

令和 4 年度環境省委託業務

令和 4 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（うち、化石由来プラスチックを
代替する省 CO2 型バイオマスプラスチック等（再生可能
資源）への転換及び社会実装化実証事業）

（自動車機能部品、内装部品のバイオマス、バイオプラ
スチック材料への転換）

成果報告書

令和 5 年 3 月

トヨタ車体株式会社

令和4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
(うち、化石由来プラスチックを代替する省CO₂型バイオマスプラスチック等
(再生可能資源)への転換及び社会実装化実証事業)
(自動車機能部品、内装部品のバイオマス、バイオプラスチック材料への転換)
委託業務

概要

地球温暖化対策等の高まりのなか、プラスチックの3Rや再生可能資源転換としてセルロース材料やバイオプラスチック材料が注目を集めている。本実証事業では、自動車部品としてバイオマス、バイオプラスチック材料の普及促進を行うとともにリサイクル手法を確立することで資源循環社会に貢献することを目的とする。セルロース繊維強化材料では、自動車部品の軽量化に貢献する発泡成形技術を確認する。パルプモールドでは、自動車の軽量化と断熱性等の機能付与に貢献する。植物繊維配合バイオプラスチック材料では、耐光性、フオギング性の向上を検討し内装への部品適用に貢献する。また、リサイクル性やLCA評価も実施しリサイクル可能な材料の開発を実施する。本実証を皮切りに自動車への実装を進める。

今年度は5つのことを行った。1つ目は、セルロース繊維強化樹脂材料の発泡成形検討、2つ目はパルプモールドを活用した部品検討、3つ目は植物繊維配合バイオプラスチック材料の性能評価、4つ目はLCAの検証・評価、5つ目はパルプ、バイオプラスチックの部品適用技術及び最新リサイクル技術に関する市場調査を行った。結果を以下に示す。

セルロース繊維強化樹脂材料を発泡成形することで軽量化効果が確認できた。又、パルプモールドを活用した部品検討の結果、鋼板にパルプモールドを貼り付け補剛することにより軽量化効果が期待でき、また有効な断熱性能があることが確認できた。植物繊維を配合したバイオプラスチック素材を用いた内装部品の性能評価を行った結果、内装部品への実装が可能であることが確認できた。LCAの検証の結果、すべての検討材料についてCO₂排出量低減効果が確認できた。なお、リサイクル性の確認も行った。パルプ、バイオプラスチックの部品適用技術及び最新リサイクル技術に関する市場調査の結果、最新の再生材使用率規制動向やバイオマス材開発に有効な最新情報が入手できた。

今年度の検討により軽量化等の目標達成のための手段の確認ができた。しかし、部品としてコスト、性能等を考えた場合の課題が見つかった。来年度はそれぞれの材料アイテムについて、各課題対策を行い実装に向けた検討を行う。

Summary

Drawing attention to the global warming in recent years, the 3Rs of plastics, cellulose materials and bioplastic materials as non-petroleum-derived resources are gathering attention. The purpose of this demonstration project is to promote the use of biomass materials as automobile parts and to contribute to a resource-recycling society by establishing a recycling method. Foam molding of cellulose fiber reinforced materials was investigated for the weight reduction of automobile parts. The pulp mold was used for the weight reduction and addition of functions such as heat insulation by examining the shape of the pulp mold. Bioplastic materials reinforced plant fibers were applied as the application of interior parts. Recyclability and Life Cycle Assessment (LCA) were investigated for all materials. We believe that the project is going to pave the way for the implementation of automobile parts. In this year, five projects have been summarized in this report.

The first is the study of foam molding of cellulose fiber reinforced resin materials. The second is the evaluation of automobile parts using pulp molds. The third is the performance evaluation of bioplastic materials reinforced plant fibers. The fourth, LCA was evaluated to those materials. Fifth, the market research on the application of pulp and bioplastic parts and the latest recycling technology had been done in exhibitions. The results were shown as below.

As the result of examination of foam molding of cellulose fiber reinforced resin material, weight reduction performance was improved. Automobile parts using pulp molds showed an improvement in weight reduction performance and effectiveness of the heat insulation performance. The properties as interior parts using bioplastic materials reinforced plane fibers showed applicability as interior parts. As a result of LCA, it was confirmed the effect of reducing CO₂ emissions for all of the studied materials. The market research in this field showed that regulations on the use of recycled materials were prepared and the development of biomass materials were a global trend. Through this fiscal year's examination, the results showed the techniques for the weight reduction. However, problems as automotive parts have been found when considering the balance of cost and performance of developed materials. In the next fiscal year, each issue regarding each material item is going to investigate for implementation of automobile parts.

I. 背景・目的	6
II. 実施項目と体制	9
III. 実施内容	10
1 セルロース繊維強化樹脂材料の性能評価	10
1. 1 ドアインナー発泡モジュールパネルによる軽量化検討	11
1. 1. 1 目標値	12
1. 1. 2 化学発泡材料水準	13
1. 1. 3 化学発泡成形トライ結果	14
1. 1. 4 物理発泡成形対策材料水準	15
1. 1. 5 物理発泡成形トライ結果	15
1. 1. 6 発泡倍率と剛性の関係	17
1. 1. 7 発泡成形対策検討（寄与効果）	18
1. 2 内装意匠用発泡成形品の検討	19
1. 2. 1 発泡成形トライ結果 2	19
1. 2. 2 断熱性	21
1. 2. 3 意匠性検討	23
1. 2. 4 触感の定量化	24
1. 2. 5 燃焼性	25
1. 3 木粉配合 PP のリサイクル性検証	26
1. 3. 1 リサイクル回数と物性	26
1. 4 まとめ	31
2 パルプモールドを活用した部品検討	32
2. 1 パルプモールドを活用した軽量化構造案	33
2. 1. 1 目標値（鋼板補剛による軽量化）	34
2. 1. 2 パルプモールド対策形状の検討	35
2. 1. 3 パルプモールド対策品の補剛効果	36
2. 1. 4 （Computer Aided Engineering）CAE による最適配置検討	37
2. 2 パルプモールドその他機能（断熱性）	40
2. 3 リサイクル性	42
2. 3. 1 試験方法	44
2. 3. 2 リサイクル後の引張降伏強さ	44
2. 3. 3 リサイクル後の引張破断ひずみ	45
2. 3. 4 リサイクル後の曲げ強度	45
2. 3. 5 リサイクル後の曲げ弾性率	46
2. 3. 6 市場環境負荷による機械物性変化	47

2. 3. 7	パルプモールドのリサイクル性検証まとめ	48
2. 4	まとめ	49
3	植物繊維配合バイオプラスチック材料の性能評価	50
3. 1	基本配合①（植物繊維・バイオ PE 配合材料）	50
3. 1. 2	ターゲット部品	51
3. 1. 3	懸念特性の確認	52
3. 1. 4	ガラス霞性	52
3. 1. 5	VOC 試験	54
3. 1. 6	耐光性試験	56
3. 1. 7	衝撃強度	58
3. 1. 8	部品の成形性確認	59
3. 1. 9	部品評価	60
3. 1. 10	リサイクル性検証	62
3. 1. 11	まとめ	65
3. 2	基本配合②（植物繊維・リサイクル PP 配合材料）	66
3. 2. 2	ターゲット部品	67
3. 2. 3	基本材料物性および懸念項目	67
3. 2. 4	成形性	69
3. 2. 5	成形収縮性	70
3. 2. 6	落錘衝撃	72
3. 2. 7	ガラス霞み性	74
3. 2. 8	耐光性試験	75
3. 2. 9	リサイクル性	77
3. 2. 10	まとめ	78
4	CO ₂ 排出削減効果の推計	79
4. 1	木粉配合 PP の発泡ドアインナーモジュールの CO ₂ 排出削減効果の推計	79
4. 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）	79
4. 1. 2	フロー図（システム境界の設定）	80
4. 1. 3	廃棄・リサイクル時までの 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）	82
4. 2	パルプモールド補剛鋼板の CO ₂ 排出削減効果の推計	90
4. 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）	90
4. 2. 2	フロー図（システム境界の設定）	91
4. 2. 3	廃棄・リサイクル時までの 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）	93
4. 3	パルプモールド補剛鋼板（アルミ鋼板対比）の CO ₂ 排出削減効果の推計	101

4. 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）	101
4. 3. 2	フロー図（システム境界の設定）	102
4. 3. 3	廃棄・リサイクル時までの 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）	104
4. 4	木粉配合リサイクル PP 製インパネ部品の CO ₂ 排出削減効果の推計	112
4. 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）	112
4. 4. 2	フロー図（システム境界の設定）	113
4. 4. 3	廃棄・リサイクル時までの 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）	115
4. 5	バイオ PE+木粉+PP 製自動車部品の CO ₂ 排出削減効果の推計	126
4. 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）	126
4. 5. 2	フロー図（システム境界の設定）	127
4. 5. 3	廃棄・リサイクル時までの 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）	129
4. 6	まとめ	140
4. 6. 1	エネルギー起源・非エネルギー起源	140
5	植物材料の部品適用技術及び再生材技術に関する調査（ドイツ K 展）	142
5. 1	再生材動向	142
5. 1. 1	樹脂市場全体規制	143
5. 1. 2	自動車部品用樹脂規制	143
5. 1. 3	K 展で見られた再生材料	143
5. 1. 4	マスバランスアプローチ	152
5. 1. 5	再生材まとめ	153
5. 2	樹脂最新動向（意匠、軽量、その他）	155
5. 3	植物材料技術動向	159
5. 3. 1	植物材料技術動向（射出材）	159
5. 3. 2	植物材料技術動向（紙パルプの活用）	162
5. 4	K 展調査まとめ	163

I. 背景・目的

近年の環境への取り組みとして、温暖化予測、パリ協定、SDGs、そして、ESG投資による企業評価を重視する流れの中、図 I.1 に示すような気候変動防止としてのカーボンニュートラル推進、図 I.2 に示すような持続可能な循環型社会実現としてサーキュラーエコノミーの両立、推進が重要となっている。

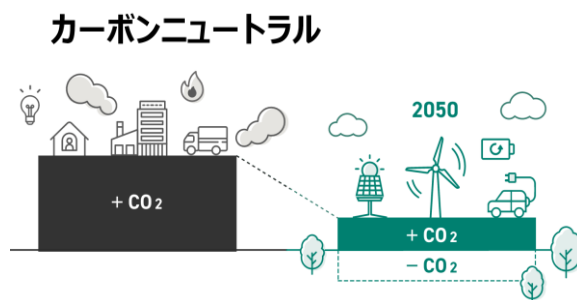


図 I.1 カーボンニュートラル概念図^{注1)}

注 1) : 環境省 脱炭素ポータルより引用



図 I.2 サーキュラーエコノミー概念図^{注2)}

注 2) : 環境省作成資料引用

しかし、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り、限りある資源のため、図 I.3 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。現在、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) 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。その中で、22 万トン/年が自動車破砕ダスト (ASR:Automobile Shredder Residue) になるが、ASR から PP 等の回収がほぼ行われることなく、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.4 に示すように自動車部品としてバイオマス、バイオプラスチック材料の普及促進を行うとともに、リサイクル手法を確立することで資源循環社会に貢献することを目的とする。セルロース繊維強化材料では、自動車向け複雑形状の成形性向上と部品軽量化に貢献する発泡成形技術を確立する。パルプモールドでは、自動車の軽量化と低 NV 性能を両立させる。植物繊維配合バイオプラスチック材料では、内装への部品適用のために耐光性、フォギング性の向上を検討する。また、リサイクル性や LCA 評価も実施し、リサイクル可能な材料の開発を推進する。本実証を皮切りに自動車への実装を進める。

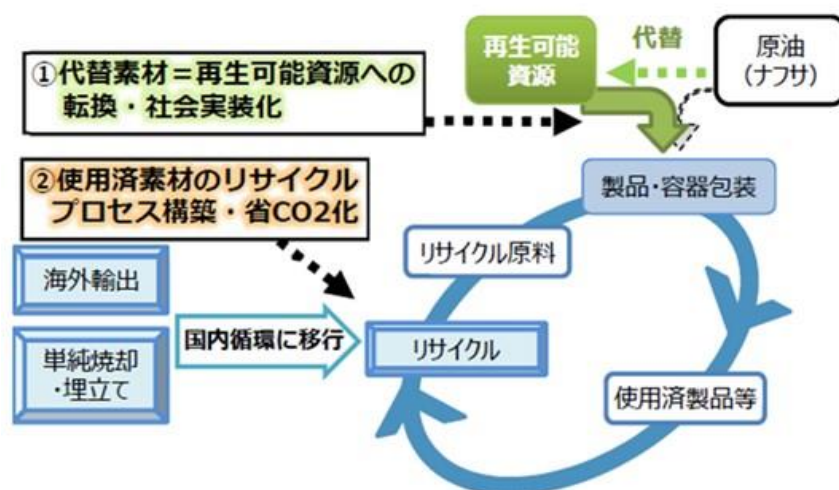


図 I.3 本実証事業の概念 ^{注3)}

注3): 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

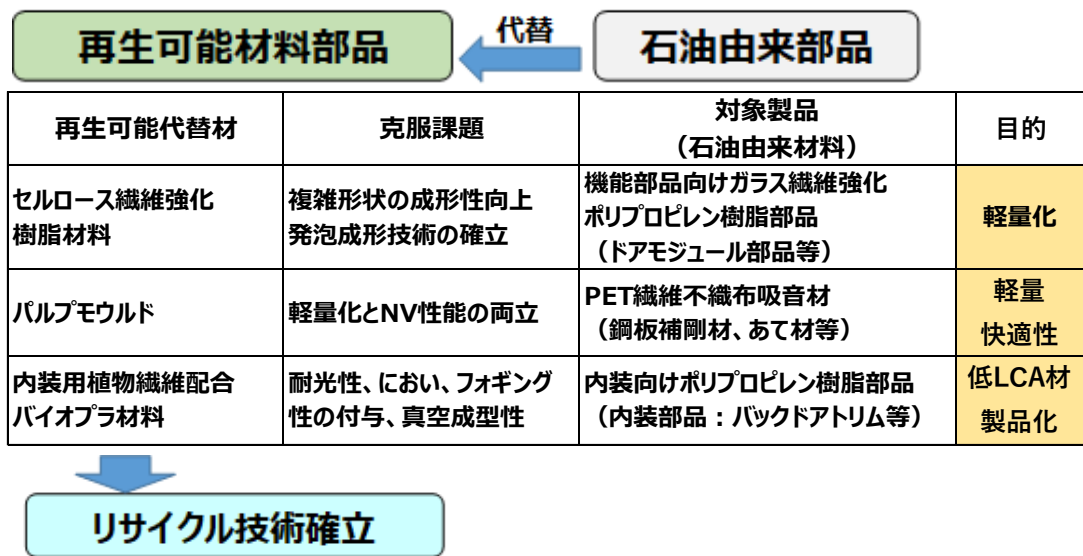


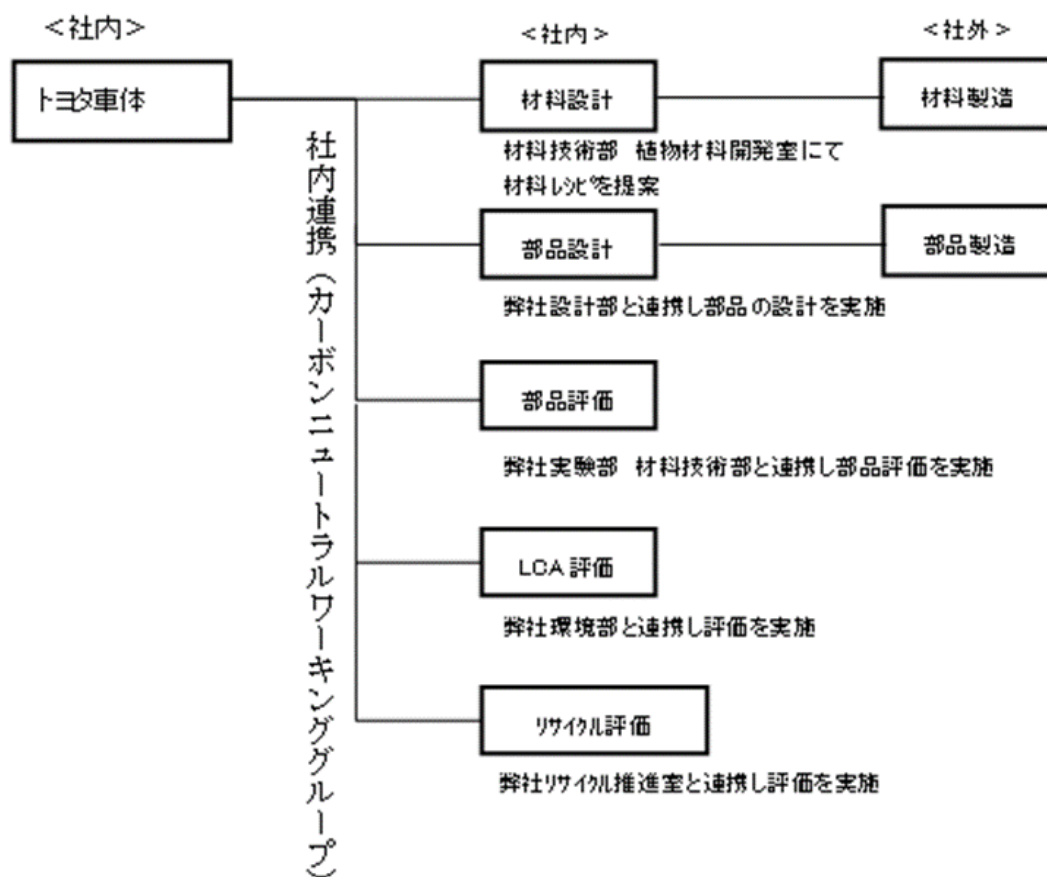
図 I . 4 本実証事業の概要

Ⅱ．実施項目と体制

今年度の実施項目を以下に示す

- (1) セルローズ繊維強化樹脂材料の性能評価
- (2) パルプモールドを活用した部品検討
- (3) 植物繊維配合バイオプラスチック材料の性能評価
- (4) LCA の検証・評価
- (5) パルプ、バイオプラスチックの部品適用技術及び最新リサイクル技術に関する市場調査

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 セルロース繊維強化樹脂材料の性能評価

木粉等のセルロース繊維強化樹脂材料は他の無機フィラー強化樹脂に対し、低比重で軽量かつ低 LCA でリサイクル可能な特徴がある。このセルロース繊維強化樹脂材料を発泡成形することで、比剛性を向上させ、更なる軽量化や断熱性等の機能を向上できる可能性がある。今回、ドアインナーモジュール部品や内装意匠部品をターゲットとして選定し、セルロース繊維強化樹脂材料の発泡成形の検討を行った。その上で軽量化への貢献といった部品へのメリットが訴求できないか、適用に際しどのような課題があるか検討を行った。セルロース繊維強化樹脂材料の発泡成形例を図 1.1 に示す。



図 1.1 セルロース繊維強化樹脂材料の発泡成形例

1. 1 ドアインナー発泡モジュールパネルによる軽量化検討

樹脂ドアインナーモジュール部品(従来 PP-GF)では、ドアを軽量化する際に、図 1.1.1 に示すように、鋼板部を大きく切り抜き、PP-GF 材料でその部分を補強する。しかし、PP-GF 材料はリサイクル性に課題があり、LCA も良好とはいえない。そこでドアインナーモジュール部品に発泡したセルローズ繊維強化樹脂を適用することで図 1.1.2 に示す低 LCA でリサイクル可能な軽量化構造提案を目指す。

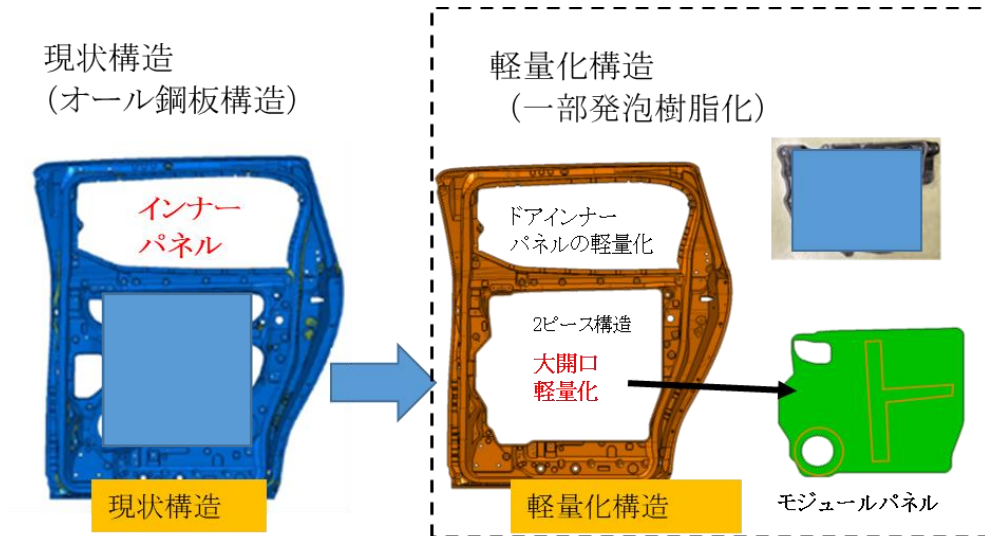


図 1.1.1 ドアインナーモジュール部品 (PP-GF 材を発泡成形)

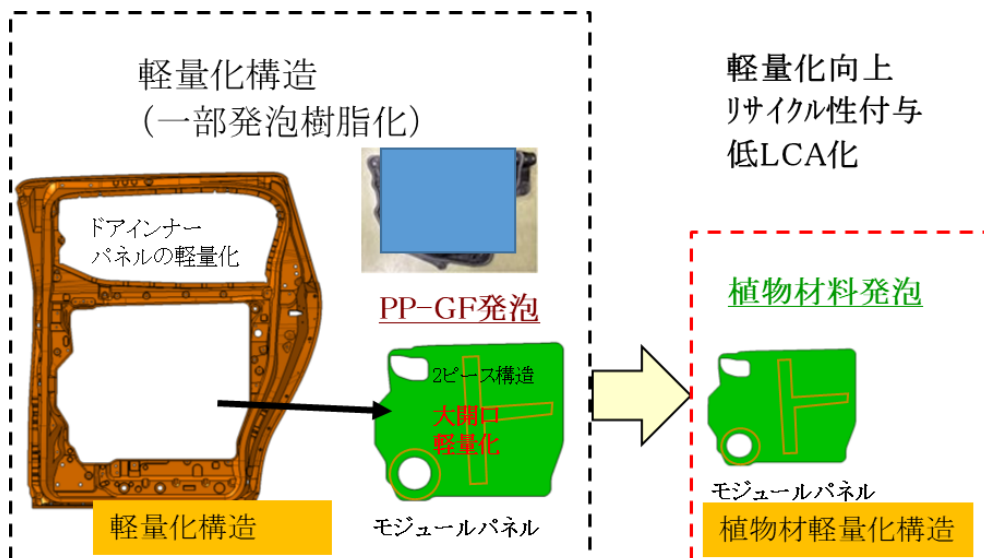


図 1.1.2 ドアインナーモジュール部品 (セルローズ繊維強化樹脂発泡成形)

1. 1. 1 目標値

PP-GF 発泡成形によるドアインナーモジュールパネルを使い、ドアの軽量化を図る構造技術がある。この技術はインナーパネルのうち約 30%の鋼板をくり抜き、発泡成形した PP-GF 材料をくり抜き部にモジュール化することで約 19% 軽量化を達成している。しかし、PP-GF 材料はリサイクル性が困難で LCA も良好ではない。今回、図 1.1.1.1 に示すようにドアインナーモジュールパネルとして、植物材料を発泡成形したものを用いることで必要剛性を確保することを目指す。製品としての目標値は鋼板製ドアインナーパネルの重量を 20%以上軽量化することとした。

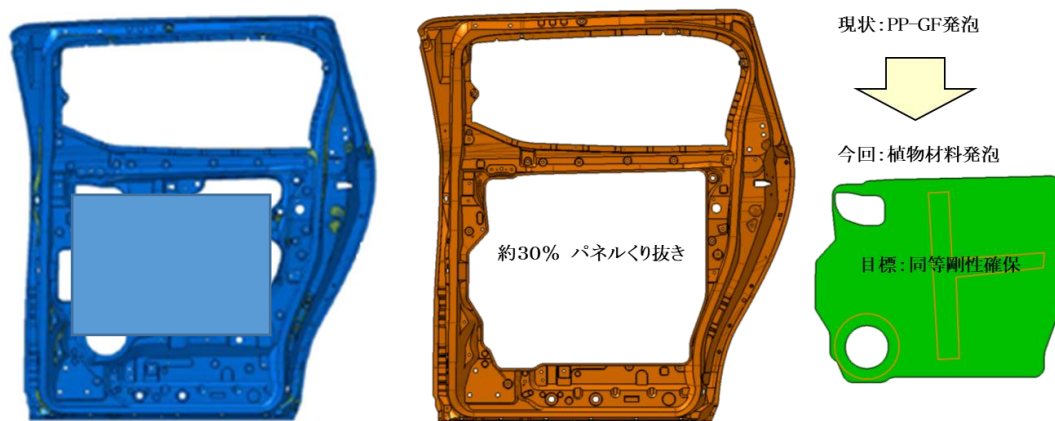


図 1.1.1.1 植物材料発泡成形の目標について

1. 1. 2 化学発泡材料水準

化学発泡成形の材料水準として、PP に木粉を 30%配合したものと 12%木粉を配合したものの最大発泡倍率を確認する成形実験を行った。検討水準について表 1. 1. 2. 2 に示す。又、目標の剛性を確保するために必要な発泡倍率を図 1. 1. 1. 2 の推定式からおおよその目標発泡倍率を計算した。各材料の略称について表 1. 1. 2. 1 のように以下、規定する。

表 1. 1. 2. 1 材料標記の規定

材料	材料略称
基材PPのみ	PP
PP + フィラー	PP-○○-配合% GF：ガラス繊維 WD：木粉

表 1. 1. 2. 2 化学発泡成形 検討材料水準

材料略称	水準名	比重(ρ)	曲げ弾性率(MPa)	元板厚(mm)	部品重量(g)	目標発泡倍率
PP-GF20	既存構造材料	1.03	4400	1.7	758	2.24
PP-WD30	植物材料1	1.02	3000	1.7	750	2.7
PP-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7	695	3.4

$$\text{曲げ弾性勾配} = \frac{\text{ソリッド弾性率} \times (\text{厚み})^3}{400 \times \text{発泡倍率}}$$

図 1. 1. 2. 2 発泡成形品の剛性 推定式

1. 1. 3 化学発泡成形トライ結果

発泡成形トライの結果、植物材料 1、植物材料 2、ともに最大発泡倍率は 2.0 倍発泡が限界であった。植物材料の曲げ弾性率を考えると既存 PP-GF の発泡倍率 2.24 倍よりも高発泡が必要だが、今回その目標を達成できなかった。d 対策として次項で示すような発泡工法の変更や材料配合の見直しを検討することとした。

表 1. 1. 3. 1 発泡成形トライ結果

材質	比重 (ρ)	曲げ弾性率 (MPa)	元板厚 (mm)	部品重量 (g)	目標 発泡倍率	概要	最大発泡 倍率		1 倍	2 倍	3 倍
PP-GF20	1.03	4400	1.7	758	(2.24) 実績	既存構造	-		○	○	×
PP-WD30	1.02	3000	1.7	750	2.7	植物材料 1	2.0		○	△	×
PP-WD12	0.945	1910	1.7	695	3.4	植物材料 2	2.0		○	○	×

○：発泡状態良好 △：空洞等の発泡不良発生 ×：発泡成形不可

1. 1. 4 物理発泡成形対策材料水準

発泡成形対策検討として、均一で細かい発泡が特徴の物理発泡工法に着目し、化学発泡で達成できなかった目標倍率に発泡成形できないか検討を行った。物理発泡成形で検討する材料水準を表 1.1.4.1 に示す。最初に発泡成形性の期待ができる植物材料 2 とその基材 PP①について発泡成形トライを実施した。

表 1.1.4.1 物理発泡成形 対策材料水準

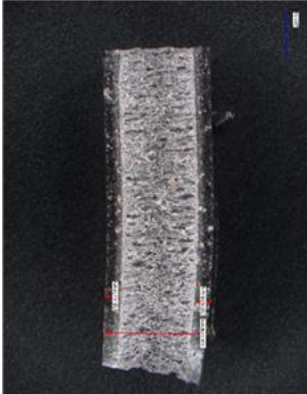
材料略称	水準名	比重 (ρ)	曲げ弾性率 (MPa)	元板厚 (mm)
PP-GF20	既存構造材料	1.03	4400	1.7
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7
PP②-WD	植物材料3	1.05	2160	1.7
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7

1. 1. 5 物理発泡成形トライ結果

植物材料 2 は良好な発泡状態で 2 倍から 5 倍と高発泡成形が可能であった。さらに、基材 PP 単独より植物配合したものの方が限界発泡倍率が高い傾向があり、木粉を適正に配合することで発泡成形性が向上することが分かった。木粉が発泡核剤の役割を果たしている可能性がある。

表 1.1.5.1 物理発泡 成形トライ結果1

材料略称	水準名	比重(ρ)	曲げ弾性率 (MPa)	元板厚 (mm)	部品重量 (g)	目標発泡倍率	最大発泡倍率	1倍	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
PP-GF20	既存構造材料	1.03	4400	1.7	758	2.24	-	○	○						
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7	695	3.4	5倍	○	○	○	○	○	×		
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7	662	-	2倍	○	△	×					
PP②-WD	植物材料3	1.05	2160	1.7	773	-	8倍	○	○	○	○	○	○	○	○
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7	765	-	4倍	○	○	○	○	×			



植物材料2
物理発泡2倍



植物材料2
物理発泡3倍



植物材料2
物理発泡4倍



植物材料2
物理発泡5倍

1. 1. 6 発泡倍率と剛性の関係

図 1. 1. 6. 1 に示すように曲げ強度試験を行い、ISO178 に準じて剛性を測定した。発泡倍率と剛性の関係の結果を図 1. 1. 6. 2 に示す。植物材料 2 は 4 倍発泡までは発泡倍率の増加に従い剛性アップしていくが、5 倍まで発泡すると表面触感がソフトになり剛性が低下する傾向となることが分かった。結果として、対象構造の PP-GF の 2.24 倍発泡インナーモジュールと比較して 3 倍～4 倍発泡品は同等以上の剛性を持つことが分かった。

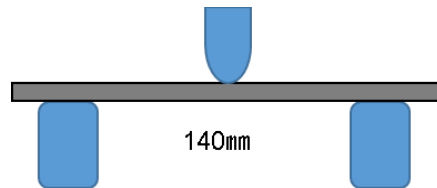


図 1. 1. 6. 1 曲げ強度試験測定方法

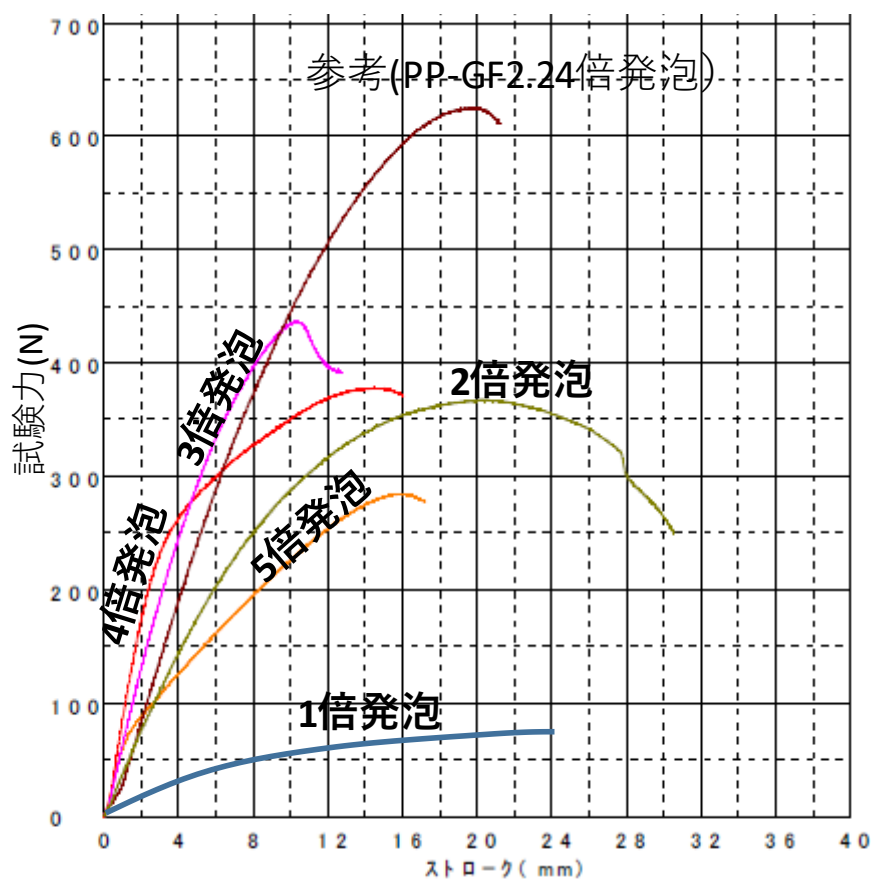


図 1. 1. 6. 2 曲げ剛性試験（植物材料 2）

1. 1. 7 発泡成形対策検討（寄与効果）

インナーパネル 7641g のうち 2292g をくり抜き軽量化したうえで、植物材料 2 を使ったインナーモジュール 695g（1.7 t 元厚 比重 0.945）を 3 倍以上発泡させることで、PP-GF20 発泡成形品と同等以上の剛性を示した。その結果、インナーパネル全体として 1597g（21%）軽量化を達成可能であることが分かった。ドアインナーモジュール構成イメージを図 1.1.7.1 に示す。

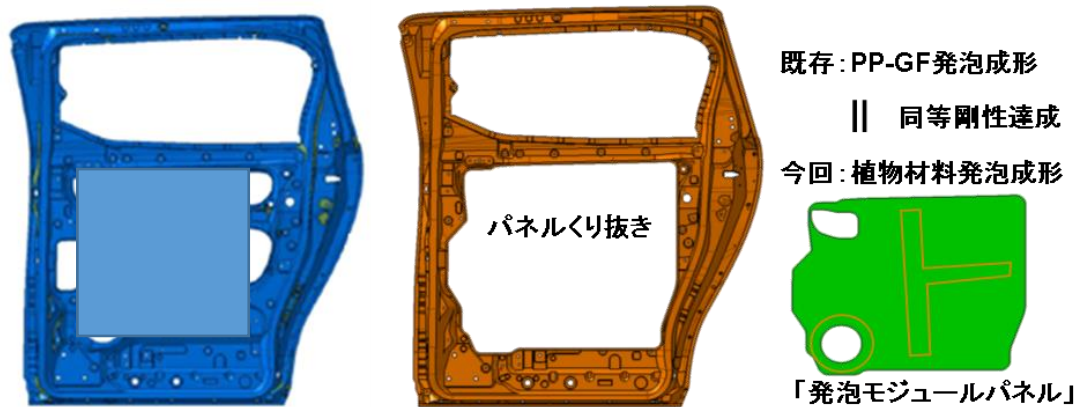


図 1.1.7.1 ドアインナーモジュール構成イメージ

1. 2 内装意匠用発泡成形品の検討

今回、高発泡成形ができたことを活用し、ソフト触感、断熱性等の機能も活用できる可能性があることが分かったため、内装加飾用の植物材料3とその基材PP②についても追加して物理発泡成形トライを行った。

