



Title	北海道内造林木のパルプ化に関する研究：第2報 厚賀産トドマツ間伐材について
Author(s)	香山, 彊; KAYAMA, Tsutomu; 川添, 真一 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 39(2), 213-222
Issue Date	1982-09
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21072">https://hdl.handle.net/2115/21072</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	39(2)_P213-222.pdf



# 北海道内造林木のパルプ化に関する研究\*

## 第2報 厚賀産トドマツ間伐材について

香山 彊\*\* 川添真一\*\*

### Pulping of Plantation-Grown Softwoods in Hokkaido\*

#### Part 2. Pulping of Thinnings of Saghalien Fir Grown in Atsuga District

By

Tsutomu KAYAMA\*\* and Shinichi KAWAZOE\*\*

#### 目 次

1. 緒 言 .....	213
2. 試 料 .....	214
3. 試 験 方 法 .....	214
4. 結果および考察 .....	215
4.1 供試木の性質 .....	215
4.2 パルプ化およびパルプの性質 .....	217
クラフトパルプ (KP) .....	217
サーモメカニカルパルプ (TMP) .....	218
4.3 材の性質とパルプの性質との関係 .....	220
5. 結 言 .....	221
文 献 .....	222
Summary .....	222

#### 1. 緒 言

さきに恵庭営林署管内の昭和10年植栽、林齢44年のトドマツ造林木のパルプ化について検討し、パルプ原木として材質的には特に支障はないことを報告した<sup>1)</sup>。

しかし、トドマツは道内各地に植栽され、植栽地の立地条件の差異による林木材質の変動が当然考えられる。

この報告は、この変動のパルプ適性に及ぼす影響について研究を行なったもので、北海道営林局厚賀営林署管内のトドマツ造林木(昭和25年植栽、林齢30年)について前回同様の試

\* 1982年2月22日受理 Received February 22, 1982.

\*\* 北海道大学農学部林産学科林産製造学教室

\*\* Laboratory of Chemical Technology of Forest Products, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

験を実行し、その結果と前報の結果とを比較検討した。

なお、この試験に使用した同一供試木についての成長経過と基礎材質については、宮島により別に報告されている<sup>2)</sup>。

この研究を行なうに当り、現地調査、供試木採取に関し、北海道営林局技術開発室・川崎舜平企画官(現青森営林局)、厚賀営林署署長および署員各位の御尽力を得た。ここに記して感謝の意を表する。

## 2. 試 料

供試木は、北海道営林局厚賀営林署厚賀事業区145ろ林小班の昭和25年トドマツ植栽地から採取した。

供試木の概要は表-1のとおりである。伐倒は昭和55年8月27日である。

表-1 供 試 木  
Table 1. Sample trees

No. of sample	1	2	3	4	5	6
Tree diameter (b. h.) (cm)	12	14	16	18	20	22
Hight of tree (m)	16.6	12.3	10.4	12.2	13.7	14.3
No. of rings	30	30	30	30	30	30

これら供試木は、同一樹齢の林分の中で、成長程度の異なる個体を胸高直径を基準にして、大体大、中、小の3グループになるように2本ずつ選定したもので、試料の採取位置は、供試木 No.1 については、樹幹部地上高1.3~5.3 mの部分(2玉)、その他の供試木については、1.3~3.3 m(各1玉ずつ)の部分である。

