

令和 3 年度環境省委託業務

令和 3 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等

資源循環システム構築実証事業

(パルプ、バイオプラスチックを用いた部品適用検討)

成果報告書

令和 4 年 2 月

トヨタ車体株式会社

令和3年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業 (パルプ、バイオプラスチックを用いた部品適用検討) 委託業務

概要

自動車向け吸音材料を、非石油由来でリサイクルも可能な材料へ置換することを目的とする。パルプモールドやバイオプラスチックを用いて吸音機能のある自動車部品の試作を行い、性能評価とライフサイクルアセスメント (LCA) の検証を行う。昨年度は、自動車向けパルプ、バイオプラスチック部品の評価を行った。自動車部品として基本的な性能を満足し吸音性に優れ軽量化に寄与できることが分かった。但し、内装部品の要求性能である揮発性有機化合物 (volatile organic compounds ; VOC) 試験や衝撃性試験の結果、基準を満足せず課題であることが分かった。

今年度は3つのことを行った。1つ目は、昨年の自動車向けパルプ、バイオプラスチック部品の評価で摘出した VOC や衝撃性の課題について対策を行った。また、パルプ、バイオプラスチック部品の持つ特徴的な機能について明らかにした。2つ目は、パルプ材料を使用した部品の市場での使用環境を加味したリサイクル性について評価を行った。3つ目は、パルプ、バイオプラスチック部品の自動車廃却後まで加味した LCA 評価を行った。結果を以下に示す。

パルプ、バイオプラスチック部品評価の結果、揮発性有機化合物 (volatile organic compounds ; VOC) 試験や衝撃性試験を満足し、自動車部品として吸音性に優れ軽量化に寄与できることが分かった。パルプ、バイオプラスチック部品の市場回収リサイクル性を検証した結果、問題ないことが確認できた。パルプ、バイオプラスチック部品の自動車廃却後まで加味した LCA 評価を行い、自動車部品に用いられる従来材と比較した結果、CO₂排出削減効果があることが分かった。

Summary

The project aims to replace sound-absorbing parts for an automobile with non-petroleum and a recyclable materials. A developed sound absorbing material in an automotive part was produced as a part of components on the prototype stage and evaluated mechanical properties and environment impacts on the use of Life Cycle Assessment (LCA). Last year, the components using pulps and bioplastics indicated good performance of basic mechanical properties and showed the possibility of being components contributing to sound-absorbing and lightness. On the other hand, volatile organic compounds (VOCs) were emitted as gases from the components and impact strength was not strong enough to satisfy with the interior parts standard.

In this year, three projects have been summarized in this report. First, VOC and impact resistance issues for pulp and bioplastic parts are improved by investigating additives and the product designs. Second, it was evaluated the recyclability of pulp parts in consideration of the market environment. Third, LCA include a processing for a discarded automobile was evaluated for pulp and bioplastic parts. Results are indicated as below.

Pulp and bioplastic parts were satisfied with the volatile organic compounds (VOC) test and the impact resistance test. It was found that they had the basic performance as automobile parts, excellent sound absorption properties and contribution of reducing the weight of the automobile. Recyclability of pulp and bioplastic parts which were collected from the market, was excellent. LCA evaluation showed the effect of reducing CO₂ emissions using pulp and bioplastic parts were better than using conventional automobile parts.

I. 背景・目的	6
II. 実施項目と体制	8
III. 実施内容	9
1 パルプ、バイオプラスチック材料を活用した性能評価	9
1. 1 パルプモールド材料を活用した性能評価	9
1. 1. 1 パルプモールドの VOC 対策検討	9
1. 1. 2 パルプモールドによる (Noise Vibration:NV) 検討	13
1. 1. 3 パルプエネルギー吸収 (Energy Absorption:EA) 性能	19
1. 1. 4 部品製品化検討	30
1. 1. 5 まとめ	31
1. 2 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価	32
1. 2. 1 バイオポリエチレンの耐熱性、剛性向上検討	33
1. 2. 2 VOC 対策検討	35
1. 2. 3 部品検討	37
1. 2. 4 スレッド試験	38
1. 2. 5 スカッフプレートの成形性検討	43
1. 2. 6 まとめ	45
2 パルプ、バイオプラスチックのリサイクル性検証	46
2. 1 パルプモールドのリサイクル性検証	46
2. 1. 1 市場負荷と物性	48
2. 1. 2 市場環境負荷による機械物性変化	49
2. 1. 3 リサイクルによる VOC への影響	51
2. 2 パルプ強化バイオ PE のリサイクル性検証	52
2. 2. 1 市場負荷と物性	53
2. 2. 2 市場環境負荷による機械物性変化	54
2. 2. 3 リサイクル材の市場環境負荷による機械物性変化	55
2. 2. 4 リサイクルによる VOC への影響	56
2. 3 まとめ	57
3 CO ₂ 排出削減効果の推計	58
3. 1 クラフトパルプによる CO ₂ 排出削減効果の推計	58
3. 1. 1 製品性能 (評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定)	58
3. 1. 2 フロー図 (システム境界の設定)	59
3. 1. 3 CO ₂ 排出量比較と削減見込み (ライフサイクルインベントリ分析)	61
評価対象製品	64
ベースライン	68
評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述	72

3. 2	新聞または段ボール古紙による CO ₂ 排出削減効果の推計.....	75
3. 2. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	75
3. 2. 2	フロー図（システム境界の設定）	76
3. 2. 3	CO ₂ 排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）	78
	評価対象製品	81
	ベースライン	85
	評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述...	89
3. 3	クラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO ₂ 排出削減効果の推計	93
3. 3. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	93
3. 3. 2	フロー図（システム境界の設定）	94
3. 3. 3	CO ₂ 排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）	96
	評価対象製品	99
	ベースライン	103
	評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述.	106
3. 4	新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO ₂ 排出削減効果の推計	110
3. 4. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	110
3. 4. 2	フロー図（システム境界の設定）	111
3. 4. 3	CO ₂ 排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）	113
	評価対象製品	116
	ベースライン	120
	評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述.	124
3. 5	バイオプラ (PE) と新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードの CO ₂ 排出削減効果の推計	128
3. 5. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	128
3. 5. 2	フロー図（システム境界の設定）	129
3. 5. 3	CO ₂ 排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）	131
	評価対象製品	134
	ベースライン	142
	評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述.	147
3. 6	パルプ・綿複合サイレンサーの CO ₂ 排出削減効果の推計.....	151
3. 6. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	151
3. 6. 2	フロー図（システム境界の設定）	152
3. 6. 3	CO ₂ 排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）	154
	評価対象製品	158

ベースライン	161
評価対象製品とベースラインの比較 ※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述.	167
3. 7 まとめ	171
3. 7. 1 エネルギー起源・非エネルギー起源	171

I. 背景・目的

世界の石油由来プラスチックの生産量は年々増える傾向にある。限りある資源のため、図 I.1 に示すように持続可能な再生可能資源への代替ならびに廃プラスチック等の資源循環システムの構築が求められている。

我が国のプラスチック廃棄物は約 940 万トン/年にのぼり、リサイクル率は 24.8%、リサイクル率に熱回収率を足すと 81.6% (2013 年実績)^{注1)} となっている。すなわち焼却による熱回収 (サーマルリサイクル率) が大半を占めている。使用済み自動車に使用されるプラスチック量は約 33 万トン/年あり、その大半はポリプロピレン (PP) である。22 万トン/年^{注1)} が自動車破砕ダスト (ASR : Automobile Shredder Residue) になる。ASR からの選別により PP 等の回収が一部行われているが、そうした例外を除き ASR のほとんどが熱回収 (サーマルリサイクル) として処理されている。

本実証事業では、図 I.2 に示すように我々の技術を活かし非石油由来であるパルプやバイオプラスチックを用いた自動車部品の普及促進を行うとともに、これらの部品のリサイクル手法も確立し資源循環社会に貢献することを目的とする。パルプについては、プラスチックで作られている吸音材の代替材として部品化検討を行う。バイオプラスチックについては、植物繊維とのブレンドにより、耐熱性等を向上させ車両適用できる材料設計を検討する。また、リサイクル性の検討、LCAを実施する。

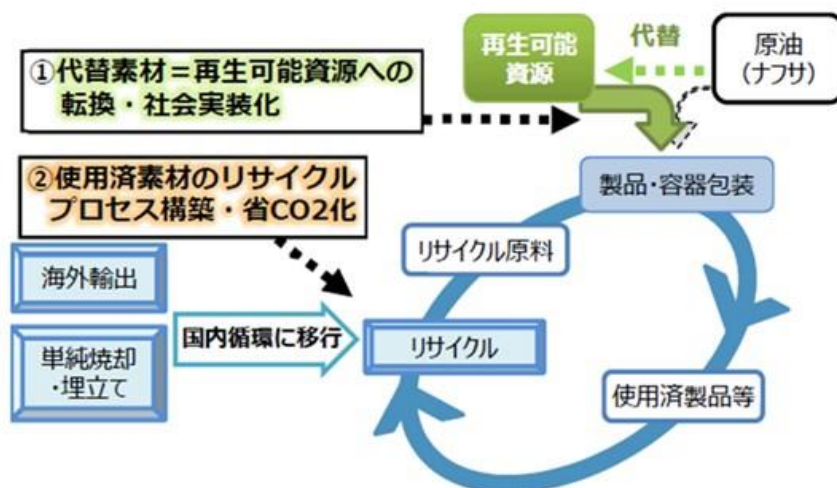


図 I.1 本実証事業の概念 ^{注1)}

注1): プラスチックを取り巻く国内外の状況 資料2 平成30年8月 (環境省)による

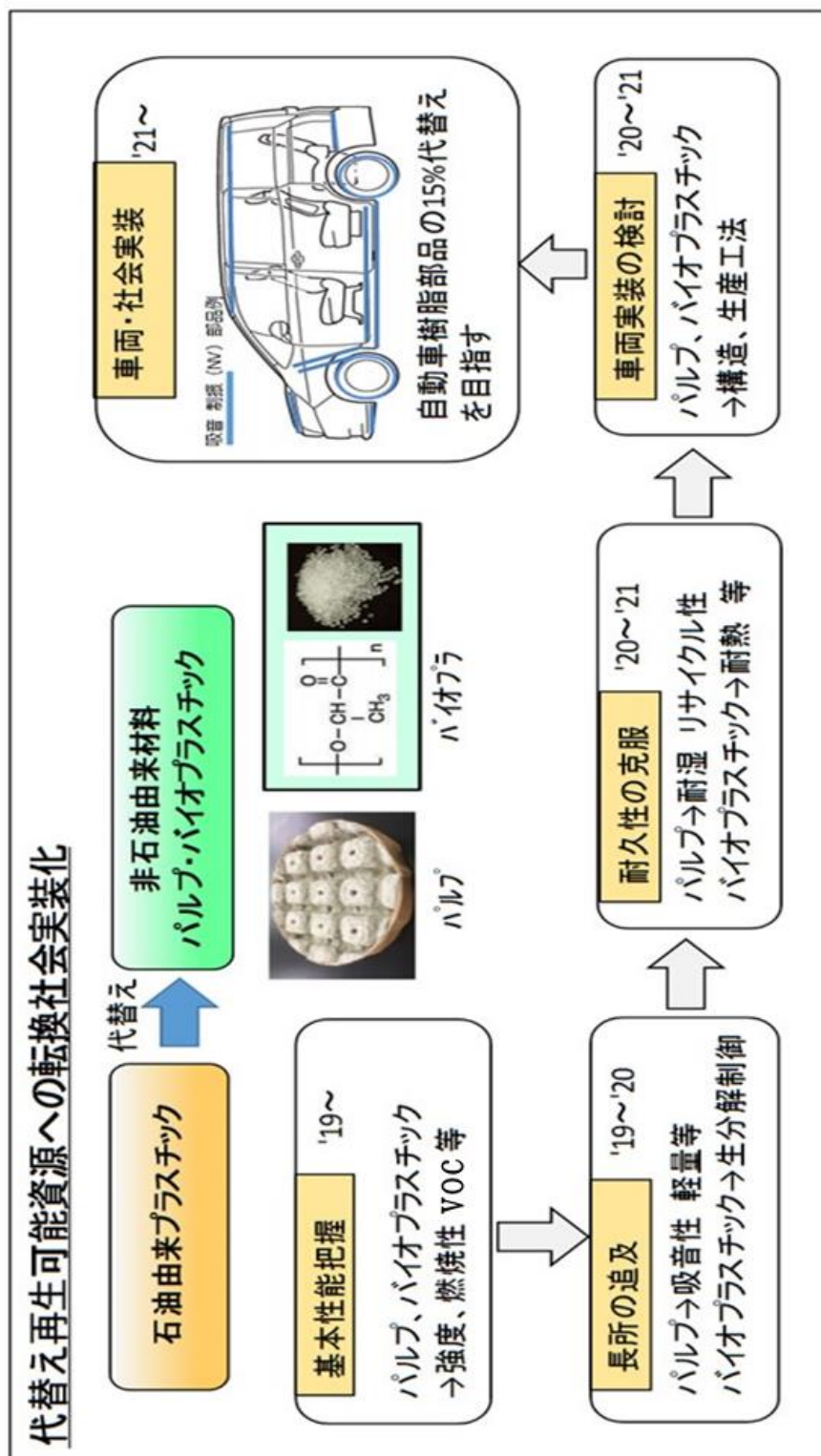


図 I.2 本実証事業の概要

Ⅱ．実施項目と体制

今年度の実施項目を以下に示す

1) パルプ・バイオプラスチック部品の設計製造評価

パルプ・バイオプラスチック材料を活用した部品の性能評価を実施した

2) パルプ・バイオプラスチック部品のリサイクル性評価

パルプ・バイオプラスチック材料を活用した部品のリサイクル性評価を実施した。

3) CO₂排出削減効果の推計

パルプモールド、バイオプラスチック材料を活用した自動車部品の使用時までのCO₂排出量を算出し、従来のPET 繊維製吸音部品やPP 樹脂射出成形部品に対してCO₂排出量を比較した。本事業の実施体制を図Ⅱ.1に示す



図Ⅱ.1 実施体制

Ⅲ. 実施内容

1 パルプ、バイオプラスチック材料を活用した性能評価

1. 1 パルプモールド材料を活用した性能評価

昨年度は新聞古紙、ダンボール古紙に加えて、広葉樹晒クラフトパルプ、針葉樹晒クラフトパルプについても機械物性や燃焼性、VOC 試験等の物性検討を行いパルプ原料の安定確保リスクを加味した開発検討を行った。その結果パルプや古紙を原料にしたパルプモールドは、VOC 中のアセトアルデヒドとホルムアルデヒドの揮発対策が必要であることが分かった。今年度は古紙パルプモールドの量産性を考慮した VOC 対策の検討、そして、パルプモールドの持つ静音化、エネルギー吸収等の特徴的な機能について検討を行った。

1. 1. 1 パルプモールドの VOC 対策検討

昨年の検討によりパルプモールドの VOC 対策としては図 1. 1. 1. 1 に示すようにアセトアルデヒドとホルムアルデヒド両方に対応できるキャッチャー剤 7 の使用が有効であることが確認できた。今年度は上記を踏まえ、段ボール、新聞古紙での効果確認とキャッチャー剤の添加量、配合方法の最適化検討を行った。

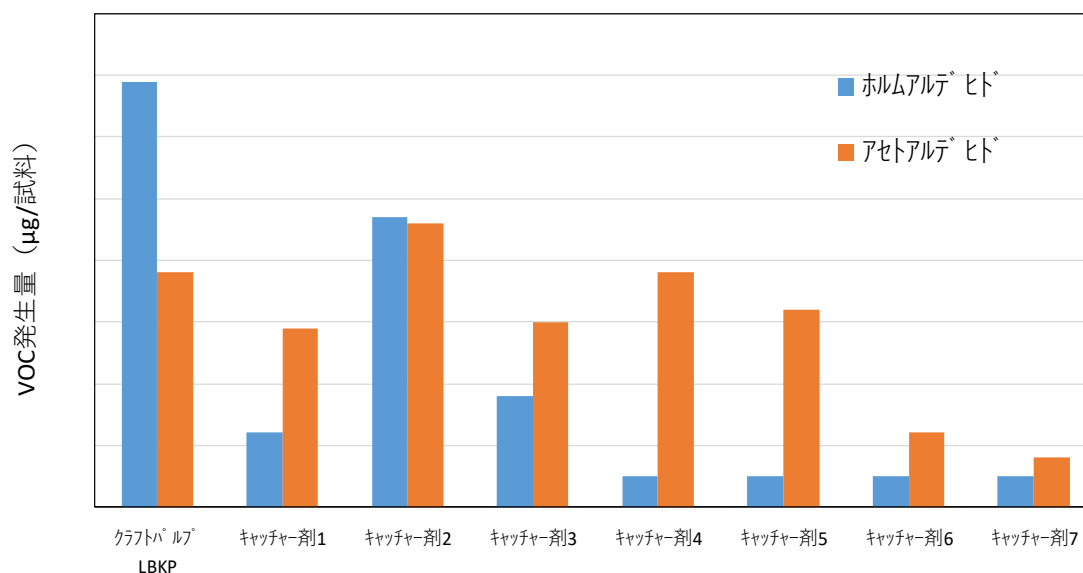


図 1. 1. 1. 1 キャッチャー剤の違いによる VOC 対策効果

1. 1. 1. 1 VOC キャッチャー剤使用方法の検討

量産工程を加味した VOC 対策検討を行った。まず最も現状工程の変更がない古紙解繊時のコロイド状の原料に、キャッチャー剤を直接配合する検討を実施した。ただし、この方法では成型吸引時の排水にキャッチャー剤が流出する割合が多いと想定されるため、少しでも定着率を上げるために定着材の水準も合わせて検討した。キャッチャー剤 7 (0.25 0.5 1 2wt%) と定着材 (0 1 3wt%) を古紙解繊時に配合した、VOC 対策効果の結果を表 1.1.1.1.1 に示す。VOC 性試験の結果、古紙解繊時にキャッチャー剤を配合した場合の VOC 低減効果は十分なものではなく目標を満足できなかった。また、定着材を使用してパルプモウルドへのキャッチャー剤の定着を試みたが有意な効果が見られなかった。

表 1.1.1.1.1 古紙解繊原料へキャッチャー剤 7 と定着材を配合した場合の VOC 対策効果

試料名		ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
操作ブランク		0.05 未満	0.05 未満
N 段ボール・新聞 (ブランク)	11.8g	0.69	2.55
A-1 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.25wt%、定着剤 0wt%	8.8g	0.60	2.09
A-2 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.5wt%、定着剤 0wt%	8.6g	0.51	2.25
A-3 段ボール・新聞、キャッチャー剤 1wt%、定着剤 0wt%	9.3g	0.64	1.53
A-4 段ボール・新聞、キャッチャー剤 2wt%、定着剤 0wt%	9.0g	0.57	1.24
C-1 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.25wt%、定着剤 1wt%	9.3g	0.61	1.80
C-2 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.5wt%、定着剤 1wt%	8.6g	0.49	2.31
C-3 段ボール・新聞、キャッチャー剤 1wt%、定着剤 1wt%	11.5g	0.69	2.44
C-4 段ボール・新聞、キャッチャー剤 2wt%、定着剤 1wt%	8.3g	0.63	1.34
E-1 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.25wt%、定着剤 3wt%	9.2g	0.75	2.26
E-2 段ボール・新聞、キャッチャー剤 0.5wt%、定着剤 3wt%	9.2g	0.53	2.73
E-3 段ボール・新聞、キャッチャー剤 1wt%、定着剤 3wt%	8.6g	0.76	1.84
E-4 段ボール・新聞、キャッチャー剤 2wt%、定着剤 3wt%	6.7g	0.58	1.29

単位: µg/試料

そのためさらにキャッチャー剤の量を増やして検討を行った。
 検討の結果を図 1.1.1.1.2 に示す。検討の結果、古紙解繊時のコロイド状の原料にキャッチャー剤を配合し VOC 対策を行うためには多量のキャッチャー剤添加が必要なことが分かった。しかしこれはキャッチャー剤が比較的高価なことを考えると、商業的な採用への課題となるため、より低コストとなる方法を検討する必要があることが分かった。

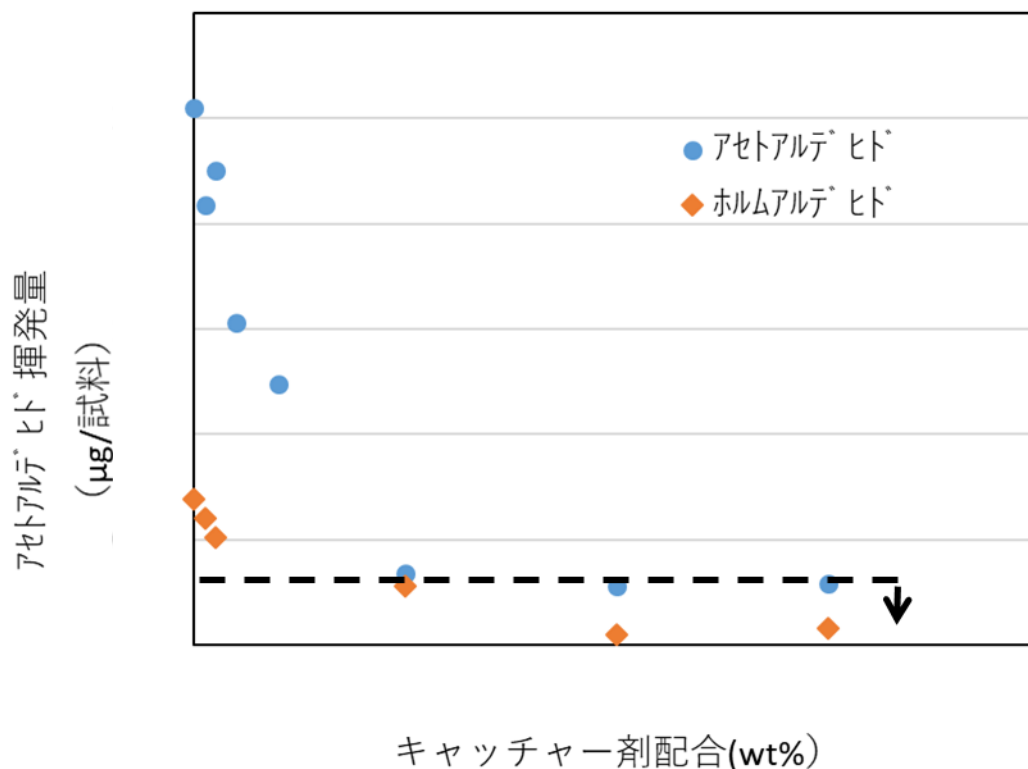


図 1.1.1.1.2 解繊原料へのキャッチャー剤 7 を配合した場合の VOC 対策効果

低コストで VOC を対策する方法としてアニール処理、及び、キャッチャー剤塗布を検討した結果を図 1.1.1.1.3 に示す。まず加熱により揮発成分を除去させるアニール処理を検討したが対策効果は限定的で目標を満足できなかった。そこで、古紙解繊時のコロイド状の原料にキャッチャー剤を配合するのではなく、より効率的にパルプモールド製品に定着できる工法の検討としてパルプモールド完成品に直接塗布する方法を検討した。検討の結果を図 1.1.1.1.3 に示す。新聞・段ボールへの VOC 対策はキャッチャー剤片面塗布の条件にて、キャッチャー剤 7 では乾燥前片面に規定 wt%以上塗布することで比較的安価に対策が可能であることが分かった。

VOC対策検討（アニール、キャッチャー剤塗布）

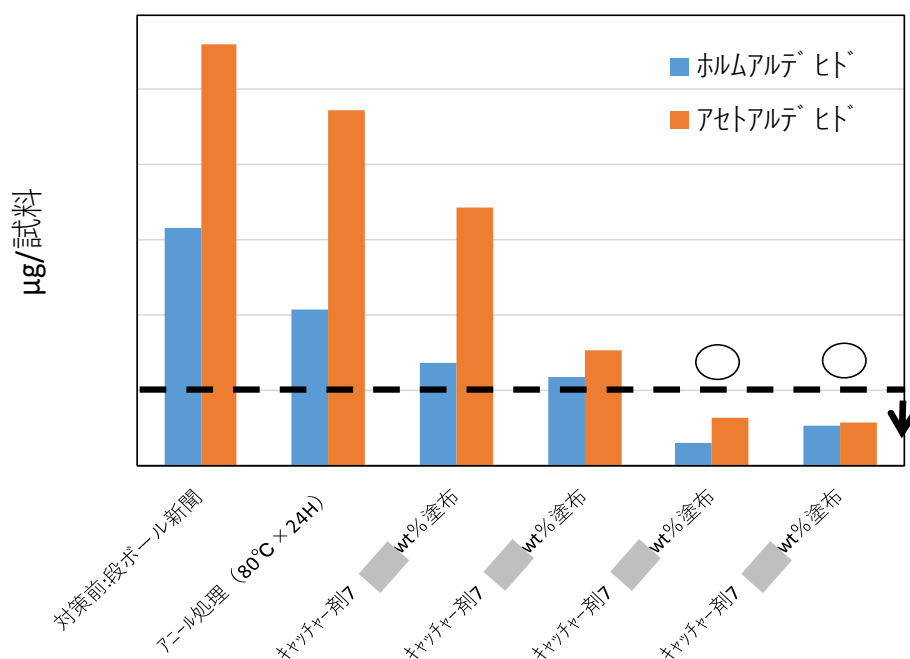
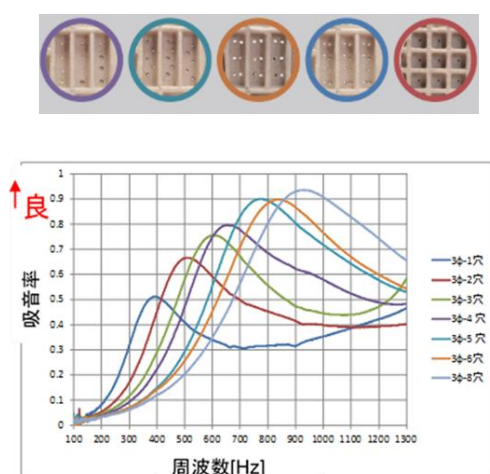


図 1.1.1.1.3 パルプモールド完成品にアニール処理、または、キャッチャー剤直接塗布した場合の VOC 対策効果

1. 1. 2 パルプモールドによる (Noise Vibration:NV) 検討

昨年度までの検討でパルプモールドは、図 1.1.2.1 に示すような低周波領域から高周波領域の吸音が可能で、図 1.1.2.2 に示すような遮音性も、剛性もあるという特徴を活かした NV 材としての活用が有望であることが示唆された。今年度はこれらの吸音、遮音の両特性を活かせる部品として図 1.1.2.3 に示すダッシュサイレンサーを選定し検討を行った。



$$f = c \sqrt{\frac{d^2}{16V\pi(t + 0.3d)}}$$

図 1.1.2.1 穴あきパルプモールドによる共鳴吸音効果

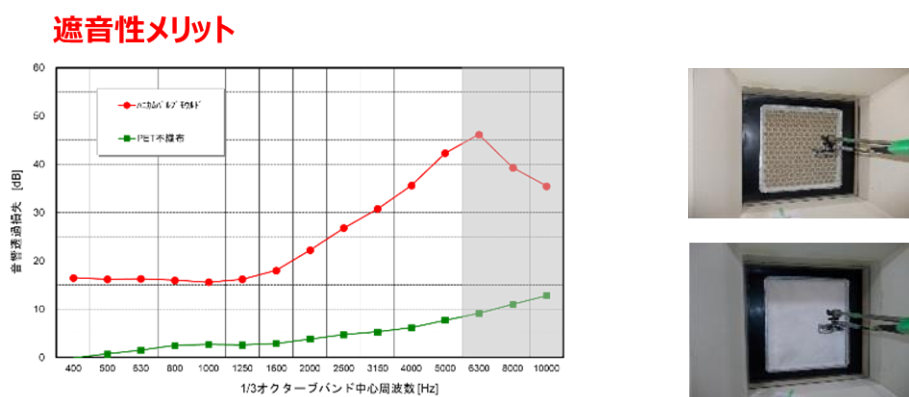


図 1.1.2.2 遮音性効果

吸音 制振 (NV) 部品例

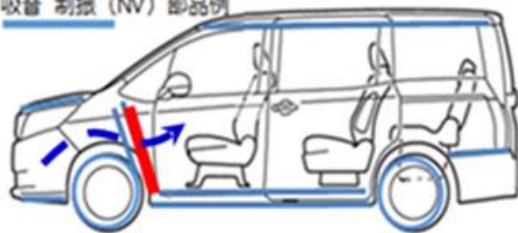


図 1.1.2.3 ダッシュサイレンサー部品

1. 1. 2. 1 パルプモウルドのダッシュサイレンサー適用検討

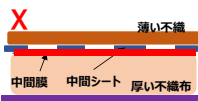
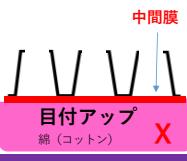
今後、拡大が予測される電動車 (EV : Electric Vehicle) には、特徴的な騒音周波数としてモーター等から発生する 3~4kHz がある。そこで今回 3~4kHz の騒音を低減できるダッシュサイレンサー構造を、パルプモウルド等の非石油由来材を活用して下記①~④のサイレンサー適用検討技術検討を行った。

<主要サイレンサー適用検討技術>

- ① 不織布の吸音性向上 (パルプ形状による背面空気層の確保)
- ② パルプモウルドの共鳴吸音効果
- ③ 構成工夫による遮音性確保
- ④ 環境材料の使用

現行品と検討水準構成を表 1.1.2.1.1 に示す。検討品構成はパルプモールドにより不織布の裏面に背面空気層を設定（技術①）、またはパルプ穴開けによる共鳴吸音構造を設定（技術②）、遮音性を損なわないように貫通する穴の設定をせず（技術③）、材質的にはパルプやコットン等の非石油化を活用（技術④）する考え方で検討した。

表 1.1.2.1.1 現行品と検討水準構成（吸音性）

	現行品1	#2-No.3	#2-No.4	#2-No.5	#2-No.6
構成概要	 	 	 	 	 
LCA	×	◎	◎	◎	◎
質量g/m ²	5071	3800	3700	3776	4500

現行品に対し検討水準#2_No. 3～6 は、EV に特徴的な騒音である 3～4kHz で吸音性に優れることが図 1. 1. 2. 1. 3 から確認できた。

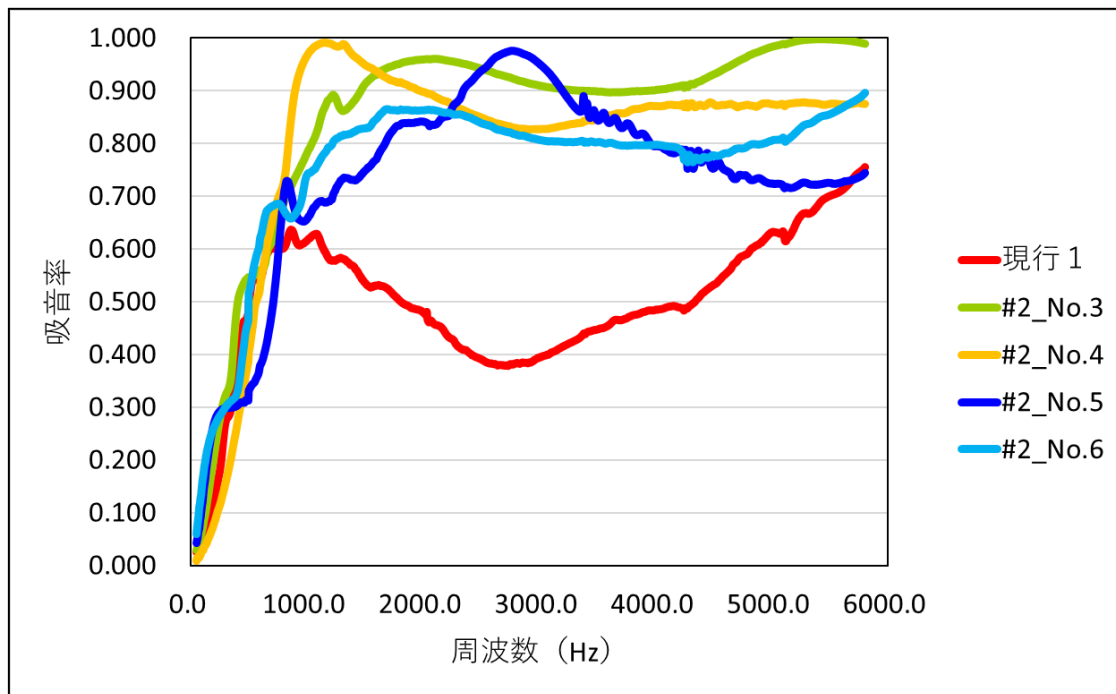


図 1. 1. 2. 1. 3 現行品と検討水準の吸音性

1. 1. 2. 2 パルプモウルドの遮音性検討

ダッシュサイレンサー部品のもう一つの性能である遮音性試験の状況を図 1.1.2.2.1 に、水準を表 1.1.2.2.1 に、結果を図 1.1.2.2.2 に示す、パルプ+綿不織布構成水準（#2-No. 5, 6, 7）は、現行品に近い性能を持ち、吸音性の優位性を考慮すると実車での適応可能と考えられる。



図 1.1.2.2.1 遮音性試験の状況

表 1.1.2.2.1 現行品と検討水準構成（遮音性）

#2-No.5	#2-No.6	#2-No.7	#2-No.8
検討案 1	検討案 2	検討案 3	現行品その2

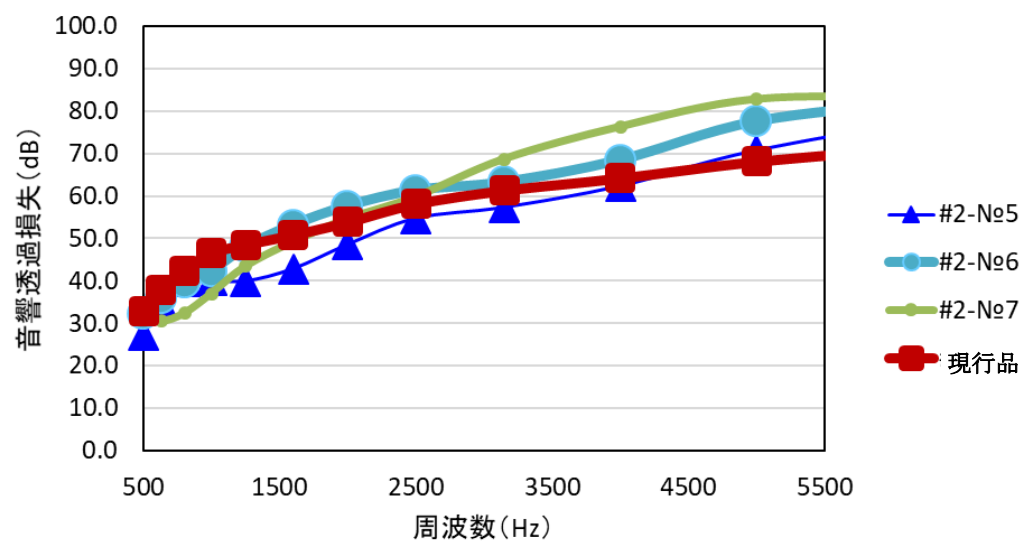


図 1. 1. 2. 2. 2 遮音性試験の結果

1. 1. 3 パルプエネルギー吸収 (Energy Absorption:EA) 性能

パルプモールドのもう一つの機能として本章では自動車の衝突時の衝撃エネルギーを吸収する EA 性能について検討を行う。

自動車の内装部品には衝突時に乗員が車体の構造体で負傷することを防ぐ目的で緩衝材（以降 EA 材）を設定するニーズがある。ドアトリム裏面、天井基材裏面、ブレーキ付近のカーペット裏面等に設定する機会が多いがしばしば吸音材を設定したい部位と重なり吸音材と EA 材が両立すれば車として両性能の向上が期待できる。

1. 1. 3. 1 EA 性能試験①（静的）

静的圧縮試験にて、一般的な EA 材である発泡ポリスチレン (Polystyrene:PS) やペーパーハニカムと比較して、ハニカムパルプモールドの EA 性能について比較検討を行った。

試験結果を図 1.1.3.1.1 に示す。ハニカムパルプモールドはペーパーハニカムの様に初期荷重が高くなるピークもなく、既存の発泡体（発泡 PS）と同様の衝撃エネルギーを吸収する材料であることが分かった。

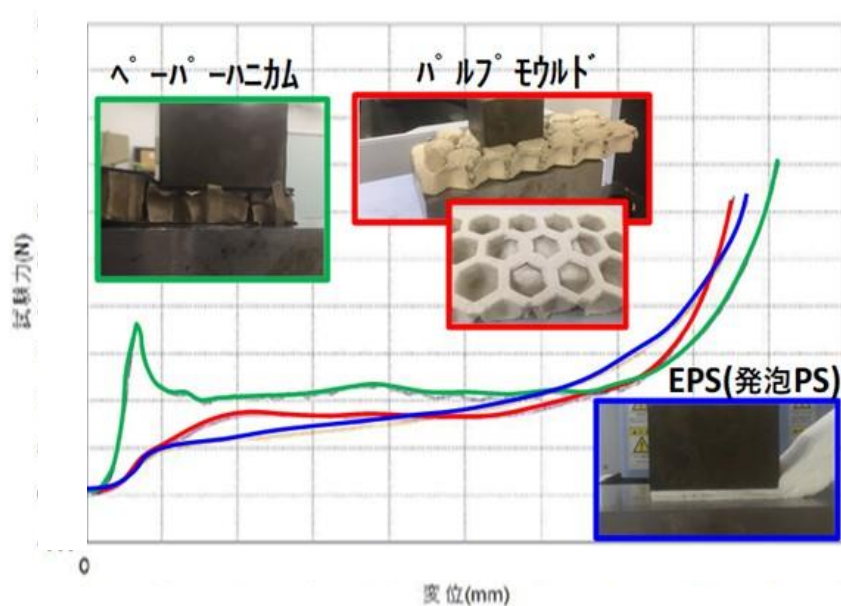


図 1.1.3.1.1 EA 性能試験（静的）

1. 1. 3. 2 EA 性能試験（動的性能試験）

（1） 目的

試験体の衝撃吸収特性を把握するため、落錘試験を実施する。

(2) 試験方法

平坦な衝突面を, 2.3m の高さから自由落下させる。

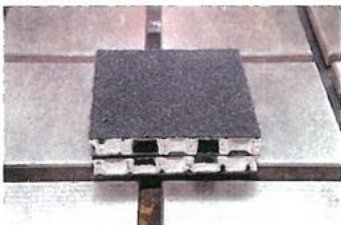
(3) 試験条件

試験条件一覧を表 1.1.3.2.1、試験体外観一覧を表 1.1.3.2.2 に示す。

表 1.1.3.2.1 試験条件一覧

Test No	試験体	錘体質量 (kg)	落下高さ (m)
T-01	水準1	66.9	2.3
T-02	水準2		
T-03	水準3		

表 1.1.3.2.2 試験体外観一覧

水準1	水準2	水準3
パルプモールド1	パルプモールド2	発砲体
		

水準1 : 150mm×150mm×高さ 43mm (ハニカムパルプモールド)

