

# 林産加工의 省에너지

서울대학교 農科大學  
教授 辛 東 韶

## I. 序 言

林産加工工業의 省에너지를 支配하는 者는 企業을 制覇할 수 있다고 믿는다.

1973年 오일쇼크로 國內 全産業체가 받은 충격을 解消하기도 전에 또 한차례 1979年에 미니오일쇼크의 충격을 받았으며 언제 또 다시 충격이 올지 모르는 不安에 싸여있다.

한편 世界木材需給의 不均衡, 木材生産國의 輸出 規制, 後進國의 工業發展 等 資源의 國有化로 말미암아 海外木材資源確保는 尙상 暗影에 가려있다. 이런 狀況下에 國內 林産工業의 安定과 成長은 날로 深化되는 原料難을 如何히 打開하여 持續的으로 適期에 原料를 確保하는 것 못지않게 에너지生産性 提高를 위한 에너지節約策은 林産加工工業이 当面하고 있는 至上의 課題인 것이다.

林産加工工業은 製材, 木材乾燥의 一次加工과 그 物理的 性質의 改良品인 合板, 파티클보오드, 纖維板 그리고 펄프·製紙工業에 이르기까지 半製品 및 完製品으로 加工되는 生産過程自体가 에너지 多量消費産業인 동시에 에너지消費에 의한 變換産物이라해도 過言은 아닐 것이다.

이와같이 林産加工工業 특히 펄프·製紙工業은 소위 에너지多量消費産業이므로 省에너지를 위해 各國은 工場建設初期부터 그 節約을 위한 施設物과 綜合的인 施策으로 그 対策에 腐心하고 있다.

본란에서는 國內 林産加工工業이 今後 油類波動 및 生産性提高를 위한 效率的인 対策의 一環으로 에너지節約策을 木材乾燥, 合板, 파티클보오드, 纖維板, 펄프·製紙工業을 中心으로 製品의 改善, 施設의 改善 및 工程改善에 의한 省에너지의 一端을 紹介한 것이다.

## II. 木材乾燥

木材乾燥에 있어서 主要한 省力化를 생각할 경우에 첫째 設備의 效率化로서 積材의 機械化, 보일러 燃料의 自動供給, 乾燥裝置의 改良을 들 수 있으며 둘째로 工程改善으로서 溫濕度調節의 自動化(스케줄)로 集約될 수 있을 것이다.

### 1. 設備의 效率化

#### 1.1. 積材의 機械化

製材品의 乾燥는 天然乾燥이든 人工乾燥이든 積材에 많은 勞力이 要하므로 機械化가 이루어졌는데 各種 自動積材機(auto stocker)가 開發되어 있다.

自動積材機에는 半自動과 完全自動式이 있으며 그 效果는 人力을 1/3~1/2로 줄이게 되지만 製材品의 길이, 形狀이 一定치 않으면 充分한 效果를 얻지 못한다. 그러므로 機種選定에 留意할 일이다.

#### 1.2. 보일러의 燃料의 自動供給

從來 廢材燃料를 使用했을 경우 各種形狀의 것을 그대로 使用한 것이 一般的이었으나 廢材를 미리 破碎, 小片化하여 送風이나 各種 콘베이어에 의해 보일러로 自動供給하는 方式이 普及되고 있다.

문제는 設備面에서 設置費가 있기 때문에 制約이 크며 예를들면 증발량이 2~3 t/hr 以下이면 設置가 無理하다는 것이다.

#### 1.3. 太陽에너지의 利用

이 方法은 木材乾燥에 있어서 化石燃料로부터 脫皮하는 것이며 日射에너지 利用의 促進을 目的으로 實用化를 위한 많은 研究가 展開되고 있다. 지금까지는 熱氣乾燥와 콤비네이션 함으로써 省에너지의 效果를 거두고 있다. 그것은 다음과 같다.

첫째로 現在 行하고 있는 木材乾燥는 一般的으로 天然乾燥를 거친 다음 人工乾燥와 生材로부터 곧 人工乾燥하는 方法이 있다. 天然乾燥의 目的은 木材乾燥에 있어서 太陽에너지 利用의 代表的 方法이었다. 이 方法은 寒冷地에서 冬期間 天然乾燥를 期待할 수 없기 때문에 그 促進方法으로서 溫室과 같은 簡易乾燥裝置에 의한 予備乾燥로 研究를 進行시키고 있다.

둘째로, 人工乾燥(熱氣乾燥)에 代用될 수 있고 裝置로서 住宅建築에서 普及되고 있는 太陽熱住宅의 技術을 導入하여 除濕乾燥와 콤비네이션한 方法이 檢討되고 있다. 이것은 日射量이 적은 地域에서는 排熱을 利用한 低溫除濕乾燥로 有效하다고 報告돼 있다.

2. 工程의 改善

2.1. 溫湿度調節의 自動化

製材品の 乾燥室에는 乾燥할 木材의 수중, 尺寸에 따른 乾燥스케줄 대로 乾燥中 室內의 온도, 습도를 變化시키는데 오랜 時間동안 室內의 試驗材를 一定한 間격을 두고 秤量하여 含水率을 구하고 온습도조절을 받브 吸排氣孔의 閉開를 手動으로 하였다. 여기에 대해 첫단계로서 溫湿度조절만을 電氣的으로 自動調節計에 의하여 自動制御하는 方式이 普及되었다. 2 단계로서 含水率 檢知까지 自動化하여 所定の 含水率에 도달하였을 때 溫湿度를 自動적으로 制御하는 方式도 一部에서 採択하고 있다.

그리고 최근에는 가장 完備한 것으로서 타임스케줄을 더 發展시켜 被乾燥材의 含水率에 따라 乾濕球溫度를 變化시키는 含水率스케줄에 컴퓨터 시스템을 導入하는 段階에 있다.

3. 其 他

木材乾燥工程에 있어 省에너지化는 드레인(drain)의 利用, 熱交換器에 의한 人工乾燥室의 排氣熱利用, 送風機의 風量變換裝置에 의한 効率을 생각할 수 있다.

Ⅲ. 合板工業

最近 合板工業은 原木資源의 確保도 重要한 課題이지만 에너지價 上昇으로 인하여 加一層 深刻한 문제에 當面하고 있다. 合板工場의 製造原価에서 材料費, 勞務費를 除外한 工場經費중 燃料費의 比率은 1980年 34.8%, 電力費 19.8%이지만 앞으로 油價引

上時 더 큰 제조원가의 부담이 되는 要因이 된다.

