

LCA研究報告

～ガラス再資源化システムの設計にむけて～

東京大学大学院 特任准教授 醍醐市朗

ガラスリサイクルに関するLCAの 出発点

2011年某日

GRCJ加藤氏が研究室に相談にご来訪

「使用済み自動車からのガラスリサイクルに関するLCA(ライフサイクルアセスメント)を実施したい」

その結果、得られたメッセージは

「ガラスは必ずしもガラスにリサイクルせずとも、
酸化物系セラミックスでのリサイクル用途を検討
すべき」(詳細はスライド4枚目)

Glass Recycling Advanced Technology

GReATプロジェクト等の歴史

	事業名	プロジェクト名称
GReAT 2012～14	環境省 環境研究総合推進 費補助金	廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度 再資源化シ ステムに関する研究(J123003)
GReAT 2 2014	NEDO 新規/拡充研究開発PJ	太陽光発電リサイクル動向に関する調査／検討(MRI) 太陽光発電設備等のリユース・リサイクル・適正処分 に関する研究
GReAT 3 2015	環境省 低炭素型3R技術・シ ステム実証事業	使用済太陽光パネルユニットの新たなリユース、リサ イクルシステムの構築事業
GReAT 4 2016	環境省 低炭素型3R技術・シ ステム実証事業	使用済太陽電池モジュールの新たなリサイクル、リ ユースシステムの構築実証事業
2016.5.24	環境省 マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減 に向けて ～ 素材別リサイクル戦略マップ策定に向けた調査・検討の中間報告～ 2015年度 低炭素型3R技術・システムの社会実装に向けた素材別戦略マップ検討会 (座長:中村崇先生) ガラス分科会 (座長:醍醐)	
GReAT 5 2017	環境省 低炭素製品普及に 向けた3R体制構築支援事業	リユースEV蓄電池(LiB)・リユース太陽電池モジュール (PV)を活用した低炭素電力システムの構築実証事業
GReAT 6 2017～19	環境省 環境研究総合推進 費	PV・液晶等積層型難処理パネルの合理的リサイクル 技術の開発(3-1708)

	事業名	プロジェクト名称
GReAT 2012～14	環境省 環境研究総合推進 費補助金	廃液晶ガラス・廃自動車ガラス等の高度 再資源化システムに関する研究(J123003)

2012年度＜当初＞

ガラスリサイクルのフレームワーク

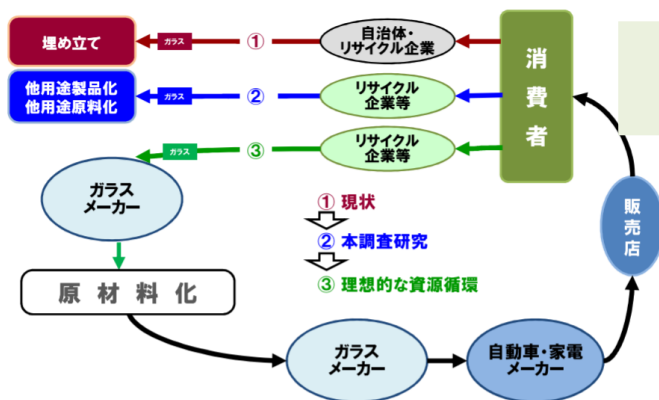


図1 GML(液晶ガラス)とGMV(自動車ガラス)のリサイクルフロー

Life cycle assessment (LCA)

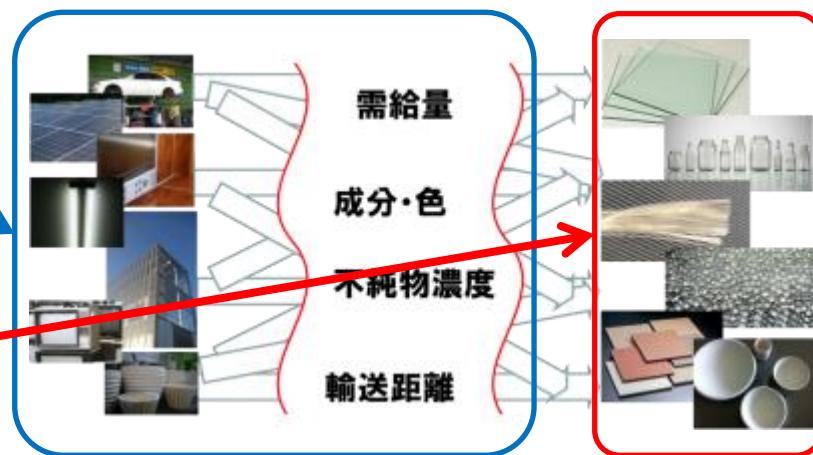
システム境界を拡張し、**リサイクルによる天然資源の消費回避**などの**環境負荷発生回避効果**を**定量**できた。