水準2 : 150mm×150mm×高さ 45mm (水準1+バネ PE シート)

水準3 : 150mm×150mm×高さ 41mm (発泡 (PE+PS) 30 倍発泡)

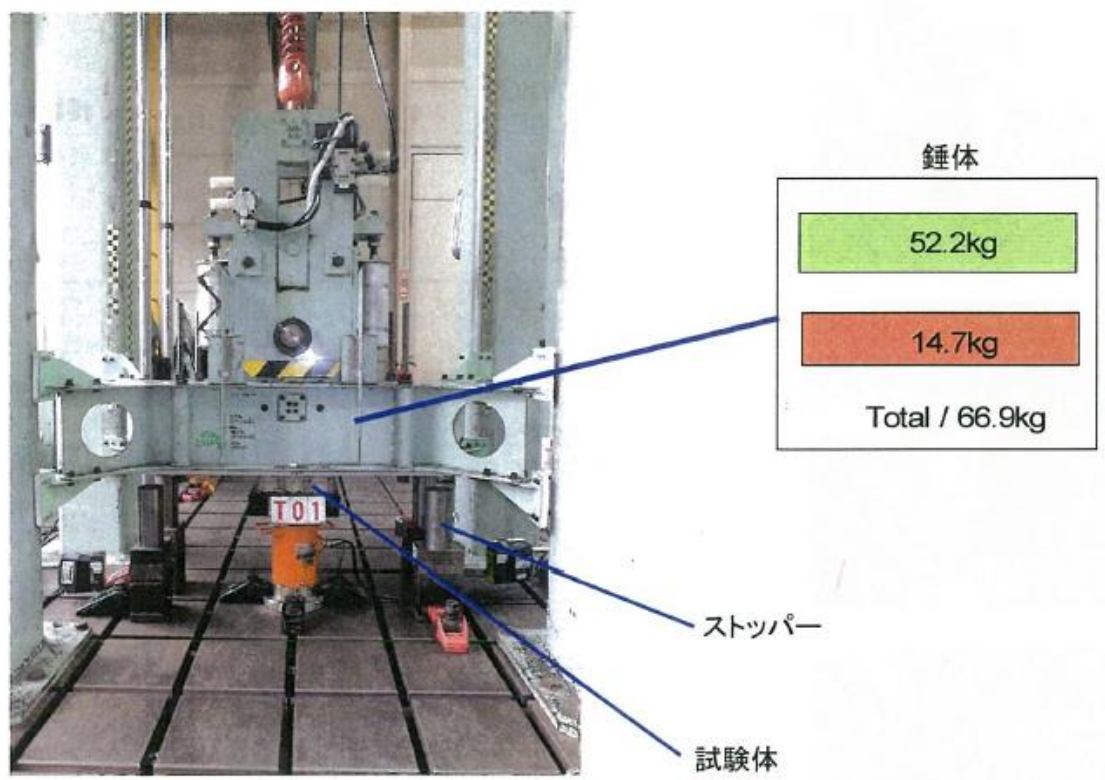


図 1.1.3.2.1 試験状況

使用機器

本試験で使用した機器一覧を表 1. 1. 3. 2. 3 に示す

表 1. 1. 3. 2. 3 使用機器一覧

機器の種類	型式	機器メーカー	機器写真
荷重計	CLP-1MNS	TOKYO SOKKI KENKYUJO CO.LTD	
変位計	LK-G505	KEYENCE CORPORATION	
計測器	DIS-5200A	KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS CO.LTD	
高速度カメラ	MEMRECAM GX-1	NAC IMAGE TECHNOLOGY	

計測項目電気計測

サンプリング周波数 20kHz, アナログフィルタ CFC1000 にて全チャンネルを計測した後、CFC180 の処理を実施した. 電気計測項目一覧を表 1. 1. 3. 2. 4 に示し、センサ取り付け位置を図 1. 1. 3. 2. 2 に示す

表 1. 1. 3. 2. 4 電気計測項目一覧

No.	計測項目	アナログフィルタ	デジタルフィルタ
1	荷重計	CFC1000	CFC180
2	変位計-1	CFC1000	CFC180
3	変位計-2	CFC1000	CFC180

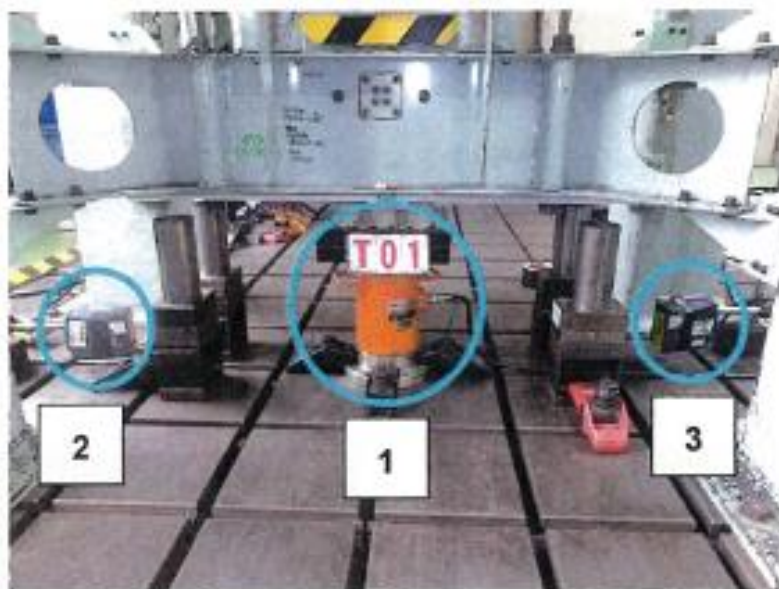
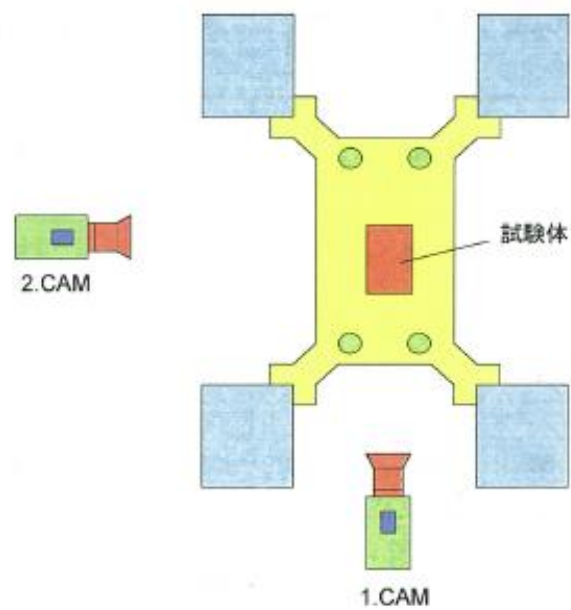


図 1. 1. 3. 2. 2 センサ取り付け位置

光学計測

試験体の変形状況を確認するために、2 台の高速度カメラを用いて、2000fps にて撮影を実施した、試験中の写真を図 1. 1. 3. 2. 3 に示す



1.CAM



2.CAM



図 1. 1. 3. 2. 3 落錘試験のパルプモールドの変形状況

（４） 試験結果

水準 1（T-01）の試験状況を図 1.1.3.2.4 に、水準 2（T-02）試験状況を図 1.1.3.2.5 に、水準 3 の（T-03）試験状況を図 1.1.3.2.6 示す。

試験による変位-荷重曲線の結果を図 1.1.3.2.7～9 に示す。パルプモールドを使った水準 1（T-01）、水準 2（T-02）ともに大きな初期ピークのないエネルギー吸収特性が確認でき、水準 3 に示す自動車で一般に使われている

（PE+PS）30 倍発泡製のものと同等レベルの特性が出せることが確認できた。パルプの形状や面積を工夫することでエネルギー吸収特性を制御できると考えられる。但し結露や高湿度条件下では性能の変化が考えられるため、耐水、耐湿等の工夫が必要と考えられる。

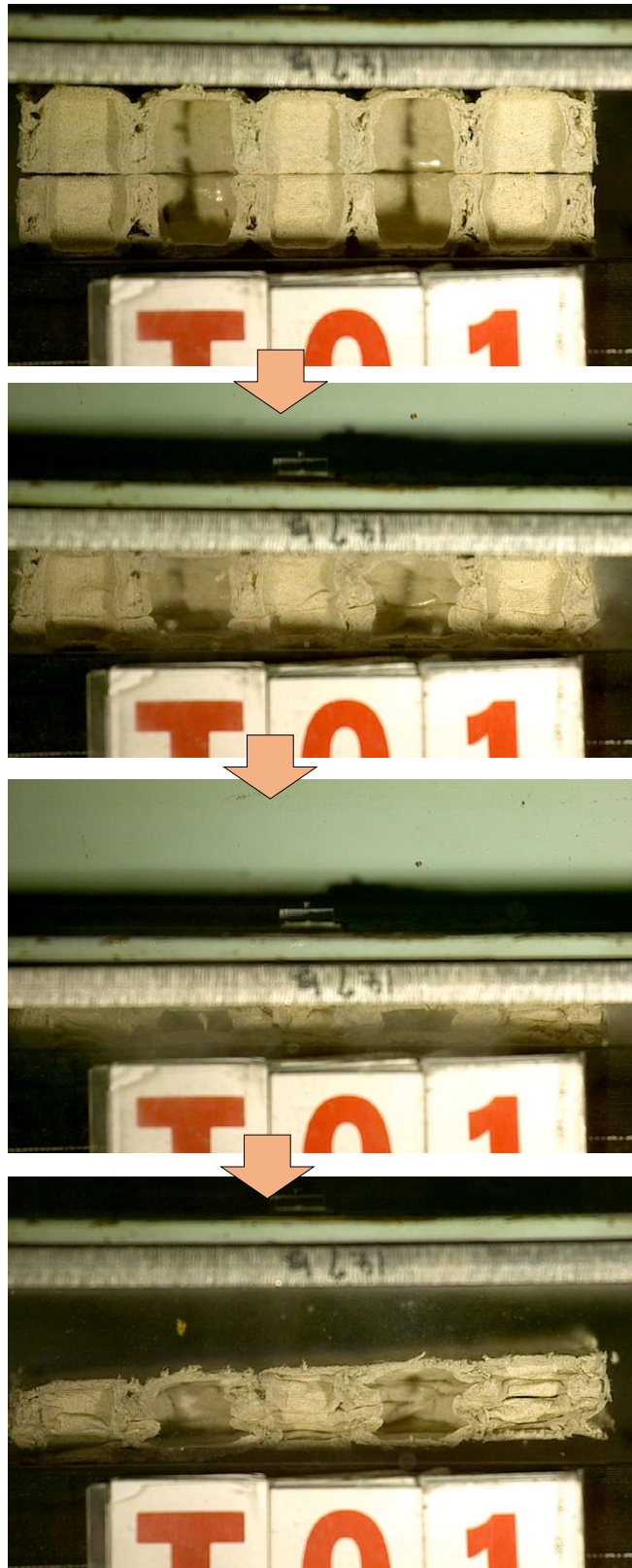


図 1.1.3.2.4 水準 1 (T-01) 試験状況

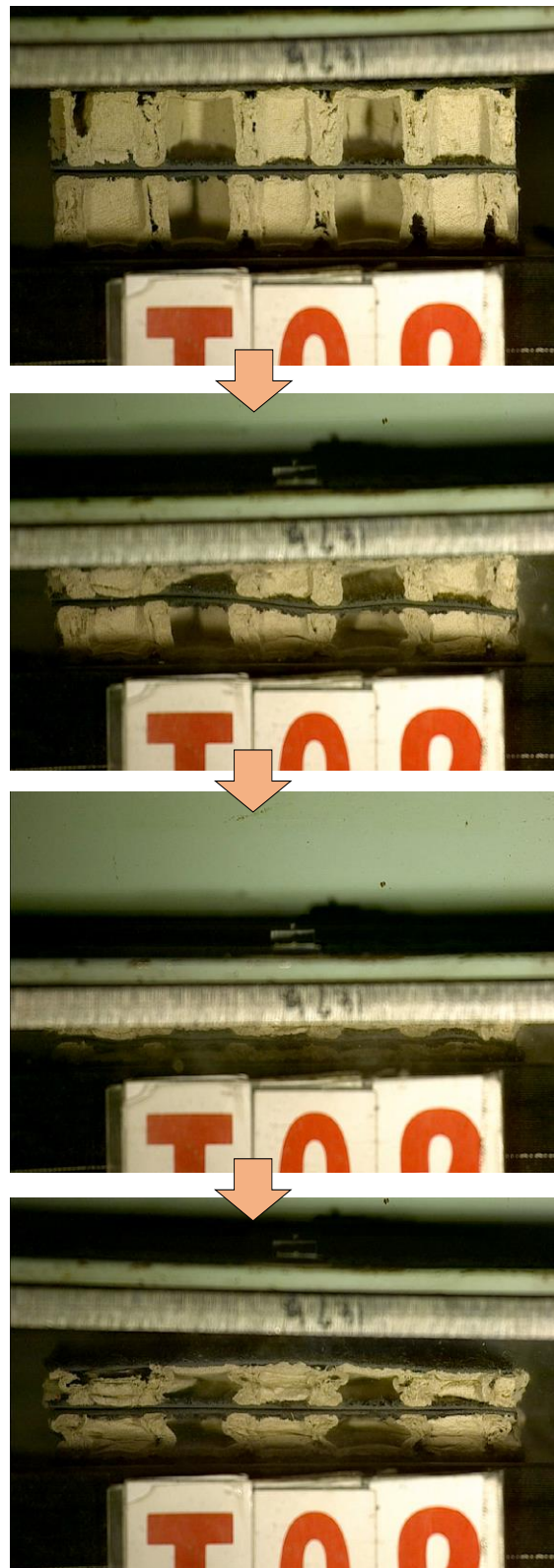


図 1.1.3.2.5 水準 2 (T-02) 試験状況

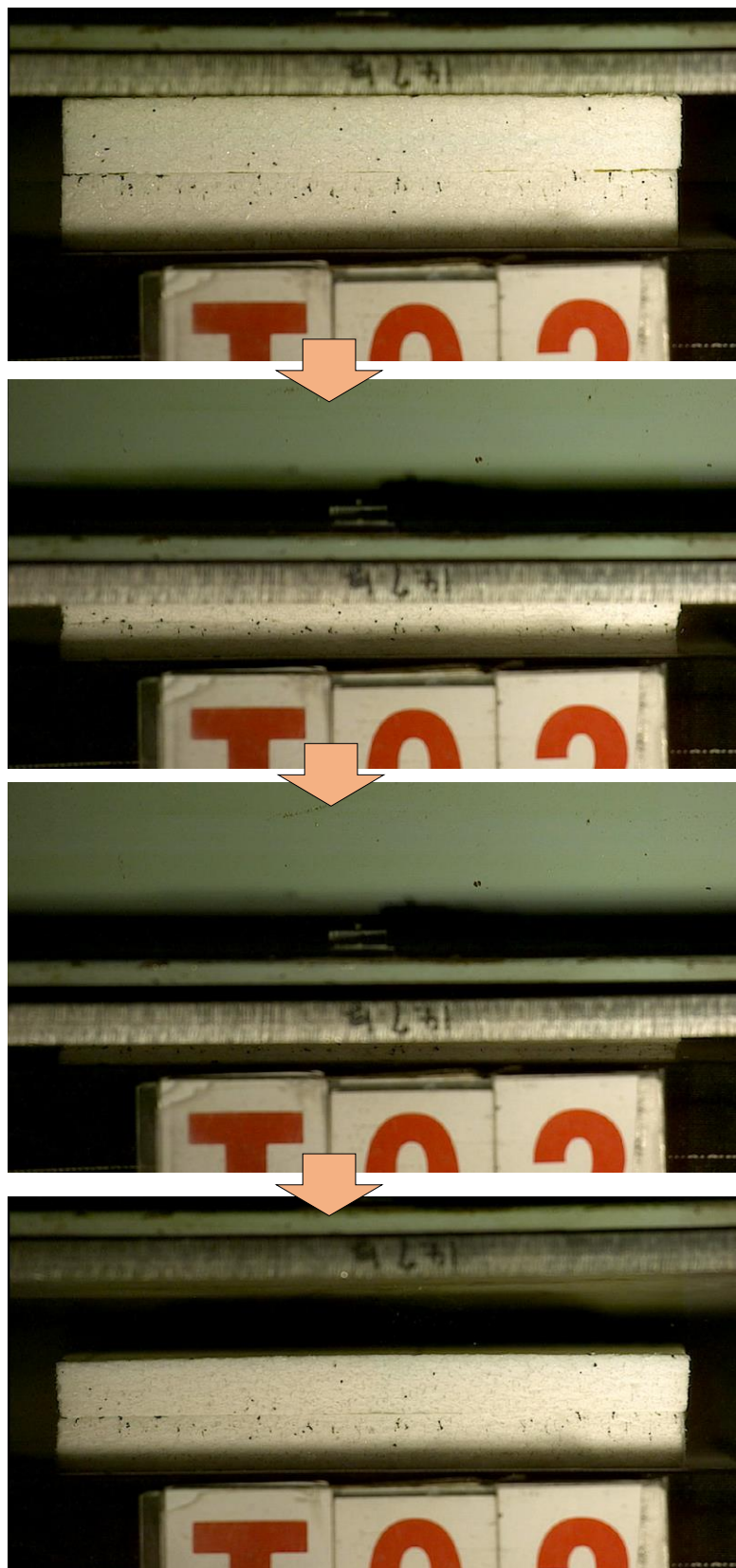


図 1.1.3.2.6 水準 3 (T-03) 試験状況

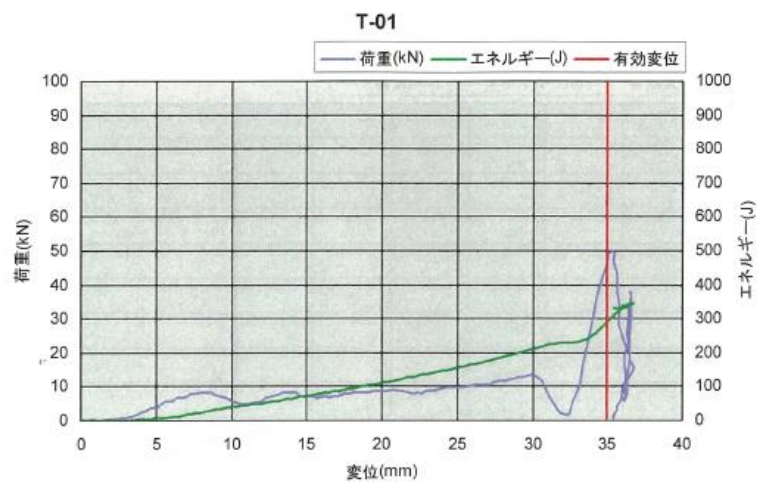


図 1. 1. 3. 2. 7 (T-01) 変位-荷重曲線

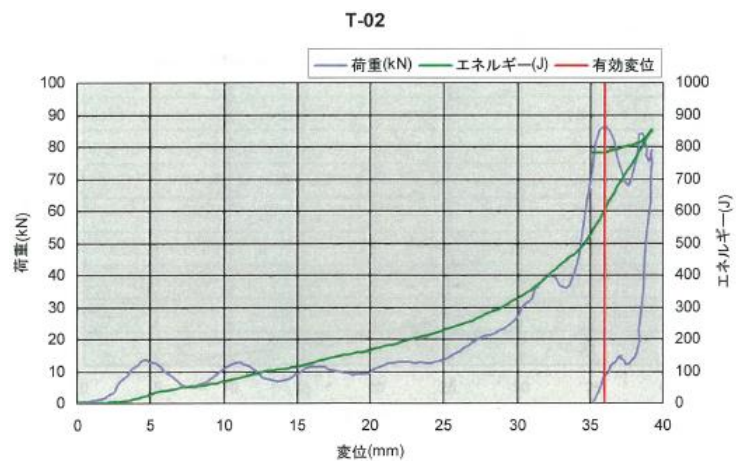


図 1. 1. 3. 2. 8 (T-02) 変位-荷重曲線

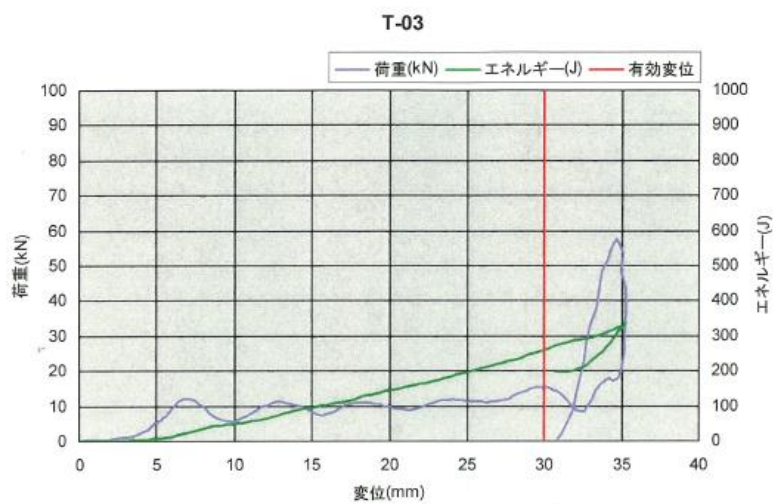


図 1. 1. 3. 2. 9 (T-03) 変位-荷重曲線

1. 1. 4 部品製品化検討

一連の物性、および、吸音性の目途がついたためターゲット部品としてルーフ貼付け部品を選び、現行部品に対して軽量化、低コスト化を考え試作を実施した。部品のイメージを図 1. 1. 4. 1 に示す。

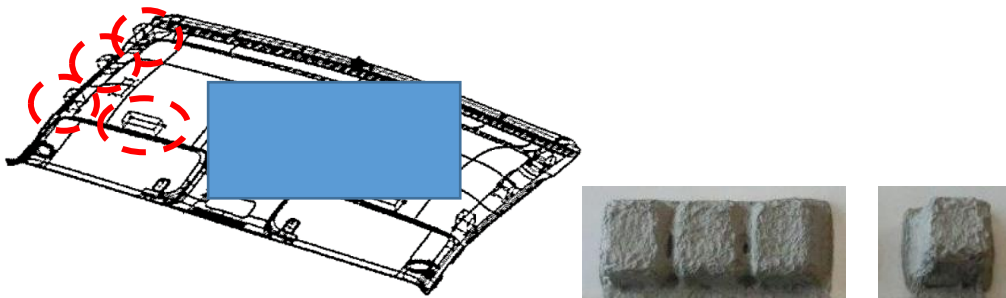


図 1. 1. 4. 1 ルーフ貼付け部品構造とパルプモールド部品

試作品のルーフ接着工程トライの結果、組付け接着作業性、接着強度について問題なく製造可能であることが分かった。組付け工程の状況を図 1.1.4.2 に示す。



図 1. 1. 4. 2 組付け工程の状況

1. 1. 5 まとめ

パルプモールドは、それ自体並びに形状効果による吸音性を持つ。また、一定の遮音性も合わせ持つことから、吸音遮音のバランスを持ったダッシュサイレンサー等の (Noise Vibration:NV) 材料として期待できることがわかった。これらの NV 性機能を活かし軽量安価で機能価値のある非石油由来材料として様々な自動車 NV 部品への適用が可能と考えられる。また、NV 性能だけでなくエネルギー吸収性能や部品補剛性能、断熱性能としての機能もある。パルプモールドを汎用的な部品へ採用拡大するためには、吸音性の機能だけでなく他の機能も組み合わせ、多機能で軽量化に寄与する環境材料としての提案が重要になると考えられる。

1. 2 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価

昨年度までポリ乳酸 (Polylactic acid:PLA)、バイオポリエチレン (Biopolyethylene：バイオ PE)およびナイロン 11 (Polyamide11)と植物フィラーの複合化による性能向上を検討してきた。その中でバイオ PE が最も効率的に性能向上を示した。また、繊維長の長い植物フィラーを混練することが効果的であることも分かった。

今年度はさらなる性能向上への挑戦としてバイオ PE をベースに、PLA、PA11をベンチマークしながら各種対策による性能向上を検討した。評価水準略称を表 1.2.1 に示す。

表 1.2.1 評価水準略称

水準内容	略称
ベースPE	バイオPE
バイオPE+フィラーコンパウンド品	バイオPE-○○-△△ ↳ 古紙パルプの含有率を示す 例) 10：古紙パルプ10wt%含有 ↳ フィラー種類を示す パルプ：古紙パルプ GF：チョップドガラス繊維 TD：タルク

1. 2. 1 バイオポリエチレンの耐熱性、剛性向上検討

昨年度までの検討で植物フィラーの添加により、バイオポリエチレンの性能が大きく向上することが分かった。さらに耐熱性、剛性を向上することが出来れば、部品適用の可能性が広がると考え、性能向上検討を行った。結果を以下①～⑤に示す。

①古紙パルプ 30%強化バイオ PE の結晶化の促進による耐熱性向上を狙い、アニール処理を実施したが大幅な効果はなかった。

②古紙パルプ強化バイオ PE のパルプ混練比率を 70%に増加させ、耐熱性の向上を狙った。剛性は大幅に向上できたが耐熱性向上できなかった。

③PLA に竹パルプ、ケナフ繊維といった繊維長の長い植物フィラーを混練し耐熱性の向上を狙ったが、効果はなかった。

④PA11 に長繊維の竹パルプを混練したが大きな耐熱性向上はなかった。また、PA11 は他の樹脂より高温で混練するため植物繊維に焦げが発生し量産性に課題があった。

⑤ガラス繊維を添加することで大幅な性能向上を実現でき、植物度の高い材料で高剛性部品への適用の可能性を示した。但し、ガラス繊維は水平リサイクルに課題があり、今後はガラス繊維に代わる強化フィラーの検討が必要である。図 1. 2. 1. 1 にバイオ PE の耐熱性、剛性向上の検討結果を示す。

	検討内容	効果	
		耐熱性	剛性
①	バイオPE-パルプ30のアニール処理	→	→
②	バイオPEのパルプ混練比率を70%へ増加	→	↘
③	PLAにケナフ混練	→	→
④	PA11に竹パルプ混練	→	→
⑤	バイオPE-パルプ30にガラス繊維混練	↗	↘

図 1.2.1.1 バイオPE の耐熱性、剛性向上の検討結果

1. 2. 2 VOC 対策検討

昨年度、VOC の中で発生量の多いアセトアルデヒドの対策として、クラフトパ
ルプとキャッチャー剤の組合せで規格を達成することが分かった。今回は古紙
強化バイオ PE で規格を達成するための対策を検討した。検討した水準を表
1.2.2.1 に示す。アセトアルデヒドの発生要因としては、材料の混練や成形時で
の熱負荷による植物フィラー成分の分解が考えられる。試作の温度条件の低減
による分解の抑制は、アセトアルデヒドの低減効果はあるが規格達成はしない
ことが昨年の検討で分かっている。そこで、昨年度効果的であると分かったキャ
ッチャー剤添加の最適化、製品成形後に熱処理をしてアセトアルデヒドを揮発
させるアニール処理の水準を検討した。図 1.2.2.1 に示した評価結果より、キャ
ッチャー剤の最適化(水準 2)またはアニール処理(水準 3)をすることで対策可能
であることが分かった。

量産性を考慮するとアニール処理はサイクルタイム、コスト、CO₂排出が大き
いためキャッチャー剤での対策が量産に適切であると考えている。

表 1. 2. 2. 1 アセトアルデヒドの対策水準

水準	古紙含有量(%)	キャッチャー剤添加量(wt%)	アニール処理
オリジナル	30	0	なし
1	30	A	なし
2	30	B	なし
3	30	0	あり

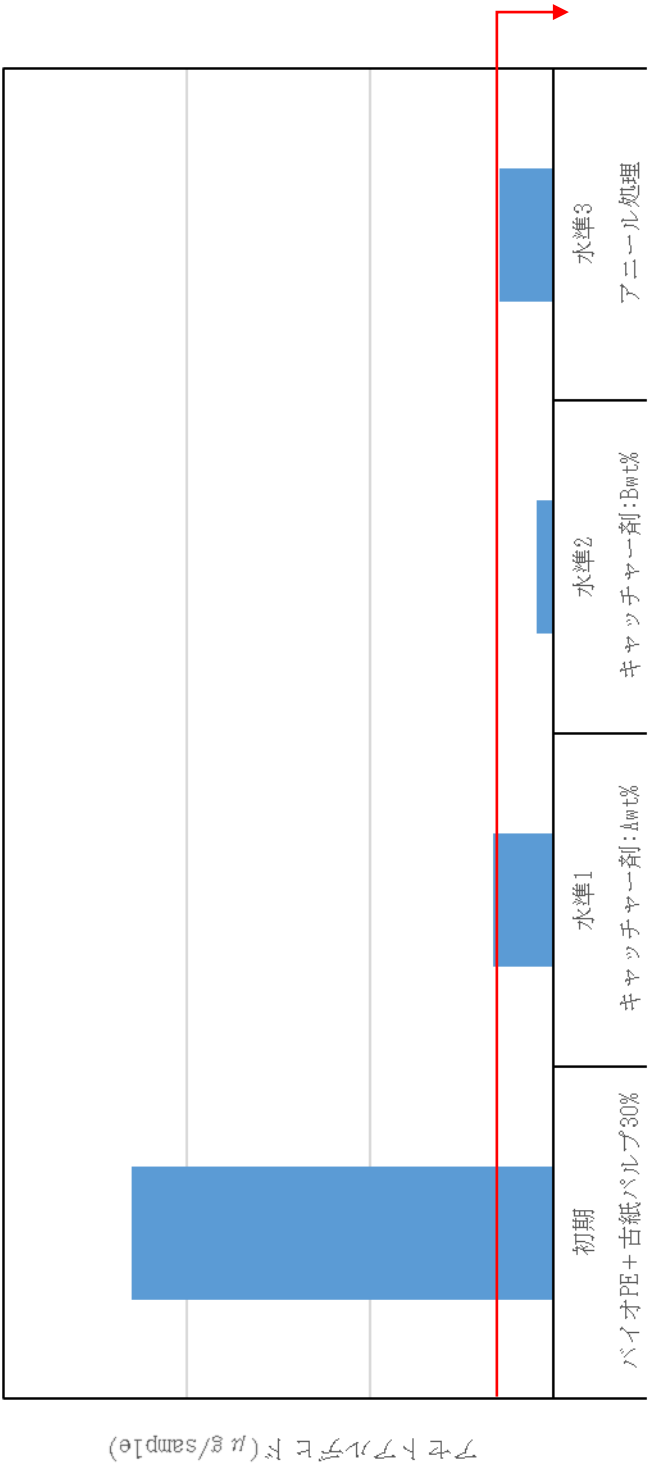
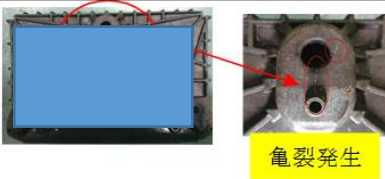
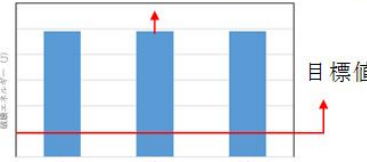


図1. 2. 2. 1 VOC 評価

1. 2. 3 部品検討

昨年度は、バイオ PE-パルプ 30 にガラス繊維を混練した材料についてバッテリーキャリア形状を成形し、耐熱性、冷熱繰り返し性、振動耐久性、落錘衝撃性および耐液性の評価を行い、基礎データを取得した。その結果を表 1. 2. 3. 1 に示す。一連の評価において合格目処が付いたため、今年度は車両衝突を想定したスレッド試験を実施することとした。

表 1. 2. 3. 1 バッテリーキャリア 昨年度製品性能結果

試験項目		結果	判定
耐熱性		著しい変形等の異常なし	○
冷熱繰り返し性		著しい変形等の異常なし	○
振動耐久性		ウェルドラインに亀裂が発生するが、型構造の最適化で対策可能	△
落錘衝撃性		破壊エネルギーは目標値を満足している	○
耐液性		著し外観変化はない	○

1. 2. 4 スレッド試験

スレッド試験とは、バッテリーを搭載した状態で時速 50km での車両衝突を想定した加速度を負荷する試験である。試験は、製品を治具に固定し、治具と試験機の定盤を固定し、さらにバッテリーを搭載した状態で試験を実施した。固定状態を図 1. 2. 4. 1 に示す。

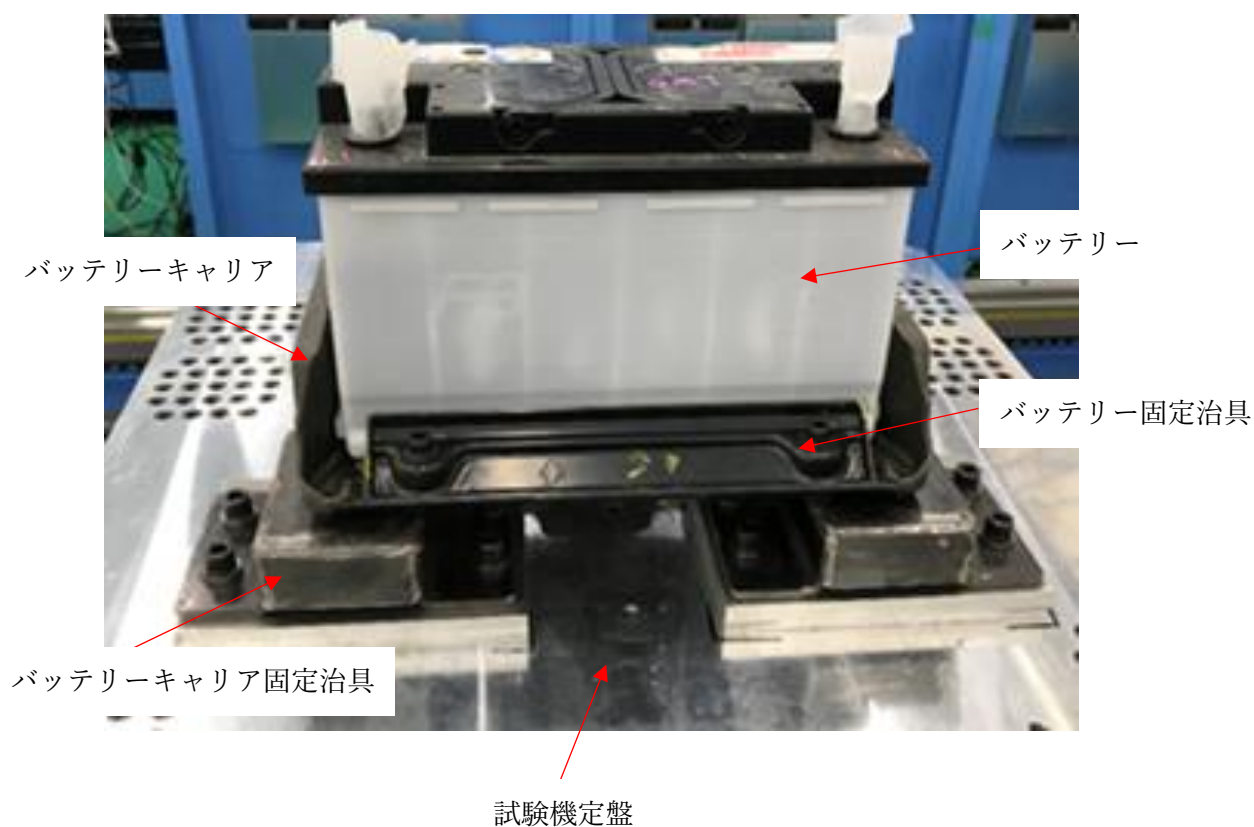


図 1. 2. 4. 1 スレッド試験取り付け状態

衝突試験結果を図 1.2.4.2 に示す。試験の結果、バッテリーの慣性力により部品破損が発生しバッテリーが外れてしまった。原因調査として、図 1.2.4.3 に示すように、破損部に静的な負荷をかけて破壊エネルギーを測定した。現行品と比較すると破壊強度が小さく 2 倍程度の補強が必要であることが分かった。対策として、図 1.2.4.4 のイメージで示した板厚や R 形状等の構造面の補強および図 1.2.4.5 に示すガラス繊維の増量による材料補強を行った。

