

資源の再利用に関する研究

裁断くずのシート化技術

大津吉秋、三輪幸弘

1. はじめに

近年、家庭や工場から排出される廃棄物の量が増大して来ており、大きな社会問題となっている。繊維産業においても様々な工程から繊維くずが排出されているが、縫製工場では生地のおよそ15%前後の裁断くずが廃棄物として処分されており、資源保護の観点から有効利用の方策が求められている。

本研究は、縫製工場から排出された裁断くずの再利用を図るため、裁断くずを細断化し樹脂接着によるシート成形技術について検討した。

2. 実験

2-1 繊維素材

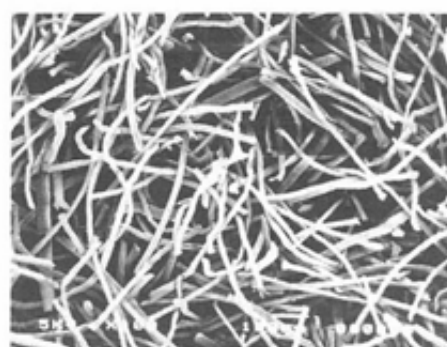
縫製工場から排出される裁断くずは、形も素材も多種多様である。実験では、毛織物、ポリエステル織物、レーヨン織物及びこの3種類の織物を1:1:1の割合でミックスした合計4種類の織物素材を使用した。

2-2 細断化

細断化では、織物をカッターで1センチ角程度の大きさに切断する細片化と、ワイレー式粉碎機を使用して数ミリ以下の繊維状にする粉碎化の2種の方法で行い、シート化繊維試料を作成した。

図1は、粉碎試料の電顕写真であるが、各素材とも数ミリ以下の短繊維状に粉碎されて

いる。



×100

図1 繊維の粉碎状態

2-3 熱融着樹脂によるシート化

粉碎した試料に融点100~125℃(DSC値)のポリアミド系熱融着樹脂(パウダー)を添加し混ぜ合わせた。プレス加工は、ホットプレッシング試験機を使用した。

樹脂添加量(重量パーセント)

: 20%、30%、40%

プレス加工

プレス温度: 180℃

プレス時間: 3分

プレス圧力: 約100gf/cm²(概算値)

2-4 熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂によるシート化

熱可塑性樹脂にはアクリル系樹脂を、熱硬化性樹脂にはユリア系樹脂とメラミン系樹脂を用い、所定の樹脂濃度の樹脂液に粉碎試料又は細片試料を添加し含浸後、粉碎試料では300%、細片試料では200%に絞り所定の樹脂含有量となるようにした。プレス加工は、

予備乾燥後に行った。

樹脂含有量（重量パーセント）

粉碎試料：10 %、20 %、30 %

細片試料：20 %、30 %、40 %

プレス加工

予備乾燥：2.5分

（マイクロウェーブ乾燥）

プレス温度：180℃

プレス時間：3分

プレス圧力：約 100 gf/cm²（概算値）

3. 物性試験

作成した各種シートの特性を把握するため、次の物性試験を行った。

(1) 圧縮率 JIS L 1096 準拠

$$\text{圧縮率 (\%)} = \frac{T_0 - T_1}{T_0} \times 100$$

ここに T_0 ：初荷重を加えた時の厚さ

T_1 ：最終荷重を加えた時の厚さ

(2) 引張り強さ

JIS L 1096 準拠

つかみ間隔：6 cm

試料幅：5 cm

引張り速度：6 cm / 分

(3) 曲げ強さ、変形量

JIS A 5905 準拠

荷重速度：1 cm / 分

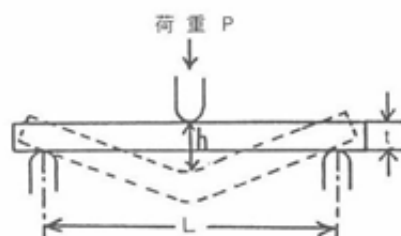


図2 曲げ強さ・変形量の試験法

$$\text{曲げ強さ (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{3}{2} \times \frac{PL}{bt^2}$$

