

# 熱帶材의 펄프化 特性 \*2

香山 彊 \*3

## Pulping Properties of Tropical Wood \*2

Tsutomu Kayama \*3

### 1. 緒 論

펄프·종이工業의 主要原料로서 생각되는 顯著한 量의 木材資源이 熱帶地域에 熱帶林으로서 生育되고 있다.

闊葉樹가 이들 森林의 優勢種이고 많은 樹種이 混 合하여 森林을 形成하고 있다.

이들 樹種은 材의 化學組成, 木材纖維의 形態의 性質에 廣範圍한 變動이 認定되므로 當然히 이들의 여러 가지 性質은 펄프化 및 펄프의 性質에 커다란 影響을 주고 있고 또 많은 問題點도 指摘되고 있다.

여기에서는 熱帶材 中에서 우리들에게 極히 關係가 깊은 南洋材에 對하여 펄프原木으로서의 材의 性質과 펄프의 性質과의 關連性, 問題點에 關하여 記 述하고 다시 近年 펄프原料로서 重要視되어가고 있는 造林 早生樹種의 펄프化 特性에 關하여서도 言及

하기로 한다.

南洋材라고 하는 것은 極히 막연한 通稱이지만 一般적으로는 『아세아의 南方地域, 即 印度, 印度支 那半島, 인도네시아, 比律賓에 걸쳐서 生産되는 木 材』를 뜻한다고 생각되는데 여기에 다시 產出地域으 로서 近隣의 New Guinea, Australia, New Zealand 를 보태고 있다.<sup>1)</sup>

### 2. 材의 性質

#### 2.1 形態의 性質

一般적으로 材의 比重, 木材纖維의 形態의 性質이 펄 프의 物理的 性質에 커다란 影響을 미친다는 것은 잘 알려져 있고 南洋材에 關하여서도 形態의 性質에 關 한 研究는 相當히 많이 行하여지고 있다.

2~3의 例를 表. 1에 나타낸다.

表. 1 南洋材의 形態의 性質

産 地	東 南 亞 細 亞 <sup>2)</sup>	New Britain <sup>3)</sup>	比 律 賓 <sup>4)</sup>
樹 種 數	52	34	160
容 積 密 度 數 (kg/m <sup>3</sup> )	271 ~ (497) ~ 893	240 ~ (425) ~ 673	--
纖 維 長 (mm)	0.93 ~ (1.46) ~ 2.47	0.99 ~ (1.37) ~ 1.80	0.67 ~ (1.44) ~ 3.38
纖 維 幅 (mm)	17.4 ~ (29.9) ~ 46.3	21 ~ (3.02) ~ 49	13 ~ (25.0) ~ 42
纖 維 壁 厚 (mm)	5.0 ~ ( 8.3) ~ 14.6	5.1 ~ (6.9) ~ 11.2	3 ~ (6.0) ~ 18

\* 1 Received August 15, 1982.

\* 2 本報는 木材科學國際學術심포지움(1982, 春川, 韓國)에서 發表.

\* 3 北海道大學 農學部 Faculty of Agriculture, University of Hokkaido, Sapporo, Japan.

木材纖維의 길이, 幅, 細胞壁의 두께는 樹種에 따 라 상당한 變動이 認定되고 있지만, 一般적으로 溫 帶産闊葉樹材와 比較하여 纖維長이 多少 길고, 纖維 壁 두께가 多少 두꺼운 樹種이 많다.

容積密度數의 變動은 表. 1, 表. 2에 나타나 있는 것과 같이 상당히 크고 容積密度數가 낮은 樹

表. 1

Family	Species (genus)	Common name	Locality	Basic density kg/m <sup>3</sup>
1 Anacardiaceae	<i>Camposperma brevipetiolata</i>	Camposperma	Sol.	384
2	<i>Spondias sp.</i>	Spondias	N. G.	271
3 Apocynaceae	<i>Alstonia sp.</i>	Alstonia	"	335
4	<i>Dyera sp.</i>	Jeltong	Kal.	342
5 Burseraceae	<i>Canarium sp.</i>	Canarium	N. G.	369
6 Combretaceae	<i>Terminalia sp.</i>	Terminalia	"	388
7	"	"	"	340
8 Datisceae	<i>Octmeles sumatrana</i>	Erima	"	295
9 Dipterocarpaceae	<i>Anisoptera glabra</i>	Phdiek	Cam.	586
10	<i>Cotylelobium sp.</i>	Giam	Kal.	774
11	<i>Dipterocarpus sp.</i>	Apitong	Phi.	566
12	<i>D. alatas</i>	Chhoeuteal sar	Cam.	593
13	<i>D. insularis</i>	Chhoeuteal angkuoi	"	625
14	<i>Dipterocarpus sp.</i>	Keruing	Kal.	696
15	"	"	"	600
16	"	"	Mly.	664
17	"	"	"	650
18	<i>Dryobalanops sp.</i>	Kapur	Sab.	537
19	<i>Hopea pierrei</i>	Koki khsach	Cam.	695
20	<i>Shorea albida</i>	Sengauan	Swk.	458
21	<i>S. negrosensis</i>	Red lauan	Phi.	419
22	<i>Shorea (Rubroshorea) sp.</i>	Light red meranti	Kal.	364
23	<i>Shorea (Anthoshorea) sp.</i>	White meranti	"	481
24	<i>S. hypochra</i>	Komnhan	Cam.	638
25	<i>Shorea (Richetioides) sp.</i>	Yellow meranti	Kal.	397
26	<i>Shorea (Shorea) sp.</i>	Bangkirai	"	721
27	"	Balau	"	660
28	"	"	"	828
29	"	"	"	824
30	<i>Vatica sp.</i>	Resak	"	579
31 Euphorbiaceae	<i>Endospermum medullosum</i>	New Guinea basswood	N. G.	288
32 Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	Borneo oak	Kal.	797
33	<i>Nothofagus sp.</i>	New Zealand beech	N. Z.	499
34	"	"	"	504
35 Flacourtiaceae	<i>Homalium foetidum</i>	Malas	N. G.	664
36 Gomystylaceae	<i>Gomystylus bacanus</i>	Ramin	Kal.	527
37 Guttiferae	<i>Calophyllum sp.</i>	Calophyllum	Sol.	479
38	<i>Cratoxylon arborescens</i>	Gerongang	Smt.	352
39 Lauraceae	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Uling	Kal.	871
40	<i>Litsea sp.</i>	Litsea	N. G.	347