天然資源の消費回避よりも、**カレット利用による低融点化の効果**が大きかった。

ガラス to ガラスだけでなく、ガラス to セラミックスでも同様の効果が得られ、必ずしも**ガラス to ガラスに拘ることもない**と考えられた。

2014年度＜最終＞

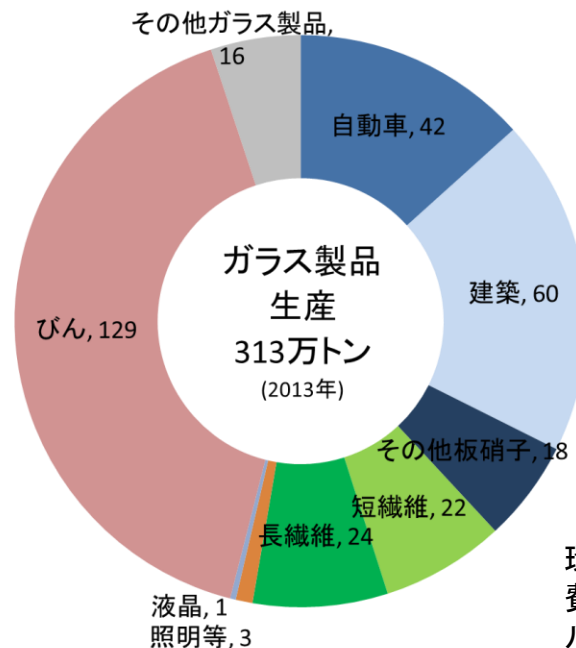
- 分離技術
- 中間処理技術
- 運搬技術
- 原料加工技術
- ガラス再資源化製品製造技術



The waste which a project intends for GReAT

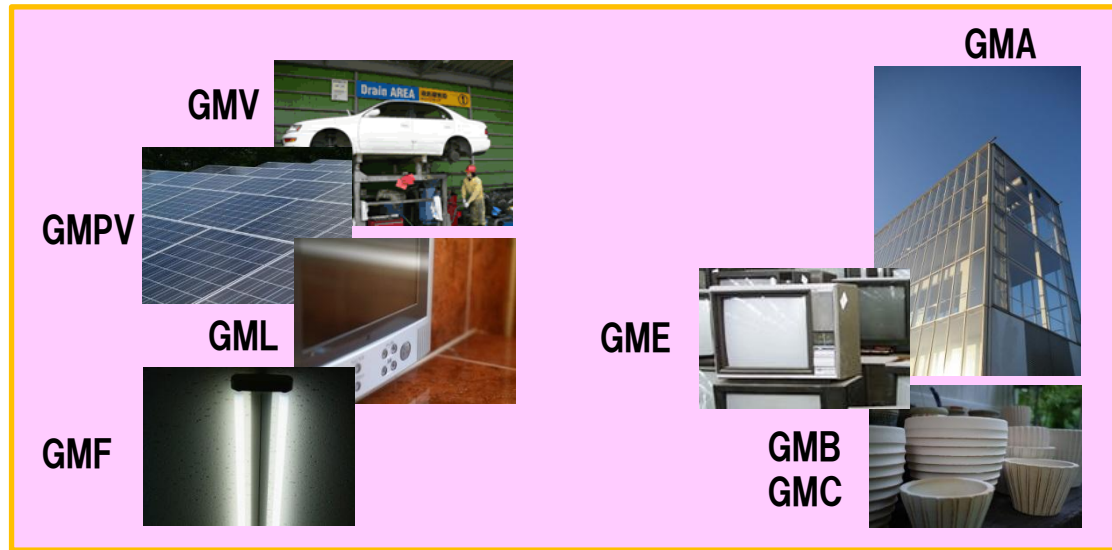
GReATプロジェクトが対象とする廃棄物

- Home Appliance Recycling Law **GML** 廃液晶ガラス(家電リサイクル法関連)
- Law for the Recycling of End-of-Life Vehicle **GMV** 廃自動車ガラス(自動車リサイクル法関連)
- Home Appliance Recycling **GME** 廃ブラウン管ガラス(家電リサイクル法関連)
- Construction Material Recycling Law **GMPV** 廃太陽光パネルガラス(建設リサイクル法関連)
- Construction Material Recycling Law **GMA** 廃建築ガラス(建設リサイクル法関連)
- Construction Material Recycling Law **GMF** 廃蛍光灯(建設リサイクル法関連)



環境省2016: マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～素材別リサイクル戦略マップ策定に向けた調査・検討の中間報告～

