

令和 2 年度環境省委託業務

令和 2 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等

資源循環システム構築実証事業

(パルプ、バイオプラスチックを用いた部品適用検討)

成果報告書

令和 3 年 3 月

トヨタ車体株式会社

令和2年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業 (パルプ、バイオプラスチックを用いた部品適用検討) 委託業務

概要

自動車向け吸音材料を、非石油由来でリサイクルも可能な材料へ置換することを目的とする。パルプモールドやバイオプラスチックを用いて吸音機能のある自動車部品の試作を行い、性能評価とライフサイクルアセスメント (LCA) の検証を行う。昨年度は自動車向けパルプ、バイオプラスチック材料の性能評価、工程内リサイクル性検討、部品製造時までの LCA 評価、そして、欧州での最新の自動車部品やリサイクル技術の調査を行いターゲット部品の選定を行った。

今年度は3つのことを行った。1つ目は、自動車向けパルプ、バイオプラスチック部品の評価を行った。2つ目は、パルプ材料を使用した部品の工程内リサイクル性について、パルプが凝集しないように工夫を行った。3つ目は、パルプ、バイオプラスチック部品の自動車使用時まで加味した LCA 評価を行った。結果を以下に示す。

パルプ、バイオプラスチック部品評価の結果、自動車部品として基本的な性能を満足し吸音性に優れ軽量化に寄与できることが分かった。但し、内装部品の要求性能である揮発性有機化合物 (volatile organic compounds ; VOC) 試験や衝撃性試験の結果、基準を満足せず課題であることが分かった。

パルプ材料を使用した部品の工程内リサイクル性を検証した結果、リサイクルによるパルプ再凝集を抑えることができ、リサイクル材の強度低下を抑えることができた。

パルプ、バイオプラスチック部品の自動車使用時までの LCA を行い、一般に自動車部品に用いられる従来材と比較した結果、CO₂ 排出削減効果があることが分かった。

Summary

The project aims to replace a sound-absorbing part for an automobile with non-petroleum and a recyclable material. A sound absorbing material in an automotive part was produced on the prototype stage and evaluated mechanical properties and environment impacts on the use of Life Cycle Assessment (LCA). Last year, the test samples using pulps and bioplastics were evaluated for understanding mechanical properties. The recyclability of materials in the manufacturing process and LCA of manufacturing materials through to manufacture components were evaluated. The target components were investigated and selected based on the survey of latest automotive components and recycle techniques. In this year, three projects have been summarized. First, the components for automotive parts using pulps and bioplastics were evaluated. Second, the recyclability of pulps in the manufacturing process was improved to loosen the pulps. Third, environmental impact in the lifecycle of a product from its manufacture through to use as automotive parts was evaluated. Results are indicated as below.

The components using pulps and bioplastics were indicated good performance of basic mechanical properties and showed the possibility of being components to contribute to sound-absorbing and lightness. However, Volatile organic compounds (VOCs) were emitted as gases from the components. Impact strength was not strong enough to satisfy with the interior parts standard. The improved recycle process for loosening the pulps successfully avoided reducing its mechanical properties. Pulps and bioplastics materials had high carbon dioxide (CO₂) discharge reduction effect in comparison with conventional materials.

目次

I. 背景・目的	6
II. 実施項目と体制	8
III. 実施内容	9
1 パルプ、バイオプラスチック材料を活用した性能評価	9
1. 1 パルプモールド材料を活用した性能評価	9
1. 1. 1 パルプモールド製造工程概要	12
1. 1. 2 基本物性評価	13
1. 1. 3 比重	13
1. 1. 4 引張降伏強さ、引張破壊伸び	14
1. 1. 5 曲げ強さ、曲げ弾性率	15
1. 1. 6 燃焼性	16
1. 1. 7 VOC試験	20
1. 1. 8 NV性能 (Noise, Vibration : NV : 音、振動)	26
1. 1. 9 パルプモールド材料を活用した性能評価まとめ	41
1. 2 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価	42
1. 2. 1 バイオポリエチレンを選定した経緯	42
1. 2. 2 各種植物繊維による耐熱性向上検討	45
1. 2. 3 VOC 対策検討	48
1. 2. 4 部品選定と成形検討	50
1. 2. 5 部品性能評価	51
1. 2. 6 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価まとめ	59
1. 3 パルプ・バイオPE複合ボード性能評価	60
1. 3. 1 曲げ破壊強度 (ベンチマーク)	61
1. 3. 2 部品設計	62
1. 3. 3 対策形状にて効果確認	63
1. 3. 4 部品試験項目	64
1. 3. 5 荷重変形試験	65
1. 3. 6 耐熱荷重負荷試験	65
1. 3. 7 湿冷熱繰返性試験	66
1. 3. 8 衝撃性試験	66
1. 3. 9 パルプ・バイオPE複合ボード性能評価まとめ	67
2. パルプ、バイオプラスチックのリサイクル性検証	68
2. 1 パルプモールドのリサイクル性検証	68
2. 1. 1 対策リサイクルトライ	70

2. 1. 2	リサイクル検討水準.....	71
2. 1. 3	試験方法.....	71
2. 1. 4	リサイクル後の密度変化.....	72
2. 1. 5	リサイクル後の引張降伏強さ.....	73
2. 1. 6	リサイクル後の引張破断ひずみ.....	74
2. 1. 7	リサイクル後の曲げ強度.....	77
2. 1. 8	リサイクル後の曲げ弾性率.....	77
2. 1. 9	パルプモールドのリサイクル性検証まとめ.....	81
2. 2	パルプ強化バイオ PE の工程内リサイクル性検証.....	82
2. 2. 1	リサイクル回数と物性.....	83
2. 2. 2	物性変化.....	85
2. 2. 3	工程内リサイクルによる物性への影響確認.....	89
2. 2. 4	破砕物の形状、成形体外観.....	96
2. 2. 5	パルプ強化バイオ PE の工程内リサイクル性検証まとめ.....	101
2. 3	パルプ・バイオ PE 複合ボードの工程内リサイクル検証.....	102
2. 3. 1	破砕、リペレット検討.....	103
2. 3. 2	物性評価結果.....	105
2. 3. 3	パルプ・バイオ PE 複合ボードの工程内リサイクル検証まとめ.....	105
3	CO ₂ 排出削減効果の推計.....	106
3. 1	クラフトパルプによる自動車吸音材使用時までの CO ₂ 排出削減効果の推計.....	106
3. 1. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）.....	106
3. 1. 2	フロー図（システム境界の設定）.....	108
3. 1. 3	部品生産までの CO ₂ 排出量比較と削減見込み.....	110
3. 2	新聞又は段ボール古紙自動車吸音材使用時までの CO ₂ 排出削減効果の推計.....	115
3. 2. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）.....	115
3. 2. 2	フロー図（システム境界の設定）.....	116
3. 2. 3	部品生産までの CO ₂ 排出量比較と削減見込み.....	118
3. 3	クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア.....	125
3. 3. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）.....	126
3. 3. 2	フロー図（システム境界の設定）.....	127
3. 3. 3	部品生産までの CO ₂ 排出量比較と削減見込み.....	129
3. 4	新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア.....	137
3. 4. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）.....	138
3. 4. 2	フロー図（システム境界の設定）.....	139
3. 4. 3	部品生産までの CO ₂ 排出量比較と削減見込み.....	141
3. 5	バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボード.....	150

3. 5. 1	製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）	151
3. 5. 2	フロー図（システム境界の設定）	152
3. 5. 3	部品生産までの CO ₂ 排出量比較と削減見込み	153
3. 6	CO ₂ 排出削減効果まとめ	162
3. 6. 1	エネルギー起源・非エネルギー起源	162
4	まとめ	170

I. 背景・目的

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

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

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

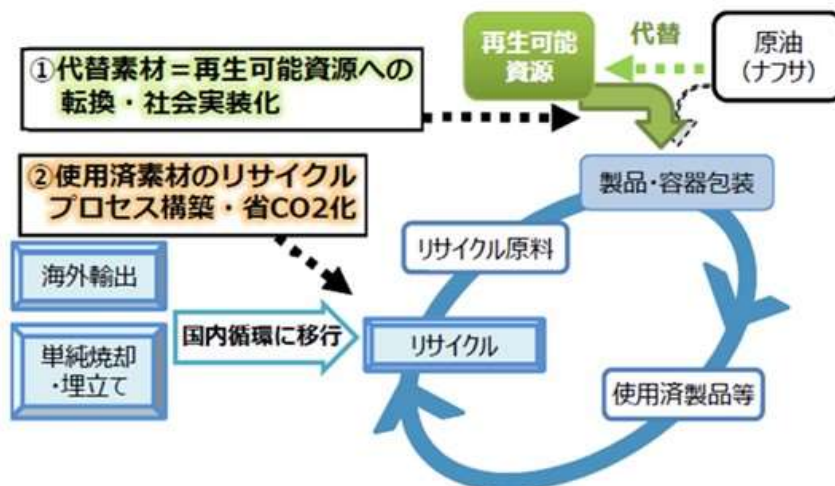


図 I.1 本実証事業の概念 ^{注1)}

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

代替え再生可能資源への転換社会実装化

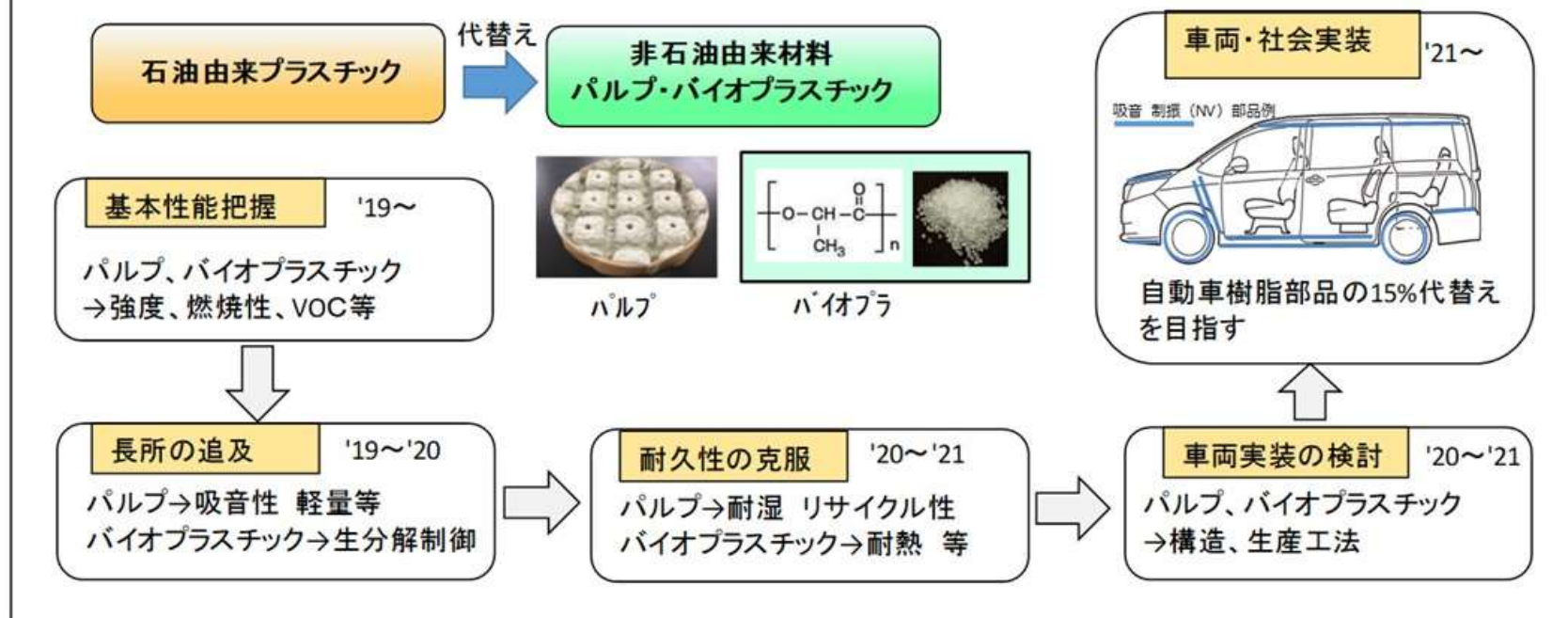


図 I.2 本実証事業の概要

Ⅱ．実施項目と体制

今年度の実施項目を以下に示す

- 1) パルプ・バイオプラスチック部品の設計製造評価
パルプ・バイオプラスチック材料を活用した部品の性能評価を実施した
- 2) パルプ・バイオプラスチック部品のリサイクル性評価
パルプ・バイオプラスチック材料を活用した部品のリサイクル性評価を実施した。
- 3) CO₂排出削減効果の推計
パルプモールド、バイオプラスチック材料を活用した自動車部品の使用時までのCO₂排出量を算出し、従来のPET 繊維製吸音部品やPP 樹脂射出成形部品に対してCO₂排出量を比較した。本事業の実施体制を図Ⅱ.1に示す



図Ⅱ.1 実施体制

Ⅲ. 実施内容

1 パルプ、バイオプラスチック材料を活用した性能評価

1. 1 パルプモールド材料を活用した性能評価

昨年度は古紙を原料としたパルプモールドの検討を実施してきた。しかしパルプ原料の安定確保を考えた場合、古紙パルプ原料だけでは再生紙を扱うリサイクルとの競合や紙の減少リスクが懸念される。今回古紙ではないクラフトパルプなどの様々な原料でも活用できるように、新聞古紙、ダンボール古紙に加えて、広葉樹晒クラフトパルプ、針葉樹晒クラフトパルプについて機械物性や燃焼性、VOC 試験等の物性検討を行いパルプ原料の安定確保リスクを加味した開発検討を行った。水準を表 1.1.1 に示す。

表 1.1.1 パルプモールド物性評価水準

水準名	原料	処方
新聞	新聞古紙	紙力剤処方あり
ダンボール	段ボール古紙	紙力剤処方あり
クラフトパルプ (LBKP)	広葉樹晒クラフトパルプ	紙力剤処方あり
クラフトパルプ (NBKP)	針葉樹晒クラフトパルプ	紙力剤処方あり

物性検討の前に、今回パルプモールドで使用した各原料パルプ繊維を水で解繊させ観察した結果 (30 倍) を図 1.1.1～図 1.1.4 に示す。一般にパルプ繊維とは¹⁾、広葉樹の木繊維、及び、針葉樹の仮道管である。針葉樹晒クラフトパルプ (NBKP) 繊維は長さ 3～5 mm、繊維径は約 50 μ m であるのに対し、広葉樹晒クラフトパルプ (LBKP) 繊維は長さ 1～2 mm、繊維径は約 20 μ m である。同様に新聞古紙について水で解し、繊維状態を拡大観察した結果、繊維長が 3～4mm 程度の比較的太い繊維と繊維長 1mm 程度の比較的細い繊維の混合物であることが観察できる。段ボールの繊維も同様に 3～4mm 程度の長い繊維と 1mm 程度の比較的細い繊維の混合物が混在しており茶色のパルプ繊維以外の物質が多く確認できる特徴がある。これらの違いがパルプモールドの嵩高さや強度物性にも大きく影響していると考えられる。

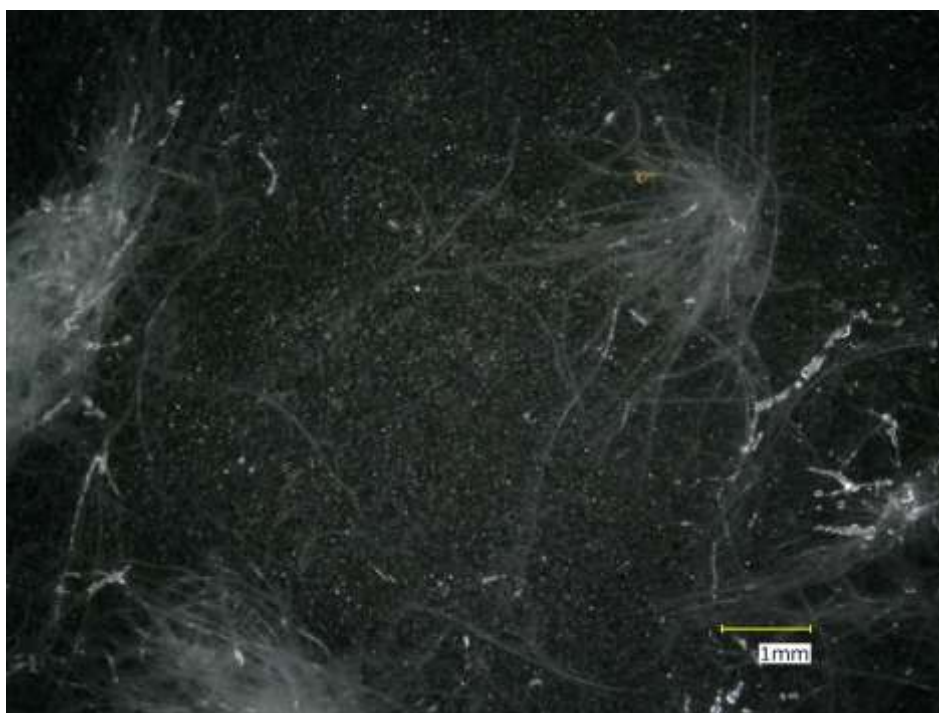


図 1.1.1 針葉樹晒クラフトパルプ (NBKP) 繊維拡大観察



図 1.1.2 広葉樹晒クラフトパルプ (LBKP) 繊維拡大観察

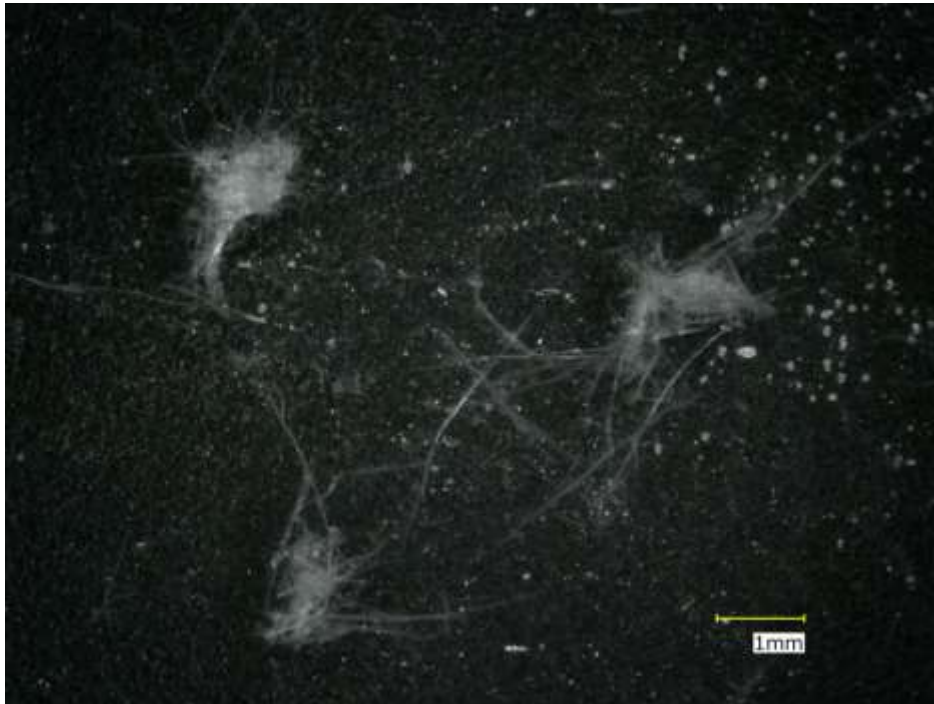


図 1. 1. 3 新聞古紙繊維拡大観察



図 1. 1. 4 ダンボール古紙繊維拡大観察

1. 1. 1 パルプモールド製造工程概要

パルプモールドの製造工程概要を図 1.1.1.1 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とで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。

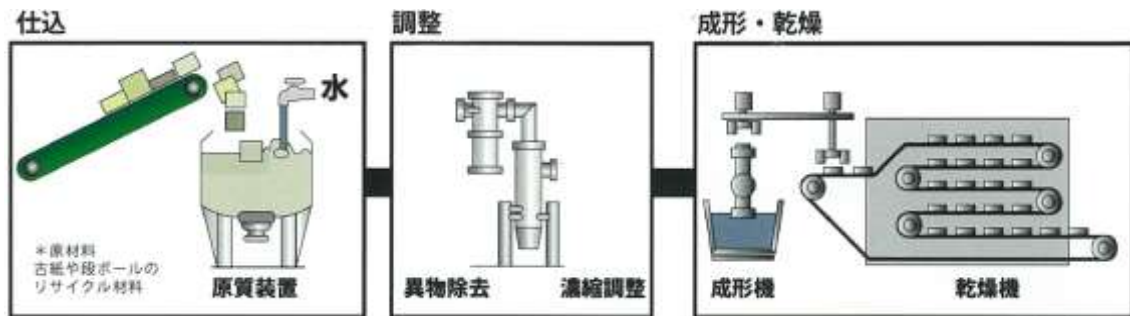


図 1.1.1.1 パルプモールドの製造工程概要

1. 1. 2 基本物性評価

基本物性評価項目として、比重、引張降伏強さ、引張破壊ひずみ、曲げ強度、曲げ弾性率を実施した。測定方法を下記に示す。

引張降伏強さ (50mm/min) n=3 ISO527-1 に準ずる

引張破壊ひずみ (50mm/min) n=3 ISO527-1 に準ずる

曲げ強度 (2.0mm/min) n=3 ISO178 に準ずる

曲げ弾性率 (2.0mm/min) n=3 ISO178 に準ずる

内装部品適用を想定した評価項目としては、燃焼性、揮発性有機化合物 (volatile organic compounds ; VOC) 、耐湿老化性、耐熱老化性を実施した。

1. 1. 3 比重

今回作成したパルプモウルトの比重測定結果を図 1.1.3.1 に示す、比重は針葉樹クラフトパルプ (NBKP) 、広葉樹クラフトパルプ (LBKP) 、新聞、ダンボールの順で大きくなり 2 種類のクラフトパルプは比較的低い比重を示した。これは先に示した繊維の長さ太さ分岐状態等の形態の影響と考えられる。この比重の差はパルプモウルト内の空隙の差によるものであり、結果としてパルプ繊維同士の接点に生じる水素結合の数に大きく影響し、最終的には繊維強度物性に大きな影響を与えていると考えられる。

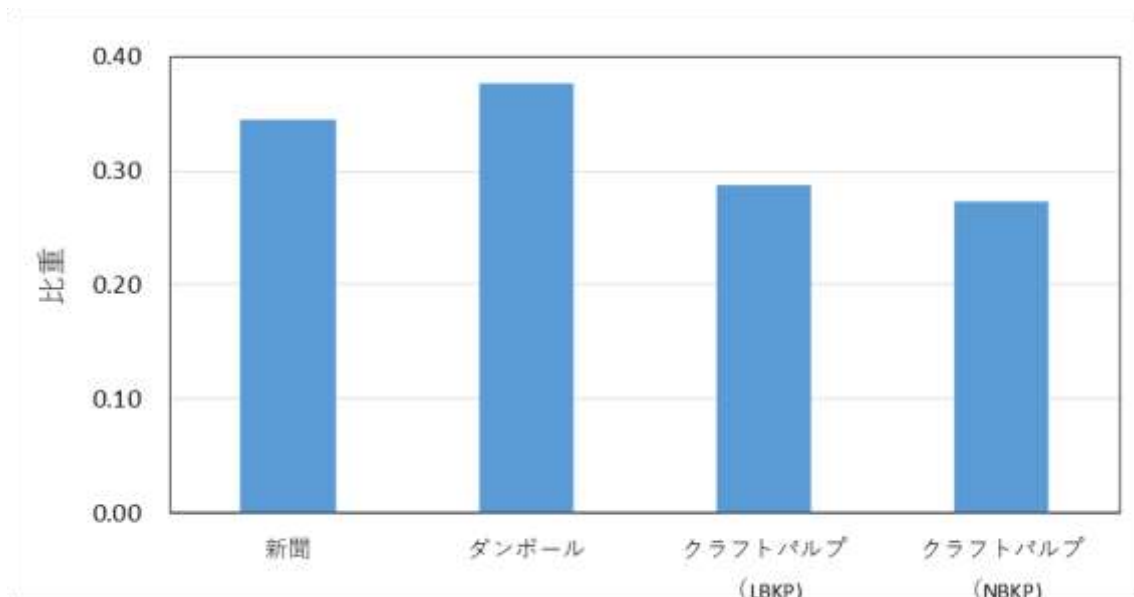


図 1.1.3.1 パルプモウルト比重

1. 1. 4 引張降伏強さ、引張破壊伸び

引張降伏強さ、引張破壊伸び試験の結果を表 1.1.4.1、図 1.1.4.1 に示す。パルプ原料種類別に引張降伏強さが異なり、ダンボールや新聞古紙に対しクラフトパルプの強度が低い傾向にあり原料パルプの形態の影響が大きいと考えられる。引張破壊伸びについては針葉樹晒クラフトパルプ (NBKP) が最も大きく、繊維長が長いことが影響していると考えられる。

表 1.1.4.1 引張降伏強さ、引張破壊伸び試験結果

材質	TP No.	寸法(mm)								最大応力		最大伸び		破断応力		破断伸び	
		厚み				幅				平均値 (MPa)	標準偏差	中1 (%)	平均値 (%)	平均値 (MPa)	標準偏差	中1 (%)	平均値
		①	②	③	平均	①	②	③	平均								
新聞	1-1	3.18	3.04	3.18	3.13	9.58	9.44	9.54	9.52	4.47		2.15		4.37		2.28	
	1-2	3.34	3.22	3.07	3.21	9.71	9.57	9.60	9.63	4.22		2.05		4.08		2.22	
	1-3	3.24	3.25	3.30	3.26	9.61	9.58	9.75	9.65	3.42		1.72		3.27		1.85	
	1-4	3.25	3.38	3.32	3.32	9.53	9.50	9.61	9.55	3.82	0.467	2.06	0.179	3.77	0.453	2.14	0.205
	1-5	3.14	3.38	3.52	3.35	9.57	9.58	9.73	9.63	3.44		1.83		3.43		1.85	
ダンボール	2-1	2.90	2.79	2.94	2.88	9.43	9.44	9.60	9.49	4.78		2.35		4.56		2.53	
	2-2	2.97	3.19	3.08	3.08	9.52	9.47	9.50	9.50	4.43	4.46	1.97	2.01	4.33	4.37	2.09	2.10
	2-3	3.08	3.13	3.02	3.08	9.46	9.46	9.55	9.49	4.67		2.26		4.61		2.32	
	2-4	3.07	3.15	3.40	3.21	9.48	9.46	9.67	9.54	4.42	0.300	2.02	0.343	4.38	0.249	2.08	0.389
	2-6	2.90	2.90	3.03	2.94	9.52	9.42	9.48	9.47	4.00		1.47		3.98		1.49	
クラフトパルプ (LBKP)	3-1	3.77	3.74	3.79	3.77	9.77	9.60	9.59	9.65	1.91		2.04		1.81		2.22	
	3-2	3.96	3.79	3.89	3.88	9.71	9.58	9.52	9.60	1.80	2.06	1.92	2.23	1.79	1.99	1.98	2.39
	3-3	3.88	3.91	3.88	3.89	9.58	9.45	9.48	9.50	2.17		2.54		2.09		2.68	
	3-4	3.76	3.94	3.94	3.88	9.48	9.51	9.64	9.54	1.96	0.261	2.33	0.249	1.90	0.231	2.46	0.293
	3-5	3.80	3.65	3.66	3.70	9.44	9.52	9.67	9.54	2.46		2.33		2.34		2.63	
クラフトパルプ (NBKP)	4-1	3.63	3.81	4.03	3.82	9.49	9.44	9.61	9.51	2.39		2.78		2.30		2.99	
	4-2	4.23	4.13	3.86	4.07	9.64	9.46	9.48	9.53	2.16	2.70	2.77	3.10	1.38	2.45	3.53	3.43
	4-3	4.31	4.19	4.15	4.22	9.38	9.50	9.64	9.51	2.81		3.49		2.63		3.72	
	4-4	3.74	4.00	3.96	3.90	9.40	9.50	9.53	9.48	3.03	0.414	3.43	0.345	2.99	0.660	3.53	0.275
	4-5	3.99	4.00	3.92	3.97	9.38	9.42	9.51	9.44	3.12		3.03		2.95		3.36	

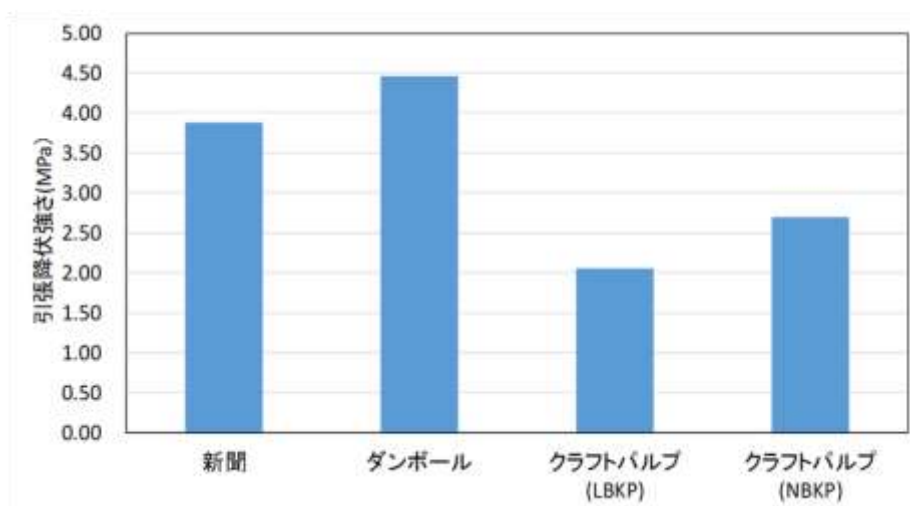


図 1.1.4.1 引張降伏強さ試験結果

1. 1. 5 曲げ強さ、曲げ弾性率

曲げ強さ、曲げ弾性率試験の結果を表 1.1.5.1、図 1.1.5.1 に示す、パルプ原料種類別に曲げ強さが異なり、ダンボールや新聞古紙に対しクラフトパルプの強度が低い傾向にある、これも原料パルプの形態の影響が大きいと考えられる。

