

ブラウン管ガラスカレットのリサイクル・処理技術の現状と課題について

ブラウン管ガラスカレットのリサイクル・処理技術について現状の情報を整理し、課題をとりまとめた。

リサイクル技術については、ファンネルガラス、パネルガラスによって適用可能となる技術が異なるため、「ファンネルガラスに適用可能となる技術」「パネルガラスのみに適用可能となる技術」に分けて、情報を整理した。

処理技術については、鉛溶出の安定化を図るための処理方法について情報を整理した。

1. 水平リサイクル

家電リサイクルプラントにて再商品化されたブラウン管ガラスカレットのうち大半が、海外にてブラウン管として水平リサイクルされている。図1及び図2に精製ブラウン管ガラスの再商品化工程図、再商品化工程例及び製造工程例を示す。家電リサイクルプラント（再商品化施設）にて、P/F 分割後、精製されたブラウン管ガラス原料はブラウン管ガラス製造者にてブラウン管としてリサイクルされている。

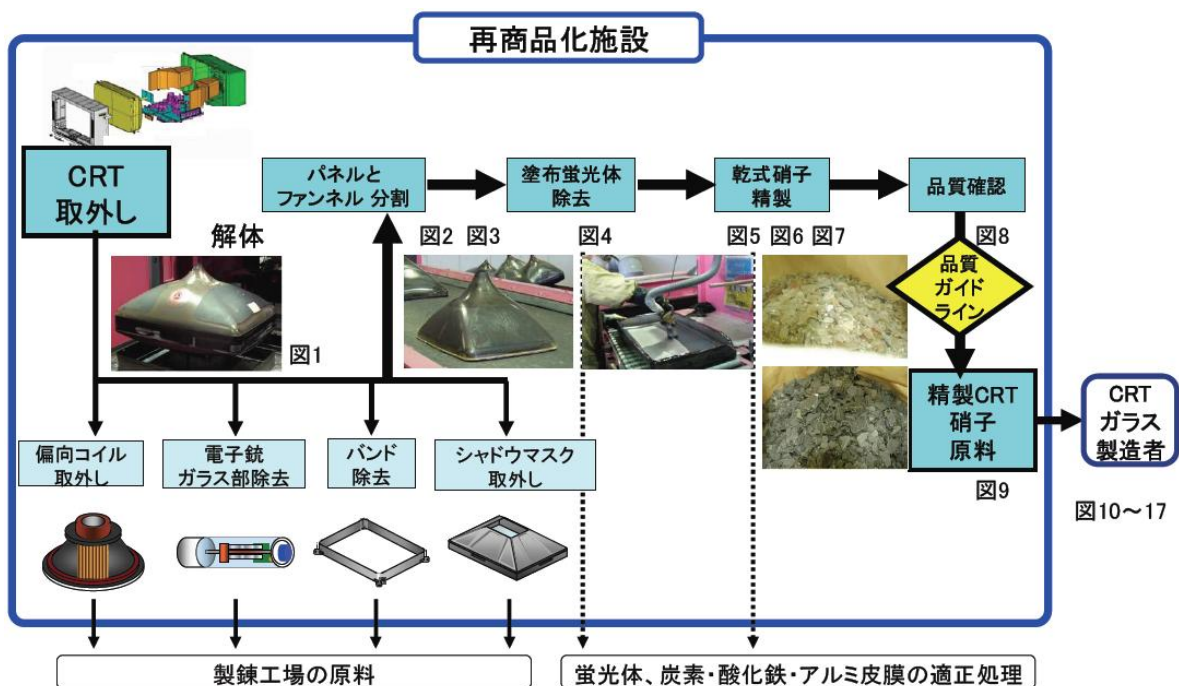


図1 精製ブラウン管ガラスの再商品化工程図

出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループ中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価検討小委員会合同会合（第8回）資料4



