研 究 報 文

ユーカリの材質育種における選抜指標抽出に関する研究（第7報）
—*E. globulus*における樹幹内変異を利用した
材特性とパルプ特性との関係—

新王子製紙(株)林木育種研究所亀山研究室 小名 俊博, 園田 哲也,
 伊藤 一弥, 柴田 勝
 北海道大学農学部 玉井 裕, 小島 康夫

Studies on Decision of Selection Indexes for Quality
Breeding of Eucalypt Pulpwood (VII)
—Relationship between wood and pulp properties brought by
their within-tree variations on *E. globulus*—

Toshihiro Ona, Tetsuya Sonoda, Kazuya Ito and Masaru Shibata
 New Oji Institute for Forest Tree Improvement, Kameyama Breeding Station

Yutaka Tamai and Yasuo Kojima
 Hokkaido University, Department of Agriculture

The relationship between wood and kraft pulp properties was examined using within-tree variation on two trees of *Eucalyptus globulus* grown in Western Australia. Many pulp properties were related to wood properties analysed by chemical determination of wood components and their structures, at 1% level of significance. Multiple regression analysis of pulp properties on wood properties revealed significant independent variables as follows:

1. Pulp yield : lignin content, holocellulose content.
2. Sheet density : extractives content, hemicellulose content, lignin S (syringyl)/G (guaiacyl) ratio, mannose mol.%.
3. Burst factor : lignin S/G ratio, cellulose content/hemicellulose content, extractives content, holocellulose content.
4. Breaking length : lignin S/G ratio, cellulose content/hemicellulose content.
5. Tear factor : basic density.
6. Folding endurance : extractives content.
7. Unbleached brightness : extractives content.
8. Kapper number : extractives content, arabinose mol.%, basic density.

Significant regression equations at 1% level were obtained for all pulp properties except folding endurance (5% level) and tear factor (10% level). And we also look forward to applying them for prediction of whole-tree pulp properties by an increment core from the representative height without cutting a tree.

Keywords : Wood properties, Kraft pulp properties, Relationship, Within-tree variation, *Eucalyptus*, Quality breeding

1. 緒 言

近年, 海外植材用パルプ適木としてユーカリが注目を集めている¹⁻³⁾。そこで著者らは, 立木を伐倒せず成長錐コアを用いた材成分の定量, およびこれとパルプ特性との関係を用いた材質育種を検討している⁴⁻¹⁰⁾。既報から, 西オーストラリア産の *E. globulus* における各材特性に関して樹幹内変異が認められた⁴⁻⁸⁾。

ユーカリクラフトパルプ特性の樹幹内変異についても報告があり^{11,12)}, またクラフトパルプ特性と材特性との間には一般に相関が見られる¹³⁾。

そこで, パルプ特性および材特性に樹幹内変異がある以上, 樹幹内変異を利用しこれらの関係を求めることが可能と考えられるが, 試料量が限定されるためこの種の報告は少ない^{10,17)}。そこで著者らはスモール・スケール法による材特性の分析と⁹⁾, マイクロパルプ化法によるクラフトパルプ特性の分析¹⁸⁾とを組み合わせ, *E. camaldulensis* を用いこの検討を行った¹⁰⁾。

この結果, 1. パルプ収率: ホロセルロース (正の相関, +), セルロース (+), 抽出物 (負の相関, -), 全抽出物 (-), キシロース (-), ガラクトース (+), 2. シート密度: ホロセルロース (-), セルロース (-), リグニン (-), 抽出物 (+), 全抽出物 (+), セルロース/ヘミセルロース (-), キシロース (+), ガラクトース (-), アラビノース (-), マンノース (-), 4. 裂断長: 全抽出物 (+), キシロース (+), ガラクトース (-), マンノース (-), 5. 耐折強度: ホロセルロース (-), セルロース (-), 抽出物 (+), 全抽出物 (+), セルロース/ヘミセルロース (-), ガラクトース (-), 6. 未晒白色度: ホロセルロース (+), セルロース (+), 抽出物 (-), 全抽出物 (-), セルロース/ヘミセルロース (+), キシロース (-), ガラクトース (+), 7. カッパー価: ホロセルロース (-), セルロース (-), 抽出物 (+), 全抽出物 (+), セルロース/ヘミセルロース (-), キシロース (+), ガラクトース (-), において1%レベルで有意な相関が認められた (但し, 中性糖はヘミセルロースを構成するモル比として, また容積重を除くその他は木材ベースの含有率として求めた)。また, 比引裂度においては, 10%レベルで有意な相関がアルカリ抽出物 (+), 容積重 (+) で得られた。

