

東京大学大学院新領域創成科学研究科  
社会文化環境専攻

平成 1 8 年度  
修 士 論 文

他産業と関連して成立している  
建築資材の再資源化システムに関する研究

2007 年 1 月提出  
指導教員 清家 剛 助教授

56828 坂 本 優

# 目次

---

## 1 章 序章

1－1：研究の背景	--	2
1－2：研究の目的	--	4
1－3：本論の構成	--	6
1－4：既往研究	--	7
1－5：用語の定義	--	9

## 2 章 建築資材と他産業製品の再資源化パターンによる比較

2－1：本章の目的	--	11
2－2：再資源化パターンの定義	--	12
2－3：他産業製品の分類	--	15
2－4：建築資材の分類	--	19
2－5：比較結果の考察	--	34
2－5－1：排出材の再資源化の阻害要因	--	35
2－5－2：再生資源受入の要因	--	37
2－6：本章のまとめ	--	38

## 3 章 建築資材と他製品の資源循環指標の比較

3－1：本章の目的	--	40
3－2：資源循環指標の定義	--	41
3－2－1：資源循環指標の意義	--	41
3－2－2：資源循環指標の考え方	--	42
3－2－3：製品の設計製造段階における考え方	--	43
3－2－4：回収再資源化段階における考え方	--	47
3－2－5：資源循環指標の活用と課題	--	50
3－3：素材系製品の資源循環指標の分類	--	51
3－3－1：自製品循環型	--	52
3－3－2：他用途再資源化型	--	54
3－3－3：再生資源利用型	--	56
3－4：本章のまとめ	--	57

## 4 章 建築資材の関わる再資源化の実態調査

4-1: 本章の目的	--	59
4-2: ガラス系建築資材	--	60
4-2-1 調査の狙い	--	60
4-2-2 各段階での再資源化の取組	--	62
4-2-3 ガラス系建材の関わる 再資源化フローの全容とその成立要因	--	79
4-3: 石膏ボード	--	82
4-3-1 調査の狙い	--	82
4-3-2 各段階での再資源化の取組	--	83
4-3-3 石膏ボードの関わる 再資源化フローの全容とその成立要因	--	90
4-4: 木質系建築資材	--	92
4-4-1 調査の狙い	--	92
4-4-2 各段階での再資源化の取組	--	94
4-4-2 木質建材の関わる 再資源化フローの全容とその成立要因	--	116

## 5 章 他産業と関わる再資源化フローの考察と指標の提案

5-1: 各建材の調査結果のまとめ	--	120
5-2: 調査結果からわかる他産業と関わる再資源化フローの特徴	--	121
5-3: 資源循環指標の枠組みの提案	--	125
5-4: 各建材への適応	--	127
・ガラス系建築資材	--	127
・石膏ボード	--	131
・木質系建築資材	--	134

## 6 章 終章

6-1: 総括	--	139
6-2: 今後の課題	--	140

## 資料編

ヒアリング調査結果		
ガラス系建築資材関連	--	142
石膏ボード関連	--	150
木質系建築資材関連	--	155
既往研究・参考文献	--	195
謝辞		

# 1 章 序章

1-1 : 研究の背景

1-2 : 研究の目的

1-3 : 本論の構成

1-4 : 既往研究

1-5 : 用語の定義

## 1-1 : 研究の背景

### 1) リサイクルの必要性

製品のリサイクルは、環境に良いと言われている。

何気なくリサイクル製品を手にとってみると、「環境に良い事をした」と感じる様な雰囲気がある。しかしそもそも、何で製品のリサイクルは環境に良いのだろうか。

よく環境問題として取り上げられるテーマには、地球温暖化、天然資源の枯渇、廃棄物問題といった内容が掲げられる。地球温暖化は、生産活動の増大に伴う発生 CO2 量の増大によって引き起こされているのは周知の事実であり、その抑制のために京都議定書など、各国で CO2 削減のための枠組みが制定されてきている。また、天然資源の枯渇は、森林の減少や、河砂利の枯渇による水質低下などの自然破壊の問題や、石油資源の枯渇による、社会のインフラが根底から揺るがされる危険を孕んだ資源制約の問題である。

廃棄物問題に関しては、処理量の増大による最終処分場の逼迫の環境制約の問題と有害物質の適正処理といった問題が存在する。

これら種々の環境問題に対して 3R（リデュース、リユース、リサイクル：以下に定義を示す。）の取組は、廃棄物量を低減し（廃棄物問題）、天然原料の使用を抑え（天然資源の枯渇問題）、生産活動の増大に歯止めをかける（地球温暖化問題）点において、意味をなしているとわかる。

その中でもリデュース、リユースに関しては、生産段階のエネルギー消費を減らすため、環境に対しては疑問の余地無く良い取組である。ここで注意したいのは、リサイクルについてである。リサイクルの取組が、廃棄物量を減らし、天然資源の投入量も減らす事は確実に言える。ただし、その取組がエネルギー消費を減らし、地球温暖化の防止に役立っているかどうかは、リサイクル処理に要するエネルギーがどれほど大きいかに関しての知見が必要となるため、一概に環境に良いかどうかはわからない。つまり、地球温暖化に対して良い影響があるかはわからない事を確認して、リサイクルは少なくとも天然資源の利用抑制と、廃棄物量の削減に対しては効果があり、そのために必要であると確認しておく。

Reduce（リデュース：廃棄物の発生抑制）

省資源化や長寿命化といった取組を通じて製品の製造、流通、使用などに係る資源利用効率を高め、廃棄物とならざるを得ない形での資源の利用を極力少なくする。

Reuse（リユース：再使用）

一旦使用された製品を回収し、必要に応じて適切な処置を施しつつ製品として再使用を図る。または、再使用可能な部品の利用を図る。

Recycle（リサイクル：再資源化）

一旦使用された製品や製品の製造に伴い発生した副産物を回収し、原材料としての利用（マテリアルリサイクル）または焼却熱のエネルギーとしての利用（サーマルリサイクル）を図る。

（出所：経済産業省 hp [http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r\\_policy/policy/outline.html](http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/3r_policy/policy/outline.html)）

## 2) 建築分野のリサイクル

リサイクルの取組が、建築分野において進んでいないと言われているが本当なのだろうか。これに関して様々な文献で建築という分野のリサイクルの状況について調べてみると、大体二つの内容に分かれることが分かった。

一つ目は、建築産業自体に再資源化を行う難しさが内在しているという論調である。以下に引用を示す。

「建設廃棄物全体の再資源化率は85%と順調に伸びているが、建築工事に伴う廃棄物のリサイクルは進んでいるとはいえない。公共工事が主である土木工事では、公共工事発注者が先導的な役割を果たすことが出来るが、民間工事を主とする建築工事では、再資源化に要するコストについて理解が得にくい事、また廃棄物の種類が多様かつ少量ずつ散在的に排出されることなど、建築系建設廃棄物の分別・リサイクル推進には解決すべき問題が山積している。」

(建築生産 松村秀一 編著 市ヶ谷出版社 2004)

- 「 (a) 発生側 発生時期と量：建設現場毎の工程により非定常で、量も膨大である  
発生場所： 有期の現場であり発生場所が一定ではない  
建設工種の違い：土木、建築、解体等工種の違いにより種類も多様である。  
発生形態と質： 分別状態ではなく混合型も多く均質でない  
(b) 利用側 需給バランス： 必要な再資源化材料がタイミングよく供給されない  
コストの問題： 地域によっては天然資源よりもコスト高となる  
品質リスク： 均質な天然資源に比べ品質が劣る 」

(循環資源材料学 有岡正樹 編著 山海堂 2004)

もう一つは、建築産業が、他の産業と関わる再資源化を行わなくてはならないため、リサイクルがうまくいっていないという論旨である。ここでも引用を以下に示す。

「多種多様な材料・部材・部品をアッセンブルした結果である建築物では、単一の産業による発生抑制・再資源化に限界があり、他産業との連携による取組みが不可欠である。」

(建築生産 松村秀一 編著 市ヶ谷出版社 2004)

「建築物は、様々な産業で作られた材料を組み合わせられて生産される。従って、建築物を作り、使い、廃棄するという一連の建築生産活動の範囲に、材料利用の循環サイクルが完結するのはまれで、むしろ循環モデルの範囲は、建築生産活動の範囲を超えるのが一般的である。」

(リサイクルの百科事典 安井至 編集委員長 丸善 2002)

いずれにしても「建築」という製品の特性によって建築資材の再資源化が難しくなっているということに変わりないが、二つ目のタイプの引用に示したように、他産業と関わって再資源化が行われる事は、他の産業の製品と同じように、自製品への循環を求めるのでは解決しない特徴なのではないだろうか。

## 3) 「建築」という製品の効率的なリサイクルとは

「建築」という特徴的な製品を構成している建築資材を、他の製品と同じ様な基準の「リサイクル」のものさしで測って、同じ様に「リサイクル率」を上げる事が、建築資材に対して果たして効率的な、リサイクル方法となるのか疑問に思っている私の気持ちが、本研究の根本的な背景である。建築資材の係る再資源化の特徴を考察して、もっと違う評価や、目標の設定の仕方ができるのではないだろうか。

## 1-2：研究の目的

大目的は、建築資材のリサイクルを完全に行う事である。産業廃棄物として、建築資材が捨てられる量をなくす事だけでは完全ではない。なぜなら、再利用用途先で製品がすぐに捨てられてしまったり、その再利用先の製品がリサイクル不可能であったり、建築資材由来の再生資源よりもより有効なリサイクル資源がある場合等は、廃棄物量の削減では評価できない。（この場合の「有効な」というのは、処理エネルギー的に有効かどうかではなく、再資源化先が一つしかない再生資源を押しつけて、建築資材由来の再生資源には他用途での活用方法があるのに再生資源として使用されている場合などのことを言う。）

結局は、自製品へ100%リサイクル原料化する事が、大目的の完全なリサイクルの意味する所である。これを目指すべく、世の中の製品製造業はリサイクルに励んでいる。

しかし、背景に示した様に「建築」という製品の性質上、排出材の自製品への再原料化は、非常に難しく、どうしてもリサイクル後の材料の品質が落ちる状況にある。また、逆に他産業と連携して廃棄物を原料として利用しているという環境への貢献のあり方は、他製品には無い特徴である。

そうすると、建築資材のリサイクルは、既存の他製品で推進されている自製品内でのリサイクルだけではなく、原料を受け入れる段階から考慮に入れる必要がある。つまり今までの対象製品を取り巻く直接製品とつながりのある再資源化だけに注目するのではなく、建築資材の主原料となる素材が、自然から採取されてきた段階から、埋立てられたり形を失ったりして利用不可能な状態に至るまでの、マテリアルフローの中でどれだけ環境に貢献できているかを評価する事が、建築資材に対する正当な環境影響評価ではないかと考えている。（図1-2-1）

本論では、背景に引用として取り上げた、「建築産業自体に再資源化の難しさが内在している」事と、「他産業と関わる再資源化を行う」事を、他産業の製品と比較を行いながら確認し、その成立の背景について考察を行う。そして、具体例として石膏ボード、ガラス、木を取り上げて、他産業と関わる再資源化フローの中でどのような役割を果たしているのか、また、それをどう評価すれば良いかを検討し、今後の建築資材の関わる再資源化に対する見方を変えるための、考え方の枠組みを提案する事を目的とする。

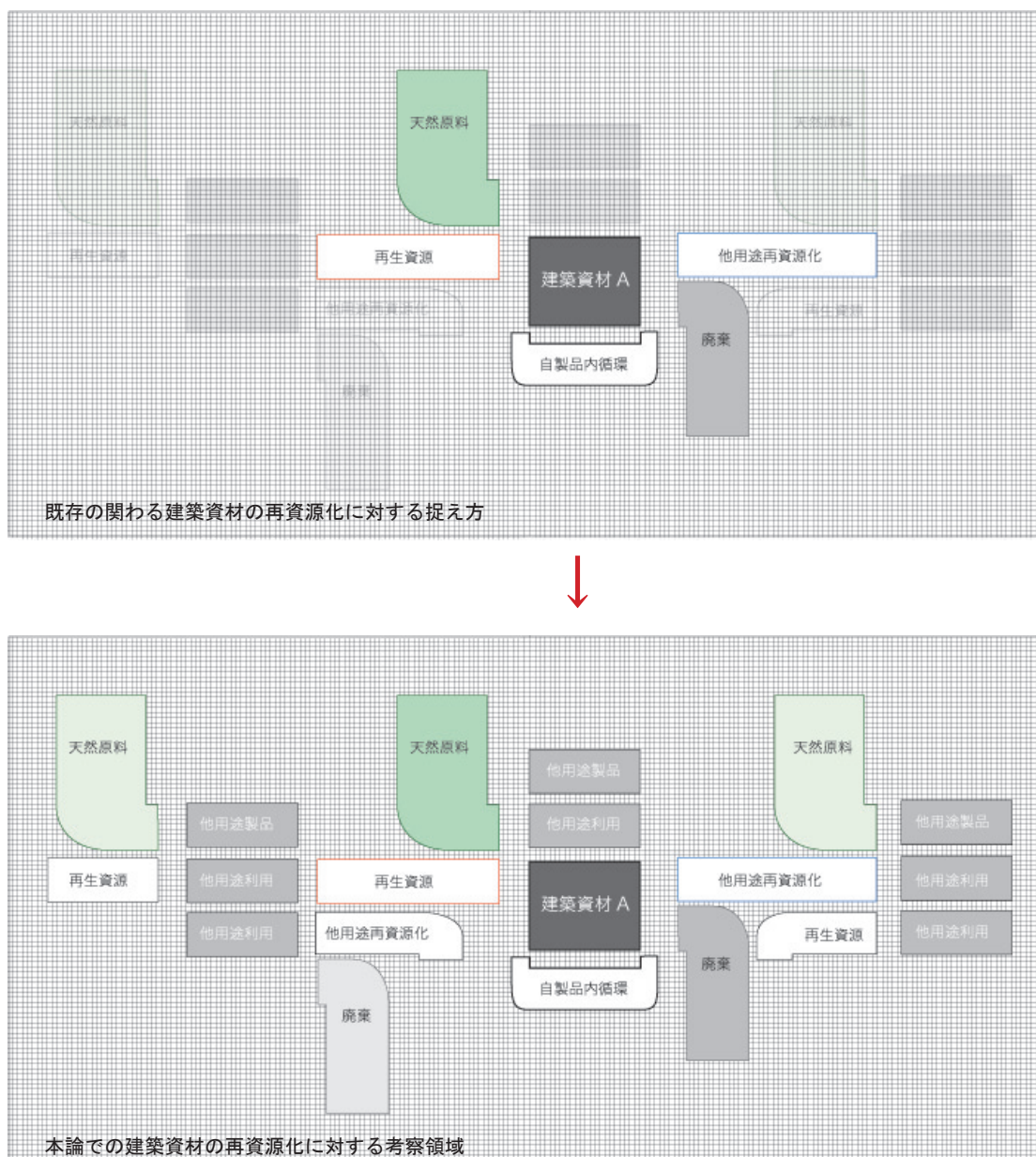
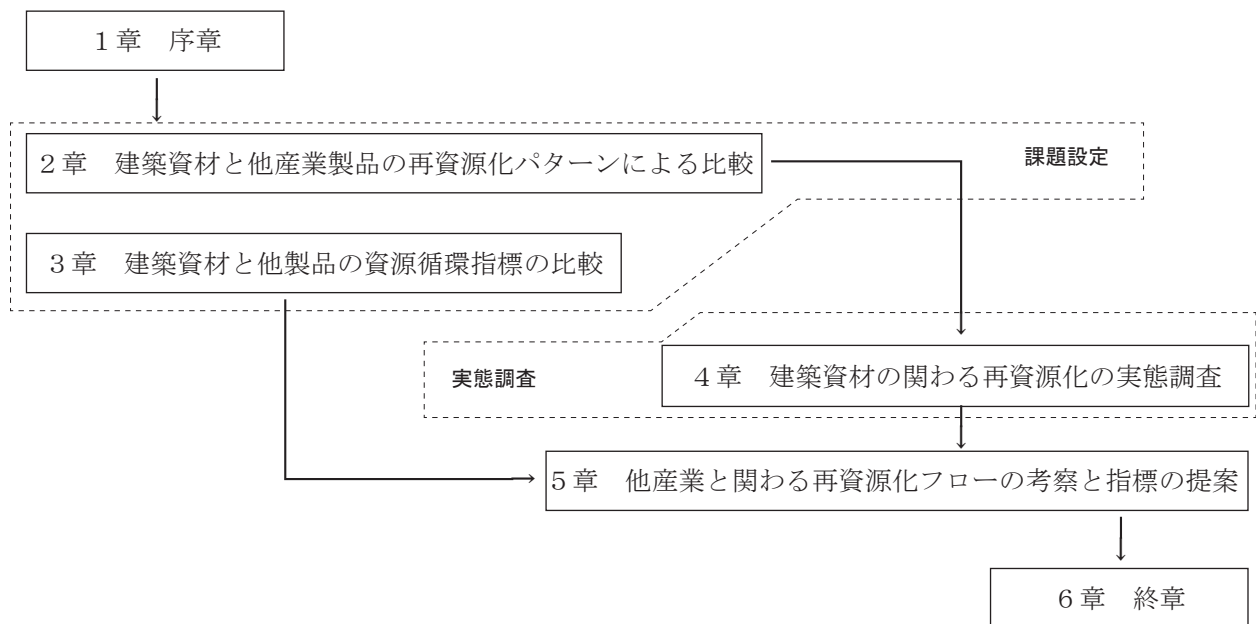


図 1-2-1 : 本論における建築資材の考察領域模式図

前頁で述べたように、本論では調査対象とした建築資材の再資源化に関して、その特徴に即して製品の係っているマテリアルフローの中で、どのような役割を演じているかについて考察を行う。そのため、調査領域は建築領域だけではなく、他産業にまで広がっている。

## 1-3：本論の構成



本論は6章から構成されており、ここでは各章の概要について説明を行う。

1章では、本研究に取り掛かった背景と、本研究で明らかにしたい内容としての目的を示し、参考とした既往研究の概要と、用語の定義を行う。

2章と3章は、本論の課題設定のための章である。

2章では、建築資材の係る再資源化の状況が、他産業製品と比較してどのような特徴を持っているのか考察する。ここでは比較の軸として、製品の原料側、排出側、自製品への循環の3つの側面での再資源化の取り組みの有無をもとに定義した「再資源化パターン」という分類軸を設定して、文献調査から抽出した、他産業製品と建築資材を一律に分類している。研究の背景では、文献からの引用として、建築分野でのリサイクルの遅れなどを述べたが、ここでは実際に比較を行うことで、建築資材というまとまりでの特徴を考察している。

3章では、2章での分類に加えて、各製品の再資源化の状況をどのような指標で表現しているのかについて整理を行っている。本章では特に2章で再資源化パターンから示した建築資材の特徴はどのように評価へ反映されているのかについて考察している。

4章では、2章の考察から建築資材の係る再資源化の仕組みの特徴である、「他産業と関わり合いを持って成立している再資源化システム」を利用しているガラス系建築資材（板ガラス、グラスウール）、石膏ボード、木質系建築資材について取り上げて調査を行った。調査は、ヒアリング調査と、実地見学による調査を行い、各建材の再資源化フローの全体像の把握に努めた。

5章は、4章の調査結果から、他産業と関わる再資源化フローの特徴と背景をまとめ、3章で課題として挙げられた建築資材としての資源循環指標の設定について枠組みの提案を行う。

最後に6章では、本論の総括と今後の課題について記述する。

---

## 1-4 : 既往研究

ここでは、既往研究を調査した視点を示し、該当した主な既往研究のレビューを行う。

まず、その前に、本研究を始めるきっかけが、昨年の修士論文発表会において、既往研究①の発表に対して、「他産業とのかかわりはどうなっているのか」という質問がなされた事であったため、①のレビューを行う。

既往研究調査の視点は二点あり、一つ目は「建築資材の再資源化を出来る限り広い視点で捉えて考察を行っている研究」(②、③が該当)という条件である。従来の建築資材の再資源化に関する研究は、技術論であったり、システムの話でも回収システムや排出材の再資源化に限られるものが多い。そのため、②の様に建材のライフサイクルで、再資源化を捉えている研究は貴重であった。

もう一つの視点は、「再資源化を指標として評価する研究」(③、④が該当)である。④は、指標の利用され方の基本となるような報告書であり、本論でも3章において大きく引用させていただいた。③に関しては、木質建材を、木質資源のマテリアルフローから評価する点において、本論と目的が似ており、指標の設定方法などの面で、非常に参考になった。以下に各研究のレビューを示す。

### ① 「資源循環システムの成立要因に着目した建築解体廃棄物の再資源化の実態に関する研究」

東城 結也

出展 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修士論文、2005

建築資材排出材の再資源化を資材製造段階・施工段階・解体段階の各段階に分けて調査事例の整理を行い、その成立背景を明らかにして解体材の再資源化につなげるための考察を行っている。

この論文では、秋田県における秋田杉を中心とした木質建材調査、三重県での瓦(三州瓦)、沖縄県での木質建材瓦(竹富島での赤瓦、古材利用)など地域内での循環に視点を絞って、製造から再資源化にわたる一連の流れと、その変遷の調査を行い、各段階の再資源化の仕組みを支える背景を明らかにしている。

この論文の発表の際に、他の産業との連携の部分についての指摘がなされたことが、本論文を書き始めるきっかけとなった。

## ② 「製品ライフサイクルに着目した戸建住宅用仕上げ材の再利用に関する調査研究」

高橋 正樹

出展 東京都立大学大学院工学系研究科建築学専攻修士論文、2001

建設廃棄物において、コンクリート塊などの建設リサイクル法により規定を受けた品目は、リサイクル率が90%を超えているが、仕上げ材に関しては機能の向上と引き換えに、解体段階での分別の困難さを招いている。そのため、この論文では、文献調査から使用頻度の高い仕上げ材料を選定し、各仕上げ材に関して各工業団体やメーカーにヒアリング調査を行っている。調査結果から、排出材の再利用促進のために、阻害要因の考察、今後回収可能な潜在量の算出、ライフサイクルから見た阻害要因除去の妥当性を検討しているが、本論においては、仕上げ材の排出パターンを7種類に分類しており、自製品への還元を行うパターンが最も該当品目の多い点を参考にした。

## ③ 「日本における伐採木材のマテリアルフロー・炭素フローデータブック」

高橋 正樹、森口 祐一

出展 地球環境センター、2004

大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済構造を持続可能なものへと転換していくための出発点を、さまざまな資源がどのように利用されているのかを包括的、体系的に記述することとし、この文献では木材を対象として、経済内のマテリアルフローを推計し、投入産出表の形で記述、経年的に取りまとめている。また、近年炭素の貯蔵庫としての木材にも関心が寄せられていることから、炭素フローも同時に取りまとめている。

本論では、マテリアルフローの変遷を把握するために、この論文の中で自主的に設定している物質循環指標を参考にした。この物質循環指標は、従来の再資源化率よりもより詳細な指標として状況を把握するために設定されている

## ④ 「資源循環指標策定ガイドライン」

資源循環指標調査検討委員会

出展 資源循環指標調査検討委員会 報告書、2002

この報告書では「リサイクル率」等の指標について、適正な評価ができるよう可能な限り共通化・類型化を図るべく考え方の整理を行っている。まずリサイクル率などの3Rの取組を評価する指標を「資源循環指標」と定義している点において、本研究では引用している。また、この報告書では、一般的な指標の設定方法や、その背景にある要因を考察している。3章での、各製品の資源循環指標の整理においては、引用している例も多い。しかし、本論の5章のように、個々の製品の特徴に合わせた指標設定を行う事は、解説されていない。

## 1-5：用語の定義

ここでは、本論における特徴的な用語の定義を行う。まず本論では建築資材と他産業製品という書き方をしているので、建築／他産業に関する定義と、資材／製品に関わる定義を行う。

### ・ 建築産業

建築資材を用いて使用・解体することに加えて、建築資材を製造することも含める。

### ・ 建築資材

建築物の製造に使用される製品である。本論では、コンクリート・鉄・木・ガラス・プラスチック窯業系建材を選定している。これらの資材は、世界的に見て住宅の主要な製品であると共に、いずれも各産業の中で建築産業への供給が大きな割合を占めるために選定している。

### ・ 他産業

建築産業以外の産業を指す。

### ・ 製品

製品は、大きく分けて組立系製品と、素材系製品に分類できる。

### ・ 素材系製品と組立系製品

資源エネルギー庁のエネルギー白書（2006年版）での分類によると、「素材系産業」は、紙パルプ、化学、窯業、土石、鉄鋼、非鉄金属などの製品産業とされ、そのほかに「金属機械産業」として、金属製品、機械、「その他」として、食品、繊維、石油・石炭製品、その他製造業などが挙げられている。ここでは、「素材系産業」における製品を「素材系製品」とし、素材系製品によって構成される製品を「組立系製品」とする。そのため「組立系製品」の例を挙げれば、自動車や家電製品などの、エネルギー白書では「金属機械」に分類される製品も含み、住宅などの「その他」の分類も含むこととする。

また、これらに対して製品の再資源化に関する考察を行うため、本論で使用する「再資源化」に係る用語の定義を示す。

### ・ 再資源化

埋め立てを除き、何らかの用途で製品またはサービスシステムからのあらゆる発生物を、再利できる状態にすること。発生物を加工、処理するかは問わない。

### ・ 再生資源

本論では、再資源化を経て再び使用される製品原料を言う。同一製品での再原料化には限らない。

### ・ 再資源化フロー

再資源化により、発生物を再生資源化することで、様々な種類の製品間に生じる再資源化の連なりのこと。

以上を本論における主な用語の定義とする。

## 2 章 建築資材と他産業製品の 再資源化パターンによる比較

2-1 : 本章の目的

2-2 : 再資源化パターンの定義

2-3 : 他産業製品の分類

2-4 : 建築資材の分類

2-5 : 比較結果の考察

2-5-1 : 排出材の再資源化の阻害要因

2-5-2 : 再生資源の受け入れの要因

2-6 : 本章のまとめ

## 2-1 : 本章の目的

本章では、世の中にある様々な製品との比較の中で、建築資材の関わる再資源化方法の位置づけ、特徴、背景について考察することを目的としている。用語の定義に示したように、製品は「組立系製品」と「素材系製品」の2つに分類でき、ここは「素材系製品」を対象として考える。製品の再資源化に関する既存の整理方法は、各製品産業毎に分けて考えられており、製品毎に算出されたリサイクル率などで比較検討する事はあるが、横並びで分類を行う事は無い。ここでは全ての素材系製品の関わる再資源化を、排出した材が再び自製品の原料となる自製品内での循環を中心に、原料側と排出側での取組も同時に考慮して一律に分類している。

この分類から、具体的に製品を当てはめて、他産業製品との比較により建築資材の関わる再資源化の特徴を考察する。ここで考察する内容は、1章の背景にも示したようになるべく「建築」という枠組みであるからこそ考えられる内容を取り上げている。

## 2-2：再資源化パターンの定義

再資源化パターンの整理を行う前に、用語の定義の繰り返しにはなるが、再び対象とする製品に関して整理を行う。一般的な製品は、「素材系製品」と「組立系製品」との二つに分類できる。

資源エネルギー庁のエネルギー白書（2006年版）での分類によると、「素材系産業」は、紙パルプ、化学、窯業、土石、鉄鋼、非鉄金属などの製品産業とされ、そのほかに「金属機械産業」として、金属製品、機械、「その他」として、食品、繊維、石油・石炭製品、その他製造業などが挙げられている。

ここでは、「素材系産業」における製品を「素材系製品」とし、素材系製品によって構成される製品を「組立系製品」とする。そのため「組立系製品」の例を挙げれば、自動車や家電製品などの、エネルギー白書では「金属機械」に分類される製品も含み、住宅などの「その他」の分類も含むこととする。

本論においては、組立系製品は取り扱わず、素材系製品に限定して分類を行う。その理由としては、建築資材は、すべて素材系製品といえるためである。（組立系製品を取り扱うならば、住宅のリサイクルと、テレビのリサイクルを比較することである。本論では住宅を構成する資材（例：窓用板ガラス）と、テレビを構成する資材（例：ブラウン管ガラス）との比較分類を検討しようとしているといえる。）

製品のライフサイクルにおいて関わる再資源化の事項としては、「再生資源の利用」（原料側の再資源化）と、「排出材の再資源化」（排出側の再資源化）の二つが大きく分けて考えられる。

○「再生資源の利用」は、もう少し細かく言えば、

- ・他用途製品由来の排出材を再資源化した再生原料
- ・自製品排出材の再資源化による再生資源

の2種類が考えられる。本来であれば、他用途由来、自製品由来ともにリユースかリサイクルか等でも分類するべきかもしれないが、ここではヴァージン原料／他用途再生資源／自製品再生資源の割合で分類を行う。

○「排出材の再資源化」に関しては、

- ・他用途原料への再資源化
- ・自製品原料への再資源化

の2種類が考えられる。こちらも、リユース／リサイクル、さらにサーマル利用か等の、再資源化のレベルで分類する事も出来るが、ここでは、他用途再資源化／自製品再資源化／廃棄の軸で分類を考える。

上記に様に、材・製品の入口／出口側で分類を行うと「自製品の循環」において独立ではない事がわかる。そのため本論では、

「自製品内循環の成立度合」／「他用途再生資源の利用 - 天然資源利用」／「他用途再資源化 - 廃棄」という軸で分類を考えた。（図2-2-1）その一覧を次ページ表2-2-1に示す。