그러므로 에너지節減策과 그 効率化는 合板工業의 經營改善에 큰 比重을 차지하게 된다. 合板工場에서 使用되는 製造에너지 原單位는 製品의 種類, 生産方式에 따라 다르나 合板 m<sup>3</sup>당(4mm合板換算) 에너지使用量은 表 1. 과 같다. 各工程중에서도 單板乾燥에 쓰이는 熱에너지는 總소비량의 75~80%를 占하게 되므로 특히 보일러 및 乾燥方式의 改善은 매우 重要하다.

表 1. 合板m<sup>3</sup>당 에너지使用量(1981年 5月 말 기준)

國 別	電力(kWh)	에너지 kcal	燃料價格比較(원) *2
한 국	160	1,080×10 <sup>3</sup> ※1	油類m <sup>3</sup> : 154,583
日 本	90~110	800~1,000×10 <sup>3</sup>	칩 m <sup>3</sup> : 121,770
스웨덴	230	-	수피m <sup>3</sup> : 80,208

※ 1 : 9,900 kcal/ℓ

※ 2 : 同一熱量基準: 칩 13m<sup>3</sup>, 樹皮25m<sup>3</sup>/油類m<sup>3</sup>

1. 製品의 改善

1.1. 調木

端切된 통나무를 木口接合하며 重硬材와 樹脂含有材를 利用하기 위해서도 熱効率が 높은 증기처리공을 하며, 取率向上과 單板切削用動力을 節減하며, 單板品質의 向上을 提高하여야 하는 것이다.

그리고 合板工場과의 設備, 技術이 類似한 LVL, blockboard, lumber core board 등의 副生産, 合板의 付加價値를 높이는 處理加工이 연구대상이 되고 있다.

2. 設備의 効率化

2.1. 單板切削

小徑材에는 swing charger 附着 double spindle chuck型 rotary lathe, 그리고 脆心部에는 外周回轉驅動式 rotary lathe 등을 設置하여야 한다.

그리고 리얼工程은 取扱에 人力이 많이 요하므로 이를 줄이며 tenderizing장치를 레이드에 直結하는 등 數段의 平棚 tray system으로 自動流送方式를 채용하여야 한다.

2.2. 모터의 効率 기타 電力節減策

生産作業이 中斷되었을 때 모터回轉을 防止하며 同時에 部分的인 節電裝置를 個別的으로 附着하여야 한다. 그리고 모터, 변압기 등도 適定容量을 갖도록 再點檢이 바람직하다.

作業場內 照明施設을 改善하여 照明燈에 必要한

個別 스위치를 장치하는 것이 節電에 効果的이다.

### 2.3. 보일러配管

合板工場에 設置되어 있는 보일러는 煙管式과 水管式이 있으며 前者에 無処理廢材를 그대로 쓸 때 보일러効率は 50~55% 낮아지며, 後者에 廢材를 細片化하여 燃料로 使用하면 80%以上 効률을 높인다 한다.

그리고 工場內 증기가 漏出되는 配管은 즉시 防止하여야 한다. 예를 들면 증기압 5 kg/cm<sup>2</sup>로 2mm의 틈에서 새는 증기량은 9 kg/hr이다.

### 2.4. 증기식 건조기

前述한대로 合板生産工程에서 열소비의 75~80%以上이 單板乾燥用의 乾燥機에서 소비된다는 사실에 비추어 合板工場의 건조과정에서 총소비량을 줄이는 것은 省에너지 対策에 가장 중요하다.

連續式乾燥機에다 라왕, 메란티類를 乾燥할 경우 單位乾燥量당 증기소비량은 乾燥機의 길이가 짧고 單板두께가 두꺼울수록 많아지는 傾向이 있다.

그리고 증기소비량을 줄이는 施策으로는 乾燥機 本體의 保温性和 氣密性を 높이는 것, 乾燥機內 單板充填率을 向上시키는 것, 稼動을 連續化시키는 것과 單板의 過乾을 피하는 것, 그리고 換氣를 最小限으로 낮추는 것 等이다.

### 2.5. 드레인의 回收

증기트랩(steam trap)은 원래 드레인만을 分離排出하는 것이지만 실제 드레인과 함께 많은 증기가 排出하게 된다. 이것은 乾燥機內에서 증기압력이 높고 포화온도가 높을수록 保有熱량을 많이 가지고 있기 때문이다. 그러므로 드레인回收方法이 중요하다. 그렇지 않으면 많은 熱損失을 입게 된다.

드레인回收에는 다음 세가지 方法이 있다. 첫째, 開放탱크에 의한 回收로 드레인을 보일러에 給水함으로써 드레인保有熱량의 約 50%을 利用하게 된다.

둘째로 트랩으로부터 드레인을 約 5 kg/cm<sup>2</sup>의 壓力탱크에 일단 저장하여 재증발의 플라쉬증기(約 10%)를 熱板프레스나 低壓乾燥機에 利用하는 것이다. 셋째로 高溫 condensate pump에 의한 回收인데 steam trap으로부터 드레인을 그 狀態溫度대로 全量 高溫 condensate pump로 吸引시켜 直接 보일러로 給水하는 方式이다.

## 3. 工程의 改善

### 3.1. 單板乾燥

乾燥가 곤란한 單板에는 直火式高溫乾燥를, 그리고

表面散수에 의한 後處理와 뒤틀림등 건조결함이 잘 일어나는 單板에는 로울러式乾燥法을, 厚板 單板에는 熱板加壓乾燥法을 實施함으로써 單板欠點發生防止와 収率向上 및 省에너지를 도모하게 된다.

### 3.2. 調板

低質이나 小徑材로부터 많이 發生하는 短幅單板의 스플라이서工程에는 많은 人力이 들므로 그 形狀과 치수에 맞는 自動스플라이서를 한 라인에 여러台 配置하여 單板의 利用을 提高하게 된다.

### 3.3. 單板의 풀질 및 冷壓

수중에 따라서는 pH와 表面性의 差異에 対応하여 접착제의 pH나 粘度의 調製管理에 留意하여야 한다. 그리고 接착제 혼합기의 세척作業, 水質汚染등을 고려할 때 기계의 分解, 組立이 용이한 機種을 선택하여야 한다.

