

平成18年度経済産業省委託事業

平成18年度3Rシステム化可能性調査事業

報告書

繊維リサイクル推進のためのポリプロピレン(PP)廃材  
再使用システム開発

平成19年3月

国立大学法人 京都工芸繊維大学

繊維リサイクル技術研究センター

## 目次

1. 事業目的	1
2. 実施体制と調査項目	2
2.1 実施体制	2
2.2 調査項目	3
3. 実態調査	4
3.1 PP 廃材の現状	4
3.2 PP 廃材に適した粉碎・破砕・反毛機	8
4. PP 廃材の破砕・わた化の実証	9
4.1 反毛機によるわた化実験	9
4.2 破砕機によるわた化実験	10
5. 擬木(板材)化実験	12
5.1 予備成形体(フェルト)の作成	12
5.2 擬木(板材)の成形	13
5.3 物性評価	15
6. まとめと今後の課題	17

## 1. 事業目的

本事業は繊維リサイクル推進に向けて、PP廃材の再利用システムを開発するため、PP廃材の実態調査と、PP廃材に応じた効率的なわた化（繊維化）システムの構築のための調査を行うものである。

我国の繊維廃材は年間約200万トン排出されているにもかかわらず、リサイクル率は10%足らずであり、繊維廃材の有効利用が急務である。繊維廃材の中で圧倒的な量を占めているのは、一般消費者が排出する一般廃棄物（通称：ボロ）で、約170万トンある。その一部（約30万トン）は故繊維業界に集められウエスや反毛（布をわた状に開織したもの）となってリサイクルされていたが、我国の産業構造の変化や東南アジアを中心とする安価な輸入品によりウエスや反毛の需要が激減している。また、反毛製品の大手ユーザーであった自動車業界においても、自動車リサイクル法の施行に伴いボロからの反毛の採用にも制限が加わり、回収したボロの多くが再廃棄物となり、反毛業者が倒産に追い込まれるなど深刻な事態になっている。

一方、物流業界では梱包用材料として大量の木材が使用されており、規格品以外の梱包物にあわせて加工（釘打、切断など）するため、松などの針葉樹（ラジアータパイン：ニュージーランド産）が用いられている。しかし、近年松食い虫被害を防止するため、輸出用梱包材は薫蒸処理が必要となり、梱包材の高騰につながり、木材以外の代替品の開発を模索している。

そこで我々は、繊維廃材のマテリアルリサイクルの一環として、ボロからの繊維屑と熱可塑性繊維屑を混用し、加熱圧縮することにより、釘打、切断性を有した繊維板（以下、擬木と呼ぶ）を提案し、年間数百万トン使用されている梱包木材の代替品としての可能性を見出した。また、これらの擬木は

- 1) フローリング材
- 2) 建設資材

などの需要も存在している。さらに、この擬木を用いてボート（3.6m×1.2m）やヨットを建造し実証化実験も行い、マスコミなどに大きく取上げられた経緯がある。さらに発展的提案として、ボロを素材とした複合材料の提案も行い、ガラス、炭素繊維を用いた複合材料には強度的には劣るが耐衝撃性に優れた材料の提案も行っている。これら擬木の成形においてバインダーとなる熱可塑性の繊維としては、温度などの加工条件、汎用性、強度などの点からポリプロピレン（PP）繊維が最適である。擬木の経済性を考慮するならば、PP繊維はバージン材を用いず、使用済みのPP廃材をわた化したもの、あるいはそれに匹敵する形状を有するPPを用いる必要がある。

しかしながら、PP廃材は多数存在しているが大多数は埋立・焼却処分されておりわた化した繊維屑が存在しておらず、これを安定的に供給することが急務である。

そのため本調査事業では、どこに、どのようなPP廃材が存在するか？ それをわた化（バインダー材料化）するにはどのような機械（破碎・粉碎機、反毛機など）が必要か？ PP廃材から擬木を成形したとき、どのような性能が維持できるか？を調査することを目的とする。この調査結果により年間200万トン排出されている繊維屑のリサイクル率向上が期待できるとともにPP廃材の有効利用法にも示唆を与えるものと考えられる。すなわち、本事業の目的を図示すると図1に示す通りである。

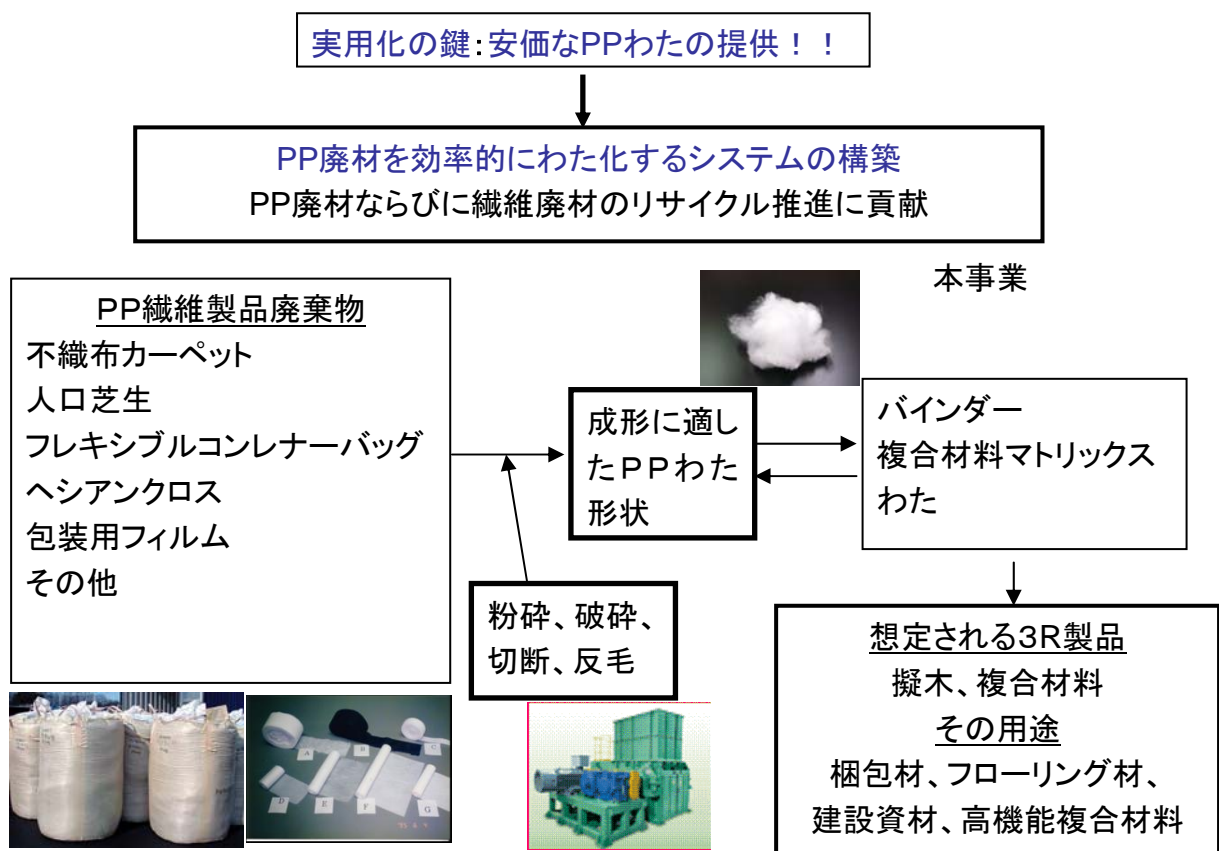


図1 事業の目的

## 2. 実施体制と調査項目

### 2.1 実施体制

本事業は京都工芸繊維大学教育研究プロジェクトセンター「繊維リサイクル技術研究センター」が中心となって行われた。本センターは本学の繊維関連教育研究機関としての役割と特色を明確にするとともに、学内外の企業・研究所・大学の強固な連携による国際的研究の実践を通じて「繊維リサイクル技術」の国際的研究拠点を目指し

