

株式会社 三菱総合研究所

平成 26 年度

低炭素型 3R 技術・システム実証事業  
(自動車のガラスリサイクルの推進事業)

報 告 書

平成 27 年(2015 年)2 月



## 目 次

第1 実証事業の概要	1
1.1 実証事業の目的	1
1.2 事業の概要	1
1.3 事業の実施体制	2
1.4 自動車ガラスの概要	2
第2 フロントガラスの回収	3
2.1 概要	3
2.2 ガラスの回収	5
2.2.1 フロントガラス取り外し	5
2.2.2 フロントガラス回収重量	6
2.2.3 サイドガラスの回収（参考）	7
2.2.4 車種別ガラス回収重量（ガラス比率調査）	8
2.2.5 ガラス回収可能車両	12
第3 フロントガラスの処理・再生利用	13
3.1 概要	13
3.2 フロントガラス処理機	13
3.3 予備実験	17
3.3.1 ガラスクラッシャー部のクリアランス	17
3.3.2 処理液の温度	18
3.3.3 処理液の浸漬接触時間	18
3.3.4 処理枚数	19
3.3.5 超音波の有無	19
3.4 調査結果	20
3.4.1 ガラス及び中間膜の回収量	20
3.4.2 処理能力	20
3.4.3 マテリアルバランス	21
3.4.4 中間膜の状況	21
3.4.5 ガラス及び中間膜の出荷	24
3.4.6 処理液の水質分析結果	25
第4 環境改善効果の評価	26
4.1 概要	26
4.2 フロントガラスのリサイクルによるCO <sub>2</sub> 排出量	27
4.2.1 フロントガラスの取り外し	27
4.2.2 フロントガラスの広域回収	28
4.2.3 フロントガラス処理機の運転	31
4.2.4 ガラスカレットの輸送	32
4.2.5 中間膜の輸送	33

4.2.6	フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出量	37
4.3	フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出削減量	38
4.3.1	破碎処理量の削減	38
4.3.2	埋立処分量の削減	38
4.3.3	ガラスびんカレットの製品代替	39
4.3.4	中間膜の製品代替	40
4.4	フロントガラスのリサイクルによる環境改善効果	42
4.4.1	CO2 削減効果	42
4.4.2	北海道及び全国における CO2 削減量	43
4.5	ASR 削減効果	45
第 5	経済性の評価	46
5.1	概要	46
5.2	コストの算出	46
5.2.1	フロントガラスの取り外し	46
5.2.2	フロントガラスの広域回収	47
5.2.3	フロントガラス処理機の運転	47
5.2.4	ガラスカレットの輸送	49
5.2.5	中間膜の輸送	49
5.2.6	ガラスカレット及び中間膜の売却	49
5.3	経済性の評価	50
5.3.1	実証事業に基づくコスト	50
5.3.2	事業化におけるコスト	51
第 6	今後の展開可能性の考察	54
6.1	リサイクルガラスの市場性調査	54
6.1.1	ガラスウールメーカーの動向	54
6.1.2	ガラスびんのリサイクルの現状	56
6.1.3	自動車ガラスの水平リサイクル	58
6.2	実証事業のまとめ	59

## 概要（サマリー）

平成 26 年度低炭素型 3R 技術・システム実証事業 自動車のガラスリサイクルの推進事業  
申請法人：株式会社マテック

### 1 実証事業の概要

自動車リサイクル法において回収対象外のガラスは、解体業者にとって分別回収しても、回収コストが大きく、解体ガラ重量が減るだけで、売却金額の減少になるのでガラス回収のインセンティブが働かず、解体ガラに含まれたまま破砕業者に引き渡されることが多い。破砕業者にとって破砕工程においてガラスを取り除くのは困難であり、有用な再生資源となり得るガラスの多くが ASR として処分されている。このような現状から、ガラスのリサイクルを推進し、ASR の削減につなげるため、使用済み自動車からフロントガラスを取り外し、ガラスカレットと中間膜を回収し、ガラスカレットはグラスウール原料に、また中間膜は再び中間膜の原料に利用することを目的に、これらの処理による環境改善効果、経済性、今後の展開可能性について考察した。

### 2 フロントガラスの広域回収

連携法人 5 社とともに使用済み自動車からフロントガラスを取り外し、回収した。回収量は 41,035kg、車両 6,325 台分のフロントガラスを回収した。

### 3 フロントガラスの処理

フロントガラスからガラスカレット、中間膜を回収するため、フロントガラス処理機をリースにより設置し、フロントガラスの処理を行った。フロントガラス処理機は、ガラスクラッシャー部と剥離ユニット部で構成され、ガラスクラッシャー部においてフロントガラスにヒビを入れ、剥離ユニット部ではヒビ入れしたフロントガラスを処理液に浸漬し、中間膜とガラスカレットに分離するものである。

回収したフロントガラスのうちの 21,437kg を処理し、ガラスカレット 19,505kg、中間膜 1,248kg を回収した。回収したガラスカレットはグラスウール製造会社に売却した。一方、中間膜は、海外への輸出を想定していたが、輸出の最低重量の 5 トンを確保できなかったため、実証期間中の出荷は見送った。中間膜は、中間膜として再生利用が可能な良品が 56%、中間膜としては利用できないものの売却可能な一定品質のものが 20%、ガラスを完全に取り除くことができなかったものが 24%であった。

### 4 環境改善効果

フロントガラスの取り外し及び広域的な回収、フロントガラスの処理及びガラスカレット・中間膜の回収、さらに利用先施設までの輸送について環境負荷要因として CO<sub>2</sub> 排出量を、またこれらの実施による環境改善要因として CO<sub>2</sub> 排出削減量を算出した。算出の結果、車両 1 台当たり 0.5870kg-CO<sub>2</sub> の削減につながると試算された。この結果から、この事業が北海道全域で展開できた場合には年間 75t-CO<sub>2</sub> が、さらに全国に展開できた場合には年間 1,616t-CO<sub>2</sub> の CO<sub>2</sub> 削減が見込まれる。

### 5 経済性

フロントガラスリサイクルの収支は、実証事業内においては 1kg 当たり -47.1 円となったが、実処理に当たっては収支を 1kg 当たり -30.1 円程度まで改善できることが試算された。収支はマイナスとなるが、間接経費を含んだ重量当たりの ASR 再資源化コストと同程度であり、事業として成り立つ可能性はある。

### 6 今後の展開可能性

ガラスカレットの利用先として想定されるグラスウール製造会社に自動車ガラスカレットに対する受入可能性についてアンケート及びヒアリング調査を行った。調査に協力いただいたメーカーからはガラスカレットへの不純物の混入がないなど品質面に問題がなければ受入れ可能との回答が得られた。一方、事業化に向けてはグラスウール以外の利用用途の確保などの課題があり、引き続き調査を進めていく必要がある。

**Low Carbon 3R Technology and System Verification Project in the year 2015  
(Windshield Recycle Project, Matec Inc.)**

**1. Overview of the project**

Glass, exempted from collection in Automobile Recycling Law in Japan, collecting costs are high, car rest weight is becoming less and because sales price is falling down incentives for separation and collection do not work and it is delivered to shredder companies as included into car rest. It is difficult to remove glass in the shredding process for the shredder companies, and most of the glass which is useful recyclable resource is disposed as ASR. From this situation, in order to promote glass recycling and reduce ASR, we remove windshield from the ELV, collect glass cullet and intermediate film in order to transfer glass cullet into glass wool, intermediate film into material for intermediate film. We discussed economic and environmental effects and future potential of above material treatment.

**2. Wide area collection of windshield**

In cooperation with other 5 companies, we removed and collected windshield from the ELVs. During this project we collected 41,035kg of windshield from 6,325 cars.

**3. Processing of windshield**

In order to recover glass cullet and intermediate film from windshield we installed windshield processing machine by lease and treated windshield. This windshield treatment machine is consisted of glass crusher and delamination unit. Glass crusher makes cracks in the windshield and in the delamination section this cracked glass is placed into treating liquid where glass and intermediate film is separated.

During this project we treated 21,437kg of windshield out of 41,035kg and collected 19,505kg of glass cullet and 1,248kg of intermediate film. Collected glass cullet was sold to glass wool maker. On the other hand, we planned to export intermediate film but due to the fact that we could not obtain sufficient amount for export, which is minimum 5 tons we could not export it during project period. As far as intermediate film is concerned, we had good product film which can be used as intermediate film 56%, intermediate film which cannot be used as film but salable quality for the other usage 20%, and film which could not be properly separated from glass 24%.

**4. Environmental improvement effect**

We calculated CO<sub>2</sub> emission amount as environmental load factor during windshield removal, wide-scale collection, glass treatment, collection of intermediate film, and transportation of the material to makers. Moreover, we calculated environmental improvement factor as CO<sub>2</sub> emission reduction. Calculation result: CO<sub>2</sub> reduction amount is 0.5870kg-CO<sub>2</sub> per car - this means 75t-CO<sub>2</sub> reduction per year in Hokkaido and 1,616t-CO<sub>2</sub> reduction per year in whole Japan.

**5. Economic effect**

Although the income and expenditure of windshield recycle became -47.1 JPY per 1 kg in the project, we calculated that the income and expenditure would be improved to -30.1 JPY per 1 kg in actuality. This is economically negative, but could almost be compensated if ASR treatment fee (including expenses) of automobile recycling law is applied to the glass recycle.

**6. Future development potential**

We did questionnaire and interview concerning the acceptance of automobile glass cullet at glass cullet potential users: glass wool production companies. The company which cooperated in the survey gave us answer that it is possible to accept if there is no impurities in glass cullet and no problem in quality aspect. On the other hand, as far as commercialization is concerned, issues such as the usage development other than the glass wool became clear and we think it is necessary to continue research.

---

## 第1 実証事業の概要

---

### 1.1 実証事業の目的

使用済み自動車の再資源化等に関する法律（以下「自動車リサイクル法」という。）において回収の対象となっているのは、自動車破碎残さ（Automobile Shredder Residue）（以下「ASR」という）とエアバッグ、フロンのみである。ASR として位置付けられるガラスを、解体業者が分別回収するには、回収コストが大きく、そのまま解体ガラとして破碎業者に引渡した方がメリットが大きいため、ガラス回収のインセンティブが働かず、解体ガラから回収されずに破碎業者に引き渡されている。

破碎業者にとって、破碎工程においてガラスをマテリアルリサイクル可能な品質で選別することは技術的・経済的に困難である。その結果、有用な再生資源となり得るガラスは ASR に混入し、現状においては十分な再生利用が行われていない。

このような現状から、ガラスのマテリアルリサイクルを推進し、ASR の削減につなげるため、使用済み自動車からフロントガラスを取り外し、ガラスカレットと中間膜を回収し、ガラスカレットはガラスウール原料に、また中間膜は再び中間膜の原料に利用することを目的に、これらの処理による環境改善効果、経済性、今後の展開可能性について考察した。

### 1.2 事業の概要

本実証事業の内容は表 1-1 に示すとおりである。

表 1-1 実証事業の内容

項目	内容
1. フロントガラスの回収	使用済み自動車の解体作業において、フロントガラスを株式会社マテック及び連携法人5社の計6社が取り外し、回収した。
2. フロントガラスの処理・再生利用	回収したフロントガラスを「フロントガラス処理機」においてガラスカレットと中間膜を回収した。
3. 環境改善効果の評価	使用済み自動車の解体工程において、フロントガラスを取り外し、ガラス及び中間膜を回収することについて、環境改善効果を評価した。
4. 経済性の評価	フロントガラスの取り外し回収、ガラスカレット及び中間膜の再生原料を製造するまでのコスト及び再生原料の販売価格を調査し、経済性を評価した。
5. 今後の展開可能性の考察	実証事業を通じて得られた結果をもとに今後の展開可能性を考察した。

### 1.3 事業の実施体制

本事業の実施に関わる法人及び事業の全体像を表 1-2 及び図 1-1 に示す。

表 1-2 事業の実施に関わる法人

法人名	実施項目・役割	備考
(株)マテック	全体統括、ガラスの回収、フロントガラスの処理	申請法人
石上車輛(株)	ガラスの回収	連携法人
(株)協栄車輛	ガラスの回収	〃
伊丹車輛(株)	ガラスの回収	〃
(株)札幌パーツ	ガラスの回収	〃
(株)エルパ北海道	ガラスの回収	〃
パラマウント硝子工業(株)	ガラスの再生利用	〃
(有)飯室商店	中間膜の輸出・販売	〃

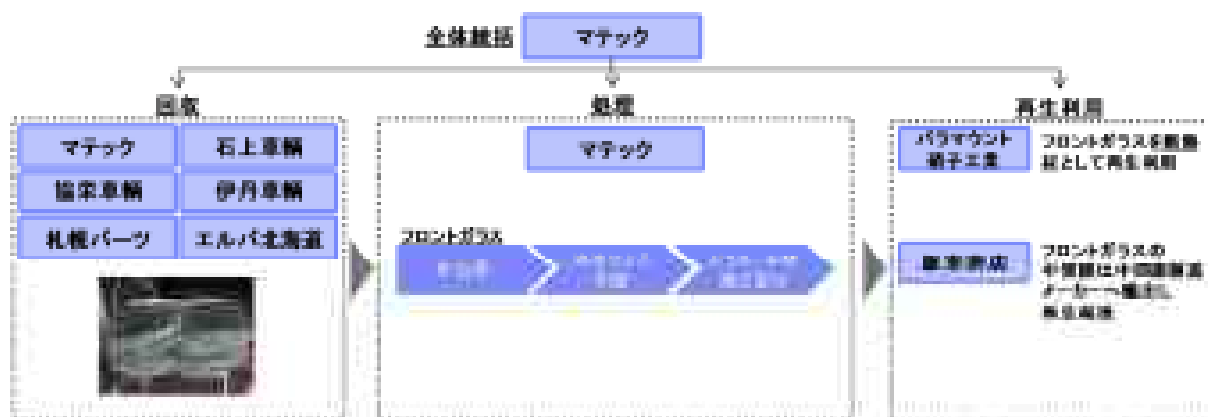


図 1-1 事業の全体像

### 1.4 自動車ガラスの概要

自動車ガラスは、主にフロントガラス、サイド(ドア)ガラス、リアガラスの3種類がある。

フロントガラスには衝突時の乗員の安全性を確保するため、板ガラスの間に中間膜を挟み、割れた際の飛散を起きにくくした「合わせガラス」が使用されている。

サイドガラスやリアガラスには、主に「強化ガラス」と呼ばれる、ガラスを加熱、急冷することで強度を高め、万が一割れた時にでも破片が粒状になるガラスが使用されている。さらにリアガラスには曇り止めの加熱線である銀プリントが組み込まれている。

また、後部座席サイドガラスやリアガラスには着色ガラスが使用されている。また、フロントガラスの上縁は日よけのために黒色に着色されている。

このように自動車ガラスといっても、他の素材が含まれたものや、着色ガラスが使用されていることから、現状では短繊維(グラスウール原料)への再利用が行われている。

## 第2 フロントガラスの回収

### 2.1 概要

使用済み自動車の解体作業において、フロントガラス（一部サイドガラスを含む）を表 2-1 に示す株式会社マテック及び連携法人 5 社の計 6 社が取り外し、回収した。

連携法人が回収したフロントガラスは、一定量のフロントガラスを取り外し後、枚数を確認し、株式会社マテックが各工場から回収した。株式会社マテックではガラス処理機を設置する株式会社マテック石狩工場に搬入し、ガラス重量を測定した。

また、環境性評価のための基礎データとして、車種別（軽自動車、セダン、ステーションワゴン）に 5 台ずつの使用済み自動車からフロントガラス、サイドガラス、リアガラスを取り外し、その重量を測定した。

表 2-1 フロントガラス回収会社

会社名	工場所在地
株式会社マテック	石狩市新港南 1 丁目 22 番 16 号
石上車両株式会社	恵庭市下島松 801-3
株式会社協栄車輛	札幌市白石区北郷 2405 番地 25
伊丹車輛株式会社	北広島市輪厚 630 番地
株式会社札幌パーツ	石狩市新港南 3 丁目 700 番地 48
株式会社エルバ北海道	帯広市西 23 条北 4 丁目 1 番地 27



図 2-1 回収会社工場所在地（株式会社エルバ）





図 2-2 回収会社工場所在地（株式会社エルバを除く）

## 2.2 ガラスの回収

### 2.2.1 フロントガラス取り外し

フロントガラスの取り外しの状況は図 2-3 に示すとおりであり、エアソーによりフロントガラスに切れ目を入れ、車体から取り外しを行った。取り外したガラスは2枚に分割し、パレットにより保管や移動を行った。

2枚に分割するため、フロントガラス2枚が車両1台に相当する。

	
フロントガラス取り外し作業	フロントガラス取り外し作業
	
フロントガラス取り外し完了	フロントガラス回収(パレット置き)

図 2-3 フロントガラス取り外し状況

## 2.2.2 フロントガラス回収重量

実証事業におけるフロントガラスの回収結果は表 2-2 及び表 2-3 に示すとおりであり、平成 26 年 10 月～平成 27 年 2 月の期間で、車両 6,325 台から 41,035kg のフロントガラスを回収した。

表 2-2 フロントガラス回収結果(連携法人の合計)

月	重量(kg)	台数(台)	1台当たり重量(kg/台)	備考
2014/10	-	-	-	連携法人回収分
2014/11	3,291	446	7.4	": 2014/11/12 から搬入開始
2014/12	6,091	873	7.0	"
2015/ 1	-	-	-	"
2015/ 2	7,505	1,362	5.5	"
計	16,887	2,681	6.3	

表 2-3 フロントガラス回収結果(株式会社マテック)

月	重量(kg)	台数(台)	1台当たり重量(kg/台)	備考
2014/10	8,028	1,174	6.8	株式会社マテック回収分
2014/11	7,559	1,140	6.6	"
2014/12	6,564	1,029	6.4	"
2015/ 1	1,997	301	6.6	"
計	24,148	3,644	6.6	

