

平成16年度 再資源化・用途開発調査委員会報告書

再資源化技術の向上と
普及・用途開発推進のための調査研究
成果報告書

平成17年3月

社団法人 日本建材産業協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

平成16年度 再資源化・用途開発調査委員会報告書

再資源化技術の向上と
普及・用途開発推進のための調査研究
成果報告書

平成17年3月

社団法人 日本建材産業協会

目 次

まえがき	1
1 . はじめに	3
2 . プラスチック系建材の再資源化に関する現状と課題	7
3 . 木質系建材の再資源化調査	81
4 . 再資源化技術調査研究	131
5 . むすび	251
6 . 再資源化・用途開発調査委員会活動記録	256
7 . 再資源化・用途開発調査委員会名簿	257
あとがき	259

1 . はじめに

1.はじめに

循環型社会形成推進基本法や各種リサイクル法、グリーン購入法が施行され、その具現化に向けた取組が多方面で開始されている。また、2005年(平成17年)には「京都議定書」が発行される。

このような状況下で、2002年(平成14年)本協会は「再資源化・用途開発調査委員会」を設置し、「再資源化技術の向上と普及・用途開発推進のための調査研究」を開始し、2004年(平成16年)に最終年度を迎えることとなった。

本調査委員会は、再資源化に際しての基本方針として「Material to Material」を設定し、それに係わる要素技術の開発・向上、再資源化された資材等の普及・用途開発を中心とした調査研究を行ってきた。

しかし、廃棄物の種類・特性によっては、現段階で「Material to Material」の形態では、経済的に、また再資源化による環境負荷の増大が懸念される場合には、熱回収の形態についても調査研究の範囲とした。

調査研究の対象として、プラスチック系廃棄物と木質系廃棄物を設定している。プラスチック系については、枯渇性資源を原料とし、建設資材として大量に使用されているにもかかわらず、その大半は埋立や焼却処分に付され、循環利用の実績に乏しいことが設定理由である。木質系については、ボード類、製紙用原料等としての再資源化の実績はあるものの率的には小さいことから、新たな用途開発により、焼却に付される量を削減し、森林資源消費量の節減に寄与することを目的に設定している。

最終年度には、以上の2つに加えて、窯業系建材(石膏ボード、ガラス、窯業系サイディング、等)、たたみについても調査研究の対象とした。

本年度は、これらの課題に対して3つの分科会を設置し、調査研究を行った。以下に、各分科会の主な研究内容を示す。

(1) 第1分科会：プラスチック建材再資源化検討委員会

再生プラスチックシート、塩化ビニル系サッシ、断熱材、塩化ビニル系床材、等の再資源化技術開発

(2) 第2分科会：木質系建材再資源化検討委員会

木質系廃材の破碎・解繊技術、木質系廃材と廃プラスチックを組合せたボードのコンクリート用型枠としての適用性に関する検証

(3) 第3分科会：異物除去技術検討委員会

分別・選別技術・異物除去技術の現状調査、窯業系建材、たたみの再資源化状況調査

これらの調査研究を通じて、いくつかの有用な技術開発を行っている。また3年間を通じて得られた成果は、循環型社会形成に資するものと判断している。

2 . プラスチック系建材の再資源化に関する 現状と課題

- 2 . 1 調査の目的
- 2 . 2 プラスチック系建設資材の種類と再資源化技術
- 2 . 3 マテリアルリサイクルのための技術開発と課題
- 2 . 4 サーマルリサイクルのための技術開発と課題
- 2 . 5 塩ビ系壁紙の再生利用に関する実験的研究

添付資料 廃プラスチック建材の再資源化技術の開発に関する実験的研究（明治大学研究論文）

2 . プラスチック系建材の再資源化に関する現状と課題

2 . 1 調査の目的

地球環境に及ぼす建設行為の影響が大きいことから、2002年5月に建設リサイクル法が施行され、建設業界においても分別解体と再資源化が義務化され、資源循環型社会形成に向かって動き出した。

建設リサイクル法では、再資源化を推進すべき資材として「コンクリート塊」、「コンクリートと鉄からなる建設資材」、「アスファルトコンクリート塊」および「建設発生木材(木くず)」を定めており、これらの建設資材についてはかなり高いリサイクル率を確保しているが、他の建設資材についてみるとリサイクルが進んだ事例はほとんどない。しかしながら、特定建設資材以外の建材についても、リサイクルに関する取り組みは種々の業界で行われている。

寿命が長い、あるいは決められた立地から廃棄物が排出されないなどの建築材料の特異性から、全ての建材がリサイクルされることは困難であるが、廃棄物発生量が多く、環境影響の大きいものからリサイクルに取り組み、事業として成立させる必要性が高い。

プラスチックは、その優れた性能から種々の樹脂のものが建材として利用されている。塩化ビニル系樹脂による建材はプラスチック建築資材のなかで最も生産量が多く、すなわち排出量が多くなる。この種の建材の現状での処理実態としては、サーマルリサイクルまたは最終処分されることが多いが、素材としては熱可塑性を有しており、技術的にはマテリアルリサイクルとして再資源化が可能な資材といえる。

塩化ビニル系樹脂を用いた代表的な建設資材として管・継手の他に床材や壁紙がある。管・継手については生産量が多いものの、埋設物が多く、建設物の解体にともなって廃材としての発生は比較的少ないとされている。一方、床材料や壁紙については、生産量は管・継手に比べて少ないものの、解体工事の他にも商業ビルの改修工事等により排出される量は比較的多いとされている。近年では、使用後の再資源化のし易さを考慮に入れた置き敷きタイプの床材なども開発・販売されているが、解体等に伴って排出されている床材料や壁紙の大半は、接着剤等で下地に固着されているものが多い。このように施工された廃プラスチック建材をリサイクルするためには、分別、回収、付着物や夾雑物の除去、粉碎技術等について課題がある。また、仮に再生樹脂シーートの製造が可能であったとしても、その品質に影響を及ぼす要因やその度合いを把握しない限り実製品化は困難である。

以上のような状況を鑑み、本研究ではこの種の建材に関する循環型の再資源化技術の現状と課題を調査し、とりわけ塩化ビニル系樹脂を対象に、material to material の再資源化技術について実験的に研究を行うこととした。

プラスチック系建設資材のリサイクルの現状

本研究は、プラスチック系資材の生産量や有効利用量、プラスチックのリサイクルシステム、リサイクル製品などを調査することで、この種の建設資材のリサイクルの現状を把握するとともに、今後の課題を浮き彫りにすることを目的に実施した。

プラスチック系床材の再生利用技術の開発研究

本研究は、塩化ビニル系床材について material to material のリサイクル製品を開発することを目的に、再生利用技術に関する実験的研究を行った。

2.2 プラスチック系建材の種類と再資源化技術

2.2.1 プラスチック系建材の種類

(1) 用途による分類

壁・内装材料

プラスチック系床材(タイル,シート),リノリウム床材,タイルカーペット,壁紙,内装用装飾シート,防湿気密フィルム,透湿防水シート(結露防止シート),フィルムラミネート鋼板,フィルムラミネート合板,化学置

屋根外装材料

塩ビ波板,ポリカーボネート板(波板・平板),アクリル板,FRP板(波板,平板),プラスチック雨樋,防水シート,透湿ルーフィング,樹脂サイディング材,保水性マット

開口部材

樹脂サッシ(外窓・内窓),合わせガラス用中間膜,ウィンドウフィルム,

断熱材料

硬質ウレタンフォーム,押出発泡ポリスチレン板,フェノールフォーム,高発泡ポリエチレン系断熱材,耐火発泡シート

配管材料

水道用樹脂管(PVC,PE),架橋ポリエチレン管,ポリブテン管,ポリプロピレン管(継手含む),下水用硬質塩ビ管,樹脂製排水ます,ガス用ポリエチレン管

住設機器・その他

樹脂製浴槽(FRP・人工大理石),FRP製貯水槽,人工芝

土木材料・緑化資材

化粧用樹脂型枠,コンパネ用樹脂型枠,軽量盛土材(EPSブロック),軽量混和材用発泡ビーズ,ジオグリッド,防根シート

その他

木粉入り合成木材,生分解性プラスチック,人工大理石

(2) プラスチック種類による分類

プラスチック類が利用される建築材料は前項にあげるように多様であり,これら建材に使われているプラスチック種類も多様となっている。表2.2.1は,各種プラスチック建材に利用されるプラスチック種類の概略を示したものである。この表に示したものは代表例であり,プラスチックの種類や組成(割合)が個々の建材によって異なることはあろうが,かなり多くの種類のプラスチックが使用されていることが分かる。

表 2.2.1 各種プラスチック建材に利用されるプラスチック種類の概略

用途分類	品目	樹脂種類割合(%)																				
		軟質PVC	硬質PVC	PS	PE	PP	PO・PET	PMMA	不飽和PE	ポリウレタン	ABS樹脂	PVB	ゴム系	ナイロン	アクリル系	天然素材	ポリブテン樹脂	フェノール樹脂	アイオノマー樹脂	ポリカーボネート樹脂	その他	
壁・内装材料	プラスチック系床材	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	リノリウム床材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	
	タイルカーペット	69.0	-	-	-	8.2	-	-	-	-	-	-	-	21.4	-	-	-	-	-	-	1.4	
	壁紙	86.8	-	-	-	-	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.4	
	内装用装飾シート	73.8	-	-	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	-	23.4	-	-	-	-	-	-	
	防湿気密フィルム	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	透湿防水シート	-	-	-	89.6	-	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	フィルムラミネート鋼板	56.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43.6
	フィルムラミネート合板	30.3	-	-	-	-	39.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.3
	化学量	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
屋根外装材料	塩ビ波板	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ポリカーボネート板	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	
	アクリル板	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FRP板	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	プラスチック雨樋	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	透湿ルーフィング	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	防水シート	43.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.6
開口部材	樹脂サイディング材	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	保水性マット	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	樹脂サッシ	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	合わせガラス用中間膜	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84.3	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7	-	
	ウインドウフィルム	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
断熱材料	硬質ウレタンフォーム	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	押出発泡ポリスチレン板	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	フェノールフォーム	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	
	高発泡ポリエチレン系断熱材	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
配管材料	耐火発泡シート	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	水道用樹脂管	77.6	-	-	22.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	架橋ポリエチレン管	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ポリブテン管	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	
	ポリプロピレン管	-	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	下水用硬質塩ビ管	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	樹脂製排水ます	82.1	-	-	-	17.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
住宅機器・その他	ガス用ポリエチレン管	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	樹脂製浴槽	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	FRP製貯水槽	-	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	人工芝	-	-	-	10.3	40.0	-	-	-	-	-	-	30.8	-	-	-	-	-	-	-	-	18.9
土木材料・緑化資材	化粧用樹脂型枠	-	-	89.9	-	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	コンパネ用樹脂型枠	-	-	-	-	93.6	-	-	-	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	軽量盛土材(EPSブロック)	-	-	100.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ジオグリッド	-	-	-	89.9	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
その他	防根シート	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	木粉入り合成木材	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	生分解性プラスチック	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	人工大理石	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

2.2.2 プラスチック系建材の再資源化の取り組み

プラスチック建材のなかでも生産量が多いものとしては、塩化ビニル樹脂製品と断熱材があげられる。表 2.2.2 に断熱材の各工業会での再資源化に関する取り組み状況を、また、表 2.2.3 に塩化ビニル樹脂製品の再資源化に関する取り組み状況を示す。

表 2.2.2 断熱材工業会における再資源化の取り組み

品目	種類	進捗状況
断熱材	押出ポリスチレンフォーム	<ul style="list-style-type: none"> ・平成14年5月に建築資材リサイクル法により分別解体と再資源化が義務付けられた。化学量の回収リサイクルシステムは現在、中京地区でモデルケースとして稼働中だが、押出ポリスチレン工業会では一般建築物、戸建住宅の解体時の押出法ポリスチレンフォームの解体分別方法の検討、及び回収レートの整備に向けて取組中である。 ・平成12年にグリーン購入法の指定品目に選定された。
	ウレタンフォーム	<ul style="list-style-type: none"> ・ケミカルリサイクルとして、ポリウレタン原料化・高炉原料化・ガス化等が取組まれている。
	ビーズポリスチレンフォーム (EPS)	<ul style="list-style-type: none"> ・平成12年にグリーン購入法の指定品目に選定された。 ・発泡スチロールのリサイクルは、2003年度実績で約65% (マテリアルリサイクル: 40%, ケミカルリサイクル25%) となっており、断熱材として使用されたものについても、ライフタイムが長いことから、リサイクル対象物の発生が少ないものの、発生したものについては、十分な分別がなされれば、梱包用途の製品同様にリサイクルされている。

表 2.2.3 塩化ビニル樹脂製品の再資源化状況

品目名	平成15年9月改定ガイドライン	進捗状況(現在まで講じてきた主要措置)	今後講じる予定の措置	
塩ビ製管・継手	・硬質塩ビ管・継手製造業については、資源有効利用促進法の特定再利用業種に指定されたことを踏まえ、平成17年度までにマテリアルリサイクル率の目標値80%を達成するため、計画的にリサイクルを推進すると共に、技術開発、受入体制の整備及び再生品の普及活動を推進する。	・使用済み硬質塩ビ管・継手のリサイクルを推進するため以下のことを実施した ・リサイクル可能な状態に前処理された使用済み塩ビ管・継手を有償で購入する受入拠点として、リサイクル協力会社を15社18拠点から16社21拠点に増強した。また、中間受入場も全国に32拠点設置し、その結果沖縄県を除く全都道府県に最低1カ所の受入拠点が出来た。 ・リサイクル量を増やすため、現場で発生した前処理なしの使用済み塩ビ管・継手を適正な処理料金で受入れ、排出者に代わって異物除去、泥落としを行う契約中間処理会社の設置を開始した(2社3拠点追加)。 ・受入対象製品及び量拡大のため、リサイクル協力会社に対する粉砕機の設備支援を累計13社に実施した。 ・協会規格再生塩ビ管3品種の普及を図るため、グリーン購入物品認定や標準仕様書記載を働きかけてきた。その結果、国のグリーン購入法特定調達品目、愛知県のあいくる材、東京都等道県や都市基盤整備公団の標準仕様書などに認定、記載され(平成14年度)、下水道用リサイクル三層管については日本下水道協会認定資器材 類に登録された(平成15年度)。	・契約中間処理会社の設置を全国に展開する。	
		・硬質塩化ビニル管が資源有効利用促進法の指定表示製品として指定されたため、表示方法を定め実施した。 ・表示方法は硬質塩ビ(無可塑Unplasticized)であることを示すため「-U」を追加して「PVC-U」とした。 ・協会会員会社11社及び賛助会員であるリサイクル協力会社5社は、平成13年10月より塩ビ管に材質表示を実施している。		
		・分別解体及び再生原料化処理の実験を行うとともに、既にリサイクルを行なっているドイツの事例の調査を実施し、今後構築してゆく塩ビ製サッシリサイクルシステムのアウトラインを描きながら課題の抽出を行った。	・塩ビ製サッシの分別解体・原料化処理のためのコスト試算をはじめとした、リサイクルシステム構築へ向けたより具体的な検証を進める。	
		・易リサイクル製品の開発等について関係業界において検討を行う。	・易リサイクル製品の開発等に向けて業界各社の部品の材質等を調査し、課題の抽出を行った。	・易リサイクル製品の開発等について関係業界において検討を引き続き行う。
		・塩ビ製サッシについて、資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられることを踏まえ、リサイクルを促進するための表示を徹底する。	・資源有効利用促進法の指定表示については、徹底されていることが確認された	・資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられていることを踏まえ、引き続きリサイクルを促進するための表示を徹底する。
塩ビ製雨樋	・リサイクルを促進するため、新築端材リサイクルシステムの試行テストを実施する。	・新築端材リサイクルシステムの試行テストを実施した。その結果、端材回収量や処理費用等多くの課題が確認された。	・リサイクルを促進するため、新築端材リサイクルシステム構築に向けた検討を引き続き行う。	
	・リサイクルされた原料を雨樋製品に再利用するための研究開発を実施する。	・リサイクル製品の試作を行なった結果、端材混入率を20%まで高められることが確認された。	・リサイクルされた原料を再利用するための研究開発を引きつづき実施し、品質改良及び商品展開について検討を進める。	
塩ビ製床材	・塩ビ製雨樋について、資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられたことを踏まえ、リサイクルを促進するための表示を徹底する。	・資源有効利用促進法の指定表示については、徹底されていることが確認された。	・資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられていることを踏まえ、引き続きリサイクルを促進するための表示を徹底する。	
	・原材料における使用済み塩ビ製品(農業用塩化ビニルフィルム等)の使用比率を30%に向上させるよう関係各社において努める。	・原材料における使用済み塩ビ製品(農業用塩化ビニルフィルム等)の使用比率は現状25%程度。引き続き、使用比率30%を目指し関係会社において努めている。	・原材料における使用済み塩ビ製品(農業用塩化ビニルフィルム等)の使用比率を、端材・余材の回収・再資源化を進めることにより、30%に向上させるよう努める。	
	・解体時に分離容易な簡易接着タイプ製品の普及促進を図る。	・JIS規格の改正により簡易接着タイプ製品が規格化された。また、同製品の普及促進を図ったところ、市場に着実に投入されていることが確認された。	・引き続き、解体時に分離容易な簡易接着タイプ製品の普及促進をはかる。	
	・広域再生利用指定産業廃棄物処理者指定を活用し、新築施工現場で発生する端材及び余材の回収・再資源化を実施する。	・広域再生利用指定制度を活用し、新築施工現場で発生する端材及び余材の回収・再資源化を実施する事業を開始した。	・広域再生利用指定産業廃棄物処理者指定を活用し、新築施工現場で発生する端材及び余材の回収・再資源化を引き続き実施する。	
塩ビ製壁紙	・建築廃材から発生する塩ビ製床材のリサイクル推進のため、再生技術等について検討する。	・塩ビ製床材廃材の品種別によるリサイクル製品の品質について調査を行った。	・建築廃材から発生する塩ビ製床材のリサイクル推進のため、引き続き再生技術等について検討する。	
	・塩ビ製床材について、資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられたことを踏まえ、リサイクルを促進するための表示を徹底する。	・資源有効利用促進法の指定表示については、徹底されていることが確認された。	・資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられていることを踏まえ、引き続きリサイクルを促進するための表示を徹底する。	
	・塩ビ製壁紙の施工端材やリフォーム残材について、リサイクル実証実験を行い、壁紙をリサイクルするための課題等を検討する。	・塩ビ壁紙廃材のリサイクル実証実験を平成15年4月より北九州市にある処理業者で実施し、現在順調に稼働しているところ。当該実験において、排出業者や中間処理業者との取引形態の違いによる処理コスト上の不合理性が確認された。	・塩ビ壁紙の施工端材やリフォーム残材をリサイクルするための課題を引き続き検討する。	
塩ビ製壁紙	・塩ビ製壁紙以外の塩ビ製内装材も視野にいれたリサイクル事業の連携強化に向けた検討を行う。	・内装材、というくくりでリサイクルシステムを構築する必要があること、他の塩ビ建材のシステム構築の現状が把握できた。	・壁紙以外の他の塩ビ内装品の施工業者を視野に入れたリサイクル事業の連携強化に向けた検討を行う。	
	・廃棄物の抑制のため、長寿命化、使用原料削減等の技術開発を推進する。	・長寿命化の一つの策として、表面汚れ防止商品の採用を積極的に高めた。	・リサイクル量の増加や利便性を考慮した委託先を探し、選択肢を増やしていき、資源有効利用促進法の指定表示製品に位置付けられていることを踏まえ、引き続きリサイクルを促進するための表示を徹底する。	

2.3 マテリアルリサイクルのための技術開発と課題

2.3.1 塩化ビニル系建材のリサイクルのための技術開発

(1) 塩化ビニル系建材の再資源化の取り組み状況

塩化ビニル建材としては 管・継ぎ手 窓枠・サッシ 塩ビ系床材及び 塩ビ系壁紙が主たる建築材料である。これら建材のリサイクルの状況を概略として以下に示す。

管・継手については塩化ビニル管継手協会が主体となって平成 10 年よりリサイクル事業を立ち上げている。平成 15 年度では、年間排出量 35,500 トンの 52% に当たる 18,500 トンのリサイクルを実施している。

塩ビ系窓枠・サッシについては現状では廃棄される窓枠が少ない。しかしながら、北海道・東北地方を中心に塩ビ系サッシの利用は増大しており、リサイクルは今後の課題である。サッシ協会を中心に塩化ビニル製サッシリサイクルシステム調査委員会が設置されリサイクルシステム構築の検討がなされた。排出予測によれば 2007 年度で約 200 トンである。

塩ビ系床材については、廃棄物として発生する農ビ系塩ビの有効利用、あるいは新築系廃材の回収・再資源化について業界として取り組みが行われている。最近では、特にタイルカーペットのリサイクルが進展してきた。平成 17 年度から特定調達品目としての指定が予定されており、今後の回収・再利用が促進されると期待されているが、リサイクル率はまだ低い。

壁紙については工場端材もしくは製品ストックの再利用については各企業で実施されていると推定されるが、市中からの回収・再利用は進んでいない。この理由は建設または改築現場からの回収方法及び回収システムに問題がある。壁紙は一般廃棄物と混載される場合が多く汚染が著しく再利用を困難にさせている。一部の企業では工場端材から塩ビ成分を回収する試みが計画されている。

以下、これらの塩化ビニル系建材のリサイクルに関する最近の技術あるいはシステム開発について述べる。

(2) 管・継手

建設リサイクル法では、循環利用すべき特定建設資材として、コンクリート、木、アスファルト、コンクリートと鉄からなるコンクリート製品がすでに指定されている。これらについて将来指定されると目されているのが、塩化ビニル管・継手である（これまで、塩ビ管・継手は、安定型処分場で埋立処分に付されることが多かった）。塩化ビニル管・継手協会は、これを受けて関連する諸団体等との連携を保ったうえで、図 2.3.1 に示すような再資源化フローを構築し、2005 年のリサイクル率の目標を 80% に設定している。現在、リサイクル拠点として 21 拠点、中間受入拠点として 32 拠点、すなわち全国で 53 箇所の受入拠点を設置している（図 2.3.2 参照）。

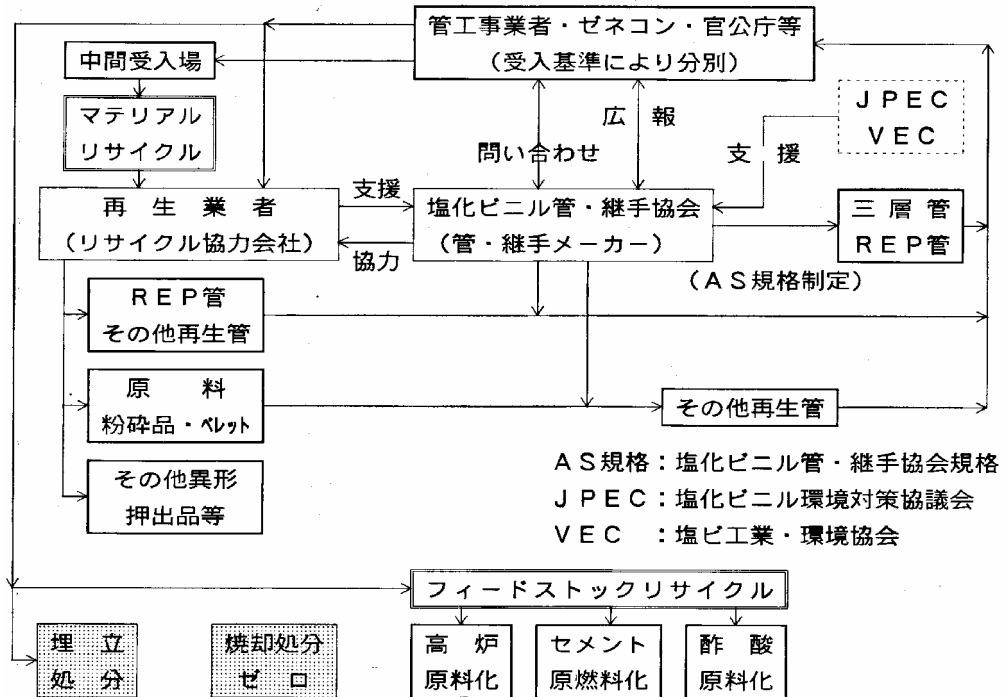
本技術・システムの特徴

本技術の主な特徴を以下に示す。

- ・回収から再生資材の製造に至るまでのシステムが資金面も含めて総合的に設定されていること。
- ・廃塩ビ管・継手の受け入れ時の品質基準が設定されていること、その品質に応じた再資源化の形態が設定されていること。
- ・再生資材の品質規格が設定されていること。

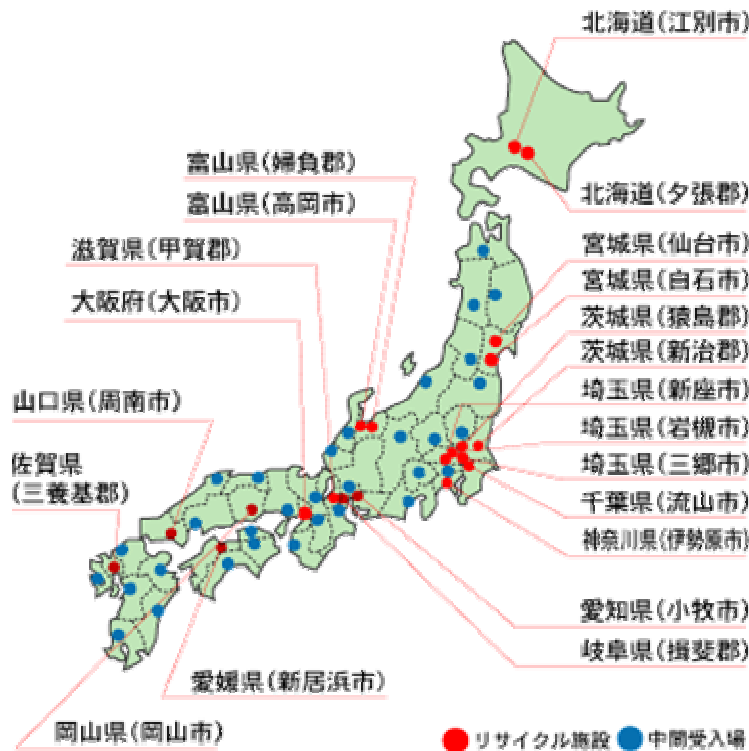
・焼却や熱回収等による処分を想定していないこと
 などである。

図 2.3.1 塩ビ管・継手の再資源化フロー



【出典】塩ビ管・継手協会パンフレット

図 2.3.2 塩ビ管・継手の受入拠点



【出典】塩ビ管・継手協会パンフレット

主な再生資材

マテリアルリサイクルとしては、三層管、再生塩ビ管（REP）、その他の再生管、押出管等がある。また、マテリアルリサイクル以外（フィードストックリサイクル）としては、高炉、セメント製造時の原料・燃料化、酢酸の原料化などがある。

今後の課題

排水管の多くは、管内および外周部に再資源化を阻害する物質が付着している。マテリアルリサイクルによる再資源化率の向上を図るためには、これらの除去技術の開発が望まれる。

（3）塩化ビニル系サッシの再資源化技術開発

塩ビサッシは、1950年代にドイツで開発され、その優れた断熱性、気密性・遮音性、更には結露防止性が認められ、欧米では急速に普及した。2000年のデータによれば、ドイツではサッシ需要の55%以上、アメリカでは45%以上が樹脂サッシで占められている。

日本では、1975年にはじめて北海道で試験品が設置されて以来、約30年が経過した。1980年代に入り、北海道、東北の寒冷地を中心に急速に普及し、昨今では比較的温暖な地域での採用も目立つようになってきた。住宅の寿命から考えて、廃塩ビサッシの排出は2007年から本格化すると推定される。

2001年4月に改正施行された「資源の有効な利用の促進に関する法律」（通称：資源有効利用促進法）で、塩ビサッシは「指定表示製品」に指定され、分別回収促進のため「PVC」マークの表示を義務付けられている。

このような状況下、1999年「プラスチックサッシ工業会」と「(社)日本サッシ協会」は合同でリサイクル推進の検討を開始した。活動の一環として、2002年度は経済産業省の委託で北海道地区における塩ビサッシの収集、解体、再生原料化、再生窓の成形に至るまでのリサイクルシステム構築の試験を実施した。また、2003年度は欧州を訪問し、ドイツにおけるリサイクルシステムの調査を実施した。以下に、2002年度経済産業省委託調査事業とドイツリサイクルシステム調査の概要を紹介する。

北海道地区における塩ビサッシリサイクルシステム調査研究（経産省委託調査事業）

- ・北海道内中間処理業者へアンケート調査を実施（総数140社中、回答回収52社）
 - 廃プラを受け入れている業者86.5%、塩ビ系廃プラを受け入れている業者76.9%
 - 塩ビサッシを選別している、あるいは今後協力する意思のある業者67.3%
 - 塩ビサッシの選別保管費用は大きくばらつく
- ・建築解体現場から塩ビサッシを試験的に回収
 - 建築解体業者・登録解体運搬業者・塩ビサッシ再生処理会社（121窓回収）
 - 塩ビサッシメーカールートで回収・塩ビサッシ再生処理会社（84窓回収）
 - 主な課題：「建築解体業者は、建物から塩ビサッシの分別解体方法がわからない」
 - 「運搬、再生処理等の費用を明確にする必要がある」
- ・回収廃棄窓の分別解体

枠切断・・ 金属部品外し・・ 枠切断・・ 付着物除去・・ 金属切粉除去・・ 樹脂部 粉碎梱包
主な課題：「受入品質の確立」(極端に汚れたものとかアルミサッシが入荷した)

「作業時間短縮、技術の習熟」「設計製作段階での工夫」(易解体できるように)

・ リサイクル押出成形

三層押出機で型枠を成形した。外層はバージン材、内層はバージン / リサイクル品混合。

(写真 2.3.1)

金属片が金型スリットに詰まるトラブル発生……金属片の完全除去を要す。

リサイクル品の最大混合率は 30% 程度であった (成形性が不安定になる)。

リサイクル品の再リサイクルも概ね可能であった。

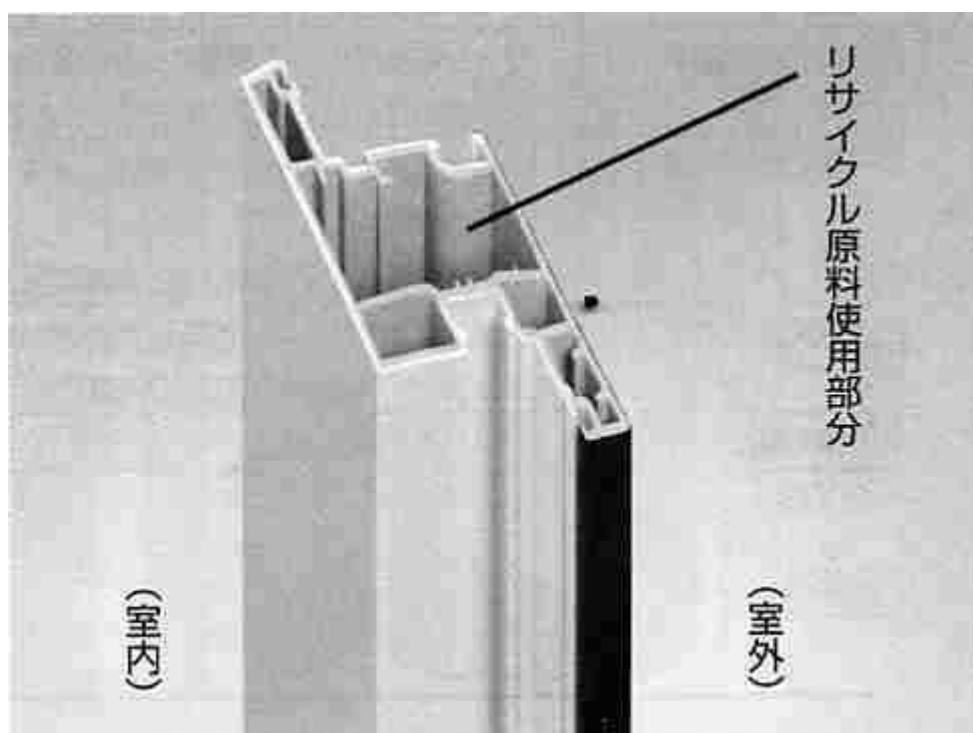


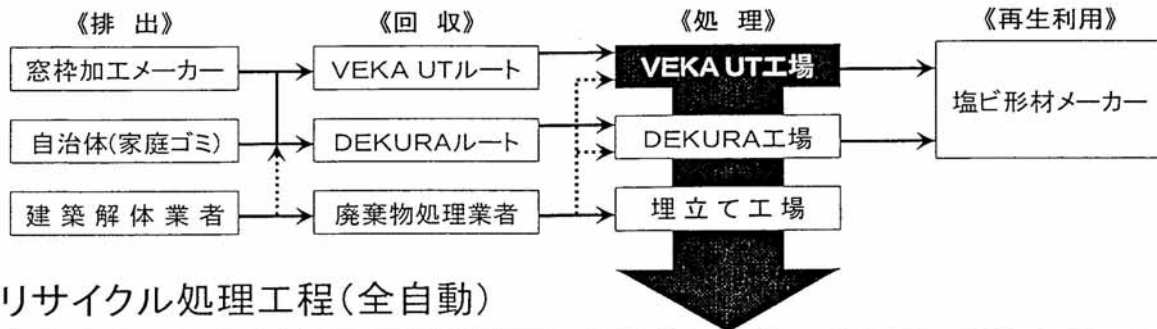
写真 2.3.1 リサイクル原料を用いたサッシ断面

ドイツにおける塩ビサッシリサイクルシステムの調査結果

- ・ 塩ビサッシが最も普及し、リサイクルシステムにおいても先進国であるドイツの塩ビサッシリサイクル状況をプラスチックサッシ工業会 / (社)日本サッシ協会が合同で訪問調査した (2003 年 11 月)。
- ・ 塩ビサッシ関連団体 (企業) として 5 団体訪問した。その中で廃塩ビサッシを解体、塩ビ樹脂を分別し、再生塩ビを製造しているのは、「VEKA UT」社である。今回訪問していないが「DEKURA」社も廃塩ビサッシから再生塩ビを製造している。
ドイツ国内で、この 2 社が塩ビサッシの再生処理をしている。

- ・ 廃塩ビサッシのフロー図とリサイクル処理工程を図 2.3.3 に示す。
- ・ リサイクル処理工程は全自動であり、日本で実施する場合の参考になる。
- ・ ドイツ国内での廃塩ビサッシ排出量は 13500t と見込まれ、その内約 3800t (リサイクル率：約 30%) がリサイクルされており、残りの 9700t は埋立処理されている。
- ・ ドイツでは、基本的には経済原則に従い、採算が取れることが大前提である (リサイクル率は必ずしも高くない)。
- ・ ドイツのリサイクル処理実績を表 2.3.1 に示す。

■ 廃棄塩ビサッシのフロー



■ リサイクル処理工程 (全自動)

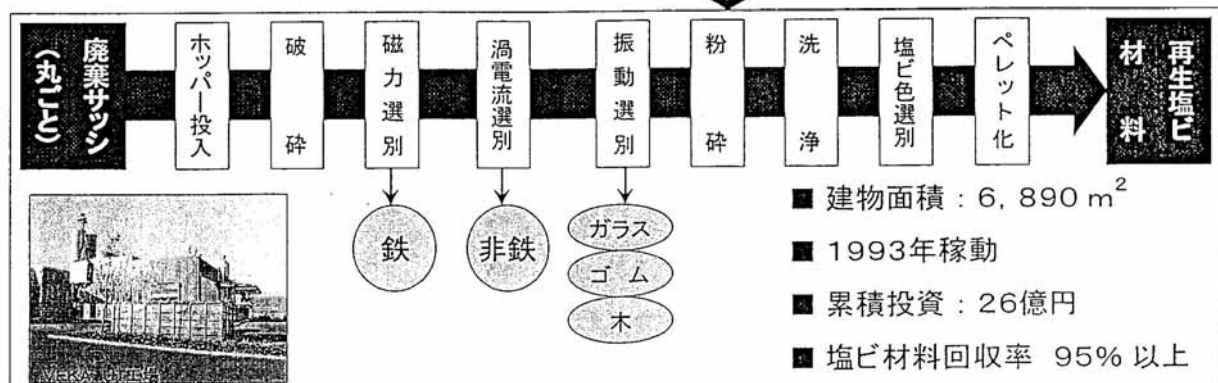


図 2.3.3 ドイツにおけるリサイクルフローと処理プラント

廃塩ビサッシ総量	13,500トン/年	
廃塩ビサッシ回収量	4,000トン/年 (1窓当たり 平均1,300円徴収)	
廃塩ビサッシ回収率	30% (埋立て処分70% コスト割安)	
処理能力 (設備)	VEKAUT	40,000トン/年 (1993年稼動。累積投資26億円)
	DEKURA	20,000トン/年 (1993年稼動)
工場端材回収量	25,000トン/年 (1kg当たり 15円で買取り)	
再生材料売価	ホワイト品	100円/kg
	カラー品	50円/kg
バージン材料に比べて割高のため、型材メーカーの市場シェアで配分		
リサイクル事業としての経営は、近年黒字に転じている。		
再生材料を使った製品は、通常製品と同価格で販売。		

表 2.3.1 ドイツのリサイクル処理実績 (2003年度見込み)

(4) 塩ビ系床材の再資源化技術

塩ビ系床材の再資源化については、本委員会でも継続的に実験・研究を行っている。昨年度の報告（文献1）では塩ビ系床材から回収した3種類の塩ビコンパウンドを使用して再生塩ビシートを試作し、その物性評価を行った。この報告では3種類の塩ビ系床材の回収粉末を使用して種々の配合比率でシートを作成し物性評価を行い実用的に使用可能であると結論した。

リファインバース（株）では数年前から実証プラントとして運転してきた塩ビ系床材から塩ビコンパウンドを選択的に回収するシステムに一部改造を加え生産性の向上と品質向上を図ってきた。基本的なシステムは同じであるが幾つかの重要な改良が加えられた。まず切削行程の改良で生産性の向上が図られた。品質向上面では回収タイルカーペットに付着して来る金属ピン類の切削粉を除去するために出口に磁石板を設置した。また分級効率を向上させ繊維分、炭カル分の分別効率を向上させた。更にタイルカーペットの上部部分であるナイロン繊維の回収・再利用についても鋭意、研究開発を行っており、開発当初から目的としている「燃やさず、埋め立てず、丸ごとリサイクル」に向けて開発が進められている。このシステムでは図 2.3.4 に示すようにコンベヤーから供給される回収廃タイルカーペットから、塩ビコンパウンドであるバックキング層のみが層間分離され、約 500 ミクロンの粉末として回収され、再資源化原料となる。

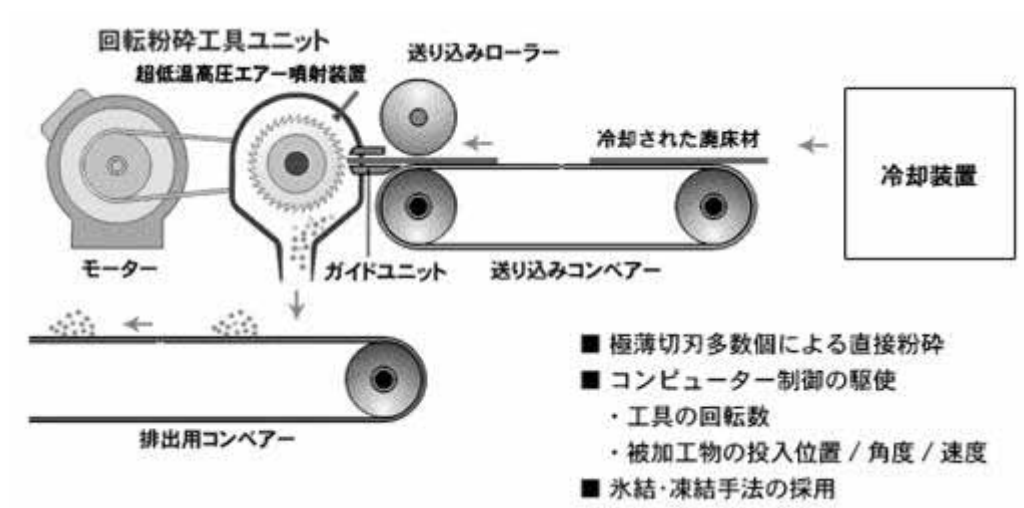


図 2.3.4 リファインバース（株）の切削工程図（ホームページより引用）

さらにリファインバース（株）ではこれらの改良結果を基に、本格的な生産体制を採るべく来年度、千葉県に新工場の建設計画を進めている。

(5) 塩ビ系壁紙のリサイクル

壁紙の生産量の内、塩ビ系は以下に示す表 2.3.2 からも明らかなように約 90%が塩ビ系であり、その回収・再利用が望まれる。

表 2.3.2 平成 16 年度上半期壁紙生産出荷量

(日本壁装協会ホームページより引用)

種類	生産量(m ²)	出荷量(m ²)
紙系壁紙	4,141,055	4,607,838
繊維系壁紙	1,595,085	1,597,666
塩化ビニル	302,707,365	299,796,068
樹脂系壁紙		
プラスチック系壁紙	18,115,540	18,268,655
無機質系壁紙	11,093,803	12,135,503
その他の壁紙*	793,543	830,580
総計	338,446,391	337,236,310
平成 15 年度	375,257,314	374,565,023
下半期総計		
前期比(%)	90.19	90.03
平成 15 年度	335,177,078	336,254,894
上半期総計		
前年同期比(%)	100.98	100.29

塩ビ系壁紙の再利用については工場在庫や端材については従来から企業内で再利用がなされているが、最近 2 つの新しい再利用についての開発が報告された。一つは(株)神鋼環境ソリューションが開発を進めているビニループ法である。この方法はベルギーのソルベイ社が開発した溶剤溶解法による塩ビ成分の回収であるが、農ビ、電線、塩ビ壁紙等を原料として塩ビの回収・再利用の事業化を計画している。2005 年 3 月から千葉県に工場建設を開始し、2006 年 3 月には完成予定である。発表では廃棄物処理量は 2 万 6 千トン、再生塩ビ量は 1 万 8 千トンを予定している。事業化のイメージとしては下図(図 2.3.5)のように位置づけている。

また、処理フローとしては、図 2.3.6 のような流れで再資源化される。

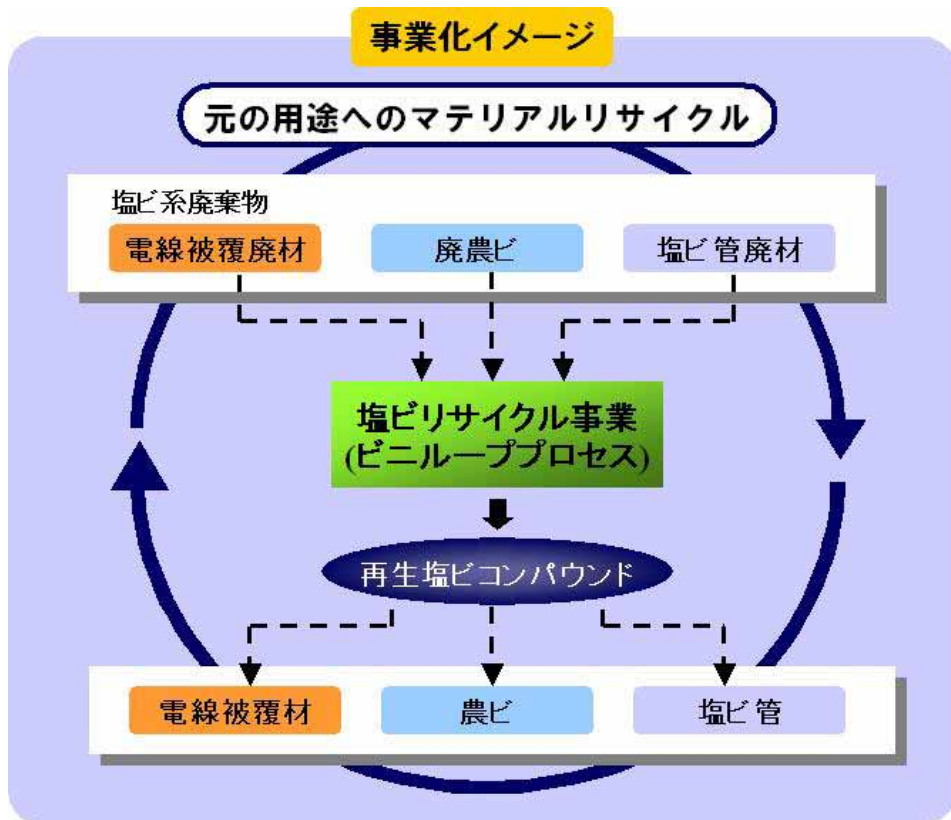


図 2.3.5 神鋼ソリューションの事業化イメージ(ホームページより引用)

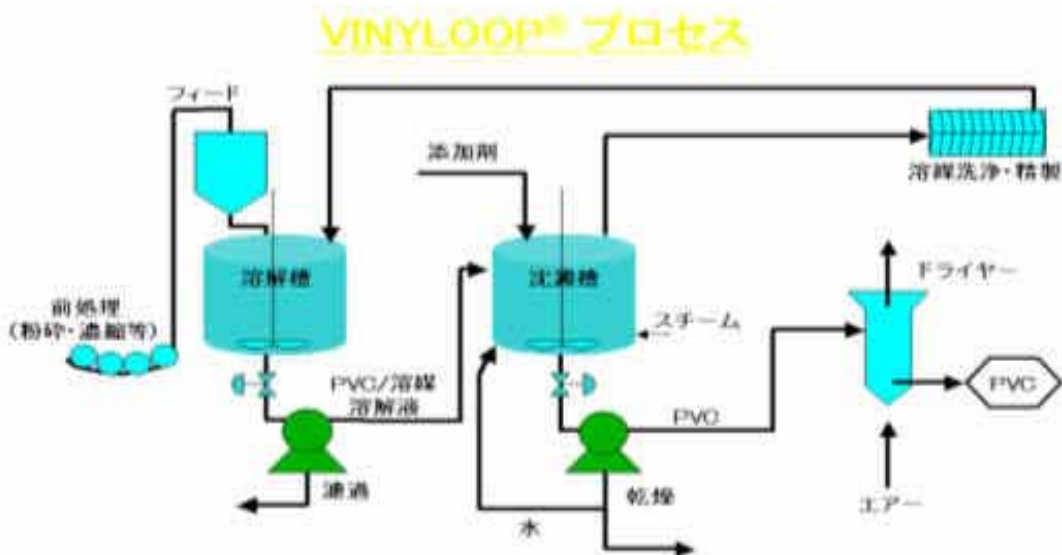


図 2.3.6 処理フロー(発表資料より引用)

一方、リファインバース（株）では塩ビ系壁紙を微粉碎することで塩ビ分と裏打ちのパルプ分の分離を試みている。建設・解体現場からの回収壁紙から塩ビ分を回収・再利用しようという試みであり、プラスチック処理促進協会から助成金を受けて研究中である。具体的な方法は一次破碎で数 cm 大に粉碎した壁紙を互いに逆回転する 2 枚の回転刃の中に導いて微粉碎する方法である。この方法で数百ミクロンの塩ビ主体の成分を回収できる。

プラスチック処理促進協会での成果発表会の資料から引用すると、予備検討で塩ビ分とパルプ分を風力を利用した分級を行った。下図は予備試験で実施した塩ビ粉体部分とパルプ部分の画像であるが図 2.3.7 ではパルプ分はヒゲ状に存在するが主として塩ビ分である。一方、図 2.3.8 では繊維状パルプに絡まって塩ビ粉が存在している。この状態では分離は不十分で更に微粉碎と分離方法の改良が必要である。



図 2.3.7 塩ビ成分

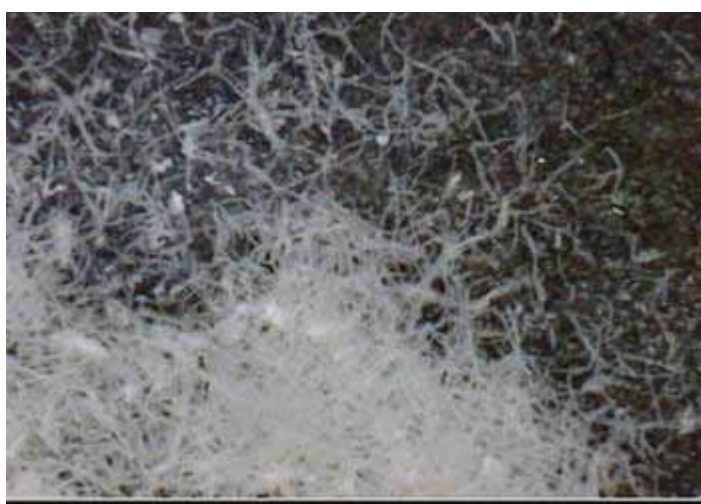


図 2.3.8 パルプ繊維分

表 2.3.3 は、微粉碎した壁紙の分離状況を示したものである。

表 2.3.3 微粉碎壁紙の分離

	分級サイズ	回収率 (%)	形状
塩ビ分	0 . 5 mm 以下	1 0	細かい粒子
	0 . 5 ~ 3 mm	2 0	少し粗い粒子
	3 mm 以上	3 5	3 mm 以上の粒子
パルプ分		3 5	フワフワの綿状

当委員会ではこのようにして分離した塩ビ成分とタイルカーペットから回収した塩ビ粉末とを配合してミキシングロールでシート化してその物性評価を行った。この結果については別の節で述べる。

文献 1：平成 15 年度 再資源化・用途開発調査委員会報告書

2.3.2 塩化ビニル系建材の再資源化原料の品質

現在のところ、塩化ビニル系建材のマテリアルリサイクル率は低く、また全国的にみてリサイクルが可能な建材は、管・継手に限られる。

この種の建材のリサイクルを促進するためには、リサイクル製品となる再資源化原料の品質を安定して確保する必要がある、そのためには廃材の受入品質基準を明確にし、これを一般化していくことが重要である。そこで、ここでは、塩化ビニル系床材の廃材を受け入れて再資源化原料としている(株)リファインバースの例と、床材の施工時に生じる端材・余材に限定してはいるが、リサイクルを行っているインテリアフロア工業会の例を紹介する。

2.3.2.1 解体系廃棄物を含む廃塩ビ系床材の受入品質

(株)リファインバース社では、塩ビ系床材としてタイルカーペット、長尺シートおよびホモジニアスタイルの廃材を受け入れて、これを独自のシステムにより、再び塩ビ系床材のバックニング層材料として再資源化原料を製造している。この社の技術によれば、多少の付着物なども除去できるものの、経済性を考えるとできる限り、不純物・異物の少ないものが再資源化原料として適している。

表 2.3.4 は、(株)リファインバース社の廃材受入品質基準である。

受け入れる廃材は、異物や付着物の品質に応じてランク分けされている。特に、タイルカーペットは、付着物等の混入はもちろん、雨に濡れても品質が落ちるため、建築現場における分別回収が経済的な再資源化実現のための必要条件となる。

なお、本委員会では、これらの廃材を実際に使用して、再生塩化ビニル樹脂シートの品質確認実験を継続して行っており、再資源化の可能性を確認している。この報告は、昨年度までの本委員会報告書あるいは、本年度の別の項でも行っている。

表 2.3.4 解体系廃棄物を含む廃塩ビ系床材の受入品質基準

品目	ランク	受入れ基準
・タイルカーペット	A ランク	・パレット積みにて全品真物(500角の形状を保っている事)。 ・1m3 フレコンバッグでの搬入で、全品真物(500角の形状を保っている事)。 ・目視での汚れの程度が、比較的良好な物。 ・搬入方法は上記とし、品質はCランク品の混入がない事。
	B ランク	・荷降しがダンプアップの場合でAランクの基準を保ち、品質はCランク品の混入がない事。
	C ランク	・雨水等で濡れた物。 ・ペンキ・ボンド等有機物、又は薬品・金属等の付着した物。 ・著しく汚れのひどい物、又は折り曲がった物。 ・概ね20cm以下の小片の物。
・広巾長尺塩ビシート ・塩ビタイル ・巾 木	A ランク	・ロール状、又は折りたたんだ状態での搬入で、ダンプアップ可。 ・目視での汚れ程度が比較的良好で、裏面にモルタル・接着剤等の付着はOKです。 ・品質は、Bランク品の混入がない事。
	B ランク	・ペンキ・ボンド等有機物、又は薬品・金属等の付着した物。 ・著しく汚れのひどい物、折り曲がった物、又は二重貼りの物。 ・概ね20cm以下の小片の物。

2.3.2.2 新築系廃棄物を対象とした廃塩ビ系床材の受入品質

ビニル系床材のリサイクル用途として、ビニル系床材が再びビニル系床材に再生利用されるシステムが、平成16年からインテリアフロア工業会で推進されている。ただし、再生の対象になるものは、厳密な意味で「使用済み」のものではなく、床材の施工時に生じる端材・余材に限定している。

ビニル系床材の総出荷量は年間約16万トンで、全国の建物に行き渡っている。その中の5~7%（約1万トン）が施工端材として排出され、産業廃棄物として処分されている。

この端材は、接着剤、モルタル下地材等の夾雑物が付着していないので、一定の形状に粉砕すれば分別・分離のプロセスを経ることなく再生原料に整えられる。また、施工は通常、解体と同時に行われることはないので、解体系の資材が混入する要因を除外することができる。

これらに着目し、かつ、床材メーカーが共同で「広域再生利用指定産業廃棄物処理者」の資格を取って回収の受け皿を用意した点が従来になかった機軸になっている。

以下、受入基準の概要を述べる。

【対象床材】

- ・施工時に発生する端材および余材（品種は「ビニル床シートおよびビニル巾木」、「クッションフロア」、「ホモジニアスタイル」の3品種）
- ・インテリアフロア工業会では各社の回収対象床材一覧表を用意している。

【回収】

- ・排出事業者が、インテリアフロア工業会で用意した回収専用袋（30kg入り）に対象の床材を分別回収する。
- ・異物はもちろん、端材または余材であっても接着剤が付着したもの、および、リノリウム、ゴムタイル、非塩ビ床材などは混入を禁止している。

- ・回収地域 : 現時点では首都圏(東京, 神奈川, 埼玉, 千葉)および中部(愛知), 近畿圏(大阪, 京都, 兵庫)に限定している。

【運搬】

- ・全国配送ルートを持つ運送会社に委託(日本トラック(株)および東北トラック(株))。
- ・マニフェストは, インテリアフロア工業会専用の管理票(6枚複写型)を使用する。

【中間処理】

- ・処理工場 : (株)タイガー: 岐阜県

【再生利用】

- ・インテリアフロア工業会加盟メーカーが各々の床材に再生する。

【費用】

- ・収集運搬費...排出事業者負担
- ・再生協力費...排出事業者負担
- ・回収専用袋, 回収のための手続き, 再生のための費用等はインテリアフロア工業会が負担する。

【問合せ先】

- ・インテリアフロア工業会事務局

住所 : 東京都港区西新橋3-9-3 内山ビル4F

TEL : 03-3578-1260

FAX : 03-3578-1250

【リサイクルの手順】

新築工事現場等から排出されるビニル系床材の施工端材・余材のリサイクルを希望する排出事業者は, インテリアフロア工業会と基本契約書を締結する。

基本契約書を締結した排出事業者が, 実際の施工現場でリサイクルをする場合は, リサイクル対象品の決定とインテリアフロア工業会との覚書締結を行う。

覚書に基づいて, 加盟会社の営業担当者が回収専用袋を送付するので, 排出事業者は施工端材・余材を正しく分別して袋に詰める。

搬出の準備が完了したら, 「施工端材・余材引取り依頼書・指示書」に必要事項を記入してインテリアフロア工業会へFAXにて送付する。

運送便がきたら搬出する。その際「ビニル床材廃材管理票」に必要事項を記入して交付する。費用(運送費・処理費)は後日, インテリアフロア工業会から請求される。

インテリアフロア工業会(略称 I.F.A)

ビニル系床材を製造するメーカーらが構成する工業会。

加盟会社は, アキレス, タキロン, タジマ, 東リ, 日東紡, フクビ化学工業, 富双合成, ロンシール工業, の8社。

例として、長尺シートの回収状況を図 2.3.9 および図 2.3.10 に示す。



図 2.3.9 長尺シートの施工端材



図 2.3.10 回収専用袋に詰めた状態

2.4 サーマルリサイクルのための技術開発と課題

2.4.1 サーマルリサイクルのための技術開発

2.4.1.1 プラスチックのリサイクル法

プラスチックの場合、リサイクルの方法として、廃プラスチック製品を一般的には単一種類のプラスチックに分別後、再びプラスチック製品に成形加工し再使用するマテリアルリサイクル（MR）、廃プラスチックを化学的あるいは熱的手法により改質し、化学原料あるいは燃料として再使用するケミカルリサイクル（CR）（この場合、化学原料として使用する場合はマテリアルリサイクルに相当しフィードストックリサイクル（FR）ともいう。また燃料として使用すればサーマルリサイクル（TR）になる。）および廃プラスチックが自ら持っている燃焼熱を回収する熱回収（サーマルリサイクル）の3種類がある。

プラスチック処理促進協会（以下プラ処理協）は毎年、プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況についての調査結果を公表しており、その中で廃プラスチックの処理処分状況（MR、CR、TR）を定量的に報告している。2003年の調査結果を示す（図2.4.1）。

2.4.1.2 サーマルリサイクルのための技術開発

前述の通り、プラスチックは石油が主原料であり、燃焼熱を有している。一方、プラスチックは固形物であり完全燃焼させるにはそれなりの工夫がいる。プロセス中にガス化工程を設置することにより、プラスチックをガス化し、そのガスを燃焼することにより安定的になおかつより完全に燃焼熱を回収するプロセスが開発されている。このプロセスとして、JFEスチール㈱のサーモセレクト方式ガス化炉と住友金属式ガス化溶融炉を紹介する。

別の観点から、プラスチックをガス化することにより得られたガスを化学製品の合成原料として活用する、ということも可能である。これらの例として、宇部荏原方式ガス化炉と新日鐵ダイセル方式ガス化炉を紹介する。

また、建材には塩ビが多用されているが、JFEスチール㈱が塩ビの高炉原料化事業を開始したので、塩ビの高炉原料化についても紹介する。

（1）JFEスチール㈱のサーモセレクト方式ガス化炉（図2.4.2）

川崎製鉄㈱（現JFE）はプラスチックの熱分解ガス化溶融技術（サーモセレクト方式）をドイツから導入し、150t/d規模の設備2基を千葉に建設、1999年9月から実証試験を開始、2000年4月より産業廃棄物を受入れ実用運転に移行している。産業廃棄物は主として建設廃材を処理しており、その種類は廃プラスチック、汚泥、木屑、紙屑などである。このプロセスは、排ガス中の重金属を塩化物として除去するのが特徴であり、塩素系プラスチックから発生する塩化水素はプロセス内で有効活用できる。

（2）住友金属式ガス化溶融炉（図2.4.3）

住友金属工業㈱が、製鉄用高炉／転炉の技術を組み合わせて、この技術を開発した。住友金属工業㈱は2000年から一般廃棄物用に設備の販売を開始した。その後、住友金属工業㈱は、

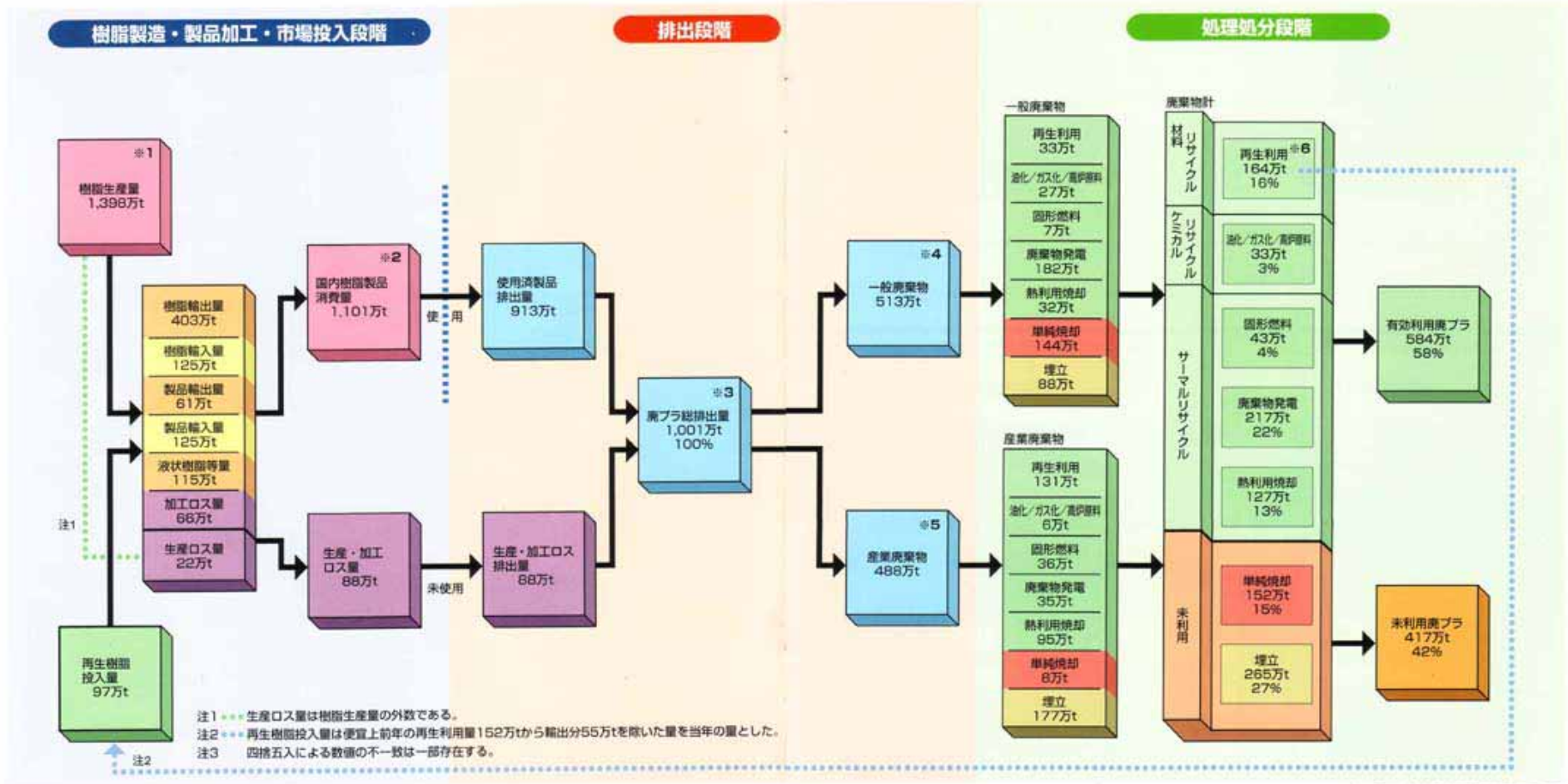


図 2.4.1 プラスチック製品・廃棄物・再資源化フロー図(2003年)

地球の営みとおなじプロセスで、
ごみをエネルギー化、再資源化

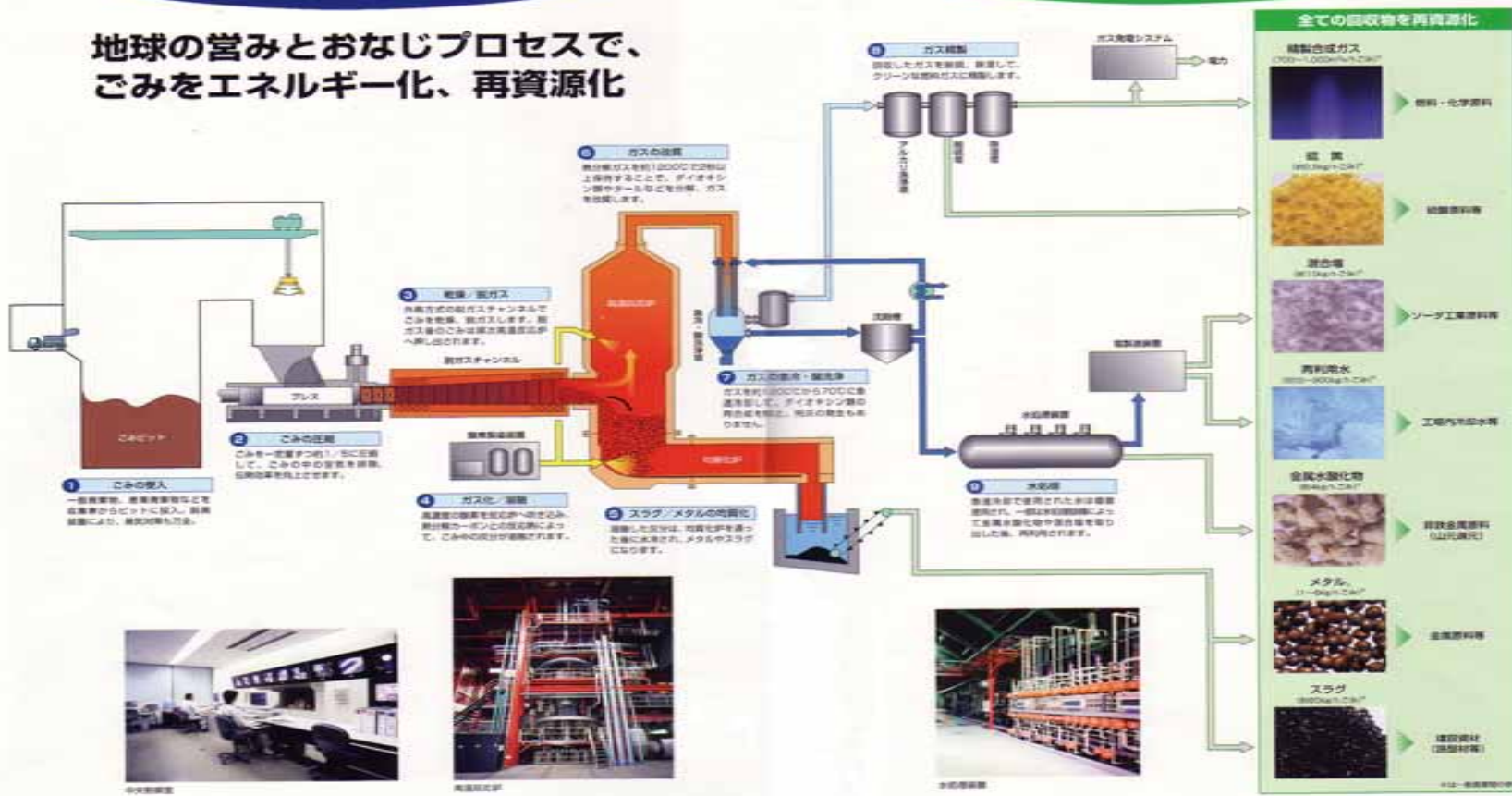


図 2.4.2 JFEサーモセレクト方式ガス化炉(JFEスリール株)パンフレットより)

プロセスフロー

- ➡ 廃棄物中のプラスチック類
 (石油・石炭からつくられたもの)
- ➡ 燃料ガス
 (重油などの代わり)
- ➡ 廃棄物中の陶磁器・ガラス類
 (珪石からつくられたもの)
- ➡ コンクリート製品原料
 (砂の代わり)
- ➡ 廃棄物中の金属類
- ➡ 製鉄原料、非鉄原料



図 2.4.3 住友金属式ガス化溶融プロセスフロー

環境省の支援を得、塩ビ工業・環境協会（VEC）の協力のもと、本技術を更に発展させ、高濃度塩ビ含有廃プラも再資源化できる技術を開発した。この拡大技術を用いて2004年7月に自社の鹿島製鉄所内に能力30000t/年規模の設備を建設し、10月より本格運転を開始した。廃家電、廃自動車のシュレッダーダスト、廃プラ、ガラスくず等を処理できる。

（3）宇部荏原方式ガス化炉（図2.4.4）

宇部興産(株)と(株)荏原製作所は共同で廃プラを加圧下で二段にてガス化するプロセスを開発した。このプロセスで廃プラより水素を回収しアンモニア合成の原料に利用するというものである。NEDOプロジェクトとして10000t/y規模の設備を宇部市に建設し、2000年1月より実証研究を開始、2001年度より容器包装リサイクル法の対象設備として「その他プラ容器包装」の再商品化事業を開始した。塩素系ポリマーから発生する塩化水素は塩安として有効利用されている。

一方、昭和電工(株)は国及び自治体の支援を得て、64000t/y規模の同様設備を川崎市に建設、2003年4月より容器包装リサイクル法の対象設備として「その他プラ容器包装」の再商品化事業を開始した。将来的には、自動車のシュレッダーダスト等、産業廃棄物プラスチックの処理も視野に入れているとの事である。塩素系ポリマーから発生する塩化水素は食塩として有効利用されている。

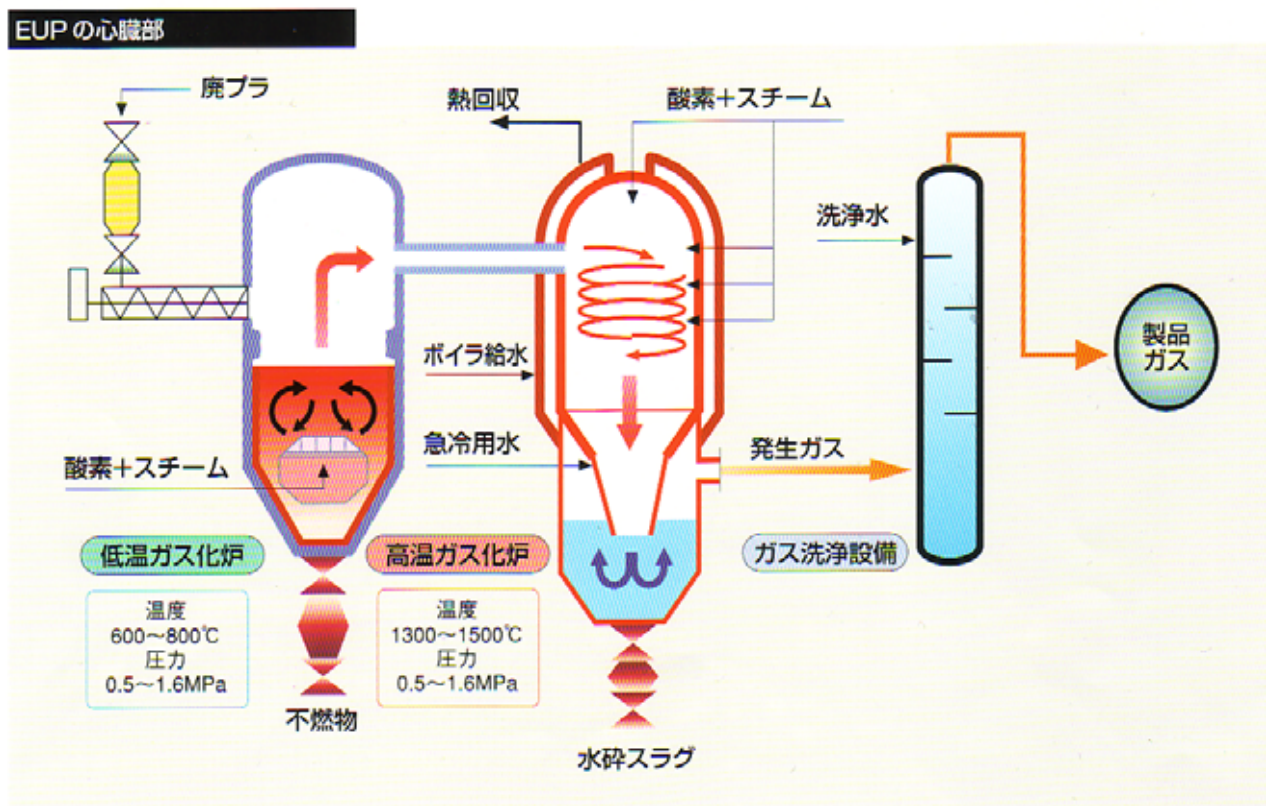


図 2.4.4 宇部荏原方式ガス化炉（株EUPパンフレットより）

(4) 新日鐵ダイセル方式ガス化炉 (図 2.4.5)

2000年4月、新日本製鐵(株)とダイセル化学工業(株)は廃プラガス化技術を開発し、得られた一酸化炭素と水素を原料としてメタノールを合成する研究プロジェクトをスタートさせ、2000年12月、NEDOの支援を得て、新日鐵の鉄鋼研究所(千葉県富津市)に1500t/yのガス化パイロットプラントを建設した。使用済み塩ビ製品のガス化技術開発を目的に、VECも本プロジェクトに加わり、高濃度塩ビのガス化技術を共同開発した。

2001年初旬に使用済み塩ビ製品のガス化試験に着手した。パイプ、電線被覆材、壁紙、床材、農ビ等塩ビ製品のガス化試験を実施し、技術的には良好な結果が得られている。2004年現在、実用プラント建設には至っていない。

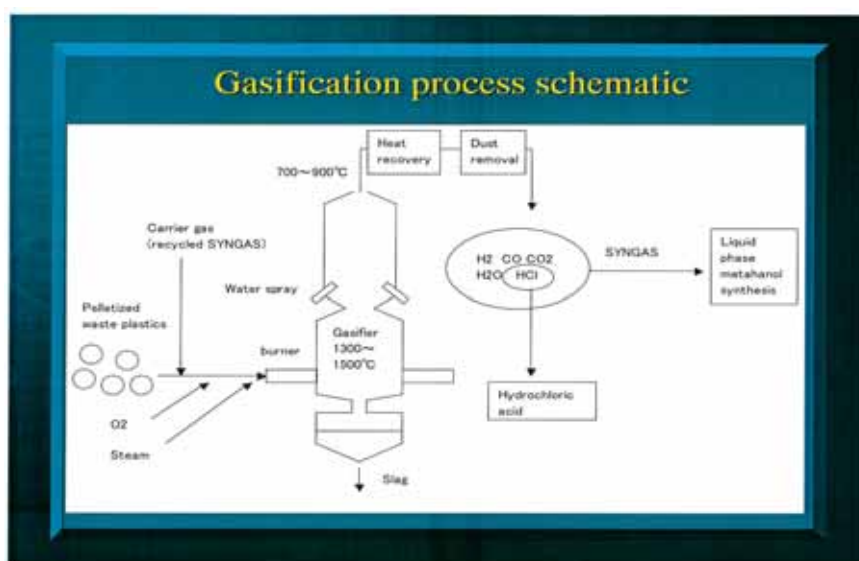


図 2.4.5 新日鐵 / ダイセル方式ガス化フロー (新日鐵(株)資料より)

(5) JFEスチール(株)の塩ビ高炉原料化事業 (図 2.4.6、写真 2.4.1)

塩ビを含まないプラスチックについては1996年より高炉還元剤としてリサイクルされている。

塩ビの場合、事前に脱塩化水素して得られた炭化水素を還元剤(コークスの代替)として利用し、塩化水素は塩酸として回収、製鉄所の酸洗いとして使用、もしくは35%塩酸として販売する、ということが考えられる。

