HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道の造林対象樹10種の化学的性質と硫酸塩パルプ
Author(s)	川瀬, 清; 氏家, 雅男; 戸坂, 圀夫
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 20(1), 239-255
Issue Date	1959-07
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20777
Type	bulletin (article)
File Information	20(1)_P239-255.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道の造林対象樹10種の化学的性質と硫酸塩パルプ

川瀬　清
氏家雅男
戸坂圀夫

Chemical Properties of Some Woods and the Sulphate Pulps

By

Kiyoshi KAWASE, Masao UJIIE
and Kunio TOSAKA

目　次

頁
序　言 …… 240
I. 成分組成，容積重，熱量および繊維長 …… 240
1. 試料および実験方法 …… 240
2. 結　果 …… 241
A. 成分組成 …… 241
B. 容積重および熱量 …… 244
C. 繊維長 …… 245
D. 考　察 …… 247
II. 硫酸塩パルプ …… 248
1. 実験方法 …… 248
2. 結　果 …… 249
A. 収　量 …… 249
B. パルプの組成 …… 251
C. 紙力試験 …… 251
D. 考　察 …… 252
結　言 …… 252
参考文献 …… 253
Summary …… 254

川瀬　清　北海道大学農学部林産学科　助教授
氏家雅男　北海道大学農学部林産学科　助　手　農学修士
戸坂圀夫　北海道大学大学院農学研究科　農学修士

序　　言

いわゆる林力増強計画なるものが北海道の国有林を中心にして建てられ，すでに実行に移されている。造林の立場からするといろいろな問題が沢山あつて，日本林学会北海道支部においてもすでに2回にわたつて取り上げられ，検討されているが，国民経済的な考え方を一応度外視すると，林業が自然のもつ炭素固定の力を最高度に発揮させることを考えながら利潤を追求するということは，林産化学の立場からみると望ましい方向にむいたと考えなければならない。質より量という考え方は，決して質を無視する考え方ではない。木材を化学的にみれば特殊の例外はあるにしても，これを大きく2つの群に分けることができて，これら2つの群すなわち針葉樹と広葉樹の中では樹種別の相違はさしたる大きな問題とはならないから，化学的にはいわゆる質を考慮する必要が小さく，量のみを考えればよいともいえるからである。したがつて造林技術のゆるす範囲内でいずれの木材が量産されようともその量のみ，ことに重量のみが問題となるわけである。しかし木材資源の不足と，これを補うことのできる造林技術の未発達を考えれば，木材の利用はたとえわずかの性質の相違であつても，これを生かして高度の集約化をはからなければならないことは現在のわれわれ林産学を専攻する者のつとめである。このような考え方に立つて，北海道においてすでに造林の対象樹としてとりあげられているカラマツやトドマツをはじめとして，今後生産される可能性のある樹種の中からトドマツ，アカエゾマツ，カラマツ，ストローブマツ，バンクスマツの5針葉樹，シラカバ，ヤチダモ，ドロノキ，ポプラ，ニセアカシヤの5広葉樹をえらび，これの化学的組成，熱量，容積重を明らかにするとともに，これから硫酸塩法でパルプを造り，その性質をも究明した。

筆者等のこの報告を発表する目的は，単に特殊な興味ある分野を深く究明することにあるのではなくて，一部造林実行者の間で不安とされているこれら造林樹種の利用価値の問題を，化学的利用の立場から具体的に示すことにもある。こうすることによつて造林実行者が安心して事業に従事できるための助けとなれば幸と考えるからである。

この実験を行うにあたり，試料の提供をされた北大演習林ならびに紙力試験の便宜をはかられた北日本製紙株式会社研究部に対し心から謝意を表する。

I.　成分組成，容積重，熱量および繊維長

1.　試料および実験方法

実験に用いた試料の樹高，胸高直径，産地を示すとつぎのようである。

樹　　種	樹　高 (m)	胸高直径 (cm)	産　　地
トドマツ *Abies sachalinensis* FR. SCHM.	20	38	北大天塩第一演習林幌加事業区
アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	26	40	北大天塩第二演習林奥地事業区第37林班
カラマツ *Larix Kaempferi* SARG.	9	15	北大構内実験苗圃
ストローブマツ *Pinus strobus* L.	13	23	北大苫小牧演習林幌内事業区第32林班
バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	13	19	北大苫小牧演習林幌内事業区第17林班
シラカバ *Betula platyphylla* SUKATCH.	13	19	北大苫小牧演習林幌内事業区
ドロノキ *Populus Maximowiczii* A. HENRY	12	20	北大天塩第一演習林上音威子府事業区第9林班
ポプラ *Populus nigra* L.	13	25	北大構内第一農場
ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	17	20	北大苫小牧演習林幌内事業区第32林班
ニセアカシヤ *Robinia pseudacacia* L.	—	25	札幌市停車場通並木約30年生

このうちアカエゾマツとドロノキは，里中聖一氏が採取分析をした残部を実験に供した。またカラマツは沢田豊，和田正三両君が卒業論文の試料として用いたもので，この試料の分析値はともにその結果をそのまま用いた。

以上の試料を小型丸鋸を用いて細粉化し，木材分析は当教室で行つている常法[5]によつて行つた。容積重の値は繊維飽和点における容積と絶乾の重量を用いて出したものである。発熱量は風乾状態の80メッシュ以下の細粉1gを用い，BERTHELOT-MAHLER式熱量計によつて酸素の圧力20 kg/cm² 下で点火して測定した。また繊維長は常法[7]によつて解離した繊維を，万能投影器にかけて針葉樹は20倍，広葉樹は50倍に拡大して測定した。

2. 結　　果

A. 成分組成

木材分析の結果を表示すると第1表のようである。これを既往の分析値[1),4),5),9),10),11),12),13),15)]を参考にして検討すると次のようなことがいえる。