表 1.2.1 追加発泡成形トライ材料水準

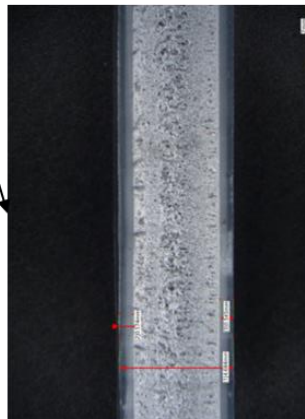
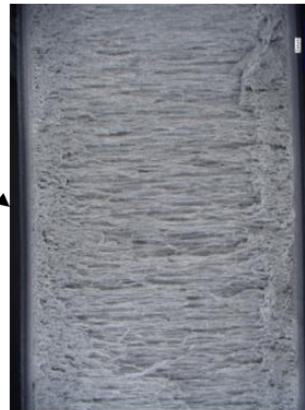
材料略称	水準名	比重(ρ)	曲げ弾性率(MPa)	元板厚(mm)
PP-GF20	既存構造_材料	1.03	4400	1.7
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7
PP②-WD	植物材料3	1.05	2160	1.7
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7

1. 2. 1 発泡成形トライ結果2

図 1.2.1.1 に示すように内装加飾用の植物材料3は特に発泡成形が容易な傾向があり、最大8倍程度の発泡が可能であることが分かった。基材PP②は植物材料3に対し最大発泡倍率は4倍に留まり、こちらの水準でも木粉が配合された方が最大発泡倍率が高い傾向となった。

表 1.2.1.1 物理発泡 成形トライ結果2

材料略称	水準名	比重(ρ)	曲げ弾性率 (MPa)	元板厚 (mm)	部品重量 (g)	目標発泡倍率	最大発泡倍率	1倍	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
PP-GF20	既存構造_材料	1.03	4400	1.7	758	2.24	-	○	○						
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7	695	3.4	5倍	○	○	○	○	×			
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7	662	-	2倍	○	△	×					
PP②-WD	植物材料3	1.05	2160	1.7	773	-	8倍	○	○	○	○	○	○	○	○
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7	765	-	4倍	○	○	○	○	×			



1. 2. 2 断熱性

断熱性を測定する水準を表 1. 2. 2. 1 に示す。4 倍発泡、8 倍発泡品の断熱性、熱伝導率を測定した結果を図 1. 2. 2. 1 に示す。無発泡の PP 板 (2t) の熱伝導率に対し、発泡成形した植物材料 2 と植物材料 3 の水準は熱伝導率が半減しており、断熱性が向上していることが分かった。この熱伝導率の値は発泡ビーズや不織布等の一般的な断熱材と同等のレベルであった。板厚の構成も加味した断熱性能を示す熱抵抗 R の結果を図 1. 2. 2. 2 に示す。

$$R=dt/\lambda \quad (R: \text{熱抵抗、} dt: \text{試験体厚み、} \lambda: \text{熱伝導率})$$

表 1. 2. 2. 1 断熱性水準 (○部)

材料略称	水準名	比重 (ρ)	曲げ弾性率 (MPa)	元板厚 (mm)	部品重量 (g)	目標発泡倍率	最大発泡倍率	1倍	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
PP-GF20	既存構造_材料	1.03	4400	1.7	758	2.24	-	○	○						
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7	695	3.4	5倍	○	○	○	○	○	×		
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7	662	-	2倍	○	△	×					
PP②-WD:	植物材料3	1.05	2160	1.7	773	-	8倍	○	○	○	○	○	○	○	○
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7	765	-	4倍	○	○	○	○	×			

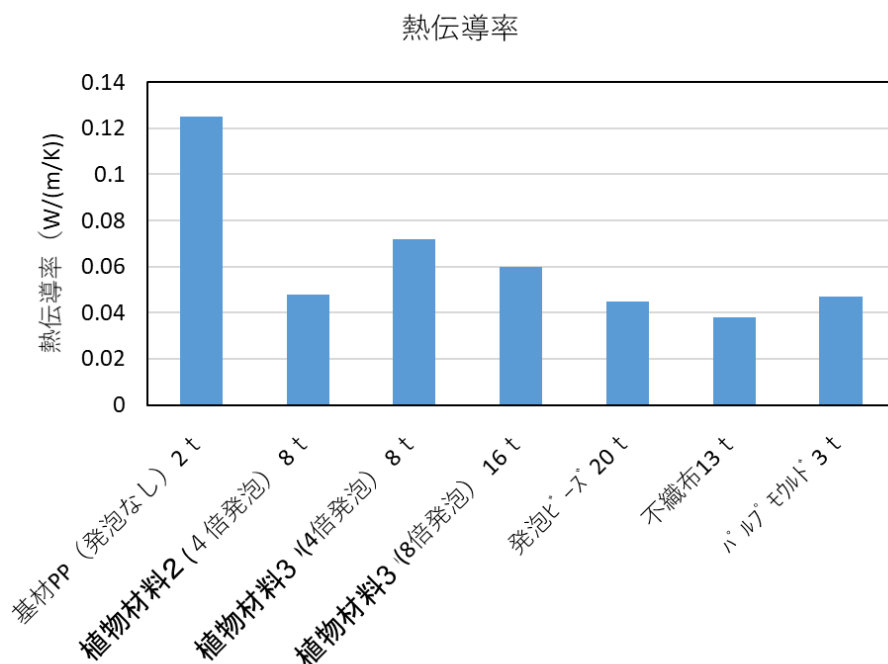


図 1. 2. 2. 1 熱伝導率 (材料固有の定数: λ)

熱抵抗

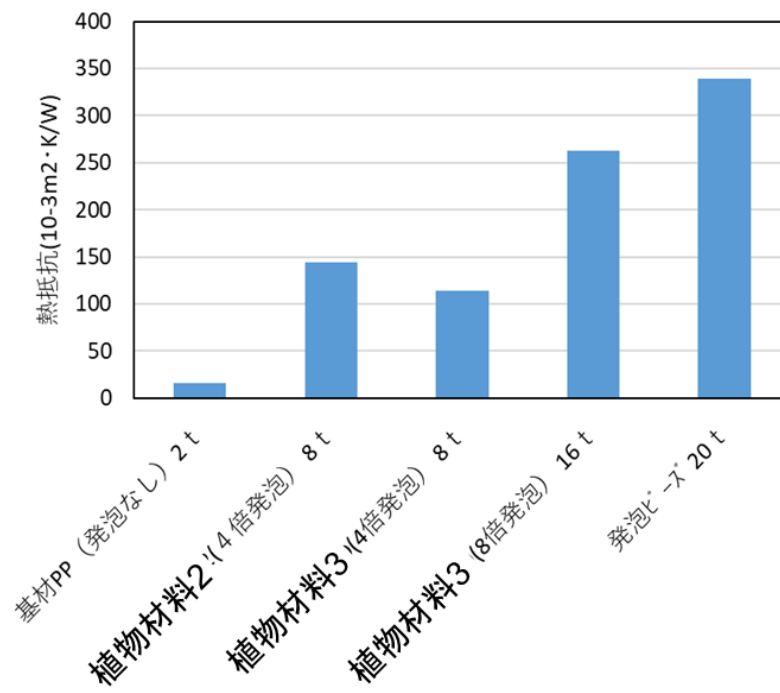


図 1.2.2.2 熱抵抗（板厚を加味した値：R）

1. 2. 3 意匠性検討

図 1.2.3.1 に示すように黒色の植物材料の場合、発泡スワールマークと言われの白いスジが目立ちやすく、意匠部品として使う場合には課題となる。カウンタープレッシャー工法の追加、及び、着色剤の増量等でこのような白スジは対策が可能である。今回検討した白色主体に顔料着色した植物材料の場合、スワールマークが目立ち辛く、意匠部品としてシボ加工すれば成立する可能性があることが分かった。

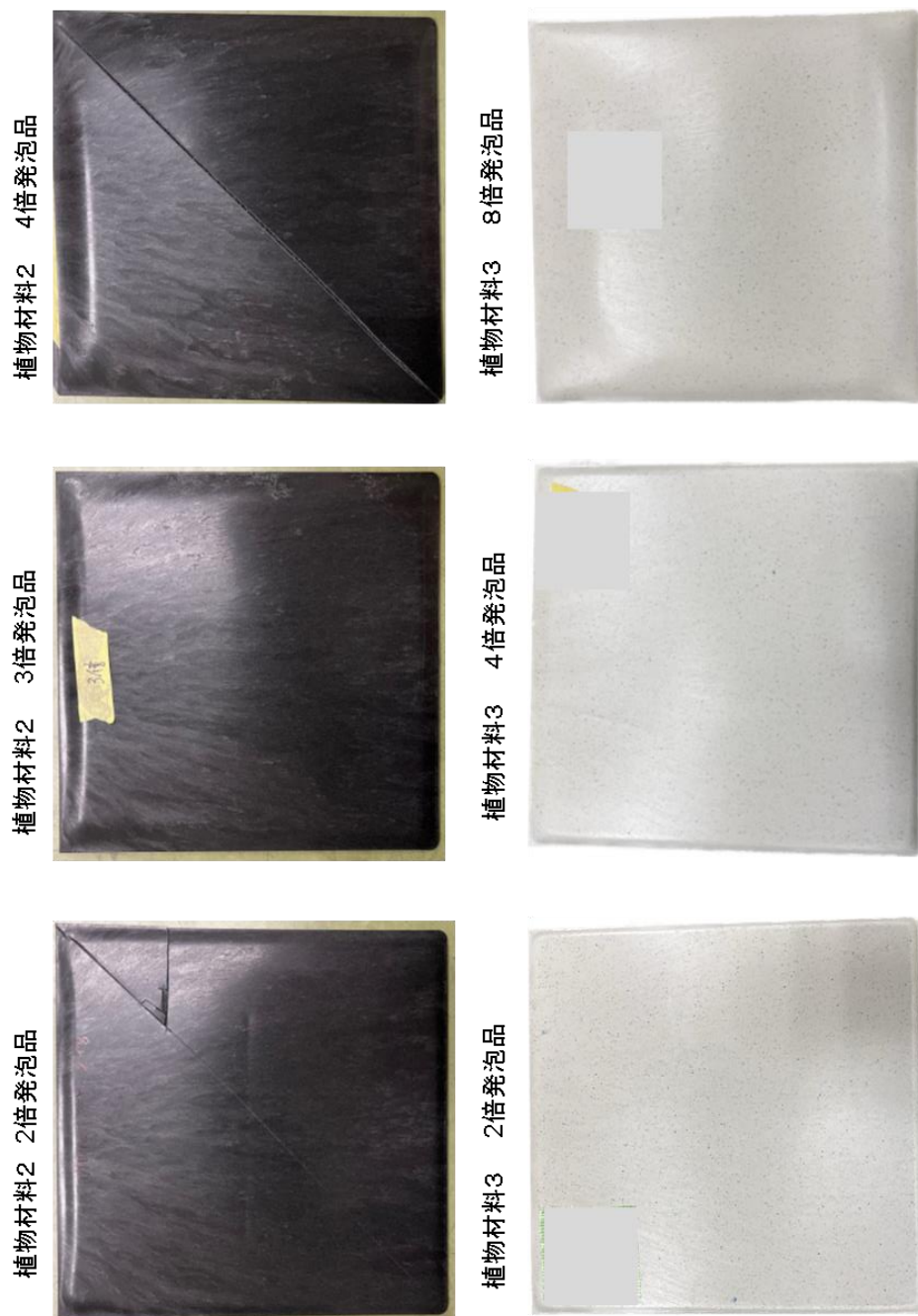


図 1.2.3.1 発泡品の外観意匠

1. 2. 4 触感の定量化

成形品が 5 倍以上発泡した場合、触感が柔らかくなったため、その触感の定量化を試みた。方法は図 1. 2. 4. 2 に示すジグにて圧縮荷重曲線を表 1. 2. 4. 1 に示す検討水準にて測定した。その結果、図 1. 2. 4. 1 に示すような荷重-変位曲線となり 4 倍発泡圧縮では変位に対して

荷重が急激に高くなるが、5 倍発泡以上では荷重が急に高くなることな、発泡成形品はソフト感のあることが定量化できた。なお、49N の圧縮を行った後でも永久変形等の問題はなかった。

表 1. 2. 4. 1 表面触感検討水準

材料略称	水準名	比重(ρ)	曲げ弾性率(MPa)	元板厚(mm)	部品重量(g)	目標発泡倍率	最大発泡倍率	1倍	2倍	3倍	4倍	5倍	6倍	7倍	8倍
PP-GF20	既存構造材料	1.03	4400	1.7	758	2.24	-	○	○						
PP①-WD12	植物材料2	0.945	1910	1.7	695	3.4	5倍	○	○	○	○	○	×		
PP①	植物材料2の基材PP	0.9	1380	1.7	662	-	2倍	○	△	×					
PP②-WD	植物材料3	1.05	2160	1.7	773	-	8倍	○	○	○	○	○	○	○	○
PP②	植物材料3の基材PP	1.04	2180	1.7	765	-	4倍	○	○	○	○	×			

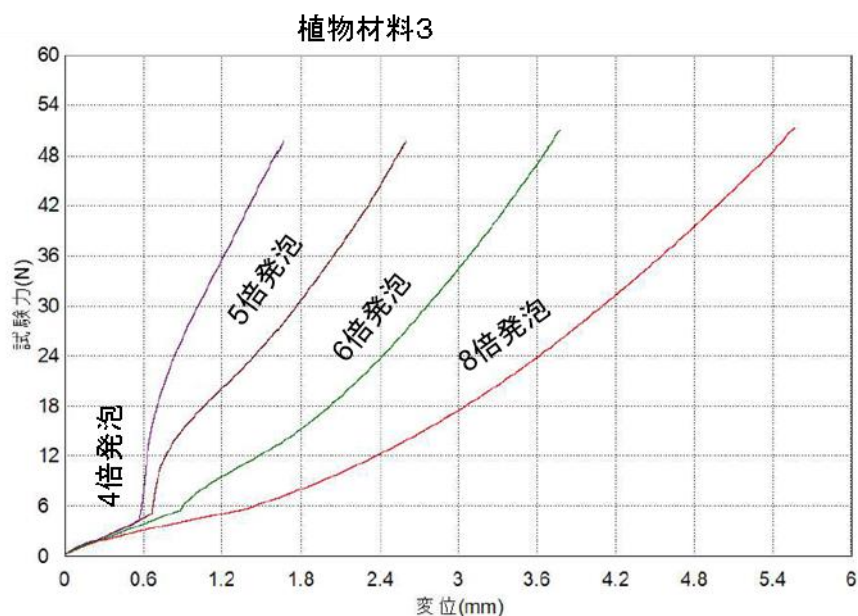


図 1. 2. 4. 1 荷重-変位曲線

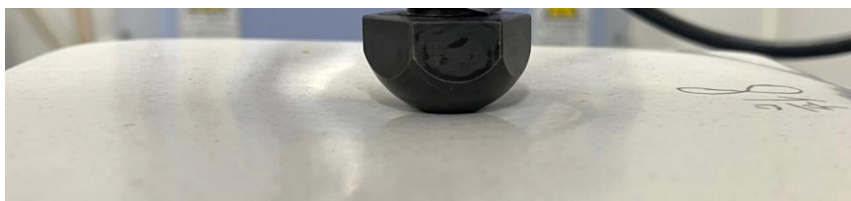


図 1. 2. 4. 2 荷重-変位曲線測定

1. 2. 5 燃焼性

発泡の燃焼試験の結果、表 1. 2. 5. 1、図 1. 2. 5. 1 に示すように内装加飾部品用の植物材料 3 は 2 倍、6 倍発泡品ともに、自動車内装材の燃焼性目標を満足しており、一般的な内装用 PP と同等レベルであることが分かった。

表 1. 2. 5. 1 燃焼性試験結果

材料	発泡倍率	板厚(mm)	燃焼速度 (mm/min)
一般内装用PP	ソリッド	2	65
植物材料 3 (加飾用)	2倍発泡	4.7	55
植物材料 3 (加飾用)	6倍発泡	12.4	51

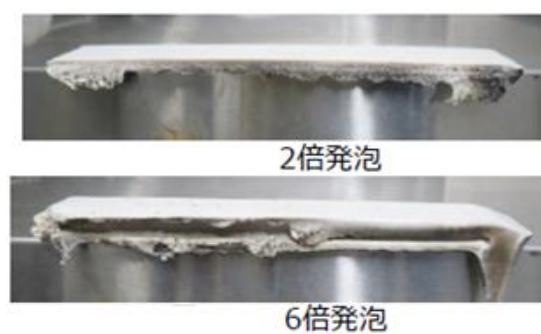


図 1. 2. 5. 1 燃焼試験後サンプル

1. 3 木粉配合 PP のリサイクル性検証

PP 樹脂に木粉が配合された植物材料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。植物材料を使用した部品のライフサイクルを時系列で見ると図 1.3.1 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、最初に押出しコンパウンド工程による負荷、次に射出成形工程による負荷、最後に市場環境負荷となる。市場回収リサイクルすることは、この 3 つの負荷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負荷が繰り返されることになる。今回、実際の工程内リサイクルで繰り返しかかる熱負荷を想定し、材料劣化状況を把握することとした。

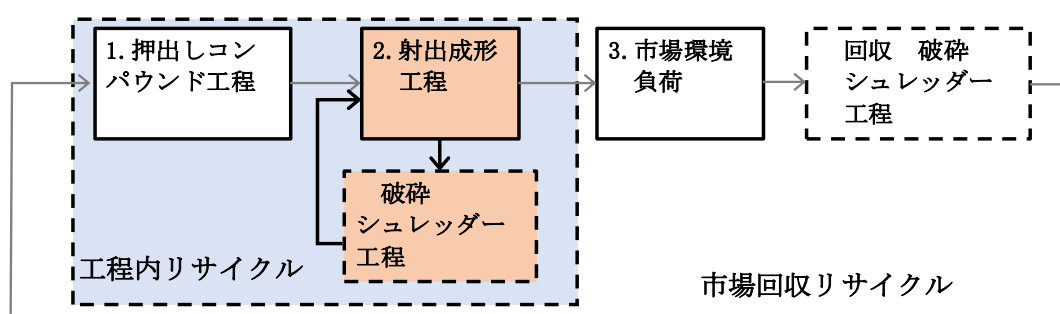


図 1.3.1 部品のライフサイクル

1. 3. 1 リサイクル回数と物性

図 1.3.1 に示すように工程内リサイクルでは射出成形時による廃材を破碎後再び射出工程に戻す。工程内リサイクルの繰り返し回数の水準を1回から5回まで振り、成形された材料の劣化状態を物性の変化から把握することにした。なお、工程内リサイクルの定義は、射出成形後のものを100%破碎処理し、再度射出成形したものを1回リサイクルとする。

また、未使用ペレットをリサイクル回数0、その射出成形品の粉碎品をリサイクル回数1回とし回数が増えるごとにリサイクル回数が増加するものとする。

1. 3. 1. 1 材料水準

今回、PP 樹脂に木粉が配合された植物材料について検討した。材料の略称についてはPP-WDと規定した。

1. 3. 1. 2 リサイクル成形条件

成形機は図 1. 3. 1. 2. 1 に示す住友重機工業（株）製射出成型機 SH75 (75t) を使用、成形条件詳細は表 1. 3. 1. 2. 1 に示すように設定し PP-WD の推奨成形条件である 200℃以下にて検討を行った。



図 1.3.1.2.1 成形機 SH75

表 1.3.1.2.1 成形条件 (PP-WD)

		温度条件(℃)				射出速度(%)		充填圧 (%)	保圧(%)		計量時間 (sec)
		C1	C2	C3	C4	1次	2次		1次	2次	
PP標準条件		195	200	210	210	20	10	—	任意	任意	—
PP-WD リサイクル回数	0回	185	190	200	200	20	10	34	27	30	15
	1回	185	190	200	200	20	10	35	27	30	15
	2回	185	190	200	200	20	10	34	27	30	15
	3回	185	190	200	200	20	10	33	27	30	15
	4回	185	190	200	200	20	10	34	27	30	15
	5回	185	190	200	200	20	10	33	27	30	15

1. 3. 1. 3 物性変化

表 1. 3. 1. 3. 1 に示す各 ISO 試験を行った。PP-WD の工程リサイクル回数を増加させた場合の物性試験結果を表 1. 3. 1. 3. 1 に示す。PP-WD は工程内リサイクル回数が増えても大きな物性低下は見られなかったが、メルトフローレートについては流動性が高まる傾向となった。この現象は成形性には影響ないレベルであるが、原因の調査が必要と考えられる。その他の物性については同等レベルで維持されている、これは図 1. 3. 1. 3. 1 に示すようにセルロース系繊維材料がしなやかな材料であり、ガラス繊維のように混練時に簡単に折れてしまうことがないこと、そして、劣化が進まない温度、滞留時間である推奨成形条件にて成形されているためと考えられる。

表 1. 3. 1. 3. 1 PP-WD 材物性変化

試験項目	試験条件	単位	試験方法	リサイクル回数 0回	リサイクル回数 1回	リサイクル回数 2回	リサイクル回数 3回	リサイクル回数 4回	リサイクル回数 5回
メルトフローレート	230℃、21N	g/10min	ISO 1133	3. 42	4. 47	4. 93	5. 21	5. 45	6. 31
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1	3. 4	3. 3	3. 0	3. 0	2. 9	3. 1
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	34. 5	33. 7	33. 3	32. 5	31. 8	31. 5
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	4	4	4	4	4	5
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	52. 9	52. 0	51. 7	50. 7	49. 7	49. 4
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	3070	3060	3040	3010	2930	2950
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	146	145	144	143	143	143
比重	水中置換法		ISO 1183	1. 02	1. 02	1. 02	1. 02	1. 02	1. 02
重量		kg		25	22	20	18	15	13
粉碎性	粉碎時間(平均1~1.2kg/min)、粉碎形状			—	問題なし ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め
成形性	成形物外観・計量時間・射出圧等			問題なし	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し

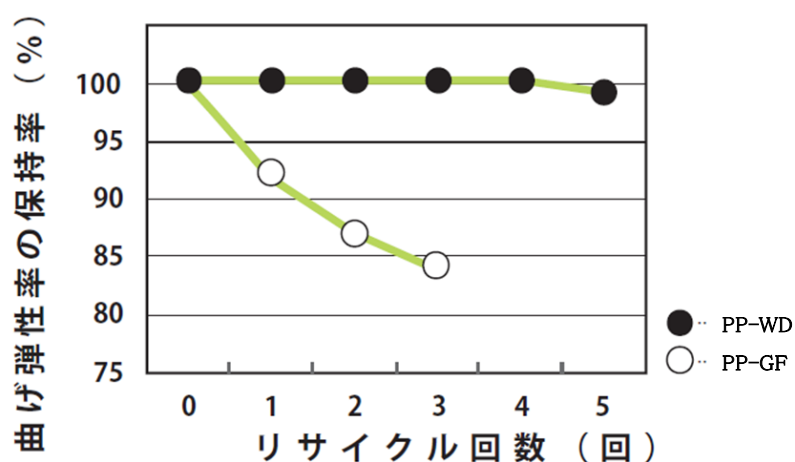


図 1. 3. 1. 3. 1 PP-WD と PP-GF の材物性変化

1. 3. 1. 4 破砕物の形状、成形体外観

工程内リサイクル時の破砕方法は図 1. 3. 1. 4. 1 に示す回転刃と 13mm φ スクリーンを持つ破砕機を使用した。

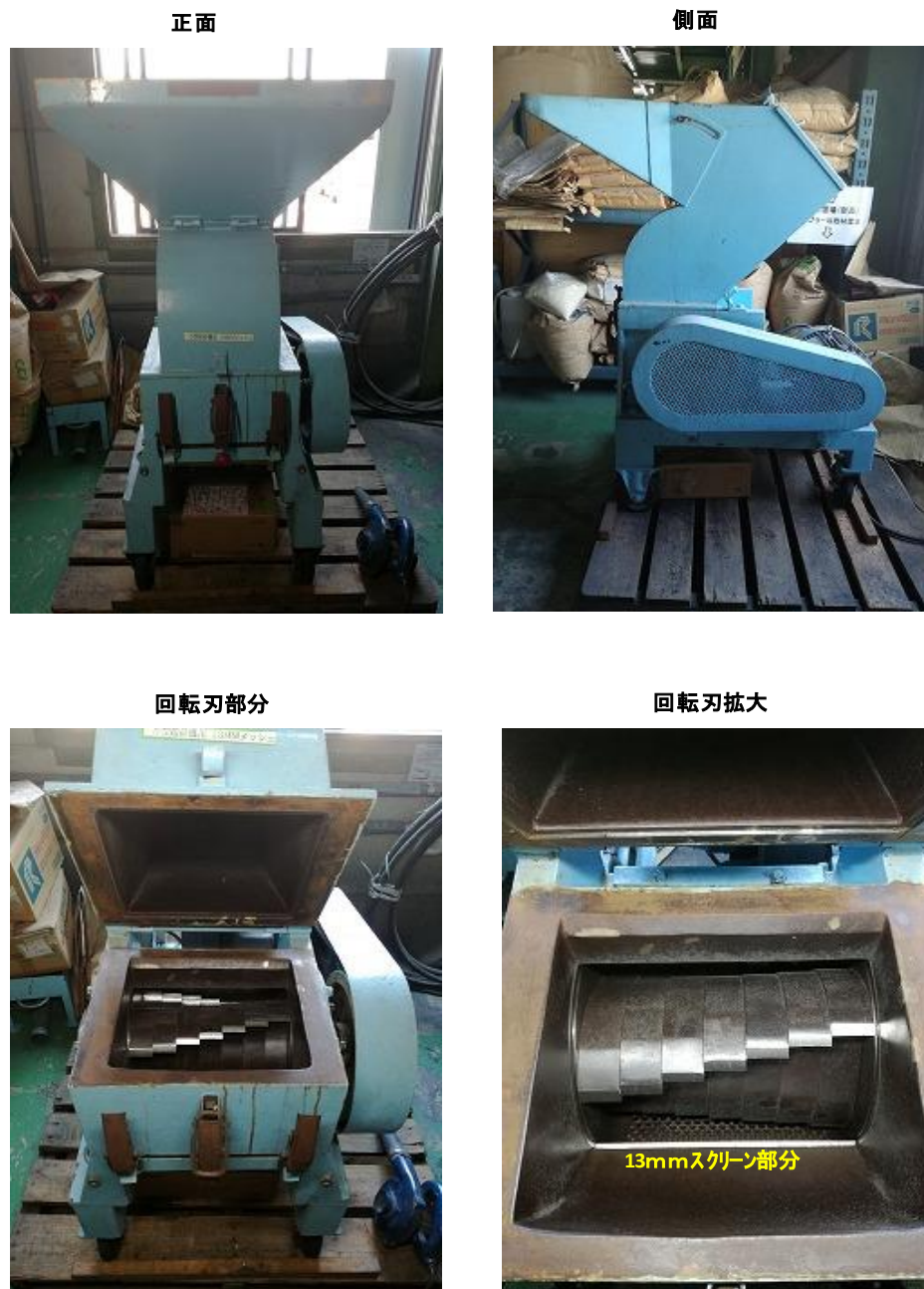
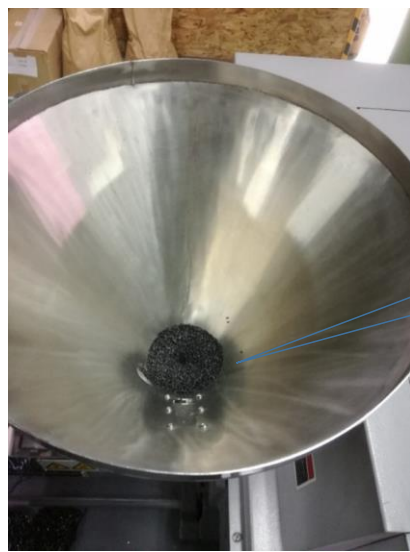


図 1.3.1.4.1 破砕機

破碎スピードと破碎状況について、リサイクル回数と破碎スピード（工程廃材 1kg 当たりの破碎時間）、破碎形状の関係を表 1. 3. 1. 4. 1 に示す。リサイクル回数が増加しても PP-WD 材は著しい破碎スピードおよび破碎形状の変化は見られず、成形工程に戻す際に使う成形機の投入口（ホッパー）で、破碎された PP-WD が詰まる等の不具合は確認されなかった。

表 1. 3. 1. 4. 1 破碎スピード（工程廃材 1kg 当たりの破碎時間）（PP-WD）

		電流値(A)	破碎時間 (分)	1kg当りの 破碎時間(分)	破碎形状	成形物 表面
PP-WD リサイクル回数	0回	—	—	—	—	—
	1回	5	23	1.1	問題なし(粉多め)	変化無し
	2回	5	20	1.0	変化無し	変化無し
	3回	5	17	1.1	変化無し	変化無し
	4回	5	15	1.0	変化無し	変化無し
	5回	5	13	1.2	変化無し	変化無し



ホッパー径：47mm

図 1. 3. 1. 4. 2 成形機の方法投入口（ホッパー）

1. 4 まとめ

1 章ではドアインナーモジュール部品や内装意匠部品をターゲット部品として選定し、セルローズ繊維強化樹脂材料の発泡成形による部品軽量化へ貢献可能か検討を行った。目標として、発泡倍率を 2.5 倍以上とし軽量化 20%に寄与する部品構造を提案することとした。結果として発泡倍率 2.5 倍を上回る 5 倍まで発泡させることに成功し、既存の部品に比べ、軽量化 21%が達成可能であった発泡成形品は、断熱性能に優れ、車両の熱マネジメント部材としても活用の可能性を示せた。配合をさらに工夫することで5倍を超える高発泡成形が可能であることが分かり、ソフトな触感があることが分かった。この特性を内装部品の人の触る部位に適用できれば商品力が向上できる可能性があることが分かった。但し、人が触る部位は意匠、着色性や繰り返し荷重負荷耐久性、耐摩耗性、耐光性、成形外観等の様々な要求が求められるため課題は多く、要求性能と課題を整理して検討を進める必要がある。

2 パルプモールドを活用した部品検討

パルプモールドとは、パルプを用い、紙すきの原理で形状を成形する技術である。このパルプモールドは、LCA やリサイクルの観点から環境材料として魅力的である。

パルプモールドの製造工程概要を図 2.1 に示す。古紙やクラフトパルプ等の植物繊維原料をパルパと呼ばれる巨大なミキサーへ水と共にに入れて回転させる。これにより繊維をバラバラにほぐし、かゆ状の泥漿にする。その後、成形型（抄き型）を泥漿に浸漬し、型の細孔を通して泥漿を吸引し、均一に金網に付着させた後剥離し、乾燥させることでパルプモールドを製造した。

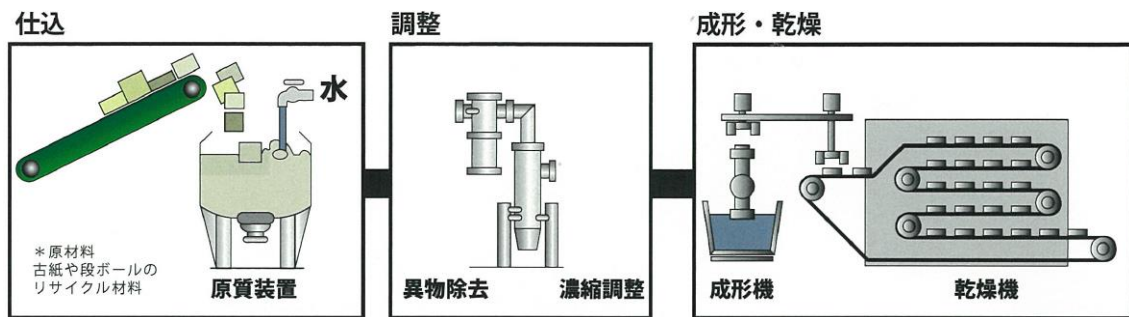


図 2.1 パルプモールドの製造工程概要

2. 1 パルプモールドを活用した軽量化構造案

今回、パルプモールドを鋼板に貼り付け補剛することで、ドア外板の軽量化を試みた。具体的には図 2. 1. 1 に示すようにドアアウターパネル鋼板を 0. 7t から 0. 4t へと薄肉化し、弱体部のみにパルプモールドを貼付け、補剛することで軽量化できないか検討した。

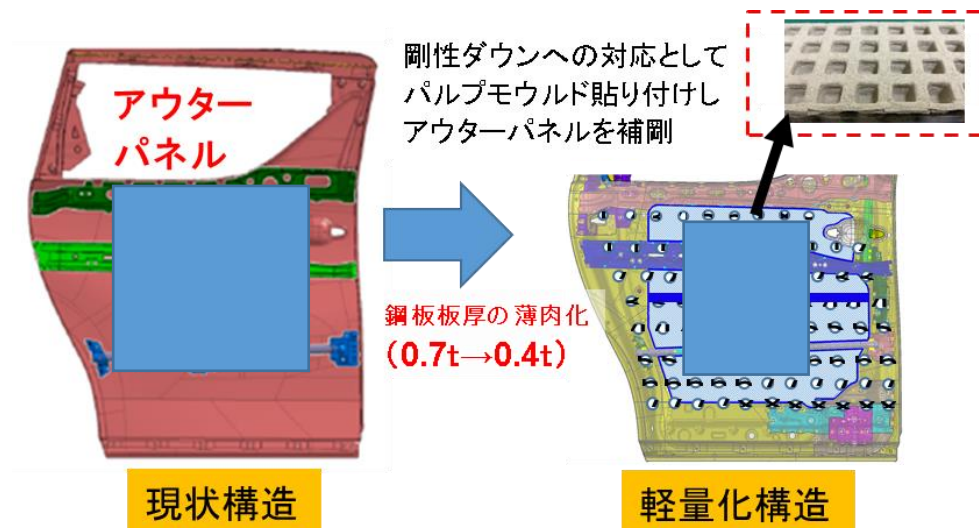


図 2. 1. 1 パルプモールドを活用した軽量化構造案

旧形状では表 2.1.1 図 2.1.1 図 2.1.2 に示すように貼付け補剛により剛性の確保はできるが、軽量化率が板単品で 13.5%と不十分であった。今回パルプモールド形状を対策し軽量かつ剛性を確保すること、で軽量化効果 20%以上の達成を目指す。