1997年8月、当時の日本鋼管(株)(現JFE、以下JFE)、塩化ビニル環境対策協議会(以下JPCC)及びプラ処理協は、この技術開発に関して共同研究を開始した。その結果、ロータリーキルン方式の脱塩化水素装置を開発し、塩ビも他樹脂と同様に高炉還元剤として利用できることが確認できた。

これらの検討結果を踏まえ、NEDOの支援を得て、1999年2月、VEC、JPCC、JFE及びプラ処理協は、当時の日本鋼管京浜製鉄所内に、5000t/y規模の実証設備建設に着手し、1999年末に設備を完成させた。塩ビパイプ、塩ビ床材、塩ビ壁紙及び塩ビ板等の建材及び農ビを試料として実証研究を実施した。2002年3月、基本的な技術検討は終了した。具体的には、脱塩化水素

工程で回収される塩酸は製鉄所内の酸洗として活用し、炭化水素分はコークスの代替として高炉還元剤として使用する、というものである。2003年度に実廃棄物を用いた実用化試験運転を実施、2004年5月より実用運転を開始した。



写真 2.4.1 塩ビ高炉原料化リサイクル設備(JFE スチール(株)パンフレットより)

塩化ビニル 高炉原料化プロセス

概要

使用済み塩化ビニルを、ロータリーキルンで熱分解(非酸化雰囲気)することによって炭化水素と塩化水素に効率よく分離し、高炉原料と塩酸に再資源化します。
環境に十分配慮したプロセスで、有害物質の排出など環境への影響はありません。

特長

- 100%有効利用されるリサイクルシステム**
- 炭化水素は鉄鉱石の還元剤として、塩酸は塩酸として回収され、鉄鋼・化学工業等で100%有効利用
- 対象物の幅が広いリサイクルシステム**
- 他素材との混合塩ビでもリサイクル可能
 - 劣化や汚れが激しい使用済み塩ビでもリサイクル可能
- CO₂削減に貢献するリサイクルシステム**

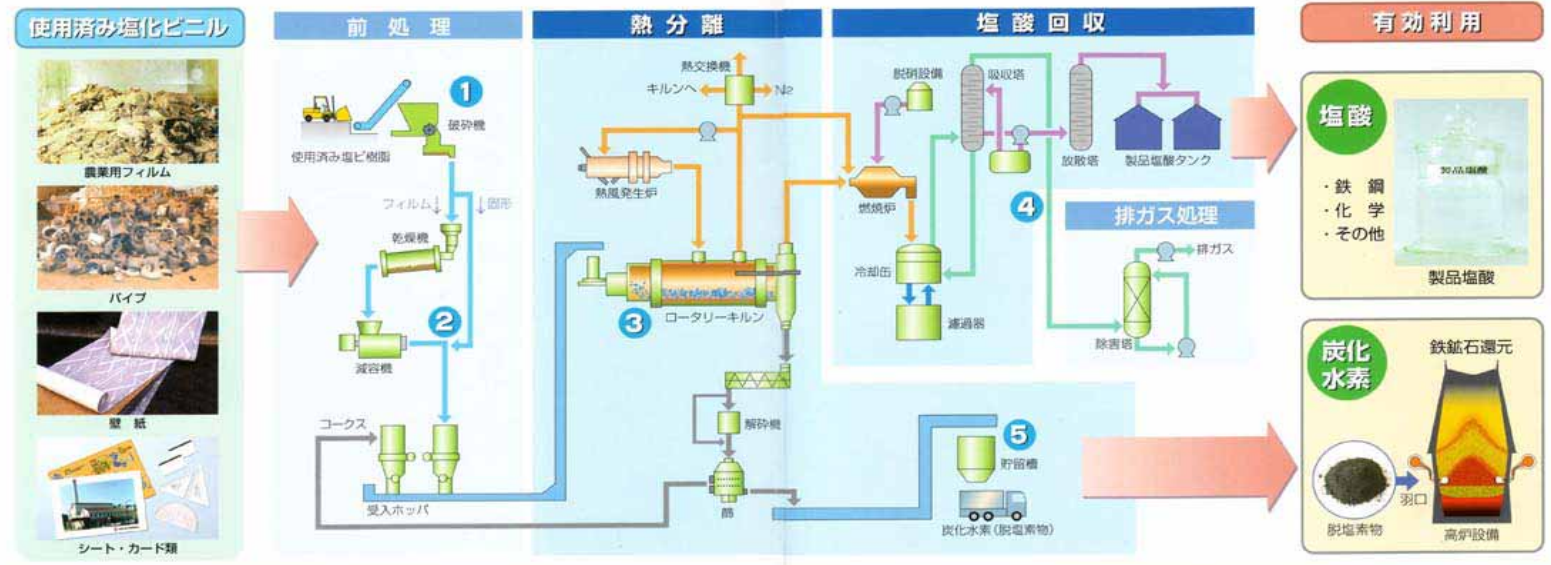


図 2.4.6 塩ビ高炉原料化リサイクルフロー (JFE スチール(株)パンフレットより)

2.4.2 廃プラスチック類のマテリアルリサイクル以外の再資源化

現在のところ、マテリアルリサイクル以外の再資源化技術としてはフィードストックリサイクル、あるいは RDF, RPF などサーマルリサイクル等の再資源化が行われている。しかしながら、サーマルリサイクル施設でも設備の関係などから塩化ビニル系のものは受け入れないところなどもあり、その施設ごとの受入品質基準が必ずしも明確でない。

この種のリサイクルによって再資源化を促進するためには、マテリアルリサイクルと同様に再資源化原料となる品質を明らかにし、広く普及する必要がある。そこで、ここでは建設廃棄物を中心に廃材を受け入れている中間処理施設である高俊興業（株）の再資源化原料への処理状況を一例として示す。

2.4.2.1 各種施設の受入品質

日常、多目的にわたって使用されるプラスチックの大部分は、熱を加えると変形するという性質がある。そのため、様々な形をつくり、極めて簡単に大量に製品をつくることが可能である。また、プラスチックは、軽くて強く、透明性があり着色も自由にほどこすことができ、電氣的絶縁性や断熱性、衛生的にも優れている。最近では金属と同じ強さを持ち、熱や衝撃に強いプラスチックや、反対に、人間の皮膚のようにとっても柔らかなプラスチックも開発され、さまざまな分野で利用されている。

プラスチックは、私たちの貴重な資源である石油（原油）を石油精製工場で蒸留によって分けられたナフサと呼ばれる留分を分解して得られるオレフィン類（エチレン、プロピレン等）を原料として製造される。また、オレフィン類以外にも様々な石油化学原料からも多種類のプラスチックが製造されている。

プラスチックには、大きく分けて熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂という2つの種類があり、熱可塑性樹脂は、熱を加えると柔らかくなり、型に入れて冷やすと固まって製品になりますが、もう一度熱を加えると、再び柔らかくなるという性質を持ち、熱硬化性樹脂は、液体状の原料樹脂を型に流れ込み、加熱すると硬化する。いったん硬化した後では、基本的には熱を加えても再び柔らかくならない性質を持つ。

プラスチックは耐久性に富み腐食に強いという特徴から、分解しないという意味で処理困難な素材としてのイメージがあるが、現在では、使用済みのプラスチックを焼却処理し、その熱エネルギーを暖房や温水などに有効的に再利用され、さらには再び溶かして、クイやベンチなどの材料として再利用するなど、貴重な資源として効率よく利用されている。また、微生物によって分解され水と二酸化炭素に戻る、生分解性プラスチックも開発され、人と自然に優しい素材として大きな注目を集めている。

現状では廃棄されたプラスチックを、再資源化工場において手選別や機械選別する場合、塩化ビニル素材（以下「塩ビ」と称す）の混入の有無により、分別されるケースが圧倒的に多い。

また廃プラスチック類のリサイクル処理としては、再びプラスチック製品として再利用するマテリアルリサイクル、プラスチックを油化、ガス化、製鉄原料化して再利用するケミカルリサイクル、石炭等の代替燃料として再利用するサーマルリサイクルに分類される。

以下、各施設における受入基準を示す。

(1) 非塩ビ系廃プラスチック類の受入基準

【施設 A】高炉還元剤の原料としてリサイクル

多岐にわたって組成がある廃プラスチック類の中から、『塩ビちゃん』*を使用して塩ビ系廃プラを識別。塩ビを含まない廃プラスチック類に限った中から硬質系とフィルム状のものに分けることが必要。また、異物の混入は不可で、かつ硬質系の場合は 60cm 以下に切断することが条件となっている。例えばカラーコーンやポリバケツが該当する。

* 塩ビちゃん：炎色反応を利用した塩素の簡易検出器

【施設 B】セメント焼成用キルン炉の燃料としてリサイクル（ケース 1）

塩ビを含まない廃プラスチック類の中からブルーシート、養生フィルムを選別してフレコンバックに梱包して搬出。塩素 1,000ppm 以下、油分 500ppm 以下のものであることが条件。

【施設 C】セメント焼成用キルン炉の燃料としてリサイクル（ケース 2）

廃タイヤだけを分別し、泥等の付着物を除去した後、切断してセメント工場へ搬出。

【施設 D】RPF 原料としてリサイクル（ケース 1）

塩ビを含まない廃プラスチック類の中から発泡シート、ウレタン、スポンジ類を選別し、搬出。硬質系の場合はあまり適さないのが現状。

【施設 E】RPF 原料としてリサイクル（ケース 2）

非塩ビ系の廃プラスチック類を対象としているが、極端に汚れのない紙は一緒にして搬出可。さらに非塩ビ系の廃プラと紙の複合材についても可。

【施設 F】プラスチック製品の原料としてリサイクル

緩衝材等のポリスチレン（PS）の発泡スチロールだけを分別し、溶融固化。その後、ペレット状に細断されてプラスチック製品を生成するための原料としてリサイクルしている。荷札やステッカー等の付着物がないことが条件。

(2) 塩ビ系廃プラスチック類の受入基準

【施設 G】塩酸生成原料、高炉還元材の原料としてリサイクル

塩ビを含む廃プラスチック類を対象とし、異物の混入が不可であることは勿論のこと、非塩ビ系の廃プラも混入不可。また品物別に分別排出することも条件となっている。

【施設 H】塩ビ管の受入基準

廃プラスチック類の中から塩ビ管を選別し、付着物のない、肉厚の品物を搬出。一部の施設では塩ビ製品の原料となるペレット状に加工し、再資源化している。

【施設 I】塩ビ混入の床材、タイルカーペット等の受入基準

床材、タイルカーペットを品物別に分別して排出する。その後、廃塩ビ壁紙を 10mm 程度に細片化した後、高速回転可能な切削工具により、300 μm 以下に微細化して再び壁紙材としてリサイクルしている。

以上は、廃プラスチック類のマテリアルリサイクル以外の再資源化施設での受入基準であるが、その他建設廃棄物を扱う中間処理場から廃プラスチック類以外も含めて搬出される再資源化施設の受入基準を参考として表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 中間処理場から搬出時の廃プラスチック類各社受入基準(受入れスペック)

再資源化物	高炉還元材の原料	搬出先	J F E スチール
受入基準	多岐にわたって組成がある廃プラスチック類の中から、『塩ビちゃん』を使用して塩ビ系廃プラを識別。塩ビを含まない廃プラスチック類に限った中から硬質系とフィルム状のものに分けることが必要。現状は硬質系の品物を搬出。また、異物の混入は不可で、かつ硬質系のは 60cm 以下に切断することが条件となっている。例えばカラーコーンやポリバケツが該当する。		
再資源化物	セメント焼成用キルン炉の燃料	搬出先	トクヤマ
受入基準	塩ビを含まない廃プラスチック類の中からブルーシート、養生フィルムを選別してフレコンバックに梱包して搬出。塩素 1,000ppm 以下、油分 500ppm 以下のものであることが条件。		
再資源化物	R P F 原料	搬出先	関商店
受入基準	塩ビを含まない廃プラスチック類の中から発泡シート、ウレタン、スポンジ類を選別し、搬出している。硬質系のはあまり適さないのが現状。		
再資源化物	R P F 原料	搬出先	エコ・マイニング
受入基準	非塩ビ系の廃プラスチック類を対象としているが、極端に汚れない紙は一緒にして搬出可。さらに非塩ビ系の廃プラと紙の複合材についても可。		
再資源化物	塩酸生成原料、高炉還元材の原料	搬出先	J F E スチール【現在テスト段階】
受入基準	塩ビを含む廃プラスチック類を対象とし、異物の混入が不可であることは勿論のこと、非塩ビ系の廃プラも混入不可。現在テスト中であり、テストサンプルとして塩ビを含んだ壁材を搬出、テストしている。		
再資源化物	塩ビ製品の原料	搬出先	照和樹脂、第二化学、大洋化学工業
受入基準	廃プラスチック類の中から塩ビ管を選別し、付着物のない、肉厚の品物を搬出。照和樹脂では塩ビ製品の原料となるペレットに加工している。		
再資源化物	プラスチック製品原料	搬出先	パナ・ケミカル
受入基準	緩衝材等のポリスチレン (P S) の発泡スチロールを溶融固化。荷札やステッカー等の付着物がないことが条件。		
再資源化物	セメント焼成用キルン炉の燃料、残灰はセメント原料	搬出先	トリウム
受入基準	廃タイヤを選別し、泥等の付着物を除去した後、搬出。トリウムでは切断後、セメント工場へ搬出している。		

2.4.2.2 各種プラスチック系建材廃棄物の処理フロー

プラスチック系建材の処理フローとしては、図 2.4.7 のように、まず処理工場に荷を集荷させるために各排出事業場からの収集運搬作業から始まる。集荷された荷を前処理工程として各リサイクル施設の受入条件に合うように分離や選別、減容圧縮や固化といった形で処理される。

前処理が終了した後、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクル施設にそれぞれ出荷されていく。また、リサイクルに廻らない廃プラスチック類に関しては、単純焼却施設に廻っていく。

リサイクルにも単純焼却にも廻らないものに関しては埋立最終処分場に廻っていくが、埋立基準に定められている直径 15cm 角以下にすることが条件としてあげられている。

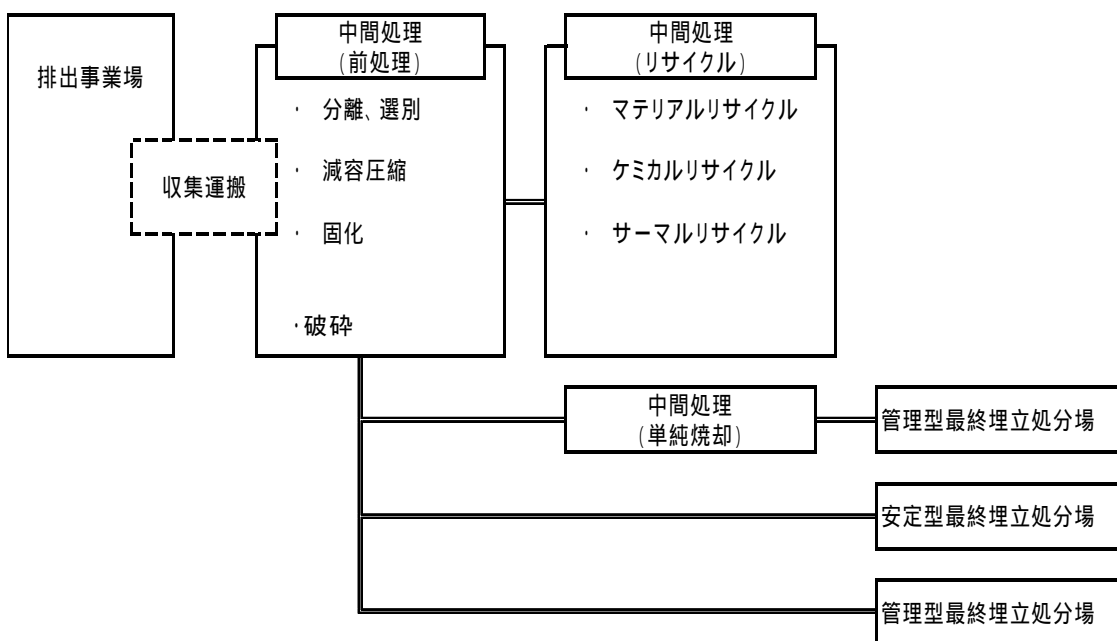


図 2.4.7 処理フロー(概要)

次に前選別の処理内容、及びマテリアルリサイクル施設、ケミカルリサイクル施設、サーマルリサイクル施設の処理フローの代表例を以下に示す。

前選別の処理内容

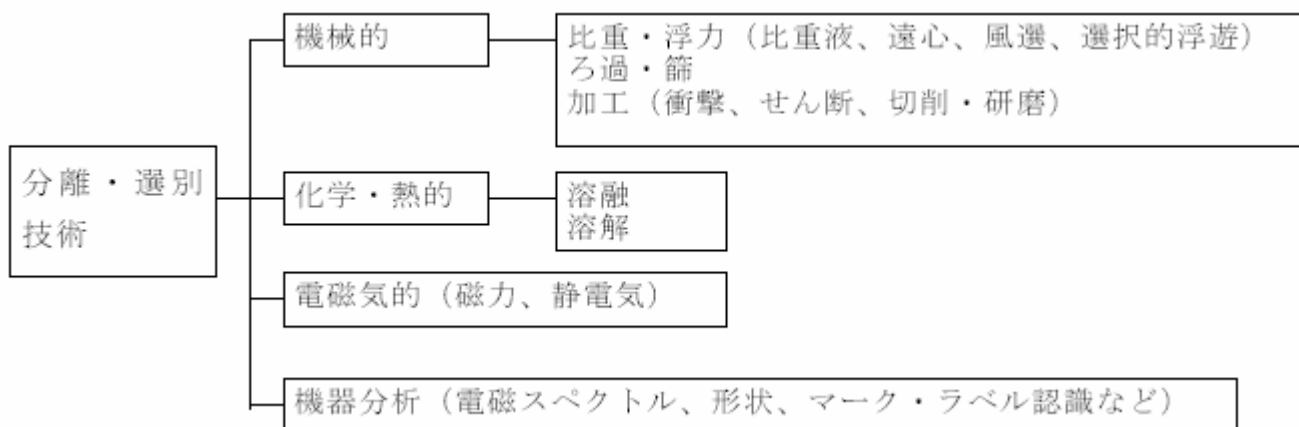


図 2.4.8 プラスチックの分離・選別技術

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページより)

マテリアルリサイクル施設

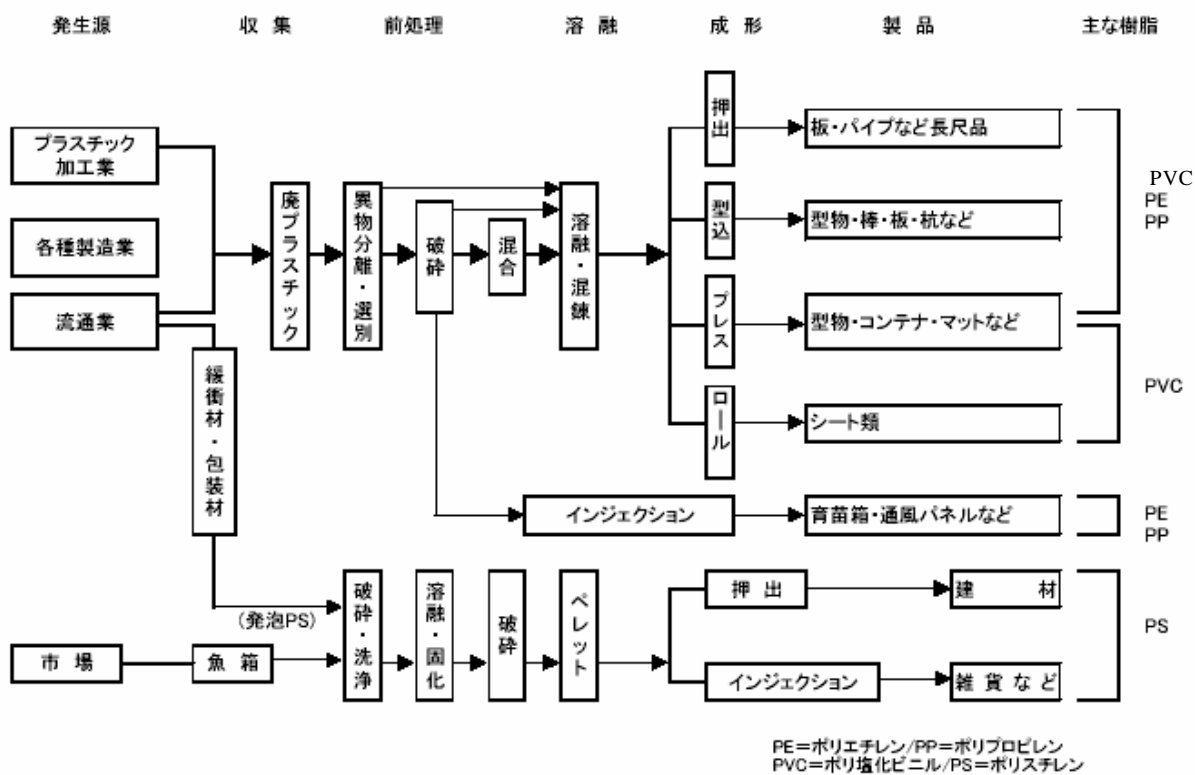


図 2.4.9 プラスチックのマテリアルリサイクル工程例

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページより)

ケミカルリサイクル施設

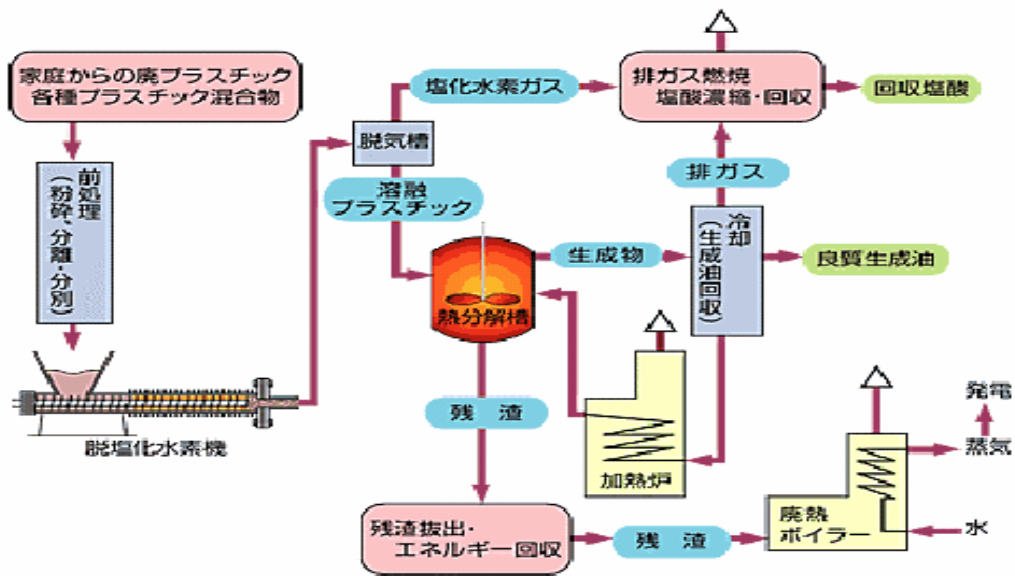


図 2.4.10 プラスチックのケミカルリサイクル工程例(油化)

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページを元に一部加筆)

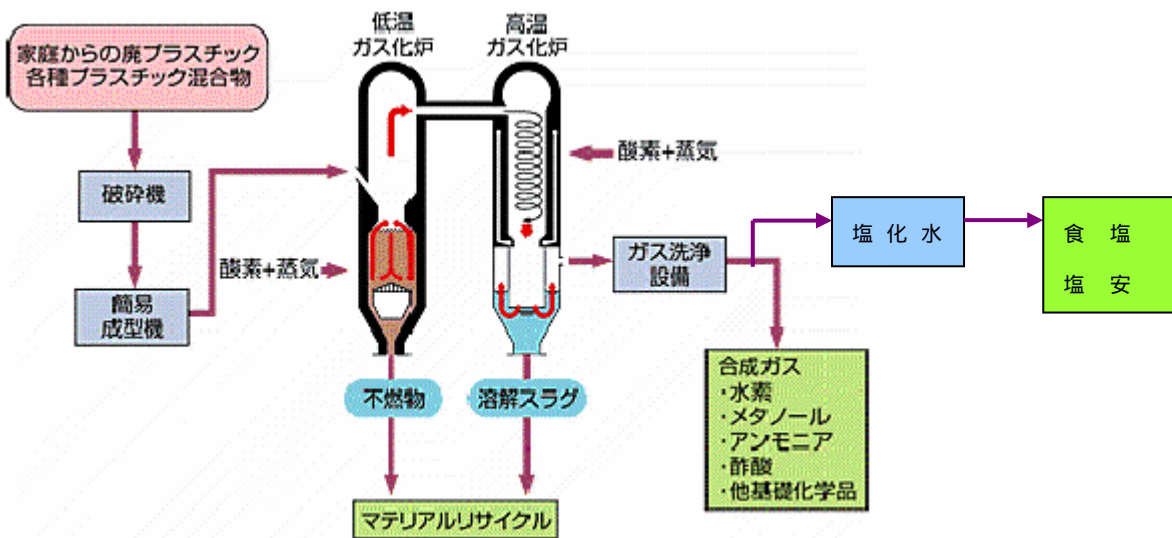


図 2.4.11 プラスチックのケミカルリサイクル工程例(ガス化)

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページより)

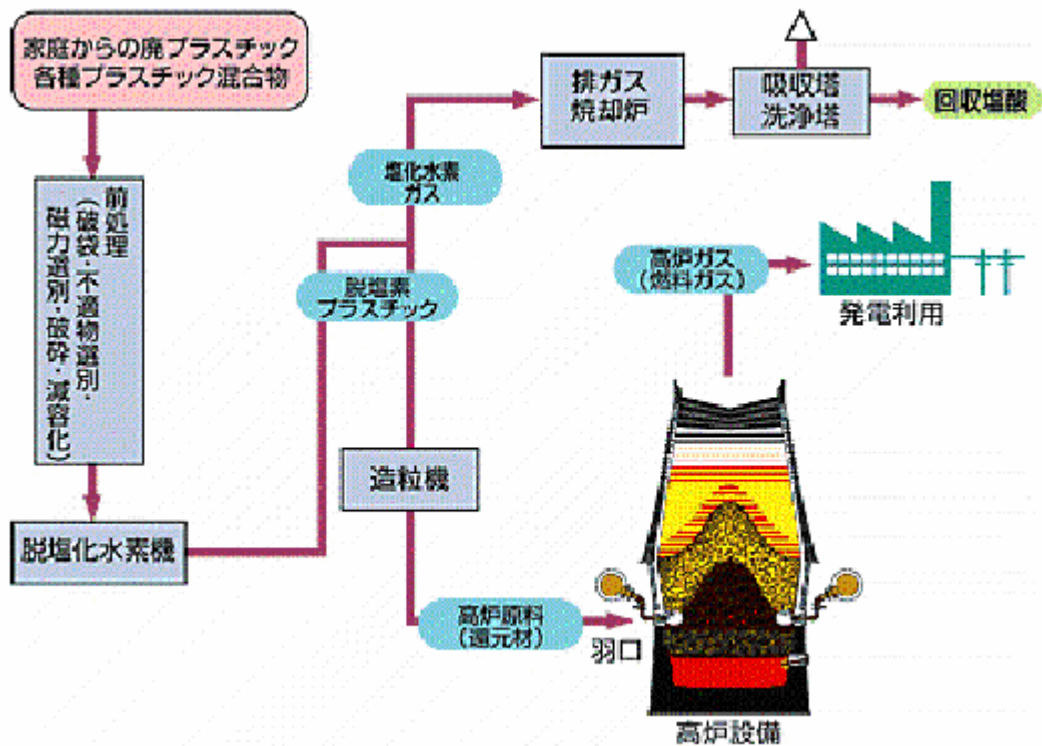


図 2.4.12 プラスチックのケミカルリサイクル工程例(高炉原料化)

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページより)

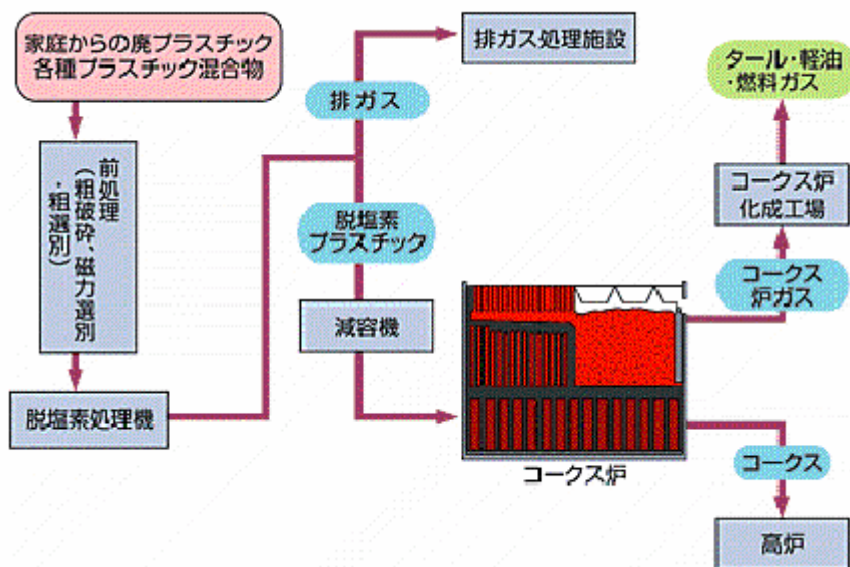


図 2.4.13 プラスチックのケミカルリサイクル工程例(コークス炉)

(『独立行政法人工業所有権情報・研修館』ホームページより)

サーマルリサイクル施設

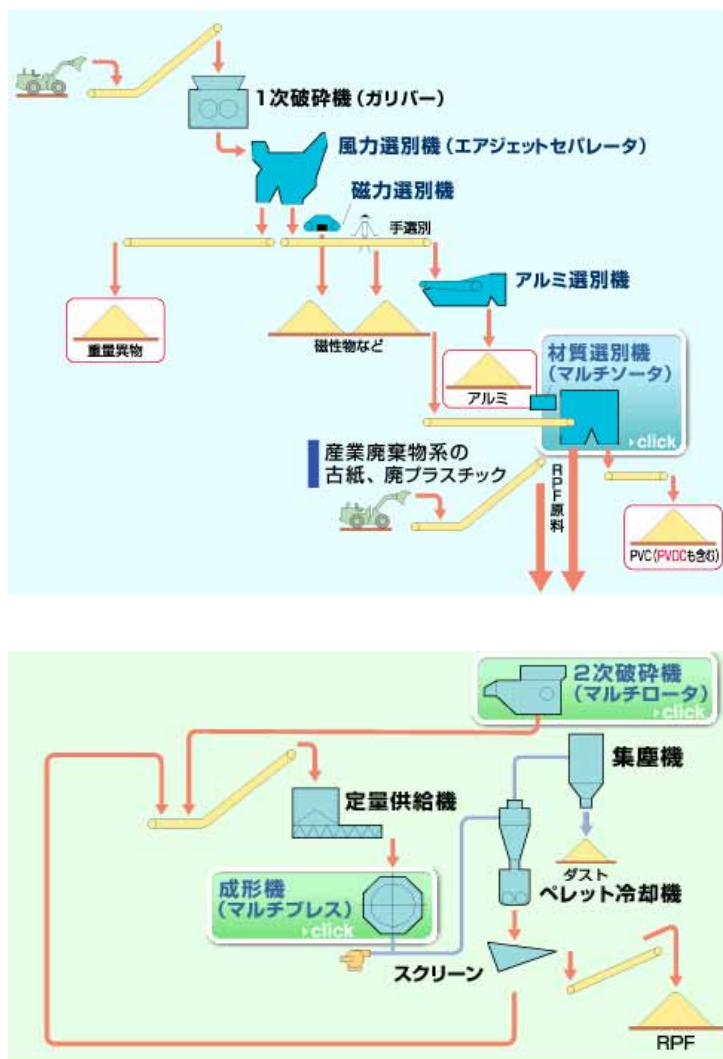


図 2.4.14 プラスチックのサーマルリサイクル工程例 (RPF)

(『エコ・マイニング』ホームページより)

2.4.2.3 各種プラスチック系建材廃棄物の処理に関する今後の課題

塩化ビニルの素材は断熱性、気密性、遮音性において高い性能を有することから、資源として大変、有効なものである。

プラスチックの再資源化に関しては近年、様々な技術がでてきているところであるが、一番の課題は塩ビ系プラスチックの再資源化技術、及び市場の流れが確立していないのが現状である。いくら前処理段階で適正処理をしても、それを受け入れるリサイクル市場がないと、循環型社会としての機能は果たせない。

最後になるが、各段階でリサイクルを阻害する要因、再資源化のための配慮事項、今後の改善点に関して以下に示す。

建材製造段階・・・複合材に関しては、可能な限り各品目に分別しやすいように製造し、解体時の分別を容易にするようにする。また素材が明確にわかるように標記する。

建設段階・・・・・・・・モルタル・コーキング等が付着しないよう、乾式納まり等の技術検討。グリーン購入の実施。環境配慮施工業者、環境共生技術業者への発注、梱包材の削減。

解体段階・・・・・・・・汚れが付着しないように、かつ他品目が混入しないように分別解体の徹底を図る。分別解体のマニュアルを作成し、建築解体業者に対する説明が必要である。さらに廃材を処理するために、収集運搬費用、および再生処理に費用が発生するため、発生費用を明確に理解させる必要がある。

中間処理段階・・・・・・・・塩ビ回収技術開発。塩ビ樹脂粉碎、機械選別技術の向上、異物除去装置の技術開発。

図 2.4.15 に、高俊興業(株)における中間処理場からの処理フローを示す。

廃プラスチック類における中間処理場からの処理フロー図



図 2.4.15 中間処理場からの処理フロー (高俊興業(株))

2.5 塩ビ系壁紙の再生利用に関する実験的研究

2.5.1 概要

パルプ分と塩ビ分の複合プラスチック建材である塩ビ系壁紙を、破碎・微粉化することでパルプ分と塩ビ分を分離し、回収された塩ビ分を再生樹脂シートの再生原材料として使用した場合に、再生樹脂シートの基礎物性に与える影響について検討を行う。

2.5.2 使用材料

(1) 廃塩ビ系床材

建築現場から回収された、使用済みの JIS A 5705「ビニル系床材」に規定されている長尺シート（発泡層を含まない）および JIS L 4406「タイルカーペット」に規定されているタイルカーペットの2種類の廃床材を用いた。これら廃床材は夾雑物を除去した後に、約 500 μ m に粉体化（以下、塩化ビニルコンパウンドとする）し、再生原材料とした。

(2) 廃塩ビ系壁紙

建築現場から回収された、使用済みの JIS A 6921「壁紙」に規定されている塩ビ系壁紙を用いた。回収された、破碎機により破碎した後に風力分級器によって、パルプ分、2.0mm 以上、0.5mm ~ 2.0mm、0.5mm 以下に分級を行い、0.5mm ~ 2.0mm の粉碎物および 0.5mm 以下の粉碎物を再生原材料として用いた。写真 2.5.1 ~ 4 に壁紙の粉碎物を、写真 2.5.5 ~ 12 に各粉碎物の電子顕微鏡による撮影画像を示す。

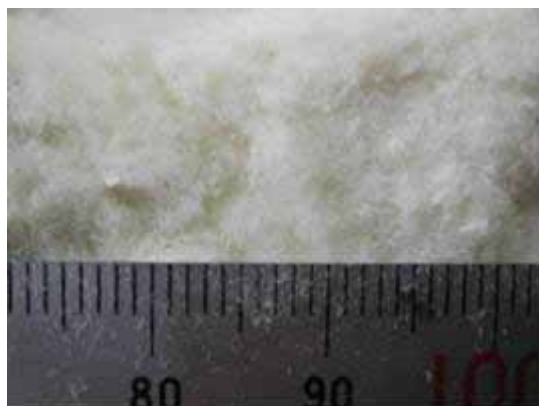


写真 2.5.1 パルプ分



写真 2.5.2 0.5mm 以下粉碎物



写真 2.5.3 0.5~2.0mm 粉碎物



写真 2.5.4 2.0mm 以上粉碎物

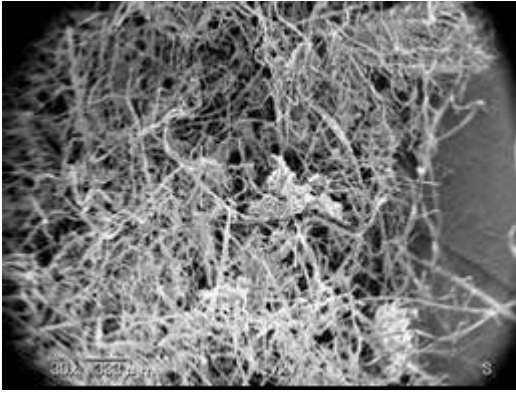


写真 2.5.5 パルプ分(30倍)

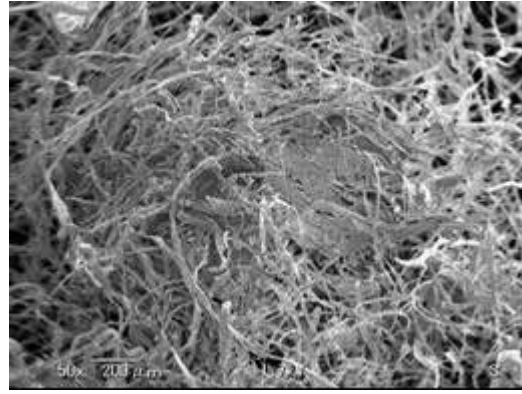


写真 2.5.6 パルプ分(50倍)

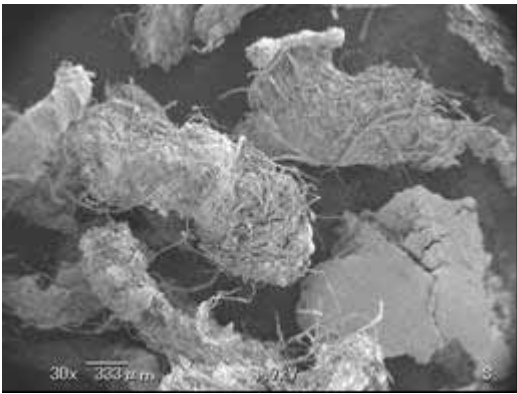


写真 2.5.7 0.5mm 以下(30倍)

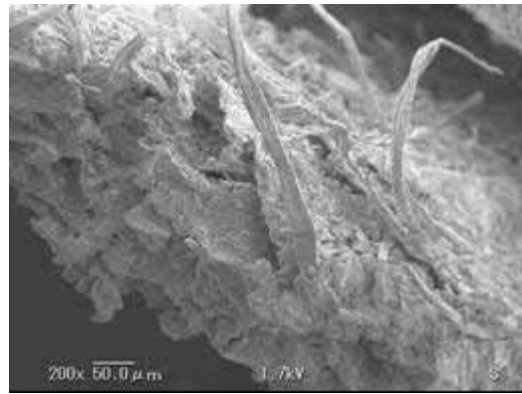


写真 2.5.8 0.5mm 以下(100倍)

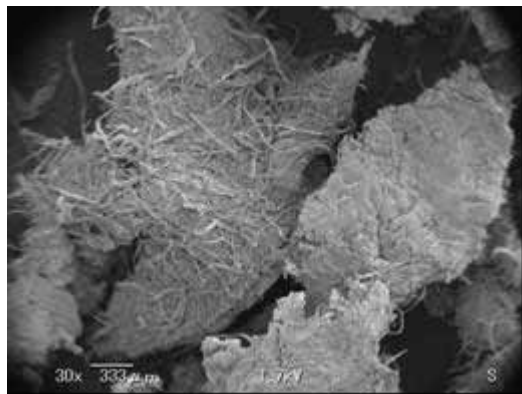


写真 2.5.9 0.5 ~ 2.0mm(30倍)

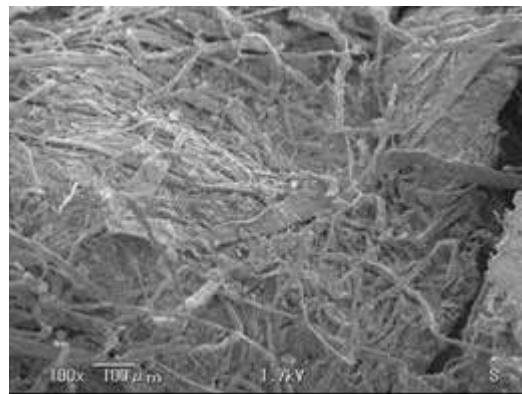


写真 2.5.10 0.5 ~ 2.0mm(100倍)



写真 2.5.11 2.0mm 以上(30倍)

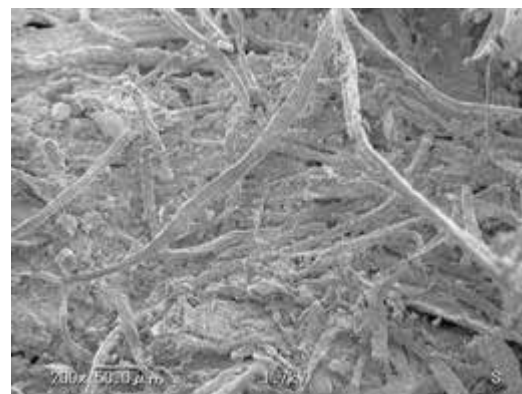


写真 2.5.12 2.0mm 以上(70倍)

2.5.3 シート製造方法

各試料の合計量は 1～1.5kg とし，各再生原材料をよく攪拌した後，135～140 度に設定したミキシングロールに投入して練混ぜ，最後に 150 に設定したカレンダーロール装置に通して厚さ 1.5mm の再生樹脂シートを作製した。なお，ミキシングロールの設定温度は，塩ビ系床材と塩ビ系壁紙の塩ビ分の熔融温度が異なるため，練混ぜる試料によって若干だが設定温度を変えた。写真 2.5.13 にカレンダーロール装置を，写真 2.5.14 に成形風景を示す。



写真 2.5.13 カレンダーロール装置外観



写真 2.5.14 成形風景

2.5.4 試験体概略

廃壁紙の粒径（0.5～2.0mm，0.5mm 以下）およびカーペットタイル，長尺シートおよび廃塩ビ系壁紙の配合割合を変動因子とし，合計 20 水準とした。表 2.5.1 に配合概略を示す。

表 2.5.1 配合概略

試験体名	配合割合(%)			
	壁紙		長尺シート	タイル カーペット
	0.5mm以下	0.5～2.0mm		
C100	-	-	-	100
C100-WPS10	10	-	-	90
C100-WPS20	20	-	-	80
C100-WPS30	30	-	-	70
C100-WPS50	50	-	-	50
C100-WPB10	-	10	-	90
C100-WPB20	-	20	-	80
C100-WPB30	-	30	-	70
C100-WPB50	-	50	-	50
SC70	-	-	30	70
SC70-WPS5	5	-	25	70
SC70-WPS10	10	-	20	70
SC70-WPS15	15	-	15	70
SC70-WPS20	20	-	10	70
SC70-WPB5	-	5	25	70
SC70-WPB10	-	10	20	70
SC70-WPB15	-	15	15	70
SC70-WPB20	-	20	10	70
S100	-	-	100	-
WPB100	-	100	-	-

2.5.5 試験項目

再生樹脂シートの基礎物性である寸法安定性および強度特性について試験を行った。表 2.5.2 に試験項目一覧を示す。

表 2.5.2 試験項目一覧

検討項目		試験方法
強度特性	引張強度	JIS K 6251「加硫ゴムの引張り試験方法」
	伸び率	JIS K 6251「加硫ゴムの引張り試験方法」
	引張残留ひずみ (引張疲労)	JIS 6270「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム - 引張疲労特性の求め方 - 定ひずみ法」を参考
寸法安定性	加熱減量率	JIS A 1454「高分子系張り床材試験方法」6.9 加熱減量率試験
	吸水率	JIS K 7209「プラスチック - 吸水率の求め方」A法
	加熱長さ変化率	JIS A 1454「高分子系張り床材試験方法」6.7 加熱長さ変化試験
	吸水長さ変化率	JIS A 1454「高分子系張り床材試験方法」6.8 吸水長さ変化試験
	へこみ量	JIS A 1454「高分子系張り床材試験方法」6.5 へこみ試験

2.5.6 試験方法

(1) 引張強度および伸び率

引張り強度および伸び率試験は、JIS K 6251「加硫ゴムの引張り試験方法」に準じて行った。試験片はダンベル1号形を使用し、試験は1水準につきY方向(ミキシングロールの練混ぜ方向)、X方向(ミキシングロールの練混ぜ方向に対して垂直方向)の2方向について、それぞれ3~5回行い、引張り強度はその平均値とした。また、伸び率の測定は、引張試験用の試験片の標線間(40mm)に印を記入し、試験片破断時の標線間距離を測定して行った。

(2) 引張疲労試験

JIS K 6270「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム - 引張疲労特性の求め方 - 定ひずみ法」を参考にして行った。試験片に繰り返し一定振幅の引張変形を与えることで、試験片に引張疲労⁽¹⁾を与え、それにより生じる残留ひずみを測定した。測定は万能引張試験機を用いて、試験片はダンベル型1号試験片を用い1水準につき2~3回測定を行った。

試験は、引張速度1000mm/分、試験ひずみ(振幅幅)は伸び試験によって測定した各試験体の伸び率の50%として1000サイクル行い、本実験では1000サイクルまでの各サイクルの残留ひずみ値の平均値を残留ひずみ率とした。以下に算出式を示す。

$$R_C = \sum \frac{(\Delta L_n - \Delta L_1)}{GL} \times 100$$

R_C : 残留ひずみ率(%)

ΔL_n : n サイクル目の初荷重点までの距離 (mm)

ΔL_1 : 1 サイクル目の初荷重点までの距離 (mm)

GL : 初期試料長 (mm)

(3) 加熱減量試験

JIS A 1454 6.9 に準じて行った。試験片は100mm×100mmとし、温度 20 ± 2、湿度 65% ±

10%の室内に1時間静置した後、質量を測定し、温度 100 ± 3 のオープン内に入れる。6時間後にオープンから取り出し、室内に1時間静置した後、再び質量を測定した。

(4) 吸水率試験

JIS K 7209「プラスチック - 吸水率の求め方」A法に準じて行った。試験片は $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ とし、1水準につき3個用い、 50 ± 2 に調節したオープンで24時間乾燥させる。次に、室温まで冷却した後、質量を 0.1mg まで測り 23 ± 2 の水中に24時間浸漬する。その後、試験片を水中から取り出し、表面の水分を乾いた布で全てふき取り、水から取り出して1分以内に再度質量を測定した。

(5) 加熱による長さ変化試験

JIS A 1454 6.7 に準じて行った。試験片は $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ とし、温度 20 ± 2 、湿度 $65\% \pm 10\%$ の室内に12時間静置した後、図1に示す通りにX、Y両方向それぞれ3箇所の長さを測定し、温度 80 ± 3 のオープン内に入れた。6時間後にオープンから取り出し、室内に1時間静置した後、再び長さを測定した。

(6) 吸水による長さ変化試験

JIS A 1454 6.8 に準じて行った。試験片は $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ とし、温度 20 ± 2 、湿度 $65\% \pm 10\%$ の室内に12時間静置した後、図 2.5.1 に示す通りにX、Y両方向それぞれ3箇所の長さを測定し、温度 20 ± 2 の水槽中に静置する。120時間後に水槽中から取り出し、直ちに再び長さを測定した。

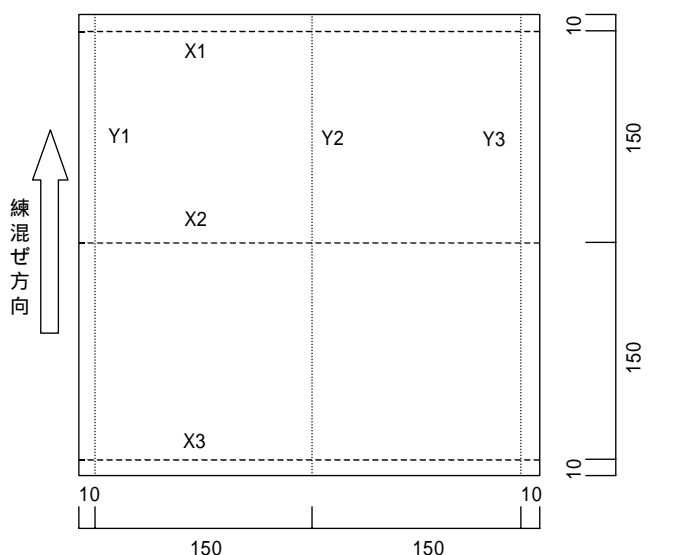


図 2.5.1 長さ変化測定位置

(7) ヘこみ試験

JIS A 1454「高分子系張り床材試験方法」6.5ヘこみ試験に準じて行った。試験片は $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ とし、試験前に試験台の上に測定面を上にして温度 20 ± 1 の試験室内で15分間水平な状態で静置しておく。ヘこみ量は、先端が直径 6.35mm の半球状の鋼棒で 9N の荷重を1分間加えた

時のへこみ量とし、変位計を用いて測定した。

2.5.7 試験結果

(1) 電顕観察

写真 2.5.15～24 に電子顕微鏡によるシート断面の撮影画像を示す。

WPS 置換については、置換率の増加に伴いパルプ分の混入量が増えているのが確認できる。また、パルプ繊維どうしはからみあわず、バラけてシート内に混入している。WPB 置換については、WPS 置換同様に置換率の増加に伴いパルプ分の混入量が増えているのが確認でき、また、パルプ繊維が固まって混入しており、パルプ繊維長も WPS 置換のものより全体的に長い。

なお、WPS と WPB のパルプ分含有量の違いによる、シート内への混入量の違いは目視では確認できなかった。

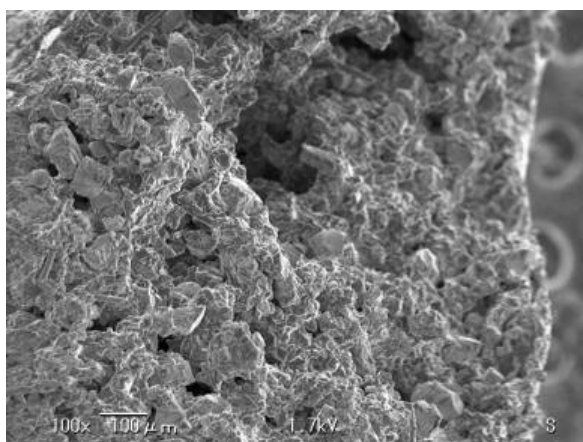


写真 2.5.15 C100(100倍)

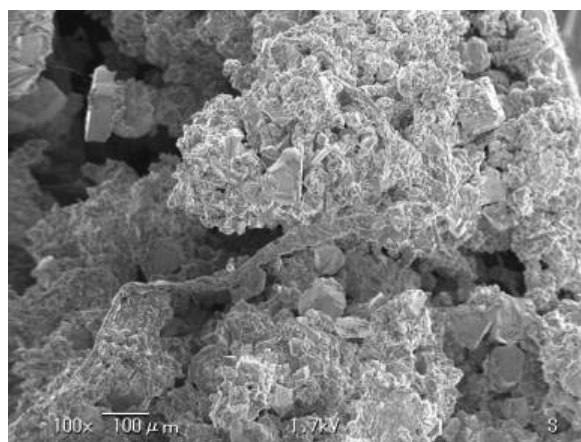


写真 2.5.16 C100-WPS10(100倍)

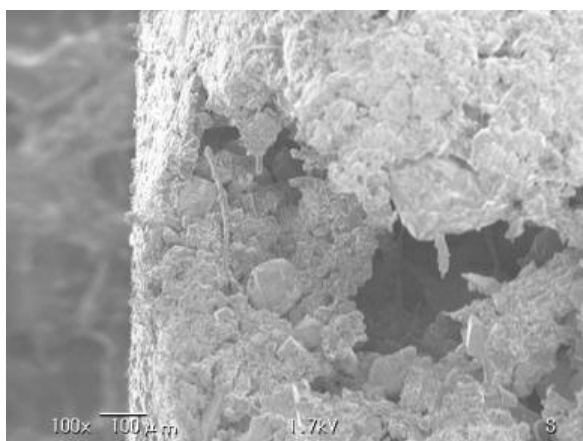


写真 2.5.17 C100-WPS20(100倍)

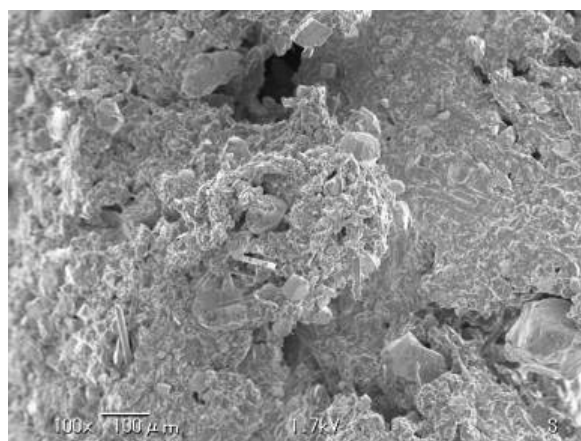


写真 2.5.18 C100-WPS30(100倍)

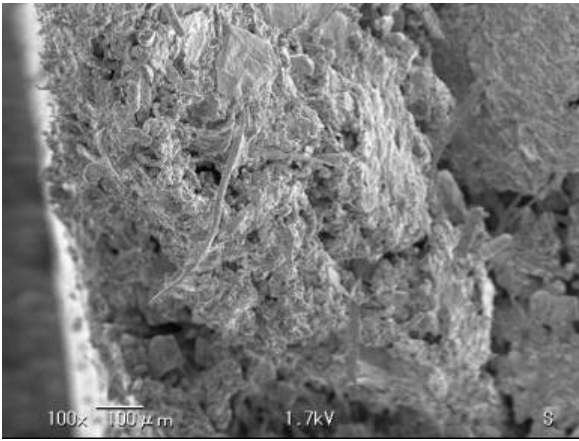


写真 2.5.19 C100-WPS50(100倍)

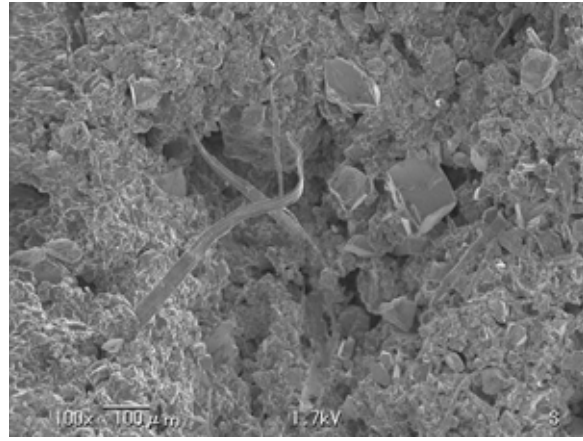


写真 2.5.20 C100-WPB10(100倍)

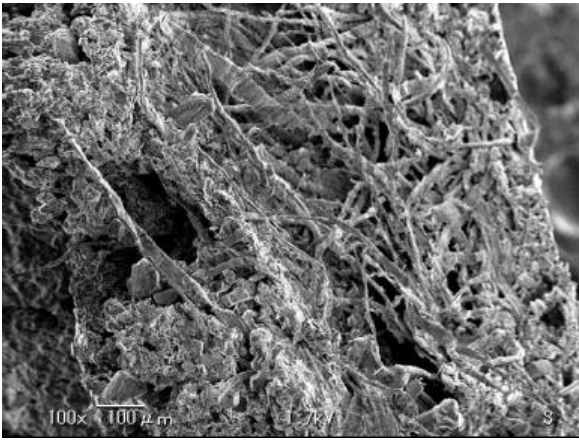


写真 2.5.21 C100-WP20(100倍)

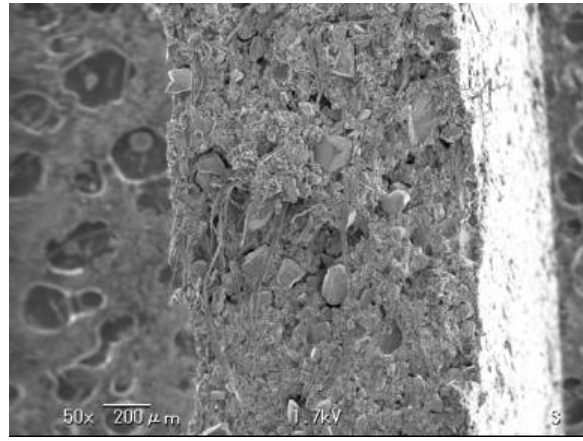


写真 2.5.22 C100-WPB30(50倍)

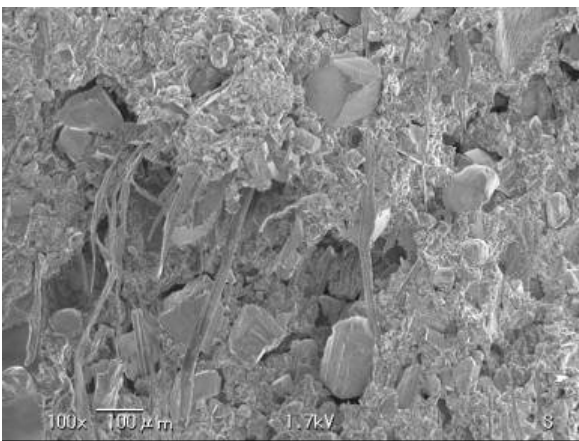


写真 2.5.23 C100-WP30(100倍)

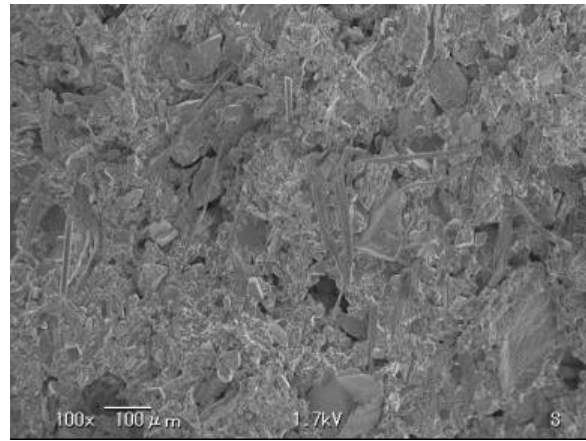


写真 2.5.24 C100-WPB50(50倍)

(2) 引張強度および伸び率

壁紙混入による影響

図 2.5.2, 2.5.3 に壁紙置換率と引張強度および伸び率の関係を示す。

図 2.5.2 より, C100 より壁紙 100%の方が引張強度は大きく, 伸び率は小さいため, 壁紙置換率の増加に伴い引張強度は増加し伸び率は低下し, 壁紙置換による影響が明確に確認できる。これは, 不純物として混入したパルプ分による繊維補強効果だと考えられる。また, 粒径による影響は, 壁紙置換率が同じ場合, WPB より WPS の方が引張強度, 伸び率ともに低いこと結果となった。

図 2.5.3 より, S100 より引張強度および伸び率ともに低い壁紙の置換率を増加させると, 引張強度および伸び率ともに低下し, 壁紙置換による影響が明確に確認できる。粒径による影響は, C100 と同様の傾向を示した。

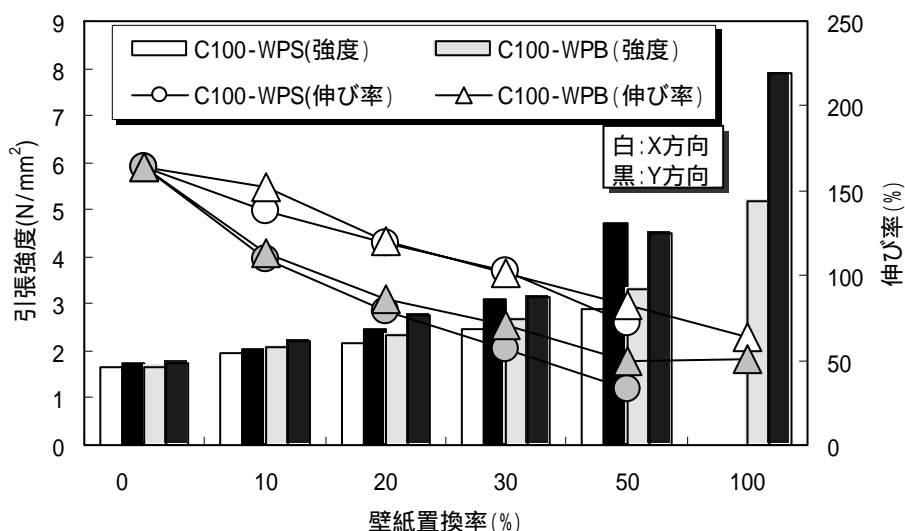


図 2.5.2 壁紙置換率と引張強度および伸び率の関係 (C100)

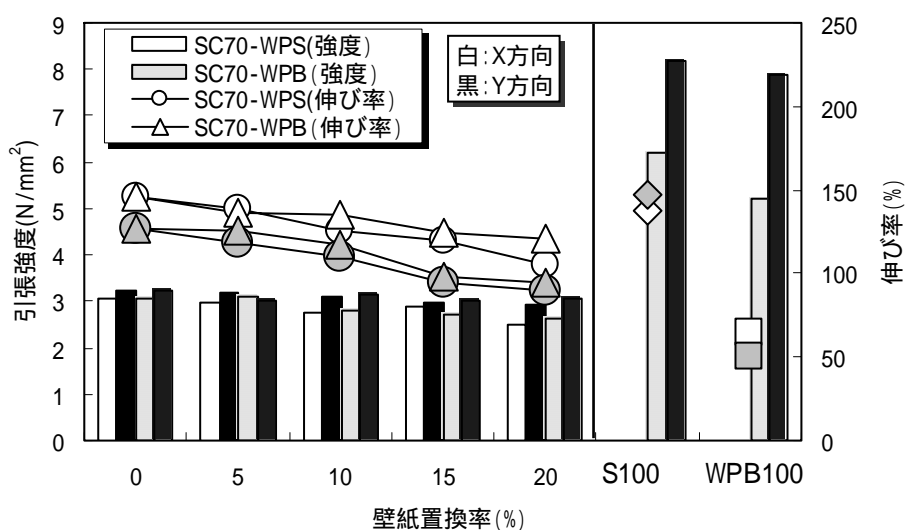


図 2.5.3 壁紙置換率と引張強度および伸び率の関係 (SC70)

パルプ分含有量の影響

図 2.5.4, 2.5.5 にパルプ分含有量と引張強度の関係を示す。

C100 に関しては, パルプ分含有量の増加に伴い引張強度は増加し, 直線近似した場合の相関係数は X 方向で 0.740, Y 方向で 0.846 となっている。なお, 図 2.5.2 では, 同置換率の場合, パルプ分含有量の多い WPS の方で引張強度が低くなっているのは, 粒径が小さいため WPB よりも練混ぜ時の加熱による影響を受けやすく, 強度低下をしたためと推測できる。また, SC70 についてもパルプ分含有量の増加に伴い引張強度は増加し, 直線近似した場合の相関係数は X 方向で 0.715, Y 方向で 0.849 となっている。

以上より, パルプ分の含有量の増加に伴い引張強度は増加し, 両者の間に相関性はあると言え, 不純物として混入したパルプ分は繊維混入と同様の効果をもたらすと予測できる。

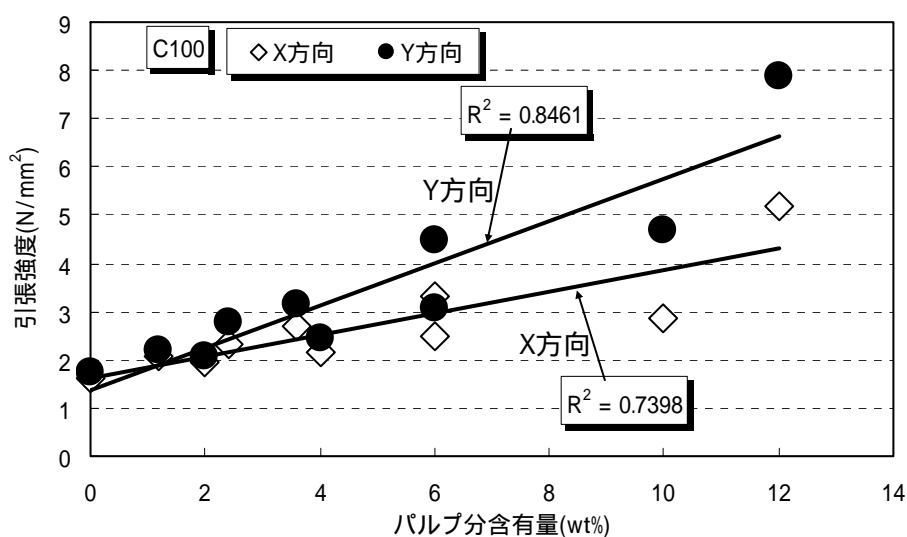


図 2.5.4 パルプ分含有量と引張強度の関係 (C100)

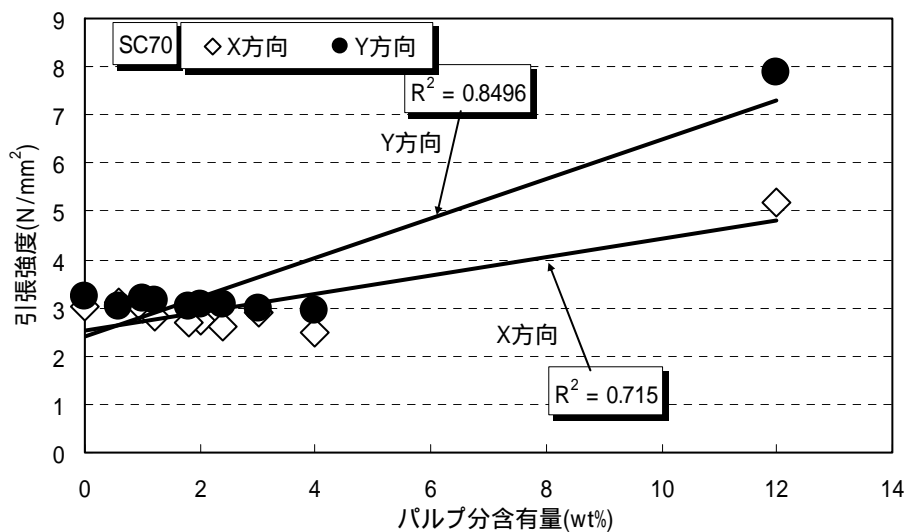


図 2.5.5 パルプ分含有量と引張強度の関係 (SC70)

(3) 残留ひずみ率

壁紙混入による影響

図 2.5.6, 2.5.7 に壁紙置換率と残留ひずみ率の関係を示す。なお、グラフ中の数値は、試験体の平均破断サイクル数で、無記入のものは 1000 サイクルまで破断をしなかったものである。

C100, SC70 とともに壁紙置換率の増加に伴い残留ひずみ率は低下している。粒径による影響は、WPSの方が残留ひずみ率は小さくなっている。また、特に C100 の WPS 置換については、壁紙置換率の増加に伴い破断サイクル数が減少する傾向が見られる。つまり、不純物であるパルプ分が混入することにより剛性は上がるが、脆性的な品質になると考えられる。

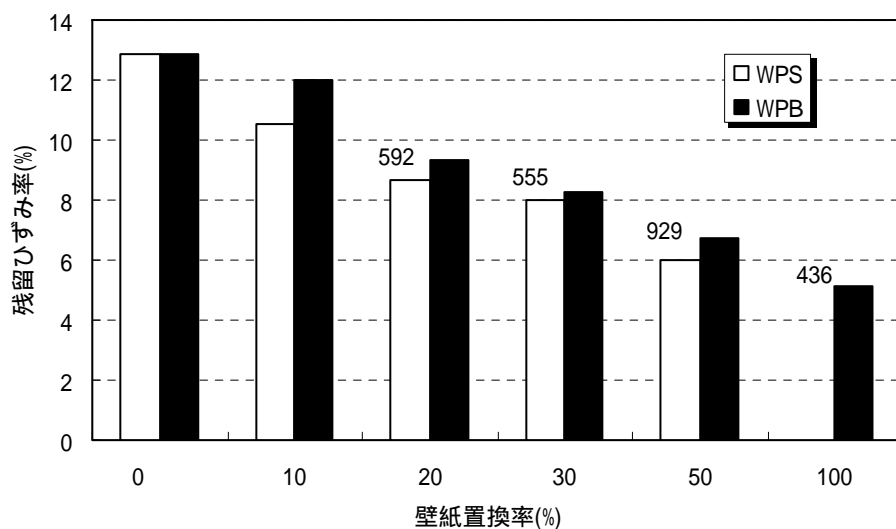


図 2.5.6 壁紙置換率と残留ひずみ率の関係 (C100)

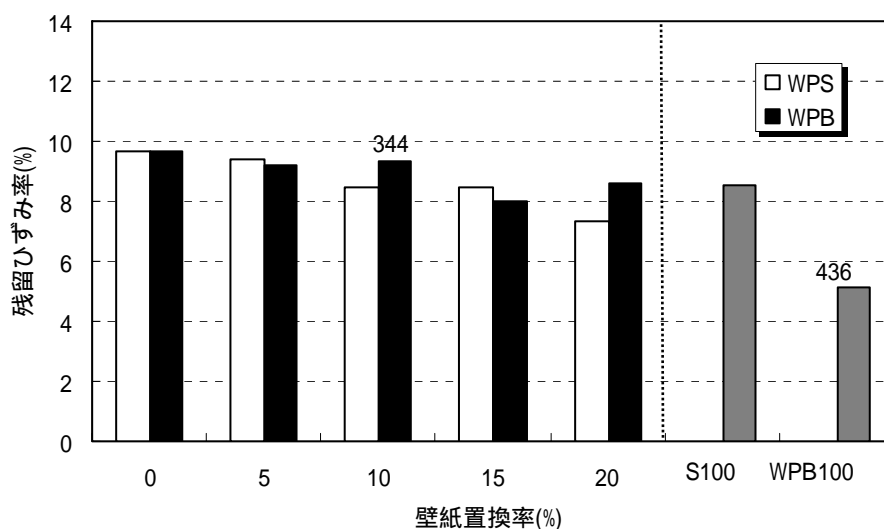


図 2.5.7 壁紙置換率と残留ひずみ率の関係 (SC70)

パルプ分含有量による影響

図 2.5.8 にパルプ分含有量と残留ひずみ率の関係を示す。

パルプ分含有量の増加に伴い残留ひずみ率は低下し、直線近似とした場合の相関係数は、C100 で 0.866 ,SC70 で 0.916 となり、パルプ分含有量と残留ひずみ率の間に高い相関性が確認できる。つまり、不純物として混入したパルプ分が繊維混入効果をもたらし、パルプ分含有率の増加に伴い剛性は上がると言える。しかし、パルプ分含有量が増加すると、柔軟性は低下し非常に脆性的な性質になる。

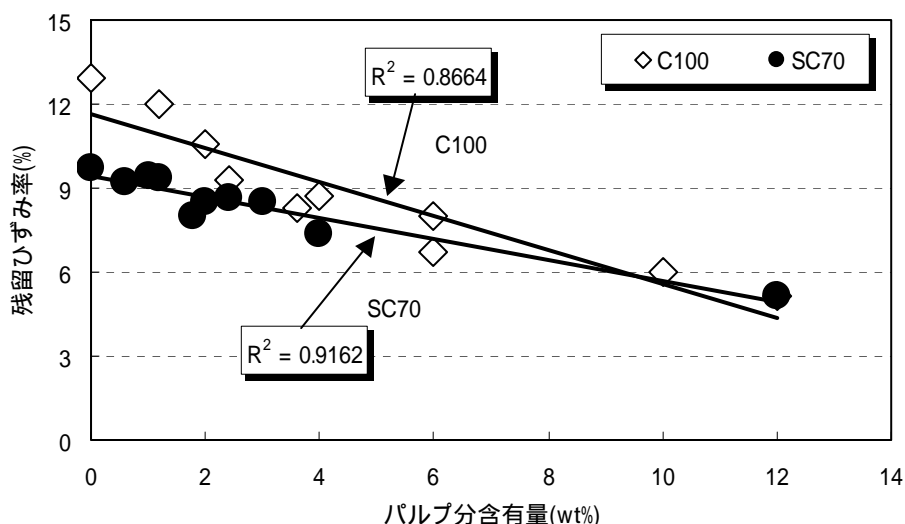


図 2.5.8 パルプ分含有量と残留ひずみ率の関係

(4) 加熱減量率

図 2.5.9 2.5.10 に壁紙置換率と加熱減量率の関係を、図 2.5.11 にパルプ分含有量との関係を示す。

C100 については、壁紙置換率の増加に伴い加熱減量率は増加している。粒径による影響は、WPSの方が加熱減量率は大きくなっており、パルプ分の混入により加熱減量率は増加すると言える。これはパルプの基礎物性による影響で、塩ビ樹脂よりも熱的性質に弱いためと考えられる。

また、SC70 については、壁紙置換による影響は特に見られない。これは、壁紙 100% のものと壁紙を置換している S100 の加熱減量率の値がほぼ同じであるため、両者を置換で入れ替えても加熱減量率に影響を及ぼさなかったと思われる。

なお、JIS A 5705 「ビニル系床材」に規定されているホモジニアスタイルおよび発泡層を含まない単体の長尺シートの規定値 0.5% 以下を満たす結果となった。

また、パルプ分含有量による影響は、パルプ分含有量の増加に伴い、加熱減量率は増加し、直線近似とした場合の相関係数は、C100 で 0.984 ,SC70 で 0.870 となり、パルプ分含有量と加熱減量率の間に高い相関性が確認できる。また、本研究で作成した試験体では、全てホモジニアスタイルおよび長尺シートの JIS 規定値である 0.5% を満たしたが、パルプ分含有量は最大でも 12% であり、近似直線式より加熱減量率の JIS 規定値を満たすパルプ分含有量の許容値を算出すると、概ね重量比で 15% 程度であると言える。

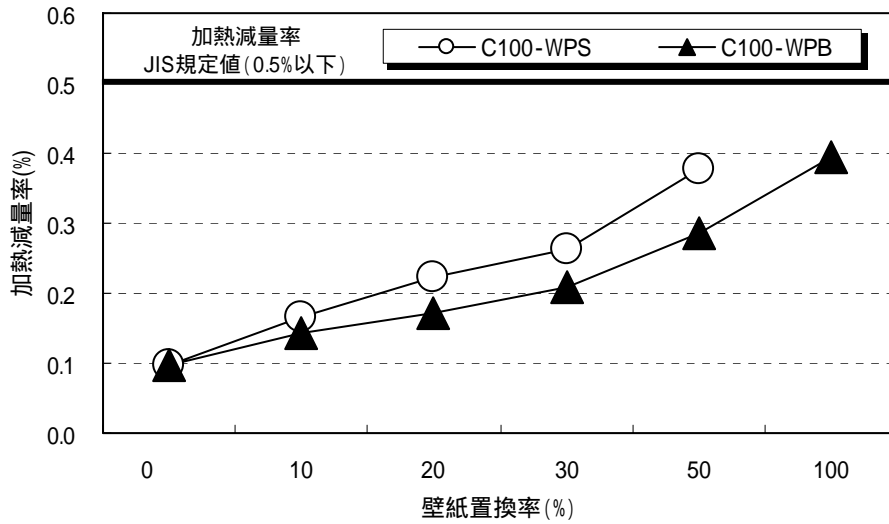


図 2.5.9 壁紙置換率と加熱減量率の関係 (C100)