灰分: 灰分は針葉樹ではストローブマツの0.50%からバンクスマツの0.18%の間にあり，広葉樹はニセアカシヤの0.74%とシラカバの0.10%の間にあつて，樹種間の差は小さい。

第1表　試料原木の組成，熱量，容積重および繊維長（%）

樹種		灰分	抽出物 アルコールベンゼン	冷水	温水	1% NaOH	セルロース	ホロセルロース	全ペントザン	リグニン	熱量 (cal)	容積重	繊維長 (mm)
針葉樹	トドマツ	0.30	2.08	1.82	3.06	13.29	59.14	74.58	11.88	28.01	4860	0.35	3.06
	アカエゾマツ	0.42	0.	0.70	2.27	13.97	59.91	80.62	13.69	27.26	4870	0.43	3.52
	カラマツ	0.29	2.86	2.34	7.26	19.33	49.77	64.69	11.79	31.61	4910	0.36	2.74
	ストローブマツ	0.50	6.07	3.30	5.71	17.55	53.16	70.38	12.04	29.29	4960	0.29	3.14
	バンクスマツ	0.18	2.45	1.61	2.92	15.46	56.36	74.93	11.93	28.02	4900	0.43	2.72
広葉樹	シラカバ	0.19	1.74	1.27	1.80	19.88	58.43	81.07	25.20	20.10	4620	0.50	0.97
	ドロノキ	0.57	2.33	1.89	2.99	20.09	63.62	81.11	22.27	21.45	4740	0.38	0.96
	ポプラ	0.68	2.94	1.66	4.20	21.50	57.40	78.25	22.10	23.93	4730	0.33	0.80
	ヤチダモ	0.62	1.20	2.71	3.69	22.99	57.33	79.92	22.82	21.12	4640	0.57	1.07
	ニセアカシヤ	0.74	5.02	2.29	6.39	20.64	58.44	79.61	23.34	19.08	4630	0.59	0.95

アルコール・ベンゼン抽出物：ストローブマツの6.07%とアカエゾマツの0%の間にあつて，ストローブマツが目立つて多い。北大苫小牧演習林産のストローブマツにこの抽出物の多いことは最近の分析値[1),12)]からも明らかであつて，ストローブマツの特性ということができる。これについて宮島[8)]はヤニが多いと表現している。このように北大苫小牧演習林産のものはいずれも高い値を示しているが，産地のことなる他の材の分析値[9)]の中にはかならずしも高くないものもある。アカエゾマツは既往の報告[5),9)]によると4.90～2.23%であつて抽出量は多くないが，ここに用いた0%はとくに少ない場合の特例と考えられる。広葉樹ではニセアカシヤの5.02%とヤチダモの1.20%の間にあつて，ニセアカシヤの高い値が目立つている。この値は広葉樹の他の分析値[9)]と比較しても高い方に属する。

冷水抽出物：針葉樹ではストローブマツの3.30%とアカエゾマツの0.70%の間にあり，また広葉樹ではヤチダモの2.71%とシラカバの1.27%の間にあつていずれも樹種間の差は小さい。

温水抽水物：針葉樹ではカラマツの7.26%とアカエゾマツの2.27%の間にあり，そのうちカラマツとストローブマツの5.71%は高く，中でも7.26%と高いカラマツの値は既往の分析値[2),4),9),12)]ともその傾向は一致しており，温水抽出物の多いのはカラマツの特性ということができる。また広葉樹ではニセアカシヤの6.39%とシラカバの1.80%の間にあつて大差はみられないが，ニセアカシヤの6.39%は広葉樹の中では比較的高い値ということができる。

1% NaOH 抽出物：針葉樹ではカラマツの19.33%とトドマツの13.29%の間にあり，カラマツの19.31%とストローブマツの17.55%はかなり高く，最近の分析値[12)]も同様の傾向を示しているが，針葉樹全般[9)]からすればかならずしもとくに高い値とはいいがたい。

さらに広葉樹ではヤチダモの22.69%とシラカバの19.88%の間にあつてその差は小さい。

抽出物全体についてみると，含有率の高いものにはカラマツ，ストローブマツ，ニセアカシヤがあり，低いものにはトドマツ，アカエゾマツ，バンクスマツ，シラカバがあるが，広葉樹の間ではニセアカシヤのアルコール・ベンゼン抽出物および温水抽出物が比較的多いのをのぞけば一般にその差は小さいといえる。

セルロース (Cross-Bevan セルロース): 針葉樹ではアカエゾマツの59.91%とカラマツの49.77%の間にあり，アカエゾマツ[5]とトドマツは既往の数値[9]よりやや高いが，最近の分析とほぼ同様である。一方カラマツは低い値を示しているが，カラマツのセルロース含有率の低いことは最近の北海道産材の分析値[4),5),12)]の傾向とも一致しており，セルロース含有率の低いことはカラマツの特性とみることができる。また広葉樹はドロノキの63.62%とヤチダモの57.33%の間にあつてその差は小さいが，ドロノキのセルロース含有率の高いことは既往の分析値[7]とも一致する。

ホロセルロース: ホロセルロース分析の行われはじめたのは最近であつて，その分析例は少なく，充分な比較検討はできない。その傾向はセルロースとほぼ一致しており，針葉樹ではアカエゾマツの80.62%とカラマツの64.69%の間にあつて，アカエゾマツが高く，カラマツはとくに低い値を示している。また広葉樹ではドロノキの81.11%とポプラの78.25%の間にあつてその差は小さく，樹種による相違はセルロースの場合と同様，ほとんどみることはできない。

ペントザン: 針葉樹ではアカエゾマツの13.69%とカラマツの11.79%の間にあつて樹種間の差は小さい。また広葉樹においてもシラカバの25.20%とポプラの22.10%の間にあつてシラカバがやや高いが樹種間の差は小さく，針葉樹の場合と同様の傾向を示している。

