

# 海外的 廢材利用現況

辛 東 韶\*

## 1. 머 리 말

山林資源이 無盡藏하였던 카나다는 1970년부터 原木의 減少로 모든 纖維資源을 利用하게 될 처지로서 소의 梢端材, 枝條材, 小徑木을 활용하고 있다. 미국에서도 1975년부터 原木의 不足을 타개하고 未剝皮材를 KP 原料로 쓸 단계에 이르렀으며 wood-waste-exchange 및 廢材의 發生을 抑制하는 研究에 集中하고 있다. 資源依存型的 國家에서 廢材의 合理的 및 集約的 利用은 물론 system의 開發에 박차를 가하고 있는 中이다.

資源不足의 진박한 狀況에서 오늘날 廢材란 概念을 없애고 full-tree use concept에다 技術향상으로 廢材가 主材로 化하고 있다. slab, edging은 廢材의 탈을 벗어 났으나 樹皮와 톱밥만은 아직도 可變因子가 많은 原料로서 利用에 制約을 받고 있는 것이다. 木材工業은 closed system化가 어려운 實情에다가 分散形態로서 原料의 收蒐量, 輸送중 資原化에 큰 어려움과 公害發生 및 一般商品과의 競合으로 매우 流動的인 產業이다. 企業의 利潤만을 一방적으로 追求할 수 없는 林産工業의 廢棄物에 對한 公害對策도 병행하여 강구하여야 할 深刻性을 內包하고 있다. 이런 일련의 狀況에서 附加價值 增大와 不良材, 특히 톱밥, 樹皮의 利用現況을 소개하고자 한다.

## 2. 펄프工業

### 2.1 碎木펄프(GP)

전통적으로 新聞用紙는 일반 GP 80 %에다가 化學펄프(SP, SBKP)를 20 % 混合하여 만든 것이다. 碎木펄프는 比較的 값싼 종이로서 短期 消耗性 紙類이지만 130년 가까이 통나무나 割材만이 유일한 原料가 되고 있다. 그러나 資源의 減少로 小徑木 梢端部를 原料로 쓸 경우 樹皮의 영향이 크다고 한다. 特히 新聞紙에 工業規格의 基準은 一定 以上の 白色도와 一定 以下の 挾雜物을 要求하므로 樹皮 許容量은 극히 낮아 程度는 1 % 以下라고 한다.

### 2.2 Refiner 碎木펄프(RGP) 및 熱機械펄프

saw kerf, 질 또는 톱밥을 質에 添加하여 쓰는 RGP

가 1970년 부터 原料로 쓰이게 되었으며 그 混合量은 톱밥인 경우 40 mesh 以上이면 25 %까지 可能하다는 것이다. 그러나 印刷性, 平滑度, 堅度가 問題되는 紙類에는 톱밥의 배합량을 調整하여야 한다. 하여튼 RGP 에도 質 또는 廢材 質을 化學펄프工業에서와 마찬가지로 原料로 쓰이게 됨에 따라 質工業이 독립된 產業으로 더욱 活氣를 띄게 되었다. RGP는 refiner가 生명인데 GP의 碎木과 마찬가지로 纖維의 分離는 必要의 結果인 것이다.