ガラス



原料

石灰石

硅砂・硅石

ドロマイト

長石

粘土



不純物に対する許容が小さい ⇒ 制約

- 光透過性
- 脆性破壊

酸化物系セラミックスの主要11成分



	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	その他
GMB(透明)	72.5	0	1.8	0.03	11.2	0.1	0.8	13.1	0	0	0	0.18
GMB(茶色)	72.6	0	2.0	0.26	10.5	0.2	1.2	13.1	0.01	0	0	0.09
GMB(その他)	71.9	0	2.0	0.15	10.6	0.3	1.3	13.1	0	0	0	0.41
GMA	70.0	0	1.7	0.1	8.0	4.0	1.5	13	0	0	0	0.4
GMV	70.0	0	1.7	0.1	8.0	4.0	1.5	13	0	0	0	0.4
GMF	72.7	0	3.1	0	1.2	0	4.5	4.3	0	0	14.1	0
GML	68.6	0	16.4	0	9.5	5.2	0	0	0	0	0	0
高炉スラグ	33.8	0	13.4	0.4	41.7	7.4	0	0	0.3	0.1	0	2.9
電気炉還元スラグ	18.8	0	16.5	0.3	55.1	7.3	0	0	1	0.1	0	0.09
汚泥熔融スラグ	30.4	0	12.9	11.2	17.1	2.64	2.16	1.05	0	15.8	0	2.6
アルミ質耐火物	0.9	0.2	92.7	0.1	0.8	5	0.1	0.1	0	0	0	0

