

新設住宅用窯業系サイディングの現場・プレカット施工の端材量実測調査・推計
およびカスケード循環処理調査

DB20285 樋渡 なつ

1. はじめに

住宅に施工される窯業系サイディングの出荷は、70年代より漸進的に増加しており、現在の国内住宅ストックは約6,000万戸に及ぶ。国土交通省の令和4年の新築用着工数のうち、持家は約25万戸、分譲住宅は約26万戸、貸家は約35万戸と3:3:4の比率となっている(図1参照)。そのうち、年間100万戸を下る量が住宅用で建設されており、持ち家・貸家・分譲などの約8割が、窯業系サイディングを外装に使用しており、近年は、比較的規模の大きい共同住宅(アパート等)にも使用されている。一方で、製品工場の端材は、セメント原料化する道筋が構築されてきたが、a)新設用プレカット工場での加工くず b)施工現場での切削くずなどが大量に排出されている。

本研究は、a), b)の排出量に着目し、専門工事業に対する新築住宅用窯業系サイディング端材量の実態調査により、建築用途・建物規模ごとで区別した排出量を調査・推計により、資源循環、さらにはSDGsを見据えた建築外装工事の仕組みを再構築することを目的とする。

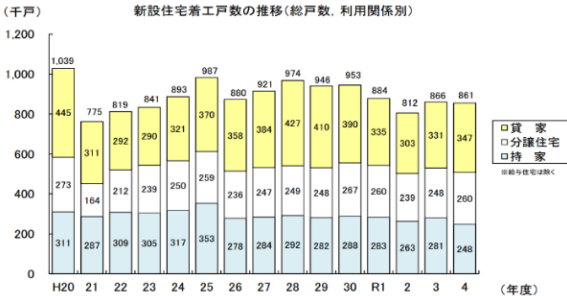


図1 国内における持家・分譲・貸家の割合¹⁾

	(A)	(B)	(C1)	(C2)	(C3)	(C4)	(C5)
	建築主	設計者	元請	現場施工業者	プレカット業者	中間処理業者	最終処理業者
注文住宅	○	○	○	○	○	○	○
賃貸	×	○	○	○	○	○	○
分譲住宅	×	○	○	○	○	○	○

備考1) ○×は回収処理ステークホルダーの有無
2) 赤線:費用負担あり・青線:費用負担なし・ピンク線:施工後の回収処理
3) 施工者は(C2)又は(C3)のいずれか。処理業者も(C4)または(C5)のいずれか。

図2 住宅種別ごとの端材処理費用負担状況

2. 研究概要

2.1 窯業系サイディング施工専門工事業者へのヒアリングと調査分析

2.1.1 住宅発注タイプと専門工事業者の役割

1) 持家

持家は、注文住宅ともいわれ、発注者である建築主(A)が予め決まっており、設計者が、発注者に対して端材処理費を請求し、専門工事業業(C2)へ処理費用が発生しない。

2) 分譲住宅

分譲住宅は、建売住宅ともいわれ、居住者である発注者(A)がおらず端材処理費用負担が専門工事業者(C2)(又はプレカット業者(C3))に回っている。

3) 貸家

貸家には、長屋住宅や一部の建売住宅などがあり、分譲住宅と同じく、施工者側(C2)に上記の構造を図2に示す端材処理費用請求が回っている現状である。

2.1.2 住宅規模と外壁面積の割合の推定

新築住宅現場での、建築面積に対する想定外壁面積S1は、専門工事業者へのヒアリングにより図3のように(1)の式で表すことができる。このS1の精度を検証し、表1に示すS2~S7の各部面積に関する値と、R4・R5の評価値を導出し、最終的に端材量の推計を行う。

