

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19回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム J-PVS

Jun.29,2022

The Glass Recycling Committee of Japan

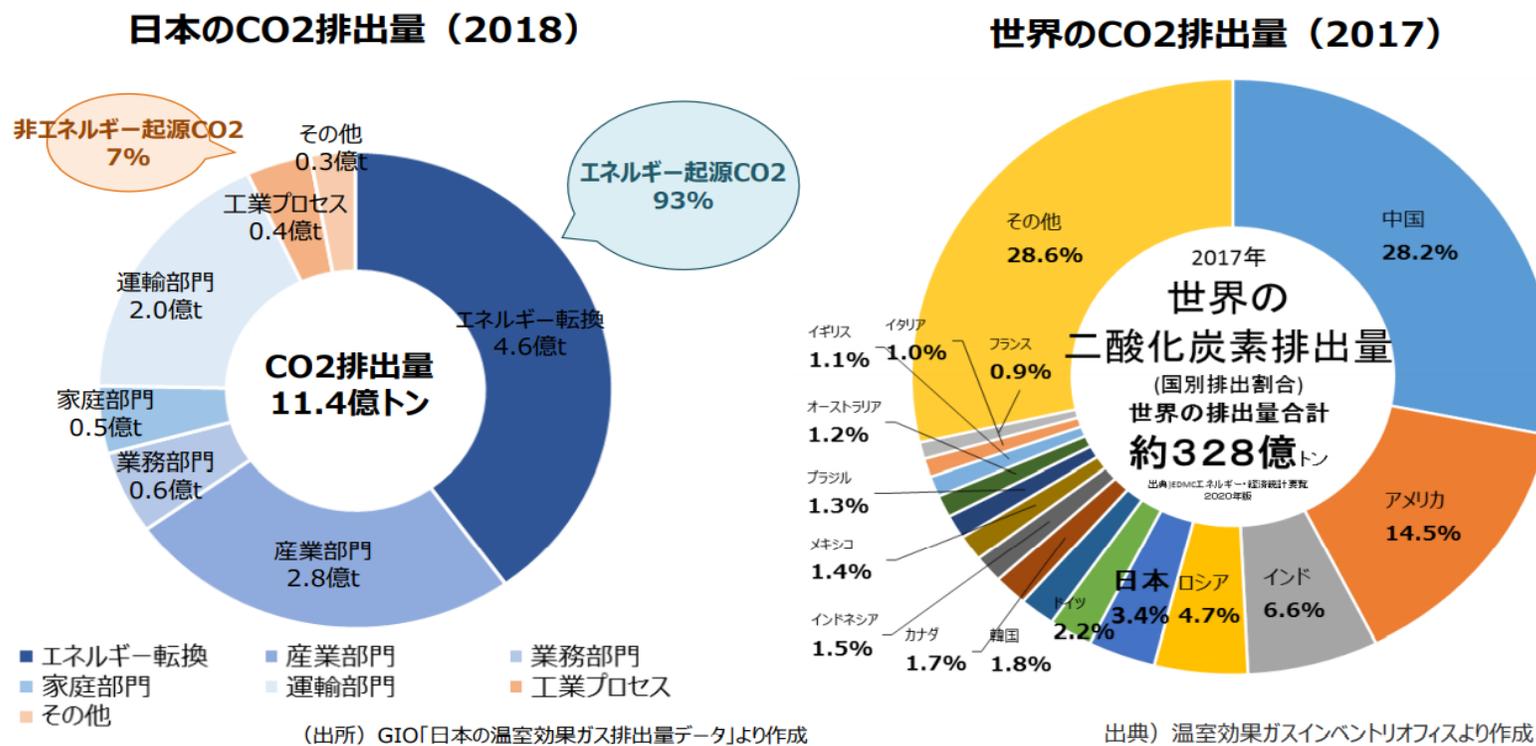
ガラス再資源化協議会

Chairperson SO KATO

代表幹事 加藤 聡

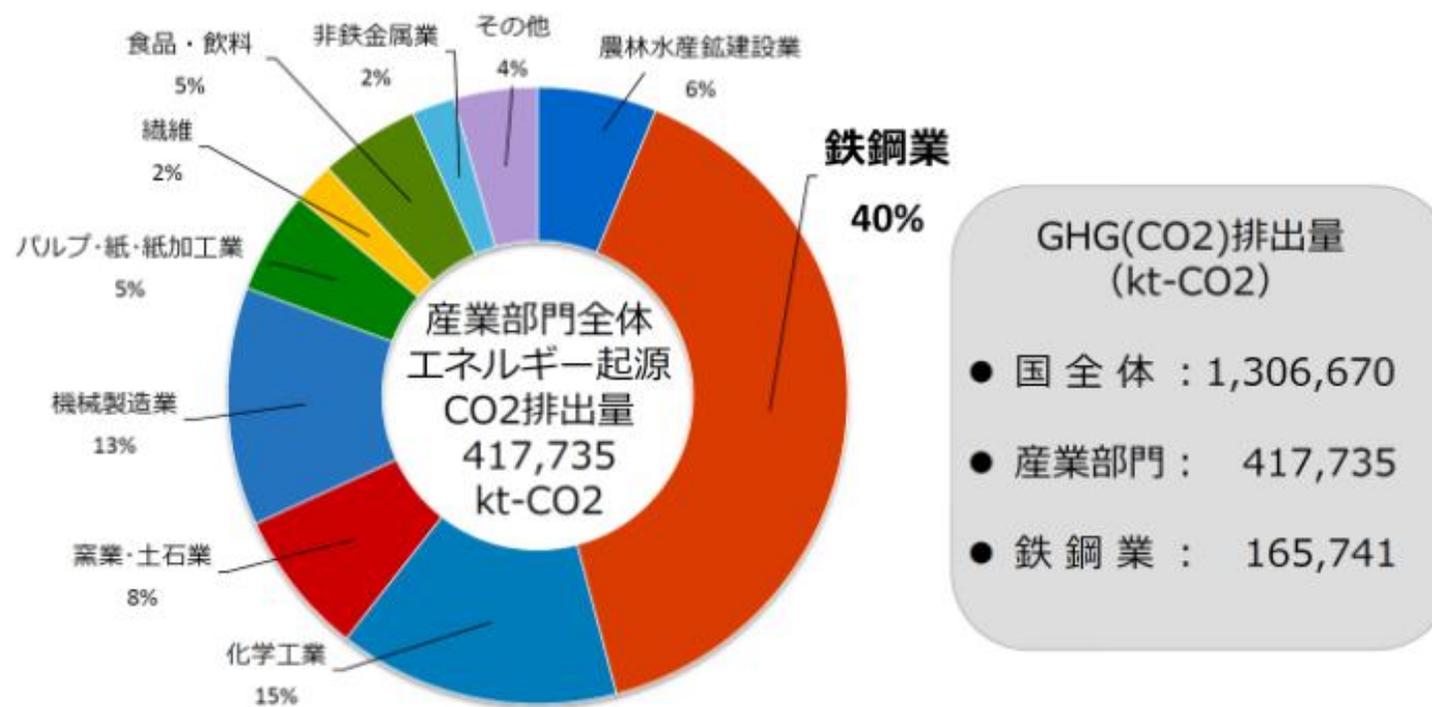
1. 産業界の直面するCarbon Neutrality (1)

- 日本のCO2排出量は、世界で5番目。CO2排出の内訳の太宗はエネルギー起源が占める。



【図1】日本のCO₂排出量のセクター別内訳 (2018年) と世界の国別CO₂排出量 (2017年) (出典: 経済産業省資料)

2. 産業界の直面するCarbon Neutrality (2)

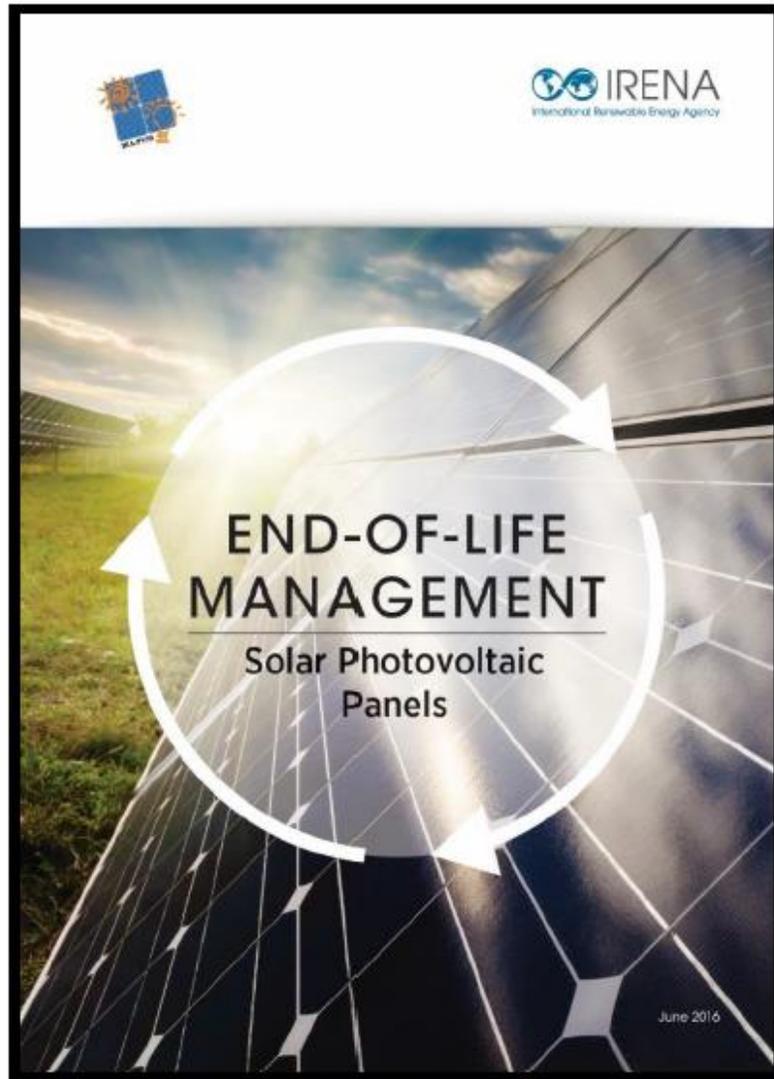


(出典) 国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ (2016)」

【図2】日本の産業部門のCO₂排出量の内訳 (2016年) (出典: (一社) 日本鉄鋼連盟資料)