ここに P：最大荷重（Kg）

L：スパン（6 cm）

b：試料幅（5 cm）

t：試料の厚さ（cm）

h：最大荷重時の変形量（mm）

(4) 吸湿性

水を満たしたデシケータ中に、絶乾状態にした試料を放置し、試料重量の経時変化を測定。

(5) 熱伝導率

QTM 迅速熱伝導率計（昭和電工製）で測定。

測定温度：20～24℃

(6) 防振性

実験台上に振動源と振動計ピックアップを置き、振動源の下部に試作したシートを挿入した場合の鉛直振動の減衰効果を測定した。

4. 試験結果

試作した各種シートの厚さ、密度、圧縮率、引張り強さ、曲げ強さ、変形量、熱伝導率及び防振性等の測定結果を表1に、吸湿性を図10に示した。また、作成した各種シートの断面は図3のようである。粉碎試料及び細片試料による各種シートでは、それぞれ繊維と樹脂との構成に違いがみられ、これが物性等に大きな影響を与えていると考えられる。

(1) 密度

各種シートの樹脂量と密度の関係は、図4のようである。細片試料のシートは密度が大きく、粉碎試料は密度が小さい。使用樹脂の種類では、アクリル系樹脂、ユリア系樹脂よりもメラミン系樹脂が密度が小さくなっている。樹脂量の増加は、各シートの厚さを変えないが、密度を高める作用をしている。

また、熱融着シートと細片試料の含浸接着シートは同程度の密度構成になっている。

表1 シート物性

試料			厚さ mm	密度 kg/m ³	圧縮率 %	引張り kgf/cm ²	曲げ kgf/cm ²	変形量 mm	熱伝導率 kcal/mh℃	防振性 dB
粉砕試験料	熱融着シート	毛・ナ・30%	4.8	332	3.5	2.4	4.2	15	0.0700	
		ポ・ナ・30%	4.9	325	3.3	2.4	4.4	18	0.0796	
		レ・ナ・30%	5.5	289	2.9	3.6	5.4	17	0.0807	
		ミ・ナ・20%	4.7	333	3.5	1.6	4.4	17	0.0751	
		ミ・ナ・30%	4.6	362	2.7	4.1	7.6	17	0.0817	-5.5
		ミ・ナ・40%	4.6	373	1.9	7.8	9.1	13	0.0803	
	含浸接着シート	毛・ユ・20%	4.7	285	2.7	3.6	7.3	2	0.0621	
		ポ・ユ・20%	4.8	282	1.9	1.4	9.5	2	0.0664	
		レ・ユ・20%	4.8	266	1.5	3.2	10.1	3	0.0720	
		ミ・ユ・10%	5.0	243	3.6	2.3	6.7	5	0.0605	
		ミ・ユ・20%	4.9	261	2.2	3.8	11.2	3	0.0649	
		ミ・ユ・30%	5.0	285	1.6	10.5	22.5	3	0.0643	-1.5
		ミ・メ・10%	4.9	238	2.0	1.9	4.5	3	0.0569	
		ミ・メ・20%	5.0	259	1.6	4.7	14.4	2	0.0626	
		ミ・メ・30%	5.1	282	1.0	10.1	18.2	2	0.0619	-4.8
		ミ・ア・10%	4.8	246	3.2	2.7	3.5	8	0.0600	
		ミ・ア・20%	5.0	265	2.0	10.0	11.9	13	0.0669	
		ミ・ア・30%	4.8	291	1.7	12.0	13.8	14	0.0675	-0.5
細片試験料	含浸接着シート	ミ・ユ・20%	5.4	381	6.3	0.2	1.0	6	0.0796	
		ミ・ユ・30%	5.5	423	4.8	0.5	3.4	3	0.0862	-10.0
		ミ・ユ・40%	5.5	437	5.3	0.6	3.8	5	0.0966	
		ミ・メ・20%	5.7	363	8.3	0.2	1.1	5	0.0786	
		ミ・メ・30%	5.9	371	7.2	0.2	1.6	7	0.0783	-10.8
		ミ・メ・40%	5.8	419	4.5	0.4	4.9	3	0.0966	
		ミ・ア・20%	5.1	394	5.0	3.6	5.0	12	0.0953	
		ミ・ア・30%	5.3	402	3.4	3.9	5.8	13	0.0854	-2.5
		ミ・ア・40%	5.4	428	2.5	5.9	9.5	13	0.0850	