表 2.1.1.1 旧形状での現状

	0.7t鋼板	0.4t鋼板	旧形状
			 (0.4t鋼板+パルプ)
パルプモールド厚 (mm)			17mm
質量 (250×150mm)	202	118	178
軽量化%	-	42.9	13.5
曲げ剛性:傾き (N/mm)	12.3	2.0	19.0



図 2.1.1.1 曲げ剛性測定の様子（旧形状）

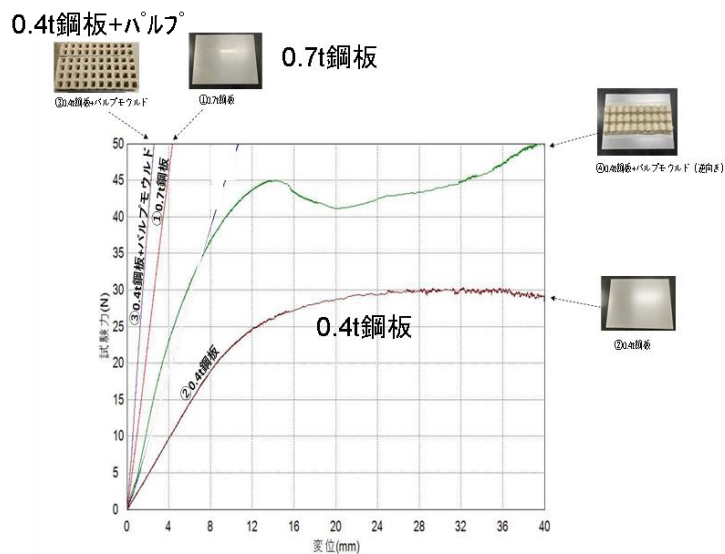
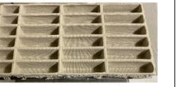


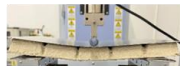
図 2.1.1.2 曲げ剛性試験結果 (旧形状)

2. 1. 2 パルプモールド対策形状の検討

表 2. 1. 2. 1 に示すように対策形状①②③は剛性アップのため、厚さを 17mm から 21mm と変更し、さらに対策②③は形状による剛性アップの工夫を行った。結果として、パルプモールド対策形状①②③を 0. 4t 鋼板に貼り合わせ、0. 7t 鋼板と同等以上の剛性になるか確認した。

表 2. 1. 2. 1 対策形状と軽量化

	0.7t鋼板	0.4t鋼板	旧形状	対策形状①	対策形状②	対策形状③
			 (0.4t鋼板+パルプ)	 (0.4t鋼板+パルプ)	 (0.4t鋼板+パルプ)	 (0.4t鋼板+パルプ)
パルプモールド厚 (mm)			17mm	21mm	21mm	21mm
質量(g)/ (250×150mm)	202	118	178	161	161	160
軽量化(%)	-	42.9	13.5	22.0	21.9	22.5
曲げ剛性:傾き (N/mm)	12.3	2.0	19.0	21.0	37.6	37.7



2. 1. 3 パルプモールド対策品の補剛効果

図 2. 1. 3. 1、図 2. 1. 3. 2 に示すようにパルプモールド対策品①②③の補剛効果を曲げ試験にて確認した。その結果、0.4t 鋼板にパルプモールドを貼付けて補剛した旧形状と対策①形状は、0.7t 鋼板と同等レベル以上の剛性を出せることが分かった。又、対策②③形状を 0.4t 鋼板に貼り付けたものは、0.7t 鋼板の 3 倍の剛性を出せることが分かった。

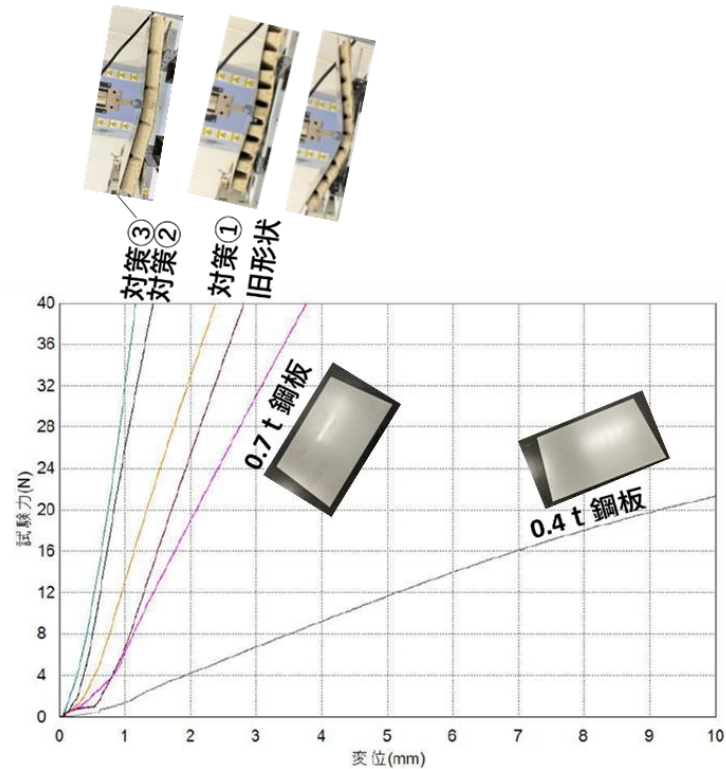


図 2. 1. 3. 1 パルプモールド対策品の補剛効果

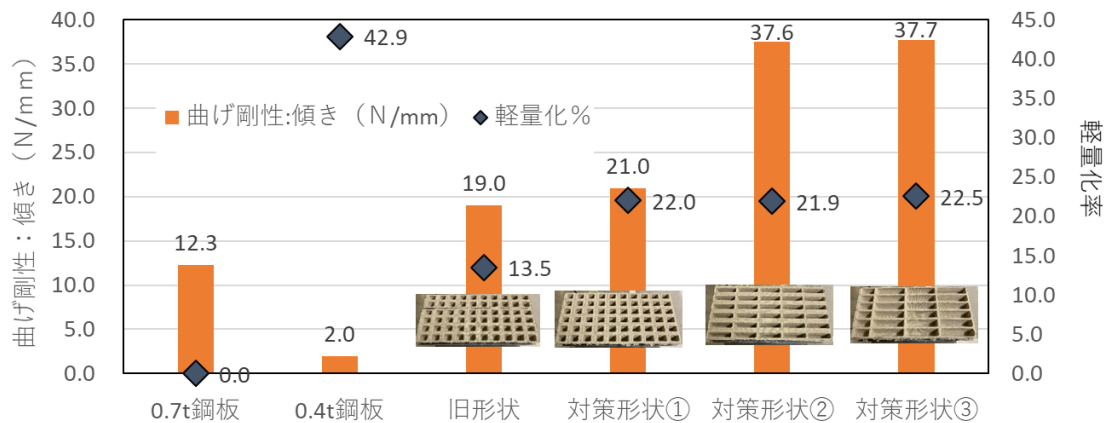


図 2. 1. 3. 2 パルプモールド対策品の補剛効果

2. 1. 4 (Computer Aided Engineering) CAE による最適配置検討

スライドドア形状にパルプモールド補剛を適用した場合の最適配置と軽量化効果を CAE にて検討した。

2. 1. 4. 1 CAE 解析条件

スライドドアを軽量化するため、アウターパネルの鋼板の板厚を図 2. 1. 4. 1. 1 に示すように現状 0. 7t に対し 0. 4t に薄肉化した。パルプモールドの補剛貼物エリアを図 2. 1. 4. 1. 2 に示すように最初 4 か所設定し、最適な最小貼付け面積配置を計算した。図 2. 1. 4. 1. 3 に示す 86 か所の負荷確認ポイントにて、目標以上の剛性が確保できるか確認を行った。



図 2. 1. 4. 1. 1 スライドドア軽量化内容

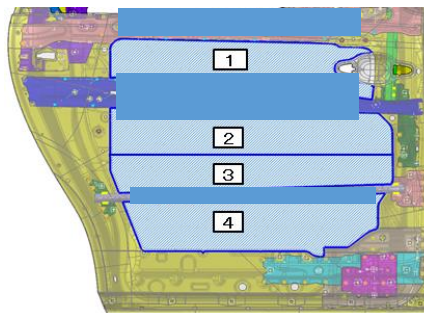


図 2. 1. 4. 1. 2 パルプモールドの補剛貼物エリア（計算初期）



図 2. 1. 4. 1. 3 負荷確認ポイント

2. 1. 4. 2 CAE 解析結果

パルプモールド補剛形状対策品①にて最小貼付け面積の検討の結果、図 2. 1. 4. 2. 1 に示す 4 か所の部位へ貼付けをすることが、今回のドア形状では最適な構造であることが分かった。図 2. 1. 4. 2. 2 に示したパルプモールドの貼り付け面積よりも軽量化効果の高い構造である。計算上 26. 5%軽量できこととなるが、図 2. 1. 4. 2. 4 に示すように一部部位（26、27 ポイント）で剛性対策の必要な部位が残る。そのため軽量化効果は少なくなると考えられる。パルプモールド補剛形状対策品③の CAE 解析結果を図 2. 1. 4. 2. 3 に示す。この場合も 4 か所の部位でパルプモールドを貼付けることが最適形状であることが分かった。今回の場合、図 2. 1. 4. 2. 4 に示すように抜本的な剛性対策が必要な部位はなく、図 2. 1. 4. 2. 2 に示すパルプモールドの貼りつけ面積より軽量化効果を確認した結果、アウターパネルの重量は 9581g から 7046g へと 26. 5%にあたる約 2. 5kg の軽量化が可能と考えられる。

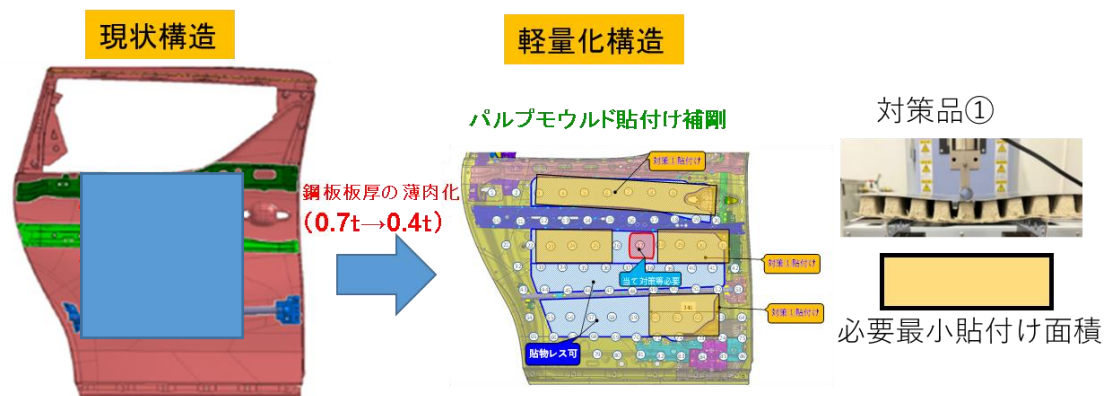


図 2. 1. 4. 2. 1 最小貼付け範囲の検討結果（対策品①）

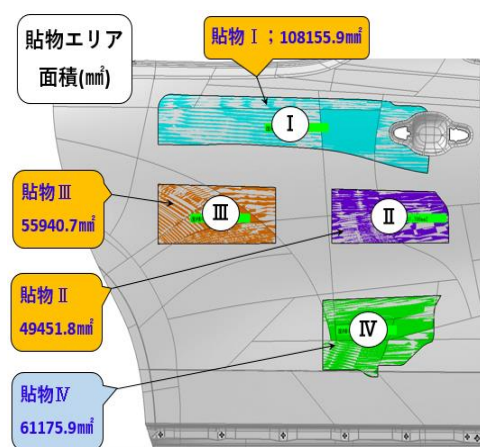


図 2. 1. 4. 2. 2 最小貼付け面積詳細（対策品① 対策品③）

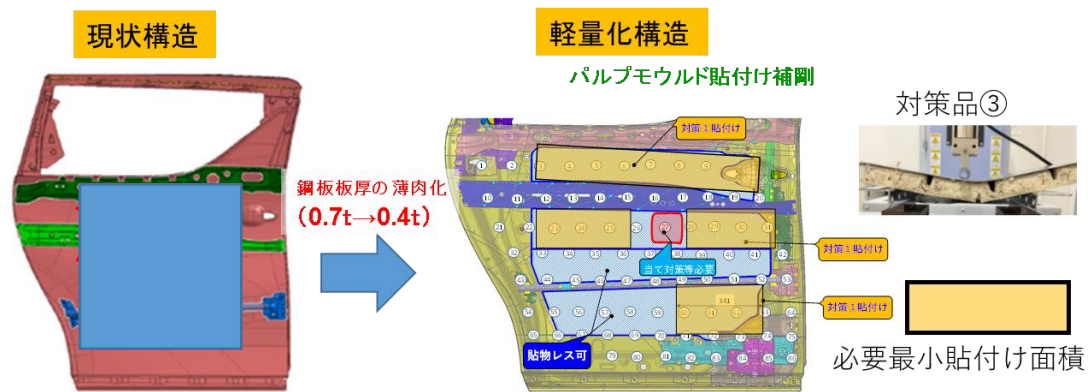


図 2.1.4.2.3 最小貼付け範囲の検討結果 (対策品③)

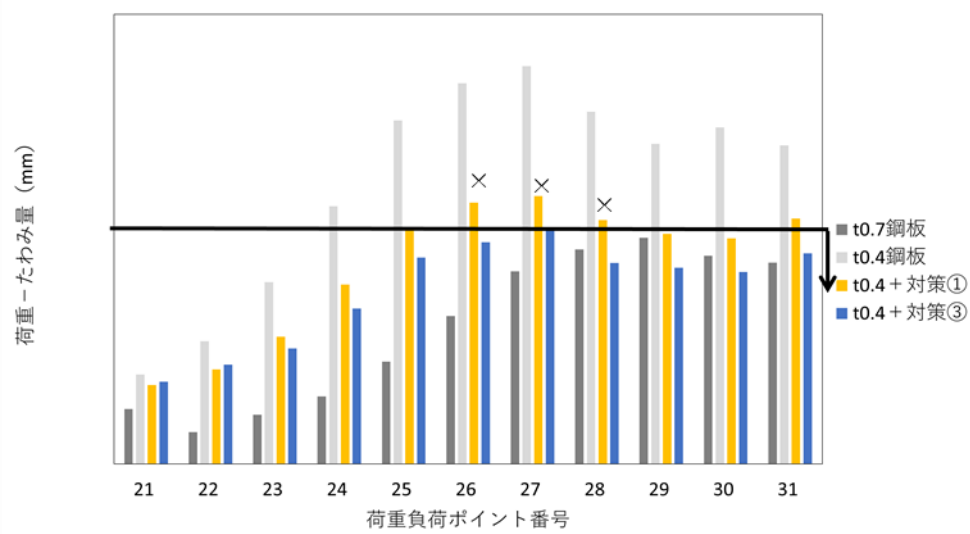


図 2.1.4.2.4 手押し剛性 CAE 計算結果

2. 2 パルプモールドその他機能（断熱性）

図 2.2.1 に示す熱伝導率測定装置にてパルプモールドの断熱性を測定した。単位板厚当たりの材料固有の値である熱伝導率や構成全体としての断熱性の指標となる熱抵抗 R の結果を表 2.2.1 に示す。パルプモールドはその素材自体に 80%の空気層を持つため断熱性能があり、樹脂板に対し熱伝導率は約 4 分の 1 と向上する。これは不織布の性能には若干劣るものの近い性能を示すことが分かった。又、表 2.2.2 に示すようにパルプモールドの凹凸形状を活用し、そこへ空間を持たせる等の施工の工夫を行うことで、さらなる断熱性能の付与が可能であることが分かった。

熱伝導率（ λ ）を JIS A 1412-2 に準拠して測定

熱抵抗 $R=dt/\lambda$ （ R ：熱抵抗、 dt ：試験体厚み、 λ ：熱伝導率）

から算出される熱抵抗で断熱性能を比較

熱伝導率測定装置

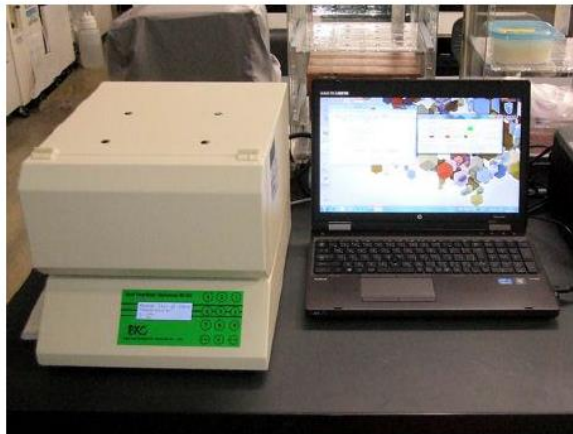


図 2.2.1 熱伝導率測定装置

表 2. 2. 1 材料単品の断熱性（熱伝導率、熱抵抗）

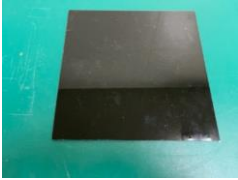
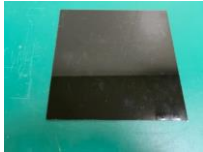
試験水準名	樹脂板(3t)	古紙パルプモールド板(3.7t)	不織布 13t
試験品（断面概要）			
			
熱伝導率 (W/m・K)	0.19	0.047	0.038
R:熱抵抗 (10 ⁻³ m ² ・K/W)	15.8	78.3	339.4

表 2. 2. 2 構成品の熱抵抗 R

試験水準名	樹脂板(3t)	樹脂板(3t)+パルプモールド 4t	樹脂板(3t)+空間+パルプモールド	樹脂板(3t)+不織布断熱材(13t)
試験品（断面概要）				
				
R:熱抵抗 (10 ⁻³ m ² ・K/W)	15.8	96.0	263.5	293.3

2. 3 リサイクル性

図 2.3.1 に示すパルプモールド部品のライフサイクルの中で、工程内リサイクルを想定し、リサイクル回数と材料劣化の関係を示す。

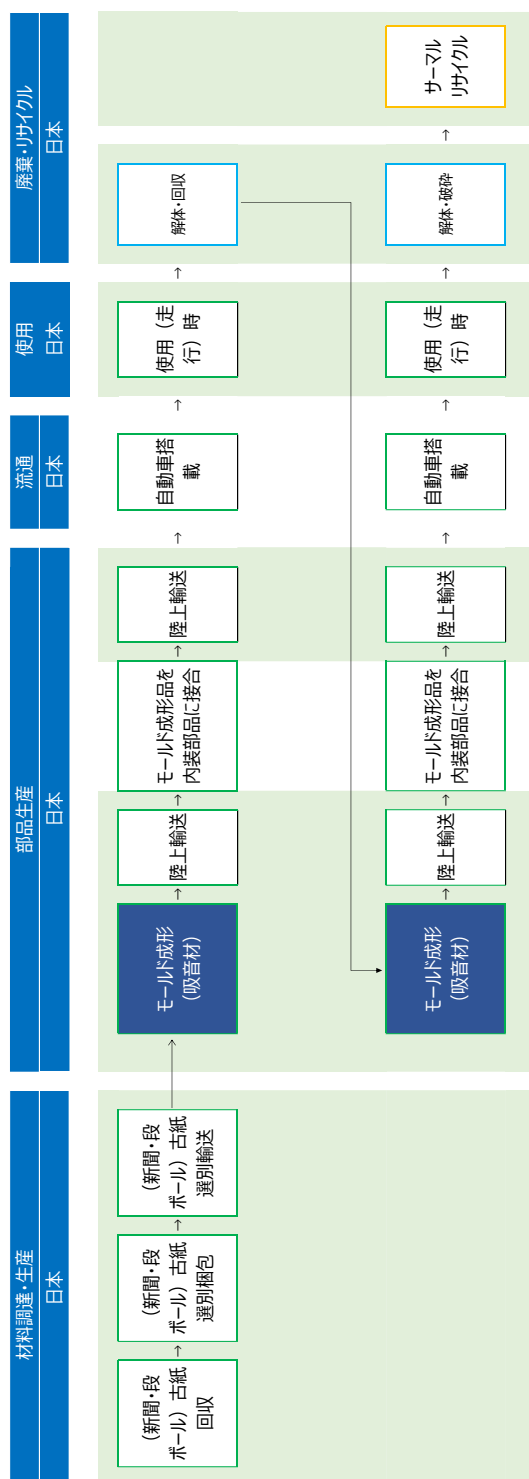


図 2.3.1 パルプモールド部品のライフサイクル

表 2.3.1 のパルプモールド工程内リサイクル検討水準

水準記号	水準
2-1	リサイクル前品（リファレンス）
2-2	リサイクル1回
2-3	リサイクル2回
2-4	リサイクル3回
2-5	リサイクル4回

2. 3. 1 試験方法

引張降伏強さ、引張破壊ひずみ、曲げ強度、曲げ弾性率の試験方法を下記に示す。

引張降伏強さ (50mm/min)	ISO527-1 に準ずる
引張破壊ひずみ (50mm/min)	ISO527-1 に準ずる
曲げ強度 (2.0mm/min)	ISO178 に準ずる
曲げ弾性率 (2.0mm/min)	ISO178 に準ずる

各試験の試験体数は3とした。

2. 3. 2 リサイクル後の引張降伏強さ

引張降伏強さの測定結果を図 2.3.2.1 に示す。今回の対策品はリサイクルを4回繰り返しても引張降伏強さの値に大きな低下は見られなかった。

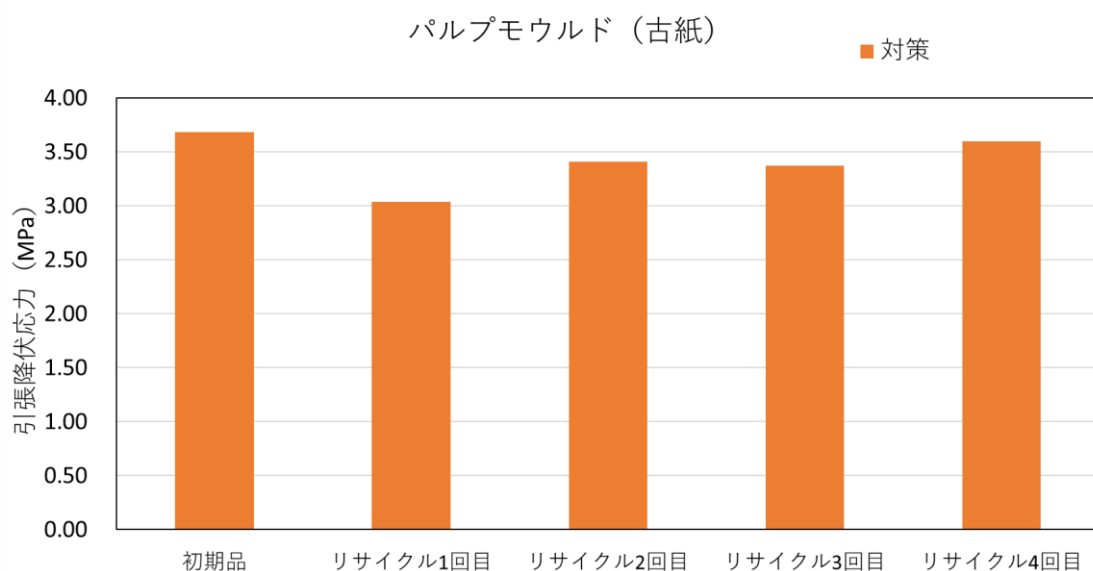


図 2.3.2.1 引張降伏強さ

2. 3. 3 リサイクル後の引張破断ひずみ

リサイクル後の引張破断ひずみの測定結果を図 2. 3. 3. 1 に示す。今回の対策品はリサイクルを 4 回繰り返しても引張破断ひずみの値に大きな低下はなかった。

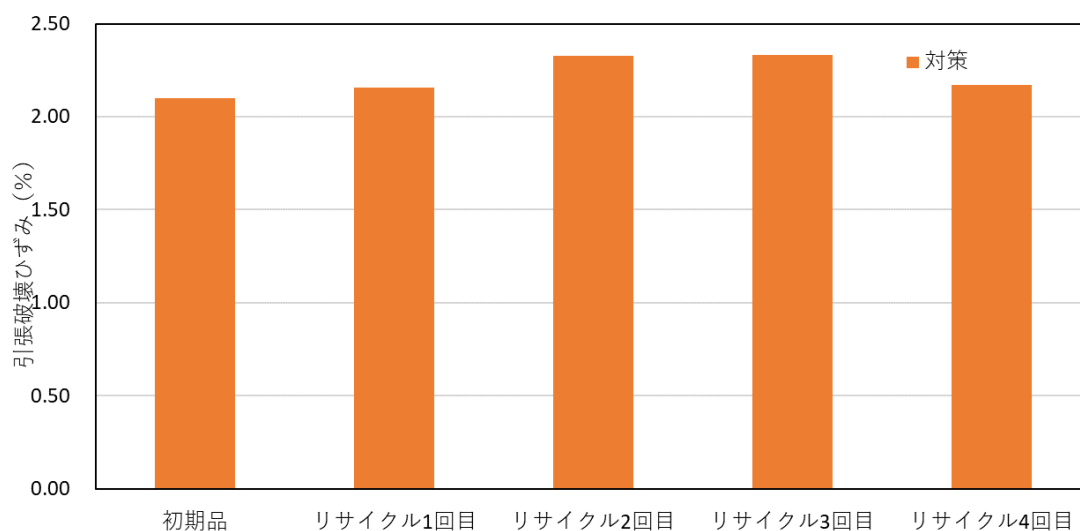


図 2. 3. 3. 1 引張破断ひずみ

2. 3. 4 リサイクル後の曲げ強度

曲げ強度の測定結果を図 2. 1. 7. 1 に示す。今回の対策品はリサイクルを 4 回繰り返しても曲げ強度の値に大きな低下はなかった。

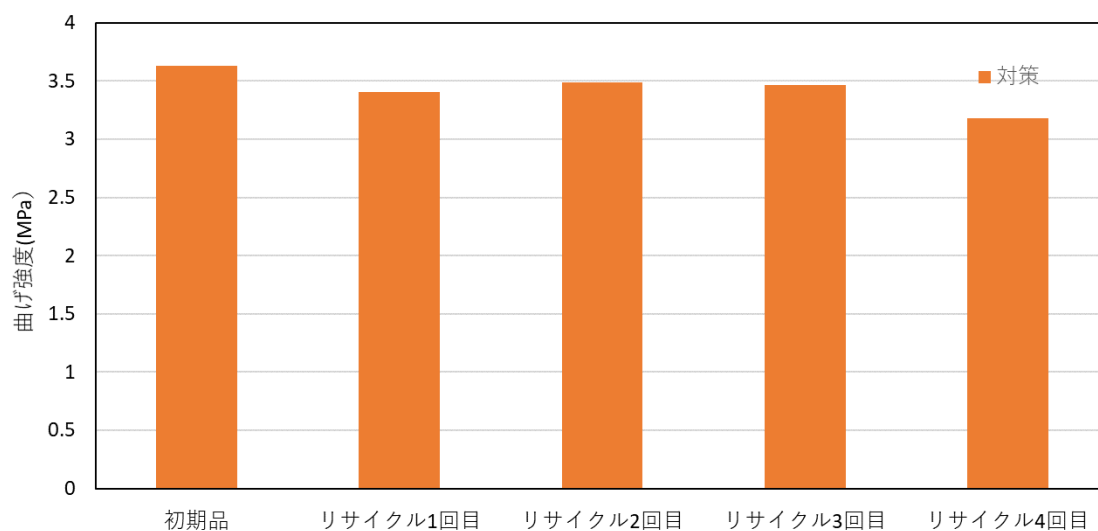


図 2. 3. 4. 1 曲げ強度

2. 3. 5 リサイクル後の曲げ弾性率

曲げ弾性率の測定結果を図 2.3.5.1 に示す。今回の対策品はリサイクルを4回行っても曲げ弾性率の値に大きな低下はなかった。

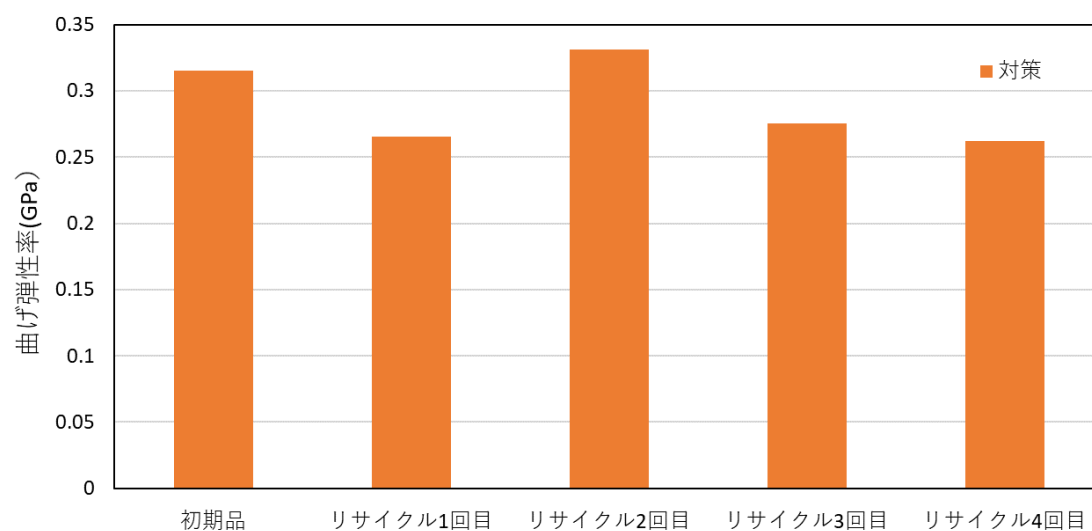


図 2.3.5.1 曲げ弾性率

2. 3. 6 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、回収、リサイクルを行ったパルプモールドの物性試験結果を図 2. 1. 2. 1～4 に示す。市場環境負荷後にリサイクルを行ったパルプモールドの物性は、熱老化、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ことが分かった。なお、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 IS0527-1、曲げ強度、及び、曲げ弾性率は IS0178 に準じて実施した。

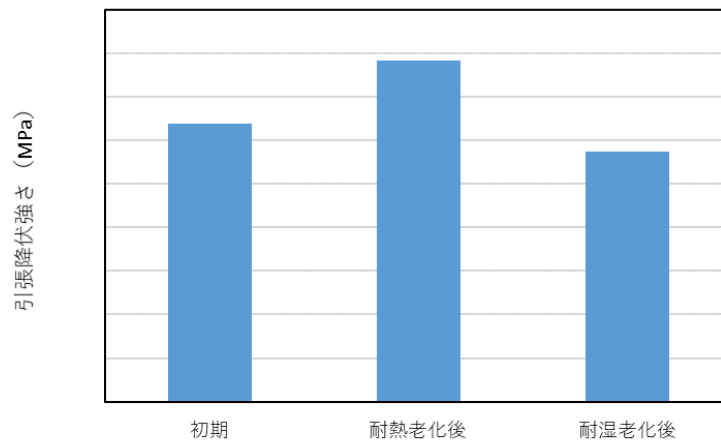


図 2. 3. 6. 1 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の引張降伏強さ変化

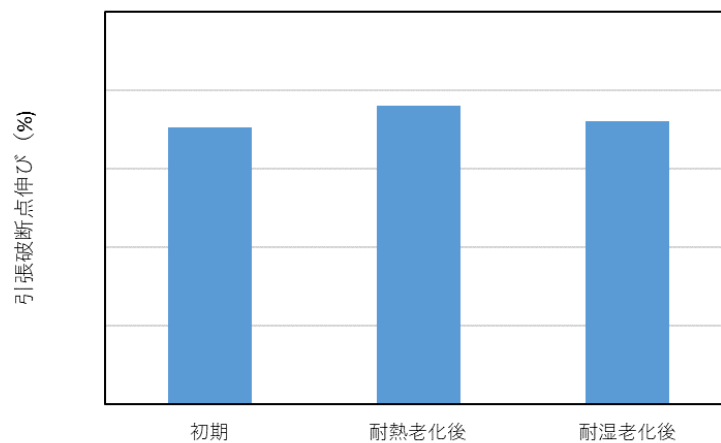


図 2. 3. 6. 2 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の引張破断伸び変化

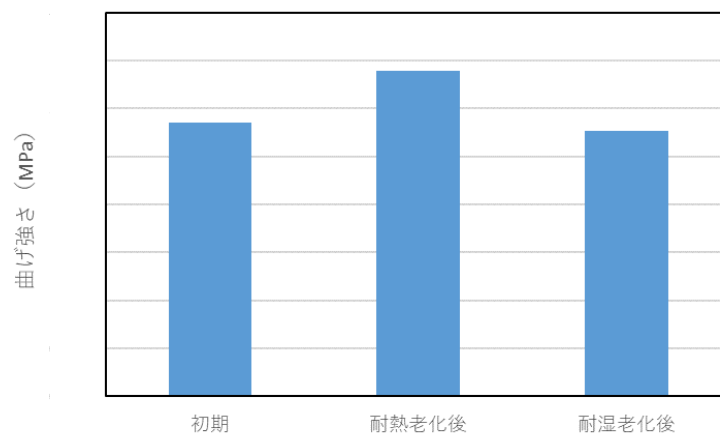


図 2.3.6.3 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の曲げ強さ変化

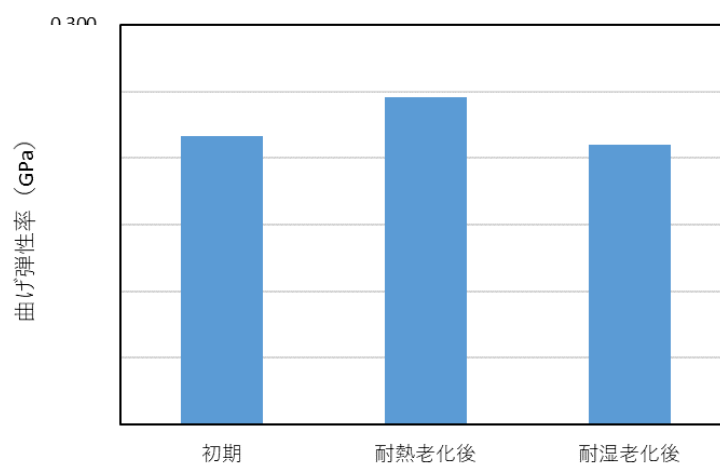


図 2.3.6.4 パルプモールド製品に市場負荷を与えた後の曲げ弾性率変化

2. 3. 7 パルプモールドのリサイクル性検証まとめ

パルプ繊維の解繊状態を制御しながら工程内リサイクルを実施した結果、物性の低下幅を小さくできることが確認できた。さらに、市場環境負荷を考慮したリサイクルの検証を行った結果、著しい物性の低下はないことが確認できた。