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

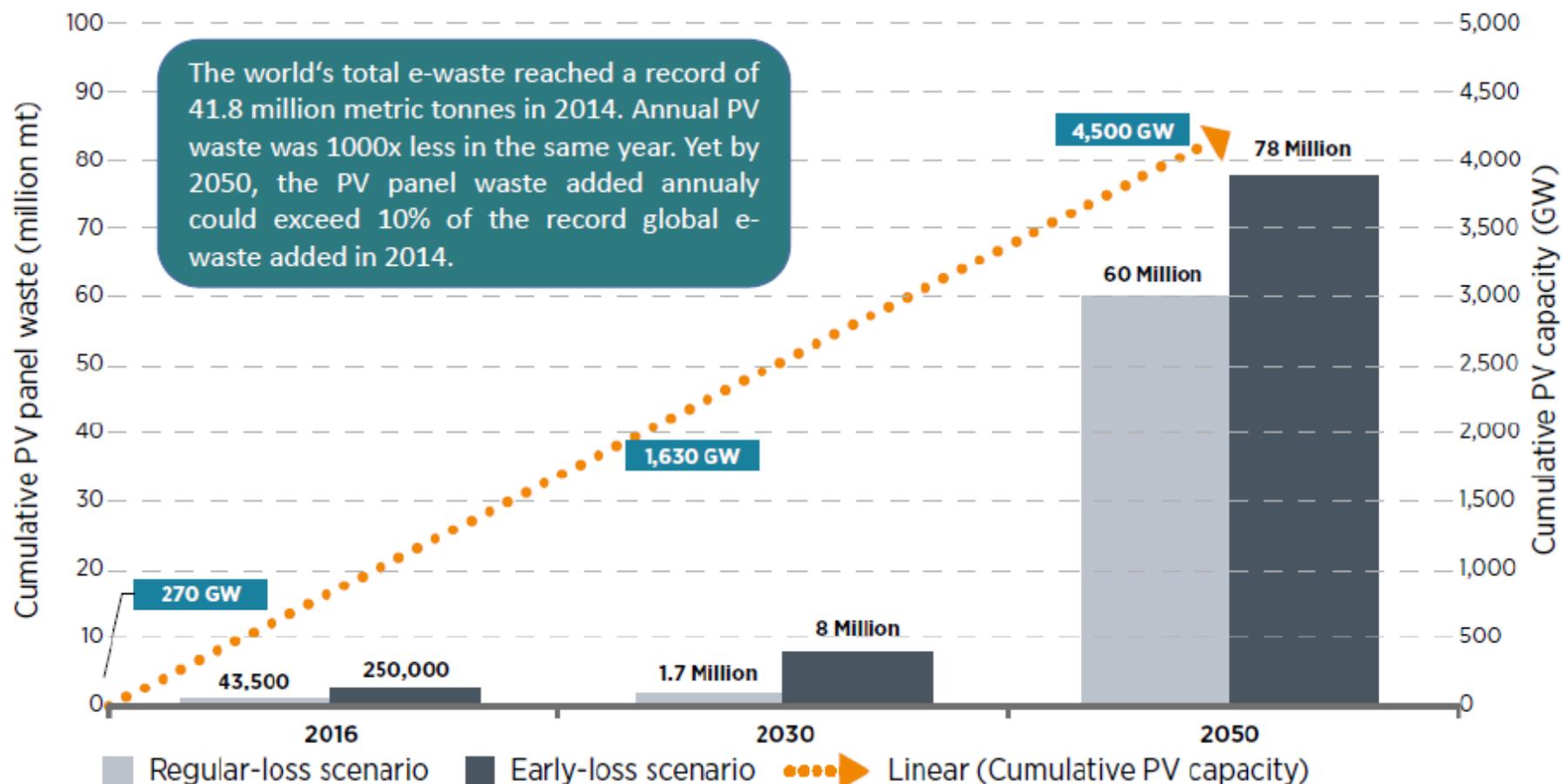
IRENA: Henning Wuester, Rabia Ferroukhi, Nicolas Fichaux, Asiyah Al Ali, Deger Saygin, Salvatore Vinci, Nicholas Wagner

