

# 日本에 있어서 펄프·종이产业의 過去와 現在의 挑戰

東京大學校 教授 農學博士 中野準三

## 1. 緒 言

日本의 펄프·종이产业은 欧美的 技術을 採用한 以来 100年가량이 經過하였다. 表1은 各種 製造業의 販賣高 및 從業員數를 나타내는 바,<sup>1)</sup> 이를 가운데서 펄프·종이工业은 第 12位, 木材 및 木材製品工业은 14位를 차지하고 있어 兩者를 합친 『林產物工业』은 이들 化学工业의 7位에 이르고 있다.

여기에서는 먼저 일본의 펄프·종이工业의 發展過程을 論한 후, 펄프原料의 不足 및 環境問題의 改善에 對処하는 本工业의 現狀을 概括하기로 한다. 또 和紙가 日本文化의 發展에 寄与한 役割이 크지만 紙面關係로 記述을 略하기로 한다.

## 2. 펄프·종이 製造技術의 發展

펄프製造費중에서 原木費가 차지하는 比率이 約 60%라고 한다. 따라서 펄프·종이工业에 있어서 原木費가 차지하는 位置는 매우 크다고 할 수 있다. 이와 같은 意義에서 펄프製造技術의 歷史는 原料克服의 歷史라고도 일컬어진다.

本工业의 發展過程을 論する에 있어 그 時代의 國分에 관해서는 여러 가지의 의견<sup>2)</sup>이 있지만 여기에서는 原料 및 製造技術의 變遷을 題의 상 다음과 같아 5期로 나누기로 한다.

第 1期 1872年~1930年, 第 2期 1931年~1945年  
第 3期 1946年~1955年, 第 4期 1956年~1969年

Table 1. Economic situation of pulp and paper industry in Japan, 1975

Industry	Sales			Employee		
	Order	Yen <sup>*1</sup>	%	Order	Numb <sup>*2</sup>	%
Food	1	16,828	11.6	2	1,156	10.3
Transport, machine & implement	2	16,793	11.6	5	936	8.4
Electr. machine & implement	3	13,763	9.5	1	1,279	11.4
Iron & Steel	4	12,512	8.6	10	478	4.3
Chemical	5	11,796	8.1	12	444	4.0
General machine & implement	6	11,652	8.0	3	1,081	9.7
Petroleum & Coal	7	8,685	6.0	19	46	0.4
Fiber & Textile	8	7,334	5.0	4	958	8.6
Metal products	9	7,239	5.0	6	839	7.5
Ceramic	10	5,303	3.6	7	543	4.9
Non ferrous metal	11	5,029	3.5	16	204	1.8
Pulp & paper	12	4,635	3.2	13	313	2.8
Publication & printing	13	4,624	3.2	9	486	4.3
Wood & Wood prod.	14	4,067	2.8	11	447	4.0
Others		15,099	10.3		1,964	17.6
Total		145,359	100		11,174	100

\* 1 × 10<sup>9</sup> Yen, \* 2 × 10<sup>3</sup>

## 第5期 1970年~現在

## 2・1 第1期 (1872~1930年)

이期間의 주요한事項을表2에總括한다.<sup>2,3) 펄프 종이工業의 發祥은 1872年 製紙會社의 設立으로始作되었으며 1874年 東京에서 木綿등을 主原料로 한 최초의 종이가 製造되었다. 당초에는 外國人技士의 指導에 의하여 生產되었으나 점차 日本人 技術者가 주체로 되어 技術을 모방해가면서 生產하기에 이르렀다. 1889年 아황산펄프, 1890年에 碎木펄프, 1925년 크라프트펄프가 처음으로 製造되었다. 이러한 과정을 거쳐 1930年경이 되어 国内 및 輸入技術이 합쳐져 펄프·종이工业으로서의 地位를 確立하게 되었다.</sup>

表3은 1903年的 펄프原料 및 生產量을 나타낸 것으로서 木材펄프의 生產量이 全펄프生產量의 26.2%에 불과한 것은 흥미 있는 일이라고 하겠다. 이時期의 펄프原木은 hemlock, spruce, fir 等이었다.

Table 2. First stage (1872~1930) of the growth of Japanese pulp and paper industry

1)	1872	Establishment of 1st paper company
2)	1874	Production of machine made paper
3)	1871	Production of straw pulp
4)	1880	Establishment of paper manufacturers' Association
5)	1889	Production of sulfite pulp(SP)
6)	1890	Production of groundwood pulp(GP)
7)	1905	Use of electricity in paper making
8)	1912	Published [Paper technology]
9)	1925	Production of kraft pulp(KP)

Table 3. Pulp production in 1903

Pulp	Production	
	t/year	%
Bast fiber	18,330	23.5
Straw	16,380	21.0
Rag	15,990	20.5
Wood (GP)	10,920	14.0
Wood (SP)	9,516	12.2
Imported	6,864	8.8
Total	78,000	100.0

## 2・2 第2期 (1931~1945年)

이時期는 人造絹工業의 융성에 따라 溶解펄프의 製造가 시작되었다. 1931年에는 塩素-苛成소다-漂白劑의 3段漂白에 의한 溶解아황산펄프의 製造가開始되었으며 또 이 해는 펄프漂白에 塩素가 최초로 사용된 해이기도 하다. 이후부터 소나무, 너도밤나무등의 새로운樹種이 原木으로서 사용되었으며 펄프製造 黑液의 利用, 各種 特殊紙의 製造등 많은 技術的 發展이 계속되었다. 그간의 주요한 經過는 表4<sup>3)</sup> 나타난 바와 같다. 1941年的 펄프生産量은 世界第2次大戰前의 最高(1,277,314t/年)를 記錄하여 펄프 종이工业史上一大피이크를 이루었다. 그러나 敗戰과 함께 外地로부터의 原木의入手길이 끊어지고 生產設備 또한 被害를 받아 펄프·종이工业은 큰 타격을 받았다. 따라서 1946年的 펄프生産量은 202,518t으로 濟減하였다.

