species	Crystalliferous substance	Clone No. or species	Crystalliferous substance
64-6-44	+	66-20-1	s
65-22-4	s	66-25-5	s
65-22-11	±	66-26-55	s
65-29-19	+	67-6-3	+
65-95	±	68-154	+
66-6-8	±	<i>P. alba</i>	s
66-14-29	-	<i>P. glandulosa</i>	+
66-14-93	s	<i>P. davidiana</i>	+
66-14-99	+	<i>P. euramericana</i>	-

+ : commonly present, - : commonly absent, s : only sporadically present, ± : abundant in some pieces and sparse in others.

Table 2. EDXA qualitative analysis for the crystalliferous substance of *populus alba x glandulosa*.

Element	WL(nm)	Netpeak	Back(cps)	Fullscale : 1315.5cps
11 Na	1.191	123.3	19.0	—————
12 Mg	0.989	14.0	51.0	—
13 Al	0.834	1315.5	171.0	—————
14 Si	0.713	882.8	226.5	—————
19 K	0.355	53.8	17.5	————
20 Ca	0.336	15.5	25.5	——
21 Sc	0.303	-10.3	46.0	
22 Ti	0.275	21.0	58.0	——
23 V	0.250	22.8	10.5	——
24 Cr	0.229	80.7	11.0	————
25 Mn	0.210	99.8	16.5	————
26 Fe	0.194	128.8	27.5	—————
27 Co	0.179	32.5	50.5	——
28 Ni	0.116	-29.2	113.0	
29 Cu	0.154	22.7	105.5	——
30 Zn	0.144	30.5	166.5	——

갈습化合物인지를 區分할 수 있는 이와 같은 處理에 의하여 어느 境遇도 이 物質은 完全히 除去되지는 않았다. 다음에는 요드·요화칼륨 및 Sudan III 處理에 의하여 이 物質의 상당한 部分이 核임이 確認되었다. 따라서 이 物質은 一部分은 核이며 나머지는 結晶性物質임을 알 수 있었다. 結晶性物質의 構成成分을 EDXA (Energy Dispersive X-ray Analyzer)로 分析한 結果는 表 2와 같으며 後術하는 導管內腔의 結晶性物質과 함께 aluminum과 silica가 包含되어 있었다.

2. 導管과 木纖維의 結晶性物質

그림 4는 호사시나무의 放射柔細胞에서의 結晶性物質의 分布密度가 높은 圓板의 軟 X 線 寫眞이다. 晩材部の 密度가 높은 部位에서 약간 길은

色을 나타내고 있으나, Lee等^{12,13)}이 황철나무에서 觀察한 導管內腔에 大量으로 分布하는 痕跡은 發見할 수 없었다.

이번에는 導管 및 木纖維 內腔에 結晶性物質의 分布樣式을 調査하기 爲하여 偏光顯微鏡의 複屈折性을 利用하였다. 그림 5a 및 5b에서 처럼 호사시나무의 일부 導管 및 木纖維에는 강한 複屈折을 나타내는 結晶性物質이 散在狀으로 分布함이 確認되었다.

結晶性物質의 形態는 走査電子顯微鏡으로 호사시나무의 放射斷面에서 觀察하였으며 그림 6과 같이 粒狀, 柱狀, 塊狀 등으로 매우 多樣하다. 크기는 粒狀이 0.1-1.0 μm, 柱狀이 數 μm, 塊狀은 10-20 μm의 範圍에 있다.

分布部位는 邊材보다 心材에 多量으로 分布하고

있으나 心材內에서는 一定한 傾向이 없고 局部的으로 分布量의 差異가 極甚하여 不過 數十 μm 의 位置差異에 따라서도 거의 結晶性物質이 나타나지 않는 境遇가 있다. Lee等^{12,13)}의 觀察結果에 依하면 導管放射組織間壁孔 近處에 特히 多量으로 分布한다고 하였으나 本 實驗에서는 細胞內腔에서의 뚜렷한 傾向은 찾을 수가 없었다.

樹種別로는 玄사시나무와 對照樹種인 사시나무, 은백양 順으로 分布程度에 差異가 있었고 全體의 으로는 玄사시나무가 他 樹種에 比하여 多量으로 分布하는 傾向이 있었다. 한편 이태리포플러는 그림 7에서 처럼 導管 및 木纖維에서도 結晶性物質의 分布가 거의 確認되지 않았으며 이는 Clement等⁶⁾의 結果와는 相反된다.

