

住宅用内外装材におけるリサイクルシステム構築の可能性に関する研究

Study on potentials for developing recycling system of Building Material

学籍番号 47-186765

氏 名 高柳 佳織 (Kaori Takayanagi)

指導教員 清家 剛 教授

■1. 研究の背景と目的

2002年に「建設リサイクル法」が施行され、建築廃棄物のうち躯体を構成する主要な部材が、「特定建設資材」に指定され、再資源化が義務付けられた。しかし、それ以外の建材に至っては、再資源化率は依然として低いままにとどまっている。

建築廃棄物の資源循環性の向上のため、様々な研究がなされているが、具体的な回収方法・分離工程について扱うものは少ない。また、建材の多様化に伴い幅広い建材の比較を通した知見が必要となるが、多種の建材について扱った既往研究^[1]では生産システムにおける対策に重点が置かれており、ライフサイクルの静脈側における議論は不足しているといえる。

そこで本研究では、内外装材の資源循環性向上の可能性に関して、複数の建材を取り上げ、解体・回収・再資源化工程における詳細な実態を把握した上で論じることを目的とする。

■2. 研究手法

本研究では、住宅用建材のうち金属サイディング、石膏ボード、窯業サイディング、樹脂窓を取り上げる。まず、各建材の製造、廃棄や処理、消費にかかわる業者にヒアリングを行い、実態と課題を探る。ヒアリング先一覧を表1に示す。建材メーカーへのヒアリングから、再生材の利用の問題の整

表1 ヒアリング先一覧

	訪問先	所在地	訪問日
建材の製造	P社 金属サイディング・屋根材メーカー	山形県	2019/11/5
	Q社 石膏ボードメーカー	千葉県	2019/9/17
	R社 窯業サイディングメーカー	千葉県	2019/12/10
	S社 樹脂サッシメーカー	東京都	2019/9/19
	T社 板ガラスメーカー	千葉県	2019/10/9
廃建材の排出・処理	A社 解体業、産業廃棄物収集運搬・処分業	北海道	2019/11/1
	B社 解体業、産業廃棄物収集運搬・処分業	北海道	2019/10/3
	C社 解体業、産業廃棄物収集運搬・処分業	北海道	2019/11/2
	D社 廃棄物収集運搬業者	北海道	2019/10/31
	E社 産業廃棄物収集運搬・処分業	北海道	2019/8/6
	F社 産業廃棄物収集運搬・処分業	北海道	2019/11/1
	G社 廃プラスチック中間処理業者	北海道	2019/8/6
	全国解体工事業団体連合会	東京都	2019/11/29
建材の販売	X社 建設業	北海道	2020/1/8
	Y社 建設業	北海道	2020/1/9

理を行う。解体業者や産業廃棄物運搬収集・処理業者へのヒアリングから、各建材の排出から処理の工程を描き、具体的にリサイクル方法について考察を行う。さらに、工務店へのアンケートとヒアリングを行い、リサイクル建材への消費者の意識について探る。これらの結果をもとに、リサイクルシステム構築の課題について考察を行う。

■3. 各建材の排出・処理の実態

各建材における再生材の利用についての問題と、それが及ぼす製造・製品への影響を整理したものを、表2に示す。解体業者、産業廃棄物運搬収集・処理業者への調査から明らかになった解体材の排出・処理の工程の実態を図1から4に示す。この再生材利用の問題と解体材の排出・処理工程の両方を考慮し、各建材を再び同じ用途として再生する水平リサイクル方法について考察したものを以下に述べる。

3-1. 金属サイディング

図 1 に示すように、金属サイディングは、すでに一部再資源化されている。資源循環性向上の余地としては、金属部分を分離することで、金属の再資源化量やスクラップとしての品質の向上の期待ができることが挙げられる。また、製造にはバージン材が使用されているため、金属スクラップを原

料とする電炉材の使用を行なえば水平リサイクルが成立するが、バージン材料と比較して原料としての品質が落ちてしまうという問題が残る。

3-2. 石膏ボード

図 2 に示すように、廃石膏ボードはまとまった状態で排出・処理されることが多く、解体現場及び集積場から比較的容易に抜き出すことが可能だと考えられる。さらに、金属類や壁紙といった異物の混入(表 2)に

