

GReAT: Glass Recycling Advanced Technology

- The concept on the global optimal glass and ceramics recycling system
- Technical feasibility of recycling PV panel glass to ceramics and tiles

ガラス最先端再資源化技術

- ガラスリサイクルの全体最適コンセプトの紹介
- 太陽光モジュールガラスのセラミックス・タイルへのリサイクルの技術適用可能性

第23回 エコプレミアムクラブ シンポジウム [GX5/ISO TC323]

国際文化会館 260806

The Glass Recycling Committee of Japan

Chairperson SO KATO

一般社団法人 ガラス再資源化協議会

代表理事 加藤 聡

ガラス資源循環研究開発30年の歷程

1996 クリスタルクレイ創業

■ 廃ガラス100%再資源化への挑戦

2000年代

■ ガラス再生タイル

■ 保水・透水セラミックス

■ 発泡ガラス骨材(Gライト)

2010年代

■ GRCJ設立

■ 産官学連携・LCA研究

2020年代

■ 建築・自動車・太陽光パネルガラス循環

■ ペロブスカイト時代へ

GReAT構想

Glass Resource Advanced Transformation

Glass → Ceramics → AI・MI → Circular Economy

- Carbon Neutral
- Resource Security
- International Standard

『ガラスから新しい産業を創る』

未来へのメッセージ

これまで

- ・技術開発
- ・製品開発
- ・リサイクル

これから

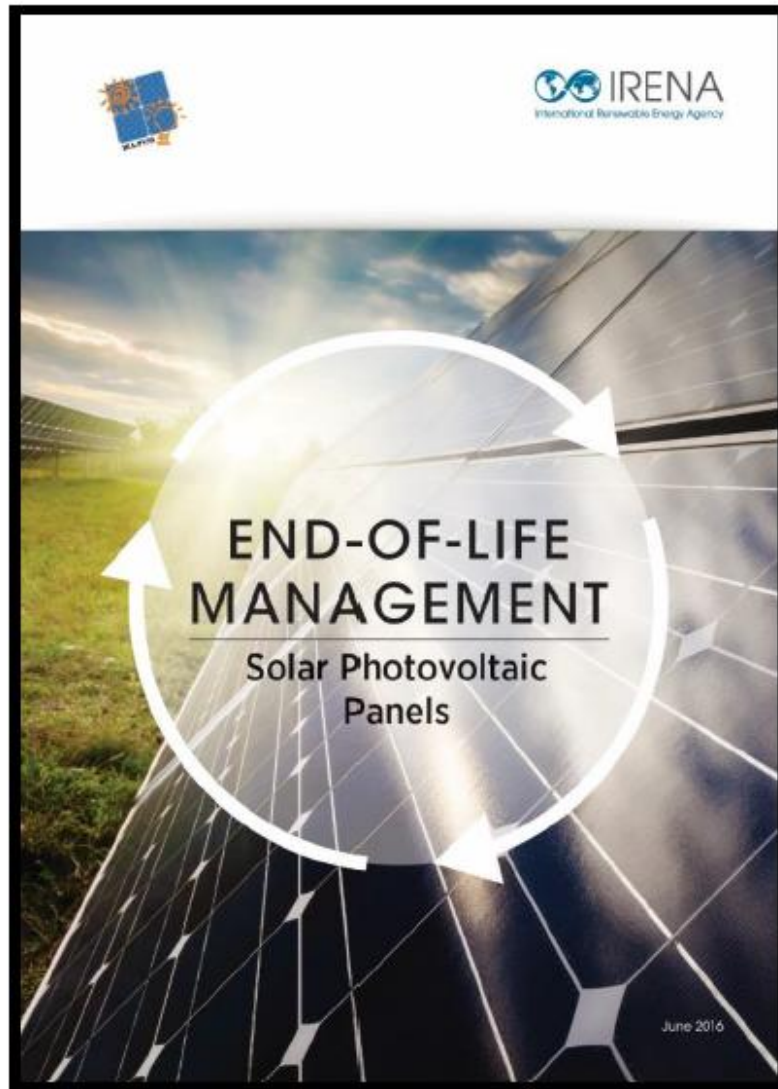
- ・社会実装
- ・国際標準化
- ・次世代育成

『ガラスは文明を支えてきた。
これからはガラス循環が未来を支える。』

Glass Recycling Committee of Japan
Chairperson 加藤 聡

Disposal PV management report by IRENA

IRENA 廃棄PVマネジメントレポート2016



CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Andreas Wade (IEA-PVPS Task 12), Stephanie Weckend (IRENA), Garvin Heath (IEA-PVPS)

Contributors

Dr. Karsten Wambach (bifa Umweltinstitut), Tabaré A. Currás (WWF), Knut Sander (ökopol)

IEA-PVPS Task 12: Zhang Jia, Keiichi Komoto, Dr. Parikhit Sinha

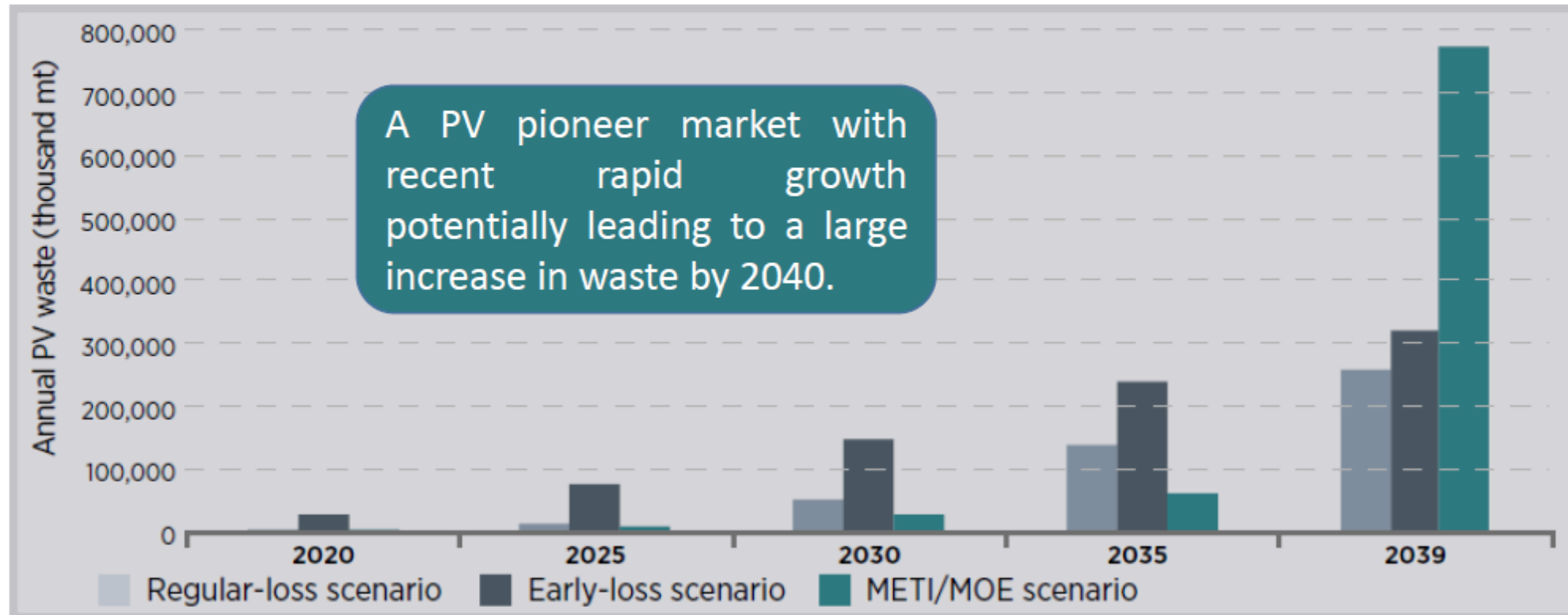
IRENA: Henning Wuester, Rabia Ferroukhi, Nicolas Fichaux, Asiyah Al Ali, Deger Saygin, Salvatore Vinci, Nicholas Wagner

