

令和6年（2024年）板ガラスリサイクルに関する
欧州調査結果報告

2025年8月



一般社団法人
板硝子協会

欧州調査報告書に寄せて

これまで板ガラスメーカーは、積極的なガラスのリサイクルについて検討してこなかった。具体的には、板ガラスの製造や加工の工程で発生する端材等のリサイクルには取り組んできたが、建築物の解体時の廃棄ガラスについては、大量に発生しているものの不純物が混入する可能性が高く、リサイクルには不向きと考えて、対象外としていたのである。

しかし板ガラスメーカーにとって、製造時のエネルギー使用量の削減のためには、燃料の節約にもつながるリサイクルが有効な手段である。したがってメーカーとして脱炭素を目指すためには、可能な限り多くのガラスのリサイクルに取り組む必要がある。そのため、建築物の解体時のガラスも含めて、ひろくガラスを集めてリサイクルに取り組まなければならなくなってきた。

そうすると、まずは先行してガラスのリサイクルを実施している欧州を訪問し、実際のリサイクルの現場での課題を知り、最新の動向を確認しようということになり、今回の調査となったのである。

今回の訪問先は、わたくしにとっては20年前からたびたび訪れているなじみのところであり、重い腰をあげたガラスメーカーの取り組みにお付き合いするという気持ちで、あまり新しい情報はないだろうと思いながら同行した。しかしオランダのガラス回収では、脱炭素の流れからあらたに板ガラスメーカーが直接端材を集めるアクションが、1年前から始まっていた。また最新の加工機械では、複層ガラスを単板ガラスに分解するものが開発され、それらを使ったガラスリユースのベンチャー企業まで登場したことをうかがった。このように欧州でも脱炭素に向けて、あるいはサーキュラーエコノミーの考えから、リサイクルのみならずリユースまでどんどん進んでいることを実感し、(一社)板硝子協会のメンバーだけでなく、わたくしにとっても刺激の多い調査となった。

本報告書はその内容をまとめたものであり、これからのリサイクルに関わる方々にはおおいに参考にして頂きたい。

2025年8月

東京大学 大学院 新領域創成科学研究科

教授 清家 剛

目次

- 第1章 欧州調査目的、調査概要
 - 1-1 調査目的
 - 1-2 調査概要

- 第2章 欧州板硝子業界団体の取り組み
 - 2-1 オランダ板硝子再利用協会（VRN）訪問（Vlakglas Recycling Nederland）
 - 2-2 ドイツ板硝子協会（BF）訪問（Bundesverband Flachglas e.V.）

- 第3章 欧州カレット業者
 - 3-1 マルタ社視察（MALTHA Glasrecycling Nederland B.V.）
 - 3-2 ライリング社視察（Reiling Glas Recycling GmbH & Co. KG）
 - 3-3 欧州カレット業者視察まとめ

- 第4章 glasstec2024 の調査結果
 - 4-1 glasstec2024 の概要
 - 4-2 複層ガラス自動解体装置 「HEGLA 社製 IG2 Pieces」
 - 4-3 板ガラス選別装置技術の動向

- 第5章 WEB 調査による追加情報
 - 5-1 欧州板ガラスメーカー各社による板ガラス水平リサイクルの動向
 - 5-2 欧州板ガラスメーカー各社によるローカーボンガラスの上市動向
 - 5-3 欧州板ガラスリユースの取り組み

- 第6章 総括

- 第7章 APPENDIX

第1章 欧州調査目的、調査概要

1-1 調査目的

2024年度より（一社）板硝子協会において板ガラスから板ガラスへのリサイクル実現を目指し「サステナビリティ特別委員会」に「板ガラスリサイクル・再資源化部会（主査 清家剛 東京大学大学院教授）」が設置された。清家主査の建築用板ガラスのリサイクルに関する欧州調査事例（2006年 ガラス産業連合会との調査を含む）などより、オランダでは板ガラスのリサイクルの仕組みがあり、事業ベースでリサイクルされていることが報告されている。日本国内において板ガラスリサイクルの枠組みを検討する上で、欧州での最新状況を把握することを目的に欧州調査を行った。

1-2 調査概要

●調査期間：2024年10月17日（木）～10月25日（金）

※同時期開催の glasstec2024 の視察を含む。

●訪問先：板ガラスリサイクルを推進する業界団体、リサイクル事業者など

・VRN : オランダ板硝子再利用協会

・BF : ドイツ板硝子協会

・MALTHA 社 : カレット業者（ガラスリサイクラー：板ガラス、ガラスビン含む）

※訪問先はガラスビンリサイクル工場

・Reiling 社 : カレット業者（ガラスリサイクラー：板ガラス、ガラスビン含む）

※訪問先は板ガラスリサイクル工場

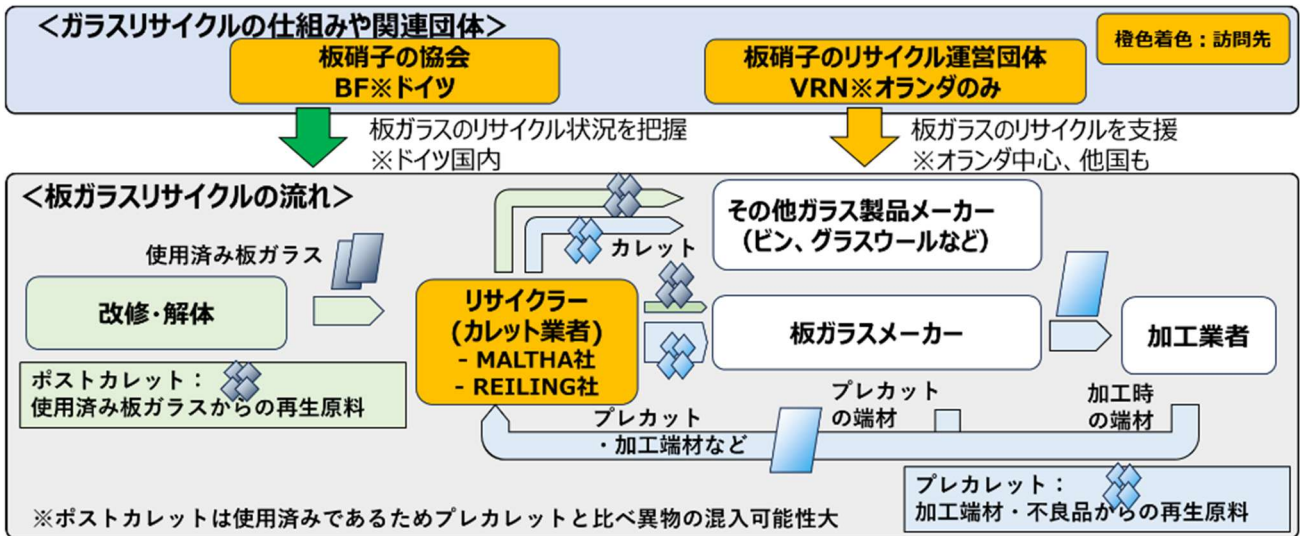
・glasstec2024 視察：サンゴバン社（板ガラスリサイクルプロジェクトの紹介）、

HEGLA 社（複層ガラスの分離技術）など

●調査団名簿

職務	氏名	サステナビリティ特別委員会委員会職務	所属
団長	清家 剛	板ガラスリサイクル・再資源化部会 主査	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
委員	磯部 孝行	板ガラスリサイクル・再資源化部会 専門委員、 ホールライフカーボン部会 専門委員	武蔵野大学 工学部 サステナビリティ学科 准教授
委員	井上 伸介	板ガラスリサイクル・再資源化部会委員	日本板硝子株式会社 建築ガラス事業部門 アジア事業部 日本統括部 環境安全部 環境管理グループ リーダー
委員	中濱 克幸	板ガラスリサイクル・再資源化部会 制度分科会委員	セントラル硝子プロダクツ株式会社 技術部開発課 主幹
委員	小林 直也	板ガラスリサイクル・再資源化部会 制度分科会委員	AGC株式会社 建築ガラス アジアカンパニー 持続的経営 基盤構築グループ マネージャー
添乗員	小室 大輔		設備設計一級建築士事務所 エネクスレイン 代表
同行者	久田 隆司	ホールライフカーボン部会長	日本板硝子株式会社 建築ガラス事業部門 開発部 部長

