

2024 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る自主事業
「エアバッグ布およびシートベルトリサイクルのための
基盤づくり事業(本格実証フェーズ)」
最終報告書

2025 年 3 月 28 日
株式会社 矢野経済研究所

担当者連絡先

会社名： 株式会社矢野経済研究所

担当者名：相原 光一

部門： インダストリアルテクノロジーユニット

電話番号： 03-5371-6930

メールアドレス： kaihara@yano.co.jp

はじめに

項目	内容		
背景	<p>使用済み自動車（以下 ELV）から発生するプラスチックの中でも、エアバッグ布は高価な PA66（約 500 円/kg）が原糸に用いられている。一部でバッグ等々にリサイクルされているが、大半はサーマルリカバリーで燃焼されている。そのほかシートベルトも比較的高価な PET 繊維（約 300 円/kg）が原糸に使用されており強靱に作られている。これら素材は布としての使い道、プラスチック素材・原料としての使い道など、様々な出口が想定される。</p>		
目的・目標	<p>本事業では、比較的回収が安易な布素材であるエアバッグ布（PA66）およびシートベルト（PET）リサイクルを促進するために、ELV からの取り外しからリサイクル素材・原料とするまでの一連の工程の基準づくりと、リサイクル用エアバッグ布素材・原料のカタログを作成する。これらの取り組みはプラリサイクルのすそ野を広げることであり、かつ ASR 量の削減にも貢献できる。</p>		
実施内容	分別回収の効率向上	<ul style="list-style-type: none"> ➤ エアバッグ布・シートベルトの基本搭載情報等の整理に基づき、回収品の DB フォーマットを作成した。 ➤ 本事業を通じて回収できたデータは、DB に記録しカタログに記載した。 	
	回収品質の向上と安定化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 回収品質、解体事業者の安全性（やけど）等に配慮し、統一した回収基準を策定した。 ➤ 同一車種での回収品でないため、厳密な比較はできないが、上記回収基準に基づけば、各解体事業者から同等品質の回収品を得ることができる。 ➤ 2023 年度の回収結果から、エアバッグ布 1kg 当たりの作業コストは 194.4 円/kg となる。シートベルトの 1kg 当たりの作業コストは 69.3 円/kg と計算される。 	
	安心安全の提供	回収品の安全性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 回収品に関しては、白色のエアバッグ布、全てのシートベルトは、適切な洗浄を行えば、アパレル・フットウエアへの使用が可能である。色付きのエアバッグ布は、適切な洗浄を行ったうえで、アパレル・フットウエア以外への使用が可能である。
		作業者の安全性	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ドア 4 枚開放後、30 秒別の作業を実施したのち、エアバッグ布を回収すれば、作業者の安全性を確保できることが分かった。 ➤ エアバッグ布の根元から 10cm 離して切取することで、やけどの危険性を回避しエアバッグ布を回収できる。
	払い出し品質の安定化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 回収基準を策定し、どの解体事業者であっても同等品質の回収品を得られるようにした。また回収品について適切な洗浄を行えば、リユース可能であることを確認した。 	
	選択肢の提供	<ul style="list-style-type: none"> ➤ エアバッグ布・シートベルトはリユース、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルに使用できる。リユースに関しては、本事業において各種試作品を製作した。また、リサイクル材の使用者の需要喚起を図るため、それら試作品案をカタログに盛り込んだ。 	

目次

1. 自主事業の計画	5
1.1. 自動車リサイクル業界における調査の位置付け・背景.....	5
1.2. 実施内容.....	6
1.2.1. 実施計画概要.....	6
1.2.2. 事業実施体制.....	7
1.2.3. 実施スケジュール.....	8
2. 実施内容詳細	9
2.1. 分別回収の効率向上.....	9
2.1.1. エアバッグ布・シートベルト搭載基本情報の整理.....	9
(1) エアバッグシステムの構成.....	9
(2) エアバッグ布に使用される繊維.....	9
(3) エアバッグ基布.....	10
2.1.2. エアバッグ布・シートベルトの発生、回収見込量.....	12
2.1.3. 分類 DB フォーマット作成.....	13
2.2. 回収品質の向上と安定化.....	15
2.2.1. 回収トライ.....	16
(1) 1 回目回収.....	16
(2) 回収方法の統一.....	24
(3) 2 回目回収（回収基準統一および化学分析）.....	25
(4) 回収方法の一部見直し.....	31
(5) 3 回目・4 回目回収（他解体事業者への回収基準展開と化学分析）.....	32
2.2.2. 回収基準策定.....	33
2.2.3. コスト試算.....	37
2.3. 安心・安全の提供.....	38
2.3.1. 回収品の安全性.....	40
(1) 未開後・未洗浄品分析.....	40
(2) 展開後・未洗浄品分析（1 回目・2 回目回収品）.....	61
(3) 展開後・洗浄品分析（1 回目・2 回目回収品一部）.....	76
(4) 未展開・未洗浄品/展開後・未洗浄品分析比較.....	77
(5) 展開後・洗浄品分析（3 回目回収品）.....	80
(6) 色付きのエアバッグ布分析.....	85
(7) エアバッグ内のガス・白い粉・青い液体・異物分析.....	92
2.3.2. 作業者の安全性.....	100
(1) エアバッグ展開時の車室内ガス・異物分析.....	100
(2) エアバッグ展開時の温度確認.....	107

2.3.3. 安全宣言検討	111
2.3.4. CO ₂ の見える化.....	112
2.4. 払い出し品質の安定化	115
2.4.1. 前処理検討	115
(1) 前処理検討	115
(2) 洗浄水分析	116
2.4.2. 前処理プロセスの設定と見える化検討.....	119
2.5. 選択肢の提供.....	120
2.5.1. 出口ニーズの把握	121
(1) 業界・市場ニーズ調査.....	121
(2) 消費者アンケート調査.....	123
(3) 業界・市場ニーズ調査、消費者アンケート結果まとめ	129
2.5.2. 商流イメージ構築	130
2.5.3. カタログ項目検討	131
(1) カタログ項目	131
(2) 試作品展示会	133
3. 結論	134

1. 自主事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における調査の位置付け・背景

2022年4月1日より環境省から「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」が施行され、プラリサイクルの機運が一気に高まっている。自動車リサイクルでも、ガラス・プラスチックを回収しASR減量を目指した「資源回収インセンティブ制度」の議論が本格化している。

プラスチックの中でも、エアバッグ布は高価なPA66（約500円/kg）が原糸に用いられている。一部でバッグ等にもリサイクルされているが、大半はサーマルリカバリーで燃焼されている。そのほかシートベルトも比較的高価なPET繊維（約300円/kg）が原糸に使用されており、強靱に作られている。これら素材は布としての使い道、プラスチック素材・原料としての使い道など、様々な出口が想定される。

公益財団法人自動車リサイクル促進センターの「自動車リサイクルデータ Book 2022」¹によれば、2022年度で1台当たりのASR重量は188.7kgである。トヨタ自動車の「クルマとリサイクル」²によればそのうち約30%がプラスチックで占められている。エアバッグ布の重量は1%未満とみられ、重量インパクトは大きくないが、一方で、エアバッグの装備個数は年々増えてきており、エアバッグ処理費用も増加してきている。

本事業では、比較的回収が安易な布素材であるエアバッグ布（PA66）およびシートベルト（PET繊維）リサイクルを促進するために、ELVからの取り外しからリサイクル素材・原料とするまでの一連の工程の基準づくりと、リサイクル用エアバッグ布素材・原料のカタログを作成する。これらの取り組みはプラリサイクルのすそ野を広げることであり、かつASR量の削減にも貢献できる。

¹ 公益財団法人自動車リサイクル促進センターの「自動車リサイクルデータ Book 2022」

<https://www.jarc.or.jp/data/databook/>

² トヨタ自動車の「クルマとリサイクル」

https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/report/kururisa_jp.pdf

1.2. 実施内容

1.2.1. 実施計画概要

現状エアバッグ布・シートベルトの収集は、リサイクル材として活用したい人が自ら解体事業者にアクセスして回収している。しかし、自動車メーカーごとにエアバッグ布の色やサイズなどが異なり、目的に応じたエアバッグ布を探すのに手間がかかる。そのほか、エアバッグの展開時の硝煙のにおい消しなど、布素材として使えるまでの手間が多い。

本実証事業では、ELV からの取り外しからリサイクル素材・原料とするまでの一連の工程の基準づくりと、リサイクル用エアバッグ布素材・原料のカタログを作成することで、エアバッグ布およびシートベルトのリサイクル促進を狙う。

主な実施内容は、(1) 分別回収の効率向上、(2) 回収品質の向上と安定化、(3) 安心・安全の提供、(4) 払い出し品質の安定化、(5) 選択肢の提供である。

表 1-1.主な実施内容

項目	概要
(1) 分別回収の効率向上	解体業者から回収可能なエアバッグ布・シートベルトの種類（形状、サイズ、色など）の把握と分類整理
(2) 回収品質の向上と安定化	解体時のエアバッグ布・シートベルト回収基準の設定
(3) 安心・安全の提供	精緻な化学分析による化学物質同定と健康被害有無の確認、プロセスレサによる CO2 ラベリング（CFP）
(4) 払い出し品質の安定化	回収されたエアバッグ布・シートベルトを市場で使えるようにするための前処理方法とプロセスの明確化
(5) 選択肢の提供	リサイクル素材・原料としてのカタログ化、エシカル消費への接続

出所：矢野経済研究所

1.2.2. 事業実施体制

事業実施体制を図 1-1 に示す。

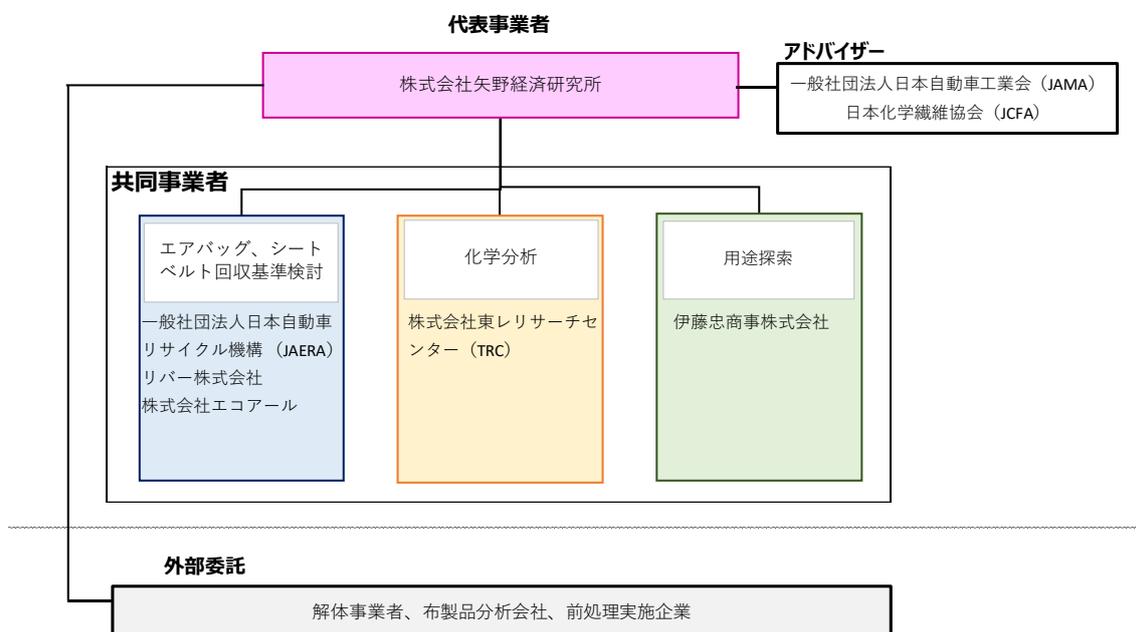


図 1-1.事業実施体制

出所：矢野経済研究所

1.2.3. 実施スケジュール

本事業は2カ年で実施し、先行検討フェーズと本格事業フェーズの2フェーズに分けて取り組んだ。先行検討フェーズは2023年4～9月とし、この期間内でエアバッグ布およびシートベルトリサイクルの課題解決のために必要となる取り組み内容を検討し、その内容に基づき2023年10月から本格事業フェーズを実施した。

表 1-2.実施スケジュール

項目	詳細	先行検討フェーズ												本格事業フェーズ													
		年	2023年度												2024年度												
		Q	1Q			2Q			3Q			4Q			1Q			2Q			3Q			4Q			
		月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(1)	分別回収の効率向上	回収と分類方法検討	計画																								
		実績																									
		分別回収の効率向上	計画																								
		実績																									
		分類DBの整備と拡充	計画																								
		実績																									
(2)	回収品質の向上と安定化	外部委託による回収トライ	計画																								
		実績																									
		コスト試算	計画																								
		実績																									
		回収基準検討	計画																								
		実績																									
		回収基準策定	計画																								
		実績																									
(3)	安心・安全の提供	化学物質把握	計画																								
		実績																									
		安全宣言検討	計画																								
		実績																									
		CO2の見える化	計画																								
		実績																									
(4)	払い出し品質の安定化	前処理検討	計画																								
		実績																									
		前処理検討、出口ニーズ把握	計画																								
		実績																									
		払い出し品質基準の設定	計画																								
		実績																									
(5)	選択肢の提供	前処理プロセスの設定と見える化の方針策定	計画																								
		実績																									
		カタログ項目検討等	計画																								
		実績																									
		商流イメージ構築・カタログ項目作成	計画																								
		実績																									

出所：矢野経済研究所

2. 実施内容詳細

2.1. 分別回収の効率向上

ELV からエアバッグ布やシートベルトを回収し、それらを加工してリサイクル品を市販している活動は既に市場にあるが、これらの取り組みは個々に解体事業者へアプローチしてエアバッグ布やシートベルトを回収しているため、そもそもどのようなエアバッグ布・シートベルトを回収可能かということも回収してみないと分からない。

使用者にとって ELV 由来のエアバッグ布・シートベルトを活用しやすくするためには、解体業者から回収可能なエアバッグ布・シートベルトの種類（形状、サイズ、色など）の把握と分類整理し、DB フォーマットの作成・整備と拡充を図り、それらを情報提供することが求められる。それらの DB の基となる情報を整備するため、2.1 分別回収の効率向上では、以下を実施した。

- ▶ エアバッグ布・シートベルト搭載基本情報の整理
- ▶ エアバッグ布・シートベルトの発生、回収見込量
- ▶ 分類 DB フォーマット作成

2.1.1. エアバッグ布・シートベルト搭載基本情報の整理

エアバッグが国産車で初めて搭載されたのは、1989 年のホンダのレジェンドである。当時は運転席のみの搭載で、オプション装備であった。エアバッグが標準搭載されるようになったのは 1990 年代であり、2000 年～2009 年が普及期である。

エアバッグは運転席側の搭載から開始したが、現状は助手席、サイド、カーテン、ニーエアバッグ等多くの部位に搭載されている。

(1) エアバッグシステムの構成

エアバッグシステムは、エアバッグ基布と、衝撃を感知するセンサーや衝撃時にエアバッグを膨張させるインフレーターなどによって構成されている。インフレーターには、パイロテクニク（火薬式）、ストアードガス（ガス式）、それらの混合となるハイブリッドの 3 種類がある。

(2) エアバッグ布に使用される繊維

エアバッグ布に使用される繊維には PA66 と PET の 2 種類がある。もともとは PA66 が主流であったが、2021 年ごろから PA66 原料の安定調達が難しくなり、最近の車両にはサイドエアバッグやカーテンエアバッグなどで PET 製も使用されるようになっている。エアバッグ布は全て平織りで製造され、エアバッグ基布となる。

(3) エアバッグ基布

エアバッグ基布には、シリコン樹脂をコーティングしたコーティング基布と未加工のノンコート基布がある。エアバッグ基布へのシリコンコートは、通気度を低下させ、気密性を高めることでエアバッグ展開時のガス漏れを防止するために行っている。エアバッグ基布表側にコート機でジェル状のシリコンを塗布し乾燥させている。

エアバッグの布は白、ピンク、青などがあるが、色付きはシリコンコートによるものである。シリコンノンコートの場合は白色である。メーカー指定色に合わせて、シリコンにピンクや青の顔料を混ぜたコーティング材を基材に塗布している。またシリコンの塗布量も各社により異なる。シリコンの塗布量が多くなると厚みが増すため、多く折りたたまれて収納する箇所（運転席・助手席）ではシリコンノンコート又は塗布量が少ないものが使用される。一方でカーテンエアバッグは比較的折りたたまれる回数が少ないため、塗布量が多い場合がある。

コーティング材を剥離すれば白い布として回収することができるが、構造上、コーティングが剥離しないように製造しているため、剥離作業は難しいと考えられる。

1990年～2000年頃には、一時ウレタンコード製（外観はグレー）のものもあったが、現在は製造されていないとみられる。

運転席のエアバッグはPA66・ノンコート材が多く、一部コーティング材がある。カーテンエアバッグはPET基布にコーティングが施されているものがある。

エアバッグは2枚の布をあわせて製造されるが、製造方法は縫製と圧着の2種類がある。

シートベルトは、エアバッグのように各席で仕様の違いはない。シートベルトは着色が施されているが、それらの色は各自動車メーカーにより異なる。繊維はPETが使用され、平織りにより製造される。素材はPET製がほとんどである。



図 2-1.エアバッグの製造方法の違い

出所：矢野経済研究所撮影

表 2-1.エアバッグ種類基本情報

項目	詳細
搭載箇所	①D運転席 ②A助手席 ③Sサイド ④Cカーテン ⑤Kニー
インフレーター種類	①パイロテクニク（火薬式） ②ストアードガス（ガス式） ③ハイブリッド（混合）
繊維	①PA66 ②PET
織り方	平織り
シリコンコート	①なし ②あり（顔料：ピンク、青など）
エアバッグ製造方法	①縫製 ②圧着

出所：矢野経済研究所

表 2-2.シートベルト種類基本情報

項目	詳細
搭載箇所	①D運転席 ②A助手席 ③後部座席 等
繊維	PET
色	グレーが多いが、色合いは自動車メーカーごとに異なる
織り方	平織り

出所：矢野経済研究所

2.1.2. エアバッグ布・シートベルトの発生、回収見込量

1台当たりの回収可能量を把握するため、1台当たりのエアバッグ布・シートベルトの発生量を計算した。

公益財団法人自動車リサイクル促進センターの自動車リサイクルデータ Book によれば、2022年度の使用済み自動車（以下 ELV）引取り台数は 2,739.4 千台である。1 サンプルではあるが、セダンのエアバッグ布（回収しやすく、必ず搭載されている運転席および助手席）およびシートベルト（使用頻度の低い後部座席）の㎡数、重量を計測した。

エアバッグ布の回収㎡は 0.5999 ㎡/台、重量は 0.36kg/台、シートベルトの回収㎡は 0.1035 ㎡/台、重量は 0.14kg/台であった。2022 年度の ELV 発生台数を掛け合わせると、エアバッグの発生㎡は 1,643 千㎡、重量は 986t、シートベルトの発生㎡は 284 千㎡、重量は 384t となる。

回収見込み量については、どれだけの解体事業者が回収に協力するかがポイントとなる。解体事業者にとって簡単で適切な回収方法等を提案することが重要であると考える。

表 2-3. 1 サンプル（セダン）での運転席・助手席のエアバッグ布回収㎡および重量と、シートベルト（後部座席）回収㎡と重量

項目		①	②	③ 2022年度 ELV台数 (台)	④	⑤
		1台の搭載サイズ (㎡)	1台の搭載重量 (kg)		最大発生面積 (千㎡) (①×③÷1000)	最大発生重量 (t) (②×③÷1000)
エアバッグ布	運転席	0.2809	0.14	2,739,400	769	384
	助手席	0.319	0.22		874	603
	エアバッグ布小計	0.5999	0.36		1,643	986
シートベルト (後部座席)	運転席側・中央・助手席側	0.1035	0.14		284	384
	シートベルト小計	0.1035	0.14		284	384

出所：エコアール計測数値から矢野経済研究所作成



エアバッグ布（運転席）

エアバッグ布（助手席）

シートベルト

図 2-2.回収したエアバッグ布およびシートベルト

出所：エコアール撮影

2.1.3. 分類DBフォーマット作成

先述してきた搭載基本情報等の整理に基づき、回収品のDBを作成した。フォーマットを表 2-4 に記載する。この項目に基づき 2.2.1 回収トライのデータの整理を行った。なお、DB に記録したデータはカタログに記載している。

表 2-4.DB フォーマット一例 (エアバッグ布 運転席：ホンダ車)

メーカー	車種	型式	年式	エアバッグ布 運転席					
				写真1 (表)	写真2 (裏)	色	重量(g)	縦(cm)	横(cm)
ホンダ	インサイト	ZE2	2009			ピンク	170.5	63.3	62.8
	インスパイア	DBA-CP3	2007			ピンク	184.5	60.5	62.1
	オデッセイ	RB1	2005			ピンク	177.5	62.5	62.5
	ステップワゴン	RK2	2010			ピンク	171	66	65.8
	フリード	GB3	2011			ピンク	147.5	61.5	62.8
	モビリオ	DBA-GB1	2005			ピンク	135	63	64.2

出所：矢野経済研究所

表 2-5. DB フォーマット一例 (エアバッグ布 助手席：ホンダ車)

メーカー	車種	型式	年式	エアバッグ布 助手席							
				写真1 (未展開)	写真2 (展開)	色	重量(g)	縦(cm)	横(cm)	展開・縦 (cm)	展開・横 (cm)
ホンダ	インサイト	ZE2	2009			ピンク	274.5	69.2	64.6	69	137.8
	インスパイア	DBA-CP3	2007			ピンク	302	55.5	71.2	98.3	181.4
	オデッセイ	RB1	2005			ピンク	301	73	62	83.8	123.7
	ステップワゴン	RK2	2010			ピンク	381.5	83	60.3	133	172.3
	フリード	GB3	2011			ピンク	318.5	76	63	95	182
	モビリオ	DBA-GB1	2005			緑	285.5	56	68.8	98	165.9

出所：矢野経済研究所

表 2-6. B フォーマット一例 (シートベルト：ホンダ車)

メーカー	車種	型式	年式	シートベルト					
				写真	部位	回収	重量(g)	長さ(cm)	幅(cm)
ホンダ	インサイト	ZE2	2009		中央	グレー濃淡	140	231.4	4.6
	インスパイア	DBA-CP3	2007		中央	グレー濃淡	151.5	244	4.7
	オデッセイ	RB1	2005		運転	茶系	145	238	4.6
	ステップワゴン	RK2	2010		運転	グレー濃淡	160	283.3	4.6
	フリード	GB3	2011		運転	グレー濃淡	158.5	267	4.5
	モビリオ	DBA-GB1	2005		中央	茶系	50.5	82	4.8

出所：矢野経済研究所

2.2. 回収品質の向上と安定化

先述したように ELV 由来のエアバッグ布・シートベルトを回収し、それらを加工してリサイクル品を市販している活動は既にある。しかし、これらは個別の企業での回収であり、統一された回収基準などは存在しないため、複数の事業者で大量に回収する際には、各解体事業者によって回収品質が異なることが想定される。

全国のどの解体事業者に依頼しても同等品質のエアバッグ布・シートベルトが回収できるように 2.2 回収品質の向上と安定化では、統一した回収基準を設定し、作業書を作成した。また、エアバッグ回収時の作業者の安全性についても配慮し作業書に反映している。

作業書作成のための回収トライは全部で 4 回実施したが、各目的を以下に示す。

表 2-7.各作業の実施者と目的

回数	実施者	目的
1 回目	エコアール・リバーの解体事業者 2 社	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 作業内容の違いによる回収品品質の確認 ➤ 展開後・未洗浄品に含有される化学物質の確認およびアパレル・フットウェアの規制化学物質基準への適合確認（詳細は 2.3.1(2)展開後・未洗浄品分析（1 回目・2 回目回収品）に記載）
2 回目		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 統一した作業書の作成と、統一作業に伴う回収品品質の確認 ➤ 展開後・未洗浄品に含有される化学物質の確認およびアパレル・フットウェアの規制化学物質基準への適合確認
3 回目	エコアール・リバーを含む解体事業者 10 社	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 統一した作業書がエコアール・リバー以外の事業者で展開した際に、同等品質の回収品が得られるかの確認 ➤ 展開後・洗浄品のアパレル・フットウェアの規制化学物質基準への適合確認（Cu および pH の詳細は 2.3.1(5) 展開後・洗浄品分析（3 回目回収品）に記載）
4 回目		<ul style="list-style-type: none"> ➤ カタログ作成のためのデータ拡充

出所：矢野経済研究所

2.2.1. 回収トライ

(1) 1回目回収

解体事業者2社（エコアールおよびリバー）において、表 2-8 の条件から合計 96 台の車両からエアバッグ布およびシートベルトの回収を行った。実施車種について、解体事業者2社で、運転席・助手席にエアバッグが標準装備され、入庫頻度の高い車種・型式を決定した。表 2-9 に回収車種および型式を示す。これらの車種において、運転席側、助手席側のエアバッグ布およびシートベルトの回収を行った。

解体事業者2社での回収は2回行った。まず1回目は解体事業者2社の独自方法でエアバッグ布・シートベルトを回収してもらい、それらの作業の違いや回収品の違いを把握する。そのうえで、共通の作業マニュアルを作成し、2回目の回収を実施し、回収品の検証を行う。2024年度には、この作業マニュアルを解体事業者2社以外でも活用してもらい、回収品の品質を確認した。

回収品については化学分析も実施（分析項目は表 2-37）し、展開後のエアバッグ布およびシートベルトについて、必要な前処理を検討した。

表 2-8. 1回目および2回目の回収車両条件の決定

項目	詳細
自動車メーカー3社	①トヨタ自動車（軽自動車でダイハツ工業を含む） ②本田技研工業 ③日産自動車（軽自動車で三菱自動車工業を含む）
年式2種類	①2000～2009年 ②2010年以降
車格2種類 (1車格各2台)	①軽自動車 ②普通車
解体事業者2社	①エコアール ②リバー
実施回数	2回（1回目は各社のやり方で回収、2回目は統一した回収方法（作業書）を設定して実施する）
回収部位	①エアバッグ布：運転席、助手席、サイドカーテン ②シートベルト：後部座席

出所：矢野経済研究所

表 2-9. 1 回目および 2 回目の回収車種および型式一覧

メーカー	車格	車種	運転・助手席のエアバッグが標準装備され入庫頻度が高い車両の型式を記載	
			2000~2009年	2010年以降
トヨタ・ダイハツ	軽自動車	タント	L375S	LA600S
		ムーヴ	L175S	LA100S
	普通車	パッソ	KGC10	NGC30
		プロス	NHW20	ZVW30
ホンダ	軽自動車	アクティバン	HH5	HA8
		ライフ	JB1	JC1
	普通車	フィット	GD1	GE6
		ステップワゴン	RG1	RK3
日産・三菱	軽自動車	モコ	MG21S	MG33S
		eKワゴン	H81W	B11W
	普通車	ノート	E11	E12
		キューブ	BZ11	Z12

出所：矢野経済研究所

1 回目の回収においては、エコアールおよびリバーに対して、両社の回収作業の違いを確認するため、使用工具・回収方法を指示（統一）せずに回収した。2 回目の回収は、1 回目の回収結果を踏まえて回収品の品質（重量・サイズ）が同等レベルとなるように、使用工具や回収方法の統一を図り作業を行った。なお、以後個社名ではなく、A 社、B 社とする（順不同）。

A 社では 1 回目の回収において、一部の自動車に搭載されている自動車脱出用のハサミを使用し、エアバッグ布およびシートベルトの切断を行った。狭い場所でも作業しやすく、使い始めの切れ味が良いが、数回使用すると切れ味が悪くなるという問題がある。

B 社では 1 回目の回収において、丸カッターおよびカッター（大）を使用し、エアバッグ布およびシートベルトの切断を行った。丸カッターは刃がエアバッグ布に入れば、一気に切断できるが、最初に切り込みを入れるときにコツがいるため、使い慣れるまでに少し時間がかかる。なお B 社は通常は安全面から軍手又は革手袋を着用して作業を行っているが、今回は実証事業の回収作業であったため、サンプルを汚さないよう新しいゴム手袋をつけて実施した。

シートベルトについては、天井側を最大まで引き伸ばし、A 社ではハサミで、B 社では丸カッターないしカッターで切断後、根元側も同様に切断し回収を行った。

表 2-10.A 社および B 社でのエアバッグ布回収の概要

	A社	B社
作業順番	フロン回収後のELVを車上作動処理し、その後エアバッグ布・シートベルトを回収	
作業指示	エアバッグ布回収について「基本的に大きく回収する」ことを指示、作業員の判断で作業（作業員によってばらつき）	
使用手袋	ゴム手袋	軍手・革手袋
使用工具	ハサミ（車載の脱出時シートベルト切断用） 	丸カッター（オルファ社製）カッター（大） 
エアバッグ布作業状況	根元付近から切断。狭い場所でも作業しやすく、使い始めの切れ味が良いが、数回使用すると切れ味が悪くなる。	根元付近から切断。丸カッターは刃がエアバッグ布に入れば、一気に切断できるが、最初に切り込みを入れるときにコツがいる。
シートベルト作業状況	天井側を最大まで引き伸ばし切断後、根本側も同様に切断し回収	

出所：矢野経済研究所

① 運転席エアバッグ布

図 2-3 に運転席エアバッグ布の計測方法を、表 2-11 に A 社および B 社での運転席エアバッグ布の回収結果（1 回目）を示す。エアバッグ布は形状が一定でないため（特に助手席側）、広げ方や伸ばし方により長さに数 10～数 cm の誤差が発生する。そのためサイズは参考値としている。

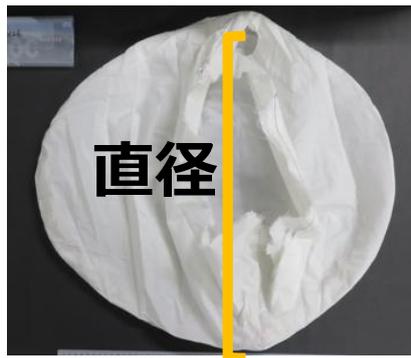


図 2-3.運転席エアバッグ布の計測方法

出所：TRC

運転席エアバッグ布について A 社も B 社も、一部データを除き重量差はほとんどなく、同じような重量・サイズを回収できたと推測される。図 2-11 の運転席エアバッグ布の A 社

および B 社の回収品（1 回目）に示したように、重量差は主に切取り口の違いと推測される。運転席エアバッグ布は丸い布を 2 枚縫い合わせた構造であるが、図 2-5 に示すように、エアバッグ布を布素材として活用する場合は、切取り口のない部分を活用することが主体になるため、切取り口側にある程度の差が生じることを考慮した。

表 2-11. A 社および B 社の運転席エアバッグ布回収結果（1 回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社			B社			差異 (A社-B社)	
					色	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値	色	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値
1回目	運転席 エアバッグ布	タント	2000-2009	L375S	白	150.0	590	白	148.5	600	+1.5	-10.0
			2010以降	LA600S	車種未確保		ピンク	141.5	610	-	-	
		ムーヴ	2000-2009	L175S	白	153.6	660	白	145.3	670	+8.3	-10.0
			2010以降	LA100S	白	122.0	610	白	121.6	610	+0.3	+0.0
		パッソ	2000-2009	KGC10	白	154.2	670	白	150.6	670	+3.6	+0.0
			2010以降	NGC30	白	159.5	590	車種未確保		-	-	
		プラス	2000-2009	NHW20	白	157.0	600	白	160.0	620	-3.0	-20.0
			2010以降	ZVW30	車種未確保		白	146.0	560	-	-	
		アクティバン	2000-2009	HH5	ピンク	154.5	630	ピンク	143.0	610	+11.5	+20.0
			2010以降	HA8	車種未確保		車種未確保		-	-		
		ライフ	2000-2009	JB1	白	164.2	660	白	155.9	650	+8.3	+10.0
			2010以降	JC1	ピンク	172.4	680	ピンク	164.0	675	-	-
		フィット	2000-2009	GD1	ピンク	143.0	660	ピンク	141.5	640	+1.5	+20.0
			2010以降	GE6	ピンク	169.5	620	ピンク	168.0	610	+1.5	+10.0
		ステップワゴン	2000-2009	RG1	ピンク	147.4	665	ピンク	141.4	660	+6.0	+5.0
			2010以降	RK3	ピンク	179.0	670	ピンク	163.5	660	+15.5	+10.0
		モコ	2000-2009	MG21S	白	139.0	590	白	129.9	630	+9.1	-40.0
			2010以降	MG33S	白	136.5	600	白	141.6	610	-5.1	-10.0
		eKワゴン	2000-2009	H81W	白	156.0	630	白	153.0	630	+3.0	+0.0
			2010以降	B11W	白	148.0	550	車種未確保		-	-	
ノート	2000-2009	E11	白	123.3	620	白	122.9	620	+0.4	+0.0		
	2010以降	E12	ピンク	147.5	580	ピンク	139.0	600	+8.5	-20.0		
キューブ	2000-2009	C11	白	122.5	570	白	120.0	590	+2.5	-20.0		
	2010以降	NC11	ピンク	150.5	600	ピンク	143.0	590	+7.5	+10.0		

※エアバッグ布は形状が一定でないため（特に助手席）広げ方・伸ばし方により縦・横・長さに数cmの誤差が発生する。そのため、サイズは参考値

出所：TRC 資料等を基に矢野経済研究所作成

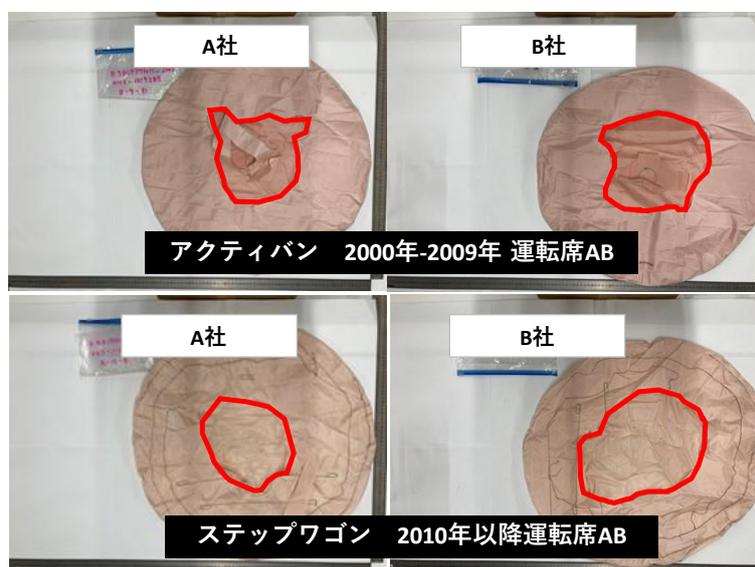


図 2-4. 運転席エアバッグ布の A 社および B 社回収品（1 回目）

出所：矢野経済研究所

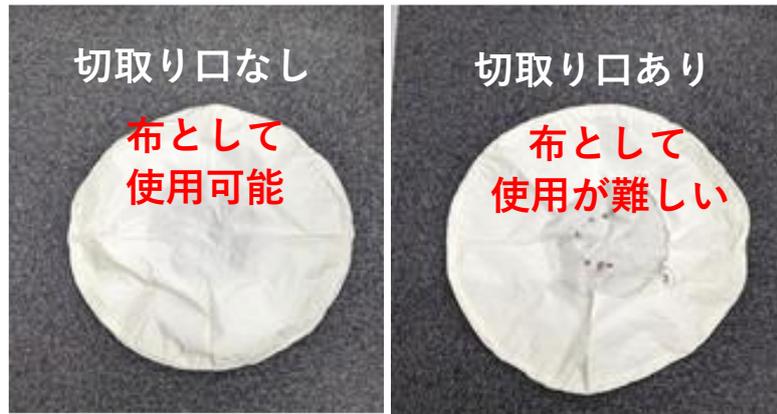


図 2-5.布としての使用について

出所：矢野経済研究所

② 助手席エアバッグ布

図 2-6 に助手席エアバッグ布の計測方法を示す。計測方法については縦・横のように広げるのが難しい形状の場合、長さ・横で計測を行っている。

助手席エアバッグ布の縫製方法は様々あるが、3～6枚程度の布を縫い合わせた立体的な構造であることから、切断箇所が根元より手前すぎると布として使用できる面積が減少してしまうため、可能な限り根元側から回収してもらうことが望ましい。詳しくは後述するが、2回目以降の作業方法で変更を行った。

表 2-12 に A 社および B 社の助手席エアバッグ布回収結果（1回目）を示す。助手席側エアバッグ布において A 社および B 社の回収重量が 20g 以上、最大で 72g 重量差が発生している。運転席エアバッグ布と同様に切断箇所の違いによるものと推測される。回収品の例として、図 2-7 に A 社および B 社の回収品（プリウス 2000 年-2009 年 助手席エアバッグ布）を示す。A 社に対して B 社は 55g 重量が少ないが、それは長さ（切断箇所）の違いによるものである。

図 2-8 に A 社および B 社の助手席エアバッグ布の回収方法と切断後のダッシュボードを示す。A 社はエアバッグ布を根元ギリギリから切断していたのに対して、B 社は根元より 10cm 程度手前で切断している。これはハサミのほうが狭い場所で作業しやすいため、エアバッグ布が飛び出しているダッシュボードの上蓋を避けて切断可能なためである。一方で丸カッターは上蓋を避けて切断が難しいため、切断箇所がハサミよりも手前になっている。



図 2-6. 助手席エアバッグ布の計測方法

出所：TRC

助手席エアバッグ布の縫製方法は様々あるが、3~6枚程度の布を縫い合わせた立体的な構造であることから、切断箇所が根元より手前すぎると布として使用できる面積が減少してしまうため、可能な限り根元側から回収してもらうことが望ましい。詳しくは後述するが、2回目以降の作業方法で変更を行った。

表 2-12. A社およびB社の助手席エアバッグ布回収結果（1回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社				B社				差異 (A社-B社)					
					色	重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値			色	重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値			重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値		
							縦	横	長さ			縦	横	長さ		縦	横	長さ
1回目	助手席 エアバッグ布	タント	2000-2009	L375S	白	293.5	-	600	1000	白	227.5	-	600	770	+66.0	-	+0.0	+230.0
			2010以降	LA600S	車種未確保					白	162.5	-	460	570				
		ムーヴ	2000-2009	L175S	白	228.2	620	620	460	白	189.5	630	630	400	+38.6	-10.0	-10.0	+60.0
			2010以降	LA100S	白	205.0	345	610	520	白	187.5	340	610	440	+17.5	+5.0	+0.0	+80.0
		パッソ	2000-2009	KGC10	白	201.7	540	630	530	白	174.0	530	640	410	+27.7	+10.0	-10.0	+120.0
			2010以降	NGC30	白	213.5	-	560	530	車種未確保								
		プリウス	2000-2009	NHW20	白	310.0	-	700	660	白	255.0	-	700	510	+55.0	-	+0.0	+150.0
			2010以降	ZVW30	車種未確保					白	250.0	-	610	660				
		アクティバン	2000-2009	HH5	白	167.0	-	530	500	白	152.0	-	570	510	+15.0	-	-40.0	-10.0
			2010以降	HA8	車種未確保					車種未確保								
		ライフ	2000-2009	JB1	白	230.8	510	630	415	白	215.3	480	640	380	+15.5	+30.0	-10.0	+35.0
			2010以降	JC1	白	332.6	440	590	530	白	295.2	440	580	460	+37.4	+0.0	+10.0	+70.0
		フィット	2000-2009	GD1	緑	309.0	-	660	720	緑	262.0	-	660	580	+47.0	-	+0.0	+140.0
			2010以降	GE6	ピンク	292.5	-	580	690	ピンク	286.5	-	620	640	+6.0	-	-40.0	+50.0
		ステップワゴン	2000-2009	RG1	白	235.0	550	590	560	白	205.2	540	590	460	+29.8	+10.0	+0.0	+100.0
			2010以降	RK3	ピンク	377.5	-	580	670	ピンク	305.5	-	640	630	+72.0	-	-60.0	+40.0
		モコ	2000-2009	MG21S	白	203.0	-	540	550	白	203.0	630	390	340	-0.0	-	+150.0	+210.0
			2010以降	MG33S	白	215.5	-	500	780	白	203.7	260	470	640	+11.8	-	+30.0	+140.0
		eKワゴン	2000-2009	H81W	緑	238.5	-	670	870	緑	139.0	-	560	630	+99.5	-	+110.0	+240.0
			2010以降	B11W	ピンク	259.0	-	570	510	車種未確保								
ノート	2000-2009	E11	白	247.4	510	660	500	白	224.0	500	650	370	+23.4	+10.0	+10.0	+130.0		
	2010以降	E12	ピンク	171.5	-	660	730	ピンク	161.5	-	580	600	+10.0	-	+80.0	+130.0		
キューブ	2000-2009	C11	白	277.0	-	630	590	白	231.0	-	630	430	+46.0	-	+0.0	+160.0		
	2010以降	NC11	白	237.5	-	490	610	白	198.5	-	530	510	+39.0	-	-40.0	+100.0		