單板의 低質로 인해서 생기는 뒤틀림을 防止하기 위해 冷壓에 의한 가접착이 필수적이며, 가접착성의 向上을 위해서는 PVA 등 粘着性物質을 接착제에 혼합하는 것이 効果的이다.

### 3.4. 熱壓 및 마무리

특히 重硬材에는 充分한 加壓과 含水율의 다과에 의한 合板의 결합防止를 위해 熱壓條件設定을 신중히 검토하여야 하며, 熱壓開放後 合板은 hot stacking을 實施함으로써 接着의 熟成과 含水率 均一化로 合板의 品質向上을 기하게 된다.

### 3.5. 木粉直火乾燥機

國內 乾燥機의 本體는 증기식이며, 이것은 보일러 燃料의 約 50~80%만을 얻는 熱効률에다가 보일러로부터 건조기까지의 送氣管에 의한 放熱, 증기트랩으로부터 증기의 누설등 열손실이 많은 것, 그리고 드레인回收方式에서 保有熱량의 상당량이 大氣中으로 放散되는 것 등의 단점이 있다.

한편, 건조시간을 단축시키기 위하여 기내온도를 높여려고 할 경우 증기압을 높여야 하며 設備費, 管理技術面에서 문제점이 많다. 이 문제를 改善한 것이 등유, LPG가스를 機內에서 연소시켜 고온연소가스를 直接 利用하는 소위 直火式乾燥機로 開發되고 있다.

代替燃料로서 톱밥, 샌더粉末, 기타 粉碎屑을 直接 利用하게 된다. 앞으로 油類價가 오를수록 값싼 代替燃料인 樹皮나 칩을 使用하게 될 것이며, 이것은 林産工業의 燃料外 他産業體의 燃料로 流出되기 때문에 將次 펄프工業, 섬유판工業, 파티클보오드工業의 原料難을 더욱 加重시키는 結果가 된다.

現在 油類 1m<sup>3</sup>에 상당하는 熱量을 樹皮와 칩으로 換算하면 前者는 18~25m<sup>3</sup>(수분 40~60%) 後者는 13m<sup>3</sup>(수분 35~40%)이다. 이를 가격으로 概算하면 表1 과 같이 油類 1m<sup>3</sup> 價格은 154,583원이며, 樹皮 1m<sup>3</sup>은 80,208원, 칩은 121,770원으로 아직도 木質材料가 油類보다 싸다.

將次 木材燃料과 油類燃料의 추이를 予測하기 곤란하지만 價格과 수요에 달려있다.

木材의 纖維源은 燃料로 代替될 수 있지만 반대로 油類는 纖維化로 代役的이 될 수 없기 때문에 木質材의 燃料源은 林産工業에 큰 문제를 던져주고 있다.

#### IV. 파티클보오드工業

파티클보오드는 廢材를 利用한 製品이므로 省資源의인 面에서 가장 安성맞춤이며, 製造工程의 消費에 너지는 纖維板보다 적으며 投下資本도 역시 纖維板보다 적으므로 유리하다.

파티클보오드는 均質화된 木質材料이므로 原料의 選擇 및 均質화에 어려움이 있을 뿐만 아니라 最近 製品의 生産性의 節減을 위해 生産의 省力化가 要請되고 있다. 이에 対処하고자 파티클보오드의 製造工程 順序에 따라 편의상 製品의 改善, 設備 및 工程改善의 類型으로 紹介하고자 한다.

##### 1. 製品의 改善

###### 1.1. 原料

原料의 均質화를 위해 樹種, 形狀, 치수를 一定한 基準으로 한 選擇과 保管方法을 마련 그 管理에 人力의 合理化를 도모하여야 한다.

今後 파티클보오드는 家具用뿐만 아니라 構造用材料로서 開發이 됨으로 原料의 重要性이 提高되며 특히 配向性 파티클보오드 제조에는 원료의 種類, 品質에 적합한 技術개발이 앞서야 한다.

###### 1.2. 化石原料代替

最近 省石油資源面에서 化石原料인 合成樹脂接着劑로부터 天然接着劑로 轉換하는 傾向이 있다.

예를 들면 이미 實用화된 일이지만 왓타닌 또는 라지에다소나무 수피타닌에 의한 接着劑이다. 그리고 現在 研究段階에 있는 아황산펄프(SP)廢液의 接着劑가 요소수지보다 耐水性이 높은 성질을 강화하여 建築構造用 파티클보오드用に 쓰도록 開發중에 있다.

한편 낙엽송樹皮의 케놀성成分을 利用한 一種의

타닌接着劑開發은 아직도 研究段階에 있다.

##### 2. 設備의 改善

###### 2.1. 파티클機械 및 乾燥機

파티클용 原料가 지나친 工具摩耗와 動力消費를 높이므로 파티클기계의 選擇, 作動條件, 칼의 材質과 그 固定을 再檢討함으로써 動力節減과 칼 交換作業을 간소화하여야 한다.

파티클原料가 雜多하여 그 水分含量에 差가 심하므로 自動含水率 檢知裝置를 要所에 設置하여 熱에너지 效率을 높이며 특히 直火式 乾燥機는 經濟的이다.

##### 3. 工程改善

###### 3.1. 스크리닝

原料가 低質일수록 파티클은 粉末, 樹皮, 大小型 파티클이 混在하므로 스크리닝의 눈금, 振動條件, 또는 送風壓力를 正確히 調整하여 스크리닝 效率을 높이고 人力에 의한 補助作業을 줄여야 할 것이다.

###### 3.2. 풀질, 매트形成, 매트移送

樹種의 多樣으로 인한 pH와 液劑吸取性의 變動에 対処하기 위해서는 접착제의 pH와 粘度의 調整管理를 철저히 하여야 하며, wiper effect에 의하여 풀질이 한 곳으로 치우치지 않도록 注意하여야 한다.

파티클 살포時 堆積의 不均一, 配列의 偏在, 粒度 segregation을 防止함으로써 살포 후 人力에 의한 修正作業을 줄여야 한다.

매트를 移送할 때 振動을 함으로써 粒度 segregation을 抑制하게 된다. 그리고 매트를 予備加壓 前에 移送할 경우 유연한 플라스틱 caul方式을 取하며, 予備加壓 後에는 loader tray方式을 取해서 熱壓機에 넣는 것이 能率向上과 省力化에 보다 効率的이다.