즉 質은 refiner 反對側의 disc의 bar와 홈(groove) 사이의 質(gap)에서 壓縮과 變形의 解放에 依한 연속적인 폭로로 피브릴化가 일어나는 것이다. 톱밥 및 質 이 質을 原料로 한 RGP는 動力消費가 적게 들어 製造 原價가 比較的 質하는 것이다. RGP工業은 北美에서 40餘 會社로 150만 質 生産하고 있는 實情이다. 熱機械 펄프도 RGP와 같이 refining이 主要工程인데 refining에 앞서 100°C 以上の 蒸氣를 同伴하여 豫熱處理後 蒸氣加壓의 第一段 refining하므로 纖維의 損傷이 적고 주로 2次膜의 外層에서 纖維의 破斷이 일어나 細胞의 피브릴化를 용이하게 하는 것이다. 이때 處理溫度가 高溫이므로 質은 變色이 되나 GP에는 別 問題가 없으며 경우에 따라 1段 漂白으로 新聞紙用 白色度를 充分히 만족시키는 것이다. 熱機械펄프는 蒸氣壓으로 리그닌이 可逆的인 그라스상 轉移가 된 狀態에서 refining을 行하므로 GP나 RGP보다 結束纖維는 加一層 적어지고 長纖維가 많아 質의 強度의 特性이 뛰어나며 印刷紙, 各種 紙類의 主要한 原料가 되므로 化學펄프의 混合比率를 아주 줄이게 되었다. 또 原木은 거의 다 使用할 수 있으며 質을 原料로 쓰기 때문에 原木의 選擇範圍를 넓힐 수 있는 特徵이 있는 것이다. 종전 GP에는 통나무가 原料라 한다면 質은 廢材로 간주할 수 있었으나 이제 RGP, 熱機械펄프의 出現으로 GP의 質用 質으로부터 좋은 質을 生産할 수 있으므로 GP의 革新을 낳았고 廢材가 主材로 化하게 되었다 熱機械펄프의 主要工程을 參考로 하던 다음과 같다.

質의 洗滌→스크류워더에 質 供給→豫熱處理→蒸氣加壓의 第一段 리파이닝→스크리닝→遠心除塵→ 質濃縮→reject의 處理→後段 refining→

\* 서울大學校 農科大學 林産加工學科 敎授

高濃度 貯藏과 wet lap의 製造→pressing, tailing 및 flash 乾燥

이 工法은 장차 全世界에 進出하게 될 것이다.

### 2.3 SP

SP는 1940년 全世界 펄프 生産量의 25 %를 占하였으나 1973년 그것은 15 %로 下落하였으며 今후에는 5—10 %로 減少할 징조라고 한다. 본 펄프는 新聞用紙, 容解用 펄프, 通信紙, 特殊産業紙, 包裝紙에 쓰이는 用途上의 事情보다도 未漂白 SP에 樹皮의 영향이 매우 커서 樹皮許容量이 매우 낮은 것등 原料上의 問題도 크게 作用하는 것으로 생각할 수 있어서 樹皮混合은 대체로 0.5—1 % 以下이므로 不良材, 톱밥, 특히 樹皮의 利用은 禁物이라 할 수 있다.

### 2.4 SCP

모든 紙類의 펄프 중에서 골판지 中芯紙用 SCP에 樹皮許容量이 最大이다. 木材原料로 부터는 75~85% 收率임에 對하여 樹皮를 原料로 했을 때 收率은 約 60 %에 달한다. 다만 強度上 골판지 中芯紙用에는 12 % 까지 許容이 될 수 있다고 한다. 그러나 digester當 生産量, 藥品消費量, 生産費用은 木質原料보다 많이 든다. 本法에서는 潤葉樹 廢材, 廢材질, 合板工場 廢材를 原料로 한 골판紙 中芯紙用 펄프生産이 가장 바람직하고 특히 完全木材利用의 概念에 있어서 附加價値를 높이는 長期的인 길을 터는 것으로 展望되고 있다.

### 2.5 KP

化學펄프 工業中에서 KP工業이 중요시되는 것은 全世界 펄프 生産量의 80 % 以上이며 장차 더 增加될 가망이 있다. KP工業은 펄프의 特性, 原料의 融通性, 藥品의 回收, 펄프化의 時間短縮 및 漂白可能등의 特徵이 있지만 原木이 감소됨에 따라 full-tree use concept를 적용할 수 있는 것, 특히 GP나 NSSCP보다 樹皮의 影響을 적게 받는데 있을 것이다. 廢材의 發生을 줄이고 利用率을 높이는 것이 環境과 資源利用의 최선의 방법이며 未剝皮材利用으로서 靑工業에서 化學펄프에 使用한 經濟性에 關한 것을 소개하면 다음과 같다.