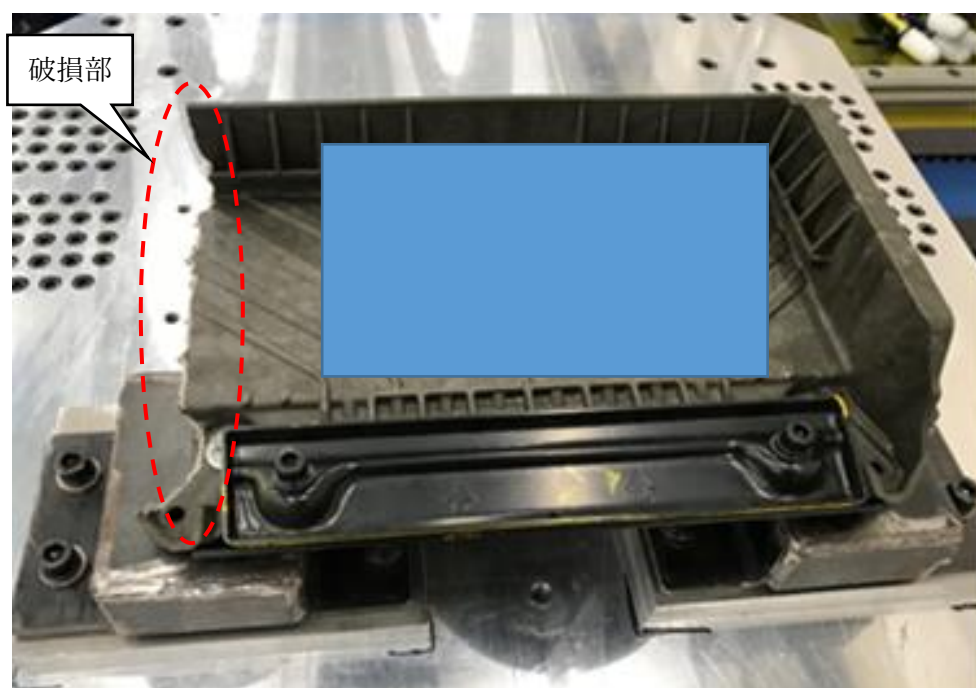


図 1.2.4.2 バッテリーキャリア スレッド試験結果

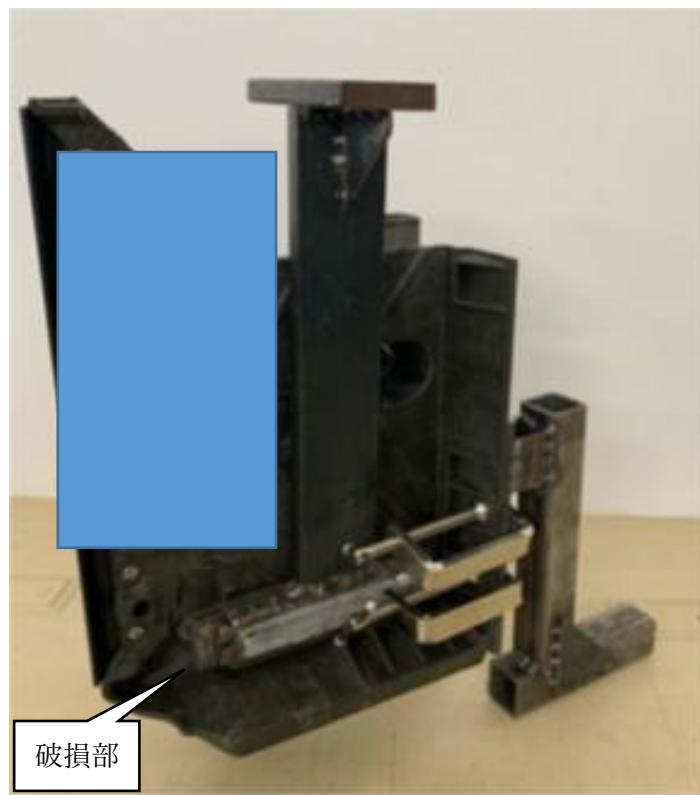


図 1. 2. 4. 3 破損部破壊試験

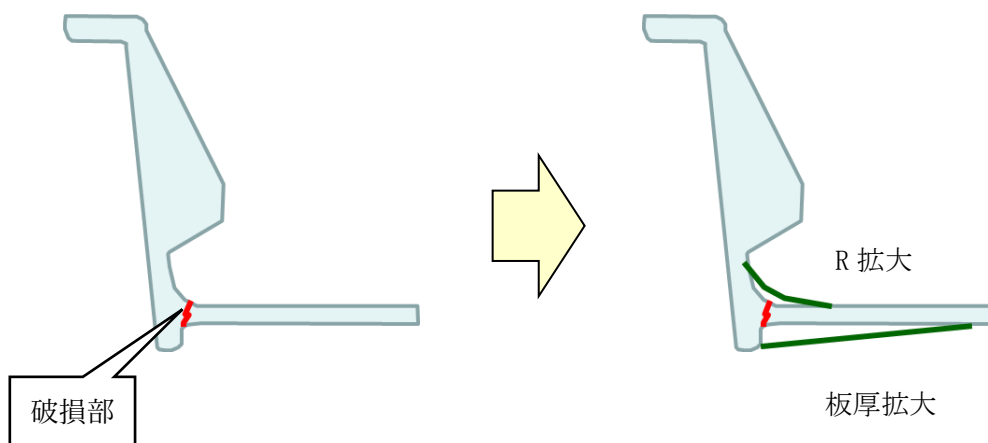
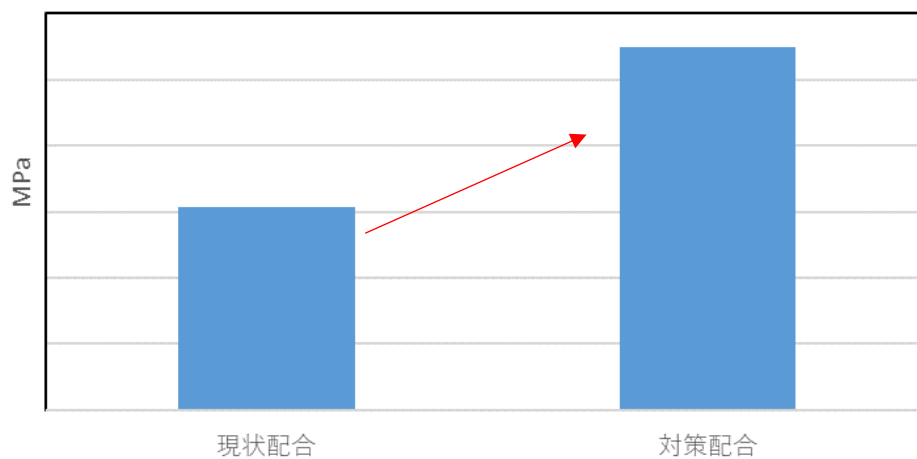


図 1. 2. 4. 4 破損部の構造対策イメージ（断面）

引張強度



曲げ強度

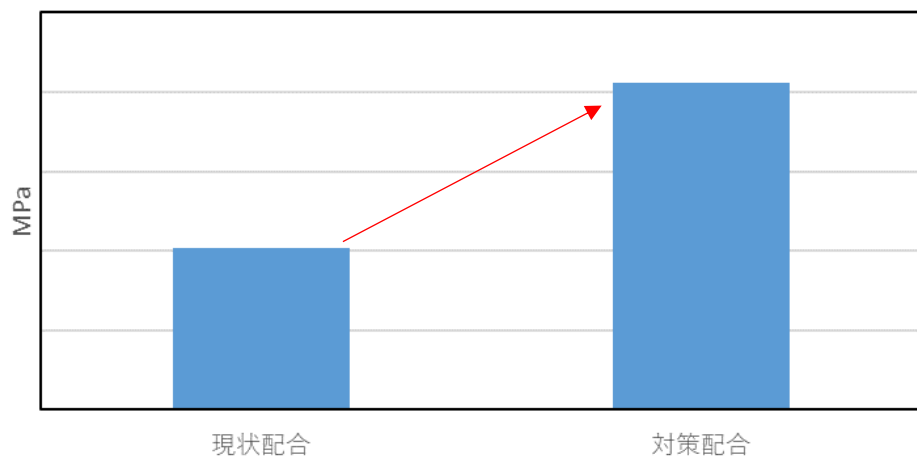
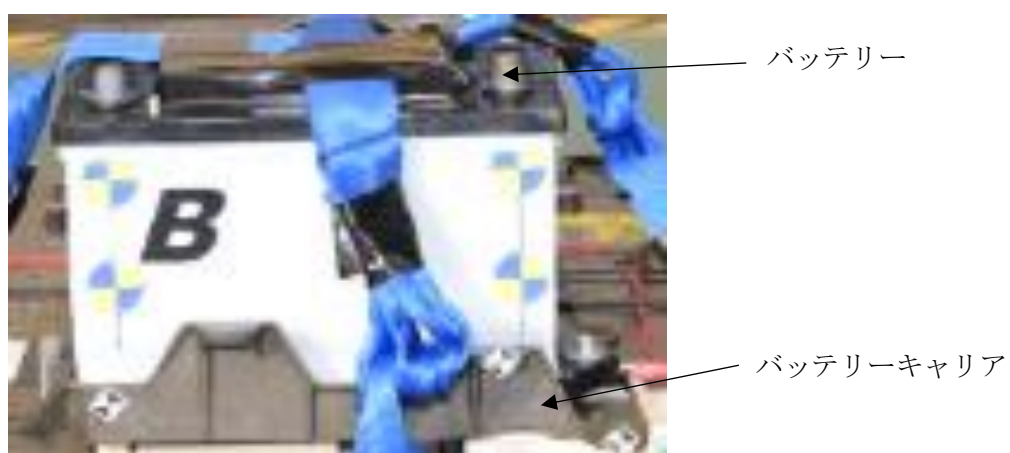


図 1.2.4.5 ガラス繊維による材料補強

対策を実施した試験品で評価した結果、破損なく問題ないことが確認できた。構造や材料補強によって部品適用の可能性が明らかとなった。図 1.2.4.6 に対策バッテリーキャリアのスレッド試験後の写真を示す。

＜バッテリー取り付け状態＞



＜バッテリー取り外し状態＞

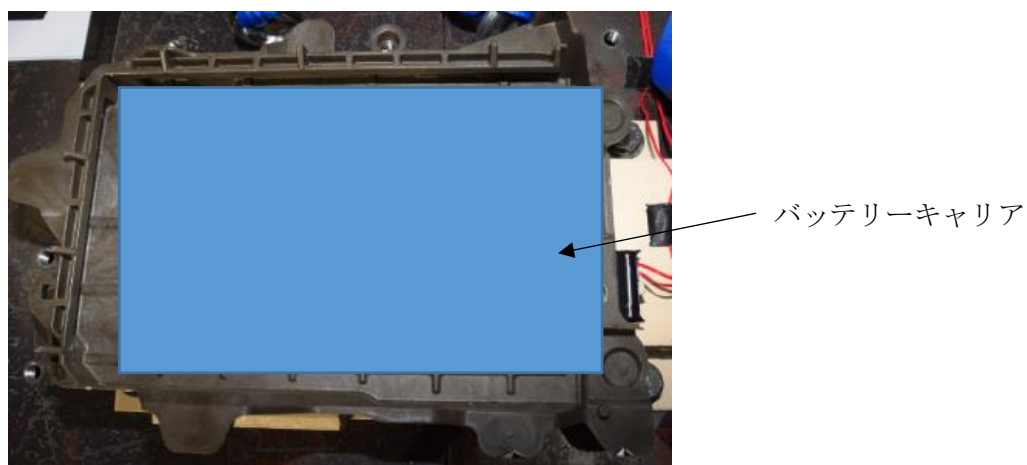


図 1.2.4.6 対策バッテリーキャリアのスレッド試験後写真

1. 2. 5 スカッフプレートの成形性検討

適用部品の拡大を狙い、自動車内装を構成する樹脂部品からスカッフプレートを選定し成形性の検討をした。バイオPE-パルプ30で成形を実施したところ、図 1.2.5.1 に示すように成形不良(ショート)が発生した。バッテリーキャリアのように厚肉な部品では成形が可能であったが、薄肉で形状のあるスカッフプレートについては成形が困難であるため対策を検討した。



図 1.2.5.1 スカッフプレート成形性検討

成形不良の原因はバイオ PE-パルプ 30 の流動性にある。図 1.2.5.2 に示すように、バイオ PE の流動性については現行品と同等のレベルであるが、嵩高い古紙パルプを添加することで流動性が著しく低下する。対策として、パルプの添加量の低減による流動性の向上と、材料の流動性を向上する型構造の見直しを行った。パルプの添加量を低減することで背反として剛性や耐熱性の低下があるが、部品性能に影響のない 10%に調整をした。対策を実施したことで図 1.2.5.3 に示すように、薄肉で形状のあるスカッフプレート成形することができた。

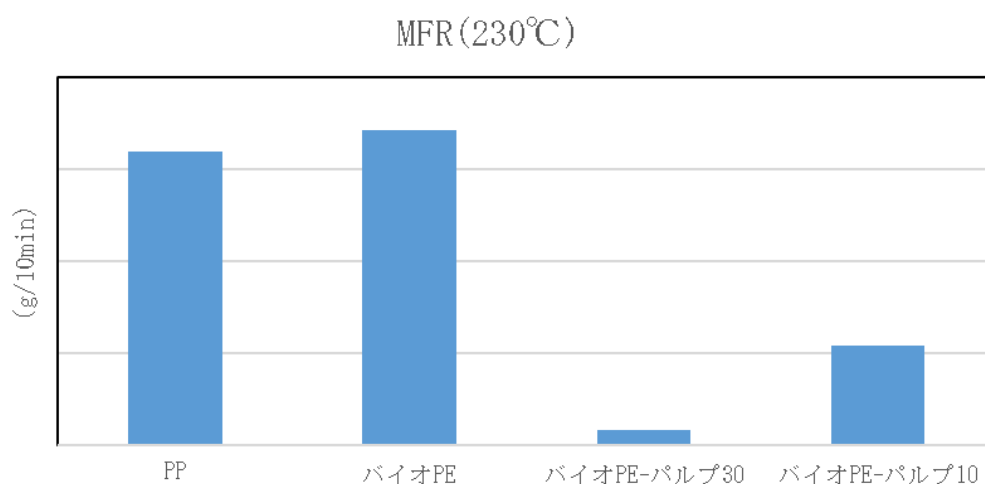


図 1.2.5.2 バイオ PE-パルプ材の MFR

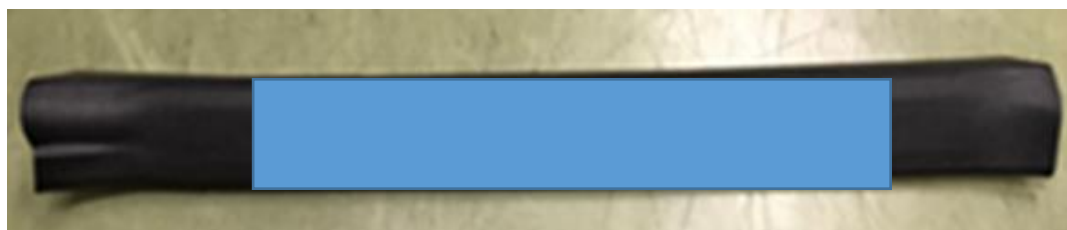


図 1.2.5.3 スカッフプレート成形対策品

1. 2. 6 まとめ

今回の部品検討においてバッテリーキャリアについては一連の試験項目を実施し、合格を確認したことで部品適用の可能性を示した。さらに内装部品の成形性まで確認をした。流動性を調整することで成形可能であることを確認できた。

2 パルプ、バイオプラスチックのリサイクル性検証

2. 1 パルプモウルトのリサイクル性検証

リサイクルを考えるに当たり材料劣化の要因把握は重要である。パルプモウルトを使用した部品のライフサイクルを時系列で見ると図 2.1.1 の流れとなる。リサイクルにおける材料劣化の主な原因は大きく 2 つ、パルプモウルト成形工程負荷、市場環境となる。市場回収リサイクルすることは、この 2 つの負荷を繰り返すことといえる。

昨年度は、パルプ材料を使用した部品の工程内リサイクル性について、パルプが凝集しないように工夫を行った。検討の結果リサイクルによるパルプ再凝集を抑えることができ、リサイクル材の強度低下を抑えることができた。今年度は市場環境負荷を考慮した市場回収リサイクル性検証を行った。

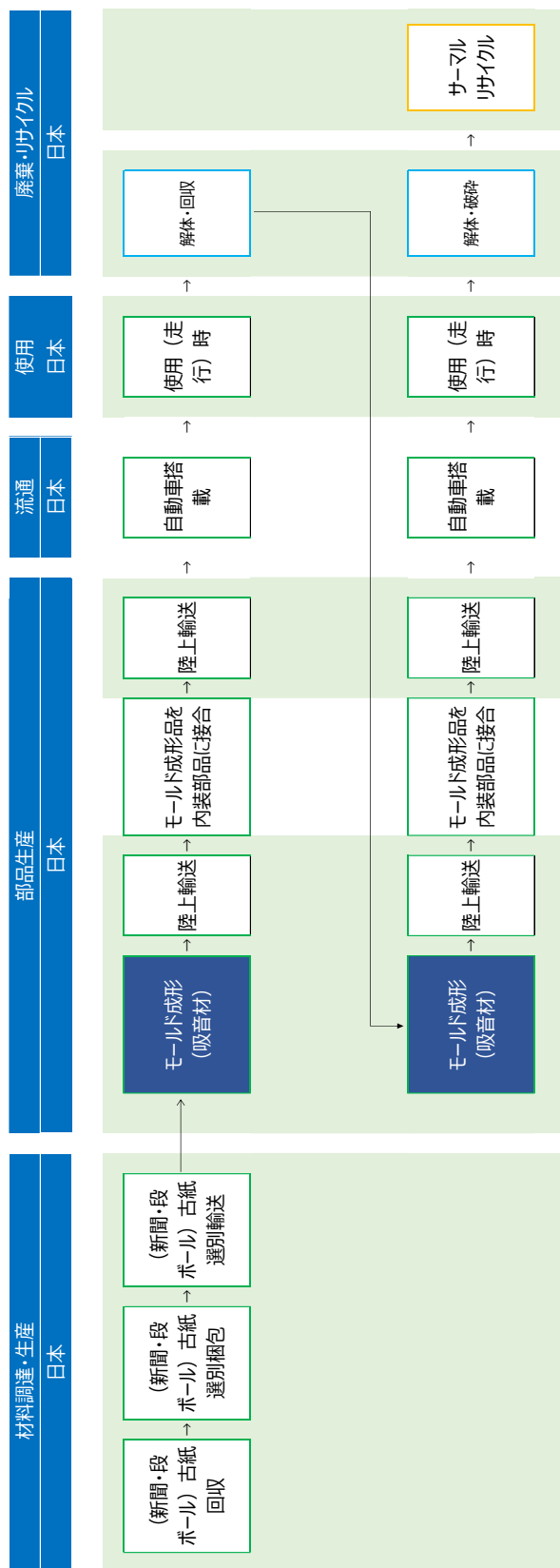


図 2.1.1 パルプモールド部品のライフサイクル

2. 1. 1 市場負荷と物性

図 2.1.1 に示すように市場回収リサイクルでは市場での環境負荷がかかった部品を回収し、再びリサイクル品として成形をする。そこで、市場環境負荷を想定した促進試験を実施し、再びリサイクル成形されたパルプモウルトの劣化状態を物性の変化から把握することにした。

2. 1. 1. 1 促進試験

市場での経年劣化を想定した促進試験として、熱老化試験、湿老化試験を実施した。熱老化試験は、高温の恒湿槽内でテストピースの成形品に数百時間の負荷を与える試験である。湿老化試験は、高温、高湿の恒湿槽内でテストピースの成形品に数百時間の負荷を与える試験である。

2. 1. 2 市場環境負荷による機械物性変化

パルプモールド製品に市場環境負荷を与えた後にリサイクル回収、成形をしたものの物性試験結果を図 2. 1. 2. 1～4 に示す。パルプモールド部品の市場環境負荷後の物性変化を確認の結果、熱老化後、湿老化後共に 90%以上の物性を確保しており、市場負荷による著しい材料劣化は無いと考える。パルプモールドの機械強度測定方法は、引張降伏強さ、及び、引張破断歪試験は ISO527-1、曲げ強度、及び、曲げ弾性率は ISO178 に準じて実施した。

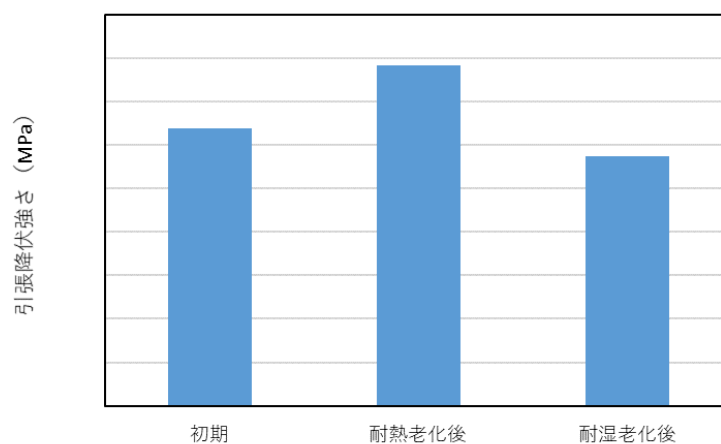


図 2. 1. 2. 1 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の引張降伏強さ変化

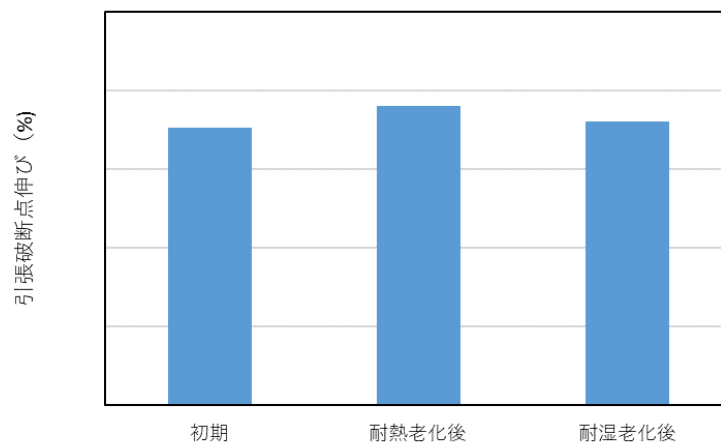


図 2. 1. 2. 2 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の引張破断伸び変化

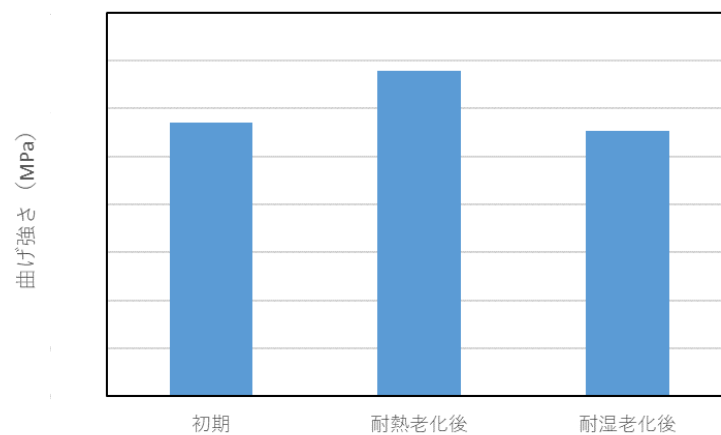


図 2.1.2.3 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の曲げ強さ変化

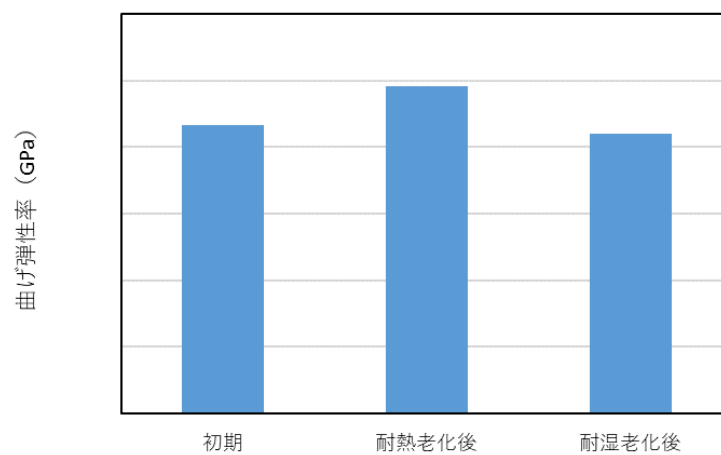


図 2.1.2.4 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の曲げ弾性率変化

2. 1. 3 リサイクルによる VOC への影響

古紙パルプモールド部品はキャッチャー剤を添加することで自動車内装材の VOC の規格値を達成している。市場環境負荷後に回収、リサイクル成形することで VOC が悪化し、規格未達とならないか確認をした。図 2. 1. 3. 1 に熱老化後、湿老化後のリサイクル品の VOC 測定結果を示す。リサイクル成形時の乾燥加熱負荷による熱履歴が原因で VOC 悪化が発生することが分かった。このため対策としてリサイクル品成形時に、再度キャッチャー剤を添加する必要があることが分かった。

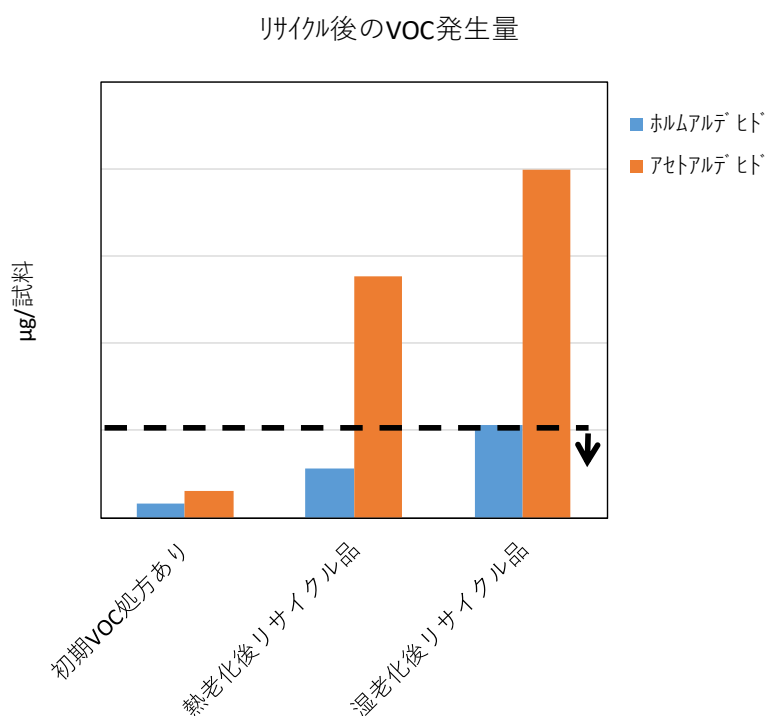


図 2. 1. 3. 1 パルプモールドの熱老化、湿老化後の VOC 結果

2. 2 パルプ強化バイオ PE のリサイクル性検証

バイオプラスチックのリサイクルを考えるに当たり材料劣化の要因把握は重要である。バイオプラスチックを使用した部品のライフサイクルを時系列で見ると図 2.2.1 の流れとなる。リサイクルにおける材料劣化の主な原因は大きく3つ、押出しコンパウンド工程、射出成形工程、最後に市場環境となる。市場回収リサイクルすることは、この3つの工程を繰り返すことといえる。また、工程内リサイクルを行う場合は射出成形による熱負荷が繰り返されることになる。

昨年度は工程内リサイクルを想定したリサイクル検討を行った。今年度は、市場環境での負荷を想定し、材料劣化状況を把握する。

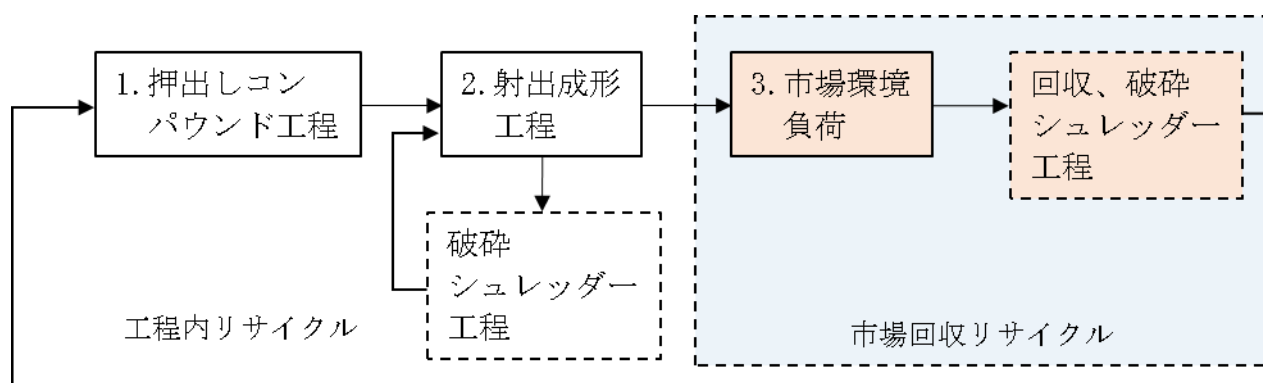


図 2.2.1 部品のライフサイクル

2. 2. 1 市場負荷と物性

図 2.2.1 に示すように市場回収リサイクルでは市場での環境負荷がかかった部品を回収し、再びリサイクル品として破碎後に射出成形をする。そこで今年度は、市場環境負荷を想定した促進試験を実施し、その後再びリサイクル成形されたバイオプラスチック部品の劣化状態を物性の変化から把握することにした。

2. 2. 1. 1 促進試験

市場での経年劣化を想定した促進試験として、熱老化試験、湿老化試験を実施した。熱老化試験は、高温の恒湿槽内でテストピースの成形品に数百時間の負荷を与える試験である。湿老化試験は、高温、高湿の恒湿槽内でテストピースの成形品に数百時間の負荷を与える試験である。

2. 2. 1. 2 リサイクル成形条件

成形機は図 2.2.1.2.1 に示す住友重機工業(株)製射出成型機 SH75(75t)を使用した。



図 2.2.1.2.1 成形機 SH75

2. 2. 2 市場環境負荷による機械物性変化

ISO に基づく試験を行った。バイオ PE-パルプ 30 成形品に市場環境負荷を想定した促進試験を実施。その後再び破碎、リサイクル成形されたバイオ PE-パルプ 30 成形品の劣化状態を物性の変化から把握した。試験方法を図 2.2.2.1、評価結果を表 2.3.2.1 に示す。熱老化後、湿老化後共に 85%以上の物性を確保しており、市場負荷による著しい材料劣化は無いと考える。

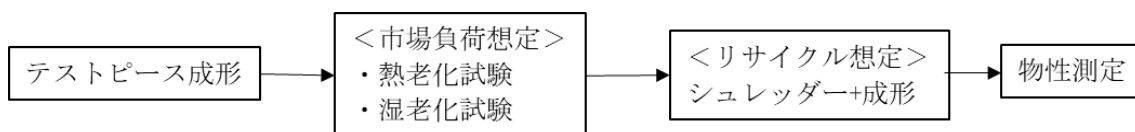


図 2.2.2.1 市場負荷を想定した物性評価

表 2.2.2.1 バイオ PE-パルプ 30 材料物性の変化

試験項目	試験条件	単位	試験方法	初期	熱老化後試験	湿老化後試験
メルトフローレート	190℃、2.16kg	g/10min	ISO 1133 JIS K 7210	0.37	0.30	0.48
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1 JIS K 7111	3.8	3.7	4.2
引張降伏強さ	試験速度50mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	34.6	34.8	32.8
引張破壊ひずみ	試験速度50mm/min	%	ISO 527-1 JIS K 7161	3	2	3
引張弾性率	試験速度1mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	2690	2830	2530
曲げ強さ	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	47	49	43
曲げ弾性率	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	2830	3060	2710
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1 JIS K 7191	122	123	110
比重	水中置換法	—	ISO 1183 JIS K 7112	1.08	1.08	1.08

2. 2. 3 リサイクル材の市場環境負荷による機械物性変化

次に、市場回収したリサイクル部品が市場環境で再度負荷を受けた場合に材料劣化が起こらないかを確認するため、再び熱老化試験、湿老化試験を実施し材料の劣化状況を確認した。試験方法を図 2. 2. 3. 1、評価結果を表 2. 2. 3. 2 に示す。熱老化後、湿老化後共に 85%以上の物性を確保しており、リサイクル後においても市場負荷による著しい材料劣化は無いと考える。

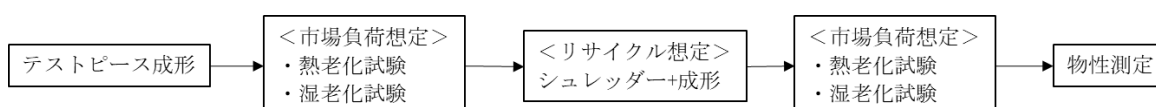


図 2. 2. 3. 1 市場回収したリサイクル部品の市場負荷を想定した物性評価

表 2. 2. 3. 1 バイオ PE-パルプ 30 リサイクル材の物性変化

試験項目	試験条件	単位	試験方法	初期	初期～経年使用後⇒リサイクル		リサイクル～経年使用後	
					熱老化後試験	湿老化後試験	熱老化後試験	湿老化後試験
メルトフローレート	190℃、2.16kg	g/10min	ISO 1133 JIS K 7210	0. 37	0. 30	0. 48	0. 55	0. 53
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1 JIS K 7111	3. 8	3. 7	4. 2	3. 5	3. 8
引張降伏強さ	試験速度50mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	34. 6	34. 8	32. 8	33. 6	30. 1
引張破壊ひずみ	試験速度50mm/min	%	ISO 527-1 JIS K 7161	3	2	3	2	3
引張弾性率	試験速度1mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	2690	2830	2530	2710	2460
曲げ強さ	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	47	49	43	47	41
曲げ弾性率	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	2830	3060	2710	2850	2590
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1 JIS K 7191	122	123	110	123	108
比重	水中置換法	—	ISO 1183 JIS K 7112	1. 08	1. 08	1. 08	1. 08	1. 08

2. 2. 4 リサイクルによる VOC への影響

バイオ PE-パルプ 30 はキャッチャー剤を添加することで自動車内装材の VOC の規格値を達成している。リサイクル後の VOC について確認をした。図 2.2.4.1 に熱老化後の結果、図 2.2.4.2 に湿老化後の結果を示す。熱老化および湿老化によって VOC が悪化することはないが、その後の溶融および成形の熱履歴で悪化することがわかった。これに対してはキャッチャー剤を添加することで対策可能であることが分かった。

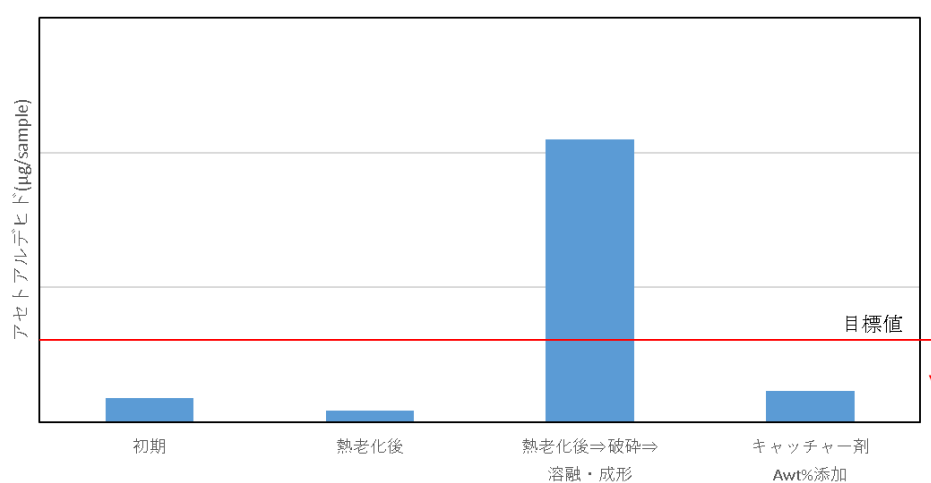


図 2.2.4.1 バイオ PE-パルプ 30 熱老化後の VOC 結果

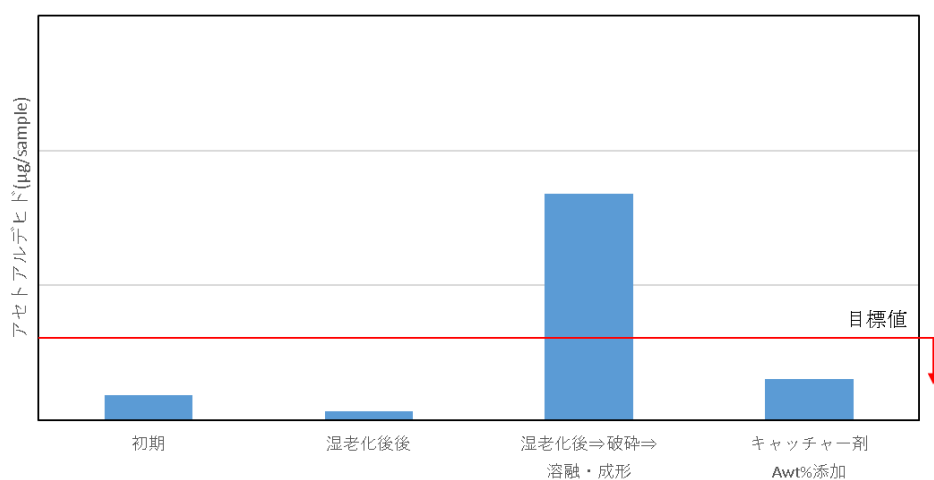


図 2.2.4.2 バイオ PE-パルプ 30 湿老化後の VOC 結果

2. 3 まとめ

市場負荷を想定した老化試験を実施し機械物性を確認した結果、著しい物性低下はなかった。また、VOC について確認した結果、老化試験後の熱履歴で VOC は悪化するがキャッチャー剤により対策が可能であることが分かった。以上の検討結果より、リサイクルが可能であることがわかった。

3 CO₂排出削減効果の推計

CO₂削減効果の推計を四則演算の有効数値を考慮して計算するにあたり、五捨五入法を採用している。

3. 1 クラフトパルプによる CO₂排出削減効果の推計

本実証事業の開発品であるクラフトパルプによる自動車吸音材の環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、クラフトパルプによる自動車吸音材と既存のポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルを通じた環境負荷（CO₂ の排出量）の定量的な影響評価を行う。

本実証事業は3カ年の期間に亘って実施している。

1年目は材料調達・生産～部品製造までのLCAを評価した。2年目は材料調達・生産、部品生産、使用におけるLCAを評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通におけるCO₂排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3年目は廃棄・リサイクル時のLCA評価も加え、全体フローでのLCA評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

3. 1. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：クラフトパルプによる自動車吸音材
- ・ベースライン：ポリエステル繊維による自動車吸音材
- ・機能単位：自動車吸音材 10t 不織布に対し、周波数帯域 100～1000Hz にて、吸音性能同等、もしくは一部同等以上の性能を持つ事（評価対象製品の自動車吸音材重量は 0.650kg/台（内装材としては 2.850kg/台）、ベースラインの自動車吸音材重量は 0.5kg/台（内装材としては 3.250kg/台））