###### 3.3. 熱壓 및 熟成調整

매트의 로딩(loading)과 熱板閉鎖를 신속히 하며 매트 表面의 살수처리로 熱壓開放後 보오드表面의 요철層을 줄이며 동시에 마무리의 연마作業량을 줄이게 한다. 특히 厚層보오드에는 熱經濟와 生産能率向上을 위해서 高周波予備加熱方式을 利用하고 있다.

熱壓 後 보오드를 冷却푸레스로 무리하게 急冷하지 말고 風冷이나 自然放冷을 행하는 것이 뒤틀림을 防止하며 設備나 人力을 줄이게 된다.

###### 3.4. 마무리加工

보오드의 附加價值를 높이기 위해 高度한 overlaying, veneering 및 도장 등 二次加工이 增加하고 있

으므로 보오드의 表面平滑性과 두께精度를 엄격히 要求하고 있다. 따라서 연마의 低粒粒度和 研磨條件을 적절히 檢討하여 動力 및 稼動效率를 높여야 한다.

### V. 纖維板工業

纖維板제조용의 原料는 廢材를 使用함으로써 原料의 制約을 多少 벗어날 수 있지만 生産設備 公害防止設備 等に 所要되는 投下資本은 比較的 크다. 最近 섬유관 제조에도 새로운 技術이 開發되어 正常的인 증기압 또는 低圧증기下에 펄프化함으로써 水質汚染을 減少시키는 것과 또 펄프取率을 向上시킬 수 있는 反面 動力費가 많이 드는 경우에는 動力費에 따라 取率을 加減할 수 있는 사정도 있다. 그리고 連續的인 보오드의 熱處理와 調濕處理法이 開發되었다. 用水節約은 水質汚染防止에 相當히 만족할 만큼 기여하였지만 프레스에 粘着性 제공, 강도의 저하, 吸取率增加, 치수안정의 결함 等 문제가 남아있다. 다음 表2.와 같이 纖維板은 습식이나 건식 공정間에 原料를 解纖하는 工程에서 증기를 총소요량의 24~45% 소비하며 電力의 경우도 約 42%까지 소비함으로써 解纖工程의 에너지 生産性を 높이는 것이 省力化의 要諦가 된다. 纖維板의 새로운 製品을 紹介하면 아스팔트 含浸 보오드로 단열재 그리고 家具材로서 中密度 보오드(MDF)가 登場하고 있다. 이는 省資源과 直結되는 製品이다.

表2. 湿式, 半乾式 및 乾式 纖維板 製造工程의 比較

製品 ton 당 消費量	湿 式	半乾式	乾 式
用 水(m <sup>3</sup> )	10~25 硬質纖維板 10~20 軟質纖維板	10	7
蒸 氣(ton)	2.8~3.8 硬質纖維板 4.0~4.5 軟質纖維板	2.5~3.0 硬質纖維板	2.6~3.5 硬質纖維板
電 力(kWh)	380~450 硬質纖維板 550~650 軟質纖維板	500~600	500~600
取 率(%)	65~82 硬質纖維板 90~95 軟質纖維板	85	85
廢水와 公害	極 大	極 小	極 小

### 1. 製品의 改善

#### 1.1. 原料管理

原料의 低質化로 말미암아 纖維板의 品質이 더욱 不良해 질 수 있다. 原料의 不足으로 短期伐木材, 幼齡木, 製材工場의 端材, 樹皮附着率 增加等 不良材가 量産되므로 合理的인 生産管理가 要請되며 이들의 값을 压低했을 때 오는 材質의 劣化를 防止하는 対策도 必要하다. 스웨덴에서 톱밥이 原料의 80%를 점유하며 MDF보오드를 生産할 때는 表層用 펄프를 100% 톱밥으로 充當하는 경우도 있다는 것이다. 이런 原料는 溶解를 要하는 短点이 있으므로 原料性狀과 品質에 留意해야 한다. 그리고 大枝나 小枝, 잎을 利用하기 위해 各種 실험이 進行 中에 있다.

### 2. 設備의 改善

#### 2.1. 解纖

##### (1) 低圧의 予熱

予熱을 8~12氣壓의 증기로 直接 처리하는 시간이 길수록 펄프의 吸濕性, 팽창률, 치수안정성이 向上되지만 이때 溶解되는 有機物의 증가로 인하여 水質을 汚染시킨다. 그러므로 최근 6~7氣壓으로 낮추게 되므로 製品 噸당 100kWh의 電力量이 增加되지만 BOD負荷量을 約 50% 減少시키므로 그 輕重을 따져볼 工程條件이 된다.

##### (2) Pressurizing double disk refiner(PDDR)

전술한 대로 解纖工程에서 電力과 증기를 많이 소비함으로써 PDDR을 利用하여 解纖效率를 높이며 省力化를 노리고 있다. 이때 디스크의 間격, 予熱條件의 設定에 滿全을 기하여야 할 일이다.

##### (3) 圧力の 平衡

解纖時 보통 方法은 증기가 予熱機의 頂部나 底部로 들어가는데 새로운 시스템은 따로따로 증기관을 통해 解纖部로 噴出되며 증기 流量은 計算되어 調整된다. 予熱機와 解纖部의 壓力差는 差壓計로 測定되며 壓差는 解纖部에 있는 噴出弁을 閉閉함으로써 調整된다. 이 裝置는 解纖部에 原料를 고르게 流出시킬 뿐만 아니라 증기의 소비량을 減少시키는데 이것은 보오드 噸당 증기소비량이 400~500kg이면 可能하다고 한다.

#### 2.2. 抄造

매트의 抄造工程에서 省에너지化를 높일 수 있으므로 脫水 펄프의 材質이나 프레스 攪울러 壓力處理를 再檢討하여 濕트 슈트의 건조도를 높임으로써 乾燥工程에서 熱에너지 消費量을 줄이게 된다. 乾式法

의 에어 펠팅 공에서 眞空 펠트를 利用함으로써 纖維간의 상호 휘감기는 성질을 促進시킬 수 있다.

3. 工程의 改善

3.1. 乾燥 및 熱工

펄프를 건조할 때는 自動含水率制御에 의한 直火式 乾燥機를 利用하는 것이 熱經濟的이며, 燃燒가스 送風시스템도 간편하여 省力化된 장치를 採用하게 된다. 그리고 펄프 性状과 製品이 多樣化 됨으로써 含水율 規制의 융통성을 갖기 위해서는 二段方式이 省力化에 바람직스럽다.