미국 西海岸 및 樹種은 KP에 樹皮를 10.7 % 混合한 것과 剝皮 靑 間의 펄프 特性에는 差가 없었으며, 또 KP 工場建設의 資本金, 펄프 噸當 小勞力 및 漂白時 펄프製造 原價面에서 그 經濟性을 分析하여도 未剝皮材를 KP에 原料로 써도 무방하다고 밝혔다. 그러나 石細胞가 抄紙에 問題를 야기하고 있다.

캐나다에서도 KP工業에 12 % 樹皮混合을 하면 經營에 困難을 초來한다는 것이다. 원료가 槓端部나 小徑木으로서 未剝皮材이면 펄프 生産過程에서 樹皮加工業

費가 더 든다는 것 즉 收率減少, screening增加, 알칼리 消費增加, 1회分 蒸解生産量의 減少, 漂白費用, 強度의 影響때문에 더 研究를 해야만 할 課題라고 한다. 粗大한 톱밥은 KP에 20 % 섞어 쓰는 例가 있으며 saw kerf 質을 KP에 15 % 섞어 펄프化時間을 連續蒸解로서 約 30分間(보통 2.5~6時間) 反應시켜 얻어 펄프로 화장지, 包裝紙, 産業紙에 利用한다는 것이다. 대체로 톱밥 4 %에서 펄프 1톤을 얻을 수 있다고 한다.

### 3. 纖維板 工業

본래 纖維板은 slab, edging, trim 合板原木의 코아 및 靑질이 붙은 靑이 原料가 되지만 樹皮가 最近 關心을 끌고 있다.

廢材를 纖維板의 原料로서 썼을때 이점은 原料의 節約, 公害의 規制, 原木費(30—40 % 占有)의 引上에서 오는 利潤減少를 줄이는 目的에 있다. 經濟的인 均衡은 樹皮處分, 剝皮費用, 收莧 및 輸送費, 原料의 水洗, 粘結劑使用에서 오는 經費등을 考慮하여 決定할 事實인 것이다. 樹皮를 原料로 쓸 경우 二의 物理的 化學的 性質은 樹種, 部位, 樹齡에 따라 다르므로 그 潛在性能을 把握하여 用途에 알맞게 써야될 是론 製造技術 특히 樹皮混合에서 일어나는 picking 問題도 解決해야될 일이다. 보오드의 強度補強을 위한 樹脂添加를 無視하고, 같은 比重에서 木質 Fb와 樹皮混合 Fb를 比較하면 曲強度가 낮아지는 것이 큰 短點이다. 그래서 曲強度가 크게 要求되지 않는 insulation board에 廢材利用은 有望한 分野가 된다.

대체로 增量劑로서 樹皮는 5—10%이지만 경우에 따라서는 15 % 程度 混用된다. 그런데 Scandinavia에서는 30—40 % 樹皮混合 board가 標準規格에 合格하며, Oregon State University의 Forest Research Laboratory는 Douglas-fir 樹皮만으로 sizing이나 添加劑 없이 熱壓 또는 증기, 페니아, overlaying으로 製品을 만들고 있다.

落葉松 樹皮는 接着性分이 많으므로 40 %까지 混合해도 무방하다는 것이다.

