

# 国内における樹脂サッシ再資源化システムの構築可能性に関する研究

## Study on the Possibility of Establishing the PVC Windows Recycling System in Japan

学籍番号 47-156752  
氏名 原田 優作 (Harada, Yusaku)  
指導教員 清家 剛 准教授

### 1. 序論

#### 1-1. 背景と目的

塩化ビニル樹脂（以下、PVC）を利用した樹脂サッシは断熱性の高さが特徴であり、建築物への断熱意識の高まりや省エネ基準適合義務化の影響から、今後は寒冷地以外での普及も見込まれる建材である。将来的には日本全国から、PVC樹脂を利用したサッシが多く排出されることが予想される。

一方、樹脂サッシの普及率が高い北海道においても、再資源化の流れは確立されておらず、最終処分や海外への輸出によって処理されているのが現状である。

そこで本研究では、国内における樹脂サッシリサイクルの実現に向けた課題の整理や他再資源化システムとの比較を行うとともに、リサイクルに関わる環境影響等の定量的評価を行い、再資源化システムの構築可能性を検証することを目的とする。

#### 1-2. 研究方法

まず、製造状況やリサイクルに向けた課題等を把握するため、業界団体や業者へのヒアリング調査を行った。表 1 に、調査先一覧を示す。その後、実態調査で得られた知見や提供資料、統計資料等を参考としながら、北海道をケーススタディとして再資源化システムの構築した際の環境影響や経済性について、定量的な評価を行う。

### 2. 国内における樹脂サッシ利用の実態

国内における樹脂サッシのライフサイクルを把握するため、樹脂サッシメーカーと中間処理業者に実態調査を行った。

#### 2-1. メーカーにおける樹脂サッシの製造

日本のメーカーは樹脂サッシ生産システムの導入にあたり、ドイツの樹脂サッシ産業を参考としたため、樹脂サッシの製造工程は図 1 のようにほぼ同様である。その一方、特に加工端材のリサイクルについては違いがみられた。

加工端材は主に窓の組立工程で発生するが、樹脂サッシ型材の工場と窓組立を行う工場は別であるため、輸送コストの問題から自社工場内でリサイクルを行っていないケースがみられた。

また、加工端材を破砕して表面層のアクリルごと再利用するケースもみられたが、主原料である硬質 PVC 樹脂の純度が落ち

表 1 調査先一覧

章-節	調査内容	対象	調査期間
2-1	国内における樹脂サッシ製造	製造業者4社	2016.5-7
2-2	北海道における樹脂サッシ処理	業界団体 中間処理業者8社	2016.7 2016.10
3-1	国内におけるアルミサッシリサイクル	業界団体 中間処理業者等3社	2016.3 2016.10
3-2	EUにおける樹脂窓リサイクル	6つの業界団体 リサイクル業者2社 製造業者3社	2016.9
3-3	中国におけるPVC建材リサイクル	業界団体 製造業者2社	2015.6-7

るために、サッシに再利用できる加工端材の割合は限界があるとのことであった。

このようにメーカーにおいて再利用されなかった加工端材は、国内の中間処理業者に処理委託されており、それらは国内でリサイクルされるほか、アジアへ輸出されているとみられる。このように、現状では建設廃材よりリサイクルが容易な加工端材の再利用にも、課題が多いことが分かった。

## 2-2. 中間処理業者における回収と処理

中間処理業者へのヒアリング調査によると、現在は窓交換を中心として廃樹脂サッシが発生しているが、排出量が小さく再資源化処理が難しいため、最終処分が行われることが多いことが分かった。

一方、回収した廃樹脂サッシをベトナムへ輸出している業者も存在した。樹脂サッシは複合建材であり、単一材料からなる建材よりも再資源化工程が複雑になるため、国内と比較して処理コストの低い海外へ輸出されていることが分かった。