て平成 17 年 11 月に設立された。センタースタッフは以下に示す通りである。

センター長 木村照夫（先端ファイブ科学専攻教授）

#### プロジェクト研究員

中野 仁人（造形工学科助教授）

山田 悦（環境科学センター次長）

宮崎 眞（機械システム工学科助手）

川北 眞史（デザイン経営工学科教授）

並木 誠士（造形工学科教授）

安部郁夫（先端ファイブ科学専攻客員教授）

横山 敦士（先端ファイブ科学専攻助教授）

#### プロジェクト特別研究員

八田 誠治（京都市産業技術研究所研究部長）

近森 啓一（高知県立紙産業技術センター主任研究員）

藤田 浩行（兵庫県立工業技術センター主任研究員）

迫部 唯行（ユニチカファイバー(株)生産開発部マネージャー）

#### 特任教授

鈴岡 章黄（帝人ファイバー(株)取締役）

大橋 庸二（東レ(株)繊維リサイクル室担当部長）

門倉 健造（日本繊維屑輸出組合理事長）

稲垣 寛（機能紙研究会会長）

伊部 京子（和紙アーティスト）

佐野 慶一郎（静岡県立大学）

## 2.2 調査項目

実施項目は図 2 に示す通りで、「フェーズⅠ」として東レリサーチセンター(株)に委託して P P 廃材の現状（どこにどのような廃材がどの程度存在し、どのように処分されているか）を調査した。また、神鋼リサーチ(株)に委託して P P 廃材を粉砕あるいはわた化する機械装置の現状（どのような装置が存在するか）を調査した。また、本学センター独自のルートにおいても同様の調査を行った。「フェーズⅡ」として、各種 P P 廃材について種々の機械を用いた粉砕・破砕、反毛実験を行った。最後に「フェーズⅢ」として、「フェーズⅡ」で得られた P P 粉砕物あるいは反毛化 P P を用いて擬木(板材)を成形し、その特性を評価した。

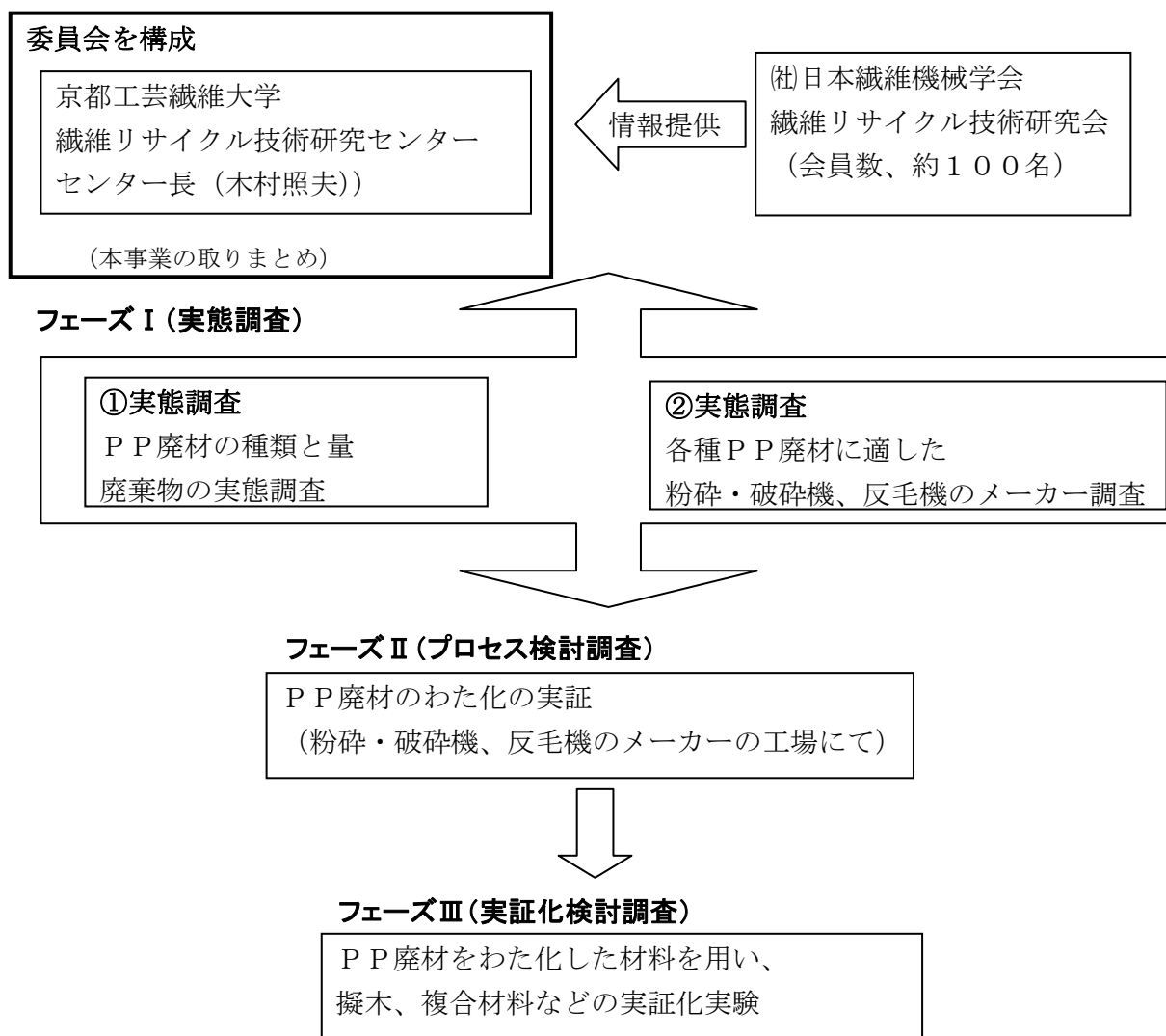


図2. 調査実施項目

### 3. 実態調査

#### 3.1 PP 廃材の現状

今回の調査によるとPPの世界市場は2500万トンに及んでいる。国内に目を向けるとPP製品の年間生産量は図3に示すように約300万トンであり、繊維類(繊維・中空糸・フラットヤーン)の占める割合は全体の10%程度である。一方、国内においてPP廃棄物は年間223万トン発生し、今回の事業に使用の可能性のあるPP廃材(繊維、フレコンバッグ、フィルム、容器包装など)の実態は表1に示す通りである。表より明らかなように、フィルム、容器包装が圧倒的に多く、その次にフレコンバッグおよび不織布廃棄物が多く発生している。以下に個々の廃棄物の現状について分析する。