Disposal PV management report by IRENA

IRENA 廃棄PVマネジメントレポート2016



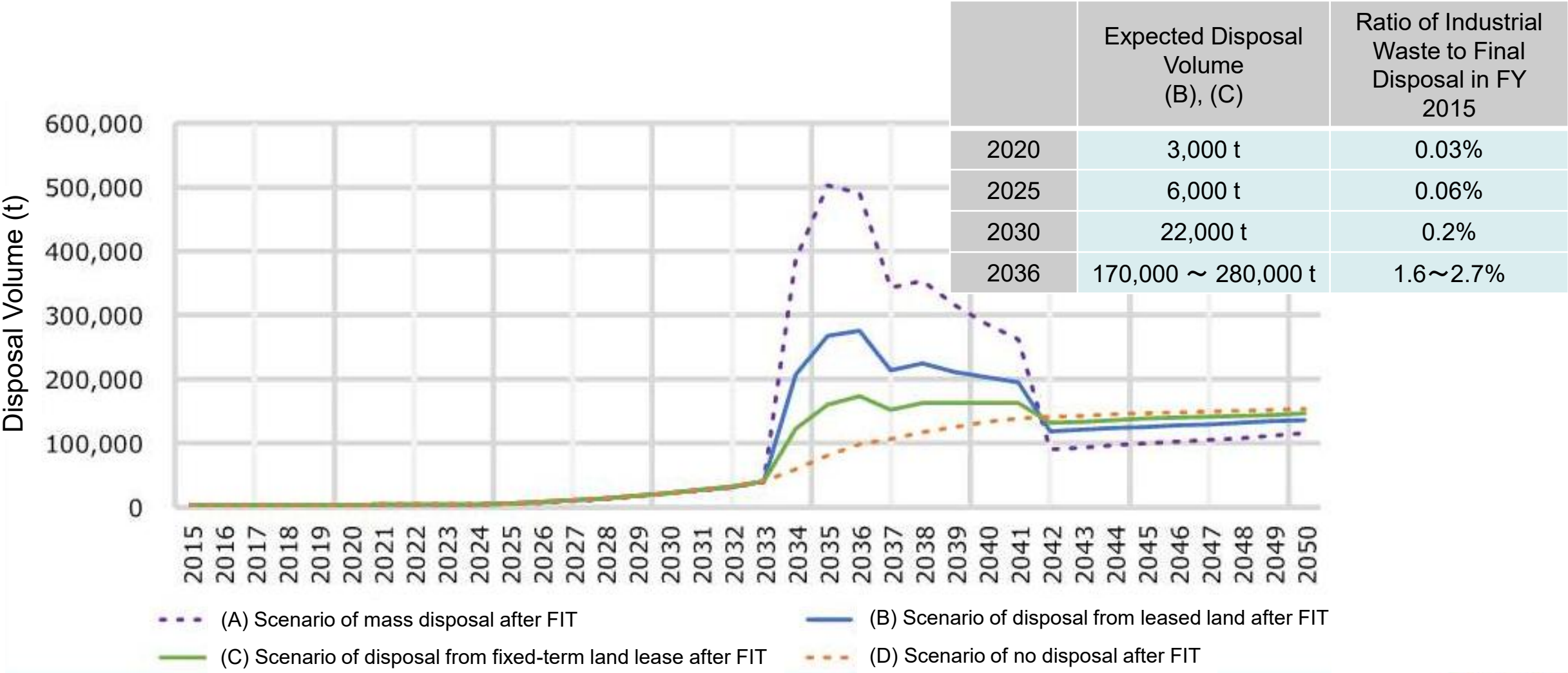
JAPAN –
advanced market without PV
specific waste regulations



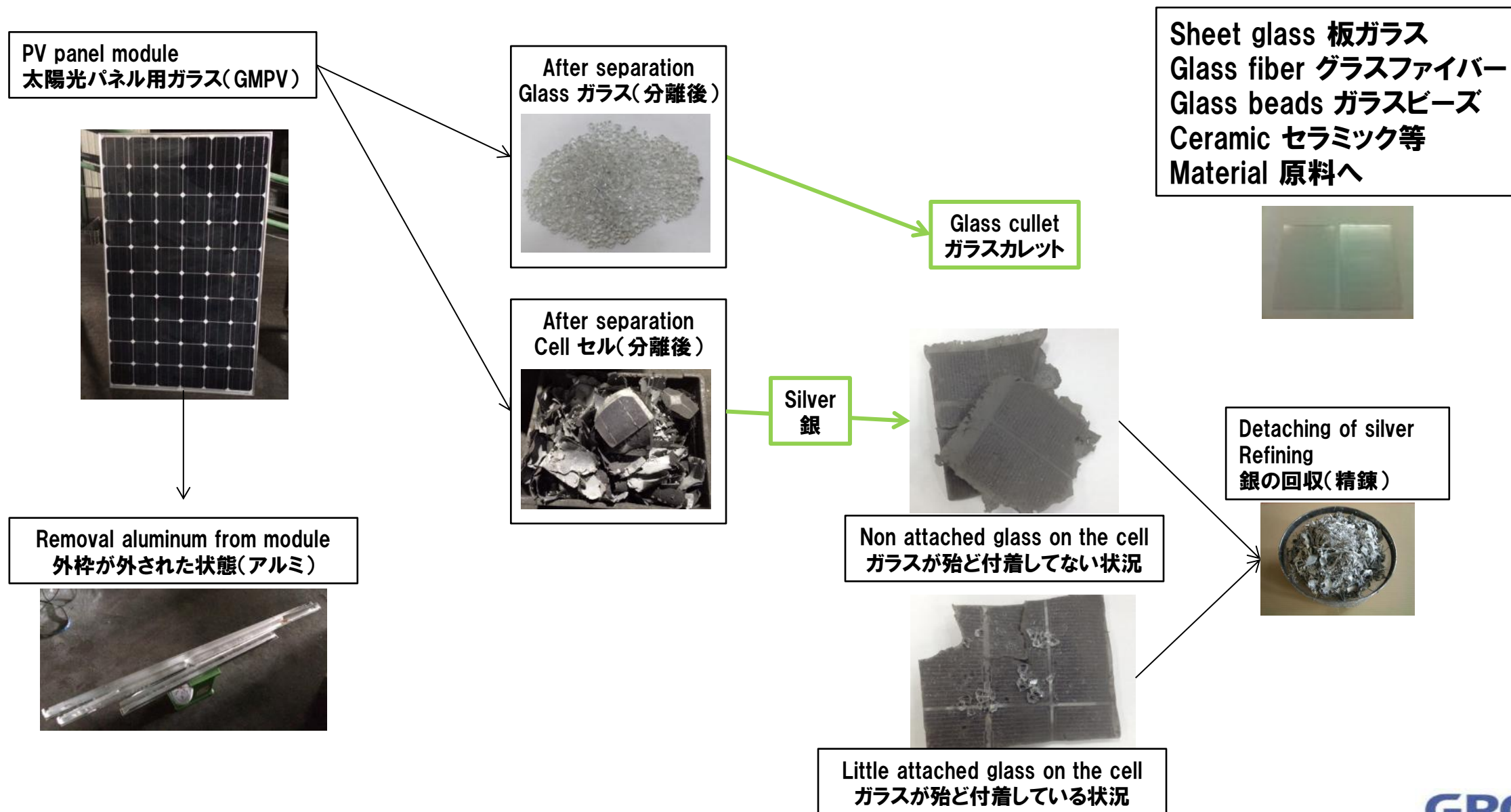
Expected Disposal Volume of the End-of-Life Facilities for PV Module

太陽電池モジュールの排出見込

Estimation of the future disposal volume of PV module



Glass recycle of PV panel 太陽光パネルのガラスリサイクル



Guidelines for promotion of recycling on PV generation facilities ガイドライン

Transmission of information for toxic substances : Offer of the information necessary for appropriate disposal 有害物質等の情報伝達：適正処分に必要な情報提供

[Changes]

Introducing the "Guidelines for Providing Information Contribution to Proper Disposal of Used Solar Cell Modules" formulated and published by the Japan Photovoltaic Energy Association. In addition, creating a correspondence table between the constituent parts of the solar cell module and the four parts shown in the information provision.

【変更点】

- 一般社団法人太陽光発電協会が策定・公表している「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供ガイドライン」を紹介。また、太陽電池モジュールの構成部位と情報提供で示された4部位との対応表を作成

Excerpt of "Guidelines for Providing Information Contribution to Proper Disposal of Used Solar Cell Modules"

4. Types and thresholds of target substances for which information must be provided

1) Target substance

Considering the viewpoint of chemical substances that may affect the environment at the time of disposal and the high possibility of inclusion depending on the type of photovoltaic power generation module, the following four substances are targeted.

Lead, cadmium, arsenic, selenium

2) Content rate standard value

The content rate standard value at the time of labeling shall be as follows, and if it exceeds this, it shall be labeled by the method specified in Section 4.

