

(研究資料)

カラマツ間伐材のパルプ化

故 菊 池 文 彦⁽¹⁾・香 山 彊⁽²⁾

The late Fumihiko KIKUCHI and Tsutomu KAYAMA: Kraft Pulping of
Thinnings of Larch
(Research materials)

要 旨：カラマツ間伐材利用の一つの問題として、パルプ材としての適否を知ることが目的として、クラフト法によるパルプ化の試験を行なった。

試料は人工造林地の間伐材で、ほとんど同一樹齢のもので、それぞれ地上高の異なる丸太を選び、一定の蒸解条件によりパルプ化試験を行なった。コントロールとして生育地の異なる成木(年輪数50)を用い、間伐材の結果と比較した。

その結果、この試験の範囲内で、間伐材は地上高の低い根元部がわずかに劣るが、一般的に有利な結果を示し、成木に比較し、パルプの収率および性質などについて遜色がないことがわかった。

は し が き

邦産カラマツ材のパルプ化については、古くから多くの研究がある。筆者もクラフトパルプ化についての研究を先に報告した¹⁾。その結果、多くの研究者が認めたように、心材はパルプ化、漂白などに不利な影響を与えた。多くの報告で取り上げた試料は成木が主で、おおかたの主張は心材および抽出分の少ない幼齢木がパルプ化に適しているとする予想されている。

いうまでもなく、近年パルプ材の逼迫を背景に、カラマツの間伐材や廃材の増加にともなうこれらの利用は重要な問題となってきた。

近年、奥山の研究²⁾では樹高、樹齢、成長の遅速などの試料別に、辺材、心材、混合などに分けてクラフトパルプ化を試みたが、それぞれの試料の相違により、パルプの収率および強度にわずかな差のあることを明らかにした。

この試験では、木材部から提供されたカラマツ成木丸太1本と、成木とは生育地の異なる同一林分内から伐採した地上高の異なる間伐材6本を試料とし、同一条件下でクラフトパルプ化を行ない、間伐材がパルプ材として十分に使用できるか否かを検討した。

なお、この試験を実行するにあたり、木材部から経費の一部を負担していただいたことを深謝する。

1. 試 料

1.1 産 地

成 木：長野営林局上田営林署管内

表 1. 供 試 木

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
種 別	成 木	間伐材	間伐材	間伐材	間伐材	間伐材	間伐材	製材背板** (白味)	製材背板** (赤味)
地 上 高*(m)	6.2~9.2	3.2~6.2	9.2~ 12.2	9.2~ 12.2	9.2~ 12.2	9.2~ 12.2	0.2~3.2	—	—
直 径(cm)									
元 □	27.8	17.8	8.7	10.2	11.6	10.3	16.8	—	—
末 □	26.7	12.5	6.0	6.8	7.4	7.7	11.7	—	—
年 輪 数									
元 □	50	22	16	14	12	16	22	—	—
末 □	45	17	11	10	8	10	15	—	—
心材部直径(cm)									
元 □	21.5	13.5	5.0	6.3	6.2	5.8	12.8	—	—
末 □	20.3	8.9	2.3	2.6	2.9	2.7	8.3	—	—
心材部年輪数									
元 □	32	12	5	5	5	7	13	—	—
末 □	30	7~8	4	4	3	4	8	—	—
心 材 率(%)									
元 □	59.81	57.52	33.03	38.05	28.57	31.71	58.05	—	—
末 □	57.81	50.69	14.69	14.62	15.36	12.20	54.37	—	—
樹 皮 厚									
元 □	6~10	5~10	4~6	3~5	3~5	3~5	5~7	—	—
末 □	3~5	3~5	3~4	2~3	3~4	2~3	3~5	—	—