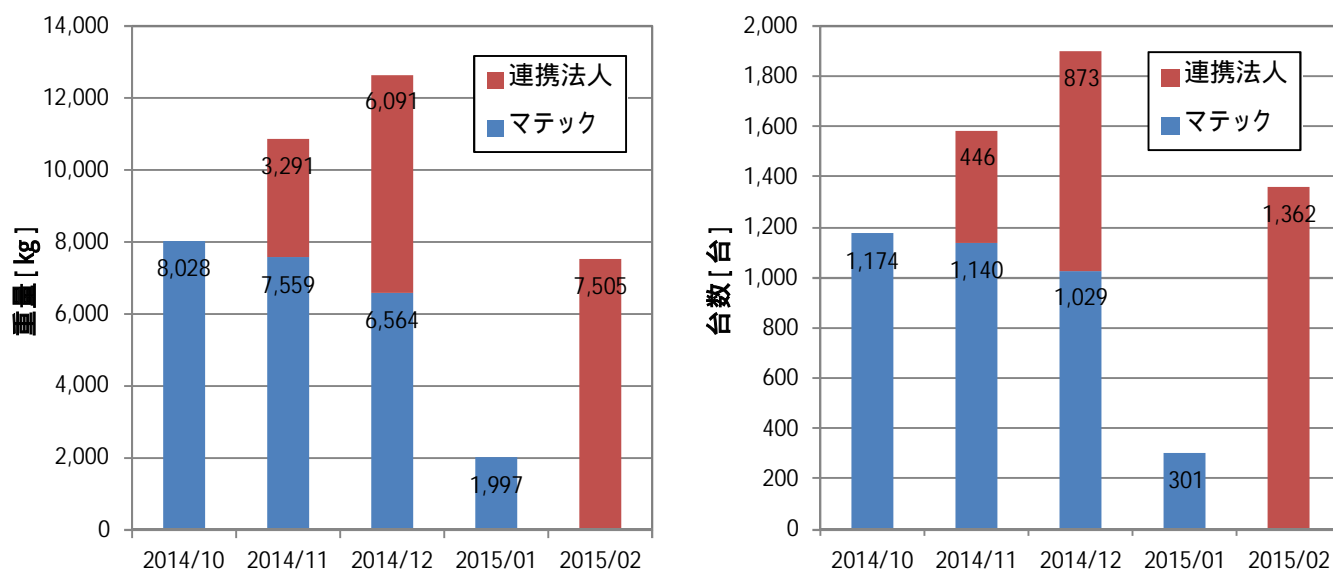


図 2-4 フロントガラス回収量の推移

表 2-4 法人別フロントガラス回収結果

会社名	重量(kg)	台数(台)	1台当たり重量(kg/台)	受入回数(回)
株式会社マテック	24,148	3,644	6.6	-
石上車両株式会社	4,426	612	7.2	3
伊丹車輛株式会社	1,489	240	6.2	1
株式会社協栄車輛	1,300	167	7.8	2
株式会社札幌パーツ	2,167	300	7.2	3
株式会社エルバ北海道	7,505	1,362	5.5	1
計	41,035	6,325	6.5	10

## 2.2.3 サイドガラスの回収(参考)

株式会社マテックではフロントガラスとあわせてサイドガラスの回収も行った。また、一部の連携法人からもサイドガラスが回収され、搬入された。これらの回収状況を表 2-5 に示す。

表 2-5 (参考) サイドガラスの回収結果

会社名	無色ガラス		着色ガラス		計	
	重量(kg)	台数(台)	重量(kg)	台数(台)	重量(kg)	台数(台)
株式会社マテック	2,304	537	618	186	2,922	537
石上車両株式会社	1,908	240	733	85	2,641	240
株式会社エルバ北海道	3,793	823	928	285	4,721	823
計	8,005	1,600	2,279	556	10,284	1,600

運転席及び助手席は無色ガラス、後部座席の一部が着色ガラスとなっているため、着色ガラスの台数は、無色ガラスの台数の内数である。また合計の台数は、無色ガラスの台数と同じである。

## 2.2.4 車種別ガラス回収重量(ガラス比率調査)

車種別のガラス回収重量を把握するため、「軽自動車」、「ステーションワゴン」、「セダン」に区分し、フロントガラス、サイドガラス、リアガラスの重量を5台ずつ測定した。測定結果は各車両の車検証による車体重量、ASR基準重量とともに表2-6～表2-8に示す。なお、ASR基準重量とは、各自動車メーカーが車種ごとに、材料組成データなどをもとにASRとなり得る重量に、通常考えられる水分・土砂、さらには破砕工程差等、考慮が必要な項目について補正した重量(新型車の場合)である。

車体重量に対するガラス重量の割合は、1.7～2.0%の範囲にあり、このうちサイドガラスが0.7～0.8%と最も多くを占め、フロントガラスは0.6～0.7%、リアガラスが0.3～0.4%であった。また、ASR基準重量に対しては、ガラス全体で10.2～10.9%と約1割を占める。

表 2-6 車種別ガラス回収重量(軽自動車)

自動車	車体重量 (車検証) (kg)	ASR 基準重量 (kg)	フロント ガラス 重量(kg)	サイド ガラス 重量(kg)	リア ガラス 重量(kg)	ガラス 重量計 (kg)
軽自動車	800	137	6.1	8.8	2.1	17.0
軽自動車	890	151	5.5	7.5	2.0	15.0
軽自動車	900	162	5.1	5.9	1.2	12.2
軽自動車	590	91	5.8	3.4	2.8	12.0
軽自動車	760	120	5.8	5.0	2.0	12.8
<b>平均</b>	<b>788</b>	<b>132.2</b>	<b>5.7</b>	<b>6.1</b>	<b>2.0</b>	<b>13.8</b>
割合 (車体重量)	100%	-	0.7%	0.8%	0.3%	1.8%
割合 (ASR基準重量)	-	100%	4.3%	4.6%	1.5%	10.4%

表 2-7 車種別ガラス回収重量(ステーションワゴン)

自動車	車体重量 (車検証) (kg)	ASR 基準重量 (kg)	フロント ガラス 重量(kg)	サイド ガラス 重量(kg)	リア ガラス 重量(kg)	ガラス 重量計 (kg)
ステーション ワゴン	1,490	273	8.8	10.5	4.8	24.1
ステーション ワゴン	1,460	225	8.5	11.7	5.2	25.4
ステーション ワゴン	1,450	253	9.0	9.9	4.8	23.7
ステーション ワゴン	1,290	224	8.1	9.8	5.0	22.9
ステーション ワゴン	1,280	204	9.1	10.1	4.9	24.1
<b>平均</b>	<b>1,394</b>	<b>235.8</b>	<b>8.7</b>	<b>10.4</b>	<b>4.9</b>	<b>24.0</b>
割合 (車体重量)	100%	-	0.6%	0.7%	0.4%	1.7%
割合 (ASR基準重量)	-	100%	3.7%	4.4%	2.1%	10.2%

表 2-8 車種別ガラス回収重量 (セダン)

自動車	車体重量 (車検証) (kg)	ASR 基準重量 (kg)	フロント ガラス 重量(kg)	サイド ガラス 重量(kg)	リア ガラス 重量(kg)	ガラス 重量計 (kg)
セダン	1,150	198	9.0	9.9	5.9	24.8
セダン	1,260	240	10.3	10.0	5.4	25.7
セダン	1,030	180	9.6	10.1	5.9	25.6
セダン	1,470	290	10.3	10.2	5.5	26.0
セダン	1,480	256	8.6	10.8	4.9	24.3
平均	1,278	232.8	9.6	10.2	5.5	25.3
割合 (車体重量)	100%	-	0.7%	0.8%	0.4%	2.0%
割合 (ASR 基準重量)	-	100%	4.1%	4.4%	2.4%	10.9%

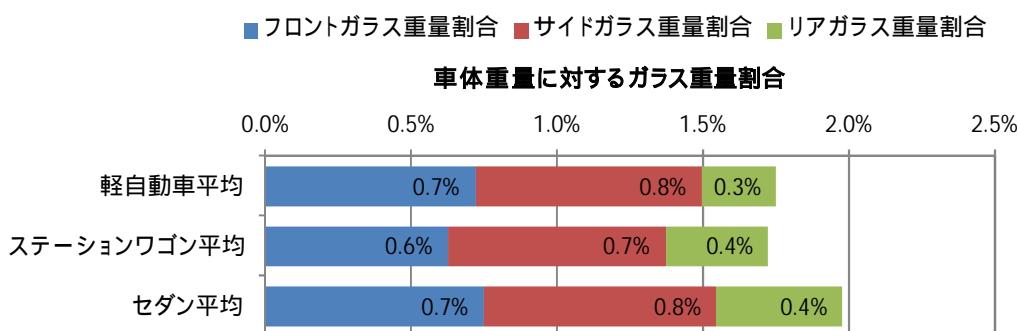


図 2-5 車種別車体重量に対するガラス回収重量割合

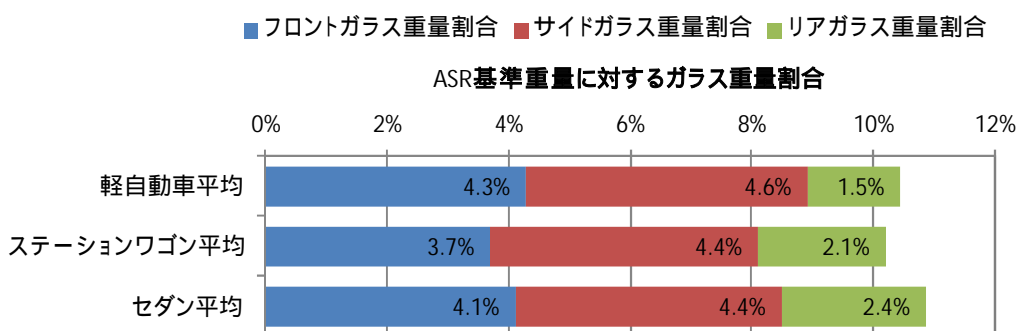


図 2-6 ASR 基準重量に対するガラス回収重量割合

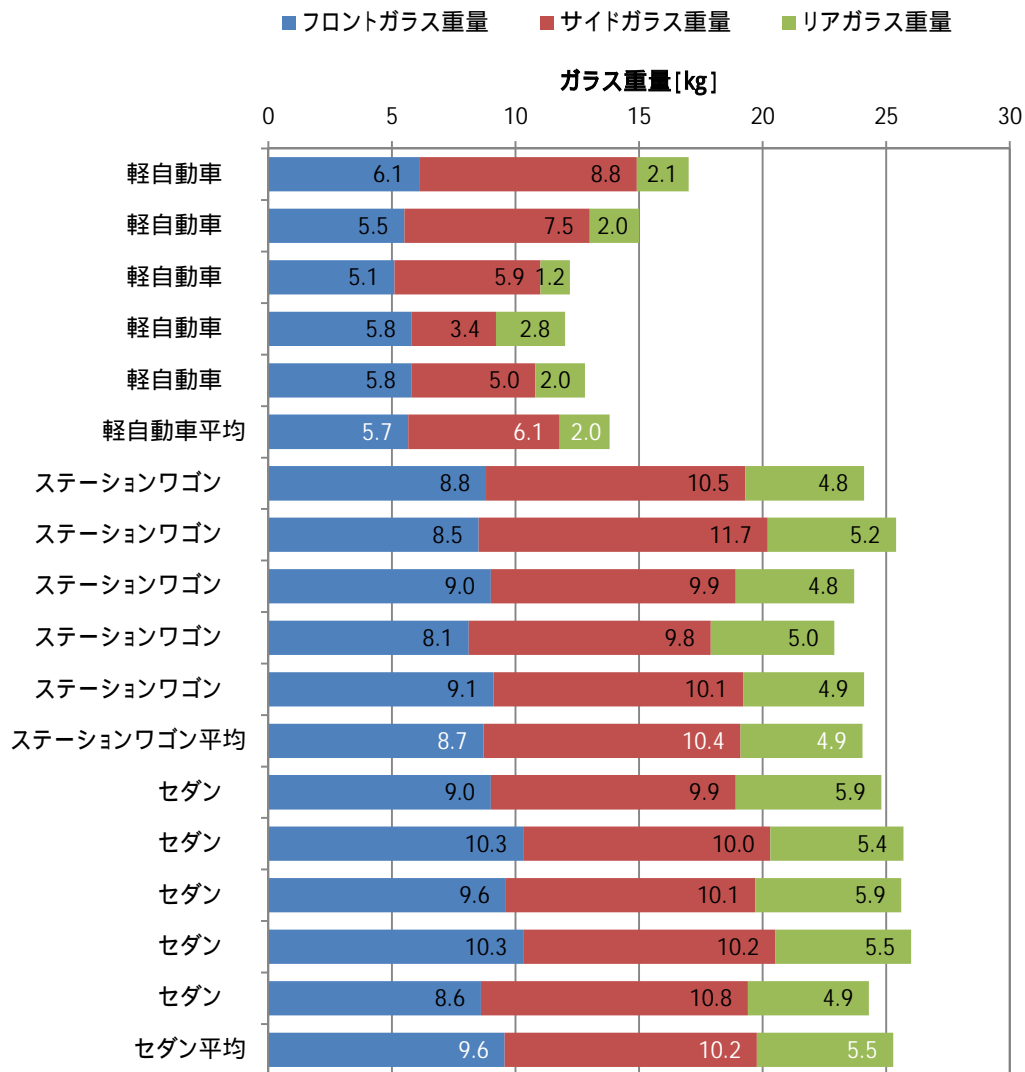


図 2-7 車種別ガラス回収重量測定結果

表 2-6～表 2-8 で示す自動車の区分ごとのガラス回収重量に対し、単純平均値と自動車解体工場における各車両の搬入台数によって重み付けした平均値を表 2-9 に示す。

表 2-9 1 台当たりの自動車ガラスの回収重量

車種	車体重量 (車検証) (kg)	フロントガラス 重量 (kg)	サイドガラス 重量 (kg)	リアガラス 重量 (kg)
軽自動車	788	5.7	6.1	2.0
ステーションワゴン	1,394	8.7	10.4	4.9
セダン	1,278	9.6	10.2	5.5
平均(1) <sup>1</sup>	1,153	8.0	8.9	4.2
平均(2) <sup>2</sup>	<b>1,092</b>	<b>7.5</b>	<b>8.4</b>	<b>3.7</b>

1 三種類の単純平均値

2 H26.12 の株式会社マテックにおける搬入車両の比率によって重み付けした平均値

	
<p>フロントガラス</p>	<p>サイドガラス（無色ガラス）</p>
	
<p>サイドガラス（着色ガラス）</p>	<p>リアガラス</p>

図 2-8 回収したガラスの状況



## 2.2.5 ガラス回収可能車両

使用済み自動車の中には、解体工場搬入時点においてガラスが破損していたり、遮光用のフィルムが貼付されていたり、ガラスの回収ができない車両もある。これらを把握するため、株式会社マテックにおいて平成27年1月に解体した車両台数に対するガラスを回収できた車両台数の割合を調査した。

調査結果は表 2-10 に示すとおりであり、ガラスの回収が可能な車両の割合はフロントガラス 87%、サイドガラス 79%、リアガラス 24%であった。リアガラスが低いのは、主にフィルム貼りの車両やセダン車の場合、回収作業が困難であることによる。

表 2-9 の結果とあわせると使用済み自動車 1 台当たりの回収可能なガラス重量は 14kg となる。

表 2-10 ガラス回収可能車両の割合

フロントガラス	サイドガラス	リアガラス
86.7%	79.0%	24.0%

株式会社マテックにおいて平成27年1月に解体した車両台数の調査結果

---

## 第3 フロントガラスの処理・再生利用

---

### 3.1 概要

回収したフロントガラスは、株式会社マテック石狩工場内にリースにより設置した「フロントガラス処理機」においてガラスカレットと中間膜の回収を行った。

フロントガラス処理機の詳細は、「3.2 フロントガラス処理機」で示すが、この機器によるマテリアルバランスを把握するため、フロントガラス投入量や回収した中間膜、ガラスカレットの重量を測定した。

回収したガラスカレットは、断熱材として再生利用するためパラマウント硝子工業株式会社江別工場に搬入した。中間膜は有限会社飯室商店を經由して中間膜製造メーカーへ輸出し、中間膜へ再生利用することを目指した。

なお、ガラスと中間膜の分離に使用する、処理液の安全性を確認するため、処理液の水質分析調査を行った。

### 3.2 フロントガラス処理機

本実証事業で設置したフロントガラス処理機の処理フローを図 3-1 に示す。

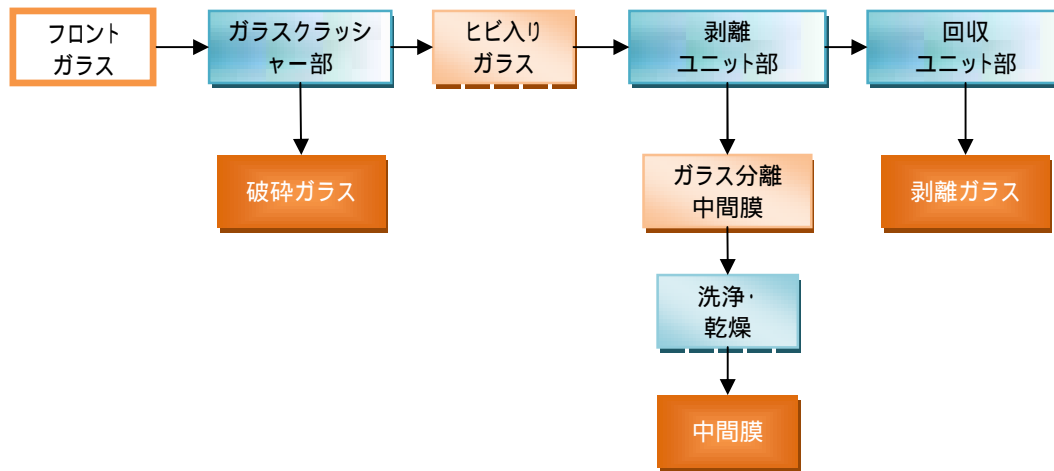


図 3-1 フロントガラス処理機の処理フロー

フロントガラス処理機は、ガラスクラッシャー部と剥離ユニット部で構成される。最初にガラスクラッシャー部に、取り外したフロントガラスを1枚ずつ投入し、フロントガラスの中間膜に傷をつけないよう全体的にヒビを入れる。