Disposal PV management report by IRENA

IRENA 廃棄PVマネジメントレポート2016



GLOBAL PV PANEL WASTE PROJECTION 2016-2050

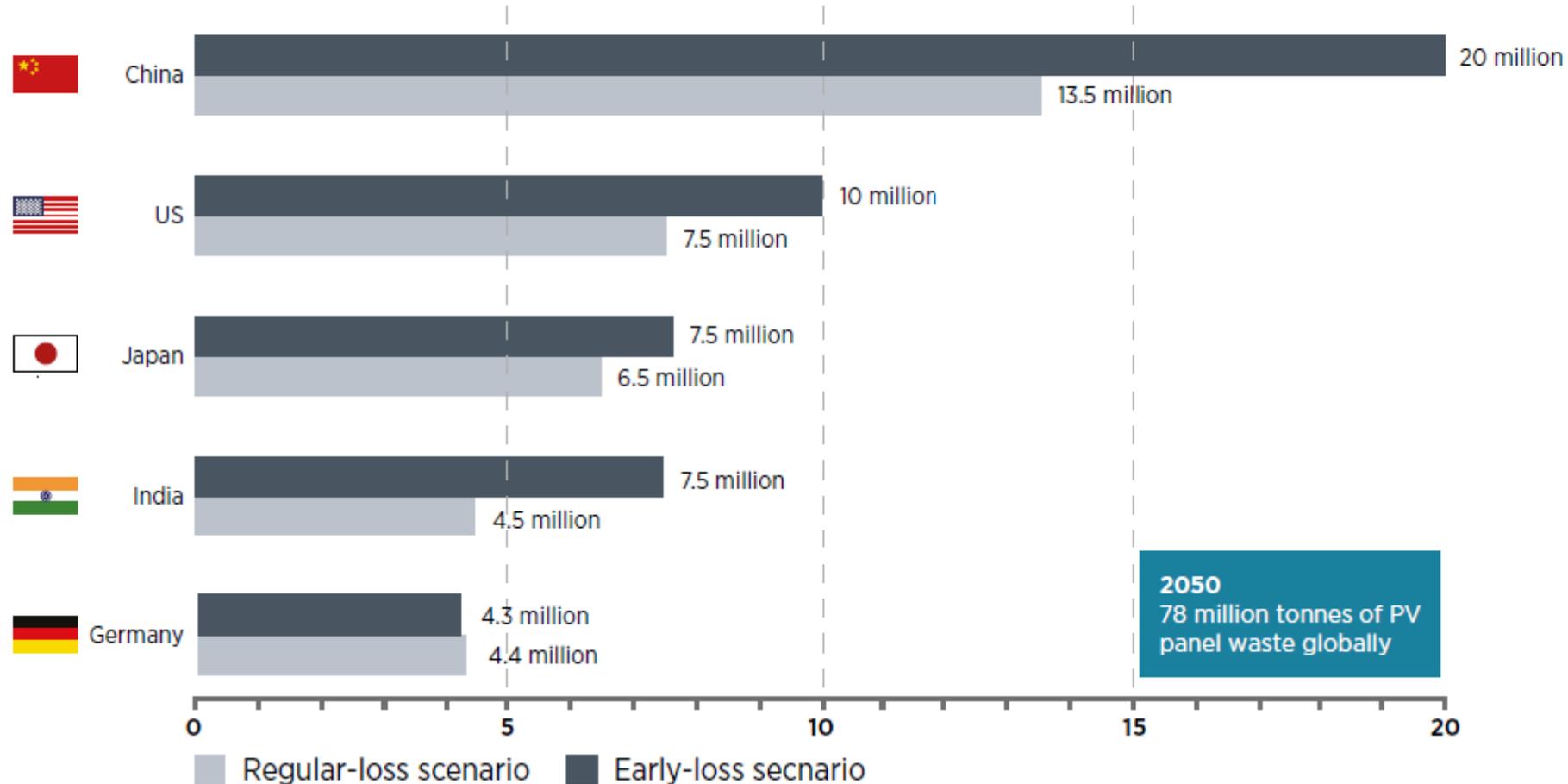


Disposal PV management report by IRENA

IRENA 廃棄PVマネジメントレポート2016



CUMULATIVE PV WASTE: TOP 5 REGIONS 2050

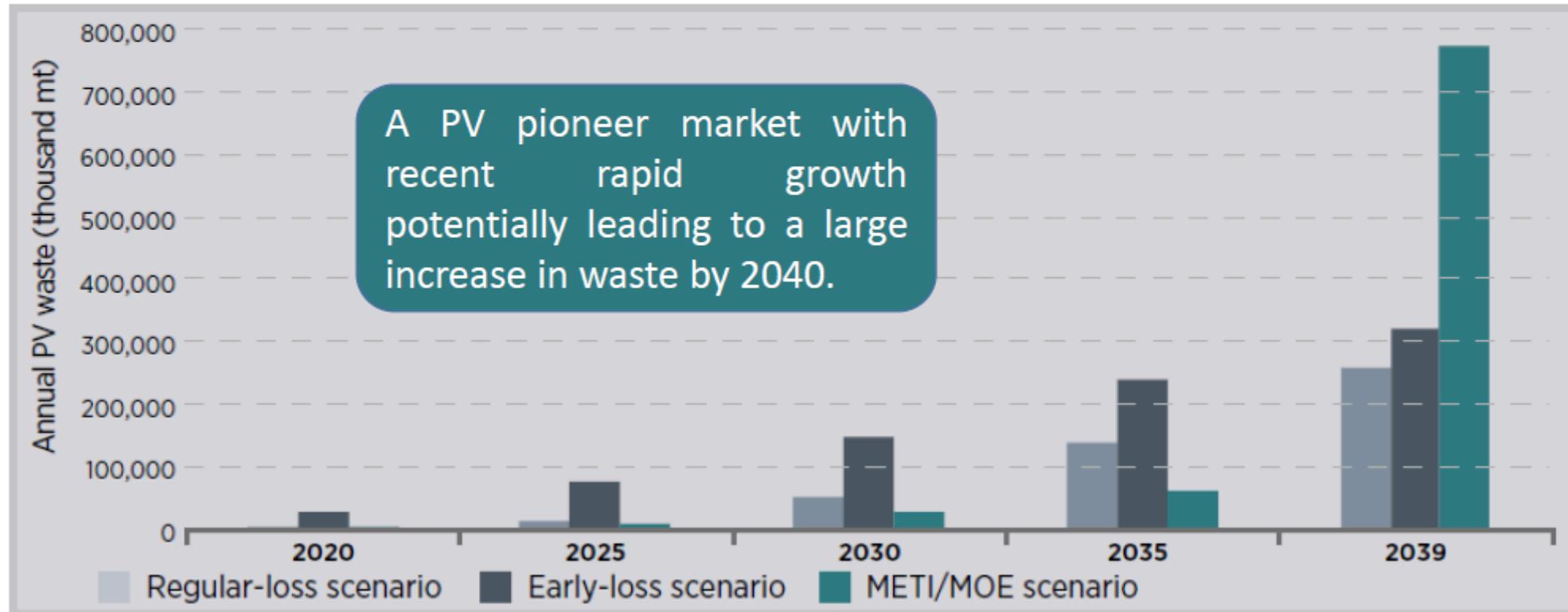


Disposal PV management report by IRENA

IRENA 廃棄PVマネジメントレポート2016

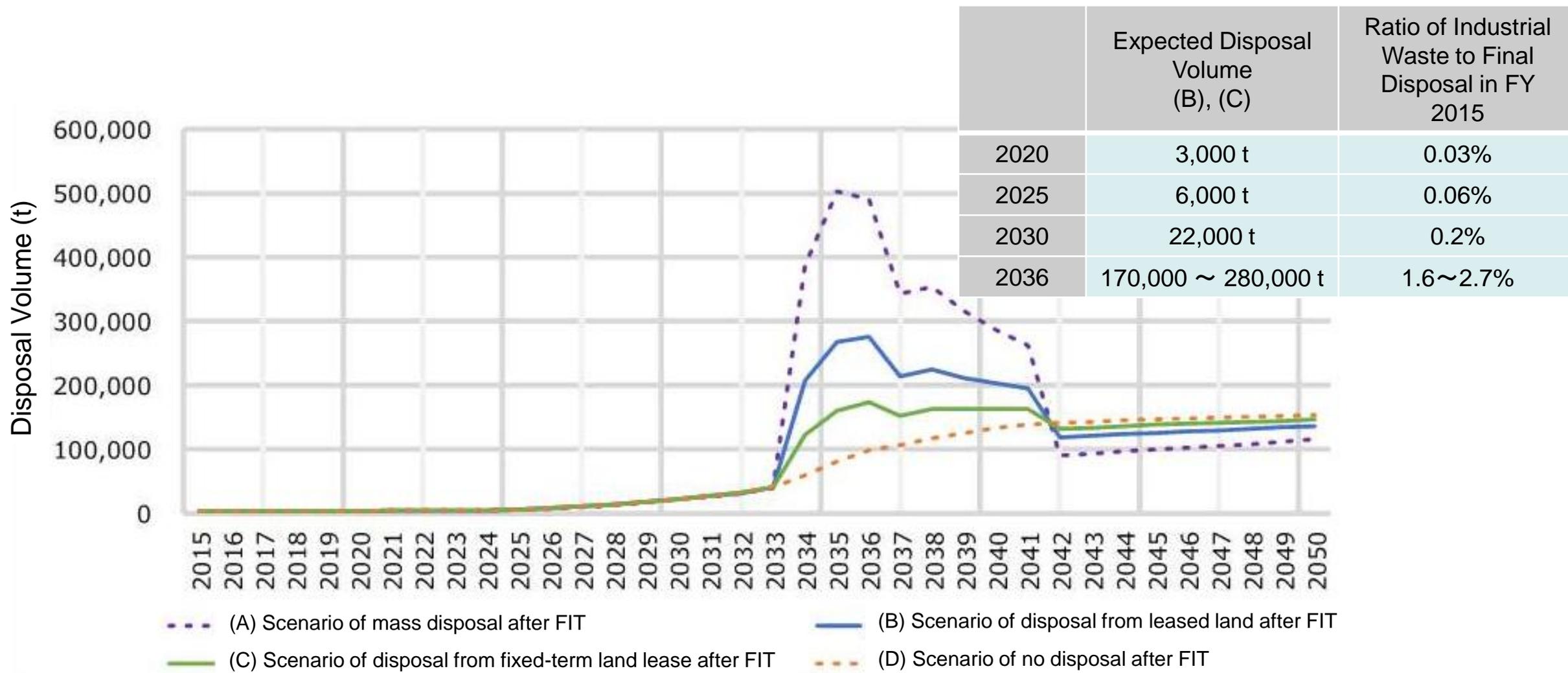


JAPAN –
advanced market without PV
specific waste regulations



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



Predictable! Scenario for introducing photovoltaic power as a main power source

予測可能！主力電源としての太陽光発電導入シナリオ



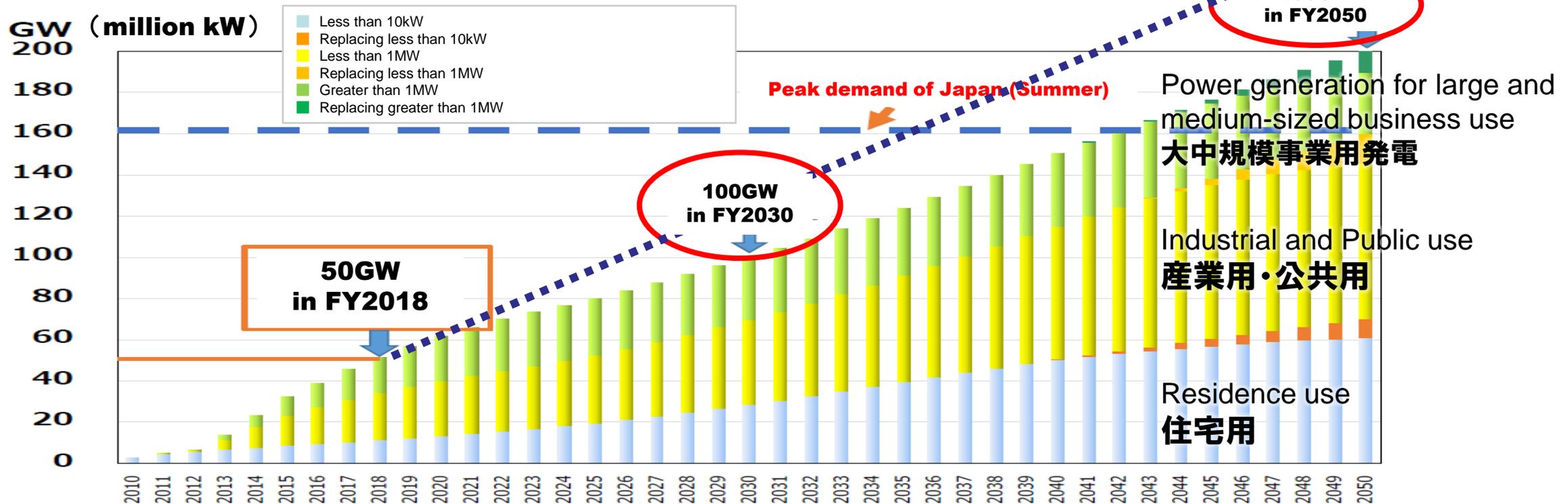
100GW in 2030 ! ~200GW in 2050 ! 250GW potential, Is there a place to install it ?

