



ガラスリサイクル 開発事例集

全国公設試・産総研版

Glass Recycling Case Studies
by Local Public Technology Centers
in Japan

Ver.3

2023

はじめに

全国にある公設の試験研究機関（公設試）では、それぞれが地域のニーズに応え、ガラスリサイクルの研究開発に取り組んでいますが、その成果が各公設試の報告書や事例集にとどまり、全国の事業者の方々が情報を得るのが難しい状況がありました。

そこで、公設試の連携組織である産業技術連携推進会議（産技連）のナノテクノロジー・材料部会ガラス材料技術分科会では、各公設試が開発に関わった事例を集約し、「ガラスリサイクル開発事例集」として公開することといたしました。

この事例集については、単にガラスからガラスへのリサイクルにとどまらず、ガラスの評価、廃ガラスを使った製品開発や環境技術、また廃棄物、未利用資源を有効活用したガラス製品開発など、幅広い技術を対象としました。

ガラスリサイクル関係者にとって、リサイクル技術、製品の開発の一助になれば幸いです。

2023年6月20日

産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会 ガラス材料技術分科会

ガラスリサイクルにおける公設試の役割

相 談

企業、団体、自治体からのご相談に対応します。

評 価

化学成分分析、熱分析、溶融試験、異物の分析などでガラスの特性を調べます。

開 発

リサイクル製品や、適切な処理方法の開発を支援します。

About this file

Glass recycling is an important environmental and industrial issue that must be addressed. In Japan, local public technology centers in prefectures and large cities focus on glass recycling research, such as for bottles, lighting, displays, automobiles, and solar panels. In this file, we summarize the research conducted by these centers on glass recycling technologies in Japan, including waste glass evaluation, recycling product development, and hazardous glass treatment.

目次 Contents

1. 廃ガラスの評価 Evaluation of waste glass.....	5
自動車廃ガラスリサイクルにむけた素材分析と熔融試験 Material analysis and melting test for automobile waste glass recycling.....	6
薄型テレビ (FPD) に使用されるガラスの調査と分類 Survey and classification of glass used in flat-panel displays (FPDs).....	7
太陽光パネルの構造と部材の評価 Evaluation of solar panel structures and components.....	8
2. リサイクル製品の開発 Development of recycling products.....	9
鋳込み成形法によるビンガラスを使ったレリーフタイル Relief tile using bottle glass by slip casting method.....	10
コールドキャスト法による蛍光管ガラスを使った装飾品 Decorations using kiln-cast fluorescent tube glass.....	11
ブラウン管ガラス造粒焼結体によるリン酸リサイクルシステム Phosphoric acid recycling system using granulated sintered bodies of cathode-ray tube (CRT) glass.....	12
色ガラスカレットを原料とする脱色発泡ガラス作製技術 Decolorized foam glass manufacturing technology using colored glass cullet as the raw material.....	13
環境安全性の高い発泡ガラスの製造方法 Manufacturing of foam glass with high environmental safety.....	14
ゴミ焼却灰主原料による結晶化ガラスの開発 Development of glass-ceramics using waste incineration ash as the main raw material.....	15
液晶パネルガラスのリサイクル技術の開発 Development of recycling technology for LCD panel glass.....	16
鉄鋼スラグとブラウンパネルガラスによるタイル Tiles made of steel slag and CRT panel glass.....	17
空きびんを利用した水栽培容器の開発 Development of hydroponics containers using empty bottles.....	18
発泡ガラスを用いたランプシェード Lamp shade with foam glass.....	19
液晶パネルガラスを用いた耐熱食器用釉薬の開発 Development of glaze for heat-resistant tableware using LCD panel glass.....	20
三宅島火山灰を利用したガラス製品の開発 Development of glass products using Miyakejima-island volcanic ash.....	21
3. 廃ガラスの処理と有効利用 Treatment and utilization of waste glass.....	22
カレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術 Reducing and treating glass-containing sludge discharged from cullet factory.....	23
廃ブラウン管ガラスから還元熔融による鉛回収技術 Technology for recovering lead from waste CRT glass by reduction melting.....	24
廃ブラウン管ガラス熔融残渣からの鉛溶出抑制 Suppression of lead elution from waste CRT glass melting residue.....	25
塩化揮発反応を利用したガラスに含まれる重金属の分離技術 Separation technology for heavy	

metals in glass using chloride volatilization.....	26
廃ブラウン管ガラスからの鉛浸出評価及び浸出防止技術 Evaluation of lead leaching from waste CRT glass and leaching prevention technology	27
廃 FPD パネルガラスを利用した製鋼スラグの粉化抑制 Suppression of dusting in steelmaking slag using waste FPD panel glass.....	28
熔融炉でのガラスカレットの有効利用 Effective use of glass cullet in melting furnaces.....	29
放射性廃棄物焼却灰の減容・固化 Volume reduction and solidification of radioactive waste incineration ash.....	30
4. 関連情報 Topics	31
ヨーロッパにおけるガラスリサイクル調査 Topic - Glass recycling survey in Europe.....	32
美術・工芸への利用 Topic - Use for arts and crafts	33
海外のガラスリサイクル事例 Topic - International examples of glass recycling.....	35

注 これは PDF を基本としているため、ページ数表示の関係上、表紙から 1 ページとしています。

目的別目次

数字は掲載ページ数

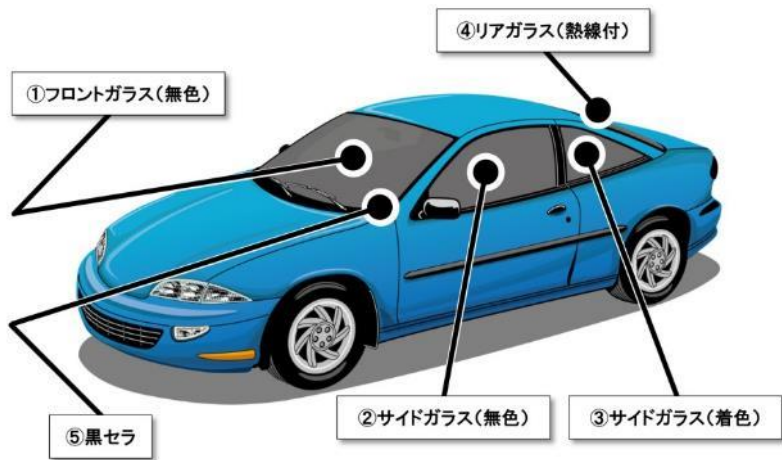
		廃 ガ ラ ス 評 価	リサイクル製品開発			処理と 有効利用技 術、 その他	
			建築、土木 農業資材	食器、 工芸品	機能材料		
廃 ガ ラ ス 、 原 料	ガラス全般		14	19		30	
	びん		10、13	18		29	
	板	建築					
		自動車	6				
		太陽光パネル	8				
	電 気 通 信 用	照明		11	11		
		ディスプレイ	7	12、17	20	16	24、25, 26, 27, 28
		光ファイバー					
		食器					
		耐熱					
	廃棄物、未利用資源		17	21			

* 重複有り

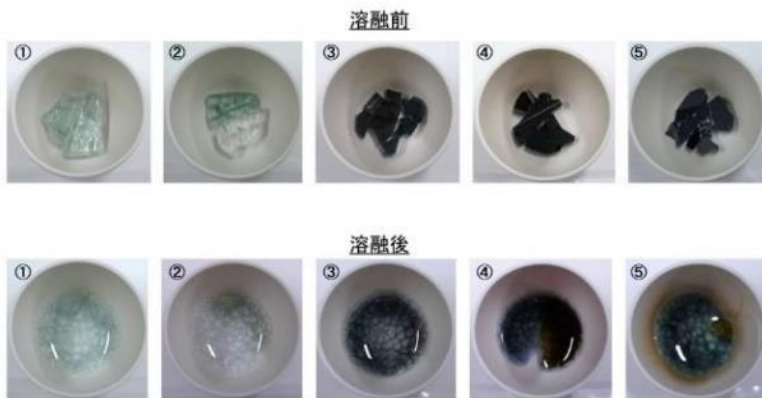
1. 廃ガラスの評価 Evaluation of waste glass

各種廃ガラスの化学成分、性質、混合異物などについて、
分析装置、試験装置などを使って調べました。

自動車廃ガラスリサイクルにむけた素材分析と熔融試験 Material analysis and melting test for automobile waste glass recycling



1	2
3	



- 1 対象としたガラス部品
Target glass parts
- 2 蛍光 X 線分析装置 (化学組成分析用)
X-ray fluorescence analyzer for the chemical composition analysis
- 3 熔融後のガラスサンプル
Glass samples after melting

産業廃棄物として多量に発生する自動車廃ガラスの有効利用を目的とし、部位別のガラス素材について、蛍光 X 線分析法での化学組成分析と酸化雰囲気での熔融試験による基礎的な情報収集をしました。組成分析では、ガラス表面の塗布材等に多様な重金属類が含まれていることがわかりましたが、1200℃での熔融試験において安定したガラス化が確認できたことから、加熱熔融処理を施すことでこれらの重金属類をガラスの中に保持できる可能性があるかと期待されます。

For the effective use of automobile waste glass, which is generated in large quantities as industrial waste, we collected information on the glass materials used for different parts through chemical composition analysis using X-ray fluorescence spectrometry and melting tests in an oxidizing atmosphere. Composition analysis revealed the presence of various heavy metals in the coating material on the glass surface. Stable vitrification was confirmed by a melting test at 1200 °C. Thus, heavy metals can be retained in glass through heat-melting treatment.

開発機関：(地独) 北海道立総合研究機構 工業試験場、(地独) 京都市産業技術研究所、福岡県工業技術センター
 協力機関：全国板カレットリサイクル協議会、(有) 飯室商店

問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
 循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

薄型テレビ（FPD）に使用されるガラスの調査と分類 Survey and classification of glass used in flat-panel displays (FPDs)

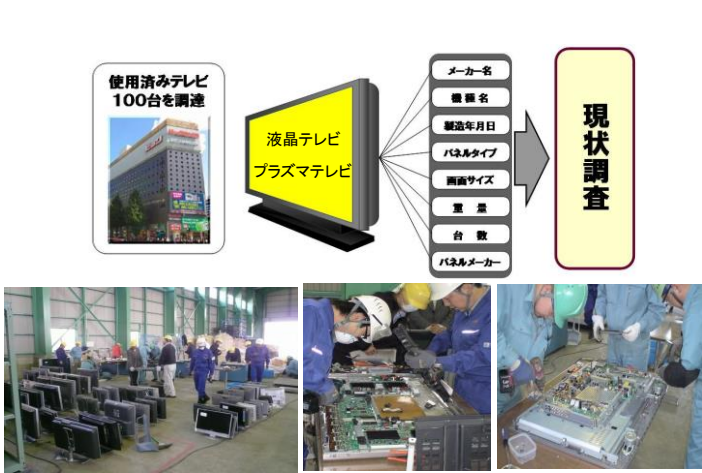


図 1. FPD の現状調査
Fig. 1. Survey on the current status of FPDs

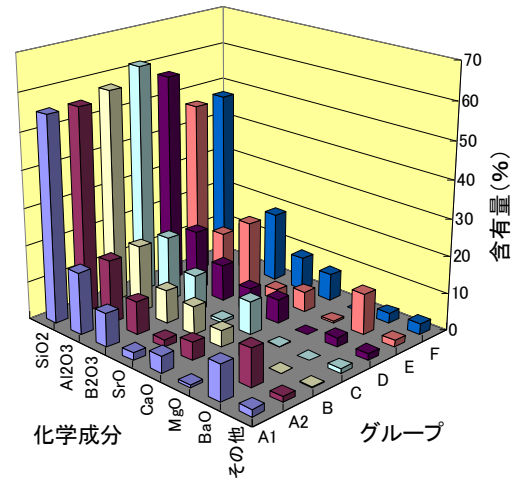


図 2. LCD（液晶）ガラスの化学組成からの分類
Fig. 2. Chemical composition of liquid crystal display (LCD) glass

廃棄された薄型テレビ（FPD）を 100 台回収し、メーカー名や製造年月日、サイズや材料ごとの重量計測等の調査（図 1）を行いました。液晶テレビに使われているガラスの化学組成を蛍光 X 線分析装置で分析した結果、液晶（LCD）ガラスは 6 グループ（A～F）に分類されました（図 2）。

テレビが日本メーカーでも、製品を構成する部品を海外からも調達するケースがあるため、パネル部分が海外メーカー製であることがあります。そのため、使われているガラスの種類も多くなることが確認され、リサイクルする上でパネル部分の製造情報が重要であることが判りました。

FPD ガラスは、製品や製造時期により特性が大きく異なり、パネルガラス部分の構造が微細かつ複雑で、ガラスのみを分離することが難しいため、FPD ガラスに再利用できません。

We collected 100 discarded FPDs, and conducted a survey of the manufacturer, date of manufacture, and weight of different materials of different sizes (Fig. 1). Based on the results of the chemical composition analysis of the glass used in LCDs via X-ray fluorescence spectrometry, LCD glass was classified into six groups (A–F; Fig. 2).