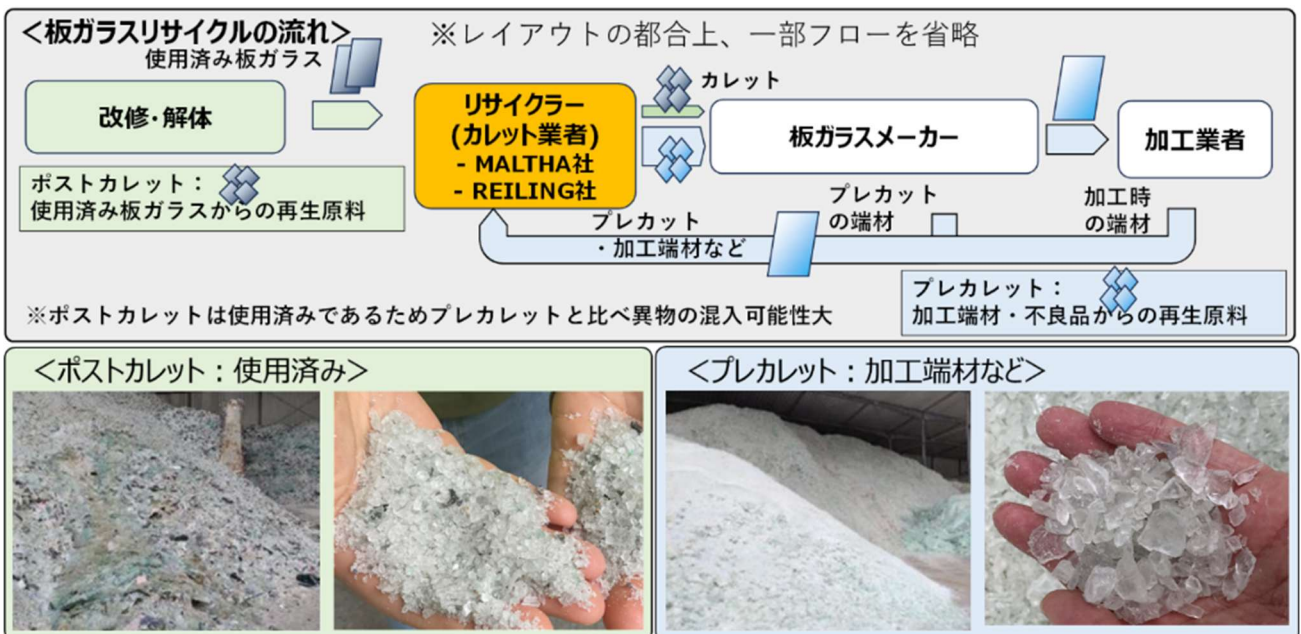
欧州調査では国内の板ガラスリサイクルシステムの立案に関する基礎情報を収集するために、欧州の板ガラスリサイクルの仕組みに関連する団体、事業者を中心に調査した。



図：ドイツ、オランダにおけるガラスリサイクルの仕組みや関連団体、及び板ガラスリサイクルの流れ

●ポストカレット、プレカレットについて

使用済み板ガラス由来の「ポストカレット」、使用前に発生する加工端材などの「プレカレット」では必要なりサイクル工程、再生材としての品質が異なるため区別して考える必要がある。



図：ポストカレットとプレカレットの特徴、板ガラスリサイクルの流れ

第2章 欧州板硝子業界団体の取り組み

2-1 -オランダ板硝子再利用協会:VRN (Vlkglas Recycling Nederland)



- 日付 : 2024年10月18日(金) 9:00-11:00
- 対応者 : Cor Wittekoek氏 / Directeur
- 場所 : VRN Headquarter in Dutch, Zilverstraat 69, 2718 RP Zoetermeer



(左) 集合写真、(右) 現地のホワイトボードも利用し、リサイクルフローや リサイクルフィー等の流れ等について熱く議論

2-1-1 組織に関して

VRNはボランティアな組織で、EPR(拡大生産者責任)の制度をベースに2002年からガラスの回収を実施している。5名で構成され、運営責任はディレクターにあるが、最終的な責任は、別組織の取締役会が負う。取締役会は、5名で、ガラスの製造、加工、物流、施工、輸入など、ガラス業界の関係者で構成されている。

2-1-2 廃ガラス回収システム

1) 運営費用

VRNの主な収入源は、複層ガラスに対するリサイクルフィーと、回収したカレットの売却収益である。これらの収入をもとに、カレットの回収システム構築、輸送、リサイクル費用を賄っている。

2024年10月時点で、複層ガラスへのリサイクルフィーは、 $0.3\text{€}/\text{m}^2$ の料率である。リサイクルフィーは、複層ガラスの製造・輸入業者が支払うが、実質、売価に転嫁されており、購入者が負担すること

になっている。リサイクルフィーの支払いは、「一般的に拘束力のある規制（略称 AVV）」により、義務化されている。ただし、AVV は、定期的に必要性を検討され、現在の規制の有効期限は 2027 年までである。

2018 年以降は、カレット回収用のコンテナ貸出でも利益を得ており、政府の補助金がない状態でも、0.3€/m²の料率を維持していた。しかし 2025 年以降は、新築工事の減少や、輸送費の高騰のため、0.4€/m²に値上げすることを決定している。（さらに、2025 年 5 月情報では、2026 年より、0.0175€/kgと重量当たりの料率に変更することを決定している。これは、4 mm + 5 mmの構成で、0.4€/m²となる水準とのことである）

費用の高騰の中、開始当初の、0.5€/m²以下を維持するための、試行錯誤が見られる。

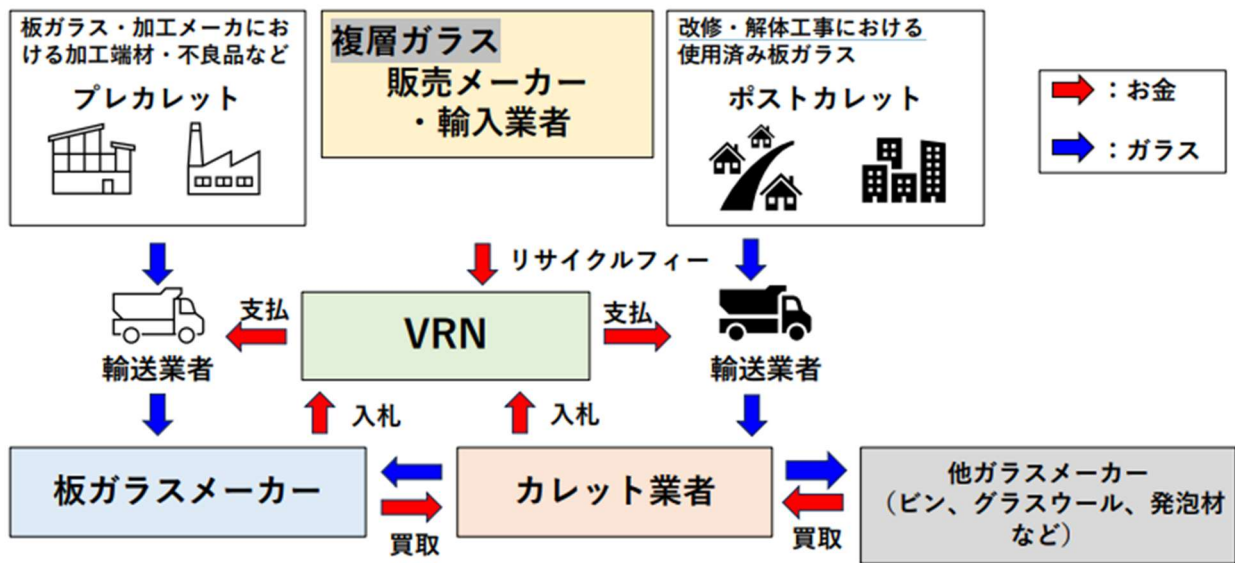
2) 回収システム

VRN は、カレット回収のため、①工事店や、公共の回収場所に対するコンテナの設置、貸出 ②工事現場へのコンテナ貸出を行い、パートナーである輸送会社やリサイクル会社と連携し、回収、処理のフローを構築している。特に、公共のガラス回収場所は、15km 以内に 1 か所に設置を目標として整備されている。2023 年度末時点で公共の回収場所は、384 か所あり、単純にオランダの国土面をこの数で割ると 10km に 1 個ある計算となる。これ以外に、非公開の工事現場などに設置された回収場所は、2,000 以上あり、回収場所が充実していることがわかる。またオランダには、「解体時のガラスは分別回収が必要で埋立禁止」（廃棄物規則：LPA3 38section）という制度があり、再資源化を後押しする力になっていると考えられる。

パートナーの輸送会社は、これまで Renewi Nederland 社のみであったが、2023 年には、Vlaar Transport 社、Recycling Kampen 社を加えた 3 社となっている。また、カレットの供給先に関して、2020 年以降、板ガラスメーカーも加わっており、2023 年時点では、それまで 3 社程度であったカレットの共有先が、リサイクル会社（Maltha 社、Minerale 社、Reiling 社）、板ガラスメーカー（Saint-Gobain 社、AGC 社）、断熱材メーカー（Saint-Gobain Isover 社）の 6 社に増加していた。板ガラスのカレット利用率を増加する活動が、活発になっていることが見受けられる。

なお、お金とガラスのフローは以下の図の通りである。VRN は、使用済みのポストカレットだけでなく、加工端材などのプレカレットの回収も実施している。

●VRN システムのお金とガラスのフロー



カレット業者は入札により、VRN からプレカレット、ポストカレットを仕入れる。これを破碎・選別し製品としたものを、ガラスメーカーに販売する。なお、板ガラスメーカー側のカレット受入品質基準には、VRN は、関与しておらず、板ガラスメーカー各社が独自に設定している。プレカレットに関しては、板ガラスメーカーが直接入札するルートができています。プレカレットは、フロート板ガラス、網無し型板ガラス、加工仕損の合わせガラスの 3 種類に分別されている。