注) *…地上高は地上約0.2mで伐採し、3mごとに鋸断したものから起算。

**…製材背板は供試木と同一林内から採取した他の間伐材と生育地の異なる成木の他の材とを製材した廃材から選んだ。

間伐木：長野県小県郡長門町大門字戸蔭沢造林地の第二次間伐材

1.2 試料調整

伐採後約1か月経過した長さ3mのカラマツ丸太を約4cmにひき割り、小型スラブチップパーによりチップを製造した。チップは粗大片、節などを除き、よく混和し、水分の平均化と蒸発を防ぐためビニール袋に入れ、一定期間放置後試験に供した。参考のため成木、間伐材混合の製材背板を白味（ほとんど辺材）、と赤味（ほとんど心材）とに分けて、同じようにチップを製造し、試験に供した。供試木の詳細は表1に示す。

2. 試験法

2.1 供試木の性質

チップの密度は JIS P 8014 の方法により、その他アルコール・ベンゼン可溶分を JIS P 8010 により、リグニン含有率を JIS P 8008 により分析を行なった。化学分析は、全部について行なわず、成木および間伐材の地上高の異なる単一木についてののみ行なった。試料7はとくに根元の部分なので2等分し、上、下に分けて試料1と6同様の測定を行なった。供試木の性質は表2のとおりである。

2.2 蒸 解

ウェットチップと気乾チップの絶乾500g相当量を、4l容ステンレススチール製オートクレーブ（対時温度自動調節装置付）によりクラフト蒸解した。蒸解条件は先に筆者が行なった漂白用パルプを目標と

表 2. 供試木の性質

試験番号	1	2	3	4	5—1	5—2	6	7
試料番号	1	2	3, 4, 5	6	7	7	8	9
種 別	成 木	間伐木	間伐木 (混合)	間伐木	間伐木 (上半分)	間伐木 (下半分)	製材背板 (白味)	製材背板 (赤味)
含 水 率 (%)								
ウェットチップ	46.00	46.61	46.57	54.51	48.16	44.95	56.95	43.28
気乾チップ	12.33	9.58	9.74	—	—	—	—	8.90
容 積 密 度 数 (g/ml)	0.360	0.428	0.347	0.397	0.408	0.423	0.339	0.385
アルコール・ベンゼン可溶分 (%)	7.31	—	—	1.68	2.74	3.83	—	—
リグニン含有率 (%)	27.47	—	—	28.85	28.22	26.25	—	—

表 3. 蒸 解 結 果

実験番号	試料番号	パルプ収率 (%)			リグニン 含有率 (%)	ローエ価	Kappa 価
		精 選	粕	全			
1	1	47.34 (45.50)	0.36 (0.79)	47.70 (46.29)	5.77 (5.29)	6.82 (6.23)	44.4 (40.7)
2	2	46.29 (44.63)	2.54 (0.53)	48.83 (45.16)	7.00 (5.76)	8.30 (6.80)	53.8 (44.3)
3	3 4 5	48.70 (45.76)	0.94 (0.11)	49.64 (45.87)	7.29 (4.63)	8.63 (5.42)	55.9 (35.6)
4	6	45.58	0.50	46.08	6.17	7.31	47.5
5—1	7	44.99	2.34	47.33	7.54	8.96	58.0
5—2	7	42.39	3.60	45.99	7.57	9.00	58.2
6	8	48.22	0.56	48.78	7.05	8.36	54.2
7	9	46.02 (46.70)	0.22 (0.18)	46.24 (46.88)	5.66 (5.50)	6.67 (6.48)	43.5 (42.3)

注) () 内は気乾チップの結果。

する条件を選び、すべてつぎの条件で試験した。

全活性アルカリ：18% (Na_2O として)

硫化度：25%

最高温度：170°C，到達時間：1.5時間，持続時間：1.5時間

液比：6 l/kg (ウェットチップ)，5 l/kg (気乾チップ)

ウェットチップは含水率が高く，5 l/kg では薬液をみたくことができず 6 l/kg を要した。えられた蒸解結果は表 3 に示す。

2.3 パルプの強度

えられたパルプについて JIS P 8210 により PFI ミルを用い，ロ水度 CSF 220 ± 20 ml に叩解し，シートを作製し，常法により強度試験を行なった (JIS P 8209, 8112, 8113, 8115 および 8116)。強度の測定結果は表 4 に示す。