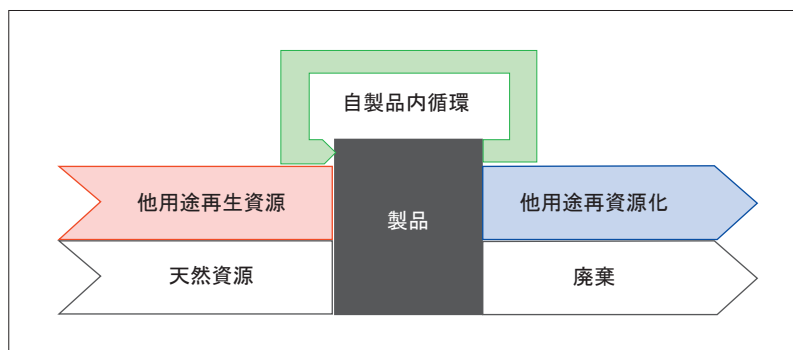


図2-2-1：再資源化パターンの分類軸概念図

表 2-2-1: 再資源化パターンの分類

パターン	自製品から 自製品	受入側		排出側		再資源化パターンの概要
		再生資源 利用	天然原料 利用	他用途 再資源化	廃棄	
1	◎	—	—	—	—	自製品内での循環が成立している。
2	○	○	—	○	—	自製品内での循環に加えて、他資材由来の再生資源を主原料とし、廃材は自製品と他用途への再資源化が中心である。
3		○	—	×	●	自製品内での循環に加えて他資材由来の再生資源を主原料とし、廃材は自製品への再資源化以外は主に廃棄されている
4		×	●	○	—	自製品内での循環に加えて、天然原料を主原料とし、廃材は自製品と他用途への再資源化が中心である。
5		×	●	×	●	自製品内での循環に加えて、天然原料を主原料とし、廃材は自製品への再資源化以外は、主に廃棄されている。
6	△	○	—	○	—	自製品内での循環が技術的には可能だが、現在は主に他資材由来の再生資源を主原料としており、廃材は他用途への再資源化が中心となっている。
7		○	—	×	●	自製品内での循環が技術的には可能だが、現在は主に他資材由来の再生資源を主原料としており、廃材は廃棄が中心となっている。
8		×	●	○	—	自製品内での循環が技術的には可能だが、現在は主に天然資源を主原料としており、廃材は他用途への再資源化が中心となっている。
9		×	●	×	●	自製品内での循環が技術的には可能だが、現在は主に天然資源を主原料としており、廃材は廃棄が中心となっている。
10	×	○	—	○	—	自製品内での循環が製品の性質上難しく、主に他資材由来の再生資源を主原料としており、廃材は他用途への再資源化が中心となっている。
11		○	—	×	●	自製品内での循環が製品の性質上難しく、主に他資材由来の再生資源を主原料としており、廃材は廃棄が中心となっている。
12		×	●	○	—	自製品内での循環が製品の性質上難しく、主に天然資源を主原料としており、廃材は他用途への再資源化が中心となっている。
13		×	●	×	●	自製品内での循環が製品の性質上難しく、主に天然資源を主原料としており、廃材は廃棄が中心となっている。

## 凡例

◎: 成立している。 ○: 取組が行われている。 ●: 仕方なく選択されている。 △: 技術的には可能だが、何らかの理由で選択されていない。 ×: 取組がほとんどない。 —: 多くはないが選択されている。

<補足>

前ページの表2-2-1は、定性的な先に述べたように述べた様にさらに細分化する事が出来る。そこでこの分類に関して補足事項を付け加える。

1. 自製品から自製品

◎：自製品の循環が成立している。

廃材がほぼ全量回収されて、自製品の再原料化されている。もしくは、製品原料のほぼ100%が、自製品再生資源で賄われているという状況をさす。

○：自製品内循環が一部成立している。

回収が十分に行われていないか、技術的に原料としてまだ活用余地がある状態。

△：自製品内循環が技術的には可能だが、ほとんど行われていない。

×：製品の性質上、技術的に困難である。

2. 原料受入側

他用途由来／天然原料

○／－：他用途製品由来の再生資源を（わずかでも）利用しているが、その補足分を天然原料で賄っている。

×／●：他用途製品由来の再生資源を利用していない。そのため、原料は天然原料と自製品由来再生資源である。もしくは、再生資源を利用しているかどうか判別できない場合はここに分類する。

（理想的には、△／●という分類が必要だが、文献からは他用途由来の再生資源の受入可能性までは考察できなかったために、ここでは省略している。）

3. 排出側

他用途再資源化／廃棄

○／－：他用途製品の再生資源への再資源化が（わずかでも）行われており、その余りが廃棄に回っている。他用途への再資源化は、リユース、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクルを区別しない。

×／●：他用途製品の再生原料への再資源化が行われておらず、自製品循環以外ほとんどすべてが廃棄に回っている。

## 2-3：他産業製品の分類

本項では、2-2で定義した再資源化パターンに対して、建築産業以外で使用されている素材系製品に関して分類し、その特徴を考察する。取り上げた製品は、「産業構造審議会 廃棄物処理・リサイクルガイドライン(品目別業種別編)」（経済産業省 2005）の中で取り上げられている各種製品の中から、素材系製品として、再資源化の状況の判断が付くものに関して取り上げている。

以下に、実際に分類を行った一覧表を示す。(表 2-3-1)

再資源化パターン	自	受入		排出		一般素材製品例
1	◎					鉄製品（自動車、スチール缶、家電など） 非鉄金属製品（アルミ缶、自動車部品など）
2	○	○	—	○	—	ガラスびん
3				×	●	紙
4		×	●	○	—	プラスチック（ペットボトル） プラスチック（発泡スチロール梱包材）
5				×	●	ブラウン管
6	△	○	—	○	—	
7				×	●	繊維製品（化学繊維製品）
8		×	●	○	—	プラスチック（自動車・家電、発泡スチロールトレイ）
9				×	●	
10	×	○	—	○	—	
11				×	●	
12		×	●	○	—	タイヤ
13				×	●	繊維製品（天然繊維製品）

表 2-3-1：他産業素材系製品の再資源化パターンによる分類

### ● 自製品循環の成立度合いを軸に考察

ここでは、自製品内循環の成立度合いを基準にして素材系製品の関わる再資源化について考察する。

再資源化パターン	自	受入		排出		一般素材製品例
1	◎					鉄製品（自動車、スチール缶、家電など） 非鉄金属製品（アルミ缶、自動車部品など）
2	○	○	—	○	—	ガラスびん
3				×	●	紙
4				○	—	プラスチック（ペットボトル） プラスチック（発泡スチロール梱包材）
5	△	×	●	×	●	ブラウン管
6				○	—	
7				×	●	繊維製品（化学繊維製品）
8	×	×	●	○	—	プラスチック（自動車・家電、発泡スチロールトレイ）
9				×	●	
10				○	—	
11	×	×	●	×	●	
12				○	—	タイヤ
13				×	●	繊維製品（天然繊維製品）

#### <自製品内循環が成立している素材系製品>

該当したのは、金属系製品である。この特徴は、廃材自体が製品として取引されていることにある。鉄スクラップに代表されるように、廃材から再製品化する工程が容易であり、廃材自体に製品原料としての価値があって値段がついた上で市場取引されている背景がある。そのため、製品としての回収システムが自然に成立している。最近では、製造業の中国移転が活発化し、主に中国の原料需要が増加しているため、中国との鉄・非鉄スクラップ取引は、益々需要が増加することが予想されている。

#### <自製品循環が一部成立している素材系製品>

該当したのは、ガラス製品（ガラスびん、ブラウン管）、紙製品とプラスチック製品である。これらの特徴は複数の回収ルートが整備されており、回収率が高い水準にあることがあげられる。ただし、自製品での完全な循環とならないのは、回収量が足りないか、技術的な再生資源利用の上限が低いかのいずれかの条件が存在するためである。

古紙回収率（2005）：68.5%、PET ボトル回収率（2004）：62.3%、発泡スチロール梱包材（2004）：69.3%  
ガラスびん（ワンウェイびん）回収率：75%

※1：出所はそれぞれ（財）古紙再生促進センター、（財）日本容器包装リサイクル推進協議会、  
発泡スチロール再資源化協会、ガラスびんリサイクル推進協議会のデータより算出、である

※2：発泡スチロール梱包材に関しては再資源化率である。

紙製品に関しては、回収した古紙を再生利用する先が、自製品内循環以外に存在しないため回収量はすべて再生紙への利用となる。残りの原料には、廃木材由来の木質チップなどからパルプを製造しており、原料側での再生資源利用がある。

プラスチック製品に関しては、自製品内での循環以外にも他用途プラスチックへの再生原料化が可能であったり、ケミカルリサイクルやサーマルリサイクルといった受け皿が存在する。そのため、回収された材の質や需給のバランスにより他用途利用が促されている。特に、高炉還元剤などへのケミカルリサイクル（フィードストックリサイクル）や、固形燃料化のサーマルリサイクル分野への利用が多い。また、これらの製品（特にPETボトル）に関しては、組成上の問題から他用途プラスチックを再生資源としては利用していない。

ガラス系製品に関して、まずガラスびんは、リターナブルびんの回収システムが存在する。また、カレットリサイクルは、カレットを利用することによるエネルギー効率の面での技術的なメリットがあり、加えて資源有効利用促進法による特定再利用業種への指定のもと、回収業者や再資源化業者に費用負担を行う仕組みが成立したことにより、再資源化システムが成立した。また、ブラウン管に関しては、ファンネルガラスに鉛を含んでいるため、その洗浄済みカレットを他のガラス製品に利用することができない。そのため、自製品内での循環が成立している。しかし、国内でのブラウン管製造量の減少に伴い必然的に余剰状態に陥ると予想できる。この余剰分を国外のブラウン管製造メーカーに譲渡できればよいのだが、廃棄物の越境移動を規制している国際条約「バーゼル条約」において「ブラウン管ガラスのくず」が越境移動の規制対象品目に掲げられていることから、「洗浄済みカレット」が含まれるかどうか課題となっている。

#### ＜自製品循環が成立していない素材系製品＞

これらの材の特徴は、あまり純粋な形で回収が行われていないことである。そのため、自製品内循環が行われず、ある程度の不純物も許容できるようリサイクル方法へと回ることになる。

自動車に使用されているプラスチックに関しては、バンパーのような大型の部品以外は、シュレッダーダスト（ASR）として処理されており、その再資源化先は主に熱回収である（サーマルリサイクル）。一方で、製品原料側の取り組みに関しては、記述が無く判断できなかった。

家電製品のプラスチックに関しては、さまざまな品質要求が存在しているため、一つの材料に対しても様々なグレードが存在している。（高強度グレード、高耐熱グレード、高流動グレード、低ガスグレードなど）プラスチックの特性は、各グレードによって異なるため、純粋な形で回収が困難であり、自製品内循環のみならずマテリアルリサイクルを阻害する大きな要因となっている。

発泡スチロールトレイに関しては、異物の混入や他種のプラスチックトレイの混入に加え、色や臭いの問題が大きく支配しているため、自製品内循環が困難である。

化学繊維製品は、製品原料にペットボトルの排出材を利用している例があり、冬物の衣服で重宝されるフリースは、ペットボトルの回収製品を再生資源として利用している。

### ＜自製品循環が不可能な素材系製品＞

自製品での循環が行えないが、効率的に製品を回収できれば、他用途での再利用が可能である。回収が困難であったり、他用途での利用が行えない場合は、再生資源の利用が図られている。

タイヤに関しては、回収はほぼ完全に行えるため再資源化先の質を高めることが課題となっている。現状ではケミカルリサイクルやサーマルリサイクルが中心となっており、今後は道路舗装材などのマテリアルリサイクルの拡大を課題としている。原料に関しては、製品の強度などの品質に対して厳しい基準があるために、再生ゴムなどの使用は行われていない。天然繊維製品は、古着などの形でのリユース以外に再資源化の手段がほとんど無く、効率的な回収も行われていない。

### ＜考察結果＞

以上のように、自製品循環を基準として考察を行うと、回収システム（その成立の背景には様々な要因がある）の有無に大きく左右されていることがわかる。つまり、回収段階の整備は、自製品内循環の実現に向けて整備されており、自製品の循環ではなく他用途への再資源化を第一の目的として、大量に回収を行っている例はないということである。

これは、まず自製品由来の最終処分量を削減するという業界団体の責任の背負い方が根底にある。また、自製品内循環が技術的に可能ならば、品質の問題は異物除去のみであり、最も手間がかからずコスト的に最も有利であることや、（製品の分類上での）異業種との係わり合いによる面倒な手続きや、輸送の問題が生じないという利点から自製品内循環成立のための回収システムを志向すると考えられる。加えてそのような目的で法規制をかけられて成立する場合も考えられる。

次に、原料側の再資源化、つまり再生資源の利用に関して記述が少なく、あまり積極的な取り組みが行われていない製品が多い事も読み取れる。逆に積極的な製品（紙と化学繊維製品）はいずれも、排出材の他用途への再資源化が行われていない事がわかる。

ここから考察できるのは、再資源化の取り組みの選択に関する優先順位である。つまり選択順位は

＜自製品循環＞→＜排出材の再資源化＞→＜原料での再生資源利用＞

という状況であることがわかる。

この背景にあるのは、再資源化を推進する根拠が、「環境的に良い事」ではなくて、「最終処分量の削減」であり、さらに言えば「自製品の最終処分量の削減」、「製品製造者が処理責任を有すること」にあるからではないだろうか。

自製品の再資源化を志向して、サーマルリサイクルに安易に利用される事よりも、他製品の受け皿として廃棄物を受け入れることが評価されないシステムは、正しいのか疑問に思う。廃材の出口、つまり再生資源としての受け入れ先を確保することが大切ではないかとも考えられる。

## 2-4 : 建築資材の分類

本項では、各建築資材（コンクリート（アスファルトコンクリート含む）、鉄、木質建材、ガラス系建材、アルミ建材、プラスチック建材、窯業系建材）の関わる再資源化の状況に関して製品の原料段階と排出段階に着目して整理を行い、再資源化パターンに分類する。

コンクリート	
<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・セメント（石灰石、粘土、珪石）</li> <li>・水</li> <li>・細骨材、粗骨材</li> </ul>	<p>原料となるセメントのうち、約4割が廃棄物由来の再生原料である。その理由としては、セメントの主要成分であるCaO、SiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むものは、セメント工場でのリサイクルが可能で、セメント工場が受け入れている代表的な廃棄物である石炭灰、焼却灰、下水汚泥、鋳物砂、廃タイヤは、同様の成分を有しており原料化される。また、廃プラや廃タイヤは、セメント製造に必要な熱エネルギー源として利用している。その内訳は次ページの表2-4-1に示す。また、現在は細骨材（砂）や粗骨材に、廃コンクリート由来の再生骨材を使用し、自製品内での循環を目指している。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <p>発生コンクリート塊：約3500万t</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・再生砕石：3400万t</li> <li>・再生コンクリート骨材 約5万t</li> <li>・再生コンクリート骨材（粗骨材、細骨材）</li> <li>・土壌改良材、セメント原料（細粒材）</li> </ul>	<p>コンクリート塊は、建設廃棄物の中で最も発生量の多い廃棄物である。建設リサイクル法で特定建設資材に指定されたため、そのほとんどが中間処理施設で破碎処理されている。その再資源化先は道路用路盤材がほとんどであり、再資源化先の需要変動を考慮して、再資源化先の開拓を行う必要がある。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p style="text-align: center;"><b>パターン6</b></p>	<p>自製品内での再資源化が可能であるが、現在は技術的問題により成立していない。しかし回収に関しては建設リサイクル法の効果もあって、効率的に再資源化破碎施設への回収ルートが整備されている。</p> <p>原料としては、セメント中に多くの他産業再生資源の利用が認められる。また、排出材はそのほとんどが、路盤材を中心に再資源化されている。</p> <p>そのため、パターン6に分類できる。</p>
<p>＜参考資料＞</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設リサイクルに関する今後の動向 (国土交通省、H17, 10)</li> <li>・社団法人セメント協会 HP (<a href="http://www.jcassoc.or.jp/index.html">http://www.jcassoc.or.jp/index.html</a>)</li> </ul>

表 2-4-1：セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移

(出典：社団法人セメント協会 h p : <http://www.jcassoc.or.jp/index.html> より作成)

種類	主な用途	2001 年度	2002 年度	2003 年度	2004 年度	2005 年度
高炉スラグ	原料・混合材	11,915	10,474	10,173	9,231	9,214
石灰石	原料・混合材	5,822	6,320	6,429	6,937	7,185
副生石膏	原料（添加材）	2,235	2,556	2,530	2,572	2,707
汚泥・スラッジ	原料	2,235	2,286	2,419	2,649	2,526
建設発生土	原料	-	269	629	1,692	2,097
非鉄鉱さい等	原料	1,236	1,039	1,143	1,305	1,318
燃え殻・煤塵	原料・熱エネルギー	943	874	953	1,110	1,189
鋳物砂	原料	492	507	565	607	601
製鉄スラグ	原料	935	803	577	465	467
木くず	原料・熱エネルギー	20	149	271	305	340
廃プラスチック	熱エネルギー	171	211	255	283	302
ボタ	原料・熱エネルギー	574	522	390	297	280
再生油	熱エネルギー	204	252	238	236	228
廃油	熱エネルギー	149	100	173	214	219
廃タイヤ	原料・熱エネルギー	284	253	230	221	194
廃白土	原料・熱エネルギー	82	97	97	116	173
肉骨粉	原料・熱エネルギー	2	91	122	90	85
その他	-	428	435	378	452	468
合計	-	28,061	27,238	27,564	38,780	29,593
セメント 1t 当たり の使用量 (kg/t)		355	361	375	401	400

上に挙げた表 2-4-1 から分かるように、セメントでは多くのほか産用途棄物を原料として利用している。この理由は、セメント製造工程の特色である「高温焼成」「製品中への固定化」により、安全かつ大量に廃棄物を再資源化する事が可能であるためである。

## 鉄（鋼材）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄鉱石</li> <li>・石灰石</li> <li>・石炭</li> <li>・鉄スクラップ</li> <li>・各種副原料</li> </ul>	<p>銑鉄は主に鉄鉱石からつくられるが、鉄鉱石以外にも石炭、石灰石などの原料やエネルギーが多く使われる。銑鉄1トンを生産するためには、大体鉄鉱石1.5～1.7トン、石炭0.8～1.0トン、石灰石0.2～0.3トン、電力10～80KWh、水30～60トンが必要とされる。</p> <p>加工されて鉄以外の不純物を取り除いた鉄スクラップは、主に電気炉で溶かされて再び新しい鉄に生まれ変わる。日本国内にはおよそ60社の電炉メーカー（電気炉による製鋼メーカー）があり、2005年の場合、全体で約2,884万トンの鉄を生産している。再生された鉄は、建材として使用される棒鋼やH型鋼として製品化されるのが主流だが、近年では薄板等にも加工されている。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スクラップ化</li> </ul>	<p>鉄スクラップのうち、製鉄工場外で発生するものを市中スクラップという。現在市中スクラップは年間約3,440万トン（2005年）が回収され、リサイクルされているが、その発生量は鉄鋼蓄積量と大きく関係している。鉄鋼蓄積量とは、日本国内で使用され、現在何らかの形で国内に残っている鉄の総量のこと、その形態はビルや橋などの建築物や自動車、家電製品からカミソリの刃までさまざまである。現在の鉄鋼蓄積量は12億トンを越えており（2004年度）、さらに増加し続けている。これまで鉄スクラップの発生量は鉄鋼蓄積量の2～3%で推移しており、鉄鋼蓄積量の増加とともに鉄スクラップの発生も増加が見込まれている。</p> <p>回収された鉄くずは、不純物と分別され、定められた規格の鉄スクラップ製品へと加工される。規格は、（財）日本鉄源協会で定めており、主に材料の種類や加工方法によって分かれている。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン1</b></p>	<p>自製品内での循環が成立している。生産量よりも排出量が少ないため、完全に原料を賄っている訳ではないが、排出量の大部分を再資源化している理由でパターン1へ分類する。ただしスクラップ原料の形で再資源化が繋がっているため、鋼材から鋼材への再資源化かどうかはほぼ判別不能である。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 社団法人日本鉄リサイクル工業会 HP (<a href="http://www.jisri.or.jp/index.html">http://www.jisri.or.jp/index.html</a>)</li> <li>・ 社団法人日本鉄鋼連盟 HP (<a href="http://www.jisf.or.jp/">http://www.jisf.or.jp/</a>)</li> <li>・ 社団法人日本鉄鋼連盟建設環境委員会 「アイアンサイクル鉄の命は無限です」 2005年</li> </ul>

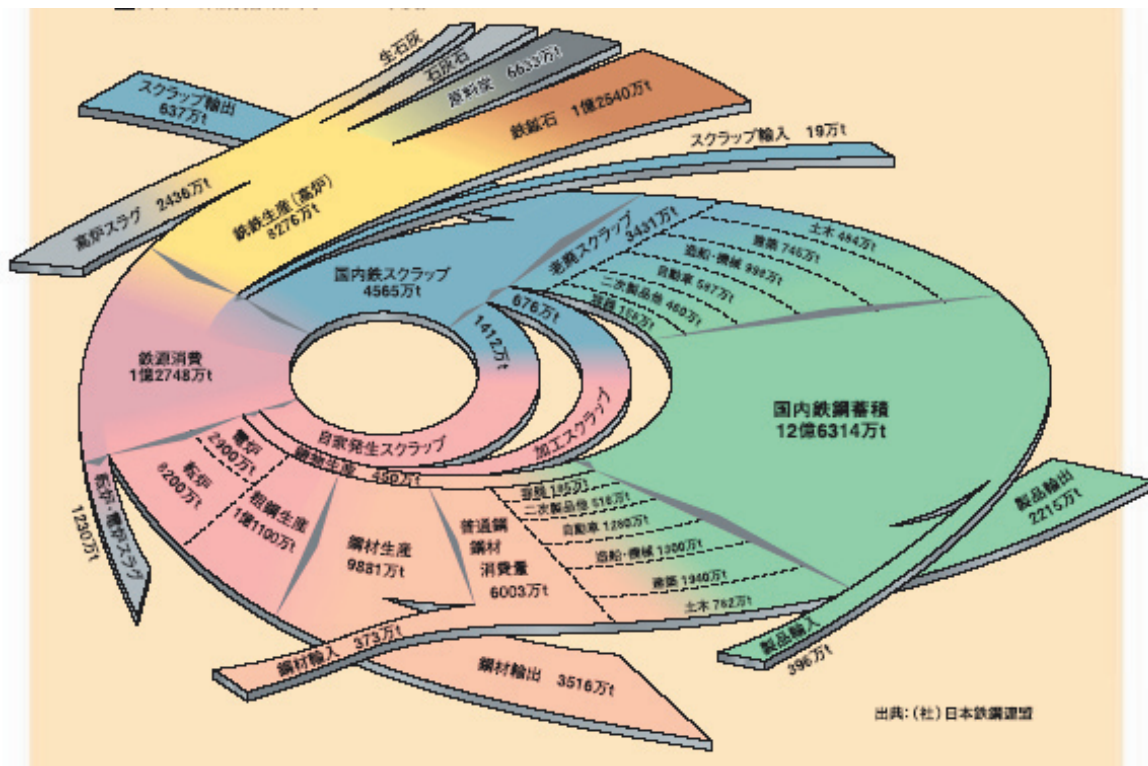


図2-4-1: 日本の鉄鋼循環図 (2003年度)

出展: (社) 日本鉄鋼連盟建設環境委員会「アイアンサイクル鉄の命は無限です」 2005年

2003年度は鉄源（鉄鉱石、原料炭および石灰石を原料として高炉で作られる銑鉄と、鉄スクラップ）の約36%が鉄スクラップによってまかなわれ、粗鋼の26%が電炉で生産された。スクラップの発生は、発生源に応じて3タイプに分かれている。製鉄所から発生する「自家発生スクラップ」、最終製品の製造の際に発生する「加工スクラップ」、および鉄鋼製品が使用後に回収される「老廃スクラップ」である。これらは、製造されてから、スクラップとして回収されるまでの期間が異なっており、自家発生スクラップは数週間で電炉に戻るが、加工スクラップは数ヶ月、老廃スクラップは、分野での製品寿命に応じて期間が決まっている。上図で一番外側に位置している建築・土木分野で現在回収されているスクラップは25～30年かそれ以前のもと考えられる。

木質建材	
<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原木（一般製材品）</li> <li>・ 木質チップ（木質ボード）</li> </ul>	<p>木質建材の原料としては、そもそもは森林由来の原木しかあり得ないが、二次製品である木質ボード（パーティクルボード、繊維板）の原料は、解体由来の廃木材や間伐材を有効利用した、木質チップである。そのため、木質建材といっても一般製材品と木質ボードに関しては分けて整理する必要がある。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ チップ化（製紙原料や木質ボードへ）</li> <li>・ 燃料利用</li> <li>・ 肥料利用</li> <li>・ 家畜敷料利用</li> </ul>	<p>国土交通省のデータによると、H14年度の建設発生木材の発生量は464万tあり、その内間伐材や製材所から発生している生木の端材は178万t、解体発生木材は177万t、新築工事現場からの端材回収量は109万tである。この再資源化率（中間処理破砕施設への搬入割合）は61%である。また、縮減の割合は28%であり、あわせて再資源化等率は89%となっている。（図2-3-2）</p> <p>リサイクルガイドラインにおいては、繊維板、パーティクルボード製造業を資源有効利用促進法の特定再利用業種へと位置づける事も、視野に入れて検討を行っている。建設廃材の使用原料に占める割合はパーティクルボードの場合、74.5%、繊維板の場合は24.3%で、両者を合わせた木質ボード全体に対しては57.3%であった。その他、製紙用や堆肥利用、敷料など様々な利用形態が木質建材の再資源化先には存在する。この背景には木質建材が、大きな資源循環サイクルを持っている事が考えられる。つまり、堆肥や敷料、紙として使っても、土に帰って再び木として再生するサイクルがあり、これは、他のどの原料とも異なる点である。そのため、指向すべき再資源化の目標も違ってくると思われる。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p>一般製材品・集成材・合板 ：パターン11</p> <p>木質ボード：パターン7</p>	<p>木質建材（一般製材品など）は、その性質上形状の回復が不可能であるため、自製品内の循環が不可能な分類となる。一方で木質ボードは、原料エレメントが小さいものを利用して建材を構成するため、自製品での循環が可能な材と分類できる。（図2-3-3）</p> <p>そのため、木質建材は排出側での有効利用が最大の問題となる。現在は、解体材を中心にチップ化施設を経由しての再資源化の取組が推奨されているため、再資源化＝チップ化という事になっている。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 産業廃棄物リサイクルガイドライン （産業構造審議会 経済産業省）</li> <li>・ シリーズ地球環境建築・専門編2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編</li> </ul>