Japan's Cumulative Capacity Target by Japan Photovoltaic Energy Association (JPEA)

Realization of decarbonized power
250GW

PV OUTLOOK 2050 : GHG emission 80% by 2050

交流(AC)



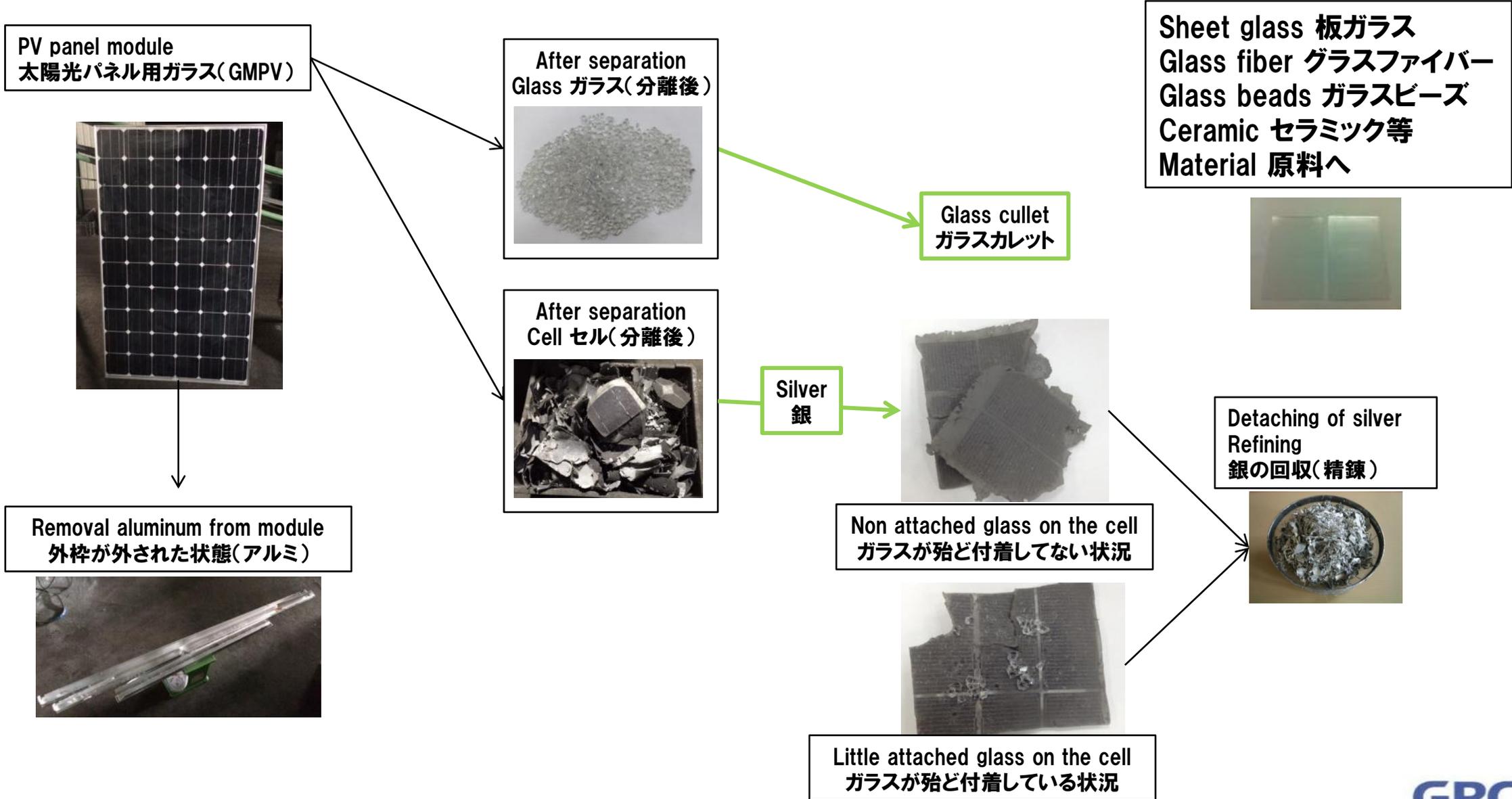
➤ Current installed capacity is around 6GW/year, with 7GW/year installed for 120GW in 2030, 200GW in 2040, and 250GW in 2050
現状の導入量6GW/年程度、毎年7GW程度の導入で2030年120GW、2040年200GW、2050年250GW

Source: Created with smart solar based on PV OUTLOOK 2050 of Japan Photovoltaic Energy Association

* No copying or distribution of this material without Smart Solar's permission



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)」

Elution test result according to each modules

結晶系モジュールの部位別溶出試験結果

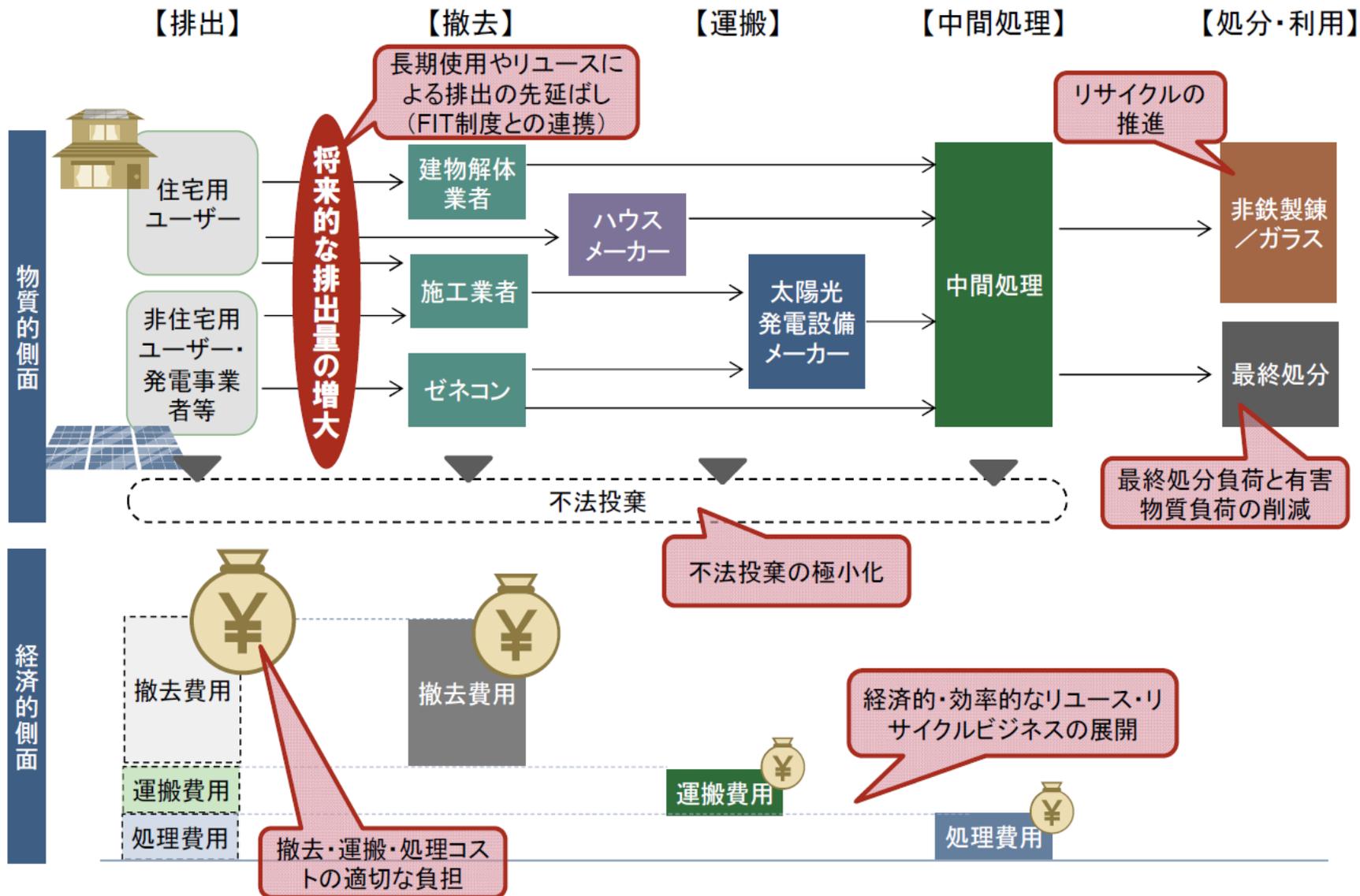
結晶系モジュールで鉛溶出と化合物系モジュールでセレン溶出が確認、溶出試験の結果、溶出の大きい部位を特定した

種類	メーカー	製造年	分析項目	モジュール全体	フレーム	フロントカバーガラス	電極	EVA	Si結晶	バックシート	端子ボックス	その他	
多結晶	国内	G社	2012以降	重量(kg)	-	2.8900	12.3400	0.1400	分離不可	2.2400	0.1300	0.3400	0.0800
				構成比	-	15.9%	68.0%	0.8%	-	12.3%	0.7%	1.9%	0.4%
				pH	6.5~6.6	-	9.2	10.1	-	7.8	7.7	7.6	-
				EC (mS/m)	-	-	2.3	8.7	-	1.3	3.6	1.8	-
				Pb (mg/L)	0.30~0.42	-	<0.01	500	-	<0.01	<0.01	<0.01	-
多結晶	海外	I社	2012	重量(kg)	-	2.4500	11.9700	0.1400	分離不可	2.2500	0.1300	0.3400	0.6500
				構成比	-	13.7%	66.8%	0.8%	-	12.5%	0.7%	1.9%	3.6%
				pH	6.6~6.6	-	9.3	10.3	-	7.4	8.2	7.5	-
				EC (mS/m)	-	-	2.6	9.3	-	1.5	3.1	1.2	-
				Pb (mg/L)	0.29~0.44	-	<0.01	570	-	<0.01	<0.01	<0.01	-
多結晶	海外	K社	2013	重量(kg)	-	3.4600	12.4700	0.1600	分離不可	2.1400	0.3500	0.3300	0.1400
				構成比	-	18.2%	65.5%	0.8%	-	11.2%	1.8%	1.7%	0.7%
				pH	6.5~6.7	-	9.6	9.9	-	7.4	8.1	7.5	-
				EC (mS/m)	-	-	3.4	8.1	-	1.0	2.7	1.4	-
				Pb (mg/L)	0.20~0.90	-	<0.01	470	-	<0.01	<0.01	0.01	-

種類	メーカー		モジュール全体	フレーム	フロントカバーガラス	電極	EVA	CIS/CIGS化合物	基板ガラス	バックシート・その他	
CIS	国内	D社			分離不可		分離不可		分離不可		
			pH	9.8	-	-	9.1	-	9.9	-	7.6
			EC (mS/m)	2.1	-	-	6.1	-	1.9	-	2.7
			Se (mg/L)	0.04	-	-	<0.01	-	0.06	-	<0.01