図1 取外したCRT



図2 分割したファンネル



図3 分割したパネル



図4 塗布蛍光体の除去



図5 乾式硝子精製



図6 乾式精製済みファンネル硝子



図7 乾式精製済みパネル硝子



図8 品質確認用試料



図9 出荷前精製CRT硝子



図10 精製CRT硝子の入荷



図11 精製CRT硝子取出し

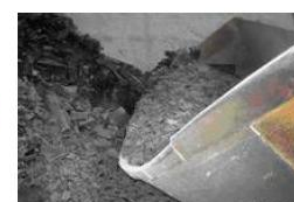


図12 溶融窯への搬送

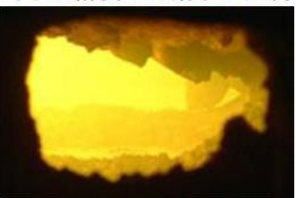


図13 硝子溶融



図14 溶融成型



図15 成型パネル硝子

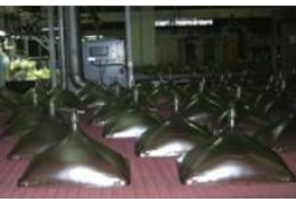


図16 成型ファンネル硝子



図17 CRT硝子管製品



図18 CRT製品

図2 精製ブラウン管ガラスの再商品化工程例及び製造工程例

出典：産業構造審議会環境部会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループ中央環境審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価検討小委員会合同会合（第8回）資料4

2. 水平リサイクル以外のリサイクル技術

2. 1 ファンネルガラスに適用可能となる技術

以下に示す、ファンネルガラスに適用可能となる技術について情報を整理した。

- ・ケミカルリサイクル（鉛精錬、亜鉛・鉛同時精錬、銅・鉛精錬）
- ・熱処理による鉛分離手法（還元溶融、塩化揮発、溶融分相法）
- ・湿式分離手法（アルコール浸出、電解還元、酸抽出、非加熱分離・回収）

(1) ケミカルリサイクル（国内処理）

ケミカルリサイクルとしては鉛精錬、亜鉛・鉛同時精錬、銅・亜鉛精錬といった精錬技術が挙げられる。これらは精錬工程にブラウン管ガラスを前処理なし、もしくは破碎後に投入し、ガラス分と鉛を分離することが可能である。ガラス分は鉍滓（スラグ）としての利用が期待され、一方、鉛は金属鉛として回収し、鉛バッテリーなどへの利用が期待される。逆有償での受け入れが基本となると想定され、鉛精錬の場合で 50,000～100,000 円/t 程度の費用負担が想定される。最も受入可能量が大きいと見られる鉛精錬で年間 50,000t 程度である。

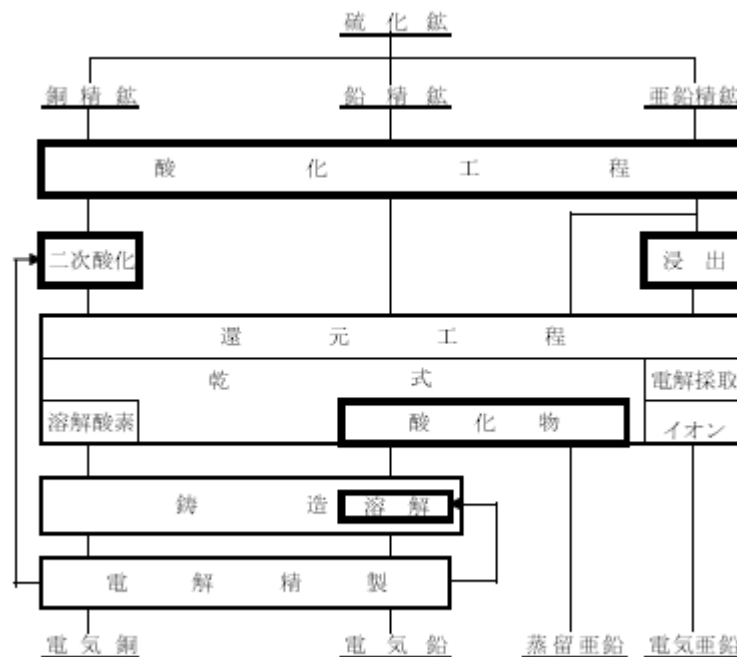


図3 非鉄精錬プロセスの総括的フロー

出典：平成 15 年度「非鉄金属製錬の有する現状リサイクル技術情報整理及び循環型社会の更なる構築に向けた活用策等の検討」報告書（要約版）（日本鉍業協会）

①鉛精錬

ファンネルガラスに含まれる鉛の割合は、20～30%と非常に大きいことから、鉛精錬の原材料としての利用に適している。

1) 状況

適正な処理費を徴収することで適正な処理が可能であり、処理量にあった受け入れとなれば、ある程度可能である。

ある製錬事業者では、処理能力を2009年10月より3,000～5,000 tに増強している。また、その他の製錬事業者では、ブラウン管ガラスの処理能力を3,600 tに増やすべく、設備増強を行った例も見られる。