2. 4 まとめ

2章ではパルプモールドを鋼板に貼り付け補剛することで軽量化に寄与できないか、ドア外板にて検討を行った。具体的にはドアアウターパネル鋼板を0.7tから0.4tへと薄肉化し、弱体部へパルプモールドを貼付け補剛することで、軽量化を図った。パルプモールドの形状を工夫し、貼付け部位の最適化検討を実施した結果、20%以上の軽量化効果が期待できること、そして、断熱性能が付与できることが確認できた。但し、水濡れ対策や、組付け方法で課題が残っており、来年度はそれら課題の対策を考慮した試作、部品評価を行っていく。

3 植物繊維配合バイオプラスチック材料の性能評価

自動車内装部品への適用を目指し、植物繊維を配合した材料の検討として今年度は主に2種類の検討を行った。配合①は植物繊維とバイオPEを適度に配合し、植物度を向上した材料である。配合②は再生材使用率の向上ニーズに対応したリサイクルPPに植物繊維を配合させた材料である。

3. 1 基本配合①（植物繊維・バイオPE 配合材料）

基本配合①については、植物繊維とバイオPEを適度に配合し、物性と植物度向上のバランスをとった材料である。材料の製造概要を図3.1.1に示す。

【材料製造工法イメージ】

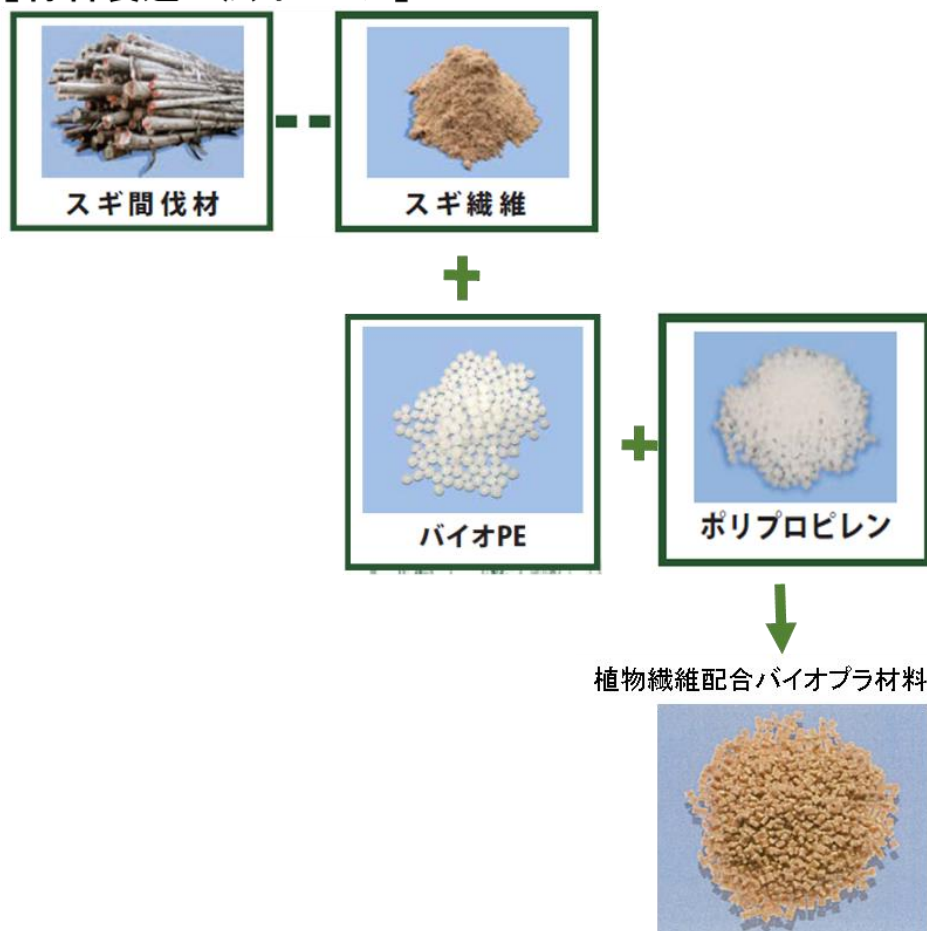


図 3. 1. 1 基本配合①製造工法概要

3. 1. 2 ターゲット部品

図 3.1.2.1 に示すような内装部品への適用を検討した。植物使用量の向上を狙い、比較的大物の足回り部品を選定した。



図 3.1.2.1 内装ターゲット部品

3. 1. 3 懸念特性の確認

植物繊維を配合することによる主な懸念特性として、揮発成分の影響によるガラス霞性や揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds ; VOC) の悪化、耐光性や衝撃性の低下があげられる。まずはこれらの特性を確認し課題の洗い出しならびに対策検討を実施した。

3. 1. 4 ガラス霞性

自動車の運転手が安全な視界を確保し走行できる様、自動車内装部品については、構成材料から揮発する成分の量に規制が設けられている。人体への影響はもちろん、他部品への揮発性成分の付着等を防ぐために規格・規定値を設け、材料性能の一つとして評価される。植物繊維を添加したことによる影響を確認するため評価を実施した。図 3. 1. 4. 1 に揮発物質量を定量化するフォギング試験方法の例を示し、実際に図中ガラス板の揮発成分による曇価をヘーズメーターによって定量化した評価結果を図 3. 1. 4. 2 にまとめた。曇価については、試験前のガラス板が 100%であり、試験後のガラス板については曇りが小さいものほど曇価は高い値を示す。試験結果より、今回測定した温度領域においては、植物繊維を添加することによる曇価への影響は小さいと考えられる。

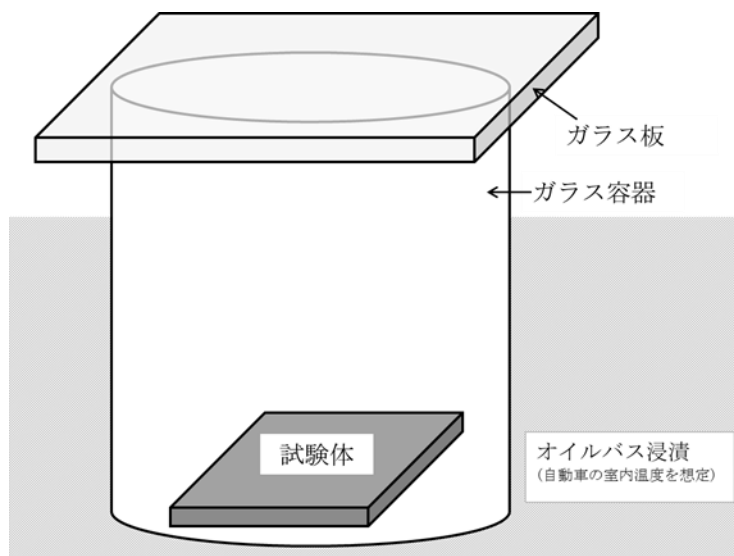


図 3. 1. 4. 1 ガラス霞性試験方法

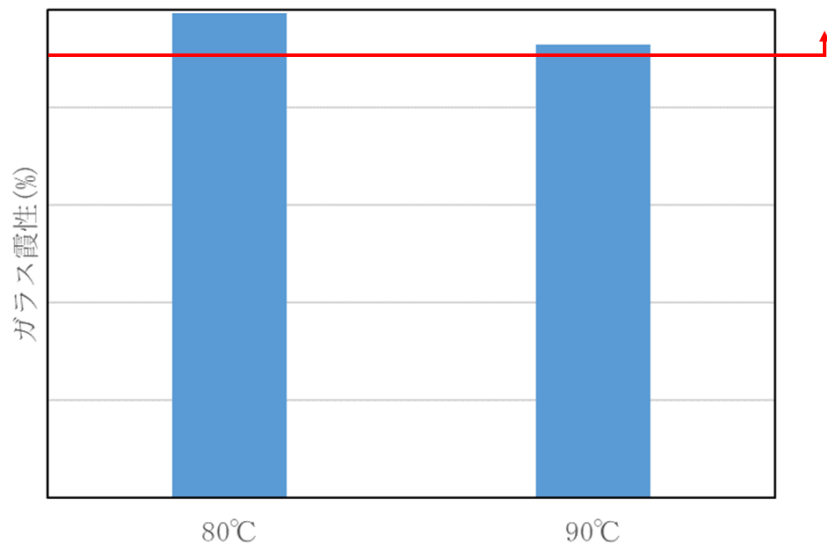


図 3. 1. 4. 2 ガラス霞性試験結果

3. 1. 5 VOC 試験

自動車内装部品においては、シックハウスの原因物質となる VOC 成分について指針値が設けられている。そこで、厚生労働省の室内濃度に対する VOC 指針値指定物質に対し確認を行った。結果を図 3.1.5 に示す。

確認結果より、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの発生量が高いため対策が必要であることが分かった。

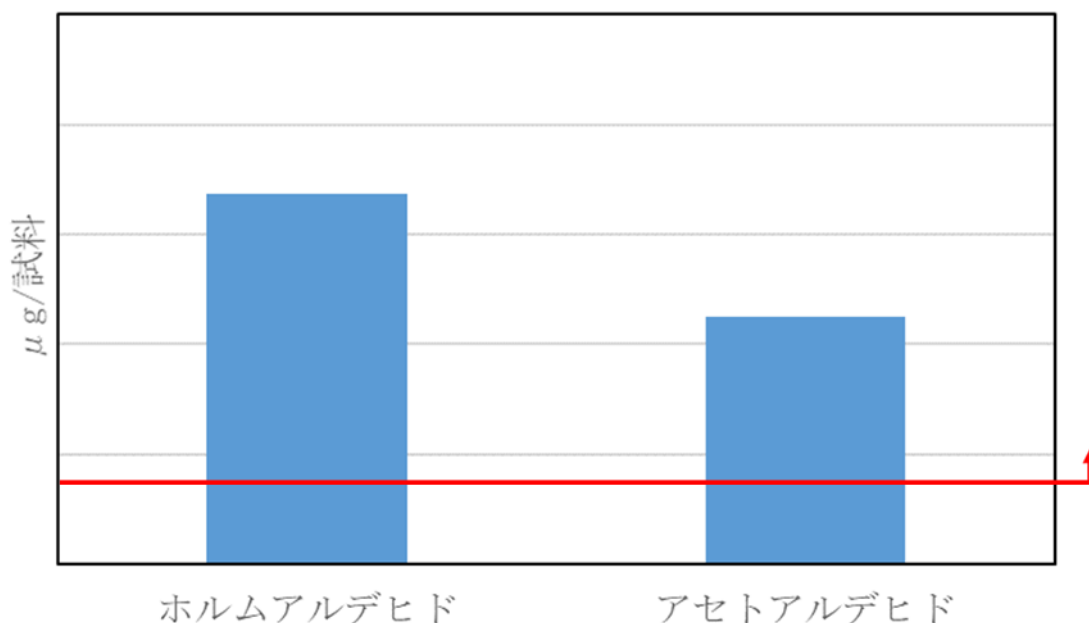


図 3.1.5.1 VOC 試験結果

3. 1. 5. 1 VOC 対策検討

ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒド発生量の低減対策を検討した。水準を表 3.1.5.1.1 に示す。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繊維の分解が考えられる。測定結果を図 3.1.5.1.1、図 3.1.5.1.2 に示す。成形後のアニール処理による揮発物の除去や成形温度条件の低減による分解の抑制では規格を満たすには不十分であることが分かった。一方、キャッチャー剤の添加により、効果的にホルムアルデヒドならびにアセトアルデヒドの低減ができることが分かった。

表 3.1.5.1.1 VOC 対策水準

水準	アニール処理	成形温度	キャッチャー剤添加量(wt%)
オリジナル	なし	高	0
1	あり	高	0
2	なし	低	0
3	なし	高	A
4	なし	高	B

ホルムアルデヒド発生量

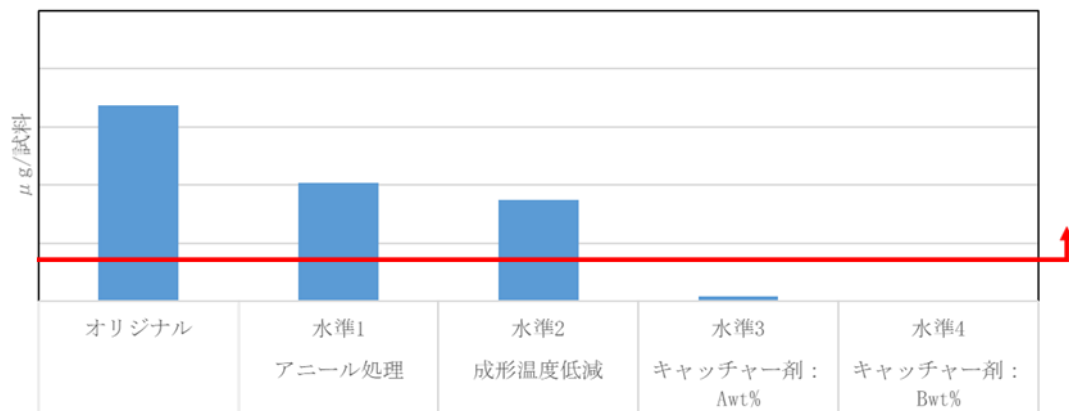


図 3.1.5.1.1.1 ホルムアルデヒド試験結果

アセトアルデヒド発生量

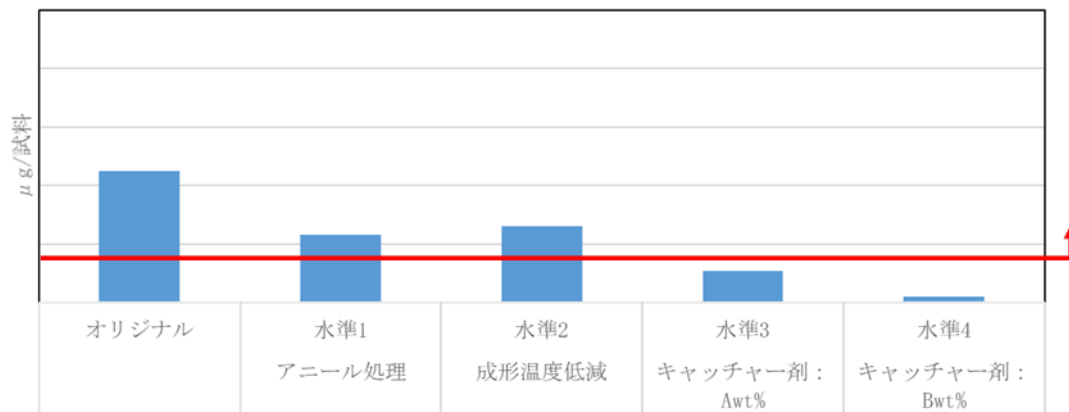


図 3.1.5.1.1.2 アセトアルデヒド試験結果

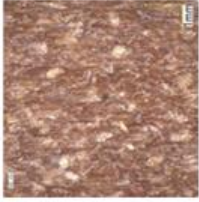
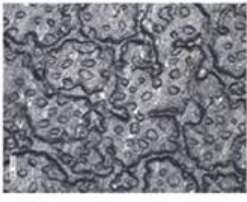
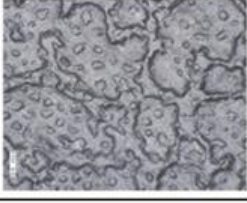
3. 1. 6 耐光性試験

プラスチックは紫外線により酸化し低分子化することが知られている。植物材料についても同様である。従って、日光の直射を受ける内外装部品に植物材料を適用する場合、紫外線による材料特性への影響を理解しておくことは非常に重要である。また、多くのプラスチック樹脂が紫外線により変質し、色味や艶の変化を伴うことから、紫外線による影響は力学物性変化だけではなく、部品の外観に与える変化も懸念される。植物材料の耐光性を評価する方法として、自動車の内装材の耐光性評価に用いられているキセノンランプを用いた促進劣化試験を実施した。

試験は光源にキセノンランプを用い、試験前後の成形体の色差、光沢保持率、外観変化について評価した。結果を表 3.1.6.1 に示す。

ナチュラル色では植物繊維の白化により変色が目立ち ΔE の変化が大きかった。一方、黒色に着色することで変色は抑えられることが確認できた。今後、様々な意匠展開を考えると、淡色系での性能確認と対策要否の検討をしていく必要があると考える。

表 3.1.6.1 耐光性試験結果

水準	照射時間 (MJ)			色差 (ΔE)		光沢保持率 (%)		外観	
	0	150	300	150	300	150	300	150	300
ナチュラル色				6.1	18.3	78	91	白化 色抜け	白化 色抜け
黒色				0.7	1.1	119	133	問題なし	問題なし

3. 1. 7 衝撃強度

自動車内装部品における耐衝撃性は重要な特性である。外部からの衝撃荷重に耐える強度が必要なことはさることながら、破壊時の形態は適用部位によっては人に危害を加える要因となる。植物繊維を配合することで、プラスチックの耐衝撃性が低下することは課題の一つであり、今回その対策検討をした。図3. 1. 7. 1に試験結果を示す。使用樹脂の種類、配合量や植物繊維の形状を工夫することで植物度を増やししながら既存材に対し性能を向上することができ、今年度の目標値を達成することができた。

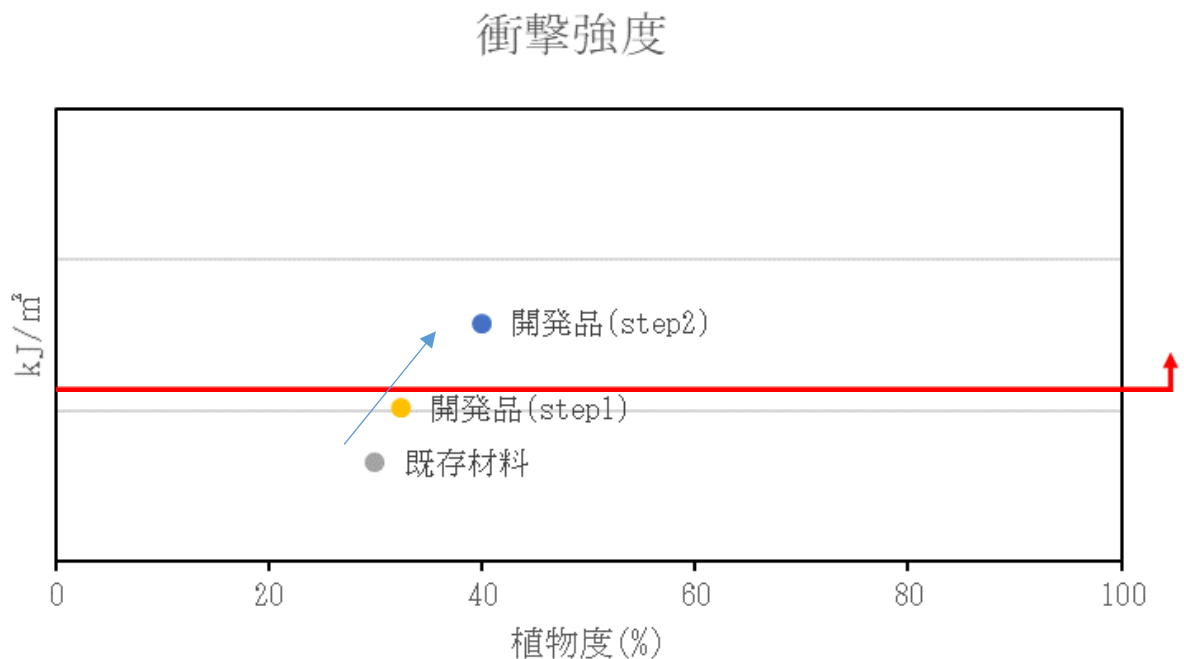


図 3. 1. 7. 1 衝撃試験結果

3. 1. 8 部品の成形性確認

射出成形にて部品を製造するためには、樹脂溶融時の流動性が重要な特性となる。植物繊維を配合することで材料の流動性は悪化する傾向にあるため、使用する樹脂や植物繊維のサイズを工夫し樹脂の流動性を向上することに成功した。但し、複雑な形状や大きな形状の部品への対応には課題が残っている。意匠性の面からもまだ改善は必要である。引き続き樹脂の流動性を高めていく。図 3.1.8.1 に流動性 (Melt Flow Rate : MFR) の結果を示す。既存材に対し MFR は向上した。これにより、図 3.1.8.2 の部品形状に成形することが可能となった。

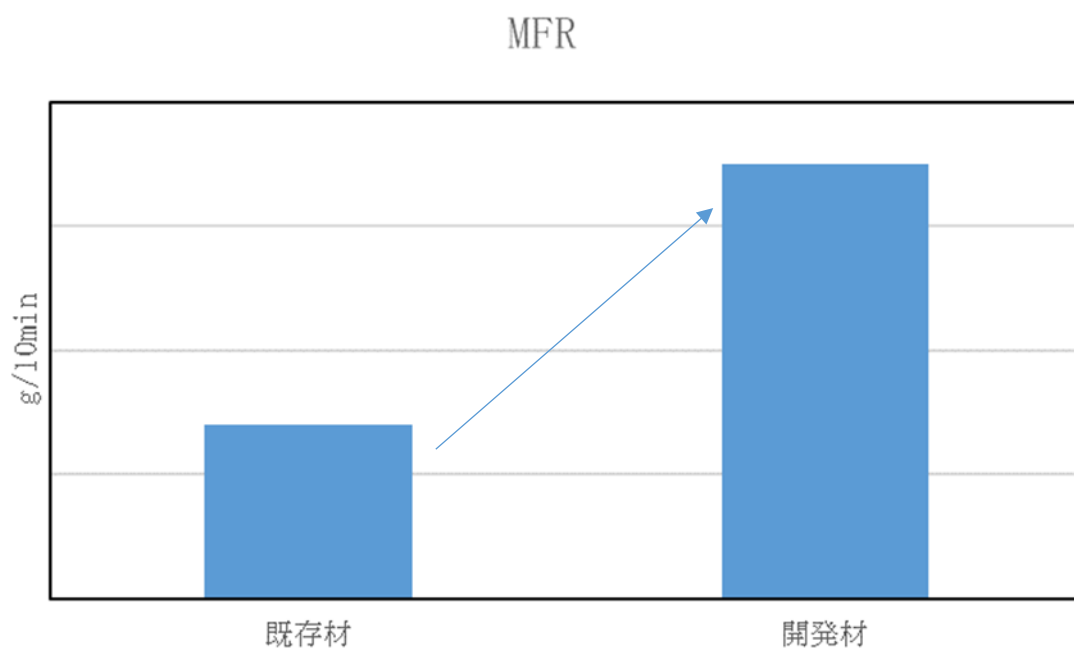


図 3.1.8.1 MFR 試験結果

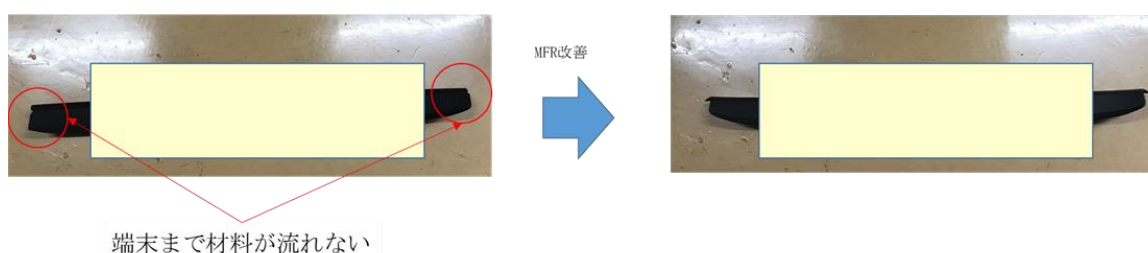


図 3.1.8.2 部品成形結果

3. 1. 9 部品評価

自動車内装部品への適用を目指し、成形した部品の評価を実施することとした。今回選定した内装部品のスカッフプレートは、夏場は高温高湿下、冬場は低温環境下にさらされる。また、足元の部品のため人の足が当たる、物を落とすといった衝撃荷重が加わる部品でもある。このような環境を考慮した部品評価を実施した。

3. 1. 9. 1 湿冷熱繰り返し試験

図 3.1.9.1.1、3.1.9.1.2 に湿冷熱繰り返し試験の結果を示す。高温・高湿度～高温～低温のサイクルを繰り返し、試験前後での部品の外観や寸法変化を確認した。その結果、外観異常や著しい変形はなく、最大変形量は既存品以下であった。



図 3.1.9.1.1 湿冷熱試験結果

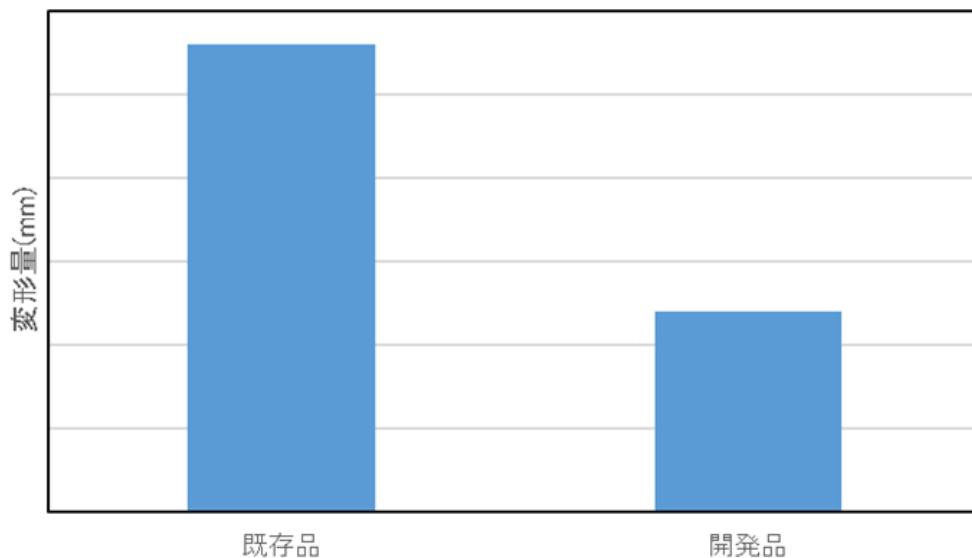


図 3.1.9.1.2 湿冷熱試験後変形量

3. 1. 9. 2 耐衝撃性

図 3.1.9.2.1 に耐衝撃試験のための試験片設置の状態を示す。試験を実施するにあたり車両での構造を再現した治具を作製し、それに組み付けた状態で実施した。プラスチックは低温で固く脆くなり耐衝撃性が低くなる。冬場の環境を想定した試験槽に試験体を設置し、環境温度になるまで十分に放置した後試験を実施した。試験結果を図 3.1.9.2.2 に示す。衝撃強度は目標値を達成できる可能性があることが分かった。最終的には実車組付け状態で確認していく必要がある。

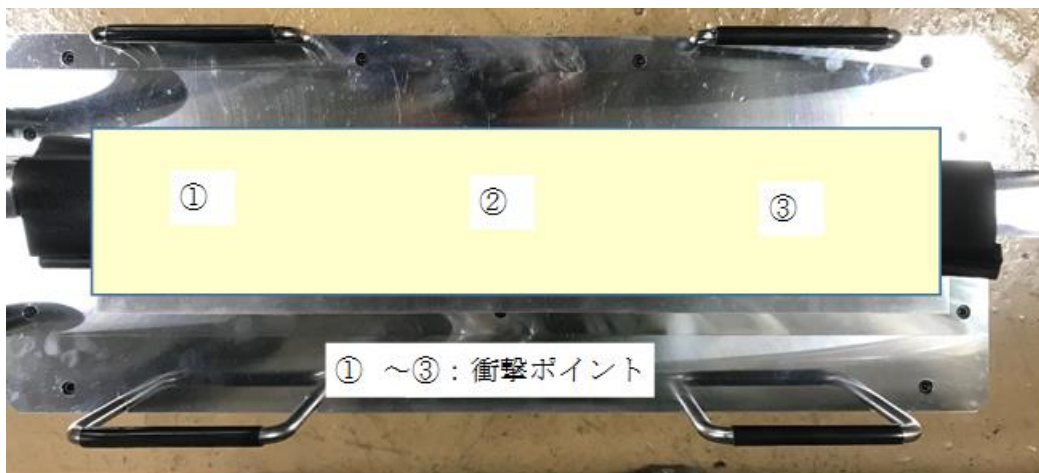


図 3.1.9.2.1 耐衝撃試験治具組付け状態

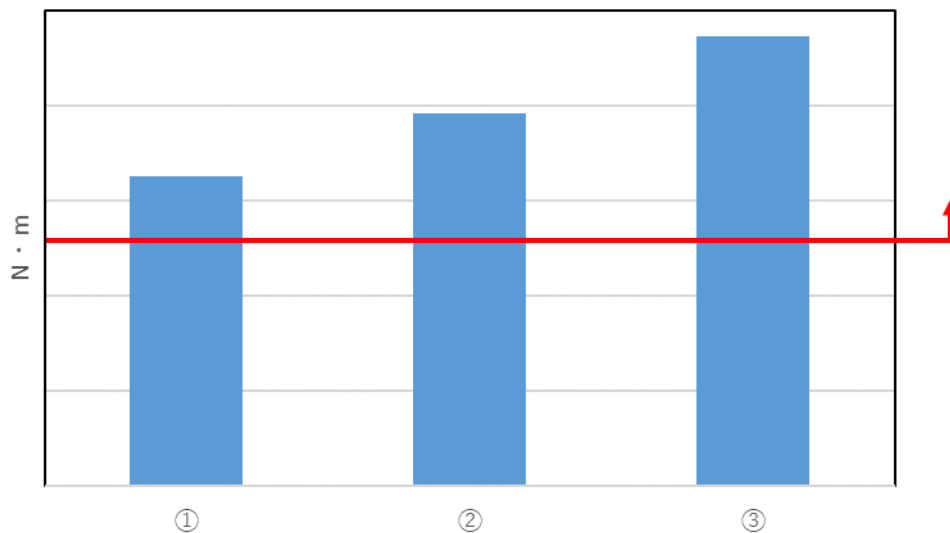


図 3.1.9.2.2 耐衝撃試験結果

3. 1. 10 リサイクル性検証

開発材料のリサイクルを考える上で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3.1.10.1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、最後に市場での環境下となる。市場回収リサイクルをすることは、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。

本節では、実際の工程内リサイクルで繰り返しかかる熱負荷を想定し、材料劣化状況を把握する。

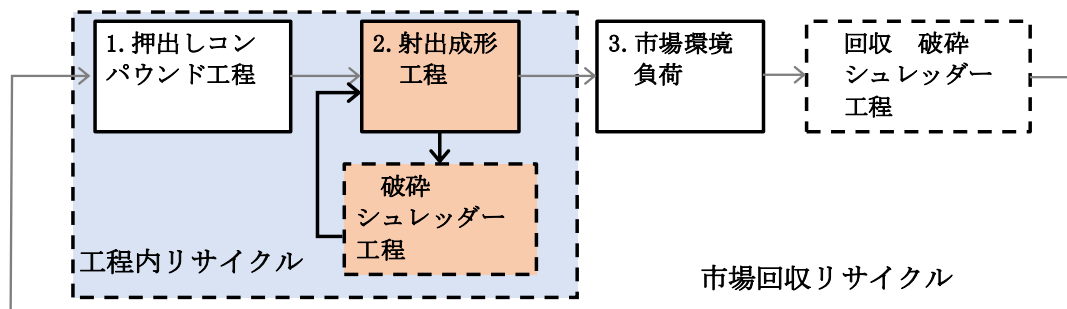


図 3.1.10.1 部品のライフサイクル

3. 1. 10. 1 リサイクル回数と物性

図 3.10.1 に示すように工程内リサイクルでは射出成形によるバイオプラスチック廃材を破碎後再び射出工程に戻す。工程内リサイクルの繰り返し回数の水準を 1 回から 5 回まで振り、成形されたバイオプラスチックの劣化状態を物性の変化から把握することにした。なお、工程内リサイクルの定義は、射出成形後のものを 100%破碎処理し、再度射出成形したものを 1 回リサイクルとする。

3. 1. 10. 2 リサイクル成形条件

成形機は図 3.1.10.2.1 に示す住友重機工業(株)製射出成型機 SH75(75t)を使用、成形条件詳細は表 3.1.10.2.1 に示すように設定し検討を行った。



図 3.1.10.2.1 成形機 SH75

表 3.1.10.2.1 リサイクル条件

		温度条件(°C)				金型温度 (°C)	保圧(%)	
		HN	H1	H2	H3		1次	2次
リサイクル回数	0回	185	190	200	200	40	22	24
	1回	185	190	200	200	40	22	24
	2回	185	190	200	200	40	22	24
	3回	185	190	200	200	40	22	24
	4回	185	190	200	200	40	22	24
	5回	185	190	200	200	40	22	24

3. 1. 10. 3 物性変化

ISO に基づく試験を行った。開発材料の工程リサイクル回数を増加させた場合の物性試験結果を表 3. 1. 10. 3. 1 に示す。リサイクルを繰り返すごとにわずかに強度物性の低下がみられたものの、5 回繰り返し時点で数%の低下にとどまり大きな変化はなかった。これはセルローズ系繊維材料がしなやかな材料でありガラス繊維のように混練負荷により簡単に折れてしまうことがないこと、そして、劣化が進まない温度、滞留時間である推奨成形条件にて成形されているためであると考えられる。

表 3. 1. 10. 3. 1 物性結果

試験項目	試験条件	単位	試験方法	リファレンス	リターン①	リターン②	リターン③	リターン④	リターン⑤
メルトフローレート	230℃、2.16kg	g/10min	ISO 1133 JIS K 7210	22.0	22.0	23.2	23.2	23.2	24.1
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1 JIS K 7111	6.7	6.6	6.5	6.3	6.3	6.2
引張降伏強さ	試験速度50mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	18.9	18.7	18.4	18.3	18.0	18.0
引張破壊ひずみ	試験速度50mm/min	%	ISO 527-1 JIS K 7161	5.5	5.9	5.7	5.6	7.8	6.0
引張弾性率	試験速度1mm/min	MPa	ISO 527-1 JIS K 7161	2020	2000	1950	1910	1890	1880
曲げ強さ	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	29.5	28.8	28.6	27.7	27.7	27.1
曲げ弾性率	試験速度2mm/min	MPa	ISO 178 JIS K 7171	1920	1920	1900	1870	1830	1810
ロックウェル硬さ	R硬さスケール	—	ISO 2039-2 JIS K 7202-2	68	67	67	67	66	65
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1 JIS K 7191	113	112	111	111	110	110
比重	水中置換法	—	ISO 1183 JIS K 7112	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01

3. 1. 1 1 まとめ

基本配合①にて、自動車内装の足回り部品をターゲットとして、適用検討を実施した。材料物性として揮発成分の影響、耐光性が懸念項目としてあるが対策手法を織り込むことで目標達成が可能であることが分かった。また、部品評価においては、成形性、耐熱性及び耐衝撃性が懸念項目として挙げられたが、評価結果より目標達成の可能性を確認できた。