Even for televisions produced by Japanese manufacturers, some parts, such as panel components, are procured overseas. Moreover, the glass types used are increasing. Therefore, the manufacturing information of the panel part is important for recycling.

The characteristics of FPD glass vary significantly depending on the product and manufacturing time. In particular, the fine and complex structure of FPD glass impedes the separation of the glass content. Thus, FPD glass cannot be recycled.

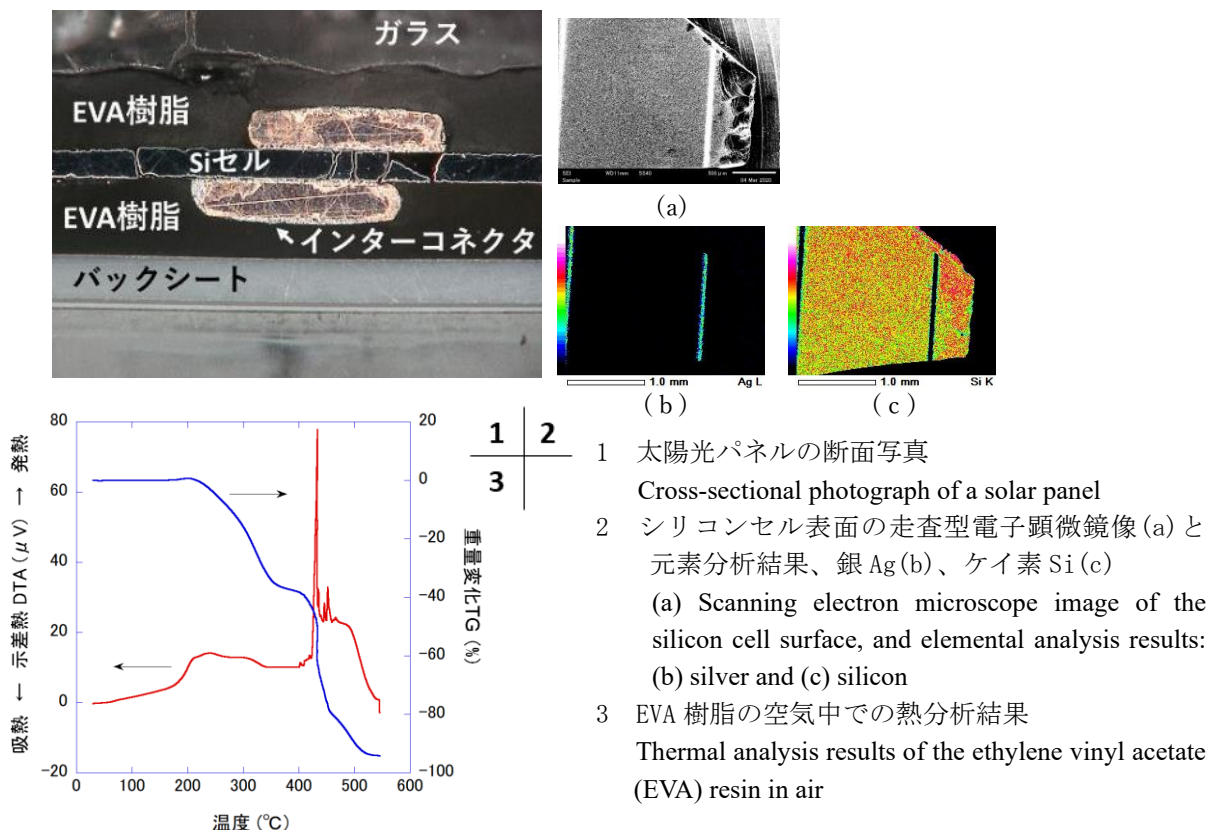
【データ】

参考文献：

- ・ 小山秀美、中澤亮二、ディスプレイ TT プロジェクト、フラットパネルディスプレイのリサイクルの現状と課題、セラミックス、47、pp.81-85（2012）
- ・ 小山秀美、FPD リサイクルの現状と課題、ディスプレイ、pp. 64-68（2012）

開発機関：（地独）東京都立産業技術研究センター、（一社）電子情報技術産業協会

問い合わせ先：（地独）東京都立産業技術研究センター 多摩テクノプラザ TEL:042-500-2300



- | | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | |
- 1 太陽光パネルの断面写真
Cross-sectional photograph of a solar panel
 - 2 シリコンセル表面の走査型電子顕微鏡像 (a) と
元素分析結果、銀 Ag (b)、ケイ素 Si (c)
(a) Scanning electron microscope image of the
silicon cell surface, and elemental analysis results:
(b) silver and (c) silicon
 - 3 EVA樹脂の空気中での熱分析結果
Thermal analysis results of the ethylene vinyl acetate
(EVA) resin in air

近年急速に普及してきた太陽光パネルは、耐用年数が 25 年といわれており、2030 年代後半には大量廃棄が予想されています。パネル重量の約 7 割はカバーガラスですが、太陽光パネルの構造が複雑で、しかも他の部材と EVA 樹脂により強固に接合されているため、解体し、各部材ごとに分離するのが困難です。解体、再資源化のために、太陽光パネルの構造を調べ、断面の元素分析を行いました。さらにカバーガラスの化学成分分析、EVA 樹脂の熱分析を行いました。

Solar panels, which have rapidly become widespread in recent years, have a lifetime of 25 years, and are expected to be discarded in large quantities by the latter half of the 2030s. Solar panels have a complex structure. Approximately 70% of the panel weight is cover glass, which is firmly bonded to other parts with EVA resin, making it difficult to dismantle and separate the parts. We examined the structure of the solar panel and conducted elemental analysis of the cross-section to determine a method for dismantling and recycling solar panels. Furthermore, we conducted chemical component analysis of the cover glass and thermal analysis of the EVA resin.

【データ】

参考文献：

- ・ 稲野浩行、富田恵一、廃太陽光パネルのリサイクルのための構造調査と特性評価、エネルギー・環境・地質研究所 研究報告、No.2 , pp. 3-9 (2022)
- ・ 太陽光パネル再利用を：北海道建設新聞、2022 年 12 月 13 日

問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

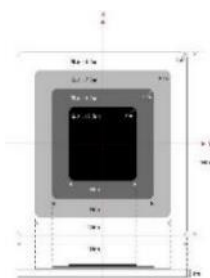
2. リサイクル製品の開発

Development of recycling products

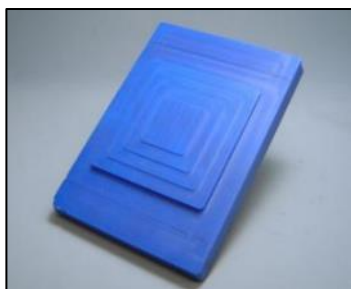
各種廃ガラス、未利用資源の性質に基づき、
ガラス工芸品、機能材料、環境資材などの
リサイクル製品を開発しました。

ビンガラス／鋳込み成形＋低温焼成／レリーフタイル

鋳込み成形法によるビンガラスを使ったレリーフタイル Relief tiles using bottle glass by slip casting method



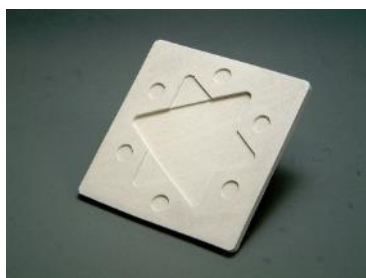
原型の設計
Prototype design



3D加工した原型
3D-processed prototype



シリコン樹脂型
silicone resin mold



カラーバリエーション豊富なレリーフタイル
Relief tile with abundant color variations

ビンガラスと石膏の粉末を原料に用いて、複雑異形状でカラーバリエーションに富んだレリーフタイルを開発しました。

石膏の自硬性を活用したシリコン樹脂型による鋳込み成形法と、ビンガラスの低温熔融性を活用した800℃以下の低温焼成が特長で、高価な金型等を使用せず低コストで製造が可能です。

豊富なカラーバリエーションは陶磁器加飾技術の応用によるものです。

Bottle glass and gypsum powder were used as raw materials to develop relief tiles with complex irregular shapes and abundant color variations. These features are obtained by a casting method using a silicone resin mold that utilizes the self-hardening property of gypsum and low-temperature firing below 800 °C that utilizes the low-temperature melting property of bottle glass. Thus, low-cost manufacturing is possible without the use of expensive molds. The abundant color variations are ascribed to the application of ceramic decoration technology.

【データ】

参考文献：

・非晶質化技術を用いた低温焼結セラミックスの開発、長崎県窯業技術センター平成13年度研究報告、No.49、pp. 1-6 (2002)

開発機関：長崎県窯業技術センター

協力機関：有限会社福嶋窯材、有限会社一誠陶器

問い合わせ先：長崎県窯業技術センター 陶磁器科 Tel. 0956-85-3140 (代表)

コールドキャスト法による蛍光管ガラスを使った装飾品 Decorations using kiln-cast fluorescent tube glass



1	2
3	

- 1: 蛍光管 Fluorescent tube
- 2: 蛍光管を焼き固めた装飾品
Ornaments made by baking fluorescent tubes
- 3: 上記装飾品を利用壁面装飾(北海道千歳市泉沢小学校)
Wall decoration using the fabricated ornaments
(Izumisawa Elementary School, Chitose City, Hokkaido)

蛍光ランプのガラスカレットを耐火石膏などの型に入れて 800℃に加熱するとガラスは一体化し（コールドキャスト法）、その時にオパールのような模様が現れます。この模様は、蛍光ランプの管内側についている薄膜によるものです。着色ガラスと組み合わせると模様はより鮮明に見えます。この性質を利用したアクセサリーや装飾タイルを開発しました。

When the glass cullet of the fluorescent lamp is placed in a mold made of refractory gypsum and heated to 800 °C, the glass forms a single body through the kiln-casting method, resulting in an opal-like pattern appearance. This pattern was attributed to the thin film on the tube interior of the fluorescent lamp. The pattern became more vivid when combined with colored glass. To utilize this property, we developed accessories and decorative tiles.