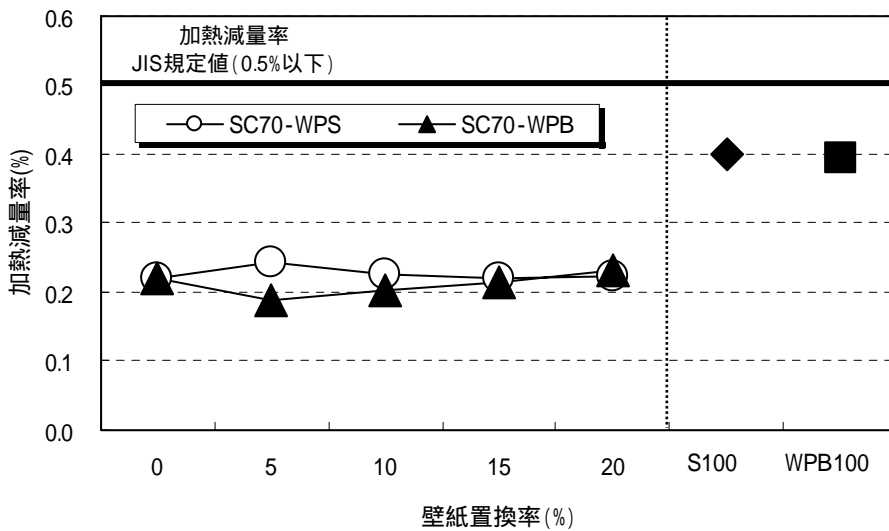


図 2.5.10 壁紙置換率と加熱減量率の関係 (SC70)

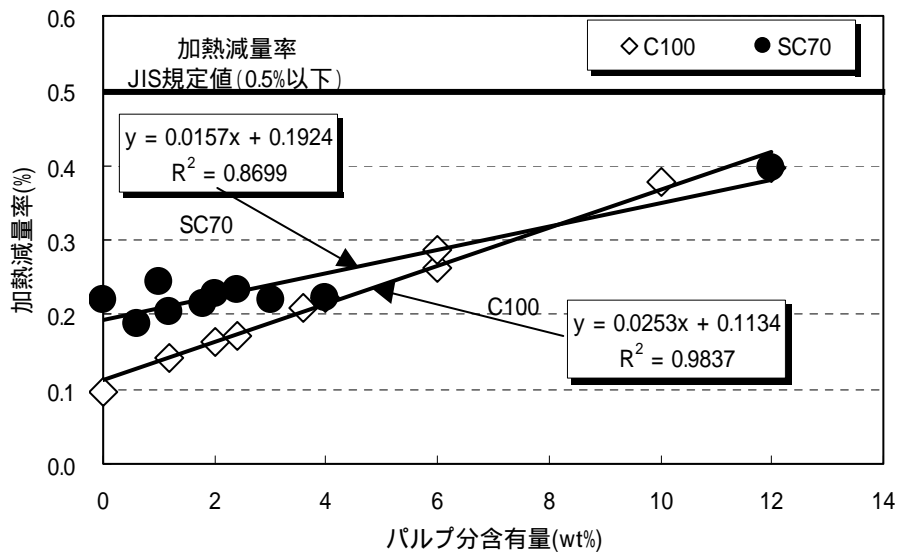


図 2.5.11 パルプ分含有量と加熱減量率の関係

(5) 吸水率

図 2.5.12 ,2.5.13 に壁紙置換率と吸水率の関係を ,図 2.5.14 にパルプ分含有量との関係を示す。

C100 については , 壁紙置換率の増加に伴い吸水率は増加している。粒径による影響は , WPSの方が吸水率は大きくなっており , パルプ分の混入により吸水率は増加すると言える。これはパルプの基礎物性自体の影響で , 塩ビ樹脂よりも吸水率が高いためであると考えられる。なお , SC70についても C100 と同様の傾向を示した。

また , パルプ分含有量による影響は , パルプ分含有量の増加に伴い吸水率は増加し , 直線近似とした場合の相関係数は , C100 で 0.909 , SC70 で 0.957 となり , パルプ分含有量と吸水率の間に高い相関性が確認できる。

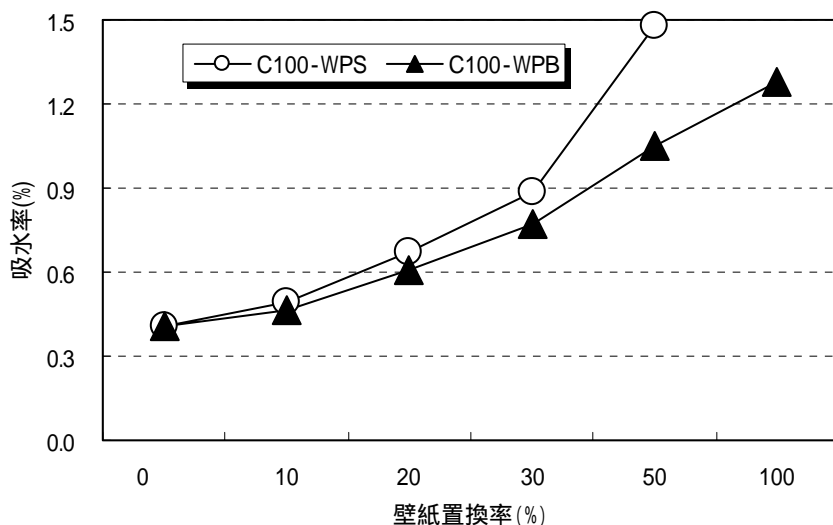


図 2.5.12 壁紙置換率と吸水率の関係 (C100)

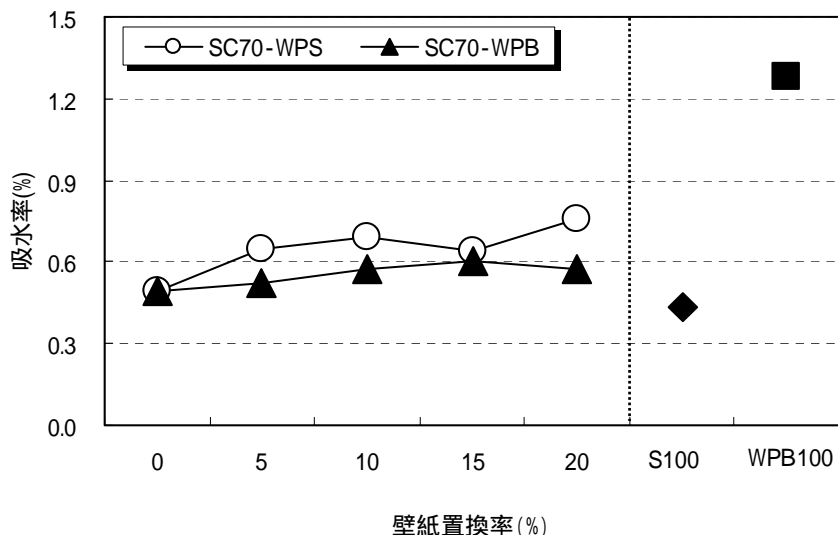


図 2.5.13 壁紙置換率と吸水率の関係 (SC70)

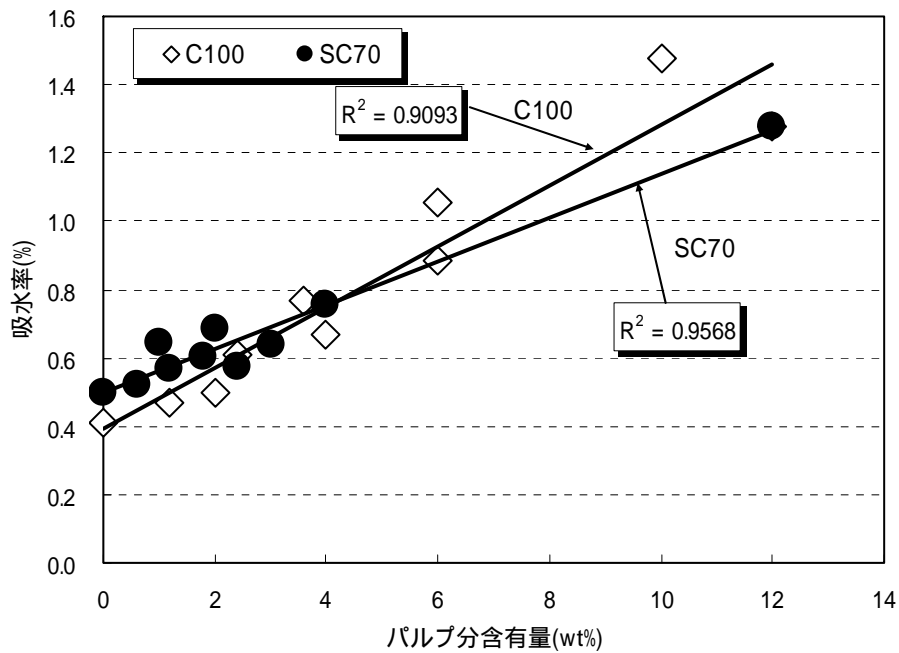


図 2.5.14 パルプ分含有量と吸水率の関係

(6) 加熱による長さ変化率

図 2.5.15, 2.5.16 に壁紙置換率と加熱による長さ変化率の関係を, 図 2.5.17, 2.5.18 にパルプ分含有量との関係を示す。

C100 については, 粒径によらず X 方向に関しては壁紙置換率の増加に伴い加熱による長さ変化率は増加し, WPB 置換よりも WPS 置換の方が変化率は大きくなった。Y 方向に関しては, WPS 置換では置換率の増加に伴い変化率は減少し, WPB 置換では壁紙置換による明確な影響は見られなかった。SC70 については, 粒径によらず X 方向に関しては壁紙置換率 10% までは, 置換による影響はなく, 置換率 15% 以上で増加, 減少の変動をしたが壁紙置換による明確な影響は見られない。Y 方向に関しては, WPS 置換で置換率の増加に伴い若干変化率は減少したが, WPB 置換では壁紙置換による明確な影響は見られなかった。

なお, 一部の試験体を除いて, JIS A 5705 「ビニル系床材」に規定されているホモジニアスタイルの規定値 0.5% 以下は満たしており, 全試験体では長尺シートの規定値 2.0% 以下を満たす結果となった。

また, パルプ分含有量による影響は, パルプ分含有量の増加に伴い, X 方向に関しては変化率は増加し, Y 方向についてはパルプ分含有量 4% 以下では変化率は非常にバラつき, 全体としてもパルプ混入による大きな変化は見られない。また, 直線近似とした場合の相関係数よりも, C100X 方向で 0.815, C100Y 方向で 0.033, SC70X 方向で 0.341, SC70Y 方向で 0.005 となっており, パルプ分含有量の増加に伴い, X 方向では変化率は増加し, かつ両者の間に相関性もあり, Y 方向ではパルプ分の混入による影響はほぼない事が確認できる。

また, 本研究で作成した試験体では, 一部の試験体でホモジニアスタイルの JIS 規定値である 0.25% を満たさなかったが, これはパルプ混入による影響ではないと考えられる。よって, 近似

直線式よりホモジニアスタイルの加熱による長さ変化率の JIS 規定値を満たすパルプ分含有量の許容値を算出すると、概ね重量比で 13%程度であると言える。

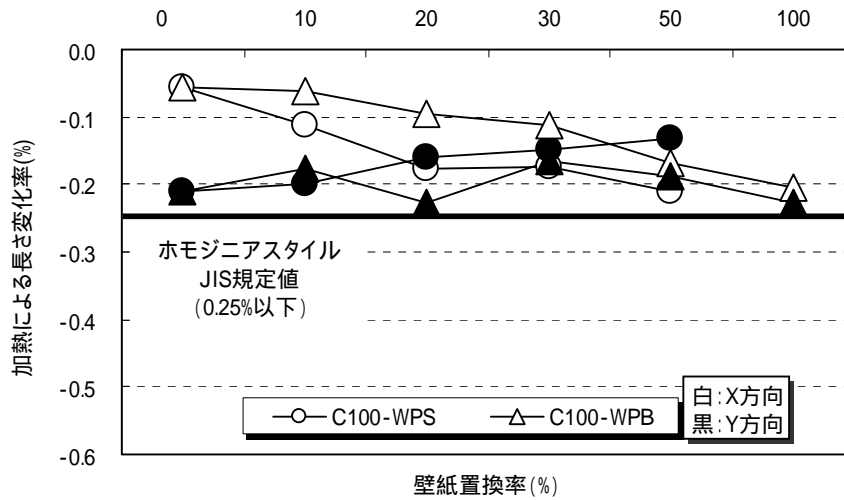


図 2.5.15 壁紙置換率と加熱による長さ変化率の関係 (C100)

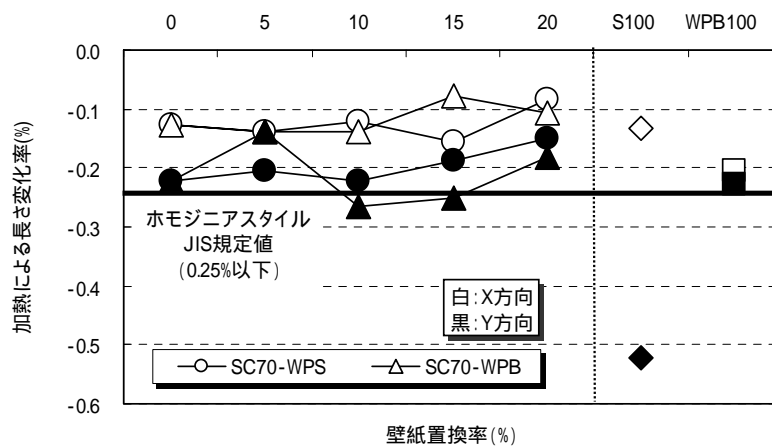


図 2.5.16 壁紙置換率と加熱による長さ変化率の関係 (SC70)

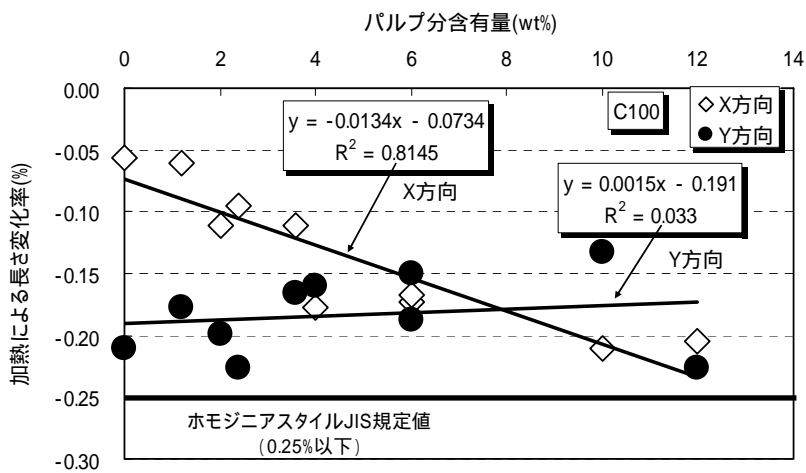


図 2.5.17 パルプ分含有量と加熱による長さ変化率の関係 (C100)

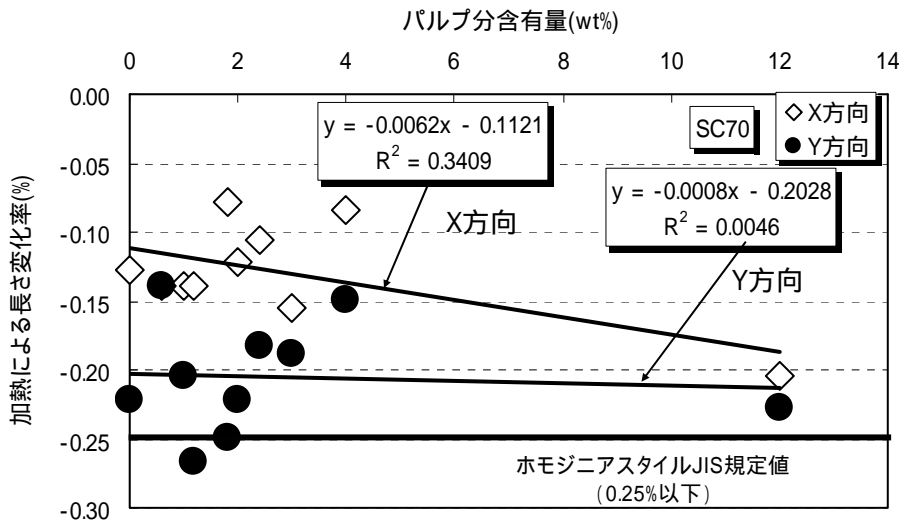


図 2.5.18 パルプ分含有量と加熱による長さ変化率の関係 (SC70)

(7) 吸水による長さ変化率の関係

図 2.5.19, 2.5.20 に壁紙置換率と吸水による長さ変化率の関係を, 図 2.5.21, 2.5.22 にパルプ分含有量との関係を示す。

C100 および SC70 とともに, 壁紙置換率の増加に伴い, X 方向については変化率は増加し, Y 方向については壁紙置換による大きな影響は見られなかった。また粒径による影響は, WPS の方が変化率が大きくなっており, パルプ分の混入が吸水による長さ変化率に大きく影響を与えていると考えられる。

また, パルプ分含有量による影響は, パルプ分含有量の増加に伴い, X 方向に関しては変化率は増加している。Y 方向に関しては, C100 ではパルプ分混入による影響は見られず, SC70 についてはパルプ分含有量の増加に伴い, 若干だが変化率は増加している。直線近似とした場合の相関係数も, C100X 方向で 0.818, C100Y 方向で 0.038, SC70X 方向で 0.949, SC70Y 方向で 0.475 となっており, パルプ分含有量の増加に伴い X 方向では変化率は増加し, かつ両者の間に相関性もあり, Y 方向ではパルプ分の混入による影響はほぼない事が確認できる。

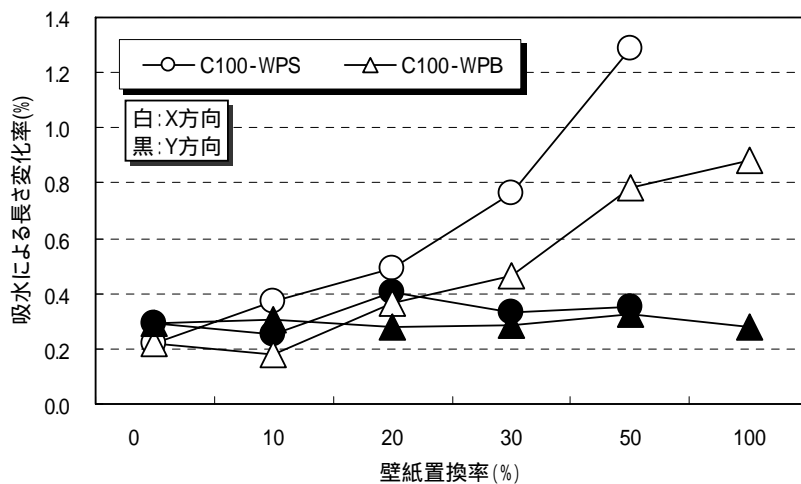


図 2.5.19 壁紙置換率と吸水による長さ変化率の関係 (C100)

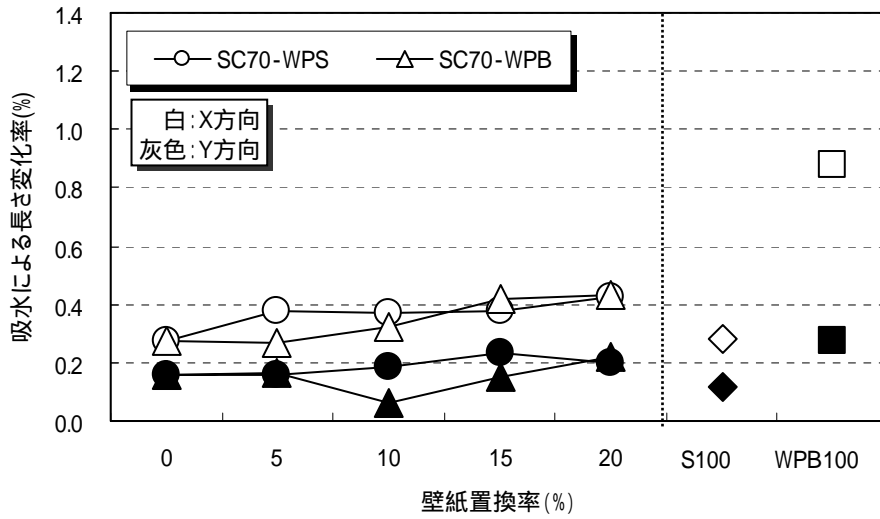


図 2.5.20 壁紙置換率と吸水による長さ変化率の関係 (SC70)

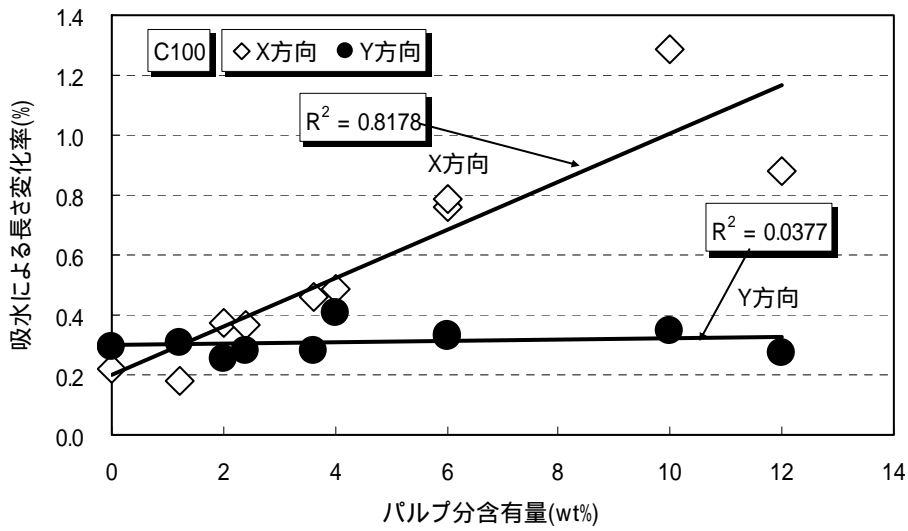


図 2.5.21 パルプ分含有量と吸水による長さ変化率の関係 (C100)

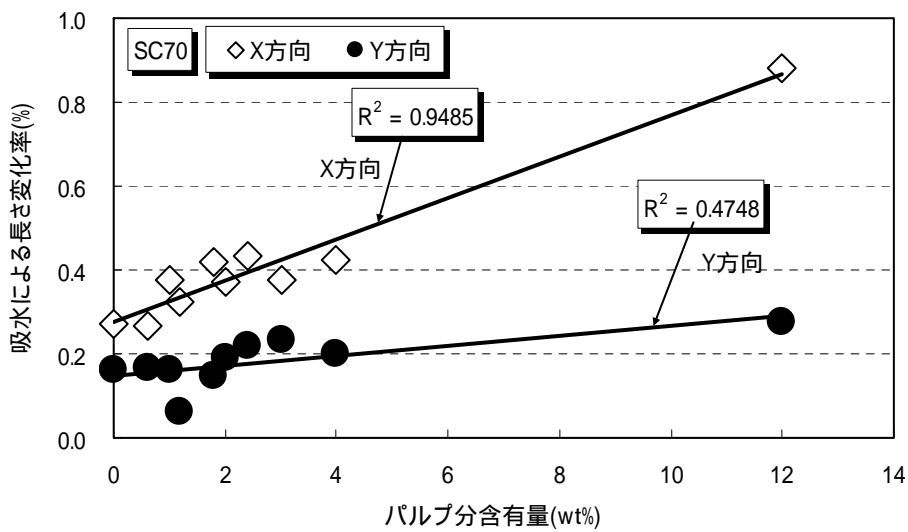


図 2.5.22 パルプ分含有量と吸水による長さ変化率の関係 (SC70)

(8) へこみ量

図 2.5.23 ,2.5.24 に壁紙置換率とへこみ量の関係を, 図 2.5.25 にパルプ分含有量の関係を示す。

C100 については, WPB100 と C100 のへこみ量がほぼ同等であるため, 壁紙置換による影響は特に見られなかった。なお, 粒径による明確な影響も確認できなかった。SC70 については, 壁紙置換率の増加に伴いへこみ量は減少し, 粒径による影響は, 置換率 5, 10% で WPS 置換の方がへこみ量は大きくなっているが, 明確な影響は確認できなかった。

なお, WPS 置換率 50% および WPB100 で大幅に JIS A 5705 「ビニル系床材」に規定されているホモジニアスタイルの規定値を下回ったのを除けば, その他の試験体では規定値を満たしている。また, 長尺シートの規定値を満たしているものは, SC70 の WPS 置換および SC70 の WPB 置換率 10% 以下となっている。

また, パルプ分含有量による影響は, パルプ分含有量の増加に伴いへこみ量が減少している。直線近似とした場合の相関係数は, C100 で 0.169, SC70 で 0.584 となっている。しかし, C100 については, 近似直線から大きく外れている 1 点を除けば, 相関係数は 0.653 となる。よって, へこみ量はパルプ分含有量の増加に伴い減少し, 両者の間に相関関係はあると言える。なお, 近似直線式よりホモジニアスタイルのへこみ量の JIS 規定値を満たすパルプ分含有量の許容値を算出すると, 概ね重量比で 8% 程度であると言える。

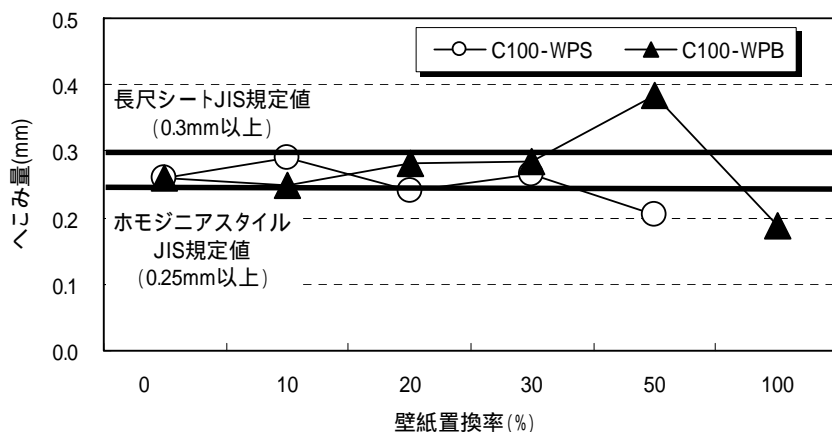


図 2.5.23 壁紙置換率とへこみ量の関係 (SC100)

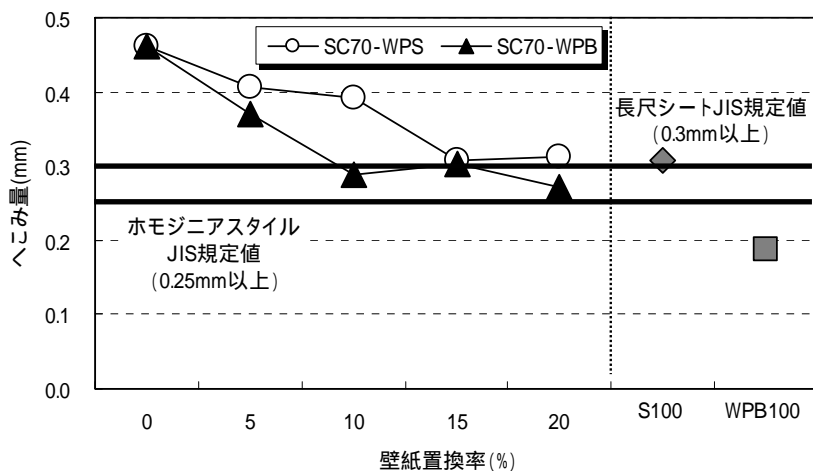


図 2.5.24 壁紙置換率とへこみ量の関係 (SC70)

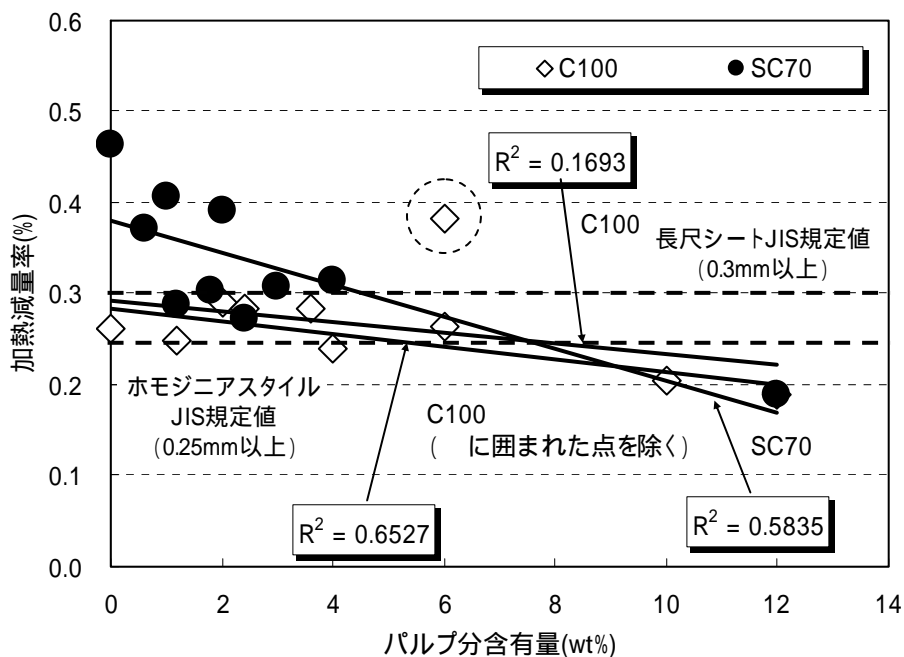


図 2.5.25 パルプ分含有量とへこみ量の関係

(9) パルプ分混入による評価

表 2.5.3 に各試験のパルプ分混入許容量を示す。

各試験結果より、パルプ分が再生樹脂シートに混入することで、剛性は上がるが脆性的になり、寸法安定性は低下する事が確認できた。これは、前項での廃繊維を混入した再生樹脂シートと同様の傾向を示しており、不純物として混入したパルプ分が繊維としての役割を果たしていると言える。また、JIS A 5705 「ビニル系床材」に規定されている各規定を満足するパルプ分の混入量の許容値は、再生樹脂シートの元となる廃床材の基礎物性および配合によって異なるが、廃タイルカーペット 100%を基準とすれば、再生原材料の重量で約 8%程度であると言える。

表 2.5.3 パルプ分混入許容量 (重量比)

	規定項目		
	加熱減量率	加熱による長さ変化率	へこみ量
パルプ分混入許容量 (wt%)	15	13	8

* : C100 を基準とした場合

3．木質系建材の再資源化

3．1 はじめに

3．2 木質系廃材の破碎・解織技術の調査

3．3 木質系廃材のコンクリート用型枠パネルへの適用に関する調査

3．4 まとめ

3 . 木質系建材の再資源化

3 . 1 はじめに

本調査は、平成13年度から平成16年度まで継続テーマとして実施したもので、下記の2項目を対象に調査実験を行った。

(1) 木質系廃材の破碎・解繊技術の調査(平成13年度から15年度までの3ヵ年)

「木質系廃材の破碎・解繊技術の調査」では、マテリアルリサイクルの対象物質をMDFとして進めてきた。MDF(Medium Density Fiberboard:中質繊維板)は繊維化したファイバーを接着剤で熱圧縮した木質ボードであるため、再利用において破碎が困難であり、リサイクル原料としては十分活用されていなかった。

平成13年度の調査では、MDFメーカー3社から入手したMDFを使用し、一次破碎及び乾式法での二次破碎を実施、得られた繊維を使用して再生MDFを作製した。更にこの繊維を表層用原料として三層構造の再生パーティクルボードを作製し、MDFとあわせて物性評価を行った。

平成14年度は、二次破碎で得られる繊維に関して長さの長い繊維を取得し、曲げ強さの高い再生MDFを製造することを目的とする調査を行った。

平成15年度は、木材加工関連以外の用途で使用されている破碎機械を用いて木質系廃材の破碎・解線に応用すること、とりわけ解繊技術に焦点を当てて調査検討を行った。

平成16年度は、これまで3年間にわたって調査した内容の取り纏めを行い、解繊装置に関連した機器開発を念頭に置いて今後の検討課題等を示すこととした。

(2) 木質系廃材及び廃プラスチックを原料としたコンクリート用型枠パネルの開発

(平成14年度から16年度までの3ヵ年)

「木質系廃材及び廃プラスチックを原料としたコンクリート用型枠パネルの開発」では、木質系廃材の処理は世界的にサーマルの動きが見られるが、持続可能な資源の有効利用を図るために出来るだけマテリアルリサイクルを推進することが望ましいとの観点から、木質系廃材と廃プラスチックを混合使用したコンクリート用型枠パネルの開発に取り組んだものである。

平成16年度は、調査研究の最終年度ということから、これまで実施した実験検討を整理し、一連の検討内容としてまとめるとともに補足の検討・実験を行った。

3.2 木質系廃材の破碎・解繊技術の調査

3.2.1 昨年度までの研究調査概要と本年度の進め方

本研究では、木質系材料のマテリアルリサイクル利用に関して、平成13年度から平成15年度までの3年間、木質系廃材を原料としたリサイクルに関する試験を実施した。

各年度において、試験研究に関する目的を設定し、リサイクル製品（再生ボード）作製、物性評価等の試験を実験室レベル及び生産現場レベルで実施した。更に、得られた結果を基に課題を抽出し、次年度以降の研究対象を検討する方法とした。

一連の試験により、対象とする材料、機械技術、マテリアルリサイクル製品等木質系廃材の破碎・解繊技術の調査研究に一定の成果が見られた。

本年度は、3年間の試験の総括として、これまでの試験内容を比較、整理し、実験から得られた成果を改めて評価にすると共に、今後の課題を再考し、更なる検討課題を明らかにする事を目的とした。

3.2.2 各年度での実験目的

平成13年度は、研究の初年度として、研究対象の設定から開始した。前年度までの予備調査で、木質系廃材の中で最も再資源化が困難との結果を得たMDF（中質繊維板：Medium Density Fiberboard）を平成13年度の再資源化調査研究の原料として使用する事とした。木質ボードにおいて、パーティクルボードは商業生産上でも再資源化の実績があるが、MDFでは十分検討されていない点が多い。従って、MDFの再資源化は、木質ボード全体からしても期待される場所である。一連の研究の初年度でもある事から、MDFの一次破碎、二次破碎等破碎方法、実験室レベルで製板後に得られた再生ボードの物性調査に焦点を当て、試験を行った。

平成14年度は、前年度の結果を踏まえ、再生ボードとりわけ再生MDFの品質向上の可能性に焦点を当てた試験を実施した。再生MDFの物性を上げるため、二次破碎において繊維長の長い繊維が取得できる解繊手法を検討し、得られた繊維を用いて作製した再生MDFの物性評価を行った。更に、再生製品の用途開発の一例として、断熱材への利用を検討した。

平成15年度は、二次破碎機での繊維取得時の生産性向上に焦点を当てた試験を行った、前年度までの試験で、MDFを木材加工関連の二次破碎装置で解繊、再生MDFを作製する方法に関しては、一応の結論が得られたと考えたため、木材加工関連以外に用いられる二次破碎機を検討した。更に、MDF以外の破碎原料として、住宅解体材、木材チップを使用し、再生MDF、断熱材を同様に作製、評価を行う事を目的とした。

3.2.3 各年度での試験方法

3.2.3.1 原料

一連の試験において再生ボード作製のために使用した原料を表3.2.1に示す。

表 3.2.1 再生ボード作製原料

試験年度	種別	NO	供給先	密度(g/cm ³)	品目
平成13年度	MDF	1	A社	0.67	ラワン系18mm厚 Uタイプ
		2	B社	0.60	ラワン系18mm厚 Uタイプ
		3	C社	0.82	針葉樹系3mm厚 Uタイプ
平成14年度	MDF	1	A社	0.82	針葉樹系3mm厚 Uタイプ
		2	B社	0.67	ラワン系18mm厚 Uタイプ
平成15年度	MDF	1	A社	0.82	針葉樹系3mm厚 Uタイプ
	住宅解体材	2	-	-	針葉樹系 パーティクルボード用原料
	木材チップ	3	-	0.39	スギ柱材

- : 不明または測定せず

平成13年度及び14年度はMDFのみを原料として使用したが、平成15年度はMDF及びMDF以外の材料として住宅解体材(パーティクルボード用原料)、木材チップ(スギ柱材から作製)を併せて使用した。

3.2.3.2 一次破碎

使用した原料は様々な大きさ、厚さ、形状であるため、先ず一次破碎を実施し、形状の揃った材料を取得した。

各年度における木質原料の一次破碎状況を表3.2.2に示す。

表 3.2.2 一次破碎に用いた試験機械

試験年度	種別	メーカー	タイプ	通称
平成13年度	縦型回転式破碎機	近畿工業株式会社	MHC-13型	ハンマーミル
	二軸せん断式破碎機	近畿工業株式会社	WSC-4318型 15t	シュレッダー
平成14年度	一軸油圧押入式破碎機	株式会社御池鐵工所	TPC-50120	ツインプレス
平成15年度	一軸油圧押入式破碎機	株式会社御池鐵工所	TPC-50120	クラッシャー

平成13年度は2種類の破碎機を使用し、破碎物の形状、粒度等の評価を行った。平成14年度以降は大型の材料でも効率の良い破碎を目的に、直径30mmスクリーン付の一軸油圧押入式破碎機を使用し、同様の評価を行った。

3.2.3.3 二次破碎

一次破碎終了後、更に解繊した破碎物を使用して再生ボードを作製するため、二次破碎機で二次破碎を行った。

各年度における木質原料の二次破碎状況を表3.2.3に示す。

表 3.2.3 二次破碎に用いた試験機械

試験年度	種別	メーカー	タイプ
平成13年度	乾式シングルディスクリファイナー	パールマン社	PR-4型
平成14年度	コスモクラッシャー	株式会社御池鐵工所	MCC-50120
	ターボミル		MTB-900/5
	ディスクミル		MDM/50
	加圧式シングルリファイナー	熊谷理機工業株式会社	BPR45-300SS
平成15年度	チップ蒸気糖液処理装置	鶴見曹達株式会社	ZP-370M型

平成 13 年度に使用した乾式シングルディスクファイナーから得られた繊維は、再生ボード用の繊維としては繊維長が短かった。平成 14 年度ではこの欠点を改善するため、4 種類の二次破碎機を使用して、繊維長の比較を行った。更に、平成 15 年度は二次破碎時の生産性向上にも着目し、木材加工関連以外の二次破碎機の利用を検討した。

3.2.3.4 再生繊維評価

再生繊維の評価方法として、一次破碎品は JISZ8801、直径 20cm のふるいでの分級試験による粒度分布を求めた。二次破碎品に関しては、同様な方法で粒度分布を求めると同時に、平成 14 年度以降は繊維表現法として、繊維のふわふわ度を求めた。

ふわふわ度は本プロジェクトにて用いた用語であり、質量あたりの嵩高さを示す指標として使用した。この指標は密度の逆数を示し、一定重量の二次破碎品を同一のメスシリンダーに投入した際の容量を数値（単位： cm^3/g ）として表現した。

3.2.3.5 再生ボード作製

再生繊維を利用したりサイクル材料として、各年度共、原料となる繊維と接着剤を混合し、実験室レベルで再生木質ボードの作製を行った。

平成 13 年度は、再生繊維を使用した MDF、再生繊維を表層のみに使用した三層構造パーティクルボードを作製した。

平成 14 年度は、前年度同様に再生繊維を使用した MDF を作製した。更に、新規用途として再生繊維を使用した断熱ボードの作製を行った。

平成 15 年度は、平成 14 年度の継続として、MDF 及び断熱ボードの作製を行った。

MDF、三層構造パーティクルボード作製において、二次破碎終了後の繊維を 60 の乾燥機内で含水率約 5% に乾燥させ、所定量の WAX を混合させた接着剤と繊維を混合した。平成 13 年度及び平成 14 年度の接着剤は、木質ボード用メラミンユリア接着剤を使用し、製板時の樹脂率（全乾繊維重量に対する接着剤の固形分換算重量）は 15% 及び 20% とした。製板サイズは 270mm（幅） \times 270mm（長） \times 12mm（厚）とし、目標密度 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ 、目標含水率 7% で作製した。製板終了後の木質ボードは、20、相対湿度 65% の条件下で養生し、物性評価試験を行った。

断熱ボードの作製においては、上記同様に繊維を乾燥させた後、接着剤と繊維を混合して製板した。接着剤は乳化タイプの MDI を使用し、樹脂率は 10% とした。製板は 350mm（幅） \times 350mm（長） \times 20mm（厚）とし、目標密度 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ とした。製板終了後の木質ボードは、同様の条件下で養生し、物性評価試験に供試した。

3.2.3.6 再生ボード物性試験

作製した MDF は、各年度共、JIS A 5905（繊維板）に準じて、密度、密度分布、含水率、曲げ強さ（曲げ強さ、曲げヤング係数）、はく離強さ、木ねじ保持力（表面、木口）、吸水率（吸水率、吸水厚さ膨潤率）を評価した。

三層構造パーティクルボードでは、JIS A 5908（パーティクルボード）に準じて、MDF 同様

の項目を評価した。

断熱ボードでは、JIS A 5905（繊維板）に準じた物性試験と併せて、熱伝導率計で熱伝導率を評価した。

3.2.4 各年度における結果

3.2.4.1 一次破碎

平成 13 年度使用した縦型回転式破碎機での破碎物は粒度分布が広く、様々な形状、大きさの破壊物が得られ、ダストの発生も多かった。ダスト形状から勘案して、この一次破碎物を効率よく収集するとパーティクルボード表層用原料に適すると考える。一方、二軸せん断式破碎機での破碎物は分級時に網目開き 10mmON で取得できる破碎物が顕著に多く、破碎物性状は安定しているといえる。

平成 14 年度以降使用した一軸油圧押し込み式破碎機では、網目開き 10mmON で取得できる破碎物が 50% 以上で、原料によっては 70% 以上に達した。網目開き 2.83mm 以下の破碎物はほとんどなく、二次破碎への供給原料として良好な破碎物を得る事ができた。

供給原料に関して、MDF は網目開き 10mmON での取得量が、他材料（住宅解体材や木材チップ）より著しく多かった。これは MDF が木材に比べて方向性が無く破碎されやすいため、破碎物が所定の大きさになるまで刃物の間隙を通過しないためであると考えられる。一方、他材料での破碎物は網目開き 4mmON、更に木材チップでは 20mmON が多く発生し、形状は MDF 破碎物より針状であった。

3.2.4.2 二次破碎

平成 13 年度使用した乾式シングルディスクリファイナーでは、一次破碎で発生したうろこ状未解織物の解織を目的にディスククリアランスを狭く調整したため、二次破碎処理能力は低かった。更に、解織時における発熱、異物のかみ込みによる停止等が発生し、二次破碎が順調に実施できない場面が発生した。

平成 14 年度以降使用した二次破碎機では、この課題解消も目的とし併せて二次破碎時における処理能力を調査した。一連の試験に使用した二次破碎機能力を表 3.2.4 に示す。

表 3.2.4 二次破碎機の処理能力

試験年度	種別	処理能力	機構他
平成 13 年度	乾式シングルディスクリファイナー	測定せず	-
平成 14 年度	コスモクラッシャー	200	ピン・ローターミル
	ターボミル	1000	縦型ハンマーミル
	ディスクミル	100	プラスチック用ミル
	加圧式シングルリファイナー	1	繊維実験用木材解織機
平成 15 年度	チップ蒸気熱律軟化処理装置	90~260	樹木チップ加圧・圧縮機

単位：kg/時

この内、加圧式シングルリファイナーは、実験室設置のバッチ式処理装置で一回の処理量も限

られているため、処理能力は連続生産可能な他機種よりも劣っていた。また、チップ蒸砕膨軟化処理装置は、実験時に設定した繊維排出間隔の違いによる処理能力差が見られた。

3.2.4.3 再生繊維評価

二次破碎終了後の繊維の評価法として、先ずふるいでの分級による粒度分布を求めた。

ふるいによる乾式での分級は、網目開きに繊維が詰まる状況が発生し、繊維長を検討する点からは困難であった。しかし、未解繊維物や微粉（今回の分級では 0.125mm 通過分）の発生状況を評価する点からは有効であった。

平成 14 年度での二次破碎機の種別相違で見ると、コスモクラッシャー、ターボミル、加圧式シングルリファイナーでは、網目開き 1~0.125mmON が多く、併せて未解繊維物も非常に少なく、経験上良好な大きさであった。コスモクラッシャーではスクリーンの目開きの大きさも影響し、目開き直径 2mm と 1 mm の違いは、粒度分布での 1 mm と 0.5 mm に差違となって出現した。ターボミルでは、気乾状態の一次破碎物を使用した場合に小さい粒径や微粉が多く発生したが、湿潤状態の一次破碎物では微粉が少なく良好な分布を示した。

一方、ディスクミルではディスククリアランスが大きいほど微粉は少なくなるが、未破碎物は多く発生した。逆にクリアランスが小さいほど、粒径は小さく微粉が多くなる傾向があった。湿潤状態で使用すると、粒度は大きい方向にシフトする傾向があった。

ふるいによる分級以外の分析手法として、本プロジェクトでは繊維のふわふわ度を測定した。平成 14 年度及び平成 15 年度の二次破碎方法とふわふわ度との関連を図 3.2.1 に示す。供試材料は全て A 社針葉樹系 MDF3mm 厚を原料として解繊した繊維を使用し、所定量の未分級繊維をメスシリンダーに入れ、自然落下堆積後に手で振動を与えて沈降させ、ふわふわ度を算出した。

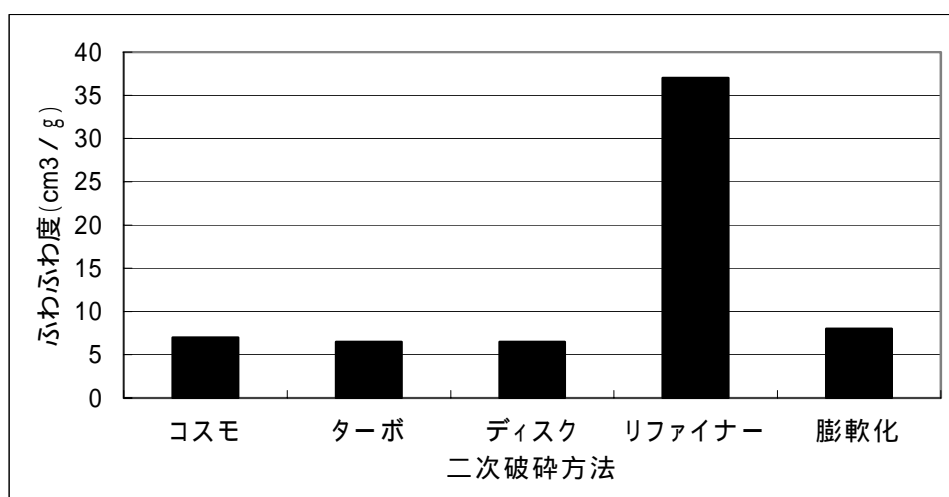


図 3.2.1 二次破碎物のふわふわ度

ふわふわ度評価の結果、加圧式シングルリファイナー処理を実施すると、他の処理と比較して著しくふわふわ度が大きいことが確認された。これは供試原料の MDF が粉碎されずに有効に繊維化されたため長繊維として出現し、繊維の絡み合いから嵩高くなり、ふわふわ度も大きくなっ

たと考える。

加圧式シングルリファイナー処理は他処理よりもふわふわ度が大きく出現する傾向は、B社ラワン系MDF使用の場合にも観察された。しかし、両社MDFのふわふわ度を比較すると、A社針葉樹系MDFの方が大きかった。これは、一般的に針葉樹系はラワン系より木材を構成する繊維長が長いといわれている事に起因すると考える。

本研究で使用したリファイナーは、高温、蒸気加圧下で木質原料を解繊する装置である。この条件下ではユリア樹脂系接着剤は加水分解が進む事が考えられ、このため繊維形状が保たれたまま接着剤の分解のみが行われたと推察する。繊維破壊の影響が少なく繊維を取得できる加圧式シングルリファイナー処理は、二次破碎手法として有効な方法である事が確認された。

一方、コスモクラッシャー、ターボミル、ディスクミル、チップ蒸砕膨軟化処理から得られた二次破碎物のふわふわ度は、あまり差違が認められなかった。この傾向は、特に気乾原料を使用した場合に認められた。湿潤状態の原料を使用すると、ターボミル、クリアランス2mmのディスクミルでのふわふわ度は、他の条件より大きかった。

また、ふわふわ度算出の際に、自然落下堆積と振動による沈降状況を観察した。振動による沈降割合は、ラワン系の方が針葉樹系より大きかった。沈降割合が大きいという事は、繊維同士の絡み合いが少なく粉状であると考えられる。この点からも、針葉樹系はラワン系より繊維長が長い事が推察された。

3.2.4.4 再生ボード評価

繊維評価終了後、本プロジェクトで作製したMDFの内、針葉樹系MDFを原料として作製した再生MDFの物性を表3.2.5に示す。

表 3.2.5 再生MDF物性一覧表

項目	単位	試験片					
密度	g/cm ³	0.75	0.72	0.69	0.71	0.73	0.75
含水率	%	6.3	7.1	6.9	7.0	6.9	6.0
曲げ強さ	N/mm ²	9.0	15.9	17.6	14.4	36.7	12.7
曲げヤング係数	N/mm ²	1692	2244	2313	2189	3274	1386
はく離強さ	N/mm ²	0.73	0.79	0.94	0.62	0.62	0.82
木ねじ保持力(表面)	N	328	395	442	374	371	426
木ねじ保持力(木口)	N	229	291	278	233	246	308
吸水率	%	13.4	20.2	22.8	21.4	18.0	22.6
吸水厚さ膨潤率	%	3.9	5.3	5.3	5.3	4.4	3.6

表中の再生MDFは、各々以下の条件で作製したMDFを示す。

- 平成13年度：乾式シングルディスクリファイナー、メラミンユリア樹脂率15%
- 平成14年度：コスモクラッシャー、メラミンユリア樹脂率15%
- 平成14年度：ターボミル、メラミンユリア樹脂率15%
- 平成14年度：ディスクミル、メラミンユリア樹脂率15%
- 平成14年度：加圧式シングルリファイナー、メラミンユリア樹脂率15%
- 平成15年度：チップ蒸砕膨軟化処理、MDI樹脂率10%

再生 MDF の物性を評価する上で着目点となる曲げ強度に関して、加圧式シングルリファイナーで作製した MDF の曲げ強さは他の二次破砕機で作製した MDF より著しく大きく、25 タイプ MDF の曲げ強さを満足していた。また、曲げヤング係数も 25 タイプを満足しており、剛性の高い MDF といえる。一方、加圧式シングルリファイナー以外の 5 種類の二次破砕機で作製した MDF の曲げ強さ、曲げヤング係数は、ほぼ同じであった。

曲げ強度は、再生 MDF を構成する繊維長の影響を受けるのではないかと考える。繊維評価の際、加圧式シングルリファイナー取得した繊維はふわふわ度が突出して大きく、長繊維が取得できる事が確認された。MDF 作製におけるフォーミングの際、長繊維で作製する MDF は繊維マット高さが短繊維より高いため、熱圧時における圧縮割合も大きくなる。従って、長繊維を使用した場合、繊維間及び繊維と接着剤の絡み合いが短繊維よりも大きく出現するため、MDF の素材強度を示す曲げ強さ、曲げヤング係数が大きく出現すると考える。

曲げ強度の傾向は、A 社針葉樹 MDF と B 社広葉樹 MDF でも観察された。繊維長が長い針葉樹 MDF を原料にして作製した再生 MDF は、広葉樹 MDF を原料にした場合よりも曲げ強さ、曲げヤング係数が大きかった。

一連の結果より、解繊時に検討したふわふわ度は、曲げ強度の事前推定の指標として用いる事ができるのではないかと考える。

はく離強さは、短繊維を取得した解繊（コスモクラッシャー、ターボミル）の方が、長繊維を取得した解繊よりも大きい傾向があった。これは、短繊維の方がフォーミング時の一定質量における繊維マット高さが低く、繊維と接着剤の混和性が好ましかったためと考える。

木ねじ保持力、吸水性に関しては、供試した再生 MDF で大きな差は認められなかった。これらの因子は繊維長よりも接着剤種類、樹脂率等により影響を受けるのではないかと考える。

同時に評価した MDF 厚さ方向の比重傾斜に関して、乾式シングルディスクリファイナーで作製した MDF の中央部密度は $500\text{kg}/\text{m}^3$ 、表層部密度は $900\text{kg}/\text{m}^3$ であった。一方、加圧式シングルリファイナーによる MDF での表層部密度は $600\text{kg}/\text{m}^3$ 、表層部密度は $1100\text{kg}/\text{m}^3$ であった。加圧式シングルリファイナーから作製した MDF の比重傾斜は MDF 生産ラインから取得した MDF と近似しており、この点からも加圧式シングルリファイナーで得た繊維で作製した MDF での好ましい強度物性が示唆された。

再生 MDF 繊維を表層のみに使用した三層構造パーティクルボード（平成 13 年度）の物性を表 3.2.6 に示す。

表 3.2.6 三層パーティクルボード物性一覧表

項目	単位	試験片			
					比較
密度	g/cm^3	0.66	0.66	0.66	0.66
含水率	%	7.0	7.4	6.9	8.0
曲げ強さ	N/mm^2	18.5	21.4	22.0	19.1
曲げヤング係数	N/mm^2	2929	3121	3270	3195
はく離強さ	N/mm^2	0.85	0.89	0.75	0.89
木ねじ保持力（表面）	N	679	665	670	644
吸水率	%	23.4	24.5	23.8	25.4
吸水厚さ膨潤率	%	4.0	4.1	3.9	4.3

表中の表層再生 MDF 使用パーティクルボードは、以下条件の MDF を使用して作製した。

平成 13 年度：A 社ラワン系 18mm 厚、U タイプ

平成 13 年度：B 社ラワン系 18mm 厚、U タイプ

平成 13 年度：C 社針葉樹系 3mm 厚、U タイプ

比較：商用パーティクルボード

二次破砕機で解繊した MDF をパーティクルボード表層用の原料として製板した場合、原料とした 3 社で作製したボードは、何れも JIS A 5908 (パーティクルボード) や商用パーティクルボードと比較して、十分な性能が得られた。

曲げ強さは、3 種類共、18 タイプの基準値をクリアーしている。曲げヤング係数も A 社を除いて 18 タイプの基準値を満足しており、十分な強度であるといえる。パーティクルボードの表層は微細粉末で形成されているが、二次破砕で作製した解繊繊維は微細粉末と同様な強度性能を発揮すると考える。

はく離強さ、木ねじ保持力は、3 種類共、18 タイプの基準値をクリアーしており、問題ないといえる。

再生繊維を利用したボードに関して、MDF やパーティクルボード以外に密度の低いボードを作製し、断熱材としての熱伝導率を測定した。

平成 14 年度及び 15 年度に測定した材料の熱伝導率を表 3.2.7 に示す。

表 3.2.7 各種原料での熱伝導率一覧表

試験	原料 (二次破砕機)	密度 (α / cm^3)	熱伝導率 (W / mk)
平成 14 年度	A 社 MDF (コスモクラッシャー)	0.33	0.11
	B 社 MDF (コスモクラッシャー)	0.33	0.10
	A 社 MDF (ターボミル)	0.32	0.10
	B 社 MDF (ターボミル)	0.31	0.10
	A 社 MDF (ディスクミル)	0.31	0.11
	B 社 MDF (ディスクミル)	0.32	0.10
	A 社 MDF (加圧リファイナー)	0.33	0.11
	B 社 MDF (加圧リファイナー)	0.31	0.11
平成 15 年度	A 社 MDF (チップ蒸砕膨軟化)	0.36	0.11
	住宅解体材 (チップ蒸砕膨軟化)	0.36	0.12
	木材チップ (チップ蒸砕膨軟化)	0.36	0.12
	A 社 MDF (チップ蒸砕膨軟化)	0.72	0.20
	住宅解体材 (チップ蒸砕膨軟化)	0.73	0.21
木材チップ (チップ蒸砕膨軟化)	0.74	0.22	
比較	パーティクルボード	0.74	0.24
	MDF	0.60	0.21
	インシュレーションボード	0.30	0.05
	木材	0.30 ~ 0.45	0.08
	合板	0.55	0.11

各種原料から作製した再生 MDF の熱伝導率に関して、作製後のボード密度が約 $0.35\text{g} / \text{cm}^3$ である断熱材の熱伝導率は約 $0.10\text{W} / \text{mk}$ であった。また、密度が約 $0.73\text{g} / \text{cm}^3$ である断熱材

の熱伝導率は約 0.20W / mk であった。この値は、再生 MDF を形成する供試原料、二次破砕方法の相違に関係なく、ほぼ一定であった。パーティクルボードや MDF といった繊維状物質を原料とする木質ボードの熱伝導率は、密度が 0.60 ~ 0.75g / cm³ の場合、熱伝導率は約 0.20 ~ 0.25W / mk であった。比較のために検討したインシュレーションボードは、供試材料の中で際だって良好な熱伝導率を示していた。

一連の結果より、木質ボードの熱伝導率は、繊維形状よりも密度に支配されるのではないかと考える。

3.2.5 各年度での課題

木質系材料のマテリアルリサイクル利用に関して、平成 13 年度から平成 15 年度までの 3 年間にわたり、木質系材料を原料とした一次破砕、二次破砕、再生繊維評価、再生ボード作製、再生ボード物性試験を実施した。一連の試験により、各年度で次の様な評価結果と課題を得た。

平成 13 年度では、再生繊維を使用した MDF、再生繊維を表層のみに使用した三層構造パーティクルボードを作製した結果、三層構造パーティクルボードは JIS 規格に適合し、商用パーティクルボードと同等の性能を有する再生ボードを作製する事ができた。しかし、再生 MDF は比重傾斜が小さく、曲げ強さ等強度物性が不十分なボードを得るに留まった。これは、再生 MDF を形成する繊維に課題があると考えた。即ち、二次破砕後の繊維長が短いため、MDF 作製時のマット高さが低くなり、熱圧時の繊維の絡み合いも少なく、満足な強度物性が得られないためと推察する。従って、二次破砕における繊維形状が次年度以降の課題であり、長繊維を取得できる解繊手法を検討する必要があると考えた。

平成 14 年度では、前年度の結果を踏まえ、二次破砕で破砕メカニズムの異なる 4 種類の解繊機を使用し、得られた繊維にて再生 MDF を作製、物性評価を行った。その結果、加圧式シングルリファイナーを使用した場合、他の機械より長繊維を得ることができ、本プロジェクトで繊維評価の指標としたふわふわ度でも、際だって高い値を示した。更に、この繊維で作製した再生 MDF の曲げ強度は十分な要求性能を満たしていた。しかし、この機種はバッチ式の繊維実験用木材解繊機であり、二次破砕機の処理能力は著しく低かった。従って、繊維作製時の生産性向上、今回使用した機械以外の簡易解繊機の検討が必要と考えた。更に、木質ボードの新規用途として、熱伝導率に優れたボードの作製も更なる検討課題となった。

平成 15 年度では、二次破砕機の処理能力改善を目指し、木材加工関連以外の処理機械として上市されているチップ蒸砕膨軟化処理装置での解繊を実施した。チップ蒸砕膨軟化処理装置を使用した場合、加圧式シングルリファイナーより処理能力は向上したが、ふわふわ度は低く、均質の長繊維を取得する事ができず課題を残した。更に、熱伝導率に関しても前年度と同程度の性能であり、断熱材として従来品同等の性能を発揮する事はできなかった。

3.2.6 今後の課題

一連の試験結果より、再生木質ボードを作製、利用する際には、今後次の様な課題があると考ええる。

(1) ボード解繊技術開発

二次破碎試験機による解繊時に、加圧式シングルリファイナーで得られた様な長繊維を得るためには、更なる機械の検討、現状機械の改良等が必要と考える。例えば、チップ蒸砕膨軟化処理機の場合、破碎部に新たな解繊機構を加え未解繊物を再度解繊する機能を付加し、解繊性を向上させる必要があると考える。また、二次破碎前の原料に関しては、投入原料の前処理、投入原料の形状均一化等の検討が必要と考える。

(2) 再生ボード利用方法の検討

再生品をボードとして利用する場合、今回有効であった三層構造パーティクルボードの表層用原料としての利用は有効と考える。解繊繊維を利用して断熱材を作製する際には、接着剤混合による乾式ボード作製以外の手法として、湿式による軽量の断熱材作製を検討する必要がある。更に、従来の公的規格の範疇に入らないボードとしての利用法を新しく見出す事も必要ではないかと考える。

(3) 新しい用途の検討

ボード利用以外の用途として、再生繊維を燃料用等での活用も併せて検討する必要があると考える。上述した解繊技術の開発は、装置改良、前処理等技術的にかなり困難を伴うと推察される。従って、最終用途としての燃料として活用も併せて検討する必要があるのではないかと考える。MDFの焼却処理及び焼却後の埋め立て処理時には、大気汚染、土壌汚染等への影響に対応したデータの取得が必要となってくるのではないかと考える。

3.3 木質系廃材のコンクリート用型枠パネルへの適用に関する調査

3.3.1 昨年度までの調査研究概要と本年度の進め方

平成14年度は、PEの溶融固化を利用した廃プラスチック（P.E.T）と廃木材（使用済みコンクリート用型枠）を用いて試作した寸法20cm×20cm×5mmの試験片について、JISA5908（パーティクルボード）およびJAS（コンクリート用型枠合板）に規定する評価項目のうち代表的な項目について評価試験を実施した。

平成15年度は、実大レベルでのコンクリート用型枠パネルの試作を行いJISA5908（パーティクルボード）およびJAS（コンクリート用型枠合板）に基づく基本物性試験を行うとともに、モルタルを用いての繰り返し使用に対する耐久性試験、コンクリートを用いての実大施工実験を実施した。

平成16年度は、これまで実施した実験検討を整理し、一連の検討内容として纏めるとともに、以下の点について補足の検討を行った。

専用の金型を用いたコンクリート用型枠パネルの試作。

試作したコンクリート用型枠パネル（又は、これに代わる型枠パネル）の基本物性の評価。

試作したコンクリート用型枠パネル（又は、これに代わる型枠パネル）を使用した実大施工実験の実施。

3.3.2 試験体

3.3.2.1 小型試験体（平成14年度）

表 3.3.1 に示す組成の廃プラスチックに木粉化した廃木材を混入してボード（寸法：300×200×5mm）を作製した。廃プラスチックに対する木粉チップの混入率は6水準（0，10，15，30，50，70％）とした。試験体はホットプレスを用いて図 3.3.1 に示す手順で作製した。小型試験体の外観を写真 3.3.1 に示す。このボードから所定の寸法の試験片を採取して試験に供した。

表 3.3.1 小型試験体(ボード)の種類と組成

試験体	組 成	数量	備 考
木粉 0%	木粉 0%， 廃プラ 100%	3	【木粉】 合板粉砕物
木粉 10%	木粉 10%， 廃プラ 90%	3	
木粉 15%	木粉 15%， 廃プラ 85%	3	【廃プラ】 PE50% PP30%
木粉 30%	木粉 30%， 廃プラ 70%	3	
木粉 50%	木粉 50%， 廃プラ 50%	3	PS、他 20%
木粉 70%	木粉 70%， 廃プラ 30%	3	

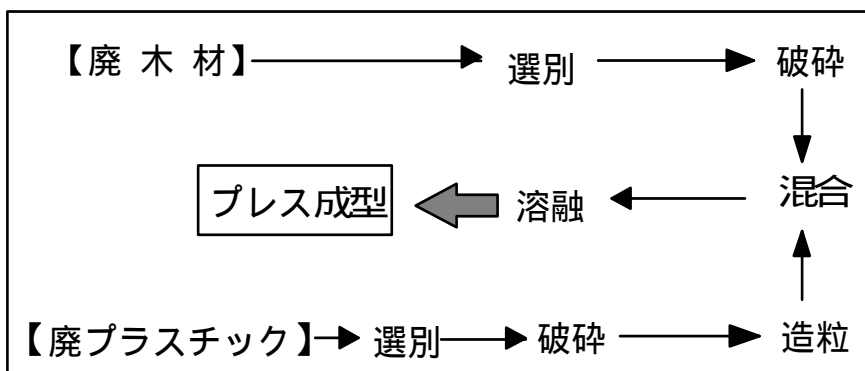


図 3.3.1 小型試験体の作製手順

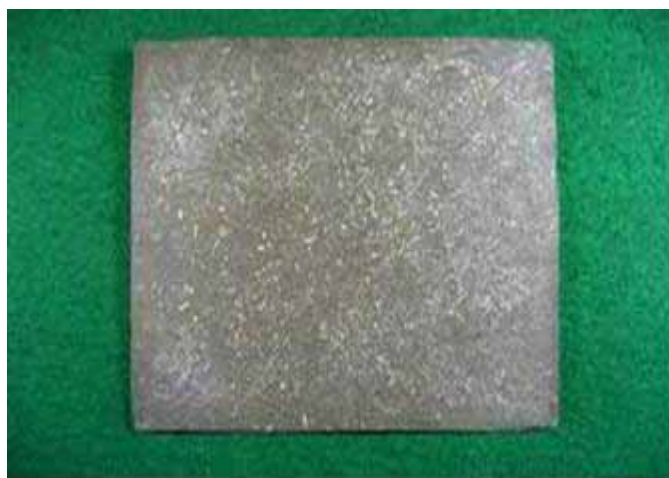


写真 3.3.1 小型試験体

3.3.2.2 実大試験体（平成15年度）

表 3.3.2 に示す組成の廃プラスチックと木粉チップ化した廃木材を混合してボード(寸法 450×900×5mm,総厚さ 28mm)を作製した。ボードは裏面に高さ 20mm の補強用リブを備えたものである。試験体は材料を溶融したのちコールドプレスを用いて図 3.3.2 に示す手順で作製した。このボードから試験片を採取して試験に供した。ボードの形状及び試験片の採取位置を図 3.3.3 に示す。

表 3.3.2 実大試験体(ボード)の種類と組成

試験体	組 成	数量	備 考
木粉 0%	木粉 0%, 廃プラ 100%	2	【木粉】
木粉 10%	木粉 10%, 廃プラ 90%	3	【廃プラ】 コンクリート [®] 粒の粉砕物 PET 廃棄物
木粉 30%	木粉 30%, 廃プラ 70%	3	
木粉 50%	木粉 50%, 廃プラ 50%	3	
普通合板	JAS, 1 類, 1 等, 厚さ 11mm	1	比較用
コンクリート型枠パネル	JAS, 表面塗装品	1	比較用

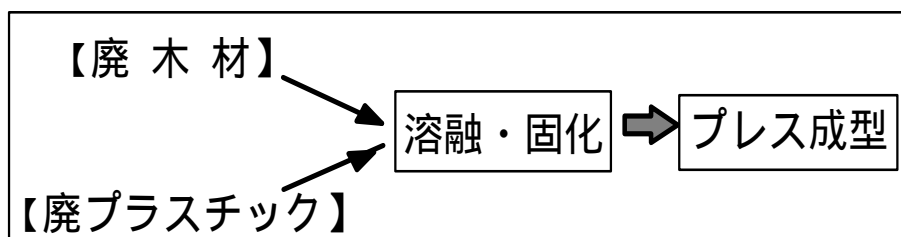


図 3.3.2 実大試験体作製手順

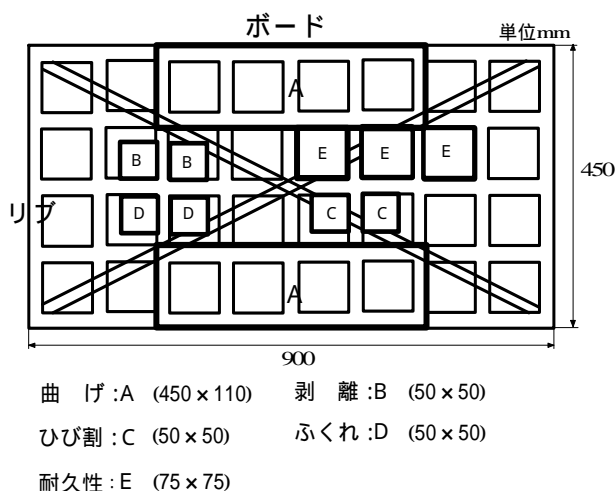


図 3.3.3 試験片採取位置(裏面図、格子及び対角線内は補強用リブを示す。表面板厚さ 8mm、リブ高さ 20mm)

3.3.3 試験方法

3.3.3.1 小型試験体を用いた基本物性の検討（平成14年度）

木粉と廃プラスチックの配合を変え、ボードの基本物性の変化を調べた。試験はコンクリート用型枠パネルに要求される性能として剥離性、吸水時のふくれ、曲げ、高温に対するひび割れについて実施した。

（1）剥離性

ボード内部の接着性は木粉ボードとして重要な基本性能である。このため JIS A 5908（パーティクルボード）に準じて剥離試験を行った。試験片（50×50mm）の両面に鋼製ブロックを接着し、面に垂直に引張荷重を加え、剥離時の最大荷重を測定した。剥離強さは、最大荷重（N）を試験片の表面積（mm²）で除して求めた。

（2）吸水時のふくれ

コンクリート用型枠パネルは常に水に曝される状態で使われるため水に対する寸法安定性を評価することは重要である。このため JIS A 5908 に準じて吸水厚さ膨張率試験を行った。試験片（50×50mm）を温度 20 ± 1 の水中に水平に置き、336 時間浸せきした後、取り出し厚さを測定した。厚さ膨張率は次の式から算出した。

$$\text{吸水厚さ膨張率（\%）} = 100 (t2 - t1) / t1$$

t1：吸水前の厚さ（mm）、t2：吸水後の厚さ（mm）

（3）曲げ

コンクリート用型枠パネルは、打設したコンクリートを保持するために十分な曲げ強度が要求される。このため JIS A 5908 に準じて曲げ強さ試験を行った。また、JIS K 7171（プラスチック - 曲げ特性の試験方法）に準じて曲げ弾性率を求めた。試験片の寸法は 50×200mm とした。

（4）高温に対するひび割れ

コンクリートの硬化には発熱を伴う。このため耐熱性能を評価する目的で、JAS（コンクリート用型枠合板）に準じてひび割れ試験を行った。まず試験片（75×75mm）を煮沸水に4時間浸せきし、次いで 60 ± 3 で20時間乾燥し、更に煮沸水で4時間浸せきした後、再び 60 ± 3 で3時間乾燥した。その後、表面及び断面のひび割れ等を観察した。

3.3.3.2 実大試験体の基本物性及び耐久性の検討（平成15年度）

実大試験体の外観を写真 3.3.2 に示す。実際のコンクリート用型枠パネルの約 1 / 2 サイズの試験体（軽量化のため裏面にリブを設けた。）を用いて基本物性及び繰り返し使用に対する耐久性について試験を行った。なお、基本物性（剥離性、吸水時のふくれ、曲げ、高温に対するひび割れ）試験は小型試験体と同様の方法で行った。尚、曲げ試験は単位幅当たりの破壊荷重を求めた。次に繰り返し使用に対する耐久性試験の方法を以下に示す。図 3.3.4 に示すように、鋼製型枠の両側面に試験片を置き、JISA1404（建築用セメント防水剤の試験方法）に規定されている標準モルタルを打設した。打設後、標準状態で 48 時間養生を行った後、脱型した。モルタルについては、表面の荒れ、破壊及び木質材料の付着を目視で観察した。また、試験片については、表面

の荒れ、モルタルの付着及び割れを目視で観察した。この操作を3回繰り返し行った後、耐久性を評価した。なお、コンクリート用型枠合板（JAS、塗装品）以外は、試験片の表面に鉍物油系の剥離剤を塗布（40～80 g/m²）した。



写真 3.3.2 実大試験体(裏面)

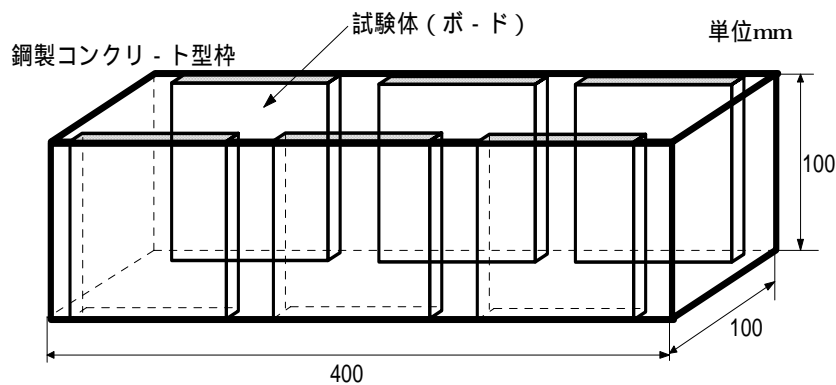


図 3.3.4 実大試験体の繰り返し使用に対する耐久性試験方法

3.3.3.3 実大施工実験（平成15年度）

木質系廃材及び廃プラスチックを原料としたコンクリート用型枠パネルの開発に取り組み、試作コンクリート用型枠パネルを用い、実用化に向けた実験検討を行う。今回の実大施工実験では、試作型枠パネルの種類を7種類として、型枠パネルのそりや変形等の有無を調べ、実用性の確認及び表面美観とそれぞれの物性及び特性を調べる。以下にその概要を述べる。

（1）型枠の種類及び形状・寸法

型枠の種類

型枠の種類は市販のコンクリート用型枠合板(コンパネ)をベースとして、廃プラスチック(PP)と廃木材(木粉)の混合比を変えて製造した型枠パネル等の7種類とした。型枠パネルの種類を以下に示す。

（混合比）	（側圧： 印が実施）
「ベース（コンパネ 100%）」	2 枚
「廃プラ（PP：90%）+ 木粉（コンパネ廃材：10%）」	2 枚

- | | |
|------------------------------|----|
| 「廃プラ（PP：70%）+木粉（コンパネ廃材：30%）」 | 2枚 |
| 「廃プラ（PP：50%）+木粉（コンパネ廃材：50%）」 | 2枚 |
| 「廃プラ（PP100%）」 | 2枚 |
| 「籾殻（100%）」 | 2枚 |
| 「木粉（粗粉：100%）」 | 2枚 |