また、廃バッテリーの鉛リサイクルの一環として溶鉱炉の珪石の代替品として受入可能性あり。

2) 受入可能量

受入可能量は年間6,000～7,000 t程度受入可能と見込まれる。関係者からのヒアリングを総合すると、今後10,000～12,000 tの受け入れが可能であると考えられる。設備投資や技術開発の結果によっては、更なる受入可能量の増加があり得る。

【参考情報】

ファンネルガラス・パネルガラスの洗浄時に生じるビリガラスは、非鉄精錬（鉛精錬）に年間3,000 t程度受入られている。

② 亜鉛・鉛同時精錬

1) 状況

亜鉛・鉛同時精錬においてはその処理能力に鑑み、操業に影響を与えない範囲で少量のブラウン管ガラス（主にファンネルガラス）を受け入れている。

技術的には問題なく処理が可能である。最終的にスラグとなるが、スラグフューニング炉で処理することにより、ファンネルガラス中の鉛を回収することが可能であり、スラグ中の鉛は0.1%未満まで低下する。

2) 受入可能量

2007年度は年間250 tを受け入れており、最大で年間1,000 t程度受入可能と考えられる。

③ 銅・鉛精錬

1) 状況

銅・鉛精錬では特殊な窯を持つ国内1ヶ所での受入可能性あり。ただし、受入にあたっては事前試験が必要となり、受入が可能となった場合も少量のみの受入となる。

2) 受入可能量

上述した特殊な窯を持つ製錬業者ではグループ会社内で有償処理の可能性あ

り。受入が可能と考えられる量は年間 600 t 程度である。

(2) 熱処理による鉛分離手法（国内処理）

熱処理による鉛分離手法としては、還元溶融(比重分離)、還元溶融(揮発分離)、塩化揮発、溶融分相法といった技術が挙げられる。塩化揮発を除くと、いずれも破砕または粉砕といった前処理を要する。

還元溶融については実験値・理論値での鉛除去率は高く、鉛の回収・再利用、ガラスの有効利用の可能性が考えられる。ただし、粉砕を要し、かつ高温処理であること、さらにはガラスの埋立処分費用が発生する可能性が考えられ、高コストな処理となることから経済的な実現可能性が低い。

塩化揮発法では揮発・除去した鉛の排ガス処理・排水処理工程での適切な処理が必要となる。鉛分離後のガラスは管理型または遮断型埋立処分場での最終処分か、または溶出試験の結果次第では路盤材等としての利用可能性が期待される。国内では、製鉄発生ダスト及び産業廃棄物の焙焼鉍から有価金属を回収する実プロセスが国内 2 ヶ所の製錬所で稼働中であり、ブラウン管ガラスに適用できる程度の低コストな処理が実現すれば適用可能性も考えられる。

溶融分相法は鉛がポレート相に移行することにより高い除去率が期待されるものの、技術的にまだ研究・実証段階にあり、早期の技術確立が望まれる。

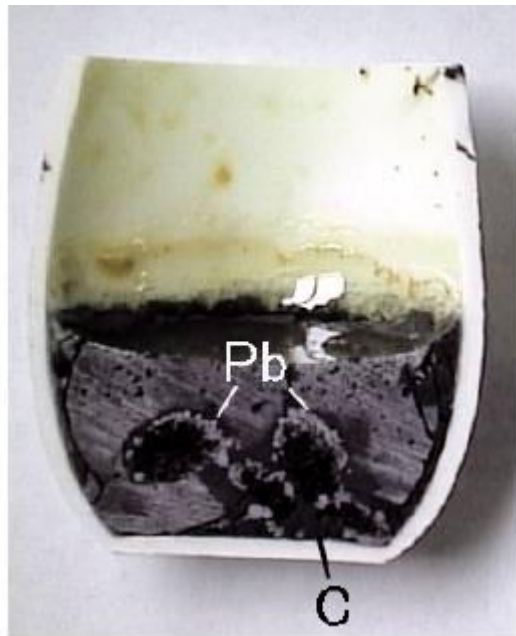


図4 ファンネルガラス粉末溶融後のガラス断面（一例）

出典：還元溶融による廃ブラウン管ガラスからの鉛分離
（北海道立工業試験場報告 No.304）

なお、還元溶融については、電気炉を用いた実証試験が実施されている。実証試験結果によると、ファンネルガラスからの鉛の回収は技術的に可能(回

収率 99.6%（理論値）とのことである。

ただしコスト等も勘案すると、ファンネルガラスから鉛を回収するプロセスは（技術的には可能であっても）、現状ではその実現性は低い。

（３）湿式分離手法（国内処理）

湿式分離手法としては、アルコール浸出、電解還元、酸抽出、非加熱分離・回収（メカノケミカル法）といった技術が挙げられる。

アルコール浸出は鉛ガラスを高温高压のアルコールで処理し、ガラス内の鉛成分を還元して分離する技術であるが、鉛の除去率が不明（表面だけでなくガラス内部の鉛の除去も含む）であるなど技術的実証性が不確かである。また、粉碎を要し、かつ高温高压処理であるため、高コストな処理となるため、実現可能性は未知数である。