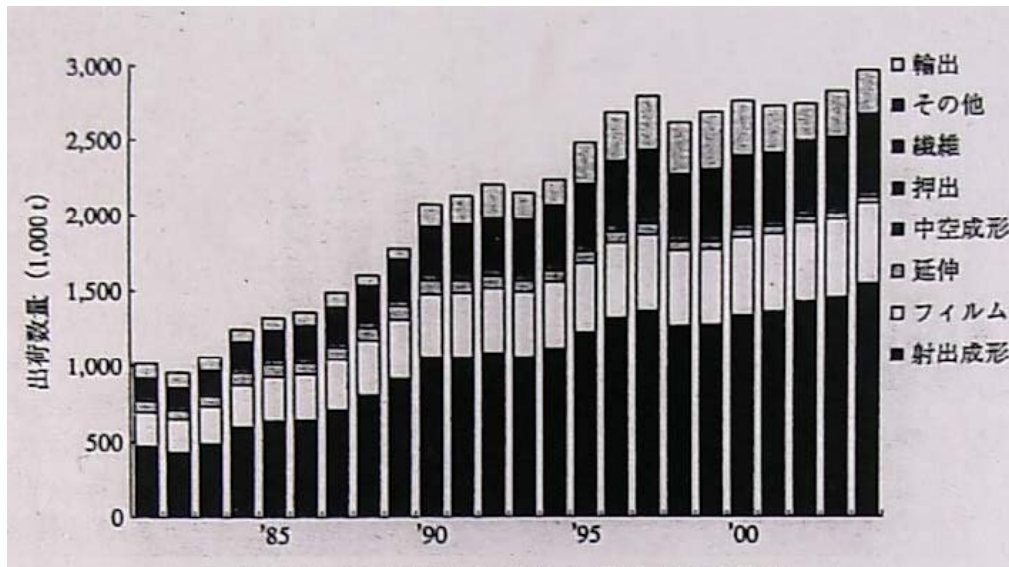


図3 PPの用途別出荷推移

表1 国内におけるPP廃棄物の発生、回収、処理の概要

品名		発生場所	年間発生量 <sup>※</sup>	回収・処理の現状
繊維	カーペット (ナイロン・PP 合計)	ビル改修時	約 5,000 トン	主に、焼却または埋立。 一部メーカーで回収リサイクルシステム確立。
	産業資材 (養生ネット)	建設現場 リース店・中古 品取扱い業	約 700 トン (PP 養生ネット 生産量見込み)	中古品としてリユース。 リユースできないものは焼却または埋立。
	スパンボンド 不織布 (オムツ用)	病院・福祉施設	約 56,000 トン (需要量として)	ほぼ全量焼却。 ただし、九州で企業によるリサイクルシステムが運用中。
フレコンバッグ		各種工場	約 63,000 トン (約 3150 万枚… 需要量として)	中古品としてリユース。 リユースできないものは埋立またはセメント原燃料としてリサイクル。
フィルム		一般廃棄物	約 44 万トン (需要量として)	市場に出たフィルムはポリオレフィン複合材として回収され、リサイクルまたは焼却または埋立される。
容器包装		一般廃棄物	約 22 万トン (需要量として)	市場に出た容器包装はポリオレフィン複合材として回収され、リサイクルまたは焼却または埋立される。
<その他> オフィス家具(イス)		買替え時 ビル改修時	不明	イスについては、3R 推進のため、金属以外の部品のPP化が進行中。

### 3.1.1 繊維

今回の委託調査結果によれば、繊維製造工程における端材の発生量(いわゆる産業廃棄物)は49%(2001年)から46%(2004年)に低下し「リサイクル率は93%から98%に向上している。この結果を見ると工場端材はほぼリサイクルが完結しているよ

うに思えるが、このデータは大企業におけるものであって、多くの中小企業ではその処分方法が確立していないものと推察される（繊維産業の構図は非常に複雑であるため正確なデータはわからない）。

例えばある情報によると、100%単一合成繊維端材の多くは40円/kg程度で国内で取引され、中国に輸出されている。これらはペレット化されてプラスチック製品の成形に用いられる。ペレット価格は90円/kg程度である。このようなリサイクルシステムに乗った企業はいいが、まったくシステムに乗り切れてない企業（リサイクルシステムに不熱心？）も数多くあるとのことで、今回のヒアリング調査結果がすべてではないのが現状と思われる。（実際のリサイクル率はもっと低いのではないかと思われる。）現在とくに処理が問題となっているのは異種材料が混在する繊維屑であり、これらの繊維屑の引き取り手がほとんどないことよりバインダー繊維としてPPが混在する繊維屑も視野に入れる必要があると思われる。

### 3.1.2 カーペット

カーペットではパイルの部分にPPやナイロンが用いられている。防災カーペットの年間生産量は約5000トンであり、これと同等量が廃棄されていると見込まれる。タイルカーペットは、通常、上部が防災処理され、塩化ビニル層は炭酸カルシウムを50%以上含有し無燃性とされている。このような複合品であるため、素材別に分けることは難しく、従来は一定の大きさに裁断して埋め立て処分されていた。リサイクルにより、処理業者にどれだけのメリットがあるかどうか、ということがリサイクルシステム確立のために重要な要素となっている。使用済みカーペットは、多くが施工業者または販売業者が引き取っているが、引き取り品は産業廃棄物業者にほぼ全量が焼却、埋め立て処分として委託されている。積極的に回収した場合の回収可能量（消防庁調査）はカーペットで600~9600m<sup>2</sup>/年、カーテンで600~60000m<sup>2</sup>/年と見込まれている。リサイクル例としては、タイルカーペットを分離することなく、まるごと粉碎、チップ化して、タイルカーペットのバックング材として利用しているが、量的にはわずかである。

### 3.1.3 産業資材（養生ネット）

養生ネットは年間数百トン生産され、その7~8割がポリプロピレン製で、残りがポリエステル製となっている。通常はリユースされているが、釘、ごみ、コンクリートがついているものはその除去に人手による膨大な手間とコストがかかるため、リユースに適さないものは埋め立て処分されている。リサイクルするにもコストがかかり、リサイクル業者は引取りを拒否するケースが多い。リサイクルするにも養生ネットを繊維状にするのは難しいかもしれないとのことである。三菱レーヨンでは油化還元リサイクルの技術開発をしたが採算性の点から、量がまとまらなければ事業として成り立たないとのことである。

### 3.1.4 スパンボンド不織布（紙おむつ）

PP繊維によるスパンボンド不織布の需要量7万トンのうち、衛生材料（紙おむつ）



が 79%に及んでいる。その生産拠点は中国、東南アジアにも拡大し、輸入量も増えている。リサイクル例としてトータルケアシステム(株)が、紙おむつをパルプ、プラスチック、汚物に分別し、パルプは建築資材、プラスチックは固形燃料化、汚物は土壌改良材としてリサイクルしている。処理費用は 50 円/kg 程度で、病院等は分別の手間などを考えると積極的に参加するところは多くない。システムの効率化には自治体の協力が必要とされている。