●回収場所視察

実際の回収ポイントとして、2次加工メーカーである VPM GLAS を案内いただいた。ここで、①改修工事現場に設置する、およそ 1.5m×6m サイズの回収BOXと②加工端材を入れるおよそ 1 m×1.5 mサイズの回収BOXを確認することができた。①は、基本的に廃複層ガラスのみだが、EP バンドの混入が確認された。また、屋外に置いてあったこともあり、落ち葉も確認された。②は屋内に設置されており、プレカレット専用とのことであったが、スペーサーの混入が見られた。



(写真) 回収ポイント VPM GLAS



(写真) 改修工事現場用 およそ 1.5m × 6 m 廃複層ガラスを回収



(写真) 加工端材回収用 およそ 1 m × 1.5m

2-1-3 リサイクル実績

VRN の建築廃ガラスの 2023 年回収実績は、86 千 ton で、この回収量には、15 千 ton (回収量の 17%) のプレカレットも含まれている。その中で、建築板ガラスへのリサイクル率は 10%であった。回収したガラスの処理先詳細は、下記のとおりである。合わせて、欧州でのガラス業界のカレット比率も示す。日本と異なり、ガラスビン産業も建築廃ガラスの受け皿になっていることがわかる。リサイクルシステムを構築するためには、建築用板ガラスへの水平リサイクルが難しい場合の利用先を確保することが重要であることがわかる。

●回収した建築廃ガラスのリサイクル・および処理先

- ・ 建築用板ガラス向け 10%
- ・ ガラスビン向け 50%
- ・ グラスウール向け 35%
- ・ 路盤材向け 4%
- ・ 埋め立て処分 1%

●ガラス業界のカレット比率

・板ガラス産業	25—37%
・ガラスビン産業	90%
・グラスウール産業	80%

最新の建築用板ガラスへのリサイクル率の目標は 25% (以前は 20%) としており、回収量極大化から、水平リサイクルに、少し重心を移したように見える。回収品品質の改善のため、複数のコンテナを設置し、リサイクルしやすいものの分別を推進している。

2-1-4 まとめ

オランダ板硝子再利用協会:VRN は、2002 年設立以来、建築廃ガラスのリサイクル拡大のためのシステムを運営、改善してきた。近年、板ガラス製造におけるカレット利用率を増やす目的で、供給先に板ガラスメーカー2社が参入しており、水平リサイクルが推進されている。一方で、活動の原資であるリサイクルフィーは、新築物件の減少や物流費高騰の影響を受け、2025 年より 0.3 → 0.4€/m²に値上げ、2026 年からは、kg単価に変更など状況変化に対応するかじ取りがなされている。

参照：VRN HP, : 短信、年報、ニュースリリースなど参照 : <https://www.vlakglasrecycling.nl/>

参考資料 (VRN 年報情報より)

1. VRN 運営、取締役会メンバー変遷 (2010～)

運営	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024HP	
マネージングディレクター	Cor Wittekoek															
アカウントマネージャー	Steven Koolman															
管理				Charlotte Piket												Lotte
事務局	Trudy Tuinenburg															
事務局	Liana van der Sluijs															
事務局	Hanneke Troost															
プロジェクトマネージャー			Louise Soares													
財務					Mirjam van den Berg-Geers											
バックオフィス													Lotte Vonk			
バックオフィス													Shalita Sewram	Priscilla Onink		
取締役会	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024HP	
会長	Ben Evers Glasindustrie Ben Evers BV			Hans de Vlam L.H.V. Glasgroothandel b.v.			Dennis Overduin L.H.V. Glasgroothandel b.v.									
会計	Peter van Rhede AGC Flat Glass Nederland BV				Jaco van Luunen AGC Nederland Holding B.V				Michiel Schraven AGC Nederland Holding B.V				Niels Schreuder 7 月から			
秘書	Joost Morsink Saint-Gobain Glass Nederland NV		Hein Bernsen Saint-Gobain Glass Nederland NV			Hein Kroeze Koninklijke SaintGobain Glass Nederland N.V.			7月～Danny Meppelink Royal Saint-Gobain Glass Nederland NV		Reinout Jansonius Vandaglas B.V.		Hans Gorlee Vandaglas BV		Reinout Jansonius Vandaglas BV	
メンバー	Hans de Vlam L.H.V. Glasgroothandel BV				Peter Duynstee Pilkington Nederland BV											
メンバー								Math Heetkamp Scheuten Glas Nederland BV								
メンバー															4月～ Jan Goemaat Goemaat B.V.	

2. パートナー変遷

	VRN		取締役	物流	処理	
	人数	FTE				
2007	2		4	Hoogers Transporten BV (Gansewinkel Group)	Maltha Glasrecycling Belgium bvba	
2008					High 5 Recycling Group NV	
2009					Maltha Glasrecycling Belgium bvba	
2010	5	3.5	4		High 5 Recycling Group NV	
					MBR Recycling GmbH	
2011	5	3.5	4		Van Gansewinkel Transporten BV	Maltha Glasrecycling Belgium bvba
2012	5		4		High 5 Recycling Group NV	Maltha Glasrecycling Belgium bvba
2013	6		4			Minérale SA、België (High5を合併?)
2014	6	4.2	3		Maltha Glasrecycling Belgium bvba	
2015	6	4.2	3		Minérale SA、België	
2016	7	4.8	5			
2017	7	4.8	5	Renewi Nederland BV (Van GansewinkelTransporten BV)		
2018	7	4.8	5	Renewi Nederland BV	Maltha Glasrecycling België bvba	
2019	7	4.8	5		Minérale SA、België	
					Reiling Glasrecycling GmbH & Co. KG Germany	
2020	7	4.6	5		Maltha Glasrecyclage België BVBA (Lommel) Minerale NV (Charleroi)	
2021	7	4.6	5		Saint Gobain Glass Franche (Aniche)	
2022	6		5			
2023	5		6	Renewi Nederland B.V. Vlaar Transport B.V. Recycling Kampen B.V.	Maltha Glasrecyclage België BVBA (Lommel) Minerale NV (Charleroi) Saint-Gobain Glass France (Aniche) AGC Glass Europe (Moustier) Reiling Glasrecycling GMBH & Co KG Saint-Gobain Isover	

3. VRN 回収ポイント

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
公共	収集場所	182	187	191	232	245	288	280	281	319	342	337	306	355	368	340	377	404	385	382	360	384
	保管・転送	17	20	20	28	32	40	40	40	52	58	52	53	48	46	45	47	48	52	50	46	54
	自治体	29	30	26	23																	
非公開	レンタル場所	68	90	162	235	274	380	312	349	336	344	320	277	326	347	372	399	465	490	482	464	532
	改修・解体現場(臨時)	129	195	152	180	225	293	240	365	410	269	453	354	531	614	645	669	825	760	897	682	1209
	環境公園											127	185	179	192	204	222	233	258	256	251	263
		1個/Okm																				
公共	収集場所	15	15	15	13	13	12	12	12	11	11	11	12	11	11	11	10	10	10	10	11	10
	保管・転送	49	46	46	39	36	32	32	32	28	27	28	28	29	30	30	30	29	28	29	30	28
	自治体	38	37	40	43																	
非公開	レンタル場所	25	21	16	13	12	10	12	11	11	11	11	12	11	11	11	10	9	9	9	9	9
	改修・解体現場(臨時)	18	15	17	15	14	12	13	11	10	12	10	11	9	8	8	8	7	7	7	8	6
	環境公園											18	15	15	15	14	14	13	13	13	13	13
		*目標 1個/15km設置 に対して、 1個/10km 程度あり										オランダ国土 41550 km2										

4. VRN 回収・リサイクル先実績

VRN回収量	回収内容							リサイクル先						異物 (リサイ クル可)
	千ton	ton						%						
	回収量	フロート	園芸	鏡	合わせ	コンビ	汚れ	板	繊維	瓶	ビーズ	埋立		
2000	1.79													
2001	2.74													
2002	3.36													
2003	37.83													
2004	54.57													
2005	61.07													
2006	65.65	1544		800		63113	205							
2007	74.06	4257		252		69263	294							
2008	73.60	5341		121		67506	462							
2009	82.49	6918		40		75065	467							
2010	86.86	7688	369	47	17178	60860	658	7.53	56.3	27.62	0.07		8.48	
2011	89.15	7812	423	159	10239	70179	339	9	51	32			8	
2012	85.59	8978		301	9121	66809	381	11	34	47	1		7	
2013	74.80	6452		339	7674	60277	79							
2014	69.46	5110	32	231	6259	57670	113							
2015	70.00	4740	170	32	6114	58890	52	8	15	74	3			
2016	72.29	3704	0	34	6705	61813	32							
2017	71.27	3685	0	51	7077	60396	62	8.8	26.7	54.6	2.4	0	7.5	
2018	73.64	3499	65	0	5614	64385	74	7.3	35.4	47.3	1.9	0.1	8	
2019	80.18	2722	0	0	5548	71579	228	4.7	38.6	47.2	0.9	0.6	8	
2020	87.50	4300	22	77	7208	75772	121	7.3	41.9	42.8	1.2	1	5.8	
2021	90.89	4198	0	246	6013	80286	118	8.4	29.2	52.3	0.8	0.3	9.0	
2022	89.05	4102	111	13	5535	79226	59	9.3	24	57.2	0.7	1	7.8	
2023	85.83	2382	941	0	2048	80229	234	9.6	34.6	49.8	0	1.9	4.1	