3.2. 熱工

低質材일수록 많이 들어 있는 抽出物의 特殊成分에 의하여 간판에 부착 또는 表面汚染등 장애가 發生하기 때문에 이를 改善하기 위하여 매트面쪽의 간판에 離型劑를 添加하여야 한다. 그리고 乾式法에는 表面의 不均質層 改善으로 살수처리를 行하는 것이 좋다.

3.3. 無間板 시스템

熱工工程에서 간판을 使用하면 그 回收搬送에 設

備나 人力이 少요될 뿐만 아니라 보오드의 두께에도 不均一을 낳게 됨으로 간판을 使用하지 않는 方法을 採用하고 있다.

3.4. 熱處理 및 加濕

습식 工程으로 만든 섬유판과 MDF 보오드는 보통 챔버 안에서 熱處理와 加濕處理를 한다. 그런데 工場의 生産量이 增加할수록 이 作業은 많은 노력이 요하며 처리시간도 4~8 시간 요하므로 많은 場所를 要한다. 이 改善策으로 스웨덴에서 連續的인 시스템이 開發되었으며 처리가 고온일수록 처리 시간도 短縮되어 소요동력은 적게 되었다. 그리고 이 장치의 中心部에는 공기순환을 위해 큰 팬 加熱冷却用 코일, 더욱 加濕장치는 증기와 물을 噴射하는 노즐이 設置되어 있다.

VI. 펄프 · 製紙工業

國內의 製紙 및 木材製材工業이 全製造産業에 대한 電力消費率을 表3 과 같이 各各 6.95%, 1.52%를 占하고 있다.

表 3. 林産加工工業의 에너지 消費量(1980年度)

	全國消費量	全製造産業(A)	製紙·印刷(B)	木材·製材(C)	備 考(%)
電力(kWh)	32,734,418천	1,531,135천	1,531,135천	335,667천	B/A : 6.95
B-C油(bbl)	91,731,700	22,045,167천	1,291,600		C/A : 1.52

備考 : B-C油(1979年度)  
全消費量의 1.6%

表 4. 碎木펄프 및 크라프트 펄프제조의 에너지 消費量 (1980年度)

單位 : M/T

GP			BKP		
電力(kWh)	B-C油(ℓ)	물(m <sup>3</sup> )	電力(kWh)	B-C油(ℓ)	물(m <sup>3</sup> )
1230	180	40~50	907,24	210.1	149.5

備考 : GP : ① 年間 1人당 電力消費 857kWh기준 : 1.57人的 電力消費/M/T.  
② 서울시민 H 1人당 수도사용량 424ℓ 기준 : 94.3~118人/M/T.  
③ 그라인딩공정 : 40% 에너지 소비

펄프 · 製紙工業에 있어서 에너지消費量은 原料, 一貫 및 非一貫工場, 生産規模, 製品品質, 製品機械, 稼動率, 環境規制 등에 따라 에너지消費량이 다르다.

펄프工業의 에너지消費類型을 크게 나누면 碎木펄프(GP)에서는 原木의 박피, 碎木, 精選, 乾燥 工程이며, 化學펄프(CP, 漂白펄프 BKP)의 경우에는 調木工程, 蒸解, 스크리닝, 乾燥, 完整 工程이 主要한 工程이다.

GP제조에서 碎木工程에 소비되는 에너지는 總에너지의 약 40%를 占하며 BKP제조에서는 蒸解, 洗滌, 漂白 工程에서 총에너지의 약 48%를 占하고 있다. 특히 CP제조에서 이들 工程의 省에너지화가

表 5. 크라프트펄프 製造工程別 에너지消費量(P/M/T)

工程別	調木	蒸解	洗 蘇	스리 크닝	漂 白	乾 燥	증발관	세 약	회 収 보일러	동 력 보일러	물처리	세 처 수리	기 타	합 계
電力使用量(kWh)	28.78	50.56	79.67	138.78	143.33	174.78	13.33	36.89	23.00	25.78	50.89	14.89	80.89	861.57
消費比率(%)	3.34	5.87	9.25	16.11	16.64	20.28	1.55	4.28	2.67	2.99	5.90	1.73	9.39	100.00
Steam(Ton/day)使用量		1.904			0.472	1.736	1.904	0.168				0.00	1.136	7.32
消費比率(%)		26.01			6.45	23.72	26.01	2.29				0.00	15.52	100.00

備考：自家発電(燃料는 黒液) (A) 861.57kWh/ADT  
受 電(韓国電力) (B) 45.67kWh/ADT  
 $B/A+B \times 100=5.03\%$

表 6. 紙種別 에너지消費量

紙種	新聞用紙	印刷用紙	크라프트紙	板紙	아트紙
電力(kWh)	1230	533	628	625	346
병커C유(ℓ)	170	220	182	173	139
에너지(kcal)	4760	3510	3380	3280	2241

備考：칼로리換算値:2500 kcal/kWh, 9900 kcal/B-C 油ℓ

매우 重要하다(表 4.5 참조).

그리고 主要紙種別 에너지消費量은 表 6 과 같다. 이는 곧 에너지의 轉換物이란 것을 웅변하고 있다.

### 1. 製品의 改善

#### 1.1. 펄프

펄프原木이나 펄프原料를 節減하기 위하여 高白色度를 가진 펄프보다 低白色度를 原料로한 製紙 즉 黃色을 띤 종이를 製造하게 되며 衛生的으로 독서할 때에 눈에 피로함을 줄여 주는 이점이 있다.

熱機械펄프(TMP)가 生産되므로서 펄프取率도 높 이게 되며 同時에 GP보다 펄프의 강도가 강하므로 신문용지 生産時에도 化學펄프의 混合比率를 상대적으로 줄이지 되므로 에너지節減을 期하게 된다.

#### 1.2. 製紙

아트紙 製造時 高白色도펄프를 基質로 하는 것보다 未漂白펄프 原紙나 中紙의 白色도펄프를 基質로 사용하며 그 表裏에 갈라를 도피하면 대체로 5~12%의 에너지를 節減하게 된다.

그리고 종이의 輕量化로 木材資源 뿐만 아니라 에너지節減에도 큰 效果를 얻을 수 있다. 예를 들면 신문지는 國産인 경우 52g/m<sup>2</sup>임에 비해 現在 45~48g/m<sup>2</sup>로 輕量化하고 있다.

板紙製造의 경우 그 原紙를 節減하기 위해 原紙의 加工 등으로 強化골판지가 登場하고 있다.