※エアバッグ布は形状が一定でないため（特に助手席）広げ方・伸ばし方により縦・横・長さ数cmの誤差が発生する。そのため、サイズは参考値
一部助手席側エアバッグは縦横でうまく広げられない場合、横・長さのみ計測

出所：TRC 資料等を基に矢野経済研究所作成



図 2-7. A 社および B 社の助手席エアバッグ布の回収品 (1 回目)
出所：(上) TRC、(下) 矢野経済研究所



図 2-8. A 社および B 社の助手席エアバッグ布の回収方法と切断後のダッシュボード
出所：矢野経済研究所

③ シートベルト

図 2-9 にシートベルトの計測方法を、表 2-13 に A 社および B 社でのシートベルト回収結果（1 回目）を示す。1 回目の回収において、シートベルトは後部座席とのみ指定したため、両社で回収する場所が異なる結果となった。後部座席のシートベルトとして運転席側から回収した場合と、中央席側から回収したパターンが混在したため、重量等の比較ができない。ムーヴとライフだけは両社とも運転席側からの回収のため、そのみの比較を行った。A 社のほうが B 社回収品よりも重量が重い結果となった。これは主に横の長さの違いによるものと推測される。図 2-10 に A 社および B 社回収品（ムーヴ、ライフ：2000 年～2009 年）を示す。A 社はシートベルト根元のボタンや折り返し部のタグも含めて回収しているのに対して、B 社はそれらの部分は除いて回収している。作業者によってはボタンやタグを異物と判断し回収しない場合や、タグ部分は厚みがあり切りにくいため回収しない場合があった。詳しくは後述するが、2 回目の作業ではこれらの部分の回収について統一を図った。



図 2-9.シートベルトの計測方法

出所：TRC

表 2-13. A 社および B 社のシートベルト回収結果（1 回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社			B社			差異 (A社-B社)				
					色	重量 (g)	サイズ (mm)		色	重量 (g)	サイズ (mm)		重量 (g)	サイズ (mm)	
							幅	長さ			幅	長さ		幅	長さ
1回目	シートベルト	ムーヴ	2000-2009	L175S	黒	163.0	47.5	2765	黒	141.1	47.5	2420	+21.9	+0.0	+345.0
			2010以降	LA100S	黒	158.6	46.5	2715	黒	137.4	46.5	2350	+21.2	+0.0	+365.0
		ライフ	2000-2009	JB1	濃い灰色	154.1	50.0	2410	濃い灰色	128.0	49.0	2060	+26.1	+1.0	+350.0
			2010以降	JC1	薄い灰色	156.7	47.5	2630	薄い灰色	147.7	47.5	2475	+8.9	+0.0	+155.0

出所：TRC

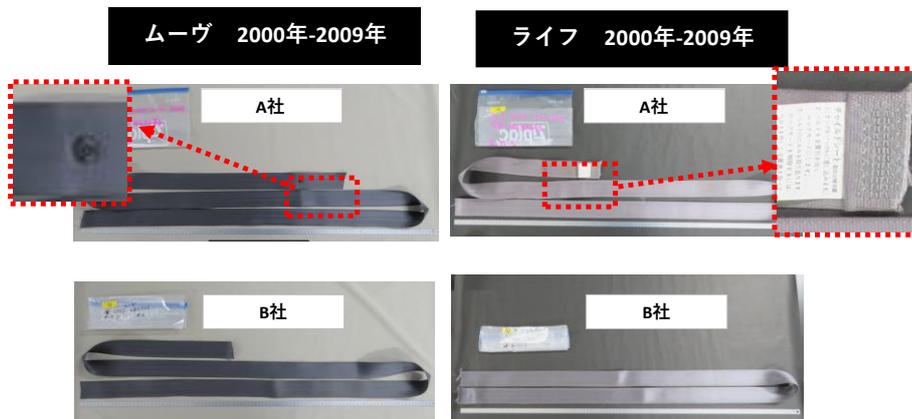


図 2-10. シートベルトの A 社および B 社回収品（1 回目）

出所：矢野経済研究所

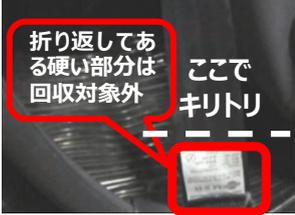
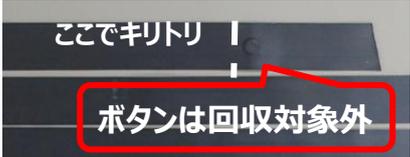
(2) 回収方法の統一

先述したようにハサミを使用したほうが、切断面をコントロールしやすく、より根元から切断することができるが、丸カッターの作業時間のほうが早く、安全性も高い。同一車種でないため、厳密な比較ではないが、運転席のエアバッグ布切断において、ハサミでは約 30 秒かかったのに対して、丸カッターでは約 10 秒と 1/3 の時間で切断可能である。助手席側のエアバッグ布ではハサミは約 65 秒かかったのに対して、丸カッターは約 10 秒と 1/6 以下の時間である。そのため、2 回目の回収においては両者とも丸カッターおよびカッターを使用し回収してもらうこととした。

エアバッグ布は運転席、助手席側の 2 種類を対象とし、可能な限りエアバッグ布の根元を切断し回収するように提示した。特に助手席について B 社は手前側から回収していたことから、可能な範囲で根元側からの回収に変更した。

シートベルトは使用頻度の少ない後部座席の中央席を対象とし、仮に中央席にシートベルトがない車両の場合は、後部座席の運転席側を回収した。天井側は最大限まで引き延ばしスリップガイドの隙を狙って切断し、バックル側は根元のタグなどの部分は回収せず切断した。

表 2-14.統一した回収方法・工具

	エアバッグ布回収	シートベルト回収
使用工具	丸カッター 	丸カッター又は一般的なカッター 
回収箇所	運転席・助手席	後部座席・中央席 ※中央席に搭載されていない車両（軽自動車等）は、後部座席・運転席側のシートベルトを回収する。
切断方法	(可能な限り) エアバッグ布の根元を切断し回収   可能な範囲で根元から刃を入れる	天井側は、最大まで引き伸ばし、スリップガイドの隙を狙って切断し、回収する。 バックル側は、根本（折り返してある硬い部分）は回収せず、切断する。  

出所：矢野経済研究所

(3) 2 回目回収（回収基準統一および化学分析）

① 運転席エアバッグ布

表 2-15 に A 社および B 社の運転席エアバッグ布の回収結果（2 回目）を示す。運転席エアバッグ布について A 社も B 社も、一部データを除き重量差はほとんどなく、同じような重量・サイズを回収できたと推測される。図 2-11 に運転席エアバッグ布の A 社および B 社回収品（2 回目）を示す。先述したように、重量差は主にエアバッグ布の切り取り口の違によるものと推測されるが、布として使用する部分は問題なく回収できている。

表 2-15. A 社および B 社の運転席エアバッグ布回収結果（2 回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社			B社			差異 (A社-B社)	
					色	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値	色	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値	重量 (g)	直径 (mm) ※参考値
2回目	運転席 エアバッグ布	タント	2000-2009	L375S	白	153.5	650	白	148.5	650	+5.0	+0.0
			2010以降	LA600S	ピンク	145.5	600	ピンク	142.0	620	+3.5	-20.0
		ムーヴ	2000-2009	L175S	白	162.0	620	白	147.0	620	+15.0	+0.0
			2010以降	LA100S	白	126.5	580	白	118.5	560	+8.0	+20.0
		パッソ	2000-2009	KGC10	車種未確保			車種未確保			-	
			2010以降	NGC30	車種未確保			車種未確保			-	
		プリウス	2000-2009	NHW20	白	174.0	640	車種未確保			-	
			2010以降	ZVW30	車種未確保			白	141.0	600	-	
		アクティバン	2000-2009	HH5	車種未確保			ピンク	152.0	630	-	
			2010以降	HA8	車種未確保			車種未確保			-	
		ライフ	2000-2009	JB1	白	169.5	630	白	154.5	630	+15.0	+0.0
			2010以降	JC1	ピンク	183.5	670	ピンク	168.5	660	+15.0	+10.0
		フィット	2000-2009	GD1	ピンク	143.0	630	ピンク	141.0	660	+2.0	-30.0
			2010以降	GE6	ピンク	163.0	630	ピンク	169.5	630	-6.5	+0.0
		ステップワゴン	2000-2009	RG1	ピンク	147.5	660	ピンク	140.5	660	+7.0	+0.0
			2010以降	RK3	ピンク	187.5	670	ピンク	178.0	660	+9.5	+10.0
		モコ	2000-2009	MG21S	白	151.5	590	白	144.0	580	+7.5	+10.0
			2010以降	MG33S	白	136.5	620	白	128.0	610	+8.5	+10.0
		eKワゴン	2000-2009	H81W	白	157.0	650	白	154.0	630	+3.0	+20.0
			2010以降	B11W	白・水玉	142.0	570	車種未確保			-	
		ノート	2000-2009	E11	白	126.5	580	白	136.0	570	-9.5	+10.0
			2010以降	E12	車種未確保			ピンク	144.0	590	-	
		キューブ	2000-2009	C11	白	126.0	600	白	123.5	570	+2.5	+30.0
			2010以降	NC11	ピンク	149.5	600	ピンク	147.5	600	+2.0	+0.0

※エアバッグ布は形状が一定でないため（特に助手席）広げ方・伸ばし方により縦・横・長さに数cmの誤差が発生する。そのため、サイズは参考値

出所：矢野経済研究所

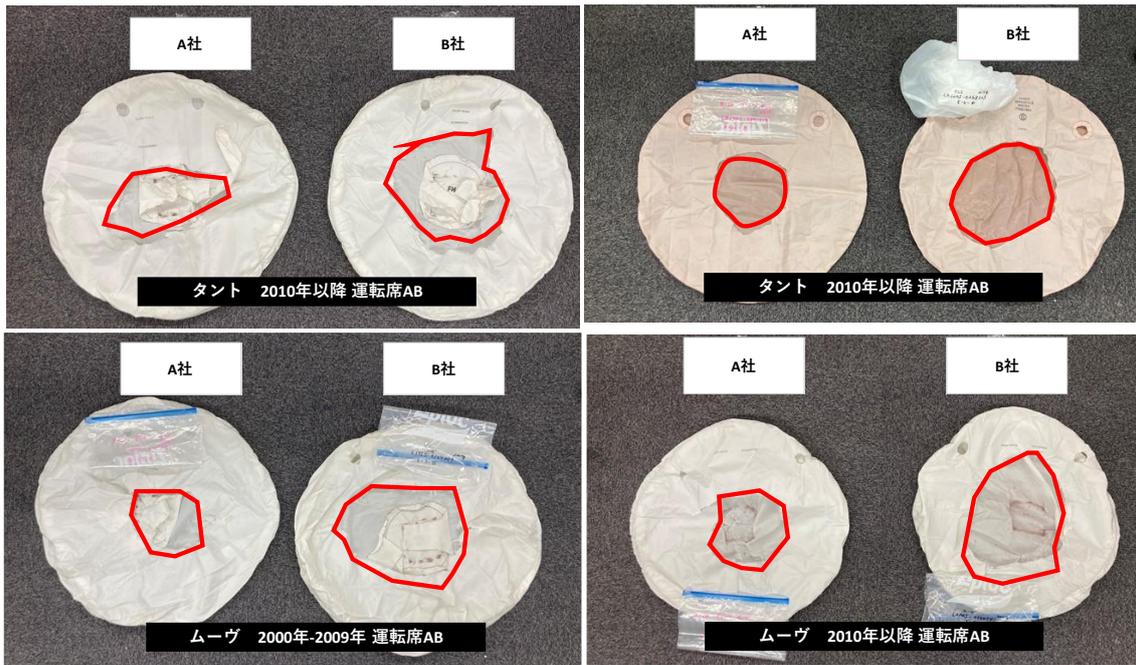


図 2-11. A 社および B 社の運転席エアバッグ布の回収品 (2 回目)

出所：矢野経済研究所

② 助手席エアバッグ布

表 2-16 に A 社および B 社の助手席エアバッグ布回収結果（2 回目）を示す。表 2-17 に助手席エアバッグ布の 1 回目および 2 回目データ比較（A 社-B 社の差異、A 社、B 社）を示す。A 社-B 社の値について、1 回目と比較し 2 回目では 15 データ中 10 データで差異が縮小又は同一であった。つまり回収方法の統一により、2 社の回収重量差が縮まったということである。なお、A 社および B 社それぞれの 1 回目と 2 回目回収重量比較を行ったところ、A 社では 17 データ中 14 データで 2 回目の回収重量のほうが増加、B 社では 19 データ中 17 データで 2 回目の回収重量のほうが増加した。回収方法の統一により A 社 B 社の回収品の重量レベルを近づけただけでなく、各社の回収重量も概ね増加させることができた。図 2-12 に助手席エアバッグ布の A 社および B 社回収品（2 回目）を示す。

表 2-16. A 社および B 社の助手席エアバッグ布回収結果（2 回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社						B社						差異 (A社-B社)					
					色	重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値			色	重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値			重量 (g)	サイズ (mm) ※参考値						
							縦	横	長さ			縦	横	長さ		縦	横	長さ				
2回目	助手席 エアバッグ布	タント	2000-2009	L375S	白	341.5	—	570	990	白	229.5	—	570	850	+21.2	—	+0.0	+140.0				
			2010以降	LA600S	白	191	—	480	700	白	166.5	—	490	660	+24.5	—	-10.0	+40.0				
		ムーヴ	2000-2009	L175S	白	223.0	—	570	660	白	199.0	—	570	630	+24.0	—	+0.0	+30.0				
			2010以降	LA100S	白	215.0	—	500	720	白	203.0	—	500	720	+12.0	—	+0.0	+0.0				
		パッソ	2000-2009	KGC10	車種未確保			車種未確保			車種未確保			車種未確保			+0.0	—	+0.0	+0.0		
			2010以降	NGC30	車種未確保			車種未確保			車種未確保			車種未確保			—	—	—	—		
		プリウス	2000-2009	NHW20	白	357.0	—	700	690	車種未確保			車種未確保			車種未確保						
			2010以降	ZVW30	白	—	—	—	—	白	238.0	—	600	670	車種未確保			—	—	—		
		アクティバン	2000-2009	HH5	車種未確保			車種未確保			白	163.5	—	620	570	車種未確保			—	—	—	
			2010以降	HA8	車種未確保			車種未確保			車種未確保			車種未確保			—	—	—	—		
		ライフ	2000-2009	JB1	白	247.5	—	560	700	白	220.5	—	560	620	+27.0	—	+0.0	+80.0				
			2010以降	JC1	白	350	—	630	650	白	299.0	—	580	740	+51.0	—	+50.0	-90.0				
		フィット	2000-2009	GD1	緑	325.0	—	710	640	緑	300.5	—	740	640	+24.5	—	-30.0	+0.0				
			2010以降	GE6	ピンク	287.0	—	620	740	ピンク	294.5	—	610	740	-7.5	—	+10.0	+0.0				
		ステップワゴン	2000-2009	RG1	白	269.5	—	660	780	白	239.5	—	670	650	+30.0	—	-10.0	+130.0				
			2010以降	RK3	ピンク	387.5	—	530	780	ピンク	339.0	—	520	780	+48.5	—	+10.0	+0.0				
		モコ	2000-2009	MG21S	白	216.5	—	620	600	白	194.0	—	510	720	+22.5	—	+110.0	-120.0				
			2010以降	MG33S	白・水玉	233.0	—	460	830	白・水玉	227.5	—	460	850	+5.5	—	+0.0	-20.0				
		eKワゴン	2000-2009	H81W	緑	241.5	—	670	860	緑	204.0	—	670	860	+37.5	—	+0.0	+0.0				
			2010以降	B11W	ピンク	260.0	—	570	700	車種未確保			車種未確保			—	—	—	—			
		ノート	2000-2009	E11	白	264.0	—	680	660	白	227.5	—	570	560	+36.5	—	+110.0	+100.0				
			2010以降	E12	車種未確保			車種未確保			ピンク	176.5	—	610	710	車種未確保			—	—	—	
		キューブ	2000-2009	C11	白	258.5	—	500	670	白	271.0	—	500	670	-12.5	—	+0.0	+0.0				
			2010以降	NC11	白	254.5	—	500	650	白	246.0	—	500	560	+8.5	—	+0.0	+90.0				

※エアバッグ布は形状が一定でないため（特に助手席）広げ方・伸ばし方により縦・横・長さの数cmの誤差が発生する。そのため、サイズは参考値
一部助手席側エアバッグは縦横でうまく広げられない場合、横・長さのみ計測

出所：矢野経済研究所

表 2-17. A 社および B 社の助手席エアバッグ布の 1 回目および 2 回目データ比較
(A 社・B 社の差異、A 社、B 社)

助手席側 エアバッグ布	(A社-B社)の差異			A社1回目と2回目比較			B社1回目と2回目比較		
	1回目	2回目	重量差異	1回目	2回目	(1回目- 2回目) 重量差異	1回目	2回目	(1回目- 2回目) 重量差異
	重量 (g)	重量 (g)		重量 (g)	重量 (g)		重量 (g)	重量 (g)	
L375S	+66.0	+21.2	縮小	293.5	341.5	-48.0	227.5	229.5	-2.0
LA600S	-	+24.5	—	-	191	—	162.5	166.5	-4.0
L175S	+38.6	+24.0	縮小	228.2	223.0	5.2	189.5	199.0	-9.5
LA100S	+17.5	+12.0	縮小	205.0	215.0	-10.0	187.5	203.0	-15.5
KGC10	+27.7	0	縮小	201.7	-	—	174.0	-	—
NGC30	-	-	—	213.5	-	—	-	-	—
NHW20	+55.0	-	—	310.0	357.0	-47.0	255.0	-	—
ZVW30	-	-	—	-	-	—	250.0	238.0	12.0
HH5	+15.0	-	—	167.0	-	—	152.0	163.5	-11.5
HA8	-	-	—	-	-	—	-	-	—
JB1	+15.5	+27.0	拡大	230.8	247.5	-16.7	215.3	220.5	-5.2
JC1	37.44	+51.0	拡大	332.6	350	-17.4	295.2	299.0	-3.8
GD1	+47.0	+24.5	縮小	309.0	325.0	-16.0	262.0	300.5	-38.5
GE6	+6.0	-7.5	拡大	292.5	287.0	5.5	286.5	294.5	-8.0
RG1	+29.8	+30.0	拡大	235.0	269.5	-34.5	205.2	239.5	-34.3
RK3	+72.0	+48.5	縮小	377.5	387.5	-10.0	305.5	339.0	-33.5
MG21S	-0.0	+22.5	拡大	203.0	216.5	-13.5	203.0	194.0	9.0
MG33S	+11.8	+5.5	縮小	215.5	233.0	-17.5	203.7	227.5	-23.8
H81W	+99.5	+37.5	縮小	238.5	241.5	-3.0	139.0	204.0	-65.0
B11W	-	-	—	259.0	260.0	-1.0	-	-	—
E11	+23.4	+36.5	拡大	247.4	264.0	-16.6	224.0	227.5	-3.5
E12	+10.0	-	—	171.5	-	—	161.5	176.5	-15.0
C11	+46.0	-12.5	縮小	277.0	258.5	18.5	231.0	271.0	-40.0
NC11	+39.0	+8.5	縮小	237.5	254.5	-17.0	198.5	246.0	-47.5
差異が縮小又は同一だったデータ			10	2回目重量増加		14	2回目重量増加		17
差異が拡大したデータ			5	2回目重量が減少		3	2回目重量が減少		2
比較可能合計データ			15	比較可能合計データ		17	比較可能合計データ		19

出所：矢野経済研究所

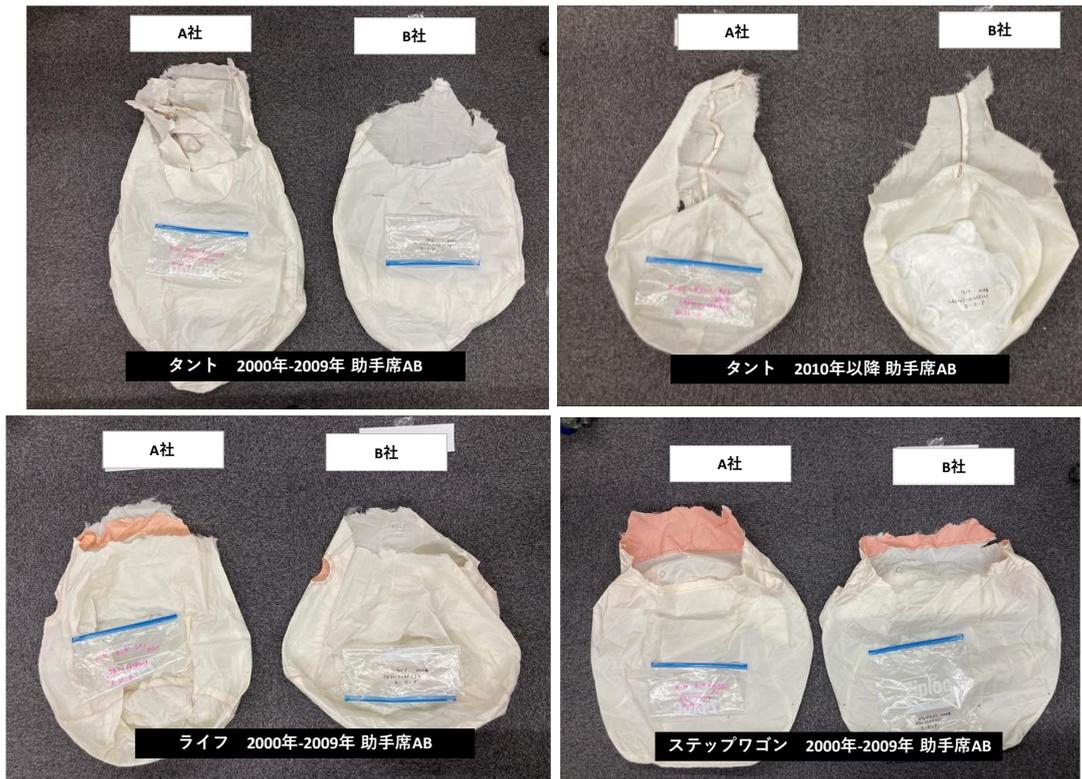


図 2-12. A 社および B 社の助手席エアバッグ布の回収品 (2 回目)

出所：矢野経済研究所

③ シートベルト

表 2-18 に A 社および B 社のシートベルト回収結果（2 回目）を示す。1 回目との比較はできないが、A 社も B 社も、一部データを除き重量差はほとんどなく、同じような重量・長さを回収できた。

表 2-18.A 社および B 社のシートベルト回収結果（2 回目）

回数	部位	車種	年代	年代	A社			B社			差異 (A社-B社)				
					色	重量 (g)	サイズ (mm)		色	重量 (g)	サイズ (mm)		重量 (g)	サイズ (mm)	
							幅	長さ			幅	長さ		幅	長さ
2回目	シートベルト	タント	2000-2009	L375S	灰色	159.5	500	2850	灰色	156.5	500	2770	+3.0	+0.0	+80.0
			2010以降	LA600S	灰色	159.5	500	2800	灰色	159.5	500	2800	+0.0	+0.0	+0.0
		ムーブ	2000-2009	L175S	灰色	164.0	500	2780	灰色	161.0	500	2760	+3.0	+0.0	+20.0
			2010以降	LA100S	灰色	162.5	500	2740	灰色	163.0	500	2820	-0.5	+0.0	-80.0
		パッソ	2000-2009	KGC10	灰色	67.0	500	1000	車種未確保						
			2010以降	NGC30	車種未確保			車種未確保					-		
		プリウス	2000-2009	NHW20	灰色	122.5	500	2200	車種未確保					-	
			2010以降	ZVW30	車種未確保			灰色	132.0	500	2310			-	
		アクティバン	2000-2009	HH5	車種未確保			茶色	178.5	500	2820			-	
			2010以降	HA8	車種未確保			車種未確保					-		
		ライフ	2000-2009	JB1	茶色	149.5	500	2400	茶色	150.5	500	2400	-1.0	+0.0	+0.0
			2010以降	JC1	茶色	138.5	500	2220	茶色	158.5	500	2660	-20.0	+0.0	-440.0
		フィット	2000-2009	GD1	灰色	74.0	500	1220	灰色	54.0	500	900	+20.0	+0.0	+320.0
			2010以降	GE6	茶色	61.5	500	1000	灰色	69.0	500	1130	-7.5	+0.0	-130.0
		ステップワゴン	2000-2009	RG1	茶色	64.0	500	1100	灰色	55.5	500	910	+8.5	+0.0	+190.0
			2010以降	RK3	灰色	166.0	500	2850	灰色	139.5	500	2480	+26.5	+0.0	+370.0
		モコ	2000-2009	MG21S	灰色	141.5	500	2490	灰色	155.0	500	2740	-13.5	+0.0	-250.0
			2010以降	MG33S	灰色	144.0	500	2500	灰色	151.5	500	2580	-7.5	+0.0	-80.0
		eKワゴン	2000-2009	H81W	茶色	138.5	500	2420	茶色	137.0	500	2410	+1.5	+0.0	+10.0
			2010以降	B11W	黒	148.5	500	2540	車種未確保					-	
		ノート	2000-2009	E11	灰色	64.5	500	1030	灰色	64.5	500	1030	+0.0	+0.0	+0.0
			2010以降	E12	車種未確保			灰色	129.5	500	2390			-	
		キューブ	2000-2009	C11	茶色	122.0	500	2120	茶色	54.5	500	930	+67.5	+0.0	####
			2010以降	NC11	茶色	154.5	500	2650	茶色	190.0	500	3250	-35.5	+0.0	-600.0

出所：矢野経済研究所



図 2-13. A 社および B 社のシートベルトの回収品（2 回目）

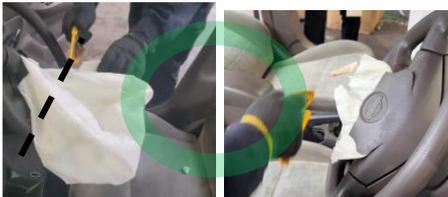
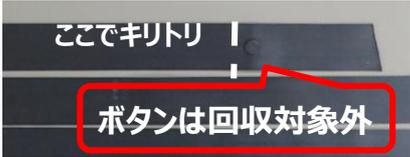
出所：矢野経済研究所

(4) 回収方法の一部見直し

(2)回収方法の統一では、エアバッグ布回収時に根元からの回収としていたが、3回目の回収基準では根元から10cm程度離して切断に変更した。詳しくは2.3.2(2)エアバッグ展開時の温度確認で示すが、エアバッグ展開直後のインフレーターは100℃以上の高温であり、解体事業者がエアバッグ布の切取り作業を行う場合、やけどの危険性が考えられる。安全面を考慮し根元から10cm離れた切取りが良いと判断した。

そのほか、作業環境について、エアバッグ布切取り時には全てのドアを開放しながら作業を行うこととした。

表 2-19. 統一した回収方法・工具（切断箇所の変更）

	エアバッグ布回収	シートベルト回収
使用工具	丸カッター 	丸カッター又は一般的なカッター 
回収部位	運転席・助手席	後部座席・中央席 ※中央席に搭載されていない車両（軽自動車等）は、後部座席・運転席側のシートベルトを回収する。
切断箇所・方法	<p>【良い例】根元から10cm程度離して切断</p>  <p>【悪い例】根本ギリギリで切断 = インフレーターに触れる危険</p> 	<p>天井側は、最大まで引き伸ばし、スリップガイドの際を狙って切断し、回収する。 バックル側は、根本（折り返してある硬い部分）は回収せず、切断する。</p>  <p>折り返してある硬い部分は回収対象外 ここでキトリ</p>  <p>ここでキトリ ボタンは回収対象外</p>

出所：矢野経済研究所

(5) 3回目・4回目回収（他解体事業者への回収基準展開と化学分析）

エコアールおよびリバーに加え、エアバッグ布・シートベルト回収を実施してもらう解体事業者8社を選定した。年間のELV処理台数が1,000台未満の小規模事業者から、5,000台以上の中・大規模事業者まで幅広い協力を得ることができた。

2024年9月16日～10月11日で3回目を回収し、11月4日～11月29日に4回目を回収した。同一車種の比較でないため、厳密な比較はできないが、各解体事業者から同等品質の回収品を得ることができた。回収品の詳細はカタログに記載する。

表 2-20.選定した8解体事業者と所在地

都道府県	事業者名
山形	株式会社永田プロダクト
宮城	有限会社平地商会
埼玉	アール・ループ株式会社
千葉	東日本資源リサイクル株式会社
神奈川	株式会社大橋商店
岐阜	有限会社金森商店
鳥取	株式会社西川商会
岡山	株式会社桃太郎部品

出所：矢野経済研究所

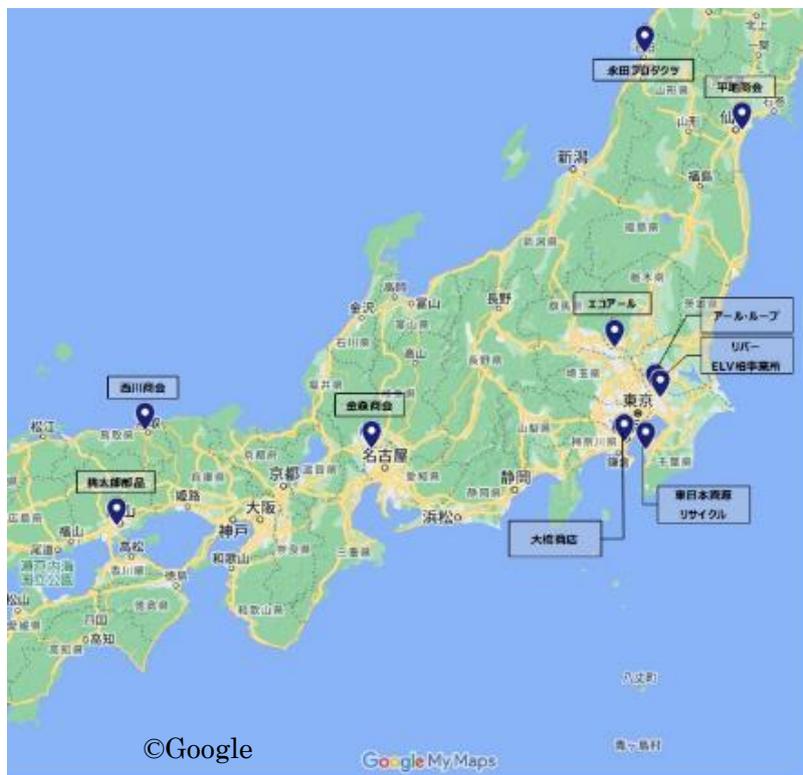


図 2-14.選定した8解体事業者およびエコアール、リバーの所在地

出所：矢野経済研究所

2.2.2. 回収基準策定

2.2.1 回収トライ、2.3.2(1)エアバッグ展開時の車室内ガス・異物分析、2.3.2(2)エアバッグ展開時の温度確認等から、以下に示す作業書を作成した。

公益財団法人自動車リサイクル高度化財団 自主事業
「エアバッグ布およびシートベルトリサイクルのための基盤づくり事業」

2024年度 エアバッグ・シートベルト回収作業
作業手順書

株式会社 矢野経済研究所
2024年12月

※ 公益財団法人自動車リサイクル高度化財団（J-FAR）とは自動車のリサイクルの高度化等に関する学術的・実証的調査・研究を行うとともに、資源の有効活用や環境保護等に関する研究及び事業への助成等を行う公益財団法人。本事業はJ-FAR様より、自動車リサイクルの高度化等に資する事業として業務委託を受けて実施しております。

本資料の趣旨と目的

趣旨	<ul style="list-style-type: none">➢ 使用済み自動車由来のエアバッグ布・シートベルトを回収し、それらを加工してリサイクル品を市販している活動は既にあります。➢ しかし、これらは個別の企業での回収であり、統一された回収基準などは存在しないため、複数の事業者で大量に回収する際には、各解体事業者によって回収品質が異なることが想定されます。➢ 全国のどの解体事業者に依頼しても同等品質のエアバッグ布・シートベルトが回収できるように、統一した回収基準を設定し本作業手順書を作成しました。➢ エアバッグ布回収時の作業者の安全性についても配慮し作業書に反映しております。
目的	<ul style="list-style-type: none">➢ エアバッグ布・シートベルトをリユース、リサイクル用途で回収した場合、本作業手順書を基に実施いただくことで、全国のどの解体事業者に依頼しても同等品質のエアバッグ布、シートベルトが回収可能となります。➢ また回収作業者の健康影響も考慮し、エアバッグ展開から、車室内での切り取り作業の時間、やけどの危険のない切断箇所の設定を行っています。➢ 本作業手順書をご利用いただき、エアバッグ布・シートベルトリサイクルの一助となれば幸いです。

1. 推奨使用工具

エアバッグ布：切取りは主に丸カッター

シートベルト：切取りは丸カッター又はカッターを推奨



丸カッター



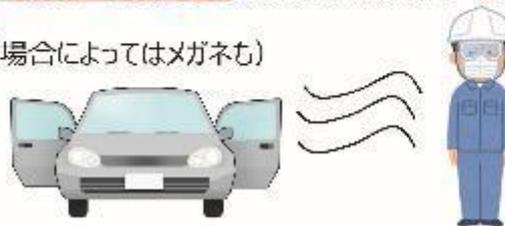
カッター

- ※丸カッター＝安全性が高く、作業性が良い
- ※カッター＝作業性が良い

3

2. 装備及び作業環境

- 2000年以前のエアバッグ（インフレーター）には、人体に影響のある「アジ化ナトリウム」が使用されていた可能性があり、**エアバッグ布・シートベルトを回収する場合は、2001年以降の車両**からとってください（2001年以降はアジ化ナトリウムの使用を撤廃）。
- AB切り取り時にはすべてのドアを開放し作業を行うことをお願いいたします。
- エアバッグ展開後のガス分析を実施したところ、CO（一酸化炭素）とNH₃（アンモニア）で日本産業衛生学会が提唱する平均許容濃度をエアバッグ布切り取り作業開始直後で超える可能性があることが分かりました。
- 屋内でのCO平均許容濃度を参考にし、安全面から車上作動処理後、**4ドア（運転席・助手席・後部座席ドア）を開放し、1分以上開けること**をお願いいたします。（実施イメージ詳細はP4参照）
手袋、マスクをつけて作業する。（場合によってはメガネも）



4

3. 作業時間例



4. 切断方法と切断箇所

- エアバッグ展開直後のインフレーターは150℃以上の高温となるため、**やけど防止のため、根本から10cm離れた位置で切断**してください。

		切断方法	
切断前		良い例	悪い例
A			
B			
S	シートベルト上流は根本から引き抜いて切り	異物の入り口は必ず切り	折り曲がっている部分には目視確認
B	異物の入り口所で切り		ここでキリトリ

5.エアバッグ布切断方法

丸カッター 運転席エアバッグ布

エアバッグ布を引っ張り、ピンと張った状態で根本から10cmの部分に丸カッターを入れ切断



図.丸カッターによる回収の様子

7

5.シートベルト切断方法例

丸カッター 助手席エアバッグ布

エアバッグ布を引っ張り、ピンと張った状態で根本から10cmの部分に丸カッターを入れ切断
助手席はエアバッグ布に厚みがあり、刃が入りにくいことがあるため、上部の布を切った後、下部を切る



図.丸カッターによる回収の様子

8

2.2.3. コスト試算

普通車でのエアバッグ布・シートベルトの回収コストを試算した。

なお、厚生労働省大臣官房統計情報部雇用・賃金福祉統計課「毎月勤労統計調査年報（全国調査:2023 年度）を参考に秒あたりの作業費を算出した。月間現金給与額・調査産業計 436,860 円/月÷月間実労働時間および出勤日数・調査産業計 163.5 時間=2,671.6 円/時間=0.74 円/秒である。

エアバッグ布の回収作業費例を表 2-21 に示す。エアバッグの展開作業については、エアバッグ布の回収を行う、行わないにかかわらず実施する作業のため、作業時間からは除外した。1 台当たりのエアバッグ布（運転席、助手席、サイド、カーテン）の回収にかかる総合計時間は 131 秒であった。作業コストは 97.2 円と計算される。2023 年度の回収結果から、運転席・助手席のエアバッグ布の回収重量は 0.5kg 程度と想定される。その結果、1kg 当たりの作業コストは 194.4 円/kg となる。

シートベルト回収作業費例を表 2-78 に示す。1 本当たりの回収作業時間は 14 秒、1 本の回収作業費は 10.4 円と計算でき、2023 年度の回収結果から、シートベルト 1 本の重量は 0.5kg 程度であり、1kg 当たりの作業コストは 69.3 円/kg となる。

表 2-21.エアバッグ布の回収作業費例

項目	数値
①エアバッグ布（運転席、助手席等）の回収にかかる作業時間	131 秒
② 1 台のエアバッグ布回収作業費 (0.74円/秒の場合) ①×0.74円/秒	97.2 円
③エアバッグ布のkg当たりの作業費 (運転席、助手席の合計が0.5kgの場合) ②÷0.5kg	194.4 円/kg

※①の作業時間は、工具の選定、ドアを開ける、切り取り作業、エアバッグ布の置き場への移動等を含む

出所：矢野経済研究所

表 2-22.シートベルト回収作業費例

項目	数値
①シートベルト 1 本の回収にかかる作業時間	14 秒
②シートベルト 1 本の回収作業費 (0.74円/秒の場合) ①×0.74円/秒	10.4 円
③シートベルト 1 本のkg当たりの作業費 (0.15kgの場合) ②÷0.15kg	69.3 円/kg

出所：矢野経済研究所

2.3. 安心・安全の提供

今後のプラスチックリサイクルの拡大を踏まえると、早い段階で「消費者が安心して使える安全なリサイクル素材・原料の提供」を可能とする基準づくりが必要である。プラスチックリサイクルにおける化学物質については、臭素系難燃剤である Deca-BDE に代表されるように近年国際条約によってその使用が禁止される物質が増えてきており、ELV からの廃プラスチックを原料としたリサイクル材料の問題点として今もその対応について国を含め議論している最中である。消費者の一部にはリサイクルプラスチックに含まれる化学物質に対して懸念する声もあり、本事業ではこうした声にも答えを出せるように化学物質の状況把握と管理に関する調査・検討を重要な取り組みとして設定している。

表 2-23. 主な化学分析実施内容 (1/2)

概要	回収品状態		目的	
	展開	洗浄		
回収品の安全性	2.3.1(1)未開後・未洗浄品	×	×	分析すべき化学物質の項目の抽出を行うため、1 検体において含有する化学物質分析を実施
	2.3.1(2)展開後・未洗浄品分析 (1 回目・2 回目回収品)	○	×	年代、部位、糸、車種、メーカー違いなどによる 12 検体での化学物質把握、規制物質検査
	2.3.1(3)展開後・洗浄品分析 (1 回目・2 回目回収品一部)	○	○	(2) で一部検体で Cu および pH の基準値を超えたため、洗浄後での規制物質検査を実施
	(4)未展開・未洗浄品/展開後・未洗浄品分析比較	×	×	(2) で一部検体で Cu および pH の基準値を超えたため、未展開品での規制物質検査を実施、展開品と比較を行った
		○	×	
	2.3.1(5)展開後・洗浄品分析 (3 回目回収品)	○	○	(2) および (3) の結果から、Cu および pH が外部由来と推測されたため、洗浄の前処理を実施すれば基準値内になるか確認を実施
	2.3.1(6)色付きのエアバッグ布分析	×	×	(5) の結果から、溶出する Cu の由来、シリコンコート品のみ溶出量が多い理由、洗浄効果の確認など
○		×		
○		○		
2.3.1(7)エアバッグ内のガス・白い粉・青い液体・異物分析			<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cu および pH がインフレーター由来であること及びガス・白い粉・青い液体・異物の化学物質の確認 	

出所：矢野経済研究所

表 2-24. 主な化学分析実施内容 (2/2)

