

廃ガラスの建材への転化

横浜国立大学 VBL 講師（中核的研究員）

志村 真紀

Changing of the wasted glass to construction materials

Maki Shimura

Yokohama National University, VBL, Lecturer

1. はじめに

現代における環境課題の1つである再資源化について、ガラスにおいては同じ用途のガラスに再生させるだけでなく、他の用途へ転化して再生利用することによって再資源化量を促進させている。そして、その転化した用途の多くは建築材料を対象として再生品化される傾向がある。

そこで本稿では廃ガラスの建材への転化に関する状況と事例を報告することを目的として、廃棄物の再資源化に関する法令と状況を挙げ、建材市場における廃ガラスを原料とした建材製品の特徴と、廃ガラスの特徴を活かした建築作品の好例を紹介する。

表1 廃棄物の再資源化に関する法律

1992	新省エネルギー基準
1993	環境基本法
1995	容器包装リサイクル法：ガラスびん
1998	家電リサイクル法：テレビ（ブラウン管／液晶パネル）
2000	循環型形成推進基本法
2000	廃棄物処理法 ：ゴミの発生抑制と適切なリサイクルや処分を確保
2000	再生資源利用促進法 ：リデュース・リユース・リサイクルの促進
2000	建設資材リサイクル法 ：特定建設資材（板ガラスは含まず）の分別解体、再資源化等
2000	グリーン購入法 ：国などが再生品などの環境にやさしい物品を率先的に推進 グリーン購入に役立つ情報の提供を推進
2001	改正リサイクル法：パソコンの回収
2002	自動車リサイクル法
2003	自動車リサイクル

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学
産学連携課ベンチャービジネスラボラトリー

E-mail : maki-s@ynu.ac.jp

URL : html://makisimura.net

2. 再資源化への法令・状況

ガラスの再資源化に関する法令を表1に示す。1995年の容器包装リサイクル法によってはガラスびんが、1998年の家電リサイクル法によってはブラウン管や蛍光管や電球がリサイクルの対象となった。

一方、2000年の建設資材リサイクル法と2002年の自動車リサイクル法においては、建築用、自動車用の板ガラスは再資源化対象となっていないが、リサイクル法の見直しの可能性と、埋立廃棄費用の高騰化による問題から、生産・加工・流通工程における複層ガラス・合わせガラスなどの再生利用が板硝子メーカーの共同によって計画され試みられている。

各ガラスの再資源化率（2006年度調査）については図1に示す。ガラスびんはガラスへの再生と他用途利用と併せて非常に高い再生率である。しかし、その他の板ガラスや電子管・電球、ガラス繊維はガラスへの再生率が非常に低く埋め戻し率も高い。また、ガラスびんと板ガラスについては、共に化学組成がソーダ石灰ガラスの近似した組成であり、他用途利用への再生原料としてほぼ同じように使うことができるため、他用途利用が進んでいる。

このような状況において、ガラスへの再生については生産・加工・流通の工程で発生した廃ガラスカレットを溶融釜に戻すことができる割合に限界があるため、ある程度までの廃ガラスの再生率しか見込めない。そこで、今後の再資源化量を増加させるためには、溶融釜へ戻す以外の再生方法として他用途利用を含め、再生利用に対する柔軟的な検討のあり方が必要と考えられる。

3. 他用途利用による再生のタイプ

他用途利用によるリサイクルガラス製品の特徴を捉えるために、廃ガラスを再生利用した建材の市場調査を行った結果を表2に示す。

表2は各建材の原料、特性、および建材の用

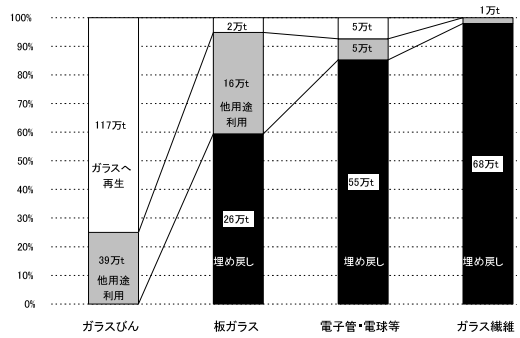


図1 ガラスの再資源化率

途と種別を横軸に示し、縦軸に原料の複合化のタイプによって透明性が高いタイプほど表中の上位に配列したものである。タイプは全体で5タイプあり、そのうち再生原料がガラスカレット（表中、カレット）のタイプと、廃ガラスをパウダー状にして発泡材と粘土を混合し発泡させた軽量ガラス骨材（表中、軽量骨材）のタイプに大別される。下記に各タイプの特徴を記す。