Lead: 0.1wt%

Cadmium: 0.1wt%

Arsenic: 0.1wt%

Selenium: 0.1wt%

The content rate of the target substance is a theoretical value calculated by dividing the mass of each of the four parts (*) that make up the module part that can be disassembled relatively easily as the denominator and the content of the target chemical substance in each part as the numerator.

(*) ① Frame, ② Screw, ③ Cable, ④ Laminated part (including terminal box, parts other than ①, ②, ③)

「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」からの抜粋

4. 情報提供する対象物質の種類と閾値

1) 対象物質

廃棄時に環境に影響を及ぼす可能性のある化学物質の視点と太陽光発電モジュールの種類に応じた含有の可能性の高さを考慮し、以下の4物質とする。

鉛、カドミウム、ヒ素、セレン

2) 含有率基準値

表示を行う際の含有率基準値は以下の通りとし、これを超える場合に4項に定める方法で表示する。

鉛：0.1wt%

カドミウム：0.1wt%

ヒ素：0.1wt%

セレン：0.1wt%

尚、対象物質の含有率は、比較的容易に解体できるモジュール部を構成する4つの部位(①フレーム、②ネジ、③ケーブル、④ラミネート部(端子箱を含む、①・②・③以外部分))毎の質量を分母、それぞれの部位中の対象化学物質含有量を分子とし、除して算出する理論値。

出所「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン(第1版)(太陽光発電協会)」

Glass recycle of PV panel

太陽光パネルのガラスリサイクル

● ガラスカレットの溶解温度帯チェック(テストピース製作)

➤ 目的

異なる温度帯のガラスが混在すると、タイル焼成時に溶け切ることができず、破損等につながるため、各ガラスの溶解温度帯を確認した。

➤ 試料

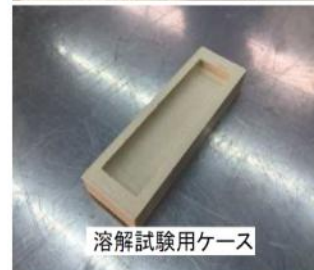
3mmガラスカレット	①多結晶(メーカー混合)
	②単結晶(メーカー混合)
	③-1薄膜(アルミナ系)
	③-2薄膜(その他)
	④CIS/CIGS系(メーカー混合)
	①②-1単結晶・多結晶(混合)
	①②-2単結晶・多結晶(混合)

➤ 方法:

- ・ 粘土系で成形されたケースに各ガラスカレットを入れ、電気窯にて焼成。
- ・ 昇温: 大気温度～設定温度まで120分、そのまま40分間キープし成り行きで冷却。
- ・ 設定温度: 700℃から50℃刻みで1,000℃まで7水準で行った。

➤ 結果・分析等

- ・ 溶解温度帯が高い順に④>③-1,③-2>その他となった。
- ・ 焼成前には目立たなかった異物が、加熱温度によっては焼成後に広がり目立つようになった。
- ・ 850℃から明らかに角が丸くなり、収縮したため、焼成後の収縮を考慮して温度と焼成時間を設定する必要がある。