更に, ステップワイズ法による重回帰分析により, 各パルプ特性に対して有意性を示す材特性は, 1. パ

ルプ収率: 全抽出物, アラビノース, ガラクトース, 2. シート密度: 全抽出物, ガラクトース, セルロース/ヘミセルロース, 3. 比破裂度: キシロース, 全抽出物, 4. 裂断長: キシロース, リグニン S/G 比, 5. 比引裂度: 容積重, ヘミセルロース, 6. 耐折強度: 全抽出物, 7. 未晒白色度: 全抽出物, ガラクトース, アラビノース, ヘミセルロース, 8. カッパー価: 全抽出物, アラビノース, セルロース/ヘミセルロースと抽出された。比引裂度は5%レベルで, 他では1%レベルで有意な相関が得られた。

今回は材料として *E. globulus* を用い, 樹幹内変異を利用したパルプ特性と材特性との関係を求め, 材質育種における選抜指標抽出を試みたので報告する。

2. 材料と方法

2.1 材 料

第1報と同じ西オーストラリア産の *E. globulus* 2 個体 (No.1 および No.2) を用いた⁴⁾。両個体は年平均気温約 15~16°C, 年平均降水量約 1,000 mm の下で育成された植林木である。また各個体の推定樹高および胸高直径は, No.1: 19.9m, 24.4 cm, No.2: 30.0 m, 23.8 cm であった。パルプ化用試料は, 材特性分析に用いた部位と同心円の部分を使用した⁴⁾。個体 No.1 から 20 カ所を, No.2 から 11 カ所を抽出した。

2.2 材 特 性

ホロセルロース, セルロース, ヘミセルロース, リグニン, 抽出物 (ソックスレーを用いたトルエン/エタノール, エタノールおよび水のシーケンスによる抽出成分), アルカリ抽出物, および全抽出物含有率, 容積重, リグニン S (シリングル核)/G (グアイアシル核) 比, およびヘミセルロースを構成する中性糖モル%のデータを既報から引用した⁴⁻⁸⁾。

2.3 KP 蒸解

各試料を厚さ約 2 mm, 幅約 20 mm のチップにした。絶乾 60 g 相当のチップから 0.5 l 容電熱式オートクレーブを用いて, 活性アルカリ 18%, 硫化度 25%, 液比 3.5, 最高温度 170°C, 昇温時間 90 分, 保持時間 90 分の下でクラフトパルプ (KP) を調製した。

2.4 パルプ特性

パルプを水洗, 離解機で 2,000 回転離解し, 一晩水浸後, 12 カットプレートを用い, 精選パルプと粕に選別した。粕は絶乾後重量を求め, 精選パルプは含水率 70~80% にブフナーローで吸引脱水し, 精選収率を求めた。精選パルプは PFI ミルでフリーネス 500 m/l 前後になるように叩解した後, 坪量 60 g/m²

のハンドシートを作成し、密度、比破裂度、裂断長、比引裂度、耐折強度、および未晒白色度を JIS に従い求めた。また、カップー価は叩解前のパルプを用い JIS に従い求めた。

2.5 統計的处理

材特性、パルプ特性との関係を単回帰分析、ステップワイズ法による重回帰分析により、統計ソフト SPSS (SPSS Inc., IL, USA) を用い処理した。

3. 結果と考察

今回用いた試料の材特性および KP 特性を表 1, 2 に示した。これらを用いパルプ特性と材特性との相関を求め、表 3 にまとめた。また、材特性相互の相関を表 4 にまとめた。