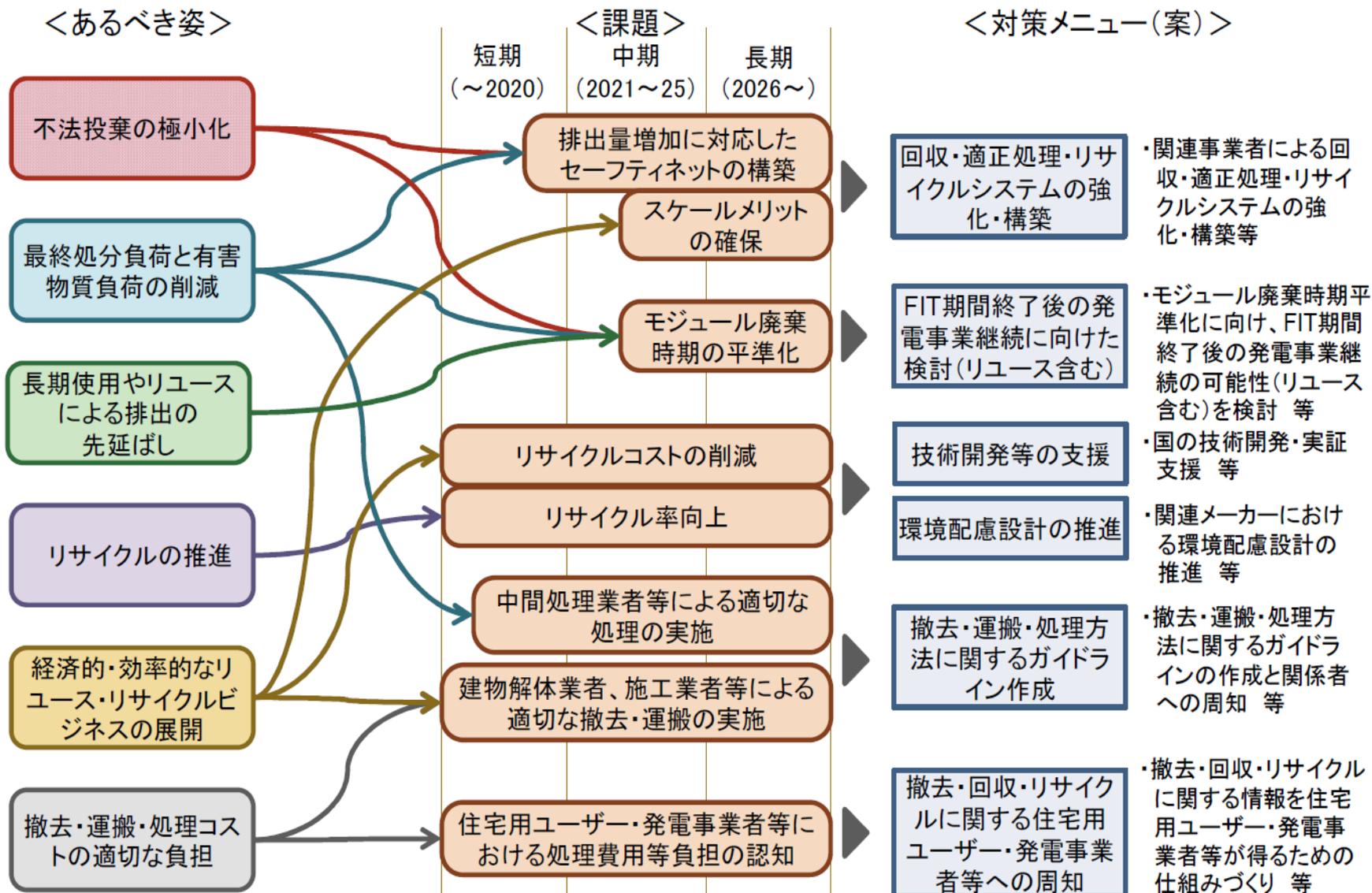
Ideal situation on Removal, Transport, Treatment in PV systems

太陽発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿



Ideal situation on Removal , Transport ,Treatment in PV systems

太陽発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿



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

Study for establishment of a nationwide recycling system 全国リサイクルシステムの構築に向けた検討

● リサイクルシステムの体制イメージ

【条件】
ガラスカレット: 有価物
セルシート: 有価物

使用済太陽電池モジュール
リサイクル技術

圧縮破碎
(ガラスのみ破碎が可能)
・ リサイクルテック・ジャパン(株)



シュレッダー破碎+ジグ選別
(破碎後にセルの異物を除去)
・ ハリタ金属(株)



せん断加工
・ (株)東芝環境ソリューション

ホットナイフ分離法
(ガラスと金属のリサイクル技術)
・ (株)NPC、(株)浜田(NEDO)

GRCJ
The Glass Recycling Committee of Japan

使用済
太陽電池モジュール
(リユース不適品)



有価物

ガラスカレット



有価物

セルシートくず



製品化

セラミック製品
(タイル等)

- (東海地方)
- ・ 丸美陶料(株)
 - ・ 立風製陶(株)
 - ・ クリスタルクレイ(株)



防音パネル

- ・ (株)ライテック



有用金属の回収

乾式精錬

- (精錬各所)
- ・ 三井金属鉱業(株)

有用金属

- ・ 銀

対応可能な施設を、全国にてリストアップ

Processing by PV Recycling Hammer

Disposed PV Panels



Removing Aluminum Frames



Pre-Heating



Removing Glass



Junction Boxes Aluminum Frames



Glass



Cell Sheets

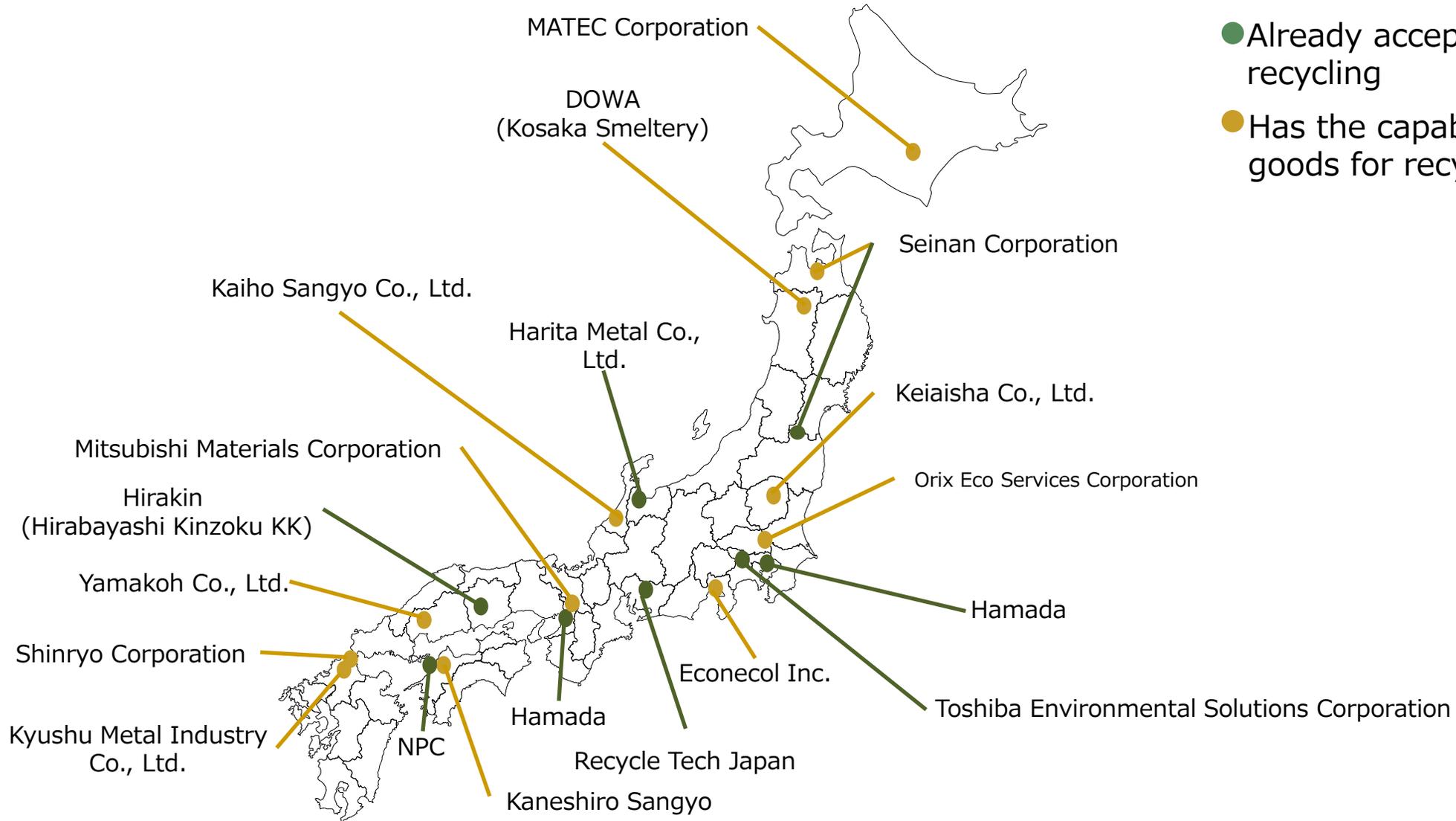
Scrap Recycling Companies
Metal Recycling Companies

Used as materials for;
Glass fiber, Insulation material, Foam glass,
Ceramic clay Recycled aggregates for
concrete pavers, blocks, etc.