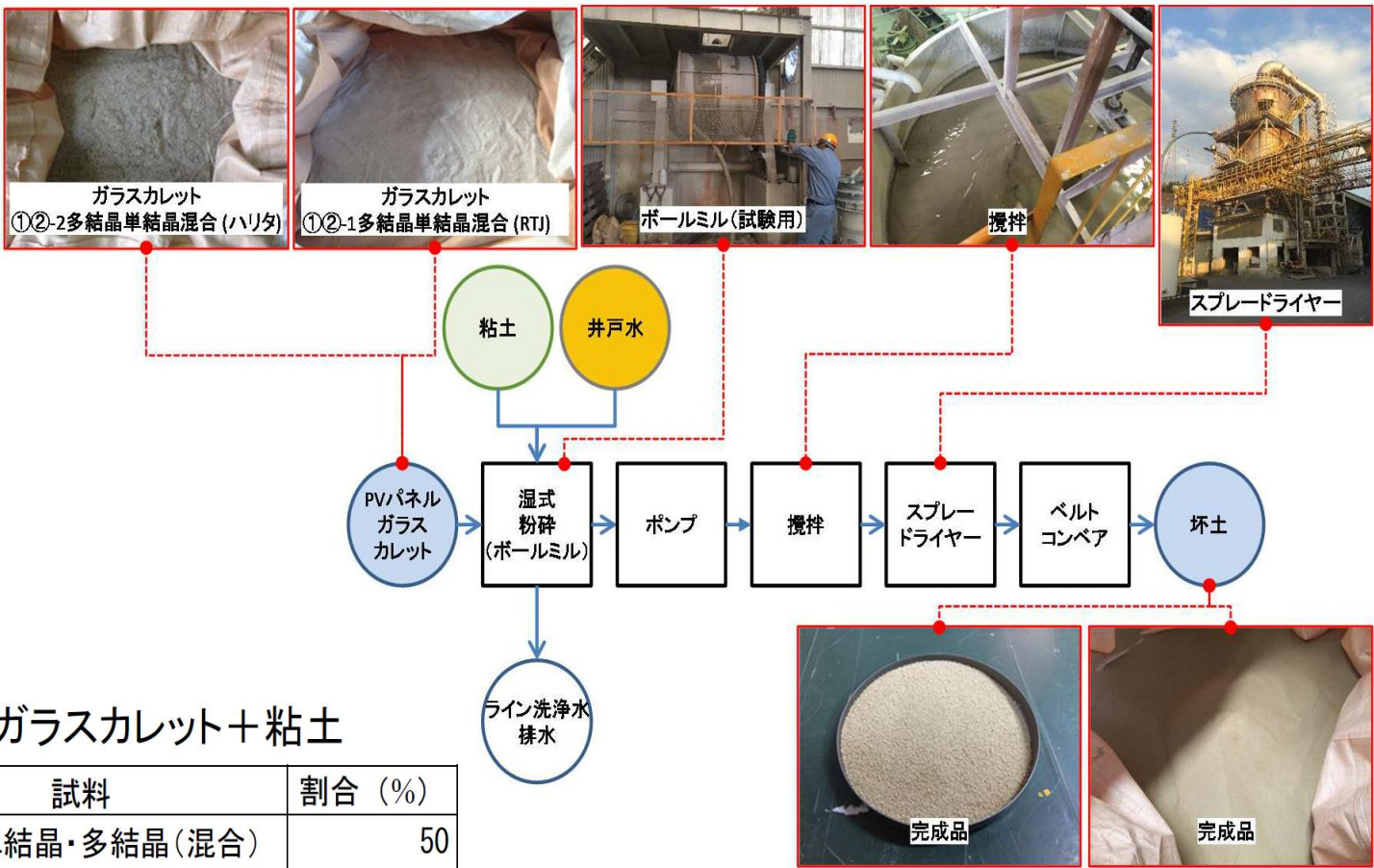


Glass recycle of PV panel

太陽光パネルのガラスリサイクル

● 坏土調合

配合試験で考査した配合のうち、A-50及びB-50の2種類の配合で500kgの坏土を生産した。



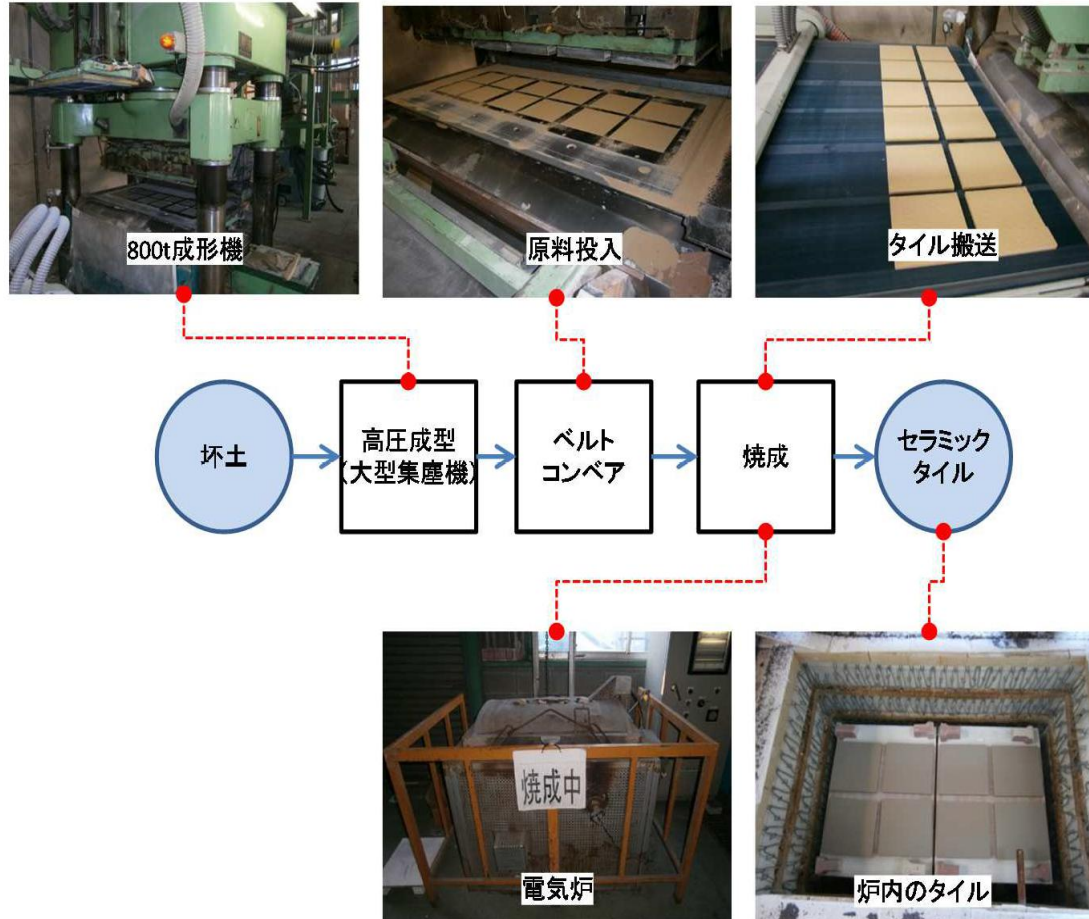
➤ 原材料: ガラスカレット + 粘土

坏土	試料	割合 (%)
A-50	①②-1単結晶・多結晶(混合)	50
	粘土	50
B-50	①②-2単結晶・多結晶(混合)	50
	粘土	50

Glass recycle of PV panel 太陽光パネルのガラスリサイクル

● 坏土によるテストピース(タイル)の焼成

➤ 原料: 坏土 (A-50、B-50の2種類)



Glass characteristic

ガラスの特徴

Several glasses in market depend on the case of useful
使用用途に沿い多様なガラスが開発されている

	GML	GMA/GMV	GMPV	GMFI	GMB	GME	
	Liquid crystal 液晶	Architectural and Vehicle 建設・自動車	Photovoltaic 太陽電池	Fiber 繊維ガラス	Bottle びん	Electron tube ブラウン管	
						Panel パネル	Funnelファンネル
Glass type ガラス種類	Aluminoborosilicate アルミノホウケイ酸	Sodalime ソーダ石灰	Sodalime/ Aluminosilicate ソーダ石灰/ アルミノ珪酸	Sodalime ソーダ石灰	Sodalime ソーダ石灰	Barium and Strontium バリウム・ストロンチウム	Lead 鉛
Characteristic 特徴	Scientific durability 科学的耐久性	Light transmittance 光透過性	Light transmittance 光透過性	Light transmittance 光透過性	Color control 色調管理	X-ray absorptivity X-線吸収性	Higher X-ray absorptivity より高いX-線吸収性
Softening point 軟化点 °C	~850	720~740	720~850	720~740	720~740	690~715	655~675
Specific gravity 比重	2.36~2.77	2.48~2.6	2.36~2.77	2.48~2.6	2.48~2.6	2.48~2.6	3.4~4.28
Color tone 色調	Clear	GMA: Clean, Clear GMV: Clean, Galaxy	Clear	Clear mixed color	Clear, Brown, Blue, Green, Other color	Clear	

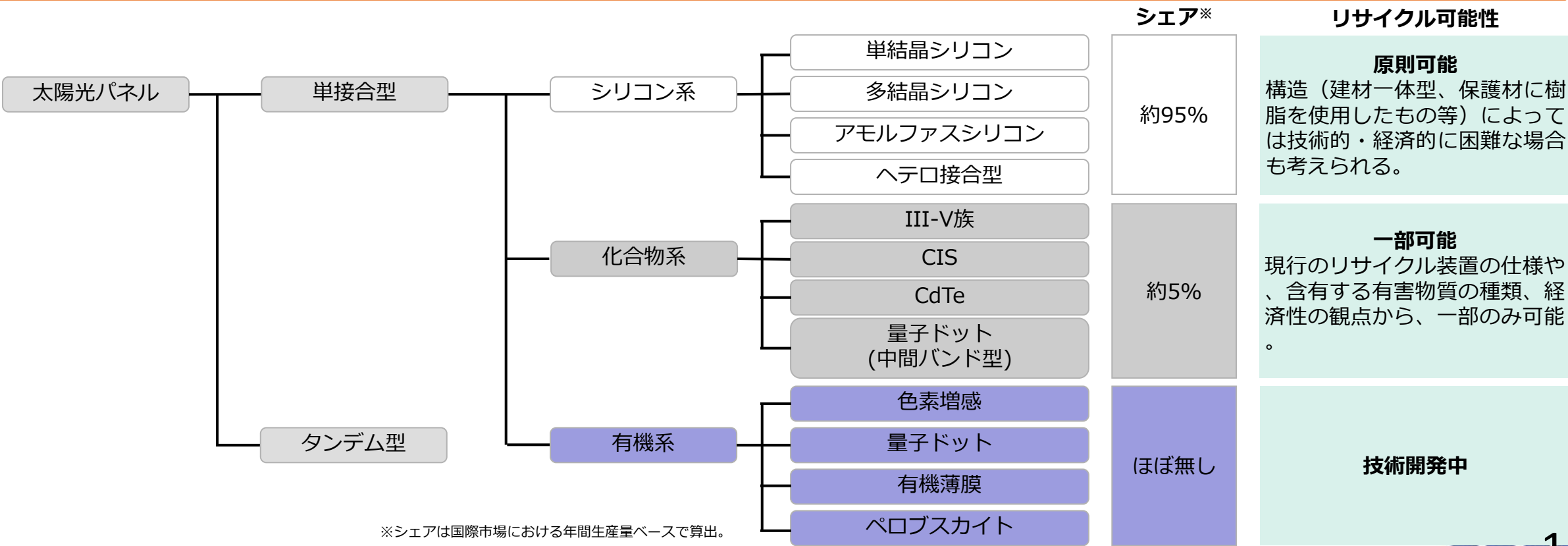
Selection of recycle method in adequate glass material
ガラス材質に適合したリサイクル方法を選択

第1章 総則（定義）

<定義>

➤ 太陽電池（※）及び事業用太陽電池、太陽電池廃棄物及び事業用太陽電池廃棄物、太陽電池の廃棄及び事業用太陽電池の廃棄、太陽電池廃棄者及び事業用太陽電池廃棄者、再資源化及び再資源化等並びに太陽電池廃棄物再資源化等事業について、その**定義を定める**。（第二条関係）

※「太陽電池」とは、太陽光を電気に変換する機器（板状であり、かつ、ガラスを材料として使用した部品を含む機器の重量が政令で定める重量以上のものに限る。）であって、当該機器が廃棄物となった場合の再資源化等の実施が技術的及び経済的に可能であり、かつ、有効なものとして政令で定める種類のものとする。



※シェアは国際市場における年間生産量ベースで算出。

PV Module Design for Recycling Guidelines

<一般的なDfRガイドライン>

- 機能性、長寿命、耐久性、信頼性、コストなどの製品要件が重要
- 材料選択と、分離した素材の回収可能性が重要
- 製品に含まれる有害物質の抑制
- リサイクルしにくい材料の抑制
- 不可逆的な接着剤の抑制
- 分解を前提とした設計
- DfRによる効果の評価が重要
- リサイクル可能な材料を示すラベリングの標準化が重要
- リサイクル材料を使用した製品設計が循環生産を促進

<太陽電池モジュールのDfRガイドライン(結晶Si太陽電池モジュール)>

- モジュールの構造と組成を永続的に特定可能にする
- バックシートの添加物
- 金属の選択
- 充填材使用量の抑制
- モジュール材料の数と複雑さの低減
- アルミフレームを容易に分離できるシーリング材の使用