### 3.1.5 フレコンバッグ

フレコンバッグには 1~2 回の使用で廃棄されるワンウェイ用途のクロスコンテナと、繰り返し使用されるランニングに分類される。フレコンバッグの多くを占めるクロスコンテナは、低グレード品が中心で輸入の割合が高い。国内における 2005 年 1~12 月のフレコンバッグ生産量(フレコン工業会加盟 79 社分)は 342 万袋と、前年の 344 万袋とほぼ同水準となった。長期間使えるランニング用が 38 万 7800 袋と全体の 1 割である。日本の需要の 3150 万枚/年の 9 割が海外からの輸入品である。(参考: 2005 年輸入量は 2800 万枚(6 万 4 千トン、156 億円))

使用済みフレコンバッグの多くは使用時の内容物に応じて肥料、農薬、砂利、コンクリートなど様々な異物が混入して汚れている。汚れをある程度まで洗浄できたものは中古品として再使用可能である。再生業者は再使用可能なフレコンバッグを引き取って洗浄の後、畳み直して中古品として 100 円/枚(1.85kg)程度で販売する市場ができています。こうしたフレコンバッグは 3~4 回中古品として販売されたのちリサイクルまたは廃棄される。リサイクルの観点では、使用済みフレコンバッグは嵩高いため、圧縮か、裁断して単位体積あたりの重量を増やさないとビジネスとして成り立たない。この処理が困難な場合が多いため、フレコンバッグの半数以上はセメント原料として利用されるか焼却処理されている。また、回収システムの構築が必要である。

使用済みフレコンバッグの活用例としては、リペレットして擬木、パレット、杭、角材等を製造している企業もある。この場合、ペレット価格は約 90 円/kg である。

### 3.1.6 ヘシアンクロス

PP 製ヘシアンクロスは現在、国内では生産・使用されている例はない。

### 3.1.7 フィルム

PP フィルムは耐熱性・透明性などに優れ、さらには防湿性や燃焼による有害ガス発生が無い点などが評価されて使用量が多い。国立環境研究所の推計によると PP 容器包装用途需要量約 100 万トンのうちフィルム用途が約 44 万トンであり、この数量が PP フィルム廃棄物としての発生量と見込まれる。包装フィルムには素材別表示が無いため、市場に出たものは分別が困難である。したがって、リサイクルの際は複合オレフィン系フィルムとしてペレット化され、園芸用ポット、スノコ、くるま止め、物流パレット、擬木、角材、板材、ベンチなどにマテリアルリサイクルが行われているがリサイクル率は不明である。

### 3.1.8 まとめ

以上の調査結果を基にまとめると、PPバージンわたの市場価格は約 300 円強であることから、廃材を用いることによってこれより安価なPPわたが調達できるかが課題である。工場内廃材の多くは有効利用されているためこれらの廃材をバインダーとして提供が可能か？中国への輸出を食い止めることができるか？も課題である。一方、工場外で発生するPPが使用可能か？について、フレコンバッグは中古品が約 100 円/枚 (1.85kg) で取引されている。したがって、わた化できれば使用可能と思われる。わた化の費用は不明であるが 400 円/枚以下であればバージン綿よりも安価になる。不織布は廃材繊維の市場価格は約 40 円/kg であり、中国への流れを止められるかにかかっている。(PP100%工場廃材は工場内で再利用するか最近はとくに成形加工素材として中国へ流れている。)カーペットに関してはパイルの部分にPPやナイロンが用いられているが分別が困難であるため分離しないで使用方法の検討が必要である。養生ネットはリサイクルするにもコストがかかりそうである。フィルムは年間約 44 万トンの廃棄があるが現状の装置ではわた化が難しい。機械の開発が期待される。さらに、PPを含む異種繊維混合工場廃棄物の利用が可能か、今後の課題である。

## 3.2 PP廃材に適した粉碎・破碎・反毛機

PPをバインダーとして使用するには、いかに繊維屑と均一に混ぜやすい状態にするか、にかかっている。種々の形態のPPを細分化する方法としては概略、反毛と粉碎・破碎との2種類に分けられる

### 3.2.1 反毛機の現状

反毛機の国内需要は激減し、機械製造業者はほとんど無くなった。東南アジア向けの輸出がわずかに残っている程度である。その理由は、東南アジアにおいて故繊維リサイクル流通ルートが確立され現地での繊維リサイクル産業が育っているためである。とくに、先述のように100%単一素材の合繊維屑の多くが中国に流出している。

反毛業者からPPに関して得られた情報として①PPについては反毛原料として主としてバージン糸屑が用いられている。②バージン糸屑以外のPPとしてはカーペット屑がある。③フレコンバッグのようなものを反毛しても綿状になるかどうかはわからない。とのことであった。

池上機械株式会社が反毛機械と概ね同じ機能を有する開織機(リサイクルブレーカー、リサイクラー)を製造しているがフレコンバッグを取り扱った実績はないとのことであった。そこで後述のように本調査事業で反毛化試験を行うことにした。

### 3.2.2 破碎機・粉碎機

破碎機には大きく分けて金属系とプラ・紙・木系がある。繊維状物質の破碎にはプラ・紙・木系が応用可能と考えられる。国内で使用されているプラ・紙・木系破碎機は破碎粒度別に概略次の3種類に分けられる。

①粒度(数ミリ)：一軸粉碎機

②粒度（十数ミリ）：一軸破碎機（一軸せん断式）

③粒度（数十ミリ）：二軸破碎機（二軸せん断式）

調査の結果、国内生産されている破碎機は概ね以上の3種であることが判明した。また、PP繊維やフレコンバッグの破碎例はないとのことであった。そこで、後述のように、これらの装置を用いてPP廃材の破碎実験を行うことにした。

#### 4. PP廃材の破碎・わた化の実証

##### 4.1 反毛機によるわた化実験

図4に本調査で使用した反毛化装置(池上機械(株)製)の概観を示す。本装置は対象物を粗破碎するリサイクルブレイカーと細かい刃で対象物を細かく分解するリサイクラーから成っている。



リサイクルブレイカー(左), リサイクラー(右)



リサイクルブレイカーの刃



リサイクラーの刃

図4 反毛化装置

図5は本装置を用いて反毛化されたPP不織布、フレコンバッグ原反およびフレコンバッグを示している。いずれもわた状にすることが可能であることが明らかになったが、反毛化された繊維の直径は不織布が数十ミクロンであるのに対し、フレコンバッグは数百ミクロンであった。また、長さは不織布が数センチであるのに対しフレコンバッグの場合は十数センチであった。これらの寸法はもとの製品に使用されている繊維状態によって異なるが、今回対象とした材料では不織布は短くて細く、フレコンバッグは長くて太いものになった。これらの形状の違いが後述の擬木(板材)特性に影響を与えることになる。なお、図5の右図は後述の擬木(板材)成形用に繊維屑を模擬したレーヨン繊維と反毛化されたPPとから作成されたフェルトを示している。