この段階で破碎したガラス（以下「破碎ガラス」という。）はクラッシャー部下部に設置するフレコンバックに回収される。

ヒビ入れしたガラスが一定量たまった段階で、剥離ユニット部に1バッチ当たり80～100枚程度を投入する。

剥離ユニット部では図 3-2 の模式図で示すとおり、回転するバレル内においてヒビ入れしたフロントガラスが処理液と接触し、中間膜からガラスが分離される。

分離された中間膜はコンベアで排出され、ガラスは処理液とともに回収ユニットでガラス（以下「剥離ガラス」という。）と処理液に分離される。

フロントガラス処理機の全景を図 3-3 に示す。

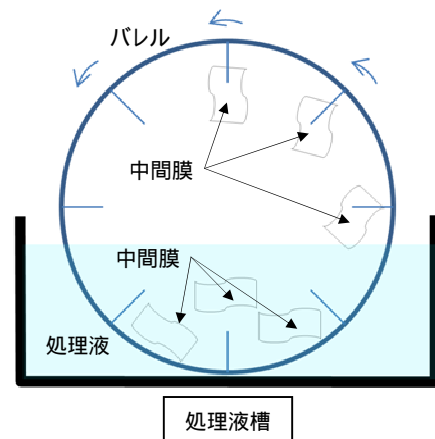


図 3-2 ガラス剥離の模式図



図 3-3 フロントガラス処理機（全景）

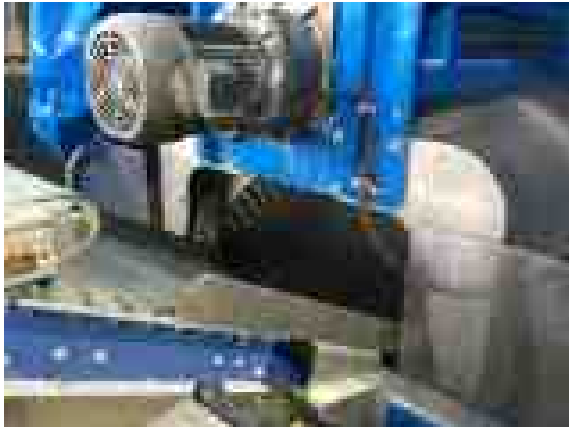
	
<p>フロントガラス（投入前）</p>	<p>クラッシャー部投入作業状況</p>
	
<p>クラッシャー部投入コンベア</p>	<p>ヒビ入れしたフロントガラス</p>
	
<p>クラッシャー部で回収した破碎ガラス</p>	<p>剥離ユニット部ドラム投入口</p>

図 3-4 フロントガラスの処理工程（1）

	
<p>剥離ユニット部ドラム排出部</p>	<p>剥離ユニット部ドラム排出口</p>
	
<p>フロントガラス回収ユニット</p>	<p>回収ユニット内の剥離ガラスの状況</p>

図 3-5 フロントガラスの処理工程（2）

### 3.3 予備実験

本格的な処理を行う際の設定条件（ガラスクラッシャー部のクリアランス（上下のローラーの間隔）、処理液の温度、処理時間、超音波の有無）を決定するため予備実験を行った。

#### 3.3.1 ガラスクラッシャー部のクリアランス

ガラスクラッシャー部のクリアランス（上下のローラーの間隔）を決定するため、クリアランスを 0.5mm～2.5mm の範囲で 0.5mm 刻みで重量減少率と膜回収成功率を測定した。

なお、重量減少率とは、ガラスクラッシャー部の投入前重量に対するガラスクラッシャー部で回収したガラス重量の割合である。フロントガラスのガラスや中間膜の厚さは車種等によらずほぼ一定であることから、重量減少率をクリアランスの評価に用いた。また、膜回収率は、ヒビ入れしたガラスの剥離ユニット部への投入枚数に対するガラスが剥離し売却可能な中間膜として回収できた枚数の割合とした。測定結果は、図 3-6 及び図 3-7 に示すとおりであり、クリアランスが狭いほど破碎の段階で回収できるガラスの量が増え、中間膜回収の成功率も高くなる。ただし、クリアランスを 0.5mm とした場合には、膜にガラスが刺さり込んでいる部分が生じ、膜回収成功率が低下したため、1.0mm 程度を最適条件として処理を行うこととした。

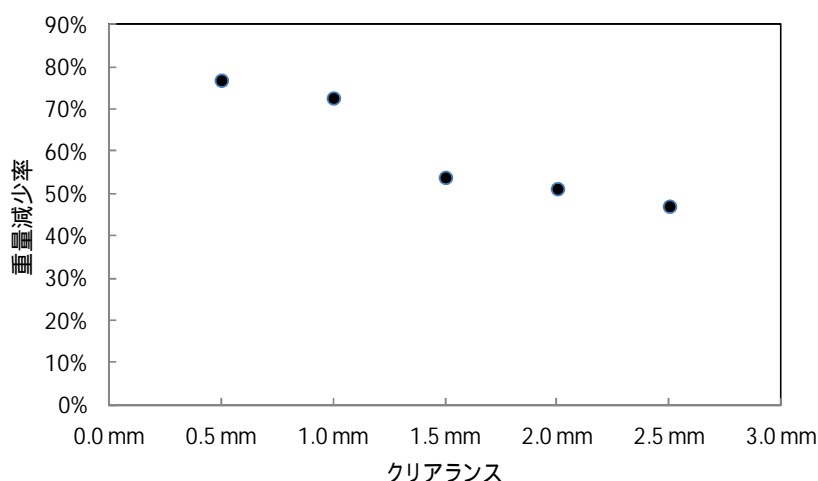


図 3-6 予備実験（ガラスクラッシャー部のクリアランス調整）

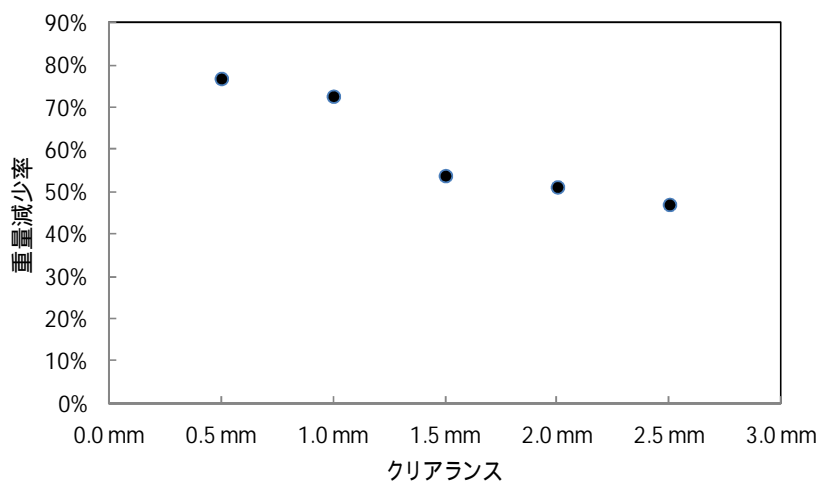


図 3-7 予備実験（ガラスクラッシャー部のクリアランス調整）

### 3.3.2 処理液の温度

剥離ユニット部において中間膜からガラスを分離するために、浸漬させる処理液の温度条件を設定するため、30、40、50の温度条件で膜回収成功率を測定した。

測定結果は、図 3-8 に示すとおりであり、液温が上がるほど中間膜の回収効率は上がるが、50 では膜の白色化が進行することが観察されたため、45~50 程度を最適条件として処理を行うこととした。

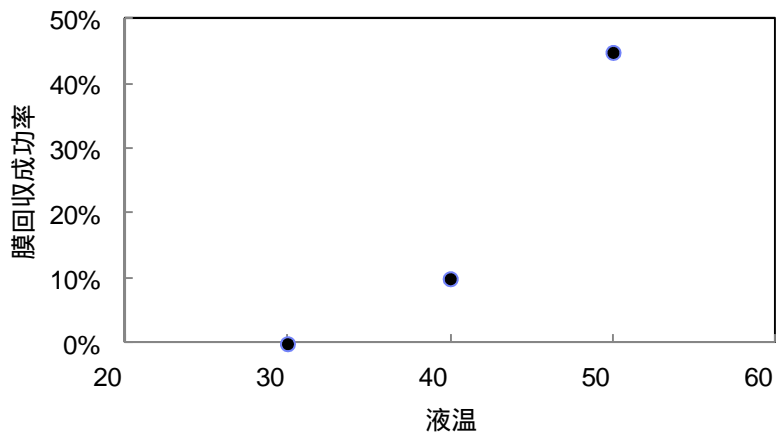


図 3-8 予備実験（処理液の温度）

### 3.3.3 処理液の浸漬接触時間

剥離ユニット部においてヒビ入れしたガラスの処理液への浸漬時間を設定するため、10分、20分、30分の浸漬時間の条件で膜回収成功率を測定した。

測定結果は、図 3-9 に示すとおりであり、20分程度でガラスの剥離は完了し、剥離されないガラスはその後時間を延ばしても変化は見られなかったため、処理時間は20分を最適条件として処理を行うこととした。

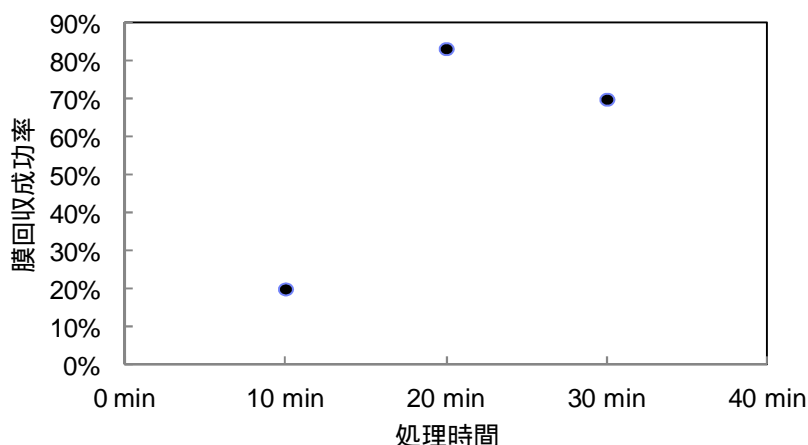


図 3-9 予備実験（処理時間）

### 3.3.4 処理枚数

剥離ユニット部に投入する枚数を 40 枚、60 枚、80 枚、100 枚として、膜回収成功率を測定した。

測定結果は、図 3-10 に示すとおりであり、投入枚数が多い方が、成功率が高くなる傾向が見られた。作業性も考慮し、1 バッチの投入枚数を 80~100 枚程度とした。

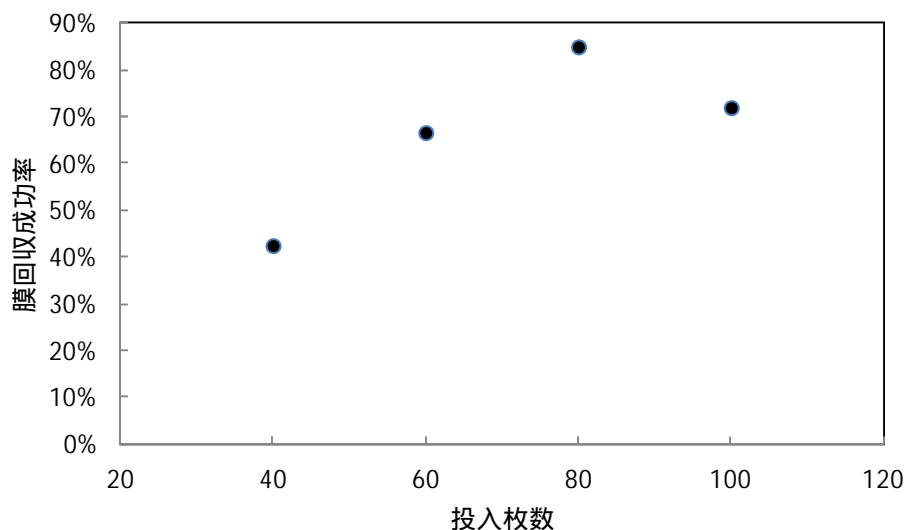


図 3-10 予備実験 (処理枚数)

### 3.3.5 超音波の有無

剥離ユニット部の処理液に、超音波振動を与えることによる膜回収成功率を測定した。

測定結果は、表 3-1 に示すとおりであり、超音波ありの場合、中間膜回収率が 20%程度の改善が見られたことから、超音波を使用して処理を行うこととした。

表 3-1 予備実験 (超音波の有無)

条件	薬液処理			備考
	良品 (枚)	不良品 (枚)	成功率	
超音波あり	25	5	83%	
超音波なし	19	11	63%	



### 3.4 調査結果

#### 3.4.1 ガラス及び中間膜の回収量

実証事業期間中に実施したフロントガラスの投入重量、回収した破碎ガラス、剥離ガラス及び中間膜の重量はそれぞれ表 3-2、表 3-3 に示すとおりであり、フロントガラス 21,437kg を処理し、ガラスカレット 19,505kg、中間膜 1,248kg を回収した。

表 3-2 フロントガラスの投入重量

	期間	投入重量 (kg)
1	12月17日～1月18日	2,083
2	1月19日～1月23日	2,590
3	1月26日～1月30日	4,195
小計		8,868
4	2月2日～2月6日	3,937
5	2月9日～2月14日	3,866
6	2月16日～2月21日	4,766
小計		12,569
合計		21,437

表 3-3 回収した破碎ガラス、剥離ガラス及び中間膜

	期間	破碎ガラス重量 (kg)	剥離ガラス重量 (kg)	中間膜製品重量 (kg)
1	12月17日～1月30日	6,164	1,853	468
2	2月2日～2月21日	9,200	2,289	780
合計		15,363	4,142	1,248
		ガラス計： 19,505		

#### 3.4.2 処理能力

フロントガラス処理機の処理の状況は、表 3-4 に示すとおりであり、安定した運転が行えるようになった2月以降は、1バッチ当たりの平均処理枚数は76枚、また1バッチ当たりの処理時間は105分程度で処理を行った。

表 3-4 フロントガラス処理機の処理量の状況

	期間	総バッチ数 (バッチ)	総投入枚数 (枚)	総処理時間 (分)	1バッチ当たり投入枚数 (枚/バッチ)	1バッチ当たり処理時間 (分/バッチ)
1	12月17日～1月30日	30	1,912	3,700	64	123
2	2月2日～2月21日	55	4,194	5,760	76	105
合計		85	6,106	9,460	72	111

### 3.4.3 マテリアルバランス

フロントガラスの処理工程における、マテリアルバランスを把握するため、ガラスクラッシャー部の投入前のフロントガラスの重量、工程ごとの生成物の重量及び分離された中間膜とガラスの重量を測定した。なお、マテリアルバランスは、フロントガラス処理機の安定的な運転が行えるようになった2月以降のデータをもとにした。

測定結果は、表 3-5 及び図 3-11 に示すとおりであり、投入重量に対して破碎ガラスが 73%、剥離ガラスが 18%、合計 91%となり中間膜（良）は 6%となった。

表 3-5 マテリアルバランス

期間	投入原料	ガラスクラッシャー部		剥離ユニット部		回収ユニット部
	フロントガラス	破碎ガラス	中間生成物	中間膜（良）	中間膜（不良）	剥離ガラス
2月2日～ 2月21日	12,569 kg 100%	9,200 kg 73.2%	3,318 kg 26.4%	780 kg 6.2%	249 kg 2.0%	2,289 kg 18.2%

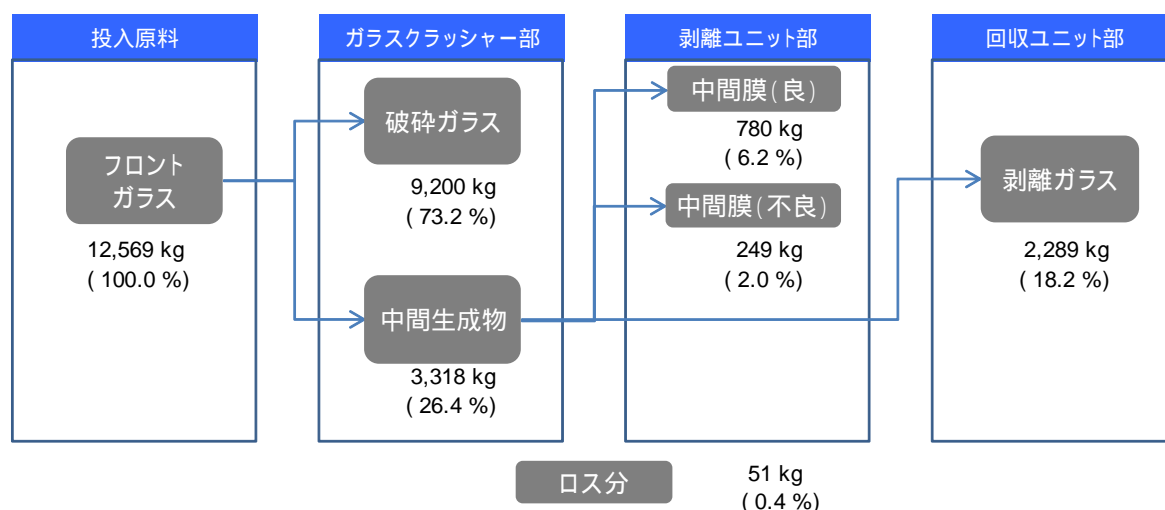


図 3-11 マテリアルバランス

### 3.4.4 中間膜の状況

回収した中間膜の状況を図 3-12 に示す。透明でガラスが完全に剥離した中間膜のほか、白濁したものや一部剥離されないガラスが見受けられた。

中間膜の回収結果は、表 3-6 に示すとおりであり、「3.4.5 ガラス及び中間膜の出荷」で示す中間膜の製品ランクと対照すると、中間膜は、中間膜として再生利用が可能な良品が 56%、中間膜としては利用できないものの売却可能な一定品質のものが 20%、ガラスを完全に取り除くことができなかったものが 24%であった。

なお、中間膜（色付き）とは、フロントガラスの上縁の黒色部を切り取ったもので、中間膜（クリア）を回収するために中間膜の一部を切り取ったものである。

	
<p>回収した中間膜の状況（クリア）</p>	<p>回収した中間膜の状況（クリア）</p>
	
<p>回収した中間膜の状況（白濁）</p>	<p>回収した中間膜の状況（色付き）</p>
	
<p>回収した中間膜の状況（不良）</p>	<p>回収した中間膜の状況（不良）</p>

図 3-12 回収した中間膜の状況

表 3-6 中間膜の回収結果(2月以降)

項目	重量 (kg)	回収枚数 (枚)	1枚当たり重量 (kg/枚)
中間膜(クリア)	577	3,316	0.21
中間膜(白濁)	135		
中間膜(色付き)	68	-	-
小計	780	-	-
中間膜(不良)	249	906	0.27
計	1,029	4,222	0.24