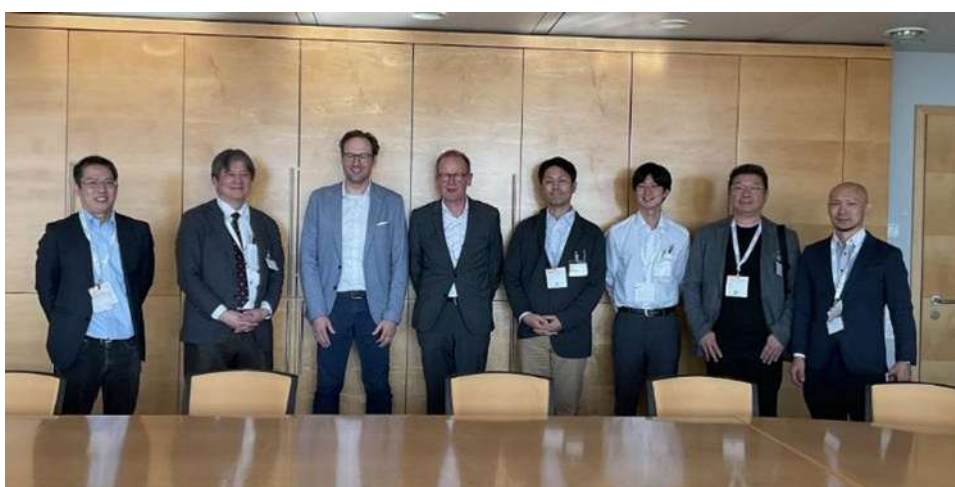
5. VRN 収支

収支(千€)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
賦課金率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4/0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
収入	4,036	4,212	3,712	3,356	4,306	4,321	3,985	4,190	4,349	4,382	4,766	4,563	5,052	5,493
リサイクル料金	2,497	2,542	2,274	2,062	2,148	2,095	1,833	1,966	1,861	1,683	1,753	1,484	1,747	1,703
カレットの売却	1,119	1,304	1,184	1,076	1,960	1,894	1,990	2,027	2,043	2,208	2,487	2,493	2,588	2,969
コンテナ賃貸収入	310	323	239	217	196	196	71	145	392	479	508	579	708	804
その他収入	110	43	15	1	2	136	91	52	53	12	18	7	9	17
支出	3,833	4,359	4,121	3,841	4,125	4,103	4,268	4,309	4,077	4,506	4,830	5,115	5,483	5,637
リサイクル	111	105	117	74	61	69	77	77	40	40	84	109	104	85
コンテナレンタル	464	451	425	420	429	398	237	289	288	277	321	353	343	399
輸送	2,270	2,696	2,293	2,221	2,259	2,172	2,339	2,299	2,282	2,697	2,933	3,254	3,628	3,778
収集システム	279	322	381	400	673	689	793	731	555	677	756	720	667	620
人件費	234	272	232	265	266	319	339	367	364	279	181	166	382	381
その他支出	475	513	673	461	437	456	483	546	548	536	555	513	359	374
小計	203	-147	-409	-485	181	218	-283	-119	272	-124	-64	-552	-431	-144
金融収支	31	91	0	33	17	14	0	0	-1	-4	157	90	-43	-8
課税								-8	-4	-3	-7	-13	0	-13
計	234	-56	-409	-452	198	232	-283	-127	267	-131	86	-475	-474	-165

2-2 -ドイツ板硝子協会:BF (Bundesverband Flachglas e.V.)



- 日付 : 2024年10月22日(火) 14:00-15:30
- 対応者① : Gronegras Jochen 氏 /Bundesverband Flachglas e.V. /
- 対応者② : Elstner Michael 氏 /Technical Advisory Service Manager / AGC Glass Europe
- 場所 : Messe Düsseldorf GmbH



(集合写真) 左から3人目 Michal 氏、4人目 Jochen 氏

2-2-1 概要

連邦板ガラス協会(BF)は、1987年にドイツ連邦板ガラス卸売業者協会、ドイツ断熱ガラス製造業者連盟、板ガラス精製工業会の合併により設立し、現在約80の会員企業と約60の賛助会員からなり、オフィスはケルン/ボン地区のトロイスドルフにある。今回、glasstecの会場で面談することができた。

2-2-2 協会のタスク

板ガラスの製造業者と加工業者の利益を適切に代表し、ビジネス、政治、消費者の間のアドバイザー、情報提供者、および仲介者として機能している団体である。特に、①製品の品質を確保するための技術基準の定義、機能硝子の取り扱いのガイドラインの作成。②政治システムや制度の決定に影響を与えることを目的とした活動。③広報とマーケティングの3つに焦点を当てて活動している。

2-2-3 板ガラスリサイクルに対する姿勢

板ガラスリサイクルに関しては、協会として先導的なポジションではなく、ドイツ国内、またEUでの情報を把握するにとどまる。このため、カレット品質に関してもリサイクル会社と個社の取り組みであるとの認識であり、協会が関わることはないとのスタンスである。また、ドイツにおいて、建物解体時

に、窓を分離する義務は特になく、解体される建物自体1%以下と少なく、現時点では、政府もあまり注目していないとのことであった。

ドイツにおける複層ガラスの流通量は、2,400万m²あり、仮にVRNのシステムを採用すると、非常に高額な負担が発生すること、さらにフロートに求められる品質に選別した場合、49%価格が高くなり、経済性が合わずに使用できないとの認識であった。また、リサイクルコストの内、輸送費が1/3を占めるとの試算を行っている。ここでの輸送費とは、現場からカレット業者、カレット業者からフロート拠点までの合計である。一方、プレカレット（加工端材など）はガラス製品種類毎の仕分けが容易で、原理的に直接板ガラスメーカーで消費可能と考えているとのことであった。

2-2-4 ドイツ国内板ガラスフロー調査結果

2016年に、リサイクルの実態調査のため、ドイツ国内の建築用板ガラスのフローを調査している。この結果が、ドイツでの板ガラスリサイクルに対する姿勢に影響を与えている。調査結果概略は以下のとおりである。

(報告書 <https://www.bundesverband-flachglas.de/wp-content/uploads/simple-file-list/studies/Recycling-of-flat-glass-EN.pdf>)

1) 調査動機と目的

2014年ドイツ国内の建設廃棄物は、1,460万ton。内、板ガラスは1%未満で、ほとんど埋立または、路盤材として使用されている。ガラスはリサイクル可能であり、板ガラス原料として使用することで天然資源の節約と溶解エネルギー削減（CO₂削減）が可能であるとの認識であるが、2014年時点では、加盟国レベル、欧州レベルで板ガラスリサイクルに関する信頼できるデータがない状態である。

ドイツ工業連盟（BVGlas）曰く、板ガラス製造には、自社破損品または地元の加工業者からの端材のみが使用されている状態とのことである。このため、ドイツにおけるリサイクルの現状を分析し、クローズドループリサイクル強化の提案を行うことを目的として、調査を行った。

2) 調査方法

ガラス製造、加工、窓、サファード、リサイクルの業者へのアンケートと聞き込みによる調査と、連邦板硝子協会（BF）、サファード協会（VFF）の統計データからの解析が実施された。

3) 技術的、経済的側面

フロート法による板ガラスの生産にはカレットの使用が望ましい（通常20~30%使用）。カレット使用効果としては、主原料の節約、約3%のエネルギー節約、CO₂の削減である。カレット入手元は、自工程、加工工程の端材、破損品であり、リサイクル業者からの購入事例も確認できた。

一方、フロート原料としての要求品質は高く、特に不純物を忌避する。セラミック、石、磁器、ニッケル、鉄などの不純物は、製品の変色や窯の損傷の原因になるためである。このため、板ガラスに水平リサイクルを行うためには、追加の汚染物が混入しない収集インフラが必要である。これを実現するためには、輸送コストがリサイクル材の総コストの1/3になる可能性がある。