リグニン: 針葉樹ではカラマツの31.61%とアカエゾマツの27.26%の間にあつて，樹種間の差は小さく，カラマツの31.61%はやや高く，最近の分析値にも同様高い値[2]を示すものがあるが，そうでないもの[3),7)]もあつて，かならずしもカラマツの特性とはいいがたい。また広葉樹ではポプラの23.93%とニセアカシヤの19.08%の間にあつて，樹種間の差は小さく，針葉樹と同様であつた。

以上の成分組成を通じてみると，利用上とくに注目に値する性質としては，ストローブマツとカラマツがともに抽出成分が多く，これに反して現在主な利用の対象となつているセルロースやホロセルロースの含有率が低いことである。これは成分組成上からみると両樹種の利用上の欠点といわれるべき点である。その他の点については特筆すべきものは見当らない。なお分析値の中でホロセルロースとリグニンの和がわずかに100をこえているが，分析については細心の注意をはらつているので，その原因についてはくわしく検討

を要する。

B. 容積重および熱量

木材を化学的に利用する場合に，原木の価値をきめるのにもつとも適切な規準は，その中に含まれている成分の重量である。いまそれぞれの材の生材 1 m^3 中に含まれる成分の重量を容積重と成分組成から算定すると第2表のようである。

第2表　原木一定容積中の成分含有量および熱量

樹種	セルロース		ホロセルロース		全ペントザン		リグニン		熱量	
	kg/m^3	比率	kg/m^3	比率	kg/m^3	比率	kg/m^3	比率	10^3Cal/m^3	比率
トドマツ	20.70	100	26.10	100	4.16	100	9.80	100	1700	100
アカエゾマツ	25.76	124	34.67	133	5.89	142	11.72	120	2090	123
カラマツ	17.92	87	23.29	89	4.24	102	11.38	116	1768	104
ストローブマツ	15.42	74	20.41	78	3.49	84	8.49	87	1440	85
バンクスマツ	24.23	117	32.22	123	5.15	124	12.05	123	2110	124
シラカバ	29.22	100	40.54	100	12.60	100	10.05	100	2310	100
ドロノキ	24.18	83	30.82	76	8.46	67	8.15	81	1800	78
ポプラ	18.94	65	25.82	64	7.29	58	7.90	79	1560	68
ヤチダモ	32.68	112	45.55	112	13.01	103	12.04	120	2650	115
ニセアカシヤ	34.48	118	46.97	116	13.77	109	11.26	112	2730	118

またこの表には針葉樹を北海道における代表的樹種であるトドマツを100として，それぞれの樹種のこれに対する比率を算し，さらに広葉樹ではシラカバを100として同様比率を算定した結果も同時に示した。これによると，たとえば現在ひろく利用の対象となつているセルロースについてみると，針葉樹では 1 m^3 当りトドマツでは 20.70 kg であつて，これを100とした各樹種別の数値はそれぞれアカエゾマツ124，バンクスマツ117，カラマツ87，ストローブマツ74の順となつていて，アカエゾマツ，バンクスマツ，はトドマツよりやや高い値を示しているが，カラマツとストローブマツは低い。カラマツとストローブマツは含有率が低いが，その上ストローブマツは容積重がきわめて小さいので非常に低い値を示して，5種類の針葉樹のうちではもつとも低い含有量となつている。したがつてこれを規準にしてその価値をきめるとアカエゾマツ，バンクスマツ，トドマツ，カラマツ，ストローブマツの順となる。ただここで考えなければならないことは，容積重の大きさ[8]は北海道において生育したバンクスマツとストローブマツは，原産地のものにくらべて10%以上小さいといわれ，またカラマツは生長の度合，すなわち年輪幅によつて大きく変動するため，年輪幅の広い若い木と生長のおそくなつた木との間に相当のひらきができ，重量生長量を考えに入れないと真の価値は論じられない。筆者等の用いた材は年輪幅の広いものであつて，その値は既往のそれ[5),9)]よりは低くなつている。

さらに広葉樹についてみると，1 m³ 当りシラカバでは 29.22 kg であつて，これを 100 とした各樹種別の数値はそれぞれニセアカシヤ 118，ヤチダモ 112，ドロノキ 83，ポプラ 65 の順となつていて，ニセアカシヤとヤチダモはシラカバよりも高く，ドロノキとポプラは非常に低い値を示している。したがつて針葉樹と同様にしてこれを価値づければ，ニセアカシヤ，ヤチダモ，シラカバ，ドロノキ，ポプラの順となる。この傾向はホロセルロース，全ペントザンについても，針葉樹ではほぼ一致し，その順位は広葉樹ではまつたく一致している。

また熱量は第1表に示されているように，針葉樹ではストローブマツの 4960 cal とトドマツの 4860 cal の間にあつて樹種の相違による差は小さく，広葉樹ではドロノキの 4740 cal とシラカバの 4620 cal の間にあつて針葉樹と同様に樹種の相違による差は小さい。この結果は北海道の主要樹種の熱量について発表されている結果[12]と一致している。さらに熱量を木材 1 m³ 当りに換算した値を第2表に示したが，これによると針葉樹ではカラマツの 2310×10^3 Cal とストローブマツの 1440×10^3 Cal の間にあり，トドマツを 100 とした比率をみるとバンクスマツは 124，アカエゾマツは 123 と近い値を示してトドマツより高く，カラマツは 104 とトドマツとの差が小さく，ストローブマツは 85 と低い値を示している。一方広葉樹についてみると 1 m³ 当りの熱量はニセアカシヤの 2730×10^3 Cal とポプラの 1560×10^3 Cal の間にあり，シラカバを 100 とした比率も他の成分の場合に類似し，その順位はまつたく一致している。針葉樹は薪炭材として使用することは比較的少ないが，広葉樹の場合は現在でもかなり多く，これの価値をこの数値から判断すれば，ニセアカシヤとヤチダモが類似して高く，シラカバがこれにつぎ，ドロノキとポプラは非常に低い。この結果から，木材の薪炭材としての価値はその含有成分の含有率にほとんど影響されることなく，容積重の大きいものほど高いということができる。