図 3. 1. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 1. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価した（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。なお、評価対象製品及びベースラインともにマテリアルリサイクル 1 回実施した後、サーマルリサイクルする方法を採用した。

評価対象製品であるクラフトパルプによる自動車吸音材については、①の一部の工程（木材伐採・チップ化）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインであるポリエステル繊維に関しては、エチレングリコール（EG）とテレフタル酸を重合する工程については、国外での生産とした。ポリエステルチップにしてから熔融紡糸（ポリエステル長繊維を製造する）～不織布プロセスについては、国内での生産とした。

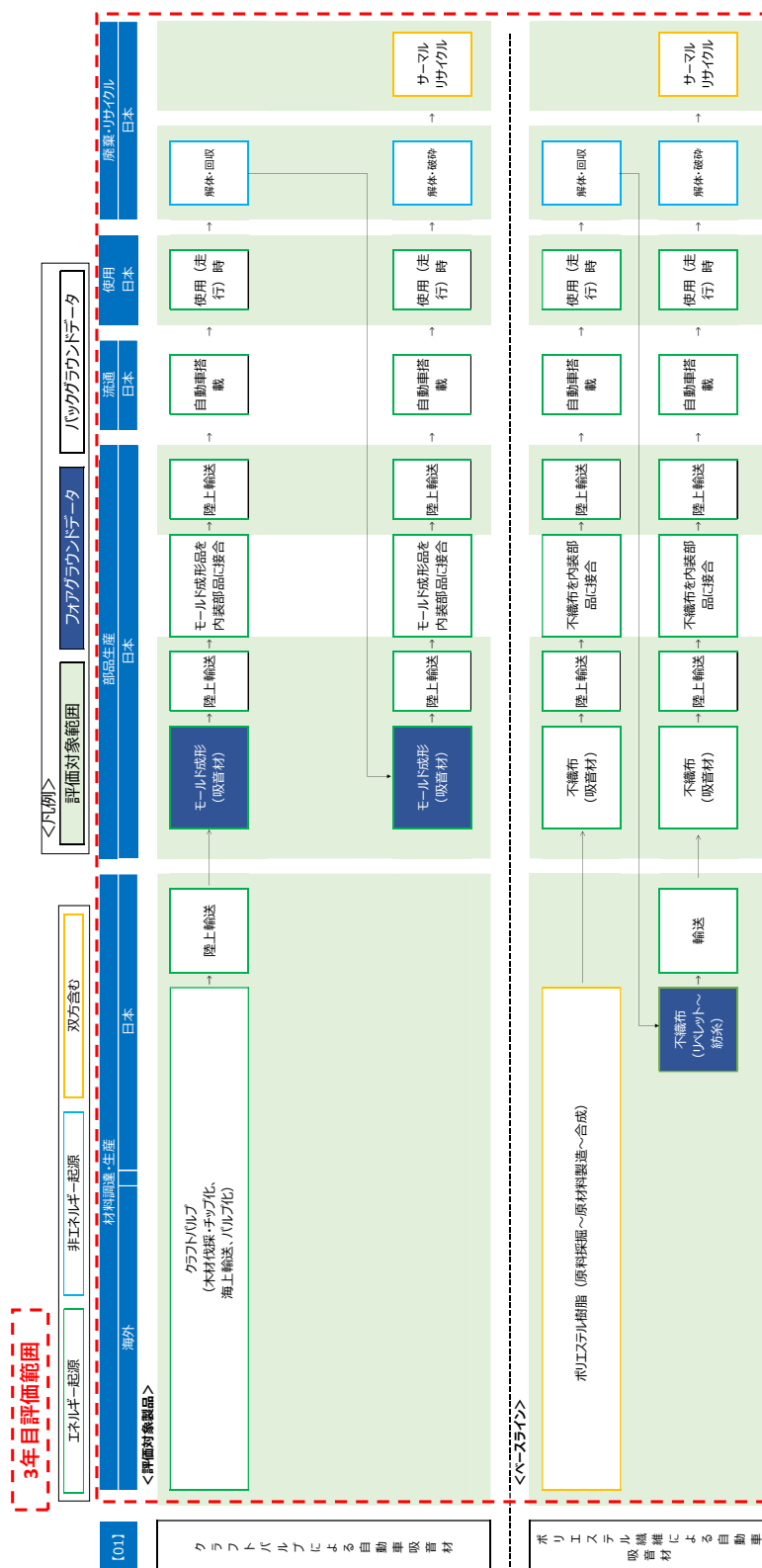


図 3.1.2.1 クラフトパルプ及びポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルフロー図と評価範囲

3. 1. 3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）
 3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとのCO₂排出量データを表3.1.3.1、表3.1.3.2に示す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

表 3. 1. 3. 1 評価対象製品のクラフトパルプによる自動車吸音材のCO₂排出量

no.	段階	プロセス	CO2 排出量	単位	使用データ源	
1-1	初回新品	材料調達・生産 クラフトパルプ	1.26	kg-CO2/kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3 R 原単位の算出方法
1-1		材料調達・生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t/km）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
1-1		部品生産 モールド成形CO2排出量	1.177	kg-CO2/kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
1-1		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t/km）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
1-1		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t/km）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
1-1		使用 走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJ当たりのCO2排出量は0.08411 kg-CO2/MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO2排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO2/MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO2/kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前戻となっている。
1-1		廃棄・リサイクル 解体・回収	0	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
1-1		廃棄・リサイクル 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t/km）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
1-1	第二回新品	廃棄・リサイクル シュレッダー時	0.0068	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位（kg/製品重量（kg）） CO2 0.0068kg
1-1		廃棄・リサイクル 燃焼	2.72	kg-CO2/kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO2/kg（電力0.023kWh、重油0.6g）
1-1		廃棄・リサイクル 回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO2/kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO2/kg（回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg）

表 3.1.3.2 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO2 排出量	単位	使用データ源		
1-2	初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	日本化学工業協会	ポリエステル樹脂※（比較製品である石油由来PET：資源～PX製造0.94、TPA製造0.10、資源～EG製造0.50、重合0.67の合計、単位：kgCO2e/kg-PET）
1-2		材料調達・生産	コンテナ船（アジア航路）（26.0 g-CO2/tkm）	0.0000260	kg-CO2/kgkm	文献	物流CO2排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 26.0g-CO2/tkm
1-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t）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
1-2		部品生産	フェルト・不織布	7.01	kg-CO2e	CO2換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO2換算量共通原単位データベース（フェルト・不織布：原料採取～素材製造～製造）
1-2		部品生産	紡糸・フェルト・不織布	4.80	kg-CO2e	文献	D-9フェルト・不織布7.01kg-CO2eからD～3ポリエステル樹脂2.21kgCO2e/kg-PETをマイナスして算出
1-2		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t）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
1-2		廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
1-2		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	輸送機関別輸送量（t・t）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
1-2	第二回新品	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJ当たりのCO2排出量は0.08411 kg-CO2/MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO2排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO2/MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO2/kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前掲となっている。
1-2		材料調達・生産	リサイクルベレット	0.81	kg-CO2/kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3 R 原単位の算出方法
1-2		廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位（kg/製品重量（kg）） CO2 0.0068kg
1-2		廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO2/kg	経済産業省	単純燃焼2.72kg-CO2/kg（電力0.023kWh、重油0.6g）
1-2		廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	経済産業省	単純燃焼2.72kg-CO2/kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO2/kg（回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg）

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

3 年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表 3.1.3.3、表 3.1.3.4、に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。輸送中の歩留まりは 100%としている。

なお、最初の製品を初回新品、リサイクル後の製品を第二回新品と呼称する。

各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。CO₂ 排出量比較を表 3.1.3.5、図 3.1.3.1、図 3.1.3.2 に示す。

表 3. 1. 3. 3 評価対象製品のクラフトパルプによる自動車吸音材の歩留まり

no.	段階		プロセス	歩留まり	使用データ源
1-1	初回新品	部品生産	モールド成形歩留まり	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

表 3. 1. 3. 4 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の歩留まり

no.	段階		プロセス	歩留まり	使用データ源
1-2	初回新品	部品生産	不織布製造歩留まり	95%	公開データが存在しないため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。
1-2		材料調達・生産	リペレット	98%	下記コンパウンドデータを代用。
3-2		材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

評価対象製品

評価対象製品であるクラフトパルプによる自動車吸音材の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 2.850kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850 \text{ kg} = 14.4 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【初回新品：部品生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 内装部品 2.850kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000 \text{ km} \times 2.850 \text{ kg} = 0.01270 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形品 0.650kg の輸送を想定しており、輸送距離は 23.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 23.000 \text{ km} \times 0.650 \text{ kg} = 0.00350 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.650kg のモールド成形時に必要な原材料量は 0.650kg である。

- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$1.177 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.765 \text{ kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【初回新品：材料調達・生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- モールド成形品製造時のクラフトパルプ必要材料量は 0.650kg である。クラフトパルプは輸送時、50%水分の状態で輸送するため、輸送重量は 2 倍の 1.300kg となる。
- クラフトパルプの輸送を想定しており、輸送距離は 268.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプ輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 268.000\text{km} \times 1.30\text{kg} = 0.0815\text{kg-CO}_2$$

- クラフトパルプ製造時の必要量は 0.650kg となる。クラフトパルプ製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプ製造時：

$$1.26\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.819\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.900kg-CO₂ である。

【初回新品：廃棄・リサイクル（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 解体事業者にて使用済自動車から部品を取外し、部品 2.850kg の輸送を想定している。輸送距離は 18.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18.200\text{km} \times 2.850\text{kg} = 0.01220 \text{ kg -CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0122kg-CO₂ である。

【第二回新品：使用（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6\text{MJ/L} \times 1.74\text{L/部品 kg} = 5.06\text{kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 2.850kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = 14.4\text{kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【第二回新品：部品生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 内装部品 2.850kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸

送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000\text{km} \times 2.850\text{kg} = 0.01270 \text{ kg -CO}_2$$

- モールド成形品 0.650kg の輸送を想定しており、輸送距離は 23.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 23.000\text{km} \times 0.650\text{kg} = 0.00350\text{kg-CO}_2$$

- 使用済自動車から取外した部品を原料として使用する。モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.650kg のモールド成形時に必要な原材料量は 0.650kg である。
- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$1.177\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.765\text{kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【第二回新品：廃棄・リサイクル（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = 0.0194 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = 7.752 \text{ kg -CO}_2$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。そのため、燃焼時で発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：

$$-7.752 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = -2.708 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は-2.688kg-CO₂である。
- 初回新品～第二回新品における廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 28.6kg-CO₂である。

ベースライン

ベースラインであるポリエステル繊維による自動車吸音材のCO₂排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 3.250kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250 \text{ kg} = 16.4 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【初回新品：部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 内装部品 3.250kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000 \text{ km} \times 3.250 \text{ kg} = 0.0144 \text{ kg-CO}_2$$

- 不織布 0.5kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642 \text{ km} \times 0.500 \text{ kg} = 0.0751 \text{ kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の生産歩留まりは、95%であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.500kg の不織布を製造するのに必要なポリエステル繊維は以下のように計算した。

$$0.500 \text{ kg} \div 0.950 = 0.526 \text{ kg}$$

- 不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布製造時：

$$4.80 \text{ kg-CO}_2\text{e} \times 0.526 \text{ kg} = 2.53 \text{ kg-CO}_2\text{e}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 2.62kg-CO₂ である。

【初回新品：材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- ポリエステル樹脂 0.526kg の輸送距離は 311.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 311.000\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0382\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 2,100.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.00026\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 2,100.000\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0287\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂 0.526kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂製造時：

$$2.21\text{kg-CO}_2\text{e} / \text{kg-PET} \times 0.526\text{kg} = 1.10\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.16kg-CO₂ である。

【初回新品：廃棄・リサイクル（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 解体事業者にて使用済自動車から部品を取外し、部品 3.250kg の輸送を想定している。輸送距離は 59.800km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 59.800\text{km} \times 3.250\text{kg} = 0.04550 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0455kg-CO₂ である。

【第二回新品：使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6\text{MJ/L} \times 1.74\text{L/部品 kg} = 5.06\text{kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 3.250kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 16.4\text{kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【第二回新品：部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 内装部品 3.250kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000\text{km} \times 3.250\text{kg} = 0.0144\text{kg-CO}_2$$

- 不織布 0.5kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642\text{km} \times 0.500\text{kg} = 0.0751\text{kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の生産歩留まりは、95%であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.500kg の不織布を製造するのに必要なポリエステル樹脂を以下のように計算した。

$$0.500\text{kg} \div 0.950 = 0.526\text{kg}$$

- 不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布製造時：

$$4.80\text{kg-CO}_2\text{e} \times 0.526\text{kg} = 2.53\text{kg-CO}_2\text{e}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 2.62kg-CO₂ である。

【第二回新品：材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 使用済自動車から取外した部品をリペレット化し、再びポリエステル樹脂にマテリアルリサイクルする。不織布製造に必要なポリエステル樹脂 0.526kg の輸送を想定しており、輸送距離は 644.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リペレット輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 644.200\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0793\text{kg-CO}_2$$

- リペレット化の生産歩留まりは 98%であるため、リペレット化後のポリエステル樹脂 0.526kg を製造するのに必要なポリエステル樹脂を以下のように計算した。

$$0.526\text{kg} \div 0.980 = 0.537\text{kg}$$

- 製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リペレット製造時：

$$0.81\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.537\text{kg} = 0.434\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.513kg-CO₂ である。

【第二回新品：廃棄・リサイクル（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 0.0221 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$\underline{2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 8.840 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.25\text{kg} = -3.088 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 5.775kg-CO₂ である。
- 初回新品～第二回新品における廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 45.5kg-CO₂ である。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：1.7kg-CO₂ -0.9kg-CO₂=0.8kg-CO₂

生産時：5.2kg-CO₂ -1.6kg-CO₂=3.7kg-CO₂

使用時：32.8kg-CO₂ -28.8kg-CO₂=4.0kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：5.8kg-CO₂ - (-2.7kg-CO₂) =8.5kg-CO₂

合計削減量：0.8kg-CO₂+3.7kg-CO₂+4.0kg-CO₂+8.5kg-CO₂=16.9kg-CO₂

表 3.1.3.5 CO₂排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	0.90	1.56	-	28.8	-2.7	28.6	1.67	5.24	-	32.8	-3.1	36.6	0.77	3.68	-	4.0	-0.4	8.0
非エネルギー起源	-	-	-	-	0.03	0.03	0.01	-	-	-	8.91	8.9	0.01	-	-	-	8.88	8.9
合計	0.9	1.6	-	28.8	-2.7	28.6	1.7	5.2	-	32.8	5.8	45.5	0.8	3.7	-	4.0	8.5	16.9

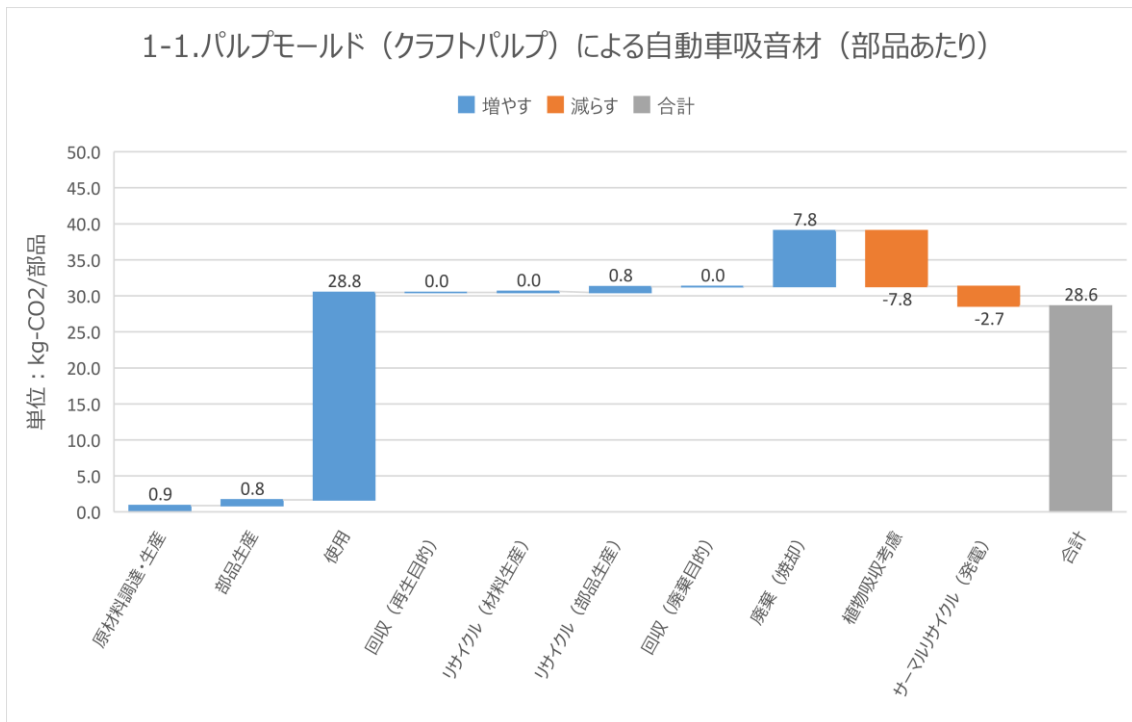


図 3.1.3.1 評価対象製品 CO₂ 排出量

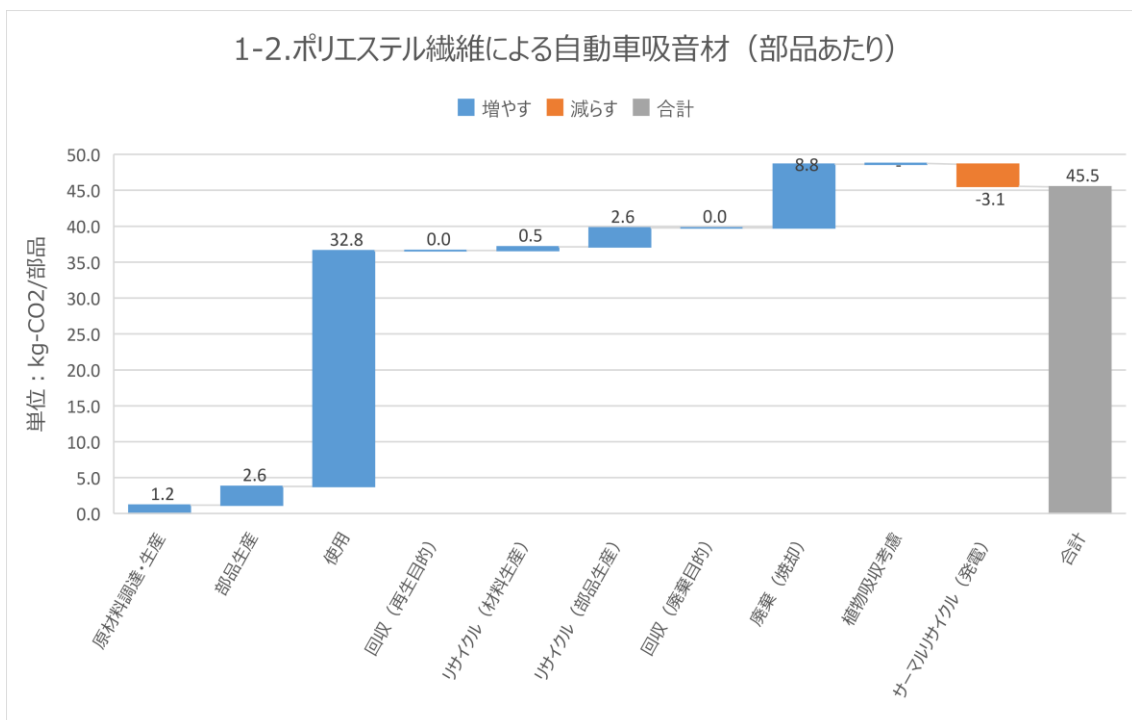


図 3.1.3.2 ベースライン CO₂ 排出量

表 3. 1. 3. 1 CO₂排出量比較

①評価対象製品				1-1.パルプ・モード（クラフトパルプ）による自動車吸音材					
				CO2 排出量		歩留まり	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
					単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	初回新品	材料調達・生産	クラフトパルプ（伐採・チップ化、海上輸送、パルプ化）	1.26	kg-CO2/kg	—	—	0.650	0.819
			クラフトパルプ陸上輸送※輸送時50%は水分含有状態で輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	268.000	1.300	0.0815
			小計					—	0.900
		部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	0.650	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	23.000	0.650	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	2.850	0.01270
			小計					—	0.781
		使用	走行時	—	—	—	—	—	14.4
			小計					—	14.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	0	kg-CO2/kg	—	—	—	0
			回収（解体事業者～部品製造）	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	18.200	2.850	0.0122
			小計						0.012
	第二回新品	部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	0.650	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	23.000	0.650	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	2.850	0.01270
			小計					—	0.781
		使用	走行時	—	—	—	—	—	14.4
			小計					—	14.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	2.850	0.0194
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	2.850	7.752
			植物吸収考慮	-	kg-CO2/kg	—	—	-2.850	-7.752
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	2.850	-2.708
			小計						-2.688
		合計							—
②ベースライン				1-2.ポリエステル繊維による自動車吸音材					
				CO2 排出量		歩留まり、必要量	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
					単位				
	初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	—	—	0.526	1.10
			コフエナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	2,100.000	0.526	0.0287
			ポリエステル樹脂輸送 526g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	311.000	0.526	0.0382
			小計					—	1.16
		部品生産	不織布（吸音材）	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.526	2.53
			不織布陸上輸送 500g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	0.500	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	3.250	0.0144
			小計					—	2.62
		使用	走行時	—	—	—	—	—	16.4
			小計					—	16.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	0	kg-CO2/kg	—	—	—	0
			回収（解体事業者～リサイクラー）	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	59.800	3.250	0.04550
			小計						0.0455
	第二回新品	材料調達・生産	リベレット	0.81	kg-CO2/kg	98%	—	0.537	0.434
			リベレット 陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	644.200	0.526	0.0793
			小計					—	0.513
		部品生産	不織布（吸音材）	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.526	2.53
			不織布陸上輸送 500g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	0.500	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	3.250	0.0144
			小計					—	2.62
		使用	走行時	—	—	—	—	—	16.4
			小計					—	16.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.250	0.0221
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	3.250	8.840
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	3.250	-3.088
			小計						5.775
			合計						
③削減量（②-①）								製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	材料調達・生産							—	0.8
	部品生産							—	3.7
	使用							—	4.0
	廃棄・リサイクル							—	8.5
	合計							—	16.9

3. 2 新聞または段ボール古紙による CO2 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品である新聞または段ボール古紙による自動車吸音材の環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、新聞または段ボール古紙による自動車吸音材と既存のポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルを通じた環境負荷（CO₂ の排出量）の定量的な影響評価を行う。

本実証事業は3カ年の期間に亘って実施している。

1年目は材料調達・生産～部品製造までのLCAを評価した。2年目は材料調達・生産、部品生産、使用におけるLCAを評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通におけるCO₂排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3年目は廃棄・リサイクル時のLCA評価も加え、全体フローでのLCA評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

3. 2. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：新聞または段ボール古紙による自動車吸音材
- ・ベースライン：ポリエステル繊維による自動車吸音材
- ・機能単位：自動車吸音材 10t 不織布に対し、周波数帯域 100～1000Hz にて、吸音性能同等、もしくは一部同等以上の性能を持つ事（評価対象製品の自動車吸音材重量は 0.650kg/台（内装材としては 2.850kg/台）、ベースラインの自動車吸音材重量は 0.500kg/台（内装材としては 3.250kg/台））



図 3. 2. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 2. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価した（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。なお、評価対象製品及びベースラインともにマテリアルリサイクル 1 回実施した後、サーマルリサイクルする方法を採用した。

評価対象製品である新聞または段ボール古紙による自動車吸音材については、全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインであるポリエステル繊維に関しては、エチレングリコール（EG）とテレフタル酸を重合する工程については、国外での生産とした。ポリエステルチップにしてから熔融紡糸（ポリエステル長繊維を製造する）～不織布プロセスについては、国内での生産とした。

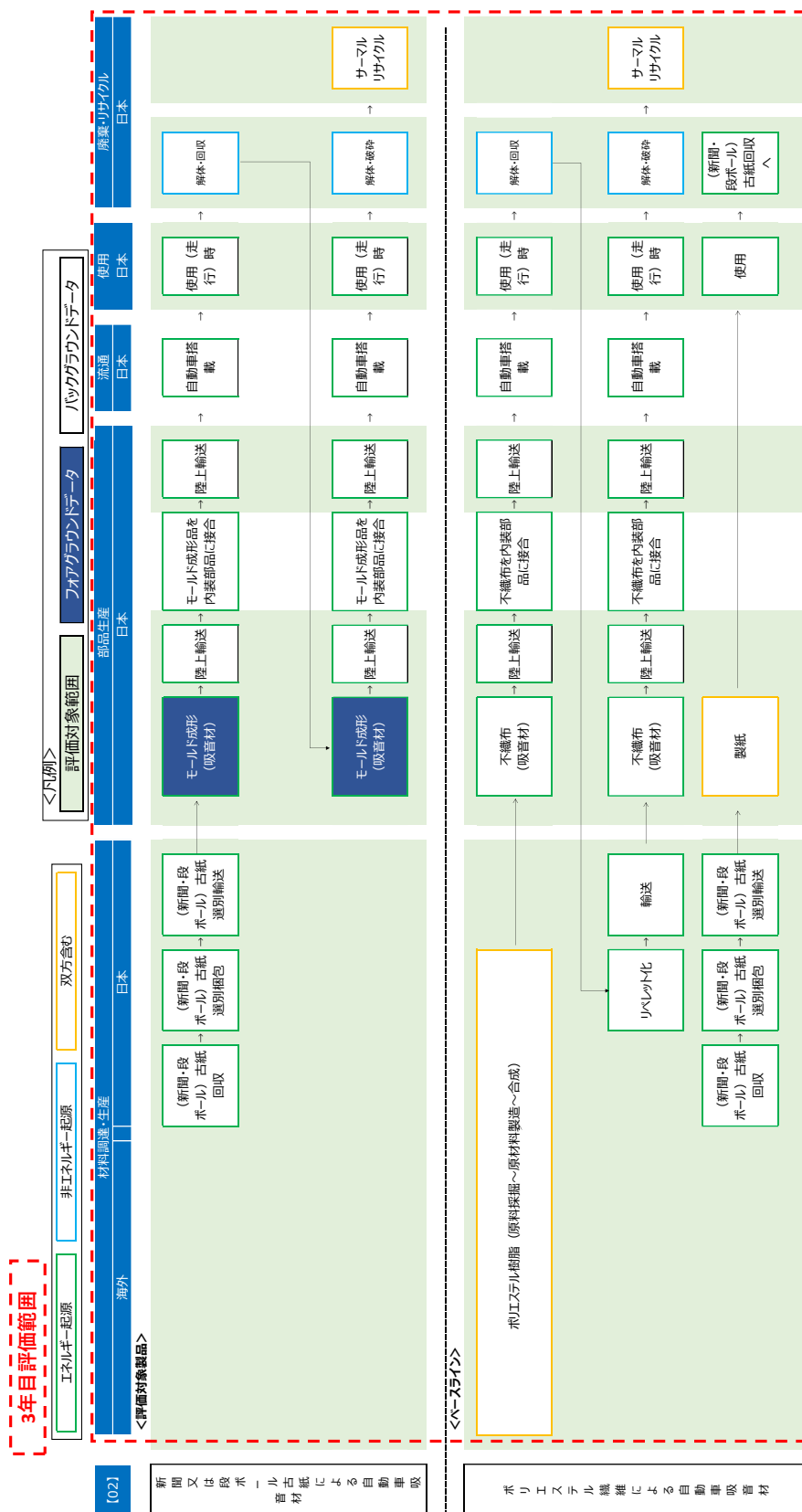


図 3.2.2.1 新聞または段ボール古紙及びポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルフロー図と評価範囲

3.2.3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースライシンのライフサイクル段階ごとのCO₂排出量データを表3.2.3.1、表3.2.3.2に示す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

CO₂排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なおLCAデータベースとは、経済産業省ならびにNEDO技術開発機構が平成10年度から平成14年度にかけて実施した5ヵ年の「第1期LCAプロジェクト」の成果であり、平成15年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表3.2.3.3、表3.2.3.4に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。なお輸送中の歩留まりは100%としている。

なお、最初の製品を初回新品、リサイクル後の製品を第二回新品と呼称する。

各工程でのCO₂排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂排出量を推計した。CO₂排出量比較を表3.2.3.6、表3.2.3.7、図3.2.3.2、図3.2.3.3に示す。

表 3. 2. 3. 1 評価対象製品の新聞または段ボール古紙による
自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
2-1	初回新品	材料調達・生産 古紙 末端回収	0.01	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
2-1		材料調達・生産 古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
2-1		材料調達・生産 古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
2-1		部品生産 モールド成形CO ₂ 排出量	1.177	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)
2-1		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-1		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-1		使用 走行時	—	—	— 自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン)である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前段となっている。
2-1		廃棄・リサイクル 解体・回収	0	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会 前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
2-1		廃棄・リサイクル 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-1	第二回新品	廃棄・リサイクル シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会 シュレッダ処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO ₂ 0.0068kg
2-1		廃棄・リサイクル 燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省 単焼却2.72kg-CO ₂ /kg (電力0.023kWh、重油0.6g)
2-1		廃棄・リサイクル 回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省 単焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)

表 3. 2. 3. 2 ベースラインのポリエステル繊維による
自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
2-2	初回新品	材料調達・生産 古紙 末端回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
2-2		材料調達・生産 古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
2-2		材料調達・生産 古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
2-2		部品生産 ポリエステル樹脂	2.21	kgCO ₂ e/kg-PET	日本化学工業協会 ポリエステル樹脂※ (比較製品である石油由来PET：資源→PX製造0.94、TPA製造0.10、資源→EG製造0.50、重合0.67の合計、単位：kgCO ₂ e/kg-PET)
2-2		材料調達・生産 エコテナ船 (アジア航路) (26.0 g-CO ₂ /tkm)	0.0000260	kg-CO ₂ /kgkm	文献 物流CO ₂ 排出量算定ツールについて 国土交通政策研究所 26.0g-CO ₂ /tkm
2-2		材料調達・生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-2		部品生産 フェルト・不織布	7.01	kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (フェルト・不織布)
2-2		部品生産 紡糸・フェルト・不織布	4.80	kg-CO ₂ e	文献 D-9フェルト・不織布7.01kg-CO ₂ e/t5D-3ポリエステル樹脂2.21kgCO ₂ e/kg-PETをマイナスして算出
2-2		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-2		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (t・t)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物)の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
2-2		部品生産 製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
2-2		使用 走行時	—	—	— 自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン)である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前段となっている。
2-2	第二回新品	材料調達・生産 リバレット	0.81	kg-CO ₂ /kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課環境型社会推進室 3R 原単位の算出方法

表 3. 2. 3. 3 評価対象製品の新聞または段ボール古紙による
自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
2-1	初回新品	部品生産	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）
2-1		部品生産	100%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

表 3. 2. 3. 4 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
2-2	初回新品	部品生産	95%	公開データが存在しないため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。
2-2		部品生産	82%	文献 古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t、 $17,044,684 \div 20,673,299 \times 100 = 82\%$
2-2	第二回新品	材料調達・生産	98%	下記コンパウンドデータを代用。
2-2		材料調達・生産	98%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

評価対象製品

評価対象製品である新聞または段ボール古紙による自動車吸音材の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 2.850kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850 \text{ kg} = 14.4 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【初回新品：部品生産（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 内装部品 2,850kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19,000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19,000 \text{ km} \times 2,850 \text{ kg} = 0.01270 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形品 0.650kg の輸送を想定しており、輸送距離は 23,000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 23,000 \text{ km} \times 0.650 \text{ kg} = 0.00350 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.650kg のモールド成形時に必要な原材料量は 0.650kg である。

- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$1.177 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.765 \text{ kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【初回新品：材料調達・生産（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- モールド成形品製造時の新聞または段ボール古紙必要材料量は 0.650kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$\frac{0.0102\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 0.650\text{kg} = 0.00663\text{kg-CO}_2$$

古紙選別梱包時：

$$\frac{0.0084\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 0.650\text{kg} = 0.0055\text{kg-CO}_2$$

古紙輸送時：

$$\frac{0.0049\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 0.650\text{kg} = 0.0032\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.0153kg-CO₂ である。

【初回新品：廃棄・リサイクル（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 解体事業者にて使用済自動車から部品を取外し、部品 2.850kg の輸送を想定している。輸送距離は 18.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 18.200\text{km} \times 2.850\text{kg} = 0.01220 \text{ kg -CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 0.01220kg-CO₂ である。

【第二回新品：使用（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6\text{MJ/L} \times 1.74\text{L/部品 kg} = 5.06\text{kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 2.850kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$\frac{5.06\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 2.850\text{kg} = 14.4\text{kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【第二回新品：部品生産（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 内装部品 2,850kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000\text{km} \times 2.850\text{kg} = 0.01270\text{-CO}_2}$$

- モールド成形品 0.650kg の輸送を想定しており、輸送距離は 23.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 23.000\text{km} \times 0.650\text{kg} = 0.00350\text{kg-CO}_2}$$

- 使用済自動車から取外した部品を原料として使用する。モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.650kg のモールド成形時に必要な原材料量は 0.650kg である。
- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$\underline{1.177\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.765\text{kg-CO}_2}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【第二回新品：廃棄・リサイクル（新聞または段ボール古紙による自動車吸音材）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$\underline{0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = 0.0194 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$\underline{2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = 7.752 \text{ kg -CO}_2}$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。そのため、燃焼時で発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：

$$\underline{-7.752 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.850\text{kg} = -2.708 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂排出量は-2.688kg-CO₂である。
- 初回新品～第二回新品における廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂排出量は 27.7kg-CO₂である。

ベースライン

ベースラインであるポリエステル繊維による自動車吸音材のCO₂排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 3.250kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250 \text{ kg} = 16.4 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【初回新品：部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 内装部品 3.250kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000 \text{ km} \times 3.250 \text{ kg} = 0.0144 \text{ kg-CO}_2$$

- 不織布 0.5kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642 \text{ km} \times 0.500 \text{ kg} = 0.0751 \text{ kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の生産歩留まりは、95%であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.500kg の不織布を製造するのに必要なポリエステル繊維は以下のように計算した。

$$0.500 \text{ kg} \div 0.950 = 0.526 \text{ kg}$$

- 不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布製造時：

$$4.80 \text{ kg-CO}_2\text{e} \times 0.526 \text{ kg} = 2.53 \text{ kg-CO}_2\text{e}$$

- 評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用され

る。なお、評価対象製品と同量の原料を使用した場合のため、製紙時の歩留まりは考慮していない。

- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）、0.650kgのCO₂排出量は以下のように計算される

古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：

$$0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.645\text{kg-CO}_2$$

- 部品生産時のCO₂排出量は3.26kg-CO₂である。

【初回新品：材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- ポリエステル樹脂0.526kgの輸送を想定しており、輸送距離は311.000kmである。輸送時のCO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時のCO₂排出量：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 311.000\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0382\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂の海外からの輸送距離は2,100.000kmである。輸送時のCO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時のCO₂排出量：

$$0.000026\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 2,100.000\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0287\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂0.526kgの製造時のCO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂製造時：

$$2.21\text{kg-CO}_2/\text{kg-PET} \times 0.526\text{kg} = 1.10\text{kg-CO}_2$$

- 先述のように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞または段ボール古紙の必要材料量は0.645kgである。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時のCO₂排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.00663\text{kg-CO}_2$$

古紙選別梱包時：

$$0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 = 0.00546\text{kg-CO}_2$$

古紙輸送時：

$$0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650\text{kg} = 0.00318\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時のCO₂排出量は1.18kg-CO₂である。

【初回新品：廃棄・リサイクル（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 解体事業者にて使用済自動車から部品を取外し、部品3.250kgの輸送を想定している。輸送距離は59.800kmである。輸送時のCO₂排出量を以下のように

計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 59.800\text{km} \times 3.250\text{kg} = 0.0455 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0455kg-CO₂ である。

【第二回新品：使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6\text{MJ/L} \times 1.74\text{L/部品 kg} = 5.06\text{kg-CO}_2 / \text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- 内装部品 3.250kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 16.4\text{kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【第二回新品：部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 内装部品 3.250kg の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000\text{km} \times 3.250\text{kg} = 0.0144\text{kg-CO}_2$$

- 不織布 0.5kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642\text{km} \times 0.500\text{kg} = 0.0751\text{kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の生産歩留まりは 95% であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.500kg の不織布を製造するのに必要なポリエステル樹脂を以下のように計算した。

$$0.500\text{kg} \div 0.950 = 0.526\text{kg}$$

- 不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布製造時：

$$4.80\text{kg-CO}_2\text{e} \times 0.526\text{kg} = 2.53\text{kg-CO}_2\text{e}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 2.62kg-CO₂ である。

【第二回新品：材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 使用済自動車から取外した部品をリペレット化し、再びポリエステル樹脂にマテリアルリサイクルする。不織布製造に必要なポリエステル樹脂 0.526kg の輸送を想定しており、輸送距離は 644.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リペレット輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 644.200\text{km} \times 0.526\text{kg} = 0.0793\text{kg-CO}_2$$

- リペレット化の生産歩留まりは 98% であるため、リペレット化後のポリエステル樹脂 0.526kg を製造するのに必要なポリエステル樹脂を以下のように計算した。

$$0.526\text{kg} \div 0.980 = 0.537\text{kg}$$

- 製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リペレット製造時：

$$0.81\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.537\text{kg} = 0.434\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.513kg-CO₂ である。

【第二回新品：廃棄・リサイクル（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 0.0221 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.250\text{kg} = 8.840 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.25\text{kg} = -3.088 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 5.775kg-CO₂ である。

- 初回新品～第二回新品における廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 46.1kg-CO₂ である。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：1.7kg-CO₂-0.0kg-CO₂=1.7kg-CO₂

生産時：5.9kg-CO₂-1.6kg-CO₂=4.3kg-CO₂

使用時：32.8kg-CO₂-28.8kg-CO₂=4.0kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：5.8kg-CO₂-(-2.7kg-CO₂)=8.5kg-CO₂