電解還元は鉛ガラスを熔融塩中で電解還元させ、鉛を金属に還元して鉛を濃縮分離する技術であるが、アルコール浸出と同様、技術的実証性ならびに経済性の両面から実現可能性は現時点で不明である。

酸抽出は酸性抽出溶液を用いて鉛ガラスから鉛を分離する方法であるが、前処理として鉛ガラスを微粉碎する必要があるほか、ガラス粒子中の鉛は抽出することが困難であることから技術的実証性を確認する必要がある。

非加熱分離・回収（メカノケミカル法）は、キレート試薬である EDTA 存在下でボールミル処理を行うことにより鉛ガラスから非加熱で鉛を分離・回収する技術である。前処理として粗粉碎する必要があるほか、ボールミル処理でかなりのエネルギーならびにコストを要すると想定される。技術的にも研究段階にあり、現時点では適用可能性を評価する段階にはない。

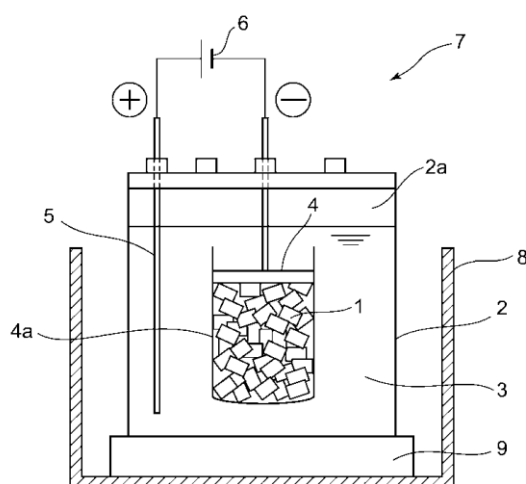


図 5 電解還元のイメージ

出典：公開特許公報（川辺晃寛 他：特開 2008-200563）

2. 2 パネルガラスのみに適用可能となる技術

以下に示す、パネルガラスのみに適用可能となる技術について情報を整理した。

- ・ グラスウール
- ・ その他

(1) グラスウール (国内処理)

1) 状況

グラスウールの 2009 年の生産量は約 17 万 t である (経済産業省生産動態統計より (166,957 t))。そのうちリサイクル原料の利用実績は 85%以上で、ほぼ飽和状態といえる。なお、リサイクル原料のほとんどがビン類由来であると考えられる (関連業界団体へのヒアリングより)。

2) 受入可能量

受入可能量は年間 20,000~24,000 t 程度である。

(2) その他 (国内処理)

セラミックス、路盤材・建材、セメント等について研究開発中である。

タイル・陶器 (受入可能量 1,000 t)、発泡ガラス (受入可能量 2,000 t)、ブロック・レンガ (受入可能量 1,000 t) の用途があるが、有価性はなくキャパも小さい。

3. 処理技術

鉛溶出の安定化を図るための処理方法としては、不溶化処理とコンクリート固化といった処理技術が挙げられる。

(1) 不溶化処理

不溶化処理はたとえばキレート樹脂を用いてブラウン管ガラスに含有される鉛を固定化し、不溶化する方法であるが、粉末状態になる程度の粉砕が必要であり、そのコスト・エネルギーが懸念される。また、処理物を管理型埋立処分場に最終処分する場合、他の廃棄物からの影響により pH が変動し、鉛が再溶出する可能性がある。したがって、技術的・経済的双方の観点で課題がある。

(2) コンクリート固化

コンクリート固化は破砕した鉛ガラスを水硬性セメントと練り合わせ、鉛ガラスを固化した上で最終処分するという方法であるが、ブラウン管ガラスへの適用可能性は未知数であり、長期的な固化物強度の低下に伴う鉛の溶出可能性も検討が必要である。