概要		目的
作業者の安全性	(1)エアバッグ展開時の車室内ガス・異物分析	▶ 作業者が安全に作業可能か、車室内のガス濃度を測定し、作業書に反映させる
	2.3.2(2)エアバッグ展開時の温度確認	▶ 作業者が安全に作業可能か、布温度を確認し、作業書に反映させる

出所：矢野経済研究所

エアバッグ布回収時には、実際に回収する作業者の安全性を担保することも必要である。エアバッグ展開時にはガス等が発生するため、エアバッグ布やシートベルト回収作業者はそれらのガスを吸い込むことになる。これらの物質が人体に影響の少ない水準はどの程度か、化学分析を実施した。そのほか、エアバッグ布回収時は高温のインフレーター付近で作業することとなる。エアバッグ展開後はインフレーターが高温になるためであり、作業者の安全性を担保するためにどの位置で切断すべきかの確認も行った。2.3 安心・安全の提供での主な実施項目を表 2-23、表 2-24 に示す。

2.3.1. 回収品の安全性

(1) 未開後・未洗浄品分析

安心・安全の提供にあたり、重要になるのが、エアバッグ布やシートベルトに使用されている化学物質の情報である。ただし、リサイクル品の場合、その時代の規制対象ではないが、現在では規制対象となっている化合物が含まれる可能性や使用に伴う汚染、添加剤の経年劣化が懸念されるため、時代ごと、また、メーカー別での化学物質の情報を知っておく必要がある。

一方、エアバッグ布やシートベルト中に存在する添加剤等の情報は各メーカーのノウハウであるため、どのような素材が使用され、どのような化学物質が含有するのかという情報が一切ない。そこで、現状把握のためにも、まずはエアバッグ布・シートベルトそれぞれ1検体について、組成分析を行うこととした。

エコアールにおいて、ホンダのフリードのエアバッグ布・シートベルトを回収した。通常エコアールではエアバッグを車上で一括作動処理しているが、処理を行うとエアバッグ基布にインフレーター火薬やガス成分が付着してしまう。まずはエアバッグ基布そのものの分析を行うことを目的としたため、エアバッグシステムを車から取り外し回収した後、インフレーターを分離し、エアバッグ布の回収を行った。またシートベルトを多く回収する目的でも一括作動処理前が望ましい。一括作動処理後は、装着したシートベルトを瞬時に巻き取り、乗員の拘束性能を高める目的で、プリテンショナーが作動し、シートベルトが巻き取られてしまうためである。もしくは一括作動処理後に回収する場合は、可能な限りシートベルトを引き出して固定した状態で行うとよい。

運転席の未展開エアバッグからエアバッグ布を回収した。解体したエアバッグはエアバッグ布と金具がリベット（銀色の留め具）で固定されており、マイナスドライバーとハンマーでリベットをたたいて取り外した。エアバッグ布とインフレーターは金具で固定されており、エアバッグ布の内部に金属の部品がある。袋を広げ、エアバッグ布の穴から金属の部品を取り外した。作業時間は15分程度を要した。



図 2-15.エアバッグの分解の様子

出所：エコアール撮影

① エアバッグ

試料の写真を図 2-16 に示す。中央部に汚れが見受けられたため、比較的きれいな部分を採取し、分析に供した。



図 2-16.エアバッグ布の写真

出所：エコアール撮影

・分析手順

・無機元素・イオン

エアバッグ布の分析フローを図 2-17 に示す。まずは、試料中に存在する無機元素について調べるために、試料を硫酸・硝酸およびフッ化水素酸で加熱分解し、希硝酸で溶解したの

ちに ICP 発光分光分析 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)³ および原子吸光分析を行った。Si 元素定量に関しては、別途前処理を行った後に、ICP 発光分光分析を行った。また、特にハロゲンの存在の有無に着目し、XRF (X-ray Fluorescence) 分析⁴を実施した。なお、XRF 測定は、光沢面と非光沢面の両側から分析を実施した。さらに、試料中のイオンについて調べるために、試料に超純水を加えて、室温で 1 時間振とうし、得られた抽出液のイオンクロマトグラフィー (IC) 分析⁵を実施した。

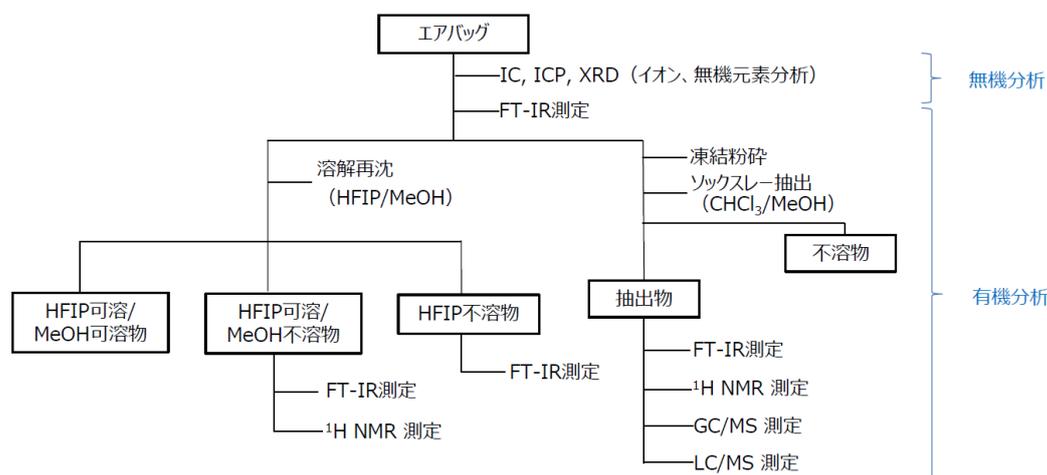


図 2-17.エアバッグ布の分析フロー図

出所：TRC

・主構成成分 (ポリマー)

エアバッグ布は一般的に PA を原料とする合成繊維とシリコン樹脂などのコート層から構成されている。それらの構造について調べるために、エアバッグ布の一部を採取した後に、HFIP (Hexafluoro-2-propanol) を添加した。PA や PA 中添加剤は HFIP に可溶である一方、シリコン樹脂は HFIP に不溶とされている。HFIP 不溶物を回収し、IR (Infrared Spectroscopy) 測定⁶を実施することで、コート層の構造確認を行った。一方、HFIP 可溶物中には PA および有機添加剤が存在すると予想される。HFIP 溶液にメタノールを添加し、

³ ICP 発光分光分析 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy) = 高周波誘導結合プラズマ (ICP) を光源とする発光分光分析法である。試料溶液を霧状にして Ar プラズマに導入し、励起された元素が基底状態に戻る際に放出される光を分光して、波長から元素の定性、強度から定量を行う。

⁴ XRF (X-ray Fluorescence) 分析 = 各種材料中の元素を非破壊で迅速に定性・定量分析できる手法。

⁵ イオンクロマトグラフィー (IC) 分析 = 水溶液中の無機イオン、低分子有機酸、低分子アミン類を高感度で定量できる手法。

⁶ IR (Infrared Spectroscopy : FT-IR) 測定 = 赤外光を物質 (分子) に照射すると赤外光のある波長域がその物質に吸収される。吸収される赤外光の波長と吸収される程度 (吸光度又は透過率) は物質によって異なることを利用して、官能基の定性分析や化学構造の情報を得ることが可能である。

不溶物として PA を回収した後に IR および ^1H NMR (Nuclear Magnetic Resonance) 測定⁷を行うことによって、PA の構造確認を行った。

・添加剤・低分子量化合物

添加剤等の低分子量化合物を抽出するために、エアバッグ布を凍結粉碎したのちに、クロロホルム/メタノール混液を用いたソックスレー抽出を行った。得られた抽出物について、IR、 ^1H NMR、GC/MS (Gas Chromatography / Mass Spectrometry)⁸、LC/MS (Liquid Chromatography / MS) 測定⁹を行い、添加剤等の低分子量化合物の定性分析を実施した。各工程において重量測定を行い、重量比率算出を行った結果を表 2-25 に示す。

表 2-25.エアバッグ布前処理における各重量比

項目	重量比
HFIP 不溶物*1	18.9 wt%
HFIP 可溶-メタノール不溶物*1	79.0 wt%
HFIP 可溶-メタノール可溶物*1	2.1 wt%
ソックスレー抽出物量*2	2.7 wt%

*1：溶解再沈で分離された各分画の重量合計を 100%として算出 *2：ソックスレー抽出物の重量比

出所：TRC

⁷ ^1H NMR (Nuclear Magnetic Resonance) 測定＝核磁気共鳴現象を利用して得られるスペクトルで、有機化合物中の ^1H 核や ^{13}C 核（場合によりその他の核）の情報を豊富に含んでいる。

⁸ GC/MS (Gas Chromatography / Mass Spectrometry) ＝移動相に気体を用いる手法。GC 法では成分ごとの分離は、主に分析対象成分の蒸気圧とその化合物のカラム固定相への親和性の差を用いて行われる。

⁹ LC/MS (Liquid Chromatography / MS) 測定＝移動相に液体を用いる手法である。検出器に質量分析計を接続する (LC/MS) ことにより、分離した各成分の質量情報を得ることができる。

・分析結果

・無機元素・イオン

ICP 発光分光分析および原子吸光分析の結果を表 2-26 に示す。Si 含有量は 52500 µg/g であった。この Si が全てシリコンコート層（ポリジメチルシロキサン骨格）と仮定した場合、シリコンコート層はエアバッグ布全体の 14%程度と概算された。

Si 以外では、K (300 µg/g)、Ti (100 µg/g)、Fe (400 µg/g)、Cu (60 µg/g) が比較的多く検出された。一般的に PA の耐熱材として、CuI や KI が使用される。後述の XRF 測定において I が検出されたため、K および Cu は耐熱材由来と推定された。Ti に関しては顔料である TiO₂ 由来の可能性がある。また、Fe に関しては、顔料であるベンガラ (Fe₂O₃) 由来の可能性がある。エアバッグ布の外観がピンク色であることもベンガラ由来と推定した一因である。

その他成分の由来については不明ではあるが、検出量が少量であることより、環境等からのコンタミネーションである可能性も考えられた。

XRF 測定の結果を表 2-27 に示す。光沢面側から Si が多く検出されていることより、光沢面がシリコンコート層であることが分かる。I (1000 µg/g) が検出されているが、これは、前述のように耐熱材に由来すると推定された。Mg、Al、Ca および Ti に関しては、エアバッグ布の光沢面側で比較的多く検出されたため、シリコンコート層に存在すると推定された。ただし、その由来については本分析では不明である。

表 2-26. エアバッグ布 ICP 測定結果

エアバッグ布（無機元素）		エアバッグ布（無機元素）	
成分	濃度 (µg/g)	成分	濃度 (µg/g)
Na	10	Fe	400
Mg	7	Co	-
Al	20	Cu	60
Si	52500	Zn	50
P	50	Sr	0.5
K	300	Zr	0.6
Ca	20	Sb	-
Ti	100	Ba	0.5
Mn	0.9		

出所：TRC

IC 測定の結果を表 2-28 に示す。数 ppm レベルでイオンの検出が確認されたものの、全て微量であった。インフレーター由来成分として検出される可能性のあるグアニジウムイオン、アンモニウムイオンに関しては検出下限値以下であった。また、同様にインフレーター由来成分として検出される可能性のある硝酸イオン (NO₃) は微量検出されたものの、グアニジウムイオンやアンモニウムイオンが検出されなかったことより、コンタミネーションの可能性が考えられた。

表 2-27. エアバッグ布 XRF 測定結果

	エアバッグ布 (光沢面)	エアバッグ布 (非光沢面)
成分	濃度 (µg/g)	
Mg	100	-
Al	100	10
Si	310000	30000
P	50	90
S	50	10
K	600	500
Ca	50	-
Ti	300	90
Fe	800	400
Cu	100	70
I	1000	1000

出所：TRC

表 2-28. エアバッグ布 IC 測定結果

エアバッグ布 (アニオン)		エアバッグ布 (カチオン)	
成分	濃度 (µg/g)	成分	濃度 (µg/g)
F ⁻	<0.5	NH ₄ ⁺	<0.5
酢酸	3	グアニジウムイオン	<1
ギ酸	5	メチルアミン	-
Cl ⁻	4	トメチルアミン	<1
NO ₂ ⁻	2	テトラメチルアンモニウム	<3
Br ⁻	<0.5		
NO ₃ ⁻	2		
SO ₄ ²⁻	3		
シュウ酸	0.8		
PO ₄ ³⁻	<1		

出所：TRC

・主構成成分 (ポリマー)

HFIP 不溶物の IR スペクトルおよび HFIP 可溶-メタノール不溶物の ¹H NMR スペクトルをそれぞれ図 2-18 および図 2-19 に示す。HFIP 不溶物の IR スペクトルでは、-CH₃や

Si-CH₃、Si-O-Si に由来する吸収が観測され、ジメチルシロキサン骨格を有するシリコーンであることが確認された。また、HFIP 可溶/不溶によって、シリコーン層をある程度の精度で分離することが可能であることも判明した。

HFIP 可溶-メタノール不溶物の ¹H NMR スペクトルでは、ピーク Na~Ne が検出されたことより、PA66 であることが確認された。

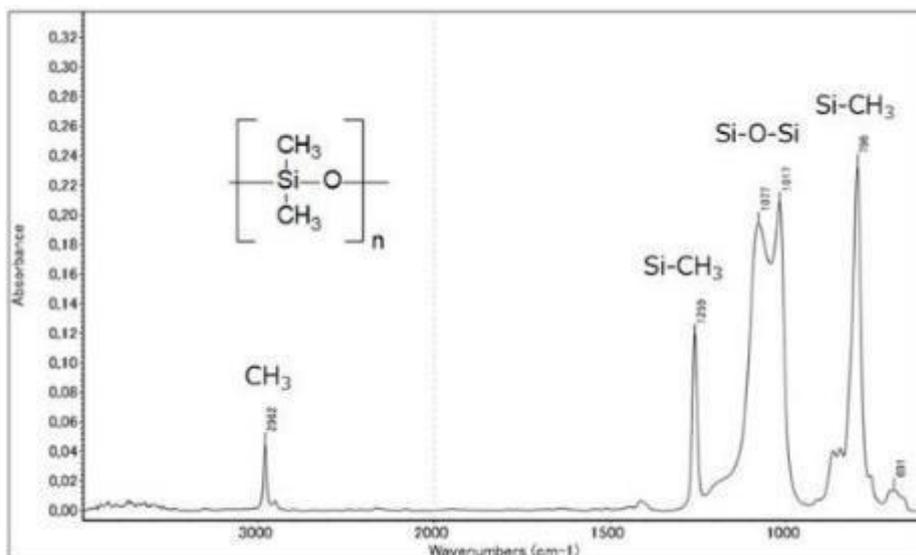


図 2-18.エアバッグ布 HFIP 不溶物の IR スペクトル

出所：TRC

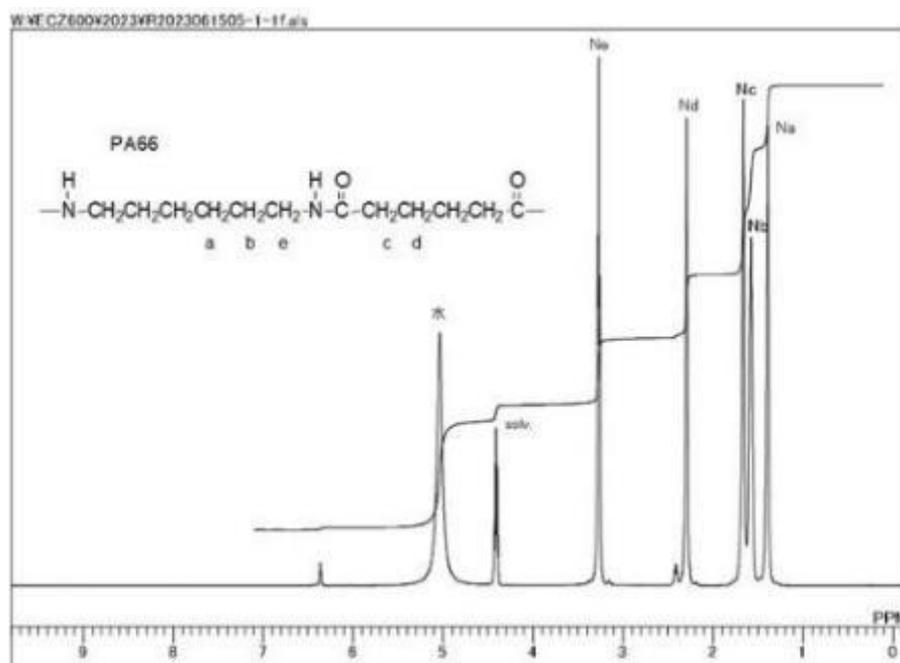


図 2-19.エアバッグ布 HFIP 可溶-メタノール不溶物の ¹H NMR スペクトル

出所：TRC

・添加剤・低分子量化合物

ソックスレー抽出物の¹H NMR スペクトルを図 2-20 に示す。ピーク Sa および Na~Ne が検出され、シリコーンおよび PA66 のオリゴマーが主に存在すると推定された。その他添加剤に由来するピークは観測されず、存在しても極微量（2.7%×0.01=0.027%以下）であると推定された。

次に、ソックスレー抽出物の GC/MS 測定を行った結果を図 2-21 に示す。シリコーンおよび PA66 のオリゴマー以外にも、可塑剤であるフタル酸系化合物が検出された。また、PA6 由来成分も検出されたことより、一部 PA6 も存在すると推定された。

最後に、ソックスレー抽出物の LC/MS 測定を行った結果を図 2-22 に示す。GC/MS で検出された成分以外にも、離型剤や抗菌剤由来と推定される成分が検出された。ただし、ピーク強度が弱く、これらの成分は少量であると予想された。

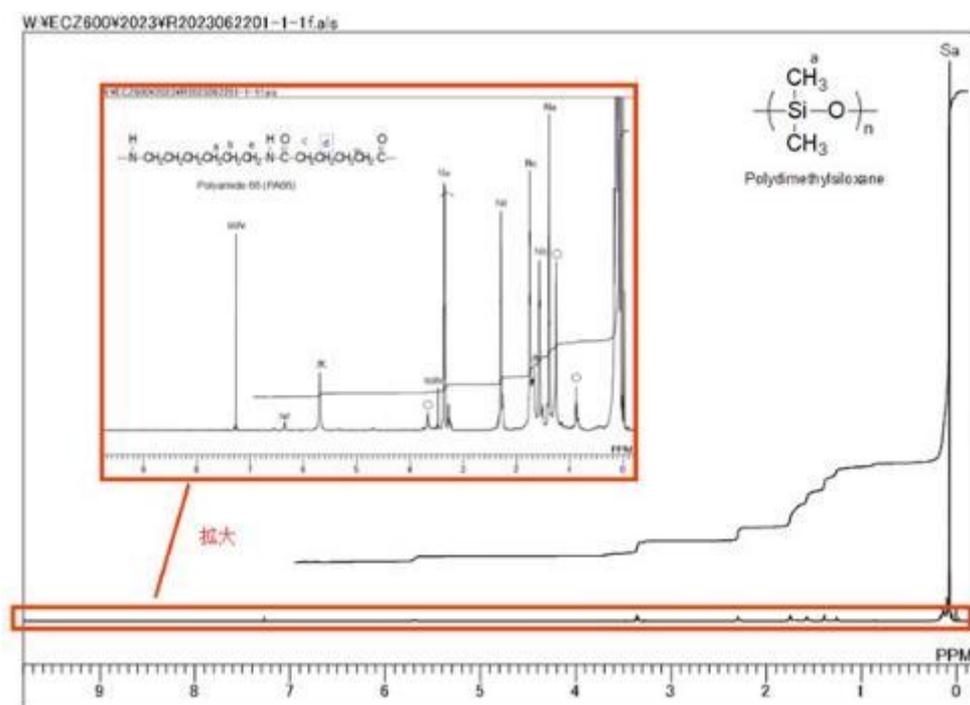


図 2-20.エアバッグ布 ソックスレー抽出物の¹H NMR スペクトル
出所：TRC

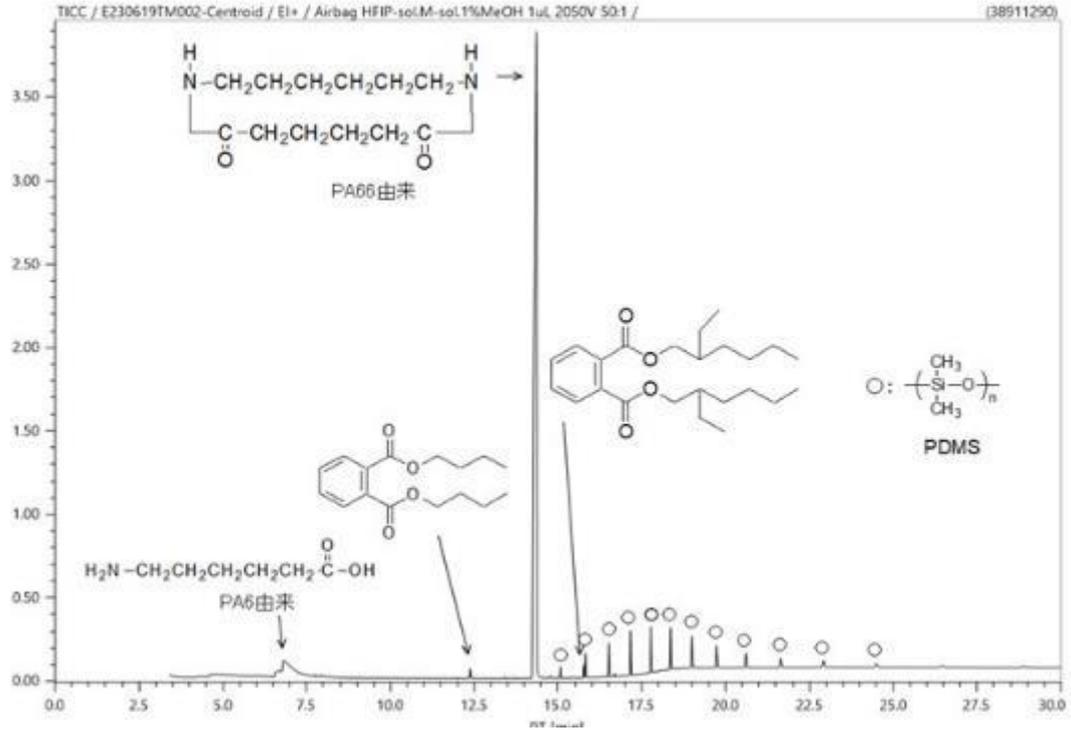


図 2-21.エアバッグ布 ソックスレー抽出物の GC/MS 測定結果
出所：TRC

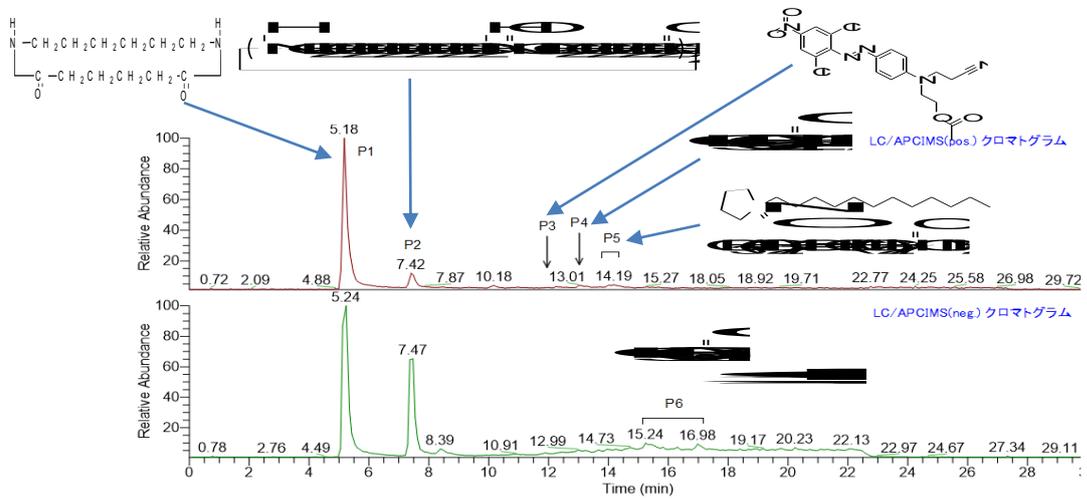
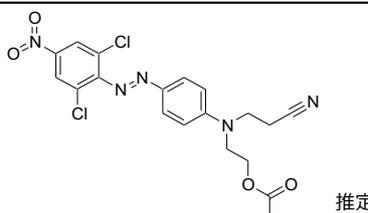
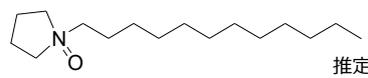
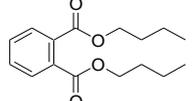
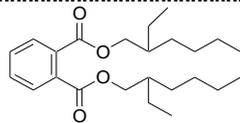


図 2-22.エアバッグ布 ソックスレー抽出物の LC/MS 測定結果
出所：TRC

・まとめ

組成分析を行った結果のまとめを表 2-29 に示す。主構成成分としては、PA66 と PDMS から構成されており、PA の耐熱材として CuI や KI、顔料として TiO₂ や Fe₂O₃ が存在すると推定された。その他にも、染料や抗菌剤、可塑剤、離型剤と推定される成分が検出されたが、それらの含有量のごく微量であると考えられた。

表 2-29. エアバッグ布分析結果まとめ

推定分類/用途	成分名/組成式	推定構造式	
樹脂	Polyamide 66	$\text{—}\overset{\text{H}}{\text{N}}\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}\overset{\text{H}}{\text{N}}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}$	
	(PA66)	オリゴマーも検出 $\text{—}\overset{\text{H}}{\text{N}}\text{—CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}$ 微量	
シリコンコーティング	Polydimethylsiloxane (PDMS)	$\left(\text{—}\overset{\text{CH}_3}{\text{Si}}\text{—O—}\right)_n$	
染料	Disperse Orange 30	 推定	
抗菌剤 (推定)	C ₁₆ H ₃₃ NO	 推定	
可塑剤	Dibutyl phthalate		
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate		
離型剤 (推定)	Tetradecanamide	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—NH}_2$	
	Oleamide	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH=CH}(\text{CH}_2)_7\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—NH}_2$	
	Tetradecanoic acid		
	Oleic acid		
成分	濃度 (μg/g)	成分	濃度 (μg/g)
Si	52500 (5.3%)	K	300
I	1000	Ti	100
Fe	400	Cu	60

出所：TRC

② シートベルト

試料の写真を図 2-23 に示す。汚れ具合に場所斑はなかったため、適宜必要量を採取の上、各分析に供した。



図 2-23.シートベルト写真

・分析手順

・無機元素・イオン

シートベルトの分析フローを図 2-24 に示す。まずは、試料中に存在する無機元素について調べるために、試料を硫酸・硝酸およびフッ化水素酸で加熱分解し、希硝酸で溶解したのちに ICP 発光分光分析および原子吸光分析を行った。Si 元素定量に関しては、別途前処理を行った後に、ICP 発光分光分析を行った。また、特にハロゲンの存在の有無に着目し、XRF 分析を実施した。なお、XRF 測定は、エアバッグ布とは異なり、片面のみ分析を行った。さらに、試料中のイオンについて調べるために、試料に超純水を加えて、室温で 1 時間振とうし、得られた抽出液の IC 分析を実施した。

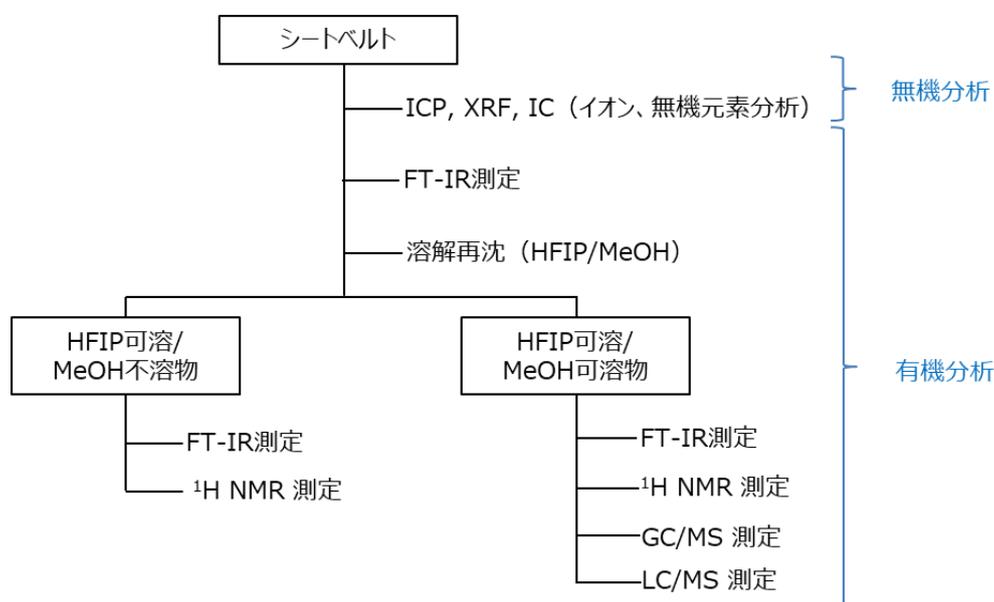


図 2-24.シートベルトの分析フロー図

出所：TRC

・主要成分（ポリマー）

シートベルトは一般的にポリエステルから構成されている。その構造について調べるために、シートベルトの一部を採取した後に、HFIP を添加した。次に、メタノールを添加し、不溶物としてポリエステルを回収した。不溶物について IR および ^1H NMR 測定を行うことによって、ポリエステルの構造確認を行った。

・添加材・低分子量化合物

主要成分（ポリマー）分析時の HFIP 可溶-メタノール可溶物中にはオリゴマーおよび比較的分子量の低い添加剤が含まれると考えられる。IR、 ^1H NMR、GC/MS、LC/MS 測定を行い、添加剤等の低分子量化合物の定性分析を実施した。

各工程において重量測定を行い、比率算出を行った結果を表 2-30 に示す。

表 2-30. シートベルト 前処理における各重量比

項目	重量比
HFIP 可溶-メタノール不溶物	99.3%
HFIP 可溶-メタノール可溶物	0.7%

出所：TRC

・分析結果

・無機元素・イオン

ICP 発光分光分析および原子吸光分析の結果を表 2-31 に示す。Ti (200 μ g/g)、Sb (200 μ g/g) が比較的多く検出された。Ti に関しては、エアバッグ布同様に TiO₂ に由来する可能性が考えられる。Sb に関しては、ポリマー（後述のように PET）の触媒由来と推定された。

その他成分の由来については不明ではあるが、検出量が少量であることより、環境等からのコンタミネーションである可能性も考えられた。

表 2-31. シートベルト ICP 測定結果

シートベルト（無機元素）		シートベルト（無機元素）	
成分	濃度 (μ g/g)	成分	濃度 (μ g/g)
Na	30	Fe	20
Mg	1	Co	8
Al	6	Cu	-
Si	40	Zn	2
P	20	Sr	0.2
K	3	Zr	-
Ca	3	Sb	200
Ti	200	Ba	-
Mn	2		

出所：TRC

XRF 測定の結果を表 2-32 に示す。XRF で算出された各元素の検出量が ICP 分析の結果よりも多い傾向にある。XRF 測定では、試料の比較的表面部分が測定対象であることより、XRF で検出量が多くなっている元素（例えば Na、Al、Si、K、Ca、Br）などは、表面汚染物もしくは、染料中に存在する成分である可能性が考えられた。Br に関しては、後述の LC/MS 測定の結果より、染料由来と推定された。

IC 測定の結果を表 2-33 に示す。硫酸イオン、シュウ酸イオン以外のイオンの検出量は数 ppm レベルで微量であった。硫酸イオン、シュウ酸イオンの由来は不明である。

表 2-32. シートベルト XRF 測定結果

シートベルト (元素)		シートベルト (元素)	
成分	濃度 (µg/g)	成分	濃度 (µg/g)
Na	500	Fe	30
Al	100	Co	20
Si	300	Br	50
P	30	Sb	40
S	90		
Cl	200		
K	20		
Ca	20		
Ti	300		

出所 : TRC

表 2-33. シートベルト IC 測定結果

シートベルト (アニオン)		シートベルト (カチオン)	
成分	濃度 (µg/g)	成分	濃度 (µg/g)
F ⁻	<0.5	NH ₄ ⁺	5
酢酸	<2	グアニジウムイオン	<1
ギ酸	<0.5	メチルアミン	<3
Cl ⁻	0.7	トメチルアミン	<1
NO ₂ ⁻	<0.5	テトラメチルアンモニウム	<3
Br ⁻	<0.5		
NO ₃ ⁻	7		
SO ₄ ²⁻	30		
シュウ酸	20		
PO ₄ ³⁻	<1		

出所 : TRC

・主構成成分 (ポリマー)

HFIP 可溶・メタノール不溶物の ¹H NMR スペクトルを図 2-25 に示す。¹H NMR スペクトルでは、ピーク Ta、Ea が検出されたことより、PET が主成分であることが確認された。また、ピーク Da、b も微小に検出されたことより、ジエチレングリコール骨格も存在すると推定された。

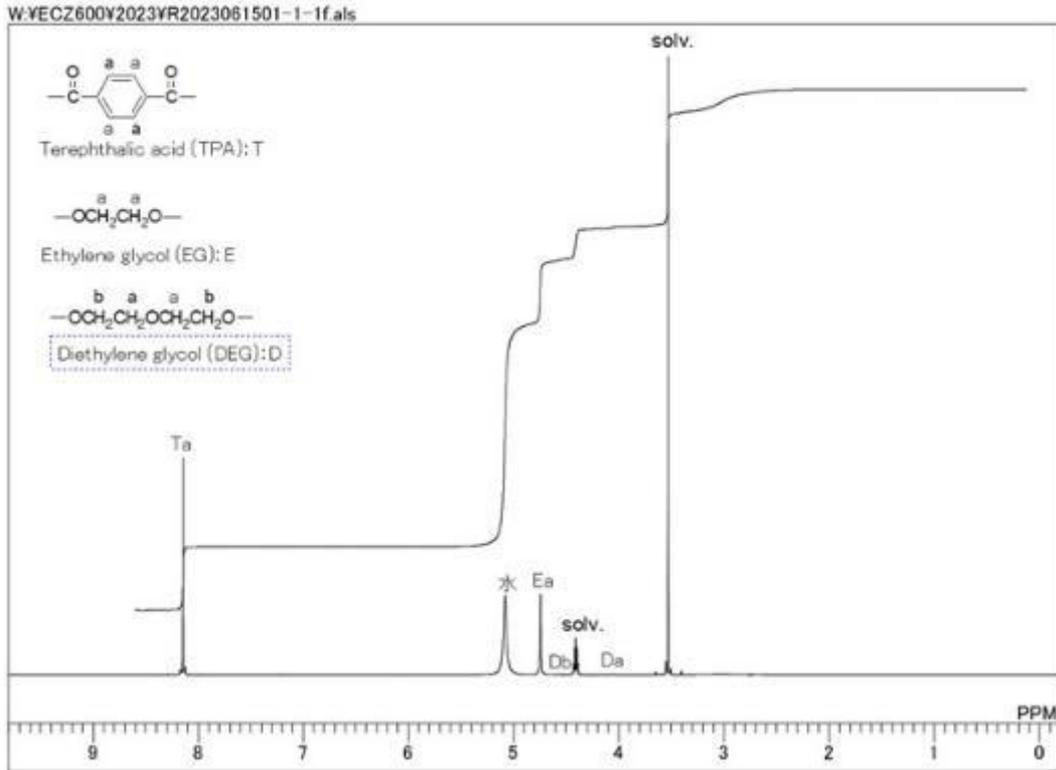


図 2-25. シートベルト HFIP 可溶-メタノール不溶物の ^1H NMR スペクトル
出所：TRC

・添加剤・低分子量化合物

HFIP 可溶-メタノール可溶物の ^1H NMR スペクトルを図 2-26 に示す。ピーク Ta、Ea が観測されたことより、PET オリゴマーが存在することが推定された。それ以外にも、メチル基やメチレン基、エステル結合や窒素原子隣接のメチレン基等、酸素原子隣接のメチレン基等、エステル結合の酸素原子隣接のメチレン基等、芳香環由来と推定されるピークが多数検出されたため、HFIP 可溶-メタノール可溶物中には、様々な成分が存在すると考えられた。

次に、HFIP 可溶-メタノール可溶物の GC/MS 測定を行った結果を図 2-27 に示す。PET オリゴマー以外にも、フタル酸エステル系可塑剤、染料と推定されるピークが比較的高強度に検出された。

最後に、ソックスレー抽出物の LC/MS 測定を行った結果を図 2-28 に示す。数多くのピークが観測されているのが分かる。それぞれのピークのマスマスペクトルについて解析を行い、推定された構造を図 2-29 に示す。GC/MS 測定での検出成分以外のフタル酸エステル系可塑剤や多数の染料、界面活性剤などが検出された。

