

本邦産ユーカリ (*Eucalyptus globulus*) の パルプ化について (第1報) 硫酸塩および中性亜硫酸ソーダ法

米 澤 保 正⁽¹⁾
香 山 彊⁽²⁾
高 野 勳⁽³⁾

ユーカリは濠州、南米等においてパルプ用材として重要視され、その研究報告も多く、かつ工業化もさかんである。この樹種は生長がきわめてはやく、わが国においても現今の原木事情から、ユーカリの造林が可能で、かつこれから優良なパルプがえられるならば、きわめて有望な新パルプ用材と考えられる。この見地からわれわれは本邦産のユーカリを試料とし、硫酸塩法、中性亜硫酸ソーダセミケミカル法によりパルプ化試験を行い、一応の結果をえたのでここに報告する。

I 試料およびその分析

供試材は横浜市磯子区中原町 103 (所有者、村上義一氏) の *Eucalyptus globulus* で、同氏によればチリ産種子を播種し、8年生となつた際その若枝を挿木し、後8年経過したもので、胸高直径約 30 cm、樹高約 15m、材積いずれも約 1.5 石のもの3本の中の2本からえられたもので、地上高 1.3~2.3 m の部分である。

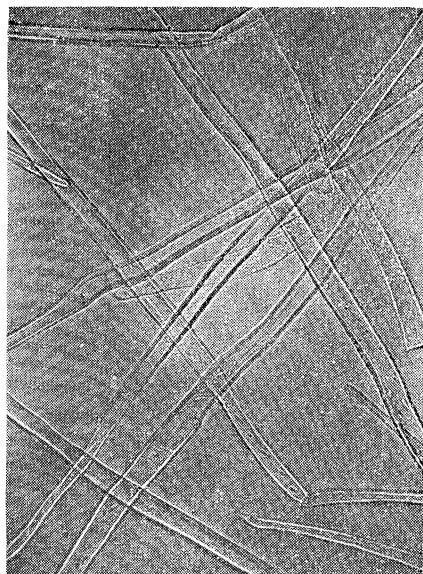
供試材の繊維長、巾、膜壁の厚さ、容積重および組成は第1表、第2表のとおりである。繊維長、巾は全試料中より数片の試料をランダムに採取測定した。膜壁の厚さは、地上高 1.3 m の部分の円板の最外側から試料を採取測定した。容積重は半径の 2/3 くらいの箇所から数本の試料を採取、これから測定試料を作製、測定を行つた。なお、比較のためブナの測定値、分析値を併記した。

第1表 供試材の物理的性質
Table 1. Physical Properties of Wood Samples

	Fiber length (mm)			Diameter of fiber (mm)			Thickness of cell-wall (mm)	Volume weight g/cc (Air dry 15%)		
	Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
Eucalypt	1.43	0.50	0.86	0.034	0.012	0.020	0.007	0.64	0.53	0.58
Beech	2.20	0.50	1.13	0.035	0.012	0.020	7 Years 0.013 15 Years 0.014 20 Years 0.015	—	—	0.60

- On the fiber length and diameter of beech, we referred to N. Migita "Experimental Method of pulp and paper Manufacture".
○ On the volume weight (oven dry) of beech wood, we referred to K. Nishida "Chemical Industry of Wood. Vol. 1".

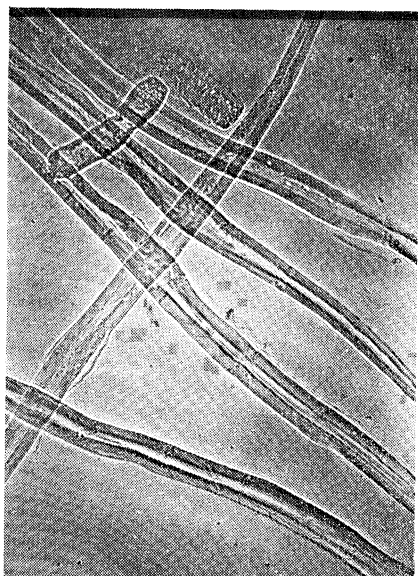
第1表、第2表より明らかなように、このユーカリ材は引用したブナ材に比し、容積重やや小、繊維長やや短かく、膜壁厚はブナの1/2程度である（写真1参照）。また、組成分では抽出物がブナより相当多く、ペントザンがやや少ない。マンナン、ガラクトタンはユーカリにはほとんどなく、リグニンはほぼ同程度であるが、 α -セルローズが著しく少ない。