Table 4. Second stage (1931~1945) of the growth of Japanese pulp and paper industry

1)	1931	Production of dissolving SP(DSP)
2)	1936	Production of Mg-based SP from bagasses
3)	1938	Production of SP from reed Production of rice-straw pulp by Cl <sub>2</sub> process(20t/day)
		Production of alcohol from SP spent liquor
4)	1939	Production of DSP from pine
5)	1940	Production of DSP from beech Production of DSP from chaffs(10t/day)
6)	1942	Production of DSP for Benberg rayon

## 2·3 第3期 (1946~1955年)

第3期의 주요한 事項은 表5<sup>3)</sup>에 나타낸 바와 같다.  
이期間에는 새로운 펄프製造技術이 採用되어짐과 同時に  
많은 樹種이 펄프用 原木으로서 사용되었다. 針葉樹材로서는 従來의 hemlock, spruce, fir, pine 以外에 larch, Japaness cypress, cedar 등이 사용되었으며  
闊葉樹로서는 beech를 비롯하여 poplar, alder, lime oak, birch 등이 사용되어졌다. 그리하여 1953年の 펄프生産量은 1,508,000 t으로서 第2次大戰前의 生産量을 능가하기에 이르렀다.

이期間의 後半에는 冷소다法, 中性亜黃酸法등 高收率펄프製造에 관한 海外技術이 導入되어졌으며 1953年에는 前加水分解法을 採用한 溶解用 크라프트펄프의 生産이 開始되었다. 1952年에는 스웨덴의 Kamyr continuous digester 가 크라프트펄프의 製造에 처

음으로 導入되었으며 그후 이 digester는 世界的으로 주요한 比重을 차지하게 되었다.

## 2·4 第4期 (1956~1969年)

表6<sup>3)</sup>은 第4期의 주요한 事項을 나타낸 것이다.  
第3期의 末期 및 第4期의 初期는 針葉樹, 特히 소나무類가 가장 많이 사용되었던 時期라고도 말할 수 있다. 그러나 이들 針葉樹 資源의 不足과 原木價格의 上升으로 인하여 많은 樹種의闊葉樹材를 비롯하여 木材加工廢材, 小経木, 枝条材 등이 사용되었으며 더 우기 海外로부터 침을 輸入하기에 이르렀다. 1964年에始作된 침專用船의 就航은 劃期的인 着想이었으며 美国, 카나다의 西海岸으로부터 東南아세아, 오스트레일리아, 소련까지 침의 輸入이 拡大되었으며 가까운 장래에는 브라질로부터 유카립터스의 침輸入도 計劃되고 있다. 現在 就航中에 있는 침專用船은 約65隻으

Table 5. Third stage(1946~1955) of the growth of Japanese pulp and paper industry

- |         |  |
|---------|--|
| 1) 1947 | Establishment of the Japanese Tappi  |
| 2) 1951 | Production of high yield pulp(HYP) by cold-soda method   |
| 3) 1952 | Production of bleached kraft pulp from hardwood(LBKP)<br>1st operation of kamyr continuous digester in Japan(3rd in the world) |
| 4) 1953 | Production of DKP<br>Production of DSP for acetorayon<br>Production of neutral sulfite pulp                                    |

## Wood species

softwood; fir, hemlock, spruce, larch, cryptomeria, Japanese cypress  
hardwood; beech, poplar, alder, oak, lime, birch

Table 6. Fourth stage (1956~1969) of the growth of Japanese pulp and paper industry

- |         |  |
|---------|--|
| 1) 1957 | KP production > SP production<br>Production of fodder yeast from SP spent liquor                     |
| 2) 1959 | Production of furfural from byproducts of DKP 1st production of liner KP from hard wood in the world |
| 3) 1960 | Production of lignin rubber  |
| 4) 1962 | Production of polystyrene foam paper   |
| 5) 1964 | Production of RGP<br>Production of chip conveyer   |
|         | Consumption of hardwood>consumption of softwood  |
| 6) 1966 | Production of polymer synthetic paper(1st in the world)  |
| 7) 1978 | Production of xylose from byproducts of DPK  |

로서 이들의 總容量은 1,678,000 m<sup>3</sup>에 달한다<sup>4)</sup>

1960~1974 年에 걸친 펄프原木의 消費量推移는 表 7<sup>1)</sup>에 나타낸 바와 같다. 1964 年의 銅葉樹材消費率은 51.9 %로서 鉛葉樹材를 능가하였으며 이러한 추세로서 現在에 이르고 있다. 또 表 8에 나타난 바와 같이 펄프原料로서 차지하는 칩의 使用率도 1965 年에는 50 %를 넘고 있다. 더욱이 海外原木의 依存도 1965 年의 461,000 m<sup>3</sup> (全原木量의 2.8 %)으로부터 1974 年의 14,052,000 m<sup>3</sup> (全原木量의 39.4 %)으로飛躍的인 增加를 보여주었다.