クリア、白濁、色付きを合わせて中間膜(良)に区分する。区分の詳細は「3.4.5 ガラス及び中間膜の出荷」に示す。

回収された中間膜を中間膜再生原料とするためには、着色品、著しい白濁品が混入せず、微小なガラス片の混入も取り除く必要がある。

図 3-13 に光学顕微鏡による中間膜の観察写真を示す。光学顕微鏡による観察では、実証事業初期の段階において回収された中間膜に、10~100 $\mu$ m程度のガラス片の混入が確認され、中間膜再生原料として十分な品質を得られなかった。破碎ローラーの調整や洗浄方法の改良を行った後の中間膜については、10 $\mu$ m以上のガラス片の混入は殆ど見られなかった。これは、中間膜再生原料としての品質を十分に満たしていると考えられる。

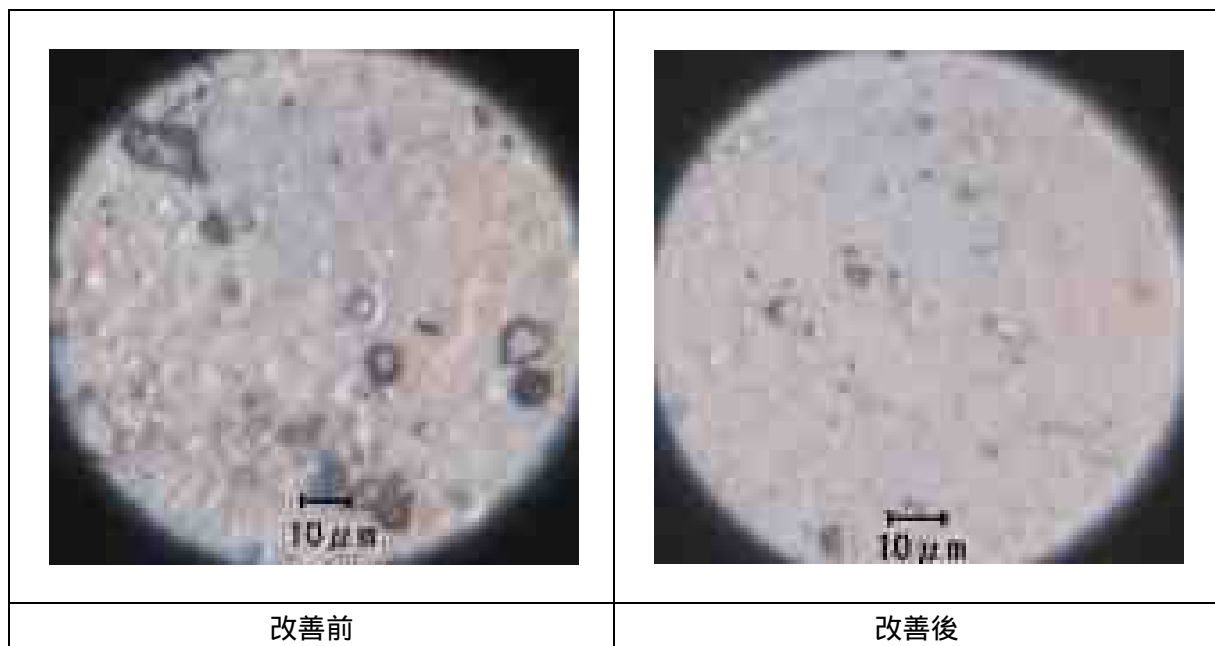


図 3-13 中間膜の顕微鏡観察写真

### 3.4.5 ガラス及び中間膜の出荷

回収した破砕ガラス及び剥離ガラスは、連携法人であるパラマウント硝子工業株式会社江別工場に2月6日～2月23日にかけて計6回出荷した。

中間膜については、海外への輸出を想定していたが、輸出の最低重量の5トン確保できなかったため、実証期間中のお荷は見送った。このため連携法人であり、中間膜の輸出・販売を行っている有限会社飯室商店に回収した中間膜の品質について確認した。飯室商店からは、品質ランクは中間膜の品質、並びに買い取り単価が現時点でも変動しているため、設定することは難しいが、過去に中間膜が取引された実績例から整理すると、表3-7に示す製品ランクが考えられるとの見解を得た。これと本実証事業で回収した中間膜を照らし合わせると、クリアはA～Bランク、白濁、色付きはCランクでの取引が見込まれることが確認できた。

表 3-7 中間膜の製品ランク

製品 ランク	ガラス付着	膜の色	洗浄	用途	単価目安 (置き場渡し)
A	なし	透明	真水洗浄、乾燥が必要	中間膜	100 円/kg 程度の実績有
B	目視で付着 なし	透明	真水洗浄、乾燥が必要	接着剤等	50 円/kg 程度の実績有
C	ある程度 ありでも よい	白濁・色つき	洗浄・乾燥は不要	ゴム製品 (靴底等)	20 円/kg 程度の実績有

経済状況、為替の変動により条件・単価は変動可能性が高い。

### 3.4.6 処理液の水質分析結果

剥離ユニット部から排出された中間膜は、細かいガラスを取り除くため洗浄するが、その際に発生する洗浄水は、処理液槽に戻して、再使用する。

処理液は、回収された中間膜や剥離ガラスに付着するため、適宜補充しながら基本的には繰り返して使用する。このように処理に伴って常時排水が生じることとはならないが、処理を繰り返すことによって排水せざるを得ない場合も考えられるため、実証事業で使用した処理液の水質分析を行った。

分析結果は、表 3-8 に示すとおりであり、下水道放流基準と照らし合わせると、水素イオン濃度、生物化学的酸素要求量及びノルマルヘキサン抽出物質含有量が基準を超過しているという結果が得られた。このため排水は、中和、ろ過、生物処理又は希釈等の処理を行い放流するか、もしくは産業廃棄物として委託処理する必要がある。

表 3-8 水質分析結果一覧

項目	単位	測定値	下水基準値
水素イオン濃度	-	9.3	5.7 < X < 8.7
浮遊物質	mg/	960	該当なし
生物化学的酸素要求量	mg/	670	300 未満
化学的酸素要求量	mg/	1100	該当なし
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（動植物油）	mg/	350	30 以下
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油）	mg/	8	5 以下
フェノール類	mg/	0.1 未満	5 以下
銅	mg/	0.11	3 以下
亜鉛	mg/	0.86	2 以下
溶解性鉄	mg/	2.58	10 以下
溶解性マンガン	mg/	0.19	10 以下
全クロム	mg/	0.18	2 以下
大腸菌群数	個/cm <sup>3</sup>	0	該当なし
全窒素	mg/	21.8	該当なし
全リン	mg/	123	該当なし

ガラス処理機を設置した株式会社マテック石狩支店が排水する下水処理場（石狩湾浄化センター）の排水基準

## 第4 環境改善効果の評価

### 4.1 概要

フロントガラスから、ガラスカレット及び中間膜を回収し、再生利用することによる CO2 排出量と、環境改善効果として CO2 排出削減量を算出し評価した。各要因は表 4-1 に示すとおりとする。

表 4-1 フロントガラスのリサイクルに関わる環境負荷増加要因と環境改善要因

項目	要因	項目
環境負荷増加	1 使用済み自動車からフロントガラスを取り外す際にエアソーを使用する。	電力使用による CO2 排出量
	2 ガラス処理機を効率的に稼働させるために解体業者と連携してフロントガラスを回収する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
	3 ガラス処理機を稼働する際に電気を使用する。	電力使用による CO2 排出量
	4 回収したガラスをガラスカレット利用施設へ輸送する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
	5 回収した中間膜を中間膜製造メーカーへ輸送する。	輸送に関わる燃料使用による CO2 排出量
環境改善	1 ガラスを取り外すことにより廃車ガラのガラス分のシュレッダー処理が不要となる。	シュレッダーの電力使用量削減による CO2 排出削減量
	2 リサイクルされるガラス及び中間膜の埋立処分量が削減される。	埋立量削減に関わる CO2 排出削減量
	3 ガラスカレット（びんカレットを想定）の使用量が削減される。	ガラスカレット製造に関わる CO2 排出削減量
	4 中間膜の使用量が削減される。	中間膜製造に関わる CO2 排出削減量

なお、CO2 排出量及び削減量の算定のため、共通して使用する原単位を表 4-2 に示す。

表 4-2 共通して使用する原単位

項目	数値	単位	出典等
購入電気 <sup>1</sup>	0.678	kg-CO2/kWh	北海道電力ホームページ（2013 年度値）
軽油 <sup>2</sup>	2.58	t-CO2/k	環境省ホームページ

1 [http://www.hepco.co.jp/info/info2014/1189637\\_1638.html](http://www.hepco.co.jp/info/info2014/1189637_1638.html)

2 <http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calculator.pdf>

## 4.2 フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出量

実証事業によって得られたデータをもとに、図 4-1 に示す範囲で使用済み自動車からのフロントガラスの取り外しから、リサイクル原料（ガラスカレット、中間膜）の回収及び利用会社までの輸送に関わる CO2 排出量を算出した。

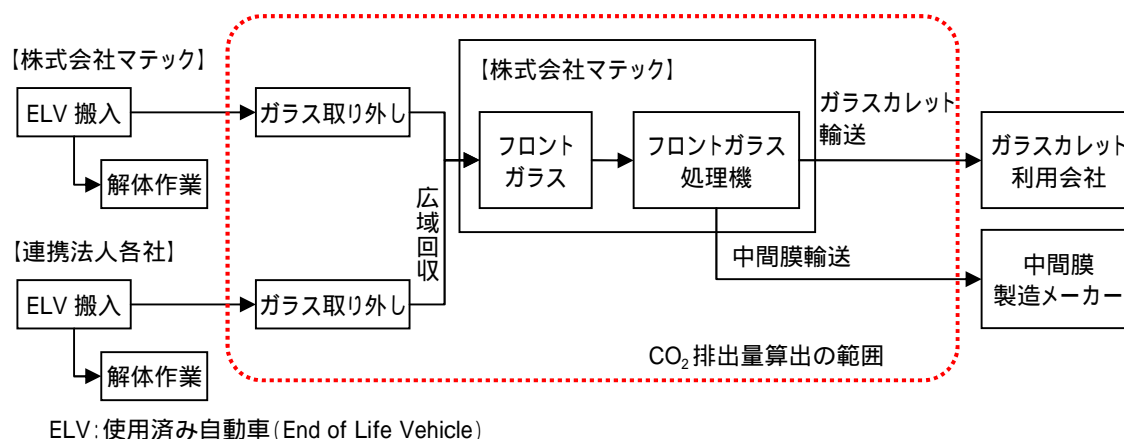


図 4-1 フロントガラスのリサイクルに関わる CO2 排出量算出の範囲

### 4.2.1 フロントガラスの取り外し

フロントガラスの取り外しは、エアソーを用いて行うため、フロントガラスの取り外し作業による CO2 排出量は、エアソー使用時の電力消費量をもとに算出した。

実証事業で使用したエアソー及びコンプレッサーの仕様を表 4-3 に示す。エアソーはコンプレッサーからの圧縮空気により作動するため、エアソーの電力使用量を直接計測することはできない。このため、エアソーの消費空気量及びコンプレッサーの吐出空気量の割合から、コンプレッサーがエアソーに圧縮空気を供給するための電力量をエアソーの電力使用量とした。

表 4-3 エアソー及びコンプレッサーの仕様

機器	型式	仕様	備考
エアソー	VESSEL GT-AS10G	消費空気量 0.28m <sup>3</sup> /min	
コンプレッサー	北越工業(株) SMS15S	吐出空気量 2.0m <sup>3</sup> /min 定格電力 15kW	

$$\begin{aligned}
 & \text{エアソーに供給する電力の想定：} && 15\text{kW} \times (0.28\text{m}^3/\text{min} \div 2.0\text{m}^3/\text{min}) &= 2.1\text{kW} \\
 & \text{フロントガラス切断時のエアソーの使用時間：} && &= 30 \text{ 秒/台} \\
 & \text{フロントガラス切断時の電力使用量：} && 2.1\text{kW} \times 30 \text{ 秒/台} &= 17.5\text{Wh/台} \\
 & \text{車両 1 台当たり CO2 排出量：} && 17.5\text{Wh/台} \times 0.678 \text{ kg-CO2/kWh} & \\
 & && &= \underline{0.0119\text{kg-CO2/台}} \\
 & \text{1 台当たりフロントガラスの重量 (表 2-9 参照)：} && &= 7.5\text{kg/台} \\
 & \text{フロントガラス 1kg 当たり CO2 排出量：} && 0.0119\text{kg-CO2/台} \div 7.5\text{kg/台} & \\
 & && &= \underline{0.0016\text{kg-CO2/kg}}
 \end{aligned}$$



#### 4.2.2 フロントガラスの広域回収

実証事業においてフロントガラスを連携法人から回収するに当たっては、連携法人毎にフロントガラスの取り外しの作業状況が異なることに加え、取り外したフロントガラスの保管場所の確保が難しかったため、連携法人毎に都度回収する方法で行った。

事業化に当たっては、ガラス処理機の処理能力が十分発揮できるよう十分なフロントガラス量を確保することが重要となり、そのためには、効率的な広域収集体制の構築が必要であると考えられる。このため、ガラス処理機の処理能力を最大限活用できるフロントガラスを効率的に回収する方法として、定期回収を検討した。

広域回収に使用する想定車両： 4トン車～最大積載量約3,500kg  
1台あたりフロントガラス重量： 7.5kg/台  
車両に積み込み可能な車両台数： 460台（ $3,500\text{kg} \div 7.5\text{kg/台}$ ）

ガラス処理機の処理能力： 200台/日（実証事業から想定）

表3-4より2月以降の処理能力は1バッチ当たり約100分である。実証事業においては投入枚数や重量の計測・記録などの作業が行ったが、これらの作業を行わなければ1バッチ当たり80分で運転可能である。これに1バッチ当たり80枚（40台分）1日当たり5バッチ運転として、1日当たり200台を想定した。

1社あたり回収車両台数： 40台/日・社（ $= 200\text{台/日} \div 5\text{社}$ ）  
マテックを含む近郊5社から均等に回収すると仮定した。

広域回収する車両台数： 320台/回（ $= 40\text{台/日} \cdot \text{社} \times \text{広域回収}4\text{社分} \times 2\text{日/回}$ ）  
< 460台（車両に積み込み可能な車両台数）

よって、1社につき2日間で取り外したフロントガラス80台分を、2日に1度の頻度（例：月・水・金）で回収するものとした。

回収ルートについては、図2-1で示した各社工場の所在地から以下を想定した。また、各社の道路距離を表4-4に示す。

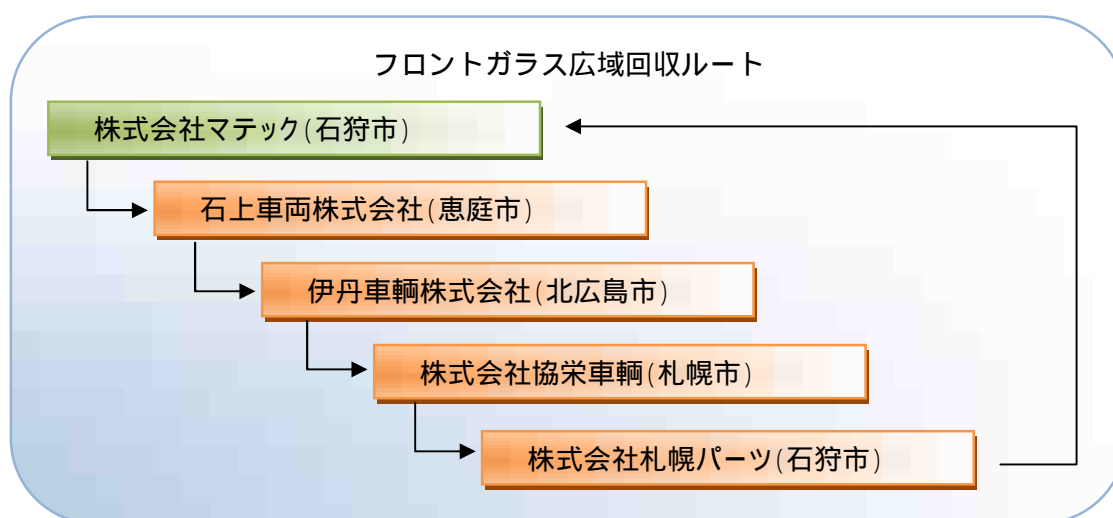


図 4-2 フロントガラスの広域回収ルートの設定

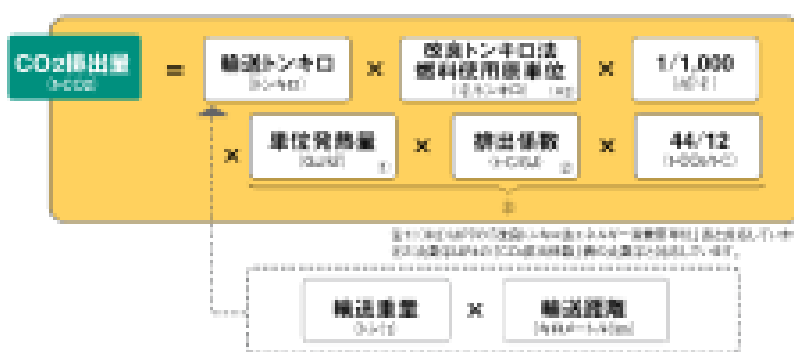
表 4-4 連携法人各社の道路延長距離<sup>1</sup>

(単位：km)

会社名	マテック	石上車両	伊丹車輛	協栄車輛	札幌パーツ
マテック		48.6 <sup>2</sup>	38.8	21.3	2.5 <sup>2</sup>
石上車両	48.6		7.1 <sup>2</sup>	23.8	44.6
伊丹車輛	38.8	7.1		18.7 <sup>2</sup>	38.7
協栄車輛	21.3	23.8	18.7		22.0 <sup>2</sup>
札幌パーツ	2.5	44.6	38.7	22.0	

- 1 マテックと各社の道路延長距離は、本実証事業によって計測した距離。その他はインターネットホームページ地図検索ソフトによる結果。
- 2 想定した回収ルートに関する道路延長距離。