3.1 パルプ収率

2 個体の樹幹内変異データを用いたときに相関の高かった例として、ホロセルロース含有率について図 1 に示した。図 1 より、*E. camaldulensis* の場合と同

様に¹⁰⁾、パルプ特性は樹幹内変異、個体間変異ではなく材特性に依存していることが分かる。そこでパルプ特性と材特性の相関を 2 個体のデータを区別無く用いて求めた。*E. camaldulensis* と同様にホロセルロースと高い正の相関、抽出物と負の高い相関が得られたが、セルロースでは相関係数 $r=0.434$ 、全抽出物では $r=-0.121$ 、ヘミセルロースを構成するキシロースモル%、ガラクトースモル%も中程度の相関であり、*E. camaldulensis* との樹種間差が認められた (表 3)。

容積重は、*E. globulus* の場合も $r=0.146$ と *E. camaldulensis* と同様に相関は低かった。*E. camaldulensis* では認められなかったリグニンとの間に負の高い相関、リグニン S/G 比との間に正の高い相関が得られた。抽出物との相関は他のユーカリの報告と良い一致を見たが^{12,16)}、ホロセルロース、リグニンでは日本産の広葉樹や^{19,20)}、南洋広葉樹の結果と良い一致が認められた¹⁵⁾。

材特性の中でリグニン S/G 比、または S(シリガア

Table 1 Wood properties

Wood property	No.1+No.2 (n=31)	No.1 (n=20)	No.2 (n=11)
Holocellulose %	84.3 ± 3.7	82.9 ± 3.2	86.9 ± 3.5
Cellulose %	49.5 ± 3.8	49.0 ± 3.6	50.6 ± 4.1
Hemicellulose %	34.8 ± 3.2	34.0 ± 3.0	36.3 ± 3.1
Lignin %	16.8 ± 1.8	17.8 ± 1.0	15.2 ± 1.8
Extractives %	5.2 ± 2.4	6.1 ± 1.9	3.5 ± 2.3
Alkali-extractives %	11.8 ± 2.7	10.5 ± 1.1	14.2 ± 3.2
Total-extractives %	17.1 ± 2.4	16.6 ± 2.0	17.9 ± 2.7
Basic density kg/m ³	596 ± 62	588 ± 49	611 ± 80
Lignin S/G ratio	3.33 ± 0.33	3.13 ± 0.14	3.69 ± 0.27
Cellulose/Hemicellulose	1.44 ± 0.21	1.46 ± 0.21	1.41 ± 0.2
Glucose mol. %	11.3 ± 2.7	12.3 ± 2.3	9.6 ± 2.6
Xylose mol. %	66.9 ± 8.9	61.4 ± 5.0	76.9 ± 4.3
Galactose mol. %	12.1 ± 7.9	15.7 ± 7.6	5.6 ± 2.5
Rhamnose mol. %	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2
Arabinose mol. %	3.3 ± 1.2	3.6 ± 1.4	2.7 ± 0.6
Mannose mol. %	5.3 ± 2.2	6.0 ± 2.0	4.0 ± 1.9

Note: No.1 and No.2 indicate the sample number. Sugar mol.% is for hemicellulose fraction.