한편 第 4 期의 動向을 技術的으로 보면 그 進展經過

는 第 3 期보다도 훨씬 多彩롭다고 말할 수 있다. 펄프原木이 鉛葉樹材로부터 銅葉樹材에로 転換됨과 함께 크라프트펄프의 生產量이 漸次 增加하여 1957 年에는 亞黃酸鈣의 生產量을 능가하기에 이르렀다. 1959 年出界에서 처음으로 銅葉樹材를 利用한 크라프트·라이너의 生產이 開始되었으며 1964 年에는 refiner groundwood pulp(refiner를 사용한 徒來의 碎木펄프보다는 品質이 좋은 機械펄프)가 生產되었다. 또 前加水分解 크라프트塔製造外 関聯하여 副產物로서 furfural(1959年), xylose(1968年)가 製造된 것도 흥미있는 일이라 하겠다.

Table 7. Consumed pulpwood statistics (unit : 1,000 m<sup>3</sup>)

Year	Pulpwood			Chip			Total
	N	L	Total	N	L	Total	
1960	5,741	3,678	9,419	2,120	803	2,923	12,342
1965	3,643	4,577	8,220	4,313	4,316	8,629	16,849
1970	2,502	4,775	7,277	9,535	11,531	21,066	28,343
1975	1,698	1,743	3,441	12,479	12,852	25,331	28,772
1978	1,529	857	2,385	14,174	14,740	28,914	31,300

N:softwood, L:hardwood

Table 8. Supplied pulpwood statistics (unit : 1,000 m<sup>3</sup>)

Year	Domestic wood			Imported wood(A)			Total (B)	A/B %
	Pulpwood	Chip	Total	Pulpwood	Chip	Total		
1960	7,983	3,000	11,023	193	—	193	11,216	1.7
1965	7,673	8,479	16,152	207	254	461	16,613	2.8
1970	6,566	16,050	22,616	559	4,726	5,285	27,901	18.9
1975	2,672	14,324	16,996	578	11,213	11,791	28,787	41.0
1978	1,977	14,943	16,920	270	13,043	13,313	30,232	44.0

## 2.5 第 5 期 (1970~現在)

第 5 期의 主要事項을 表 9에 總括하였다. 1971年 펄프·종이工場의 排出物의 公害와 関聯하여 排水의 水質規準으로서 COD 및 BOD가 각각 120 ppm 으로 정하였다. 그러나 현재는 工場 및 地方自治體와의 協定에 의해 그 基準值가 60~100 ppm을 취하고 있는 곳이 大部分이다. 1975年 TMP의 製造가開始作되었으며 1978年에는 船上에 設置한 펄프製造工

場(750 t/day)이 完成되어 현재 브라질 쟬아리地方에서 操業中에 있다.

第 5 期는 펄프·종이工業이 안고 있는 諸問題를 解決하는 期間이라고도 하겠다. 다시 말하면 將來의 펄프·종이의 需要에 대한 原木의 確保, 資源節約의 觀點에서 高品質의 高收率펄프 製造 및 펄프·종이製造法의 無公害화등이 解決해야만 할 重要課題라고 하겠다. 이를 3 개의 項目에 관하여 다음에 論하기로 한다.

Table 9. Fifth stage(1970—the present) of the growth of Japanese pulp & paper industry

1970	Production of sawdust KP
"	World largest newsprint mill Tomakomai, Oji (1,910t/D)
"	Kraft paper by vertiformer
1971	Production of vanillin 20 t/M
"	Establishment of pollution control law, 120 ppm of COD or BOD
1975	Production of TMP
1978	Contraction of pulp plant and power platforms (750t/D)
"	Operation of Kamyr Displacement Bleaching

Table 10. Annual pulp, paper and paperboard production (Unit: 1,000 ton)

Year	Pulp			Paper & board		
	PP	DP	Total	Paper	Board	Total
1960	3,154	378	3,532	2,868	1,645	4,513
1965	4,695	469	5,164	4,219	3,079	7,298
1970	8,247	554	8,801	7,135	5,838	12,973
1975	8,350	280	8,630	7,711	5,890	13,601
1978	9,070	321	9,391	9,364	7,138	16,502

### 3. 펄프原料의 確保

表10은 펄프·종이 生産量의 推移를 나타낸 것이다. 또 筆者 등의 펄프·종이 技術豫測에 의하면 1993年の 종이·板紙 生産量은 2,500 萬t으로 推定되어지고 있다.<sup>5)</sup> 이와 같은 莫大한 生産量에 對応하는 原料의 確保에 関하여 以下에 筆者の 所見을 記하고자 한다.

#### 3.1 펄프原木

木材 資源國이라고 불리워지고 있는 北美, 南美, 소련 등에 比較해 볼 때 日本의 森林資源은 极히 貧弱하여 蓄積은 21億m<sup>3</sup>에 불과하며 伐採率은 3.1%로서 매우 높은 편이다.<sup>1)</sup> 또한 美国, 加拿다, 브라질, 소련 및 인도네시아의 木材蓄積과 伐採率은 각각 203億m<sup>3</sup>, 1.6%, 239億m<sup>3</sup>, 0.4%, 657億m<sup>3</sup>, 0.2%, 791億m<sup>3</sup>, 0.5%, 87億m<sup>3</sup>, 1.1%이다.