以上のように、調査から判明した国内における樹脂サッシリサイクルの課題を、後述する対応策と併せて表2に整理した。

## 3. 再資源化システムの成立要件

国内における樹脂サッシ再資源化システム構築の参考とするため、共通点のある他の再資源化システムについて調査を行った。

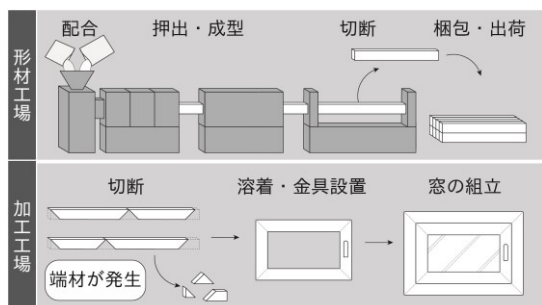


図1 樹脂サッシの製造フロー

## 3-1. 国内におけるアルミサッシの再資源化

日本では高度経済成長期にアルミサッシが広く普及し、現在では排出量も多いため、金属問屋等がリサイクル業を兼ねるなどして、再資源化システムが構築されている。

なお廃アルミサッシはサッシに再利用されることは少なく、自動車エンジンの素材へカスケードリサイクルされる場合が多い。

## 3-2. EUにおける樹脂サッシの再資源化

EUでは環境団体によるPVC製品へのバッシングを受けて、業界団体が産業を守るために再資源化システムを構築した。

リサイクル業者は高度な機械選別設備を導入することによって、建設廃材の大量処理と人件費の削減を実現していた。こうして製造されたリサイクル材料は、メーカーによって購入されサッシ内部に使用される。

また、日本と比較して樹脂サッシの再資源化に有利な点として、白色が基調であること、着色にシールを使用しているため素材選別が行いやすいことが挙げられる。

## 3-3. 中国における樹脂サッシの再資源化

中国では建材の需要が非常に大きくバージン材料が不足するため、リサイクル材料が広く利用されている。樹脂サッシ等の型材は、分別されている場合は水平リサイクルが行われる一方、分別されなかった場合

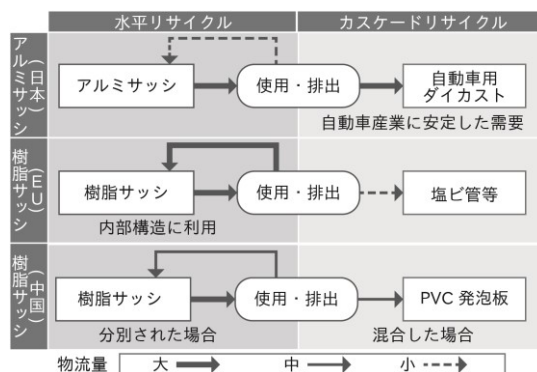


図2 再資源化システムの比較

は、需要の安定している PVC 発泡板へのカスケードリサイクルが多く行われていた。

### 3-4. 小結

以上のように、国内におけるアルミサッシおよび EU と中国の樹脂サッシの再資源化の実態について調査を行った。各産業におけるリサイクルフローの比較を図 2 に、樹脂サッシ再資源化の課題に対応した方策について表 2 に整理した。

表 2 における各再資源化システムの整理から、再資源化システムの成立要件として、図 3 に示した条件が必要であると考えられる。特に再資源化システムの成立においては、安定したリサイクル材の需要を確保することが重要であり、各産業で工夫が行われていることが分かった。