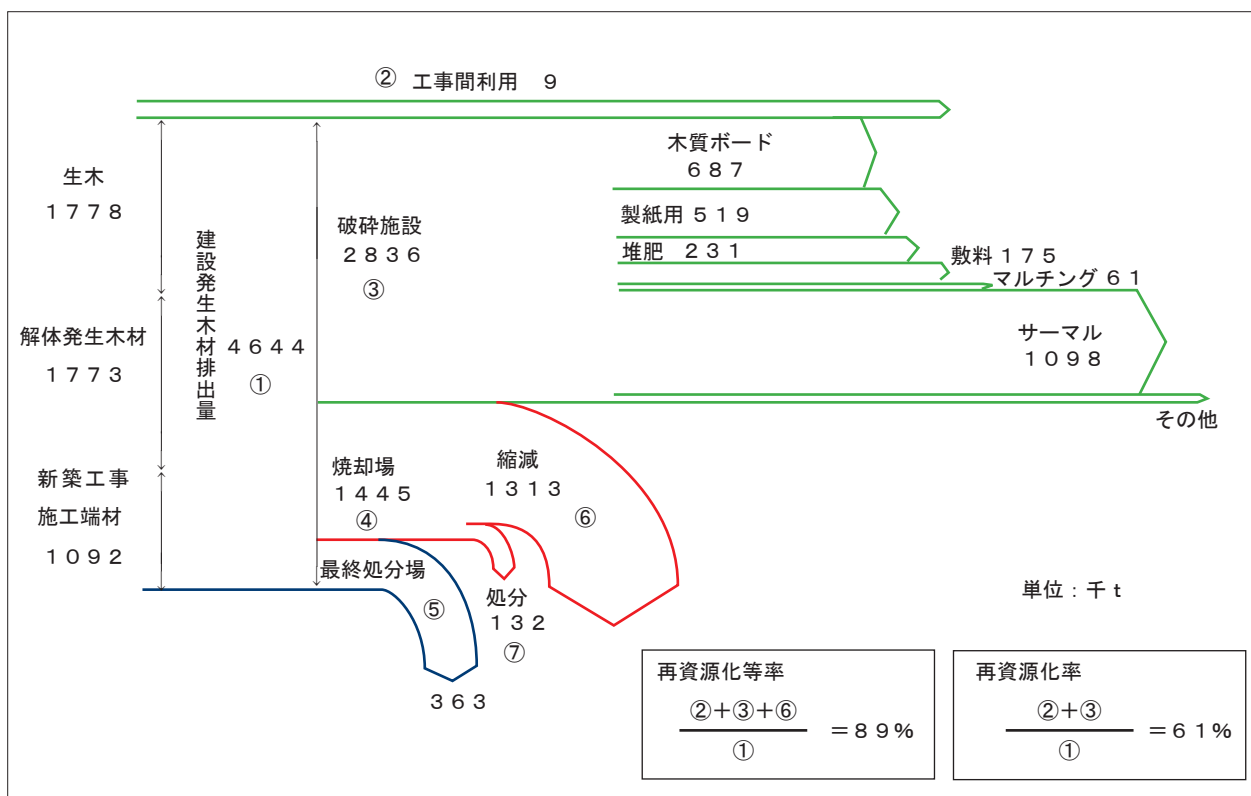


図2-4-2: 場外発生木材の再資源化フロー

出展: 建設副産物リサイクル広報推進会議

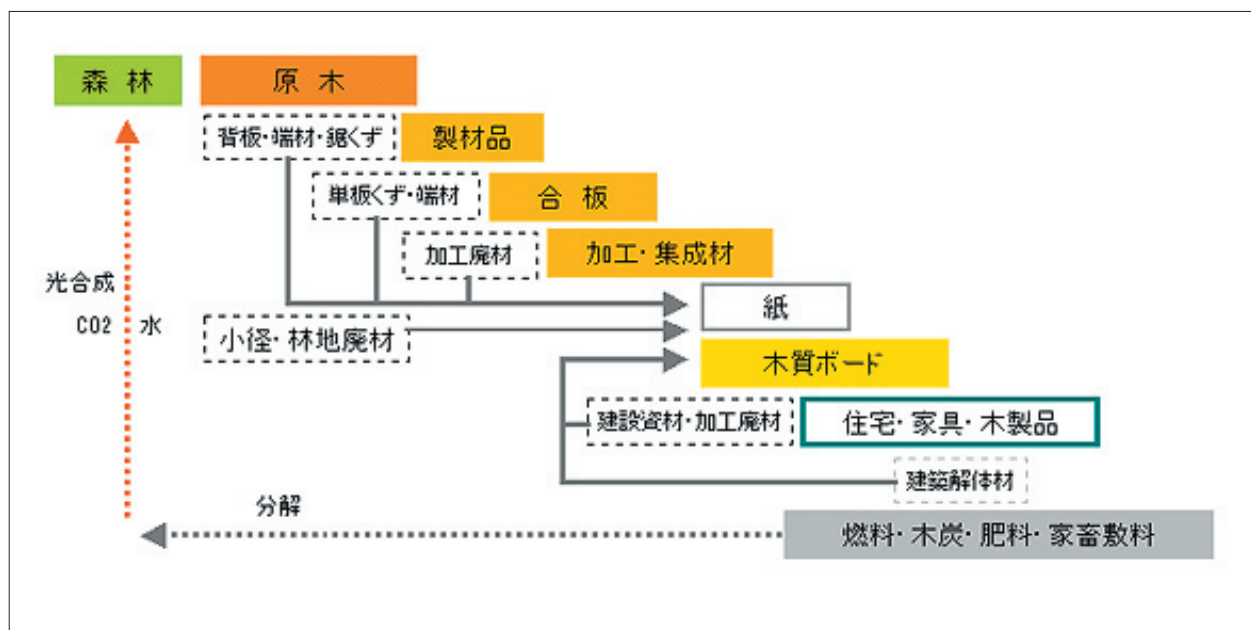


図2-4-3: 木質資源の段階的利用

出展: 日本繊維板工業会

ガラス系建材（板ガラス）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ケイ砂 ・ソーダ灰</li> <li>・ぼう硝 ・長石</li> <li>・石灰石 ・苦灰石</li> <li>・ガラスカレット</li> </ul>	<p>原料の特徴としては、ケイ砂や石灰石等地殻に最も多く存在する原料から作られ、地殻とほぼ同じ成分である事が挙げられる。</p> <p>また、その製造にはガラスカレットが約30～50%程度使用されている。理由としては、ガラスカレットの使用により、原料の熔融温度を下げる事が出来るため約3%のエネルギー削減が可能であるためである。このガラスカレットは、市中の回収カレットではなく工場内やカッティングセンターで発生カレットの利用である。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カレット化 (板ガラス原料、グラスウール原料、その他ガラス製品原料)</li> <li>・混合廃棄物として処理</li> </ul>	<p>解体発生廃板ガラスの有効な回収ルートは確立されておらず、その大部分が混合廃棄物として最終処分処理されている。カレット化される廃板ガラスは、工場内端材と、カッティングセンターや建材店等での加工端材、施工段階の端材の一部が、メーカーやカレット業者により回収されていると考えられる。板ガラスカレットは、板ガラス原料に戻るか、グラスウール原料となる事が多い。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン8</b></p>	<p>板ガラスは、その特性から自製品内循環を形成できる製品である。そのため、原料中の約30～50%は廃板ガラスを利用している。これは、製品の製造方法上カレットがエネルギー効率を高めるためにかかせない技術的な側面によって支えられていると言える。自製品以外の原料は、ほとんどが天然原料である。また、排出材に関してはグラスウールやその他ガラス製品で利用されているためパターン8に位置づけられる。利用はされているが、解体材の回収において改善の余地がある。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物リサイクルガイドライン (産業構造審議会、経済産業省)</li> <li>・シリーズ地球環境建築・専門編2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編</li> </ul>

ガラス系建材（グラスウール）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ケイ砂   ・ソーダ灰</li> <li>・ぼう硝   ・長石</li> <li>・石灰石   ・苦灰石</li> <li>・ガラスカレット</li> </ul>	<p>原材料中の廃板ガラスくず等再生資源利用率は85.3%（H15年）であり、原料に多くの再生資源を利用している事がわかる。原料中の再生資源は、板ガラスカレットとびんガラスカレットが多く、グラスウール自体の循環はほとんど行われていない。不要物等が無ければ色や泡等の品質要求はさほど高くないので外部カレットの利用が行い易い点で、再生資源の利用量が高まっている。1995年には、板ガラスカレット：びんガラスカレット＝8：2程度であったが、近年は有色ガラスびんの増加により、その受け入れ先としてびんカレットの使用量が増加している。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却処理</li> <li>・ロックウール原料化</li> </ul>	<p>工場内の廃グラスウールに関しては、再原料化が行われている。新築系の端材グラスウールに関しては、回収され再びグラスウール原料として利用する試みが広域認定制度を利用して始まっている。解体系の廃グラスウールに関しては異物が多く、グラスウールの原料には使われない。グラスウール原料としての品質要求に満たないものがほとんどであり、その場合はロックウールの原料として利用される。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>グラスウール：パターン7</b></p>	<p>グラスウールは、その原料の大部分を他製品由来の廃ガラスカレットを利用しており、また、廃グラスウールはほとんど利用されていない。一方でグラスウール自体は、自製品内での循環も可能な製品であるために、パターン7に分類できる。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<p>・産業廃棄物リサイクルガイドライン （産業構造審議会、経済産業省）</p>

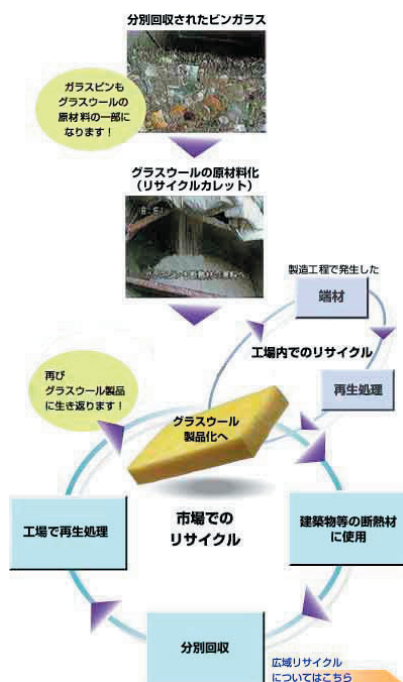


図 2-4-4 : グラスウールリサイクルフロー

(出典：硝子繊維協会 hp：<http://www.glass-fiber.net/>)

アルミ建材	
<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボーキサイト</li> <li>・アルミスクラップ</li> </ul>	<p>●ボーキサイト→アルミナ (A12O3)</p> <p>採掘したアルミニウムの原料であるボーキサイトを、苛性ソーダ液で溶かしてアルミン酸ソーダ液をつくり、そこからアルミナ分を抽出する。</p> <p>●アルミナ→アルミニウム (Al)</p> <p>アルミナを溶融氷晶石の中で電気分解することでアルミ地金を製造する。</p> <p>●アルミニウム (地金) →製品素材</p> <p>地金を原材料として圧延・押出・鍛造・鋳造などの加工を行い、いろいろな形の製品素材に成形する。</p> <p>スクラップから再生した地金は、二次地金（再生地金）とされ、インゴットのアルミニウムの新地金と区別されている。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スクラップ化</li> </ul>	<p>アルミニウムは他の金属と比べると腐食しにくく、融点が低いため、使用後のアルミ製品を溶かして簡単に再生することができる。しかも二次地金（再生地金）をつくるのに必要なエネルギーは、新地金をつくる場合と比べてわずか3%ですむといわれている。また品質的にも、新地金とほとんど変わらないものが製造できるため、実際に解体されたアルミサッシは、有価（2004年度で140円/kg程度）で引き取られており、現在はアルミニウム地金の市況が2004年度の約1.5倍になっているために、アルミスクラップの価格も上昇しているものと考えられる。スクラップの再利用は大変有効な手段である。現在はアルミサッシの回収率は約80%程度である。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン1</b></p>	<p>自製品内での循環が成立している。生産量よりも排出量が少ないため、完全に原料を賄っている訳ではないが、排出量の大部分を再資源化している理由でパターン1へ分類する。鋼材の場合と同様に、アルミからアルミではあるが、建築の鋼材ではなく自動車用のアルミ製品に使用されているのが現状である。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリーズ地球環境建築・専門編2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編</li> <li>・アルミニウムのリサイクル 季刊誌「アルミニウム」2002年1/2月号</li> </ul>

プラスチック建材（硬質塩ビ製管・継手）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化ビニル樹脂（石油、塩）</li> <li>・廃塩化ビニル製品</li> </ul>	<p>塩化ビニルは、プラスチックの中でも熱可塑性の非結晶型プラスチックに分類される。塩ビはその組成のうち 57% が塩であり、石油・天然ガスは残りの 43% しか使用していないため、枯渇が心配されている石油等の資源節減に貢献をしているといえる。</p> <p>天然原料の他に、自製品内での循環により再生資源利用を行っている。塩化ビニル樹脂の最も大きな用途がパイプ用途であり排出量も多く、焼却によるダイオキシンの発生問題の解決のために、再生利用が重要である事もあり、業界団体主導でリサイクルシステムの整備を行っている。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マテリアルリサイクル（塩ビ管へ）</li> <li>・セメント原料化</li> <li>・焼却処理</li> <li>・埋立処分</li> </ul>	<p>2001 年 4 月に資源の有効な利用の促進に関する法律（略称：資源有効利用促進法）が施行され、この法律で、硬質塩ビ管・継手が特定再利用業種に指定され、リサイクル努力が義務づけられた。また、硬質塩ビ管、雨樋、窓枠、床材、壁紙が特定表示製品となって塩ビ建材共通の「∞PVC」マークを表示することとなり、排出材の再資源化が求められる様になった。</p> <p>塩ビ管では、メーカーと排出事業者、リサイクル業者が共同して回収・リサイクルシステムを整備しており、塩ビ管から塩ビ管へのマテリアルリサイクル率が 60%（2005 年度）に達している。これは、廃プラスチック総排出量中のマテリアルリサイクル率が 16%（2003 年度）である事から考えると、非常に高い値である。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン 4</b></p>	<p>塩ビ管・継手に関しては、自製品内での循環が成立し始めている状態である。その中で、製品原料となる塩化ビニル樹脂に他製品の再生資源が利用されているのかどうかまでは考察できなかったため、ここでは使用されていないとした。しかし、排出材に関しては、フィードストックリサイクルにより有効利用が図られており、パターン 4 に分類できる。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリーズ地球環境建築・専門編 2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編</li> <li>・硬質塩ビ管・継手 RECYCLE パンフレット 塩化ビニル管・継手協会</li> </ul>

■ マテリアルリサイクルシステム図

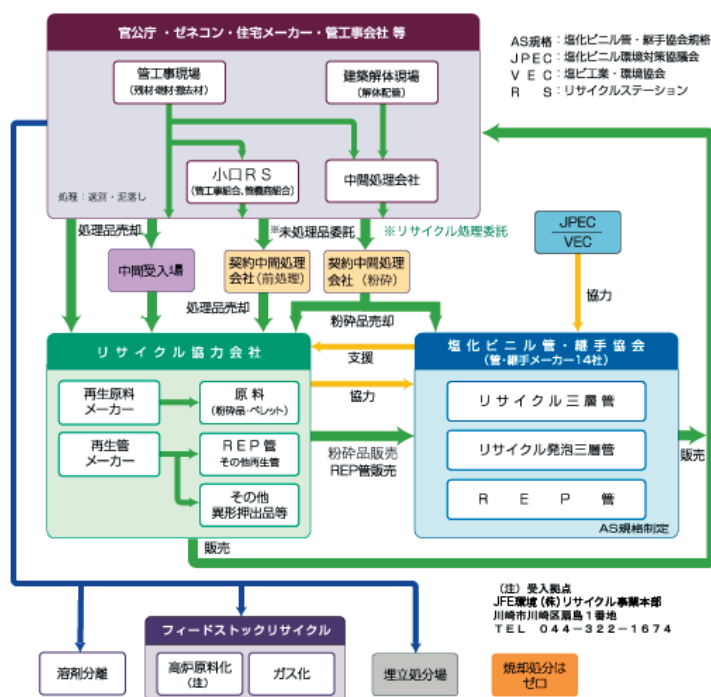


図2-4-5：塩ビ管・継手の回収リサイクルフロー

出典：塩化ビニル管・継手協会

## プラスチック建材（塩ビサッシ）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化ビニル樹脂（石油、塩）</li> <li>・廃塩化ビニル製品</li> </ul>	<p>高い断熱効果を持つ省エネ建材として急速に普及が進んでいる塩ビサッシは、産業構造審議会の「業種別廃棄物処理・リサイクルガイドライン」において、塩ビ管・継手などとともに対象業種に指定されている。</p> <p>塩ビサッシは、まだ日本における歴史が25年程度であるためほとんど排出量がないが、リサイクルされた塩ビサッシの物性をテストした結果、成形には問題がなく、得られた成形品の物性についてもJIS規格に比して十分な性能が得られることが確認されている。</p> <p>また、塩ビサッシ成形品のコア部に再生原料を使用し、外層にバージン原料を使う二重押し出し成形技術もすでに確立しており、再生原料の色が完成品の色と異なるという問題も「サッシ to サッシ」実現の上で大きな問題にはならないことが確認されている。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p>	<p>前述の通り発生量がほとんど無いため、実績としてデータが無い。しかし、先立って塩ビ管と同様に、メーカーと排出事業者（解体業者）とリサイクル業者とが連携したリサイクルシステムが整備されている。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p>（パターン4）</p>	<p>発生量が増加すれば、塩ビ管と同様にパターン4となると考えられる。</p>
<p>&lt;参考文献&gt;</p>	<p>・塩ビファクトブック 2005 塩ビ工業・環境協会</p>

プラスチック建材（塩ビ壁紙）	
<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化ビニル樹脂（石油、塩）</li> <li>・炭酸カルシウム</li> <li>・紙</li> <li>・その他添加剤</li> </ul>	<p>塩ビ壁紙は、塩ビ樹脂原料に加え紙や炭酸カルシウムを始めとする添加剤を加えた原料と一体で製品化されており、分離が困難である。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・焼却・埋立処分</li> <li>・マテリアルリサイクル（屋上緑化材）</li> <li>・フィードストックリサイクル（高炉還元剤）</li> <li>・サーマルリサイクル</li> </ul>	<p>塩ビ壁紙は、紙などの各種添加剤の関係で自製品内循環が想定されていない。そのため、再資源化先は他用途となる。</p> <p>塩ビサッシと同様に導入されて30余年であるので、ポストユース段階の排出材の量はそれほど多くない。しかし、場内・施工端材を含めた排出総量10.6万tの内、リサイクルへは0.1万tしか行っていない。今後、解体材が増加すればさらにリサイクルが困難になると予想できる。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p><b>パターン13</b></p>	<p>塩ビ壁紙は、自製品内循環が成立しないと考える。その中で、再生資源利用も排出材のリサイクルもほとんど成立していないため、パターン13に分類する。</p>
プラスチック建材（塩ビ床材）	
<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化ビニル樹脂（石油、塩）</li> <li>・廃塩化ビニル製品（農業用塩化ビニルフィルムなど）</li> </ul>	<p>塩ビ床材は、使用済みの農業用ビニルフィルムや塩ビ電線被覆材を原料の一部に利用するなど、塩ビリサイクルの重要な受け皿となっている。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋立処分</li> </ul>	<p>現状で、塩ビ製床材は再資源化されることなく埋め立て処分されている。その理由は、コンクリート下地にビニル系床材が直接張り付ける方法で施工されており、コンクリートからの分離が難しいことによる。</p> <p>現在のインテリアフロア工業会の主導により、広域認定制度を利用して新築工事の施工端材・余材の回収・リサイクルについて研究を実施してきた所である。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p><b>パターン7</b></p>	<p>原料に、農業用ビニルフィルム由来の再生資源を利用しており、排出材は埋め立てに回っているため、パターン7に位置づけられる。</p>
<p>＜参考資料＞</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物リサイクルガイドライン（産業構造審議会、経済産業省）</li> <li>・塩ビファクトブック 2005 塩ビ工業・環境協会</li> </ul>

## 窯業系建材（石膏ボード）

<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・輸入天然石膏（177万t）</li> <li>・副生石膏（272万t）</li> <li>・廃石膏（25万t）</li> <li>・再生紙（20万t）</li> </ul>	<p>せっこうボード製品は、せっこうを芯材として両面をせっこうボード用原紙で被覆成型した建築用内装材料で建築物の壁・天井に広く用いられており、先進工業国では多量に普及している。国内で使用されているせっこうボード用のせっこう原料約451万tの内、約175万tは輸入天然せっこう、約256万tは国内重化学工業の公害防止に伴って回収されている排煙脱硫せっこう等、また20万tは廃せっこうボードを回収した廃せっこう等となっている。せっこうボード用原紙約23万tは、古新聞紙等を100%用いた再生紙を利用している。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・石膏ボード原料化</li> <li>・埋め立て処分</li> </ul>	<p>工場内端材に関しては、場内での再利用が行われている。</p> <p>また、新築施工現場での端材に関しては、大口での排出案件であれば、ゼネコン・ハウスメーカー・中間処理業者と石膏ボードメーカーが協力して回収を行うシステムが確立している。新築系廃石膏ボードの回収率は現在殆ど0%である。そのため、全体の排出量に対して再資源化が行われている率は、10%に満たない。（「廃石膏ボード排出量の推計」（石膏ボード工業会）の2006年度データより計算）</p> <p>戸建住宅の施工現場などの小口、散在方の端材の回収システムは依然確立しておらず、解体系の石膏ボード廃材とあわせて、そのほとんどが埋め立て処分にまわされている。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p><b>パターン7</b></p>	<p>石膏ボードは、自製品内の循環が可能な建材である。現状で自製品内の循環は、場内端材と一部の新築系端材でのみ行われており、解体系に関してはその回収システム、異物除去・紙との分離などの技術的問題において成立していないため、ここでは自製品内循環が成立していないとした。一方で、その原料には他用途由来の副生石膏を使用しており、また、排出材は埋め立て処分されることが多いためパターン7に分類する。</p>
<p>＜参考資料＞</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物リサイクルガイドライン（産業構造審議会、経済産業省）</li> <li>・シリーズ地球環境建築・専門編2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編</li> </ul>

## 窯業系建材（窯業系サイディング）

<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・セメント、セメント質材料</li> <li>・補強繊維</li> <li>・混和材など</li> </ul>	<p>窯業系サイディングは、原料であるセメントを基材として押し出し成形し、プレス機でテクスチャをつけて高温のボイラーで蒸固め、その上に加飾工程にて色柄を着色して製造する。原料であるセメントには既に何らかの廃棄物が原料として使用されているが、さらに工場内で出た端材や汚泥を再生原料として使用するとともに、工程で出た端材などの廃棄物は粉砕して原料に戻している。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自製品原料化</li> <li>・セメント原料</li> </ul>	<p>製造段階の端材に関しては、原料の充填材として利用するか、セメント原料に使用している。また、プレカット化を進め端材が出ないようにしている。施工端材や解体材の再資源化はほとんど行われておらず、産業廃棄物として管理型最終処分されている。現場のものを焼いて結晶水を飛ばし、セメント原料に戻す技術は確立しているが、以前使用していたアスベストやCCA等の有害物質の問題で、再資源化が進んでいない。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p>パターン7</p>	<p>自製品内での循環が可能であるが、再生原料の大部分はセメント由来のものである。また排出材は再資源化されていない。</p>

## 窯業系建材（ALC パネル）

<p>＜製品原料＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・珪石 ・セメント</li> <li>・生石灰 ・アルミ粉末（発泡剤）</li> <li>・鉄筋 ・ALC 端材</li> </ul>	<p>原料中の再生資源は、セメントが挙げられる。セメントは前述した通り40%の他用途由来の廃棄物を含んでおり、フィードストックリサイクルの重要な受け皿である。場内発生端材や新築系端材は、回収され再びALCパネルの原料とすることが可能である。</p>
<p>＜製品排出材＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ALC 原料化</li> <li>・セメント原料化</li> <li>・肥料化 ・調湿材</li> </ul>	<p>新築現場からの施工端材は、排出総量が59,800tであり、回収量は3,437tと、依然低い割合に留まっている。しかし、もしこれ以上回収されたとしても、ALC原料とするには技術的限界があり、現状で利用している場内端材の再原料化で、原料中10%の限界に達しているため、混入割合を増やす技術開発と他用途での有効利用が必要となる。</p> <p>他用途利用では、組成の近いセメント製造業での利用が検討されており、ALC原料とするよりも、不純物に対する規制が少ないため現実的である。現在はいかに解体段階での分別を効率的に行うかが課題である。</p>
<p>＜再資源化パターン＞</p> <p>パターン7</p>	<p>自製品内での循環が技術的限界は存在するが可能である。しかし現状では、新築現場からの端材回収が整備され始めた段階であり、解滞在の分別解体に関しては未整備である。原料側でも、排出側でもセメント産業との係わり合いが重要になると考えられる・</p>
<p>＜参考資料＞</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物リサイクルガイドライン（産業構造審議会、経済産業省）</li> <li>・「製品ライフサイクルに着目した戸建住宅用仕上げ材の再利用に関する調査研究」 高橋正樹 2001年度 東京都立大学院角田研究室 修士論文</li> </ul>

## 窯業系建材（ロックウール）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高炉スラグ</li> <li>・玄武岩</li> <li>・その他天然岩石</li> </ul>	<p>ロックウールは、耐熱性に優れた高炉スラグや玄武岩、その他の天然岩石などを主原料として、キュポラや電気炉で1,500～1,600℃の高温で熔融するか、または高炉から出たのち、同程度の高温に保温した熔融スラグを炉底から流出させ、遠心力などで吹き飛ばして繊維状にした人造鉱物繊維のことをいう。使用している再生資源としては、製鉄プラントからの高炉スラグが再生資源として使用されている。そのため、鉄鋼スラグを使用したロックウールはグリーン購入法の「特定調達品目」に指定されている。</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・埋め立て処分</li> <li>・ロックウール原料化</li> </ul>	<p>ロックウールへの再原料化が計られているのは、場内端材に関してであり、新築系の端材に関しても広域認定制度を利用して現在整備中である。しかし現状では、ほとんど再資源化がなされていない。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン7</b></p>	<p>ロックウールに関しても、その性質上自製品内での循環が可能である。しかし、解体によって分別解体し、不純物を除去して再原料化するのは非常に困難である。そのため、解体材を始めとする排出材の再資源化が十分は行われていない。一方で、原料には製鉄業由来の高炉スラグを使用しているため、パターン7に分類できる。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物リサイクルガイドライン (産業構造審議会、経済産業省)</li> </ul>

## 窯業系建材（粘土瓦）

<p>&lt;製品原料&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土</li> <li>・釉薬</li> </ul>	<p>粘土瓦は、屋根瓦の中で50%を超えるシェアを占めている。この粘土瓦は、釉薬瓦と、いぶし瓦に分けられる。釉薬瓦の原料となる釉薬は、鉱物資源が少ない日本では輸入していることが多い。また、原材料に土を使用するが、この土の確保にも困難がある。粘土質と砂が混ざった土が瓦には向いている</p>
<p>&lt;製品排出材&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最終処分 (・路盤材・透水レンガ)</li> </ul>	<p>瓦の排出材は、ほぼ再資源化が行われていない。わずかに製造段階からの不良品を再原料化しているのみである。再原料化は、シャモット化(瓦くず化)して行っている。施工段階に対しては広域再生認定を取得しているが、その再使用先はいずれも実験段階である。</p>
<p>&lt;再資源化パターン&gt;</p> <p><b>パターン13</b></p>	<p>自製品への再資源化は、製造段階の端材利用(3%)程度が限界である。また、排出材の再資源化は質の問題から行われていない。</p>
<p>&lt;参考資料&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「製品ライフサイクルに着目した戸建住宅用仕上げ材の再利用に関する調査研究」 高橋正樹 2001年度 東京都立大学院角田研究室 修士論文</li> </ul>

## 2-5：分類結果の比較考察

ここまでは、各建築資材の関わる再資源化に関して整理を行った。この整理内容を再資源化パターンによる素材製品の分類の一覧に示す。(表2-5-1)

表2-5-1：再資源化パターンによる素材系製品の分類

再資源化パターン	自	受入	排出	一般素材製品例	建築資材製品例
1	◎			鉄製品（自動車、スチール缶、家電など） 非鉄金属製品（アルミ缶、自動車部品など）	鋼材、アルミ建材
2	○	○	○	ガラスびん	
3			×	紙	
4			○	ペットボトル 発泡スチロール	プラスチック建材 (塩ビ管、塩ビサッシ)
5	×	●	×	ブラウン管	
6			○		コンクリート
7			×	繊維製品（化学繊維製品）	木質建材（木質ボード） ガラス建材（グラスウール） プラスチック建材（塩ビ床材） 窯業系建材（石膏ボード、ALC。 ロックウール、窯業系サイディング）
8	×	●	○	プラスチック（自動車・家電）	ガラス建材（板ガラス）
9			×		
10			○		
11	×	○	×		
12			○	タイヤ	木質建材（製材品）
13			×	繊維製品（天然繊維製品）	プラスチック建材（塩ビ壁紙） 窯業系建材（瓦）

表2-5-1から読み取れる建築資材の特徴には、「排出材の再資源化（自製品用途、他製品用途ともに）が、一部の建築資材を除き進んでいないこと」と、「再生資源を原料化している建築資材が多いこと」の2点が挙げられる。また、自製品内循環が技術的には可能な製品が多い点も特徴的である。

ここから、背景に示した引用に関して、再資源化パターンという軸で考えて確認を行うことが出来た。これらの特徴について一般素材系製品と比較して、その背景を考察する。

### 2-5-1 排出材の再資源化の阻害要因

この理由として考えられるのは、回収、解体・再資源化处理・再生原料の各段階で、他素材系製品と比較して、異なる特徴を有しているためだと考えられる。ここでは、この各段階に対して建築資材としての特徴をもとに、阻害要因を考察してみる。

#### 1：回収、解体段階

2-3で述べたが、排出材の再資源化には「回収」段階が重要であり、その回収段階の整備には、自製品循環を実現させる目的が必要である。その理由は2-3で述べた。ここでは、なぜ建築資材は有効な回収が行われていないのか（つまり自製品内循環が望めない状況にあるのか）に関して、他の素材系製品とで異なっている背景をもとに考察する。

#### ・ 解体と回収の順序

例えば、テレビのブラウン管（CRT）のガラスは、回収されている。CRTは一体になっているが、実は、異なる3種類のガラスからできていて、前面部（パネル部）、裏側の部分（ファンネル部）、電子銃が入っているところ（ネック部）から構成されており、パネル部は、バリウムやストロンチウムを含むガラスである。ファンネル部もネック部も鉛ガラスである。つまり、建材用の板ガラスなどと比べても、リサイクルしにくいガラス製品であるが、家電リサイクル法による拘束の元、回収が行われて自製品内循環を（輸出も利用して）行っている。この違いは、「組立系製品」で回収できるか、できないかの違いだと考えられる。

建築資材は、建築物という「組立系製品」が大きく固定されているために、先に解体を行って、解体された後に素材系製品を分別回収するという順番で回収システムが成り立っている。一方で他用途製品、例えばブラウン管という素材系製品は、テレビという「組立系製品」の状態で回収を行っており、解体と分別作業は、工場内で行うことが可能である。つまり、建築資材は組立系製品の解体段階が、回収段階よりも前にあることで、構成している素材系製品の再資源化を困難にしていると考えられる。

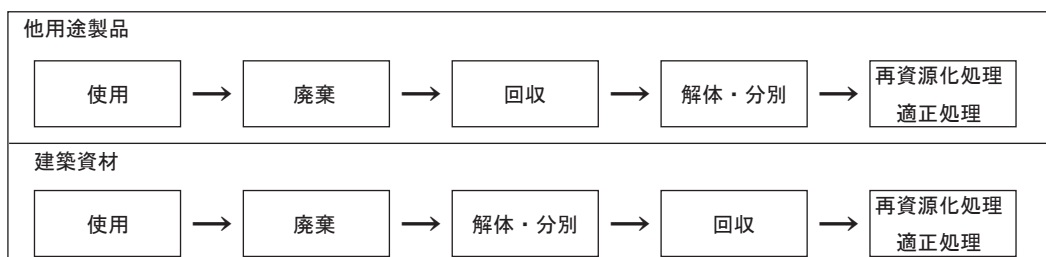


（テレビのリサイクル工場）

出 展 (<http://panasonic.co.jp/eco/metec/recycle/television/tour/>)



（建物の解体の様子）



#### ・ 回収、解体を行う主体・費用

ブラウン管という素材系製品の再資源化のために、テレビという組立系製品を始めに回収するのは、ガラスメーカーやガラスカレット業者ではなく、製品を販売した家電小売店である。これは、家電リサイクル法により定められており、その回収した製品を家電メーカーに渡して、メーカーが再資源化を行っている。また、この際の費用負担は排出者（消費者）が、運搬・回収に要する費用を負担しているのは周知の通りである。