以上과 같은 環境에 있는 日本의 原木不足의 打開에는 木材資源이 풍부한 나라에 期待할 수 밖에 없다. 이 計劃은 表11<sup>1)</sup>에 나타난 바와 같이 이미 實現中에 있으며 장차 더욱 증가되리라 본다. 그러나 蓄積된 資源을 消費하는 것 만으로는 장차 또 다시 큰 문제가 있음으로 資源의 育成 또한 重要하며 資源國의 繁榮에도 기여하지 아니하면 안된다. 이와 같은 의미에서 大規模의 經濟協力의 例로서 브라질에서의 유카립투스의 造林 및 펄프製造工場의 建設을 들 수가 있다. 또한 日本의 林業白書<sup>6)</sup>에 의하면 將來 木材資源確保의 基本計劃으로서 50年後에는 人工林을

Table 11. Development of oversea's wood resources

Company	Nation	Content (1,000 m <sup>3</sup> )
Daishowa Wood Prod.	Malaysia	Rubber wood waste chip, 600
Sarawak Wood Chip Co.	Malaysia	Mangrove chip, 150
Sharikat Bakau Sabah Sdn. Bhd.	Malaysia	Mangrove chip, 150
P.T. Zedsko Indonesia P.T. Triomas	Indonesia	Wood & chip, 64(wood)
Forestry Development	Indonesia	Wood, 120
Harris Daishowa Pty. Ltd.	Australia	Eucalypt chip, 900
Nelson Pine Forest Ltd.	New Zealand	Pine and beech chip
Oji Malaysia plaut Jant Pty. Ltd.	New Guinea	Sawdust and chip 150(chip)
Sendrian Bhd.	Malaysia	Reforestation
Empreendimentos Florestais S. A.	Brazil	Reforestation, chip, 3,000(chip)

1,314 萬ha (現在 890 萬ha), 蓄積 36 億m<sup>3</sup> (現在 21 億m<sup>3</sup>) 으로 增大시킬 事業이 推進中에 있다. 다만 50年後에도 木材總需要의 40%를 輸入에 依存하지 아니하면 안되는 것으로 推定하고 있다.

### 3.2 古紙의 利用

古紙는 重要的 製紙原料이며 美國에서는 city forests의 別稱으로서 불리워지고 있다. 表 12는 古紙供給源의 推移를 나타낸 것이다. 日本의 古紙回収率은 世界的으로 보아 높은 수준에 있어 1966~1974年에 걸친 종이·板紙生產量의 37~41%에 달하고 있다. 최근 古紙의 回收率을 向上시켜 需給의 安定을 기할 目的으로 古紙再生促進센타가 設立되었으며 1985年에는 45%以上の 回收가 期待되어지고 있다. 장차 古紙 回收率의 向上을 위해서는 古紙의 価格 등 여러 가지 대策도 必要하지만 同時に 古紙를 混合한 製品의 数를 增加시킬 方策도 필요하다고 생각한다.

Table 12. Origin of old paper (Unit: 1,000 t)

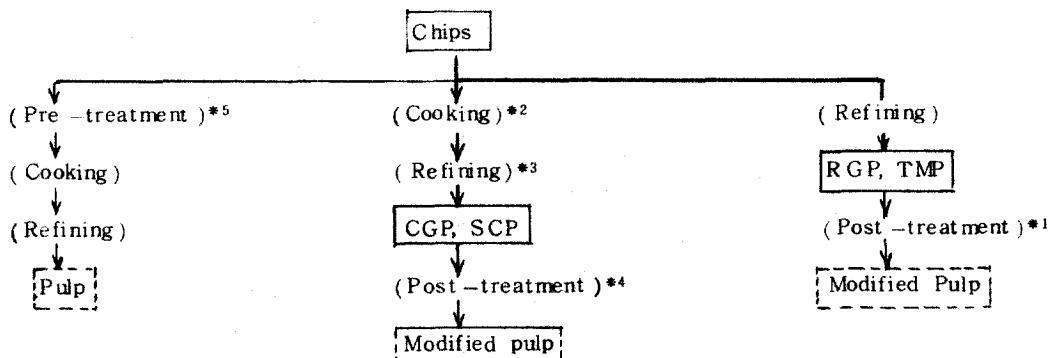
Year	Mech.pulp	Unbld.ch. em.pulp	Bld.chem. pulp	Total
1966	1,566	1,353	281	3,190
68	1,521	1,743	342	3,606
70	1,958	2,185	553	4,696
72	2,127	2,367	669	5,163
74	2,238	2,967	661	5,866
76	2,342	3,149	773	6,264
78	2,834	3,282	800	6,916

### 3.3 칠풀프의 利用

짙은 木材보다 먼저 펄프의 原料로서 1878년에 利用되었으나 수집 가능한 時期가 滯在되어 있어 收集, 輸送, 貯藏의 困難 및 펄프收率이 낮은 것 등으로 인하여 점차 펄프原料로서의 資格을 잃게 되었다. 더우기 최근에 들어서는 製造排水의 公害問題마저 겹쳐 1工場을 除外하고는 既存의 工場이 모두 製造를 中止하고 있는 実情이다. 그러나 펄프原料의 不足에 고심하는 日本으로서는 年間 1,200 萬t으로 推定되어지는 벗집의 10%내지 20%라도 利用하는 것이 바람직하다고 하겠다. 이 벗집은 15%以上の 灰分을 가지고 있어 펄프原料로서 문제점을 갖고 있으나 이를 解決할 새로운 펄프製造法이 確立되어야 하겠다. 또한前述한 바와 같이 收集, 輸送, 貯藏이 困難한 것 등을 克服하기 위해서는 技術의 開發과 함께 地域性을 加味한 小規模工場의 建設이 必要하다고 본다. 非木材纖維로부터의 펄프製造와 関聯하여 어떤 種의 草本植物을 시험적으로 재배하고 있는 例도 있다. 이와 같은 計劃은 日本의 펄프·종이工業으로서 未來의 重要한 課題가 될 것으로 생각된다.

