

## (研究資料)

マツノザイセンチュウによるアカマツ枯損材  
の パ ル プ 化 試 験高野 勲<sup>(1)</sup>・宮崎 信<sup>(2)</sup>・香山 彊<sup>(3)</sup>Isao TAKANO, Makoto MIYAZAKI and Tsutomu KAYAMA : Pulping Tests  
on Wood of Nematode-Infected Dead Pine, *Pinus densiflora*  
(Research note)

要 旨：マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus lignicolus*) によって枯死したアカマツ (*Pinus densiflora*) の、パルプ原料としての評価を目的として、クラフト法でパルプ化し、パルプ収率と強度特性の点から健全材との比較を行った。その際小径材と大径材試料を用い、枯損材の経時的変化及び部位別特性について検討した。

小径材では枯死後6か月経過した材と健全材との間に有意差がなかった。枯死後1年経過した材はパルプ収率、パルプの強度的性質が低下した。材の部位間に有意差が認められたが、この有意差は枯損材、健全材の両者にあり、マツノザイセンチュウによる組織破壊及び腐朽菌などの影響によるものとは考えられない。大径材は、小径材と類似した傾向が認められたが、1年経過した材でも劣化は少なかった。

## は じ め に

マツノザイセンチュウによって枯死するアカマツの量は、ここ数年とくに増加する傾向にあり、また被害地域も次第に北上し、拡大してきている。被害に対して適切な処置が必要であることはいうまでもないが、枯死木を積極的に利用することもまた重要なことである。それは、一つには資源を有効に利用することになり、一つには正しく利用することが被害の予防にもつながるからである。

アカマツは、パルプ原料としてみた場合最もすぐれた樹種の一つであるが、ザイセンチュウによって枯死したものは健全材に比べて物理的及び化学的性質に劣化を受けていることが予想される。しかしパルプ原料の立場から枯損材の性質を明らかにした例がなく、積極的な用途も開かれないうまになっている。そのため、今回これらの枯損材を対象としてパルプ化試験を行い、若干の知見を得たので報告する。

この試験は、林業試験場指定研究「材線虫被害材の材質」の一環として行われたもので、その一部はすでに木材学会大会、及び林産化学部業務報告書に報告したが、本報告はそれらを含めて整理したものである。

なお、この試験にあたり、試料の提供と試験設定にご協力いただいた林野庁造林保護課、千葉県林業試験場長、千葉県中部林業事務所苗畑、及び関東林木育種場に深謝します。なおデータの解析には電子計算機室 川端幸蔵氏のご協力を得深謝します。

1980年12月22日受理

林産化学—25 Forest Products Chemistry—25

(1) (2) 林産化学部

(3) 北海道大学農学部

## I 目的及び試験計画

マツノザイセンチュウによって枯死したアカマツ材のパルプ原料としての適正な評価を得ることを目的とした。そのため試験にあたっては、小径材、大径材のそれぞれについて、次の3点が解析できるように実験計画を配置した。

1. 健全材と枯損材の特性の比較
2. 枯損材特性の経時変化
3. 枯損材の部位別（地上高別）特性の比較

## II 実 験

### II-1 小 径 材

#### II-1-1 供 試 木

千葉県下（木更津市下郡滝ノ台，千葉県中部林業事務所苗畑）に試験地を設定し，同一林分から，健全木4本，枯損木16本を選定した。ついで4本を1グループとし，健全木をA，枯損木については，その保管状況と保管期間別によって表1のようにB，C，D，Eのグループに分けた。

グループ分けした供試木個々の胸高直径及び樹齢は，表2に示すとおりであった。

#### II-1-2 試料調製

部位別試験には，伐採木を図1のように採材し，符号I，IIの部分に分別して供試材料とした。

表1. グループ分けと供試時期

グループ名	グループ分けの条件	
A	健全材	49年10月伐採直ちに供試
B	枯損材	49年夏枯死，同年10月伐採直ちに供試
C	枯損材	49年夏枯死，同年10月伐採，2mに玉切りし同林内に横積みして放置，50年4月供試
D	枯損材	49年夏枯死，立木のまま放置し50年2月伐採供試
E	枯損材	49年夏枯死，同年10月伐採，Cグループと同様放置し50年10月供試