Smelting Companies Rare Metal
Recycling Companies

Facilities capable of recycling photovoltaic cell modules (GRCJ GReAT6)

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



- Already accepting goods for recycling
- Has the capability to accept goods for recycling

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

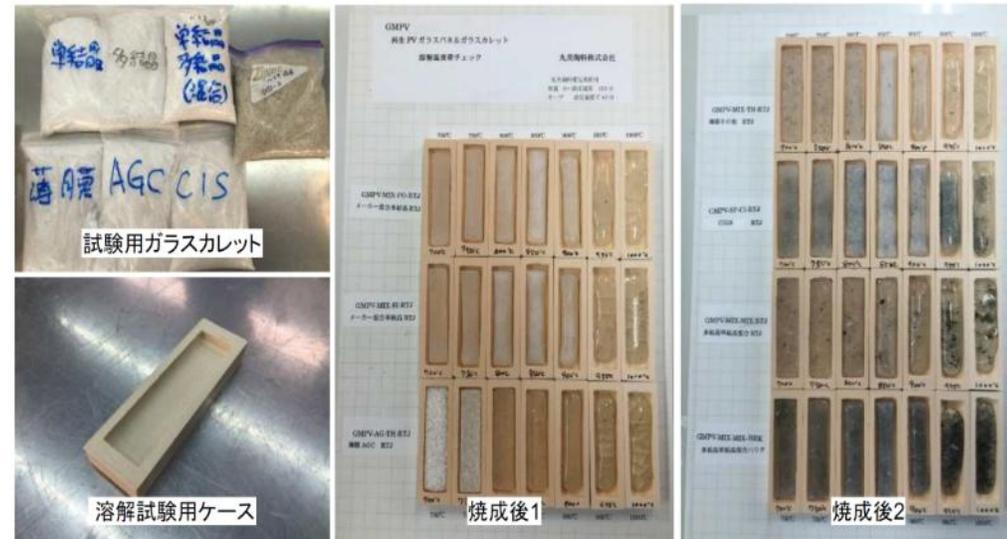
3mmガラスカレット	①多結晶(メーカー混合)
	②単結晶(メーカー混合)
	③-1薄膜(アルミナ系)
	③-2薄膜(その他)
	④CIS/CIGS系(メーカー混合)
	①②-1単結晶・多結晶(混合)
	①②-2単結晶・多結晶(混合)

➤ 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

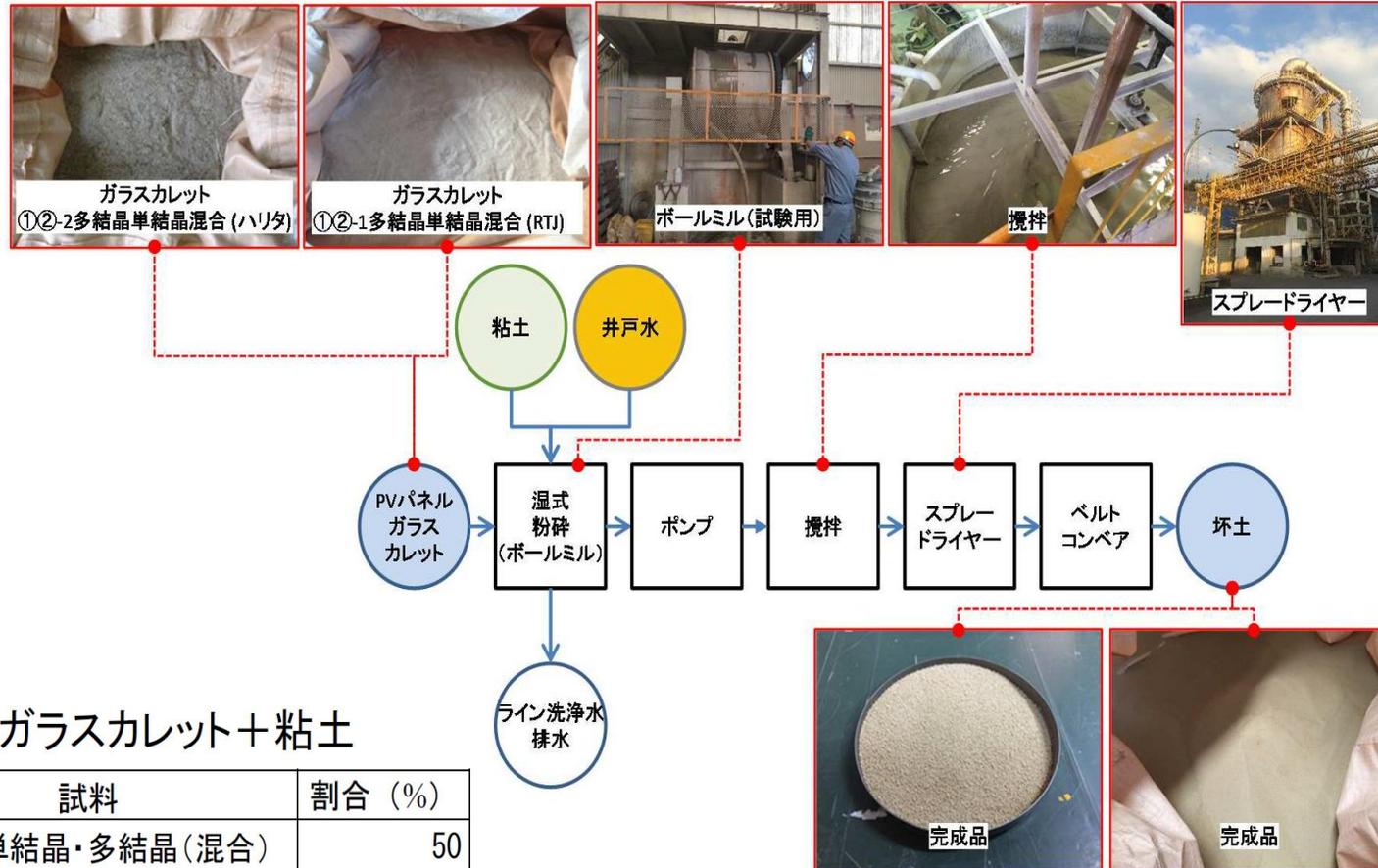
- 溶解温度帯が高い順に④>③-1,③-2>その他となった。
- 焼成前には目立たなかった異物が、加熱温度によっては焼成後に広がり目立つようになった。
- 850℃から明らかに角が丸くなり、収縮したため、焼成後の収縮を考慮して温度と焼成時間を設定する必要がある。