広域回収に伴う燃料使用量及びCO2排出量については、「物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」(経済産業省・国土交通省)で示される改良トンキロ法によって算出した。改良トンキロ法による燃料使用量及びCO2排出量は、図4-3のとおりである。また、改良トンキロ法燃料使用原単位を表4-5に示す。



出典：物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」(経済産業省・国土交通省)  
<http://www.greenpartnership.jp/pdf/co2/co2brochure.pdf>

図 4-3 改良トンキロ法による燃料使用量及びCO2排出量の算定

表 4-5 改良トンキロ法エネルギー消費原単位

燃料	最大積載量 (kg)	輸送トンキロ当たり燃料使用量 ( /t・km)							積載率が不明な場合			
		積載率 (%)							平均積載率		原単位	
		中央値	10%	20%	40%	60%	80%	100%	自家用	営業用	自家用	営業用
ガソリン	軽貨物車	350	2.74	1.44	0.758	0.521	0.399	0.324	10%	41%	2.74	0.741
	~ 1,999	1,000	1.39	0.730	0.384	0.264	0.202	0.164	10%	32%	1.39	0.472
	2,000 以上	2,000	0.886	0.466	0.245	0.168	0.129	0.105	24%	52%	0.394	0.192
軽油	~ 999	500	1.67	0.954	0.543	0.391	0.309	0.258	10%	36%	1.670	0.592
	1,000 ~ 1,999	1,500	0.816	0.465	0.265	0.191	0.151	0.126	17%	42%	0.530	0.255
	2,000 ~ 3,999	3,000	0.519	0.295	0.168	0.121	0.0958	0.0800	39%	58%	0.172	0.124
	4,000 ~ 5,999	5,000	0.371	0.212	0.120	0.0867	0.0686	0.0573	49%	52%	0.102	0.0844
	6,000 ~ 7,999	7,000	0.298	0.170	0.0967	0.0696	0.0551	0.0459			0.0820	0.0677
	8,000 ~ 9,999	9,000	0.253	0.144	0.0820	0.0590	0.0467	0.0390			0.0696	0.0575
	10,000 ~ 11,999	11,000	0.222	0.126	0.0719	0.0518	0.0410	0.0342			0.0610	0.0504
	12,000 ~ 16,999	14,500	0.185	0.105	0.0601	0.0432	0.0342	0.0285			0.0509	0.0421

資料：物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」(経済産業省・国土交通省)をもとに作成

なお、より正確にエネルギー使用量を求めるには、以下の関数式に値を代入することとされていることから、今回は下式により求めた。

$$\ln y = 2.71 - 0.812 \ln(x/100) - 0.654 \ln z \quad \dots\dots (\text{式 A})$$

ただし、 $y$ ：輸送トンキロ当たり燃料使用量（ $\text{kg}$ ）、 $x$ ：積載率（ $\%$ ）、 $z$ ：最大積載量（ $\text{kg}$ ）

表 4-6 広域回収に伴う燃料使用量の算出

項目	単位	マテック 石上車両	石上車両 伊丹車両	伊丹車両 協栄車両	協栄車両 札幌パーツ	札幌パーツ マテック
車両台数	台		80	160	240	320
1台当たりガラス重量	kg/台		7.5	7.5	7.5	7.5
積載重量	kg		600	1,200	1,800	2,400
積載率	-		0.17	0.34	0.51	0.69
燃料使用原単位	/t・km	4.58km/	0.3048	0.1736	0.1249	0.0977
輸送距離	km	48.6	7.1	18.7	22.0	2.5
輸送トンキロ	t・km		4.26	22.44	39.60	6.00
燃料使用量		<b>10.61</b>	<b>1.30</b>	<b>3.90</b>	<b>4.95</b>	<b>0.59</b>

空車での移動となるため「物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」で示されている営業用車両（最大積載量 2,000～3,999kg）の燃費（ $\text{km/l}$ ）とした。

燃料使用量の計： 21.35 /回  
 CO2 排出係数： 2.58 t-CO2/k (= 2.58 kg-CO2/ )  
 CO2 排出量： 55.083 kg-CO2/回  
 車両台数： 320 台/回  
 フロントガラス重量： 2,400kg/回  
 車両 1 台当たり CO2 排出量： 55.083 kg-CO2 ÷ 320 台 = 0.1721kg-CO2/台  
 フロントガラス 1kg 当たり CO2 排出量：  
 55.083 kg-CO2 ÷ 2,400kg = 0.0230kg-CO2/kg

#### 4.2.3 フロントガラス処理機の運転

フロントガラス処理機の電力使用による CO2 排出量を算出した。実証事業において、フロントガラス処理機に電力メーターを設置し、使用電力量を把握しており、その結果を用いる。

フロントガラス処理機が安定的に運転できるようになった、2 月以降のデータをもとに、フロントガラス処理量に対する電力使用量を整理し、図 4-4 に示す。図 4-4 で示すとおりフロントガラス処理量当たりの電力使用量はおおむね 0.06~0.10[kWh/kg]の範囲にあり、処理量が多いと電力使用量も少ない傾向にはあるが、ほぼ一定と見なすことができると考え、平均値である 0.075[kWh/kg]を用いた。

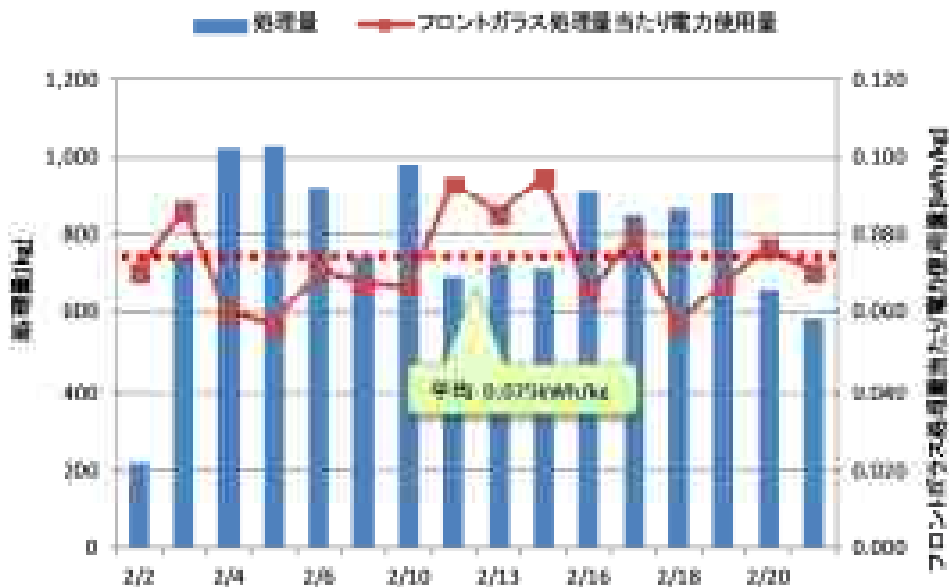


図 4-4 実証事業期間中のガラス処理機の電力使用量

フロントガラス処理機の処理能力： 200 台/日

1 台あたりフロントガラス重量： 7.5 kg/台

1 日あたりフロントガラス処理量： 1,500 kg/日

フロントガラス処理量当たりの電力使用量： 0.075kWh/kg

フロントガラス処理機の電力使用量： 1,500 kg/日 × 0.075 kWh/kg = 112.5kWh/日

同上 CO2 排出量： 112.5kWh/日 × 0.678 kg-CO2/kWh

= 76.275 kg-CO2/日

車両 1 台あたり CO2 排出量： 76.275 kg-CO2/日 ÷ 200 台/日 = 0.3814kg-CO2/台

フロントガラス 1kg 当たり CO2 排出量：

76.275 kg-CO2/日 ÷ 1,500 kg/日 = 0.0509kg-CO2/kg

#### 4.2.4 ガラスカレットの輸送

フロントガラス処理機で回収した破碎ガラス、剥離ガラスは、ガラスカレットとしてガラスウールの原料へ利用することを想定する。このためガラスウール製造工場へガラスカレットを輸送する際の燃料使用量及びCO2排出量を算出した。

算出方法は、「4.2.2 フロントガラスの広域回収」で示した改良トンキロ法とした。

輸送に使用する想定車両： 4トン車～最大積載量約3,500kg  
 積載率： 100%（車両満載での輸送を想定）

表 4-7 ガラスカレット輸送に伴う燃料使用量の算出

項目	単位	マテック パラマウント	パラマウント マテック
最大積載重量	kg	3,500	
積載率	-	100%	
燃料使用原単位	/t・km	0.0723	4.58km/
輸送距離	km	26.9	26.9
輸送トンキロ	t・km	94.15	
燃料使用量		<b>6.81</b>	<b>5.87</b>

空車での移動となるため「物流分野のCO2排出量に関する算定方法ガイドライン」で示されている営業用車両（最大積載量2,000～3,999kg）の燃費（km/）とした。

燃料使用量の計： 12.68 /回  
 CO2排出係数： 2.58 t-CO2/k（=2.58 kg-CO2/）  
 CO2排出量： 32.714 kg-CO2/回  
 フロントガラス重量： 3,850kg/回  
 車両台数： 513台/回  
 フロントガラス1kg当たりCO2排出量：  
 $32.714 \text{ kg-CO2} \div 3,850 \text{ kg} = 0.0085 \text{ kg-CO2/kg}$   
 車両1台当たりCO2排出量：  
 $32.714 \text{ kg-CO2} \div 513 \text{ 台} = 0.0638 \text{ kg-CO2/台}$

表 3-5 のマテリアルバランスより、フロントガラス1kgから破碎ガラス及び剥離ガラスは0.91kg回収できるので、輸送量3,500kgを回収するために必要なフロントガラスは約3,850kg（=3,500kg÷0.91）となる。これに1台当たりフロントガラス重量7.5kg/台から車両台数は513台となる。

#### 4.2.5 中間膜の輸送

フロントガラス処理機で回収した中間膜は、中間膜の輸出販売業者である有限会社飯室商店に売却した後、ヨーロッパにある中間膜製造メーカーで再利用されることを想定した。中間膜製造メーカーまでの想定した輸送ルートを図 4-5 に示す。

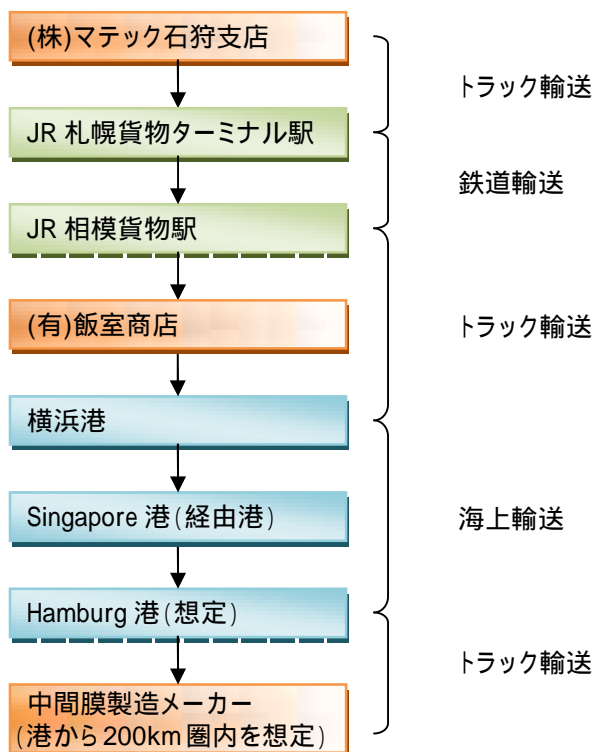


図 4-5 中間膜の輸送の想定ルート

##### (1) トラック輸送(道内)

株式会社マテックから JR 札幌貨物ターミナル駅までのトラック輸送による CO2 排出量は、以下のとおりである。

運送方法：	12 フィートコンテナ～最大積載量 5,000kg
積載率：	100% (車両満載での輸送を想定)
燃料使用原単位：	0.0573 /t・km (式 A で算出)
輸送距離：	24 km (地図検索ソフトによる計測結果)
燃料使用量の計：	6.88 /回
CO2 排出係数：	2.58 t-CO2/k (=2.58 kg-CO2/ )
CO2 排出量：	17.750 kg-CO2/回

##### (2) 鉄道輸送

JR 貨物株式会社のホームページで公開されている「エネルギー使用量・CO2 排出量計算シート」を用い、JR 札幌貨物ターミナル駅から JR 相模貨物駅までの鉄道輸送による CO2 排出を算出した。算出結果は以下のとおりである。

運送方法：	12 フィートコンテナ～最大積載量 5,000kg
輸送距離：	1,277.1km

C02 排出量 : 140 kg-C02/回

参照 HP <http://www.jrfreight.co.jp/environment/calculate/index.php>

### (3) トラック輸送(道外)

JR 相模貨物駅から有限会社飯室商店を經由して、横浜港までのトラック輸送による C02 排出量は、以下のとおりである。

運送方法 : 12 フィートコンテナ ~ 最大積載量 5,000kg  
積載率 : 100% (車両満載での輸送を想定)  
燃料使用原単位 : 0.0573 /t・km (式 A で算出)  
輸送距離 : 51 km (地図検索ソフトによる計測結果)  
燃料使用量の計 : 14.61 /回  
C02 排出係数 : 2.58 t-C02/k (=2.58 kg-C02/ )  
C02 排出量 : 37.694 kg-C02/回

### (4) 海上輸送(海外)

横浜港から Hamburg 港 (Singapore 港経由) 海上輸送については、日本郵船株式会社が公開している「NYK GROUP C02 e-calculator」を用いて C02 排出を算出した。算出結果は、図 4-6 に示すとおりであるが、複数の航路のうち C02 排出量の最も少ない結果を用いるものとする。

C02 排出量 : 662.0 kg-C02/回

参照 HP <http://www.nykgroup-e-calculator.com/>

### (5) トラック輸送(海外)

海外のトラック輸送に関する C02 排出原単位については、ドイツにおける設定値より算出した。なお、Hamburg 港から中間膜製造メーカーの輸送距離は 200km を想定した。

積載量 : 5,000kg  
輸送距離 : 200 km  
C02 排出原単位 : 71 g-C02/t・km  
C02 排出量 : 71.0 kg-C02/回

表 4-8 海外のトラック輸送における C02 排出原単位

輸送手段	g-CO <sub>2</sub> /tkm
Road traffic*( $>34-40$ t: Euro 3)	71.00
Rail transport average electric train	18.00
Rail transport average diesel train	35.00
Air transport	665.00
Waterway upstream	49.00
Waterway downstream	30.00

出典: 物流から生じる C02 排出量のディスクロージャーの今後のあり方に関する調査研究 (2012 年 6 月 国土交通省 国土交通政策研究所) よりドイツの排出原単位設定値

# NYK GROUP CO<sub>2</sub>e-calculator

CO<sub>2</sub>e-calculator

**Yokohama[Port] - Hamburg[Port]**

Route	From	To	Days	Service	CO <sub>2</sub> Emission (kg)	
					Direct	Total
Route1	Yokohama[Port]	Yokohama[Port]	24.0		200.0	452.0
Route2	Yokohama[Port]	Hamburg[Port]	27.0		411.0	452.0
Route3	Yokohama[Port]	Yokohama[Port]	24.0		200.0	761.5
Route4	Yokohama[Port]	Hamburg[Port]	27.0		411.0	761.5
Route5	Yokohama[Port]	Yokohama[Port]	24.0		200.0	884.0
Route6	Yokohama[Port]	Hamburg[Port]	27.0		411.0	884.0
Route7	Yokohama[Port]	Yokohama[Port]	24.0		200.0	1004.0
Route8	Yokohama[Port]	Hamburg[Port]	27.0		411.0	1004.0
Route9	Yokohama[Port]	Yokohama[Port]	24.0		200.0	1124.0
Route10	Yokohama[Port]	Hamburg[Port]	27.0		411.0	1124.0

参照 HP <http://www.nykgroup-e-calculator.com/>

図 4-6 海上輸送による CO<sub>2</sub> 排出量



(6) まとめ

各輸送工程のCO2排出量の算出結果を表 4-9 に示すとともに、車両 1 台当たり及びフロントガラス 1kg 当たりの CO2 排出量を算出した。

表 4-9 中間膜の輸送に関わる CO2 排出量

項目	CO2 排出量 (kg-CO2)	備考(経路)
トラック輸送	17.750	北海道石狩市 北海道札幌市
鉄道輸送	140	北海道札幌市 神奈川県大磯町
トラック輸送	37.694	神奈川県大磯町 神奈川県横浜市
海上輸送	662	日本(横浜港) (想定)Hamburg 港
トラック輸送	71	(想定)ヨーロッパ内
計	928.444	

CO2 排出量 : 928.444 kg-CO2/回  
車両台数 : 11,900 台/回  
車両 1 台当たり CO2 排出量 :  $928.444 \text{ kg-CO2} \div 11,900 \text{ 台} = \underline{0.0780\text{kg-CO2/台}}$   
フロントガラス重量 : 89,250 kg/回  
フロントガラス重量当たり CO2 排出量 :  $928.444 \text{ kg-CO2} \div 89,250\text{kg} = \underline{0.0104\text{kg-CO2/kg}}$

中間膜 1 枚当たりの重量は表 3-6 より 0.21kg であることから、中間膜の輸送量 5,000kg は、車両 11,900 台 ( $5,000\text{kg} \div (0.21\text{kg/枚} \times 2 \text{枚/台})$ ) となる。また、1 台当たりフロントガラス重量は 7.5kg/台であることから、輸送量 5,000kg を回収するために必要なフロントガラスは 89,250kg ( $= 11,900 \text{台} \times 7.5\text{kg/台}$ ) となる。

#### 4.2.6 フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出量

「4.2.1 フロントガラスの取り外し」～「4.2.5 中間膜の輸送」の各算出結果からフロントガラスからガラスカレット及び中間膜を回収する際の CO2 排出量は、表 4-10 に示すとおりであり、車両 1 台当たり 0.7072 kg-CO2/台、フロントガラス 1kg 当たり 0.0944 kg-CO2/kg となった。

表 4-10 フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出量

工程	車両 1 台当たり CO2 排出量	フロントガラス 1kg 当たり CO2 排出量
フロントガラスの取り外し	0.0119 kg-CO2/台	0.0016 kg-CO2/kg
フロントガラスの広域回収	0.1721 kg-CO2/台	0.0230 kg-CO2/kg
フロントガラス処理機の運転	0.3814 kg-CO2/台	0.0509 kg-CO2/kg
ガラスカレットの輸送	0.0638 kg-CO2/台	0.0085 kg-CO2/kg
中間膜の輸送	0.0780 kg-CO2/台	0.0104 kg-CO2/kg
計	0.7072 kg-CO2/台	0.0944 kg-CO2/kg