表1 研究概要

番号	研究項目	調査・研究内容
研究①	専門工事業へ新築住宅現場でのヒアリング	専門工事業者を対象に、新築住宅現場でのサイディング割付方法や端材の特性・開口部の特性等を調査(調査1・2・3)(2022/11/18~2023/12/22 神奈川県町田市/東京都多摩市/神奈川県相模原市)
研究②	新設用プレカット加工工場へのヒアリング	プレカット加工工場を対象に端材量率(%)開口面積(m ²)等を調査(調査4)(2023/6/8, 埼玉県入間市)
研究③	①現場/②工場での端材量計算	新築住宅現場・プレカット加工工場で、複数の端材量を算出 新築住宅現場・プレカット加工工場それぞれで、複数の想定外壁面積算定式正確率/歩留率/端材量率(%)を算出する。(調査1・2・3)
研究④	想定外壁面積算定正確率/歩留率/端材量率の算出	計算方法 ・ S1=S0×(n+1)⋯(1) S1: 想定外壁面積(m ²) S0: 建築面積(m ²) n: 階数 S2: S1 から想定されるサイディング貼り付け面積 S3: 建物実測床面積 ・ S6=S5-S4⋯(2) S6: 端材量[m ²], S5: 成形版発注面積(m ²), S4: 実測外壁面積(m ²), S7: 開口面積(m ²) ・ R4=(S5-S6)/S5×100⋯(3) R4: 成形版面積に対する外壁使用割合に当たる歩留率(%) R5: 端材量率[%] R6: 算定式正確率(%) ・ R5=S6/S5×100⋯(4) ・ R6=S4/S1×100⋯(5)

建築面積 $S(m^2)/n$ 階建の住宅の場合、

想定外壁面積 $S1(m^2)=S \times (n+1) \cdots (式 1)$

2.2 新築現場での住宅用窯業系サイディング端材排出特性

2.2.1 壁量の実測と推計

新築住宅現場においては、調査1と調査2で計2現場の調査を行った。調査1では、想定外壁面積 $S1$ と実外壁面積 $S4$ の誤差は4.64%、調査2ではC棟が2.41%、D棟が1.91%であり、現場処理における算定式正確率は95.4%であり、高い施工精度を有している。

また、調査1の開口率($S7/S4$)は10.37%、調査2(C棟)では17.42%、調査2(D棟)では17.62%であった。電気線系開口部の開口率は、0.011%エアコン・24時間換気口0.018%であり、比率としては非常に小さい値になるが、切削時の粉末端材量としては、かなりの量が排出されていると考えられる。今後粉末端材の成分分析から、リサイクル方法の確立も視野に入れる。

2.2.2 端材量実測

端材量を実測するにあたり、以下の式を用いる。
端材量 $S6m^2$ 、成形版発注面積 $S5m^2$ 、実測外壁面積 $S4m^2$ 開口面積 $S7m^2$ ($S7$ は発注時、 $S5$ から差し引かれている) とすると
 $S6(m^2)=S5-S4 \cdots (式 2)$
また、成形版の面積に対して実際に外壁に使用された割合に当たる歩留率 $R4\%$ と、端材割合に当たる端材量率 $R5(\%)$ 、算定式の正確率 $R6\%$ は

$R4(\%)=(S5-S6)/S5 \times 100 \cdots (式 3)$

$R5(\%)=S6/S5 \times 100 \cdots (式 4)$

$R6=S4/S1 \times 100 \cdots (式 5)$

上記で表すことができる。調査1,2の結果から、現場の平均端材量率 $R5$ は15.47%であった。

新築住宅現場においては、成形版からの重ね部・軒天部の切削端材や、24時間換気や電気線等の切削部による端材および粉末端材が多く見られた。なお、新築住宅現場において図4のような端材は一旦現場で集められているが、施工者に費用負担が回っている現状から、再利用をするために専門の回収企業に回収を依頼せず、それよりも費用が安くすむため最終処分場へ回ってしまうケースが多い。窯業系サイディングメーカー各社の交易回収もあるが、個々の住宅現場ではその仕組みが利用されていない現状がある。粉末端材については、最終処分場で処理をするほかなく、リサイクル方法の確立が急がれる。

2.3 プレカット加工工場での端材排出特性

2.3.1 プレカット加工工場における壁量実測

プレカット加工工場においては、注文住宅を主とした6つのデータを検討する。図4fのように、(1)の算定式正確率は現場と比較して、かなりの差異が見られた。これは、(1)の算定式が施工用の計算式であるためである。正確率平均は、85.76%で現場平均の93.99%から8.22%の差異となった。