41	Leguminosae	<i>Albizia falcata</i>	Albizia	N. G.	319
42		<i>Koompassia excelsa</i>	Mengeris	Kal.	611
43		<i>Parkia streptocarpa</i>	Royong	Cam.	450
44		<i>Pseudosindora palustris</i>	Sepetir paya	Swk.	482
45	Magnoliaceae	<i>Michellia sp.</i>	Champaka	Kal.	450
46	Melastomaceae	<i>Dactylocladus stenostachys</i>	Jonkong	Swk.	412
47	Moraceae	<i>Artocarpus sp.</i>	Keledang	Kal.	460
48	Myrtaceae	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Kamarere	N. G.	454
49		<i>Eugenia sp.</i>	Kelat	Kal.	599
50		<i>Tristania sp.</i>	Rong leang	Cam.	893
51	Rubiaceae	<i>Anthocephal cadamba</i>	Labra	N. G.	346
52	Sapindaceae	<i>Pometia pinnata</i>	Taun	"	440
53	Sapotaceae	<i>Palaquium sp.</i>	Nato	Sol.	538
54		<i>Planchonella sp.</i>	Planchonella	N. G.	367
55	Simaroubaceae	<i>Ailanthus sp.</i>	White siris	"	337
56	Sterculiaceae	<i>Pterocymbium becaris</i>	Amberoi	"	295
57		<i>Tarrietia sp.</i>	Teraling	Kal.	580
58	Thymelaeaceae	<i>Aquilaria melaccensis</i>	Karas	"	350
59	Ulmaceae	<i>Celtis sp.</i>	Celtis	N. G.	521
60	Verbenaceae	<i>Gmelina sp.</i>	Gmelina	"	398

Cam. : Cambodia      Kal. : Kalimantan      Mly. : Malaya      N. G. : New guinea  
 N. Z. : New Zealand      Phi. : Philippines      Sab. : Saba      Smt. : Sumatra  
 Sol. : Solomon      Swk. : Sarawak

種, 높은 樹種의 數가 日本産材보다 많다.

表. 2 日本産材 및 南洋材의 容積密度數의 分布

容積密度數 (kg/m <sup>3</sup> )	樹 種 數	
	日本産材 <sup>5)</sup>	南洋材 <sup>2)</sup>
~ 400	11	20
401 ~ 600	33	24
601 ~ 750	7	10
751 ~	0	6

樹種數計                      ( 51 )                      ( 60 )

이와 같은 形態의 特性을 갖춘 南洋材의 펄프는 溫帶産欄藥樹材의 펄프와 比較하여 引裂強이 높고, 引張, 破裂, 耐折強 등이 낮은 것이 많다.

### 2.2 化學造成

材의 化學造成的 平均値를 表·3에 나타낸다. 지금까지 이루어진 많은 研究結果에서 南洋材의 各成分의 含有量은 樹種에 따라 相當한 變動을 認定할 수가 있으나 一般의으로 holocellulose 含有量이 낮

고 lignin 含有量이 높으며 α-cellulose 含有量이 多少 낮은 것이 알려져 있다.

또 抽出成分의 含有量이 높은 樹種이 많다(表·4). 이와 같은 性質을 지니고 있는 材에서 製造된 펄프는 收率이 낮고 kappa價가 높으며 또 漂白에 있어서는 收率이 낮고 鹽素使用量이 많아진다.

lignin, 抽出成分 含有量이 많은 樹種에서는 더 한층 上記의 傾向이 強하게 된다.

### 3. 펄프化 및 製低特性

크라프트 펄프化 및 펄프의 性質은 表·5에 나타낸 바와 같다.

#### 3.1 펄프化

南洋材 펄프의 收率은 平均 46% 前後로 日本産材 펄프의 平均 50%와 比較하면 多少 낮으나 纖維化는 簡單하고 screen 粕은 거의 찾아볼 수가 없었다.

收率 40% 以下를 나타낸 것은 기암 (*Cotylelob-*

表. 3 日本産材 및 南洋材의 化學組成 (平均値, %)

組成	産地	日 本 <sup>5)</sup>	東南亞細亞 <sup>2)</sup>	New Britain <sup>3)</sup>
樹 種 數		46	52	34
灰 分		0.49	0.95	1.02
熱 水 抽 出 物		4.5	5.2	3.7
alcohol - benzene 抽出物		2.2	4.9	2.1
n - 핵 산 抽出物		-	0.98	0.30
holocellulose		77.8	69.9	71.0
α - Cellulose		48.1	46.3	47.3
Lignin		23.4	30.0	29.9

表. 4 抽出成分 含有量이 많은 樹種 <sup>2)</sup> (對絶乾木材, %)

樹 種 名	熱 水 抽 出 物	alcohol-benzene 抽出物
기 암 ( <i>Cotylelobium</i> )	10.7	13.8
고기구사이 ( <i>Hopea</i> )	10.6	11.8
마 라 스 ( <i>Homalium</i> )	4.6	22.0
세프탈과야 ( <i>Pseudosindora</i> )	12.5	9.8
그 멜 인 아 ( <i>Gmelina</i> )	7.5	10.9
바 라 우 ( <i>Shorea</i> )	9.3	12.4
레 사 그 ( <i>Vatica</i> )	12.8	11.6
카 메 레 레 ( <i>Eucalyptus</i> )	4.6	13.1
리 체 아 ( <i>Litsea</i> )	4.7	9.7

ium), 레사크 (*Vatica*), 테라링 (*Tarrietia*)의 3樹種에서의 펄프로서 기암, 레사크는 抽出成分含有量이 異常하게 높고 (表·4) 테라링은 lignin 含有量 37.4%를 나타내고 있다.

Kappa 價는 日本産材 펄프보다 全般的으로 상당히 높은 數値를 나타내고 특히 우린 (*Eusideoxylon*)은 137.7이라고 하는 異常하게 높은 數値를 나타내고 있다.

### 3.2 漂 白

거의 모든 펄프는 通常的인 5段漂白에 있어서 高白色度를 나타내었으나 다음에 言及될 10 樹種으로부터의 펄프는 白色度 80 以下로 漂白이 多少 困難하였다.

스폰디아스 (*Spondias*), 알스토니아 (*Alstonia*), 예리마 (*Octomeles*), 케루잉 (*Dipterocarpus*), 뉴기니아 베-스우드 (*Endospermum*), 마라스 (*Homalium*), 세프탈 과야 (*Pseudosindora*), 촌콩 (*Dactylocladus*), 화이트 시리스 (*Ailantbus*), 리체아 (*Litsea*).

특히 리체아는 漂白後 白色度 69.9로 最低値를 나

타내었다.

또 우링材의 펄프는 異常하게 높은 Kappa 價(137.7)을 나타내기 때문에 漂白試驗은 行하지 않았다.

또 漂白펄프의 원래의 색깔로 되돌아가는 것의 指標인 PC 價(post colour number) 以上을 나타내는 것은 17 樹種의 펄프에서 確認할 수가 있었고 이들 중에서 7 樹種의 펄프는 앞에서 말한 漂白困難樹種과 重複하고 있다.(漂白困難樹種名中 언더라인을 부친 것)

重複樹種 以外の 10 樹種은 다음과 같다.