4) 調査結果からの結論

① マテリアルフロー

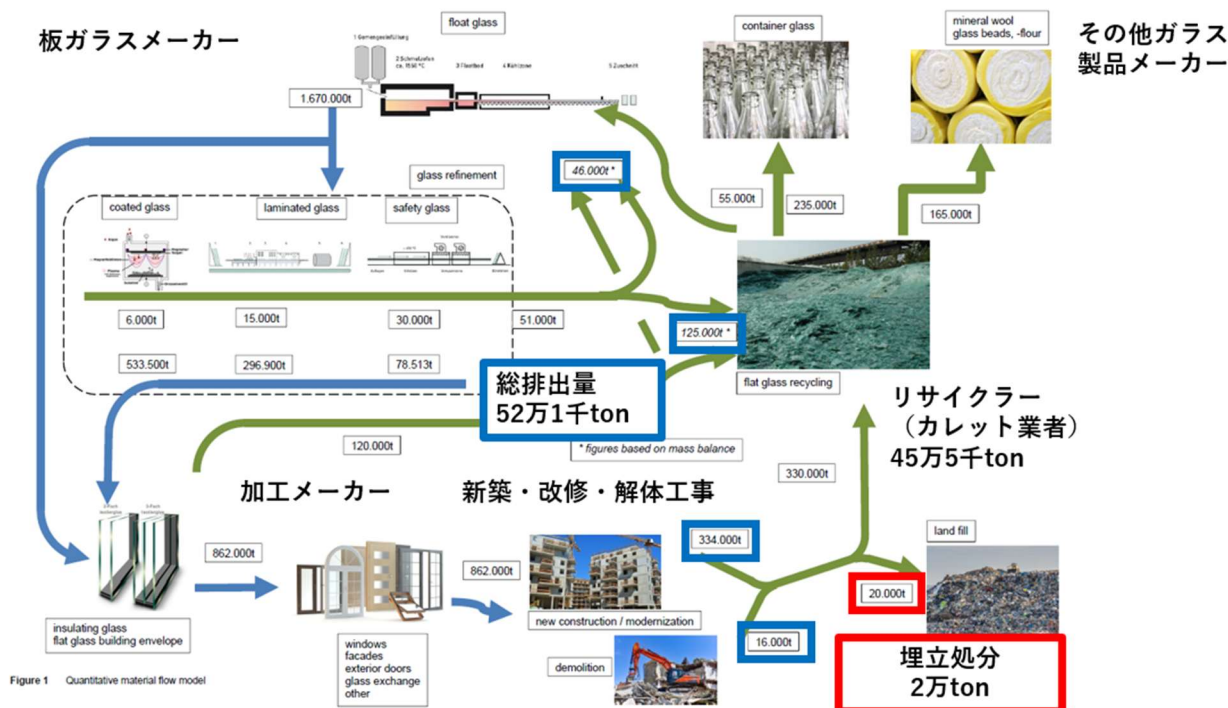
2016年のビル用ガラスの使用量は90万tonで、建築物由来の廃板ガラスは約50万ton（ブレカレット：1/3，ポストカレット：2/3）であった。廃板ガラスの90%はリサイクルされており、用途は、約半分がガラスビン、板ガラス11%、残りがグラスウールやガラスビーズ等で、埋立処分される板ガラスは2万tonほどと少量である。

② 板ガラス業界での水平リサイクル

廃板ガラスは回収されているものの、板ガラス業界では、経済的な理由と高い品質要件のため、ポストカレットを使用していない。一方、ビンガラス業界は、廃板ガラスを購入したいと考えており、且つ品質要求はフロートガラスより低い。このため、板ガラス業界よりも低い購入価格になるものの、リサイクル業者は、処理工程が簡素化できるビンガラス業界にカレットを供給している。

結論：フロートガラスの高品質要求、主要顧客（ビン、ウール、板ガラス）の考える市場価値、輸送コスト等の相互作用で、ループリサイクル率が決まっている。クローズドループリサイクル率を容易に高めるメカニズムは特定できない。

◎ ドイツ国内の建築用板ガラスのフロー図



2-2-5 まとめ

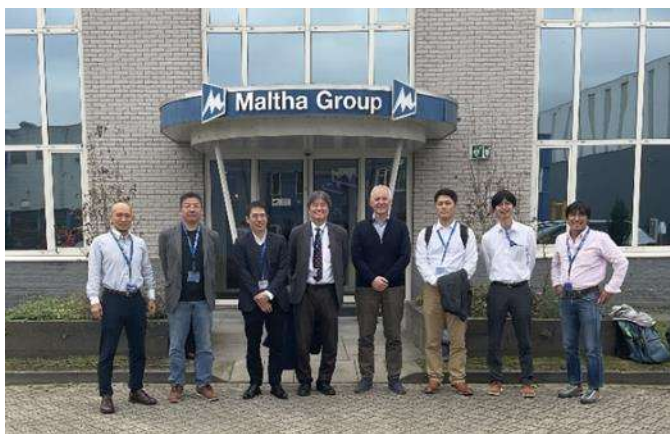
ドイツ板硝子協会:BF は、板ガラスのリサイクルの実態調査を行ったものの、経済合理性より板ガラス業界での水平リサイクルは、難しいとの立場であった。協会としてカレットリサイクルの制度の構築は行っておらず、カレットの受入品質基準に関しても個社の問題との認識である。

第3章 欧州カレット業者

3-1 マルタ社 (MALTHA Glasrecycling Nederland B.V.)



- 日付 : 2024年10月18日 12:30~14:45
- 対応者 : Huco Knape氏 / Commercial Director
- 場所 : Glasweg 7-9, 4794 TB Heijningen, Netherlands



集合写真



マルタ社のリサイクル拠点

3-1-1 マルタ社の概要

1921年にオランダのシーダムという町の地元企業としてスタートした。2024年現在、従業員は約250名、ヨーロッパの4か国で事業を展開し、オランダに2拠点、ベルギーに1拠点、フランスに3拠点、ポルトガルに1拠点保有しており、全体で年間120万tonを処理している。なお、ベルギーの拠点(ロンメル)が板ガラスのリサイクル処理施設となっている。

ガラスの受入れ条件がHPにアップロードされており、受け入れられるガラスは入荷時に評価される。汚染がひどい場合は受取を拒否することもある。この受入れ条件の中には耐熱ガラスの記載もあり、ガラス10tonあたり1枚、実際には1コンテナに最大1枚、1トレーラーに最大3枚と記載されており、これを超えると断固として不合格となる。板ガラスの種類も透明単板のみ、色混合、鏡、複層ガラス、自動車用ガラスなど細かく分けられている。 参照：[Acceptance conditions Flat glass Maltha 2024 ENG.pdf](#)

マルタ社のHPによると、一般的な板ガラス向けのカレット製品品質規格としては下記のとおりであるが、カレットの要求品質はメーカー毎に異なる。 参照：[Flat glass products | Maltha](#)

一般的な板ガラス向けのカレット製品品質規格

CSP (セラミック、石、磁器)	最大 25 g / ton
プラスチック	100 g / ton
鉄、アルミニウム、その他の残留金属	数 g / ton

耐熱ガラスについては、キッチン用の耐熱ガラスが混入することがある。破碎され、細くなるため、新しい検査装置を入れているものの完全には除去できない。

合わせガラスの中間膜*のリサイクルはイーストマンケミカルと取り組んでいる。なお、フロントガラスのプリント部分は選別機によって除去される。

※合わせガラスにおいて、ガラス同士を接着させるために使用される樹脂

VRN (オランダ板硝子再利用協会) にて回収される約 86 千 ton のガラスのうち、20~50%を購入しており、全てポストカレットである。

マルタ社は PV パネル (太陽電池パネル) のリサイクルについても取り組んでおり、ベルギーの拠点であるロンメルにて実施している。マルタ社における PV パネルの現在の取扱量は少量 (数百 ton) だが、2030 年ごろには 100 万 ton を超える PV パネルが廃棄される見込みであり、将来に向けた対応を検討している。PV パネルをリサイクルしたカレットはどのガラス業種に使われるかの問いかけに対して板ガラスであれば問題ないだろうが、アンチモンが含有していることからビンなどには健康リスクの観点から使えないだろうとの見解であった。

各工場においてライン増設を検討中。ただし、光学選別機は高額(250~500 千€/機)で莫大な投資となる。カレット単価は安く、量を賄う必要がある。

ビンカレットの取組みとしては、これまでビンの底の厚いガラスは光学選別機で異物として認識されていたが、最新の光学選別機を導入したことで、リサイクル率を高めることができています。

3-1-2 ハイニンゲン工場見学

今回見学したハイニンゲン工場はビンをリサイクルしている。オランダということもありハイネケン (Heineken) の取扱量が多く、グリーンボトルが多い。事務所前の駐車場以外は全て撮影禁止。ゾーンごとに見学者の安全保護具の着装が決められており、カレット選別工場では長靴、ジャケット、ヘルメット、メガネ、手袋、防塵マスク、耳栓を着用。

受入れるビンは透明、グリーン、茶色など色ごとに分けられているが、実際には異なる色のビンがかなり混ざっている状態で受け入れられる。ビンということもあり、ワインのキャップやコルク、ペットボトルなど様々なゴミが混ざっている。受け入れられるビンの 98%がリサイクルされる。異物として検出する金属やストーンもリサイクルされる。

処理工程としては①サイロ投入、②篩による大きな異物除去、③破碎、④磁石による磁性金属除去、⑤渦電流による非磁性金属の除去、⑥乾燥、⑦ラベル除去、⑧光学選別機による異物除去である。ガラスの粒径は6mm アンダー、6～15mm、15～40mm の3種類に分けられる。粒度の細かいものはパウダーとしてフォームガラス用などに使用される。