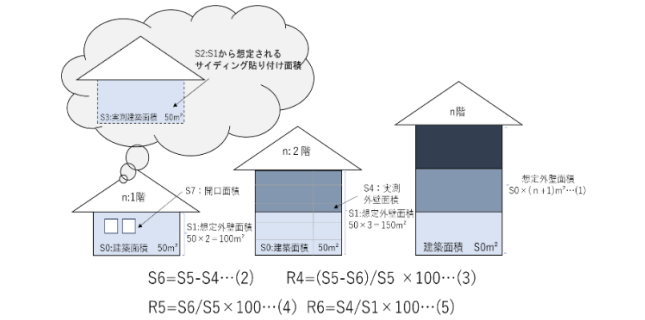
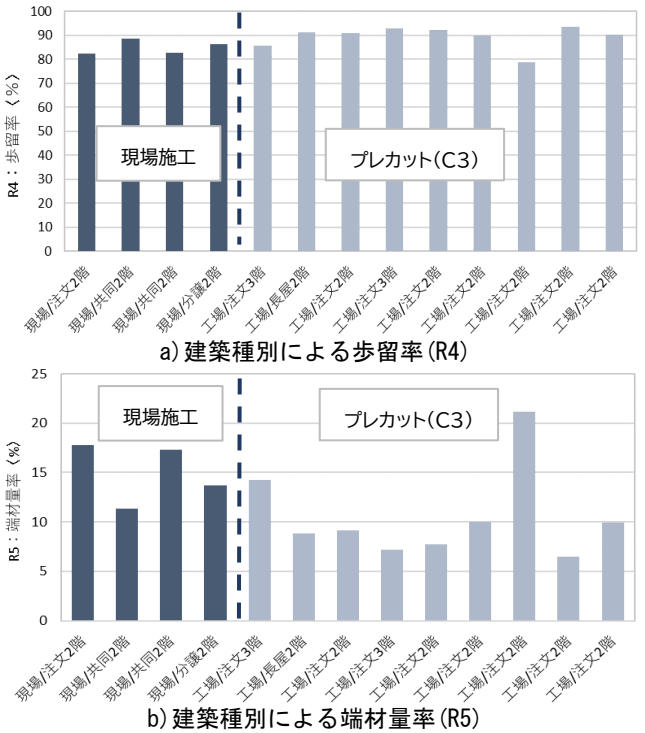


図3 建築面積と外壁面積の算定

表2 専門工事業者へのヒアリング概要(調査2)

調査2 聖蹟桜ヶ丘2階建共同住宅(C棟)		
建築用途/n:階数	共同住宅/2階	
対象敷地	東京都多摩市関戸	
	C棟	D棟
S0:建築面積	82.72(m ²)	82.01(m ²)
S1:想定外壁面積	248.16(m ²)	246.03(m ²)
S4:実測外壁面積	254.289(m ²)	250.821(m ²)
S5:成形版発注面積	286.751(m ²)	303.303(m ²)
S7:開口面積	53.637(m ²)	53.637(m ²)
S6:端材量	86.099(m ²)	106.119(m ²)
R4:歩留率	69.974(%)	65.012(%)
R5:端材量率	30.026(%)	34.988(%)
R6:算定式正確率	97.59(%)	98.09(%)



2.3.2 プレカット工場における端材量実測

プレカット加工のデータにおいて、図 4a, b のように、歩留率は高く端材量率は低い傾向が見られた。平均は、歩留率が 89.466%、端材量率が 10.54% となった。

また、工場内において切削時に排出される粉末端材だが、700×700×700mm の袋を 269L、実測値の 78.4% と換算し、重さ 200 kg、住宅 5 棟で満杯になる程度の廃材がみられた。その密度は 0.74 kg/L であり、サイディング 1 枚の密度 1.35 kg/m² と比較すると、空気によりおよそ半分の値となる。1 棟当たり 40 kg の粉末廃材を回収できる(図 4g)ため、現場カットと比べ、大いに環境に負担が生じにくいことが明確となった。