카나리움 (*Canarium*), 터미나리아 (*Terminalia*), 추우멜 (*Dipterocarpus*), 엘로우메란티 (*Shorea*)계 롱강 (*Cratoxylon*), 캄파스 (*Koompasia*), 카메레레 (*Eucalyptus*), 라부라 (*Anthocephalus*), 셀티스 (*Celtis*), 그멜인아 (*Gmelina*).

그 위에 戻色試驗을 行하였을 때에 펄프 Sheet 上에 樹脂斑點을 確認할 수 있었던 것은 추우멜, 케루잉 (*Dipterocarpus*), 고기 구사이 (*Hopea*), 방기 라이 (*Shorea*), 엘로우 메란티 (*Shorea*), 푸테이 크 (*Anisoptera*), 바라우 (*Shorea*)의 7 樹種의 펄

表. 5 펄프화 條件 및 크라프트 펄프의 性質

産 地	日 本 <sup>5)</sup>	東 南 亞 細 亞 <sup>2)</sup>	New Britain <sup>3)</sup>
樹 種 數	46	60	34
<u>Pulp 化 條 件</u>			
活性알칼리(%, Na <sub>2</sub> O로 하여)	13 ~ 17* <sup>1</sup>	16	16
黃化度(%)	25	25	25
液 比(ℓ/kg)	4	4 ~ 6	5
蒸解溫度(°C)	170	170	170
蒸解溫度到達時間(hr)	1.5	1.5	1.5
蒸解溫度維持時間(hr)	1.5	1.5	1.5
<u>未漂白 Pulp</u>			
pulp 收率(%, 對 chip)	50.2	46.1	45.9 (46.6)* <sup>3</sup>
kappa - 價	12.5 ~ 18.8	27.8	26.5 (19.2)
白 色 度	22.8	21.5	20.6 (21.7)
<u>Pulp 強度(未漂白 pulp)</u>			
sheet 密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.88	0.81	0.81 (0.77)
裂 斷 長 (km)	10.3	8.0	8.4 (8.3)
比破裂強	7.7	5.7	6.5 (7.3)
比引裂強	107	130	138 (128)
耐 折 強	1,723	898	644 (190)
<u>漂 白 Pulp</u>			
pulp 收率(%, 對未漂白 pulp)	95.7	96.0	-
白 色 度 (%)	88.4	83.9	-
PC 價	-	3.7	-

펄프의 性質에 關한 數値는 平均値를 나타냄.

- \* 1. 거의 모든 펄프는 活性 알칼리 15%로 蒸解된다.
- \* 2. 漂白스케줄 : C-E-D-E-D
- \* 3. ( )內的 數字는 混合樹種 펄프化의 結果를 나타낸 것임.

프로 이들은 모두가 二羽柿科(Dipterocarpaceae)에 所屬한다.

그 밖에 세프탈 파야(Pseudosindora), 렌가스(Gluta)材의 漂白펄프에 關하여서도 樹脂斑點의 發現이 認定된다.<sup>6)</sup>

이와 같이 南洋材펄프 中에는 漂白에 關하여 各種 問題點이 있는 것이 많으나 이들은 材中의 抽出成分과의 關係가 깊으며 여기에 關하여서는 樹脂障害의 項에서 後述한다.

카라스(Aquilaria)材의 漂白펄프는 낮은 PC 價를 나타내나 變色試驗後에 材內節部에 起因하는 褐色斑點을 나타내었다.

### 3.3 펄프의 強度

南洋材의 未漂白펄프는 日本産材 펄프와 比較하여

一般的으로 引裂強度가 높고 引張強, 破裂強, 耐折強 등이 낮다.

地域적으로는 New Guinea (New Britain을 包含)産材의 펄프는 다른 地域의 것보다도 多少 높은 數値를 나타내는 것이 많았다.

한편 引裂強度를 除外하고 상당히 낮은 強度를 나타내는 것은 二羽柿科 7樹種을 包含하는 10樹種의 펄프였다.

프더익 (Anisoptera), 기얄 (Cotylelobium), 아피 퉁, 휴우멜, 케루잉 (Dipterocarapus), 콤니한 (Shorea), 방기라이 (Shorea), 테라링 (Tarrietta).  
(樹種名中 언더라인을 부친 것은 二羽柿科)

### 4. 材의 性質과 펄프의 性質과의 關係

表. 6 材의 性質과 펄프의 性質과의 相關係數<sup>2)</sup>

區 分	Pulp 收 率	Roe 價 (Kappa價)	白色度 (未漂白)	PC 價	Sheet 密 度	裂斷長	比破裂 強 度	比引裂 強 度	耐 折 強 度
容 積 密 度 數	-0.485**	0.181	-0.372**	-0.283*	-0.733**	-0.612**	-0.657**	-0.081	-0.505**
灰 分	0.185	-0.157	-0.022	0.003	0.387**	0.311*	0.225	-0.043	0.334
熱 水 抽 出 物	-0.419**	0.204	-0.031	-0.035	-0.084	0.010	-0.068	-0.130	-0.210
알코올·벤젠 抽 出 物	-0.399**	0.083	-0.042	0.216	-0.360**	-0.207	-0.196	0.028	-0.282*
n-핵산 抽 出 物	-0.170	-0.029	0.222	0.670**	0.064	0.062	-0.063	0.001	0.002
holocellulose	-0.606**	-0.249	0.290*	-0.047	0.292*	0.062	0.042	0.024	0.120
α-Cellulose	0.151	-0.101	0.161	-0.216	-0.024	-0.263	-0.347*	-0.072	0.005
Lignin	-0.450**	0.311*	-0.316*	0.054	-0.387**	-0.360**	-0.326*	0.180	-0.418**
纖 維 長	-0.230	0.288*	-0.231	-0.082	-0.338*	-0.089	-0.139	0.205	0.201
纖 維 幅	0.242	0.082	0.269	0.101	0.407**	0.348*	0.318*	-0.132	0.475**
纖 維 壁  두 께	-0.280	0.231	-0.436**	-0.119	-0.580**	-0.479**	-0.514**	-0.085	-0.219

\* 5% 水準에서 有意 : 0.273  
 \*\* 1% 水準에서 有意 : 0.354

材의 性質과 펄프의 性質과의 相關係數를 表 6에 나타낸다.

表에서 明白한 것과 같이 材의 形態的性質, 化學組成과 펄프의 性質과의 사이에는 密接한 關係가 存在하고 있음은 明白하다.

이들의 關連性 中에서 特徵的인 것에 關하여 다음에 記述한다.

펄프收率 收率에 影響을 주는 材의 여러 性質은 從來 溫帶產材에서 認定되어 온 것과 거의 같은 것이나 容積密度數에 關하여서는 從來의 結果에서는 正의 相關이 認定된 것이 많다.

그러나 여기에서 認定된 負의 相關은 南洋材에는 抽出成分 含有量이 높은 樹種이 많다는데 起因하고 있다고 생각된다.

roe價(kappa價) 펄프中 殘存하는 lignin 量과 密接한 關係가 있는 數值이기 때문에 材中の lignin 含有量과 正의 相關이 存在하는 것은 當然할 것이다.