### 4.3 フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出削減量

#### 4.3.1 破砕処理量の削減

使用済み自動車からガラスが取り外されることによって、破砕処理する廃車ガラスの重量が減少するため、破砕処理に伴う電力使用量が削減される。これに伴う CO2 排出削減量を算出した。

1 台あたりフロントガラス重量： 7.5 kg/台

処理量 1t 当たりの破砕処理電力使用量：

24.55 kWh/t (株式会社マテック実績)

フロントガラス取り外しによる電力使用削減量：

7.5 kg/台 × 24.55 kWh/t = 0.1841 kWh/台

車両 1 台あたり CO2 削減量

0.1841 kWh/台 × 0.678 kg-CO2/kWh

= 0.1248 kg-CO2/台

フロントガラス 1kg 当たり CO2 削減量：

0.1248 kg-CO2/台 ÷ 7.5 kg/台 = 0.0166kg-CO2/kg

#### 4.3.2 埋立処分量の削減

使用済み自動車からガラスが取り外されることによって、埋立処分量が削減されるため、埋立量削減に関わる CO2 排出削減量を算出した。

1 台あたりフロントガラス重量： 7.5 kg/台

埋立処分に関わる CO2 排出原単位： 0.0083 kg-CO2/kg (シュレッダーの埋立)

車両 1 台あたり CO2 削減量 7.5 kg/台 × 0.0083 kg-CO2/kg

= 0.0623 kg-CO2/台

フロントガラス 1kg 当たり CO2 削減量：

0.0623 kg-CO2/台 ÷ 7.5 kg/台 = 0.0083kg-CO2/kg

「LCA に使える原単位」参照 [http://www.yasuienv.net/CREST/lca-thinking/useful/gentanni\\_co2\\_waste.htm](http://www.yasuienv.net/CREST/lca-thinking/useful/gentanni_co2_waste.htm)

#### 4.3.3 ガラスびんカレットの製品代替

グラスウール製造工場では、グラスウールの原料にガラスびんカレットを使用することが多い。使用済み自動車からのガラスカレットをグラスウール原料として使用することによってガラスびんのカレット製造量が削減されるため、ガラスびんカレット製造に関わる CO2 排出量を、削減量とした。

飲料容器を対象とした LCA 調査として、平成 16 年度環境省請負調査「容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書」（平成 17 年 3 月 財団法人 政策科学研究所）がある。この調査において各種容器包装のライフサイクルインベントリが調査されており、ワンウェイびんについては 2 種類の調査結果が示されている。両者の平均値よりガラスカレット 1kg 当たりの CO2 排出量は 0.01075kg-CO2/kg となる。

表 4-11 ガラスびんカレット製造による CO2 排出量

工程	350ml・炭酸用	250ml・非炭酸用	単位	備考
資源ごみ収集	0.0012	0.00117	kg-CO2/本	2t パッカー車で収集
自治体による中間処理	0.0000292	0.0000284	kg-CO2/本	選別異物除去
自治体からカレット業者へ輸送	0.000152	0.000148	kg-CO2/本	10tトラックで輸送
カレット業者	0.000824	0.000801	kg-CO2/本	
計	0.0022052	0.0021474	kg-CO2/本	
びん 1 本当たり重量	205	200	g/本	
ガラス 1kg 当たり排出量	0.01076	0.01074	kg-CO2/kg	平均 0.01075

資料：「容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る調査事業報告書」（平成 17 年 3 月 財団法人 政策科学研究所）をもとに作成

表 3-5 のマテリアルバランスよりフロントガラス 1kg よりガラスカレット（破碎ガラス及び剥離ガラス）は 0.91kg 回収できるので、ガラスカレット 1kg を回収するのに必要なフロントガラスは 1.10kg となる。したがってびんカレットの代替としてガラスカレット再利用することによるフロントガラス 1kg 当たりの CO2 排出削減量は以下のとおりとなる。

$$0.01075 \text{ kg-CO2/kg-ガラスカレット} \div 1.10\text{kg-フロントガラス/kg-ガラスカレット} = \underline{\underline{0.0098 \text{ kg-CO2/kg}}}$$

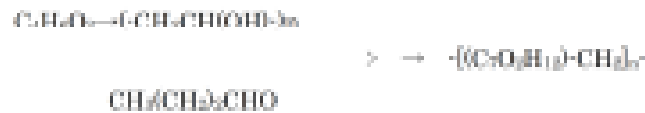
車両 1 台当たりのフロントガラス重量が 7.5kg となるので、車両 1 台当たりの CO2 排出削減量は以下のとおりである。

$$0.0098 \text{ kg-CO2/kg} \times 7.5\text{kg/台} = \underline{\underline{0.0735 \text{ kg-CO2/台}}}$$

#### 4.3.4 中間膜の製品代替

使用済み自動車から中間膜を回収・再生利用することによって、中間膜の原料である PVB (ポリビニルブチラール) の作成プロセスの一部が不要となり、あわせて CO2 排出量の削減につながると考えられる。

PVB:  $-(\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_4)_n-\text{CH}_2-$ は酢酸ビニル:  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ から作ったポリビニルアルコール:  $(-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})-)_m$  にブチルアルデヒド:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO}$  を反応させて生成する。



出典:「合わせガラスのリサイクルに関する調査研究調査報告書」(平成 22 年 2 月 財団法人 製造科学技術センター)

図 4-7 中間膜製造概略プロセスと中間膜の再利用

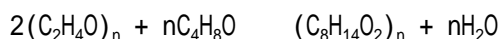
しかしながら PVB の製造に関わる CO2 排出量は、文献調査やホームページ等の調査からはデータを得ることができなかった。このため PVB の製造原料であるポリビニルアルコール(PVA)及びブチルアルデヒドの CO2 排出量原単位の合計を、PVB の CO2 排出原単位とした。

表 4-12 PVB (ポリビニルブチラール) の CO2 排出量

項目	ポリビニルアルコール (PVA)	n-ブチルアルデヒド	ポリビニルブチラール (PVB)
構造式			
分子式	$(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	$(\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_2)_n$
分子量(モノマー換算)	44.05	72.11	142.2
CO2 換算量原単位	2.37 kg-CO2e/kg	1.93 kg-CO2e/kg	

kg-CO2e は、温室効果ガス (CO2、メタン、亜酸化窒素ほか 6 ガス) の排出量を CO2 に換算し合計した量であり、その原単位はカーボンフットプリント制度試行事業 CO2 換算量共通原単位データベース ver. 4.01 (国内データ) (<http://www.cms-cfp-japan.jp/>) の数値を採用した。

PVA(モノマー)2分子とブチルアルデヒド1分子が、以下の反応により PVB (モノマー)1分子が生成される。



1kgのPVBを製造するには、PVA 0.620kgとブチルアルデヒド 0.507 kgを使用する。従ってPVBのCO<sub>2</sub>換算量原単位は、以下の式のとおりとなり、PVB 1kgを製造するのに2.46 kg-CO<sub>2</sub>eが排出される。

$$2.37 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg} \times 0.620 \text{ kg} + 1.93 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg} \times 0.507 \text{ kg} = 2.46 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}$$

実証事業の結果から、車両1台から中間膜が0.42kg回収できるので、中間膜1kgを回収するのに必要な車両は2.38台となる。したがってPVBの代替として中間膜を再利用することによる車両1台当たりのCO<sub>2</sub>の削減効果は以下のとおりとなる。

$$\text{車両1台当たりCO}_2\text{削減効果：} \quad 2.46 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg} \div 2.38 \text{ 台/kg} = \underline{1.0336 \text{ kg-CO}_2\text{e/台}}$$

車両1台当たりのフロントガラス重量が7.5kgなので、フロントガラス1kg当たりのCO<sub>2</sub>の削減効果は以下のとおりとなる。

フロントガラス1kg当たりCO<sub>2</sub>削減効果：

$$1.0336 \text{ kg-CO}_2\text{e/台} \div 7.5\text{kg/台} = \underline{0.1378 \text{ kg-CO}_2\text{e/kg}}$$

## 4.4 フロントガラスのリサイクルによる環境改善効果

### 4.4.1 CO2 削減効果

「4.3.1 破碎処理量の削減」～「4.3.4 中間膜の製品代替」の各算出結果からフロントガラスからガラスカレット及び中間膜を回収することによる CO2 排出削減量は表 4-13 に示すとおり車両 1 台当たりが 1.2942 kg-CO2/台、フロントガラス 1kg 当たり 0.1725 kg-CO2/kg となった。

一方、表 4-10 で示したとおり、フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出量は、車両 1 台当たり 0.7072 kg-CO2/台、フロントガラス 1kg 当たり 0.0944 kg-CO2/kg と算出されたため、フロントガラスからガラスカレット及び中間膜を回収・リサイクルすることによって、車両 1 台当たり 0.5870 kg-CO2/台、フロントガラス 1kg 当たり 0.0781 kg-CO2/kg の削減が期待できる。

表 4-13 フロントガラスのリサイクルによる CO2 排出削減量

工程	車両 1 台当たり CO2 排出削減量	フロントガラス 1kg 当たり CO2 排出削減量
破碎処理量の削減	0.1248 kg-CO2/台	0.0166 kg-CO2/kg
埋立処分量の削減	0.0623 kg-CO2/台	0.0083 kg-CO2/kg
ガラスびんカレット製造代替	0.0735 kg-CO2/台	0.0098 kg-CO2/kg
中間膜製造代替	1.0336 kg-CO2/台	0.1378 kg-CO2/kg
計	1.2942 kg-CO2/台	0.1725 kg-CO2/kg

表 4-14 フロントガラスのリサイクルによる CO2 削減効果

工程	車両 1 台当たり CO2 削減効果	フロントガラス 1kg 当たり CO2 削減効果
環境負荷要因	0.7072 kg-CO2/台	0.0944 kg-CO2/kg
環境改善要因	1.2942 kg-CO2/台	0.1725 kg-CO2/kg
CO2 削減効果	<b>0.5870 kg-CO2/台</b>	<b>0.0781 kg-CO2/kg</b>

#### 4.4.2 北海道及び全国における CO2 削減量

車両 1 台当たりの CO2 削減効果をもとに北海道や全国でフロントガラスのリサイクルが行われた場合の年間 CO2 削減量を試算した。

##### (1) 全国の使用済み自動車の年間引渡し台数

全国の ASR の引取重量とその台数は、表 4-15 及び図 4-8 に示すとおりであり、大きく落ち込んだ平成 23 年度を除いても減少傾向にあり、平成 25 年度は 3,174 千台、平成 21 年度と比較すると 9.5%、また平成 24 年度との比較では 0.6%となっている。

表 4-15 ASR の引取重量及び台数

項目	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
引取 ASR 重量 ( t )	649,151	643,579	498,124	598,533	590,624
引取台数 ( 台 )	3,508,510	3,490,099	2,689,445	3,194,936	3,174,446
1 台当たり ASR 重量 ( kg/台 )	185.0	184.4	185.2	187.3	186.1

資料：経済産業省自動車課及び環境省リサイクル推進室 公表資料より作成

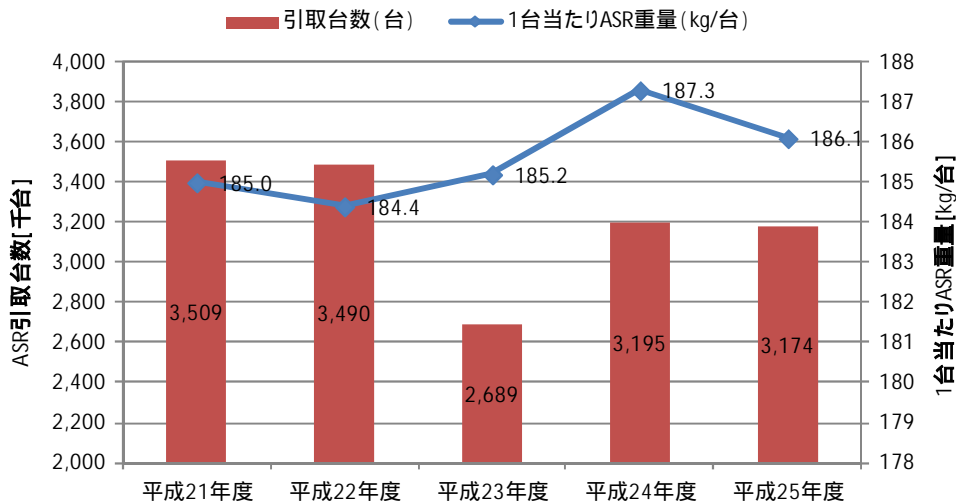


図 4-8 ASR の引取重量及び台数の推移



## (2) 自動車保有台数

一般財団法人自動車検査登録情報協会の公表データによる北海道の自動車保有台数は、表 4-16 に示すとおりであり、平成 26 年 10 月現在、約 3,597 千台を保有しており、全国の 4.66% を占める。

表 4-16 運輸局別自動車保有台数（平成 26 年 10 月現在）

運輸局	乗用車	貨物車	乗合車	特種（殊）車	計	割合
北海道	2,783,840	660,551	13,846	138,936	3,597,173	4.66%
東北	5,205,231	1,489,697	23,032	171,445	6,889,405	8.92%
関東	17,198,037	3,737,673	65,295	454,141	21,455,146	27.79%
北陸信越	4,131,051	1,100,972	16,672	118,708	5,367,403	6.95%
中部	9,146,554	2,002,827	26,570	209,165	11,385,116	14.75%
近畿	8,001,879	1,890,197	28,504	213,594	10,134,174	13.13%
中国	4,121,735	1,071,068	13,806	108,860	5,315,469	6.89%
四国	2,151,567	663,510	6,903	59,875	2,881,855	3.73%
九州	6,993,044	1,950,060	29,080	184,000	9,156,184	11.86%
沖縄	793,624	205,460	3,311	18,375	1,020,770	1.32%
全国	60,526,562	14,772,015	227,019	1,677,099	77,202,695	100.00%

（単位：台）

資料：一般財団法人自動車検査登録情報協会 HP の公表データより作成

## (3) 北海道での年間使用済み自動車の引取台数の推定

表 4-15 及び表 4-16 により、北海道での年間使用済み自動車の引取台数は、平成 25 年度において以下のとおり約 147,900 台と推定される。

$$3,174,446 \text{ 台} \times 4.66\% = 147,929 \text{ 台} \quad 147,900 \text{ 台}$$

## (4) 年間 CO2 削減量

使用済み自動車の中には、解体工場への搬入段階で、ガラスが破損している場合もあり、全ての使用済み自動車からフロントガラスを回収することはできない。これらの実態について、表 2-10 で示しており、フロントガラスは使用済み自動車の 86.7% から回収できると想定する。

これを踏まえ、表 4-14 で示した車両 1 台当たりの CO2 削減効果及び使用済み自動車引取台数から、北海道や全国でフロントガラスのリサイクルが行われた場合の年間 CO2 削減量を試算すると、北海道で 75t-CO2/年、全国では 1,616t-CO2/年の削減が見込まれる。

表 4-17 年間 CO2 削減量

項目	北海道	全国
使用済み自動車引取台数（千台）	147.9	3,174.4
環境改善効果（kg-CO2/台）	0.5870	0.5870
フロントガラス回収可能割合（%）	86.7%	86.7%
年間 CO2 削減量（t-CO2/年）	75	1,616

#### 4.5 ASR 削減効果

ASR の発生量（平成 25 年度）は、1 台当たり 186.1kg となっている（表 4-15 参照）。使用済み自動車からガラスが事前に回収され、リサイクルされることによって ASR の発生量が削減される。これによる ASR 削減効果を表 2-9 の 1 台当たりのガラス回収重量及び表 2-10 のガラス回収可能車両の割合をもとに試算する。試算結果は、表 4-18 に示すとおりであり、フロントガラス、サイドガラス、リアガラスを全て回収すると、14kg（7.5%）の ASR の削減が見込まれる。

表 4-18 ASR 削減効果

シナリオ		ASR 発生量	削減率
シナリオ 1	何も回収しない	186.1 kg/台	-
シナリオ 2	サイドガラスとリアガラスを回収	178.6 kg/台	4.0%
シナリオ 3	シナリオ 2 に加えフロントガラスの回収	172.1 kg/台	7.5%

また、表 4-18 の試算結果を用い、北海道や全国で自動車ガラスのリサイクルが行われた場合の年間 ASR 削減量を試算すると、北海道で 2,071t/年、全国では 44,442t/年の削減が見込まれる。

表 4-19 年間 ASR 削減量（全てのガラスを回収した場合）

項目	北海道	全国
使用済み自動車引取台数（千台）	147.9	3,174.4
ASR 削減効果（kg/台）	14	14
年間 ASR 削減量（t/年）	<b>2,071</b>	<b>44,442</b>

## 第5 経済性の評価

### 5.1 概要

フロントガラスの取り外し、広域的な回収、ガラスカレット及び中間膜を回収し輸送するまでのコスト、売却費など、以下の工程についてコストを試算した。

フロントガラスを取り外すための人件費

フロントガラスを広域的に回収するための輸送費用（燃料費、人件費）

フロントガラス処理機に関わる運転費用（設備費、処理液費、電気費、人件費）

ガラスカレット及び中間膜の輸送費用（燃料費、人件費）

ガラスカレット及び中間膜の売却費

### 5.2 コストの算出

#### 5.2.1 フロントガラスの取り外し

使用済み自動車からのフロントガラスの取り外しは、「2.2.1 フロントガラス取り外し」で示した作業により行う。本実証事業においては、フロントガラスを取り外した車両台数、回収したフロントガラスの重量とともに、取り外し作業に要した作業時間を毎日記録した。この結果より、フロントガラスの取り外し作業に関わる作業歩掛及び人件費を算出した。

作業歩掛については、フロントガラス取り外し作業に要した時間を 1 日の業務時間 8 時間（8:00～17:00、休憩時間 12:00～13:00）で除して求めた。