2.3.3 プレカット加工工場での廃棄物の回収処理方法

プレカット加工工場では、新築住宅現場と端材の発生個所は同じであるが、CAD データからカットをするため、無駄がない。特に、工場では発注分の出隅を作成しており、現場とプレカット工場での端材量率の差異が大きく見られた。その数値は図 4e のように、平均として、順に、15.03%、10.54% となった。また、プレカット加工工場では、サイディングメーカーに回収されるリサイクルプラントの利用をしていることから、現場切削よりも環境負荷は少ないといえる。

2.4 プレカットの算定式正確率(R6)の補正値の検討

2.4.1 算定式(1)における補正値の検討

表 1 の研究概要・計算式内(1)に表すように、想定外壁面積 $S1(m^2)$ は、建築面積を $S0m^2$ 、階数 n 階とすると、 $S1=S0 \times (n+1) \cdots (1)$ と表すことができた。ここで、プレカットにおける式(1)の正確率である $R6$ の平均値は、現場平均と比べ、8.23(%) ものズレが生じているため、式(1)の $(n+1)$ を $(n+1.30)$ に置き換え、プレカットの $S1$ を、 $S1=S0 \times (n+1.30) \cdots (式6)$ とする。

これより、①による結果は図 5 の a) b) に表され、その平均値は 93.95% となり、平均差は 0.04% となった。

2.4.2 現場の算定式正確率 R6 における補正値の検討

次に、現場の算定式正確率 $R6$ に 0.91 をかける補正値を検討した。式としては、

現場算定式正確率 $R6 \times 0.91 \cdots (式7)$

結果は、図 5c のように現場平均が 85.77% となり、平均差は 0.002% となった。以上により、プレカット加工は現場カットに比べ、歩留率が 10/8.84(≒10.96%) ほど高く、端材排出量が少ないことが判明した。

3 窯業系サイディング製造工場でのヒアリング調査

3.1 窯業系サイディングメーカー工場によるヒアリング

主要サイディングメーカー工場では、製品端材や不良品板をスクラップ材として再原材料化していた。また、古紙パルプやフライアッシュなども再原料化され、グリーン調達材料の使用を推進している。更に、木繊維品は中間処理引き取り困難であるため、ビーズ溶融可空隙品の製品を開発し、燃焼で有機物をなくし路盤材利用が可能であるものも存在した。

4 産業廃棄物処理業者へのヒアリング調査

4.1 中間処理業者へのヒアリング調査

表 3 のように、中間処理業者へのヒアリング調査を行った。取り扱う産業廃棄物の種類は多く、窯業系外壁も含まれる。アスベスト含有の危険性より、解体現場からの受取はなく、今後の対策も必要である。

