

日本の 林産加工分野의 研究動向

李 鍾 潤

慶北大學校 農科大學 林學科 助教授

한마디로 林産加工이라고 하지만 利用方法, 加工方法에 따라 物理的, 物理化學的, 化學的 및 生化學的 方法으로 大別된다.

木材化學이 專攻인 만큼 日本을 중심으로 木材化學分野에서 관심사가 되고 있는 公害問題와 관련하여 高收率 pulp化 및 木材化學製品에 관한 最近의 研究動向을 간단히 소개하며 지면상 내용의 불충실함을 이해하여 주시기 바랍니다.

1. 高收率 pulp化

1976年 日本의 原木消費量은 102千萬 m^3 정도였으며, 이 중 66%는 輸入材이며, pulp用材는 3200萬 m^3 로 이 중 약 44%를 輸入材로 총당하고 있고 輸入材에 대한 의존도는 年年 증가하고 있다. pulp用材중 chip의 比重은 89% 정도이며 chip의 比重도 점점 증가하고 있다. 즉, pulp用材가 針葉樹原木에서 闊葉樹原木으로 闊葉樹原木에서 工場廢材나 林地殘材로 변천하고 있다. 現在 使用되고 있는 輸入 chip은 1965年 처음으로 취항한 chip 專用船으로 운반되며, 北美에서 시작된 chip 輸入이 南美, 東南亞細亞 및 아프리카까지 지역을 확장했으며, 머지않은 장래에 日本의 chip 專用船을 世界 어디서나 볼 수 있는 날이 올 것 같은 추세로 증가하고 있다.

1973年 石油파동 以前에는 合成紙나 合成 pulp가 木材에서 製造되는 종이의 cost보다 싸게 될 날이 가깝다고 많은 사람들이 기대하였으며, 研究도 제일 많이 하었다고 생각된다. 그러나 石油파동 以後 資源의 nationalism, 資源枯渴 cost 상승 및 公害問題 등으로 大量生産 大量消費의 미덕이 180도 전환되어 자원결약, 品質向上 및 高收率 등으로 바뀌어졌다. 이러한 선풍은 紙 pulp 産業에도 같은 영향을 주었으며, 木材資源不足, 環境保全, cost 및 상승 등으로 高收率(步留) pulp化, 品質改良 및 無公害 pulp化가 크게 대두되었다.

木材 pulp化란 木材를 化學的 또는 機械的으로 處理하여 纖維를 離解시키는 것을 말하며, 製紙用 및 溶解用 pulp가 있다. 여기서 언급되는 것은 製紙用 pulp에 국한시키며, pulp化法에는 化學的 및 機械的 方法이 있다. 化學的 pulp化法에는 亞硫酸에 의한 sulfite pulp (SP), 硫酸鹽에 의한 Kraft pulp(KP, sulfate pulp) 등이 있고, 機械的 pulp化法에는 摩碎에 의한 Groundwood

pulp(GP), Refiner에 의한 Refiner Groundwood Pulp (RGP), 高溫, 加壓下에서 解纖하는 Thermo Mechanical Pulp(TMP)가 있으며, 양쪽을 겸한 pulp로서, 溫和한 化學的 前處理後 機械的으로 解纖하는 Semicheical pulp(SCP) 및 Chemigroundwood pulp(CGP) 등이 대표적으로 利用된다.

化學 pulp인 경우에는 大部分의 lignin이 除去되지만, 機械 pulp인 경우는 높은 lignin 含有率을 가지고 있다. 즉 GP 등의 경우는 90% 前後(SCP는 60~80%)의 高收率으로 얻어지기 때문에 이러한 lignin含有 高收率 pulp의 共通的인 缺點은 纖維의 剛直性, fibrillation에 대한 低抗性 등으로 纖維間 結合面積이 적고 強度가 낮은 종이가 얻어진다. 이런 缺點을 改善하기 위한 方法으로서 lignin에 親水性基의 導入 등이 제안되어져 있다. 즉 酸化에 의한 carboxyl基의 導入, sulfonation에 의한 sulfonic acid基의 導入, 放射線照射에 의한 低級 脂肪酸의 導入 등으로 pulp性質 改善에 좋은 성과를 보고하고 있지만 아직 실용단계까지 가지 못하고 있다.