注) 試料の略式表示は、「繊維種類・樹脂種類・樹脂量」の順で示している。

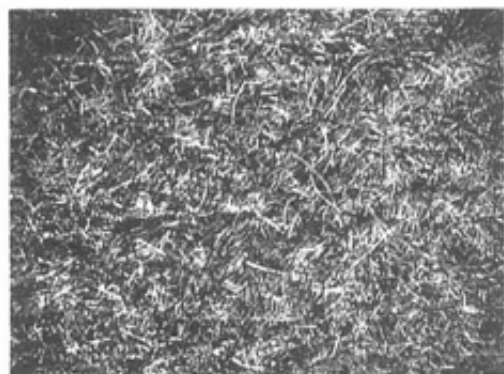
繊維種類：毛（毛100%）、ポ（ポリエステル100%）、レ（レーヨン100%）、

ミ（毛：ポリエステル：レーヨン 1：1：1）

樹脂種類：ナ（ポリアミド系樹脂）、ユ（ユリア系樹脂）、メ（メラミン系樹脂）、

ア（アクリル系樹脂）

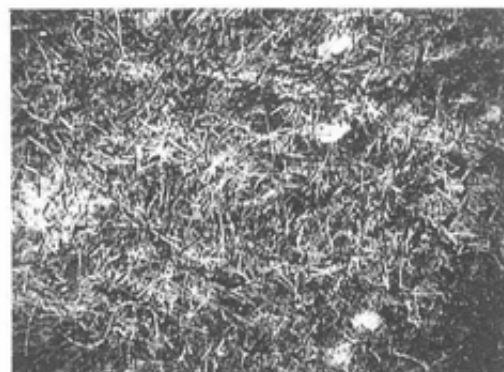
樹脂量：固着樹脂重量パーセント



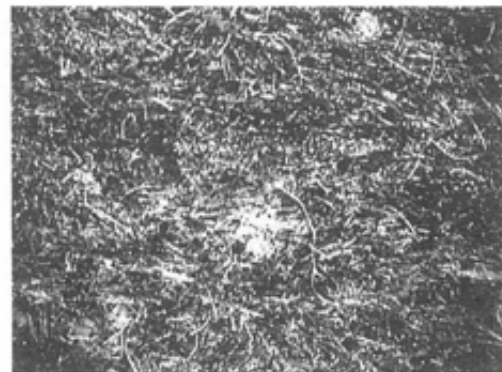
(a) ミ・ナ・20% (粉)



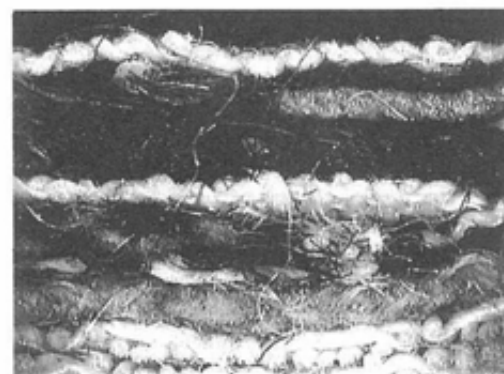
(b) ミ・ユ・20% (粉)