Table 2 Pulp properties

Pulp property	No.1+No.2 (n=31)	No.1 (n=20)	No.2 (n=11)
Yield %	49.6 $\pm$ 3.1	48.3 $\pm$ 2.5	52.0 $\pm$ 2.7
Sheet density g/cm ³	0.71 $\pm$ 0.07	0.73 $\pm$ 0.06	0.68 $\pm$ 0.09
Burst factor	4.65 $\pm$ 1.35	5.18 $\pm$ 1.20	3.67 $\pm$ 1.05
Breaking length km	6.85 $\pm$ 1.37	7.41 $\pm$ 1.14	5.83 $\pm$ 1.19
Tear factor	123 $\pm$ 14	127 $\pm$ 16	116 $\pm$ 6
Folding endurance	70.0 $\pm$ 64.6	82.7 $\pm$ 62.3	49.6 $\pm$ 65.0
Unbeached brightness	19.0 $\pm$ 3.5	18.1 $\pm$ 3.7	20.5 $\pm$ 2.5
Kapper number	15.9 $\pm$ 4.2	17.1 $\pm$ 4.6	13.7 $\pm$ 2.0

Note : No.1 and No.2 indicate the sample number. Yield is determined after screening.

ルデヒド)/V(バニリン) モル比とパルプ収率との相関が検討された例は少ないが²¹⁾, S/G 比が増加しシリングルリッチになるとパルプ収率が上昇するのは興味深く, 一般に言われるシリングルリッチになると蒸解性が良くなることと関係しているのかもしれない²²⁾。

3.2 シート密度

密度と相関の高い材特性は繊維の柔軟性に関わる因子 (セルロース, ヘミセルロース, リグニンおよび抽出成分) の内^{13,20)}, セルロースおよび抽出物のみで,

E. camaldulensis とは若干異なる結果であった (表 3)。この理由として, 抽出物の樹幹内変異が *E. camaldulensis* に比べ小さいことが挙げられ (表 1)⁵⁾, 抽出物と多糖類との相関も相対的に下がったことが考えられる (表 4)。

3.3 比破裂度

E. camaldulensis と同様に¹⁰⁾, 抽出物の増加により繊維が柔軟になり, 比破裂度が上昇したと考えられる高い相関 $r = -0.566$ が得られたが, リグニンとは

Fig.1 Relationship between holocellulose content and yield

Note : No.1 and No.2 indicate the sample number. Yield is determined after screening.

Table 3 Correlation coefficients between wood and pulp properties

	Holocellulose %	Cellulose %	Hemicellulose %	Lignin %	Extractives %	Alkali-extractives %	Total-extractives %	Basic density kg/m ³	Lignin S/G ratio	Cellulose/Hemicellulose	Glucose mol. %	Xylose mol. %	Galactose mol. %	Rhamnose mol. %	Arabinose mol. %	Mannose mol. %
Yield %	** 0.593	** 0.434	0.182	** -0.616	** -0.497	*	-0.121	0.146	** 0.570	0.100	-0.190	** 0.409	-0.232	0.256	** -0.442	** -0.390
Sheet density g/cm ³	** -0.359	** -0.533	0.213	** 0.402	** -0.566	*	0.149	-0.452	** -0.413	** -0.435	-0.129	-0.254	0.295	-0.290	-0.027	0.230
Burst factor	** -0.373	** -0.418	0.058	** 0.515	** 0.540	** -0.460	-0.010	-0.286	** -0.561	-0.270	-0.002	-0.443	** 0.461	-0.237	0.004	0.227
Breaking length km	* -0.309	** -0.356	0.060	** 0.513	** 0.494	** -0.425	-0.020	-0.276	** -0.581	-0.239	0.046	-0.459	** 0.441	0.249	0.079	0.273
Tear factor	-0.075	-0.253	0.213	* 0.307	0.242	* -0.320	-0.138	* -0.340	-0.256	* -0.312	0.123	-0.339	0.268	-0.200	0.007	* 0.336
Folding endurance	-0.201	-0.205	0.008	0.285	** 0.415	* -0.332	0.010	-0.229	** -0.387	-0.113	-0.079	-0.089	0.143	-0.221	-0.004	0.004
Unbeached brightness	** 0.563	** 0.435	0.145	-0.153	** -0.650	0.273	-0.332	** 0.359	* 0.327	0.131	-0.101	0.076	0.101	-0.198	** -0.395	** -0.364
Kapper number	** -0.639	** -0.360	* -0.325	0.125	** 0.681	-0.242	0.388	** -0.363	** -0.372	0.032	0.147	-0.205	-0.030	0.218	** 0.548	** 0.481

***Significant at 1% level **Significant at 5% level *Significant at 10% level

Note : Yield is determined after screening.

