

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

2022 年度
修 士 論 文

建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価
The Environmental Impact Assessment of Renovation Work
in Consideration of Resource Circulation

2023 年 1 月 23 日提出
指導教員 清家 剛 教授

松井 大岳
Matsui, Hirotaka

目次

1 章 序論.....	1
1.1. 研究背景	3
1.1.1. 建設産業における既存ストックを取り巻く諸状況	4
1.1.2. 建設産業に係る環境負荷とその評価について	8
1.1.3. 建設産業における再資源化の取り組みについて	10
1.2. 研究目的	12
1.3. 用語の定義	13
1.4. 既往研究の分析と本論の位置づけ	15
1.5. 研究の構成	27
1.6. 対象と手法	29
2 章 改修工事の環境影響評価.....	33
2.1. 概要	35
2.1.1. 建築物における環境影響評価の枠組み	36
2.1.2. 本研究における環境影響評価	40
2.2. SRC 造中高層住宅における改修工事の環境影響評価.....	41
2.2.1. 評価概要	41
2.2.2. 資源変化量の把握	43
2.2.3. 環境負荷の算出	45
2.2.4. 環境影響評価結果	47
2.3. 木造戸建て住宅における改修工事の環境影響評価	48
2.3.1. 評価概要	48
2.3.2. 資源変化量の把握	51
2.3.3. 環境負荷の算出	53
2.3.4. 環境影響評価結果	55
2.4. 小結	56
3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価	58
3.1. 概要	60
3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況	61
3.2.1. 改修工事の時系列順の整理	61
3.2.2. 各廃棄建材の発生状況	66
3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー	97

3.3.1. 概要	97
3.3.2. 木材	107
3.3.3. 石膏ボード	112
3.3.4. プラスチック系建材	119
3.3.5. 金属系建材	125
3.3.6. コンクリート系建材・がれき類	130
3.3.7. その他建材	134
3.4. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価	136
3.4.1. 評価概要	136
3.4.2. 木材	138
3.4.3. 石膏ボード	140
3.4.4. プラスチック系建材	142
3.4.5. 金属系建材	144
3.4.6. コンクリート系建材・がれき類	146
3.4.7. その他建材	148
3.5. 小結	150
4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価	152
4.1. 概要	154
4.2. 資源投入量の把握	158
4.3. 建材の資源循環を考慮した改修工事の評価シナリオの設定	165
4.4. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価	171
5 章 結論	180
5.1. 総括	182
5.2. 結論	184
参考文献	189
謝辞	193
資料	196

1 章 序論

1.1. 研究背景	3
1.1.1. 建設産業における既存ストックを取り巻く諸状況	4
1.1.2. 建設産業に係る環境負荷とその評価について	8
1.1.3. 建設産業における再資源化の取り組みについて	10
1.2. 研究目的	12
1.3. 用語の定義	13
1.4. 既往研究の分析と本論の位置づけ	15
1.5. 研究の構成	27
1.6. 対象と手法	29

1.1. 研究背景

近年の日本においては、人口減少と厳しい財政状況を鑑み、老朽化する社会資本ストックを適切に維持管理してゆく必要性が示唆されている。建設産業においても既存建築物の活用は重要な課題である（1.1.1）。また近年では環境負荷削減も特に重視されており、当産業では環境を考慮した建築生産を目指し、建築物のライフサイクル（生産・維持管理・解体のサイクル）における環境負荷に関する評価の枠組みが提案され実施されてきた（1.1.2）。

しかしながら、既存建築物を活用する取り組みとして代表的な“改修工事”や“修繕”に着目した具体的な環境影響評価の手法は確立しておらず、今後さらに検討を深めていく必要がある。本研究を通し、この“改修工事の環境影響評価手法”の確立に寄与したい。

また、改修工事の環境影響評価方法を検討するにあたり、建材の再資源化を考慮することが重要であると考えている。

現状の改修工事では、基礎・躯体の建材の再活用が積極的に行われるが、内外装材等の建材は、機能性や意匠性などを更新するために刷新され、多くが廃棄物として発生する。さらに内外装材は再資源化处理を行い建材として再活用する“マテリアルリサイクル”の難易度が高いため、廃棄物として発生後、別の用途として他産業へ流れるか、最終処分されるものが多く、建設産業に係る環境負荷を高める要因となっている（1.1.3）。これは、内外装材は多様な材料が複合されて作られているものの開発が進み、単一の材料への分離が技術的に困難であることや、解体時の発生量が少量であるため解体現場から効率的に回収できないことなどに起因していると考えられる。

今、既存ストックの有効活用に関する考え方や取り組みが推進され、今後さらに展開していくことが考えられるが、同時に、このように刷新される建材の廃棄物量や最終処分量、またこれらに係る環境負荷が顕著に増加していくことが考えられる。

以上から、改修工事において発生する内外装材等の建材の処理に関する現状把握と、さらにそれらのマテリアルリサイクルを行った際の効果を明らかにしつつ改修工事の環境影響評価を行うことで、建材の再活用やマテリアルリサイクルの必要性を認識し、今後の既存ストック活用および環境負荷削減を促進していくべきと考える。

1 章 序論

1.1.1. 建設産業における既存ストックを取り巻く諸状況

1970 年代以降、日本の合計特殊出生率は減少し（図 1-1）少子高齢化が進行している。これにより 2000 年代以降の国内総人口は停滞し、今後縮小傾向にある（図 1-2）。一方で、物価の上昇にも直面（図 1-3）しており、国内既存ストックの有効活用および適切な維持管理の必要性が示唆されている。

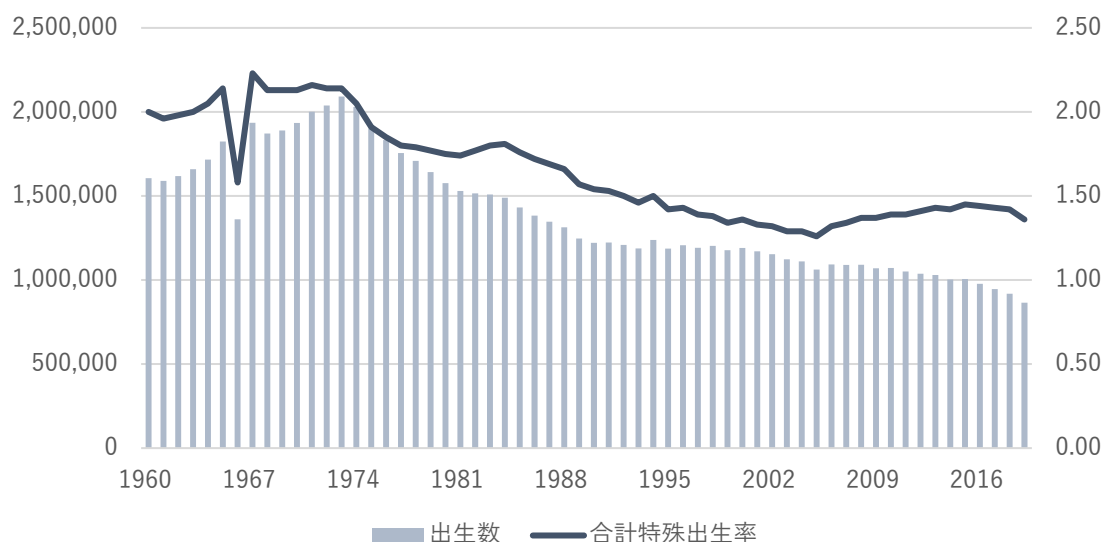


図 1-1 合計特殊出生率の推移¹

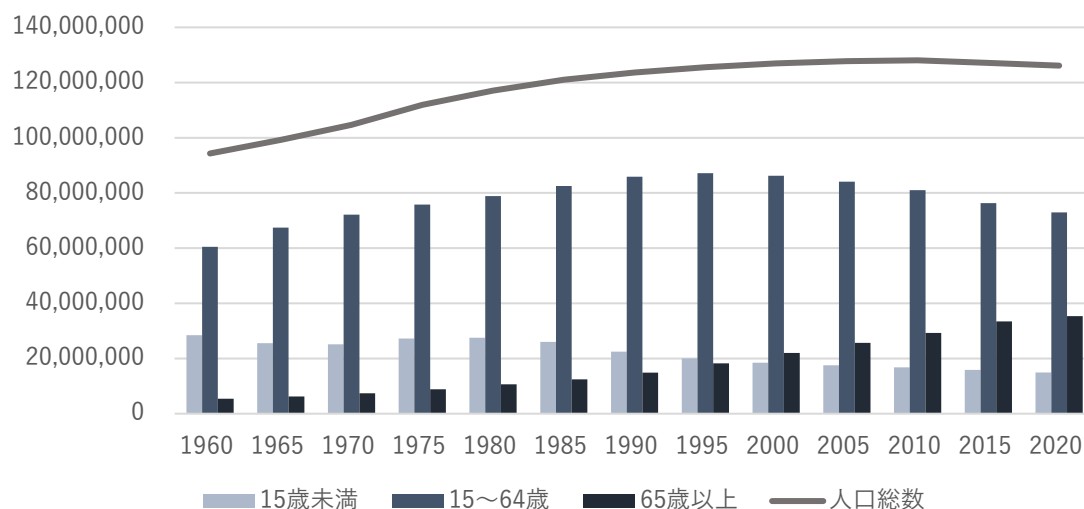


図 1-2 近年の国内における総人口と年例別人口の推移²

¹ [1] 厚生労働省政策統括官付参事官付人口動態・保健社会統計室, “人口動態統計”より作成

² [2] 総務省統計局, “国勢調査”「時系列データ」より作成

建設資材物価指数の推移を表しており、建設資材の物価は増加している（図 1-3）。建設資材物価指数とは、建設工事で使用される資材の総合的な価格動向を明らかにすることを目的に作成されているものであり、資材の範囲は建設工事に使用される直接資材に限定し、サービス（機械賃貸、機械修理、土木建築サービス等）等の料金は除かれている³。

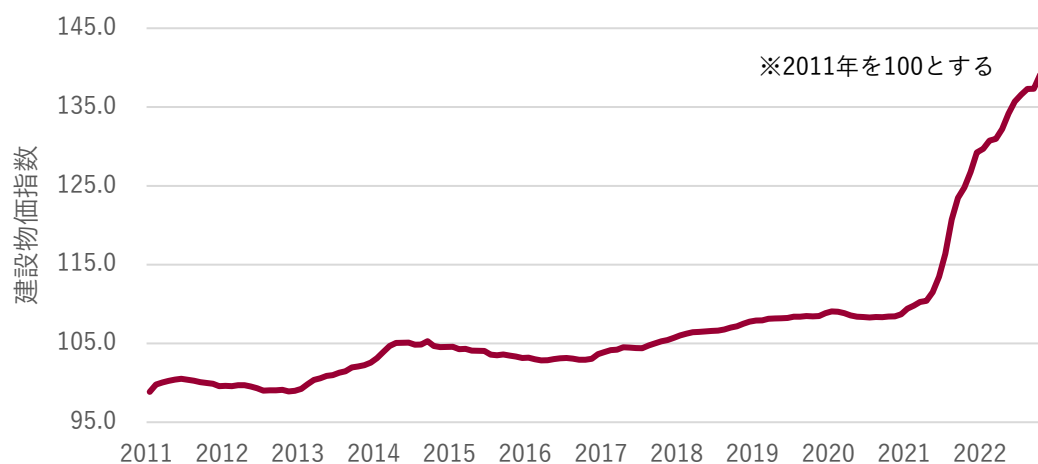


図 1-3 建設資材物価指数の推移⁴

³ [3] 建設物価調査会, “建設物価指数の概要”より引用

⁴ [4] 建設物価調査会, “建設物価指数”「長期系列データ」より作成

1章 序論

以上のような社会環境の中住宅の戸数に着目すると、近年着工戸数が減少している一方（図 1-4）、住戸数は増加しており（図 1-5）、現在既存ストックが増加していることが分かる。また、1960年代に竣工した建築物は今、更新期を迎えている。このことから、建設産業においては今後の老朽化する既存建築物の増加や、人口減少に伴う空き家数の増加への対処が課題となっていることが理解できる。これらの課題への対処方法として、昨今は特に改修工事や修繕といった建築物の長寿命化を行う取り組みが推奨されている。

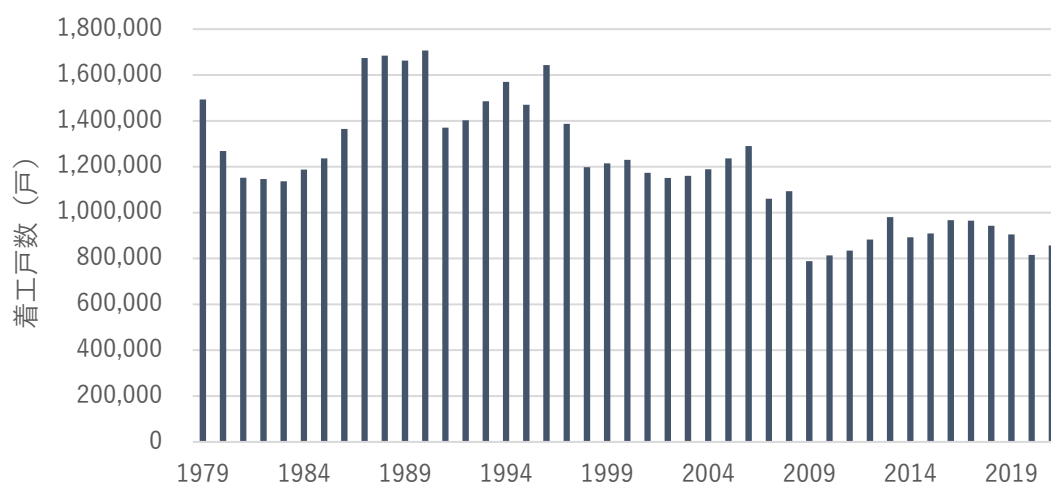


図 1-4 国内の着工戸数の推移⁵

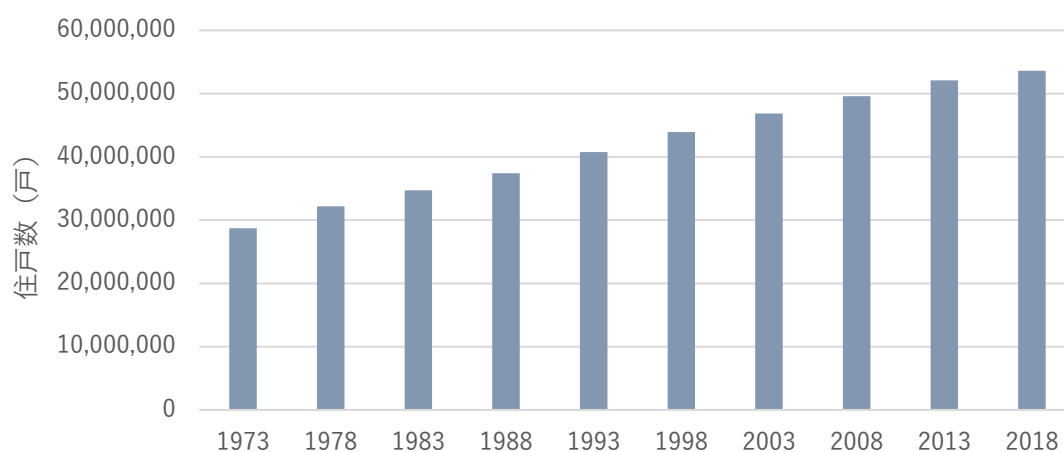


図 1-5 国内の住戸数の推移⁶

⁵ [5] 総務省統計局, “平成 30 年住宅・土地統計調査”より作成

⁶ [5] 総務省統計局, “平成 30 年住宅・土地統計調査”より作成

例えば、現在まで住宅に対する改修工事の件数が増加してきた（図 1-6）。改修工事のメリットである新築に比べ低コストであることや、部分的に工事箇所を選べるため手軽なことなどを考慮すると、上記で述べた社会環境の変化に一部起因していると考えられる。



図 1-6 住宅に関する改修工事件数の推移⁷

建設産業は他産業に比べて生産に係る資源投入量やエネルギー投入量が大きいことから、これまで一般的であった“スクラップアンドビルド（S&B）”よりも、既存建築物を有効活用する取り組みが推奨され、資源投入量や廃棄物量を削減する必要性に関する認識が広がっているのである。

⁷ [6] 国土交通省, “建築物リフォーム・リニューアル調査” (2021 年度) より作成

1 章 序論

1.1.2. 建設産業に係る環境負荷とその評価について

1.1.1 の最後に、建設産業における生産に係る資源投入量やエネルギー投入量が多いことに言及した。当産業においてはこの資源投入量やエネルギー投入量に伴う大規模な環境負荷の削減も重要な課題であり、環境を考慮した建築生産を目指し、建築物のライフサイクル（生産・維持管理・解体のサイクル）における環境負荷の評価の枠組みが提案され、実施されてきた。

建設産業に係る環境負荷

各資材の生産出荷について、建設産業が占める割合は概して大きい。建築物の基礎・躯体に用いられる“鉄鋼（図 1-7）（図 1-8）”や“コンクリート（図 1-9）”、内外装材などに用いられる“塩化ビニル樹脂製建材（図 1-10）”について以下に示す。

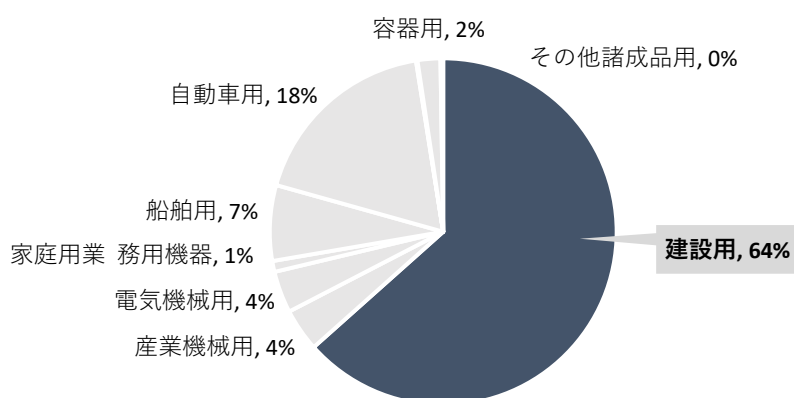


図 1-7 普通鋼鋼材用途別受注高（2021 年）⁸

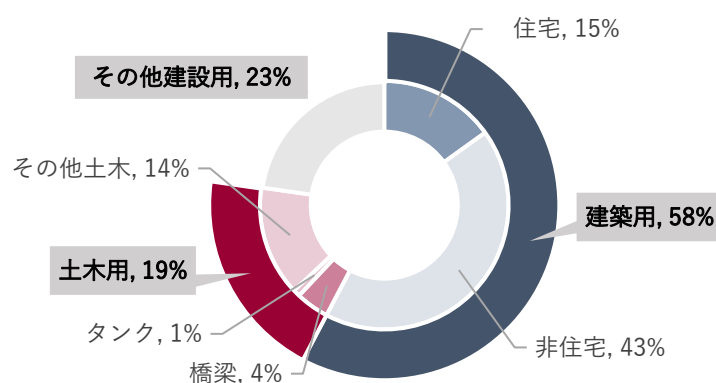
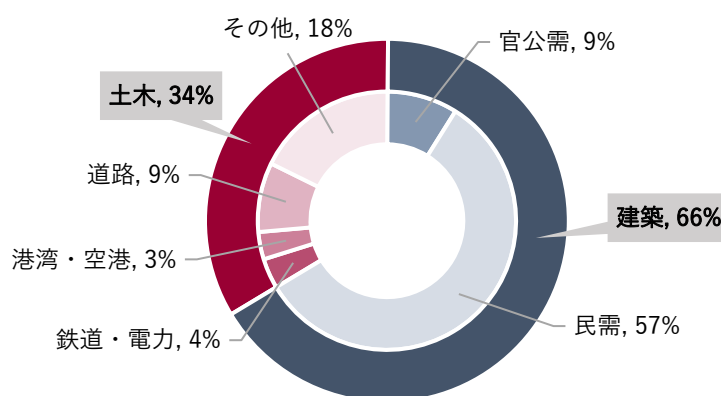


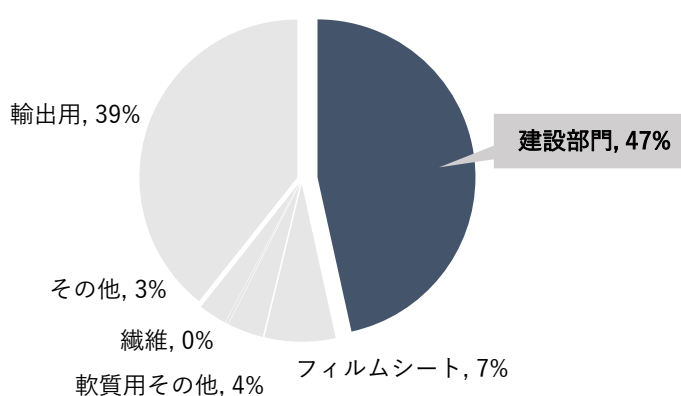
図 1-8 普通鋼鋼材用途別受注高の“建設用”の内訳（2021 年）⁹

⁸ [7] 日本鉄鋼連盟, “2022 年 10 月受注統計”（普通鋼鋼材用途別受注高）より作成

⁹ [7] 日本鉄鋼連盟, “2022 年 10 月受注統計”（普通鋼鋼材用途別受注高）より作成

図 1-9 コンクリートの需要先別出荷内訳（2018 年）¹⁰

塩化ビニル樹脂は生産出荷の約 50%を建設部門が占めている。塩ビ工業環境協会による塩化ビニル樹脂の製品別生産出荷内訳を以下に記す。

図 1-10 塩化ビニル樹脂の製品別生産出荷内訳¹¹

建築物の構成資材に着目すると、基礎・躯体を構成する鉄やコンクリートといった、製造段階に係る環境負荷が大きい資材の投入量が特に大きく、建築物の運用時に係るエネルギーなどとともに建設産業がもたらす環境負荷の主要因となっている。

このことから、当産業では建築物のライフサイクル¹²に係る環境負荷の評価の枠組みの検討が進んできた。その評価対象・範囲は多岐にわたる（1.4. 既往研究の分析と本論の位置づけ、2.1.1. 建築物における環境影響評価の枠組みを参照）。本論において重視した「資源循環性」に関する評価に関しても検討が行われている。

¹⁰ [8] 経済産業省，“平成 30 年生コンクリート統計速報”より作成

¹¹ [9] 塩ビ工業環境協会，http://www.vec.gr.jp/enbi/enbi2_1.html より作成

¹² 建築物の設計段階・生産段階から、運用段階・維持管理段階を経て解体段階・廃棄段階、および再資源化による生産段階への還元を含めた循環のプロセス

1 章 序論

1.1.3. 建設産業における再資源化の取り組みについて

以上を踏まえ、環境負荷の削減のための具体的な方策として、建設産業では建築材料の再資源化が進められてきた。例えば、特に資材投入量が大きいコンクリート塊、アスファルト塊、建設発生木材などは解体で発生する廃棄物量が大きく、“建設リサイクル法”において“特定建設資材”に指定されている。特定建設資材を用いた建築物に関する一定規模以上の建設工事について、受注者に対し分別解体や再資源化等を行うことが義務付けられている¹³。ただし、現状ではこれらの再資源化後、再び建築物に関わる資材として用いられることが少なく、土木工事や熱エネルギーとして活用されることが多い。他産業も含めて見ると資源循環が実現しているが、これでは建設産業における資材投入量の削減に繋がらず、資源循環が満足に実現しているとは言えない。

本研究では、このような“使用済みの建材が再資源化処理を通し再び建設資材として活用される”というように建設産業内で資材が循環することを“マテリアルリサイクル”として定義しているが、再資源化が義務付けられている特定建設資材に関しても、マテリアルリサイクルの実現には至っていない。

一方、内外装材や建具といった基礎・躯体以外の建材は、特定建設資材に該当しない場合が多く、解体時に混合廃棄物として発生する可能性が大きい。平成 30 年度では建築系廃棄物の最終処分量の 7 割を特定建設資材に指定されていない建築混合廃棄物や建設汚泥が占めている（図 1-11）。また近年では、施工性や意匠性、建築物に求められる各種性能の向上を目的として、異種建材を組み合わせて複合化させた製品が開発されている。複合化の進んだ建材は分別の難易度が高くなり、現場や工場での分別に加え、素材別、行先、判別時期などにより細かく選別され多様な行先を押さえて処理されているが、最終処分に回る割合は高い（図 1-12）。

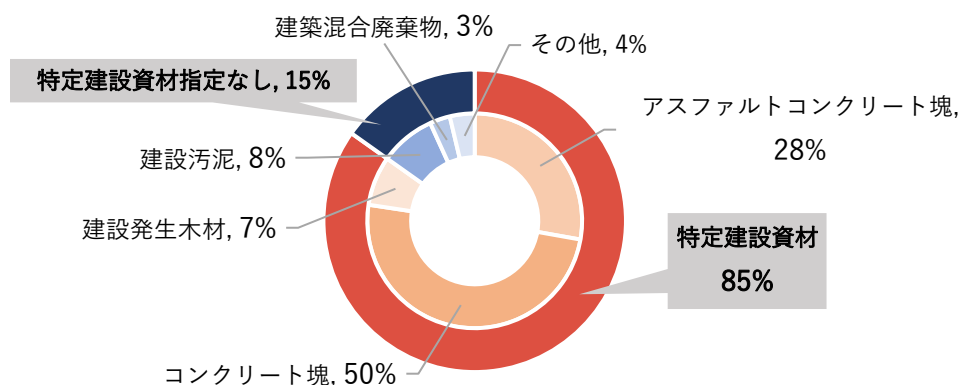


図 1-11 建築系廃棄物の発生内訳（平成 30 年度）¹⁴

¹³ [10] 環境省, “建設リサイクル法の概要” <https://www.env.go.jp/recycle/build/gaiyo.html>

¹⁴ [11] 国土交通省, “平成 30 年度建設副産物実態調査”より作成

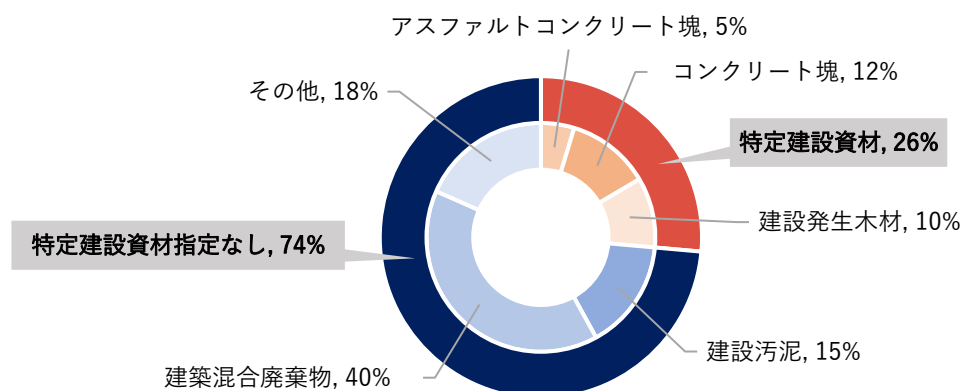


図 1-12 建築系廃棄物の最終処分量内訳（平成 30 年度）¹⁵

改修工事では、一般的に基礎・躯体が再活用されるものの、内外装材や建具は刷新されることから、とりわけこれらの廃棄物量が顕著になることが考えられる。

今、既存ストックの有効活用に関する考え方や取り組みが推進され今後さらに展開していくことが考えられるが、同時に、このように刷新される建材の廃棄物量や最終処分量、またこれらに係る環境負荷が顕著に増加していくことが考えられる。

以上から、改修工事において発生する内外装材等の建材の処理に関する現状把握と、さらにそれらのマテリアルリサイクルを行った際の効果を明らかにしつつ改修工事の環境影響評価を行うことで、建材の再活用やマテリアルリサイクルの必要性を認識し、今後の既存ストック活用および環境負荷削減を促進していきたいと考える。

¹⁵ [11] 国土交通省，“平成 30 年度建設副産物実態調査”より作成

1 章 序論

1.2. 研究目的

以上の研究背景を踏まえ、本論の目的は以下である。

本論の目的

木造戸建て住宅の改修工事について、発生する廃棄建材の再資源化を考慮した場合の建設産業内における環境負荷削減効果を定量的に示す

本論では2章（改修工事に関する評価）、3章（廃棄建材の再資源化に関する評価）を経て「改修工事」と「建材」の2つの観点に関して詳細に整理を行い、4章にて当目的に関して詳細に論じる。従って、論の流れを明確にするため各章で目的を定めた。

2 章

改修工事について建替えと比較した場合の環境負荷削減効果を示す

3 章

改修工事で発生する建材の処理実態を明らかにし、それらの再資源化に関する実現可能性を明らかにする

4 章

建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価を行い、改修工事で発生する廃棄建材のマテリアルリサイクルを実施した場合の効果を明らかにする

1.3. 用語の定義

以下、本論で活用される単語に関して定義を行った。

解体材

改修工事や解体工事で発生し廃棄物として排出された、既存の建物に活用されていた建材のこと。

施工端材

新築工事や改修工事における施工で発生し廃棄物として排出された、新しく投入された建材の端材のこと。

再資源化

工事現場で発生した建材に対して行われる、産業廃棄物収集運搬業者などによる収集運搬、産業廃棄物処分業者などによる中間処理および製造用原料の生産、また各種メーカーによる製品製造、および熱利用といった、単純焼却・埋め立て処分を除く一連の取り組みのこと。さらに本研究では、以下の用語について具体的に定義した（表 1-1）。

表 1-1 本研究における再資源化を指す各用語に関する定義

用語	定義
水平リサイクル	ある廃棄建材を回収し、上記の処理を通して再度同じ建材を製造するための材料として活用するといった、建設産業内での循環を指す。
カスケードリサイクル	ある廃棄建材を回収し、上記の処理を行ったがマテリアルリサイクルに必要な品質基準を満たせない場合に、品質基準の低い製品製造に用いるといった、他産業も含めた循環を指す。
マテリアルリサイクル	「水平リサイクル」と「建設産業内のカスケードリサイクル」の総称。建設産業内での循環を指す。
サーマルリサイクル	ある廃棄建材を回収し、最終的に熱利用を伴う焼却処分を行うことを指す。

本研究においては、“マテリアルリサイクル“を行い建設産業内での資材投入量の削減を行うことを目標とし”再資源化“という言葉を用いている。

1 章 序論

再生原料

廃棄建材に対し破碎・粉碎・切断や各種加工等の再資源化处理が行われた、製品製造に用いられる材料。

建築物のライフサイクル

建築物の設計・生産段階から運用段階を経て解体・廃棄・再資源化段階までを包括した一連のプロセスを指す。運用段階は維持管理のための工事や改修工事、当該建築物における人の生活や取り組みも含む。また廃棄段階はライフサイクル全体（設計・生産～解体）において発生する建材などの廃棄の取り組みを指す。

改修工事

既存の建築物を部分的に解体し新たな資源を用い新設する取り組みを指す。改修工事の目的は性能の向上や修復・修繕、また建替えの代替など多様であり、各目的に応じて様々な規模の工事が実施される。

環境影響評価

国際規格として定められている LCA（Life Cycle Assessment）を指す。本論では特に、建築物に関する「改修工事」に関して行った。2 章では建築物レベルでの評価に焦点を当て、日本建築学会の LCA データベースを活用し、改修によってそのまま再活用される資源量がもたらす、建物の生産時の資源投入量の削減量と環境負荷の削減効果を評価した。4 章では各建材のマテリアルリサイクルによる効果を考慮するため、LCA データベース IDEA ver.2.1.2 を活用して数種の建材の原単位を作成し、評価に用いた。

産業廃棄物収集運搬業者

主に建築物の各種工事現場から発生する廃棄建材の収集運搬を行う事業者を指す。積替え保管場を所有する場合もこの定義に含む。

産業廃棄物処分業者

「中間処理」・「最終処分」を担う業者。特に本論では「中間処理」に着目しており、工事現場や産業廃棄物収集運搬業者などから廃棄建材を受け入れ、分別、破碎・粉碎処理や溶融、製品製造を行う事業者を広範囲に指す。処理方法や保有する技術、事業の規模（受け入れる廃棄物の種類や回収範囲）などは各業者により様々であるが本定義で統一した。本論でヒアリング調査の対象となった事業者の概要は 2 章に示す。

1.4. 既往研究の分析と本論の位置づけ

本論では、建築物の改修工事に関し、建材の資源量に着目して環境影響評価を行う。以下では、本論が属するテーマである「建築物の環境影響に関する評価」に関連する既往研究を取り上げて分類を行い、本論の位置づけを明らかにした。

既往研究の分析と本論の位置づけ

各研究について、以下4項目（Ⅰ.評価対象の規模、Ⅱ.評価対象の建築物のライフサイクルにおける位置付け、Ⅲ.評価対象とした環境影響の範囲、Ⅳ.評価対象とした建築物の構造・用途）による分類を行った。

これにより、国内で行われた建築産業に対する環境影響評価において、どのような対象に対し、またどのような環境負荷に焦点を当てて行われてきたかについて明らかとした。方法は以下の通りである。

はじめに建築学会への投稿論文における「建築物の環境影響に関する評価」に関する研究を抽出した。具体的には、論文検索において「環境影響評価」および「LCA」で検索した。結果、「環境影響評価」で1071件、「LCA」で363件が該当した。内36件は同研究だったため除外し、最終的には1398件を分類対象として抽出した。次に、評価対象に関して4項目で分類し、各項目について分析するとともに本論の位置づけを明らかにした。以下、詳細な分類およびその分析に該当する既往研究、本論の位置づけを示す。

1 章 序論

分類項目Ⅰ． 評価対象の規模

分類と分析

以下4つの項目「建築材料レベル」、「建築物レベル」、「街レベル」、「その他」で分類を行った。各項目の分類基準（表 1-2）及び論文件数（図 1-13）を示す。（建築材料レベル：224 件、建築物レベル：733 件、街レベル：273 件、その他 168 件）

表 1-2 評価対象の規模に関する分類項目と分類基準

分類項目	分類基準
建築材料レベル	製造原料、複合建材、ユニット、一連のシステム
建築物レベル	部屋、モデル空間、建築物全体（外皮とその周辺含む）
街レベル	イベント、屋外、複数建築物の相互作用、景観、市区町村、全国
その他	建築・街などの建築産業の枠組みに入らないもの

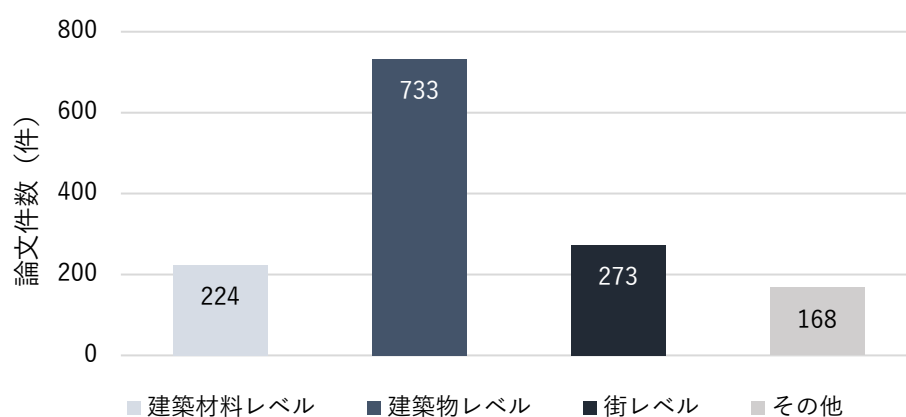


図 1-13 評価対象の規模ごとの論文件数

「建築物レベル」の評価が最も多い。「建築物」は「人」のスケールと一致し、滞在時や居住時の環境に対する評価から、意匠・計画的な視点からの評価など多様な評価が必要であることが要因であると考えられる。

本研究の位置づけ

本研究は改修工事の評価を行うことから、主に「建築物レベル」に該当する。また、排出される建材のマテリアルリサイクルを考慮した評価を行っているため「建築材料レベル」にも該当するといえる。

代表的な既往研究

建築物の資源循環性に関する環境影響評価手法の研究が代表例として挙げられる。従来の建築物の LCA ツールでは、建設段階から運用段階までの CO₂ 排出量を主な指標としているが、佐藤らは、新築・運用・改修段階における資源投入量に着目した LCR (Life Cycle Resources)、新築・運用・改修・解体段階における廃材発生量に着目した LCW (Life Cycle Waste) といった指標を導入した ([1]¹⁶, [2]¹⁷)。また茂呂ら ([3]¹⁸)、村上ら ([4]¹⁹) によっても同様に建築物の資源循環性に関する評価手法が検討されている。

以上の既往研究では、建築物のライフサイクルに関する包括的な評価の枠組みを提案している。本研究は、“改修工事”に特に焦点を当てた評価であること、またそこで発生する廃棄建材の性状や処理方法について、詳細な現場調査・ヒアリング調査を通して実態を把握し、その実態に基づいた評価を行った点が特徴である。

¹⁶ [12] 佐藤正章, 荒井良延, 伊香賀俊治, 近田智也, 間宮尚, 加藤正宏, “資源循環性の評価機能を持つ LCA ツールの概要: 建物の資源循環性評価手法の開発その 1”, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp. 341-346, 2005.

¹⁷ [13] 佐藤正章, 荒井良延, 伊香賀俊治, 近田智也, 間宮尚, 加藤正宏, “資源循環性のケーススタディ: 建物の資源循環性評価手法の開発その 2”, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp. 255-260, 2006.

¹⁸ [14] 茂呂隆, 廣瀬朗, 多葉井宏, “建築の資源循環性に関する環境影響評価手法の研究”, 日本建築学会環境系論文集, 第 580 号, pp. 85-92, 2004.

¹⁹ [15] 村上達也, 林徹夫, 野村幸司, “トータルエネルギーシミュレータの開発: その 8 住宅および都市における資源循環性の評価・予測”, 日本建築学会研究報告九州支部 2 環境系, 第 48 号, pp. 489-492, 2009.

1 章 序論

分類項目Ⅱ． 評価対象の建築物のライフサイクルにおける位置付け

分類と分析

以下4つの項目「運用段階」「各種工事（新築・改修・解体）および廃棄段階」「ライフサイクル（LC）全体」「その他」で分類を行った。分類基準（表 1-3）及び項目の論文件数（図 1-14）を以下に示す（運用段階：590 件、各種工事および廃棄段階：241 件、LC 全体：118 件、その他 449 件）。また、運用段階に関しては評価で焦点が当てられている項目に関してさらに分類を行った。（運用段階【エネルギー】：218 件、運用段階【コスト】12 件、運用段階【その他】：449 件）

本分析により各研究における環境影響評価が建築物のライフサイクルにおけるどの段階に焦点を当てたものかが明らかとなった。

表 1-3 評価対象のライフサイクルにおける位置付けに関する分類項目と分類基準

分類項目		分類基準
LC 全体		フォーカスが特に無い全体的な評価、LCA の評価手法など
各種工事・廃棄		設計施工、構法、解体、資源量・循環、建材、流通、原単位
運用	エネルギー	消費エネルギー、温熱環境、CASBEE、節電、蓄熱、換気
	コスト	維持管理費用、コスト評価
	その他	上記とは異なる建物運用時の評価・研究
その他		建築や街といった建築産業の枠組みに入らないもの

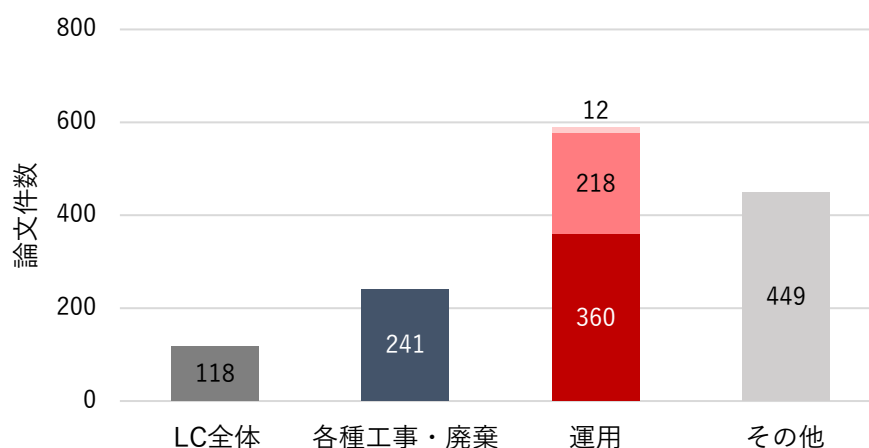


図 1-14 ライフサイクルの段階ごとの論文件数

また、当分類に関し、評価対象の規模ごとに整理すると以下（図 1-15）のようになる。

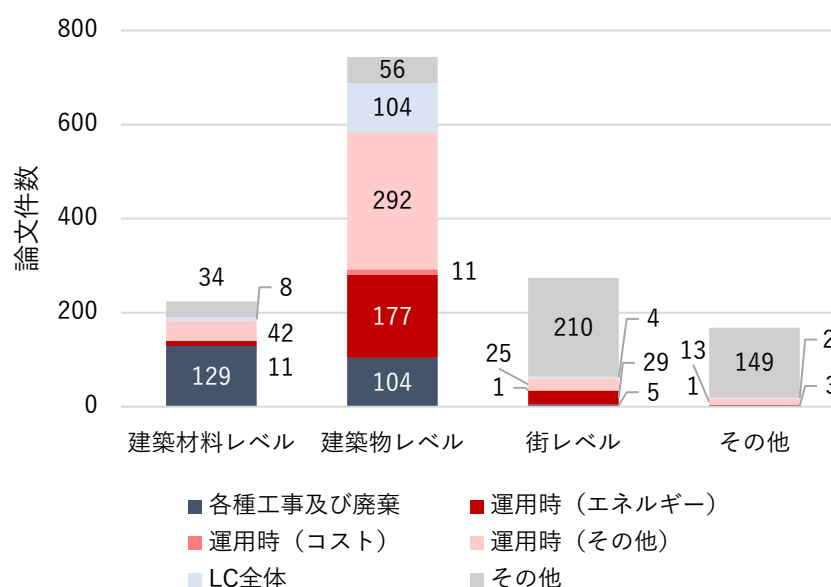


図 1-15 対象の規模で分類したライフサイクルの段階ごとの論文件数

「建築物レベル」の評価では、他のレベルに対し、運用時の評価に関する研究が占める割合（約 64%）が多い。同様に建築物の性能評価の枠組みに関する研究など、LC 全体を対象とした研究も多い。一方「建築材料レベル」の評価では、「各種工事・廃棄」に関する評価が多い。各種工事のタイミングで大規模な資源量変化が起こることから、そこで新しく投入された建材や最終処分された建材の生産や処理に係る環境負荷（主に CO₂ 排出量など）が特に注目されていると考えられる。

1 章 序論

本研究の位置づけ

本研究は改修工事の評価を行い、さらに、排出される建材の処理（廃棄・再資源化）に関してデータを重点的に収集し評価を行っていることから、「各種工事（新築・改修・解体）および廃棄段階」を対象とした評価である。

代表的な先行研究

「各種工事・廃棄」を対象とした評価に関する研究では、基礎・躯体部分の再活用を行う工事に関する手法や、その有用性に関する研究が代表的である（[5]²⁰, [6]²¹, [7]²²）。また対象は RC 造の建築物であることが多い。

本研究では木造の戸建て住宅を対象とした評価であること、廃棄建材（特に仕上げ材）の「再資源化」による資源循環性・環境負荷削減効果への言及を行っていることが特徴的である。

²⁰ [16] 金玉慧, 角田誠, 清家剛, 廣瀬隆治, 鈴木香菜子, 川口 素子, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 1 工事概要及び人工数の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）, 2003 号, pp. 717-718, 2003.