今後の課題として、成形性についてはさらに外観品質を向上していく必要があり、部品評価についてはより実車設置に近い状態での評価が必要である。

3. 2 基本配合②（植物繊維・リサイクルPP 配合材料）

基本配合②は再生材使用率向上ニーズに対応するリサイクル材に植物繊維を配合した材料である。図 3. 2. 1 に基本配合②の製造工法概要を示す。

リサイクルPPを検討した目的としては、低コスト化、環境負荷低減、そして再生材使用比率の向上である。今回検討のリサイクルPPは、PIR（Post Industrial Recycled）といわれる、工場で発生するバージンPPによる射出成形時の不良品などをリペレットすることで得られたものを使用している。最終的にはPCR（post-consumer recycled resin）といわれる市場から回収したリサイクル材料の活用を目指す。

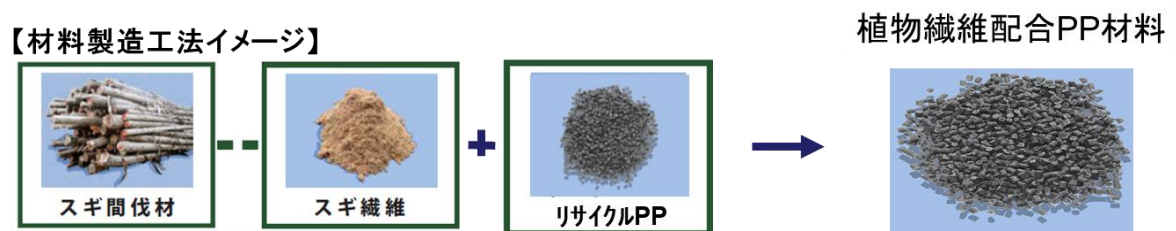


図 3. 2. 1 リサイクルPPおよびスギ繊維を利用した部品製造工程フロー

3. 2. 2 ターゲット部品

図 3. 2. 2. 1 にターゲット部品を検討する超小型電気自動車コムス（以下、コムスと記載する）を示す。



図 3. 2. 2. 1 ターゲット車両（超小型電気自動車コムス）

今回、図 3. 2. 2. 2 に示すインパネをターゲット部品として選定した。インパネは内装部品の中でも温度も高温になり易く要求性能が高い部品である。インパネ部品への適用が可能であることが分かれば、他の内装部品への適用拡大も期待できる。



内装部品(インパネ)
への適用を目指す

図 3. 2. 2. 2 ターゲット部品（インパネ）

3. 2. 3 基本材料物性および懸念項目

表 3. 2. 3. 1 に基本配合②および現行材の材料物性を示す。現行材と物性比較した結果、スギ繊維の配合により、耐衝撃性と収縮特性で変化があり、部品評価

による確認が必要であると考えられる。

つまり、耐衝撃性では、表におけるシャルピー衝撃強度の数値が低く、インパネに衝撃が加わった時の必要特性を満たすかどうか確認をする必要がある。また、収縮特性の変化とは、成形収縮率の数値が異なっていることを示しているが、現行材向けに作製された金型をそのまま使用ことによる部品の寸法が異なることが予測される。その影響で、組付け不良や部品特性を満たさないことが懸念されるため確認を行った。

また、表 3. 2. 3. 1 には示されていないが、植物繊維配合による揮発成分の部品性能への影響や耐光性についても確認を実施した。

表 3. 2. 3. 1 基本配合②と現行材の材料物性

試験項目	条件	単位	基本配合②	現行材
M F R	230℃	g/10min.	21	24
密度		g/cm ³	0.95	1.04
引張降伏応力	50mm/min	MPa	25	21
曲げ強度	2mm/min	MPa	37	33
→ シャルピー衝撃強度	23℃	KJ/m ²	3.9	14
耐熱変形温度	0.45MPa	℃	115	111
	1.80MPa	℃	64	65
→ 成形収縮率	MD	%	0.9	0.8
	TD	%	0.9	0.7

3. 2. 4 成形性

インパネ部品の成形性を確認した。現行材と比較し、基本配合②は、ほぼ同等の成形条件、つまり、射出速度、射出圧、保圧、保圧時間、冷却時間、サイクルタイムで、図 3. 2. 4. 1 に示すインパネ本体とセット取りの物入れ関連の部品、合計 4 部品が成形できた。



図 3. 2. 4. 1 基本配合②によるコムス・インパネ成形品

3. 2. 5 成形収縮性

今回の基本配合②の材料は現行材料と比較して成形収縮性で差があるため寸法精度の確認を行った。インパネ部品の各箇所寸法を測定し、組み付け不良の有無を評価した。図 3.2.5.1 にインパネ部品の全体図、図 3.2.5.2 にインパネ部品中の寸法精度における重要部位を拡大した図を示す。表 3.2.5.1 に各測定箇所の寸法データを示す。寸法データは、組み付け寸法において、適合している現合材の寸法との差で示した。

測定箇所 A, F, G, H, I, G, L, K, L は寸法が図面公差内で問題ないことが確認できた。ちなみに、測定箇所 F~K は、重要部位となる。これは、ハンドル、ウィンカー、メーター、ハザードランプスイッチなど、運転操作に影響を与える部品との組み付けに影響する部位である。これら重要箇所の寸法は公差内に収まることが分かった。但し、測定箇所 B については現行部品に対し寸法差が-2.05mm と比較的大きかった。

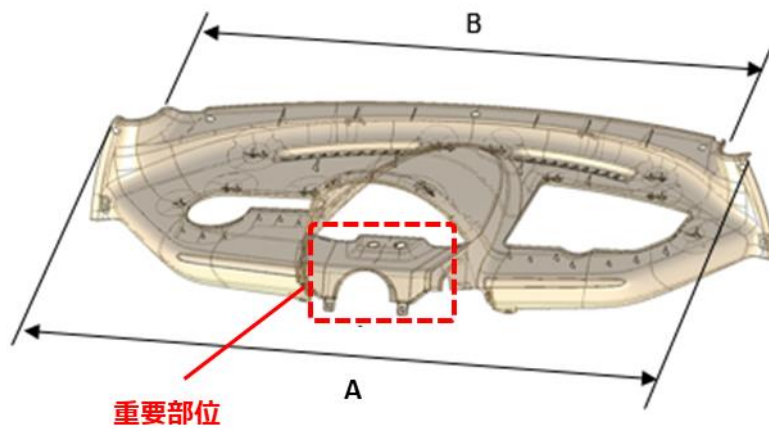


図 3.2.5.1 コムス・インパネ部品の全体図

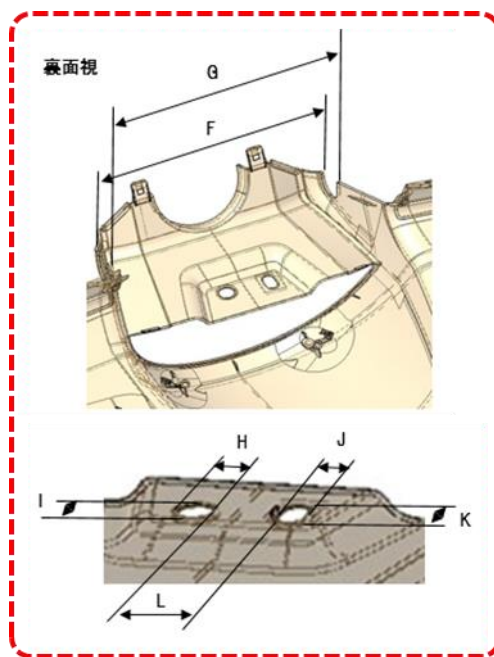


図 3.2.5.2 コムス・インパネ部品の寸法精度における重要部位

表 3.2.5.1 コムス・インパネ部品の各寸法

測定箇所	寸法差 (基本配合②－現合材；mm)	判定
A	0.05	○
B	-2.05	△
F	0.21	○
G	0.37	○
H	0.28	○
I	-0.09	○
J	-0.38	○
K	0.01	○
L	0.17	○

○：合格、×：不合格、△：車両評価での判断が必要

3. 2. 6 落錘衝撃

3.2.3 項にて、現行材と比較し、耐衝撃性が懸念事項であることを述べた。そこで、コムス・インパネの使用環境から考えられる衝撃力を加え、その性能を評価した。図 3.2.6.1 に落錘衝撃試験の様子および落下ポイントを示す。落錘試験には、インパネ部品の中でポケット部品とその蓋の部品へ、真冬を想定し、 -5°C の雰囲気下で実施した。基本配合②と現行材と比較をした結果を表 3.2.6.1 に示す。現行材では、50 cm の落下高さまでインパネ部品に変化は見られなかったが、基本配合②では、30 cm にて白化し、50 cm にて割れが生じた。つまり、現行材に比べ、基本配合②は、劣る結果となった。しかし、図 3.2.6.2 に示すように、コムス車両におけるインパネとフロントガラスとの距離は、20~25 cm であることから、物を落下させるモードとしてはスマホ等の物を投げ入れる程度の衝撃と考えられ、本部品については十分な耐衝撃性を保持していると考えられる。



図 3.2.6.1 落錘衝撃試験の様子および落下ポイント

表 3. 2. 6. 1 落錘衝撃試験の結果

落下高さ (c m)	基本配合②	現行材
10	○	○
20	○	○
30	○白化	○
40	○白化	○
50	割れ	○

○：合格

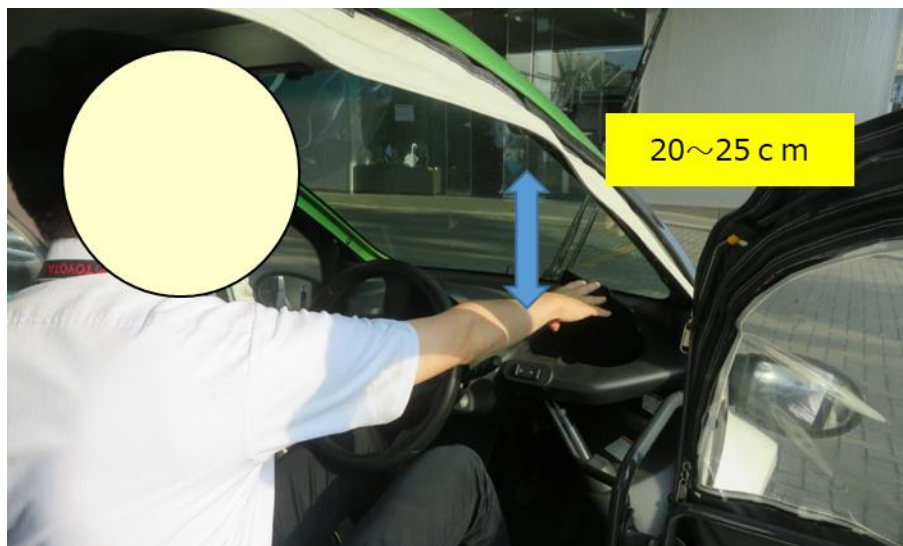


図 3. 2. 6. 2 コムス車両におけるインパネとフロントガラスとの距離

3. 2. 7 ガラス霞み性

自動車の運転手が安全な視界を確保し走行できるよう、自動車内装部品では、構成材料から揮発する成分の量に規制が設けられている。コムのインパネを適用する上でも同様に、フロントガラスの視界確保が可能かを確認する必要がある。リサイクルPPの使用および植物繊維を添加したことによるガラス霞み性への影響を確認する評価を実施した。

図 3.2.7.1 に揮発物質量を定量化するガラス霞み試験方法の例を示す。図中ガラス盤の揮発成分による曇価をヘーズメーターによって定量化した。評価結果を表 3.2.7.1 に示す。曇価については、試験前のガラス板が 100%であり、試験後のガラス板については曇りが小さいものほど曇価は高い値を示す。

基本配合②において、現行材と変わらず、著しい曇り発生せず、目標を満足した。リサイクルPPの使用および植物繊維添加による曇価悪化への影響は小さいと考えられる。

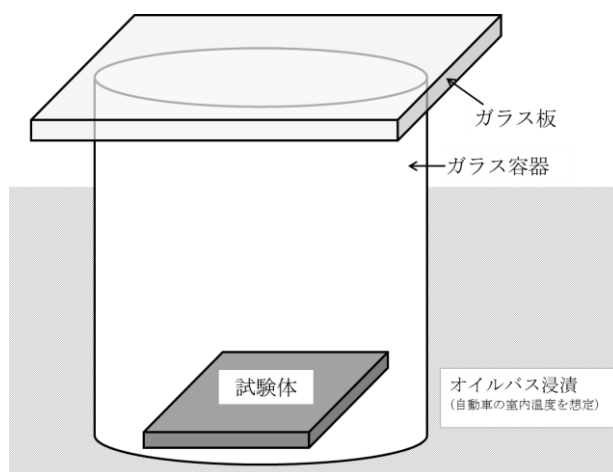


図 3.2.7.1 ガラス霞み性試験方法

表 3.2.7.1 基本配合②のガラス霞み性試験結果

【100℃】		[凡例]			
		○ ; 合格 × ; 不合格			
N数	判定	基本配合②		現行材	
		コムス・インパネ	判定	コムス・インパネ	判定
n=1	90%以上	99.5	○	99.5	○
n=2		99.4	○	99.7	○
平均		99.4	○	99.6	○
		合格		合格	

3. 2. 8 耐光性試験

プラスチックは紫外線により酸化し低分子化することがよく知られている。リサイクル PP に植物繊維を添加した基本配合②についても同様である。リサイクル PP (PIR) では、バージン PP よりも加工時の熱履歴が多いため、酸化劣化が進んでいる可能性がある。直射日光を受ける自動車内外装部品に適用をする場合、紫外線による材料特性への影響を理解しておくことは重要なことである。また、多くのプラスチック樹脂が紫外線により変質し、色味や艶の変化を伴うことから、紫外線による影響は力学物性変化だけではなく、部品の外観に与える変化も考えなければならない。コムスのインパネも直射日光にさらされる。そこで基本配合②の耐光性評価として、自動車の内装材の耐光性評価に用いられているキセノンランプを用いた促進劣化試験を実施した。

基本配合②の平板成形体を作製した。耐光試験は光源にキセノンランプを用いた。試験結果は試験前後の成形体の色差 (ΔE とする)、光沢保持率、外観変化について評価した。

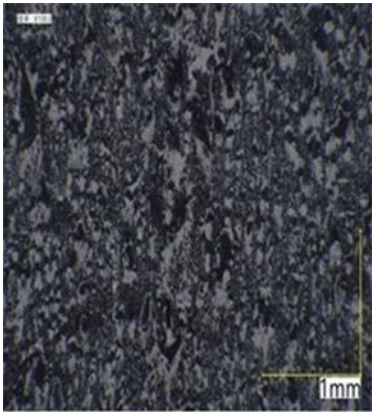
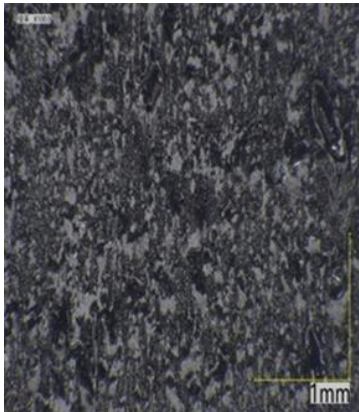
図 3. 2. 8. 1 および表 3. 2. 8. 1 に基本配合②の耐光性試験結果および照射前後の試験片の顕微鏡観察写真を示す。照射前後の試験片の色差である ΔE は、0.92 であり、基準である 3 を下回った。また、照射後の試験片を顕微鏡で観察した結果、クラック等の発生が見られないことを確認した。コムス・インパネ部品への適用が可能と判断した。

植物繊維は、光に対し色の変化がしやすい材料であることが分かっている。今回使用しているリサイクル PP は、黒色の顔料を追添加している。この黒色顔料の追添加が耐光性にとってはプラスに働き基準をクリアしたのではないかと考えられる。黒色よりも淡い色での耐光性も評価を実施し、改善していく必要があるだろう。



図 3. 2. 8. 1 耐光性試験結果

表 3.2.8.1 照射前後の試験片の観察

水準	照射エネルギー (300MJ)	
	0	300
基本配合②		

3. 2. 9 リサイクル性

PP-木粉の配合系 (PP-WD30) にてリサイクル性評価を実施したので、その結果を表 3.2.9.1 に示す。PP-WD30 の工程リサイクル回数と物性の変化を評価した。PP-WD30 は工程内リサイクル回数を重ねることによる大きな物性低下は見られなかった。メルトフローレートについては変化がみられ流動性が上がる傾向となった。この現象は成形性には影響ないレベルであるが、そのメカニズムについて今後調査が必要と考えられる。その他の物性については同等レベルで維持されている、これはセルロース系繊維材料がしなやかな材料でありガラス繊維のように混練負荷により簡単に折れてしまうことがないこと、そして、木粉の劣化が進まない温度、滞留時間を考慮した推奨成形条件にて成形されているためと考えられる。

表 3.2.9.1 PP-WD30 材物性変化

試験項目	試験条件	単位	試験方法	リサイクル回数 0回	リサイクル回数 1回	リサイクル回数 2回	リサイクル回数 3回	リサイクル回数 4回	リサイクル回数 5回
メルトフローレート	230℃、21N	g/10min	ISO 1133	3.42	4.47	4.93	5.21	5.45	6.31
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1	3.4	3.3	3.0	3.0	2.9	3.1
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	34.5	33.7	33.3	32.5	31.8	31.5
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	4	4	4	4	4	5
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	52.9	52.0	51.7	50.7	49.7	49.4
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	3070	3060	3040	3010	2930	2950
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	146	145	144	143	143	143
比重	水中置換法		ISO 1183	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
重量		kg		25	22	20	18	15	13
粉碎性	粉碎時間(平均1~1.2kg/min)、粉碎形状		—	問題なし ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め	変化無し ※粉多め
成形性	成形物外観・計量時間・射出圧等		問題なし	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し	変化無し

3. 2. 10 まとめ

基本配合②にて、超小型電気自動車のコムスのインパネをターゲット部品として適用検討を実施した。耐衝撃性、成形収縮、揮発成分が懸念項目として挙げられたが、評価結果より部品適用可能であることが示された。内装部品の中でインパネ部品が最も厳しい使用環境に晒されるため、インパネ以外の部品にも適用の可能性があると考えられる。今後、外装部品や内装部品にて検討を進めていく。なお、標準的な自動車部品に適用を広げるためには3つの課題が残っている。1つ目として、材料の低コスト化があげられる。現在、マスターバッチ化等による低コスト化を進めており、次年度に報告する。2つ目として、揮発成分である。標準車に展開することを考えると揮発成分についての確認が必要と考える。VOCは、3. 1の基本配合①にて、キャッチャー剤の添加によって解決できることを述べたが、基本配合②においても、解決できる可能性が高い。今後、確認を行っていく。3つ目には、寸法精度があげられる。成形条件等により寸法精度を上げる検討を実施していく。

4 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。

4. 1 木粉配合 PP の発泡ドアインナーモジュールの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品である木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）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、木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）と既存の化学発泡成形ドアインナーモジュール（2t 2 倍発泡）の材料調達・生産～部品製造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。

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いため、評価対象範囲からは除外した。

本実証事業は 2 カ年での実施を予定している。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、廃棄・リサイクル時における LCA を評価する。

4. 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：木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）
- ・ベースライン：PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール（2t 2 倍発泡）
- ・機能単位：ドアインナーモジュールとして部品剛性が同等のこと

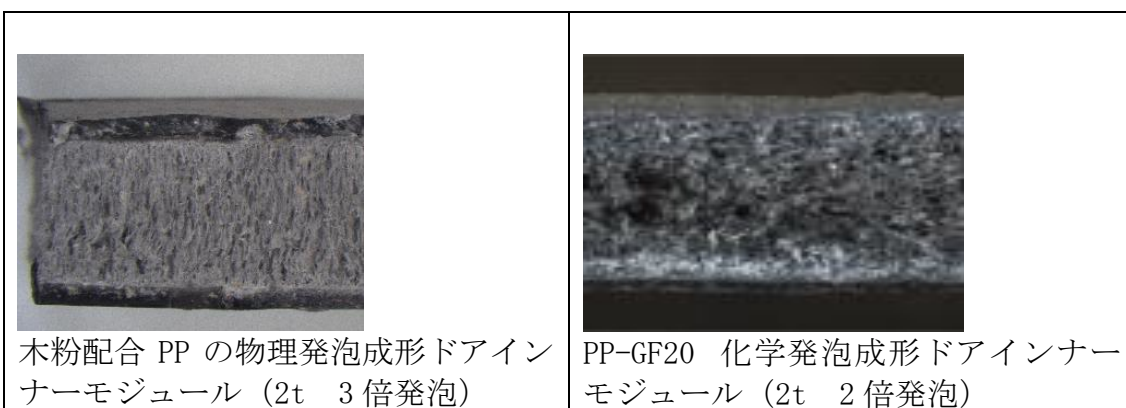


図 4. 1. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

4. 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）、廃棄・リサイクル時の LCA を評価する（⑤、⑥）。

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。

評価対象製品である木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）、ベースラインである PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール（2t 2 倍発泡）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。

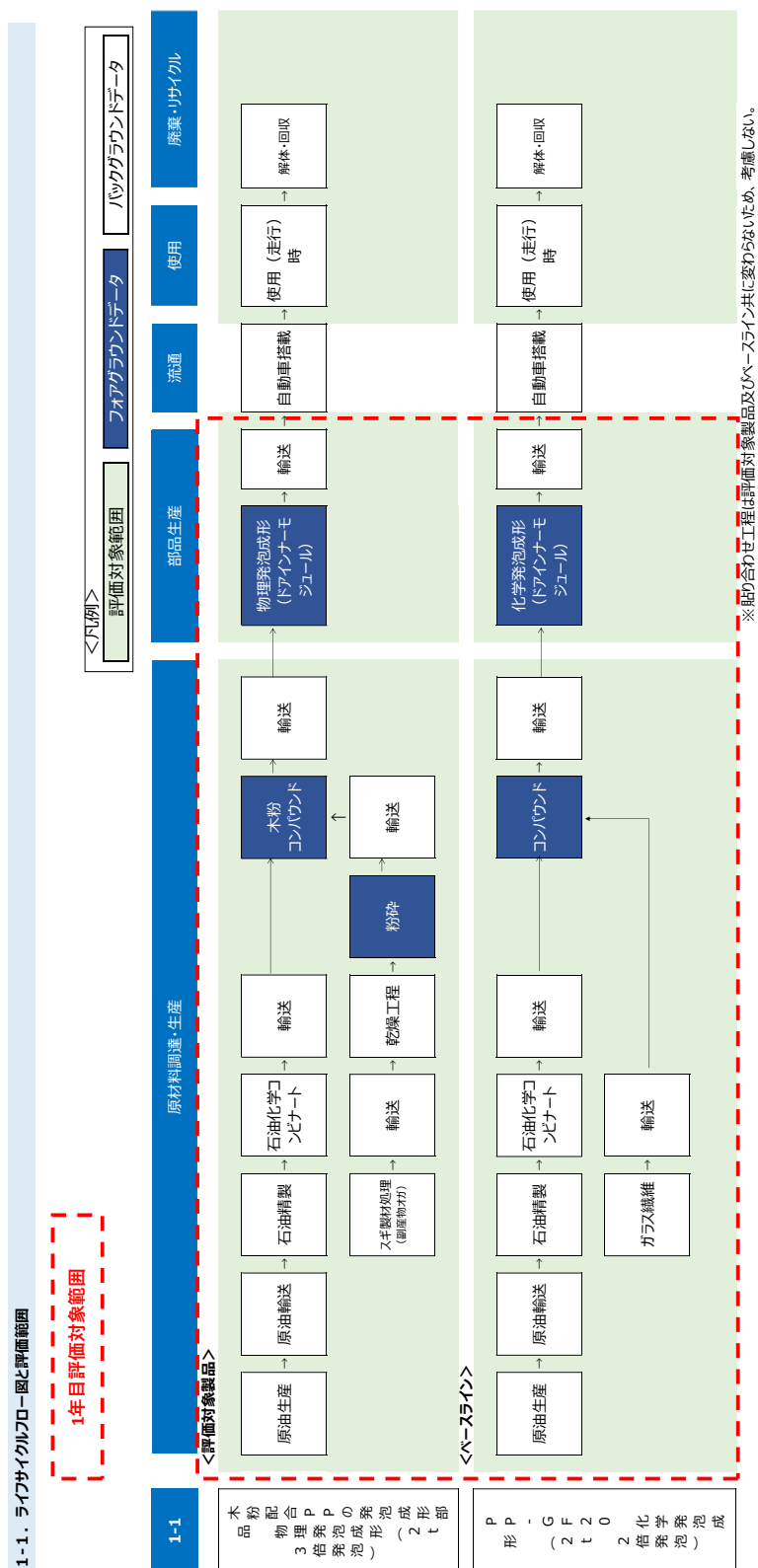


図 4.1.2.1 木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール (2t 3 倍発泡) 及び PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール (2t 2 倍発泡) のライフサイクルフロー図と評価範囲

4. 1. 3 廃棄・リサイクル時までの 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）

評価対象製品のライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 4. 1. 3. 1、表 4. 1. 3. 2 に、歩留まりデータを表 4. 1. 3. 3、表 4. 1. 3. 4 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

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 カ年の「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。

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。

表 4. 1. 3. 1 評価対象製品の木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）の CO₂ 排出量原単位

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
副産物おが屑	0.000000	実測データ（フォアグラウンドデータ）	おが屑は 製材時の廃棄物使用（副産物）のため おが屑製造のCO ₂ 排出は0kg-CO ₂ /kgとした
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
副産物おが屑乾燥	0.000000	実測データ（フォアグラウンドデータ）	乾燥工程は燃料に同工場内の廃棄物の樹皮を使用しているため、CO ₂ 排出量を0でカウント。（木材、木くず、木炭等のバイオマス系の燃料の使用に伴う二酸化炭素の排出については、植物により大気中から吸収された二酸化炭素が再び大気中に排出されるものであるため、排出量には含めないこととされている。 https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf ）
副産物おが屑粉砕	0.252000	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064	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)
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
木粉コンパウンド	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
物理発泡成形	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4.1.3.2 ベースラインの PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール(2t 2 倍発泡) の CO₂ 排出量

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
ガラス長繊維	2.400000	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）
輸送（営業用貨物自動車）	0.00023	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ）原油 生産	0.104519	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ）原油 輸送	0.061316	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ）石油 精製	0.252688	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ）石油 化学コンビナート	1.06	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)
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
PP-GFコンパウンド	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
化学発泡成形	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4.1.3.3 評価対象製品の木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール（2t 3 倍発泡）の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
物理発泡成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
木粉コンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
副残物おが屑乾燥時歩留まり	0.540	実測データ（フォアグラウンドデータ） 図オが屑の水分が約50%ある

表 4.1.3.4 ベースラインの PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール（2t 2 倍発泡）の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
化学発泡成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
PP-GFコンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）

(1) 評価対象製品

木粉配合 PP の物理発泡成形ドアインナーモジュール (2t 3 倍発泡) の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 0.736kg の輸送を想定しており、輸送距離は 81.90km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 81.90\text{km} \times 0.736\text{kg} = 0.0141\text{kg-CO}_2$$

物理発泡成形歩留まりは 98% のため、物理発泡成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{物理発泡成形時の必要材料量：} 0.736\text{kg} \div 0.980 = 0.751\text{kg}$$

物理発泡成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

物理発泡成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.751\text{kg} = 0.930\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.945kg-CO₂ である。

材料調達・生産

木粉コンパウンド 0.751kg の輸送を想定しており、輸送距離は 93.80km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 93.80\text{km} \times 0.751\text{kg} = 0.0165\text{kg-CO}_2$$

木粉コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、木粉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。

$$\text{木粉コンパウンド製造時の材料必要量：} 0.751\text{kg} \div 0.980 = 0.766\text{kg}$$

木粉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。

木粉コンパウンド製造時：

$$0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.766\text{kg} = 0.584\text{kg-CO}_2$$

コンパウンドの重量構成は PP が 88%、木粉が 12% である。PP 及び木粉の必要材料量を以下に計算する。

$$\text{PP の必要材料量：} 0.766\text{kg} \times 0.880 = 0.674\text{kg}$$

$$\text{木粉の必要材料量：} 0.766\text{kg} \times 0.120 = 0.0920\text{kg}$$

PP0.674kg の輸送を想定しており、輸送距離は 380.00km 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：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 380.00\text{km} \times 0.674\text{kg} = 0.0599\text{kg-CO}_2}$$

PP 0.674kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$\underline{0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.674\text{kg} = 0.0704\text{kg-CO}_2}$$

原油輸送：

$$\underline{0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.674\text{kg} = 0.0413\text{kg-CO}_2}$$

石油精製：

$$\underline{0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.674\text{kg} = 0.170\text{kg-CO}_2}$$

石油化学コンビナート：

$$\underline{1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.674\text{kg} = 0.717\text{kg-CO}_2}$$

副産物おが粉（粉砕品）0.0920kg の輸送を想定しており、輸送距離は 295.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副産物おが粉輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 295.00\text{km} \times 0.0920\text{kg} = 0.00635\text{kg-CO}_2}$$

副産物おが粉 0.0920kg の粉砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副産物おが粉粉砕時：

$$\underline{0.252\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0920\text{kg} = 0.0232\text{kg-CO}_2}$$

木 f ンは 46% が水分であり、そのため木粉 0.158kg を製造するために必要な量を木粉量を計算する。

$$\text{乾燥おが粉製造時に必要な木粉量：} 0.158\text{kg} \div 0.540 = 0.170\text{kg}$$

おが粉 0.170kg の乾燥については製材時の副産物を利用するため CO₂ 排出量は 0 とした。

副産物おが粉 0.170kg の輸送を想定しており、輸送距離は 2.20km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副産物おが粉輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 2.20\text{km} \times 0.170\text{kg} = 0.0000875\text{kg-CO}_2}$$

副産物おが粉 0.170kg は製材時の副産物のため、生産時の CO₂ 排出量は 0 とした。

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.69kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 2.63kg-CO₂ である。

(2) ベースライン

ベースラインである PP-GF20 化学発泡成形ドアインナーモジュール (2t 2倍発泡) の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 0.892kg の輸送を想定しており、輸送距離は 81.90km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 81.90\text{km} \times 0.892\text{kg} = 0.0171\text{kg-CO}_2$$

化学発泡成形の歩留まりは 98% のため、化学発泡成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{化学発泡成形時の必要材料量：} 0.892\text{kg} \div 0.980 = 0.910\text{kg}$$

化学発泡成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

化学発泡成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.910\text{kg} = 1.13\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 1.15kg-CO₂ である。

材料調達・生産

コンパウンド (PP-GF) 0.910kg の輸送を想定しており、輸送距離は 93.80km 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 (PP-GF) 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 93.80\text{km} \times 0.910\text{kg} = 0.0200\text{kg-CO}_2$$

PP-GF コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、PP-GF 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。

$$\text{PP-GF コンパウンド製造時の必要材料量：} 0.910\text{kg} \div 0.980 = 0.929\text{kg}$$

PP-GF 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。

PP-GF コンパウンド製造時：

$$0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.929\text{kg} = 0.709\text{kg-CO}_2$$

コンパウンドの重量構成は PP が 80%、ガラス繊維が 20% である。PP 及びガラス繊維の必要材料量を以下に計算する。

$$\text{PP の必要材料量：} 0.929\text{kg} \times 0.800 = 0.743\text{kg}$$

$$\text{ガラス繊維の必要材料量：} 0.929\text{kg} \times 0.200 = 0.186\text{kg}$$

PP 0.743kg の輸送を想定しており、輸送距離は 380.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 380.00\text{km} \times 0.743\text{kg} = 0.0661\text{kg-CO}_2$$

PP0.743kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$0.104519\text{kg-CO}_2/\text{樹脂 kg} \times 0.743\text{kg} = 0.0777\text{kg-CO}_2$$

原油輸送：

$$0.061316\text{kg-CO}_2/\text{樹脂 kg} \times 0.743\text{kg} = 0.0456\text{kg-CO}_2$$

石油精製：

$$0.252688\text{kg-CO}_2/\text{樹脂 kg} \times 0.743\text{kg} = 0.188\text{kg-CO}_2$$

石油化学コンビナート：

$$1.064129\text{kg-CO}_2/\text{樹脂 kg} \times 0.743\text{kg} = 0.791\text{kg-CO}_2$$

ガラス繊維 0.186kg の輸送を想定しており、輸送距離は 222.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ガラス繊維輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 222.00\text{km} \times 0.186\text{kg} = 0.00966\text{kg-CO}_2$$

ガラス繊維 0.186kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ガラス繊維製造時：

$$2.40\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.186\text{kg} = 0.446\text{kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 2.35kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 3.50kg-CO₂ である。

(3) 評価対象製品とベースラインの比較

CO₂削減量は

原材料調達・生産時：2.35kg-CO₂-1.69kg-CO₂=0.663kg-CO₂

部品生産時：1.15kg-CO₂-0.945kg-CO₂=-0.200kg-CO₂

合計削減量：

0.663kg-CO₂+0.200kg-CO₂=0.863kg-CO₂

表 4.1.3.5 CO₂排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂ /部品)			
	評価対象製品CO ₂ 排出量	ベースライン CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出削減効果 (ベースライン-評価 対象製品)
原材料調達・生産	1.69	2.35	0.663
部品生産	0.945	1.15	0.200
使用	—	—	—
回収（再生目的）	—	—	—
リサイクル（材料生産）	—	—	—
リサイクル（部品生産）	—	—	—
回収（廃棄目的）	—	—	—
廃棄（焼却）	—	—	—
植物吸収考慮	—	—	—
サーマルリサイクル（発電）	—	—	—
合計	2.63	3.50	0.863

表 4.1.3.6 CO₂ 排出量比較

①評価対象製品			木粉配合PPの発泡成形部品 物理発泡成形 (2t 3倍発泡)						
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考 (評価の進捗等)	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	14	副産物おが屑	0	0	0	0	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		13	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0000875	0	0.0001	0.000234	文献	
		12	副産物おが屑乾燥	0	0	0	0	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		11	副産物おが屑粉砕	0.0232	0	0.0232	0.252	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		10	輸送 (営業用貨物自動車)	0.00635	0	0.00635	0.000234	文献	
		9	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.0698	0.00060	0.0704	0.105	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		8	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.0413	0	0.0413	0.0613	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		7	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0	0.0015	0	0	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		6	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	0.710	0.006	0.717	1.064129	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		5	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0599	0	0.0599	0.000234	文献	
		4	木粉コンパウンド	0.584	0	0.584	0.763	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
		3	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0165	0	0.0165	0.000234	文献	
		【評価：材料調達・生産小計】		1.68	0.0083	1.69			
	部品生産	2	物理発泡成形	0.930	0	0.930	1.239	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		1	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0141	0	0.0141	0.000234	文献	
		【評価：部品生産小計】		0.945	0	0.945			
	【評価合計】			2.63	0.008	2.63			
②ベースライン			PP-GF20 化学発泡成形 (2t 2倍発泡)						
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考 (評価の進捗等)	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	25	ガラス長繊維	0.442	0.004	0.4460	2.400000	CO2換算量共通原単位データベース	
		24	輸送 (営業用貨物自動車)	0.010	0	0.0097	0.00023	文献	
		23	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.077	0.00070	0.078	0.104519	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		22	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.05	0	0.046	0.061316	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		21	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.186	0.0016	0.1880	0.252688	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		20	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	0.784	0.0069	0.791	1.06	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		19	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0661	0	0.06610	0.000234	文献	
		18	PP-GFコンパウンド	0.71	0	0.709	0.763	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
		17	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0200	0	0.02000	0.000234	文献	
		【ベース：材料調達・生産小計】		2.34	0.013	2.35			
	部品生産	16	化学発泡成形	1.12	0.010	1.13	1.239	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		15	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0171	0	0.0171	0.000234		
		【ベース：部品生産小計】		1.13	0.010	1.15			
	【ベース合計】			3.47	0.023	3.50			
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		0.659	0.0047	0.663				
	部品生産		0.189	0.010	0.200				
	使用		-	-	-				
	廃棄・リサイクル		-	-	-				
	合計		0.848	0.015	0.863				