Sugar mol. % is for hemicellulose fraction.

Table 4 Correlation coefficients between wood properties

	Holocellulose %	Cellulose %	Hemicellulose %	Lignin %	Extractives %	Alkali-extractives %	Total-extractives %	Basic density kg/m ³	Lignin S/G ratio	Cellulose/Hemicellulose	Glucose mol. %	Xylose mol. %	Galactose mol. %	Rhamnose mol. %	Arabinose mol. %	Mannose mol. %
Holocellulose %	—	*** 0.645	*** 0.410	*** -0.441	*** -0.807	*** 0.471	-0.248	0.125	*** 0.550	0.051	0.072	0.334	-0.220	-0.198	** -0.417	** -0.457
Cellulose %		—	** -0.433	** -0.393	*** -0.445	0.170	-0.257	0.293	0.230	*** 0.793	0.292	0.290	-0.219	0.173	** -0.053	** -0.420
Hemicellulose %			—	-0.052	** -0.420	0.352	0.015	-0.202	*** 0.374	*** -0.886	-0.263	0.159	0.002	** -0.440	** -0.428	-0.038
Lignin %				—	0.312	*** -0.482	-0.265	-0.171	*** -0.766	-0.164	0.113	*** -0.671	*** 0.595	-0.144	0.202	*** 0.393
Extractives %					—	*** -0.567	0.321	-0.329	*** 0.542	0.028	-0.023	-0.278	0.146	0.133	** 0.354	*** 0.464
Alkali-extractives %						—	*** 0.592	0.262	*** 0.670	-0.123	-0.230	*** 0.503	** -0.418	0.045	-0.037	-0.106
Total-extractives %							—	-0.030	0.272	-0.136	-0.411	** 0.350	** -0.372	0.203	0.296	* 0.336
Basic density kg/m ³								—	0.138	0.315	-0.091	0.173	-0.106	0.205	0.048	-0.254
Lignin S/G molar ratio									—	-0.134	-0.261	*** 0.758	*** -0.611	0.078	** -0.338	** -0.416
Cellulose/Hemicellulose										—	*	0.005	-0.134	*** 0.396	0.291	-0.173
Glucose mol. %											—	*** -0.421	0.032	0.257	0.337	0.123
Xylose mol. %												—	*** -0.859	*	-0.232	* -0.352
Galactose mol. %													—	*** -0.575	-0.198	0.003
Rhamnose mol. %														—	** 0.449	0.184
Arabinose mol. %															—	*** 0.676
Mannose mol. %																—

***Significant at 1% level **Significant at 5% level *Significant at 10% level

See note in Table 3.

Fig.2 Relationship between lignin content and tear factor

Note : No.1 and No.2 indicate the sample number.

正の高い相関、アルカリ抽出物とは負の高い相関が見られ、繊維の柔軟性だけが因子ではないと言える(表3)。この理由としては、リグニンが多くなると単繊維強度(剛性)が高まること¹³⁾、またアルカリ抽出物が多い場合低重合度の多糖類が多く存在していることも考えられ、単繊維強度が低下することが推測される。リグニン S/G 比とは負の高い相関が得られ、シリングリッチになると比破裂度は下がることが判明した。直径が小さく厚壁の本繊維は、シリングリッチであるという報告から考えると²³⁾、S/G 比が高い場合繊維は厚壁で叩解され難く、またプレスにより潰れ難いため、繊維間結合が弱くなるため比破裂度が減少すると想像される¹³⁾。また、ヘミセルロースを構成するガラクトースモル%との間に正の高い相関が見られたが、ガラクトースはリグニンと正の高い相関、リグニン S/G 比と負の高い相関があることから(表4)ガラクトースモル比も繊維形態と関係していると思われる。