酸化物系セラミックス

ガラス



原料

石灰石

硅砂・硅石

ドロマイト

長石

粘土

タイル



陶磁器



鉄鋼



スラグ

セメント



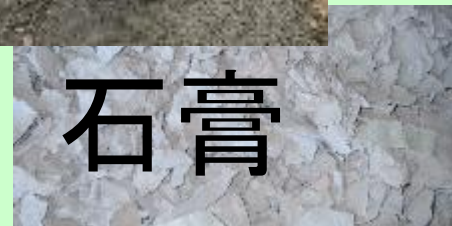
耐火物



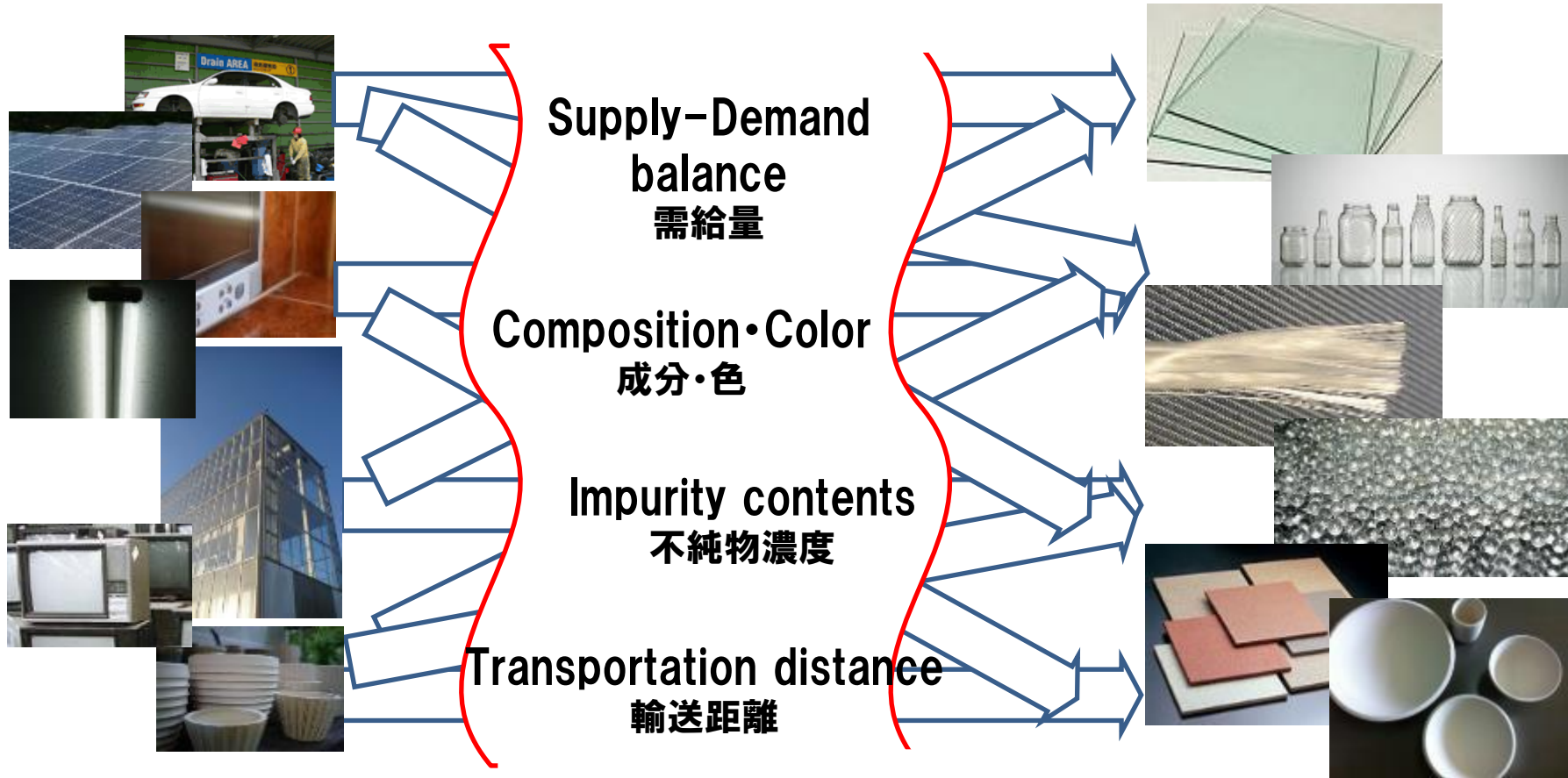
研削砥石



石膏



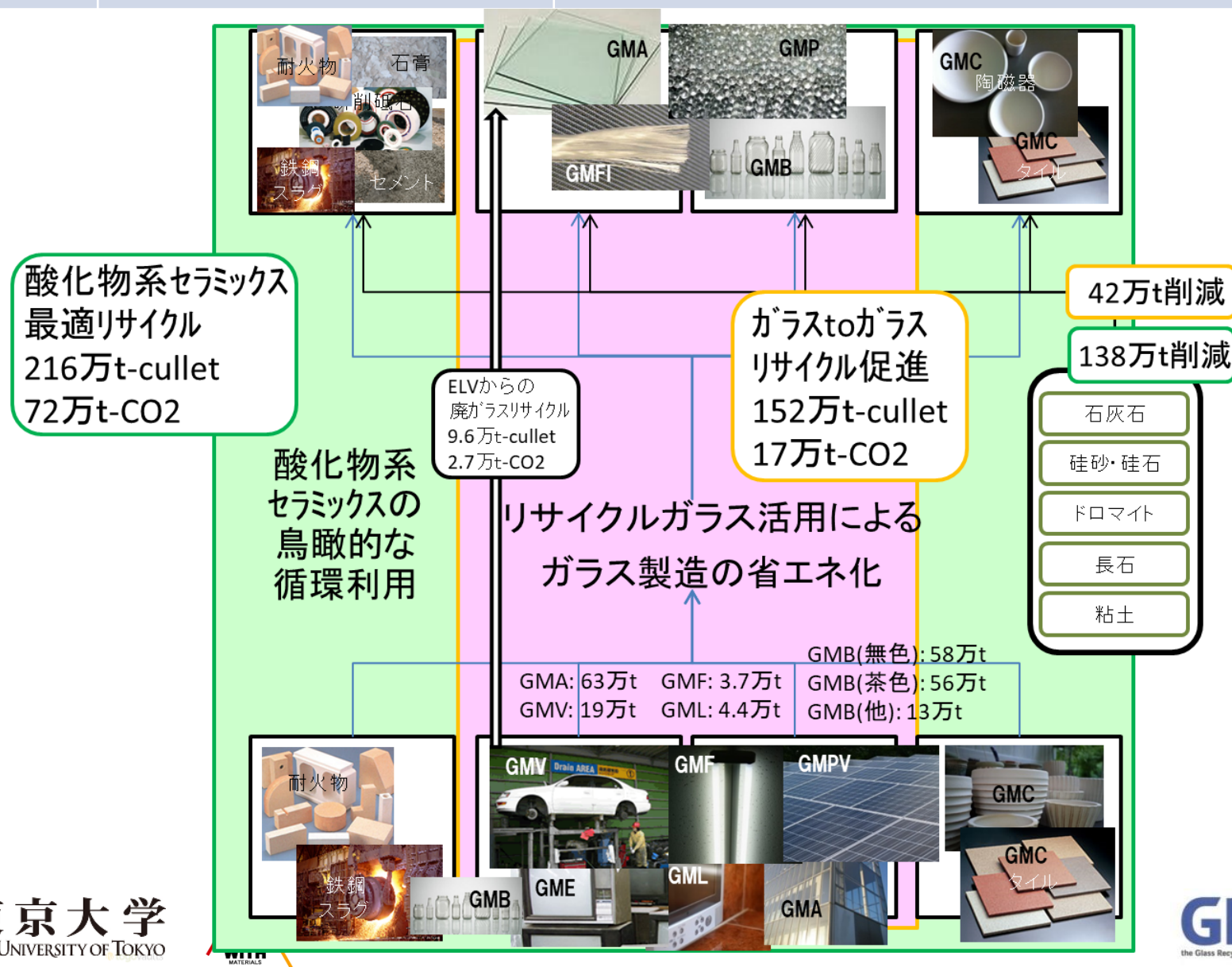
Overall optimum of aiming GReAT project
GReATプロジェクトの目指す全体最適