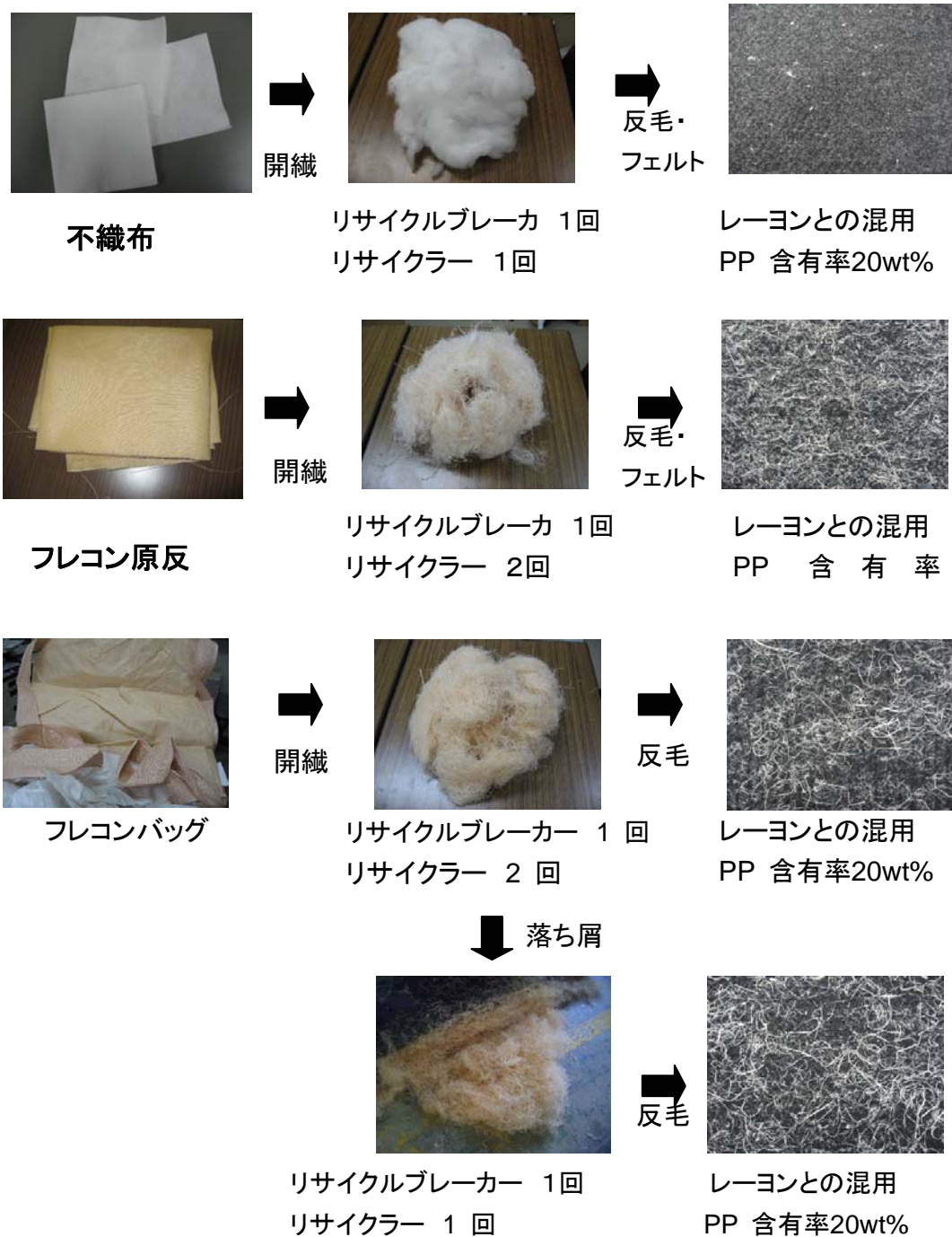


図5 反毛化

#### 4.2 破碎機によるわた化実験

図6は破碎機を用いてわた化を試みた結果を示している。図より明らかなように小さな粒度を対象に設計された高速一軸破碎機を用いることによってフレコンバッグ

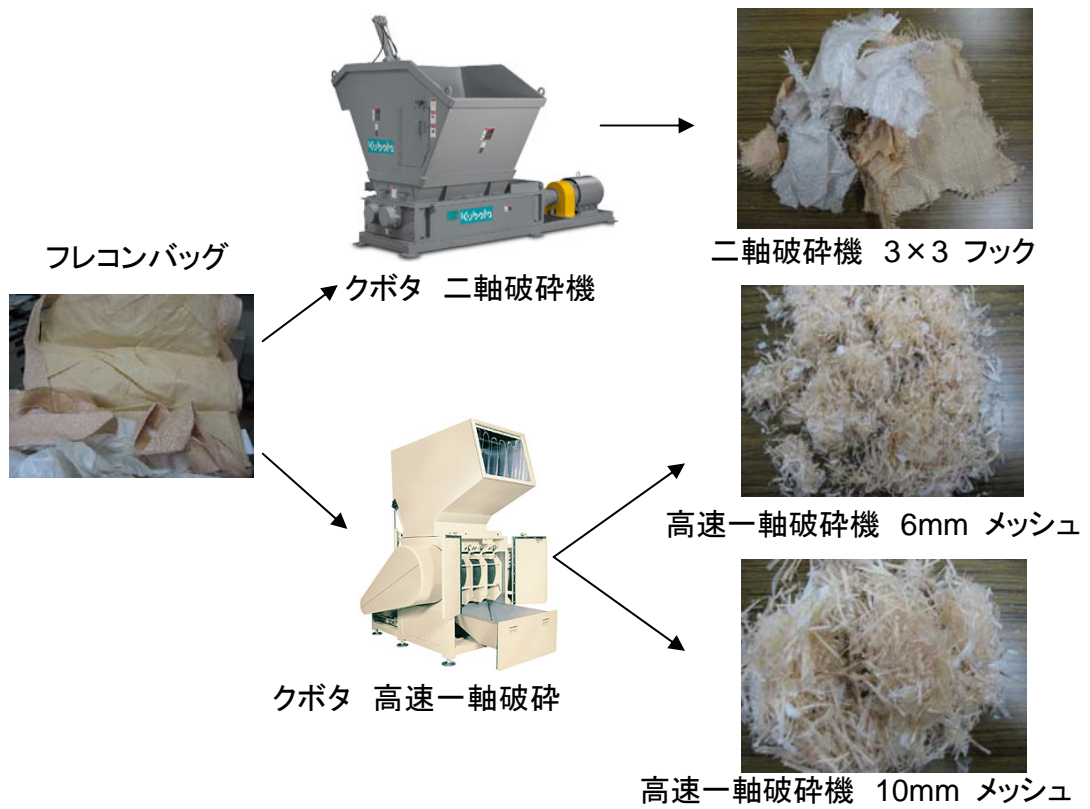


図6 フレコンバッグの破碎の状況

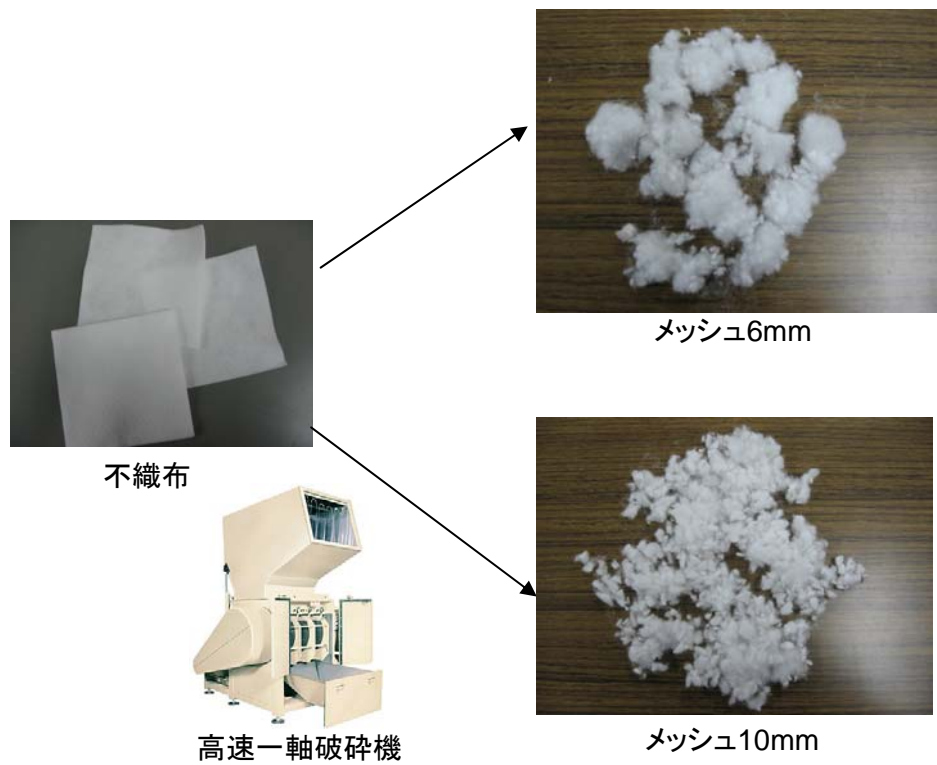


図7 不織布の破碎の状況



は細かく解されている。しかし二軸破碎機を用いた場合にはフレコンバッグが引き裂かれるだけでわた化はできていない。また、破碎機は破碎された対象物を指定されたメッシュを通過させることで破碎粒度を制御している。したがって小さなメッシュを用いた方が破碎物も細かなものが得られている。

図7は一軸破碎機を用いて不織布を粉碎した結果を示している。図より明らかなようにメッシュの大きさにかかわらず不織布は細かく粉碎されるものの反毛機を用いた場合に比べて繊維の塊(不十分な開繊部分)が多く見られる。繊維長に関してはメッシュを通過した粉碎物であるため反毛機の場合よりも短くなっている。

## 5. 擬木(板材)化実験

### 5.1 予備成形体(フェルト)の作成

前節で得られた各種PP材のバインダー効果を調べるために繊維廃材を模擬したレーヨン繊維と混合し、板材を成形した。予備成形体として図8に示すカード機でレーヨンとPP廃材を十分に混ぜ合わせ、その後、繊維のほぐれの防止と高密度化を目的にニードルパンチ機を用いてフェルトを作成した。