3.4 裂断長

比破裂度と同様にリグニンとの間に正の高い相関、リグニン S/G 比とは負の高い相関が見られ(表3)、繊維形態との関係が予想された。また、抽出物と正の高い相関が得られ、繊維の柔軟性の影響も認められた。更に *E. camaldulensis* の場合と同様に¹⁰⁾、ヘミセルロースを構成するキシロースモル%との間に負の高い相関が見られたが、これはリグニン S/G 比とキシロースとの間に正の高い相関 $r=0.758$ が認められるこ

と(表4)、広葉樹の木繊維壁各層の多糖組成ではキシラン含有率が二次壁で特に高いことから^{24,25)}、キシロースの割合が高くなると繊維が厚壁になり、繊維間結合が弱くなるためと考えられる。

3.5 比引裂度

比引裂度では、10%レベルで有意な相関がリグニン、アルカリ抽出物、容積重、セルロース/ヘミセルロース、キシロースモル%、およびマンノースモル%との間に得られた(表3)。しかしながら、No.1では比引裂度は 127 ± 16 と No.2 の 116 ± 6 に比べ偏差が大きいが、例えばリグニンをとってみても(図2)、No.1 17.8 ± 1.0 に対し No.2 15.2 ± 1.8 と、No.1の方が材特性の偏差が小さい傾向が見られ、パルプ特性と材特性の相関が10%レベルで有意である程度になったと考えられる。また、この相関の低さは *E. camaldulensis* と同様であったが¹⁰⁾、同樹種でも認められたアルカリ抽出物および容積重との相関は正負が逆になり、*E. globulus* ではこれら材特性の増加が厚壁につながるため²⁶⁾、この様な結果になったと思われる。

特にアルカリ抽出物の結果は、他の *E. globulus* を用いた報告と良く一致し¹²⁾、樹種特性があるのかもしれない。これらの他にリグニンと正の高い相関が得られ、単繊維強度が、またセルロース/ヘミセルロースと負の高い相関が見られたことから、繊維の柔軟性が、他の紙強度においてと同様に重要であると結論された。

Table 5 Multiple regression of pulp properties on wood properties

Pulp property	Independent variables	Coefficient	t	Correlation coefficient	Standard erro	F
Yield %	Constant	34.4182				
	Lignin S/G ratio	-0.7552	*** -2.975			
	Holocellulose %	0.3308	** 2.705	0.713	2.251	*** 14.442
Sheet density g/cm ³	Constant	0.3543				
	Extractives %	0.0242	*** 5.034			
	Hemicellulose %	0.0153	*** 4.927			
	Lignin S/G ratio	-0.0770	** -2.372			
	Mannose mol. %	-0.0083	* -1.782	0.812	0.047	*** 12.562
Burst factor	Constant	0.5424				
	Lignin S/G ratio	-2.0882	*** -3.172	0.750	0.957	*** 8.343
	Cellulose/Hemicellulose	-2.4386	*** -2.834			
	Extractives %	0.3498	** 2.728			
	Holocellulose %	0.1513	* 1.843			
Breaking length km	Constant	18.5670				
	Lignin S/G ratio	-2.6018	*** -4.372	0.663	1.063	*** 10.981
	Cellulose/Hemicellulose	-2.1277	** -2.258			
Tear factor	Constant	169.3905				
	Basic density kg/m ³	-0.0780	* -1.949	0.340	13.502	* 3.801
Folding endurance	Constant	11.3172				
	Extractives %	11.3646	** 2.456	0.415	59.773	** 6.034
Unbeached brightness	Constant	23.9570				
	Extractives %	-0.9661	*** -4.611	0.650	2.707	*** 21.259
Kapper number	Constant	16.592				
	Extractives %	0.8295	*** 3.393	0.785	2.744	*** 14.457
	Arabinose mol. %	1.3328	*** 3.040			
	Basic density kg/m ³	-0.0156	* -1.784			