工場内には選別機が19台設置されており、Binder社のClarityやSesotec社のK9 Flashが採用されていた。落下式による光学選別と水平式による選別があり、2パターン通すことで品質レベルを上げている。抜き取り検査を定期的に行い、規格に合致しているか確認している。特にCSP（セラミック、石、磁器）、HR（耐熱結晶化ガラス）、有機物（Ig Loss）等の濃度をチェックしている。

選別後のカレットは白、グリーン、ブラウン、ミックスに分けられ、選別機によって色別に分別しているものの、異なる色のガラスが混じっている。規格の例としてグリーンであれば、85%以上がグリーンであることと決められていれば、抜き取り検査で合格であれば問題ないとのことで、板ガラスとの品質レベルのギャップを感じた。



Binder 社の「Clarity」



Sesotec 社の「K9 Flash」

3-2 ライリング社 (Reiling Glas Recycling GmbH & Co. KG)



- 日付 : 2024年10月21日 9:15～11:30
- 対応者 : Benedikt Heitmann 氏 / Managing Director、Dean Steinberg 氏 / Plant Manager
- 場所 : Am Wiesenbusch 34, 45966 Gladbeck, Germany



集合写真 左から4人目 Benedikt 氏、5人目 Dean 氏



ライリング社のリサイクル拠点

3-2-1 ライリング社の概要

ドイツを主な拠点としてガラス以外に PV パネル、プラスチック、木材をリサイクルしている。また、発泡ガラスの製造もおこなっている。リサイクルの拠点は 19 カ所あり、ドイツに 15 拠点、ポーランド、デンマーク、スウェーデン、オランダにも拠点がある。歴史は古く 1900 年初頭に創業し、1957 年に設立。家族経営であり現在 4 代目。従業員は 650 名。

2000 年頃からリサイクルの重要性が社会的に認識され、成長を遂げている。2006 年の GIC(ガラス産業連合会)の訪問時のデータと比較しても成長していることが伺える。

	2024 年	2006 年(GIC 報告書)
従業員数(人)	650	240
事業所	19(ドイツ：15、海外：4)	7(ドイツ：5、海外：2)

ライリング社は木材なども含む全体の廃棄物を年間 120 万 ton 処理している。その内ガラスは 100 万 ton、PV パネルは 8 千 ton、ペットボトル、木材はそれぞれ 6 万 ton である。

ライリング社が回収する廃ガラスは建築ガラスが多く、プレカレットが 70%、ポストカレットは 30% とのこと、工場から回収するガラスが多い。2025 年の目標として、ポストカレットの比率を 40% まで上げることが掲げている。ポストカレットの選別レベルを高め、板ガラスから板ガラスに戻す水平リサイクルにトライしている。現在、処理したガラスの 50%を板ガラスメーカーへ供給し、残りの 50%はビンメーカーやグラスウールメーカー等へ供給している。

PV パネルについては主にドイツのミュンスターで処理されている。2030 年以降に大量に廃棄されることが見込まれており、その対策を検討中である。異物(シリコン、電極などの金属)除去が課題である。リサイクル方法は基本的に破碎の後に機械選別である。合わせガラスの解体と破碎工程はほとんど同じであるが、その後の工程は異なるとのこと。ホットナイフによる分離は品質面では良いと考えているが、様々なタイプやサイズの PV パネルを効率よくリサイクルすることには向いていない。ライリング社における PV パネルの処理量は現在 20 ton/h であるが、ホットナイフではこのペースで処理できない。ライリング社の会社紹介動画を視聴。カレット回収のトラックには仕切りが設けられており、ガラス品質のレベルによって分けて回収される。

参照：[Image film Reiling Group | English](#)

オランダの VRN のガラス回収システムに入札しているが、受入れ量はそれほど多くないとのこと。VRN 参画によるメリットはあまり得られていない様子。オランダには VRN のようなシステムがあるが、ドイツにはなく、直接リサイクラーが品質と価格を交渉する。価格は品質に依存し、高品質のものは買い取り、低品質は廃ガラス排出業者がリサイクラーに支払う。

3-2-2 グラードベック工場見学

グラードベック工場は板ガラスをリサイクルしている。NSG グループの Pilkington Deutschland AG のグラードベック工場に隣接しており、工場から受け入れたガラス（プレカレット）を処理し再びガラス工場に戻している。工場見学はカレット置場のみ写真撮影が可能であり、設備、選別工程の撮影は不可であった。また、工場内の詳細は見学できなかった。

受け入れたガラスは品質レベルによって A、B、C の 3 グレードに分けて保管される。受け入れている板ガラスの種類は建築用ガラス、自動車用ガラスであり、加工ガラス種では FL 単板、強化ガラス、複層ガラス、合せガラスなど様々である。

合わせガラスは破碎した状態で 1 ヶ月程度保管して剥がしやすい状態にした後に処理を行う。処理後の合せガラスの中間膜はカーベット等へリサイクルされる。自動車のフロントガラス（合わせガラス）は水平リサイクルされているとのことだが、処理後のカレットには目視で分かるぐらいの中間膜が散見された（手で掬えば必ず中間膜が見つかることができるレベル）。合わせガラスの中にはパイロストップ（けい酸ソーダ入積層ガラス）も含まれていた。

サイドガラスおよびリアガラスはグリーン系やグレー系のガラスが混在しており、ダウンサイクルされる。複層ガラスはスペーサーごと破碎され、ガラスと異物を選別機にて選別し、ダウンサイクルされる。分別されたカレットの中には除去しきれなかったブチルゴムなどが含まれていた。異物検出機として、Sesotec 社や Red wave 社製の選別機を導入している。Red wave 社の蛍光 X 線による耐熱結晶化ガラスやセラミックスの検出力は高いが、非常に高価である。



写真：合わせカレット置場と処理後のガラス（左：合わせカレット置場(パイロストップも有り)、
右上：処理後のガラス(中間膜の混入有り)、右下：分離後の中間膜)



写真：複層カレットと処理後のガラス（左：置場、右：処理後のガラス(異物が混入していることがわかる))



写真：自動車(サイド、リア)、鏡カレット置場



写真：Red wave 社の選別機

参照：[Redwave develops new processing plant for Reiling](#)

3-3 欧州カレット業者視察まとめ

各社、年間 100 万 ton 以上のガラスをリサイクルしている。2006 年の GIC による調査では、耐熱結晶化ガラスが検出できる方法がなかったが、現在では選別機の性能が向上し、それらを各社が導入しており高度なリサイクルを実現している。近年のサーキュラーエコノミーの声が高まる中、ポストカレットの生産も行われている。

また、PV パネルが 2030 年ごろから大量に廃棄されることから、各社リサイクルに取り組んでいる。マルタ社は PV パネルを処理し、サンゴバン社がカレット 75ton を板ガラスの製造に利用したとリリース^{※1}している。国内でも AGC 社が使用済み PV パネル由来のカレットを板ガラスへリサイクルする^{※2}など、今後 PV パネルに関してもリサイクルが活発になると予想される。

※1：[Maltha Glass Recycling is proud to announce the success of a groundbreaking pilot test in collaboration with Saint-Gobain](#)

※2：[国内初 ハイブリッド方式による太陽光パネルカバーガラスの板ガラス向けリサイクルの実用化開始 | ニュース | AGC](#)

第4章 glasstec2024 の調査結果

glasstec は2年に1度開催されており、建築用・自動車用・産業用ガラス、ガラス製造や加工技術、製造機械、原材料、リサイクル技術など、ガラス産業に関するあらゆる最新技術やトレンドが紹介される国際的なイベントである。

近年の glasstec の開催年毎の特徴、トピックを以下に纏める。

開催年	主な内容・特徴	主なトピック・傾向
2016年	ガラス産業の新素材・加工技術, 建築用・自動車用ガラス, スマートガラスなど	薄型ガラス, エネルギー効率, デザイン性
2018年	IoT対応の製造技術, スマートファクトリー, 再生可能エネルギー向けガラス	デジタル化, 自動化, サステナビリティ
2020年	新型コロナの影響でリアル開催中止, オンラインイベントとして実施	バーチャル展示, Webセミナー, 業界交流
2022年	実地開催再開。サステナビリティ, カーボンニュートラル, スマート技術に注目	環境技術, デジタル印刷, 建築デザイン
2024年	エネルギー効率, 循環型経済, スマートガラス, デジタル化がメインテーマ	SDGs, AI活用, リサイクル, スマートビルディング



(集合写真) glasstec2024 ドイツ・デュッセルドルフ会場

4-1 glasstec2024 の概要

glasstec2024 は、2024年10月22日～25日にドイツ・デュッセルドルフで開催された。50カ国から1,257社が出展し、121カ国から32,000人を超える来場者が、ガラス製造・加工のバリューチェーン全体における最新技術、トレンド、イノベーションを体験した。

glasstec2024において、「サステナビリティ」は全体テーマの一つであり、製造・材料・製品・設計・運用・リサイクルの全工程で、環境負荷低減と資源循環を追求する展示・技術・サービスが充実した。特に複層ガラスのリサイクル、再生原料活用、省エネ製品やカーボンニュートラルな生産技術、そして建材一体型太陽電池など、建築業界と連携した未来志向のイノベーションが数多く紹介された。