表4. 強度試験結果

実験番号	試料番号	PFIミル 回転数	ロ水度 C. S. F (m/)	坪量 (g/m ²)	厚さ (mm)	密度 (g/cm ³)	裂断長 (km)	比破裂 強さ	比引裂 強さ	耐折強さ
1	1	4,000 (3,000)	235 (235)	60.46 (61.24)	0.071 (0.072)	0.852 (0.851)	8.6 (9.7)	6.7 (8.1)	225 (157)	1,700 (1,700)
2	2	4,600 (3,600)	205 (220)	57.80 (61.24)	0.069 (0.075)	0.837 (0.817)	8.1 (9.4)	7.8 (8.0)	200 (208)	2,300 (1,900)
3	3 4 5	4,600 (3,000)	225 (240)	61.58 (63.06)	0.071 (0.080)	0.867 (0.788)	9.5 (9.4)	8.4 (8.0)	188 (222)	2,100 (1,700)
4	6	4,000	200	62.26	0.072	0.865	8.7	7.8	229	1,500
5—1	7	5,200	240	61.58	0.071	0.867	7.5	6.0	233	1,600
5—2	7	5,000	235	58.80	0.073	0.805	8.4	6.6	243	2,000
6	8	2,800	200	61.12	0.076	0.804	8.8	7.1	264	2,500
7	9	3,000 (2,900)	235 (220)	62.89 (62.30)	0.077 (0.079)	0.817 (0.789)	8.7 (8.1)	7.1 (6.8)	264 (279)	2,500 (1,900)

注) () 内の数値は気乾チップの結果。

3. 結果および考察

3.1 供試木の性質

表2によると供試材の容積密度数は、それぞれの個体差があり、0.339～0.428の範囲内にあった。成木が間伐材より容積密度数が高いという結果はでていないが、間伐材では地上高が低いほど容積密度が高い傾向を示している。生育地が異なる場合、この程度の樹齢の開きでは明らかな容積密度の差は現われないものと思われる。製材背板は低い数値を示した。

アルコール・ベンゼン可溶分は樹齢の高い成木試料1が最高を示し、ついで地上高の低い間伐材試料7が高い値を示し、地上高の高い試料6が最低を示した。

リグニン含有率は、成木、間伐材との間にも、樹齢あるいは部位別にも著しい差は認められなかった。

3.2 蒸 解

表3に示すように、試料の含水率の相違による蒸解の影響は、予想に反し、ウェットチップの方が蒸解しにくかった。これは全活性アルカリ添加率は同じでも、液比がウェットチップの方が低くなり、薬液濃度が低くなったので、蒸解に影響を与えたものと考えられる。この実験からはカラマツ材のウェットチップが、蒸解を有利に導びくことは立証されなかった。

チップの容積密度数とパルプの蒸解との関係は、わずかではあるが容積密度数の高い方が蒸解しにくく、粕率が高く、精選収率が低く、パルプのリグニン含有率も高い傾向が見られた。

地上高による蒸解の影響は、地上に近い部分すなわち試料7はやや蒸解困難で、えられたパルプのリグニン含有率は7.5%、粕率3.6%といずれも最高の値を示した。しかし、他の部位については著しい差は認められなかった。成木および製材背板、とくに赤味のものも蒸解容易で、リグニン含有率は5%台であり、粕率も低かった。

心材率と蒸解との関係は、それほど明らかな傾向は示さないが、間伐材でも試料2および7のように心材率が成木に近いものは、最も低い心材率をもつ試料6よりは、リグニン含有率・粕率とも高い結果を与えている。このことは心材が樹齢や部位別の相違のほか、蒸解になんらかの影響を与えていることがわ

かる。しかし、製材背板の赤味の部分がよく蒸解されている理由については、この試験では不明である。

3.3 パルプの強度

表4の結果によると、一定フリーネス（CSF 220 ml）に到達するのに要する PFI ミルの所要回転数は、パルプのリグニン含有率の高いほど多くなる傾向がある。すなわち、リグニン含有率と PFI ミル回転数との関係は、リグニン含有率7%に対し約5,000回、同じく5%に対し約3,000回で所要のロ水度に達する。パルプ試料のリグニン含有率の相違により、最高と最低の間に2,000回の差が生ずる。