C. 繊 維 長

繊維長[9]も成分組成と同じく多少の例外はあるが，針葉樹と広葉樹の相違はあつてもその中で樹種別の相違は少ない。ここで測定した10種類の材についてもまつたく同様であり，第1表の平均繊維長によると針葉樹ではアカエゾマツの 3.52 mm とバンクスマツの 2.72 mm の間にあり，広葉樹ではヤチダモの 1.07 mm とポプラの 0.80 mm の間にある。この測定値を長さの範囲別にくわしく示したものが針葉樹が第3表，広葉樹が第4表でありさらにこれらをまとめて図示すると第1図のようである。これによるとアカエゾマツは広い範囲にわたつて分布しているが長いものが多く，バンクスマツは短いものが目立つて多い。また平均繊維長の 3 mm 以上のものは，山が長さの範囲の中心ないしそれより長いところにあり，3 mm 以下のものは中心より短いところにある。また広葉樹についてみると，繊維長の大きいヤチダモはアカエゾマツに似た分布を示し，短いポプラはバンクスマツの

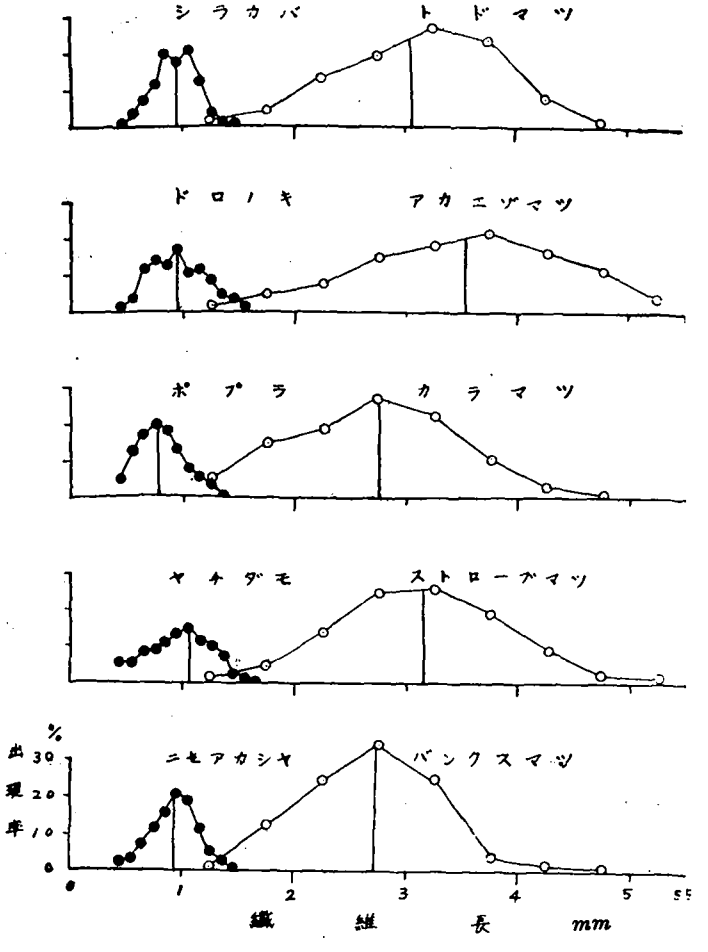
第3表　繊　維　長（針葉樹）

樹種 / 長さの範囲 (mm)	トドマツ		アカエゾマツ		カラマツ		ストローブマツ		バンクスマツ	
	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
1～1.5	7	1.4	8	1.6	22	4.4	8	1.6	5	1.0
～2.0	23	4.6	24	4.8	72	14.4	24	4.8	61	12.2
～2.5	68	13.6	38	7.6	93	18.6	69	13.8	119	23.8
～3.0	99	19.8	75	15.0	135	27.0	122	24.4	167	33.4
～3.5	137	27.4	90	18.0	110	22.0	127	25.4	122	24.4
～4.0	121	24.2	106	21.2	53	10.6	94	18.8	19	3.8
～4.5	43	8.6	82	16.4	14	2.8	44	8.8	6	1.2
～5.0	2	0.4	58	11.6	1	0.2	9	1.8	1	0.2
～5.5	0	0	19	3.8	0	0	3	0.6	0	0
合　計	500	100	500	100	500	100	500	100	500	100
繊維長 平均 (mm)	3.06		3.52		2.74		3.14		2.72	
繊維長 最大 (mm)	4.75		5.40		4.65		5.30		4.10	
繊維長 最小 (mm)	1.20		1.15		1.00		1.10		1.10	

第4表　繊　維　長（広葉樹）

樹種 / 長さの範囲 (mm)	シラカバ		ドロノキ		ポプラ		ヤチダモ		ニセアカシヤ	
	本	%	本	%	本	%	本	%	本	%
0.4～0.5	4	0.8	7	1.4	22	4.4	27	5.4	14	2.8
～0.6	17	3.4	19	3.8	61	12.2	27	5.4	18	3.6
～0.7	36	7.2	59	11.8	84	16.8	43	8.6	35	7.0
～0.8	58	11.6	70	14.0	97	19.4	45	9.0	58	11.6
～0.9	100	20.0	64	12.8	89	17.8	56	11.2	77	15.4
～1.0	88	17.6	86	17.2	62	12.4	66	13.2	102	20.4
～1.1	105	21.0	51	10.2	36	7.2	74	14.8	94	18.8
～1.2	62	12.4	57	11.4	28	5.6	56	11.2	57	11.4
～1.3	21	4.2	42	8.4	18	3.6	50	10.0	27	5.4
～1.4	5	1.0	23	4.6	3	0.6	37	7.4	13	2.6
～1.5	4	0.8	16	3.2	0	0	11	2.2	5	1.0
～1.6	0	0	6	1.2	0	0	7	1.4	0	0
～1.7	0	0	0	0	0	0	1	0.2	0	0
合　計	500	100	500	100	500	100	500	100	500	100
繊維長 平均 (mm)	0.97		0.96		0.80		1.07		0.95	
繊維長 最大 (mm)	1.50		1.60		1.34		1.62		1.50	
繊維長 最小 (mm)	0.48		0.42		0.40		0.40		0.40	