ここでレーヨン繊維としてはPPとの判別を容易にするため黒色に染色したものを用いた。PP廃材の含有率は20%一定とした。また、フェルトの厚みは約20mm、密度は約0.15g/cm<sup>3</sup>である。



図8 カード機とニードルパンチ機

図9は作成したPP混合フェルト表面の概観を示している。図より明らかなようにフレコンバッグを用いた場合には先述のように繊維径が大きいためレーヨンとの判別が容易でレーヨンとの絡みは不織布の場合に比べて小さいように見受けられる。

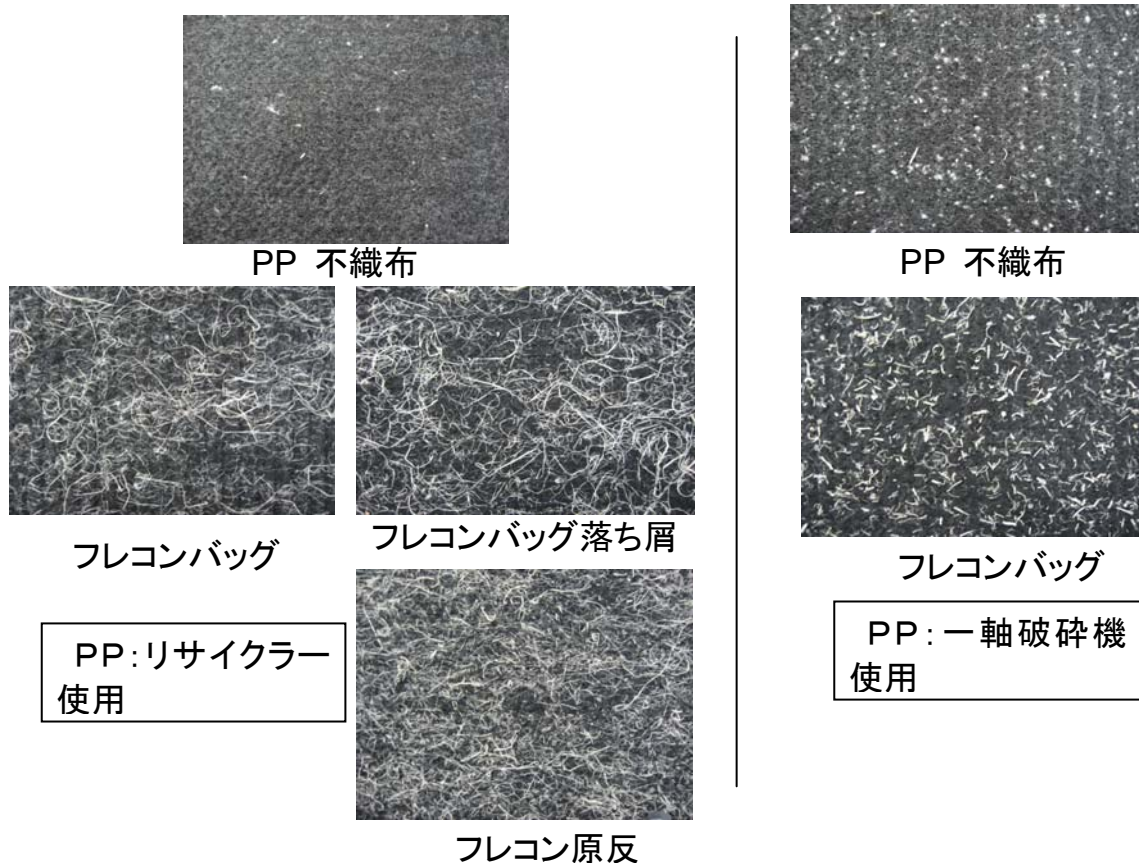


図9 PP混合フェルトの表面状態（白く見えるのがPP）

## 5.2 擬木(板材)の成形

擬木(板材)の成形にはバインダー材であるPPを熔融固化させる必要がある。予備成形体であるフェルトは空気を多く含んでいるため通常の熱板を用いた加熱方式では非常に効率が悪い。そこで本調査ではフェルト内部に熱風を通過させるヒートスルー方式を採用した。図10は使用したヒートスルー装置（熱風強制循環装置）の概観を示している。図11はヒートスルー装置内に試料を設置した状態である。熱風は試料の上方から下方に通過する。本成形実験では加熱時間を3分とし、PPの融点である165℃より少し高めの180℃の熱風を送り込んだ。PPの熔融を確認後、装置外で所定の厚み(密度)まで冷却圧縮した。実用上の密度は用途によって異なるが、本製造システムでは密度を自由に設定できる利点がある。図12は成形された擬木(板材)を示している。