Technology Collaboration Programme
by IEA



PVPS

PV Module Design for Recycling Guidelines 2021

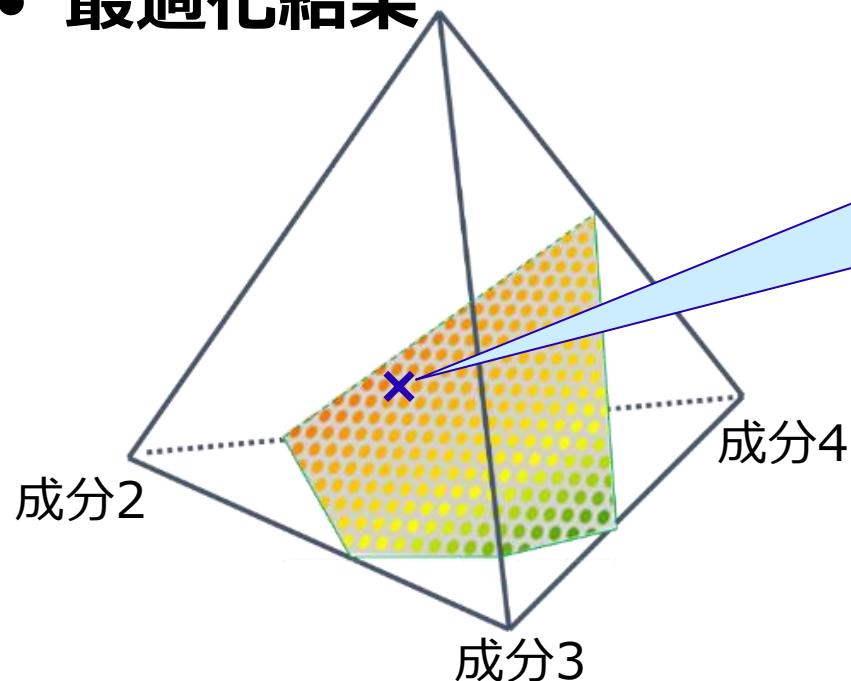
Report IEA-PVPS T12-23:2020

Ref.) IEA PVPS Task12, PV Module Design for Recycling Guide, IEA-PVPS T12-23

事例：混合ガラスの組成探索

- **目的：熱膨張係数 ⇒ 小、ガラス転移温度 ⇒ 低（加工しやすい）**
 - 説明変数(4成分系)：SiO₂, B₂O₃, Na₂O, Al₂O₃
 - 入力データ数(混合組成と物性値)：865個（INTERGLAD）

- **最適化結果**



**パイレックスガラスに近い組成が
数分で得られた！**

SiO ₂	B ₂ O ₃	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	
81.6	14.7	2.6	1.1	(wt%)

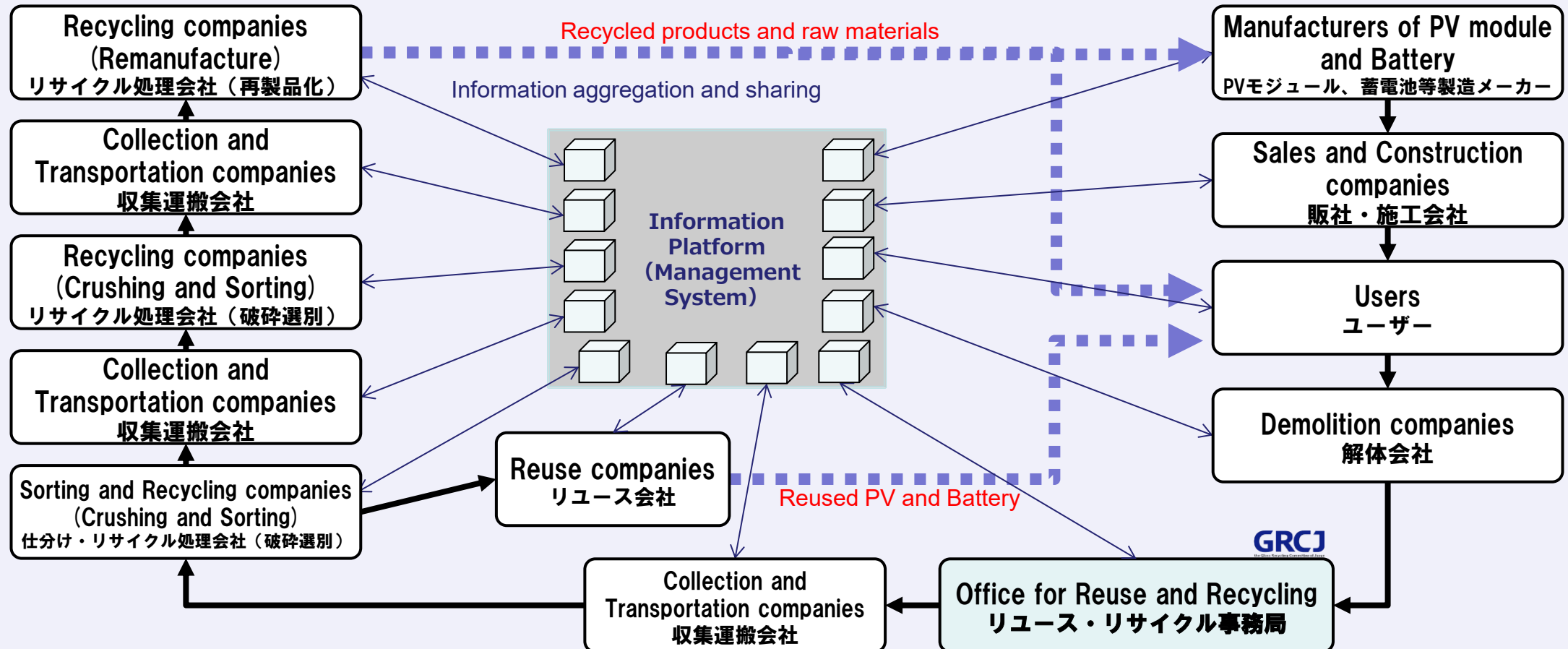
**複数の要求特性に対して、
膨大な組み合わせ候補の中から
最適な混合組成を探索できる**