合計削減量：

1.7kg-CO₂+4.3kg-CO₂+4.0kg-CO₂+8.5kg-CO₂=18.5kg-CO₂

表 3.2.3.5 CO₂排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	0.02	1.56	-	28.8	-2.7	27.7	1.69	5.88	-	32.8	-3.1	37.2	1.68	4.32	-	4.0	-0.4	9.6
非エネルギー起源	-	-	-	-	0.03	0.0	0.01	0.01	-	-	8.91	8.9	0.01	0.01	-	-	8.88	8.9
合計	0.0	1.6	-	28.8	-2.7	27.7	1.7	5.9	-	32.8	5.8	46.1	1.7	4.3	-	4.0	8.5	18.5

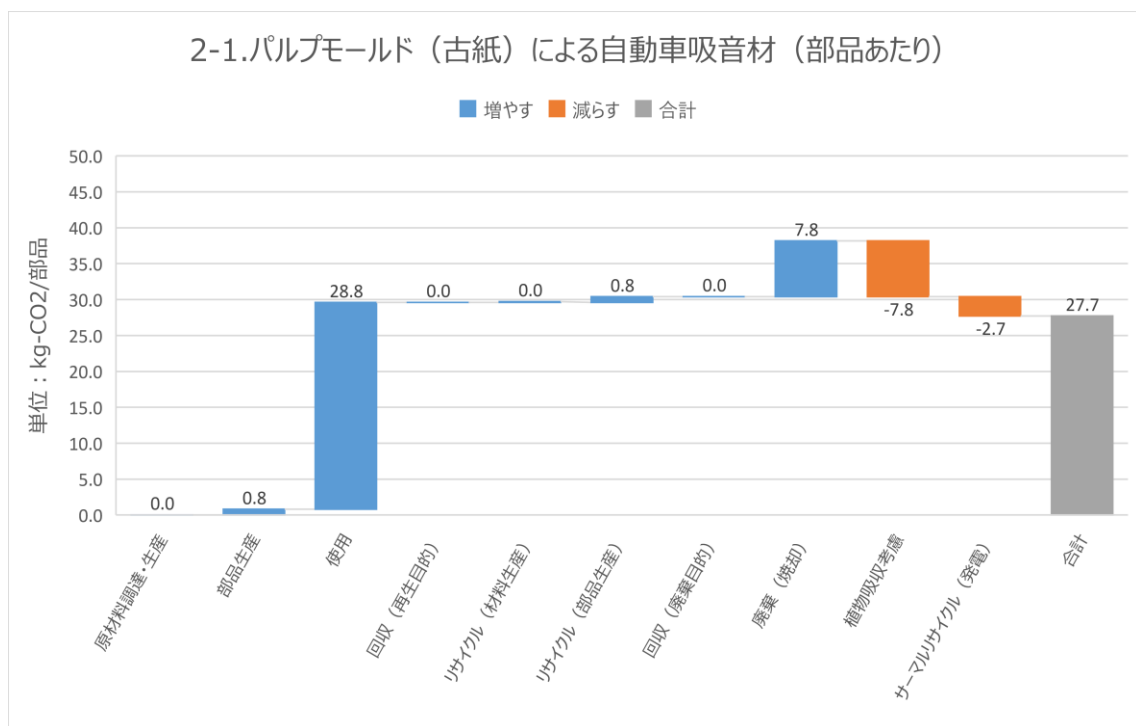


図 3.2.3.2 評価対象製品 CO₂ 排出量

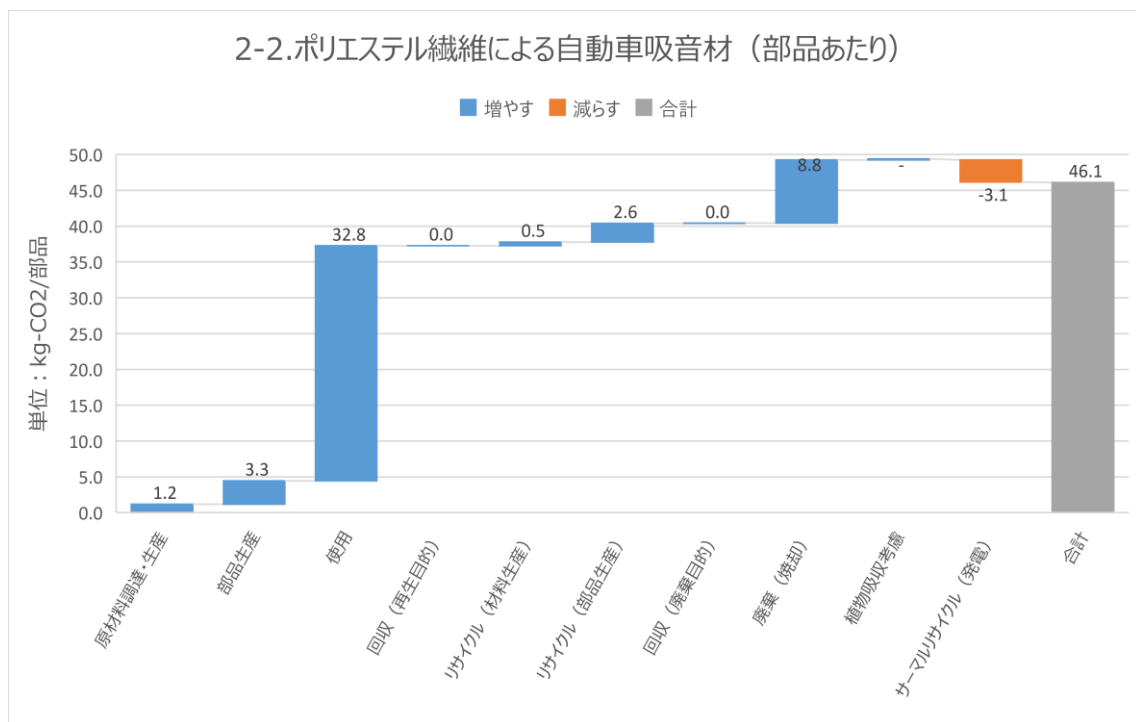


図 3.2.3.3 ベースライン CO₂ 排出量

表 3.2.3.6 CO₂ 排出量比較（評価対象製品）

①評価対象製品				2-1.パルプモールド（古紙）による自動車吸音材					
				CO2 排出量		歩留まり	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
					単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	初回新品	材料調達・生産	古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	0.650	0.00663
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	0.650	0.0055
			古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	0.650	0.0032
			小計					—	0.0153
		部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	0.650	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	23.000	0.650	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	2.850	0.01270
			小計					—	0.781
		使用	走行時	—	—	—	—	—	14.4
			小計					—	14.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	0	kg-CO2/kg	—	—	—	0.0
			回収（解体事業者～部品製造）	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	18.200	2.850	0.01220
			小計					—	0.01220
	第二回新品	部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	0.650	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	23.000	0.650	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	2.850	0.01270
			小計					—	0.781
		使用	走行時	—	—	—	—	—	14.4
			小計					—	14.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	2.850	0.0194
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	2.850	7.752
			植物吸収考慮	-	kg-CO2/kg	—	—	-2.850	-7.752
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	2.850	-2.708
			小計						-2.688
		合計							27.7

表 3.2.3.7 CO₂ 排出量比較（ベースライン及び削減量）

②ベースライン				2-2.ポリエステル繊維による自動車吸音材					
				CO2 排出量		歩留まり、必要 量	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
				単位					
初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	—	—	0.526	1.10	
		コンテナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	2,100.000	0.526	0.0287	
		ポリエステル樹脂輸送 526g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	311.000	0.526	0.0382	
		古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	100%	—	0.650	0.00663	
		古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	100%	—	0.650	0.00546	
		古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	100%	—	0.650	0.00318	
		小計						—	1.18
	部品生産	不織布（吸音材）	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.526	2.53	
		不織布陸上輸送 500g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	0.500	0.0751	
		内装部品陸上輸送 3250 g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	3.250	0.0144	
		製紙	0.9923	kg-CO2/kg	—	—	0.650	0.645	
	小計						—	3.26	
	使用	走行時	—	—	—	—	—	16.4	
		小計						—	16.4
	廃棄・リサイクル	解体取り外し	0	kg-CO2/kg	—	—	—	0.0	
		回収（解体事業者へリサイクラー）	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	59.800	3.250	0.0455	
		小計						—	0.0455
	第二回新品	材料調達・生産	リベレット	0.81	kg-CO2/kg	98%	—	0.537	0.434
			リベレット 陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	644.200	0.526	0.0793
			小計						—
		部品生産	不織布（吸音材）	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.526	2.53
			不織布陸上輸送 500g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	0.500	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	3.250	0.0144
			小計						—
		使用	走行時	—	—	—	—	—	16.4
			小計						—
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.250	0.0221
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	3.250	8.840
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	3.250	-3.088
			小計						
	合計						—	46.1	
③削減量（②－①）							製造必要量	CO2排出量合計	
							kg	kg	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	材料調達・生産						—	1.7	
	部品生産						—	4.3	
	使用						—	4.0	
	廃棄・リサイクル						—	8.5	
	合計						—	18.5	

3. 3 クラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品であるクラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの環境面での優位性 (温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果) を検証するため、クラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアと既存の GMT (ガラスマット強化熱可塑性プラスチック) によるバッテリーキャリアのライフサイクルを通じた環境負荷 (CO₂ の排出量) の定量的な影響評価を行う。

本実証事業は 3 カ年の期間に亘って実施している。

1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した。2 年目は材料調達・生産、部品生産、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

3. 3. 1 製品性能 (評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定)

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：クラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリア
- ・ベースライン：バッテリーキャリア
- ・機能単位：自動車樹脂部品、耐熱性・剛性が従来品と同等である事 (評価対象製品のバッテリーキャリア重量は 0.688kg/台、ベースラインのバッテリーキャリア重量は 0.775kg/台)

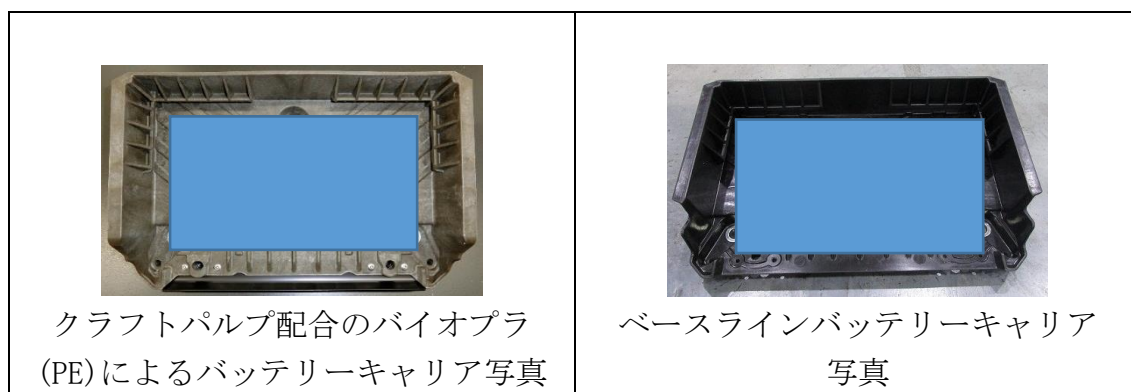


図 3.3.1.1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 3. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価した（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

評価対象製品であるクラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアについては、①の一部の工程（PE の原料～ペレット製造、木材伐採・チップ化）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインであるバッテリーキャリアについては、PP 原料となる原油は海外から調達し、残る全てのプロセスを国内での生産とした。

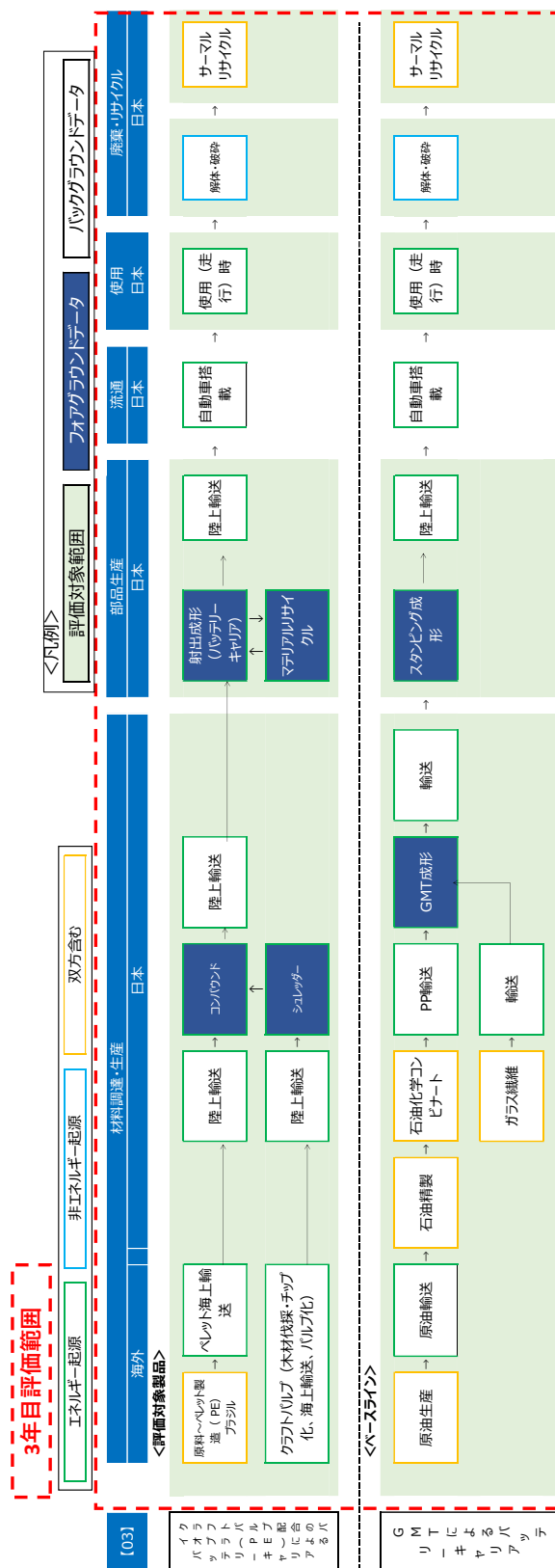


図 3.3.2.1 クラフトパルプ配合のバイオPE 及びベースラインバッテリーキャリアのライフサイクルフロー図と評価範囲

3.3.3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとのCO₂排出量データを表3.3.3.1、表3.3.3.2に示す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

CO₂排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なおLCAデータベースとは、経済産業省ならびにNEDO技術開発機構が平成10年度から平成14年度にかけて実施した5ヵ年の「第1期LCAプロジェクト」の成果であり、平成15年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表3.3.3.3、表3.3.3.4に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。輸送中の歩留まりは100%としている。

各工程でのCO₂排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂排出量を推計した。CO₂排出量比較を表3.3.3.6、表3.3.3.7、図3.2.3.1、図3.2.3.2に示す。

表 3.3.3.1 評価対象製品のクラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
3-1	材料調達・生産	バイオPE (原料からペレット製造まで)	2.32	kg-CO ₂ /kg	論文	CO ₂ 排出量は-0.39とあるが、他のバイオプラと数値を比較し、Land Use Change Credits (-1.1) 及びCO ₂ Uptake (-3.14) 及びElectricity Cogeneration Credits (-1.17) の値を除いた
3-1	材料調達・生産	コンテナ船 (15.7 g -CO ₂ /tkm)	0.0000157	kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO ₂ /tkm
3-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トンキロ) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-1	材料調達・生産	クラフトパルプ	1.26	kg-CO ₂ /kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3 R 原単位の算出方法
3-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トンキロ) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-1	材料調達・生産	シュレッダー	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
3-1	材料調達・生産	PEクラフトパルプコンパウンド	0.315	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
3-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トンキロ) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-1	部品生産	射出成形 (製品、比較材)	1.239000	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
3-1	部品生産	射出成形 (バイオプラとクラフトパルプのコンパウンド) マテリアルリサイクル時	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
3-1	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トンキロ) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-1	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。
3-1	廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
3-1	廃棄・リサイクル	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トンキロ) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-1	廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO ₂ 0.0068kg
3-1	廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg (電力0.023kWh、重油0.6g)
3-1	廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)

表 3.3.3.2 ベースラインのバッテリーキャリアの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位		使用データ源
3-2	材料調達・生産	GMTシート成形	0.1857	kg-CO ₂ /kg	文献	Compression of pellets 0.1857kg CO ₂ -kg
3-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
3-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
3-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
3-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
3-2	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-2	材料調達・生産	ガラス長繊維	2.4	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (ガラス長繊維)
3-2	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-2	部品生産	スタンピング成形	2.491	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
3-2	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-2	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。
3-2	廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
3-2	廃棄・リサイクル	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン)あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
3-2	廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO ₂ 0.0068kg
3-2	廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg (電力0.023kWh、重油0.6g)
3-2	廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)

表 3.3.3.2 評価対象製品のクラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの歩留まり

no.		プロセス	歩留まり	使用データ源
3-1	材料調達・生産	シュレッダー歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
3-1	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
3-1	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
3-1	部品生産	射出成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

表 3.3.3.3 ベースラインのバッテリーキャリアの歩留まり

no.		プロセス	歩留まり	使用データ源
3-2	材料調達・生産	GMTシート成形歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
3-2	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
3-2	部品生産	スタンピング成形歩留まり	97%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

評価対象製品

評価対象製品であるクラフトパルプ配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- バッテリーキャリア 0.688kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688 \text{ kg} = 3.48 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 3.48kg-CO₂ である。

【部品生産（クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

- バッテリーキャリア 0.688kg の輸送を想定しており、輸送距離は 36.500km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バッテリーキャリア輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 36.500 \text{ km} \times 0.688 \text{ kg} = 0.00588 \text{ kg-CO}_2$$

- 射出成形時の歩留まりは 98% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度射出成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.688kg の射出成形時に必要な原材料量は 0.688kg である。（射出成形時の使用材料量は 0.688kg、マテリアルリサイクル時の使用材料量は 0.014kg）
- 射出成形時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688 \text{ kg} = 0.853 \text{ kg-CO}_2$$

射出成形マテリアルリサイクル時：

$$0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.014\text{kg} = 0.00007\text{kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂排出量は 0.858kg-CO₂である。

【材料調達・生産（クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

- コンパウンド 0.688kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.200km である。
輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 48.200\text{km} \times 0.688\text{kg} = 0.00776\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98%のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量} : 0.688\text{kg} \div 0.980 = 0.702\text{kg}$$

- コンパウンド製造時の CO₂排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：

$$0.315 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.702\text{kg} = 0.221\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンドの材料は

$$\text{バイオプラ必要量} : 0.702\text{kg} \times 0.700 = 0.491\text{kg}$$

$$\text{クラフトパルプ必要量} : 0.702\text{kg} \times 0.300 = 0.211\text{kg}$$

- クラフトパルプのシュレッター時の歩留まりは 95%であり、クラフトパルプの必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{クラフトパルプのシュレッター時の必要材料量} : 0.211 \div 0.950 = 0.222\text{kg}$$

- クラフトパルプ 0.222kg のシュレッター時の CO₂排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプのシュレッター時の CO₂排出量：

$$0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.222\text{kg} = 0.001\text{kg-CO}_2$$

- クラフトパルプ 0.222kg の輸送を想定しており、輸送距離は 253.000km である。輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプ輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 253.000\text{km} \times 0.222\text{kg} = 0.0131\text{kg-CO}_2$$

- クラフトパルプ 0.222kg の製造時の CO₂排出量を以下のように計算した。

$$\text{クラフトパルプ製造時} : 1.26\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.222\text{kg} = 0.279\text{kg-CO}_2$$

- バイオ PE0.491kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.100km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.100\text{km} \times 0.491\text{kg} = 0.00369\text{kg-CO}_2$$

- バイオ PE は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 18,000.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.0000157\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18,000.000\text{km} \times 0.491\text{kg} = 0.138\text{kg-CO}_2$$

- バイオ PE0.501kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 製造時の CO₂ 排出量：

$$2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.491\text{kg} = 1.14\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.81kg-CO₂ である。

【廃棄・リサイクル（クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = 0.0047 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = 1.871 \text{ kg -CO}_2$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。本評価対象製品はバイオ PE 及びクラフトパルプを原料とするため、燃焼時に発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：

$$-1.871\text{kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = -0.654 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂排出量は-0.648kg-CO₂である。
- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂排出量は 5.5kg-CO₂である。

ベースライン

ベースラインであるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用（ベースラインバッテリーキャリア）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- バッテリーキャリア 0.775kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775 \text{ kg} = 3.93 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 3.93kg-CO₂ である。

【部品生産（ベースラインバッテリーキャリア）】

- バッテリーキャリア 0.775kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.700km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バッテリーキャリア輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.700 \text{ km} \times 0.775 \text{ kg} = 0.00593 \text{ kg-CO}_2$$

- スタンピング成形の歩留まりは 97% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。射出形成時の必要材料量を以下のように計算した。
射出形成時の必要材料量：0.775kg ÷ 0.970 = 0.799kg
- スタンピング成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

スタンピング成形時：

$$2.491 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.799 \text{ kg} = 1.991 \text{ kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 2.00kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（ベースラインバッテリーキャリア）】

- スタンピング成形は GMT シートを原材料とする。GMT シート 0.799kg の輸送を想定しており、輸送距離は 72.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バッテリーキャリア輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 72.600\text{km} \times 0.799\text{kg} = 0.01357\text{kg-CO}_2}$$

- GMT シートは PP とガラス長繊維 (GF) を用いてシート成形を行っている。
- GMT シート成形の歩留まりは 95% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。射出成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{射出成形時の必要材料量：} 0.799\text{kg} \div 0.950 = 0.841\text{kg}$$

- シート成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シート成形時：

$$\underline{0.1857\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.841\text{kg} = 0.156\text{kg-CO}_2}$$

- GMT シートの重量比率は PP60%、GF40% である。PP と GF の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{PP の必要材料量：} 0.841\text{kg} \times 0.60 = 0.504\text{kg}$$

$$\text{GF の必要材料量：} 0.841\text{kg} \times 0.40 = 0.336\text{kg}$$

- PP0.504kg の輸送を想定しており、輸送距離は 474.400km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

PP 輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 474.400\text{km} \times 0.504\text{kg} = 0.0560\text{kg-CO}_2}$$

- PP0.504kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産：

$$\underline{0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.0526\text{kg-CO}_2}$$

原油輸送：

$$\underline{0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.0309\text{kg-CO}_2}$$

石油精製：

$$\underline{0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.1274\text{kg-CO}_2}$$

石油化学コンビナート：

$$\underline{1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.537\text{kg-CO}_2}$$

- GF0.336kg の輸送を想定しており、輸送距離は 645.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

GF 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 645.200\text{km} \times 0.336\text{kg} = 0.0507\text{kg-CO}_2$$

- GF0.336kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

GF 製造時：

$$2.40\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.336\text{kg} = 0.80\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.82kg-CO₂ である。

【廃棄・リサイクルベースラインバッテリーキャリア）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} = 0.0053 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} = 2.108 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。ただし、GF 分は未燃となるため、エネルギーとしての回収はできない。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} \times 0.6 = -0.442 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 1.671kg-CO₂ である。

- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 9.4kg-CO₂ である。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：1.8kg-CO₂-1.8kg-CO₂=0.0 kg-CO₂

生産時：2.0kg-CO₂-0.9kg-CO₂=1.1kg-CO₂

使用時：3.9kg-CO₂-3.5kg-CO₂=0.5kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：1.7kg-CO₂-(-0.6kg-CO₂)=2.3kg-CO₂

合計削減量：0.0kg-CO₂+1.1kg-CO₂+0.5kg-CO₂+2.3kg-CO₂=3.9kg-CO₂

表 3.3.3.4 CO₂ 排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	1.79	0.86	-	3.48	-0.7	5.5	1.81	2.00	-	3.93	-0.4	7.3	0.02	1.14	-	0.45	0.2	1.8
非エネルギー起源	0.01	-	-	-	0.00	0.0	0.01	-	-	-	2.11	2.1	0.01	-	-	-	2.11	2.1
合計	1.8	0.9	-	3.5	-0.6	5.5	1.8	2.0	-	3.9	1.7	9.4	0.0	1.1	-	0.5	2.3	3.9

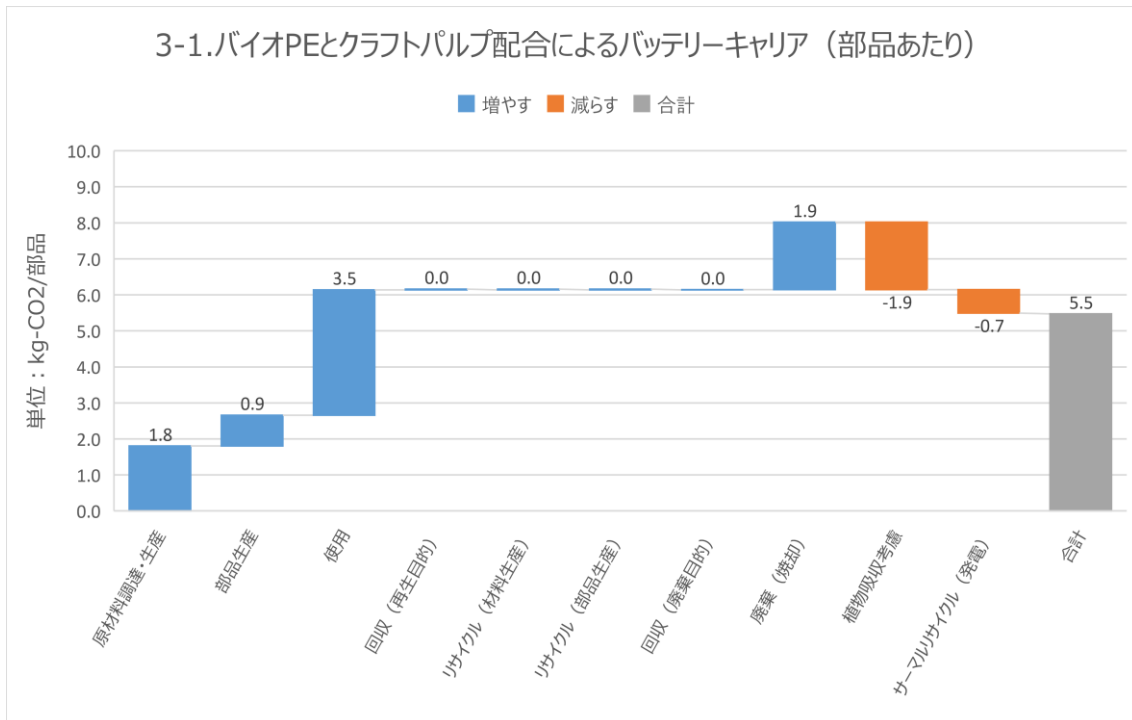


図 3.3.3.1 評価対象製品 CO₂ 排出量

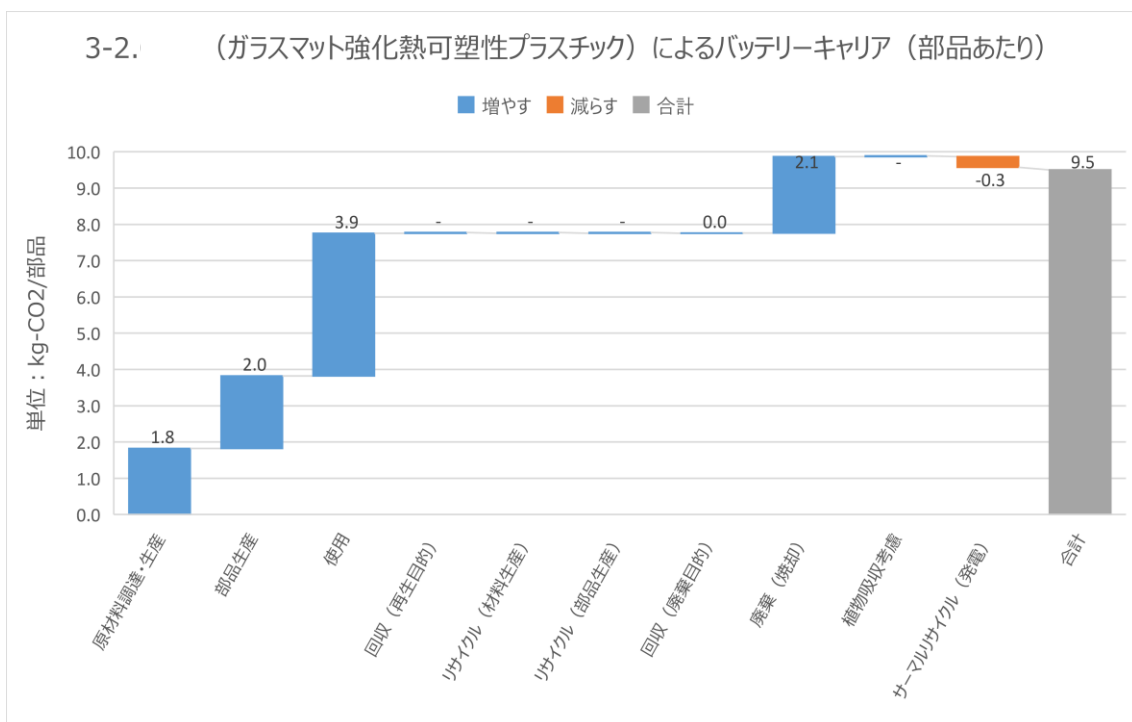


図 3.3.3.2 ベースライン CO₂ 排出量

表 3.3.3.5 CO₂ 排出量比較（評価対象製品）

①評価対象製品			3-1.バイオPEとクラフトパルプ配合によるバッテリーキャリア					
			CO2 排出量		歩留まり	輸送距離	製造必要量	CO2排出量合計
				単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	2.32	kg-CO2/kg	—	—	0.491	1.14
		コンテナ船	0.0000157	kg-CO2/kgkm	—	18,000.000	0.491	0.138
		バイオPE陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.100	0.491	0.00369
		クラフトパルプ（伐採・チップ化、海上輸送、パルプ化）	1.26	kg-CO2/kg	—	—	0.222	0.279
		クラフトパルプ陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	253.000	0.222	0.0131
		シュレッダー	0.005	kg-CO2/kg	95%	—	0.222	0.001
		PEクラフトパルプコンパウンド	0.315	kg-CO2/kg	98%	—	0.702	0.221
		コンパウンド陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	48.200	0.688	0.00776
		小計						—
	部品生産	射出成形	1.239	kg-CO2/kg	98%	—	0.688	0.853
		射出成形リサイクル時	0.005	kg-CO2/kg	100%		0.014	0.00007
		部品陸上輸送 688g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	36.500	0.688	0.00588
		小計						—
	使用	走行時	—	—	—	—	—	3.48
		小計						—
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	0.688	0.0047
		燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	0.688	1.871
		植物吸収考慮 ※バイオ PE、クラフトパルプ	-	kg-CO2/kg	—	—	0.688	-1.871
		回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	0.688	-0.654
		小計						—
合計							—	5.5

表 3.3.3.6 CO₂ 排出量比較（ベースライン及び削減量）

②ベースライン			3-2.GMT（ガラスマツト強化熱可塑性プラスチック）によるバッテリーキャリア					
			CO2 排出量		歩留まり、必要 量	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
				単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	GMTシート成形	0.1857	kg-CO2/kg	95%	—	0.841	0.156
		GMTシート輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	72.600	0.799	0.01357
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.0526
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.0309
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.1274
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油 化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.537
		PP輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	474.400	0.504	0.0560
		ガラス長繊維	2.4	kg-CO2/kg	—	—	0.336	0.80
		ガラス長繊維輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	645.200	0.336	0.0507
	小計						—	1.82
	部品生産	スタンピング成形	2.491	kg-CO2/kg	97%	—	0.799	1.991
		部品輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.700	0.775	0.00593
		小計						—
	使用	走行時	—	—	—	—	—	3.93
		小計						—
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	0.775	0.0053
		燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	0.775	2.108
		回収エネルギー ※ガラス分は未燃	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	0.465	-0.442
		小計						—
	合計							—
③削減量（②－①）							製造必要量	CO2排出量合計
							kg	kg
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産						—	0.0
	部品生産						—	1.1
	使用						—	0.5
	廃棄・リサイクル						—	2.3
	合計						—	3.9

3.4 新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ(PE)によるバッテリーキャリアのCO₂排出削減効果の推計

本実証事業の開発品である新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ(PE)によるバッテリーキャリアの環境面での優位性(温室効果ガスであるCO₂の排出量削減効果)を検証するため、新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ(PE)によるバッテリーキャリアと既存のGMT(ガラスマット強化熱可塑性プラスチック)によるバッテリーキャリアのライフサイクルを通じた環境負荷(CO₂の排出量)の定量的な影響評価を行う。

本実証事業は3カ年の期間に亘って実施している。

1年目は材料調達・生産～部品製造までのLCAを評価した。2年目は材料調達・生産、部品生産、使用におけるLCAを評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通におけるCO₂排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3年目は廃棄・リサイクル時のLCA評価も加え、全体フローでのLCA評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

3.4.1 製品性能(評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定)

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品:新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ(PE)によるバッテリーキャリア
- ・ベースライン:バッテリーキャリア
- ・機能単位:自動車樹脂部品、耐熱性・剛性が従来品と同等である事(評価対象製品のバッテリーキャリア重量は0.688kg/台、ベースラインのバッテリーキャリア重量は0.775kg/台)

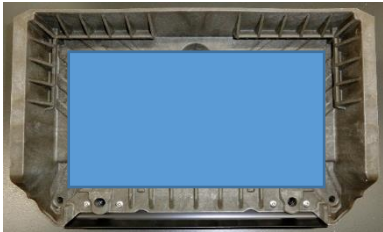
 新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ(PE)によるバッテリーキャリア写真	 ベースラインバッテリーキャリア写真
--	---

図 3.4.1.1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 4. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価した（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

評価対象製品である新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアについては、①の一部の工程（PE の原料～ペレット製造）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインであるバッテリーキャリアについては、PP 原料となる原油は海外から調達し、残る全てのプロセスを国内での生産とした。

3.4.3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースライ
ンのライフサイクル段階ごとのCO₂排出量データを表3.4.3.1、表3.4.3.2に示
す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

CO₂排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外
についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用し
バックグラウンドデータを収集した。なおLCAデータベースとは、経済産業省
ならびにNEDO技術開発機構が平成10年度から平成14年度にかけて実施した5
ヵ年の「第1期LCAプロジェクト」の成果であり、平成15年度に期間限定で
会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用
データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における各材料、部品の製造歩留ま
りを表3.4.3.3、表3.4.3.4に示す。実測が可能なものはデータを取得し、そ
れ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等
を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開デ
ータが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留ま
りを推計した。なお輸送中の歩留まりは100%としている。

各工程でのCO₂排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂排出量を推計し
た。CO₂排出量比較を表3.4.3.6、表3.4.3.7、図3.4.3.1、図3.4.3.2に示
す。

表 3. 4. 3. 1 評価対象製品の新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) の
CO₂ 排出量

no.		プロセス	CO ₂ 排出量	単位		使用データ源
4-1	材料調達・生産	バイオPE (原料からベレット製造まで)	2.32	kg-CO ₂ /kg	論文	CO ₂ 排出量は-0.39とあるが、他のバイオプラと数値を比較し、Land Use Change Credits (-1.1) 及びCO ₂ Uptake (-3.14) 及びElectricity Cogeneration Credits (-1.17) の値を除いた
4-1	材料調達・生産	コンテナ船 (15.7 g -CO ₂ /tkm)	0.0000157	kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO ₂ /tkm
4-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>ト) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-1	材料調達・生産	古紙 末端回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
4-1	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
4-1	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
4-1	材料調達・生産	製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
4-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>ト) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-1	材料調達・生産	シュレッダー	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
4-1	材料調達・生産	PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
4-1	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>ト) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-1	部品生産	射出成形 (製品、比較材)	1.239000	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-1	部品生産	射出成形 (バイオプラとクラフトパルプのコンパウンド) マテリアルサイクル時	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-1	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>ト) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-1	使用	走行時			—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生産走行距離は122,171km前提となっている。
4-1	廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
4-1	廃棄・リサイクル	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>ト) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-1	廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	シュレッダ処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO ₂ 0.0068kg
4-1	廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg (電力0.023kWh、重油0.6g)
4-1	廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)

表 3. 4. 3. 2 ベースラインのバッテリーキャリアの CO₂ 排出量

no.		プロセス	CO ₂ 排出量	単位		使用データ源
4-2	材料調達・生産	GMTシート成形	0.1857	kg-CO ₂ /kg	文献	Compression of pellets 0.1857kg CO ₂ -kg
4-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
4-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
4-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
4-2	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO ₂ /kg)
4-2	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-2	材料調達・生産	ガラス長繊維	2.4	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (ガラス長繊維)
4-2	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-2	部品生産	スタンピング成形	2.491	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-2	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-2	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。
4-2	廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
4-2	廃棄・リサイクル	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
4-2	廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO ₂ 0.0068kg
4-2	廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg (電力0.023kWh、重油0.6g)
4-2	廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)

表 3. 4. 3. 3 評価対象製品の新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) の歩留まり

no.		プロセス	歩留まり		使用データ源
4-1	材料調達・生産	製紙歩留まり	82%	文献	古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t。17,044,684÷20,673,299×100 = 82%
4-1	材料調達・生産	シュレッダー歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-1	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-1	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-1	部品生産	射出成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	

表 3. 4. 3. 4 ベースラインのバッテリーキャリアの歩留まり

no.		プロセス	歩留まり		使用データ源
4-2	材料調達・生産	GMTシート成形歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-2	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
4-2	部品生産	スタンピング成形歩留まり	97%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	

評価対象製品

評価対象製品である新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用（新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリア）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- バッテリーキャリア 0.688kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$\text{使用時} : 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688 \text{ kg} = 3.48 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 3.48kg-CO₂ である。

【部品生産（新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリア）】

- バッテリーキャリア 0.688kg の輸送を想定しており、輸送距離は 36.500km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バッテリーキャリア輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 36.500 \text{ km} \times 0.688 \text{ kg} = 0.00588 \text{ kg-CO}_2$$

- 射出成形時の歩留まりは 98% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度射出成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.688kg の射出成形時に必要な原材料量は 0.688kg である。（射出成形時の使用材料量は 0.688kg、マテリアルリサイクル時の使用材料量は 0.014kg）

- 射出成形時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688 \text{ kg} = 0.853 \text{ kg-CO}_2$$

射出成形マテリアルリサイクル時：

$$\underline{0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.014\text{kg} = 0.00007\text{kg-CO}_2}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 0.858kg-CO₂ である。