### 4. 高收率펄프의 製造

木材資源의 枯渴과 함께 品質이 優秀한 高收率펄프의 出現이 강하게 要請되었다. 여기에서 말하는 高收率펄프라 함은 収率 65%以上の GP, CGP, SCP 등을 対象으로 한다. 従来 高收率펄프라고 일컬어 오던 것은 纖維가 剛直하고 협잡물이 많아 종이의 強度가 낮기 때문에 그의 用途는 极히 制限되어 있었다.



\*1: Sulfomethylation, \*2:Sulfomethylation, \*3:In alkali,

\*4:Sulfomethylation of SCP, \*5:Introduction of hydrophilic groups

Fig. 1. Basic concepts of high yield pulp making.

이의 대策으로서 리그닌濃度가 높은 細胞間層의 軟化度를 細胞壁의 그것보다도 相對的으로 크게 하는 것을 생각할 수 있다. 그러나 充分한 強度의 종이를 만들기 위해서는 단지 細胞間層 리그닌의 軟化만으로는 不充分하고 리그닌의 一部除去가 필요한 것이다. 이러한 의미에서 CGP나 SCP가 出現하게 된 것이라고도 말할 수 있다.

国1은 高收率 펄프製造를 위한 基本概念을 나타낸 것이다. 그림 중의 黑은 線은 現在 행해지고 있는 것을 나타낸다. 今後의 改質方向의 하나는 펄프에 親水性基를 導入시키는 것이다<sup>7)</sup>. 이러한 관점에서 새로운 蒸解藥品의 登場을 기대하고 싶다. 그러나 이것만으로는 改質은 不充分하여 리그닌의 일부를 除去할必要가 있다. 그리하여 70~80%까지 펄프收率를 低下시킬 수 밖에 없다. 木材chip을 藥液으로 处理하여 어떤部分의 리그닌, 炭水化物을 어느 程度까지 溶出시키면 어느 程度의 強度를 얻을 수 있을까?漂白은 쉬울까? 등이 今後 解決되어야 할 문제라 생각된다. 이 分野의 研究는 木材化学的으로도 극히 흥미로운 일이며 筆者가 当面하고 있는 研究課題이기도 하다.

## 5. 펄프·종이製造의 無公害化

### 5.1 公害防止의 現況

從來까지는 펄프·종이工业 排水의 水質에 관해서는暫定基準이 정해져 있었으나 1976年 6月 猶豫期間이 끝나고 現在는 SS 150ppm, COD 120ppm, BOD 120ppm 등의 排出基準이 適用되어지고 있다. 이에 대한 대策으로서 各工場은 工程排水의 特徵에 基礎하여

Table 13. Investment amount of antipollution Equipment in Japanese pulp & paper industry

Equipment	Amount, million			Ratio, %		
	1974	1975	1976	1974	1975	1976
Air pollution	56	50	45	31.3	28.6	30.0
Water pollution	95	108	67	53.1	61.7	44.7
Noise, shake	4	4	29	2.2	2.3	19.3
Disposal treatm.	19	9	7	10.6	5.1	4.7
Others	5	4	2	2.8	2.3	1.3
Total	179	175	150	100	100	100

67 million \$ (1972) 137 million \$ (1973)

懸濁物의 物理的處理, 化學藥品에 의한 凝集處理, 生物處理등의 排水設備, 또 排煙脫硫의 設備 및 크라프트工場 惡臭의 防止設備를 設置하여 왔다. 表13은 펄프·종이工业이 해온 公害防止設備의 種類別 投資內訳을 計한 것이다. 1976 年度의 投資額을 합치면 2,100億円가량의 巨額에 달한다. 더우기 今後의 規制對象은 BOD, COD가 TOC, TOD로、濃度規制가 濫量規制로 바꾸어지며 水溫, 色度등도 規制項目으로서 추가될 움직임이 있다.

### 5.2 既存設備에 對應하는 防止技術

既存의 펄프製造設備中 蒸解系의 Closed化(密閉化)는 상당한 水準에 달해 있으나漂白系의 Closed化는 重要한 課題로서 남아있다. 工程의 Closed化에 관한 共通된 概念으로서 汚濁負荷物을 工程内에 잡아두고 系外로 排出하는 量을 될 수 있는 한 減少시키는 것이다. 다만 工程의 Closed化라 할지라도 系內物質의 収支균형을 기할 必要가 있으며 또 剩餘物質을 어느 工程에서 排出할 것인가도 重要한 技術課題라 할 수 있다.