Overall optimum of aiming GReAT DX project

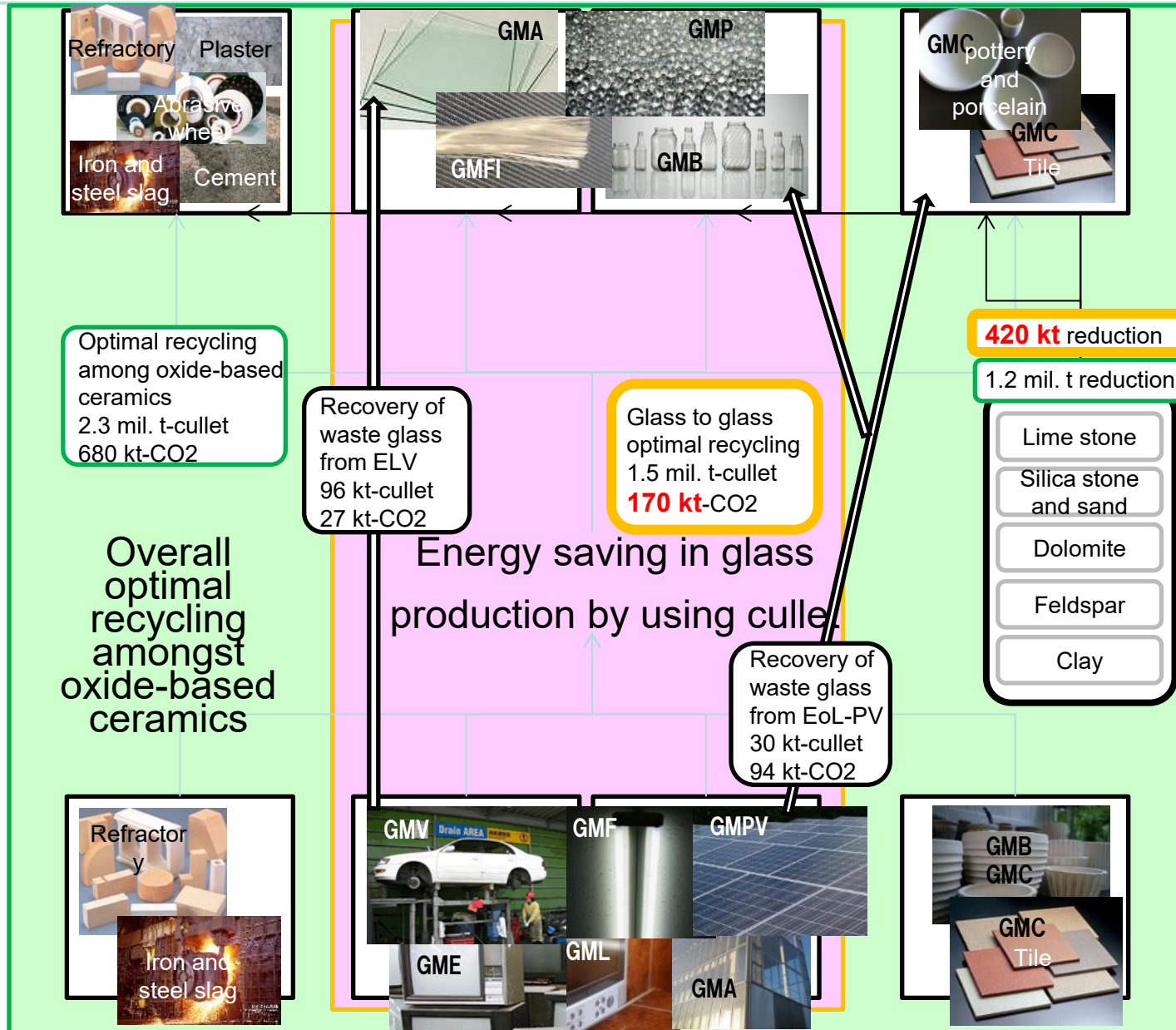
GReAT DX プロジェクトの目指す全体最適

< Image of an information platform >

Consortium



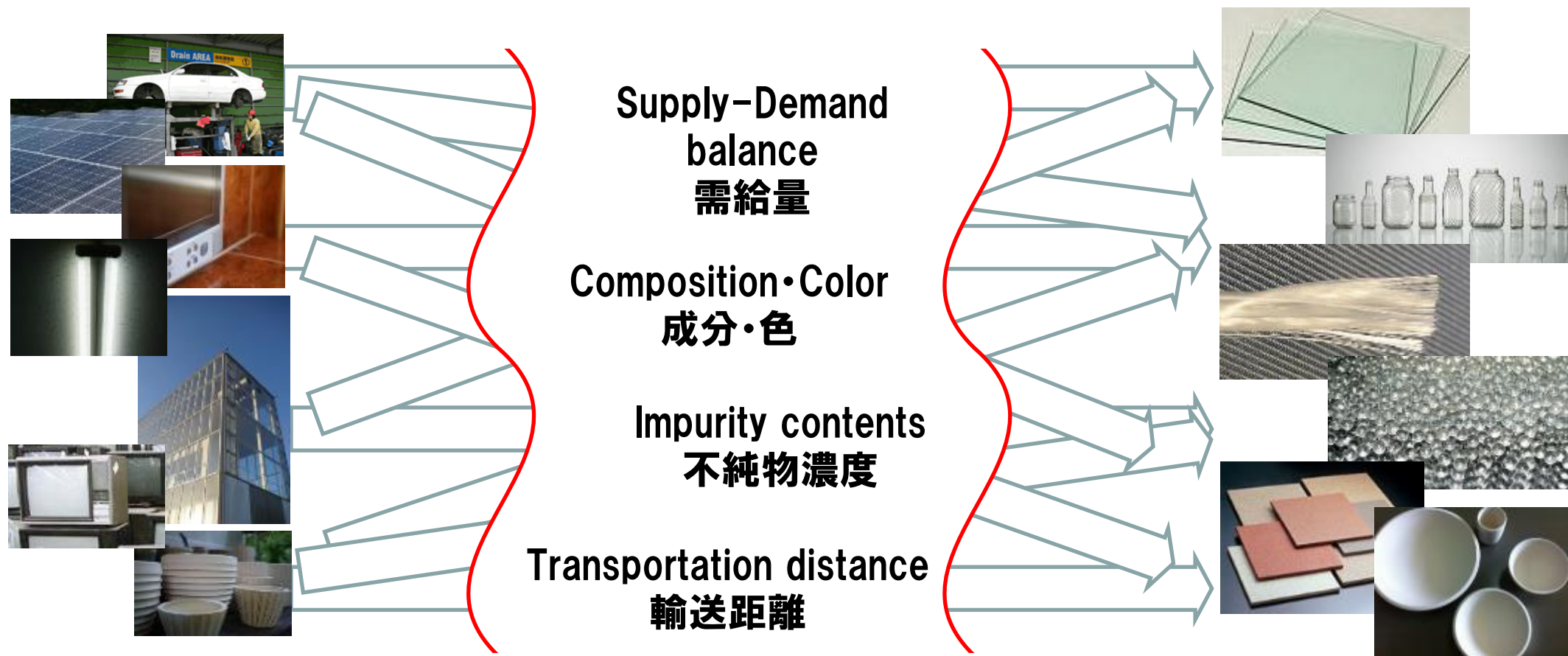
Recycling of glass cullet should be considered within family materials (glasses and other oxide-based ceramics)



- EoL-LCD glass (Home Appliance Recycling Law)
- EoL-CRT glass (Home Appliance Recycling Law)
- ELV glass (Automobile Recycling Law)
- EoL-PV glass (Construction Recycling Law)
- EoL-architectural glass (Const. Recycling Law)
- EoL-fluorescent bulb (Const. Recycling Law)
- EoL-plateware, etc.

Overall optimum of aiming GReAT project

GReATプロジェクトの目指す全体最適

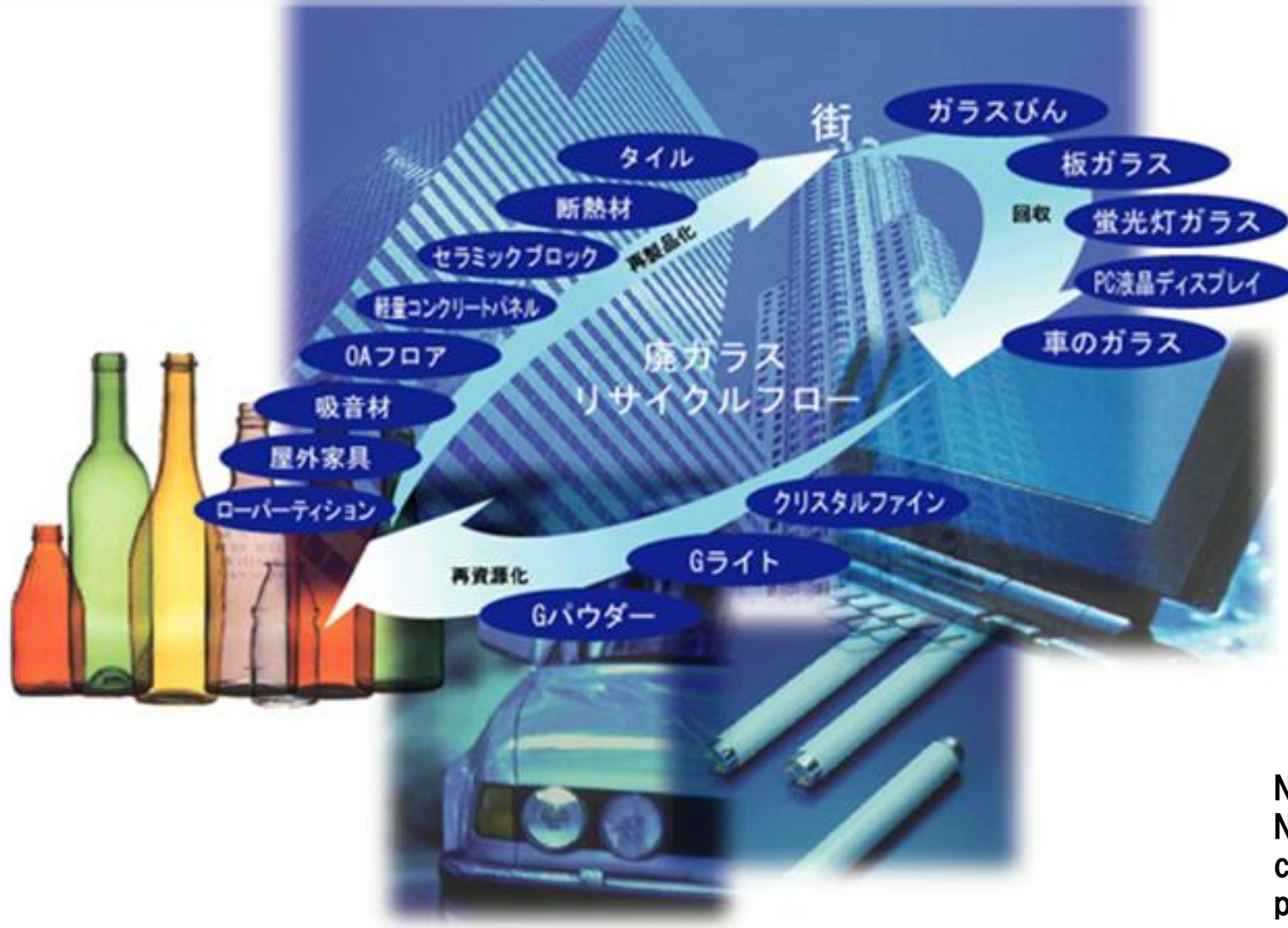


Oxide-based ceramics like almost same glass composition are included in the overall optimum evaluation
ガラスに組成($\text{SiO}_2\text{-CaO}$ 系セラミック)の類似した酸化物系セラミック類も全体最適の評価対象内に含める