²¹ [17] 川口素子, 真鍋恒博, 名取発, 清家剛, 廣瀬隆治, 金玉慧, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 2 解体工事の手順及び人工数の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）, 2003 号, pp. 719-720, 2003.

²² [18] 廣瀬隆治, 清家剛, 鈴木香菜子, 金玉慧, 川口素子, 神田順, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 3 環境負荷の評価”, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）, 2003 号, pp. 721-722, 2003.

分類項目Ⅲ． 評価対象とした環境影響の範囲

分類と分析

初めに以下5つの項目「人（身体・思考・行動）への影響」「エネルギー消費量」「LCCO₂・資源循環（LCR・LCW・資源循環性）」、「総合的な評価」、「その他」で分類を行った。項目の分類基準（表 1-4）及び論文件数（図 1-16）を以下に示す（人への影響：581 件、エネルギー消費量：205 件、LCCO₂・資源循環：212 件、総合的な評価：137 件、その他 263 件）。

建築学会にて蓄積されている環境影響評価に関する研究の内、約半数は「人への影響」を評価対象としている。具体的には、視環境、快適性、学習環境、音環境、香り、知的生産性、印象評価、建物の評価に及ぼす影響に関する評価がこの項目に含まれる。また、「LCCO₂・資源循環」の項目には、鉄やコンクリート、ガラスなどの建材の生産時に係る CO₂ 排出量（他の環境負荷物質も含む）を主な対象としたライフサイクルアセスメントに関する研究、リサイクルや埋め立て量の削減を目的とするなど、資源循環に関する評価に関する研究が含まれる。「その他」の項目には主に振動評価、建材の性能実験、住宅の値段に関する評価、ヒートアイランド現象に関する評価、有害物質、通風性能、建築・都市計画的な要素、がテーマとなった研究を分類した。

表 1-4 評価対象の環境影響の範囲に関する分類項目と分類基準

分類項目	分類基準
人への影響	視環境、音環境、知的生産性、建物の評価に及ぼす影響、等
エネルギー消費量	空調システムの評価など、人体の影響も加味した研究も含む
LCCO ₂ ・資源循環	建材の生産、リサイクル、資源枯渇、埋め立て、資源循環
総合的な評価	CASBEE など評価の枠組み、LC 全体の総合的な評価
その他	建材の性能実験、住宅評価への影響、ヒートアイランドなど

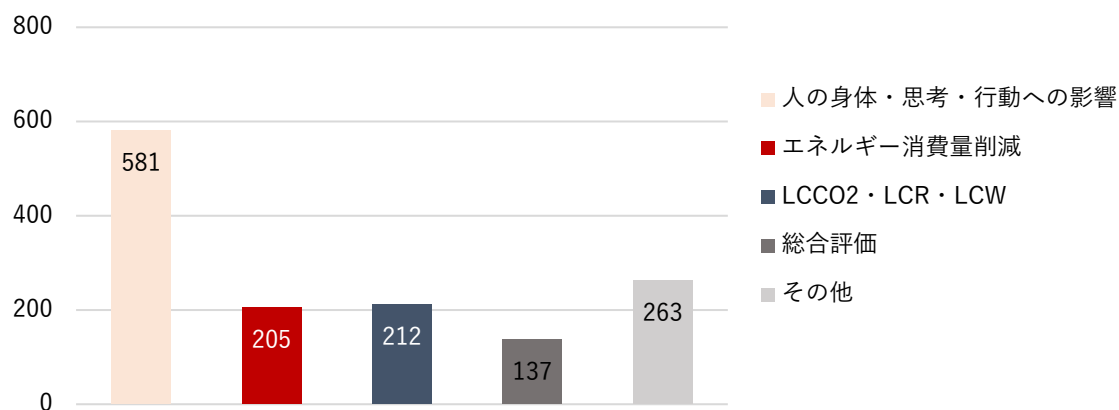


図 1-16 対象とした環境影響の範囲ごとの論文件数

1章 序論

「人への影響」に関する評価が最も多い。これは、人への影響そのものが多様であること、建築物を評価する主体である居住者や利用者の健康、取り巻く環境が建築物の評価で最も重視されていることを示していると考えられる。次に「エネルギー消費量」、「LCCO₂・資源循環」に関する評価が多い。これは近年の環境負荷削減やコスト削減に対する意識の高まりが反映されていると考えられる。

また、当分類に関し、評価対象の規模ごとに整理すると以下（図 1-17）のようになる。「人への影響」に関する評価が最も多いのは「建築物レベル」の評価である。モデル空間や実在する住宅を対象に、利用者や居住者に関する様々な評価が実施されている。「建築材料レベル」では、性能評価やコスト評価に対し、「LCCO₂・資源循環」に関する評価の割合が大きい。建設産業に係る大規模なエネルギーや多量の廃棄物量の削減が着目され、各建築材料レベルでリサイクルや埋め立て量削減について詳細な評価が進められてきた。

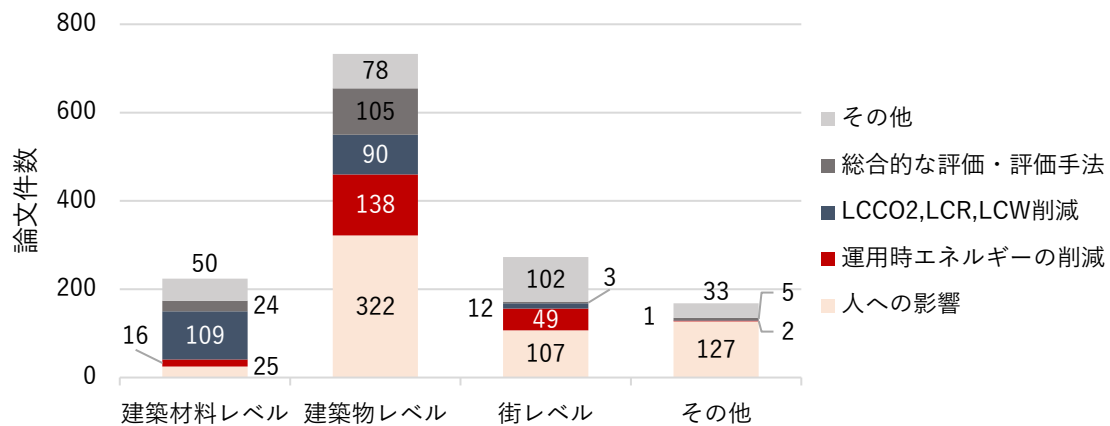


図 1-17 対象の規模で分類した対象とした環境影響の範囲ごとの論文件数

また、ライフサイクルにおける「各種工事・廃棄」に関する評価の中でも「LCCO₂・資源循環」を対象とした評価が最も多い（図 1-18）。この分類に該当する研究は、各種工事で発生した各建材の処理に関して個別に評価したものが多い。

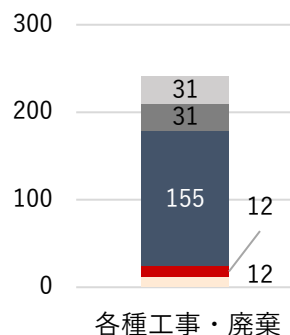


図 1-18 各種工事・廃棄に関する評価における環境影響の範囲ごとの論文件数

本論の位置づけ

本論では、建築物への資源投入量に係る環境負荷に着目したことから、環境影響の中でも特に CO₂ 排出量および廃棄物量を評価対象とした。

代表的な既往研究

「LCCO₂・資源循環」といった環境影響を対象とした「建築物レベル」の評価に関する研究では、分類 I にも掲載した佐藤らの建築物の資源循環性の評価に関する研究が該当するが、本研究とは、“改修工事”に特に焦点を当てた評価であること、またそこで発生する廃棄建材の性状や処理方法について、詳細な現場調査・ヒアリング調査を通して実態を把握し、その実態に基づいた評価を行った点で異なる。

また、「LCCO₂・資源循環」といった環境影響を対象とした「各種工事・廃棄段階」における評価に関する研究では、そこで発生する廃棄建材のみに焦点を当てたものが多い。例えば、建材全般に着目した研究や ([8]²³, [9]²⁴)、特に塩化ビニル樹脂建材に着目した研究が挙げられる ([10]²⁵, [11]²⁶, [12]²⁷)。本研究では少し視点を引き、「改修工事」という建築物レベルの行為が起点となった廃棄建材の資源循環を考慮した建築物レベルの評価であることが特徴である。

²³ [19] 小林謙介, 磯部孝行, 田原聖隆, 井上隆, “建築廃棄物処理の現状分析と環境負荷削減の可能性”, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 635 号, pp. 97-104, 2009

²⁴ [20] 谷川壮太, 中島裕輔, 上田亮平, “建築系廃棄物における複合建材の処理実態と再資源化に関する研究”, 日本建築学会関東支部研究報告集, 77 号, pp. 533-536, 2007

²⁵ [21] 原田優作, 清家剛, 金容善, 磯部孝行, 伊藤篤司, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 1 日本国内における実態調査”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 611-612, 2015

²⁶ [22] 伊藤篤司, 清家剛, 金容善, 磯部孝行, 原田優作, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 2 韓国、台湾における実態調査”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 613-614, 2015

²⁷ [23] 磯部孝行, 清家剛, 金容善, 伊藤篤司, 原田優作, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 3 東アジアを含めたマテリアルフローの作成”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 615-616, 2015

1 章 序論

分類項目Ⅳ. 評価対象とした建築物の構造・用途

分類と分析

対象が建築物で資源循環性や資源投入量に関連する CO₂ 排出量の評価を行った研究（90 件）に絞り、構造（RC 造・S 造・SRC 造、木造、その他）及び用途（戸建て住宅、集合住宅、商業施設・病院・オフィスなどのビル、その他）により分類した。図 1-17 を以下に再掲する。

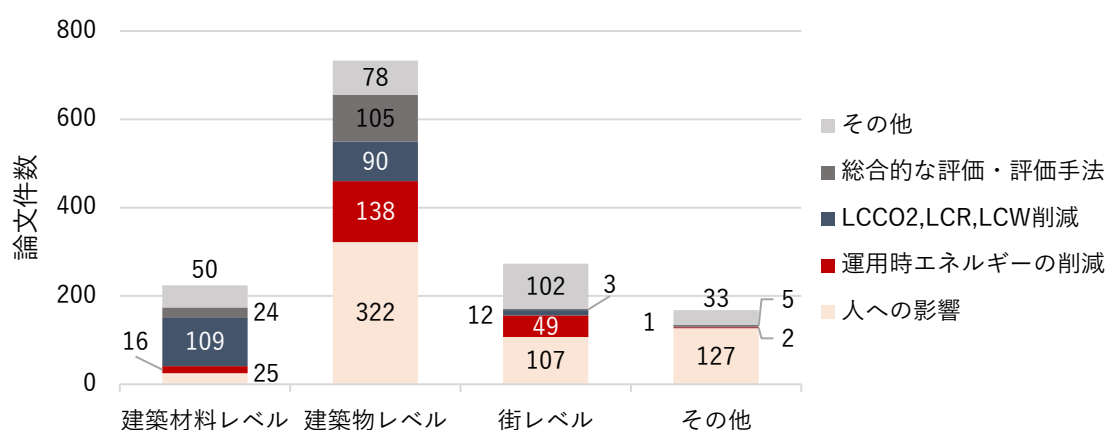


図 1-17 対象の規模で分類した対象とした環境影響の範囲ごとの論文件数（再掲）

資源循環性や資源投入量に関連する CO₂ 排出量の評価を行った研究において最も多かったのは RC 造・SRC 造・S 造のビル（事務所・商業施設・オフィスなど）である（28 件）。他の建材と比較して RC 造に用いられるコンクリート・鉄は生産に係る環境負荷がかなり大きいことから主な評価対象となっていることが分かる。本論は木造戸建てを対象としている（表 1-5）。

表 1-5 評価対象の構造・用途ごとの件数（件）

	RC 等	木造	その他
戸建住宅	2	12	8
集合住宅	4	0	6
事務所等	28	0	1
その他	2	0	27

本論の位置づけ

本論では、木造戸建て住宅を対象に環境影響評価を実施した。

代表的な既往研究

環境影響評価まで行った研究としては、分類項目Ⅱでも取り上げた、RC 造の建築物に関する基礎・躯体部分の再活用を行う工事に関する手法や、その有用性に関する研究が代表的である（[5]²⁸, [6]²⁹, [7]³⁰）。

また、本研究と同分類にあたる先行研究は 12 件あったが、12 件のうち殆どは特定の建材に着目したもの、または廃棄物の性状確認・処理実態の把握にとどまっている。本研究では、そういった建材の性状や再資源化処理に関して詳細に把握し、実態に基づいて環境影響評価まで行った点が特徴である。

²⁸ [24] 金玉慧, 角田誠, 清家剛, 廣瀬隆治, 鈴木香菜子, 川口 素子, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 1 工事概要及び人工数の分析” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 717-718, 2003.

²⁹ [25] 川口素子, 真鍋恒博, 名取発, 清家剛, 廣瀬隆治, 金玉慧, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 2 解体工事の手順及び人工数の分析” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 719-720, 2003.

³⁰ [26] 廣瀬隆治, 清家剛, 鈴木香菜子, 金玉慧, 川口素子, 神田順, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 3 環境負荷の評価” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 721-722, 2003.

1 章 序論

小結

以上より、建設産業における「環境影響評価」および「LCA」に関する既往研究に対する本論の位置づけを明らかにした。本論の特徴は概して、「改修工事」における資源循環性（“改修による建材の再活用”と“廃棄建材のマテリアルリサイクル”）に着目して建築物全体の評価を行った点である。

分類項目Ⅰ～Ⅳにおける位置付けを総括すると「木造戸建て住宅の改修工事に関するCO₂排出量・資源循環性の評価」となる。具体的に既往研究と異なる点は以下2点である。

1. 「建築物レベル」と「建築材料レベル」の評価を同時に行った点：先行研究で建築材料の廃棄・処理・再資源化に関する調査や実態の把握が建築物レベルの評価に具体的に還元された例は少ない。
2. 改修工事で発生する廃棄建材を特定し、詳細に処理方法や課題を追いかけた点：先行研究は廃棄物の発生時（現場に着目）もしくはその後の処理（積替え保管・中間処理以降に着目）のどちらかを具体的に掘り下げたものが多い。一方本論では、改修工事における解体材の発生状況からそれらの具体的な処理フローまでを含めて、実地調査に基づき、建材の再資源化に関する実現可能性を評価した。

既往研究の中で、本論が該当する“各種工事における資源循環性“や”廃棄物量削減“に関する評価は”運用時”の評価に比べて研究数が少なく、その中で上記のような特徴が本論のオリジナリティとなっている。

分類項目Ⅰ． 評価対象の規模

「建築物レベル」および「建築材料レベル」。特に木造戸建て住宅を主な対象とした。

分類項目Ⅱ． 評価対象の建築物のライフサイクルにおける位置付け

「各種工事（新築・改修・解体）および廃棄段階」。特に、「改修工事」と「廃棄段階」を重点的に評価した。

分類項目Ⅲ． 評価対象とした環境影響の範囲

「LCCO₂・資源循環」。特にCO₂排出量および廃棄物量、資源循環性に関して評価を行った。

分類項目Ⅳ． 評価対象とした建築物の構造・用途

木造戸建て・住宅に注目した

1.5. 研究の構成

研究目的に基づき、本論の構成を以下に示す。

まず 2 章では、改修工事の環境影響評価を行った。ここでは、「2.1. SRC 造中高層住宅における改修工事の環境影響評価」、および「2.2. 木造戸建て住宅における改修工事の環境影響評価」を通し、建築物の基礎・躯体部分を再活用することによる環境負荷削減効果を示すとともに、基礎・躯体とは異なりその多くが刷新され工事で廃棄物として発生する建材の多くを占める仕上げ用内外装材の産業内循環を検討する必要性を明らかにした。

次に 3 章では、改修工事における建材の資源循環性に関する評価を行った。まず「3.2.改修工事現場における廃棄建材の発生状況」、「3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー」を通して改修工事現場における廃棄建材の発生状況や、収集運搬・中間処理における処理の流れと課題を明らかにした。次に、「3.4. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価」において、3.2・3.2 に基づき改修工事における「再活用」および発生する廃棄建材の「マテリアルリサイクル」に関する実現可能性を評価した。

最後に 4 章では、建材の資源循環を考慮した改修工事の評価を行った。「4.2. 資源投入量の把握」にて既存建物への資源投入量を把握し、「4.3. 建材の資源循環を考慮した改修工事の評価シナリオ」において、工事での発生量が多かった建と 3 章で高水準の資源循環性の実現可能性が見込めた建材を対象に、それらの再活用やマテリアルリサイクルを行った場合のシナリオを設定し、「4.4. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価」において、改修工事による建材の再活用および廃棄物のマテリアルリサイクルによる建設産業内循環への寄与を定量的に明らかにした。

1 章 序論

以下、本論の章構成とそれらの関係性を示した（図 1-19）。

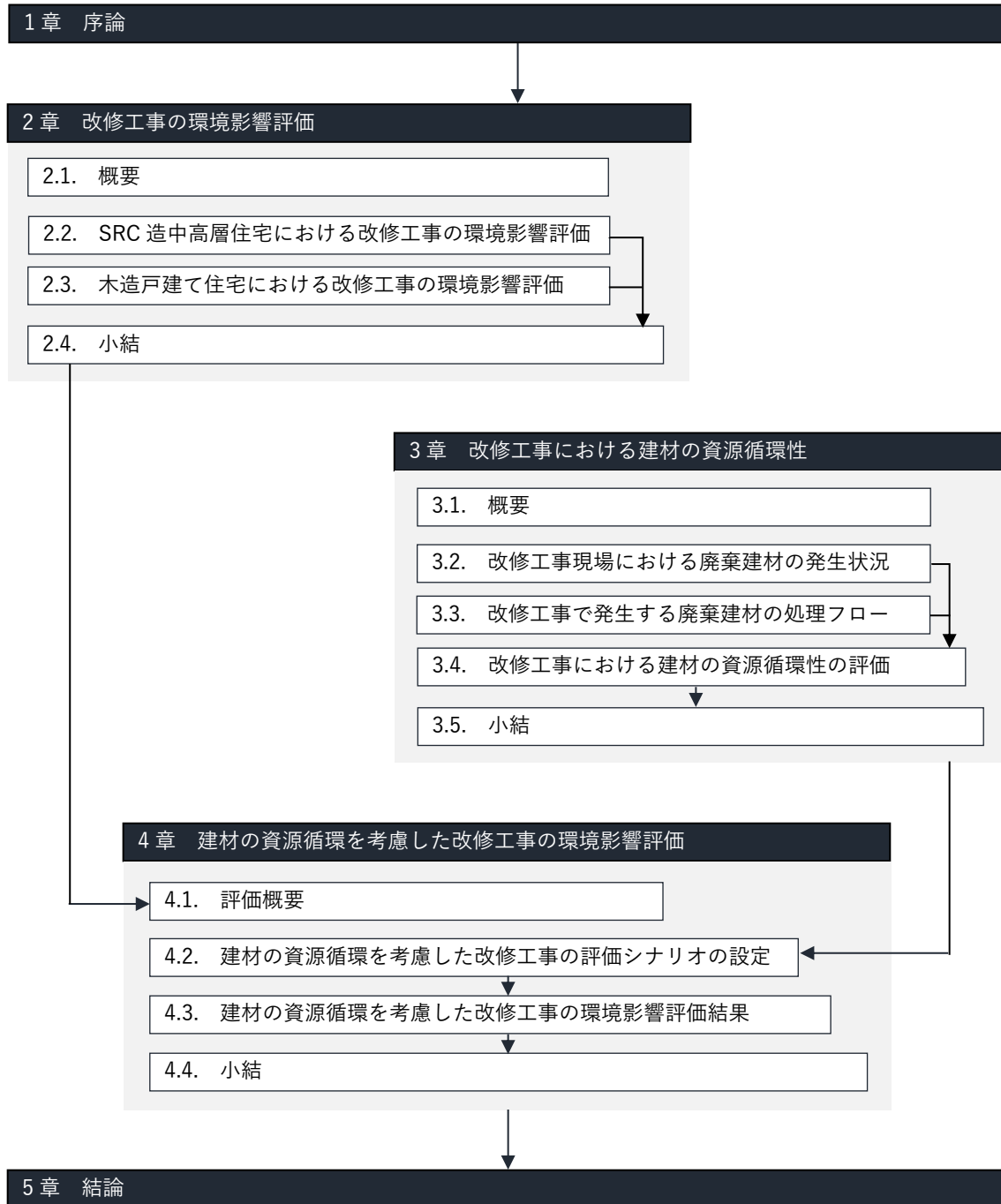


図 1-19 本論の構成

1.6. 対象と手法

文献調査、現場調査、ヒアリング調査、および表計算ソフトを用いた環境影響評価を行った。1 章では主に文献調査を行った。2 章では主に現場調査・環境影響評価を行った。3 章では主に現場調査・ヒアリング調査を行った。4 章では特に環境影響評価を行った。

1 章 序論

対象

以下、調査対象物件と各対象物件で行われた改修工事の概要である（表 1-6）。対象物件と 2 章における環境影響評価では B 邸を対象にした。3 章における現場調査では A～C 邸の 3 件を対象にした。4 章における建材の資源循環を考慮した環境影響評価では A 邸を対象とした。

表 1-6 調査対象物件と各対象物件で行われた改修工事の概要

	構造・用途		工期（予定）	工期（実際）	延床㎡			所在地	築年数
					1 階	2 階	合計		
S 邸	SRC 造・中高層住宅(9 階建て)		2021/5~2022/1				2595.2	東京都	49 年
A 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/6-2022/3/27	2021/12/6-2022/3/26	50.68	50.4	101.08	東京都	33 年
	特徴	都内の住宅規模として一般的である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。工程に増築工事が含まれる。二階部分は解体を行わず内装仕上げのみを行う。解体作業は全て手作業によって行われる。隣接して家主が保有する空地があるため廃棄建材の保管スペースは比較的余裕がある。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。							
B 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/13-2022/3/25	2021/12/20-2022/3/24	91.31	57.92	149.23	東京都	46 年
	特徴	都内としては比較的大きい規模の住宅である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。1 階は全て、2 階は一部を残して解体される。バルコニーの取り外しと再設置を行う。解体作業は全て人手によって行われる。屋外の廃棄建材の保管スペースは車一台分の駐車スペースのみであり、屋内に廃棄建材を保管しながら工事を進めなければならない。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。							
C 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/16-2022/3/27	2021/12/16-2022/3/27	86.12	57.14	143.26	埼玉県	54 年
	特徴	郊外の住宅規模として一般的である。比較的大通りに面して立地するが、駐車スペースが無く搬出に用いられるのは小型トラックのみである。工程に増築工事が含まれる。1 階、2 階ともに殆どが解体される。解体作業は全て人手によって行われる。屋外には車二台分のガレージがあり、廃棄建材の保管スペースは比較的余裕がある。解体と施工を同一の業者が行い、解体と施工が同時に進行する。							

 手法

 現場調査

3 章において、改修工事現場における廃棄建材の発生状況の把握のため、A～C 邸の改修工事現場に対して現場調査を行った。

 ヒアリング調査

3 章における改修工事で発生する廃棄建材の処理に関する整理のため、産業廃棄物収集運搬業者、産業廃棄物処分業者、製造業者へのヒアリング調査を通し、廃棄建材の処理フローについて、委託の流れや具体的な処理方法を整理した（表 1-7）。

表 1-7 ヒアリング調査先一覧

業種	調査先	対象とした業務内容	所在地	調査日
住宅製造業	HA 社	新築・改修工事で発生した廃棄建材の回収・処理について	大阪府	2022/7/20
	HB 社		東京都	2022/11/4
建材製造業	MA 社	建材の再資源化に関する活動について	愛知県	2022/10/20
	MB 社	建材の再資源化に関する活動について	東京都	2022/11/2
産業廃棄物 中間処理業	WA 社	廃棄建材の回収・処理について	東京都	2022/8/18
	WB 社	石膏ボードの再資源化について	三重県	2022/9/13
産業廃棄物 収集運搬業	WC 社	各種工事で発生した廃棄建材の収集運搬および処理について	東京都	2022/11/29
	WD 社		東京都	2022/12/8

 環境影響評価

2 章における改修工事の環境影響評価、および 4 章における建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価を行った。

2 章では“改修”と“建替え”に係る環境負荷を比較するため、建築物のライフサイクルを考慮した評価を行うことに適している、建築学会で公表されている「LCA データベース」を用いた。

4 章では、改修工事で発生する“廃棄建材のマテリアルリサイクル”による環境負荷削減効果を算出するため、詳細設定が可能である積み上げ式を採用した「IDEA」を用いてマテリアルリサイクル率を考慮した CO₂ 排出原単位を作成し、評価に用いた。

各ツールに関しては「2.1.1 建築物に関する環境影響評価の枠組み」にて述べている。

2 章 改修工事の環境影響評価

2.1. 概要	35
2.1.1. 建築物における環境影響評価の枠組み	36
2.1.2. 本研究における環境影響評価	40
2.2. SRC 造中高層住宅における改修工事の環境影響評価.....	41
2.2.1. 評価概要	41
2.2.2. 資源変化量の把握	43
2.2.3. 環境負荷の算出	45
2.2.4. 環境影響評価結果	47
2.3. 木造戸建て住宅における改修工事の環境影響評価	48
2.3.1. 評価概要	48
2.3.2. 資源変化量の把握	51
2.3.3. 環境負荷の算出	53
2.3.4. 環境影響評価結果	55
2.4. 小結	56

2.1. 概要

本研究において、以下 2 点の環境影響評価を行った。1. 改修工事の環境影響評価（2 章）、2. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価（4 章）

以下に 2 章の構成を示す（図 2-1）。

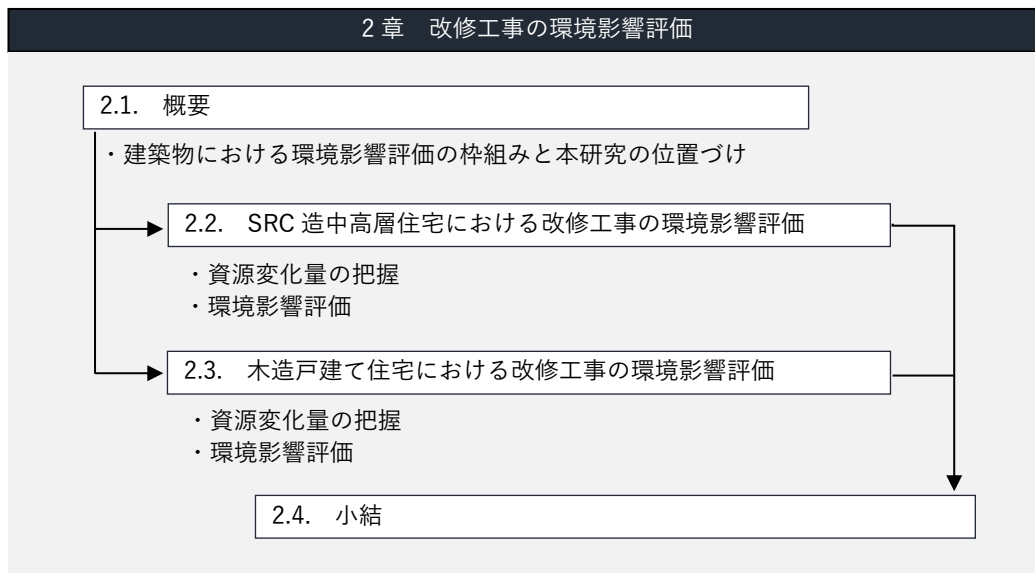


図 2-1 2 章の構成

以下、本研究において参考とした建築物における環境影響評価の枠組みと、本研究における環境影響評価の位置づけを示す。

2 章 改修工事の環境影響評価

2.1.1. 建築物における環境影響評価の枠組み

LCA（Life Cycle Assessment）とその国際規格

LCA とは、環境影響評価の手法の一つである。ある財（製品）について、それが土から生まれて製造され使用され、やがて寿命を迎えて廃棄されまた土にかえるまでの Life Cycle 全体を通じて、環境への影響がどれほどのものになるのかを定量的に評価する手法である³¹。以下に国際規格³²を示す。

ISO14040

1997 年に発行された、LCA に関する国際規格。LCA による環境評価を行う手順や方法について、整理を行っている。主に、調査・目的範囲の設定、インベントリ分析、影響評価、解釈などについて言及している。後に、ISO14041~14043 が追加される。

ISO14044

2006 年に発行された、LCA に関する新しい規格。それまでの ISO14040~14043 の内容をより読み易く再編したものであり、現在の技術的な要求事項はこちらに移行され、LCA における基準文書のような存在となっている。また、ISO14044 の発行とともに ISO14040 の再編も行われており、こちらは原則と枠組みの記述にのみ言及している。

³¹ [27] 疋田浩一, “LCA 手法の比較と今後の課題” 研究紀要 22 号, pp. 213-220, 2021.より引用

³² [28] Matthias FINKBEINER, 稲葉敦, Reginald B.H.TAN, Kim CHRISTIANSEN, Hans-Jürgen KLÜPPEL, “ライフサイクルアセスメントの新規格：ISO14040 および ISO14044 について” Journal of Life Cycle Assessment, Japan Vol.3, No.1, pp. 58-64, 2007.

LCA の方式

建設業界における LCA は、以下の二つの手法に分類できる。

積み上げ方式

積み上げ方式とは、各種の原単位データや各生産プロセスにおける技術データを緻密に集積することで定量化する手法である。個々の製品の細かな違いを評価に取り入れることができる一方で、LCA の境界の曖昧さやデータ収集の難しさなどが問題として挙げられる。

産業連関表による分析法

上記の積み上げ法の課題に対し、一定の解決を見せているのが産業連関表による分析法である。産業連関表とは、国内で財やサービスの生産活動を行う連関構造を、価格による行列形式で表したものであり、それを利用することで環境影響評価を数学的に算出することができる。国内における代表値のようなものが得られるため、比較的データ収集が容易であることと、国内であれば LCA の境界の問題についてある程度の解決ができていて一方で、一つ一つの製品を個別に評価することが難しくなっている。

汎用的な LCA のツール・データベース

IDEA³³

産業技術総合研究所が開発した、日本で積み上げ方式による LCA を行う上で、様々な原単位を供給するデータベース。日本の平均的なデータを供給することを主眼としており、農林水産業、鉱業、建設業、製造業といった分野のデータを網羅している。

LIME³⁴

経済産業省、NEDO、産業環境管理協会により開発された、日本の LCA 評価ツール。LCA で通常行うインベントリ分析だけでなく、その後の影響評価を行うことを重視しており、海洋や大気への被害や、人間の健康への被害などを考慮・評価している。

エコリーフラベル制度³⁵

サステナブル経営推進機構が運営する、環境ラベル事業。一定のルールに基づいた LCA を実施することで、その結果をラベルとして公開することができる。これにより、購買者や消費者が製品の環境影響について比較・検討することができるようになることを目指している。

³³ [29] 一般社団法人サステナブル経営推進機構 HP : <https://sumpo.or.jp/consulting/lca/idea/>

³⁴ [30] 伊坪徳宏, “LIME の特徴と研究開発の現状” Journal of Life Cycle Assessment, Japan Vol.3, No.1, pp. 39-44, 2017.

³⁵ [31] 一般社団法人サステナブル経営推進機構 エコリーフ環境ラベル HP: <http://www.ecoleaf-jemai.jp>

建築業界における主な LCA のツール・データベース

建物の LCA 指針³⁶

1999 年に建築学会より発行された、LCA の基本事項を示した指針。同時にツールと産業連関表を活用したデータベースが発行されている。これによって、設計初期段階から設計者が建築物のライフサイクル全体を考慮し、さまざまな環境配慮設計を検討できるようになることを視野に入れている。

CASBEE³⁷

2001 年に開始した建築物の環境性能を評価し、格付けする制度。省エネや省資材といった環境配慮に加え、快適性や景観への配慮なども含め、建築物の品質を総合的に評価する仕組みとなっている。2007 年からは簡易的な LCA 手法が組み込まれており、実務において比較的簡単に LCA を行うことができる。

LEED³⁸

世界 160 ヶ国以上で使用される、環境配慮型建築の先導的事例を評価する国際的な認証プログラム。1998 年から米国のグリーンビルディング協会が開発・運営している。LEED v4 からは LCA 関連の視点が加わり、LCA 評価を行うことや環境ラベルを取得することが推奨されている。

³⁶ [32] 日本建築学会, “建物の LCA 指針” http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s0/tkankyo/arc08_files/AIJ-LCAandLCW_Manual_Ver.4.02.pdf

³⁷ [33] 一般社団法人住宅・建築 SDGs 推進センター (IBECs) HP: <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/certification/certification.html>

³⁸ [34] U.S Green Building Council HP: <https://www.usgbc.org/leed>

2 章 改修工事の環境影響評価

2.1.2. 本研究における環境影響評価

改修工事の環境影響評価（2 章）

2 章では、既存建築物への資源投入量のうち改修工事によってそのまま再活用された資源量がもたらす CO₂ 削減効果を評価した。

“改修”と“建替え”に係る環境負荷を比較するため、産業連関表に基づいて作成され建築物のライフサイクルを考慮した評価を行うことに適している、日本建築学会の「LCA データベース」を活用した。

建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価（4 章）

4 章では、建材の資源循環を考慮した場合の改修工事の CO₂ 削減効果を評価した。改修工事で発生する“廃棄建材のマテリアルリサイクル”による環境負荷削減効果を算出するため、詳細設定が可能である積み上げ式を採用した「IDEA」を用いてマテリアルリサイクル率を考慮した CO₂ 排出原単位を作成し、評価に用いた。

マテリアルリサイクル率は、3 章の廃棄建材の実態調査および改修工事における建材の資源循環性に関する評価に基づいて設定している。

2.2. SRC 造中高層住宅における改修工事の環境影響評価

2.2.1. 評価概要

評価目的

SRC 造中高層住宅の改修工事における、基礎・躯体部分の再活用による CO₂ 排出量の削減効果を示すことを目的とし、対象とした改修工事について環境影響評価を行った。本評価は、建築物のライフサイクルにおける「改修工事」の時点での資源変化量に基づいた計算を行っており、特に各資源の“生産時”に係る環境負荷に重点を置いた評価となっている。

評価方法

1. 資源変化量の把握

初めに、既存建築物の新築時に投入された資源投入量、改修工事における資源変化量を把握した。

2. 環境負荷の算出

各資源投入量の体積データおよび重量データと CO₂ 原単位を連鎖し、それぞれに係る CO₂ 排出量を算出した。建替えを行った場合も同様に CO₂ 排出量を算出した。

3. 環境影響評価

「改修工事を行った場合」と「建替えた場合」のそれぞれの新規資源投入量に係る CO₂ 排出量の比較により、改修工事による CO₂ 排出量削減効果を算出した。

データの収集については、基礎・躯体部分への新規資源投入量は当改修工事を行う建築設計事務所により実施された実測調査結果（現況図面）を参照した。また、CO₂ 排出量は日本建築学会が提供している AIJ-LCA ツールの CO₂ 原単位を用い、把握した資源投入量から算出を行った。ただし、躯体以外の資源投入量は得られなかったため対象物件の床面積を用いて CO₂ 排出量の概算を行った。尚、比較対象とした「建替え」とは、「既存建物の完全解体を行った後、当改修工事後と同等の建築物を新築すること」と定義している。

2 章 改修工事の環境影響評価

評価対象

S 邸を対象とした（表 2-1）。実施された改修工事では、はじめに既存建築物の基礎・躯体部分以外を取り除き、残存した基礎・躯体（構造壁など）の修繕を行う。耐震性・遵法性を確保しつつ基礎・躯体部分を有効活用し、それ以外の内外装材や建具などを刷新することにより新たに意匠性を加え、新築と同等の価値をもつ建築物とする改修手法である。尚、当事例は施主の在住の継続及びサブリースが前提となっている。工事の概略図を以下に示す（図 2-2）。

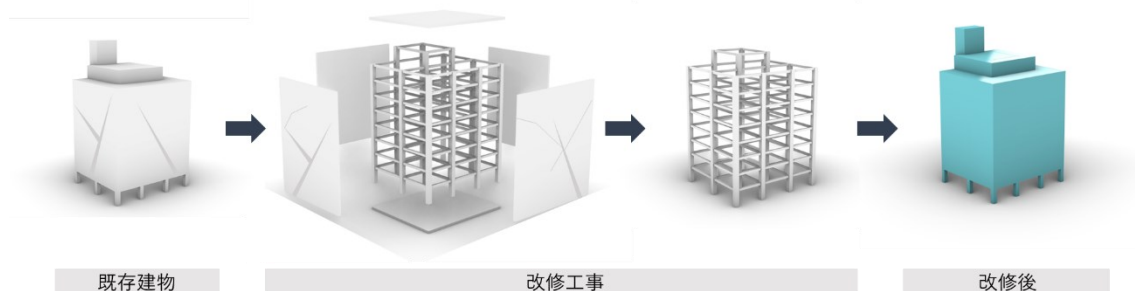


図 2-2 対象とした改修工事のプロセスを表す概略図

表 2-1 対象物件の概要

建物概要	
所在地	東京都新宿区
建物用途	共同住宅
建設年	西暦 1972 年
建設経年	築 49 年（2021 年現在）
建物規模	高層棟 SRC 造 9F・塔屋 2F、低層棟 RC 造 2F
建物高さ	33,750mm
敷地面積	889.25m ²
延床面積	高層棟 2435.63m ² 、低層棟 159.6m ²
敷地概要	
用途地域	第 1 種中高層住宅専用地域
指定建蔽率	60%
指定容積率	300%
防火指定	準防火地域
高度地域	第 2 種高度地区 20.0m

2.2.2. 資源変化量の把握

はじめに、既存建物への資源投入量を施工時の図面および現場での測量から把握し、次に本改修工事における新規資源投入量を把握した。得られるデータが限定されていたことから、基礎・躯体部分と、それ以外の部分への資源投入量は別々に把握を行った。

基礎・躯体部分における資源変化量の把握

基礎・躯体部分に関して、既存建物の資源投入量は竣工時に投入されたコンクリート 2000m³、鉄筋 300ton、鉄骨 1000ton であった。次に改修工事においては、耐震性向上のためコンクリート 311m³、鉄筋 12ton が除かれ、補強のためコンクリート 77m³、鉄筋 11ton が投入された。一方、比較対象とした「建替え」では、既存建物が完全に解体され同等の建物が再建されることを想定し、既存建物と同量の新規資源投入が発生すると見做した（図 2-2）。

基礎・躯体以外の部分における資源変化量の把握

基礎・躯体以外に関しては、一般的な SRC 造中高層住宅に投入される資源量を参考とし躯体の 1 割程度の重量として考慮している（図 2-3）。尚、環境負荷の計算の際はここで考慮した資源投入量を用いず、対象物件の延床面積から直接 CO₂ 排出量を算出している。また、基礎・躯体以外に投入された既存の資源は全て刷新されるとして整理した。

尚、以下の計算においては、「耐震性向上のための減量化」のため解体されるコンクリート・鉄筋は特定建設資材に指定されていることから全てリサイクルされると想定し、CO₂ 収支は 0 とみなした。

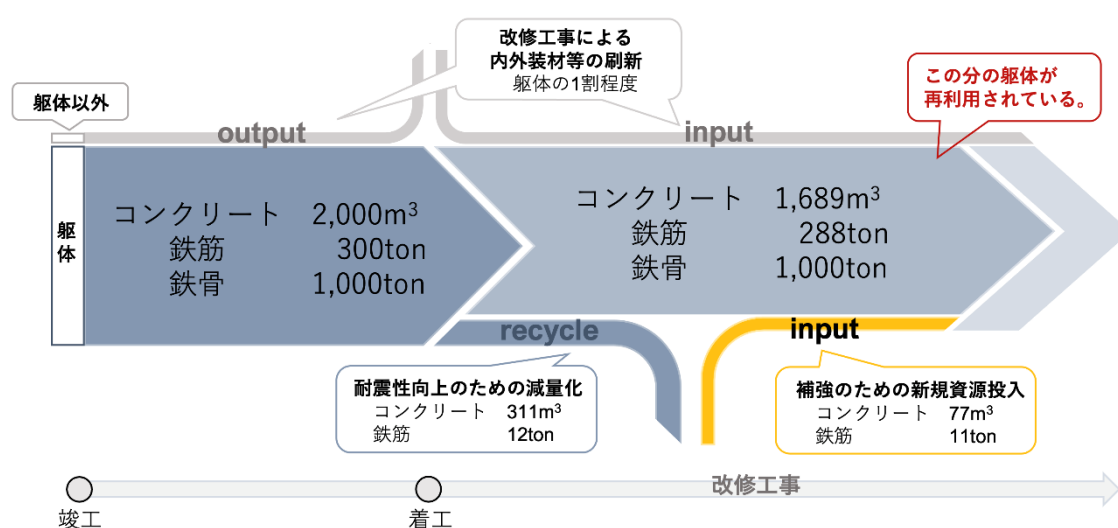


図 2-3 基礎・躯体の資源量の変化（資源量はすべて図面と実測から計算した値）

建替え（完全解体と新築）を行った場合の資源変化量

比較対象である建替えた場合の資源変化量は以下のように考えた。当評価における建替えでは、既存建物へ投入されていた資源は全て解体により失われ、また新たに基礎から新築する工事を指す（図 2-4）。この新築された建物は、既存建物と同等量の資源投入が行われたと想定している。

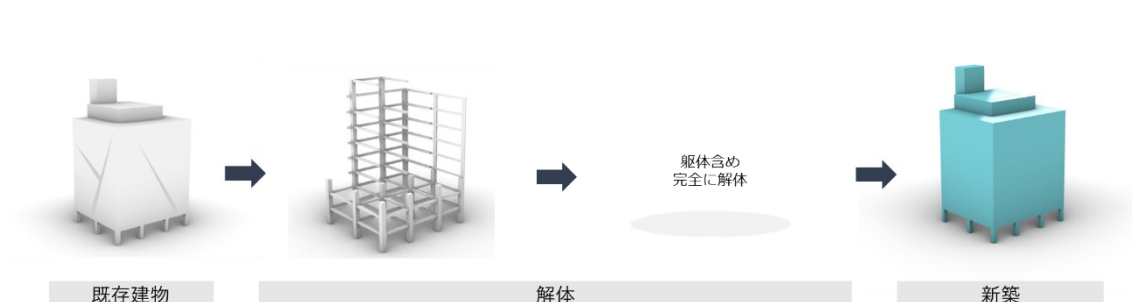


図 2-4 建替えた場合のプロセスを表す概略図

この場合、資源変化量は以下のように整理できる（図 2-5）。躯体と躯体以外の両方に関して全ての資源が刷新される。

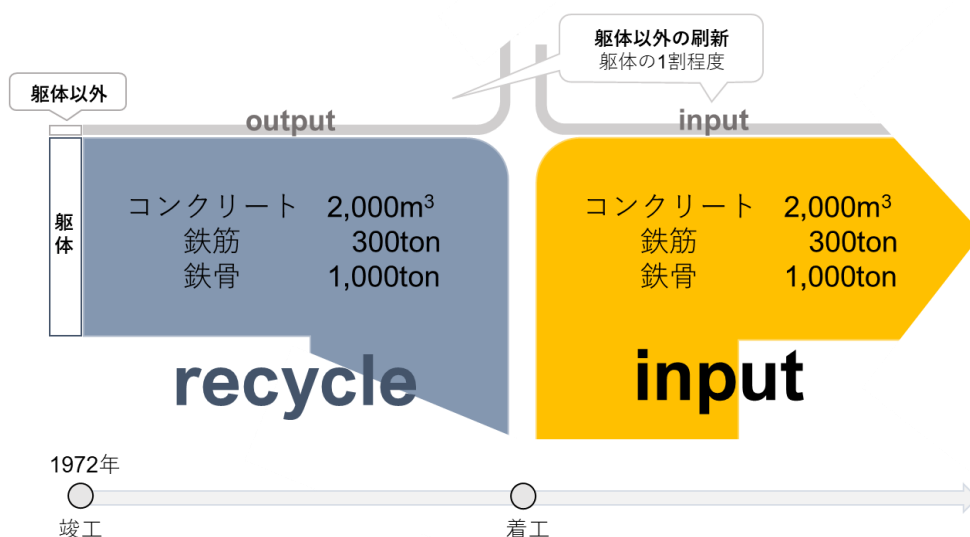


図 2-5 建替えを想定した場合の資源量の変化

以上で整理した資源変化量をもとに環境負荷の計算を行った。

2.2.3. 環境負荷の算出

基礎・躯体部分の資源投入量に係る CO₂ 排出量の算出

基礎・躯体部分の資源投入量に関しては実測値を用い、以下(1)から CO₂ 排出量を算出した。改修工事では 40 t-CO₂、建替えでは 1761t-CO₂ の排出量が算出された（表 2-2）。