図に似ており，他の3者は長さの範囲の中心近くに山がある。これら樹種の相違による差はほとんど問題とするにたらないものと考えられ，製紙用原料としての価値に大差ないものと考えられる。



第1図　繊維長の分布と平均

D. 考　察

現在の木材の化学的処理の大部分を占めるものはパルプ化であり，利用の目的となる成分はセルロースを主体とする炭水化物である。この点に立つてここで問題にした10種類の木材について考えると，成分組成から見た場合は針葉樹ではセルロースとホロセルロースの含有率の高いアカエゾマツが最高としてあげられ，これに続いてトドマツ，バンクスマツ，ややおちてストローブマツがあり，カラマツが最低を示している。この傾向は繊維長についても似ているが，熱量は逆の傾向にある。一方広葉樹についてみると成分含有

率，繊維長，熱量とも大差がない。しかしすでに述べたように，林産化学からみた木材の真の価値は成分組成や容積にあるのではなくて，成分の重量，すなわち実質の重量がもつとも大きな問題である。この点からみるとたとえばセルロースについてはアカエゾマツが最高を示し，ついでバンクスマツ，トドマツ，カラマツの順となり，ストローブマツがはなれて低い値を示している。また広葉樹についてみると，ニセアカシヤ，ヤチダモ，シラカバの順によく，ドロノキとポプラは目立つて低い値を示している。以上の考え方は利用上多少の障害となる材の色の問題や，樹木の生長の大小，造林の難易などは度外視した考え方であつて，現実にはドロノキなどは材の色がうすいために好んで用いられ，むしろ高くさえ評価されるが，加工処理上の問題は造林上の問題にくらべて解決が容易であるのでここでは重要視しなかつた。ここにかかげた10種類の木材のうち，ストローブマツ，ドロノキ，ポプラのように容積重の小さいもの，すなわち実質量の小さいものは，その生長量が他のものにくらべて目立つて大きいか，あるいは造林がきわめて容易であるとき，他の樹種と同様な価値が生ずるものと考えられる。

II. 硫酸塩パルプ

1. 実験方法

試料原木からチップを造り，風乾の状態まで乾燥した。これを用い活性アルカリ24%，硫化度25%，液比6（これは容積重の小さい材を充分浸すにたる量で，すべての材に同液比を用いた）の条件下で，3.5 ℓ 容のオートクレーブ中で170°C，2時間の蒸解を行つた。蒸解したチップは冷却後布袋に入れ，水道水によつて洗滌してからまず収量を測定した。このパルプはフラットスクリーンを用いてスクリーニングし，手抄によつて分析試料を調製すると同時に，さらに王研式ラバス型ビーターを用い，3% 濃度で叩解し，フリーネス400 cc と200 cc 附近のパルプを造り，強度試験用の試料とした。なお分析値のうち α-セルロースはホロセルロース定量法に従つて脱リグニンした試料を17.5% NaOH で処理定量した値である。紙力試験用試料は北日本製紙株式会社江別工場で行つている条件に従い絶乾 3 g 相当量をとり，これを60メッシュの金網上にすきとり，吸取紙にうけてから銅板の間にはさみ，4 kg/cm² の圧力で10分間加圧し，ついで105°C の乾燥器中で20分乾燥してから，第2図に示すような所定の大きさに切り，温度20°C，湿度65% の室に一夜放置してから試験に供した。試験項目および方法はつぎのようである。

厚さ：　1枚につき10カ所を4枚測定。

米坪：　化学天秤により4枚について秤量し，1 m² の重量を算定した。

緊度：　厚さと米坪から算定。

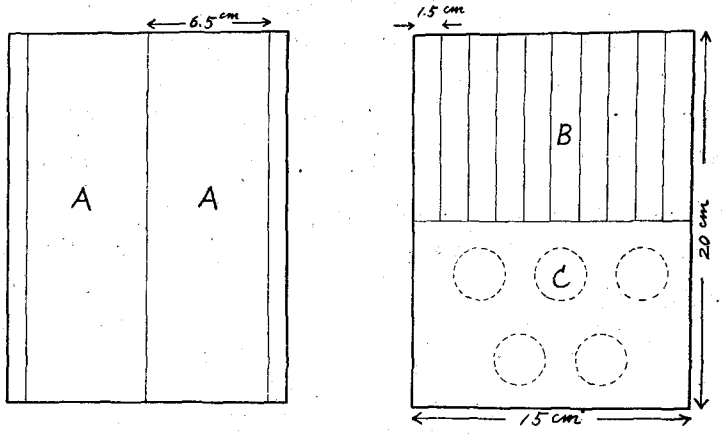
引裂： 6.5 cm×20 cm の紙2枚を二つ折にしてエルメンドルフ型引裂強度試験器によつて測定し，4回の和(16枚相当)をもつて表わした。また比引裂度は引裂強度gを米坪で除して100倍した値である。