型枠の形状・寸法

試作したコンクリート用型枠パネルの形状はリブ付の厚さ 5mm×450mm×900mm の長方形を2枚一組で使用したA面及びB面とし、他の側面はコンパネを使用した。型枠詳細図を図 3.3.5 及び写真 3.3.3 に示す。

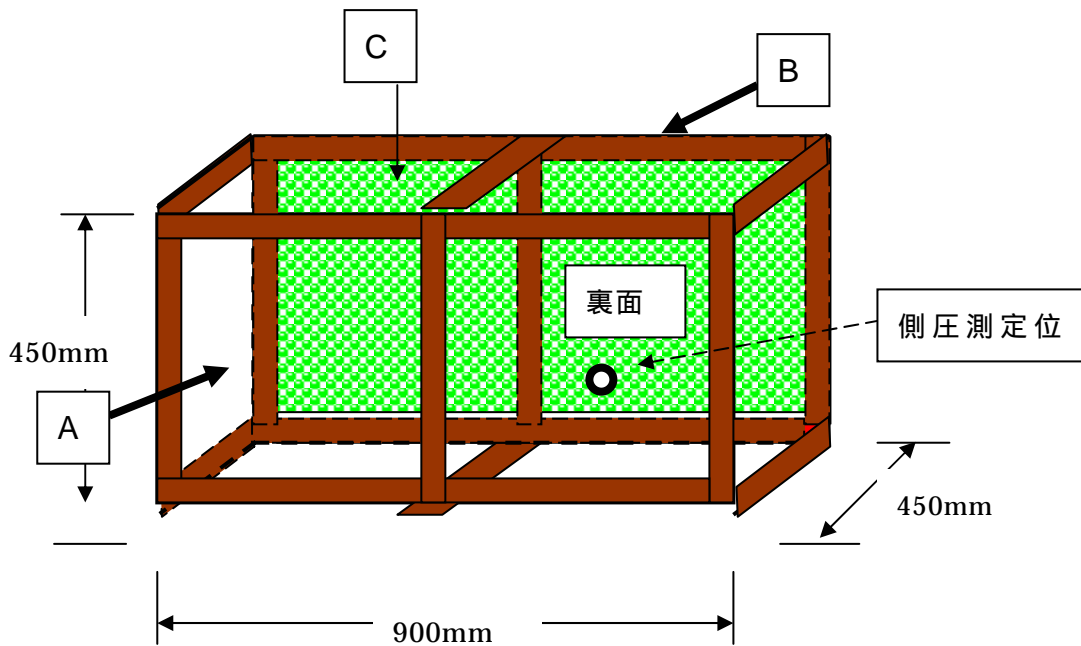


図 3.3.5 型枠詳細図

茶色の実線部分及び点線部分を桟木とする。他の補強材は使用しないこととした。



写真 3.3.3 型枠の外観

(2) コンクリートの配合

コンクリートは、再生骨材コンクリートを使用した。使用材料の産地・種類等を以下に示す。また、コンクリートの配合を表 3.3.3 に示す。

呼び強度 24 - 8 - 20 (普通ポルトランドセメント)
 使用骨材 セメント 太平洋セメント株式会社 密度 3.15
 天然細骨材 千葉県君津産 " 2.60
 再生細骨材 葛西産 " 2.25
 再生粗骨材 葛西産 " 2.45
 混和剤 AE 減水剤 (標準型) ポゾリス No78
 型枠用離型剤 水溶性 (レジナーPC - 740)

配合 表 3.3.3 参照

表 3.3.3 コンクリートの配合 (単位 kg)

セメント	水	細骨材(天然)	細骨材(再生)	粗骨材(再生)	混和剤
330	165	234	470	933	3.96
水セメント比		50%	細骨材率		44.0%

(3) 実験項目及び実験方法

1) 実験項目

コンクリートの物性 (スランプ・空気量・コンクリート温度及び圧縮強度)

コンクリート用型枠パネルのそり・変形

脱型後のコンクリート表面状況

型枠の側圧

2) 実験方法

コンクリートは、生コン車から直接シュートを通じて型枠C面から打設した。コンクリート打設に伴い生ずる型枠の側圧の測定は ベース (コンパネ 100%)、廃プラ (PP: 70%) + 木粉 (コンパネ廃材: 30%)、廃プラ (PP: 50%) + 木粉 (コンパネ廃材: 50%)、廃プラ (PP100%) の 4 種類に付いて行った。側圧計の設置状況を写真 3.3.4 に示す。



写真 3.3.4 側圧計の設置状況

3.3.4 実験結果及び考察

3.3.4.1 小型試験体（平成14年度）

(1) 剥離性 木粉混入率 0, 10, 15, 30, 50% はジグとボードの表面から剥離した。また 70% では表面の破壊が見られた。しかし、いずれの混入率においても JAS に規定する普通合板の基準値 (1.0 N/mm^2) を上回っており、剥離性能としては十分であるといえる。(図 3.3.6 参照)

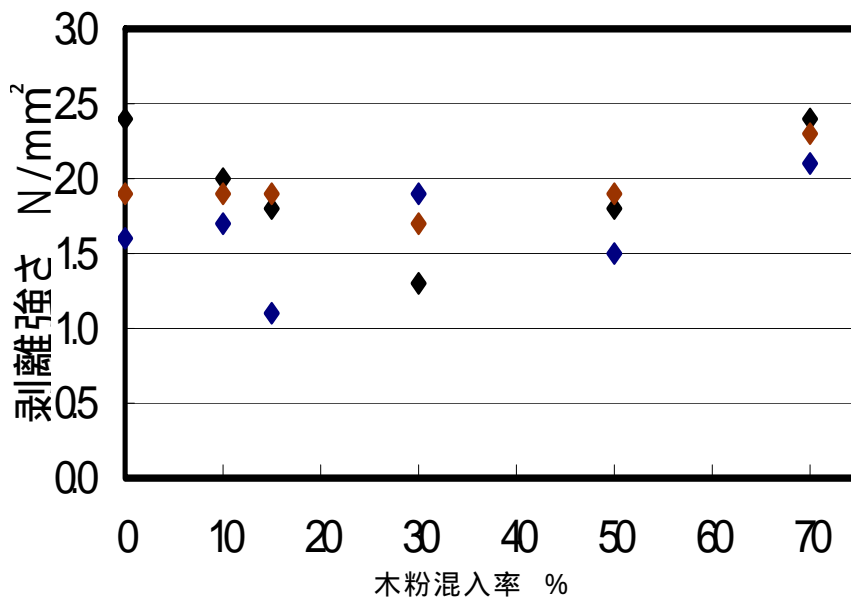


図 3.3.6 木粉混入率と剥離強さ(小型試験体)

(2) 吸水時のふくれ

木片混入率 0, 10, 15, 30% とも水浸中せき 336 時間後の膨張率は 0% であった。一方 50% では 3% の膨張率が見られた。JIS A 5908 (パーティクルボード) の基準 (浸水処理 24 時間で、12% 以下) から判断すると吸水厚さ膨張率は非常に小さいといえる。

(3) 曲げ

木片混入率が増加するに従って曲げ強さは低下し、弾性率は向上している。曲げ強さが低下する原因はプラスチックの減少に伴う接着力の低下と考えられる。また弾性率の向上は木材自体の持つ弾性力の発現であると考えられる。曲げ強さは JAS の基準値 (50N/mm^2) より若干低い、JIS A 5908 の基準値 ($18 \sim 30\text{N/mm}^2$) と比較すると高水準にあるといえる。(図 3.3.7、図 3.3.8 参照)

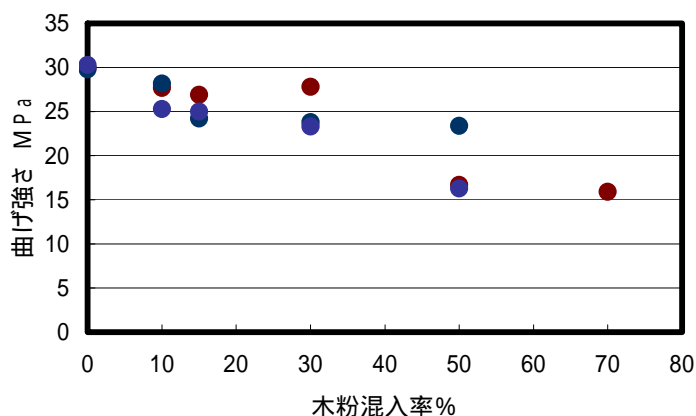


図 3.3.7 木粉混入率と曲げ強さの関係(小型試験体)

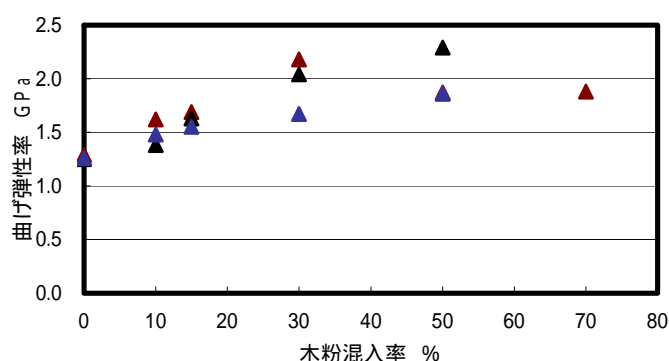


図 3.3.8 木粉混入率と曲げ弾性率(小型試験体)

(4) 高温に対するひび割れ

木片チップ混入率 0,10,15,30, 50%とも表面及び断面にひび割れは認められなかった。また混入率 50%でわずかな反りが見られたが、これは熱水処理により内部の結合力が低下し内部応力が部分的に発生したためと考えられる。

(5) まとめ

以上の結果から木粉混入率 30%まではコンクリート用型枠パネルとして十分な基本物性を持っていることが明らかになった。

3.3.4.2 実大試験体（平成15年度）

（1）剥離性

木粉の混入率が増加するに従って、剥離強度が増加している。この原因は木粉が廃プラスチックの内部で強化繊維として作用しているためと考えられる。コンクリート用型枠合板の日本農林規格では剥離強さの基準値が 1.0N/mm^2 以上であり、木粉混入率 10%、30%、50%のボード全てについて基準値を上回っている。（図 3.3.9 参照）

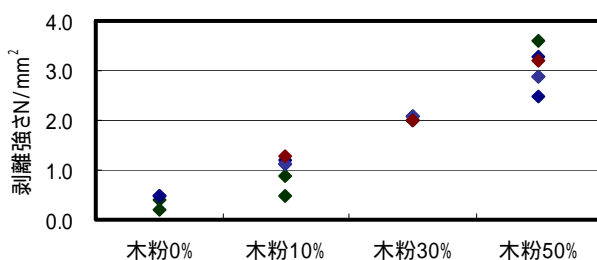


図 3.3.9 実大試験体の剥離強さ試験結果

（2）吸水時のふくれ

浸せき時間が経過するに従って厚さが増加する傾向が見られた。また、木粉混入率が増加するに従って厚さ膨潤率は大きくなっており、木粉混入率 50%では浸せき 2 週間目において厚さ膨潤率 3.0%に達した。しかしこの値は、厚さ 10 mm のボードの場合、膨潤量は 0.4mm 以下であり、実用上問題ないレベルといえる。（表 3.3.4 参照）

（3）高温に対するひび割れ

木粉混入率 0%及び 10%では煮沸・乾燥処理後に試験片断面にわずかなひび割れが認められた。これは試験片内部で応力が発生し、層間剥離が起きたことが原因と考えられる。また全ての種類のボードについて表面にわずかな毛羽立ちが認められた。（表 3.3.4 参照）

表 3.3.4 実大試験体のふくれ、ひび割れ試験結果

試験体種類	厚さ膨潤率 %	ひび割れ
木粉 0%	0.2	わずかに発生
木粉 10%	0.5	わずかに発生
木粉 30%	1.5	発生せず
木粉 50%	3.0	発生せず

（4）曲げ

作製したボードは裏面にリブがあり、曲げ強度の算出が困難であるため、幅当りの曲げ破壊荷重を求め普通合板及びコンクリート型枠用パネルとの比較試験を行った。作製したボードから切り出した試験片の幅当たりの曲げ破壊荷重はいずれもほぼ同レベル（10～18N/mm）の値であっ

た。これは普通合板と同等の強さであることを示している。またコンクリート用型枠合板は、これらボードに比べ約2倍の破壊荷重があった。しかし市販されているコンクリート用型枠合板の幅当たりの破壊荷重は9.8～27.5N/mm)の範囲にあることから考えると、作製したボードは型枠として十分な強さであるといえる。(図3.3.10及び図3.3.11参照)

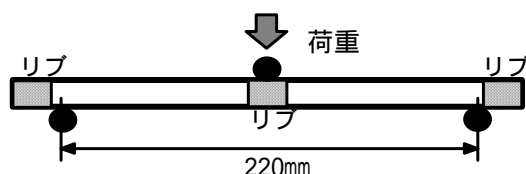


図 3.3.10 実大試験体の曲げ試験方法

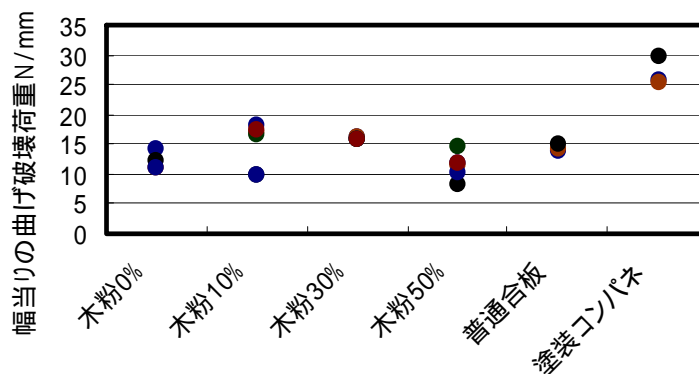


図 3.3.11 曲げ試験結果

(5) 繰り返し使用に対する耐久性

試験片に剥離剤を塗布して試験を行った。評価は、打設・脱型の繰り返し3回後の観察結果を表4に示すレベルに区分してグラフに再表示する方法で行った。(図3.3.12及び図3.3.13参照) 同一の試験片を3回繰り返して使用し、モルタルを打設したが、廃プラスチックを使用したボードから切り出した試験片は、何れの場合も大きな変化は見られなかった。木粉0%及び木粉10%の場合、モルタルの表面状態は、コンクリート用型枠パネルと比較するとモルタルの仕上げ面の平滑さが1ランク劣るものの実用上は問題がないものと考えられる。また、木粉30%及び50%については、モルタル表面の粗さが目立つ結果となった。しかし打設・脱型を繰り返すに従って、木粉10%、30%及び50%でモルタル表面の状態が次第に改善される傾向が見られた。この原因は、打設、脱型により試験片表面の木質部分はがれ落ち、強固に付着しているもののみが残り、表面状態が比較的安定して平滑になるためと考えられる。一方、コンクリート用型枠パネルは、次第に表面が劣化し、ひび割れが生じ、3回目の打設によって、表面が著しく劣化した。

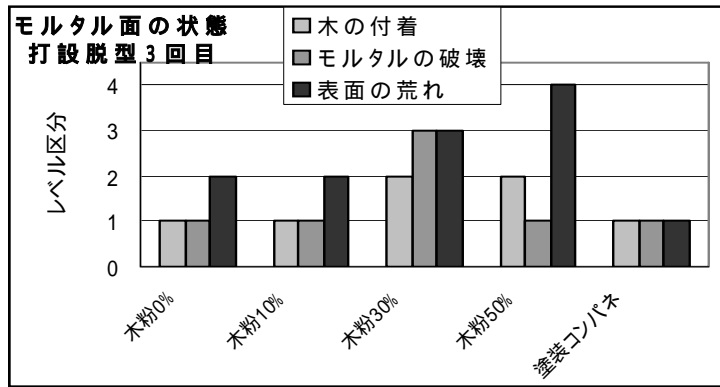


図 3.3.12 繰り返し使用に対する耐久性
(モルタル面の状態)

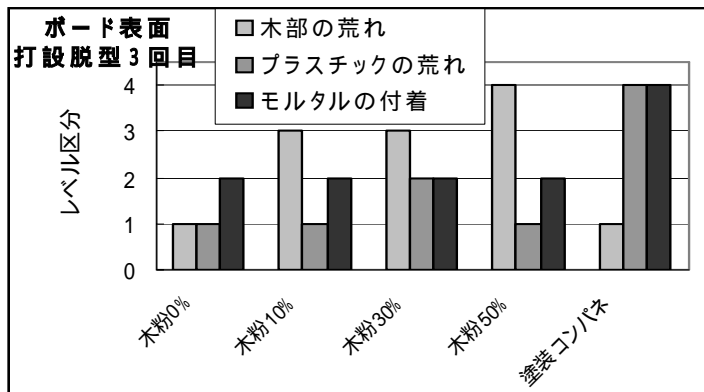


図 3.3.13 繰り返し使用に対する耐久性
(ボード表面の状態)

3.3.4.3 実大施工実験 (平成15年度)

(1) コンクリートの品質

フレッシュコンクリートの物性

スランブ 9.0cm 空気量 4.4% コンクリート温度 10.2 (外気温度 8.7)

コンクリート強度試験結果

材齢 7日と 28日の圧縮強度試験結果を表 3.3.5 に示す。

表 3.3.5 圧縮強度試験結果

材齢	番号	供試体質量 (kg)	荷重 (KN)	強度 (N/mm ²)	平均 (N/mm ²)
7日	1	3.36	213	27.1	26.2
	2	3.35	202	25.7	
	3	3.34	202	25.7	

28日	1	3.37	257	32.7	33.9
	2	3.38	267	34.0	
	3	3.39	274	34.9	

(2) 型枠のそりと変形量

コンクリート用型枠パネルがコンクリート打設によってどの程度の変形を生ずるかを調べることを目的にコンクリート打設前の「コンクリート用型枠パネルのそり」(組み立て後)とコンクリートを型枠に打設し、材齢7日を経過したコンクリートから型枠を取り外した「コンクリート表面のそり」を測定した。

そりの測定には、検長20cm及び60cmのアルミ製検尺と隙間ゲージを使用した。

測定位置は、型枠面の中心部(中心点)と中心点から左右の長手方向に各30cmの位置(A,B)とした。

測定面が凹の場合には、A点及びB点を基点に中心部のへこみを、また、測定面が凸の場合には、中心点を基点にA点及びB点のへこみを隙間ゲージ又は、検長20cmの検尺で測定した。

コンクリート用型枠パネルの変形量は、「コンクリート型枠パネルのそり」と「コンクリート面のそり」の前後の差から求めた。

コンクリート用型枠パネルのそり量と変形量測定結果を表3.3.6に示す。これによると、全体的には、型枠中央部分がコンクリートの圧力によってへこむ傾向を示し、その変形量(2つの平均)は、0.3mmから2.0mmの範囲にあった。木粉の混入量と変形量の関係は、今回の実験では明確に出来なかった。

また、今回使用した型枠パネルはその製造方法の関係から、型枠面が凸状に仕上がっており、組立ての際に面を平滑に保つために、型枠内側に圧縮力、型枠外側に引張力が作用する拘束状態になっていた。このため、比較用の型枠合板に比べ、変形に対しては有利な条件下にあったものと考えられるが、表3.3.6によると必ずしもそうとは言えない結果となった。

(3) 脱型後の型枠及びコンクリートの表面状態

コンクリートを打設後、常温養生後十分強度が達してから脱型(材齢7日)し、表面状態(材齢14日)等を観察した。

写真3.3.5~3.3.11に示すようにベース(コンパネ100%)を基本に廃プラ(PP100%)から廃プラ(PP:50%) ~ までは表面状態に大差は無いが、木粉の混入率が上がるに従いやや表面のざらつき感が増す。しかし、朮殻(100%)や木粉(粗粉:100%) ~ になると表面のざらつきが目立つようになる。

表 3.3.6 コンクリート用型枠パネルのそりと変形量

単位:mm

コンパネの種類	打設前型枠面				打設 型枠 のそり _a	脱型後コンクリート面				コン クリ ートの そり _b	変 形 量 *	
	概況	A	中央	B		概況	A	中央	B			
型枠合板 (比較用)	面	凸	0.3	-	0.0	0.2	凸	2.0	-	1.5	1.8	2.0
	面	凹	-	0.2	-	-0.2	凸	1.5	-	1.0	1.2	1.0
廃プラ (90%)	面	凸	0.1~0.03	-	2.0	1.0	凹	-	1.0	-	-1.0	0.0
木粉 (10%)	面	凸	1.0~2.0	-	0.3	0.9	凹	-	0.3	-	-0.3	0.6
廃プラ (70%)	面	凸	0.2~1.0	-	1.0~2.0	1.0	凸	0.0	-	1.5	0.8	1.8
木粉 (30%)	面	凸	1.0~2.0	-	1.0~2.0	1.5	凸	0.2	-	0.0	0.1	1.6
廃プラ (50%)	面	凸	1.0~2.0	-	2.0~3.0	2.0	凸	0.0	-	1.0	0.5	2.5
木粉 (50%)	面	凸	1.0~2.0	-	1.0~2.0	1.5	-	0.0	0.0	0.0	0	1.5
廃プラ (100%)	面	凸	3.0	-	0.3~1.0	1.8	凹	-	0.5	-	-0.5	1.3
	面	凸	1.0~2.0	-	2.0	1.8	凹	-	0.3	-	-0.3	1.5
廃プラ (70%)	面	凸	2.0~3.0	-	2.0~3.0	2.5	凹	-	1.5	-	-1.5	1.0
一般廃木 (30%)	面	凸	1.0~2.0	-	1.0~2.0	1.5	凹	-	1.0	-	-1.0	0.5
廃プラ (70%)	面	凸	1.0	-	1.0~2.0	1.2	-	0.0	0.0	0.0	0	1.2
みも殻 (30%)	面	凸	2.0~3.0	-	1.0~2.0	2.0	凹	-	0.5	-	0.5	1.5

* : 変形量は、「型枠のそり」と「コンクリート面のそり」から、型枠面に直角方向の変形を求めたもの。

変形量 = a + b

ここに、a : 打設前の型枠のそり

b : コンクリート面のそり

例 : 廃プラ(100%)の場合、型枠面凸からコンクリート面凹

面型枠(中央部)のそりは、そり a = {3.0+(0.3+1.0)/2}/2=1.8

一方、コンクリート面のそりは 0.5

従って、変形量は、(1.8)+(-0.5)=1.3(mm)



写真 3.3.5 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.6 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.7 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.8 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.9 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.10 コンクリート表面の仕上がり状況



写真 3.3.11 コンクリート表面の仕上がり状況

(4) 型枠に作用する側圧 (kN/m²)

型枠に作用する側圧を測定するために、写真 3.3.4 に示す側圧計をコンクリート底面より約 20cm の位置に設置して測定した。側圧の試験結果を表 3.3.7 に示す。側圧の求め方は日本建築学会「建築工事仕様書・同解説【JASS5】」の 12.6 の型枠の構造計算による。

側圧にそれほど大差は無いが小さい順に並べると、コンパネ 100% < 廃プラ 100% < 廃プラ 50% < 廃プラ 70% になり、混合の違いによる傾向は確認できなかった。

表 3.3.7 型枠に作用する側圧

型枠パネルの種類	単位容積質量 (t/m ³)	計測値 (kg/cm ²)	側圧 (kN/m ²)
型枠合板	2.14	0.1246	1.830
木粉混入率 30%		0.1294	1.901
木粉率混入 50%		0.1290	1.895
木粉混入率 %		0.1250	1.836

3.3.5 本年度の実験検討

平成14年度は小型の廃木ボードを作製しコンクリート用型枠パネルに要求される基本物性を調査した。次に、平成15年度は実際のコンクリート用型枠パネルに近い形状の廃木ボード（軽量化のため裏面にリブを付けたもの）を作製し、基本物性の検討及び実大型枠の組み立てとコンクリート打ち込み実験を行った。その結果、廃木ボードは、木粉混入率50%までコンクリート用型枠パネルに使用できる性能を有していることが分かった。しかし一方、コンクリートを打ち込んだ場合、コンクリートの仕上げ面が粗いという欠点が見られた。そこで平成16年度は前年度までの成果をふまえ、専用の型枠を用いた廃木ボードの作製条件を検討し、作製した廃木ボードの基本物性及び実大コンクリートの打ち込み時における性能を検証した。

3.3.5.1 廃木ボードの試作

平成14年度及び15年度はプレスを用いて廃木ボードを作製した。前年度の結果をふまえ平成16年度は射出成型により廃木ボードの作製を試みたが、外観上満足のいくものが出来なかった。このため、形状は異なっても既存の材料で製品化されているものであればコンクリート用型枠パネルに転用できると判断し、既存の製品（射出成型されたパレットの材料）を用いてコンクリート用型枠パネルに要求される性能を検証した。以下に廃木ボード試作の詳細を以下に示す。

(1) 射出成型による試験体の試作

以下に示す作製計画に従って、廃木材及び廃プラスチックを利用したコンクリート用型枠パネルの作製を行った。

〔作製場所〕 : 東海樹研工業（株）

〔実施担当者〕 : 村上善明（松下電工）、中野幹夫（センターフィールド）、
関戸浩望（東海樹研工業）、大島 明（建材試験センター）

〔作製計画〕

作製方法（図 3.3.14 参照）

射出成型（溶融 射出 プレス成形）

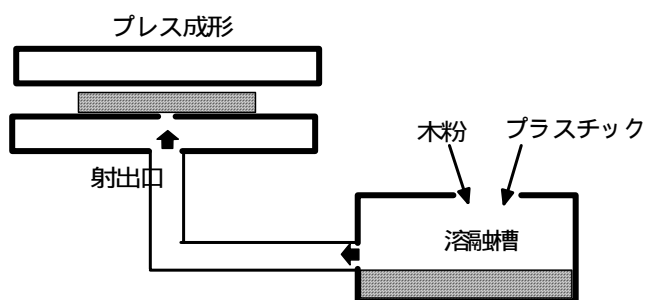


図 3.3.14 廃木ボードの作製方法

材 料（原料）

廃木材：コンクリートパネル廃棄物

廃プラスチック：PP

組 成

- a . 廃木材混入率： 0 %
- b . 廃木材混入率： 1 0 %
- c . 廃木材混入率： 2 0 %
- d . 廃木材混入率： 3 0 %

寸 法

縦：1 8 0 0 mm、横 6 0 0 mm

〔作製結果〕

以下に示す条件のコンクリート用型枠パネルを試作した。

木粉混入率 1 0 %、溶融温度（設定値） 1 8 0	3 枚
木粉混入率 1 0 %、溶融温度（設定値） 1 7 0	1 枚
木粉混入率 2 0 %、溶融温度（設定値） 1 7 0	1 枚

〔経過の解説〕

表面に焦げつきがあった。（写真 3.3.12 参照）

表面に樹脂と木粉の混合のむらが認められた。

全体に著しい反りが認められた。

試験体は方形に成型されなかった。

このため溶融温度を 1 7 0 に下げて成型を試みたが品質は改善されなかった。また成型時に多量のガスが発生した。このため 5 枚作製した時点で作製作業は中止した。



写真 3.3.12 試作コンクリート用型枠パネル
(木粉混入率 1 0 %)

〔結論及び今後の対策〕

今回作製したコンクリート用型枠パネルは実用に耐え得ないと判断された。

焦げ付きの原因について検討した結果、次のような見解が得られた。

- a . ガス発生の原因は材料に起因するものか、溶融温度に起因するものか現時点では不明である。

- b . 焦げ付きの原因は射出前の溶融時間が長いため木粉が燃焼した可能性がある。
- c . 作製方法を検討し、再度コンクリート用型枠パネルの作製を試みる。

(2) 既存の材料の検討

以下に示す内容の既存再生パレットをコンクリート用型枠パネルに転用する可能性を検討した。これは、パレット表面の板状部分の性能を調査し、コンクリート用型枠パネルに要求される性能が満足されれば、型枠のみを変更することによって現状の技術でコンクリート用型枠パネルの製造が可能であるとの考えから試験実施の運びとなった。

試験体名称

廃木材・廃プラスチック再生パレット

組成

- a . 使用済みコンクリート用型枠パネルをチップ化したもの : 10%
- b . 成形不良のため廃棄されたドリンク容器(材質; PP): 90%

作製方法

- a . 廃木材及び廃プラスチックを混合溶融した後、造粒機に送り造粒した。
- b . 造粒されたペレットは、冷却、脱水した後、タンクに貯蔵した。
- c . 貯蔵されたペレットは射出機に供給され、プレス成形し、パレットを作製した。



写真 3.3.13 再生パレット(平面図)



写真 3.3.14 再生パレット(断面図)

3.3.5.2 基本物性及び耐久性の検討

(1) 試験体及び試験片

試験体は 3.3.5.1-(2)で検討した既存のパレットの上下の板を切断して使用した。切断位置を図 3.3.15 に示す。また比較用としてコンクリート用型枠合板を用意した。試験体の仕様を表 3.3.8 に示す。試験片は 1 枚の試験体から表 3.3.9 に示す形状・寸法のもの采取了。試験片採取位置を図 3.3.16 に、採取した試験片の形状を写真 3.3.15 ~ 3.3.17 に示す。

表 3.3.8 試験体の仕様

名称・種類	組成	寸法mm	数量(枚)	備考
廃木ボード(廃木材・廃プラスチック再生パレット)	廃プラ:(PP90%) 廃木材:(10%)	850×850×150	2	既存の製品
コンクリート用型枠合板	コンクリート用型枠合板 J A S、塗装品	900×1800×12	1	-

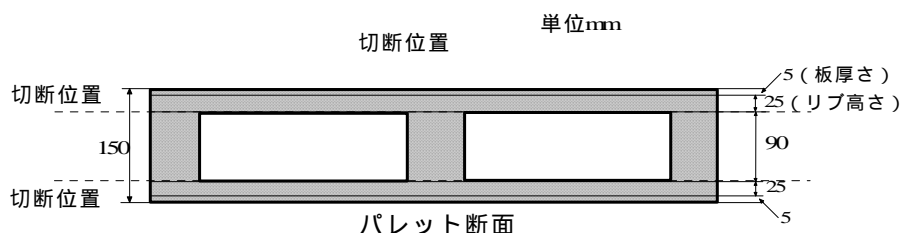
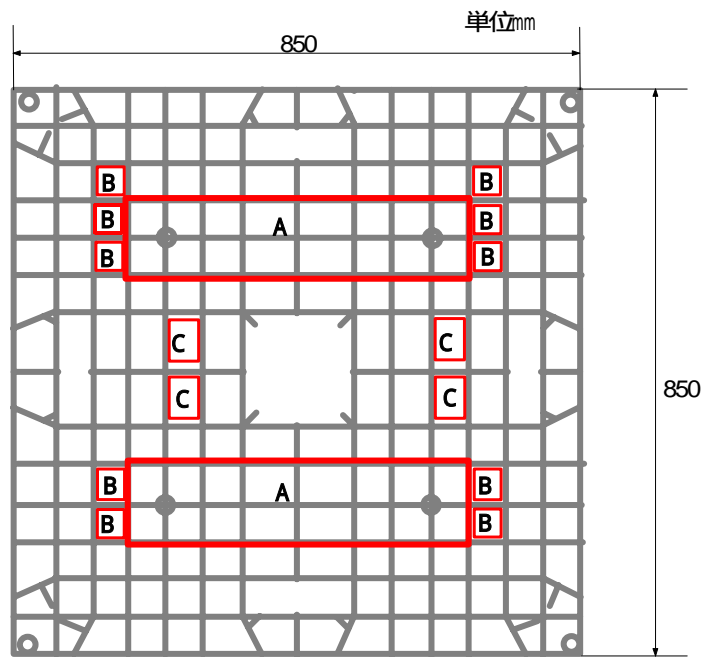


図 3.3.15 試験体(パレット)の切断位置

表 3.3.9 試験片

試験項目	寸法 mm
はく離性	50×50×5
ふくれ	50×50×5
曲げ	510×120×25
ひび割れ	50×50×5
耐久性	70×55×5



試験体裏面

- A : 曲げ試験片
- B : はくり、ふくれ、ひび割れ試験片
- C : 耐久性試験片

図 3.3.16 試験片採取位置

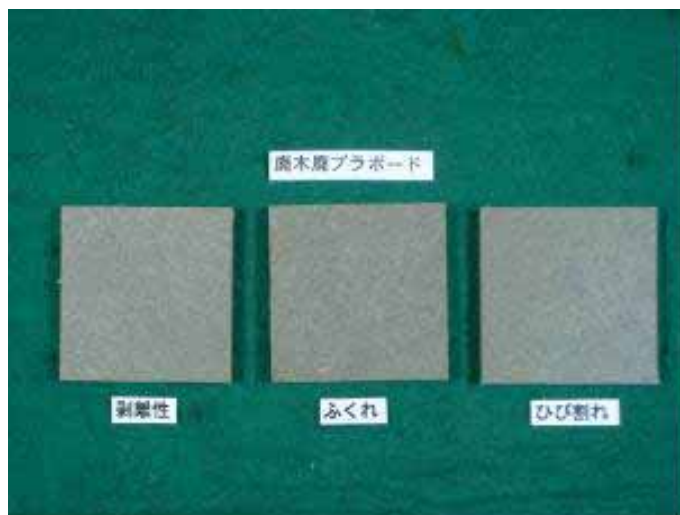


写真 3.3.15 採取した試験片
(はく離、ひび割れ、ふくれ試験用)



写真 3.3.16 採取した試験片(曲げ試験用)

(2) 試験項目及び方法

はく離性試験

JIS A 5908(パ-ティクルボ-ド)6.8 剥離強さ試験に準じて試験を行った。試験片の表面に対して垂直に引張加重を加え、破壊時の最大荷重(P)を測定し、次の式によってはく離強さを算出した。また破壊状況を目視で観察した。

$$\text{はく離強さ (N/mm}^2\text{)} = P / (b \times L)$$

ここに、P: はく離破壊時の最大荷重(N)

b: 試験片の幅(mm)

L: 試験片の長さ(mm)

ふくれ試験

JIS A 5908(パ-ティクルボ-ド)6.7 吸水厚さ膨張率に準じて試験を行った。あらかじめ試験片の中央部の厚さを0.05mmの精度までマイクロメーターで測定し、これを 20 ± 1 の水中に水面下約3cmに水平に置き、24時間、168時間、336時間浸した後、取り出して水分をふき取り厚さを測定した。次の式によって吸水厚さ膨張率を算出した。

$$\text{吸水厚さ膨張率(\%)} = 100(t_2 - t_1) / t_1$$

ここに、 t_1 : 吸水前の厚さ(mm)

t_2 : 吸水後の厚さ(mm)

ひび割れ試験

JAS(合板の日本農林規格)に規定する別記3.試験方法、(3)イ(ア)1類浸せきはく離試験に準じて試験を行った。試験片を煮沸水中に4時間浸漬した後、 60 ± 3 で20時間乾燥し、更に煮沸水中に4時間浸漬した後、 60 ± 3 で3時間乾燥した。この後、試験片のひび割れの有無を目視で観察した。

曲げ試験

J I S K 7 1 7 1 (プラスチック - 曲げ特性の試験方法) に準じて試験を行った。支点間距離 2 7 1 mm、試験速度 5 mm/min で 3 点曲げ試験を行い、破壊時の荷重を測定した。(図 3.3.17 参照) 曲げ強さは次の式に従って単位幅当たりの破壊荷重で表示した。支点とリブの位置関係を下図に示す。

$$\text{単位幅当たりの曲げ破壊荷重 } S \text{ (N/mm)} = F / b$$

ここに F : 破壊荷重 N

b : 幅 mm

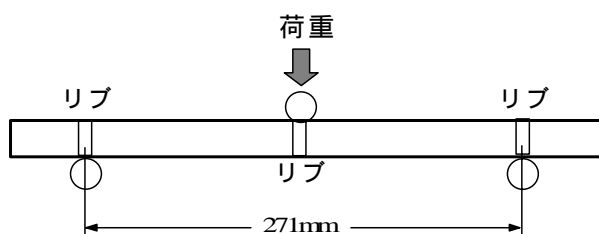


図 3.3.17 曲げ試験方法

耐久性試験

鋼製型枠の両側面に試験体を置き、J I S A 1 4 0 4 (建築用セメント防水剤の試験方法) に規定される標準モルタル(詳細は表 3.3.10 参照)を打設した。(写真 3.3.17 参照) 打設後、標準状態で 4 8 時間養生した後、脱型し、モルタルについては表面の荒れ、破壊、木質材料の付着を目視で観察した。また、試験片については表面の荒れ、モルタルの付着、割れを目視で観察した。この操作を 3 回繰り返した。外観観察の評価基準を表 3.3.12 に示す。尚、廃木ボードは表面に表 3.3.11 に示す内容の離型剤を塗布した。(尚本試験の方法及び条件は昨年度と同様である。)

表 3.3.10 使用したモルタルの詳細

項目	内容
セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	ガラス製造用けい砂 : セメント試験用標準砂 = 1 5 : 8 5 (質量比)
水	清水
フ口 -	1 6 0 ± 2 mm

表 3.3.11 離型剤の種類及び塗布量

種類	鉱物油系
塗布量	4 0 ~ 8 0 g / m ²

表 3.3.12 耐久性試験の評価基準

レベル1	記号	異状なし
レベル2	記号	わずかに認められる
レベル3	記号×	明確に認められる
レベル4	記号××	著しく認められる



写真 3.3.17 モルタルの打設状況(耐久性)

(3) 試験結果及び考察

試験結果を表 3.3.13 ~ 表 3.3.18 及び図 3.3.18 に示す。

表 3.3.13 はく離性試験の結果

試験体種類	測定項目	1	2	3	平均
廃木ボード	はく離強さ N/mm ²	2.6	3.1	2.9	2.9
	破断状況%	B:100	B:100	B:100	-
コンクリート型 枠パネル	はく離強さ N/mm ²	0.7	0.5	0.9	0.7
	破断状況%	A:100	A:100	A:100	-

* 表中の破断状況の記号は次のことを、数値は割合を表す。

A : ボードの破壊

B : 鋼製ジグとボード表面の凝集破壊

表 3.3.14 ふくれ試験の結果

試験体種類	浸せき時間 時間	厚さ膨潤率 %			
		1	2	3	平均
廃木ボード	24	0.0	0.4	0.2	0.2
	168	0.2	0.6	0.8	0.3
	336	0.2	0.6	0.8	0.5
コンクリート 型枠パネル	24	3.0	1.6	2.6	2.4
	168	3.5	2.5	3.5	3.2
	336	3.5	2.6	3.5	3.2

表 3.3.15 ひび割れ試験の結果

試験体種類	観察項目	1	2	3
廃木ボード	断面のひび割れ			
	表面の荒れ			
コンクリート 型枠パネル	断面のひび割れ	×	×	×
	表面の荒れ	×	×	×

* 表中の記号は以下のことを表す。 : 異常なし × : 認められる

表 3.3.16 曲げ試験の結果

試験体種類	測定項目	1	2	平均
廃木ボード	単位幅当たりの破壊荷重	8.5	8.9	8.7
コンクリート 型枠パネル	N/mm	18.8	17.8	18.3

表 3.3.17 耐久性試験結果1 (試験片表面の状態)

試験体種類	打設回数	観察項目		
		木部の 荒れ	プラスチックの 荒れ	モルタルの 付着
廃木ボード	打設1回目			
	打設2回目			
	打設3回目			
コンクリート 型枠パネル	打設1回目	-		
	打設2回目	-		
	打設3回目	-	× × ×	

* - は評価しなかったことを表す。

表 3.3.18 耐久性試験結果2 (モルタル表面の状態)

試験体種類	打設回数	観察項目		
		木部の付着	モルタルの破壊	モルタル表面の荒れ
廃木ボード	打設1回目			
	打設2回目			
	打設3回目			
コンクリート型枠パネル	打設1回目	-		
	打設2回目	-		
	打設3回目	-		

* - は評価しなかったことを表す。

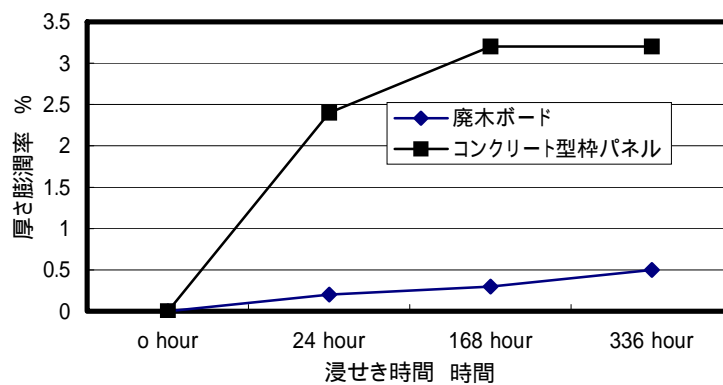


図 3.3.18 ふくれ試験結果 (厚さ膨潤率)

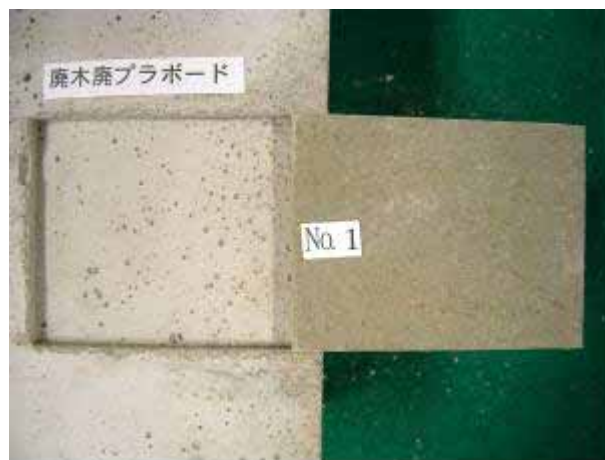


写真 3.3.18 耐久性試験結果

(廃木ボード: 打設3回後、試験片NO. 1)



写真 3.3.19 耐久性試験結果

(コンクリート用型枠パネル;打設3回後、試験片NO.1)

〔考 察〕

剥離性

廃木ボードはコンクリート用型枠パネルの約4倍程度のはく離強さがあった。また、コンクリート用型枠パネルは合板の層間ではく離したが廃木ボードは表面と鋼製ジグ間の凝集破壊であった。

ふくれ

温度20℃の水中に最大2週間(336時間)試験片を浸せきしたが、廃木ボードは2週間後でも厚さ膨潤率は0.5%であり、耐水性は優れていることが示された。一方コンクリート用型枠パネルは浸せき2週間目に厚さ膨潤率が3.2%となり、大きな膨れがみられた。

ひび割れ

煮沸・乾燥を2回繰り返した後に試験片表面のひび割れ及び木質部分の劣化状況を観察した結果、廃木ボードは全く異状がなかった。一方コンクリート用型枠パネルは表面及び断面のひび割れが認められた。廃木ボードの耐熱性は非常に優れていると判断される。

曲げ

曲げ試験はスパンを271mmに固定し、荷重はリブの直上に載荷し、単位幅当たりの破壊荷重(N/mm)を求め、材料間の比較試験を行った。その結果、廃木ボードは単位幅当たりの破壊荷重は8.7N/mm(平均)でコンクリート用型枠パネルの約1/2のレベルであった。この比率は昨年度の木粉混入率50%廃木ボード同レベルであるといえる。

耐久性

同一の試験体を3回繰り返して打設したが、廃木ボードの表面はほとんど劣化が見られず、モルタル面の仕上げも良好であり、実用上問題のないレベルであった。一方コンクリート用型枠パネルは塗装表面が次第に劣化し、モルタルの付着及びひび割れが見られた。

3.3.5.3 実大施工実験

平成 16 年度の実大施工実験は、平成 15 年度に引き続き、木質系廃材及び廃プラスチックを原料としたコンクリート用パネルを試作し、これを用いて実用化に向けた検討を行った。実大施工実験に用いた試作型枠パネルと比較用に市販の型枠用合板の 2 種類とした。コンクリートは再生骨材コンクリートを打設して、型枠パネルのそりや変形等の有無と脱型後のコンクリート表面の観察による評価を行った。

(1) 型枠の種類及び形状・寸法

型枠に用いたパネルの種類

型枠に用いたパネルは 2 種類とした。市販の型枠用合板をベースとして、廃木材の微粉と廃プラスチックの微粉を原料としたパネルを使用した。原料の廃木材は、使用済みのコンクリート用型枠パネルを微粉碎 (1mm 以下) したもので、また、廃プラスチックは、成形不良のため廃棄されたドリンク容器 (材質; PP) を使用した。各の混合比は、廃木材 : 廃プラスチックが 10 : 90 (質量比) である。

型枠の形状・寸法

型枠の形状寸法は、85cm × 85 cm × 82 cm (H) のほぼ立方体である。型枠は図 3.3.19 に示すように、A 面と B 面及び C 底版の 3 面として 2 面は市販のコンクリート用型枠合板を使用した。比較用の型枠は、5 面全て市販のコンクリート用型枠合板とした。(写真 3.3.20)



写真 3.3.20 型枠外観



写真 3.3.21 側圧計

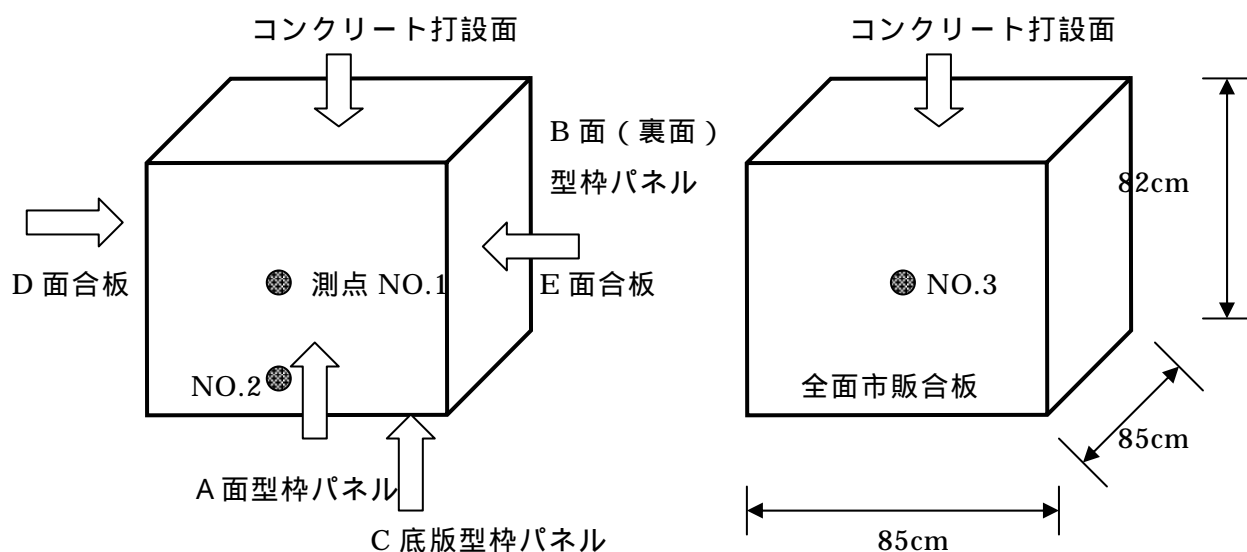


図 3.3.19 型枠パネル詳細図

(2) 実験項目及び方法

実験項目

- ・コンクリートの品質（スランプ、空気量、コンクリート温度、外気温度、コンクリートの圧縮強度材齢 7 日及び 28 日）
- ・コンクリート用型枠パネルのそり、変形
- ・型枠に作用するコンクリートの側圧（ kN/m^2 ）

実験方法

コンクリートは、生コンクリート車より直接シュートを通じて 2 個の型枠に「コンクリート打設面」より打設した。

- ・そりの測定には、検長 20cm と 60cm のアルミ製検尺と隙間ゲージを使用した。測定位置として、型枠面の中心部（中心点）と中心点から左右の長手方向に各 30cm の位置（A・B）とした。測定面が凹の場合には、A 点及び B 点を起点に中心部のへこみを、また測定部が凸の場合には、中心部を起点に A 点及び B 点のへこみを隙間ゲージ、又は検長 20cm の検尺で測定した。
- ・コンクリート型枠パネルの変形量は、「コンクリート型枠パネルのそり」と「コンクリート面のそり」の前後の差から求めた。
- ・コンクリート打設時に型枠に生ずる側圧の測定には、動はずみ計を使用して測定した。

測定位置は、図 3.3.19 にも示してあるが型枠パネルの底版より 40cm の位置（No.1）と 17cm の位置（No.2）及び合板の底版より 40cm の位置（No.3）とした。側圧計の設置状況を写真 3.3.21 に示す。・コンクリートの打設状況を写真 3.3.22 に示す。コンクリートの締め固めには棒状バイブレーターを使用した。



写真 3.3.22 コンクリートの打設状況

(3) 使用したコンクリート

コンクリートの配合

コンクリートには再生骨材コンクリートを使用し、資源有効利用とした。使用材料の産地及び種類を以下に示す。又、コンクリートの配合を表 3.3.19 に示す

a) 使用材料

- ・ セメント S 社 普通ポルトランドセメント 密度 3.15 g / cm³
- ・ 天然細骨材 千葉県君津田倉産 密度 2.53 g / cm³
- ・ 再生細骨材 葛西産 密度 2.26 g / cm³
- ・ 再生粗骨材 葛西産 密度 2.43 g / cm³
- ・ 混和剤 AE 減水剤 P 社 (標準型)
- ・ 離型剤 無使用

b) 配合 表 3.3.19 を参照

表 3.3.19 コンクリートの配合

【配合：呼び強度 24 スランプ 12cm 骨材寸法 20mm】 (単位 kg)

セメント	水	細骨材 (天然)	細骨材 (再生)	粗骨材 (再生)	混和剤
348	174	236	493	865	4.18
水セメント比		50%	細骨材率		46.5%

細骨材の混合率比 (容積比) 7:3 とする。

骨材試験結果

骨材は再生骨材を使用したため、表 3.3.20 に骨材試験結果を示す。

表 3.3.20 骨材試験結果

種類	再生細骨材	天然細骨材	再生粗骨材
粗粒率	3.22	1.97	6.63
表乾密度 g / cm ³	2.26	2.53	2.43
絶乾密度 g / cm ³	2.03	2.45	2.31
吸水率 %	11.06	3.06	5.13
単位容積質量 kg / L	1.41	1.57	1.42
実積率 %	69.3	64.0	61.4
洗い分析試験 %	3.6	1.7	0.69
粘土塊量の試験 %	-	0.48	-
有機不純物試験	濃くない	濃くない	-
粒形判定実積率試験 %	57.3	-	62.1

コンクリートの試験結果

・フレッシュコンクリートの試験結果

使用したフレッシュコンクリートの試験結果を示す。

スランプ：14.5cm 空気量：5.3% コンクリート温度：9

外気温度：2

・圧縮強度試験結果

使用したコンクリートの圧縮試験結果を表 3.3.21 示す。

表 3.3.21 圧縮試験結果

材齢	番号	供試体質量 (kg)	荷重 (KN)	強度 (N/ mm ²)	平均
7 日	1-1	3.42	209	26.6	26.2
	1-2	3.44	201	25.6	
	1-3	3.42	208	26.5	
28 日	2-1	3.43	268	34.1	34.4
	2-2	3.44	268	34.1	
	2-3	3.43	274	34.9	

(4) 実験結果及び考察

コンクリート用型枠パネルのそりと変形量

型枠パネルがコンクリート打設によってどの程度の変形を生ずるかを調べることを目的にコンクリート打設前の「コンクリート用型枠パネルのそり」(組み立て後)とコンクリートを型枠

に打設し、材齢2日を経過したコンクリートから型枠を取り外した「コンクリート表面のそり」を測定した。コンクリート用型枠パネルのそり量と変形量測定結果を表3.3.22に示す。これによると、全体的には、型枠中央部分がコンクリートの圧力によってへこむ傾向を示し、その変形量（2箇所平均）は、「廃プラ+合板」の場合、4.0mmから8.0mmの範囲にあり、廃木ボードが比較用のコンクリート用型枠合板の約2倍の変形量を示した。また、「合板」の場合、6.0mmから8.5mmの値を示し、「廃プラ+合板」の場合と変形量が若干異なるが、これはコンクリート用型枠合板のみで組み立てを行った型枠であり、組み立ての際に使用した栈木の形状寸法が異なったことが原因と考えられる。

表 3.3.22 コンクリート用型枠パネルのそりと変形量 単位：mm

コンパネの種類	打設前				a	脱型後コンクリート				b	変形量
	概況	A	中央	B		概況	A	中央	B		
廃プラ+合板	凹	-	1.5	-	-1.5	凸	11.0	-	7.5	9.2	7.7
	凸	1.0	-		0.5	凸	10.0	-	6.0	8.0	8.5
	凹	-	1.0	-	-1.5	凸	6.0	-	6.0	6.0	5.0
	凹	-	2.5	-	-2.5	凸	6.0	-	7.0	6.5	4.0
合板	凹	-	3.0	-	-3.0	凸	9.0		9.5	9.2	6.2
	凹	-	3.0	-	-3.0	凸	15.0	-	8.0	11.5	8.5
	凹	-	2.0	-	-2.0	凸	9.0	-	9.5	9.2	7.2
	凹	-	2.0	-	-2.0	凸	9.0	-	8.5	8.8	6.8

*：変形量は、「型枠のそり」と「コンクリート面のそり」から型枠面に直角方向の変形を求めたもの。

$$\text{変形量} = a + b$$

ここに a：打設前の型枠のそり（mm）
b：コンクリート面のそり（mm）

型枠と脱型後のコンクリートの表面状態

コンクリートの材齢2日に脱型し、コンクリートの表面状態等を観察した。写真3.3.23～3.3.26に示すように廃木ボードと比較用の型枠合板とでは表面状態に大差は無いが、廃木ボードを使用した場合のコンクリート表面は光沢が見られなかった。



写真 3.3.23 コンクリートの表面状況
(廃木ボード 面)



写真 3.3.24 コンクリートの表面状況
(廃木ボード 面)



写真 3.3.25 コンクリートの表面状況
(合板 面)



写真 3.3.26 コンクリートの表面状況
(合板 面)

型枠に作用するコンクリートの側圧 (kN/m^2)

型枠に作用するコンクリートの側圧を測定するために、写真 3.3.21 に示す動ひずみ計を型枠底面から 17cm 及び 40cm の位置に設置した。コンクリートの側圧を表 3.3.23 に示す。側圧の求め方は、日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 (JASS5)」の 12.6 の型枠の構造計算による。これによると型枠の高さによる側圧の差が認められる。また、型枠パネル No.2 (廃プラ) と No.3 (合板) とでは若干の差が認められた。

表 3.3.23 コンクリートの側圧

番号	型枠パネルの種類	高さ (m)	単位容積質量 (t / m ³)	計測値 (kgf / cm ²)	側圧 (kN / m ²)
NO.1	廃プラ + 廃木	0.42	2.14	0.094607	0.834
NO.2	廃プラ + 廃木	0.65		0.15625	2.131
NO.3	合板	0.65		0.12949	1.766

1kgf = 9.80665N

3.3.6 実験調査のまとめ

3.3.6.1 昨年度までの実験調査

(1) 基本物性試験

平成 14 年度に行ったホットプレスを用いて作製した小型試験体の実験及び平成 15 年度に行った実大試験体を用いた実験とも、木粉混入率 50% までは剥離性、耐水性、耐熱性、耐アルカリ性についてコンクリート型枠パネルに十分な性能があることが分かった。また、曲げ強さについては木粉混入率 30% の廃木ボードは合板のコンクリート型枠パネルに比べ約 50% 程度の強度であった。しかし強度の弱点はリブ形状及び施工上の工夫によって改善できると考えられる。

(2) 耐久性

平成 15 年度に行った実大試験体を用いた実験では、木粉混入率 30% までは廃木ボードの表面は荒れが無く、モルタルの付着も問題のないレベルであった。しかしコンクリート型枠パネルと比較するとモルタル表面の仕上りは、表面に木粉の形状が写り、1 ランク低いレベルであった。ただし、木粉のサイズを小さくすることでモルタルの表面状態は改善できると考えられる。

(3) 実大施工実験

木粉混入率 50% までのボードについて表面を平滑化する工夫により実用化が期待できる。また軽量化を図るため裏面のリブ構造を検討することが必要である。

フレッシュコンクリート試験結果や硬化後のコンクリート強度試験結果及び型枠に係るコンクリートの側圧測定結果によると、従来のコンクリート用型枠合板と比較しても大差はなく使用できることが確認できた。

(4) まとめ

適切なサイズの木粉を使用し、補強リブの形状を改善すれば、木粉混入率 10% から 30% まではコンクリート型枠パネルに要求される性能を満足する廃木ボードが作製可能であることが分かった。ただし、実際の施工時には補強の算木を充分に入れることが必要となろう。

3.3.6.2 本年度の実験調査

(1) 基本物性試験

平成 16 年度は既存のパレットの部材を用いて実験したが、前年度までと同様に剥離性、耐水

性、耐熱性、耐アルカリ性ともコンクリート型枠パネルに十分な性能があることが分かった。しかし曲げ強度は前年度の結果と同様に、合板コンクリート型枠パネルの約50%の強度であった。これはパレット部材が木粉混入率10%であったことも原因の一つと考えられる。木粉混入率を増加させればより強度の高い廃木ボードが作製できると考えられる。

(2) 耐久性

既存のパレットの部材は表面仕上げが平滑であったためモルタルの仕上面がナチュラルで良好であった。3回打設、脱型した後も廃木ボードに目立った荒れは無く、さらに繰り返し使用が可能である状態にあった。

(3) 実大施工実験

昨年度と同様にコンクリート用型枠合板に比較しても大差はなく使用できることが確認できた。今後の実験では、繰り返し使用による劣化状況、側圧の高い場合（打ち込み高さや粘性のあるコンクリート）の使用状況などの検証が必要と考えられる。

(4) まとめ

平成16年度は専用の型枠を用いた廃木ボードの試作を行ったが、作製条件の検討が不十分で、満足のいく結果が得られなかった。そこで既存のパレットの部材を使用して、廃木ボードの作製技術に関して今後の可能性を探った。実験の結果、既存のパレットの部材はコンクリート型枠パネルに要求される性能をほぼ満足していた。従って現行の技術をもってすれば実用に耐えうるコンクリート型枠パネルを作製する事が可能である。ただし曲げ性能に関しては木粉のサイズ及び混入率を検討して剛性を高くするとともに、実際の施工において補強する工夫が必要と考える。また、コンクリート型枠パネルとしての重量軽減化は今後の課題として残った。

3.4 まとめ

3.4.1 木質系廃材の破碎・解繊技術の調査

これまで、木質系廃材の破碎・解繊技術について3年間にわたって調査した内容の取り纏めを行った。その結果、今後の検討課題として、ボード解繊技術開発については今後さらなる機械の改良検討が必要なこと等、再生ボード利用方法の検討として3層構造パーティクルボードの表層用原料としての利用は有効であること等、新しい用途の検討として最終用途としての燃料への活用は不可欠であること等を明らかにした。

3.4.2 木質系廃材のコンクリート用型枠パネルへの適用に関する調査

3年間にわたり、廃木材と廃プラスチックを使用して製造した廃木ボードをコンクリート用型枠として使用することを目的とした調査検討を行った。その結果、廃木ボードの基本物性においては、木粉の混入率を30%以下程度に押さえればコンクリート用型枠として十分な性能があること、試験レベルでのボードの繰り返しモルタル打ち込みに対する耐久性についても、既製のコンクリート用型枠合板に比較して何ら遜色のない性能を有することが分かった。また、実大の試作廃木ボードを使用してコンクリート用型枠を組み立て、実大施工実験を行ってみた。型枠のふくれ、脱型後のコンクリートの表面状況等の観察結果から既製のコンクリート用型枠合板に比較

して何ら遜色のない性能を有することが分かったが、ボードの密度、厚さ、表面性状等の問題で幾つかの検討すべき課題が残された。これらについては今後検討する必要がある。

参考文献：

- 1) 大島明, 菊池雅史, 小山明男他: 廃木材の再利用に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp307 ~ 308, 2003
- 2) 林業試験所: 木材工業ハンドブック, 1977, pp607 ~ 608
- 3) (財) 日本合板検査会: 合板の日本農林規格
- 4) 柳, 大島, 箕輪: 廃木材の再利用(コンクリートパネルへの適用)に関する研究、日本大学生産工学部第36回学術講演会、2003年12月6日 pp.119 ~ 122
- 5) 大島, 菊池, 小山他: 廃木材の再利用に関する研究 その1 コンクリート用型枠パネルの基本物性の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp941 ~ 942, 2004
- 6) 柳, 菊池, 福部他: 廃木材の再利用に関する研究 その2 コンクリート用型枠パネルの繰り返し使用に関する基礎実験日本建築学会大会学術講演梗概集, pp943 ~ 944, 2004

4 . 再資源化技術調査研究

- 4 . 1 調査研究の目的と方針
- 4 . 2 建設系副産物の再資源化の現状
- 4 . 3 素材別再資源化の現状調査
- 4 . 4 再資源化技術の用途開発の調査
- 4 . 5 再資源化技術の先進的な施設の動向
- 4 . 6 まとめ

4 . 再資源化技術調査研究

4 . 1 調査研究の目的と方針

4.1.1 調査研究目的と方針

第3分科会における本年度の調査研究の課題は、昨年度調査から引き継ぐ「再資源化原料製造のための異物除去技術・機器装置類に関する調査」と、新規調査の「現在までに取り組んでいないものを対象とした再資源化調査」であるが、本研究が「再資源化技術の向上と用途開発推進のための調査研究」の最終年度であるので、この課題を踏まえた上で、現状の建設分野における再資源化の取り組みを幅広く俯瞰的に把握することと、その中における再資源化技術（特に選別・異物除去技術）を抽出・整理し、新たな技術開発の可能性を探ることとした。

昨年度調査から引き継ぐ課題の内容を下記に示す。

「再資源化原料製造のための異物除去技術・機器装置類に関する調査」

- ・ 精度の良い異物識別技術の開発
- ・ 高度な機器選別技術の開発
- ・ 再資源化品目別の受け入れ基準のスペックの設定
- ・ 有害物質の判別と除去

新規調査の内容を下記に示す。

「現在までに取り組んでいないものを対象とした再資源化調査」

- ・ 石膏ボード
- ・ ガラス
- ・ 窯業系サイディング板
- ・ A L C、プレキャストコンクリート板
- ・ 畳
- ・ タイル

再資源化の取り組みへの現状調査は、既存の情報を収集し材料別に再資源化の動向とフローをまとめる。また、再資源化の技術調査については、先進的な技術や新規の用途開発の情報を文献やネットで収集し、いくつかのものについては施設の見学によって内容を精査し整理することとした。

従って、本調査研究の目的は、ここに述べてきたような調査を通じて、建築系廃棄物の再資源化の現状把握、再資源化推進のための技術の向上と仕組みづくり、またこれに伴う高度の選別・異物除去等の技術開発に寄与することを目指すものである。

4.1.2 調査研究の対象の検討

4.1.2.1 調査研究の対象品目

全ての建設材料を調査研究の対象とするべきであるが、主要な材料の中から詳細調査を行うものと概略調査を行うものとの分類した。

- ・概略調査の対象品目：コンクリート・プレキャストコンクリート製品・木材、木質系材料・プラスチック類(軟質・硬質)・ALC板・ガラス・タイル・石膏ボード・紙・カーペット・発泡プラスチック断熱材・グラスウール断熱材、石材、レンガ、ユニットバス・ポリバス、防水材など
- ・詳細調査の対象品目：木材・窯業系外装材(サイディング板など)・畳

概略調査の品目は、範囲が広すぎるので、選択し更に分類した結果、調査対象を表4.1.1のようにまとめた。表4.1.1の1から3までの木質系材料、窯業系外装材、畳については詳細な調査を行う。

表 4.1.1 調査対象材料表

記号	分類	廃棄物の組成別品目	調査済	調査未	再資源化の可能性	本調査の対象	
						概略調査	詳細調査
1	木質系材料	木材					
		木質系材料					
2	窯業系外装材	窯業系サイディング板					
3	畳	畳					
4	コンクリート	コンクリート					
		プレキャストコンクリート製品					
5	ALC	ALC板					
6	プラスチック類	プラスチック類(軟質)	床材				
		プラスチック類(硬質)					
		発泡プラスチック					
		カーペット					
7	石膏ボード	石膏ボード					
8	ガラス	板ガラス					
		ガラスブロック					
9	断熱材	グラスウール断熱材					
		ロックウール断熱材					
10	紙	紙					

--	--	--	--	--	--	--	--

4.1.2.2 対象とする発生源・使用用途・利用形態・再資源化技術

材料によって再資源化の進んでいるものと殆ど再資源化されていないものと、大きなばらつきがある。再資源化の現状及び動向を調査する観点から、対象とする発生源及び使用される用途については範囲をあまり限定しないことにした。

再資源化の利用形態については、リユースを対象から外して、対象としてはマテリアルリサイクルを中心に、フィードストック、サーマルリカバリー（熱回収）までを対象範囲とした。

(1) 対象とする建設副産物の発生場所

対象とする建設副産物の発生場所については、建設だけでなく他産業も含んだものとした。建設材料の生産段階で発生する産業廃棄物については対象としない。

表 4.1.2 に、対象とする発生場所とそこで発生する建設副産物の事例を示す。

表 4.1.2 建設副産物の発生場所

産業別	発生場所	建設副産物の事例
建設系廃棄物 (建築・土木)	新築建設工事現場	新築系建設副産物
	改修建設工事現場	改修系建設副産物
	解体工事現場	解体系建設副産物
他産業	生産工場	おがくず、端材
	流通	パレット、梱包材
	消費	ペットボトル、トレー

(2) 対象とするリサイクル材の使用場所

リサイクル材の使用場所については、建設だけでなく他産業で使用する場合も対象とした。

表 4.1.3 は、対象とするリサイクル材の使用場所の範囲と使用用途の例を示したものである。

表 4.1.3 リサイクル材の使用場所

産業別	使用場所	使用用途の例
建設	建築材料（汎用）	再生砕石、チップ、カレット、ペレット
	建築材料（特定用途）	路盤材、タイル、MDF
	土木築材料（汎用）	土石資源（埋戻材・土壌改良剤）
	土木材料（特定用途）	擬木、柵、インターロッキングブロック
	仮設材料	型枠、養生材
	燃料	RDF、RPF、燃料チップ
他産業	流通	パレット、搬送用カセット、ダンボール
	農業	マルチング材、敷床

(3) 再資源化技術の分類

再資源化技術の対象とする範囲を表 4.1.4 に示す。

この表で、リサイクルの前段階にあるリデュース、リユース、モジュール・リユースについては、対象からはずし、マテリアル・リサイクルを中心にフィードストック・リサイクル、サーマル・リカバリーを加えて幅広く調査することにした。

再資源化技術の範囲と取り組み事例を表 4.1.4 に示す。

表 4.1.4 再資源化技術の範囲

再資源化の形態		取組例		
リデュース(発生抑制)	生産	部材	標準化、複合化回避	
		製造工程	生産性向上	
	建設	建設方法	工場生産化、副資材削減	
		現場処理	端材回収、現場分別	
	維持管理	保全	補修技術推進、建替の判断	
	解体	事前作業	事前調査、事前計画、事前措置	
解体方法		分別解体、現場再資源化		
リユース(再使用)	同用途再使用	無補修使用	家具、建具、瓦、照明器具	
		補修取替使用	木構造材、畳、障子	
	別用途再使用	補修使用	木材(古材)	
		変形使用	木材、石材	
	詰替再使用	リフィル	エアコン、浄水器	
		リターナブル	搬送用カセット・パレット	
モジュール・リユース(部位別再生利用)	ユニット	部品交換	ユニット製品、電気製品	
	空間	部位交換	プレファブ	
マテリアル・リサイクル(再生利用)	特定用途	再生製品加工	タイル、木質ボード	
		再生材加工	路盤材、再生骨材	
	汎用用途	再生原料加工	チップ、ペレット、カレット	
		金属回収	鉄、銅、アルミ	
フィードストック・リサイクル	ケミカルリサイクル	再生化学原料加工	プラスチックモノマー・バイオアクター	
	副次的再生利用	高炉還元剤	製鉄還元剤	
		原燃料化	セメント原料・燃料	
サーマル・リカバリー	燃料用途再生利用	固形燃料化	RDF, RPF、燃料チップ、炭化	
		液体燃料化	油化	
		燃料ガス化	メタンガス発酵、	
	エネルギー回収	熱回収	廃熱利用	
		発電	発電	ごみ発電

4.1.3 調査方法

調査方法については、文献等による既存情報を中心に収集、整理する。

概略調査：文献から素材別にリサイクル技術を収集し、整理する

詳細調査：対象とする建材のリサイクル技術の情報収集と再資源化施設の見学

4.2 建設系副産物の再資源化の現状

4.2.1 再資源化の現状

建設リサイクル法が2002年5月に施行され、全産業廃棄物排出量の約2割、不法投棄量の約7割を占める建設廃棄物の発生抑制・リサイクルの促進に関する取り組みがさまざまな方面からなされている。平成12年度における建設副産物の排出状況は、図4.2.1に示すように全国で8,500万トンを排出しており、その内、アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊および建設発生木材の3品目で83%を占めている。また、再資源化に関する実態としては、特にアスファルト・コンクリート塊およびコンクリート塊の再資源化等率が95%を超えているものの、建設発生木材等については、低迷している。建設発生土については、建設工事での土砂利用量のうち、54%に相当する土砂を建設発生土から利用している。

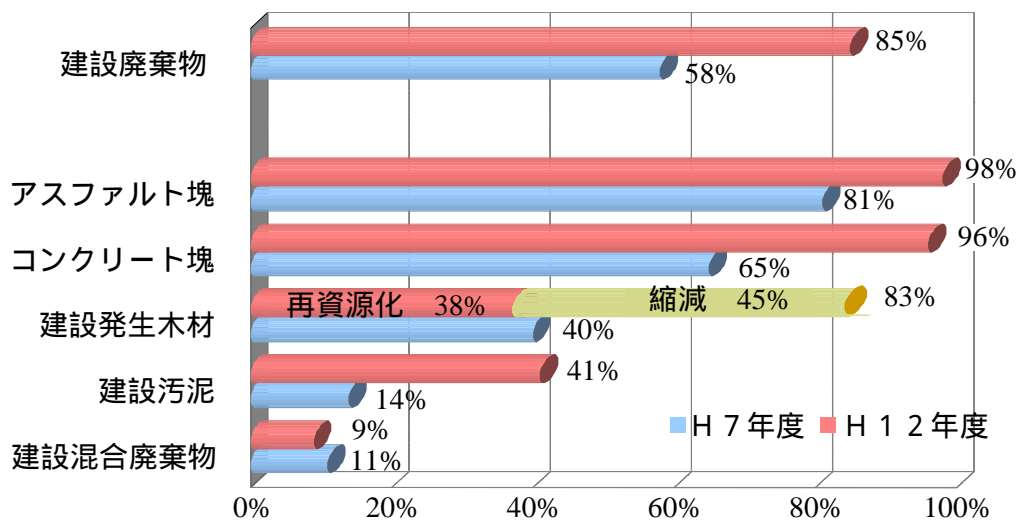


図 4.2.1 建設廃棄物の材料別リサイクル率

建設リサイクル法では、特定資材としてアスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊および建設発生木材の再資源化を義務化しており、これらのリサイクル率は増大傾向にある。しかしながら、今後は環境影響が大きいと懸念されるものから、順次特定資材の範囲を広げることも考えられ、これにより最も取り組みが遅れている混合廃棄物の削減あるいは、この種の材料のリサイクル率向上が望まれている。現在、建設廃棄物のなかで混合廃棄物となっているものには、廃プラスチック類、石こうボード、ガラス・陶磁器くずなどがある。

廃プラスチック類を例にとると、新築の建設現場から発生する廃プラスチック類は、その大半が混合廃棄物として中間処理場へと排出されている。中間処理場において分別可能な場合には、廃プラスチックのみを選別され、それらはサーマルリサイクルへと回されることもあるが、最終処分されることが多い。2章において示したように、サーマルリサイクル施設においても全ての廃プラスチックを受け入れることは不可能であり、一部に例外はあるが塩化ビニル系プラスチックについては除去されることが、サーマルリサイクルの条件となっている。

また、これが解体現場からとなると、更に再資源化は困難となり、特にマテリアルリサイクルは不可能に近いような状況である。

しかしながら、廃プラスチックのなかでも、塩ビ管・継手や塩化ビニル系床材はマテリアルリサイクルの事例を増やしつつあり、また塩化ビニルサッシなども一部で再資源化の取り組みが実施されつつある。例としてあげた廃プラスチックに限らず、石こうボードやガラス陶磁器くずなどでも、比較的再資源化に取り組みやすい新築系の建設廃棄物あるいは特定の地域などで再資源化の事例もある。

また、大手住宅メーカーにおいては、種々の材料を現場および自社工場において分別し、再資源化に取り組まれている事例もある。これは、クローズドなシステムであることや、地域ごとに工場を有するなどの条件を満たしているため成立するものであり、一般的な戸建て住宅すべてにおいて適用することは難しいのが現状である。大手ゼネコンなどにおいてゼロエミッション新築現場として取り組みが増加しつつあるが、これについても、現場における分別のし易さ（現場の規模）や地域性などもあり、大規模現場であるからといって、必ずしもゼロエミッションが達成するとは言いえない。

以上のように、建設系副産物の再資源化については、質量で見ると、その大半を占めるアスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊の再資源化率が大きいことから、全体としての再資源化率も向上している。しかしながら、建築物に利用されている材料は種々雑多あり、かつ複合されている部材などもあることから、再資源化の進んでいる材料は決して多いとはいえないのが現状である。しかしながら、企業、業界などによる取り組みも活性化しつつあり、さまざまな技術開発やシステム作りなどの環境も整備されてきており、必ずしも悲観するものではない。

4.2.2 材料別再資源化のフロー

(1) 木質系建材

解体系建設現場から発生する建設発生木材は、その大半がチップ化された後に再資源化または焼却されている。チップのなかでも良質な柱材等由来のものは、製紙やパーティクルボード等の原料として再資源化され、低品質の合板等は燃料用されている。新築系および解体系の建設発生木材の再資源化フローとして、図 4.2.2 に木質繊維板を例として示す。