4. まとめ

以上、2. 及び3. で紹介した水平リサイクル以外のリサイクル技術と処理技術を次ページの表に整理する。上記のとおり、どの技術も一長一短であり、現時点で決め手となる技術がないのが実態である。ブラウン管ガラスのファンネル部分をカレット化するか否か、また、カレット化するにはどのような形状にするのか等、ブラウン管ガラスの物理的な処理と鉛のリサイクル・処理方法を適切に組み合わせ、検討していくことが必要と考えられる。

表1 水平リサイクル以外のファンネルガラスのリサイクル・処理方法

分類	リサイクル・処理方法	概要	ファンネルガラスに施す前処理			実現可能性・経済性
			ファンネルガラスに施す前処理	分離した鉛のリサイクル方法	鉛抽出後のガラスの処理方法	
ケミカルリサイクル	鉛精錬	採掘された硫化鉛等の鉛石に対し脱硫を行い酸化鉛を得て、それを還元して金属鉛を得るといった二段の工程を行う手法 ブラウン管ガラスは鉛精錬の原材料としても使用可能であるほか、溶鉛炉で用いる硅石の代替品として受入可能である	前処理は不要	・他の硫化鉛等とともに金属鉛として回収される ・鉛バッテリー等に使用される	・投入されたガラス分は鉛滓として利用される	・ファンネルガラスに含まれる鉛の割合は、20～30%と大きいことから、鉛精錬の原材料としての利用は望ましく、現在でも年間5,000t程度の受入可能量が見込まれる（国内4箇所） ・受入単価は50,000～100,000円/t（精錬業者へのヒアリングによる） ・廃バッテリーの鉛リサイクルの一環として溶鉛炉の硅石の代替品として受入可能性あり
	亜鉛・鉛同時精錬	焼却灰、脱塩処理後のばいじん（脱塩汚泥）、無機汚泥、燃え殻、金属くずやガラスくず、鉛さいを焼結鉛やコークスとともに溶鉛炉へ投入し、原料及び産廃中の亜鉛は精留亜鉛と蒸留亜鉛、鉛は粗鉛、カドミウムはカドミウムペンシルとして地金化する手法	前処理は不要	・電気鉛として回収される ・鉛バッテリー、ケーブル被覆などに使用される	・他の原料の有用成分以外と一緒にスラグ化され、利用（セメント原料やケーソン中詰め材）される	・亜鉛・鉛同時精錬においてはその処理能力に鑑み、操業に影響を与えない範囲で少量のブラウン管ガラス（主にファンネルガラス）を受け入れている。2007年度には250tの受入実績があった（国内2箇所、詳細は資料2の参考資料2（24ページ）を参照） ・技術的には問題なく処理が可能。最終的にスラグとなるが、スラグフューニング炉で処理することにより、スラグ中の鉛は0.1%未満まで低下するため、ファンネルガラス中の鉛を回収することが可能
	銅・鉛精錬	国内のある製錬所は銅自溶炉製錬と鉛電気炉製錬のプロセスを持ち、鉛精錬は主に銅精錬の操業安定化を目的として行われている 鉛精錬の原料としては主に煙灰、亜鉛精錬残渣から得られる硫酸鉛を用いて溶錬、電解により鉛地金、副産物としてピスマス、酸化アンチモンを製造する	破碎、ガス化溶融	・鉛地金として回収される ・鉛バッテリー等に使用される	・主に前処理のガス化溶融過程で生成される溶融スラグの成分となる	・銅・鉛精錬では特殊な窯を持つ国内1ヶ所での受入可能性あり。ただし、受入にあたっては事前試験が必要となり、受入が可能となった場合も少量のみの受入 ・上述した特殊な窯を持つ製錬業者では自社内で有償処理の可能性あり。受入が可能と考えられる量は年間600t程度。
熱処理による鉛分離手法	還元溶融（比重分離）	鉛などを含有するものに、高温（1,000℃以上）にて還元剤、溶融助剤を加え溶融し、沈殿した鉛を分離する手法	粉碎し、粉末化	・鉛として揮発および溶融ガラス中に沈殿 ・実績はないが、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる	・酸化鉛の除去率（99.6%）（理論値） ・鉛の除去率96%（実験値） ・管理型または遮断型最終処分場での埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・粉碎、高温溶融につき高コストな処理となる ・技術的な実現可能性は高いが、経済性等を勘案するとハードルは高い 【参考※】 飛灰を溶融固化・薬剤処理を経て埋立処理するコスト（焼却飛灰）231,000円/t（溶融飛灰）120,000円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・粉碎費用 （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t） 注：最終処分費用（容積あたり）は建設物価（2009年10月）、ファンネルカレットの平均比重（3.01）は電気硝子工業会による。以下、同様。
	還元溶融（揮発分離）	鉛ガラスを粉碎し、還元剤を添加し、約1,000℃の高温かつ減圧下で酸化鉛を溶融・還元し、鉛金属を生成させ、金属鉛を回収する方法	粉碎し、粉末化	・金属鉛として揮発回収 ・実績はないが、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる	・鉛の除去率（98.6%）（実験値） ・管理型または遮断型最終処分場での埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・粉碎、高温溶融につき高コストな処理となる（還元溶融（比重分離）よりは低温） ・処理時間が長いなどの技術的課題や経済性等を勘案するとハードルは高い 【参考※】 飛灰を溶融固化・薬剤処理を経て埋立処理するコスト（焼却飛灰）231,000円/t（溶融飛灰）120,000円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・粉碎費用 （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）
	塩化揮発	鉛などを含有するものに、塩化カルシウムなどの塩類を加え加熱し、蒸気圧の高い塩化鉛とすることで揮発分離する手法	前処理は不要	・塩化鉛として捕捉 ・揮発・除去した重金属を排ガス処理、排水処理及び廃棄物処理によって適切に処理する必要あり	・鉛の除去率（～99.9%） ・管理型または遮断型最終処分場での埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・本法により製鉄発生ダスト及び産業廃棄物の焙焼焼鉛から有価金属を回収する実プロセスが光和精鉛と東邦亜鉛で稼働中 ・ただしブラウン管ガラスに適用するには高コスト（低コスト化の努力が必要） 【参考※】 PCB、ダイオキシン類汚染土壌の浄化に本法を適用した場合の対策費用（汚染土壌）50,000～120,000円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・排ガス処理費用 ・排水処理費用：数万円/m ³ （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）