그러나 現在 日本의 全 pulp 生産量의 60%를 차지하는 KP製造(化學 pulp의 90%)는 아직도 KP를 증가할만한 pulp 製造法이 없음을 증명해 준다. 이러한 KP의 高收率化로서는 polysulfide cooking, 硫化水素前處理法, 還元劑添加法, 氣相蒸解法 등이 제안되고 있고, chip電子線照射法이 제안되어져 있지만 실용단계에 들어간 것은 그다지 없다. Chip에 電子線照射法은 chip貯藏中 劣化 減少와 炭水化物的 末端基를 酸化시켜 蒸解中 peeling 反應을 抑制시켜 收率向上을 기하고 있으며, 0.1~0.2MRAD의 照射로 4~6% 收率이 向上되었다고 한다.

여기서 지극 새로운 機械 pulp化로 많은 각광을 받고 있는 TMP를 간단히 소개하면 TMP는 1968年 스웨덴에서 시작되었으며 日本에는 1975年 十條製紙鋼路工場에 日産 290ton이稼動하였으며, 1977年 全世界 11個國에서 總生産量은 日産 11,000ton경도에 달하는 急進을 보였다. 그 理由는 TMP가 RGP보다 諸強度가 40~60%정도 높고, 結束纖維가 적으며, 高溫處理에 비하여 白色度 低下가 극히 적고, 電力消費量이 적다는 점 등으로, 자원결약에 부합된다고 한다.

TMP 製造는 chip을 高溫(120~130°C), 加壓(1.5kg/

cm²)에서 飽和蒸氣로 處理하여 그 狀態에서 Refining하여 1次 解纖하고, 다시 開放型인 2次 Refining을 하여 1次에서 單纖維化된 pulp를 製紙用 pulp의 適性에 맞게 2次 Refining하여 二次壁外層(S₁層)을 開裂시켜, Ribbon狀 또는 fibrils狀으로 만들어 相互 엉킴이 좋게하여 結合력이 있는 pulp를 만드는 pulp 化法이다. TMP製造의 증가는 계속될 것으로 보인다.

2. 紙pulp 産業과 公害問題

Hedoro라는 新語를 창조하였고 인명피해까지 추출시킨, 현재 日本의 3大公害産業中 하나이며, 1973年 紙 pulp産業의 廢棄物處理處분에 약 84억圓(鐵鋼 148억圓, 化學工業 145억圓, 日本圓)이 투자되었다. 그러면 公害源으로서의 排水에 의한 水質汚濁, 大氣汚染 및 소음 등을 들 수 있다.

排水에 의한 水質汚濁은 BOD, COD, 重金屬, 毒性物質, TOC, pH, 암모니아, 全 SS, 油脂, 大腸菌, phenol類, 色度, 亞硫酸鹽, 榮養物質인 N와 P 및 全溶解固型分 등이 있다. 大氣汚染에는 粒子狀物質과 臭氣가 있으며, 前者는 無機藥品の 昇華와 凝縮에 기인하며, 後者는 特別히 KP製造에 있어서의 惡臭는 심각하다. 즉, 蒸液의 한 成分인 NaS에서 發生하는 H₂S, SO₂, CH₃SH, (CH₃)₂S, (CH₃)₂S₂ 등이며, 이외에도 SO_x, NO_x 등이 있다.

1971年 水質汚濁防止法이 제정되어 1976年 6月 24日 부터 發効하였으며, BOD, COD 120ppm(日間平均), 最大 160ppm, SS 150ppm, 最大 200ppm, 1973年 惡臭防止法の 制定 등으로 規制를 하고 있으며, 지방자치단체에서는 이보다 엄한 곳도 많이 있고, 현재의 濃度規制에서 總量規制로 움직이고 있다. 그러나 汚染者負擔의 原則(polluter pays principle, ppp)이 결국은 CPP(Consumer pays principle)로 반영되고 있는 것이 실정이다. 그러면 現在 日本의 木材化學分野에 종사하는 연구진의 내역을 살펴보기로 한다. 大別하여 학교, 기업 및 기관 등의 연구소에 大部分 소속되어 있다. 여기에 종사하는 數는 약 500명 이상이 될 것으로 추측된다. 즉 지난 1977年 東京에서 열린 lignin symposium 참석자가 150명 이상이였다. 학교 연구소는 기초 및 이론, 그리고 연구자의 양성에 치중하고, 기업연구소는 응용면에 치중하고, 기초나 이론 같은 것은 학교측에 의뢰하여 협조를 받는 것이 大部分이다. 이와같이 산학협동이 잘 이루어지고 있으며, 기업의 조직력과 집중력을 따를 수 없기 때문에 응용면에서는 뒤질 수 밖에 없다. 좋은 예로 그렇게 사회적으로도 물의를 일으킨 공해문제를 일일정도의 집중연구로 거의 해결하다시피 했으