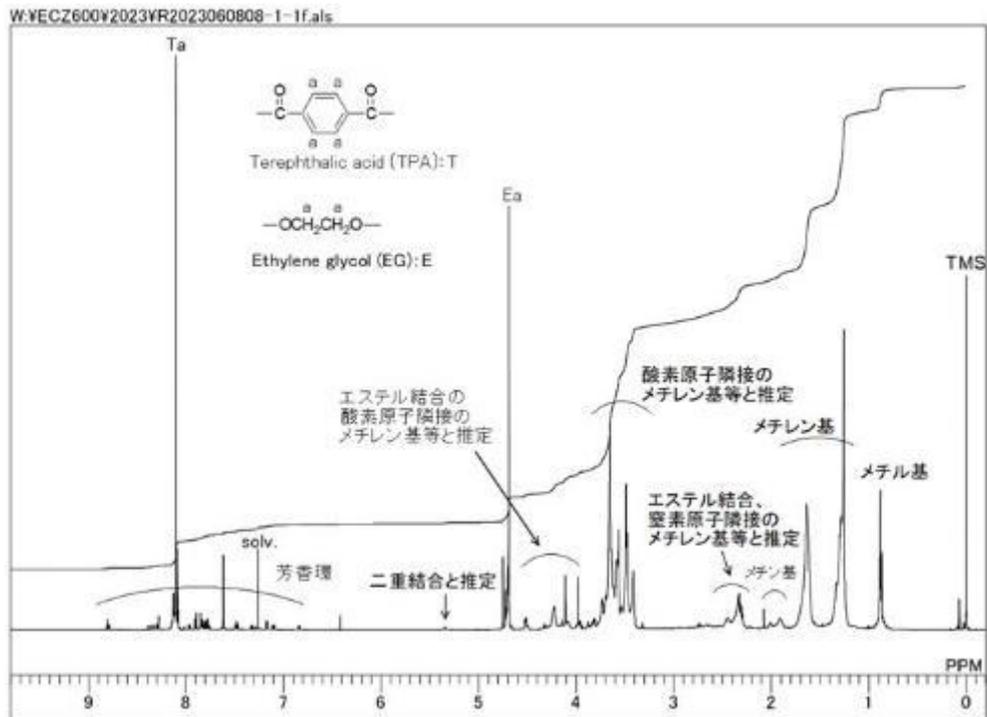


図 2-26. シートベルト HFIP 可溶-メタノール可溶物の ^1H NMR スペクトル
出所：TRC

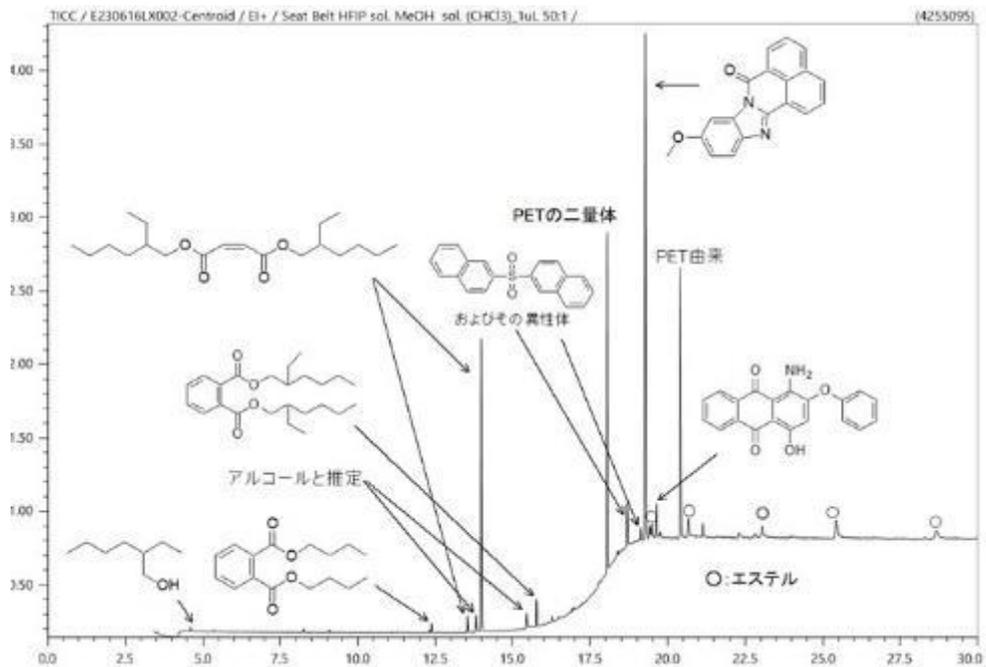


図 2-27. シートベルト HFIP 可溶-メタノール可溶物の GC/MS 測定結果
出所：TRC

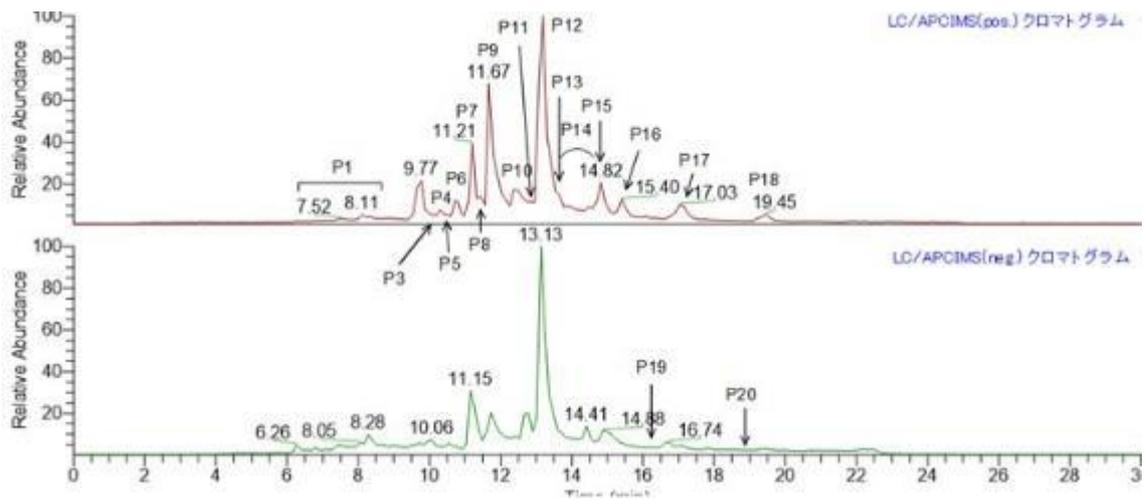


図 2-28. シートベルト HFIP 可溶-メタノール可溶物の LC/MS 測定結果
出所：TRC

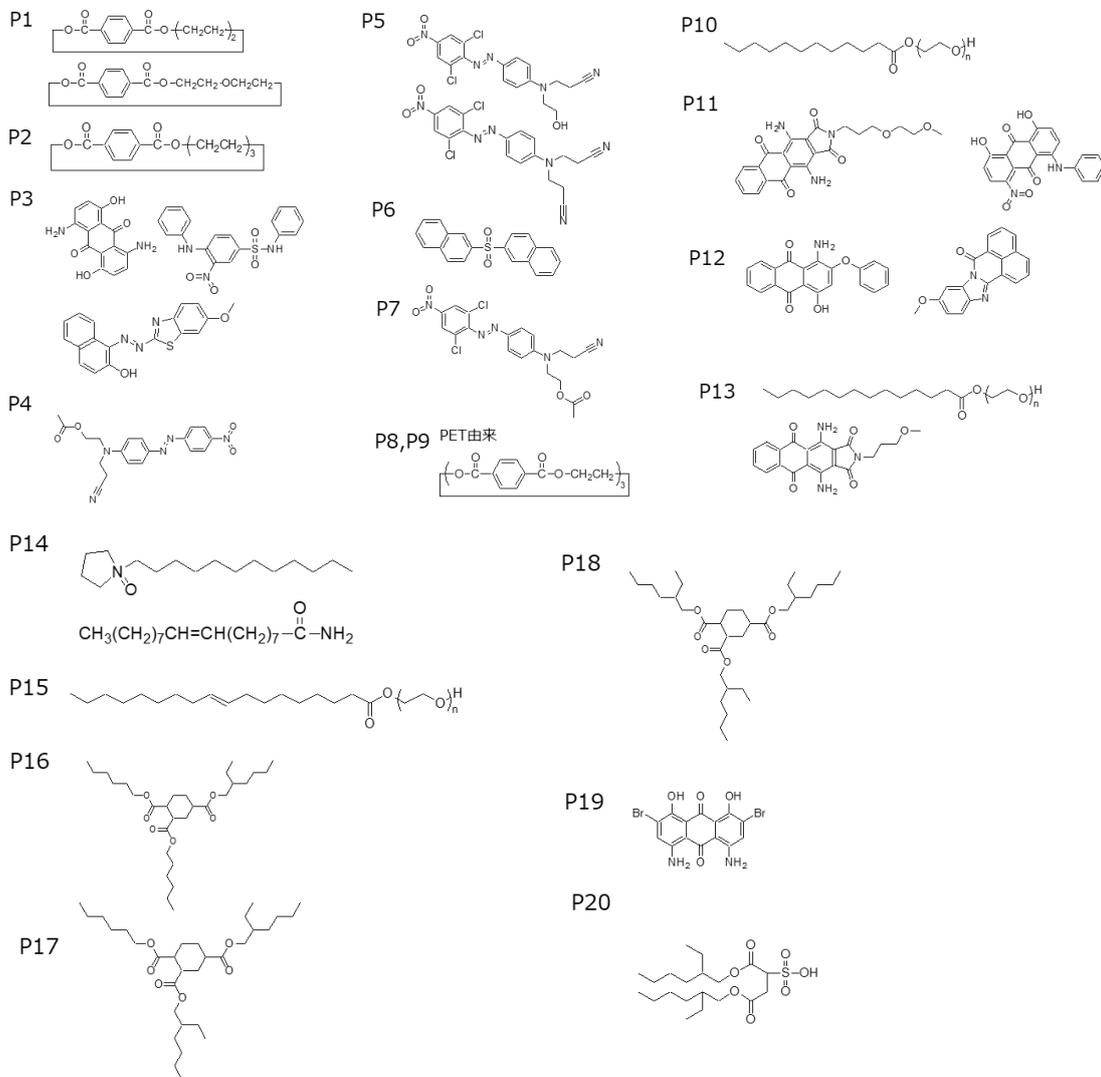
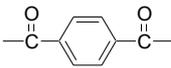
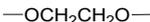
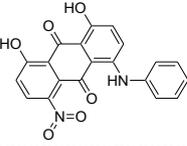
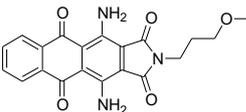
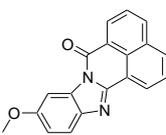
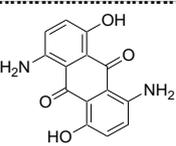
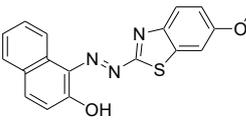
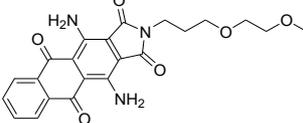
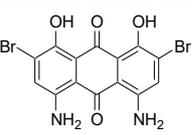


図 2-29. シートベルト HFIP 可溶-メタノール可溶物の LC/MS 測定 構造解析結果
出所：TRC

・まとめ

組成分析を行った結果のまとめを表 2-34、表 2-35、表 2-36 に示す。主構成成分は PET であり、その他成分としては、可塑剤や染料、界面活性剤が多数検出された。その他にも抗菌剤や滑剤が検出されたが微量であると推定された。

表 2-34. シートベルト 分析結果まとめ (1/3)

推定分類/用途	成分名/組成式	推定構造式
樹脂	Poly(ethylene terephthalate) (PET)	
		
		 微量
染料 (青)	Disperse Blue 77	
	Disperse Blue 60	
	C19H12N2O2	
	C14H10N2O4	
	C18H13N3O2S	
	C22H21N3O6	
	C14H8Br2N2O4	

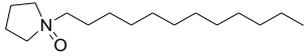
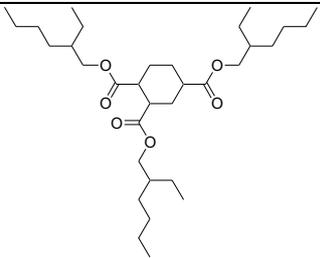
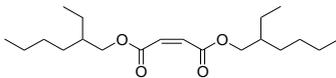
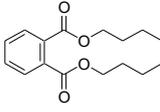
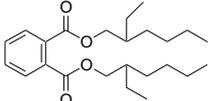
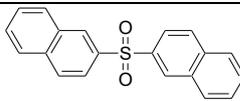
出所：TRC

表 2-35. シートベルト 分析結果まとめ (2/3)

推定分類/用途	成分名/組成式	推定構造式
染料 (青)	Disperse Yellow 42	
	Disperse Yellow 163	
	C19H19N5O4	
	C17H15Cl2N5O3	
染料 (赤)	Disperse Red 60	
染料 (オレンジ)	Disperse Orange 30	
界面活性剤	Docusate	
	Glycol laurate	
	Glycol myristate	
	Glycol oleate	

出所 : TRC

表 2-36. シートベルト 分析結果まとめ (3/3)

推定分類/用途	成分名/組成式	推定構造式
抗菌剤	C16H33NO	
可塑剤	C33H60O6	
	Bis(2-ethylhexyl) fumarate	
	Dibutyl phthalate	
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	
滑剤	Oleamide	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2$
不明	Binaphthyl sulfone	

成分	濃度 (μg/g)	成分	濃度 (μg/g)
SO ₄ ²⁻	30	Ti	200
シュウ酸	20	Sb	200

出所 : TRC

分析結果より、エアバッグ布に関しては、可塑剤、染料、溶出する可能性のある金属成分が安心・安全に影響を与える可能性がある物質として挙げられる。なお、インフレーター作動後にリサイクルされる可能性を考慮すると、イオン性成分も着目すべきと考えられる。一方、シートベルトに関しては、可塑剤、染料、界面活性剤が安心・安全に影響を与える可能性がある。特に染料に関しては、様々な化合物が使用される可能性が示唆されたため、きちんと規制対象物質の存在の有無確認をすべきと考える。

本結果を基に、繊維の分析技術を有するカケンテストセンターと協議を行った結果、次項における展開後・未洗浄品分析に関しては、TRC ではエアバッグ布については GC/MS、LC/MS、ICP-AES、IC 分析を、シートベルトに関しては GC/MS、LC/MS、ICP-AES 分析を実施すべきと判断した。また、カケンテストセンターでは、合成繊維とコーティング剤について試験項目を絞り、規制物質が基準値内に収まっているかどうかを確認すべきと判断した。分析項目および用途・リスクについては、表 2-37 にまとめた。

表 2-37.今後の分析項目

	分析対象	用途、リスク	実施有無 エアバッグ布	実施有無 シートベルト
TRC	低分子量成分全般 (GC/MS)	予期せぬ有機規制物質の有無確認	○	○
	低～中分子量成分全般 (LC/MS)	予期せぬ有機規制物質の有無確認	○	○
	水では抽出されない無機元素全般 (ICP)	予期せぬ無機規制物質の有無確認	○	○
	Si量 (ICP)	シリコンコート層の有無および存在量確認	○	—
	水で抽出されるイオン (IC)	インシュレーター由来成分の有無確認	○	—
カケン テストセン ター	酸性とアルカリ性物質 (pH)	皮膚障害	○	○
	AP&APEO	界面活性剤水生毒性、生殖毒性	○	○
	アゾ-アミン類とアリアルミン塩	染料発がん性	○	○
	ビスフェノール類	プラスチック製造の製造や難燃剤、内分泌かく乱物質、生殖毒性	○	○
	クロロフェノール類	農薬、保存剤、水生毒性、内分泌かく乱物質、発がん性	○	○
	塩素化ベンゼン類およびトルエン類	染色キャリアー剤水生毒性、発がん性	○	○
	染料 (禁止染料と分散染料)	染料発がん性、生殖毒性、水生毒性	○	○
	染料 (ネイビーブルー)	染料発がん性、生殖毒性、水生毒性	○	○
	難燃剤	難燃剤難分解性、生体蓄積性、発がん性、生殖毒性	○	○
	ホルムアルデヒド	接着剤や顔料バインダー等の樹脂加工刺激性、発がん性	○	○
	重金属、溶出	顔料、染料、プラスチックの安定剤急性毒性、発がん性、水生毒性	○	○
	重金属、総含有量	顔料、染料、プラスチックの安定剤急性毒性、発がん性、水生毒性	○	—
	有機スズ化合物	防腐剤、プラスチックの安定剤難分解性、生体蓄積性、水生毒性、生殖毒性	○	○
	オルトフェニルフェノール (OPP)	染色キャリアー剤、防腐剤、皮膚刺激性、発がん性、水生毒性	○	○
	過フッ素化合物とポリフッ素化合物 (PFCS)	撥水剤、撥油剤、防汚剤、潤滑油難分解性、生体蓄積性、発がん性	○	○
	過フッ素化合物とポリフッ素化合物(PFAS)全有機フッ素	撥水剤、撥油剤、防汚剤、潤滑油難分解性、生体蓄積性、発がん性	○	○
	フタル酸エステル類	プラスチックの可塑剤生殖毒性	○	○
	多環式芳香族炭化水素 (PAHs)	ゴムやプラスチックの増量剤、黒色染料/顔料水生毒性、発がん性、生殖毒性、刺激性	○	—
	キリン	染料の分散剤発がん性、水生毒性	○	○
	溶剤/残留物, DMFa	樹脂加工の溶剤生殖毒性、刺激性、内情機能障害	○	—
	溶剤/残留物, DMAC and NMP	樹脂加工の溶剤生殖毒性、刺激性、内情機能障害	○	—
	溶剤/残留物, ホルムアミド	樹脂加工の溶剤生殖毒性、刺激性、内情機能障害	○	—
	紫外線 (UV)吸収剤/安定剤	プラスチックの紫外線吸収剤水生毒性、発がん性	○	○
	揮発性有機化合物 (VOCs)	接着剤、コーティング、プリント、樹脂加工刺激性、発がん性、生殖毒性	○	—

出所：TRC

(2) 展開後・未洗浄品分析 (1回目・2回目回収品)

2.2.1(1)の1回目回収および2.2.1(3)の2回目回収において回収したエアバッグ布・シートベルトから、目的に合わせていくつか選定し、TRCにおいて含有する化学物質の把握を、カケンテストセンターにおいて規制物質の混入がないか分析した。表2-38、表2-39に分析品とその目的を示す。

表2-38. エアバッグ布の分析品とその目的

メーカー	車格	車種	2000~2009年		2010年以降	
			運転席 エアバッグ布	助手席 エアバッグ布	運転席 エアバッグ布	助手席 エアバッグ布
トヨタ・ ダイハツ	軽自動車	タント ムーヴ		○	←年代違い→	○
	普通車	パッソ プリウス				
ホンダ	軽自動車	アクティバン ライフ	○	○	←色違い→	○
	普通車	フィット ステップワゴン		○		
日産・三 菱	軽自動車	モコ eKワゴン		○		軽自動車 車種違い
	普通車	ノート キューブ				

出所：矢野経済研究所

表2-39. シートベルトの分析品とその目的

メーカー	車格	車種	2000~2009年	2010年以降
			シートベルト	シートベルト
トヨタ・ ダイハツ	軽自動車	タント ムーヴ	○	} 色および メーカー 違い
	普通車	パッソ プリウス		
ホンダ	軽自動車	アクティバン ライフ	○	
	普通車	フィット ステップワゴン	○	
日産・三 菱	軽自動車	モコ eKワゴン	○	
	普通車	ノート キューブ		

出所：矢野経済研究所

① 化学物質の把握

含有する化学物質の把握を行うため、有機物分析、イオン分析および無機元素分析を行った。表 2-40 に化学物質の分析方法を示す。GC/MS、LC/MS 測定では、試料を HFIP に溶解させたのちに、メタノールを添加し、ポリマーを不溶化、その後得られた上澄み液について分析を行った。一旦、HFIP に溶解させることによって、試料内部に存在する添加剤も抽出可能であり、ノンターゲットの分析を可能とする。なお、2023 年前期は、ポリマー組成も調べるために、不溶化成分も分析したが、今回は規制物質が対象ということで、低・中分子成分のみをターゲットとし、可溶物の分析を実施した。IC 測定では、超純水抽出物の分析を実施した。ICP-AES 測定では、やはり、試料内部の無機元素も対象とするために、試料（有機物）の分解・溶液化を行う必要がある。Si 以外の無機元素を対象とした場合と Si を対象とした場合で分解方法を変えて前処理を行った。なお、ICP-AES の定性分析の対象元素では図 2-30 のとおりである。

表 2-40.化学物質の分析方法

目的	手法	概要
有機物分析	GC/MS、LC/MS	試料をHFIPで溶解した後に、メタノールを添加し、ポリマーを不溶化。得られた上澄み液について分析を実施。
水抽出物分析	IC	超純水を用い、1時間振とうさせることによってイオン成分を抽出。メンブレンフィルターおよび固相抽出で夾雑物を除去したのちに分析を実施。
金属分析	ICP-AES	Si以外：試料を硫酸、硝酸、フッ化水素酸等を用いて溶解したのちに分析を実施。 Si：試料を硫酸で加圧分解/灰化。灰分を水酸化ナトリウムで融解/希硝酸で溶解したのちに分析を実施。

※GC/MS (Gas Chromatography / Mass Spectrometry)

※LC/MS (Liquid Chromatography / MS)

※HFIP (Hexafluoroisopropyl Alcohol)

※IC (Ion Chromatography)

※ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy)

出所：TRC

The periodic table shows the following elements highlighted:

- Blue (E):** Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, Cs, Ba, L, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, A, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr.
- Red (Si):** Si.

E : 定性分析の対象元素。分析値は倍半分程度の誤差を含む(有効数字1桁)

Si : 別途、定量分析を実施。分析値の有効数字2桁

図 2-30. ICP-AES の定性分析の判定対象元素

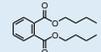
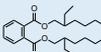
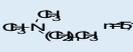
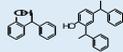
出所：TRC

・エアバッグ布

エアバッグ布の GC/MS 分析結果まとめを表 2-41 に示す。ポリマーは PA66 単独もしくは、PA66 と PA6 の混合物であることが分かる。計 8 試料を分析に供したが、そのうち唯一ピンク色であった試料に関しては、ポリジメチルシロキサンが検出された。このことより、ピンク色のエアバッグ布はシリコンコートされていると推定され、「色がついているエアバッグ布はシリコンコートされている」との事前の情報に間違いがないことが判明した。その他、ポリマー由来以外では、可塑剤、界面活性剤、溶剤、消泡剤などが検出された。このうち、溶媒および消泡剤はシートベルトでも検出されたため、エアバッグ等回収時の汚染であることが予想される。界面活性剤について、PA6 オリゴマーが検出された試料でのみ存在が確認されているため、PA6 中に存在する成分であると予想される。

検出された成分のうち、可塑剤に関しては、規制対象物質ではあるものの、別途カケンテストセンターにて実施した分析では、検出されていない。このことより、存在するがごく微量である、つまり、規制に対して問題のない含有量であると考えられる。

表 2-41.エアバッグ布の GC/MS 分析結果まとめ

分類	成分名	構造	軽自動車					普通車		備考	
			運転席		助手席			2009前			
			2009前 白	2010後 ピンク	2009前 白	2009前 白	2009前 白	2010後 白	2010後 白		
樹脂	ナイロン66 環状オリゴマー など		○	○	○	○	○	○	○	○	
	ナイロン6 モノマー		○	-	○	○	○	○	○	○	
Siコート	Polydimethylsiloxane (PDMS)		-	○	-	-	-	-	-	-	ピンクのみ検出
可塑剤	Dibutyl phthalate		○	○	○	○	○	○	○	○	SBでも検出
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate		○	○	○	○	○	○	○	○	SBでも検出
界面活性 剤	N,N-dimethyl-n- alkylamine		○	-	-	○	○	○	○	○	
不明	styrlated phenol		-	-	-	○	○	○	○	○	
溶剤	Butylcarbitol acetate		○	△	○	○	○	○	○	○	SBでも検出
消泡剤	Surfynol		○	△	○	○	○	○	○	○	SBでも検出

出所：TRC

エアバッグ布の LC/MS 測定にて、GC/MS で検出された成分以外についてまとめた結果を表 2-42 に示す。界面活性剤、離型剤、防腐剤、脂肪族カルボン酸などが検出されたが、いずれもごく微量成分と推定される。

エアバッグのインフレーターとして一般的に硝酸グアニジウムが使用される。硝酸イオンやグアニジウムイオンが検出されるかどうか、また、その他のアニオン・カチオン性イオンについて調べるために、IC 測定を行った。エアバッグ布の IC 分析結果を表 2-43 に示す。分析の結果、インフレーター由来のイオンは検出されなかった。塩素イオンや臭素イオンが比較的多く検出される試料が存在したが、インフレーターに由来する可能性がある。

表 2-42. エアバッグ布の LC/MS 分析結果 (GC/MS 検出成分以外) まとめ

分類	成分名	構造	軽自動車							普通車
			運転席		助手席					
			2009前	2010後	2009前			2010後		2009前
			白	ピンク	白	白	白	白	白	白
界面活性剤	Alkyl alcohol EO付加物		○	○	-	○	○	○	○	○
離型剤	脂肪族アミド など		○	-	-	○	○	○	-	-
防腐剤	Benzotriazole		-	-	-	○	△	○	-	-
その他	脂肪族カルボン酸 (水酸基含有)		-	-	○	-	○	○	-	-

出所：TRC

表 2-43. エアバッグ布の IC 分析結果

単位：μg/g

分類	成分名	軽自動車							普通車
		運転席		助手席					
		2009前	2010後	2009前			2010後		2009前
		白	ピンク	白	白	白	白	白	白
アニオン	F ⁻	7	9	2	2	4	3	3	2
	酢酸	7	6	10	3	7	5	9	6
	ギ酸	5	3	4	2	8	5	9	4
	Cl ⁻	60	20	10	200	90	40	50	40
	NO ₂ ⁻	60	7	50	1	40	30	10	5
	Br ⁻	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	100	2	<0.5
	NO ₃ ⁻	10	1	1	4	6	2	8	10
	SO ₄ ²⁻	20	3	10	10	20	20	20	20
	シュウ酸	1	<0.5	<0.5	0.8	1	0.8	2	1
	PO ₄ ³⁻	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
カチオン	NH ₄ ⁺	2	1	3	<0.5	0.6	3	1	<0.5
	グアニジウムイオン	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
	各種アミン	下限以下	下限以下	下限以下	下限以下	下限以下	下限以下	下限以下	下限以下

出所：TRC

エアバッグ布の ICP-AES 測定を行った結果を表 2-44 に示す。まず、全ての試料で Cu が検出されているが、これは、PA66 の耐熱材およびインフレーター（硝酸 Cu など）由来と推定される。次に、ピンク色のエアバッグ布に関しては、その他試料よりも Si、Ti、Fe の含有量が多い。Si はシリコンコート層、Ti、Fe はそれぞれシリコンコート層に存在する酸化チタンおよびベンガラ（顔料・酸化鉄）由来と推定される。Na や K に関しては、環境からも混入するため、もともと優位に存在するのかコンタミネーションとして存在するのかは不明である。一方で、Sr（ストロンチウム）が優位に多く検出された試料が存在した。硝酸グアニジン系インフレーターにおいては、酸化剤として硝酸 Sr が使用される場合があるため、これはインフレーター由来の可能性はある。Sr は一般的に毒性が低いとされているが、水と反応し、水酸化 Sr になった場合、強アルカリを呈する恐れがあるため、存在の有無については注意が必要である。

表 2-44. エアバッグ布の ICP-AES 定性分析結果

単位：μg/g

元素	軽自動車						普通車	
	運転席		助手席					
	2009前	2010後	2009前			2010後		2009前
	白	ピンク	白	白	白	白	白	白
Na	50	50	10	8	100	10	50	30
Mg	9	5	4	6	8	3	1	3
Al	200	300	10	20	400	40	100	10
Si	610	50000	190	200	550	240	390	260
P	<4	70	40	<4	<4	<4	<4	<4
K	300	600	300	600	700	300	100	100
Ca	10	3	7	30	5	3	3	10
Ti	<1	100	<1	10	<1	<1	<1	1
Cr	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mn	0.4	0.2	<0.2	0.5	0.4	<0.2	<0.2	0.2
Fe	20	200	4	20	70	6	3	10
Ni	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Cu	60	400	500	70	70	200	400	70
Zn	3	10	9	10	6	80	20	10
Sr	100	1	0.9	2	600	0.4	60	60
Zr	2	5	2	10	6	2	3	7
Sb	<2	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2
Ba	3	0.4	<0.2	1	10	<0.2	0.8	1
W	<2	<2	4	<2	<2	10	<2	<2

出所：TRC

・シートベルト

シートベルトの GC/MS 分析結果まとめを表 2-45 に示す。まず、ポリマーは PET であると推定される。その他にも、染料、可塑剤、離型剤、溶剤、消泡剤が主に検出された。また、ポリマー分解物と予想される成分も検出された。検出された成分のうち、可塑剤および染料に関して、構造によっては規制対象物質になりえる。また、エアバッグ布と異なり、黒、茶、灰色など目視で色がついているため、染料はある程度存在すると考えられる。ただし、別途カケンテストセンターにて実施した分析では、可塑剤は検出されず、また、規制対象となりうる染料は検出されていない。このことより、規制に対しては問題のない化合物および含有量であるといえる。

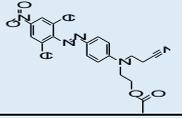
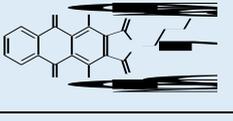
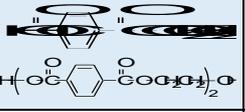
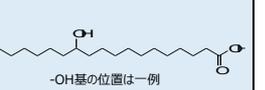
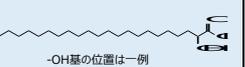
表 2-45. シートベルトの GC/MS 分析結果まとめ

分類	成分名	構造	軽自動車			
			2009前			
			黒	灰	茶	茶
樹脂	PET二量体、オリゴマー		○	○	○	○
染料	・Disperse Red 60 (赤) ・C19H12N2O2 (青)		○	○	○ C ₁₉ H ₁₂ N ₂ O ₂ のみ	○
可塑剤	・Dibutyl phthalate ・Bis(2-ethylhexyl) phthalate		○	○	○	○
	Bis(2-ethylhexyl) fumarate		-	-	○	-
	脂肪族アルコール		○ (少)	○ (中)	○ (少)	○ (中)
	脂肪族炭化水素		-	-	-	○
	含ハロゲン(I等)化合物			○	○	○
離型剤	パルミチン酸	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	○	○	○	○
	Benzyl benzoate		○	-	-	-
樹脂	HMDI		-	○	-	-
	Binaphthyl sulfone		○ (少)	○ (少)	-	-
	多価アルコール		-	-	○	-
溶剤	Butylcarbitol acetate		○	○	○	△
消泡剤	Surfynol		○	○	○	○

出所：TRC

シートベルトの LC/MS 測定にて、GC/MS で検出された成分以外についてまとめた結果を表 2-46 に示す。染料、PET オリゴマー、界面活性剤、可塑剤などが検出された。上述のように、可塑剤や染料は規制対象物質になりえるが、カケンテストセンターの分析結果と合わせると、問題のない化合物および含有量であるといえる。

表 2-46.シートベルトの LC/MS 分析結果 (GC/MS 検出成分以外) まとめ

分類	成分名	構造	軽自動車			
			2009前			
			黒	灰	茶	茶
染料	C17H15Cl2N5O3 (黄)		○	-	-	○
	Disperse Orange 30 (オレンジ)		○	○	-	○
	Disperse Blue 60 (青)		○	-	-	
	Disperse Blue 56 (青)		○	-	-	
樹脂	オリゴマー		○	○	○	○
界面活性剤	Alkyl alcohol EO付加物		-	-	○	○
可塑剤	脂肪酸		○	○	○	○
	脂肪酸アミド (Erucamide)		○	○	○	○
	ジカルボン酸	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	-	○	○	○
	脂肪酸カルボン酸 (水酸基含有)	 -OH基の位置は一例	-	○	-	○
その他	脂肪酸カルボン酸 (水酸基含有)	 -OH基の位置は一例	-	○	○	○

出所：TRC

シートベルトの ICP-AES 定性分析結果を表 2-47 に示す。全ての試料で、Ti および Sb が検出されたが、それぞれ酸化チタンおよび PET 合成時の触媒由来と推定された。Sb に関しては、後述のカケンテストセンターでの水抽出では抽出されなかったことより、PET 中にとどまっている可能性がある。その他、Na や K など環境からもコンタミするような元素も比較的多く検出された。

表 2-47. シートベルトの ICP-AES 定性分析結果

単位：μg/g

元素	軽自動車			
	2009前			
	黒	灰	茶	茶
Na	30	100	300	60
Mg	4	9	10	3
Al	6	30	40	5
P	5	50	30	5
K	5	70	100	20
Ca	30	30	60	10
Ti	400	400	400	400
Mn	0.3	90	40	<0.2
Fe	7	20	30	3
Zn	2	3	8	1
Sr	<0.2	0.5	0.4	5
Zr	<0.2	<0.2	<0.2	0.2
Nb	1	1	1	1
Sb	300	400	200	300
Ba	0.2	0.4	0.6	<0.2

出所：TRC

② 規制物質の把握

規制物質の把握を行うため、用途展開見込み先の一つであるアパレル・フットウエア製品に使用される化学規制物質のリスト（Restricted Substances List：RSL）のAFRIMを用いて、規制物質が基準値内に収まっているか確認した。リスト一覧を表 2-48、表 2-49、表 2-50、表 2-51、表 2-52、表 2-53、表 2-54 に示す。

表 2-48.アパレル・フットウエア製品での規制物質一覧（AFIRM RSL2023）（1/7）

試験項目	基準値
酸性とアルカリ性物質（pH）	4.0-7.5
アルキルフェノール（AP）とアルキルフェノールエトキシレート（APEO）	APs+APEOs合計：100 ppm
ノニルフェノール（NP）およびその異性体	APs合計： 10 ppm
オクチルフェノール（OP）およびその異性体	
ノニルフェノールエトキシレート（NPEOs）およびその異性体	—
オクチルフェノールエトキシレート（OPEOs）およびその異性体	
アゾ - アミン類とアリルアミン塩	各20 ppm
4-ピフェニルアミン	
ベンジジン	
4-クロロ-o-トルイジン	
2-ナフチルアミン	
o-アミノアゾトルエン	
2-アミノ-4-ニトロトルエン	
p-クロロアニリン	
2,4-ジアミノアニソール	
4,4'-ジアミノジフェニルメタン	
3,3'-ジクロロベンジジン	
3,3'-ジメトキシベンジジン	
3,3'-ジメチルベンジジン	
3,3'-ジメチル-4,4'-ジアミノジフェニルメタン	
p-クレシジン	
4,4'-メチレン-ビス-(2-クロロアニリン)	
4,4'-オキシジアニリン	
4,4'-チオジアニリン	
o-トルイジン	
2,4-トルイレンジアミン	
2,4,5-トリメチルアニリン	
2,4 キシリジン	
2,6 キシリジン	
2-メトキシアニリン (= o-アニシジン)	
p-アミノアゾベンゼン	
4-クロロ-o-トルイジン塩酸塩	
2-ナフタレンアミン酢酸塩	
4-メトキシ-m-フェニレンジアンモニウム硫酸塩	
2,4,5-トリメチルアニリン塩酸塩	

出所：AFIRM RSL2023

表 2-49. アパレル・フットウェア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (2/7)

試験項目	基準値	
ビスフェノール類		
ビスフェノール A (BPA)	1 ppm	
ビスフェノール S (BPS)	-	
ビスフェノール B (BPB)	-	
ビスフェノール F (BPF)	-	
ビスフェノール AF (BPAF)	-	
クロロフェノール類		
2,3,4-トリクロロフェノール (TriCP)	各0.5 ppm	
2,3,5-トリクロロフェノール (TriCP)		
2,3,6-トリクロロフェノール (TriCP)		
2,4,5-トリクロロフェノール (TriCP)		
2,4,6-トリクロロフェノール (TriCP)		
3,4,5-トリクロロフェノール (TriCP)		
2,3,4,5-テトラクロロフェノール (TeCP)		
2,3,4,6-テトラクロロフェノール (TeCP)		
2,3,5,6-テトラクロロフェノール (TeCP)		
ペンタクロロフェノール (PCP) とその塩およびそのエステル		
塩素化ベンゼン類および塩素化トルエン類(COCs)		
2-クロロトルエン		各1 ppm
3-クロロトルエン		
4-クロロトルエン		
2,3-ジクロロトルエン		
2,4-ジクロロトルエン		
2,5-ジクロロトルエン		
2,6-ジクロロトルエン		
3,4-ジクロロトルエン		
2,3,6-トリクロロトルエン		
2,4,5-トリクロロトルエン		
2,3,4,5-テトラクロロトルエン		
2,3,4,6-テトラクロロトルエン		
2,3,5,6-テトラクロロトルエン		
ペンタクロロトルエン		
1,3-ジクロロベンゼン		
1,4-ジクロロベンゼン		
1,2,3-トリクロロベンゼン		
1,2,4-トリクロロベンゼン		
1,3,5-トリクロロベンゼン		
1,2,3,4-テトラクロロベンゼン		
1,2,3,5-テトラクロロベンゼン		
1,2,4,5-テトラクロロベンゼン		
ペンタクロロベンゼン		
ヘキサクロロベンゼン		
p-クロロベンゾトリクロリド		
ベンゾトリクロリド		
塩化ベンジル		
1,2-ジクロロベンゼン	10 ppm	

出所 : AFIRM RSL2023

表 2-50. アパレル・フットウェア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (3/7)

試験項目	基準値
染料 (禁止染料と分散染料)	
C.I.ディスパースブルー1	
C.I.ディスパースブルー3	
C.I.ディスパースブルー7	
C.I.ディスパースブルー26	
C.I.ディスパースブルー35A	
C.I.ディスパースブルー35B	
C.I.ディスパースブルー102	
C.I.ディスパースブルー106	
C.I.ディスパースブルー124	
C.I.ディスパースブラウン1	
C.I.ディスパースオレンジ1	
C.I.ディスパースオレンジ3	
C.I.ディスパースオレンジ11	
C.I.ディスパースオレンジ37/76/59	
C.I.ディスパースオレンジ149	
C.I.ディスパースレッド1	
C.I.ディスパースレッド11	
C.I.ディスパースレッド17	
C.I.ディスパースレッド151	
C.I.ディスパースイエロー1	
C.I.ディスパースイエロー3	
C.I.ディスパースイエロー7	
C.I.ディスパースイエロー9	
C.I.ディスパースイエロー23	
C.I.ディスパースイエロー39	
C.I.ディスパースイエロー49	
C.I.ディスパースイエロー56	
C.I.アシッドレッド26	
C.I.ベーシックレッド9	
C.I.ベーシックグリーン4	
C.I.ベーシックバイオレット3	
C.I.ベーシックバイオレット14	
C.I.ベーシックブルー26	
ダイレクトブラック38	
C.I.ダイレクトブルー6	
C.I.ダイレクトレッド28	
C.I.ダイレクトブラウン95	
4-ジメチルアミノアゾベンゼン(ソルベントイエロー2)	
C.I.ソルベントブルー4	
4-メチルアミノ-4',4''-ビス(ジメチルアミノ)トリフェニルメタノール	
染料 (ネイビーブルー)	
成分 1 : C ₃₉ H ₂₃ ClCrN ₇ O ₁₂ S ₂ ·2Na	各30 ppm
成分 2 : C ₄₆ H ₃₀ CrN ₁₀ O ₂₀ S ₂ ·3Na	

出所 : AFIRM RSL2023

表 2-51.アパレル・フットウェア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (4/7)

試験項目	基準値
難燃剤	
デカブロモジフェニルエタン (DBDPE)	各10 ppm
ペンタブロモジフェニルエーテル (ペンタBDE)	
オクタブロモジフェニルエーテル (オクタBDE)	
デカブロモジフェニルエーテル (デカBDE)	
その他すべてのポリブロモジフェニルエーテル類 (PBDEs)	
テトラブロモビスフェノールA (TBBP A)	
ポリブロモビフェニル (PBB)	
ヘキサブロモシクロドデカン (HBCDD)	
2,2-ビス(プロモメチル)-1,3-プロパンジオール (BBMP)	
リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル) (TDCPP)	
リン酸トリキシリル (TXP)	
リン酸トリス(2,3-ジプロモプロピル) (TRIS)	
トリス(1-アジリジニル)ホスフィンオキシド (TEPA)	
リン酸トリス(2-クロロエチル) (TCEP)	
リン酸ビス (2,3-ジプロモプロピル) (BDBPP)	
ホルムアルデヒド	大人/子供：75 ppm
重金属 (溶出量)	
コバルト (Co)	大人：4 ppm
アンチモン (Sb)	30 ppm
ヒ素 (As)	0.2 ppm
鉛 (Pb)	大人：1 ppm
カドミウム (Cd)	0.1 ppm
クロム (Cr)	乳幼児：1 ppm
6価クロム (Cr(VI))	繊維：1 ppm
銅 (Cu)	大人：50 ppm
ニッケル (Ni)	1 ppm
水銀 (Hg)	0.02 ppm
セレン (Se)	500 ppm
バリウム (Ba)	1000 ppm
重金属総含有量	
鉛 (Pb)	90 ppm
カドミウム (Cd)	40 ppm
水銀 (Hg)	0.5 ppm
ヒ素 (As)	100 ppm
有機スズ化合物	
ジブチルスズ (DBT)	各1 ppm
ジオクチルスズ (DOT)	
モノブチルスズ (MBT)	
トリシクロヘキシルスズ(TCyHT)	
トリメチルスズ (TMT)	
トリオクチルスズ (TOT)	
トリプロピルスズ (TPT)	
トリブチルスズ (TBT)	各0.5 ppm
トリフェニルスズ (TPhT)	

出所：AFIRM RSL2023

表 2-52. アパレル・フットウエア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (5/7)

試験項目	基準値	
オルトフェニルフェノール(OPP)	1000 ppm	
有機フッ素化合物(全有機フッ素)	2025年までに100 ppm	
有機フッ素化合物(PFCs)		
PFOSと関連物質		
パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)	合計1 $\mu\text{g}/\text{m}^2$	
パーフルオロオクタンスルホン酸 カリウム (PFOS-K)		
パーフルオロオクタンスルホン酸 リチウム (PFOS-Li)		
パーフルオロオクタンスルホン酸 アンモニウム (PFOS-NH ₄)		
パーフルオロオクタンスルホン酸 ジエタノールアミン (PFOS-NH(OH) ₂)		
パーフルオロオクタンスルホン酸 テトラエチルアンモニウム (PFOS-N(C ₂ H ₅) ₄)		
パーフルオロオクタンスルホン酸 ジデシルジメチルアンモニウム (PFOS-N(C ₁₀ H ₂₁) ₂ (CH ₃) ₂)		
N-エチルパーフルオロ-1-オクタンスルホンアミド (N-Et-FOSA)		
N-メチルパーフルオロ-1-オクタンスルホンアミド (N-Me-FOSA)		
2-(N-エチルパーフルオロ-1-オクタンスルホンアミド)-エタノール (N-Et-FOSE)		
2-(N-メチルパーフルオロ-1-オクタンスルホンアミド)-エタノール (N-Me-FOSE)		
パーフルオロ-1-オクタンスルホニルフロリド (POSF)		
パーフルオロオクタンスルホンアミド (PFOSA)		
PFOAとその塩		
パーフルオロオクタン酸 (PFOA)		合計25 ppb
パーフルオロオクタン酸 ナトリウム (PFOA-Na)		
パーフルオロオクタン酸 カリウム (PFOA-K)		
パーフルオロオクタン酸 銀 (PFOA-Ag)		
パーフルオロオクタノイル フルオリド (PFOA-F)		
パーフルオロオクタン酸 アンモニウム (APFO)		
PFOA関連物質		
1H,1H,2H,2H-パーフルオロデカンスルホン酸 (8:2 FTS)	合計1000 ppb	
パーフルオロオクタン酸メチル (Me-PFOA)		
パーフルオロオクタン酸エチル (Et-PFOA)		
1H,1H,2H,2H-パーフルオロ-1-デカノール (8:2 FTOH)		
アクリル酸1H,1H,2H,2H-パーフルオロデシル (8:2 FTA)		
メタクリル酸1H,1H,2H,2H-パーフルオロデシル (8:2 FTMA)		
2H,2H-パーフルオロデカン酸 (H ₂ PFDA)		
PFHxSとその塩		
パーフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS)	合計25 ppb	
パーフルオロヘキサンスルホン酸カリウム (PFHxS-K)		
パーフルオロヘキサンスルホン酸リチウム (PFHxS-Li)		
パーフルオロヘキサンスルホン酸アンモニウム (PFHxS-NH ₄)		
パーフルオロヘキサンスルホン酸ナトリウム (PFHxS-Na)		
PFHxS関連物質		
N-メチルパーフルオロ-1-ヘキサンスルホンアミド (N-Me-FHxSA)	合計1000 ppb	
パーフルオロヘキサンスルホンアミド (PFHxSA)		