【データ】

参考文献：

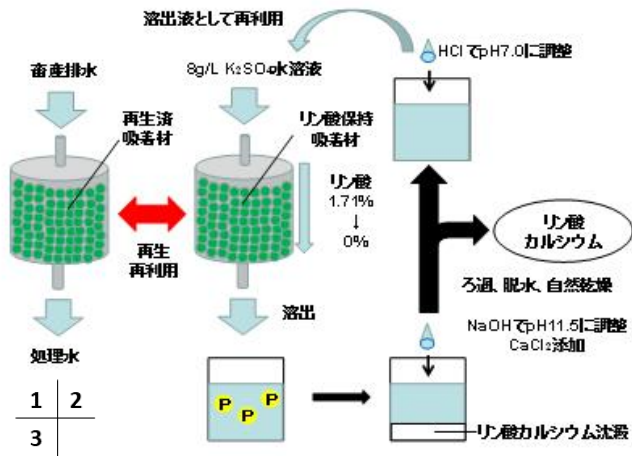
- ・ 稲野浩行他、[廃蛍光管ガラスのリサイクルによる装飾品の開発](#)、北海道立工業試験場報告 No. 296、pp. 27-32 (1997)
- ・ 稲野浩行、使用済み蛍光灯がモザイクタイルに、廃棄物学会市民編集 C&G 第 3 号、pp. 20-21 (1999)
- ・ 使用済み蛍光灯“輝き”再び 廃ガラス管 装飾品に、日本経済新聞、1997 年 1 月 18 日朝刊
- ・ Inano, H., Akemoto, Y. & Asakura, K. [Upcycling of fluorescent light tube glass via kiln-casting using its properties](#). *Glass Struct Eng* (2022). <https://doi.org/10.1007/s40940-022-00199-5>

開発機関：北海道立工業試験場（現（地独）北海道立総合研究機構 工業試験場）

協力機関：野村興産株式会社、玉井環境システム株式会社

問い合わせ先：（地独）北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

ブラウン管ガラス造粒焼結体によるリン酸リサイクルシステム Phosphoric acid recycling system using granulated sintered bodies of cathode-ray tube (CRT) glass



- 1: ブラウン管パネルガラスを原料としたリン酸吸着材
Phosphate adsorbent made from CRT panel glass
- 2: リン酸リサイクルシステムの概念図
Diagram of a conceptual phosphoric acid recycling system
- 3: 回収されたリン酸を原料としたリン酸肥料の効果試験
(ホウレンソウを用いた栽培試験)
Effectiveness of the phosphate fertilizer using recovered phosphoric acid as the raw material (cultivation test using spinach)

テレビのブラウン管パネルガラス粉末を押し出し方式で加圧成形後焼成して多孔質の焼結体を得ました。畜産排水を対象としてこの焼結体のリン酸吸着能・減耗程度を評価したところ、実使用可能な性能が確認できました。本吸着材によって畜産排水から回収されたリン酸カルシウムの肥料効果は市販リン酸肥料と同等でした。本システムはリン含有排水からのリン回収、リン酸肥料への再資源化、ガラスリサイクルの3つの課題に貢献する一石三鳥のリサイクルシステムです。

Porous glass materials (PGMs) are prepared by sintering after extruding the glass powder derived from the CRT panels of televisions. By evaluating the phosphoric acid adsorption capacity and degree of waste of PGMs in livestock wastewater, their performance was confirmed for practical use. The fertilizer effect of calcium phosphate recovered from livestock wastewater using PGMs was equivalent to that of commercially available phosphate fertilizers. Therefore, this recycling system addresses three tasks: recovering phosphorus from wastewater, recycling it into phosphate fertilizer, and glass recycling.

【データ】

参考文献：

- ・ 中澤亮二他、造粒体、造粒体の製造方法、水質浄化装置、リン酸肥料、及び、土壌改良資材、特開 2013-132583
- ・ 中澤亮二他、ブラウン管パネルガラス粉末および貝殻粉末を原料とした造粒焼結体を用いたリン酸再循環利用システム、人間と環境、第41巻、第2号、pp.17-27 (2015)
- ・ 中澤亮二他、[ブラウン管パネルガラス粉末および貝殻粉末を原料とした造粒焼結体の密度向上による通水強度の改良](#)、東京都立産業技術研究センター研究報告 第10号、pp.90-91 (2015)

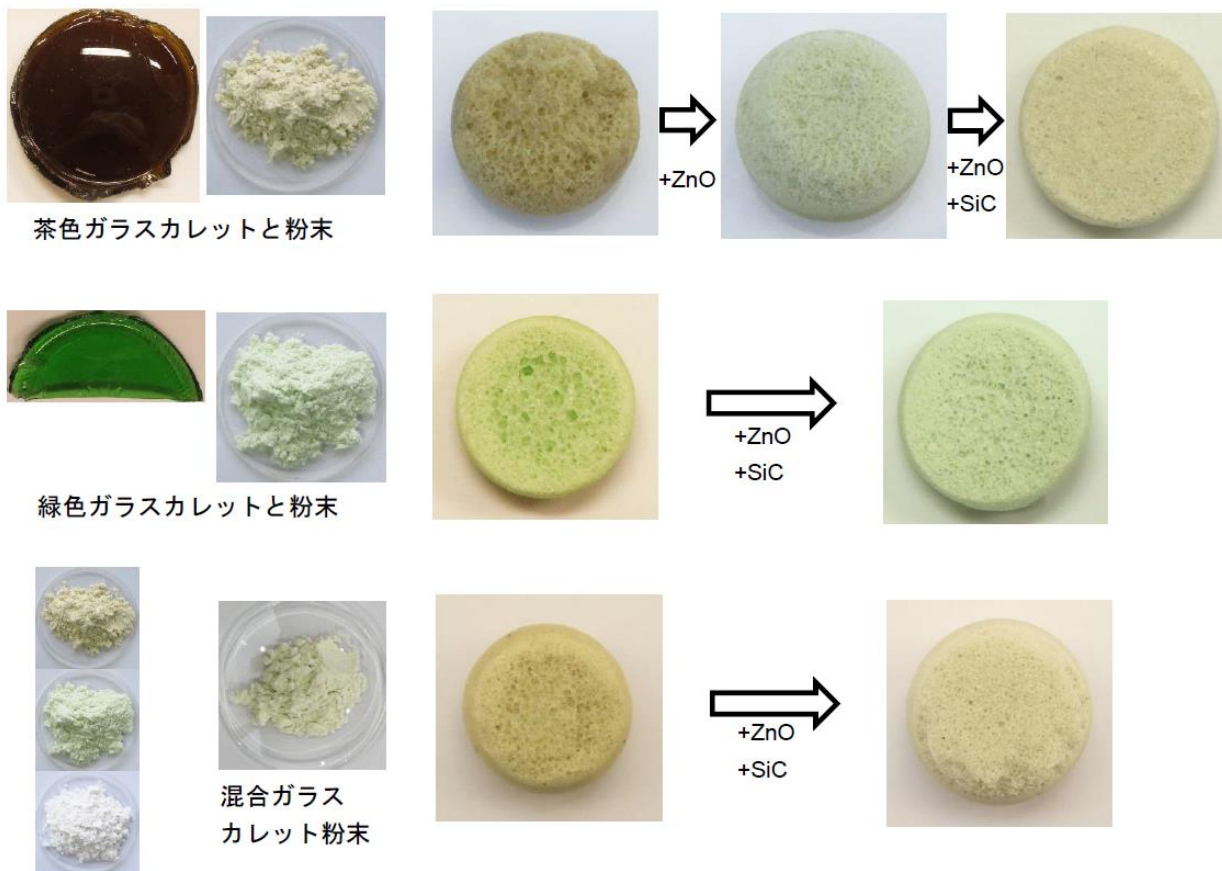
開発機関：(地独) 東京都立産業技術研究センター

協力機関：パナソニック株式会社アプライアンス社、東京都農林総合研究センター

問い合わせ先：(地独) 東京都立産業技術研究センター 開発本部開発第二部環境技術グループ
Tel. 03-5530-2660(環境技術グループ直通)

廃ガラス／焼成・発泡／発泡ガラス・脱色

色ガラスカレットを原料とする脱色発泡ガラス作製技術 Decolorized foam glass manufacturing technology using colored glass cullet as the raw material



廃ガラスの利用法の一つに泡ガラスがあります。泡ガラス作製の際に発泡剤に加えて酸化亜鉛と微量の炭化ケイ素を加えることで、安価な色ガラスカレットから脱色した泡ガラスを作製する技術を開発しました。

脱色した泡ガラスはこれまで有色泡ガラスの利用が広がっていなかった目に触れる用途への活用が可能となりました。

The foam glass manufacturing uses waste glass. Thus, we have developed a technology to produce decolorized foam glass from an inexpensive colored glass cullet by adding zinc oxide and a small amount of silicon carbide to the foaming agent. The resulting decolorized foam glass can be used for visual applications where the use of colored foam glass is limited.

【データ】

参考文献：

- ・山下勝、赤井智子他、脱色泡ガラスの製造方法、特願 2017-183617

開発機関：国立研究開発法人 産業技術総合研究所

問い合わせ先：(国) 産業技術総合研究所

無機機能材料研究部門高機能ガラスグループ Tel. 072-751-9521 (高機能ガラス G 直通)

環境安全性の高い発泡ガラスの製造方法 Manufacturing of foam glass with high environmental safety

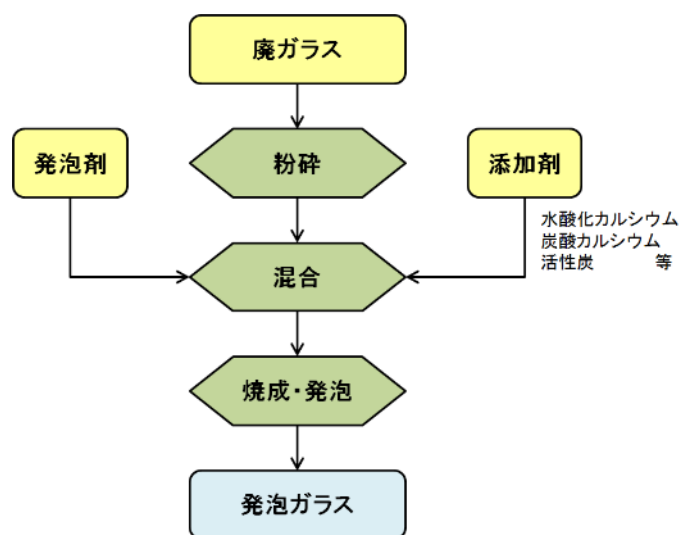
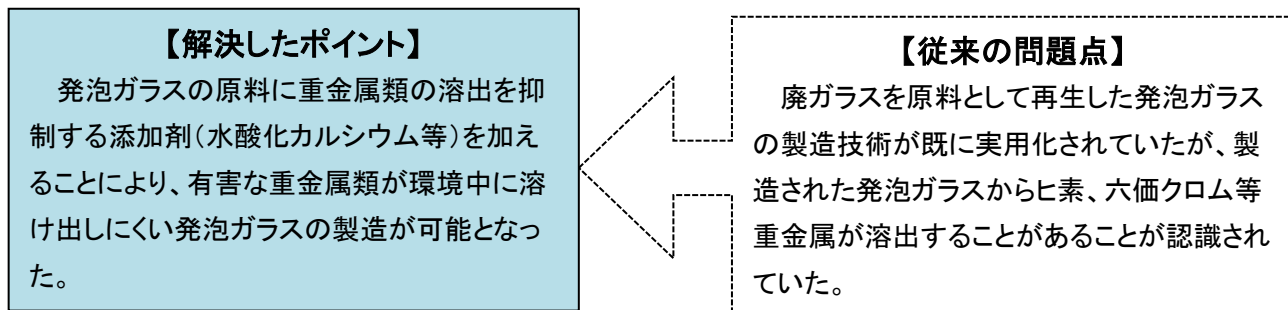


図1 発泡ガラスの製造フロー

Fig. 1. Flow process of the manufacturing of foam glass

粉砕したガラスと、消石灰等を含む混合物を 700℃以上 1100℃以下の温度で熔融・発泡させ、且つ、カルシウム成分が、製造される発泡ガラス中に分散するようにした製造方法です。原料のガラスには、家庭から排出されるびん等の廃ガラス利用できます。

この技術により、廃ガラスを原料として、環境安全性が確保された発泡ガラスを製造できます。また、発泡ガラスは、軽質な土木資材、園芸用資材、水質浄化材等に利用できます。

Foam glass is manufactured by melting and foaming a mixture of pulverized glass and slaked lime at 700–1100 °C. This process disperses the calcium component in the resulting foam glass. Using this approach, waste glass, such as bottles discharged from households, can be used as a raw material in the manufacture of environmentally safe foam glass. Foam glass can be used in light-duty civil engineering, gardening, water purification, and other applications.