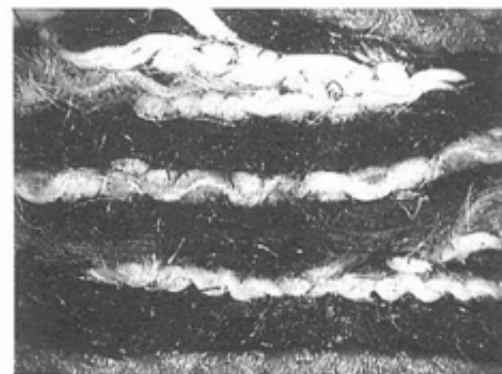
(c) ミ・メ・20% (粉)



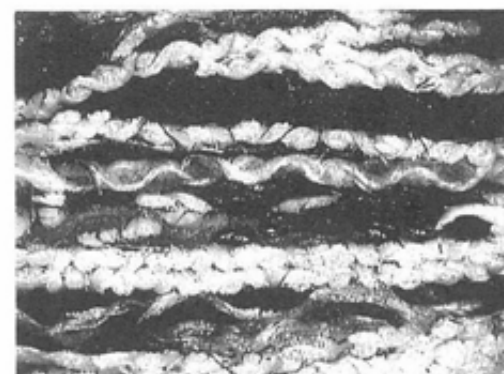
(d) ミ・ア・20% (粉)



(e) ミ・ユ・20% (細)



(f) ミ・メ・20% (細)



(g) ミ・ア・20% (細)

(a) : 熱融着シート
(b)~(g): 含浸接着シート

図3 シートの断面写真 (×50)

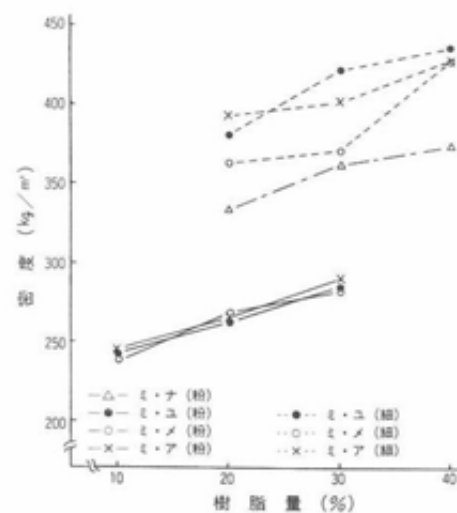


図4 樹脂量と密度

(2) 圧縮率

密度の高い細片試料のシートは密度の低い粉砕試料のシートより圧縮率が高い。樹脂量と圧縮率の関係は図5のようである。樹脂量を増すと、圧縮率は低下するが、その大きさは試料形態により異なり、細片試料では、低下は少ないが、粉砕試料では、大きな値を示している。樹脂量の増加は、樹脂の種類に関係なくシートの曲げ強さ、引張り強さを高め、自由度を失い、圧縮変化を起こりにくくし、硬くなっている。

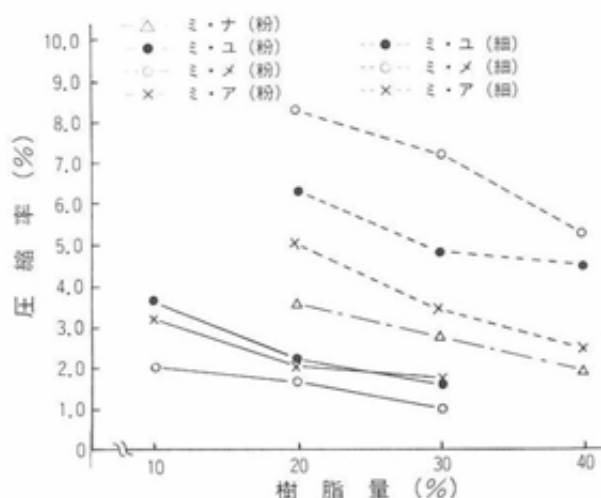


図5 樹脂量と圧縮率

(3) 引張り強さ、曲げ強さ、変形量

各シートの引張り強さ、曲げ強さは樹脂量が増すほど強くなるが、図6のように、同じ樹脂量でも密度を高くすれば強さは増加する。

粉砕試料における樹脂の種類と引張り強さの関係は、アクリル系樹脂>ユリア系樹脂・メラミン系樹脂>ポリアミド系樹脂の順となり、曲げ強さはユリア系樹脂・メラミン系樹脂>アクリル系樹脂>ポリアミド系樹脂の順となった。