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。

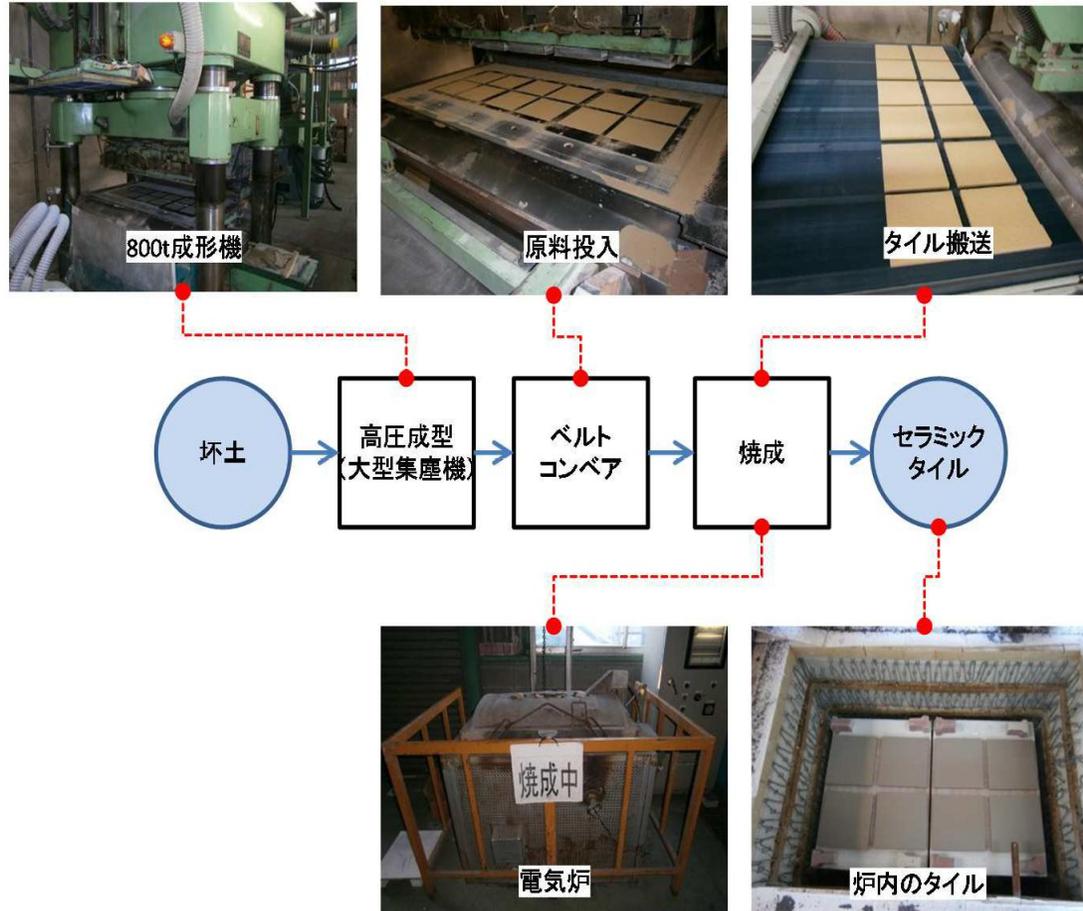


➤ 原材料: ガラスカレット + 粘土

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

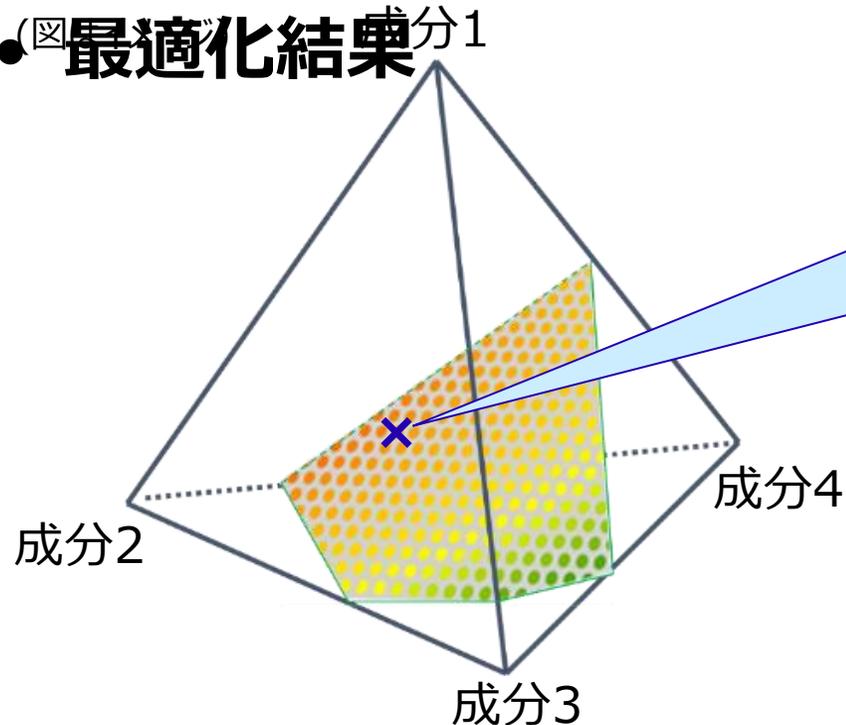
	GML	GMA/GMV	GMPV	GMFI	GMB	GME	
	Liquid crystal 液晶	Architectural and Vehicle 建設・自動車	Photovoltaic 太陽電池	Fiber 繊維ガラス	Bottle びん	Electron tube ブラウン管	
						Panel パネル	Funnelファンネル
Glass type ガラス種類	Aluminoborosilicate アルミノホウケイ酸	Sodalime ソーダ石灰	Sodalime/ Aluminosilicate ソーダ石灰/ アルミノ珪酸	Sodalime ソーダ石灰	Sodalime ソーダ石灰	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

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）

● (図)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%)

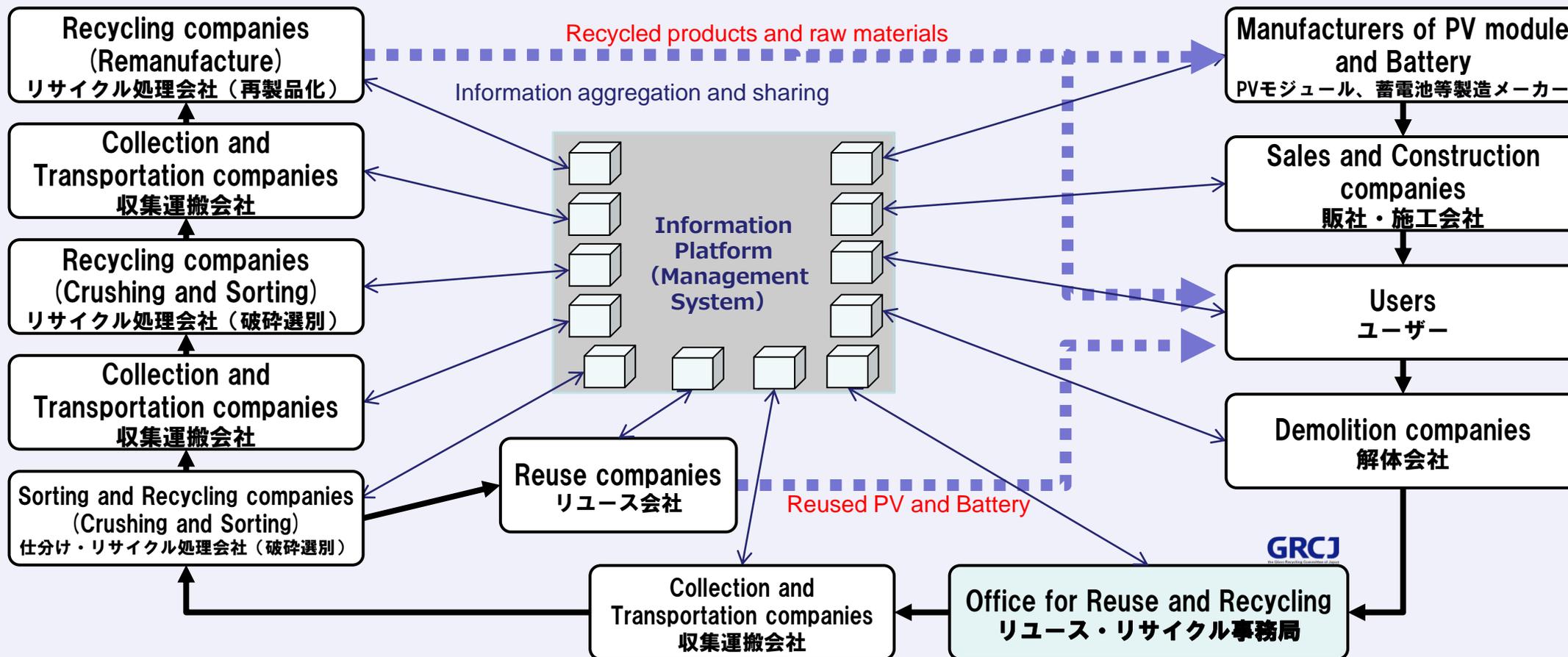
複数の要求特性に対して、
膨大な組み合わせ候補の中から
最適な混合組成を探索できる