破裂： ミユレン型破烈強度試験器により1枚につき5カ所，計10カ所の平均。また比破裂度は破裂強度 kg/cm² を米坪で除して100倍した値である。

引張： ショッパー型抗張力試験器により，1.5 cm×10 cm (スパン5 cm) の試験片20枚について測定した平均，これから次式によつて裂断長を算定した。

$$裂断長=\frac{P\times 1000}{W\times b}\text{km}$$

P: 引張強度 kg　b: 試験片の幅 15 mm　W: 米坪 g/m²



第2図 紙力試験片

A：引裂試験用　B：引張試験用　C：破裂試験用

2. 結　　果

A. 収　　量

パルプの収量および成分組成を示すと第5表のようである。これによると収量は針葉樹ではトドマツの44.5%とストローブマツの39.1%の間にあり，アカエゾマツ42.0%，バンクスマツ41.4%はトドマツについで比較的高い値を示し，カラマツの39.2%とストローブマツの39.1%はともに低い。一方広葉樹ではドロノキの47.9%とヤチダモの43.8%の間にあり，ドロノキとシラカバの47.5%はともに高く，ニセアカシヤの46.0%がこれにつぎ，ポプラの44.5%とヤチダモの43.8%がともに低い。これらの収量を，原木1 m³当りのkg数に換算するとカラマツ，アカエゾマツ，バンクスマツはそれぞれ184 kg，181 kg，178 kgと比較的高く，トドマツの156 kgがこれにつぎ，ストローブマツの113 kgがもつとも低い。また広葉樹ではニセアカシヤの271 kgが高く，ヤチダモ，シラカバのそれぞれ

第5表　パルプの収量および組成

樹　種	収量 (%)	ローエ価	灰分 (%)	α-セルロース (%)	ペントザン (%)	木材1m³からえられるパルプの量 (kg)	パルプ1tをうるに必要な木材 (m³)
トドマツ	4.45	4.24	0.48	81.81	7.86	156	6.4
アカエゾマツ	42.0	2.90	0.25	84.02	8.89	181	5.5
カラマツ	39.2	3.52	0.33	82.87	8.52	141	7.0
ストローブマツ	39.1	3.09	0.53	82.37	6.92	113	9.0
バンクスマツ	41.4	5.07	0.64	85.30	7.59	178	5.6
シラカバ	47.5	2.05	0.53	85.40	21.14	238	4.2
ドロノキ	47.9	1.74	0.64	83.92	16.19	182	5.5
ポプラ	44.5	2.01	0.76	84.47	19.48	147	6.8
ヤチダモ	43.8	2.13	0.57	86.53	16.18	250	4.0
ニセアカシヤ	46.0	2.13	0.93	87.89	19.58	271	3.7

250 kg，238 kg がこれにつぎ，ドロノキの 182 kg と，とくにポプラの 147 kg が目立つて低い。したがつてパルプ 1 t をうるのに必要な木材はおなじ針葉樹の間でもカラマツは 5.4 m³ であるのにストローブマツでは 9.0 m³ を必要とし，広葉樹ではニセアカシヤは 3.7 m³ でたりるのにポプラでは 6.8 m³ を必要とする。さらにチップの釜詰量を 1430 cm³ 容のオートクレーブを用い測定したところ第6表のような結果がえられた。

第6表　チップの釜詰量

樹　種	含水率 (%)	絶乾重量 (kg/m³)	比　率
トドマツ	9.8	150	100
アカエゾマツ	11.8	207	138
カラマツ	10.5	165	110
ストローブマツ	14.9	139	93
バンクスマツ	11.0	191	128
シラカバ	10.3	262	100
ドロノキ	11.9	190	73
ポプラ	6.4	170	65
ヤチダモ	9.6	322	123
ニセアカシヤ	6.1	351	134

これによると，釜詰量はほぼ容積重に比例的に変化し，一定容積のしめるチップの実質重量は同一容積の木材のしめる実質重量のおよそ3分の1に相当することがわかる。この量はチップの大きさや形にかなり影響されるが，およその傾向はみることができ，容積重の大きいものがここでも有利であることがわかる。

B. パルプの組成

まずローエ価をみると，針葉樹ではバンクスマツの5.07とアカエゾマツの2.90の間にあつてその差は小さく，広葉樹ではヤチダモおよびニセアカシヤの2.13とドロノキの1.74の間にあつてその差はさらに小さく，リグニン含有量がすべて低いことがうかがわれる。また灰分は針葉樹ではバンクスマツの0.64%とアカエゾマツの0.25%の間にあり，広葉樹ではニセアカシヤの0.93%とシラカバの0.53%の間にあり，ともに樹種間の相違は少ないといえる。またα-セルロースは針葉樹ではバンクスマツの85.30%とトドマツの81.81%の間にあり，バンクスマツとアカエゾマツが比較的高く，他は低い傾向を示し，広葉樹ではニセアカシヤの87.89%とドロノキの83.92%の間にあり，ニセアカシヤが高くヤチダモ，シラカバがこれにつぎ，ポプラとドロノキが比較的低いが大差はない。さらにペントザンは針葉樹ではアカエゾマツの8.89%とストローブマツの6.92%の間にあつてその差は小さく，広葉樹ではシラカバの21.14%とヤチダモの16.18%の間にあり，シラカバ，ニセアカシヤ，ポプラがやや高く，ドロノキとヤチダモがやや低いが，やはり大差はみられない。以上の結果からそれぞれ針葉樹および広葉樹の中では，えられたパルプの樹種の相違による成分組成の差はほとんど問題とするにたらない程度のものと考えられる。

C. 紙力試験

紙力試験の結果を示すと第7表のようである。これをみると400ccに調製する予定のフリーネスが針葉樹では435ccから315cc，また200ccに調製する予定のものが広葉樹では235ccから140ccとかなりの差を生じており，ほぼ同一条件で処理してもフリーネスのさがりかたに相当な相違があつて，その条件を完全に一致させることができなかつたから比較にやや困難であるが，それぞれ針葉樹および広葉樹の中における樹種別の相違は比較的少ないように思われる。