【データ】

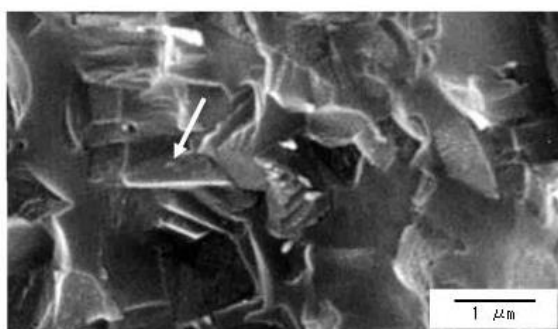
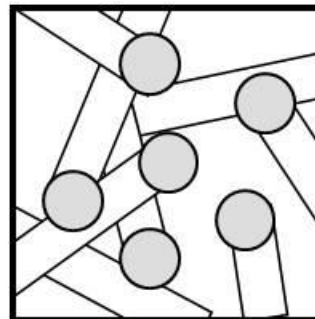
参考文献：

- ・門木秀幸他、発泡ガラスの製造方法及び発泡ガラス、特開 2005-132714

問い合わせ先：鳥取県衛生環境研究所 Tel. 0858-35-5411(代表)

都市ごみ焼却灰／熱処理による結晶化／結晶化ガラススタイル、コンクリート用骨材

ゴミ焼却灰主原料による結晶化ガラスの開発 Development of glass-ceramics using waste incineration ash as the main raw material



- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 : ガラス(左)、結晶化ガラス(右) |
| 3 | | Images of glass (left) and glass-ceramics (right) |
| | | 2 : 結晶化ガラス内部イメージ |
| | | Schematic of glass-ceramics |
| | | 3 : 結晶化ガラス破断面 SEM 写真 |
| | | (参考文献より引用) |
| | | SEM photograph of the glass-ceramics fracture surface |
| | | (cited from reference). |

ゴミ焼却プラントなどで廃棄物が焼却されたときに排出される都市ゴミ焼却灰を、ガラス原料バッチの60%以上に利用し、還元雰囲気中で熔融してガラスを作製しました。そのガラスは、熱処理過程を経ることで、硫化鉄を結晶核形成剤とする体積結晶化によりアノサイト結晶が析出した結晶化ガラスを作製することができました。この材料は、タイル状に成形することで、建材用タイルとして利用でき、またコンクリート用骨材としての用途にも活用できます。埋め立てるしかない焼却灰の利用方法のひとつとして期待される技術です。

Municipal waste incineration ash, which is discharged when waste is incinerated at garbage incineration plants, is used for over 60% of raw glass material and is melted in a reduced atmosphere to produce glass. By subjecting glass to a heat treatment process, glass-ceramics can be produced, in which anorthite crystals are precipitated by volume crystallization using iron sulfide as the crystal nucleating agent. This material can be molded into tiles as a building material and used as an aggregate for concrete. Therefore, this technology produces an approach for using incineration ash, which until now has been disposed in landfills.

【データ】

参考文献：

- Tanaka, M., Suzuki, S., Imai, T. and Kaneko, T., J. Ceram. Soc. Japan, Vol. 113, pp. 573-578 (2005) <https://doi.org/10.2109/jcersj.113.573>

開発機関：地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター

協力機関：東京都清掃研究所（現在 公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所へ統合）

問い合わせ先：地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター
城南支所 Tel. 03-3733-6281

液晶パネルガラスのリサイクル技術の開発 Development of recycling technology for LCD panel glass



図1 液晶パネルガラスを用いたガラスセラミックス
Fig. 1. Glass-ceramics using LCD panel glass



図2 テストピース着色例
Fig. 2. Test piece coloring example

液晶テレビをはじめとした薄型表示パネル（FPD）使用製品の急速な普及に伴い、廃棄されるFPDガラスの急増が懸念されますが、その有効なリサイクル技術は未確立です。FPDガラスは高品位かつ特徴的な組成の原料であることに着目し、この廃棄されるFPDを有効利用するためのマテリアルリサイクル技術を開発しました。粉砕した廃FPDガラスを50%以上使用し、900℃以下での低温焼成で、電気的、機械的特性を有するガラスセラミック材料を製造することができます。

With the widespread use of FPD products, such as liquid crystal televisions, the rapidly increasing amount of discarded FPD glasses has become a pressing issue; however, an effective recycling technology is yet to be established. Focusing on the use of FPD glass as a high-quality raw material with a characteristic composition, we developed a material recycling technology that can effectively utilize waste FPD. In particular, glass-ceramic materials with excellent electrical and mechanical properties were manufactured using at least 50% crushed waste FPD glass fired at a low temperature of 900 °C or less.

【データ】

参考文献：

- ・高石大吾他、無アルカリガラスを用いたセラミック材料およびセラミック構造体の製造方法、特許第 5196444 号

開発機関：（地独）京都市産業技術研究所、シャープ（株）

問い合わせ先：（地独）京都市産業技術研究所
窯業系チーム Tel. 075-326-6100（代表）

鉄鋼スラグ、ブラウン管ガラス/焼結/建材タイル

鉄鋼スラグとブラウンパネルガラスによるタイル Tiles made of steel slag and CRT panel glass



800 °C ←→ 1100 °C



1 | 2
3 |

- 1: スラグとガラス比、および焼成温度を変えて加熱した試験結果
Test results of heating with different slag/glass ratios and firing temperatures
- 2: スラグ 70 ガラス 30 の割合で混合し、1000°Cで加熱した試料。
Sample mixed at a slag/glass ratio of 70:30 and heated at 1000 °C.
- 3: 曲げ強度試験 Bending strength test

製鉄の副産物である高炉水砕スラグ（鉄鋼スラグ）は、国内で年間 2000 万トン発生し、主にセメント原料などに利用されています。鉄鋼スラグはガラス粉末と混合し焼成すると混合割合や焼成温度によって、焼結、発泡、結晶化、熔融する性質があります。鉄鋼スラグとブラウン管パネルガラス（無鉛）を混合、成形し焼成することで JIS のセラミックタイルの曲げ強度を満たす建築用タイルを開発しました。

A total of 20 million tons of granulated blast furnace slag (iron and steel slag), a by-product of the steelmaking process, is generated annually in Japan. This material is primarily used as raw material for cement. When iron and steel slag are mixed with glass powder and fired, sintering, foaming, crystallization, and melting occur depending on the mixing ratio and firing temperature. Thus, we developed architectural tiles that meet the Japanese Industrial Standards (JIS) requirements for the bending strength of ceramic tiles by mixing steel slag and lead-free CRT panel glass, followed by molding and firing.

【データ】

参考文献：

- ・ 稲野浩行他、[鉄鋼スラグを利用した建築用タイルの開発](#)、工業試験場成果事例集 2019
- ・ Miyako Takeda et al., Preparation of ceramic tiles from granulated blast furnace slag and CRT panel glass, Proc. The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (2019)

開発機関：室蘭工業大学、(地独) 北海道立総合研究機構

協力機関：(公財)鉄鋼環境基金、日本製鉄(株)、日鉄セメント(株)

問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

空きびんを利用した水栽培容器の開発 Development of hydroponics containers using empty bottles



水栽培キット Hydroponics kit

北海道江別産米を使った清酒のびんが、水栽培の容器に生まれ変わりました。これは、熱した空きびんを、吹きガラスの技法で口の部分を広げました。

この容器とスズランの球根を組み合わせた「水栽培キット」は、球根の成長を観察しながら花が咲くのを楽しめます。

水栽培キットは江別市の市民グループの働きかけで、空きびんは市内のレストラン、球根は道内の農家の協力で生まれました（現在は販売していません）。

Bottles of sake made from Ebetsu rice in Hokkaido have been repurposed into hydroponic containers. This process involves heating an empty bottle to widen its mouth using the blown glass technique. The “hydroponics kit,” which combines the above-mentioned container with lily of the valley bulbs, allows users to enjoy blooming flowers, while observing the bulb growth.

This hydroponics kit was developed through the efforts of a citizen group in Ebetsu City. Empty bottles were provided by the restaurants in the city, and bulbs were provided by the farmers in Hokkaido (the kit is not currently available for sale).

【データ】

参考文献：

- ・橋本祐二、空きびんを利用した水栽培容器の開発、北海道立工業試験場 技術支援成果事例集 2003、pp. 48(2003)
- ・使用済み酒瓶にスズラン咲かせて、北海道新聞、2003年1月31日朝刊
- ・空き瓶でスズラン ～ 数週間でかれんな花、毎日新聞、2003年3月6日朝刊

開発機関：北海道立工業試験場（現 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場）

協力機関：まちづくり会議 大麻（おおあさ）元気倶楽部

問い合わせ先：（地独）北海道立総合研究機構 工業試験場 材料技術部

高分子・セラミックス材料グループ Tel. 011-747-2362(セラミックス技術直通)

カレット／発泡ガラス／透光性／ランプシェード

発泡ガラスを用いたランプシェード Lamp shade with foam glass



カレットを型に充填
Filling the mold with cullet



電気炉で焼成・発泡
Firing and foaming in an electric furnace



脱型後、内部加工
Internal processing after demolding



完成したランプ
Completed lamp



暖かみのある空間を演出
Use of the lamp to warm a space

微粉碎した廃ガラス(カレット)に、炭酸カルシウムなどの発泡剤を添加・混合した後に、型に充填し、電気炉で焼成して発泡体を作製しました。脱型後、内部をくりぬくことで、ランプシェードができます。

ガラスの種類や作製条件を変えることによって、色味や透光性にバリエーションを持たせることが可能となりました。できあがったランプシェードは、暖かみのある空間を演出します。

Foaming agents, such as calcium carbonate, are added to and mixed with finely pulverized waste glass, resulting in a cullet, which is then filled into a mold and fired in an electric furnace to produce foam. After demolding, the interior was hollowed out to produce a lamp shade.

The glass type and manufacturing conditions can be changed to create variations in color and translucency. A finished lamp shade can be used to create a warm space.