【初回新品：材料調達・生産（新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリア）】

- コンパウンド 0.688kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 48.200\text{km} \times 0.688\text{kg} = 0.00776\text{kg-CO}_2}$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量：} 0.688\text{kg} \div 0.980 = 0.702\text{kg}$$

- コンパウンド製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：

$$\underline{0.315 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.702\text{kg} = 0.221\text{kg-CO}_2}$$

- コンパウンドの材料は

$$\text{バイオプラ (PE) 必要量：} 0.702\text{kg} \times 0.700 = 0.491$$

$$\text{新聞または段ボール古紙必要量：} 0.702\text{kg} \times 0.300 = 0.211$$

- 新聞または段ボール古紙のシュレッダー時の歩留まりは 95% であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。

新聞または段ボール古紙のシュレッダー時の必要材料量：

$$0.211 \div 0.950 = 0.222\text{kg}$$

- 新聞または段ボール古紙のシュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

新聞または段ボール古紙のシュレッダー時の CO₂ 排出量：

$$\underline{0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.222\text{kg} = 0.00111\text{kg-CO}_2}$$

- 新聞または段ボール古紙 0.222kg の輸送を想定しており、輸送距離は 65.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

新聞または段ボール古紙輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 65.600\text{km} \times 0.222\text{kg} = 0.00340\text{kg-CO}_2}$$

- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）時の歩留まりは 82% であり、新聞または

段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。

新聞または段ボール古紙による製紙時の必要材料量： $0.222\text{kg} \div 0.820 = 0.271\text{kg}$

- 新聞または段ボール古紙による製紙時の CO_2 排出量を以下のように計算した。
古紙による製紙時：

$$\underline{0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.269\text{kg-CO}_2}$$

- 新聞または段ボール古紙 0.271kg の古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$\underline{0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00276\text{kg-CO}_2}$$

古紙選別梱包時：

$$\underline{0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00228\text{kg-CO}_2}$$

古紙輸送時：

$$\underline{0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00132\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) 0.491kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.100km である。輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO_2 排出量：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.100\text{km} \times 0.491\text{kg} = 0.00369\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は $18,000.000\text{km}$ である。輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO_2 排出量：

$$\underline{0.0000157\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18,000.000\text{km} \times 0.491\text{kg} = 0.138\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) 0.491kg の製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ製造時の CO_2 排出量：

$$\underline{2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.491\text{kg} = 1.14\text{kg-CO}_2}$$

- 材料調達・生産時の CO_2 排出量は 1.79kg-CO_2 である。

【廃棄・リサイクル（新聞または段ボール古紙配合のバイオプラ (PE) によるバッテリーキャリア）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO_2 排出量は $0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg}$ であるため、シュレッダー時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$\underline{0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = 0.0047 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$\underline{2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = 1.871 \text{ kg -CO}_2}$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。本評価対象製品はバイオ PE 及び古紙を原料とするため、燃焼時で発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：

$$\underline{-1.871\text{kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.688\text{kg} = -0.654 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は-0.648kg-CO₂である。
- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 5.5kg-CO₂である。

ベースライン

ベースラインであるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用（ベースラインバッテリーキャリア）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- バッテリーキャリア 0.775kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775 \text{ kg} = 3.93 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 3.93kg-CO₂ である。

【部品生産（ベースラインバッテリーキャリア）】

- バッテリーキャリア 0.775kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.700km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バッテリーキャリア輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.700 \text{ km} \times 0.775 \text{ kg} = 0.00593 \text{ kg-CO}_2$$

- スタンピング成形の歩留まりは 97% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。射出形成時の必要材料量を以下のように計算した。
射出形成時の必要材料量：0.775kg ÷ 0.970 = 0.799kg
- スタンピング成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

スタンピング成形時：

$$2.491 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.799 \text{ kg} = 1.991 \text{ kg-CO}_2$$

- 評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に

使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用される。

- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）時の歩留まりは 82% であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。
新聞または段ボール古紙による製紙時の必要材料量： $0.222\text{kg} \div 0.820 = 0.271\text{kg}$
- 新聞または段ボール古紙による製紙時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
古紙による製紙時：
 $0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.269\text{kg-CO}_2$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 2.27kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（ベースラインバッテリーキャリア）】

- スタンピング成形は GMT シートを原材料とする。GMT シート 0.799kg 輸送を想定しており、輸送距離は 72.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
バッテリーキャリア輸送時：
 $0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 72.600\text{km} \times 0.799\text{kg} = 0.01357\text{kg-CO}_2$
- GMT シートは PP とガラス長繊維（GF）を用いてシート成形を行っている。
- GMT シート成形の歩留まりは 95% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。射出成形時の必要材料量を以下のように計算した。
射出成形時の必要材料量： $0.799\text{kg} \div 0.950 = 0.841\text{kg}$
- シート成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
シート成形時：
 $0.1857\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.841\text{kg} = 0.156\text{kg-CO}_2$
- GMT シートの重量比率は PP60%、GF40% である。PP と GF の必要材料量を以下のように計算した。
PP の必要材料量： $0.841\text{kg} \times 0.60 = 0.504\text{kg}$
GF の必要材料量： $0.841\text{kg} \times 0.40 = 0.336\text{kg}$
- PP0.504kg の輸送を想定しており、輸送距離は 474.400km である。輸送時の

CO₂ 排出量を以下のように計算した。

PP 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 474.400\text{km} \times 0.504\text{kg} = 0.0560\text{kg-CO}_2$$

- PP0.504kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産：

$$0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.0526\text{kg-CO}_2$$

原油輸送：

$$0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.0309\text{kg-CO}_2$$

石油精製：

$$0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.1274\text{kg-CO}_2$$

石油化学コンビナート：

$$1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.504\text{kg} = 0.537\text{kg-CO}_2$$

- GF0.336kg の輸送を想定しており、輸送距離は 645.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

GF 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 645.200\text{km} \times 0.336\text{kg} = 0.0507\text{kg-CO}_2$$

- GF0.336kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

GF 製造時：

$$2.40\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.336\text{kg} = 0.80\text{kg-CO}_2$$

- 先述したように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞または段ボール古紙の必要材料量は 0.271kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00276\text{kg-CO}_2$$

古紙選別梱包時：

$$0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00228\text{kg-CO}_2$$

古紙輸送時：

$$0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.271\text{kg} = 0.00132\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.84kg-CO₂ である。

【廃棄・リサイクル（ベースラインバッテリーキャリア）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$\underline{0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} = 0.0053 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$\underline{2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} = 2.108 \text{ kg -CO}_2}$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。ただし、GF 分は未燃となるため、エネルギーとしての回収はできない。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.775\text{kg} \times 0.6 = -0.442 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 1.671kg-CO₂ である。
- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 9.7kg-CO₂ である。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：1.8kg-CO₂-1.8kg-CO₂=0.1kg-CO₂

生産時：2.3kg-CO₂-0.9kg-CO₂=1.4kg-CO₂

使用時：3.9kg-CO₂-3.5kg-CO₂=0.5kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：1.7kg-CO₂-(-0.6kg-CO₂)=2.3kg-CO₂

合計削減量：0.1kg-CO₂+1.4kg-CO₂+0.5kg-CO₂+2.3kg-CO₂=4.2kg-CO₂

表 3.4.3.5 CO₂ 排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	1.78	0.86	-	3.48	-0.7	5.5	1.83	2.27	-	3.93	-0.4	7.6	0.05	1.41	-	0.45	0.2	2.1
非エネルギー起源	0.01	-	-	-	0.00	0.0	0.01	-	-	-	2.11	2.1	0.00	-	-	-	2.11	2.1
合計	1.8	0.9	-	3.5	-0.6	5.5	1.8	2.3	-	3.9	1.7	9.7	0.1	1.4	-	0.5	2.3	4.2

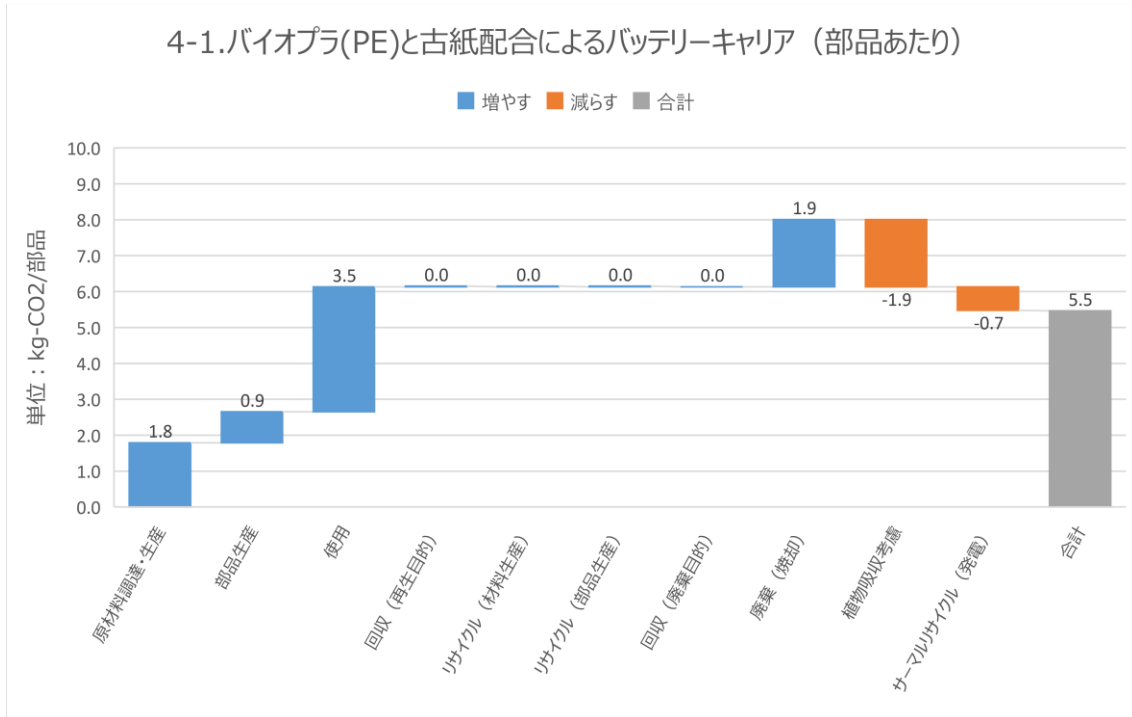


図 3. 4. 3. 1 評価対象製品 CO₂ 排出量

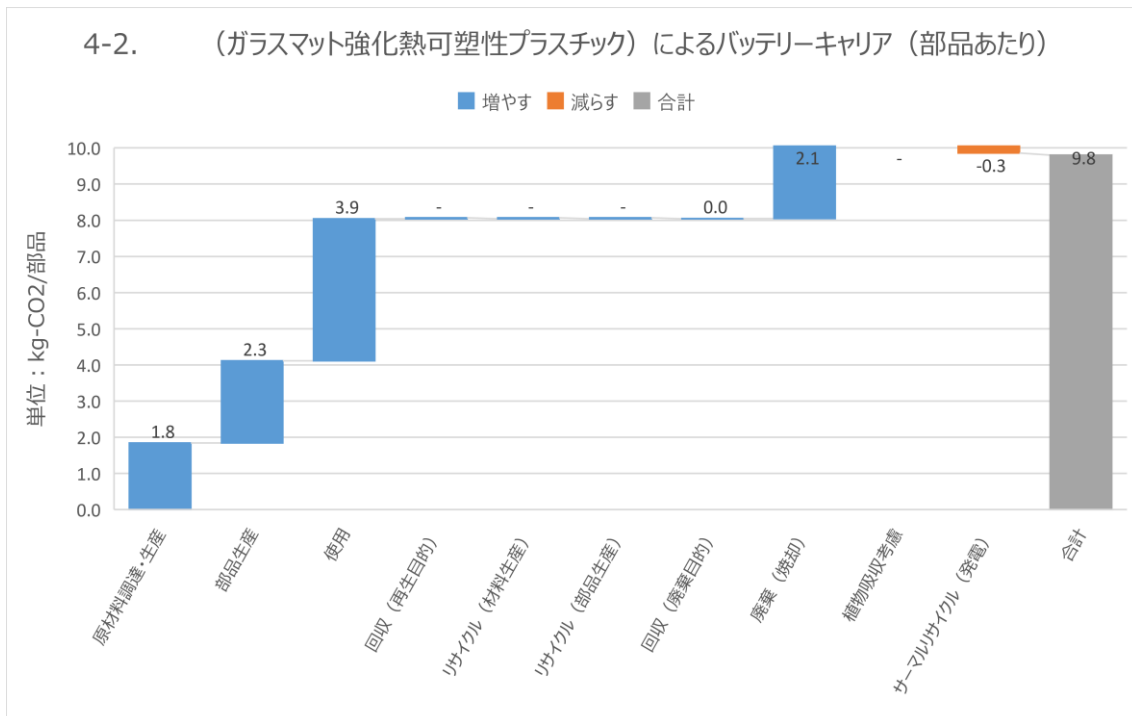


図 3. 4. 3. 2 ベースライン CO₂ 排出量

表 3.4.3.6 CO₂ 排出量比較（評価対象製品）

① 評価対象製品			4-1. バイオプラ(PE)と古紙配合によるバッテリーキャリア					
			CO2 排出量		歩留まり	輸送距離	製造必要量	CO2排出量合計
				単位		km	kg	kg
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	2.32	kg-CO2/kg	—	—	0.491	1.14
		コンテナ船	0.0000157	kg-CO2/kgkm	—	18,000.000	0.491	0.138
		バイオPE陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.100	0.491	0.00369
		古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00276
		古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00228
		古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00132
		製紙	0.9923	kg-CO2/kg	82%	—	0.271	0.269
		古紙バルブ陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	65.600	0.222	0.00340
		シュレッダー	0.005	kg-CO2/kg	95%	—	0.222	0.00111
		PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO2/kg	98%	—	0.702	0.221
		コンパウンド陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	48.200	0.688	0.00776
		小計						—
	部品生産	射出成形	1.239	kg-CO2/kg	98%	—	0.688	0.853
		射出成形リサイクル時	0.005	kg-CO2/kg	100%		0.014	0.00007
		部品陸上輸送 688g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	36.500	0.688	0.00588
		小計						—
	使用	走行時	—	—	—	—	—	3.48
		小計						—
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	0.688	0.0047
		燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	0.688	1.871
		植物吸収考慮 ※バイオPE、古紙	-	kg-CO2/kg	—	—	0.688	-1.871
		回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	0.688	-0.654
		小計						—
							—	5.5

表 3.4.3.7 CO₂ 排出量比較（ベースライン及び削減量）

②ベースライン			4-2.GMT（ガラスマット強化熱可塑性プラスチック）によるバッテリーキャリア					
			CO2 排出量		歩留まり、必要 量	輸送距離	製造必要量	CO2排出量合計
				単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	シート成形	0.1857	kg-CO2/kg	95%	—	0.841	0.156
		シート輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	72.600	0.799	0.01357
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.0526
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.0309
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.1274
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油 化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	—	—	0.504	0.537
		PP輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	474.400	0.504	0.0560
		ガラス長繊維	2.4	kg-CO2/kg	—	—	0.336	0.80
		ガラス長繊維輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	645.200	0.336	0.0507
		古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00276
		古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00228
		古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	0.271	0.00132
		小計						—
	部品生産	スタンピング成形	2.491	kg-CO2/kg	97%	—	0.799	1.991
		部品輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.700	0.775	0.00593
		製紙	0.9923	kg-CO2/kg	82%	—	0.271	0.269
		小計						—
	使用	走行時	—	—	—	—	—	3.93
		小計						—
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	0.775	0.0053
		燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	0.775	2.108
		回収エネルギー ※ガラス分は未燃	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	0.465	-0.442
		小計						—
	合計							—
③削減量（②－①）							製造必要量	CO2排出量合計
							kg	kg
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産						—	0.1
	部品生産						—	1.4
	使用						—	0.5
	廃棄・リサイクル						—	2.3
	合計						—	4.2

3. 5 バイオプラ (PE) と新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品であるバイオプラ (PE) と新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードの環境面での優位性 (温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果) を検証するため、バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードと既存の PP-GF 樹脂によるフロアボードのライフサイクルを通じた環境負荷 (CO₂ の排出量) の定量的な影響評価を行う。

本実証事業は 3 カ年の期間に亘って実施している。

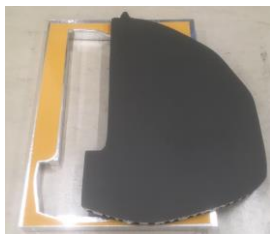
1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した。2 年目は材料調達・生産、部品生産、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。

3. 5. 1 製品性能 (評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定)

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：バイオプラ (PE) と新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード
- ・ベースライン：PP-GF 樹脂によるフロアボード
- ・機能単位：自動車樹脂部品、耐熱性・剛性が従来品と同等である事 (評価対象製品のフロアボード重量は 3.000kg/台、ベースラインのフロアボード重量は 3.673kg/台)



バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード写真



PP-GF 樹脂によるフロアボード写真

図 3. 5. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 5. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価する（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行う。なお、評価対象製品はマテリアルリサイクル 1 回実施した後、サーマルリサイクルする方法、ベースラインはマテリアルリサイクルせずにサーマルリサイクルする方法を採用した。

評価対象製品であるバイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードについては、①の一部の工程（PE の原料～ペレット製造、木材伐採・チップ化）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。また、評価対象製品はマテリアルリサイクルを行ったのち、サーマルリサイクルすることを想定した。

ベースラインである PP-GF 樹脂によるフロアボードについては、原油生産、原油輸送、鉄鉱石採掘、パラキシレン、エチレングリコール、テレフタル酸製造等は国外で、それ以外のプロセスを国内での生産とした。PP-GF 樹脂によるフロアボードはマテリアルリサイクルが難しいため一度切りの使用とし、評価対象製品との比較のため CO₂ 排出量 2 回分をカウントした。

3.5.3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）

3年目の評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとのCO₂排出量データを表3.5.3.1、表3.4.3.2に示す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

CO₂排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なおLCAデータベースとは、経済産業省ならびにNEDO技術開発機構が平成10年度から平成14年度にかけて実施した5ヵ年の「第1期LCAプロジェクト」の成果であり、平成15年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

3年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表3.5.3.3、表3.5.3.4に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外についてはLCA日本フォーラムが提供するLCAデータベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカからのヒアリングにより歩留まりを推計した。輸送中の歩留まりは100%としている。

なお、最初の製品を初回新品、リサイクル後の製品を第二回新品と呼称する。

各工程でのCO₂排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂排出量を推計した。CO₂排出量比較を表3.5.3.6、表3.5.3.7、図3.5.3.1、図3.5.3.2に示す。

表 3.5.3.1 評価対象製品のバイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO2 排出量	単位	使用データ源		
5-1	初回新品	材料調達・生産	バイオPE (原料からペレット製造まで)	2.32	kg-CO2/kg	論文	CO2排出量は-0.39とあるが、他のバイオプラと数値を比較し、Land Use Change Credits (-1.1) 及びCO2 Uptake (-3.14) 及びElectricity Cogeneration Credits (-1.17) の値を除いた
5-1		材料調達・生産	コンテナ船 (15.7 g-CO2/tkm)	0.0000157	kg-CO2/kgkm	文献	物流CO2排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO2/tkm
5-1		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1		材料調達・生産	古紙 末端回収	0.0102	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO2/t/古紙
5-1		材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO2/t/古紙
5-1		材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO2/t/古紙
5-1		材料調達・生産	製紙	0.9923	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO2/t+8.0kg-CO2/t+3.0kg-CO2/t=992.3kg-CO2/t
5-1		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1		材料調達・生産	シュレッダー	0.005	kg-CO2/kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
5-1		材料調達・生産	PE古紙コンバウンド	0.315	kg-CO2/kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
5-1		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1		材料調達・生産	古紙 末端回収	0.0102	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO2/t/古紙
5-1		材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO2/t/古紙
5-1		材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO2/t/古紙
5-1		部品生産	モールド成形CO2排出量	1.177	kg-CO2/kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
5-1		部品生産	モールド成形マテリアルリサイクル時のCO2排出量	0	kg-CO2/kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
5-1		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1		部品生産	ブロー工法	1.156	kg-CO2/kg	文献	石油化学製品のLCIデータ2. 樹脂加工のLCIよりブロー (中空) 成形品1.156t-CO2/t
5-1		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1	第二回新品	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO2排出量は0.08411 kg-CO2/MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO2排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO2/MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg=5.06kg-CO2/kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。
5-1		廃棄・リサイクル	解体・回収	0	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	前処理・解体時に車両から取り除かれる段階 0g
5-1		廃棄・リサイクル	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献	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
5-1		材料調達・生産	PE古紙コンバウンド	0.315	kg-CO2/kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
5-1	廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068	kg-CO2/kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位 (kg/製品重量 (kg)) CO2 0.0068kg	
5-1	廃棄・リサイクル	燃焼	2.72	kg-CO2/kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO2/kg (電力0.023kWh、重油0.6g)	
5-1	廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO2/kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO2/kg (回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg)	

表 3.5.3.2 ベースラインの PP-GF 樹脂によるフロアボードの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
5-2	初回新品 (①②) ※2アイテム としてカウント	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519 kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316 kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688 kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129 kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	ガラス長繊維	2.40 kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース
5-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	PP-GFコンパウンド	0.763 kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)
5-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	棒鋼	1.459808 kg-CO ₂ /kg	一般社団法人日本鉄鋼連盟データ
5-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	古紙 末端回収	0.0102 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		材料調達・生産	ポリエステル樹脂	2.21 kgCO ₂ e/kg-PET	日本化学工業協会
5-2		材料調達・生産	フェルト・不織布	7.01 kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース
5-2		材料調達・生産	紡糸・フェルト・不織布	4.80 kg-CO ₂ e	文献
5-2		材料調達・生産	コンテナ船 (アジア航路) (26.0 g-CO ₂ /tkm)	0.0000260 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		部品生産	フロー工法	1.156 kg-CO ₂ /kg	文献
5-2		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献
5-2		材料調達・生産	製紙	0.9923 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース
5-2		使用	走行時	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料あたりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.5.3.3 評価対象製品のバイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
5-1	初回新品	材料調達・生産	製紙歩留まり	82% 文献
5-1		材料調達・生産	シュレッダー歩留まり	95% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-1		材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-1		部品生産	モールド成形歩留まり	95% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-1		部品生産	モールド成形サイクル時歩留まり	100% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-1		部品生産	フロー工法歩留まり	90% 実測データ (フォアグラウンドデータ)

表 3.5.3.4 ベースラインの PP-GF 樹脂によるフロアボードの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
5-2	初回新品	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-2		部品生産	不織布製造歩留まり	95% 公開データが存在せず、実測データの計測も難しいため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。
5-2		部品生産	フロー工法歩留まり	90% 実測データ (フォアグラウンドデータ)
5-2		材料調達・生産	製紙歩留まり	82% 文献

評価対象製品

評価対象製品であるバイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボードのCO₂排出量を以下のように推計した。

【初回新品：使用（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- フロアボード 3.000kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000 \text{ kg} = 15.2 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 15.2kg-CO₂ である。

【初回新品：部品生産（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- フロアボード 3.000kg の輸送を想定しており、輸送距離は 65.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

フロアボード輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 65.600 \text{ km} \times 3.000 \text{ kg} = 0.0460 \text{ kg-CO}_2$$

- ブロー工法時の歩留まりは 90% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。ブロー工法時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{ブロー工法時の必要材料量} : 3.000 \text{ kg} \div 0.900 = 3.33 \text{ kg}$$

- このうち、ブロー工法で使用する材料はバイオプラ (PE) コンパウンド 1.7kg、パルプモールド 1.3kg で構成される。そのため、ブロー工法で使用する必要材料量の内訳を以下のように計算した。

$$\text{バイオプラ (PE) コンパウンド必要材料量} : 1.700 \text{ kg} \div 0.900 = 1.89 \text{ kg}$$

$$\text{パルプモールド必要材料量} : 1.300 \text{ kg} \div 0.900 = 1.44 \text{ kg}$$

- ブロー工法時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ブロー工法時：

$$\underline{1.156\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.33\text{kg} = 3.85\text{kg-CO}_2}$$

- モールド成形品 1.44kg の輸送を想定しており、輸送距離は 64.300km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 64.300\text{km} \times 1.44\text{kg} = 0.022\text{kg-CO}_2}$$

- モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 1.44kg のモールド成形時に必要な原材料量は 1.44kg である。
- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$\underline{1.177\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.44\text{kg} = 1.700\text{kg-CO}_2}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 5.62kg-CO₂ である。

【初回新品：材料調達・生産（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- モールド成形品製造のための古紙必要量は 1.44kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$\underline{0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.44\text{kg} = 0.0148\text{kg-CO}_2}$$

古紙選別梱包時：

$$\underline{0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.44\text{kg} = 0.013\text{kg-CO}_2}$$

古紙輸送時：

$$\underline{0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.44\text{kg} = 0.0071\text{g-CO}_2}$$

- コンパウンド 1.890kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 48.200\text{km} \times 1.890\text{kg} = 0.0213\text{kgCO}_2}$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98%のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。
コンパウンド製造時の材料必要量： $1.890\text{kg} \div 0.980 = 1.92\text{kg}$
- コンパウンド製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
コンパウンド製造時：
 $0.315\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.92\text{kg} = 0.605\text{kg-CO}_2$
- コンパウンドの材料必要量
バイオプラ（PE）必要量： $1.920\text{kg} \times 0.800 = 1.536\text{kg}$
新聞または段ボール古紙必要量： $1.920\text{kg} \times 0.200 = 0.384\text{kg}$
- 新聞または段ボール古紙のシュレッター時の歩留まりは 95%であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。
新聞または段ボール古紙のシュレッター時の必要材料量
 $: 0.384 \div 0.950 = 0.40\text{kg}$
- 新聞または段ボール古紙のシュレッター時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
新聞または段ボール古紙のシュレッター時の CO₂ 排出量：
 $0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.40\text{kg} = 0.003\text{kg-CO}_2$
- 古紙パルプ 0.40kg の輸送を想定しており、輸送距離は 65.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
古紙パルプ輸送時：
 $0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 65.600\text{km} \times 0.40\text{kg} = 0.00621\text{kg-CO}_2$
- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）時の歩留まりは 82%であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。
新聞または段ボール古紙による製紙時の必要材料量： $0.40\text{kg} \div 0.820 = 0.49\text{kg}$
- 新聞または段ボール古紙による製紙時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
古紙による製紙時：
 $0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.49\text{kg} = 0.489\text{kg-CO}_2$
- 古紙 0.49kg の古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
古紙回収時：

$$\underline{0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.49\text{kg} = 0.00503\text{kg-CO}_2}$$

古紙選別梱包時：

$$\underline{0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.49\text{kg} = 0.00414\text{kg-CO}_2}$$

古紙輸送時：

$$\underline{0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.49\text{kg} = 0.00242\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) 1.536kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.100km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO₂ 排出量：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.100\text{km} \times 1.536\text{kg} = 0.0115\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 18,000.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO₂ 排出量：

$$\underline{0.0000157\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18,000.000\text{km} \times 1.536\text{kg} = 0.433\text{kg-CO}_2}$$

- バイオプラ (PE) 1.536kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ製造時の CO₂ 排出量：

$$\underline{2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.536\text{kg} = 3.54\text{kg-CO}_2}$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 5.15kg-CO₂ である。

【初回新品：廃棄・リサイクル（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- 解体事業者にて使用済自動車から部品を取外し、部品 3.000kg の輸送を想定している。輸送距離は 59.800km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 59.800\text{km} \times 3.000\text{kg} = 0.042 \text{ kg -CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は 0.042kg-CO₂ である。

【第二回新品：使用（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費

量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- フロアボード 3.000kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000 \text{ kg} = 15.2 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 15.2kg-CO₂ である。

【第二回新品：部品生産（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- フロアボード 3.000kg の輸送を想定しており、輸送距離は 65.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

フロアボード輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 65.600 \text{ km} \times 3.000 \text{ kg} = 0.0460 \text{ kg-CO}_2$$

- ブロー工法時の歩留まりは 90% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。ブロー工法時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{ブロー工法時の必要材料量：} 3.000 \text{ kg} \div 0.900 = 3.33 \text{ kg}$$

- このうち、ブロー工法で使用する材料は PE コンパウンド 1.700kg、パルプモールド 1.300kg で構成される。そのため、ブロー工法で使用する必要材料量の内訳を以下のように計算した。

$$\text{PE コンパウンド必要材料量：} 1.700 \text{ kg} \div 0.900 = 1.89 \text{ kg}$$

$$\text{パルプモールド必要材料量：} 1.300 \text{ kg} \div 0.900 = 1.44 \text{ kg}$$

- ブロー工法時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ブロー工法時：

$$1.156 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.33 \text{ kg} = 3.85 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形品 1.44kg の輸送を想定しており、輸送距離は 64.300km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 64.300 \text{ km} \times 1.44 \text{ kg} = 0.022 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアル

リサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100%である。つまり 1.44kg のモールド成形時に必要な原材料量は 1.44kg である。

- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$1.177\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.44\text{kg} = 1.700\text{kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 5.62kg-CO₂ である。

【第二回新品：材料調達・生産（バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

- 使用済自動車から取外した部品を原料として使用する。フロアボード 3.000kg は PE コンパウンド 1.700kg、パルプモールド 1.300kg の材料比率となっている。このうち、PE コンパウンドはバイオ PE80%（1.360kg）、古紙 20%（0.340kg）の構成であるため、フロアボードの材料別使用量はバイオ PE1.360kg、古紙 1.640kg（1.300kg+0.340kg）となる。
- 回収した部品 3.000kg の輸送を想定しており、輸送距離は 22.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

回収部品輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 22.200\text{km} \times 3.000\text{kg} = 0.01559\text{kgCO}_2$$

- 回収した部品のうち、バイオ PE は全量使用することができるが、古紙はシュレッダーで処理するため、古紙は 50%までの回収となる。そのため、シュレッダー処理後の材料の重量は以下のようになる。

バイオプラ（PE）回収量：1.360kg×1.00=1.360kg

古紙回収量：1.640kg×0.50=0.820kg

- 古紙のシュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙のシュレッダー時の CO₂ 排出量：

$$0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.82\text{kg} = 0.005\text{kg-CO}_2$$

- 初回新品で述べたように、歩留まりを含めたフロアボード 3.000kg 製造のために必要な材料と重量は、PE コンパウンド（バイオプラ（PE）1.536kg、古紙 0.49kg）、パルプモールド 1.440kg となる。そのため、第二回新品製造に必要な材料と重量は以下の計算となる。

PE コンパウンド用バイオプラ（PE）追加投入量：1.536kg - 1.360kg = 0.176kg

PE コンパウンド用古紙追加投入量： $0.49\text{kg} - 0.820\text{kg} = -0.33\text{kg}$ ※追加投入は不要

パルプモールド追加投入量： $1.440\text{kg} - 0.33\text{kg} = 1.110\text{kg}$ ※ 0.33kg は上記余剰分を活用

- モールド成形品製造のための古紙必要量は 1.110kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$\frac{0.0102\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 1.110\text{kg} = 0.0114\text{kg-CO}_2$$

古紙選別梱包時：

$$\frac{0.0084\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 1.110\text{kg} = 0.010\text{kg-CO}_2$$

古紙輸送時：

$$\frac{0.0049\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 1.110\text{kg} = 0.0055\text{g-CO}_2$$

- コンパウンド 1.890kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.200km である。輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 48.200\text{km} \times 1.890\text{kg} = 0.0214\text{kgCO}_2$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時の材料必要量： $1.890\text{kg} \div 0.980 = 1.92\text{kg}$

- コンパウンド製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：

$$\frac{0.315\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 1.92\text{kg} = 0.605\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンドの材料は

バイオプラ必要量： $1.92\text{kg} \times 0.800 = 1.536\text{kg}$

新聞または段ボール古紙必要量： $1.92\text{kg} \times 0.200 = 0.384\text{kg}$

- このうち、コンパウンドで必要な新聞または段ボール古紙は新たに手配する必要がないため、バイオプラ 0.176kg を追加投入する。

- バイオプラ (PE) 0.176kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.100km である。輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO_2 排出量：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 32.100\text{km} \times 0.176\text{kg} = 0.0013\text{kg-CO}_2$$

- バイオプラ (PE) は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 18,000.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.0000157\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18,000.000\text{km} \times 0.176\text{kg} = 0.049\text{kg-CO}_2$$

- バイオプラ (PE) 0.176kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオプラ製造時の CO₂ 排出量：

$$2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.176\text{kg} = 0.39\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.11kg-CO₂ である。

【第二回新品：廃棄・リサイクル (バイオプラと新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード)】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000\text{kg} = 0.0204 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000\text{kg} = 8.160 \text{ kg -CO}_2$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。本評価対象製品はバイオ PE 及び古紙を原料とするため、燃焼時で発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：-8.160kg -CO₂

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000\text{kg} = -2.850 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は-2.83kg-CO₂ である。

- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂排出量は 45.1kg-CO₂である。

ベースライン

ベースラインである PP-GF 樹脂によるフロアボードの CO₂ 排出量を以下のように推計した。なお、マテリアルリサイクルを 1 回行い、第二回新品はサーマルリサイクルする評価対象製品との比較のため、リサイクルが難しいベースラインの CO₂ 排出量は新品を 2 回製造したものとしてカウントする。

【使用（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- フロアボード 3.673kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.673 \text{ kg} = 18.6 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂排出量は 18.6kg-CO₂である。

【部品生産（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

- フロアボード 3.673kg の輸送を想定しており、輸送距離は 65.600km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

内装部品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 65.600 \text{ km} \times 3.673 \text{ kg} = 0.0564 \text{ kg-CO}_2$$

- ブロー工法後のフロアボードの重量は 3.673kg で、重量構成は PP-GF が 2.646kg（PP=1.852kg、GF=0.794kg）、不織布が 0.165kg、棒鋼が 0.862kg という構成となっている。
- ブロー工法時の歩留まりは 90%であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。棒鋼でのロスが発生しないため、ブロー工法時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{PP-GF の必要材料量} : 2.646 \text{ kg} \div 0.900 = 2.940 \text{ kg}$$

$$\text{不織布の必要材料量} : 0.165 \text{ kg} \div 0.900 = 0.183 \text{ kg}$$

- これにより、ブロー工法時の歩留まり含めた必要材料量を以下のように計算した。

$$PP-GF2.940\text{kg} + \text{不織布 } 0.183\text{kg} + \text{棒鋼 } 0.862\text{kg} = 3.985\text{kg}$$

- ブロー工法時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ブロー工法時：

$$1.156\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.985\text{kg} = 4.61\text{kg-CO}_2$$

- 不織布 0.183kg の輸送を想定しており、輸送距離は 39.100km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 39.100\text{km} \times 0.183\text{kg} = 0.00167\text{kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の生産歩留まりは 95% であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.183kg の不織布を製造するのに必要なポリエステル繊維は以下のように計算した。

$$0.183\text{kg} \div 0.950 = 0.193\text{kg}$$

- 不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布製造時：

$$4.80\text{kg-CO}_2\text{e} \times 0.193\text{kg} = 0.93\text{kg-CO}_2$$

- 評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用される。なお、評価対象製品と同量の原料を使用した場合のため、モールド成形品向けに使用される古紙 1.44kg については、製紙時の歩留まりは考慮していない。

- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）時の歩留まりは 82% であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。

新聞または段ボール古紙による製紙時の必要材料量

$$: (0.49\text{kg} \div 0.820) + 1.44\text{kg} = 2.045\text{kg}$$

- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：の CO₂ 排出量は以下のように計算される

古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：

$$0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.045\text{kg} = 2.029\text{kg-CO}_2$$

- 部品生産時の CO₂排出量は 7.63kg-CO₂である。

【材料調達・生産（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

- ポリエステル樹脂 0.193kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.600km である。輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時の CO₂排出量：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.600\text{km} \times 0.193\text{kg} = 0.0014\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 1,850.000km である。輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂輸送時の CO₂排出量：

$$0.000026\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 1,850.000\text{km} \times 0.193\text{kg} = 0.0092\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂 0.193kg の製造時の CO₂排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂製造時：

$$2.21\text{kg-CO}_2\text{e}/\text{kg-PET} \times 0.193\text{kg} = 0.40\text{kg-CO}_2$$

- 棒鋼 0.862kg の輸送を想定しており、輸送距離は 240.000km である。輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

棒鋼輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 240.000\text{km} \times 0.862\text{kg} = 0.0484\text{kg-CO}_2$$

- 棒鋼 0.862kg 製造時の CO₂排出量を以下のように計算した。

棒鋼製造時：

$$1.459808\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.862\text{kg} = 1.26\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンド 2.940kg の輸送を想定しており、輸送距離は 37.100km である。輸送時の CO₂排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 37.100\text{km} \times 2.940\text{kg} = 0.0256\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98%のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量} : 2.940\text{kg} \div 0.980 = 3.000\text{kg}$$

- コンパウンド製造時の CO₂排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：

$$0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.000\text{kg} = 2.28\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンド (PP-GF) の必要材料量を以下のように計算した。
PP の必要材料量 : $3.000\text{kg} \times 0.700 = 2.1\text{kg}$
GF の必要材料量 : $3.000\text{kg} \times 0.300 = 0.9\text{kg}$
- GF0.9kg の輸送を想定しており、輸送距離は 563.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
GF 輸送時 :
 $0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 563.000\text{km} \times 0.9\text{kg} = 0.119\text{kg-CO}_2$
- GF0.9kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
GF 製造時 :
 $2.40\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.9\text{kg} = 2.16\text{kg-CO}_2$
- PP2.1kg の輸送を想定しており、輸送距離は 472.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
PP 輸送時 :
 $0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 472.000\text{km} \times 2.1\text{kg} = 0.232\text{kg-CO}_2$
- PP1.89kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。
原油生産 :
 $0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.1\text{kg} = 0.220\text{kg-CO}_2$
原油輸送 :
 $0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.1\text{kg} = 0.129\text{kg-CO}_2$
石油精製 :
 $0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.1\text{kg} = 0.531\text{kg-CO}_2$
石油化学コンビナート :
 $1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.1\text{kg} = 2.23\text{kg-CO}_2$

- 先述したように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞または段ボール古紙の必要材料量は 2.045kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
古紙回収時 :
 $0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.045\text{kg} = 0.0209\text{kg-CO}_2$
古紙選別梱包時 :
 $0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.045\text{kg} = 0.017\text{kg-CO}_2$