## 3. 試 験 方 法

試料調製、供試木の性質、パルプ化およびパルプの性質、パルプの強度試験についての試験方法は、すべて前報<sup>1)</sup>同様である。

### ○試 料 調 製

チップ： 小型チップによりチップを製造した。チップ寸法は、大略15~20×10~15×2~3 mm(長さ×幅×厚さ)である。

化学組成分析用試料： 各チップ試料の一部を粉砕機で粉砕し、40~60メッシュ部分を使用した。

繊維の形態要素測定試料： 各チップ試料より作製したクラフトパルプを使用した。

### ○供試木の性質

チップの容積密度数： 容積はキノメータにより測定した。

材の化学組成成分： それぞれ該当するJISにより化学分析を行なった。ホロセルロースは

Wise 法により測定した。 $\alpha$ -セルロースは分離ホロセルロースについて、常法により測定した。

繊維の形態要素：繊維長は万能投影機により倍率 50 倍で、繊維幅は光学顕微鏡により倍率 400 倍で各 150 本ずつ測定した。

○パルプ化およびパルプの性質

クラフトパルプ (KP)：表-4 に示す条件で、蒸解を行なった。

サーモメカニカルパルプ ((TMP)：表-6 に示す条件で TMP を製造した。

パルプの性質としては、Kappa 価 (KP)、白色度の測定をそれぞれ JIS により行なった。

○パルプの強度試験

パルプの叩解は、PFI ミルで行ない、試験シートの調製および諸試験は、JIS によって行なった。

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 供試木の性質

供試木の性質は、表-2 のとおりである。

表-2 供試木の性質

Table 2. Chemical components and morphological properties of wood samples

No. of sample	1	2	3	4	5	6
Ash (%)	0.47	0.41	0.22	0.26	0.18	0.26
Solubility in Alcohol-benzene (%)	2.7	2.0	1.5	2.6	2.5	1.6
Holocellulose (%)	70.3	70.8	70.8	68.9	70.6	71.8
$\alpha$ -Cellulose (%)	44.5	44.4	43.3	43.6	45.2	45.1
Lignin (%)	29.7	27.7	28.1	27.8	27.8	28.8
Basic density (kg/m <sup>3</sup> )	265	279	273	318	297	287
Fibre length (L) (mm)	2.51	2.98	2.62	2.99	2.82	2.96
Fibre width (W) ( $\mu$ m)	50.4	47.0	49.0	43.0	49.6	47.5
Felting factor (L/W)	49.7	63.4	53.4	69.6	56.9	62.4

化学組成分については、灰分は 0.18~0.47%，平均 0.30% で、試料 1, 2 以外は 0.2% 台で低い値を示した。アルコール・ベンゼン可溶分は 1.5~2.7%，平均 2.2% で、試料 3 と 6 はそれぞれ 1.5, 1.6% と低い値を示した。ホロセルロースは 68.9~71.8%，平均 70.5% で、 $\alpha$ -セルロースは 43.3~45.1%，平均 44.4% を示し、リグニンは 27.8~29.7%，平均 28.3% で、これら 3 成分は共に比較的狭い範囲に分布している。恵庭産材との比較では、有意差は認められなかった。恵庭産材の場合、灰分とリグニンは、成長の遅い試料がやや多い傾向を示したが、厚質産材を含めると、この関係は、傾向としては認められるが、有意な相関とはならなかった (胸高直径対灰分：相関係数  $-0.535$ , 対リグニン： $-0.483$ )。

容積密度数は 265~318 kg/m<sup>3</sup>, 平均 287 kg/m<sup>3</sup> で, 恵庭産材とほぼ同様の値を示している。胸高直径別の比較では, 恵庭産材を含め一定の傾向は認められず, また容積密度数と材の性質との間に, 有意な相関は認められなかった。

繊維長は 2.51~2.99 mm, 平均 2.81 mm で, 試料の個体差については, 平均値の差の検定結果, 表-3 に明らかなように全体の組合せの 67% にあたる 10 ケの組合せに有意差が認められた。

表-3 平均値の差の検定 (繊維長・繊維幅)  
Table 3. Student test among the averages of fibre dimensions of wood samples

No. of sample	1	2	3	4	5	6
1		**		**	**	**
2	**		**		*	
3				**	**	**
4	**	**	**		*	
5				**		
6	*			**		

Fibre length

Fibre width.

\* Significant at 5% level.

\*\* Significant at 1% level.

これは恵庭産材の場合の 68% とほぼ同様の値であり, 生育環境の異なる場合でも, 同一林分に生育した同一樹齢の試料間において, 繊維長においては個体間にかなりの変動があることを示している。

胸高直径別の比較では, 恵庭産材の場合, 胸高直径の大きな試料は繊維長, 繊維比 (L/W) がやや大きいように認められたが, 厚賀産材を含めると, 化学組成成分に見られたように, 恵庭産材の場合と同様な傾向は示すが, 有意な相関は認められなかった (胸高直径対繊維長: 相関係数 0.377, 対繊維比 0.395)。