4.2 再生埋込材の種類と特性

再生砕石は、建築物の解体等に伴い発生するコンクリート塊等を破碎して作られたリサイクル材である。再生砕石は道路工事における、路床、路盤および建物の基礎砕石や

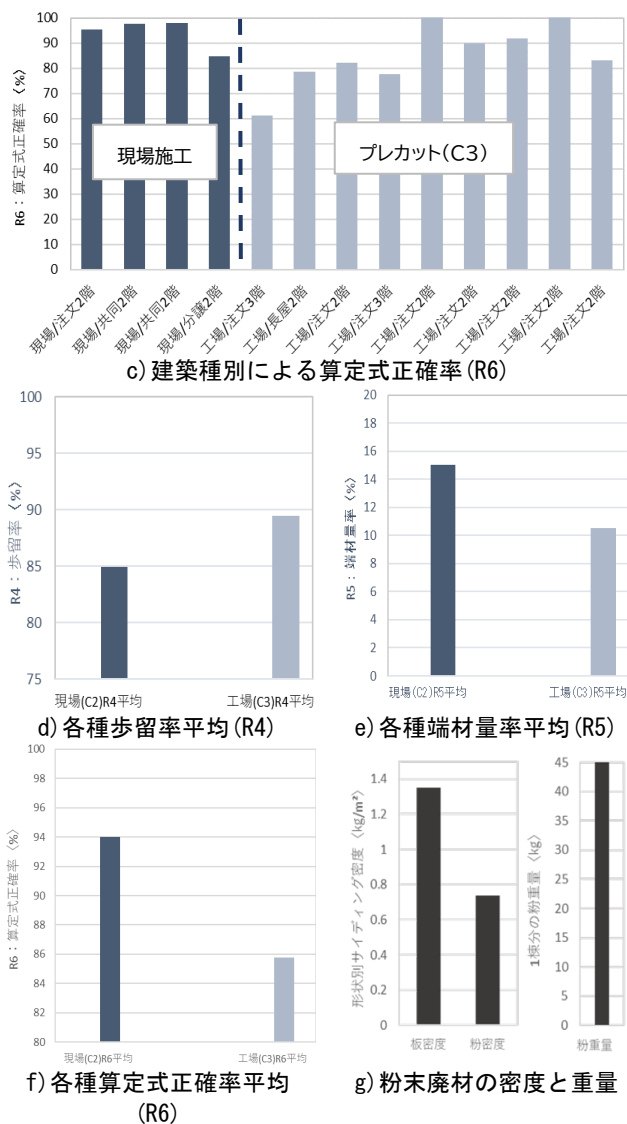
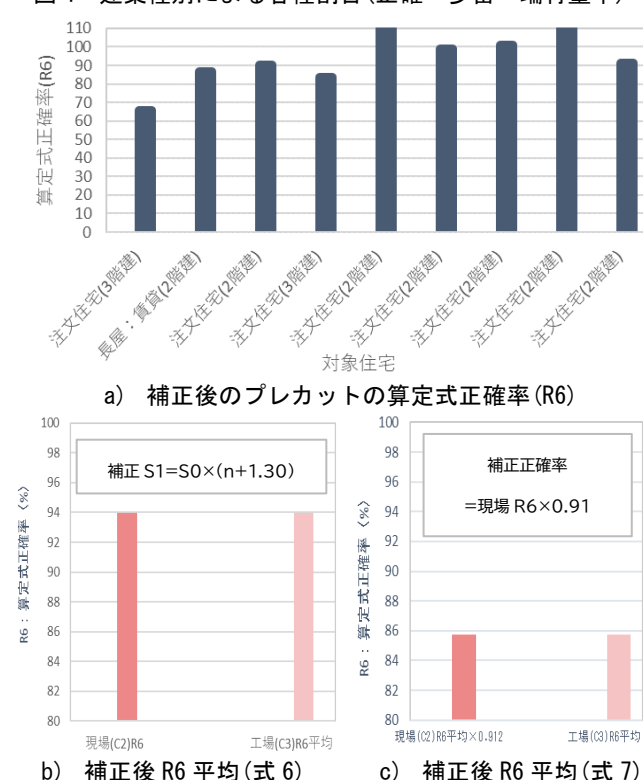


図 4 建築種別による各種割合(正確・歩留・端材量率)



駐車場整備に使用されており、当プラントでは、RC-40・RB-40・スレートアスコン(SA-40)を製造している。強度としては、RC-40 が強く SA-40 が低くなり、有機物の含まれない窯業系サイディングの廃棄物は SA-40 に含まれ、民間の駐車場等の路盤材に利用されている。表 3 の e, f のように、密度・CBR 値共に SA-40<RB-30<RC-40 となっており、品質としては RC-40 が最高となる。