分類	リサイクル・処理方法	概要	実現可能性・経済性			
			ファンネルガラスに施す前処理	分離した鉛のリサイクル方法	鉛抽出後のガラスの処理方法	
熱処理による鉛分離手法	溶融分相法	鉛ガラスにホウ酸を添加し、溶融することによりほうけい酸ガラスを調整する。これを500～600℃程度で熱処理することでボレート相とシリカ相とに分相する。鉛はボレート相に集積されるがボレート相の酸耐性は弱いため、酸処理により多孔質ガラスと鉛を含有したホウ素含有廃水とに分離する手法	破砕	・ホウ素含有廃水からの鉛の回収方法は検討中（例：水酸化物として析出）	・鉛の除去率：研究中（コバルト、鉄の除去への適用事例はある。） ・管理型または遮断型最終処分場の埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・鉛がボレート相に移行することによって高い除去率が期待 ・ホウ素の循環利用技術（排水処理）が必要 【参考※】 プロセス費用はまだ研究段階により不明。上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・破砕費用 ・ホウ素含有廃水の処理費用：数万円/m ³ （概算） （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）
湿式分離手法	アルコール浸出	酸化鉛を含有するガラス廃棄物を高温高圧のアルコール（メタノール）で処理し、ガラス内の鉛成分を還元して表面に濃縮させ、冷却後酸洗浄もしくは錯化合物を含む溶液による洗浄により、鉛のみを溶解して分離する手法（アルコール浸出）	粉砕	・処理後の廃ガラス表面には金属鉛が濃縮されており、これを酸や錯形成体を含む溶液で処理して鉛を分離 ・実績はないが、分離後の鉛の形態により、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる	・鉛の除去率に関する記述は見られない。 ・管理型または遮断型最終処分場の埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・粉砕、高温高圧処理のため、高コストな処理となる ・技術的実証性（ガラス表面だけでなく内部の鉛除去の確認等）、経済性等含め、実現可能性は未知数 【参考※】 プロセス費用はまだ研究段階により不明。上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・粉砕費用 ・ホウ素含有廃水の処理費用：数万円/m ³ （概算） （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）
	電解還元	酸化鉛を含有するガラス廃棄物を溶融塩中で電解還元させて、鉛を金属に還元してガラス廃棄物表面に鉛を濃縮させ、鉛のみを溶解（酸洗浄）して分離する方法。	破砕	・処理後の廃ガラス表面には金属鉛が濃縮されており、これを酸洗浄することで鉛を分離 ・実績はないが、分離後の鉛の形態により、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる	・鉛の除去率に関する記述は見られない ・管理型または遮断型最終処分場の埋立処分 ・実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・特許公開情報（特開2008-200563）に情報が限定されており、鉛の除去率他未知数な部分が多い（アルコール浸出に近い手法と考えられる） ・処理温度が650℃であり、高コストな処理となる ・技術的実証性（ガラス表面だけでなく内部の鉛除去の確認等）、経済性等含め、実現可能性は未知数 【参考※】 プロセス費用はまだ研究段階により不明。上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・破砕費用 ・ホウ素含有廃水の処理費用：数万円/m ³ （概算） （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）
	酸抽出	硫酸、塩酸、硝酸などの酸性浸出溶液を用いてガラス中から鉛を分離する手法 本法をブラウン管ガラスに適用した事例は見受けられない（溶融飛灰を対象に水抽出及び酸抽出を行い、鉛等の重金属類を分離回収している事例がある）	粉砕し、粉末化	・抽出液の中に可溶性塩類として鉛化合物を回収する ・鉛を非鉄金属として山元還元するには、抽出液の処理が別途必要	・鉛の除去率は不明 ・管理型または遮断型最終処分場の埋立処分	・粉末化の負荷・コストがかかるほか、粒子中に存在する鉛については抽出が困難であり、技術的実証性を確認する必要がある 【参考※】 汚染土壌に本法を適用（実証試験）した際の処理費用（汚染土壌）148,000円/t 飛灰に本法を適用した場合の薬剤費（硫酸、チオ硫酸ソーダ、苛性ソーダ、高分子凝集剤等）（焼却飛灰）32,310円/t （溶融飛灰）20,310円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・粉砕費用 ・抽出費用 ・抽出液の処理費用：数万円/m ³ ・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t
	非加熱分離・回収（メカノケミカル法※） ※類似技術としてボールミル処理と塩化揮発法を組合わせた手法も提案されている	キレート試薬であるEDTA存在下でボールミル処理を行うことにより、鉛ガラスから非加熱で鉛を分離・回収する	粗く粉砕	・液中に溶出する形で鉛は分離される ・鉛の利用に関しては液中からの（鉛としての）回収が必要	・鉛の除去率99%以上（実験値） ・管理型または遮断型最終処分場の埋立処分 ・溶出試験の結果次第では、実績はないが、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	・粉砕のほか、ボールミル処理で相当のエネルギー・コストを要する。特に、経済性の観点からハードルが高い 【参考※】 プロセス費用はまだ研究段階により不明。上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・破砕費用 ・ホウ素含有廃液からの回収費用：数万円/m ³ （概算） （・ガラスの埋立処分費用：管理型約5,980～16,600円/t）