表2. 小径材供試木の概要

グループ名	供 試 木			
A	8 (16—19)	11 (16—19)	12 (14—18)	13 (14—17)
B	2 (16—22)	3 (12—20)	10 (23—23)	14 (18—20)
C	5 (12—20)	7 (23—50)	9 (16—20)	16 (18—21)
D	17 (15—20)	18 (19—20)	19 (13—20)	20 (16—22)
E	1 (14—21)	4 (14—19)	6 (20—19)	15 (18—21)

注：数字は供試木番号・（ ）内は胸高直径 cm—樹齢

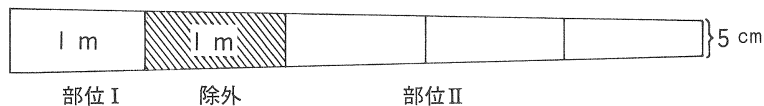


図1. 小径材の試料採取部位

部位Ⅰ及びⅡから2cmの厚さの円板を一定量採り、円板用チップパーで大きさ20×20×3mm程度にチップ化し、風乾した。

### Ⅱ-1-3 パルプ化条件

蒸解は、4l容たて型オートクレーブを用い、クラフト法によった。蒸解条件及びパルプ処理条件は次のとおりである。

#### 蒸解条件

チップ量	500g（絶乾）
全アルカリ	17%（Na <sub>2</sub> Oとして）
硫化度	25%（Na <sub>2</sub> Oとして）
液比	5l/kg
最高温度	170°C
最高温度保持時間	1.5hr
最高温度到達時間	1.5hr

#### パルプ処理条件

フラットスクリーン：8/1,000 cut

叩解：PFIミル、叩解圧1.8kg/cm、クリアランス0.5mm

ろ水度：カナダ標準型

抄紙及び紙の強度試験は、JISにしたがった。なお紙の強度試験は、叩解と未叩解の両パルプについて行った。

### Ⅱ-1-4 木材分析

A～Eの各グループ別に、原木の直径比でチップを混合し、JISにしたがってチップ密度及び木材分析を行った。

## Ⅱ-2 大径材

### Ⅱ-2-1 供試木

供試木として、関東林木育種場（水戸市笠原町）のものを用いた。健全木、枯損木ともに伐採直後林業試験場（目黒）に運搬し、構内の林内に横積み放置した。

試験に当っては各供試木とも試験部位を枝下とし、図2に示すように根元に近い部位をⅠ、枝に近い部位をⅡとした。なお試験木概要は表3のとおりである。

### Ⅱ-2-2 試料調製

試験材からの試料採取は、各試験材とも経時的に0, 7, 12か月の3点とした。採取年月は表4のとおり

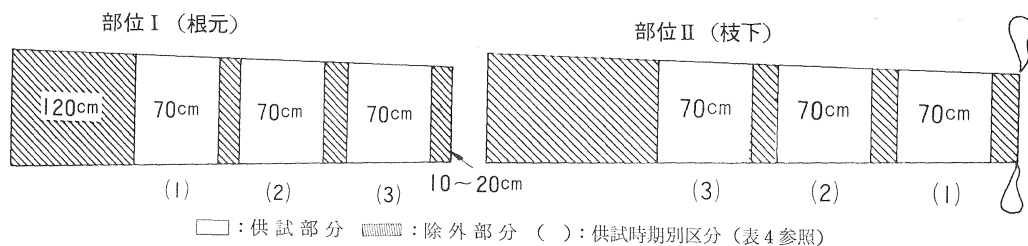


図2. 大径材の試料採取部位

表3. 大径材供試木の概要

	丸太番号	部 位	地 上 高 (m)	末口径 (cm)	樹 齢
健全材	606	I	3.6~7.2	34	83
	607	I	0~4.0	42	83
	"	II	7.6~10.6	36	
	608	I	3.6~6.6	32	83
	"	II	6.7~9.9	30	
枯損材	600	I	0~3.0	30	83
	"	II	3.0~6.0	24	
	601	I	1.8~4.8	34	83
	"	II	8.4~11.4	28	
	602	I	1.8~4.8	26	83
	"	II	8.4~11.4	22	
	609	I	0~4.0	42	83
	"	II	7.6~11.2	34	
	611	I	0~4.0	30	83
	"	II	11.2~14.2	22	
	613	I	0~4.0	40	83
	"	II	7.9~10.9	30	

表4. 大径材の試料採取時期

符 号	試 料 採 取 年 月	経 月 過 数
(1)	50年10月伐採直ちに供試	0
(2)	50年10月伐採, 51年5月供試	7
(3)	50年10月伐採, 51年10月供試	12