出所 : AFIRM RSL2023

表 2-53. アパレル・フットウェア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (6/7)

試験項目	基準値
C9-C14 PFCAsとその塩	
パーフルオロノナン酸 (PFNA, C9-PFCA)	合計25 ppb
パーフルオロデカン酸 (PFDA, C10-PFCA)	
パーフルオロウンデカン酸 (PFUnA, C11-PFCA)	
パーフルオロドデカン酸 (PFDoA, C12-PFCA)	
パーフルオロトリデカン酸 (PFTrA, C13-PFCA)	
パーフルオロテトラデカン酸 (PFTeA, C14-PFCA)	
パーフルオロ-3,7-ジメチルオクタン酸 (PF-3,7-DMOA)	
C9-C14 PFCAs関連物質	
アクリル酸1H,1H,2H,2H-パーフルオロドデシル (10:2 FTA)	合計260 ppb
メタクリル酸1H,1H,2H,2H-パーフルオロドデシル (10:2 FTMA)	
1H,1H,2H,2H-パーフルオロ-1-ドデカノール (10:2 FTOH)	
2H,2H,3H,3H-パーフルオロウンデカン酸 (H4PFUnA)	
1H,1H,2H,2H-パーフルオロ-1-デカノール (8:2 FTOH)	
1H,1H,2H,2H-パーフルオロ-1-テトラデカノール (12:2 FTOH)	
1H,1H,2H,2H-パーフルオロドデカンスルホン酸 (10:2 FTS)	
ヨウ化1H,1H,2H,2H-パーフルオロドデシル (10:2 FTI)	
ヨウ化1H,1H,2H,2H-パーフルオロテトラドデシル (12:2 FTI)	
その他のパーフルオロカルボン酸 (PFCAs)	
パーフルオロヘキサン酸 (PFHxA, C6-PFCA)	—
フタル酸エステル類	合計：1000 ppm
フタル酸ジイソノニル (DINP)	各500 ppm
フタル酸ジ-n-オクチル (DNOP)	
フタル酸ジ(2-エチルヘキシル) (DEHP)	
フタル酸ジイソデシル (DIDP)	
フタル酸ベンジルブチル (BBP)	
フタル酸ジブチル (DBP)	
フタル酸ジイソブチル (DIBP)	
フタル酸ジ-n-ヘキシル (DnHP)	
フタル酸ジエチル (DEP)	
フタル酸ジメチル (DMP)	
フタル酸ジ-n-ペンチル (DPENP)	
フタル酸ジシクロヘキシル (DCHP)	
1,2-ベンゼンジカルボン酸 (炭素数7を主成分とする炭素数6~8(分岐のみ)) フタル酸エステル類	
フタル酸ビス(2-メトキシエチル)	
フタル酸ジイソペンチル (DIPP)	
フタル酸ジプロピル (DPRP)	
フタル酸ジイソオクチル (DIOP)	
1,2-ベンゼンジカルボン酸、ジヘキシルエステル(分枝および直鎖)	
フタル酸ジイソヘキシル (DIHxP)	
1,2-ベンゼンジカルボン酸ジアルキル(炭素数7~11の分枝および直鎖)エステル (DHNUPE)	
1,2-ベンゼンジカルボン酸ジペンチル(分枝および直鎖)エステル	
1,2-ベンゼンジカルボン酸、ジ-C6-10-アルキルエステル類又は、デシル & ヘキシル & オクチル混合物ジエステル類と0.3%以上のフタル酸ジヘキシル; 1,2-ベンゼンジカルボン酸、デシル & ヘキシル & オクチル混合物ジエステル類; 1,2-ベンゼンジカルボン酸、ジ-C6-10-アルキルエステル類	
フタル酸 n-ペンチル-イソペンチル (nPIPP)	

出所：AFIRM RSL2023

表 2-54.アパレル・フットウェア製品での規制物質一覧 (AFIRM RSL2023) (7/7)

試験項目	基準値		
多環芳香族 (PAHs)	合計：10 ppm		
アセナフテン	個々の 規制値は ない	合計： 10 ppm	
アセナフチレン			
アントラセン			
ベンゾ (g,h,i) ペリルン			
フルオレン			
フルオランテン			
インデノ (1,2,3-cd) ピレン			
ナフタレン			
フェナントレン			
ピレン			
ベンゾ (a) アントラセン			各1 ppm 育児用品： 各0.5 ppm
ベンゾ (a) ピレン			
ベンゾ (b) フルオランテン			
ベンゾ [e] ピレン			
ベンゾ [j] フルオランテン			
ベンゾ (k) フルオランテン			
クリセン			
ジベンゾ (a,h) アントラセン			
キノリン	50 ppm		
溶剤と残留物			
DMFa	500 ppm		
DMAC	各1000 ppm		
NMP			
ホルムアミド			
紫外線(UV)吸収剤/安定剤			
UV 320	各1000 ppm		
UV 327			
UV 328			
UV 350			
溶剤と残留物			
ベンゼン	5 ppm		
二硫化炭素	合計：1000 ppm		
四塩化炭素			
クロロホルム			
シクロヘキサノン			
1,2-ジクロロエタン			
1,1-ジクロロエチレン			
エチルベンゼン			
ペンタクロロエタン			
1,1,1,2- テトラクロロエタン			
1,1,2,2- テトラクロロエタン			
テトラクロロエチレン (PERC)			
トルエン			
1,1,1- トリクロロエタン			
1,1,2- トリクロロエタン			
トリクロロエチレン			
キシレン(メタ-, オルト-, パラ-)			

出所：AFIRM RSL2023

基準値を超えた規制物質を表 2-55 に示す。一部のエアバッグ布で酸性とアルカリ性物質 (pH)、重金属である Cu の溶出量が基準値を超えているものがあつた。この要因は主にインフレーター由来のものと推測される。シートベルトについては全て基準値内に収まつた。

表 2-55.基準値を超えた規制物質

車 格 :		軽自動車														普通車	
部 位 :		運転席側				助手席側											
年 式 :		2009年以前		2010年以降		2009年以前				2010年以降						2009年以前	
総合判定		FAIL		FAIL		FAIL		PASS		FAIL		PASS		FAIL		PASS	
試験項目	基準値	判定	結果	判定	結果	判定	結果	判定	結果	判定	結果	判定	結果	判定	結果	判定	結果
酸性とアルカリ性物質 (pH)	4.0-7.5	×	8.2	×	7.6	○	6.3	○	6.6	×	9.1	○	6.3	○	6.5	○	6.5
銅 (Cu)	大人 : 50 ppm 子供/乳幼児 : 25 ppm	○	38 mg/kg	×	170 mg/kg	×	70 mg/kg	○	6 mg/kg	○	16 mg/kg	○	35 mg/kg	×	53 mg/kg	○	8 mg/kg

出所 : カケンテストセンター

(3) 展開後・洗浄品分析 (1 回目・2 回目回収品一部)

(3) 展開後・洗浄品分析 (1 回目・2 回目回収品一部) において、基準値を超えたものがあつた。洗浄により基準値に収まるのではないかと推測し、水洗浄を行い、再度 pH 値および Cu の値を調査したところ、pH が基準値内に収まつた。また Cu の値も低下した。

表 2-56. 展開後・洗浄品分析

項目	基準値	未洗浄	洗浄
酸性とアルカリ性物質 (pH)	4.0-7.5	8.6	6.0
重金属 (溶出量) (Cu)	大人 : 50 ppm 子供/乳幼児 : 25 ppm	11.0	6.0

出所 : カケンテストセンター

(4) 未展開・未洗浄品/展開後・未洗浄品分析比較

(2)展開後・未洗浄品分析（1回目・2回目回収品）において、一部検体で Cu および pH の基準値を超えたため、未展開のエアバッグ布そのものの含有化学物質に問題がないか分析を実施した。(2)展開後・未洗浄品分析（1回目・2回目回収品）で分析を実施した 2010 年製軽自動車の運転席エアバッグ布（ピンク）の展開品と未展開品を比較した。

未展開のエアバッグ布および展開品のエアバッグ布の含有物物質計測結果を表 2-57、表 2-58、表 2-59、図 2-31、図 2-32 に示す。エアバッグ布そのものには、想定外の化学物質の含有は認められなかった。また、Al、Cu、Sr 等の値から、アパレル・フットウエア基準値を超える化学物質はエアバッグ展開によるインフレーターによるものと推測される。

表 2-57.ICP-AES 定性分析結果

元素	未展開品	展開品	元素	未展開品	展開品
	定量値 (μg/g)			定量値 (μg/g)	
Na	20	50	Mn	<0.2	0.2
Mg	3	5	Fe	200	200
Al	<1	300	Ni	<1	<1
Si	対象外	50000	Cu	60	400
P	50	70	Zn	2	10
K	300	600	Sr	<0.2	1
Ca	3	3	Zr	0.4	5
Ti	100	100	Sb	<2	<2
Cr	<1	<1	Ba	0.8	0.4
			W	<2	<2

出所：TRC

表 2-58.IC 定性分析結果

分類	成分名	未展開品	展開品
		定量値 (μg/g)	
アニオン	F ⁻	<0.5	9
	酢酸	<2	6
	ギ酸	<0.5	3
	Cl ⁻	4	20
	NO ₂ ⁻	<0.5	7
	Br ⁻	<0.5	<0.5
	NO ₃ ⁻	<0.5	1
	SO ₄ ²⁻	4	3
	シュウ酸	<0.5	<0.5
	PO ₄ ³⁻	<1	<1
カチオン	NH ₄ ⁺	1	1
	グアニジウムイオン	<1	<1
	各種アミン	下限以下	下限以下

出所：TRC

表 2-59.GC/MS 定性分析結果

分類	成分名	構造	未展開品	展開品
樹脂	ナイロン66		○	○
	環状オリゴマー など			
	ナイロン6モノマー			
Siコート	Polydimethylsiloxane (PDMS)		○	○
可塑剤	Dibutyl phthalate		○	○
	Bis(2-ethylhexyl) phthalate		○	○
界面活性剤	N,N-dimethyl-n-alkylamine			
不明	styrlated phenol			
溶剤	Butylcarbitol acetate		△	△
消泡剤	Surfynol		△	△
界面活性剤	Alkyl alcohol EO付加物			○
離型剤	脂肪族アミド		△	△
防腐剤	Benzotriazole			
その他	脂肪族カルボン酸 (水酸基含有)	<p>-OH基の位置は一例</p>		

出所：TRC

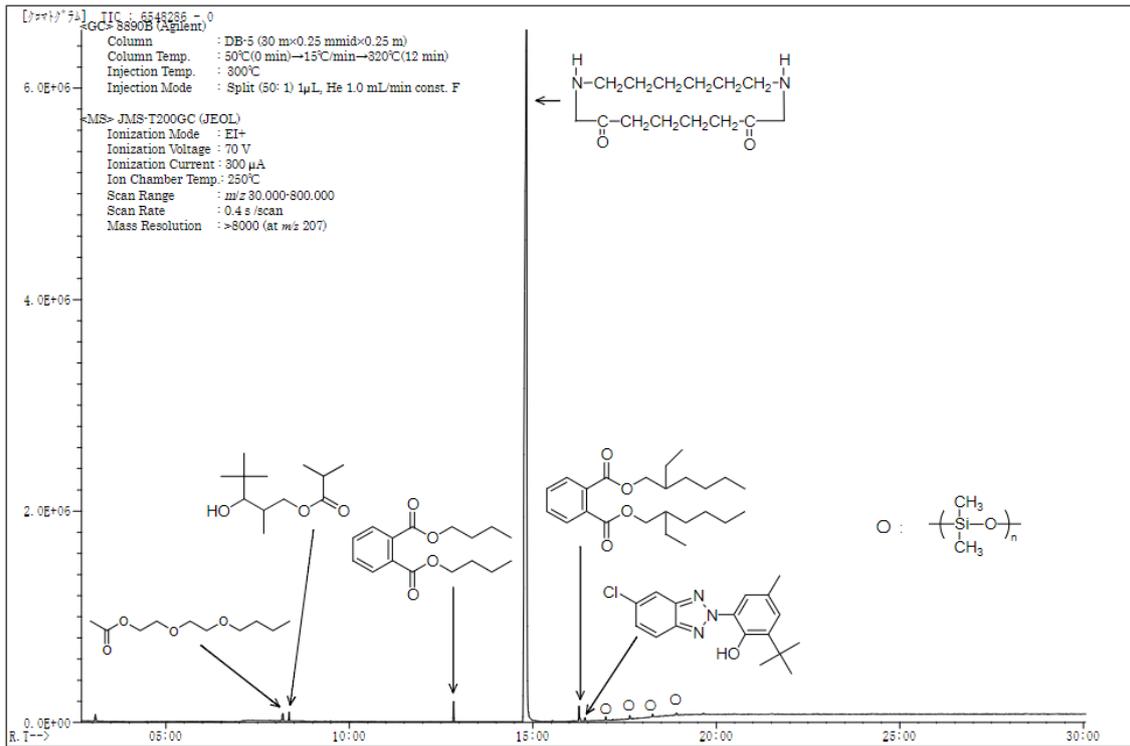


図 2-31.GC/MS 定性分析結果

出所 : TRC

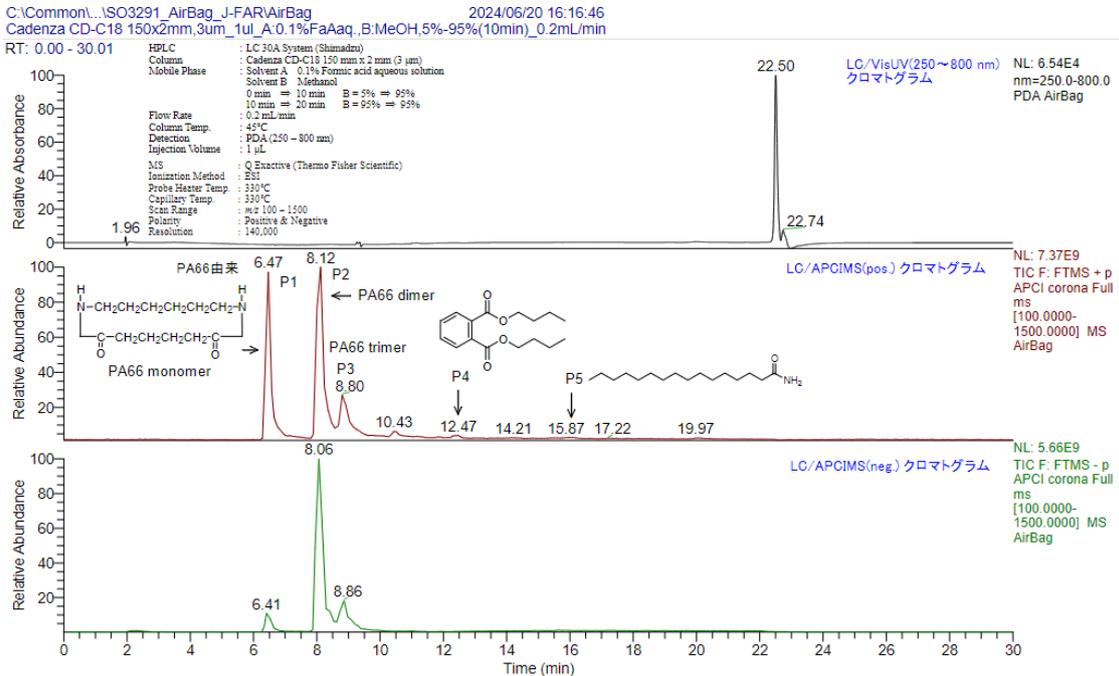


図 2-32.LC/MS の測定結果

出所 : TRC

(5) 展開後・洗浄品分析（3回目回収品）

(3)展開後・洗浄品分析（1回目・2回目回収品一部）および(4)未展開・未洗浄品/展開後・未洗浄品分析比較から、エアバッグ布の pH および Cu をアパレル・フットウエアの基準以内とするためには洗浄が有効な手段ではないかと推測した。そのため、3回目回収品について、エアバッグ布の洗浄経験を有するしんわルネッサンスにおいて洗浄を実施し、洗浄品をカケンテストセンターで分析した。しんわルネッサンスでの洗浄・乾燥条件を表 2-60 に示す。

化学分析のために個別の検体の識別方法が必要となるが、マーキング等により化学分析に影響を与えてしまう可能性がある。そのため、グループ 1 を (2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウエアの基準値を超えたメーカーのもの、グループ 2 を (2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウエアの基準値内のメーカーのものとして分けて洗浄を行った。詳細を表 2-61 に示す。

表 2-60. しんわルネッサンスでの洗浄・乾燥条件

項目		詳細
作業工程		洗濯（1回）→すすぎ（1回）→乾燥（1回）
洗濯	1回当たりの投入量	10~15kg
	洗剤投入量	100g
	洗剤種類	弱アルカリ洗剤
	水量	118L
	時間	10分
	温度	60℃
すすぎ	1回当たりの投入量	10~15kg
	水量	178L
	時間	10分
	温度	水道水をそのまま使用（常温）
乾燥	1回当たりの投入量	10~15kg
	時間	20分
	温度	80℃

出所：矢野経済研究所

表 2-61.洗濯グループと洗濯枚数について

ロット	詳細	枚数
グループ1	(2)の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカーのもの	53枚
グループ2	(2)の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値内のメーカーのもの	66枚

出所：矢野経済研究所

グループ1の分析結果を表 2-62、図 2-33、図 2-34 に示す。pH においては全ての分析品で基準値以内となったが、Cu については特定メーカーの色付きのエアバッグ布の一部で基準値を超える結果となった。グループ1 および 2 の運転席および助手席エアバッグ布の色別比率を表 2-64 に示す。運転席については回収したエアバッグ布の 82%が白であり、そのほか色が付きである。助手席については 67%が白、そのほか色が付きである。

表 2-62.グループ1 ((2)の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカー)の pH および Cu 分析結果

ロット1：(2)の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカーのもの					ロット1：(2)の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカーのもの				
試料	酸性とアルカリ性物質 (pH)		重金属 (溶出量) - 銅 (Cu)		試料	酸性とアルカリ性物質 (pH)		重金属 (溶出量) - 銅 (Cu)	
	判定	4.0-7.5	判定	大人：50 ppm 子供/乳幼児：25 ppm		判定	4.0-7.5	判定	大人：50 ppm 子供/乳幼児：25 ppm
1-1	PASS	6.3	PASS	ND(<5mg/kg)	1-29	PASS	6.5	PASS	6
1-2	PASS	6.3	PASS	6	1-30	PASS	6.5	PASS	8
1-3	PASS	6.5	PASS	8	1-31	PASS	7.0	PASS	ND(<5mg/kg)
1-4	PASS	6.6	PASS	11	1-32	PASS	6.9	PASS	9
1-5	PASS	6.7	PASS	9	1-33	PASS	6.8	PASS	13
1-6	PASS	6.4	PASS	9	1-34	PASS	6.7	PASS	21
1-7	PASS	6.5	PASS	12	1-35	PASS	6.7	PASS	14
1-8	PASS	6.5	PASS	9	1-36	PASS	6.6	PASS	20
1-9	PASS	6.6	PASS	8	1-37	PASS	6.7	PASS	31
1-10	PASS	6.6	PASS	8	1-38	PASS	6.6	FAIL	170
1-11	PASS	6.7	PASS	6	1-39	PASS	6.8	PASS	13
1-12	PASS	6.7	PASS	9	1-40	PASS	6.7	FAIL	55
1-13	PASS	6.7	PASS	8	1-41	PASS	6.6	PASS	22
1-14	PASS	6.8	PASS	15	1-42	PASS	6.6	PASS	11
1-15	PASS	6.4	PASS	9	1-43	PASS	6.5	FAIL	120
1-16	PASS	6.7	PASS	7	1-44	PASS	6.5	FAIL	83
1-17	PASS	6.7	PASS	15	1-45	PASS	6.6	PASS	14
1-18	PASS	6.7	PASS	9	1-46	PASS	6.6	PASS	15
1-19	PASS	6.7	PASS	13	1-47	PASS	6.6	PASS	22
1-20	PASS	6.7	PASS	13	1-48	PASS	6.6	PASS	15
1-21	PASS	6.7	PASS	10	1-49	PASS	6.6	FAIL	94
1-22	PASS	6.7	PASS	7	1-50	PASS	6.6	PASS	21
1-23	PASS	6.8	PASS	8	1-51	PASS	6.7	PASS	27
1-24	PASS	6.8	PASS	9	1-52	PASS	6.8	PASS	24
1-25	PASS	6.7	PASS	8	1-53	PASS	6.9	PASS	18
1-26	PASS	6.8	PASS	8					
1-27	PASS	6.6	PASS	28					
1-28	PASS	6.6	PASS	ND(<5mg/kg)					

出所：カケンテストセンター

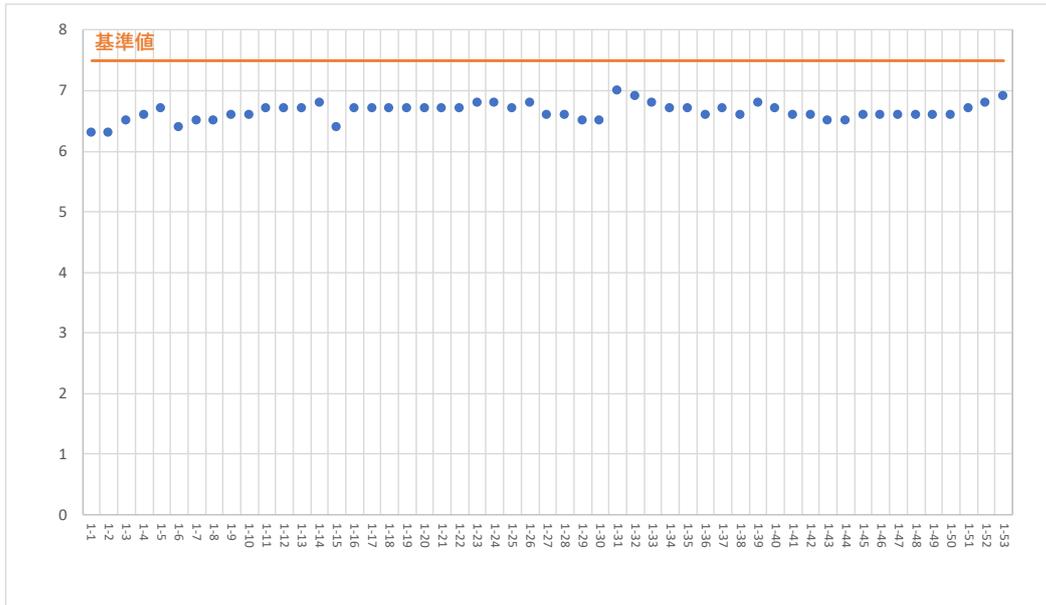


図 2-33. グループ 1 ((2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカー) の pH 分析結果
出所：カケンテストセンター数値から矢野経済研究所作成

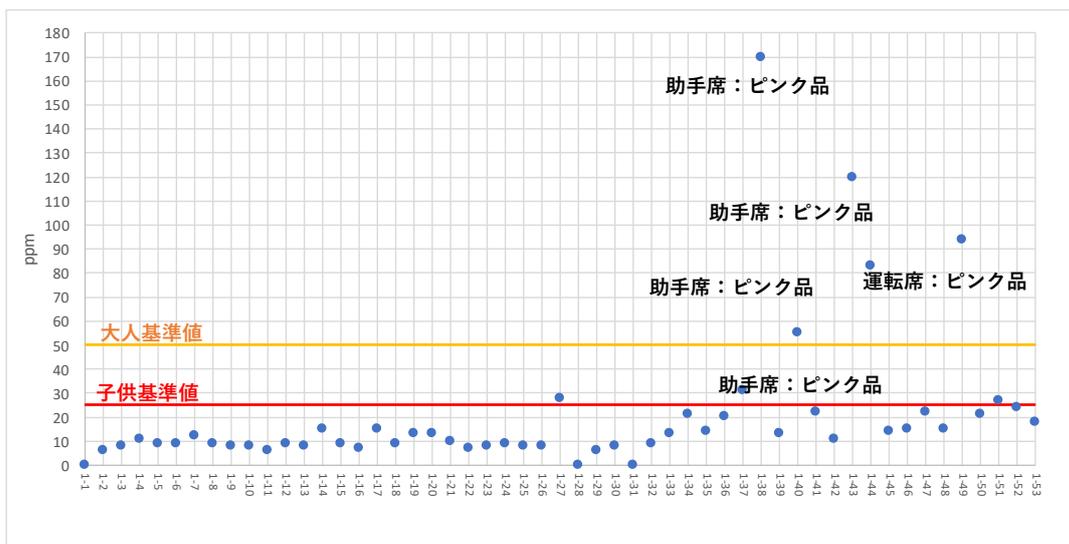


図 2-34. グループ 1 ((2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値を超えたメーカー) の Cu 分析結果
出所：カケンテストセンター数値から矢野経済研究所作成

グループ 2 の分析結果を表 2-63、図 2-35、図 2-36 表 2-62 に示す。pH および Cu においては、全ての分析品で基準値以内となった。

表 2-63.グループ 2 (2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値内のメーカー) の pH および Cu 分析結果

ロット 2 : (2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値未満のメーカーのもの					ロット 2 : (2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値未満のメーカーのもの				
試料	酸性とアルカリ性物質 (pH)		重金属 (溶出値) - 銅 (Cu)		試料	酸性とアルカリ性物質 (pH)		重金属 (溶出値) - 銅 (Cu)	
	判定	4.0-7.5	判定	大人 : 50 ppm 子供/乳幼児 : 25 ppm		判定	4.0-7.5	判定	大人 : 50 ppm 子供/乳幼児 : 25 ppm
2-1	PASS	6.8	PASS	5	2-38	PASS	6.4	PASS	6
2-2	PASS	6.8	PASS	ND(<5mg/kg)	2-39	PASS	6.5	PASS	6
2-3	PASS	6.8	PASS	5	2-40	PASS	6.4	PASS	7
2-4	PASS	6.9	PASS	10	2-41	PASS	6.9	PASS	ND(<5mg/kg)
2-5	PASS	6.9	PASS	6	2-42	PASS	6.7	PASS	7
2-6	PASS	6.9	PASS	ND(<5mg/kg)	2-43	PASS	7.3	PASS	9
2-7	PASS	6.8	PASS	12	2-44	PASS	7.4	PASS	15
2-8	PASS	6.9	PASS	6	2-45	PASS	7.5	PASS	8
2-9	PASS	6.8	PASS	5	2-46	PASS	7.3	PASS	7
2-10	PASS	6.7	PASS	ND(<5mg/kg)	2-47	PASS	6.9	PASS	8
2-11	PASS	7.0	PASS	28	2-48	PASS	6.4	PASS	7
2-12	PASS	6.8	PASS	10	2-49	PASS	6.1	PASS	10
2-13	PASS	6.8	PASS	ND(<5mg/kg)	2-50	PASS	6.3	PASS	5
2-14	PASS	7.0	PASS	8	2-51	PASS	6.9	PASS	7
2-15	PASS	6.7	PASS	6	2-52	PASS	6.9	PASS	7
2-16	PASS	6.6	PASS	9	2-53	PASS	6.9	PASS	7
2-17	PASS	6.8	PASS	ND(<5mg/kg)	2-54	PASS	6.9	PASS	6
2-18	PASS	6.6	PASS	7	2-55	PASS	6.9	PASS	7
2-19	PASS	6.6	PASS	10	2-56	PASS	6.9	PASS	8
2-20	PASS	6.4	PASS	9	2-57	PASS	6.8	PASS	ND(<5mg/kg)
2-21	PASS	6.7	PASS	28	2-58	PASS	6.7	PASS	10
2-22	PASS	6.7	PASS	ND(<5mg/kg)	2-59	PASS	6.6	PASS	7
2-23	PASS	6.6	PASS	ND(<5mg/kg)	2-60	PASS	6.7	PASS	10
2-24	PASS	6.6	PASS	ND(<5mg/kg)	2-61	PASS	6.5	PASS	5
2-25	PASS	6.6	PASS	ND(<5mg/kg)	2-62	PASS	6.6	PASS	6
2-26	PASS	6.5	PASS	8	2-63	PASS	6.6	PASS	ND(<5mg/kg)
2-27	PASS	6.5	PASS	7	2-64	PASS	6.6	PASS	7
2-28	PASS	6.5	PASS	ND(<5mg/kg)	2-65	PASS	6.6	PASS	8
2-29	PASS	6.5	PASS	6	2-66	PASS	6.7	PASS	22
2-30	PASS	6.5	PASS	ND(<5mg/kg)					
2-31	PASS	6.5	PASS	6					
2-32	PASS	6.5	PASS	13					
2-33	PASS	6.4	PASS	ND(<5mg/kg)					
2-34	PASS	6.4	PASS	ND(<5mg/kg)					
2-35	PASS	6.5	PASS	8					
2-36	PASS	6.5	PASS	6					
2-37	PASS	6.4	PASS	6					

出所 : カケンテストセンター

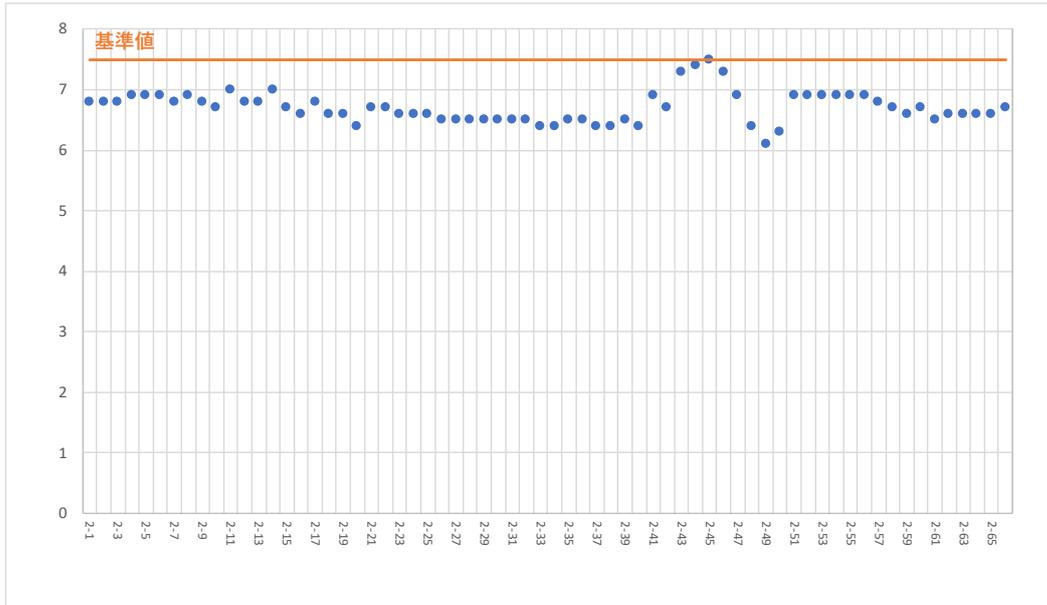


図 2-35. グループ 2 ((2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値内のメーカー) の pH 分析結果
出所：カケンテストセンター数値から矢野経済研究所作成

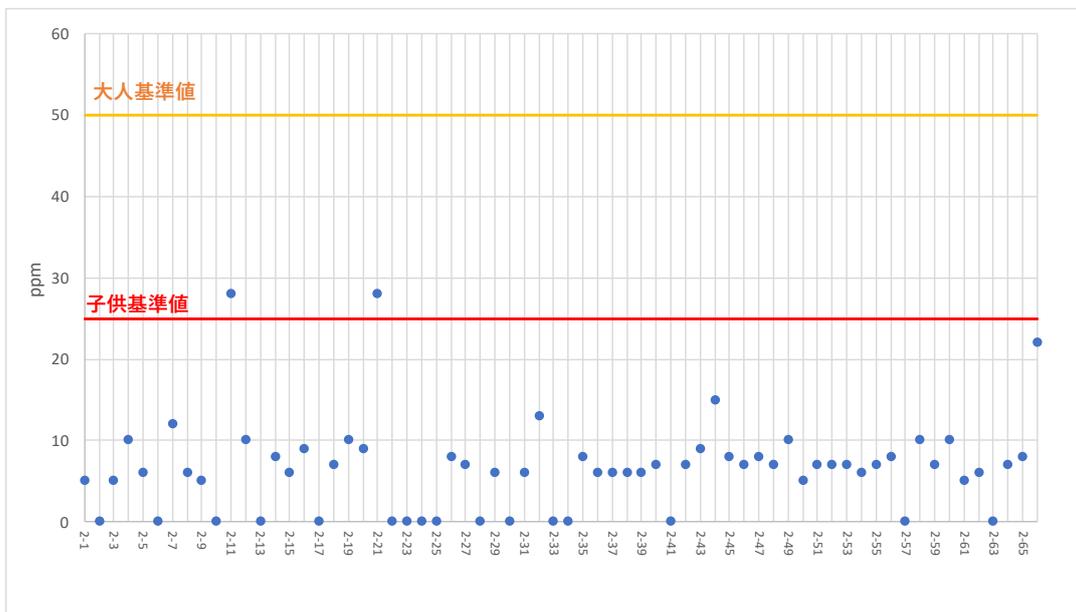


図 2-36. グループ 2 ((2) の展開後・未洗浄品分析でアパレル・フットウェアの基準値内のメーカー) の Cu 分析結果
出所：カケンテストセンター数値から矢野経済研究所作成

表 2-64.グループ 1 および 2 の運転席および助手席エアバッグ布の色別比率

	運転席				助手席				合計			
	白	ピンク	青系	合計	白	ピンク	青系	合計	白	ピンク	青系	合計
グループ1	19	8	1	28	15	11	2	28	34	19	3	120
グループ2	30	2	0	32	25	5	2	32	55	7	2	1
合計	49	10	1	60	40	16	4	60	89	26	5	121
色比率	82%	17%	2%	100%	67%	27%	7%	100%	74%	21%	4%	100%

出所：矢野経済研究所

(6) 色付きのエアバッグ布分析

先述したように、展開後のエアバッグ布は洗浄工程を経ることで、pH においては全ての分析品で基準値以内となったが、Cu については特定メーカーの色付きのエアバッグ布の一部で基準値を超える結果となった。

これまでの化学分析から判明していることを表 2-65 に示す。

表 2-65. (1) ～ (5) の分析において判明していること

項目	判明している内容
(1) 未開後・未洗浄品分析	PA66に長期の耐熱性を付与するために、CuIなどが布に添加されている。
(2) 展開後・未洗浄品分析 (1回目・2回目回収品)	展開・未洗浄品はアパレル・フットウエアの規制物質マネジメント「AFRIM」において、pH 及びCuの溶出量が基準値を超えたものが白色、色付きのエアバッグにかかわらず一部あった。
(4) 未展開品・未洗浄品/展開品・未洗浄品分析比較	未展開・未洗浄品ではCu及びpHは基準値内に収まったため、展開・未洗浄品のpH及びCuの溶出量が基準値を超えた要因はインフレーター由来である可能性が高い。
(5) 展開後・洗浄品分析 (3回目回収品)	pHにおいては全ての分析品で基準値以内となったが、Cuについては特定メーカーの色付きのエアバッグ布の一部で基準値を超える結果となった。

出所：矢野経済研究所

特定メーカーのエアバッグ布（ピンク品）において、展開・洗浄後試料の溶出試験でCu量が多い結果が得られたことについての疑問点・仮説を表 2-66 に示す。またそれを確認するための追加試験方法を図 2-37 に示す。

表 2-66.主な疑問点と仮説

疑問点	仮説	追加試験
①展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出されるCuの由来は？	ナイロンの耐熱剤由来？シリコンコート層由来？インフレーター由来？	【1】【2】
②シリコンコートがあるエアバッグ布でのみCu溶出試験でNGとなる理由は？	シリコンコートが水をはじくため、洗浄では除去するのが難しい？ シリコンコート層内にCuが入り込み、洗浄では出てこない？	【2】
③シリコンコートがあるエアバッグ布でも特定メーカーのみCu溶出試験でNGとなる理由は？	特定メーカーのエアバッグ布で使用されているシリコン層の厚みが異なるのではないか？（特定メーカーのエアバッグ布のほうが厚みがある？） 特定メーカーのインフレーターでCuが多く使用されているのではないか？インフレーターの威力が違うのではないか？	【3】
④洗浄では除去できないCuが溶出試験で溶出する理由は？	そもそもの洗浄時間が短いのではないか？ 溶出試験ではエアバッグ布を5mm角に切断し1時間浸透させているため、切断端部からCuが溶出しやすくなるのではないか？	【4】

出所：TRC

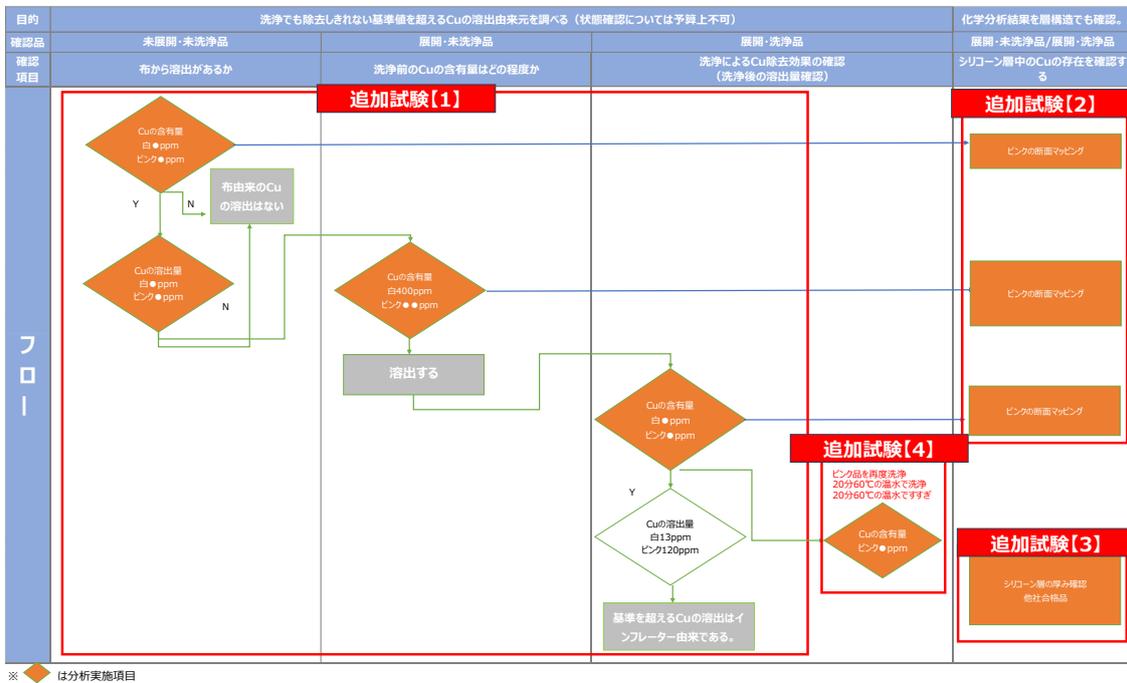


図 2-37.追加試験項目（白及びピンク品）

出所：矢野経済研究所

①の展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出される Cu の由来について、PA66 の耐熱材、シリコンコート層、インフレーター由来のいずれかを確認した。未展開・未洗浄、展開・未洗浄、展開・洗浄品のそれぞれでの Cu の含有量および溶出量を確認する追加試験【1】および Cu の含有量を確認すると同時に、断面 EPMA 分析による Cu の目視確認を行う追加試験【2】を実施した。