第7表 紙力試験一覧表

樹種	フリーネス (cc)	米坪 (g/m²)	厚さ (mm/100)	緊度	破裂強度 (kg/cm²)	比破裂度	裂断長 (km)	引裂強度 (g)	比引裂度
トドマツ	315	71.6	9.6	0.74	3.0	4.2	6.4	113	154
	205	71.6	9.3	0.77	2.7	3.7	6.5	111	154
アカエゾマツ	435	73.0	10.4	0.70	2.7	3.7	6.1	183	250
	200	57.9	8.2	0.71	3.3	5.5	6.8	122	218
カラマツ	385	72.6	8.2	0.88	3.4	4.5	7.0	81	115
	180	72.6	7.5	0.98	4.1	5.7	7.5	78	104
ストローブマツ	380	69.9	7.6	0.92	3.1	4.5	8.3	73	103
	205	68.1	7.4	0.93	3.5	5.0	8.1	67	98
バンクスマツ	420	68.8	9.1	0.76	2.8	4.0	6.3	115	168
	220	68.5	8.4	0.82	3.4	4.8	7.1	106	159
シラカバ	420	65.8	8.4	0.79	1.7	2.4	4.6	67	106
	140	61.1	5.8	1.05	3.1	4.7	7.3	34	62

樹　種	フリーネス (cc)	米坪 (g/m²)	厚さ (mm/100)	緊度	破裂強度 (kg/cm²)	比破裂度	裂断長 (km)	引裂強度 (g)	比引裂度
ドロノキ	355	68.7	7.7	0.91	2.1	3.0	5.5	51	73
	235	71.3	7.8	0.92	2.6	3.6	6.1	41	58
ポプラ	415	67.4	7.9	0.85	2.2	3.2	5.8	54	81
	205	72.2	7.3	0.99	3.1	4.3	7.0	50	68
ヤチダモ	370	69.6	9.1	0.77	2.1	2.9	5.9	74	107
	230	68.4	8.0	0.86	2.5	3.7	6.6	66	97
ニセアカシヤ	430	65.1	9.9	0.66	1.7	2.6	4.5	42	63
	205	57.0	7.9	0.72	1.8	3.1	5.8	43	76

D. 考　察

パルプの試験はさらにくわしく樹種別に多数の実験を行い，それぞれの最適条件の上に立つて検討すべきものであつて，筆者等のように針広いずれの樹種をも，まつたく同一条件で処理しているところに，かなりの無理が生ずるが，比較しておよその見当をつけることはできた。まず針葉樹では収量は，カラマツやストローブマツのように，セルロース含有率が低く，アルカリ抽出物の量が多いものが低く，原木の成分組成との関係がよくうかがわれるが，その差は小さい。またパルプの成分組成や強度は，樹種による相違が少なく，その相違は，原木一定容積から生産されるパルプ重量に現われている。これによれば針葉樹ではアカエゾマツとバンクスマツが高く，トドマツとカラマツがこれにつぎ，ストローブマツがとくに低い値を示している。一方広葉樹では，原木の組成に大差がないように，パルプの収量や性質にもほとんど差を生ぜず，針葉樹と同様，原木一定容積から生産されるパルプの重量に差を生じ，容積重の小さいドロノキとポプラが低い値を示している。

以上の結果とさらに繊維長にも差の少ないことからして，これらの樹種の価値は結論的には重量生長のもつとも大きいものが今後のパルプ材として有望であり，これら化学的性質と生長量とを関連させて造林樹種の価値が決定されることになる。

結　言

北海道において今後造林の対象となるであろうと思われる樹種のうちから，現業にも明るい一造林研究者の助言を参考にして針葉樹5種類，広葉樹5種類，計10種類をえらび出してその化学的性質を検討した。その結果をまとめるとおよそ次のようなことが言える。まず針葉樹のトドマツ，アカエゾマツ，カラマツ，ストローブマツ，バンクスマツの中では，カラマツとストローブマツが抽出成分が多く，今日おもに利用の対象となつているホロセルロース含有の低いために低価値と判断されるが，カラマツは容積重がストローブマツにくらべて大きいため一定容積中の成分含有量がやや多い。しかしストローブマツは容

積重が小さいため，一定容積中の成分含有量も目立つて少ない。したがつて，これを補うことのできる生長量をもたないとその価値はきわめて低い。またパルプにした場合も収量が低く，同様のことが言える。しかし熱量，繊維長，えられたパルプの性質の上には樹種による差がほとんどみとめられない。一方広葉樹については成分組成の上にほとんど差がみとめられず，また熱量，繊維長，えられたパルプの性質の上にもほとんど差がみとめられない。したがつて大きな相違点は針葉樹の場合と同様，一定容積中の成分含有量およびパルプ生産量であつて，シラカバ，ドロノキ，ポプラ，ヤチダモ，ニセアカシヤのうちでドロノキとポプラ，とくにポプラが目立つてこの値が低い。現在ではパルプ用材として繊維の形，構成諸細胞の割合，色，硬さ，容積重などが化学的組成とともに重要視されていて筆者等の低価値と断じたポプラなどはむしろ好んで用いられているが，木材の不足する将来においては，これの生長量が，低い容積重をカバーするに充分でないかぎり，やはりその価値は低いと考えられよう。林力増強計画の中で叫ばれている質より量の生産は，木材の生産する炭素の重量を意味することであつて，形質を考慮することよりも炭素固定の自然力を最大限に活用することを考えはじめたことは，木材化学工業の立場からすれば，よろこぶべきことと思われる。