一方で、建築資材に関しては、解体・分別・回収運搬は解体業者が行い、中間処理業者へ搬入されている。その後再生資源として利用できる形態になれば、建材メーカーへ材が移動する。つまり、始めの回収に関しては、解体工事業者が行っている。そして、この解体工事業者に費用を提供するのは建物の施主であるが、回収だけでなく解体までの費用負担を行う点で、他の素材系製品とは異なっている。必然的に、できるだけ安い費用での解体回収作業を希望するため、十分な分別解体が行えていないという現状がある。

#### ・製品の組成の問題（不純物混入の問題）

製品の組成として、建築資材と他素材系製品との間に大きな違いがあるとは考えにくい。あえて挙げるとすれば、素材系製品の組立方法が、乾式ではなく湿式である点がある。そのために、解体する際の分別が困難になっていると考えられる。ただし、他素材系製品においても湿式の組立を行っているものはあり、それよりも解体作業を行う場所、主体、費用などの問題が大きいと考えられる。また、製品自体の質というよりも、現場で十分なストックヤードも確保できない状態で作業することにより、不純物が混入する可能性が高いことが、建築資材製品の質として問題になるといえる。

## 2：再資源化段階

#### ・再資源化処理を行う主体（メーカーが加担できない問題）

回収のところで述べたが、他素材系製品の再資源化処理を主に組立系製品メーカーや、その委託業者が行うのに対して、建築資材の再資源化は中間処理業者が行うことが多い。（広域再生認定を取得しているメーカーに関しては、メーカーが再資源化処理を行う。）建築資材の中間処理業者は、主に「廃棄物を処理すること」で、収入を得ており、再生資源を生み出すことは、支出を減らすこととの位置づけであることが多い。これは、他素材系製品の再資源化段階のように製造メーカーがあまり関わっていないためと考えられる。

この建築資材の再資源化段階に、メーカーが関わっていないことの原因を考えると、そもそも建築のメーカーを特定できないことと、建築の寿命が非常に長いことが考えられる。まずメーカーに関しては、施工業者が最も該当すると思われるが、設計や設備などは他業者に委託していたりと、責任関係の整理が難しい点において問題がある。さらに、その責任の所在を確定させたとしても、建築物の寿命は非常に長いので、再資源化を請け負う担当が先につぶれている場合も考えられる。このような建築としての特徴が、排出材の再資源化を難しくしている。

## 3：再生原料段階（再資源化の出口確保に関して）

回収を行い再資源化処理を施しても、製造した再生資源の利用先が存在しないことには、効率的な再資源化は行われない。ここでは、再生原料の利用先に関して考察する。

他素材系製品の再資源化先としては、まず自製品への再資源化が確保されていることがあげられる。これは、回収や分別解体が、綺麗に行える見込みがあるからこそ確保できたともいえるが、例えば紙の場合は、再生紙という表示によって消費者にアピールして、より一層の分別を促すように「再資源化出口の確保」をアピールして、より一層の分別を促す努力がうまく言っている例も多い。

建築資材に関しては、再資源化の出口を自製品で確保しているが、上手くいっていないケースが多い。これは、安定した量の供給が見込めなかったり、処理に手間がかかりすぎたりでそもそも自製品で確保することのメリットが製造メーカーに無かったり、メリットはあるが再資源化業者に還元できていない場合があるためである。他用途への再資源化先では、建設リサイクル法に指定されている、特定建設資材を除き不純物の混入リスクなどの理由で有効な再資源化先が望めない例が多い。

---

### 2-5-2 再生資源受入の要因

---

特にパターン6, 7に属する製品が多いことは、建築資材の特徴である。この背景として、製品の「質」、「量」、「価値」の3点から考察を行う。

#### ・製品の質に関して

他素材系製品と比較して、建築資材の質に関する特徴としては、特にコンクリート、セメントや窯業系建材においていえる事であるが、製品強度や、遮音性など目的の性能を発揮すれば、見た目に映る形や色に関する制約が少ない点である。そのため、他用途において不純物や純度の問題から自製品での循環が行われなかった排出製品や、利用先のない副生成物を原料として使用できている。例えば、セメントは多少の不純物が混ざっていても原料として飲み込んでしまえるため、他用途由来の廃棄物（高炉スラグや廃タイヤなど）の受け皿として大きな役割を担っている。また、塩ビ床材に関しては、使用済みの農業用ビニルフィルムや塩ビ電線被覆材を原料の一部に利用するなど、塩ビリサイクルの重要な受け皿となっている。

#### ・製品の量に関して

建築資材は、材の形状が大きく、生産量も多いため原料使用量が多い（逆に発生廃棄物量も多い）。そのために、原料として安価な再生原料を使用した場合に、コストメリットがより大きく出ることになるという、費用の面でのメリットと、発生量が多いため、多少の再生原料発生量の浮き沈みを吸収でき、安定した受け入れ先となることができる安定性の面でのメリットの2つが、製品の量に関する特徴として挙げられる。

また、製造量が多いため天然資源の枯渇によって、再生資源の利用を検討しなくてはならない場合もある。コンクリートの骨材は、まさにそのような状況にあって、再生骨材の開発が進められている。

#### ・製品の価値

他素材系製品と比較して建築資材は、材に対して特殊な技術や、精密な加工を施すような製品ではなく、原料段階から加わる付加価値が低い特徴がある。そのため、素材系製品としての価値が、他用途のものよりも低いと考えられる。そのため、原料段階でコストを抑えることは、製造段階で利益を生むためには非常に重要であり、積極的に天然資源と比べ安価な再生資源を利用する背景となっている。例としては、石膏ボードが挙げられるが、これに関しては4章で詳しく説明する。

---

## 2-6 : 本章のまとめ

本章では、再資源化パターンという軸を用いて建築資材以外の製品に関しても一律に整理を行い、その中で建築資材がどのような特徴を持っているのかを明らかにした。結果としては、排出材の再資源化に弱く、他用途廃棄物・副産物の原料化に強いという、予め予想された内容が明らかになった。ただし、もうすこし細かく特徴を見てみると、自製品内での循環が技術的には可能な材料が多い事も分かった。

このような特徴の背景には、「建築」という組立系製品を構成していることによる影響があり、それが回収システムの成立を阻み、不純物の混入の可能性を増加させ、自製品内での循環や他用途への再原料化を阻害している。また逆に、その原料使用量の多さや、付加価値創造の難しさが再生原料受け入れの間口を広げている。

この「建築」としての特徴を踏まえて、建築らしい再資源化システムを構築すべきであるが、建設リサイクル法では、建築のネガティブな特徴である回収の難しさを意識して、分別解体の徹底を決めて、建築らしさに対抗している。

本論では、この章における特徴や背景の考察から、再生原料を受け入れている原料側に加え、自製品内循環が期待しづらい状況にある排出側も含めて、他産業との関わりの中で再資源化システムが成立している（成立しそうである）事が、建築資材の再資源化の特徴であると考ええる。

4章での再資源化調査は、他産業との関わりの中で再資源化システムが成立している事例として、ガラス系建築資材（板ガラス、グラスウールとその他ガラス製品）と石膏ボード（原料として他産業由来の副生石膏を受け入れている）、木質建材（製造加工段階の副産物有効利用と解体材の再資源化）に関して取り上げている。この事例調査をもとに他産業との関わりの考察を行い、3章で取り上げる指標の設定とあわせて本論を進めていく。

## 3 章 建築資材と他製品の 資源循環指標の比較

3-1 : 本章の目的

3-2 : 資源循環指標の定義

3-3 : 素材系製品の資源循環指標の分類

3-3-1 : 自製品循環型

3-3-2 : 他用途再資源化型

3-3-3 : 再生資源利用型

3-4 : 本章のまとめ

### 3-1 : 本章の目的

本章では、他産業で使用されている素材系製品と建築資材に対して、それぞれの製品の関わる再資源化の取組を評価する指標として、何が使用されているかについて整理を行う。再資源化の取組の分類を行った2章の結果から、建築資材は結果的には素材系製品の中において、排出材の再資源化の取組があまり進んでおらず、逆に他製品の廃棄物や副産物を原料として受け入れる取組が多いことを確認できた。そしてこの背景には、建築産業ならではの特徴があるのではないかという考察を行った。

それでは、このように特徴的な建築産業で使用されている建築資材に対して、再資源化の取組はどのような指標の元に、評価が行われているのかに関してこの章では考察を行う事を目的としている。まず、再資源化の取組の指標として、資源循環指標を定義し、その意義や一般的な考え方について整理を行う。次に、2章で取り上げた各製品について、使用されている資源循環指標を示しその目的を考察する。ここでは、再資源化パターンとの連携に関して特に注目して考察することとする。そして最後に、建築資材を評価する指標にはどのような特徴があるのか、それとも無いのかに関して明らかにする。

## 3-2：資源循環指標の定義

### 3-2-0

この項は、「資源循環指標 策定ガイドライン」（資源循環指標調査検討委員会 報告書 H14 年 6 月）の内容をもとに作成している。

### 3-2-1：資源循環指標の意義

---

各業界で示されている「リサイクル率」等の指標は、関係者に 3R の取組を促す一つのツールとして、その有効性が指摘されている。具体的な効果としては、以下の様な事が考えられる。

（事業者にとって）

- ・指標によって、事業者及び業界での「使用済み製品の回収」や「リサイクル配慮設計」の推進等の取組の進捗状況を評価し、更なる目標・計画を策定する事が出来る。
- ・市場原理のもと、同一製品あるいは同一用途製品間での競争意識が働く事で、より一層の取組が進む事が期待できる。

（消費者にとって）

- ・「再生資源を利用した製品」や「リサイクル率の高い製品」等の 3R に配慮した製品を購入しようとする際の判断材料になる。
- ・判断材料になるとともに、消費者の理解促進や意識啓発にも繋がると期待できる。

さらに 3R の取組を着実なものとして行くためには、経済的・技術的可能性及び関連する条件を配慮し、リサイクル率や回収率等の数値目標を段階的に引き上げるよう設定していくことが有効であると考えられる。

現在、「リサイクル」率等の指標に関しては、資源有効利用促進法、家電リサイクル法等の各種リサイクル関連法や産業構造審議会品目別リサイクルガイドライン等において、また、業界独自の自主的な取組において、製品・業界別に「リサイクル率」、「再商品化率」、「再資源化率」、「リサイクル可能率」、「再生資源利用率」等、様々な指標が定められ公表されている。しかし、これらの「リサイクル率」等の指標は、名称が多様であることに加え、同じ名称の指標であってもそれらを算出するにあたって定義や算出方法（例えばサーマルリサイクル、製品・部品リユース、輸入品等の扱い等）も異なっていることがある。そのため、消費者等の誤解・混乱を生じさせる状況にあるとともに、事業者が進める 3R の取組を必ずしも適正に評価することが出来ない状況にある。

ここでは、「資源循環指標 策定ガイドライン」（経済産業省資源循環指標調査検討委員会報告書）に従い、これらの 3R の取組を評価する「リサイクル率」等の指標を総称して『資源循環指標』と称することとする。

3-2-2：資源循環指標の考え方

資源の有効利用を促進するとともに、環境への負荷を低減するためには、資源の投入量を抑制し（製品の設計段階／製造段階）、消費後に資源として再生し利用する資源量を拡大する（製造段階／使用段階／回収・再資源化段階）必要がある。そのため、それぞれの段階において、3R を評価する指標が必要である。

このような性質上、資源循環指標は大きく分けて以下の2種類に分類される。

- (1) 製品の設計・製造段階
- (2) 製品消費後の回収・再資源化段階

ここでは、(1), (2) それぞれに関して、各種製品・業界の「リサイクル率」等の指標や ISO、JIS における規定を参考に整理したものを示す。まず資源循環手法の考え方（図3-2-1）を下に示す。

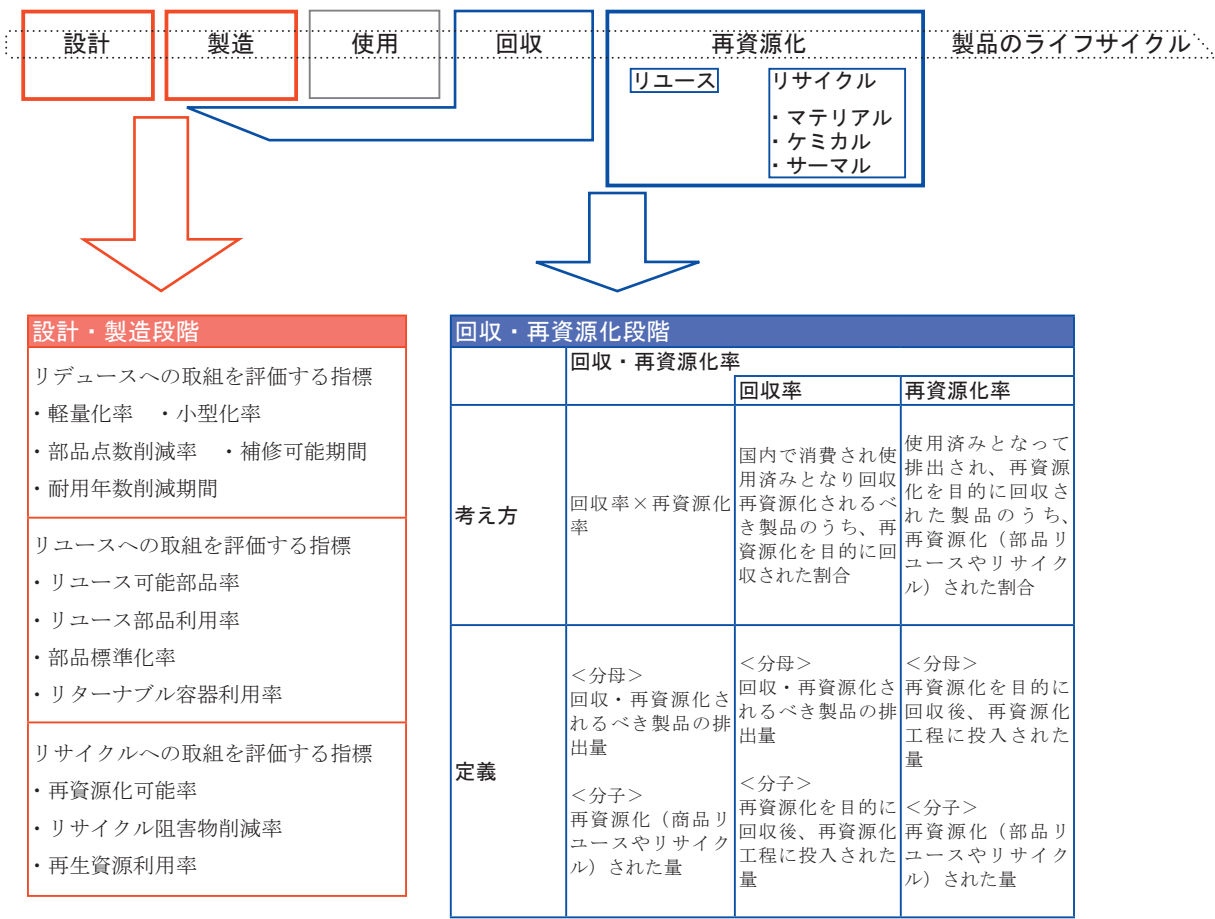


図3-2-1：資源循環指標の考え方

### 3-2-3：製品の設計・製造段階における考え方

設計・製造段階の資源循環指標は、製品の開発・設計・製造段階における 3R への配慮の取組を評価する指標と位置づけられ、他方、表示を通じて消費者の購入段階における判断を促す指標である。

(しかし実際は消費者の判断に大きな影響を与えているとは考えにくい。建築の分野では、グリーン購入や、再生資源利用率の高い建材が用いられるのは、公共の案件である場合がほとんどである。施主や、施工者に対して、表示のみで判断材料となり得ることは未だほとんどない。)

基本的には、個々の製品に関する指標であり、算出方法に関しては ISO の規格(例：ISO 22628(自動車のリサイクル可能率、リカバリー可能率)、ISO 14021(JIS Q 14021)(リサイクル材料含有率))に準拠していく必要がある。ISO や JIS において検討が行われていない指標については、ISO 22628 や ISO 14021 を参考に、実態に合わせて製品毎・業界毎に算出方法を設定し、その内容を公表していく必要がある。

#### ①リデュースへの取組を評価する指標

リデュースの取組としては、省資源化、長期使用化、アップグレード等が考えられる。

省資源化を評価する指標としては

- ・軽量化率 ・小型化率 ・部品点数削減率

リペアメンテナンスによる長期使用化を評価する指標としては

- ・部品共通化率 ・部品標準化率 ・部品モジュール化率などが考えられる。

#### ②リユースへの取組を評価する指標

部品リユースを評価する指標としては、

- ・リユース可能部品率

使用済みとなった段階でリユース部品として利用できる部品の割合を評価する

- ・リユース部品利用率

製品の製造段階において、実際にリユース部品が使用された割合を評価する

- ・リターナブル容器利用率

リターナブル容器の利用を評価する指標として、全容器の利用量に対する、リターナブル容器の利用量の割合を評価する

#### ③リサイクルへの取組を評価する指標

設計・製造段階におけるリサイクルへの取組を評価する指標としては、

- ・再資源化可能率

当該製品の製造段階において、将来、当該製品が使用済みとなった段階で再資源化(部品リユース、リサイクル)が可能と想定される割合。

- ・再生資源利用率

当該製品の製造段階において、再生資源が使用される割合。

次ページにその一覧を示す。(表 3-2-1)

表 3-2-1：設計製造段階における資源循環指標一覧

指標		定義
リデュース	省資源化	軽量化率（質量等） $\left(1 - \frac{\text{軽量化の評価を行った新製品の量}}{\text{従前の製品の量}}\right) \times 100$
		小型化率（容積） $\left(1 - \frac{\text{小型化の評価を行った新製品の容積}}{\text{従前の製品の容積}}\right) \times 100$
		部品点数削減率 $\left(1 - \frac{\text{評価を行った新製品の部品点数}}{\text{従前の製品の部品点数}}\right) \times 100$
	長期使用	耐用年数延長期間 $\text{評価を行った新製品の耐用年数} - \text{従前の製品の耐用年数}$
	リペア・メンテナンス	補修可能期間 補修可能期間（年）
		無料保証期間 無料保証期間（年）
		部品共通化率 例：部品共通化率
		部品標準化率 他機種、他形式の製品と共通化した部品点数 $\frac{\text{製品中の全部品点数}}{\text{部品モジュール化率}} \times 100$
リユース	アップグレード	アップグレード可能部品点数
	部品点数等	
	リユース可能部品率	$\frac{\text{部品リユースが可能な部品点数}}{\text{製品を構成する部品の点数}} \times 100$
	リユース部品利用率	$\frac{\text{部品リユースを行う部品点数}}{\text{製品を構成する部品の点数}} \times 100$
	リターナブル容器利用率	$\frac{\text{リターナブル容器の利用量}}{\text{全容器の利用量}} \times 100$
	部品共通化率 部品標準化率 部品モジュール化率	<div>例：部品共通化率</div> $\frac{\text{他機種、他形式の製品と共通化した部品点数}}{\text{製品中の全部品点数}} \times 100$
リサイクル	再資源化可能率	$\frac{\text{再資源化可能と判断される部品等の質量}}{\text{製品の質量}} \times 100$
	材料種類削減率	$\left(1 - \frac{\text{評価を行った新製品中の材料種類数}}{\text{従前の製品の材料種類数}}\right) \times 100$
	リサイクル阻害物削減率	$\left(1 - \frac{\text{評価を行った新製品のリサイクル阻害物含有量}}{\text{従前の製品のリサイクル阻害物含有量}}\right) \times 100$
	解体時間削減率	$\left(1 - \frac{\text{評価を行った新製品の解体時間}}{\text{従前の製品の解体時間}}\right) \times 100$
	解体工程削減率	$\left(1 - \frac{\text{評価を行った新製品の解体工程数}}{\text{従前の製品の買いたい工程数}}\right) \times 100$
	再生資源利用率	$\frac{\text{当該製品・部品に使用された再生資源の質量}}{\text{製品・部品の質量}} \times 100$
	素材等表示率	$\frac{\text{実際に表示を行う部材の質量の和}}{\text{表示の対象となる部材の質量の和}} \times 100$
	焼却不適物削減率	$\left(1 - \frac{\text{評価後の新製品の焼却不適物含有量}}{\text{従前の製品の焼却不適物含有量}}\right) \times 100$

ここでは、建築資材によく適用される再生資源利用率について説明を行う。

### ■再生資源利用率

「再生資源利用率」は国際整合性の観点から、ダブルスタンダードとなることを避けるために、既存の ISO の規格 (ISO 14021 (JIS 14021)：リサイクル材料含有率) に準拠する必要がある。なお、ここで示す「再生資源利用率」は、個々の製品に関する指標であり、個々の製品を設計・製造する段階での再生資源の利用状況 (含有状況) を示すものである。事業者もしくは業界全体での製品製造における再生資源の利用状況や再生製品の全製品に対する比率等を評価するものとは異なる指標である。

※ガラスびん、紙は、資源有効利用促進法において特定再利用業種に指定されており、業界として再生資源 (カレット、古紙) の利用率を公表している。同様に、硬質塩ビ管・継手等も指定されており、再生資源の利用状況の把握や情報提供が求められている。

再生資源利用率の考え方、分母、分子の捉え方等は、以下のように整理できる。(図 3-2-2)

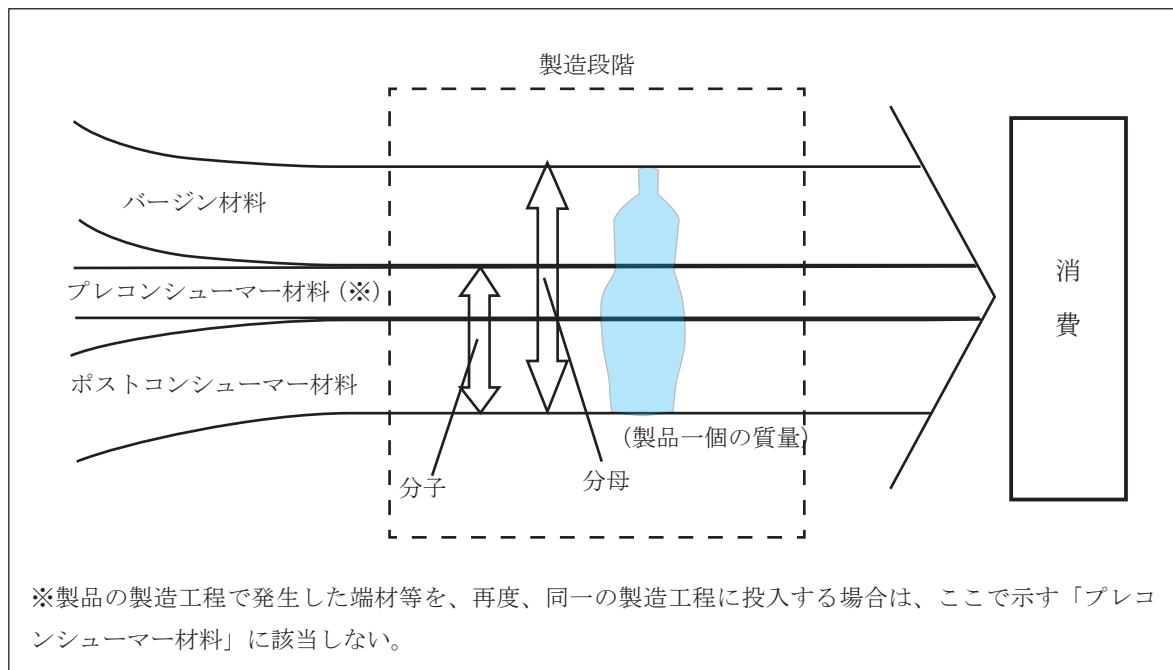


図 3-2-2：ガラスびんの再生資源利用率の考え方

### ●再生資源利用率の考え方

「再生資源利用率」とは、概念的には「当該製品・部品・素材の製造段階において、再生資源が使用される割合」を示すものであり、設計・製造段階でのリサイクルへの取組を評価する指標として有用である。

### ●再生資源利用率の定義

<分母>製品の質量

<分子>製品に使用する再生資源（リサイクル材料）の質量（ISO 14021 に準拠）

---

※ ISO 14021 (JIS Q 14021) では、以下のように「リサイクル材料含有率」を定義している。

7.8.1.1 リサイクル材料含有率及びこれに関連する用語の定義は、次による。

a) リサイクル材料含有率

製品又は包装中に含有するリサイクル材料の質量比。プレコンシューマー材料及びポストコンシューマー材料だけをリサイクル材料とみなさなければならない。なお、これらの材料は、次の用語の定義による。

1) プレコンシューマー材料

製造工程における廃棄物の流れから取り出された材料。その発生と同一の工程で再使用できる加工不適合品、研磨不適合品、スクラップなどの再利用を除く。

2) ポストコンシューマー材料

家庭から排出される材料、又は製品のエンドユーザーとしての商業施設、工業施設及び各種施設から本来の目的のためにはもはや使用できなくなった製品として発生する材料。これには、流通経路から戻される材料を含む。

b) リサイクル材料

製造工程において、回収〔再生〕材料から再加工され、更に最終製品、又は製品へ組み込まれる部品に使用される材料。

c) 回収〔再生〕材料

廃棄物として処分されるはずの材料、又はエネルギー回収の目的に供されるはずの材料ではあるが、代わってリサイクル又は製造工程のために、新規の原材料に替わる原材料として収集及び回収〔再生〕される材料。

(注) ここでは、「回収材料 (recovered material)」と「再生材料 (reclaimed material)」とは同義として用いられている。ただし、この適用に関しては、国によってはいずれを選択してもよいとされている。

※ 「再生資源利用率」を評価するに当たり、同じ再生資源であっても、ポストコンシューマーとプレコンシューマーの再生資源では、リサイクルの容易性の観点から「質」が異なる。また、再生資源がもとの同種の製品に由来するものなのか、それともカスケードリサイクルと言う意味で同じ素材を利用した別の製品に基づくものかという点も、再生資源の利用という観点から「質」が異なる。基本的にはこうした相違点にも配慮した情報提供を実施すべきである。

※ 特に、「プレコンシューマー材料」か、「ポストコンシューマー材料」かは、消費者が商品選択をする際に重要な情報の一つであると考えられる。

## 3-2-4：回収・再資源化段階における考え方

回収・再資源化段階を評価する指標としては、「回収・再資源化率」、「回収率」、「再資源化率」の3つが挙げられる。このうち、「回収・再資源化率」は、概念的には、「回収率」と「再資源化率」とを掛け合わせたものであり、回収及び再資源化（部品リユース・リサイクル）の状況を総合的に評価する指標と位置づけられる。

従って、原則として、すべての製品・業界に対して、「回収・再資源化率」に係る目標設定を行うとともに、目標達成に向けた取組を推進すべきと言える。そのためには、「回収率」と「再資源化率」の両面において的確な把握を行う事が必要になる。

ここでは、「回収・再資源化率」、「回収率」、「再資源化率」のそれぞれに関して解説を行う。

## ■回収・再資源化率

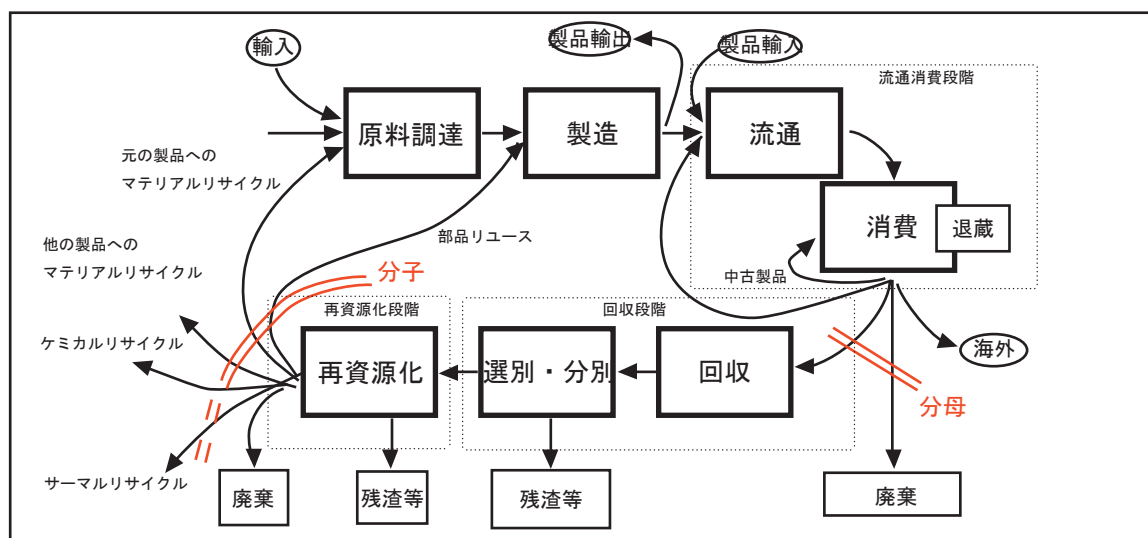


図3-2-3：回収再資源化率の概念図

**分母：**回収・再資源化されるべき製品の「排出量（例えば質量）」

※新製品輸出分：生産量（出荷量）から除く

新製品輸入分：生産量（出荷量）に加える

明らかに回収不可能なものを除く（例：衛生用紙、家庭内で使用されずに退蔵されている製品等）

中古製品の輸出分を除く

分母は、国内で消費され使用済みとなり回収・再資源化されるべき製品の量（例えば質量）という意味で、使用済みとなった製品の排出量から、中古製品の製品輸出分や、回収不可能なものを除いている。