"躯体の資源投入量に係る CO₂ 排出量(t-CO₂)

$$= \text{各資源投入量}(\text{m}^3, \text{ton}) \times \text{CO}_2 \text{ 原単位}(\text{ton-CO}_2 / \text{m}^3, \text{ton})" \quad \dots(1)$$

表 2-2 基礎・躯体部分の建築資材の資源投入量に係る CO₂ 排出量の算出

CO ₂ 原単位(t-CO ₂ /m ³ ,ton)※		コンクリート	鉄筋	鉄骨	計
		0.3	1.53	0.71	-
資材投入量 (m ³ ,ton)	改修	77	11	-	-
	建替え	2000	300	1000	-
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	改修	23	17	0	40
	建替え	592	459	710	1761

※資材別の CO₂ 原単位(t-CO₂/m³,ton)

2 章 改修工事の環境影響評価

基礎・躯体以外の部分の資源投入量に係る CO₂ 排出量の算出

建設資材のうち基礎・躯体（コンクリート、鉄）以外の部分に係る CO₂ 排出量は、資源投入量の実測値を得られなかったため、下表に示す建築物の構造・用途別(SRC・RC 住宅抜粋)の床面積あたりの CO₂ 排出量原単位を利用し CO₂ 排出量を算出した(2)（表 2-3）。

"躯体以外の資源投入に係る CO₂ 排出量(t-CO₂)

$$= \text{対象物件の延床面積(m}^2\text{)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出原単位(kg-CO}_2\text{/m}^2\text{)} / 1000 \quad \dots(2)$$

上記計算を SRC 造の高層棟と RC 造の低層棟それぞれについて行った結果、躯体以外（木材～電気設備機器）に係る CO₂ 排出量の合計は 614(t-CO₂)となった。

表 2-3 躯体以外の部分の建築資材の資源投入量に係る CO₂ 排出量の算出

CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /m ²) ※3	資材名	木材	窯業 製品	金属 建具	木製 建具	その他 鉄製品	
	RC	16.4	10.3	57.2	19.9	50.9	
	SRC	15.1	10.8	54.5	19.9	49.5	
	資材名	非鉄金属 製品	合成樹 脂製品	その他 資材	機械設 備機器	電気設 備機器	
	RC	9.4	12.1	33.8	20.5	11.1	
	SRC	8.3	10.4	38.6	18.7	10.4	
対象物件の 延床面積	高層棟(SRC 造)			低層棟(RC 造)			
	2435.63m ²			159.6m ²			
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	資材名	木材	窯業 製品	金属 建具	木製 建具	その他 鉄製品	
	RC	3	2	9	3	8	
	SRC	37	26	133	48	121	
	資材名	非鉄金属 製品	合成樹 脂製品	その他 資材	機械設 備機器	電気設 備機器	計
	RC	2	2	5	3	2	614
	SRC	20	25	94	46	25	

※建築物の構造・用途別(SRC・RC 造住宅抜粋)の CO₂ 原単位(kg-CO₂/m²)

2.2.4. 環境影響評価結果

評価結果

改修工事を行うことで、建替えに比べ約 1700t-CO₂ を削減できることが示された。以下、削減量の計算の過程を示す。

建替えた場合の資源投入量に係る CO₂ 排出量は 2375(t-CO₂) (= 躯体に係る CO₂ 排出量 (1761(t-CO₂)) + 躯体以外に係る CO₂ 排出量 (614(t-CO₂)) = 2375(t-CO₂))。そこから、改修工事における資源投入量に係る CO₂ 排出量 654(t-CO₂) (= 躯体に係る CO₂ 排出量 (40(t-CO₂)) + 躯体以外に係る CO₂ 排出量 (614(t-CO₂)) = 654(t-CO₂)) を差し引き、CO₂ 削減量 1721(t-CO₂) が求まった。以上より、建替えにより基礎・躯体から改めて新築した場合に対し、改修工事により基礎・躯体部分を再利用した場合、72% (1721/2375=72%) の CO₂ 削減効果が概算された。尚、解体されたコンクリート・鉄筋・鉄骨は全てリサイクルされるとし、計算では考慮していない。

考察

SRC 造中高層の共同住宅を対象に、基礎・躯体部分を再活用しそれ以外の部分は基本全て刷新される改修工事について環境影響評価を行った。結果、約 1700t-CO₂ の大幅な CO₂ 削減効果を見込むことができ、改修による環境負荷低減の可能性を明らかにした。この削減効果に寄与した要因として以下が考えられる。

1. SRC 造・RC 造の躯体（柱、梁、構造壁など）に活用される鉄筋コンクリートの再活用による CO₂ 削減量が大幅に寄与している。
2. 基礎・躯体部分の修繕・補強に係る資源投入量が再活用される資材量に比べ僅少に収まったことから、築 50 年程の SRC 造中高層建築物の耐震性・遵法性確保に必要な資源投入量が既存の資源量に比べてとても少ない量でよいことが分かった。
3. 基礎・躯体以外の部分は刷新されるため、それらの資源投入量にかかる CO₂ 排出量（建築物全体の排出量の 30% 程）がそのまま環境負荷となることが明らかとなった。

一方、以下 2 点の課題が明らかとなった。

1. 事前調査にコストがかかる点。遵法性、耐震性を確保するため、劣化部・補強必要箇所の調査に時間とコストをかけて取り組む必要がある。
2. 意匠性・機能性の向上のために、基礎・躯体以外の部分は基本的に全て刷新することから、それらのマテリアルリサイクルを考慮しなければ建築産業に係る環境負荷を高める要因となることが考えられる。

以上より、今後の既存ストックを有効活用する取り組みでは、環境負荷削減効果の大きい基礎・躯体の再活用が一般的になることが考えられる一方、基礎・躯体以外の部分の建設資材の廃棄量や環境負荷がより大きな課題となり、それらのマテリアルリサイクルの必要性が明らかとなった。

2 章 改修工事の環境影響評価

2.3. 木造戸建て住宅における改修工事の環境影響評価

2.3.1. 評価概要

評価目的

B邸（木造戸建て住宅2階建て）の改修工事における、基礎・躯体およびその他の部分の再活用によるCO₂排出量の削減効果を示すことを目的とし、対象とした改修工事について環境影響評価を行った。本評価は2.2と同様、建築物のライフサイクルにおける「改修工事」の時点での資源変化量に基づいた計算を行っており、特に各資源の“生産時”に係る環境負荷に重点を置いた評価となっている。

評価方法

1. 資源変化量の把握

現場調査で既存建物への資源投入量を把握してBIM³⁹を活用して整理した。施工に用いた新たな資源投入量は施主が発行する新規資材の発注書から把握した。

2. インベントリ分析

上記のBIMデータから資材投入量を抽出し、面積データおよび体積データをCO₂原単位積算してCO₂排出量を算出した。

3. 環境影響評価

「再活用部分」と、「新規資源投入量と再活用部分の和」のそれぞれの資源投入量に係る環境負荷を比較して、再活用部分がもたらすCO₂排出量削減効果を評価した。CO₂排出量は日本建築学会が提供しているAIJ-LCAツールのCO₂原単位を用い、把握した資源投入量から算出を行った。

³⁹ Building Information Modeling（ビルディング インフォメーション モデリング）の略称。コンピュータ上に実在する建築物の3Dモデルを作成することができ、柱や内外壁、基礎などの各建材を構成している資材に関して細かく設定できることが特徴である。

評価対象

B 邸（木造戸建て住宅 2 階建て）を対象とした。実施された改修工事は不動産デベロッパーが行う事業の一つであり、初めに基礎・躯体およびその他の一部以外の全面的な解体を行った後、必要箇所に施工を行う工事である。約 50 年前から始まっている。簡易的なスキームを以下に示す（図 2-6）。

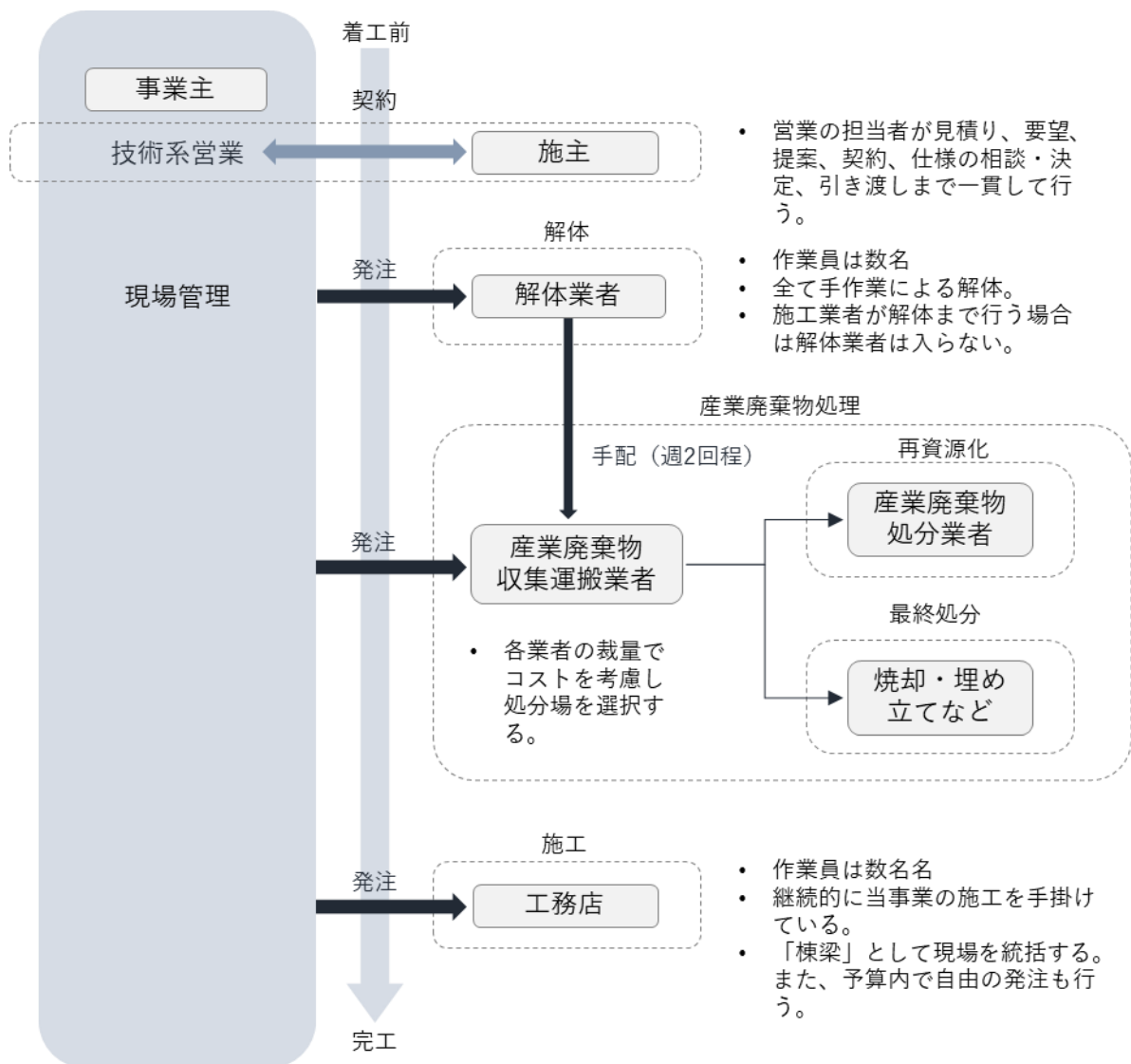


図 2-6 対象とした改修工事の概略図

2 章 改修工事の環境影響評価

表 2-4 B 邸と実施された改修工事の概要（表 1-6 から B 邸のみ再掲）

	構造・用途		工期（予定）	工期（実際）	延床			所在地	築年数
					1 階	2 階	合計		
	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/13-2022/3/25	2021/12/20-2022/3/24	91.31	57.92	149.23	東京都	46 年
B 邸	特徴	都内としては比較的大きい規模の住宅である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。1 階は全て、2 階は一部を残して解体される。バルコニーの取り外しと再設置を行う。解体作業は全て人手によって行われる。屋外の廃棄建材の保管スペースは車一台分の駐車スペースのみであり、屋内に廃棄建材を保管しながら工事を進めなければならない。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。							

2.3.2. 資源変化量の把握

現場調査

着工前から完工時までの継続的な現場調査（写真撮影・ヒアリングなど）を通して既存建物に係る資材の種類・物量を把握した（図 2-7, 2-8, 2-9）。



図 2-7 着工前の様子（A 邸）



図 2-8 解体後の様子（A 邸）

2 章 改修工事の環境影響評価



図 2-9 完工時の様子 (A 邸)

既存建物の BIM モデル化

現場調査で撮影した写真やヒアリング内容に基づき、BIM にて面構造（屋根、壁、床、天井、開口部、建具）を構成する。把握した部材などの材料構成をファミリ（部材データ）として入力した。

2.3.3. 環境負荷の算出

当評価の目的は基礎・躯体およびその他の部分の再活用による CO₂ 排出量の削減効果を示すことであることから、計算では改修工事への新規資源投入量と、建替え工事を想定した場合の新規資源投入量との比較を行った。

作成した BIM データは次のように活用した。まず、作成した BIM データから資材投入量を抽出する。次に構成部材を加味しつつ AIJ-LCA の原単位に面積で連鎖を行った。単純な構成のもの（屋根、窓、扉、床、外壁の仕上げ等）と別に、複数資材で構成されるものについては BIM データからの抽出時点でマテリアルとして材料を抽出して連鎖を行っている。また、上記計算から抜いた構成資材（間柱や屋根の軸組みなど BIM にて新しく設定した仕上げ材など）を抽出し、各材料別の体積データを用い、AIJ-LCA 原単位に連鎖を行った。

 改修工事の環境負荷削減効果の算出

 計算方法の概要

計算式は以下(3)である。

$$\begin{aligned}
 & \text{"改修工事による CO}_2 \text{削減率} \\
 & = \text{再活用部分の資材量に係る CO}_2 \text{排出量(t-CO}_2\text{)} \\
 & / (\text{再活用部分の資材量に係る CO}_2 \text{排出量(t-CO}_2\text{)} + \text{新規資源投入量に係る CO}_2 \text{排出量(t-CO}_2\text{)})" \\
 & \dots(3)
 \end{aligned}$$

改修工事による CO₂ 削減率を、改修工事によりそのまま再活用された資材量に係る CO₂ 排出量を竣工後の建物への全資材投入量に係る CO₂ 排出量（これを建替えた場合の CO₂ 排出量と想定している）で除すことで求めている。

この方法により基礎・躯体など再活用された建材がもたらす環境負荷削減効果が算出されるが、既存建物の解体により発生した解体材や新規投入資材から発生する端材などの廃棄物の処理に関する考慮はない。

2 章 改修工事の環境影響評価

計算方法の詳細

改修工事による CO₂ 削減量および CO₂ 削減率は以下(4),(5)から算出した。

$$\text{"改修工事による CO}_2 \text{ 削減量} \div \text{②再活用部分の資材量に係る CO}_2 \text{ 排出量(t-CO}_2\text{)}" \quad \dots(4)$$

$$\text{"改修工事による CO}_2 \text{ 削減率} \div \text{②再活用部分の資材量に係る CO}_2 \text{ 排出量(t-CO}_2\text{)} \\ \div \text{③新規資材投入に係る CO}_2 \text{ 排出量} + \text{②再活用資材に係る CO}_2 \text{ 排出量}" \quad \dots(5)$$

各プロセス（①～④）のうち、②と③の CO₂ 排出量を用いた（図 2-10）。

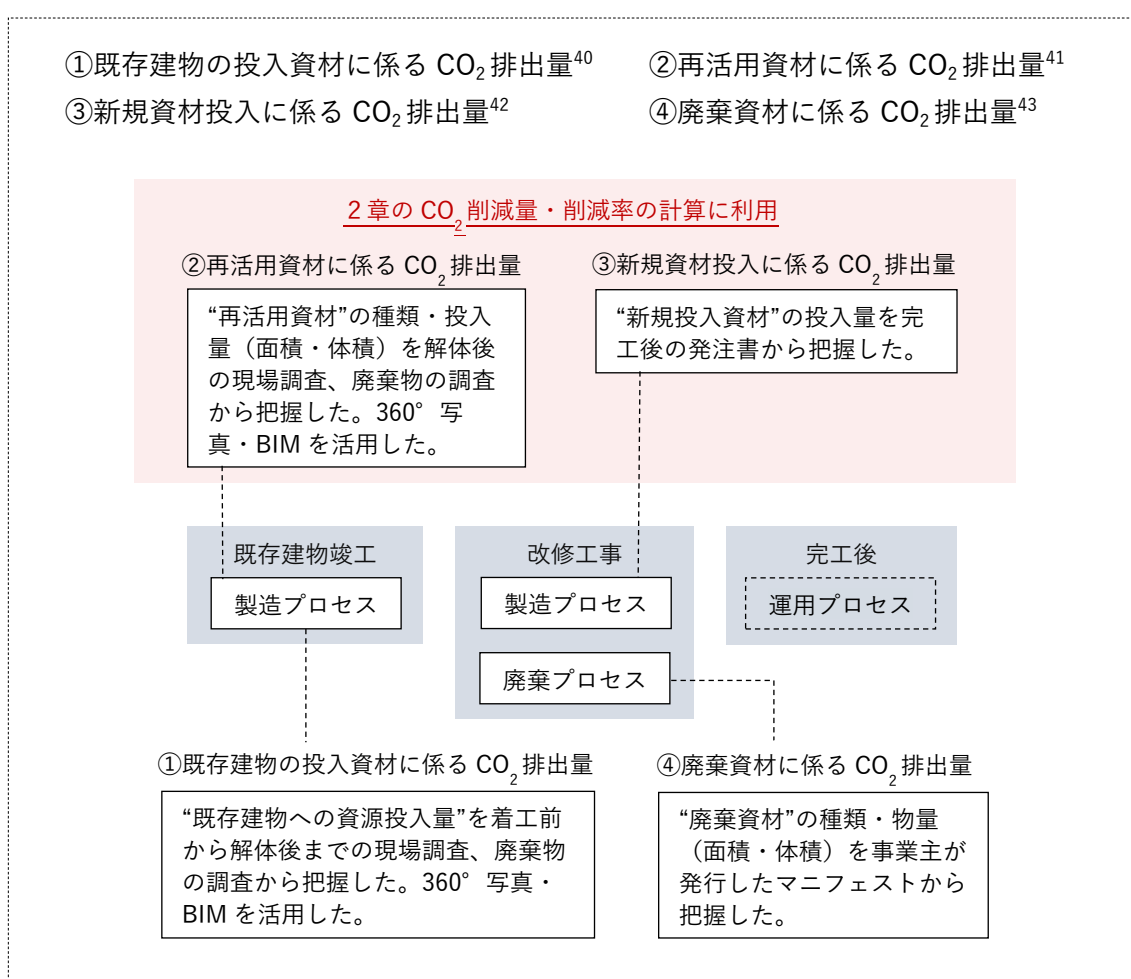


図 2-10 2章の環境影響評価の対象・範囲

⁴⁰ BIM から抽出した再活用される部材の物量データ×AIJ-LCA 原単位

⁴¹ BIM から抽出した再活用される部材の物量データ×AIJ-LCA 原単位

⁴² （発注書に記載の投入資材の数量×数量の単位当たり面積）×AIJ-LCA 原単位

⁴³ 計算に用いないため省略

計算結果

改修工事により、特に基礎・構造材・外壁等への新規資源投入量が建替えに比べて小さいため CO₂ 削減効果が大きくなった（表 2-5）。解体工事や施工等に比べ、基礎・構造材・外壁等や内装・設備等に係る CO₂ 排出量が大きいいため、基礎・構造材・外壁等での削減効果は全体の CO₂ 排出量削減に大きく寄与する。

表 2-5 木造戸建て住宅における改修工事による環境負荷削減効果

	建替(ton-CO ₂)	改修(ton-CO ₂)	削減効果
解体工事	1.3	0.6	56%
基礎・構造材・外壁等	23.3	9.6	59%
内装・設備等	13.6	10.3	25%
施工等	9.4	5.1	45%
全体	47.7(100%)	25.6(54%)	46%

2.3.4. 環境影響評価結果

評価結果

木造戸建て住宅に関して、SRC 造中高層住宅と同様に、改修工事を行うことで基礎・躯体部分が再活用され、建替えを想定した場合と比較し新規資源投入量とそれに係る CO₂ 排出量の約 50% の削減効果を見込めた。

考察

木造戸建て住宅の改修工事に関して、建替えと比較した場合の環境負荷削減効果を算出した。結果、以下 2 点が明らかとなった。

1. 基礎・躯体を再活用することで、一定の CO₂ 削減効果が見込めた。
2. 木造戸建て住宅は戸数が多く、改修工事の発展に伴い上記の環境負荷削減のインパクトがより大きくなることが見込める。

一方、以下 2 点の課題が明らかとなった。

1. 木造戸建て住宅は SRC 造中高層住宅に比べ、コンクリート・鉄の資源投入量が小さく、CO₂ 削減率は比較的低くとどまっている。
2. 既存建物への資源投入量のうち、仕上げ材が占める割合が大きく、SRC 造住宅に比べそれらの廃棄物発生量の割合が大きくなることが懸念された。特に、木材と石膏ボード、内壁材・外壁材が占める割合が大きい。

以上より、木造戸建て住宅の改修工事に関しても基礎・躯体の再活用がもたらす環境負荷削減効果が明らかとなった一方で、SRC 造住宅に比べ一層、刷新される建材のマテリアルリサイクルを行う重要性が明らかとなった。

2 章 改修工事の環境影響評価

2.4. 小結

2 章の改修工事の環境影響評価では、改修工事により資源投入量が削減できること、またそれに伴う環境負荷の削減を見込めることを明らかにし、中でも基礎・躯体部分の再活用による効果が大きく寄与することを明らかにした。

※当評価は「改修工事による環境負荷削減効果」を主軸においた環境影響評価であり、生産時の環境負荷が大きい鉄やコンクリートが主に構成材料である基礎・躯体の再活用による環境負荷削減効果が目立つ評価結果となった。そのため、基礎・躯体以外の内装材・外装材や建具、間柱などの再活用や再資源化については基本的に考慮していない。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.1. 概要	60
3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況	61
3.2.1. 改修工事の時系列順の整理	61
3.2.2. 各廃棄建材の発生状況	66
3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー	97
3.3.1. 概要	97
3.3.2. 木材	107
3.3.3. 石膏ボード	112
3.3.4. プラスチック系建材	119
3.3.5. 金属系建材	125
3.3.6. コンクリート系建材・がれき類	130
3.3.7. その他建材	134
3.4. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価	136
3.4.1. 評価概要	136
3.4.2. 木材	138
3.4.3. 石膏ボード	140
3.4.4. プラスチック系建材	142
3.4.5. 金属系建材	144
3.4.6. コンクリート系建材・がれき類	146
3.4.7. その他建材	148
3.5. 小結	150

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.1. 概要

本章の主題は「4.3. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価」である。

ここでの“資源循環”とは、“改修による建材の再活用”および“工事で発生する廃棄建材の再資源化”を指す。これらの実現可能性を評価するため、まず「3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況」にて、現場調査を通し改修工事の着工～完工を時系列順に整理し、工事内容や対象物件の特徴、また各建材が発生するタイミングとその時の性状を整理した。次に「3.3. 改修工事で発生する廃棄建材の処理フロー」にて、ヒアリング調査に基づき、現場から排出された廃棄建材の処理実態について整理した。

3.2、3.3 の結果に基づき、3.4 では、“建設産業内での資源循環（建材をそのまま再活用すること、および廃棄建材をマテリアルリサイクルすること）”を「資源循環性の水準が高い」としてその実現可能性を評価した。

特にマテリアルリサイクルの実現可能性は、4 章の「建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価」での評価シナリオにおけるマテリアルリサイクル率の設定に用いた。

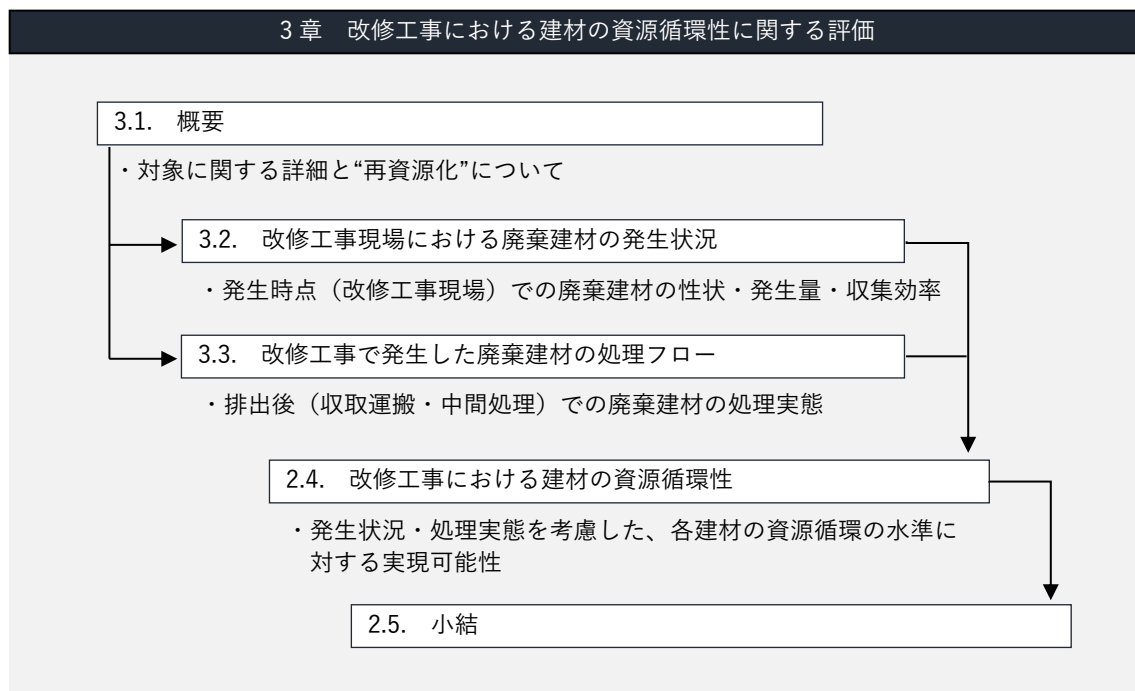


図 3-1 3 章の構成

3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況

3.2.1. 改修工事の時系列順の整理

改修工事 3 現場について、時系列順に工事内容と調査内容及び発生廃棄物に関して整理を行った（図 3-2, 3-3, 3-4）。最も排出量が目立った建材は木材と石膏ボードである。木材は主に柱を構成する角材、床や内壁の下地に用いられる集成材、および木製建具が発生する。石膏ボードは主に内壁下地、天井下地材が発生する。

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

		A邸					
		工事内容	調査内容	調査詳細			
				調査名	廃棄物	状態	量
12月	6 月	解体着工	着工前調査	廃棄物調査①	木製建具	一部に釘など金属部品が付着	増
	7 火				石膏ボード（内壁）	モルタル・接着剤が付着。一部は粉砕状態。また一部角材が付着	増
	8 水				角材	建具に付随した仕上げ材。釘が付着	少し増
	9 木						
	10 金						
	11 土						
	12 日						
	13 月						
	14 火						
	15 水						
	16 木						
	17 金						
	18 土						
	19 日						
	20 月						
	21 火			廃棄物調査②	石膏ボード（内壁）	多くは粉砕状態、板状で残存しているものは一部クロスが付着	増
	22 水				金属部品	付着物無し	とても増
	23 木				プラスチック製水廻り建具（洗面台・浴槽）	手解体された状態	増
	24 金				木材（角材）	釘・接着剤・石膏ボードが付着	とても増
	25 土				木製建具	一部に金属部品が付着	増
	26 日				トイレ		増
	27 月				金属製建具		増
	28 火						
	29 水						
	30 木						
	31 金						
1月	1 土						
	2 日						
	3 月						
	4 火			廃棄物調査③	床材（集成材）		とても増
	5 水				角材	同上（寸法が細かいものはガラ袋で回収）	とても増
	6 木				石膏ボード（内壁）	板状のものと粉砕状態のものが混在（粉砕物はガラ袋で集められている）	かなり増
	7 金				プラスチック製水廻り建具		増
	8 土				ベニヤ板	クロス・釘が付着	とても増
	9 日				その他	量の破片、	少し増
	10 月				発泡系建材	付着物無し	僅かに増
	11 火				ユニットバス	金属フレームと石膏ボードが一体の状態	1ユニット発生
	12 水						
	13 木						
	14 金						
	15 土						
	16 日						
	17 月						
	18 火			廃棄物調査④	外壁材（モルタル）	一部金属補強材（針金状）が混合・防水シートの付着	かなり増
	19 水				木製建具	異物少量	増
	20 木				アルミサッシ	角材が付着	増
	21 金				石膏ボード	同上	少し増
	22 土						
	23 日						
	24 月						
	25 火						
	26 水						
	27 木						
	28 金						
	29 土						
	30 日						
	31 月						
2月	1 火			廃棄物調査⑤	断熱材（マグシルバー ポリカット）	施工端材	僅かに増
	2 水				石膏ボード	クロスが付着	少し増
	3 木				塩ビ管	施工端材	少し増
	4 金				角材	同上	少し増
	5 土						
	6 日						
	7 月						
	8 火						
	9 水						
	10 木						
	11 金						
	12 土						
	13 日						
	14 月						
	15 火						
	16 水			廃棄物調査⑥	断熱材（マグシルバー ポリカット）	施工端材	僅かに増
	17 木				石膏ボード	クロスが付着	少し増
	18 金				塩ビ管	施工端材	少し増
	19 土				角材	同上	少し増
	20 日						
	21 月						
	22 火						
	23 水						
	24 木						
	25 金						
	26 土						
	27 日						
	28 月						
3月	1 火			廃棄物調査⑦	断熱材（マグシルバー ポリカット）	施工端材	僅かに増
	2 水				石膏ボード	クロスが付着	少し増
	3 木				塩ビ管	施工端材	少し増
	4 金				角材	同上	少し増
	5 土						
	6 日						
	7 月						
	8 火						
	9 水						
	10 木						
	11 金						
	12 土						
	13 日						
	14 月						
	15 火						
	16 水			廃棄物調査⑧	断熱材（マグシルバー ポリカット）	施工端材	僅かに増
	17 木				石膏ボード	クロスが付着	少し増
	18 金				塩ビ管	施工端材	少し増
	19 土				角材	同上	少し増
	20 日						
	21 月						
	22 火						
	23 水						
	24 木						
	25 金						
	26 土						
	27 日						
	28 月						
	29 火			完工時調査	配線の端材	施工端材	僅かに増
	30 水				ステンレンフォーム	施工端材だが、屋外で保管されており雨や土が付着している。	増
	31 木				塩ビ管	施工端材	増
4月	1 火			完工時調査	外壁モルタル	施工端材、泥が付着	とても増
	2 水				集成材	施工端材	僅かに増
	3 木						
	4 金						
	5 土						
	6 日						
	7 月						
	8 火						
	9 水						
	10 木						
	11 金						
	12 土						
	13 日						
	14 月						
	15 火						
	16 水						
	17 木						
	18 金						
	19 土						
	20 日						
	21 月						
	22 火						
	23 水						
	24 木						
	25 金						
	26 土						
	27 日						
	28 月						
	29 火						
	30 水						
	31 木						

図 3-2 A 邸における改修工事のスケジュール

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

		B邸							
		工事内容	調査内容	調査詳細					
				調査名	廃棄物	状態	量		
12月	6月	<div>解体着工</div> <div>↓</div> <div>改修着工</div> <div>↓</div> <div>サッシ取り付け</div> <div>↓</div> <div>バリコニー取り付け</div> <div>↓</div> <div>内装工事完了</div> <div>↓</div> <div>クリーニング</div> <div>↓</div> <div>社内検査</div> <div>↓</div> <div>引き渡し</div>	産業廃棄物調査①	養生ボードPROの端材	付着無	少し増			
	木製建具（ドア・手すり）			金具等が付着	増				
	建具に付随した金具			付着無	僅かに増				
	9月			産業廃棄物調査②	床の樹脂製仕上げ材	付着無	少し増		
	10月				角材	多くに釘が付着	かなり増		
	11月				内壁材（ベニヤ板）		かなり増		
	12月				断熱材（グラスウール）（天井や壁の中から大量）	劣化状態。紙製の袋とともに排出	かなり増		
	13月				壁紙	汚れ	僅かに増		
	14月				遮音シート	付着無	少し増		
	15月								
	16月				着工前調査				
	17月								
18月									
19日	着工前調査								
20月	産業廃棄物調査③				外壁モルタル	樹脂製の防水シート、接着用の針金が付着	増		
21月					天井の仕上げ材	一定の寸法の材が一定量発生、接着剤・吸音材が付着	少し増		
22月					角材	同上、細かく破砕された状態のものが増	かなり増		
23月					木製建具	金属部品が付着しているものが増、一部付着の無いものもあり	僅かに増		
24月					プラスチック・金属の複合建材、劣化が少ない	プラスチック・金属の複合建材、劣化が少ない	一枚		
25日					雨戸	同上	かなり増		
26日					板材	フローリング・内壁の仕上げ材、天井の下地材、一部釘やクロスが付着	かなり増		
27月					断熱材（グラスウール）	同上	僅かに増		
28月					石膏ボード	内壁の下地材、破砕され方袋に入られているものが殆ど	増		
29月					天井のタイル下地（金属）	仕上げ材（軽量タイル）が付着	少し増		
30月					木製建具（内窓・障子）	紙・少量の金具が付着	少し増		
31月									
1月					1日	産業廃棄物調査④			
					2日				
					3月				
					4月				
					5月		産業廃棄物調査②		
		6月	産業廃棄物調査③						
		7月							
		8日							
		9日							
		10月							
		11月							
		12月	産業廃棄物調査④						
13月		産業廃棄物調査⑤							
14月									
15日									
16日		解体後スケルトン調査							
17月									
18月									
19月									
20月									
21月									
22日									
23日									
24月									
25月									
26月									
27月	産業廃棄物調査⑥								
28月									
29日									
30日									
31月									
2月	1日	産業廃棄物調査⑦	発泡材	配管の保護用。塩ビ管やテープ、その他樹脂と混合して保管。	増				
	2月		角材	同上	かなり増				
	3月		板材（下地材、内壁の仕上げ材）	一部クロスが付着	とても増				
	4月		断熱材（グラスウール）	同上	増				
	5日		外壁モルタル	防水シート、紙、接着用の金属が付着、一部外壁の塗装が付着	増				
	6日		断熱材（ネオマフォーム）	施工端材	少し増				
	7月								
	8月								
	9月								
	10月								
	11月								
	12日								
13日									
14月									
15月									
16月									
17月									
18月									
19日									
20日									
21月	産業廃棄物調査⑧		断熱材（発泡材）	施工端材、無加工の新しい材も確認	とても増				
22月			板材	施工端材が多い、一部解体材。	とても増				
23日			角材	施工端材が多い、一部解体材。	少し増				
24月			配線	特に付着無し	増				
25月			石膏ボード	施工端材、一部クロスが付着	僅かに増				
26日									
27日									
28月									
3月			1日	産業廃棄物調査⑨	石膏ボード	施工端材	少し増		
			2月		アクリア	施工端材	少し増		
			3月		板材	施工端材	少し増		
		4日	角材		施工端材	少し増			
		5日	段ボール		建材ではない	とても増			
		6日							
		7月							
		8月							
		9月							
		10月							
		11月							
		12日							
13日									
14月									
15月									
16月									
17月									
18月									
19日		産業廃棄物調査⑩	木製建具		施工端材、仕様変更により発生したもの	一つ			
20日			壁紙		施工端材	増			
21月			サッシ		施工端材、仕様変更により発生したもの	一つ			
22月			養生ボードPRO		建材ではない（使い終わったものがカットされおいてある）	とても増			
23日			角材		板などの仕上げ材の施工端材	少し増			
24月									
25月									
26日									
27日									
28月									
29月									
30月									
31月									

図 3-3 B邸における改修工事のスケジュール

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

		C邸					
		工事内容	調査内容	調査詳細			
				調査名	廃棄物	状態	量
12月	6月			産業廃棄物調査①	畳（畳裏状のもの）	付着無	僅かに増
	7月				角材（ふすまのレール、間柱など）	多くに釘が付着	かなり増
	8月				畳（板状）	そのまま排出	11枚（とても増）
	9月				外壁のサイディング	モルタルが付着	かなり増
	10月				断熱材	劣化状態。紙とともに発生	増
	11月				石膏ボード	軽く破砕された状態のもの、細かく砕かれた状態、モルタルが付着	かなり増
	12日				雨樋（樹脂製）	破砕された状態	少し増
	13月				発泡スチロール	カムテープなどが付着、雨樋などを保護するもの	僅かに増
	14月				ガラス	破砕された状態	僅かに増
	15月				発泡系断熱材	施工端材、フクフォーム、劣化や付着が無い	少し増
	16月	解体着工	着工前調査	水廻りの鏡	付着、汚れや腐無	1枚	
	17月			木製建具	劣化無、金属部品あり	1個	
18月			タイル	付着無	数枚		
19日	増築部分着工		産業廃棄物調査①				
20月							
21月	建具などを徐々に解体		産業廃棄物調査②	トイレ	細かく分解された状態	1個	
22月				建具に付随した金具（蛇口やシャワーなど）	特に付着物無	僅かに増	
23月							
24月							
25月							
26日							
27月							
28月							
29月							
30月							
31日							
1月	1月			産業廃棄物調査③	床コンビボード	付着無（接着は特になく、床の下地に挟まれていたもの）	増
	2日				防水シート	黒色。劣化状態	僅かに増
	3月				遮音シート	少し劣化。寸法は施工時と同じもの。	少し増
	4月	未着工部分調査、産業廃棄物調査②			角材	同上（一定の寸法に揃えられて保管されている）	かなり増
	5月				板材	多くに釘が付着	とても増
	6月	全面的に解体			石膏ボード	破砕され、ガラ袋に入られているものがほとんど。一部板状。	かなり増
	7日				壁紙	紙・クロスが混合して発生。破られガラ袋にまとめて入れられている	少し増
	8月				浴槽（樹脂製）	付着無	一個
	9日				断熱材（グラスウール）	アルミと混合して発生	僅かに増
	10月				瓦	汚れがあるがまとめて保管されている	かなり増
	11月			産業廃棄物調査④	外壁のサイディング	一か所にまとめて保管。接着剤が漏の部分に付着	かなり増
	12月				モルタル	破砕された状態	少し増
	13月				木製建具（窓や棚の部品）	ガラスがついているものもある、綺麗な状態	とても増
	14日				ガラス	接着剤が付着している。手解体なので割れていない	僅かに増
	15月				壁紙	石膏ボードの表面が付着	増
	16日						
	17月						
	18月						
	19月						
	20月				産業廃棄物調査⑤		
	21月						
	22日						
	23日	全面的に着工					
	24月						
	25月						
	26月						
	27月						
	28月						
	29日						
	30日			産業廃棄物調査⑥			
31月							
2月	1月		解体後スケルトン調査	産業廃棄物調査⑥	角材（柱と間柱、基礎のものが多い）	間柱は釘の付着が多い一方、太い柱材の釘は大方除去	最も増
	2月		解体後スケルトン調査		断熱材（スタイロ）	施工端材	少し増
	3月				集成材	床の仕上げ材。黒色の塗装、付着が少ない	とても増
	4日				壁紙	一部石膏ボードが付着	少し増
	5月				石膏ボード	一部クロスが付着、破砕された状態	増
	6日				床コンビボード	特に目立つ付着はない	少し増
	7月				モルタル（主に外壁）	防水シート、金属網が付着。形状や粉砕しているかどうかで分別。	増
	8月				遮音シート	同上	増
	9月				断熱材（グラスウール）	劣化。紙やアルミと混合して排出	増
	10月				板材	一部釘が付着（少量）	増
	11日			産業廃棄物調査⑦	発泡材	配管等の保護用、プラスチックのフィルムとともに排出。	僅かに増
	12月				金属製建具	キッチン周りのもの。手解体のため他のパーツの付着が無い。	一個
	13日				木製建具	ふすまや家具。一部金具が付着	増
	14月						
	15月						
	16月						
	17月						
	18月						
	19日						
	20日						
	21月						
	22月						
	23日						
	24月						
	25月						
	26日						
27日							
28月							
3月	1月			産業廃棄物調査⑦	アスベスト含有の外壁モルタル	アスベスト含有。袋に小分けに保管されている。	最も増
	2月						
	3日						
	4月						
	5日						
	6日						
	7月						
	8月						
	9月						
	10月						
	11日						
	12月						
	13日	外壁工事					
	14月	屋根工事					
	15日	外部器具取付					
	16月						
	17月						
	18月	足場解体					
19日							
20日							
21月							
22月							
23日	タイル工事						
24月			完工時調査				
25日							
26月							
27日	設備取り付け						
28日	クリーニング						
29月	社内検査						
30月	引き渡し						
31日							

図 3-4 C邸における改修工事のスケジュール

表 1-6 調査対象物件と各対象物件で行われた改修工事の概要 (A,B,C 邸を抜粋して再掲)

	構造・用途		工期（予定）	工期（実際）	延床			所在地	築年数
					1 階	2 階	合計		
A 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/6-2022/3/27	2021/12/6-2022/3/26	50.68	50.4	101.08	東京都	33 年
	特徴	都内の住宅規模として一般的である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。工程に増築工事が含まれる。二階部分は解体を行わず内装仕上げのみを行う。解体作業は全て人手によって行われる。隣接して家主が保有する空地があるため廃棄建材の保管スペースは比較的余裕がある。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。							
B 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/13-2022/3/25	2021/12/20-2022/3/24	91.31	57.92	149.23	東京都	46 年
	特徴	都内としては比較的大きい規模の住宅である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。1 階は全て、2 階は一部を残して解体される。バルコニーの取り外しと再設置を行う。解体作業は全て人手によって行われる。屋外の廃棄建材の保管スペースは車一台分の駐車スペースのみであり、屋内に廃棄建材を保管しながら工事を進めなければならない。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。							
C 邸	木造・戸建て住宅(2 階建て)		2021/12/16-2022/3/27	2021/12/16-2022/3/27	86.12	57.14	143.26	埼玉県	54 年
	特徴	郊外の住宅規模として一般的である。比較的大通りに面して立地するが、駐車スペースが無く搬出に用いられるのは小型トラックのみである。工程に増築工事が含まれる。1 階、2 階ともに殆どが解体される。解体作業は全て人手によって行われる。屋外には車二台分のガレージがあり、廃棄建材の保管スペースは比較的余裕がある。解体と施工を同一の業者が行い、解体と施工が同時に進行する。							