結晶性物質의 種類를 確認하기 爲하여는 여러가지 方法^{6,8,9,16,21)}이 있으나 本 實驗에서는 結晶과 silica를 區分할 수 있는 HF處理¹⁸⁾를 하였다. 이 處理에 依하여 그림 8에서 보는 것 처럼 結晶性物質이 除去되고 導管 및 木纖維의 內腔面은 結晶性物質이 分布하지않는 正常內腔面처럼 깨끗하며 이와같은 傾向은 사시나무 및 은백양에서도 同一하다.

따라서 導管 및 木纖維에 分布하는 結晶의 상당한 部分은 silica임을 알 수 있고 더욱 精密한 分析을 爲하여 EDXA點分析한 結果는 表 2, 그림 9, 그림 10A와 10B 및 그림 11과 같다. 그림에서 처럼 導管內腔에 分布하는 粒狀의 結晶性物質은 silica와 aluminum이 多量으로 含有되어 있었다. 熱帶產材의 一部樹種에는 導管이나 木纖維에 silica가 分布한다는 事實은 잘 알려져 있으나^{1,21,22)}, 溫帶產材인 사시나무屬에 silica와 aluminum을 主成分으로 하는 鑛物質粒子가 觀察된 것은 극히 例外的이며, 이에, 對한 앞으로의 多角的인 檢討가 必要하다.

한편 그림 6에서 본것 처럼 比較的 크기가 큰 粒狀 및 塊狀의 結晶性物質에 대한 EDXA分析은 試料의 制限性 때문에 確認하지 못하고 醋酸과 鹽酸處理하여 光學顯微鏡으로 修酸칼슘 혹은 炭酸칼슘인지를 區分코져하였다. 그림 12는 鹽酸處理한 玄사시나무의 放射斷面으로서 導管 및 木纖維의 一部 內腔面에 炭酸칼슘으로 看做되는 結晶性物質이 남아 있었다.

以上の 結果에서 玄사시나무의 導管 및 木纖維에 分布하는 結晶性物質은 少量씩 散在狀으로 分布하며 極小形의 粒狀은 aluminum과 silica를 主成分으로 하고 柱狀과 塊狀은 炭酸칼슘이 主成分임을 알 수 있었다. 導管 및 木纖維에 分布하는 結晶性物質은 Amos¹⁾에 依하면 熱帶產木材의 一部에 silica가 分布하는 것이 觀察되었으며 Clement⁶⁾, Lee等¹²⁾은 사시나무屬의 一部樹種의 導管內腔에 多量으로 集積되어 있는 結晶性物質을 觀察하고 이들이 炭酸칼슘結晶이라고 報告 한바 있다.

3. 잎옹이의 結晶性物質

玄사시나무에 多量의 잎옹이가 分布하며 材의 利用에 主要한 缺點이 된다는 事實은 既 報告된 바있다^{5,9)}.

本 實驗에서는 軸方向과 直角配列하는 이 組織에 結晶性物質의 分布有無를 究明코져 하였다. 그림 13에서 보는 것처럼 잎옹이의 柔細胞內腔에 結晶性物質이 分布하며 그 成分은 炭酸칼슘이었고 分布頻度는 導管이나 木纖維에 比하여는 훨씬 드물다.