表 5-1 の結果から、車両 1 台当たり及びフロントガラス 1kg 当たりの作業歩掛は、以下のとおりとなる。

車両 1 台当たりの作業歩掛： $12.03 \text{ 人工} \div 3,644 \text{ 台} = 0.003301 \text{ 人工/台}$

フロントガラス 1kg 当たりの作業歩掛：

$12.03 \text{ 人工} \div 24,148 \text{ kg} = 0.000498 \text{ 人工/kg}$

表 5-1 フロントガラスの取り外し作業に関わる状況

車両台数	フロントガラス重量	作業人工
3,644 台	24,148 kg	12.03 人工

H26.10.3～H27.1.30 の累計データ

さらに作業員の労務単価を 13,500 円 とし、作業人件費を算出した結果、1 台当たりのフロントガラス取り外しの作業人件費は **44.6 円/台**、フロントガラス回収量 1kg 当たりでは **6.7 円/kg** となった。

車両 1 台当たりの人件費： $0.003301 \text{ 人工/台} \times 13,500 \text{ 円/人工} = 44.6 \text{ 円/台}$

フロントガラス 1kg 当たり人件費： $0.000498 \text{ 人工/kg} \times 13,500 \text{ 円/人工} = 6.7 \text{ 円/kg}$

国土交通省公共工事設計労務単価 普通作業員（北海道）の単価を適用  
<http://www.mlit.go.jp/common/001026047.pdf>

## 5.2.2 フロントガラスの広域回収

フロントガラスの広域回収に必要な輸送費として車両燃料費と運転人件費を算出した。なお、車両の費用については、減価償却の終了した車両の使用を想定し、計上しないものとした。

### (1) 燃料費

車両燃料費は、「4.2.2 フロントガラスの広域回収」で算出した燃料使用量に燃料単価を乗じて算出した。

広域回収する車両台数：	320 台/回 (「4.2.2 フロントガラスの広域回収」参照)
燃料使用量：	21.35 /回
軽油単価：	115 円/ (平成 27 年 2 月 16 日 北海道店頭価格)
燃料費：	2,455 円/回 (= 21.35 /回 × 115 円/ )
車両 1 台当たり燃料費：	7.7 円/台 (= 2,455 円 ÷ 320 台)
フロントガラス 1kg 当たり燃料費：	1.0 円/kg (= 7.7 円/台 ÷ 7.5kg/台)
資源エネルギー庁 給油所小売価格調査(ガソリン、軽油、灯油)参照 <a href="http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1">http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline1</a>	

### (2) 人件費

人件費は、半日(0.5 人工)での作業を想定した。

広域回収車両台数：	320 台/回
人件費単価：	13,500 円(前述：労務単価)
車両 1 台当たり人件費：	21.1 円/台 (= 13,500 円 × 0.5 人工 ÷ 320 台)
フロントガラス 1kg 当たり人件費：	2.8 円/kg (= 21.1 円/台 ÷ 7.5kg/台)

## 5.2.3 フロントガラス処理機の運転

フロントガラス処理機の運転のコストは、フロントガラス処理機の設備費、運転管理費として処理液費、電力費、人件費について算出した。

### (1) 設備費

フロントガラス処理機の見積額より設備費を算出した。

フロントガラス処理機の処理能力：	200 台/日 (「4.2.2 フロントガラスの広域回収」参照)
1 台当たりフロントガラス重量：	7.5 kg/台
フロントガラス処理機設備費：	23,000 千円(見積額)
設備耐用年数：	7 年
年間稼働日数：	258 日(株式会社マテック実績)
設備費：	12,740 円/日 (= 23,000 千円 ÷ 7 年 ÷ 258 日)
車両 1 台当たり設備費：	63.7 円/台 (= 12,740 円/日 ÷ 200 台/日)
フロントガラス 1kg 当たり設備費：	8.5 円/kg (= 63.7 円/台 ÷ 7.5kg/台)

### (2) 処理液費

処理液費は、実証事業において使用した処理液量とフロントガラスの処理実績をもとに算出

した。実証事業では、運転開始時に 120 を処理液槽に充填するとともに、補充分として 80 の処理液を使用した。

運転開始時の処理液費

処理液単価：	3,000 円/
処理液量：	120
実証事業中の稼働日数：	42 日
年間稼働日数：	258 日（株式会社マテック実績）
処理液費：	58,600 円（= 3,000 円/ × 120 × 42 日 ÷ 258 日）

補充した処理液費

処理液単価：	3,000 円/
処理液量：	80
処理液費：	240,000 円（= 3,000 円/ × 80）
処理液費計：	298,600 円（= 58,600 円 + 240,000 円）
投入車両台数（実証事業）：	3,542 台
投入フロントガラス重量：	21,437kg
車両 1 台当たり処理液費：	84.3 円/台（= 298,600 円 ÷ 3,542 台）
フロントガラス 1kg 当たり処理液費：	13.9 円/kg（= 298,600 円 ÷ 21,437kg）

(3) 電力費

電力費は、「4.2.3 フロントガラス処理機」で算出した電力使用量に電力量単価を乗じて算出した。

フロントガラス処理機の処理能力：	200 台/日
1 台当たりフロントガラス重量：	7.5 kg/台
1 日当たりフロントガラス処理量：	1,500 kg/日
フロントガラス 1kg 当たりの電力使用量：	0.075kWh/kg
1 日当たりの電力使用量：	1,500kg/日 × 0.075kWh/kg = 112.5kWh/日
北海道電力量単価：	16.37 円/kWh（高圧電力 一般料金）
電力費：	1,842 円/日（= 112.5kWh/日 × 16.37 円/kWh）
車両 1 台当たり電力費：	9.2 円/台（= 1,842 円/日 ÷ 200 台/日）
フロントガラス 1kg 当たり電力費：	1.2 円/kg（= 9.2 円/台 ÷ 7.5kg/台）
北海道電力ホームページ参照	
<a href="http://www.hepco.co.jp/userate/price/unitprice/unitprice04.html">http://www.hepco.co.jp/userate/price/unitprice/unitprice04.html</a>	

(4) 人件費

実証事業では 2 名で運転を行ったことから、作業人工は 2 人工として人件費を算出した。

フロントガラス処理機の処理能力：	200 台/日
人件費単価：	13,500 円（前述：労務単価）
車両 1 台当たり人件費：	135.0 円/台（= 13,500 円 × 2 人工 ÷ 200 台）
フロントガラス 1kg 当たり人件費：	18.0 円/kg（= 135 円/台 ÷ 7.5kg/台）

#### 5.2.4 ガラスカレットの輸送

ガラスカレットをガラスカレット利用施設へ輸送する際の輸送費として、車両燃料費と運転人件費を算出した。なお、車両の費用については、減価償却の終了した車両の使用を想定し、計上しないものとした。

##### (1) 燃料費

車両燃料費は、「4.2.4 ガラスカレットの輸送」で算出した燃料使用量に燃料単価を乗じて算出した。

ガラスカレット輸送量：	3,500kg/回
燃料使用量：	12.68 /回 (「4.2.4 ガラスカレットの輸送」参照)
軽油単価：	115 円/ (前述：軽油単価)
燃料費：	1,458 円/回 ( = 12.68 /回 × 115 円/ )
フロントガラス重量：	3,850kg/回(「4.2.4 ガラスカレットの輸送」参照)
フロントガラス 1kg 当たり燃料費：	0.4 円/kg ( = 1,458 円/回 ÷ 3,850kg/回 )
車両 1 台当たり燃料費：	3.0 円/台 ( = 0.4 円/kg × 7.5kg/台 )

##### (2) 人件費

人件費については、実証事業より 0.25 人工を想定した。

車両台数：	513 台/回 (「4.2.4 ガラスカレットの輸送」参照)
人件費単価：	13,500 円 (前述：労務単価)
車両 1 台当たり人件費：	6.6 円/台 ( = 13,500 円 × 0.25 人工 ÷ 513 台 )
フロントガラス 1kg 当たり人件費：	0.9 円/kg ( = 6.6 円/台 ÷ 7.5kg/台 )

#### 5.2.5 中間膜の輸送

フロントガラス処理機で回収した中間膜は、中間膜の輸出業者である有限会社飯室商店に売却することを想定するため、有限会社飯室商店までの輸送費とし、陸上輸送を含め JR 貨物からの見積額とした。

中間膜輸送量：	5,000kg/回
車両台数：	11,900 台/回 (「4.2.5 中間膜の輸送」参照)
フロントガラス重量：	89,250kg/回 (「4.2.5 中間膜の輸送」参照)
輸送費：	70,000 円/回 (見積額)
車両 1 台当たり輸送費：	5.9 円/台 ( = 70,000 円/回 ÷ 11,900 台/回 )
フロントガラス 1kg 当たり輸送費：	0.8 円/kg ( = 70,000 円/回 ÷ 89,250kg/回 )

#### 5.2.6 ガラスカレット及び中間膜の売却

ガラスカレットはグラスウール製造会社へ、また中間膜は中間膜輸出業者へ売却することとし、売却金額を算出した結果、車両 1 台当たり 53.5 円、フロントガラス 1kg 当たり 7.1 円となった。

### 5.3 経済性の評価

#### 5.3.1 実証事業に基づくコスト

「5.2.1 フロントガラスの取り外し」～「5.2.6 ガラスカレット及び中間膜の売却」で算出したコストを表 5-2 に示す。表 5-2 に示すとおり車両 1 台当たりが-327.6 円、フロントガラス 1kg 当たりが-47.1 円と試算された。

表 5-2 実証事業に基づくフロントガラスリサイクルのコスト一覧

工程	費目	車両 1 台当たり コスト	フロントガラス 1kg 当たりコスト
フロントガラス取り外し	人件費	-44.6 円/台	-6.7 円/kg
フロントガラス広域回収	燃料費	-7.7 円/台	-1.0 円/kg
	人件費	-21.1 円/台	-2.8 円/kg
フロントガラス処理機 の運転	設備費	-63.7 円/台	-8.5 円/kg
	処理液費	-84.3 円/台	-13.9 円/kg
	電力費	-9.2 円/台	-1.2 円/kg
	人件費	-135.0 円/台	-18.0 円/kg
ガラスカレット輸送	燃料費	-3.0 円/台	-0.4 円/kg
	人件費	-6.6 円/台	-0.9 円/kg
中間膜の輸送	輸送費	-5.9 円/台	-0.8 円/kg
小計		-381.1 円/台	-54.2 円/kg
ガラスカレット及び 中間膜の売却	売却費	53.5 円/台	7.1 円/kg
<b>事業収支（小計+）</b>		<b>-327.6 円/台</b>	<b>-47.1 円/kg</b>

### 5.3.2 事業化におけるコスト

表 5-2 に示すコストは、実証事業での運転を踏まえて算出したものもあり、運転開始当初のトラブル対応や不慣れな運転操作などから必ずしも効率的な運転が行えていない状況が反映されている。このようなことから、以下に事業化段階におけるコストとして改善案を示す。

#### (1) フロントガラス処理機の運転 / 処理液費

実証事業ではガラスと中間膜を分離するため適宜、処理液を補充した。処理液の濃度は低濃度では分離が進まないため、安全側での運転となり、やや過剰に補充した。

これに対し、既にフロントガラスの処理を行っている先進処理業者からの聞き取りによると投入量1トン当たり1リットル程度の補充を目安に運転を行っているとの情報があることから、これを目安とした処理液の補充によってコストが削減できる。

運転開始時の処理液費（「5.2.3 フロントガラス処理機の運転」参照）

処理液費	：	58,600 円
補充する処理液費		
処理液単価	：	3,000 円/
処理液充填量	：	1 /トン
投入フロントガラス重量	：	21,437kg
処理液量	：	21.4 ( =21,437kg × 1 /トン )
処理液費	：	64,200 円 ( =3,000 円/ × 21.4 )
処理液費計	：	122,800 円 ( =58,600 円 + 64,200 円 )
投入車両台数 ( 実証事業 )	：	3,542 台
投入フロントガラス重量	：	21,437kg
車両 1 台当たり処理液費	：	34.7 円/台 ( =122,800 円 ÷ 3,542 台 )
フロントガラス 1kg 当たり処理液費	：	5.7 円/kg ( =122,800 円 ÷ 21,437kg )

なお、処理液の購入単価も現状では 1 当たり 3,000 円となっているが、フロントガラス等から中間膜を分離するリサイクルが進み、処理液の流通量が多くなれば処理単価が下がり、より一層のコストダウンが期待できる。

さらに、厳寒期の実証試験となったため剥離液の加温のための電力使用も通常より大きくなっており、通年で運転することにより電力費の削減も期待できる。

#### (2) フロントガラス処理機の運転 / 人件費

実証事業ではフロントガラス処理機は常時 2 名で運転した。これに対し運転操作の熟練化が進むとともに、ガラスクラッシャー部のヒビ入れしたガラスの排出設備の改良などを行えば、2 名で行う作業時間は、1 バッチ 80 分の中で中間膜排出時の 15 分程度に削減可能となる。これ以外の時間は他の作業に従事できるため人件費が削減できる。

フロントガラス処理機の処理能力	：	200 台/日
人件費単価	：	13,500 円 ( 前述 : 労務単価 )
運転作業人工	：	1.16 人工 ( 1 人工 + 15 分 / バッチ × 5 バッチ ÷ 480 分 )
車両 1 台当たり人件費	：	78.3 円/台 ( =13,500 円 × 1.16 人工 ÷ 200 台 )



フロントガラス 1kg 当たり人件費： 10.4 円/kg ( =78.3 円/台 ÷7.5kg/台 )

(3) 中間膜の売却

実証事業では A ランクの品質となるクリアな中間膜は、売却可能な中間膜の 74% である。ただし、安定的な運転が行えるようになった実証事業の終盤では、ほとんどがクリアな中間膜として回収できた。このようにクリアな中間膜を回収することによって、売却単価が上がる。これによる売却費は、ガラスカレットとあわせて車両 1 台当たり 62.5 円、フロントガラス 1kg 当たり 8.3 円と試算された。

(4) 事業化におけるコスト

処理液費、人件費の削減、中間膜売却単価の向上を反映させたコストは、表 5-3 に示すとおりとなり、車両 1 台当たりが -212.3 円、フロントガラス 1kg 当たりが -30.1 円と試算された。

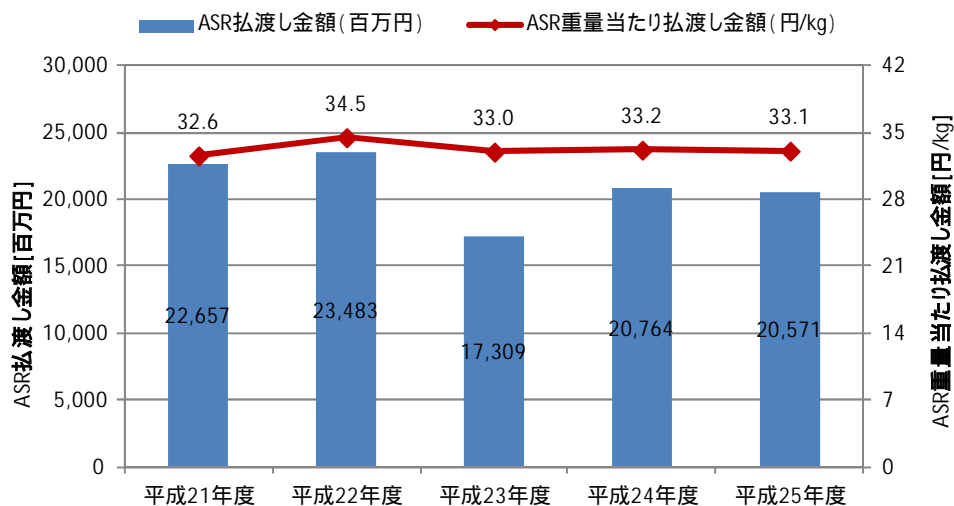
一方、環境省・経済産業省及び公益財団法人自動車リサイクル促進センターの公表資料から ASR1kg 当たりの自動車メーカーへの払渡し金額を算出したところ、過去 5 年間で 32.6 ~ 34.5 円/kg で、平均は 33.3 円となっている。

したがってフロントガラスのリサイクルに関わる収支はマイナスとなるが、間接経費を含んだ重量当たりの ASR 再資源化コストと同程度であり、事業として成り立つ可能性はある。

表 5-3 改善案を反映させたフロントガラスリサイクルのコスト一覧

工程	費目	車両 1 台当たり コスト	フロントガラス 1kg 当たりコスト
フロントガラス取り外し	人件費	-44.6 円/台	-6.7 円/kg
フロントガラス広域回収	燃料費	-7.7 円/台	-1.0 円/kg
	人件費	-21.1 円/台	-2.8 円/kg
フロントガラス処理機 の運転	設備費	-63.7 円/台	-8.5 円/kg
	<b>処理液費</b>	<b>-34.7 円/台</b>	<b>-5.7 円/kg</b>
	電力費	-9.2 円/台	-1.2 円/kg
	<b>人件費</b>	<b>-78.3 円/台</b>	<b>-10.4 円/kg</b>
ガラスカレット輸送	燃料費	-3.0 円/台	-0.4 円/kg
	人件費	-6.6 円/台	-0.9 円/kg
中間膜の輸送	輸送費	-5.9 円/台	-0.8 円/kg
小計		-274.8 円/台	-38.4 円/kg
ガラスカレット及び 中間膜の売却	<b>売却費</b>	<b>62.5 円/台</b>	<b>8.3 円/kg</b>
<b>事業収支 (小計+ )</b>		<b>-212.3 円/台</b>	<b>-30.1 円/kg</b>

太字箇所が改善案を反映させたコスト



資料：公益財団法人 自動車リサイクル促進センター 資金管理業務諮問委員会資料より作成

図 5-1 ASR 重量当たり払渡し金額の推移

表 5-4 ASR 重量当たりの払渡し金額

項目	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度
ASR 払渡し金額 (百万円)	22,657	23,483	17,309	20,764	20,571
引取 ASR 重量 (t)	649,151	643,579	498,124	598,533	590,624
認定全部利用投入の ASR 相当重量 (t)	45,417	37,906	25,869	27,329	30,403
ASR 重量 合計 ( + ) (t)	694,568	681,485	523,993	625,862	621,027
ASR 重量当たり払渡し金額 ( ÷ ) (円/kg)	32.6	34.5	33.0	33.2	33.1

資料：公益財団法人 自動車リサイクル促進センター 資金管理業務諮問委員会資料より作成

(5) サイドガラスのリサイクルに関わるコスト(参考)

実証事業においてフロントガラスとともに回収した、サイドガラスのリサイクルに関わる以下のコストを参考として試算したところ、車両 1 台当たりが-18.0 円、サイドガラス 1kg 当たりが-2.1 円と試算され、コストはマイナスとなった。