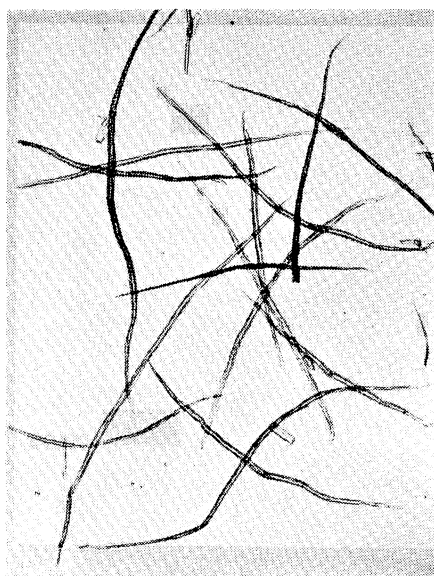
A) Eucalypt fibers $\times 230$



B) Eucalypt fibers $\times 50$



C) Beech fibers $\times 230$



D) Beech fibers $\times 50$

写真1 ユーカリおよびブナ繊維細胞の顕微鏡写真

Photo 1. The Fibers of Eucalypt and Beech Wood under the Microscope.

第 2 表 供試材の化学分析
Table 2. Chemical Analysis of Wood Samples

		Eucalypt	Beech a)			Eucalypt	Beech a)	
Extract	Ash	0.41	0.58	Galactan		trace	0.57	
	{ Cold-water	1.66	1.76	Holocellulose b)		81.86	—	
		Hot-water	4.47	2.86	Cellulose { Total	55.87	56.77	
		Alcohol-benzene	2.18	1.61		α	32.03	41.53
		{ 1% NaOH	12.25	16.71		β	18.08	7.19
	Pentosan		21.82	23.29		γ	5.76	7.54
Mannan	0.00	0.17	Lignin		23.08	22.62		

a) We referred to K. Nishida "Chemical Industry of Wood. Vol. I".

b) We applied L. E. Wise method.

Delignification, 3 times. sodiumchlorite, adding 1.6 times of wood samples.

II 硫酸塩法によるパルプ化および紙力試験

1. 蒸 解

供試材から 1 cm×2 cm×0.2 cm 程度のチップを作り, 4 L 容王研式オートクレーフを使用し蒸解を行つた。蒸解条件は既往の文献²⁾³⁾を参照し, 予備実験の結果, 下記のように決定した。

蒸解終了後離解機で完全に離解したのち, フラットスクリーン (10/1000" カット使用) を通した。洗滌, 精選はすべて 100 メッシュ篩を使用した。

蒸解条件および結果は第 3 表のとおりである。

蒸解は良好でスクリーン粕の量もすくなく, また収量も大体 50% に近く妥当と考えられる。したがつて, 硫酸塩法により容易に蒸解できるといえる。

第 3 表 蒸 解 条 件 お よ び そ の 結 果
Table 3. Cooking Conditions Applied in Sulfate Process, Pulp Yield
and Properties of Sulfate Pulp.

Chemicals added (%—based on oven-dry chips)

NaOH (as Na ₂ O)	11.25	Time to max. temp.	1 1/2 hr
Na ₂ S (")	3.75	Time at max. temp.	1/2 hr
Max. temperature	165°C	Time of cooking	2 hr
Max. pressure	7.5 kg/cm ²		

Weight of chips (oven dry) g	Moisture of chips %	Liquor ratio kg/L	Yield			Roe number	Brightness*
			Screened g	Screening g	(on chips) %		
300	52.0	5.0	155.3	2.0	52.4	3.1	22.7

* Hunter brightness

2. 漂 白

漂白性を検討するため3段漂白を行つた。漂白条件とその結果は第4表のとおりである。

第4表 漂白条件およびその結果

Table 4. Bleaching Condition and Properties of Bleached Sulfate Pulp.