### 2. 設備의 効率化

#### 2.1. 設備 및 設計

에너지節約策으로 펄프·製紙工場建設 당초부터 建物은 펄프用 原木, 칩 및 製品의 輸送距離를 最短거리로 하기 위해 配置하며, 各種 原料나 製品의 荷役作業에는 可能한 수직輸送을 排除하도록 設備되어 있다.

그리고 칩이나 樹皮를 運搬하는 野外 칩貯藏裝置는 最近 壓縮空氣裝置式 대신에 컨베이어벨트 方式으로 轉換되고 있다.

製紙·펄프工業에너지, 用水 및 廢水處理는 他産業에 比較하여 그 소비량이 많으므로 分散되어 있는 製造業體를 合併하여 団地化함으로써 用水, 電氣節約은 물론 公害의 綜合인 対策을 강구하고 있다.

#### 2.2. 廢熱回収·熱交換器

##### (1) 廢熱回収

펄프工場을 비롯하여 製紙工場은 一次에너지를 高溫레벨이 所要되는 工程에 供給하고 그 工程으로부터 排出된 排氣를 低溫레벨의 에너지를 필요로 하는 工程에 使用하고 있다.

高壓증기는 發電用背壓터빈에 利用하고 나서 低壓증기로 다른 製造工程에 使用하는 工程으로 省에너지化를 實現하고 있다.

그리고 플라쉬乾燥機를 設置하게 되므로 廢熱을 約 40% 回収할 수 있는 시스템이 Flakt社에서 開發되어 活用되고 있다.

##### (2) 熱交換器

크라프트펄프工場에서 石灰질른에서 高溫排氣가스를 回収하기 위하여 플라쉬건조기를 設置하여 에너지를 約 20% 절감할 수 있다.

#### 2.3. 密閉후드化

抄紙의 乾燥部에 密閉후드化를 행함으로써 熱을 15% 回収하여 에너지節減을 하고 있다.

#### 2.4. 펄프·팬용량의 適正化, 其他 主要設備

設計許容容量 10%를 그 반으로 줄임으로써 約 5%의 에너지를 節減하며, 기타 에너지 節減策의 重要한 設備은 樹皮 및 슬라트연소裝置, 抄紙機의 프레스부나 脫水시스템을 改善하고 있으며 리파이너, 모터의 能率向上등을 들 수 있다.

### 3. 工程改善

#### 3.1. 크라프트펄프의 連續式工程

펄프工業에 있어서 蒸解部는 펄프工場의 心臟部에 해당되므로 그 工程에서 蒸解釜의 斷続式은 操業의 信賴性, 作業의 融通性, 工程管理, 스킨링 除去作業이 連續式보다 若干 有利하지만 省에너지 側面에는 連續式이 有利한 長點이 있으므로 省力化로써는 단연 에너지節約의 에이스型工程이라고 밝혀졌다.

連續式증해(Kamyrt型 標準)를 斷続式증해와 比較할 때 連續式的 에너지 生産性을 펄프 噸當基準으로 概算하면 다음과 같다.

##### (1) 原木消費量

高壓浸透에 依한 效果로서 均일한 펄프가 얻어지므로 Kappa값의 設定은 斷続式보다 높일 수 있다.

이 Kappa값의 差를 펄프收率과 換算하여 比較하면 約 1%의 原木이 節約된다.

##### (2) 蒸氣消費量

실제 操業実績에 依한 증기소비량은 斷続式은 1.6톤/ADT 임에 비해 連續式的 경우 1.0톤/ADT의 증기로 充當되므로 後者는 前者보다 0.6톤/ADT 節約된다.

##### (3) 電 力

蒸解釜만으로 兩者를 比較하면 斷続式的 電力消費량이 連續式的 電力消費量보다 많으나 디퓨저洗滌機(diffuser washer)와 連結했을 경우 斷続式(蒸解釜 + 3 드럼필터)의 電力消費량은 75kWh/ADT 임에 비해 連續式的 경우 52kWh/ADT이므로 後者가 펄프 噸당 23kWh/ADT 節約된다.

##### (4) 藥 品

###### ① 증해약액

原木을 1% 節減시키는데 比例해서 증해약액도 節減된다.

###### ② 漂白藥品

Kappa값이 安定되어 있으므로 펄프 噸당 約 1.5kg의 염소를 節減할 수 있다.

###### ③ 黃酸나트륨(一名 芒硝, $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

連續蒸解時 다이제스터 안을 씻는 것과 디퓨저 洗

滌機와를 상호連結하며 操業을 하면 斷続式的 上記 工程과를 比較할 때 黃酸나트륨으로서 펄프 噸당 約 2kg이 더 많이 回收된다.

##### (5) 人 件 費

連續式的 操業은 한사람으로 可能한데 두사람이 한 조로 構成되며 斷続式은 컴퓨터化하지 않는 한 最低 네사람이 必要하다. 普通 하루 3交代로 操業을 하면 連續式은 6명의 人員을 出일 수 있으며 其他 福利厚生費等を 加算하면 연속식이 훨씬 有利하다.

##### (6) 其 他

기타 連續式이 斷続式보다 여러가지面에서 利點이 많으며 그 중에서도 廢液을 洗滌시키는 증발판의 黑液의 濃度를 연속식은 100℃ 以上 유지시킬 수 있고 反面 斷続式은 連續式보다 約 20℃ 낮으므로 증발판의 증기소비량이 더 多게 된다.

또 連續式的 경우에는 In-line Raffinator를 연속증해부와 디퓨저洗滌機의 途中에 設置할 수 있으며 이로써 펄프收率向上뿐만 아니라 纖維解離工程을 간단하게 처리할 수 있다.

그리고 脫臭裝置의 野外設置, 閉鎖式操業에 依한 用水節約 等 많은 長點을 가지고 있다.

#### 3.2. 크라프트펄프의 置換漂白

연속식에 수반되어 펄프를 漂白할 경우 置換漂白은 從來漂白法 즉 塔式漂白裝置와 달라서 한개의 塔안에 連續되어 漂白을 할 수 있으므로 증기, 電力消費量 및 用水使用量이 매우 적어 에너지生産性이 매우 높다.

에너지生産性은 日生産 300ADT 規模의 基準일 때 펄프 噸당 증기소비량, 電氣消費量, 用水使用量 等の 單位消費량은 다음과 같다.