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.2.2. 各廃棄建材の発生状況

改修工事における各廃棄建材の発生状況について、着工から完工までの現場調査を通して把握し、各廃棄建材の「発生時の性状」「発生量と発生時期」「保管状況」および「再資源化の適性」について整理を行った。3つの現場全てにおいて解体材の発生量が施工端材の発生量を大きく上回ったことから、基本的には「解体材」に関する整理と考えてよい。

再資源化の適性に関する評価について

はじめに、建材の再資源化に関する概要（図 3-4）を示す。次に、建材の再資源化にあたり重要な事項を再生原料の供給側と需要側で整理した（表 3-1）。

供給側で重要な点は主に以下2点である。

1. 廃棄建材に付着した異物を低コストで取り除くこと：再資源化処理は、概して対象の建材と同時に回収された異物、および付着した異物を取り除く処理であり、まずはその処理技術を保有していなければならない。また、適切な再資源化処理を行い生産した一定の性状の原料（再生原料）について、その活用先が確保されていることが重要である。例えばマテリアルリサイクルを行う場合、再生原料の性能・性状が対象の建材が求める品質基準を満たし、原材料（バージン材）に代替して活用できることが必要である。よって、必要な処理技術を保有した上で、活用先の確保を見据え出来る限り低コストで処理を行えることが望ましい。以上から、現場での発生時に異物が少ない状態であれば処理が易く、再生原料の供給側にとって望ましいといえる。
2. 一定量の再生原料を継続的に供給すること：需要側にとって原料の安定供給は必須であるため、供給側は一定の性状の廃棄建材を継続的に回収・処理し出荷を行うことが重要である。そのため、現場からは特定の廃棄建材を一定量確保し続けることが大切である。

需要側で重要な点はまず市場における需要の確保である。現時点で、需要側が廃棄建材の回収や処理から行っているケースが少ないことから、再生原料を用いた製品製造の技術保有やできるだけ高品質な再生原料を低コストで仕入れることに加え、製品製造業者や消費者の循環型社会への理解度が特に重要であるといえる。

以上を踏まえ、再資源化の適性に関する評価の項目は、「性状（異物の付着度合いや形状）、発生量、収集効率」とし、◎・○・△・×を用い定性的に評価した。性状については、建材ごとにどの程度の性状を許容するかが異なるため、「3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー」にて整理した処理フローに基づいて評価を行った。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

製造・施工された建材は利用後、解体によって廃棄物として発生する。建材の再資源化とは、施工段階で発生する施工端材、解体段階で発生する解体材、またそれらに関し中間処理を行ったものを回収し、あらたに建材の材料として活用する水平リサイクル、および水平リサイクルの品質に満たない場合に他製品の材料として活用するカスケードリサイクルを指す。材料の動脈的な循環を実践で、静脈的な循環を点線で表している。

また本論では、建設産業内で行われる水平リサイクルとカスケードリサイクルを総称して“マテリアルリサイクル”と定義している。

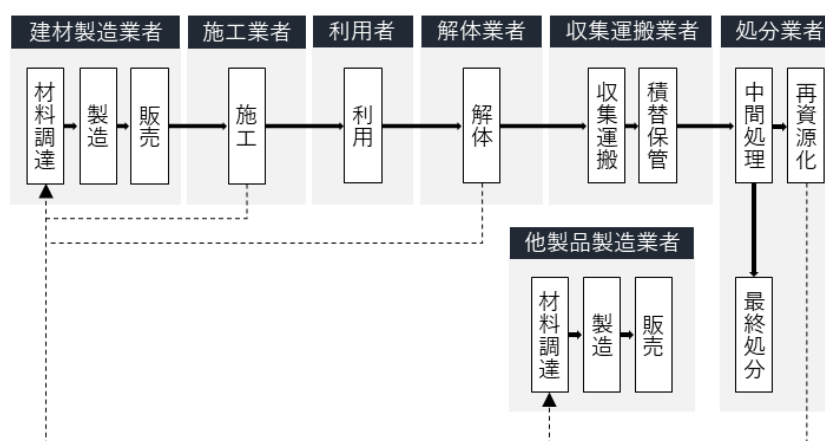


図 3-5 建材の再資源化の概略図

以上の再資源化は、建材の元々の構成材料や、解体して発生した際の異物・付着物の有無がといった性状が可否を決める要因となる。また、安定的に再資源化を行い材料調達するためには、発生量や発生時点からの回収効率を高めることが重要である。発生時点での建材に加え、現場調査に基づき以下のような再資源化の適性に関して簡易的に評価した。（表 3-1）。

表 3-1 再資源化の適性に関する評価項目

評価項目	評価概要
性状	現場での発生時の性状がマテリアルリサイクルに適しているかについて評価した。ヒアリング調査で把握した各建材の処理技術・用途を考慮している。
発生量	現場での発生量の総量进行评估した。現場での様子や 3.2.1 で行った改修工事の時系列整理に基づいている。
単品回収	産業廃棄物の収集運搬トラックへの積載時や対象建材が単品でまとめて排出できるかどうかについて評価した。現場での様子や 3.2.1 に基づいている。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

以上を踏まえ、以下の表（表 3-2）を用い解体工事現場における廃棄建材の発生状況を整理した。

表 3-2 整理に用いたシートのテンプレート

建材の名称・用途					
代表写真				発生時の性状	
				発生量と発生時期	
再資源化の適性				保管状況	
性状		発生量		単品回収	

木材

工事において最も多く排出された建材である。また、工期中継続的に発生した。主に角材と板材に分類され、特に劣化のある柱や根太などの角材の排出量が目立った。主な付着物は釘や金具等の金属であり、一部石膏ボードや意匠材、接着剤の付着が見られた。

目次

表 3-3 角材（管柱・間柱・根太など）

表 3-4 板材（下地材：床・天井・内壁など）

表 3-5 木製建具


表 3-6 木質繊維版（床下地用）

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-3 角材（管柱・間柱・根太など）

						発生時の性状
						釘、石膏ボード、接着剤の付着が見られる。釘は殆ど全ての角材にかなりの数が付着しており、解体によって変形している。また、敷居や框、建具に付随した仕上げ材も同時に発生（写真の下部）している。
						発生量と発生時期
						工事計画に間取りの変更や増築があった場合、柱由来の廃木材の量が増加する。また、間柱や根太の材料など似たような性状のもの毎にまとまって排出される。 工期の後半では、施工端材や活用されなかった材が発生する。産業廃棄物として排出されるか、施工業者により他の現場で活用される場合もある。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	◎	単品回収	◎	似たような性状のものが、寸法が整えられた状態で同じ箇所に積み重ねられて保管される。発生量が多く、保管場所におけるかなりのスペースを集積された角材が占めている。また、解体の過程で破碎・粉碎されたものはガラ袋に入れて保管される。この場合、他の廃棄物と混合して保管されることがある。
付着物が多いが工期を通して発生量が多く、またまとめて排出されるため一回で多量に回収可能である。形状も収集運搬車両への積載に適している。						

表 3-4 板材（下地材：床・天井・内壁など）


						発生時の性状
						釘、タイル、接着剤、石膏ボード、壁紙、防水シートなどの付着が見られる。特に釘の付着が多い。寸法はそのままか、元の寸法の半分ほどの大きさで発生する。
						発生量と発生時期
						既存住宅の床、天井、内壁などの下地に多く用いられており、石膏ボードなどとともに工期の前半から多く発生する。作業スペースを確保するため、床の解体を解体工事の後半に行う場合が多く、その場合は他の施工端材などとともに床の板材が多く発生する場合がある。都内の現場の場合、作業スペースや廃棄物の保管スペースの確保が工期に影響する場合が多く、容積が大きい板材は発生量と発生時期ともに工事スケジュールや工事現場の住所により変動しやすい。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	◎	単品回収	◎	角材と同様に、重ねられて保管されている。ただし、角材とは異なりタイルや樹脂製のシートなど付着物が多様であり、現場によって性状が大きく異なる。
付着物が多いが工期を通して発生量が多く、またまとめて排出されるため一回で多量に回収可能である。形状も収集運搬車両への積載に適している。						

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-5 木製建具（ドアなど）

						<h3>発生時の性状</h3> <p>主に発生するものは襖・窓・扉・間仕切り・棚などである。ゴム・プラスチック・金属部品や、窓や扉にはガラスが付着した状態で発生する。一部ガラスが取り外された状態で発生するものもある。手解体であることから、金具や破損が少なく、劣化も少ない。</p>
						<h3>発生量と発生時期</h3> <p>それぞれ同様の時期に同じ性状のものが発生するが、各物量が少なく、多様な建具がまとめて現場から排出される。発生時期は主に工期の前半である。</p>
<h3>再資源化の適性</h3>						<h3>保管状況</h3>
性状	○	発生量	○	単品回収	○	<p>多様な木製建具がまとめられて保管されている。回収を行いやすくするため、切断され寸法が整えられている場合がある。</p>
<p>付着物が少なく、付着がある場合は金属であることが多い。 建具はまとめて排出されるが、回収量の総量は小さく、混合廃棄物として他の建材とまとめられる場合もある。</p>						

表 3-6 木質繊維版（床下地用）

						発生時の性状	
						釘など付着物を取り除かれた状態で、単一素材として発生する。劣化は一部にみられるものの、破損が少なく一定の寸法でまとめて排出される。	
						発生量と発生時期	
						床解体時に発生が確認された。1 物件でのみ確認され、発生量は少ない。	
再資源化の適性						保管状況	
性状	○	発生量	×	単品回収	×	同じものが重ねられて保管されている。	
性状は概ね良い。総量は少ないが、一回で全てを回収できる発生量である。							


石膏ボード

木材に次いで最も排出量が多かった建材である。同様に、工期中ある程度継続的に発生した。付着物は壁紙（樹脂製クロス）、木材、接着剤、モルタル（壁材など）と多く、汚れや劣化が見られた。

目次

表 3-7 石膏ボード（主に内壁下地材）

表 3-7 石膏ボード（主に内壁下地材）

						発生時の性状
						付着物は内壁仕上げ材（クロスや仕上げ用木材）およびモルタル・土などの壁の材料 大きいもので元の寸法の 1/3~1/2 の寸法のもの、小さいもので粉碎された状態のものが発生する。現場の解体・運搬の行いやすさが寸法を決定する一要素となっている。比較的后者の発生量の方が多く、性状の確認が難しい状態である。また、工期の後半には施工端材が発生する。ユニットバスの壁に用いられた石膏ボードも確認された。
						発生量と発生時期
						付着物とともに工事の初期に多く発生する。合計の発生量は木材に次いで多い。また、内壁の解体が終了するまで継続的に発生し続ける。施工端材の発生量は解体材に比べてとても少ない。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	◎	単品回収	○	ある程度寸法が維持されているものは積み上げられるなどしてまとめて保管される。一方、解体の過程で破碎・粉碎されたものはガラ袋にまとめて保管される。この場合、細かい木材やその他の廃棄物などと混合して保管されることもある。
付着物が多いが工期を通して発生量が多く、またまとめて排出されるため一回で多量に回収可能。、一定の形状のものと比較しガラ袋に保管されているものは性状確認が難しく、再資源化に適さない。						

プラスチック系建材

全体的に排出量は小さい。塩化ビニル樹脂製建材（壁紙（塩化ビニル樹脂製クロス）、防音シート、雨樋）、非塩ビ系建材（巾木、バスタブ、プラスチック製建具）が確認された。3 物件全てで一定の発生量があったものが無く、1 物件でのみ確認された建材が数点あった。他にも多種多様なプラスチック系建材の発生が確認されたが、各々の排出量が僅かであり、ガラ袋に保管され、混合廃棄物として回収される場合が殆どであった。

目次

表 3-8 壁紙（塩化ビニル樹脂製クロス）


表 3-9 防音シート

表 3-10 防水シート

表 3-11 塩ビ管

表 3-12 非塩ビ系建材（巾木、バスタブ、プラスチック製建具）

表 3-8 壁紙（塩化ビニル樹脂製クロス）

						発生時の性状
						劣化が見られ、殆どが石膏ボードや接着剤が付着した状態で発生する。
						発生量と発生時期
						塩化ビニル樹脂系建材の中では比較的発生量が多い。発生時は主に内壁の解体時であり、解体工事の着工後すぐに発生することが多い。
再資源化の適性						保管状況
性状	×	発生量	△	単品回収	×	石膏ボードに付着したまま保管されていることが多い。また、解体時に破れたものなど、寸法の小さいものはガラ袋に混合廃棄物として保管されている場合がある。
一定の形状で回収できるものが少なく、殆どが異物の付着を伴う。工期で一定量発生するが単体で回収されることが少ない。						

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-9 防音シート



発生時の性状

一部劣化が見られるが、付着物が無く単一素材として排出される。

発生量と発生時期

壁解体時に発生が確認された。1 物件でのみ、一定量の発生が確認された。

再資源化の適性

性状

○

発生量

△

単品回収

△

付着物が少なく性状は再資源化に適している。発生時期が集中しており、ある程度まとめて回収されるが、発生量の総量が少なく単品で回収されることが少ない。

保管状況

同じものが重ねられて保管されている。

表 3-10 防水シート



発生時の性状					
劣化があり、殆どは外壁材や内壁材に付着した状態で発生する。一部他の建材から剥がされたものがある。					
発生量と発生時期					
3 物件での発生が確認された。内壁、外壁、天井、床の解体時など解体工事を通して発生が確認された。					
保管状況					
基本的にはまとめて保管されていない。他の建材から剥がされた一部は他の廃棄物とともにガラ袋に入れられて保管されている。					

再資源化の適性					
性状	×	発生量	×	単品回収	×
異物の付着が無いものが殆どなく、発生量の総量が少ない。また、他の建材に付随して発生するため単品でまとめて回収されることが無い。					

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-11 塩ビ管



発生時の性状					
雨樋が保護用の発泡材やテープ類とともに発生する場合が多い。同じ性状のものとして、下水用の太い塩ビ管の発生は見られなかった。塩ビ管は基礎工事が絡む新築工事における施工端材や、解体工事における解体材として発生する。					
発生量と発生時期					
外壁の解体時などに発生する。発生量は僅かである。					
再資源化の適性					
性状	○	発生量	△	単品回収	×
単品で発生することが多いが、排出量は少なく他の建材と混合して排出される。また、改修工事では基礎工事が少なく、工事内容の配管の変更などがある場合以外排出量が僅かである。					
保管状況					
保護用の発泡材やテープ類とは分別されず、また他の廃棄物（電線やプラスチック製の建具など）と混合して保管されている。					

表 3-12 非塩ビ系建材

						発生時の性状
						建具は手作業によって丁寧に解体されることから、基本的には釘等の付着物が無い状態で排出される。
						発生量と発生時期
						多種類のプラスチック系建材が僅かな量ずつ発生する。また、当改修工事のような全面的な改修では水廻り建具の解体があらかじめ決められる場合が少なく、部分的な取り換え工事で行われるようなメーカーによる回収を行い難い。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	×	単品回収	×	様々なプラスチック系の建材が同じ箇所にまとめて保管されている。
付着物が少ない傾向があるが、排出される建材そのものが様々な材料で構成されている複合建材である場合が多い。発生量の総量は少なく、同じ建材がまとめて排出されることは無い。						

金属系建材

全体的に排出量が小さい。まとめて排出されるものと、他の建材に付随して発生するものがあった。前者に代表されるものはアルミサッシ、天井の吊り金具である。後者には木材に付着した釘から、木製建具などに付随した金具、そのほか金属製建具などが見られた。また、特定の物件にのみ発生するものがあった。

目次

表 3-13 アルミサッシ

表 3-14 天井の吊り金具

表 3-15 その他金属製建具など

表 3-13 アルミサッシ



発生時の性状

開口部に用いられたものである。手作業による解体が行われるため、ガラスが丁寧に取り除かれている。また一部に木材や釘等の付着が見られるが、変形や内壁材・外壁材の付着が少ない。運搬のため、現場で切断が行われ寸法が整えられた状態である。網戸には網が付いた状態である。

発生量と発生時期

窓については、防犯の観点から解体が殆ど終了した後半に取り替えが行われることが多いが、新しい窓の発注のスケジュールにより解体・施工のタイミングが決まるため、他の建具とは異なる時期に工事物件の殆ど全てのサッシがまとまって排出される場合が多い。

再資源化の適性

性状	◎	発生量	○	単品回収	◎
----	---	-----	---	------	---

現場で釘・木材などの付着物ができるだけ取り除かれ、切断を行いある程度の寸法に整えられる。改修工事では基本的に開口部を取り換えることから、一定のまとまった排出量が期待できる。

保管状況

寸法が整えられた状態でまとめて保管される。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-14 天井の吊り金具

						発生時の性状
						殆どに天井の仕上げ材が接着剤で付着した状態で解体時に発生する。寸法に大きな違いはない。
						発生量と発生時期
						1 物件でのみ、一定量の発生が確認された。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	△	単品回収	△	同じ性状のものが一か所にまとめて保管されていた。
仕上げ材の付着があり発生量の総量は少ないが、天井の解体でのみ、まとまった量が発生する。						

表 3-15 その他金属製建具など

						発生時の性状
						釘や接着剤が付着した状態で解体時に発生する。手作業による解体が行われるため大きな破損が無く、性状確認を行いやすい。
						発生量と発生時期
						各物件で様々な金属製建具が確認された。キッチンを取り換える場合に関連する建具が解体され排出量が増えることが考えられる。数量は数えられる程度である。
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	△	単品回収	△	寸法の大きなものは個別で保管され、小さなものは他の廃棄物とまとめてガラ袋に保管されている場合もあった。
金属は選別技術が進んでおり、ある程度まとめて排出することで選別可能であるが、発生量の総量が少なく、安定的に廃棄物を回収することが難しい。						

コンクリート系建材・がれき類

工事内容に増築や外壁のやり換えなどが含まれていた場合、外壁に用いられたモルタルや窯業系サイディングが一定量発生した。同じく、天井の仕上げがやり替えられた場合、瓦などが一定量発生した。これらは共通して性状が殆ど変わらないものがまとめて発生する様子が確認された。また、アスベストの含有があるものも確認された。

目次

表 3-16	窯業系サイディング
表 3-17	コンクリート系外壁材
表 3-18	瓦

表 3-16 窯業系サイディング



発生時の性状

外壁の仕上げ材として用いられたもので、解体時にモルタルとともに発生する。劣化が無く、寸法は一定にされており、保管および運搬に適した性状である。

発生量と発生時期

外壁解体時にのみ多量に発生する。また、増築工事がある場合、工期の終盤に施工端材が少量発生する。

再資源化の適性

性状	×	発生量	○	単品回収	○
----	---	-----	---	------	---

付着物が少なく、同じ性状のものが外壁の解体時に限りまとめて排出される。有害物質を含む場合もあり、性状は再資源化に向いていない。

保管状況

性状の同じものが一か所にまとめて保管されている。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-17 コンクリート系外壁材



発生時の性状

外壁材として用いられていたもので、塗装や金属製の網、樹脂製の防水シートなどが付着した状態で解体時に発生した。寸法がある程度整えられたもの、解体時に破砕されたものがある。

発生量と発生時期

外壁解体時に多量に発生する。また、対象物件について過去に改修や増築が行われていた場合、元々屋外であった部分の内壁にモルタル製の外壁材やコンクリートブロックが含まれる場合があり、内壁解体時に発生する場合もある。

再資源化の適性

性状

△

発生量

○

単品回収

△

外壁にコンクリート系が用いられていた場合に解体時にまとめて排出される。

保管状況

性状が分かりやすく、同時に一定量発生するものは一か所にまとめられて保管されている。破砕されたもの、性状が分かりにくいものは他の廃棄物と混合して保管されているか、ガラ袋に入れられて保管されている。

表 3-18 瓦



発生時の性状					
屋根の仕上げに用いられたもので、解体により発生した。特に目立った異物は確認されなかった。					
発生量と発生時期					
天井の解体時に一定量発生した。					
保管状況					
ガラ袋に入れられ、まとめて保管されていた。					

再資源化の適性					
性状	△	発生量	○	単品回収	○
性状が同じものが、屋根の解体時にまとまった量が発生する。発生量の総量も外壁材と同様に比較的多い。					


その他建材

上記の建材以外に、一定量の発生が確認された建材や改修工事における特徴的な建材に関して以下に整理した。都内の木造戸建て住宅の改修工事では、作業スペースや保管スペースが取りにくく、基本的に全て人手により解体が行われ、また室内も保管スペースとして活用される。そのため、容量を無駄に拡大させないための丁寧な建具の解体や、解体後に切断を行うことによる寸法調整などが特徴的である。

目次

表 3-19	ユニットバス
表 3-20	トイレユニット
表 3-21	板ガラス
表 3-22	グラスウール
表 3-23	発泡系建材
表 3-24	天井仕上げ材

表 3-19 ユニットバス

						<h3>発生時の性状</h3> <p>バスタブ・浴室の壁（石膏ボード・アルミフレーム・防水用の仕上げ材）が発生する。バスタブは破損が無い状態で、浴室の壁も手解体により変形や破損が殆ど無い状態である。</p>
						<h3>発生量と発生時期</h3> <p>浴室の解体時にまとめて発生する。発生時期は様々である。</p>
再資源化の適性						保管状況
性状	△	発生量	△	単品回収	△	バスタブは解体後、回収されるまでしばらく室内で保管されている場合が多い。
内壁部分は様々な材料の建材が複合した状態で発生し、再資源化のためには破砕などの処理が必要である。						

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-20 トイレユニット



						発生時の性状
						手解体され、特に異物や破損はない。
						発生量と発生時期
						各物件で数個発生する。
再資源化の適性						保管状況
性状	○	発生量	×	単品回収	◎	回収まで室内に保管されている。
一件につき 1~2 個発生し、他の建材とは別に回収される。						

表 3-21 板ガラス

						発生時の性状	
						木製建具に付着いた状態での発生が確認された。一部は取り外されており、接着剤の付着が見られる。手解体が行われることから、破損が無く板の状態で排出される。	
						発生量と発生時期	
						建具やサッシの解体時にまとめて発生するが、発生量は少ない。	
再資源化の適性						保管状況	
性状	○	発生量	△	単品回収	△	建具に付着したままのもの、取り外されたものが同じ場所に重ねられて保管されている。解体時や保管時に割れないよう考慮されている。	
手作業による解体が行われるため、板ガラスの状態ですべて回収可能である。発生量の総量は少ないため、単品回収は行われない。							

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-22 グラスウール


						発生時の性状	
						天井・床・内壁などに断熱材として用いられたものである。劣化が見られ、多くが梱包用の紙と同時に発生する。一部施工端材の発生も見られた。	
						発生量と発生時期	
						天井・床・内壁などの解体工事を行うと発生し、工期中、比較的継続的に多く発生した。施工端材は少量であり、施工の後半に発生した。	
再資源化の適性						保管状況	
性状	×	発生量	△	単品回収	×	同じ性状のものがまとめて屋内に積み上げられて保管されていた。保管スペースの多くを占め、一部工事の動線の妨害になっているものがあった。	
劣化が激しく、また異物の付着を伴うためガラスとしての再資源化には向いていない。ただ、改修工事による一定の発生量が見込める。比重が小さく回収効率は期待できない。							

表 3-23 発泡系建材



発生時の性状

床や内壁などに用いられた発泡系断熱材は、解体材、施工端材ともに確認された。解体材は挟み込まれて用いられていたもので、接着剤などの付着物が確認されず性状を判断しやすい状態であった。また、樋の保護用の発泡系材料が確認され、テープなどの付着が見られた。

発生量と発生時期

床や内壁の解体時に比較的多量に発生した。施工端材は工期の後半に少量発生した。

再資源化の適性

性状	○	発生量	△	単品回収	△
----	---	-----	---	------	---

断熱材は解体材・施工端材ともに付着や劣化が少ない。発生量の総量は少ないため他の建材と混合で回収されるが、解体材・施工端材ともにまとめて回収可能である場合が多い。

保管状況

同じ性状のものがまとめて保管されている。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-24 天井仕上げ材



発生時の性状

天井仕上げに用いられた複合建材である。一部接着剤の付着が見られ、形状は施工時のものから解体時に破碎されたものまで確認された。

発生量と発生時期

天井の解体に伴って発生する。全体量と比較すると僅かである。

再資源化の適性

性状

×

発生量

×

単品回収

×

多くの場合下地材が付着して発生するため再資源化には向かない。
天井の解体後まとめて回収することが可能である。

保管状況

他の廃棄物と混合して保管されていた。

3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー

3.3.1. 概要

以上で整理した木造戸建て住宅の改修工事で発生した廃棄建材について、産業廃棄物収集運搬業者、産業廃棄物中間処理業者、製造業者へのヒアリング調査を通し、委託の流れや具体的な処理方法を整理した。ヒアリング調査先を以下に示す（表 3-25）。

表 3-25 ヒアリング調査先一覧

業種	調査先	対象とした業務内容	所在地	調査日
住宅製造業	HA 社	新築・改修工事で発生した廃棄建	大阪府	2022/7/20
	HB 社	材の回収・処理	東京都	2022/11/4
建材製造業	MA 社	建材の再資源化に関する活動	愛知県	2022/10/20
	MB 社	建材の再資源化に関する活動	東京都	2022/11/2
産業廃棄物 中間処理業	WA 社	廃棄建材の回収・処理	東京都	2022/8/18
	WB 社	石膏ボードの再資源化	三重県	2022/9/13
産業廃棄物 収集運搬業	WC 社	各種工事で発生した廃棄建材の収	東京都	2022/11/29
	WD 社	集運搬および処理	東京都	2022/12/8

WA 社～WD 社の業種には、今回対象とした改修工事において各企業が担った代表的な役割を特に記した。例えば WC 社・WD 社は産業廃棄物処分業も行っているが、今回着目した改修工事で発生する廃棄建材の収集運搬に関わっていることが明らかとなったことから、「産業廃棄物収集運搬業」と記している。また、各社で扱っている建材や処理方法が異なり、これが建材のマテリアルリサイクルの可否に少なからず影響することから、はじめに各社の概要を示す。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

HA 社（住宅製造業）

住宅の製造および廃棄建材の再資源化などに取り組んでいる。

広域認定制度を活用した建材の回収・再資源化

広域認定制度を活用し、自社が生産した戸建て住宅・集合住宅の新築現場・リフォーム現場で発生した施工端材や解体材の分別回収を行っており、各建材を適宜処理し再生原料を生産している。当事業の課題は以下が挙げられる。

- ・ 廃材回収のための配車を注文に対して都度行っており、時間指定であることも多く回収効率を高めることが課題である。
- ・ 回収した複合建材の解体や多種類あるプラスチックの分別など、人が手を動かす工程が欠かせず、職人不足が課題となっている。
- ・ 回収されたものに合わせて技術の開発・投資を行うため、技術が後追いで形成されている現状である。生産段階でリサイクルを配慮した設計を行うことが重要である。
- ・ 解体材を引き受けられない点。解体材は 1 m³あたり 1~2t と重量が大きく、さらにその半分程は既存の中間処理場で再資源化を行うことができるコンクリート系の建材が占めるため、現場で細かく分別した上、遠方から運び込むという仕組みでは安定的に再資源化を続けることができない。

HB 社（住宅製造業）

住宅の製造および廃棄建材の再資源化などに取り組んでいる。

広域認定制度を活用した建材の回収・再資源化

広域認定制度を活用した自社処理型の廃棄物処理システムを採用している。現場から廃棄物を回収する車両の管理、それらの重量計測と積載した廃棄物の特定、またこれらのデータ活用による施工時の供給量の効率化に取り組んでいる点が特徴である。また、施工時に現場で調達される建材は特注がある場合を除いて殆どないため、基本的には自社の製品が回収される。当事業の課題は以下が挙げられる。

- ・ 分別を担う人手の不足が課題である。
- ・ 処理能力を向上させていく必要がある。人数・スペース・機械の能力の向上が寄与すると考えられる。
- ・ 場内での廃棄物の特定、回収に用いる袋の調達、重量計測などのコストを考慮し、回収する廃棄物を適宜圧縮して運搬効率を高める必要がある。

MA 社（建材製造業）

建材製造の他、自社製品の再資源化に取り組んでいる。

カーテンのリサイクル

取り換えで発生した使用済みのカーテンは自社で直接回収を行い、再資源化を行っている。カーテンに用いられる樹脂はポリエステル、麻、絹など多様であり、それぞれで加工状態が異なるため、各加工状態に対し適切なリサイクル（マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル（ガス化溶融）・サーマルリサイクル）が行われる。また今後、回収量を増やしていくことが課題である。

タイルカーペットのリサイクル

使用済みのタイルカーペットの水平リサイクルにより生産された再生原料を活用している。

壁紙のリサイクル

解体された壁紙のリサイクルの検討を行っている。壁紙は紙（石膏ボードとの接着に必要）と塩化ビニル樹脂が接着している構成であり、分解処理が難しく水平リサイクルの難易度が高い。また回収される使用済みの壁紙は 15~30 年前のものであるため、規格が古く製品情報が分からない場合もリサイクルの難易度を高める要因である。このため、使用済みのものは再資源化できないものが多く、殆どが最終処分されている。施工端材や実験用材はタイルカーペットの下地材の用途へカスケードリサイクルを行うことが可能であるが、再資源化工程を通して白色を維持することができないため、このような用途に限られており、意匠性が重要である壁紙への水平リサイクルは困難である。

上記のような取り組みを促進するためにも、環境負荷削減に繋がる取り組みを適切に評価する枠組みを構築していく必要がある。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

MB 社（建材製造業）

化学品の分野で幅広く製品製造、および廃棄物の再資源化に取り組んでいる。

板ガラスの水平リサイクル

板ガラスの水平リサイクルに関してその技術と廃棄された板ガラスの回収システムの構築を検討している。水平リサイクルに取り組む背景として以下が挙げられる。

- ・ 太陽光発電パネルのモジュールの廃棄量が増える見込みがある点。
- ・ ガラスは高温で製造しなければならないが、ガラスカレットを材料に入れると必要な温度を下げるのが可能であり、ガラスカレットの活用により CO₂ 削減を見込める点。

また、水平リサイクルを行うにあたり以下のような課題が挙げられる。

- ・ カレットを投入すると品質が下がることから、基準を満たすために投入比率の調整、現場で適切に分別を行うなどにより、品質の高いカレットを生産することが必要である。
- ・ ガラス製造の品質基準が厳しいため、適切な受け入れ基準を設け、性状が判明しているもの、板ガラスのままの状態で一定量回収しつづけることが重要である。例えば、現在国内で利用されている太陽光発電パネルのモジュールに使われている板ガラスは主に海外で生産されたものであるため、性状が分からないものが多くリサイクルを困難にする要因となっている。また、屋根と一体で設置されているものは異物の付着が多く、選別の難易度が高い。

WA 社（産業廃棄物中間処理業）

産業廃棄物の収集運搬および中間処理に取り組んでいる。

WA 社による収集運搬の概要

解体業者の発注を受けて現場へトラックを配車する方法を採用している。配車は予約制を採用しており、GPS を搭載したトラックを状況に合わせて適宜配車する。効率良く回収を行うため事前にどのような廃材があるか聞き車種を決定している。マテリアルリサイクルを考慮した際の課題は以下が挙げられる。

- ・ 回収先の現場に関する情報を蓄積できておらず、どのような廃材がどこから回収されているのかが不明なため、新しい設備の導入が遅れている。

WA 社による中間処理の概要

収集された産業廃棄物に対し、単品または混合廃棄物のどちらとして処理するかを決定する。単品として処理される場合は、各廃棄物が集積する区画に運び込み適宜破碎・粉碎処理を行う。混合廃棄物として処理される場合は、広い区画に運び込まれ重機と手作業による選別を行った後、プラントでの破碎・粉碎と手作業による異物（機械の故障に繋がるものなど）や単品で処理可能なもの除去とを繰り返し、再生原料を生産している。はじめの処理方法の判断は、建材の付着している異物の種類や量、濡れ具合、土砂の付着具合などを考慮し個人の裁量により工場内で分別される。マテリアルリサイクルにおける課題は以下が挙げられる。

- ・ 多種の設備を保有しており、適切に更新を行っていくことが課題である。既存の設備を用いて新たに発生する様々な建材の処理のニーズに応えていくことが必要であるが、廃棄物の需要・供給は不安定であり予測することが困難である。
- ・ 再委託を行う場合、性状の分かりやすい状態で委託することが求められるが、取得している許認可に従って、大きい寸法であれば性状が分かりやすい石膏ボードなどを破碎しなければならない場合がある。

WB 社（産業廃棄物中間処理業）

石膏ボードの水平リサイクルに取り組む。ある程度の異物の付着を許容し、製品に用いる石膏を生産する高度な技術を持つ。処理方法については後述の P119 を参照。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

WC 社（産業廃棄物収集運搬業）

様々な規模の建物における新築工事、改修工事、解体工事から発生する廃棄物の収集運搬し、中間処理に取り組んでいる。また、本論で対象とした木造戸建て住宅の改修工事に関し、現場で発生した建材の収取運搬・中間処理を担う主要な企業である。

回収される産業廃棄物は全般的に建設現場由来のものである。WC 社の収集運搬量・中間処理量の多くを占めるのはコンクリート系建材・がれき類である（図 3-6, 3-7）。

また、対象とした改修工事の事業主が排出する廃棄物全体の収集運搬量・中間処理量（体積）は木材が最も大きく、続いて建設混合廃棄物、プラスチック系、石膏ボード、コンクリート系・がれき類である（図 3-8）。以上から、木造戸建て住宅の改修工事から発生する主要な建材は上記の建材であることが分かる。また、建設混合廃棄物が占める割合も大きい。

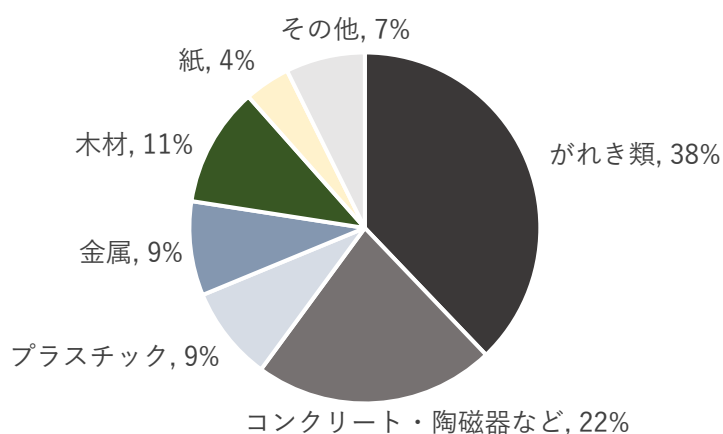


図 3-6 WC 社の収集運搬量（重量）における各項目のおおよその割合

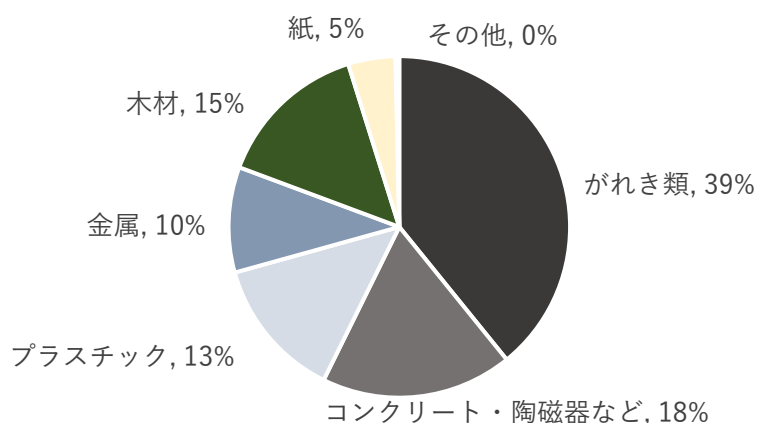


図 3-7 WC 社の中間処理量（重量）における各項目のおおよその割合

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

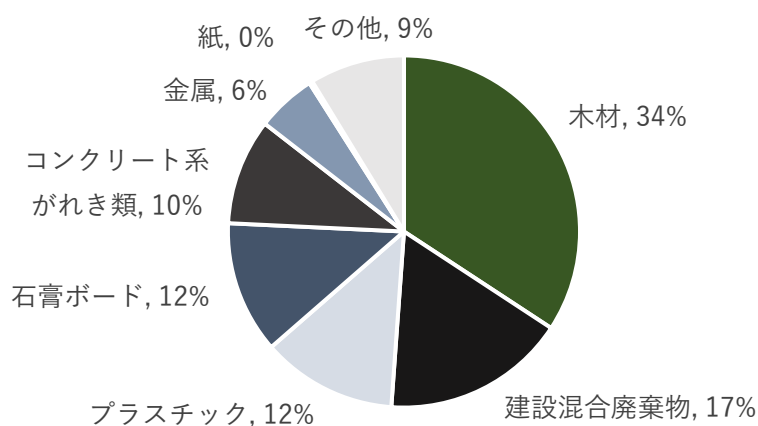


図 3-8 WC 社が事業主に対して行った産業廃棄物処理量（体積）における各項目のおおよその割合

WC 社では運搬効率を向上させるため、社内での収集運搬において分別の推奨・指示を行っている。また、回収先の業者にも分別の協力をお願いしている。廃棄物を排出する主体にとっては、分別を行うことで処理費を抑えられるメリットがあり、新築現場では特に分別回収が進んでいる。また、回収時に収容運搬車両への積載物の確認や、品目ごとに分けた荷下ろしを行い、混合廃棄物の処理レーンへの投入量を抑え、人手による分別作業の発生を避けている。マテリアルリサイクルを考慮した場合、以下のような課題が挙げられる。

- ・ 改修・解体現場においては、コスト低減のため最低限の分別が行われるが、多くが混合廃棄物として排出される現状である。ビルの工事現場が重機解体であり現場での丁寧な分別が難しい一方、特に都内の木造戸建て住宅の改修工事では手解体および人手による荷積みが一般的であることから、丁寧な分別回収を行える余地があると考えられる。
- ・ 回収したものの性状に関する、現場と出荷先との情報共有が適切な処理を行うにあたって重要である。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

WD 社（産業廃棄物収集運搬業）

様々な規模の建物における新築工事、改修工事、解体工事から発生する廃棄物の収集運搬し、中間処理に取り組んでいる。また、本論で対象とした木造戸建て住宅の改修工事に関し、現場で発生した建材の回収運搬・中間処理を担う主要な企業である。

WD 社が行う収集運搬の概要

①発注を受け、都度現場へトラック（2~4t 車）を配車し直接回収する場合、②産業廃棄物収集運搬業者から持ち込まれたものを受け入れる場合、③産業廃棄物中間処理業者から引き受ける場合の3通りで回収を行う。①~③のどの方法で回収されるかについては、契約形態や業者が保有する認可によって決定する。回収量に占める割合は①と②の合計が半分、③が残りの半分以上を占める。本論が対象とした改修工事で発生するものは全て直接収集（①）を行っている。①の場合、現場の裁量により回収のタイミングが決まり、発注に対し都度回収を行う。都内の木造戸建て住宅という条件下では、限りあるスペースを占有する廃棄建材の回収は工事のスケジュールに大きく影響するため、早朝など希望通りの時間に回収を行うことが重要である。ある程度固定の事業者と関係性を築き、コミュニケーションをとることが大切となる。

WD 社が行う中間処理の概要

最初にトラックの荷を確認して処理方法を判断する。そこから手作業による粗選別を行なった後、機械選別（挟む・叩くなどによる破碎処理）とコンベアでの手作業による分別とを必要に応じて繰り返し行う。各処理段階の責任者の裁量で詳細な処理方法が判断される。

以上を踏まえ、木造戸建て住宅の改修現場で発生する廃棄建材は以下の理由で処理の難易度が高くなっていると考えられる。

- ・ 異種の建材が同時に発生しまとめてトラックに積載される場合があり、分別の手間が増す要因である。
- ・ 都内の改修工事現場は保管スペースが殆ど取れず、現場での分別を困難にする主要な要因である。
- ・ 異種の建材が接着した状態のものや劣化したものが多く、自社で処理可能なものの割合が少ない。また、数多の現場の事業者へ、分別の重要性や方法を伝達することも困難である。

再委託先の業者が、木造戸建て住宅の解体現場や改修現場から求める材を十分量回収することは極めて困難であることから、現場と特定の産業廃棄物処理の技術を持つ業者との間に中間処理が挟まれるスキームが成立している。よって、解体の主体と収集運

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

搬・中間処理の主体、および製造の主体の間で相互に求める条件について共通理解を築くことが建材の適切な分別回収に当たり重要である。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

各廃棄建材の処理フロー

次に、以下の 3.3.2~3.3.7 では、各廃棄建材の処理フローについて、現場での発生から収集運搬・中間処理を経て再活用段階および最終処分まで整理した。今回のヒアリング調査により、処理フローは以下の 2 つのパターンにまとめている（表 3-26）。

表 3-26 整理した処理フローの概要

名称	概要
処理フロー[A]	今回対象とした改修工事現場及び一般的な木造戸建て住宅の改修工事現場で発生した廃棄建材の現状の処理フローと考えられるもの
処理フロー[B]	住宅製造業者である HA 社・HB 社が行う、住宅の新築現場・改修現場から広域認定制度を活用して建材の回収を行った場合の処理フロー

また、廃棄物処理の各段階に関する定義は以下の通りである（表 3-27）。

表 3-27 処理フローにおける各段階の定義

各段階	定義
収集運搬	廃棄建材を積替え保管場および中間処理場へ収集する段階。分別作業も含む。収集運搬は排出側（解体業者など）が行う場合と回収側（産業廃棄物収集運搬業者・産業廃棄物中間処理業者）が引き取る場合がある。
中間処理	収集された廃棄建材の破碎・切断・圧縮などの処理を行い、各種メーカーなどの再委託先への搬出を行う段階。各社が保有する技術の差が大きく、別の中間処理業者の再委託先となる場合が多い。
製品製造 熱利用等	収集した廃棄建材（主に原材料に加工済みのもの）を活用して製品製造および熱利用などを行う段階。本研究における、再資源化処理の最終到達点としている。
最終処分	委託を受けた廃棄建材を埋め立て処分または熱利用を行わない焼却処分を行う段階である。

以下、各廃棄建材の処理フローと、各フローの詳細を表で示す。

3.3.2. 木材

木材の処理フロー[A]