表 1.1.5.1 曲げ強さ、曲げ弾性率試験結果

材質	TP. No.	寸法(mm)								曲げ弾性率		曲げ強さ	
		厚み				幅				※1 (GPa)	平均値 標準偏差	(MPa)	平均値 標準偏差
		①	②	③	平均	①	②	③	平均				
新聞	1-1	3.54	3.45	3.44	3.48	10.02	9.97	9.93	9.97	0.273		3.14	
	1-2	3.52	3.48	3.39	3.46	9.73	9.83	9.93	9.83	0.344	0.288	3.69	3.22
	1-3	3.57	3.44	3.43	3.48	10.11	10.08	10.12	10.10	0.257		3.04	
	1-4	3.35	3.26	3.34	3.32	9.82	9.73	9.58	9.71	0.306	0.037	3.20	0.269
	1-5	3.54	3.40	3.53	3.49	10.08	10.19	10.12	10.13	0.258		3.05	
ダンボール	2-1	2.99	2.75	3.28	3.01	9.93	10.12	10.33	10.13	0.263		3.03	
	2-2	2.92	2.78	2.96	2.89	10.60	10.57	10.40	10.52	0.296	0.295	3.40	3.55
	2-3	3.44	2.71	2.64	2.93	10.00	9.83	9.86	9.90	0.265		3.60	
	2-4	3.34	3.19	3.11	3.21	9.86	9.78	9.78	9.81	0.330	0.031	4.19	0.420
	2-5	3.09	3.13	2.88	3.03	10.57	10.65	10.42	10.55	0.321		3.54	
クラフトパルプ (LBKP)	3-1	3.57	3.65	3.61	3.61	9.79	9.86	10.02	9.89	0.164		1.97	
	3-2	3.61	3.71	3.73	3.68	10.09	10.27	10.33	10.23	0.157	0.142	2.15	1.99
	3-3	3.65	3.68	3.64	3.66	10.04	10.07	10.11	10.07	0.142		1.91	
	3-4	3.68	3.71	3.74	3.71	9.91	9.94	10.06	9.97	0.116	0.019	1.83	0.130
	3-5	3.63	3.69	3.68	3.67	10.11	9.85	9.60	9.85	0.133		2.09	
クラフトパルプ (NBKP)	4-1	4.11	3.87	3.97	3.98	9.52	9.57	9.73	9.61	0.0743		1.48	
	4-2	4.13	4.00	4.06	4.06	10.45	10.43	10.28	10.39	0.0494	0.0577	1.34	1.35
	4-3	4.39	4.01	4.14	4.18	10.27	10.31	10.29	10.29	0.0384		1.53	
	4-4	4.07	4.16	4.05	4.09	10.10	10.05	10.03	10.06	0.0680	0.014	1.29	0.166
	4-5	4.29	4.12	4.06	4.16	10.11	9.99	10.03	10.04	0.0586		1.11	

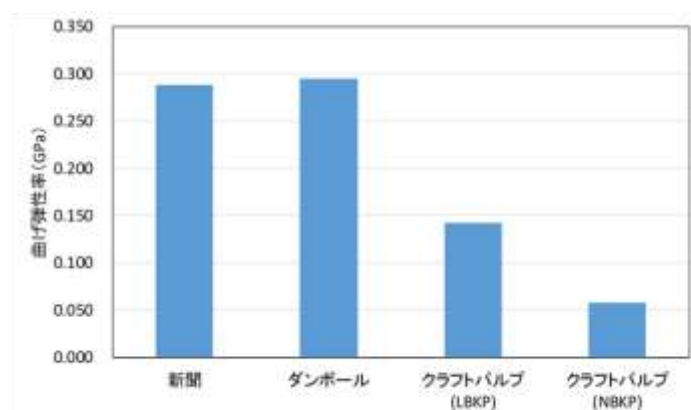


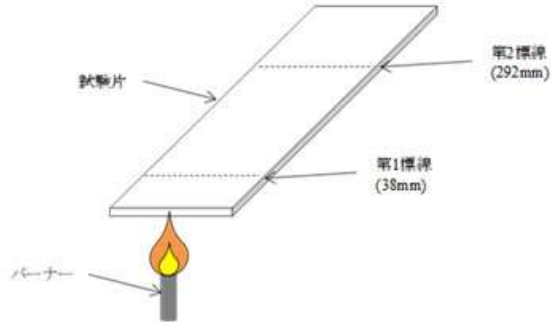
図 1.1.5.1 曲げ弾性率試験結果

1. 1. 6 燃焼性

自動車部品は、大きく外装部品、内装部品に分けられるが、それぞれ求められる特性が異なる。内装部品の燃焼特性を判断する規格として、米国連邦自動車安全規格の一つである自動車内装材の燃焼性規格(Federal Motor Vehicle safety Standards No.302 (FMVSS302))が適用される。これは、内装材に火が触れた際の燃え広がりやすさを評価するための試験であり、材料に着火した後、炎が伝播する速度(燃焼速度)を測定する。本項では、パルプモールドを自動車内装材に適用することを想定し FMVSS302 に基づく燃焼試験を行った。試験方法概要を表 1.1.6.1 に示す。

本試験には、1-1 標準パルプモールドと 1-2 紙力剤処方を施したパルプモールドを使用した。燃焼試験の条件を表 1.1.7.1 に示す。350mm×100mm×2mm の FMVSS302 燃焼試験用試験体を作製した。試験体を水平に保持し、高さ 38mm の炎を 15 秒間接炎し、第一標線から第二標線間 254mm における燃焼速度により燃焼性の判定を行った。燃焼性試験の結果については試験片に着火しない、または燃焼距離 51mm 以内(且つ 60 秒以内)で自己消火する、または燃焼速度が 102mm/min 以下である場合、FMVSS302 に合格と判断した。

表 1.1.6.1 燃焼性試験方法

評価項目	規格	備考
燃焼試験	FMVSS No.302	試験環境：23±2℃、(50±5)%RH 仕様ガス：メタンガス 試験N数：3 <試験条件> 第一標線（38mm標線）から第二標線までの254mm区間（燃焼区間）での燃焼速度を計算 <評価判定> FMVSS No.302に規定されている「燃えない」、または「燃焼速度が102mm/min以下、または燃焼距離51mm以内（かつ60秒以内）で自己消火」の場合、適合と判定 

【出展】 ※Federal Motor Vehicle safety Standards No.302

表 1.1.6.2、図 1.1.6.1 に試験結果を示す。燃焼性試験後のサンプル例を図 1.1.6.2 に示す。すべての試験体において第 2 標線まで燃焼したため燃焼速度の最大値により FMVSS302 の判定を実施した。今回の実施水準の、新聞、ダンボール、広葉樹晒クラフトパルプ (LBKP)、針葉樹晒クラフトパルプ (NBKP) はともに 102mm/min を大きく下回る燃焼速度を示し、FMVSS302 を合格した。

表 1.1.6.2 燃焼性試験結果

試験片	番号※	燃焼距離 (mm)	燃焼時間 (秒)	燃焼速度 (mm/分)	最大値 (mm/分)
新聞	1	254	410	38	42
	2	254	376	41	
	3	254	384	40	
	4	254	368	42	
	5	254	371	41	
段ボール	1	254	432	36	38
	2	254	422	37	
	3	254	415	37	
	4	254	406	38	
	5	254	411	37	
クラフトパルプ (LBKP)	1	254	362	42	42
	2	254	367	42	
	3	254	365	42	
	4	254	363	42	
	5	254	366	42	
クラフトパルプ (NBKP)	1	254	397	39	39
	2	254	400	39	
	3	254	434	36	
	4	254	392	39	
	5	254	458	34	

※ 試験片記載の番号を示す。

・備考

試験日：2020 年 8 月 27 日

試験片の調湿条件：max 23 ℃～min 22 ℃，max 51 %RH～min 50 %RH，調湿時間 39 hr

燃焼性試験時の条件：max 25 ℃～min 22 ℃，max 55 %RH～min 50 %RH

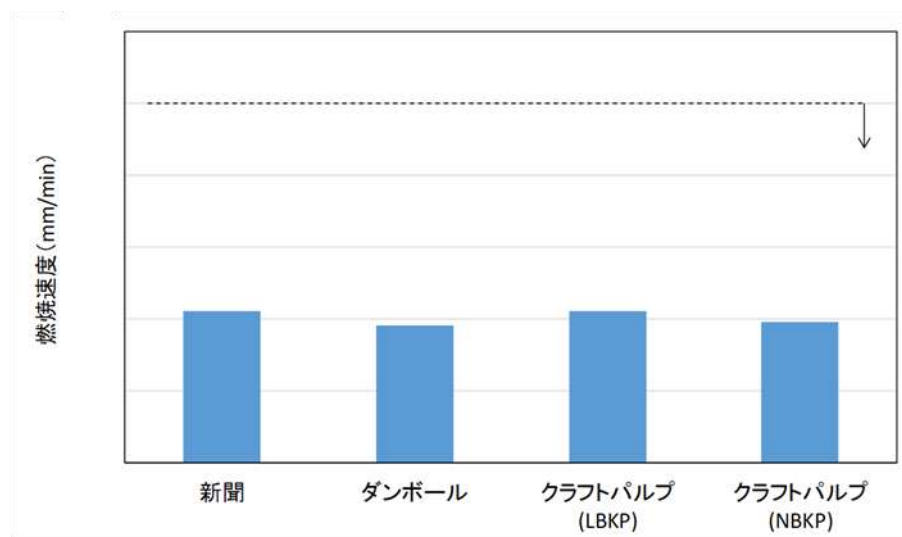


図 1.1.6.1 燃焼性試験結果



図 1.1.6.2 燃焼性試験サンプル例（試験後）

1. 1. 7 VOC試験

厚生労働省の室内揮発物濃度に対する VOC 指針値指定物質（9 物質）に対し確認を行った。

1. 1. 7. 1 VOC試験結果とその課題

VOC 試験結果を表 1.1.7.1.1～4 に示す。特に課題であるアセトアルデヒド、ホルムアルデヒドの揮発量についての結果を図 1.1.7.1.1 に示す。どの水準もホルムアルデヒド、アセトアルデヒドが一定量検出され対策が必要なレベルであった。その他の指定物質については問題ないレベルであった。また新聞や段ボールのような古紙の方がアルデヒド類の揮発が多く、ホルムアルデヒドよりもアセトアルデヒドの揮発が多い傾向であった。一方 NBKP、LBKP クラフトパルプは古紙よりもアルデヒドの揮発は少なく、アセトアルデヒド揮発量よりもホルムアルデヒドの発生が多い傾向であった。アセトアルデヒドの揮発量では NBKP、LBKP、ダンボール、新聞の順で揮発量は多くなり、新聞古紙を原料とするパルプモウルドが最も揮発量が多い結果となった。原因としては古紙原料に含まれるパルプ以外の物質であるインクや添加剤の影響や製紙工程での化学処理によるパルプの劣化分解が考えられるため、さらに原因解析を行うこととした。

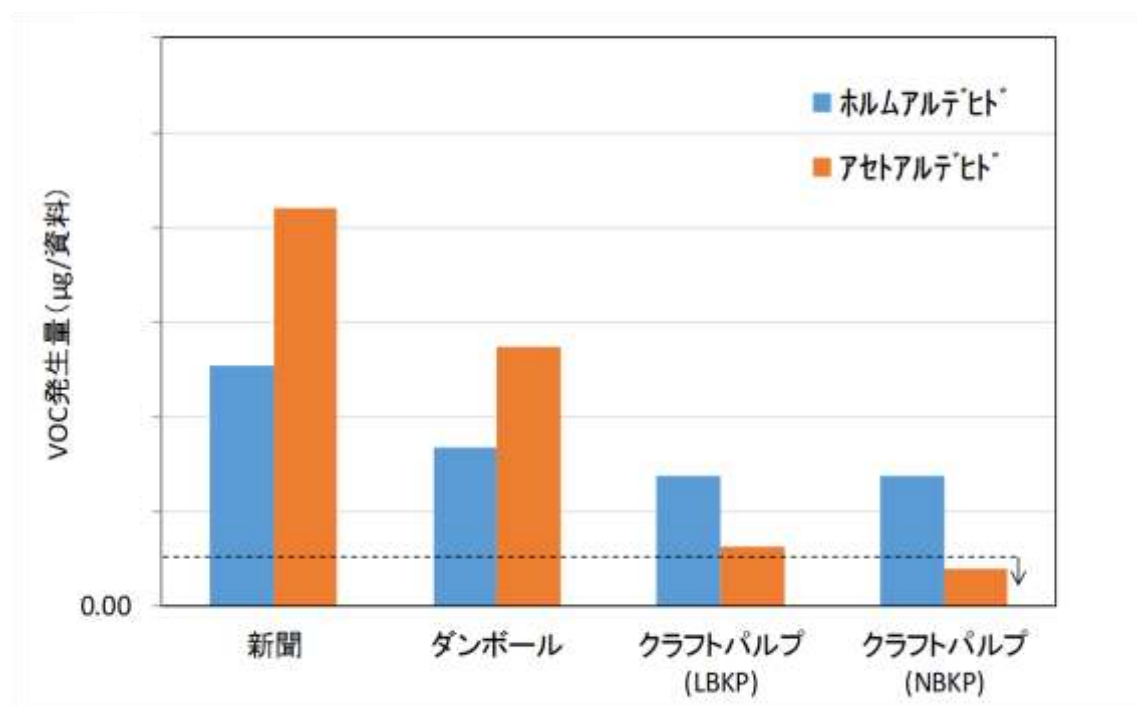


図 1.1.7.1.1 VOC試験結果（アルデヒド類）

表 1.1.7.1.1 新聞古紙パルプモウルドの VOC 結果

測定成分	操作 ブランク b	新聞			平均 a	平均-ブランク c=a-b
		1 8.3g	2 8.1g	3 8.2g		
ホルムアルデヒド*	0.05 未満	1.33	1.26	1.31	1.30	1.27
アセトアルデヒド*	0.05 未満	2.12	2.12	2.15	2.13	2.10
トルエン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
エチルベンゼン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
キシレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
スチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02	0.02 未満	0.02 未満
テトラテカン	0.02 未満	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07
フタル酸ジ-n-ブチル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満

単位: µg/試料

表 1.1.7.1.2 段ボールパルプモウルドの VOC 結果

測定成分	操作 ブランク b	段ボール			平均 a	平均-ブランク c=a-b
		1 8.0g	2 7.7g	3 7.8g		
ホルムアルデヒド*	0.05 未満	0.76	0.92	0.91	0.86	0.84
アセトアルデヒド*	0.05 未満	1.41	1.38	1.40	1.40	1.37
トルエン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
エチルベンゼン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
キシレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
スチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
テトラテカン	0.02 未満	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
フタル酸ジ-n-ブチル	0.02 未満	0.02 未満	0.05	0.04	0.03	0.03
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満

単位: µg/試料

表 1.1.7.1.3 広葉樹クラフトパルプ（LBKP）パルプモウルトの VOC 結果

表1 VOC発生量結果①

測定成分	操作 ブランク b	LBKP			平均 a	平均-ブランク c=a-b
		1 8.5g	2 8.4g	3 8.5g		
ホルムアルデヒド*	0.05 未満	0.82	0.67	0.65	0.71	0.69
アセトアルデヒド*	0.05 未満	0.37	0.33	0.30	0.33	0.31
トルエン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
エチルベンゼン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
キシレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
スチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
テトラヒカン	0.02 未満	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02
フタル酸ジ-n-ブチル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満

単位: µg/試料

表 1.1.7.1.4 針葉樹クラフトパルプ（NBKP）パルプモウルトの VOC 結果

測定成分	操作 ブランク b	NBKP			平均 a	平均-ブランク c=a-b
		1 7.2g	2 6.9g	3 7.2g		
ホルムアルデヒド*	0.05 未満	0.72	0.71	0.70	0.71	0.69
アセトアルデヒド*	0.05 未満	0.23	0.22	0.21	0.22	0.20
トルエン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
エチルベンゼン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
キシレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
スチレン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
テトラヒカン	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
フタル酸ジ-n-ブチル	0.02 未満	0.02 未満	0.02	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満	0.02 未満

単位: µg/試料

1. 1. 7. 2 VOC原因の特定検討

ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドのVOCの発生源の特定検討の一環として、表1.1.7.2.1のパルプモウルトの原料別にVOC測定を行った。水準1,2はクラフトパルプと木材パルプを比較することで段ボールのようなヘミセルロースやリグニンが残るパルプの影響を、水準3は新品の普通紙のVOC現状把握を、水準4は普通紙の印刷による影響について、水準5は水準4の脱墨（デインキング）処理をした場合の影響を、水準6は印刷前新聞紙の現状把握、水準7は新聞の印刷によるインクの寄与を、水準8はダンボールの現状把握をそれぞれ目的として測定した。

表 1.1.7.2.1 VOC 検討水準

水準	1	2	3	4	5	6	7	8
	クラフトパルプ (NBKP)	木材パルプ	普通紙	印刷済 普通紙	脱墨普通紙 再生パルプ	印刷前 新聞紙	印刷後 新聞紙	ダンボール

表1.1.7.2.2、図1.1.7.2.1にVOC測定結果を示す。水準1,2の2種類のパルプ原料はVOCの揮発量が少ないことが確認できた。一方、水準3の新品普通紙や水準6の印刷前新聞紙からのVOC揮発量は多く製紙工程での処理や添加物の影響があることが示唆された、水準7の印刷後新聞紙の結果から、新聞インクはアセトアルデヒドの増加に関係していることが分かった、さらに水準5の脱墨処理による結果から、脱墨処理がVOC原因物質の除去に必ずしも効果的な対策とは言えないことが示唆された。

以上の結果より古紙のVOCの主な発生源としては製紙工程での処理や印刷によるインク等が関係していることが分かった、又、対策案の一つとして考えていた脱墨も効果的な対策とは言えないことが分かった。今回の結果より製紙工程や印刷工程、インク成分にVOCの原因があるものと推定されるが、インクの改良や製紙工程の改善等の対策は容易でないと考えられる。現実的なVOC対策としては、効果的なキャッチャー剤の選定等のVOC低減対策することが重要と考えられる。

表 1.1.7.2.2 原料パルプの VOC 測定結果

試料名	重量[g]	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
操作ブランク	—	0.05 未満	0.05 未満
クラフトパルプ(NBKP)	8.09	0.19	0.11
木材パルプ	8.01	0.27	0.28
普通紙	8.05	0.56	0.72
印刷済 普通紙	8.09	0.75	0.84
脱墨普通紙 再生パルプ	7.98	1.00	0.69
印刷前新聞紙	8.00	0.29	0.39
印刷後新聞紙	7.92	0.32	0.94
段ボール紙	8.00	0.66	1.04

単位: µg/試料

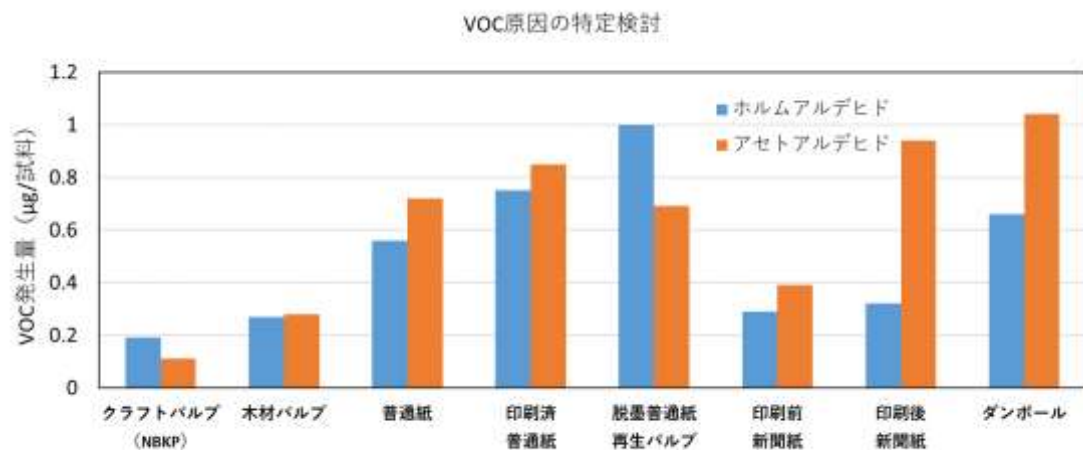


図 1.1.7.2.1 原料パルプの VOC 測定結果

1. 1. 7. 3 VOC 対策検討 (キャッチャー剤検討)

アセトアルデヒド及びホルムアルデヒド、2つのVOCの対策検討として広葉樹晒クラフトパルプ (LBKP) を用いたパルプモールドについて、7種類のアルデヒド用キャッチャー剤を一定量塗布したものの効果を図 1.1.7.3.1 に示す。ホルムアルデヒドの対策効果はキャッチャー剤2以外で十分な効果があり特にキャッチャー剤4~7が優れていた。アセトアルデヒドについてはキャッチャー剤1~5で、十分な効果が認められなかったが、キャッチャー剤6、7でその効果が認められ目標の揮発量以下の値になった。以上の結果よりキャッチャー剤6、7の水溶液を塗布することでホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの揮発量低減効果があり対策できることがわかった。今回選定したキャッチャー剤1~7はいずれもアルデヒド類と化学反応するメカニズムであるがその反応性はキャッチャー剤1,4,5のようにホルムアルデヒドに有効なものとキャッチャー剤6,7のようにホルムアルデヒドとアセトアルデヒド両方に有効なものがある。今後は上記を踏まえ、段ボール、新聞古紙での効果確認とキャッチャー剤の添加量、配合方法の最適化検討を行う。

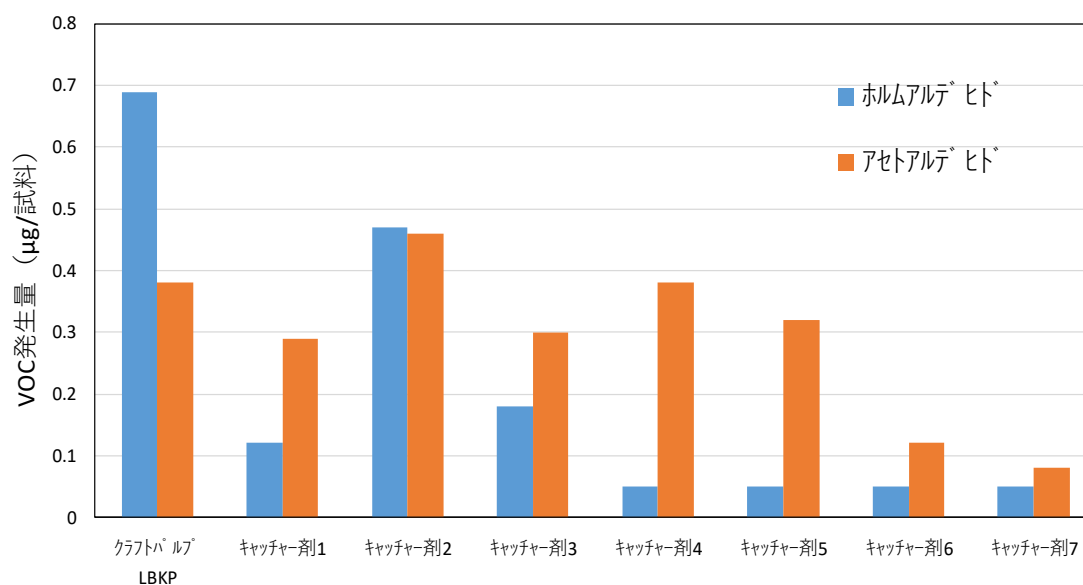


図 1.1.7.3.1 広葉樹晒クラフトパルプ (LBKP) モールド VOC 対策検討

1. 1. 8 NV性能 (Noise, Vibration : NV : 音、振動)

昨年の検討にて図 1.1.8.2 図 1.1.8.3 図 1.1.8.4 に示すようにパルプモールド形状空間の体積 V および穴の仕様を変えることで、従来 PET 不織布吸音材では困難であったおよそ 1000Hz 以下の低周波吸音性能の制御が可能であることが分かった。またその吸音挙動は、図 1.1.8.4 に示すヘルムホルツ吸音周波数の理論式にも矛盾しない挙動であった。

自動車走行で問題となる車内音は、「エンジン音」、「こもり音」、「路面からの音」、「風切り音」が代表的である。これらの 4 つの騒音について特徴を図 1.1.8.1 に示す。

- ・エンジン音で特に主要な周波数帯域は 300Hz～2000Hz である。
- ・こもり音で特に主要な周波数帯域は 20～250Hz の低周波音で、耳を圧迫するような音である。
- ・路面からの音としては、数種類のタイヤにかかわる音がある。主要な周波数帯域はロードノイズが 20～1000Hz、タイヤ空洞共鳴音は 200Hz～300Hz、タイヤパターンノイズは 100Hz～5000Hz である。
- ・風切り音とは自動車が高速で走行することにより、車両周辺の気流が乱されることにより発生するランダム性の音であり、周波数帯域 500～5000Hz である。

上記の騒音は 20Hz～5000Hz と広域の周波数帯に及んでおり、これまでプラスチック不織布吸音材で 1500Hz 以上の騒音を対策してきた。しかし、1500Hz 以下の騒音はプラスチック不織布吸音材では対策が難しかった。自由に吸音周波数を変更できるパルプモールドのヘルムホルツ共鳴器による本技術は、これまで対策が難しかった 200Hz～1500Hz の騒音の低減にも効果が期待される。今年度は本技術を自動車部品として成立させる構成条件と、その吸音性能と遮音性能についてさらに検討を行った。

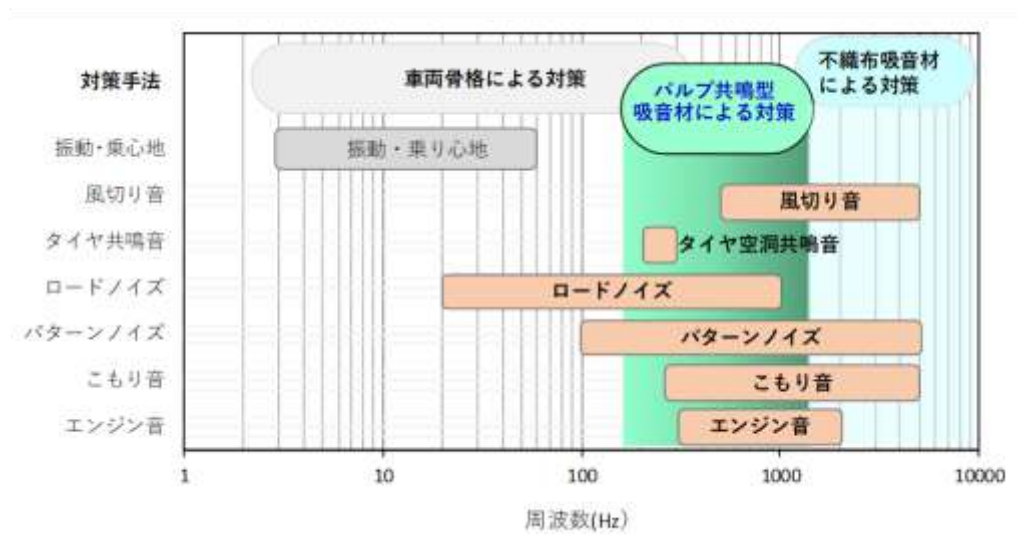


図 1.1.8.1 車内音を構成する音の要素と対策

豊田中央研究所 R&D レビュー Vol. 30 No. 3 (1995.9) Fig.1 Sound components of passenger car interior noise.