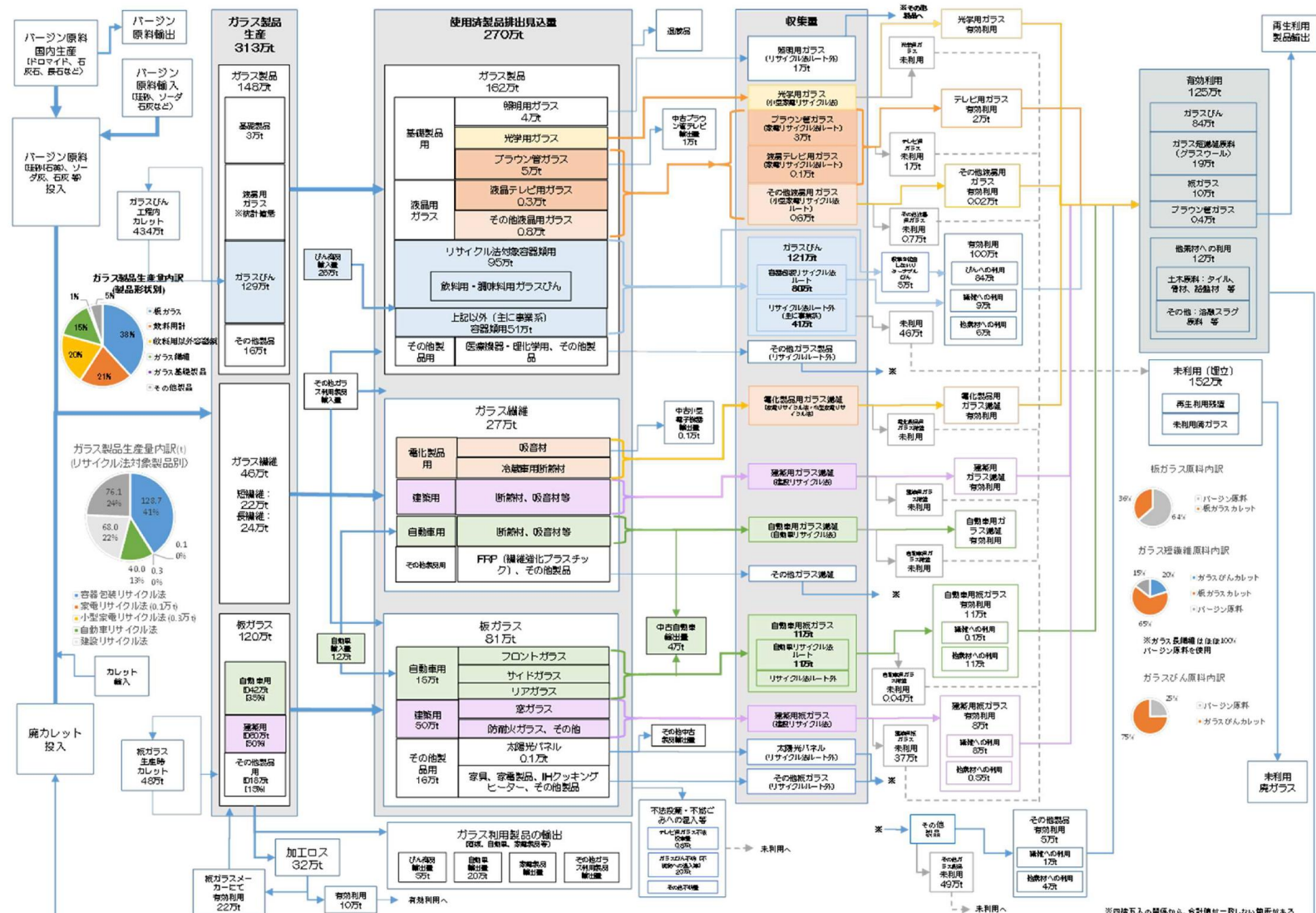
Oxide-based ceramics like almost same glass composition are included in the overall optimum evaluation

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

	事業名	プロジェクト名称
GReAT 3 2015	環境省 低炭素型3R技術・システム実証事業	使用済太陽光パネルユニットの新たなリユース、リサイクルシステムの構築事業



ガラスのマテリアルフロー Material flow of glasses (2013年)