技術	需要
リサイクルの容易性	リサイクルの必要性
環境	経済
リサイクルの優位性	リサイクルの事業性

図 3 再資源化システムの成立要件

## 4. ケーススタディに基づく定量的評価

### —北海道における再資源化を例として—

以上の調査で把握された実態に基づき、北海道に再資源化システムを構築した際の環境負荷や経済性を試算する。

#### 4-1. 処理モデルの設定

実態調査等を参考として処理モデルを設定した。図 4 に、後述するシナリオ①における資源の流れを示す。以降では、工場の配置等を変えて、シナリオ評価を行う。

なお、計算を行うにあたって、既往研究\* において行われている市町村別の樹脂サッシ

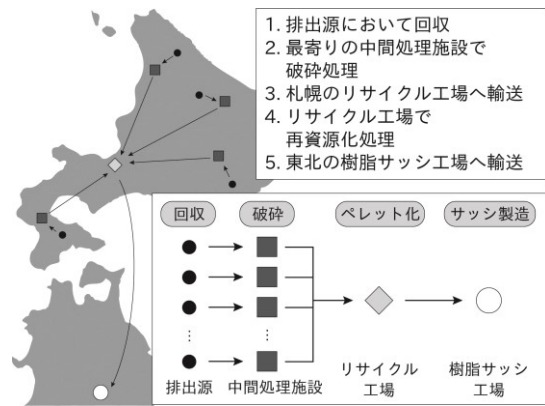


図 4 シナリオ①における資源の流れ

表 2 樹脂サッシ再資源化の課題とそれに対応した各再資源化システムにおける方策

製造段階における樹脂サッシ再資源化の課題	加工端材の利用に伴う課題		建設廃材の利用に伴う課題		
	①加工工場と形材工場が分離しているため、輸送コストがかかる	②表面のアクリル層との分離が困難である	③需給バランスによってバージン材より価格が高くなる可能性がある	④組成が不明であり、配合に利用しにくい	
他産業における対応策	国内のアルミサッシ	素材の価値が高いため、影響が相対的に小さくなる	高温で熔融することで、影響を小さくしている	素材の価値が高いため、影響が相対的に小さくなる	投入量の調整と、二次地金の組成分析で対応
	EUの樹脂サッシ	ドイツの中心でリサイクルを行い、輸送コストを軽減	シール層であるため、分離が比較的容易	樹脂サッシ業界内で調整を行うことで対応	組成分析のほか、産業内でリサイクルを行い有害物質の流出を防ぐ
	中国の樹脂サッシ	素材の価値が高いため、影響が相対的に小さくなる	異物が多い場合は、他の建材へリサイクルを行う	バージン材の供給が不足するため、影響は小さい	強度さえ確保されればよいリサイクル先が存在する
中間処理における樹脂サッシ再資源化の課題	廃樹脂サッシの再資源化に伴う課題				
	⑤排出量が少ないため、対応するメリットが小さい	⑥素材ごとに選別することが難しく、手間がかかる	⑦分別しても国内に売却先がなく、輸出も安定しない		
他産業における対応策	国内のアルミサッシ	早い時期に広く普及したために、安定して多くの廃材が発生している	金具等の他の部品ごと溶解して、カスケードリサイクルを行う	ダイカストとして、自動車産業に安定したリサイクル先を求める	
	EUの樹脂サッシ	早い時期に広く普及したために、安定して多くの廃材が発生している	高度な機械選別を行い、単一素材を取り出すことに成功している	業界団体がメーカーに対して、リサイクル材の使用量を規定	
	中国の樹脂サッシ	海外から廃材を輸入することで安定した供給を確保している	異物が多い場合は、他の建材へリサイクルを行う	PVC 発泡板は用途が幅広いために、安定した需要が確保されている	

シ排出量の推計を参考とした。

#### 4-2.拠点の配置による環境負荷の評価

本節では、図 5 (左) のように、リサイクル工場の配置箇所によってシナリオ①～③を設定し、シナリオ④ではリサイクルを行わないとした。このシナリオのもと、LCA手法によって、樹脂サッシリサイクルの各段階における環境負荷を積み上げ、樹脂サッシ排出量の将来的なピーク時における樹脂サッシ製造の環境負荷を算出した。

この結果、図 5 (右) のように、全量バージン材を用いるシナリオ④に対して、リサイクルを行った場合は 3000 トン程度のCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれることが分かった。