自動車技術 VOL. 74 2020.7 変化に対応しつつける振動・騒音技術 P29 を参考に作成



図 1.1.8.2 穴の数の影響を検討したサンプル

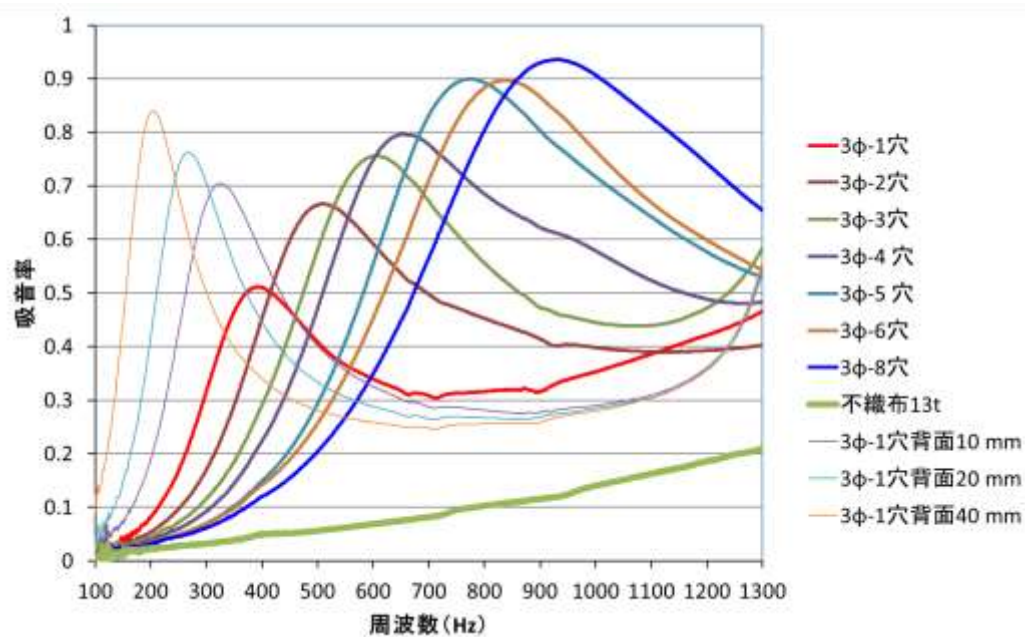


図 1.1.8.3 穴数と吸音周波数の関係

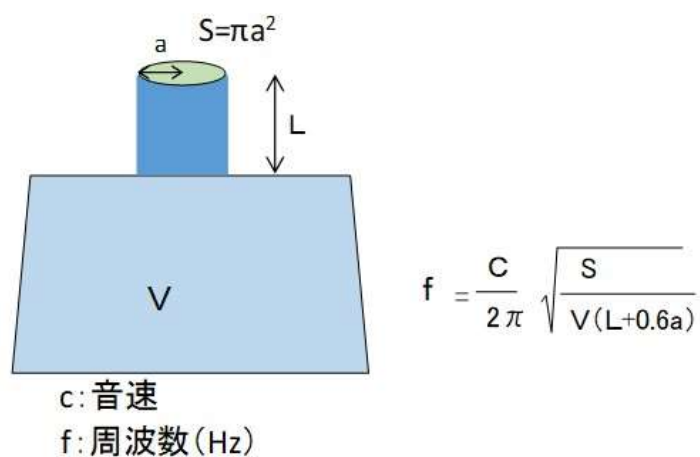


図 1.1.8.4 ヘルムホルツ吸音周波数の理論式

1. 1. 8. 1 実験方法と試験サンプル形状

垂直入射吸音率測定装置を用いて各周波数での吸音率測定を行った。垂直入射吸音率測定装置は図 1.1.8.1.1～2 に示す日東紡音響エンジニアリング WinZacMTX (100～1600Hz/99.3φmm) を使用した。

パルプモールド吸音材の測定サンプルの形状概要を図 1.1.8.1.3 に示す。これらのパルプモールドに板状基材を様々に加工した水準で試験を行った。



図 1.1.8.1.1 垂直入射吸音率測定装置 (WinZacMTX)

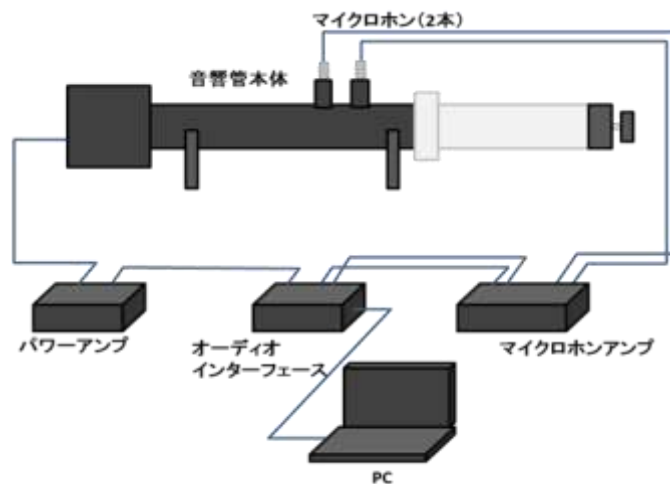


図 1.1.8.1.2 垂直入射吸音率測定装置システム図 (WinZacMTX)



図 1.1.8.1.3 パルプモールド吸音材サンプル
(左：直方体型、右：ハニカム型)

1. 1. 8. 2 パルプモールド吸音材の部品への固定条件の検討

パルプモールド吸音材を機能させるには図 1.1.8.2.1 に示すようにパルプモールドを板状の部品に固定することで吸音させる部屋 (V) を作り、その部屋の壁面に 1 か所以上の吸音用の穴を設ける。しかしその板状の部品は軟質でもよいのか、シール性等のその部品との固定条件はどの程度の影響を与えるのか明白でなかったため今回検証を行った。

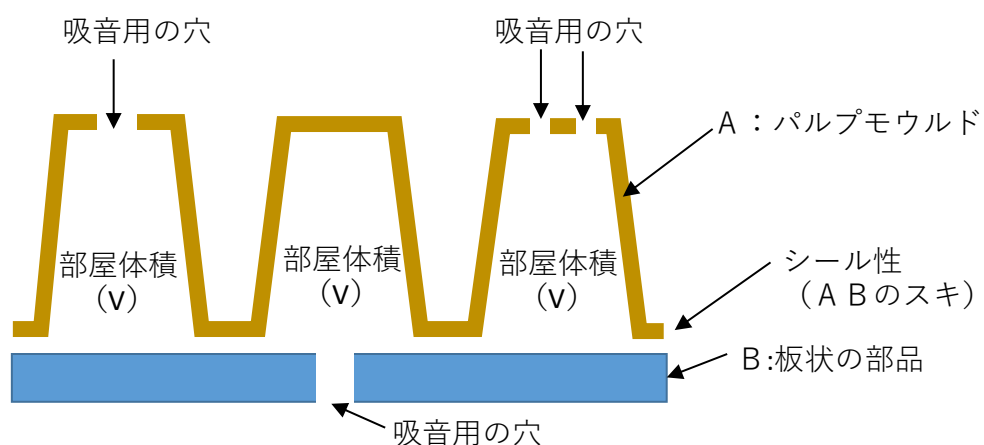
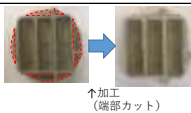


図 1.1.8.2.1 パルプモールド吸音材の基本構成と部品への固定条件

1. 1. 8. 3 部品接合時のシール性寄与検討

表 1. 1. 8. 3. 1、図 1. 1. 8. 3. 1 の結果、シール不良を模擬した水準 1-3 の吸音周波数は狙いの 350Hz 付近の吸音は認められず、大きな穴があるときに見られる高周波側に吸音がみられた。シール性の寄与は大きく、狙いの吸音用の穴よりも十分大きな穴がシール性不良のためにある場合は、その大きな穴の方が吸音共鳴機構として優先され、ねらいの吸音効果がでないことがわかった。

表 1. 1. 8. 3. 1 試験水準と試験結果概要（部品接合時のシール性寄与検討）

No.	水準	吸音材形状（↓音）	穴径	背面 空気層	目的	吸音 周波数 (Hz)	最大 吸音率	結果の考察	試験品写真
①	1-1		φ2 × 3	0	比較用 基礎データ	450	0.57	基準 1	
	1-2		φ2 × 3	10mm	比較用 基礎データ	350	0.64	基準 2 基準 1 に対しヘルムホルツ理論に従い低 周波側にシフト	
	1-3	 シール性無し（カット）	φ2 × 3	10mm	シール不良の 影響を確認	950	0.77	シール不良で吸音穴よりも大きな穴が 開いた場合、大きな穴の方が優先にな り、ねらいの吸音周波数は出ない	 ↑加工 （端部カット）

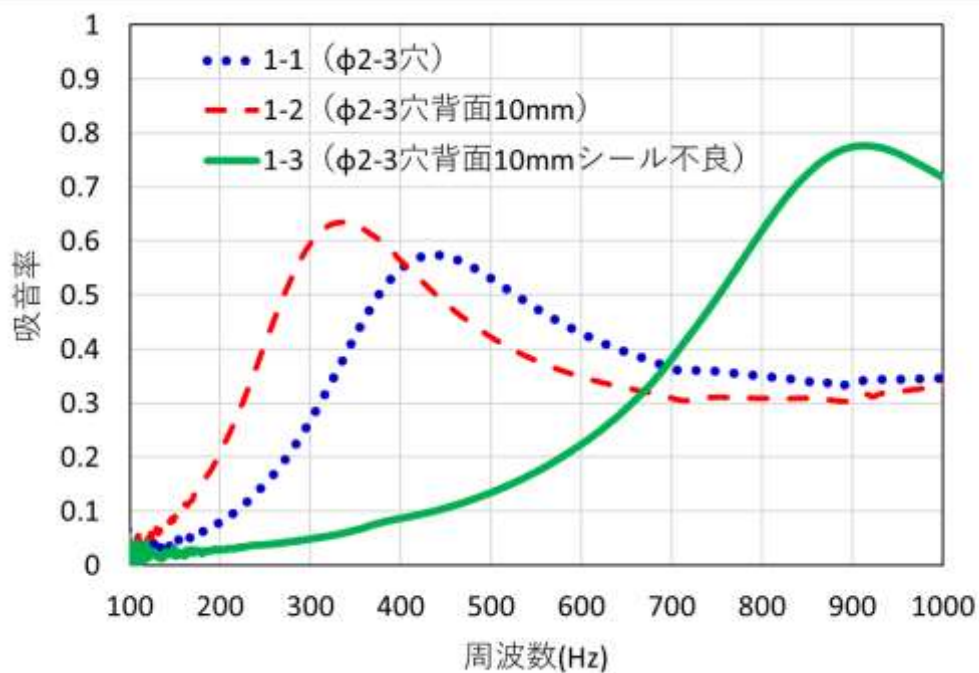
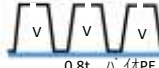


図 1. 1. 8. 3. 1 部品接合時のシール性寄与検討結果

1. 1. 8. 4 接合する板材の剛性の影響

表 1. 1. 8. 4. 1 図 1. 1. 8. 4. 1 より接合する板材の剛性を硬質な 3t の樹脂板から軟質の厚紙まで振った結果、吸音周波数に大きな変化はなく、十分なシール性があれば接合する板の材質は影響ないことがわかった。

表 1. 1. 8. 4. 1 試験水準と試験結果概要（接合する板材の剛性の影響）

サンプル No.	水準	吸音材形状 (↓音)	穴径	背面空気層	目的	吸音周波数 (Hz)	最大吸音率	結果の考察	試験品写真
①	1-1		φ2 × 3	0	比較用 基礎データ	450	0.57	基準 1	
	1-2		φ2 × 3	10mm	比較用 基礎データ	350	0.64	基準 2 基準 1 に対しヘルムホルツ理論に従い低周波側にシフト	
②	2-4		φ2 × 3	10mm	板材剛性の影響 (厚紙)	420	0.56	基準 1 の結果に近く シールさえ確実にあれば厚紙でも十分 部屋体積Vを作る	
③	3-5		φ2 × 3	10mm	板材剛性の影響 (0.8t プラ)	470	0.61	基準 1 に近く 問題なし	
④	4-6		φ2 × 3	10mm	板材剛性の影響 (3t プラ)	450	0.63	基準 1 に近く 問題なし	

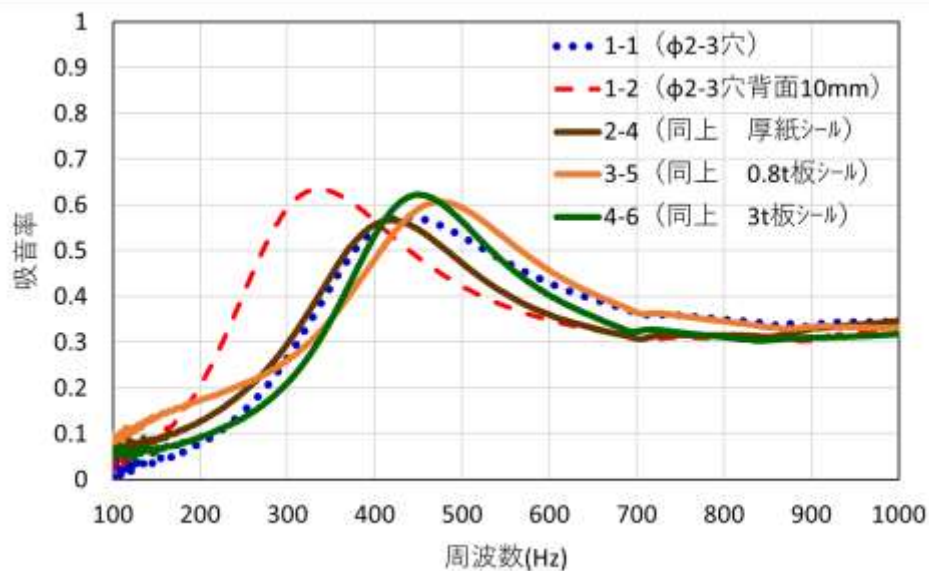


図 1. 1. 8. 4. 1 接合する板材の剛性の影響

1. 1. 8. 5 ハニカムパルプモールドの吸音特性

今回検討しているハニカム形状での吸音周波数制御の検討を行う。表 1.1.8.5.1、図 1.1.8.5.1、図 1.1.8.5.2 より穴径、穴数により 300～1300Hz ま で吸音周波数の制御が可能であることがわかった。

表 1.1.8.5.1 試験水準と試験結果概要（ハニカムパルプの吸音特性）

サンプ ル No.	水準	吸音材形状（↓音）	穴径	背面 空気層	目的	吸音 周波数 (Hz)	最大 吸音率	結果の考察	試験品写真
⑥	6-8		φ1 ×1	0	ハニカム構造での吸音 性能把握 1	300	0.3	今回ハニカムはφ1～φ12で300 ～1300Hzの吸音が制御可能 素材吸音も認められる →非意匠部位の吸音材にて活用 可能性あり あて材や補剛材、EA材として共用 できるとよい	
	6-9		φ3 ×1	0	ハニカム構造での吸音 性能把握 2	540	0.68		
	6-10		φ5 ×1	0	ハニカム構造での吸音 性能把握 3	740	0.92		
	6-16		φ8 ×1	0		1080	1.0		
	6-17		φ12 ×1	0		1300	1.0		
⑦	7-11		φ1 ×13	0	ハニカム構造での吸音 性能把握 穴数との関 係	850	0.8	今回ハニカムはφ1の穴1～13個 で300～850Hzの吸音が制御可 能、（但し⑥の一つの穴の方が吸 音性有利） →非意匠部位の吸音材にて活用 可能性あり、あて材や補剛材、EA 材として共用できるとよい	
	7-18		φ1 ×7	0	ハニカム構造での吸音 性能把握 4	670	0.65		
	7-19		φ1 ×3	0		580	0.48		

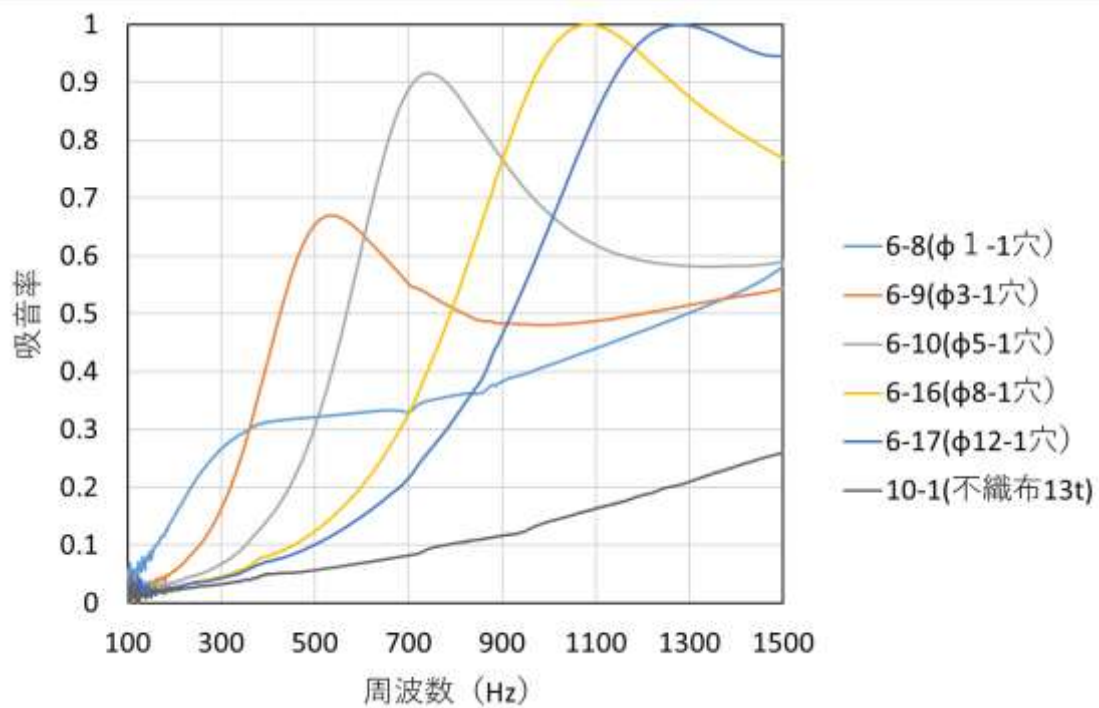


図 1.1.8.5.1 ハニカムパルプの吸音特性（穴径の影響）

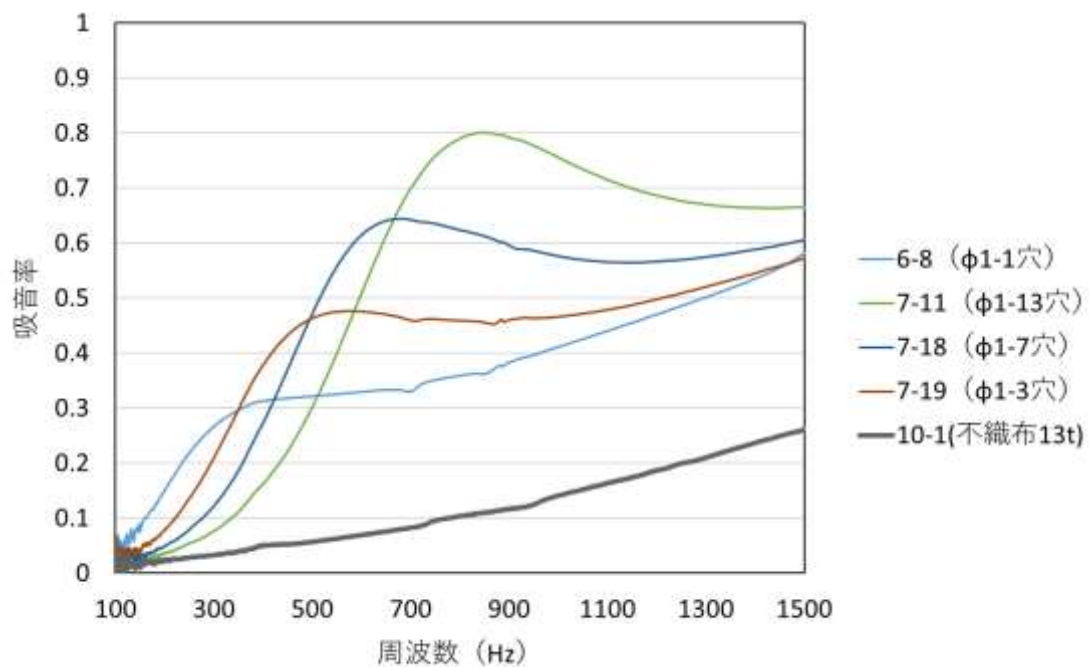


図 1.1.8.5.2 ハニカムパルプの吸音特性（穴数の影響）

1. 1. 8. 6 自動車天井基材貼付け想定での吸音性制御

表 1.1.8.6.1、図 1.1.8.6.1 の結果より、ハニカムを天井基材と接着する構造にて穴数を変更したことで、周波数が異なった場合の吸音性能を制御できた。特に低周波側での吸音性は優れた吸音率特性を示した。また、穴径が 2mm 以下であれば見栄え意匠的にも目立ちにくく天井基材の色によっては、自動車内装材の外観として許容できる可能性がある。

表表 1.1.8.6.1 試験水準と試験結果概要（天井基材の活用）

サンプル No.	水準	吸音材形状（↓音） 天井基材	穴径	背面 空気層	目的	吸音 周波数 (Hz)	最大 吸音率	結果の考察	試験品写真
⑨	9-15		φ2 ×3	0	天井基材貼付け +穴あけにて 吸音性確認	300	0.31	今回ハニカムを天井基材と接着する構造で300～500と制御可能、特に低周波の吸音性は優れた吸音特性を示す。 見栄え意匠的にも穴が目立ちにくく天井基材の色によっては許容できる可能性がある。	
	9-24		φ2 ×7	0		500	0.51		

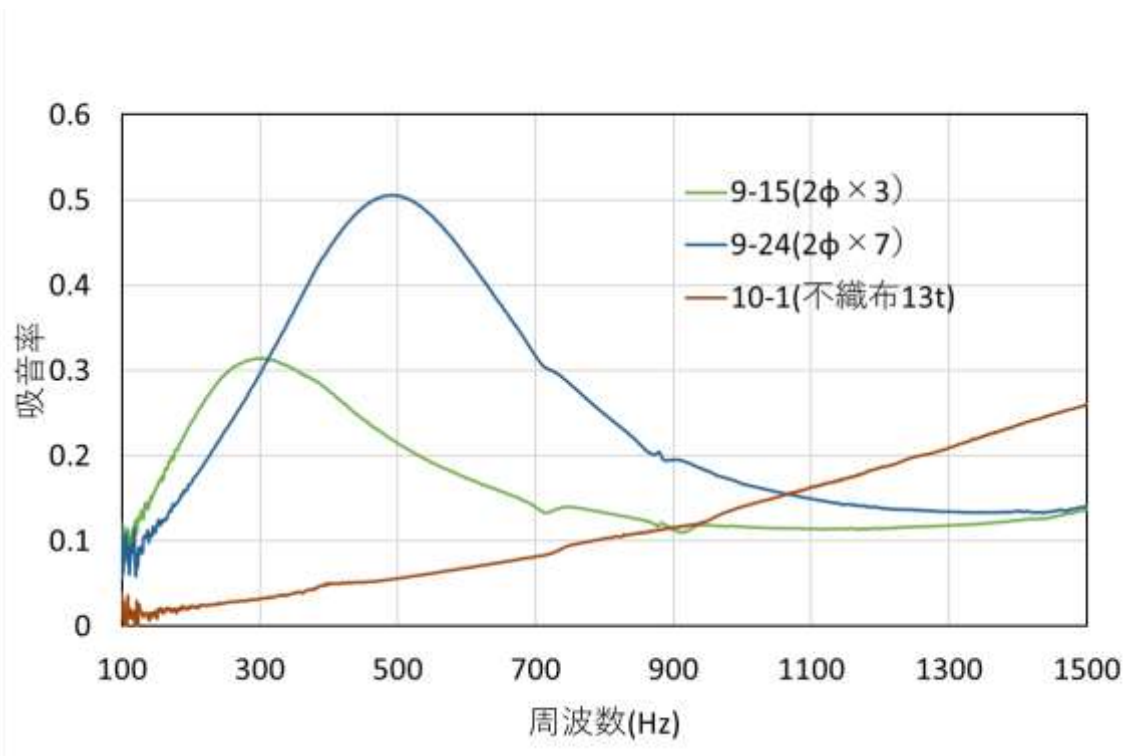


図 1.1.8.6.1 天井基材パルプ貼付け想定での吸音制御（穴数）

1. 1. 8. 7 遮音性（音響透過損失）

PET 不織布吸音材、パルプモールドで遮音性評価を実施した。各試験品の測定状況を図 1. 1. 8. 7. 1、図 1. 1. 8. 7. 2 に示す。遮音性評価結果を図 1. 1. 8. 7. 3 に示す。パルプボードの遮音性は PET 不織布吸音材に対し 10dB から 30dB と大幅に優れていることがわかった。これは面積当たりの質量の違いや通気度による影響と考えられる。

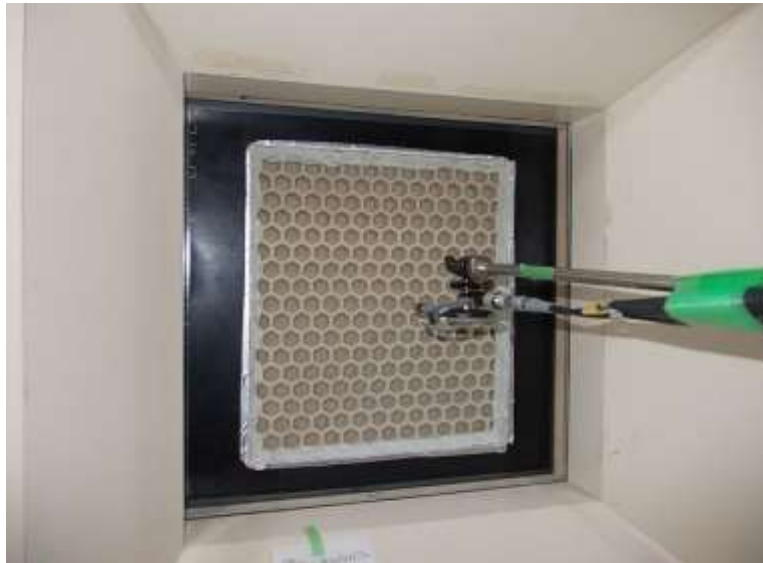


図 1. 1. 8. 7. 1 パルプモールド遮音性試験状況



図 1. 1. 8. 7. 2 PET 不織布遮音性試験状況

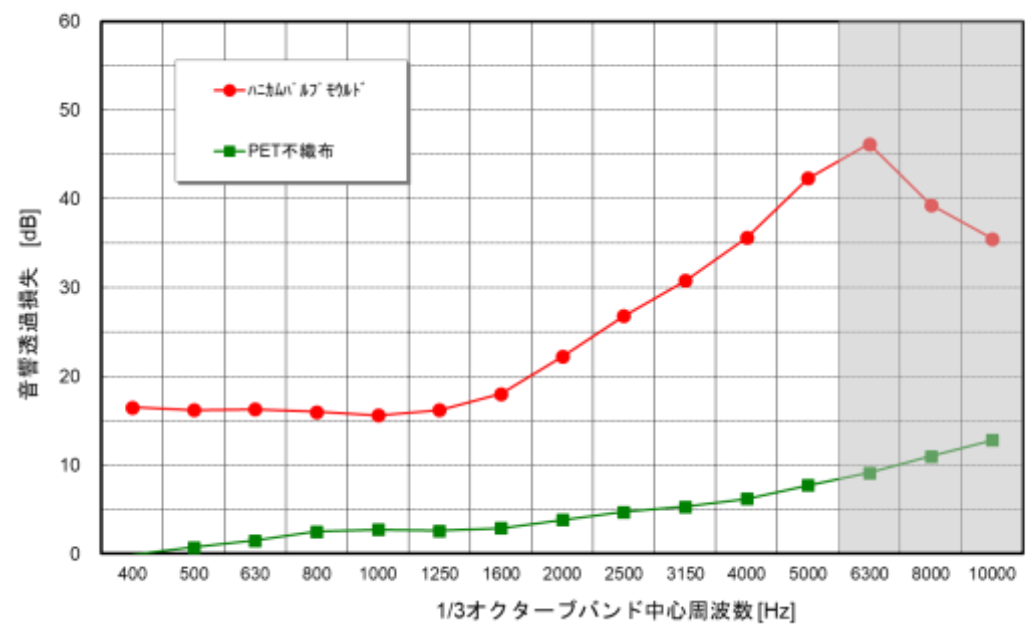


図 1.1.8.7.3 遮音性測定結果

1. 1. 8. 8 実車走行での吸音性向上検討

周波数別車両静粛性ニーズと対策手法を図 1.1.8.8.1 に示す。車両の静粛性には固体伝播音と空気伝播音がある。低周波に特徴的な固体伝播音の対策には車両骨格、制振、遮音と質量が増加する対策がされている。遮音対策で 5dB 対策する場合には、図 1.1.8.8.3 に示すように質量則で質量を 2 倍にする必要があり、軽量な低周波数 NV 対策がないのが現状である。

図 1.1.8.8.3 に示すように 100 から 1000Hz の低周波で吸音性能を制御でき、軽量、低コスト、環境性能があるパルプモールド吸音材は、これらのニーズを解決できる技術と考えられる。

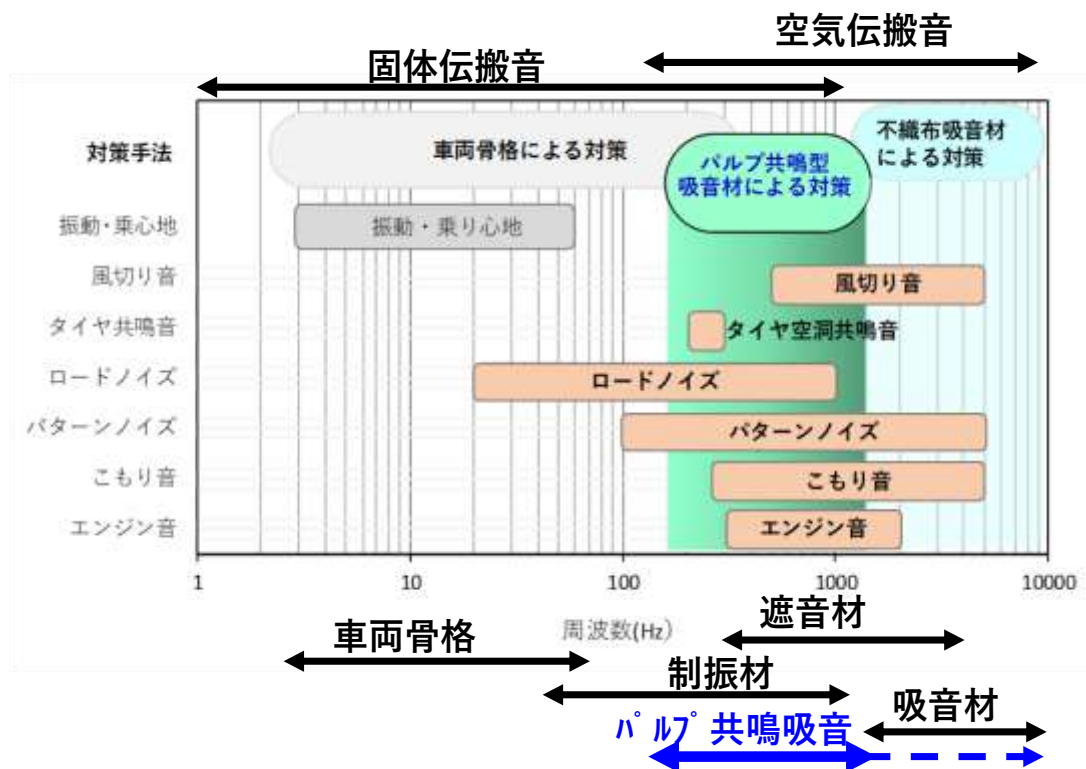


図 1.1.8.8.1 周波数別車両静粛性ニーズと対策手法

質量則 音響透過損失 $TL=18 \log f \cdot m -44$ (dB)

f : 周波数(Hz)

m: 材料の面密度(kg/m²)

図 1.1.8.8.2 質量則

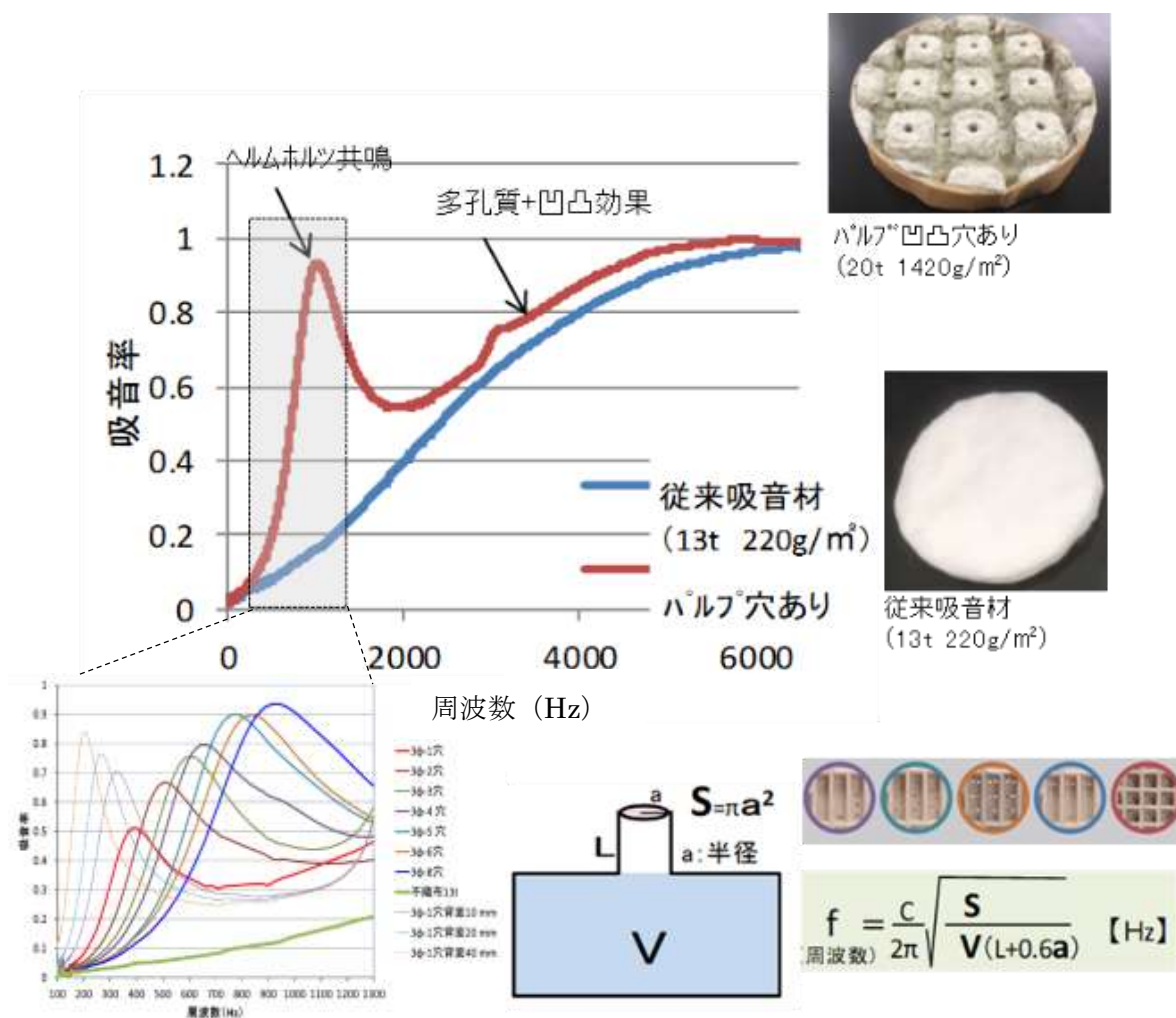


図 1.1.8.8.3 共鳴型パルプモールド吸音材の吸音周波数制御技術

1. 1. 8. 9 実車走行試験

実車走行での音効果確認検討を実施した。図 1.1.8.9.1、図 1.1.8.9.2 に示すように内装天井に目標周波数（今回タイヤ共鳴音の 230Hz）に合わせ穴をあけたパルプモールドを貼りつけ、図 1.1.8.9.3 に示すような方法で実車走行評価を行った結果を図 1.1.8.9.4 に示す。タイヤ空洞共鳴起因の 230Hz ピークで、騒音低減効果が確認できた。従来材では難しい低周波領域の NV 向上が可能と考えられる。