繊維幅は 43.0~50.4  $\mu$ m, 平均 47.8  $\mu$ m を示し, 平均値の差の検定では, 表-3 に明らかなように, 全体の組合せの 46% にあたる 7 ケの組合せに有意差が認められた。これは恵庭産材の場合の 18% と比較するとかなり大きな値であり, 厚賀産材の場合, 繊維幅にも個体間にかなりの変動のあることを示している。胸高直径別の比較では, 恵庭産材, 厚賀産材を含め一定の傾向は認められない (胸高直径対繊維幅: 相関係数 0.089)。

繊維長, 繊維幅を恵庭産材と比較すると, 両者共に有意差が認められ, いずれも厚賀産材が大きな値を示している。この差は, 生育環境の他に, 採取部位の異なることも影響しているものと思われる。

## 4.2 パルプ化およびパルプの性質

クラフト法およびTMP法によりパルプ化を行ない、それぞれのパルプの性質を検討した。

## クラフトパルプ (KP)

パルプ化および強度試験結果は、表-4に示すとおりである。

表-4 パルプ化および強度試験結果 (KP)  
Table 4. Pulping and evaluation of kraft pulps

No. of sample	1	2	3	4	5	6
Screened (%)	44.8	46.2	45.2	44.0	45.9	46.1
Yield Screenings (%)	—	—	—	—	—	—
Total (%)	44.8	46.2	45.2	44.0	45.9	46.1
Kappa number	27.0	23.4	27.4	21.0	22.8	20.5
Brightness	18.9	21.1	20.1	20.1	20.3	21.3
PFI mill revolution ×10 <sup>-2</sup>	106	105	108	110	120	110
C. S. Freeness (mℓ)	355	380	375	345	385	380
Density (g/mℓ)	0.73	0.69	0.72	0.68	0.68	0.68
Breaking length (km)	12.9	12.2	12.0	12.5	11.5	12.0
Burst factor	12.5	11.4	10.4	10.9	7.9	11.2
Tear factor	161	188	177	176	183	171
Folding endurance	2787	2499	2409	2010	1701	2106
Pulping conditions:	Active alkali	20% (as Na <sub>2</sub> O)				
	Sulphidity	25%				
	Liquor to wood ratio	51/kg				
	Cooking temperature	170°C				
	Time to temperature	90 min				
	Time at temperature	90 min				

表に明らかなように、厚賀産材のパルプは、Kapp 価平均 23.7 を示し、恵庭産材の平均値 44.9 より著しく低いので、KP については、両者の比較を行なうことはできなかった。

パルプ収率は 44.0~46.1%，平均 45.4% を示し、比較的狭い範囲に分布している。粕率は 0.01~0.04% で非常に少ない。Kappa 価は 20.5~27.4，平均 23.7 で、試料間の変動はかなり大きい。胸高直径の小さいものがやや高いようであった。また粕率、Kappa 価で示されているように、これらの試料はすべて非常によく蒸解されていた。白色度は 18.9~21.3，平均 20.3 で、狭い範囲に分布していた。

未叩解パルプのフリーネスは、665~720 mℓ CSF で、叩解後フリーネス 350~400 mℓ CSF に調整するために、PFI ミル回転数は 10,500~12,000 を要した。

強度試験用シート密度は 0.68~0.78 g/mℓ，平均 0.70 g/mℓ で、試料 1, 3 のシートはやや高い値 (0.73, 0.72 g/mℓ) を示している。

裂断長は 11.5~12.9 km，平均 12.2 km で、平均値の差の検定では、全体の組合せの 40%

表-5 平均値の差の検定 (KP)

Table 5. Student test among the averages of strength properties of kraft pulps

No. of sample	1	2	3	4	5	6
1		**	**		**	**
2	*				**	
3	**	*				
4	*				**	
5	**	**	**	**		
6	**				**	

Breaking length

Burst factor.

\* Significant at 5% level.

\*\* Significant at 1% level.