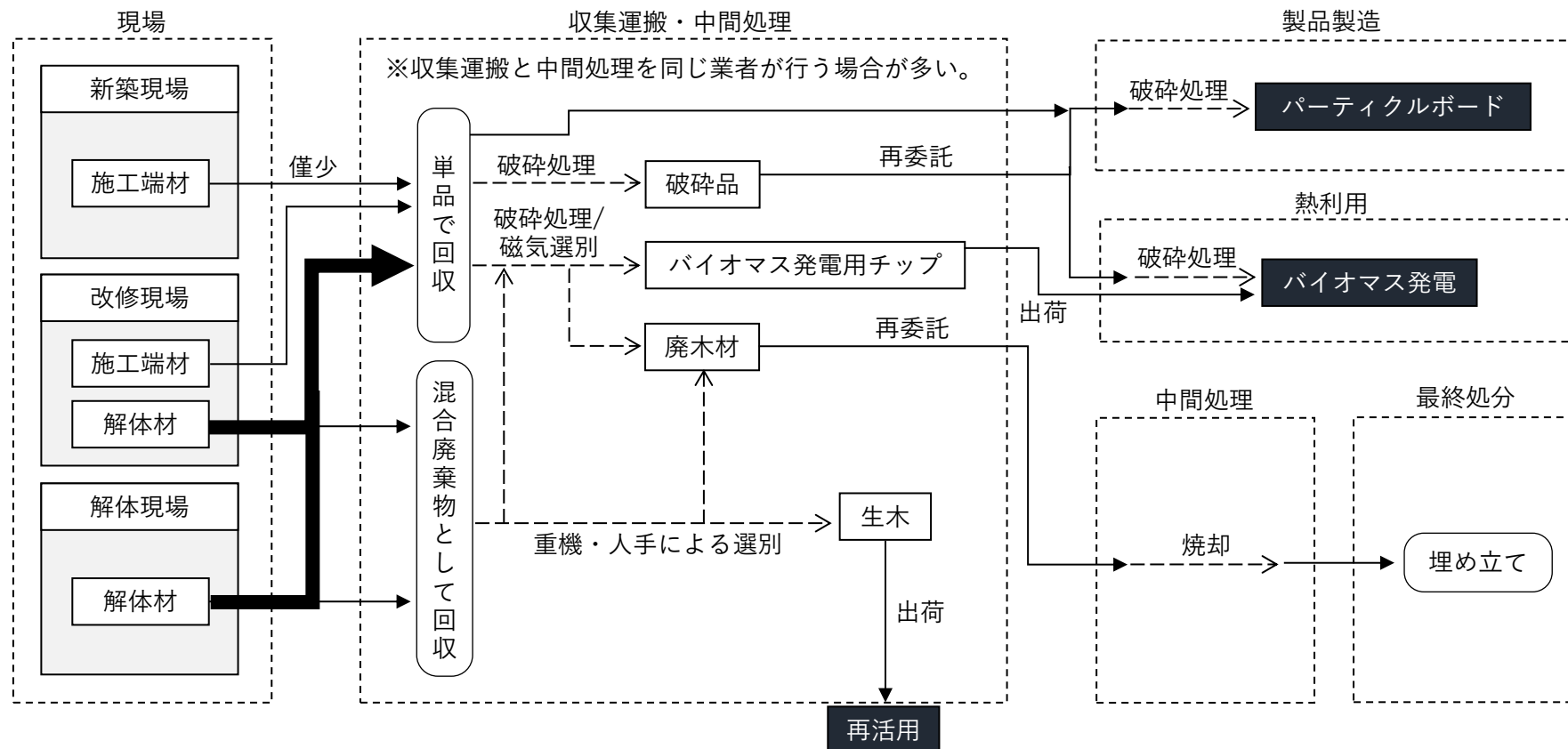


図 3-9 木材の処理フロー[A]

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-28 木材の処理フロー【A】における再資源化処理の実態と課題

実態	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
	WA 社		出荷先
	回収量の 9 割程度を解体現場由来の木材が占めている。埋め立ては行わない。	木材のみ単品で回収されたものと混合廃棄物として受け入れたものの中から分別されたものと併せ、全てバイオマス発電用の原料チップに破碎加工される。	バイオマス発電所（グループ会社）
	WC 社		出荷先
	現場から自社の中間処理場に直接回収し、当日または翌日に破碎を行う。	破碎・磁気選別を行い、釘等の異物を除去する。回収される木材の性状が様々であるため、用途はバイオマス発電用に絞っている。木製建具については、ふすまは紙を含むが再生古紙などへの活用ができないため焼却処分を行う。金具が付着した建材は上記と同様破碎し金属を取り除く。また、一定の性状を満たしたものがパーティクルボードへのマテリアルリサイクルを行う業者へ委託されることも多い。	木質建材製造業者、発電所
	WD 社		出荷先
	木造住宅由来のものが回収量の殆どを占める。一部ビルの化粧材として用いられたものも回収される。	木くずのみの処理を行うラインで処理された場合、付着物のない施工端材は破碎後、パーティクルボードのメーカーなどに再委託を行う。付着物・異物が混ざっている木材は焼却・バイオマス発電などの用途として再委託される（再委託後、再度破碎が行われる）。一部生木の状態で出荷を行う場合がある。建設混合廃棄物の処理をまとめて行うラインで処理された場合、一部手選別で付着の少ない材を選別し、そのほかは可燃用材料の構成材料となり可燃物として処理される。	木質建材製造業者、各種製造業者における熱利用、発電所

課題	改修の工程で、解体と施工を担う業者が同じ場合、解体工事で発生した木材を同じ用途で再活用する場合も一部あるが、基本的には全て積替え保管場に運搬される。	<ul style="list-style-type: none"> ・発泡系断熱材やサイディングが付着しているものはリサイクルできない（WA社）。 ・リサイクル材の単価が変化しやすいため、用途をバイオマス発電に限るなどして対応する必要がある（WA社）。 ・釘等の金属を除去する場合、磁気選別など破碎以外の技術が必要である。 ・回収量の総量が多いことから、一度回収した木材を改めて人手で選別されることは無く、回収後に性状が変化しない。 	一部はパーティクルボードの生産に用いられているものの、一般的に、製紙などマテリアルリサイクルができるものは、付着物が全くない施工端材に限られる。
----	----------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

木材の処理フロー[B]

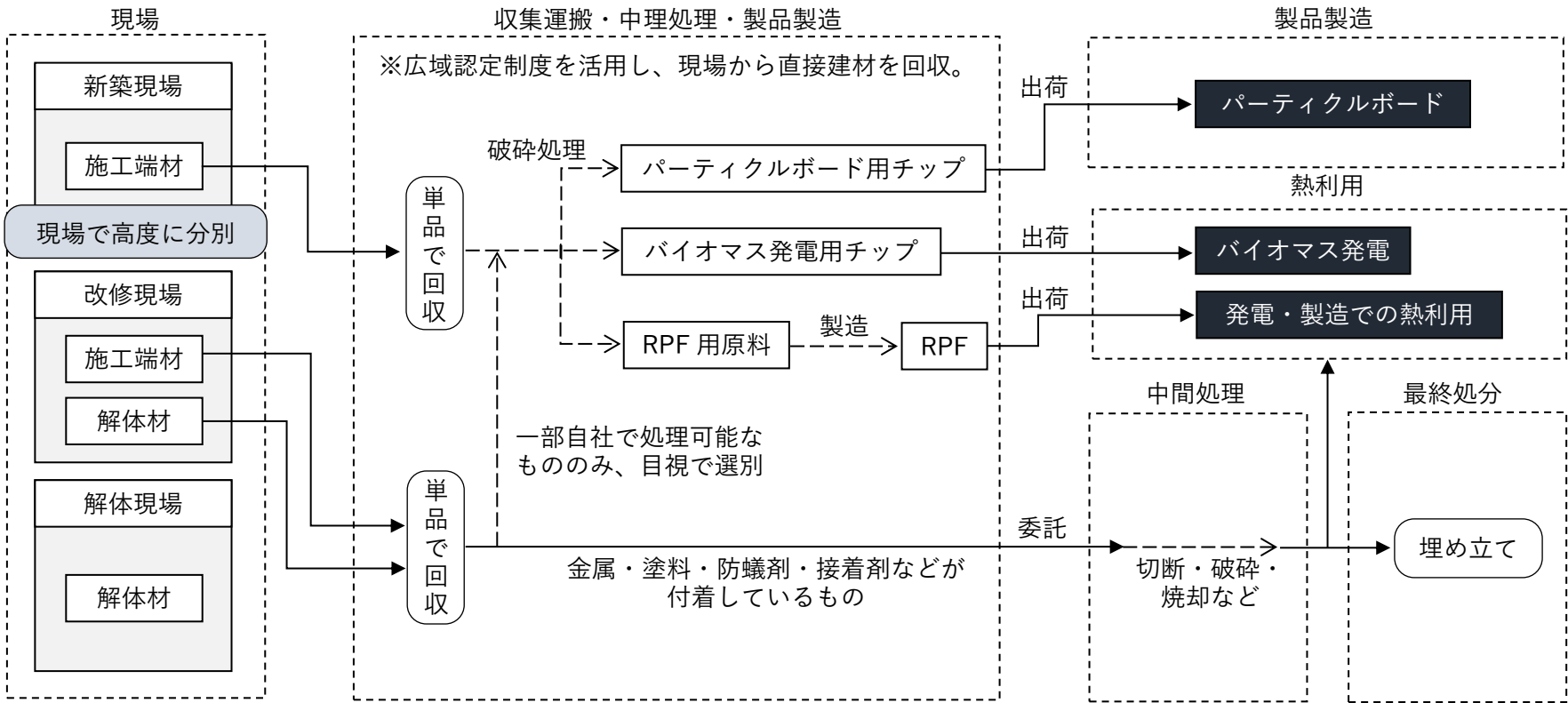


図 3-10 木材の処理フロー[B]

表 3-29 木材の処理フロー[B]における再資源化処理の実態と課題

	実態	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
		HA 社		出荷先
111		広域認定制度を活用し、自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から排出された建材を回収している。新築現場由来の施工端材は付着物が無く、改修現場由来の解体材は一部に釘が付着しているが、解体時に殆どの釘が除かれている。	主に施工端材が再資源化の対象である。破砕処理し、パーティクルボード用チップ、もしくはバイオマス発電用燃料を生産する。用途は回収時点で決定し、仕分けされた状態でプラントに運び込まれる。処理後、品質の低いものは有価で産業廃棄物中間処理業者に処理を再委託する。	木質建材製造業者、産業廃棄物中間処理業者
		HB 社		出荷先
		広域認定制度を活用し、自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から排出された建材を回収している。	破砕し RPF の原料に用いる。そのため工事において釘を使わない工程の端材を選別し活用している。	各種製造業者における熱利用
	課題	・再資源化後の用途で採算性が取れない建材も回収し分別を行う場合があり、再現の難易度が高い。 （HA 社） 生産・設計段階から再資源化を考慮し、解体・分別などを行いやすい建材を活用する水準には至っていない（HA 社・HB 社）。	委託にかかるコストが高いため、できるだけ自社で分別（目視・手作業）し、自社で処理を行う（HA 社）。 RPF の生産において、塩素量・カロリー・炭の量などに基準があり、木材を活用することでそれらの値を調節している（HB 社）。	パーティクルボードへのマテリアルリサイクルが実現しているが、解体材に関しては詳細な分別を行わず破砕し燃料として活用される場合が多い。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.3.3. 石膏ボード

石膏ボードの処理フロー【A】

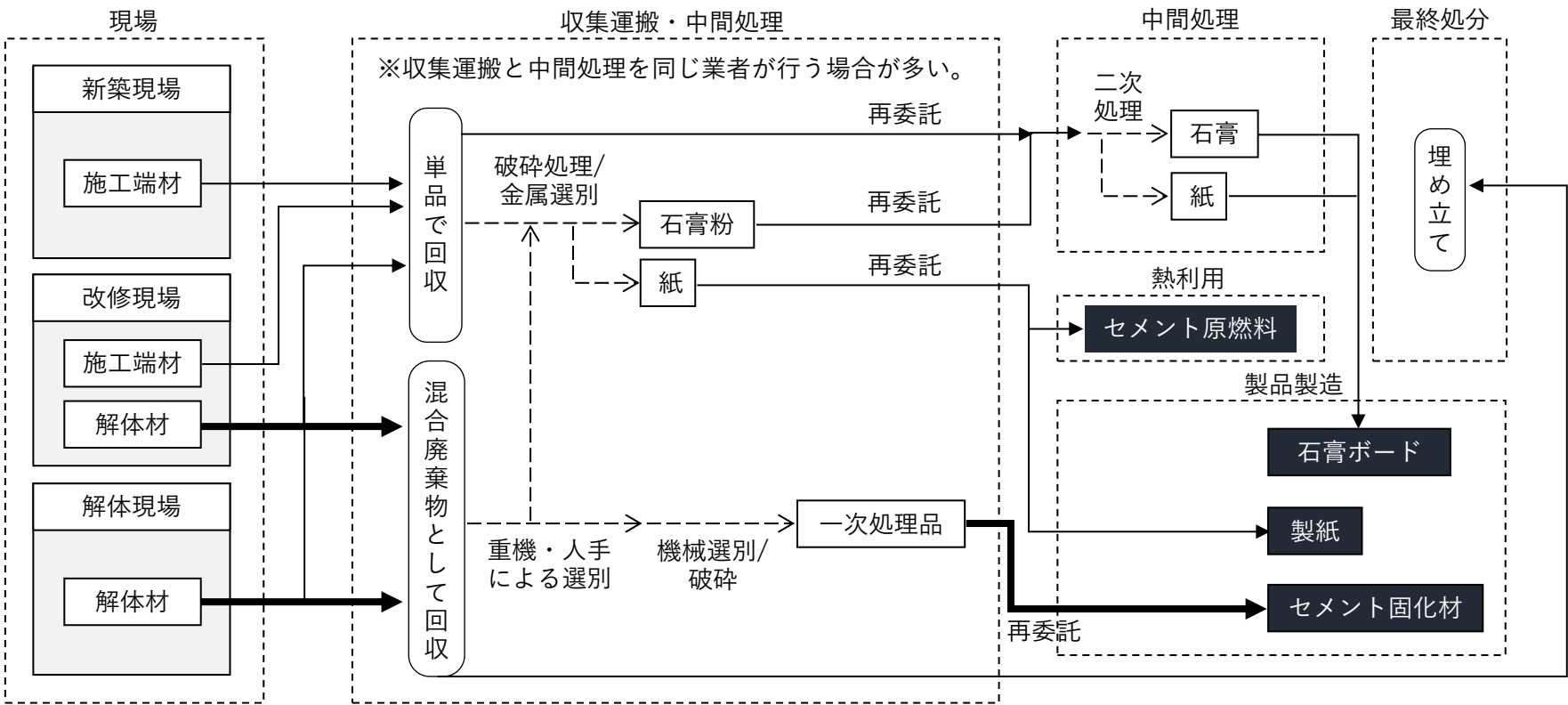


図 3-11 石膏ボードの処理フロー[A]

表 3-30 石膏ボードの処理フロー[A]における再資源化処理の実態と課題

収集運搬（積替え含む）		中間処理	製品製造・熱利用など
実態	WA 社		出荷先
	新築現場及び解体現場から回収を行う。材の寸法（粉末状・破碎された状態・一定の大きさを保った状態）ごとに、施工端材や解体材が混合した状態でプラントに保管されている。ユニットバスのパーティションとともに保管されているエリアもある。一部クロスの付着が見られる	「単品」で回収されたものと「混合」で分別されたものと併せ、8割は軽く破碎処理が行われ石膏ボード及びセメント固化材として活用される。接着剤やガラスが付着しているものやヒ素の含有が確認されたものなど2割程が管理型埋め立て場に運搬される。	セメント製造業者（グループ会社）
	WB 社		出荷先
		産業廃棄物中間処理業者からの再委託のみ受け入れる。材料は戸建て住宅の解体現場・改修現場由来のものが多く。次に集合住宅や商業施設のパーティションなどが回収される。連続反応で石膏ボードへの水平リサイクルを行っている。	石膏ボード製造業者、最終処分場
実態	WC 社		出荷先
	濡れや油の付着したもの、ベニヤ板に接着しているものは回収後、処理を行わず埋め立て処分場に委託する。クロスの付着は破碎処理で分別ができるため、受け入れられる。	施工端材のような異物の付着が無いものや、分別されて回収されたものは自社で石膏ボードを破碎し、紙と石膏に分離する。社内で出荷先の受け入れ基準を満たす品質だと判断されたものが石膏ボードの製造用原料を製造可能な産業廃棄物処分業者に出荷される。	産業廃棄物中間処理業者、セメント製造業者

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

	WD 社		出荷先
	端材など付着物が少ないものは石膏ボードのみの処理を行うラインで処理される。積み込み時に分別→荷下ろし後に専用ヤードでリサイクル可または不可の材を人手で選別される。	破碎され石膏粉と剥離紙に分別される。石膏粉はセメント用原料、石膏ボード原料に、剥離紙はセメント原燃料となる。改修・解体現場由来のものは異物（断熱材・タイル・木くず・鉄など）があるが、リサイクル可と判断されたものはセメント原料の用途として中間処理場に再委託される。リサイクル不可と判断されたものは管理型埋め立て処分場に委託される。	セメント製造業者、最終処分場
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・細かすぎる廃石膏ボードは目視で性状を判断できないため自社で破碎を行えない場合が多い。そのため、解体業者からできるだけ大きな状態のものを、分別された状態で回収することが重要である。（WA 社） ・二次処理先の処理技術で水平リサイクルが可能な廃石膏ボードが、一次処理の時点で混合廃棄物として処理されてしまい二次処理先に行きついていない（WC 社）。 ・現場時点で分別されているものは、専用の処理レーンへ直接運搬されることが多いが、ガラ袋やフレコンなどに様々なものと併せて収集された場合は分別にコストを割かなければならず、採算が合わない場合はそのまま混合廃棄物として処理される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場時点で分別された状態で回収されたものは自社で分別する必要がなく、単品での回収となり、より資源循環性の高い再資源化処理が行われやすい。分別されていないことで性状の良いものが混合廃棄物としてまとめて処理されてしまう場合がある。（WC 社） ・出荷先のセメント工場の需要が変動し、出荷できない場合がある。この場合に備え、委託先を可能な限り増やさなければならない。 ・埋め立てへの委託は処理費が大きくなることから、自社での選別に力を入れて行っている。 ・付着物ごとに保管することができればより効率的に出荷できる（リサイクル可のものも多く捉えられる）が、自社のヤードのスペースには限界があり、体積の大きい石膏ボードを種類別に保管し続けることは困難である。 	ある程度の品質を許容して水平リサイクルを実現できる技術が開発されている。

WB 社による石膏ボードの水平リサイクル

石膏ボードの水平リサイクルを実施している WB 社の取組みに関して整理した。

回収時

回収範囲は半径 200km 程である。異物混入の度合いにより 3 通り（A～C）に分類して受け入れる。そして各分類での処理コストを考慮し、受け入れ単価を設定している。

A：新築現場由来の施工端材など付着の少ないもの

B：壁紙が付着しているもの

C：コンクリートなどその他建材が付着しているもの

濡れているものはプラントの故障の原因となるため基本的には受け入れていないが、受け入れた場合は少しずつ乾いたものと混合しながら粉碎を行う。岩面吸音板も受け入れ対象外となっている。また、一部の水溶性有機物も受け入れられない。無機系であれば水溶性でも問題なく受け入れられる。

中間処理フローの詳細

1. 異物除去工程

- ・ 吊り下げ磁選別：金属の除去を行う。
- ・ 手選別（工数：一人）：ここでプラスチック、木材、コンクリートの除去を行う。
また、この工程で除かれる異物は全体の 1%未満である。

2. 粉碎工程

多少の壁紙が含有している場合でも本工程で除去可能である。除去された壁紙は RPF 化や焼却処理が行われる。除去には 6mm のふるいを用いる。除かれた紙は製紙メーカーへ出荷される。

3. 煅焼工程

重要な再結晶の工程（流動性が高いスラリーの作成）に欠かせない工程である。

4. 晶析工程

CaSO₄ を溶かして再結晶を行う。高い流動性スラリーを製造する。（60%もの空隙率である石膏は混合溶液を吸収してしまうため、再資源化効率・品質が下がり、かつて製品に使える割合は 10%程であった。そこで、煅焼工程を経て 100 μ m 程の独立した粒に再結晶する方法を開発し 100%リサイクルを実現させた。）

5. ろ過工程

- ・ 紙：0.8mm のふるいによりここでも紙が除かれる。これらは製紙メーカー・セメントメーカーに出荷される。
- ・ 製品の二水石膏：製造原料として出荷される。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

出荷先

石膏ボード由来の材は製紙メーカー（用途：RPF・紙）または石膏ボードメーカー（用途：石膏ボード）へ最終的に出荷される。

異物として除去された金属は産業廃棄物処分業者に有価で委託される。

再資源化に関するその他の取組み・課題

- ・ 粉砕された状態であると性状を判断できないため、できるだけ大きい寸法のまま回収するように注意している。しかし、基本的には解体業者の現場での裁量により排出される石膏ボードの品質が決まることから、回収したものの性状を受け入れ時に判断できない場合があり、ハンディ型蛍光X線を使用しヒ素などの含有有無を検査しなければならない。ヒ素の含有が明らかとなった場合は、特定の処分場に委託する。また、ヒ素を含有する石膏ボードが多く排出される特定の地域からの受け入れを行わないなど、地域を限定した回収を行っている。
- ・ 管理品目は粒径・含水率・異物としている。
- ・ 異物を除去することが最も重要で難易度が高い。重量比は0.1%に過ぎないが、プラントの故障の原因となるため、手選別を行い丁寧に除去する工程が欠かせない。更なる技術導入（ふるい・高磁力の磁選別）も進行中である。
- ・ リサイクル品目への指定があれば大きな投資が可能。ただ認定されるためには既にリサイクルシステムが確立し、再資源化量も確保できていることが必要である。
- ・ 効率よく質の良い廃材を回収するために、A4の冊子を顧客である産業廃棄物中間処理業者に配布している。

石膏ボードの処理フロー[B]

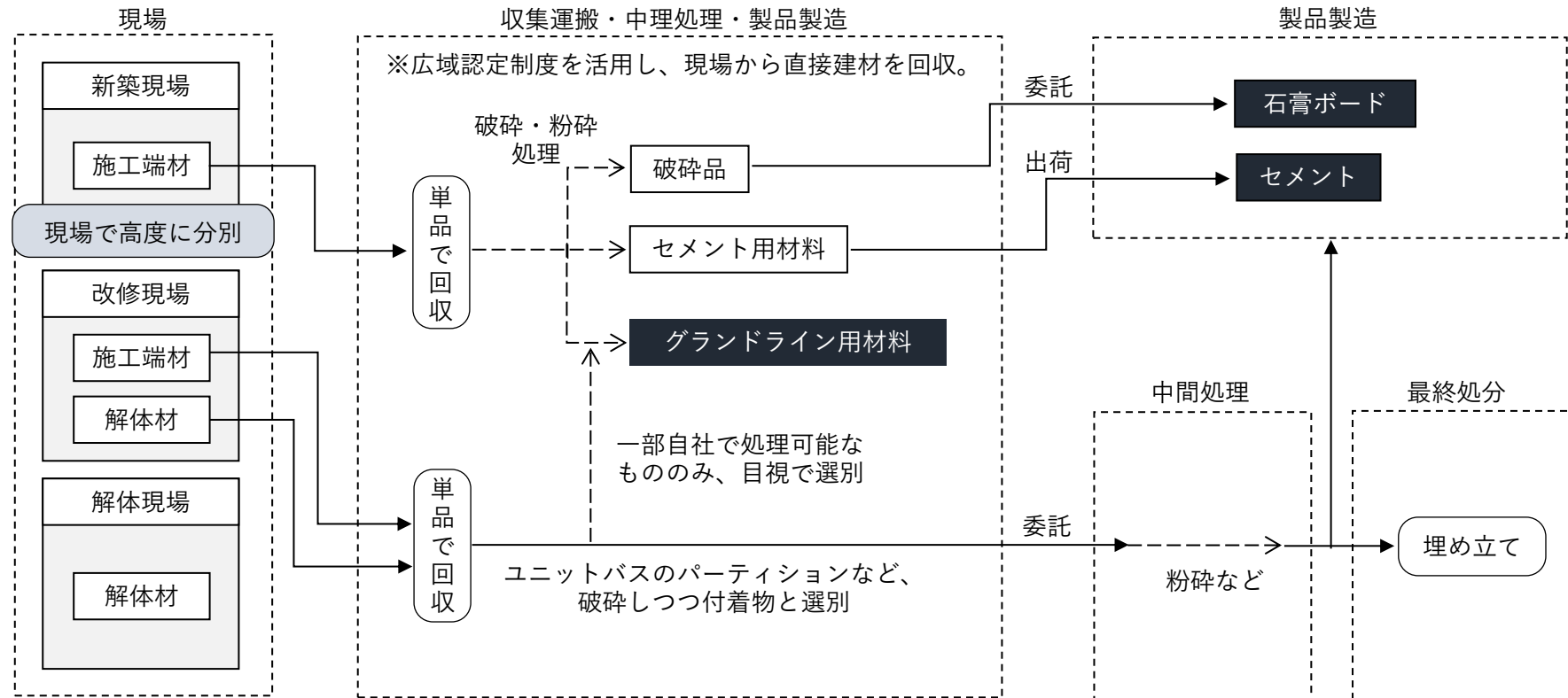


図 3-12 石膏ボードの処理フロー[B]

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-31 石膏ボードの処理フロー[B]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
実 態	HA 社		出荷先
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から回収を行う。施工端材は小さめの寸法だが劣化・付着は無い。また解体材は内壁材には壁紙のみ一部に付着している。ユニットバスのパーティションは金属フレームが付いている。	基本的にはヒ素が含有されておらず、性状が分かるもの、付着が少なく劣化が小さいもののみ破碎処理を行う。半分ほどは石膏ボードの水平リサイクルを行うメーカーに処理を委託し、残りはグラウンドライン用材料に加工する。その他は粉碎し、セメント用材料とする。	石膏ボード製造業者、セメント製造業者、ユーザー
	HB 社		出荷先
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から回収を行う。 解体材には一部木材が付着（和室由来）している。	基本は分別回収した後保管し、メーカーの製造工場に運び込む。木材が付着したものは人が手作業で分解を行う。	石膏ボード製造業者、産業廃棄物中間処理業者
課 題	回収量が時期によって異なり、供給過多となることがある。	有害物質が含有されているものは自社で処理できないため受け入れていない。（HA 社）。 2,3 月には一日の受け入れ量が増加し、メーカーの受け入れ基準を満たすまでの分別作業が追い付かないことがあり、その場合はカスケードし、廃棄物処理業者へ再委託を行う（HB 社）。	出荷先を多く確保しなければ、供給過多に対応することができない。

3.3.4. プラスチック系建材

プラスチック系建材の処理フロー[A]

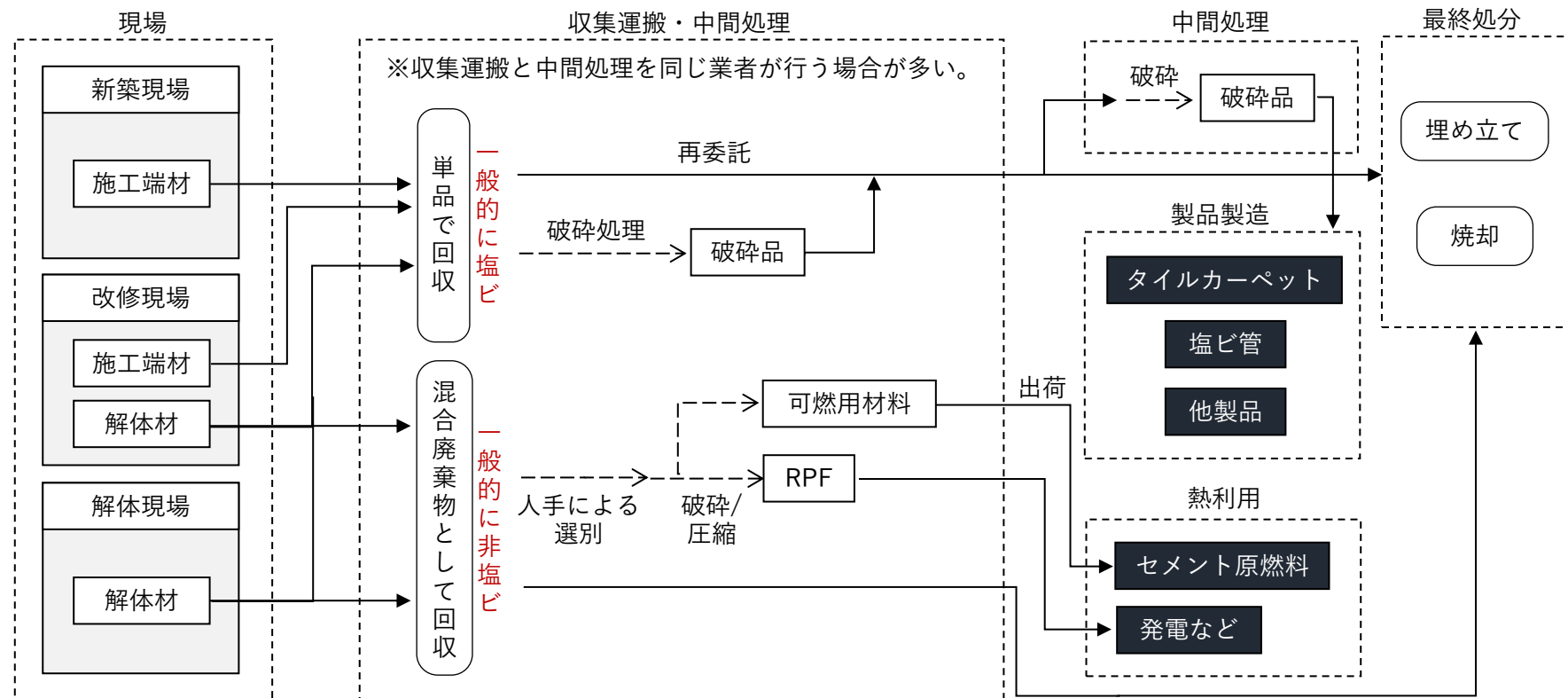


図 3-13 プラスチック系建材の処理フロー[A]

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-32 プラスチック系建材の処理フロー[A]における再資源化処理の実態と課題

実 態	収集運搬（積替え含む）		中間処理	製品製造・熱利用など
	WA 社			出荷先
	塩ビ製建材			
	主に建物の解体現場から回収する。 塩ビクロス：特に劣化は見られないが、混合廃棄物として回収され、人手で分別される。 タイルカーペット：特に劣化は見られない。 塩ビ管：施工端材と解体材両方が見られる。 解体材には汚れが見られる。	塩ビクロス：紙を含むものが多く、分別保管された後、管理型埋め立て場に運搬される。 タイルカーペット：単品で回収され、産業廃棄物中間処理業者に出荷される。その後、水平リサイクルが行われる場合がある。 塩ビ管：マテリアルリサイクルのため、破碎が行われる。塩ビ管および他の塩ビ製品にリサイクルが行われる。		建材製造業者、産業廃棄物中間処理業者、最終処分場
	その他樹脂製建材			
	新築現場及び解体現場から回収する。様々な種類のプラスチックや他の建材が混合した状態であり、付着物も様々見られる。	混合廃棄物を処理するレーンで選別後、圧縮され RPF 原料の製造に用いられる。		各種製造業者
	WC 社			出荷先
混合廃棄物として回収を行う。	軟質・硬質の単一性状のものは選別後、破碎・梱包し再委託を行う。複合建材は人手で細かく選別し、破碎を行わず再委託を行う。塩ビ建材は特定の建材のみ単品で回収され委託される。非塩ビは主に梱包され可燃用材料となる。		産業廃棄物中間処理業者、最終処分場	

WD 社		出荷先
	<p>混合廃棄物として回収を行う。</p> <p>一部の硬質系プラスチックは初めに選別され有価で売却される。また、そのまま再委託され、塩ビ系製品に活用される建材がある。そのほか殆どは自社で非塩ビ・塩ビ・可燃物で分別後に破碎され、各搬出先に搬出される。</p>	<p>非塩ビ：セメント原燃料、RPF 原料および焼却用として出荷される</p> <p>塩ビ：塩ビ管は中間処理場に再委託され、他は焼却・埋め立てが行われる</p> <p>可燃物：セメント原燃料・RPF 原料として出荷される。</p>
課題	<p>混合廃棄物として回収される場合が殆どであり、分別にコストを割かなければマテリアルリサイクルを実現することができない。</p>	<p>・寸法が大きいものは工場の破碎機の故障の原因となるため、分別が欠かせない（WA 社）。</p> <p>・塩ビ系建材は特定の建材（石膏ボードや塩ビ管）に限り水平リサイクルが進んでいる。複合建材であることも多く処理が難しいため埋め立てられることも多い。</p>

プラスチック系建材の処理フロー[B]

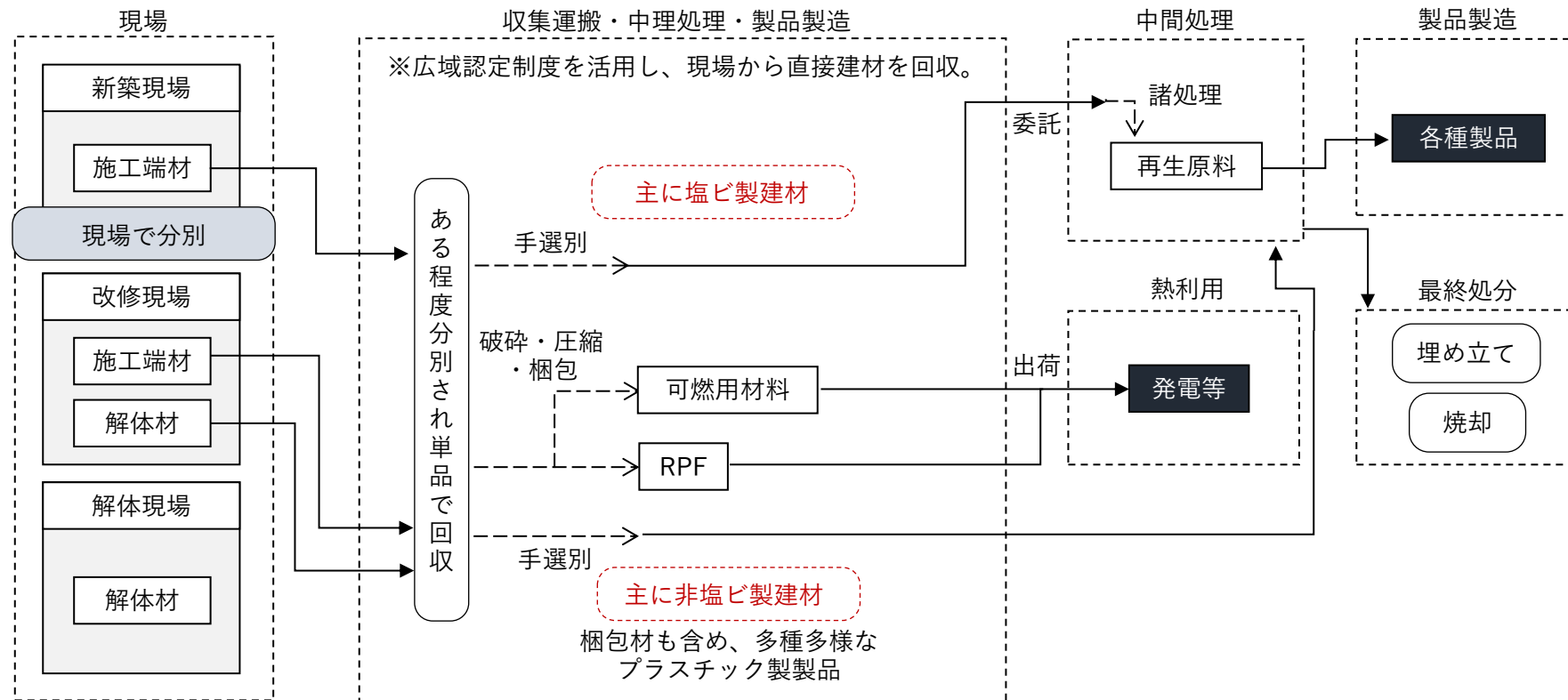


図 3-14 プラスチック系建材の処理フロー[B]

表 3-33 プラスチック系建材の処理フロー[B]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
実態	HA 社		出荷先
	塩ビ製建材		
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場からある程度分別された状態で回収される。	手選別が行われた後、適切に処理が行われる。自社で処理を行わず、廃棄物中間処理業者に委託するものが多い。 塩ビクロスは圧縮梱包される。	産業廃棄物中間処理業者
	その他樹脂製建材		
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場からある程度分別された状態で回収される。	手選別で細かく分別される。次に粉碎、梱包されプラスチック燃料として出荷される。	各種製造業者における熱利用、発電所、産業廃棄物中間処理業者
	HB 社		出荷先
	塩ビ製建材		
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場からある程度分別された状態で回収される。	塩ビクロス：有価で売却するために人手で分別を行う。 塩ビ管・塩ビシート：有価で処理業者へ委託を行い原料化する。	脱塩の技術を有する産業廃棄物中間処理業者
	その他樹脂製建材		
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場からある程度分別された状態で回収される。	非塩ビ系の分別は基本行わず、RPF の製造を行う。塩ビ系は手選別で取り除く。	各種製造業者における熱利用

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

課題	<ul style="list-style-type: none">・顧客の要望により現場調達で施工が行われた場合、市販品の端材が処理場に回収されることもあるため、その度にバイルシュタイン試験を行い分別カタログに追加する（HB 社）。	<ul style="list-style-type: none">・塩化ビニルは混入量などの品質基準が高い（HA 社）。・中国が廃プラスチックの輸入を制限したため、自社での処理を行うこととなった（HA 社）。・他の建材に比べ利益製が低く採算が合わない（HA 社）。・塩化ビニルが含まれる樹脂を燃料として用いるためには、高い基準を満たさなければならない（HA 社）。・“廃棄物”として処理する場合、処理費用が発生するが、RPF 原料へ製品化することで売却可能となる（HB 社）。	計画的に建材を回収するこの処理フローにおいても、マテリアルリサイクルが行われるものは僅かであり、熱利用が一般的である。
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

3.3.5. 金属系建材

金属系建材の処理フロー[A]

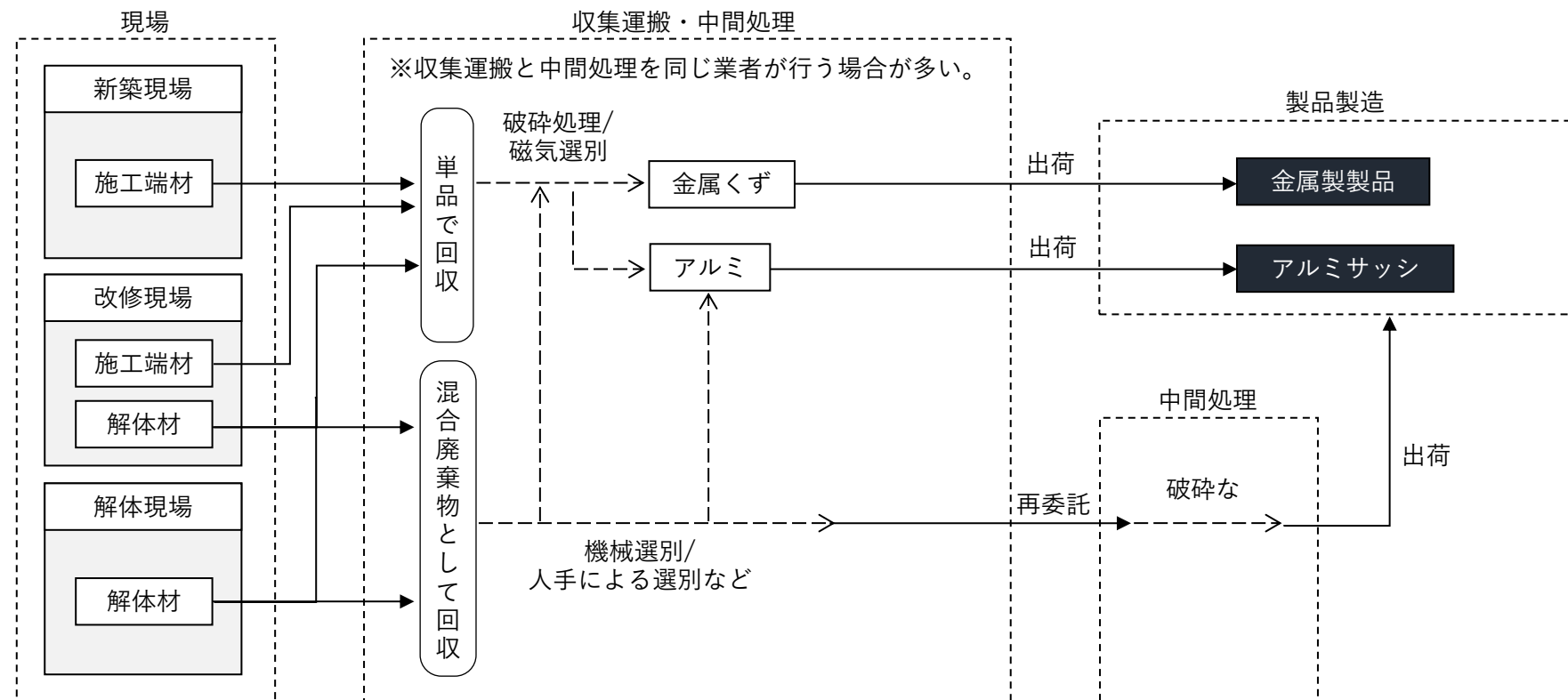


図 3-15 金属系建材の処理フロー[A]

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

表 3-34 金属系建材の処理フロー[A]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
実 態	WA 社		出荷先
		初めの重機による選別、人手による選別で分別し、各種製造業者へ有価で売却する。 アルミサッシは非鉄製品の製造業者へ売却し、金属製品の材料として活用される。	金属製品製造業者
	WC 社		出荷先
	処理場全体の回収量に対し、金属系建材の回収量は小さい。分別されて収集された金属系建材（金属製建具やアルミサッシなど）が1つのコンテナに集められる。また、アルミサッシの回収量もわずかである。	単品で回収されたものは有価で売却される。 また、混合廃棄物の処理における磁気選別等で選別された金属も同様に有価で売却される。	金属製品製造業者
	WD 社		出荷先
	工事開始後の初めの回収、若しくは2回目の回収で5~10枚のサッシが一台のトラックでまとめて回収される。金属建具も同様にまとめて回収される。	自社で処理を行わないものを産業廃棄物中間処理業者へ処理を再委託する。	産業廃棄物中間処理業者

課題	<p>金属系建材は有価で売却可能なため、回収されたものは殆どが金属製製品の製造に活用される。ただし、自社で回収を行わない場合現場から直接金属製品の製造業者へ運搬される場合があり回収量が少ない。アルミサッシの MATERIAL リサイクルのためには回収量確保が課題である。</p>	<p>磁気選別など、金属を選別できるプラントを所有していれば混合廃棄物として回収されても金属のみを選別可能である。現場ではアルミサッシが切断され、まとめて排出される様子が見られたが、このような材も同様に再資源化が可能である。</p>	<p>安定的な需要の確保のため、出荷先を多く確保しておくことが大切である。</p>
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

金属系建材の処理フロー[B]