図 1.1.8.9.1 パルプモールド吸音材実車装着状態

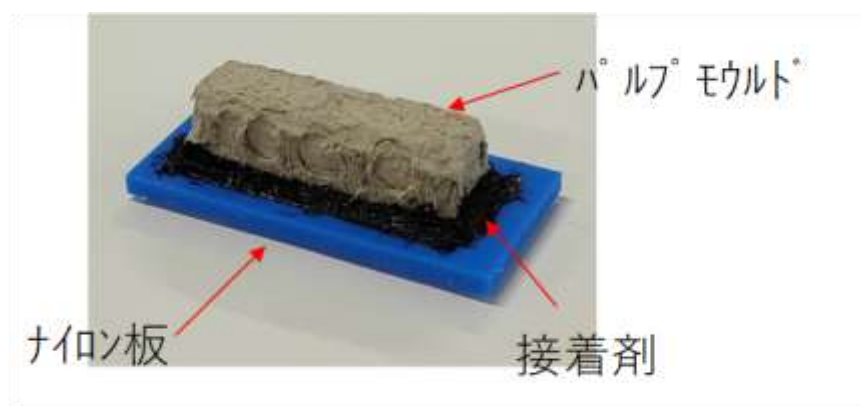


図 1.1.8.9.2 パルプモールド吸音材外観

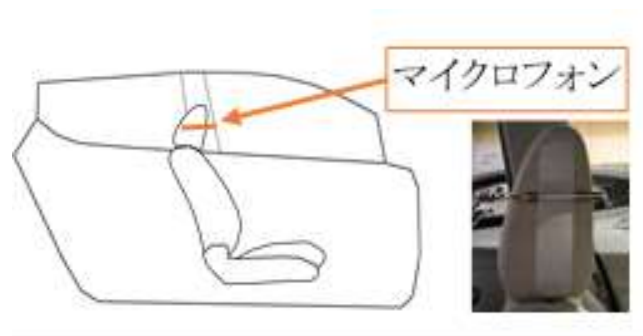


図 1.1.8.9.3 実車走行試験方法

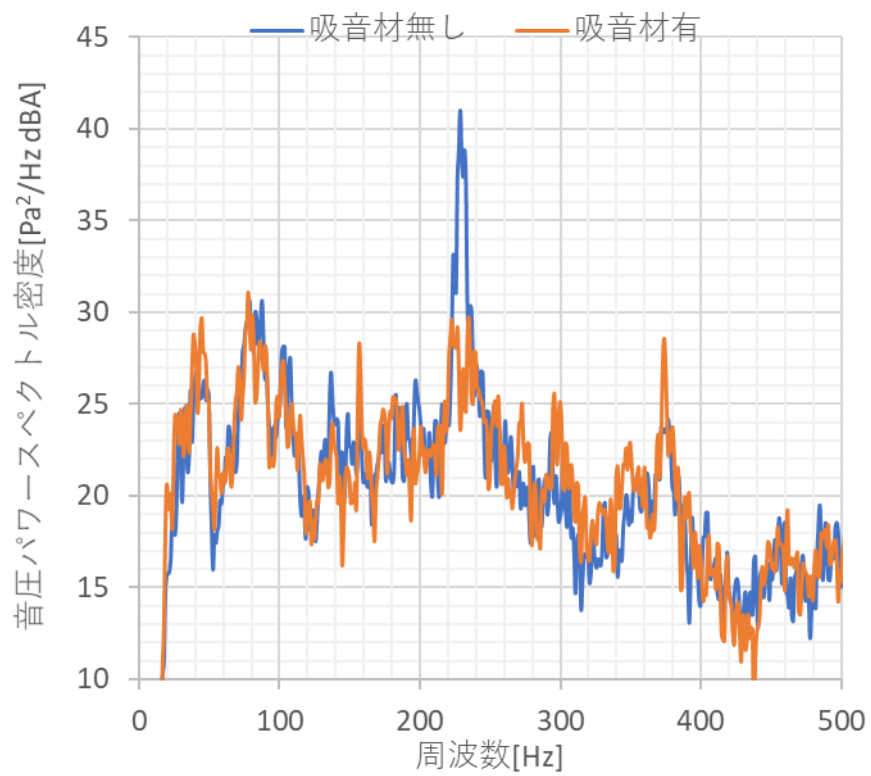


図 1.1.8.9.4 実車走行試験結果（音圧変化）

1. 1. 9 パルプモールド材料を活用した性能評価まとめ

今回、再生紙を扱うリサイクルとの競合や紙の減少リスクも加味しパルプモールドの原料を古紙だけでなくクラフトパルプも含め検討を実施した。クラフトパルプは古紙パルプに比べ機械物性は劣る傾向があるものの VOC では優れることが分かり、大きな強度が不要な吸音材としては活用が可能であることが分かった。また課題であった VOC の原因と対策方法を示すことができた。NV 性能では部品への適用を想定した吸音性能、遮音性の把握とともに車両を使い実車走行にて静音化への効果確認をすることができた。今後は VOC 性能対策手法の最適化を行い、部品採用に向け提案していく。

【参考文献】

- 1) 紙の基礎と印刷適性－構造・物性・加工・印刷品質評価－
東京大学 大学院農学生命科学研究科 江前敏晴

1. 2 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価

1. 2. 1 バイオポリエチレンを選定した経緯

昨年度は、ポリ乳酸 (Polylactic acid:PLA)、バイオポリエチレン (Biopolyethylene: バイオ PE) およびナイロン 11 (Polyamide11) と植物フィラーの複合化による性能向上を検討した。その結果を、図 1.2.1.1 に示す。

PLA は、部品成形後に材料の結晶化を促進させるアニール処理や結晶核剤の添加により性能は向上するが、製造リードタイムやコストを考慮すると現実的な対策ではない。

PA11 は、パルプの添加量の増加に伴い性能は向上するが、材料混練時や射出成形時に PA11 を溶融するための高温加熱が必要である。そのため、パルプが焦げてしまい、外観不良や焦げ臭が発生し製品として成立させるのが困難である。

一方、バイオ PE は、パルプとの相溶性を向上させる処方をする事で、パルプの添加量に増加に伴い性能が大きく向上した。PLA や PA11 で発生したような問題点もなく、バイオ PE が自動車部品への適用の可能性が最も高いと考える。

そこで、今年度は、使用するバイオプラスチックをバイオ PE に絞り、これに植物フィラーを混練した材料について部品適用の検討を進めることとした。材料の略称については表 1.2.1.1 に示す通りである。

1. 2. 2 各種植物繊維による耐熱性向上検討

図 1.2.1.1 に示した様に、バイオ PE へ植物フィラーを混練することで性能が向上することが分かった。曲げ弾性率はタルクを配合したポリプロピレン (PP) 同等の性能を示すが耐熱性が若干劣っている。そこで各種植物フィラーでの補強による耐熱性向上の検討を実施した。使用した植物フィラーは、竹パルプ、アバカパルプであり、これらを 30%混練した材料で評価を実施した。図 1.2.2.1、図 1.2.2.2 および図 1.2.2.3 に、電子顕微鏡 (SEM) による観察結果を示す。バイオ PE-パルプ 30 材料は細く長い繊維と短い繊維が混在しており、アバカパルプは細く長い繊維が多く、竹パルプは他に比べて太く長い繊維と短い繊維が混在している。図 1.2.2.4 に評価結果を示す。アバカパルプで補強した材料は耐熱性が向上し、ガラス繊維強化ポリプロピレン (PP-GF) 規格値相当の耐熱性を示した。これは、アバカパルプは細く長い繊維が多くアスペクト比が高いことが効果的であったためだと考えられる。アバカパルプの繊維長は約 3.2mm、竹パルプの繊維長は約 1.8mm、古紙パルプに使用している針葉樹パルプの繊維長は約 3.0mm でありアバカパルプの繊維長は他に比べて長い。そのため混練後も長い繊維が残っていたと考えられる。以上より、長くて細い繊維を均一に多く配置することは耐熱性向上に有効な手段であるといえる。

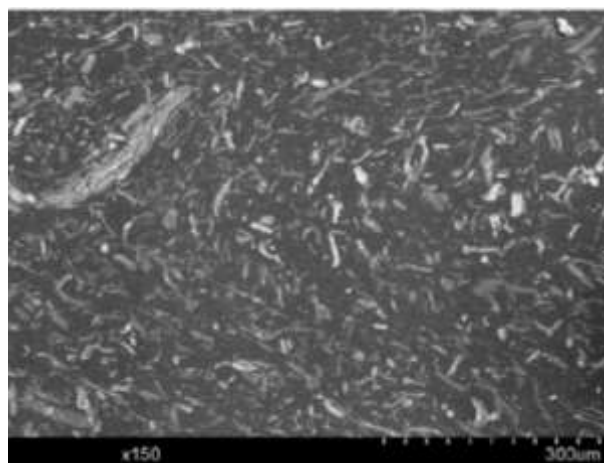


図 1. 2. 2. 1 バイオ PE-パルプ 30 SEM 観察(×150)

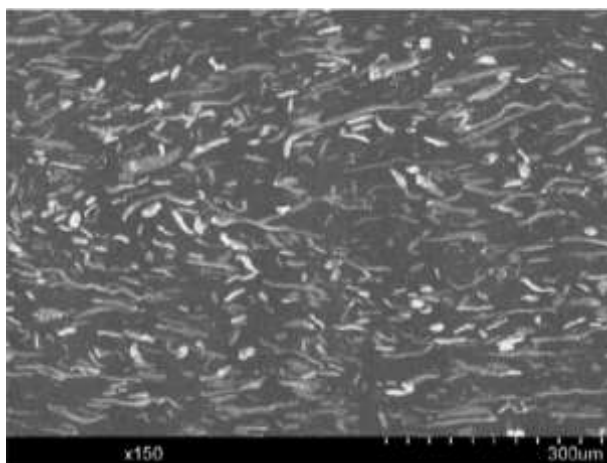


図 1. 2. 2. 2 バイオ PE-アバカパルプ 30 SEM 観察(×150)

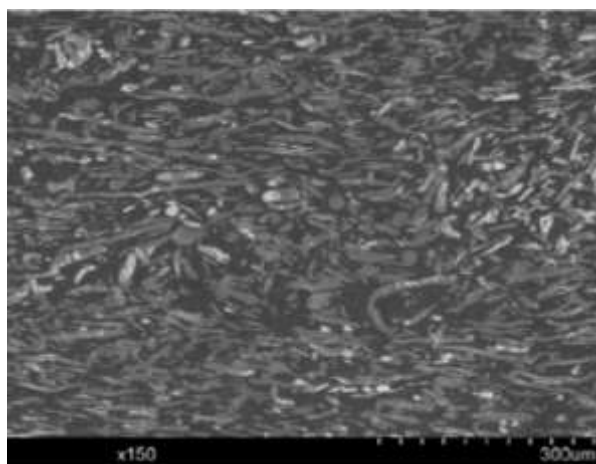


図 1. 2. 2. 3 バイオ PE-竹パルプ 30 SEM 観察(×150)

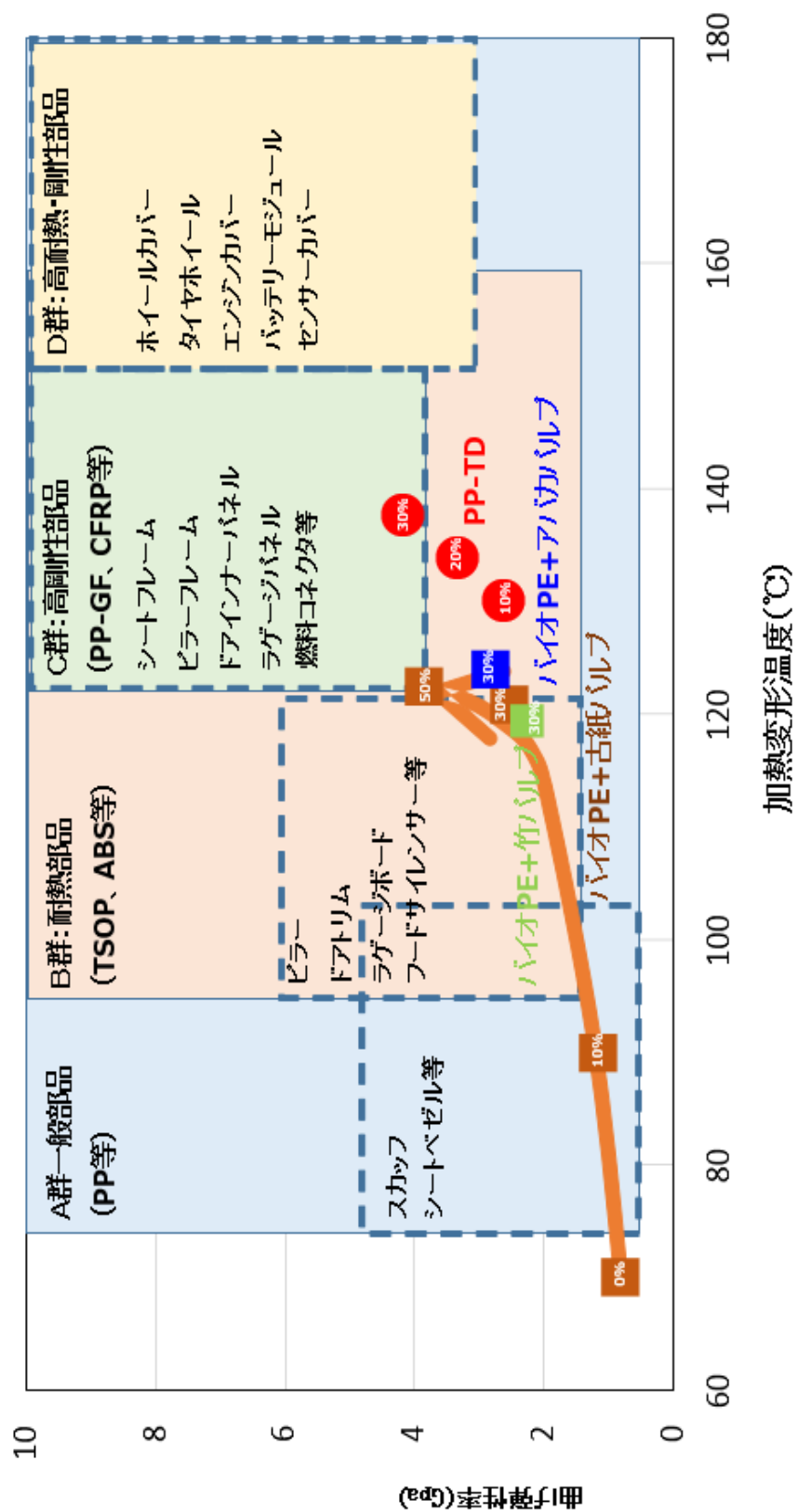


図 1.2.2.4 各種植物ファイラー補強による評価結果

1. 2. 3 VOC 対策検討

バイオ PE-パルプの VOC 発生量について、昨年度の検討よりアセトアルデヒドの発生量が多いことが分かっている。自動車外装部品に適用するには問題ないが、内装部品への適用を考慮した場合、アセトアルデヒドの発生量を低減させる必要がある。そこで、内装部品へも適用可能な材料とするために対策検討を行った。アセトアルデヒドの発生要因としては、材料の混練や成形時での熱負荷による植物フィラー成分の分解が考えられる。表 1. 2. 3. 1 に対策内容を示す。

水準 1 は、植物フィラーの熱分解によるアセトアルデヒドの発生を抑制するために材料の混練時および射出成形時の樹脂の熔融温度を低減した。

水準 2 は、熔融温度の低減と、さらに射出成型後に熱処理を追加した。熱処理は、アセトアルデヒドの揮発点以上で、且つ成形品が変形温度以下の熱を一定時間かけることで、成形品が保持しているアセトアルデヒドを除去することを目的としている。

水準 3 は熔融温度の低減と、さらにパルプの種類の変更をした。パルプの種類を熱による分解成分の少ないクラフトパルプ (NBKP) に変更することでアセトアルデヒドの低減を狙った。

水準 4 は、熔融温度低減、パルプ種変更と、さらにキャッチャー剤の添加を行った。キャッチャー剤はアセトアルデヒドと化学反応する物質を選定した。

図 1. 2. 3. 1 に示した評価結果より、水準 1、水準 3 については効果はあったものの対策としては不十分であった。水準 2 及び水準 4 で目標を達成することができた。水準 2 については熱処理の時間が数十時間と長く対策としては現実的でない。よって水準 4 のキャッチャー剤を使用した対策が現実的と考える。

次年度は古紙パルプにキャッチャー剤を処理をした水準の検討にて目標達成を目指していく。

表 1. 2. 3. 1 VOC(アセトアルデヒド)対策水準

	オリジナル	水準1	水準2	水準3	水準4
成形温度	高	低	低	低	低
古紙パルプ	30%	30%	30%	—	—
クラフトパルプ	—	—	—	30%	30%
熱処理	—	—	有		
キャッチャー剤	—	—	—	—	有

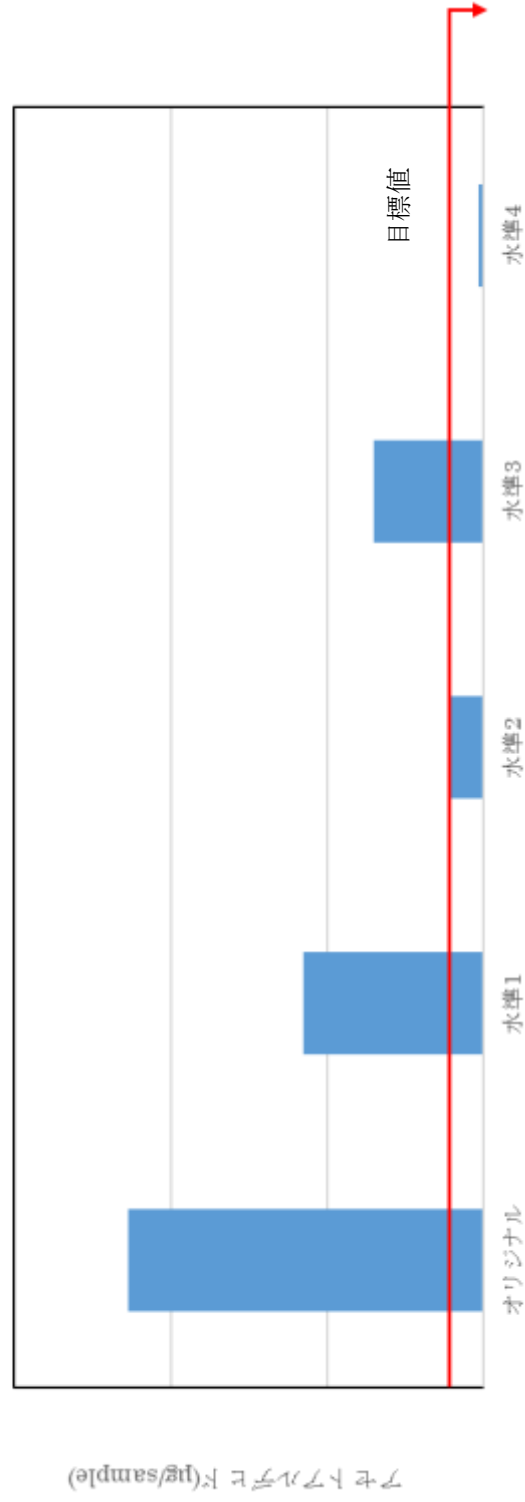


図 1.2.3.1 VOC(アセトアルデヒド)評価結果

1. 2. 4 部品選定と成形検討

本業務の目的は植物由来の材料を自動車部品へ適用することとしている。
1.2.1 項で述べた PE-パルプ 30 の耐熱性、曲げ弾性率の性能からその特性に合うターゲット部品を選定することとした。今回、自動車を構成する外装部品の中からバッテリーキャリアを選定した。バッテリーキャリアは質量の大きいバッテリーを固定する役割があり、悪路走行時の振動にも耐えうる強度が必要となる。また、エンジンルーム内に格納されているため、走行時はエンジンからの発熱で高温環境に晒される部品である。今回、バイオ PE-パルプ 30 についてバッテリーキャリア形状を成形し、各部品評価を行い、材料および部品の基礎データを取得した。また各比較材も同時に成形、評価を実施し、データ比較を行った。本成形には既存の射出成形用バッテリーキャリア金型を用いた。また、バッテリー搭載面においては剛性を高めるためにリブ形状が配置されており、金具にてバッテリーをバッテリー上部とバッテリーキャリアで締めて固定する構造となっている。締結部については振動耐久性向上のため、金属カラーを後加工によりはめ込む構造となっている。今回、バイオ PE-古紙パルプおよび比較材のバイオ PE-古紙パルプと PP-GF を混錬した材料(バイオ PE-古紙パルプ+PP-GF)について射出成形を用い部品形状に成形した。

今回、規定の可塑化温度と射出圧力で成形を行った試験体を図 1.2.4.1 に示す。



バイオ PE-古紙パルプ



バイオ PE-古紙パルプ+PP-GF

図 1.2.4.1 バッテリーキャリア外観

1. 2. 5 部品性能評価

各成形品について部品締結用の金属カラーおよびケースナットを後加工により取り付け付けた。またバッテリーを搭載し、図 1. 2. 5. 1 に示すように金具にてバッテリー上部とバッテリーキャリアを締付け固定した。治具に各種製品を固定した状態で、表 1. 2. 5. 1 に示す各製品評価を実施した。



図 1. 2. 5. 1 バッテリー取り付け状態

表 1. 2. 5. 1 製品評価一覧

試験項目	判定基準
耐熱性試験	エンジンルーム内の温度でも外観不良、変形無きこと
冷熱繰り返し試験	外観不良、変形無きこと
振動耐久試験	走行距離100,000km～200,000kmを想定し、割れなど異常無きこと
落錘衝撃試験	ボンネットを開けて工具などを落下させたことを想定 最小破壊エネルギーが目標値以上のこと
耐液試験	バッテリー液など付着しても割れ無きこと

1. 2. 5. 1 耐熱性試験

図 1.2.5.1.1 に耐熱試験結果を示す。いずれの試験体も著しい変形等の外観異常はなかった。今回と同等の板厚、リブ等の補強構造を確保できれば問題ないとする。但し、設計の都合上で薄肉や補強構造確保できない場合は確認が必要である。

	判定	試験後写真
バイオPE-パルプ30	○	
バイオPE-パルプ30 +PP-GF50	○	

図 1.2.5.1.1 耐熱試験結果

1. 2. 5. 2 冷熱繰り返し試験

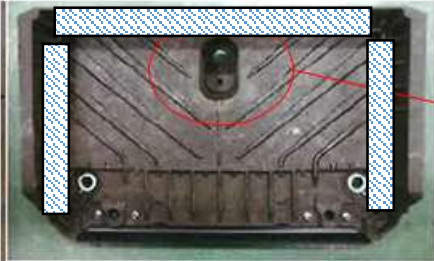
図 1. 2. 5. 2. 1 に冷熱繰り返し試験結果を示す。耐熱試験結果同様、著しい変形等の異常はなかった。本試験は冬場や夏場を想定した、低温および高温で繰り返し温度を変化させる試験である。今回の同等の板厚、リブ等の補強構造を確保できれば問題ないとする。但し、設計の都合上で薄肉や補強構造確保できない場合は確認が必要である。

	判定	試験後写真
バイオPE-パルプ30	○	
バイオPE-パルプ30 +PP-GF50	○	

図 1. 2. 5. 2. 1 冷熱繰り返し試験結果

1. 2. 5. 3 振動耐久試験

図 1.2.5.3.1 に各製品の振動試験結果を示す。いずれの材料もウェルドラインのある部位で亀裂の発生が確認された。ウェルドラインとは 2 つ以上の熔融樹脂が合流した時にできる線であり、樹脂同士が完全に密着していない状態を表している。これは、製品の外観のみならず強度にまで影響を及ぼすため極力減らすことが重要である。そのためには樹脂の流動を良くして樹脂が冷えて固まる前にしっかり接合させる必要がある。対策の例として、成形時の樹脂温度や金型の温度を上げることや、金型にガス抜き穴を追加することが挙げられる。したがって、今回の材料に合わせた成形条件や金型構造の最適化が必要だと考えられる。

	判定	試験後写真
バイオPE-パルプ30	△*	  亀裂発生   亀裂発生 車両上面 車両下面
バイオPE-パルプ30 +PP-GF50	△*	  亀裂なし   亀裂発生 車両上面 車両下面

*:成形条件の最適化で対策可能と判断

図 1. 2. 5. 3. 1 振動耐久試験結果

1. 2. 5. 4 落錘衝撃試験

図 1. 2. 5. 4. 1 に示す製品位置に鋼球を落下させ、各部の破壊エネルギーを確認した。試験結果を図 1. 2. 5. 4. 2 および図 1. 2. 5. 4. 3 に示す。各製品において破壊エネルギーは目標値を満足している。今回の同等の板厚、リブ等の補強構造を確保できれば問題ないとする。但し、設計の都合上で薄肉や補強構造確保できない場合は確認が必要である。

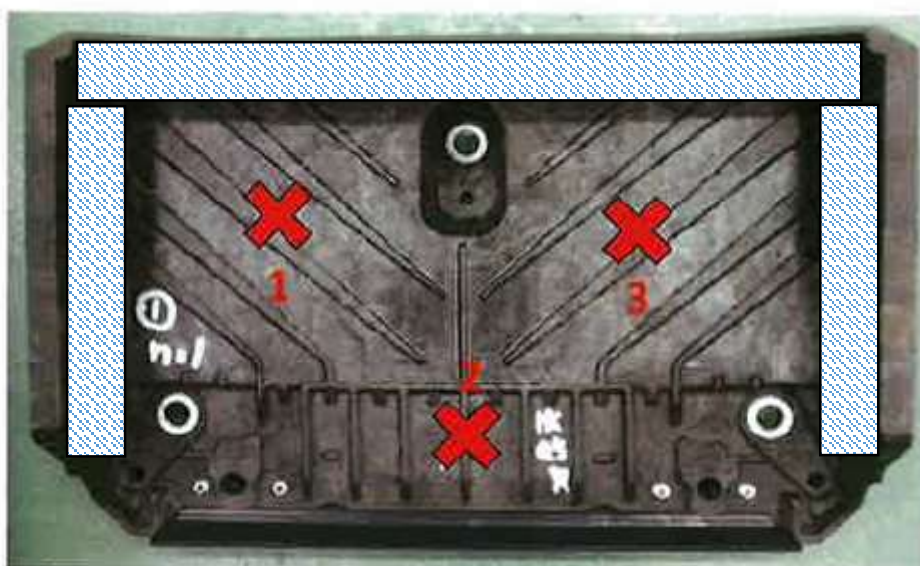


図 1. 2. 5. 4. 1 落錘衝撃試験部位

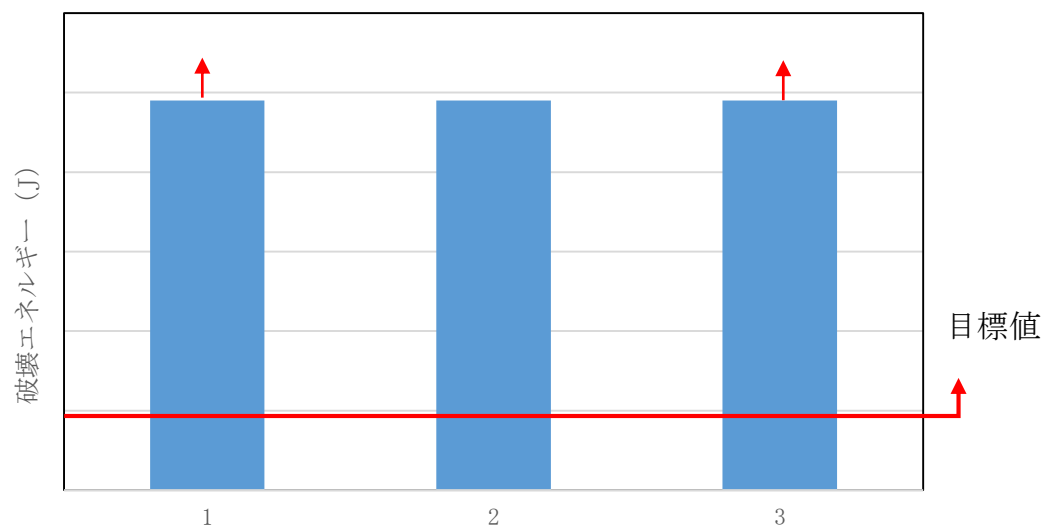


図 1.2.5.4.2 バイオ PE-パルプ 30 破壊エネルギー

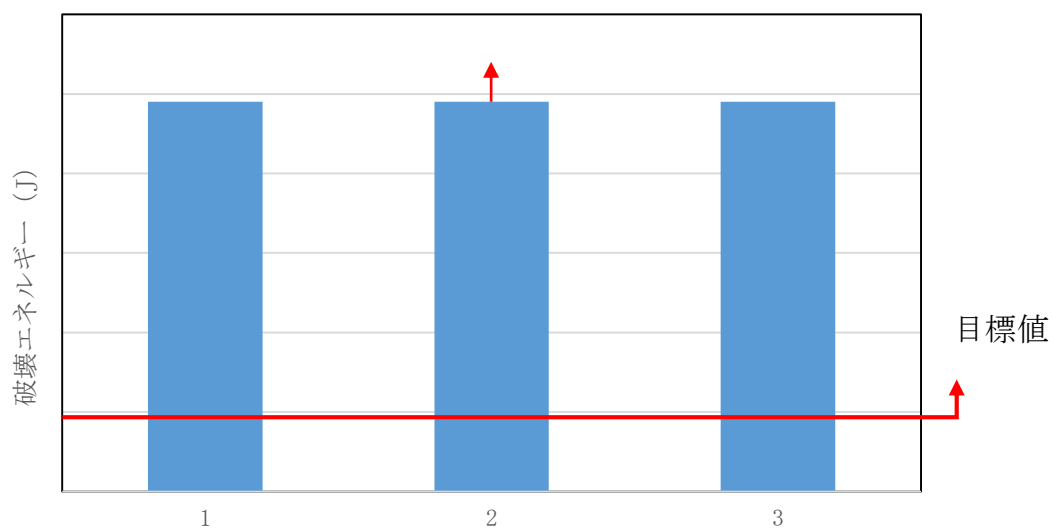


図 1.2.5.4.3 バイオ PE-パルプ 30+PP-GF50 破壊エネルギー

1. 2. 5. 5 耐液試験

各製品の一部にエンジン冷却液、エンジンオイル、ブレーキフルード、バッテリー液をそれぞれ塗布した後、所定の条件にて加熱処理し、表面の変化を調べた。結果を表 1. 2. 5. 5. 1 に示す。いずれの製品も各薬品に対し、割れ等の目立った外観変化は見られなかった。但し、バッテリー液は酸性液体であり、パルプを構成するセルローズへの影響は少なからず有ると考えられる。今後、塗布部位の物性変化や、塗布条件を変えた試験を行う必要がある。