(6ケの組合せ)に有意差が認められた。これは試料1, 5と他の試料との間に見られたもので、その他の試料間には、有意差は認められなかった(表-5)。

試料1のバルブは他よりやや高い値を、試料5のバルブはやや低い値を示し、その他の試料のバルブは、ほぼ平均値に近い値を示している。

比破裂強さは7.9~12.5, 平均10.7で、平均値の差の検定では、表-5に明らかなように、全体の組合せの67%(10ケの組合せ)に有意差が認められたが、組合せパターンは、裂断長の場合とほぼ一致していた。

比引裂強さは161~188, 平均176で、恵庭産材のバルブよりかなり低い値を示し、試料間の変動もあまり大きくない。従って平均値の差の検定でも全体の27%(4ケの組合せ)に有意差が認められたのみである。これは、Kappa値が恵庭産材のバルブより著しく低いために、バルブ繊維の柔軟性が高く、バルブシートの繊維間結合力が大きく引裂強さに影響を与えているものと考えられる。またこの影響は裂断長、破裂強さ、耐折強さについても大きく現われており、厚賀産材のバルブはいずれも高い値を示している。

耐折強さは1,701~2,787, 平均2,252でかなり広範囲に分布している。

以上これらの諸強度は、いずれもKPとして十分な値を示している。

#### サーモメカルバルブ (TMP)

バルブ化および強度試験結果は、表-6に示すとおりである。

バルブ収率は90.7~95.9%, 平均93.4%で、恵庭産材の93.7%とほぼ同様の値を示している。2次リファイニング後のバルブのフリーネスは300~650 ml CSFで、変動幅はかなり大きい。これは機械の構造上、ディスクプレートのクリアランス設定精度を厳密に一定できないためと考えられる。従って叩解後フリーネスを約200 mlに調整するために、PFIミル回転数4,500~36,000と大幅なひらきが観察された。恵庭産材と比較すると、厚賀産材のバルブはやや叩解し易いようであった(恵庭産材: 叩解前フリーネス 360~720 ml CSF, PFIミル回転数

表-6 パルプ化および強度試験結果 (TMP)  
**Table 6.** Pulping and evaluation of thermomechanical pulps

No. of sample		1	2	3	4	5	6
Pulp yield	(%)	93.3	94.5	95.9	93.4	90.7	92.7
C. S. Freeness (unbeaten)	(mℓ)	650	500	435	455	645	300
PFI revolution ×10 <sup>-2</sup>		360	100	85	90	240	45
C. S. Freeness (beaten)	(mℓ)	200	225	210	210	210	210
Brightness		55.9	55.8	56.3	56.7	55.5	53.3
Density	(g/mℓ)	0.30	0.29	0.28	0.28	0.30	0.26
Breaking length	(km)	2.4	2.2	2.4	2.1	2.3	2.0
Burst factor		0.8	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0
Tear factor		66	85	84	73	81	79

Pulping conditions: Defibration Chip 200 g (o. d.), Steam pressure 1.5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Defibrator D Heating 4 min, Defibration 3 min  
 First refining Pulp 200 g (o. d.), Plate 17804 A,  
 Diskrefiner Consistency 5%, Plate clearance 0.3 mm  
 Feeding rate 150 g/min  
 Second refining Pulp 200 g (o. d.), Plate 17804 A.  
 Consistency 4%, Plate clearance 0.1 mm  
 Feeding rate 100 g/min

7,500~70,000)。白色度は53.3~56.7, 平均55.6で, 比較的狭い範囲に分布し, 恵庭産材との比較では有意差が認められ, やや高い値を示している。

強度試験用シート密度は0.26~0.30 g/mℓ, 平均0.29 g/mℓで, 試料1のパルプ(0.26 g/mℓ)を除き, 他はほぼ平均値に近い値を示している。

裂断長は2.0~2.4 km, 平均2.2 kmで, 平均値の差の検定では, 全体の組合せの73% (11ヶの組合せ) に有意差が認められた(表-7)。

比破裂強さは0.8~1.0, 平均0.9で, 平均値の差の検定では, 全体の組合せの60% (9ヶの組合せ) に有意差が認められ, KPの場合と同様に, 裂断長における有意差出現の組合せパターンとほぼ一致した傾向を示した。

恵庭産材との比較では, 裂断長, 比破裂強さ共に有意差が認められ, いずれもやや高い値を示した。

これらの事実は, さきに述べたように厚賀産材は, 恵庭産材より繊維長, 繊維幅が大きく, しかもこれらの個体間変動も前者の方が大きいということの影響が, より明確に現われたものと考えられる。

比引裂強さは66~85, 平均78で, 平均値の差の検定では, 全体の組合せの40% (6ヶの組合せ) に有意差が認められた。恵庭産材との比較では, 有意差は認められていない。

表-7 平均値の差の検定 (TMP)

Table 7. Student test among the averages of strength properties of thermomechanical pulps

No. of sample	1	2	3	4	5	6
1		**		**	**	**
2	*		*	*		*
3	**			**		**
4		*	**		**	
5	*		*	**		**
6	**			**		

Burst factor.