シートの密度については、供試材やパルプのリグニン含有率の相違による、明らかな傾向は見い出せなかった。

パルプの各強度についても、地上高の低い試料7の裂断長と、比較裂強さがやや劣っているが、他の強度において試料間の差はわずかである。

地上高の相違によるパルプ強度の影響は、地上高の最も高い試料3, 4, および5でも中間部の試料2と匹敵する強度をもち、コストで中間部である試料1と比べむしろすぐれた結果を与えた。

試料の容積密度数とパルプ強度の関係は、容積密度数が小さいほど裂断長、比較裂強さが大きくなり、容積密度数が大きいほど比引裂強さが大きくなる傾向を示している。耐折強さについては著しい差はない。

以上述べたように、コストおよび間伐材からえられたカラマツのクラフトパルプの強度の全般については、それぞれの結果を見ると大差はなく、すぐれた結果がえられ、地上高の高い小径の丸太からえられたパルプの強度は、むしろ成木のそれよりもすぐれた点が多いことは興味深い。

む す び

この試験の目的は、カラマツ間伐材とくに、地上高の高い小径の低質と見なされる部分がパルプ化された場合、パルプの蒸解性、収率およびパルプの性質が、コストと比較してどのような相違があり、パルプ原木としてどのように評価されるかを確かめることにあった。

この試験の結果と関連して、最近行なわれた他の研究者によってなされた成果を検討し、考察を加え参考に供したい。奥山らの研究³⁾においては、樹齢28年、胸高直径24.5 cm、樹高18.5 m のカラマツ材の幹（心、辺材別）、梢、枝（直径3 cm）、根（直径3~10 cm）、および樹皮など、すなわち、全材の完全利用を目的としてクラフトパルプ蒸解を行ない、その利用性を追究した。その結果、樹皮は論外とし、梢の部分は筆者などの行なった試験結果と同じように、小径でも幹材と比べ蒸解性、収率、パルプの性質ともに不利な点は見い出せなかった。しかし、枝材はとくにパルプ収率が低く、梢の部分のそれよりも同一蒸解条件で約5%も低い数値を示した。根の部分は枝と同じように、細い部分を含む試料について試験した結果は、幹材に匹敵する結果がえられたのは興味深い。

PACKMAN の研究⁴⁾によると、樹齢56年（直径35 cm）の成木と、樹齢15~24年の間伐材とみ（直径8.75~11.25 cm）について、クラフトパルプ蒸解を行なっている。近似したパルプの Kappa 価（29.1~30.5）で比較しているが、パルプ収率においては、間伐材はコストより約4%以上低くなっている。しかし、パルプの強度では裂断長をのぞき、他の強度では間伐材からえられたパルプの方がすぐれた結果を示している。しかし、この試験の蒸解条件は液比、硫化度は本試験の条件と同一であるが、活性アルカリ添加率を2%多く用いているので、Kappa 価が低くなったと思われる。この点検討の余地がある。

以上述べた研究の成果や、本試験の結果から、カラマツ間伐材は相当に細い部分でも、パルプ原木として使うことが可能であることが推論できる。しかし、枝材については問題が残っている。梢端材をどの程度まで使用するかは、今後輸送やチップ製造、とくに剥皮の問題など種々の実際面において、十分検討しなければならないことはもちろんである。

文 献

- 1) 菊池文彦：カラマツ材のクラフトパルプに関する研究，林試研報，217，115～154，(1968)
- 2) 奥山 寛：カラマツ材のクラフトパルプに関する研究 I，試料木の性質と生成パルプの化学的性質との関係，帯広畜産大学術研究報告，5，102～112，(1967)
- 3) 奥山 寛・寺沢 実・三宅基夫：クラフト法によるカラマツの完全利用，第23回木材学会大会研究発表要旨・7，(1973)
- 4) PACKMAN, D. F. : Pulp ing of British-Grown Softwoods : Part II. Preliminary Studies on Japanese larch (*Larix leptolepis*). Holzforschung, 20, 4, 110～113, (1966)