表 1. 2. 5. 5. 1 耐液試験結果

	判定	試験後写真			
		エンジン冷却液	エンジンオイル	ブレーキオイル	バッテリー液
バイオPE-パルプ30	○				
バイオPE-パルプ30 +PP-GF50	○				

1. 2. 6 バイオポリエチレン材料を活用した製品評価まとめ

今回、バイオ PE 材の補強繊維として検討しているパルプについて再生紙を扱うリサイクルとの競合や紙の減少リスクも加味しパルプモウルトの原料を古紙だけでなくアバカパルプや竹パルプ、クラフトパルプも含め検討を実施した。古紙パルプ配合に比べ、アバカパルプ配合では耐熱性が向上が認められ、クラフトパルプ配合では VOC が優れることが分かった。古紙以外のパルプ配合でも活用が可能であることが分かった。また課題であった VOC の原因と対策方法を示すことができた。

製品評価ではバイオ PE-パルプ 30 について、バッテリーキャリアを代表部品として選定し、部品製造、一連の部品評価を実施した。その結果、今回の板厚、リブ等の補強構造を確保できれば性能について問題ないを考える。但し、設計の都合上で薄肉や補強構造確保できない場合は確認が必要である。また、車両衝突時の慣性力による破壊がないかを確認する衝突試験については行う必要がある。一般に植物フィラーの添加は樹脂の衝撃性の低下といった背反もあるため、衝突試験の結果によっては、衝撃性のレベルアップが必要となる。また、VOC の課題の克服、耐光性の規格を満足する材料ができればより適用の可能性が広がると考える。

1. 3 パルプ・バイオP E 複合ボード性能評価

昨年の検討で図 1. 3. 1、図 1. 3. 2 に示すフロアボードをターゲット部品にし、図 1. 3. 3 に示すハニカム状に成型したパルプモールド（以下ハニカムパルプモールドボード）とバイオP Eシートをブロー成形にて組み合わせることでオール非石油由来材による軽量ボードの試作を行った。今回このパルプ・バイオP E 複合ボードを想定した評価を行った。

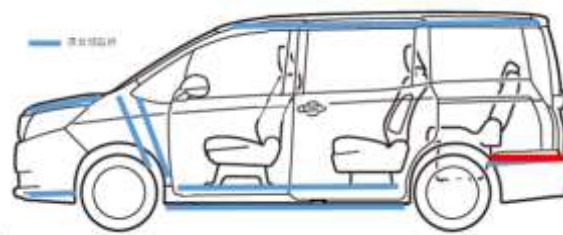


図 1. 3. 1 フロアボード（ターゲット部品）



図 1. 3. 2 リアラゲージ部（左フロアボード非装着 右フロアボード装着時）

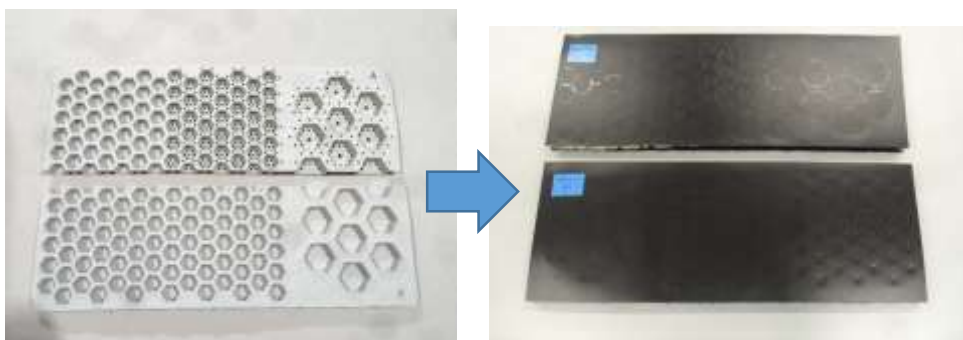


図 1. 3. 3 パルプ・バイオP E 複合ボード（ブロー成形）

1. 3. 1 曲げ破壊強度（ベンチマーク）

現行実績のあるボード材と比較しパルプ・バイオPE複合ボードの曲げ破壊強度試験を実施した結果を図 1.3.1.1 に示す、現行ボード実力値に対しパルプボードは低いことが分かった。

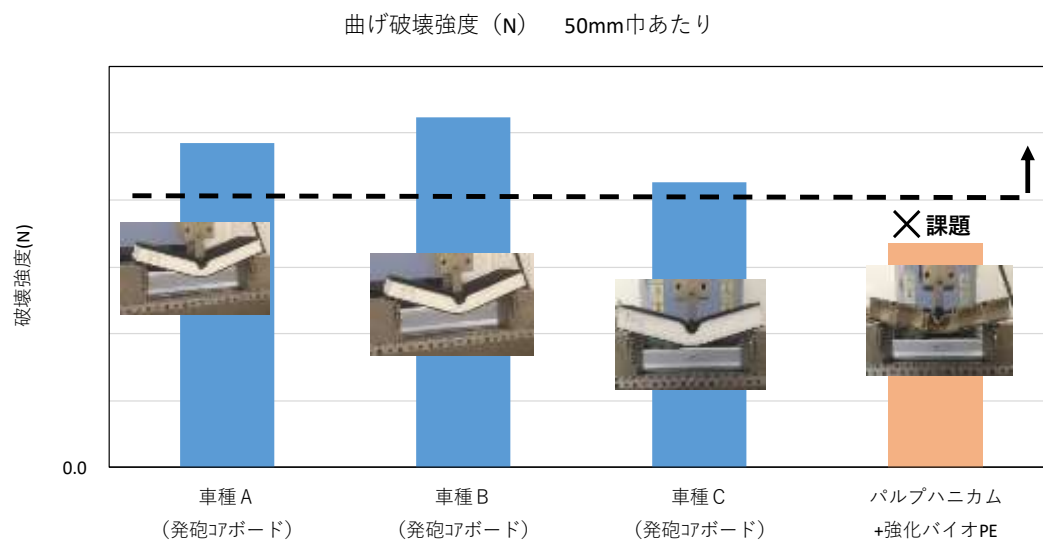


図 1.3.1.1 パルプ・バイオPE複合ボードの曲げ破壊強度

1. 3. 2 部品設計

部品要求性能を達成するためには使用にて想定される人の乗り込みや荷物積載負等に耐える剛性と破壊強度が必要であり、昨年試作のパルプ・バイオPE複合ボードでは、破壊強度がその目標値を下回り対策が必要であった。そこで下記のようにハニカムパルプモールド形状を変更し対策を行うこととした。ハニカムコアの厚さを厚くし六角形のハニカムコアの一片のサイズを縮小した。

一般にハニカムコアの厚さの平方に比例して剛性が増加する。又、ハニカムコアピッチが75%に縮小されると圧縮強さが1.4倍程度に向上する事例もあり今回の形状変更で現行品と同等程度になる1.4倍程度の強度レベルアップを目指した。形状対策し試作したものを図1.3.2.1、図1.3.2.2示す。

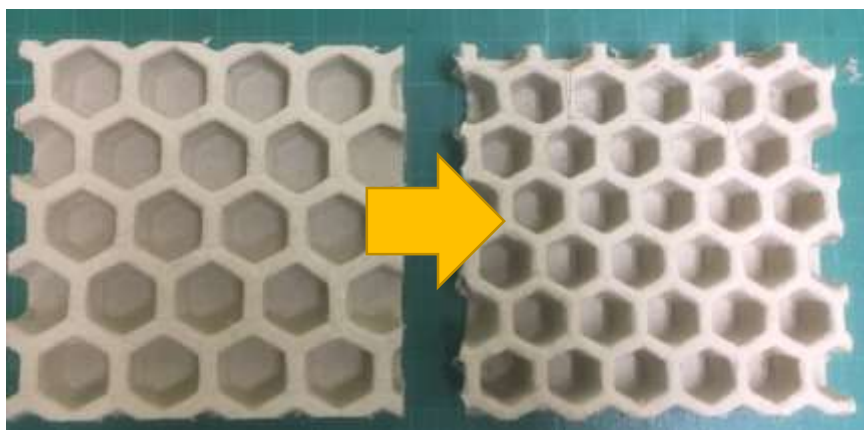


図 1.3.2.1 形状対策概要（右：対策形状）

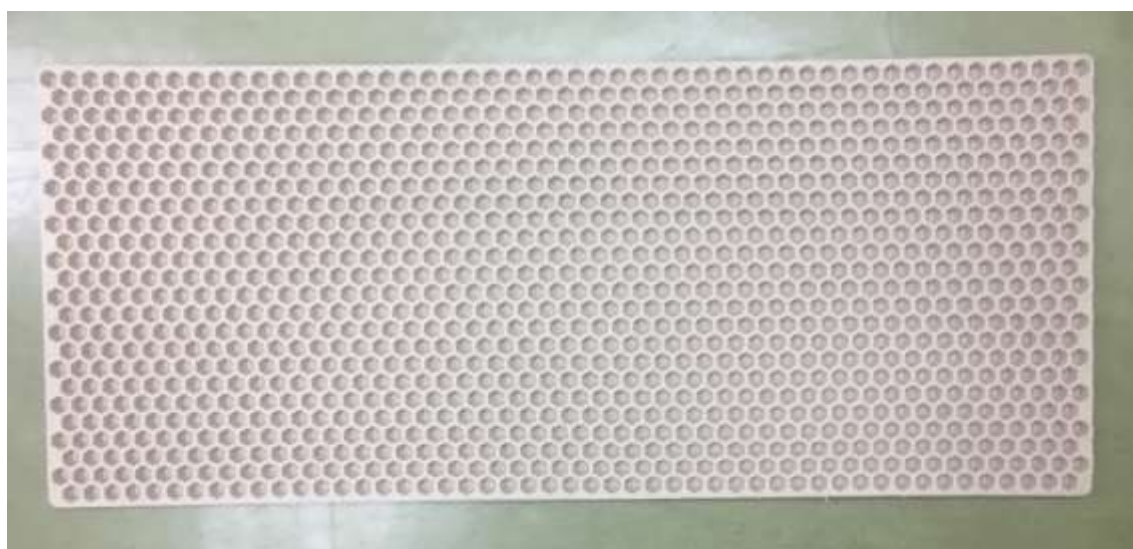


図 1.3.2.2 ハニカムパルプモールドの形状対策品

1. 3. 3 対策形状にて効果確認

ハニカムの形状を変更し破壊強度の対策効果を図 1. 3. 3. 1 に示す。その結果、強度アップが確認され対策品は目標破壊強度以上に改善できた。

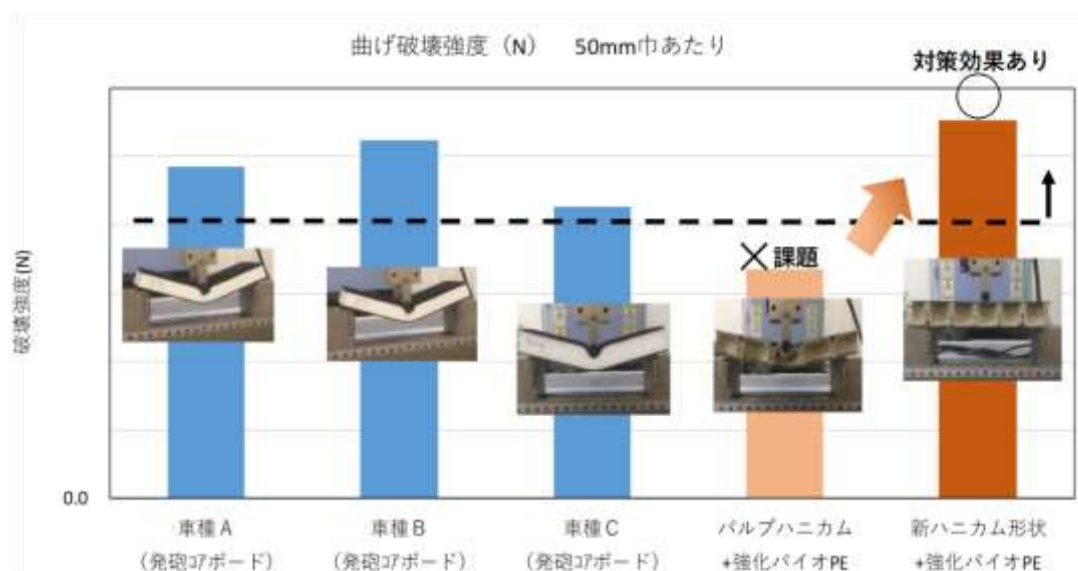


図 1. 3. 3. 1 破壊強度の対策効果

1. 3. 4 部品試験項目

ハニカムパルプモールドボードとパルプ強化したバイオPEシートを組み合わせることで作製したオール非石油由来材によるパルプ・バイオPE複合ボードにて、図 1.3.2 に示すようなフロアボードを想定し、図 1.3.4.1 に示した。部品を作製し、荷重変形試験、耐熱荷重負荷試験、湿冷熱繰り返し試験、衝撃性試験を行った。



図 1.3.4.1 パルプ・バイオPE複合ボードにて作製したフロアボード部品

1. 3. 5 荷重変形試験

車両のラゲージ部への人の乗込み、特に負荷が高くなる片膝についての乗込みを想定し、荷重を一か所に集中してかける荷重変形試験の結果を図 1. 3. 5. 1 に示す。試験の結果、破損なく最大たわみ量も規定値以下で試験に合格した。

評価項目	試験内容と判定基準	結果	判定
荷重変形試験	<試験内容> 人の乗込みを想定した荷重を一か所に集中してかける <判定基準> 破損なくたわみ量が規定値以内のこと	 破損無く、最大たわみ量も規定値以下で問題なし	○ 問題なし

図 1. 3. 5. 1 荷重変形試験結果

1. 3. 6 耐熱荷重負荷試験

車室内を想定した高温雰囲気化で積載荷物を想定した荷重負荷をかけ規定時間後の外観を確認する耐熱荷重負荷試験の結果を図 1. 3. 6. 1 に示す。試験の結果、著しい変形等の外観異常なく試験に合格した。

評価項目	試験内容と判定基準	結果	判定
耐熱 荷重負荷試験	<試験内容> 車室内を想定した高温雰囲気化で荷重をかけ規定時間後の外観を確認する <判定基準> 著しい変形等の外観異常なきこと	 著しい変形等の外観異常等の問題なし	○ 問題なし

図 1. 3. 6. 1 耐熱荷重負荷試験結果

1. 3. 7 湿冷熱繰返性試験

車室内を想定した高温、高湿、低温雰囲気化で規定時間の熱負荷を繰返し与える湿冷熱繰返性試験の結果を図 1. 3. 7. 1 に示す。試験の結果、著しい変形等の外観異常はなく試験に合格した。

評価項目	試験内容と判定基準	結果	判定
湿冷熱繰返性試験	<試験内容> 車室内を想定した高温、高湿、低温雰囲気化で規定時間の熱負荷を繰返し与える <判定基準> 著しい変形等の外観異常なきこと	 著しい変形等の外観異常等の問題なし	○ 問題なし

図 1. 3. 7. 1 湿冷熱繰返性試験結果

1. 3. 8 衝撃性試験

車室内を想定した低温雰囲気下で規定の高さから錘を落とす衝撃性試験の結果を図 1. 3. 8. 1 に示す。その結果、最小破壊強度以下で割れが発生し対策が必要ながわかった。今後対策として材料の配合改良、板厚アップ等の改善検討を行う。

評価項目	試験内容と判定基準	結果	判定
衝撃性試験	<試験内容> 低温雰囲気化で錘を落とす <判定基準> 最小破壊強度基準 (N・m) で割れ等の破損なく外観異常なき	 最小破壊強度基準以下で割れ発生	× 問題あり

図 1. 3. 8. 1 衝撃性試験結果

1. 3. 9 パルプ・バイオPE複合ボード性能評価まとめ

パルプ・バイオPE複合ボード性能評価として、具体的な部品を想定しボード設計を行い、求められる部品試験を行った。その結果、衝撃性試験だけは目標未達成で課題として残ったため今後は材料配合や、設計等で対策を行う。

2. パルプ、バイオプラスチックのリサイクル性検証

2.1 パルプモールドのリサイクル性検証

昨年は図 2.1.1 に示すパルプモールド部品のライフサイクルの中の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明らかにした。しかし表 2.1.1、図 2.1.2 に示すようにパルプモールドリサイクル回数が増えることによる性能低下が認められたため、今年度はその改善検討を行う。昨年度の検討の中で性能低下の要因としてリサイクル回数が増加すると、繊維同士が絡み合ってしまう、機械物性が低下したものと推定できた。そこでパルプの解繊不良対策案として、今回解繊状況を数値化する指標であるフリーネス値を管理しながらリサイクルすることでパルプの解繊不良の発生を抑えることにした。

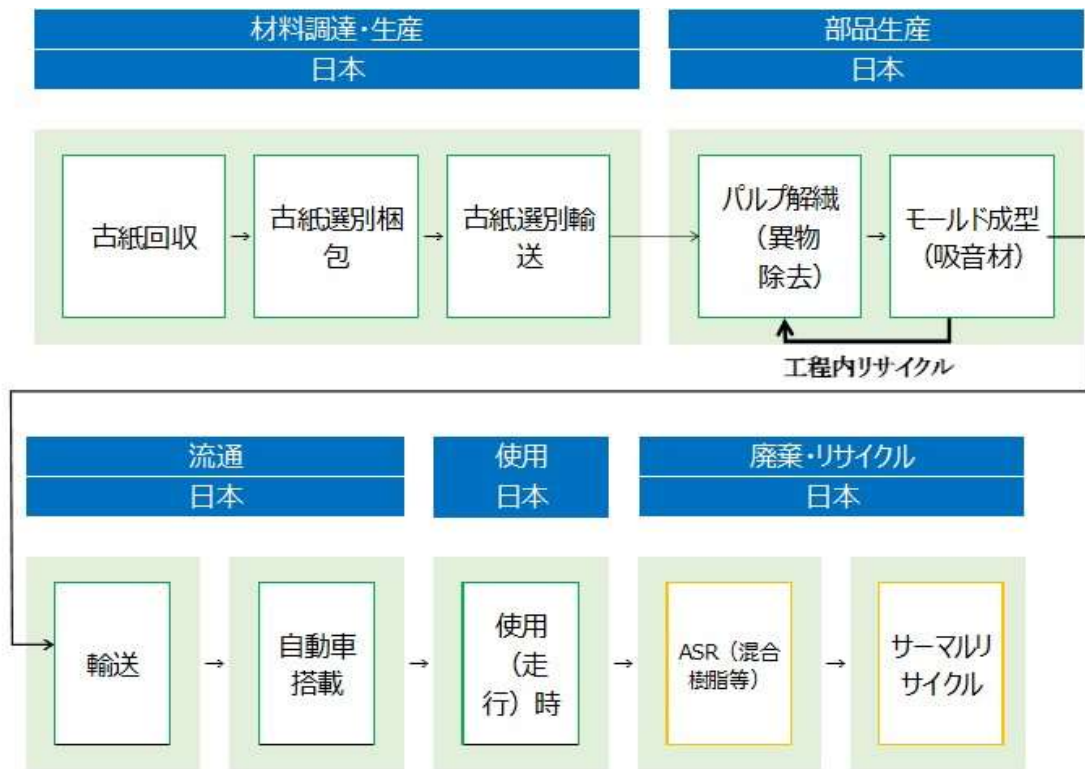


図 2.1.1 パルプモールド部品のライフサイクル

表 2.1.1 昨年検討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

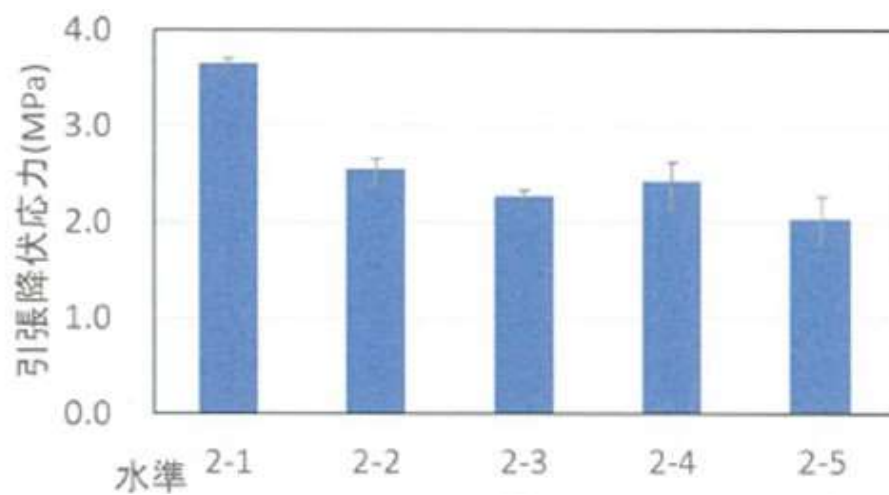


図 2.1.2 昨年検討の引張降伏応力とリサイクル回数の関係

2. 1. 1 対策リサイクルトライ

リサイクル回数の増加による解繊不良ならびに物性低下の対策として、フリーネス（ろ水度）を管理することで解繊状態を保つ検討を行った。ここでいうフリーネス（ろ水度）とは ISO5267-2、JISP8121-2:2012 に準じるカナダ標準ろ水度（“Canadian Standard” freeness）を指す。カナダ標準ろ水度試験器のサイドオリフィス（側管）から集めたる水を、試験条件下の試料の温度及び固形分濃度で補正して、容量をミリリットル（mL）で表したものである。原理は、一定量のパルプ懸濁液が、孔のあいたふるい板上に形成した繊維マットを通過して、計測漏斗の中へ排出される。計測漏斗には、ボトムオリフィス及びサイドオリフィスが備わっている。サイドオリフィスから排出されたる水量を測定する。排出されたる水量をミリリットル（mL）で表したものを、パルプのカナダ標準ろ水度とする。測定装置の概要を図 2. 1. 1. 1 に示す。今回フリーネス（ろ水度）の変化が一定値以内になるように、古紙のパルパーによる解繊時間を制御した。



図 2. 1. 1. 1 フリーネス測定装置

2. 1. 2 リサイクル検討水準

図 2.1 に示したように、工程内リサイクルではパルプモールド成形時に発生したパルプモールド廃材をそのまま解繊工程に戻す。工程内リサイクルの繰り返し回数の水準を1回から4回まで振り、成形されたパルプモールド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、パルプモールド成形後のものを解繊、再度原料としてパルプモールドを成形する。これを1回リサイクルとする。各パルプモールド工程内リサイクルの検討水準とその水準を表 2.1.2.1 に示す。今回対策としてフリーネス（ろ水度）の変化が一定値以内になるように古紙のパルパーによる解繊時間を制御した。

表 2.1.2.1 パルプモールド工程内リサイクル検討水準

	対策前('19)	対策('20)
初期品	規定条件	規定条件
リサイクル1回目	規定条件	フリーネス（ろ水度）管理実施
リサイクル2回目	規定条件	フリーネス（ろ水度）管理実施
リサイクル3回目	規定条件	フリーネス（ろ水度）管理実施
リサイクル4回目	規定条件	フリーネス（ろ水度）管理実施

2. 1. 3 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） IS0527-1 に準ずる

引張破壊ひずみ（50mm/min） IS0527-1 に準ずる

曲げ強度（2.0mm/min） IS0178 に準ずる

曲げ弾性率（2.0mm/min） IS0178 に準ずる

各試験の試験体数は3とした。

2. 1. 4 リサイクル後の密度変化

密度の測定結果を図 2.1.4.1 に示す。昨年の検討ではリサイクル回数が増すにつれ、パルプモウルドの嵩が高くなり密度は低くなった、これは解繊状態が不十分になったことが原因と考えられる。今回の対策品は解繊状態をろ水性で管理することで繊維の解繊不良を防いだ。その結果、リサイクルを4回目まで繰り返しても密度に大きな低下はなかった。

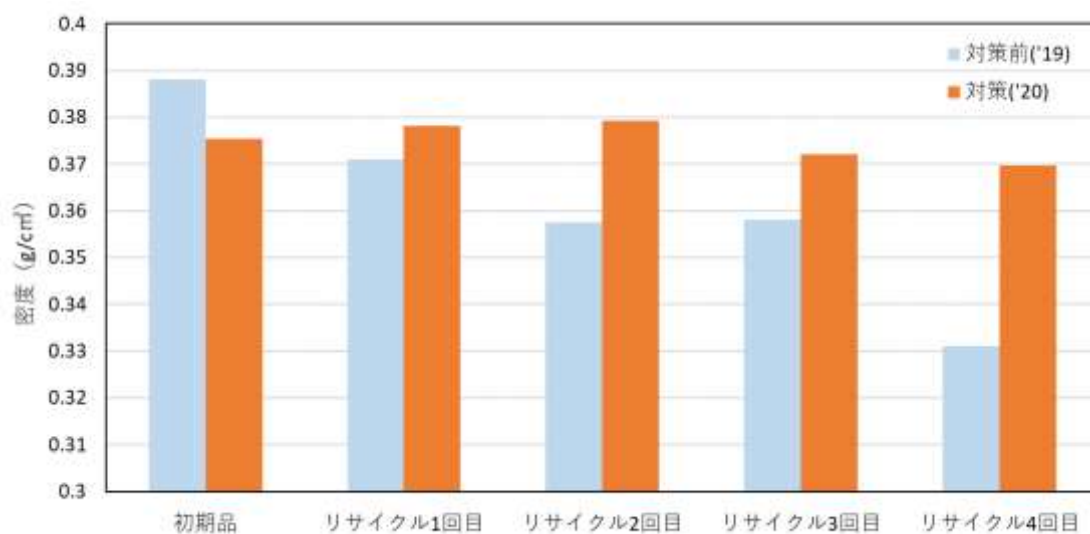


図 2.1.4.1 リサイクル回数と密度

2. 1. 5 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 2.1.5.1 に示す。今回の対策品はリサイクルを4回目まで繰り返しても引張降伏強さの値に大きな低下はないことが確認できた。

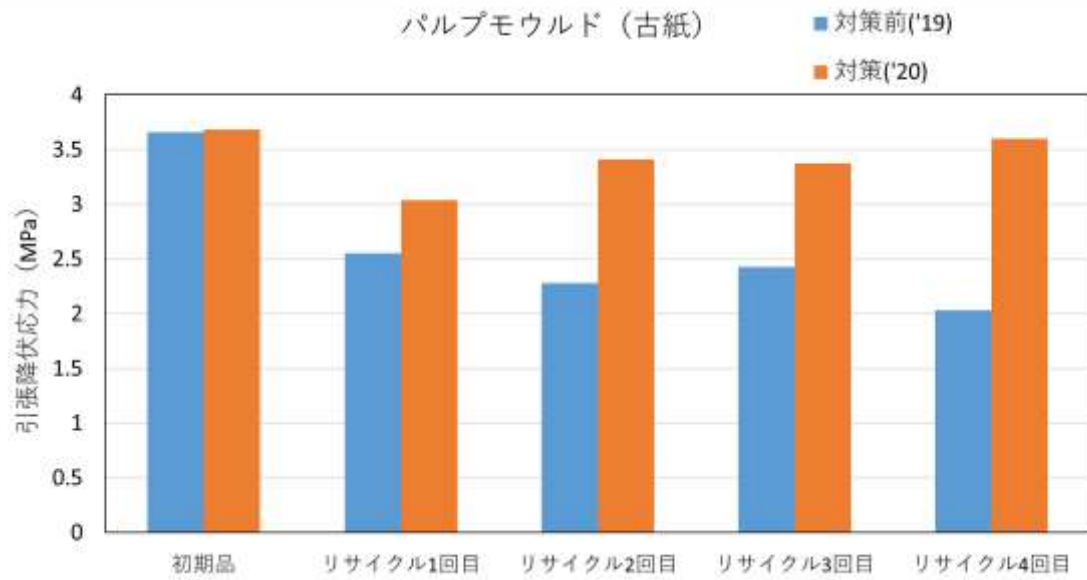


図 2.1.5.1 引張降伏強さ

2. 1. 6 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. 1. 6. 1 に示す。今回の対策品はリサイクルを 4 回目まで繰り返しても引張破断ひずみの値に大きな低下はないことが確認できた。また各引張試験における応力 - ストローク曲線を図 2. 1. 6. 2～6 に示す。