分類	リサイクル・処理方法	概要	実現可能性・経済性			
			ファンネルガラスに施す前処理	分離した鉛のリサイクル方法	鉛抽出後のガラスの処理方法	
安定化手法	不溶化処理	たとえばキレート結合により特定のイオンに選択的に吸着する機能を有するキレート樹脂を用いてブラウン管ガラスに含有される鉛を固定化し、不溶化する手法(ブラウン管ガラスへの適用事例は見受けられない)	粉碎し、粉末化			<ul style="list-style-type: none"> ・ 粉碎に要するコスト・エネルギーが懸念される ・ 粉末化した廃ガラス中の鉛を確実に不溶化できるかの技術的な実証が必要 ・ キレートの重金属選択性は水銀>銀>銅>鉛>カドミウム>亜鉛の順になっており、選択上位金属から反応していくため、焼却残渣等の事例では、鉛以外の金属(特に銅)にキレートが消費され、鉛に到達するまでに大量のキレートを必要とする ・ 管理型最終処分場に埋め立てる場合、他の廃棄物の影響により pH 変動があり鉛が再溶出する可能性がある ・ 技術面、経済面双方からハードルが高い <p>【参考※】 溶融飛灰を本法で処理する場合の重金属安定剤、処理水、pH 調整剤の費用(溶融飛灰) 約 33,760 円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・ 抽出液の処理費用：数万円/m³ ・ ガラスの埋立処分費用：管理型約 5,980~16,600 円/t</p>
	コンクリート固化	有害廃棄物の最終処分にあたって行われる代表的な無害化法の1つであり、一般的には、水硬性セメントと練り合わせて固形化する手法 ただし、溶出試験により鉛等の有害物質が溶出しないことを確認する必要がある(ブラウン管ガラスへの国内適用事例は見受けられない)	セメントと混練可能な大きさに破碎する			<ul style="list-style-type: none"> ・ 国内での同法適用によるリサイクルは未知数、最終処分については可能。 ・ セメント固化では、長期的に塩分が抜けて行き、固化物強度が低下して鉛が溶出する可能性が考えられる。 ・ オランダでは本法により調整されたガラスをコンクリート用の骨材とし、製品化されたコンクリートは EU 域内で利用されている。 <p>【参考※】 一廃由来の灰、飛灰の機械洗浄方式によるセメント化 (主灰) 26,000 円/t (飛灰) 55,000 円/t セメント固化物の最終処分費用：管理型約 3,900~6,300 円/t 上記に加え、少なくとも以下が必要。 ・ 破碎費用</p> <p>注：最終処分費用(容積あたり)は建設物価(2009年10月)参照、コンクリート(セメント固化物)の比重は 2.5 とした。</p>