며, 現在 公害問題로 신경을 곤두세우는 큰 기업은 별로 찾아볼 수 없을 만큼 되었다. 이것은 日本人의 국민성에도 관련이 있겠지만 기업이 보유하고 있는 연구진의 높은 수준과 조직력을 세계에 과시한 것이라고도 볼 수 있을 것이다.

그러면 紙 pulp 製造排水의 處理方法 및 無公害 pulp 化를 살펴보면, 排水處理方法으로서 物理化學的 및 生物處理方法이 많이 利用되고 있다. 物理化學的 方法으로는 沈澱法, 浮上法, 이온交換樹脂法, 活性炭, 온존酸化, 逆浸透壓法, 여과법, 電氣分解法, amine處理, 無機吸着劑, 放射線照射 등이 있으며, 生物學的 處理方法으로는 微生物을 利用한 排水中の 有機物을 酸化分解시키는 것 등이 있다.

그리고 KPI工場에서의 惡臭問題로는 低硫化度蒸解, 高溫急速蒸解, 黑液無添加蒸解 등이 제안되고 있지만, 紙 pulp 製造工程의 closed system化시켜 藥品回收 및 無排水, 無公害排出 등으로 추진되고 있다.

그리고 유향을 사용하지 않는 pulp化 및 高收率化도 개발되고 있으며, 酸素, alkali 蒸解 및 漂白法, Holo pulping法, methanol alkali pulping法과 같은 有機溶劑에 의한 pulp化 및 收率을 높이기 위한 quinone類의 添加 등이 제안되고 있으며, 酸素, alkali pulping 및 漂白以外的 실용단계에 들어가지 못하고 있다. 이것은 藥品 cost 때문이며, 5%정도 收率차가 나지 않으며 methanol alkali pulping法과 같은 方法을 利用할 수 없다는 이야기이다.

3. 木材化學製品的 利用

木材에서 製造되는 化學製품을 木材化學製品이라고 한다면 種類도 많고 用途 역시 多方面에 걸쳐 있다. 그리고 木材化學製品的의 증가는 木材의 主成分인 Cellulose, Hemicellulose 및 lignin의 用途 擴大와 직결된다. 現在 pulp 製紙生産量은 周知의 사실과 같이 점차적으로 증가하는 것은 누구도 否認할 수 없지만, 木材加水分解에 의한 lignin 및 糖類 製造는 소련을 제외하고는 찾아볼 수 없다. 이것은 石油와의 경쟁에서 木材의 cost高로 생각된다. 그러나 1973年 石油과 동 以後 石油資源 有限성과 再生産可能한 木材資源과의 경쟁에 유리해질 날이 올것을 기대하고 있으며, 머지않은 장래에 木材化學時代가 도래할 것으로 믿는 사람이 많아졌으며 연구도 활발해졌다. 물론, 現在 石油에서 生産되는 石油化學製品을 木材化學製品으로 製造하는 것은 技術的으로 大部分 可能하다.

1. Cellulose의 利用

木材 cellulose는 剛直한 直鎖狀高分子로, 親水性, 不

水溶性이며, 結晶部分과 非結晶部分이 存在하는 人畜에 無害한 特徵을 가지고 있다. 現在 cellulose에서 製造되는 것은 纖維, film, glucose의 化成品 및 cellulose 誘導體 등이 있다. Glucose의 製造方法으로 木材의 酸加水分解法 및 微生物分解法 등이 있으며 現在 가축사료 및, 식량부족과 關連하여 많이 연구되고 있다. 그리고 cellulose誘導體의 研究도 上記한 特徵을 보다 유용하게 利用하는 方法의 開發이 촉진되어, 행해지고 있다. 즉, cellulose의 反應性 및 加工性을 높이기 위한 DMF 및 DMSO와 有機 amine類, 無水 chloral, 鹽化 nitrosyl (NOCl), 四酸化二窒素(N_2O_4) 등의 混合溶劑에 의한 cellulose 溶劑의 研究도 활발하다.