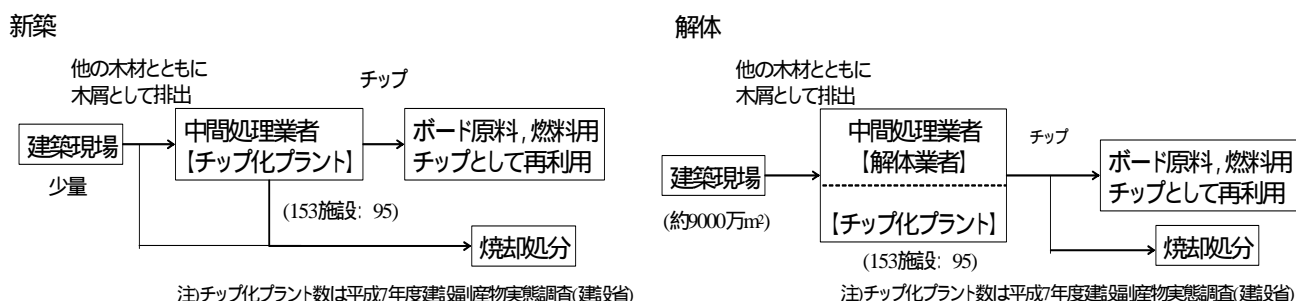


図 4.2.2 木質繊維板の再資源化フロー

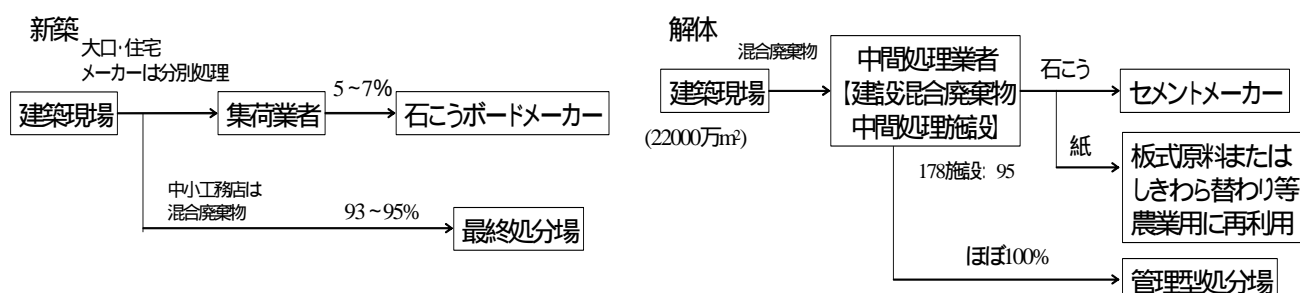
(2) コンクリート

コンクリートについては、再資源化率 95%と優れたリサイクル性を有する資材であるが、その大半は路盤材として再資源化されている。しかしながら、今後コンクリート塊発生量の増大が予想されること、および路盤材需要の増大が見込めないことなどから、この種の材料をコンクリート用骨材（再生骨材）として再資源化する試みが種々の機関において実施されている。再生骨材については、製造方法により高品質なものから低品質なものまでであるが、高品質については JIS 化され、低品質な再生骨材についても JIS 化に向けた動きがある。

(3) 石こうボード

石こうボードの再資源化フローの例を図 4.2.3 に示す。

石こうボードの原料には、副産物である化学石膏が利用されており、電気事業から排出される脱硫酸石膏の全量有効利用に貢献している。ただし、せっこうボードの需要量が大きいため、化学石膏の利用率は 10%程度である。建築におけるせっこうボードの利用量が年々増加していることを考えると、今後排出される多量の廃せっこうボードの有効利用の必要性は高い。新築系の建設現場から発生する廃材については、広域再生の枠組により再資源化が進展しつつある。しかしながら、解体現場から排出される廃せっこうボードには、紙クロスや付着あるいは下地材、断熱材、金物、仕上げ材等の付着により異物混入が多く、有効利用にあたっては種々の技術開発が必要なのが現状である。



注:建設混合廃棄物中間処理施設数は平成7年度建築副産物実態調査(建設省)

図 4.2.3 石こうボードの再資源化フロー

(4) 板ガラス

板ガラスの再資源化フローの例を図 4.2.4 に示す。

ガラスは、カレット化することで再資源化が可能な材料である。ビンガラスについては、回収のシステムが比較的確立されていることからカレット化後、粉碎等の処理を行い、軽量骨材、タイル等の原料あるいはアスファルト骨材として活用されている事例がある。建築物から排出されると考えられる板ガラスについては、網入り等不純物が含まれていること、パテ等の除去に手間がかかることなどから、現在のところ、ほとんどがリサイクルされておらず、不純物除去などの技術開発が必要であろう。

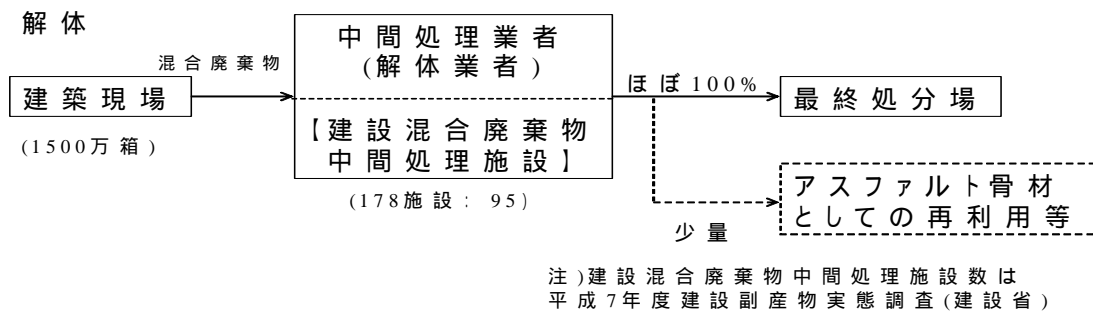


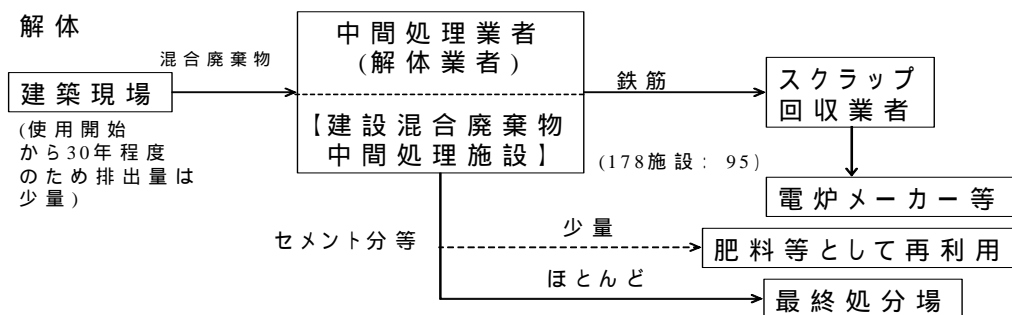
図 4.2.4 板ガラスの再資源化フロー

(5) ALC

ALCの再資源化フローの例を図4.2.5に示す。

ALCについては、我が国において実用化されてから30年程度し、飛躍的なALC生産量の増加をみれば、今後多量のALCが解体廃棄物として排出されることは十分予測できる。そのような中、今後発生する解体廃棄物について業界では、セメント原料および軽量骨材として実用化を目指し開発中である。

現状では、ALCは混合廃棄物として排出されており、内部の鉄筋はスクラップ回収業者へわたりリサイクルされるケースもあるが、セメント分等はほとんどが最終処分場にて埋め立て処分されている。



注)建設混合廃棄物中間処理施設数は平成7年度建設副産物実態調査(建設省)

図 4.2.5 ALCの再資源化フロー

技術的な面をみると、ALCは、塗料、内装材、シール、モルタル、接着剤、タイル、金物等が付着していることが多く、容易にリサイクルすることは困難といえよう。

(6) タイル

タイルの再資源化フローの例を図4.2.6に示す。

タイルは、解体時はもとより新築時においても、廃棄物として排出された場合は、中間処理施

設で破碎処理された後、埋め立て処分されることが多い。技術的な面をみると、解体現場から排出される際には、モルタル分等が付着しており、これを分離することに困難が伴う。なお、一戸あたりの排出量が少量であるためコスト面等からタイルのリサイクルルートは形成されておらず、この種の材料の再資源化には輸送システムの構築が課題となる。

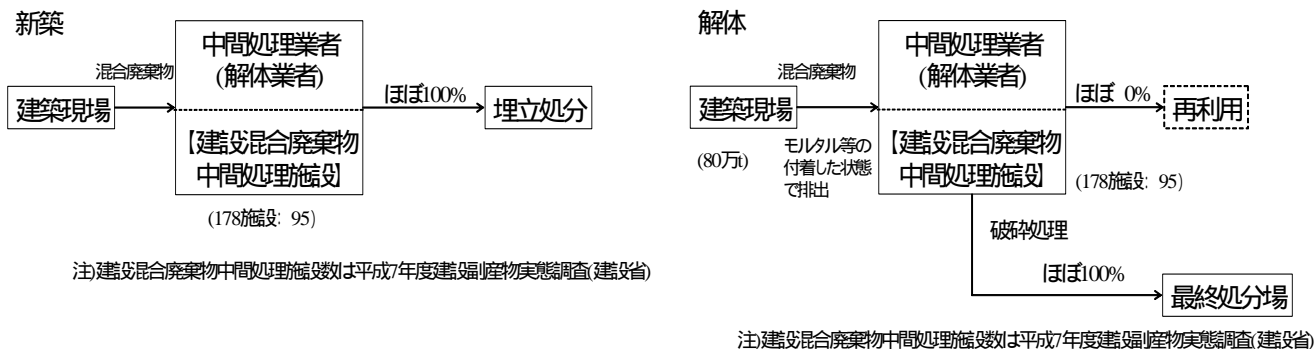


図 4.2.6 タイルの再資源化フロー

(7) プラスチック建材

プラスチック建材については、別途検討しており、詳細は2章を参照されたい。

プラスチック建材を全体的にみると、管・継手、床材など塩化ビニル系建材については、焼却による環境影響の懸念から、マテリアルリサイクルに関する取り組みがなされており、他のものについては、RPF や高炉還元剤などサーマル、ケミカルリサイクルされている事例があるのみで、マテリアルリサイクル事例は少ない。塩化ビニル管・継手などの先進的な取り組みを参考に、マテリアルリサイクルが可能な資材を増やすことが今後の課題となろう。

(8) 金属系建材

金属系建材の例として、アルミサッシの再資源化フローを図4.2.7に、金属系屋根材の再資源化フローを図4.2.8に示す。なお、図中の金額は一例である。

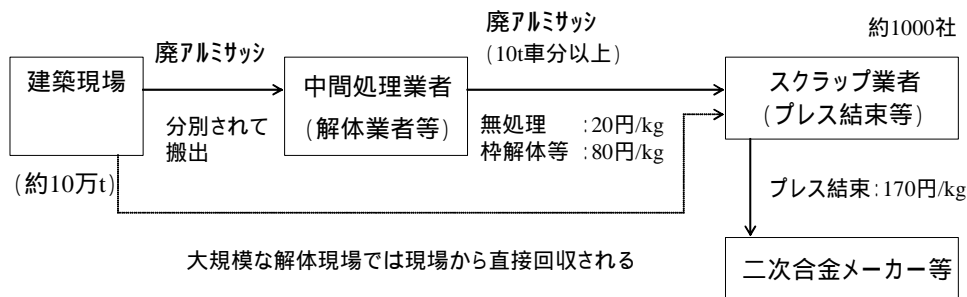


図 4.2.7 アルミサッシの再資源化フロー

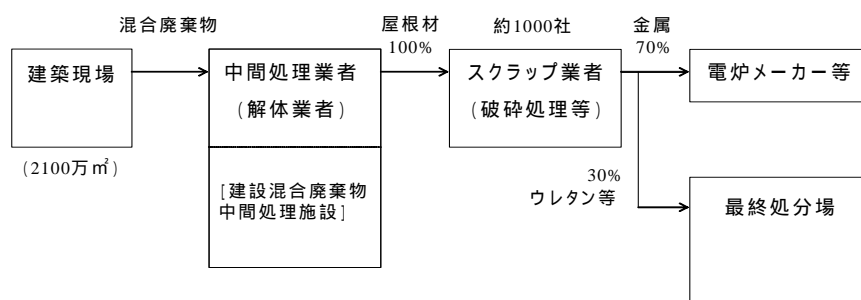


図 4.2.8 金属屋根の再資源化フロー

建物の解体や増改築に伴うサッシの交換等により排出されるアルミは、サッシ、ドア等の比較的大きな素材についてはスクラップ業者等が回収し、リサイクルされている。ただし、解体時に発生する廃アルミサッシには、コンクリート、ガラス、錠前、戸車、ビス等が付着していることが多く、これをサッシ原料としては用いることは出来ない。しかしながら、これらは二次合金あるいは鋳物・ダイカスト製造業等において再利用されている。他の建材とは異なり、廃材のリサイクル技術および再資源化のシステムは確立しているが、住宅等において少量排出される際の対応が課題といえる。

一方、建物の解体時に発生する金属屋根は、金属部分のみ分別し分けされれば、金属スクラップとして回収され再資源化されている。金属屋根については、断熱材等のボード類および塩ビ雨樋等と一体化しているため、これらの分離技術を確認が再生コスト低減のために望まれている。なお、他の建材とも共通したことではあるが、住宅等の小規模建物からの少量排出に対する対応が必要である。

4.2.3 再資源化の課題

我が国の産業廃棄物排出量の多くを占める建築材料においては、最終処分量の低減を目的に、リサイクルへの関心が高く、また要望も大きい。現在は排出量が多くないものでも、高度成長期以降に製造・利用された建築材料については、今後かなりの量が廃棄されることが考えられることから、これらの対策は急務であり、また各種業界・団体において取り組まれている。

現在、最終処分されている建設系副産物の再資源化を種類、量ともに増やしていくためには、再資源化製品の品質安定・向上といった技術開発とともに、建設現場から発生する廃棄物の分別方法や、中間処理から再資源化施設までの輸送・回収などのシステム構築も必要となる。また、できる限り廃棄物を増やさないためには、建築物の長寿命化技術の開発が重要であるとともに、建築物の設計・建設段階での配慮といった、建材の流れのなかでより上流での対応を考えることが肝要である。

4.3 素材別再資源化の現状調査

本項では、素材別に再資源化の現状を調査する。調査対象は、4.1.2.1 調査研究の品目で整理したように下記材料とした。

1. 木質系材料 (木材、木質ボード)
2. 窯業系外装材 (窯業系サイディング板)
3. 畳
4. コンクリート (コンクリート、プレキャストコンクリート製品)
5. ALC
6. プラスチック類 (軟質・硬質・発泡・カーペット)
7. 石膏ボード
8. ガラス
9. 断熱材 (ロックウール断熱材、グラスウール断熱材)
10. 紙

調査内容は、材料の概要から再資源化の問題点に至る下記項目とした。

対象とする材料の概要

対象とする材料の建築における使用部位、性質、発生量、リサイクル率、再資源化される製品等についてまとめる。

再資源化技術の現状調査

対象とする材料の発生から再資源化に至るフローを素材別にまとめ、再資源化の現状および動向を調査する。

また、詳細検討をする材料(4.3.1~4.3.3章)については、更に、精度の良い異物識別技術、高度な機器選別技術、再資源化品目別の受け入れ基準のスペック、有害物質の判別と除去など、処理技術及び機器装置類についての現状の動向を調査する。

先進的な再資源化技術開発の調査

対象とする再資源化について、素材別に特に先進的な技術開発と思われるものを抽出し、技術の特徴と再資源化のフローを調査し、今後の展開について考察する。

再資源化技術の問題点の把握

対象とする建材の技術開発に関わる問題点を抽出し、今後の再資源化推進の可能性について考察する。

4.3.1 木質系材料

4.3.1.1 木材における廃棄物発生と利用

建設リサイクル関連の法規制、リサイクルへの関心の高まり等により、木材における廃棄物発生とその利用は、社会的に大きな課題となっている。

木材においては、木材を多量に使用する建築物での廃棄物の動向が着目されるところである。そこで、建築物その中でも戸建て木造住宅での廃棄物発生状況と木くずの再利用に関する調査を実施した。

(1) 廃棄物発生量と内訳

戸建て木造住宅1棟あたりから発生する廃棄物に関して、新築系と解体系における発生量推移を表4.3.1に示す。¹⁾

表 4.3.1 戸建て住宅1棟から発生する廃棄物量

分類	2001年度	2002年度	2003年度
新築系	2.80	3.75	3.69
解体系	36.2	33.5	41.3

単位：トン

新築系・解体系廃棄物には木質系、樹脂系、金属系、不燃系等様々な系統の材料が含まれるが、品目別では木くず、廃プラスチック、金属くず、ガラス・陶器くず、廃石膏ボード、コンクリートがら、紙くず、その他混合物、汚泥に大別することができる。

2003年度の新築系・解体系廃棄物内訳(重量%)を、表4.3.2に示す。

表 4.3.2 新築系・解体系廃棄物内訳

項目	新築時	解体時
木くず	26.0	19.4
廃プラスチック	9.2	0.6
金属くず	2.2	2.2
ガラス・陶器くず	17.5	6.3
廃石膏ボード	14.4	1.3
コンクリートがら	6.0	56.1
紙くず	10.3	0.1
その他混合物	14.4	13.5
汚泥(廃石膏ボード)	-	0.6

単位：%

建築における廃棄物において、戸建て住宅新築系では木くず比率が最も高く、解体系ではコン

クリーンに次いで木くず比率が高い。木くずの廃棄量の比率は全体の 1/4～1/5 を占めている。
このような背景を踏まえて、木くずに関する再利用ルートを調査した。

新築系廃棄物のリサイクルルートは、一般的に次のようなルートである。

現場 収集運搬事業者 中間処理業者 リサイクルメーカー

この内、現場で発生し、収集運搬事業者に供与する以外の再使用可能な木くずは回収し、プレカット工場にて再利用（リユース）を行い、更にプレカット工場で発生した木くずは収集運搬事業者に供与し、一連の回収ルートにのせている。

このリサイクルルートでの木くずリサイクル率は、約 90%との報告がある。

解体系廃棄物のリサイクルルートも、一般的には新築系と同様のルートである。

現場 収集運搬事業者 中間処理業者 リサイクルメーカー

この内、現場は指定解体工事店が担当し、収集運搬事業者が回収する一連のリサイクルルートにのせている。

このリサイクルルートでの木くずリサイクル率は、約 80%との報告がある。

（２）木くず廃棄物の低減化、再利用化について

建設廃棄物の適正処理に関しては、従来からの 3R（リデュース、リユース、リサイクル）の考え方が基本となっている。

「リデュース」は廃棄物の発生抑制である。構造材、屋根下地材、内部下地材のプレカット加工技術の発展・積極的活用により、廃棄物を建築現場に持ち込まない手法が確立されている。

「リユース」は廃棄物の回収、再資源可能な資材の活用である。回収ルート整備や部材設計の見直し等により推進されている。

「リサイクル」は廃棄物の再生利用である。木くずを利用したリサイクル商品に関しても、物理的利用、化学的利用、異種材料との複合化等の手法を通して、研究開発が進められている。具体的なリサイクル商品に関する取り組み例に関しては後述記載とするが、技術革新が望まれるところである。

4.3.1.2 木質ボードにおける廃棄物発生と利用

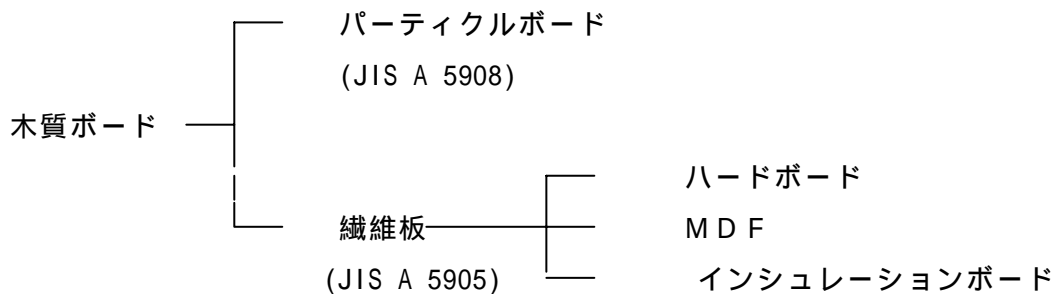
（１）木質ボード概要

木質ボードとは、木材チップまたは小片を細片又は繊維状にして成板した材料の総称である。従って、木質ボードの原料は自由度が大きく、形状、樹種等を選ばない事が特徴であり、木質ボードは建築解体廃木材他残廃材を原料とする再生材料といえる。

日本でも年々木質ボードのシェアがアップしており、グリーン購入法における調達品目に挙げ

られた事で更なる需要拡大が期待できる。

木質ボードは JIS 規格が適用されており、規格上は次のように分類される。



木質ボード成板時の使用原料の形状は異なっており、パーティクルボードは細片原料、繊維板は繊維状原料を使用して木質ボードを形成させる。

(2) 原料問題

木質ボードに使用する原料の内訳の経年変化を図 4.3.1 に示す。

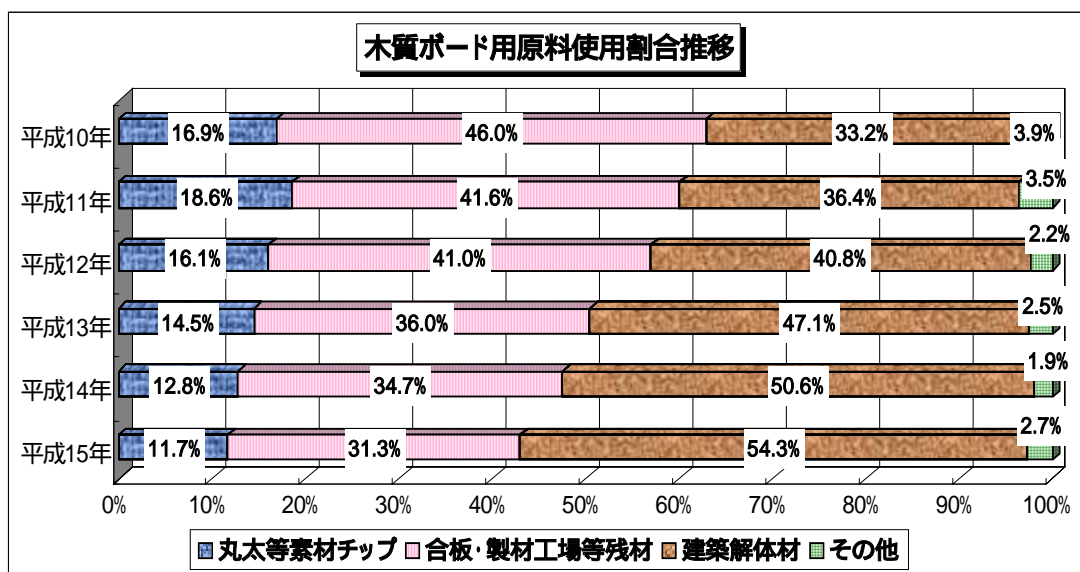


図 4.3.1 木質ボードに使用する原料の内訳

この結果は、日本繊維板工業会が工業会会員各社の実態調査をまとめたデータであり、建築解体材の使用比率が年々増加している傾向が明らかである。

建築解体材を利用する場合、パーティクルボードの方が繊維板より利用しやすいため、パーティクルボードに限定すると使用割合は約 70%を超えている。

木質ボードの原料は、当初から木質資源の有効利用を使命とし、合板や製材の残材を主に利用してきた。近年、これらの材料から排出される残材が減少する一方、資源・環境問題、廃棄物問題、再資源化問題等が台頭、着目され始めてきた。

木質ボード業界においても、建築解体材等木質系廃棄物の利用検討を必然的に開始した。一方、

これらの廃棄物には異物混入が多いため、異物分離装置の開発等を推進する事で、次第に使用比率を増していった。

2000年5月、循環社会基本法の一つとして、建築工事に係わる資材の再資源化に関する法律が成立、施行された。

この法律において、特定建設資材とは、当初コンクリート、アスファルト、木材の3品目を示しており、これらの品目に関しては分別解体と再資源化が義務づけられている。木材に関しては、現状では再資源化とは主にチップ化及びその利用であり、用途先として木質ボードとしての再生利用に大きな期待が寄せられているのが現実である。

今後の木質ボード業界では、再資源化原料の更なる利用とともに、現在では十分利用されていない低質原料の積極的利用への対応が求められるところである。

(3) グリーン購入法判断基準

グリーン購入法では、パーティクルボード、繊維板は再生木質ボードの分類で、製品判断基準が定められている。

グリーン購入法判断基準を表4.3.3に示す。

この表での判断基準において、 \square は原料としての残廃材の種類と使用量を定めている。

\square に記載されている原料の種類は特別なものではなく、再生木質ボードの原料として恒常的に使用されている。

この判断基準では、ここに示されている原料の使用配合割合が重量比で2分の1(50%)以上である事となっているが、パーティクルボード、繊維板では、これらの材料以外は原料として使用しておらず、全てのボード工場において利用率100%といっても良い状況である。

\square に記載されているホルムアルデヒド放散量に関しては、化学物質による室内空気汚染対策の見地から、2003年にパーティクルボード、繊維板のJISが改正され、新しいホルムアルデヒド放散等級が設定された。

表 4.3.3 グリーン購入法における判断基準

品目分類	品目名	判断の基準等
再生木質 ボード	パーティクルボード 繊維板 木質系 セメント板	<p>【判断の基準】</p> <p>合板・製材工場から発生する端材等の残材、建築解体木材、使用済み梱包材、製紙未利用低質チップ、林地残材・かん木・小径木(間伐材を含む。)等の再生資源である木質材料又は植物繊維の重量比配合割合が2分の1(50%)以上であること。(この場合、再生資材全体に占める体積比配合比率が5分の1(20%)以下の接着剤、混和剤等(パーティクルボードにおけるフェノール系接着剤、木質系セメント板におけるセメント等で主要な原材料相互間を接着する目的で使用されるもの)を計上せずに、重量比配合率を計算することができるものとする。)</p> <p>居室の内装材にあっては、ホルムアルデヒドの放散量が平均値で0.3mg/ℓ以下 最大0.4mg/ℓ以下であること。</p>

ホルムアルデヒド放散量ランクは、F₁、F₂、F₃の三段階に分類され、最高

ランクF は、ホルムアルデヒド放散量が平均値で 0.3mg/㎡以下、最大値で 0.4mg/㎡以下とされた。

2003 年の日本繊維板工業会会員各社の生産実態調査結果では、パーティクルボード及びMDFとも、F 生産量は全体の約 50%を占めており、再生木質ボードの品質面での技術発展が窺える。

(4) 環境宣言

木質ボード業界団体としての日本繊維板工業会は 2000 年に「環境宣言」を打ち出した。基本方針として、自然を守り、限りある資源と向かい合い、効率的な循環型産業として未来に引き継いでいく魅力あふれる木質ボード産業を目指すとしている。

具体的には、環境管理行動指針と環境管理自主管理目標の設定にあり、木質ボード産業が大きく動き出した循環型社会の枠組みの中で、リサイクル産業としての位置づけを明確に打ち出している。

(5) 需要拡大

一連の背景の中で、木質ボード産業は木質資源の有効利用産業として改めて評価される社会環境が作られつつある。

建設リサイクル法、グリーン調達法もその一つであり、これらの法案も木質ボード産業と大きな関わりを持っている。

建設リサイクル法に関連して、木質ボードのコンクリート型枠材としての利用開発が期待されている。

木質ボードは早くからエコマーク表示認定材料として評価されているが、さらにグリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）において特定調達物品として認定されるなど、需要拡大を後押しする法案が整備されつつあり、木質ボード業界にとって大きな力となっている点は間違いない。

また、あまり周知されていないが、住宅金融公庫では高規格住宅工事環境配慮型住宅における割増融資制度を 2000 年 1 月よりスタートさせている。この制度は環境負荷の低減に有効な資材を認定し、その資材を住宅の床面積当り 0.02m³以上使用すれば 200 万円の割増融資が受けられるというもので、環境負荷低減資材として木質ボードの一層の認定と併せて、今後の利用が期待される。

木質ボード産業が時代の流れと共に評価されつつある点を受け、未利用木材資源の一層の活用により、競争力の高い、安定した木質ボードの供給が今後も望まれるところである。

4.3.1.3 木質系バイオマス

木質系材料のバイオマス利用に関しては、発生量、用途、利用技術、システム等で様々な研究開発が行われており、多方面で報告されている。²⁾³⁾⁴⁾

エネルギー源として用いられる生物体をバイオマスといい、バイオマスを用いたエネルギーをバイオマスエネルギーという。

木質資源のカスケード利用を考えた場合、未搬出部、一次利用、二次利用、三次利用に大別する事ができる。

未搬出部に関して、林地に生育する木質資源の内、最終利用目的での用材部は各利用目的に応じて林地外に搬出されるが、利用対象外の除伐材・間伐材・枝葉等は林地残材として放置され、未利用とされる場合が大半である。

搬出後の一次利用としては、木材を製材後、建築用資材、薪炭、梱包材、パレット、パルプ等の用途で用いられる。

一次利用の際に発生する木材や廃材を主な原料とする二次利用としては、パーティクルボード等木質ボード類や各種パネルの原料、活性炭等の炭化材料、ペレット等燃料、再生紙等で用いている。

上記の一連の工程における未利用部は、三次利用として、敷料等の農業用・畜産用資材、新規技術開発を伴う物理的・化学的利用時の原料、更には最終用途としてエネルギー利用等燃料用として用いられる。

バイオマス・ニッポン総合戦略での資料⁴⁾によると、木質系廃材・未利用材の年間発生量は、間伐材・林地残材で390万トン、製材工場残材で610万トン、建設発生木材で480万トン、合計1480万トンとの報告がある。この内、残廃材利用率は、製材工場ではほぼ100%であるが、建設発生木材では約40%、間伐材・林地発生分ではほぼ0%である。未利用量合計は約680万トンとなり、バイオマス利用で比較対象とされる下水汚泥、し尿汚泥、家畜排泄物よりも量的には少ないが、我が国の国土荒廃の傾向と連動して、今後除伐材・間伐材・枝葉等林地残材は増加する事が予想される。

三次利用時の農業用・畜産用資材、後述の木粉-プラスチック複合体等新規技術開発を伴う物理的・化学的利用以外としては、バイオマスのエネルギー利用としてのプラントを含めた木質バイオマス発電が挙げられる。

木質バイオマス発電は、国内・国外の政策・戦略・公約等と連動し、国策としてのバイオマス利用促進、地域密着型のバイオマスエネルギー化が進められ、経済・環境・地域に貢献する発電が新規事業として提案されている。

燃焼発電の形態は、石炭との混合発電を主体とする大規模集中型、一定量の木質バイオマスを利用し熱需要連動した場所での実施を主体とする中規模集中型等様々である。

総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会での我が国の新エネルギー導入見通し³⁾での今後の発電形態予測においても、木質バイオマス発電は太陽光発電、風力発電等と並んで提案されており、今後更に着目される分野であろう。

4.3.1.4 木質系廃棄物に関する今後の技術

木質系廃棄物の利用方法に関しては、原料となる各種材料を使用し、先進技術等を取り入れた技術開発により、リサイクル製品の利用開発が進められている。

現在行われている木質資源循環利用に関する考え方、具体的な二次製品、三次製品の生産・開発状況の一例を以下に示す。

- ・木質資源循環利用に関する全体的な流れ

木質系廃棄物は、木質材料を利用、加工する段階で、様々な形状、性状で発生している。廃棄物の発生状況及びその利用方法の指針に関しては、「木質資源循環利用総合利用システム」におけるフロー図⁵⁾として提案されている報告がある。この報告では、廃棄物の物理的利用、科学的利用を広範囲から総括し、廃棄物利用の流れを示している。このフロー図を図4.3.2に示す。

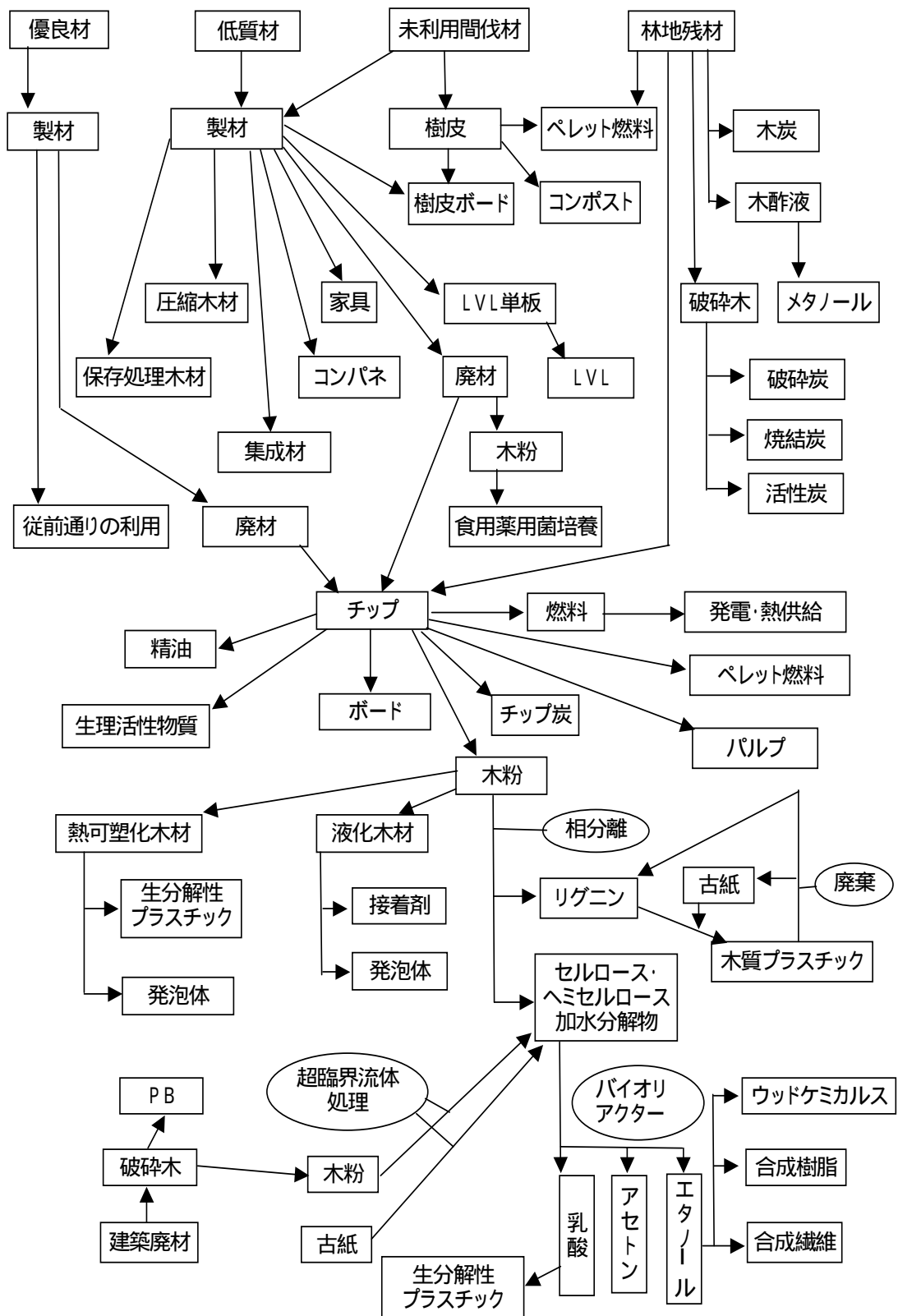


図 4.3.2 木質資源循環利用に関するフロー図

フロー図にもある木質系廃棄物の物理的利用・化学的利用手法として、具体的に実施されてい

る木質系廃棄物のリサイクル利用研究開発例を以下に示す。

- ・木粉 - プラスチック複合体

木粉と熱可塑性樹脂（ポリプロピレン他）を所定の割合で混合し、主に押出成型機による押出成型で木粉 - プラスチック複合体を得る方法⁶⁾である。押出成型により任意形状の二次加工品が得られることから、木材のリサイクル利用として最近着目されている。成型品は内外装用建材として商品化され、住宅部材他にて使用されている。木粉とプラスチックを混合し、押出成型を行う機械装置の一例を写真 4.3.1 に示す。



写真 4.3.1 木粉 - プラスチック押出成型機

- ・木材液化

木粉と有機溶剤（フェノール他）、酸触媒等を混合し、液化用機械装置の中で所定温度・圧力を一定時間加える事で、木粉を液化し、新しい素材として利用する方法⁷⁾が研究されている。供試木粉の配合割合は、供試条件により変更する事が可能である。得られた木粉液化物は、接着剤、成型体原料等での活用が研究されている。酸触媒を使用し、比較的短時間で木粉液化物を得る事のできるパイロットプラント⁸⁾の一例を写真 4.3.2 に示す。



写真 4.3.2 木粉液化装置 (酸触媒型ミニプラント)

・相分離システム

木材を所定の溶剤（フェノール系溶媒、酸溶媒等）で多段階処理し、木材構成成分であるリグニンを木材から選択的に分離させる「相分離システム」により、木材廃材から得た化学成分を有効活用する方法⁹⁾が近年確立された。リグニン生成物（リグノフェノール）のパイロットプラントでの生産及びその利用に関する研究が、農林水産省林野庁リグノフェノール関連研究補助事業他で積極的に行われている。同事業で設置したリグノフェノールパイロットプラントを写真4.3.3に示す。



写真 4.3.3 リグノフェノール製造装置外観

・MDF toMDF

再生利用が十分行われていないMDFの再利用（MDF toMDF：MDF廃材を利用したMDFの再製造）に関しては、本調査委員会第2分科会で平成13年度から3年間調査研究を実施している。その結果、MDFを再生利用するには再生時の繊維形状が課題であり、再生前の繊維と類似した性状の繊維を得る事ができれば、機械強度の優れた高品質再生MDFが取得できる可能性が示唆された。そのためには、MDF廃材の解繊技術開発や再生ボードの新しい利用方法の検討等が今後の課題となる。

・CCA処理

木材の防腐・防蟻処理を目的に、日本では1960年代後半からCCA処理（クロム・銅・ヒ素化合物処理）が行われてきた。現在、CCA処理木材は各種規制の影響を受け、国内ではほとんど生産されていないが、住宅解体時の廃材には数%含まれていると予想され、その処理方法に関しても様々な研究が行われている。

建築物におけるCCA処理木材に関して、在来木造住宅を例にすると、土台、大引、根太等の床周り部材にCCA処理材料が使用されている可能性があり、再利用の際にはCCA処理の有無を確認しておく必要がある。

CCA処理材の判別方法としては、CCA処理時に生じる外観色による判別、CCA処理時に生じるインサイジングによる判別、品質表示による判別、呈色反応による判別等が一般的に行わ

れている。¹¹⁾

呈色反応の一例として、北海道林産試験場ではクロムアズロールSを用いた方法を提唱している。クロムアズロールSは、CCA成分内の銅に反応する試薬であり、各種金属の指示薬として認知されている。クロムアズロールSは蒸留水及びエチルアルコールに溶解させ、CCA処理木材表面に塗布する。塗布後、CCAが注入されている部分は青色を示すが、注入されていない部分はピンク色又はオレンジ色を示す。発色状況の相違により、CCA処理の有無を簡易に判定する事が可能である。尚、クロムアズロールS以外の指示薬でも、同様な呈色反応検査が検討されている。¹¹⁾

呈色反応以外のCCA処理判別方法として、CCA処理木材に近赤外線光線を照射し、判定する方法が開発された。この方法では、CCA処理木材の吸光特性が近赤外線照射下において特定の波長帯で顕著化する点に着目、吸光ピーク値の演算によりCCA処理の有無を判別する。この原理を応用した携帯タイプのCCA処理木材判別装置「ウッドスキャン」が、ハイウッド株式会社から発売されている。¹²⁾

CCA処理材からCCAを分離する方法としては、現状では湿式抽出、炭化分離、超臨界二酸化炭素による抽出¹⁰⁾等が実施されている。焼却処理時の発生ガス分析、焼却灰の固化処理時の溶出等も含めた研究開発は、今後の課題であろう。一方、製鉄用高炉を使用し一定の処理プロセスの下にCCAを含む木質チップを焼却処理した場合、問題なしに無害化処理が可能であるという報告もある。²⁾

・樹皮断熱材

木材樹皮の再利用に着目し、成型体を作製、既に商品化されている断熱材（アキモクボード株式会社製、商品名：フォレストボード）¹³⁾を以下に示す。

この商品は、人と自然に優しい資源循環利用を主眼に、スギ材樹皮、バージンパルプ、トウモロコシから作られたコーンスターチ糊を原料としたスギ樹皮木質系断熱材であり、秋田県リサイクル製品認定制度での認定も受け、販売されている。

昨今、断熱材はプラスチック系素材が主流であるが、木質資源再利用の観点から生産された同製品は優れた熱的性能を保有している。スギ樹皮木質系断熱材と他材料の性能比較に関して、同社カタログによる熱挙動値を表4.3.4に示す。

表 4.3.4 各種材料の熱挙動比較

材 料	熱伝導率 [W/(m・K)]	熱容量 [k J/(m ³ ・K)]
スギ樹皮木質系断熱材	0.046	320
硬質ウレタン断熱材	0.021	60
グラスウール10K	0.050	10
インシュレーションボード	0.049	320
セルローズファイバー	0.040	40
木 材	0.120	520

スギ樹皮木質系断熱材はグラスウールに匹敵した断熱性を示し、かつ熱容量が高い事より蓄熱性も期待できる。スギ樹皮木質系断熱材の熱挙動は、同じ木質系のインシュレーションボードに匹敵しており、廃棄物を主原料としたリサイクルボードの新たな活用法が見出されている。

『引用文献』

- 1) 環境・社会報告書2004 住友林業株式会社 (2004)
- 2) 高炉における木質バイオマス高度利用技術 脇元一政、品川昌俊、上野一郎
佐藤道貴、築地秀明 木材工業 (2002)
- 3) 建築リサイクル勉強会第3回勉強会資料 平田悟史 (2002)
- 4) 第13回木質ボード部会シンポジウム資料 齋藤晴彦 (2004)
- 5) 木質資源循環型総合システム化促進事業中央協議会資料 原口隆英 (2002)
- 6) 木材とプラスチックとの複合体開発の現状 岡本忠 木材学会誌 (2003)
- 7) 木材の液化技術の開発と反応機構の解明 山田竜彦 木材工業 (1999)
- 8) 建築廃材・ガラス等リサイクル技術開発/建築廃材リサイクル技術開発/建築
解体木材の品位に対応したリサイクル技術の研究開発 NEDO (2003)
- 9) 夢ある未来の鍵は木 船岡正光 森の風プロジェクト (1999)
- 10) 超臨界二酸化炭素によるCCA処理木材からの金属抽出の可能性に関する基礎
検討 竹下幸俊、佐藤芳之、西史郎 廃棄物学会論文誌 (2000)
- 11) 家屋解体工事におけるCCA処理木材分別の手引き
北海道立林産試験場 (2004)
- 12) 廃木材リサイクル技術の開発と廃木材リサイクル研究会の活動
安藤則男 廃木材リサイクル研究会 (2005)
- 13) 樹皮断熱材カタログ アキモクボード株式会社 (2004)

4.3.2 窯業系サイディング

4.3.2.1 窯業系サイディングの概要

(1) 窯業系サイディングの年度別需要

窯業系サイディングは戸建住宅の外装材として開発され昭和 43 年（1968 年）に発売されて以来、品質の安定性、防火性能、施工性、意匠性の良さに加え、豊富な品揃が評価され図 4.3.3 に示したように市場に順調に受け入れられ、現在新設住宅（戸建、集合）外装の 70% 強を占めるまでに至っている。

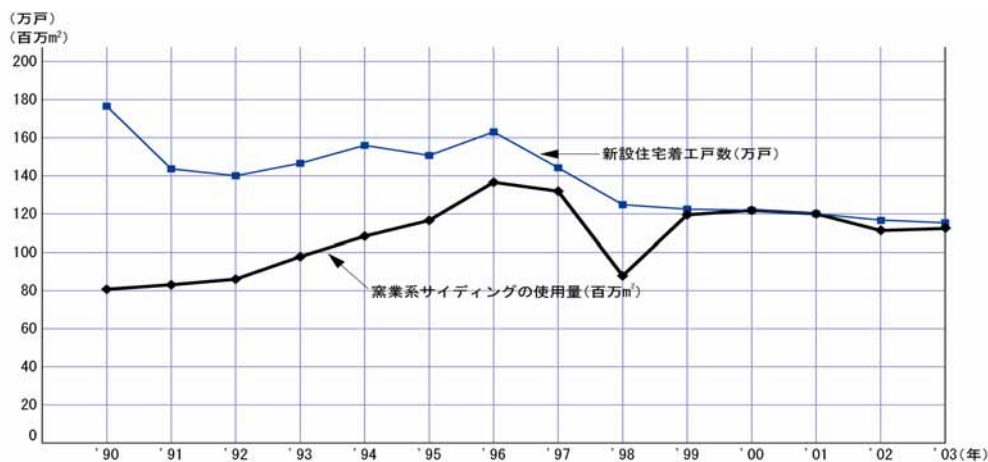


図 4.3.3 新設住宅着工戸数と窯業系サイディングの使用量の推移

(2) 窯業系サイディングの原料

窯業系サイディングは、主原料のセメント質原料及び繊維質原料を用いて板状に形成し、養生・硬化させた防火材料であり、主として建築物の外壁に用いる。

具体的な原材料は下記 表 4.3.5 に示す通りである。

表 4.3.5 使用原料

分類	原材料
結合材	セメント、石灰質原料、けい酸質原料、スラグ、石膏
補強材	無機質繊維（ガラス繊維、ロックウール、金属繊維） 有機質繊維（パルプ、木繊維、木片、ポリエチレン、ビニロン、ポリプロピレン等）
混和材	パーライト、シラスパルーン、ゼオライト、パーミキュライト、炭酸カルシウム、粒状有機発砲体、着色材料、その他の充填材

(3) 窯業系サイディングの種類

窯業系サイディングは組成によって以下の3つに分類される。

木繊維補強セメント板系

セメント等の無機結合材を木繊維または木片を用いて補強硬化させた板。

a. 硬質木片セメント板

〔組成〕: セメント、木片

b. 木繊維混入セメント・けい酸カルシウム板

〔組成〕: セメント・けい酸質原料、補強繊維、混和材

繊維補強セメント板系

a. セメント等の無機結合材を無機質繊維・有機質繊維を用いて補強し硬化させた板。

〔組成〕: セメント質原料、補強繊維、混和材

繊維補強セメント・けい酸カルシウム板系

セメントにけい石粉などのけい酸質原料を加えたもの、或いはけい酸カルシウムなど無機混和材を無機質繊維・有機質繊維を用いて補強し硬化させた板。

a. 繊維混入セメント・石灰・けい酸カルシウム板

〔組成〕: セメント・石灰・けい酸カルシウム板、補強繊維、混和材

b. 繊維混入セメント・けい酸カルシウム板

〔組成〕: セメント・けい酸質原料、補強繊維、混和材

「注」過去には補強材としてアスベストが使用された経緯があるが、現在の商品には使用されていない。

4.3.2.2 窯業系サイディング廃材再資源化の現状

(1) 廃材の発生場所

窯業系サイディングの廃材は大別して、生産工程（工場）で発生する端材（廃材）
新設住宅建築現場での発生端材。建築解体廃材に分けることが出来る。

(2) 発生場所別再資源化実態

現在協会会員各社が実施している再資源化実態は下記 表 4.3.6 の通りである。

表 4.3.6 回収の実態

端材（廃材）発生場所	端材（廃材）発生量	再生利用状況
製造工程（工場）	12万トン/年	・製品原料：7.5万トン・・・62.5% ・その他：1.8万トン・・・15.0% 計：9.3万トン・・・77.5%
新築住宅建築現場	25.2万トン/年	・製品原料：1.5万トン・・・6.0%
建築解体現場	不明	（埋め立て）
合計	37.2万トン/年	10.8万トン・・・29.0%

生産工程（工場）で発生する廃材（端材）

生産工場では製板時、製品加工時に廃材、端材が発生する、これらの約 80%がサイディング原料へ還元、又は再生利用品（セメント原料、路盤材等）として再資源化が実施されている。

新設住宅建築現場での発生端材

窯業系サイディングの総出荷量は平成 15 年度実績で、113,443 千 m^2 （重量換算で概略 168 万トン/年）である。新設住宅建築現場で発生する端材は年間概略 25～26 万トンと推定され、現段階ではその内の約 6%が「広域再生指定制度」利用で回収されており、残りの約 94%が埋め立て処理されている。新設住宅建築現場端材の回収については、平成 11 年頃から協会加盟大手 5 社が「広域再生利用制度」の許可を取得し、自社製品の発生端材を収集し、自製品化に取り組んでおり現在推進中である。平成 15 年末施行の「広域再生利用認定制度」への取り組みは 1 社が切り替え、新たに 2 社が許可を取得し、前向きに取り組んでいる。

建築解体廃材

窯業系サイディングは発売以来 30 年以上経過しているため、初期の物件ではリフォームを含めた解体廃材の増加が予想されるが、窯業系サイディング使用建築物の解体に関する係数等の実態把握は出来ていない。又過去の製品では石綿含有品を含み、現在のところ再資源化の目途がたっていないのが実情である。しかしながら将来を見据えてその処理対策の検討が必要と思われ、今年度より「建築仕上学会」での分別解体の指針作りに参画している。

指針（案）は概略下記の内容でまとめられる予定。

目次の項目

- ・ 総則
- ・ 分別解体工法
- ・ 分別解体事前調査
- ・ 分別解体工事計画
- ・ 分別解体工事
- ・ 分別解体工事完了後の管理

4.3.2.3 再資源化の先進的な技術開発

（１）再資源化技術について

窯業系サイディングの再資源化については、以下の方法について検討されてきたが、現段階では下記 4.3.2.4 章 セメント原料化還元が最もリーズナブルな方法と考えられ、今後更なる検討と検証が必要である。

サイディング製品への還元

建築現場から端材を収集し、破碎してサイディングに添加還元する方法・・・窯業系サイディ

ングの原料組成は4.3.2.1章の窯業系サイディングの原料と窯業系サイディングの種類に示している通り、各社の商品によって組成が異なっているので、他社製品端材を自社製品に添加使用することは品質上の問題があり、現段階では不可能である。従って自社製品への添加還元は自社製品端材に限定される。又製品に添加する端材の量には品質性能面で限界がある。自社製品化への回収サイクルは最大30%に留まり、70%が産廃処理になると予測される。現在まだ限界まで満たされていない状況下、各社回収促進中である。

サイディング以外の製品への再生

今まで数社で、肥料、土壌改良剤、床下防蟻乾燥材への再生化等種々検討されているが、採算面で難があり、消化量が少ない。現時点では大量に消化できる新しい商品開発の目途がたっていない。

セメント原料化

セメント原料化については技術的に可能であることが検証済である。この方法では原料構成が異なった各社の製品端材を一括回収「各社混合」出来る点等、最もリーズナブルな処理方法である。

(2) 新設住宅建築現場で発生する端材の収集方法

「広域再生指定制度」、「広域再生認定制度」許可取得運用について

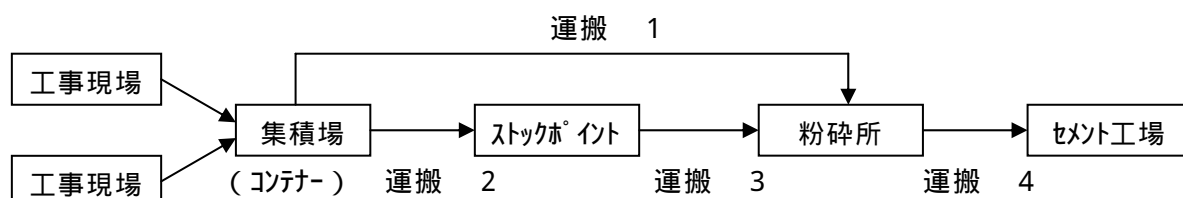
現在4社が「広域再生指定制度」を利用して自社独自の回収システムを構築し、リサイクル化に取り組んでいるが、本制度のものは、自社商品の回収に限定されているので、他社商品との分別は必須条件となる。しかしながら複数社の集積混合端材から自社端材を分別するのは容易でなく、又広範囲な地域に散在している建築現場での自社製品端材は運賃等経済的な問題もあり、収集地域が限定(集積地に近いところ)される。

従って、協会としてはセメント原料化を目的に、協会加盟各社の混合端材の一括回収を狙いとして、平成15年末に施行の「広域再生認定制度」を日本窯業外装材協会又はNPO法人住宅外装テクニカルセンターで取得し、協会が中心になった合理的な収集方法を検討模索中である。

4.3.2.4 再資源化技術の問題点

(1) セメント原料化の流れと問題点

端材収集について



- a. 分別集積：各社の製品端材を混合集積し、窯業系サイディング以外の素材(金属・プラスチック・木材等)が混じらないよう分別する。
- b. 端材集積：排出業者責任でコンテナに集積する。

- c. 集積場：コンテナ（8m³）を使用する。
- d. 運 搬：
 - ・集積場からセメント工場までの運搬は広域再生認定制度（協会独自で取得を検討）の活用を考える。
 - ・集積場からセメント工場への運搬距離により、合理的な運搬方法を構築する必要がある。

セメント化技術について

- a. 端材の形状：50mm 角以下に破砕する必要がある。
- b. セメント工程：
 - ・有機繊維の電気集塵機への影響を確認する必要がある。
 - ・石綿混入廃材は作業員の健康管理上の問題で受け入れ不可である。従って建築解体廃材で石綿混入製品のセメント化は不可である。
 - ・塩素等、微量有害物質の問題。

（2）建築解体廃材の再資源化について

過去（1971～2004年）に生産販売された窯業系サイディング使用の住宅建築の中には石綿含有製品が存在する。その量は概略 390～400 百万m²と推定され、窯業系サイディングの生産販売開始時期から 2004 年までの総生産販売量に占める石綿含有製品の割合は概略 10～15%と推定される。即ち 10 棟に 1～1.5 棟が石綿含有外装材となるが、現段階では再資源化の目途が立っていない。

4.3.3 量

4.3.3.1 廃棄物の現状と調査の目的

廃掃法による建設副産物とは、建設工事に伴い、副次的に得られる物品であり、再生資源及び廃棄物を含むと定義されています。住宅のリニューアル工事や改装による取替工事及び解体等により発生する廃棄物は安定型処分場で処分できないものとして区分され、繊維くずの品目に充当します。建設副産物として、排出される廃棄物は年間約 300 万枚とも言われ、その実数は正確なものではなく、それぞれの排出事業者の責任において、様々なルートにより処理されています。しかし、環境省発表の産業廃棄物不法投棄状況によると、平成 16 年 3 月末時点で 2,320 件約 1,267 万 t でその 9 割が建設廃棄物と言われています。昨年夏、埼玉西部で発生した 12 万枚に及ぶ不法投棄等廃棄物の処理の現状に大きな問題が見受けられます。よって今回の調査により再利用の現状と問題点を見出す事を目的に調査を実施した。

4.3.3.2 廃棄物のフロー

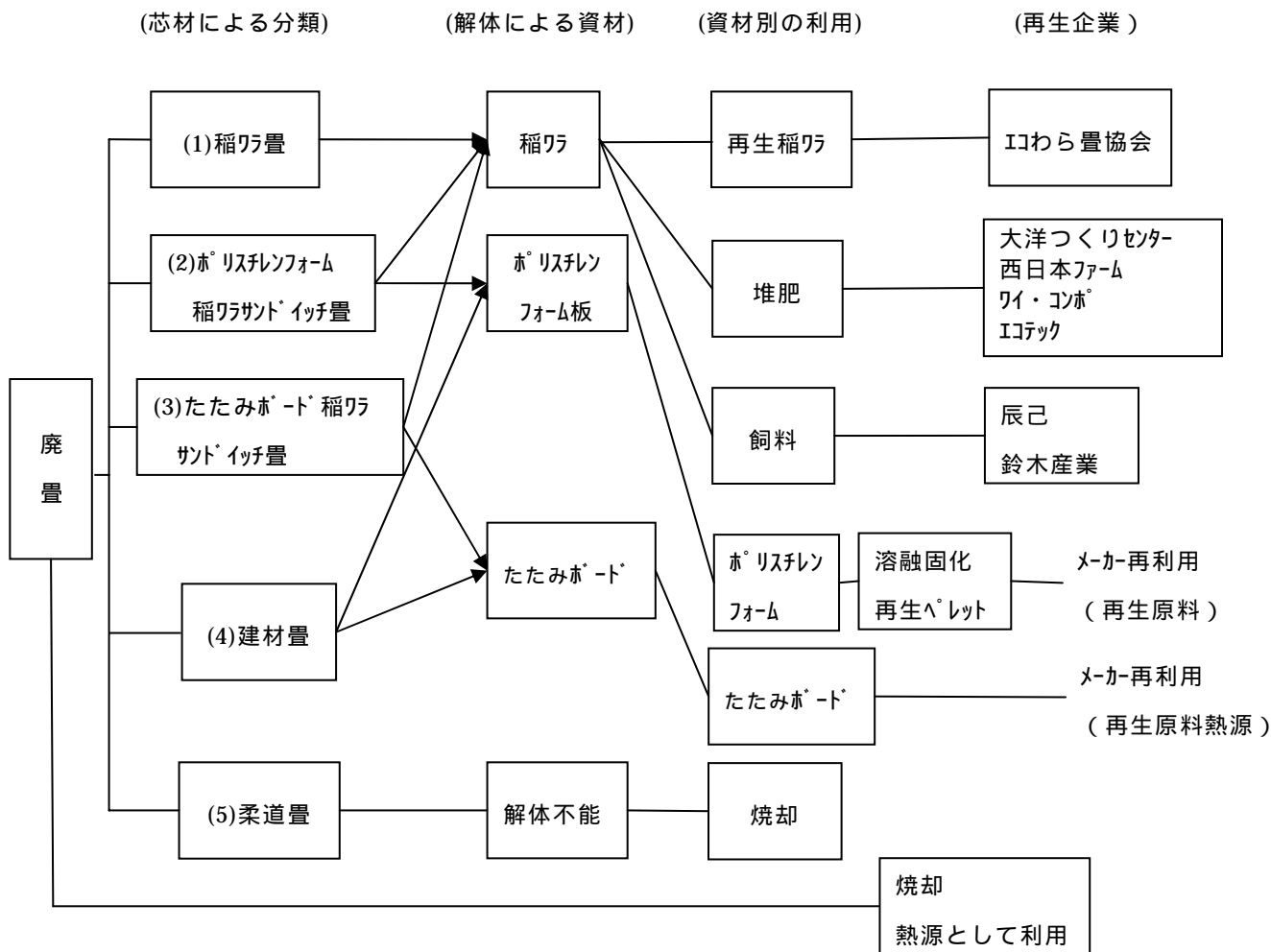


図 4.3.4 廃棄物処理フロー

4.3.3.3 廃置処理の問題点

畳は生活の知恵が生み出した日本固有のもので、湿度が高く、四季の気象変化の激しい日本の国土にもっとも適した敷物として育てられ継承されてきたが、近年、住宅の建て替えによる解体工事や畳取替え工事現場から排出される畳は、そのほとんどが埋め立てや焼却処分されてきたが、平成 12 年に循環型社会形成推進基本法が公布された事に伴い、廃材の発生抑制、再利用及び再生利用の気運が高まった事を背景として廃置を再利用する取組みが始まった。しかし、濃縮された堆肥より有機塩素化合物が検出された事により平成 14 年 4 月 10 日付(農林水産省生産局長通知、生畜 185 号)家畜の敷草及び堆肥等への再利用がきびしく規制され今日に至っている。つまり、時の衛生害虫(ノミ、シラミ等)駆除の為、室内で使用した DDT、BHC また殺虫剤として水稻に使用した有機塩素系薬剤等が原料稲ワラや畳床の中に生活塵として含まれ再利用するにあたり大きな問題となっている。

4.3.3.4 廃置処分の現状

(1) 発生の現状

廃置の発生は次のように分類できる

- 畳取替え工事によるもの … 請負工事業社の下請畳店又は畳製造業者が処分するケース
- 住居解体に伴うもの …… 解体業者、建築業者が処分を請負うケース
- 災害に伴うもの …… 公共事業体等の清掃業者が処分を請負うケース

上記のうち、 は例外的なケースである。通常、 が発生の主体となっている。いずれも廃掃法に従って処分しなければならない。 は法的には一般廃棄物扱いであるが殆どの自治体が産業廃扱いとし、業者責任において処分する事が一般化している。よって廃置が産業廃棄物である事から、リサイクル・リユースと言う再資源化を含む処分は廃掃法に準拠して行われている。しかし、 、 とも昨今の価格競争による工事単価の下落により、適正な処分が出来ず不法投棄に走るケースが見受けられ、処分費用は工事費と分離して計上される事を業界は望んでいる。

(2) 再資源化について

廃置の再資源化を考えると、畳は構成部分ごとに分類して考える必要がある。

畳表(イグサの編物、化学繊維表、和紙表、ビニール表、PP 表等)

畳床(稲ワラ床、ポリスチレンサンドイッチ床、たたみボードサンドイッチ床、建材床等)

編糸、縫い糸(綿糸、化学繊維糸、PP 糸、ビニロン糸等)

縁(純綿ヘリ、化学繊維ヘリ、合成ヘリ等)

防虫、防湿シート(PE 圧着裏シート、紙等: 薬剤有機りん系、フェンチオン、フェニトロチオン、ピレスロイド系)

角止め材(切糸、鉄製ステーブル、プラスチック製ステーブル等)

量で占める重量比で最も大きいのは で大量の処分、再利用の方法が検討されるべき素材である。 のイ草表は処分面でほぐす手間が膨大であり、腐れにくく、肥料や飼料には利用しにくい。化学表についてはすべて焼却しか考えられない。 豊床の稲ワラについては先に述べた有機塩素系薬剤の含浸有無により、再資源化の工程で強力な吸塵設備を装着し、肥、飼料用に再生利用が可能である。ポリスチレンフォーム、たたみボード（木質繊維板）については重量的には軽量であるがリサイクル資源として利用が可能である。 、 、 については極めて少量であり、再資源化には適さず、すべて焼却（熱源）しか利用できない。 鉄製ステーブルについては解体時に除去する事が望ましく、いずれも再資源化できない物については熱源として利用する以外には考えられない。

（3）資材別の利用方法

廃置の構成材のうち、資源化が可能なものについて考えてみる。

稲ワラ …………… 稲ワラの再資源化の用途としては、

イ．新豊床へのリユース（再生稲ワラとして105 / 2時間以上熱処理して使用）

ロ．リサイクル転用として

Ａ．肥料化（牛糞、豚糞等と混ぜて発酵堆肥として熟成する）

Ｂ．飼料化（肉牛用粗飼料として利用）

Ｃ．敷き料（牛舎、豚舎等の敷き草用として利用）

Ｄ．熱源化（セメント工場等で補助熱源材として利用）

新豊床のリユースは従来から行われてきた、分別解体して稲ワラ床、稲ワラサンドイッチ床の切りワラ等に利用されている。リサイクル転用としての飼・肥料、敷き料については昭和46年4月以降、全面的に製造、使用禁止となった有機塩素系薬剤（BHC、DDT、アルドリン、ディルドリン、エンドリン、クロルデン、ヘプタクロル以上7品目）の含有が残留農薬基準値をクリアしている必要がある。食の安全を考える時、堆肥は基本的には食料作物以外の植物（園芸用）への用途に限定されている。特に稲ワラのみでの堆肥化は濃縮が考えられ危険度が高まる。最近では牛糞等と混合し、拡散する方法や分別解体時に強力な吸塵により、粉塵を捕集して残留農薬の除去に努める方法がとられている。また、その場合、解体した稲ワラの定期的な検体はもとより、廃置の築年を調査し、常に安全なリサイクル法を追及する事が大切である。また飼料としての利用も堆肥同様、残留農薬の限度が細かく定められており、稲ワラに付着している農薬をいかに振るい落とすか工程上の設備の工夫が強く求められている。

ポリスチレンフォーム板

イ．再資源化の用途として溶融機により固型化（インゴット）して再生工場に運ばれ、再度良質品を混合して溶融し、再生ペレットにし、再生原料としてメーカーにもどす方法（その場合、稲ワラ、糸くず等の不純物はすべて除去すること）

ロ．解体せず原型のまま、熱源として、セメント工場等で処理される方法。又は、破碎機により破碎して、成型機にて固形燃料として成型して熱源に利用する。

たたみボード（木質繊維板）

畳に使用されている木質繊維板は JIS A 5905 に規定するインシュレーションボードで端材及び廃畳より発生するボードがメーカーにより引取され再生原料としての利用が可能になってきた。たたみボードは撥水性があり、肥料としての利用は通常不能の為、破砕して熱源等に利用されてきた。しかし、メーカーの受入れ体制が整い、回収ルートも整備され、また大口消費店への対応により、再資源として流通が進捗されてきた。ただし、前記フォームと同様、糸、ワラ等の不純物は一切、手作業により除去しなければならない。

4.3.3.5 リサイクル技術現地調査

廃畳の堆肥化施設、畳用ポリエチレンフォームの再生施設の情報を収集する為、先進的リサイクル工場の現地調査を行った。

その内容については、4.5.2.2 章～4.5.2.4 章に詳細に述べている。

4.3.3.6 廃畳再資源化の留意点

廃畳の再資源化については種々の課題を抱えているがその留意点を以下に列挙する。

- (ア) 残留農薬除去の方策（設備の改良）。
- (イ) 建築物の築年の追跡、廃畳のトレース等の記録を管理すること。
- (ウ) 飼料化の場合、製造責任を明確化してトレーサビリティの確保。
- (エ) 飼料安全法第 52 条第 2 項の規定により、飼料の名称、数量、荷姿、製造年月日及び出荷先等の記録を 8 年間保管する。
- (オ) 飼料用製品の保管、輸送等清浄性を保守すること。
- (カ) 飼料の有害物質の指導基準（昭和 63 年 10 月 14 日付、63 畜 B 第 205 号、農林水産省畜産局長通知）を遵守し、再生わら製品のロットによる品質管理を行うとともに有機塩素系農薬を中心に定期的に有害物質の分析を実施し、その結果を 8 年間保存すること。
- (キ) 飼料安全法に抵触する事例が認められた場合、家畜事故等発生時の措置指針（平成 15 年 8 月 22 日付、15 消安第 991 号、農林水産省消費安全局長通知）に基づき農林水産省、都道府県又は独立行政法人肥・飼料検査所の指導に従い、必要な措置を講じるとともに、行政機関等が行う実態の把握、原因の究明等に協力すること。又、使用者等に対する当該違反飼料に関する相談窓口を設置すること。
- (ク) 廃畳の受入れは性状、水漏れ、カビの発生、有害物による汚損等が認められる畳は肥・飼料の原料として回収しないこと。
- (ケ) 廃畳を解体する際発生する埃等の付着物（残さ）が再生稲ワラに再び付着する事がなき様、工程管理に最善を尽くすこと。
- (コ) 上記による品質管理を適切に行い、飼料安全法又は関係法令等に抵触する製品を製造、出荷しないこと。

この度の調査にあたり、廃畳処理の現状問題点等、次の企業より協力を頂きました。

- (有) 鈴木産業、(有) 大洋つくりセンター、(株)ワイ・コンポ、(有) 辰己、(株)西日本ファーム

4.3.4 コンクリート塊の再資源化調査

4.3.4.1 はじめに

近年、環境汚染や資源枯渇の問題が地球規模で論ぜられるようになり、それに伴って廃材の再利用・再資源化技術が今後の重要課題として提起されている。膨大な資源の消費と多量の廃材を発生する建設産業の中でも年間約 3,500 万 t（環境省 平成 14 年度）と、最も発生量が多く、流通システムの整備が不十分なコンクリート塊の適切な処理・処分および有効な再利用・再資源化の方法を構築することは、今後の建設活動を円滑化するための条件となる。コンクリート塊の主なリサイクル用途は道路用、路盤用の再生砕石であり、そのリサイクル率は既に 98%（環境省平成 14 年度）に至っているが、地域的及び量的な需給バランスからみて、これらの用途のみで、今後高いリサイクル率を維持するのは困難さが伴う。このような背景から、種々の建築物等の解体に伴い発生する建築系廃棄物のリサイクルシステムの構築を目的として、コンクリート塊のリサイクル技術について調査を行った。

ここでは、そのうち、最も有効なリサイクル方法の一つである構造用コンクリート骨材への利用技術を中心に、代表的な研究例及び利用例の概要を示す。

4.3.4.2 構造用コンクリート骨材への利用技術の変遷

コンクリート塊は、大災害や戦争の復興期に主に骨材資源やセメントの代用品として再利用されており、構造用コンクリート骨材（再生骨材）としての利用についても、第二次世界大戦直後に、Gruzg（ソ連：1946 年）や Graf（ドイツ：1946 年）による強度、乾燥収縮等の一般物性、不純物の混入の影響に関する報告がある¹⁾。一方、我国においては、昭和 48 年のオイルショックを契機に、「資源枯渇化への対策」をキーワードとして、建設省あるいは建築業協会（BCS）が中心となり、研究が着手され始めた^{2) 3)}。近年は、これに加えて「地球環境への配慮」も重要な要素となってきている。また、阪神淡路大震災や新潟中越地震のような災害後の処理対策としてもリサイクル技術の必要性は高まってきている。

このような状況で、平成 4 年度から実施している建設省総合技術開発プロジェクト「副産物の発生抑制・再利用技術の開発（主査：友澤史紀東大教授）」（以下、第 2 次総プロという）では、再生骨材及びそれを用いたコンクリート（再生コンクリート）のより実用的な対応を踏まえた品質基準（案）の作成を目指して継続的に検討を行ってきた⁴⁾。また、日本建築学会は、これまで建築工事として位置付けられていなかった解体工事の適正化を目的に、コンクリート系建設副産物の処理・処分への取り組みを含めた「鉄筋コンクリート造建築物等の解体工事施工指針（案）・同解説（主査：笠井芳夫日大教授）」を平成 10 年 12 月に刊行した⁵⁾。さらに、2003 年版 JASS5 においては、砂利・砂と同等の品質を満たしていれば、再生骨材も普通骨材として扱われる等、実用的なコンクリート塊のリサイクルに関する規・基準類の整備は進んできている。

4.3.4.3 リサイクルと経済性

リサイクル技術の成立条件は、基・規準類あるいは流通システムの整備等、種々の課題が上げられる。既往の研究は、経済性よりもむしろこれらを主眼に置いているものが殆どであった^{2) 3)}。

日本建築学会関東支部材料・施工専門研究委員会資源環境WG（主査：菊池雅史明大教授）で

は、平成5～7年度においてこれまで提案されている各種の建築解体資材のリサイクル技術とその実用化の程度について調査を行っている⁶⁾。その結果をみると、実用化、すなわち市場での販売ルートに乗っているものは少なく、多くは試験的利用段階で止まっている。これは、品質低下の程度に対して経済的なメリットが低いことが大きな理由として上げられている。将来的には、このようなリサイクル技術が活用されていくこともありえるが、現段階では、品質のみならず経済性、環境負荷（例えばCO₂排出量削減）を明確に把握し、その上で総合的な評価を行うことが、有用性の高いリサイクル技術を構築する上で重要である。

4.3.4.4 リサイクルに関する法律

都市部における処分場不足、不法投棄の増加等に対する対応策として、平成3年10月に「再生資源の利用の促進に関する法律」（以下、リサイクル法という。）が施行され、また、同年に「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下、廃掃法という。）が改正された（施行は平成4年7月）。さらに、廃掃法については、平成9年3月28日の閣議決定により、「産業廃棄物の最終処分場の逼迫、不法投棄等の問題を踏まえ廃棄物の適正な処理を確保するため、廃棄物の減量化・リサイクルを推進するとともに、施設の信頼性・安全性の向上や不法投棄対策等の総合的な対策を講じる」という趣旨で改正が行なわれた⁷⁾。

4.3.4.5 再生コンクリートの建築構造物への適用技術の現状

（1）再生コンクリートに関する規・基準類

表4.3.7は、これまで実施された再生コンクリート関係の委員会および基・規準（建築関係）の概要を示したものである。これによると、昭和58年度から昭和61年度まで実施された建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への廃棄物利用技術の開発（主査：笠井芳夫日大教授）」（以下、第1次総プロという）³⁾は、昭和61年度に置換率と骨材の品質に対して基準を設けた指針を作成したが、実構造物への適用には至っていない。一方、第2次総プロでは、平成6年度に、「建築物への適用を考慮したコンクリート用再生骨材の暫定品質規準（案）（主査：友澤史紀東大教授）」（以下、暫定規準（案）という）で再生粗骨材の品質に対する目標値を設定した⁸⁾。この暫定基準（案）の考え方は、2003年版JASS5に反映されており、さらに現在では、高品質な再生骨材としてJIS化への対応も行われてきている。

表 4.3.7 再生コンクリートに関する主な委員会及び規・基準類²⁾³⁾⁴⁾

規準名称	発行年	委員会名称		再生コンクリートの適用範囲		再生骨材の置換率および品質			
		名称 (機関)	分科会	設計基準 強度 (N/mm ²)	用途	再生粗骨材		再生細骨材	
						置換率*1 (%)	吸水率 (%)	置換率*1 (%)	吸水率 (%)
「再生骨材および再生骨材コンクリートの使用規準(案)・同解説」	1977	建設廃棄物処理・ 再利用委員会 (建築業協会)	-	18以下	構造用コンクリート**	100	7以下	0	12以下
				15以下	非構造用コンクリート			0~100	
				12以下				100	
「再生粗骨材の品質規準(案)・同解説」 「再生粗骨材を用いるコンクリートの使用規準(案)・同解説」	1986	建設事業への廃棄物 利用技術の開発 (第1次総プロ) (建設省)	建築物 分科会	21以下	構造用コンクリート	30以下	7以下	0	12以下
				18以下	非構造用コンクリート (簡易なコンクリート)	30~50			
				15以下		50以上			
「建築物への適用を考慮したコンクリート用再生骨材の暫定品質規準(案)」 「再生骨材コンクリートの暫定使用規準(案)」	1994**	建設副産物の発生 抑制・再生利用技術の開発 (第2次総プロ) (建設省)	建築系 副産物 分科会	24以下	構造用コンクリート**	100	5以下	0	12以下
					非構造用コンクリート				

*1 全骨材量に対する再生骨材の混入比率、*2 利用用途に制限あり、*3 見直し作業を継続して実施中である(1997.11現在)

暫定基準(案)を実機に展開した再生骨材製造方式のモデルフローを図 4.3.5 に示すが、再生骨材中に含有されているモルタル分(以下、原モルタルという)を除去するための骨材の精製課程において、製造工程がやや多くなる等の特徴がある⁹⁾。