熱帶産 樹皮는 wax 含量이 많아 耐水性을 부여한다고 한다. 그런데 樹皮는 增量劑나 接着性能을 높이지만 反面에 濕式인 경우 樹皮를 board에 混合하면 mat 形成時 澆水性을 底下시키며 纖維間의 結合力을 낮추어 材質에 影響을 주므로 board의 使用目的에 따라 混合量을 조절할 必要가 생긴다. 原料上 木材의 完全利用으로서 未剝皮 spruce, white pine의 TLSS질은 硬質纖維板의 材質에 影響을 미치지 않으나 eastern balsam, hard maple, red pine, aspen, poplar의 그것

은 25~30% 혼합에도 曲強度에 큰 差를 나타내었다고 한다. 이의 補充으로서 phenol樹脂 0.5~4% 添加로 그 質은 30%까지 混合할 수 있다는 것이다. 濕式法인 경우 熱壓이나 印刷工程에 코르크 粒은 picking이 잘 일어나므로 2層 構造의 board로 豫防한다고 한다. 廢材 特히 樹皮利用은 原價節減, size劑 節約, 資源擴張의 利點을 더욱 살리며 廢材混合으로 因한 mat 形成의 장애와 公害産業 및 用水등을 考慮할때 wet法보다 dry法이 有利하다는 것이다. 뿐만 아니라 廢材의 殘收率, 用水節約, 시설비 低廉機械加工成의 向上으로 차츰 dry法으로 轉換하고 있다는 소식이다. 微粉 톱밥은 Fb 製造에 不可하지만 보통 kerf 톱밥은 Asplund 펄프에 16% 混合해도 Fb의 材質에 影響이 없다고 한다. 원료가 樹皮와 같이 低質일 수록 Hb일변도 보다 building用 insulation board를 만드는 것이 有利한 것이다. 그리고 톱밥과 세이빙을 고급 接着劑와 粘結하므로써 chair back, toilet seat, shaffle board, 판공기 製造에 mold하는 製品의 저변화로 擴大하여야 될 것이다. 일반적으로 廢材를 原料로 할 때 經濟的인 生産은 日産 60 呎이 最小單位라고 한다.

#### 4. 파티클 보드(particle board)工業

稍端部, 枝條材, 小徑木 및 林地나 木材加工 工場의 廢殘材를 原料로한 工業이지만 良質의 木材로 부터 세이빙, 푸레이크, wafer를 만들어 여기에다가 接着劑는 石炭酸樹脂를 多量으로 使用하였기 때문에 채산상이 낮아서 中斷되었던 바 있었다. 그후 1957년 W. Krauditz, W. Kratz 등의 研究로 톱밥이 輕量 board의 製造에 그 可能性을 밝혔고, 특히 平板 press法에 技術的인 改善을 거쳐 Okal法에 依한 壓出法(extrusion)으로서 建築材料에 利用하게 되었다.

그리고 톱밥을 厚物 particle board의 3層의 中層에다 써서 重密度 particle board를 만드는 Kreibaum法이 開發되어 톱밥의 可用增大를 기하게 되었다. 한편 合板의 core 혹은 overlay用의 基材로서 톱밥을 利用하는 particle board의 變形 즉 molded particle board를 獨逸의 Werz社에서 開發하였다. 이 工法이 미국, 소련에서도 企業化하였다는 것이다. 接着劑의 熱壓溫度間의 關係에 있어서 톱밥과 같은 粉末에 尿素樹脂, 메라닌樹脂 使用에는 高溫과 硬化時間이 長時間 必要하지만 180°C 以上은 도리어 particle board의 成形에 熱變性을 주어 機械的 性質의 低下를 超來한다. 그리고 그때 mat의 水分에도 注意를 기하여야 된다는 것이다. 樹皮만을 原料로한 particle board에서는 構造材料가 못되며 木質材의 particle과 混用했을때 材料上 취약점

을 가져 樹皮利用에 問題를 안고 있다는 것이다. 그에 強度補強을 위한 方法으로서 尿素樹脂를 여분으로 加할 경우 樹皮의 침가는 許容되지만 問題는 表層에 나온 樹皮의 particle은 熱壓時에 樹皮의 抽出物에서 起因한 障礙로서 熱板에 들어 붙어 board의 表面에서 分離되므로 그 改善등을 강구해야 될 것이다. 대체로 樹皮 또는 TLSS를 木質 particle과 混用할 경우 board의 中心層에 利用하는 것이 바람직하다.