##### (1) 蒸氣消費量

置換漂白塔의 경우 펄프가 密封되므로 塔式漂白工程처럼 希釋하거나 濃縮할 必要가 없으므로 熱의 損失이 적어 單位消費량이 적다.

大體로 置換漂白의 에너지소요량은 340kg/ADT에 대해 塔式漂白法은 610kg/ADT으로 270kg/ADT이 節約된다.

##### (2) 電力消費量

증기소비량의 경우와 같이 裝置가 간소화되기 때문에 回轉機械가 적다. 그래서 置換漂白法의 경우 電力消費는 70kWh/ADT에 대해 塔式漂白法에는 180kWh/ADT으로 後者와의 差는 110kWh/ADT이다.

##### (3) 用水使用量

置換漂白工程으로는 거의 閉鎖型으로 操業하기 때



문에 거의 用水를 쓰지 않고 펄프를 生産할 수 있다. 예를 들면 置換漂白法은 13t/ADT에 대해 塔式漂白法의 경우 100t/ADT으로 破格的인 節約效果를 나타낼 수 있다.

(4) 其他利点

① 設置面積：置換漂白은 한 塔内部에서 工程을 마치게 되므로 設置面積이 적다.

置換漂白工程에 必要한 敷地面積은 280m<sup>2</sup>, 塔式漂白工程의 경우에는 1,200m<sup>2</sup>이 소요된다.

② 建物：置換漂白에는 建物이 거의 必要하지 않은 反面 塔式漂白法에서는 그렇지 않다.

예를 들면 前者의 경우 100m<sup>2</sup>, 後者는 1,200m<sup>2</sup>이다.

③ 汚染處理設備：置換漂白法에는 排水量이 매우 적으므로 排水處理設備가 적으며 野外에 塔을 設置하게 되므로 大氣汚染의 原因이 되는 惡臭處理가 용이하다.

以上 連続式과 置換漂白法과 관련하여 国内 化学펄프工業이 1980년부터 生産을 始作하였는데 現在 断続式과 塔式漂白法으로 操業을 하고 있지만 今後 增設이나 新設時 에너지生産性이 優位인 连续式과 置換漂白法으로 稼動하는 것이 高油價時代에 Hit트性의 工程이라고 생각한다.

3.3. 古紙活用

(1) 탈목펄프의 에너지節約

表7과 같이 原木를 原料로 하는 機械펄프 및 化学펄프 製造時 必要한 各各의 에너지量은 펄프톤당 約 1,300kWh와 700kWh이며, 이에 대해 古紙를 펄프化하는데 所要되는 電力은 400kWh에 不過하여 機械펄프化보다 900kWh가 節約되므로, 古紙에 의한 신문용지生産의 경우 신문지제조용 펄프를 良質의 古紙나 高신문지(ONP)로 活用하는 것이 1/3의 電力節約을 기하게 된다.

環境汚染의 側面에서 탈목고지의 경우 用水를 再回收하여 使用하므로 用水使用量을 줄여 汚染은 약간 문제가 되지만 BOD 排出量은 一般的으로 적다. 浮遊固形物(SS)은 再回收時 多少 증가하는 경향이 있다. 그런데 크라프트工程과 比較하면 大氣汚染은 매우 적으며 古紙를 使用하면 製造原價가 적게 든다.

탈목펄프에 의한 펄프化는 에너지節約과 동시 環境汚染緩和에도 一助가 되므로 古紙의 再活用은 一石二鳥의 效果를 얻게 된다.

(2) 板紙用原紙生産의 에너지節約

紙類中 板紙는 産業用으로서의 必須基礎資材이므로 그 需要가 急增하고 있다. 그러나 製紙工業은 에너지多量消費型産業 및 環境汚染産業이므로 政府로부터 강력한 규제조치를 받는 業種인 바, 一般的으로 製紙産業에 있어서 生産原價의 15%가 에너지값으로 變動費中에서 原料 다음 의 큰 比重을 차지하고 있다.

그러므로 에너지節約과 環境대책이 매우 중요하다. 製紙工業中에서는 板紙工業 특히 골板紙原紙는 古紙를 多量으로 使用하기 때문에 에너지節約은 물론 脫汚染에 큰 몫을 차지하고 있으며, 동시에 펄프原木이나 새로운 펄프와의 代替效果로서도 에너지節約效果를 이룩하게 된다.

表8은 木材로부터 板紙製造에 使用된 에너지소비량과 古紙에 의한 板紙製造와 比較한 것이다. 前者는 펄프톤당 電力 770kWh, 증기가 7.30ton이며, 後者는 각 590kWh, 5.45ton이다. 古紙를 再活用한 것이 電力은 180kWh, 증기는 1.85ton으로 各各 에너지生産性이 提高되는 것이다.

그러므로, 国内賦存資原이나 油類節約側面에서 에너지投入量을 줄이는 剛期的인 方案의 하나는 国内 古紙資原을 再資源化하는 것이 에너지危機時代에 있는 直接的인 방어책이 된다.

表7. 펄프生産技術의 에너지 및 公害의 比較(단위: P/M/T)

펄프의種類	必要한 에너지量 (kWh)	必要한 증기 (ton)	公 害							價格(電氣 蒸氣, 물合計) (fl)
			물			大 氣				
			(ton)	BOD (kg)	SS (kg)	SO <sub>2</sub> (kg)	H <sub>2</sub> S (kg)	메르캅탄 (kg)	먼지 (kg)	
비탈목고지	200	-	10~25	5	20~30	-	-	-0	-	85
탈목고지	400	1	38~150	8~40	20~50	-	-	-	-	199
기계펄프	1,300	-	15~40	10	11~15	-	-	-	-	252
화학펄프	700	3~10	100~200	20~50	10~50	20	13	3	80	382

資料: SVA(화란), 1978年.

表 8. 골板紙原紙生産의 에너지消費量

		V = 1	V = 0
木 材 準 備	S kWh	0.04 90	-
화 학 펄 프 化 (화학적 혹은 2차)	S kWh	1.45 95	0.91 295
펄프화를위한電力증기發生	S kWh	1.45 145	-
汚 水 処 理	kWh	27	27
板 紙 製 造	S kWh	3.63 327	3.63 72
기 타	S kWh	0.73 86	0.91 195
합 計	S kWh	7.30 770	5.45 590

V = 1 : 펄프 100%, V = 0 : 古紙 100%

S : M/T당 증기 (ton)

kWh: M/T당

3.4. 컴퓨터 設置

本 産業에 있어서 設備의 大型化, 高速化, 生産性 向上, 工程技術, 運營에 手반하고 市場狀況조사 等과 關連하여 操業의 管理 및 安定化, 증해공정, 藥品回

收, 抄紙操業動力分配, 自家發電制御시스템等에 制御가 뒤따르게 되었다.