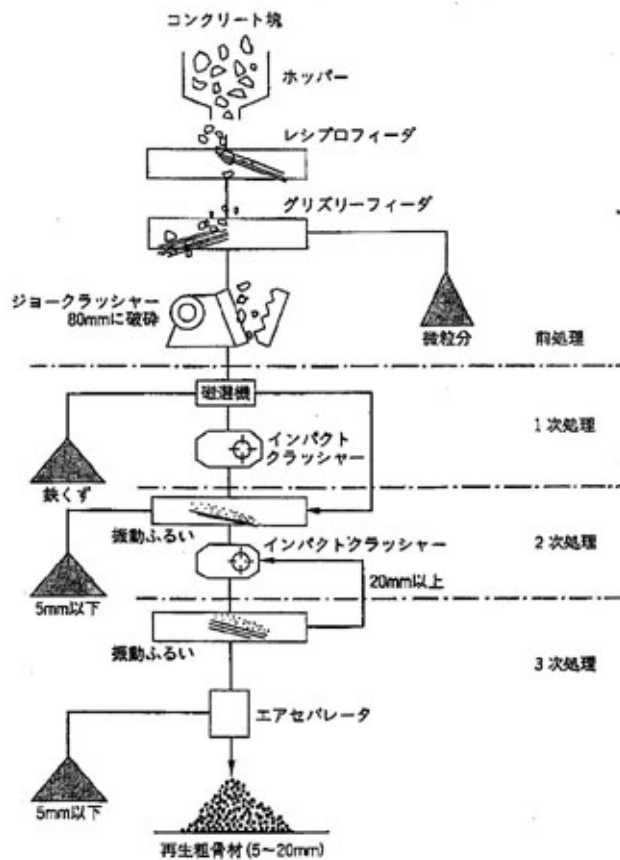


図 4.3.5 暫定基準(案)による再生骨材製造プラントのモデルフロー¹⁰⁾

(2) 許認可の状況

表 4.3.8 は、最近実構造物等に打設された再生コンクリートの主な大臣認定取得実績を示したものである。製造方式としては、その多くは、骨材の精製段階で再生骨材中の原モルタルを除去する方式（以下、骨材精製法という）であるが、一部、コンクリート製造段階で普通骨材と混合置換して原モルタルの影響を低減することにより要求される性能のコンクリートを得る方式（以下、骨材置換法という）もみられる。また、認定種別においても、解体・新設建物や部位限定の個別認定が殆どであるが、最近はこれらを限定しない一般認定の取得実績もでてきており、再生コンクリートの適用拡大は進んできている傾向にある。

表 4.3.8 再生コンクリートの主な国土交通大臣認定取得実績¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾

認定日	申請者	方式	認定種別	評価期間*	備考
2001. 5.10	京星、協和他	骨材精製	一般(再生骨材)	日総試	
2001. 5.29	清水建設他	骨材精製	個別(建物限定)	センター	
2002. 1.18	東京電力他	骨材置換	個別(建物限定)	センター	骨材置換率上限：30%
2002. 1.28	清水建設他	骨材精製	個別(建物限定)	センター	
2002. 5. 9	清水建設他	骨材精製	個別(建物限定)	センター	
2002. 8.23	東急建設他	骨材精製	個別(建物限定)	日総試	
2003. 6.18	東急建設他	骨材精製	個別(建物限定)	日総試	
2003. 6.18	東急建設他	骨材精製	個別(建物・部位限定)	日総試	
2003.10.31	竹中工務店他	骨材精製	個別(建物限定)	日総試	
2003.10.31	竹中工務店他	骨材精製	個別(建物限定)	日総試	
2003.10.31	竹中工務店他	骨材精製	個別(建物限定)	日総試	
2003.12.18	浅沼組他	骨材精製	一般	日総試	
2004. 3.22	清水建設他	骨材精製	個別(建物限定)	センター	
2004. 8.31	清水建設他	骨材精製	個別(建物限定)	センター	
2004. 9.15	東京電力他	骨材置換	一般	日総試	骨材置換率上限：50%

* センター：(財)日本建築センター、日総試：(財)日本建築総合試験所

4.3.4.6 適用に関わるプロセス

図 4.3.6 は、解体から再生コンクリート打設までのプロセスをフローで示したものである。現在は、コンクリート塊の処理あるいはリサイクルに関わる機器等の発達により、対応する物件の条件によって、幾つかの方法の選択が可能となっている。

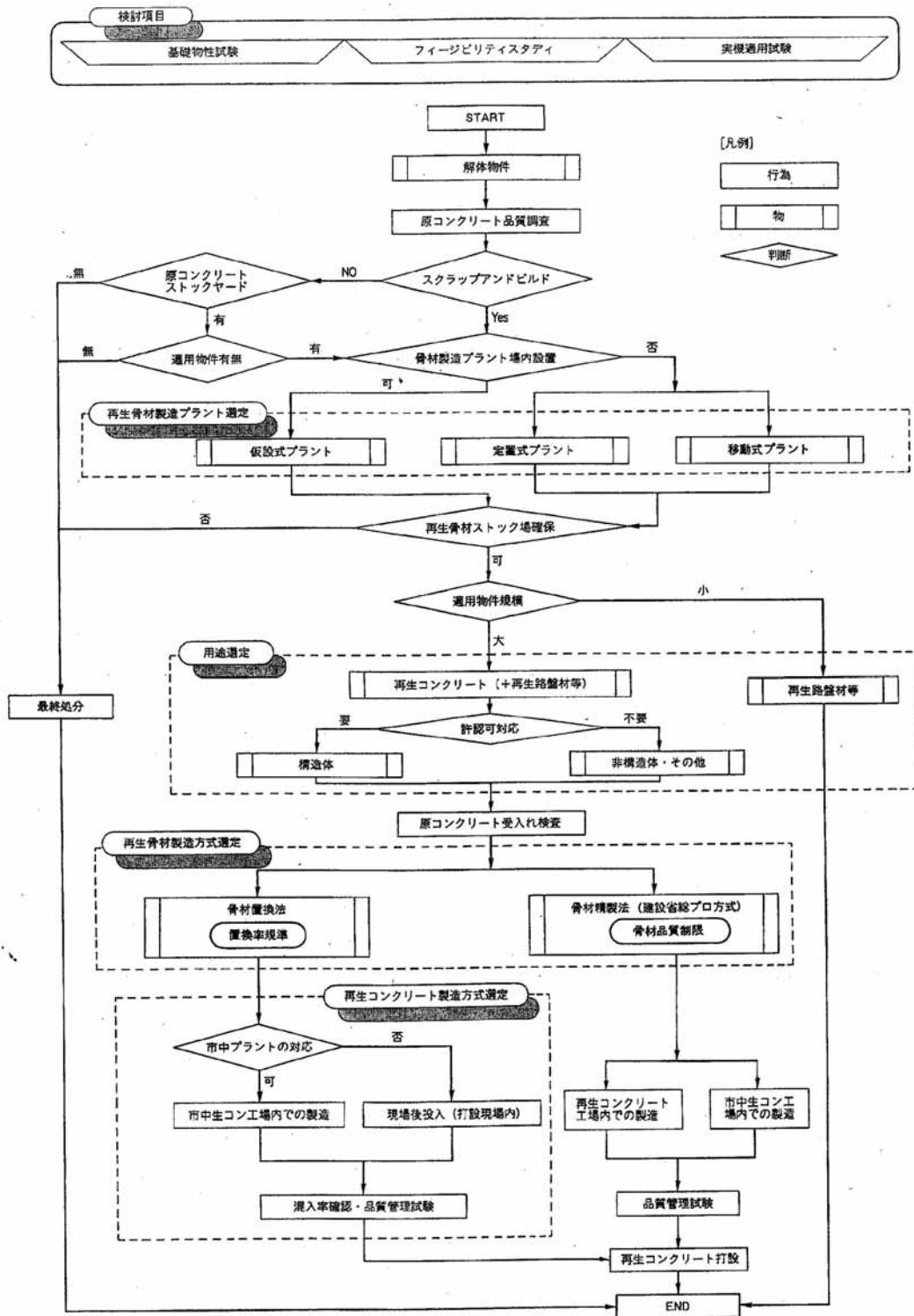


図 4.3.6 解体から再生コンクリート打設までのプロセス

(1) 建替条件

解体物件が発生した場合、再生骨材としてのリサイクルが円滑に行なわれるための条件として、対象構造物の建替が同一敷地内で既設建物を解体したのち、新設される形態（以下、スクラップアンドビルドという）で行われることが望ましい¹⁵⁾。このような形態でない場合、他に適用物件に応じたコンクリート塊のストックヤードの有無等が適用のための条件となる。

(2) 再生骨材製造プラント選定

再生骨材製造プラントは、工事条件、敷地条件等に応じて選定する。これらを大別すると、場内に期間を限定して設置することを前提とした仮設式プラント、専用工場としての設置を前提とした定置式プラントおよび近年発達してきている移動式プラントがある。

仮設式プラントの例については、4.3.4.7 章で詳述するが、定置式プラントの例としては、「再生コンクリート検討委員会（委員長：笠井芳夫 日本大学教授）」の研究成果として、（財）東京フロンティア協会により実用化された製造プラントがある¹⁶⁾。製造プラントのフローを図 4.3.7 に示す。このプラントは、当初、平成 8 年に開催予定であった「世界都市博覧会 - 東京フロンティア」の建設工事に用いる再生コンクリートの供給を目的に設置された専用プラントであった。現在は通常の間処理施設としてコンクリート塊を受け入れ、再生骨材および再生コンクリートの製造プラントとして稼働している。なお、製造設備の性能、規模あるいは稼働率においては、現在、わが国で最大の実働プラントの一つである。

移動式プラントは、破砕、ふるい分け、分別等、各々の処理機能を有した自走式タイプのものがある。現在では、これらを組み合わせることにより、再生骨材から再生コンクリートの製造までが可能である。

(3) 再生骨材の用途選定

再生骨材の用途として、再生コンクリート、あるいは従来から使用されている再生路盤材、再生クラッシュラン等がある。この他にも各種コンクリート 2 次製品等への適用が考えられる¹⁷⁾。これらの選定は、原コンクリートの発生量、適用建物の規模、経済性等を勘案して行われる。

(4) 再生骨材製造方式選定

一般的に再生骨材は、原モルタルの影響で、低比重で吸水率が大きい等、市販の砕石に比べて低品質となる。そのため、それを用いたコンクリートは、強度、弾性の低下および乾燥収縮が大きい等の特性を示す。この特性に対して、構造物への適用を行う場合、骨材精製法（図 4.3.7 はその一例である）及び骨材置換法がある。これらは、それぞれ第 2 次総プロ暫定規準（案）および第 1 次総プロ規準（案）の基本的な考え方となっている。

方式の選定にあたっては、適用対象となる物件の条件を明確にした上で、品質のみならず経済性、環境保全性等の諸因子を把握し、その適用を決めることが必要となる。

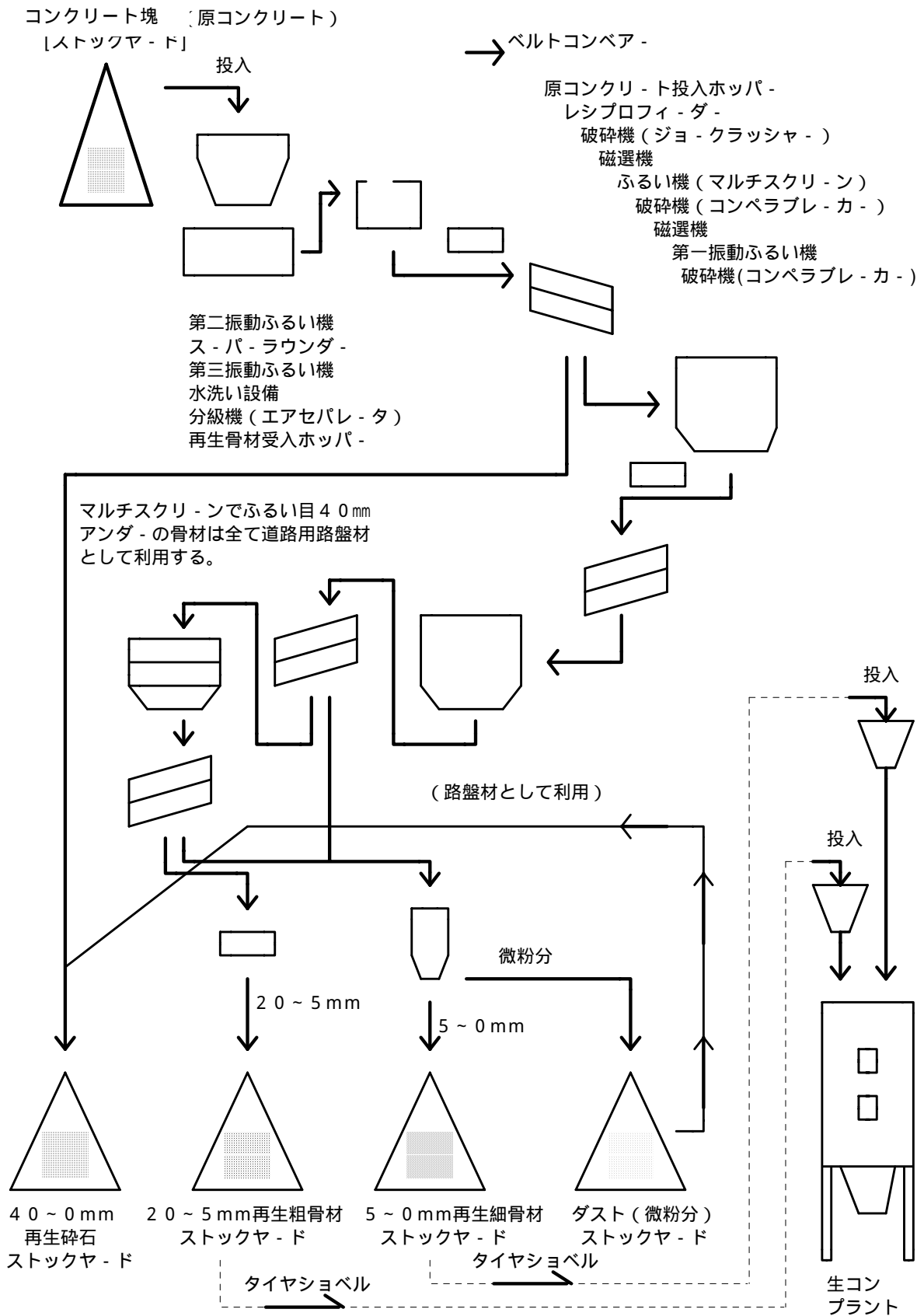


図 4.3.7 定置式再生骨材製造プラントの例¹⁶⁾

(5) 再生コンクリートの製造方式選定

再生コンクリートの製造については、骨材精製法の場合、図 4.3.7 で示した例のように、専用

プラントで製造を行うか、もしくは市中のレディーミクストコンクリート工場（以下、市中プラントという）へ持ち込む方法がある。一方、骨材置換法で製造を行う場合、骨材精製法同様、市中プラントの対応が可能な場合、そこに持ち込む方法が一般的となるが、対象建物の立地条件や市中プラントの対応が困難な場合には代替方法の検討が必要となる。

（６）再生コンクリートの品質管理

骨材精製法により製造した再生骨材を用いて再生コンクリートを製造する場合、市中プラントでの品質管理が行われることとなる。一方、骨材置換法により再生コンクリートを製造する場合は、市中プラントの品質管理に加えて、再生骨材の混入率の確認等が必要となる。

4.3.4.7 骨材置換法による再生コンクリートの実用化技術

骨材精製法による方式は、砂利等の普通粗骨材の代替品として、それと同等の品質を得ることを目的に製造されてきた。しかし、このような再生粗骨材を製造するためには、大規模かつ特殊な設備による高度な処理が必要となる。また、コンクリート塊から得られる再生粗骨材は3割程度で、残りの7割を占める再生細骨材及び微粉は、品質上リサイクルが困難なため、処分せざるを得なかったことから、コスト及び環境負荷が高くなる。これらを改善するためには、原モルタル分の除去を行わず、普通骨材と混合する骨材置換法が有効であるとされている¹⁰⁾。この骨材置換法は、表 4.3.9 で示した第1次総プロ等で指針案が作成されたにもかかわらず、実用には至っていなかった。しかし、実機製造実験等¹⁸⁾により、性能評価指標等が確立されたこと等から、再生粗骨材については実用化されるようになった^{13) 14)}。

（１）再生粗骨材の製造

図 4.3.8 に示す様に、製造工程がシンプルで、小規模かつ汎用的な設備により、骨材の精製等、高度な処理は行わずに再生粗骨材の製造を行う。この方法により、コンクリート塊の最大7割程度を再生粗骨材とすることが可能となり、再生細骨材及び微粉の発生量が抑制できる。

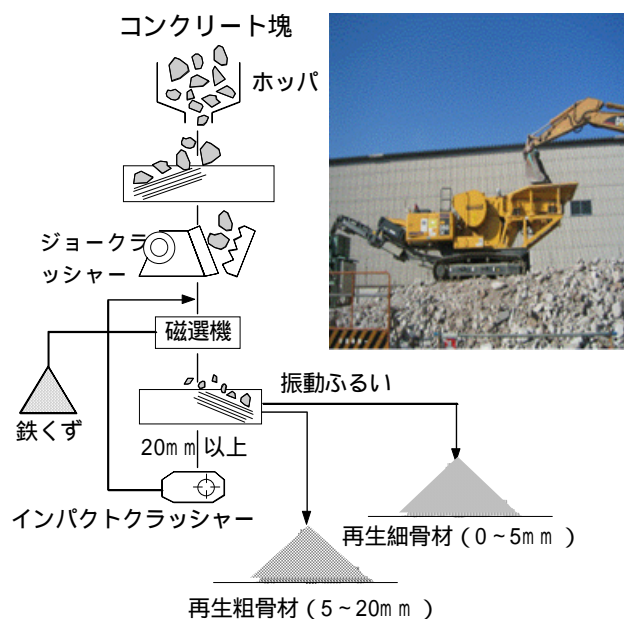


図 4.3.8 骨材置換法のための再生粗骨材製造プラントモデルフロー¹³⁾

(2) 再生粗骨材コンクリートの製造

骨材置換法とは、再生粗骨材を普通粗骨材と混合してコンクリートに使用し、再生粗骨材と普通粗骨材の混合比率（置換率）を調整することで、要求品質を確保する方式である。

この方式では、骨材の精製等高度な処理が必要ないことからコスト及び環境負荷低減効果大きい。さらに、現場内からコンクリート塊の搬出を抑止することを目的に、図 4.3.9 に示す様な再生粗骨材コンクリートの製造システム（現場投入方式）が開発されている¹³⁾。このシステムを用いた場合、現場からプラントへの再生粗骨材の運搬工程が必要なくなるため、運搬に係わるコスト及び環境負荷の低減が可能となる。

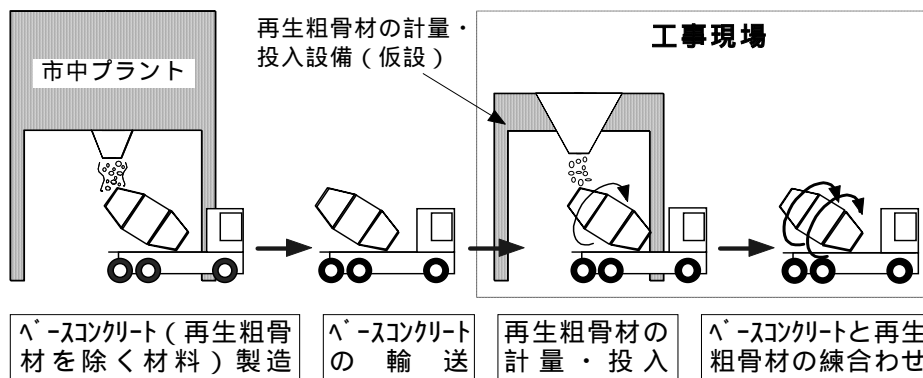


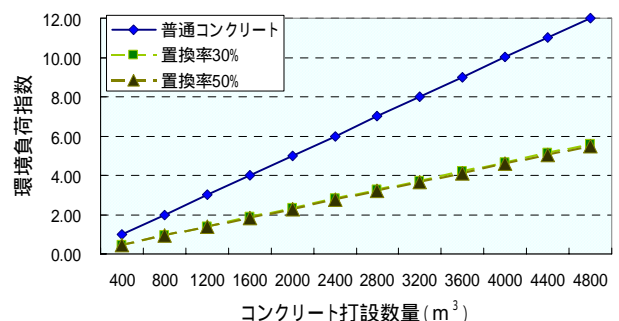
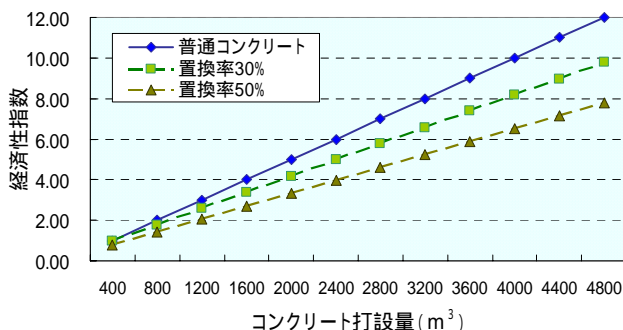
図 4.3.9 現場投入方式による再生粗骨材コンクリートの製造システム¹³⁾

(3) 経済性及び環境負荷低減効果

通常の工事で実施されている様に、コンクリート塊を中間処理場に持込み、新設に普通コンクリートを用いる場合と本方式を比較すると、図 4.3.10 の通りである。なお、現場投入方式を適用すれば、さらに効果が期待できる。

経済性：打設量、置換率にもよるが、スクラップ&ビルドの場合、最大 30%程度のコスト低減が可能となる。

環境負荷低減効果：現場内での処理が可能のため運搬に係る環境負荷の大幅な低減が可能となり、条件によっては、CO₂ 排出量で最大約 50%程度の低減効果が得られる。



注) 経済性指数：普通コンクリート 400m³ 購入費と骨材製造に要する解体コンクリート塊処分費の合計を 1 とした割合

注) 環境負荷指数：普通コンクリート 400m³ 製造と骨材製造に要する解体コンクリート塊処分に係る環境負荷の合計を 1 とした割合

経済性指数：普通コンクリート 400m³ 購入費と骨材製造に要する解体コンクリート塊処分費の合計を 1 とした割合

図 4.3.10 骨材置換法による再生コンクリートの経済性及び環境安全性¹⁹⁾

(4) 設計及び品質管理

適用にあたっては「再生粗骨材コンクリート製造マニュアル」,「再生粗骨材コンクリート工事仕様書」等の規準を設定し、それに基づき設計及び品質管理を行う¹³⁾¹⁴⁾。

構造設計：一般的な建築物等の範囲 $F_c=21 \sim 33\text{N/mm}^2$ で置換率 50%以下であれば、通常的设计と同様である。

材料設計：置換率 30%以下であれば、通常と同様の方法により調合を行う。30%をこえる場合は、図 4.3.11 に示す性能評価指標「相対品質値法」に基づき調合を行う。

施工：普通コンクリートと同様な施工が可能である。

品質管理：関係部署、コンクリート供給プラント、施工会社等で構成される品質管理委員会で管理する。

【再生コンクリートの性能評価指標(相対品質値法)】

$$Q_t = (Q_{vG} \times a + Q_{vN} \times b + Q_{rG} \times c + Q_{rN} \times d) / (a + b + c + d)$$

ここに、 Q_t ：再生コンクリートに用いた骨材の相対品質値
 Q_{vG} ：再生コンクリートに用いた普通粗骨材物性値
 Q_{vN} ：再生コンクリートに用いた普通細骨材物性値
 Q_{rG} ：再生コンクリートに用いた再生粗骨材物性値
 Q_{rN} ：再生コンクリートに用いた再生細骨材物性値
 a, b, c, d ：コンクリート中の各骨材の絶対容積(l/m^3)

* なお、同様の理論で樹田、阿部らにより相対吸水率を等価骨材吸水率として、それを評価指標に用いた方法も提案されている²⁰⁾。

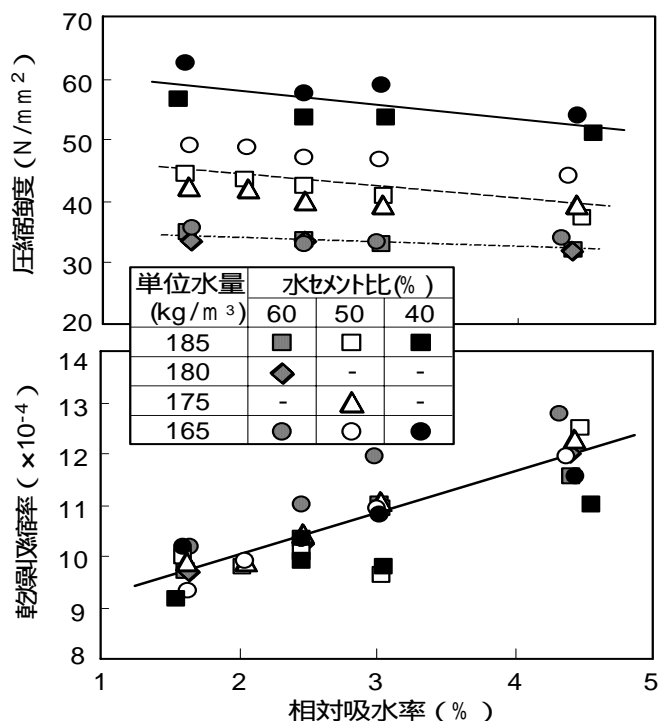


図 4.3.11 コンクリートの諸品質と相対吸水率の関係¹⁸⁾

4.3.4.8 コンクリート製品

コンクリート製品の廃棄物は、一般的にはコンクリート塊として建物の解体等に伴い発生するものと同様に処理・処分されている。しかし、コンクリート製品の中でもPC材(廃電柱、枕木

等)については、通常のコンクリート塊を利用したものに比べ、原コンクリートとしては比較的高品質であることから、再生骨材としての利用に着目された研究^{2 1) 2 2)}が行われている。これらP C材を再生骨材として適用した場合の検討結果を示すと、大要以下のようなものである。

(1) 廃電柱^{2 1)}

廃電柱を原コンクリート ($F_{28} = 50\text{N/mm}^2$) とした再生骨材の品質は、再生粗骨材では JIS A 5005 を満足し、一方、再生細骨材では、JIS A 5005 を一部満足できないものの、天然砂と混合すれば 40% 程度の混合まで JIS A 5005 を満足する。なお、製造年の違いによる品質の違いは殆どみられない。

再生骨材を使用したコンクリートを用いて、コンクリート製品 (根かせ、支線ブロック、防護板、ハンドホール類) を試作製造し、再生骨材使用製品の性能を現行製品と比較した。その結果、外観は現行製品とほぼ同等であるが、再生細骨材の増加に伴い強度の低下がみられた。しかし、社内規格上の性能は満足しており、実用化にあたっての問題がないことが確認された。

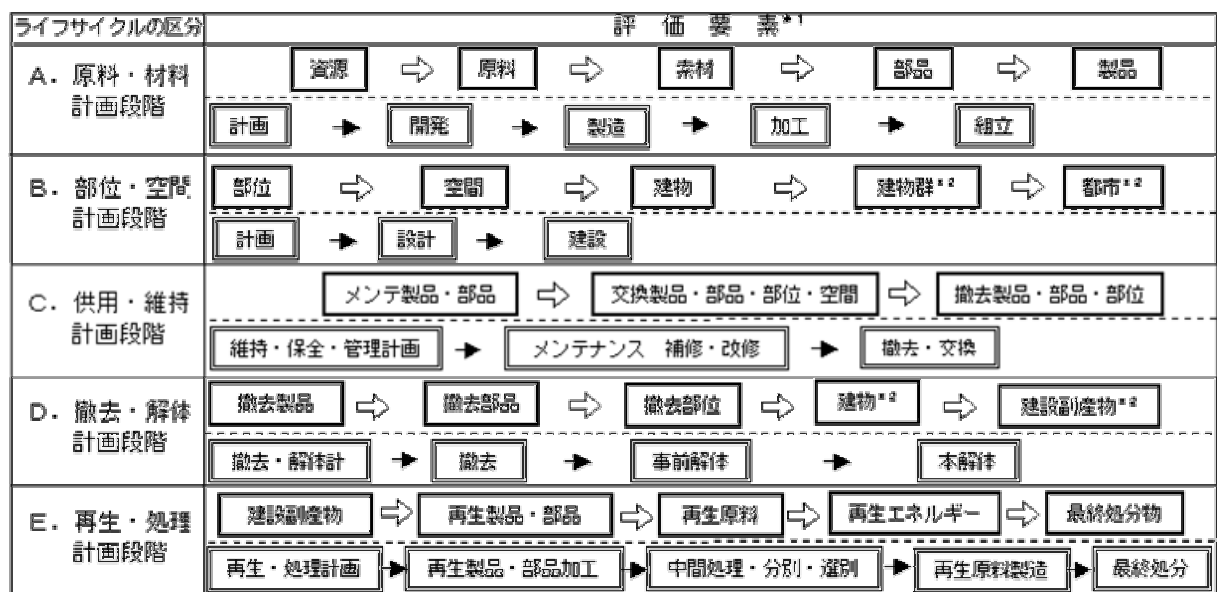
(2) P C 枕木廃材^{2 2)}

P C 枕木を原コンクリート ($F_{28} = 60\text{N/mm}^2$) とした再生粗骨材の品質は、全国の再生処理プラントで処理・製造された再生粗骨材の平均的品質と同様である。

普通粗骨材と混合させることが 2 次処理を実施するより有効な手段であり、再生粗骨材混入率 30% 以内であれば普通粗骨材を使用したコンクリートと同様の性状を得ることができる。

4.3.4.9 おわりに

コンクリート塊は、資源確保、環境保全およびコストダウンの観点から、今後はこれまでの「やっかいな廃棄物」から「貴重な資源」へと意識を変革する必要がある。また、廃材を「より良質の資源の宝庫」とするためには、図 4.3.12 に示すような材料のライフサイクルマトリクス^{2 3)}に基づき、新設時点から、供用・維持、解体そして再利用といった建物あるいは材料自体のライフサイクルまで考慮した設計方法について検討を行う必要がある。



*1 : 物の流れ : 行為の流れ *2 建物全体に関わる評価要素

図 4.3.12 材料のライフサイクルマトリクス^{2 3)}

【参考文献・資料】

- 1) Alan. D. Buck : Recycled Concrete as a Source of Aggregate , Journal of A.C.I. p.p.212-219
May 1977
- 2)(財) 建築業協会建設廃棄物処理再利用委員会「再生骨材および再生コンクリートの使用基準
(案)・同解説」昭和 52 年 5 月
- 3) 建設省建築研究所昭和 58 年度建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への廃棄物利用技
術の開発報告書」昭和 59 年 3 月
- 4) 建設省、(財) 国土開発技術研究センター「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発 平
成 7 年度報告書」平成 8 年 3 月
- 5) 日本建築学会編「鉄筋コンクリート造建築物等の解体工事施工指針案・同解説」1998.12
- 6) 日本建築学会関東支部材料施工部会編「建設副産物の再利用技術の現状と今後の動向」1996.3
- 7) 厚生省生活衛生局水道環境部「廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部を改正する法律案の
概要」都市清掃 第 6 0 卷 第 2 1 7 号 p.p.100-104、 1997.4
- 8) 阿部道彦、榊田佳寛、加賀秀治「建築系副産物の発生抑制と再利用に関する研究(その 8)」日
本建築学会学術講演梗概集(材料・施工)p.p.861-862、1995.8
- 9) 田之口耕一他「コンクリート塊から再生産されたコンクリート用骨材の性質について」コンク
リート工学年次講演会論文集、No.4、p.p.101-104、1982
- 10) 増田 彰、道正泰弘、中込 昭、寺西浩司、菊池雅史「建築構造物の解体に伴い発生するコ
ンクリート廃材のリサイクルシステム - 経済性および環境負荷性に関するシミュレーション」日
本建築学会技術報告集 第 4 号、p.p.1-6、1997.3
- 11)(財) 日本建築総合試験所編 G B R C 別冊 2002.7 ~ 2003.10
- 12) 黒田泰弘、森 健治、宮地義明「建替工事へのコンクリート資源循環システムの適用」コン
クリート工学 Vol.41 No.1 p.p.150-152 2003.1
- 13) 服部拓也「東京電力における技術革新のあゆみ」電気評論 p.p.87-88 2005.1
- 14) 道正泰弘、近藤 学、村 雄一、原田修輔、山下雄三「低コスト・低環境負荷の再生粗骨材
コンクリートで大臣認定取得」コンクリートテクノ p.p.25-29 2005.3
- 15) 道正泰弘、小峰孝仁、菊池雅史他「建築解体資材のリサイクルシステムに関する研究(その
1. 企業内クローズドシステム確立に係わる基礎調査報告)」日本建築学会関東支部研究撰集 3
p.p.49-52 1993.7
- 16) 飛坂基夫、笠井芳夫、加賀秀治、阿部道彦、福部 聡、柳 啓「実機プラントにおける再生
コンクリートの製造・工程管理(その 1 ~ 2)」、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)
p.p.389-392、1996.9
- 17) 向井 毅、菊池雅史「特殊な材料を用いたコンクリート(その 1 4) 講座 - 3 再生骨材」
コンクリート工学 Vol..25、No.1、p.p.102-109 1987.7
- 18) 道正泰弘、成川匡文、中込 昭、寺西浩司、菊池雅史「建築構造物の解体に伴い発生するコ
ンクリート塊のリサイクルシステム - 実機プラントによる再生骨材の製造およびそれを用いた
コンクリートの品質」日本建築学会技術報告集 第 7 号、p.p.7-12、1999.2
- 19) 村 雄一「建築分野におけるコンクリートリサイクル」平成 16 年度東電設計技術報告集

p.p.39-45 平成 16 年 9 月

- 20) 新井 鴨、榊田佳寛、阿部道彦他「再生細骨材コンクリートの強度および変形性状」コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19、No.1、pp.1081-1086、1997
- 21) 岩城 登、栗屋 茂、前田信雅「廃品コンクリート電柱のリサイクル」コンクリート工学 Vol.35 No.5 p.p.12-18 1997.5
- 22) 板谷英克、小玉克巳、栗原哲彦「P C 枕木廃材を再生骨材として利用するための基礎研究」コンクリート工学年次論文報告集 Vol.22、No.1、pp.157-162、1999
- 23) 成川匡文、道正泰弘、堤 知明「電力土木構造物・建築物の維持・保全」コンクリート工学 Vol.42 No.5 p.p.33-41 2004.5

4.3.5 A L C

4.3.5.1 A L C 廃材の再資源化の現状

A L C パネルは、1960年代に実用化に供され、2002年度までに約8,400万 m^3 が出荷され、主として建築物に使用されているが、建築物としての本格的な解体時期を迎えているものは少ない。このような状況から、建築物等の解体により発生したA L C パネル（以下、A L C 廃材という）の再資源化については、まだ技術が確立されておらず、セメント原料等としての再生利用の可能性についての検討に着手しはじめた段階である。将来的にみた場合、A L C 廃材の発生量は、2010年には約100万 m^3 、2020年には約200万 m^3 、2030年には約400万 m^3 が予想される。この量は、建設資材の廃棄物としては比較的多い量であり、適正な処理、処分及び再資源化等が望まれる。

4.3.5.2 解体工事のための指針（案）

日本建築仕上学会A L C 解体工法研究委員会（主査：菊池雅史明大教授）では、2003年12月に「建築物等に使用されるA L C パネルの分別解体工事施工指針（案）・同解説」を刊行した¹⁾。この指針（案）は、再資源化するために最も重要な解体方法に着目し、再資源化を考慮した分別解体工法の促進を図るための基本事項を示しており、以下のような構成となっている。

第1章 総則

- 1.1 目的
- 1.2 適用範囲
- 1.3 用語の意味

第2章 分別解体工法

- 2.1 分別解体工法の種類

第3章 分別解体のための事前調査

- 3.1 基本事項
- 3.2 調査項目

第4章 分別解体工事計画

- 4.1 分別解体工法の選定
- 4.2 分別解体工事計画の立案及び作成

第5章 分別解体工事

- 5.1 確認事項
- 5.2 工事管理
- 5.3 安全及び環境保全
- 5.4 準備作業
- 5.5 分別解体作業と手順
- 5.6 廃材の分別・集積・積載・搬出
- 5.7 その他関連する事項
- 5.8 分別解体作業完了後の作業

第6章 分別解体工事完了後の管理

- 6.1 マニフェスト等の確認
- 6.2 各種書類・報告書等の管理・保管

4.3.5.3 リサイクル事例

A L C 廃材のリサイクル技術に関する研究例、適用事例は少ないが、建築用材料^{2) 3)}あるいは緑化材への利用に関する報告がある。なお、建築用材料のうち、構造用軽量コンクリート骨材への再資源化については、平成9年度に実施した「建材のリサイクル推進のための調査研究」報告書²⁾に詳述されているため、ここではその概要を示すこととする。

(1) 構造用コンクリート骨材へのリサイクル

A L C 廃材の構造用軽量コンクリート骨材としての適用性に関する検討結果は大要以下のようである。

A L C 廃材を破砕して軽量コンクリート骨材として利用する場合、構造用骨材としては細骨材として利用することにより、効果的な単位容積質量の低減と軽量コンクリート2種に近い品質が得られる。

コンクリートの品質としては、乾燥収縮が大きいことが問題であるが、単位水量を低減した上で適切な促進養生を行うことにより、プレキャストコンクリートとしての用途が期待できる。

鉄筋コンクリート部材の特性としては、せん断及び付着性状については、軽量コンクリート2種に比べて、耐力やせん断補強筋量を増加することによる耐力増加の効果が小さいなどの問題を有している。しかし、全体的にみた場合、A L C 破砕骨材は構造用軽量コンクリートとしての適用性を十分に有している。

(2) コンクリートブロック用保水材としての利用

A L C を粉砕、粒度調整した顆粒体(A L C 破砕骨材)を保水材として使用した保水性ブロックへの利用に関する研究例⁴⁾がある。この例では、A L C 破砕骨材の添加量を選定することにより、実用上、十分な透水性能と曲げ強度が得られると報告されている。

(3) 緑化材への利用

A L C を破砕し、磁選した後、3~20mmに粒度調整して、人口土壌の主原料(70%)への使用例⁵⁾があり、既に製品化されているものもある。

【参考文献・資料】

- 1) 日本建築仕上学会 A L C 解体工法研究委員会編 「建築物等に使用される A L C パネルの分別解体工事施工指針(案)・同解説」2003.12
- 2) (社)日本建材産業協会「建材のリサイクル推進のための調査研究」平成9年度建材リサイクル調査委員会報告書 平成10年3月
- 3) 千葉一雄、高木嗣郎、椎名國雄「A L C 切削屑を骨材としたコンクリートの基礎的研究」日本建築学会学術講演梗概集(東海)p.p.371-372 2003.9
- 4) 鳥居南康一、唐沢明彦、釜谷健悦「A L C 破砕骨材を使用した保水性ブロックの諸性質」日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)p.p.693-694 2004.8
- 5) (株)クリアテラネットワーク「リサイクルロード」カタログ

4.3.6 プラスチック類

(1) プラスチック系建設資材の生産量推移とプラスチック類のリサイクルについて

プラスチック系建設資材のリサイクルを考えていくとき、過去の生産量を無視することはできない。これは、現在廃棄物となって排出されるものは、過去に生産されたものであり、過去の生産量と耐用年数を想定すれば、おおよそ将来予測が可能となるからである。

図 4.3.13 は、軟質プラスチックシートおよびフィルムの出荷量を示したものである。

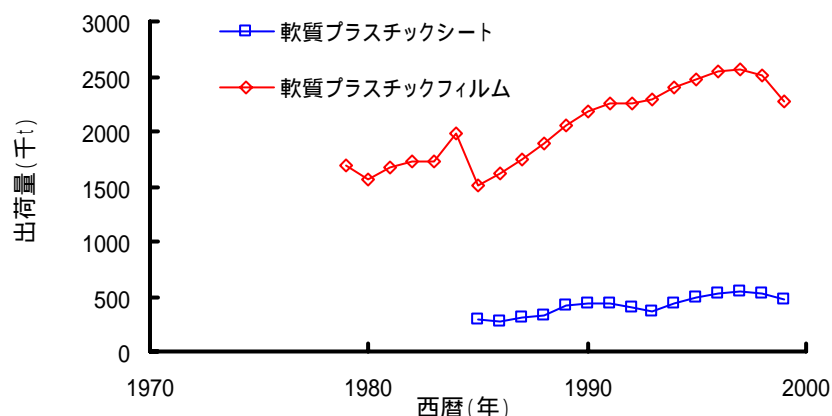


図 4.3.13 軟質プラスチックシートおよび軟質プラスチックフィルムの出荷量推移
(出典: 建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

軟質プラスチック製品を分類すると、厚さ 0.2mm 以上のものと厚さ 0.2mm 未満のもので分けることができ、前者をプラスチックシートと呼び、後者を軟質プラスチックフィルムと呼んでいる。建築用途として利用される代表的な製品としては、軟質プラスチックシートには壁紙シートなどがあり、軟質プラスチックフィルムにはビニルシート(養生用)などがある。また、建築資材ではないが、建築工事現場への資材の搬入時における梱包材用の軟質プラスチックも建築廃棄物であり、新築時の廃材量としてその割合は少なくない。

現状において、これら軟質系のプラスチックの再資源化はフィードストックリサイクルを除けば製

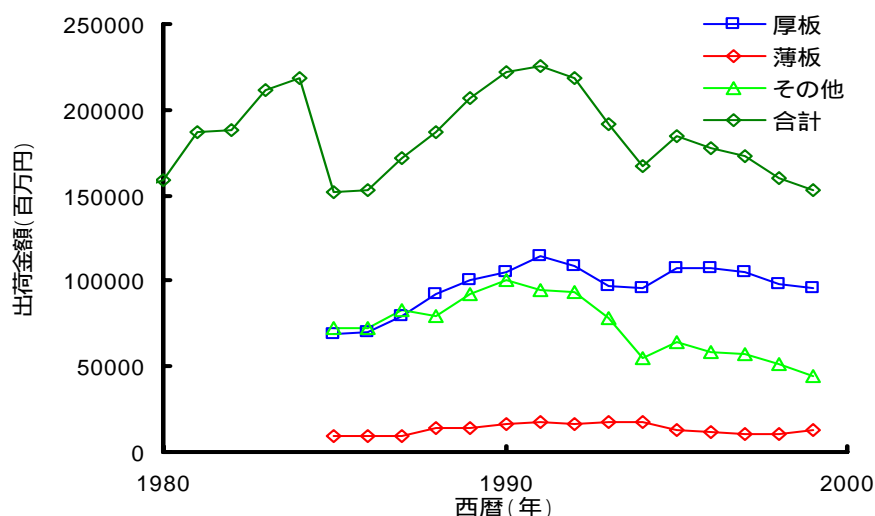


図 4.3.14 硬質プラスチック製品の出荷量推移
(出典: 建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

品としてマテリアルリサイクルされている事例は少ない。これらの製品の大半は、異物や汚れなどによってリサイクルが阻害されている。ただし、新築時の梱包材などは、現場での適切な回収方法ができればリサイクルしやすいと考えられる。

図 4.3.14 は、硬質プラスチックの出荷量推移を示したものである。

硬質プラスチックを分類すると厚さ 3mm 以上の厚板と、厚さ 3mm 未満の薄板に分けることができ、用途としては、前者は発泡スチロール断熱材などであり、後者はポリエチレンフォーム断熱材などである。統計が出荷額となっており分かりにくいのが、プラスチック製品としてはかなりの量の出荷があるといえる。

図 4.3.15 は、1979 年～1999 年までのプラスチック建材の生産量推移を示したものである。

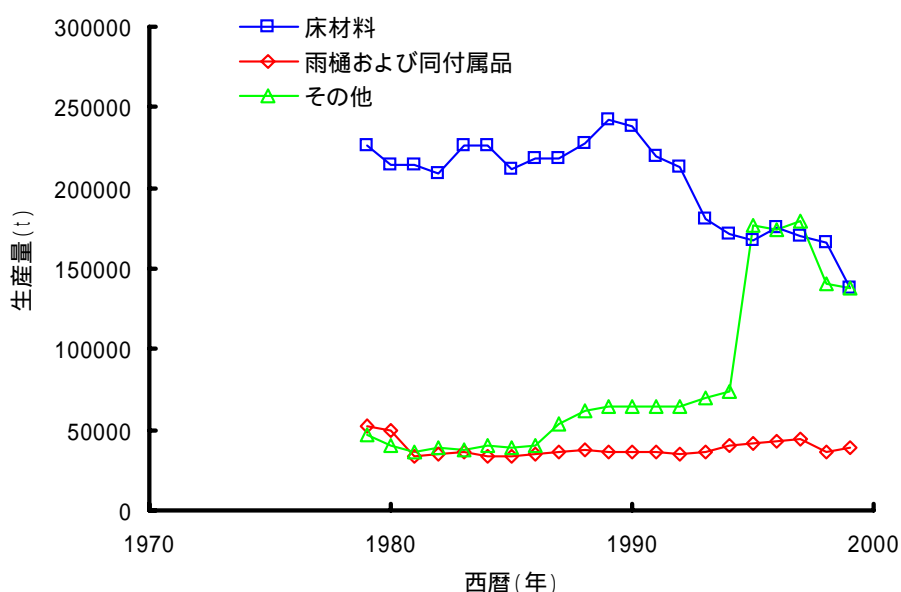


図 4.3.15 プラスチック建材の生産量推移
(出典:建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

配管工事等に利用される塩化ビニル管・継手を除き、建築物に利用されているプラスチック建材としては、床材の生産量が最も多い製品といえる。これに対し、雨樋等を用途としたものは年によっての変化が少ない。壁紙をはじめとしたその他に分類されるものは、1995 年から生産量が急増したが、1997 年以降は景気の影響を受け、生産量が減少している。プラスチック建材は種類ごとの性能を活かした利用が行われているが、高級化を指向する商業ビルや改修・メンテ産業の活発化などの傾向から、これらの床材は多品種化・高級化や機能性重視へと向かうものの生産量としてはかなりの量があり、建築物の解体に伴い廃材発生量も多くなることからリサイクルへの取り組みが必要であろう。

なお、これらプラスチック建材のうち、床材の種類別にみた生産量推移を図 4.3.16 に、その他に分類される壁紙の生産量推移を図 4.3.17 に示す。

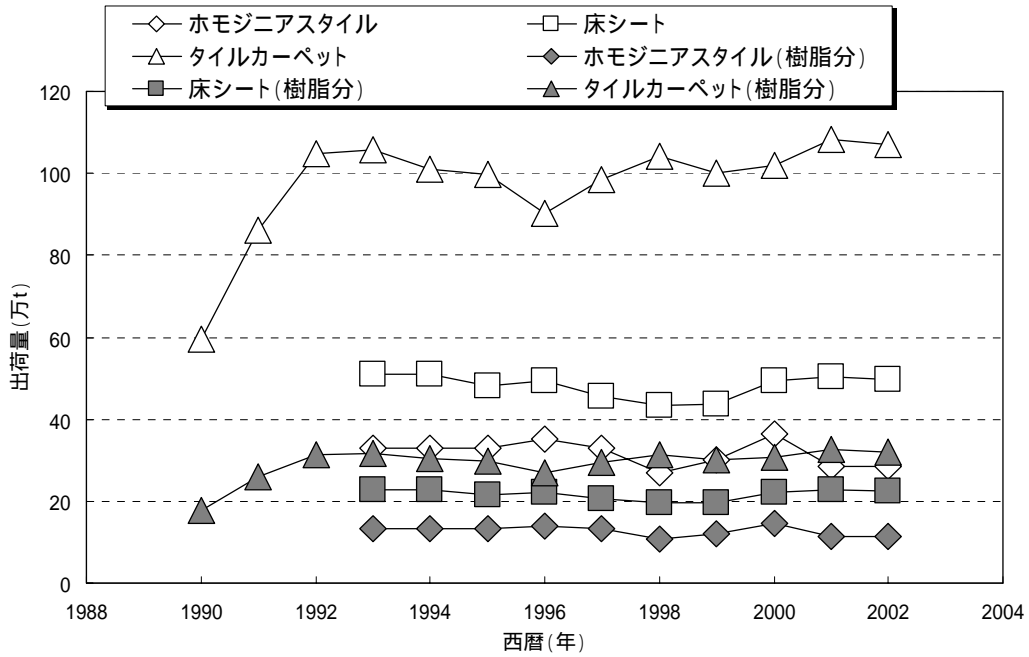


図 4.3.16 プラスチック系床材の生産量推移

(参考: 窯業建材統計, 経済産業省)

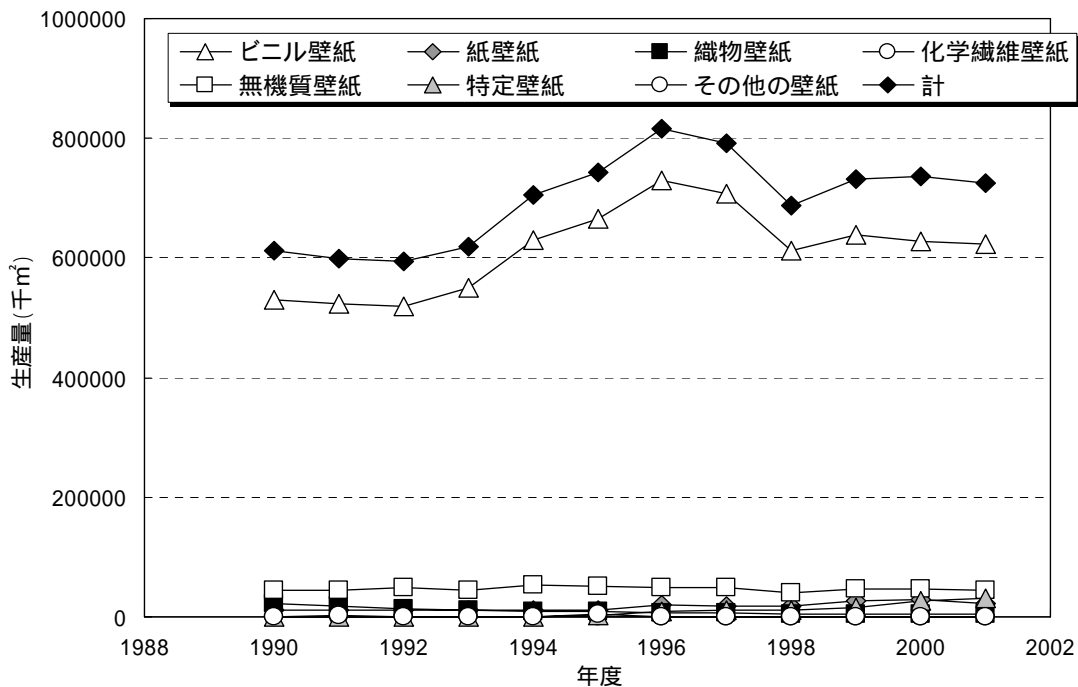


図 4.3.17 壁紙の種類別生産量推移

(出典: プラスチック処理促進協議会)

図 4.3.18 は、ウレタンフォームの出荷量推移を示したものである。

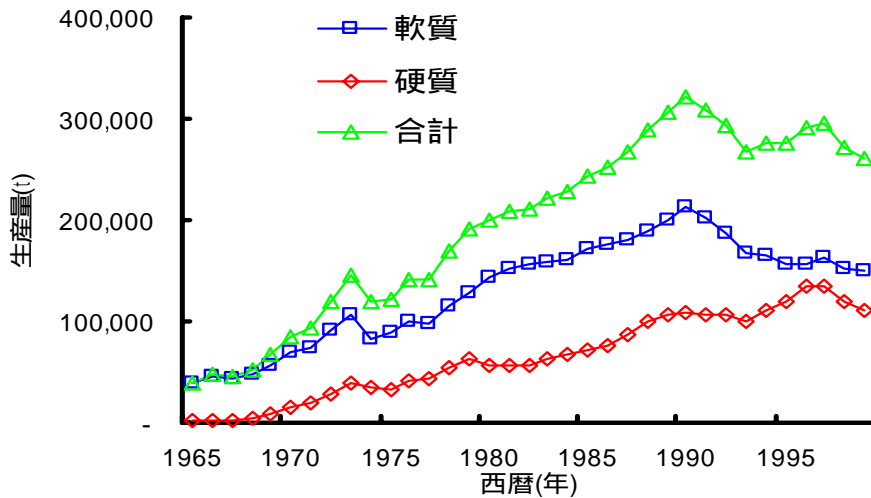


図 4.3.18 ウレタンフォームの出荷量推移

(出典: 建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

ウレタンフォームは、建築用途としては主として断熱材に利用されているが、防水材料としての利用量も多い。

ウレタンは、熱硬化性樹脂のため再度ウレタン建材としてのリサイクルは難しいと考えられる。しかしながら、ウレタンを熱固化させたものをコンクリートの骨材用途としてリサイクルする技術開発が近年行われている。また、発泡断熱材として利用されたものは、建築物の解体、廃材の回収時においてフロンが発生することもありリサイクルを阻害する要因となる。

図 4.3.19 は 1979 年～1999 年までのポリスチレンフォームおよびポリエチレンの生産量推移を示したものである。

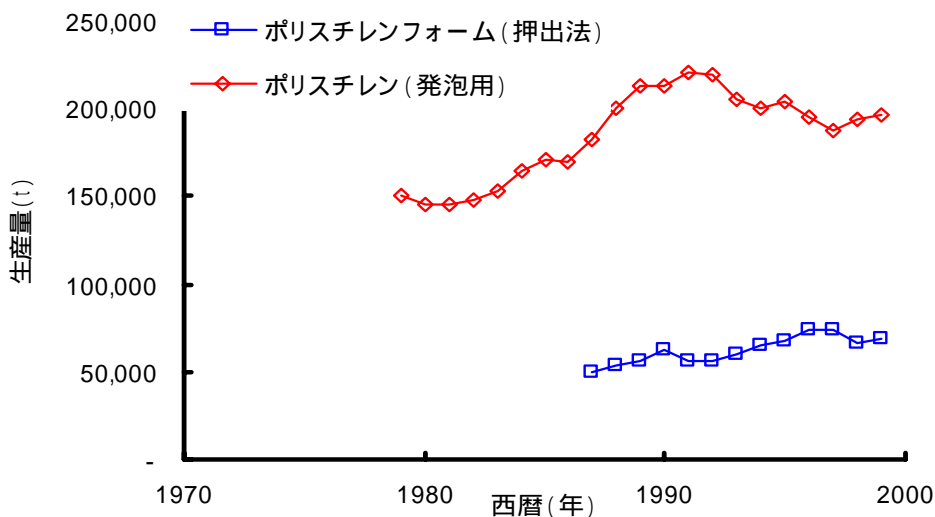


図 4.3.19 ポリスチレンフォーム及びポリエチレンの生産量推移

(出典: 建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

ポリスチレンは、その用途のほとんどが建築用であることから、出荷量は建築戸数の推移とよく符合し、バブル時異常な伸びを見せたが 1991 年から正常に戻り、以降わずかな伸長を示している。

また、図 4.3.20 は 1982 年～1999 年までの押出発泡ポリスチレン出荷量推移を示したものである。

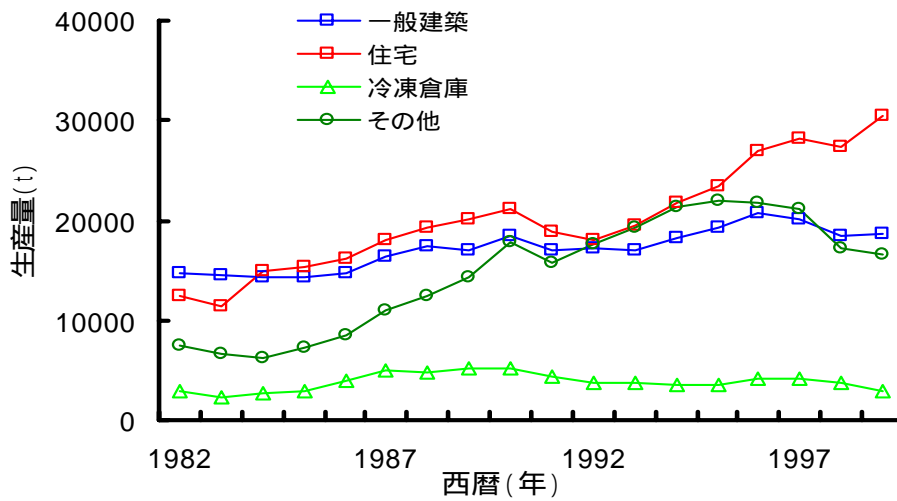


図 4.3.20 押出発泡ポリスチレンの出荷量推移

(出典: 建築仕上げ材の半世紀と最近 10 年の歩み。日本建築仕上学会)

これら押出発泡ポリスチレンの需要増は、畳床用途の需要増によるもの、あるいは近年の省エネルギー化気運による住宅の高気密・高断熱化によるところが大きいと考えられる。

これら建材のリサイクルについては、近年業界として広域再生の枠組で新築系廃材を対象に取り組みだした。新築系廃材であれば汚れ等も少なく、比較的にリサイクルしやすいと考えられるが、この種の建材は難燃剤処理されており、これを克服することが技術的課題であろう。

なお、解体系廃材についてはリサイクルの実施例はほとんどないといってよいが、新築系に比べて汚れ・異物の除去が難しく、またウレタンと同様にフロン回収も課題である。

(2) プラスチック材料の再資源化実績

a) 再資源化率

図 4.3.21 は、プラスチック類の総排出量および有効利用量の推移を示したものである。

プラスチックの総排出量は、年々増加しているが、その増加割合以上に有効利用量の割合も増加しており、結果として有効利用率が向上している。特に、1996 年以降の伸びは目覚ましく、取り組みの活発さが伺える。

図 4.3.22 は、有効利用の内訳を示したものである。これによると、再生利用の割合が減少しており、資源循環型社会構築のためにも再生利用技術の開発への取り組みが重要といえ、建設資材として多く

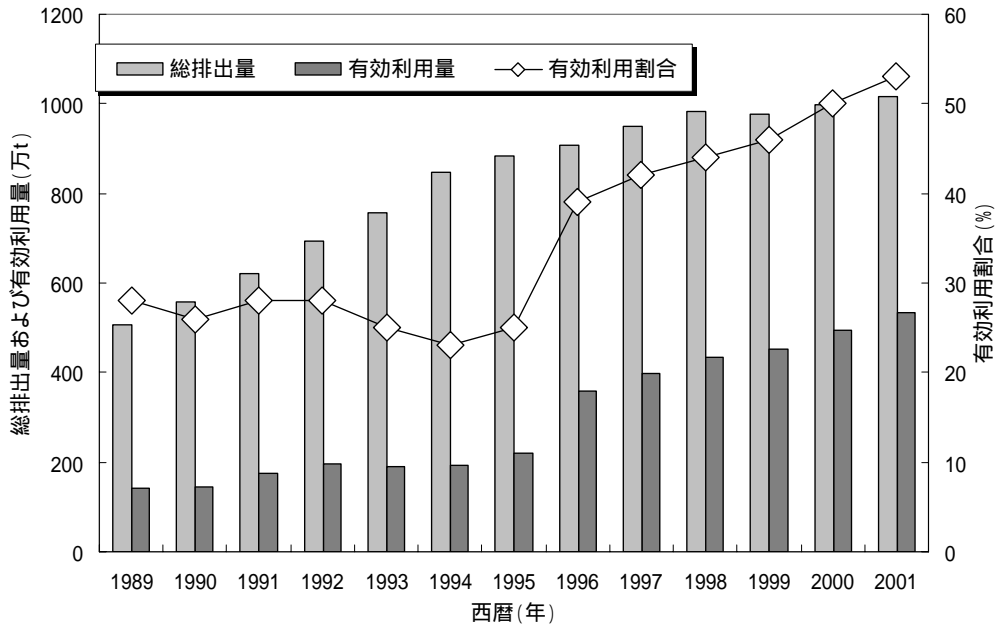
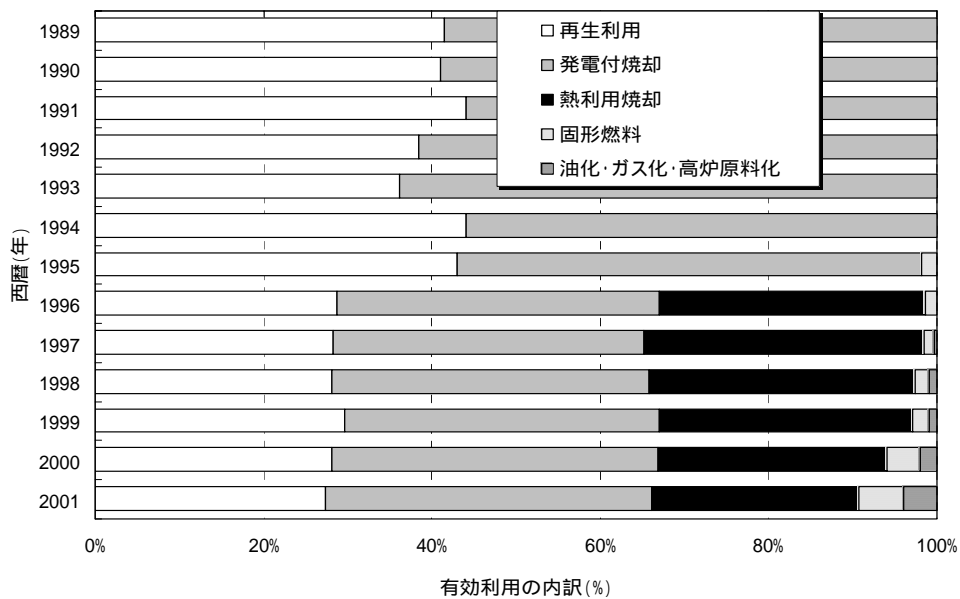


図 4.3.21 プラスチック類の総排出量および有効利用量の推移

(出典: プラスチック処理促進協議会)



を利用している建築材料についても早急な対策が望まれる。

図 4.3.23 にプラスチック製品・廃棄物・再資源化フロー図を、図 4.3.24 に再生利用の内訳を示す。

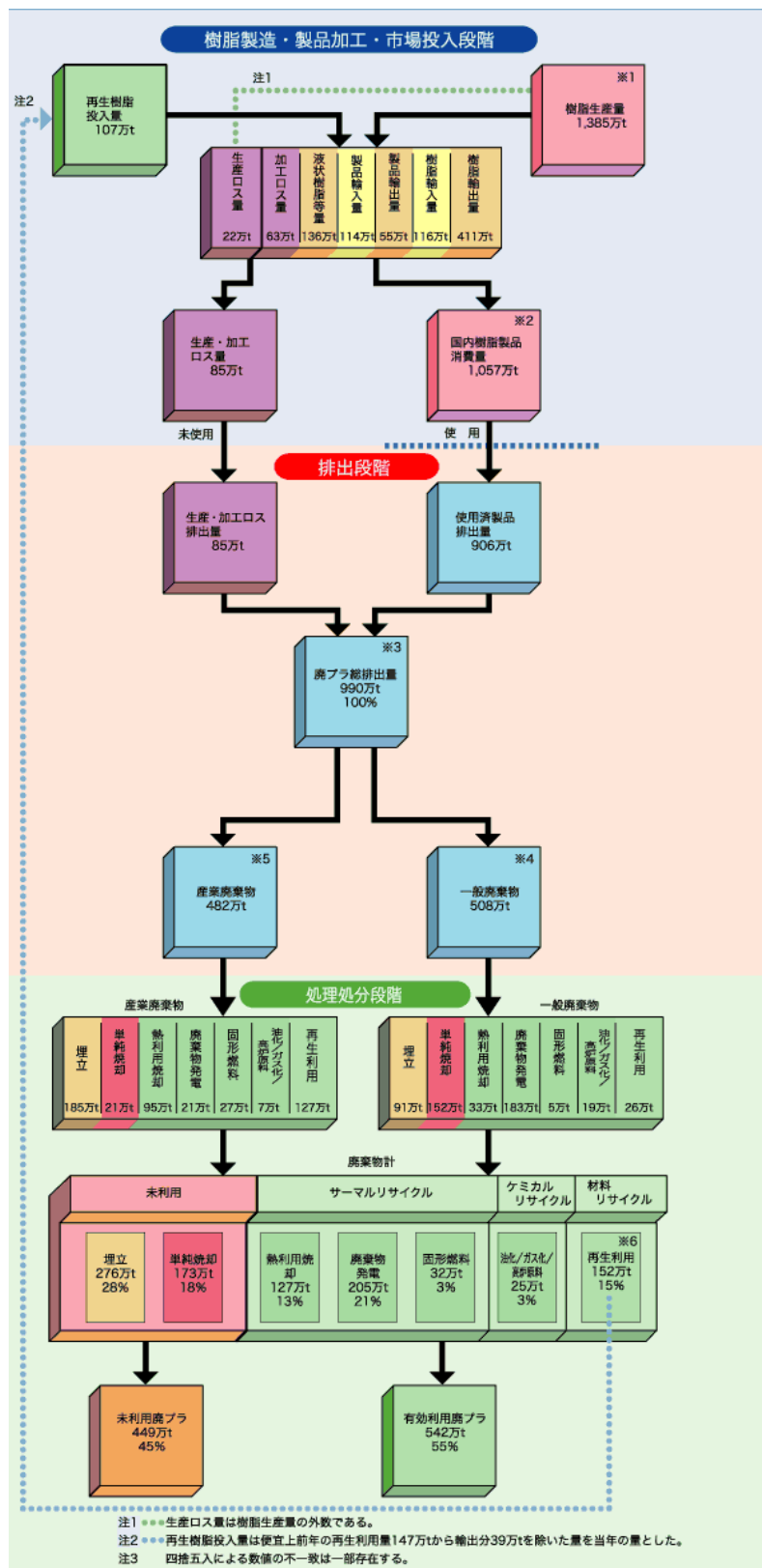


図 4.3.23 プラスチック製品・廃棄物・再資源化フロー図

(出典:プラスチック処理促進協会)

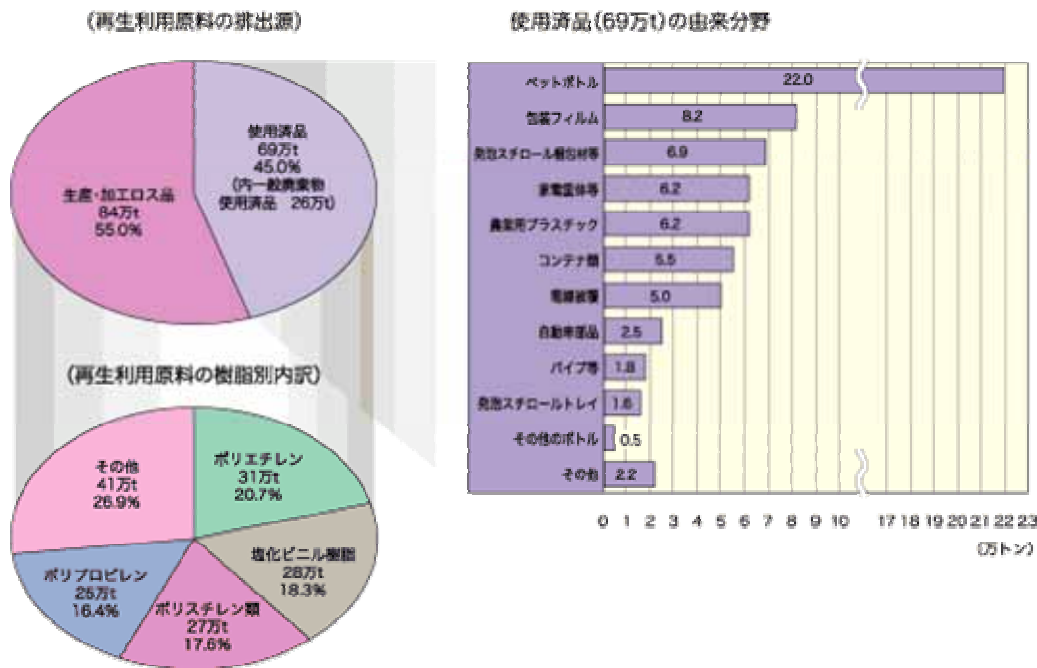


図 4.3.24 プラスチック製品の再生利用の内訳

(出典: プラスチック処理促進協会)

b) マテリアルリサイクル

廃プラスチックは、2002年には一般廃棄物として508万トン、産業廃棄物として482万トンの合計990万トンとなっており、マテリアルリサイクルに向けられた廃プラスチックの量は、152万トンで全体の15%に相当する。このうち、一般系廃プラスチックからマテリアルリサイクルされたものは26万トン（一般系廃プラスチックの5.1%）だが、産業系廃プラスチックからマテリアルリサイクルされたものは127万トン（産業系廃プラスチックの26.3%）と約5倍に上る。産業系廃プラスチックは量的にまとまっている、素材がはっきりしている、汚れや異物が少なく供給が比較的安定しているため、マテリアルリサイクルに回される割合が大きい。

使用済み品のマテリアルリサイクルは69万トンであり、2000年4月から容器包装リサイクル法が完全に実施され、プラスチック製包装容器が新たに加わったことで、年々増加している。その内訳はPETボトル22.0万トン、発泡ポリスチレン（トレイを含む）8.5万トン、包装フィルム8.2万トン、塩ビ管・継ぎ手1.6万トンなどと各業界のリサイクルシステムが順調に機能してきている。また、家電リサイクル法の施行により、家電関係の廃プラスチックが大幅に向上していることが分かる。

ここで、(財)建設物価調査会が2003年8月から運営している専用サイト「建設用リサイクル資材ガイド(<http://recycle.kensetu-navi.com/>)（マテリアルリサイクル製品を製作または販売する企業から送られた製品の情報が、サイトへ掲載されると共に、公共発注体等の担当者がリサイクル資材情報を検索できるシステム）」を利用し、土木建設用資材として廃プラスチックが利用されている製品をピックアップし、とりまとめたものが表4.3.9～表4.3.12である。

廃プラスチックのマテリアルリサイクル製品の現状を考察すると、以下のようになる。

原料として提供されている廃プラスチックの種類は、ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）

などオレフィン系樹脂，ポリエチレンテレフタレート（PET），ポリ塩化ビニル（PVC）が一般的に使用されている。また，軽量化を目的として発泡スチロール（EPS）を使用する製品も見られる。また，伐採木など他の廃材を混合する製品も見られる。

土木用としては，境界くい，配管材，土木シート，擬木など多種多様な製品が各社から販売されている。建築用は，床材，ボードなどの内・外装材が中心である。

塩ビ管については，塩化ビニル管・継手協会が再生業者を支援し，管から管へのリサイクルが主に行われており，すでにグリーン購入法の特定調達品目となっている製品もある。

バージン材利用製品と差別化を図るため，エコマーク商品認定を得ている製品が多く見られる。

主な施工事例は，再生業者近傍で利用されている事例が多い。

表 4.3.9 プラスチックのリサイクル製品事例(その1)

大分類	中分類	小分類	製品種別による一般名称	公的評価	月平均生産量	原料名	含有比率(%)		施工事例
							体積比	重量比	
共通資材	骨材	人工軽量骨材	軽量粗骨材	エコマーク商品認定	50m ³	廃プラスチック	100		民間工場120m ³
共通資材	仮設材	型枠	鉄筋被り調整スペンサー		5,000個	廃プラスチック	70		コンクリート2次製品会社80,000個
						ABSポリカ	30		
共通資材	仮設材	型枠	圧縮試験用プラ型枠	化学品検査協会 (財)建材試験センター	10,000個	古紙・再生パルプ	50		旧建設省・地方自治体150箱
						PE	45		
共通資材	仮設材	その他	ボックスカルパート (レベル調整用板)		5,000枚	古紙・再生パルプ	50		コンクリート2次製品工場・施工会社25,000枚
						PE	45		
						マイカ	5		
共通資材	仮設材	その他	施工用治具(レベル調整版)		700ケース	PP	100	100	
共通資材	仮設材	その他	施工用治具(レベル調整版)	エコマーク商品認定	2,000ケース	PP	100	100	
土木資材	道路用材	道路びょう	高速道路暫定2車線 中央分離帯ブロック	エコマーク商品類型番号13 エコマーク商品認定	1,350本	PE	100	100	日本道路公団27,500本
土木資材	道路用材	舗装用ブロック・ タイル	インターロッキングブロック	インターロッキングブロック 舗装設計施工要領	受注生産	EPS	30	3.5	地方自治体・民間2,000m ²
土木資材	道路用材	側溝蓋	リサイクル、プラスチック側溝蓋	JIS505,JIS1108.A TME303	730個	廃プラスチック	99.89	90.47	群馬県内14市町村
						廃タイヤ・ゴム	0.06	0.03	
						鉄筋	0.05	9.5	
土木資材	道路用材	境界くい	測量境界杭	JIS K 6932,JIS K 7105 エコマーク商品類型番号18	400t	PE	70	70	全国市町村役場
						PP	30	30	
土木資材	道路用材	境界くい	プラスチック再生杭	JIS規格	20,000本	廃プラスチック	80	80	
土木資材	道路用材	グレーチング	グレーチング		500枚	伐採木・間伐材		55	
						廃プラスチック		45	
土木資材	道路用材	デリネーター	交通安全施設用品	JIS K 6762,JIS K 7112,JIS K 6761に準拠	100本	PE	50	50	
土木資材	上・下水道用材	公共用ます用ふた	PET製ふた	JSWAS K-7,K-8準拠 エコマーク商品類型番号118	180kg	PET	100	100	地方自治体
土木資材	上・下水道用材	配管材	硬質塩化ビニル管	塩化ビニル管・継手協会規格AS-58	192t	廃プラスチック	98		地方自治体
土木資材	上・下水道用材	配管材	硬質PVC再生パイプ・コンパウンド	AS-58	141t	PVC	52.9		
土木資材	上・下水道用材	配管材	三層硬質塩化ビニル管(REP・ VU)	グリーン購入法特定調達品目AS-58	140t	硬質塩化ビニル管廃材	100	100	国土交通省・地方自治体856本
土木資材	上・下水道用材	配管材	硬質塩化ビニル管	JIS K 6741(硬質塩化ビニル管)準拠	70t	硬質塩化ビニル管廃材		98	国土交通省・地方自治体2,300m
土木資材	上・下水道用材	配管材	硬質塩化ビニル有孔管	JIS K 6741 JSWAS K-1 (下水道用硬質ビニル管)準拠	10t	硬質塩化ビニル管廃材		98	地方自治体12,000m以上

表 4.3.10 プラスチックのリサイクル製品事例(その2)