Breaking length

\* Significant at 5% level.

\*\* Significant at 1% level.

以上述べたとおり、厚賀産材の TMP は、裂断長、比破裂強さ共に恵庭産材の場合より大きく、また強度における個体間の変動も、後者よりやや大きい、TMP の強度の絶対値はかなり小さいので、絶対値としての変動幅は小さく、実用上ほとんど問題のない範囲に分布している。

#### 4.3 材の性質とパルプの性質との関係

前報では KP について標記の関係について検討し、従来報告されている種々の結果とほぼ一致した傾向を示すことを報告したが、この報告では、KP については恵庭産材と厚賀産材パルプの Kappa 値に大きな差が認められたため、両者を含めてこれらの関係を明らかにすることはできず、TMP について材の性質とパルプの性質との単相関を求め、この結果に基づいてこれらの関係を検討した。結果は表-8 に示すとおりである。

表-8 材の性質とパルプ (TMP) の性質との相関係数

Table 8. Correlation coefficients between wood properties and pulp (TMP) properties

	Pulp yield	Bright-ness	Density	Breaking length	Burst factor	Tear factor	Folding endurance
Ash	-0.170	-0.250	-0.281	-0.236	-0.511	-0.410	-0.391
Et. OH-benzene sol.	-0.242	-0.281	-0.148	-0.121	-0.827**	-0.341	-0.858**
Lignin	-0.160	-0.362	0.063	-0.095	-0.523	-0.435	-0.372
Holocellulose	-0.130	-0.125	-0.195	-0.158	0.477	0.514	0.746*
$\alpha$ -Cellulose	-0.597*	-0.483	-0.385	-0.146	-0.082	0.421	0.196
Basic density	0.161	0.153	-0.098	-0.513	-0.027	-0.169	-0.328
Fibre length	-0.099	0.490	0.623*	0.421	0.784**	0.274	0.526
Fibre width	-0.217	0.592	0.787**	0.649*	0.751**	0.038	0.506
Felting factor	0.277	-0.348	-0.494	-0.500	-0.268	0.292	-0.180

\* Significant at 5% level.

\*\* Significant at 1% level.

表に明らかなように、パルプの各性質に対して有意な相関を示す変数(材の性質)は、次のとおりである。

パルプ収率	$\alpha$ -セルロース (-)
シート密度	繊維長 (+), 繊維幅 (+)
裂断長	繊維幅 (+)
比破裂強さ	アルコール・ベンゼン可溶分 (-), 繊維長 (+), 繊維幅 (+)
耐折強さ	アルコール・ベンゼン可溶分 (-), ホロセルロース (+)

上記の種々の関係の中、パルプ収率と $\alpha$ -セルロースとの相関を除き、他の関係については、従来 KP について報告されている種々の結果<sup>3)</sup>と大体一致した傾向を示しており、TMP においても、材の性質とパルプの性質との間に密接な関係の存在することが示唆される。

パルプ収率と $\alpha$ -セルロースとの相関は、従来の KP についての結果と逆の関係を示しているが、現在のところ TMP についての研究結果がほとんど見られないので、今後さらに多くの試料について検討を行なう必要がある。

## 5. 結 言

北海道営林局厚賀営林署管内産、樹齢30年生のトドマツ造林木について、パルプ原木としての適性について検討を行なった。胸高直径の異なる6本の試料について、材の化学組成分析、容積密度数、木部繊維の形態要素の測定、ならびにクラフト法、TMP法によるパルプ化試験を行なった。またこれらの結果と、さきに試験を行なった恵庭産材の結果との比較検討を行なった。結果の要約は次のとおりである。