[Sustainability] Design for Resource Circular Economy

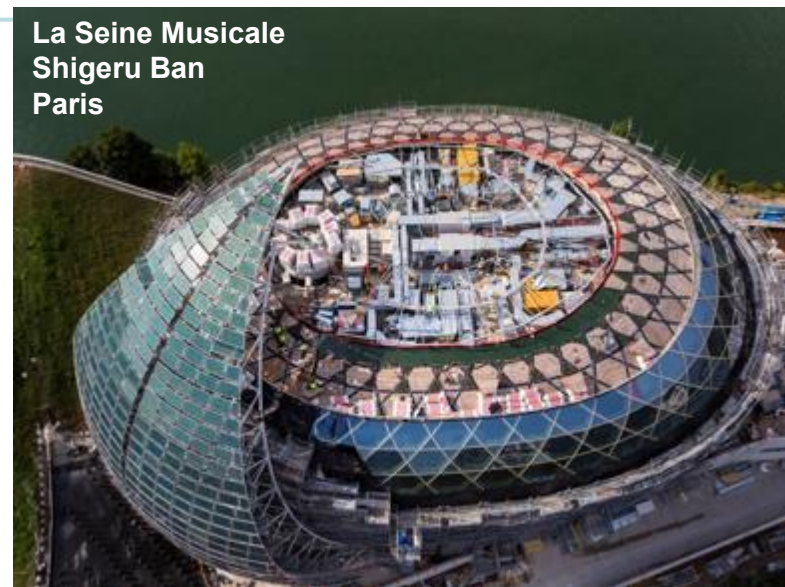
「サステナビリティ」リサイクル産業システムをデザイン

End of Life Glasses Recycling Flow



New area design department
Network that promotes integrated system from glass collection to application development and use of recycled products

High visibility projects from Oslo to Hong Kong BIPV



国内廃ガラスの全体像と将来見通し（当社推定概算）



①
建築
GMA

約70万トン/年
回収・循環スキーム
の整備が途上



②
自動車
GMV

約10万トン/年
回収・再資源化スキーム
の整備が途上



③
太陽光パネル
GMPV

約0.5万トン/年
板ガラス向け高度化
が必要



産業用

約0.5万トン/年
コンビニ、内装、家電
など、用途分散

@2021年廃ガラス発生量

建築物由来
約70万トン/年

自動車由来
約10万トン/年

PV由来
約0.5万トン/年

@2035年廃ガラス試算データ

建築物由来
約50万トン/年

自動車由来
約10万トン/年

PV由来
約15万トン/年

建築は既に大きい

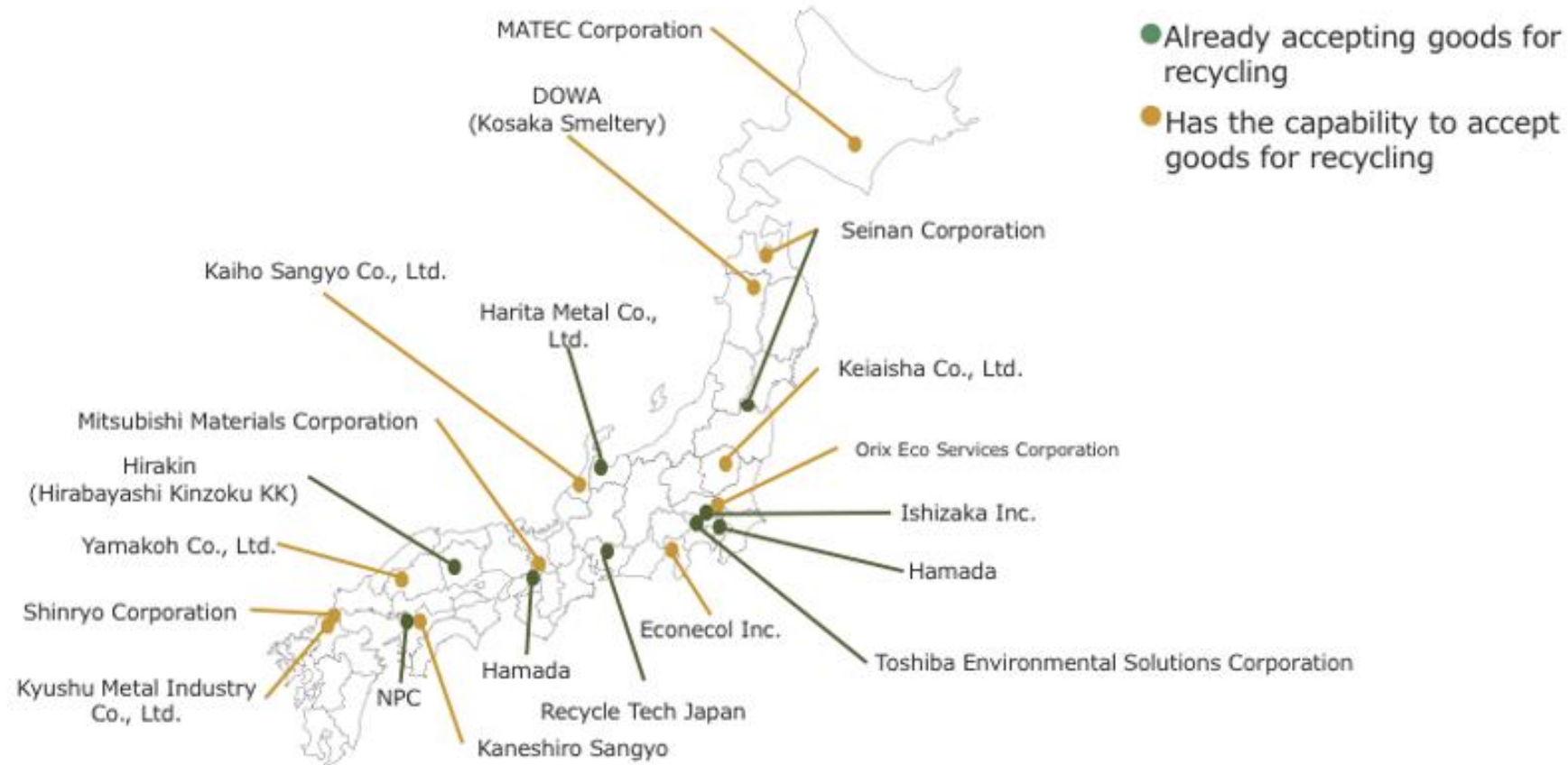
自動車は横ばい

PVは徐々に増加

PV由来ガラスは今後増加が見込まれる一方、
建築・自動車由来の廃ガラスも継続的に発生している。
廃ガラス全体を見据えた回収・循環スキームの構築が重要である。

Facilities capable of recycling photovoltaic cell modules (GRCJ GReAT8)

○ The facilities that are currently able to recycle photovoltaic cell modules as determined by the Glass Recycling Committee of Japan (GRCJ) are as follows.