大分類	中分類	小分類	製品種別による一般名称	公的評価	月平均生産量	原料名	含有比率(%)		施工事例
							体積比	重量比	
土木資材	上・下水道用材	配管材	下水道用硬質塩化ビニル管 ゴム輪受口片受直管	JIS K 6741 AS-13準拠	30t	硬質塩化ビニル管		98	地方自治体
土木資材	上・下水道用材	配管材	硬質塩化ビニル有孔管	AS-58準拠	80t	硬質塩化ビニル管		98	
土木資材	上・下水道用材	配管材	リサイクル硬質塩化ビニル管	AS-58		硬質塩化ビニル管		95	国土交通省・地方自治体
土木資材	上・下水道用材	配管材	建物排水用リサイクル発泡三層 硬質塩化ビニル管(RF・VP)	グリーン購入法特定調達品目 AS-58 都市基盤整備公団規格	100t	硬質塩化ビニル管		30	都市基盤整備公団395本
土木資材	上・下水道用材	配管材	下水道用リサイクル発泡三層 硬質塩化ビニル管(RS・VU)	グリーン購入法特定調達品目AS-62	70t	硬質塩化ビニル管		30	
土木資材	上・下水道用材	浸透施設 貯留施設	排水土壌浸潤装置 雨水貯留浸透施設	エコマーク商品類型番号118	1,200基	HDPE	100	100	民間施設796基
土木資材	上・下水道用材	マンホール	再生プラスチックマンホール	再生プラスチック製品協会規格		廃プラスチック			
土木資材	上・下水道用材	その他	マンホール調整リング	JIS K 6931	2,500枚	廃プラスチック	100		地方自治体9,500枚
土木資材	上・下水道用材	その他	台座	下水道協会規格 再生プラスチック台座	160t	PP PE	35 65		地方自治体
土木資材	上・下水道用材	その他	再生プラスチック宅内ます	再生プラスチック製品協会規格		ポリオレフィン系樹脂	100		関東一円各市町村
土木資材	上・下水道用材	その他	再生プラスチック宅内ます	再生プラスチック製品協会規格		ポリオレフィン系樹脂	100		関東一円各市町村
土木資材	上・下水道用材	その他	再生プラスチック調整リング・ 調整パッキン	再生プラスチック製品協会規格		ポリオレフィン系樹脂 石灰砕砂	50 50		
土木資材	上・下水道用材	その他	外流し			ポリオレフィン系樹脂	100		関東一円の販売店
土木資材	上・下水道用材	その他	水栓柱	日本水道協会認定		ポリオレフィン系樹脂	100		関東一円
土木資材	上・下水道用材	その他	外流し架台			ポリオレフィン系樹脂	100		
土木資材	上・下水道用材	その他	再生プラスチック取付ます	再生プラスチック製品協会規格		ポリオレフィン系樹脂	100		
土木資材	河川・港湾用材	根固め袋	根固め工法用袋材	エコマーク商品類型番号105	1,250袋	PET	50	50	国土交通省・地方自治体564袋
土木資材	一般土木用材	吸い出し・洗掘防 止材	側壁裏面土砂防止フィルター材		60,000枚	PE	30～80		地方自治体
土木資材	一般土木用材	土木シート	短繊維ポリエステル系不織布	PETボトル協議会リサイクル推奨マーク		PET	38～42		地方自治体4,275m ²
土木資材	一般土木用材	土木シート	長繊維ポリエステル系不織布	エコマーク商品類型番号105 PETボトル協議会リサイクル推奨マーク	3,000m ²	PET	50		地方自治体・民間5,500m ²
土木資材	一般土木用材	土木シート	長繊維ポリエステル系不織布		40,000m ²	PET	50		日本道路公団・地方自治体 9,000m ²

表 4.3.11 プラスチックのリサイクル製品事例(その3)

大分類	中分類	小分類	製品種別による一般名称	公的評価	月平均生産量	原料名	含有比率(%)		施工事例
							体積比	重量比	
土木資材	一般土木用材	土木シート	暗渠排水材	エコマーク商品類型番号105		PET	47 ~ 52		農水省・地方自治体・日本道路公団・電力8,780m
土木資材	一般土木用材	土木シート	土木用シート		40t	PVC	30 ~ 90	30 ~ 90	
土木資材	一般土木用材	暗きょ排水材	スーパードレンマット			廃プラスチック	100		地方自治体・民間施設6,700m
土木資材	一般土木用材	暗きょ排水材	暗渠排水材			PET		54 ~ 96	地方自治体・日本道路公団・電力25,900m
土木資材	一般土木用材	暗きょ排水材	線状吸水管		8,000m	PVC	90		地方自治体1,200m
土木資材	一般土木用材	暗きょ排水材	線状吸水管		5,500m	PVC	90		地方自治体1,300m
土木資材	一般土木用材	盛土材	スラリー型軽量混合土、速硬型流動性処理土			無機汚泥	30 ~ 50		民間施設
						EPS	50 ~ 70		
土木資材	一般土木用材	盛土材	盛土用フィルター	エコマーク商品類型番号105		PET	59		旧運輸省・地方自治体26,850m
土木資材	一般土木用材	埋戻材	ユニット式嵩上げ、排水材	エコマーク商品認定	1,250m ³	EPS	98		官庁・民間施設3,355m ²
土木資材	一般土木用材	のり枠	プラスチック製軽量のり枠		2,000m ³	PE	70		地方自治体・民間17,400m ²
						PP	30		
土木資材	造園・緑化材	植生ネット	植生ネット	エコマーク商品類型番号118 エコマーク商品認定	40,000m ²	PE	100		国土交通省・地方自治体・日本道路公団202,300m ²
土木資材	造園・緑化材	人工張芝	植生張芝	エコマーク商品類型番号118 エコマーク商品認定	17,500m ²	PE	100		国土交通省・地方自治体
土木資材	造園・緑化材	樹木保護材	リサイクルマット	PETボトル協議会リサイクル推奨マーク	70,000m ²	PET	93	95	日本道路公団22,000m ²
土木資材	造園・緑化材	芝生保護材	芝生保護材	エコマーク商品類型番号118	4,000m ²	HDPE	95	95	地方自治体18,300m ²
土木資材	造園・緑化材	芝生保護材	芝保護ブロック		30,000m ²	HDPE	30 ~ 80		地方自治体・民間施設9,740m ²
土木資材	造園・緑化材	擬木	擬木	JIS K 6931準拠		廃プラスチック	100		地方自治体
土木資材	造園・緑化材	擬木	プラスチック擬木		20t	PE	80		地方自治体・日本道路公団・民間
						PP	20		
土木資材	造園・緑化材	擬木	再生プラスチック	JIS K 6931準拠	15t	PE	80	80	民間施設3t
						PP	10	10	
						PS	10	10	
土木資材	造園・緑化材	擬木	リサイクルプラスチック製擬木	JIS K 3921	41t	PP	30		地方自治体
						PE	70		
土木資材	造園・緑化材	擬木	再生プラスチック杭		125t	PE	70		旧建設省・地方自治体15km
						PP	15		
						スチロール他	15		

表 4.3.12 プラスチックのリサイクル製品事例(その4)

大分類	中分類	小分類	製品種別による一般名称	公的評価	月平均生産量	原料名	含有比率(%)		施工事例
							体積比	重量比	
土木資材	造園・緑化材	擬木	土留支柱WGH-12	JIS K 6931	200本	LDPE HDPE,PP		70 30	地方自治体530m
土木資材	造園・緑化材	ベンチ	ベンチ		30台	PE	100	100	地方自治体・日本道路公団
土木資材	造園・緑化材	ベンチ	木製ベンチ		30台	伐採木・間伐材 廃プラスチック		55 45	地方自治体
土木資材	造園・緑化材	エクステリア	デッキ、パーゴラ、フェンス、 門扉等エクステリア	NETIS登録済み エコマーク商品類型番号 123 エコマーク商品認定	420t	建築解体材 廃プラスチック	51 49	55 45	国土交通省・地方自治体・大学・ 民間施設
土木資材	造園・緑化材	車止め	再生プラスチック	JIS K 6931	200セット	PE PP PS	80 10 10	80 10 10	民間施設80セット
土木資材	造園・緑化材	車止め	車止め		20本	廃ポリスチレン	100	100	
土木資材	造園・緑化材	車止め	リサイクル合成木材製車止め		200本	伐採木・間伐材 廃プラスチック		55 45	民間施設70本
土木資材	造園・緑化材	その他	再生プラスチック		25t	PE PP	80 10		
土木資材	管路材・ダクト	管路材・ダクト	合成樹脂製多孔管	電線共同溝構造計画指針 エコマーク商品類型番号 エコマーク商品認定	200t	電線被覆 廃プラスチック	80 20		国土交通省・阪神高速道路公団・ JR・ 電力5,000m
建築資材	外構材	フェンス	木製フェンス		300m	伐採木・間伐材 廃プラスチック		55 45	地方自治体・民間施設170m
建築資材	内・外装材	床材	リサイクル合成木材製デッキ		300m ²	伐採木・間伐材 廃プラスチック		55 45	民間施設110m ²
建築資材	内・外装材	床材	ロールカーペット	日本防災協会防炎性能試験合格 PETボトル協議会リサイクル推奨マーク	30,000m ²	PET	70	34	
建築資材	内・外装材	建築用ボード	超軽量コンクリート系吸音材および 吸音性遮音板		5,000m ²	EPS	70		国土交通省・電力9,100m ²
建築資材	内・外装材	建築用ボード	再生ポリカーボネート板		500kg	ポリカーボネート	50		地方自治体200m ²
建築資材	内・外装材	カーテン	カーテン	エコマーク商品類型番号104	10,000m	PET		51以上	民間施設
建築資材	内・外装材	カーテン	カーテン	エコマーク商品類型番号104	1,500m	PET	51～68		民間施設14,100m
建築資材	左官材	モルタル	リサイクルPP板材		60t	PP PET	80 20		
建築資材	屋根材	屋根下地材	屋上緑化材		1,000枚	PS		100	地方自治体・民間施設10,425m ²
その他	体育関連資材	人工芝	砂入り人工芝			PET		62.6	民間施設1,200m ²
その他	給水機器	給水機器	散水栓ボックス	エコマーク商品類型番号118	50台	PET	80		

(3) 廃プラスチック類のリサイクルの取り組みと課題

建築用途に限らず、材料のリサイクルを進めることは、資源循環の考えのもと地球環境へは良い影響を与えると考えられる。しかしながら、建築物は非常に供用期間が長いことが特徴であり、建材のリサイクルを推進するためには、廃材になった段階からリサイクルを進める技術開発を行うことも大事ではあるが、そもそも建材の製造段階あるいは、建設、解体段階における配慮が重要である。

そこで、比較的廃棄物としての発生量が多いと思われる建材について取り上げ、リサイクルの現状を調査した。また、建材製造段階（複合材）、建設段階、解体段階、中間処理段階ごとに、廃プラスチックの MATERIAL リサイクルを阻害する要因を調査・検討し、廃プラスチック再資源化のための配慮事項を検討した。

a) 塩化ビニル製サッシ

塩化ビニル製サッシは、断熱性、気密性、遮音性において高い性能を有することから結露しにくく、快適な住空間を得られることから、今現在、普及率が伸張している。塩ビサッシに関しては、2001 年度においては窓数においては 1,236 千個、量にすると約 21 千 t 出荷されている。1976 年度～2000 年度の 25 年の間には、22,960 千窓、量にして 351 千 t ものサッシが出荷されている。

特に建築廃材として本格的に排出されるのは、2007 年以降と予測されており、2010 年度は 1,500 t、2016 年度には 8,600 t と約 6 倍にわたって排出される予測がたっている（図 4.3.25 参照）。



図 4.3.25 塩ビサッシの排出予測

（『塩化ビニル環境対策協議会特集第 43 号』より）

塩ビサッシに関しては塩ビリッチな廃材のため、サーマルリサイクルの受入施設が少なく、現状ではほとんどが埋立処分され、再資源化されていない。リサイクル可能な品質の原材料化までもっていくためには、製品資材の分析、異物混入の割合、再生資材の品質・性能の調査をする必要がある。

当面のリサイクルシステム構築のキーポイントは、分別回収ルートの構築、および再生利用技術開発であろう。

各段階でマテリアルリサイクルを阻害する要因，再資源化のための配慮事項に関しては，以下の通りである。

建材製造段階・・・複合材に関しては，可能な限り各品目に分別しやすいように製造し，解体時の分別を容易にするようにする。また素材が明確にわかるように標記する。また塩ビサッシリサイクルの取組状況の広報活動も重要である。

（複合材で処理困難物に関しては，参考資料 の右下写真参照）

建設段階・・・モルタル・コーキング等が付着しないよう，乾式納まり等の技術検討。グリーン購入の実施。環境配慮施工業者，環境共生技術業者への発注，梱包材の削減。

解体段階・・・汚れが付着しないように，かつ他品目が混入しないように分別解体の徹底をする。但し現状，解体業者は建物から塩ビサッシの分別解体方法がわからないため，分別解体のマニュアルを作成し，建築解体業者に対する説明が必要である。また塩ビサッシからガラスの取り外しの手法も説明する必要がある。さらに廃材を処理するために，収集運搬費用，および塩ビサッシの再生処理に費用が発生するため，発生費用を明確に理解する必要がある。

中間処理段階・・・塩ビ回収技術開発。塩ビ樹脂粉碎，機械選別技術の向上，異物除去装置の技術開発。

b) 塩ビ管

高い技術の必要な廃プラスチックのリサイクルの中でも，塩ビ管の再生利用技術は比較的進んでいて，現状の塩ビ管のリサイクル率は平成 14 年度の実績値で 48%がマテリアルリサイクルされ，その多くは再びパイプ（再生管）へとリサイクルされている。受入拠点に関しても現在全国に 53 拠点整備され，リサイクル拡充システムを構築して，2005 年度にはリサイクル率を 80%達成する目標を掲げている。

2003 年 2 月には，この再生管がグリーン購入法の特定調達品目に指定され，リサイクルの流れが一層加速されている。再生管の特長としては，計量で施工しやすく，熱伸縮が小さく継手への負荷が少ないこと。さらには結露しにくいことも特長としてあげられる。

また，特定調達品目に指定されたことを受け，国土交通省の機械設備工事共通仕様書，東京都等の標準仕様書や，都市基盤整備公団の保全工事共通仕様書で記載されるまでに至っている。

各段階でマテリアルリサイクルを阻害する要因，再資源化のための配慮事項に関しては，以下の通りである。

建材製造段階・・・グリーン購入法の特定調達品目で指定されているので，今後も引続き品質，性能，環境性能が仕様基準をクリアするものを製造する。

建設段階・・・ペンキ塗装等を付着しないようにすること，及び泥落としが困難とならぬような施工技術の検討。グリーン購入の積極的活用。
環境配慮施工業者，環境共生技術業者への発注，梱包材の削減。

解体段階・・・汚れが付着しないように、かつ他品目が混入しないように分別解体の徹底をする。特にリサイクル困難品となりマテリアルリサイクルを行おうとすると相当な手間が掛かるものは、ペンキ塗装品、真鍮埋込品、バルブ、異種材料複合品、泥落としが特に困難なもの、切りくず、粉状品など。

中間処理段階・・・特殊異物除去装置の技術開発。特にペンキ塗装物や泥付着物の剥離技術、及び異種材料複合物の分離技術開発。及び直径 15cm 以下の物の再生技術開発。

c) 塩ビ系床材

塩ビ系床材としては、カーペットタイルとビニル系床材に大別される。平成 14 年のカーペットタイルの生産量は 23,151 千 m^2 、ビニル系床材（長尺タイル、ホモジニアスタイル等）の生産量は 65,400 千 m^2 であった。床材の生産量は多少の変動はあるもののほぼ安定した数量で生産されている。これらの床材は今後 5～20 年の間に建築物の解体または内装更新工事等で排出されると予測される。

塩ビ床材の再利用については幾つかの実施例が報告されているが、塩ビ系床材をそのまま破碎して再利用する方式や、カーペットタイルでは層間分離により繊維部分と塩ビ部分を分離回収して再利用する方式に分かれる。いずれの場合にも汚染、異質の混入は再利用の妨げになり、解体時の処理、収集運搬に適切な対応が求められる。

最近になって一部の業者が再生塩ビをバックング材に利用したカーペットタイルでエコマーク認定を取得したが、更に一歩進めてグリーン調達への展開が期待される。

各段階でマテリアルリサイクルを阻害する要因、再資源化のための配慮事項に関しては、以下の通りである。

建材製造段階・・・早期にグリーン購入法の特定調達品目に指定し、品質、性能、環境性能が仕様基準をクリアするような製造方式とする。

建設段階・・・接着剤の使用によって解体段階で床基礎材料（コンクリート等）が付着しないような施工技術の開発。エコマーク認定、グリーン購入への積極的活用。環境配慮施工業者、環境共生技術業者への発注、梱包材の削減。

解体段階・・・汚れが付着しないように、かつ他品目が混入しないように分別解体の徹底をする。特に解体時に床基礎材料の付着、表面層の汚れ汚染が大きいとマテリアルリサイクルを行おうとすると相当な手間が掛かる。またカーペットタイルにおいてはホッチキス片、虫ピンの混入は再利用の大きな妨げになる。また再利用技術によっては回収品の形状が破損した物は障害となる。

中間処理段階・・・特殊異物除去装置の技術開発、特に塩ビ層に食い込んだ金属材料の除去技術、剥離技術、及び異種材料複合物の分離技術の開発。

d) 壁紙

平成 14 年度の壁紙の生産量と出荷量は表 4.3.13 に示すように約 8 億 m^2 であり、このうち塩化ビニル系は 6 億 m^2 で、総出荷量の約 87% に成る。重量にして約 15 万トンと推定され、順次建設廃材と

して排出されてくる。日本壁装協会の推定では年間 10 万トンの壁紙が排出されると予測されている。

表 4.3.13 壁紙の生産・集荷量

平成 14 年度 壁紙の生産・出荷量

	生産量 (m ²)	出荷量 (m ²)
紙製壁紙	15,927,248	16,674,804
繊維製壁紙	3,811,605	3,755,987
塩化ビニール 樹脂製壁紙	605,728,534	603,657,779
プラスチック製壁	36,149,277	36,754,545
無機質製壁紙	31,826,980	33,217,714
その他の壁紙	2,938,630	2,767,896
総計	696,382,274	696,828,725
前年度	724,761,625	731,059,310
前年比 (%)	96.08	95.32

(『日本壁装協会(推計値)』より)

塩ビ壁紙のマテリアルリサイクルで課題となるのは表面塩ビ層と裏面パルプ層との層間分離である。一部の企業においては粉碎 粗分離の後、塩ビ分を自家再利用、パルプ分をセメント工業などの燃料として処理しているのが現状である。更に日本壁装協会リサイクル推進室において壁紙のリサイクルに取り組んでいるが、基本的にセメント原料もしくは熱源としての利用でコスト試算を行っている。

壁紙廃棄物は大きく分けて工場端材と建設解体現場からの回収品となるが、その形状が全く異なる。特に建設現場においては分別回収に作業手間がかかり困難であること、異物混入の可能性が大きいことが問題である。

各段階でマテリアルリサイクルを阻害する要因、再資源化のための配慮事項に関しては、以下の通りである。

建材製造段階・・・現状の塩ビ系壁紙の製造段階ではマテリアルリサイクルを意識した工程はない。しかし工場端材の削減等破棄物削減の努力はなされている。施工時の接着材がより環境に優しい物へと転換されている。

建設段階・・・接着剤の使用によって解体段階で壁面材料が付着することは再利用にとって妨害になる。接着剤の再検討が必要である。また解体時の作業性が向上できるような施工技術の開発を望みたい。環境配慮施工業者、環境共生技術業者への発注、梱包材の削減。

解体段階・・・解体時に汚れが付着しないように、かつ他品目が混入しない分別解体・回

収の徹底をする。特にリサイクル困難となりマテリアルリサイクルを行おうとすると相当な手間が掛かるものは、壁材料の付着、表面層の汚れ等である。また再利用技術によっては回収品の形状も障害となる。

中間処理段階・・・特殊異物除去装置の技術開発，剥離技術，及び異種材料複合物の分離技術開発

(4) まとめ及び今後の課題

本節では、資源循環型社会形成へ向けた近年の社会状況を鑑み、プラスチック系建設資材のリサイクルの現状を調査することで、この種の建築材料の再資源化への基礎資料を作成するとともに、今後の課題を浮き彫りにした。さらに、プラスチック系床材の再生利用技術の開発研究として、塩化ビニル系床材のマテリアルリサイクル製品実用化のための研究を行い、将来的な再資源化の可能性を検討した。

本調査結果をまとめると大要以下のことがいえる。

(a) 建材に限らずプラスチックを主原料とする製品の生産量は、高度成長期以来増加し、それともななって、廃棄物としての排出量も増加している。また、有効利用割合も年々増加しているものの、近年はサーマルリサイクルによることが多く、マテリアルリサイクルの割合は減少しており、資源循環型のマテリアルリサイクルを促進していくためには新しい技術開発が必要といえる。

(b) 塩化ビニル系建材としてサッシ、管・継手、床材および壁紙を取り上げ、再資源化のための配慮事項について検討した結果、解体時に発生する場合には汚れや不純物によって再資源化が阻害されており、マテリアルリサイクルのためには解体時の分別や中間処理時の異物除去技術の開発が必要となる。

(c) 種々のプラスチック建材の業界団体は、再資源化に向けた動きが活発化しつつあり、まずは新築時に発生する端材の再資源化や、これらの回収システム構築などに取り組んでいる。廃棄物の量的な問題を解決するため、今後は解体時や中間処理における取り組みも必要となろう。

(d) 廃プラスチックを主原料とするマテリアルリサイクル製品については、ペットボトル廃材を主原料とするものが大きな割合を占めており、建築材料では塩ビ管・継手の廃材がマテリアルリサイクルされている。マテリアルリサイクル製品の需要としては建設資材に対する期待は大きく、現在製品化されているものにも土木系資材が多い。

(e) 本節での検討ではかなりマテリアルリサイクル製品の開発に関する取り組みに重点をおいて検討を行った。しかしながら、化学反応あるいは熱反応により廃プラスチックを改質し、化学合成の素原料あるいは燃料として再利用するケミカルリサイクルに関する取り組みや、製鉄高炉還元剤、ガス化（高濃度塩ビのガス化を含む）など活発に行われている。ケミカルリサイクルでは、マテリアルリサイクルでは阻害要因となっている汚れの付着や他素材の混入などがあっても適用可能でありプラスチック全体の再資源化推進のためには有効な手法といえる。資源循環というよりも省エネルギー的な面が強いが、マテリアルリサイクルとのバランスを取りながら活かすことができれば、将来的にも有用な技術の一つである。

4.3.7 石膏ボード

4.3.7.1 はじめに

1965 年代（昭和 40 年）の高度成長期に整備された建築物等の多くが更新時期を迎え、今後建物等の解体による廃棄物が大量に発生することが予測される。

中でも石膏ボードは耐火性、遮音性、気密性そして断熱性の面において優れているという特長から、建築物の内装材として広く活用され、壁材や天井材、床材などに使われている。

製品の素材に関しては、石膏を芯材として両面をボード用原紙で被覆し、板状に成形したものであり、原料の石膏には、天然に産出する石膏と、火力発電所などから発生する排煙脱硫石膏等が使用されている。石膏を被覆しているボード用原紙は、新聞・雑誌などの回収古紙から製造されており、森林資源の枯渇防止にも役立っている。

石膏ボードの歴史を辿ると、1895 年アメリカの Augustine Sackett によって発明された Sackett Board を改良し、1902 年に工業的に生産されるようになった建築材料で、日本では 1921 年に製造が開始された。

現在国内 11 社 24 工場の石膏ボードの年間生産量は、5.5 億 m^2 、世界では約 50 ヶ国で約 55 億 m^2 となっている。生産量の最も多い国はアメリカで、世界全体の約半分を占めている。石膏ボードの年間消費量を国民 1 人当りに換算して比較すると、最も多いのがアメリカ・カナダの約 10 m^2 、次が北欧で約 7 m^2 、その次が日本で約 4.4 m^2 という順になっている。

こうして幅広く活用されてきた反面、廃棄する場合においては、従来は安定型最終処分場にて埋立処分されてきたが、石膏ボードの紙の部分が腐敗して硫化水素を発生し、処分場の作業員が中毒死するという事態が起きたことから、1999 年 6 月 17 日以降、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」により一部が改正され、現在では石膏ボードは管理型処分場での埋め立て処分が決定となった。

但し、製品素材の分離（紙と石膏粉を分離）をすれば、リサイクルできる性状であることから、現在、各メーカーや排出事業場、処理工場による多岐にわたった技術開発が行われている。

4.3.7.2 生産量および廃材発生量の推移

（1）生産量の推移

1950 年～2010 年の間の石膏ボード生産量と製造企業数および工場数の推移を表 4.3.14、図 4.3.25 と図 4.3.26 に示す。

表 4.3.14 石膏ボード生産量の推移(案)

年度	企業数 ¹⁾	工場数 ²⁾	生産量 ³⁾ 千m ²	生産重量 ⁴⁾ t	製品平均厚み ⁵⁾ mm	人口1人当たり消費量 ⁶⁾ m ²	原単位 kg/m ²
1950	3	3	1,134	49,896	5.500	0.03	4.40
1960	11	12	35,154	174,364	6.200	0.37	4.96
1970	14	20	213,113	1,385,234	7.500	2.05	6.50
1980	17	24	306,076	2,295,570	8.949	2.74	7.50
1981	16	23	290,960	2,185,110	9.129	2.53	7.51
1982	15	22	312,052	2,346,631	9.287	2.62	7.52
1983	15	22	336,424	2,532,069	9.408	2.81	7.53
1984	14	21	349,854	2,675,535	9.556	2.96	7.64
1985	14	21	375,873	2,911,296	9.679	3.10	7.74
1986	14	21	400,131	3,128,714	9.770	3.30	7.82
1987	14	22	452,424	3,566,187	9.853	3.74	7.88
1988	14	23	519,016	4,139,760	9.970	4.25	7.98
1989	14	23	549,994	4,426,328	10.060	4.50	8.05
1990	14	23	578,209	4,710,322	10.183	4.68	8.15
1991	14	23	567,584	4,664,124	10.269	4.60	8.22
1992	14	23	571,422	4,716,005	10.316	4.64	8.25
1993	14	23	572,049	4,749,082	10.398	4.61	8.30
1994	14	23	595,568	4,943,000	10.852	4.76	8.30
1995	14	22	605,167	5,035,000	10.914	4.83	8.32
1996	14	22	650,059	5,421,000	11.040	(12 4,914千人) 5.21	8.34
1997	14	24	649,000	5,426,000	11.062	(12 5,257千人) 5.18	8.36
1998	14	24	584,100	5,895,000	11.080	(12 5,595千人) 4.65	8.38
1999	14	24	661,600	5,053,000	11.100	(12 5,934千人) 4.78	8.40
2000	14	24	620,000	5,220,000	11.118	(12 6,274千人) 4.91	8.42
2010	14	28	833,000	7,097,000	12.000	(12 9,725千人) 6.42	8.52

注) 1)2) (社)石膏ボード工業会資料、2010年は見込

3) 建材統計年報、1998年以降は(社)石膏ボード工業会資料

4) (社)石膏ボード工業会資料を基礎に試算した数値

5) (社)石膏ボード工業会資料、は推定試算、以降は自主統計、1997年以降は(社)石膏ボード工業会推定資産、成長率0.3%

6) 自治省行政局住民基本台帳、1997年人口増加率0.27%、1998年以降0.27%採用

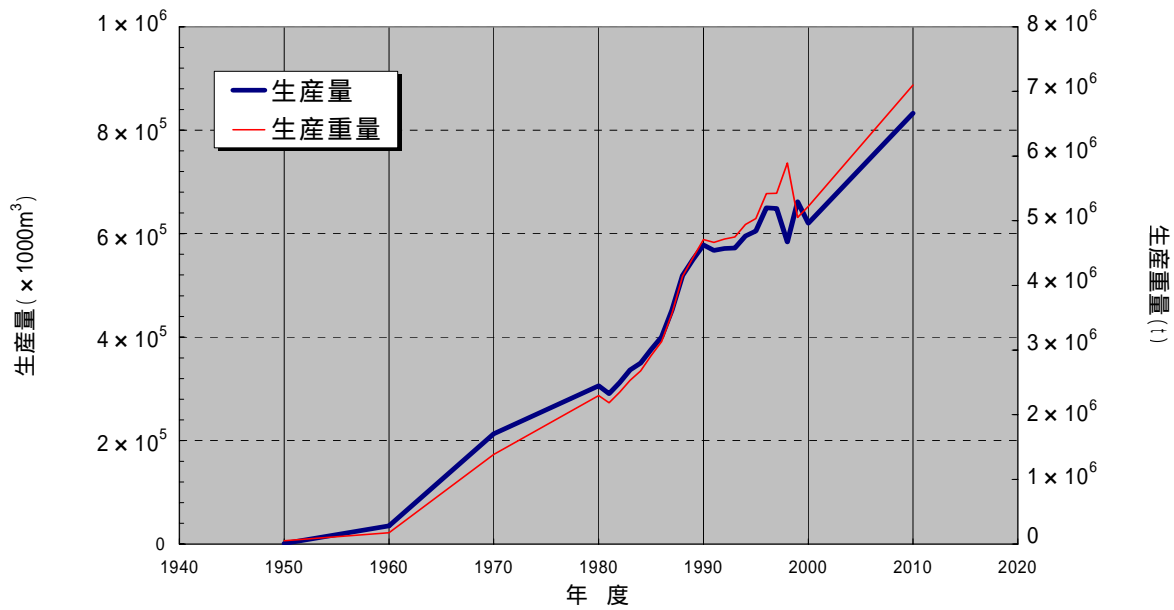


図 4.3.25 石膏ボード生産量の推移

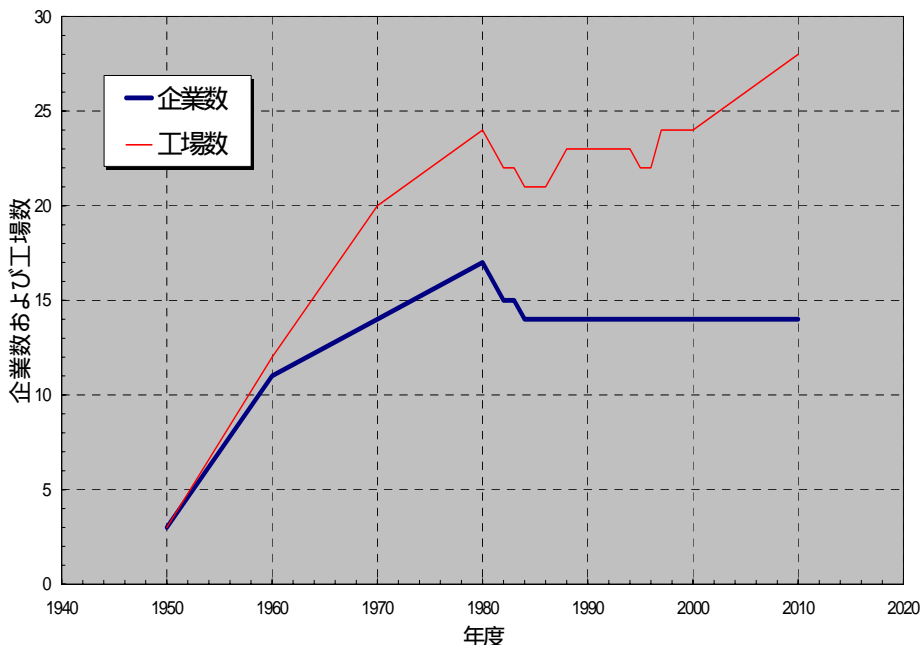


図 4.3.26 石膏ボード製造企業数および工場数の推移

(2) 廃材発生量の推移

石膏ボード排出量の推移を表 4.3.15 および図 4.3.27 に示す。

発生量の推定方法

表 4.3.15 における 2010 年度の値は 1996 年度の統計値を基に推定した。

ライフサイクルの各段階における推定発生量 (表 4.3.16 参照)

表 4.3.15 廃石膏ボード排出量(案)

年度	製造時(含供) 千t ¹⁾	建設時 ²⁾ 千t	解体時 ³⁾ 千t	計 千t
1950	3.0	0.5	-	3.5
1960	10.5	0.7	-	11.2
1970	76.2	0.9	-	77.1
1980	103.3	252.5	4.2	360.0
1981	120.2	240.4	6.7	367.3
1982	129.1	258.1	8.8	396.0
1983	126.6	278.5	14.0	419.1
1984	133.8	294.3	25.5	453.6
1985	145.6	320.2	29.4	495.2
1986	156.4	344.2	44.0	544.6
1987	178.3	392.3	57.4	628.0
1988	207.0	455.4	73.7	736.1
1989	221.3	486.9	106.3	814.5
1990	235.5	518.1	148.2	901.8
1991	233.2	466.4	184.3	883.9
1992	235.8	471.6	253.3	960.7
1993	237.5	474.9	351.7	1064.1
1994	247.2	494.3	467.7	1209.2
1995	251.8	453.2	571.0	1276.0
1996	271.1	487.9	623.7	1382.7
1997	271.3	488.3	744.2	1503.8
1998	244.8	440.6	876.9	1562.3
1999	252.7	404.2	1010.0	1666.9
2000	261.0	417.6	1177.0	1855.6
2010	354.9	496.8	1951.2	2802.9

注) (社)石膏ボード工業会試算資料

1)1950～1960年＝生産総量の6%、1970～1982年＝生産総量の5.5%、1983年以降＝
生産総量の5.0%

形状：ボード状

生産総量の9%、1999～2004年＝生産総量の8%、2005～2010年＝生産総量の7%

形状：端材、残材

2)30年前の生産総量の85% 形状：仕上材、下地材込み

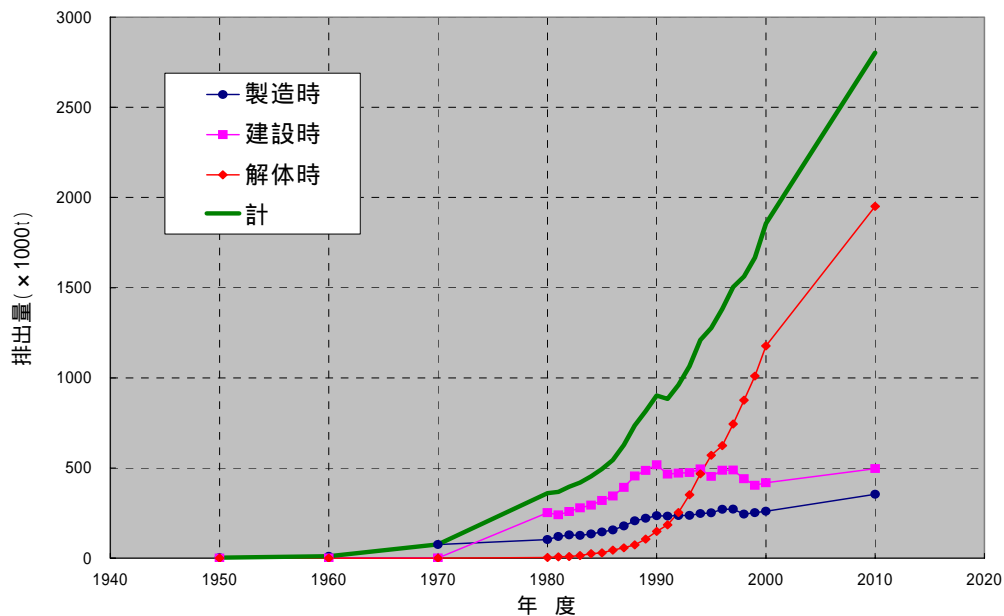


図 4.3.27 廃石膏ボード排出量の推移

表 4.3.16 ライフサイクルの各段階における推定発生量

段 階	推定発生量 千 t		
	1990年	2000年	2010年
製 造	235.5	261.0	354.9
建 設	518.1	417.6	496.8
供 用	-	-	-
解 体	148.2	1,177.4	1,951.2
合 計	901.8	1,856.0	2,802.9

(3) 再資源化状況

石膏ボードの再利用率を表 4.3.17 に示す。製造段階においては発生量の9割以上を再利用しているが建設段階では1割に満たず、供用および解体段階においてほとんど再利用されていない。また、各段階における再利用の概要を ~ に示す。

表 4.3.17 再利用率

段 階	発生量 千 t	再利用率 %
製 造	工場 ; 16.3 ~ 27.1	90 ~ 95
建 設	工場 ; 434 ~ 542/Y	5 ~ 7
供 用	27 ~ 38/Y (全生産量の1~2)	-
解 体	590 ~ 664/Y (30年前の全生産量)	ほとんど無し

製造段階

工場における廃材の発生量は全生産量の3～5%（16万3千t～27万1千t）でその再利用率は90～95%。

石膏ボードの製造段階における再利用の方法としては破碎して石膏は原料として利用し、紙は一部原料に、再利用できない場合は管理型処分場等で処分する。

建設段階

建物への投入量：542万トン/年（8.34kg/m²×6.5億m²）

工場での廃材の発生量：8～10%（43.4万t/年～54.2万t/年）

その再利用率：約5～7%（2.4千t/年～3.4千t/年）

廃材の多くは建築業の責任により建設廃材として中間処理場等を経由して管理型処分場等で処分する。再生資源活用業の指定と産業廃棄物処理業等の認可を受けているものが多い。

供用段階

積み込み、搬送、積み下ろし、現場への搬入までの間と現場保管上での廃材の発生量：全生産量の1～2%（2万7千t～3万8千t/年）

専門搬送業と専門工事業が担当しており上記 建設段階に含めて処理している。

解体段階

廃材の発生量：平均して30年前（昭和41年）の全生産量125百万m²/年×5.9kg/m²×80～90%=59.0～66.4万t/年

解体段階でその再利用率はほとんど無い。従って、廃材は建設混合廃棄物として中間処理場等を経由して管理型最終埋立処分場で処分。また、現在回収・再利用につき調査研究中であるが、未解決である。

4.3.7.3 再資源化技術の現状調査

ここでは、現在開発されている石膏ボード処理技術の代表的なものを挙げて、説明する。

排出事業場から排出された石膏ボードは、専用処理施設(図4.3.28参照)で新築系の端材、解体系でもモルタルや木くず等の付着のない、きれいな品物だけを選別し専用機に投入される。投入された石膏ボードはまず一次分別装置を通り、200mm²程度に粗分別される。次に二次分別装置の工程に入り、揉み解しを行って紙と石膏粉に剥離していく。最後に三次分別装置を通り、風力を用いた比重選別を行って紙と石膏粉に完全分離していく。石膏部分は粉体で回収しメーカーへ原料として搬出。紙部分はRDFの原料用として専門施設に行くが、一部焼却、管理型埋立処分にもまわっている(図4.3.29参照)。

異物混入の廃石膏ボードは混合廃棄物専用処理ラインへ投入し、破碎工程を経て振動風力選別や比重差選別、水分を除去して比重を整えるジャンピングスクリーン、そして粒径や大きさによって選別するトロンメルスクリーンという工程を経て、石膏粉は再生砂として回収する。細粒粉体になったものは一旦バグフィルターで回収して加水処理やセメント材を混ぜ合わせて環境負荷がかからないように処理して、再生砂として再利用される。紙部分は可燃物として回収し、サーマルリサイクル施設や単純焼却施設へ搬出されるが、燃焼過程におい



図 4.3.28 石膏ボード専用処理設備
(『渡部工業(株)ホームページ』より)

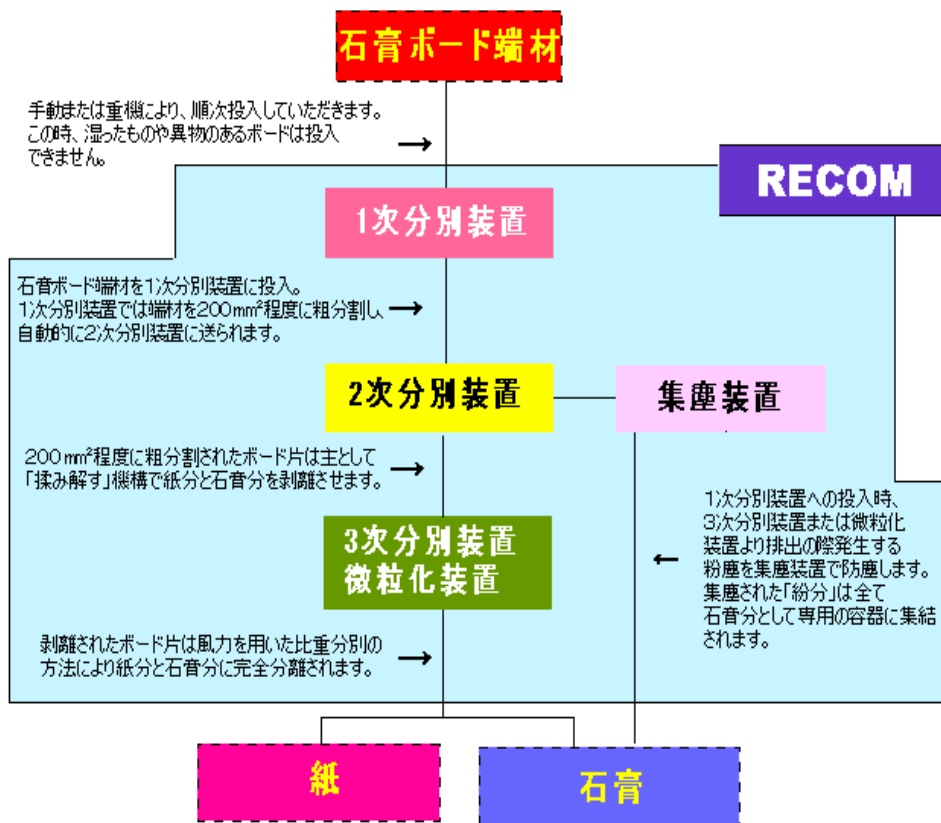


図 4.3.29 石膏ボード処理フロー
(『渡部工業(株)ホームページ』より)

て大量の硫黄分が検出されるケースが多いため、紙分に関しては管理型埋立処分場にて処分されているのが現状である。

今後の技術開発に関する課題として、1 番目にヒ素やアスベストが混入されている石膏ボードの処理の問題がある。ヒ素入りのものは廃材の標記によって識別方法があるものの、ボードメーカー先に戻す方法しか現状ない。

次に石膏紙を燃焼した際、硫黄分が発生してしまうため、焼却処理が困難なことである。製造段階で硫黄が発生する素材を代替するものを調査、さらに焼却施設の前処理として脱硫装置開発が必要とされる。

4.3.7.4 再資源化用途と受入基準

石膏ボードより回収される紙と石膏粉についての再資源化が実現すれば循環型産業構造としての位置付けが可能となるので、この面での最善の方途を確立しなければならない。

石膏粉と紙に分別された廃材は、再資源化用途先により、それぞれ受入基準が設定されていて、その基準に合致した形で搬出することが、排出事業場、及び中間処理工場に求められている。

(1) 建設現場等で直接メーカーに引き取ってもらう場合

このケースの場合には、紙と石膏粉に分別せず、端材のまま搬出している。

社団法人石膏ボード工業会では、業界の対応として以下の方針をまとめている。

新築建築現場等で発生するもの

新築建築現場で発生する廃石膏ボードは、建築会社の大口建築現場（ビル等）では、かなり分別、回収が図られているが、小口散在建築現場（住宅等）では建設混合廃棄物として管理型最終埋立処分場等で処分されているものが多い。

1996年4月以降石膏ボード業界は、再生資源の利用の促進に関する法律の主旨に基づき、広域再生利用指定制度の再生資源活用業者の指定を受け（11社24工場）大口建築現場等で発生する廃石膏ボードの回収、再利用等を個別企業間の契約に基づいて実施している。

今後も関係需要業界等の協力と支援を得て新築現場から発生する廃石膏ボード問題の解決を図る考えである。

新築現場で発生する廃石膏ボードの絶対量を減らすためには、建築の設計段階から施工段階まで全てに亘り総検証し、管理を強化する必要がある。

製品については、標準常備品の使用促進、発注段階での製品寸法の明確化と発注数量の検証、端材の有効利用の促進、目的外用途への使用自粛、残材の他用途への転用等が考えられる。

これらの問題については、特に関係需要業界の協力と支援が望まれるところで現状の発生量8%程度を5%以下に迄削減することが必要であり、実現は可能と考えている。

解体現場で発生するもの

ビル、住宅等の解体時に発生する廃石膏ボードの回収、再利用は技術的、経済的に未解

決の問題が多い。

建設資材リサイクル法の施行に伴い分別解体が促進されることにより、分別回収が推進されるが、分別回収される廃石膏ボードに付着している下地材、仕上材を分離する技術開発は急務である。

特に仕上材料等も関係するので関連業界の連携が必要である。

現時点では、分別回収が図られていない事や品質の安定性等の面で解体系廃石膏ボードの受入、再利用は試行的にしか行われていないが、長期的には解体時に発生する廃石膏ボードが主流となるので、石膏ボードへの再利用へ技術面での検証や受入体制の整備について検討中である。

石膏ボードへの再利用の面ばかりでなく、多量に用いる新たな用途、活用について関係する業界との連携の基に検討、検証の段階から実用化に向けた開発が急務である。

石膏ボード業界は、解体廃石膏ボードの問題について経済産業省の指導と支援を得て、新エネルギー産業技術総合開発機構より、廃石膏ボードに含まれる夾雑物の除去、石膏の改質、廃石膏の用途開発等をテーマとした「解体廃石膏ボードの再資源化技術開発」の委託を受け、平成 13 年 3 月に第一段階の検討を終了している。

廃石膏ボードについての行政上の措置について

1999 年 6 月 17 日（1997 年 12 月 10 日付政令第 353 号（廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令等の一部を改正する政令）の経過措置により、1999 年 6 月 17 日施行）以前は安定型処分扱いであったが、以後は管理型処分扱いとなった。

取扱い基準は 1998 年 7 月 16 日付環境庁水質保全局長通達により、紙と石膏を分離した場合、紙は管理型扱い、石膏は安定型扱いとなっている。

国土交通省では 1999 年 12 月 6 日付で、高規格住宅工事（環境配慮型）割増融資制度を創設し、再生資材等の活用基準廃石膏ボード混入率 50% を定めた。

石膏ボード業界としては、廃石膏の混入率 50% 以上のリサイクル石膏ボード（エコ石膏ボード）の検討を行っているが、コスト、性能等については問題を残しており、実用化には今しばらく時間がかかるものと思われる。

石膏ボード業界の当面の対応策と目標

需要業界（建築業界、住宅業界）並びに仕上材業界との間でリサイクル推進のための技術・コスト等について対話を進め、対応策の前進を図る。

石膏ボードの新規用途開発については、会員会社の個別対応とは別に工業会として特別の委員会を設置し対応している。

- A. 解体廃石膏ボードの結晶粗大化技術の開発
- B. 解体廃石膏ボードの再資源化にかかわる不純物除去システムの確立調査研究
- C. 廃石膏ボードを用いたエコ石膏ボード生産技術確立のための調査研究
- D. 廃石膏ボードの新規用途確立のための調査研究
- E. セメント用、農業用、土木用等の新規用途開発等

新築廃石膏ボードの受入等については、1999 年 6 月 1 日までに全工場（24 工場）で引取れるよう万全の体制を整備した。また、ストックポイント等（120 ヶ所）を通じ回収する

システムの整備を進めており、体制の整った事業所より対応している。

廃石膏ボードを原料として再利用するには処理費用がかかるので、処理費は必ず申し受けることとしている。

2000年12月の廃石膏ボードの業界内処理能力は、年間40万tであるが、これを増やすよう技術的検討を進めている。

社団法人石膏ボード工業会としての当面の目標値等を表4.3.18の通り設定する。

表 4.3.18 廃石膏ボードの再資源化率(目標値)

	2000年	2003年	2005年	2010年
新築系廃石膏ボード	40%	60%	70%	80%
解体系廃石膏ボード	1%	3%	5%	20%

上記対応策については、経済産業省、国土交通省、環境省、厚生労働省に対し特に指導と支援をお願いしている。

(2) 中間処理工場で処理する場合

このケースの場合には、紙と石膏粉に剥離分別して搬出している。通常、異物混入のない、付着物のないものだけしか石膏ボード生成原料材にならないが、最近ではリサイクルの需要が増えてきて様々な用途で再資源化されてきている。

石膏粉の再資源化用途

- A. 石膏ボード生成原料材(石膏ボード製造メーカーへ搬出)
- B. 土壌改良材、汚泥固化材(工事現場等へ搬出)
- C. セメント原料材(セメント製造メーカーへ搬出)
- D. グラウンド白線用ライン(各学校へ搬出)
- E. 肥料



写真 4.3.4 土壌改良材として再資源化事例

(『ポットジャパン(株)ホームページ』より)

石膏紙の再資源化用途

A. R D F 原料材（石炭の代替燃料としてボイラーに使用）

B. サーマルリサイクル施設（燃焼後の熱利用、ガス化溶融等）

但し、燃焼すると硫黄分が発生するため、脱硫装置が設備されている施設に限る。

C. パルプモールド（緩衝材）・・・現在検討中

D. ペーパーファイバー（建築材料）・・・現在検討中

4.3.7.5 今後の課題

石膏ボード製品は建築用内装材料として建築物の壁・天井に広く用いられており、先進工業国では多量に普及し、また防火性、遮音性、寸法安定性、断熱性等の特徴を持ち経済的にも低廉なことから国際的にも最も使い易い建築基礎資材となっており、建築物の安全性と居住性向上に貢献している。リサイクルの開拓も現状では進展しつつあり、ボード製造メーカーだけでなく、セメント業界等の介入も目立ち始めてきた。

しかしながら適正処理、及び再資源化に伴う課題も抱えているため、課題を克服し、確固たる循環型産業構造としての位置付けを可能にしていきたい。

今後の課題については、以下の5点があげられる。

管理型物の代表でもある石膏ボードに関しては、まず排出事業場で他の廃棄物と混合しないように分別する必要がある。

ボードリサイクルの普及により、石膏メーカーの需要と供給のバランスが崩れてきたため、中間処理工場側からの引取量が減少してきた。そのため、土壌改良材やセメント原料として大量に引き取ってリサイクルできる仕組みが益々、必要となってくる。

1973年～1997年までに製造された石膏ボードの中には、有害物質（砒素、カドミウム等）を含む製品が一部製造されている。今後、解体工事が増加する傾向にあるため、有害物質入りのボードを処理する際は、かなりの危険性がある。製造メーカー、排出事業者、及び処理業者が協力していくことが必要であり、別途処理をして環境負荷、人体影響をかけないようにしていかなければならない。

石膏ボードの組成物質の中には構造上、硫黄分が混入している。今後の製品製造の過程で硫黄分を除去できないか、検討する必要がある。既製品の対応に関しては、紙と石膏粉に剥離した際に、紙に含まれる硫黄分を前処理工程の中で、脱硫装置の開発等により、脱硫して、紙と硫黄分のリサイクルルートを確立する必要がある。

現在、石膏ボードは多種多様のものが製造されているが、廃棄処理する際は異物除去が課題となっているケースが少なくないため、異物除去できる処理設備の開発が必要となってくる。

4.3.8 ガラス

4.3.8.1 対象材料の概要

ここで対象とするガラスは、建築用の窓ガラス、自動車のフロント、サイド等に使われている板ガラスである。このほかに、パソコンなどの表示、照明器具、家庭用の食器、酒や飲料用のびん、電子部品など多くの分野に年間 400 万トを超えるガラスが生産されている。

古いデータではあるが過去三年間の国内におけるガラスの生産量を表 4.3.19 に示す。

表 4.3.19 ガラス製品生産量(ト)

品 目	1999 年	2000 年	2001 年
基礎製品	689,389	880,748	701,984
理化学・医薬用	9,799	9,519	10,561
容器類	1,867,021	1,780,953	1,692,297
食卓用品	182,571	238,850	156,536
板ガラス類	1,517,148	1,441,057	1,469,307

ビールびんなどの容器類が一番多く約 170 万ト、板ガラス類が 150 万ト、ブラウン管や電球などの基礎製品が 70 万トとなっている。2002 年のデータでは、板ガラス生産量は約 116 万トで、用途としては、建築用が約 50%、自動車用に約 40%でその他として約 10%となっている。2002 年のガラスカレットの回収・廃棄状況(概略)について図 4.3.31 に示す。

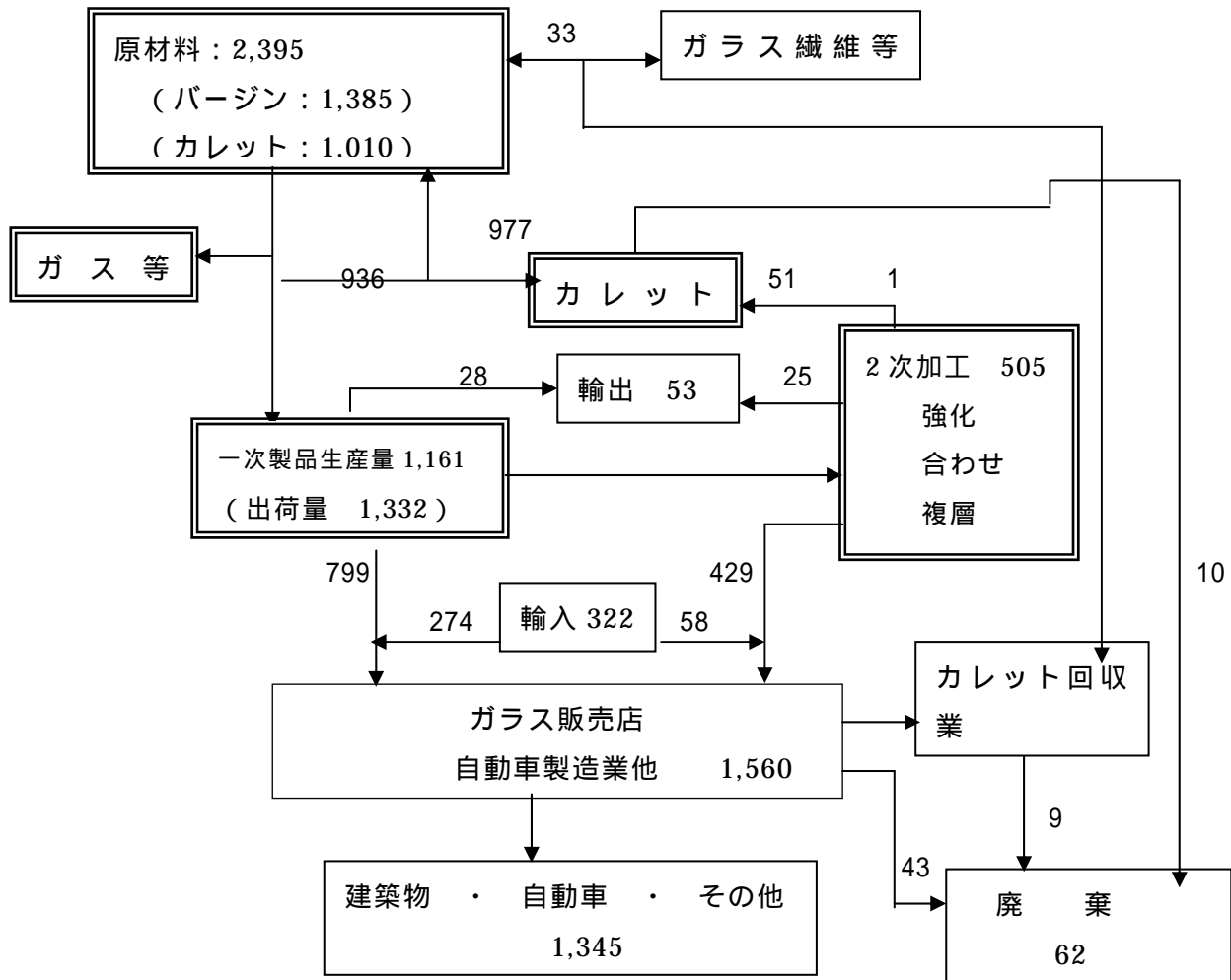



図 4.3.31 ガラスカレットの回収・廃棄状況(概略)(単位:千ト)

- * 1 . 工場内のカレット再利用率は 99% ( は板ガラス工場内を示す。)
- * 2 . 流通段階における一次製品からのカレット発生率は 20% (推定)
- * 3 . 上記からのカレット回収率は 80% (推定)

4.3.8.2 板ガラスの再資源化への取組み

再資源化の対象となるのは、建築廃材・流通廃材・自動車廃材の 3 種類で、生産工程から発生するものを除き建築用に関しては、2002 年の推定で、建築廃材 6 万 t / 年、および流通廃材 21 万 t / 年の 2 つである。ついでに、廃自動車からは、約 14 万 t / 年発生している。

現状における再資源化の取組みは、生産工程においては、熔解窯に再投入しほぼ 100% がリサイクルされているが、販売済み製品等の回収システムが未整備で、建築廃材はほぼ全量廃棄 (埋立)、流通廃材は、一部再利用 (グラスウール・ガラスビーズ等)、一部廃棄といった状況となっている。なお、自動車廃材については、平成 17 年 1 月に実施されている自動車リサイクル法に従って処理を行うことになっている。

建設リサイクル法への対応については、現状におけるガラスは混合廃棄物扱いとなっていることもあり、建築物解体時ほとんど廃棄されているものと思われる。しかし、今後の方向としては、今後の解体建築物の増加見込み、産業廃棄物処分場の逼迫状況などから、解体現場からの回収システムの構築検討を進めていく必要がある。

リサイクルテストの実施では、平成 14 年に 2 件ほど実施している。1 つは一戸建て住宅解体時におけるカレット回収テストで、結果は、発生量が浴槽 1 杯分程度の少量 (約 200 kg) であり、これは混合廃棄物として処理をしているが、これをいかに効率良く回収するかが課題。もう 1 つは都営団地解体時におけるカレット回収テストで、これについては分別回収し、カレット業者による引取りおよびカレット業者でのルートによる処理を行い、最終的には板ガラス工場へ持ち込み、型板窯に約 11t ほど再投入、生産上特に問題は発生していない。

今後の板ガラス再資源化の方向性は、ガラス熔解窯への再投入を第一の検討課題として進め、他用途への転用検討 (建材、路盤財等) は、再投入検討の推移を見た上でを行い、当面は再投入検討を優先的に進めると言うのが、板硝子協会の考えである。

リサイクルで考えるべき第一は、再利用 (リユース) であり、同一製品生産原料へ戻すことである。平成 13 年に板ガラス協会では、熔解窯への再投入を想定し「板ガラス原料としてのガラスカレット受入基準」を作成している。板ガラス原料には異物の混入嫌うことから、非常に厳しい受入基準となっており、特にアルミニウム系金属、非鉄金属、ニッケル化合物については一切混入してはいけないことになっている。また今後増加が予想される複層ガラス、合わせガラスにおいては、アルミ部材、中間膜などの異物除去の徹底が大きなテーマとなる。

一方、欧州における板ガラスのリサイクルについて、ドイツ、フランスなどにおいては、びんガラスの原料への使用を主体として板ガラスリサイクルが広く行われている。ドイツ、フランスなどのワイン輸出国では、びんガラス原料の需要が旺盛で、びんカレットだけでは原料が常時不足の状態にある。このような背景のもと板ガラスカレットはびんガラス原料として広く受け入れられている。また、板ガラスカレットは比較的高品位のため使用する側にとっても使いやすいという利点がある。このように欧州ではガラスカレットをワインのびんの原料として

大量に使っているが、逆にワインの輸入国である日本では、ワインの空き瓶の処理に困っているという現実がある。板ガラスカレットのガラス熔解窯への再投入はほとんど行われていないが、大手板ガラスメーカー工場に隣接してリサイクル工場が立地しているケースもあり、板ガラスリサイクルは1つのビジネスとして成立している。但し、ドイツ、フランスなどのワイン輸出国以外の他国では、カレットの受入余地が不足しているという点で、状況は日本と類似していると思われる。板ガラスの循環型社会への対応イメージを図4.3.32に示す。

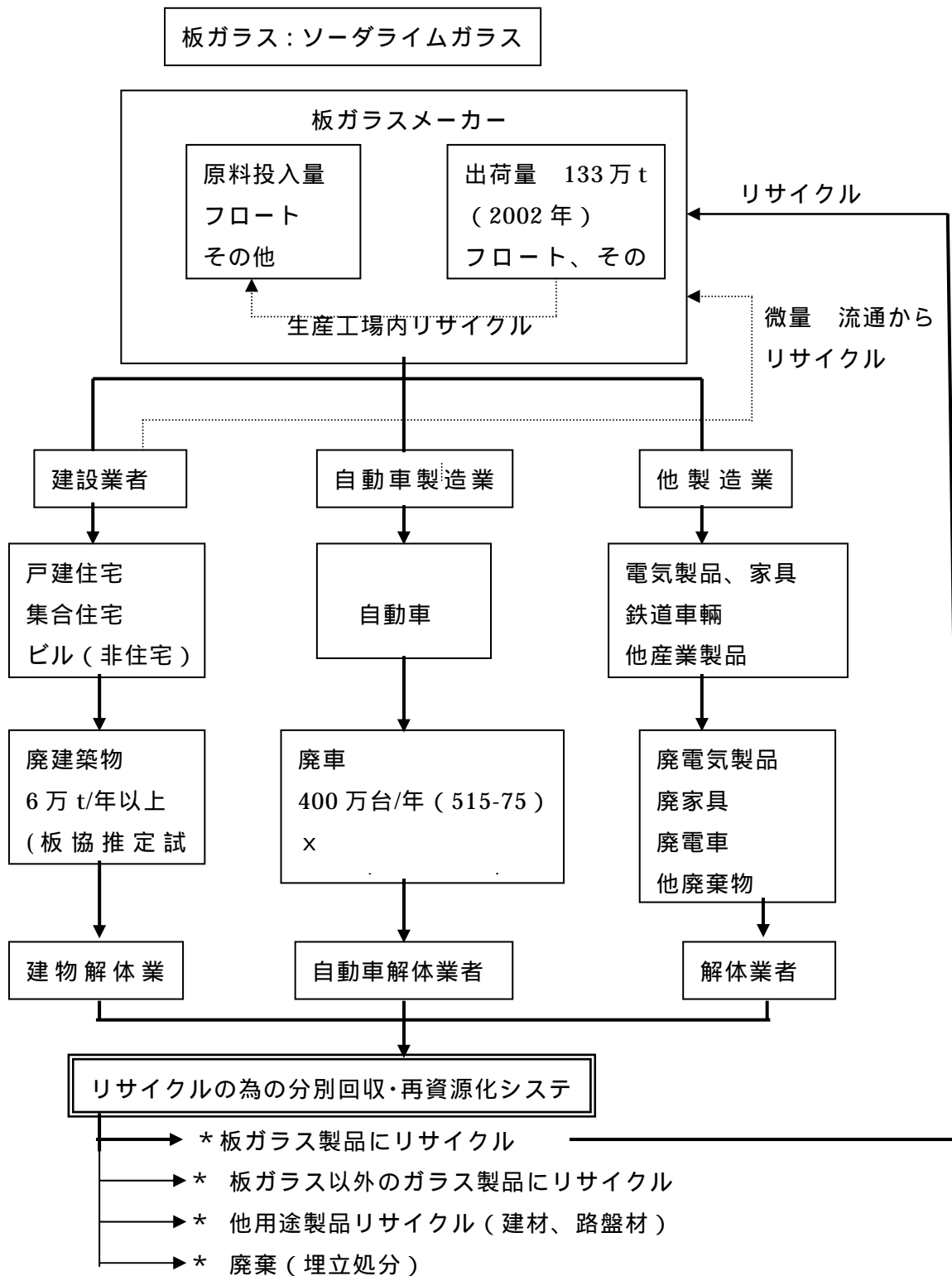


図 4.3.32 板ガラスの循環社会への対応(イメージ)

解体建築物からの現状および構想の基本フローを図 4.3.33 に示す。

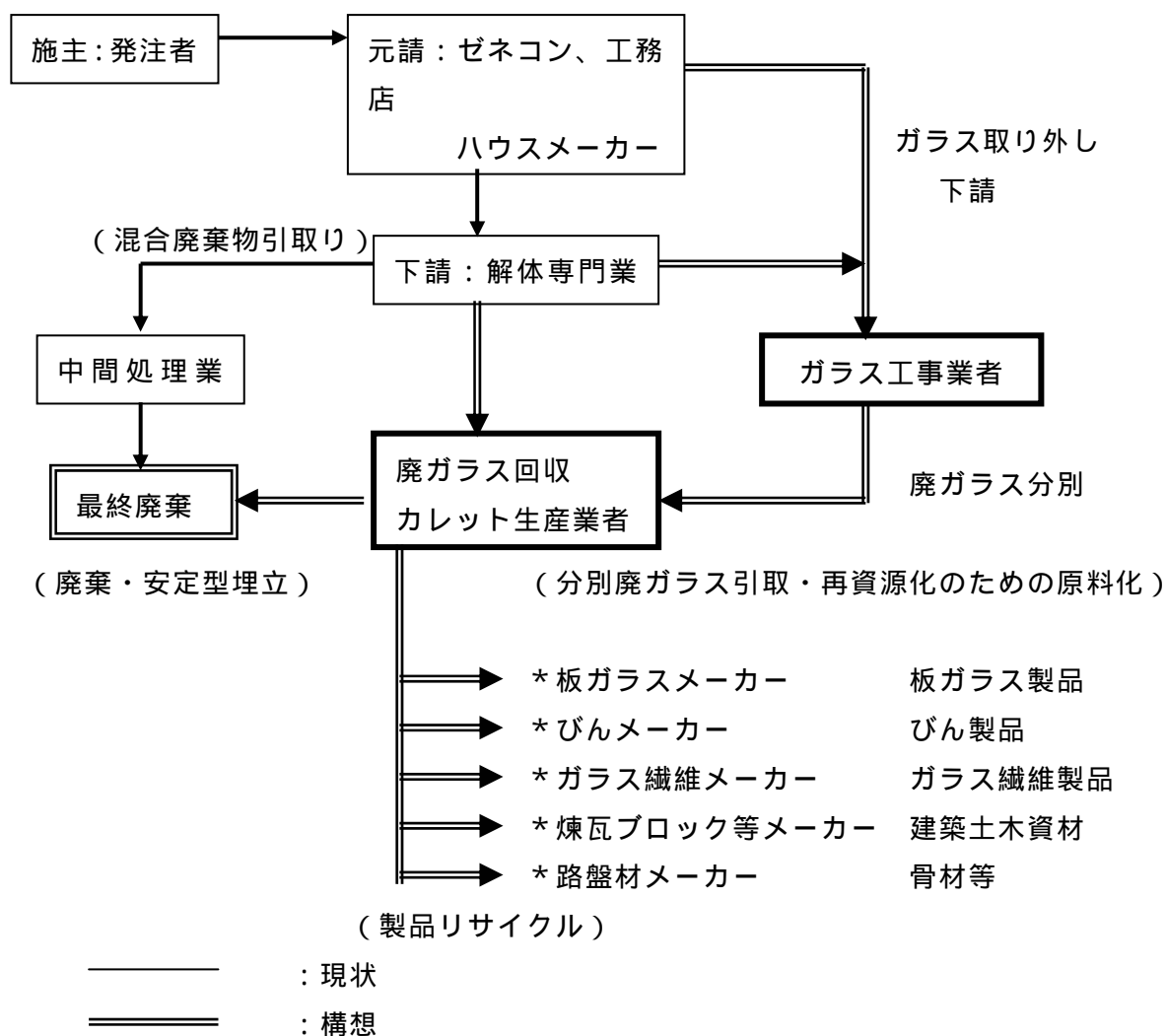


図 4.3.33 解体建築物からの基本フロー

4.3.8.3 廃ガラスの再資源化技術と課題

廃ガラスの再資源化技術は、最終製品の用途によって採用する技術が異なるが、基本はやはり分別である。建築物の解体については、建設リサイクル法で「建設工事に係わる資材の再資源化等に関する法律」が施行され、一定規模以上の工事については、特定建設資材廃棄物を基準に従って工事現場で分別し、再資源化することが義務づけられている。ただし、特定建設資材として定義されているのは、

- (1) コンクリート
- (2) コンクリートおよび鉄からなる建設資材
- (3) 木材
- (4) アスファルト・コンクリート

の4つであり、ここで対象としている板ガラスは分別解体されず、混合廃棄物として排出されている。

建築物に使用されている板ガラスの再資源化技術としては、ガラス熔解窯への再投入が第一

優先で、今後推進すべきテーマとなっているが、種々課題が存在している。

他用途への転用では、リサイクル技術は確立されている。代表的なフローを図 4.3.34 に示す。この場合、原料は家庭から排出されるびんやガラスで、製品はコンクリート 2 次製品、壁材、アスファルト舗装道路用副資材といった比較的低品質での適用が可能な用途へのリサイクルとなり、破碎技術、選別技術を主としている。このフローでは、最終製品を川砂程度の粒度にまで破碎している。

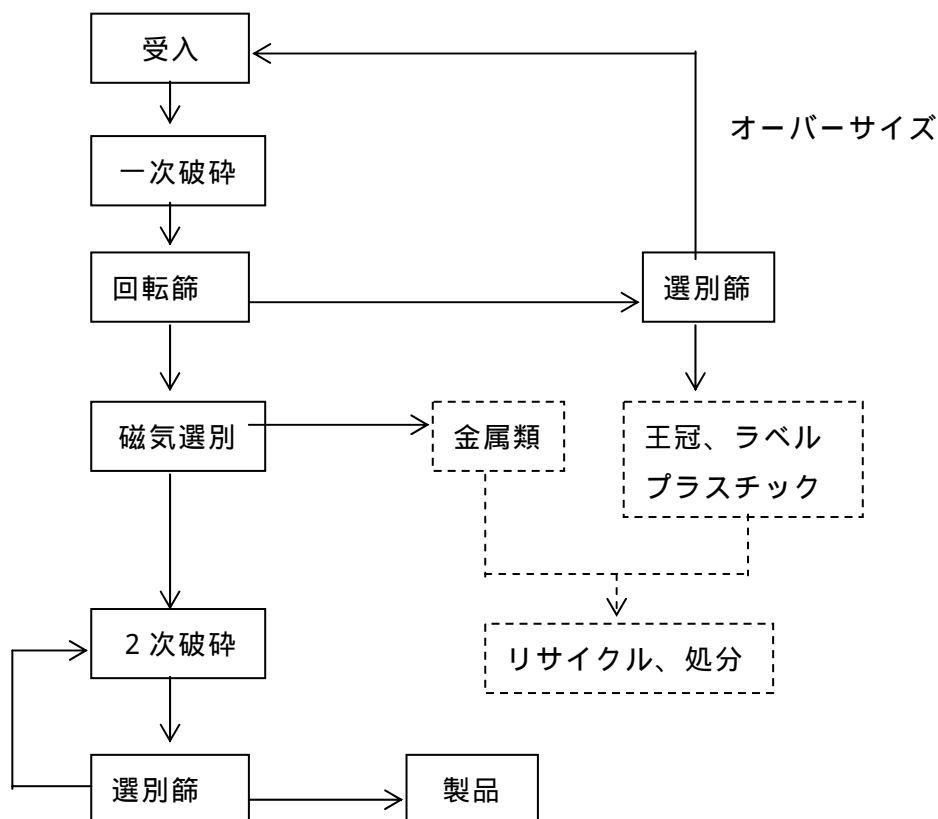


図 4.3.34 廃ガラスリサイクルフロー

板ガラスを再利用する上での課題としては以下のことが考えられる。

- (1) 板ガラス原料としての受入基準が厳しすぎる。
- (2) 解体現場からの回収システムが構築されていない。
- (3) 再資源化施設が少ない。
- (4) 分別解体が制度化されていない。

等が課題として挙げられている。

板ガラス協会では、カレット集積設備（カレットセンター）の検討を進めており、業界横断的にリサイクルを推進すべく早期にシステム構築に関する取組みの具体化を図る動きをしている。

引用文献： 1. 板ガラスのリサイクルへの取組みについて H16.5.26
 板ガラス協会 徳矢 守
 2. 廃棄物の有効利用（その3） 「ガラス廃棄物のリサイクル」 -
 萩原技術士事務所 萩原 寛

4.3.9 断熱材

4.3.9.1 はじめに

断熱材は現代の建築物には不可欠の材料である。大きく分けて『繊維系断熱材と発泡プラスチック系』とがあり、約 9 割が繊維系の断熱材を使用している。断熱材といっても、以下のとおり多くの種類がある。

無機繊維系

- ・ グラスウール
- ・ ロックウール

発泡プラスチック系

- ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム
- ・ 押出法ポリスチレンフォーム

木質繊維系

- ・ セルローズファイバー
- ・ インシュレーションボード

硬質ウレタンフォーム

- ・ ポリエチレンフォーム
- ・ フェノールフォーム

ここでは、一般的な無機質繊維系のグラスウールとロックウールを取り上げる。

4.3.9.2 ロックウール

ロックウールは、1938年に工業化された。ロックウールはけい酸分と酸化カルシウム分を主成分とする高炉スラグや、玄武岩その他の天然鉱物などを主原料として製造する。以前は天然鉱物から製造したものを「ロックウール(岩綿)」、高炉スラグから製造したものを「スラグウール(鉱滓綿)」と区別していたが、わが国では高炉スラグなど鉄鋼スラグを主原料として製造するケースが主流となり、これにともなってこれらを総称し「ロックウール」と呼ぶようになった。

(1) ロックウールの製造と出荷量

1) 製造

高炉スラグや玄武岩等の原料をキュボラや電気炉で 1,500～1,600 の高温で溶融するか、又は高炉から出たのち、同程度の高温に保温した溶融スラグを炉底から流出させ、遠心力などで吹き飛ばして繊維状にし、原綿となる。こうして出来たロックウール繊維は集綿室で集綿され、用途に応じて解繊・粒状化して「粒状綿」としたり、バインダーを添加して硬化炉で固めて一定の密度・厚さに調整して、ボード状、フェルト状、住宅用のマット状などの「成形品」に加工される。

2) 出荷量

ロックウールの出荷実績を表 4.3.20、図 4.3.35 に示す。平成 9 年以降生産量は減少して

おり、平成13年度の生産量は約32.7万t程度であった。繊維としての出荷はほとんどなく、3/4が粒状綿、1/4が断熱・吸音材として出荷されている。

用途別の出荷実績を表-0に示す。吹き付け耐火・断熱材44.5%、天井化粧吸音板22.2%、断熱材24.1%と、建築用として生産量の約90%が出荷されている。

表 4.3.20 ロックウール出荷実績

製品別	単位	平成9年度 (1997年度)		平成10年度 (1998年度)		平成11年度 (1999年度)		平成12年度 (2000年度)		平成13年度 (2001年度)		
		生産量	前年比	生産量	前年比	生産量	前年比	生産量	前年比	生産量	前年比	
繊維(総量)	t	378,937	102	345,706	91	336,330	97	342,730	102	327,892	96	
内訳	繊維	t	1,588	76	969	61	744	77	866	116	805	93
	粒状綿	t	279,136	108	254,168	91	233,019	92	235,602	101	221,635	94
	断熱・吸音材	t	98,213	88	90,569	92	102,567	113	106,262	104	105,452	99

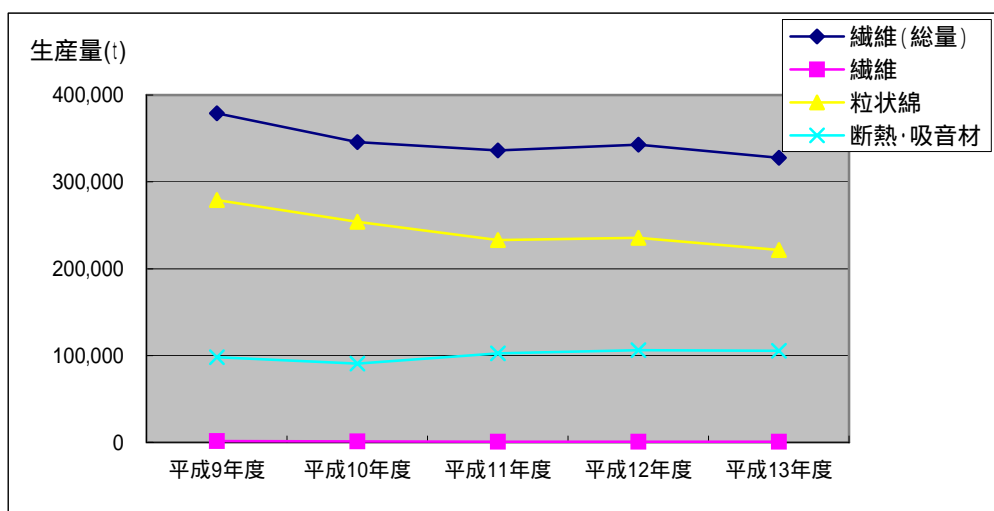


図 4.3.35 ロックウール出荷実績グラフ

4.3.9.3 ガラス繊維

現在使用されている一般的なガラス繊維は溶融したガラスをノズルから引き出し、機械的に延伸しつつ急冷して数ミクロン程度の径に繊維化したもので、製造方法、用途から短繊維(グラスウール)と長繊維に分類できる。工業製品としてのガラス繊維の誕生は1910年代のドイツでのグラスウールの生産、1930年代後半の米国オーエンス・コーニング社(OCF)の長繊維製造技術の確立以後である。