4. 2 パルプモールド補剛鋼板の 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モールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²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、パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²と既存の 0.7 t 鋼板 1 m²（5512g 鋼板） + 吸音材（392 g）+160g 接着=6064 g の材料調達・生産～部品製造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。

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いため、評価対象範囲からは除外した。

本実証事業は 2 カ年での実施を予定している。

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、廃棄・リサイクル時における LCA を評価する。

4. 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：パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²
- ・ベースライン：鋼板 1 m²（5512g 鋼板） + 吸音材（392 g）+160g 接着=6064 g
- ・機能単位：ドアアウターパネル：パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 : 0.7 t 鋼板に対し同等レベルの剛性を持つこと

 パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 +0.4t 鋼板 1 m²	 0.7t 鋼板 1 m²（5512g）+吸音材 （392 g）+160g 接着=6064 g
--	---

図 4. 2. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

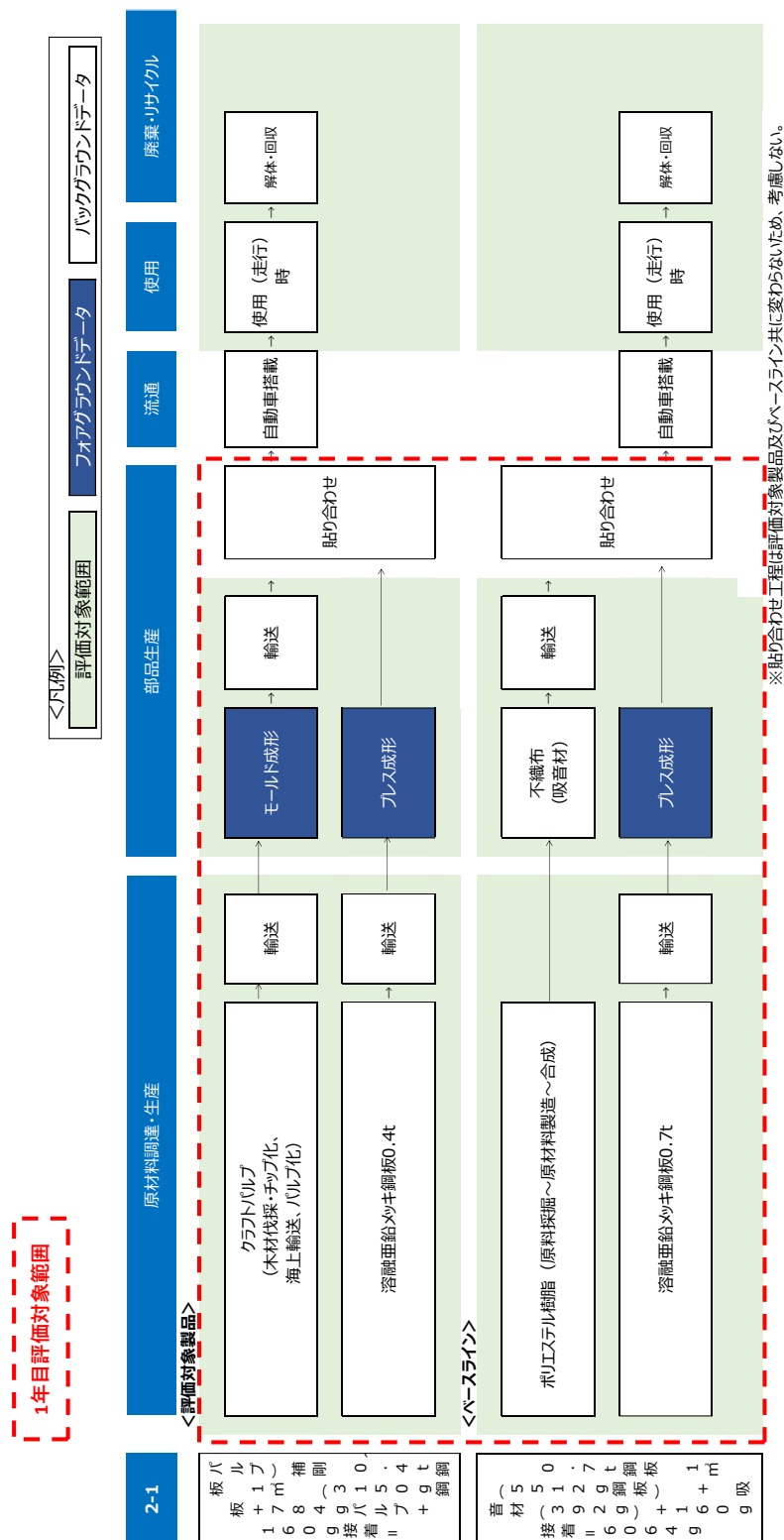
4. 2. 2 フロー図（システム境界の設定）

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）、廃棄・リサイクル時の LCA を評価する（⑤、⑥）。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。

評価対象製品であるパルプモールド(クラフトパルプ)補剛 0.4t 鋼板 1 m²、ベースラインである鋼板 1 m² (5512g 鋼板) + 吸音材(392 g) + 160g 接着=6064 g については、原料となるクラフトパルプ、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。



評価対象製品

ベースライン

図 4.2.2.1 パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²及び鋼板 1 m²（5512g 鋼板） + 吸音材（392 g）+160g 接着=6064 g のライフサイクルフロー図と評価範囲

4. 2. 3 廃棄・リサイクル時までの 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）

評価対象製品のライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 4. 2. 3. 1、表 4. 2. 3. 2 に、歩留まりデータを表 4. 2. 3. 3、表 4. 2. 3. 4 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

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 カ年の「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。

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。

表 4. 2. 3. 1 評価対象製品のパルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²の CO₂ 排出量原単位

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
溶融亜鉛メッキ鋼板	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
クラフトパルプ	1.26	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
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
プレス成形	4.22	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 4.22E-02kg-CO ₂ e/単位
モールド成形	1.18	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4.2.3.2 ベースラインの鋼板 1 m² (5512g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着=6064 g の CO₂ 排出量

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
溶融亜鉛メッキ鋼板	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ
輸送 (営業用貨物自動車)	0.000234	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
ポリエステル長繊維	7.10	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 (ポリエステル長繊維) (原料採取～原料製造～合成～紡糸)
プレス成形	4.22	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 4.22E-02kg-CO ₂ e/単位
フェルト・不織布	7.01	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)
輸送 (営業用貨物自動車)	0.000234	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

表 4.2.3.3 評価対象製品のパルプモールド (クラフトパルプ) 補剛 0.4t 鋼板 1 m²の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
モールド成形歩留まり	0.950	実測データ (フォアグラウンドデータ)
プレス成形歩留まり	0.800	実測データ (フォアグラウンドデータ)

表 4.2.3.4 ベースラインの鋼板 1 m² (5512g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着=6064 g の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
不織布製造歩留まり	0.980	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。
プレス成形歩留まり	0.800	実測データ (フォアグラウンドデータ)

(1) 評価対象製品

パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

モールド成形部品 0.784kg の輸送を想定しており、輸送距離は 10.50km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 10.50\text{km} \times 0.784\text{kg} = 0.00193\text{kg-CO}_2$$

モールド成形歩留まりは 95% のため、モールド成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{モールド成形時の必要材料量} : 0.784\text{kg} \div 0.980 = 0.825\text{kg}$$

モールド成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形時：

$$1.18\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.825\text{kg} = 0.971\text{kg-CO}_2$$

プレス成形歩留まりは 80% のため、プレス成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{プレス成形時の必要材料量} : 3.15\text{kg} \div 0.800 = 3.94\text{kg}$$

プレス成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

プレス成形時：

$$4.22\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.94\text{kg} = 16.6\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 17.6kg-CO₂ である。

材料調達・生産

モールド成形品製造時のクラフトパルプ必要材料量は 0.825kg 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 1.65kg となる。

クラフトパルプ 1.65kg の輸送を想定しており、輸送距離は 269.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 269.00\text{km} \times 1.65\text{kg} = 0.104\text{kg-CO}_2$$

クラフトパルプ製造時の必要量は 1.65kg 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：

$$1.26\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.65\text{kg} = 2.08\text{kg-CO}_2$$

溶融亜鉛メッキ鋼板 3.94kg の輸送を想定しており、輸送距離は 33.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 33.00\text{km} \times 1.65\text{kg} = 0.0304\text{kg-CO}_2}$$

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の必要量は 3.94kg となる。溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時：

$$\underline{0.002318\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.94\text{kg} = 0.00913\text{kg-CO}_2}$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 2.22kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 19.8kg-CO₂ である。

(2) ベースライン

ベースラインである鋼板 1 m² (5512g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着 = 6064 g の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

不織布 0.392kg の輸送を想定しており、輸送距離は 669.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 669.00\text{km} \times 0.392\text{kg} = 0.0614\text{kg-CO}_2$$

不織布製造時の生産歩留まりは、98%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、0.392kg 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。

$$0.392\text{kg} \div 0.980 = 0.400\text{kg}$$

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：

$$7.01\text{-CO}_2/\text{kg} \times 0.400\text{kg} = 2.80\text{kg-CO}_2\text{e}$$

プレス成形歩留まりは 80%のため、プレス成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{プレス成形時の必要材料量：} 5.512\text{kg} \div 0.800 = 6.89\text{kg}$$

プレス成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

プレス成形時：

$$4.22\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 6.89\text{kg} = 29.1\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 31.9kg-CO₂ である。

材料調達・生産

ポリエステル長繊維 0.400kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル長繊維製造時：

$$7.10\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.400\text{kg} = 2.84\text{kg-CO}_2$$

溶融亜鉛メッキ鋼板 6.89kg の輸送を想定しており、輸送距離は 33.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 33.00\text{km} \times 6.89\text{kg} = 0.0532\text{kg-CO}_2$$

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の必要量は 6.89kg となる。溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時：

$$\underline{0.002318\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 6.89\text{kg} = 0.0160\text{kg-CO}_2}$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 2.91kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 34.9kg-CO₂ である。

(3) 評価対象製品とベースラインの比較

CO₂削減量は

原材料調達・生産時：2.91kg-CO₂-2.22kg-CO₂=0.687kg-CO₂

部品生産時：31.9kg-CO₂-17.6kg-CO₂=14.4kg-CO₂

合計削減量：

0.687kg-CO₂+14.4kg-CO₂=15.0kg-CO₂

表 4.2.3.5 CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂ /部品)			
	評価対象製品 CO ₂ 排出量	ベースライン CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出削減効果 (ベースライン-評価 対象製品)
原材料調達・生産	2.22	2.91	0.687
部品生産	17.6	31.9	14.4
使用	—	—	—
回収 (再生目的)	—	—	—
リサイクル (材料生産)	—	—	—
リサイクル (部品生産)	—	—	—
回収 (廃棄目的)	—	—	—
廃棄 (焼却)	—	—	—
植物吸収考慮	—	—	—
サーマルリサイクル (発電)	—	—	—
合計	19.8	34.9	15.0

表 4.2.3.6 CO₂ 排出量比較

① 評価対象製品				パルプモード (クラフトパルプ) 補剛 0.4t鋼板 1㎡ (3150g鋼板 + 784gパルプ + 160g接着 = 4094g)					
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考 (評価の進捗等)
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	7	溶融亜鉛メッキ鋼板	0.00905	0.000079	0.00913	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	
		6	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0304	0	0.0304	0.000234	文献	
		5	クラフトパルプ	2.08	0	2.08	1.26	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	
		4	輸送 (営業用貨物自動車)	0.104	0	0.104	0.000234	文献	
		【評価: 材料調達・生産小計】		2.22	0.000079	2.22			
	部品生産	3	プレス成形	16.6	0	16.6	4.22	CO2換算量共通原単位データベース	
		2	モールド成形	0.971	0	0.971	1.18	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
		1	輸送 (営業用貨物自動車)	0.00193	0	0.00193	0.000234	文献	
		【評価: 部品生産小計】		17.6	0	17.6			
	【評価合計】			19.8	0.000079	19.8			
② ベースライン				0.7 t 鋼板 1㎡ (5512g鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g接着 = 6064 g					
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考 (評価の進捗等)
実証事業 終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	13	溶融亜鉛メッキ鋼板	0.0159	0.00014	0.0160	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	
		12	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0532	0	0.0532	0.000234	文献	
		11	ポリエステル長繊維	2.81	0.025	2.84	7.10	CO2換算量共通原単位データベース	
		【ベース: 材料調達・生産小計】		2.88	0.025	2.91			
	部品生産	10	プレス成形	29.1	0	29.1	4.22	CO2換算量共通原単位データベース	
		9	フェルト・不織布	2.80	0	2.80	7.01	CO2換算量共通原単位データベース	
		8	輸送 (営業用貨物自動車)	0.0614	0	0.0614	0.000234	文献	
		【ベース: 部品生産小計】		31.9	0	31.9			
	【ベース合計】			34.8	0.025	34.9			
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			0.661	0.025	0.687			
	部品生産			14.4	0	14.4			
	使用			-	-	-			
	廃棄・リサイクル			-	-	-			
	合計			15.0	0.025	15.0			

4. 3 パルプモールド補剛鋼板（アルミ鋼板対比）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モールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²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、パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²と既存のアルミ鋼板 1 m²（2970g 鋼板）＋吸音材（392 g）＋160g 接着＝3522 g の材料調達・生産～部品製造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。

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いため、評価対象範囲からは除外した。

本実証事業は2カ年での実施を予定している。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、廃棄・リサイクル時におけるLCAを評価する。

4. 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：パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²

ベースライン：アルミ鋼板 1 m²（2970g 鋼板）＋吸音材（392 g）＋160g 接着＝3522 g

機能単位：パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 : 1.1 t アルミ鋼板に対し同等レベルの剛性を持つこと

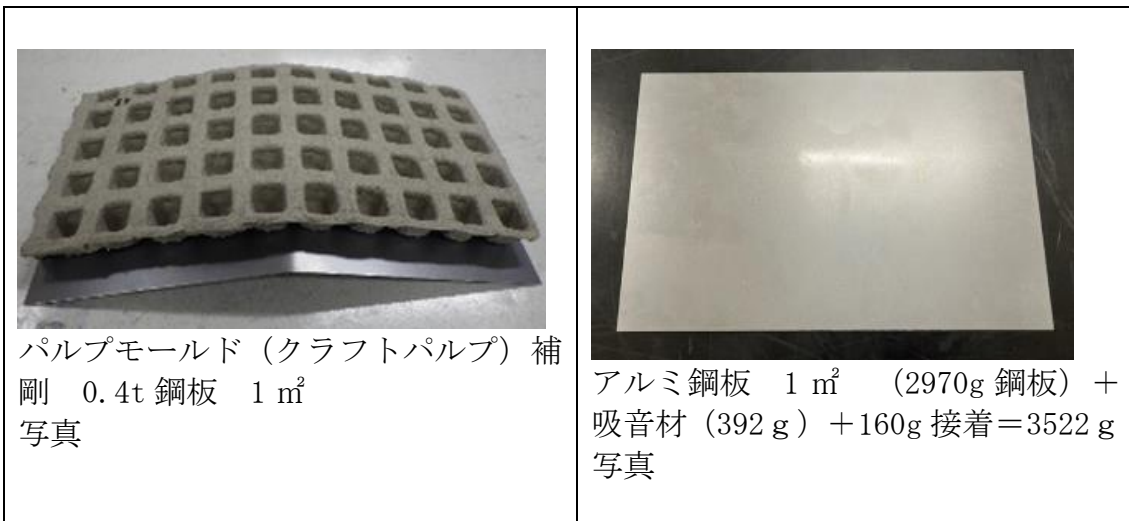


図 4. 3. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

4. 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）、廃棄・リサイクル時の LCA を評価する（⑤、⑥）。

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。

評価対象製品であるパルプモールド(クラフトパルプ)補剛 0.4t 鋼板 1 m²、ベースラインであるアルミ鋼板 1 m² (2970g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着 = 3522 g については、原料となるクラフトパルプ、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。

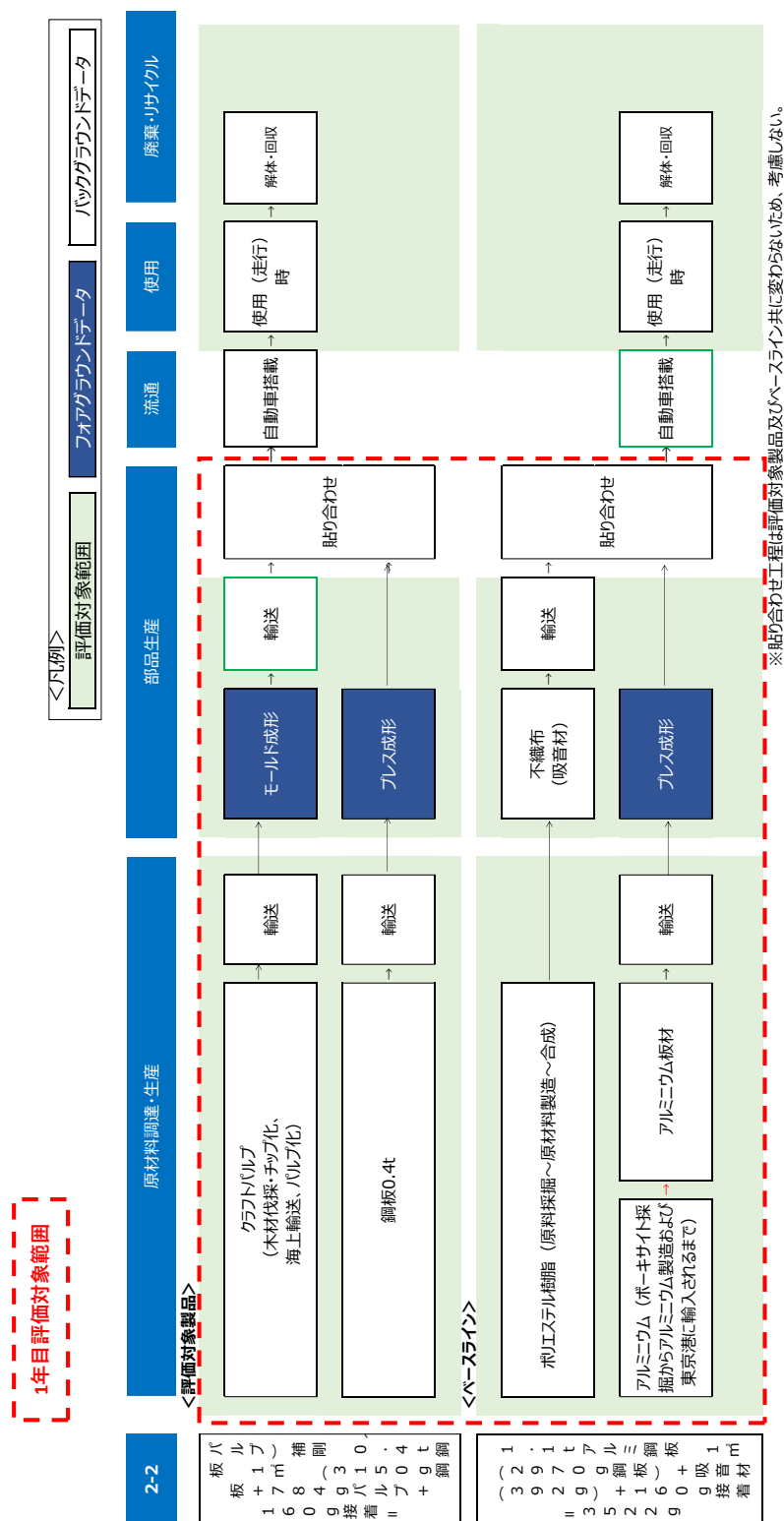


図 4.3.2.1 パルプモールド (クラフトパルプ) 補剛 0.4t 鋼板 1 m² 及びアルミ鋼板 1 m² (2970g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着 = 3522 g のライフサイクルフロー図と評価範囲

4. 3. 3 廃棄・リサイクル時までの 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）

評価対象製品のライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 4. 3. 3. 1、表 4. 2. 3. 2 に、歩留まりデータを表 4. 3. 3. 3、表 4. 3. 3. 4 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

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 カ年の「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。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。

表 4. 3. 3. 1 評価対象製品のパルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0. 4t 鋼板 1 m² の CO₂ 排出量原単位

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
溶融亜鉛メッキ鋼板	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
クラフトパルプ	1.26	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
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
プレス成形	4.22	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 4.22E-02kg-CO ₂ e/単位
モールド成形	1.18	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4. 3. 3. 2 ベースラインのアルミ鋼板 1 m²（2970g 鋼板）＋吸音材（392 g）＋160g 接着＝3522 g の CO₂ 排出量

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
アルミニウム新地金	9.22	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	アルミニウム新地金及び展伸材用再生地金のLCIデータの概要 （社）日本アルミニウム協会平成 17 年 3 月 23 日 ポークサイト探掘からアルミニウム製造および東京港に輸入されるまで 9.218kg-CO ₂ eq/kg
アルミニウム板材	0.753	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	各種アルミニウム圧延製品のLCI データの概要～アルミニウム板材～ （社）日本アルミニウム協会 平成 18 年 2 月 10 日
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
ポリエステル長繊維	7.10	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（ポリエステル長繊維）（原料採取～原料製造～合成～紡糸）
プレス成形	4.22	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 4.22E-02kg-CO ₂ e/単位
フェルト・不織布	7.01	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）
輸送（営業用貨物自動車）	0.00	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

表 4.3.3.3 評価対象製品のパルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板
1 m²の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
モールド成形歩留まり	0.950	実測データ（フォアグラウンドデータ）
プレス成形歩留まり	0.800	実測データ（フォアグラウンドデータ）

表 4.3.3.4 ベースラインのアルミ鋼板 1 m²（2970g 鋼板）＋吸音材（392 g）
＋160g 接着＝3522 g の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
不織布製造歩留まり	0.980	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。
プレス成形歩留まり	0.800	実測データ（フォアグラウンドデータ）

(1) 評価対象製品

パルプモールド（クラフトパルプ）補剛 0.4t 鋼板 1 m²の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

モールド成形部品 0.784kg の輸送を想定しており、輸送距離は 10.50km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 10.50\text{km} \times 0.784\text{kg} = 0.00193\text{kg-CO}_2$$

モールド成形歩留まりは 95%のため、モールド成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{モールド成形時の必要材料量} : 0.784\text{kg} \div 0.980 = 0.825\text{kg}$$

モールド成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

モールド成形時：

$$1.18\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.825\text{kg} = 0.971\text{kg-CO}_2$$

プレス成形歩留まりは 80%のため、プレス成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{プレス成形時の必要材料量} : 3.15\text{kg} \div 0.800 = 3.94\text{kg}$$

プレス成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

プレス成形時：

$$4.22\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.94\text{kg} = 16.6\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 17.6kg-CO₂ である。

材料調達・生産

モールド成形品製造時のクラフトパルプ必要材料量は 0.825kg 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 1.65kg となる。

クラフトパルプ 1.65kg の輸送を想定しており、輸送距離は 269.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 269.00\text{km} \times 1.65\text{kg} = 0.104\text{kg-CO}_2$$

クラフトパルプ製造時の必要量は 1.65kg 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：

$$1.26\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.65\text{kg} = 2.08\text{kg-CO}_2$$

溶融亜鉛メッキ鋼板 3.94kg の輸送を想定しており、輸送距離は 33.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 33.00\text{km} \times 1.65\text{kg} = 0.0304\text{kg-CO}_2}$$

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の必要量は 3.94kg となる。溶融亜鉛メッキ鋼板製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

溶融亜鉛メッキ鋼板製造時：

$$\underline{0.002318\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.94\text{kg} = 0.00913\text{kg-CO}_2}$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 2.22kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 19.8kg-CO₂ である。

(2) ベースライン

ベースラインであるアルミ鋼板 1 m² (2970g 鋼板) + 吸音材 (392 g) + 160g 接着 = 3522 g の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

不織布 0.392kg の輸送を想定しており、輸送距離は 669.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 669.00\text{km} \times 0.392\text{kg} = 0.0614\text{kg-CO}_2$$

不織布製造時の生産歩留まりは、98%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、0.392kg 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。

$$0.392\text{kg} \div 0.980 = 0.400\text{kg}$$

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：

$$7.01\text{-CO}_2/\text{kg} \times 0.400\text{kg} = 2.80\text{kg-CO}_2\text{e}$$

プレス成形歩留まりは 80%のため、プレス成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{プレス成形時の必要材料量：} 2.97\text{kg} \div 0.800 = 3.71\text{kg}$$

プレス成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

プレス成形時：

$$4.22\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.71\text{kg} = 15.7\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 18.5kg-CO₂ である。

材料調達・生産

ポリエステル長繊維 0.400kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ポリエステル長繊維製造時：

$$7.10\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.400\text{kg} = 2.84\text{kg-CO}_2$$

アルミニウム板材 3.71kg の輸送を想定しており、輸送距離は 250.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 250.00\text{km} \times 3.71\text{kg} = 0.217\text{kg-CO}_2$$

アルミニウム板材製造時の必要量は 3.71kg となる。アルミニウム板材製造時

の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

アルミニウム板材製造時：

$$\underline{0.753\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.71\text{kg} = 2.80\text{kg-CO}_2}$$

アルミニウム新地金製造時の必要量は 3.71kg となる。アルミニウム新地金製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

アルミニウム新地金製造時：

$$\underline{9.218\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.71\text{kg} = 34.2\text{kg-CO}_2}$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 40.1kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 58.6kg-CO₂ である。

(3) 評価対象製品とベースラインの比較

CO₂削減量は

原材料調達・生産時：40.1kg-CO₂-2.22kg-CO₂=37.8kg-CO₂

部品生産時：18.5kg-CO₂-17.6kg-CO₂=0.939kg-CO₂

合計削減量：

37.8kg-CO₂+0.939kg-CO₂=38.8kg-CO₂

表 4.3.3.5 CO₂排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂ /部品)			
	評価対象製品 CO ₂ 排出量	ベースライン CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出削減効果 (ベースライン-評価対象 製品)
原材料調達・生産	2.22	40.1	37.8
部品生産	17.6	18.5	0.939
使用	—	—	—
回収（再生目的）	—	—	—
リサイクル（材料生産）	—	—	—
リサイクル（部品生産）	—	—	—
回収（廃棄目的）	—	—	—
廃棄（焼却）	—	—	—
植物吸収考慮	—	—	—
サーマルリサイクル（発電）	—	—	—
合計	19.8	58.6	38.8

表 4.3.3.6 CO₂ 排出量比較

①評価対象製品				バルブモールド（クラフトバルブ）補則 0.4t銅板 1㎡（3150g銅板+784g/バルブ+160g接着=4094g）					
①評価対象製品				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）
	原材料調達・生産	7	溶融亜鉛メッキ銅板	0.00905	0.000079	0.00913	0.002318	一般社団法人日本鉄鋼連盟データの棒鋼のデータ	
		6	輸送（営業用貨物自動車）	0.0304	0	0.0304	0.000234	文献	
		5	クラフトバルブ	2.08	0	2.08	1.26	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画評価環境型社会推進室	
		4	輸送（営業用貨物自動車）	0.104	0	0.104	0.000234	文献	
		【評価：材料調達・生産小計】		2.22	0.000079	2.22			
	部品生産	3	プレス成形	16.6	0	16.6	4.22	CO2換算量共通原単位データベース	
		2	モールド成形	0.971	0	0.971	1.18	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		1	輸送（営業用貨物自動車）	0.00193	0	0.00193	0.000234	文献	
		【評価：部品生産小計】		17.6	0	17.6			
	【評価合計】			19.8	0.000079	19.8			
②ベースライン				1.1 t アルミ銅板 1㎡（2970g銅板）+吸着材（392 g）+160g接着=3522 g					
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）
	原材料調達・生産	14	アルミニウム新地金	33.9	0.30	34.2	9.22	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		13	アルミニウム板材	2.77	0.020	2.80	0.753	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		12	輸送（営業用貨物自動車）	0.217	0	0.217	0.000234	文献	
		11	ポリエステル長繊維	2.81	0.025	2.84	7.10	CO2換算量共通原単位データベース	
		【ベース：材料調達・生産小計】		39.7	0.35	40.1			
	部品生産	10	プレス成形	15.7	0	15.7	4.22	CO2換算量共通原単位データベース	
		9	フェルト・不織布	2.80	0	2.80	7.01	CO2換算量共通原単位データベース	
		8	輸送（営業用貨物自動車）	0.0614	0	0.0614	0.00	文献	
		【ベース：部品生産小計】		18.5	0	18.5			
	【ベース合計】			58.2	0.35	58.6			
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			37.5	0.35	37.8			
	部品生産			0.939	0	0.939			
	使用			-	-	-			
	廃棄・リサイクル			-	-	-			
	合計			38.4	0.35	38.8			

4. 4 木粉配合リサイクル PP 製インパネ部品の CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品である TABWD-10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) によるコムス・インパネ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、TABWD-10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) によるコムス・インパネと既存の PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネの材料調達・生産～部品製造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。
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。

本実証事業は 2 カ年での実施を予定している。

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、廃棄・リサイクル時における LCA を評価する。

4. 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：TABWD-10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) によるコムス・インパネ

ベースライン：PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネ

機能単位：ドアインナーモジュールとして部品剛性が同等のこと



図 4. 4. 1. 1. 評価対象製品とベースラインの概要

4. 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）、廃棄・リサイクル時の LCA を評価する（⑤、⑥）。

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。

評価対象製品である TABWD-10%(PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) によるコムス・インパネ、ベースラインである PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネについては、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。

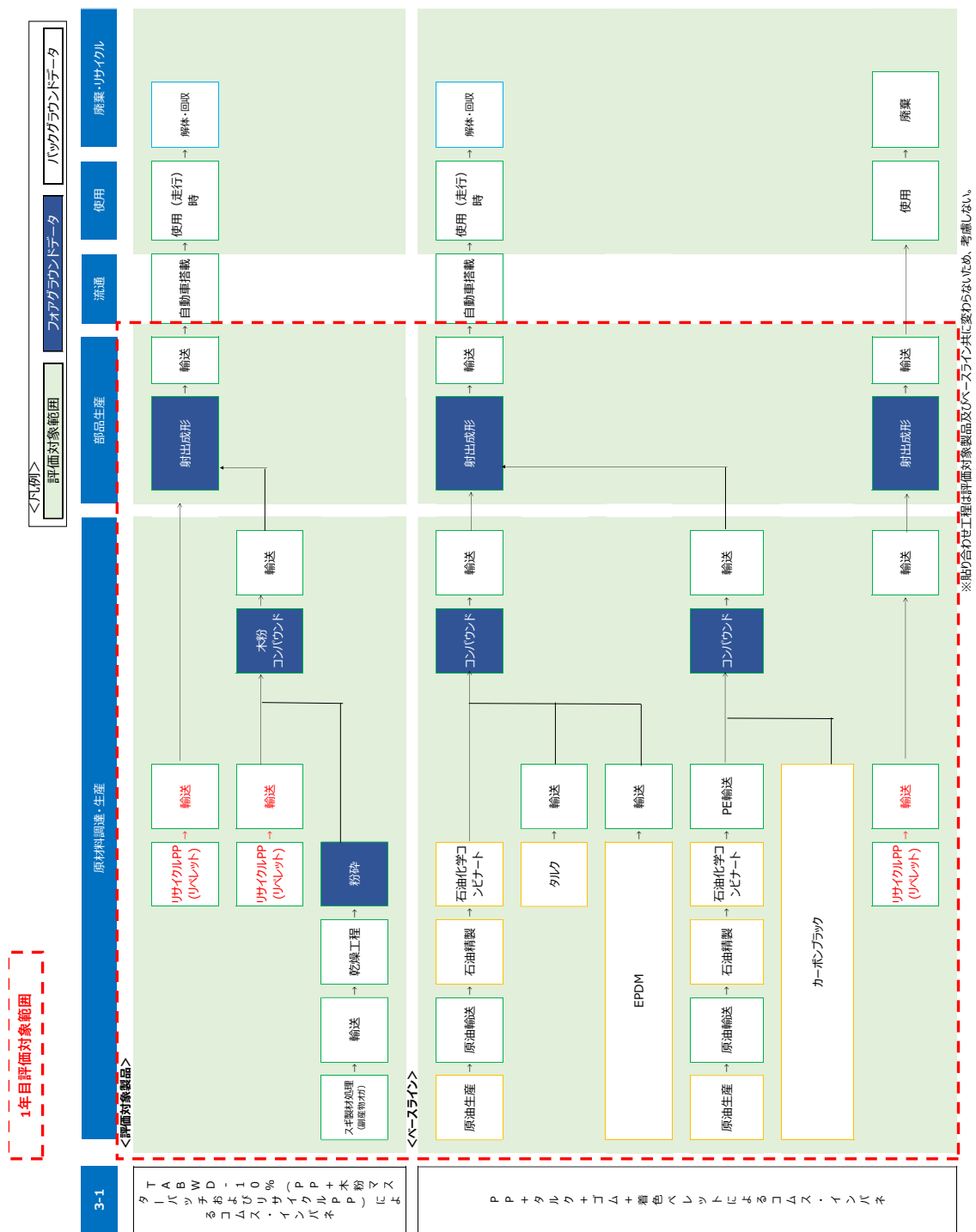


図 4.4.2.1 TABWD-10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) による
 コムス・インパネ及び PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパ
 ネのライフサイクルフロー図と評価範囲

4. 4. 3 廃棄・リサイクル時までの 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）

評価対象製品のライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 4. 4. 3. 1、表 4. 4. 3. 2 に、歩留まりデータを表 4. 4. 3. 3、表 4. 4. 3. 4 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

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 カ年の「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。

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。

表 4. 4. 3. 1 評価対象製品の TABWD-10%（PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP）によるコムス・インパネの CO₂ 排出量原単位