②シリコンコートがあるエアバッグ布でのみ Cu 溶出試験で NG となる理由について、シリコンコートが水をはじくため、洗浄では除去するのが難しい又はシリコンコート層内に Cu が入り込み、洗浄では出てこないといった仮説を立てた。断面 EPMA 分析による Cu の目視確認を行う追加試験【2】を実施した。

③シリコンコートがあるエアバッグ布でも特定メーカーのみ Cu 溶出試験で NG となる理由について、特定メーカーのエアバッグ布で使用されているシリコン層の厚みが異なるのではないかと、特定メーカーのインフレーターで Cu が多く使用されているのではないかとという仮説を立てた。そのため、他社品で Cu の値が基準値内に収まったエアバッグ布でシリコンコート層の厚み確認を行う追加試験【3】を実施した。

④洗浄では除去できない Cu が溶出試験で溶出する理由については、そもそもの洗浄時間が短いのではないかと、また溶出試験ではエアバッグ布を小さく切り刻んでいるため、切断端部から Cu が溶出しやすくなるのではないかとという仮説を立てた。洗浄時間を延長することで基準値内に収まること想定し、追加試験【4】を実施した。

① 展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出される Cu の由来

展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出される Cu の由来を確認するため、未展開・未洗浄、展開・未洗浄品、展開・洗浄品の Cu の含有量および溶出量を計測した。結果を表 2-67 に示す。

表 2-67.未展開・未洗浄、展開・未洗浄、展開・洗浄品の Cu 含有量および溶出量

Cu 1		未展開・未洗浄	展開・未洗浄	展開・洗浄
ピンク	含有量	58 ppm	900 ppm	160 ppm
	溶出量	0 ppm	2	120 ppm 3
白	含有量	64 ppm	400 ppm	110 ppm
	溶出量	6.6 ppm		13 ppm

出所：TRC

1の未展開・未洗浄品の含有量、溶出量結果から、ピンク品の含有量が58ppmに対して、溶出量は0ppm、白品は含有量が64ppmに対して溶出量が6.6ppmであった。このことから、PA66耐熱剤由来のCuは溶出試験ではあまり溶出しなかった。

2の展開・未洗浄品の含有量、溶出量結果から、ピンク品の含有量は900ppm、白品の含有量は400ppmであった。展開後・未洗浄品では、ピンク品のCu含有量のほうが白品よりも多かった。

3の未展開・未洗浄、展開・未洗浄、展開・洗浄品の含油量比較では、ピンク品が未展開・未洗浄品が58ppm、展開・未洗浄品が900ppm、展開・洗浄品が160ppmであった。白品は未展開・未洗浄品が64ppm、展開・未洗浄品が940ppm、展開・洗浄品が110ppmであった。ピンク品は白品よりも洗浄後も残存Cuが多く存在すると推定される。

② シリコンコートがあるエアバッグ布でのみCu溶出試験でNGとなる理由

展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出されるCuの由来およびCuがどこの層に含まれているのか目視でも確認するため、未展開・未洗浄、展開・未洗浄、展開・洗浄品の断面EPMA分析を実施した。分析結果を表2-68に示す。

表 2-68. 未展開・未洗浄、展開・未洗浄、展開・洗浄品の断面EPMA分析

	未展開・未洗浄	展開・未洗浄	展開・洗浄																																																																								
SEM像																																																																											
Si マッピング																																																																											
Cu マッピング																																																																											
	<p>COMPO Lv. Area% Si Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>3900</td><td>0.7</td><td>25.0</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>1775</td><td>90.1</td><td>12.8</td><td>19.0</td></tr> <tr><td>-350</td><td>0.0</td><td>0.5</td><td>78.2</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>1172</td><td>Ave</td><td>1.4</td></tr> </table> <p>Cu Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>2.50</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>33.0</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>0.84</td></tr> </table> <p>プロジェクト: 3_0001_MAP 3</p> <p>加速電圧 15.0 kV 照射電流 4.085E-008A ビーム形状: SPOT ビーム径 0.0 (um) 時間(ms) 10.00 点数 256 X 192 間隔 (um) X 2.50 Y 2.50 長さ (um) X 640.00 Y 480.00</p> <p>Cu WDS "Group"</p>	3900	0.7	25.0	0.3	1775	90.1	12.8	19.0	-350	0.0	0.5	78.2	Ave	1172	Ave	1.4	2.50	0.1	1.40	0.4	0.30	33.0	Ave	0.84	<p>COMPO Lv. Area% Si Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>4100</td><td>0.0</td><td>25.0</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>1925</td><td>90.8</td><td>12.8</td><td>14.3</td></tr> <tr><td>-250</td><td>0.0</td><td>0.5</td><td>80.2</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>1212</td><td>Ave</td><td>1.5</td></tr> </table> <p>Cu Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>2.50</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>36.8</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>0.32</td></tr> </table> <p>プロジェクト: ten_0001_MAP ten</p> <p>加速電圧 15.0 kV 照射電流 4.084E-008A ビーム形状: SPOT ビーム径 0.0 (um) 時間(ms) 10.00 点数 256 X 192 間隔 (um) X 2.50 Y 2.50 長さ (um) X 640.00 Y 480.00</p> <p>Cu WDS "Group"</p>	4100	0.0	25.0	0.9	1925	90.8	12.8	14.3	-250	0.0	0.5	80.2	Ave	1212	Ave	1.5	2.50	1.3	1.40	1.6	0.30	36.8	Ave	0.32	<p>COMPO Lv. Area% Si Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>3900</td><td>0.6</td><td>25.0</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>1775</td><td>8.7</td><td>12.8</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>-350</td><td>90.6</td><td>0.5</td><td>83.3</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>1089</td><td>Ave</td><td>0.9</td></tr> </table> <p>Cu Conc% Area%</p> <table border="1"> <tr><td>2.50</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>1.40</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>0.30</td><td>32.0</td></tr> <tr><td>Ave</td><td>0.20</td></tr> </table> <p>プロジェクト: 7_0001_MAP 7</p> <p>加速電圧 15.0 kV 照射電流 4.106E-008A ビーム形状: SPOT ビーム径 0.0 (um) 時間(ms) 10.00 点数 256 X 192 間隔 (um) X 2.50 Y 2.50 長さ (um) X 640.00 Y 480.00</p> <p>Cu WDS "Group"</p>	3900	0.6	25.0	0.5	1775	8.7	12.8	2.4	-350	90.6	0.5	83.3	Ave	1089	Ave	0.9	2.50	0.1	1.40	0.4	0.30	32.0	Ave	0.20
3900	0.7	25.0	0.3																																																																								
1775	90.1	12.8	19.0																																																																								
-350	0.0	0.5	78.2																																																																								
Ave	1172	Ave	1.4																																																																								
2.50	0.1																																																																										
1.40	0.4																																																																										
0.30	33.0																																																																										
Ave	0.84																																																																										
4100	0.0	25.0	0.9																																																																								
1925	90.8	12.8	14.3																																																																								
-250	0.0	0.5	80.2																																																																								
Ave	1212	Ave	1.5																																																																								
2.50	1.3																																																																										
1.40	1.6																																																																										
0.30	36.8																																																																										
Ave	0.32																																																																										
3900	0.6	25.0	0.5																																																																								
1775	8.7	12.8	2.4																																																																								
-350	90.6	0.5	83.3																																																																								
Ave	1089	Ave	0.9																																																																								
2.50	0.1																																																																										
1.40	0.4																																																																										
0.30	32.0																																																																										
Ave	0.20																																																																										

出所: TRC

未展開・未洗浄品では以下が判明した。

- シリコン層には Cu は存在しない
- シリコンは表層のみではなく、一部、PA66 糸間にもシリコンが存在している
- Cu は PA66 糸束に存在 (① の結果より、この Cu は溶出しないと推定される)
- PA66 糸間に Cu が存在するが、その理由は不明

展開・未洗浄では青い染みが多数存在したため、染みの部分の断面の分析を実施したところ、以下が判明した。

- Cu がシリコン層表面にまんべんなく検出
- 一部、シリコン層内部においても Cu が検出 (シリコン層で検出されたことにより、インフレーター由来と推定)

上記から、シリコン層内部の Cu は通常の洗浄では除去できない可能性が考えられる。

展開・洗浄品は洗浄後であり、青い染み部分が見当たらなかったため、任意の個所を断面作成し、分析を実施したところ、以下が判明した。

- シリコン表面において Cu はほぼ検出されなかった
- PA66 糸束に存在する Cu は検出された

上記から、シリコン層表面の Cu は洗浄で除去されると推定される。PA66 糸束に存在する Cu は溶出しづらいことが再度確認された。

これらのことから、以下の考察を行った。

- PA66 中に存在する (最初から存在する) Cu は洗浄によって溶出しないことを目視でも確認
- エアバッグを展開することにより、インフレーター由来の Cu がエアバッグ布表面に付着。表面に付着した Cu は洗浄により除去可能
- 展開後、シリコン層の内部にまでインフレーター由来の Cu が存在することを確認

③ シリコンコートがあるエアバッグ布でも特定メーカーのみ Cu 溶出試験で NG となる理由

先述したように、Cu 溶出試験で NG となる理由について、特定メーカーのエアバッグ布で使用されているシリコン層の厚みが異なることによるのではないかと、特定メーカーのインフレーターで Cu が多く使用されているのではないかとという仮説を立てた。

シリコン層の厚み等、エアバッグ布の構造に違いがないかを調べるために、展開・洗浄後の Cu の溶出量が基準値を超えた色付き品と、基準値内であった色付き品において、断面 EPMA 分析を実施した。分析結果を表 2-69 に示す。場所による違いがあるかもしれないが、今回の断面観察の結果から、両者に大きな違いはみられなかった。

表 2-69.基準値越えピンク品および基準値内ピンク品のシリコン層の断面 EPMA 分析

	基準値越えピンク品	基準値内ピンク品
SEM像		
Si マッピング		
Cu マッピング		
	<p>COMPO Lv Area% Si Conc % Area% 3900 0.7 25.0 0.3 1775 90.1 12.8 19.0 -350 0.0 0.5 78.2 Ave 117.2 Ave 1.4</p> <p>Cu Conc % Area% 2.50 0.1 1.40 0.4 0.30 33.0 Ave 0.84 66.4</p> <p>プロット: 3_0001_MAP 3</p> <p>加速電圧 15.0 kV 照射電流 4.085E-008A E-ム形状 SPOT E-ム径 0.0 (um) 検出器 (mm) 10.00 点数 256 X 192 幅 (um) X 2.50 Y 2.50 長さ (um) X 640.00 Y 480.00</p> <p>Cu WDS "Group"</p>	<p>COMPO Lv Area% Si Conc % Area% 3700 0.9 25.0 0.3 1725 89.7 12.8 21.9 -250 0.0 0.5 75.4 Ave 111.8 Ave 1.0</p> <p>Cu Conc % Area% 2.50 0.1 1.40 0.3 0.30 34.0 Ave 0.21 65.6</p> <p>プロット: 9_0001_MAP 9</p> <p>加速電圧 15.0 kV 照射電流 4.077E-008A E-ム形状 SPOT E-ム径 0.0 (um) 検出器 (mm) 10.00 点数 256 X 192 幅 (um) X 2.50 Y 2.50 長さ (um) X 640.00 Y 480.00</p> <p>Cu WDS "Group"</p>

出所：TRC

④ 洗浄では除去できない Cu が溶出試験で溶出する理由

先述したように、シリコン層内部に存在する Cu は洗浄では除去できなかったが、そもその洗浄時間が短い可能性があること、溶出試験ではエアバッグ布を 5mm 角に切断し 1 時間浸透させているため、切断端部から Cu が溶出しやすくなる可能性がある。そのため、1 回洗浄した状態のエアバッグ布 (Cu 含有量は 230ppm) を用いて、洗浄時間を倍に設定した際の Cu 含有量の変化と、同エアバッグ布を 5mm 角に切断し、洗浄による溶出量の変化を確認した。

洗浄時間を倍に設定した際のエアバッグ布に含まれる Cu 含有量は 190ppm であった。これにより、洗浄時間を長くすることでエアバッグ布に含まれる Cu 含有量が減少することが分かった。

1 回洗浄した状態のエアバッグ布を 5mm 角に切断し溶出試験を模擬したところ、同エアバッグ布の Cu 含有量は 140ppm であった。これにより、洗浄時間を長くしたエアバッグ布よりも Cu 含有量が少なくなったため、切断端部からの Cu 溶出量が増加したことが分かった。

この結果、洗浄時間の延長によりエアバッグ布の Cu 含有量は減少するが、AFIRM で検査する Cu 溶出試験では布を 5mm 角に切断するため Cu が溶出しやすいことを把握した。

⑤ 結論

①～④の疑問点に対する分析結果のまとめを表 2-70 に示す。試験結果から、溶出試験で確認された Cu はインフレーター由来であることが分かった。この Cu はシリコン層内部に取り込まれたものと推測される。シリコン層内部に取り込まれた Cu は通常の洗浄では除去しきれないが、洗浄時間を延長したものの、Cu の溶出試験では AFIRM の基準値内には収まらない可能性があることが予想されたことから、色付きのエアバッグ布はアパレル・フットウェア以外での使用を推奨する。

表 2-70.①～④の疑問点に対する分析結果のまとめ

疑問点	結果
①展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出されるCuの由来は？	ナイロン耐熱剤由来のCuは溶出試験ではあまり溶出ししない。 展開後・未洗浄品では、ピンク品のほうが白品よりもCu含有量が多い。 ピンク品は洗浄後も残存Cuが多く存在すると推定。
②シリコンコートがあるエアバッグ布でのみCu溶出試験でNGとなる理由は？	ナイロン中に存在する（最初から存在する）Cuは洗浄によって溶出し ないことを目視で確認。 展開することにより、インフレーター由来のCuがエアバッグ布表面に付 着。表面に付着したCuは洗浄により除去できる。 展開後、シリコン層の内部にまでインフレーター由来のCuが存在する ことを確認。
③シリコンコートがあるエアバッグ布でも特定メーカーのみCu溶出試験でNGとなる理由は？	場所による違いがあるかもしれないが、今回の断面観察の結果から、両 者に大きな違いは見られなかった。
④洗浄では除去できないCuが溶出試験で溶出する理由は？	洗浄時間の延長によりエアバッグ布のCu含有量は減少するが、AFIRM で検査するCu溶出試験では布を5mm角に切断するためCuが溶出し やすいことを把握した。

出所：TRC

(7) エアバッグ内のガス・白い粉・青い液体・異物分析

エアバッグ展開後、即座に丸カッターもしくはハサミでエアバッグ布の切取り・回収を行うが、その際、作業者はエアバッグ内部から発生する白煙に曝露された状態で作業を行っている。今回、その白煙は人体に影響があるかどうかを調査した。また、白煙の現地サンプリングの際、エアバッグ内部を確認したところ、粒子状異物が存在し、また一部の車体では、青色の液体が存在した。それらが一体何なのかについても調べることにした。

① サンプリング

サンプリングは、リバー柏事業所で実施。エアバッグ展開後、エアバッグ内部にチューブを差し込み、ポンプで吸引することによって、サンプリングバックにガスを捕集した。なお、白い粉に関してもガスと同時に回収した。

ガスに関しては、①無機ガス、②低沸点有機化合物、③中高沸点有機化合物、④酸、アミン類の4つの分析項目を実施した。①無機ガスおよび②低沸点化合物に関しては、ガスの状態で分析に供した。一方、③中高沸点有機化合物および④酸・アミン類は、それぞれ、吸着材およびインピンジャー（pHを調製した超純水）に一旦捕集したのちに分析に供した。なお、吸着材捕集およびインピンジャー捕集に関しては、サンプリングバックへの目的成分の吸着をできる限り防ぐため、現地にて作業を行った。

白い粉に関して、得られたサンプリングバックを持ち帰り確認したところ、内部壁面に付着していることが確認された。この付着物を採取し、分析に供した。

青色の液体について、エアバッグ布をTRCに持ち帰り確認したところ、液体が蒸発・乾燥し、青色付着物がみられた。この青色付着物を分析対象とした。

異物については、様々な形状・大きさ・色のものがエアバッグ内部に存在した。色合いの異なる3つ程度をピックアップし、分析に供した。

② 分析対象および測定方法

分析項目および対象車種を表2-71に示す。ガス分析は普通車1車種（運転席・助手席）、軽自動車1車種（運転席・助手席）を対象とした。白い粉に関して、ガス採取時に最も多く採取できた軽自動車運転席のものを使用した。青い液体に関しては、普通車の運転席・助手席でのみ観測されたため、この2車体を分析対象とした。異物については、2車種を対象とし、任意の3つ程度の異物を分析に供した。

なお、普通車の運転席に関しては、最初のガスサンプリング対象であったこともあり、一部、エアバッグ外気も捕集している可能性がある。また、運転席のエアバッグ内部ガスの採取後、助手席のエアバッグ内部ガスを採取したため、助手席側は、運転席側作業時に一部のガスが抜けていると推測される。

表 2-71.分析項目および対象車種

分析内容		分析手法	普通車		軽自動車	
			運転席	助手席	運転席	助手席
ガス (気体)	・無機ガスの定性・定量	IR	○	○	○	○
	・低沸点有機物の定性・定量	HS-GC/MS	○	○	○	○
	・中高沸点有機物の定性・定量	吸着管捕集+熱脱着GC/MS	○	○	○	○
	・酸・アミン類の定性・定量	インピンジャー捕集+IC	○	○	○	○
白い粉の定性		IR, 元素分析	—	—	○	—
青い液体の定性		IR, 元素分析	○	○	—	—
異物の定性		IR, 元素分析	○ 3つ程度	○ 3つ程度	○ 3つ程度	○ 3つ程度

GC/MS : Gas Chromatography/Mass Spectrometry

HS : Head Space

IR : Infrared Spectroscopy

IC : Ion Chromatography

出所 : TRC

・ガス分析

無機ガスの分析結果を表 2-72 に示す。CO₂が多いが、これは、インフレーター作動時に生じたガスであると考えられる。また、CO および NH₃ が比較的多く検出されている。日本産業衛生学会が提唱しているこれらガス成分の許容濃度は、それぞれ CO が 50ppm、NH₃ が 25ppm であり、特に CO については大きく上回る濃度で検出された。

なお、CO に関して、助手席側で少ないが、これは、ガスサンプリングの順番に起因すると予想される。一方、NH₃ に関しては、普通車の助手席で普通車の運転席よりも多く検出された。これは、インフレーターで使用される酸化剤や還元剤の種類の違いなどに起因する可能性がある。

表 2-72.無機ガスの分析結果

検出成分	普通車		軽自動車	
	運転席	助手席	運転席	助手席
CO ₂	1.60%	0.52%	0.93%	0.08%
CO	1100 ppm	270 ppm	1500 ppm	20 ppm
CH ₄	36 ppm	27 ppm	32 ppm	2 ppm
N ₂ O	190 ppm	87 ppm	56 ppm	4 ppm
NO	2-3 ppm	-	-	-
NO ₂	10 ppm	4 ppm	-	1 ppm
NH ₃	43 ppm	130 ppm	78 ppm	12 ppm

出所 : TRC

次に、低沸点有機化合物および中・高沸点有機化合物の分析結果を表 2-73、表 2-74 に示す。

表 2-73.低沸点有機ガスの分析結果

検出時間 (分)	推定化合物名	vol/ppm			
		普通車		軽自動車	
		運転席	助手席	運転席	助手席
3.06	Ethylene	12	7.1	18	0.3
3.51	Ethane	1	1.5	1.9	
5.7	Ethanedinitrile	0.59	0.37	7.1	0.19
6.36	Propylene	1.9	4.7	6	
6.73	Propane		1.5	1	
6.79	Chloromethane	0.46			
6.8	Propyne			0.97	
6.96	C3H4			1.6	
8.72	Acetaldehyde	1.2	1.7	1.8	
10.48	C4H8	0.57	3.8	2	0.22
10.61	C4H6		0.42	1.3	
10.91	Butane		1		0.19
11.09	C4H8		0.4		
11.78	Acetonitrile	0.91		3	
12.4	2-Propenal + Furan			0.73	
12.86	Propanal	0.37	0.48	0.54	
13.09	Acetone	0.38	0.82	0.53	
13.6	Acrylonitrile	0.73		2.3	
13.99	C5H12				0.21
14.51	Pentane				0.2
15.07	Propanenitrile			0.38	
16.32	Butanal		0.31	0.38	
16.45	Methyl ethyl ketone		0.32		
17.11	C6H14				0.16
17.3	C6H12			0.31	
17.35	C6H14				0.15
17.63	C6H14				0.21
18.02	Benzene	1.3	0.51	3.1	0.14
TOTAL		21	25	53	2

出所：TRC

表 2-74.中高沸点有機ガスの分析結果

検出時間 (分)	推定化合物名	普通車		軽自動車	
		運転席	助手席	運転席	助手席
6.1	Toluene	0.31	0.54	0.78	0.33
6.3	Methylheptane				0.029
6.4	Pentanenitrile			0.17	
6.8	Methyl isobutyl ketone		0.11		
6.8	Cyclopentanone	0.49	0.25	2.8	0.22
7.1	Octane				0.025
7.5	Butyl acetate		0.05		
7.5	Hexamethylcyclotrisiloxane	0.18		0.068	
8	Cyclopentenone			0.2	
8.9	Ethylbenzene	0.036	0.098	0.21	0.063
9.1	Xylene	0.079	0.18	0.19	0.17
9.3	Ethynylbenzene	0.029		0.19	
9.5	Valerolactam			0.093	
9.7	Styrene+Xylene	0.049	0.15	0.17	0.068
9.8	Butyl acrylate		0.13	0.046	
10.5	脂環式化合物 (C8H12)			0.055	
11.4	C3アルキルベンゼン				0.021
11.5	炭化水素			0.056	
11.6	C3アルキルベンゼン		0.045		0.054
11.6	Benzaldehyde	0.11	0.07	0.14	
11.6	C3アルキルベンゼン				0.024
11.7	Hexyl isocyanate			0.047	
11.8	C3アルキルベンゼン				0.026
11.9	Octamethylcyclotetrasiloxane	0.03	0.023	0.065	0.018
12	C3アルキルベンゼン				0.019
12.2	Benzonitrile	0.1	0.051	0.18	
12.4	Trimethylbenzene	0.026	0.045		0.063
13.1	C3アルキルベンゼン				0.014
13.1	2-Ethylhexyl alcohol		0.052		
14.1	Acetophenone	0.027		0.11	
16	Benzoic acid	0.035			
16.9	Naphthalene	0.021	0.057	0.37	0.023
19.4	Methylnaphthalene			0.051	
23.2	Phenylmaleic anhydride	0.028			
31.2	Heptadecanenitrile		0.016		
32.9	多環芳香族		0.015		
34	含O化合物		0.068		
34.1	含O芳香族化合物	0.022			
34.4	含O芳香族化合物	0.016			

出所：TRC

低沸点有機化合物としては、エチレンやプロピレンなどが比較的多く検出された。これらは有機物の燃焼時によく検出されるガス成分であり、インフレーター起動時に有機物が熱分解し、発生した可能性がある。その他、アセトアルデヒドやベンゼンなどが検出された。中高沸点化合物としては、トルエンやキシレンなどアルキルベンゼンが主として観測された。ただし、ほとんどの化合物の検出濃度は 1ppm 以下であった。

最後に、酸およびアミン類の分析結果を表 2-75 に示す。無機ガスの分析結果同様、アンモニウムイオンが比較的高濃度検出された。その他にも、シアン酸が検出された検体も存在したが、その由来は不明である。

表 2-75.酸・アミン類の分析結果

検出成分	普通車		軽自動車	
	運転席	助手席	運転席	助手席
F ⁻	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
Cl ⁻	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
NO ₂ ⁻	3	2	2	0.4
CNO ⁻	0.5	<0.3	5	<0.3
Br ⁻	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
NO ₃ ⁻	7	2	4	<0.2
SO ₄ ²⁻	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
PO ₄ ³⁻	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
NH ₄ ⁺	80	200	50	30
メチルアミン	<4	<4	<4	<4
ジメチルアミン	<2	<2	<2	<2
トリメチルアミン	<2	<2	<2	<2
テトラメチルアンモニウム	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9
エタノールアミン	<20	<20	<20	<20
ジエタノールアミン	<5	<5	<5	<5
トリエタノールアミン	<9	<9	<9	<9
グアニジウムイオン	<2	<2	<2	<2

出所：TRC

・白い粉の分析

白い粉の分析結果を図 2-38 に示す。IR スペクトルでは、(亜)硝酸塩、塩素酸塩由来と推定される吸収が観測された。元素分析においては、K や Sr などが主に観測された。これらのことより、硝酸塩（例えば硝酸 K や硝酸 Sr）や塩素酸塩（例えば塩素酸 K など）が白い粉の主な構成成分であると推定された。

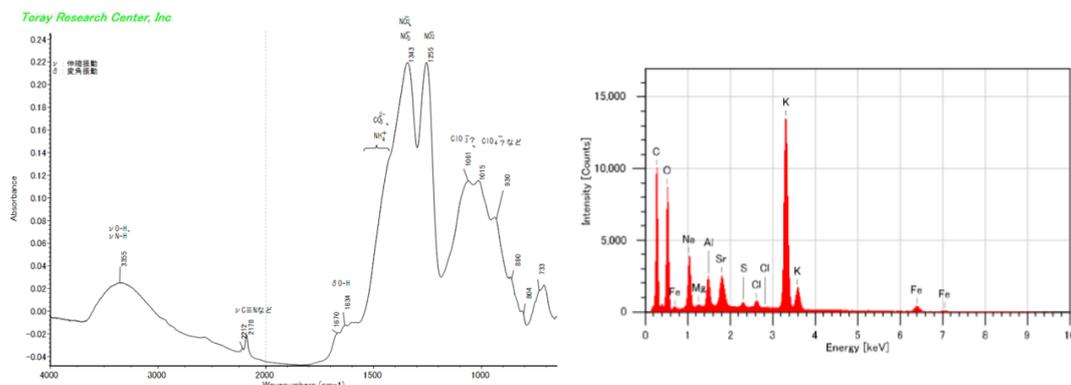


図 2-38. 白い粉の分析結果（左：IR スペクトル 右：元素分析の結果）

出所：TRC

・青い液体の分析

青い液体の組成を調べるために、エアバッグ内側に付着した青色の付着物について IR および元素分析を実施した。青色付着物の分析結果を図 2-39 図 2-40 に示す。2 か所分析を実施したが、いずれも Cu が検出されたため、青色の由来は Cu であると推定された。また、IR スペクトルで硝酸塩由来の吸収、元素分析で塩素が検出されたことより、検出された Cu は、硝酸 Cu や塩化 Cu として存在する可能性が考えられた。その他にも、普通車助手席側の IR スペクトルでは高強度にシアン酸由来の吸収が観測され、シアン酸もしくは類似化合物が存在すると考えられた。

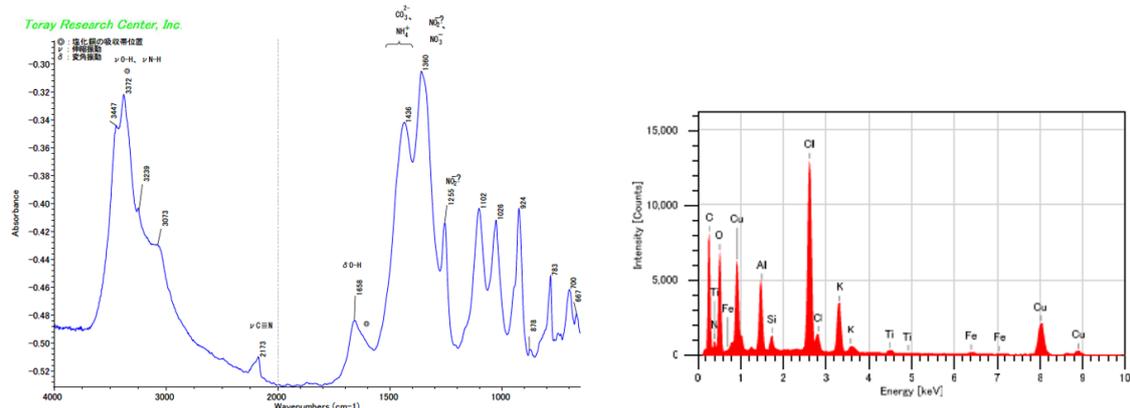


図 2-39. 青色付着物（普通車の運転席）の分析結果

（左：IR スペクトル 右：元素分析の結果）

出所：TRC

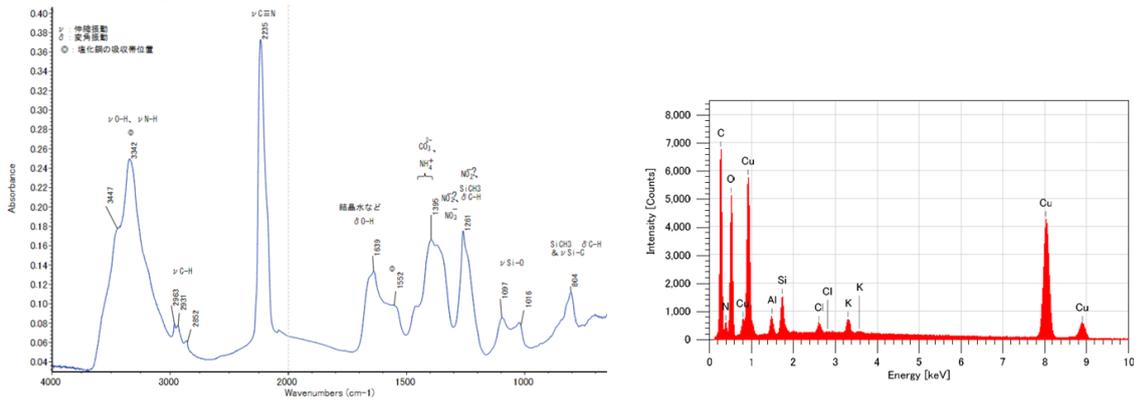


図 2-40.青色付着物（普通車の助手席）の分析結果
 (左：IR スペクトル 右：元素分析の結果)
 出所：TRC

・異物の分析

異物分析結果を表 2-76 に示す。エアバッグ内側に存在した異物を 3 点ずつピックアップし、IR および元素分析を実施した。その結果、以下のような異物が存在すると推定された。なお、様々な成分の混合物として存在しており、以下に示す化合物は代表的な成分例を記載している。

表 2-76.異物分析結果

部位	異物の色	詳細
普通車の運転席	黒色	ナイロン、シリコーン、金属化合物（鉄など）
	ピンク色	シリコーン
	金属光沢	金属化合物（アルミニウムなど）
普通車の助手席	黒～ピンク色	ナイロン、シリコーン、金属化合物（アルミニウム、銅など）
	黄土色	ナイロン
	金属光沢	金属化合物（アルミニウム、銅など）
軽自動車の運転席	黒色	ストロンチウムを含む成分
	灰色	金属化合物（鉄、アルミニウムなど）
軽自動車の助手席	赤色	ナイロン
	白色	ナイロン
	金属光沢	金属化合物（アルミニウム）

出所：TRC

③ 考察

(7)エアバッグ内のガス・白い粉・青い液体・異物分析のガス・白い粉・青い液体・異物の現地サンプリングを行った結果をもって、(2)展開後・未洗浄品分析(1回目・2回目回収品)、(3)展開後・洗浄品分析(1回目・2回目回収品一部)結果について考察する。エアバッグ布の安全に対して懸念された分析結果抜粋を表 2-77 に示す。

表 2-77.(2)展開後・未洗浄品分析(1回目・2回目回収品)において
懸念された分析結果抜粋

実施内容	車 格 :		軽自動車						普通車									
	部 位 :		運転席側			助手席側												
	年 式 :		2009年以前		2010年以降		2009年以前		2010年以降		2009年以前							
総合判定			FAIL		FAIL		FAIL		PASS		FAIL	PASS		PASS				
規制物質 の把握	銅 (Cu) (mg/kg)	大人 : 50 ppm 子供/乳幼児 : 25 ppm	○	38	×	170	×	70	○	6	○	16	○	35	×	53	○	8
	酸性とアルカリ性物質 (pH)	4.0-7.5	×	8.2	×	7.6	○	6.3	○	6.6	×	9.1	○	6.3	○	6.5	○	6.5
化学物質 の把握	重金属	銅 (Cu)	60		400		500		70		70		200		400		70	
	(PA中を含む)	ストロンチウム (Sr)	100		1		0.9		2		600		0.4		60		60	
	(mg/kg)	アルミニウム (Al)	200		300		10		20		400		40		100		10	
		カリウム (K)	300		600		300		600		700		300		100		100	
		鉄 (Fe)	20		200		4		20		70		6		3		10	
		酸、アミン類 (溶出量)	アンモニウムイオン (NH ₄ ⁺)	2		1		3		<0.5		0.6		3		1		<0.5
(mg/kg)	塩素イオン (Cl ⁻)	60		20		10		200		90		40		50		40		

出所 : TRC

規制物質分析のうち、Cuの溶出量分析において、一部のエアバッグ布で判定「×」と診断された件について考察する。今回、青色付着物や異物の分析を行ったところ、インフレーター由来と推定されるCuが存在することが判明した。これらが溶出した(つまり、規制物質分析で検出された)Cuの由来と推定される。一方、エアバッグ布全体の無機分析で検出されたCuは、溶出するCuの量よりも多い。これはPA66中に含まれる添加剤としてのCu含有量よりも多いため、インフレーター作動後にPA66中に残存したCuであると予想される。

次に、規制物質分析のうち、pH測定において、一部のエアバッグ布で「×(塩基性)」と診断された件について考察する。今回、ガス分析においてNH₄が検出され、これが原因の一つと考えられる。一方、エアバッグ布の水溶出物のIC分析の結果、NH₄の検出量とpHに相関は認められなかった。その一方でSrの存在量とpHに相関が認められた。今回、異物の分析を行ったところ、Srが検出される車体が一部存在した。硝酸Srについては、インフレーター酸化剤として使用される場合がある。また、硝酸Srは水と反応することによって、水酸化Srに変化するが、水酸化Srは強塩基性を示す。このことより、SrがpH塩基性を示す要因の可能性も考えられる。

最後に、エアバッグ布全体の無機元素分析の結果、Al、K、Feなどが検出された件について考察する。これらの元素の由来に関しては、前項分析時においては不明であった。今回、異物の分析を行った結果、これら無機物に由来する異物が多数検出された。これらのことよ

り、インフレーター作動時に発生した異物の一部がエアバッグ布に付着し、それらを検出したものと推察される。

上記のことより、エアバッグ布自身の分析で安全性に懸念があるとされた化合物は硝酸 Cu、硝酸 Sr、塩素酸 K など、概ねインフレーター酸化剤や還元剤由来と考えられる。

2.3.2. 作業者の安全性

(1) エアバッグ展開時の車室内ガス・異物分析

① ドア 1 枚開放時

ガス分析項目で述べたように、エアバッグ内部のガスを測定した結果、日本産業衛生学会が設定している基準値を超える濃度が CO および NH₃ の一部で検出された。

日本産業衛生学会では屋内環境下において平均許容濃度の基準を設定している。労働者が 1 日 8 時間、週間 40 時間程度肉体的に激しくない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該有害物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんど全ての労働者に健康上の悪い影響がみられないと判断される濃度である。曝露濃度とは、呼吸保護具を装着していない状態で、労働者が作業中に吸入するであろう空気中の当該物質の濃度である。

表 2-78.無機ガスの分析結果（2023 年度）および日本産業衛生学会基準値

検出成分	普通車		軽自動車		日本産業衛生学会基準値 (ppm)
	運転席	助手席	運転席	助手席	
CO ₂	1.60%	0.52%	0.93%	0.08%	—
CO	1100 ppm	270 ppm	1500 ppm	20 ppm	50
CH ₄	36 ppm	27 ppm	32 ppm	2 ppm	—
N ₂ O	190 ppm	87 ppm	56 ppm	4 ppm	—
NO	2-3 ppm	-	-	-	25
NO ₂	10 ppm	4 ppm	-	1 ppm	—
NH ₃	43 ppm	130 ppm	78 ppm	12 ppm	25

出所：TRC、日本産業衛生学会

作業者の健康被害が懸念されるため、改めて、現場ガスサンプリングを行い、その対策を考えることとした。なお作業状況を変化させてガスを測定するため、エアバッグ展開後にエアバッグを絞る方法と、絞らずにそのまま放置する方法の2パターンを設定した。そのほか車室内の換気を考え、扇風機を使用する方法と、使用しない2パターンを設定した。

パターン①：ABを絞り、扇風機を使用する

パターン②：ABを絞り、扇風機を使用しない

パターン③：ABを絞らず、扇風機を使用しない

※②'はIC分析のためNH₃測定を実施

許容濃度は、日本産業衛生学会基準値を適用させている。パターン①と②の結果から、扇風機で発生するガスの換気が少しなされている程度にとどまった。パターン③では、時間の経過とともにAB内から徐々にCOが放出された。ガスの吸引時間はいずれのパターンも30秒間で実施した。

表 2-79.分析水準（測定タイミングと手法）

パターン		①	②	②'	③	
分析手法		IR	IR	IC (NH ₃ のみ)	IR	
エアバッグ絞る		有	有	有	無	
扇風機		有	無	無	無	
ガス採取 タイミング	展開前車室内			○ ②-1	○ ②'-1	
	エアバッグ展開直後	0～30秒	○ ①-1	○ ②-2	○ ②'-2	○ ③-1
	エアバッグ裁断後	30秒～60秒	○ ①-2	○ ②-3	○ ②'-3	
		60秒～90秒	○ ①-3	○ ②-4	○ ②'-4	
		5分30秒～6分				○ ③-2
		10分30秒～11分				○ ③-3
		11分後				○ ③-4

出所：TRC

表 2-80.ガス測定結果

測定タイミング		検出成分 ppm	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO	NO ₂	NH ₃
		許容濃度 ppm	5,000	50	設定されて いない	設定されて いない	25	設定されて いない	25
エアバッグ展開直後	0～30秒	①-1	2800	860	7	10	-	7	-
エアバッグ裁断後	30秒～60秒	①-2	1600	160	3	6	-	9	2～3
	60秒～90秒	①-3	1000	91	2	3	-	4	-
エアバッグ展開前車室内		②-1	570	7	2	-	-	-	<0.5
エアバッグ展開直後	0～30秒	②-2	3200	530	4	13	-	11	98
エアバッグ裁断後	30秒～60秒	②-3	1800	300	5	7	-	10	44
	60秒～90秒	②-4	820	66	4	2	-	3	8.8
エアバッグ展開直後	0～30秒	③-1	3200	550	4	8	-	15	-
エアバッグ裁断後	5分30秒～6分	③-2	490	5	2	-	-	-	-
	10分30秒～11分	③-3	500	7	2	-	-	-	-
	11分後	③-4	490	3	2	-	-	-	-

※②のNH₃はIC分析の結果を採用

出所：TRC



図 2-41.ガス採取の様子

出所：矢野経済研究所

表 2-80 の①および②の結果から、CO および NH₃ の計測値で許容濃度を超える結果となった。このうち、NH₃ よりも拡散性が低い CO の平均曝露濃度への対策が必要となる。日本産業衛生学会の基準値について、平均曝露濃度が許容濃度以下であれば健康上問題はほぼ起きないとされる濃度であり、瞬時値が超えても問題はない。

①-1 の CO 濃度が最も高い値であるが、エアバッグ展開直後の 30 秒間は人が車室内に立ち入らないため、除外すると、最も高い値は②ということとなる。②について、AB 展開後 30 秒～1 分 30 秒の平均 CO 濃度は 183ppm ((300ppm+66ppm) ÷ 2) であり、平均許容濃度の 3.7 倍 (183ppm ÷ 50ppm) と計算される。1 台当たりのエアバッグ布・シートベル

ト切り作業時間（主に車室内での作業）は台当たり 100 秒以下のため、1 台の作業で CO の平均許容濃度が 50ppm 以下になるために必要な時間は 6 分/台（ $3.7 \times 100 \text{ 秒} \div 60 \text{ 秒}$ ）と計算される。現状の作業から、エアバッグ展開からエアバッグ布取り外し等の作業で 2 分 10 秒程度であり、残りの 3 分 50 秒は別作業を行う必要がある（図 2-42）。解体事業者からは待ち時間が長いという意見も聞かれたため、より待ち時間を短くできる方法を検討した。