図10 ヒートスルー装置

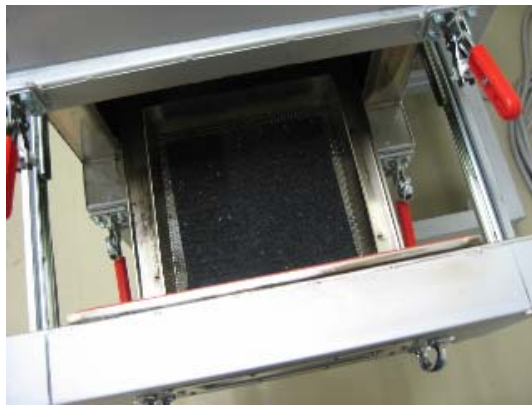


図11 試料(フェルト)の設置状況



図12 成形された擬木(板材)



### 5.3 物性評価

PP形状が擬木(板材)の物性に及ぼす影響を評価した。評価項目は擬木の用途に応じて異なり、例えば、梱包用木材代替材としては、鋸切断性、釘うち性、強度・弾性率、耐熱性・耐薬品性などを評価する必要がある。また、床材として用いる場合には、強度・弾性率、耐磨耗性、耐引っかけ性、耐衝撃性などを評価する必要がある。しかし本調査範囲ではPP形状が異なった場合のバインダー特性の相違に着目し、熔融状態と曲げ特性に着目した。

表2は実験に用いた代表的なフェルトの種類を示している。擬木はこれらのフェルトを圧縮成形したものである。

表2 フェルトの種類

種類	質量(g)	平均厚さ(cm)	密度(g/cm <sup>3</sup> )
No.1 反毛不織布	144.5	1.97	0.15
No.2 反毛不織布	150.8	2.04	0.15
No.3 反毛フレコン原反	166.1	2.23	0.15
No.4 反毛フレコン原反	165.0	2.39	0.15
No.5 反毛フレコン	154.3	2.13	0.14
No.6 反毛フレコン	159.4	2.18	0.15
No.7 反毛フレコン落屑	185.8	2.24	0.17
No.8 反毛フレコン落屑	188.1	2.23	0.17
No.9 粉碎不織布	147.8	2.03	0.15
No.10 粉碎フレコン	148.5	2.10	0.15

図13はヒートスルー装置におけるPPの熔融状態を示している。白く見えるのが熔融固化したPPである。図より明らかな様に反毛機および破碎機を用いた場合にかかわらず不織布PPを用いた場合(No.1, No.9)にPPの分散が良く(白色が分散している)、フレコン原反あるいはフレコンバッグを用いた場合にはPPの塊が見える。すなわちPPが多く存在するところと少ないところの不均質が生じることが明らかである。

図14は圧縮成形後の成形品断面におけるPPの状態を示している。図より明らかなように図13と同様、不織布PPを用いた場合(No.1, No.9)にPPの分散が良く、フレコン原反あるいはフレコンバッグを用いた場合にはPPの塊が見える。