- ・会場：Messe Düsseldorf（デュッセルドルフ見本市会場）
- ・出展企業：世界各国から約1,000社以上（2022年実績で約900社）
- ・来場者：世界各国から専門家・バイヤー・研究者など約30,000人以上

●企業ごとの注目ポイント

- ・HEGLA：複層ガラスの自動分離装置、ガラスリサイクルの自動化ライン
- ・Saint-Gobain：Low カーボンガラス,断熱ガラス,調光ガラス (SageGlass) ,カーボンニュートラル戦略
- ・Guardian Glass：省エネガラス, サステナビリティ認証製品
- ・Pilkington/NSG Group：建材・自動車用省エネガラス, スマートウィンドウ, リサイクル対応
- ・LISEC/Bystronic glass：ガラス加工・分離・リサイクル装置

参照：[glasstec 2024 公式サイト \(英語\)](#)

4-2 複層ガラス自動解体装置「HEGLA 社製 IG2 Pieces」



HEGLA 社製「IG2 Pieces」の装置外観

参照：<https://www.hegla.com/en/news/news-hegla/financial-added-value-and-co2-savings-through-automatic-separation-of-insulated-glass/>

●HEGLA 社製、複層ガラス分離装置「IG2 Pieces」の概要

HEGLA（ヘグラ）社は、ドイツを拠点とするガラス加工機械メーカーで、特にガラスの切断・搬送やリサイクル分野で高い技術を持っている。HEGLA 社は複層ガラス（ペアガラス、トリプルガラスなどのIGU：Insulating Glass Unit）のスペーサーとガラスの間に回転刃を入れて、分離させる設備を開発し、今回の glasstec2024 にそのデモ機を披露した。本装置では解体処理前に、製品サイズや厚みを自動測定した上で、回転刃を走らせながらスペーサーとガラス間の切断処理を行うことが可能である。一方、解体後にガラスエッジ部の四周にはシール（有機物）が一定量残存するため、板ガラス向けの原料カレットとする場合、その部分のケアが必要となると考えられる。

●HEGLA 社製、複層ガラス分離装置「IG2 Pieces」の分離処理のフロー

一連の処理フローの分かる動画は以下の通り。（YouTube）↓

参照：<https://www.youtube.com/watch?v=tSCE9pQyO3w>

1. 投入・搬送

- ・分離、解体したい複層ガラス（IGUユニット）を装置にセットする。

2. サイズ・種類の自動認識

- ・装置が複層ガラス（IGUユニット）のサイズや厚み、構成（2層・3層など）をセンサーで自動認識する。



(写真) 複層ガラスを装置にセットし、サイズや厚みを自動認識

3. スペースとガラス間の切断、分離

- ・スペース（アルミ枠や樹脂枠）とガラスの接着部分を専用カッターで切断する。



(写真) スペースとガラスの接着部分を専用カッターで自動切断

4. 板ガラスの分離

手動でカットした部分と板ガラスを一枚ずつ分離する。分離時にガラスの破損や飛散を防ぐため、吸着装置やロボットアームを使う場合もある。

4-3 板ガラス選別装置技術の動向

ドイツ・デュッセルドルフで開催された「glasstec 2024」では、板ガラス選別装置会社として、Binder+Co AG 社や REDWAVE 社、中国メーカー(Suibo 社)が出展した。以下では、Binder+Co AG 社製の「Clarity」の概要と主な特徴を記載する。



(写真) Binder+Co AG 社製光学式選別装置「Clarity」の外観

参照：<https://www.binder-co.com/en/products/clarity-sorting-machines/clarity-recycling-systems/>

●Binder+Co AG 社製光学式選別装置「Clarity」の概要

「CLARITY (クラリティ)」は、オーストリアの Binder+Co AG が開発したガラスリサイクル用の光学選別機シリーズである。30年以上の経験を持つ同社のノウハウと、最新のセンサー技術・アルゴリズムを融合したモジュール式システムで、高精度な異物除去や色分別を実現する。特徴的なのは、複数のセンサーと独自の評価アルゴリズムを組み合わせ、蛍光 X 線を使わずに耐熱ガラスセラミックスや鉛ガラス、ワイヤーガラスなどの同時選別が可能な点である。

●Binder+Co AG 社製光学式選別装置「Clarity」の主な特徴

高性能カメラ、近赤外線 (NIR) などのマルチセンサー技術を統合することで、ガラス片からセラミックス、ストーン、磁性・非磁性金属、プラスチックなどの異物を高精度で除去可能である。透明、茶色、緑色など、色ごとにガラスを選別可能である。微妙な色の違いも識別できる高度な画像認識アルゴリズムを搭載している。

第5章 WEB調査による追加情報

5-1 欧州板ガラスメーカー各社による板ガラス水平リサイクルの動向

ヨーロッパの板ガラスメーカー各社は、クローズドループ型の水平リサイクルを推進しており、ガラスウールや路盤材などのワンウェイリサイクルと一線を画した形で、その社会的意義をPRしている。Saint-Gobain や AGC Glass Europe、ピルキントンなどは、建築や解体現場から板ガラスを回収し、リサイクル原料（カレット）として新たな板ガラス製造に活用する。Saint-Gobain は CO₂排出削減や資源循環の目標達成のため、パートナーシップによる回収ネットワークを拡大し、品質保持やトレーサビリティを強化している。欧州全体として、今後はカレットの回収率・リサイクル比率の拡大が課題である。



※glasstec 2024

- 2030年迄に、目標リサイクル率30%を目指す
- フランス国内のビジネスパートナー50社と協力するなど、独自の市中回収ルート構築を進めポストカレット(使用済み)の比率10%オーバーを目指す
- 欧州5か国でポストカレットを回収するPJTを実施し、3万tonを回収済(イギリス、スウェーデン、スペイン、ドイツ、フランス)

出典：Glass Tec 2024 Saint Gobain Booth展示情報



※Web調査による追加情報

- 『renew:glass Initiative』の下、パートナーと共に、水平リサイクルを促進
- REILING社等のカレット業者でリサイクルしたプレカレット(加工端材など)を活用

出典：https://www.pilkington.com/en-gb/uk/sustainability/renewglass



※Web調査による追加情報

- AGC Glass Europeは、年間約70万tonのカレットをリサイクルし、約84万tonの原材料と約49万tonのCO₂排出量を削減
- 太陽光のカバーガラスリサイクル関係で、AGC Glass EuropeとPVリサイクラーのROSI社が、戦略的パートナーシップを締結

出典：https://www.agc-glass.eu/en/sustainability/decarbonisation/recycling



- ガラスファサード設計・施工業者とガラスリサイクル会社と提携し、英の1970年代のビル改修工事に際し、約45tonのグレージングを回収し、水平リサイクルを実施
- Guardian Glass EUでは、平均カレット率を、2019年時点の22%から、2023年で28%を達成

(図) 欧州板ガラスメーカー4社の板ガラスリサイクル動向概要

●Saint-Gobain の板ガラスリサイクル戦略と活動





Saint-Gobain は、循環型経済の実現と CO₂排出削減を中核に据えたりサイクル戦略を推進している。同社のリサイクル戦略は、主にリサイクル原料（カレット）の活用拡大、回収インフラの整備、クローズドループリサイクルの推進、デジタル技術・AI の導入、そしてパートナーシップ強化の5本柱で構成されている。

Saint-Gobain は、従来の未使用カレットのリサイクルに加え、建物の解体や改修で発生する使用済みガラスの回収・再利用も強化し、2030年までに生産工程で40%のカレットを活用する目標を掲げている。イギリスでは「Glass Forever」プログラムにより埋立てガラスの回収を推進し、フランスでは約50社とクローズドループリサイクルネットワークを構築。ドイツは Ragn-Sells 社と提携し、北欧での解体ガラスを再利用している。スペインでも「CLIMALIT® RECICLA」を展開し、ポストコンシューマーカレットの回収促進に向けて、各地で様々な取り組みやプロジェクトを実施している。

参照：https://www.saint-gobain-glass.com/Circularity-and-recycling-initiatives%E2%80%8B#how-do-we-act

5-2 欧州板ガラスメーカー各社によるローカーボンガラスの上市動向

欧州の板ガラスメーカーでは、ローカーボンガラスの商品開発・上市を行っており、リサイクル原料（カレット）の使用拡大や再生可能エネルギーの導入などの新技術の導入検討を積極的に行っている。Saint-Gobain や AGC Glass Europe、ピルキントンは、高カレット比率やグリーン電力などによる CO₂ 排出削減を検討しており、環境認証（EPD）やトレーサビリティ強化を進めている。今後も技術革新と供給拡大が進む見通しで、グリーンビルディング市場への対応を加速させる。