細片試料の引張り強さ、曲げ強さは粉砕試料に比べて弱く、ユリア系樹脂、メラミン系樹脂では粉砕試料の1/10以下となった。しかし、粉砕試料では、含浸接着シートの樹脂量が10%程度であれば、熱融着シートや細片

試料の含浸接着シートと同じ程度の曲げ強さを示す。樹脂量を20%、30%に増すと繊維特性を失い、樹脂特性が発現した物理特性がでて大きな値を示すようになる。最大荷重時に於ける曲げ変形量は、ユリア系樹脂、メラミン系樹脂では小さくシートがもろいのに対し、ポリアミド系樹脂、アクリル系樹脂では数倍大きな値を示し、シートに柔軟さやねばりの有ることを示している。

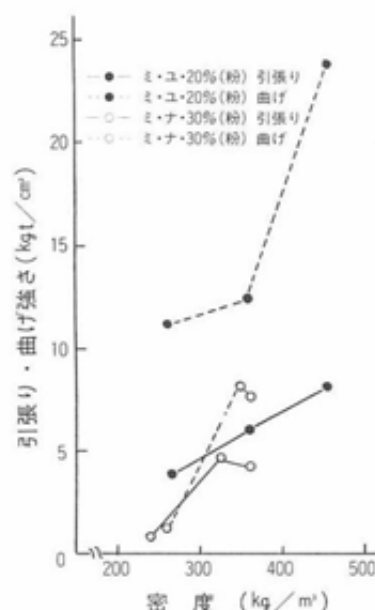


図6 密度と引張り・曲げ強さ

(4) 熱伝導率

各シートの熱伝導率は、粉砕試料の接着シート<粉砕試料の熱融着シート<細片試料の接着シートの順に大きな値を示す傾向がでている。これは、図7の平均密度と熱伝導率の関係で示されるように、熱伝導率はシートの密度に関係しており密度が増すほど大きくなっている。また、図8に示すように、樹脂量との関係も大きく、樹脂量を増すと熱伝導率が大きな値を示す。同一試料に対して使用樹脂量が同じであれば、熱伝導率は、メラミン系樹脂<ユリア系樹脂<アクリル系樹脂<ナイロン熱融着樹脂の順に大きな値を示す。この傾向は、試料形態に関係なく同じである。