#### 4-3.回収地域の設定によるシナリオ評価

本節では、図 6 (左) のように、シナリオ A では全市町村から、シナリオ B~D では排出量が大きな地域や札幌周辺の地域から回収を行うとして、リサイクルを行う主体における支出と収入を算出した。

結果を図 6 (右) に示す。札幌周辺の地域に注力してリサイクルすることで、支出に対する収入の割合が向上し、効率の良い再資源化システムとなることが示された。

#### 5.結論

本研究では、樹脂サッシリサイクルの実現に向けた課題と対応策を整理するとともに、LCA手法による定量的な評価を行った。

樹脂サッシの再資源化システムが経済原理によって自然に構築されることは難しいとみられるが、業界団体等の適切な支援があれば構築は十分可能であると、実態調査から分かった。また、シナリオ評価から分かったように、リサイクルによる環境負荷削減効果は確実に見込まれるため、リサイクルを行う企業における取り組みが、適切に評価されることが必要であると思われる。

#### 参考文献

\*磯部孝行ほか：樹脂窓の再資源化システム構築に関する研究 北海道における廃棄された樹脂窓の実態調査及び排出量予測，建築学会学術講演梗概集 2014(材料施工),p.1381-1382, 2014.9

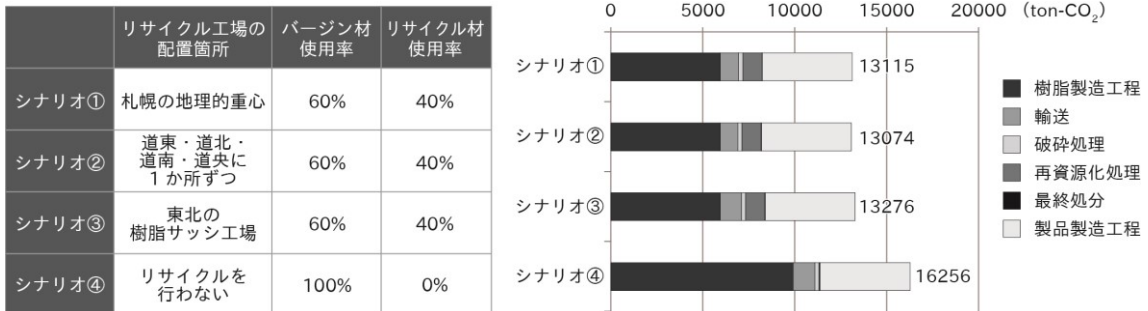


図 5 樹脂サッシの製造に関わる環境負荷の算出 (左：シナリオ設定、右：計算結果)

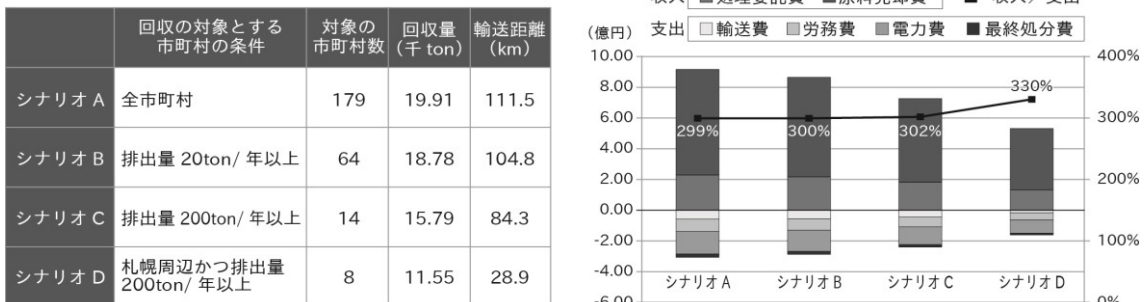


図 6 回収地域の設定による経済性の評価 (左：シナリオ設定、右：計算結果)