りである。

供試部位から一定量の円板を採取し、小径材と同様に大きさ 20×20×3 mm のチップとし、風乾した。

### II-2-3 パルプ化

全試料 (17 個体×3 点) を調製した後、処理順をランダムに割り付け、II-1-3 に示した条件でパルプ化し、同様抄紙及び紙の物理的試験にゼロスパン引張り強さを加えて行った。

## III 実験結果と考察

### III-1 小径材について

#### III-1-1 チップ密度と成分組成

チップ密度と木材分析の結果を表5に示す。

表5. チップ密度と成分組成

グループ	チップ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	アルコール・ベンゼン抽出物 (%)	クラージンリグニン (%)	ホロセルロース (%)	α-セルロース (%)
A	0.43	3.20	27.13	71.36	44.36
B	0.44	3.62	27.73	70.32	43.26
C	0.47	2.90	28.15	70.41	42.73
D	0.46	5.52	27.94	70.15	41.82
E	0.42	2.98	28.95	68.46	39.90

a) チップ密度：枯損材から調製したチップには腐朽菌による劣化がみられ、特に E グループはチップの形状も悪かったが、チップ密度の低下はほとんどなかった。C, D グループが若干高い密度を示したが、これは伊藤<sup>1)</sup>の測定値と近似しているので特に高いとはいえない。

b) アルコール・ベンゼン抽出物量：D を除く他の 4 グループは約 3% で、健全材、枯損材の間に差はなかった。D グループの 5.5% はアカマツとしては多い抽出物量であるが<sup>2)3)</sup>、その原因は明らかでない。

c) クラーゾンリグニン量：A, B, C, D の 4 グループはあまり差はなかった。1 年経過した E グループは若干高く、これは上述したように、かなり腐朽しており、この数値でみるかぎり、炭水化物の劣化が進んだためと推定される。

d) ホロセルロース量：健全材 71.4%，枯損材の B, C, D は 70.2~70.4% で幾分低かった。1 年経過した E グループは 68.5% とさらに低く、リグニン含量の多い事実と一致する。

e) α-セルロース量：ホロセルロースと同様な傾向を示し、健全材で最も高く、枯損材は経時的に低下する。特に 1 年経過した E グループの場合は減少率 12%（対健全木の α-セルロース）と大きかった。

III-1-2 部位別特性（I と II）の比較

表 6. 部位間（I と II）の比較

グループ	部位	パルプ収率 %			カップパー値	白色度	フリーネス (CSF)	PFI ミル・カウント数 (回)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	裂断長 (km)	比破裂強さ	比引裂強さ	耐折強さ (MIT) (回)
		精選	粕	全収率									
A	I	46.2	2.0	48.1	40.7	25.8	751 378	0 3,000	0.51 0.85	3.4 8.3	2.6 6.9	254 206	45 2,500
	II	46.9	1.2	48.2	38.7	24.9	738 358	0 3,000	0.54 0.84	3.6 9.8	2.9 8.6	314 202	129 11,850
B	I	47.7	0.3	47.9	39.8	24.9	749 358	0 3,000	0.51 0.83	3.1 8.7	2.2 7.0	256 196	34 3,300
	II	46.8	0.3	47.1	39.9	24.0	743 373	0 3,000	0.57 0.82	3.4 9.0	2.5 8.0	285 207	78 8,300
C	I	46.7	0.5	47.2	41.9	28.8	751 350	0 3,573	0.53 0.81	3.8 8.0	2.6 6.8	229 184	107 3,000
	II	46.5	0.2	46.7	37.8	29.7	754 290	0 3,000	0.56 0.80	4.7 10.1	3.3 7.9	246 164	215 3,025
D	I	45.3	0.7	46.0	46.6	28.5	744 393	0 3,250	0.52 0.81	3.9 8.7	2.5 7.1	221 172	212 3,075
	II	46.5	0.2	46.7	36.9	30.2	755 340	0 3,000	0.56 0.81	4.2 9.9	3.1 7.9	279 166	175 3,225
E	I	44.3	0.3	44.6	45.1	20.8	749 366	0 2,300	0.68 0.92	5.3 9.6	3.3 6.9	160 117	120 1,475
	II	45.6	0.1	45.7	46.0	20.6	736 370	0 1,900	0.71 0.93	6.4 11.2	4.2 8.1	155 107	270 1,675
分 散 分 析													
分散分析での F 値	0.86	4.60*	0	2.41	0.07	—	—	—	13.96**	12.24**	10.42**	17.01**	2.05
									0.06	48.38**	39.37**	0.64	37.04**