【データ】

参考文献

- ・ 工藤和彦他：[廃蛍光管ガラスを用いたランプシェードの開発](#)、(地独)北海道立総合研究機構工業試験場技術支援成果事例集 2010、pp. 53
- ・ 工藤和彦他：[廃ガラスを利用した軽量材料の開発](#)、北海道立工業試験場報告 No. 301、pp. 117～122 (2002)

開発機関：(地独)北海道立総合研究機構 工業試験場

協力機関：株式会社テクノ

問い合わせ先：(地独)北海道立総合研究機構工業試験場 ものづくり支援センター
工業技術支援グループ Tel. 011-747-2345

液晶パネルガラスを用いた耐熱食器用釉薬の開発 Development of glaze for heat-resistant tableware using LCD panel glass



1	2
3	

- 1：開発した釉薬テストピース（色見本）
Developed glaze test piece (color sample)
- 2：直火での耐熱試験をクリア
Passed the heat resistance test using open flame
- 3：耐熱食器試作品
Prototype heat-resistant tableware

液晶ディスプレイ（LCD）に用いられているパネルガラスは、窓ガラス等に用いられる一般的なソーダ石灰ガラスとは組成や物性が大きく異なる特殊なガラスであるため、その有効なリサイクル技術は未確立です。LCD パネルガラスの低熱膨張、無アルカリ組成といった特性に着目して、土鍋や耐熱食器等に適用可能で高付加価値化が期待できる低膨張光沢・透明釉を開発しました。この釉薬を用いて、直火で使用可能な耐熱食器を作製しました。

The panel glass used in LCDs is a special glass with composition and physical properties that are significantly different from the general soda-lime glass used for window glass. Therefore, effective technologies for recycling these materials have not yet been established. Focusing on the characteristics of LCD panel glass, such as its low thermal expansion and alkali-free composition, we developed a low-expansion, glossy, and transparent glaze that can be applied to earthenware pots and heat-resistant tableware, which is expected to have high added value. This glaze was used to produce heat-resistant tableware that could be used over an open flame.

【データ】

参考文献：

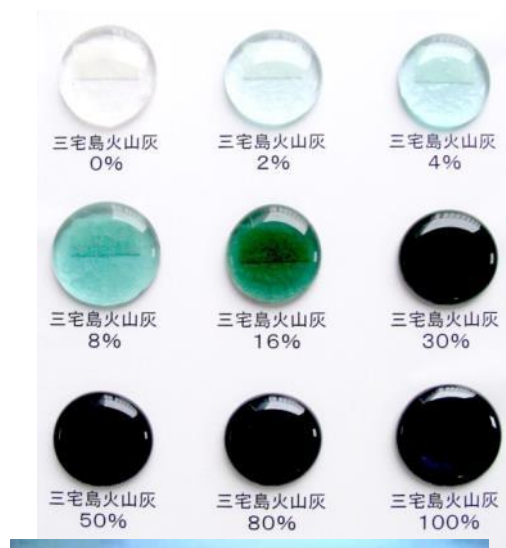
- ・高石大吾他、廃液晶パネルガラスを用いた低膨張透明光沢釉の開発、日本セラミックス協会 2017 年年会予稿集（2E31）
- ・第 46 回デザイン担当者会議 資料集（陶とくらしのデザイン展 2015）

開発機関：（地独）京都市産業技術研究所

問い合わせ先：（地独）京都市産業技術研究所 窯業系チーム Tel. 075-326-6100(代表)

火山灰／地域資源のガラス原料化／食器類（グラス、皿）、工芸品

三宅島火山灰を利用したガラス製品の開発 Development of glass products using Miyakejima-island volcanic ash



1 | 2
3 |

- 1 : 試作ガラスサンプル
Prototype glass sample
2 : 三宅ガラス試作品
Miyake glass prototype
3 : 三宅ガラスの工芸的な利用
Crafts using Miyake glass

2000年に噴火した三宅島雄山の火山灰を利用して、クリアな美しい青色のソーダ石灰ガラスを作製することができました。クリアな美しい青色は、主に火山灰中に含まれる鉄によるもので、還元雰囲気での熔融により実現しました。色に特徴がある以外、ガラスとしての品質は市販のガラス製品と同等です。我々はこのガラスを「三宅ガラス」と命名し、グラスや皿などを中心に製品化も行い、複数の商品が発売されました。

Clear and aesthetic blue soda-lime glass was produced using volcanic ash from Oyama, Miyakejima-island, which erupted in 2000. The clear blue appearance was mainly attributed to the iron in the volcanic ash, which was obtained by melting in a reducing atmosphere. In addition to its characteristic color, the quality of glass is the same as that of commercially available glass products. The resulting glass was named “Miyake glass.” This glass has been commercialized for glasses and plates with several released products.

【データ】

参考文献：

- ・ 大久保 一宏 他、[三宅ガラスの開発](#)、東京都立産業技術研究所研究報告 第5号、p.17-20 (2002)
- ・ 鈴木 蕃・大久保 一宏、三宅島火山灰を用いた三宅ガラスの開発、GLASS 日本ガラス工芸学会誌 No. 45、pp.11-14 (2002)
- ・ 鈴木 蕃・大久保 一宏・田中 実 他、着色ガラスの製造方法、特許第4233222号

開発機関：地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター

協力機関：(製品の製造) 三晃硝子株式会社 [現在生産していません]

問い合わせ先：(地独) 東京都立産業技術研究センター

実証試験セクター Tel. 03-5530-2193 (実証試験セクター直通)

環境技術グループ Tel. 03-5530-2660 (環境技術グループ直通)

3. 廃ガラスの処理と有効利用

Treatment and utilization of waste glass

有害成分を含むガラスの安全な処理方法や、
廃棄物処理などでの廃ガラスの有効利用方法を開発しました。

カレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術 Reducing and treating glass-containing sludge discharged from cullet factory

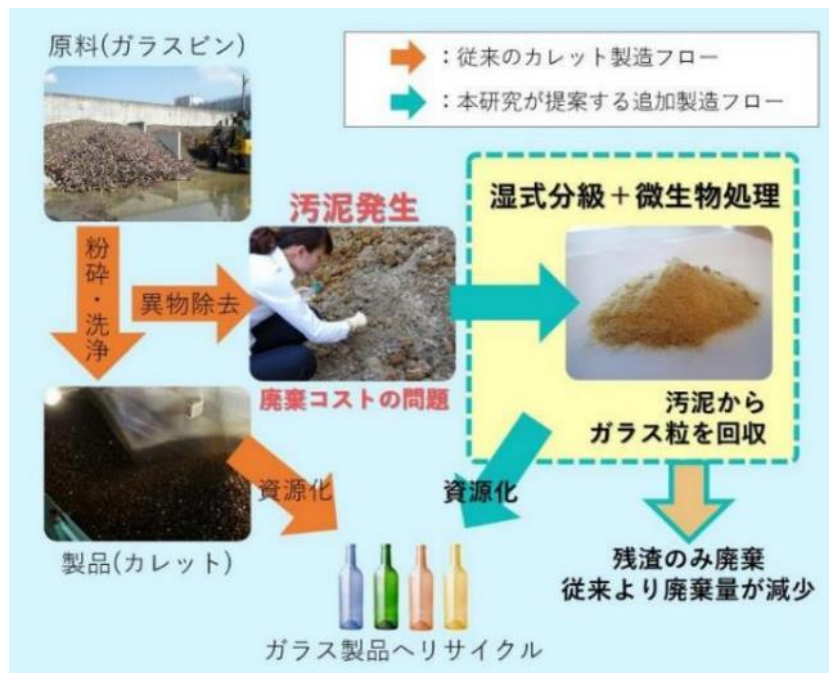


図 1. ガラスカレット製造への本技術を導入したイメージ

Fig. 1 Schematic of the introduction of this technology to glass cullet production

【背景】 ガラスビンはカレット（Cullet）と呼ばれるガラス粒へ粉砕加工され、ガラス製品へ再利用されています。カレット工場からは、ガラス粒・ラベル紙・水分を含む汚泥が発生しています。汚泥廃棄にはコストがかかるため、汚泥減量技術の開発が求められました。

【特徴】 カレット汚泥減量の手段として、① 湿式分級によりガラス粒を分離回収する、②微生物を使って汚泥中の紙ラベルを分解する、③上記2つを組み合わせた方法、を提案しています。

[Background] Glass bottles are pulverized into glass particles, called cullets, and reused for various glass products. Sludge, which contains glass particles, label paper, and moisture, was generated from the cullet factory. As sludge disposal is costly, sludge reduction technology should be developed.

[Characteristics] We proposed the following processes for reducing the amount of cullet sludge: (1) separating and recovering glass particles by wet classification, (2) using microorganisms to decompose paper labels in sludge, and (3) a combination of the above two methods.

参考文献：

- 田中真美、中澤亮二、佐々木直里、小林宏輝、ガラスカレット工場から排出されるガラス含有汚泥の減量・処理技術の開発、平成 27 年度 都立産技研 研究成果発表会要旨集、pp. 20 (2015)
<http://www.iri-tokyo.jp/uploaded/attachment/3714.pdf> (都立産技研 HP で閲覧可能)
- 田中真美他、東京都立産業技術研究センター研究報告、第 10 号、pp. 86-87 (2015)
<http://www.iri-tokyo.jp/uploaded/attachment/1191.pdf> (都立産技研 HP で閲覧可能)
- 田中真美他、セルロース分解微生物を利用したガラスカレット汚泥の減量、第 27 回廃棄物資源循環学会研究発表会、pp.207-208 (2016)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmcwm/27/0/27_207/pdf (J-stage で閲覧可能)
- 特開 2017-000935 発明の名称「廃棄汚泥の減少方法」

開発機関：地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター

問い合わせ先：(地独) 東京都立産業技術研究センター

バイオ応用技術グループ Tel. 03-5530-2671

廃ブラウン管ガラスから還元溶融による鉛回収技術 Technology for recovering lead from waste CRT glass by reduction melting



- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1: テレビのブラウン管
Television CRT |
| 3 | | 2: ブラウン管ファンネルのカレット
Cullet of a CRT funnel |
| | | 3: ファンネルを還元溶融した試料
(鉛が沈殿)
Sample of a reduction-melted funnel
(precipitation of lead) |

テレビのブラウン管後部にあるファンネルガラスには約 25mass%の酸化鉛が含まれており、処理が困難です。一方、鉛はバッテリーの電極材料として有用な資源です。ファンネルガラスの中で酸化鉛は還元されやすい成分であり、還元剤を加えて 1200℃で溶融すると金属鉛を得ることができますが、ガラスの粘性が高いために分離することができません。さらにガラスの粘度を下げることで減粘剤（炭酸ナトリウム）を加えて溶融すると生成した鉛が沈殿し、ガラスと分離して回収することができます。

The funnel glass at the rear of the CRT televisions contains approximately 25 mass% lead oxide, which poses difficulty in its disposal. Lead is a useful electrode material for batteries. Lead oxide in funnel glass can be easily reduced by adding a reducing agent and melting at 1200 °C, thereby obtaining metal lead. However, lead cannot be separated owing to the high viscosity of glass. To address this, adding a viscosity-reducing agent, such as sodium carbonate, can reduce glass viscosity. Subsequent melting results in the precipitation of the generated lead, which can then be separated from the glass and collected.