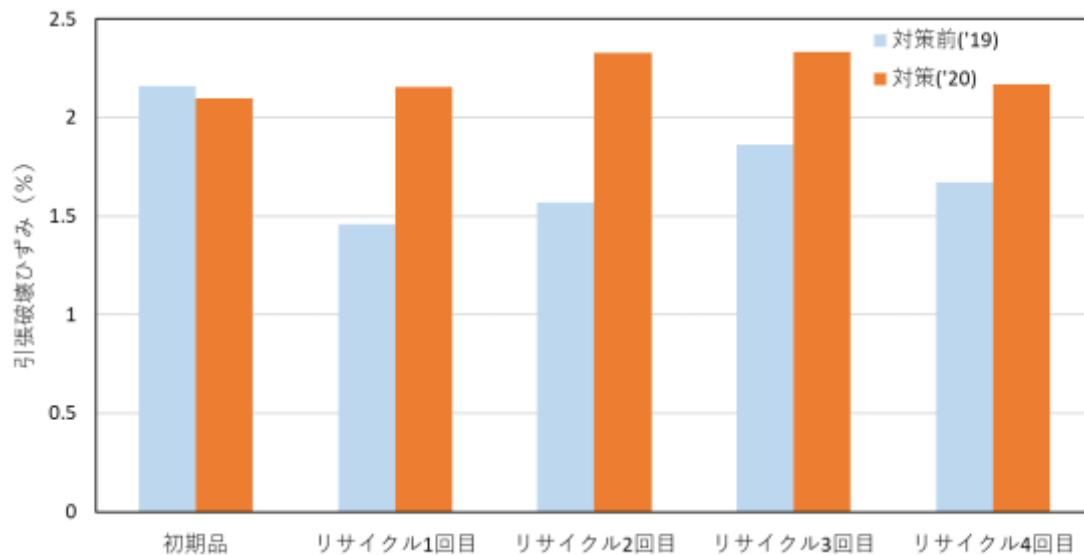


図 2. 1. 6. 1 引張破断ひずみ

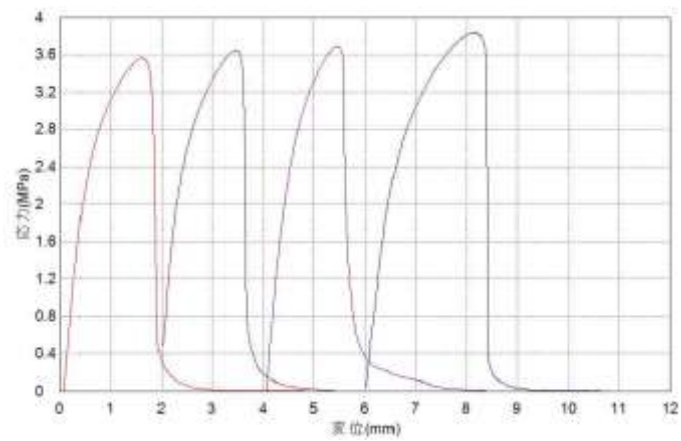


図 2.1.6.2 応力-ストローク線図（初期品）

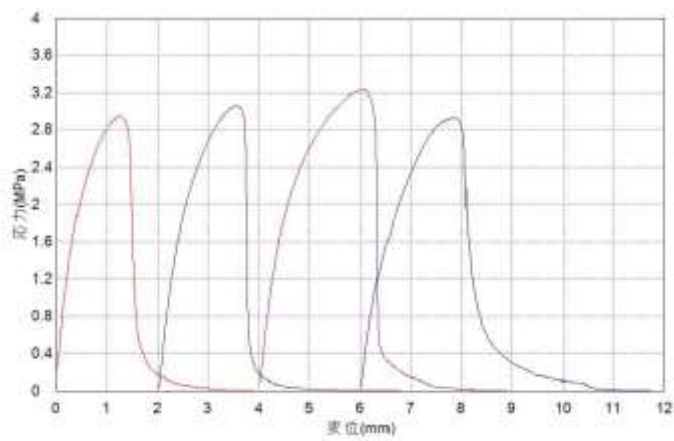


図 2.1.6.3 応力-ストローク線図（リサイクル 1 回目）

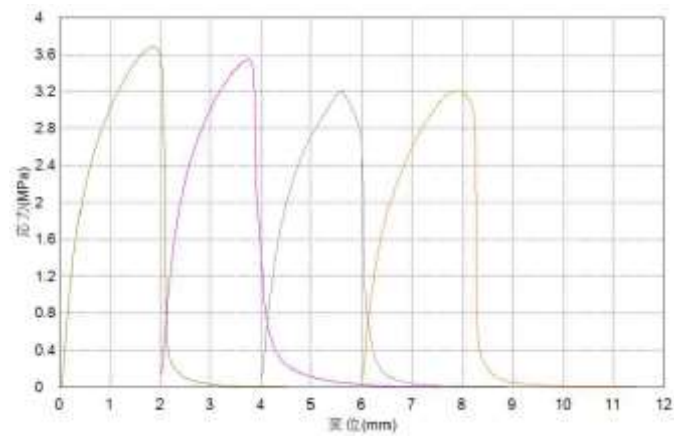


図 2.1.6.4 応力-ストローク線図（リサイクル 2 回目）

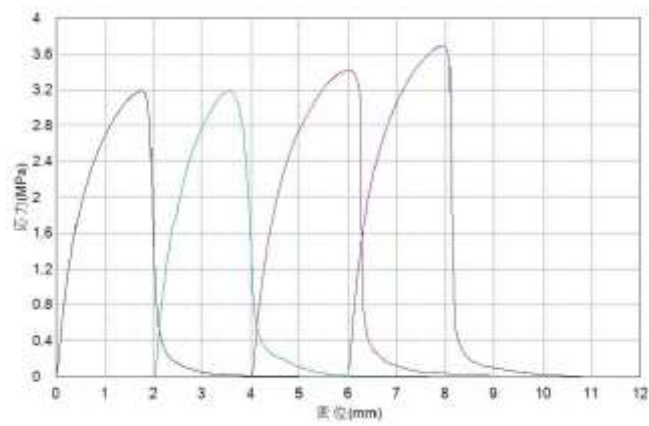


図 2.1.6.5 応力-ストローク線図（リサイクル 3 回目）

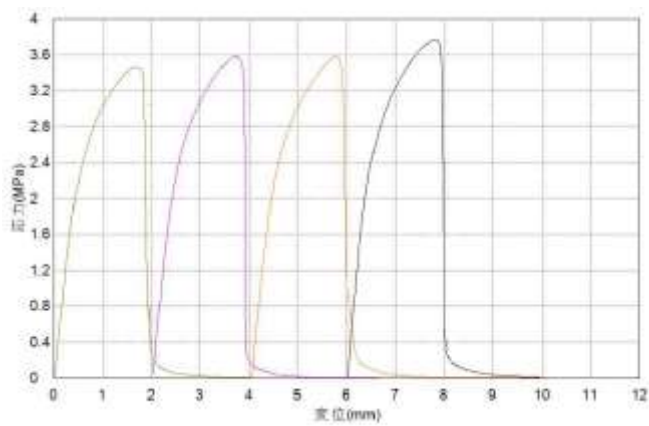


図 2.1.6.6 応力-ストローク線図（リサイクル 4 回目）

2. 1. 7 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 回目まで繰り返しても曲げ強度の値に大きな低下はないことが確認できた。

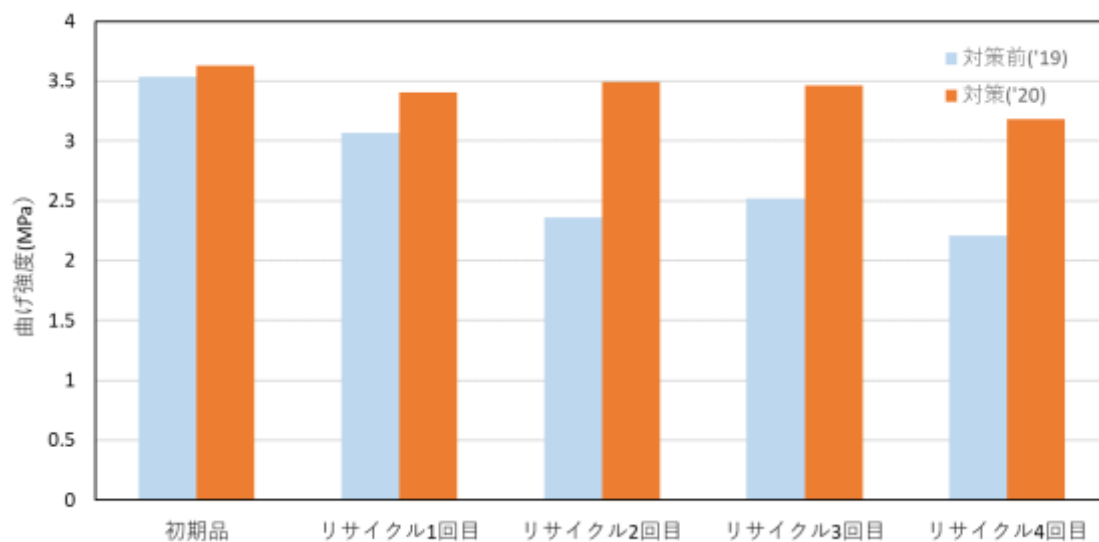


図 2. 1. 7. 1 曲げ強度

2. 1. 8 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. 1. 8. 1 に示す。今回の対策品はリサイクルを 4 回目まで繰り返しても曲げ弾性率の値に大きな低下はないことが確認できた。また曲げ試験時の応力 - ひずみ曲線を図 2. 1. 8. 2～6 に示す。

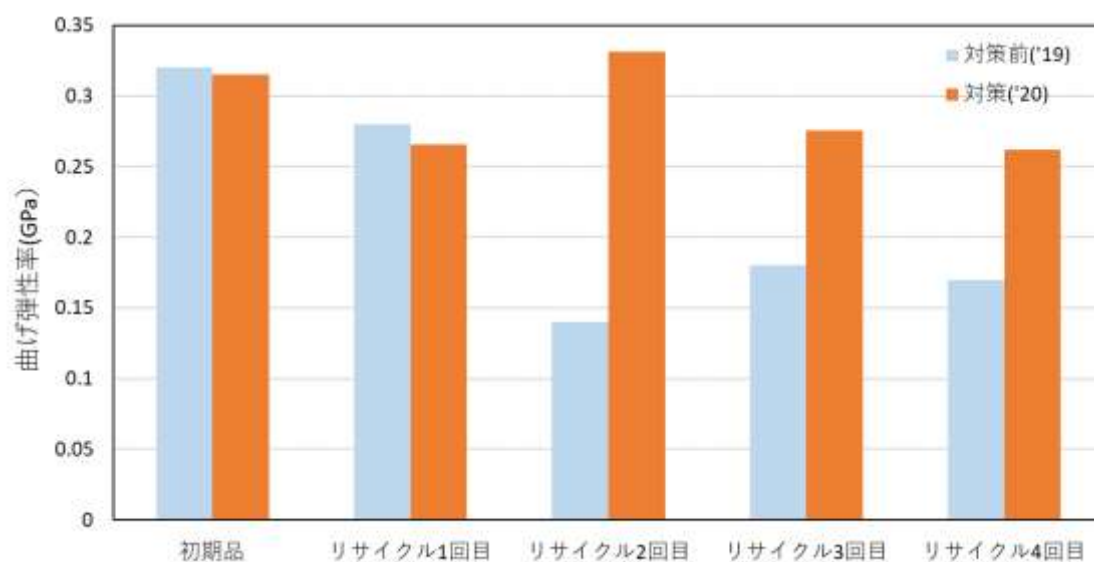


図 2. 1. 8. 1 曲げ弾性率

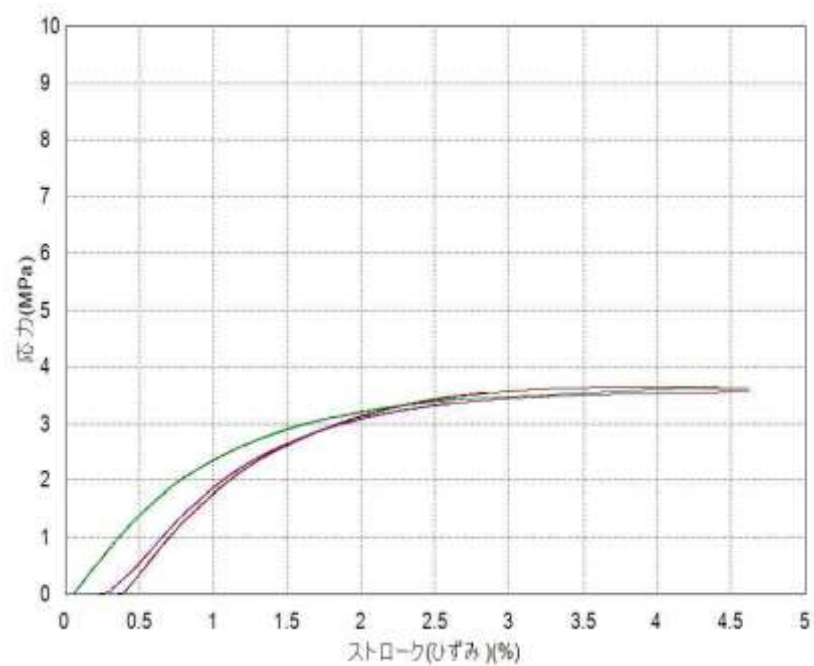


図 2.1.8.2 応力 - ひずみ曲線（初期品）

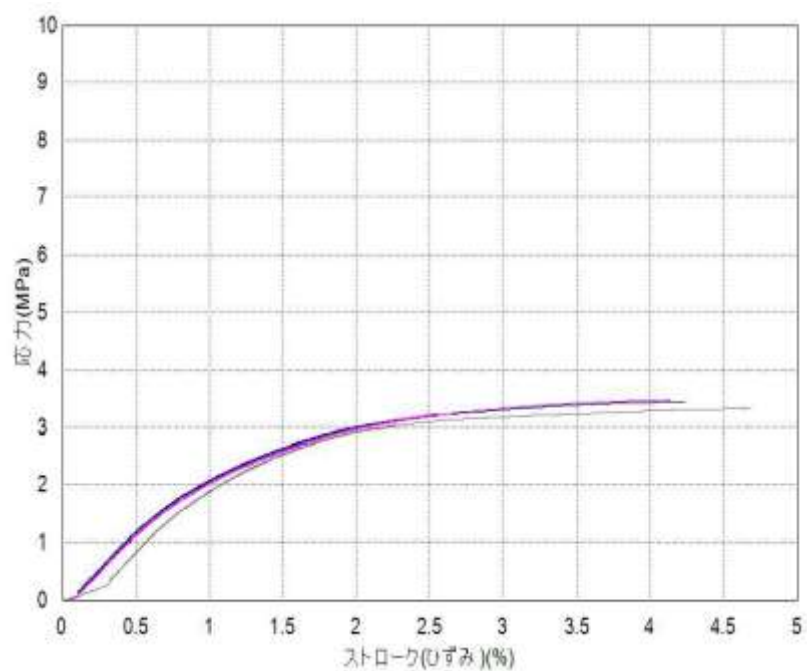


図 2.1.8.3 応力 - ひずみ曲線（リサイクル 1 回目）

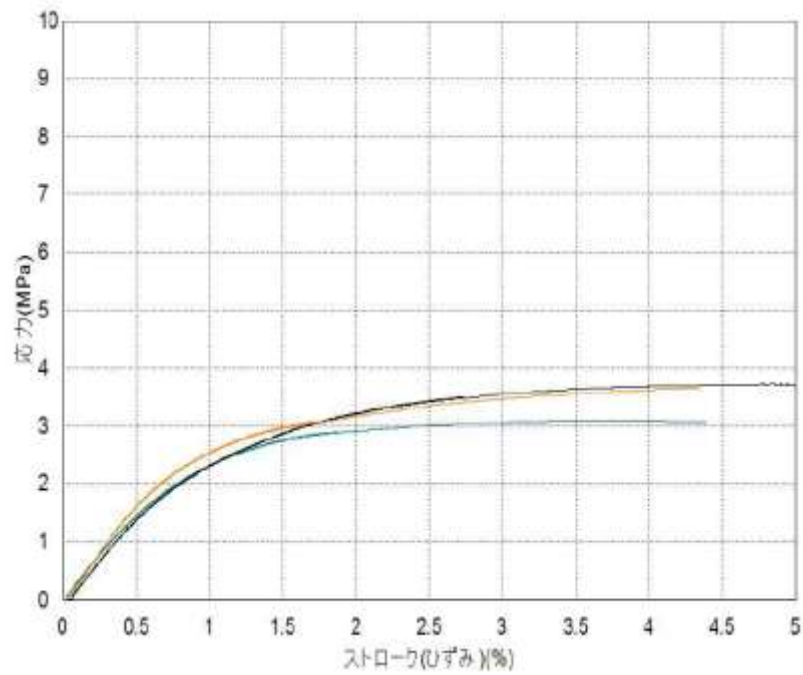


図 2.1.8.4 応力 - ひずみ曲線 (リサイクル 2 回目)

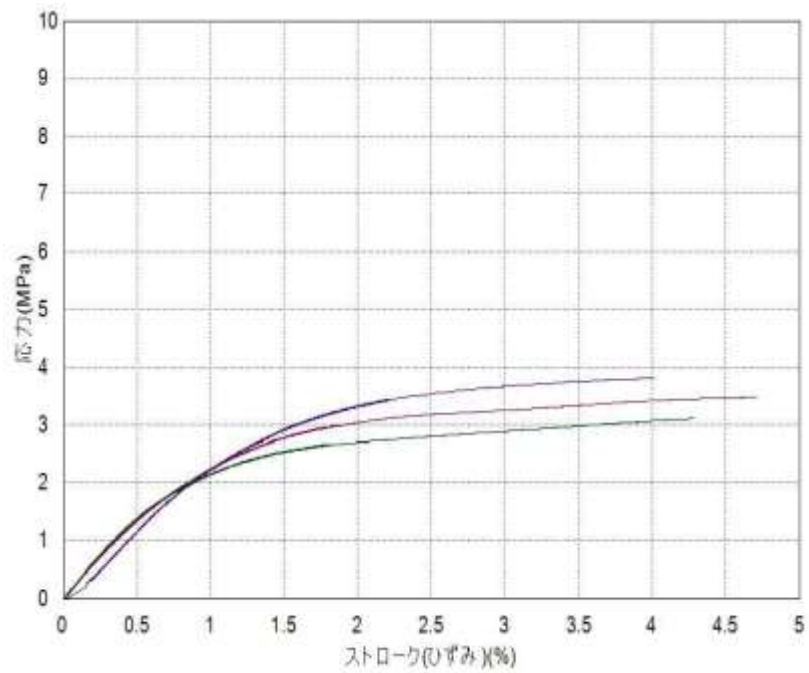


図 2.1.8.5 応力 - ひずみ曲線 (リサイクル 3 回目)

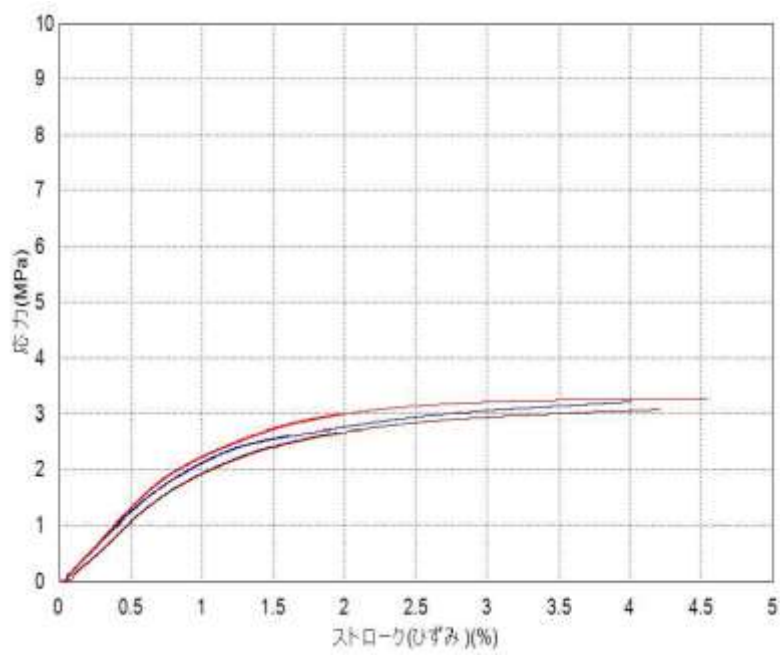


図 2.1.8.6 応力 - ひずみ曲線 (リサイクル 4 回目)

2. 1. 9 パルプモウ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示すフリーネス（ろ水性）の値を適切な値に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。

2. 2 パルプ強化バイオ PE の工程内リサイクル性検証

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

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。昨年度は、バイオプラスチック単独での検証を実施したが、今年度はパルプとの複合材料について検証実施した。

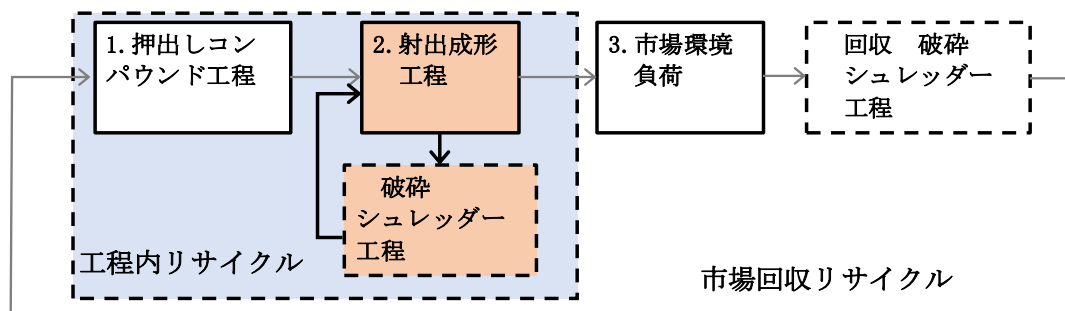


図 2.2.1 部品のライフサイクル

2. 2. 1 リサイクル回数と物性

図 2.2.1.1 に示すように、工程内リサイクルでは射出成形時によるバイオプラスチック廃材を破砕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%破砕処理し、再度射出成形したものを1回リサイクルとする。

2. 2. 1. 1 材料水準

今回はバイオPEと植物フィラーの複合強化材のリサイクル性を検証するために、バイオPE-パルプ10及びバイオPE-パルプ30の2水準について評価することとした。

2. 2. 1. 2 リサイクル成形条件

成形機は図 2.2.1.2.1 に示す住友重機工業(株)製射出成型機 SH75(75t)を使用、成形条件詳細は表 2.2.1.2.1 および表 2.2.1.2.2 に示すように設定し検討を行った。



図 2.2.1.2.1 成形機 SH75

表 2. 2. 1. 2. 1 バイオ PE-パルプ 10 成形条件

成形条件		温度条件(°C)				射出速度(%)		充填圧 (%)	保圧(%)		計量時間 (sec)	サイクル 時間(sec)
		C1	C2	C3	C4	1次	2次		1次	2次		
推奨条件		180	180	180	180			—			—	
サイクル 回数	1回	180	180	180	170	20	10	24	30	28	11.0	28.1
	2回	180	180	180	170	20	10	24	30	28	11.7	28.9
	3回	180	180	180	170	20	10	23	30	28	11.6	27.6
	4回	180	180	180	170	20	10	23	30	28	10.9	27.4
	5回	180	180	180	170	20	10	23	30	28	11.6	27.7

表 2. 2. 1. 2. 2 バイオ PE-パルプ 30 成形条件

成形条件		温度条件(°C)				射出速度(%)		充填圧 (%)	保圧(%)		計量時間 (sec)	サイクル 時間(sec)
		C1	C2	C3	C4	1次	2次		1次	2次		
推奨条件		180	180	180	180			—			—	
サイクル 回数	1回	180	180	180	170	20	10	37	36	34	13.6	29.9
	2回	180	180	180	170	20	10	35	36	34	10.1	26.5
	3回	180	180	180	170	20	10	32	22	24	9.6	28.5
	4回	180	180	180	170	20	10	30	22	24	10.0	27.5
	5回	180	180	180	170	20	10	30	22	24	10.2	32.5

2. 2. 2 物性変化

物性試験の前に、リサイクル回数による射出成形品の外観変化を図 2. 2. 2. 1 および図 2. 2. 2. 2 に示す。工程内リサイクル回数の増加により外観変化などの劣化の兆候はみられなかった。ただ、バイオ PE-パルプ 30 については初期より外観が汚れている。これは成形時の熱によりパルプから分解ガスが発生したためだと考える。



図 2.2.2.1 工程内リサイクル回数の増加による外観の変化(バイオPE-パルプ 10)



図 2. 2. 2. 2 工程内リサイクル回数の増加による外観の変化(バイオPE-パルプ 30)

バイオ PE-パルプ 10 およびバイオ PE-パルプ 30 の工程内リサイクル回数を増加させた場合の物性試験結果を表 2. 2. 2. 1 および表 2. 2. 2. 2 に示す。いずれの材料もリサイクル回数が増すにつれて、MFR が増加した。また、最も変化が大きかったバイオ PE-パルプ 30 のシャルピー衝撃強度においても 73%以上、その他物性についても 80%以上の強度が確保できている。物性変化の要因については調査結果を 2. 2. 3 項で述べる。

表 2. 2. 2. 1 バイオ PE-パルプ 10 材料物性の変化

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	6.83	7.67	8.82	9.02	9.42	10.5
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1	3.5	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	24.8	24.0	23.5	23.0	22.8	22.8
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	7	7	9	8	10	9
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	27.2	26.9	26.4	25.9	25.5	25.5
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	1360	1340	1340	1220	1280	1270
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	81	79	78	76	76	76
比重	水中置換法		ISO 1183	0.981	0.982	0.983	0.983	0.982	0.983

表 2. 2. 2. 2 バイオ PE-パルプ 30 材料物性の変化

試験項目	試験条件	単位	試験方法	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	0.38	0.67	1.31	1.79	2.48	2.86
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1	3.5	3.0	2.9	2.7	2.6	2.5
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	33.8	29.8	29.1	27.7	28.1	27.1
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	2	2	2	2	3	3
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	45.7	41.7	39.8	38.6	39.9	37.9
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	2780	2580	2550	2460	2480	2420
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	120	115	112	107	108	103
比重	水中置換法		ISO 1183	1.069	1.070	1.070	1.070	1.069	1.070

2. 2. 3 工程内リサイクルによる物性への影響確認

2.2.2 項にて、5 回の繰り返し工程内リサイクルで物性低下を起こすことが確認された。その原因についてバイオ PE の劣化、パルプの劣化という観点で調査を実施した。

2. 2. 3. 1 パルプの劣化確認

バイオ PE-パルプ中のパルプの劣化について、加熱による化学的な劣化の有無について確認を行った。この際、バイオ PE-パルプ中のパルプを直接取り出して検証を試みても、抽出条件がパルプに及ぼす熱的、化学的影響が予想され、適切な判断が困難であると考え、モデル実験による確認を実施した。モデル実験材料として α -セルロース 99%以上のセルロース繊維製濾紙を使用して表 2.2.3.1.1 に示した条件で加熱実験を行った。加熱した濾紙セルロースは IR 分析により劣化の有無を推定した。測定は各サンプルに対して 5 回以上実施し、平均的なスペクトルを代表結果として記載した。また各測定結果を比較するため、図 2.2.3.1.1 の IR スペクトルではセルロース主鎖骨格に起因するピークのうち 1058cm⁻¹ で規格化した結果を、図 2.2.3.1.2 では C6 位に結合しているメチレン鎖に由来する 1429cm⁻¹ のピークで規格化し、1900~1300cm⁻¹ の領域を拡大した結果を示す。測定結果より、セルロース成分の酸化劣化に由来するピークは見られなかった。これより、パルプの劣化はなかったものと考え

表 2.2.3.1.1 セルロース加熱条件

	加熱温度	加熱時間	備考
水準1	-	-	加熱なし。コントロールデータ。
水準2	180℃	6分	PE-パルプ製造工程においてパルプが高温に暴露される条件を想定
水準3	180℃	30分	製造工程で想定される熱劣化に対し不利な条件設定
水準4	200℃	30分	

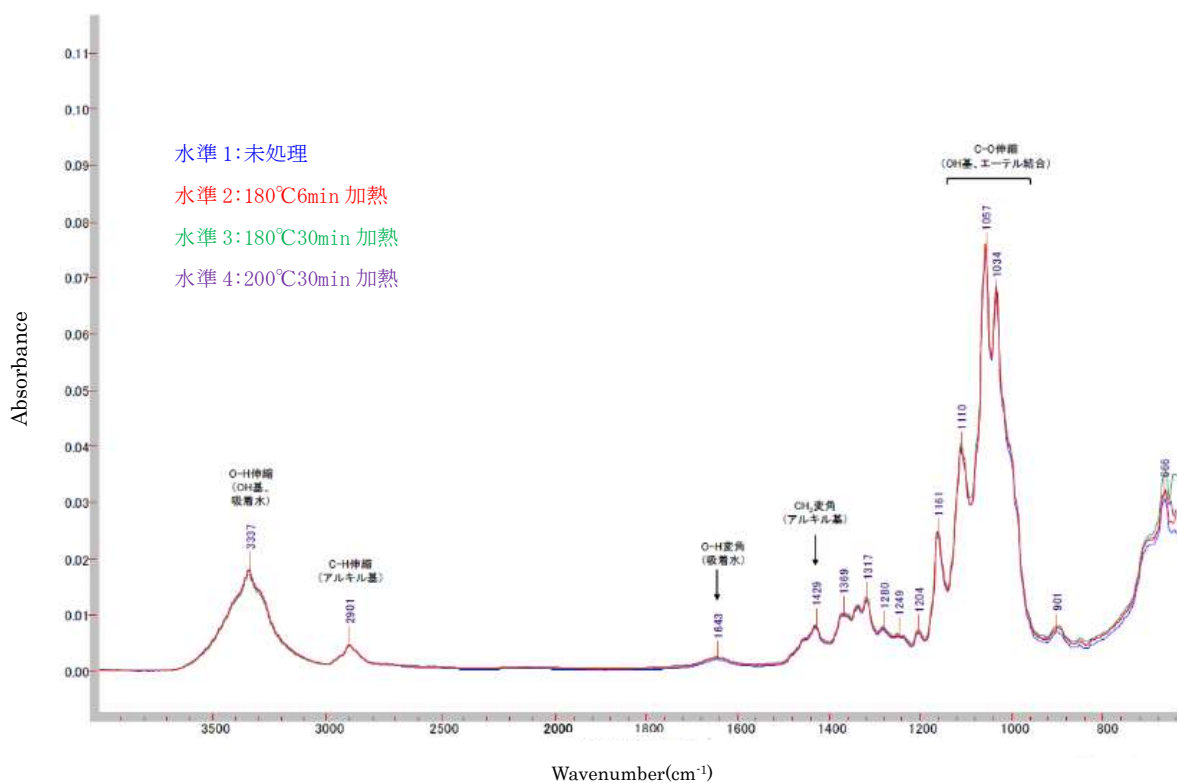


図 2. 2. 3. 1. 1 加熱したセルロースの IR スペクトル(1058 cm^{-1} で規格化)