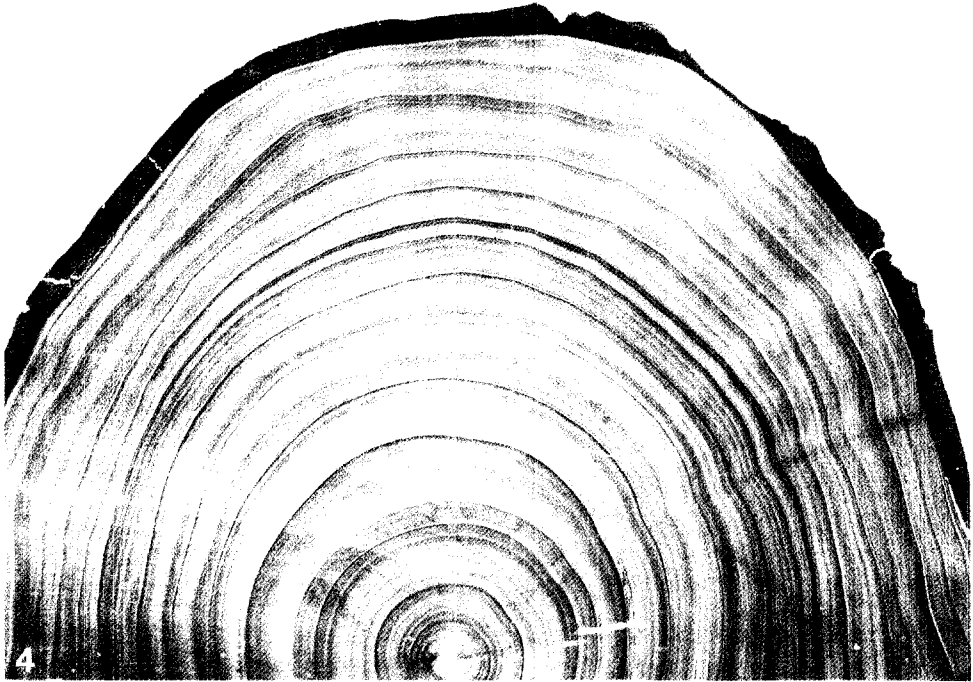
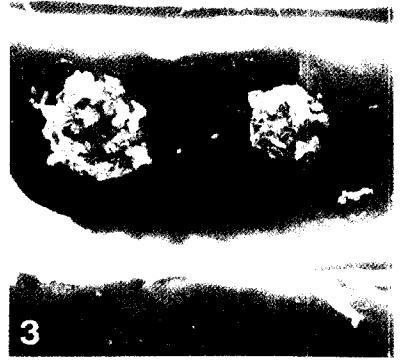
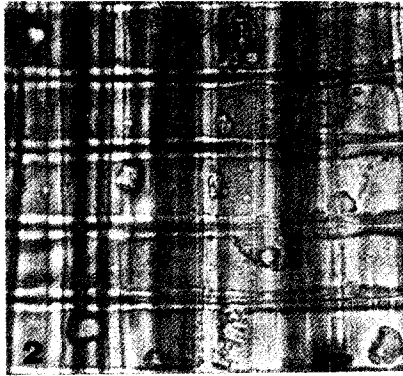
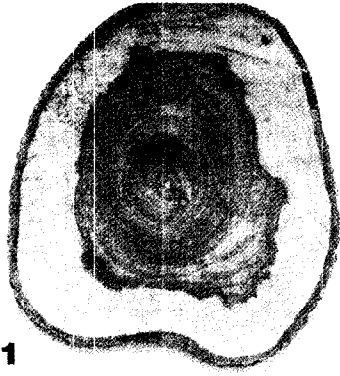
4. 樹皮의 結晶性物質

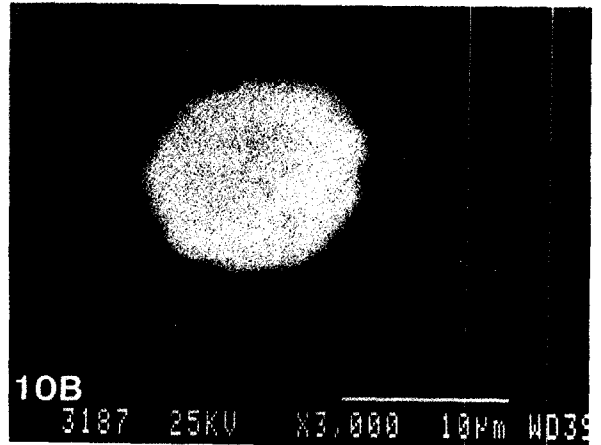
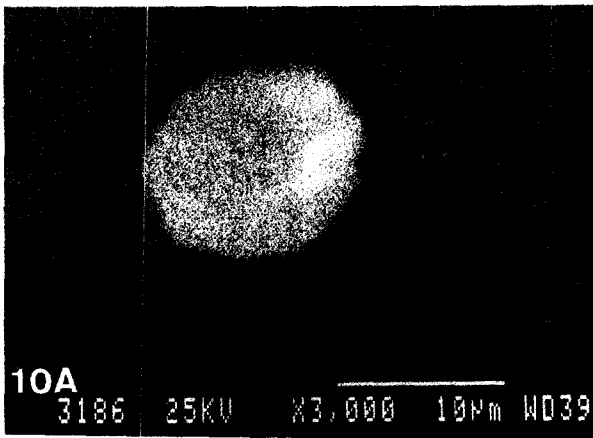
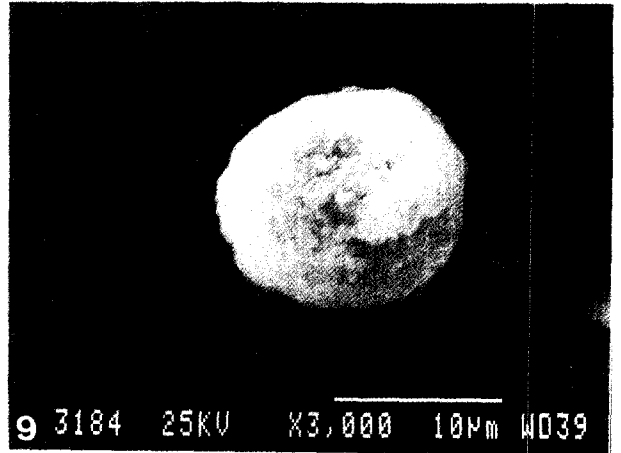
Lee¹³⁾는 사시나무屬의 一部 樹種의 篩部柔細胞에 修酸칼슘을 主成分으로 하는 鎖狀結晶을 調査한 바 있다. 同一屬인 玄사시나무에서의 確認을 爲하여 偏光顯微鏡의 十字 尼콜線下에서 觀察한 結果 그림 14와 같이 鎖狀結晶이 7-10개씩 軸方向으로 連續配列하였다.