***Significant at 1% level **Significant at 5% level *Significant at 10% level
See note in Table 3.

また、裂断長と同様にキシロースとの間に負の相関があり繊維形態との関係が予想されたが、マンノースと正の相関があったことは理由がはっきりしない。

3.6 耐折強度

耐折強度も他の紙強度と同様に繊維の柔軟性と関係していると思われる、抽出物と正の相関、リグニン S/G 比と負の相関が *E. camaldulensis* と同様に得られた (表 3)¹⁰⁾。しかしながら相関は 5% レベルで有意義な程度であり、*E. camaldulensis* の結果を下回った¹⁰⁾。

3.7 未晒白色度

E. camaldulensis の場合と同様に¹⁰⁾、ホロセルロースと正の相関、抽出物と負の相関が得られた (表 3)。

3.8 カッパー価

カッパー価も *E. camaldulensis* の場合と同様¹⁰⁾、ホロセルロースと負の高い相関、抽出物と正の高い相関が得られた (表 3)。また、ヘミセルロースを構成するアラビノース、マンノースモル%と正の高い相関が認められたが、両糖はそれぞれホロセルロースと負の相関 $r = -0.417$, -0.457 が、抽出物と正の相関 $r = 0.354$, 0.464 があるため (表 4)、この様な結果になったと考えられる。

この結果と未晒白色度の結果から、他の報告と同様に抽出物が蒸解薬品を消費することが想像された¹⁰⁾。

3.9 重回帰分析

2 個体を用いた材特性に対するパルプ特性の重回帰分析結果を表 5 に示した。尚、ラムノースモル%はその絶対値が 1% 程度と小さいため (表 1)、測定誤差を考慮し独立変数として用いなかった。密度、比破裂強度、比引裂度、耐折強度、未晒白色度、およびカッパー価において、抽出物が非常に重要な独立変数として抽出された。これは *E. camaldulensis* 同様¹⁰⁾、強度においてはこれらの特性が繊維の柔軟性の指標として、また蒸解性においては薬品消費率の指標として影響力が大であったことが考えられる。しかしながら、*E. camaldulensis* の様に全抽出物ではなく抽出物のため、キノの影響は少ないと考えてよいだろう。また密度、比破裂度、裂断長においてはリグニン S/G 比が重要な因子であり、S/G 比と繊維形態の特徴との関係が注目された。収率ではリグニンが、比引裂度では容積重がそれぞれ 1%、10% レベルで有意義な因子として抽出され、収率では *E. camaldulensis* との要因の違いが認められた¹⁰⁾。

今までに検討されていないセルロース/ヘミセルロースが、比破裂度、裂断長において回帰に取り入れられたことは、繊維の柔軟性と繊維間結合程度の点から

非常に興味深い。全体を通じ、比引裂度、耐折強度を除く全パルプ特性で 1% レベルで、また比引裂度で 10% レベル、耐折強度で 5% レベルで有意義な重回帰式が得られた。また *E. camaldulensis* と同様に¹⁰⁾、構成成分のみを用いた材特性からパルプ特性を推定することが十分に可能であることが判明した。特にリグニン S/G 比、セルロース/ヘミセルロースについてはこの種の検討例はないが、非常に重要な因子であることが確認された。

4. 結 論

西オーストラリア産 *E. globulus* 2 個体を用い、樹幹内変異を利用した材特性とクラフトパルプ特性との関係を検討した。その結果、1. パルプ収率：ホロセルロース (正の相関, +), リグニン (負の相関, -), 抽出物 (-), リグニン S/G 比 (+), 2. シート密度：セルロース (-), 抽出物 (-), 3. 比破裂度：リグニン (+), 抽出物 (+), アルカリ抽出物 (-), リグニン S/G 比 (-), グラクトース (+), 4. 裂断長：リグニン (+), 抽出物 (+), リグニン S/G 比 (-), キシロース (-), 5. 未晒白色度：ホロセルロース (+), 抽出物 (-), 6. カッパー価：ホロセルロース (-), 抽出物 (+), アラビノース (+), マンノース (+), において 1% レベルで有意義な相関が認められた。また、耐折強度においては 5% レベルで有意義な相関が抽出物 (+), リグニン S/G 比 (-) との間に、比引裂度においては 10% レベルで有意義な相関がリグニン (+), アルカリ抽出物 (-), 容積重 (-), セルロース/ヘミセルロース (-), キシロース (-), マンノース (+) で得られた。このように *E. globulus* のパルプ特性は、化学分析により求めた材特性によって表されることが判明した。