エアバッグ内側に存在した異物を 3 点ずつピックアップし、IR および元素分析を実施した。その結果、Sr 系化合物、Al や Fe を含む金属化合物、その他エアバッグ布の破片などが検出された。

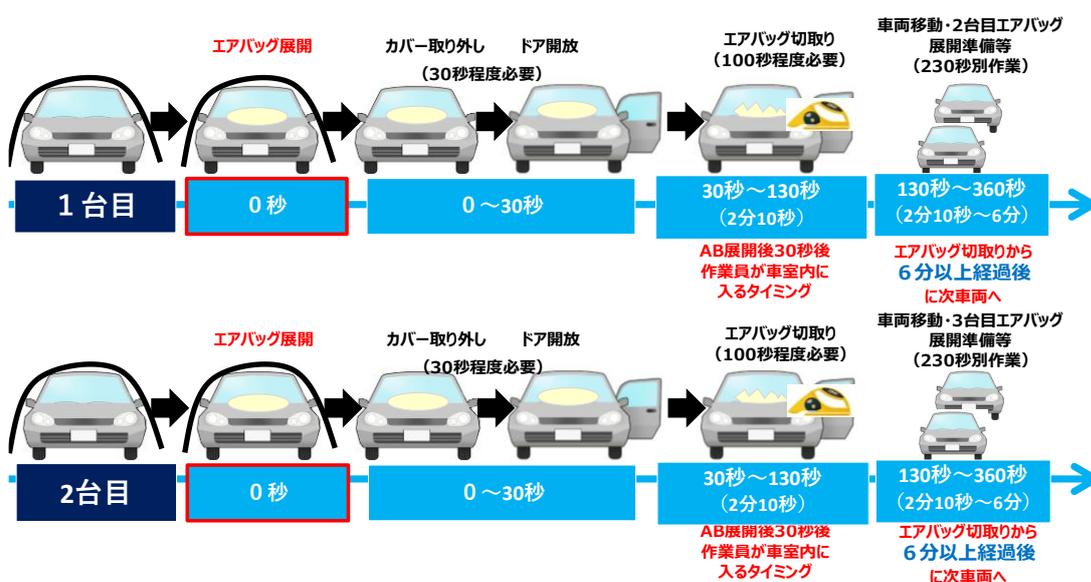


図 2-42.CO 濃度を考慮したエアバッグ展開時の作業時間（ドア 1 枚開放）

出所：矢野経済研究所



図 2-43.回収された異物

出所：TRC

② ドア 4 枚開放時

先述したようにドア 1 枚開放時では、1 台目の作業開始から、2 台目の作業開始までに 6 分間の間隔を開ける必要がある。ただし、解体事業者からは待ち時間が長すぎるという意見が聞かれたため、より CO 濃度が早く下がる方法としてドア 4 枚開放、排煙ダクトの使用を検討することとした。

ドア 4 枚開放時の車室内の CO 濃度計測を実施した。なお、エアバッグ展開を 0 秒として、車体カバーを取り外し、運転席側前後ドア開放、助手席側前後ドア開放、運転席側に戻り、待機時間 0 秒、30 秒、60 秒後でのエアバッグ布切り取り時の車室内の CO 濃度を計測した。なお、待機時間 0 の場合、エアバッグ展開から車室内に人が入るまでに約 25 秒～35 秒外での作業となっており、平均で車室内に人が入るまでを 30 秒とした。

そのほか、また車室内のガスを排煙ダクトで吸引した場合の計測も実施した（排煙ダクトの設置方法を図 2-45 に示す）。ガス採取実験時の作業動線と待機時間を図 2-44 に、条件別エアバッグ展開時の CO 濃度を表 2-81、図 2-46 に示す。

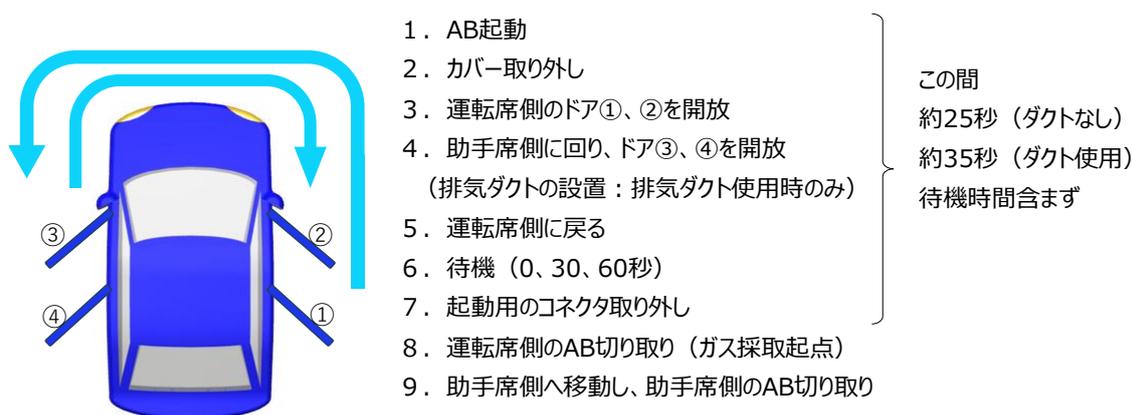


図 2-44. ガス採取実験時の作業動線と待機時間

出所：TRC



図 2-45.排煙ダクトの設置方法

出所：TRC

表 2-81.条件別エアバッグ展開時の CO 濃度

単位：CO濃度：ppm

	条件	30秒	60秒	90秒	120秒	150秒
水準1	ドア 1 枚開放	530	300	66		
水準2	ドア 4 枚開放	141	48	5		
水準3	ドア 4 枚開放、車室内に入るまで30秒待機		10	10	6	
水準4	ドア 4 枚開放、車室内に入るまで60秒待機			2	2	4
水準5	ドア 4 枚開放、排煙ダクトで吸引	5	2	1		

※エアバッグ展開後を 0 秒としている。

出所：TRC

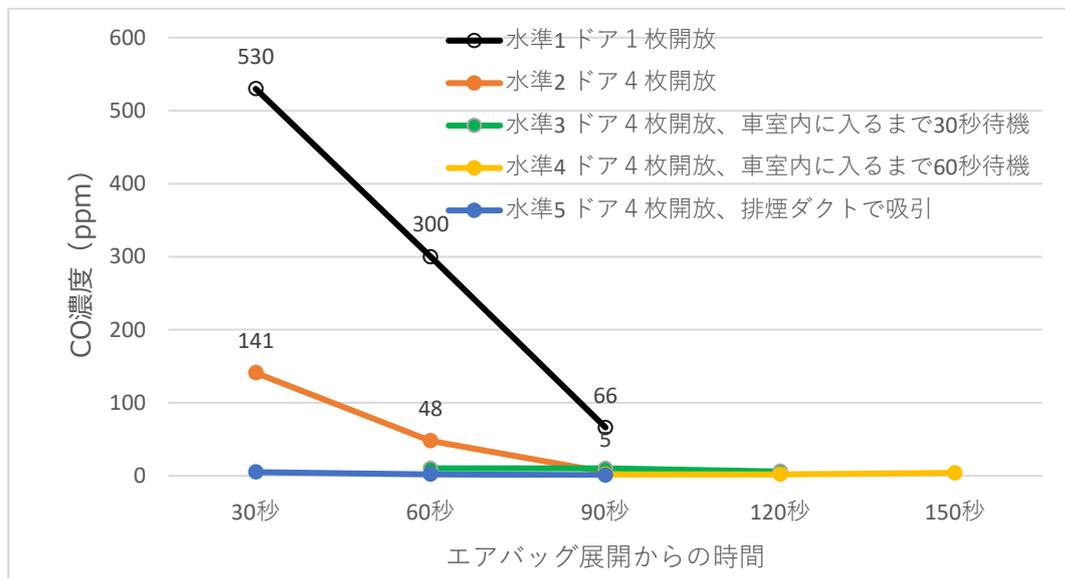


図 2-46. 条件別エアバッグ展開時の CO 濃度

出所：TRC

日本産業衛生学会が提唱しているこれらガス成分の許容濃度は、CO が 50ppm である。ドア 4 枚開放後、30 秒別の作業を実施したのち、エアバッグ布を回収すれば、作業者の安全性を確保できることが分かった (図 2-47)。そのほか、排気ダクトを使用すれば 30 秒待機の必要もなく、大きな効果があることを確認した。

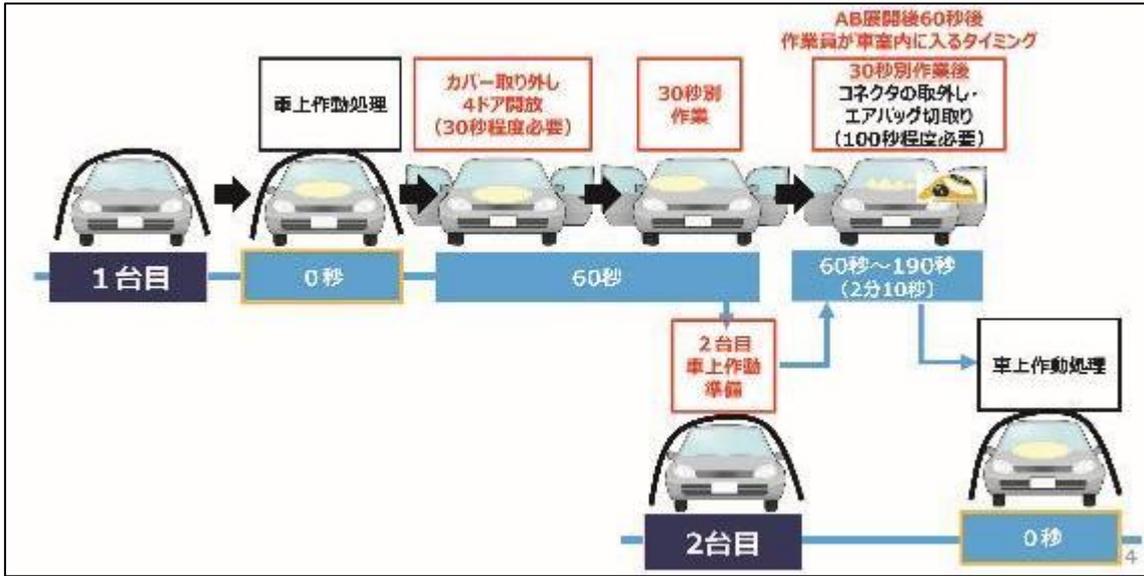


図 2-47. CO 濃度を考慮したエアバッグ展開時の作業時間（ドア 4 枚開放

出所：矢野経済研究所

(2) エアバッグ展開時の温度確認

エアバッグ展開直後のインフレーターは 100℃以上の高温であり、解体事業者がエアバッグ布の切取り作業を行う場合、やけどの危険性が考えられる。

12 台の計測を基に、エアバッグ布切取り作業が解体事業者作業で問題がないか、作業者が触れる個所の温度計測を実施し、どの位置で切取れば安全上問題がないか確認した。

なお、65℃以上の熱源に皮膚が接すると、瞬時にやけどとなる。低温熱傷は 60℃以下の熱源で生じるため、瞬時にはやけどしないことから、60℃以上は危険と判断した。

エアバッグ布切取り時の温度計測には図 2-48 の温度計を使用した。測定位置を図 2-49 に示す。根元から 5cm、根元から 10cm の 3 種類で計測した。

	温度本体精度	±2.5℃(-30~-20.1℃)、±1.5℃(-20~-0.1℃)、±1℃(0~99.9℃)、±測定値の1%(その他の範囲)
	温度放射率	0.10~1.00(設定可能)
	湿度本体精度	±2%rh

図 2-48.多機能赤外線放射温度計

出所：矢野経済研究所



図 2-49.測定位置

出所：矢野経済研究所

1台目～8台目はエアバッグを展開後、運転席側、助手席側の順で計測した。9台目～12台目は助手席、運転席側の順で計測した。エアバッグ布計測結果（温度）を表 2-82 に、エアバッグ布計測結果（計測時間）を表 2-83 に示す。

1台目～4台目は根元のみ計測を行った。計測したうち2台で60度以上だったため、作業者の安全性を踏まえ根元から数cm離し、計測したほうが良いと判断した。

5台目は10cm離して計測したところ温度が60℃以下となったため、6台目以降、根元、根元から5cm、根元から10cmで計測した。

6台目～8台目の計測から5cmでは60℃以上の計測結果となったものがあったため、運転席について10cmは離れたほうが良いと判断した。

9台目の計測結果から、作業者の安全性を踏まえ助手席でも根元から10cmから切り込みを入れることが良いと判断した。

12台実施し、インフレーターと布の距離は車種により異なるため5cmで問題ない車種もあれば10cm離さない温度が高い場合もある。安全面を考慮し根元から10cm離れた切り取りが良いと判断した。

表 2-82.エアバッグ布計測結果（温度）

計測順	メーカー	車種	型式	計測順	運転席 布温度（℃）			助手席 布温度（℃）		
					根元	5cm	10cm	根元	5cm	10cm
1台目	日産	CLIPPER	GBD-U71V HLKDE	運転席→助手席	53.6	—	—	43.1	—	—
2台目	トヨタ	シエンタ	DBA-NCP81G-KWXEK	運転席→助手席	47.6	—	—	45.1	—	—
3台目	トヨタ	エスティマ	DBA-ACR50W-GFSK-K	運転席→助手席	60.3	—	—	37.8	—	—
4台目	マツダ	アクセラ	DBA-BLFFP 16W FG4	運転席→助手席	64.7	—	—	47.8	—	—
5台目	ダイハツ	ムーヴ	DBA-L175S-GPMF	運転席→助手席	56.3	—	51.9	40.5	—	—
6台目	トヨタ	プリウスα	GDAA-ZVW40W-AWXGB	運転席→助手席	59.2	49.4	47.3	35.6	—	30
7台目	スズキ	MRワゴン	DBA-MF22S	運転席→助手席	67.9	61.7	59.9	51	57.5	—
8台目	トヨタ	bB	DBA-DNG21-BHSGK	運転席→助手席	81.2	64.9	57.5	45	38.7	—
9台目	ホンダ	フィット	DBA-GE6	助手席→運転席	53.5	49.2	45.1	67	62.7	52.9
10台目	マツダ	ピアンテ	DBA-CCEF7 36L HDB	助手席→運転席	60.9	42.8	34.6	59.1	58.6	50.6
11台目	スズキ	エブリィ	EDB-DA64V	助手席→運転席	55.1	57.9	36.1	61.6	55.7	52.8
12台目	日産	サニー	GF-FB15	個別展開	65.4	49.1	47.9	60.1	55.9	49.3

出所：矢野経済研究所

表 2-83.エアバッグ布計測結果（計測時間）

計測順	メーカー	車種	型式	計測順	運転席 展開後計測時間（秒）			助手席 展開後計測時間（秒）		
					根元	5cm	10cm	根元	5cm	10cm
1台目	日産	CLIPPER	GBD-U71V HLKDE	運転席→助手席	20	—	—	72	—	—
2台目	トヨタ	シエンタ	DBA-NCP81G-KWXEK	運転席→助手席	33	—	—	77	—	—
3台目	トヨタ	エスティマ	DBA-ACR50W-GFSK-K	運転席→助手席	21	—	—	52	—	—
4台目	マツダ	アクセラ	DBA-BLFFP 16W FG4	運転席→助手席	17	—	—	80	—	—
5台目	ダイハツ	ムーヴ	DBA-L175S-GPMF	運転席→助手席	36	—	55	117	—	128
6台目	トヨタ	プリウスα	GDAA-ZVW40W-AWXGB	運転席→助手席	21	33	38	71	—	79
7台目	スズキ	MRワゴン	DBA-MF22S	運転席→助手席	17	24	28	54	60	—
8台目	トヨタ	bB	DBA-DNG21-BHSGK	運転席→助手席	13	22	31	59	62	—
9台目	ホンダ	フィット	DBA-GE6	助手席→運転席	70	81	90	26	35	47
10台目	マツダ	ピアンテ	DBA-CCEF7 36L HDB	助手席→運転席	93	96	99	16	28	40
11台目	スズキ	エブリィ	EDB-DA64V	助手席→運転席	121	127	131	22	36	59
12台目	日産	サニー	GF-FB15	個別展開	20	26	34	18	28	36

出所：矢野経済研究所

なお、助手席側温度に対して運転席側温度が高い理由としては、計測時間以外にインフレーター位置が関係していると考えられる。インフレーター位置を図 2-50 に示す。運転席側エアバッグはインフレーターが露出しているタイプとしていないタイプがあり、露出しているタイプでは、根元温度が高温になる場合がある。一方で助手席側はインフレーターが露出しないため運転席側よりも温度が低い。

計測箇所と温度の関係を図 2-51 に、計測時間と温度関係を図 2-52 に示す。根元から離すほど、布の温度は低くなり、時間が経過すれば布の温度は低くなる。



図 2-50.インフレーター位置

出所：矢野経済研究所

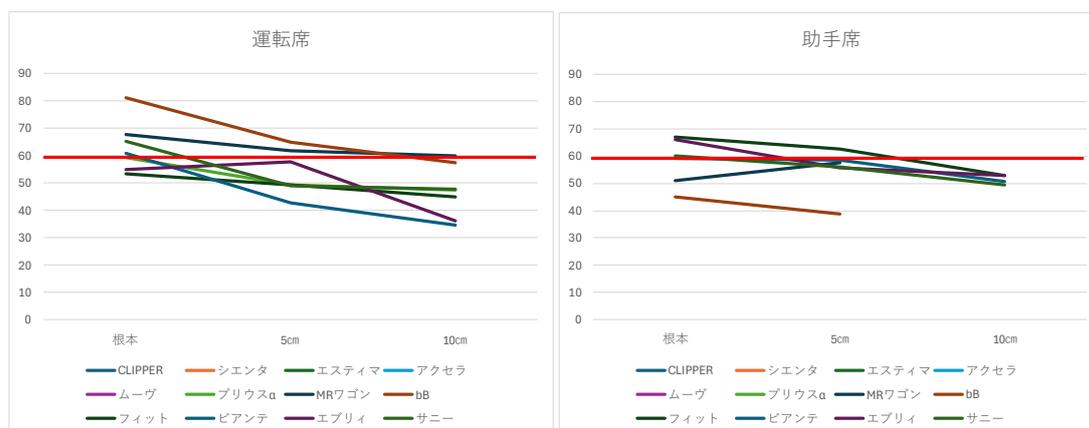


図 2-51.計測箇所と温度の関係

出所：矢野経済研究所

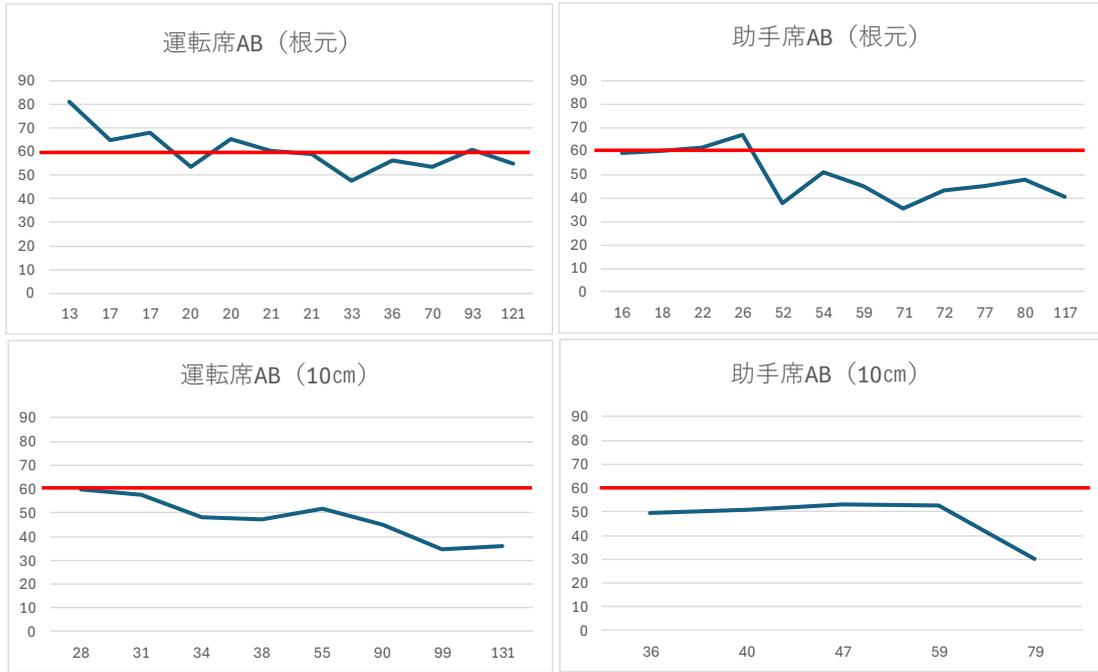


図 2-52.計測時間と温度の関係

出所：矢野経済研究所

2.3.3. 安全宣言検討

エアバッグ布・シートベルトを安全に回収、洗浄、リユースする方法を表 2-84 に示す。化学分析を行い、エアバッグ布・シートベルトを安全に回収、洗浄、リユースするための回収作業方法、洗浄方法について確認を行った。提示した方法に基づき回収を行えば、解体事業者が安全にエアバッグ布・シートベルトを回収することができる。

洗浄については 2.4 払い出し品質の安定化で詳しく説明するが、回収を行ったエアバッグ布・シートベルトは適切な洗浄を行えば、白色エアバッグ布およびシートベルトはアパレル・フットウエア向けに、色付きのエアバッグ布はそれ以外の用途で使用することができることが分かった。

表 2-84.エアバッグ布・シートベルトを安全に回収、洗浄、リユースする方法

工程		詳細
回収作業	ガス	エアバッグ展開後、ドアを4枚開放し、30秒別の作業を実施したのち、エアバッグを回収すれば、作業者の安全性を確保できる。
	温度	エアバッグ布の根元から10cm離して切り取ることで、やけどの危険性を回避しエアバッグ布を回収できる。
回収品洗浄	洗浄方法	1 回当たりの洗濯物投入量15kgに対して、100gの弱アルカリ洗剤を投入し、洗濯、すすぎ、脱水を行う。洗濯は10分、水量118L、60℃の温度で洗浄する。すすぎは10分、水量は178L、水温は常温で選択すれば、白色エアバッグ布はアパレル・フットウエアでの基準を満たして使用することができる。
	排水処理	洗浄後の排水処理については、一般排水基準を満たしており、適切な浄化槽等を保有する事業者で実施すれば問題ないことが確認された。
回収品リユース		上記洗浄方法を行えば、白色エアバッグ及びシートベルトはアパレル・フットウエアでの使用が可能。 色付きのエアバッグは上記洗浄を行った後、アパレル・フットウエア以外への使用を提案する。

出所：矢野経済研究所

2.3.4. CO₂の見える化

ライフサイクルフロー図と評価範囲を図 2-53 に示す。布としてのリユース、リペレット、燃焼処理の 3 パターンで計算を行った。輸送距離は解体～破砕場所まで 100km、解体～リペレット場所まで 400km、解体～布の洗浄場所まで 200km で設定した。

なお、本事業ではエアバッグ布・シートベルトの解体～リサイクル原料（布・ペレット）までを評価する。ケミカルリサイクルはそれ以後の話であり、各社技術が異なり、それにより CO₂ 排出量が異なるため、本事業では評価しない。

表 2-85 に各項目の使用データを、表 2-86 および図 2-54 に 1kg 当たりの CO₂ 排出量を示す。その結果、燃焼処理が最も CO₂ 排出量が多く、次にリペレット、最も排出量が少ないものは布としてのリユースという結果となった。

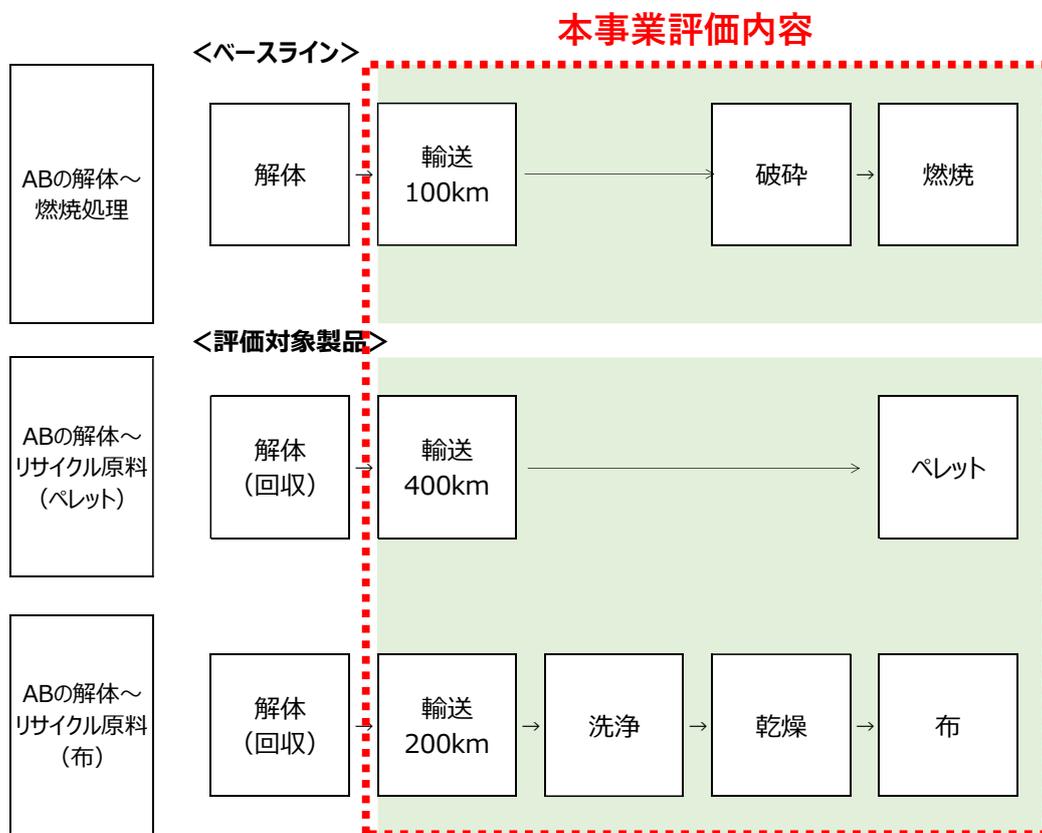


図 2-53. ライフサイクルフロー図と評価範囲

出所：矢野経済研究所

表 2-85.各項目の使用データ

項目	使用データ
燃焼処理	<ul style="list-style-type: none"> ・シュレッダー0.0068kg-CO2/kgは、「平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」P546 表 3.2.4-15 使用済み自動車混合破砕・選別処理のインベントリ 平成 15 年 3 月 社団法人 産業環境管理協会" ・単純焼却2.72kg-CO2/kgおよび回収エネルギー-0.95kg-CO2/kgは、平成16年度環境問題対策調査等委託費「容器包装リサイクルによる環境負荷消費研究成果報告書」
リペレット	<ul style="list-style-type: none"> ・全日本プラスチックリサイクル工業会から「ポリプロピレン リサイクルペレット」原単位 0.28kg-CO2/kg (PA66に関する数値がないため、ポリプロピレンで代用)
布としてのリユース	<ul style="list-style-type: none"> ・Yamamotoのドラム式洗濯機および乾燥機（洗濯時消費電力5,500Wh、乾燥時消費電力1,090Wh、1回につき15kg洗濯・乾燥）を使用し、13分洗濯、20分乾燥した場合 ・電力原単位は東京電力の2022年度実績値 0.376kg-CO2/kWh
輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・環境省 輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO2排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ より0.000234kg-CO2/kgkm

出所：矢野経済研究所

表 2-86. 1kg 当たりの CO2 排出量

	項目	CO2排出原単位 (kg-CO2/kg)				
		CO2排出原単位 (kg-CO2/kg)				
燃焼時	シュレッダー時	-	0.0068	1.78 99%		
	燃焼	-	2.72			
	回収エネルギー	-	-0.95			
	輸送時 (100km)	-	0.02	0.02 1%		
	合計		1.8002	1.80 100%		
リペレット	リペレット	-	0.28	0.28 75%		
	輸送時 (400km)	-	0.094	0.09 25%		
	合計		0.3736	0.37 100%		
布としてのリユース (洗浄)		消費電力 (Wh)	1kg (kg/Wh) ※15kg洗濯、乾燥	電力CO2 排出原単位 (kg-CO2/Wh)	CO2排出原単位 (kg-CO2/kg)	
	20分洗浄	504	33.6	0.000376	0.013	
	25分乾燥	454.53	30.3		0.011	
	輸送時 (200km)				0.047	0.05 66%
	合計				0.0708	0.07 100%

出所：矢野経済研究所

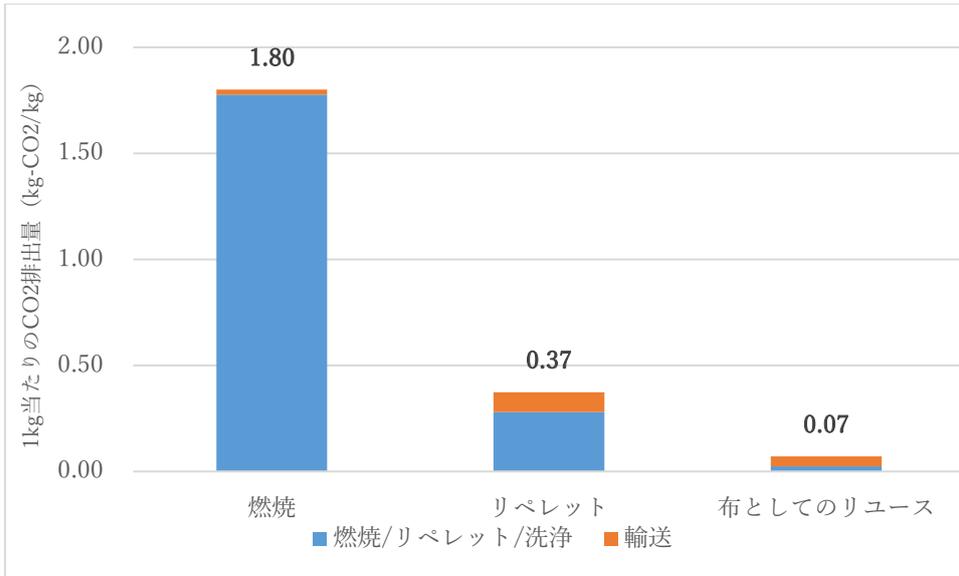


図 2-54.1kg 当たりの CO2 排出量

出所：矢野経済研究所

2.4. 払い出し品質の安定化

消費者に安心してリサイクル材を使用してもらうためには、払い出し品質の安定化も重要事項である。払い出し品質の安定化では、回収されたエアバッグ布・シートベルトを市場で使えるようにするための前処理方法とプロセスの明確化を検討する。

2.4.1. 前処理検討

(1) 前処理検討

エアバッグ布やシートベルトを製品（素材）として利用する場合、回収後、洗濯機で洗ったり、製品サイズにカットするという前処理作業が行われている。

現在、エアバッグ布の洗浄を実施しているしんわルネッサンスでは、洗濯、乾燥、すすぎを行い、必要に応じて異物除去を行っている。洗濯、すすぎ、乾燥条件を表 2-87 に示す。なお洗浄後の排水は直接中和装置に流れる設計となっており安全に処理が行われている。

表 2-87. しんわルネッサンスでの洗濯、すすぎ、乾燥条件

項目		詳細
作業工程		洗濯（1回）→すすぎ（1回）→乾燥（1回） →必要に応じて異物除去
洗濯	1回当たりの投入量	10~15kg
	洗剤投入量	100g
	洗剤種類	弱アルカリ洗剤
	水量	118L
	時間	10分
	温度	60℃
すすぎ	1回当たりの投入量	10~15kg
	水量	178L
	時間	10分
	温度	水道水をそのまま使用（常温）
乾燥	1回当たりの投入量	10~15kg
	時間	20分
	温度	80℃
異物除去		必要に応じて異物をハケ等で除去

出所：矢野経済研究所

先述したように、2.3.1(2)②の規制物質の把握において、未洗浄の一部のエアバッグ布で酸性とアルカリ性物質（pH）、重金属であるCuの溶出量が基準値を超えているものがあった。水のみで洗浄を行い、再度pH値およびCuの値を調査したところ、pHは基準値内に収まり、Cuの値も低下した（Cuはもともと基準値内に収まっていた）。

アパレル・フットウェア製品向けでも、洗浄を行えば使用可能と推測し、3回目回収品について、現状のしんわルネッサンスで実施している洗濯、すすぎ、乾燥条件で前処理を実施してもらった。多くのエアバッグ布はアパレル・フットウェア基準値内に収まったものの、色付きのエアバッグ布でCuの基準値を超えるものがあった。これはインフレーター由来によるものと推測され、シリコンコートがされているエアバッグ布においては、それらのインフレーター由来のCuがシリコンコート層の内部に入り込み、溶出することが分かった（詳細は2.3.1(6)①展開・洗浄品で溶出試験を行った際に検出されるCuの由来及び2.3.1(6)②シリコンコートがあるエアバッグ布でのみCu溶出試験でNGとなる理由参照）。

通常の洗浄ではこれらCuを除去することが難しい。そのため、白色エアバッグ布およびシートベルトは、先述した洗浄を実施すればアパレル・フットウェア向けに使用が可能である。色付きのエアバッグ布については、先述した洗浄を実施した場合でも、アパレル・フットウェア以外に使用することを提案する。

(2) 洗浄水分析

エアバッグ布洗浄排水の安全性を確認するため、洗浄液の分析を行うこととした。しんわルネッサンスと同条件の洗濯、すすぎをスケールダウンし実験を行い、その排水分析を実施した。評価項目は2.3.1(1)未開後・未洗浄品分析で検出され、かつ一般排水基準項目である、pH、Cu、Fe、Znを対象とした。なお、しんわルネッサンスでは先述したように中和槽を保有しており、排水を安全に処理している。



図 2-55.洗浄分析の方法

出所：TRC

表 2-88. しんわルネッサンスの洗濯・すすぎ条件と洗浄水分析試験条件

項目		しんわルネッサンス	試験
洗濯物投入量		15kg	25g
洗濯	洗剤	弱アルカリ性洗剤	
	洗剤使用量	100 g	0.12 g
	水量	118L	200mL
	個液比	1:8	
	水洗剤比	1:0.001	
すすぎ	水量	178L	300mL
	個液比	1:12	
	水洗剤比	1:0.0004	1:0.00056

※すすぎ時の水は、徐々に入れ替わっているため、実際の使用水量は178L以上

出所：TRC 資料から矢野経済研究所作成

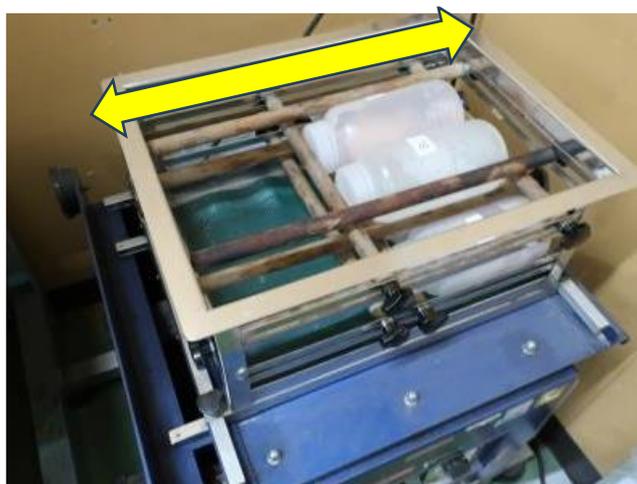


図 2-56. 水平振とう器

出所：TRC

洗濯については、水平振とう器を用いて 200 回/分、振とう幅 4~5 cm の条件で 13 分間振とうした。その後、約 2 mm メッシュの PA 製網を用いて溶液を分離し、これを模擬洗濯水とした。

すすぎについて、試料が入ったポリ容器に 60℃のイオン交換水 300 mL を加え、同条件で 10 分間水平振とうし、これの溶液を分離したものを模擬すすぎ水とした。

洗濯、すすぎを各 3 回実施し、洗浄水およびすすぎ水のサンプルを 3 回採取した。洗浄水分析試験結果を表 2-89 に、またその結果を基にした洗濯水およびすすぎ水における各項

目の濃度を表 2-89 に示す。Fe、Cu、Zn は一般排水基準値以下を達成しているのに対して、pH 値は基準値を超えている。

pH 値の影響は、洗剤によるものである。水道水、イオン交換水、洗剤なし、洗剤ありによる pH 値の計測結果を表 2-91 に示す。水道水よりイオン交換水のほうが pH 値が低く、洗剤を入れることで水道水もイオン交換水も pH 値が上昇している。今回の試験においては、エアバッグ布は pH を高める影響を与えていないと考えられ、pH 値上昇の要因は洗剤によるものである。今回試験に使用した洗剤は一般的な家庭用洗剤であり、これらの洗剤には、洗浄力を高めるために、アルカリ剤として炭酸塩およびケイ酸塩が含まれている。pH については、実際の洗浄時にはすすぎ工程により希釈され、pH の値は基準値内に収まるとみられる。

洗浄水分析の結果から、2023 年度エアバッグ布分析で検出され、かつ一般排水基準項目である pH、Cu、Fe、Zn に関しては問題ない結果となった。そのため、洗浄時には同様な条件での実施を推奨するほか、適切な浄化槽等を保有する事業者での実施が必要である。

表 2-89. 洗浄水分析試験結果

分析項目		一般排水基準	単位	BL	1回目	2回目	3回目	平均値
洗濯水 (200mL)	pH	5.8以上8.6以下	-	10.3	9.6	9.5	9.6	9.6
	Fe	10 (溶解性)	mg/L	0.2	0.7	0.7	0.7	0.7
	Cu	3	mg/L	<0.1	6.8	5.6	5.9	6.1
	Zn	2	mg/L	<0.1	0.4	0.3	0.3	0.4
分析項目		一般排水基準	単位	BL	1回目	2回目	3回目	平均値
すすぎ水 (300mL)	pH	5.8以上8.6以下	-	7.2	8.6	8.6	8.6	8.6
	Fe	10 (溶解性)	mg/L	<0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
	Cu	3	mg/L	<0.1	0.8	1	0.7	0.8
	Zn	2	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

出所：TRC

表 2-90. 洗濯水およびすすぎ水における各項目の濃度

洗濯水及びすすぎ水における各項目の濃度	
pH	$(9.6\text{mg/L} \times 0.2\text{L} + 8.6\text{mg/L} \times 0.3\text{L}) / 0.5\text{L} = 9.0$
Fe	$(0.7\text{mg/L} \times 0.2\text{L} + 0.1\text{mg/L} \times 0.3\text{L}) / 0.5\text{L} = 0.34\text{mg/L}$
Cu	$(6.1\text{mg/L} \times 0.2\text{L} + 0.8\text{mg/L} \times 0.3\text{L}) / 0.5\text{L} = 2.92\text{mg/L}$
Zn	$(0.4\text{mg/L} \times 0.2\text{L} + <0.1\text{mg/L} \times 0.3\text{L}) / 0.5\text{L} = <0.22\text{mg/L}$

出所：TRC

表 2-91. 水道水、イオン交換水、洗剤なし、洗剤ありによる pH 値の計測

	洗剤なし	あり (0.12g/200mL)
水道水	7.7	10.3
イオン交換水	5.9	10.5

出所：TRC

2.4.2. 前処理プロセスの設定と見える化検討

2.2.2 回収基準策定から、どの解体事業者であっても同等品質の回収品を得られるように回収基準を策定した。

2.3.1(6)⑤ 結論および 2.4.1 前処理検討から、回収品について表 2-92 の条件に基づく適切な洗濯・すすぎを行えば、白色のエアバッグ布およびシートベルトに関してはアパレル・フットウェアにおいて問題なく使用できることが確認された。色付きのエアバッグ布に関しては、適切な洗濯・すすぎを行ったうえで、アパレル・フットウェア以外に使用することを提案する。

洗浄後の排水処理については、先述したように、pH、Cu、Fe、Zn に関しては問題ない結果と考えられ、適切な浄化槽等を保有する事業者で実施すれば安全に実施することができることを確認した。