参考文献

1) 阿部　勳：苫小牧産ストローブマツのパルプ化について，卒業論文 (1956).
2) 北大演習林：米材の栞 (1925), 札幌.
3) 本多静六：森林家必携 (1952), 東京.
4) 池田正宏：苫小牧産カラマツのパルプ化について，卒業論文 (1956).
5) 川瀬　清：腐朽材の活用に関する化学的基礎研究，北大演習林報告 Vol. 19, No. 2, 1 (1958).
6) 右田伸彦：木材パルプ (1955), 東京.
7) 右田伸彦：パルプ及び製紙工業実験法 (1943), 東京.
8) 宮島　寛：苫小牧演習林産人工植栽ストローブマツ，バンクスマツおよびカラマツの材質試験，北大演習林報告 Vol. 19, No. 3, 99 (1958).
9) 西田屹二：木材化学工業，上巻 (1946), 東京.
10) RITTER, G. J. & FLECK, L. C.: Chemistry of wood. VI.—The results of analysis of heartwood and sapwood of some American woods. *Ind. Eng. Chem.*, **15**, 1055 (1923).
11) 佐藤鉄郎：苫小牧産バンクスマツのパルプ化について，卒業論文 (1956).
12) 里中聖一：北海道産主要木材の熱量，第67回日本林学会大会講演集，345 (1957).
13) 沢田　豊・和田正三：紙力とリグニンおよびヘミセルロースとの関係，卒業論文 (1958).
14) 森林植物同好会：北海道森林植物 II 木本編，(1955), 札幌.
15) WISE, L. E. & JAHN, E. C.: Wood chemistry (1952), *New York*.

Summary

The analysis of woods which would be worth planting in Hokkaido and pulping tests of those woods were carried out. The woods were as follows; Todomatsu fir (*Abies sachalinensis* FR. SCHM.), Akaezomatsu spruce (*Picea Glehnii* MAST.), Japanese larch (*Larix Kaempferi* SARG.), eastern white pine (*Pinus strobus* L.), jack pine (*Pinus banksiana* LAMB.), Shirakaba birch (*Betula platyphylla* SUKATCH.), Doronoki poplar (*Populus Maximowiczii* A. HENRY), Lombardy poplar (*Populus nigra* L.), Yachidamo ash (*Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.), and black locust (*Robinia pseudacacia* L.). The results of analysis are shown in Table I. Pulps were prepared from those woods under the following conditions: total active alkali based on wood weight, 24%; alkali concentration 40 g/ℓ; sulfidity 25%; digestion temperature 170°C; cooking time 2 hrs. The results of pulping tests are shown in Table II.

1. From Table I it can be seen that the results indicated little difference in chemical composition and calorific value among wood species in both softwood and hardwood groups. In softwood, eastern white pine and Japanese larch had high solubility in hot-water, in 1% NaOH and alcohol-benzene and showed comparatively lower contents of cellulose and hemicellulose. Akaezomatsu spruce had long fiber whilst Japanese larch and jack pine had short. In hardwood, locust tree had high solubility in alcohol-benzene and Lombardy poplar had short fiber.

2. From Table II properties of the pulps from those woods showed also little difference among wood species in both softwood and hardwood groups.

Table I. Properties of woods

Wood species	Ash (%)	Solubility in				Cellulose (%)
		Alcohol-benzene (%)	Cold water (%)	Hot water (%)	1% NaOH (%)	
Softwood						
Todomatsu fir	0.30	2.08	1.82	3.06	13.29	59.14
Akaezomatsu spruce	0.42	0	0.70	2.27	13.97	59.91
Japanese larch	0.29	2.86	2.34	7.26	19.33	49.77
Eastern white pine	0.50	6.07	3.30	5.71	17.55	53.16
Jack pine	0.18	2.45	1.61	2.92	15.46	56.36
Hardwood						
Shirakaba birch	0.19	1.74	1.27	1.80	19.88	58.43
Doronoki poplar	0.57	2.33	1.89	2.99	20.09	63.62
Lombardy poplar	0.68	2.94	1.66	4.20	21.50	57.40
Yachidamo ash	0.62	1.20	2.71	3.69	22.99	57.33
Black locust	0.74	5.02	2.29	6.39	20.64	58.44

Wood species	Holo-cellulose (%)	Pentosan (%)	Lignin (%)	Calorific value (Cal)	Sp. Gr.	Fiber-length (mm)
Softwood						
Todomatsu fir	74.58	11.88	28.01	4860	0.35	3.06
Akaezomatsu spruce	80.62	13.69	27.26	4870	0.43	3.52
Japanese larch	64.69	11.79	31.61	4910	0.36	2.74
Eastern white pine	70.38	12.04	29.29	4960	0.29	3.14
Jack pine	74.93	11.98	28.02	4900	0.43	2.72
Hardwood						
Shirakaba birch	81.07	25.20	20.10	4620	0.50	0.97
Doronoki poplar	81.11	22.27	21.45	4740	0.38	0.96
Lombardy poplar	78.25	22.10	23.93	4730	0.33	0.80
Yachidamo ash	79.92	22.82	21.12	4640	0.57	1.07
Black locust	79.61	23.34	19.08	4630	0.59	0.95

Table II. Yields and properties of pulps

Wood species	Yield (%[a])	Roe number	Ash (%[b])	Alpha-cellulose (%[b])	Pentosan (%[b])	Freeness (C. S.) (mℓ)	Breaking length (km)
Softwood							
Todomatsu fir	44.5	4.24	0.48	81.81	7.86	205	6.5
Akaezomatsu spruce	42.0	2.90	0.25	84.02	8.89	200	6.8
Japanese larch	39.2	3.52	0.33	82.87	8.52	180	7.5
Eastern white pine	39.1	3.09	0.53	82.37	6.92	205	8.1
Jack pine	41.4	5.07	0.64	85.30	7.59	220	7.1
Hardwood							
Shirakaba birch	47.5	2.05	0.53	85.40	21.14	140	7.3
Doronoki poplar	47.9	1.74	0.64	83.92	16.19	235	6.1
Lombardy poplar	44.5	2.01	0.76	84.47	19.48	205	7.0
Yachidamo ash	43.8	2.13	0.57	86.53	16.18	230	6.6
Black locust	46.0	2.13	0.93	87.89	19.58	205	5.8

a: On basis of original wood. b: On basis of pulp.