白色度(未漂白) 溫帶產材의 境遇는 比較的 近緣樹種을 펄프原料로 하는 일이 많기 때문에 未漂白 펄프의 白色度는 比較的 좋은 範圍에 分布하는 고로 材의 性質과의 關係에 關하여 檢討된 例는 거의 찾아볼 수가 없으나 南洋材의 경우는 材의 性質, 펄프의 性質의 變動幅이 넓기 때문에 未漂白 펄프의 白色度에 關하여서도 여기에 影響을 미치는 材의 性質을 檢討할 必要가 있을 것이다.

얻어진 結果는 表에 나타낸 바와 같으나 이들은 筆者 등이 廣範圍한 樹種을 包含한 日本產材에 關하여 檢討를 行한 것과 類似한 傾向을 나타내고 있다.

PC價 漂白펄프의 變色은 南洋材펄프의 커다란 缺點의 하나로 되어 있으나 n-핵산 抽出物과 매우 높은 正의 相關을 나타내고 있다.

이것은 材의 抽出成分中 特定한 成分이 變色에 強하게 關與하고 있다는 것을 나타내는 것으로서 原料 材 分類의 重要한 指標의 하나로 될 수가 있다.

sheet密度 sheet密度는 溫帶產材 펄프에 關하여는 一般적으로 材의 比重, 或은 晚材率, 細胞壁 두께 등 材의 比重과 높은 相關을 나타내는 要因과 關係가 있다는 것이 알려져 있고<sup>7)</sup> "守屋"는 比律 寶產材에 關한 研究에서 Sheet密度는 厚-면幅/纖維幅과 正의 相關을 나타낸다는 것을 認定하고 있다.<sup>8)</sup>

여기에서는 形態的 性質로서 材의 容積密度數(-) 細胞壁 두께(-) 化學組成으로서 灰分(+), alcohol-benzene 抽出物(-), Lignin (-)이 1% 水準에서 sheet密度와 有意한 相關을 나타내었다.

南洋材는 表3에 나타낸 것과 같이 上記의 化學組成成分의 含有量이 높기 때문에 化學組成의 펄프의 性質에 미치는 影響을 無視할 수 없다고 생각된다.

한편 日本產材의 경우는 Sheet密度에 關하여 化學組成成分의 影響은 認定할 수가 없었다.<sup>6)</sup>

引張強 및 破裂強 펄프 sheet의 引張強과 破裂強은 높은 相關關係가 있으며( $r = 0.897$ ), 다 합

계 거의 同一한 材의 性質要因의 影響을 받는다는 것이 나타나 있다(表·6).

一般的으로 이들 強度에 關하여서는 溫帶産材의 境遇 sheet 密度와 마찬가지로 材의 形態的 性質과 的 密接한 關係가 強調되고 있으나 여기에서는 材의 形態的 性質, 化學的 性質의 影響을 받고 있다는 것이 明白하다.

그러나 가장 重要的 要因은 材의 容積密度數였었다.

**引裂強** 表·6에서 分명한 것과 같이 引裂強과 材의 性質과의 사이에는 有意한 相關은 認定할 수가 없다.

Peteri 와 Petroff 는 纖維長 0.6~2.2mm의 變動幅을 가지고 있는 廣範圍한 種類의 熱帶材의 纖維의 形態的 性質과 종이性質과의 關係에 關한 研究로 纖維壁두께/루-멘幅은 引張強에 對하여 가장 重要的 要因이지만 纖維長과 引裂強과의 사이에 有意的인 相關을 認定할 수가 없었다고 報告하고 있다.<sup>9)</sup>

이것은 廣範圍한 樹種에 있어서의 纖維의 性質의 커다란 變動幅 때문에 纖維長의 引裂強에 미치는 影響이 덮여져 숨긴 것으로 생각된다.

그러나 많은 研究者는 纖維長과 引裂強과의 사이에는 密接한 關係가 存在한다는 것을 認定하고 있고,<sup>7)</sup> 筆者도 20種의 南洋材에 對하여 行한 研究에서 兩者間에 高度의 有意的인 相關이 存在한다는 것을 認定하고 있다.<sup>10)</sup>

**耐折強** 耐折強은 引裂強, 破裂強과 各各 높은 相關關係에 있다( $r=0.714$ ,  $r=0.699$ ).

따라서 耐折強에 影響을 미치는 材의 性質要因은 引張強, 破裂強의 境遇와 거의 同一하였다.

지금까지 말하여 온 것과 같이 南洋材의 境遇 材의 形態的 性質과 化學組成은 다 함께 펄프의 性質과 密接한 關連性이 있으나 化學組成은 주로 펄프化 舉動에 關連하고 形態的 性質은 주로 Sheet 強度에 關連한다는 것이 分명히 되었다.

따라서 製紙原料로서의 南洋材는 펄프製造時 製品펄프의 用途에 應한 諸性質이 發現되도록 이들의 相互關係에 따라서 可及的 크게 group으로 나누어지는 것이 期待된다.

## 5. 問題點

### 5.1. 森林構成

南洋材 펄프化의 問題點의 하나로서 南洋材 生育地域에 있어서의 森林의 樹種構成의 複雜性이 認定

되고 있다. 이것은 各各의 構成樹種은 材의 化學的 性質, 物理的 性質, 木部纖維의 形態的 性質 등에 廣範圍한 變化가 보이므로 펄프原料으로서의 立場에서 생각하면 一般的으로 切質性을 強하게 要求되는 工業原料로서는 大端히 不利하다.

그렇지만 今後에는 原料對等의 一環으로서 積極的으로 이들 材를 펄프材로서 利用하여 나가자 않으면 안되지만 그를 爲하여서는 많은 樹種의 混合펄프化의 成否가 重要的 問題이다.

南洋材 生育地域中에서 木材를 中心으로 생각했을 때 東南亞細亞, 特히 가리만당(Borneo), 比律賓, 등의 南洋材의 主要産地와 New Guinea하고는 커다란 차이가 있다.

即, New Guinea에는 메란티類(*Parashorea Pentacme Shorea*)를 비롯하여 아피통, 케루잉類(*Dipteracarpus*), 카볼(*Dryobalanops*) 등의 二羽柿科(*Dipterocarpaceae*)의 主要한 樹種이 分佈하고 있지 않다.

따라서 樹種의 蓄積은 前者에 있어서 二羽柿科와 같이 森林中에서 絶對的 優勢를 占하는 樹種이 없다는 것이 特徵이다.

따라서 樹種의 混合펄프化에 關하여서는 前者에서는 주로 二羽柿科의 樹種에 對하여 檢討를 하면 상당한 部分에 對하여 cover할 수가 있으나 後者에서는 全히 다른 觀點에서의 檢討가 必要하다.