- I 1st stage (chlorination): Chlorine added—100% of Roe number, stock concent. 3%, temp. 20°C, retention time 60 min.
 II 2nd stage (alkali extract): NaOH added—2% (on oven-dry pulp), stock concent. 5%, temp. 70°C, retention time 60 min.
 III 3rd stage (hypochlorite bleaching): hypochlorite added—using 50% of Roe number as available chlorine, stock concent. 5%, temp. 40°C, retention time 240 min.

I		II		III		Yield %		Brightness*
Cl ₂ %	Spent liq. pH	NaOH %	Spent liq. pH	Cl ₂ %	Spent liq. pH	on unbleached pulp	on chips	
3.1	2.5	2	12.4	1.5	7.8	96.3	50.5	63.4

* Hunter brightness

第5表 未晒, 晒パルプの化学的性質

Table 5. Chemical Characteristics of Unbleached and Bleached Eucalypt Sulfate Pulp.

	Solubility in alcohol-benzene	Pentosan	Lignin
Unbleached pulp	0.24	22.45	1.86
Bleached pulp	—	23.21	0.27

また未晒パルプ, 晒パルプの分析結果は第5表のとおりである。

第4表から明らかなように晒歩止りは高いが, 白色度は低く, 漂白の困難なことを示している。漂白の困難性はソーダパルプ, サルファイトパルプ (*Eucalyptus Saligna* より製したもの) でさえ漂白し難いことが指摘されている。また, 第5表で明らかなように A. Meller²⁾ も示しているごとくペントザンの残留率が特に著しい。ことに漂白処理によりほとんどペントザンが減少しないことは注目すべきである。

第6表 未晒, 晒パルプの強度

Table 6. Strength of Unbleached and Bleached Sulfate Pulp.

	Freeness cc	Sub- stance g/m ³	Thick- ness mm/100	Apparent density g/cc	Bursting strength /sub- stance × 100	Breaking length km	Tear resistance /sub- stance × 100	Folding endur- ance
Unbleached Eucalypt pulp	222	62.4	7.0	0.89	7.8	11.9	97.7	2600
Bleached Eucalypt pulp	190	62.5	6.8	0.92	8.0	9.9	83.1	2200
Unbleached Beech pulp	205	64.7	7.8	0.83	7.0	9.6	70.5	1200
Bleached Beech pulp	180	59.5	7.0	0.85	6.6	8.6	80.0	1000

○ Beech pulps were prepared under almost the same conditions with the case of Eucalypt K.P. in our laboratory.

3. 強度試験

叩解はランペンミルを使用し (濃度 3% として), フリーネス 220 cc (Canadian standard) を標準とし試験紙葉を作製し, 強度試験は JIS P. 8111~P. 8116 によつて行い, 製紙用としての適否を検討した。