板紙의 製造에 Closed化가 高度로 되어있는 例가 있는데, 이 工場에서는 古紙를 原料로 하고 있으며 用水原單位는 2~3 m<sup>3</sup>/t으로 极히 낮다. 이 결과로서 従来의 原料收率 90%가 96~97%로 增加하였으며 이는 汚濁負荷因子가 製品化되어졌음을 의미한다. 이와 같은 操作例는 板紙이기 때문에 可能하다고 볼 수 있으나 보통의 종이製造에 있어서도 參考될 事項이 많다.

### 5.3 新しい 펄프製造法

새로운 펄프製造法의 方向은 工業化가 可能한 無公害化프로세스에의 指向이라는 것은 잘 알려진 사실이다. 이 分野의 研究에 있어서는 (a) 製造原理의 으로 無公害일 것, (b) 2次公害를 發生시킬 염려가 없을 것, (c) 品質의 으로 보아 既存의 펄프에 代替가능할 것, (d) 製造費用은 既存의 方法과 같은 정도일 것 등을 考慮할 필요가 있으며 또한 (a) 및 (b)에 관해서는 Closed化가 前提條件이 될 것이다.

以上의 觀點에 基本을 둔 無公害화 펄프製造의 技術開発이 世界의 펄프生産國에서 活潑히 進行되고 있다. 日本에서 파이롯트프랜트의 規模로서 研究가 進行되고 있는 것으로서는 日本종이·펄프研究所의 PFP法(Pollution Free Pulping의 略)<sup>9)</sup> 및 東洋펄프의

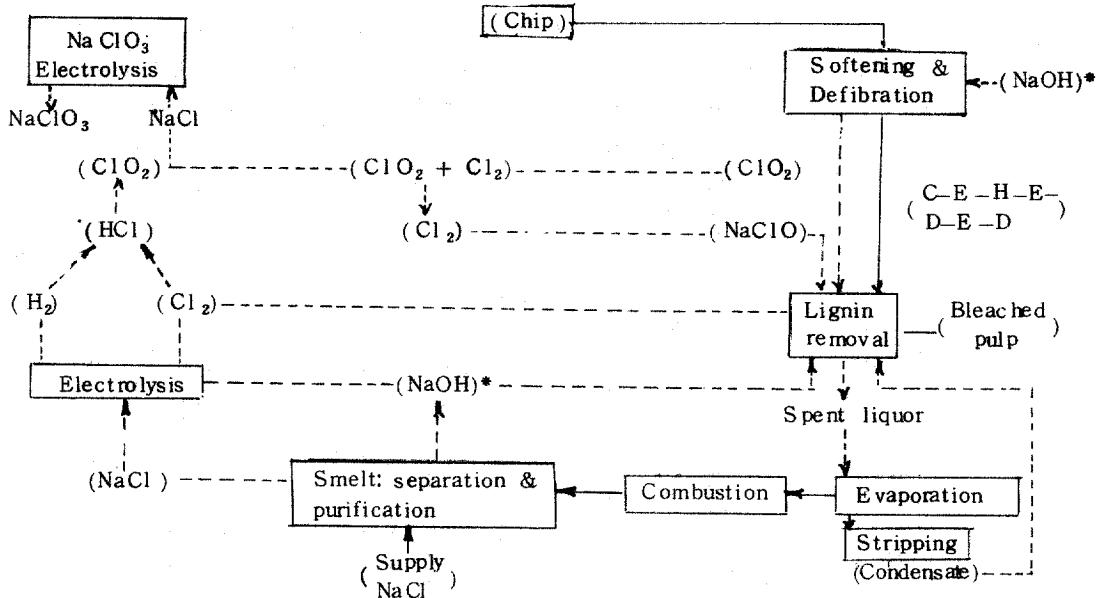


Fig. 2. PFP flow chart by Japan Pulp and Paper Research Institute Process

HOPES 法 (High Oxygen Pulping Enclosed System의 略)<sup>10)</sup>이 있으며 이들의 研究는 世界의 注目을 끌고 있다. 또한 아직 基礎研究의 段階에는 있지만 알카리·메타놀法<sup>11)</sup>도 今后 發展이 期待되어진다.

图2는 PFP法의 系統圖로서 木材은 먼저 가성소다로 前蒸解한 후 塩素, 2酸化塩素, 次亜塩素酸소다 등으로 選択의 脱リグ닌을 행하는 ペルプ製造法이다. ペルプ收率은 製造条件에 따라 달라 50~70%의範囲이며 排液은 完全히 回収한 후 濃縮, 燃燒하여 소금과 炭酸소다의 スペルト를 얻는다. 소금은 電氣分解에 의하여 塩素 및 가성소다로 되며 塩素는 2酸化塩素 및 次亜塩素酸소다 製造에 사용된다. 本法의 利点은 低温, 常圧에서 ペルプ化가 可能한 것과 ペルプ收率을 調整함에 의해 要求되는 品質의 ペルプ를 製造할 수 있다는데 있다. 또한 크라프트의 悪臭가 없으며 汚濁負荷量도 극히 적어진다. 그러나 電力消費量이 많고 回收設備が 腐食하기 쉬워 이 문제점의 解決이 本方法의 工業化에 難しさ가 된다고 말할 수 있다.