Overall optimum of aiming GReAT DX project

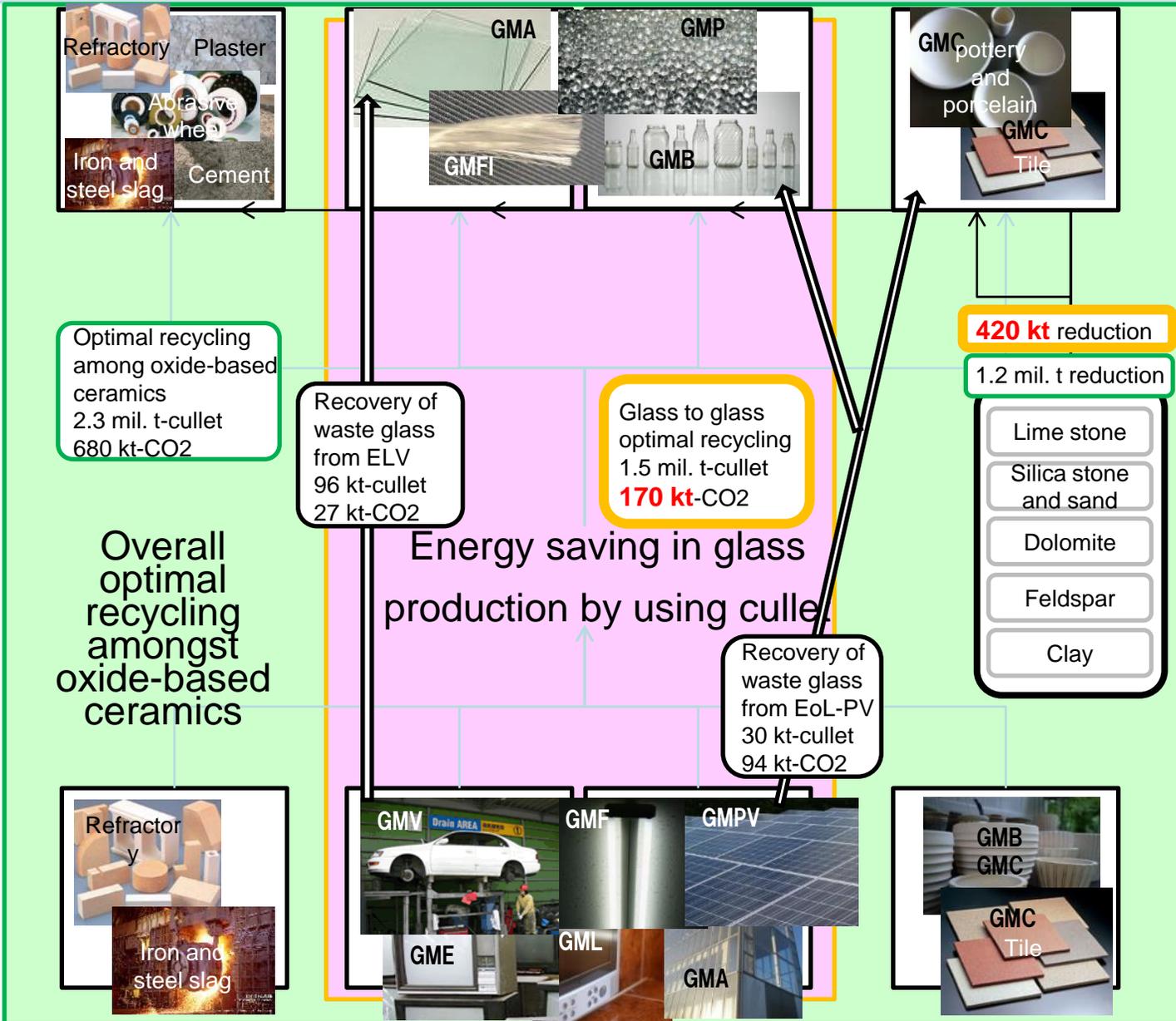
GReAT DX プロジェクトの目指す全体最適

< Image of an information platform >

Consortium



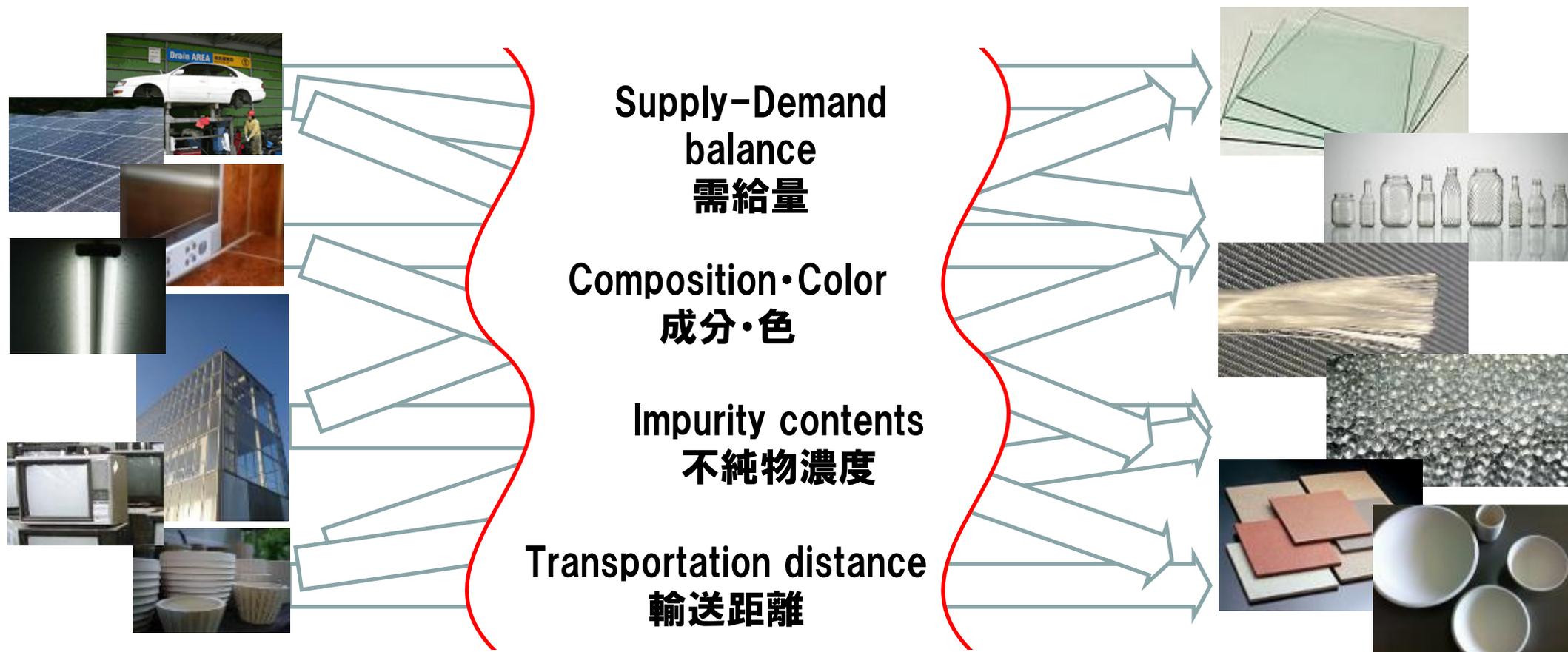
Recycling of glass cullet should be considered within family materials (glasses and other oxide-based ceramics)



- 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

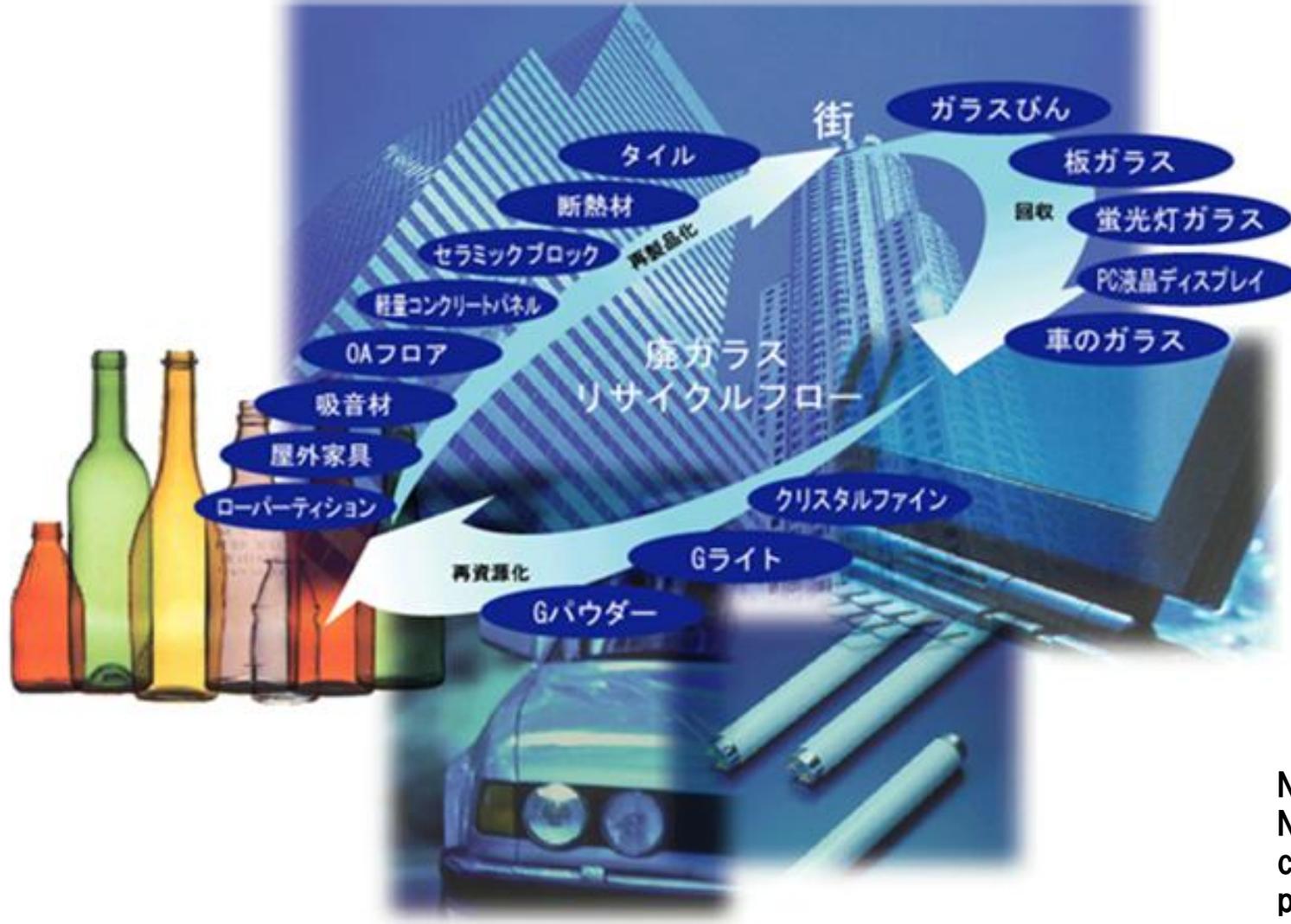


Oxide-based ceramics like almost same glass composition are included in the overall optimum evaluation
ガラスに組成(SiO₂-CaO系セラミック)の類似した酸化物系セラミック類も全体最適の評価対象内に含める

[Sustainability] Design for Resource Circular Economy

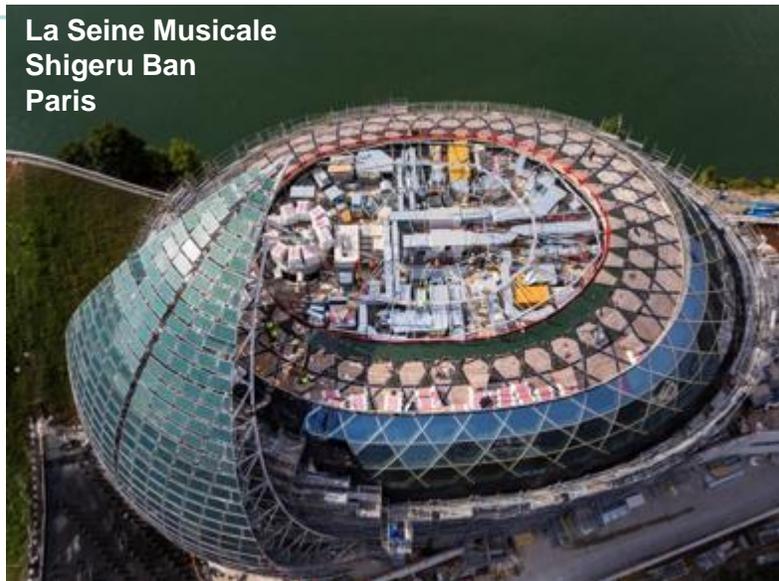
「サステナビリティ」リサイクル産業システムをデザイン

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





ガラス再資源化協議会



INTERNATIONAL YEAR OF
GLASS
2022
国際ガラス年2022

Thank you
有難うございます

GRCJ renewed homepages as follows:

ガラス再資源化協議会(GRCJ)のホームページをリニューアルしました

<http://www.grcj.jp/index.html>