二羽柿科의 材의 펄프化에 關하여서는 各種研究結果가 公表되고 있고 日本에서도 製材工場이나 合板工場의 廢殘材를 原料로 한 라왕材中心의 chip이 어느 程度 펄프原料로서 使用되고 있다.

그러나 이들 chip은 樹脂障害, 道管障害, 強度的 性質 등의 問題點을 많이 包含하고 있기 때문에 펄프製造의 主要原料로서는 될 수가 없고 다른 chip과 混用되고 있다.

比律賓에서는 라왕類로 比較的 淡色の 것을 選擇하여 크라프트 펄프原料로서 使用하고 있다.

그러나 아피통(*Dipterocarpus*)의 使用은 避하고 있는 것 같다. 新聞用紙 原料로서는 몰칸소오(*Albiziafalcata*), 구바스(*Emotospermum Pelatum*)를 使用하고 있다.<sup>11)</sup> Papua New Guinea材의 펄프化에 關하여 Australia 林産研究所의 廣範圍한 研究가 있으나<sup>12)</sup> 樹種의 混合펄프化에 關하여서는,

① 森林構成 樹種은 100~200樹種을 셀 수가 있으나 그 蓄積量은 하나의 森林中에서 單一樹種으로 15%를 넘어가는 것은 거의 없다.(表·7)

表 . 7 Papua New Guinea 各地區의 森林構成主要 樹種<sup>12)</sup>

V 地 區		G 地 區		O 地 區*	
Intsia	(11.3)	Intsia	(8.5)	Pometia	(16.2)
Pometia	(11.1)	Pometia	(7.6)	Pimeleodendron	(6.7)
Myristica	(4.0)	Terminalia	(5.5)	Myristica	(6.3)
Pimeleodendron	(3.9)	Dysoxylum	(3.7)	Celtis	(5.1)
Celtis	(3.7)	Teysmaniodendron	(3.3)	Dysoxylum	(4.3)
Horsfieldia	(3.2)	Sterculia	(3.0)	Garcinia	(3.2)
Terminalia	(3.1)	Ficus	(2.7)	Ficus	(3.0)
Homalium	(2.9)	Pimeleodendron	(2.6)	Canarium	(2.7)
Mastixiodendron	(2.8)	Canarium	(2.5)	Calophyllum	(2.6)
Ficus	(2.5)	Myristica	(2.4)	Terminalia	(2.1)

( ) 内の 數字는 蓄積量의 率을 나타냄.

\* 이 地區에서는 *Eucalyptus deglupta* 는 거의 純林을 이루고 있기 때문에 計算에서 除外하였다.

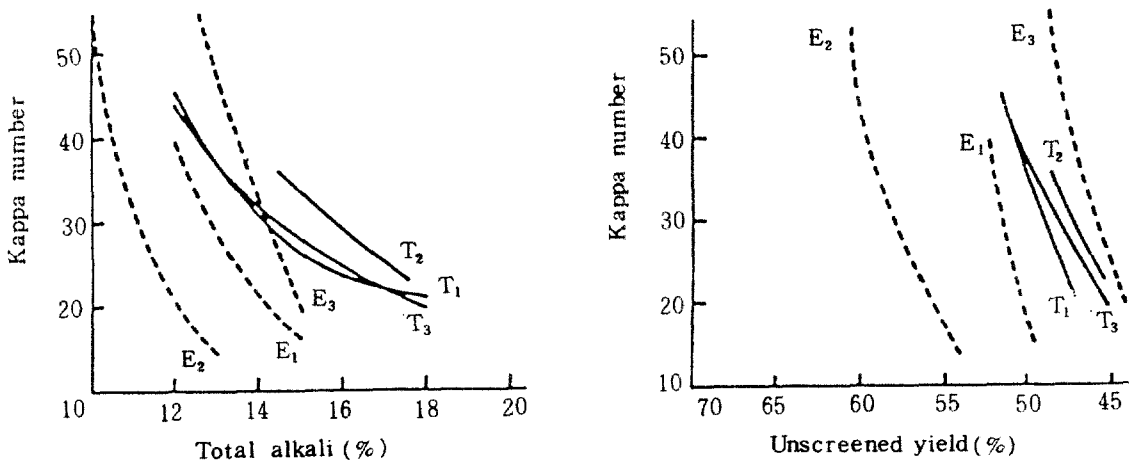


圖 . 1 熱帶材 크라프트펄프의 펄프化舉動<sup>12)</sup>

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> : 熱帶材

E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> : 유칼리材

② 이들 樹種의 混合材에서 製造한 펄프의 性質은 유칼리材 펄프와 比較하여 알카리 消費量이 많고

New Britain 産材의 境遇<sup>3)</sup> 樹種混合 펄프化에 關하여서는 上記한 것과 거의 同一한 結論을 얻고 있으며 펄프 強度는 表 5에 나타낸 것과 같이 南洋材로서는 多少 높은 數値를 보이고 있다.

日本에서 New Guinea - 코코 - 루地區의 混合樹種의 材를 使用하여 크라프트 펄프를 製造하고 있는 工場에서는 펄프材 不適樹種으로서 엘로·치즈우드 펄프收率이 떨어지며 叩解에 長時間을 要하나 一定 freeness에서의 強度的 性質은 거의 近似한 數値

를 준다고(圖 . 1, 圖 . 2)하는 結論을 얻고 있다. (*Nauclea*), 뉴기니아 바이텍스(*Vitex*), 에리마(*Octomeles*), 화이트·치즈우드(*Alstonia*) 스폰다아스(*Spondias*)의 材를 原料材에서 除外하고 있다.

### 5.2. 樹脂障害(pitch trouble)

앞에서 말한 바와 같이 南洋材에는 抽出成分含有量이 높은 것이 많고 樹種에 따라서는 펄프·製造 工程中에 있어서 혹은 製品에서 樹脂障害가 나타난다는 것이 알려져 있다.