酸素·알카리蒸解를 글자로 하는 HOPES法 중 단一連續 digester 内에서 前蒸解와 酸素脱リグ닌을 実施하는 方式을 DODDEL法 (Dissolved Oxygen Displacement Delignification의 略, 图3参考) 이라 한다. 이 方法은 1977年부터 50 t/day의 세미·컴퍼시얼프랜트로 檢討되어 試運転한 結果 成功하였

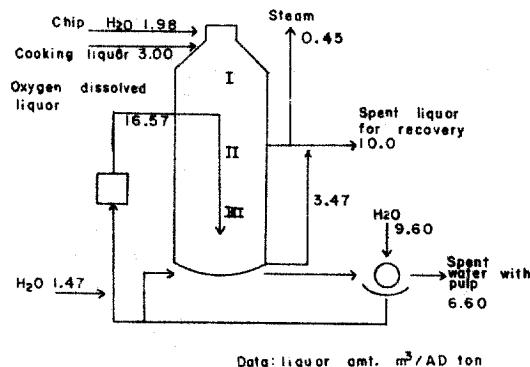


Fig. 3. Flow sheet HOPES-DODDEL process  
 I: Pre-cooked zone, II: Washing zone  
 III: Oxygen cooking zone

다고 報告되고 있다. 침은 前蒸解zone에서 向流洗滌되어지고 酸素蒸解zone에서 置換의 脱リグ닌이 되어진다. 또한 排液中の 가성소다는 酸化鉄을 사용하여 直接回収한다.<sup>10)</sup> 이와같이 한개의 digester 内에서 洗滌工程을 포함한 2段蒸解의 시도는 世界의 ペルプ·종이業界에서도 처음의 일이며 이는 設備價格의 양동에 고민하는 業界에 대해 今后의 開發方向의 하나를 提示하였다고 말할 수 있다.

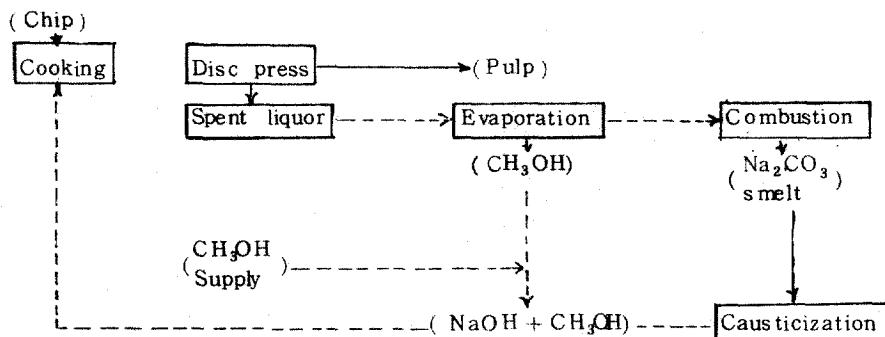


Fig. 4. Alkali methanol pulping flow chart.

图4는 알카리·메타놀법의 系統圖이다. 本法은 침을 加成소다·메타놀 혹은 碳酸소다·메타놀로 蒸解하는 方法이다. 濶葉樹材를 利用한 最適蒸解条件의 一例는 다음과 같다. 蒸解液;(加成소다 40 g + 메타놀 400 g) / t, 最高温度 160℃, 蒸解時間 60~90 min.,

펄프收率은 KP에 比해 2~5 %높았으며 종이의 強度는 KP에 類似하였다. 本方法의 成敗는 메타놀의 回收率 및 價格에 依存한다. 또한 濶葉樹를 利用하는 경우는 木材 t當 約 5 kg의 메타놀은 蒸解中 木材成分, 特히 hemicellulose 로부터 生成된다.<sup>11)</sup>