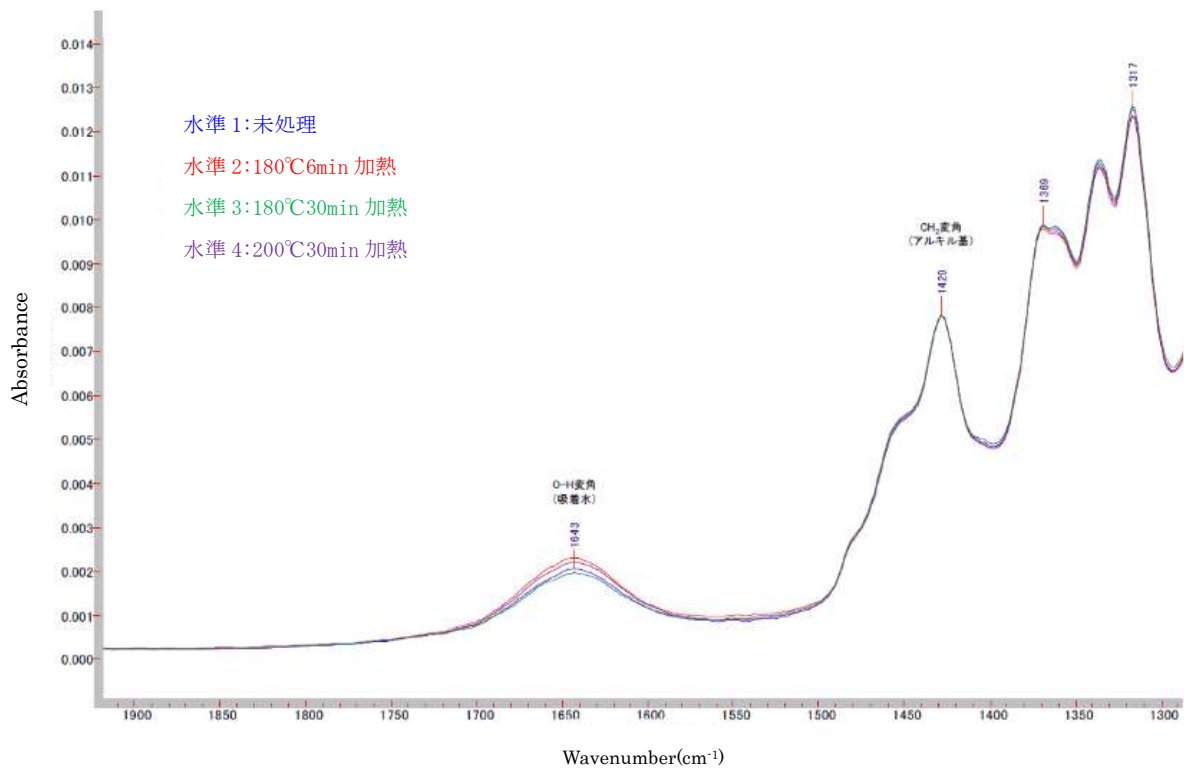


図 2. 2. 3. 1. 2 加熱したセルロースの IR スペクトル(1429 cm^{-1} で規格化)

次に、パルプの物理変化について確認した。電子顕微鏡 (SEM) の観察結果を図 2.2.3.1.3、図 2.2.3.1.4 および図 2.2.3.1.5 に示す。パルプはバイオ PE-パルプから抽出した。観察結果より、リサイクル回数の増加に伴い繊維が短くなっていることが分かる。これは、リサイクルの繰り返しの際、押し出しコンパウンドの工程でパルプにスクリュウのせん断力がかかり、パルプが切れてしまうためだと考えられる。パルプが短くなったことで MFR の増加および強度物性の変化が起こったと考えられる。

一般的にガラス繊維入り樹脂はリサイクル回数 3 回で繊維長が半減しリサイクル回数 3 回で引張強度が 40%程低下する²⁾。これに対し、PE-パルプ 30%の物性低下は 20%に留まっている。これは、繊維長の低下が限定的であり、リサイクル後も長い繊維が混在しているためと考えられる。

【参考文献】

2) 金沢工大院 野田康祐、山部昌. 再生樹脂を用いた射出成形品の物性低下要因の検討： 2 頁



図 2. 2. 3. 1. 3 リサイクル 0 回 パルプ SEM 観察(×200)

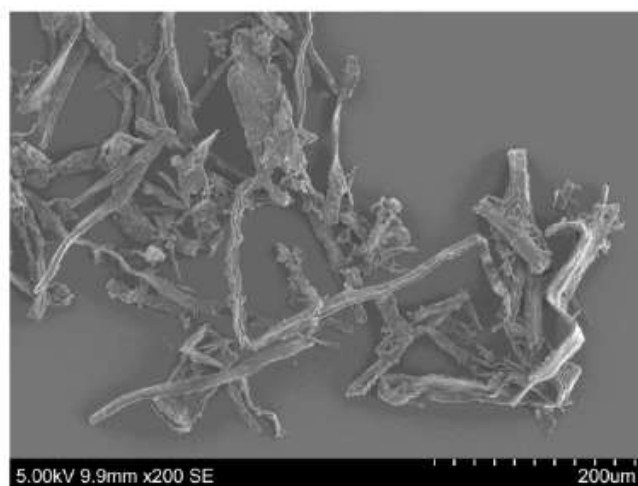


図 2. 2. 3. 1. 4 リサイクル 2 回 パルプ SEM 観察(×200)

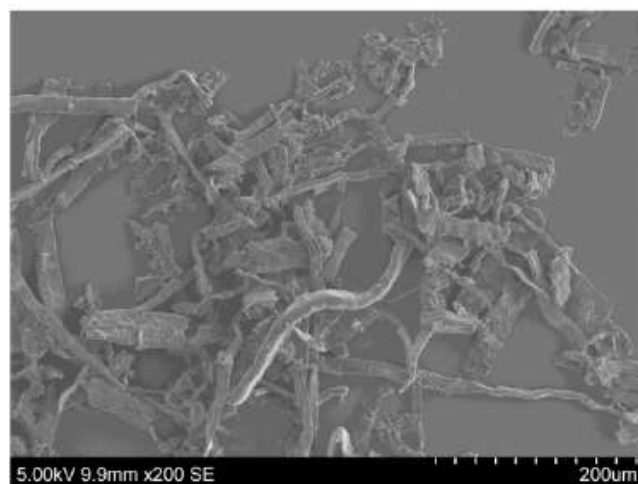


図 2. 2. 3. 1. 5 リサイクル 5 回 パルプ SEM 観察(×200)

2. 2. 3. 2 バイオ PE-パルプの劣化確認

バイオ PE-パルプについて劣化の知見を得るため、赤外分光法 (InfraRed Spectrometer : IR) により、各サンプルに対して 5 回以上測定を実施し、平均的なスペクトルを代表結果として記載した。図 2. 2. 3. 2. 1 に示した結果より、カルボニル基の増加は認められず、酸化反応等による分解反応が起きている可能性は少ないと考える。

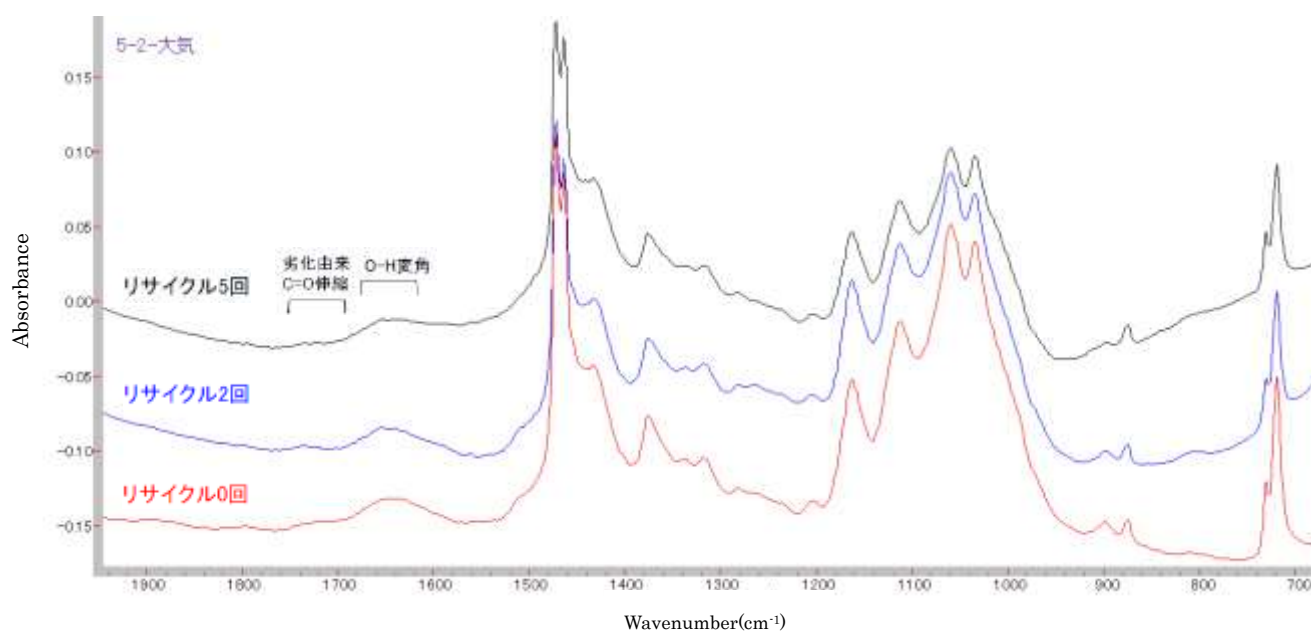


図 2. 3. 3. 2. 1 バイオ PE-パルプ リサイクル材 IR スペクトル

2. 2. 3. 3 マトリックスの劣化

バイオ PE-パルプ 10 およびバイオ PE-パルプ 30 のリサイクル材は MFR の値がバージン材よりも高くなり、耐衝撃性が低下していた。これらの機械特性の低下はパルプの劣化の他にマトリックスに用いた PE の分子量低下に起因していることが推定される。そこで、PE の分子量低下が起こっていないかを確認するためにゲル浸透クロマトグラフィー分析 (GPC 分析) を行った結果を表

2.3.3.1.1 および図 2.3.3.1.1 に示す。分析結果よりリサイクル回数が増すと低分子量成分が増加し若干分子量分布が広がるが、高分子の物性に影響する重量平均分子量 (Mw) は変化がないため、樹脂の劣化はないと考えられる。

表 2.3.3.3.1 分子量分布分析結果

	重量平均分子量 (Mw)	数平均分子量 (Mn)	分散度 (Mw/Mn)
バイオ PE	128,000	20,000	6.4
バイオ PE-パルプ 30 リサイクル回数 0 回	128,000	14,100	9.2
バイオ PE-パルプ 30 リサイクル回数 2 回	129,000	13,100	9.9
バイオ PE-パルプ 30 リサイクル回数 5 回	127,000	9,200	14

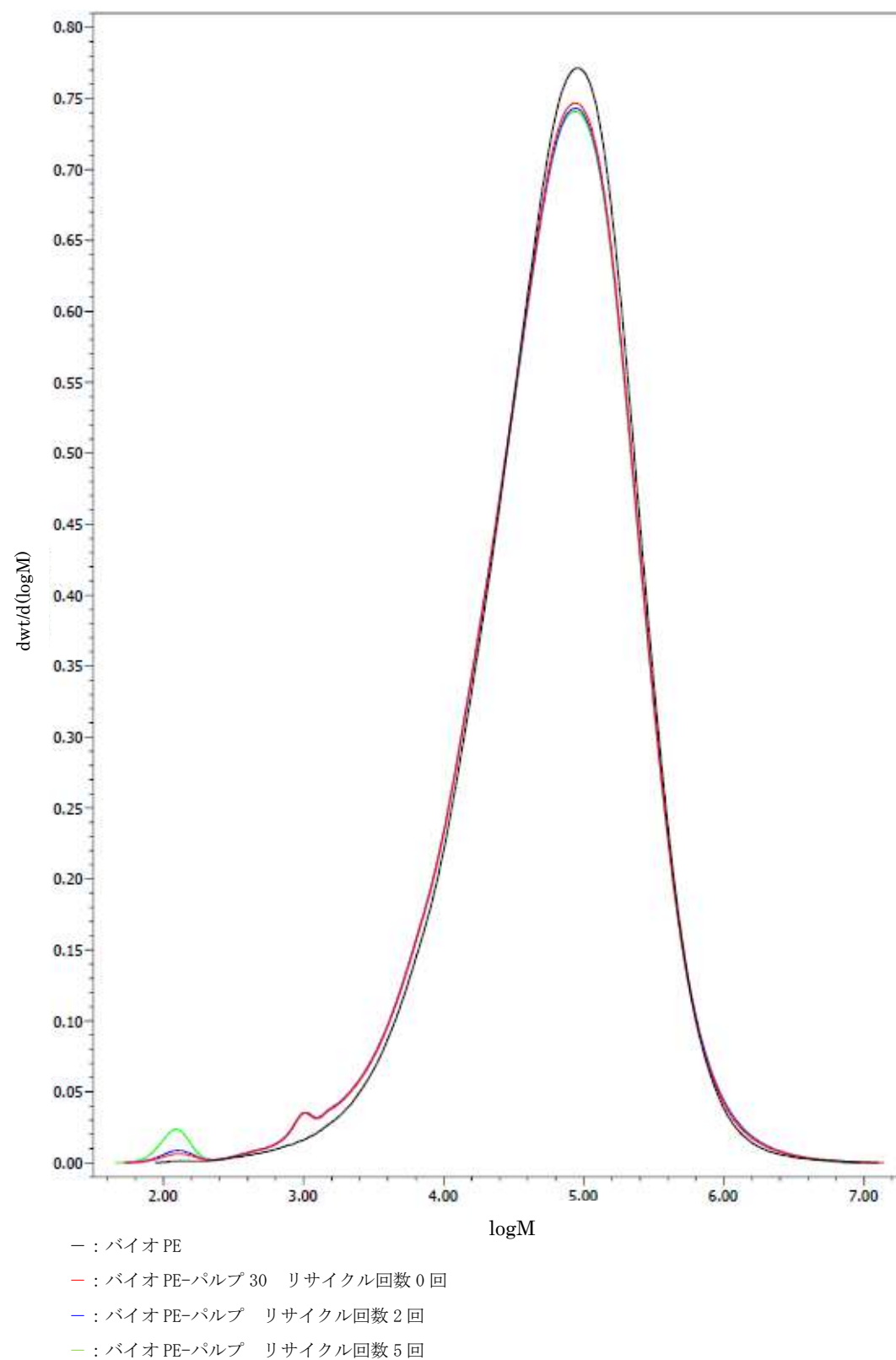


図 2. 2. 3. 3. 1 分子量分布曲線

2. 2. 4 破砕物の形状、成形体外観

2. 2. 4. 1 破砕方法

工程内リサイクル時の破砕方法は図 2. 2. 4. 1. 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 2. 2. 4. 1. 1 破砕機

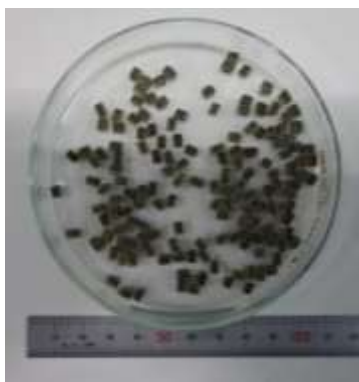
2. 2. 4. 2 破碎スピードと破碎状況

バイオ PE-パルプ 10 およびバイオ PE-パルプ 30 の工程リサイクル回数を増加させたことによる、破碎スピード(工程廃材 1kg 当たりの破碎時間) と破碎形状を表 2.3.4.2.1 図 2.3.4.2.1 および表 2.3.4.2.2 図 2.3.4.2.2 に示す。リサイクル回数が増加しても著しい破碎スピードおよび破碎形状の変化は見られず、図 2.3.3.4.2.3 に示す成形工程に戻す際に使う成形機の投入口(ホッパー)に破碎された材料が詰まる等の不具合は確認されなかった。

表 2.3.4.2.1 破砕スピード(工程廃材 1kg 当たりの破砕時間)バイオ PE-パルプ 10

粉砕条件		電流値(A)	粉砕数量(kg)		粉砕時間 (分)	1kg当りの 粉砕時間(分)
			粉砕前	粉砕後		
リサイクル 回数	1回	8.3	28.7	26.4	30	1.0
	2回	7.5	21.6	21.4	14	0.7
	3回	8.4	18.0	17.9	11	0.6
	4回	8.4	14.1	14.0	20	1.4
	5回	7.8	10.3	10.0	10	1.0

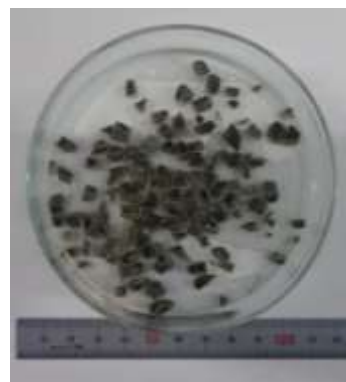
工程内リサイクル 0 回



工程内リサイクル 1 回



工程内リサイクル 2 回



工程内リサイクル 3 回



工程内リサイクル 4 回



工程内リサイクル 5 回



図 2.3.4.2.1 粉砕物の形状(バイオ PE-パルプ 10)

表 2.3.4.2.2 破砕スピード(工程廃材 1kg 当たりの破砕時間)バイオ PE-パルプ 30

粉砕条件		電流値(A)	粉砕数量(kg)		粉砕時間 (分)	1kg当りの 粉砕時間(分)
			粉砕前	粉砕後		
リサイクル 回数	1回	8.4	24.8	24.0	20	0.8
	2回	8.9	20.6	19.6	9	0.4
	3回	7.5	15.5	15.2	15	1.0
	4回	8.2	11.6	11.5	8	0.7
	5回	7.5	7.6	7.5	4	0.5

工程内リサイクル 0 回



工程内リサイクル 1 回



工程内リサイクル 2 回



工程内リサイクル 3 回



工程内リサイクル 4 回



工程内リサイクル 5 回



図 2.3.4.2.2 粉砕物の形状(バイオ PE-パルプ 30)



図 2.3.4.2.3 成形機 の材料投入口 (ホッパー)

2. 2. 5 パルプ強化バイオ PE の工程内リサイクル性検証まとめ

工程内リサイクルを繰り返すことによりパルプの繊維長が短くなり物性が低下するものの、ガラス繊維のリサイクル時と比べ大きな変化はなかった。例えばガラス繊維強化ポリブチレンテレフタレート樹脂はリサイクル 3 回の繰り返しで引張強度が約 45%低下するが、バイオ PE-パルプ 30 はリサイクル 5 回の繰り返しで約 20%の低下に留まっている。これは、リサイクルの繰り返しによる繊維長の変化が小さいためだと考える。例えばリサイクル回数が 2 回の時、ガラス繊維は約 33%繊維長が短くなるのに対し、PE-パルプ 30 は約 23%の低下に留まっている。

2. 3 パルプ・バイオ PE 複合ボードの工程内リサイクル検証

部品の工程内リサイクルを考えるにあたり、製造時に不良となった部品を原料に戻し再利用できるか把握することは重要である。パルプ・バイオ PE 複合ボードについて発生端材を図 2.3.1 に示すように、発生端材カット、粉碎、材料組成を調整し 2 軸押出し機にてリペレット、そして、リサイクルパルプ強化バイオ PE として活用することを考えた。この一連の工程を通し原料としてリサイクル可能か検討を行った。

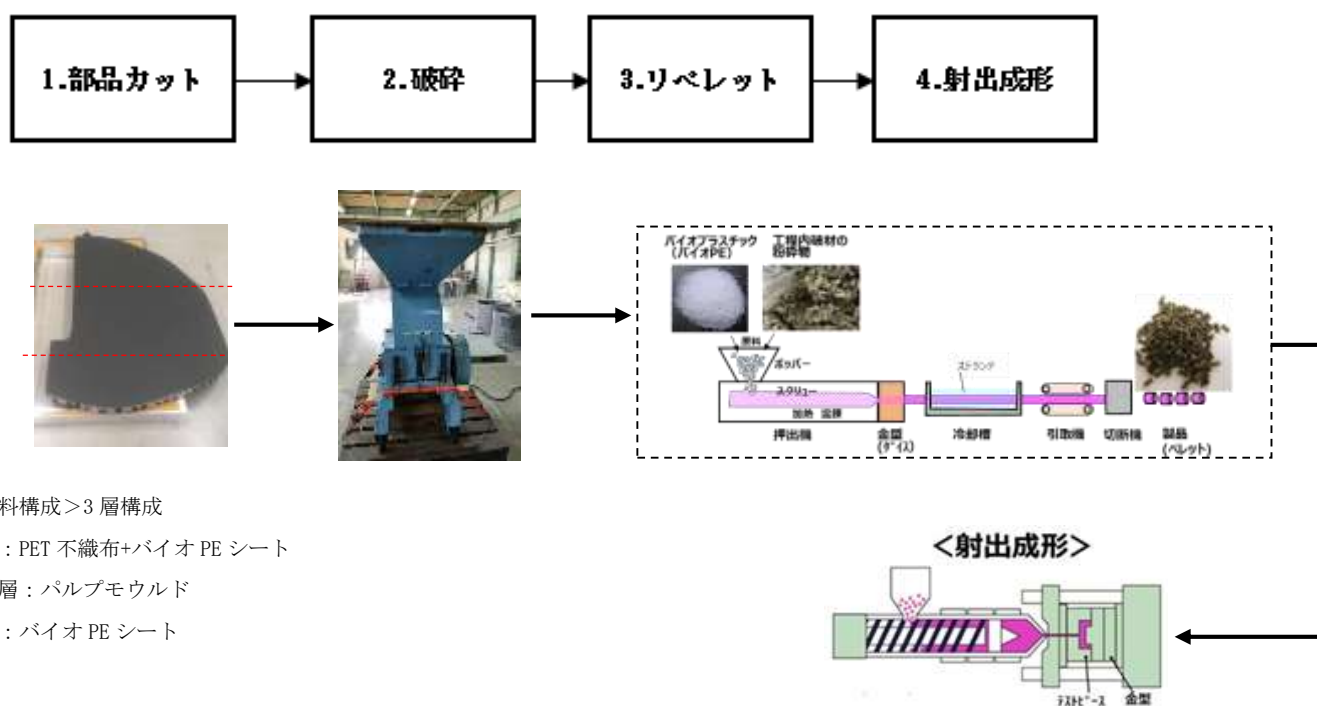


図 2.3.1 パルプ・バイオ PE 複合ボード工程内リサイクルフロー

2. 3. 1 破砕、リペレット検討

工程内リサイクル時の破砕方法は図 2. 2. 4. 1. 1 に示した設備と同様の破砕機を使用した。パルプ・バイオ PE 複合ボードは上層の不織布付きシートを剥がし、中層と下層のみをリサイクルした。部品は破砕機投入前に投入可能なサイズにカットした。破砕後の外観を図 2. 3. 1. 1 に示す。端材は混錬可能な状態にまで破砕ができた。



図 2. 3. 1. 1 パルプ・バイオ PE 複合ボード 破砕後外観

破碎した材料を 2 軸押し出し機にて混練を行った。バイオ PE のバージンと混合し、パルプ含有率 20%を狙ったペレットを作製した。ペレットの外観を図 2.3.1.2 に示す。成形工程で使用する際に詰まる等の不具合は確認されなかった。



図 2.3.1.2 パルプ・バイオ PE 複合ボード リペレット外観

2. 3. 2 物性評価結果

リペレット材から試験体を作製し、ISO に基づく試験を行った結果を、表 2.3.2.1 に示す。評価結果よりリペレット材の物性はバイオ PE-パルプ 20 の物性と同等の値を示している。

表 2.3.2.1 リペレット材物性評価結果

試験項目	試験条件	単位	試験方法	リペレット材	(参考) バイオPE-パルプ20
シャルピー衝撃強さ	23℃、ノッチ付	kJ/m ²	ISO 179-1	3.5	3.4
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	32.7	31.7
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	10	5
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	36.8	40.9
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	1960	2119
荷重たわみ温度	0.45MPa	℃	ISO 75-1	105	107
比重	水中置換法		ISO 1183	1.033	1.031

2. 3. 3 パルプ・バイオ PE 複合ボードの工程内リサイクル検証まとめ

複合ボードの工程内リサイクルの検討において、製造時の廃材をリペレットし物性を測定した結果、バージン材とほぼ同等の機械特性を確保できることが確認され、リサイクルが可能であることが示された。今後、経年使用後のリサイクル性に関わる知見を積み重ね、リサイクル方法を確立していく。

3 CO₂排出削減効果の推計

昨年度は古紙を原料としたパルプモウルトの検討を実施してきたが、古紙の供給安定性や再生紙を用いるリサイクル産業への影響が懸念されるため、クラフトパルプなど様々な原料でも活用できるように今年度は、新聞やダンボールの古紙に加えて、クラフトパルプについても CO₂ 排出削減効果の推計を行った。

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、五捨五入法を実施している。

3. 1 クラフトパルプによる自動車吸音材使用時までの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品であるクラフトパルプによる自動車吸音材の環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、クラフトパルプによる自動車吸音材と既存のポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルを通じた環境負荷（CO₂ の排出量）の定量的な影響評価を行う。本実証事業は3カ年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、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。3年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え、全体フローでの LCA 評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。

3. 1. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

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



図 3.1.1.1 クラフトパルプ繊維による自動車吸音材



図 3.1.1.2 不織布（ポリエステル繊維）による自動車吸音材

3. 1. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

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

先述したように 1 年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2 年目は 1 年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価する（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。評価対象製品であるクラフトパルプによる自動車吸音材については、①の一部の工程（木材伐採・チップ化）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。ベースラインであるポリエステル繊維に関しては、エチレングリコール（EG）とテレフタル酸を重合する工程については、国外（中国）での生産とした。以降についてポリエステルチップにしてから熔融紡糸（ポリエステル長繊維を製造する）プロセスについては、国内での生産とした。

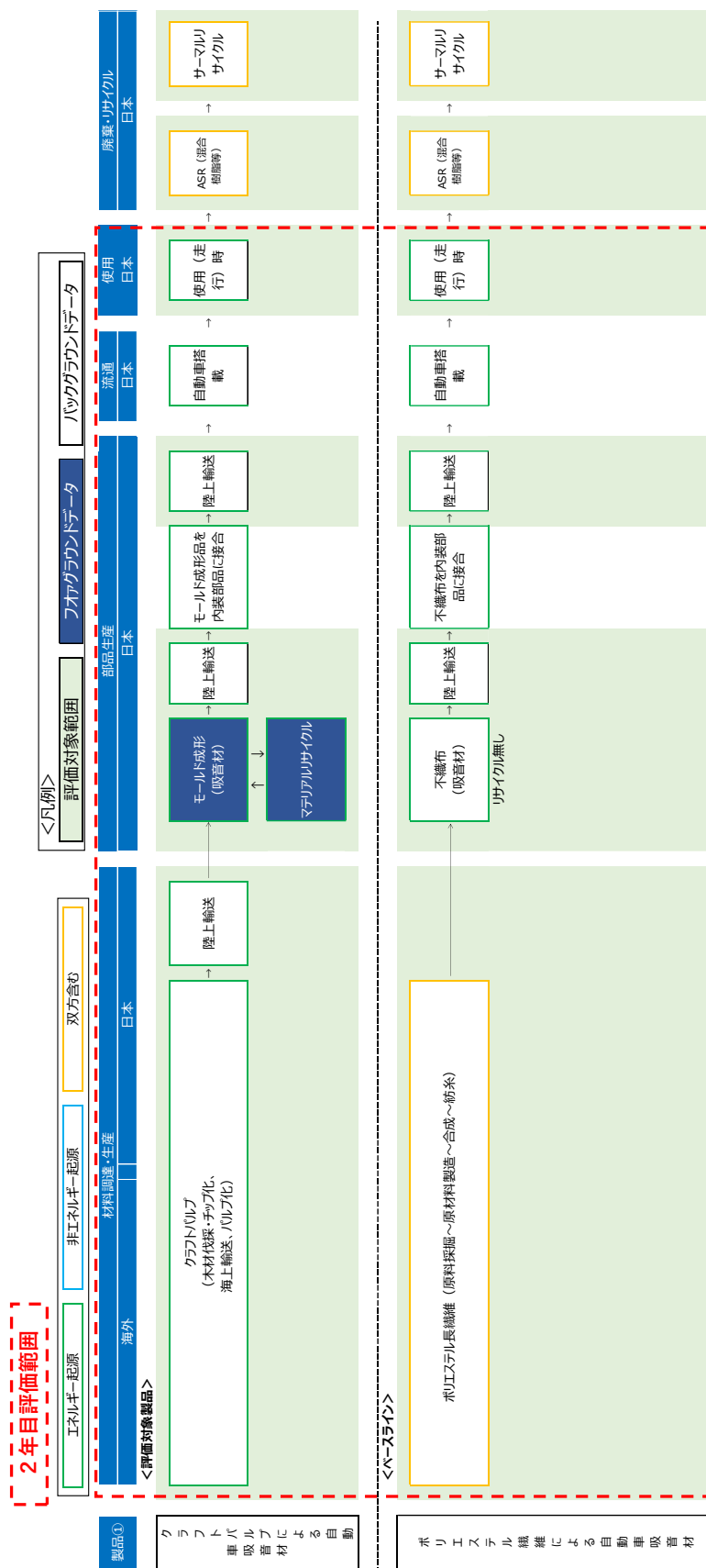


図 3. 1. 2. 1 製品①-1 クラフトパルプ及びポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルフロー図と評価範囲

3. 1. 3 部品生産までの 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)

2 年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 3.1.3.1、表 3.1.3.2 に示す。

①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス

②材料の生産に関するプロセス

③部品の生産に関するプロセス

⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。2 年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表 3.1.3.3、表 3.1.3.4 に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。なお輸送中の歩留まりは 100%としている。各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.1.3.5、図 3.1.3.1 に示す。

表 3.1.3.1 評価対象製品のクラフトパルプによる自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
[1]	材料調達・生産	クラフトパルプ	1.26	kg-CO ₂ /kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3R 原単位の算出方法
[1]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン×t) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トン×t
[1]	部品生産	モールド成形CO ₂ 排出量	1.177	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[1]	部品生産	モールド成形マテリアルリサイクル時のCO ₂ 排出量	0	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[1]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン×t) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トン×t
[1]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン×t) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トン×t
[1]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のとおり計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。

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

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
[2]	材料調達・生産	ポリエステル長繊維	7.10	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (ポリエステル長繊維) (原料採取～原料製造～合成～紡糸)
[2]	部品生産	フルト・不織布	7.01	kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (フルト・不織布)
[2]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン×t) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トン×t
[2]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン×t) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トン×t
[2]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のとおり計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.1.3.3 評価対象製品のクラフトパルプによる自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源	
[1]	部品生産	モールド成形歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[1]	部品生産	モールド成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ (フォアグラウンドデータ)	

表 3.1.3.4 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源	
[2]	部品生産	不織布製造歩留まり	95%	公開データが存在せず、実測データの計測も難しいため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。	

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

【使用（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。¹⁾ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。²⁾また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。¹⁾

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

なお、上記数値は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は 122,171km 前提となっている。¹⁾

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【部品生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

内装部品輸送時 : 0.01270 kg-CO₂

モールド成形品輸送時 : 0.00350kg-CO₂

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

$$\text{モールド成形時} : 1.177 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.765 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

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

$$\text{クラフトパルプ輸送時} : 0.000234 \text{ kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 268.000 \text{ km} \times 1.30 \text{ kg} = 0.815 \text{ kg-CO}_2$$

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

$$\text{クラフトパルプ製造時} : 1.26 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.819 \text{ kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.900kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 16.1kg-CO₂ である。

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

【使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

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

は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

$$\text{内装部品輸送時：} 0.0144 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{不織布輸送時：} 0.0751 \text{ kg-CO}_2$$

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

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

不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

$$\text{不織布製造時：} 7.01 \text{ kg-CO}_2\text{e} \times 0.526 \text{ kg} = 3.69 \text{ kg-CO}_2\text{e}$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 3.78kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

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

$$\text{ポリエステル長繊維製造時：} 7.10 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.526 \text{ kg} = 3.7 \text{ kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 3.7kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 23.9kg-CO₂ である。