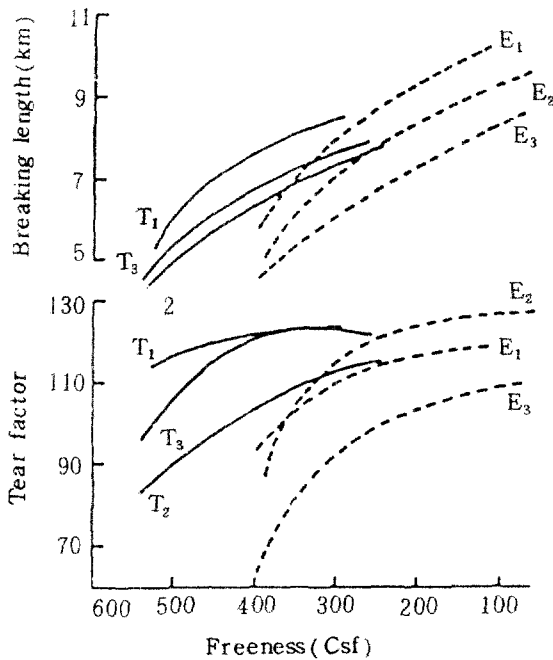
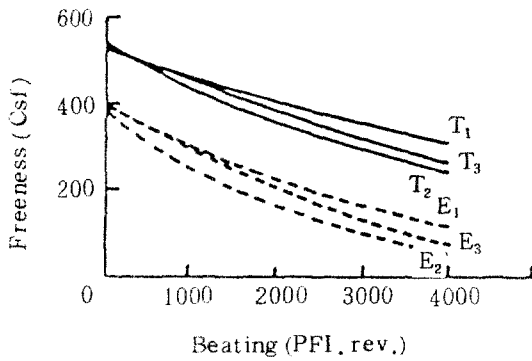


圖 2 熱帶材 크라프트펄프의 叩解舉動 및 sheet 強度<sup>12)</sup>

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>: 熱帶材  
E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>: 유칼리材

이것은 주로 抽出成分中에서 펄프化 工程中 流亡하기 어려운 中性成分 含有量이 높은 樹種이 많은 것에 起因하는 것으로 특히 二羽柿科 樹種에 顯著하게 볼 수가 있다.

樹脂斑點 및 펄프化의 戻色

製品中에 나타나는 樹脂障害로서 가장 顯著한 것에는 樹脂斑點과 펄프의 戻色이 있다.

樹脂斑點에 의한 障害는 工場에 있어서는 calendar 處理에 의하여 褐色斑點으로서 製品에 나타나는 것, 印刷하였을 境遇에 斑點部分에 印刷顔색을

싱기게 하는 것이 經驗되고 問題로 되어 있다.

樽等은 障害가 나타나는 方法과 펄프中에 殘留한 樹脂의 舉動等에서 樹脂障害를 3種으로 區分하는 것을 提案하였다.<sup>6)</sup>

pitch-I, 二羽柿科를 主로 한다. 樹脂粒. (溶媒易溶). 凝集析出.

Pitch-II, 세프탈파야, 렌가스 等, 黃色斑點 (溶媒難溶). 凝集析出.

pitch-III, 廣範圍한 樹種. 戻色 (溶媒易溶部分 많음). 分散.

pitch-I: 主成分은 飽和알코올, 스테로이드 트리테루펜等 어느 程度의 極性, 分子量을 지니는 結晶性脂肪族, 脂環族 알코올 乃至는 케톤이다.

pitch-II: 斑點의 原因物質은 材中에 存在하는 phenolic 成分으로 이것이 同一하게 材中에 存在하는 樹脂中性部(飽和炭化水素, 飽和알코올, β-cy-tosterol 等)에 의한 carrier 乃至는 protector 로서의 作用에 의하여 蒸解, 漂白工程을 通하여 斑點으로서 出現한다.

pitch-III: 樹脂斑點을 形成하지 않으며 戻色에 크게 寄與하는 南洋材에 널리 찾아볼 수가 있는 樹脂成分에 起因하는 것이다.

이들의 障害가 나타나는 樹種에 對하여서는 이미 3·2에서 말한 바와 같다.

Pitch 의 析出

라왕材等을 크라프트法에 의하여 蒸解하고 繼續해서 5段漂白(CEHED)을 行하였을 때, 漂白펄프에 相當量의 樹脂가 殘留하고 樹脂의 化學成分에서 보면 酸性物質은 比較的 除去하기 容易하나 中性成分은 除去하기 어렵다는 것이 明白히 되었다.<sup>13)</sup>

(表·8)

表·8 라왕材펄프의 殘留樹脂量<sup>13)</sup>

區 分	chip	未漂白 펄프	第2段 漂白펄프	第4段 漂白펄프	第5段 漂白펄프
펄프收率(%)	100	49.0	45.9	43.8	40.9
樹脂量(%)	2.9	1.7	1.4	1.4	1.0

漂白스케줄: CEHED

펄프化 各工程에서(蒸解 및 漂白) 殘留하는 中性成分에 의한 pitch의 析出力을 檢討한 結果 工程에 따라 相當한 差가 認定되고 있다.

pitch 中の 樹脂의 中性成分의 析出力은 그다지 크지 않으나 蒸解 後의 것, 即, 未 펄프에 殘留하

는 樹脂에서는 特別히 크게 되고, 2段漂白 後의 樹脂의 中性成分의 析出力이 最高에 達했다.

漂白工程이 진척되어 5段漂白 後의 pitch의 析出力은 다시 작아져 버린다.<sup>14)</sup>

2段漂白 後의 펄프는 鹽素處理와 알카리 抽出을 받고 있으며 鹽素處理에 依하여 펄프中의 樹脂는 보다 粘稠한 性質을 갖게 되어 이 때문에 同時에 乳化分散을 받기 어려우며 그 위에 알카리에 依한 鹼化作用도 拒絶하게 되어 이 때문에 pitch의 析出力을 높인 것으로 생각된다.

또 樹脂의 中性成分은 그 極性の 大小에 따라 pitch 析出力에 差異가 있는 것을 볼 수가 있다.

中性成分에서도 極性が 적은 炭化水素 triterpene ketone (例컨대  $\phi$ -taraxasterone) 등은 pitch의 析出力이 작고 또 極性が 지나치게 큰 物質의 析出力은 작게 되고 가장 析出力이 높은 物質은 脂肪族 알코올,  $\beta$ -cytosterol triterpene alcohol (例컨대 dipterocarpol) 등으로 pitch의 析出力을 높이는 데 必要한 最適極性이 存在하는 것 같다.<sup>14) 15)</sup>

한편 펄프化 및 抄紙工程을 통한 脫樹脂의 一般的인 舉動에 關하여서는 極性が 큰 樹脂成分에서 逐次除去되어 가고 極性が 작은 것은 最後까지 殘留한 後로 進하여져 있기 때문에 펄프化 工程中의 樹脂 障害를 생각하는 境遇에는 工程에 있어서의 脫樹脂의 經過와 殘留樹脂의 析出力의 推移에 關하여서 함께 檢討할 必要가 있다.

### Pitch의 除去

工程中에서 어떻게 해서 pitch를 除去하느냐 하는 것은 樹脂障害의 排除에 있어서 없어서는 안될 重要事項이다. 앞에서 말한 바와 같이 樹脂는 工程이 진척될수록 析出性을 增加하고, trouble을 일으키기 쉽게 되므로 可及의 빠른 段階에서 可能한 限 除去하는 것이 바람직하다.

pitch의 除去法으로서 蒸解直後의 高溫洗淨의 有效性이 認定되어 있기 때문에<sup>16) 17)</sup> 連續蒸解에서 高溫擴散(high heat diffusion) 方式에 依한 脫樹脂의 效果가 期待된다.