表 2 各建材の再生材使用の問題と製造・製品への影響

	問題	影響
デ メ ン サ イ ン グ	電炉材の成分が均一でない	品質管理が困難
	ウレタンの発泡が不可逆	クレームの増加 マテリアルリサイクルは困難
石 膏 ボ ー ド	水和させる際に多くの水が必要	成分の調整が必要となり、生産性が低下する 水のコストがかさむ 乾燥にかかる燃料費がかさむ
	水和(成形)する際の結晶成長が劣る	耐久性の低下 耐火性の低下
	異物(釘・内装材・接着剤など)の混入	再資源化設備の破損 成分調整が難しくなり生産性、耐久・耐火性が落ちる
窯 業 サ イ デ ィ ン グ	物性の変化	再生材の割合に上限がある
	異物の混入	シーリングが養生工程で溶解して気泡を発生し、品質を損ねる 金属類が設備を傷つける
	成分が各社ごとに多様で均一でない	品質が保てない
	過去にアスベストが使用されたものがある	アスベスト混入のリスク
樹 脂 サ ッ シ	色が不均一	色の調整ができない。白に戻せない
	成分が各社異なる	成形性、耐久性の低下、ばらつき
	異物の混入	設備の破損 生産ロスの増加

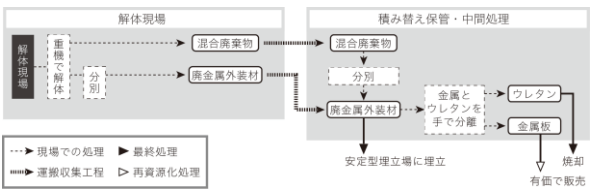


図 1 廃金属サイディングの排出・処理工程の実態

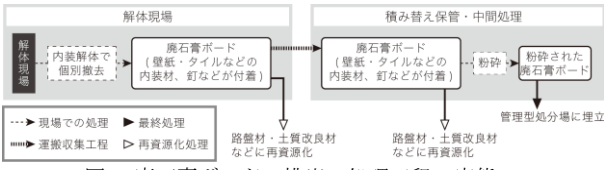


図 2 廃石膏ボードの排出・処理工程の実態

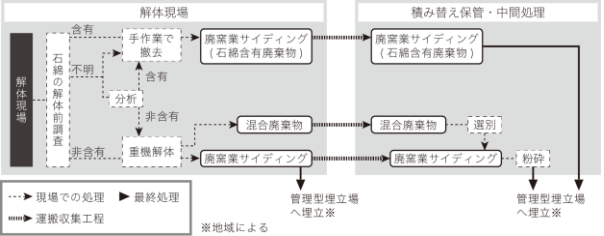


図 3 廃窯業サイディングの排出・処理工程の実態

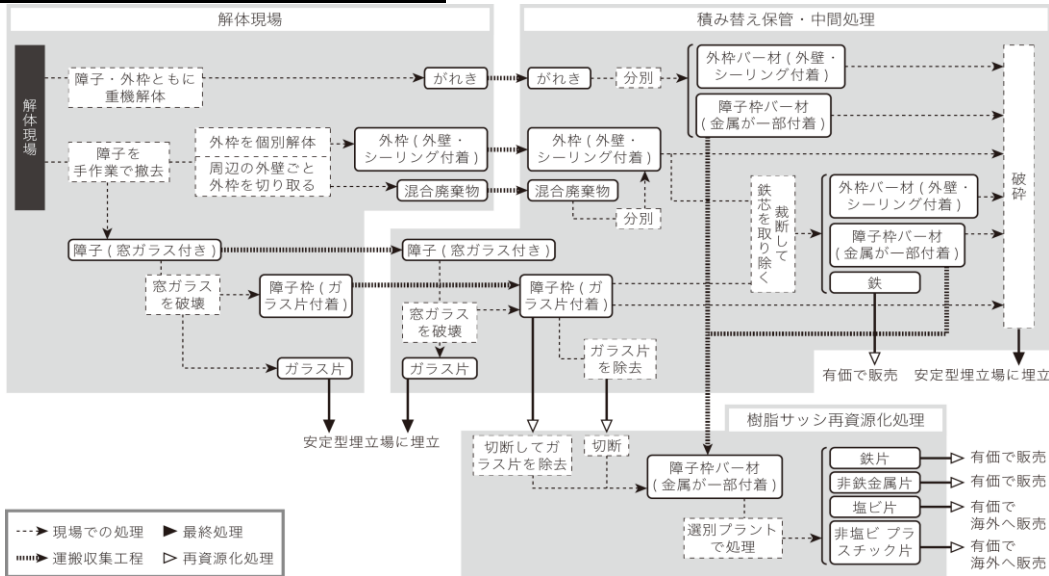


図 4 廃樹脂窓の排出・処理工程の実態

については破砕機や金属選別機での処理で対処可能だと考えられる。しかし、接着剤成分の混入や、タイルの混入、再生材利用の割合に限界があること等が課題として残る。

3-3. 窯業サイディング

図3に示すように、窯業サイディングはアスベスト（石綿）の含有可能性の有無で解体・処理方法が異なる。アスベストを含む製品は現在製造が禁止されていることから、再資源化にあたっては非アスベスト含有廃材のみを回収する必要がある。選別方法としては、解体前調査で非アスベスト含有とされた廃窯業サイディングについて、解体現場もしくは中間処理場でまとめられたものを回収する方法が考えられる。再生材の使用の問題として挙げられたシーリングについては、解体現場において手作業で取り除く方法が考えられるが、解体業者への負担が重く、現実的でないと考えられる。加えて、メーカー別の処理を行うと、分別の種類が膨大になり、分別・収集・処理の手間や費用が膨大なものになってしまう。さらに、物性の変化に関しても、排出・処理段階での対応は難しいと考えられる。製品の物性を元に戻す試みは未だなされておらず、問題として残る。

3-4. 樹脂窓