4. まとめ

- 1) 現場 4 棟とプレカットのデータ 6 棟で比較を行い端材量率、算定正確率は約 4.5%、約 8.2%の差異となり、プレカットでの端材の少なさが顕著に現れた。
- 2) プレカット工場では現場カットに比べ無駄がないことから現場よりも端材量率が 4.5%低い結果が出たと考えられる。また、端材から出隅作成を、メーカーの回収により結果の端の端材量率が見込まれる。
- 3) 切削時の粉末端材量から、新築住宅建設時に毎年約 2.8 万 t 末端材が排出されていると考えられる。
- 4) 窯業系サイディングの再資源化には、製品の原料化・セメント化に加え再生砕石がある。今後リサイクル量を増やすには、外壁のアスベスト含有の有無を明確にする必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP [kencha22.pdf \(mlit.go.jp\)](#)
- 2) 栗原、田村、窯業系サイディング廃材を用いた再生仕上げ建材の開発、2018 年度 日本建築学会関東支部研究報告, 2019. 3
- 3) 樋渡、田村、住宅用窯業系サイディングの加工工場・現場内処理における端材量の実態調査と推計、2023 年度 日本建築工上学会研究報告 2023. 10
- 4) Hiwatashi, Tamura, Survey and Estimation of the Actual Amount of Scrap in Residential Ceramic Siding Processing Factories and On-Site Treatment ISAT-22,2023.10
- 5) 樋渡、田村、新設住宅用窯業系サイディングの現場・プレカット施工の端材量実測調査・推計およびカスケード循環処理調査 2023 年度 日本建築学会関東支部研究報告, 2024. 03

謝辞

本研究を実施するにあたり、NPO 法人外装エコロジーシステム、立枝建工(株)、ケイミュー(株)、百里開発(株)各位にヒアリングおよび現場調査で多大な尽力を得た。

表 3 中間処理業者へのヒアリング調査概要

項目	調査内容		
取扱産業廃棄物	コンクリート塊・アスファルト塊・鉱さい・自然石・セメント瓦・窯業系外壁材		
年間処理量	11,000t (2022) 86,000t (2023)		
再資源化率	100(%)		
製作再生砕石	RC-40・RB-40・SA-40		
その他ヒアリング内容	メーカー:木繊維品は中間処理引き取り困難でビーズ溶融可空隙品は燃焼で有機物をなくし路盤材利用が可能 中間処理業:施設能力は800t/日, 24万t/年であり, SA-30への窯業系サイディング破砕材の混和は県のJIS A 1102規格に準じており, RC40と1:1で混和し, 年間受入量の5%程度が該当。住宅解体材はアスベスト問題リスクにより受入しない。		
名称	RC-40	RB-40	SA-40
サイズ	40 ~ 0mm 修正 CBR 30%以上	40~0mm CBR 30%以上	30~0mm
用途	道路の下層路盤等、主に公共工事に使用	道路の路床、建物の基礎砕石等、主に公共工事に使用	主に民間工場の駐車場や、通路等に使用



a) RC-40 製造ライン



b) 持ち込まれた外壁端材

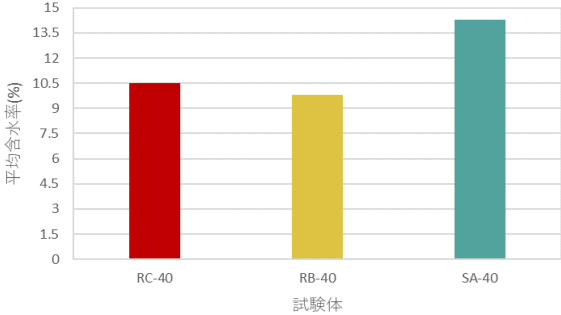


c) 融解ビーズ入りの製品端材



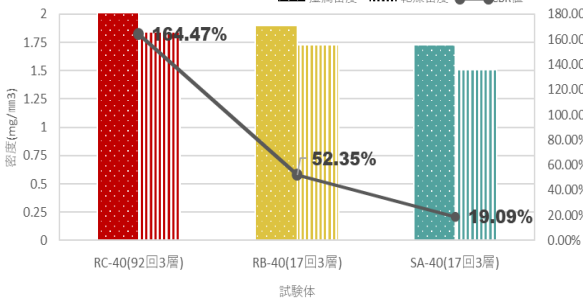
d) SA-40

e) 各種リサイクル再生埋込材の平均含水率



試験体	平均含水率(%)
RC-40	10.5
RB-40	10.0
SA-40	14.0

f) CBR 標準各種リサイクル再生埋込材の実測密度・CBR 値



試験体	密度(mg/m3)	CBR値
RC-40(92回3層)	164.47	16.47%
RB-40(17回3層)	52.35	5.235%
SA-40(17回3層)	19.09	1.909%