**分子：**再資源化（部品リユースやリサイクル）された量（例えば質量）

分子に関しては、再資源化工程での残さ等を除いた後の、再資源化（部品リユースやリサイクル）された量（例えば質量）としている。なお、再資源化を行う事業者が多段にわたる等により、最終段階で再資源化された量（例えば質量）の把握が困難な場合が多い。但し、この場合でも、最初に引き渡した事業者において再資源化（部品リユース及びリサイクル）された量については把握することが可能と考えられる。したがって、少なくとも、その量は把握して、評価する必要がある。

## ■ 回収率

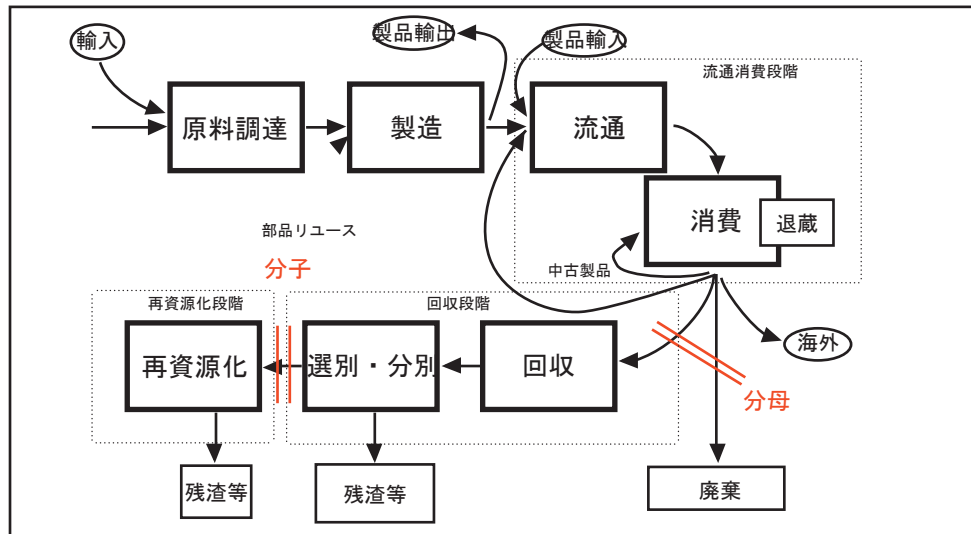


図3-2-4: 回収率の概念図

**分母:** 回収・再資源化されるべき製品の「排出量（例えば質量）」

※新製品輸出分：生産量（出荷量）から除く

新製品輸入分：生産量（出荷量）に加える

明らかに回収不可能なものを除く（例：衛生用紙、家庭内で使用されずに退蔵されている製品等）

中古製品の輸出分を除く分母は、国内で消費され使用済みとなり回収・再資源化されるべき製品の量（例えば質量）という意味で、使用済みとなった製品の排出量から、中古製品の製品輸出分や、回収不可能なものを除いている。

**分子:** 再資源化を目的に回収後、再資源化工程に投入された量（例えば質量）（回収量）

分子に関しては、回収の際に当該製品以外の異物も同時に回収されることもあり、それらを除いた当該使用済み製品の量（例えば質量）で評価する必要があるため、使用済み製品としての回収量ではなく、実際に再資源化工程へと投入された量（例えば質量）としている。

## 【非耐久消費製品】

出荷から廃棄までの期間が数ヶ月、長くて半年～1年程度の非耐久消費製品の場合、排出量＝消費量＝生産量（出荷量）－輸出＋輸入と位置づけられ、排出量については、生産動態統計等の公的な統計データ等を用いて比較的容易に再現性をもった形で求められる。

容器包装を中心とした素材系の非耐久消費製品においては、回収実績をもとに「回収率」の把握、評価が、比較的進んでいる。

## 【耐久消費製品】

出荷から排出までの期間が最低でも半年～1年以上ある耐久消費製品に関しては、使用済みとなっても適正な排出ルートに排出されずに家庭内に退蔵される製品もあり、その製品の排出時期を明確に把握することは難しく、非耐久消費製品のように、排出量＝消費量＝生産量（出荷量）－輸出＋輸入と言った形で、排出量を容易に捉えることは困難である。

例えば、出荷状況・保有状況（退蔵を含む）・排出状況等に関する調査、排出フローにおける各主体毎の引取・引渡数量や中古製品の輸出状況等に関する調査等を通じて使用済み製品（回収・再資源化されるべき製品）の排出量の推計、把握に努めるべきである。

## ■再資源化率

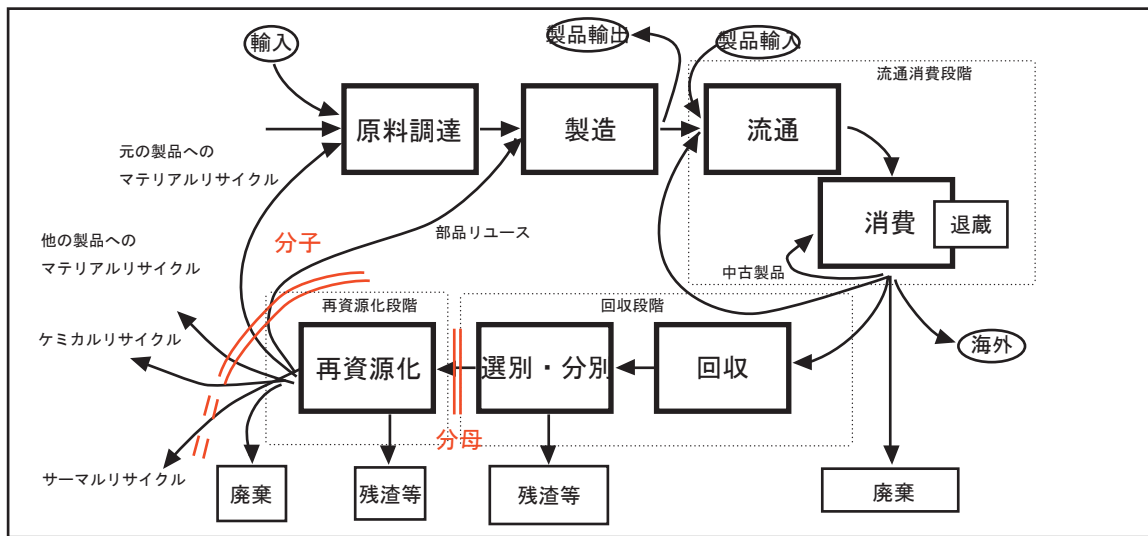


図3-2-5：再資源化率の概念図

**分母：**再資源化を目的に回収後、再資源化工程へと投入された量（例えば質量）（回収量）

分母は、回収と再資源化には時間的なずれがあるため、また、回収したものの中には当該製品以外の異物も同時に回収される場合もあるので、使用済み製品としての回収量ではなく、実際に再資源化工程へと投入された量（例えば質量）としている。

**分子：**再資源化（部品リユースやリサイクル）された量（例えば質量）

分子は、再資源化工程での残さ等を除いた後の、再資源化（部品リユースやリサイクル）された量（例えば質量）としている。

しかし、実際には最終段階での数値を把握することは困難な場合もあり、少なくとも最初に引き渡した事業者において再資源化（部品リユースやリサイクル）された量（例えば質量）を把握し、評価する必要がある。

### 【素材系製品】

素材系製品の場合、回収されたもののうち、再資源化工程に投入するものの品質を向上し、再資源化工程の効率を高めるよう取り組むべきである。

### 【組立系製品】

組立系製品の場合、製品の設計・製造段階での製品構造、素材組成・構成面での配慮を行う一方で、再資源化工程でのデータの管理、工程の効率化・改善等を図り「再資源化率」の向上に努めるべきである。

---

### 3-2-5：資源循環指標の活用と課題

---

以上見てきたように、まず資源循環指標自体に様々な形式が存在する。資源循環指標を設定する目的は、資源循環の取組一つ一つを表現する事であるため、取組の数だけ指標も存在すると言える。

また、加えて、各製品に対して、その特性を表現できる様に自由に設定を行えるため、資源循環指標は背景となるデータが多様であり、資源循環指標に種類があるだけでなく、同じ名前の指標でも異なる事を意味している事もある。そのため、資源循環指標の提示には背景となるデータの提示も同時に必要となる。

例えば、PET ボトルの回収率は、(PET ボトルリサイクル推進協議会)

$$\text{「市町村の分別収集量」} \div \text{「指定表示製品 PET ボトル用樹脂需要量」} \times 100$$

というデータの背景があり、また、古紙回収率は(資源有効利用促進法)

$$\text{「古紙国内回収量」} \div \text{「紙・板紙国内消費量」} \times 100$$

というデータの基に成立している。

ただし、この資源循環指標は、同一製品に対してメーカー毎の相対評価を行ったり、経年変化を表現する事に対しては効力を発揮しその変化を観察しやすいが、LCA などと同様にして資源循環システムが純粋に環境的に良いのかどうかを考察する段階においては、あまり役に立たず、逆にパーセンテージの高低によって、事実を隠してしまう危険性を有している。つまり、純粋な環境影響を評価するツールになりにくいという事である。

その危険性を例としてあげると、生産段階での徹底した顧客のニーズへの対応により、資材の施工端材の発生量を減らしたり、製品寿命を伸ばす廃棄物のリデュースの取り組みは、指標には乗らず、逆にコストや環境負荷をかけて回収を行うほうが評価されてしまう事が考えられる。

資源循環指標は、LCA やその他の環境評価ツールと違って、直感的にわかりやすい数値であるためにその活用範囲は広い。この指標をより現実の環境評価と近づけるためには、背景となるデータの環境影響を歩合で乗じることができれば LCA に近いデータとして利用できる。純粋な環境影響評価に近づけるために背景となるデータが、製品のライフサイクル全体像から見て、どのような位置づけにあるのかを明らかにすることが必要である。そのために本論では、製品のライフサイクルにおける再資源化フローを明らかにして、その中でどのような資源循環指標を設定でき、その有効性と限界について考察する事を目的として考えている。この内容に関しては具体的に、4 章 5 章において取り組む。

## 3-3：素材系製品の資源循環指標の分類

2章で取り上げた、建築資材も含めた素材系製品に関して、用いられている資源循環指標の一覧を再資源化パターンによる分類の表にまとめた。

表3-3-1：素材系製品の資源循環指標一覧

	自	受入		排出		素材系製品・建築資材	資源循環指標		
1	◎					鉄鋼製品	鉄鋼スラグリサイクル率		
						スチール缶	スチール缶リサイクル率、軽量化率		
						非鉄金属製品	最終処分量削減率		
						アルミ缶	アルミ缶リサイクル率、CAN to CAN 率		
2	○	○	—	○	—	ガラスびん	カレット利用率、リターナブルびん回収率		
3				×	●	紙	古紙回収率、古紙利用率		
4		×	●	○	—	ペットボトル	回収率		
						発泡スチロール	再資源化等率、再資源化率		
5				×	●	プラスチック建材（塩ビ管、塩ビサッシ）	リサイクル率		
6		△	○	—	○	—	ブラウン管	再商品化率（テレビ全体）	
コンクリート（セメント）							再資源化率 廃棄物利用率		
7	×				●			繊維製品（化学繊維製品）	再生資源利用率（回収量）（再資源化量）
								木質建材（木質ボード）	解体廃木材利用率
								ガラス建材（グラスウール）	再生資源利用率
								プラスチック建材（塩ビ床材）	使用済み塩ビ製品利用率
								窯業系建材（石膏ボード）	再生資源利用率
								窯業系建材（ロックウール）	再生資源利用率
								窯業系建材（ALC）	新築系端材回収量
窯業系建材（窯業系サイディング）	新築系端材回収量								
8	×	●	○	—	プラスチック（自動車）	リサイクル可能率（自動車全体として）			
					プラスチック（家電）	再商品化率（家電全体として）			
					プラスチック（発泡スチロールトレイ）	回収量			
					ガラス建材（板ガラス）	カレット利用率			
9	×	○	—	×	●				
10				○	—				
11				×	●				
12		×	●	○	—	タイヤ	リサイクル率		
						木質建材（製材品）	再資源化等率、再資源化率		
13		×	●	×	●	繊維製品（天然繊維製品）	（回収量）（再資源化量）		
						プラスチック建材（塩ビ壁紙）			
	窯業系建材（瓦）								

表3-3-1では、文献や業界団体の資料から使用されている名称をそのまま抜き出している。そのため、同じ指標の名前でも背景としては異なっている項目もあり、その背景は、製品ごとに再資源化の取組で強調したいことや目標としたい内容のはずである。ここでは、資源循環指標を、自製品循環型と、他用途再資源化型、再生資源利用型に分類して、具体例を取り上げその背景に関して考察を行う。

### 3-3-1 自製品循環型

同じ自製品循環を志向する場合でも、その達成度合いによって使用される指標は異なっている。ここでは、表3-3-1にまとめた内容から、自製品循環の成立度合いによる指標の使用事例の違いを示す。

#### ＜自製品循環成立製品に対して＞

自製品循環が完全に成立している製品（再資源化パターンでは◎相当）には金属系製品が該当する。自製品循環を志向する指標ではなく、製造段階から排出される副産物に関しての再資源化率や、最終処分の「削減率」を指標としている。削減率であるので、元々少ない値に対してさらに少なくするための指標である。以下に使用例とその背景を示す。

- ・鉄鋼業： $\text{鉄鋼スラグリサイクル率} = (\text{リサイクル量} / \text{鉄鋼スラグ発生量}) \times 100$   
鉄鋼業では、スラグのほかにも、各種副産物のリサイクル率に関して目標を立てている。
- ・非鉄金属製造業： $\text{最終処分量削減率} = 1998 \text{ 年度実績に対する } 2010 \text{ 年度最終処分量の削減率}$   
最終処分量は、もともと少ないが製品生産量に対するリサイクル率がほぼ100%に達したために、更なる目標設定として、最終処分量の削減率が設定されている。

#### ＜自製品循環が高水準で成立している製品に対して＞

自製品循環が高水準で成立している製品（再資源化パターンでは◎相当）には、缶類が該当する。これらは、まだ回収の余地や不純物混入による再資源化の余地を残しているために、自製品へどれだけ戻ってくるかの指標も示している。また、加えてスチール缶では軽量化率という、リデュースの指標も使用して、自製品循環に加えて環境への取組を評価している。以下に使用例と背景を示す。

- ・スチール缶： $\text{スチール缶リサイクル率} = (\text{スチール缶再資源化重量} / \text{スチール缶消費重量}) \times 100$   
缶詰の輸出入まで含めてのリサイクル率の算定を行っている。また、分母を暦年、分子を年度とすることで生産と回収のタイムラグを3ヶ月と見積もっている。  
 $\text{軽量化率} = 1970 \text{ 年頃との比較で、スチール缶の軽量化された割合}$   
資源利用量のリデュースの取り組みに対する評価を行っている。
- ・アルミ缶： $\text{アルミ缶リサイクル率} = (\text{再生利用重量} / \text{消費重量}) \times 100$   
輸出入、3ヶ月のタイムラグを見積もって、アルミ缶由来のアルミ再生地金となる割合を表している。  
 $\text{CAN TO CAN 率} = (\text{缶材向け重量} / \text{再生利用重量}) \times 100$   
回収されたアルミ缶由来の再生地金のうち、アルミ缶用途へ行く割合。

### ＜自製品循環が一部成立している製品＞

自製品循環が一部成立しており（再資源化パターンでは○相当）、自製品への循環を志向した指標を利用している製品は紙や、ガラスびん、ペットボトル、発泡スチロール梱包材、プラスチック建材（塩ビ管、サッシ）などがある。これらの特徴は、回収が問題となっていることが多く、回収率が指標に含まれている点にある。以下に例を示す。

- ・ 紙 :  $\text{古紙回収率} = (\text{古紙国内回収量} / \text{紙・板紙国内消費量}) \times 100$   
輸出入を考慮した上で、メーカーの入荷量と払出量で把握している。  
 $\text{古紙利用率} = ((\text{古紙消費量} + \text{古紙パルプ消費量}) / \text{繊維原料合計消費量}) \times 100$   
他用途利用が無いために、原料側の利用率が排出材の再資源化率と同義になっている。
- ・ ガラスびん :  $\text{リターナブルびん回収率} = \text{使用済みリターナブルびんの回収割合}$   
リターナブルびんによるリユースの取り組みの評価。
- ・ 発泡スチロール梱包材 :  $\text{再資源化率} = (\text{リサイクル量} / \text{回収対象量}) \times 100$   
リサイクル量は、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルを分けて把握している。  
回収対象量は、耐久材を除いた国内生産量に、輸出入される家電製品量から推定した値を加えて算出している。回収率まで加味した、回収・再資源化率と言える。縮減量を加えると、再資源化等率となる。
- ・ PET ボトル :  $\text{回収率} = ((\text{市町村回収量} + \text{事業系回収量}) / \text{指定表示製品の生産量}) \times 100$   
自製品循環に加えて、再資源化先が多岐にわたるため、回収のみの指標を利用している。
- ・ プラスチック建材（塩ビ管、サッシ） :  $\text{再資源化率} = (\text{リサイクル量} / \text{排出量}) \times 100$   
リサイクル量は、自製品循環とサーマルリサイクルが混合した値になっている。しかし、分母は、排出材であるため、回収率もこの指標には含まれている。

### ＜自製品循環が成立していない製品＞

自製品循環が成立していない製品（再資源化パターンでは△相当）に関しては、他用途の再資源化等の多岐にわたる利用先も含めて指標を形成する必要があるため、自製品循環を志向する指標は形成されていない。

### ●小結

以上のように自製品循環型では、副生成物再資源化率・軽量化率などの目的別指標＞自製品循環率＞回収率の順番で指標が形成されていることがわかった。

### 3-3-2 他用途再資源化型

自製品への再資源化が何らかの理由で困難な場合は、他用途への再資源化が行われているが、この場合もその成立度合いによって利用される指標が変わってくる。また、素材系製品ではなく組立系製品のまとまりとして指標化している分野もある。これを目的別と位置づける。

#### ＜他用途再資源化が整備されている製品＞

例として、コンクリートや発泡スチロール、ペットボトル、タイヤ、木質建材（製材品）が挙げられる。この特徴は、総排出量に対して指標を設定しており、再資源化率に回収率が含まれている点にある。また、タイヤなどよりリサイクルに対して整備が行われている業種では、他用途での利用形態に関して細かい区分が成されている。以下に例を示す。

- ・ **コンクリート：**  $\text{リサイクル率} = (\text{再資源化量} / \text{総排出量}) \times 100$   
コンクリートのリサイクル率はかなり高い水準にある。分母は、総排出量であるため、回収率まで含めた再資源化率といえる。ただし現在は、建設リサイクル法によって規制され、分別解体が先行しているために、用途まで含めない形での再資源化量を基にした再資源化率が設定されている。再資源化量のほとんどは、路盤材などに利用されているため、再生骨材にしてコンクリートに戻すなどを評価するために、用途別の指標設定も必要になると考えられる。
- ・ **発泡スチロール梱包材、ペットボトル**に関しては前ページに示した。
- ・ **発泡スチロールトレイ：**  $\text{回収率} = (\text{回収量} / \text{生産量}) \times 100$   
ここでは、生産から廃棄までの時間が短いため、分母を生産量で代替している。再資源化先が多岐にわたり、回収率のみで代用している。
- ・ **タイヤ：**  $\text{リサイクル率} = (\text{リサイクル利用量} / \text{総発生量}) \times 100$   
リサイクル利用料は、原形加工利用・熱利用・輸出の合計として表されている。分母が排出量となっていることから分かるように、これは「回収・再資源化率」といえる。自製品循環が行えないため、他用途での利用形態について詳細な把握を行っている例といえる。
- ・ **木質建材：**  $\text{再資源化等率} = ((\text{再資源化量} + \text{縮減量}) / \text{場外搬出量}) \times 100$   
木質建材の再資源化率も回収率を含めた指標である。また、再資源化量は、再資源化施設へ搬出された総量であるので、その後のフローについては評価対象となっておらず、サーマルリサイクルの割合も含まれている。

#### ＜他用途再資源化が一部行われている例＞

この場合は、回収段階で問題があることが多く、回収率を含めると、非常に率が低くなってしまうため、回収が行われた量に対して再資源化率を算出する形で指標が設定されている。このとき、回収率と併記されていることが必要である。また、他には回収段階ごとに再資源化率を設定する場合もある。以下に例を示す。

- ・ **繊維製品（化学繊維製品）：**  $\text{再商品化率} = (\text{再利用量}) / (\text{回収量})$
- ・ **板ガラス、窯業系建材など：** 場内端材再資源化率、施工墮罪再資源化率が用いられる。

### ＜他用途再資源化が成立していない例＞

この場合は、まず回収段階が整備されていないため、回収に関する指標設定が求められる。回収率では、率が低くなりすぎるために、回収量で代用している場合が多い。各種窯業系建材や、繊維製品等で使用されている。

### ＜目的別＞

ここでは、以上のような素材系製品としての指標ではなく、組立系製品全体での再資源化を目的とし指標を設定している例として、自動車のリサイクル可能率と家電の再商品化率を取り上げる。

- ・ リサイクル可能率 = (マテリアルリサイクル可能質量 + サーマルリサイクル可能質量) / 新車1台の質量  
新車1台当たりの質量に占めるリユース可能、リサイクル可能な質量のパーセンテージである。この特徴は、現段階で製造している製品（自動車）の製造段階での環境貢献を、指標に表してアピール出来る点にある。自動車では、再生資源をあまり利用していない上、れだけ使用しているかまでは把握できないため、現段階で製品のアピールとなる指標設定として推定値ではあるが、リサイクル可能率を設定している。ただし、この問題点としては、客観的事実が曖昧である、実際の再資源化率と連動することが必ずしも担保されない、経済性や安全性、環境負荷を無視すれば限りなく100%に近づけることが可能であるなどが挙げられる。
- ・ 再商品化率 = (再商品化重量) / (再商品化処理重量) × 100  
分母の再商品化処理重量は、再資源化処理を行った、使用済み製品の重量であり、分子の再商品化重量は、再商品化処理された部品及び材料の重量である。家電メーカーが自社製品を回収して再資源化を行う取組を評価するために使用されている。ここでは、家電リサイクルの責任をメーカーに負担させる志向が表れている。

### ●小結

他用途再資源化型は、ほとんどの製品で利用されており、回収率と再資源化率の組み合わせで構成されている。ただし、その背景となるデータには大小さまざまなあり、「率」になる範囲で区切って設定されている。また、目的別は法律によって定められた再資源化のフローと対応して、製品の指標を設定している。点に特徴がある。

### 3-3-3 再生資源利用型

自製品からの循環と共に、他用途からの再生資源を受け入れている場合は、このタイプの指標が用いられる。この場合は、再生資源の受け入れ量の大小に関係なく一律で原料に占める再生原料の割合で示される。ただし、再生資源の中で、工場内端材の再利用分などが含まれる場合と、純粋に外部から購入している分のみの場合があり、背景の考察が必要である。業種によってはより分かりやすい形に返還して使用している。

- ・セメント： セメント1t当たりの廃棄物・副産物使用量 (kg/t) (再生資源利用率と同義)  
セメント工場がリサイクルしなかった場合の最終処分場の残余年数  
セメント工場がリサイクルすることによる最終処分場の延命効果  
セメントは、他用途の廃棄物・副産物を原料としている代表的な例であるが、指標に関しては、1t 当たりの廃棄物・副産物使用量として内訳を明らかにしており、またそれを基にセメントの原料とすることでどれだけ最終処分場の延命を可能にしているかを数値化している。指標を自製品のアピールとしてうまく利用している例である。
- ・ガラスびん：  $\text{カレット利用率} = ((\text{カレット利用量}) / \text{ガラスびん生産量}) \times 100$   
この指標の特徴は、分子のカレット利用量に、工場内発生カレットも含んでいることである。そのため、90%近い数値が公表されているが、実際に生産原料に占める外部カレットの割合は、60%程度である。
- ・板ガラスなど各種建材：再生資源利用率など  
各種建材では再生資源利用率を、利用している場合が多い。これは2章で述べたように排出側の再資源化が成立しにくく、他用途の副産物を受け入れる特徴が整っているためである。ここでも注意したいのは、板ガラスに関しては、カレット利用率が指標化されているが、これは場内カレットとカッティングセンターの端材回収によるものであり、場内端材を除けば、あまりカレット利用は行われていない。

#### ●小結

再生資源利用型では、その取組が原料として受け入れる側に負担があるのか、排出処理する側に負担があるのかによって、価値が変わってくる問題がある。そのために排出側の指標ほど、重要視されていない。セメントのようにそれをいかに環境への貢献の分かりやすい形で示すかがポイントである。

---

## 3-4 : 本章のまとめ

本章では、各素材系製品の資源循環指標を示し、その目的にあわせて自製品循環型と他用途再資源化型、再生資源利用型の3種類に分類を行った。分類による考察から、再資源化の達成度合いによって指標も設定されており、どの製品もほぼ同じような指標を利用していることが、まずわかった。これは、製品間での再資源化の進み具合を見るには好都合であるが、その背景となるデータには様々あり各製品業界とも適度に厳しく、適度に評価されるような指標設定を行っている。数値にすると比べられるが、背景は異なっているので比べることにあまり意味はないだろう。

また、再生資源利用型の指標に関してはあまり重要視されていないようである。例えば、製紙業の指標は、古紙の自製品循環を評価するものであり、廃木材チップの使用量を評価するものではない。このような点から、再資源化の取組は排出する段階で厳しく取り締まろうという意識が読み取れる。

建築資材に関しては、建築資材だから特別な指標を用いているわけではないということがわかった。では、特別な指標設定などと言うものがありえるのかというと、自動車や家電に関して示したように、各組立系製品の特徴を生かして全体での再資源化の取組を指標化しているものがあつた。これらは、自動車リサイクル法、家電リサイクル法のもとに、特徴を考えて設定されている。同様なことを建築でやればよいとは思わないが、建設リサイクル法における指標のスタンスは、一般的に使用されている指標を、建築は再資源化が難しいからという理由で、木材に関しては縮減も許すなど甘めに設定したように思える。2章で示したように、他産業とのかかわりの中で建築資材の再資源化フローは構築されているという特徴を生かして、何か独自の形での指標設定を考えるべきではないかと考察できる。

## 4 章 建築資材の関わる 再資源化の実態調査

- 4-1 : 本章の目的
- 4-2 : ガラス系建築資材
- 4-3 : 石膏ボード
- 4-4 : 木質系建築資材

## 4-1：本章の目的

2章では、建築資材と他製品との再資源化パターンによる比較を行い、その特徴や背景の考察から、再生原料を受け入れている原料側に加え、自製品循環が期待しづらい状況にある排出側も含めて、他産業との係りの中で再資源化システムが成立している（成立しそうである）事が、建築資材の再資源化の特徴であると結論付けた。そこで本章での再資源化調査は、他産業との関わりの中で再資源化システムが成立している事例として、ガラス系建築資材と石膏ボード、木質建材に関して取り上げている。

ガラス系建築資材では、板ガラスを中心として、硝子繊維（グラスウール）や他産業製品のガラスびん、ガラス長繊維、その他ガラス製品と、それらを繋いでいるカレット業についての調査結果を示す。調査結果では、各製品の＜概要＞＜原料段階＞＜製造段階＞＜流通＞＜排出段階＞に関して整理を行い、最後に＜ガラス系建築資材の係る再資源化フローの全容とその成立要因＞を考察する。

次に、石膏ボードに関しては、石膏ボードメーカー、製造工場、工業団体、で伺った、石膏ボードと副生石膏との関わりや石膏ボード自身の再資源化に関しての調査結果を示す。ここで扱う製品は石膏ボードのみであるので、石膏ボードの＜原料段階＞＜製造段階＞＜輸送＞＜排出段階＞＜石膏ボードの係る再資源化フローの全容とその成立要因＞に関して調査結果を示す。

最後に、木質系建築資材に関しては、秋田県における木質建材の供給側の調査と、首都圏における解体発生木材処理段階の整理を行う。ここでは、各段階における再資源化の取組を中心に整理を行い、最後に＜木質建材の係る再資源化フローの全容とその成立要因＞に関して考察を行う。


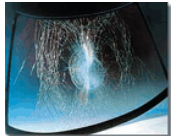


## 4-2 ガラス系建築資材

### 4-2-1 調査の狙い

現在ガラスは様々な分野で使用されている。その用途は、携帯電話の液晶表示部や液晶テレビ、パソコンのハードディスクなど身の回りに広がってきている。ガラス産業の全体市場は1兆7000億円。そのうち住宅、自動車、生活用品などの広く普及している分野が50%を占めている。また、情報通信、医療、バイオなどの新しい分野の市場がすでに50%に達しており、今後も成長が期待されている。

以下に主要なガラス製品とその市場規模を一覧にして示す。(表4-2-1)

表4-2-1 : ガラス製品の種類と市場規模

産業分野	ガラス製品名	市場規模	イメージ
建築分野	板ガラス	1,800 億円	
	グラスウール	600 億円	
	グラスファイバー製品	1,200 億円	
船舶・車両分野	自動車用板ガラス等	1,700 億円	
生活用品分野	ガラスびん	1,700 億円	
	食器・照明その他	1,000 億円	
情報通信分野	テレビブラウン管	1,500 億円	 
	ディスプレイ・ガラス基板	2,000 億円	
	ガラス製ハードディスク	1,000 億円	
	光ファイバー・レンズ	2,000 億円	
	石英ガラス・フォトマスク(半導体製造用)	2,000 億円	
その他の分野	医療用ガラス・放射線対策・精密機械・エネルギー分野		
未来の分野	ナノガラス		

(画像出典 : ガラス産業連合会 GIC hp:<http://www.gic.jp/index.html>)