또 鹽素處理를 行하지 않고 酸化漂白前 處理를 漂白 第一段에 行하므로써 펄프 sheet에 樹脂斑點이 形成되지 않았으며 戻色도 크게 改善되었다.<sup>17)</sup>

其他 洗淨時에 界面活性劑를 加하고 脫樹脂를 促進하는 方法<sup>16)</sup> 센트리크리나(cenri cleaner)로 斑點 및 樹脂分을 除去하는 方法<sup>18)</sup> 등이 工程實驗을 包

함하여 檢討되었으나 充分한 除去效果를 얻는데 까지는 이르지 못하고 있다.

pitch-II의 除去에 關하여서는 漂白工程의 알카리 處理할 때 即, 하이포크로라이트, 過酸化水素, 알카리抽出等의 處理時에 微量의 相間移動觸媒를 併用함으로써 커다란 效果가 認定되고 있다.<sup>19)</sup>

그러나 pitch의 除去法에는 아직 充分한 解決法이 確立되어 있지 않으므로 今後의 研究進度에 따라 有效한 除去法의 開發이 強力하게 要項되고 있다.

### 5. 3 導管障害

道管等에 由來하는 종이의 表面強度의 低下 通常 뱃셀피킹이라 불리우는 印刷障害는 樹脂障害와 함께 南洋材펄프의 가장 두드러진 欠點의 하나이다.

導管障害는 通常라왕材等과 같이 導管의 直徑이 크고 그 위에 導管의 形態가 樽型을 이루고 있는 것에 많이 나타난다는 것 알려져 있고 南洋材中에는 導管이 라왕材의 그것과 類似한 構造를 갖는 것이 많으므로 相當한 數의 樹種에 對하여 이러한 障害는 予見된다.

障害排除 對策으로서 導管을 除去하거나 破壞하는 것이 생각되어 센트리크리나에 依한 叩解에 依한 것 등의 例가 報告되어 있다.<sup>18)</sup>

센트리크리나에 依한 境遇에는 供給펄프 濃度 0.1~0.15% 일때가 반점의 除去率이 가장 좋아서 80% 以上에 이르고 있다.

工程實驗에 있어서 供給펄프 濃度의 影響은 크고 펄프濃度 0.2% 일때는 반점의 除去率이 42%에 이르고 있으나 펄프濃도가 0.3%가 되면 除去率은 相當히 減少하여 24% 程度로 된다.

또 叩解에 依할 때에는 叩解作用에 따라 道管은 粘狀化 或은 fibril化하여 周圍의 纖維와 휘감겨 붙는 것도 잘되어 障害는 相當히 減少하는 것이 認定되고 있다.

이러한 境遇 叩解濃度의 影響은 커서 叩解濃度 10% 以上이 되면 vessel picking 數는 顯著하게 減少하는 것이 明白히 되어 있다.<sup>20)</sup>

最近 센트리크리나와 高濃度 叩解를 서로 짜서 뱃셀피킹을 效率的으로 防止하는 方法이 提案되어 있다.<sup>20) 21)</sup>

이 方法은 最初에 센트리크리나에 依하여 펄프供給 濃度 0.25%로 펄프를 分離하고 vessel를 많이 포함하는 reject 펄프(全펄프의 21%)를 高濃度(20%)로 叩解하고 accept 펄프는 通常的인 低濃度(5%)로 叩解를 行하며 叩解後 兩者를 混合하여 抄低하

은 것으로 vessel pick의 減少와 紙質의 向上 등이 認定되고 있다.

### 6. 造林早生樹種의 펄프化

近年, 熱帶地域의 森林資源 回復의 方策의 하나로 伐採跡地에 있어서의 早生樹種의 造林이 크게 취급되고 이들의 材를 펄프原料로서 使用하는 것에 기대를 걸고 있다.

對象樹種으로서의 *Albizia falcata* (볼칸소오 Pi, 켄징 In, 샌공라우트 In)

*Anthocephalus cadamba* (케렌파양 In, 카토

안 반칼 Pi), *Camposperma brevipetiolata* (터렌탕 In), *Eucalyptus deglupta* (카메레레 N·G, 바구라스 Pi), *Gmelina arborea* (카유티티 In 5메리나 N·G, 예마베 Pi) *Leucaena latifolia* (자이안트 이필이필 Pi)

Pi : 比律賓, In : Indonesia

N·G : New Guinea

등이 올리어져 있다. 이 중 볼칸소오, 카메레레, 그펠인아 등은 이미 事業의 規模로 造林이 行하여지고 있다.

이들 樹種은 例컨대 表 9에 나타낸 것과 같이 어느 것이나 生長이 빠르고 植栽後 10年 程度에서 胸高直徑 數 10 cm에 達하는 것이 選定되어 있다.

表 9 솔로몬 群島者 造林早生樹種<sup>22)</sup>

Species	Locality	Age	Tree diameter (b.h) cm.
1. <i>Anthocephalus cadamba</i>	Gizo	5	19.4
2. <i>Anthocephalus cadamba</i>	Gizo	5	23.9
3. <i>Anthocephalus cadamba</i>	Viru Harbour	3	20.7
4. <i>Anthocephalus cadamba</i>	Viru Harbour	3	17.2
5. <i>Camposperma brevipetiolata</i>	Ringi Cove	30	51.6
6. <i>Camposperma brevipetiolata</i>	Ringi Cove	30	30.2
7. <i>Camposperma brevipetiolata</i>	Gizo	8	20.9
8. <i>Cedrela odorata</i>	Gizo	5	18.1
9. <i>Eucalyptus deglupta</i>	Gizo	8	20.7
10. <i>Gmelina arborea</i>	Gizo	4.5	22.8
11. <i>Gmelina arborea</i>	Gizo	4.5	27.1
12. <i>Gmelina arborea</i>	Gizo	7	42.5
13. <i>Terminalia brassii</i>	Noro New Georgia	30	40.6
14. <i>Terminalia brassii</i>	Noro New Georgia	30	40.0
15. <i>Terminalia calamansanai</i>	Gizo	6	26.0
16. <i>Terminalia calamansanai</i>	Gizo	5.5	23.1
17. <i>Terminalia calamansanai</i>	Gizo	5.5	26.9
18. <i>Terminalia calamansanai</i>	Ringi Cove	30	(50.0) 5.8 m h.
19. <i>Cedrela odorata</i>	Mt. Austen	14	44.5
20. <i>Eucalyptus deglupta</i>	Mt. Austen	13	55.3
21. <i>Gmelina arborea</i>	Mt. Austen	11	39.2
22. <i>Gmelina arborea</i>	Mt. Austen	11	44.9
23. <i>Terminalia brassii</i>	Mt. Austen	-	42.2
24. <i>Terminalia brassii</i>	Mt. Austen	-	32.6

그러나 材의 容積密度數은 一般的으로 300~400 ha/m<sup>3</sup> 程度로서 매우 낮다. 筆者들의 試驗結果<sup>22)</sup>에 따르면 樹齡 15年 以下の 試料은 *Eucalyptus*

와 *Gmelina*를 除外하고는 320 ha/m<sup>3</sup> 以下를 나타내고 있다.