表 2-92. しんわルネッサンスでの洗濯、すすぎ、乾燥条件（再掲）

項目		詳細
作業工程		洗濯（1回）→すすぎ（1回）→乾燥（1回） →必要に応じて異物除去
洗濯	1回当たりの投入量	10~15kg
	洗剤投入量	100g
	洗剤種類	弱アルカリ洗剤
	水量	118L
	時間	10分
	温度	60℃
すすぎ	1回当たりの投入量	10~15kg
	水量	178L
	時間	10分
	温度	水道水をそのまま使用（常温）
乾燥	1回当たりの投入量	10~15kg
	時間	20分
	温度	80℃
異物除去		必要に応じて異物をハケ等で除去

出所：矢野経済研究所

2.5. 選択肢の提供

現状のエアバッグ布・シートベルトのリサイクルはアウトドア用品や、バッグ等の用途に置いて一部活用されているものの、大半は燃焼処理されている。エアバッグ布やシートベルトを活用したい人が自ら解体事業者にアクセスして回収を依頼しているのが現状であり、エアバッグ布のサイズや色などが不明のため、目的に応じたエアバッグ布・シートベルトを探すのに手間がかかる。

エアバッグ布・シートベルトの利用を促進していくためには、どのようなエアバッグ布・シートベルトが回収可能なのかという基礎的な情報に加えて、一般ユーザーの興味を引く魅力的な用途先の提示、布としての活用を含めた商流イメージの構築などが求められる。

選択肢の提供では、まずは一般消費者およびエアバッグ布・シートベルトの活用者となる事業者に対して、エアバッグ布・シートベルトの活用に関する出口ニーズの把握を実施した。

そのうえで、リサイクル素材使用者が、ある程度回収品をイメージできるようなリサイクル用エアバッグ布素材・原料のカタログ情報を提示し、リサイクル材使用者の創作意欲を喚起するようなデザイン案を提示した。

表 2-93. 選択肢の提供の主な実施内容

概要	目的
2.5.1 出口ニーズの把握	➤ エアバッグ布・シートベルトを活用したいと考える用途先や、消費者が注目している用途先を抽出し、カタログ作成に生かす。
2.5.2 商流イメージ構築	➤ 2.5.1 出口ニーズの把握から導きだされる商流イメージ構築を図る。
2.5.3 カタログ項目検討	➤ リサイクル材使用者の作意欲を喚起するようなカタログ作成を実施する。

出所：矢野経済研究所

2.5.1. 出口ニーズの把握

出口ニーズの把握を行うため、(1) 業界・市場ニーズ調査、(2) 消費者アンケート調査を実施した。調査報告書作成は伊藤忠ファッションシステム株式会社（以下 ifs）に委託した。消費者アンケート調査詳細は、参考資料で示す。

(1) 業界・市場ニーズ調査

業界・市場ニーズ調査の主なヒアリング先を表 2-94 に示す。解体事業者、リサイクラー、アウトドアメーカー、アパレルメーカーの計 7 社にヒアリングを行った。ヒアリング結果まとめを表 2-95 に示す。

表 2-94. 主なヒアリング

企業	備考
解体事業者P	現状マテリアルリサイクル向けにエアバッグを回収中
リサイクラーQ	現状マテリアルリサイクル向けにエアバッグを回収中
リサイクラーR	エアバッグのマテリアルリサイクルを事業化
リサイクラーS	ケミカルリサイクルの技術保有
アウトドアメーカーT	エアバッグおよびシートベルトを利用した製品を販売
アパレルメーカーU	エアバッグおよびシートベルトを利用した製品を販売
アパレルメーカーV	リサイクル素材の採用実績はあるが、エアバッグおよびシートベルトの採用実績はない

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

表 2-95. ヒアリング結果まとめ

項目	詳細	回答者
エアバッグ布回収	選別においては、素材表示が分かりにくい。 単一素材の場合回収がしやすいため、設計の段階で統一してもらえると嬉しい。 素材の選別をせずに素材メーカーに買い取ってもらうことができれば、回収量は増えると考える。 回収量を増やすことができれば、買い取りたいという取引先の需要はある。	解体事業者P
	リサイクルを前提として統一した設計もOEMに対して期待。	リサイクラーQ
	解体事業者の動機付けは最も大きな課題。 単一素材で取り外しやすい製品設計が理想。	リサイクラーR
	使用素材やコーティングのかけ方が異なり、シワやムラもある。 抜き型で抜かず、ほとんどの場合再度手で裁断する。 エアバッグ布を再利用した製品の原価は小売価格の約50%（縫製工賃、物流コスト・エアバッグ代含む）。 エアバッグが使用されていた車のメーカーや車種が知りたいというユーザーの声が複数ある。	アパレルメーカーU アウトドアメーカーT
採用中	樹脂の原料として家電や機械類に使用されている。 最終的にはCar to Carの実現が理想。	解体事業者P
	用途は建材、結束バンドが多く、その他オフィス家具など。 現状シリコン除去の100%は達成していないため、ベレットにはできるが繊維には戻せない。 バージョンと比較するとある程度高くなってしまふ。	リサイクラーR リサイクラーQ
	バージョンと比較して価格は最低2倍程度。 サステナビリティに対する意識の高い大手ファッションブランドであれば2倍の価格でも受容されるのではと想定。	リサイクラーS
今後	今は実験室レベルで原理確認ができた段階。 バージョンと比較して価格は最低2倍程度。 サステナビリティに対する意識の高い大手ファッションブランドであれば2倍の価格でも受容されるのではと想定。	リサイクラーS
リサイクル材に対する意見	リサイクル素材利用に伴うコスト高による上代の引き上げはしておらず、自助努力で環境配慮素材を使用。 許容できるコストはバージョン比10~20%アップ。2倍は難しい。	アパレルメーカーV

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

エアバッグ布の回収について、現状回収を行っている企業からは選別や素材表示が分かりにくく、また単一素材でないこともあり、分別や異物除去に手間がかかるため、設計の段階で統一化してほしいという意見が聞かれた。

エアバッグ布の布としての評価について、使用素材やコーティングの状態が異なり、シワやムラもあり、伸縮性のある素材のため抜き型で抜かず、手作業での裁断が必要な素材であるという指摘があった。一般的にアパレルの原価率は30～50%と言われているが、エアバッグ布は縫製工賃、運送コスト代を含み製品原価は約50%であり、比較的高い原価率と考えられる。

マテリアルリサイクルについて、現状は樹脂原料として家電、機械類、結束バンド、建材、オフィス家具等に利用されている。現状シリコン除去100%が達成できておらず、ペレットにはできるが繊維には戻せていない状況である。リサイクル材の価格はバージンと比較するとある程度高くなってしまふ。

エアバッグ布のケミカルリサイクルを検討している企業では、実験室レベルで原理確認ができた段階で、リサイクル材の価格はバージンと比較し2倍を想定しているということであった。価格が高くなることから、サステナビリティに対する意識の高い大手ファッションブランドであれば、2倍の価格でも受容されるのではないかと想定している。

一方で、アパレルメーカーの意見として、許容できるコストはバージン比10～20%アップであり、2倍は難しいという意見が聞かれた。

エアバッグ布やシートベルトはリサイクルコストによって素材価格が上昇してしまうため、価値に見合った製品出口が必要となる。そのほか、1回のリサイクルだけではなく、その先のリユース・リサイクルを見据えた取り組みも重要と考える。

(2) 消費者アンケート調査

一般ユーザーに対して、エアバッグ布およびシートベルトリサイクル（Car to X）の取り組みに対する有効な訴求方法、親和性のある製品分野を把握するため、インターネットによるアンケート調査を実施した。2024年1月18～19日実施し、全国の20-60代の男女計1,691サンプル（各世代・性別150サンプル以上）から回答を得ることができた。

回答者の特性、消費行動、環境行動について回答してもらったうえで、エアバッグ布・シートベルトリサイクルに関する意識、受容性について質問を行った。

以下に報告書から抜粋した内容を示す。



図 2-57.アンケート構造

出所：ifs 調査報告書

① エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心があるか

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心があるかの回答を図 2-58 に示す。1,691人中、10%の人がとても関心がある、39%の人がやや関心があるという結果で、約50%の人が関心があるという結果であった。一方で、12%の人があまり関心がない、11%の人が全く関心がない結果であった。

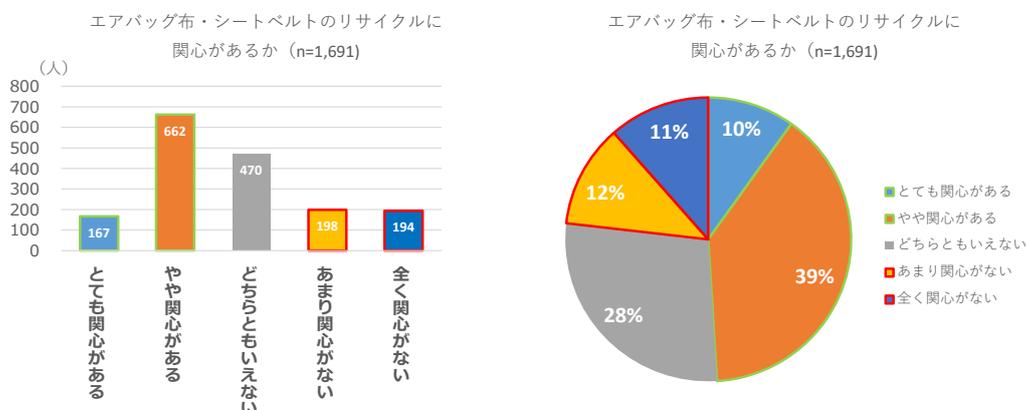


図 2-58.エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心があるか

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

② 性年代別・車保有、環境関心度

・性年代別

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心があるおよびやや関心があると回答した性年代を図 2-59 に示す。全ての年代で関心があるという人がいたが、829 人のうち、45%は 50 代および 60 代である。また 50 代 60 代の中でも女性の関心度が高いという結果となった。

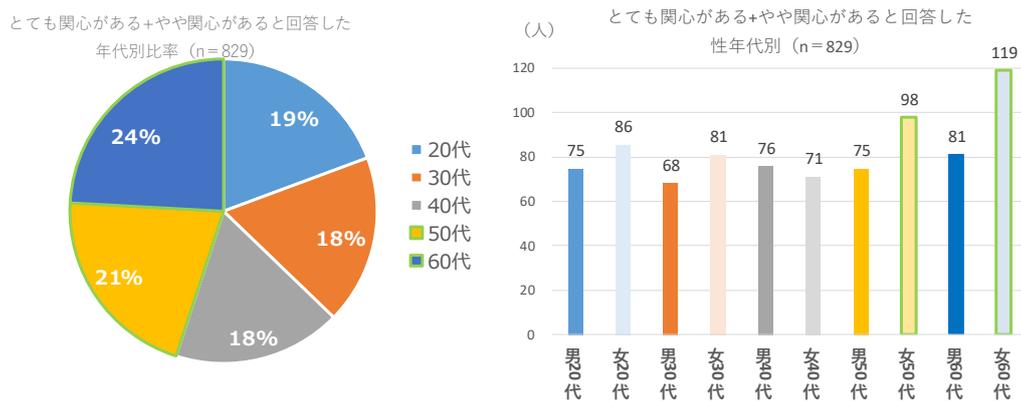


図 2-59. ととても関心がある+やや関心があると回答した性年代

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにあまり関心がない+全く関心がないと回答した性年代を図 2-60 に示す。392 人のうち、25%は 20 代、25%は 30 代、23%は 40 代と、20~40 代の比率が 73%を占めていた。その中でも 30 代男性、40 代男性、20 代女性の関心度が特に低い。

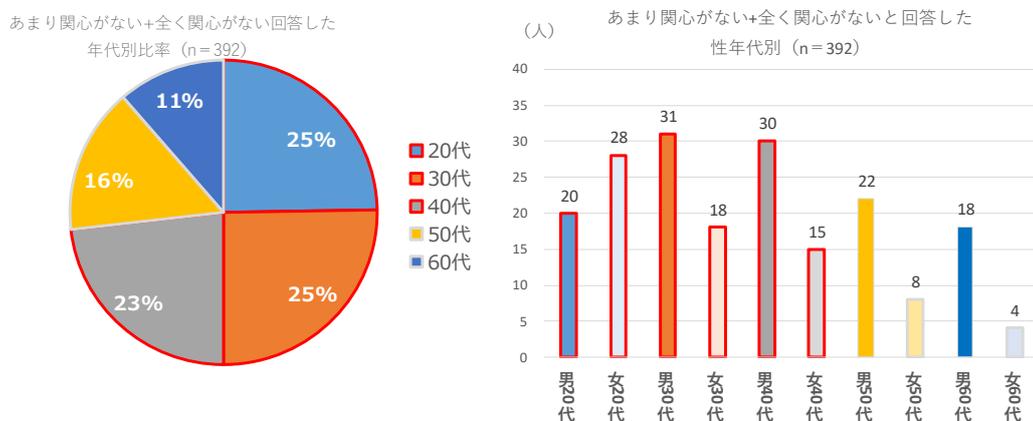


図 2-60. あまり関心がない+全く関心がないと回答した性年代

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

・車保有

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心があると回答した人の車保有状況（自動車を保有している、家族が保有している）を図 2-61 に示す。全体回答（n=1,691）と比較すると、とても関心がある+やや関心があると回答した人の車保有度が高い傾向にある。

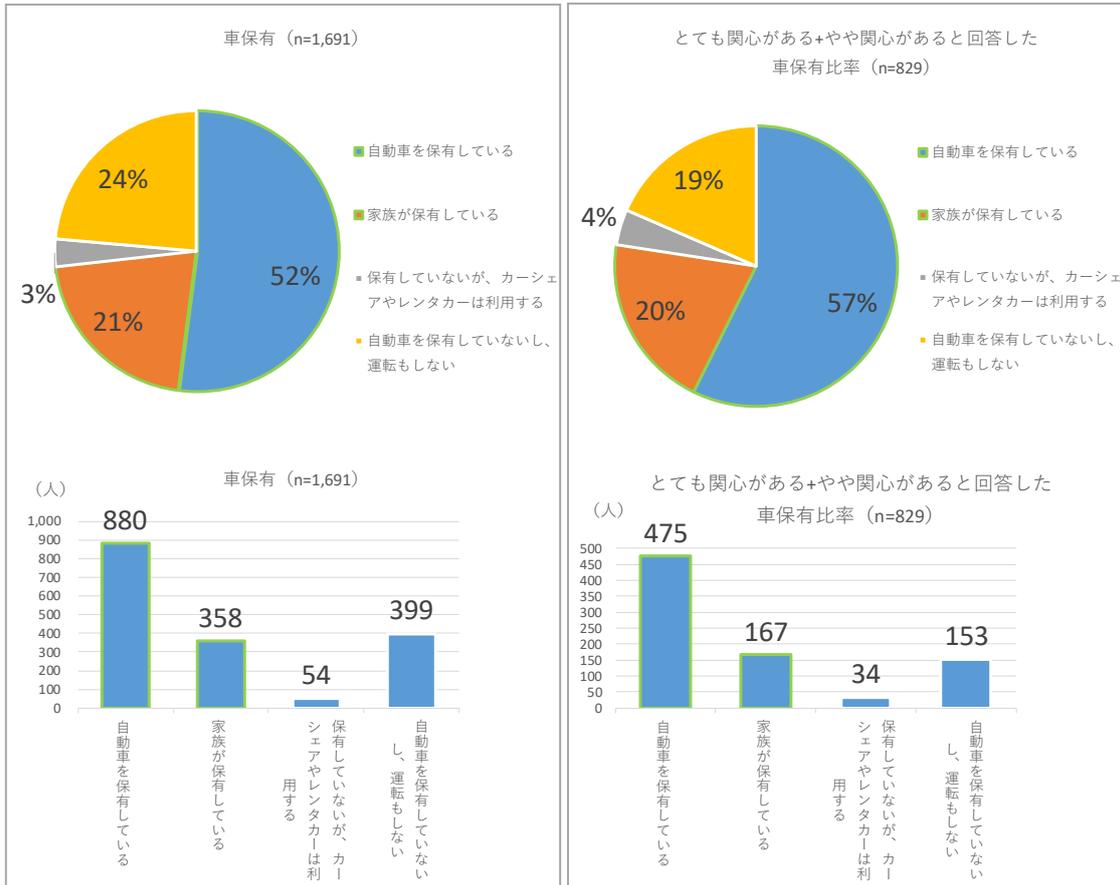


図 2-61. 全体回答およびとても関心がある+やや関心があると回答した車保有

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

・環境関心度

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心があると回答した人の環境関心度（とても関心がある、やや関心がある）を図 2-62 に示す。全体回答（n=1,691）と比較すると、とても関心がある+やや関心があると回答した人の環境関心度が高い傾向にある。

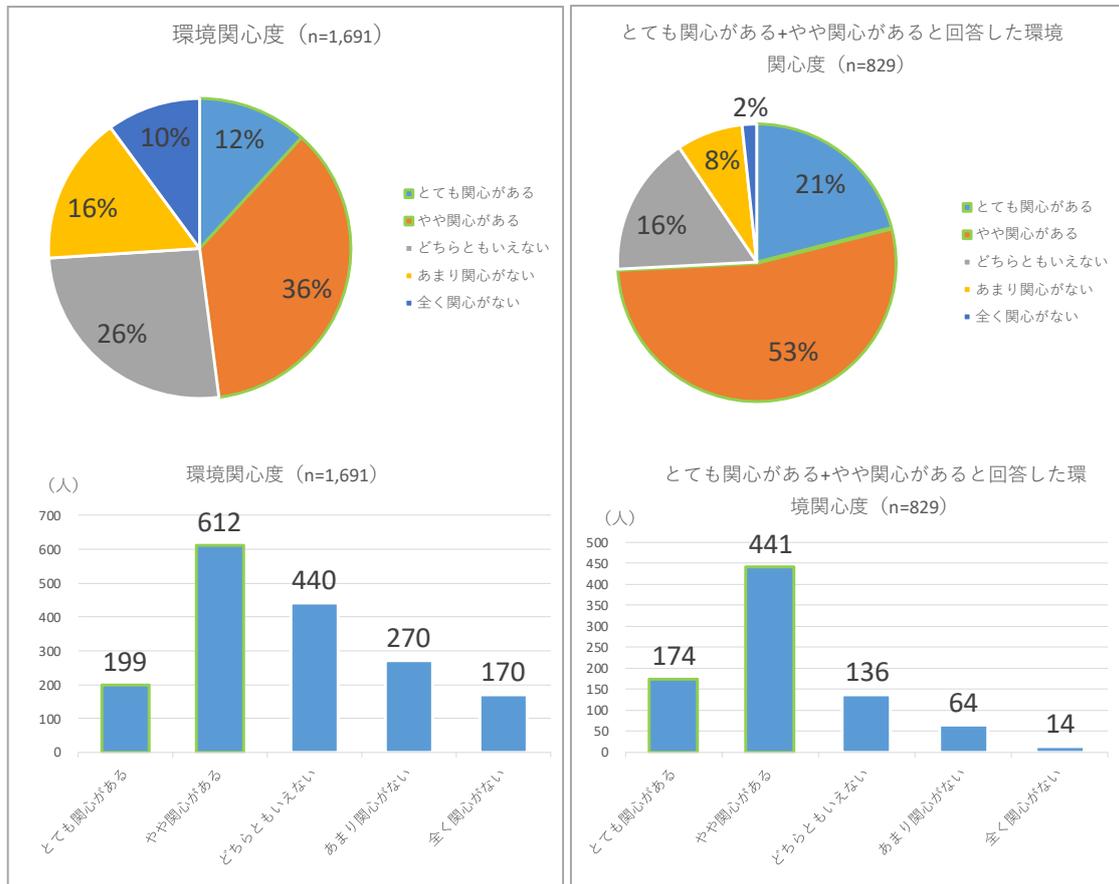


図 2-62. 全体回答およびとても関心がある+やや関心があると回答した環境関心度

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

③ 用途

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心があると回答した人が、エアバッグ布・シートベルトのリサイクル製品としてどのような機能が適切か回答した結果を図 2-63 に示す（選択式・複数回答可能）。耐久性があり、長く使える商品、機能性に優れた商品、デザイン性に優れた商品、修理やメンテナンスができ、長く使用できる商品といった回答が得られた。

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心があると回答した人が、エアバッグ布・シートベルトのリサイクル用途としてどのような用途が適切か回答した結果を図 2-64 に示す（選択式・複数回答可能）。鞆・靴、防災用品、衣料品（アウター）、日用雑貨（掃除用品）、スポーツ用品、自動車用品、アウトドア用遺品といった回答が得られた。

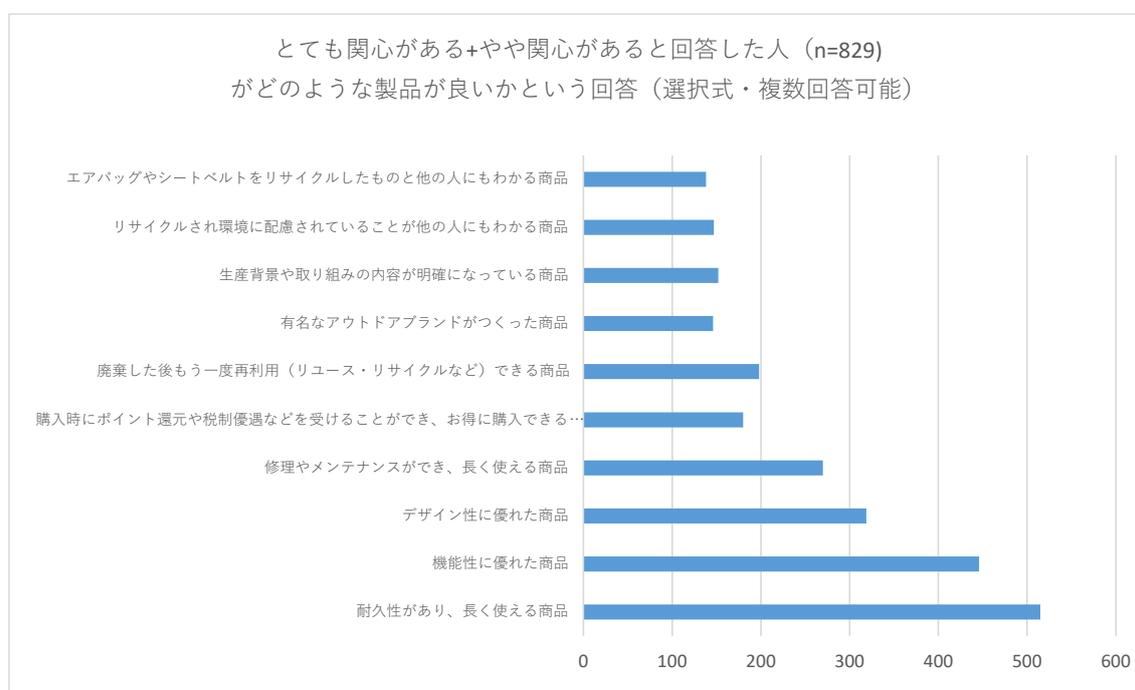


図 2-63. とても関心がある+やや関心があると回答した人が考える
エアバッグ布・シートベルトのリサイクル製品としての機能

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

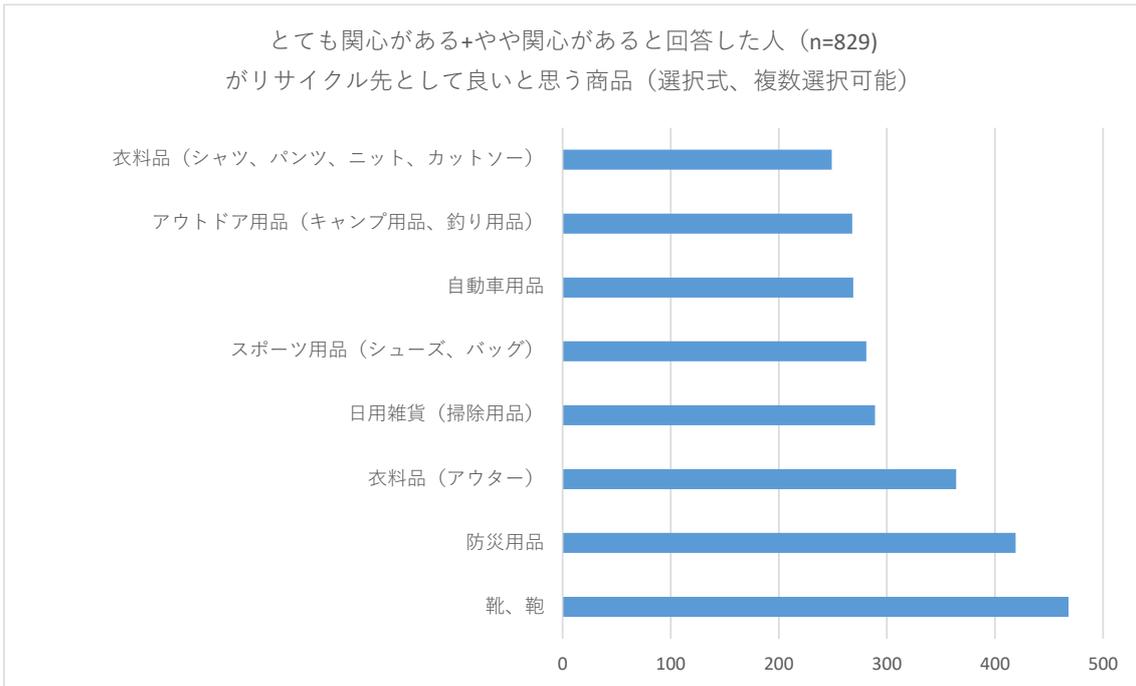


図 2-64. とても関心がある+やや関心があると回答した人が考える
 エアバッグ布・シートベルトのリサイクル製品としての用途

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

④ 結果

エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心を持つ自動車保有者、環境問題への関心が高い人から本活動および商品の訴求が有効と考えられる。リサイクル製品の機能についてはエアバッグ布の PA66 の特徴である耐久性があり、長く使える商品というだけでなく、機能性やデザイン性に優れた商品等が求められている。用途としては靴・鞆、衣類等の身につけるものから、防災用品、日用雑貨等が回答として挙げられた。

表 2-96. エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心を持つ人の回答傾向まとめ

項目		詳細
エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心がある人	性年代	全ての年代で関心があるという人がいた。 45%は50代および60代で、50代60代の中でも女性の関心度が高い
	車保有	関心があると回答した人の車保有度が高い傾向にある。
	環境関心度	関心があると回答した人の環境関心度が高い傾向にある。
エアバッグ布・シートベルトのリサイクルにとっても関心がある+やや関心がある人が考えるリサイクル製品の機能・用途	機能	耐久性があり、長く使える商品
		機能性に優れた商品
		デザイン性に優れた商品
		修理やメンテナンスができ、長く使える商品 等
	用途	靴、鞆
		防災用品
		衣料品（アウター）
		日用雑貨（掃除用品）
		スポーツ用品（シューズ、バッグ）
		自動車用品
	アウトドア用品（キャンプ用品、釣り用品） 等	

出所：ifs 調査報告書より矢野経済研究所作成

(3) 業界・市場ニーズ調査、消費者アンケート結果まとめ

消費者アンケート結果から、エアバッグ布・シートベルトのリサイクルに関心があるかの回答について、とても関心がある・やや関心がある人を合わせて約 50%の人が関心があるという結果であった。

一方で、業界・市場ニーズ調査から、エアバッグ布・シートベルトの活用に関しては、バージョン比で 10~20%程度が許容範囲であり、コスト面の問題や、サイズや形状が画一でない素材を活用しにくいといった意見が挙げられており、布としてのリユースでは、「製品化イメージが具体的に持たれておらず、意欲も低い」ことが分かった。

2.5.2. 商流イメージ構築

使用済みエアバッグ布・シートベルトの再利用には、布としてのリユース、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの3つの方法がある。

布としてのリユースは、回収したエアバッグ布・シートベルトを洗浄・乾燥・異物除去し、コストミニマムとなるよう収率も踏まえながら製品設計された製品化をイメージしている。この状態では自動車やその他工業製品に再び戻すことはできないため、主に消費者が手にする製品へと生まれ変わる。

マテリアルリサイクルは熱溶融等によりリペレット化されたものを指す。熱履歴がかかっているためポリマーとしての物性低下は生じるが、カスケードリサイクルによって新たな用途を見出しながらポリマーの物性に応じた最適な用途展開を想定している。現状では使用済みエアバッグ布として回収された後、建材や結束バンド、その他オフィス家具などにマテリアルリサイクルされている。

ケミカルリサイクルは化学的処理を経たりサイクル方法で、代表的な手法としてモノマー化、油化、ガス化がある。インプットする製品としてモノマー化は単一素材となるが、油化やガス化は複合素材でも対応できる。ただ、油化は炭化水素油など、ガス化は合成ガスがアウトプットとして得られるため、再びPA製品へと戻すことを優先するのであれば、これらの中で収率が高いモノマー化の手法を検討することになる。PA製品のケミカルリサイクルは一部海外で事業化されているほか、国内でも事業化に向けた研究開発に取り組んでいる動きもある。

使用済みエアバッグ布・シートベルトがどのように利用されるかは事業者の立ち位置によって異なる。布としてのリユースは、布の大きさや形状に制約がありながらも、取り効率を考慮しながら最適なデザインに基づく製品化が予想される。一方、マテリアルリサイクルは布としてリユースする際に生じる端材のリサイクルのほか、ペレット形状で使いたいユーザー向けの需要創出が期待される。特に、マテリアルリサイクルはCO₂排出量が低いため、ポリマーの物性レベルを維持できるまで何度でもリサイクルされることになる。ケミカルリサイクルにはそうした何度もマテリアルリサイクルした後の出口として、再びパージン並みの物性を持つ樹脂へと生まれ変わることが求められる。

2.5.3. カタログ項目検討

(1) カタログ項目

2.5.1 出口ニーズの把握より、エアバッグ布・シートベルトの用途の開発（使い道の深堀）に対して、布としてのリユースでは「製品化イメージが具体的に持たれておらず、意欲も低い」ことが明らかとなっている。

リサイクル材を使用する事業者エアバッグ布・シートベルトリサイクルへの関心を高めてもらえるようなカタログ作成を目指し、アップサイクルとなる試作品作成を行い、その内容をカタログに盛り込むことで需要喚起につなげることにした。試作品一覧を表 2-97 に示す。

通常はデザインを活かすために素材を選定し製品化するが、本事業でご協力いただいたファッションディレクターである山口壮大氏のアイデアから、本プロジェクトでは多種多様な色・形をしたエアバッグ布の素材特性を活かし、1つのエアバッグ布を最大限活用できるような、各用途でエアバッグ布の収率を重視しデザインを検討いただいた。

そのほか、リサイクルにおいてワンウェイでの利用ではなく、リターナブルを目指している。例えば撥水レインハット、ランドリーバッグ、エプロン、アームカバーは再度の回収を目指し、特定施設での使用を想定し、再度リサイクルを行えるように検討したものである。ランドセルカバーは使用者が小学生等に限定されるため、再度回収もしやすい。苗ポットは現状は主に塩化ビニール素材が使用され、使い捨てされている。シリコンコートされたエアバッグ布であれば、撥水性があり、耐久性も高いため、長期の使用が可能となる。

表 2-97. 試作品一覧

品目	エアバッグ想定収率	シートベルト想定使用量
撥水レインハット	子供用72%、大人用68%	—
ランドリーバッグ	100%	180cm
自転車カゴカバー	100%	—
エプロン	75%	—
アームカバー	63%	—
ランドセルカバー	83%	—
苗ポット	74%	—
編み込みトレイ	—	260cm
ストラップ	—	160cm

出所：矢野経済研究所作成

電子カタログ目次を表 2-98 に示す。まずはカタログの目的を説明し、先述したリユース製品例を提示している。そのほか代表的なエアバッグ布・シートベルトの回収品例を提示している。

本事業の開始の背景を説明し、エアバッグ布・シートベルトを取り出すところから製品になるまでのリサイクルの背景などを紹介している。またエアバッグ布・シートベルトの安全性やLCAの提示も行い、製品化メーカーだけでなく消費者もエアバッグ布・シートベルトのリサイクルに対して興味喚起できる内容とした。カタログ詳細は参考資料に記載する。

本カタログはエシカル消費への接続も提示している。エアバッグ布・シートベルトの洗浄については、先述した社会福祉法人のしんわルネッサンスで実施可能である。

布としてリユースする際には大量生産を見据えて工業的に処理する方法もあるが、エアバッグ布というそもそも廃車になるまで使用されなかった部品が新たな製品に生まれ変わるということに価値を見出すユーザーであれば、社会的な課題解決や地域の活性化などのエシカル消費を志向する消費者への需要喚起として、本事業で取り組んできた社会的意義への共感が得られるのではないかと考える。

実際にしんわルネッサンスには試作品を製作するための洗浄や異物除去のほか、カタログ撮影にも快く受けていただいた。特に異物除去ではエアバッグ布の不特定な箇所に着しているため根気の必要な作業となるが、異物除去を担当する作業者は労をいとわず、熱心に作業していたことが印象的であった。このような地域の活性化や雇用の創出にもつながるエシカル消費において、エアバッグ布・シートベルトのリサイクル事業というのは高い親和性があると考えられる。

表 2-98.電子カタログ目次

項目	項目	概要
目次		
1	はじめに	エアバッグ布・シートベルトの現状のリサイクル状況
2	布リサイクルのためのアイデア検討	布リサイクルのためのアイデア検討方法の説明
3	布リサイクルデザイン例	リユース製品例
4	布リサイクル以外のリサイクル方法	マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル
5	素材一覧	運転席エアバッグ布、助手席エアバッグ布、シートベルトDB
補足資料		
1	「エアバッグ布およびシートベルトリサイクルのための基盤づくり事業」の背景	本事業開始の背景、その意義について説明
2	エアバッグ布・シートベルトの回収方法（車上展開）	エアバッグ布・シートベルトを取り出すところから製品になるまでのリサイクルの背景紹介
3	LCAの提示	使用後のエアバッグ布・シートベルトの再利用・廃棄時のLCAを比較（布としてリサイクル、リベレット、燃焼処理）
4	安心安全の提供	化学分析結果から安全性の提示

出所：矢野経済研究所

(2) 試作品展示会

2024年12月9日(月)の14:00~15:30に伊藤忠商事・本社において試作品の展示会を実施した。本事業に参加した事業者に加え、J-FAR 関係者や、日本自動車工業会の皆様などにもご参加いただいた。試作品のデザインコンセプトの説明や、実際に試作品を手にとってもらった。



図 2-65.試作品説明の様子

出所：矢野経済研究所撮影



図 2-66.試作品展示および見学の様子

出所：矢野経済研究所撮影

3. 結論

今回の事業を通じ、エアバッグ布・シートベルトを全国どこの解体事業者で回収しても同等品質を得ることが可能な回収基準や前処理の方法を提示し、かつその回収品の安全性、作業者の安全性を確認した。

現状ではエアバッグ布・シートベルトのリサイクルに興味を持つ事業者は少数であるが、リユースに関して、魅力的な各種試作品を多数製作し、リサイクル材の使用者の需要喚起を図るため、それら試作品案をカタログに盛り込んでいる。リサイクル材を使用したいと思う人が活用可能な、エアバッグ布・シートベルトの車種別の色・重量別の基礎データベースもカタログに加えている。

本事業で作成したカタログ等をきっかけとして、エアバッグ布・シートベルトのリユース・リサイクルが進むことを期待する。実際に、12月9日に実施した試作品展示会に参加した複数社から関心が寄せられ、試作に向け動き出している。

表 3-1.本事業総括

項目		記載内容概要
分別回収の効率向上		エアバッグ布、シートベルトの基本搭載情報等の整理に基づき、回収品のDBフォーマットを作成した。本事業を通じて回収できたデータは、DBに記録し、カタログに記載した。
回収品質の向上と安定化		回収品質、解体事業者の安全性（やけど）等に配慮し、統一した回収基準を策定した。
		同一車種での回収品でないため、厳密な比較はできないが、上記回収基準に基づけば、各解体事業者から同等品質の回収品を得ることができる。 2023年度の回収結果から、エアバッグ1kg当たりの作業コストは194.4円/kgとなる。シートベルトの1kg当たりの作業コストは69.3円/kgと計算される。
安心安全の提供	回収品の安全性	回収品に関しては、白色のエアバッグ布、全てのシートベルトは、適切な洗浄を行えば、アパレル・フットウエアへの使用が可能である。色付きのエアバッグ布は、適切な洗浄を行ったうえで、アパレル・フットウエア以外への使用が可能である。
	作業者の安全性	ドア4枚開放後、30秒別の作業を実施したのち、エアバッグを回収すれば、作業者の安全性を確保できることが分かった。 エアバッグ布の根元から10cm離して切り取ることで、やけどの危険性を回避しエアバッグ布を回収できる。
払い出し品質の安定化		回収基準を策定し、どの解体事業者であっても同等品質の回収品を得られるようにした。また回収品について適切な洗浄を行えば、リユース可能であると確認した。
選択肢の提供		エアバッグ布・シートベルトはリユース、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルに使用できる。リユースに関しては、各種試作品を製作した。また、リサイクル材の使用者の需要喚起をはかるため、それら試作品案をカタログに盛り込んだ。

出所：矢野経済研究所

今回提示したリユース試作品は繰り返しリサイクルすることを意識して製作している。エアバッグ布・シートベルトの循環利用イメージ図を図 3-1 に示す。1 回のみのリサイクルではなく、繰り返し使用してこそ、真の資源循環につながる。

そのように繰り返し使用するためには回収する手段・場所が必要である。先述したように、撥水レインハット、ランドリーバッグ、エプロンは特定施設での使用を想定し、再度リサイクルを行えるように検討したものである。撥水レインハットは例えば駅での貸し出し品を、ランドリーバッグは温泉施設での利用を、エプロン、アームカバーは福祉施設などを想定している。特定のエリア・施設で利用することで、使用済み後の回収を行い、それらをマテリアルリサイクル又はケミカルリサイクルすることで再度素材を再利用することができる。場合によっては布製品として再度リユースもの可能性もある。それら再利用した先で再度回収することで、素材利用の循環を生み出すことができる。

これらの取り組みがエアバッグ布・シートベルトだけでなく、その他の素材にも好影響を与え、限りある資源の循環利用の一助となることを期待している。

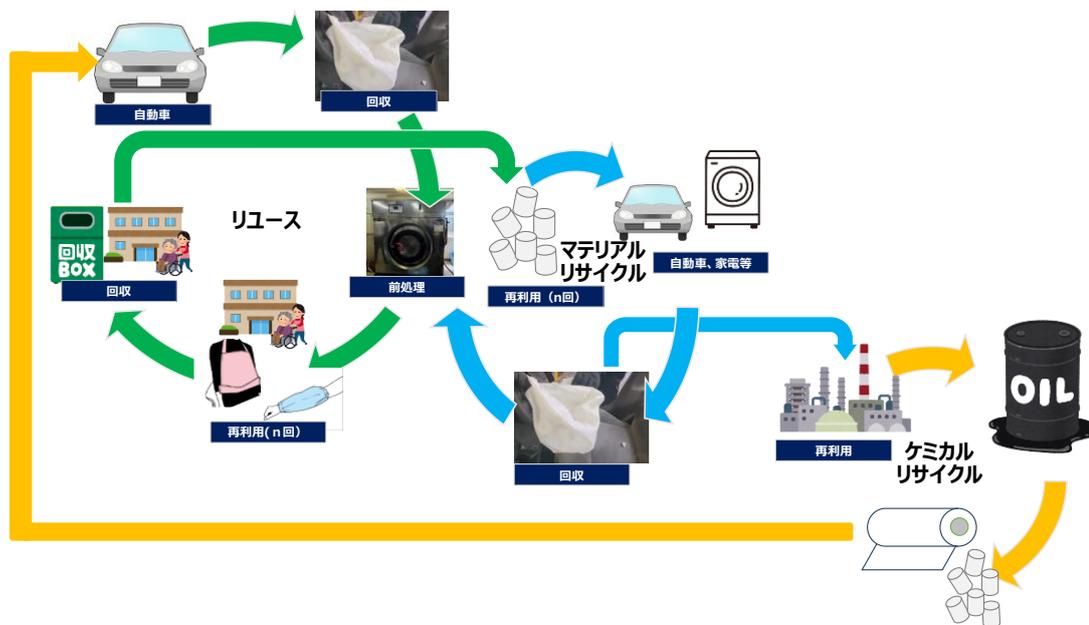


図 3-1.エアバッグ布・シートベルトの循環利用イメージ図

出所：矢野経済研究所