ガラス系建築資材に関しては、フロート板ガラスをはじめに、強化ガラス、合わせガラス、複層ガラス、Low-e ガラス、鏡といった、板ガラス系建材や、ガラスを繊維として利用している断熱材用途のグラスウールや、樹脂に強化用としてガラス繊維を混合している FRP や、ガラスを小径化してビーズやカレット化し、道路の舗装材や、埋め戻し材、骨材、ブロック、塗料原料等にも利用されている。しかもこれらの製品は、純度の問題こそあれ、同じ組成で構成されている。そのため、ガラスの再資源化可能な性質と合わせて、非常にバリエーションに富んだ再資源化ルートの形成が考えられる。しかも、これは建築資材に留まる事ではなく、ガラスびんや、自動車用板ガラス、その他ガラス製品とも連携して再資源化ルートを形成する事も不可能ではない。ただし、2章の板ガラス、グラスウールに関する資料調査により、自製品内での循環を始めとして、まだそれほど再資源化システムが上手く形成されていない事が明らかになっている。

ここでは板ガラスと、ガラス繊維（グラスウール）に加え、ガラスびんやカレット業者に対してもヒアリング調査を行い、現状での産業間のやり取りの関係や、阻害要因等を中心にした調査結果を整理する。ガラス製品に関して調査対象とした業者や団体の一覧を以下に示す。（表 4-2-2）

表 4-2-2 : 調査対象一覧

ガラス製品	調査対象	日時	調査内容
板ガラス	ガラスメーカー製造工場	2006. 7	板ガラスの製造工程見学 板ガラスメーカーの再資源化の取組に関して
	板硝子協会	2006. 11	板ガラスの原料や製法の概要 板ガラスの係る再資源化の取組
硝子繊維製品	硝子繊維協会	2006. 11	硝子繊維製品の概要（短繊維、長繊維） 硝子短繊維に関する再資源化の取り組みに関して
ガラスびん・カレット	カレット製造業者	2006. 12	ガラスカレットの製造工程見学
			ガラスびんの再資源化の取り組みに関して ガラスカレットの係る再資源化に関して
その他	硝子産業連合会講演会	2006. 10	EU におけるガラスリサイクルに関して

## 4-2-2 各段階での再資源化の取組

ここでは、取り上げたガラス製品（板ガラス、ガラス繊維、ガラスびん、カレット）それぞれに関して、＜原料＞＜製法＞＜輸送＞＜廃棄物段階の処理＞＜再資源化パターン＞＜再資源化の取組の成立要因・阻害要因＞と言った内容に関して調査結果を整理する。最終的には、全ての調査結果を繋げて、ガラス系建築資材の係る再資源化フローの全体像を示し考察を行うが、このフローに関しては、それぞれの製品について調査結果を整理する際、予めその位置づけがわかっていた方が、説明を行い易いため先に示しておく。（図4-2-1）

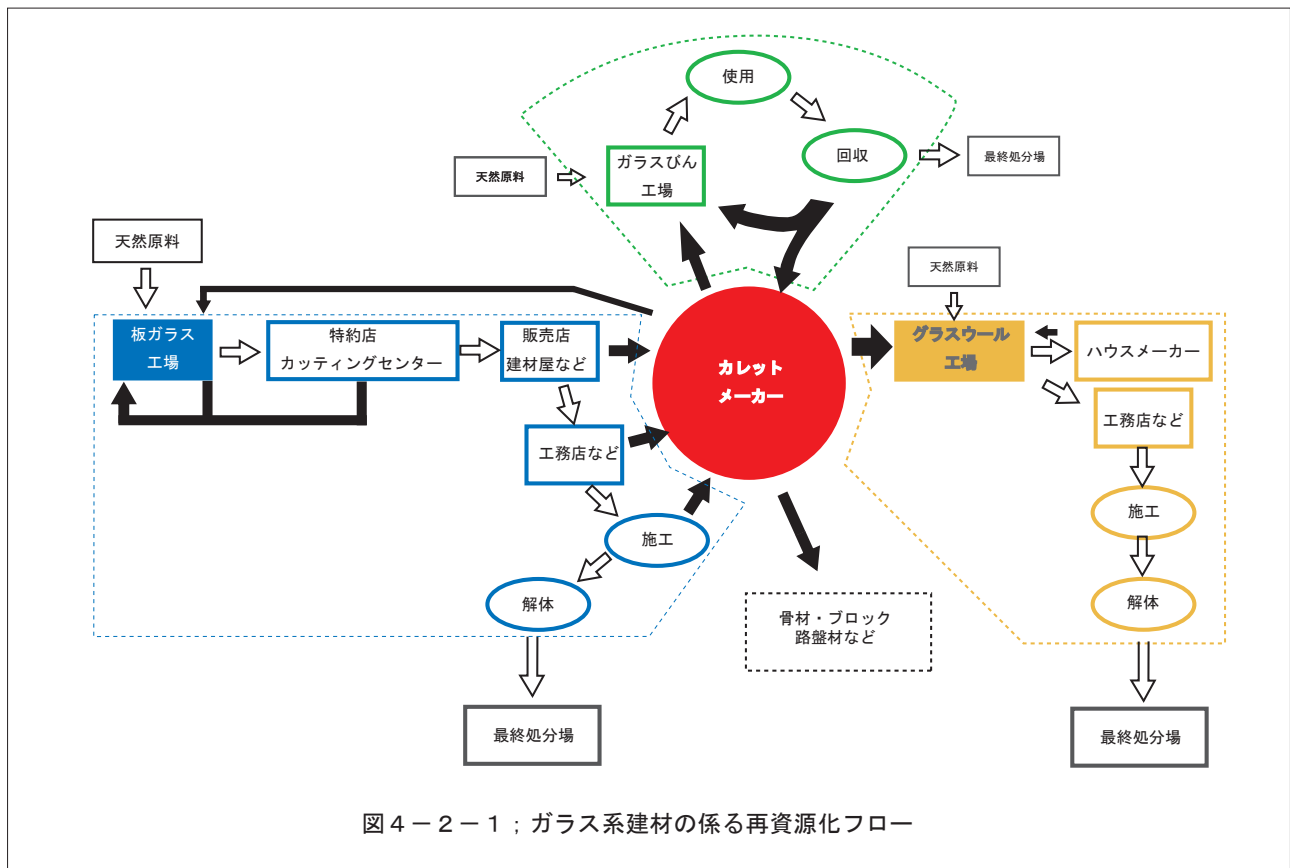
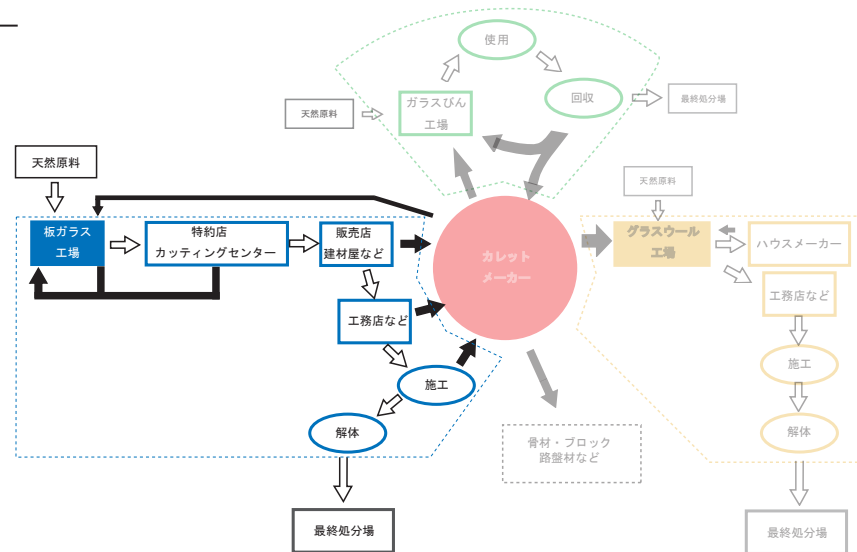


図4-2-1: ガラス系建材の係る再資源化フロー

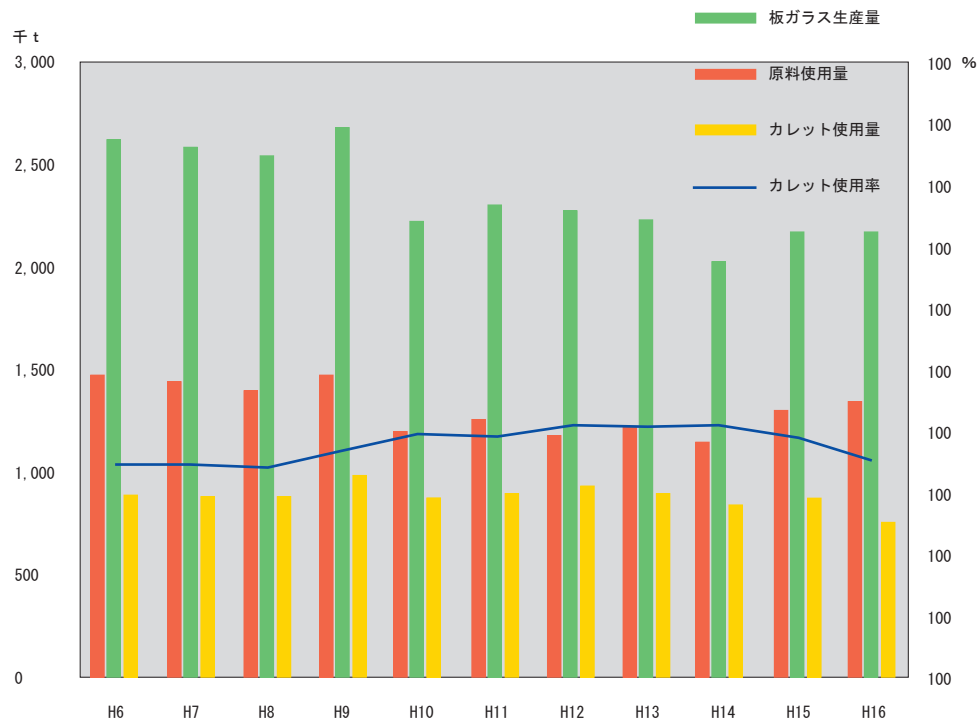
## ●板ガラス



## ＜用途と生産量＞

板ガラスの使用されている産業の割合は、建築：車：その他＝5：4：1となっている。車は1,350万m<sup>2</sup>の生産量で、約1060万台の車両製造量に対応している。建築産業分野に関しては、住宅着工数と対応して生産量の変動がある。また、商業・オフィスビル向け等の一般建築用に関しては、板ガラスのみでの発注にはならず、輸入品との兼ね合いが生じてくるため、必ずしも生産量と建築生産量が対応していない。

表4-2-3：生産量と原料使用量の内訳の変遷



	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
板ガラス生産量 (千 t)	1,479	1,451	1,422	1,479	1,209	1,270	1,206	1,230	1,161	1,315	1,365
原料使用量 (千 t)	2,629	2,596	2,560	2,692	2,238	2,323	2,290	2,247	2,047	2,191	2,184
カレット使用量 (千 t)	910	893	885	996	886	916	944	918	848	874	768
カレット使用率 (%)	34.6	34.4	34.6	37	39.6	39.4	41.2	40.9	41.4	39.9	35.2

出所：窯業・建材統計年報（経済産業省）

### ＜原料＞

板ガラスの主原料は、ケイ砂、ソーダ灰、長石、石灰石、苦灰石、ガラス屑（カレット）等であり、ケイ砂は主に輸入（オーストラリアなど）で賄っている。ソーダ灰は、天然のものと製造のものの両方を使用している。板ガラス原料の種類とその内訳を右に示す。（表4-2-4）

溶解炉の燃料は1955年を境に、重油への転換が行われ、現在は重油を主燃料としている。

原料名	割合
けい砂	36.3%
ソーダ灰	10.3%
ぼう硝	0.7%
長石	2.7%
石灰石	1.1%
ドロマイト	9.5%
ガラス屑（カレット）	39.4%

表4-2-4：板ガラスの原料と内訳

#### ・カレット利用の意義

カレットの使用は、端材の有効利用という理由と、エネルギー効率を良くする利点から行われている。天然原料だけでは、溶解するために多大なエネルギーを要するが、原料の調合段階でカレットと天然原料を混合して炉へ投入すると、カレットが先に溶解し、それに巻き込まれる形で天然原料も溶解できる。そのため、原料の溶融に要するエネルギーを減らす事が可能である。ガラス産業連合会によると、原料にカレットを10%投入する毎に約3%のエネルギーを削減できるとの事であった。

#### ・カレット投入率とその上限：40%前後（上限は50%程度と考えている）

#### ・板ガラス原料のカレットとなる廃材

場内端材、特約店から回収した端材、カレット業者から購入する板ガラスカレットが板ガラス原料のカレットとなる。投入量を引き上げられない理由としては、不純物の問題が大きい。詳しくは排出再資源化段階で記すが、解体由来等の市中カレットの購入は、信頼のあるカレットメーカーとの間でしか行われない。板ガラス原料となっているカレットの大部分は、製造段階から発生する場内端材カレットである。

#### ・カレットの取引に関して

通常、原料として使用しているカレットは、自社工場内から発生したものと、特約店で発生したものがあるが、いずれにしろ自社系列内での発生端材であるために、無償で提供をうけている。

また、自社系列内からのカレットが不足している場合は、市中のカレット業者から購入する。カレット業者は、メーカーとの取引関係が継続的にある業者であり、安全・品質面での保証が重要になっている。

### ＜製法＞

一次製品としては、フロート板ガラス、型板ガラス、みがき板ガラスに大きくは分類される。その品目毎に製造方式は異なるが、基本的な製造工程は次の通りである。

けい砂、ソーダ灰、石灰石、苦灰石などの主原料を、一定の割合で調合した後、適当な割合でガラス屑（カレット）を配合、投入口から窯槽の内部へ送り込む。これらは窯槽で熱せられ、1500～1600℃の高温で完全に溶解されガラス化し、次第に澄みきった均質のガラス素地になる。次にこの素地を成型に適した粘度になるまで温度操作し、窯から後述する各種の方法で板状に成型する。その後、板状になったガラスは、徐冷窯に入り、残留ひずみを取り去るように徐冷し、十分に冷却した後、洗浄・乾燥し所定の寸法に切断して製品にする。板ガラスの溶解炉は、1000 t 以上の溶解したガラス素地をプールしているので、一度操業を開始すると、窯槽を構築している耐火煉瓦の物理的寿命が来るまでの期間（通常10～12年）は、窯槽を常時保温状態にしなければならない。そのため、昼夜通しての連続操業形態となる。

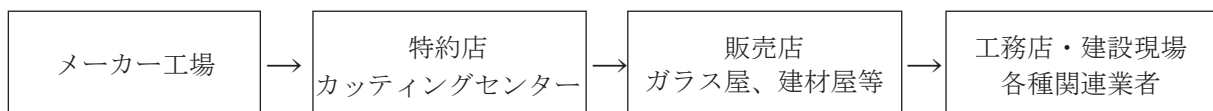
一次製品の製造方法には、フロート法（フロート板ガラス）、ロールアウト法（型板ガラス）、連続式片面磨法、デュープレックス法（みがき板ガラス）がある。いずれも、広いスペースを必要とする製法であり、以前はスペースの確保の問題から、垂直方向に延ばす製法があった。

### ＜流通に関して＞

板ガラス製品は、重く壊れ易いという製品特性に加え、需要が少量多品種になるという特徴と、切断・加工・組立・施工の各段階でそれぞれの需要に応じて商品化されるという特徴によって、流通形態が決定されている。

特約店は、近年の需要低迷により、廃業・合併等が相次ぎ大幅に数が減っているが、現在でも約270店程度有り、これらは個々に販売店に対し板ガラスを販売している。特約店は、末端需要を集約して生産者と消費者を結び、その機能は在庫・切断・配送をはじめ、販売促進・情報の収集伝達などで、ほとんどが板ガラスの他にアルミサッシ等の建材も取り扱っている。カッティングセンターという名称が良く用いられるのは、この特約店のことを指している。

販売店は、業態・規模ともに多岐にわたっているが、最も多いのは小口の建築工事を対象として、住宅用サッシと板ガラスを組み合わせ、大工・工務店に施工販売をしているものである。これらは、具体的には板ガラス店、サッシ店、建材店、建具店などがあげられる。



---

### ＜排出段階＞

廃板ガラスの発生は、1：製造段階、2：加工段階、3：施工段階、解体段階の各段階で起こっている。ここでは、この各段階について、板ガラスメーカーから見た視点で整理する。

#### 1：一次製造段階の場内端材：板ガラス原料となる再生カレットの大部分を占める

フロート法では、徐冷した後生産したガラスの両端を切断して幅を揃えるため、必然的に副産物が生じる。また、切断工程を経ての欠陥品や、ライン停止後の再始業時の品質の安定しないガラスも含めて、副産物は破砕して、カレット化し原料とともに混合している。製造工程において必ず切断後の端材や、不良品は発生してしまうため、この再資源化の取組は環境的要請の有無とは関係なく、採算を採るために創業時から行われてきた。

#### 2：カッティングセンターでの端材（特約店）

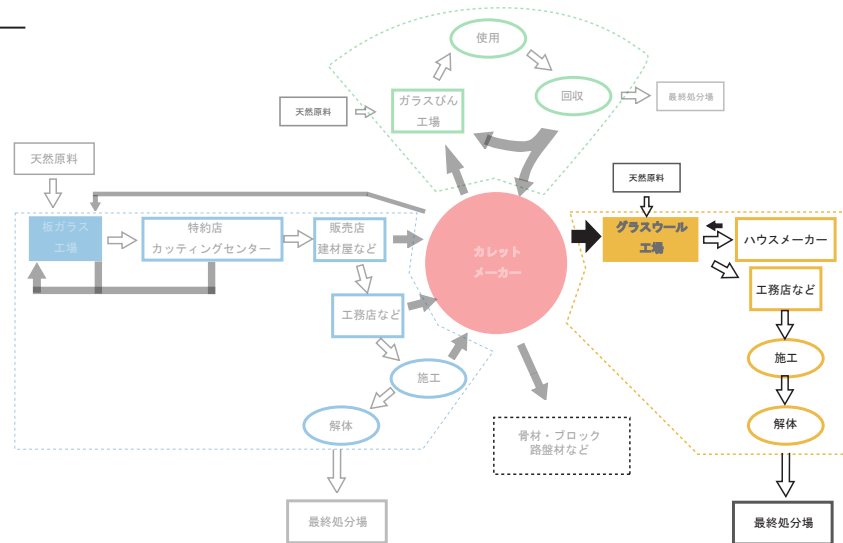
特約店に製品を卸したあと、消費者需要に応じて製品の加工を行う。

この際の端材は、メーカー工場から製品を納入する車の復路を利用して回収が行われている。これは、製造業者が広域認定制度を利用しており、自社系列内で発生した端材の内ほとんどが、回収され再原料化されている。また、施工まで行っている特約店では、施工端材の回収も考えられる。

#### 3：施工端材、解体端材由来の市中カレット

原料として利用するカレットが不足している場合は、市中のカレット業者から、カレットを購入する。その割合は～5％程度である。このカレット業者は、メーカーと取引関係のある所であり、品質・安全の保証は最大限確保されなくてはならない。カレット業者では、板ガラス用とびんガラス向けなど、種類毎にカレットを区別して製品化している。板ガラスカレットは、販売店や建築業者由来の施工端材などが中心となっている。（詳細は、ガラスカレットの編で解説する。）

## ● ガラス繊維



## ＜製品の種類と特徴＞

ガラス繊維には、その性質上、長繊維と短繊維という二種類が存在するが、建築用途にはグラスウールの使用が大部分を占めている。そのため、ここでは、グラスウールを中心にガラス繊維に関わる事項の調査を行った。以下に、それぞれの製品の種類と特徴、製造方法などを示す（表4-2-5）

表4-2-5：ガラス繊維製品の種類と特徴

製品の種類		用途
短繊維	グラスウール	主に建築用（断熱・保温・吸音）
	特徴	製品としては、断熱用のグラスウール断熱材と、配管に巻き付けるある程度の強度を有した保温材が中心である。グラスウールは、ガラス材料を綿状に繊維化した、細い繊維の集まりである。この細い繊維が絡み合ってグラスウール中に連続空気室をつくっており、連続空気室の中では空気が静止していて動かないので熱が移動しにくく、このためグラスウールは高い断熱性能を持っている。
	製造方法	熔融したガラスをロータリー法（遠心法）と呼ばれる方法で数ミクロンに繊維化し、フェノール樹脂を主成分とする接着剤を噴霧してマット状に集積する。これを熱風の成型炉で熱硬化させた後、所定の寸法に裁断する。以前は火炎法という方法もあったが、すぐに品質管理の問題から無くなった。
長繊維	ヤーン系	プリント基板、工業用断熱材、バグフィルター
	特徴	ガラス素地を千数百度の高温下で3～9ミクロンの極細フィラメントに熔融紡糸し、50～800本を澱粉、油系のバインダー（集束剤）で集束したものをストランドと呼ぶ。これに撚りをかけ、あるいは撚りあわせたもの、または加工した製品群をヤーンと呼ぶ。ヤーンはグラスファイバー製品の最も基本的なものである。近年のグラスファイバー製品の多様化は、パソコンの基盤等に利用され、その特性を十分に発揮している。
	ロービング系	船、タンク材料、チョップドストランド（FRP など）
	特徴	ロービング系の製品は、他の材料の強化用材料として他の材料と複合して使用される。とりわけ、プラスチックとの複合材料として用いられる事が多く、これをFRP(Fiberglass Reinforced Plastics)と呼んでいる。FRPの用途は極めて広い。他にも、ゴム(FRR)、石こう(FRG)、セメント(FRC)等と複合され、また補強材もヤーン系製品が用いられる事もある。

### ＜生産量＞

ここ数年は横ばい状態である。断熱材に関しては、IBEC の発表しているデータがある。重量ベースと面積ベースのデータがあり、グラスウールは、かさが大きい関係から他の断熱材との使用量の比較をする際は、面積による比較の方が用い易い。生産量の増減の背景となっているのは、主に住宅の着工数である。

表 4-2-6 : ガラス繊維製品の生産量

単位：トン

	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
長繊維	319,259	338,715	293,640	347,505	351,680	373,837	341,569
短繊維	205,951	213,215	196,863	189,819	199,048	200,754	198,126
合計	525,210	551,930	490,503	537,324	550,728	574,591	539,695

### ＜原料＞

#### 短繊維（グラスウール）

- ・原料内訳：カレット（85%）、バージン原料（15%）
- ・天然原料取得先：鉾山原料商社

バージン原料は、ホウ酸（ホウ砂）水酸化マグネシウム、ドロマイト、長石、ソーダ灰、白土  
ソーダ灰やホウ酸は、輸入原料であるがカレットの成分によって、投入量は調整している。ホウ酸は製品の耐候性を高める働きをする。グラスウールは板ガラスに比べて製品の表面積が大きいため、耐候性は重要な特性である。この他に工場内で回収された副産物が再生利用されている。色は白色だが、還元性や成型性を出すために、フェノールとホルムアルデヒド樹脂を添加（2%程度）して黄色になる。（F★★★★である。）

#### 長繊維

- ・長繊維の原料はほぼ全てが天然原料である。

種類としては、中国や韓国から輸入されているクレー（鉾石）、フッ化物（蛍石）、炭酸カルシウム等が挙げられる。グラスファイバーは、同じガラス製品でも板ガラス等とは原料の種類が全く異なる。その特徴としては、アルカリ分をほとんど含んでいない点にある。

グラスファイバーはEガラス（電気カルガラス）に分類されており、現在はJISの規定でアルカリ分が定められている。製品原料への要求が非常に高く再生原料の使用は行われていない。唯一工場内副産物は、バインダー等の有機系添加物を飛ばしてから再生原料化される。

#### ※ E ガラスとは

材料組成から、酸化物ガラス（その中でもアルミノケイ酸ガラスの一種）に位置づけられる。  
特性としては、化学的耐久性のうち耐水性は極めてよく、粘度は溶解硝子の温度が下がるにつれて急激に高くなるので硝子繊維のように成型性がショートなものに適している。軟化点が900℃と非常に高く耐熱性を求められる用途に適している。引張り強度はソーダガラス繊維に比べて25%高い  
Eガラス：もっとも多量に生産されているアルミノホウケイ酸ガラスはEガラスである。FRPパイプ等に用いられている。（板ガラスは、ソーダ石灰ガラスに位置づけられる。）

## ○カレット原料に関して

**カレットの取得先：**カレット業者、自治体、大手メーカー（飲料メーカー、自動車メーカー）

カレットメーカーは、継続的にグラスウールメーカーと取引のある業者である。そのため品質管理が最重要課題である。自治体は、回収したガラスびん等を自治体内の再生施設で破碎処理して納入する。ただし、供給源としては輸送コストの問題、供給の安定性の面で問題がある。大手メーカーというのは、自動車メーカーや飲料メーカー等で、回収された廃ガラスは、品質が安定しており、量も大量に供給されるため、グラスウールの原料にする事が可能な品質であれば大口の原料供給先となる。しかし、実際はそれほど受け入れていない。

## カレット使用の変遷

最初はカレットの利用はなかったが、ガラスびん産業での廃びんの処理先として検討されて、現在のカレット利用が始まっている。そこから次第に、ヴァージン原料よりもコストメリットが生じるようになって、現在の高使用比率に繋がっている。

## カレットの質

色は、白色（透明）が一番多い。茶・黒・青やそれらが混入したもの等は、購入価格によって差をつけている。色のコントロールの問題は、ガラス繊維（グラスウール）においては問題ではない。ただし、色付き（特に茶・黒）びん由来のカレットは還元性の成分を含んでおり、溶融窯の中で、酸性成分と反応して泡を生じる。窯は上部から熱しているので、泡が断熱材の役割をして熱効率が悪くなる。そのため、色毎に価格の差を設定している。また、工場によっては、蛍光灯由来のガラスを受け入れている所もある。

## 不純物に関して

混入する不純物は、金属、有機物、キャップ、耐熱セラミックなどがある。金属が混入すると、窯を構成する金属と合金を形成してしまい、劣化を招く原因となる。有機物は、カーボンとして残ってしまったり、還元性を有して製品の強度低下を起こす可能性がある。耐熱性セラミックは、破碎されているとカレットと見分けがつかない。工程内ではロータリーの穴に詰まる事がある。

### ＜流通＞

流通の形態はその出荷量の大小により、二つのパターンに分かれる。

パターン1：製造メーカー→ハウスメーカー→施工現場

ハウスメーカー等の大口の出荷先の場合は、工場から直接配送する。後述するが、その利点を生かして帰便での端材の回収を可能にしている。

パターン2：製造メーカー→建材商社→中小工務店→施工現場

工務店等、小口の取引先に対しては、建材商社を経由して取引を行っている。商流としては建材商社を挟んではいるが、物流としては直接配送である場合もある。

また、グラスウールは、比重が小さく輸送の際の効率の悪さが最も大きな問題である。そのため、輸送の際は1/8に圧縮している。

### ＜排出段階＞

グラスウールメーカーは、広域再生利用指定産業廃棄物処理者（広域認定制度）として、製品の納入先のハウスメーカー等から、工場端材の回収を行っている。量としては、500t（生産量は20万t）程度である。

回収したグラスウールは、専用解砕機によるブローイング製品化、或は粉砕機で粉末化の後、ガラス熔融炉で投入する再利用がある。

問題点としては、排出した製造メーカーが再資源化を行わなくてはならない点が挙げられる。つまり、他社で製造されたグラスウールは受け入れられない問題である。また処理方法として、受け入れた廃棄物は全て原料化しなくてはならず、一部再生できず外部委託の廃棄物が発生すると、中間処理にあたるため違法行為となる。そのため排出事業所での徹底した分別が必要となる。さらに、グラスウールはかさのある製品であるので、輸送にコストを要すし、溶剤を使用して熔融するか、圧縮して減容しなくてはならない問題がある。

解体材に関しては、現在は混合廃棄物として埋立処理が行われている。ザウスの解体で大量に発生したグラスウール廃棄物をロックウールへ再資源化したのは、特別な事例である。不純物の問題から、なかなか再資源化が行えない。法規制面での変化がないと現場での分別や運搬にまでお金と時間が当てられない。

（長繊維に関して：FRP（バスタブやケーブルのトラフ）は再資源化施設においてセメント原料化されている。年間約8000t利用されており、ガラス分はその20%程度である。セメント中で有機成分は燃原料化し、ガラス質は骨材化する。現在は、FRP中の樹脂を樹脂へと戻す研究がなされている。）

### ○解体段階での廃グラスウール排出について

現状では、解体材由来の廃グラスウールは再資源化が行われていない。理由として考えられることは、

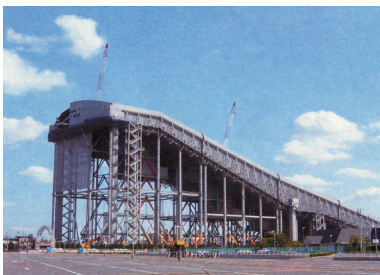
- ・廃グラスウールに混入する不純物の除去が困難である
- ・小口の解体発生材では、まとまった量が発生しないため、安定的な原料確保に至らない

というような、「質」と「量」の問題がある。

例えば、戸建住宅の解体発生グラスウールが、再資源化に回らないのはそもそも「量」の問題があるだろうし、大型建築物の解体において再資源化が行われないのは「質」の問題だからであろうと思われる。また、加えて、グラスウールは先述したように輸送効率が悪いいため、減容処理も必要となる。つまり、解体発生グラスウールの再資源化を行うには、＜量の確保＞＜異物の除去＞＜減容＞の三つのステップが必要である。