( $F_{30}(0.05) = 4.17 \cdot (0.01) = 7.56$ ) \* は 5% 水準で有意, \*\* は 1% 水準で有意を示す。

調製したパルプの特性からみた場合、枯損材のザイセンチュウによる組織破壊及び腐朽菌等の影響が部位によって認められるかどうかを知る目的で、一元配置の分散分析を行った。結果を表6に示す。

a) パルプ収率：粕率を除いて精選，全収率ともに部位による有意差は認められなかった。粕率については部位ⅠがⅡより若干高く有意水準5%で有意差が認められた。

b) カッパー価及び白色度：部位間に有意差は認められなかった。

c) 密度：パルプのシート密度は，未叩解では部位ⅡがⅠより0.03~0.06 g/cm<sup>3</sup>高く有意差があった。叩解パルプでは部位間の差は認められなかった。

d) 裂断長：未叩解パルプで0.2~1.1 km，叩解パルプで0.3~2.1 km 部位Ⅱの方がⅠより高く，いずれも有意水準1%で有意差があった。

e) 比破裂長さ：裂断長と同様な傾向を示し，未叩解パルプで0.3~0.9，叩解パルプで0.8~1.7 部位Ⅱの方がⅠより高く，いずれも有意水準1%で有意差があった。

f) 比引裂き強さ：未叩解パルプは上記c)~e) 同様部位ⅡがⅠより強く，有意水準1%で有意差があった。叩解パルプは部位間に有意差は認められなかった。

g) 耐折強さ：叩解パルプは他の強度同様部位Ⅱの方がⅠより強く，有意水準1%で有意差があった。未叩解パルプはDグループを除き部位ⅡがⅠより強いが，有意差は検出されなかった。

以上のように部位ⅠとⅡの間では，パルプ収率においては粕率で有意水準5%で有意差があり，紙の強度特性では，叩解，未叩解パルプの両者，あるいはそのいずれかで有意水準1%で有意差があり，この両者の材質に差異が認められた。

しかし，この部位間の差は，枯損材だけでなく健全材においても同様であることから，ザイセンチュウによる組織破壊，あるいは枯死に伴って発生する腐朽菌などの影響によるものではなく，供試材料の持つ特性と判断される。

### III-1-3 健全材と枯損材の比較及び枯損材の経時変化

表7. グループ間の比較

グループ	パルプ収率 %			カッパー価	白色度	PFIミルカウ ント数 (回)	フリーネ ス (CSF)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	裂断長 (km)	比破裂 長さ	比引裂 き強さ	耐折強さ (MIT) (回)
	精選	粕	全収率									
A	46.6	1.6	48.1	39.8	25.3	0 3,000	330~420	0.55 0.84	3.5 9.0	2.7 7.7	284 204	87 7,180
B	47.2	0.3	47.5	39.8	24.4	0 3,000	310~420	0.54 0.83	3.2 8.8	2.3 7.5	270 202	56 5,800
C	46.5	0.4	46.9	39.8	29.3	0 3,000~4,000	290~390	0.54 0.80	4.3 9.1	2.9 7.4	237 174	161 3,010
D	45.9	0.5	46.3	41.7	29.4	0 3,000~4,000	280~420	0.54 0.81	4.0 9.3	2.8 7.5	250 169	194 3,150
E	44.9	0.2	45.1	45.6	20.7	0 1,700~2,500	330~400	0.69 0.93	5.8 10.4	3.8 7.5	157 112	195 1,580
分散分析												
分散分 析での F値	*	**	**		**			**	**	**	**	**
	2.90	10.17	6.05	1.36	62.41			19.46 23.45	23.36 3.50	6.20 0.19	19.84 20.35	1.43 4.93

( $F_{35}^*(0.05) = 2.65 \cdot (0.01) = 3.93$ ) \* は5%水準で有意，\*\* は1%水準で有意を示す。

グループ間の比較をするため、部位ⅠとⅡを合わせ、一元配置の分散分析を行った。結果を表7に示す。

分散分析表で明らかなように、銅価を除き収率及び紙の強度特性は、叩解、未叩解パルプにおいて、両者またはそのいずれかで有意水準1%または5%で有意差が認められ、グループ間には明らかな差異があることを示した。