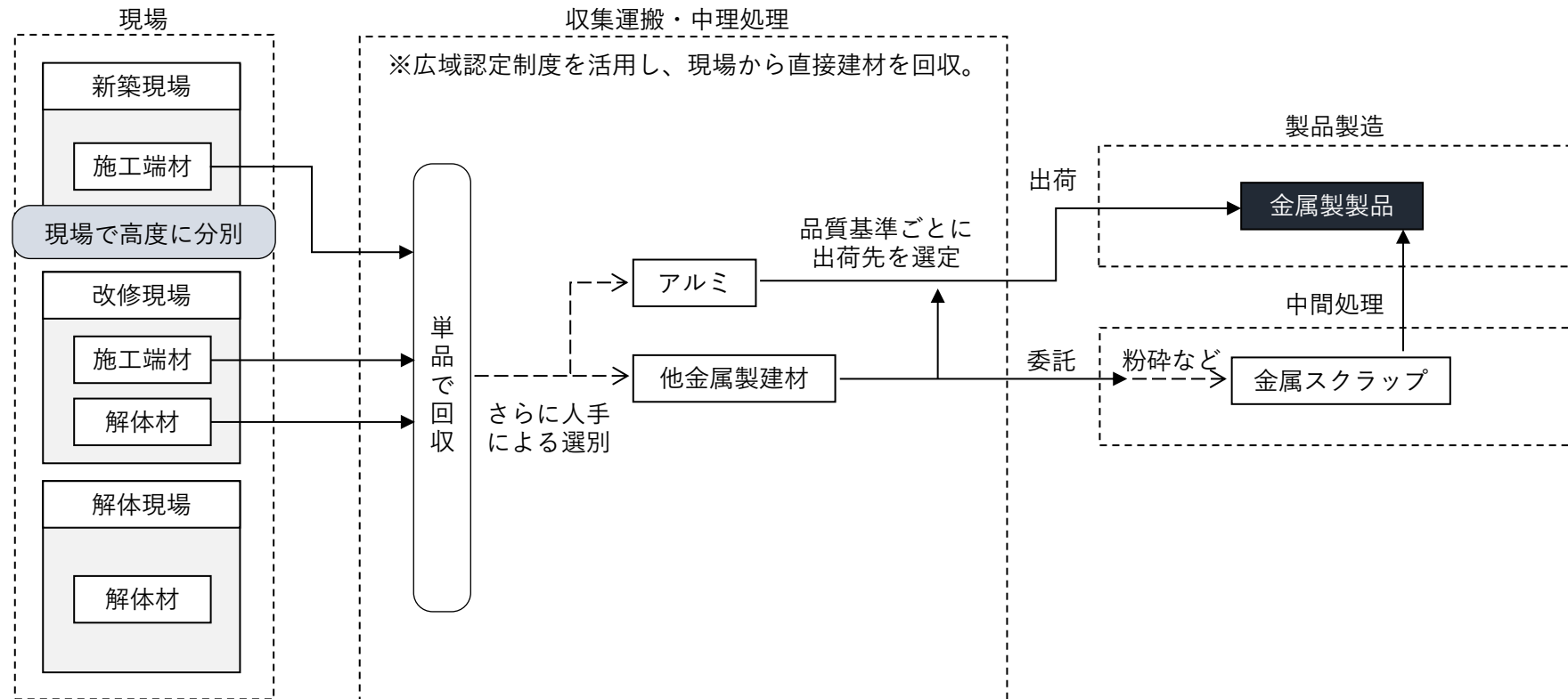


図 3-16 金属系建材の処理フロー[B]

表 3-35 金属系建材の処理フロー[B]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
	HA 社		出荷先
実態	<p>自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から、蛍光灯や太陽光パネル、アルミサッシなど金属製建具などが回収される。建具などは現場で取りはずされた状態で回収される。</p> <p>アルミサッシは、ガラスが付いた状態だが、手解体されており劣化や変形が無い。</p>	<p>人手で選別された後、保管される。</p> <p>アルミサッシ：ガラスを割り、アルミサッシから除去する。アルミの性状ごとに3つのレベルで分別し、メーカーや産業廃棄物処分業者に委託する。</p>	<p>各種製造業者、産業廃棄物中間処理業者</p>
課題	<p>回収されるものは断熱改修工事などで発生した材であり、今後の回収量が増加すると考えられている。</p>	<p>建設産業内でのマテリアルリサイクルを目指すには、このような製品ごとの回収と丁寧な分別・分解作業が必要である。</p>	<p>アルミサッシなどの水平リサイクルの技術に伴い、回収量の確保が課題になると考えられる。</p>

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.3.6. コンクリート系建材・がれき類

コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[A]

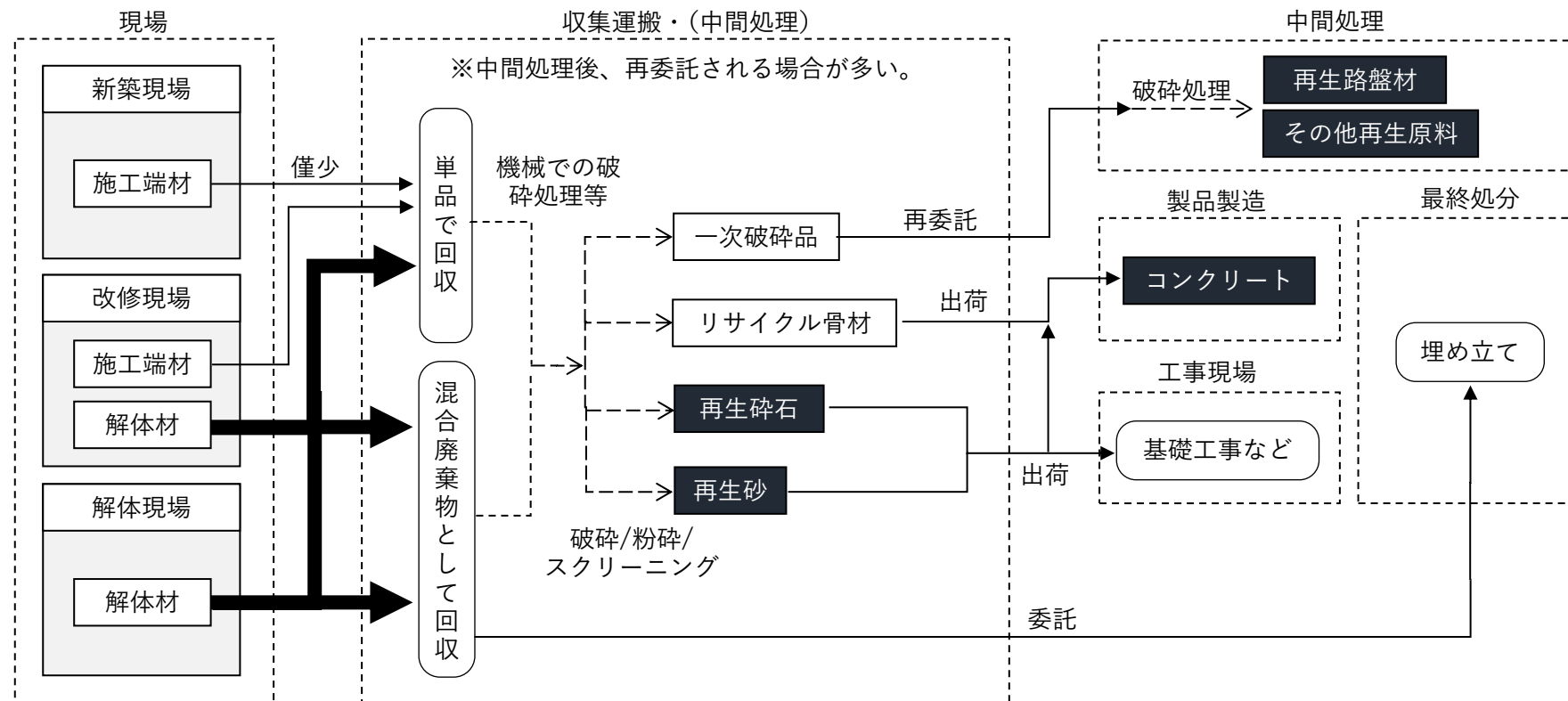


図 3-17 コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[A]

表 3-36 コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[A]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
実態		WA 社	出荷先
	ビル解体時などに発生したものの回収量が多い。	粉碎し、路盤材として活用するが多い。	再生路盤会社
		WC 社	出荷先
	有害物質の受け入れを行わないよう、厳格にチェックを行う。分別されて回収された場合は、性状・寸法を確認し各々保管場所に運搬される。	重機で細かく砕いた後、混合廃棄物の処理ラインに投入し粉碎・選別を行い再生砂・再生砕石とする。これらは建設工事における基礎工事の埋め戻しなどに用いられる。単品で回収したものも、上記と同様に再資源化処理が行われる。	工事現場、建設業者、製造業者
		WD 社	出荷先
課題	収集運搬のコストが大きいため、遠方からの回収は行えない。	かつて路盤材の製造などを行っていたが、現在は全て再委託を行っている。	産業廃棄物中間処理業者
		工事の容量やトラック台数を考慮すると、収集運搬と中間処理を同時に行うことが難しい。そのため、木造戸建て住宅から排出された内外装材は、産業廃棄物収集運搬業者から委託された産業廃棄物中間処理業者の裁量により処理方法が決定する。そして、基本的には路盤材や再生砂などに活用され、マテリアルリサイクルされるケースが無い。	建材製造業者への出荷は無く、マテリアルリサイクルの実現が困難であると考えられる。

コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[B]

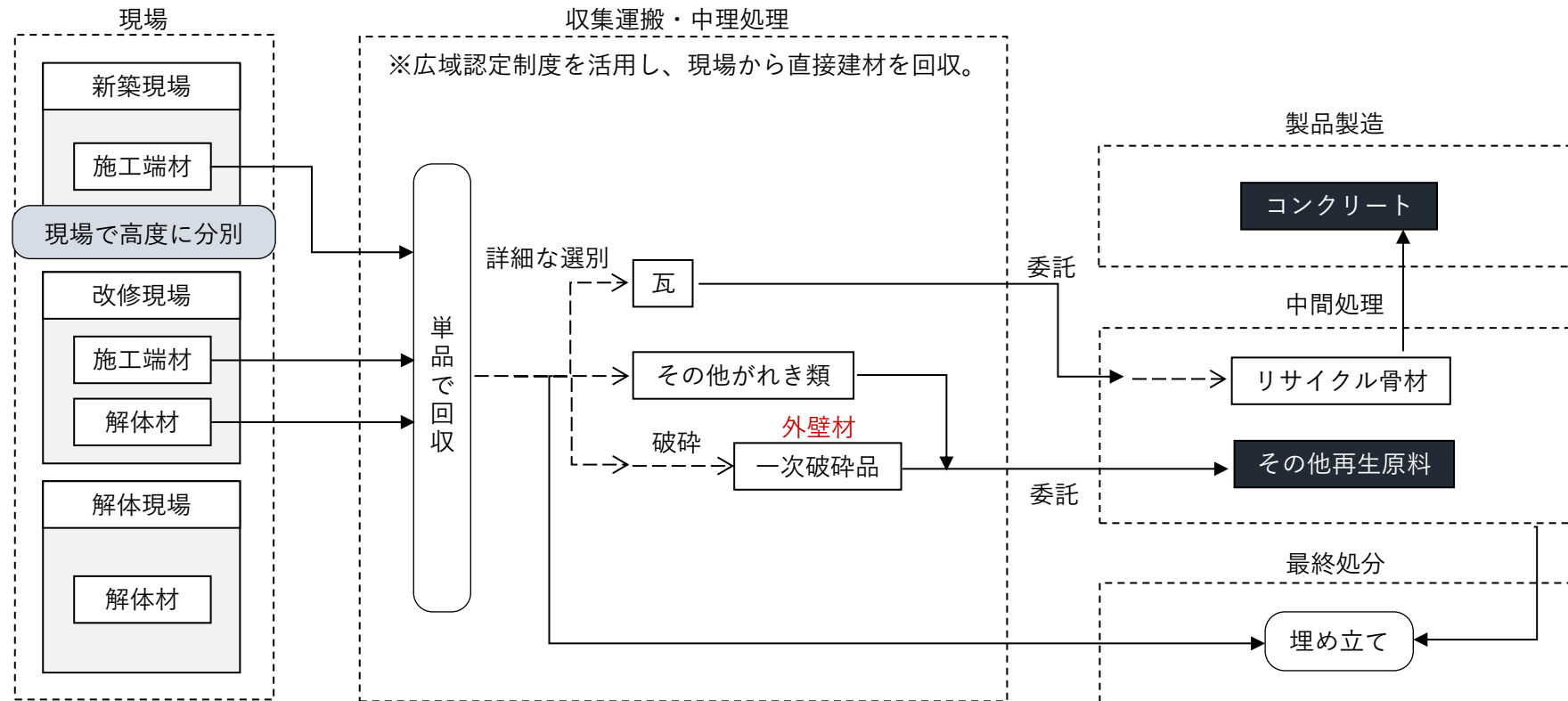


図 3-18 コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[B]

表 3-37 コンクリート系建材・がれき類の処理フロー[B]における再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
	HA 社		出荷先
実態	瓦、浴室のタイルなどが回収され、場内で分別される。	基本的に処理を委託する。瓦はコンクリートのリサイクル骨材に活用される。また、浴室のタイルは性状の似た他のがれき類とともに産業廃棄物中間処理業者へ処理を委託する。 外壁材は有害物質を含む場合があるなど、製品の状態で処理を委託するとコストが大きくなるため、自社で特定の外壁材のみを破碎し処理を委託している。	産業廃棄物中間処理業者
課題	容積と重量が大きく運搬に係るコストの負荷が大きいため、解体工事からの広域認定を用いた建材の回収は行っていない。	基本的には自社で処理を行わず、内外装材も他のがれき類とともに外部で処理されるため、マテリアルリサイクルの実現性がかなり低い。	内外装材などの建材製造業者へ出荷されることが基本的に無く、マテリアルリサイクルの実現が困難であると考えられる。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.3.7. その他建材

上記以外の建材は一般的に解体・改修工事において廃棄物発生量が少なくまた性状も複雑なものが多いことから、混合廃棄物として最終処分される割合が高い。以下にそれらの再資源化処理の実態と課題を示す。

表 3-38 その他建材の再資源化処理の実態と課題

	収集運搬（積替え含む）	中間処理	製品製造・熱利用など
実態	MB 社		出荷先
		板ガラスの水平リサイクルの技術、回収システムに関する検討が進んでいる。	
	WA 社		出荷先
		グラスウールは一般的にはプラスチックとガラスで構成されているが、紙を含むものが多く、埋め立て処分場へ委託することが多い。 ガラスに関して回収を検討している。	最終処分場
	WC 社		出荷先
	保管場所が用意されているもの以外（梱包材など）はまとまった量を回収した場合でも混合廃棄物として手作業での分別から行われる。	グラスウールは劣化や異物が大きく、基本的には全て埋め立て処分場に搬出される。	産業廃棄物中間処理業者、最終処分場

135	WD 社		出荷先
	断熱材は比重が小さいため（1/20~1/30 程度）回収効率が低いことが課題である。	断熱材（特にグラスウール）は異物が多く、最終処分場への委託を行っている。	主に最終処分場
	HA 社		出荷先
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から廃棄建材（主に施工端材）を分別回収している。	詳細に手作業で分別し、それぞれ適切な処理方法で処理を行っている。扱っているものの中にはたたみ、電気機器、太陽光パネルなど様々である。	製造業者、産業廃棄物中間処理業者、最終処分場など
	HB 社		出荷先
	自社で製造・管理を行っている住宅の新築現場・改修現場から廃棄建材（主に施工端材）分別回収している。	発泡系断熱材・発泡スチロールはプラスチック量の全体の体積の数パーセントのため、これらは圧縮し再生原料を自社で製造している。	製造業者、産業廃棄物中間処理業者、最終処分場など
課題	発泡系建材・断熱材ともに比重が小さいため、現場からの収集効率が悪く、他の建材とともに混合廃棄物として回収されることが多い。これが最終処分の割合が高い原因となっている。	発泡系建材に関しては圧縮・梱包の技術を有していると自社で処理することができる。 グラスウールは単品で回収した場合でも異物の付着が問題となりマテリアルリサイクルを行うことができない。	計画的に廃棄建材の回収を行った場合でも、最終処分される場合が多く、異物や付着物の割合が高い解体材のマテリアルリサイクルの実現はより困難であると考えられる。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.1. 評価概要

本項では「3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況」および、「3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー」に基づき、改修工事で産業廃棄物として発生する主要な建材について、資源循環性の水準ごとに実現可能性を評価した。資源循環性の水準は「高」・「中」・「低」の3つの水準を設定した。各水準の評価基準は、本論で重視している“建設産業内での循環性（「最終処分量の削減」と「天然資源の消費量削減」の両者への寄与度）”の高さである。従って本評価では“改修工事における建材の再活用”を最も高水準の取り組みとし、“発生した廃棄建材のマテリアルリサイクル”を次に高い水準の取り組みとした。

評価の枠組みを以下に示す。各廃棄建材について、資源循環性の水準（X軸）に対する実現可能性（Y軸）を評価した（図 3-19）。

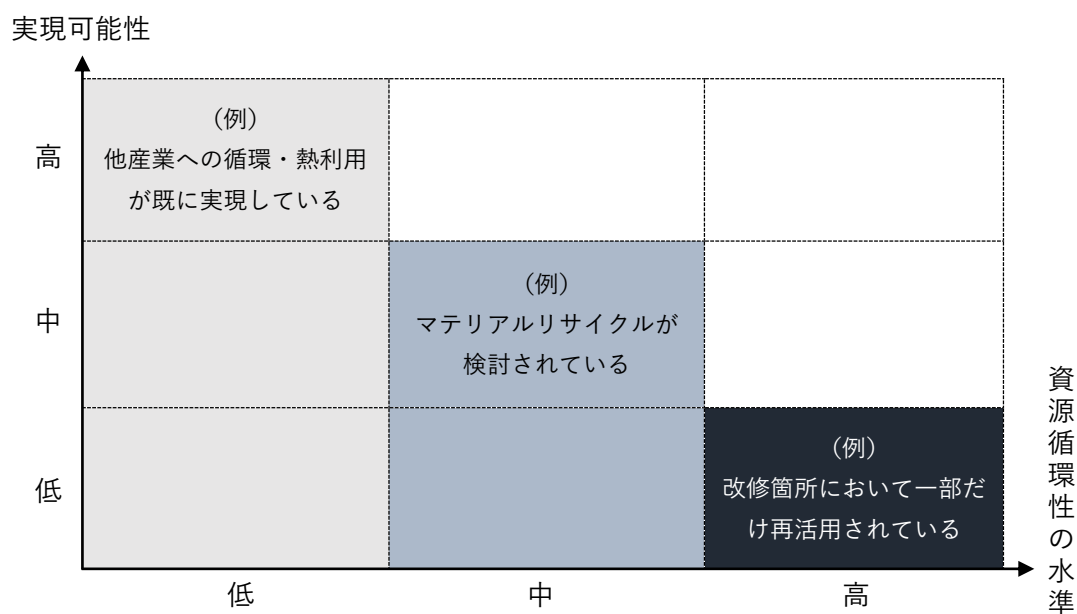


図 3-19 資源循環の水準ごとの取り組みの実現可能性（例）

表 3-39 資源循環性の水準の評価基準

性 の 水 準	高	処理を伴わない再活用を実施できる	↑ 高：建設産業内での最終処分量・天然資源消費量の削減への寄与度が高い ↓
	中	マテリアルリサイクルを実施できる	
	低	他産業への循環・熱利用を実施できる	

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

資源循環性の水準は「3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況」、「3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー」に基づいて上の表（表 3-39）のように設定した。

「高」は建材をそのまま再活用できる水準である。基礎・躯体などの構造材として機能する寿命の長い建材などが該当するが、処理を要さないか、収取運搬の工程を経るのみであらたな資源として活用できるため、最も資源循環性が高い。

「中」は主にマテリアルリサイクルが実施できる水準である。マテリアルリサイクルにより廃棄建材を同じ建材の原料として活用することができるため、「再活用」には劣るが建設産業内における最終処分量の削減および天然資源消費量の削減への寄与度が高く、資源循環性が高い。マテリアルリサイクルには水平リサイクルおよび建設産業内のカスケードリサイクルを含んでいる。水平リサイクルを行うための条件として材料本来の性質・品質を保つことが重要である一方、改修工事で発生する建材は総じて劣化や異物の付着が見られた（3.3）ことから、水平リサイクルに必要な性質・品質を満たせない場合がある。このように水平リサイクルを行うことが難しい場合の次の手段として、廃棄建材を品質の劣る他製品の原料として活用する「カスケードリサイクル」が行われる。

「低」は主に他産業に向けた再資源化が実施できる水準である。サーマルリサイクルもこの水準に含む。当評価では建設産業内での循環を重視しているため、他産業を含めた循環が可能な場合でも資源循環性の水準は低水準としている。また、上記のマテリアルリサイクルに必要な性質・品質に満たない場合、焼却によって発生する熱を利用して発電等を行う「サーマルリサイクル」、熱分解によって不燃物等を溶融して得られるスラグを再利用する「ガス化溶融処理」が行われる場合がある。「熱利用」として再資源化を行っている点で最終処分よりも推奨される。

以上の再資源化の水準に対する実現可能性を、「高」・「中」・「低」の3つの水準で評価した。各水準の概要は3.2、3.3に基づいて下の表のように設定した（表 3-40）。評価項目は、各廃棄建材の現場での発生段階における再資源化への適性「性状・発生量・収集効率」、および各処理段階（収集運搬・中間処理・製造）における再資源化の難易度「回収量・処理技術」である。

表 3-40 実現可能性の各水準の概要

実現可能性	高	現状で実現している再資源化処理方法、および既存の施工・解体方法、産業廃棄物収集運搬、処理技術などの改善をあまり要せずに実現が検討できる処理方法。
	中	現状で一部実現している、または検討されている再資源化処理方法、および改善が必要であるが既存の施工・解体方法、産業廃棄物収集運搬、処理技術を活用して実現が検討できる処理方法。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

低	既存の処理システムでは実現が困難であり、材料生産段階、施工・解体工事、産業廃棄物収集運搬などにおける大幅な改善や新たな技術の確立などを要する処理方法。
---	-----------------------------------------------------------------------------

※実現が極度にだと考えられるものは評価外とした

3.4.2. 木材

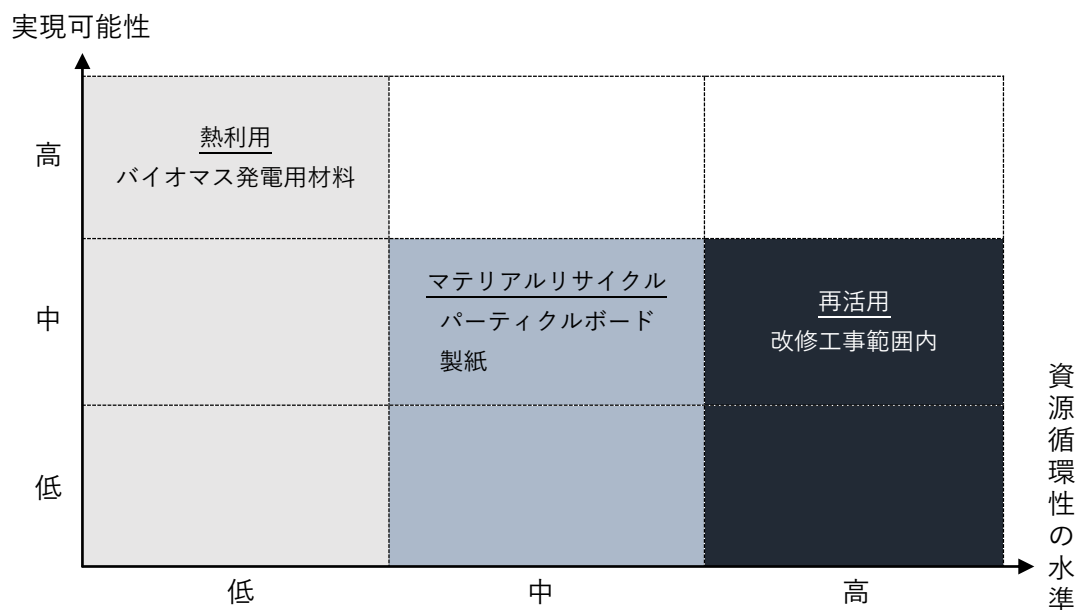


図 3-20 木材の再資源化処理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-41 改修工事で発生した木材の活用方法

資源循環性の水準	高	改修工事範囲内における大幅な再活用
	中	パーティクルボード・製紙・石膏ボードへのマテリアルリサイクル
	低	バイオマス発電用材料へのサーマルリサイクル

資源循環性の水準【高】

木造戸建て住宅の構造躯体を構成する木材は、その多くが改修工事において再活用される。一方、間柱や床・天井・内壁の下地材は工事内容（間取りの変更・増築・開口部の変更など）により殆どが解体され、刷新され廃棄物として発生する。

資源循環性の水準【中】

解体材の多くは破砕されバイオマス発電用のチップとして活用されるが、施工時に発生する端材や、一部の付着物の少ない解体材、及び適切に分別回収された解体材に関し

て、パーティクルボードへのマテリアルリサイクルが実現していることが明らかとなった。他にも、製紙・石膏ボードの紙部分へのマテリアルリサイクルが実施されている。マテリアルリサイクルの割合を高めるためには、処理前の異物の付着をできるだけ抑えることと、性状が似たものを分別して積替え保管場に持ち込むことが重要である。

他方、中間処理場の処理能力も考慮しなければならない。工事数によって回収量が大きく左右されるため、計画的に建材の回収を行う処理フロー[B]においても処理能力が追い付かず、やむをえずカスケードリサイクルされる場合がある。これに対しては、複数の出荷先の確保や緊急時に処理能力の共有ができることが理想である。

資源循環性の水準【低】

現場での性状は、金属や壁紙などの付着が多いことから、破碎処理と金属の磁気選別処理といった比較的単純な処理で製造できるバイオマス発電用材料への再資源化に向いている。実際に、特定建設資材への指定がある木材は改修工事現場時点で異物・付着物の種類に限らずある程度分別保管され、多くはバイオマス発電用チップとして活用されている。以上からバイオマス発電用チップとしての利用は実現可能性が高いが、熱利用であるため再資源化の水準の「低」として分類される。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.3. 石膏ボード

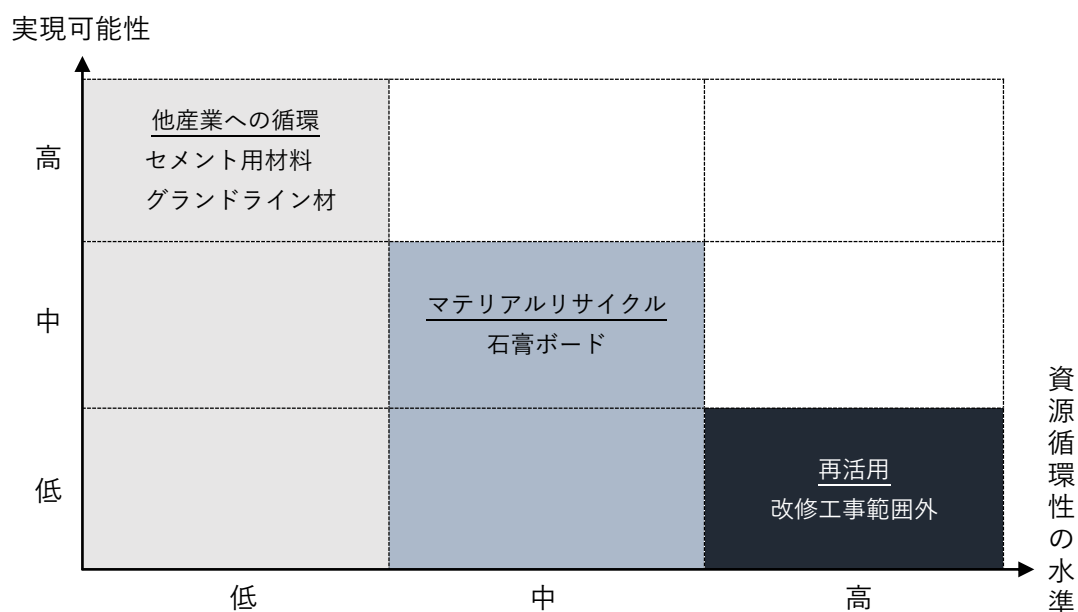


図 3-21 石膏ボードの再資源化処理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-42 改修工事で発生した石膏ボードの活用方法

資源循環性の水準	高	改修工事範囲外における再活用
	中	石膏ボードへのマテリアルリサイクル
	低	セメント用原料へのカスケードリサイクル

資源循環性の水準【高】

内外壁の下地材として多く活用されている石膏ボードは、改修工事が行われる箇所であれば基本的に全て解体され廃棄物として発生する。間取りの変更がない場合でも、意匠性の施工（仕上げ材の変更など）がある場合、表面の仕上げ材と分離ができないことが多く同時に発生する。これらを処理せずに再活用することは基本的に不可能である。

資源循環性の水準【中】

一部の産業廃棄物処分業者（WB 社など）において、石膏ボードのマテリアルリサイクルが既に実施されている。ただ、効率のため受け入れるものは中間処理を介した性状が一定のものである。委託が重なるとその分処理コストが上がり、製品製造のコストが高くなるが、現場時点で分別された状態で回収されたものは中間処理場でコストをかけて分別する必要がなく、単品での回収を行える。この場合、より資源循環性の高い再資

源化处理が行われやすい。よって改修工事で発生する石膏ボードのマテリアルリサイクルの割合を高めるためには、処理技術を有する業者へできるだけ現場からの回収量を確保することが重要であり、そのためには現場で詳細に分別してから排出し適切に分別回収を行うことや、産業廃棄物収集運搬業者が中間処理として破碎まで行わず、処理技術を有する業者へ委託することも有効な手段だと思われる。分別されていないことで性状の良いものが混合廃棄物としてまとめて最終処分されてしまう場合があることに関して解体業者、収集運搬業者が理解することも大切である。

資源循環性の水準【低】

現在、一般的にはセメント用材料など、粉碎・選別処理を行う他産業へ向けたカスケードリサイクルが行われている。現場での性状は、異物の付着や、粉碎され性状の確認できないものが多く、これらの処理に適している。

一部、自社で生産を行える場合グラウンドライン用材料の製造を行う場合がある（H A 社）。この場合、他社へ委託するコストを削減できる。例えば石膏ボードへのマテリアルリサイクルの技術を有する業者には委託されない。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.4. プラスチック系建材

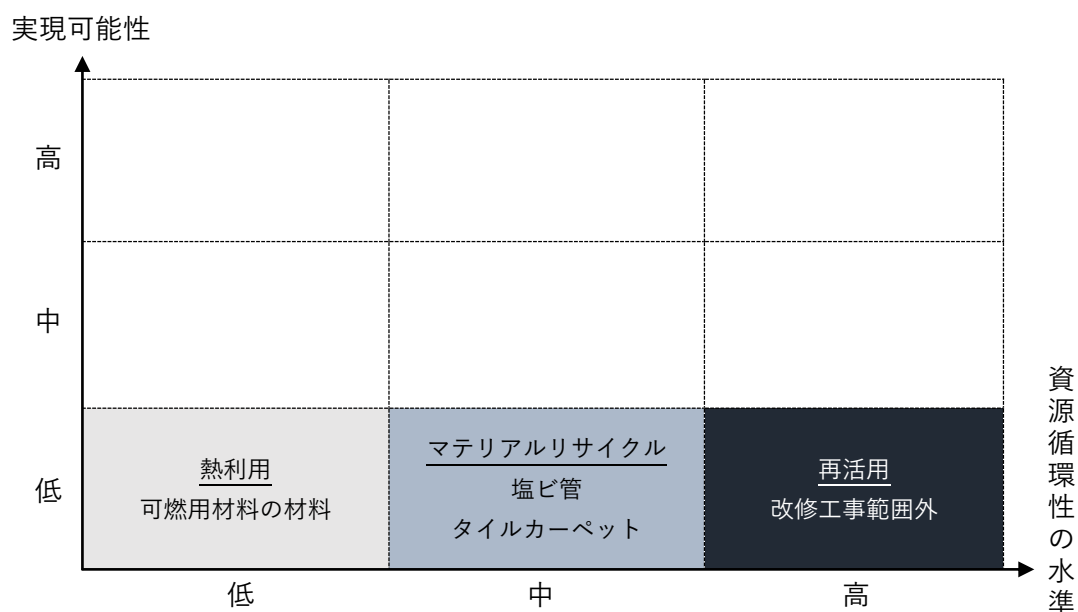


図 3-22 プラスチック系建材の再資源化処理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-43 改修工事で発生したプラスチック系建材の活用方法

資源循環性の水準	高	改修工事範囲外における再活用
	中	特定の塩ビ製建材のマテリアルリサイクル
	低	塩ビ製建材：埋め立て処分、非塩ビ製建材：可燃用材料へのリサイクル

資源循環性の水準【高】

主に建築物の内外装材や建具に活用されており、意匠性・機能性の向上のため、改修工事の範囲内のものは基本的に刷新され廃棄物として発生する。

資源循環性の水準【中】

塩ビ管やタイルカーペットなど、特定の塩ビ製建材は現場で分別され単品で収集されることが多く、処理技術を保有する業者へ適切に委託される場合が多いが、一般的に処理が難しく、壁紙に用いられる塩ビクロスなどは可燃用材料としても活用できないため埋め立て処理されることが多い。このように塩ビ製の建材は技術そのものが確立していない場合も多く、全般的にマテリアルリサイクルを実現することは依然として困難である。

非塩ビ製の建材は種類が多く、分別に人手と時間を要することから、素材ごとのマテリアルリサイクルは基本的に行われない。

資源循環性の水準【低】

マテリアルリサイクルが実現していない塩ビ系建材は埋め立て処分に、非塩ビ系の多くは可燃用材料や RPF として活用される。広範囲の現場から収取運搬を行う場合、塩ビ系と非塩ビ系が混合して集められる場合も多く、分別が困難なためまとめて埋め立て処分される場合がある。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.5. 金属系建材

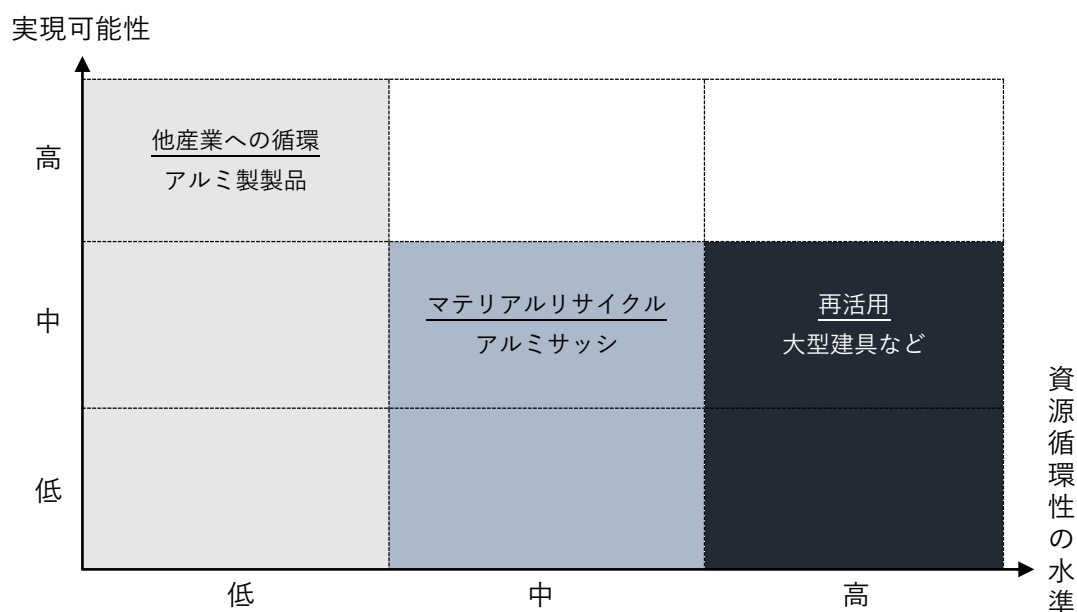


図 3-23 金属系建材の再資源化処理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-44 改修工事で発生した金属系建材の活用方法

資源循環性の水準	高	バルコニーなど大型建具の再活用
	中	アルミサッシの水平リサイクル
	低	アルミ含む金属くずの他産業の金属製製品へのカスケードリサイクル

資源循環性の水準【高】

改修工事で再活用される箇所（躯体や外壁など）に付随した金具や金網等が僅かに再活用される。アルミサッシは、建築物の意匠性や気密性・断熱性などの機能性を向上させるため、基本的には全て刷新される。

資源循環性の水準【中】

適切に分別回収されるのが良いが、磁気選別など金属を選別できるプラントを所有していれば混合廃棄物として回収されても金属のみを選別可能であり、マテリアルリサイクルを行うことが可能である。また、木造戸建て住宅の改修工事現場においては、アルミサッシが切断され、まとめて排出される様子が確認された。このような材も同様に再資源化が可能である。

3章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

アルミは生産時の精錬に係る環境負荷が大きいことが課題とされ、他産業も含めマテリアルリサイクルが検討されてきた。そのため現場から直接スクラップ業者へ出荷される場合もあり、この場合他製品に用いられるとアルミサッシへの水平リサイクルの割合は落ちてしまうことが考えられる。このことから現場からの回収量および安定的な回収が建設産業内におけるマテリアルリサイクル実現の鍵である。

また、建材製造業者によるアルミサッシの水平リサイクルの検討も進んでいる⁴⁴。

資源循環性の水準【低】

アルミは「非鉄」として分類され、スクラップとして様々な産業で活用されている。その他金属製建具なども同様である。

⁴⁴ [35] 株式会社 LIXIL HP : <https://www.lixil.co.jp/corporate/sustainability/eco/chiiki/>

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.6. コンクリート系建材・がれき類

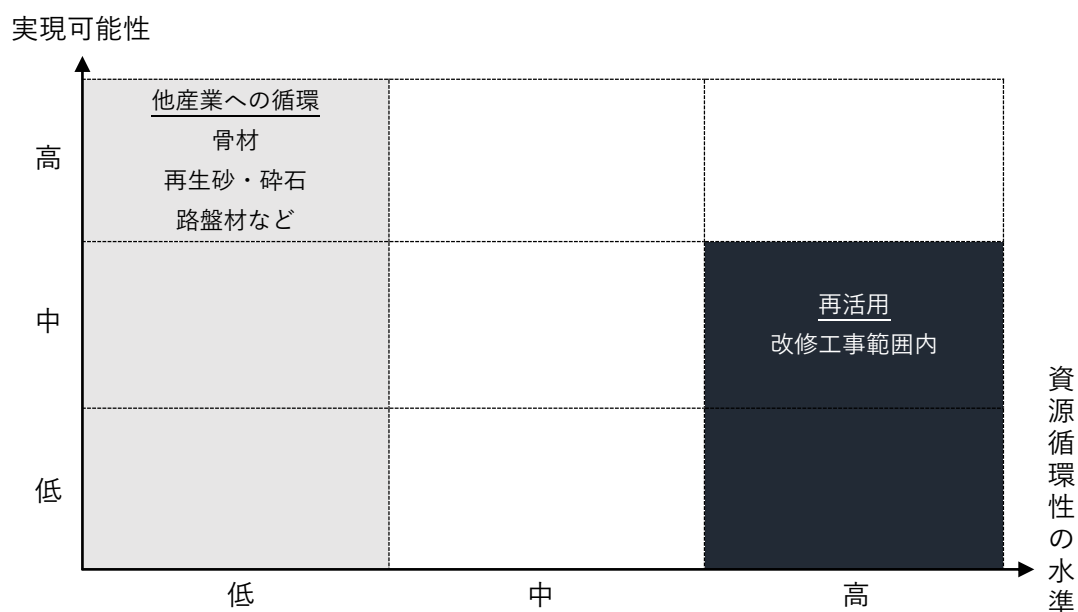


図 3-24 コンクリート系建材・がれきの再資源化処理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-45 改修工事で発生したコンクリート系建材・がれきの活用方法

資源循環性の水準	高	改修工事範囲内における基礎・躯体部分の再活用
	中	マテリアルリサイクルは行われていない
	低	リサイクル骨材、再生砂、再生碎石、路盤材へのリサイクル

資源循環性の水準【高】

基礎を構成するコンクリートの多くは再活用される。また、“内装のみの改修”などが工程に含まれる場合、外壁に用いられたサイディングが再活用される場合がある。

資源循環性の水準【中】

外壁に用いられた窯業系サイディングなど、構成材料が複雑である、または有害物質を含む場合がある。また、収運搬および処理場の処理能力を考慮すると収集運搬と中間処理を同時に行うことが難しく、木造戸建て住宅から排出された内外装材は、産業廃棄物収集運搬業者から委託された産業廃棄物中間処理業者の裁量により処理方法が決定

すると考えられる。またそれらは路盤材や再生砂などへ活用されており、マテリアルリサイクルは行われていない。

資源循環性の水準【低】

特定建設資材に指定されており、再資源化が進められてきたが、アスファルトなど他産業への活用にとどまっている。また、最終処分（埋め立て）される場合も多い。内外装材なども他のがれき類とまとめて上記のようなカスケードリサイクルが行われている現状である。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.4.7. その他建材

木造戸建て住宅の改修工事で発生が確認できたグラスウールや発泡系断熱材、その他発泡系建材に関して評価した。

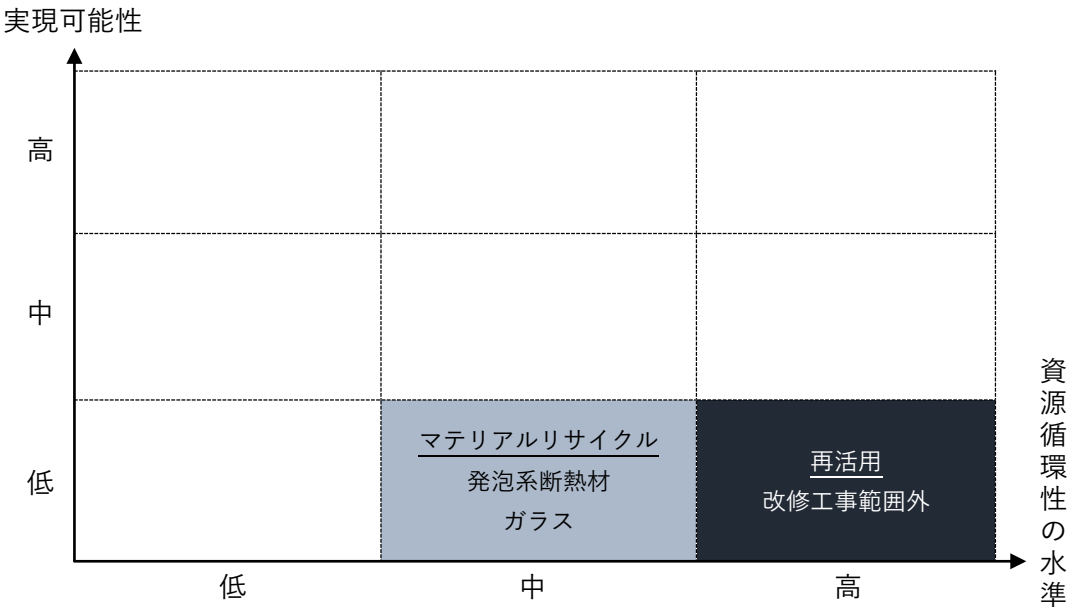


図 3-25 その他建材の再資源化处理に関する資源循環性の水準ごとの実現可能性

表 3-46 改修工事で発生したその他建材の活用方法

資源循環性の水準	高	改修工事範囲外の再活用
	中	施工端材の発泡系断熱材の圧縮を行うマテリアルリサイクル
	低	最終処分されるものがほとんどである。

資源循環性の水準【高】

断熱材は築年数が 50 年ほどの木造戸建て住宅に使用されていない場合あり、ある場合でも性能が低く劣化が大きい。このため改修工事では断熱性能の向上のために全て刷新される場合が一般的である。