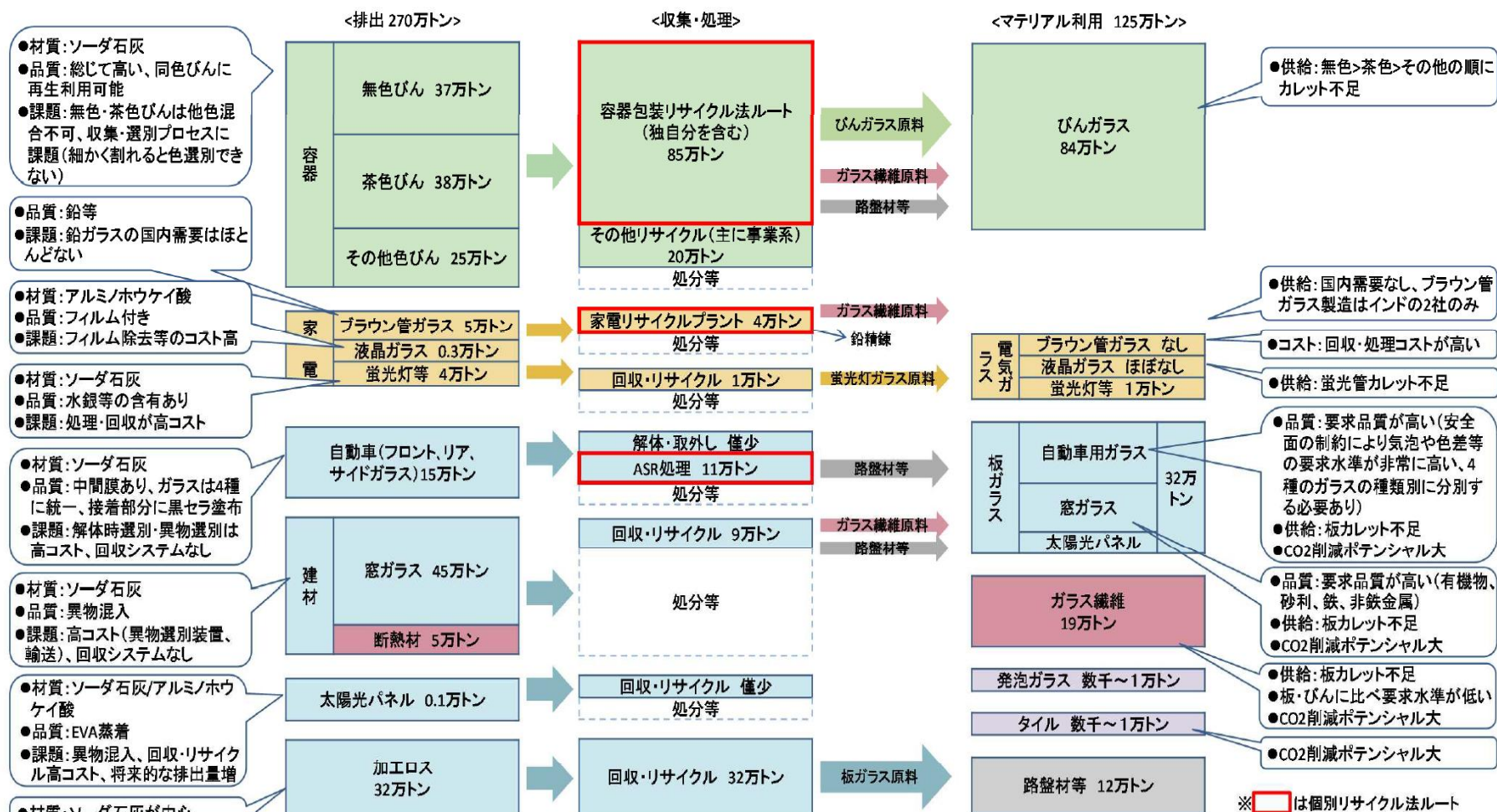


2016.5.24

環境省 マテリアルリサイクルによる天然資源消費量と環境負荷の削減に向けて～
素材別リサイクル戦略マップ策定に向けた調査・検討の中間報告～

Arrangement of the present conditions and the problem

マテリアルフローと現状と課題



酸化物系セラミックス

ガラス

GMV

GMPV

GML

GMF

GMA

GME

GMB
GMC

タイル

鉄鋼

スラ

セメント

コンクリート ブロック

石膏

約80万トン/年

約300万トン/年

ただし、ガラスカレットによる
代替率はそれぞれ

学術雑誌Resources, Conservation & Recycling

2018年最優秀論文賞* 受賞

論文題目: 廃セラミック・廃ガラスリサイクルの元素に着目した最適化

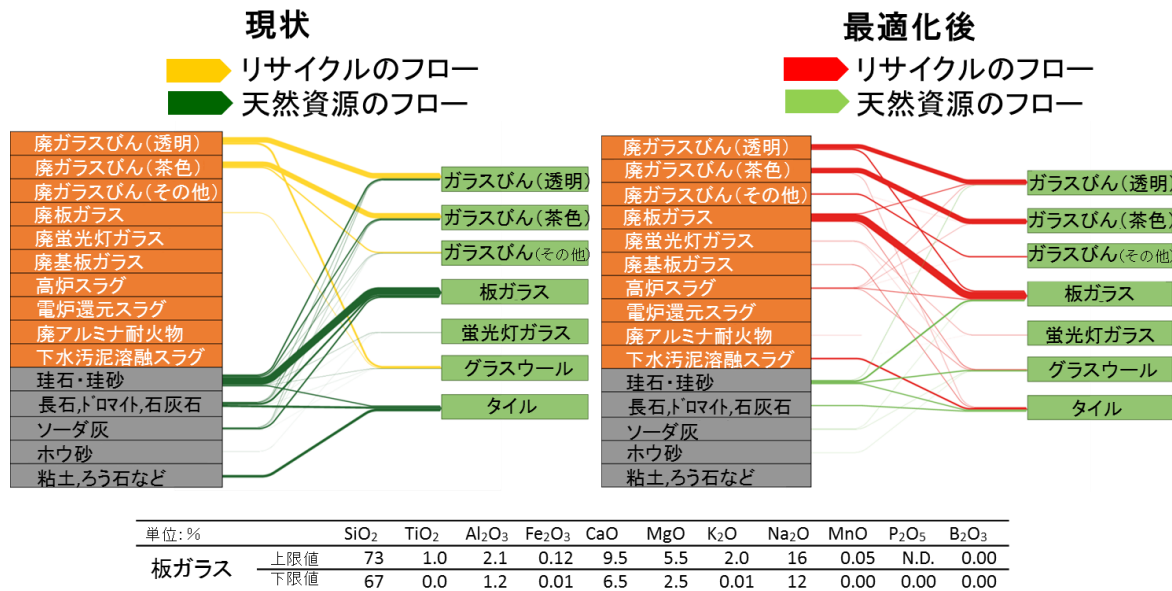
著者: 醍醐市朗^a、清原慎^b、岡田知樹^{c,d}、岡本大作^e、後藤芳一^a