【データ】

参考文献：

- ・ 稲野浩行、橋本祐二、工藤和彦：還元溶融による廃ブラウン管からの鉛分離、北海道立工業試験場報告、No.304、pp.71-77 (2005)
- ・ Hiroyuki INANO, Keiichi TOMITA, Tatsumi TADA, Naoki HIROYOSHI: [Lead generation and separation mechanisms from lead silicate glass by reduction-melting](https://doi.org/10.2109/jcersj2.18090), J. Ceram. Soc. Jpn., 126, pp. 595-601 (2018). <https://doi.org/10.2109/jcersj2.18090>

開発機関：(地独) 北海道立総合研究機構 工業試験場
問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

廃ブラウン管ガラス溶融残渣からの鉛溶出抑制 Suppression of lead elution from waste CRT glass melting residue

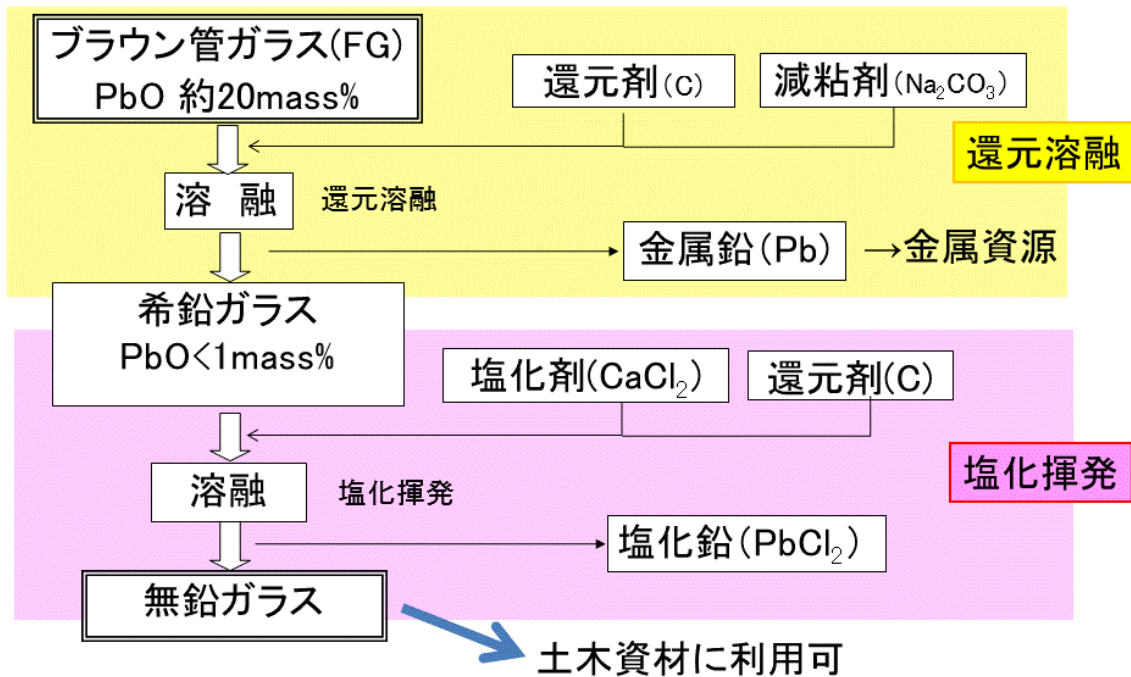


図1 塩化揮発による廃ブラウン管溶融ガラスからの鉛の除去フロー

Fig. 1. Process of the lead removal from molten waste CRT glass by chloride volatilization

鉛入りブラウン管ファンネルガラスを還元溶融することで、鉛を金属として回収することができますが、残渣ガラス中に鉛が 1mass%程度残るためにそのガラスを有効利用することができませんでした。残渣ガラスの処理として、塩化揮発により鉛を除去したり、酸化溶融で鉛を安定化することで、鉛の溶出を基準以下に抑え、有効利用することができるようになりました。

Lead can be recovered as a metal by reduction melting of lead-containing CRT funnel glass. However, approximately 1 mass% lead remains in residual glass, which limits its effective use. In the treatment of residual glass, lead is removed by chloride volatilization and stabilized by oxidative melting, which maintains the elution of lead below the standard level and allows the effective use of the obtained products.

【データ】

参考文献：

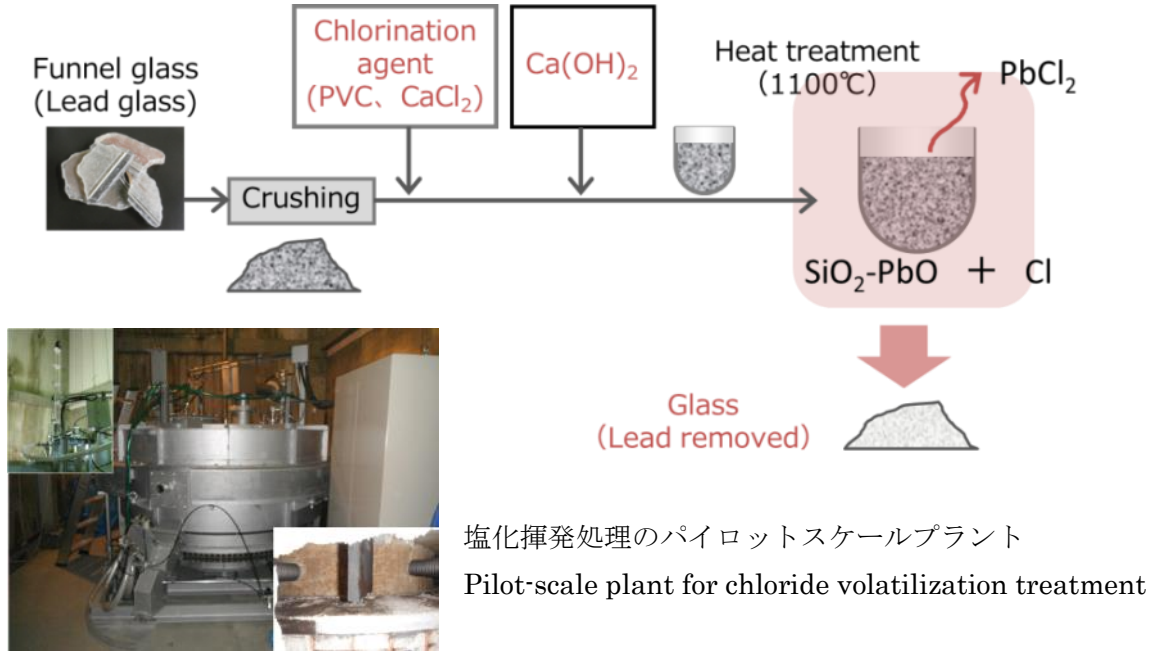
- ・ 広吉直樹他、鉛含有ガラスの脱鉛方法、特開 2012-239945
- ・ 広吉直樹他、鉛含有ガラスの鉛溶出抑制方法、特開 2012-245494
- ・ 稲野浩行他、還元溶融/塩化揮発ハイブリッド法によるブラウン管ガラスからの鉛の分離抽出技術、セラミックス、47、pp.96-100 (2012)

開発機関：(地独) 北海道立総合研究機構 工業試験場、北海道大学大学院工学研究院
協力機関：旭硝子株式会社

問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935(環境システム直通)

ブラウン管ガラス／塩化揮発／重金属の分離除去

塩化揮発反応を利用したガラスに含まれる重金属の分離技術 Separation technology for heavy metals in glass using chloride volatilization



ブラウン管式テレビに使用されているブラウン管（Cathode Ray Tube：CRT）には、鉛を高濃度に含む鉛ガラスが使用されています。本技術は、鉛等の重金属を含有するガラスから塩化揮発法により重金属を分離し、ガラスを無害化する方法です。

鉛を含有するガラスに塩化剤と水酸化物を添加し、高温で熱処理することで、ガラス中の鉛を揮発除去します。ガラス中の鉛を極めて高い除去率（99.9％）で分離できることが実験室レベルでの研究では確認されています。

CRT used in televisions uses lead glass, which contains a high lead concentration. Thus, the chloride volatilization method separates heavy metals from glass, which contains lead and other heavy metals, thereby obtaining nontoxic glass. Chloride and hydroxide are added to lead-containing glass, which volatilizes and removes lead via high-temperature heat treatment. Laboratory studies have confirmed that lead in glass can be separated with an extremely high removal rate of 99.9%.

【データ】

参考文献

- ・ 門木秀幸、成岡朋弘、居藏岳志、吉岡敏明、藤森崇、ガラスからの重金属類の分離方法、特開2014-94366

開発機関：鳥取県衛生環境研究所、東北大学、京都大学

問い合わせ先：鳥取県衛生環境研究所、TEL：0858-35-5411、FAX：0858-35-5413

廃ブラウン管ガラスからの鉛浸出評価及び浸出防止技術 Evaluation of lead leaching from waste CRT glass and leaching prevention technology

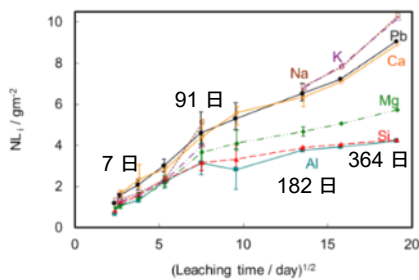


図 1. ファンネルガラス未処理品の酸性溶液中での各元素規格化浸出量。処理時間の平方根に比例 Fig. 1. Normalized leaching amount, which is proportional to the square root of the processing time, of the elements in an acid solution of untreated funnel glass.

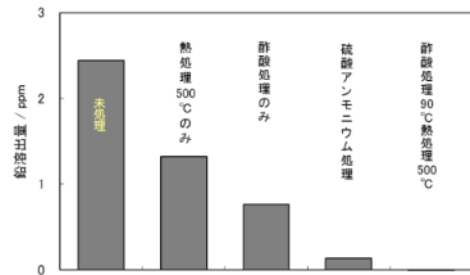
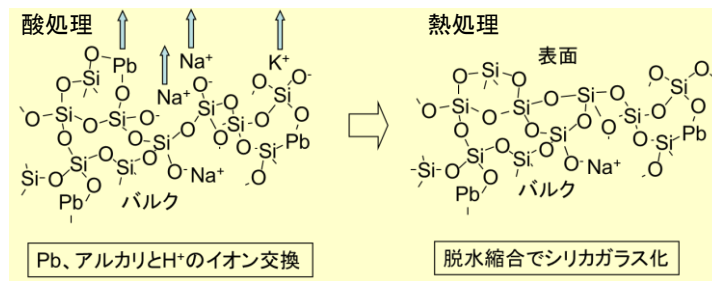


図 2. 酸処理及び熱処理による鉛浸出量抑制効果 Fig. 2. Lead-leaching suppression effect by acid and heat treatment



鉛含有ガラスは鉛精錬のフラックスとしてリサイクルできますが年間需要量が少ないため処分地等で一時保管の必要があります。処分地での鉛浸出抑制のために浸出メカニズムの評価及び浸出抑制技術を検討しました。鉛含有ブラウン管ファンネルガラスは酸性水溶液へは拡散律速で鉛が浸出しアルカリ性水溶液中では鉛イオンが飽和すると浸出が止まることがわかりました。浸出した鉛は酸性土に吸着されて外部に出てこないため、地下水が移動する条件では弱酸性の方が外部への溶出量は少なくなります。酸性下での浸出量をさらに低下させるためにガラスの酸処理及び熱処理を行いました。この処理により表面がシリカガラス類似構造となり鉛浸出量を大幅に抑制することが可能となりました。

Lead-containing glass can be recycled as flux for lead refining; however, it must be temporarily stored at disposal sites because of its low annual demand. To suppress lead leaching at disposal sites, we evaluated the leaching mechanism and examined different leaching suppression technologies. The lead-containing CRT funnel glass that leach lead into aqueous acidic solutions can be addressed by controlling the diffusion rate. Leaching ends when the lead ions are saturated in an aqueous alkaline solution. Leached lead is absorbed by the acidic soil. Thus, under conditions of moving groundwater, weakly acidic groundwater results in a smaller amount of leaching to the external environment. To further reduce the amount of leaching under acidic conditions, glass was subjected to acid and heat treatments. These treatments resulted in a silica glass-like structure on the surface, which allows for a large amount of suppression of lead leaching.