ステップワイズ法による重回帰分析により、各パルプ特性に対して有意性を示す材特性は、1. パルプ収率：リグニン、ホロセルロース、2. シート密度：抽出物、ヘミセルロース、リグニン S/G 比、マンノース、3. 比破裂度：リグニン S/G 比、セルロース/ヘミセルロース、抽出物、ホロセルロース、4. 裂断長：リグニン S/G 比、セルロース/ヘミセルロース、5. 比引裂度：容積重、6. 耐折強度：抽出物、7. 未晒白色度：抽出物、8. カッパー価：抽出物、アラビノース、容積重と抽出された。耐折強度は 5% レベルで比引裂度は 10% レベルで、他では 1% レベルで有意義な関係が得られた。

以上のことから、*E. globulus* の材質育種における選抜指標の抽出に成功した。標準値を示す部位からの

コアを用い, 樹木を伐倒せず樹幹全体のパルプ特性を予測し, 事業に応用されることが期待される。

謝 辞

材料を提供頂いた CALM に謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 柴田 勝：繊維学会誌, 50, 141 (1994)
- 2) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田 勝：北方林業, 46, 315 (1994)
- 3) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：北方林業, 47, 18 (1995)
- 4) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49, 724 (1995)
- 5) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49, 861 (1995)
- 6) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49(6), 967 (1995)
- 7) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49(7), 1098 (1995)
- 8) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49(8), 1227 (1995)
- 9) Ona, T., Sonoda, T., Shibata, M. and Fukazawa, K. : Tappi, 78, 121 (1995)
- 10) 小名俊博, 園田哲也, 伊藤一弥, 柴田勝：紙パ技協誌, 49(9), 1347 (1995)
- 11) Crawford, I. A., Prentice, F. J. and Turner, C. H : Appita, 25, 353 (1972)
- 12) Turner, C. H., Baloids, V. and Dean, G. H : Appita, 36, 371 (1983)
- 13) Dinwoodie, J. M. : Tappi, 48, 440 (1965)
- 14) Van Buijtenen, J. P., Zobel, B. J. and Joranson, P. N. : Tappi, 44, 141 (1961)
- 15) 香山彊：紙パ技協誌, 22, 581 (1968)
- 16) Hall, M. J., Hansen, N. W. and Rudra, A. B. : Appita, 26, 348 (1973)
- 17) Van Buijtenen, J. P., Joranson, P. N. and MacLaurin, D. J. : Tappi, 44, 166 (1961)
- 18) 鶴田哲哉：北海道大学農学部卒業論文 (1994)
- 19) 米沢保正, 香山 彊, 菊地文彦, 宇佐見国典, 高野勲, 萩野健彦, 本田 収：林業試験場研究報告, 253, 55 (1973)
- 20) 三宅基夫：紙パ技協誌, 22, 10 (1968)
- 21) Collins, D. J., Pilotti, C. A. and Wallis, A. F. A. : Appita, 43, 193 (1970)
- 22) 中外産業調査会訳：「紙およびパルプ製造法」, 2, 473, 中外産業調査会 (1970)
- 23) Wu, J., Fukazawa, K. and Ohtani, J. : Holzforschung, 46, 181 (1992)
- 24) Meier, H. and Wilke, K. C. B. : Holzforschung, 13, 177 (1959)
- 25) Meier, H. : Pure Appl. Chem., 5, 37 (1962)
- 26) Bamber, R. K. : Appita, 38, 210 (1985)

(受理：'95.7.12)