^a 東京大学大学院工学系研究科

^b 東京大学生産技術研究所 ^c 東京大学工学部

^d 株式会社神戸製鋼所

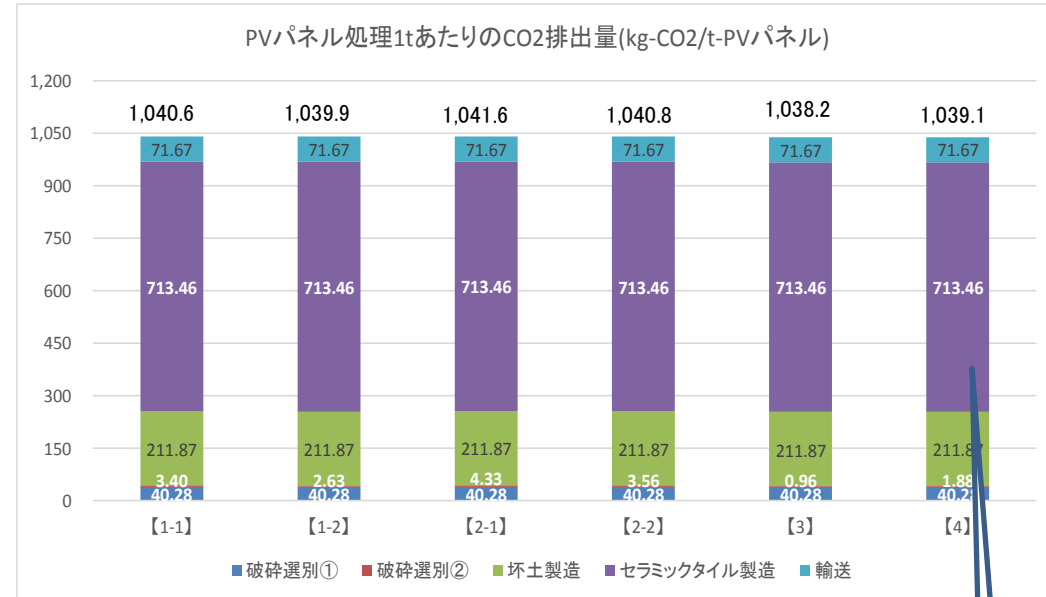
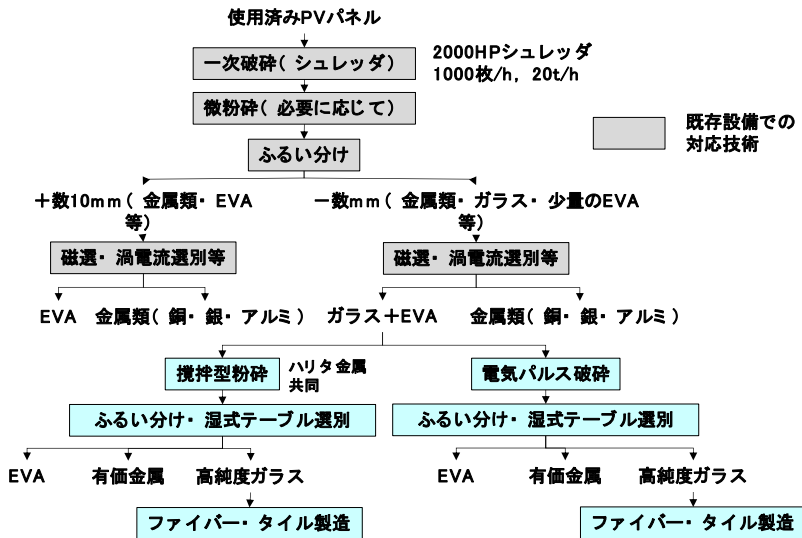
^e 株式会社キシヤマ



- セラミックとガラス (CerG: ceramic materials and glasses) を、相互にリサイクル可能な材料のグループとして定義した。
- CerG のリサイクルを最適化するための線形モデルを提案した。
- 今までにないいくつかのリサイクルルートの可能性が示された。

	事業名	プロジェクト名称
GReAT 6 2017～19	環境省 環境研究総合推進費	PV・液晶等積層型難処理パネルの合理的リサイクル技術の開発(3-1708)