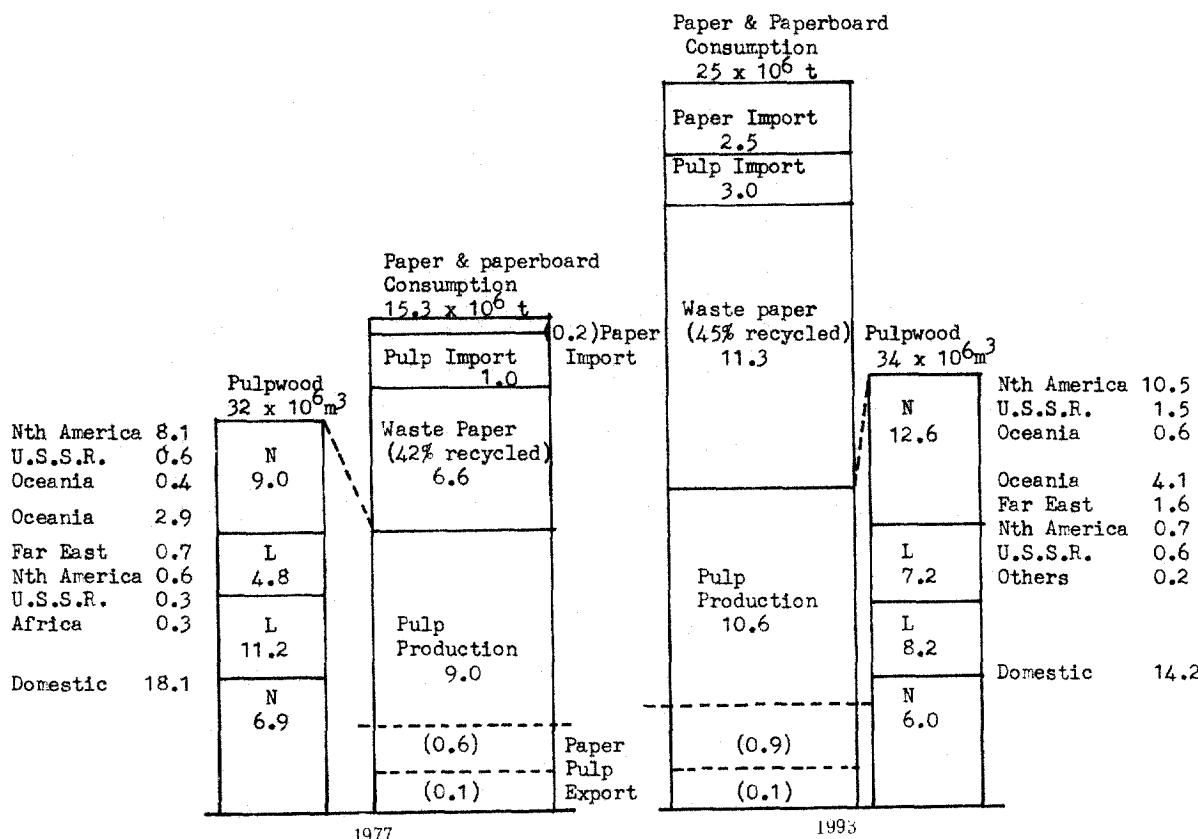


Fig. 5. Forecasting of Japan pulpand paper production in 1993

## 6. 總括

本稿의 첫머리에는 日本 종이·펄프工業의 過去 100年에 걸친 發展의 經過를 論하였다. 그간 펄프原料가 鈿葉樹材로부터 濱葉樹材에로의 転換, 펄프·종이生産量의 增加 및 펄프·종이의 品質이 向上된 것 등을 認定할 수 있으며 이러한 것들을 모두 새로운 技術의 開發에 뒷받침되어져 이루어진 것이라 하겠다. 특히 本工業에 있어서는 세계 어느나라보다도 앞서서 濱葉樹의 펄프化에 관한 많은 技術이 開發되었으며 最近에는 公害防止를 위한 새로운 技術開發의 研究가 계속되어지고 있다. 따라서 펄프·종이工業이 「公害型產業」이라는 이미지를 불식시켜주게 할 날이 올지도 모른다.

日本의 펄프·종이工業이 당면한 重要한 檢討課題의 하나는 現在의 製造技術을 前提로 해서는 一部의 地區를 제외하고서는 새로이 工場을 建設하는 것은 不可能에 가깝다는 것이다. 따라서 장차 많은 펄프와 종이를 輸入하지 아니하면 안되며 이와 같은 輸入의 拡大를 위해선 펄프·종이供給國과의 友好關係의 維持가 긴요하다고 하겠으며 世界의 펄프·종이工業의 發展을 위해서도 國際協力은 더욱 重視되지 않을 수 없다.

마지막으로 日本의 종이·板紙의 需要量이 2,500만 t/year에 달하는 時期는 1993年이 될것이라고 펄프·종이技術豫測研究会의 調査結果로부터 밝혀졌다. 이에 対応한 原木의 所要量, 펄프生産量, 古紙回収率등을 解析한 結果 2,500만 t/year의 종이·板紙의 需要量은 妥当한 數字로 볼 수 있으며 이 時点에서는 300萬t의 펄프의 輸入 및 250萬t의 종이輸入도 必要하게 될 것이다. 이와 같이 10~20年後에는 종이·펄프의 輸入 및 古紙의 利用이 종이·板紙의 需要를

充足시키는데 극히 重要한 位置를 차지하게 될 것이다.

## 文獻

- 1) 日本製紙連合会; 紙パルプ産業の現状, P-2(1980)
- 2) 西済; 製紙つれづれ草, 大日本印刷(1958)
- 西済; 製紙つれづれ草(続), 大日本印刷(1961)
- 米沢保証, 香山彌; 林業技術史, 第5編, P-312
- 日本林業技術協会(1975)
- 3) 紙パルプ技術協会; 紙及びパルプ年表(1974)
- 4) 紙業タイムス社; 紙業タイムス, 27(21), 22(1975)
- 5) 紙パルプ技術豫測研究会; 紙パルプ技術豫測調査結果報告書, No. 1 原料編(1979, Nov.)
- 6) 農林省; 重要な林產物の需要及び供給に関する張期の見通し(1973, Feb.)
- 7) H. Kvisgaard; Norsk Skogind., 19, 155(1965)
- H. P. Dahm; Paperi Puu, 48, 591(1966)
- 中野準三, 角祐一郎, 永田誠; Ippita, 7(1), 39(1970)
- 李宗藩, 中野準三; 紙バ技協誌, 28, 322(1974)
- 稻葉政満, 飯塚亮介, 中野準三; 紙バ技協誌, 31, 655(1977)
- 趙南寅, 中野準三, 岩見田糺, 角祐一郎; 紙バ技協誌, 34, 356(1980)
- 8) 町田; 紙パルプ技術タイムス, 28(1), 46(1976)
- 9) 中野準三; 化学工業, 3, 71(1974)
- 10) 永野正, 石井彰一, 宮尾再生, 花谷守正; HOPE S法の開発と現状, 紙パルプ技術協会 第42回 研究発表会講演集(1978, Jun.)
- 11) 中野準三; 紙バ技協誌, 33, 14(1979)

(譯: 横南大 趙南寅 博士)