図4より、樹脂窓は解体現場では個別に解体され、樹脂窓として分別は可能であると考えられる。しかし、窓ガラスの破碎をしても、樹脂サッシ部分にガラス片が残留してしまう。ヒアリングを行ったG社での選別プラントでの再資源化処理では、ガラスは選別ができないため、選別プラント投入時にガラス片が混入しないようにすることが必要である。さらに、選別プラントに

よる金属とプラスチックの完全な選別は困難であるとG社によって述べられており、微量の異物の混入についての対処が必要である。また、再生材利用の問題として挙げられている色が不均一であることの問題については、機械による色選別が対処として考えられるが、完全な分別は困難だと考えられる。

■4. リサイクル建材に対する消費者の意識

コストや品質の不安定さに関する課題は、産業廃棄物処理業者やメーカーだけでは対処が難しく、消費者がそのリスクの一部を負担する必要の可能性がある。そこで、リサイクル建材に対する消費者の意識を探るため、工務店への調査を行った結果、建材の販売については価格が最も重要でありリサイクル材が使用されていることは重視されないとされた。リサイクル建材の不明瞭な組成についてはなんらかの規格を取っていれば許容できるとされたが、製品ごとの品質のばらつきに対しては許容できないとの意見が見られた。

■5. リサイクル実現への課題の考察

各建材においてリサイクル方法を考察したところ、再資源化を不可能にする要因や、促進を阻む要因が明らかになった。各課題に対して各工程で様々な解決/改善方法が考えられるが、その方策の実行についても、さらに越えなければならないハードルが見つかった。そのハードルの種類としては、①社会の状況の変革が必要になるもの（社会の変革）、②技術の革新が必要なもの（技術の革新）、③技術の向上が必要なもの（技術の向上）、④技術的・社会的には不可能ではないが事業性の確立が必要なもの（事業性）の4つのパターンが見られた。各課題

への対策とそのパターンについて整理したものを表3に示す。

金属サイディングにおいて、リサイクルの可否に関わる課題は電炉材を用いることによる品質の低下である。この影響は製造だけにとどめることは難しいため、消費段階で不備が生じたときそれをサポートできる体制を整えておくことが肝心であるといえる。現在でも品質保証制度は存在するが、再生材の利用に伴う不備に対応するには事業性の確立が必要である。

石膏ボードにおいて、リサイクルの可否に関わる課題は見られなかったものの、一定量以上の再生を行うには、接着剤成分を分離する技術の開発や、石膏の再結晶化処理設備への投資などが必要になる。

窯業サイディングにおいて、異なる製造会社による原材料の違いが再資源化を不可能にしている。この解決には、原料や組成が異なっても資源として製品に使用できる技術が新しく開発される必要があり、水平リサイクルには向かないと考えられる。一方、将来的に業界で原材料をある程度統一することなどで水平リサイクルの可能性もあると考えられる。