確立された処理フロー

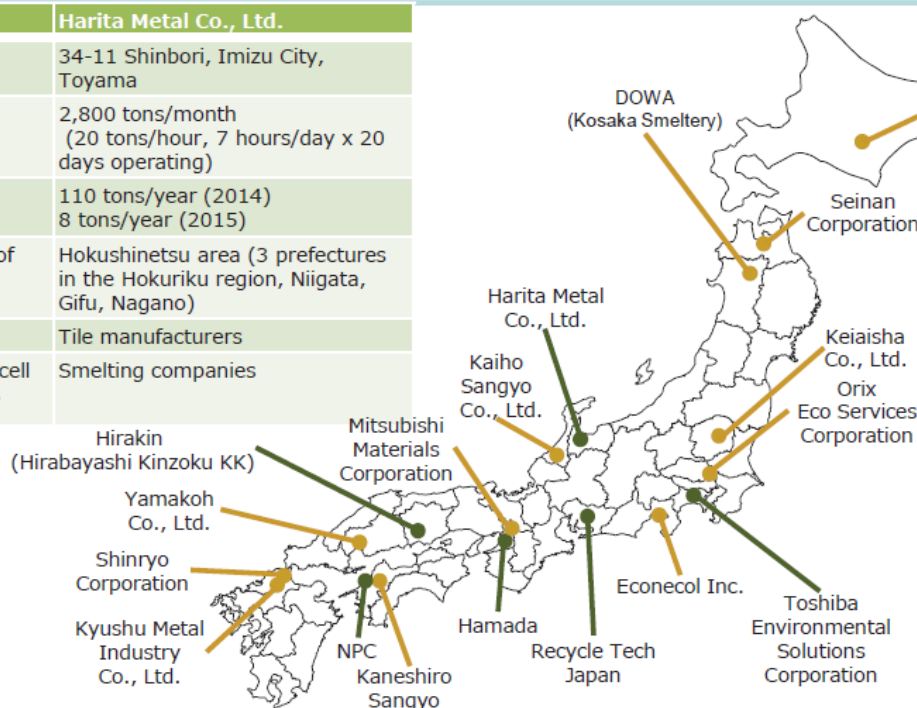


タイルの焼成時のエネルギーが支配的であり、カレット利用による低融点化の効果は大きい。さらには、当該プロセスの省エネが望まれる。

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.

Harita Metal Co., Ltd.		
Address	34-11 Shinbori, Imizu City, Toyama	
Equipment capacity	2,800 tons/month (20 tons/hour, 7 hours/day x 20 days operating)	
Quantity of goods accepted up to now	110 tons/year (2014) 8 tons/year (2015)	
Areas for acceptance of goods	Hokushinetsu area (3 prefectures in the Hokuriku region, Niigata, Gifu, Nagano)	
Sales channels for products after processing	Glass	Tile manufacturers
	Scrap cell sheets	Smelting companies



Toshiba Environmental Solutions Co.		
Address	20-1 Kansei-cho, Tsurumi-ku, Yokohama City, Kanagawa	
Equipment capacity	Crushing capacity 44 tons/month/machine	
Quantity of goods accepted up to now	180 tons/year (10,000 sheets/year) Note: crystalline system 250W class Average for 2013 - 2015	
Areas for acceptance of goods	Head office: Kanto region Affiliates: Nationwide	
Sales channels for products after processing	Glass	(1) Damaged goods as well as modules with high resource value (with large quantities of Ag) → Crushed and provided to smelting companies as resources (2) Undamaged modules → Separated and recycled as sheet glass (currently in development)
	Scrap cell sheets	Separated and then recovered as battery powder (in a powdered state) and provided to smelting companies as a resource

Hamada Co., Ltd. / NPC Inc.			
Address	2889 Nishihabu-machi, Matsuyama-shi, Ehime		7-5 Keihinjima 2-chome, Ota-ku, Tokyo
Equipment capacity	86.4 tons/month (4.32 tons/day x 20 days)		86.4 tons/month (4.32 tons/day x 20 days)
Quantity of goods accepted up to now	10 tons/year		—
Areas for acceptance of goods	Nationwide but primarily the Kinki region		Nationwide but primarily the Kanto region
Sales channels for products after processing	Glass	Glass manufacturers (anticipated)	Glass manufacturers (anticipated)
	Scrap cell sheets	Smelting companies	Smelting companies
Notes	Research institution owned by NEDO (modules are provided as research materials)		Used in prototypes Acquisition of intermediate processing permit expected in April 2017 or thereafter

Recycle Tech Japan Co., Ltd.		
Address	204 Jinguji 1-chome, Minato-ku, Nagoya City	
Equipment capacity	642.6 tons/month	
Quantity of goods accepted up to now (tons/year)	2014 Approx. 54 tons/year Approx. 2,700 sheets 2015 Approx. 36 tons/year Approx. 1,800 sheets	
Areas for acceptance of goods	Nationwide	
Sales channels for products after processing	Glass	Cullet trading companies (for use as raw material for glass wool)
	Scrap cell sheets	Rare metal recycling companies