まず、再生原料が「カレット」のみのタイプには本来のガラスの透明性が確保され、ステンドグラスや玉砂利の用途がある。

「カレット+他素材」のタイプには、セメント・粘土・アルミ等にカレットを分散材として散りばめ、カレットの色や輝きがデザインになった内外装材や舗装材の用途がある。

「軽量骨材+アルミ・樹脂」のタイプには、視覚的にアルミ・樹脂の特徴を保持させながら、軽量骨材によって軽量性或吸音性を付与させた内外装材の用途がある。

「軽量骨材+粘土」のタイプには、軽量性・断熱性・高強度をもったブロック・タイル・パネル等、内外装材、舗装材などの用途がある。

「軽量骨材+セメント」のタイプには、軽量性の付与により擁壁材、路盤材など用途をもつ大きなボリュームの土木用建材として、多量の廃ガラスの再生利用や、軽量性による輸送時のCO₂削減に寄与できる。

以上のように、「カレット+他素材」タイプ

表2 廃ガラスを再生利用した建材の市場調査

タイプ	原料			特性						建材	
	分散材	基材	補材	透明性	意匠	重量	機能	力性	施工性	用途	種別
カレット	-	カレット	-	透	色彩	-	-	-	-	スタンドガラス等	内外装
				半透	色彩	-	-	-	-	玉砂利	舗装
カレット + 他素材	カレット	塗料	-	一部透	輝性	-	-	-	調合	輝性塗料	内外装
		プラスチック		一部透	色彩	-	-	-	-	樹脂成形板	
		セメント		一部透	輝性	-	-	-	調合	ガラスカレット洗い出し	舗装
		アスファルト		一部透	輝性	-	耐剥	-	耐流	アスファルト骨材	
		粘土		一部透	-	-	凍融	強度	-	陶磁器タイル・ブロック	内外装・舗装
		アルミ		混合廃棄物	一部透	金属	-	-	強度	大型	アルミ複合セラミックタイル
	樹脂	-	不透	-	軽量	断熱	-	加工	ガラスウール	下地	
軽量骨材+ アルミ・樹脂	-	アルミ	-	不透	金属	軽量	-	強度	加工	合成アルミ	内外装
		樹脂		不透	凸凹	軽量	吸音	強度	加工	吸音材	
軽量骨材 + 粘土	-	粘土	-	不透	凸凹	軽量	断熱	-	可塑	左官材	内装
				不透	-	軽量	-	強度	-	タイル・ブロック・瓦	外装
				不透	-	軽量	断熱	強度	-	PCカーテンウォール	
				不透	-	軽量	吸音	強度	加工	吸音材	下地
				不透	-	軽量	透水	強度	-	透水性ブロック	舗装
軽量骨材 + セメント	軽量骨材	セメント	-	不透	-	軽量	-	-	小型	OAフロア	土木・下地
				不透	-	軽量	-	-	大型	大型擁壁ブロック	
				不透	-	軽量	-	-	大型	擬石、擬木	
				不透	-	軽量	-	-	大型	ドレーンブロック	
				不透	凸凹	軽量	吸音	強度	大型	吸音材	
				長繊維クロス	不透	凸凹	軽量	吸音	靱性	加工	
ガラス繊維	不透	凸凹	軽量	防水	曲強	可塑	ポリマーセメントモルタル				
フライアッシュ	不透	-	軽量	-	曲強	-	インパートブロック				

と「軽量骨材+〇〇」のタイプは、他素材にガラスが分散材として複合化することで、他素材の機能性と付加価値性を上げる特徴をもつ。

一方、内外装材や舗装材を用途とする場合には、建築や都市の表層を形成する建材であるため意匠性が重視される。その点で上記にあげた「カレット」のみのタイプ以外は、ガラス本来がもつ透明性が少なく、廃ガラスによる再生建材であることが一見してわかりにくい。このような状況から、リサイクルガラス建材の市場をさらに拡大化させるには、未だに少ない透明性を活かしたりリサイクルガラス建材の可能性があらと考えられる。

4. 廃ガラスを活かした建築作品

前章では、廃ガラスによる建材製品を対象として分類を通して紹介したが、意匠面の参照事例としてガラス本来の透明性を活かした海外の

建築作品の好例を紹介する。

これらは、カレット用いた床・壁面のデザインや、ガラスびん形状がもつ力学的特性を活かした構造物など、従来にない新たな展開と可能性が見出されている。

1) キルヒナー美術館

スイスのダボスにある写真1の美術館の屋根には、「輝く敷石」として板ガラスカレットが図2のように敷かれている。ダボスは山に囲まれたリゾートの街で、スキーや登山をする人々が多数訪れる。そのような多くの人たちが上から街を見下ろす関係性を生かし、「美」を扱うビルディングタイプとしてのメタファーを屋根上のガラスで表現している。カレットには色・形態・加工法によるさまざまなタイプがある。機械で破碎されたガラスカレットは通常の場合は角があるが、破碎工程の速度や振動数によっては角がとれた安全性の高いものも生産で

きる。熱加工された玉砂利のようなカレットは角が丸い。小さなカレットほど自重が軽いため飛びやすいが、柔らかい樹脂で絡める舗装技術によっては飛散防止をすることができる。また、防草効果があるため庭園のデザインとして利用することもできる。