1. 化学組成成分含有量は、全般にわたり比較的狭い範囲に分布し、恵庭産材との比較では、有意差は認められなかった。恵庭産材を含め、胸高直径と化学組成成分との間に有意な相関は認められなかった。

2. 容積密度数は平均  $287 \text{ kg/m}^3$  で、恵庭産材とほぼ同様の値を示している。容積密度数と材の性質、および胸高直径との間に有意な相関は認められなかった。

3. 繊維長は平均  $2.81 \text{ mm}$ 、繊維幅は平均  $47.8 \mu\text{m}$  で、繊維長、繊維幅共に個体間のかなりの組合せに差が認められた。恵庭産材を含め、胸高直径と繊維長、繊維幅との間に有意な相関は認められなかった。繊維長、繊維幅を恵庭産材と比較すると、両者共に有意差が認められ、いずれも厚賀産材が大きな値を示している。

4. パルプ化試験の結果、クラフト法、TMP法いずれの場合にも各試料はよくパルプ化され、特に問題点は認められなかった。KPではKappa値平均23.7で、恵庭産材の平均値44.9より著しく低い値を示した。

5. パルプの強度は、KP、TMP共に恵庭産材のパルプより高く、製紙用パルプとして充分な値を示した。KPでは、強度についてある程度試料個体間の差は認められるが、一部の試

料を除き、ほぼ平均値に近い値を示している。TMP では、各強度について試料個体間、および恵庭産材パルプとの比較において、有意差は認められるが、強度の絶対値がかなり低いので、絶対値としての変動幅は小さく、実用上ほとんど問題のない範囲に分布している。

6. 材の性質とパルプの性質との関係は、TMP について、表-8 に示されるように、各種の有意な相関が認められた。

## 文 献

- 1) 高木 均・今野武夫・香山 疆：北海道内造林木のパルプ化に関する研究。第1報 トドマツ，ヨーロッパトウヒ，ストローブマツ間伐材について。北大演報，38，265 (1981)。
- 2) 宮島 寛：トドマツ造林木の材質と利用。第2報 厚賀産トドマツの生長と基礎材質。北大演報，38，305 (1981)。
- 3) 米沢保正・香山 疆・菊池文彦・宇佐見国典・高野 勲・荻野健彦・本田 収：日本産主要樹種の性質，材の化学組成およびパルプ化試験。林試研報，253，55 (1973)。

## Summary

This study, based on the investigations of the characteristics of wood and on the pulping tests of plantation grown Saghalien fir trees from Atsuga district in Hokkaido, was undertaken to determine the suitability of thinnings as raw materials of pulp. These results of the investigations were also compared with those from Eniwa district in Hokkaido.

The results are summarized as follows:

1. The distribution of the contents of chemical components of the samples concentrated in a relatively narrow range. There were no significant differences in the chemical components between the samples from Atsuga and those from Eniwa. There was no significant correlation between D. B. H. and chemical component in the samples including those from Eniwa.
2. The samples gave a similar average basic density ( $287 \text{ kg/m}^3$ ) to that of the samples from Eniwa. Significant correlations were not found among the characteristics of wood, D. B. H. and basic density.
3. The average fibre dimensions for the samples, in length was 2.81 mm and in diameter  $47.8 \mu\text{m}$ . Significant differences in fibre dimensions were found between the samples from Atsuga and those from Eniwa. The samples from Atsuga gave higher fibre length and fibre width than those from Eniwa. There was no significant correlation between D. B. H. and fibre dimensions in the samples including those from Eniwa.
4. The pulping of the samples by kraft or TMP process was easy, and resultant pulps were free of shives. The kraft pulps from Atsuga samples had considerably lower Kappa number (23.7) compared with the pulps from Eniwa samples (44.9).
5. The pulps (kraft pulp and TMP) from Atuga samples had higher strength properties than the pulps from Eniwa samples. These strength properties are sufficient for paper pulp. Significant differences in the strength properties of TMP between the samples from Atsuga and those from Eniwa. The distribution of these strength values, however, concentrated in a relatively narrow range.
6. Correlations between the characteristics of wood and pulp properties are shown in Table 8. Results showed that the pulp properties were partly related to the characteristics of wood.