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
輸送（営業用貨物自動車）	2	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
副産物おが屑乾燥	0.000000	実測データ（フォアグラウンドデータ）	乾燥工程は燃料に同工場内の廃棄物の樹皮を使用しているため、CO ₂ 排出量を0でカウント。（木材、木くず、木炭等のバイオマス系の燃料の使用に伴う二酸化炭素の排出については、植物により大気中から吸収された二酸化炭素が再び大気中に排出されるものであるため、排出量には含めないこととされている。 https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf ）
副産物おが屑粉砕	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000	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
リサイクルPP	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
木粉コンパウンド2	0.358	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
リサイクルPP	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
射出成形	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4.4.3.2 ベースラインの PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネのCO₂排出量

プロセス	kgあたりCO ₂ 排出量合計	データ源	データ源詳細
リサイクルPP	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
カーボンブラック	2.400000	文献	2.4 tonne CO ₂ -eq/tonne of carbon black
LDPE樹脂製造：イ）原油生産	0.1	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（LDPE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 = 1.517569kg-CO ₂ /kg
LDPE樹脂製造：ロ）原油輸送	0.062904	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（LDPE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 = 1.517569kg-CO ₂ /kg
LDPE樹脂製造：ハ）石油精製	0.245833	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（LDPE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 = 1.517569kg-CO ₂ /kg
LDPE樹脂製造：ニ）石油化学コンビナート	1.098832	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（LDPE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 = 1.517569kg-CO ₂ /kg
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
着色MBコンパウンド	0.763000	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000	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
EPDM	1.011176	文献	EPDM Resin Data CO ₂ 1,011,176g/ton
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
滑石（タルク）	0.033400	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
輸送（営業用貨物自動車）	0.0002	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ）原油生産	0.104519	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ）原油輸送	0.06132	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ）石油精製	0.252688	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
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	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
PP、タルク、EPDMコンパウンド	0.763000	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000	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
射出成形	1.239000	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.00	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
射出成形	1.24	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.00	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
副産物おが屑	0.00	実測データ（フォアグラウンドデータ）	おが屑は 製材時の廃棄物使用（副産物）のため おが屑製造のCO ₂ 排出は0kg-CO ₂ /kgとした

表 4.4.3.3 評価対象製品の TABWD-10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクルPP) によるコムス・インパネの歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
射出成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
副産物おが屑乾燥時歩留まり	0.540	実測データ（フォアグラウンドデータ）おが屑の水分が約50%ある

表 4.4.3.4 ベースラインの PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネの歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
射出成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
PP、タルク、EPDMコンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
PE、顔料コンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）

(1) 評価対象製品

PP-WD10% (PP+木粉マスターバッチおよびリサイクル PP) によるコムス・インパネの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 0.990kg の輸送を想定しており、輸送距離は 85.80km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 85.80\text{km} \times 0.990\text{kg} = 0.0199\text{kg-CO}_2$$

射出成形歩留まりは 98% のため、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： $0.990\text{kg} \div 0.980 = 1.01\text{kg}$

射出成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.01\text{kg} = 1.25\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 1.27kg-CO₂ である。

材料調達・生産

射出成形において使用する材料はリサイクル PP80%、木粉コンパウンド 20% の配合比率である。リサイクル PP 及び木粉コンパウンドの必要材料量を以下のように計算した。

リサイクル PP 必要量： $1.01\text{kg} \times 0.80 = 0.808\text{kg}$

木粉コンパウンド必要量： $1.01\text{kg} \times 0.20 = 0.202\text{kg}$

リサイクル PP 0.808kg の輸送を想定しており、輸送距離は 94.40km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リサイクル PP 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 94.40\text{km} \times 0.808\text{kg} = 0.0178\text{kg-CO}_2$$

リサイクル PP 0.808kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リサイクル PP 生産：

$$0.28\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.808\text{kg} = 0.23\text{kg-CO}_2$$

木粉コンパウンド 0.202kg の輸送を想定しており、輸送距離は 32.40km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

木粉コンパウンド輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.40\text{km} \times 0.202\text{kg} = 0.00153\text{kg-CO}_2}$$

木粉コンパウンド製造時の歩留まりは 98%のため、木粉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。

$$\text{木粉コンパウンド製造時の材料必要量} : 0.202\text{kg} \div 0.980 = 0.206\text{kg}$$

木粉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。

木粉コンパウンド製造時 :

$$\underline{0.358\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.206\text{kg} = 0.0737\text{kg-CO}_2}$$

木粉コンパウンドの重量構成はリサイクル PP が 50%、木粉が 50%である。
リサイクル PP、木粉の必要材料量を以下に計算する。

$$\text{リサイクル PP の必要材料量} : 0.206\text{kg} \times 0.500 = 0.103\text{kg}$$

$$\text{木粉の必要材料量} : 0.206\text{kg} \times 0.500 = 0.103\text{kg}$$

リサイクル PP 0.103kg の輸送を想定しており、輸送距離は 69.60km である。
輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リサイクル PP 輸送時 :

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 69.60\text{km} \times 0.103\text{kg} = 0.00168\text{kg-CO}_2}$$

リサイクル PP 0.103kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リサイクル PP 生産時 :

$$\underline{0.28\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.103\text{kg} = 0.029\text{kg-CO}_2}$$

副残物おが粉（粉砕品）0.103kg の輸送を想定しており、輸送距離は 235.00km である。
輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉（粉砕品）輸送時 :

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 295.00\text{km} \times 0.103\text{kg} = 0.00566\text{kg-CO}_2}$$

副残物おが粉 0.103kg の粉砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉粉砕時 :

$$\underline{0.252\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.103\text{kg} = 0.0260\text{kg-CO}_2}$$

おが粉は 46%が水分であり、そのためおが粉 0.103kg を製造するために必要な量をおが粉量を計算する。

$$\text{乾燥おが粉製造時に必要なおが粉量} : 0.103\text{kg} \div 0.540 = 0.191\text{kg}$$

おが粉 0.191kg の乾燥については製材時の副産物を利用するため CO₂ 排出量は 0 とした。

副残物おが粉 0.191kg の輸送を想定しており、輸送距離は 2.20km である。
輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉輸送時 :

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 2.20\text{km} \times 0.191\text{kg} = 0.0000983\text{kg-CO}_2}$$

副残物おが粉 0.191kg は製材時の副産物のため、生産時の CO₂ 排出量は 0 とした。

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.382kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 1.65kg-CO₂ である。

(2) ベースライン

ベースラインである PP+タルク+ゴム+着色ペレットによるコムス・インパネの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 1.10kg の輸送を想定しており、輸送距離は 85.80km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 85.80\text{km} \times 1.10\text{kg} = 0.0221\text{kg-CO}_2$$

射出成形歩留まりは 98% のため、射出成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{射出成形時の必要材料量} : 1.10\text{kg} \div 0.980 = 1.12\text{kg}$$

射出成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.12\text{kg} = 1.39\text{kg-CO}_2$$

評価対象製品では工程内から回収したりリサイクル PP の活用を想定している。評価対象製品に使用しなかった場合は全量が破棄されている。ベースラインに含める必要があるため、評価対象製品と同量の原料を使用した場合を想定し、歩留まりは考慮していない。

部品 0.911kg の輸送を想定しており、輸送距離は三重県津市から愛知県刈谷市の 85.80km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 85.80\text{km} \times 0.911\text{kg} = 0.0183\text{kg-CO}_2$$

射出成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.911\text{kg} = 1.13\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 2.56kg-CO₂ である。

材料調達・生産

射出成形材の重量構成は PP、タルク、EPDM のコンパウンドが 97%、着色 MB (PE、カーボンブラック) が 3% である。必要材料量を以下に計算する。

PP、タルク、EPDM のコンパウンドの必要材料量： $1.122\text{kg} \times 0.98 = 1.09\text{kg}$

着色 MB (PE、カーボンブラック) の必要材料量： $1.122\text{kg} \times 0.03 = 0.0337\text{kg}$

コンパウンド (PP、タルク、EPDM) 1.09kg の輸送を想定しており、輸送距離は 437.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 437.00\text{km} \times 1.09\text{kg} = 0.111\text{kg-CO}_2$$

PP、タルク、EPDM 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： $1.09\text{kg} \div 0.980 = 1.110\text{kg}$

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：

$$0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.110\text{kg} = 0.847\text{kg-CO}_2$$

コンパウンドの重量構成は PP が 60%、タルクが 20%、EPDM が 20% である。PP、タルク、EPDM の必要材料量を以下に計算する。

PP の必要材料量： $1.110\text{kg} \times 0.600 = 0.666\text{kg}$

タルクの必要材料量： $1.110\text{kg} \times 0.200 = 0.222\text{kg}$

EPDM の必要材料量： $1.110\text{kg} \times 0.200 = 0.222\text{kg}$

PP0.666kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.666\text{kg} = 0.0696\text{kg-CO}_2$$

原油輸送：

$$0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.666\text{kg} = 0.0408\text{kg-CO}_2$$

石油精製：

$$0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.666\text{kg} = 0.168\text{kg-CO}_2$$

石油化学コンビナート：

$$1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.666\text{kg} = 0.709\text{kg-CO}_2$$

タルク 0.222kg の輸送を想定しており、輸送距離は 631.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 631.00\text{km} \times 0.222\text{kg} = 0.0328\text{kg-CO}_2$$

タルク 0.222kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

タルク製造時の CO₂ 排出量：

$$\underline{0.0334\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.222\text{kg} = 0.00741\text{kg-CO}_2}$$

EPDM0.222kg の輸送を想定しており、輸送距離は 1.50km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

EPDM 輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 1.50\text{km} \times 0.222\text{kg} = 0.0000779\text{kg-CO}_2}$$

EPDM0.222kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した

EPDM 製造時の CO₂ 排出量：

$$\underline{1.011176\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.222\text{kg} = 0.224\text{kg-CO}_2}$$

着色 MB (PE、カーボンブラック) 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： $0.0337\text{kg} \div 0.980 = 0.0344\text{kg}$

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：

$$\underline{0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0344\text{kg} = 0.0262\text{kg-CO}_2}$$

着色 MB (PE、カーボンブラック) の重量構成は PE が 70%、カーボンブラックが 30% である。PE、カーボンブラックの必要材料量を以下に計算する。

PE の必要材料量： $0.0344\text{kg} \times 0.700 = 0.0241\text{kg}$

カーボンブラックの必要材料量： $0.0344\text{kg} \times 0.300 = 0.0103\text{kg}$

LDPE 樹脂 0.0241kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$\underline{0.1100000\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0241\text{kg} = 0.00265\text{kg-CO}_2}$$

原油輸送：

$$\underline{0.062904\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0241\text{kg} = 0.00152\text{kg-CO}_2}$$

石油精製：

$$\underline{0.245833\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0241\text{kg} = 0.0592\text{kg-CO}_2}$$

石油化学コンビナート：

$$\underline{1.098832\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0241\text{kg} = 0.0265\text{kg-CO}_2}$$

カーボンブラック 0.0103kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した

カーボンブラック製造時の CO₂ 排出量：

$$\underline{2.4\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0103\text{kg} = 0.025\text{kg-CO}_2}$$

評価対象製品では工程内から回収したりリサイクル PP の活用を想定している。評価対象製品に使用しなかった場合は全量が破棄されている。ベースラインに含める必要があるため、評価対象製品と同量の原料を使用した場合を想定し、歩留まりは考慮していない。

素材 0.911kg の輸送を想定しており、輸送距離は 94.40km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 94.40\text{km} \times 0.911\text{kg} = 0.0201\text{kg-CO}_2$$

リサイクル PP0.911kg の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

リサイクル PP 生産時：

$$0.28\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.911\text{kg} = 0.260\text{kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 2.57kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 5.13kg-CO₂ である。

(3) 評価対象製品とベースラインの比較

CO₂削減量は

原材料調達・生産時： $3.74\text{kg-CO}_2 - 2.57\text{kg-CO}_2 = 2.19\text{kg-CO}_2$

部品生産時： $2.56\text{kg-CO}_2 - 1.27\text{kg-CO}_2 = 1.288\text{kg-CO}_2$

合計削減量：

$2.19\text{kg-CO}_2 + 1.288\text{kg-CO}_2 = 3.48\text{kg-CO}_2$

表 4.4.3.5 CO₂排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂ /部品)			
	評価対象製品 CO ₂ 排出量	ベースライン CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出削減効果 (ベースライン-評価 対象製品)
原材料調達・生産	0.382	2.57	2.19
部品生産	1.27	2.56	1.288
使用	—	—	—
回収（再生目的）	—	—	—
リサイクル（材料生産）	—	—	—
リサイクル（部品生産）	—	—	—
回収（廃棄目的）	—	—	—
廃棄（焼却）	—	—	—
植物吸収考慮	—	—	—
サーマルリサイクル（発電）	—	—	—
合計	1.65	5.13	3.48

表 4. 4. 3. 6 CO₂ 排出量比較

①評価対象製品				TABWD-10%（PP＋木粉マスターバッチおよびリサイクルPP）によるコムス・インパネ					
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）
実証事業終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	13	副産物おが屑	0	0	0	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		12	輸送（営業用貨物自動車）	0.0000983	0	0.0000983	0.000234	文献	
		11	副産物おが屑乾燥	0	0	0	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		10	副産物おが屑粉砕	0.0260	0	0.0260	0.252	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		9	輸送（営業用貨物自動車）	0.0057	0	0.0057	0.000234	文献	
		8	リサイクルPP	0.029	0	0.029	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		7	輸送（営業用貨物自動車）	0.00168	0	0.00168	0.000234	文献	
		6	木粉コンパウンド2	0.0737	0	0.0737	0.358	実測値（フォアグラウンドデータ）	
		5	輸送（営業用貨物自動車）	0.00153	0	0.00153	0.000234	文献	
		4	リサイクルPP	0.23	0	0.23	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		3	輸送（営業用貨物自動車）	0.0178	0	0.0178	0.000234	文献	
		【評価：材料調達・生産小計】		0.382	0	0.382			
	部品生産	2	射出成形	1.25	0	1.25	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		1	輸送（営業用貨物自動車）	0.0199	0	0.0199	0.000234	文献	
		【評価：部品生産小計】		1.271	0	1.27			
【評価合計】				1.65	0	1.65			
②ベースライン				PP＋タルク＋ゴム＋着色ペレットによるコムス・インパネ					
				エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）
実証事業終了時点 (kg-CO2/年)	原材料調達・生産	37	リサイクルPP	0.26	0	0.26	0.28	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		36	輸送（営業用貨物自動車）	0.0201	0	0.0201	0.000234	文献	
		35	カーボンブラック	0.025	0.00022	0.025	2.4	文献	
		34	LDPE樹脂製造：ⅴ 原油生産	0.0026	0.000023	0.00265	0.1100000	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		33	LDPE樹脂製造：ⅴ 原油輸送	0.0015	0	0.00152	0.062904	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		32	LDPE樹脂製造：ⅴ 石油精製	0.0059	0.000052	0.00592	0.245833	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		31	LDPE樹脂製造：ⅴ 石油化学コンビナート	0.026	0.00023	0.0265	1.098832	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		30	輸送（営業用貨物自動車）	0.00034	0	0.000336	0.000234	文献	
		29	着色MBコンパウンド	0.0262	0	0.0262	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	
		18	輸送（営業用貨物自動車）	0.111000	0	0.111000	0.000234	文献	
		27	EPDM	0.222	0.0019	0.224	1.011176	文献	
		26	輸送（営業用貨物自動車）	0.0000779	0	0.0000779	0.000234	文献	
		25	滑石（タルク）	0.00734	0.000064	0.00741	0.0334	CO2換算量共通原単位データベース	
		24	輸送（営業用貨物自動車）	0.0328	0	0.0328	0.000234	文献	
		23	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ⅴ 原油生産	0.0690	0.00061	0.0696	0.10452	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		22	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ⅴ 原油輸送	0.0408	0	0.0408	0.061316	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		21	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ⅴ 石油精製	0.167	0.0015	0.168	0.252688	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		20	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ⅴ 石油化学コンビナート	0.703	0.010	0.709	1.064129	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
	19	PP、タルク、EPDMコンパウンド	0.847	0	0.847	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）		
	18	輸送（営業用貨物自動車）	0.111	0	0.111	0.000234	文献		
	【ベース：材料調達・生産小計】		2.56	0.0108	2.57				
	部品生産	17	射出成形	1.13	0	1.13	1.24	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		16	輸送（営業用貨物自動車）	0.0183	0	0.0183	0.000234	文献	
		15	射出成形	1.39	0	1.39	1.24	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		14	輸送（営業用貨物自動車）	0.0221	0	0.0221	0.000234	文献	
		【ベース：部品生産小計】		2.56	0	2.56			
【ベース合計】		4.53	0.0082	5.13					
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			2.18	0.0108	2.19			
	部品生産			1.288	0	1.288			
	使用			－	－	－			
	廃棄・リサイクル			－	－	－			
	合計			2.88	0.0082	3.48			

4. 5 バイオ PE+木粉+PP 製自動車部品の 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 PE+木粉+PP (10 : 30 : 60) の自動車部品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 PE+木粉+PP (10 : 30 : 60) と既存の PP+タルク+ゴムの材料調達・生産～部品製造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。

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いため、評価対象範囲からは除外した。

本実証事業は 2 カ年での実施を予定している。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、廃棄・リサイクル時における LCA を評価する。

4. 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 PE+木粉+PP (10 : 30 : 60) の自動車部品

ベースライン：PP+タルク+ゴムの自動車部品

機能単位：ドアインナーモジュールとして部品剛性が同等のこと

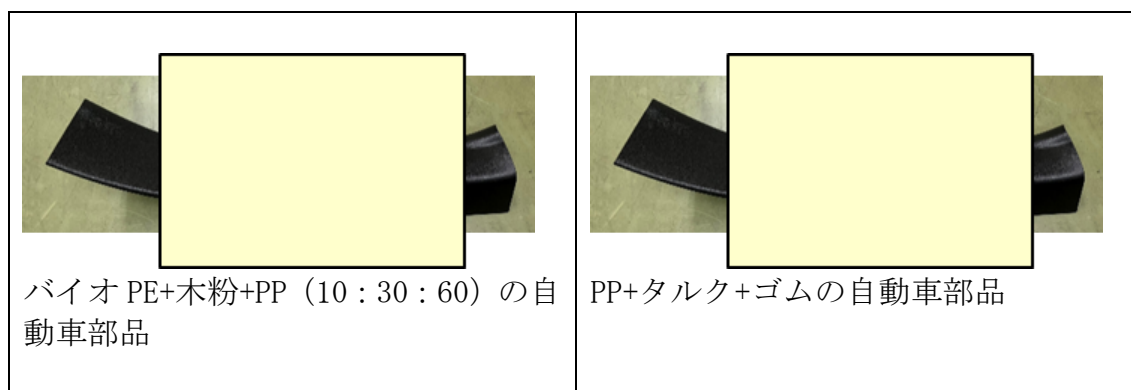


図 4. 5. 1. 1 評価対象製品とベースラインの概要

4. 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）、廃棄・リサイクル時の LCA を評価する（⑤、⑥）。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。

評価対象製品であるバイオ PE+木粉+PP（10：30：60）の自動車部品、ベースラインである PP+タルク+ゴムの自動車部品については、PE 原料は海外から調達し、残る全てのプロセスを国内での生産とした。

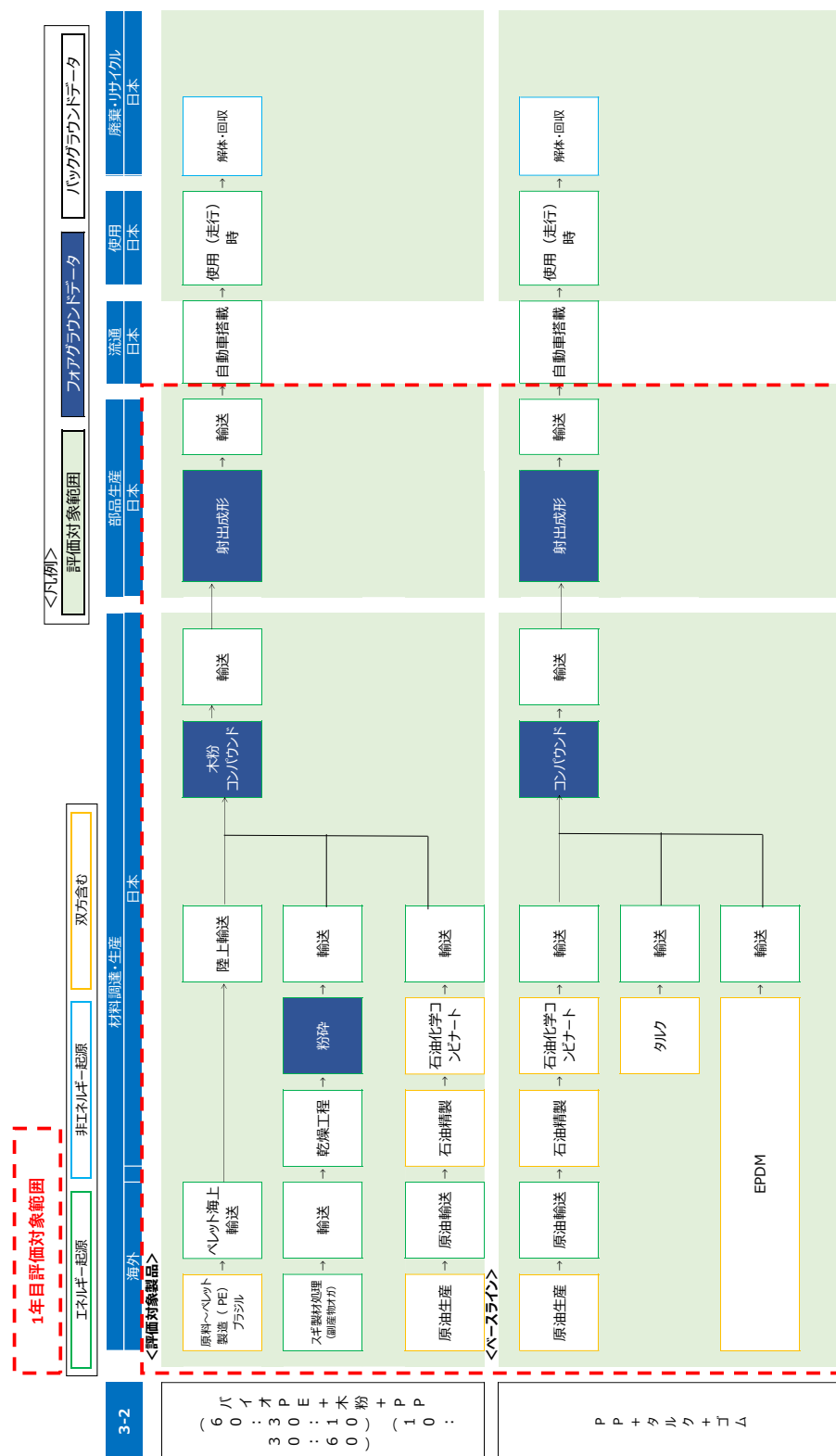


図 4.5.2.1 バイオ PE+木粉+PP (10 : 30 : 60) の自動車部品及び PP+タルク+ゴムの自動車部品のライフサイクルフロー図と評価範囲

4. 5. 3 廃棄・リサイクル時までの 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）

評価対象製品のライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 4. 5. 3. 1、表 4. 5. 3. 2 に、歩留まりデータを表 4. 5. 3. 3、表 4. 5. 3. 4 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

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 カ年の「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。

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。

表 4.5.3.1 評価対象製品のバイオ PE+木粉+PP（10：30：60）の自動車部品のCO₂排出量原単位

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.104519	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 (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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.061316	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 (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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.252688	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 (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)
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	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 (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)
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
副産物おが屑	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	おが屑は 製材時の廃棄物使用（副産物）のため おが屑製造のCO ₂ 排出は0kg-CO ₂ /kgとした
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
副産物おが屑乾燥	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	乾燥工程は燃料に同工場の廃棄物の樹皮を使用しているため、CO ₂ 排出量を0でカウント。（木材、木くず、木炭等のバイオマス系の燃料の使用に伴う二酸化炭素の排出については、植物により大気中から吸収された二酸化炭素が再び大気中に排出されるものであるため、排出量には含めないこととされている。https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf）
副産物おが屑粉砕	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
バイオPE（原料からベレット製造まで）	2.32	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
コンテナ船（北米航路）（15.7g-CO ₂ /tkm）	0.0000157	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
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
木粉コンパウンド	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
射出成形	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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

表 4.5.3.2 ベースラインの PP+タルク+ゴムの自動車部品の CO₂ 排出量

プロセス	kgあたり CO ₂ 排出量合 計	データ源	データ源詳細
EPDM	1.011176	文献	EPDM Resin Data CO ₂ 1,011,176g/ton
輸送（営業用貨物自動車）	0.00023	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
滑石（タルク）	0.033400	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
輸送（営業用貨物自動車）	0.00023	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
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油 生産	0.104519	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油 輸送	0.061316	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油 精製	0.252688	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)
PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油 化学コンビナート	1.06	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)
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
PP、タルク、EPDMコンパウンド	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	実測値（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.000234	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
射出成形	1.24	実測データ（フォアグラウンドデータ）	実測データ（フォアグラウンドデータ）
輸送（営業用貨物自動車）	0.00	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

表 4.5.3.3 評価対象製品のバイオ PE+木粉+PP（10：30：60）の自動車部品の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
射出成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
木粉コンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
副残物おが屑乾燥時歩留まり	0.540	実測データ（フォアグラウンドデータ） 図オが屑の水分が約50%ある

表 4.5.3.4 ベースラインの PP+タルク+ゴムの自動車部品の歩留まり

プロセス	歩留まり	データ源
射出成形歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）
PP、タルク、EPDMコンパウンド歩留まり	0.980	実測データ（フォアグラウンドデータ）

(1) 評価対象製品

バイオ PE+木粉+PP (10 : 30 : 60) の自動車部品の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 0.260kg の輸送を想定しており、輸送距離は 38.00km 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：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 38.00\text{km} \times 0.260\text{kg} = 0.00231\text{kg-CO}_2}$$

射出成形歩留まりは 98% のため、射出成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{射出成形時の必要材料量：} 0.260\text{kg} \div 0.980 = 0.265\text{kg}$$

射出成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$\underline{1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.265\text{kg} = 0.328\text{kg-CO}_2}$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.331kg-CO₂ である。

材料調達・生産

木粉コンパウンド 0.265kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 48.00\text{km} \times 0.265\text{kg} = 0.00296\text{kg-CO}_2}$$

木粉コンパウンド製造時の歩留まりは 98% のため、木粉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。

$$\text{木粉コンパウンド製造時の材料必要量：} 0.265\text{kg} \div 0.980 = 0.270\text{kg}$$

木粉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。

木粉コンパウンド製造時：

$$\underline{0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.270\text{kg} = 0.206\text{kg-CO}_2}$$

コンパウンドの重量構成はバイオ PE が 10%、木粉が 30%、PP が 60% である。バイオ PE、木粉、PP の必要材料量を以下に計算する。

バイオ PE の必要材料量： $0.270\text{kg} \times 0.100 = 0.027\text{kg}$

木粉の必要材料量： $0.270\text{kg} \times 0.300 = 0.081\text{kg}$

PP の必要材料量： $0.270\text{kg} \times 0.600 = 0.16\text{kg}$

バイオ PE 0.027kg の輸送を想定しており、陸上輸送距離は 32.00km、海上輸送距離はブラジルから日本の 18,000 km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 32.00\text{km} \times 0.027\text{kg} = 0.00020\text{kg-CO}_2$$

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 18,000\text{km} \times 0.027\text{kg} = 0.0076\text{kg-CO}_2$$

バイオ PE 0.027kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 生産：

$$2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.027\text{kg} = 0.063\text{kg-CO}_2$$

副残物おが粉（粉砕品）0.081kg の輸送を想定しており、輸送距離は 295.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉（粉砕品）輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 295.00\text{km} \times 0.081\text{kg} = 0.0056\text{kg-CO}_2$$

副残物おが粉 0.081kg の粉砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉粉砕時：

$$0.252\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.081\text{kg} = 0.020\text{kg-CO}_2$$

おが粉は 46% が水分であり、そのためおが粉 0.081kg を製造するために必要な量をおが粉量を計算する。

乾燥おが粉製造時に必要なおが粉量： $0.081\text{kg} \div 0.540 = 0.15\text{kg}$

おが粉 0.15kg の乾燥については製材時の副産物を利用するため CO₂ 排出量は 0 とした。

副残物おが粉 0.15kg の輸送を想定しており、輸送距離は 2.20km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

副残物おが粉輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 2.20\text{km} \times 0.15\text{kg} = 0.000077\text{kg-CO}_2$$

副残物おが粉 0.15kg は製材時の副産物のため、生産時の CO₂ 排出量は 0 とした。

PP0.16kg の輸送を想定しており、輸送距離は 380.00km 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：

$$\underline{0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 380.00\text{km} \times 0.16\text{kg} = 0.014\text{kg-CO}_2}$$

PP 0.16kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$\underline{0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.16\text{kg} = 0.017\text{kg-CO}_2}$$

原油輸送：

$$\underline{0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.16\text{kg} = 0.0098 \text{ kg-CO}_2}$$

石油精製：

$$\underline{0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.16\text{kg} = 0.040 \text{ kg-CO}_2}$$

石油化学コンビナート：

$$\underline{1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.16\text{kg} = 0.17\text{kg-CO}_2}$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.557kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 0.888kg-CO₂ である。

(2) ベースライン

ベースラインである PP+タルク+ゴムの自動車部品の CO₂ 排出量を以下のように推計した。

部品生産

部品 0.270kg の輸送を想定しており、輸送距離は 82.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 82.00\text{km} \times 0.270\text{kg} = 0.00517\text{kg-CO}_2$$

射出成形歩留まりは 98%のため、射出成形時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{射出成形時の必要材料量} : 0.270\text{kg} \div 0.980 = 0.276\text{kg}$$

射出成形時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出成形時：

$$1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.276\text{kg} = 0.342\text{kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.347kg-CO₂ である。

材料調達・生産

コンパウンド 0.276kg の輸送を想定しており、輸送距離は 48.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

素材輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 48.00\text{km} \times 0.276\text{kg} = 0.00309\text{kg-CO}_2$$

PP、タルク、EPDM 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。

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量} : 0.276\text{kg} \div 0.980 = 0.282\text{kg}$$

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：

$$0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.282\text{kg} = 0.215\text{kg-CO}_2$$

コンパウンドの重量構成は PP が 60%、タルクが 20%、EPDM が 20%である。PP、タルク、EPDM の必要材料量を以下に計算する。

$$\text{PP の必要材料量} : 0.282\text{kg} \times 0.600 = 0.169\text{kg}$$

タルクの必要材料量： $0.282\text{kg} \times 0.200 = 0.0564\text{kg}$

EPDM の必要材料量： $0.282\text{kg} \times 0.200 = 0.0564\text{kg}$

PP0.169kg の輸送を想定しており、輸送距離は 380.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 380.00\text{km} \times 0.169\text{kg} = 0.0150\text{kg-CO}_2$$

PP 0.169kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

原油生産：

$$0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.169\text{kg} = 0.0177\text{kg-CO}_2$$

原油輸送：

$$0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.169\text{kg} = 0.0104\text{kg-CO}_2$$

石油精製：

$$0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.169\text{kg} = 0.0427\text{kg-CO}_2$$

石油化学コンビナート：

$$1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.169\text{kg} = 0.180\text{kg-CO}_2$$

タルク 0.0564kg の輸送を想定しており、輸送距離は 221.00km 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：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 221.00\text{km} \times 0.0564\text{kg} = 0.00292\text{kg-CO}_2$$

タルク 0.0564kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した

タルク製造時の CO₂ 排出量：

$$0.0334\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0564\text{kg} = 0.00188\text{kg-CO}_2$$

EPDM0.0564kg の輸送を想定しており、輸送距離は 388.00km である。輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

EPDM 輸送時：

$$0.000234\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 388.00\text{km} \times 0.0564\text{kg} = 0.0512\text{kg-CO}_2$$

EPDM0.0564kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した

EPDM 製造時の CO₂ 排出量：

$$1.011176\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0560\text{kg} = 0.0570\text{kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.551kg-CO₂ である。

材料調達～部品生産時の CO₂ 排出量は 0.898kg-CO₂ である。

(3) 評価対象製品とベースラインの比較

CO₂削減量は

原材料調達・生産時：0.551kg-CO₂-0.557kg-CO₂=-0.00628kg-CO₂

部品生産時：0.347kg-CO₂-0.331kg-CO₂=0.0165kg-CO₂

合計削減量：

-0.00628kg-CO₂+0.0165kg-CO₂) =0.0102kg-CO₂

表 4.5.3.5 CO₂排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂ /部品)			
	評価対象製品 CO ₂ 排出量	ベースライン CO ₂ 排出量	CO ₂ 排出削減効果 (ベースライン-評価 対象製品)
原材料調達・生産	0.557	0.551	-0.00628
部品生産	0.331	0.347	0.0165
使用	—	—	—
回収（再生目的）	—	—	—
リサイクル（材料生産）	—	—	—
リサイクル（部品生産）	—	—	—
回収（廃棄目的）	—	—	—
廃棄（焼却）	—	—	—
植物吸収考慮	—	—	—
サーマルリサイクル（発電）	—	—	—
合計	0.888	0.898	0.0102

表 4.5.3.6 CO₂ 排出量比較

①評価対象製品			バイオPE+木粉+PP（10：30：60）						
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	原材料調達・生産	17	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.0170	0.00015	0.017	0.104519	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		16	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.0098	0	0.0098	0.061316	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		15	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.040	0.00035	0.040	0.252688	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		14	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	0.17	0.0015	0.17	1.064129	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		13	輸送（営業用貨物自動車）	0.014	0	0.014	0.000234	文献	
		12	副産物めが屑	0	0	0	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		11	輸送（営業用貨物自動車）	0.000077	0	0.000077	0.000234	文献	
		10	副産物めが屑乾燥	0	0	0	0	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		9	副産物めが屑粉砕	0.020	0	0.020	0.252	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		8	輸送（営業用貨物自動車）	0.0056	0	0.0056	0.000234	文献	
		7	バイオPE（原料からペレット製造まで）	0.062	0.00050	0.063	2.32	論文	
		6	コンテナ船（北米航路）（15.7g-CO2/tkm）	0.0076	0	0.0076	0.0000157	文献	
		5	輸送（営業用貨物自動車）	0.00020	0	0.00020	0.000234	文献	
		4	木粉コンパウンド	0.206	0	0.206	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	
	3	輸送（営業用貨物自動車）	0.00296	0	0.00296	0.000234	文献		
	【評価：材料調達・生産小計】		0.554	0.0025	0.557				
	部品生産	2	射出成形	0.328	0	0.328	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		1	輸送（営業用貨物自動車）	0.00231	0	0.00231	0.000234	文献	
		【評価：部品生産小計】		0.331	0	0.331			
	【評価合計】			0.885	0.0025	0.888			
②ベースライン			PP+タルク+ゴム						
			エネルギー起源	非エネルギー起源	合計	kgあたりCO2排出量合計	データ源	備考（評価の進捗等）	
実証事業 終了時点 (kg-CO2/ 年)	原材料調達・生産	30	EPDM	0.0565	0.00050	0.0570	1.011176	文献	
		29	輸送（営業用貨物自動車）	0.00512	0	0.00512	0.000234	文献	
		28	滑石（タルク）	0.00186	0.000016	0.00188	0.0334	CO2換算量共通原単位データベース	
		27	輸送（営業用貨物自動車）	0.00292	0	0.00292	0.000234	文献	
		26	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.0175	0.00015	0.0177	0.104519	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		25	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.0104	0	0.0104	0.061316	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		24	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.0423	0.00037	0.0427	0.252688	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		23	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	0.178	0.0016	0.180	1.064129	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	
		22	輸送（営業用貨物自動車）	0.0150	0	0.0150	0.000234	文献	
		21	PP、タルク、EPDMコンパウンド	0.215	0	0.215	0.763	実測値（フォアグラウンドデータ）	
		20	輸送（営業用貨物自動車）	0.00309	0	0.00309	0.000234	文献	
		【ベース：材料調達・生産小計】		0.548	0.0026	0.551			
	部品生産	19	射出成形	0.339	0.0030	0.342	1.239	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
		18	輸送（営業用貨物自動車）	0.00517	0	0.00517	0.000234	文献	
		【ベース：部品生産小計】		0.344	0.0030	0.347			
	【ベース合計】			0.892	0.0056	0.898			
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		-0.00605	0.000000	-0.00618	－			
	部品生産		0.0134	0.0030	0.0165				
	使用		－	－	－				
	廃棄・リサイクル		－	－	－				
	合計		0.00733	0.0031	0.0103				