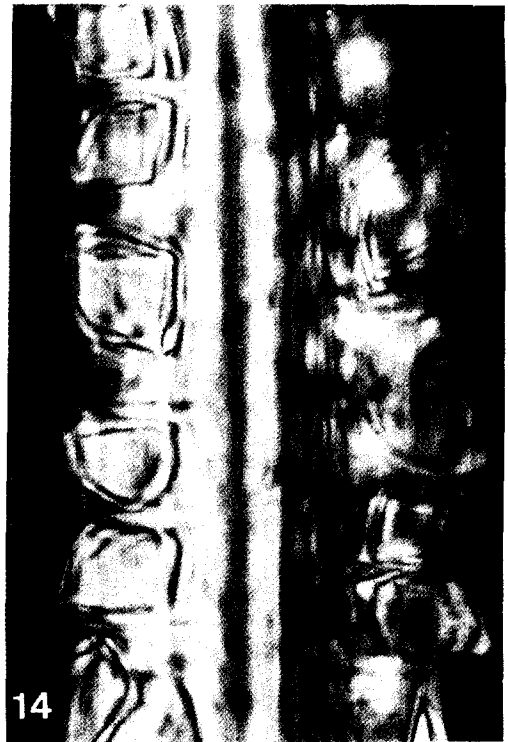
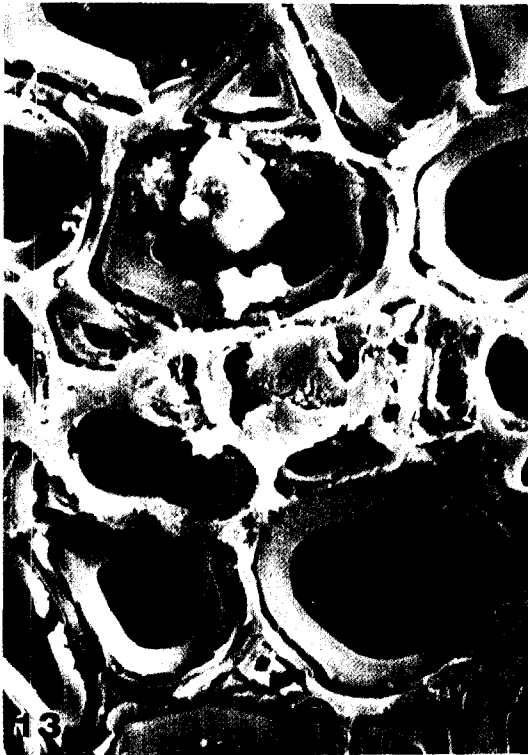
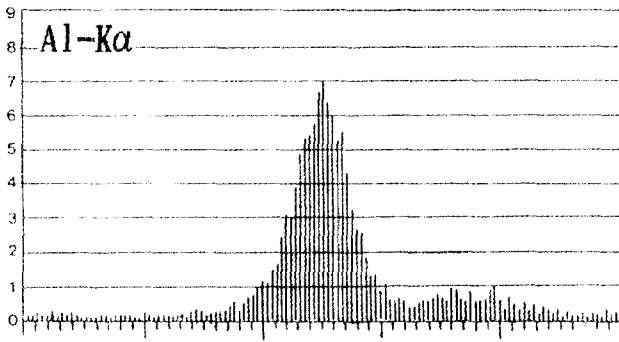
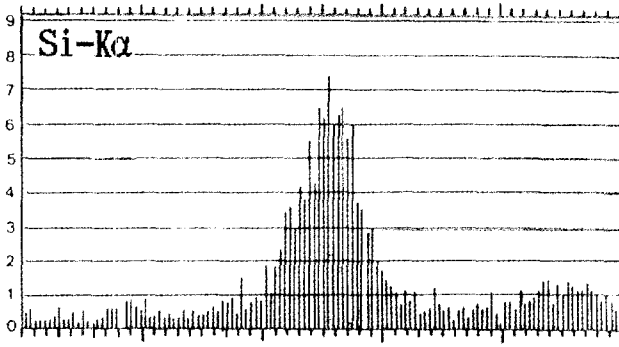
結 論