2. Lignin의 利用

Lignin 化學製品的의 生産現況은 正確히 把握할 수 없지만 지금까지 알려진 製品類는 約 200種類에 달한다.

Lignin의 利用은 lignosulfonic acid(LSA)에 있어서는 sulfonic acid基에 着目한 分散劑의 分野, Thiolignin (TL)에 있어서는 phenol性 水酸基가 많은 것을 利用한 plastic 分野가 있고, 1930年代에 確立된 LSA에서의 Vanillin製造는 現存하고 있으며, TL에서 DMS 및 DMSO製造는 量的으로 증가하지 못하고 있다. 이같이 많은 연구에 비하여 製品化되어 利用되고 있는 量은 극소수에 불과하며 大部分의 lignin은 pulp 排液으로서 有用한 利用道를 갖지 못하고 蒸解藥水 回收時 熱源으로 使用되고 있으며, 現在 日本에서는 KP廢液에서 lignin 製造를 증진하고 있으며 世界的으로도 減産의 傾向에 있고, 보다 附加價値가 높은 lignin利用이 發見되지 않는 燃料로서 使用하는 方法以外的은 좋은 方法이 그다지 보이지 않는다.

그러면 lignin利用上의 問題點은 꼭 lignin이여야만 되는 製品은 lignin分解物인 Vanillin 製造를 除外하고는 보이지 않으며, 分散劑로 使用할 경우 分子量의 의존도가 높고, plastic 源料로서의 利用은 lignin 자체의 높은 粘度和 暗褐色으로 作業能率의 低下 및 使用場所의 制限등을 들 수 있다.

今後 期待되는 lignin利用法은 分散劑, 土壤改良劑, 接着劑, lignin機能樹脂 및 日本에서 20年來 注目되어온 水素添加法 등과 같이 보다 附加價値가 높은 分解生成

物의 製造等이라 할 수 있다.

4. 木材化學의 장래

現在 木材化學分野에서 커다란 관심사는 人間的 衣食住를 木材로서 해결하자는데 있지 않나 생각된다.

① 主食인 籼米을 재배하듯 化學構造上 β -結合인 cellulose를 短期間에 大量生産하자는 것이다. 좋은 예로 마닐라섬의 조직배양, 低木類 및 非木材의 pulp化 등의 研究는 대단히 활발하다.

② 前記한 것과 같이 木材를 100% 以上으로 利用하는 方法으로 木材 pulp化法 및 性質의 改善. 재미있는 예로 New York州立大學 C. Schurch教授는 木材中 lignin의 벤젠核에 水酸基(107%) 같은 親水性基를 導入하여 pulp收率의 向上과 性質의 改良을 提案한 적이 있다.

③ 微生物을 利用한 木材의 糖化, 飼料化 및 pulp化이다. 이것은 木材에서 단백질이라는 말로 표현되고 있으며, 木材를 微生物 및 化學處理하여 糖分 및 飼料化시켜 그 家畜을 利用한다는 것이다. 그리고 微生物에 의한 pulp化는 어디서나 研究되고 있으며, 日本에서는 不足한 木材를 chip 專用船으로 輸入하고 있는데, 微生物을 chip船積時에 撒布하여 運搬期間中 chip化시켜 pulp로 하역하자는 생각이 있으며, 이에 관한 가능성의 기초적인 연구를 진행하고 있는 중이다.

끝으로 現在 衣食住중 衣住는 그런대로 만족시켜 주고 있지만, 再生産性的 利點을 最大限으로 利用하여 衣食住를 完全히 해결해주는 미래가 올것을 다짐하면서 木材生産 및 利用에 종사하는 우리들로서는 장래를 위한 계획이 결실히 필요하다고 생각된다.

약 10年前 日本留學때 강의중 어떤 수종때문에 골치를 싸매고 있다면서, 戰後 많이 식재하였지만, 이런 시대가 올것을 짐작못하였다면서 먼 장래를 보는 계획이 필요하다는 것을 강조하였다. 지금 이 말이 새삼 생각나는 것은 우리 역시 당면 문제와 결부되는 것이 아닌가 생각된다. 밤(栗)을 팔아서 木材를 사와야하는 개미 채마귀도는 일은 임업하는 사람들로서는 다시 한번 생각해 볼 문제가 아닌가 생각된다.