第 6 表によれば, 晒パルプの強度は未晒パルプよりは低い, いずれもブナに比べると相当優れており, 一般アカマツ K. P. に比してもそんな色がない。

Ⅲ 中性亜硫酸ソーダセミケミカル法によるパルプ化および紙力試験

まず蒸解条件を検討するため下記の試験を行った。

1. 蒸 解

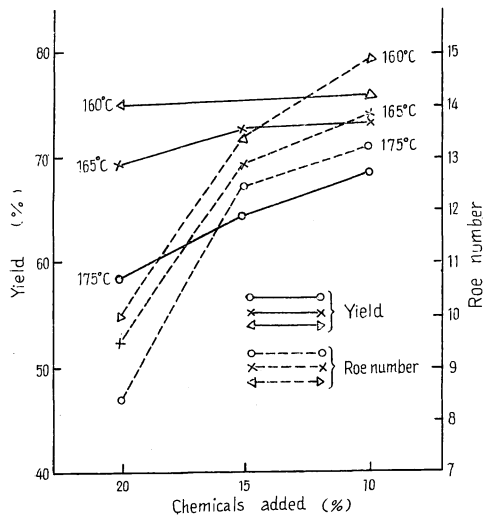
試料に用いたチップは, 前にのべた硫酸塩法に使用したものと同一の供試材からえたものである。使用オートクレーフについても同様である。蒸解終了後, 軟化チップのパルプ化はアスブルンド・デファイブレーターを使用し, 注水後 1 分間処理を行った。処理後フラツトスクリーン (16/1000^μ カット使用) により篩分した。洗滌, 精選はすべて金巾 (80×70 in² 打込) を使用した。蒸解条件と結果は第 7 表のとおりである。

第 1 図は第 7 表から蒸解条件と収量およびローエ価との関係をカーブに示したものである。第 7 表と第

第 7 表 蒸解条件およびその結果
Table 7. Cooking Conditions Applied in N. S. S. C. Process, Pulp Yield and Properties of N. S. S. C. Pulps.

No.	Cooking condition	Yield %		Roe number	pH		Consumption of chemicals %	Brightness
		Screened	Total		Cooking liq.	Spent liq.		
1	Na ₂ SO ₃ 20%, NaHCO ₃ 5% 175°C, 2 hr	54.9	58.4	8.42	9.6	8.8	14.22	21.5
2	165°C, 2 hr	48.5	69.3	9.54	"	"	13.37	32.0
3	160°C, 2 hr	55.8	75.0	9.95	"	"	12.97	36.8
4	Na ₂ SO ₃ 15%, NaHCO ₃ 3.75% 175°C, 2 hr	52.4	64.4	12.74	"	7.6	11.05	11.7
5	165°C, 2 hr	54.1	72.8	12.89	"	8.2	11.13	29.0
6	160°C, 2 hr	58.8	67.9	13.39	"	"	11.10	34.1
7	Na ₂ SO ₃ 10%, NaHCO ₃ 2.5% 175°C, 2 hr	53.9	68.6	13.21	"	7.8	7.30	13.1
8	165°C, 2 hr	52.9	73.5	13.84	"	7.2	7.00	21.8
9	160°C, 2 hr	48.8	76.0	14.91	"	7.0	6.93	27.4

- Weight of chips (oven-dry) 300 g
- Liquor ratio 4.5
- In all cookings, time to max. temp. is 2 hr.
- Brightness: Hunter brightness
- Apparatus for the determination of pH used glass electrode pH meter.
- We calculated the consumption of chemicals based on analysis of spent liq. with E. L. Keller and J. N. McGovern method⁵⁾.



第1図 蒸解条件が収量とローエ価におよぼす影響

Fig. 1 Influence of Cooking Condition on Yield and Roe number.

1図から次のことがいえる。

a. 薬品添加量が少なく、蒸解温度が低いほど、収量、ローエ価が高く、薬品添加量同一シリーズの中では温度が低いほど白色度が高い。

b. 薬品添加量が20%の場合は、蒸解温度の変化によつて収量、ローエ価ともかなりの差が表われている。添加量15%の場合は収量、ローエ価ともあまり大きな差はでていない。しかし、10%の場合は、収量にあまり大きな差はないが、蒸解温度160°Cの場合のローエ価と165°Cの場合の差が大きい。