ガラス短繊維製品は断熱材や吸音材として広く使用されている長繊維製品はプラスチック、ゴムの複合・強化材、またコンクリート(ガラス繊維補強コンクリート:GRC)や石膏等の無機材料の強化材としても使用されている。ガラス組成から、E、S、C、DおよびARガラ

スが生産されているが、強化用ガラス繊維として用いられるのは、ほとんどがEガラスである。

A Rガラスは耐アルカリ性ガラスで、酸化ジルコニウムを大量に含みセメント強化用(GRC)として主に使用されている。

(2) ガラス繊維の製造と生産量

1) 製造

短繊維

ガラス原料(板ガラス・ガラスピンなどのカレットを80%程度使用)を調合し溶解する。溶けたガラスを遠心法で吹飛ばし、結合剤(バインダー)を添加し綿状にする。

板状(ロール・ボード)・表面加工(アルミクラフト貼り・住宅用グラスウール)・筒状(パイプ状)・その他吹込み用グラスウールとなる。

長繊維

原料から溶解されたガラス融液を高速巻き取り機で巻き取り直接紡糸(繊維化)するDM(Direct Melt)法が主流である。繊維用ガラスの原料は年度、シリカ、カオリン、石灰石、ジルコンなどの天然繊維が用いられる。

繊維化されたガラス繊維は、成形しチョップドストランドマット、引揃えしてロービング、切断しチョップドストランド、撚糸しガラスヤーン・単糸・合撚糸、粉碎しガラスパウダーとなる。

2) 生産量

ガラス繊維の生産量の推移を表4.3.21に示す。平成13年におけるガラス短繊維(綿状)製品の販売数量は20.6万t、ガラス長繊維製品の販売数量は34.9万tであった。

表 4.3.21 ガラス繊維出荷量

年度	ガラス短繊維製品(t)			ガラス長繊維製品(t)		
	生産数量	販売数量	在庫数量	生産数量	販売数量	在庫数量
平成11年 (1999)	219,626	217,008	19,516	416,267	386,797	52,825
平成12年 (2000)	222,867	225,208	16,894	450,859	410,097	46,486
平成13年 (2001)	207,262	205,951	18,445	438,879	348,775	82,501

4.3.9.4 断熱材のリサイクルの動向

以下に、ロックウール、グラスウールのリサイクルの動向を、リサイクルガイドラインの業界ヒアリングからまとめて示す。

(1) ロックウールのリサイクル動向

ロックウールについては、グリーン調達の特定期間品目において、再資源化率が85%以上のものを用いることとされており、業界全体で、この基準の維持・向上を図っているところ。

ロックウールは、新築戸建では廃棄物発生量が少なく解体の場合、異物が混入（天井材は石膏ボードと接着されて排出）することが多くあり、容量の割に重量が軽いいため運送効率が悪いといったことが、リサイクル上の大きな課題。さらに、ロックウール製品価格が非常に安価（kgあたり50円程度）であるため、リサイクルを行っても処理コストの方が高くなり、事業として成立させることが困難との見込み。

リサイクルの今後の検討にあたっては、発生場所として、住宅・ビルやそれ以外（発電所等）、廃材の種類として、天井吸音板や断熱材と、それぞれ整理し、着手し易いところから始めていくなど、段階的に進めていくことが効果的。排出形態別による廃材発生量の調査、受入可能量の調査、各社の製造工程等を考慮した再生原料混入率向上のための検討も重要。

広域再生指定制度（旧制度）を取得しているロックウール製造会社5社が、昨年12月に改正された広域認定制度（新制度）への乗り換えを検討中。中間処理業者等を含めることが可能となったこと等を利用し、広域処理の連携強化を図り、リサイクルを推進していく予定（カスケード用途展開は検討していないとのこと）。なお、業界団体が取得する場合は、法人格を有することが必要とか、現状、各社で処理方法が若干異なるといった理由により、広域に関しては、従来どおり各社での取り組みを促進していく方向。

(2) グラスウールのリサイクル動向

グラスウールのリサイクル原料については、市中カレット（主に白カレット:板硝子やびん硝子等のカレット）、工場内カレット（黒カレット:工場内端材を工場内でカレットにしたもの）、および工場内端材を利用している。平成15年度の市中カレット利用率は、85%であった。

グラスウール端材は、現状、一部メーカーが専用窯で一度カレットにし、それをグラスウール原料として利用している。（説明では専用釜を持っているのは1社のみ）

業界としては、カレット混入率を84~85%程度を維持しつつ、カレットの転換（現状の板硝子等のカレットから、将来的には回収したグラスウールカレットへの転換）を行っていくことが望ましい。

カレット混入率については、技術的な課題はない。硝子繊維協会傘下企業の平均は86%程度であるが、これは生産規模の大きな大手企業の現状数値に等しい。（製品の品質を求められない）小さな企業の事業所では、カレットを100%使用しているところもある。

カレット混入率については、市中カレットの変動要因や、グラスウール生産量の影響

により、変動が予想される。

カレットは、バージン原料に比べ、窯での溶解が早い。このため、製造コストが燃料費分安く済むとのメリットがある。

新築系端材については、現在、各企業で取得している広域再生指定制度（6社中4社）を活用し、集合住宅（戸建住宅以外）を対象としたリサイクルを行っている。

ハウスメーカー系の新築戸建住宅の現場では、工場でプレカットがなされているため、端材が発生しない。一方、工務店系の新築戸建住宅の現場では、端材が発生しており、現状、ほとんどが最終処分（安定型）されている。

新築系端材については、今後も引き続き、広域再生指定制度を活用したリサイクルを中心に検討を行っていく。さらに、広域認定制度への移行を利用し、業界全体（もしくは企業間同士）でのリサイクルとして体制を再構築し、より効率的で実効的なリサイクルシステムの構築を図ることとしたい。

解体系廃材については、現状、ほとんど埋立処分されている。広域認定制度への移行により、解体系についても、リサイクルを進めていくことを検討している。

エコマーク制度は、日本環境協会のエコマーク使用料が年々高くなっているため、返上を検討している。グリーン調達の観点からは、エコ製品の確認が取れることが必要であることから、今後は、業界団体で認定制度を作っていきたい。

（3）リサイクルの実施例

断熱材のリサイクルの実施例はほとんどないが、以下にN社でのリサイクル例を示す。

N社は平成15年から、自社の溶融技術で、ロックウール再生原料に活用する解体系無機物の中間処理をはじめた。平成15年度は県内の大型屋内スキー場解体材を受け入れたこともあり、約500トンの中間処理、広域再生利用指定制度に基づく約300トン弱の処理で合計約800トンの処理を行った。平成16年度は、無機廃材の中間処理量が伸びると見込み、年間1000トンの処理量を目指すとしている。

図4.3.36にリサイクルのシステムの例を示す。広域再生利用指定制度に基づくロックウール廃材を中心に再生処理を行っていたが、平成15年6月に中間処理業許可を変更し受け入れ品目を充実させ、10月から積極的に受け入れをはじめた。主な、受入対象物はロックウール、グラスウール、耐火レンガなどで、破碎した無機物を炉で融解しロックウール原料として断熱性・遮音性に優れた天井やプラント用断熱材などを再商品化する。

今後、サンプルを使った試験を行い対応できる品目を増やしていき、リサイクル率を向上させていく予定となっている。

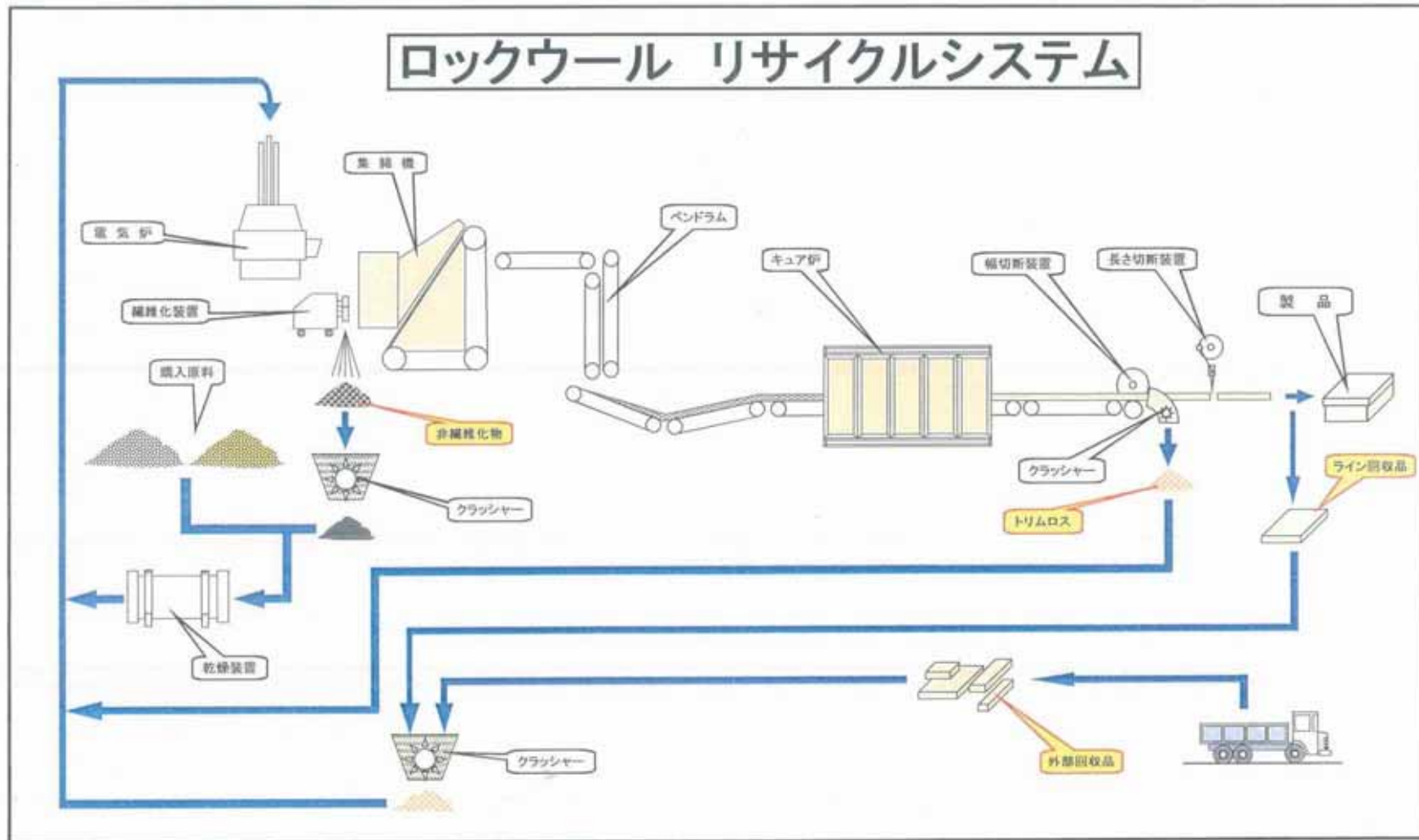


図 4.3.36 ロックウールのリサイクル例

4.3.10 素材別の現状調査（紙くず）

4.3.10.1 はじめに

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の中では、紙くずは一般廃棄物に該当する。但し、特定の事業活動に伴って発生する場合に関しては、産業廃棄物に該当することとしている。

ここでいう特定の事業活動とは、以下の5項目がある。

建設業（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものに限る）

新聞業

出版業

製本業及び印刷物加工業及びパルプ、紙、紙加工品製造業

PCB が塗布され、又は染み込んだもの

以上のようなことから産業廃棄物に該当する紙くずとは、工事に伴って発生するものだけとなり、具体的には梱包材やダンボールが該当する。現場事務所から廃棄される書類や図面等は、一般廃棄物に該当するため、注意が必要である。

4.3.10.2 再資源化技術の現状調査

ここでは、現在開発されている紙処理技術の代表的なものを挙げて、説明する。

基本的に排出事業場から排出された紙くずは、専用処理施設で付着物のないもの、濡れていないもの、及び油分が付着していないきれいな品物だけを選別し専用機に投入される。

専用機に投入後、異物除去装置、精選機、さらには洗浄機を使用してラミネート製品を除去する技術や、近赤外線を使用して、プラスチックと紙を分別する技術がある。

名称
Papersort Vario(古紙中の異物除去)
(CSC Groger GmbH) (EU-0033)

対象廃棄物
廃紙

再生・回収物質
カードボード、紙、邪魔物

技術分類
リサイクル: 選別

技術概要
Papersort vario(R) は古紙の中にある邪魔物を確実に選り分けるソータである。同期して動く2本のクランクシャフトが、ソートに必要な上下動を作る。上部のラックが紙素材の搬送を確実に連続的に行う。ラックの上に備えられた多種の層状鋼板が制御されて所望の紙の種類と品質を正確に決める。

CSC Groger GmbH
Daimlerstr.1-3 89312 Gunzbur Germany
<http://www.csg-groeger.de>

図 4.3.37 古紙中の異物除去

名称

ラミネート古紙処理システム
(三菱重工株式会社 紙・日)

対象廃棄物

一般廃棄物、古紙

再生・回収物質

ラミネート古紙を除去

技術分類

リサイクル: 選別

技術概要

システムは

- ・[供給コンベア]
- ・[連続式高濃度パルプ]
- ・[分別装置]
- ・[重量異物除去クリーナ]
- ・[簡易型濃縮機]
- ・[粗選丸穴スクリーンシステム]
- ・[精選スリットスクリーンシステム]
- ・[洗浄濃縮機] からなる。

特長

- ・システムの初期段階でほとんどの異物が系外排出されるため、システムの簡素化ができる。
- ・高濃度連続パルプの採用で異物が細分化されない為、後工程機器の除塵効率が上がり、高品質なパルプが得られる。

開発履歴

商用開始: 2002年

販売実績

本年度より販売開始する。

商用段階処理能力等

1. 従来技術に比べ、リジェクト廃棄物が少なく回収古紙が増加することにより実質的な処理コストが削減される。

コメント

従来より資源の有効利用、また廃棄物の削減の目的からラミネート製品からの古紙回収の試みがなされていたが、ラミネート部材の除去について適切なシステムがなくラミネート製品からの古紙回収が遅れていた。本システムによれば効率的にラミネート部材の除去が可能となり、効率よく古紙が回収できるものである。

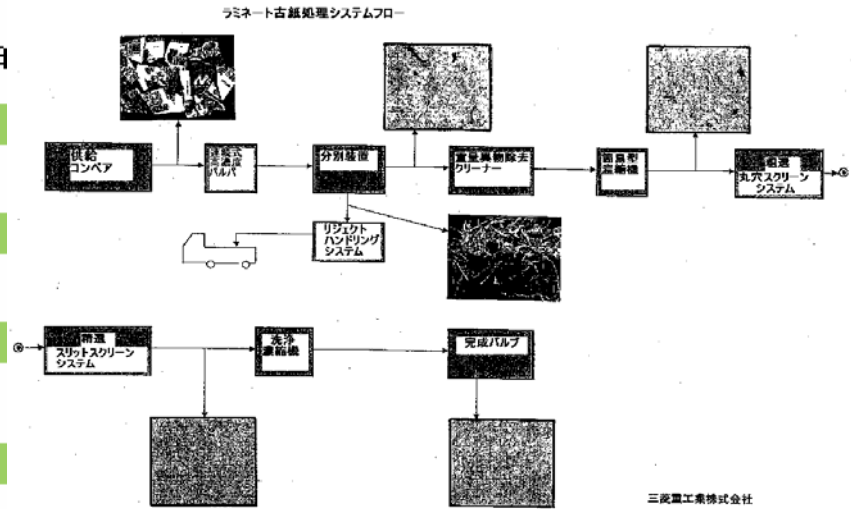


図 4.3.38 ラミネート製品を除去

名称

紙・プラスチック自動選別装置
(石川島播磨重工業株式会社) (JP-0018)

対象廃棄物

その他容器包装、PETボトル、廃プラスチック、紙製容器

再生・回収物質

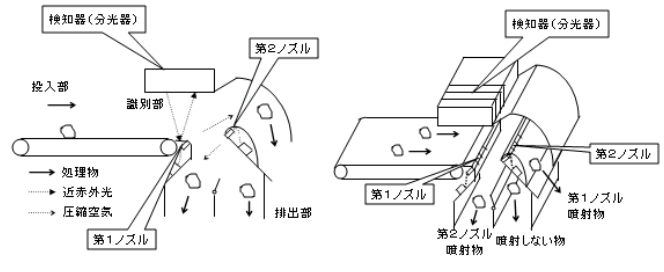
プラスチック、紙

技術分類

リサイクル:選別

技術概要

ベルトコンベヤによって搬送された選別対象物に近赤外線を照射し、その反射光をスペクトル解析することによって吸光度を算出する。材質特有の吸光度特性を判別することにより材質を特定する。以上によって材質識別した結果に応じ、予め設定しておいた材質を圧縮空気を噴射することによって所定の排出シュートに排出する。圧縮空気の排出ノズルは2箇所設置されており、圧縮空気を噴射しないものも含めて3種類に選別される。また、近赤外反射光の検知器はベルトコンベヤ幅方向に複数個設置されており、検知器と圧縮空気噴射ノズルが1対1で対応することにより、異なる材質が並列されて搬送されても別々の排出シュートに分別される。



特長

従来の近赤外分光方式による選別方式に比べ、並列搬送物に対して選別が可能になったことにより、処理量が3~10倍に増えた。ボトル形状以外のトレー、シート類についても選別可能となった。

開発履歴

研究開始:1999年、実証試験開始:2000年、商用開始:2002年

販売実績

2001年7月初号機受注。2002年2月納入。

商用段階処理能力等

最大処理量4t/h。処理量1t/h、塩化ビニル除去率95%以上純度80%以上、PET純度80%以上回収率80%以上で納入実績あり。必要ユーティリティは電力7.5kW、圧縮空気1Nm³/min(標準値)。

解決すべき課題

選別の適正サイズは口30~300mm、平均口150mmであるが、様々なサイズの処理物を適正サイズに効率よく切断、破碎する技術。

商用・実設備化の課題

市場の整備が必要

選別物の利用方法つまり選別することによるメリットが確立されていない。

図 4.3.39 紙とプラスチックの選別技術

4.3.10.3 再資源化用途と受入基準

紙くずに関する受入基準に関しては油分や汚れの付着していない物、防水処理やラミネート加工されていない物が対象となり、ダンボールに関しては製紙原料材として、梱包材等に混入されている紙は、非塩ビ系の廃プラスチック類と混合圧縮して、石炭の代替燃料である RPF して再資源化されている。

また上記の施設でリサイクルに廻らない物に関しては有害物質が付着していない限り、サーマルリサイクル施設で処理することができ、熱利用されている。

さらに技術開発中ではあるが、家畜の敷き藁の代替品、水分調整材、梱包のクッション材への再資源化が検討されている。

4.3.10.4 今後の課題

建設現場から排出される紙くずに関しては、有害物質が含まれていない限り、現時点では、ほぼリサイクルされるルートはできている。

但し、今後の課題について以下に示す。

現場事務所から排出される書類や図面等の紙くずは一般廃棄物、建設工事に伴って発生する紙くずは産業廃棄物という区分があるにも係らず、両方とも、同一物として搬出してしまおうとしているケースがある。法改正後、同一性状の廃棄物であれば、産業廃棄物処理施設においても許可取得後に一般廃棄物処理が可能となるが、排出事業者は排出する際、許可証等で処理できるか、確認することが必要である。

マテリアルリサイクルの受入条件に合致しないものに関しては、サーマルリサイクル施設で処理するのが現状であるが、サーマルリサイクル施設の方で炉の定期点検、緊急時の故障により、受入が一定期間、停止してしまうケースがある。その場合は単純焼却施設の方で処理することになる。サーマルリサイクル施設の不足も考えられるが、中間処理工場側では定期的な安定搬出をしていかなないと、工場の保管基準に違反してしまう。

近年、紙と他品目のものが複合組成している製品が増加しているため、今後さらなる異物除去設備、高精度選別技術による品質精度の向上が求められてくる。

4. 4 再資源化技術の用途開発の調査

前項の材料別現状調査で見てきたように、建材の再資源化技術は種々の試みがなされているが、殆どのものが試行段階にあり、市場は未だ形成されていない状況にある。そして、リサイクル製品は、新材と比較して情報不足、品質保証の未整備、原材料（建設副産物）の安定供給の困難さ、価格が高いなどの阻害要因を持っている。

このように、市場形成が未熟な状況において種々の不利な阻害要因を克服しながら製造したリサイクル製品が、新材と比較して支障なく使われるためには、用途の開発において下記の2つのケースについて検討や工夫が必要であると考えられる。

①高付加価値が期待できる素材の用途

新材よりリサイクル製品の方が付加価値の高い用途であれば、問題なくリサイクル製品を使用することが考えられる。

例えば、集成材は新材(天然材)では採取できない大きな断面の製品をつくることのできるというようなケースである。

従って、リサイクル製品の市場が形成されていない場合には、新材では製造が不可能であるか、或いは新材では製造するのに非常にコストがかかる性能を有する用途について開発をすることがリサイクル製品の利用促進には有効といえる。

②用途限定により普及が期待できる素材の用途

新材によって得られる性能までは要求されない用途、或いは用途限定することによって普及が期待できる素材の用途であれば、リサイクル製品の品質保証の困難さやコスト高の阻害要因を回避することが可能である。

例えば、造作用の芯材（表面は仕上用新材で覆われる）に使われる木質系材料は、構造材のように強度に対する基準を必要としないので、形状、質感や強度において新材で得られる性能までは要求されない用途として使用可能である。

このように、再資源化による素材の純度及び品質の低下を、用途を限定したり低品質の用途に当てはることによって、カスケード的な再資源化の循環を構築する考えである。

本項では、建材の再資源化促進の観点から、上記2つのケースについて、リサイクル製品の用途開発を検討する。

4.4.1 高付加価値が期待できる素材の用途

リサイクル製品の中から、再資源化によって付加価値を増す可能性がある素材を選択し、その用途開発の可能性について検討する。リサイクル性については現状では価値が不明快であるが、今後資源循環における環境配慮として価値付けられるという考えから、完全リサイクルと汎用リサイクルとして取り上げた。

表 4.4.1 は、前項の素材別再資源化の現状調査より、高付加価値が期待できる素材を抽出したものである。

表 4.4.1 高付加価値が期待できる素材の概要

区分	内容	高付加価値が期待できる素材の概要			
		リサイクル製品	技術開発	付加価値	用途
木質系材料	木材	台形集成材	異物除去	形状の自由性	・大断面構造材
		ウッドプラスチック	異物除去 混練 成型	耐久耐候性・防 腐防蟻性・加工 性・素材感・汎 用リサイクル 性	・型枠 ・断熱サッシ ・造作材 ・外構材料
		木材液化	液化装置・条件 液化配合	汎用リサイク ル性	・接着剤 ・成型体発泡体
		精油	抽出原料・装置 条件	爽快感・抗菌 抗ダニ・消臭	・香料原料 ・建材 ・日用品
		活性炭	焼成温度 組成分析	空気清浄 吸湿性	・日用品 ・調湿空気浄化
		リグノフェノール	相分離システ ム・分離・利用 技術	汎用リサイク ル性	・各種原料
	木質ボード	MDF	異物除去・解繊	完全リサイク ル性	・MDF
	断熱材	解繊技術 成型技術	断熱性	・建材	
窯業系外装材	窯業系サイディング板	床下調湿防蟻材	性能評価	防蟻の耐久性 向	・住宅の床下防 蟻
畳	畳	再生稲わら	異物除去 無害化	汎用リサイク ル性	・飼料 ・肥料 ・敷藁 ・畳床原料
コンクリート	コンクリート	高度処理再生骨材	モルタル除去	完全リサイク ル性	・生コンクリ ート
プラスチック類	軟質プラスチック類 (タイルカーペット)	塩ビ原料粉末	異物除去 破砕 粉砕	汎用リサイク ル性	・床材

プラスチック類	硬質プラスチック類 (塩ビ管)	発泡三層管	混合混練発泡	断熱性能 軽量化	・給排水設備配管
石膏ボード	石膏ボード	石膏粉末	剥離粉砕	完全リサイクル性	・石膏ボード
ガラス	ガラス	酸化珪酸ガラス	着色ガラスからシリカ再生	透明性	・高付加価値ガラス
		軽量骨材	焼成	軽量性	・コンクリート用骨材
		板ガラスカレット	異物除去	完全リサイクル性	・板ガラス
グラスウール	グラスウール断熱材	グラスウール断熱材	溶解窯	完全リサイクル性	・グラスウール断熱材
	ロックウール断熱材	ロックウール断熱材	熔融炉	完全リサイクル性	・ロックウール断熱材

4.4.2 用途限定により普及が期待できる素材の用途

リサイクル製品の中から、用途限定を限定することによって再資源化の普及が期待できる素材を選択し、その用途の可能性について検討する。

表 4.4.2 は、前項の素材別再資源化の現状調査より、用途限定により普及が期待できる素材を抽出し、概要を示したものである。

表 4.4.2 用途限定により普及が期待できる素材の概要

区分	内容	用途限定により普及が期待できる素材の概要			
		再生素材	技術開発	低品質で良いスペック	限定される用途
木質系材料	木材	伐採樹木幹枝	粉碎原料・装置条件	形状	・農業用資材
	木質系材料	芯材用パネル	原料作製成型条件	強度	・造作用芯材
		下地材用パネル	原料作製成型条件	原料形状	・建築下地材
窯業系外装材	窯業系サイディング板	セメント原料	原料系としての確認	ケイ素含有	・セメント原料
畳	サンドイッチ畳	ポリスチレンフォーム稲わらサンドイッチ畳の端材	電熱溶融混練固形燃料化	形状 発熱量	・工場内暖房の燃料(ダルマストーブ)
		建材三型畳の端材	電熱溶融混練固形燃料化	形状 発熱量	・工場内暖房の燃料

コンクリート	コンクリート	骨材置換法による再生細・粗骨材	性能評価指標	J I S 規格品外 (大臣認定品)	・構造用コンクリート
		再生粗骨材 再生細骨材		含水率	・ラップルコンクリート
	P C 製品	骨材置換法による再生細・粗骨材	性能評価指標	J I S 規格品外	・U字溝、コンクリート枘、路盤材
		再生細骨材		J I S 規格品外	・コンクリート枘
A L C	A L C 板	骨材置換法による再生軽量骨材	性能評価指標	J I S 規格品外 (大臣認定品)	・構造用軽量コンクリート
		A L C 顆粒体	破砕・粉砕 粒度調整		・コンクリートブロック用保水材
		A L C 粉体	破砕・粉砕 高度磁力選別 粒度調整		・人口土壌
プラスチック類	プラスチック類 (軟質)	プラスチックペレット	異物除去		・リサイクルバンド
		プラスチックペレット (熔融固化物)	異物除去 成型条件		・外構材 ・日用品
	プラスチック類 (硬質)	100%再生塩ビ管 (R E P 管)	混合 混練	強度	・再生塩ビ管の用途を制限
	発泡プラスチック	コンクリート用骨材	熔融固化 破砕	強度	・軽量コンクリート
石膏ボード	石膏ボード	石こう粉体	紙分除去	純度・物性	・土壌改良材
ガラス	ガラス	ガラスカレット	破砕・粉砕	純度・物性	・下層路盤材 ・埋戻し材
		土木副資材	破砕技術	粉砕された状態	・びんガラス ・路盤材 ・ブロック
		インテリア	もみすり技術	丸み	・内装材 ・インテリア製品

4. 5 再資源化技術の先進的な施設の動向

4.5.1 先進的技術開発を行っているリサイクル施設の情報収集

素材別に、先進的技術開発によるリサイクル施設、あるいは詳細調査した一部建材のリサイクル施設について情報を収集、整理する。

表 4.5.1 は、先進的な技術開発の事例を抽出し、素材別にその概要をまとめたものである。

表 4.5.1 先進的技術開発

対象材料		リサイクル製造所の名称	取扱品目		先進性		
区分	内容		取扱品目→リサイクル用途	受け入れ基準	先進技術	用途開発	
木質系材料	木材	市川燃料チップ株式会社	木材→燃料用チップ	薄ベニア・色物不可 異物除去 (紙・ウレタン・区ロス・金属・ステンレス・アルミ)	高精度金属除去：対極式磁力選別機・渦電流金属選別機	燃料 MDF原料	
		アイン・トップ株式会社	工場廃材(解体木材)→スーパーウッド	有害物質・塗料・接着剤含まず	水分除去 配合混合溶融 成型加工	デッキ材・橋・ベンチ・テーブル・パーゴラ・壁材・手摺等	
		鶴見曹達	伐採樹木幹・枝→細粉化	樹種	連続生産 簡易爆砕置	農業用資材	
		高俊興業株式会社	チップ材、生木等	複合材等	高精度選別	建築資材 セメント燃料	
	木質系材料	東京ボード	解体材→パーティクルボード	異物除去	高剛性ボード製造技術	床下地材	
		日本ノボパン	解体材→パーティクルボード	異物除去	高剛性ボード製造技術	構造用材	
		アキモクボード	木材樹皮→インシュレーションボード	異物除去	原料配合 軽量ボード製造技術	断熱材	
	窯業系外装材	窯業系サイディング板	メーカークローズドリサイクル	窯業系外装材→窯業系外装材	異物除去	高度な異物除去、アスベスト含有品除去	各種外装材

畳	畳	エコたたみ協会	稲わら →再生稲わら	S46年4月以降の畳	粉塵除去	畳床(エコマーク畳)
		大洋土づくりセンター エコテック ワイコンポ 西日本ファーム	畳 →堆肥	水濡れ腐食の無いこと	畳破砕機 強力な粉塵除去	園芸用肥料
		秩父太平洋セメント株式会社	畳 →セメント原料、燃料	秩父太平洋セメント株式会社	畳→セメント原料、燃料	秩父太平洋セメント株式会社
コンクリート	コンクリート	株式会社協和・株式会社京星	コンクリート塊 →生こん再生骨材		含水率3%以下	鉄筋・無筋コンクリート 捨コンクリート
プラスチック類	プラスチック類(軟質)	広島リサイクルセンター	プラスチック一般廃棄物 →ペレット		プラスチック高度選別ライン	
		リファインバース	塩ビ系床材 →タイルカーペット	汚れ 異物除去	異物除去 冷却・切削・粉砕	タイルカーペット・バックキング層
	プラスチック類(硬質)	株式会社クボタ小田原工場	塩ビ管 →リサイクル三層管	高度な異物除去 プラスチック物性	異物除去 混練 発泡装置 成型	リサイクル三層管 リサイクル発泡三層管
	発泡プラスチック断熱材	日邦産業株式会社	E P S 一般廃棄物 →油化	E P S トレーのみ 高度な異物除去	黒田式油化装置	A重油
		日新工業株式会社	X P S →プラスチックインゴット	P S 物性 高度な異物除去	ブレンド・混練 押出成型	発泡プラスチック断熱材
カーペット	リファインバース	タイルカーペット→	付着物除去	表面剥取装置	塩ビ原料粉末	
石膏ボード	石膏ボード	株式会社ギプロ	石膏→石膏ボード原料紙 →RDF	付着物除去	紙、石膏の分離	石膏ボード原料・土壌改良剤・汚泥固化剤・肥料
ガラス	ガラス	井尾ガラス株式会社	板ガラス →ガラス原料 網入ガラス →ガラスウール原料	異物除去	大きさ別選別装置	ガラス再生原料

断熱材	グラスウール	日東紡績株式会社	グラスウール →ロックウール原料	指定無機物 以外の異物 除去	溶解	ロックウール再生原料
	ロックウール	日東紡績株式会社	ロックウール →ロックウール原料	指定無機物 以外の異物 除去	溶解	ロックウール再生原料
紙	紙	株式会社エコ・マイニング	紙→R P F原料	混合		燃料
混合廃棄物	混合廃棄物	高俊興業株式会社	混合廃棄物 →建設資材、 製品原料、再生 砕石・砂、土壌 改良剤、セメント 燃料・原料、金 属製品原料、P R F 原料、燃料チップ、 高炉還元剤、堆肥		高リサイクル率（高精度 再資源化システムによる 混合廃棄物の選別技術）	ダスト等の細粒砂をセメントと混ぜ合わせて加水処理し、建設資材等に活用

4.5.2 リサイクル技術現地調査

建設系廃材のリサイクル関連施設の実態調査を目的とし、リサイクル調査対象に木材、プラスチック、畳を選出、先進的なリサイクルを実施している工場の設備、稼働状況、技術情報等の調査を行った。

木材での調査は市川燃料チップ株式会社にて実施、プラスチックでの調査は日新工業株式会社及び株式会社カネカにて実施、畳での調査は有限会社大洋土づくりセンター、混合廃棄物での調査は高俊興業株式会社東京臨海エコ・プラントで各々実施した。

4.5.2.1 市川燃料チップ株式会社 市川工場（千葉県市川市高谷 1301-1）

●調査日時 2004年9月28日

●調査者

日本繊維板工業会	専務理事	姫野 富幸
有限会社鎌田建築研究所	代表取締役	鎌田 隆英
太平洋セメント株式会社	技術部担当課長	福部 聡
社団法人日本建材産業協会	業務第一部 部長	北村 繁

●相手先

市川燃料チップ株式会社 代表取締役会長	彦坂 武功
(全国木材資源リサイクル協会 会長)	
市川燃料チップ株式会社 工場長	本村 公享
株式会社チップ興業 木材資源リサイクル事業部副部長	松井 潔

●事業概要

- ・産業廃棄物処理業（木材の破砕）許可、廃棄物再生事業者登録
- ・年間売上高：3億6,250万円（平成15年度）
- ・納入先：①吉野石膏株式会社（昭和59年より燃料用（ボイラー）チップを納入
市川燃料チップでの生産量の約80%を占める）
②東海パルプ株式会社（製紙用チップ）
- ・本社：東京都江戸川区平井
- 市川工場：千葉県市川市高谷（今回見学先）
- 市原ストックヤード：千葉県市原市八幡海岸通り

●市川工場概要

- ・敷地面積：5,200 m²
- ・出荷高：42,000 トン（平成15年）
- ・廃材受入：37,000 トン（平成15年）
- ・設備要覧：

破砕機	30 トン/時（設備申請値 50 トン/時）、380 k w ・ ・ ・ 1 台
	2000 年導入装置
振動篩	製品 65 ミリアンダー

ダスト6ミリアンダー（かつては堆肥としての用途があったが、現在は廃棄物扱いとされている）

磁選機 ①吊り下げ式 ②マグネットプーリ ③対極式 各1台

振動ふるい機に設置した対極式磁選機で、ほぼ100%金属検出可能

金属検出器 ND-800 1台

重機 油圧コンボイ、ホイールローダーなど

トラックスケール 30トン 3m—8m 1台

チップ輸送車 3台

●市原ストックヤード

- ・敷地面積 : 5,000 m²
- ・最大貯蔵量 : 9,600 m³

●生産状況

木材破砕設備フロー

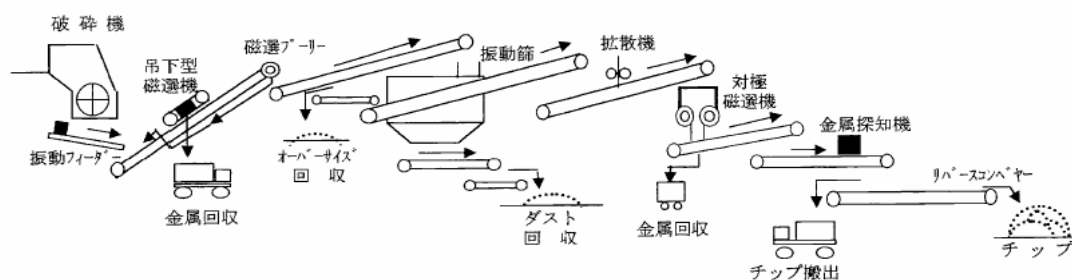


図 4.5.1 材破砕設備のフロー図

①廃木受入状況

- ・70%：解体材（内10%は柱材）
柱材はパルプ用として単独で破砕している。
払い出しチップ価格は燃料用チップの約3倍。
- ・30%：パレット、型枠、一廃
これらの原料は異物混入が激しく、解体材と同時破砕はしていない。

②廃木受入基準

- ・受入時選別（前選別）で、使用可材料、不可材料を分別している。
- ・薄物合板は不可（破砕ハンマー工程ハンマー機能に障害を及ぼすため）
- ・色物は不可（チップ排煙から有害物が検出されるため）
- ・紙は除去してから受入（工場内が紙くずで白くなり、近隣から苦情発生のため）
- ・ウレタン、クロス、大きな金属類は不可（ただしボルトナット程度は受入可能）

③破砕工程

- ・約10%の湿潤状態とした後、破砕工程を実施している。

- ・6ミリアンダーのダストは5～6%発生する。
- ・生産量は約24トン/日（ダスト含む）

④その他

- ・繊維板への用途を現在模索中

●生産工程

工場内の稼働状況を写真4.5.1から写真4.5.6に示す。



写真 4.5.1 廃木材(受け入れ状態)



写真 4.5.2 柱材からの異物除去
(アルミニウム、ステンレス、プラスチック等の除去。釘、ボルト等は磁選機対応のため除去せず)



写真 4.5.3 破砕機本体



写真 4.5.4 破砕後のコンベア搬送
(写真上部は吊下げ型磁選機)



写真 4.5.5 振動ふるい機



写真 4.5.6 破碎後のチップ

(写真上部は対極式磁選機)

4.5.2.2 日新工業株式会社 千葉工場（千葉県八日市場市みどり平6-1）

●調査日時 2005年1月27日

●調査者

有限会社鎌田建築研究所	代表取締役	鎌田 隆英
全日本 JIS 畳床工業協同組合	代表理事	大里 清裕
住友林業株式会社筑波研究所	主任研究員	福田 克伸

●相手先

日新工業株式会社株式会社	化成品部部长	藤田 満
日新工業株式会社株式会社	千葉工場長代理	山崎 克美
日新工業株式会社株式会社	化成品部第二営業部部长代理	橋本 尊典

●生産品目

- ・廃プラスチック処理量 1,000 トン/月（最大）、700 トン/月（平均）
- ・今回対象とした廃ポリスチレン処理量 350 トン/月（平均）
 - 内、畳芯材の廃ポリスチレン処理量 3~4 トン/月（平均）
- ・ポリスチレンペレットとして出荷し、発泡ポリスチレン製品の原料となり、床、壁、天井等の建築用途で使用される。
- ・約20年前からリサイクル工場として稼働、約1年前から畳芯材の廃ポリスチレンのリサイクルを開始した。

●生産状況

- ・原料投入から製品出荷までの流れ

原料→選別→前処理→粉碎→ブレンド→混練→押出成型→ペレット→梱包→出荷
（目視）（切断）

- ・原料

ポリスチレンインゴット（漁箱等）90%
ポリスチレンインゴット（畳等）10%、両原料をブレンドして使用

原料は他施設で選別（着色物、汚れ、油、ラベル、金属等を除く）後、減容固化インゴットにて搬入する。

・ブレンド

出荷先（例：株式会社カネカ）の要求基準を満たすため、廃棄物混合比率を変える。

・評価物性

メルトインデックス、衝撃強度、融点等

●課題

- ・ 畳芯材の廃ポリスチレン量が増加した場合、上手く対応できるか否か不明である。
- ・ インゴットへの異物混入（変色しているインゴットは除去）に留意する。

●生産工程

工場内の稼働状況、生産品を写真 4.5.7 から写真 4.5.11 に示す。



写真 4.5.7 原料(ポリスチレンインゴット)



写真 4.5.8 粉砕機



写真 4.5.9 押出成型機



写真 4.5.10 押出成型品



写真 4.5.11 ポリスチレン外観
左：粉砕後 右：ペレット

4.5.2.3 株式会社カネカ 鹿島工場（茨城県鹿島郡神栖町東深芝 15）

●調査日時 2005年1月27日

●調査者

有限会社鎌田建築研究所	代表取締役	鎌田 隆英
全日本 JIS 豊床工業協同組合	代表理事	大里 清祐
住友林業株式会社筑波研究所	主任研究員	福田 克伸

●相手先

株式会社カネカ	カネライトフォーム課長	萩原 理
株式会社カネカ	カネライトフォーム課係長	仲本 勇規
株式会社カネカ	建材事業部カネライトフォーム技術開発グループリーダー	松村 良夫
株式会社カネカ	建材事業部建築資材東日本グループ販売第三チーム	隈部 真吾

●生産品目

- ・塩化ビニル、発泡ポリスチレン、発泡ポリオレフィン、押出發泡スチレンボード他
- ・押出發泡スチレンボード（カネライトフォーム）生産量 12,000 トン／年
- ・押出發泡スチレンボードは、床、壁、天井等の建築用途（断熱材）で使用される。

●生産状況

- ・原料投入から製品出荷までの流れ

原料→ブレンド→混練→噴出→成型→切断→梱包→出荷

- ・原料

ポリスチレン新原料 70%～80%

ポリスチレン再生品 20%～30%

副原料（着色剤、難燃剤等） 、原料をブレンドして使用

- ・ポリスチレン再生品入手先

- ①建築関連プレカット工場からの搬入品（ボード状：約10%は不適合にて除外）
- ②日新工業からの搬入品（ペレット）
- ③カネカ工場内からの排出品（線状）

工場内でのポリスチレン再生品（線状、ペレット状）を写真 4.5.12 に示す。



左：外部からの搬入品

右：工場内排出品

写真 4.5.12 ポリスチレン再生品外観

ブレンド

ブレンド比率、異物混入は発泡形成に影響大であるため、留意する。

・再生品利用の利点

製造コスト面でのメリットあり。

●課題

- ・供試原料（再生品）の信頼性向上
- ・メルトインデックス、異物、汚れ等納入基準の設定、遵守要求
- ・発泡ポリスチレンボードの品質安定

4.5.2.4 有限会社 大洋土づくりセンター（茨城県鹿島郡大洋村梶山 2016-1）

●調査日時 2005年1月27日

●調査者

有限会社鎌田建築研究所	代表取締役	鎌田 隆英
全日本 JIS 畳床工業協同組合	代表理事	大里 清裕
住友林業株式会社筑波研究所	主任研究員	福田 克伸

●相手先

有限会社大洋土づくりセンター	経営執行取締役	勝間 崇雄
----------------	---------	-------

●生産品目

- ・畳破砕品と牛糞による有機発酵堆肥

●生産状況

- ・畳原料投入から堆肥生成までの流れ

畳構成分別→破砕機投入→破砕終了→牛糞と混合→発酵堆積→堆肥生成→出荷

- ・原料

畳（昭和40年前後に製造された畳の回収品を使用）

稲わら畳：畳表、縁等を分別せず、全て破砕機に投入し磨り潰す。

建材畳：畳側面を切断して、畳構成材料を分別する。

発泡ポリスチレン→処理不可のため、材料メーカーに返却

インシュレーションボード→焼却処理

濡れている畳は受け入れ不可だが、他の制限は無し

畳は、改修工事業者（畳店）、解体工事業者他から回収して供試している。

牛糞は、近隣の大洋村農家から回収して供試している。

- ・破砕機

従来から畳の破砕が課題であったが、破砕機を開発して対応

- ・畳処理能力

400枚/日、10,000枚/月（平均）

- ・牛糞との混合

畳破砕品：牛糞＝1：1で混合、独自の酵素を添加、水分調整を行い、発酵させる。

- ・発酵堆積

発酵は隣接の堆肥舎で、約8日間の発酵処理を行う。

- ・堆肥利用

生成した堆肥は、近隣農家に引き取られて利用されている。

- ・堆肥特徴

無臭気、無害虫

- ・残留農薬検査

畳：破碎後の状態での検査を公的機関で実施している。

堆肥：製品検査を茨城県公害防止関連機関で実施（3回/年）している。

- 課題：特になし

- 生産工程

工場内の稼働状況、製品を写真4.5.13から写真4.5.18に示す。



写真 4.5.13 工場外観



写真 4.5.14 工場に搬入された畳



写真 4.5.15 畳から分別した発泡ポリスチレン



写真 4.5.16 破碎機



写真 4.5.17 破碎後の原料(畳)



写真 4.5.18 堆肥製品

4.5.2.5 高俊興業株式会社 東京臨海エコ・プラント

●調査日時 2005年2月14日

●調査者

川崎重工業株式会社	環境装置事業部部長	山室 秀司
	環境ビジネスセンター課長	下山 正夫
日本繊維板工業会	業務部長	山崎 和彦
太平洋セメント株式会社	技術部担当課長	福部 聡
日本窯業外装協会	技術担当主幹	熊崎 進
電源開発株式会社	技術開発センター課長	上山 邦彦
	技術開発センター課長代理	井下 一郎
株式会社タジマ	開発部技術グループリーダー	簾内 英樹
社団法人日本建材産業協会	業務第一部 部長	北村 繁
有限会社鎌田建築研究所	代表取締役	鎌田 隆英

●相手先

高俊興業株式会社	常務取締役	高橋 潤
----------	-------	------

●事業概要

- ・本施設は、環境省エコタウン事業の一つで、都市再生事業の一環として東京から発生する廃棄物の都内処理を目標にした東京都のスーパーエコタウン事業の公募に採用となった施設である。
- ・建設経緯：平成14年7月 公募に採用決定
平成15年7月 着工
平成16年10月 竣工
平成16年12月 業許可取得して操業開始
- ・産業廃棄物中間処理業許可：破砕（廃プラスチック類、木くず、紙くず、繊維くず、がれき類、ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず、金属くず、鉋さい）
圧縮梱包（廃プラスチック類、木くず、紙くず、繊維くず）
- ・主たる再資源化物納入先：①廃プラスチック類：JFE、トクヤマセメント、関商店
②廃石膏ボード：チヨダウーテ、萬世リサイクル
③蛍光灯：野村興産
④発泡スチロール：パナ・ケミカル
⑤廃タイヤ：太平洋セメント
⑥廃たたみ：太平洋セメント（セメント燃料）
大洋土づくりセンター（堆肥化）
⑦可燃物：ジャパンリサイクル等
⑧木くず：市川燃料チップ（原料）

太平洋セメント(燃料)

日美産業(堆肥化)

⑨紙くず・廃プラ : エコマイニング (RPF)

⑩金属くず・ダンボールくず : 専門回収業者

- ・本社 : 東京都中野区新井 1-11-2
- 東京臨海エコ・プラント : 東京都大田区城南島 3-2-15 (今回見学先)
- 市川エコ・プラント : 千葉県市川市本行徳 1325-62

●東京臨海エコ・プラント概要

- ・敷地面積 : 8,997.81 m²
- ・延床面積 : 7,330.38 m²
- ・取扱品目 : 産業廃棄物 (がれき類、繊維くず、紙くず、金属くず、木くず、廃プラスチック類、ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず、鉱さい)
一般廃棄物 (一般廃棄物については現在、許可申請中であるが、上記産業廃棄物と同質・同性状のもので処理できるもの)
- ・処理能力 : 835,200 トン/年 (2,784 トン/日、6,564 m³/日、年間 300 日稼動)
4tトラックで 700 台/日分になる
300 台/日を目標に現在活動中
混合廃棄物破碎施設 (1,470 トン/24 時間)
廃プラスチック類破碎施設 (216 トン/24 時間)
木くず破碎施設 (240 トン/24 時間)
圧縮梱包施設等 (858 トン/24 時間)
- ・設備要覧 :
 - 機械選別機 振動風力選別機、トロンメルスクリーン、ジャンピングスクリーン、不燃物精選機、比重差選別機、磁選機、アルミ選別機
 - 圧縮梱包機 可燃物コンパクター、非塩ビ系廃プラコンパクター、塩ビ系廃プラコンパクター、廃プラ・紙くず・繊維くずコンパクター
 - 石膏ボード処理 石膏ボード処理施設・石膏粉製品タンク
 - 混練機
 - 中央操作室
 - 防塵設備 バグフィルター、集塵吸引装置、エアシャワー、10m 防風壁
 - 給油所・洗車場
 - トラックスケール

●ストックヤード

- ・最大保管量 : 4,655.90 m³

●高精度選別再資源化フロー

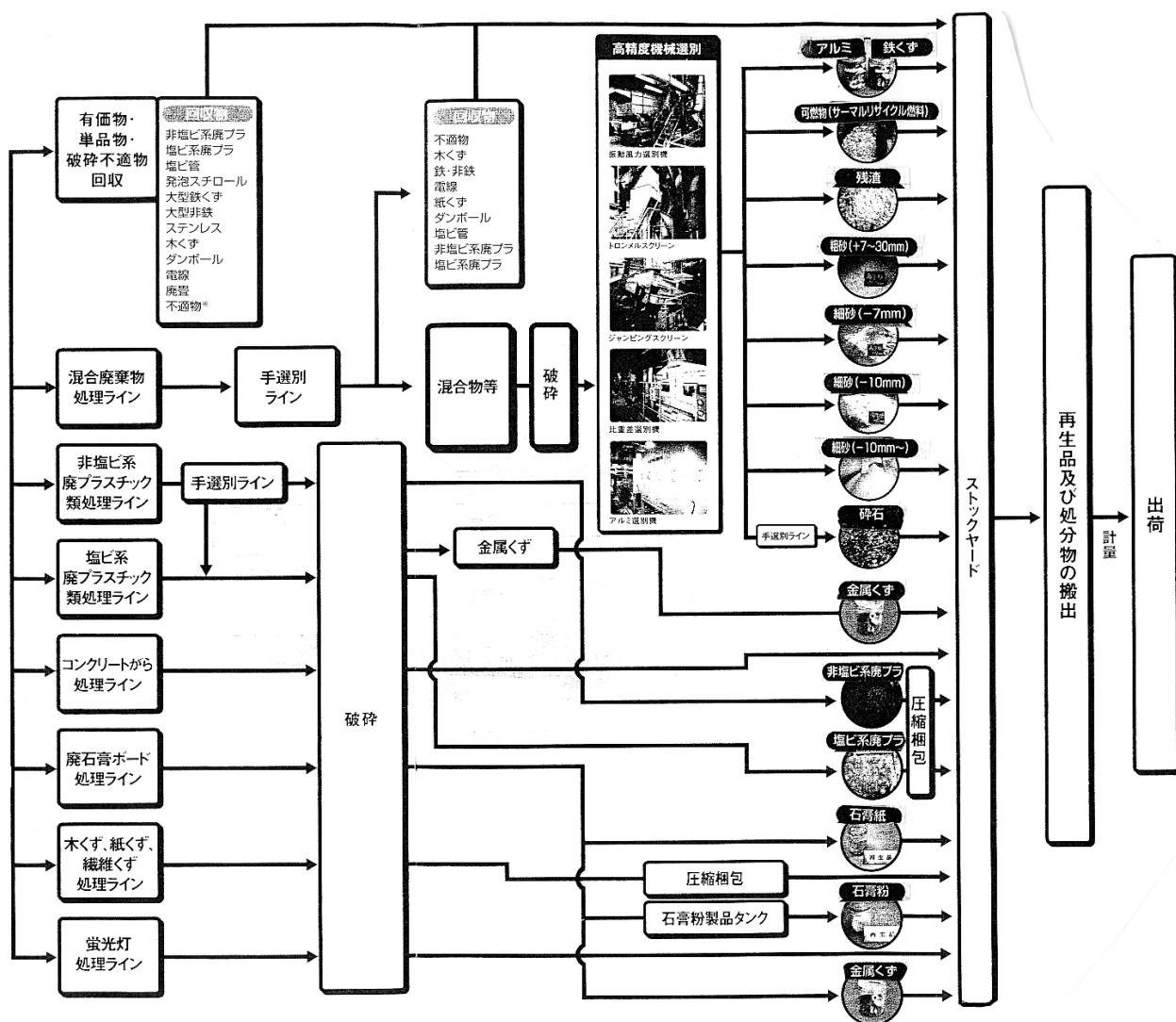


図 4.5.2 混合廃棄物の処理フロー図

①混合廃棄物受入状況

- ・ 95%：建設会社からの建設系廃棄物
- ・ 4%：住宅メーカーからの建設系廃棄物
- ・ 1%：事業系産業廃棄物

②混合廃棄物受入基準

- ・ 許可を取っている 9 品目
- ・ 殆どの処理困難物を受け入れる
- ・ 廃酸、廃アルカリ、汚泥は外す

③前処理工程

- ・ 大きいもの、有害物質、危険物など、機械に問題を起こすものは展開検査で手作業で分離する

④その他

- ・塩ビ系廃プラ、及び造粒砂のリサイクル用途を現在模索中

●特徴及び問題点

①特徴

- ・高精度選別システムにより混合廃棄物を重量比で 90%以上再資源化し最終処分量を限りなく減らす
- ・4 t 車で 700 台分もの廃棄物を処理できる
- ・土砂分を機械選別で徹底的に排除して単品のリサイクル材の純度を保つ

②問題点

- ・都内に再資源化施設が少ないため一時処理したものを都外に持ち出しているのが都内処理といえるか疑問(現在、東京都に相談中)
- ・機械処理(特に選別機と混練機)のため電気代がかかる(省エネの問題)
- ・隣接するキャンプ場への騒音(基準値は守っているが)

③有害物質

- ・CCAは、基準も不明快であるしここでは対処していない
- ・昼の農薬についてもここでは対処していない
- ・石膏ボードは砒素・アスベスト入りを分離している

●生産工程

工場内の状況を写真 4.5.19 から写真 4.5.25 に示す。



写真 4.5.19 工場見学風景



写真 4.5.20 受入展開ヤード
(ここで粗選別をし、危険物、有害物質等を除く)



写真 4.5.21 手選別室



写真 4.5.22 機械選別室

写真 4.5.23

石膏粉と石膏紙を保管するサイロ



写真 4.5.24

各種リサイクル原料を保管するヤード
(10m の壁に囲まれている)



写真 4.5.25

プラント全体を管理する中央操作室



4. 6 まとめ

4.6.1 H16 年度再資源化技術調査研究のまとめ

H16 年度再資源化技術調査研究の目的は、膨大な種類の建築材料から主要な材料を選択し、それについて幅広い角度から再資源化の現状を把握することであった。

まず、対象となる建材を、木質系材料（木材、木質ボード）、窯業系外装材（窯業系サイディング板）、畳、コンクリート（コンクリート、コンクリート2次製品）、ALC、プラスチック類（軟質・硬質・発泡・カーペット）、石膏ボード、ガラス、断熱材（ロックウール断熱材、グラスウール断熱材）、紙の10種類の材料に絞りこみ、これについて素材別に再資源化の現状を調査した。この中で、木質系材料、窯業系外装材、畳の3種類の材料については、更に詳細な調査を行った。

次に、再資源化技術の用途開発の調査では、比較的市場形成が容易な方法として、「高付加価値が期待できる素材の用途」と、「用途限定により普及が期待できる素材の用途」の2つのリサイクル品の用途開発について事例を調査した。それから、再資源化技術の先進的な施設の動向を調査するために、先進的リサイクル施設の情報を収集し、その中から5施設について見学会を開きリサイクル技術の現状調査を行った。

これらの調査を通じて得たリサイクルの動向及び課題についてまとめると、次のようになる。

- ①各材料とも、様々な再資源化の取り組みを試みているが、進捗の状況は材料によって大きく異なる。
- ②再資源化の技術開発の中で最も大きな課題が、金属のみならず種々の異物を除去する技術で、単品に選別したときの再生素材の純度を高め、粒度を揃える高精度の選別技術の開発である。その他には、破砕、粉碎、磨砕、洗浄、乾燥、集塵などの技術開発がある。
- ③再資源化の技術と技術の間、或いは再利用の用途との間にあって相互の受け渡しに必要な、受け入れ基準や製品スペックの基準が、統一されたものとして定まっていないことが、リサイクルを促進できない原因になっている。
- ④再資源化の技術開発及び用途開発は非常に活発に行われているが、リサイクル製品の市場開発については未だ殆ど着手されていないのが現状で、これから再資源化を促進するための中心的な課題となる。
- ⑤リサイクル品の使用及び販売を阻害している大きな要因が、品質保証の問題である。その他には、原料の安定供給への不安、情報不足、コスト高などの阻害要因がある。
- ⑥多くのリサイクルシステムが抱える困難な問題に、建設副産物に含まれる有害物質がある。有害物質の特定と規制内容を明確にすることが重要であるが、それに対して有害物質を識別する技術と、無害化及び除去技術の開発が望まれる。

建材の再資源化への取り組みは、動脈側の材料生産の製造者にとっても、静脈側の解体・処理関係者にとっても、避けることのできない問題として、また大きなビジネスチャンスとして、現状では様々な角度からの試みがなされている。

しかし、再資源化された製品については、殆どの場合市場が形成されておらず、事業として成立しているものも少ないことが分かった。特に、木材及びプラスチック類については、非常に幅広い範囲で再資源化の技術が開発されているが、その中でリサイクル製品として販売されているものは極く僅かと言える。また、再資源化が進むに従って有害物質の内容も明確になり、無害化及び除去の問題が取り上げられるようになっていく。

4.6.2 今後の再資源化技術開発の可能性

H16年度再資源化調査研究を受けて、今後の再資源化技術開発の可能性について検討する。

様々な再資源化の技術開発が進められている中で、個々の再資源化技術並びに用途開発に焦点を絞るのでなく、今後は建材の再資源化を原料供給から市場に至る資源循環のシステムとして捉え、そのシステムを円滑に動かす一つの機能として技術や用途を開発していくことが重要であると考える。

その中で特に重視すべきものは、各技術と各技術の間を橋渡ししていく受入基準について詳細なスペックを設定していくことと、再資源化過程において排除すべき有害物質を識別する技術と、それを無害化し排除する技術である。

再資源化技術の促進は、解体段階における分別、再資源化の前処理技術、再資源化技術、用途開発及びリサイクル市場形成などの各技術間の受入基準を整備し、設定し、調整することが不可欠である。

またリサイクル製品を利用促進するには、再資源化の最終段階である用途開発及びリサイクル市場から得た製品へのニーズを基にして、各技術間の受入基準を調整し、それに沿った効率の良い再資源化技術を組み立てる必要がある。

この解体からリサイクル市場に至る資源循環のリサイクルシステムは、廃棄物の発生抑制によって生み出されるメリットと、市場では新材と競争しなければならないというデメリットを差し引きして成立するような狭き条件を見出さなければならない。

このような観点から、本調査では「高付加価値が期待できる素材の用途」と、「用途限定により普及が期待できる素材の用途」について検討したが、これらの用途開発は再資源化の成立条件を生み出す上で有効な方法になっていくと考えた。

また、環境負荷の削減と再資源化の関係についても、今後の大きな課題として取り扱われるようになる。再資源化過程におけるCO₂排出量の削減効果の算出は、再資源化の技術を開発するのと同様進行で算出方法を研究開発すべき課題と言える。

このようなりサイクルシステムの構築を目指して、各材料別に再資源化技術及び用途の開発について課題を整理した。

① 木質系材料（木材、木質ボード）

木質系材料は、建材の中でも非常に多くの再資源化技術の開発（物理的利用から化学的利用まで）が試みられている。物理的利用では、集成材技術の他に、MDFからMDFへリサイクルさせる技術や断熱材の開発などが進められている。化学的利用はま

だ未知の分野であるが、今後エネルギー利用や接着剤・化学成分の抽出技術の開発が期待できる。

物理的利用の中でも、木材とプラスチックを混合したウッドプラスチックは種々のメリットを生み出す新材料として盛んに技術開発が進められているが、木質系材料とプラスチック類がそれぞれ抱えている問題を明らかにし、製品としての基準を検討する段階にあると考える。

有害物質については、再資源化段階における木材の防腐剤や防蟻剤（特にCCA処理）及び重金属に対して識別の方法、許容値及び無害化の方法に対する明快な基準を設定すると良い。

② 窯業系外装材（窯業系サイディング板）

今後解体による窯業系外装材の排出が多くなっていくので、解体廃材に対する再資源化技術の開発が急務といえる。窯業系外装材から窯業系外装材へのクローズドリサイクル、埋め戻し材などの土石資源、セメント原料などへの幅広い技術開発が望まれる段階にあると考える。

有害物質については、再資源化段階で含有する飛散性アスベスト含有物の再資源化に対して有無の判定や排除の方法などの基準を設定する必要がある。

③ 畳

現状では様々な再資源化の仕組みが構築されているが、今後は合成畳の排出が増加していくので合成畳・複合畳を対象にした再資源化の方法として、素材別の分離方法及び効率の良い異物除去方法を技術開発する必要があると考える。

有害物質である有機塩素系薬剤に対して、再資源化の用途に応じた識別、計量及び除去の方法を基準化すると良い。

④ コンクリート（コンクリート、プレキャストコンクリート製品）

コンクリート塊を破砕した再生骨材の多くが路盤材に使われてきたが、現在は更に高度な利用方法として再生コンクリートの粗骨材への再利用が開発されている。再資源化の過程では、コンクリート塊を破砕する際に粗骨材の他に細骨材及び微粉が生成されるが、これらの再生素材をトータルに無駄なく再利用する方法が今後の課題である。従って、細骨材及び微粉についての発生抑制技術及び用途の開発が望まれる。

コンクリートの二次製品であるプレキャストコンクリートの再資源化技術の開発も今後の課題である。

⑤ ALC

ALC廃材は今後飛躍的に排出量が増加するので、再資源化に向けて循環型の技術や仕組みを確立させる必要がある。セメント原料、軽量骨材、保水性ブロックなど用途開発

に沿った技術開発の推進も望まれる。

⑥ プラスチック類（軟質・硬質・発泡・カーペット）

廃棄物としての排出量は年々増加している。木質材料と並んで物理的利用から化学的利用まで、最も多くの種類の再資源化技術開発が試みられている分野と言える。

プラスチック類は種類が多く高度な再資源化を行うには、素材の種類別の識別と選別技術、汚れや不純物の混入が多いので高度な異物除去の技術開発が必要である。硬質プラスチックの再資源化は技術的に確立されてつつあるが、軟質プラスチックは今後の技術開発によるところが大きい。

プラスチック類は、有害物質を含有するもの、焼却や化学変化によって有害物質を発生させるものがあるため、再資源化に際して十分な対策を必要とする。

⑦ 石膏ボード

石膏粉と石膏紙に分離してリサイクルする技術は確立しているが、多量に排出する石膏粉と石膏紙の幅広い用途開発が今後の課題となる。また、解体段階から排出する石膏ボードから付着物を分離し、再資源化の受入基準に適合させるためには、川上での分別・選別技術の開発が望まれる。

有害物質については砒素入り石膏ボードの識別基準を明確にする必要がある。

⑧ ガラス

異物が精度高く除去できれば、板ガラスはガラスカレット、網入ガラスはガラス繊維原料用カレットに再資源化する技術は確立しているが、解体段階から排出される廃ガラスは再資源化されているものは少ない。従って、現場での異物の混入を最小化する仕組みづくりと、再資源化の受入基準に合わせた分別・選別及び異物除去技術の開発が望まれる。

⑨ 断熱材（ロックウール断熱材、グラスウール断熱材）

ロックウール断熱材はロックウール再生原料へ、グラスウール断熱材はグラスウール再生原料へ技術的には再資源化可能であるが、分別解体、回収及び異物除去の仕組みづくりが必要である。また、破碎した無機物を溶解してロックウール原料に再生する技術開発も望まれる。

⑩ 紙

建設副産物においては排出量が少ないが、紙のマテリアルリサイクル技術は確立されている。また、その受け入れ基準に合致しないものは可燃物としてサーマルリサイクルされるが、現状ではコスト面から焼却される場合が多い。再資源化を進めるには、マテリアルリサイクル技術の異物除去・高度選別技術の開発も重要だが、サーマルリサイクル

における受入基準を明確にすることも必要となると考えた。

⑪ 混合廃棄物

建設系混合廃棄物のリサイクル率の平均値は10%未満であるが、今回の調査で高度な再資源化施設では90%以上のリサイクル率を確保できることが判明した。

その場合、多くのものが埋戻材や砂品などの再生土石資源となって地表面に戻されることになるので、再生土石資源の環境に与える影響に配慮するために、今後は埋戻しをする場所に応じた pH-値、有機塩素系化合物、硫黄分、重金属などの基準づくりが必要と考える。

5 . むすび

5 . むすび

本報告書は、2002年（平成14年）に設置された「再資源化・用途別開発調査委員会」が3年間にわたって行った「再資源化技術の向上と普及・用途開発推進のための調査研究」を行った最終年度の報告をとりまとめたものである。過去3年間の調査研究により得られた成果のうち、主なものを記すと大要以下ようになる。

5 . 1 平成14年度成果

この年度は、2つの分科会を設置し、プラスチック系建材（第1分科会）および木質系建材（第2分科会）において「Material to Material」の再資源化技術の開発を中心に調査研究を行った。得られた成果を以下に示す。

（1）第1分科会の主要成果

- ・原油 プラスチック樹脂 - プラスチック製品（塩化ビニル系）の20年間にわたるマテリアルフローを作成するとともに、塩化ビニル系床材の再資源化可能量等を推定した。
- ・塩化ビニル系床材に付着・混入する異物が、再生ビニル床材の品質に及ぼす影響を実験的な検証を行い、異物の混入量、粒形等の限界を明らかにした。
- ・廃プラスチックの「サーマルリサイクル」と「フィードストックリサイクル」に関する調査を行い、この用途はまだ市場性を有するまでに至っていないことを指摘した。

（2）第2分科会の主要成果

- ・使用済みのMDFの再資源化について、解繊機器の開発と、解繊されたファイバーを用いて断熱ボードを試作し、既存の木質系断熱材を上回る性能が得られることを確認した。
- ・木チップと廃プラスチックを混合使用して成型したパネルを試作し、基本的な物性試験を行い、コンクリート用型枠としての適用性を有していることを確認した。

5 . 2 平成15年度成果

この年度は4つの分科会を設置し、プラスチック系建材（第1分科会）、木質系建材（第2分科会）、異物・有害物除去技術（第3分科会）、熱回収・機器装置調査（第4分科会）について調査研究を行った。

（1）第1分科会の主要成果

- ・使用済み廃塩ビ製品（サッシ、管・継手、床材、壁紙）には、汚れや不純物の混入等の再資源化の阻害要因が存在する。その程度が大きいものについては、「Material to Material」以外の例えば、サーマルリサイクル等への活用を図った方が現実的である。

- ・床材等の平面状のも廃材の再資源化に際しては、従前の粉砕方式よりも切削方式で細粒化する技術により、不純物の少ない樹脂の回収が容易であり、エネルギーの消費量・騒音・振動等も少なくなることを確認した。
- ・上記の機器で製造した塩ビコンパウンドから再生した塩化ビニルバック材は、各種床材の裏打ち材として、バージン材と同等の性能を有することを検証した。

(2) 第2分科会の主要成果

- ・木質繊維板、木チップの解繊技術に関して従前の機器に加えて、膨張・柔軟化方式の機器の適用性について実験し、MDFにも適用可能であること、また、これにより得られた繊維を用いて製造したボードは、パーティクルボードの規格値を満足することを確認した。
- ・木チップと使用済みPETを混合使用し、加熱成形して製造したパネルは、コンクリート用合板型枠と比べて、ほぼ同等の性能を有していることを確認した。

(3) 第3分科会の主要成果

- ・木質建材廃棄物に含まれる異物・有害物に関して、処理業者にアンケート調査を行いその結果をとりまとめている。
- ・国内外における異物・有害物の除去に関する技術資料を収集し、その結果をとりまとめたうえで、各技術について相対的な評価を行っている。

(4) 第4分科会の主要成果

- ・木質系材料の熱回収については、CCA処理木材および塗料付き木材からの燃焼に伴い焼却灰中に重金属が残留し、その重金属を含む灰の熔融固化物の安全性評価が課題として残されていることを言及している。
- ・プラスチック系材料の熱回収については、主要な樹脂の化学式から燃焼による二酸化炭素排出量を推定し、塩化ビニル樹脂が最も少ないとしている。
- ・各種焼却炉について調査し、その特徴をまとめている。

5.3 平成16年度成果

本年度は、3つの分科会を設置し、プラスチック系建材(第1分科会)、木質系建材(第2分科会)、異物除去およびその他の建材(第3分科会)について、調査研究を行った。

(1) 第1分科会の主要成果

- ・使用済み壁紙および床タイルから切削方式により製造した細粒状のコンパウンドを混合使用したシートについて、JISに規定する諸試験を行い、所要の品質を確保するための両者の混合比率等を明らかにした。

- ・マテリアルリサイクル以外の原・燃料化用途としての受入品質基準の設定状況に関するアンケート調査の結果から、廃プラスチックの受入品質基準の多くは「塩化ビニル樹脂」の混入量に制限を設けている事例が多いことを明らかにしたうえで、塩化ビニル樹脂は「Material to Material」を推進すべきとの方向付けをしている。

(2) 第2分科会の主要成果

- ・昨年度に引き続いて、MDF、断熱ボード、三層パーティクルボードの作成を行い、関連規格等に規定する諸試験を行い、所要の品質が得られていることを確認した。
- ・昨年度に引き続き、プラスチック・木チップ混合パネルのコンクリート用型枠としての適用性を検証するために、コンクリート打設実験を行い、表面性状や側圧に関する測定の結果、従前の合板製型枠とほぼ同等の性能が期待できることを明らかにした。

(3) 第3分科会の主要成果

- ・廃棄物中に混入している異物除去技術について、最新の高度な技術の資料調査や施設の視察を行い、その結果をとりまとめている。
- ・過去2年間において調査研究の対象としていなかった石膏ボード、ガラス、窯業系サイディング、タイルおよび畳について、再資源化の動向・技術開発状況、等について関係団体等に調査提供を求め、その結果をとりまとめている。

6 . 再資源化・用途開発調査委員会活動記録

平成16年 6月29日	第1回再資源化・用途開発調査委員会
平成16年 7月26日	第1回第3分科会
平成16年 8月10日	第1回第1分科会 (塩ビ床材リサイクル工場見学:(株)リファインバース)
平成16年 9月28日	市川燃料チップ工場見学
平成16年10月 1日	第2回第3分科会
平成16年10月 5日	第2回第1分科会
平成16年10月19日	第3分科会コンクリートパネル試作 (岐阜県東海樹研工業)
平成16年11月16日	第3回第3分科会
平成16年11月25日	第3回第1分科会
平成17年 1月13日	第4回第3分科会
平成17年 1月18日	第4回第1分科会
平成17年 1月24日	第1回第2分科会
平成17年 1月27日	第5回第3分科会 (古畳リサイクル工場見学)
平成17年 2月14日	高俊興業(株)見学
平成17年 3月 1日	第2回再資源化・用途開発調査委員会
平成17年 3月10日	第3回再資源化・用途開発調査委員会

7. 再資源化・用途開発調査委員会名簿

委員長	姫野 富幸	日本繊維板工業会 専務理事
主査	菊池 雅史	明治大学理工学部 教授
副主査	柳 啓	(財)建材試験センター 中央試験所 品質管理責任者 兼 品質管理室長
委員	小山 明男	明治大学理工学部 専任講師
委員	鎌田 隆英	(有)鎌田建築研究所 代表取締役
委員	山室 秀司	川崎重工業(株) 環境装置事業部 部長
委員	大島 明	(財)建材試験センター 中央試験所品質性能部 統括リー ダ代理
委員	三宅 淳一	電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 所長
委員	石川 嘉崇	電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 所長代理
委員	大里 清祚	全日本JIS豊床工業協同組合 代表理事
委員	高橋 潤	高俊興業(株) 常務取締役
委員	村上 善明	松下電工(株) 住建事業分社 住建総合技術センター 樹 脂成形技術開発グループ長
委員	福部 聡	太平洋セメント(株) 東京支店 技術部 担当課長
委員	新居 宏美	塩ビ工業・環境協会 環境・広報部長
委員	簾内 英樹	(株)タジマ 技術部グループ グループリーダー
委員	熊崎 進	日本窯業外装材協会 技術主幹
委員	福田 克伸	住友林業(株) 筑波研究所 住宅グループ 主任研究員
委員	西下 孝夫	リファインバース(株) 研究開発室 室長 工学博士
委員	道正 泰弘	東京電力株式会社 建設部 土木・建築技術センター 建築構造技術グループ 課長
オブザーバ	神宮 勉	経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課 課長補佐
オブザーバ	田村 厚雄	経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課 課長補佐
オブザーバ	蘆田 和也	経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課 課長補佐

オブザーバ	橋本 千晃	経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課	経済産業技官
事務局	富田 育男	(社)日本建材産業協会	専務理事
事務局	丸山 清	(社)日本建材産業協会	審議役
事務局	北村 繁	(社)日本建材産業協会	業務第一部長

あとかき

あとがき

(社)日本建材産業協会は、建材をその生涯を通じて評価(LCA)することの意義を鑑み、また、本協会の重要な責務であるとの認識のもとに建設廃棄物の再資源化に関する調査研究を1992年(平成4年)から開始した。

1992年(平成4年)から1994年(平成6年)の3年間は、傘下の加盟団体を中心に、建材の廃棄物としての発生状況と再資源化に際しての阻害要因等についてアンケート・ヒアリングによる調査を行った。

1997年(平成9年)から2001年(平成13年)の5年間は、「建材リサイクル調査委員会」を設置し、コンクリート、木材、石膏ボード、ALC、磁器タイル、プラスチック等の再資源化技術の現状・開発動向等について調査研究を行っている。

2002年(平成14年)から2004年(平成16年)の3年間は、「再資源化・用途別開発調査委員会」を設置し、「再資源化技術の向上と普及・用途開発推進のための調査研究」を行った。調査研究は以下の3つに大別される。

- (1) プラスチック系建材の再資源化に関する現状と課題
- (2) 木質系建材の再資源化調査
- (3) 再資源化技術調査研究

本協会の再資源化技術開発における基本方針は、「Material to Material」であるが、現状でやむを得ない選択肢として「熱回収」に関する調査研究もあわせて行った。

この間、1997年には、国連気候変動枠組条約第3回締結国会議(COP3)の開催、2002年には、循環型社会形成推進基本法、建設リサイクル法、グリーン購入法等が施行された。また、2005年にはCOP3で議決された「京都議定書」が発効することとなった。

本協会がこれまで継続・実施してきた調査研究は、上記の各種法律や国際条約の趣旨に適うものであり、得られた成果も循環型社会を形成するうえで有用な技術として活用することが可能な各種技術資料を提供できたと考えている。

明治大学教授
再資源化・用途開発調査委員会
主査 菊池 雅史