資源循環性の水準【中】

施工端材の発泡系断熱材に限り、圧縮によるマテリアルリサイクルが行われていることが明らかとなった。また、ガラスに関しては水平リサイクルの検討が進んでいる。

資源循環性の水準【低】

解体で発生する、劣化が大きい・異物の付着が多いグラスウールや発泡系断熱材は収集運搬効率が悪く他の建材と混合して収集されることが多い上に、分別してまとまった量を回収できた場合でも異物の付着が問題となり再資源化できず最終処分される場合が多い。

3 章 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.5. 小結

3 章では、改修工事現場で発生する建材の発生状況と、その処理方法について把握し、整理することができた。またそれに基づいて改修工事における建材の資源循環性に関して評価を行った。以下、各項の小結である。

3.2. 改修工事現場における廃棄建材の発生状況について

木造戸建て住宅の改修工事における現場調査を通し、廃棄建材の種類・性状・発生量・収集効率を把握し整理することができた。都内の住宅地における改修工事では、基本的に人手により解体されるが、それでも異物の付着が多く解体材そのものの性状が良くないこと、また解体材の保管スペースが小さいことなどが影響して各建材の多くが混合廃棄物として回収されることが多いことが明らかとなった。一方、単一で一定量発生する木材や石膏ボード、アルミサッシなどは出来るだけ分別され回収されることが分かった。

3.3. 改修工事で発生した廃棄建材の処理フロー

3.2 で確認した建材の処理方法と再資源化にあたる課題について、産業廃棄物収集運搬業者、産業廃棄物処分業者や各種製造業者へのヒアリングを通して把握することができた。一部でマテリアルリサイクルが既に行われている建材（木材、石膏ボード、金属等）や、技術の検討が進んでいる建材（ガラス等）について確認できた。これらは現場での解体方法や分別方法、回収方法等の改善を行うことで今後のマテリアルリサイクルの実現を見込むことができる。一方、他産業への循環は達成しているがマテリアルリサイクルは実現していない建材（コンクリート系建材・がれき等）や、“混合廃棄物”として処理され最終処分が行われる建材について確認できた。

3.4. 改修工事における建材の資源循環性に関する評価

3.2、3.3 を踏まえ、改修工事における建材の資源循環性に関して評価を行った。廃棄された建材の多くにおいて他産業における活用・熱利用（資源循環性の水準【低】）が進んでいることが明らかとなった。また今後、マテリアルリサイクル（資源循環性の水準【中】）の実現を望めるものは木材・石膏ボード・金属（アルミサッシ等）・ガラスであることが明らかとなった。実現のためには、一定量以上の回収量と、できるだけ簡単なプロセスで単一素材として一定量の材料を獲得する処理が重要であり、発生時点である現場においては丁寧な解体と詳細な分別、収集運搬・中間処理においては分別を単純化させる管理方法、および解体現場から効率的に廃棄建材を回収することが、優先して取り組むべき事項であると考える。また、部分的な改修により様々な建材の再活用（資源循環性の水準【高】）を行うことが可能であることが分かった。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

4.1. 概要	154
4.2. 資源投入量の把握	158
4.3. 建材の資源循環を考慮した改修工事の評価シナリオの設定	165
4.4. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価	171

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

4.1. 概要

評価目的

改修工事について、廃棄建材の再資源化に取り組んだ場合の定量的な効果を示す。

本論では、建設産業内での循環に寄与する再資源化（“再活用”および“マテリアルリサイクル”）を目指しており、上記の「寄与」とは、上記の再資源化による建設産業における資源投入量やエネルギー投入量の削減効果を指す。特に今回の評価の指標となるのは、改修工事による建材の再活用や刷新されて発生した廃棄建材のマテリアルリサイクルによって、各建材の投入に係った CO₂ 排出量を建設産業内にどれ程“固定”できるかということである。

また、今回は特に木造戸建て住宅の改修工事に関して評価を行うが、特定の構造・用途に限らず、改修工事について、その廃棄建材のマテリアルリサイクルまでを範囲に含んだ“資源循環”を考慮した環境影響評価を行う際に応用可能な方法で評価を行っており、建物の再活用や改修、廃棄建材の再資源化を通し建設産業内における資源循環の促進を図っている。

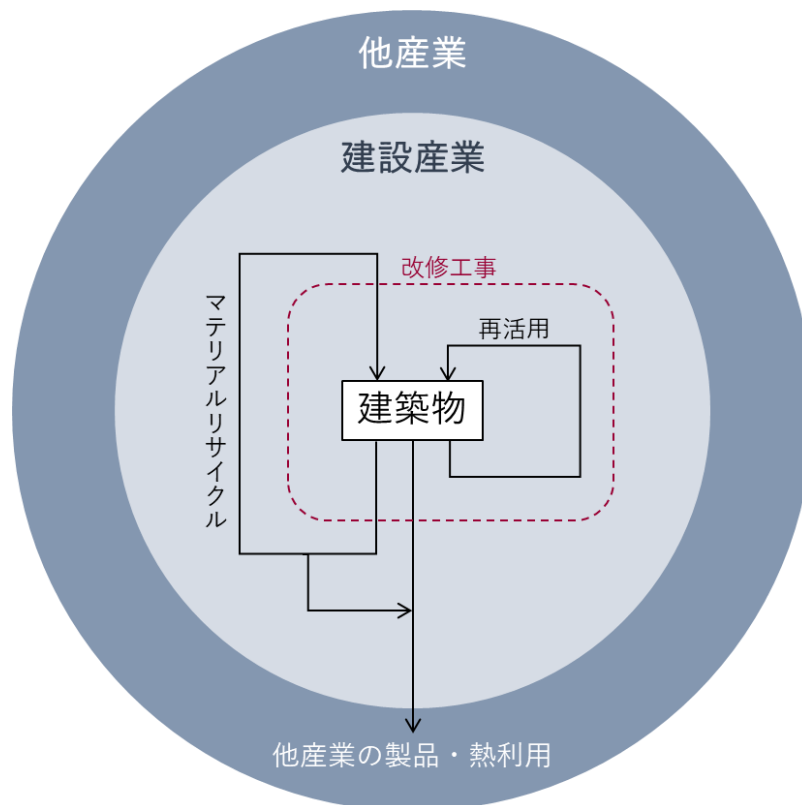


図 4-1 本評価が目指す改修工事による建設産業内での資源循環を表す概略図

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

本章の構成を以下に示す。

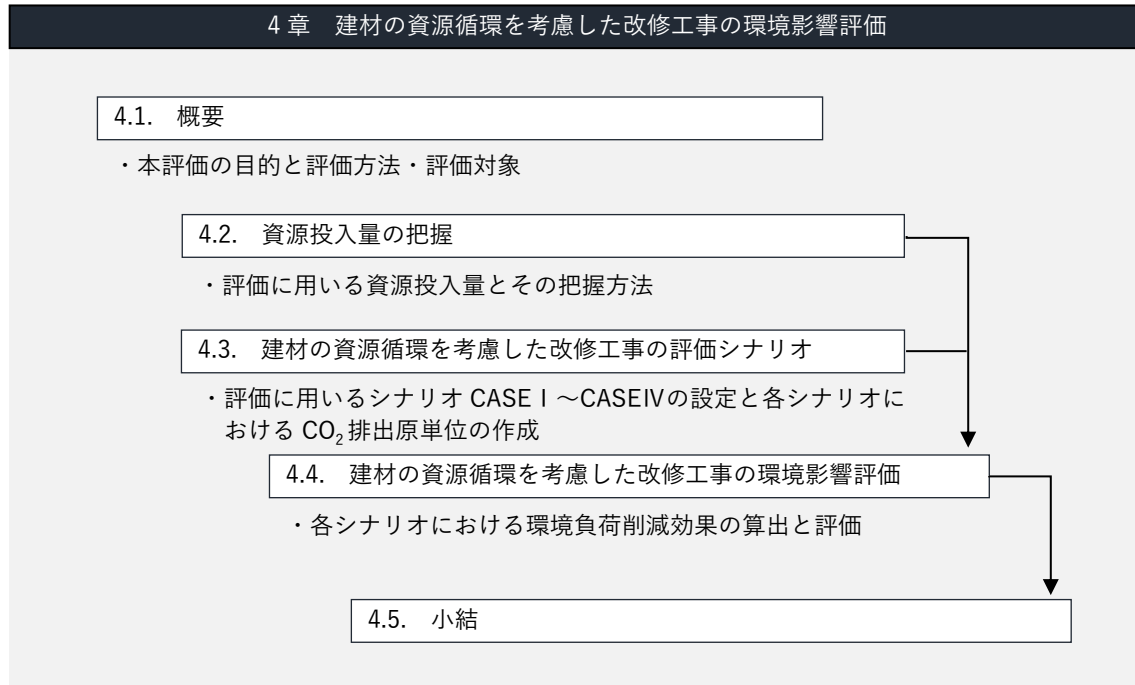


図 4-2 4 章の構成

評価方法

1. 資源投入量の把握 (4.2)

初めに、木造戸建て住宅である A 邸における改修工事の現場調査に基づいて BIM モデルを作成した。次に BIM モデルから既存建物への各建材の資源投入量を抽出し、①改修工事によりそのまま再活用された建材と、②解体され廃棄物として発生した建材をそれぞれ整理した。

2. 建材の資源循環を考慮した改修工事の評価シナリオの設定 (4.3)

評価にあたり、まず改修工事の評価シナリオを設定し、発生する主要な廃棄建材について、CASE I ～CASEIVの各シナリオで設定したマテリアルリサイクル率を反映した CO₂ 排出原単位を作成した。

3. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価 (4.4)

各建材の資源投入量と、CO₂ 排出原単位とを積算し環境負荷削減効果を算出した。式 (1)の環境負荷削減効果 P は、“建設産業内での循環に寄与した量”であり、再活用により建設産業内に固定された“再活用部分の建材に係る CO₂ 排出量”と、“建材のマテリアルリサイクルによる CO₂ 削減量”の和である。後者は、バージン材のみで生産された建材に係る CO₂ 排出量と、マテリアルリサイクル由来の再生原料を一定量用いた建材に係る CO₂ 排出量との差であり、これは、発生した廃棄建材の一部がマテリアルリサイクルによって再活用されることにより建設産業内に固定された CO₂ の量を意味する。

$$P = \sum_m \left[(Q_{reuse}^m \times U_{virgin}^m) + (Q_{waste}^m \times (U_{virgin}^m - U_{y\%,recycle}^{x,m})) \right] \dots (1)$$

P : 改修工事による環境負荷削減効果
CO₂ reduction potential

Q_{reuse}^m : 改修工事における建材 m の再活用量
Quantity of reused material

Q_{waste}^m : 改修工事における建材 m の廃棄物量
Quantity of waste material

U_{virgin}^m : バージン材のみを利用して製造された建材 m に係る CO₂ 排出原単位
CO₂ emissions unit of material made from virgin material

$U_{y\%,recycle}^{x,m}$: CASEX における、MR 材を y% 利用して製造された“再生建材”m に係る CO₂ 排出原単位

CO₂ emissions unit of material made from level-recycled material in CASEX

\sum_m : 各建材に関する計算値の和

評価対象

表 1-6 の A 邸に関して建材の資源循環を考慮して環境影響評価を行った（表 4-1）。A 邸の改修工事では、1 階部分の基礎・躯体・外壁部分以外が刷新され、2 階部分は改修が行われない（図 4-3）。

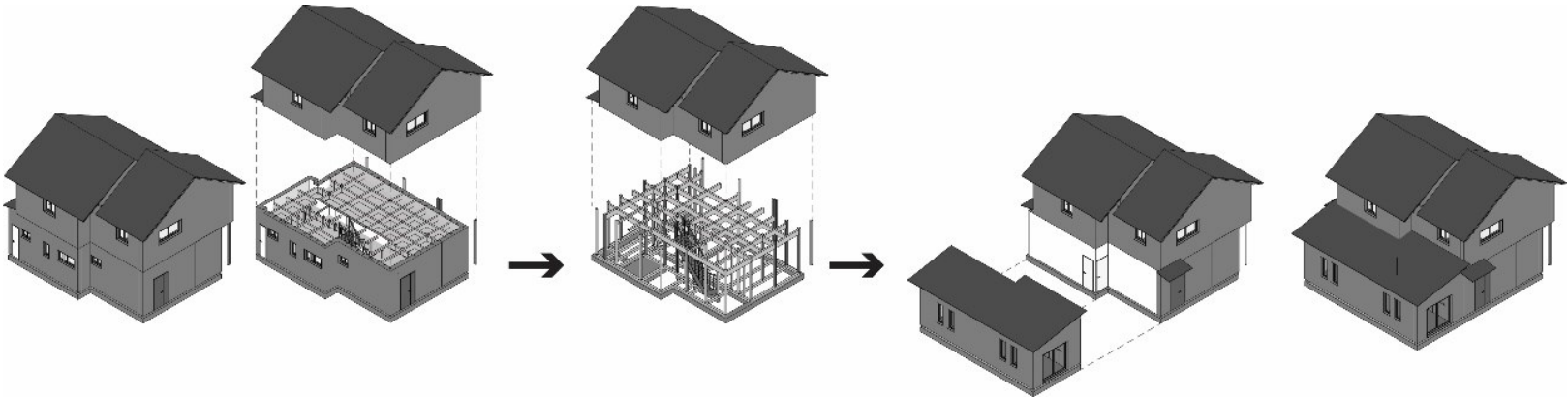


図 4-3 A 邸における改修工事の概略図

表 4-1 A 邸と実施された改修工事の概要（表 1-6 より A 邸のみ抜粋して再掲）

	構造・用途	工期（予定）	工期（実際）	延床			所在地	築年数
				1 階	2 階	合計		
	木造・戸建て住宅(2 階建て)	2021/12/6-2022/3/27	2021/12/6-2022/3/26	50.68	50.4	101.08	東京都	33 年
A 邸	特徴	都内の住宅規模として一般的である。住宅密集地に立地し、搬出に用いられるのは小型トラックのみである。工程に増築工事が含まれる。二階部分は解体を行わず内装仕上げのみを行う。解体作業は全て人手によって行われる。隣接して家主が保有する空地があるため廃棄建材の保管スペースは比較的余裕がある。解体業者と施工業者が異なり、解体が完了した後、施工が開始される。						

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

4.2. 資源投入量の把握

はじめに、作成したA邸の BIM モデルから、既存建物への資源投入量を抽出した。下は作成した BIM モデルの様子である。(図 4-4)

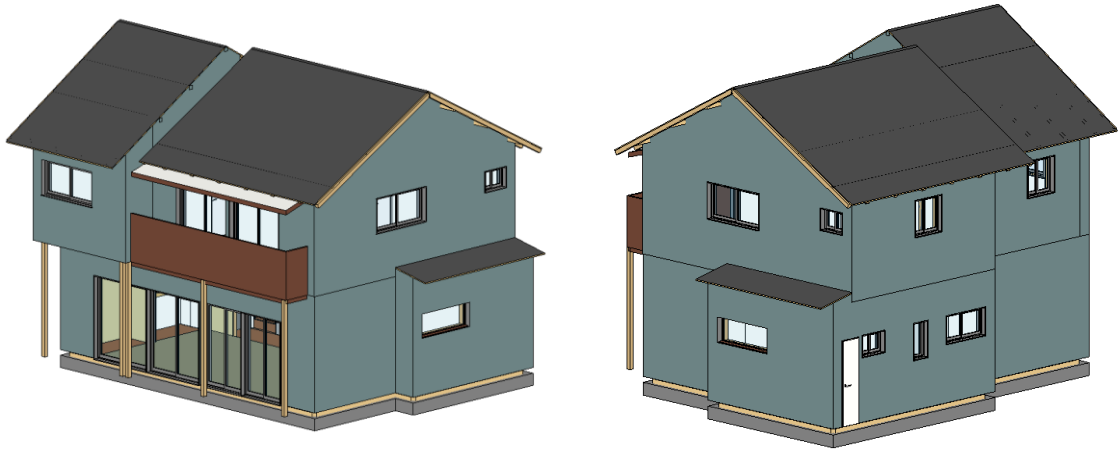


図 4-4 作成した A 邸の BIM モデル（解体前の様子）

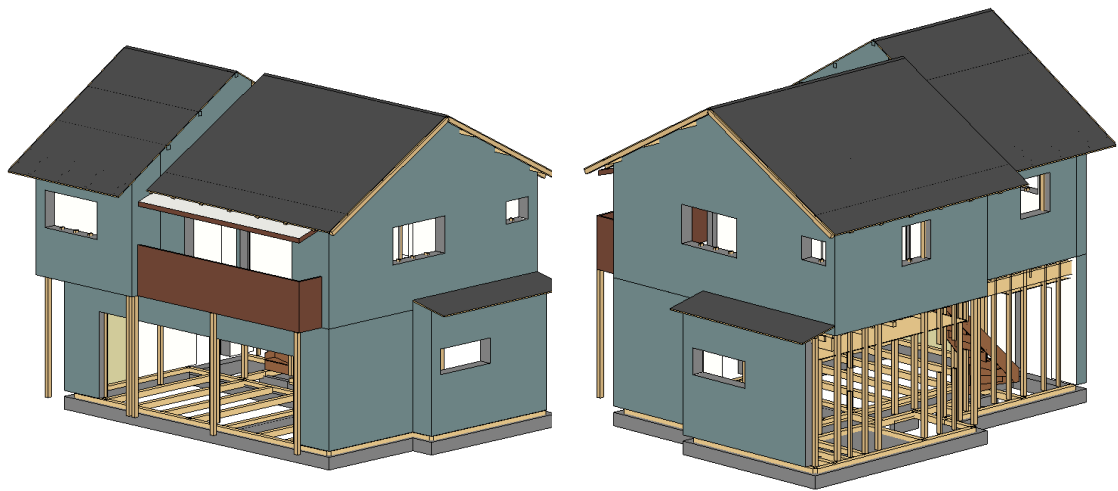


図 4-5 作成した A 邸の BIM モデル（解体後の様子）

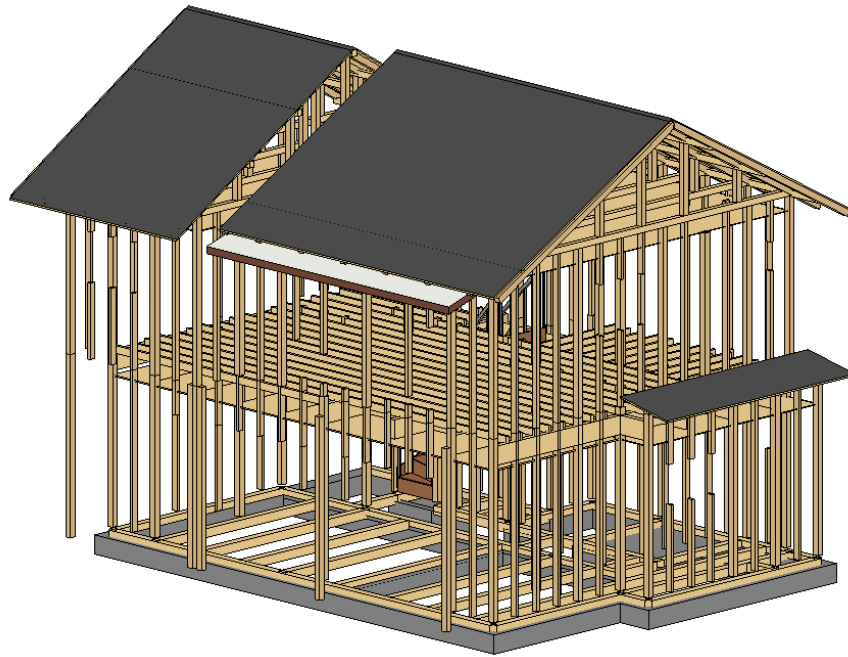


図 4-6 作成した A 邸の BIM モデル（基礎・躯体などの様子）

以上の BIM モデルから、各建材の既存建物への資源投入量（重量・体積・面積）を抽出した。抽出したファミリーは構造柱・構造フレーム・構造基礎・床・天井・壁・窓・ドア・屋根・階段である。抽出項目はファミリー・ファミリーとタイプ・マテリアル：名前・マテリアル：体積・マテリアル：面積である。「ファミリーとタイプ」に「撤去」、「既存」など適宜名前を付け、集計時のソートに用いた。ここから、再活用された建材（表 4-2）および解体により発生する建材の種類とその物量を整理した。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

表 4-2 A 邸の改修工事において再活用された建材の物量および再活用率

		木材 ⁴⁵		石膏ボード ⁴⁶		コンクリート系 ⁴⁷		窯業系サイディング ⁴⁸		アルミ ⁴⁹	ガラス ⁵⁰	プラスチック	発泡系断熱材
単位		m ³	kg	m ³	kg	m ³	kg	m ³	kg	kg	kg	m ³	m ³
着手部分	廃棄	2.81	1407.00	1.55	1082.05	1.14	2617.40	0.37	269.83	244.20	493.35	0.21	0.04
	再活用	8.45	4225.00	0	0	4.42	10172.9	0.66	478.73	0	0	0.05	0.00
未着手部分	再活用	4.67	2337.00	1.79	1249.11	0	0	1.28	930.62	955.80	0	0.44	3.31
再活用量計		13.12	6562.00	1.79	1249.11	4.42	10172.9	1.94	1409.35	955.80	0	0.48	3.31
既存建物への投入量計		15.94	7969.00	3.34	2331.17	5.56	12790.3	2.32	1679.18	1200.00	493.35	0.69	3.35
着手部分の再活用率		75%		0%		80%		64%		0%	0%	18%	0%
全体の再活用率		82%		54%		80%		84%		80%	0%	70%	99%

“コンクリート系”は主に構造基礎であり、僅かだがタイル等のがれき類とともに集計した。アルミはアルミサッシとアルミ製のバルコニーに関して集計した。ガラスはアルミ製窓由来のもののみを集計した。プラスチックは防水シート・床仕上げ材・壁紙の塩ビクロスをまとめて集計した。

例えば3章などで対象としたB邸は、2階も含め建築物全体に着手しており、この場合の建材の再活用率は「着手部分の再活用率」に相当すると考えられる。

⁴⁵ 合板と製材で分けて体積データを抽出し、それぞれ一般的な単位体積重量を用いて質量を算出

⁴⁶ 体積データを抽出し、参考値（[36] 一般社団法人石膏ボード工業会 HP : <https://www.gypsumboard-a.or.jp/construct/consideration.html>）に従って質量を算出

⁴⁷ 体積データを抽出し、普通コンクリートの一般的な比重を用いて質量を算出

⁴⁸ 体積データを抽出し、窯業系サイディングの一般的な単位体積重量を用いて質量を算出

⁴⁹ 体積データを抽出し、参考値（[37] 塩ビ工業・環境協会, 「樹脂窓のLCA」引き違い窓の重量（素材別）, アルミ窓複層ガラス）に従って質量を算出

⁵⁰ 体積データを抽出し、参考値（[37] 塩ビ工業・環境協会, 「樹脂窓のLCA」引き違い窓の重量（素材別）, アルミ窓複層ガラス）に従って質量を算出

概観

改修工事の未着手部分も含めた建築物全体における再活用率は一律で高い。中でも、既存建物への資源投入量が多い建材は木材・コンクリートであり、着手部分の再活用量も大きい（図 4-7）。

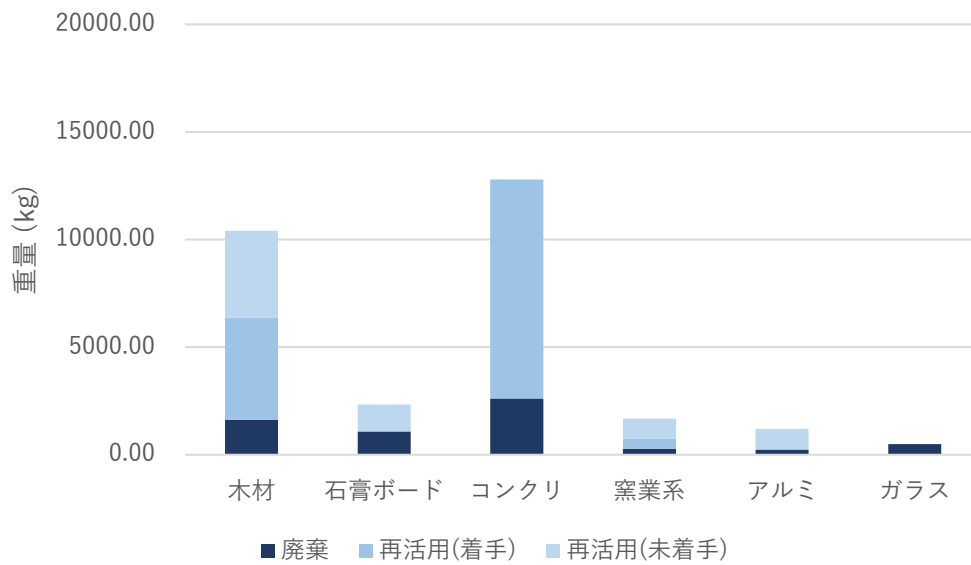


図 4-7 各建材の既存建物への全ての資源投入量と再活用量

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

一方、石膏ボード・アルミは全体の再利用率が高いものの、着手部分における再利用率が低いまたは無く、殆どが廃棄物として発生している。また、ガラスについては再活用がされていない（図 4-8, 4-9）。

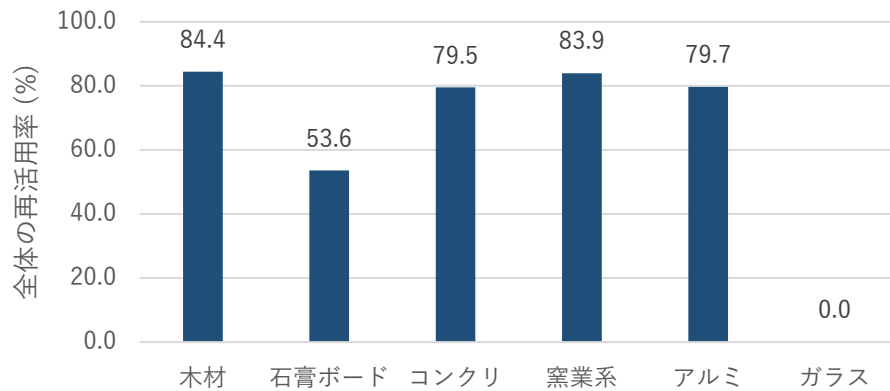


図 4-8 建築物全体における再利用率

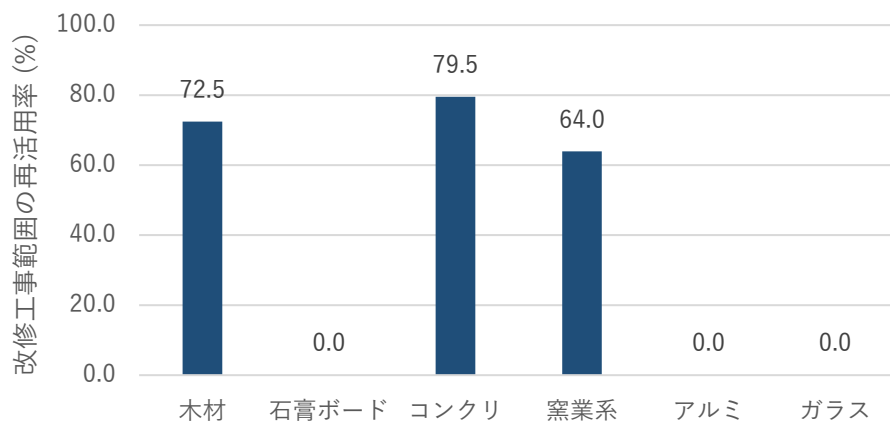


図 4-9 改修工事範囲のみにおける再利用率

改修工事においては、意匠性・機能性の更新や間取り変更のために特に“内壁”や“内装仕上げ”および“開口部”が完全に刷新される場合が多いことが考えられる。例えば、内壁下地に用いられ、仕上げ材と接着している石膏ボードや、アルミ窓を構成するアルミサッシとガラス、また壁紙に多く用いられるプラスチックは、改修工事で着手した範囲における再利用率が極めて低い。

以下、各建材の再活用に関する考察である。

各建材の再活用にに関する考察

木材

着手・未着手部分の両方において再活用率が総じて高い。改修工事範囲外の2階の躯体や下地・屋根組とともに、改修工事範囲内の柱や梁、基礎の根太がかなりそのまま再活用された。廃棄物量の多くを占めたのは改修部分の内壁下地や間柱、床・天井下地である。これらは間取りや内装の変更とともに必ず一定量発生し、着手部分の約30%を占めるためそれらのマテリアルリサイクルによる産業内循環への寄与は大きい。

石膏ボード

着手部分の再活用率が0%である。これは2階の壁に用いられた石膏ボードのみ再活用され、1階の壁のものは全て刷新されたためである。意匠性・機能性の向上の観点で、内壁や内装材は刷新されることが多いことが考えられ、木造戸建て住宅に限らず建築物の内壁の主要な構成材料である石膏ボードは改修工事における主要な廃棄物である。建設産業内での循環を行うには廃材のマテリアルリサイクルに取り組まなければならない。

コンクリート

着手部分の再活用率が高い。再活用された部分のうち、大部分を構造基礎に用いられたコンクリートが占める。基本的に改修工事では基礎の解体は行わないと考えられ、どのような規模の改修工事においても環境負荷削減効果に寄与する主要因になると考えられる。

窯業系サイディング

着手部分の再活用率も一定量あった。これは、内側が刷新された外壁に用いられたものの寄与が大きい。外壁が解体されたのは増築部分のみである。窯業系サイディングなどの廃棄物発生量はこのように増築等外壁の解体の工程の有無が大きく影響する。

アルミ

アルミサッシは全て刷新され、アルミ製のバルコニーがそのまま再活用された。断熱性の観点からサッシのみの取り換えを行う改修も考えられ、改修工事で発生する主要な廃棄建材と言える。

ガラス

アルミサッシとともに、改修工事において一定量廃棄物として発生することが考えられる。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

プラスチック

着手部分の再活用率は一階の外壁に用いられた防水シートの量が占めている。増築部分以外はそのまま再活用されている。一方、内装や天井の仕上げ材など、それ以外の着手部分に用いられた壁紙などは全て刷新される。これも意匠性・機能性の観点から改修工事においては基本的に刷新され、廃棄物として一定量発生することが考えられるが、他の建材に比べ種類が多い上に発生量が小さく、また単品で処理を行う業者も極めて少ないため現場で混合廃棄物となりやすい。

発泡系断熱材

2 階にのみ用いられており、また 2 階は改修工事の未着手範囲だったため再活用率が大きくなっている。改修範囲に含まれる場合は防水シートと同じように外壁の解体に伴って発生することが考えられる。

4.3. 建材の資源循環を考慮した改修工事の評価シナリオの設定

次に、建材の資源循環を考慮した改修工事の評価を実施するにあたり、ここまでの章に基づいて4つのシナリオ（CASE I～CASEIV）を設定した。シナリオごとに、再活用されず廃棄物として発生する建材のマテリアルリサイクル率（MR 率）を決め、このMR 率を反映した原単位を作成した。

ここまで言及してきた通り、本評価においては、改修工事における建材の“再活用”または廃棄建材の“マテリアルリサイクル”がもたらす建設産業内循環への寄与に着目しており、熱利用や他産業での循環は今回効果として認めていない。また、同様の理由で改修工事への新規資源投入量も考慮していない。以上を踏まえ、以下のようにシナリオを設定した（表 4-3）。

表 4-3 建材の再資源化を考慮した改修工事の評価シナリオの概要

シナリオ	概要
CASE I	改修工事による再活用率のみを考慮したシナリオ
	改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用される。再活用されず解体で発生する建材の全てが廃棄物として発生するか、他産業向けの製品に再資源化される。
CASE II	改修工事による、廃棄建材のマテリアルリサイクルのみを考慮したシナリオ
	改修工事により再活用されず解体で発生する建材の一部がマテリアルリサイクルされ、その分のエネルギー消費量・資源消費量等が削減される。再活用による寄与はここでは考慮しない。
CASE III	改修を実施し、廃棄建材のマテリアルリサイクルを少し考慮したシナリオ
	改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用される。再活用されず解体で発生する建材の一部がマテリアルリサイクルされ、その分のエネルギー消費量・資源消費量等が削減される。
CASE IV	改修を実施し、廃棄建材のマテリアルリサイクルを大幅に考慮したシナリオ
	改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用される。再活用されず解体で発生する建材が高度にマテリアルリサイクルされ、その分のエネルギー消費量・資源消費量等が削減される。

各シナリオで、排出量が多い建材および、一定の排出量が見込め高水準の資源循環性があると評価した建材※を以下のように分類し、それぞれの廃棄量に対するマテリアルリサイクル率を設定した（木材、石膏ボード、アルミ、ガラス、コンクリート系建材）。※3章を参照。現場調査・BIM モデルでの資源投入量の整理を通して主要な廃棄建材として考えられ、「3.4. 改修工事における建材の資源循環性の評価」において高水準の資源循環性に対する実現可能性があると評価した建材。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

表 4-4 各建材の全体の再活用率と各シナリオにおける MR 率

		木材	石膏ボ	アルミ	ガラス	コンクリ	窯業サ
再活用率	改修範囲のみ	74%	0%	0%	0%	80%	64%
	全体	84%	54%	80%	0%	80%	84%
廃棄物の MR 率	CASE I	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	CASE II	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	CASE III	0%	50%	50%	30%	0%	0%
	CASE IV	0%	100%	100%	60%	0%	0%

再活用率の「改修範囲のみ」は、表 4-2 の「着手部分の再活用率」、「全体」は「全体の再活用率」である。MR 率は上記の通り設定した、発生した廃棄物量に対するマテリアルリサイクル率である。

各シナリオにおけるこの MR 率を反映し、評価に用いる各建材の CO₂ 排出原単位を LCA データベース IDEA を用いて作成した。

また、CASE I は再活用率および MR 率が全て 0% で解体を想定したシナリオ、CASE II は改修では再活用率を反映するが MR 率は全て 0% の建材の資源循環を考慮しないシナリオである。以下、各シナリオの詳細および設定背景である。

なお、2 章における改修工事の環境影響評価は、「建替え」と「改修」の比較であることから、建築物のライフサイクルに関する評価に適する建築学会の LCA データベースの CO₂ 排出原単位を活用したが、本章における評価では廃棄物のマテリアルリサイクルに着目したことから材料構成を細かく設定することが可能な LCA データベース“IDEA”で作成した CO₂ 排出原単位を用いた。このように評価の目的に応じて CO₂ 排出原単位を使い分けており、2 章と本章の評価結果を横並びで比較することは行わない。

CASE I 改修工事による再活用のみを考慮したシナリオ

CASE II は、改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用されるシナリオである。一方、再活用されず解体で発生する建材の全てが廃棄物として発生するか、他産業向けの製品に再資源化される。

表 4-5 CASE I における各建材の再利用率および廃棄物量に対する MR 率

		製材	合板	石膏ボ	アルミ	ガラス	コンクリ	窯業サ
再利用率	改修範囲のみ	96%	28%	54%	0%	0%	80%	64%
	全体	97%	69%	80%	80%	0%	80%	84%
MR 率	CASE I	0%		0%	0%	0%	0%	0%
原単位※	U_{virgin}^m	0.12	0.32	0.59	13.9	0.85	281.6	0.35
	$U_{y\% \text{recycle}}^{x,m}$	0	0	0	0	0	0	0

※kg-CO₂/kg。コンクリートのみ kg-CO₂/m³

CASE II 改修を実施し、廃棄建材のマテリアルリサイクルのみを考慮したシナリオ

CASE II は、改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用されるシナリオである。一方、再活用されず解体で発生する建材の全てが廃棄物として発生するか、他産業向けの製品に再資源化される。このシナリオ以降から改修工事による建材の再活用を考慮するため、表 4-4 の再利用率を反映している。

表 4-6 CASE II における各建材の再利用率および廃棄物量に対する MR 率

		製材	合板	石膏ボ	アルミ	ガラス	コンクリ	窯業サ
再利用率	改修範囲のみ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	全体	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MR 率	CASE II	0%		50%	50%	30%	0%	0%
原単位※	U_{virgin}^m	0.12	0.32	0.59	13.9	0.85	281.6	0.35
	$U_{y\% \text{recycle}}^{x,m}$	0	0	0.35	9.23	0.52	0	0

※kg-CO₂/kg。コンクリートのみ kg-CO₂/m³

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

CASE III 改修を実施し、廃棄建材のマテリアルリサイクルを少し考慮したシナリオ

CASE IIIは、改修工事を行い基礎・躯体などの一部の建材が再活用される。再活用されず解体で発生する建材の一部はマテリアルリサイクルされ、その分の建設産業内におけるエネルギー消費量・資源消費量等が削減されるというシナリオである。

表 4-7 CASE IIIにおける各建材の再利用率および廃棄物量に対する MR 率

		製材	合板	石膏ボ	アルミ	ガラス	コンクリ	窯業サ
再利用率	改修範囲のみ	96%	28%	54%	0%	0%	80%	64%
	全体	97%	69%	80%	80%	0%	80%	84%
MR 率	CASE III	0%		50%	50%	30%	0%	0%
原単位※	U_{virgin}^m	0.12	0.32	0.59	13.9	0.85	281.6	0.35
	$U_{y\% \text{recycle}}^{x,m}$	0	0	0.35	9.23	0.52	0	0

※kg-CO₂/kg。コンクリートのみ kg-CO₂/m³

CASE IV 改修を実施し、廃棄建材のマテリアルリサイクルを大幅に考慮したシナリオ

CASE IVは、「広域認定制度を活用した廃棄物の分別回収を伴った改修工事を行い、処理不可能な混合廃棄物以外の廃棄物発生量が削減されるシナリオ」である。

表 4-8 CASE IVにおける各建材の再利用率と廃棄物量に対する MR 率

		製材	合板	石膏ボ	アルミ	ガラス	コンクリ	窯業サ
再利用率	改修範囲のみ	96%	28%	54%	0%	0%	80%	64%
	全体	97%	69%	80%	80%	0%	80%	84%
MR 率	CASE IV	0%		100%	100%	60%	0%	0%
原単位※	U_{virgin}^m	0.12	0.32	0.59	13.9	0.85	281.6	0.35
	$U_{y\% \text{recycle}}^{x,m}$	0	0	0.10	1.83	0.41	0	0

※kg-CO₂/kg。コンクリートのみ kg-CO₂/m³

CASE II・CASE IIIと CASE IVの設定背景と評価用に作成した原単位の説明は以下の通りである。全て「3.4. 改修工事における資源循環性の評価」に基づいている。

木材

解体材の多くは破碎されバイオマス発電用のチップとして活用されるが、施工時に発生する端材や、一部の付着物の少ない解体材、及び適切に分別回収された解体材に関して、パーティクルボードへのマテリアルリサイクルが実現していることが明らかとなった（3.4 を参照）。ただし、パーティクルボードの製造に係る CO₂ 排出原単位は、製材および合板に係る CO₂ 排出原単位に比べて大きく、マテリアルリサイクルでは CO₂ の削減が見込めないことが明らかとなった。したがって廃棄物として発生した木材はバイオマス発電用に用いるとし、改修による再活用効果のみを産業内循環への寄与として考慮することとした。

以上を踏まえ、CASE II・CASE III・CASE IV では改修工事で発生した廃棄木材を再生原料として投入した“再生パーティクルボード”に係る CO₂ 原単位を設定していない。

石膏ボード

一部の産業廃棄物処分業者（WB 社など）において、石膏ボードのマテリアルリサイクルが既に実施されていることが明らかとなった。ただ、効率のため受け入れるものは中間処理を介した性状が一定のものである（3.4 を参照）。

以上を踏まえ、CASE III では改修工事で発生した廃棄石膏ボードの 50% を再生原料として投入できた場合の“再生石膏ボード”に係る CO₂ 原単位、CASE IV では 100% 投入した場合の再生石膏ボードに係る CO₂ 原単位を作成し評価に用いた。

アルミ

まず、改修工事で発生する廃棄アルミの全てはアルミサッシである（表 4.2）。

また、処理段階において金属系建材は、磁気選別など金属を選別できるプラントを所有していれば混合廃棄物として回収されても金属のみを選別可能であり、マテリアルリサイクルを行うことが可能である。

木造戸建て住宅の改修工事現場においては、アルミサッシが切断され、まとめて排出される様子が確認された。このような材も同様に再資源化が可能であり、さらに建材製造業者によるアルミサッシの水平リサイクルの検討も進んでいる（3.4 を参照）。

以上を踏まえ、CASE III では改修工事で発生した廃棄アルミサッシの 50% を再生原料として投入できた場合の“再生アルミサッシ”に係る CO₂ 原単位、CASE IV では 100% 投入した場合の再生アルミサッシに係る CO₂ 原単位を作成し評価に用いた。

ガラス

ガラスについては、現在は実現していないが、使用済みの板ガラスに関するマテリアルリサイクルの技術・廃材の回収システムの構築が検討されている（3.4 を参照）。このことから、CASE III では改修工事で発生したガラスの 20% を再生原料として投入できた

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

場合の“再生板ガラス”に係る CO₂ 原単位、CASEIVでは 60%投入できた場合の再生板ガラスに係る CO₂ 原単位を作成し評価に用いた。

コンクリート系建材および窯業系サイディング

基本的に産業内循環に寄与するマテリアルリサイクルは行われていない（3.4 を参照）。このため、CASEIIIと CASEIVのいずれもそれぞれ MR 率は 0%に設定し、これらの廃棄物の資源循環を考慮しないこととした。

4.4. 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

環境負荷削減効果の算出

以下の式(1)で環境負荷削減効果を算出した。

$$P = \sum_m \left[(Q_{reuse}^m \times U_{virgin}^m) + (Q_{waste}^m \times (U_{virgin}^m - U_{y\%,recycle}^{x,m})) \right] \dots(1)$$

P	: 改修工事による環境負荷削減効果 CO ₂ reduction potential
Q_{reuse}^m	: 改修工事における建材 m の再活用量 Quantity of reused material
Q_{waste}^m	: 改修工事における建材 m の廃棄物量 Quantity of waste material
U_{virgin}^m	: バージン材のみを利用して製造された建材 m に係る CO ₂ 排出原単位 CO ₂ emissions unit of material made from virgin material
$U_{y\%,recycle}^{x,m}$: CASEX における、MR 材を y% 利用して製造された“再生建材”m に係る CO ₂ 排出原単位 CO ₂ emissions unit of material made from level-recycled material in CASEX
\sum_m	: 各建材に関する計算値の和

環境負荷削減効果は、“建設産業内での循環に寄与した量”として、産業内に固定されたと考えられる“再活用部分の建材に係る CO₂ 排出量”と、“マテリアルリサイクルされた建材による CO₂ 削減量”の和としている。以下に各項を概略図で表した (図 4-10)。