c. 薬品消費率は添加量15%の場合は、ほぼ同程度であるが20%、10%の場合は蒸解温度が高いほど多くなっている。

2. 強度試験

II—3 項の試験方法に準じて試験を行つた。結果は第8表のとおりである。

叩解はいずれも速やかで、フリーネス 720~465 cc からほぼ 60 分で所定の叩解度に達した。

第8表 未晒パルプの強度
Table 8. Strength of Unbleached N. S. S. C. Pulps

No.	Freeness cc	Substance g/m ²	Thickness mm/100	Apparent density g/cc	Bursting strength /substance × 100	Breaking length km	Tear resistance /substance × 100	Folding endurance
1	220	65.0	8.3	0.78	9.2	9.2	86.2	3500
2	220	66.4	8.0	0.83	9.5	9.9	75.3	2000
3	235	67.7	9.0	0.75	9.2	9.0	72.7	1700
4	235	59.8	7.5	0.80	7.0	7.7	83.6	900
5	200	67.5	8.5	0.79	9.3	9.0	83.7	1600
6	235	65.3	8.9	0.73	8.3	8.9	79.6	900
7	180	55.2	7.4	0.75	4.5	5.3	58.0	100
8	215	59.0	7.8	0.76	6.9	7.5	77.8	900
9	195	61.2	8.0	0.77	7.8	8.6	71.1	800

上表に明らかなように、薬品添加量20%、15%の場合は諸強度に大差がなく、ただ10%の場合はやや劣るようである。したがつて、蒸解条件と薬品消費率、パルプの収量、蒸解度、強度等から考えて、製紙用パルプ製造条件としては、薬品添加量15%、蒸解温度165°C、蒸解時間は最高温度到達時間2時間、最高温度保持時間2時間、計4時間が適当と思われる。

3. 漂 白

前項までの試験によつて蒸解条件を検討したので、適当条件と思われる No. 5, ならびに、比較のため No. 8 について漂白性を検討するため3段階漂白を行つた。漂白条件およびその結果は第9表のとおりである。

第 9 表 漂白条件およびその結果

Table 9. Bleaching Condition and Properties of Bleached N. S. S. C. P.

- I 1st. stage (chlorination): chlorine added—100% of Roe number, stock concent. 3%, temp. 20°C, retention time 60 min.
 II 2nd. stage (alkali extract): NaOH added—2% (on oven-dry pulp), stock concent. 5%, temp. 70°C, retention time 60 min.
 III 3rd. stage (hypochlorite bleaching): hypochlorite added—using 25% of Roe number as available chlorine, stock concent. 5%, temp. 40°C, retention time 240 min.

No.	I		II		III		Yield %		Bright-ness*	Opacity
	Cl ₂ %	Spent liq. pH	NaOH %	Spent liq. pH	Cl ₂ %	Spent liq. pH	on unbleached pulp	on chips		
5—B	12.9	0.8	3	6.8	3.3	11.7	78.2	57.0	67.2	48.2
8—B	13.8	"	"	6.6	3.5	10.0	72.9	53.6	64.0	61.4

* Hunter brightness

第 10 表 晒パルプの強度

Table 10. Strength of Bleached N. S. S. C. Pulps.

No.	Freeness cc	Substance g/m ²	Thickness mm/100	Apparent density g/cc	Bursting strength /Substance × 100	Breaking length km	Tear resistance /Substance × 100	Folding endurance
5—B	155	56.9	6.2	0.91	10.0	9.2	58.0	4100
8—B	215	65.0	7.4	0.88	9.3	10.7	83.1	7800

漂白パルプの強度、未晒、晒パルプの化学的性質は第 10、第 11 表のとおりである。

第 9 表に明らかなように白色度はあまり上らない。沢田²⁾は本試験とほぼ同様に調製されたブナセミケミカルパルプについて良好な結果をえたと報告しているが、本試験においては漂白の困難性を示している。また、第 10 表に示すごとく、漂白パルプはブナについて沢田²⁾の指摘しているように、ユーカリでも強度増加を示している。特に耐折度において著しい。これは第 11 表に明らかなように漂白パルプ中に多量にヘミセルローズが残留しているためと考えられる。

第 11 表 未晒、晒パルプの化学的性質

Table 11. Chemical Characteristics of Unbleached and Bleached Eucalypt N. S. S. C. Pulps.