원료가 低質化할 수록 機械的 處理로서 解決된 것이 많았다. 特히 독일의 Fahni, Himmelheber는 그 代表的인 研究所이다. 그리고 미국은 化學工業 소재 National Particle board Association(Suite 720, 711, 14th St., NW.)가 있어 particle board의 産業情報, 자문을 담당하는 기관이 있다. particle board는 使用目的에 따라 다양한 製品生産도 重要한데 가령 Pennsylvania State Univ.에서 소나무樹皮 20%를 木質 particle에 섞어 만든 particle board를 floor underlayment에 적용한 製品을 開發하여 現在 生産中에 있는 것이다. 그 用途外에도 furniture core stock, door core, wall paneling soffit에 用어 公중하락法인 Bison工程의 particle board 製造에 5-8% 石炭酸樹脂를 添加하고 있다.

#### 5. 混合木質板 및 木質粉利用 工業

木片시멘트 board, 즉 Centri-board, Durisol 또는 톱밥부록크는 防火, 斷熱, 吸音, 加工性등 比較的 많은 長點을 지니고 있지만 그의 機械的 強度가 낮은 것, 重量이 무거운 것 등의 短點이 있으므로 木質板은 시멘트製品과 競爭이 되는 것이다. 그러나 그 機相이 차츰 달라져 건축 材料로서 機械的 諸 特性은 물론 치수 안정, 열적 및 音響의 特性까지 充足시키는 製品改善에 力點을 두고 있다. 더욱 건축基準法의 構造上의 安全性은 물론 火災에 대한 規制나 거주성등 準不難燃性 材料까지 開發할 단계에 이르렀을 때는 그 製品의 進出은 넓은 市場性을 가질 수 있겠다. 또 最近 오바래이의 2차 加工板으로 내장재료 특히 톱밥으로 表面성상을 改善하고 3층 board의 表面에 轉用하고 있는 형편이다 한편 석고판 목모시멘트, 섬유벽재료도 인기있는 製品으로 등장하고 있다. 木質粉은 石炭酸樹脂, 요소樹脂, 成形物의 增量劑로 쓰여 베이크라이트의 기계적 성질 즉 층별 강경량화의 改善을 크게 향상시키므로써 이 分野의 利用도 기대가 크며 현재 제품 생산에 착수하고 있는 것이다. 木質 發酵劑, 木糖醇, 高濃度 飼料의 전망을 考察하면 後者は 家畜飼料로서 畜産分野의 낙농 진흥을 위해 부족한 사료를 톱밥으로 代替한다는 것이다. 예를 들면 아스펜 톱밥을 30%까지 給與해도 유육

의 생산에는 유의차가 없으나 지방과 반추 작용에는 차이가 있다는 것이다. 톱밥의 化學的 利用方法으로 공업적인 活性炭 및 二黃化炭素用 원료는 수요가 많아 현재 밝은 전망을 나타내고 있다.

## 6. 樹皮利用工業

樹皮는 평균 전형적인 목재에 對해 용적으로는 9~15%, 중량으로는 약간 많은 13~21%를 차지한다. 그래서 이것을 원료로서 쓸 경우 제재공장, 펄프공장에서 그 만큼 수집비가 절약되어 林産原料로서 有利한 點도 있으나 고도의 利用에는 아직도 問題가 많다. 樹皮는 化學적 組成成分이 樹種, 樹齡에 따라 다르며 또 溶解에 따라서도 추출물에 차이가 있다. 그 組成成分을 大別하면 lignin, 多糖類, 抽出物, 灰分으로 나누나 가장 많이 함유된 것은 多糖類와 抽出物이다. 樹皮中에 들어 있는 의약 또는 공업적인 有效成分들은 熱帶産 樹種에 많이 함유되어 있으며 樹皮成分을 利用한 企業化에 무리한 점이 있으나 일부 상품화한 것도 있다. 대체적으로 그 利用方法을 要約하면 物理的 利用, 化學的 利用, 纖維 및 木質 board 및 원료의 3가지로 나눌 수 있다.