使用済み自動車からサイドガラスを回収する人件費

ガラスカレット輸送費 (燃料費、人件費)

ガラスカレット売却費

---

## 第6 今後の展開可能性の考察

---

### 6.1 リサイクルガラスの市場性調査

リサイクルガラス（ガラスカレット）は、容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（以下「容器包装リサイクル法」という。）に基づき、家庭から排出されるびんをカレット化し、再商品化しているように、既に市場が形成されているものと考えられる。このため新たに使用済み自動車からガラスカレットを回収した場合の受け入れ余地について、自動車ガラスカレットの受入れ先として想定するグラスウールメーカーにアンケート及びヒアリング調査を行い、その結果を踏まえ考察した。

#### 6.1.1 グラスウールメーカーの動向

自動車ガラスの利用先として想定するグラスウールメーカーに対して、使用済み自動車から回収したガラスカレットの利用可能性についてアンケート及びヒアリング調査を行った。

グラスウールメーカーの団体である硝子繊維協会（短繊維部門）の会員会社の7工場に加え、本事業の連携法人であるパラマウント硝子工業株式会社が有している2工場、計9工場にアンケート調査票を送付し、2工場から回答があった。ヒアリング調査を行った1工場とあわせて計3工場の調査結果について、以下に示す。

なお、回答数が少ないため回答内容の解釈に留意が必要である。また、グラスウール製造量やガラスカレット使用量は、社外秘データとして2社から回答が得られなかった。このため回答のあった1社のデータについても本報告書では公表しないものとする。

#### (1) 調査内容

調査内容は表 6-1 に示すとおりであり、グラスウールの製造全般に関する事項、リサイクルガラスの使用状況、自動車ガラスの増加による影響について調査した。

表 6-1 調査内容

項目	内容
グラスウール全般に関する事項	グラスウール年間製造量
	グラスウール主な利用先
	グラスウール利用の今後の見通し
グラスウール製造におけるリサイクルガラスの現状	ガラス使用量、そのうちのリサイクルガラス使用量
	リサイクルガラスの購入先
	リサイクルガラスの原料の種類と割合
	リサイクルガラスの使用が多い原料の理由
自動車ガラスの増加による他原料ガラスへの影響	リサイクルガラスに求める品質面、価格面からみたりサイクルガラスの原料の優劣
	自動車ガラスが増加することによる他リサイクル原料への影響

## (2) グラスウールの製造

グラスウールの製造に関し、以下の回答が得られた。

- グラスウールは、主に住宅用の断熱材、ボイラー室等の設備用断熱材、吸音材として建築現場で使用される。このうち3つの用途先の製品の製造が2工場、設備用断熱材、吸音材の製造が1工場であった。
- グラスウールの製造量は、1工場より回答があったが、過去3年間（平成23～25年度）では毎年増加している。
- グラスウールの今後の需要に対しては、住宅等における省エネの機運から断熱材への利用の増加が見込まれるとの回答が1工場、増加も期待できるが増税によるマイナス要因もあり、その結果、現状維持程度との回答が2工場からあった。いずれにしても少なくとも現状維持は確保される見通しである。

## (3) ガラスカレットの使用状況

グラスウールに使用するガラスカレットの原料については、以下の回答が得られた。

- 現状で受入れしているガラスカレットの原料は、工場ごとに異なるが、びんと板ガラスは3工場とも受け入れており、これ以外にはブラウン管テレビが2工場、自動車ガラスが2工場、蛍光管が1工場、その他が1工場となっている。
- 各原料の受入れ割合は、1工場が1つの原料で90%を占めると回答があったが、2工場は2～3種類の原料を平均して受入れしている。
- 品質面については、他の原料と比較して板ガラスは3工場とも優れていると回答されている。びんについては優れているが1工場、劣るが2工場から回答されており、評価が分かれるが、少なくとも板ガラスが最も優れた品質であるといえる。

## (4) 自動車ガラスカレットの増加に対する影響

自動車ガラスのリサイクルが進み、自動車ガラスカレットが増加した場合の影響については、以下の回答が得られた。

- ガラス組成の結果を見ないと、受入れの可否について回答できないとする回答が1工場あったが、組成や不純物の状況によるとの前提付きではあるものの、受入れ可能性ありとの回答が1工場、既に自動車ガラスカレットを受入れしている工場からは同様の品質であれば受入れ可能と回答があった。
- また、受入れ可能な原料の選択肢が増えることを歓迎する意見もあった。

## (5) グラスウールメーカーの受入れ可能性

調査結果から、ここ数年、グラスウールの需要は増加しており、不透明な部分はあるものの少なくとも現状程度の需要は維持されるものと考えられる。

このような需要見込みに対して、自動車ガラスカレットの受入れについては、既に受入れを行っている工場では前向きな回答が、また受入れを行っていない工場でも組成や不純物がなければ受入れの可能性があるとの見解が示されており、市場性はあると判断される。

## 6.1.2 ガラスびんのリサイクルの現状

### (1) 容器包装リサイクル法の概要

容器包装リサイクル法は、家庭から排出される容器包装廃棄物の再資源化を促進するため、平成7年に制定（平成9年4月に一部施行、平成12年4月から完全施行）された法律である。

容器包装リサイクル法では、消費者、市町村、事業者の役割分担を明確化し、消費者は市町村が定める分別方法に従って分別排出し、市町村は家庭から排出される容器包装を分別収集・保管し、事業者は利用した容器包装の量に応じて再商品化の義務を負うものである。

法律の対象となる容器包装廃棄物は、「ガラスびん」、「PETボトル」、「紙製容器包装」、「プラスチック製容器包装」、「アルミ缶」、「スチール缶」、「紙パック」、「段ボール」であるが、アルミ缶、スチール缶、紙パック、段ボールは、有価物として取引されることから、事業者へのリサイクル義務はない。また、ガラスびんは、「無色びん」、「茶色びん」、「その他の色びん」に分け、再商品化される。

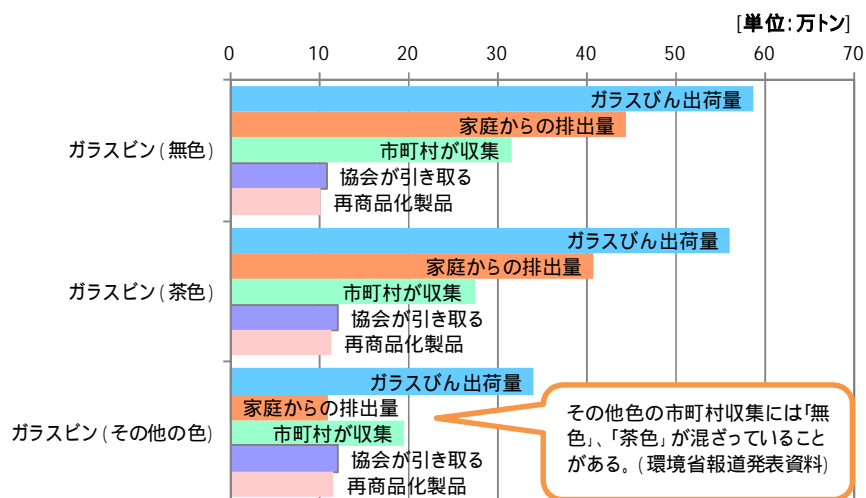
なお、再商品化の義務を負う事業者の多くが、公益社団法人 日本容器包装リサイクル協会（以下「協会」という。）に委託し、同協会が事業者に代わって再商品化を行っている。

### (2) ガラスびんのリサイクル

#### 1) 再商品化製品

ガラスびんは再生処理事業者によってカレット化が行われ、ガラスカレットとなって、さまざまな製品にリサイクルされている。ガラスびんの出荷からガラスカレットまでのリサイクルの流れに沿って各重量を図6-1に示す。ガラスびんのガラスカレット製品量は無色が10.1万トン、茶色が11.3万トン、その他の色が11.6万トンとなっている。

なお、市町村が収集する量に対して協会が引き取る量の割合が無色と茶色が34～44%となっているのに対し、その他の色が62%と高くなっている。これについて環境省報道発表資料によると、「市町村収集における「その他の色ガラスびん」には「無色」「茶色」が混ざっていることがある。」との見解が示されている。



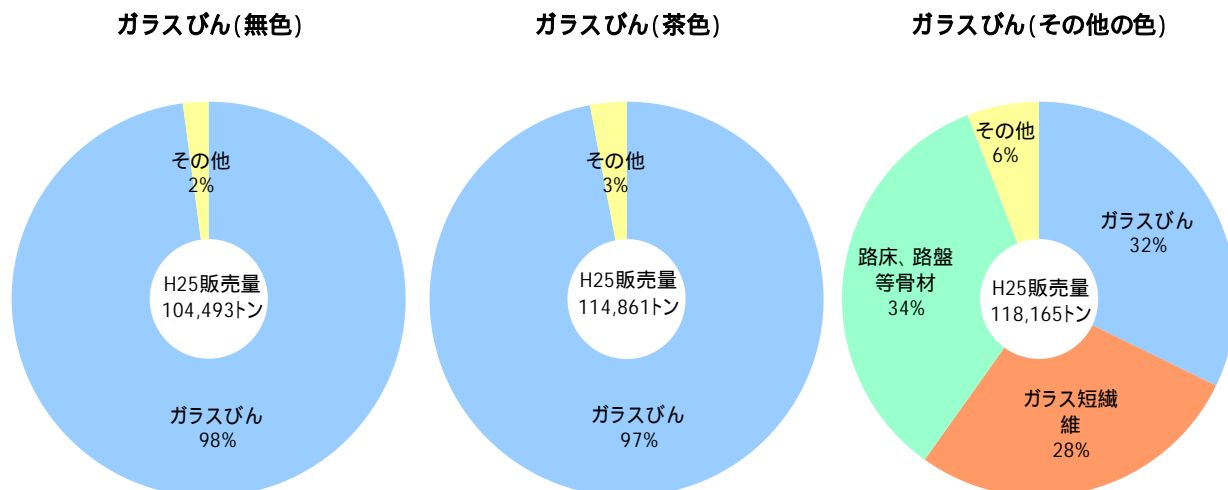
資料 公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会公表資料より作成  
<http://www.jcpra.or.jp/recycle/recycling/tabid/420/index.php#Tab419>

図 6-1 ガラスびん出荷量～再商品化製品量

## 2) 再商品化製品の利用用途の内訳

平成 25 年度におけるガラスの色ごとの再商品化製品（ガラスカレット）の利用用途を図 6-2 に示す。

無色のガラスびんと茶色のガラスびんは、ほぼすべてがガラスびんへ利用されている。その他の色のガラスびんは、ガラスびん、ガラス短繊維（グラスウール原料）、路床、路盤材等の骨材利用がそれぞれ 30%前後の割合となっている（詳細は表 6-2 参照）。



資料：公益財団法人 日本容器包装リサイクル協会公表資料より作成

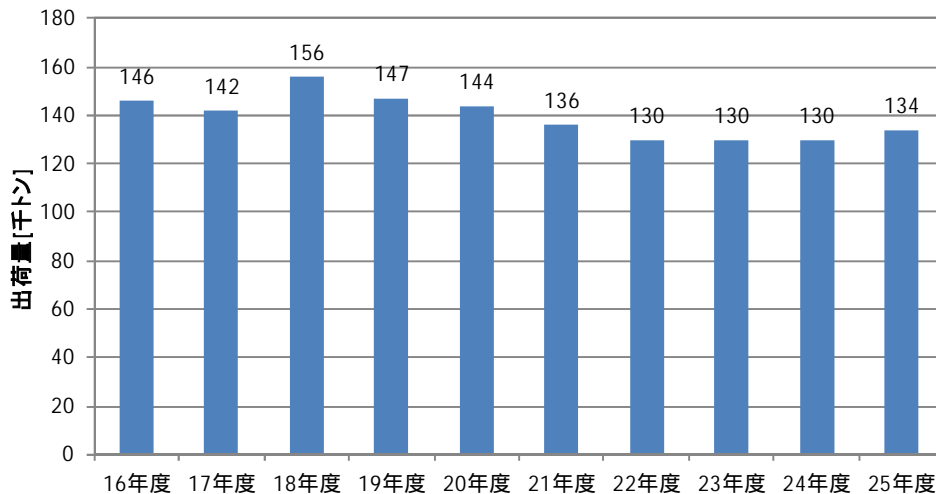
図 6-2 再商品化製品の利用用途の内訳（平成 25 年度）

表 6-2 再商品化製品の利用用途の内訳の詳細（平成 25 年度）

リサイクル製品 (再商品化製品利用製品)	ガラスびん (合計)		ガラスびん (無色)		ガラスびん (茶色)		ガラスびん (その他の色)	
	販売量 (トン)	%	販売量 (トン)	%	販売量 (トン)	%	販売量 (トン)	%
ガラスびん	251,861	74.6	102,315	97.9	111,439	97	38,107	32.2
ガラス短繊維	32,598	9.7	0	0	0	0	32,598	27.6
軽量発泡骨材	1,934	0.6	355	0.3	377	0.3	1,202	1.0
その他の窯業原料	2,198	0.7	931	0.9	0	0	1,267	1.1
舗装用骨材	3,732	1.1	0	0	0	0	3,732	3.2
コンクリート二次製品用骨材	544	0.2	19	0.0	12	0.0	513	0.4
路床、路盤、土壌改良用骨材	44,218	13.1	873	0.8	2,836	2.5	40,509	34.3
その他の工業材料	432	0.1	0	0	197	0.2	235	0.2
焼成タイル	2	0.0	0	0	0	0	2	0.0
合計	337,519	100	104,493	100	114,861	100	118,165	100

## 3) その他の色のガラス出荷量

ガラスびん以外への利用用途が多いその他の色のガラスについて、平成 16～25 年度のガラスびん出荷量の推移は、図 6-3 に示すとおりであり、平成 25 年度は前年度より増加したものの、平成 18 年度をピークに減少し、平成 22 年度以降はほぼ横ばいで推移している状況にある。このような状況からその他の色のガラスびんから再商品化されるガラスカレットの出荷量も横ばいもしくは減少が見込まれる。このため、これを補う形で自動車ガラスカレットが利用される余地があると考えられる。



資料：ガラスびん 3 R 促進協議会ホームページのガラスびんの色別出荷量の推移より作成

図 6-3 その他の色のガラスびん出荷量の推移

### 6.1.3 自動車ガラスの水平リサイクル

自動車ガラスの利用用途として再び自動車ガラスとして利用する水平リサイクルが考えられる。

自動車ガラスには主にフロントガラス、サイドガラス、リアガラスがあり、安全性や機能性の面からガラス以外の素材が含まれる。このため再び自動車ガラスとして利用するにはガラス以外の素材を分離することが必要である。さらに自動車ガラスには、緑色ガラスや濃色ガラスなど、色ごとに着色剤としてさまざまな物質が添加されているため、異なる色のガラスカレットが混在すると同じ品位のガラスにリサイクルすることはできない。

このように自動車ガラスの水平リサイクルにはガラス以外の素材の分離と、色ごとにガラスを分別することが必要となり、現状では水平リサイクルは行われていない。したがって現時点ではグラスウール原料への利用が最優先されることになるが、ガラス以外の素材の分離と色ごとに分別したガラスをカレット化し、これを利用した自動車ガラスの安全性が確認できれば、自動車ガラスの水平リサイクルの可能性は考えられる。

参考文献：「使用済み自動車からの板ガラスリサイクルの環境性および事業採算性評価」(醍醐市郎・張玄庚・松野康也) Journal of Life Cycle Assessment, Japan(vol.7 1 January 2011)

## 6.2 実証事業のまとめ

本実証事業で得られた成果を列挙する。

- 使用済み自動車から回収されず、多くは ASR として処分される自動車ガラスのリサイクルを目的に、フロントガラスからガラスカレットと中間膜の回収を行った。
- 解体事業者が少量ずつ回収し、処理を行うことは非効率であるため、地域単位で複数の解体事業者が連携して回収を行い、集約して処理することによる効率的かつ経済的なリサイクルシステムを構築するため、北海道内の解体業者と連携し、41,053kg、車両 6,325 台分のフロントガラスを回収した。
- フロントガラス処理機をリースにより設置し、フロントガラス 21,437kg を処理し、ガラスカレット 19,505kg、中間膜 1,248kg を回収した。
- 回収したガラスカレットは、グラスウール製造会社に売却した。
- 中間膜は、海外への輸出を想定していたが、輸出の最低重量の 5 トンを確保できなかったため、実証期間中の中荷は見送った。
- 中間膜は、中間膜として再生利用が可能な良品が 56%、中間膜としては利用できないものの売却可能な一定品質のものが 20%、ガラスを完全に取り除くことができなかったものが 24%であった。特に、バレルの回転速度、処理液の循環速度等の条件の最適化を行った結果、実証事業の終盤では大部分の中間膜を良品として回収できた。
- フロントガラスをリサイクルすることにより、車両 1 台当たり 0.5870kg-CO<sub>2</sub> の CO<sub>2</sub> 削減につながると試算された。この結果からこの事業が北海道全域で展開できた場合には年間 75t-CO<sub>2</sub> が、さらに全国に展開できた場合には年間 1,616t-CO<sub>2</sub> の CO<sub>2</sub> 削減が見込まれる。
- フロントガラスリサイクルの収支は、実証事業内においては 1kg 当たり -47.1 円となったが、実処理に当たっては収支を 1kg 当たり -30.1 円程度まで改善できることが試算された。収支はマイナスとなるが、間接経費を含んだ重量当たりの ASR 再資源化コストと同程度であり、事業として成り立つ可能性はある。
- 自動車ガラスカレットのグラスウール原料への利用にあたって、グラスウール製造メーカーにアンケート及びヒアリングを行ったところ、品質面に問題がなければ受入れに前向きな意見があり、受入れの可能性が示唆された。

一方、事業化の際の課題として、回収したガラスカレットの利用用途の確保などの課題があり、引き続きこれらの課題解決に向けた調査を進めていく必要がある。

国内全体では、年間約 317 万台（平成 25 年度）の使用済み自動車が処理されており、その中におよそ約 4.4 万トンの回収可能なガラスが含まれている。自動車ガラスのマテリアルリサイクルが促進されることにより、資源、エネルギーの節約が図られ、低炭素社会及び循環型社会の形成に寄与するものと考えられる。

以上