2003 年に行われた、大規模屋内スキー場の解体工事では、大量のグラスウールの発生が予想できたため、それらの再資源化を実施した。グラスウールの建物からの除去は、内壁の除去と同時に手作業で解体を行い、発生したグラスウールは専用のヤードで、異物除去・圧縮を行った。このヤードは、雨の影響を受けないように、また粉塵が外部へ飛散ないようにゲレンデ建物部の下に設置した。

ここで発生した廃グラスウールは、ロックウールとしてリサイクルされた。この解体工事では、大量のグラスウールが発生したことから、処理を行ったメーカーでもグラスウールリサイクルを事業展開することとなった。しかし、今回の現場ではこのリサイクルによって、輸送費や処理費用は、従来の混廃として中間処理業者に委託するよりも安くなったが、圧縮や異物除去などの前処理に費やした手間の分だけ、人件費を要することとなったため、トータルでコストメリットがあったかどうかは分からない。

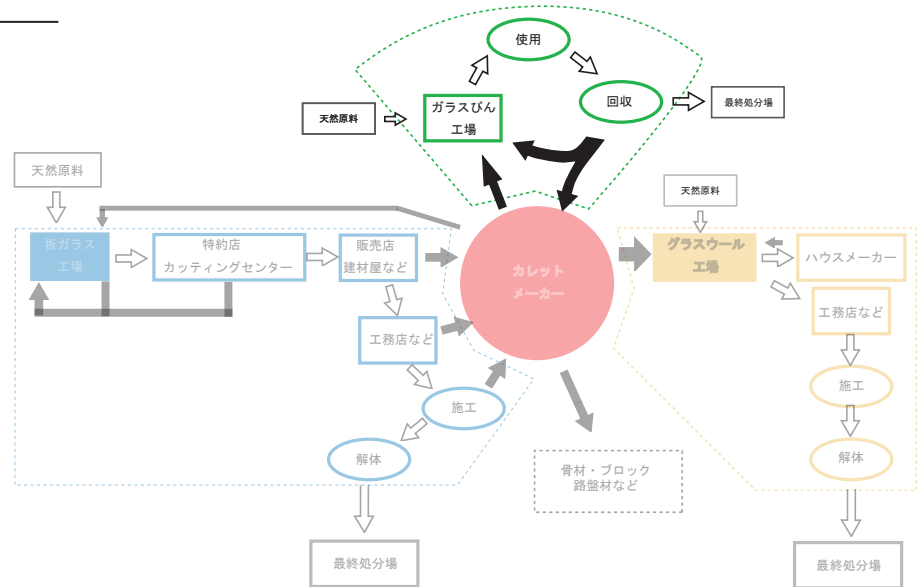


（解体工事全容 / 圧縮したグラスウールの積み込み / 再資源化工程への投入）

（出典：「大規模鉄骨造・鉄骨鉄筋コンクリート造建築物解体工事に関する研究」

坂本 優 東京大学建築学科 卒業論文 2004 ）

## ● ガラスびん



## &lt;生産量&gt;

## ● 出荷量に関して

ガラスびんの製造量と出荷量は減少傾向にある。(図4-2-2)

用途別に見てみると、薬品・ドリンク用のみ量の維持がなされているが、その他の清涼飲料水を始めとする、一般飲料向け用途での現象傾向が顕著である。この原因として考えられるのは、

- 1：輸入ガラスびんの増加
  - 2：パック容器、ペットボトル容器の増加
  - 3：ビール分野でのアルミ缶への移行
- などの原因が考えられる。

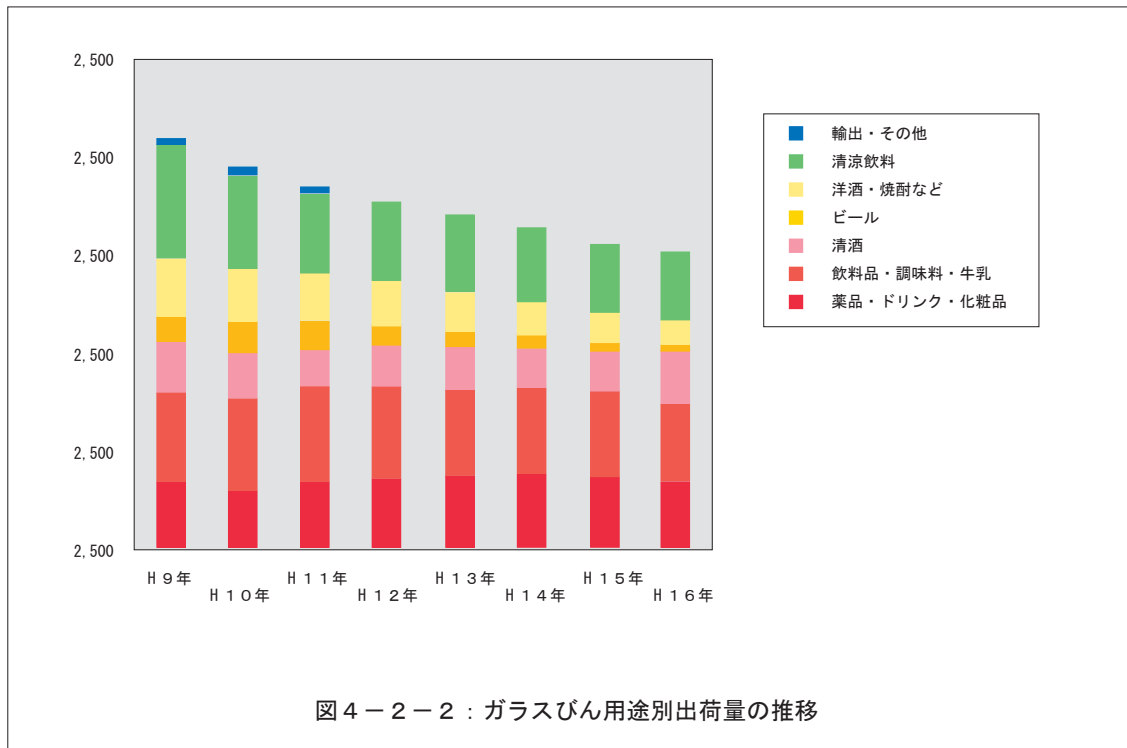


図4-2-2：ガラスびん用途別出荷量の推移

### ＜原料＞

ガラスびんの原料の90%が、空きびんなどを細かく砕いたカレットである。カレットは、主にカレット業者から購入しており、カレットにけい砂、石灰石、ソーダ灰等の天然資源を混ぜて、溶解過程、成型過程を経て新しいびんを作る。カレットの利用は、グラスウール製造の場合と同じように、天然資源の節約だけではなく、原料溶融段階での省エネルギーに貢献している。

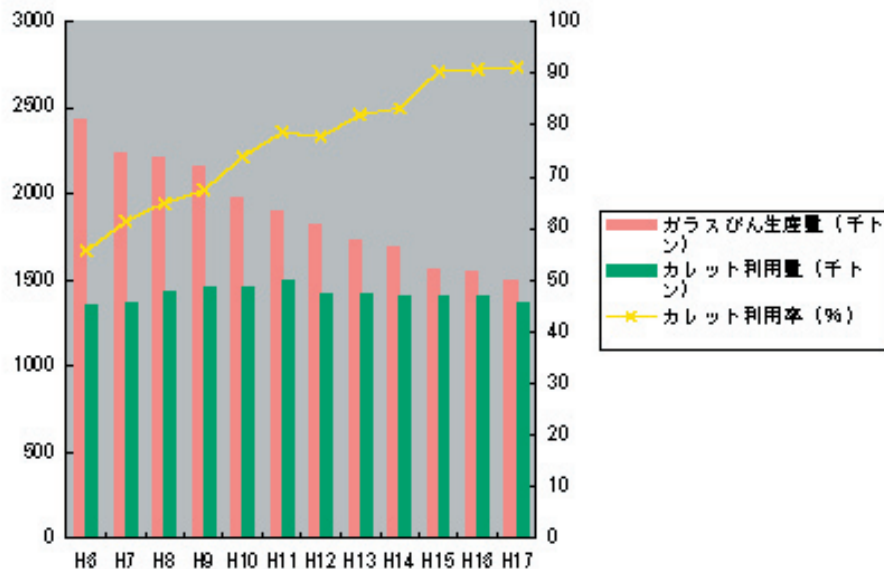


図4-2-3：カレット利用量

### ＜排出段階＞

容器包装リサイクル法の施行により、現在、自治体ではそれぞれのやり方で空きびんの分別収集を実施している。しかしながら、一部では排出のルールが守られず、リサイクルがスムーズに展開されていないという状況もある。空きびんは、新しいガラスびんの原料になる大切な資源であり、ガラスびんの品質を左右する空きびんの品質に、積極的な配慮が求められている状況である。

回収段階での問題の一つに不純物の混入がある。ステーションに排出された空きびんを資源化施設に集め、選別などを行う場合、異物が混入していると、選別に要する作業量が増え効率が低下する。さらに、異物の影響でリサイクル可能な空きびんも残さになってしまうこともある。

色分けされた空きびんをカレットに加工するカレット工場では、耐熱ガラスなどの異物が混入し、破碎してしまうと、目視では見分けが付かず、取り除くことができない。搬入段階で、耐熱ガラスなどが混入していないことが重要となる。

びん工場においては、アルミキャップ、耐熱ガラス、陶磁器などの異物が、カレットに混ざった状態で、ガラスびんの原料として利用されると、熔解の段階で溶けずに残り、ガラスびんにキズやヒビをつくることがあり、割れる原因となることがある。

---

## ○容器包装リサイクル法による各主体の役割

主な役割を以下にまとめるが、ガラスびんを始めとする容器の回収・再資源化のシステムの特徴は、事業者（容器包装（商品の容器及び包装自体が有償である場合を含む。）を利用して商品を販売する事業者や、容器を製造・輸入する業者。例：びん製造業者、ボトラー）に、再資源化の義務を負わせて、再資源化業者（主にカレット業者）は、入札によって事業者から業務委託を受けて（回収・）再資源化を行う点にある。

### ・消費者

消費者は、市町村の定める容器包装廃棄物の分別収集基準にしたがって徹底した分別排出に努めるとともに、マイバッグを持参してレジ袋をもらわない、簡易包装の商品を選択する、リターナブル容器を積極的に使うなどして、ごみを出さないように努める。

### ・市町村

家庭から排出される容器包装を分別収集する。また、特定分別基準適合物事の分別収集に関する5ヵ年計画を策定し、公表する。

### ・事業者

事業者は容器包装の利用または製造・輸入量に応じてリサイクルの義務を負う。

### ・指定法人（財団法人日本容器包装リサイクル協会）

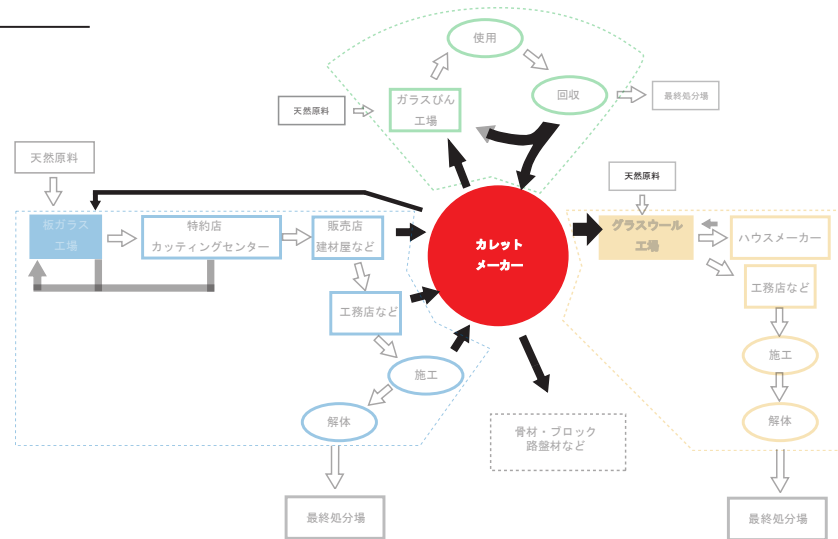
- ・申込みのあった市町村から、容器包装廃棄物を引き取る。
- ・特定事業者からの委託により、特定事業者に代わって容器包装廃棄物の再商品化を行う。

※容器包装のリサイクルをスムーズかつ的確に進めるため、容器包装リサイクル法に基づき「財団法人日本容器包装リサイクル協会」が「指定法人」として設置されている。

### ・再商品化事業者

指定法人の委託を受けて容器包装を運搬・再生加工し、新たな「資源」へと生まれ変わらせる。

## ● ガラスカレット



## ＜製品概要＞

カレットとは、一般に破砕された状態のガラスのことを言う。

## ＜原料（受け入れている廃棄物）＞

カレット業者が受け入れている廃棄物としては、廃板ガラス（建築用では、フロート板ガラス、合わせガラス、複層ガラス、また自動車用板ガラスも受入対象である）と、ガラスびん、テレビのブラウン管用ガラスなどが中心である。以下にヒアリングを行ったカレット製造業者の受入ガラス廃棄物の種類と概要を示す。

## ・ 板ガラス

カッティングセンターや板ガラス店、サッシメーカーなどから発生する端材の回収を行っている。ガラスメーカーが、特約店（カッティングセンター）からの端材の回収を行い始めた事により、カレット業への持ち込み量が減ってしまった。種類としては、網入りガラスや合わせガラス、複層ガラス等も受け入れている。

## ・ びんガラス

市町村などの自治体の回収びんが分別されるリサイクルセンターや一般廃棄物業者、酒屋やびん商等から回収している。一般廃棄物業者からの回収に関しては、3000m<sup>2</sup>以上の床面積を有する大規模事業用建築物の場合は、所有者の責任で廃棄物処理を行う事が定められている。そのため、首都圏から発生するワンウェイびんは、自治体による回収ではなく一般廃棄物業者に一度流れる事になる。

また、びん商は基本的にリターナブルびんの取り扱いを行うが、機能的に損なわれていたり、破損してしまったびんに関してはカレット業者で引き受ける。回収は廃びんガラスの発生場所に、回収BOXを設置して行う。受入品質基準は、キャップや、セラミック類の混入など、不純物に関する条件を厳しく持っている。

## ・ ブラウン管

ブラウン管に関しては、家電リサイクル法によりテレビとして回収が義務付けられており、回収後はメーカーから委託を受けて再資源化業者が処理を行う。

・ このカレットメーカーは東京都内にあり、取引先の範囲は、基本的に関東圏内に位置しているが、全国的な回収も行っている。これは、ガラスびんのところで説明した容器包装リサイクル法による回収・再資源化システムの整備によって、遠隔地のガラスびんでも入札によって経済的に回収が可能になったためである。また以前は、板ガラスの端材がカレット原料の大部分を占めており、このカレットメーカーでも大手板ガラスメーカーのカッティングセンター端材は全て回収していた。

## ＜製造工程＞

調査を行ったカレット製造業者での製造工程について説明する。

### 1：廃ガラスストックヤード

外部にストックされた廃ガラスは、上層の処理ライン入口へ投入される。カレット製造工場は2層になっており、地上レベルは廃ガラス原料と、製品カレットのヤードになっている。



### 2：カレット製造ライン

カレットの製造は、この工場では2つのラインに分かれており、それぞれ、板ガラスカレット用、びんガラスカレット用として使用している。

製造工程は、洗浄・破碎・異物除去を繰り返す。異物除去は、人の手による選別と、磁選機や金属探知機などの機械による工程がある。

右の写真は、左上から時計回りに、ラインの投入口（洗浄・分離）／手選別工程／除去された網入りガラスの網／洗浄されたガラスカレットである。



### 2：カレット製造ライン

上層で製造されたカレットは、地上レベルのカレットヤードへ降ろされてそのままヤードで蓄積されている。製品は、色（無色／有色／混色）と、カレットの由来となったガラスの種類（板／びん／ブラウン管）で分けられている。



### ＜カレットと各ガラス製品の関わり＞

カレットを納入する出荷先製品には、板ガラス、ガラスびん、グラスウール、ガラスビーズ、レンガ、タイル、骨材、埋め戻し材などがある。

無色や単色（茶など）の廃びんガラスは、びんガラスメーカーに納入するカレット原料となり、混色の廃びんガラスは、他用途利用（グラスウール、レンガ、タイル、骨材、埋め戻し材など）の原料カレットとなる。廃板ガラスに関しては、半分が板ガラスカレット用、残りがグラスウールやガラスビーズ用に利用されている。ここからは、前述の原料の話と重複する内容もあるが、各ガラス製品毎に、カレットを取り巻く状況をまとめる。

#### ○ガラスびん

現状では、混色のびんカレットが余っている状態である。白や茶は、前述のとおりびんガラスメーカーへ行き、混色に関しては使用用途を探さなくてはならない状況にある。例としては、豊洲地区の液化化現象を防ぐ、コンパクションパイルの砂の代替品として利用されたりしている。

容器包装リサイクル法によって、特定事業者（びんメーカー、ボトラー、飲料会社など）が容器（ガラスびん、ペットボトル、紙パック、缶）の再生利用を義務付けられた。特定事業者は（財）容器包装リサイクル協会と再生処理を契約し、処理費用を払う。協会は再生事業者へ委託し、再生事業者は処理費用受け取っている。この法律により、輸送費用などを入札で競り落とせば、負担してもらえることになったため、遠隔地の廃びんガラスも回収可能になり、以前は50%以下だった再資源化率も現在は93%になった。

しかし実際には、この93%には工場内端材の再生利用も含まれており、実際には、生産量の60%に当たる程度が回収利用されており、10%程度が他用途利用されていると考えられる。また、遠隔地廃びんガラス回収をより効率的に行うために、飲料メーカーの工場の隣地にカレット業者が進出する試みもあったが、回収量が不足しあまりうまくいっていないのが現状である。

#### ○グラスウール

以前は、カレットよりもバージン原料のほうが価格が安く、熔融温度を下げる技術的目的のみでカレット利用が行われていた。しかし、ガラスびんの回収システムの整備などにより、カレット価格が次第に下がり、現在ではバージン原料よりも安い価格でカレットを入手できるという理由で、原料の大部分を再生カレットでまかなっている。

製造法は、溶けたガラスをたくさんの小さな穴から流しだし、遠心力か、高温高速の炎で吹き飛ばして綿のように2種類ある。遠心法ではカレットの品質規定は厳しくないが、小さい釜で製造する吹き飛ばし法では、カレット径が5mm以下であったり、品質の規定が細かく、以前はカレット業者では対応しきれず専門の業者が存在していた。

### ○板ガラス

回収に関しては、業者から排出されるため、家庭から発生するびんガラスよりも行いやすい。そのせいもあり、カレットメーカーの初期の業務は、板ガラスメーカーの特約店である各地のカッティングセンターや、ガラス建材屋などから板ガラスの端材を回収して、板ガラス用のカレットを製造することであった。

しかし、現在は板ガラス用のカレットは不足している状況である。これは、メーカーが独自の特約店などからの回収をはじめて、カレット業者が回収する板ガラスの量が減ったためである。そのため、カレット業では合わせガラスや複層ガラスの再資源化に取り組んでいる。ただし、合わせガラスのフィルムを剥離するために、ロータリーキルンを導入しようとする、発生する悪臭の問題や、排煙脱硫装置が必要になり、まとまった設備投資が必要になってしまう。現在合わせガラスの処理は、外部のストックヤードで雨ざらしにしておき、間のフィルムが膨張するのを利用してはがしている。

建築用ではなく、自動車用板ガラスのリサイクルは、それほど量が出ないために事業化しづらい面がある。(月に300～500トン受け入れられれば仕事になるが、実際には年4000～5000トン程度しか受け入れられそうにない。自動車でリサイクルに回るのは、500万台中300万台程度で、一台あたり12～13kgの板ガラスが使用されている。そこからリサイクル可能な部分は、枠の部分をカットした10kg程度である。)

### ○その他のガラス製品

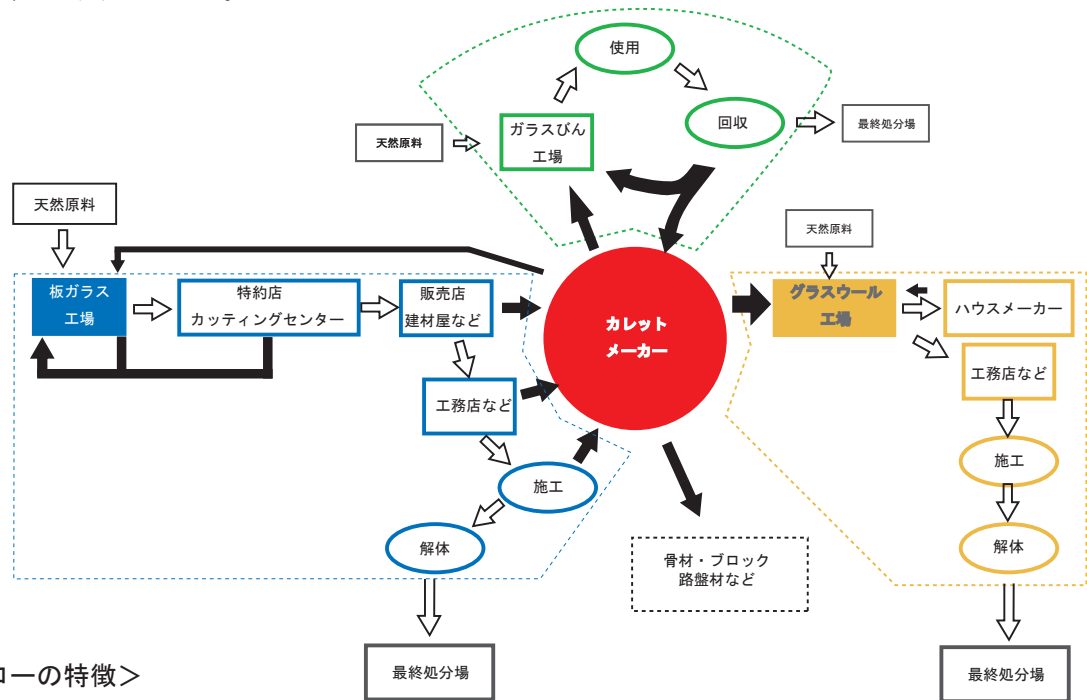
ガラスビーズは、カレットを更に細かく破碎し角を取って安全にしたもので、道路のラインに混ぜて使用されたり、路面の反射材、ガードレールやポールに使用される光を反射する白色塗料、また最近では、公園の砂場が猫や犬の糞で汚れるのを防ぐために、抗菌のガラスビーズを砂の代替品として利用したりしている。

現在は、中国からの安い輸入品が市場に出回り、国産のシェアが低くなっているが、国産のガラスビーズは原料が100%ガラスカレットであり、カレットの一つの受け皿となっている。ガラスビーズに使用する場合は、カレットメーカーからペイントメーカー（道路のライン）や施工業者に直接販売する場合がある。

ブロック材や骨材として利用されているのは、ガラスの反射性能を生かして、道路の視認性を高める狙いや意匠的な狙いによる。また、最も使用量が多いのは、路盤材である。これはもともと安価に使用できるため、大量に使用されており、資源の有効利用の観点から言えば、路盤材へのリサイクルは避けたい方法である。しかし、資源の価値を含めて、他の路盤材製品との価格のバランスが取れていないことがカレットを利用している原因と考えられる。

### 4-2-3 ガラス系建材の関わる再資源化フローの全容とその成立要因

前項までで、各段階の調査結果として、板ガラス・ガラスウールのガラス系建築資材と、主要なガラス製品であるガラスびんと、中間処理業に当たるガラスカレットメーカーに関して説明を行った。その結果として、以下に示す再資源化フローを作成した。(図4-2-1) ここでは、この再資源化フローを一つの系と見た際の、全体の特徴を考察していく。



#### ＜再資源化フローの特徴＞

##### ●天然資源の投入

このフローで、ガラス系建材の係る再資源化の流れを全て網羅している訳ではないが、カレット業者を経由してこの3製品（板ガラス、ガラスびん、ガラスウール）と、ヴァージンガラス原料を使用せず、カレットのみ使用する路盤材などのその他ガラス製品を加えて、一つのガラス製品の系を成しているところではみなす。この時、どの製品からどの程度この系へ天然資源が投入されているのかを考えてみる。

- ・板ガラス：約125万トン（生産量132万トン、外部カレット7万トン）

H17年度窯業建材統計によると、板ガラス生産量は28,390万tである。換算箱というのは、1換算箱が、厚さ2mm・面積9.29㎡の板ガラス1枚という換算なので、比重（2.5）を乗じて生産量をトン換算すると、1,320,135tとわかる。これにヒアリングで伺った外部カレットの利用率の上限（5%）を乗じて、この結果を得る。

- ・ガラスウール（ガラス短繊維）：約3万トン（生産量約41万トン、外部カレット38万トン）

先にも引用した窯業建材統計から、ガラス短繊維の生産量は213,028tであり、これにカレット利用率85.3%を考えると、天然資源の使用量は約3万トンである。

- ・ガラスびん：約60万トン（生産量約150万トン、外部カレット90万トン、工場内カレット量52万トン）

このデータは、ガラスびんリサイクル促進協議会のデータから引用した。

この天然資源の投入量を見ると、この系への天然資源供給は板ガラスとガラスびんからのものが大部分を占めていることがわかる。リサイクルの進んでいるガラスびんの資源投入量が意外と多い点が特徴的である

### ●最終処分の把握

全製品から使用後には最終処分に回っている。ガラスはその組成が地殻に含まれる成分と同様であるために、最終処分しても有害性が無いと言われてるが、リサイクル可能な材であるために、その最終処分量は削減できる事が望ましい。

#### ・板ガラス

板ガラスから最終処分される場合は、施工段階の端材で回収が行われなかったものや、解体段階から混合廃棄物として中間処理場を経由して、最終処分されるものがある。混合廃棄物として処分される場合は、ガラス及び陶磁器くずの区分で処分されている。板ガラスの最終処分量については、確証あるデータが得られなかったが、外部カレット利用の少なさから、排出量の大部分が最終処分に回っていると考えられる。

#### ・ガラスびん

ガラスびんで最終処分される種類は、ワンウェイビンの内回収が行われなかったものや、リターナブルビンで回収が行われなかったもの等がある。その 2005 年度の排出量の内訳は、ワンウェイびん、リターナブルビンの総排出量がそれぞれ、151 万 t、10 万 t である。そのうち未回収のものが 38 万 t で、再資源化段階で廃棄されるものが 26 万 t というデータが明らかになっている。(出典：ガラスびんリサイクル協議会)

#### ・ガラスウール

解体後のガラスウールは、その大部分が最終処分に回っている。その最終処分量の把握は、混合廃棄物として処理されているため非常に困難である。

### ●原料の流れる方向性について

フロー図から明らかな様に、カレット業を通じて各製品は繋がっている。その中でも品質基準による規制や需給の関係、コストのバランス等により、カレットが流れる方向性が決まっている。図 4-2-5 にその概要、現段階での受入余地量と、その原因についてまとめている。

板ガラス、無色単色ガラスびんについては自製品内での循環が可能である。また、組成上では、ガラスびんは板ガラスにする事が出来るが、板ガラスはガラスびんにする事は出来ない。しかし、ガラスは透過性を

		受入余地	原因
廃板ガラス	板ガラス用カレット	使用余地有り	・未回収解体板ガラスが大量にある。 ・板ガラスメーカーの品質基準が厳しい。 ・組成的には無色ガラスびんを受入れられる。
無色廃ガラスびん	ガラスびん用カレット	使用余地有り	・輸入ビンによる有色ビンカレットの増加。 ・回収システムがまだ完全ではない。(外部カレットだけでは、使用率 60% 程度)
単色廃ガラスびん	ガラスウール用カレット	限界値に近い	・有色ガラスびんの増加により、泡の発生等の技術的問題はあるが、受入量が増えている。 ・種類によって価格設定がある。
混色廃ガラスびん	その他用途用カレット	新たな用途先模索	・有色ビンの増加により受入量が増えているが、路盤材等処置費用が安い用途へ流れている。

図 4-2-5：廃ガラスの再資源化の方向性

このように必要以上に品質基準を厳しく求めて、安い原料を使用しない特徴は、建築資材においては珍しい特徴である。この要因としては、十分天然資源の価格が安く高機能ガラスなどにより付加価値も高い製品であるため、再生資源を利用するコストメリットが存在しない事が考えられる。ただし、これ板ガラスの再資源化を妨げる一つの要因となっている。

ガラスびんに関しては、外部カレット利用率が60%程度であり、更なる質の高い回収網の整備が求められている。しかし一方で、ガラスびんは他の容器に押されて、生産量が減少傾向にある背景も考えなくてはならない。加えて有色ビンの増加により、今後はガラスびん製造への受け皿が減少する事が予想される。そのため、有色ガラスびんの受け皿となる用途先の創造が必要である。

このようにして余剰となった不純物の多い板ガラスカレットと、有色混色のガラスびんカレットはともに、主にグラスウール原料として利用されている。その比率は、板ガラス：ガラスびん＝8：2である。つまりグラスウールは、廃ガラスの受け皿として機能している。しかし、そのカレット利用率もほぼ100%に近い状態にあり、ビンの余剰量の増加に加えて、この理由からもさらなる利用先の確保が求められている。

新たな用途先と考えられる、その他のガラス製品では、現在路盤材やブロック材への利用が多い。特に自治体レベルで舗装等に対して取り組む事が目立っている。しかし、これらの用途先には、他産業での廃棄物も利用されており、タダ同然の中で原料が使用されている。ガラスカレットの様に自製品での循環が可能で、利用価値が高いものは、資源の有効利用の観点から言えば、繰り返しリサイクルが出来る製品原料に回るべきであり、そうなる様なコスト面での誘導が必要だろう。