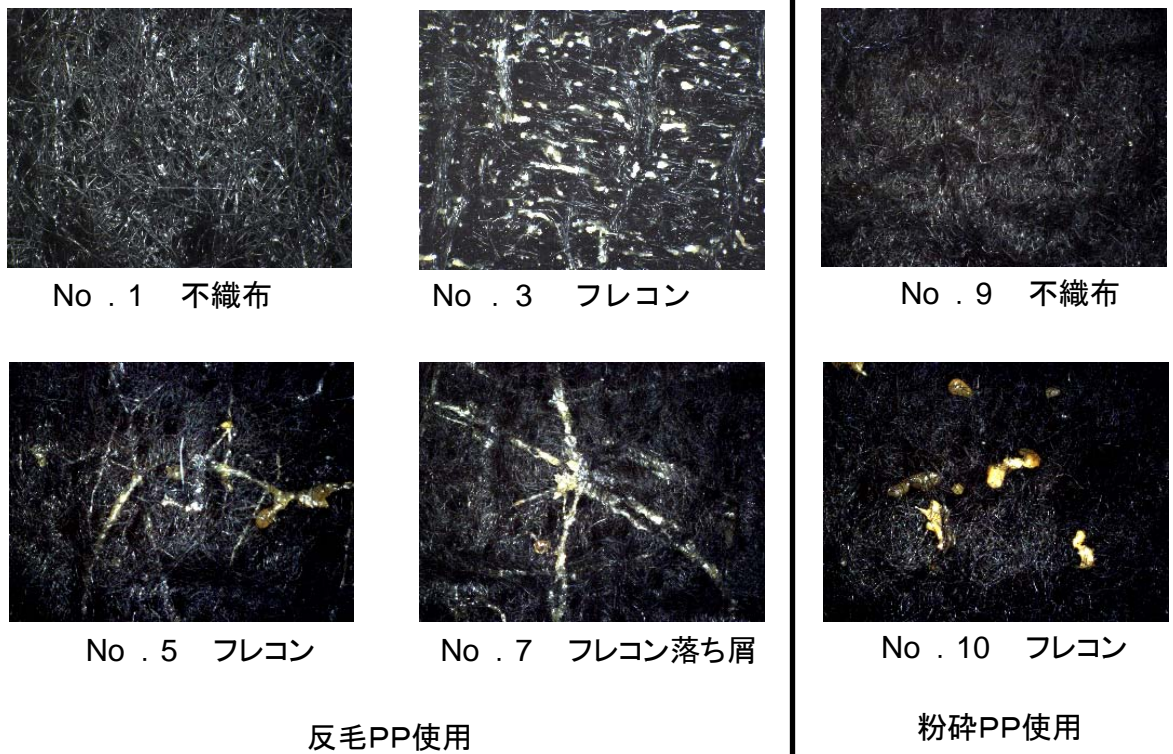


図 1 3 ヒートスルー操作後の PP の溶融固化状態

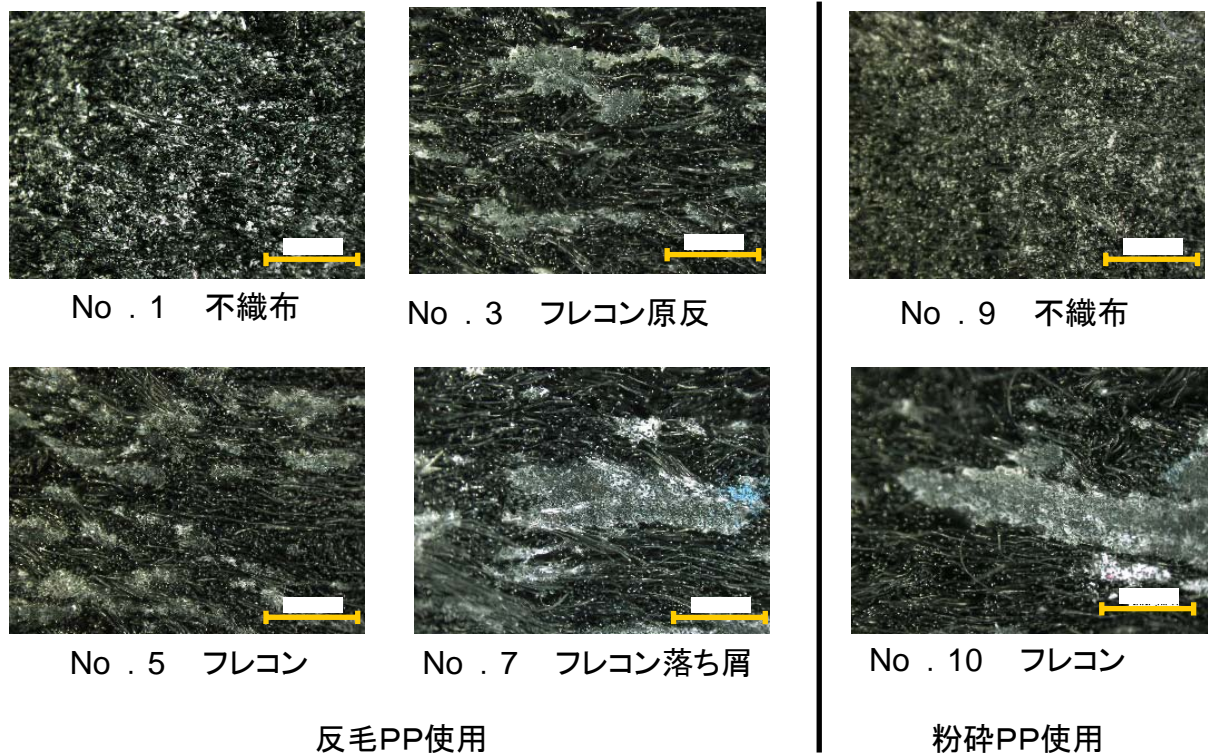


図 1 4 圧縮成形後の成形品断面の状態

図15は各成形品の曲げ強度と弾性率を示している。図中の実線はバージンPPを30wt%用いて成形された擬木の特性を、また、黒四角印は現在梱包用材料として用いられているニュージーランド松(ラジアータパイン)の特性を示している。図より明らかのように強度に関しては反毛不織布(No.1)および粉碎布織布(No.9)で大きく、粉碎フレコン(No.10)で小さくなる。フレコンバッグを用いた場合、反毛化した場合(No.5)には大きな強度が得られている。これらの強度は先述のPPの熔融固化状態と関連しておりPP粒度が大きく、塊として存在する場合に強度は弱くなることがわかる。弾性率についても傾向はほぼ同様である。値的には不織布の場合には密度が同程度あればラジアータパインに匹敵すると言える。擬木(板材)を実用化させる場合、必ずしもラジアータパインと同じ特性を示す必要はなく、種々のPP廃材を用いた場合の特性をデータベース化し、例えば等級を設定し、等級別に整理しておけば用途に応じた擬木の選択も可能と考えられる。

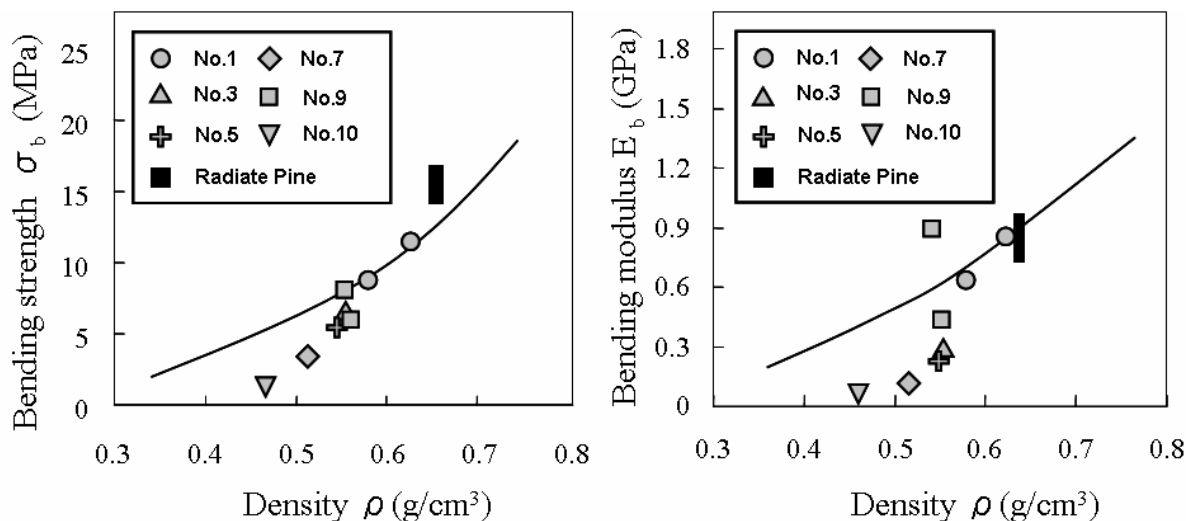


図15 成形品の曲げ特性

## 6. まとめと今後の課題

本調査により次のようなことが明らかになった。すなわち、我が国では年間約200万トンのPP廃材が発生し、その一割をPP繊維が占めている。100%単一素材からなる工場廃材は自社リサイクルされたり、あるいはプラスチック成形素材として海外に輸出されるケースが増えてきている。したがってバインダー用に廃PP繊維を確保するには輸出価格との競争になる。バージンPP繊維の価格が現在300円/kg程度であることから、これ以下の価格でわた化するシステムが必要である。PP不織布を反毛あるいは粉碎したものはバインダーとして十分使用可能である。洗浄済みのフレコンバッグは100円程度/枚(1.85kg)で取引されており、フレコンバッグがわた化できれば利用価値はある。本調査における実験の結果、フレコンバッグの開織わた化は

可能であるが、繊維(不織布)を開繊したものに比べて線径が大きく、バインダー繊維としては劣る。フレコンバッグを粉砕することは可能であるが母材となる繊維集合体に混ぜるのが難しい。不織布を反毛機あるいは粉砕機でわた化してバインダーとして用いた擬木は既存の梱包材料であるラジータパインと同等の強度、弾性率を有する。

100%単一素材からなる合成繊維屑は現在有価で取引され、海外に流出しているが、異種材料が混合している繊維屑(例：芯鞘構造繊維、混紡繊維、カーペット屑など)はその処分に困っていることからPPを含むこれらの繊維廃材をバインダーとして用いることの検討が今後の課題の一つとしてあげられる。

本調査の範囲内では既存の機械装置を用いてPP廃材の破碎や反毛化を試みたが、とくに破碎機に関しては「刃」の新たな設計によりフレコンバッグをより細く解繊可能な、さらにはPPフィルムを繊維化可能な装置の開発が望まれる。

以上、本調査で得られた知見は今後のPP廃材ならびに繊維屑のマテリアルリサイクルシステム構築に大いに貢献するものである。