그 対策으로서 증해공정의 操業安定化에 컴퓨터調節, 抄紙機의 操業安定化対策으로 컴퓨터調節, 보일러의 效率向上対策 및 效率改善으로 컴퓨터를 附着함으로써 各各 1%의 에너지節減을 達成하고 있다. 특히 컴프 및 팬의 속도를 조절함으로써 約 5%의 電力節減을 達成한다는 것이다.

3.5. 新銳機械의 設置와 生産性

펄프工業에 있어 化学펄프의 증해型式, 漂白方式, 컴퓨터制御장치 有無, 碎木機의 運轉方式 等 設備의 現代化와 裝置의 大型化로 生産성이 提高되어 年間 1人당 附加価値生産성이 向上되고 있다.

表 9와 같이 1980年度 年間 1人당 生産량을 보면 國內의 경우 262M/T이며, 中華펄프 245M/T, 日本 T社는 UKP 3,000M/T, 同 J社는 2,278M/T 으로, 國內 펄프의 生産성은 日本의 1/10에 不過하다.

製紙工業에서도 抄紙機 즉 twin wire의 設置, 抄紙機의 高速化, 大型化, 프라스틱와이어등 抄紙用具의 改善, 密閉型후드의 設置, 水分調節器의 開發等으로 製品別 噸당 直接所要勞動時間을 短縮시키고 있다.

各國의 實情은 다음 表10과 같다.

表 9. 펄프品種·蒸解型別 生産性(1980年)

	國 內	中華펄프社	日本 T社		日本 J社
펄프品種	BKP	BKP	BKP	UKP	BKP
日生産量(M/T/D)	300	500	500	500	650
蒸解型式	단속식	단속식	연속식	단속식	연속식
年産(M/T)	105,000	170,000	140,000	384,000	221,000
年間1人당生産量(M/T)	262 ※	245	4,500	3,000	2,278

※ 人員 400名 기준

表 10. 紙類別 生産性(1979年)

項 紙種	國 內				日 本 T 社				日 本 J 社	
	新聞用紙	印刷用紙	크라프트紙	板紙	新聞用紙	印刷用紙	크라프트紙	板紙	新聞用紙	印刷用紙
機種(컴퓨터有無)					有	有	有	無	有	無
日生産量(M/T/D)	200	100	150	150		500	300	500	378	200
年生産量(M/T)	249,316	292,541	184,222	789,214	419,000	241,000	67,000	310,000	134,190	71,000
年間1人당生産量(M/T)	71.4	81.1	150.9	68.0	3,800	2,000	1,100	4,200	2,274	1,164
備 考					3台 抄紙機	3台 抄紙機	3台 抄紙機	2台 抄紙機		

国内에서는 신문용지의 경우 1人当生産量은 71.5 M/T, 印刷用紙 81.1M/T, 크라프트紙 150.1M/T, 板紙 68M/T이며, 日本 T社의 경우 신문용지 3,800M/T, 크라프트紙 1,100M/T, 板紙 4,200M/T으로 生産性이 国内보다 월등히 높다.

## VII. 結 言

林産加工工業의 省에너지化에 관해서 부지기수의 方法이 있으나 그 方法과 施策을 도저히 다 言及하기는 不可能하며 다만 製品, 施設 및 工程別 에너지 節約主導型을 中心으로 간략히 提示한 것 뿐이다.

製品生産에 있어서 直接的인 省에너지化도 매우 重要하지만 一般國民이 資源節約의 重要性을 깊이 認識하고 資源愛護의 포텐셜을 높여가는 것이 省에너지化의 方策을 비약적으로 推進하는 길잡이라고 생각한다.

世界森林資源은 순간마다 2.5ha씩 숲이 사라지고 있는 現實에 우리들은 資源不足과 빈곤속에서도 오히려 林産物의 豊足과 풍요속에서 낭비하고 있지 않다가 自省할 必要가 있다. 나무는 太陽에너지의 産物이요 太陽의 꽃이라고 한다면 이들을 우리는 自然의 예술품으로서 더 소중히 대하며 아껴야 할 일이다.

우리가 예사로이 쓰는 한장의 合板, 한장의 종이를 節約하며, 古紙의 再活用 등 林産物의 節約이 바로 에너지節約인 同時에 木材資源의 節約이며 이것은 곧 林産工業의 一大 省에너지化로 가는 基本이요 나아가서 山林保護이며, 自然保護의 表裏相應이 되기 때문이다.

林業人이 森林資源의 增殖을 위해 集約적으로 森林을 管理하며 森林資源을 造成하는 것은 一面 太陽

에너지를 森林에 蓄積시키는 에너지經濟라고 믿는 所以가 있기 때문이다.

## 謝 辭

본 논문을 작성하는데 있어서 귀중한 자료를 제공하여 주신 아래 사람들에게 심심한 사의를 표합니다. 岩倉組木材株式会社 homogén 工場長 (北海道 苫小牧市, 日本), 岩下 陸 科長 (林業試驗場 林産化学部, 筑波, 日本), 又木 義博 教授 (九州大学 農学部 林産学科 福岡 日本), Lars Malmquist (Svenska Traforskningsinstitutet, Sweden), Karl-Hugo Andersson (Chief Engineer and Manager, Flakt Industri AB, Sweden), Svante Funke (Controlengineer, Vanerskog AB, Otterbackens Plywood Plant, Sweden).

## 引用 文 献

1. Gunnar Gran. New Techniques and Technologies in Fiberboard Production. Defibrator Fiberboard AB. Stockholm, Sweden.
2. 野呂田 隆史 等. 1980. 木材乾燥における 太陽熱의 利用 (第1報) 林産試月報 No.10. pp. 6~12.
3. 辛 東韶. 1981. 製紙·펄프工業의 國際競爭力 強化對策, 製紙界, Vol 129 pp 8~61.
4. 筒本 卓造. 合板工業における 熱エネルギー의 有効利用. 木工機械. No.100, pp.13~17.
5. Victor Dallons. 1979. In-plant pollution Control in the Hardboard Industry. Forest Products Jour. Vol 29(10) pp.70~74.