4. 6 まとめ

今回検討したセルロース繊維強化樹脂材料の発泡成形部品、パルプモールドを活用した鋼板補剛部品、植物繊維配合バイオプラスチック材料の内装部品のすべての水準で、部品製造時まで想定した CO₂ 排出量の削減効果が認められた。またほとんどの水準で、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るため、使用（走行）を考慮した場合更なる CO₂ 排出削減が見込まれる。来年度は使用、廃却まで考慮した CO₂ 排出量の削減効果を検討予定している。

4. 6. 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 削減効果を計算している。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「0」表記を行っている。

表 4.6.1.1 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

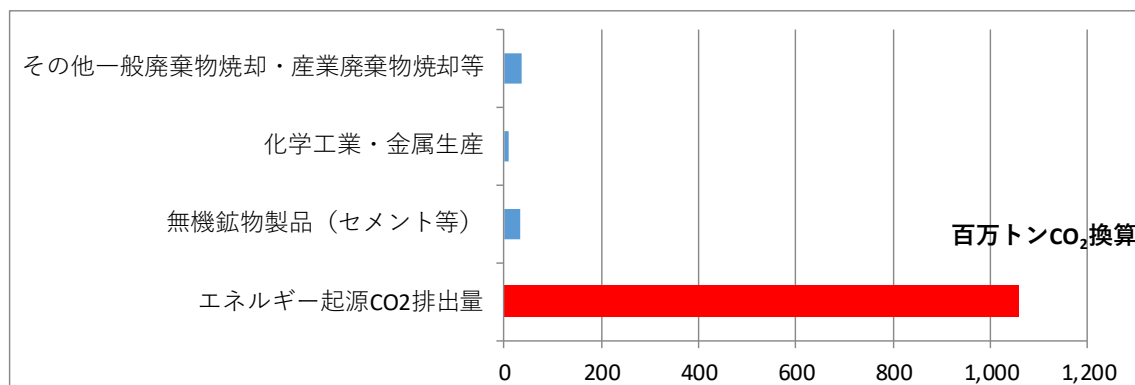


図 4.6.1.1 日本の CO₂ 排出量 (2018 年度)

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

5 植物材料の部品適用技術及び再生材技術に関する調査（ドイツ K 展）

K 展は 3 年に 1 度ドイツ、デュッセルドルフにて開催される世界最大規模の材料見本市で、各種プラスチック、製品、成形機などの展示がある。今回、最新樹脂材料や再生材について重点的に調査行った。さらに、植物材料部品適用技術の調査を行い適用可能な部品群についても調査を行った。



図 5.1 ドイツ K 展（K2022）

5. 1 再生材動向

IPCC 第 5 次評価報告書では、20 世紀末頃（1986 年～2005 年）と比べて、有効な温暖化対策をとらなかった場合、21 世紀末（2081 年～2100 年）の世界の平均気温は、2.6～4.8℃上昇、厳しい温暖化対策をとった場合でも 0.3～1.7℃上昇する可能性が高くなるとある。さらに、平均海面水位は、最大 82cm 上昇する可能性が高いと予測される（環境省ホームページ地球温暖化の現状より抜粋）。こうした背景の中、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーを実現するため、今後発令されるであろう再生材規制や最新の再生材技術動向について把握し、対応への準備を行うことは重要である。

5. 1. 1 樹脂市場全体規制

再生材規制で大きな影響力を持つ欧州では、2050 年までの炭素中立を目指す欧州グリーン・ディールの循環型経済行動計画や 2030 年までに温室効果ガス排出量を 1990 年比で 55%以上削減するという目標を達成するための包括的な政策パッケージ「Fit for 55」が公表されている。これらの行動計画や政策パッケージにより樹脂製造業界や自動車産業においてカーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーに関する推進目標は大きく影響を受けると考えられる。

5. 1. 2 自動車部品用樹脂規制

前項の影響により自動車業界でも再生材の規制が予想される。自動車部品用樹脂として再生材規制動向についてドイツ K2022 (K 展) にて各社ヒアリングをした結果、BASF や SABIC は 2030 年再生化率 25%以上を目指すとのことで、近く欧州 ELV 規制が発令されるという。樹脂メーカーは特に自動車メーカーの動きを注視しており、ルノーはさらに高い目標の 2025 年までには 45%再生化比率達成を目標としていた。

5. 1. 3 K 展で見られた再生材料

図 5.1.3.1 (←どこかの図だから出典を書かないとだめ、もしくは書き直すか。前田君が林野庁の中でこの図を自分で書き直していた) に示すように、再生材の種類として大きく 3 種類に分類される。一つは、回収部品を粉砕して原材料に戻す①メカニカルリサイクル、2 つ目は回収部品を粉砕分別し低分子な原材料まで化学的に分解する②ケミカルリサイクル、3 つ目は太陽の光により大気中の CO₂ を吸収して生産されるバイオマスより材料を作る③バイオプラスチック、又はバイオマス材料があげられる。

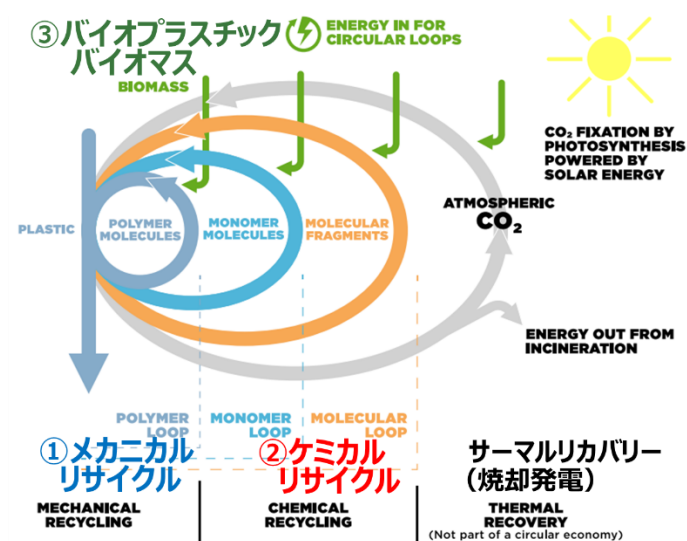


図 5.1.3.1 再生材の分類例

5. 1. 3. 1 ①メカニカルリサイクル

メカニカルリサイクルとは、回収した部品を粉砕し必要に応じて分別し物性を整えるリサイクル方法の一つである。

5. 1. 3. 1. 1 ①メカニカルリサイクル：非自動車材料（質のいい廃 P P）

Krauss Maffei は、医療用の PP 廃材を回収して PP-GF 製フロントエンドモジュール部品を成形するリサイクルを実施していた。この事例のように履歴の明確な質のいい廃 P P を活用する場合、再生材として品質が優れるが、このようなリサイクル資源は量の確保が課題であると考えられる。



図 5.1.3.1.1.1 メカニカルリサイクル：非自動車材料事例

5. 1. 3. 1. 2 自動車（E L V）①メカニカルリサイクル

BASF は図 5. 1. 3. 1. 2. 1 に示すように廃棄自動車の破砕シュレッダー物である ASR から分別したリサイクル材料を活用する手法について展示をしていた。ASR 中の PP 樹脂を比重で分離し活用する技術が一例としてあった。不純物が多くそのままでは活用できる部位が限定される。そこで、サンドイッチ成形のコア材として図 5. 1. 3. 1. 2. 2 のように使う事例があった。



図 5. 1. 3. 1. 2. 1 ASR を分別しリサイクルして活用する手法

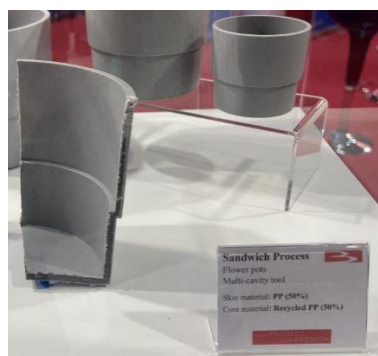


図 5. 1. 3. 1. 2. 1 サンドイッチ成形によるリサイクル材の活用

5. 1. 3. 2 ②ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクルとは、回収部材を粉砕分別し低分子な原材料まで化学的に分解、そして適切な重合を行い活用するリサイクル方法の一つである。

5. 1. 3. 2. 1 ②ケミカルリサイクル (PMMA 樹脂の場合)

PMMA 樹脂はメカニカルリサイクルではその特徴である透明性の確保が困難である。そこで、図 5.1.3.2.1.1、図 5.1.3.2.1.2 に示すようなケミカルリサイクルにより不純物の少ない PMMA 樹脂へ再生する方法が展示されていた。2 軸押出機により高温下で混練することで PMMA 樹脂が熱分解されモノマーを取り出すことができる。さらに重合を行い純度の高い PMMA 樹脂としてリサイクルすることができる。課題としてはメカニカルリサイクルに比べ CO₂ 排出量が多くなることと高コストがあげられる。なお、汎用材である PP についてはこのような手法でのケミカルリサイクルは技術的に困難である。



図 5.1.3.2.1.1 PMMA 樹脂のケミカルリサイクル

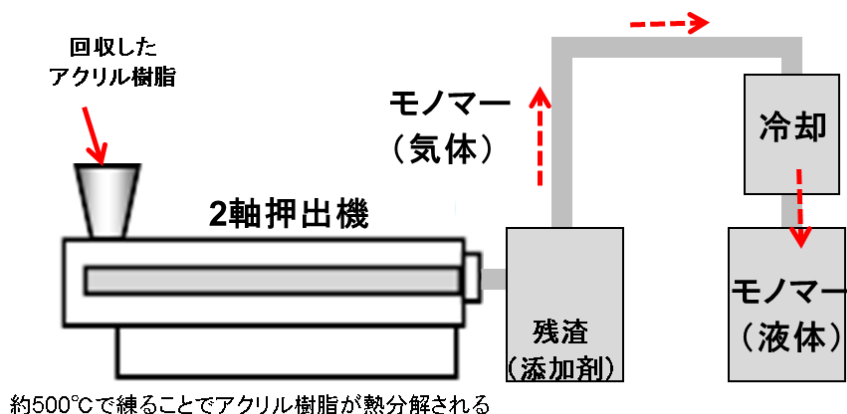


図 5.1.3.2.1.2 PMMA 樹脂のケミカルリサイクル

5. 1. 3. 2. 2 ②ケミカルリサイクル（ASR の熱分解活用事例）

BASF は ASR からケミカルリサイクルする取組を展示していた。図 5. 1. 3. 2. 2. 1（←メカニカルリサイクルの写真と同じ？なんか変えたほうがよい）に示すように破碎樹脂を化学的に分解しポリオールを取り出し、それを原料とした発泡成形体の製造をする事例が紹介されていた。

様々な種類の樹脂材料が使われている自動車の破碎から得られる混合樹脂破碎物をどのようにリサイクルすべきか、メカニカルリサイクル、ケミカルリサイクル、両方をどのように組み合わせるべきかは自動車業界としての課題と言える。技術的な問題や、リサイクルシステム整備の問題等、解決すべきことは多く引き続き動向に注視していきたい。

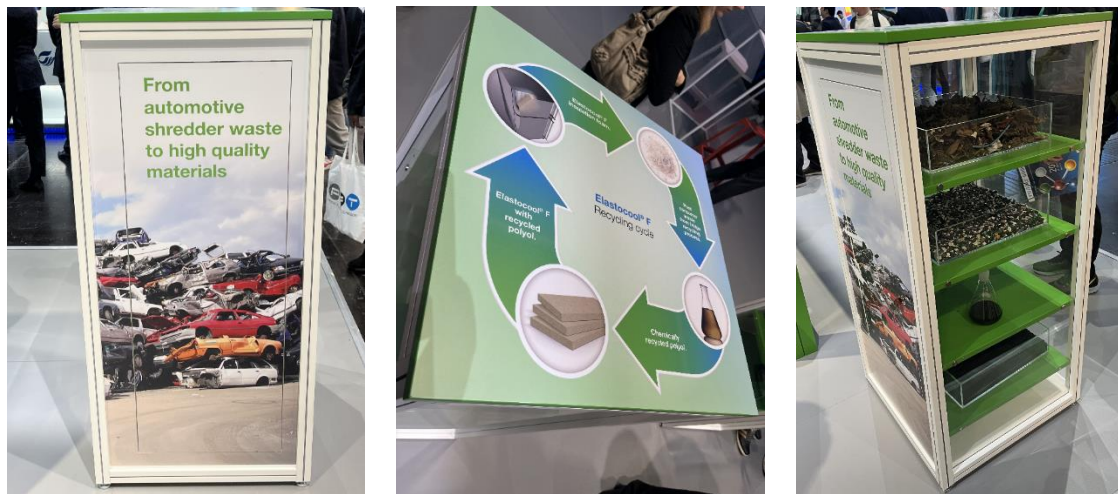


図 5. 1. 3. 2. 2. 1 ケミカルリサイクル（ASR の熱分解活用事例）

5. 1. 3. 3 ③バイオプラスチック、バイオマス

再生化率達成目標についての欧州 ELV 規制発令が予測される中、バイオプラスチック材料やバイオマス材料の活用ニーズは高まってきている。

5. 1. 3. 3. 1 バイオ PP (マスバランスアプローチ認証)

今回、図 5.1.3.3.1.1～3、表 5.1.3.3.1.1 に示すようなバイオ PP の事例が多く見られた。SABIC ではバイオ PP は食用廃油を化学処理で分解したうえで、ナフサに混合し PP の原料を取り出し、既存設備で合成する技術을 展示していた。マスバランスアプローチ認証を活用し、バイオ度 100%のバイオ PP 相当として (ISCC) 認定したものを販売するという。課題としては LCA の際、植物油を分解するための CO2 増加が懸念される点や量の確保、高コストが考えられる。

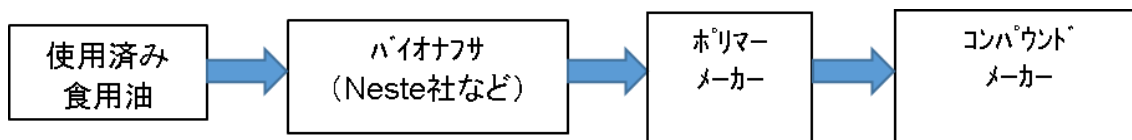


図 5.1.3.3.1.1 バイオ PP 工程フロー概要 (マスバランスアプローチ認証)



図 5.1.3.3.1.2 バイオ PP 採用例

表 5.1.3.3.1.1 ISSC 認証

	ISSC Plus	ISSC EU
範囲	食品、飼料、バイオベース製品、エネルギー、 EU市場以外 のバイオ燃料	EU市場内 のバイオ燃料
カバーされる原料	あらゆる種類の農業及び林業由来原料、廃棄物および残留物、バイオガスおよび藻類、非生物学的	あらゆる種類の農業および林業原料、廃棄物および残渣、バイオガスおよび藻類

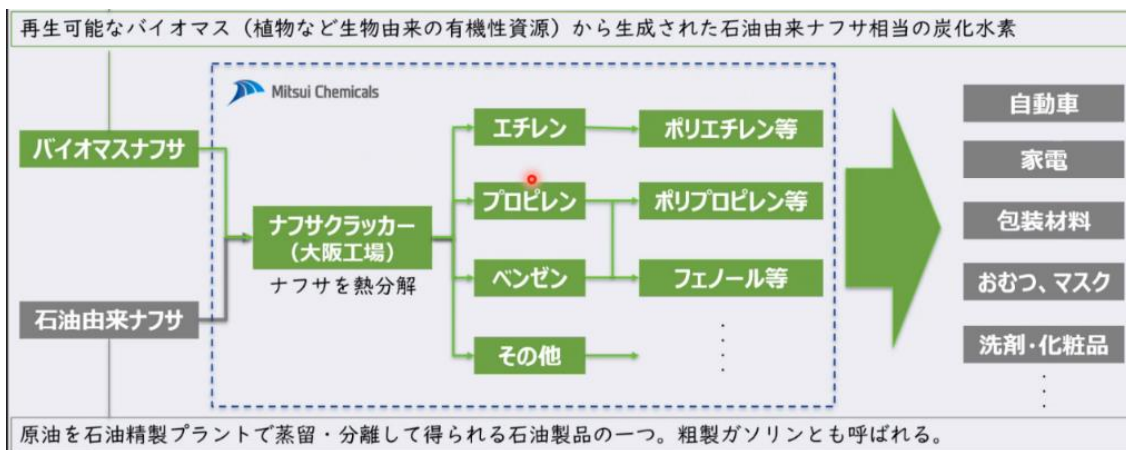


図 5.1.3.3.1.3 バイオナフサを活用したバイオプラ製造フロー

5. 1. 3. 3. 2 バイオ PE

バイオ PE は、プラスチックよりサトウキビから製造、市販化されている。比較的安価であり LCA も良好である。耐熱等の課題を克服できれば現状技術で活用が期待できる材料と言える。

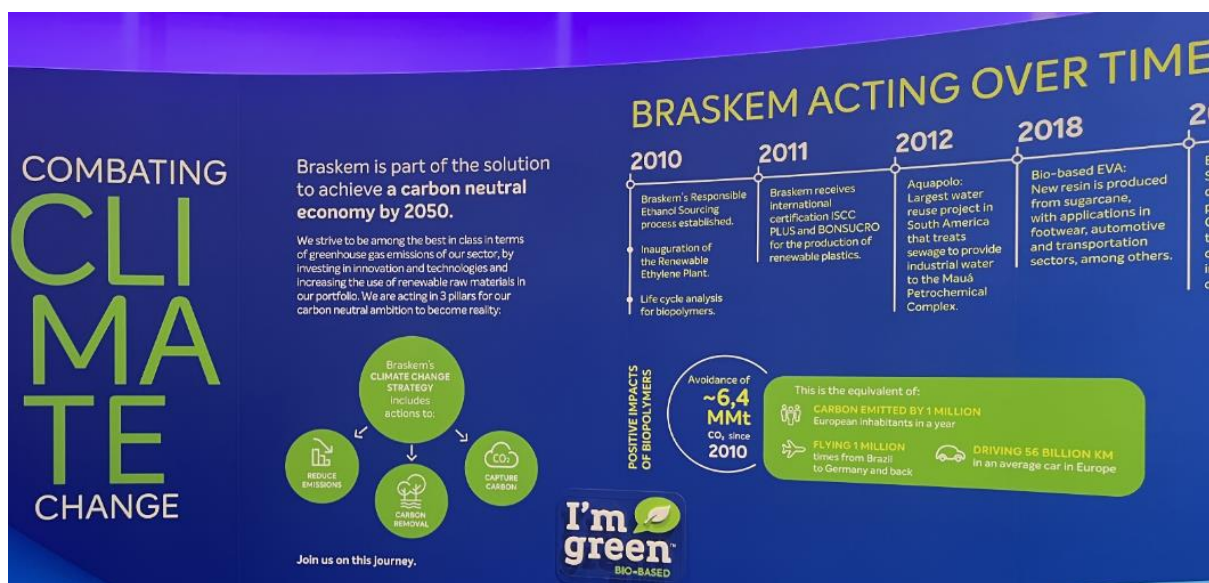


図 5. 1. 3. 3. 2 バイオ PE (ブラスケム)

5. 1. 3. 3. 3 バイオ PA11

バイオPA11はヒマシ油を活用し製造が可能で図5.1.3.3.3.1に示すように3Dプリンターでの成形が可能という。しかし現状コストが高く汎用的な活用は難しいと考えられる。



材料名 (通称)	メーカー	バイオ率 (%)	加工温度 (°C)
PA11	ARKEMA	99.8	200～230
PA1010	EMS	99	178
PA610	EMS	62	230
	東レ	60	230



図 5. 1. 3. 3. 3. 1 バイオ PA11 概要

5. 1. 4 マスバランスアプローチ

BASF は PA 製ドアアウトサイドハンドルの非石油化検討を実施していた。その中で (1) ELV 再生材としてカウントできる廃タイヤからケミカルリサイクルにてオイルを分解精製し原料とする ELV ケミカルリサイクル手法と (2) CO₂ 排出削減が期待できる植物の糖質からバイオメタンを生成して原料とするバイオプラスチック化手法、双方のバランスを考え複合したモノづくりが必要という、マスバランスアプローチという手法を提案していた。この手法であるリサイクル材、バイオ材のバランスをとる考えの展示は会場で多く見られた。



図 5.1.4.1 マスバランスアプローチ検討例

5. 1. 5 再生材まとめ

再生材の分類と特徴をまとめると①メカニカルリサイクルは最も安価と考えられるが品質の高い回収素材は少なく、量の確保が課題となると考えられる。②ケミカルリサイクルは現状技術的課題も多く、さらにコスト、LCA、量についても克服すべき問題は多いと考えられる。③バイオプラスチック材料（PP、PA 等）はケミカルリサイクルに比すれば植物の CO₂ の吸収効果もあるため LCA が良い傾向だが一般的にコストが課題となっている。但しバイオ PE は比較的成本も、LCA も低く活用しやすい。これらの特徴の中、自動車樹脂部品の再生材比率の向上を考えた場合、図 5. 1. 5. 1（←同じ図を 2 回使ってはダメ。使いたいなら、前の図番号を指すようにして。）に示すように ELV のビフォアシュレッダー、ポストシュレッダーの各フェーズにて課題があり対策が必要と考えられる。

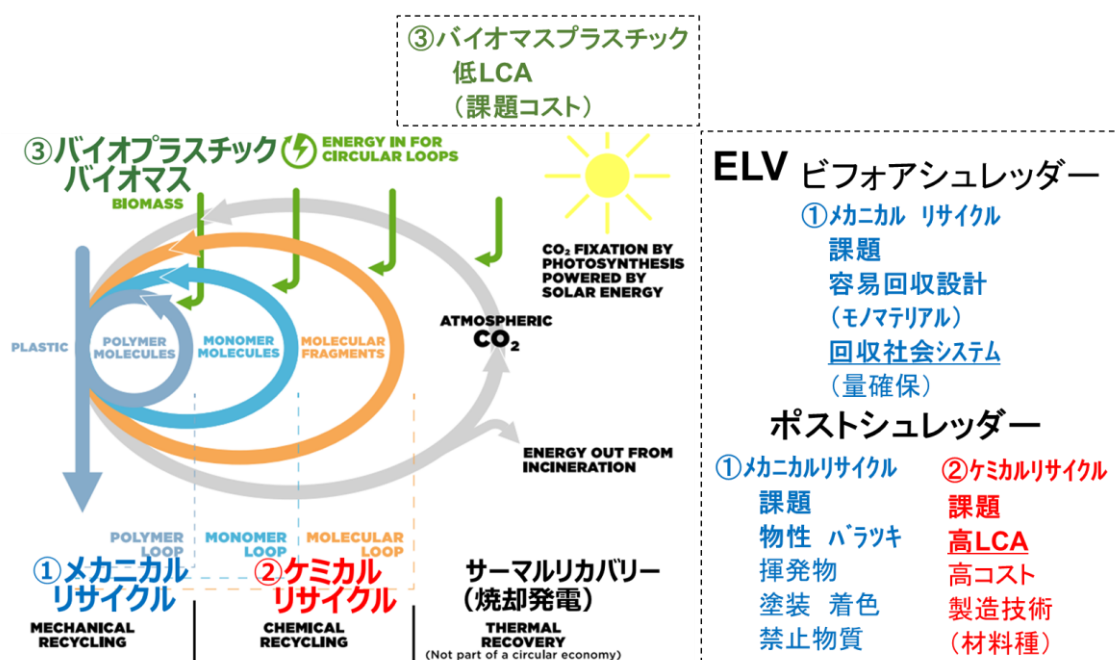


図 5. 1. 5. 1 樹脂再生材の種類と ELV の再生材比率向上に向けた課題

日本の廃車リサイクルシステムの現状は図 5.1.5.2 に示すように、ASR リサイクル率 98%以上と法規目標の 70%を大きく達成している。しかし、その多くをサーマルリカバリーで占めている。欧州の場合はサーマルリカバリーをリサイクルと認めないでリカバリーとして算定する基準になっている。この基準で日本のリサイクル率を算定すると現状より大幅に低い数字となる。今後欧州から発令されると予想される 2030 年再生化率 25%以上を目指す ELV 規制を考えた場合、前述のメカニカルリサイクル、ケミカルリサイクル、バイオマス（バイオプラスチック）を組み合わせた廃車のリサイクル体制の見直しが必要となる。本事業の材料開発にもこれらの点を意識して時代に沿う材料開発を進めていく。

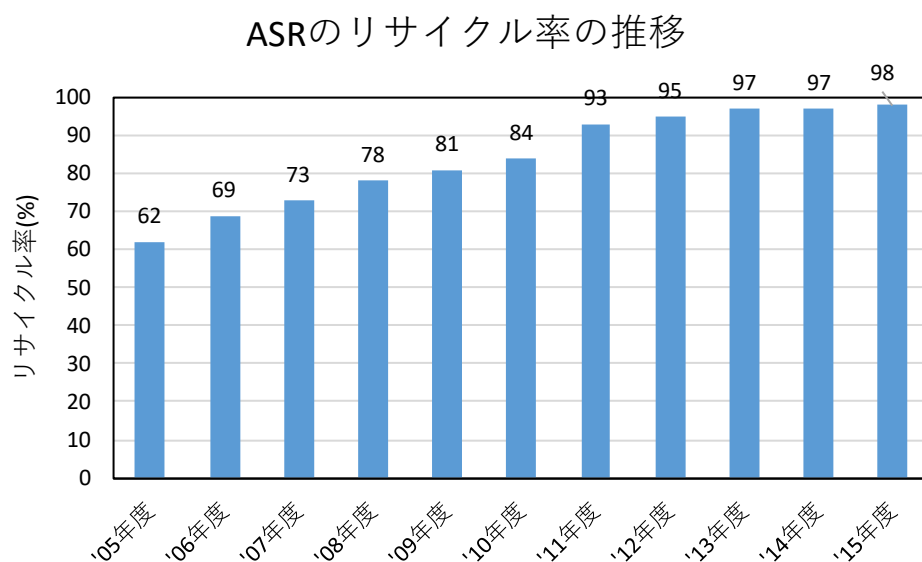


図 5.1.5.2 日本のASRリサイクル率の推移

出所：経済産業省「自動車リサイクル法の施行状況」を基に作成

5. 2 樹脂最新動向（意匠、軽量、その他）

図 5. 2. 1 に示すような CASE への対応や脱プラスチック等の環境対応を意識した展示が多く見られた。意匠では塗装レスの提案として図 5. 2. 2 のようなシボによる外観意匠訴求や図 5. 2. 3 から図 5. 2. 8 にみられるような高光沢成形、透明材で透かし LED の光で見せるといったプラスチックの特徴を活かした展示が多く見られた。軽量化の動向としては、図 5. 2. 9 にみられるような物理発泡成形や化学発泡成形両方の事例があり石油由来の材料の使用を低減する意味でも興味深い技術と考えられる。これまであまり見られない構成の部品として図 5. 2. 10 に示すようなタッチ式スイッチセンサー内臓の部品技術が確立され、部品点数削減といった切り口で展示がなされていた。この技術を使えばこれまでのようなボタン式のスイッチは不要となる。必要な時にスイッチの場所が浮かび上がり、タッチするだけでスイッチが操作できるような部品がインパネ、ドアトリム、コンソール、天井と今後増えていくと考えられる。材料面でどのようなことができるか考えていきたい。



図 5. 2. 1 CASE への対応や脱プラスチック等の環境対応



図 5. 2. 2 シボによる外観意匠訴求例



図 5. 2. 3 高光沢成形



図 5. 2. 4 透明材で透かし LED の光で見せる部品

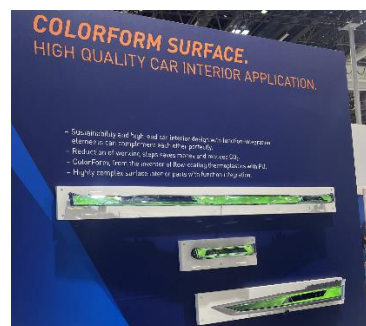


図 5.2.5 透明材で透かし LED の光で見せる部品



図 5.2.6 高光沢成形



図 5.2.7 透明材で透かし LED の光で見せる部品



図 5.2.8 透明材で透かし LED の光で見せる部品



図 5.2.9 物理発泡成形部品

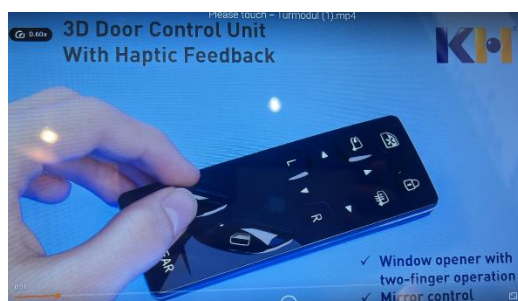


図 5.2.10 タッチ式スイッチ内臓部品

5. 3 植物材料技術動向

5. 3. 1 植物材料技術動向（射出材）

植物材料技術動向として競合材料の調査を行った。一例として Addiplast 社のエレファントガラスを 30% 添加した材料を図 5. 3. 1. 1 に示す。ピラーガーニッシュ等の基材部分として、耐光性等で問題があるためかファブリック表皮を巻いてルノーの車両にて製品化されるという。



図 5. 3. 1. 1 ピラーガーニッシュ植物材料採用例

同じく Addiplast 社で、図 5.3.1.2 に示すように 1 から 2mm の直径を持つ大粒な植物繊維を加飾用に添加したものがあり 24 年にも製品化を計画しているという。また、同様の材料は自動車部品だけでなく図 5.3.1.2 に示すような多くの日用品にも採用展示があり、今後、環境ニーズの高まりとともに採用を検討したい会社も増え市場の広がりが期待される。また、植物繊維とリサイクル材を組み合わせた材料の提案もされていた。



図 5.3.1.2 植物繊維配合意匠材料の自動車部品検討例



図 5.3.1.3 植物繊維配合意匠材料の非自動車部品検討例

図 5.3.1.4、図 5.3.1.5 に示すように植物を使った意匠部品として、内装部品の中で、意匠アクセントとして活用される例がいくつか見られた

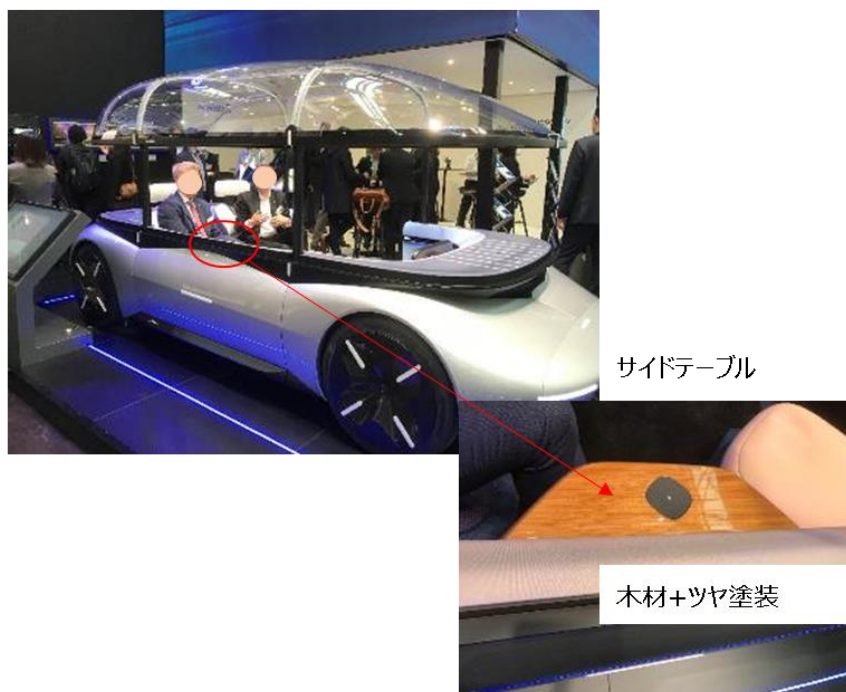
◆Covestro



ツギ板から光を透過

図 5.3.1.4 植物材料の部品展示 (Covestro)

◆Asahikasei



サイドテーブル

木材+ツヤ塗装

図 5.3.1.5 植物材料の部品展示 (Asahikasei)

5. 3. 2 植物材料技術動向（紙パルプの活用）

紙パルプは、高い再生化比率のアイテムとして図 5.3.2.1 に示すように多くの展示があった。我々も自動車部品への提案を推進していきたい。ターゲット部品としてシートバック部品、ヘッドレストコア材、フロア嵩上げ材、ダクト部品、トリム基材、トリム、コンソール、天井部品の補剛材等で適用の可能性があると考ええる。但し、現状では高コストが課題であり、製品化するためには更なる低コスト化の努力、機能性等の商品性向上、が必要と考える。

欧州は包装やカトラリーで木や紙、パルプモウルトの活用が定着



図 5.3.2.1 高い再生化比率の紙パルプ関連アイテム

5. 4 K展調査まとめ

再生材使用率の目標について現在欧州で検討されており、自動車部品への適用について、迅速に対応できるよう技術開発をしっかりと進めておく必要がある。再生材使用率向上だけでなく、併せて CO2 排出削減も進めていく必要がある。再生材と CO2 排出量低減、この2つを同時に達成する開発が必要であると強く感じ。意匠、軽量化、その他の動向としては、車両の CASE シフトに伴った部品構造、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミーに合致した材料、構造の提案が重要と考えられる。

今回の調査から、我々は、再生材使用率向上、CO2 削減、両方に貢献でき、最新の部品要望に応える材料を開発していく必要がある。今後、我々の開発した植物材料の性能、コスト、環境貢献度について競合素材に対してどの程度優位性があるかを整理していく。

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。