古紙輸送時：

$$0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.045\text{kg} = 0.0100\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂排出量は 9.69kg-CO₂である。

【廃棄・リサイクル (PP-GF 樹脂によるフロアボード)】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.673\text{kg} = 0.0250 \text{ kg -CO}_2$$

- シュレッダー処理後には鉄製の棒鋼は回収されるため、サーマルリサイクルでは棒鋼分を除いた重量が投入されることになる。

$$\text{サーマルリサイクル投入量：} 3.673\text{kg} - 0.862\text{kg} = 2.811\text{kg}$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.811\text{kg} = 7.646 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂排出量の削減につながる。ただし、GF は未燃となるため、エネルギーとしての回収はできない。

$$\text{エネルギー回収から除去すべき GF 比率：} 0.794\text{kg} \div 2.811\text{kg} = 28.2\%$$

- 回収エネルギーによる CO₂排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.811\text{kg} \times (1-0.282) = -1.917 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂排出量は 5.75kg-CO₂である。

- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂排出量は 81.2kg-CO₂である (新品部品の 2 回分の CO₂排出量)。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：19.3kg-CO₂-6.3kg-CO₂=13.1kg-CO₂

生産時：13.2kg-CO₂-11.2kg-CO₂=2.0kg-CO₂

使用時：37.2kg-CO₂-30.4kg-CO₂=6.8kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：11.5kg-CO₂-(-2.8kg-CO₂)=14.3kg-CO₂

合計削減量：

13.1kg-CO₂+2.0kg-CO₂+6.8kg-CO₂+14.3kg-CO₂=36.1kg-CO₂

表 3.5.3.5 CO₂ 排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	6.23	11.24	-	30.4	-2.9	45.0	19.21	13.21	-	37.2	-3.8	65.8	12.98	1.97	-	6.8	-1.0	20.7
非エネルギー起源	0.04	-	-	-	0.06	0.1	0.13	-	-	-	15.34	15.4	0.09	-	-	-	15.28	15.4
合計	6.3	11.2	-	30.4	-2.8	45.1	19.3	13.2	-	37.2	11.5	81.2	13.1	2.0	-	6.8	14.3	36.1

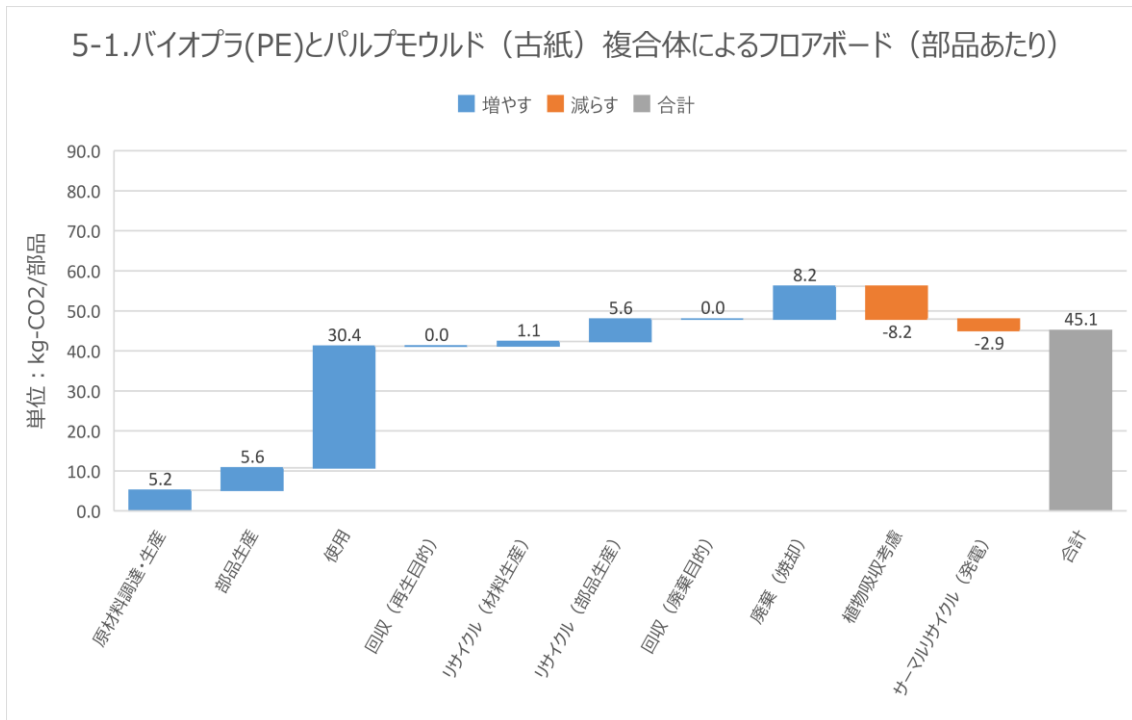


図 3.5.3.1 評価対象製品 CO₂ 排出量

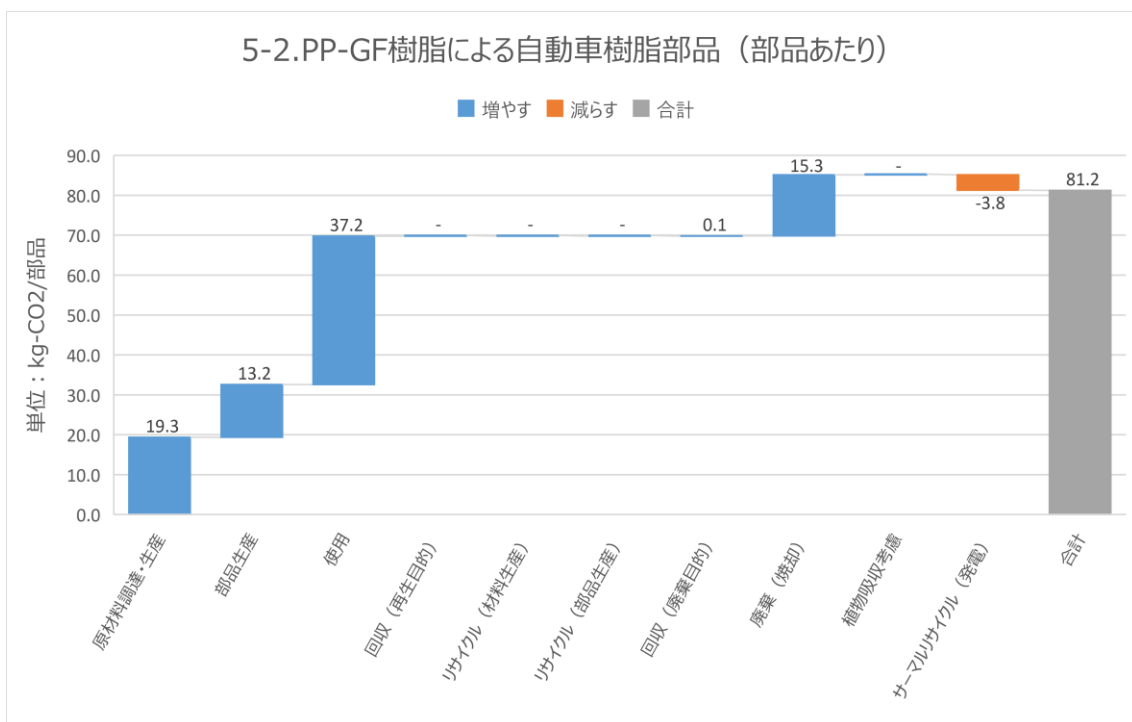


図 3.5.3.2 ベースライン CO₂ 排出量

表 3.5.3.6 CO₂ 排出量比較（評価対象製品）

① 評価対象製品				5-1 バイオプラ(PE)とバルブモールド（古紙）複合体による フロアボード					
				CO2 排出量		歩留まり	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg
					単位				
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	初回新品	材料調達・生産	バイオPE（原料からベレット製造まで）	2.32	kg-CO2/kg	—	—	1.53	3.54
			コンテナ船	0.0000157	kg-CO2/kgkm	—	18,000.000	1.53	0.433
			バイオPE陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.100	1.53	0.0115
			古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	0.49	0.00503
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	0.49	0.00414
			古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	0.49	0.00242
			製紙	0.9923	kg-CO2/kg	82%	—	0.49	0.489
			古紙バルブ陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kg	—	65.600	0.40	0.00621
			シュレッダー	0.005	kg-CO2/kg	95%	—	0.40	0.003
			PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO2/kg	98%	—	1.92	0.605
			コンパウンド陸上輸送1890g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	48.200	1.89	0.0213
			古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	1.44	0.0148
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	1.44	0.013
			古紙選別輸送 1300g	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	1.44	0.0071
			小計					—	5.15
		部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	1.44	1.700
			モールド成形リサイクル時	0	kg-CO2/kg	100%			
			モールド成形陸上輸送1444.4g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	64.300	1.44	0.022
			ブロー工法 3000g	1.156	kg-CO2/kg	90%	—	3.33	3.85
			部品陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	65.600	3.00	0.0460
			小計					—	5.62
		使用	走行時	—	—	—	—	—	15.2
			小計					—	15.2
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	0	kg-CO2/kg	—	—	—	0
			回収（解体事業者へリサイクラー）	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	59.800	3.00	0.042
			小計						0.042
	第二回新品	材料調達・生産	バイオPE（原料からベレット製造まで）※ 不足分を追加	2.32	kg-CO2/kg	—	—	0.17	0.39
			コンテナ船	0.0000157	kg-CO2/kgkm	—	18,000.000	0.17	0.049
			バイオPE陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.100	0.17	0.0013
			PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO2/kg	98%	—	1.92	0.605
			コンパウンド陸上輸送1890g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	48.200	1.89	0.0213
			古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	1.110	0.0114
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	1.110	0.010
			古紙選別輸送 ※不足分を追加	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	1.110	0.0055
			シュレッダー ※古紙	0.005	kg-CO2/kg	50%	—	0.82	0.005
			リサイクル樹脂及び古紙バルブ陸上輸送 （リサイクラーへシュレッダー・コンパウンド）	0.000234	kg-CO2/kg	—	22.200	3.00	0.01559
			小計					—	1.11
		部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	1.44	1.700
			モールド成形リサイクル時	0	kg-CO2/kg	100%			
			モールド成形陸上輸送1444.4g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	64.300	1.44	0.022
			ブロー工法 3000g	1.156	kg-CO2/kg	90%	—	3.33	3.85
			部品陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	65.600	3.00	0.0460
			小計					—	5.62
		使用	走行時	—	—	—	—	—	15.2
			小計					—	15.2
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.00	0.0204
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	3.00	8.160
			植物吸収考慮 ※全量（バイオPE、古 紙・バルブ）	-	kg-CO2/kg	—	—	-3.00	-8.160
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	3.00	-2.850
			小計					—	-2.83
		合計							45.1

表 3.5.3.7 CO₂ 排出量比較（ベースライン及び削減量）

②ベースライン			5-2.PP-GF樹脂による自動車樹脂部品							
			CO2 排出量		歩留まり、必要量	輸送距離 km	製造必要量 kg	CO2排出量合計 kg		
				単位						
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	初回新品①	原材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：① 原油生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.220	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：② 原油輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.129	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：③ 石油精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.531	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：④ 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	2.23	
			PP輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	472.000	2.1	0.232	
			ガラス長繊維	2.40	kg-CO2/kg	—	—	0.9	2.16	
			ガラス繊維輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	563.000	0.9	0.119	
			PP-GFコンパウンド	0.763	kg-CO2/kg	98%	—	3.00	2.28	
			コンパウンド輸送2940g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	37.100	2.940	0.0256	
			棒鋼	1.459808	kg-CO2/kg	—	—	0.862	1.26	
			棒鋼輸送862g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	240.000	0.862	0.0484	
			ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	—	—	0.193	0.40	
			コンテナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	1,850.000	0.193	0.0092	
			ポリエステル樹脂輸送 193g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.600	0.193	0.0014	
			古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	2.045	0.0209	
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	2.045	0.017	
			古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	2.045	0.0100	
			小計							
		部品生産	不織布（表皮） 183g	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.193	0.93	
			不織布輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	39.100	0.183	0.00167	
			ブロー成形（歩留まり90%はコンパウンドと不織布、鉄はロス無し） 3673g	1.156	kg-CO2/kg	90%	—	3.985	4.61	
			部品陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	65.600	3.673	0.0564	
			製紙	0.9923	kg-CO2/kg	82%	—	2.045	2.029	
			小計							
		使用	走行時	—	—	—	—	—	18.6	
			小計							
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.673	0.0250	
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	2.811	7.646	
			回収エネルギー ※ ガラス分は未燃	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	2.018	-1.917	
			小計							
	初回新品②	原材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：① 原油生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.220	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：② 原油輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.129	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：③ 石油精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	0.531	
			PP(ポリプロピレン)樹脂製造：④ 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	—	—	2.1	2.23	
			PP輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	472.000	2.1	0.232	
			ガラス長繊維	2.40	kg-CO2/kg	—	—	0.9	2.16	
			ガラス繊維輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	563.000	0.9	0.119	
			PP-GFコンパウンド	0.763	kg-CO2/kg	98%	—	3.00	2.28	
			コンパウンド輸送2940g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	37.100	2.940	0.0256	
			棒鋼	1.459808	kg-CO2/kg	—	—	0.862	1.26	
			棒鋼輸送862g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	240.000	0.862	0.0484	
			ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	—	—	0.193	0.40	
			コンテナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	1,850.000	0.193	0.0092	
			ポリエステル樹脂輸送 193g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	32.600	0.193	0.0014	
			小計							
		部品生産	不織布（表皮） 183g	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.193	0.93	
			不織布輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	39.100	0.183	0.00167	
			ブロー成形（歩留まり90%はコンパウンドと不織布、鉄はロス無し） 3673g	1.156	kg-CO2/kg	90%	—	3.985	4.61	
			部品陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	65.600	3.673	0.0564	
			小計							
		使用	走行時	—	—	—	—	—	18.6	
			小計							
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.673	0.0250	
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	2.811	7.646	
			回収エネルギー ※ ガラス分は未燃	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	2.018	-1.917	
			小計							
		合計								81.2
③削減量（②-①）										
								製造必要量	CO2排出量合計	
								kg	kg	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	材料調達・生産							—	13.1	
	部品生産							—	2.0	
	使用							—	6.8	
	廃棄・リサイクル							—	14.3	
	合計							—	36.1	

3. 6 パルプ・綿複合サイレンサーの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品であるパルプ・綿複合サイレンサーの環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、パルプ・綿複合サイレンサーと既存のポリエステル（PET）不織布・ポリエチレン（PE）シートサイレンサーのライフサイクルを通した環境負荷（CO₂ の排出量）の定量的な影響評価を行う。

評価範囲は材料調達・生産、部品生産、使用、廃棄・リサイクル時における LCA を対象とした。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

3. 6. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：パルプ・綿複合サイレンサー
- ・ベースライン：ポリエステル（PET）不織布・ポリエチレン（PE）シートサイレンサー
- ・機能単位：自動車吸音材に対し、周波数帯域 1000～5000Hz にて、同等の吸音性能を持つ事（評価対象製品の重量は 3.873kg/台、ベースラインの重量は 5.771kg/台）



図 3. 6. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

3. 6. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。また、③の部品の生産に関するプロセスのうち、ホットメルト接合は両者の数値に違いが無いため、同じく評価対象範囲からは除外した。

また、評価対象製品及びベースラインともにマテリアルリサイクルせずにサーマルリサイクルする方法を採用した。

評価対象製品であるパルプ・綿複合サイレンサーについては、①の一部の工程（綿花（綿糸含む））を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインである PET 不織布・PE シートサイレンサーについては、原油生産、原油輸送、パラキシレン、エチレングリコール、テレフタル酸製造等は国外で、それ以外のプロセスを国内での生産とした。

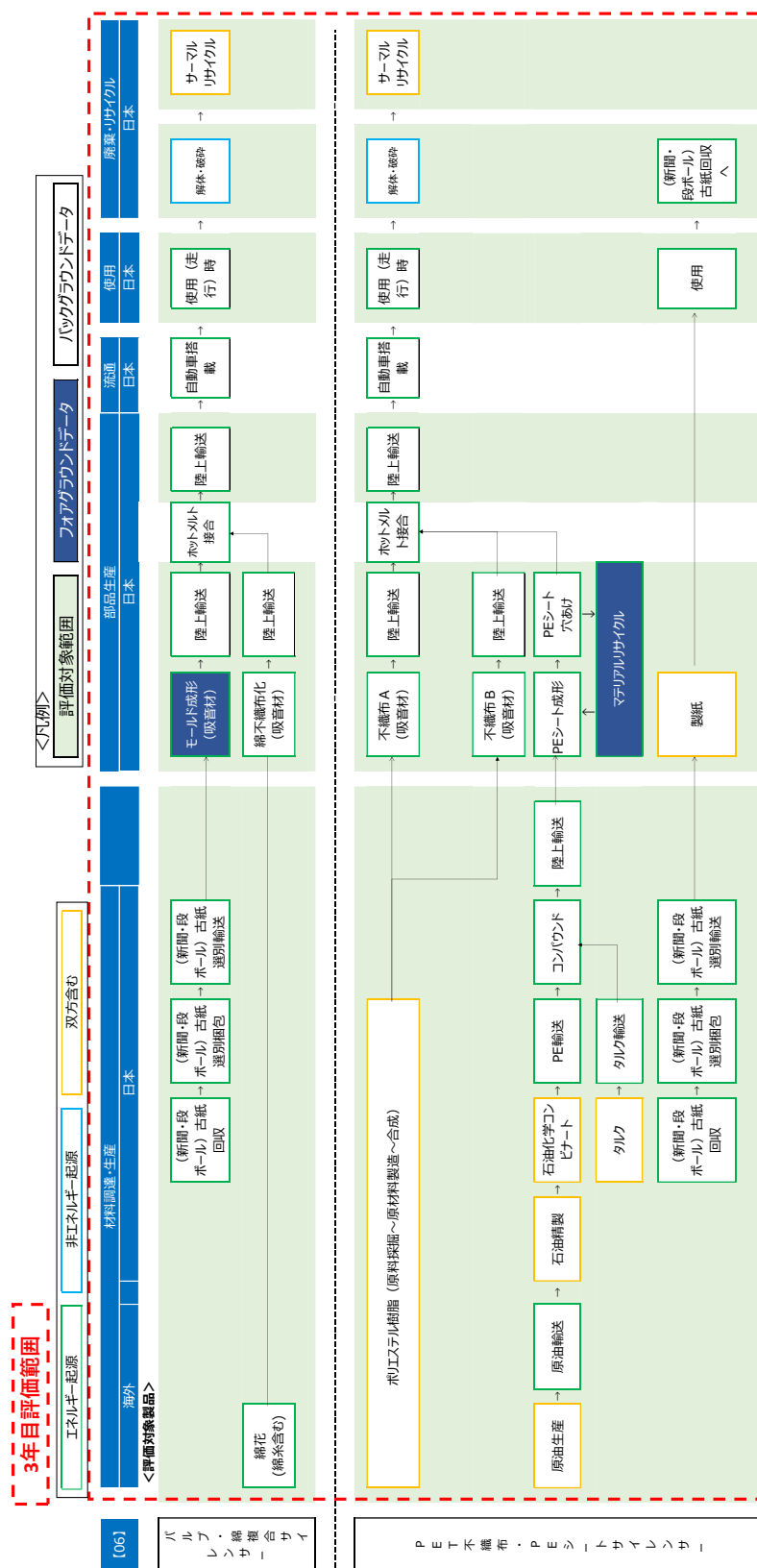


図 3.6.2.1 パルプ・綿複合サイレンサーと PET 不織布・PE シートサイレンサーのライフサイクルフロー図と評価範囲

3.6.3 CO₂排出量比較と削減見込み（ライフサイクルインベントリ分析）

評価範囲（①～⑥、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを、表 3.6.3.1、表 3.6.3.2 に示す。

- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。

評価範囲（①～⑤、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを、表 3.6.3.3、表 3.6.3.4 に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。輸送中の歩留まりは 100%としている。

各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.6.3.6、表 3.6.3.7、図 3.6.3.1、図 3.6.3.2 に示す。

表 3.6.3.1 評価対象製品のパルプ・綿複合サイレンサーの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
6-1	初回斬品	材料調達・生産	古紙 末端回収	0.01 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
6-1		材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
6-1		材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049 kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
6-1		材料調達・生産	綿糸	3.64 kg-CO ₂ /kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3 R 原単位の算出方法
6-1		材料調達・生産	コンテナ船（アジア航路）（26.0 g-CO ₂ /tkm）	0.0000260 kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 26.0g-CO ₂ /tkm
6-1		材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トナリ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-1		部品生産	モールド成形CO ₂ 排出量	1.177 kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
6-1		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トナリ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-1		部品生産	不織布	2.92 kg-CO ₂ e	文献	A2.1.9 Non-woven process 5.5kwh/kgに対し、電力0.531kwh（日本電機工業会データ）を掛け合わせて算出
6-1		部品生産	不織布	2.92 kg-CO ₂ e		Opening and blending for non woven process0.872kwh/kg, Carding for non woven process 2.7kwh/kg, Needle punching for non woven process 1.05kwh/kg ,Padding for non woven process 0.75kwh/kg
6-1		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トナリ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-1		部品生産	ホットメルト	kg-CO ₂ eq	—	ホットメルト工程は部品面積当たりに関して評価対象製品とベースラインは同じであるため算出ししない
6-1		部品生産	営業用貨物自動車	0.000234 kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トナリ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-1		使用	走行時	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料あたりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJあたりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。
6-1		廃棄・リサイクル	シュレッダー時	0.0068 kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会	シュレッダー処理時の原単位（kg/製品重量（kg）） CO ₂ 0.0068kg
6-1		廃棄・リサイクル	燃焼	2.72 kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg（電力0.023kWh、重油0.6g）
6-1		廃棄・リサイクル	回収エネルギー	-0.95 kg-CO ₂ /kg	経済産業省	単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg（回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg）

表 3. 6. 3. 2 ベースラインの PET 不織布・PE シートサイレンサーの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
6-2	初回新品	材料調達・生産 古紙 末端回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
6-2		材料調達・生産 古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
6-2		材料調達・生産 古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
6-2		材料調達・生産 ポリエステル樹脂	2.21	kgCO ₂ e/kg-PET	日本化学工業協会 ポリエステル樹脂※（比較製品である石油由来PET：資源～PX製造0.94、TPA製造0.10、資源～EG製造0.50、重合0.67の合計、単位：kgCO ₂ e/kg-PET）
6-2		材料調達・生産 コンテナ船（アジア航路）（26.0 g-CO ₂ /tkm）	0.0000260	kg-CO ₂ /kgkm	文献 物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 26.0g-CO ₂ /tkm
6-2		材料調達・生産 LDPE樹脂製造：Ⅰ）原油生産	0.110000	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 石油化学製品のLCIデータ調査報告書 （LDPE樹脂製造（Ⅰ）原油生産、Ⅱ）原油輸送、Ⅲ）石油精製、Ⅳ）石油化学コンビナート合計=1.517569kg-CO ₂ /kg）
6-2		材料調達・生産 LDPE樹脂製造：Ⅱ）原油輸送	0.062904	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 石油化学製品のLCIデータ調査報告書 （LDPE樹脂製造（Ⅰ）原油生産、Ⅱ）原油輸送、Ⅲ）石油精製、Ⅳ）石油化学コンビナート合計=1.517569kg-CO ₂ /kg）
6-2		材料調達・生産 LDPE樹脂製造：Ⅲ）石油精製	0.245833	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 石油化学製品のLCIデータ調査報告書 （LDPE樹脂製造（Ⅰ）原油生産、Ⅱ）原油輸送、Ⅲ）石油精製、Ⅳ）石油化学コンビナート合計=1.517569kg-CO ₂ /kg）
6-2		材料調達・生産 LDPE樹脂製造：Ⅳ）石油化学コンビナート	1.098832	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 石油化学製品のLCIデータ調査報告書 （LDPE樹脂製造（Ⅰ）原油生産、Ⅱ）原油輸送、Ⅲ）石油精製、Ⅳ）石油化学コンビナート合計=1.517569kg-CO ₂ /kg）
6-2		材料調達・生産 滑石（タルク）	0.0334	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース 3.34E-02kg-CO ₂ e/単位
6-2		材料調達・生産 PPカルコンパウダー	0.763	kg-CO ₂ /kg	実測値（フォアグラウンドデータ）
6-2		材料調達・生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（ト）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-2		部品生産 製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
6-2		部品生産 フェルト・不織布	7.01	kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース（フェルト・不織布）
6-2		部品生産 紡糸・フェルト・不織布	4.80	kg-CO ₂ e	文献 D-9フェルト・不織布7.01kg-CO ₂ eからD-3ポリエステル樹脂2.21kgCO ₂ e/kg-PETをマイナスして算出
6-2		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（ト）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-2		部品生産 シート成形	0.331	kg-CO ₂ /kg	文献 石油化学製品のLCIデータ第2 樹脂加工のLCIより非発泡品（押出シート成形）0.331t-CO ₂ /t
6-2		部品生産 穴あけ	0.31	CO ₂ Emission, kg/piece	文献 1製品あたりのCO ₂ 排出量
6-2		部品生産 シート穴あけ マテリアルリサイクル時	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）
6-2		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（ト）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-2		部品生産 ホットメルト	-	kg-CO ₂ e	— ホットメルト工程は部品面積当たりに関して評価対象製品とベースラインは同じであるため算出ししない
6-2		部品生産 営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（ト）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
6-2		使用 走行時	—	—	— 自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は1.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生活燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生産走行距離は122,171km前掲となっている。
6-2		廃棄・リサイクル シュレッダー時	0.0068	kg-CO ₂ /kg	日本自動車部品工業会 シュレッダー処理時の原単位（kg/製品重量（kg）） CO ₂ 0.0068kg
6-2		廃棄・リサイクル 燃焼	2.72	kg-CO ₂ /kg	経済産業省 単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg（電力0.023kWh、重油0.6g）
6-2		廃棄・リサイクル 回収エネルギー	-0.95	kg-CO ₂ /kg	経済産業省 単純焼却2.72kg-CO ₂ /kg→回収エネルギー控除後1.77kg-CO ₂ /kg（回収電力1.09kWh、回収蒸気2.01kg）

表 3.6.3.3 評価対象製品のパルプ・綿複合サイレンサーの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
6-1	初回新品	材料調達・生産	綿不織布歩留まり	95% 公開データが存在しないため、繊維メーカーからヒアリングしたPET不織布の歩留まりを代用
6-1		部品生産	モールド成形歩留まり	95% 実測データ（フォアグラウンドデータ）
6-1		部品生産	ホットメルト歩留まり	100% 実測データ（フォアグラウンドデータ）

表 3.6.3.4 ベースラインの PET 不織布・PE シートサイレンサーの歩留まり

no.		プロセス	歩留まり	使用データ源
6-2	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ（フォアグラウンドデータ）
6-2	部品生産	不織布製造歩留まり	95%	公開データが存在しないため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。
6-2	部品生産	製紙歩留まり	82%	文献 古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t。17,044,684÷20,673,299t×100=82%
6-2	部品生産	PEシート成形	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

評価対象製品

評価対象製品であるパルプ・綿複合サイレンサーの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用（パルプ・綿複合サイレンサー）】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- サイレンサー 3.873kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.873 \text{ kg} = 19.5 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 19.5kg-CO₂ である。

【部品生産（パルプ・綿複合サイレンサー）】

- サイレンサー 3.873kg はホットメルト接合された後の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

フロアボード輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000 \text{ km} \times 3.873 \text{ kg} = 0.0173 \text{ kg-CO}_2$$

- ホットメルト接合は、モールド成形品 2.698kg と綿不織布 1.175kg が対象となる。なお、先述のようにホットメルト接合は評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

- モールド成形品 2.698kg の輸送を想定しており、輸送距離は 23.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 23.000 \text{ km} \times 2.698 \text{ kg} = 0.0145 \text{ kg-CO}_2$$

- モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の

歩留まりは 100%である。つまり 2.698kg のモールド成形時に必要な原材料量は 2.698kg である。

- モールド成形（吸音材）時及びそのマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。ただしマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量は 0.0kg-CO₂/kg のため計算からは除外した。

モールド成形時：

$$\underline{1.177\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.698\text{kg} = 3.176\text{kg-CO}_2}$$

- 綿不織布 1.175kg の輸送を想定しており、輸送距離は 50.800km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 50.800\text{km} \times 1.175\text{kg} = 0.0139\text{kg-CO}_2}$$

- 綿不織布製造時の歩留まりは 95%のため、綿不織布製造時の必要材料量を以下のように計算した。

綿不織布製造時の材料必要量：1.175kg ÷ 0.950 = 1.237kg

- 綿不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

綿不織布製造時：

$$\underline{2.92\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.237\text{kg} = 3.62\text{kg-CO}_2}$$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 6.84kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（パルプ・綿複合サイレンサー）】

- モールド成形品製造のための古紙必要量は 2.698kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$\underline{0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.698\text{kg} = 0.02751\text{kg-CO}_2}$$

古紙選別梱包時：

$$\underline{0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.698\text{kg} = 0.0227\text{kg-CO}_2}$$

古紙輸送時：

$$\underline{0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.698\text{kg} = 0.00133\text{kg-CO}_2}$$

- 綿花（綿糸含む）1.237kg の輸送を想定しており、輸送距離は 67.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

綿花（綿糸含む）輸送時の CO₂ 排出量：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 67.000\text{km} \times 1.237\text{kg} = 0.0193\text{kg-CO}_2}$$

- 綿花（綿糸含む）の輸送距離は 1,500.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

綿花（綿糸含む）輸送時の CO₂ 排出量：

$$0.000026\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 1,500.000\text{km} \times 1.237\text{kg} = 0.0482\text{kg-CO}_2$$

- 綿花（綿糸含む）1.237kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

綿花（綿糸含む）製造時：

$$3.64\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.237\text{kg} = 4.503\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 4.63kg-CO₂ である。

【廃棄・リサイクル（パルプ・綿複合サイレンサー）】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.873\text{kg} = 0.0264 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.873\text{kg} = 10.53 \text{ kg -CO}_2$$

- ただし植物や植物を原料とする製品の燃焼時に排出される CO₂ は、植物が生長過程に大気から吸収した CO₂ と同量となるため、大気中の CO₂ を増やすことにはならない。本評価対象製品は綿花及び古紙を原料とするためため、燃焼時に発生する CO₂ 排出量は含まない。

植物吸収考慮：

$$-10.53\text{kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。回収エネルギーによる CO₂ 排出削減量は 0.95kg-CO₂/kg であるため、以下のように計算した。

回収エネルギー時：

$$-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.873\text{kg} = -3.679 \text{ kg-CO}_2$$

- 廃棄・リサイクル時の CO₂ 排出量は-3.65kg-CO₂ である。

- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 27.3kg-CO₂ である。

ベースライン

ベースラインである PET 不織布・PE シートサイレンサーの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用 (PET 不織布・PE シートサイレンサー)】

- 自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$0.08411 \text{ kg-CO}_2/\text{MJ} \times 34.6 \text{ MJ/L} \times 1.74 \text{ L/部品 kg} = 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg}$$

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。

- サイレンサー 3.673kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時：

$$5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.673 \text{ kg} = 18.68 \text{ kg-CO}_2$$

- 使用時の CO₂ 排出量は 18.68kg-CO₂ である。

【部品生産 (PET 不織布・PE シートサイレンサー)】

- サイレンサー 5.771kg はホットメルト接合された後の輸送を想定しており、輸送距離は 19.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

フロアボード輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 19.000 \text{ km} \times 5.771 \text{ kg} = 0.0257 \text{ kg-CO}_2$$

- ホットメルト接合は、不織布 A 0.724kg、不織布 B 1.175kg、PE シート成形品 3.872kg が対象となる。なお、先述のようにホットメルト接合は評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

- 不織布 A 0.724kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642.000 \text{ km} \times 0.724 \text{ kg} = 0.1087 \text{ kg-CO}_2$$

- 不織布製造時の歩留まりは 95% のため、不織布 A 製造時の必要材料量を以下のように計算した。

不織布 A 製造時の材料必要量： $0.724\text{kg} \div 0.950 = 0.762\text{kg}$

- 不織布 A 製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布 A 製造時：

$$\underline{4.80\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.762\text{kg} = 3.66\text{kg-CO}_2}$$

- 不織布 B 1.175kg の輸送を想定しており、輸送距離は 642.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形品輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 642.000\text{km} \times 1.175\text{kg} = 0.1765\text{kg-CO}_2}$$

- 不織布製造時の歩留まりは 95% のため、不織布 B 製造時の必要材料量を以下のように計算した。

不織布 B 製造時の材料必要量： $1.175\text{kg} \div 0.950 = 1.236\text{kg}$

- 不織布 B 製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

不織布 B 製造時：

$$\underline{4.80\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.236\text{kg} = 5.94\text{kg-CO}_2}$$

- PE シートはシート成形、穴あけ加工を施したのち、同拠点内で不織布 A 及び不織布 B とともにホットメルト接合を行う。
- PE シート成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 5.207kg のモールド成形時に必要な原材料量は 5.207kg である。

マテリアルリサイクル時の使用材料量： $0.27\text{kg} \quad (= (5.207\text{kg} \div 0.95) - 5.207\text{kg})$

- シート成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シート成形時：

$$\underline{0.33\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 5.207\text{kg} = 1.73\text{kg-CO}_2}$$

- PE シート成形後に穴あけ加工を施す。穴あけ箇所は 6 箇所を想定している。穴あけ加工時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

穴あけ加工時：

$$\underline{0.31\text{kg-CO}_2/\text{kg/piece} \times 6 = 1.86\text{kg-CO}_2}$$

- 穴あけ加工後の PE シートの重量は 3.872kg となる。穴あけ加工前の重量 5.207kg から 3.872kg を引いた 1.335kg は PE シート成形時にマテリアルリサイクルされる。また、PE シート成形時に発生した端材 0.27kg も合わせて

マテリアルリサイクルされる。

PE シートマテリアルリサイクル量： $1.335\text{kg} + 0.27\text{kg} = 1.60\text{kg}$

- シート成形及び穴あけ加工から生じたマテリアルリサイクル時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

マテリアルリサイクル時：

$$\underline{0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.60\text{kg} = 0.008\text{kg-CO}_2}$$

- 評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用される。なお、評価対象製品と同量の原料を使用した場合のため、モールド成形品向けに使用される古紙 1.44kg については、製紙時の歩留まりは考慮していない。
- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）時の歩留まりは 82% であり、新聞または段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。
新聞または段ボール古紙による製紙時の必要材料量
： $2.698\text{kg} \div 0.820 = 3.29\text{kg}$
- 古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：の CO₂ 排出量は以下のように計算される
古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：
 $\underline{0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.29\text{kg} = 3.265\text{kg-CO}_2}$

- 部品生産時の CO₂ 排出量は 16.8kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（PET 不織布・PE シートサイレンサー）】

- 不織布製造で必要となるポリエステル樹脂の重量は、不織布 A 0.762kg、不織布 B 1.236kg の合計 1.998kg となる。
- ポリエステル樹脂 1.998kg の輸送を想定しており、輸送距離は 311.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
ポリエステル樹脂輸送時の CO₂ 排出量：
 $\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 311.000\text{km} \times 1.998\text{kg} = 0.1454\text{kg-CO}_2}$
- ポリエステル樹脂は海外からの輸送を想定しており、輸送距離は 2,100.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。
ポリエステル樹脂輸送時の CO₂ 排出量：

$$\frac{0.000026\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 2,100.000\text{km} \times 1.998\text{kg} = 0.1090\text{kg-CO}_2$$

- ポリエステル樹脂 1.998kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル樹脂製造時：

$$\frac{2.21\text{kg-CO}_2}{\text{kg-PET}} \times 1.998\text{kg} = 4.4\text{kg-CO}_2$$

- PE シートで使用するコンパウンド 5.207kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.200km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド輸送時：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 48.200\text{km} \times 5.207\text{kg} = 0.05873\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、コンパウンド製造時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量：} 5.207\text{kg} \div 0.980 = 5.313\text{kg}$$

- コンパウンド製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：

$$\frac{0.763\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 5.313\text{kg} = 4.053\text{kg-CO}_2$$

- コンパウンドの重量構成を以下のように計算した。

$$\text{PE の必要材料量：} 5.313\text{kg} \times 0.200 = 1.06\text{kg}$$

$$\text{タルクの必要材料量：} 5.313\text{kg} \times 0.800 = 4.25\text{kg}$$

- タルク 4.25kg の輸送を想定しており、輸送距離は 221.800km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

タルク輸送時：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 221.800\text{km} \times 4.25\text{kg} = 0.2205\text{kg-CO}_2$$

- タルク 4.25kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

タルク製造時：

$$\frac{0.0334\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 4.25\text{kg} = 0.14\text{kg-CO}_2$$

- PE1.06kg の輸送を想定しており、輸送距離は 472.000km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

PE 輸送時：

$$\frac{0.000234\text{kg-CO}_2}{\text{kgkm}} \times 472.000\text{km} \times 1.06\text{kg} = 0.1173\text{kg-CO}_2$$

- PE1.06kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産：

$$\frac{0.110000\text{kg-CO}_2}{\text{kg}} \times 1.06\text{kg} = 0.1168\text{kg-CO}_2$$

原油輸送：

$$0.062904\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.06\text{kg} = 0.0668\text{kg-CO}_2$$

石油精製：

$$0.245833\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.06\text{kg} = 0.2611\text{kg-CO}_2$$

石油化学コンビナート：

$$1.098832\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.06\text{kg} = 1.167\text{kg-CO}_2$$

- 先述したように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞または段ボール古紙の必要材料量は 3.29kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：

$$0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.29\text{kg} = 0.03355\text{kg-CO}_2$$

古紙選別梱包時：

$$0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.29\text{kg} = 0.02763\text{kg-CO}_2$$

古紙輸送時：

$$0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.29\text{kg} = 0.01612\text{kg-CO}_2$$

- 材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 11.0kg-CO₂ である。

【廃棄・リサイクル (PET 不織布・PE シートサイレンサー)】

- 使用済自動車のシュレッダーで発生する CO₂ 排出量は 0.0068kg-CO₂/kg であるため、シュレッダー時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