 <p>※Web調査による追加情報</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CFP : 5.9kg CO₂ eq/m² (A1-A3) * 4mm基板 ● リサイクル率 64% (プレカレット 64% + ポストカレット <1%) ● ORAÉの素板製造拠点は、ドイツ、フランス、スペイン、イタリア、インド ● 13国の加工プロセッサーがORAÉを既にオーダー済 ● 2023年4月EPD公開&C to C Bronze認証を取得 	 <p>※Web調査による追加情報</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CFP : 5.3kg CO₂ eq/m² (A1-A3) * 4mm基板 ● 代替燃料の使用 ● 高比率でサイクルガラス使用 ● 再生可能電力の使用 ● 2024年1月EPD公開 <p>https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/a7257c1b-0788-4b74-9331-08dc6f302e37/Data</p>
 <p>※Web調査による追加情報</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CFP : 5.5kg CO₂ eq/m² (A1-A3) * 4mm基板 ● Electro-Boosting等の比較的新しい技術を採用 ● 2024年5月EPD公表 <p>https://www.agc-glass.eu/en/news/</p>	 <p>※Web調査による追加情報</p> <ul style="list-style-type: none"> ● CFP : 6.4kg CO₂ eq/m² (A1-A3) * 4mm基板 ● 2024年10月EPD取得を発表 <p>https://www.guardianglass.com/guardian-nexa</p>

(図) 欧州板ガラスメーカー4社のローカーボンガラス上市動向

●Saint-Gobain のローカーボンガラス「ORAÉ」について

Saint-Gobain の「ORAÉ」は、製造時に再生可能エネルギー由来の電力を利用すると共に、64%という高いリサイクル率で製造されている。このアプローチにより、「ORAÉ」は、標準製品と比較して二酸化炭素排出量を40%削減している。

参照：<https://www.saint-gobain-glass.co.uk/product/orae/>

5-3 欧州板ガラスリユースの取り組み

現時点(2024年)では、窓ガラスのリユースは品質面やビジネス面の観点から、実現へのハードルは非常に高いと考えられており、先進的な欧州でも取り組みは限定的である。今回、オランダのGSF社が窓ガラスリユースの取り組みを行っていることが分かった。GSF社は、建築物改修時における使用済み複層ガラスを回収し、工場で複層ガラスを解体後、取り出した使用済み板ガラスを製品サイズにカットし、改めてIGU加工を施し、それらをリユース品として販売している。LowE複層ガラスの場合、コートされたガラスは板ガラス原料としてリサイクルし、非コートのガラスをリユースする。リユースするガラスは既存の板ガラスと比べて、顕著にCO₂が削減できることをアピールしている。一方で、GSF社がこのリユース品について新品同様の品質を保証しているのか、またその場合はどのような検査体制で品質

保証を実現できているか、については現時点で情報がない。

参照：<https://isomax.nl/en/assortiment/>

第6章 総括：2024年度 欧州調査（板ガラスリサイクル）

本欧州調査では、日本国内における板ガラスリサイクルの施策、仕組みを検討する上で、先行しているであろう欧州、特に、オランダ、ドイツのリサイクルに関連する団体・企業への現地調査・インタビュー調査を敢行した。さらに、世界最大規模のガラス関連の glasstec 2024 に参加し、同イベントにおける展示会及びセミナーをとおし、板ガラスリサイクルの動向を把握した。

予てより、オランダではオランダ板硝子再利用協会（VRN）により板ガラスリサイクルの仕組みが運用されており、カレットメーカーが主たるメンバーであったが、板ガラスメーカーである Saint-Gobain 社、AGC 社がメンバーになるなど変化があった。この動きは、板ガラスメーカーもカレットユーザーとして参画したことが推察され、業界の変化を垣間みることができた。加えて、東京大学大学院の清家研究室による先行での欧州報告では、複層ガラスのリサイクルフィーが年々安価になっていたが、エネルギー価格や物価高騰を受け、リサイクルフィーも増額される動きもあり、リサイクルを推進するには、ある程度の費用負担が必要であることを把握することができた。

glasstec 2024 では HEGLA 社により、複層ガラスの分離設備機のデモがあり、同設備などを用いたりユースガラスの市場も小さい規模ではあるが存在している。また、同展示会のセミナーでは、Saint-Gobain 社によるパイロット的な使用済み板ガラスを回収、リサイクルするプロジェクトなどの紹介もありサーキュラー・エコノミーを意識した事業、プロジェクトなどをみることができた。ただし、2024年調査時点、ドイツ板硝子協会（BF）とのインタビュー調査により、使用済み板ガラス由来のポストカレット利用は、ドイツ国内では大きな進展がないことが把握できた。

以上、欧州では板ガラスから板ガラスのリサイクルやリユースは、一部パイロット事業という位置づけで、いくつかみられるものの、現時点においては始まったばかりであるといえる。

国内の板ガラスリサイクルは（一社）板硝子協会の「サステナビリティ特別委員会」に「板ガラスリサイクル・再資源化部会（主査 清家剛 東京大学大学院教授）」が設置され、まさに検討がはじめられた段階である。本報告書が日本の板ガラスリサイクルの仕組みづくりに向けた施策、議論を進め、将来の日本国内において板ガラスリサイクルシステム構築の一助になれば幸いである。

最後に、調査メンバー、また、ご支援いただいた関係各所に感謝の意を表す。

2025年8月

武蔵野大学 工学部 サステナビリティ学科

准教授 磯部 孝行

Appendix : 2024 年 10 月 16 日 (水) ~10 月 24 日 (木) オランダ、ドイツ建築視察

1. 総論

今回は、欧州でのガラスリサイクルの仕組み・現状調査の合間で、気になった建築物を見て回った。特筆すべき建築物は、これと言って見当たらなかったが、気になる建築物としては、以下の2つ；

(1) 住宅に使用されている鑄造法 (キャストイング) で作られた趣のある窓ガラス。



- ・ガラスの寸法は、概ね 300 mm×300 mmで鉄格子障子にパテ施工されている。因みに、日本ではパテ施工は禁止されている。
- ・日本では、重要文化財指定を受けた建築物でしか見られないガラスが至る所で確認でき、大切に使用されていることが理解できる。
- ・日本では、特別な事情無き場合、このような古き建築を残すことが少ないが、このような古き良き建具は再利用したいものです。

(2) The Cradle : デュッセルドルフ



- ・地下と 1F が鉄筋コンクリート造 (RC 造) で、2F~6F が木造ハイブリッド構造の建築物。
- ・使用材料のすべては、材料品質情報と将来のリサイクル/再利用可否の情報を BIM に登録してある。
- ・V 字の主要構造を床で繋ぐ構造。1F が RC 造である理由は、ライン川の氾濫を考慮していると思われる。

2. 各地区の建築物

(1) Delft : 10 月 16 日 (水) ~10 月 19 日 (土) (4 泊,他使節団員は 17 日~19 日の 3 泊)

- ・オランダ南ホラント州の自治体。
- ・Maiolica (錫釉陶器) の製法が伝わり、独特の陶器が発展した古都。



Delft 駅舎_1



Delft 駅舎_2



Delft 駅構内 陶磁器の装飾



Delft U形のガラス（ Profilit ）の Facade



Delft マルクト広場_1



Delft マルクト広場_2

(2) : Hilversum : 2024 年 10 月 19 日 (土)

オランダ H オランダ視聴覚研究所ノイトリングス・リーダイク設計事務所



視聴覚研究所_1



視聴覚研究所_2

※Façade は、ダブルスキン構造で、内部に複層ガラスを用い、その外に鋳造法で作られたガラスをオープンジョイントで嵌め込んである。



視聴覚研究所_3



視聴覚研究所_4

(3) Amsterdam : 2024 年 10 月 19 日 (土)



アムステルダム中央駅舎



アムステルダム中央駅舎内



運河沿いの建築物全景



運河沿いの建築物



運河沿いの建築物 Façade が前面に傾斜



運河沿いの建築物の屋上吊り具



ダブルツリーバイヒルトン



科学博物館 Nemo (レンゾ・ピアノ)



建築物の窓



建築物の窓ガラス

(4) Binnenstad : 2024 年 10 月 20 日 (日)



レンガ作りの建築物 (計量所)



雨戸のような外開きの外部戸



趣のある鋳造ガラス



小さな教会

(5)スハインデル：2024年10月20日（日）



レンガ造建築物を覆うガラス_1



レンガ造建築物を覆うガラス_2



古い建築とガラスの組み合わせが良くできている。外観近接と内観

(6) Dusseldorf:2024年10月21日(月)



The Credle

「ゆりかごからゆりかごへの」の原則に基づく循環型を目指し、できるだけ多くのリサイクル可能な材料を使用。計画段階から、建築製品や部品の解体性・リサイクル性を考慮した建築物。

3. まとめ

リサイクル関係の調査を主としたため、建築は旅程の合間の移動時に視察。今回は、日本の建築に採用したいと思われる建具や建築物（設計思想）は、冒頭に紹介した2つのみ。

一方で、日本では、重要文化財指定を受けた建築物でしか見られない鋳造法（キャストイング）ガラスが至る所で確認でき、大切に使用されていることが理解できる。日本では既存不適格建築物となり、地震で破損落下するので、その点を改善して、古き良き建築は残していきたいものです。

2025年8月

一般社団法人 板硝子協会

〒108-0074 東京都港区高輪1丁目3番13号 NBF高輪ビル4階

TEL.03-6450-3926 FAX.03-6450-3928

www.itakyo.or.jp

※本書の一部又は全部を無断で複写、複製、転載あるいは電子媒体等に入力すること禁じます。