この有意差に寄与するグループを知るため、スチューデント化された範囲による差の検定を行った。結果を表8に示す。

a) 精選パルプ収率：最小有意差2.92に対し、最も差のあるB、E間でもその差は2.3で、平均値間の有意差はない。しかしEは他の4グループに比べて収率低下が大きく、グループ間の有意水準5%での有意差の要因をなしていると考えられる。

b) 粕率：全体に量は少ないが、Aグループは他のどのグループより1.4~1.1%多く、有意差が認められた。Aを除く他の4グループ間の差は0.1~0.3%で有意差は認められなかった。このように健全材は枯損材とは異なる性質をもっている。粕率を蒸解度の尺度にすれば、枯損材は健全材より易蒸解性であるといえる。

c) 全収率：A、B、C、Dそれぞれの間の差は、各0.6%であるが、Eは他のグループに対し1.2~3.0%低下した。特にA、E間の差は3%あり、この両者は同等には扱えないことを示した。

d) 銅価：グループ間に有意差はないが、Eが他の4グループより若干高く、木材分析のリグニン量と一致した。

e) 白度：6か月経過したD、Cグループが高く、次いで経時0か月のA、B、12か月経過のEの順になり、この3者間にはそれぞれ有意差が認められた。

f) 密度：叩解、未叩解パルプともEグループが最も高く、他の4グループとの間に有意差が認められた。Eを除く4グループ間の差は、叩解パルプで0.01~0.04 g/cm<sup>3</sup>、未叩解パルプで0.01 g/cm<sup>3</sup>とほとんど差はなかった。

g) 裂断長：未叩解パルプはEグループが最も強く、他の4グループとの間に有意差が認められた。Eを除く他の4グループ間の差は1.1~0.3 kmで有意差は認められなかった。叩解パルプも未叩解パルプと同様な傾向にあるが、最小有意差としては検出されなかった。

h) 比破裂強さ：未叩解パルプはEグループが最も強く、最低値を示したBグループとの間に有意

表8. 平均値間の差の検定

平均値の大きさの順位	精選パルプ収率 (%)	粕率 (%)	全収率 (%)	白度	密度 (g/cm <sup>3</sup> )		裂断長 (km)		比破裂強さ		比引裂き強さ		耐折強さ (MIT) (回)
					未叩解パルプ	叩解パルプ	未叩解パルプ	叩解パルプ	未叩解パルプ	叩解パルプ	未叩解パルプ	叩解パルプ	
1	B	A	A	D	E	E	E	E	E	A	A	A	A
2	A	D	B	C	A	A	C	D	C	B	B	B	B
3	C	C	C	A	B	B	D	C	D	D	C	D	D
4	D	B	D	B	C	D	A	A	A	C	D	C	C
5	E	E	E	E	D	C	B	B	B	E	E	E	E
最小有意差	2.92	1.03	2.69	2.65	0.09	0.06	1.21	1.97	1.24	63.97	47.45	5,925	