玄사시나무는 速成造林 樹種으로 選定되어 全國에 普及되어 있으나 伐採利用段階에 材內에 包含된 잎옹이와 結晶性物質의 影響으로 볼 수 있는 刃物이 쉽게 磨耗되는 등의 生理的인 缺點이 發見되고 있다. 本 研究는 특히 이들 缺點中 結晶性物質의 種類와 그 分布特性을 究明코져 하였다.

結晶性物質은 心材에 主로 分布하고 分布量은 樹體내의 部位에 따라 差異가 크며 그 種類는 silica, aluminum, 炭酸칼슘, 修酸칼슘이었다.







Explanation of figures

- Fig. 1. The cross sections photographs in *Populus alba x glandulosa*. The dark colored wood is heartwood. 13X
- Fig. 2. Lumps of crystalliferous substance in the ray cells of *Populus alba x glandulosa*. 400X
- Fig. 3. Lumps of crystalliferous substance in the ray cells of *Populus davidiana*. 110X
- Fig. 4. The soft X ray photographs in *Populus alba x glandulosa*. 1X
- Fig. 5. The crystalliferous substance in the wood fibers(a) and vessels(b) are birefringent by the polarized light. 1000X
- Fig. 6. The various type of crystalliferous substance in the cell lumen of *Populus alba x glandulosa*. 600X
- Fig. 7. The crystalliferous substance are commonly absent in the cell lumen of *Populus euramericana*. 500X
- Fig. 8. The cell lumens of *Populus alba x glandulosa* treated with HF are clear. 500X
- Fig. 9. Secondary electron image of crystalliferous substance in the vessel elements of *Populus alba x glandulosa*.
- Fig. 10. X-ray mapping of Si-K α (A) and Al-K α (B) by the method of EDXA corresponding in place to Fig. 9 sample.
- Fig. 11. Constituent in crystalliferous substance of Fig. 9.
- Fig. 12. The partial crystalliferous substance of *Populus alba x glandulosa* are present in the vessels and wood fibers after treated with acetic acid. 1200X
- Fig. 13. The crystalliferous substance in the leaf knof of *Populus alba x glandulosa*. 1500X
- Fig. 14. The chambered crystals composed with calcium oxalate in the bark of *Populus alba x glandulosa*. 1000X

silica와 aluminum을 주成分으로 하는 結晶性物質은 放射柔細胞와 導管 및 木纖維內腔에는 粒狀으로 관찰되었고, 炭酸칼슘은 肉莖이와 導管 및 木纖維에 柱狀 혹은 塊狀으로 分布하였다. 한편 修酸칼슘은 주로 樹皮의 篩部細胞에 鎖狀으로 分布하고 있었다.

de cinq zones fonctionnelles reconnues a partir de leurs teneurs en phosphore. Ann. Sci. For. 30(1) : 63-81.