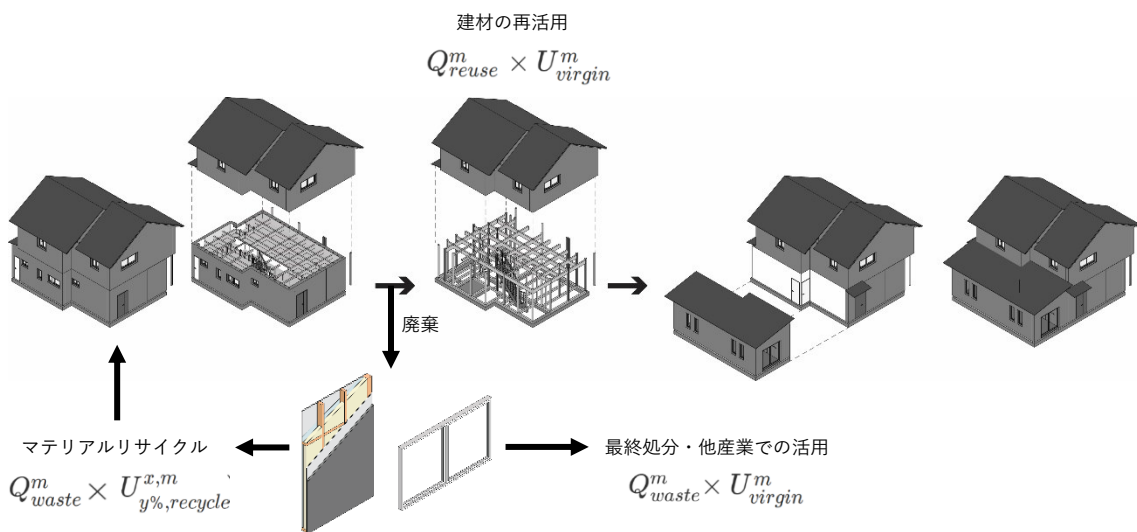


図 4-10 本章における環境負荷削減効果の計算方法

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

計算結果

表 4-9 改修工事の資源循環を考慮した環境影響評価結果

		木材		石膏ボード		アルミ		ガラス		コンクリート		窯業系サイディング	
単位		m ³	kg	m ³	kg	kg		kg		m ³	kg	m ³	kg
着手部分	廃棄	3.25	1622.75	1.55	1082.05	244.20		493.35		1.14	2617.40	0.37	269.83
	再活用	9.48	4740.31	0	0	0		0		4.42	10172.9	0.66	478.73
未着手部分	再活用	8.10	4049.00	1.79	1249.11	955.80		0		0	0	1.28	930.62
再活用量計		17.58	8789.30	1.79	1249.11	955.80		0		4.42	10172.9	1.94	1409.35
既存建物への投入量計		20.82	10412.1	3.34	2331.17	1200.00		493.35		5.56	12790.3	2.32	1679.18
着手部分の再利用率		74%		0%		0%		0%		80%		64%	
全体の再利用率		84%		54%		80%		0%		80%		84%	
		MR 率	原単位 ^{※1}	MR 率	原単位	MR 率	原単位	MR 率	原単位	MR 率	原単位	MR 率	原単位
CASE I		0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0
CASE II		0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0
CASE III		0%	0	50%	0.35	50%	9.23	30%	0.52	0%	0	0%	0
CASE IV		0%	0	100%	0.10	100%	1.83	60%	0.41	0%	0	0%	0
改修工事をもたらす環境負荷削減効果（着手部分のみ）													
		削減量 ^{※2}	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率
CASE I		665.4	58%	0	0	0	0	0	0	1246	80%	168	64%
CASE II		0	0	263	41%	1137.4	34%	163	39%	0	0	0	0
CASE III		665.4	58%	263	41%	1137.4	34%	163	52%	1245.6	80%	167.6	64%
CASE IV		665.4	58%	528.0	82%	2943.9	88%	218.2	52%	1245.6	80%	167.6	64%

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

改修工事をもたらす環境負荷削減効果（未着手部分も含めた全体）												
	削減量※2	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率	削減量	削減率
CASE I	1658.5	78%	773.5%	54%	13272	80%	0	0	1245.6	80%	587.7	84%
CASE II	0	0	263	19%	1137	7%	163	33%	0	0	0	0
CASE III	1658.5	78%	1037.4	73%	14410.0	86%	163	33%	1245.6	80%	587.7	84%
CASE IV	1658.5	78%	1301.4	92%	16216.4	97%	218.2	52%	1245.6	80%	587.7	84%

※1：マテリアルリサイクル由来の再生原料を○%用いた同建材 1kg に係る CO₂ 排出量（kg-CO₂/kg）。 ※2：全て kg- CO₂

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

環境影響評価結果

改修工事における建材の再活用および発生する廃材の MR を考慮し環境負荷削減効果を評価した。結果、以下が明らかとなった。

改修工事範囲内のみに着目した場合

表 4-10 に示す通り、改修工事範囲内のみに着目した場合、削減効果は再活用による寄与のみ（CASE I）で 2.1t-CO₂(28%)、廃材の MR による寄与のみ（CASE II）で 1.6t-CO₂(21%)と近い割合となっており、改修工事範囲内における廃材の MR の有効性が示唆された。また、再活用と廃材の MR による寄与の両方を考慮（CASE III）すると削減効果は 3.6t-CO₂(49%)、さらに廃材の MR 率を高めた場合（CASE IV）5.8t-CO₂(78%)となり、CASE III の 1.8 倍の削減効果を見込めた。廃材の MR 率を高めた場合、改修工事により 8 割程の CO₂削減を見込めることが明らかとなった。

表 4-10 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価結果
(改修工事範囲のみの合計)

	削減量 ^{※1}	削減率
CASE I	2.1	28%
CASE II	1.6	21%
CASE III	3.6	49%
CASE IV	5.8	78%

※1：t-CO₂

以下、シナリオごとの CO₂削減量・削減率の内訳である。

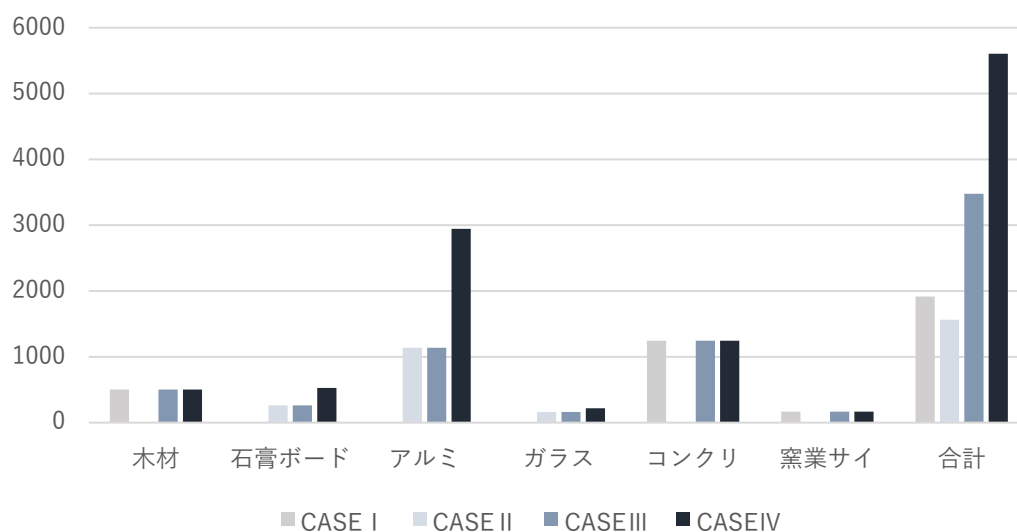


図 4-11 各シナリオにおける CO₂削減量

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

改修工事による建材の再活用のみを考慮した CASE I では木材（主に柱や根太などと製材）、コンクリート（構造基礎）が全体の環境負荷削減量に寄与した。

また、改修工事の着手範囲においては、石膏ボード・アルミサッシ・ガラスは全て刷新されるが、廃棄建材の MR をかなり考慮した（石膏ボード・アルミの MR 率：100%、ガラスの MR 率：60%）CASEIVでは、MR による寄与が着手部分における全ての再活用部分がもたらした CO₂ 削減量を大きく上回った。

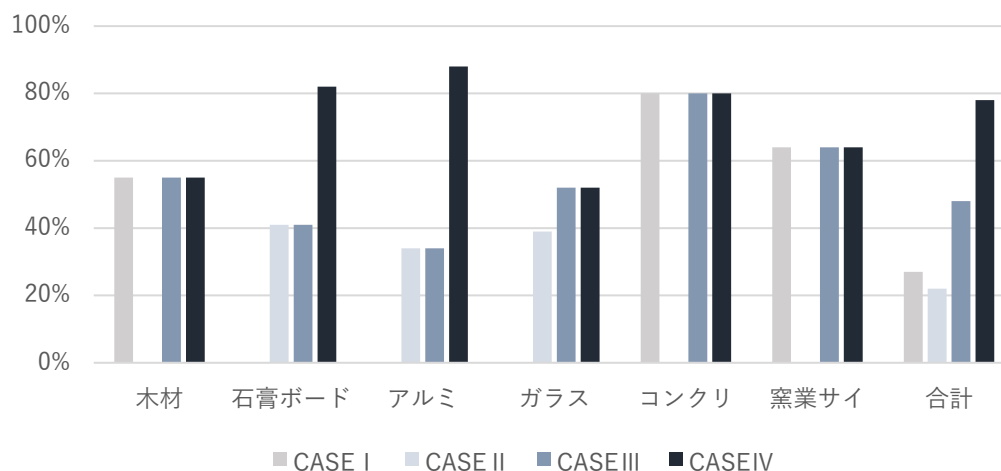


図 4-12 各シナリオにおける CO₂ 削減率

着手部分全体に対し、廃棄建材の MR による削減効果が大きい。特に特に改修工事範囲内の石膏ボード・アルミ・ガラスは全て刷新される場合が多いため、これらの廃棄物の MR 率を高めることが産業内循環にあたって最も重要である。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

建築物全体に着目した場合

また建築物全体に着目した場合、削減効果は再活用による寄与のみ（CASE I）で 18t-CO₂(77%)となった。一方廃材の MR のみの寄与（CASE II）は 1.6t-CO₂(7%)にとどまった。再活用と廃材の MR による寄与の両方を考慮する（CASE III）と、19t-CO₂(84%)、廃材の MR 率を高めた場合（CASE IV）21t-CO₂(93%)の削減効果を見込めることが明らかとなった。CASE IV のように廃材の MR 率を高水準で行うことにより、CASE I の再活用のみの寄与の 77%から、CO₂削減量を 93%程度にまで引き上げられることが示唆された。

表 4-11 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価結果
(建築物全体の合計)

	削減量※1	削減率
CASE I	18	77%
CASE II	1.6	7%
CASE III	19	84%
CASE IV	21	93%

※1：t-CO₂

以下、シナリオごとの CO₂削減量・削減率の内訳である。アルミ製のバルコニーの削減量が特に大きかったことから、アルミのみ別途で整理した。

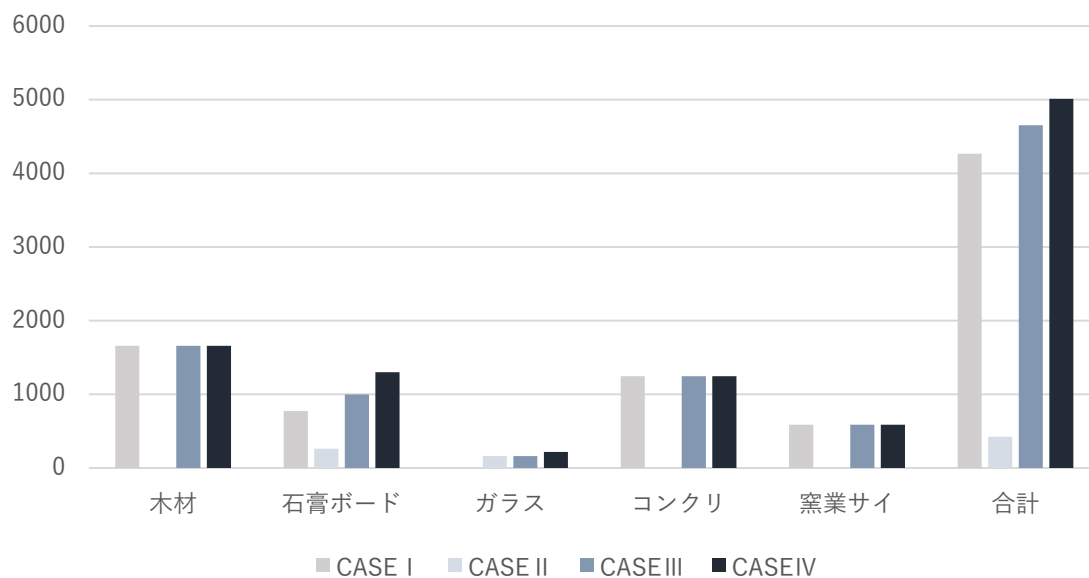


図 4-13 各シナリオにおける CO₂削減量（アルミ除く）

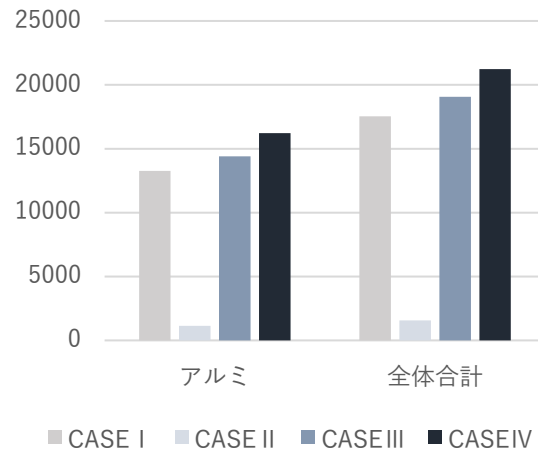


図 4-14 各シナリオにおけるアルミの CO₂削減量と合計の CO₂削減量

改修工事による建材の再活用のみを考慮した CASE I では、木材（着手部分の製材・未着手部分の製材・合板）、石こうボード（未着手部分の下地材）、コンクリート系建材（着手部分の構造基礎）、窯業系サイディング（着手部分の外壁材）、アルミ（未着手部分のアルミ製バルコニー）の再活用が寄与した。

廃棄建材の MR のみを考慮した CASE II では、石こうボードの MR が寄与したが、建築物全体でみると効果は小さい。こ廃棄建材の MR の寄与は、改修工事の着手範囲の大きさに影響されることが考えられ、範囲が大きいほど未着手部分の再活用部分がもたらす寄与は小さくなり、廃棄建材の MR による寄与が大きくなると考えられる。

廃棄建材の MR を一部考慮した CASE III、およびさらに考慮した CASE IV では、石こうボード・アルミ・ガラスについて一定の寄与を見込めた。

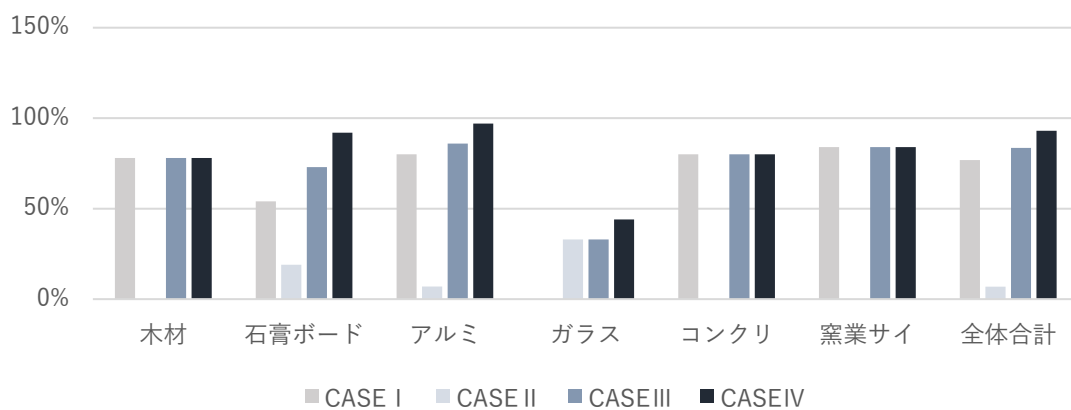


図 4-15 各シナリオにおける CO₂削減率

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

再活用による寄与を考慮した CASE I、CASEIII、CASEIVの CO₂削減率が大きいことから、改修工事においては建材のそのままの再活用が最も寄与していることが分かる。また、CASE I と CASEIVを比較すると高水準の廃材の MR に取り組んだ場合 16%の更なる削減効果を見込むことができた。

5 章 結論

5.1. 総括	182
5.2. 結論	184

5 章 結論

5.1. 総括

本論の総括を以下に示す。

2 章 改修工事の環境影響評価

2 章では、SRC 造中高層住宅および木造戸建て住宅に関して、新規資源投入量に係る CO₂ 排出量の観点で改修工事と建替えとの比較を行い、環境負荷削減効果を明らかにした。結果、基礎・躯体の主要な構成材料である鉄筋およびコンクリートの再活用効果が寄与し、SRC 造中高層住宅の場合約 7 割、木造戸建て住宅の場合約 5 割の環境負荷削減効果を見込めた。本章では、このように鉄・コンクリートの再活用効果に着目したため、現場調査などで一定量確認できた基礎・躯体以外の資源投入量や改修工事で発生した廃棄物に関する環境影響評価を詳細に行えていない。産業内における資源循環を考慮して改修工事の環境影響評価を行うためには、本章で明らかとなった建材の再活用による寄与に加え、解体により廃棄される建材のマテリアルリサイクルによる寄与についても考慮することが必要である。

3 章 改修工事における建材の資源循環性の評価

3 章では、はじめに木造戸建て住宅の改修工事現場への現場調査、および住宅製造業者、建材製造業者、産業廃棄物収集運搬業者、産業廃棄物処分業者などへのヒアリング調査を通し、改修工事現場における廃棄建材の発生状況と、それらの再資源化処理について把握を行った。次に以上を踏まえて改修工事における資源循環性に関して実現可能性の評価を行った。ここでは、“建材の再活用”と再活用されず廃棄物として発生した“建材のマテリアルリサイクル”を高水準、他産業へのカスケードリサイクルや熱利用を低水準とし、建材の各資源循環性（産業内での資源循環への寄与度）に関する具体的な取り組みに関して、その実現可能性を評価した。結果、廃棄物の多くを占めた木材や石膏ボードは一部でマテリアルリサイクルが実施されており、改修工事において、再活用効果に加え今後のマテリアルリサイクルの推進によるさらなる寄与を見込むことができた。

4 章 建材の資源循環を考慮した改修工事の環境影響評価

4 章では、建材の資源循環を考慮し、一階のみ改修が行われた A 邸を対象として環境影響評価を行った。まず A 邸の BIM モデルを作成し、既存建物への資源投入量・改修による再活用量を建材ごとに整理し、次に 3 章の改修工事における建材の資源循環性に基づいて評価シナリオを定めた。評価対象は発生量が多い建材および改修工事における中・高水準の資源循環性に対し一定の実現可能性を見込めた建材である木材・石膏ボード・アルミ・ガラス・コンクリート系建材・窯業系サイディングとした。

結果、改修工事の着手部分のみに着目すると、建材の再活用による環境負荷削減効果のみを考慮した場合の 2.1t-CO₂ (28%) に対し、廃棄建材のマテリアルリサイクルも同時に行った場合 5.8t-CO₂ (78%) を見込むことができ、廃棄建材のマテリアルリサイクルの必要性が明らかとなった。

5 章 結論

5.2. 結論

以上から、改修工事を資源循環の観点から評価し、発生する廃棄建材の MR の必要性を示唆することができた。また MR される廃材の割合を高めるに、以下のような取り組みが重要である。

- ・ 発生段階：詳細な分別とまとめた排出
- ・ 処理段階：廃棄建材の効率的な回収

以上を行い、既に各建材の MR を実施している主体へ良い性状の廃材を一定量、安定的に供給する必要がある。特に都内の戸建住宅の工事においては、解体業者・産業廃棄物収集運搬業者・処分業者間の情報共有が最も重要である。処理業者は受け入れる性状の基準を、解体業者は解体工程・箇所と発生建材に関する情報を共有し、計画的に分別と排出先の選定を行うことが重要である。

また、本論は以下のような点において貢献したと言える。

改修工事の環境負荷削減効果から見た有効性の示唆

2 章、4 章において改修工事による環境負荷削減効果を明らかにした。

改修工事の環境影響評価手法の構築

2 章、4 章において改修工事の基礎的な評価手法、および資源循環を考慮した評価手法を新たに考案した。特に、廃棄建材の処理を具体的に調査し、調査結果を改修工事全体の評価に定量的に反映することができた。

廃棄建材のマテリアルリサイクルの推進

改修工事の廃棄建材に関して現場調査を通して詳細に整理し、その処理方法と課題を具体的に調査した。現在は施工端材に対してマテリアルリサイクルが行われている場合が多いが、都内の木造戸建て住宅における改修工事の特徴である“手作業による解体”、“敷地規模の狭さ、収集効率・処理コストの削減を重視する解体業者の分別の意識の高さ”などを捉え、改修工事で発生した廃棄建材の中でもマテリアルリサイクルを行うことができる性状のもの（石膏ボード・アルミサッシ・板ガラス）があることを明らかにした。

課題と展望

今後、資源循環を考慮して改修工事の評価を行う場合、以下が課題として考えられる。

再活用された建材の寿命を考慮した評価

再活用され、改修工事時点で CO₂削減効果に大きく寄与した木材やコンクリート、およびアルミ製バルコニーなどはそのまま使用され続けることとなるが、その効果をより具体的に示すためには製品寿命の観点からも改修工事の評価する必要がある。製品寿命が想定よりも短い可能性も考えられ、その場合は廃棄されることとなるため、建設産業内での資源循環を目指すためにはそれらのマテリアルリサイクルに取り組むことが必要である。

複数回の改修・修繕を考慮した評価

今回対象とした物件の中には過去に 1～2 回程増築や修繕が行われたものがあった。今後、同じ物件に対し改修工事を数度行い長く使い続けることが理想であることから、複数回の改修工事による建設産業内での資源循環への寄与も評価していく必要がある。

環境負荷原単位の精度の向上

本論における評価では、「建替えと改修の比較」のような建物全体のライフサイクルを考慮した評価においては建築学会の LCA データベースの CO₂排出原単位を、「廃棄物の MR」のような各建材の材料構成まで着目した評価においては IDEA の CO₂排出原単位を活用した。今後、建築物の評価においては、改修工事も含め建築物の運用時まで含めた LCA の精度を高め、さらに具体的に環境負荷を削減すべきプロセスを明らかにしていかなければならない。特に、各企業の建材の再資源化の取り組みは依然として適切に評価がされておらず、消費者の理解につながっていない。建材のリサイクルをより推進するためには、各建材に係る環境負荷をより詳細に評価できる枠組みの構築が重要である。

具体的なマテリアルフローの整理

今回も現場調査を行ったが、各建材の重要までは計測することができなかった。さらに詳細な環境影響評価を行い改修工事の効果を示すためには、現場調査での重量計測に加え、収集運搬・中間処理および製品製造段階における具体的なマテリアルフローを整理し、住居の戸数なども考慮した改修工事による国内全体での環境負荷削減効果などを明らかにすることが重要である。

5 章 結論

簡易な評価手法の構築

今回は数か月間の現場調査および BIM モデルの作成によって改修工事の評価を行ったが、施主や事業者が同様に調査を行うことは困難であると思われる。今後、設計段階においてあらかじめ環境負荷を推定し、資源投入の過多を抑えるという取り組みも見据え、建築物への資源投入量の整理方法とその評価方法について、様々な事業者が活用できるような簡易化が重要である。

マテリアルリサイクルの実践

今回はマテリアルリサイクルが実現されると想定したシナリオで環境負荷削減効果を評価し、現場や収集運搬・中間処理におけるマテリアルリサイクルに向けた課題を明らかにした。今後、その対策を実践しシナリオの実現可否を明らかにする必要がある。

また、既存建物の施工段階において接着剤を用いない手法も重要であり、研究が行われている⁵¹。

部分的な改修工事の評価

今回、一階のみ全面的な建材の刷新が行われる改修工事を評価対象としたが、現在行われている改修工事の規模は様々である。基礎・躯体のみを再活用する改修工事から、増築を行う改修工事、また部分的な断熱回収まで、その規模ごとに効果を明らかにすることが今後の改修事業の環境負荷削減という側面に対する理解の浸透にあたって重要である。

木材に関する環境評価

今回設定した改修工事の評価シナリオでは、発生する廃棄木材は全てバイオマス発電用チップに再資源化される想定である。これは単位重量の製材・合板に係る CO₂ 排出量に対し、マテリアルリサイクル由来の再生チップを用いて製造された単位重量のパーティクルボードに係る CO₂ 排出量が上回ったためである。木材については、そのものが CO₂ の固定に寄与しており、再活用による効果は今回考慮した建設産業内での資源循環にとどまらないことが考えられるため、木材に関連する環境影響評価はよりぐたいてきに進めるべきである。

さらに、製材や合板に係る CO₂ 排出量の多くを占めるのは乾燥工程での CO₂ 排出量であり、現在、自然乾燥による CO₂ 排出量の削減の取り組みも進んでいる。解体で発生した木材の中でも、洗浄等を行い再活用できない性状のものは多くがバイオマス発電に

⁵¹ [38] 山口謙太郎, “建築材料の資源循環を可能にする要素非接着型構造（凌震構造）の特性把握と設計体系の整備”, 1994

おける熱利用が行われていることから、このような製造時点での CO₂ 削減の取組みが建設産業における木材投入の環境負荷削減において最も重要である。

参考文献

- [1] 厚生労働省政策統括官付参事官付人口動態・保健社会統計室, “人口動態統計”
- [2] 総務省統計局, “国勢調査”「時系列データ」
- [3] 建設物価調査会, “建設物価指数の概要”
- [4] 建設物価調査会, “建設物価指数”「長期系列データ」
- [5] 総務省統計局, “平成 30 年住宅・土地統計調査”
- [6] 国土交通省, “建築物リフォーム・リニューアル調査” (2021 年度)
- [7] 日本鉄鋼連盟, “2022 年 10 月受注統計” (普通鋼鋼材用途別受注高)
- [8] 経済産業省, “平成 30 年生コンクリート統計速報”
- [9] 塩ビ工業環境協会, http://www.vec.gr.jp/enbi/enbi2_1.html
- [10] 環境省, “建設リサイクル法の概要” <https://www.env.go.jp/recycle/build/gaiyo.html>
- [11] 国土交通省, “平成 30 年度建設副産物実態調査”
- [12] 佐藤正章, 荒井良延, 伊香賀俊治, 近田智也, 間宮尚, 加藤正宏, “資源循環性の評価機能を持つ LCA ツールの概要: 建物の資源循環性評価手法の開発その 1”, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp. 341-346, 2005.
- [13] 佐藤正章, 荒井良延, 伊香賀俊治, 近田智也, 間宮尚, 加藤正宏, “資源循環性のケーススタディ: 建物の資源循環性評価手法の開発その 2”, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp. 255-260, 2006.
- [14] 茂呂隆, 廣瀬朗, 多葉井宏, “建築の資源循環性に関する環境影響評価手法の研究”, 日本建築学会環境系論文集, 第 580 号, pp. 85-92, 2004.
- [15] 村上達也, 林徹夫, 野村幸司, “トータルエネルギーシミュレータの開発: その 8 住宅および都市における資源循環性の評価・予測”, 日本建築学会研究報告九州支部 2 環境系, 第 48 号, pp. 489-492, 2009.
- [16] 金玉慧, 角田誠, 清家剛, 廣瀬隆治, 鈴木香菜子, 川口 素子, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 1 工事概要及び人工数の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 717-718, 2003.
- [17] 川口素子, 真鍋恒博, 名取発, 清家剛, 廣瀬隆治, 金玉慧, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 2 解体工事の手順及び人工数の分析”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 719-720, 2003.
- [18] 廣瀬隆治, 清家剛, 鈴木香菜子, 金玉慧, 川口素子, 神田順, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 3 環境負荷の評価”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 721-722, 2003.
- [19] 小林謙介, 磯部孝行, 田原聖隆, 井上隆, “建築廃棄物処理の現状分析と環境負荷削減の可能性”, 日本建築学会環境系論文集, 第 74 巻, 第 635 号, pp. 97-104, 2009

参考文献

- [20] 谷川壮太, 中島裕輔, 上田亮平, “建築系廃棄物における複合建材の処理実態と再資源化に関する研究”, 日本建築学会関東支部研究報告集, 77 号, pp. 533-536, 2007
- [21] 原田優作, 清家剛, 金容善, 磯部孝行, 伊藤篤司, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 1 日本国内における実態調査”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 611-612, 2015
- [22] 伊藤篤司, 清家剛, 金容善, 磯部孝行, 原田優作, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 2 韓国、台湾における実態調査”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 613-614, 2015
- [23] 磯部孝行, 清家剛, 金容善, 伊藤篤司, 原田優作, “東アジアを含めた硬質塩化ビニル建材の再資源化システム構築に関する研究: その 3 東アジアを含めたマテリアルフローの作成”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), 2015 号, pp. 615-616, 2015
- [24] 金玉慧, 角田誠, 清家剛, 廣瀬隆治, 鈴木香菜子, 川口 素子, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 1 工事概要及び人工数の分析” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 717-718, 2003.
- [25] 川口素子, 真鍋恒博, 名取発, 清家剛, 廣瀬隆治, 金玉慧, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 2 解体工事の手順及び人工数の分析” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 719-720, 2003.
- [26] 廣瀬隆治, 清家剛, 鈴木香菜子, 金玉慧, 川口素子, 神田順, “躯体を再利用する RC 建築物の再生工事に関する調査・研究: その 3 環境負荷の評価” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2003 号, pp. 721-722, 2003.
- [27] 疋田浩一, “LCA 手法の比較と今後の課題” 研究紀要 22 号, pp. 213-220, 2021.
- [28] Matthias FINKBEINER, 稲葉敦, Reginald B.H.TAN, Kim CHRISTIANSEN, Hans-Jürgen KLÜPPEL, “ライフサイクルアセスメントの新規格: ISO14040 および ISO14044 について” Journal of Life Cycle Assessment, Japan Vol.3, No.1, pp. 58-64, 2007.
- [29] 一般社団法人サステナブル経営推進機構 HP: <https://sumpo.or.jp/consulting/lca/idea/>
- [30] 伊坪徳宏, “LIME の特徴と研究開発の現状” Journal of Life Cycle Assessment, Japan Vol.3, No.1, pp. 39-44, 2017.
- [31] 一般社団法人サステナブル経営推進機構 エコリーフ環境ラベル HP: <http://www.ecoleaf-jemai.jp>
- [32] 日本建築学会, “建物の LCA 指針” http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s0/tkankyo/arc08_files/AIJ-LCAandLCW_Manual_Ver.4.02.pdf
- [33] 一般社団法人住宅・建築 SDGs 推進センター (IBECs) HP: <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/certification/certification.html>
- [34] U.S Green Building Council HP: <https://www.usgbc.org/leed>
- [35] 株式会社 LIXIL HP: <https://www.lixil.co.jp/corporate/sustainability/eco/chiiki/>

- [36] 一般社団法人石膏ボード工業会 HP : <https://www.gypsumboard-a.or.jp/construct/consideration.html>)
- [37] 塩ビ工業・環境協会, 「樹脂窓の LCA」引き違い窓の重量 (素材別), アルミ窓複層ガラス)
- [38] 山口謙太郎, “建築材料の資源循環を可能にする要素非接着型構造 (凌震構造) の特性把握と設計体系の整備”, 1994

謝辞

本論を進めるにあたり、様々な方々にご協力を賜りました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

清家剛教授には卒業論文の配属から3年間、多大なるご指導を賜りました。特に、提案頂いた地道な現場調査や実地調査は、この修士論文になくはない軸となりました。また、先生には様々な分野の委員会や、日本全国のヒアリング調査・現地調査へ参加する機会をいただき、貴重な経験を沢山積むことができました。自分が関わっている分野の本質的な実態を知ることができ、本研究の内容を深められたことに加え、今後、街や建築物・また材料や各種製品のライフサイクル・サプライチェーンにおける環境負荷削減に取り組んでいきたいと心から思うようになりました。

これからも自分で現場に足を運び、実態を知り、本当に必要とされる解決策を提案していくことを大切にしていきたいと思います。心より感謝いたします。

武蔵野大学の磯部孝行講師には、極度にご多忙の中、幾度の実地調査を調整いただきご同行いただいただけでなく、お会いするたびに研究内容に関する適格なアドバイスを沢山いただきました。磯部先生のご協力があったからこそ論文を書き上げることができました。さらに先生には、リサイクルやLCAといった分野に関して様々なことを教えていただき、研究前とは比べ物にならないほどこれらの分野を知ることができました。先生のこれからのご活躍を心より願っております。重ねて感謝申し上げます。

副指導いただいた小崎美希准教授には、少ない指導時間の中で、研究内での計算方法や考え方、調査で明らかとなった課題に対する具体的な方策など、研究において重要な箇所に関して適切に指摘いただき、本論を深めることができました。3年間、KKを通して様々な助言を頂きました。感謝申し上げます。

企業の方々には、急にご連絡を差し上げたにもかかわらず、快く調査に応じていただきました。皆さまのご協力があり、実態に基づいた研究を進めることができました。また、日本資源技術株式会社代表取締役の宮本政博氏には、数度参加した実験調査にて、中間処理場や、建材のリサイクルシステムに関する知見を深める機会を頂きました。ここで培った知見や考え方は、本論にも生かすことができました。本当にありがとうございました。また、住友不動産株式会社企画本部の池大樹氏には、約1年半の間度々の調査のお願いを快く受け入れていただき、各方面に対し調整いただいた上に何度も同行いただきました。心より感謝いたします。

謝辞

研究室の皆様には、調査にあたって様々なお手伝いをいただきました。中でも、八木尚太郎さんには研究テーマ設定時から、発表時のプレゼンテーションの内容に関してまで、沢山ご助言を頂きました。熊野圭吾さん、劉倩君さんには本文の図表やイラストの作成にご協力いただきました。特に、熊野さんには北海道調査、改修工事現場の調査や、その後の諸々の共同研究において一緒にいる機会が多く、沢山協力していただきました。とても助かりました。

最後に、学生生活を支えてくれた家族に感謝の意を表して、締めくくりにしたいと思います。

2023 年 1 月 20 日

自宅にて

松井大岳

資料

ヒアリングシートおよび工事調査シートを掲載する。

ヒアリングシート

〇/〇(〇) @〇〇〇〇〇

〇〇様 ヒアリングについて

東京大学新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻
清家研究室修士2年 松井大岳研究概要

近年の建設産業では、人口減少・空き家数の増加などを踏まえ、改修やリノベーションにより既存建物を有効利用する取り組みが注目されています。同時に“環境負荷削減”が重視され、建築物の材料調達・生産から解体・廃棄までに係る環境負荷の定量的な評価「LCA＝ライフサイクルアセスメント」が進められてきました。改修工事に着目すると、建物の一部を再活用することから資源消費量や廃棄物量削減が期待されていますが、その効果を具体的に評価した例が少ない状況です。そこで昨年度より、木造戸建て住宅の改修工事に関する環境影響評価に取り組んでいます。また、当評価では工事で発生した廃棄建材の処理工程まで詳細に把握することを目指していることから、比較的多量に発生する建材（主に木材や石膏ボードなど）を中心に、回収・処理の方法や課題に関して中間処理業者やメーカーにヒアリング調査も並行して実施しています。

以上を踏まえ本日は、当改修工事で発生した建材のはじめの回収先である積替え保管場の機能、場内での取り組みや積替え後の運搬先に関して伺いたく考えております。将来的な資源消費量・廃棄物量削減のためには建材を適切にリサイクルしていくことが重要だと考えており、本調査を通して改修工事で発生する廃棄建材の再資源化の可能性や効果を明らかにし、建材リサイクルの重要性を提唱したく考えています。

以下、冒頭部分は省略

住宅製造業（HA 社）・産業廃棄物中間処理業（WA 社）

質問項目

以下、貴社の行う建材リサイクルについて伺います。特に改修工事・解体工事で排出される建材（木材・石膏ボード・金属系建材・プラスチック系建材など）を中心に、再資源化の現状と課題についてご教示いただけましたら幸いです。

1. 再資源化の仕組み（回収→再資源化→出荷・処分）について伺います。

（ア）使用済み建材の主な調達先とその回収量の全体に占める割合について

（構造：（例）木造	種別：（例）戸建て住宅	割合	（%）
（構造：	種別：	割合	（%）
（構造：	種別：	割合	（%）

（イ）取り扱う使用済み建材の回収量・再資源化後の出荷量について

（建材：（例）木材	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年

（ウ）受け入れる建材の状態・基準について

- ☐ 各建材の受け入れ時の状態（付着物・痛みなど）を教えてください。
- ☐ 建材の受け入れ基準はありますか。
- ☐ 上記のような建材を適切に回収するための取り組みはありますか。

（エ）場内で行われる再資源化の方法について

- ☐ 処理（異物の手選別・破碎・粉碎・洗浄など）はどの程度行いますか。
- ☐ どのようなフローで処理を行っていますか。

（オ）再資源化された建材の出荷先と用途について

（建材：（例）木材	出荷先：（例）中間処理業者	用途：（例）発電用材料
（建材：	出荷先：	用途：（ ）
（建材：	出荷先：	用途：（ ）
（建材：	出荷先：	用途：（ ）

2. 貴社が行うリサイクルにおける課題について伺います。

（ア）技術的な課題はありますか。

（イ）廃材回収の仕組みが抱える課題はありますか。

（ウ）制度による課題はありますか。

（エ）その他（資金面・社会問題に関連する事柄など）課題はありますか。

3. その他

(ア) 貴社がリサイクルに取り組むこととなったきっかけはありますか。

(イ) 取り組みを広げていくためにはどのようなことが必要でしょうか。

(ウ) 今後の展望がありましたら教えてください。

産業廃棄物中間処理業（WB 社）

質問項目

以下の通り、貴社の行う石膏ボードの再資源化について伺いたく考えております。特に改修工事・解体工事で排出されるものを中心に、再資源化の現状と課題についてご教示いただけましたら幸いです。

1. 再資源化の仕組み（回収→再資源化→出荷・処分）について伺います。

（ア）使用済み建材の主な調達先とその回収量の全体に占める割合について

（構造： 木造 | 種別： 戸建て住宅 | 割合 %）

（構造： | 種別： | 割合 %）

（構造： | 種別： | 割合 %）

（イ）石膏ボードの回収量・再資源化後の出荷量について

（建材： 石膏ボード | 回収量： t/年 | 出荷量： t/年）

（ウ）受け入れる建材の状態・基準について

☐ 各建材の受け入れ時の状態（付着物・痛みなど）を教えてください。

☐ 建材の受け入れ基準はありますか。

☐ 上記のような建材を適切に回収するための取り組みはありますか。

（エ）場内で行われる再資源化の方法について

☐ 処理（異物の手選別・破碎・粉碎・洗浄など）はどの程度行いますか。

☐ どのようなフローで処理を行っていますか。

（オ）再資源化された建材の出荷先と用途について

（建材： 石膏ボード | 出荷先①： | 用途： %）

| 出荷先②： | 用途： %）

| 出荷先③： | 用途： %）

2. 貴社が行うリサイクルにおける課題について伺います。

（ア）技術的な課題はありますか。

（イ）廃材回収の仕組みが抱える課題はありますか。

（ウ）制度による課題はありますか。

（エ）その他（資金面・社会問題に関連する事柄など）課題はありますか。

3. その他

（ア）貴社がリサイクルに取り組むこととなったきっかけはありますか。

（イ）取り組みを広げていくためにはどのようなことが必要でしょうか。

（ウ）今後の展望がありましたら教えてください。

産業廃棄物収集運搬業（WC 社・WD 社）

質問項目

以下、貴社の行う産業廃棄物収集運搬・中間処理について伺います。特に改修工事で排出される建材（木材・石膏ボード・サッシ・断熱材など）を中心に、積替え保管の状況についてご教示いただけましたら幸いです。

1. 貴社の取り組みの概要について伺います。

（ア）使用済み建材の主な回収先とその回収量の全体に占める割合について

（構造：（例）木造	種別：（例）戸建て住宅	割合	％
（構造：	種別：	割合	％
（構造：	種別：	割合	％
（構造：	種別：	割合	％
（構造：	種別：	割合	％

（イ）取り扱う使用済み建材の回収量・出荷量について

（建材：木材	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：石膏ボード	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年
（建材：	回収量：	t/年	出荷量：	t/年

（ウ）受け入れる建材の状態・基準について

- ☐ 各建材の受け入れ時の状態（付着物・痛みなど）を教えてください。
- ☐ 建材の受け入れ基準はありますか。
- ☐ 上記のような建材を適切に回収するための取り組みはありますか。

（エ）場内での作業について

- ☐ どのようなフローで回収・分別・処理を行っていますか。

（オ）回収した建材の出荷先と用途について

（建材：木材	出荷先：中間処理業者	用途	％
（建材：石膏ボード	出荷先：	用途	％
（建材：	出荷先：	用途	％
（建材：	出荷先：	用途	％

資料

(建材 :	出荷先 :	用途	%)
(建材 :	出荷先 :	用途	%)

2. 貴社が行う積替え保管における課題について伺います。

(ア) 廃材回収の仕組みが抱える課題はありますか。

(イ) 制度による課題はありますか。

(ウ) その他（資金面・社会問題に関連する事柄など）課題はありますか。

3. その他

(ア) 回収した建材のリサイクルを推進するために重要な点などありましたら教えてください。

(イ) 今後の展望がありましたら教えてください。

 工事調査シート（解体前）

令和 3 年 月 日

対象〇 【〇〇 〇〇邸（工期：〇/〇~〇/〇）】

● 事前確認

- 現場統括者 : _____ 様
- スケジュール : _____ 時～ _____ 時（ _____ 時…同伴者有り）
- 各種資料調達 :
☐ 工事の概要 ☐ 下請け表 ☐ 工程表 ☐ 配置図 ☐ 図面
☐ 日報 ☐ 出面 （☐ マニフェスト）

工事概要・工程

- 撮影許可 : 有 ・ 無
- スペース確認 : カメラ設置場所・廃棄物重量計測場所を図面に記入
- 動線確認 : 危険な箇所・作業動線等を図面に記入
- 協力頂ける方の有無
- ヒアリング（主に調査シートの内容について）
 - ・ 廃棄物の処理状況（現場での回収頻度・廃棄方法、再資源化有無・可否・意志、処理施設等、現状及び把握出来ている点を確認）

資料

ヒアリング

- その他確認

注意事項など

- 調査

目的①：解体前の建物状態の把握（使用建材の種類・量、等）

手法　：主に写真撮影

目的②：解体中の廃棄物計量の確認・計画

手法　：ヒアリングと写真撮影

工事調査シート（別紙）

改修工事中に発生する、主要な資材の詳細情報を記録するためのシートである。今回、廃棄物の重量は記録していない。

別紙

資材名（材質）	詳細
外壁(材質：)	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
屋根(材質：)	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
角材（木）	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
床材（材質： ）	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）

資料

屋内扉（材質： ）	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：（ ） 再資源化後用途： （ ） 備考（再資源化への課題点など）
サッシ（材質：障子部分ガラス含む）	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：（ ） 再資源化後用途： （ ） 備考（再資源化への課題点など）
扉（材質：金属製）	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：（ ） 再資源化後用途： （ ） 備考（再資源化への課題点など）
石膏ボード	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：（ ） 再資源化後用途： （ ） 備考（再資源化への課題点など）
床材(カーペット)	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：（ ） 再資源化後用途： （ ） 備考（再資源化への課題点など）

畳(下地,厚紙)	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
ユニットバス	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
トイレ+洗面台	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
配線	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
その他配管	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）

資料

PVC パイプ	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
その他プラスチック	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）
その他金属類	重量： kg
	処理の状況： 再資源化・最終処分 再資源化可否： 可 ・ 否 処理施設：() 再資源化後用途： () 備考（再資源化への課題点など）