또 高樹齡 天然木과의 比較에서는 造林木이 多少

고 *Eucalyptus* 와 *Gmelina* 에 關하여서는 樹齡의 影響은 그다지 認定되지 않았다. (表 · 10)

表 · 10 造林早生樹種의 容積密度數<sup>22)</sup>

試 料	記 號	樹 齡	容積密度數 (kg/ m <sup>3</sup> )
2. <i>Anthocephalus cadamba</i>	A	5	310
3. <i>Anthocephalus cadamba</i>	B	3	260
6. <i>Campnosperma brevipetiolata</i>	C	30	260
7. <i>Campnosperma brevipetiolata</i>	D	8	280
8. <i>Cedrela odorata</i>	E	5	320
9. <i>Eucalyptus deglupta</i>	F	8	450
11. <i>Gmelina arborea</i>	G	4.5	440
13. <i>Terminalia brassii</i>	H	30	330
16. <i>Terminalia calamansanai</i>	I	5.5	280
18. <i>Terminalia calamansanai</i>	J	30	460
19. <i>Cedrela odorata</i>	K	14	320
20. <i>Eucalyptus deglupta</i>	L	13	380
22. <i>Gmelina arborea</i>	M	11	440
24. <i>Terminalia brassii</i>	N		370
南洋材平均 (65)			500

크라프트法에 依한 펄프收率은 45% 以上을 나타내는 것이 많았으나 *Terminalia calamansanai* 는 43% 以下の 펄프收率을 나타내었다. 이 樹種은 南洋材中에서 低펄프收率을 나타내는

group에 屬하고 있다.<sup>23)</sup> kappa 價는 約 30이고 比較的 높은 數值를 나타내었다.

펄프의 強度는 表 · 11에 나타내는 것과 같이 sheet 密度가 높고, 纖維間結合 強度가 높기 때문에 引

表 · 11 造材早生樹種 크라프트 펄프의 強度<sup>22)</sup>

試 料	記 號	sheet 密度 g/cm <sup>2</sup>	裂斷長 cm	比 破 裂 度	比 引 裂 度	耐 折 強 度
2. <i>Anthocephalus</i>	A	0.96	9.4	7.8	98	1320
3. <i>Anthocephalus</i>	B	0.96	9.1	7.2	100	1030
6. <i>Campnosperma</i>	C	0.97	9.3	7.9	94	1200
7. <i>Campnosperma</i>	D	1.01	9.9	8.9	82	1660
8. <i>Cedrela</i>	E	0.98	9.7	9.2	87	1600
9. <i>Eucalyptus</i>	F	0.81	8.6	6.6	143	120
11. <i>Gmelina</i>	G	0.87	8.4	7.1	127	440
13. <i>T. brassii</i>	H	0.85	9.5	8.3	135	1300
16. <i>T. calamansanai</i>	I	0.89	9.5	8.7	115	1520
18. <i>T. calamansanai</i>	J	0.84	8.9	7.7	153	510
19. <i>Cedrela</i>	K	0.92	8.8	7.3	122	450
20. <i>Eucalyptus</i>	L	0.76	7.5	6.5	141	51
22. <i>Gmelina</i>	M	0.83	7.5	6.0	125	210
24. <i>T. brassii</i>	N	0.90	9.8	8.7	131	2080
南洋材平均 (60)		0.81	8.0	5.7	130	900

張強, 破裂強 등이 높다.

高樹齡 天然木과의 比較에서는 各 強度에 커다란 差異를 認定할 수가 없었다.

앞에서 말한바와 같이 펄프化, 펄프의 強度에 關하여서는 거의 問題는 없지만 材의 容積密度數가 相當히 낮기 때문에 chip의 輸送 容積當 펄프 收率 等に 問題點이 있는 것으로 생각된다.

## 7. 緒 論

펄프工業 發展의 歷史는 原料克服의 歷史라고 말하여 오고 있다.

펄프工業은 지금 그 歷史中에서 몇번째의 原料의 一大轉換期를 맞이하고 있다.

熱帶材의 펄프化에 關하여서도 이러한 커다란 파도는 確實히 다가오고 있으나 이미 本稿에서 그 一端을 말한것과 같이 世界 各國에서 여기에 對處하고져 커다란 努力을 지불하고 있고 가까운 將來에는 지금까지의 歷史가 나타내는 것과 같이 우리들의 努力과 英知의 結集에 依하여 이 커다란 파도를 넘어갈 수 있을 것을 強力히 期待하는 것이다.

## 引 用 文 獻

- 1) 復藤彰司: 南洋材, 地球出版, (1970)
- 2) Kayama, T.: FOPRIDE Digest, VIII, I, (1979)
- 3) 科學技術廳 研究調整局: 未利用 樹種의 利用技術에 關する 總合研究 報告書 (1978)
- 4) Tamolang, F. N. et al: Tappi, 49, 475 (1966)
- 5) 米澤保正等: 林試研報; No. 253, 55 (1973)
- 6) 橋燦郎等: 木材誌, 22, 34 (1976)
- 7) Dinwoodie, J. M.: Tappi, 48, 440 (1965)
- 8) 守屋正夫: 紙パ技協誌, 21, 141 (1967)
- 9) Peteri, R., and Petroff, G.; Formation and Structure of paper, Vol. 21. Brit. paper and Board Maker's Assoc. London (1962)
- 10) 香山彊: 紙パ技協誌, 22, 581 (1968)
- 11) 香山彊: 紙パルプ技術 타임스, 17, 6, 18 (1974)
- 12) Higgins, H. G. et al; Forest Products Laboratory, Division of Applied chemistry Technological paper No. 70. (1973)
- 13) 西田欠土等: 紙パ技協誌, 18, 429 (1964)
- 14) 屋我嗣良等: 紙パ技協誌, 21, 749 (1967)
- 15) 吉永嘉助等: 紙パ技協誌, 23, 324 (1969)
- 16) 豊田浩一, 近藤民雄: 紙パ技協誌 23, 450 (1969)
- 17) 島田謙爾, 香山: 木材誌, 16, 388 (1970)
- 18) 岡 豊信: 紙パ技協誌, 22, 59 (1968)
- 19) 橋燦郎, 住本昌之: 木材誌, 25, 726 (1979)
- 20) 下澤純二, 小松幸正: 第49回紙パルプ研究 發表會要旨集, 88. (1982)
- 21) 大澤純二, 小松幸正: 第48回 紙パルプ研究 發表會 要旨集, 66 (1981)
- 22) 香山彊: 日本化學會, 美國化學會 合同年會 要旨 (1979)
- 23) 木材部, 林産化學部: 林誌研報, No. 277, 87 (1975)