引用文獻

1. Amos, G.L. 1952. Silica in timbers. CSIRO. Bull. 267 : 55-65.
2. Carquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag. p. 126-245.
3. Chattaway, M.M. 1955. Crystals in woody tissues, Part 1. Tropical Woods. 102 : 55-74.
4. Chattaway, M.M. 1956. Crystals in woody tissues, Part 2. Tropical Woods. 104 : 100-124.
5. Chung, S.H., S.G. Kang, I.P. Hong, and J.M. Jo. 1987. Studies on the wood properties of *Populus alba x glandulosa*. Res. Rep. For. Res. Inst. 34 : 110-119.
6. Clement, A. and G. Jannin. 1973. Etude complementaire de la presence de cristaux de carbonate de calcium dans le bois des peupliers existence de cinq zones fonctionnelles reconnues a partir de leurs teneurs en phosphore. Ann. Sci. For. 30(1) : 63-81.
7. Ellis, E.L. 1964. Inorganic elements in wood, in W.A. Cote, ed. Cellular ultrastructure of woody plants, Syracuse Univ. Press. p.181-189.
8. Hirata, T., H. Saiki, and H. Harada. 1972. Observation of crystals and silica inclusions in parenchyma cells of certain tropical woods by scanning electron microscope. Bull. Kyoto Univ. For. 44 : 194-205.
9. Janin, G. and A. Clement. 1972. Mise en evidience de cristaux de carbonate de calcium dans le bois des peupliers consequences sur la repartition des ions mineraux liee a la duraminisation. Ann. Sci. Forest. 29(1) : 67-105.
10. Jo, J.M., S.G. Kang, Y.D Lee, H.S Jung, J. M. Ahn, and C.S. Shim. 1974. Studies on the propeties of *Populus grown* in Korea. Res. Rep. For. Res Inst. No. 21 : 187-206.
11. Kim, Y.S., S.J Park, and B. D Park. 1986. Observation of silica in *Populus alba x glandulosa* by scanning electron microscope. J. Korean For. Society. 72 : 64.
12. Lee, K.Y., K. Fakazawa and H. Ishida. 1985.

- Distribution, morphology and chemical composition of the crystals in the wood and bark of *Populus maximowiczii*. Rep. Hokkaido Univ. For. 42(3) : 595-608.
13. Lee, K. Y. 1988. Crystals and their growth in the wood of *Populus maximowiczii*. Rep. Hokkaido Univ. For. 45(3) : 717-788.
 14. Muhammad, A.F. and M.M. Micko. 1984. Accumulation of calcium crystals in the decayed wood of aspen attacked by *Fomes igniarius*. IAWA Bull. n.s. 5(3) : 237-241.
 15. Nicholls, J.W.P. 1973. Wood qualities in poplar from northern Victoria. Australian Forestry. 36(2) : 91-99.
 16. Oda, K. and H. Nakasone. 1975. Crystals and crystalliferous cells in Okinawan hardwoods. Res. Rep. Coll. Agri. Ryukyu Univ. 22 : 713-720.
 17. Panshin, A.J. and C.D. Zeeuw. 1980. The textbook of wood technology. McGrawhill Book Co. p. 121-124.
 18. Park, S.J., W.Y. Lee, and H.Y. Lee. 1987. Wood anatomy and identification, Hyang Moon Co. p. 159-162.
 19. Park, S.J., S.K. Kang, and J.M. Jo. 1985. Anatomical diagnoses derived from the an-drentitious buds and dimples in the *Populus alba x glandulosa*. J. Korean For. Society. 71 : 55-58.
 20. Park, S.J., S.K. Kang, K.Y. Lee, and J.M. Jo. 1990. Wood quality of *Populus nigra x maximowiczii*. (I) -Variation of bulk density, wood fiber dimension, and number of leaf knot within stem-. J. Korean Wood Sci and Tech. 18 : 26-33.
 21. Saiki, H. 1985. SEM studies on silica inclusions in wood from tropical Asia. Mem. Coll. Agr. Kyoto Univ. 127 : 13-27.
 22. Scurfield, G., C.A. Anderson, and E.R. Segnit. 1974. Silica in woody stems. Aust. J. Bot. 211-229.
 23. Taniguchi, T., H. Harada, and K. Nakado. 1982. Mineral deposits in some tropical woody plants. Ann. Bot. 50 : 559-562.
 24. Taniguchi, T., K.Y. Lee, K. Fukazawa, and H. Harada, 1987. Structure of calcium deposits in the xylem and phloem of Japanese poplar. Mokuzai Gakkaishi. 33(1) : 1-6.