シュレッダー時：

$$0.0068\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 5.771\text{kg} = 0.0393 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する CO₂ 排出量は 2.72kg-CO₂/kg であるため、燃焼時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

燃焼時：

$$2.72\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 5.771\text{kg} = 15.697 \text{ kg -CO}_2$$

- サーマルリサイクルで発生する熱をエネルギーとして回収することで CO₂ 排出量の削減につながる。ただし、タルクは未燃となるため、エネルギーとしての回収はできない。

穴あけ後の PE シート $3.872\text{kg} \times \text{タルク含有率 } 80\% = 3.1\text{kg}$

エネルギー回収から除去すべきタルク比率： $3.1\text{kg} \div 5.771\text{kg} = 53.7\%$

- 回収エネルギーによる CO_2 排出削減量は $0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg}$ であるため、以下の
ように計算した。

回収エネルギー時：

$$\underline{-0.95\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 5.771\text{kg} \times (1-0.537) = -2.538 \text{ kg-CO}_2}$$

- 廃棄・リサイクル時の CO_2 排出量は 13.2kg-CO_2 である。
- 廃棄・リサイクル～材料調達・生産時の CO_2 排出量は 70.1kg-CO_2 である。

評価対象製品とベースラインの比較

※エネルギー起源の算出方法は 3.7 で詳述

● CO₂削減量は

原材料調達・生産時：11.0kg-CO₂-4.6kg-CO₂=6.3kg-CO₂

生産時：16.8kg-CO₂-6.8kg-CO₂=9.9kg-CO₂

使用時：29.2kg-CO₂-19.5kg-CO₂=9.7kg-CO₂

廃棄・リサイクル時：13.2kg-CO₂-(-3.7kg-CO₂)=16.9kg-CO₂

合計削減量：

6.3kg-CO₂+9.9kg-CO₂+9.7kg-CO₂+16.9kg-CO₂=42.8kg-CO₂

表 3.6.3.5 CO₂排出削減効果

(単位：kg-CO ₂ /部品)	①評価対象製品						②ベースライン						③削減量 (②-①)					
	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計	原材料調達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサイクル	合計
エネルギー起源	4.63	6.84	-	19.5	-3.7	27.3	10.9	16.74	-	29.2	-2.5	54.3	6.28	9.90	-	9.7	1.1	27.0
非エネルギー起源	-	-	-	-	0.03	0.0	0.1	0.03	-	-	15.7	15.8	0.1	0.03	-	-	15.71	15.8
合計	4.6	6.8	-	19.5	-3.7	27.3	11.0	16.8	-	29.2	13.2	70.1	6.3	9.9	-	9.7	16.9	42.8

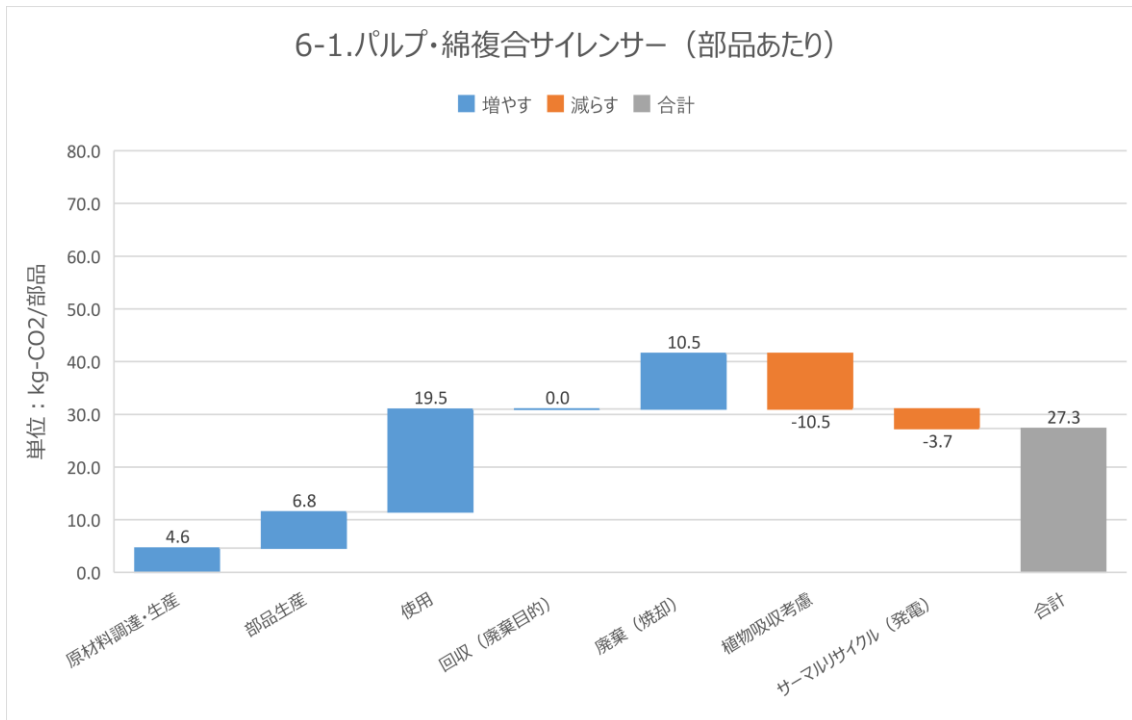


図 3.6.3.1 評価対象製品 CO₂ 排出量

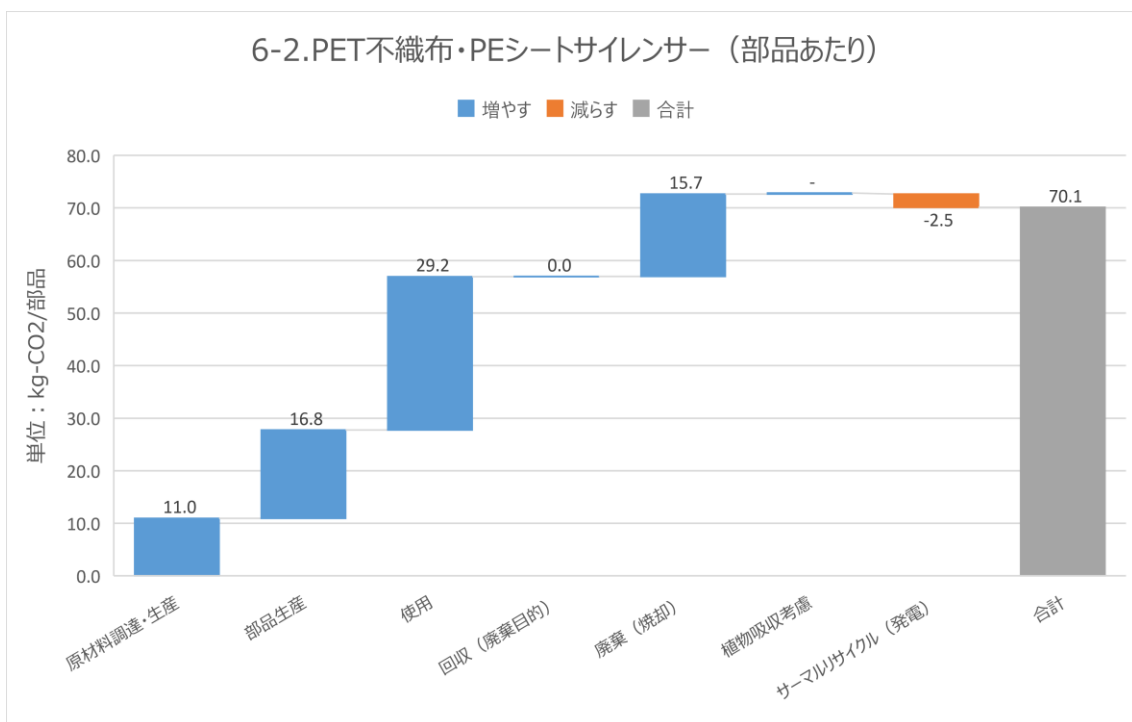


図 3.6.3.2 ベースライン CO₂ 排出量

表 3. 6. 3. 6 CO₂ 排出量比較（評価対象製品）

①評価対象製品				6-1.バルブ・綿複合サイレンサー					
				CO2 排出量		歩留まり	輸送距離	製造必要量	CO2排出量合計
				単位	km		kg	kg	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	初回新品	材料調達・生産	古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	—	—	2.698	0.02751
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	—	—	2.698	0.0227
			古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	—	—	2.698	0.0133
			綿花（綿糸含む）	3.640	kg-CO2/kg	—	—	1.237	4.503
			コンテナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	1,500.000	1.237	0.0482
			綿花輸送 1237g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	67.000	1.237	0.0193
			小計						—
		部品生産	モールド成形	1.177	kg-CO2/kg	95%	—	2.698	3.176
			モールド成形品陸上輸送 2698g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	23.000	2.698	0.0145
			綿不織布	2.92	kg-CO2e	95%	—	1.237	3.62
			綿不織布陸上輸送 1175g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	50.800	1.175	0.0139
			ホットメルト接合	—	—	—	—	—	—
			内装部品陸上輸送 3873g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	3.873	0.0173
			小計						—
		使用	走行時	—	—	—	—	—	19.5
			小計						—
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	3.873	0.0264
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	3.873	10.53
			植物吸収考慮 ※全量（古紙、綿）	-	kg-CO2/kg	—	—	-3.873	-10.53
			回収エネルギー	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	3.873	-3.679
			小計						—
			合計						—

表 3. 6. 3. 7 CO₂排出量比較（ベースライン及び削減量）

②ベースライン				6-2.PET不織布・PEシートサイレンサー						
				CO2 排出量		歩留まり、必要 量	輸送距離	製造必要量	CO2排出量合計	
				単位	km		kg	kg		
	初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	2.21	kgCO2e/kg-PET	—	—	1.998	4.4	
			コンテナ船	0.000026	kg-CO2/kgkm	—	2,100.000	1.998	0.1090	
			ポリエステル樹脂輸送 1998g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	311.000	1.998	0.1454	
			LDPE樹脂製造：イ) 原油生産	0.110000	kg-CO2/樹脂kg	—	—	1.06	0.1168	
			LDPE樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.062904	kg-CO2/樹脂kg	—	—	1.06	0.0668	
			LDPE樹脂製造：ハ) 石油精製	0.245833	kg-CO2/樹脂kg	—	—	1.06	0.2611	
			LDPE樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.098832	kg-CO2/樹脂kg	—	—	1.06	1.167	
			LDPE輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	472.000	1.06	0.1173	
			タルク	0.0334	kg-CO2/kg	—	—	4.25	0.14	
			タルク輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	221.800	4.25	0.2205	
			コンパウンド	0.763	kg-CO2/kg	98%	—	5.313	4.053	
			コンパウンド陸上輸送	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	48.200	5.207	0.05873	
			古紙回収	0.0102	kg-CO2/kg	100%	—	3.290	0.03355	
			古紙選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	100%	—	3.290	0.02763	
			古紙選別輸送	0.0049	kg-CO2/kg	100%	—	3.290	0.01612	
			小計							—
		部品生産	不織布A	4.80	kg-CO2e	95%	—	0.762	3.66	
			不織布A陸上輸送 724g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	0.724	0.1087	
			不織布B	4.80	kg-CO2e	95%	—	1.236	5.94	
			不織布B陸上輸送 1175g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	642.000	1.175	0.1765	
			PEシート成形 5207g	0.33	kg-CO2/kg	95%	—	5.207	1.73	
			PEシート穴あけ※穴あけ後の重量 3872g	0.31	CO2 Emission, kg/piece	—	—	—	1.86	
			シート成形＆穴あけリサイクル時	0.005	kg-CO2/kg	—	—	1.60	0.008	
			ホットメルト接合	—	—	—	—	—	—	
			内装部品陸上輸送 5771g	0.000234	kg-CO2/kgkm	—	19.000	5.771	0.0257	
			製紙	0.9923	kg-CO2/kg	82%	—	3.290	3.265	
			小計							—
		使用	走行時	—	—	—	—	—	29.2	
			小計							—
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	0.0068	kg-CO2/kg	—	—	5.771	0.0393	
			燃焼	2.72	kg-CO2/kg	—	—	5.771	15.697	
			回収エネルギー※タルク分は未燃	-0.95	kg-CO2/kg	—	—	2.671	-2.538	
			小計							—
		合計							—	70.1
③削減量（②－①）							製造必要量	CO2排出量合計		
							kg	kg		
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	材料調達・生産							—	6.4	
	部品生産							—	9.93	
	使用							—	9.7	
	廃棄・リサイクル							—	16.8	
	合計							—	42.8	

3. 7 まとめ

今回検討したクラフトパルプによる自動車吸音材、新聞または段ボール古紙による自動車吸音材、クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア、新聞または段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア、新聞または段ボール古紙配合のバイオ PE と新聞または段ボール古紙の複合体によるフロアボード、パルプ・綿複合サイレンサーのすべての水準で、部品廃却時まで想定した CO₂ 排出量の削減効果が認められた。またすべての水準で、ベースラインの部品に対し軽量化できることが想定でき、使用（走行）を考慮しても CO₂ 排出削減が見込まれた。今回使用（走行）での CO₂ 排出量を計算した結果は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、ガソリン車を想定し生涯走行距離は 122, 171km 前提となっている、しかし、この計算結果はパワートレインの種類やタイヤ、空気抵抗等で大きく左右されるため今回は参考としてとらえるべきと考えられる。

3. 7. 1 エネルギー起源・非エネルギー起源

本事業の CO₂ 排出削減効果を推計する上で、多くのバックグラウンドデータを活用している。そのため化学工業製品製造工程における CO₂ 削減効果についてエネルギー起源と非エネルギー起源に明確に分離できていない。

ただし日本で排出される CO₂ の 90 数%はエネルギー起源である。環境省の「2018 年度（平成 30 年度）の温室効果ガス排出量（確報値）」によれば、2018 年度の日本の CO₂ 排出量は 1, 138 百万トン（CO₂ 換算）である。そのうち 93% の 1, 060 百万トンがエネルギー起源であり、残り 7% の 79. 0 百万トンが非エネルギー起源である。また非エネルギー起源 CO₂ 排出量においては、無機鉱物製品（セメント等）からの排出が 43% を占めている。その他化学工業・金属生産が 13%、その他一般廃棄物焼却・産業廃棄物焼却等が占める。非エネルギー起源となる化学工業製品製造が日本の CO₂ 排出量に占める比率はわずか 1% 以下である。今回推計した CO₂ 排出量をほぼエネルギー起源 CO₂ と考えても問題がないと考える。仮に化学工業製品製造関連の CO₂ 排出量の 99. 08% がエネルギー起源 CO₂ 排出量（93. 06% + 無機鉱物製品（セメント等）2. 96% + その他一般廃棄物焼却・産業廃棄物焼却等 3. 06%）をエネルギー起源、0. 87% を非エネルギー起源（化学工業・金属生産由来）とカウントした場合の CO₂ 削減効果を表 3. 7. 1. 2 以降に記載する。なお全量エネルギー起源と判断した場合は、非エネルギー起源の項目で「－」表記を行っている。

表 3.7.1.1 日本の CO₂ 排出量 (2018 年度)

項目		2018年度 CO ₂ 排出量 (百万トンCO ₂ 換算)	%
エネルギー起源CO ₂ 排出量		1,059	93.06%
非エネルギー起源 CO ₂ 排出量	無機鉱物製品（セメント等）	34	2.96%
	化学工業・金属生産	10	0.87%
	その他一般廃棄物焼却・産業廃 棄物焼却等	35	3.06%
	合計	78	6.89%
合計		1,138	100.0%

※五捨五入の関係で合計値が100%にならない

出典：「2018 年度（平成 30 年度）の温室効果ガス排出量（確報値）」等より
作成

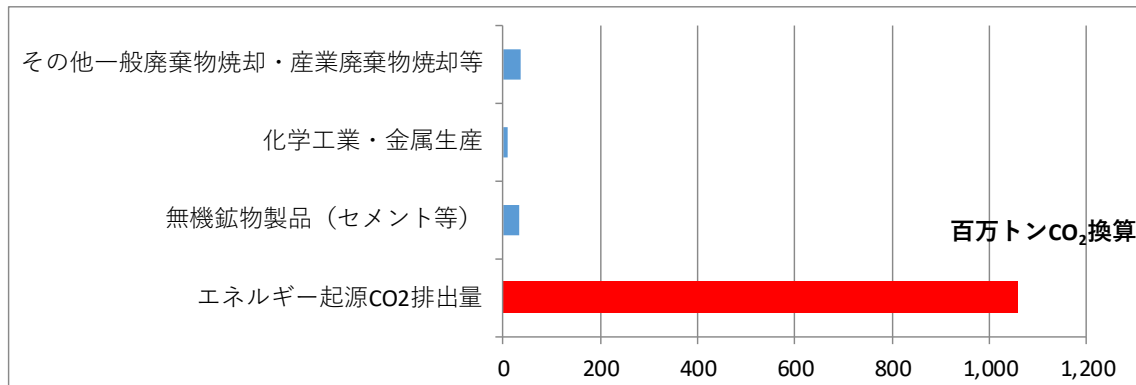


図 3.7.1.1 日本の CO₂ 排出量 (2018 年度)

出典：「2018 年度（平成 30 年度）の温室効果ガス排出量（確報値）」より作
成

表 3. 7. 1. 2 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

① 評価対象製品				仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
				1-1.パルプモールド（クラフトパルプ）による自動車吸音材		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	初回新品	材料調達・生産	クラフトパルプ（伐採・チップ化、海上輸送、パルプ化）	0.8190	—	0.819
			クラフトパルプ陸上輸送※輸送時50%は水分含有状態で輸送	0.0815	—	0.082
			小計	0.900	—	0.900
		部品生産	モールド成形	0.7650	—	0.7650
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.0035	—	0.004
			内装部品陸上輸送 2850g	0.0127	—	0.013
			小計	0.781	—	0.781
		使用	走行時	14.4	—	14.4
			小計	14.4	—	14.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し		0	0
			回収（解体事業者～部品製造）		0.0122	0.0122
			小計	—	0.012	0.0
	第二回新品	部品生産	モールド成形	0.7650	—	0.7650
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.0035	—	0.004
			内装部品陸上輸送 2850g	0.0127	—	0.013
			小計	0.781	—	0.8
		使用	走行時	14.4000	—	14.4
			小計	14.4	—	14.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0194	0.019
			燃焼		7.752	7.752
			植物吸収考慮		-7.752	-7.752
			回収エネルギー	-2.7075		-2.708
			小計	-2.707	0.019	-2.7
		合計		28.6	0.03	28.6

表 3.7.1.3 ベースライン CO₂ 排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン				1-2.ポリエステル繊維による自動車吸音材		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
	初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	1.10	0.0095	1.1
			コンテナ船	0.0287	—	0.0751
			ポリエステル樹脂輸送 526g	0.0382	—	0.0751
			小計	1.16	0.0095	1.2
		部品生産	不織布（吸音材）	2.53	—	2.5300
			不織布陸上輸送 500g	0.0751	—	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.0144	—	0.0144
			小計	2.62	—	2.62
		使用	走行時	16.4000	—	16.4
			小計	16.4	—	16.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し		0.0000	
			回収（解体事業者へリサイクラー）		0.0455	
			小計	—	0.045	0.0
	第二回新品	材料調達・生産	リベレット	0.4340	—	0.434
			リベレット・繊維 陸上輸送	0.0793	—	0.079
			小計	0.513	—	0.5
		部品生産	不織布（吸音材）	2.53	—	2.5300
			不織布陸上輸送 500g	0.0751	—	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.0144	—	0.0144
			小計	2.62	—	2.6
		使用	走行時	16.4000	—	16.4
			小計	16.4	—	16.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0221	0.019
			燃焼		8.84	7.752
			回収エネルギー	-3.0875		0.000
			小計	-3.087	8.862	5.8
合計			36.6	8.9	45.5	
③削減量（②－①）				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産			0.77	0.01	0.8
	部品生産			3.68	—	3.7
	使用			4.0	—	4.0
	廃棄・リサイクル			-0.4	8.88	8.5
	合計			8.0	8.9	16.9

表 3.7.1.4 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

①評価対象製品				仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
				2-1.パルプモールド（古紙）による自動車吸音材		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	初回新品	材料調達・生産	古紙回収	0.00663	—	0.00663
			古紙選別梱包	0.0055	—	0.0055
			古紙選別輸送	0.0032	—	0.0032
			小計	0.0153	—	0.0153
		部品生産	モールド成形	0.765	—	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.00350	—	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.01270	—	0.01270
			小計	0.781	—	0.781
		使用	走行時	14.4	—	14.4
			小計	14.4	—	14.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	—	0.0000	0.0
			回収（解体事業者～部品製造）	—	0.0122	0.0
			小計	—	0.0122	0.0122
	第二回新品	部品生産	モールド成形	0.765	—	0.765
			モールド成形品陸上輸送 650g	0.00350	—	0.00350
			内装部品陸上輸送 2850g	0.01270	—	0.01270
			小計	0.781	—	0.781
		使用	走行時	14.4	—	14.4
			小計	14.4	—	14.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0194	0.019
			燃焼		7.7520	7.752
			植物吸収考慮		-7.752	-7.752
			回収エネルギー	-2.7075		0.000
			小計	-2.708	0.019	-2.688
		合計		27.7	0.0	27.7

表 3.7.1.5 ベースライン CO₂排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン				2-2.ポリエステル繊維による自動車吸音材		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
	初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	1.1	0.0095	1.1
			コンテナ船	0.0287	—	0.0055
			ポリエステル樹脂輸送 526g	0.0382	—	0.0055
			古紙回収	0.0066	—	0.00663
			古紙選別梱包	0.0055	—	0.00546
			古紙選別輸送	0.0032	—	0.00318
			小計	1.18	0.009	1.18
		部品生産	不織布（吸音材）	2.53	—	2.53
			不織布陸上輸送 500g	0.0751	—	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.0144	—	0.0144
			製紙	0.639	0.00561	0.645
			小計	3.26	0.0056	3.26
		使用	走行時	16.4	—	16.4
			小計	16.4	—	16.4
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	—	0.0	0.0
			回収（解体事業者へリサイクラー）	—	0.0455	0.0
			小計	—	0.0455	0.0455
	第二回新品	材料調達・生産	リベレット	0.434	—	0.434
			リベレット・繊維 陸上輸送	0.079	—	0.079
			小計	0.513	—	0.513
		部品生産	不織布（吸音材）	2.53	—	2.53
			不織布陸上輸送 500g	0.0751	—	0.0751
			内装部品陸上輸送 3250 g	0.0144	—	0.0144
			小計	2.62	—	2.62
		使用	走行時	16.4	—	16.4
			小計	16.4	—	16.4
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0221	0.022
			燃焼	—	8.8400	8.840
			回収エネルギー	-3.0875		0.000
			小計	-3.0875	8.863	5.776
			合計		37.2	8.9
③削減量（②－①）				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産			1.68	0.01	1.7
	部品生産			4.32	0.01	4.3
	使用			4.0	—	4.0
	廃棄・リサイクル			-0.4	8.9	8.5
	合計			9.6	8.9	18.5

表 3.7.1.6 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

①評価対象製品			仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
			3-1. バイオPEとクラフトパルプ配合によるバッテリーキャリア		
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	1.13	0.0099	1.13
		コンテナ船	0.138	—	0.138
		バイオPE陸上輸送	0.00369	—	0.00369
		クラフトパルプ（伐採・チップ化、海上輸送、パルプ化）	0.276	0.00243	0.279
		クラフトパルプ陸上輸送	0.0131	—	0.0131
		シュレッダー	0.001	—	0.001
		PEクラフトパルプコンパウンド	0.221	—	0.221
		コンパウンド陸上輸送	0.00776	—	0.00776
		小計	1.79	0.0124	1.81
	部品生産	射出成形	0.853	—	0.853
		射出成形リサイクル時	0.00007	—	0.00007
		部品陸上輸送 688g	0.00588	—	0.00588
		小計	0.858	—	0.858
	使用	走行時	3.48	—	3.48
		小計	3.48	—	3.48
	廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0047	0.005
		燃焼		1.8714	1.871
		植物吸収考慮 ※バイオ PE、クラフトパルプ		-1.871	-1.871
		回収エネルギー	-0.6536		-0.654
		小計	-0.6536	0.004	-0.648
	合計		5.5	0.0	5.5

表 3.7.1.7 ベースライン CO₂排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン			3-2.GMT（ガラスマット強化熱可塑性プラスチック）によるバッテリーキャリア		
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	GMTシート成形	0.156	—	0.156
		GMTシート輸送	0.01357	—	0.01357
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.0521	0.000458	0.0526
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.0309	—	0.0309
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.1263	0.001109	0.1275
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油 化学コンビナート	0.532	0.00467	0.537
		PP輸送	0.0560	—	0.0560
		ガラス長繊維	0.80	0.0069	0.80
		ガラス長繊維輸送	0.0507	—	0.0507
		小計	1.81	0.0132	1.82
	部品生産	スタンピング成形	1.991	—	1.991
		部品輸送	0.00593	—	0.00593
		小計	2.00	—	2.00
	使用	走行時	3.93	—	3.93
		小計	3.93	—	3.93
	廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0053	0.0053
		燃焼		2.1080	2.108
		回収エネルギー ※ガラス分は未燃	-0.442		-0.442
		小計	-0.442	2.113	1.671
	合計		7.3	2.1	9.4
③削減量（②－①）			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産		0.02	0.01	0.0
	部品生産		1.14	—	1.1
	使用		0.45	—	0.5
	廃棄・リサイクル		0.22	2.10	2.3
	合計		1.8	2.1	3.9

表 3.7.1.8 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

①評価対象製品			仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
			4-1.バイオプラ(PE)と古紙配合によるバッテリーキャリア		
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	1.13	0.0099	1.14
		コンテナ船	0.138	—	0.138
		バイオPE陸上輸送	0.00369	—	0.00369
		古紙回収	0.00274	0.0000240	0.00276
		古紙選別梱包	0.00228	—	0.00228
		古紙選別輸送	0.00132	—	0.00132
		製紙	0.267	0.00234	0.269
		古紙パルプ陸上輸送	0.00340	—	0.00340
		シュレッダー	0.00111	—	0.00111
		PE古紙コンパウンド	0.221	—	0.221
		コンパウンド陸上輸送	0.00776	—	0.00776
		小計	1.78	0.0123	1.79
	部品生産	射出成形	0.853	—	0.853
		射出成形リサイクル時	0.00007	—	0.00007
		部品陸上輸送 688g	0.00588	—	0.00588
		小計	0.858	—	0.858
	使用	走行時	3.48	—	3.48
		小計	3.48	—	3.48
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0047	0.0047
		燃焼	—	1.871	1.871
		植物吸収考慮 ※バイオPE、古紙	—	-1.871	-1.871
		回収エネルギー	-0.6536	—	-0.654
		小計	-0.6536	0.004	0.004
	合計		5.5	0.0	5.5

表 3.7.1.9 ベースライン CO₂ 排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン			4-2.GMT（ガラスマット強化熱可塑性プラスチック） によるバッテリーキャリア		
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産	GMTシート成形	0.156	—	0.156
		GMTシート輸送	0.01357	—	0.01357
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.0521	0.000458	0.0526
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.0309	—	0.0309
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.1263	0.001109	0.1274
		PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油 化学コンビナート	0.532	0.00467	0.537
		PP輸送	0.0560	—	0.0560
		ガラス長繊維	0.80	0.0069	0.80
		ガラス長繊維輸送	0.0507	—	0.0507
		古紙回収	0.00276	—	0.00276
		古紙選別梱包	0.00228	—	0.00228
		古紙選別輸送	0.00132	—	0.00132
		小計	1.83	0.0131	1.84
	部品生産	スタンピング成形	1.991	—	1.991
		部品輸送	0.00593	—	0.00593
		製紙	0.269	—	—
		小計	2.27	—	2.27
	使用	走行時	3.93	—	3.93
		小計	3.93	—	3.93
	廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0053	0.0053
		燃焼	—	2.1080	2.108
		回収エネルギー ※ガラス分は未燃	-0.4418	—	-0.442
		小計	-0.4418	2.113	2.113
	合計		7.6	2.1	9.7
③削減量（②－①）			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	材料調達・生産		0.05	0.00	0.1
	部品生産		1.41	—	1.4
	使用		0.45	—	0.5
	廃棄・リサイクル		0.21	2.11	2.3
	合計		2.1	2.1	4.2

表 3.7.1.10 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

① 評価対象製品				仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
				シェリバイオプラスチック(PE)とバルブモールド (古紙) 複合体による プラビート		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	初回新品	材料調達・生産	バイオPE (原料からベレット製造まで)	3.50	0.031	3.54
			コンテナ船	0.433	—	0.433
			バイオPE陸上輸送	0.0115	—	0.0115
			古紙回収	0.00503	—	0.00503
			古紙選別梱包	0.00414	—	0.00414
			古紙選別輸送	0.00242	—	0.00242
			製紙	0.485	0.00426	0.489
			古紙バルブ陸上輸送	0.00621	—	0.00621
			シュレッダー	0.003	—	0.003
			PE古紙コンパウンド	0.605	—	0.605
			コンパウンド陸上輸送1890g	0.0213	—	0.0213
			古紙回収	0.0148	—	0.0148
			古紙選別梱包	0.013	—	0.013
			古紙選別輸送 1300g	0.0071	—	0.0071
			小計	5.12	0.035	5.15
		部品生産	モールド成形	1.700	—	1.700
			モールド成形リサイクル時	—	—	—
			モールド成形陸上輸送1444.4g	0.022	—	0.022
			ブロー工法 3000g	3.85	—	3.85
			部品陸上輸送	0.0460	—	0.0460
			小計	5.62	—	5.62
		使用	走行時	15.2	—	15.2
			小計	15.2	—	15.2
		廃棄・リサイクル	解体取り外し	—	0.0	0.0
			回収 (解体事業者へリサイクラー)	—	0.042	0.042
			小計	—	0.042	0.042
	第二回新品	材料調達・生産	バイオPE (原料からベレット製造まで) ※不足分を追加	0.38	0.004	0.39
			コンテナ船	0.049	—	0.049
			バイオPE陸上輸送	0.0013	—	0.0013
			PE古紙コンパウンド	0.605	—	0.605
			コンパウンド陸上輸送1890g	0.0213	—	0.0213
			古紙回収	0.0114	—	0.0114
			古紙選別梱包	0.010	—	0.010
			古紙選別輸送 ※不足分を追加	0.0055	—	0.0055
			シュレッダー※古紙	0.005	—	0.005
			リサイクル樹脂及び古紙バルブ陸上輸送 (リサイクラーへシュレッダー・コンパウンド)	0.01559	—	0.01559
			小計	1.11	0.004	1.11
		部品生産	モールド成形	1.700	—	1.700
			モールド成形リサイクル時	—	—	—
			モールド成形陸上輸送1444.4g	0.022	—	0.022
			ブロー工法 3000g	3.85	—	3.85
			部品陸上輸送	0.0460	—	0.0460
			小計	5.62	—	5.62
		使用	走行時	15.2	—	15.2
			小計	15.2	—	15.2
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0204	0.0204
			燃焼	—	8.160	8.160
			植物吸収考慮 ※全量 (バイオPE、古紙・バルブ)	—	-8.160	-8.160
			回収エネルギー	-2.8500	—	-2.850
			小計	-2.8500	0.02	-2.83
		合計		45.0	0.1	45.1

表 3.7.1.1 ベースライン CO₂排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン				5-2.PP-GF樹脂による自動車樹脂部品		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	初回新品①	原材料調達・生産	PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 原油生産	0.217	0.00191	0.219
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 原油輸送	0.129	—	0.129
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 石油精製	0.527	0.00462	0.531
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：② 石油化学コンビナート	2.23	0.0195	2.23
			PP輸送	0.232	—	0.232
			ガラス繊維	2.14	0.0188	2.16
			ガラス繊維輸送	0.119	—	0.119
			PP-GFコンパウンド	2.28	—	2.28
			コンパウンド輸送2940g	0.0256	—	0.0256
			押出	1.24	0.01	1.26
			押出輸送862g	0.0484	—	0.0484
			ポリエチレン樹脂	0.39	0.01	0.40
			コンテナ船	0.0092	—	0.0092
			ポリエチレン樹脂輸送 193g	0.0014	—	0.0014
		古紙回収	0.0209	—	0.0209	
		古紙選別梱包	0.017	—	0.017	
		古紙選別輸送	0.0100	—	0.0100	
		小計	9.63	0.0649	9.69	
		部品生産	不織布（表皮） 183g	0.93	—	0.93
			不織布輸送	0.00167	—	0.00167
			ブロー成形（歩留まり90%はコンパウンドと不織布、残はロス無し） 3673g	4.61	—	4.61
			部品陸上輸送	0.0564	—	0.0564
			製紙	2.010	0.01765	2.027
			小計	7.61	0.0177	7.63
		使用	走行時	18.6	—	18.6
			小計	18.6	—	18.6
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0250	0.025
			燃焼	—	7.6460	7.646
	回収エネルギー ※ガラス分は未燃		-1.9171	—	-1.917	
	小計		-1.9171	7.671	5.75	
	初回新品②	原材料調達・生産	PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 原油生産	0.217	0.00191	0.219
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 原油輸送	0.129	—	0.129
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：④ 石油精製	0.527	0.00462	0.531
			PP(ポリアリレン)樹脂製造：② 石油化学コンビナート	2.23	0.0195	2.23
			PP輸送	0.232	—	0.232
			ガラス繊維	2.14	0.0188	2.16
			ガラス繊維輸送	0.119	—	0.119
			PP-GFコンパウンド	2.28	—	2.28
			コンパウンド輸送2940g	0.0256	—	0.0256
			押出	1.24	0.01	1.26
			押出輸送862g	0.0484	—	0.0484
			ポリエチレン樹脂	0.39	0.01	0.40
			コンテナ船	0.0092	—	0.0092
			ポリエチレン樹脂輸送 193g	0.0014	—	0.0014
			小計	9.58	0.0649	9.64
		部品生産	不織布（表皮） 183g	0.93	—	0.93
			不織布輸送	0.00167	—	0.00167
			ブロー成形（歩留まり90%はコンパウンドと不織布、残はロス無し） 3673g	4.61	—	4.61
			部品陸上輸送	0.0564	—	0.0564
			小計	5.60	—	5.60
		使用	走行時	18.6	—	18.6
			小計	18.6	—	18.6
		廃棄・リサイクル	シュレッダー	—	0.0250	0.025
			燃焼	—	7.6460	7.646
			回収エネルギー ※ガラス分は未燃	-1.9171	—	-1.917
			小計	-1.9171	7.67	5.75
		合計			65.8	15.4
③削減量（②-①）				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)		材料調達・生産	13.0	0.1	13.1	
		部品生産	2.0	0.0	2.0	
		使用	6.8	—	6.8	
		廃棄・リサイクル	-0.98	15.3	14.3	
		合計	20.7	15.4	36.1	

表 3.7.1.12 評価対象製品 CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

① 評価対象製品				仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
				6-1.パルプ・綿複合サイレンサー		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	初回新品	材料調達・生産	古紙回収	0.02751	—	0.02751
			古紙選別梱包	0.0227	—	0.0227
			古紙選別輸送	0.0133	—	0.0133
			綿花（綿糸含む）	4.503	—	4.503
			コンテナ船	0.0482	—	0.0482
			綿花輸送 1237g	0.0193	—	0.0193
			小計	4.63	—	4.63
		部品生産	モールド成形	3.176	—	3.176
			モールド成形品陸上輸送 2698g	0.0145	—	0.0145
			綿不織布	3.62	—	3.62
			綿不織布陸上輸送 1175g	0.0139	—	0.0139
			ホットメルト接合	—	—	—
			内装部品陸上輸送 3873g	0.0173	—	0.0173
			小計	6.84	—	6.84
		使用	走行時	19.5	—	19.5
			小計	19.5	—	19.5
		廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0264	0.0264
			燃焼		10.535	10.53
			植物吸収考慮 ※全量（古紙、綿）		-10.535	-10.53
			回収エネルギー	-3.679		-3.679
			小計	-3.679	0.03	-3.65
		合計		27.3	0.0	27.3

表 3.7.1.13 ベースライン CO₂ 排出量及び削減量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

②ベースライン				6-2.PET不織布・PEシートサイレンサー		
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
初回新品	材料調達・生産	ポリエステル樹脂	4.4	0.0382	4.4	
		コンテナ船	0.1090	—	0.1090	
		ポリエステル樹脂輸送 1998g	0.1454	—	0.1454	
		LDPE樹脂製造：イ) 原油生産	0.1157	0.001017	0.1168	
		LDPE樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.0668	—	0.0668	
		LDPE樹脂製造：ハ) 石油精製	0.2587	0.002272	0.2611	
		LDPE樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.156	0.01015	1.167	
		LDPE輸送	0.1173	—	0.1173	
		タルク	0.14	0.0012	0.14	
		タルク輸送	0.2205	—	0.2205	
		コンパウンド	4.053	—	4.053	
		コンパウンド陸上輸送	0.05873	—	0.05873	
		古紙回収	0.0336	—	0.03355	
		古紙選別梱包	0.0276	—	0.02763	
		古紙選別輸送	0.0161	—	0.01612	
		小計	10.9	0.1	11.0	
	部品生産	不織布A	3.66	—	3.6600	
		不織布A陸上輸送 724g	0.1087	—	0.1087	
		不織布B	5.94	—	5.9400	
		不織布B陸上輸送 1175g	0.1765	—	0.1765	
		PEシート成形 5207g	1.73	—	1.7300	
		PEシート穴あけ※穴あけ後の重量3872g	1.8600	—	1.8600	
		シート成形＆穴あけリサイクル時	0.00800	—	0.00800	
		ホットメルト接合	—	—	0.0000	
		内装部品陸上輸送 5771g	0.02570	—	0.02570	
		製紙	3.234	0.02840	3.262	
		小計	16.7	0.03	16.8	
	使用	走行時	29.2	—	29.2	
		小計	29.2	—	29.2	
	廃棄・リサイクル	シュレッダー		0.0393	0.039	
		燃焼		15.6972	15.697	
		回収エネルギー※タルク分は未燃	-2.538		-2.538	
		小計	-2.538	15.736	13.2	
		合計		54.3	15.8	70.1
③削減量（②－①）				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産			6.28	0.1	6.4
	部品生産			9.90	0.03	9.93
	使用			9.7	—	9.7
	廃棄・リサイクル			1.15	15.71	16.8
	合計			27.0	15.8	42.8

リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを用いて作製しています。