No.	Solubility in alcohol-benzene	Pentosan	Lignin
5	0.78	17.26	14.00
5—B	—	21.34	trace
8	2.14	20.18	14.44
8—B	—	22.07	0.21

IV 総 括

1. *Eucalyptus globulus* を硫酸塩法、中性亜硫酸ソーダセミケミカル法により蒸解、パルプ化し、製紙用としての適否を検討した。
2. 繊維長、巾、容積重はブナよりやや小で、繊維細胞の膜壁の厚さはブナのはほぼ 1/2 である。組成分は抽出物が多く、α-セルローズ含量が少ない。
3. 蒸解は硫酸塩法、中性亜硫酸ソーダセミケミカル法いずれによつても容易に行われる。
4. 漂白は 3 段階漂白（塩素化—アルカリ抽出—晒粉漂白）を行つたが、本試験では漂白し難いことを示

した。しかし、この問題は、なお検討の余地があるので、引き続き試験を行う予定である。

5. パルプ分析を行つた結果、リグニンの含有量少なく、ペントザンの含有量は未晒、晒パルプ、ともに高く、蒸解および漂白処理によつて、ペントザンの除去の困難なことを示している。
6. パルプの強度は硫酸塩法、中性亜硫酸ソーダセミケミカル法、両法いずれによつたパルプも、広葉樹としてはきわめて優れ、一般アカマツ K. P. にほぼ匹敵する。この一因は細胞膜壁の薄いことにあると考えられる。

以上、*Eucalyptus globulus* のパルプは漂白に多少の難点はあるが未晒、晒パルプともに製紙用として実用に充分供しえられるものと考えられる。

終りに、本試験に当り試材を進んで提供せられた村上義一氏および本研究費の一部を負担せられた外国樹種導入研究会に対し深謝する次第である。

文 献

- 1) 右田伸彦：パルプ原料としてのユーカリ材，木材工業，9，5，p. 228 (1954)。
- 2) A. Meller: Chemical Pulps from Australian Eucalyptus, TAPPI, 35, 4, p. 178 (1952)。
- 3) F. A. O.: Reports on Pulp and Paper Manufacture, F. A. O., (1953)。
- 4) : Pulp for Paper Making, Tests on *Eucalyptus saligna* Wood from South Africa, The World's Paper Trade Review, Sep. 6, p. 656 (1951)。
- 5) E. L. Keller and J. N. McGovern: Neutral Sulphite Semichemical Pulping of Aspen, TAPPI, 32, 9, (1949)。
- 6) 沢田 博：櫟セミケミカルパルプの漂白に関する研究，パルプ紙工業雑誌，7，2，p. 92 (1953)。

Yasumasa YONEZAWA, Tsutomu KAYAMA and Isao TAKANO :
Pulp from Japanese *Eucalyptus globulus*.
Part 1. Sulfate and Neutral Sulfite Semichemical Processes.

Résumé

This paper discusses the sulfate and neutral sulfite semichemical pulp prepared from blue gum (*Eucalyptus globulus*) for paper making.

The results of this examination are outlined as follows:

1. The average fiber length, diameter, and the volume weight were less than beech wood, and the average thickness of cell-wall was about one half as compared with beech fiber.

In the chemical composition, the content of extractives in the wood was high, and the α -cellulose content was low.

2. In the sulfate and neutral sulfite semichemical processes, the wood yielded well cooked pulp.

3. The above pulps were bleached by the three-stage bleaching method (chlorine, caustic soda, and calcium hypochlorite). Bleaching of these pulps were difficult in this examination. But there remain some questions, so we want to conduct further examinations.

4. These unbleached and bleached pulps were low in lignin and rich in pentosan. It was indicated that the actions of cooking and bleaching were difficult to remove pentosan.

5. The strength of these pulps, both the sulfate pulp and neutral sulfite semichemical pulp, was superior to general hard wood pulp, and they were almost the same as the red pine sulfate pulp in strength. As one of the reasons for this fact, it is considered that the wood have thin walled fibers.

As conclusion, although there exist some difficulties in bleaching, it is considered that eucalypt sulfate pulp and neutral sulfite semichemical pulp are suitable for paper making.