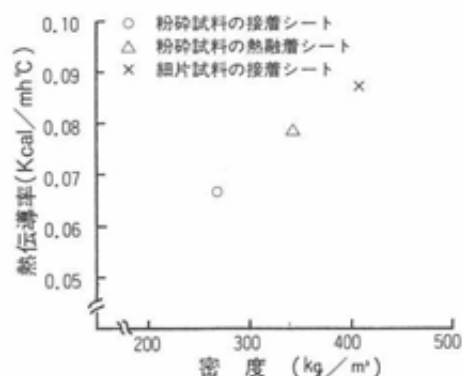


図7 平均密度と熱伝導率

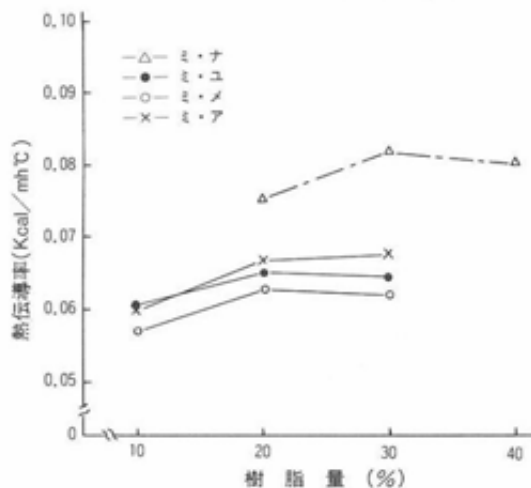


図8 粉碎試料の樹脂量と熱伝導率

(5) 防振性

振動加圧レベル 78.5 dB、中心振動数が 63 Hz 付近の振動源に対するシートの防振性は、圧縮率の大きな細片試料のメラミン系、ユリア系シートで顕著な効果が得られた。防振効果は圧縮特性に影響されると考えられる。

図9にミックスした粉碎試料のポリアミド系 30% シート、メラミン系 30% シート、細片試料のメラミン系 30% シートの 1/3 オクターブ分析結果を示した。

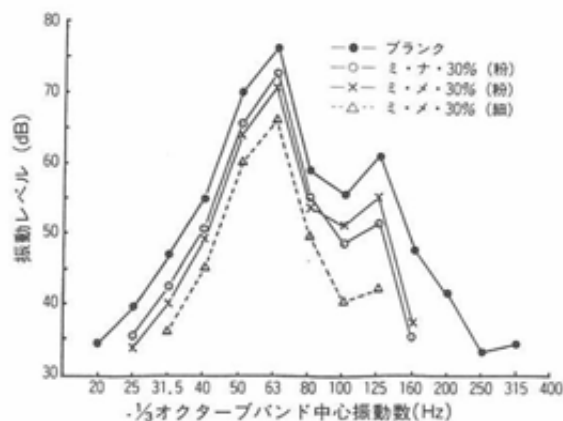


図9 1/3オクターブ分析

(6) 吸湿性

図10は、ミックスした粉碎試料シートと細片試料シートの吸湿性を水分率の経時変化で表した図である。

粉碎試料シートの水分率は、放置時間 10 時間以内で急速に増加するが、細片試料シートではゆるやかに増加する。

吸湿性は、試料の細断形態と密接な関係をもっている。粉碎化した試料によるシートは樹脂の種類に関係なく同じ傾向の吸湿性を示す。細片試料による試料も同じ吸湿曲線を示すが、粉碎試料によるシートよりも吸湿性が小さい。また、樹脂間では、ユリア系樹脂が小さく、メラミン系樹脂が大きな値を示している。

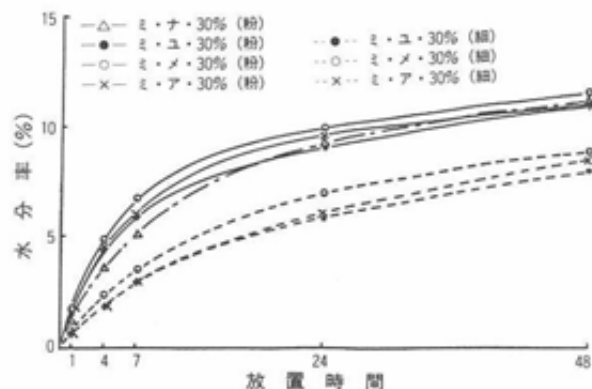


図10 吸湿性

5. まとめ

縫製工場から排出される裁断くずの再利用を図るため裁断くずを細片化、粉碎化し、樹脂接着によるシート成形技術について検討した。

(1) 裁断くずを 1 cm 角程度に細片化する方法では、厚さは不均一になるが圧縮性のあるシートができる。数ミリ以下の繊維に粉碎化する方法では、厚さが均一で引張り、曲げ強さの高いシートができる。

(2) 成形方法では、アクリル系樹脂が、引張り・曲げ強さに、ポリアミド系樹脂が、ねばり(曲げ変形)に優れていることがわかった。