※上表に挙げている価格は実際にファンネルガラスに適用したものでないため、参考値である。

表 ファンネルガラスのリサイクル・処理方法まとめ

分類	リサイクル・処理方法	分離した鉛のリサイクル方法	残渣等の発生の有無・処理方法	有償・逆有償	前処理の必要性	受入可能量
水平リサイクル		・ブラウン管ガラス用の鉛原料としてリサイクルされる。	・蛍光体、炭素・酸化鉄・アルミ皮膜が発生し、適正処理されている	有償	破砕	資料 3 参照
ケミカルリサイクル	鉛精錬	・他の硫化鉛等とともに金属鉛として回収される ・鉛バッテリー等に使用される	・投入されたガラス分は鉛滓として利用される	逆有償	前処理は不要	年間 5,000t 程度
	亜鉛・鉛同時精錬	・電気鉛として回収される ・鉛バッテリー、ケーブル被覆などに使用される	・投入されたガラス分が他の原料の有用成分以外と一緒にスラグ化され、利用（セメント原料やケーソン中詰め材）される	逆有償	前処理は不要	2007 年度には 250t の受入実績
	銅・鉛精錬	・鉛地金として回収される ・鉛バッテリー等に使用される	・熔融スラグが発生し、利用（セメント原料等）されている	逆有償（有償の可能性あり）	破砕、ガス化熔融	年間 600 t 程度。
熱処理による鉛分離手法	還元熔融（比重分離）	・鉛として揮発および熔融ガラス中に沈殿 ・実績はないが、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる	・鉛分離後のガラスが発生。実績はないが、溶出試験の結果次第では、路盤材、骨材等としての利用可能性が考えられる	逆有償	粉砕し、粉末化	不明
	還元熔融（揮発分離）	・金属鉛として揮発回収 ・実績はないが、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる		逆有償	粉砕し、粉末化	不明
	塩化揮発	・塩化鉛として捕捉 ・揮発・除去した重金属を排ガス処理、排水処理及び廃棄物処理によって適切に処理する必要あり		逆有償	前処理は不要	不明
	熔融分相法	・ホウ素含有廃水からの鉛の回収方法は検討中（例：水酸化物として析出）		逆有償	破砕	不明
湿式分離手法	アルコール浸出	・処理後の廃ガラス表面には金属鉛が濃縮されており、これを酸や錯形成体を含む溶液で処理して鉛を分離 ・実績はないが、分離後の鉛の形態により、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる		逆有償	粉砕	不明
	電解還元	・処理後の廃ガラス表面には金属鉛が濃縮されており、これを酸洗浄することで鉛を分離 ・実績はないが、分離後の鉛の形態により、鉛バッテリー等への適用可能性が考えられる		逆有償	破砕	不明
	酸抽出	・抽出液の中に可溶性塩類として鉛化合物を回収する ・鉛を非鉄金属として山元還元するには、抽出液の処理が別途必要		逆有償	粉砕し、粉末化	不明
	非加熱分離・回収（メカノケミカル法*）	・液中に溶出する形で鉛は分離される ・鉛の利用に関しては液中からの（鉛としての）回収が必要		逆有償	粗く粉砕	不明
安定化手法	不溶化処理	—	・たとえばキレート結合により特定のイオンに選択的に吸着する機能を有するキレート樹脂を用いてブラウン管ガラスに含有される鉛を固定化し、不溶化した後に埋立処分することが考えられる。	逆有償	粉砕し、粉末化	不明
	コンクリート固化	—	・有害廃棄物の最終処分にあたって行われる代表的な無害化法の 1 つであり、一般的には、水硬性セメントと練り合わせて固化化した後に埋立処分することが考えられる。	逆有償	セメントと混練可能な大きさに破砕する	不明

※類似技術として ボールミル処理と 塩化揮発法を組合わせた手法も提案されている