樹脂サッシについては、多くのクリティカルな課題があるものの、それに対する解決方法についても多く挙げられた。品質のばらつきに対しては、事業性の確立や既存の技術の向上だけでは解決しきれないと考えられるため、ばらつきがあっても一定の機能を担保できるような品質基準の採用などが今後必要になるだろう。

■6. 結論

本研究では、まず、複数の建材を対象に、多様な業者の処理実態に基づいて排出から

表3 各建材の課題と対策

	課題	現在の視点から見た対策		実行におけるハードル
		対策の段階	対策の内容	
金属サイディング	電炉材を用いることによる品質の低下	製造段階	電炉材を用いた製造のノウハウの蓄積による品質の向上	技術の向上
		消費段階	不良品の増加に対処できるサポート体制の構築	事業性
	金属とウレタンの分離	再資源化処理段階	ウレタンと金属の分離の機械化	事業性
石膏ボード	タイルの除去	解体・中間処理段階	解体時にタイルが付着したものを排除して分別する	事業性
		解体・中間処理	手作業でのタイルの除去	事業性
		再資源化処理段階	タイルと石膏の成分の分離、選別の機械化	技術の革新
	接着剤成分の除去	再資源化処理段階	化学的な接着剤成分の分離、除去	技術の革新
		製造段階	接着剤成分の混入を前提とした製造のノウハウの蓄積	技術の向上
	リサイクル材の利用上限	将来的な視点から	リサイクルを考慮した接着剤の使用	事業性
		再資源化処理段階	石膏の結晶化による再資源化設備の普及	事業性
窯業サイディング	シーリングの除去	解体・中間処理段階	手作業でのシーリングの除去	事業性
		再資源化処理段階	シーリングの分離、選別の機械化	技術の向上
	製造会社によって組成が異なり、混合された状態での再資源化が困難	製造段階	異なる製造会社の成分が混在しても製造ができる技術	技術の革新
	アスベスト含有/非含有の判別が困難	将来的な視点から	業界内での原材料の統一	社会の変革
		解体・中間処理段階	アスベストの含有の有無を短時間で判定する技術	技術の向上
	リサイクル材の利用上限	解体・中間処理段階	アスベスト検査の義務化	社会の変革
		製造段階	再生材利用のノウハウの蓄積	技術の向上
樹脂サッシ	ガラスの完全撤去	再資源化処理工程	物性を履す再資源化処理	技術の革新
		再資源化処理段階	手作業でのガラスの除去	技術の向上
	様々な色の混合による原料・製品の色むら	製造段階	ガラスの除去の機械化	事業性
		消費段階	外観に影響しない内側のみ使用	事業性
	選別プラントで完全な異物の除去が困難	消費段階	社会に色むらが許容されるようになる	社会の変革
		再資源化処理段階	微粉砕を行って異物の影響を抑える	事業性
	製造会社によって添加剤の成分が異なり、品質の低下、ばらつきが生じる	再資源化処理段階	押し出しの前に一度網を通して異物を除去する	事業性
		製造段階	押し出しの時に網を通す	事業性
		製造段階	成分調整等のノウハウの蓄積により製品の物性を安定させる	技術の向上
		消費段階	リサイクル材の品質のばらつきを考慮した品質基準	社会の変革
		将来的な視点から	業界内での成分の統一	社会の変革

<input checked="" type="checkbox"/>	リサイクルの可否に関わる	<input checked="" type="checkbox"/>	解決方法
<input type="checkbox"/>	リサイクルを阻害する	<input type="checkbox"/>	改善方法

処理の工程の詳細を記述した。これは、特定の段階や業者に注目した既往研究が多い中、廃建材の排出・処理の実態に関する知見に寄与したといえる。また、排出・処理工程の詳細を把握したうえで、具体的なリサイクル方法について考察した。そして、各建材の課題とその対策について整理をしたところ、各建材のリサイクルシステムにおいて何がネックになっているのかについての詳細な議論が可能になった。この手法は、今回対象とした4建材に限らず、幅広い建材についても有効であると考えられる。

今後本研究のような手法を用いて、他建材や水平リサイクル以外のリサイクル手法（カスケードリサイクル等）についても具体的な再資源化工程について議論を行うことで、資源循環性の向上が望めるだろう。

■参考文献[1]『資源循環性を考慮した複合建材生産システムの構築可能性に関する研究』志村真人 東京大学修士論文, 2018