注：まとめられたグループは差のないことを示す。

表 9. 大径材個体別パルプ収率と紙の強度試験結果

	試料番号	チップ水分 (%)	パルプ収率 %			カップパー 価	フリーネ ス (CSF)	白色度	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	裂断長 (km)	比破裂 強さ	比引裂き 強さ	耐折強さ (MIT) (回)	ゼロスパン 引張り強さ (kg)	
			精選	粕	全										
健	606—I—(1)	11.83	42.11	0.12	42.23	39.0	325	17.2	0.872	9.4	7.2	219	2,750	14.8	
		(2)	15.00	43.53	0.18	43.71	42.4	340	16.6	0.882	9.4	7.2	166	2,990	15.2
		(3)	11.87	39.75	1.90	41.65	58.3	340	16.9	0.879	9.4	6.7	137	1,790	13.4
	607—I—(1)	11.83	45.92	0.04	45.96	33.7	340	20.6	0.796	8.9	6.4	279	2,070	15.9	
		(2)	12.96	43.74	0.21	44.00	33.6	340	17.7	0.790	8.8	6.5	228	2,670	16.2
		(3)	10.80	48.71	0.06	48.78	36.0	340	17.4	0.788	8.2	5.9	302	2,120	15.7
全	607—II—(1)	13.60	44.35	0.04	44.39	35.7	350	17.5	0.861	8.4	6.5	244	2,290	13.1	
		(2)	11.45	44.97	0.10	45.07	40.9	330	18.3	0.816	8.9	6.8	223	2,170	15.4
		(3)	10.85	45.22	0.26	45.48	42.8	335	16.1	0.845	9.8	7.7	260	2,550	15.7
材	608—I—(1)	11.48	44.24	0.06	44.30	42.8	350	18.4	0.853	8.9	6.8	196	1,890	13.8	
		(2)	14.10	44.42	0.17	44.59	33.4	330	18.4	0.859	9.0	6.5	208	1,990	14.9
		(3)	10.92	44.47	0.34	44.81	36.4	340	17.4	0.864	9.1	6.4	173	1,330	14.0
	608—II—(1)	10.65	43.05	0.14	43.19	48.2	320	18.6	0.893	8.8	6.7	174	2,430	13.3	
		(2)	13.91	44.05	0.40	44.45	38.8	350	17.4	0.875	9.1	6.6	218	1,920	14.7
		(3)	11.56	43.85	0.46	44.31	39.4	350	19.8	0.890	9.3	6.9	188	1,950	14.4
枯	600—I—(1)	11.92	46.87	0.14	47.01	36.5	320	18.5	0.873	7.6	5.2	249	1,520	13.1	
		(2)	14.14	47.58	0.03	47.61	36.0	330	17.8	0.818	7.2	5.2	248	1,530	14.4
		(3)	11.85	47.03	0.14	47.17	37.2	320	17.2	0.857	7.4	4.9	217	950	11.5
	600—II—(1)	11.84	43.91	0.14	44.05	43.8	330	17.4	0.873	9.5	7.5	196	3,240	14.2	
		(2)	14.69	47.51	0.04	47.55	34.7	350	17.8	0.832	8.6	6.5	257	2,560	15.0
		(3)	12.83	46.64	0.24	46.88	42.7	350	17.4	0.812	8.4	5.8	216	1,270	13.9
材	601—I—(1)	11.61	48.58	0.08	48.66	34.4	340	18.2	0.774	9.2	6.8	283	1,910	16.8	
		(2)	12.57	48.29	0.03	48.32	32.5	350	20.5	0.782	9.1	6.6	257	2,140	16.4
		(3)	11.07	47.05	0.10	47.15	35.3	340	21.0	0.784	7.6	5.3	167	860	14.6



枯	601—II—(1)	10.92	46.68	0.06	46.74	34.5	350	17.3	0.804	9.4	7.3	257	2,690	16.2
	(2)	14.92	47.79	0.08	47.87	37.3	320	19.8	0.812	9.2	7.3	243	2,440	16.0
	(3)	10.39	46.38	0.12	46.50	33.1	345	17.5	0.812	9.1	7.0	211	2,600	15.0
	602—I—(1)	11.45	46.62	0.02	46.64	34.1	350	18.6	0.823	9.4	7.3	237	2,360	17.0
	(2)	14.29	47.06	0.04	47.10	35.0	350	20.7	0.797	9.5	6.8	279	2,940	16.7
	(3)	11.79	48.06	0.08	48.14	37.2	340	19.5	0.815	7.7	5.5	269	1,450	14.8
	602—II—(1)	12.56	47.33	0.06	47.39	35.7	320	16.9	0.825	9.9	7.9	222	2,250	16.5
	(2)	13.88	47.02	0.04	47.06	34.5	350	20.3	0.846	9.3	7.5	203	3,520	16.3
	(3)	11.29	46.82	0.01	46.83	31.4	350	20.5	0.818	10.0	7.8	187	2,310	16.0
損	609—I—(1)	12.74	47.40	0.04	47.44	40.3	350	16.8	0.777	9.0	6.6	230	2,020	16.4
	(2)	11.27	47.90	0.04	47.94	37.7	330	17.7	0.772	8.7	6.3	266	2,310	16.6
	(3)	11.43	45.55	0.66	46.21	43.5	320	17.6	0.786	9.0	6.7	186	1,620	15.7
	609—II—(1)	12.54	45.39	0	45.39	34.1	340	19.1	0.828	10.2	8.1	194	3,130	15.0
	(2)	15.12	47.13	0.06	47.19	38.2	335	16.3	0.799	9.2	7.2	258	2,080	14.8
	(3)	12.38	46.81	0.30	47.11	38.5	350	19.3	0.814	9.9	7.1	220	1,630	16.4
	611—I—(1)	10.94	47.14	0.01	47.15	33.3	325	18.9	0.799	9.0	6.9	328	3,070	16.1
	(2)	13.79	48.18	0.04	48.22	36.0	320	21.3	0.794	8.4	6.2	315	2,140	15.2
	(3)	11.24	47.08	0.34	47.42	38.4	340	20.7	0.781	8.3	6.1	326	2,230	15.6
材	611—II—(1)	12.63	47.24	0.05	47.29	37.3	350	21.5	0.797	8.9	7.2	311	2,350	15.6
	(2)	12.02	45.84	0.04	45.88	36.0	330	20.8	0.848	8.8	6.8	297	2,530	14.9
	(3)	12.71	45.98	0.20	46.18	39.8	345	17.2	0.862	9.5	7.1	234	2,140	15.3
	613—I—(1)	12.83	47.61	0.01	47.62	35.1	340	17.5	0.812	7.5	5.3	345	1,640	15.4
	(2)	14.44	48.13	0.13	48.26	34.1	340	17.9	0.797	8.4	6.4	266	2,130	15.9
	(3)	10.25	47.17	0.16	47.33	36.5	320	17.3	0.815	8.1	5.7	221	1,590	15.0
	613—II—(1)	11.82	47.72	0.01	47.33	35.0	330	18.2	0.812	10.2	7.9	215	2,690	17.5
	(2)	13.85	47.17	0.06	47.23	38.4	340	18.0	0.790	8.5	6.2	227	1,680	14.9
	(3)	11.01	47.27	0.06	47.33	37.1	345	18.1	0.813	8.3	6.0	186	1,400	14.9