【データ】

参考文献：

- ・ M. YAMASHITA et al., “Leaching behavior of cathode ray tube (CRT) glasses”, J. Ceram. Soc. Japan 122 [12] 1020(2014).
- ・ 山下勝、赤井智子他、鉛含有ガラスの表面処理方法及び表面処理装置、特開 2014-073920

開発機関：国立研究開発法人 産業技術総合研究所

問い合わせ先：(国) 産業技術総合研究所

無機機能材料研究部門高機能ガラスグループ Tel. 072-751-9648(高機能ガラスG直通)

廃 FPD パネルガラスを利用した製鋼スラグの粉化抑制 Suppression of dusting in steelmaking slag using waste FPD panel glass



図1 製鋼スラグの粉化機構とホウ素成分添加による塊状固化原理

Fig. 1. Mechanism of dusting in steelmaking slag and mass solidification by boron addition

現在、製鋼工程で排出されるスラグは、冷却時に体積膨張によってミクロンサイズの粒子に粉化するため、リサイクルやハンドリングが困難になる傾向があります。そこで、粉化抑制のためにホウ素系の改質剤が利用されていますが、高価なホウ素源の確保は重要な課題となっています。

今後大量に排出されることが予想される液晶ディスプレイ（LCD）を代表とするフラットパネルディスプレイ（FPD）ガラスはホウケイ酸系ガラスであり、実験では現行の改質剤を一部置換できることも確認でき、これからのホウ素源として大きな可能性をもつと期待されます。

Currently, the slag discharged from steelmaking processes tends to be difficult to recycle and handle because it is dusted into micron-sized particles owing to volume expansion during cooling. Therefore, boron-based modifiers have been used to suppress dusting. However, securing expensive boron sources has become an important issue.

FPD glass, such as LCD, is a borosilicate glass that is expected to be discharged in large quantities in the future. Experiments have confirmed the use of current modifiers to partially replace them, resulting in their great potential as boron sources in the future.

【データ】

参考文献：

- ・ 製鋼スラグの粉塵化抑制剤、特開 2002-18286
- ・ 製鋼スラグの粉塵化抑制剤 特開 2003-212616
- ・ 製鋼スラグの粉塵化抑制剤及びそれを用いた粉塵化抑制方法 特開 2005-336007

開発機関：福岡県工業技術センター、九州工業大学

協力機関：株式会社アステック入江

問い合わせ先：福岡県工業技術センター

化学課セラミック材料チーム Tel. 092-925-7722(セラミック材料チーム直通)

溶融炉でのガラスカレットの有効利用 Effective use of glass cullet in melting furnaces

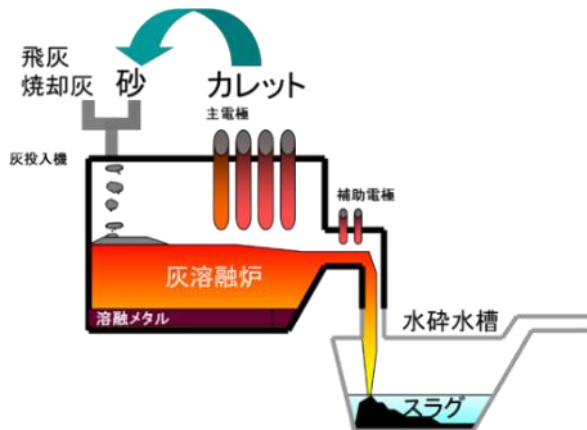


図 1. 清掃工場溶融炉でのカレットの利用例

Fig. 1 Example of the use of cullet in an incineration plant melting furnace

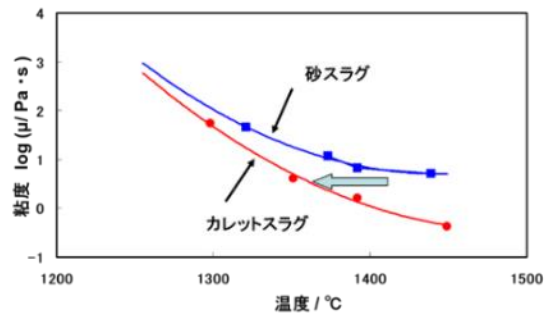


図 2. スラグの粘度特性

Fig. 2 Viscosity characteristics of slag

一部の清掃工場ではごみの減量化・安定化・資源化のため、発生する焼却灰を溶融固化（スラグ化）しており、その際に耐火物の浸食抑制の目的から、塩基度（CaO/SiO₂）を下げる調整剤として天然砂を添加する場合があります。天然砂の代わりにガラスびんカレットを利用することを検討しました。（図 1）

スラグの粘度特性を測定した結果、清掃工場の焼却灰に天然砂を添加して作った砂スラグに比べ、カレットを添加して作ったカレットスラグの方が同じ温度では粘度が低くなることを確認しました。溶融炉を運転する場合、カレットを使うと 50℃程度温度を下げて運転できる可能性があります（図 2）溶融炉耐火物の浸食抑制に加え、省エネ効果も期待できます。

使用するカレットは違った色（無色、茶色、赤、緑、その他）の物が混合しても問題はありません。

Some incineration plants melt and solidify the generated incineration ash into slag to reduce, stabilize, and recycle waste. In such cases, natural sand may be added as a modifier to decrease the basicity (CaO/SiO₂), thereby suppressing the erosion of refractory materials. Thus, we examined the possibility of using glass bottle cullets as an alternative to natural sand (Fig. 1).

By measuring the viscosity of slag at the same temperature, the slag obtained by adding cullet had a lower viscosity than that of sand slag made by adding natural sand to incineration plant ash. When operating a melting furnace, the cullet can lower the temperature by approximately 50 °C (Fig. 2), thereby suppressing the erosion of the melting furnace refractory materials and allowing energy conservation. Moreover, the cullet used can be a mixture of different colors (e.g., colorless, brown, red, and green).

【データ】

参考文献：

- ・ 小山秀美、小林政行、他：灰溶融過程でのガラスびんカレットの有効利用、廃棄物学会誌、Vol.13, No1. pp162-171 (2006)
- ・ 小山秀美、：溶融炉の浸食防止に廃ガラス、環境産業新聞(2006年5月25日)
- ・ 小山秀美、小林政行、他：清掃工場における廃ガラスの有効利用、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.1、pp54-57 (2006)

開発機関：(地独) 東京都立産業技術研究センター

問い合わせ先：(地独) 東京都立産業技術研究センター 多摩テクノプラザ TEL:042-500-2300

放射性廃棄物焼却灰の減容・固化 Volume reduction and solidification of radioactive waste incineration ash

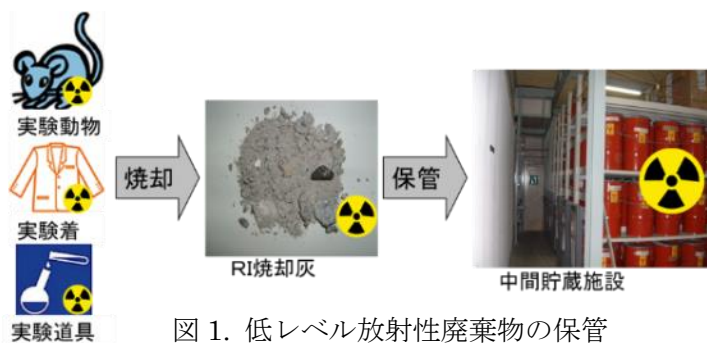


図 1. 低レベル放射性廃棄物の保管
Fig. 1. Storage of low-level radioactive waste



図 2. 放射性物質の溶出抑制効果
Fig. 2. Suppression effect of radioactive substance elution

研究機関や病院などから発生する放射性同位元素（RI）を含む低レベル放射性廃棄物は、焼却や圧縮処理により減容化された状態または未処理の状態ドラム缶に詰めて保管されています（図 1）。

特に、低レベル放射性廃棄物焼却灰は比重が小さく飛散しやすいため保管場所の確保、安全性、安定性、取り扱いなどの面で問題があり、より安全で安定した処理方法が求められます。

そこで、RI を含有しない模擬焼却灰と粉碎したガラスカレットを混合・成型し、低温（800℃前後）焼結しました。その結果、固化体は耐衝撃性があり焼却灰に比べ溶出抑制効果が大幅に向上し、RI の溶出抑制効果も期待できることが分かりました（図 2）。また、減容化率も 50%以上達成できます。

原子力発電所由来の高レベル放射性廃棄物の処理に適用できる可能性があります。

Low-level radioactive waste that contains radioactive isotopes (RI) generated from research institutions, hospitals, and other establishments is stored in drums in a volume-reduced state by incineration or compression processing, or in an unprocessed state (Fig. 1). As low-level radioactive waste incineration ash has a low specific gravity and can easily scatter, securing its storage space, safety, stability, and handling are among the persisting issues for this material. Moreover, a safer and more stable processing method is required.

Therefore, simulated incineration ash without RI and pulverized glass cullet were mixed, molded, and sintered at a low temperature of approximately 800 °C. As a result, compared with incineration ash, the solidified material exhibits impact resistance with a greatly improved elution suppression effect, and an RI elution suppression effect can be expected (Fig. 2). Moreover, a volume reduction rate of at least 50% was achieved. Therefore, the resulting material can be used for the treatment of high-level radioactive waste from nuclear power plants.

【データ】

参考文献：

- ・ 小山秀美、小林政行、他：放射性廃棄物の処理方法及びその焼結体（特許第 4573174 号）
- ・ 小山秀美、小林政行、他：廃棄物焼却灰の減容化・安定化方法の開発、環境資源工学、Vol.53, No.4, pp171-177、(2006)
- ・ 小山秀美、：放射性廃棄物 廃ガラス使い固化、日刊工業新聞（2006 年 8 月 31 日）
- ・ 小山秀美、平井和彦、池田沙織、他：CRT ガラスを使った放射性廃棄物の固化、東京都立産業技術研究センター研究報告、No.8, pp154-155（2013）

開発機関：（地独）東京都立産業技術研究センター

問い合わせ先：（地独）東京都立産業技術研究センター 多摩テクノプラザ TEL:042-500-2300

4. 関連情報 Topics

公設試の開発事例以外のガラスリサイクル関連情報

トピック

ヨーロッパにおけるガラスリサイクル調査 Topic - Glass recycling survey in Europe



1	2
3	



- 1: 街中の瓶回収ボックス（無色用）
Bottle collection box for colorless glass in cities
 - 2: 飲料水のリターナブル瓶 — 共通化はされていない
Returnable drinking water bottles (not standardized)
 - 3: スーパーマーケットでの瓶回収装置—レシートが発行される
Bottle collection device at supermarkets with receipt issuance
- 写真はすべてウィーン (All photo in Vienna, Austria)

1997年にオーストリア、フランス、オランダ、ドイツでガラスびんを中心としたガラスリサイクル調査を行いました。廃棄物回収機関、廃棄物処理場、ガラス関係機関での調査に加え、実際のスーパーマーケットでの飲料の販売や回収、路上のびん回収ボックスなどを調査しました。

ヨーロッパでは、ワインやびん入り飲料水を多く消費するというライフスタイルや、費用負担に対する考え方、歴史的な背景などが日本と異なります。そのため、びん回収の社会システムや、そのための社会インフラなどにおいて日本でのびんリサイクルとは異なる点が多く見られました。

In 1997, we conducted a glass recycling survey focused on glass bottles in Austria, France, the Netherlands, and Germany. The survey included waste collection institutions, waste disposal sites, glass-related institutions, sales and collection of beverages at actual supermarkets, and roadside bottle collection boxes.

The lifestyle of consuming large quantities of wine and bottled water, principle of cost sharing, and historical background in Europe differ from those in Japan. Therefore, we have found that European social systems for collecting bottles and social infrastructure for bottle recovery are different from Japanese systems.