### 6.1 物理的 利用(톱밥 일부 포함)

土壤改良劑로서 造景用, 苗圃用의 bedding, 특히 mulching으로서 雜草·水分蒸發防止, 表土침식防止(어름의인장 강도를 3배 높임), 흰개미 기피용에 쓰며 tannin은 중금속 cation과 chelate를 形成하여 土養中에 主된 광물을 보유하며 양분의 流失을 막고 조기분해를 방지한다. 또한 root knot의 發生을 減少시키며 作物의 도장 防止用에 쓴다. 노르웨이에서는 철로의 frost-heaving의 防止劑, 또는 cutting, potting medium, 양송이 재배용 등 다방면에 쓴다. 일부 톱밥과 함께 금속 마모제, 축사 밀갈기에 쓰며 단열제, 스키연습장, 골프장 트랙용, oil slick, 吸水劑 및 피혁가공劑와 상용되어온 cork板이 있다. 미국에서는 樹皮를 水分 10-15%로 조절한 포장 주머니에 넣어 市販하고 있다.

### 6.2 化學的 利用

樹皮의 化學적 利用으로서 有效成分은 flavonoid,

alkaloid, fat, phenol類, 탄닌, wax, balsam, 정유, gum, 점질물, resin, 개피, 각질용향료, 염료등이다. 역시 企業化에는 원료의 수집과 타상품과의 競争이 심한 처지라고 한다. 그 용도를 밝혀 보면 탄닌은 유정착굴, 점토의 분산제, 점도조절, 撥着劑(알칼리抽出物)와 phenol類의 분산제, boiler의 막힌 부분의 개통제, 아스팔트 에말존의 안정제이며 wax의 광택제 및 카본지 原料로 供給된다. 미국서는 Douglas-fir, hemlock, redwood의 樹皮成分을 상품화하고 있는데 주로 phenol molding 화합물로서 樹脂중량제, 살충제나 비료의 anticaking劑 및 合板의 熱硬化性 耐水劑 分野에 販賣되고 있다. 燻煙用(green hardwood 톱밥)은 잘아는 바이지만 aspen 樹皮의 Salicin, Quinine, 催陰劑 등을 만드는 原料로도 쓰인다. 이와같이 樹皮는 그 用途가 多様한데 Mississippi주립대학, 임산시험장 Warren S. Thompson의 보문과 Wisconsin M. Appleton, Institute of Paper Chem.의 목록에 그 關係資料가 집중되어 있다. 樹皮利用에는 무엇보다도 樹皮의 성상을 파악하므로 그 잠재적 利用을 기할 수 있다.

### 6.3 纖維 및 木質 board(樹皮단용)利用

樹皮의 board 利用에는 오랫동안 회의적이었으나 最近 公害와 資源절약으로 장기적인 供給의 돌파구로서 roofing, felt, 纖維, insulation board 및 라이나에 쓰고 있다.

### 6.4 燃料

일반으로 樹皮 혹은 톱밥은 보일러 燃料로서 적합하나 매연등 公害對象이 된다는 것이다. 가정 난방용으로 wood briquet, charcoal briquet, ogarite, ogatan을 市販하고 있다. 前者는 press-to-log machine, p.192 log machine이 Western Research에서 開發되어 습윤상태에서도 붕괴되지 않는다고 한다. Charcoal은 연속탄화로서 시간당 1톤 生産에 80-90톤의 原料가 要하는 것이다. 氣乾樹皮의 有效熱량은 10톤에 석탄 7톤에 해당되지만 水分이 87-90%이면 熱량이 0에 가깝다는 것이다. 현재 다목적 연소기가 開發되어 樹皮와 톱밥을 利用하고 있다.