差が認められた。Eを除く4グループ間の差は0.1~0.6で有意差はなかった。叩解パルプはグループ間に差はほとんど認められなかった。

i) 比引裂き強さ：叩解、未叩解パルプとも、AB, CD, Eの3段階の経過月数に従って強度は低下するが、AB, CD間には有意差がなく、これらのグループとEグループとの間には有意差が認められた。

j) 耐折強さ：叩解パルプは比引裂き強さと同様、AB, CD, Eの3段階の経過月数に従って強度が低下した。特にEグループは低下率が大きく、ABの1/4, CDの1/2程度であったが、平均値間の有意差としては検出できなかった。未叩解パルプは、グループ間に有意差が認められなかった。

k) 枯死後立木のまま放置したDグループと、枯死直後伐採して横積み放置したEグループ間にはほとんど差がなく、本実験の範囲では保管状況による差異は認められなかった。

以上の結果から、1年経過したEグループは、他の4グループと性質が異なることを示した。すなわち収率、白色度、比引裂き強さ及び耐折強さで最低値を示し、密度、裂断長及び未叩解パルプの比破裂強さで最高値を示した。

このようにEグループのみに特異性が認められたが、これについては次のように説明できよう。収率低下はホロセルロースの低下によるものであり、白色度の低下は腐朽菌がパルプ中に残存することによるものであろう。引裂き強さの低下は単繊維強度の低下を意味する。また裂断長はシート密度と相関にあり、Eグループの密度に対する裂断長は低下した。未叩解パルプの破裂強さが高いのもシート密度に関係している。

枯損材のパルプから密度の高いシートが形成される理由としては、易蒸解性、易叩解性になっていること、さらに単繊維強度の低下は繊維の柔軟性に関連することなどが、繊維の表面積、結合面積などの増大をもたらしたことが考えられる。

### Ⅲ-2 大径材について

#### Ⅲ-2-1 パルプ化試験結果

個体別パルプ収率及び紙の強度試験の結果は表9のとおりであった。

#### Ⅲ-2-2 健全材と枯損材の比較

表9で示したように、パルプ収率において、健全材が枯損材より全般的に低収率であった。この結果は前述の小径材の結果と異なり、また健全材の既往の報告<sup>4)</sup>と比較しても低収率であった。この原因については現在明らかでない。以上の理由からこの両者の比較をこの段階で行うことは適切でないと考えられる。

#### Ⅲ-2-3 部位別（ⅠとⅡ）の比較

枯損材について一元配置の分散分析を行った結果、パルプ収率及びパルプの強度特性に有意差は認められなかった。しかし傾向としては小径材同様、引裂き強さを除き密度、裂断長、破裂強さ及び耐折強さは部位ⅡがⅠより強かった。この差は、小径材と同じように、ザイセンチュウあるいは枯死にともなう腐朽菌等の影響によるものでなく、材のもつ特性と考えられる。