【データ】

参考文献：

- ・稲野浩行、オーストリアにおけるガラスのリサイクル、C&G 廃棄物学会誌市民編集 No.4、pp100-101 (2000)

調査機関：北海道立工業試験場（現（地独）北海道立総合研究機構 工業試験場）

問い合わせ先：（地独）北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所
循環資源部環境システムグループ Tel. 011-747-2935（環境システム直通）

美術・工芸への利用 Topic - Use for arts and crafts

ガラスの廃材は、工業用途だけではなく、その特性を活かして工芸や装飾などの素材として利用されています¹⁾。カレットを熔融して吹きガラスの手法で食器や花器を製作したり、カレットを効果的に使用した建材などを作り、建築物に装飾的に使われたりしています。その中から代表的なものを紹介します。

Waste glass is used not only for industrial purposes, but also as a material for crafts and decorations, by taking advantage of its characteristics¹⁾. Cullet is melted and fabricated into a tableware and flower vases using glassblowing techniques. Cullet can also be effectively used to building materials and as decorations in buildings. Some representative examples are introduced below.

1. 吹きガラスでの使用

空き瓶、蛍光管などを原料にして吹きガラスをしている例は全国に見られます。戦後の沖縄では、駐留米軍から出る空き瓶を溶かして吹きガラスで製品を作っていました。

現在、北海道では小樽市のガラス工房で、自動車の窓ガラスを溶かしてタンブラーや切子グラスを製作しています^{2,3)}。また、全国的には、市民のリサイクル意識を高めるために、行政の協力のもと工房を運営している例もあります。

びんを完全に溶解するのではなく、元の瓶の形を残し、熱で変形させて製作している例もあります。(本事例集 18 ページなど)

びんや板ガラスのカレットは、一般に工芸で使われるガラス原料と化学組成が異なるために、成形時の作業性や、熱膨張特性が違うために注意が必要です。



図 1 自動車ガラスをリサイクルしたグラス

Fig. 1. Glassware made from automobile window glass

1. Use in glassblowing

The use in glassblowing as raw materials from empty bottles, fluorescent tubes, and other glass materials can be seen nationwide. In post-war Okinawa, empty glass bottles from the stationed U.S. forces were melted and made into blown glass products. At present, a glass workshop in Otaru City, Hokkaido produces tumblers and Kiriko glass by melting automobile window glass^{2,3)}. Moreover, workshops have been operating nationwide to increase the citizens' awareness of recycling, with the cooperation of the government.

In some cases, instead of completely melting the bottle, the original shape of the bottle is preserved and deformed by heat (e.g., p. 18 of this case study collection). Moreover, the chemical composition of the cullet for bottles and plate glass is different from that of the glass materials that are used in crafts. Hence, the different workability of the materials during molding and thermal expansion characteristics should be considered.

2. ガラス装飾建材など

ガラスの質感や透明性などを活かして装飾建材が作られています。板ガラスカレットを型に入れて焼成し失透させたガラス建材を、ブティックの壁、床、什器に使用していた例があります⁴⁾。同様の手法で蛍光管カレットを使った例があります。(本事例集 11 ページ)

1970年代から、ガラスカレットの色を利用したテラゾ (人工大理石) が製造されています⁵⁾。さらに、図 2 に示すように、空き瓶の元の形を残して、テラゾの手法によりデザイン性の高い建材や置物などが作られました⁶⁾。横須賀市リサイクルプラザ “アイクル” のエントランスのレリーフにも使われています。

京都の寺院では、枯山水の庭に石の代わりにあきびんをホットキャストしたりリサイクルガラスの彫刻が使われています⁷⁾。

吹きガラスにしても建材にしても、ガラスを使う量は比較的少ないため、廃棄物処理や埋立量の削減という意味合いではなく、色、質感、透明性、形状など、ガラスの性質を利用した高付加価値な有効利用になります。



図 2 ガラスびんを使ったテラゾの例
三宅道子作りサシリーズ 撮影: 斎城卓
Fig. 1. Example of terrazzo using glass bottles Lisa Series by Michiko Miyake
Photograph: Taku Saiki

2. Glass decorative building materials

Decorative building materials are made by utilizing the texture and transparency of glass. Examples include glass building materials made by placing sheet glass cullet in a mold, firing it, and devitrifying for the walls, floors, and fixtures of a boutique shop⁴⁾. The fluorescent tube cullet can also be used similarly for aesthetic applications (p. 11 of this case study collection).

Since the 1970s, terrazzo or artificial marble that uses the colors of glass cullet has been manufactured⁵⁾. The terrazzo technique was used to create highly designed building materials and ornaments, while maintaining the original shape of the empty bottle, as shown in Fig. 2⁶⁾. Moreover, this technique has been used in the relief at the entrance of the Yokosuka City Recycle Plaza, “Aicle.”

Used bottles hot-casted recycled glass sculptures are used instead of naturel stones in a zen garden in Kyoto⁷⁾.

However, the amount of glass for glassblowing and building materials is relatively small. Thus, these techniques are not meant to reduce waste disposal nor landfill volume, but rather provide a high value-added effective use that utilizes the properties of glass, such as color, texture, transparency, and shape.

参考文献 References:

- 1) 稲野浩行: [カレットの錬金術, NEW GLASS, Vol.16, No.2, pp.33-37 \(2001\) \[in Japanese\]](#)
- 2) マテックプロダクツ: matec-products.jp
- 3) 深川硝子工芸: <https://fukagawaglass.co.jp/>
- 4) talkshop 吉岡徳仁 Tokujin Yoshioka, *AXIS*, 57, pp.64 (1995)
- 5) 倉俣史郎 Shiro Kuramata (展覧会カタログ)、財団法人アルカンシェール美術財団 (1996)
- 6) 三宅道子 Michiko Miyake: http://www.tamabi.ac.jp/kougei/glass/staff_miyake_michiko.html
- 7) 西中千人 [法然院 ガラスの枯山水 Yukito Nishinaka, Honen-in temple:](#)
<https://nishinaka.com/honenin.html>

トピック

海外のガラスリサイクル事例 Topic - International examples of glass recycling

びんからびんなどのように同じ製品へのリサイクルを水平リサイクルと言いますが、それ以外の事例を紹介します。

アメリカでは、“REUSE/RECYCLING OF GLASS CULLET FOR NON-CONTAINER USES”¹⁾(ガラスカレットの容器以外へのリユース/リサイクル)という、世界中の当時のガラスリサイクル事例を集約したものが発行されています。最初の発行が1994年で、英文136ページのボリュームで、現在でもPDFファイルを見ることができます。

ヨーロッパでは、オランダのデルフト工科大学で、様々な種類のガラスをリサイクルする試みがあります^{2,3)}。リサイクルガラスブロックを強度試験で評価し、建築物に利用しています。ブルガリアではフェロニッケル、ごみ溶融飛灰などの廃棄物から結晶化ガラスを開発しています⁴⁾。イタリアでは、パドヴァ大学で、発泡ガラス、結晶化ガラス、陶磁器などがブラウン管ガラスなどから開発されました⁵⁾。また、モデナ・レッジョ・エミリア大学では、蛍光管ガラスから、釉薬や発泡ガラスが開発され、ブラウン管やびんから建材が開発されました⁶⁾。

アジアでは、台湾で、空き瓶などのガラスから工芸品が作られています⁷⁾。デザイナーと組んで、より付加価値の高い製品が作られています。また、液晶パネルガラスにセメントを加えて加熱して、断熱材の発泡ガラスを製造しています⁸⁾。

同じく台湾では、液晶パネルガラスから多孔質ガラスを開発し、吸着剤として水質浄化に利用されています⁹⁾。

韓国では、鉛の含まれていないブラウン管パネルガラスを、コンクリート骨材やレンガ原料の一部として使う開発が行われました¹⁰⁾。

Closed-loop recycling is recycling from one product to another of the same product, such as from one bottle to another. In addition to this approach, other examples are introduced in this section.

In the United States, the publication “Reuse/Recycling of Glass Cullet for Non-Container Uses”¹⁾ summarized worldwide glass recycling processes during its first publication in 1994. This publication is available as a volume of 134 pages in English and can still be obtained today as a PDF file.

In Europe, The Delft University of Technology in the Netherlands has attempted to recycle different types of glass^{2,3)}. The recycled glass was tested for strength and used in buildings. In Bulgaria, glass-ceramic tiles have been developed from ferronickel and molten fly ash waste⁴⁾. In Italy, foam glass, glass ceramics, and stoneware were developed using CRT or other glass at University of Padua⁵⁾. And ceramic glaze and foam glass were developed from fluorescent lamps, and building materials were developed from CRT and bottle glasses at University of Modena and Reggio Emilia⁶⁾.

In Taiwan, crafts are made from glass, such as empty bottles⁷⁾. Moreover, in partnerships with designers, products with higher added value are created. Cement was also added to LCD glass and heated to manufacture foam glass, which is a heat-insulating material⁸⁾. Porous glass has been developed from LCD panel glass and is used as an adsorbent for water purification⁹⁾. In South Korea, lead-free CRT panel glass has been developed as a raw material for concrete aggregates and bricks¹⁰⁾.

参考文献：References

1. <https://archive.epa.gov/wastes/conservation/tools/greenscapes/web/pdf/glass.pdf>
2. デルフト工科大学 TU Delft Re3 Glass: <https://www.restructgroup-tudelft.nl/re3>

3. T. Bristogiann and F. Oikonomopoulou: [Glass up-casting: a review on the current challenges in glass recycling and a novel approach for recycling “as-is” glass waste into volumetric glass components](https://link.springer.com/article/10.1007/s40940-022-00206-9), <https://link.springer.com/article/10.1007/s40940-022-00206-9>
4. Alexander Karamanov: https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=rywW4MEAAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate
5. Enrico Bernardo: <https://www.researchgate.net/profile/Enrico-Bernardo-2>
6. Fernanda Andreola - Reserch gate: https://www.researchgate.net/profile/Fernanda_Andreola
7. 春玻、Glass pool: <https://www.glasspoolstore.com/>
8. Discovery 探索頻道 「台灣無比精彩：綠能科技」: <https://www.youtube.com/watch?v=0fc8wmpmlEw>
9. 工業技術研究院 (台灣) 液晶ガラスリサイクル、LCD Waste Recycling System (Industrial Technology Research Institute, Taiwan): https://www.itri.org.tw/english/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1037333532432522160&MGID=1037350654202216363
10. 韩国 Lee, JS., Yoo, HM., Park, SW. et al.: [Recycling of cathode ray tube panel glasses as aggregates of concrete blocks and clay bricks](https://doi.org/10.1007/s10163-015-0350-6). J Mater Cycles Waste Manag 18, 552–562 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0350-6>

執筆者一覧

(地独) 北海道立総合研究機構 工藤和彦、橋本祐二、稲野浩行

(地独) 東京都立産業技術研究センター 田中実、大久保一宏、中澤亮二、田中真美、小山秀美

(地独) 京都市産業技術研究所 高石大吾

鳥取県衛生環境センター 門木秀幸

福岡県工業技術センター 阪本尚孝

長崎県窯業技術センター 吉田英樹

(国研) 産業技術総合研究所 山下勝

(所属は執筆時)

発行履歴

2015年11月12日 ver.1.0

2016年9月29日 ver.1.1

2016年11月29日 ver.1.11

2017年10月26日 ver.1.2

2019年5月20日 ver.2.0

2023年6月20日 ver.3.0

発行 産業技術連携推進会議

ナノテクノロジー・材料部会 ガラス材料技術分科会

2023年6月20日 発行

問い合わせ先：(地独) 北海道立総合研究機構 エネルギー環境地質研究所 稲野 Tel.011-747-2935 inano-hiroyuki(@)hro.or.jp

(カッコは外して下さい)

無断転載を禁じます。

注：掲載されている問い合わせ先等は、発行時のものです

このPDFファイルは、産業技術連携推進会議（産技連）のホームページからダウンロードできます。[成果と連携事例 産業技術連携推進会議 \(aist.go.jp\)](https://aist.go.jp) (in Japanese)