2) カイザー・ヴィルヘルム皇帝記念教会

写真2の建築作品は廃ガラスの事例でないが、廃ガラスに近い状態のものを利用した建材として紹介する。図3のようにここで用いられているガラスは、厚さ20~25mmのダルガラス(フランス語で、ガラスの敷石という意味に由来する厚く色味をもつガラス)をハンマーで砕き、樹脂モルタルでつなぎあわせてガラスピースをつくり、RC・プレキャスト・パネルに嵌め込み形成したスタンドグラスである。厚みのあるガラスは、その内部に光を溜めて深い光と色を演出する。

3) 高速道路沿いのチャペル

写真3に示す1998年の高速道路のチャペルは、スイスの中央部ウーリ地区は山岳地帯であり、山に挟まれた高速道路のサービスエリアの休憩所としてチャペルを建てたものである。このチャペルの窓は、図4に示すように2組の150mm程の間を設けた2組の板ガラスの間に、各部位がわかる程大きく割ったガラスびんを緑・茶・黄の色相毎に積層させている。また、立体的なカレットの空洞を活かして、光の濃淡で周辺環境にある森林の木漏れ陽を教会のスタンドグラスに再現し、長旅で疲れた精神を休め、瞑想することを意図している。このように、この建築ではガラスカレットを用いた木漏れ陽の表現を通じて、周辺にある外部環境を想像することができる。

4) ボトルドーム

写真4のガラスびんを用いたウォルフギャング・ベッカーによって建てられたボトルドームは、近所から回収した3万本のガラスびんを用

いて直径9m高さ4.5mのボトルドームを構築している。

このドームは図5に示すように横置きにしたびんを組積材として、目地に樹脂モルタルを充填して構築されている。ガラスびんの形態は貝殻や卵に代表されるシェル構造であるため、圧縮力や引張力に対して高抵抗力を有する。ドームにおける中層部においては、小さなガラスびんを用いることにより、力学的に合理的なドーム構造を構成している。

また、ガラスびんは中空部に光を溜めるため光のボリュームのようにみえる。びんの色は緑色のびんが最も多く、部分的に黄・赤・白色のびんがあり、そのうち白色は光を多く透過し若干の視線を外に透すためにドームにおける窓のような役割を果たしている。

以上4作品は建築作品であるため、建材として少量生産に適した再生方法ではあるが、廃ガラスの特徴を活かすことで通常のガラスでは形成しにくい透明性、光、構造物を得て建築のエレメントとして活かされている。

5. おわりに

以上、本稿では廃棄物の再資源化に関する法令と状況、建材市場における廃ガラスを原料とした建材製品の特徴、そして廃ガラスの特徴を活かした建築作品の好例を通して廃ガラスの建材への転化について報告した。

今後の廃ガラスの建材への転化に関する課題としては、再資源化を促進させるためにリサイクルガラス建材の市場をさらに拡大化させ、現在の他用途利用による建材のタイプのほかにも、新たな特徴や魅力として透明性を活かしたりリサイクルガラス建材をつくることである。たとえ始めは少量による再生利用の試みであっても、好例ができることによって廃ガラスの建材の需要が高めていくことができるのではないだろうか。



写真1 キルヒナー美術館屋上

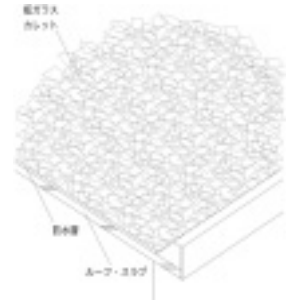


図2 キルヒナー美術館屋上 アクソメ図



写真2 高速道路のチャペル



図3 高速道路のチャペル窓部 アクソメ図

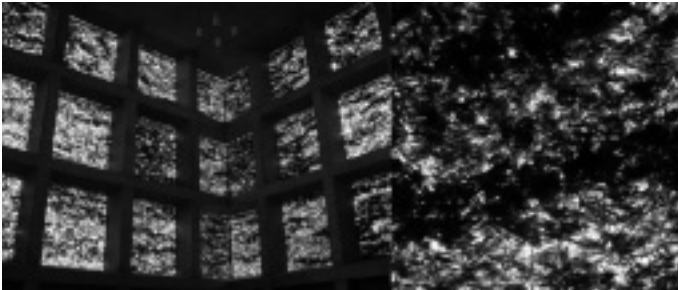


写真3 高速道路のチャペル

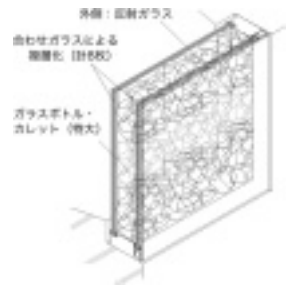


図4 高速道路のチャペル アクソメ図



写真4 ボトルドーム



図5 ボトルドーム アクソメ図