#### Ⅲ-2-4 枯損材の経時変化

枯損材の部位Ⅰ、Ⅱを合わせ一元配置の分散分析を行った。結果を表10に示す。

a) 耐折強さを除いて、パルプ収率及びパルプの諸性質は経時による有意差は認められなかった。

b) 耐折強さは、経時0か月の(1)と経時7か月の(2)間には有意差はない。12か月経時の(3)は

表10. 大径材枯損材の経時変化

経時	部位	パルプ収率 %			カップ 一価	白色度	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	裂断長 (km)	比破裂 強さ	比引裂 き強さ	耐折強さ (M I T) (回)	ゼロスパン 引張り 強さ (kg)
		精 選	粕	全								
(1)	I・II	46.87	0.05	46.89	36.18	18.24	0.816	9.15	7.00	256	2,406	15.82
(2)	〃	47.47	0.05	47.52	35.87	19.08	0.807	8.74	6.58	260	2,333	15.59
(3)	〃	46.82	0.20	47.02	37.56	18.61	0.814	8.61	6.25	220	1,671	14.89
分 散 分 析												
分散分析 でのF値	—	—	1.66	1.17	0.95	0.39	1.52	2.45	3.24	6.48 <sup>**</sup>	2.25	

( $F_{\frac{1}{2}}(0.05) = 3.32 \cdot (0.01) = 5.39$ ) \*\* は 1%水準で有意を示す。

前2者に比べて、強度低下が約30%あり、有意水準1%での有意差の要因と考えられる。

c) 経時12か月の(3)は、有意差はないが引裂き強さも他の2者に比べて低下した。これは単繊維強度の低下を示し、ゼロスパン引張り強さの低下（有意差はない）と一致した。

以上のように大径材の枯損材は、経時に対するパルプ収率の低下はなかったが、強度特性については劣化の程度は少ないが小径材と同様な傾向にあった。

## ま と め

アカマツのマツノザイセンチュウによる枯損材のパルプ化試験を行った。小径材、大径材のそれぞれについて、クラフト法でパルプ化し、得られたパルプの諸性質を分散分析により解析した。結果を要約すれば次のようになる。

- 1) 枯損材は枯死後6か月以内にパルプ化すれば、パルプ収率、紙の強度特性ともに健全材とあまり差がないことがわかった。
- 2) 12か月経過した枯損材は、収率低下、強度的性質の劣化が明らかに認められた。
- 3) 大径材は、小径材と同様に劣化の傾向を示したが程度は少なかった。
- 4) 部位による差異は、健全材、枯損材共通のもので、これは材のもつ特性と考えられる。

なお、腐朽程度とチップ収率及びパルプ収率、またそれらの品質との関係は、材の太さ、放置期間及び放置条件、腐朽菌の種類などにより異なり複雑である。HUNT は、Western hemlock と Western red cedar 等5樹種について腐朽材と健全材のチップ収率を検討し、かなり進んだ腐朽材は健全材の75%であったと報告している<sup>5)</sup>。また HATTON は、Balsam fir と White spruce の枯死後期間を検討し、期間が長くなると剥皮ロスとチップの品質劣化に結びつくとして報告している<sup>6)</sup>。

本試験において、チップ化段階における枯損材の挙動について触れなかったが、枯損材には明らかに青変菌による変色が認められ、マツノザイセンチュウ及びマツノマダラカミキリによる木材組織の破壊もあるので、チップ収率に影響をあたえる可能性が高く、今後検討する必要がある。

## 引 用 文 献

- 1) 伊藤 彰：全国市場木材チップの容積重について、林試研報，155，141～155，(1963)
- 2) 右田伸彦：木材化学，産業図書，p. 59，(1973)

- 3) 米沢保正・ほか 6 名：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，253，55～99，(1973)
- 4) 同 上
- 5) HUNT, K. : How rot-decayed wood affects chipping kraft pulping, Pulp Pap. Can., 79(8), 65～68, (1978)
- 6) HATTON, J. V. : Debarking wood losses and chip quality of deadwood, Spruce budworm-killed softwoods in New Brunswick, TAPPI, 61(12), 43～46, (1978)