以上見てきた様に、このガラス製品の系は各製品毎に様々な状況があり、その帳尻合わせの様な形でブロック材や路盤材として埋立をする様な再利用が行われている。

ガラスは再生可能な材料である。

全体のバランスを把握して、どの用途にカレットが流れるのが最適か調整する必要があるだろう。

## 4-3 石膏ボード

### 4-3-1 調査の狙い

---

石膏ボードは、建築物の壁・天井下地材として最も多く使用されている建材であり、平成17年の総生産量は5億6千万m<sup>2</sup>であった。（新設住宅着工床面積は1億1千万m<sup>2</sup>、全建築着工床面積は1億8千万m<sup>2</sup>）性能としては、耐火性、遮音性、断熱性に優れる点が挙げられる。特に、耐火性の面では、建築基準法で防火材料に認められており、壁の防・耐火構造の材料として、あるいは柱や梁の耐火被覆材として多用され、火災の延焼防止に効果を発揮している。また何より、これらの優れた性能を有しているのに対して非常に安価であるという、経済性の面において石膏ボードは絶対的な存在である。

ただし、この膨大な使用量により、改修や解体段階において、大量の廃石膏ボードが生じていることも事実である。石膏ボードは、下地として利用されるため、湿式で施工されれば構造材や仕上げ材料と、純粋な形で分離することが困難である。また、乾式で施工されても割れてしまったり濡れてしまったりで、解体時には困難が伴う。この結果、石膏ボードは、解体後は混合廃棄物として排出され、最終処分場ではガラス及び陶磁器くずとして大量に埋め立てられている状況である。

一方で、石膏ボードは原料として火力発電所から発生する排煙脱硫石膏を始めとする、他産業由来の副生石膏を原料化していたり、石膏ボードの表面に使用される紙は100%再生紙であったりと、原料側において再資源化の取組が進んでる。また、石膏ボードは純粋な形で回収が行われれば、紙と石膏分を分離して再び石膏ボードへとリサイクルすることが可能であり、実際に工場内端材や、一部の施工端材に関しては再原料化する取組が進んでいる。

本調査では、石膏ボードの排出材の再資源化の取組に加えて、他産業の副生石膏を原料化する工程や、取引に関して調査を行った。調査先としては、（社）石膏ボード工業会、（株）大手石膏ボードメーカー、大手石膏ボードメーカー工場に対してヒアリング調査及び実地見学を行った。

## 4-3-2 各段階での再資源化の取組

ここでは、石膏ボードの製造から、輸送、使用、廃棄にいたるライフサイクルにおける再資源化の取組を考察するために、原料段階（火力発電所など）、製造段階（石膏ボードメーカー）、回収・再資源化段階（石膏ボードメーカー）の各段階に関して、調査結果を整理する。

まず、流れを分かりやすくするために、調査結果である石膏ボードの、製造から廃棄までのマテリアルフローを先に示しておく。（図4-3-1）

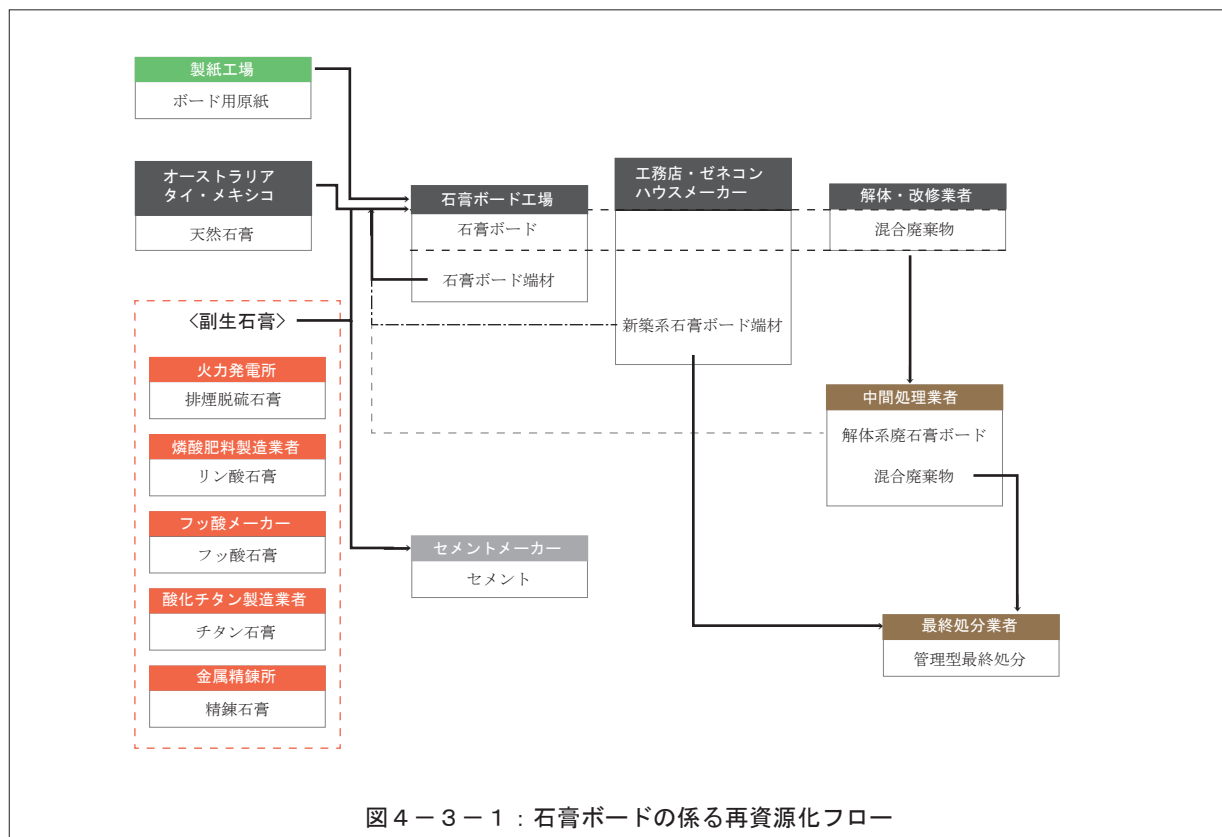
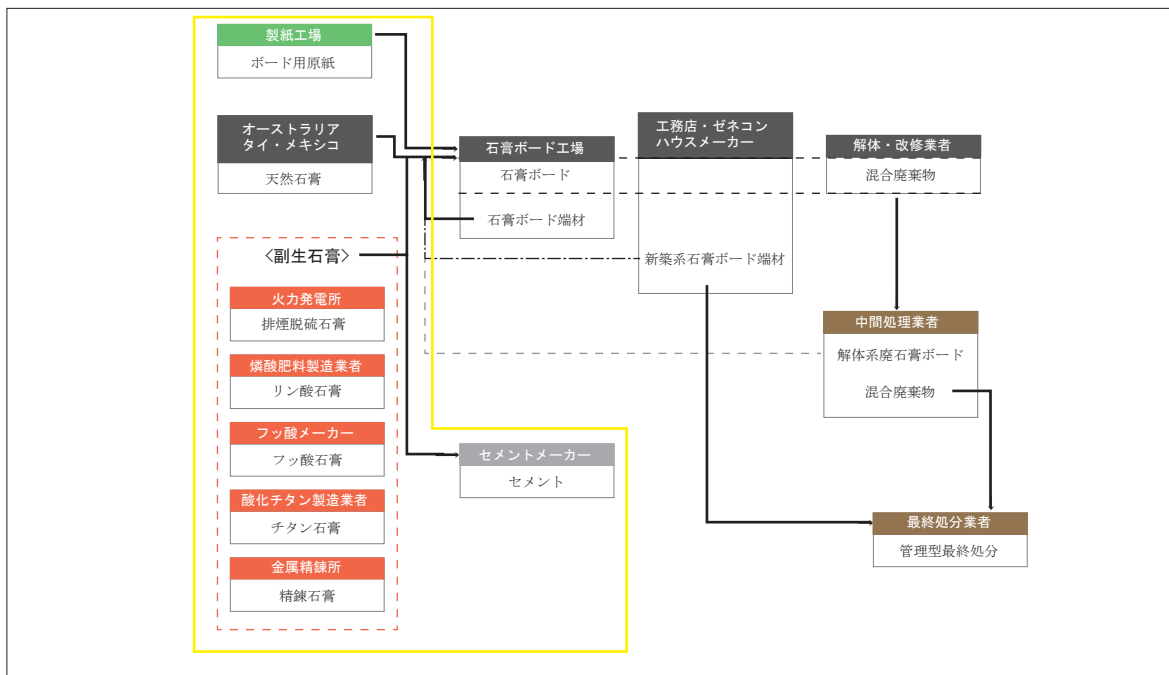


図4-3-1：石膏ボードの係る再資源化フロー



### ● 原料段階

- ・構成材料としては、石膏と紙がほとんどで、添加剤の類いは微量である。
- ・石膏原料使用量の内訳と推移を以下に示す。

表 4-3-1: 石膏原料使用量推移

単位: 千 t (CaSO<sub>4</sub>・2H<sub>2</sub>O 100% 換算)

	国産 (リン酸、排脱他)	輸入 (天然)	回収 (新築系が主)	合計
H 1 0 年度	1, 842 (46%)	2, 144 (53%)	54 (1%)	4, 040
1 1 年度	2, 407 (52%)	2, 152 (46%)	110 (2%)	4, 669
1 2 年度	2, 641 (56%)	1, 947 (41%)	163 (3%)	4, 751
1 3 年度	2, 556 (57%)	1, 754 (39%)	198 (4%)	4, 508
1 4 年度	2, 596 (57%)	1, 704 (38%)	226 (5%)	4, 526
1 5 年度	2, 726 (58%)	1, 765 (37%)	248 (5%)	4, 739
1 6 年度	3, 078 (64%)	1, 497 (31%)	263 (5%)	4, 838
1 7 年度	3, 256 (65%)	1, 526 (30%)	244 (5%)	5, 049

※ボード用原紙 平成 1 6 年: 2 1 万 t 全量再生紙利用

出典: (社) 石膏ボード工業会

### ＜天然石膏＞

かつては石膏ボード原料において輸入の天然石膏が占める割合多かった。輸入先としては、オーストラリア、タイが中心である。オーストラリアでは、北西部において湖に沈殿したせっこうを浚渫線で底から浚い上げ、その後塩分等を洗浄して輸入する。また、タイでは鉄鉱石の露天掘りのような形で、石膏原石を採取し輸入する。また、まれにメキシコなどからも輸入している。

国内での天然石膏に関しては、石膏ボードが国内で初めて製造された大正 1 0 年頃は国内の石灰石由来の石膏を使用していたが、実際に事業として成立し始めた戦後には、輸入の天然石膏がほとんどとなった。

現在の原料としては、国内の副産石膏が大部分を占めている。具体的な内訳としては、排煙脱硫石膏（火力発電所由来）（２０％）、リン酸石膏（リン酸肥料由来）（１０％）、チタン石膏（チタン精錬）、フッ酸石膏、銅の製錬由来などが挙げられる。副生石膏の原料化を始めた頃は、肥料会社の廃棄物として出てくるリン酸石膏の処理が主な目的として原料化され、コストメリットが少しある上での有効利用という程度の認識であった。

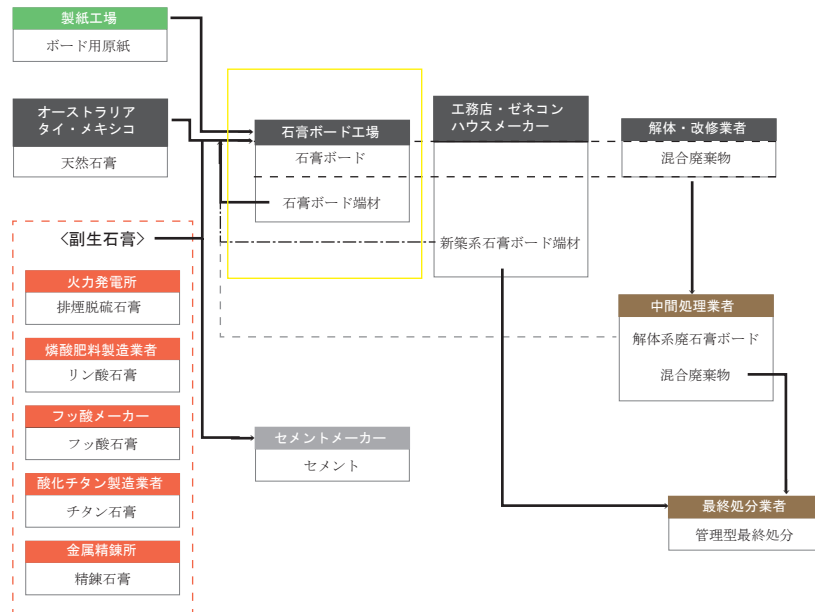
### □大手石膏メーカー工場の例

- そもそも、この工場に近接する石膏ボード工場ができたのは、隣接する燐酸肥料メーカーから燐酸せっこうをパイプライン経由で原料とすることができたからである。しかし、現在は肥料の輸入量が増加した関係で、肥料の生産量の減少が起こり、一方で石膏ボード需要の高まりもあって調査を行った工場では、輸入天然せっこうを中心に原料を構成している。

排煙脱硫石膏は、セメント業でも石膏が凝結調整剤として利用されるために、受け入れを行っている。セメント業では品質に関する規定も石膏ボードほど細かくなく、火力発電所で拝脱せつこうと同時に発生する灰に関しても引き受けるため、競争力が強い。そのため、多くの火力発電所の排煙脱硫せつこうは、大手セメントメーカーが抑えている。



ボード用原紙は、市中回収された新聞紙を始めとする古紙を利用した１００％再生紙であり、その使用量は２１万ｔ／年である。



## ●製造段階

### ＜生産量・出荷量に関して＞

石膏ボードが利用される用途としては、全て建築用に用いられ、その中でも住宅用7割弱、非住宅用が3割強という内訳である。（住宅における使用量の目安は、延床面積の3倍と言われている。）そのため石膏ボードの生産量・出荷量は、基本的に住宅着工数に左右されていると考えられる。住宅着工数は平成8年がピークであったが、石膏ボード生産量は平成9年がピークだった。これは、石膏ボードが内装材であるため、工期が終盤であるために需要が送れて発生する事と、消費税導入前（H9）の買いだめで需要が発生したことが理由として考えられる。

また、原料は輸入してくるが、石膏ボード製品としての輸出入は全く無い。以前は、輸入住宅にくっついて輸入されるものはあったが、現在ではそれも国産品に置き換えられている。なぜ輸出入が無いのかは実際の所わからない。考えられる理由としては、船で輸送すると割れてしまう恐れがある事や、国内価格が十分安価で安定しており、輸入による輸送コストの方が高くつく事など挙げられる。

### ＜性質＞

石膏ボードの特徴は、先に述べたように耐火性、遮音性、断熱性に優れる点である。この性能は、石膏が結晶水を有している点に起因する。そのため、材の寿命に関しては、耐火性能に寄与している結晶水が無くなると品質劣化が起きたと言える。変温環境（キッチンなど）に長くさらされたボードは劣化が起こる可能性があるが、一般部位においてはほとんど劣化は起こらない。（帝国ホテルが取り壊される際も劣化は見られなかった）

また、石膏ボードは、もともと二水石膏である原石を加工のために一度無水状態にして、再び二水石膏に戻す工程で製造されるため、付加価値が付かずに設備費用だけがかさむ建材といえる。

### ＜製造＞

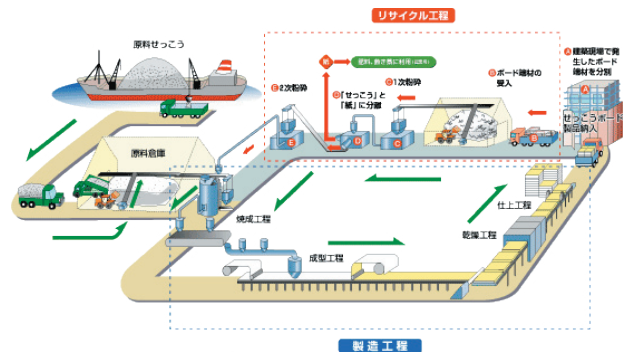
ここでは、見学に伺った石膏ボードメーカーの工場での製造工程について説明する。

この工場では、原料は輸入石膏原石（60％）、副生石膏（35％）、廃石膏ボード（5％）という内訳になっている。原料の大部分を占める輸入原石は、工場の前にあるドックに4万トン級の船年間約20隻程度で運ばれてくる。船からはショベルで陸に上げられ、コンベヤを利用して隣接する原料倉庫に蓄える。ドックから第二工場へは陸路では4kmほど距離があるため、トラックでのピストン輸送を行っている。その後、工場内の原料倉庫に蓄える。

製造工程は、各種原料石膏をホッパーに投入し一定量ずつ調合するところから始まる。次いで粉碎工程を経て、焼成炉で焼きせっこうにする。この焼成炉は直火焚きと、ロータリーキルンでの蒸気による焼成の2通りの方法を併用している。ロータリーキルンで使用する蒸気は、石炭火力による発電設備から発生する蒸気を利用しており、電力は工場内電力の多くを賄っている。

その後、焼きせっこうサイロからコンベヤでミキサーへ運ばれ、固形化反応を促進させる添加剤や混和材を添加した後で水と練り合わせる。下紙の上に水と練った石膏を流し込み、上紙で挟んで、成型ベルトで流しながら、水和反応により板状に固化させる（500mを約時速10kmで走らせる。）この流し込む時点で、製品となる石膏ボードの幅や厚みが決定されている。その後ラフカット工程を経て、乾燥炉で45分間乾燥させ、サイザーで寸法を整え製品としてまとめられる。

この工場での生産能力は5,000,000㎡/月であり、1枚強を1秒程度で製造している計算である。石膏ボード製造ラインで働く従業員は8人の4班で、一日3交代制で操業している。



（天然原料陸揚げのドック / 石膏ボードのリサイクルフロー）

### ＜輸送・流通＞

石膏ボードメーカーでは倉庫を持たずに、受注生産の形を取っている。これは、先に述べたように、製品自体に付加価値が無く、顧客のニーズに細かく応えるために、工場から直接現場へ配送して、顧客の要望にあわせた加工と、配送まで含めてで商品の価値を生み出すという意識があるためである。このために、なるべく現場で施工端材が発生しないように、工場内で加工するので施工端材のリデュースとして評価できると考えられる。

### ●排出段階

石膏ボードのライフサイクルにおいて、廃石膏ボードが排出される段階は、製造段階におけるサイザーで寸法を整える工程と欠陥が発見された際、施工段階、改修解体段階である。この内、石膏ボードメーカーで受け入れている廃石膏ボードのほとんどは、場内発生端材であり、また外部から回収する分としては、中間処理業者から回収される廃石膏ボードがほとんどで、現場に石膏ボードを納めた帰り便での回収（広域再生利用）は、大都市圏で少し稼働している程度である。

受け入れる際には、大きく形が残っている状態でないと受け入れない。破碎され粉末化した状態では、何が混入しているかわからず、大きなリスクを伴うため受け入れていない。つまり信頼関係の問題である。

廃石膏ボードを再原料化する工程としては、紙が付いたまま破碎し、天然原料とともに焼成処理してから比重分離を利用して紙を分離する。最近では、紙なしのボード製品もあり、再利用の際に紙の分離の問題が起こらない。もともと、工場内端材の利用はあったが、場内での回収量が増えてきたのは近年のことである。中間処理業者から持ち込まれる廃石膏ボードは、逆有償で受け取れるため利益が多い。

原料に投入する廃石膏ボードの上限は、～10%と考えている。この要因としては現段階ではコストアップが大きな問題であり、紙との分離や異物除去など前処理段階に要する設備投資がネックとなっている。

石膏ボード原料として再原料化される以外に他産業への再資源化先としては、セメント／製鉄／地盤改良材／肥料原料といった産業が存在する。この中で実際に稼働しているのは、石灰系の地盤改良材のみであり、それ以外に関しては、実施はされていても量としては依然僅かである。また、150万tの廃石膏ボード中の紙は5%の8万t程度発生する。排出された紙は、RPF燃料や敷き藁等にリサイクルされている。

### ※解体段階での石膏ボード

住宅などの解体工事現場では、石膏ボードを解体する工程は、事前調査が終わり、家具や有害物質などを撤去した後の内装材の解体の際に手作業で除去される。この際、石膏ボードの分別解体はほとんど行われていない。この要因としては、以下のような内容が挙げられる。

- ・技術的に他の建材と分離するのが困難であるため。

石膏ボードは他の建材や躯体と湿式工法（接着剤やパテ止め、シーリングなど）で固定されていることも多く、除去しながら形が崩れてしまい異物が混入してしまう。そのため、メーカー受け入れの条件である、「大きく形が残っていること」と「異物の混入が無いこと」を同時に実現することが困難である。

- ・時間とコストとの兼ね合い

解体業者に与えられる少ない時間とコストでは、内装材は混合廃棄物として除去して、中間処理業者に分別を任せる以外に仕方が無いのが現状である。

- ・メーカーの受け入れの条件

廃石膏ボードを「大きな形で」除去することは住宅などの解体では、ストックしておく手間などを考えると非常に困難である。そのため中間処理業者がメーカーと共同して、異物除去を行い微分化して紙と石膏を分離し、粉末の状態で工場に搬入することが望ましい。

## ※最終処分場での石膏ボード

石膏ボードを埋め立て処理する際に、以前は安定型の最終処分が行われていたが、1999 年の「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の改正により、廃石膏ボードは管理型最終処分が義務付けられた。また平成 11 年 10 月の福岡県筑紫野市における安定型最終処分場での硫化水素中毒による作業員の死亡事故を受けて、石膏ボードは、管理型処分場で他の埋め立て品目と分けて埋立てられる事が多くなっている。しかし、実際は硫化水素発生には 7 つ程度の条件が揃わないと発生しない。

以下に、後述する木質系建築資材の秋田県調査において調査を行った管理型最終処分場の処理品目の一覧（処理量の内訳）の表（表 4-3-2）と、処分価格の一覧表（表 4-3-3）を示す。ここで処理量の最も多い「ガラス及び陶磁器くず」の大部分が解体材由来の石膏ボードである。このように最終処分量が多き原因には、住宅一棟からの発生量が多いことに加えて、再資源化のルートが整備されていないため、もしくは石膏ボードの再資源化が業界として依然関心が低いため、最終処分場で受け入れる価格設定と競合するところが無く、非常に安い値段での受け入れとなっており、苦労して分別して異物除去を行うよりも、コストの上でも手間の上でも、中間処理業者を通じて、最終処分を行うほうが有利であるためといった理由が存在する。

表 4-3-2 : 最終処分場での処理品目一覧

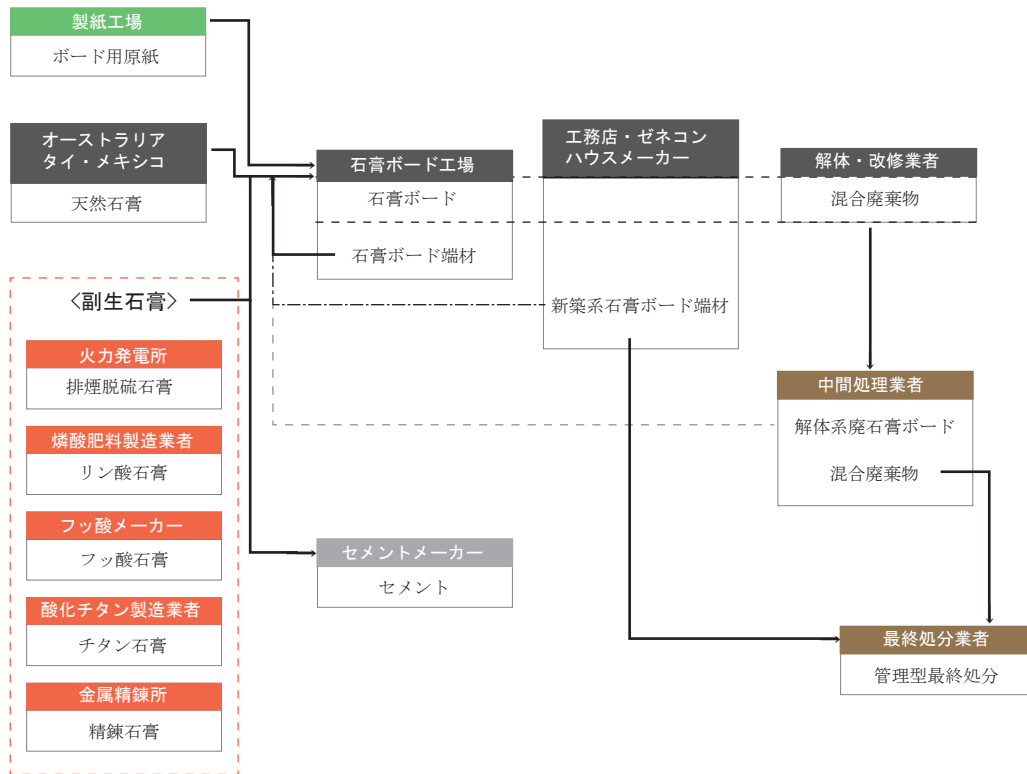
種類	処理量：トン（％）	種類	処理量：トン（％）
燃え殻	11,869 (10.7)	ガラス及び陶磁器くず	40,067 (36.2)
無機汚泥	11,989 (10.8)	紙くず	1,305 (1.2)
鉱さい	7,163 (6.5)	木くず	12,217 (11.0)
がれき類	2,996 (2.7)	繊維くず	1,376 (1.2)
ダスト類	137 (0.1)	廃プラスチック類	7,664 (6.9)
有機汚泥	9,441 (8.5)	発泡スチロール	71 (0.1)
金属くず	4,301 (3.9)	合計	110,603

表 4-3-3 : 最終処分場での処理価格一覧

区分	使用料金（消費税含む）
1 燃え殻、無機性の汚泥、鉱さい及びダスト類	100kg につき 830 円
2 有機性の汚泥（含水率が 80％以下）	100kg につき 980 円
3 有機性の汚泥（含水率 80％を超える）	100kg につき 1,500 円
4 廃プラスチック類及びゴムくず	100kg につき 2,900 円
5 廃発泡スチロール	50kg につき 3,200 円
6 紙くず及び繊維くず	100kg につき 1,700 円
7 木くず	100kg につき 1,970 円
8 金属くず、ガラスくず及び陶磁器くず	100kg につき 710 円
9 コンクリートくず及びがれき類	100kg につき 690 円
10 廃石膏ボード	100kg につき 820 円
11 廃石綿類（特定管理産業廃棄物に限る。）	50kg につき 360 円

### 4-3-3 石膏ボードの係る再資源化フローの全容とその成立要因

この項の先頭で示したが、ここまでの各段階での取組をまとめて、再資源化フローを作成した。(図4-3-1) このフロー図をもとにして、石膏ボードの係る再資源化の特徴について考察する。



### ●石膏ボードの自製品循環が成立しない事

現在石膏ボードの自製品循環は、場内端材が中心となっており、それ以外は、広域再生利用による、施工端材のメーカーによる回収と、信頼のある解体廃石膏ボードの受入に限られている。今後の課題としては、蓄積量が膨大にあり、今後はその発生量がより一層増加すると見込まれている、解体廃石膏ボードを如何にして自製品内循環に回すかがある。

この阻害要因として調査結果から分かったのは、解体現場の状況から見てメーカーの受入基準が現実的でないことである。メーカーは「なるべく不純物が無く、乾燥した状態で大きく形状を保った状態の廃石膏ボードなら受け入れる」という条件を掲げている。一方現場では、内装は手壊しが基本となっているものの、限られた時間と費用の中で、石膏ボードを割らずに外して、雨に濡らさずに保管を行って搬出することは不可能である。外すまでは良いが、状況の良いストックヤードの確保は困難である。

この状況に対して、メーカーは、石膏ボードメーカーという意識よりも、廃石膏ボードを再資源化する再資源化業者として、より解体回収段階との繋がりを持つシステム作りを行うことが必要である。

### ●副生石膏の受入について

副成石膏の利用は、石膏ボードメーカーと排出事業者が合併で工場を設立するほど結びつきが強い。調査を行った石膏ボードメーカーでお話を伺った際には、原料の欄に「国産石膏」と「輸入石膏」という内訳が成されていて、国産の天然石膏を使用しているのかと思っていたら、国産石膏＝副生石膏であるという事を後で知り驚いてしまった。

この背景にはまず、石膏製品が、歯医者での利用、ラインマーカ―など少量の製品であったり。セメントのように、硫黄分を使用するために石膏を原料として利用している場合など、形ある製品として大規模に製品化して利用しているのが石膏ボードのみである点が挙げられる。つまり安定した受入先になるということである。セメントメーカーは、副生石膏の利用を分け合っている業界であるが、石膏分として再利用が行えない。しかし、実際にはセメントメーカーが、排煙脱硫石膏の大部分を使用しており、石膏ボードはセメントメーカーとやり取りをしている商社を通じて副生石膏を購入している状態である。これは、セメントメーカーが石膏と同時に火力発電所から発生する灰なども引き取ってくれるために、石膏ボードよりも副生石膏を引き取るコストメリットを排出先に与えているためと考えられる。

また先に示したように、石膏ボードの自製品循環が成立していない事も副成石膏を受け入れる背景である。もしこの自製品内での循環が成立した場合には、副成石膏は、セメントメーカーへの納入以外に利用方法が無くなる恐れがある。つまり、石膏ボードメーカー、副生石膏排出産業、セメントメーカーは影響を及ぼしあっている。

そもそも、副生石膏、特に火力発電所の廃脱硫石膏では、副生成物として生成されてしまう硫化水素分（硫黄分）を除去するために、石灰石を反応させて生成される。つまり公害防止のために発生しているのである。これは、どう評価に加えていけばよいのだろうか。次章で考える。