PVリサイクルハンマー 実績MAP

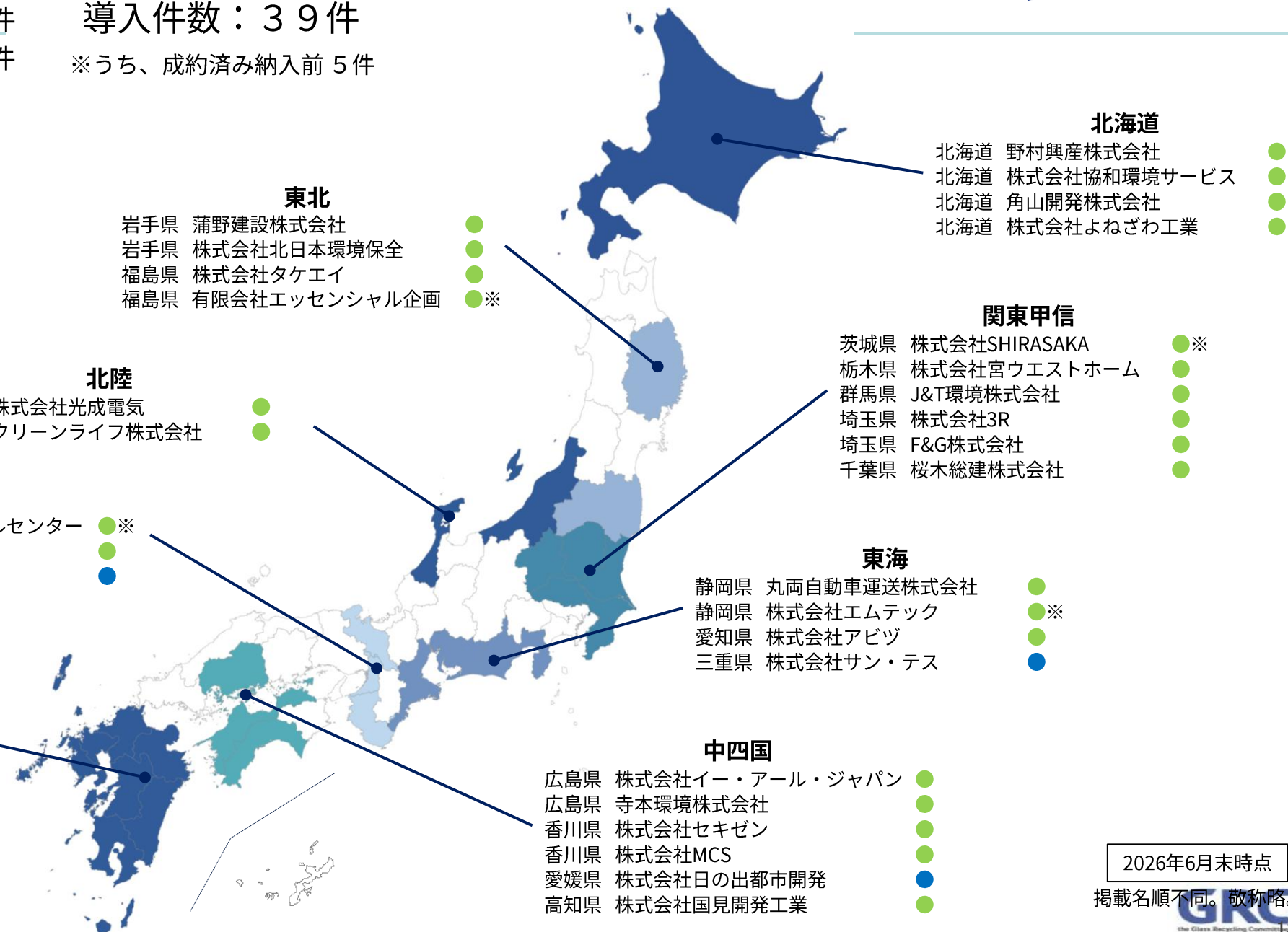
TIGERCHIYODA

● PVリサイクルハンマー設備 36件

● PVリサイクルハンマー単体 3件

導入件数：39件

※うち、成約済み納入前 5件



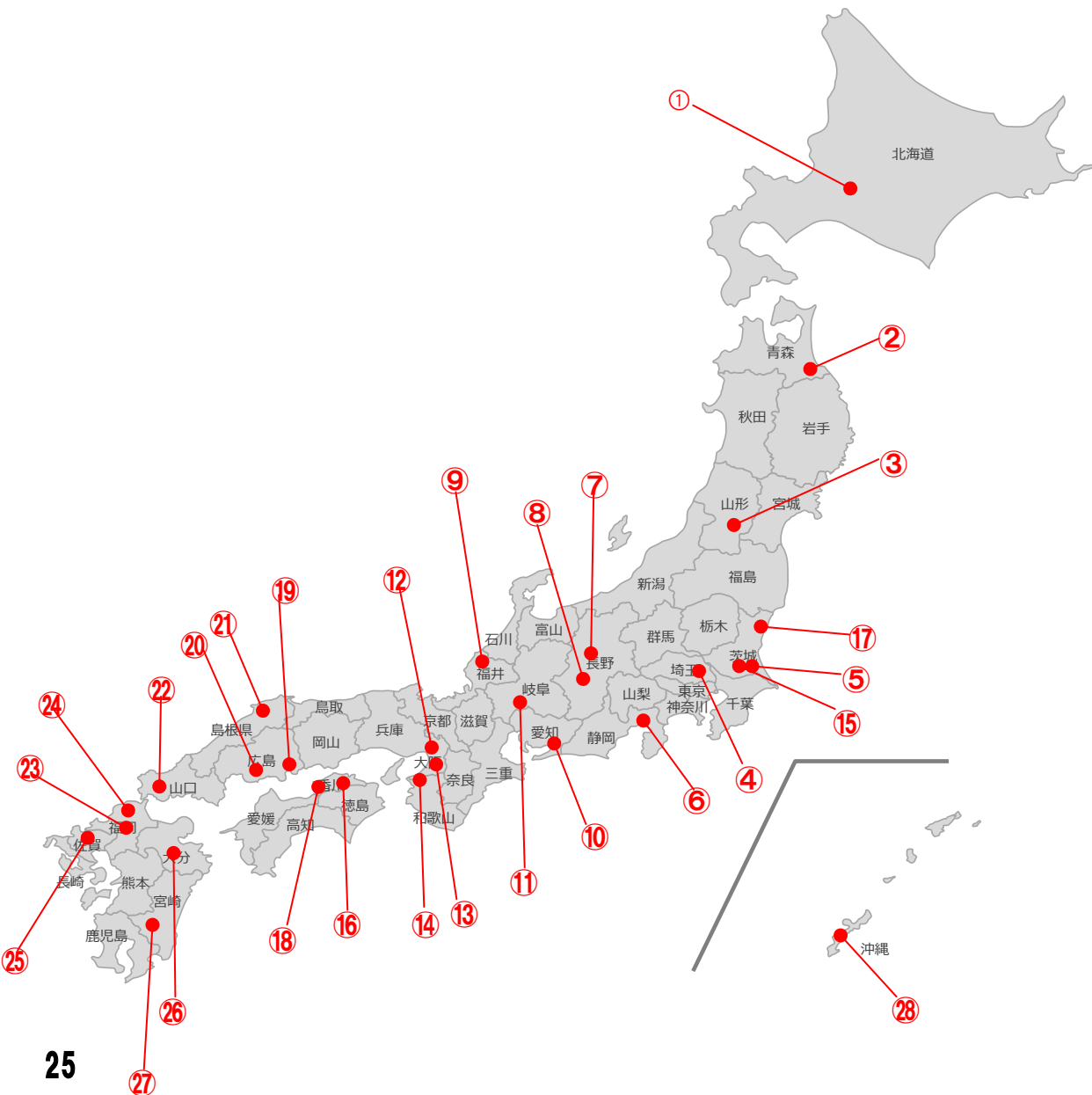
2026年6月末時点

掲載名順不同。敬称略。

再生ガラス骨材を使用する意志があるCPI会員工場

会社及工場名(2026年7月4日現在)

- ①株式会社よねざわ工業 戸磯舗石製品工場
- ②株式会社吉田レミコン ILB青森工場
- ③東栄コンクリート工業株式会社 本社工場
- ④マチダコーポレーション株式会社 埼玉工場
- ⑤エスビック株式会社 つくば工場
- ⑥野村マテリアルプロダクツ株式会社 静岡アイエルビー工場
- ⑦山富産業株式会社 明科工場
- ⑧山富産業株式会社 上伊那工場
- ⑨株式会社ミルコン 丸岡工場
- ⑩株式会社ユニソン 豊田工場
- ⑪揖斐川工業株式会社 アイケイ関工場
- ⑫株式会社マツオコーポレーション 本社工場
- ⑬荒木産業株式会社 本社工場
- ⑭太陽エコブロックス株式会社 泉北工場
- ⑮太陽エコブロックス株式会社 つくば工場
- ⑯日本興業株式会社 志度工場
- ⑰日本興業株式会社 北関東工場
- ⑱株式会社総合開発 本社工場
- ⑲中国建材株式会社 本社工場
- ⑳美建工業株式会社 尾道工場
- ㉑昭和セメント工業株式会社 大東工場
- ㉒サンヨー宇部株式会社田布施工場
- ㉓株式会社シンセイ福岡 本社工場
- ㉔福岡ILB株式会社 本社工場
- ㉕有明コンクリート工業株式会社 本社工場
- ㉖三和コンクリート株式会社 三重工場
- ㉗有限会社瀬戸山ブロック工業所 工場
- ㉘株式会社キョウリツ 本社工場





ガラス再資源化協議会



INTERNATIONAL YEAR OF
GLASS
2022
国際ガラス年2022