評価対象製品とベースラインの比較

CO₂ 削減量は

$$\text{原材料調達・生産時：} 3.7 \text{ kg-CO}_2 - 0.900 \text{ kg-CO}_2 = 2.8 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{生産時：} 3.78 \text{ kg-CO}_2 - 0.781 \text{ kg-CO}_2 = 3.00 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{使用時：} 16.4 \text{ kg-CO}_2 - 14.4 \text{ kg-CO}_2 = 2.0 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{合計削減量：} 2.8 \text{ kg-CO}_2 + 3.00 \text{ kg-CO}_2 + 2.0 \text{ kg-CO}_2 = 7.8 \text{ kg-CO}_2$$

表 3.1.3.5.CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂)			
①-1	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	0.900	3.7	2.8
部品生産	0.781	3.8	3.0
使用	14.4	16.4	2.0
合計	16.1	23.9	7.8

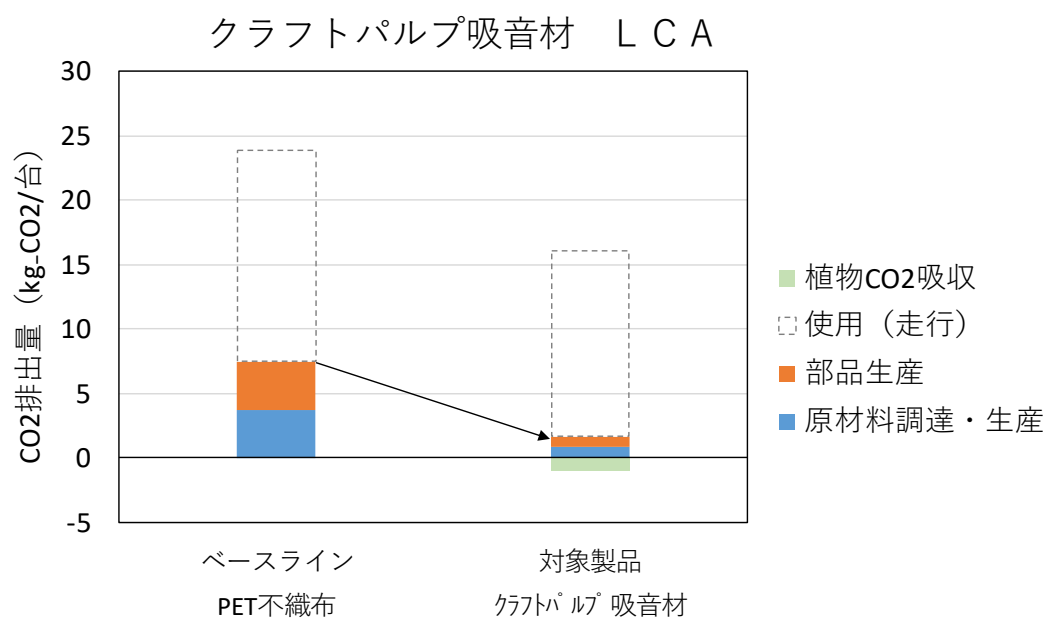


図 3.1.3.1 CO₂ 排出削減効果

3. 2 新聞又は段ボール古紙自動車吸音材使用時までの CO₂ 排出削減効果の推計

本実証事業の開発品である新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材の環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、クラフトパルプによる自動車吸音材と既存のポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルを通した環境負荷（CO₂ の排出量）の定量的な影響評価を行う。本実証事業は3カ年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、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無い場合、評価対象範囲からは除外した。3年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え、全体フローでの LCA 評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。

3. 2. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材
- ・ベースライン：ポリエステル繊維による自動車吸音材
- ・機能単位：自動車吸音材 10t 不織布に対し、周波数帯域 100～1000Hz にて、吸音性能同等、もしくは一部同等以上の性能を持つ事（評価対象製品の自動車吸音材重量は 0.650kg/台（内装材としては 2,850kg/台）、ベースラインの自動車吸音材重量は 0.500kg/台（内装材としては 3.250kg/台）



図 3.2.1.1 パルプ繊維による自動車吸音材



図 3.2.1.2 不織布（ポリエステル繊維）による自動車吸音材

3. 2. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

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

先述したように1年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した(①、②、③)。2年目は1年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価する(⑤)。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。3年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え(⑥)、全体フローでの LCA 評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。評価対象製品である新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材については、全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。ベースラインであるポリエステル繊維に関しては、エチレングリコール (EG) とテレフタル酸を重合する工程については、国外(中国)での生産とした。以降についてポリエステルチップにしてから熔融紡糸(ポリエステル長繊維を製造する)プロセスについては、国内での生産とした。

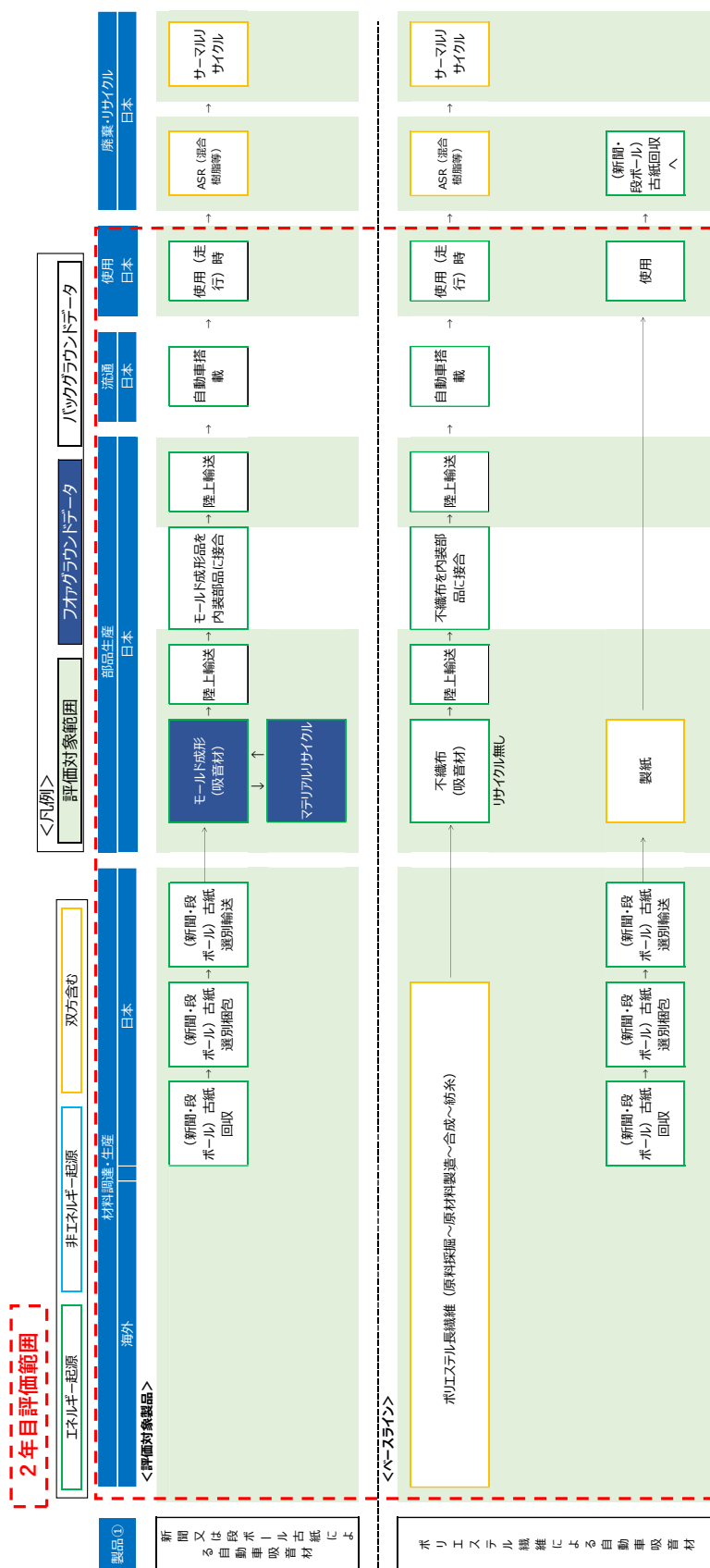


図 3. 2. 2. 1 製品①-2 新聞又は段ボール古紙及びポリエステル繊維による自動車吸音材のライフサイクルフロー図と評価範

3. 2. 3 部品生産までの 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)

2 年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 3.2.3.1、表 3.2.3.2 に示す。

①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス

②材料の生産に関するプロセス

③部品の生産に関するプロセス

⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。2 年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における各材料、部品の製造歩留まりを表 3.2.3.3、表 3.2.3.4 に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカからのヒアリングにより歩留まりを推計した。なお輸送中の歩留まりは 100%としている。各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.2.3.5、図 3.2.3.1 に示す。

表 3.2.3.1 評価対象製品の新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
[3]	材料調達・生産	古紙 未燃回収	0.01	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[3]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[3]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[3]	部品生産	モールド成形CO ₂ 排出量	1.177	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[3]	部品生産	モールド成形マテリアルリサイクル時のCO ₂ 排出量	0	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[3]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>10) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[3]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (ト>10) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[3]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガolin) である。ガolin1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のように計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.2.3.2 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
[4]	材料調達・生産	ポリエステル長繊維	7.10	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース（ポリエステル長繊維）（原料採取～原料製造～合成～紡糸）
[4]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（トン）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[4]	材料調達・生産	古紙 未端回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[4]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[4]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[4]	部品生産	フェルト・不織布	7.01	kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース（フェルト・不織布）
[4]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（トン）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[4]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献 輸送機関別輸送量（トン）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[4]	部品生産	製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
[4]	使用	走行時	—	—	— 自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料あたりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJあたりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg = 5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前後となっている。

表 3.2.3.3 評価対象製品の新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[3]	部品生産	モールド成形歩留まり	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）
[3]	部品生産	モールド成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ（フォアグラウンドデータ）

表 3.2.3.4 ベースラインのポリエステル繊維による自動車吸音材の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[4]	部品生産	不織布製造歩留まり	95%	公開データが存在せず、実測データの計測も難しいため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。
[4]	部品生産	パルプ化歩留まり	82%	文献 古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t、17,044,684÷20,673,299t×100 = 82%

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

【使用（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

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

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 14.4kg-CO₂ である。

【部品生産（クラフトパルプによる自動車吸音材）】

内装部品輸送時 : 0.01270-CO₂

モールド成形品輸送時 : 0.00350kg-CO₂

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

$$\text{モールド成形時} : 1.177 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.765 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.781kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材）】

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

$$\text{古紙回収時} : 0.0102 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.00663 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{古紙選別梱包時} : 0.0084 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.0055 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{古紙輸送時} : 0.0049 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.650 \text{ kg} = 0.0032 \text{ kg-CO}_2$$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 0.0153kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 15.2kg-CO₂ である。

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

【使用（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

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

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 16.4kg-CO₂ である。

【部品生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

内装部品輸送時 : 0.0144kg-CO₂

不織布輸送時 : 0.0751kg-CO₂

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

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

不織布製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

$$\text{不織布製造時} : 7.01 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.526 \text{ kg} = 3.69 \text{ kg-CO}_2$$

評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用される。なお、評価対象製品と同量の原料を使用した場合のため、製紙時の歩留まりは考慮していない。古紙による製紙（パルプ化、抄紙）、0.650kg の CO₂ 排出量は以下のように計算される

古紙による製紙（パルプ化、抄紙） :

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

部品生産時の CO₂ 排出量は 4.42-CO₂ である。

【材料調達・生産（ポリエステル繊維による自動車吸音材）】

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

ポリエステル長繊維製造時 :

$$7.10 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.526 \text{ kg} = 3.7 \text{ kg-CO}_2$$

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

古紙回収時：0.0102kg-CO₂/kg×0.645kg=0.00663kg-CO₂

古紙選別梱包時：0.0084kg-CO₂/kg×0.645=0.00546CO₂

古紙輸送時：0.0049kg-CO₂/kg×0.645kg=0.00318CO₂

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 3.7kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 24.5kg-CO₂ である。

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：3.7kg-CO₂-0.0153kg-CO₂=3.7kg-CO₂

生産時：4.42kg-CO₂-0.781kg-CO₂=3.64kg-CO₂

使用時：16.4kg-CO₂-14.4kg-CO₂=2.0kg-CO₂

合計削減量：

3.7kg-CO₂+3.64kg-CO₂+2.0kg-CO₂=9.3kg-CO₂

表 3.2.3.5 CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂)			
①-2	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	0.0153	3.7	3.7
部品生産	0.781	4.42	3.64
使用	14.4	16.4	2.0
合計	15.2	24.5	9.3

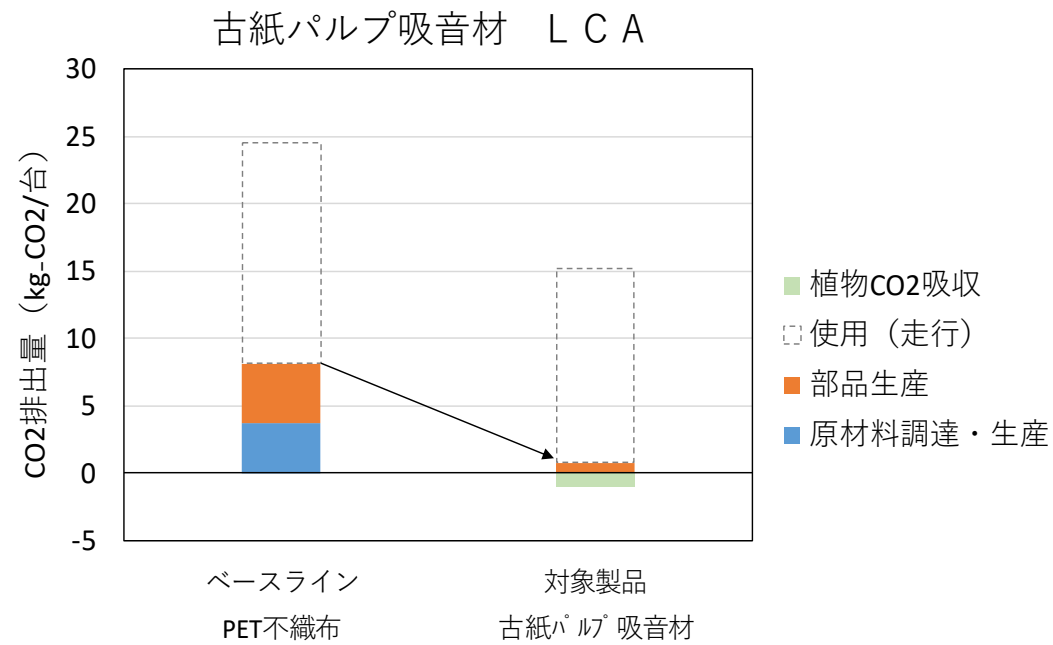


図 3.2.3.1 CO₂ 排出削減効果

3. 3 クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア

本実証事業の開発品であるクラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアの環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアと表 3.3.1 に示す既存の PP-GF 系材料 PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリア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。本実証事業は 3 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、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。3 年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え、全体フローでの LCA 評価を行い、3 カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。

表 3.3.1 材料標記の規定

材料	略称
ベース PP (ポリプロピレン樹脂のみ)	PP
PP+フィラー	PP- (○○+△△) └─> フィラー種類を示す GF:ガラス繊維 WD:木粉 例) PP-(GF+WD)

3. 3. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア
- ・ベースライン：PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリア
- ・機能単位：自動車樹脂部品、耐熱性・剛性が従来品と同等である事（評価対象製品のバッテリーキャリア重量は 0.729kg/台、ベースラインのバッテリーキャリア重量は 0.770kg/台。



図 3.3.1.1 クラフトパルプ配合バイオ PE によるバッテリーキャリア写真



図 3.3.1.2 PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリア写真

3. 3. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

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

先述したように1年目は材料調達・生産～部品製造までの LCA を評価した（①、②、③）。2年目は1年目の範囲に加え、部品生産のマテリアルリサイクル時、使用時（自動車走行時）の LCA を評価する（⑤）。なお④の部品の流通に関するプロセスは、先述したように評価対象製品もベースラインも CO₂ 排出量の数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。3年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。

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

ベースラインである PP・(GF+WD)によるバッテリーキャリアについては、全てのプロセスを国内での生産とした。

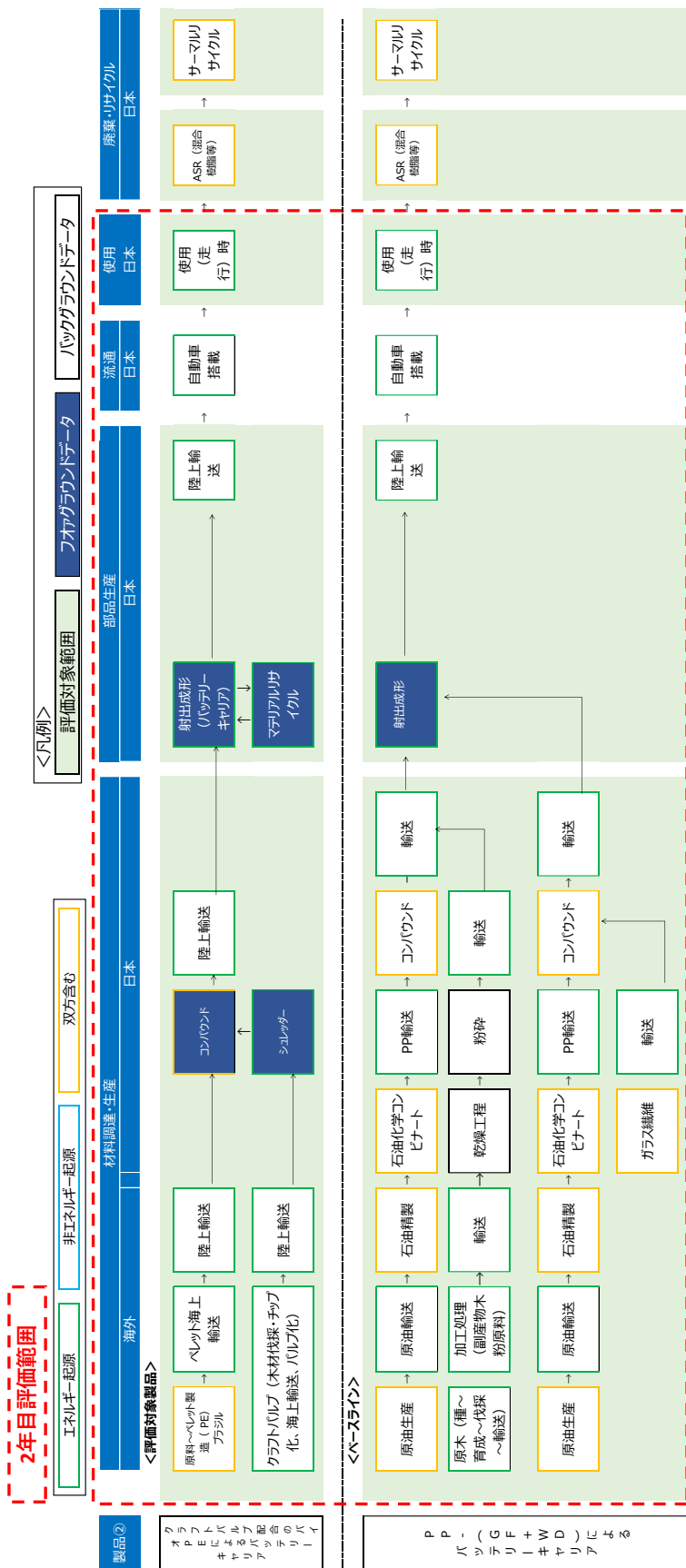


図 3.3.2.1 ②-1 クラフトパルプ配合のバイオPE及びPP-(GF+WD)による
バッテリーキャリアのライフサイクルフロー図と評価範囲

3. 3. 3 部品生産までの 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)

2 年目の評価範囲 (①～⑤、④は除く) における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 3.3.3.1、表 3.3.3.2 に示す。

①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス

②材料の生産に関するプロセス

③部品の生産に関するプロセス

⑤部品の使用 (自動車の走行) に関するプロセス

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。2 年目の評価範囲 (①～⑤、④は除く) における各材料、部品の製造歩留まりを表 3.3.3.3、表 3.3.3.4 に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。なお輸送中の歩留まりは 100%としている。各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.3.3.5、図 3.3.3.1 に示す。

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

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
[5]	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	2.32	kg-CO ₂ /kg	論文	バイオPE Life Cycle Assessmentより、CO ₂ 排出量は-0.39とあるが、他のバイオPE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
[5]	材料調達・生産	コンテナ船（北米航路）（15.7g-CO ₂ /tkm）	0.000157	kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO ₂ /tkm
[5]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[5]	材料調達・生産	クラフトパルプ	1.26	kg-CO ₂ /kg	環境省 廃棄物・リサイクル対策部 企画課循環型社会推進室	3 R 原単位の算出方法
[5]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[5]	材料調達・生産	珪砂	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測値（フォアグラウンドデータ）	
[5]	材料調達・生産	PEクラフトパルプコンパウンド	0.315	kg-CO ₂ /kg	実測値（フォアグラウンドデータ）	
[5]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[5]	部品生産	射出成形（製品、比較材）	1.239000	kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[5]	部品生産	射出成形（バイオプラスチックパルプのコンパウンド）マテリアルサイクル時	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[5]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[5]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPFA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.3.3.2 ベースラインの PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	副産物木粉原料	0	kg-CO ₂ /kg	—
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	副産物木粉原料乾燥	0	kg-CO ₂ /kg	—
[6]	材料調達・生産	副産物木粉原料粉砕	0.252	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	コンパウンド	0.763	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	ガラス長繊維	2.4	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位 データベース
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	材料調達・生産	PP-GFコンパウンド	0.763	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)
[6]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	部品生産	射出成形 (製品、比較材)	1.239	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[6]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献
[6]	使用	走行時	—	—	—

表 3.3.3.3 評価対象製品のクラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[5]	材料調達・生産	— 錠造、歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[5]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[5]	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[5]	部品生産	射出成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

表 3.3.3.4 ベースラインの PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリアの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[6]	材料調達・生産	副産物おが屑粉乾燥時歩留まり	54%	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
[6]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[6]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[6]	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

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

【使用（新聞又は段ボール古紙によるバッテリーキャリア）】

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

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

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

バッテリーキャリア 0.729kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$\text{使用時} : 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.729 \text{ kg} = 3.69 \text{ kg-CO}_2$$

使用時の CO₂ 排出量は 3.69 kg-CO₂ である。

【部品生産（クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

$$\text{バッテリーキャリア輸送時} : 0.00623 \text{ kg-CO}_2$$

射出成形時の歩留まりは 98% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度射出成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.729kg の射出成形時に必要な原材料量は 0.729kg である。（射出成形時の使用材料量は 0.714kg、マテリアルリサイクル時の使用材料量は 0.014kg）

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

$$\text{射出成形時} : 1.239 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.714 \text{ kg} = 0.885 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{射出成形マテリアルリサイクル時} : 0.005 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.014 \text{ kg} = 0.00007 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.891 kg-CO₂ である。

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

$$\text{コンパウンド輸送時} : 0.00822 \text{ kg-CO}_2$$

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

$$\text{コンパウンド製造時の材料必要量} : 0.729 \text{ kg} \div 0.980 = 0.744 \text{ kg}$$

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。

$$\text{コンパウンド製造時} : 0.315 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.744 \text{ kg} = 0.234 \text{ kg-CO}_2$$

バイオ PE 必要量： $0.744\text{ kg} \times 0.700 = 0.521\text{ kg}$

クラフトパルプ必要量： $0.744\text{ kg} \times 0.300 = 0.223\text{ kg}$

クラフトパルプの破砕時の歩留まりは 95%であり、クラフトパルプの必要材料量を以下のように計算した。

クラフトパルプの破砕時の必要材料量： $0.223 \div 0.950 = 0.235\text{ kg}$

クラフトパルプ 0.235kg の破砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプの破砕時の CO₂ 排出量： $0.005\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.235\text{ kg} = 0.001\text{ kg-CO}_2$

クラフトパルプ輸送時： 0.0139 kg-CO_2

クラフトパルプ 0.235kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

クラフトパルプ製造時： $1.26\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.235\text{ kg} = 0.296\text{ kg-CO}_2$

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量： 0.00391 kg-CO_2

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量： 0.147 kg-CO_2

バイオ PE 0.521kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 製造時の CO₂ 排出量： $2.32\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.521\text{ kg} = 1.21\text{ kg-CO}_2$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.91 kg-CO_2 である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 6.49 kg-CO_2 である。

ベースラインである PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用 (PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリア)】

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

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

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

バッテリーキャリア 0.770kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

使用時： $5.06\text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.770\text{ kg} = 3.90\text{ kg-CO}_2$

使用時の CO₂ 排出量は 3.90 kg-CO_2 である。

【部品生産 (PP-(GF+WD)によるバッテリーキャリア)】

バッテリーキャリア輸送時： 0.00589 kg-CO_2

射出形成の歩留まりは 98%であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行う

ていない。射出形成時の必要材料量を以下のように計算した。

射出形成時の必要材料量： $0.770\text{kg} \div 0.980 = 0.786\text{kg}$

射出形成時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

射出形成時： $1.239\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.786\text{kg} = 0.974\text{kg-CO}_2$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.980kg-CO_2 である。

【材料調達・生産 (PP-(GF+WD))によるバッテリーキャリア】

射出成形では植物繊維と PP-GF を混合し、射出成形を行っている。

PP-WD と PP-GF の必要材料量

PP-WD の必要材料量： 0.432kg

PP-GF の必要材料量： 0.354kg

コンパウンド (PP-GF) 輸送時： 0.00399kg-CO_2

射出成形に用いるコンパウンド (PP-GF) 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： $0.354\text{kg} \div 0.980 = 0.361\text{kg}$

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： $0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.361\text{kg} = 0.275\text{kg-CO}_2$

PP 及び GF の必要材料量を以下に計算する。

PP の必要材料量： $0.361\text{kg} \times 0.500 = 0.180\text{kg}$

GF の必要材料量： $0.361\text{kg} \times 0.500 = 0.180\text{kg}$

GF 輸送時： 0.0237kg-CO_2

GF 0.180kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

GF 製造時： $2.40\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 0.180\text{kg} = 0.43\text{kg-CO}_2$

PP 輸送時： 0.0199kg-CO_2

PP 0.180kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産： $0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0188\text{kg-CO}_2$

原油輸送： $0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0110\text{kg-CO}_2$

石油精製： $0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0455\text{kg-CO}_2$

石油化学コンビナート： $1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.192\text{kg-CO}_2$

コンパウンド輸送時： 0.0200kg-CO_2

射出成形に用いるコンパウンド (PP-WD) 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： $0.432\text{kg} \div 0.980 = 0.441\text{kg}$

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： $0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.441\text{kg} = 0.336\text{kg-CO}_2$

PP 及び木粉の必要材料量： 0.441kg

木粉 (粉碎品) 輸送時： 0.00911kg-CO_2

木粉（粉碎品）の粉碎時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

木粉粉碎品時： 0.0333kg-CO₂

木粉原料輸送時： 0.00013kg-CO₂

PP 輸送時： 0.0341kg-CO₂

PP0.4kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産：0.104519kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0323kg-CO₂

原油輸送：0.061316kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0189kg-CO₂

石油精製：0.252688kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0781kg-CO₂

石油化学コンビナート：1.064129kg-CO₂/kg×0.309kg=0.329kg-CO₂

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.91kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 6.79kg-CO₂ である。

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：1.91kg-CO₂-1.91kg-CO₂=-0.00 kg-CO₂

生産時：0.980kg-CO₂-0.891kg-CO₂=0.089kg-CO₂

使用時：3.90kg-CO₂-3.69kg-CO₂=0.21kg-CO₂

合計削減量：-0.20kg-CO₂+0.089kg-CO₂+0.21kg-CO₂

=0.30kg-CO₂

表 3.3.3.5 CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂)			
②-1	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	1.91	1.91	0.00
部品生産	0.891	0.980	0.089
使用	3.69	3.90	0.21
合計	6.49	6.79	0.30

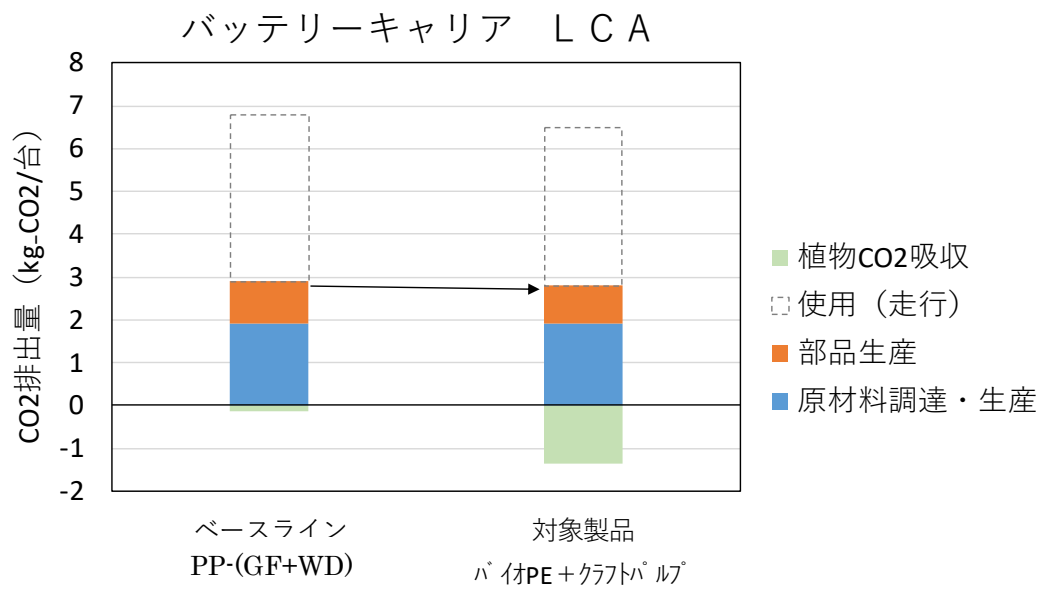


図 3.3.3.1 CO₂ 排出削減効果

3. 4 新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア

本実証事業の開発品である新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアの環境面での優位性（温室効果ガスである CO₂ の排出量削減効果）を検証するため、新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアと既存の PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア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。

本実証事業は 3 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、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

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

3. 4. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

- ・評価対象製品：新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア
- ・ベースライン：PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア
- ・機能単位：自動車樹脂部品、耐熱性・剛性が従来品と同等である事（評価対象製品のバッテリーキャリア重量は 0.688kg/台、ベースラインのバッテリーキャリア重量は 0.770kg/台。



図 3.4.1.1 古紙配合バイオ PE によるバッテリーキャリア写真



図 3.4.1.2 PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア写真

3. 4. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

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

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

3年目は廃棄・リサイクル時の LCA 評価も加え（⑥）、全体フローでの LCA 評価を行い、3カ年を通して原料調達～廃棄・リサイクルまでの全体での評価を行っていく。評価対象製品である新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリアについては、①の一部の工程（PE の原料～ペレット製造）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。ベースラインである PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリアについては、全てのプロセスを国内での生産とした。

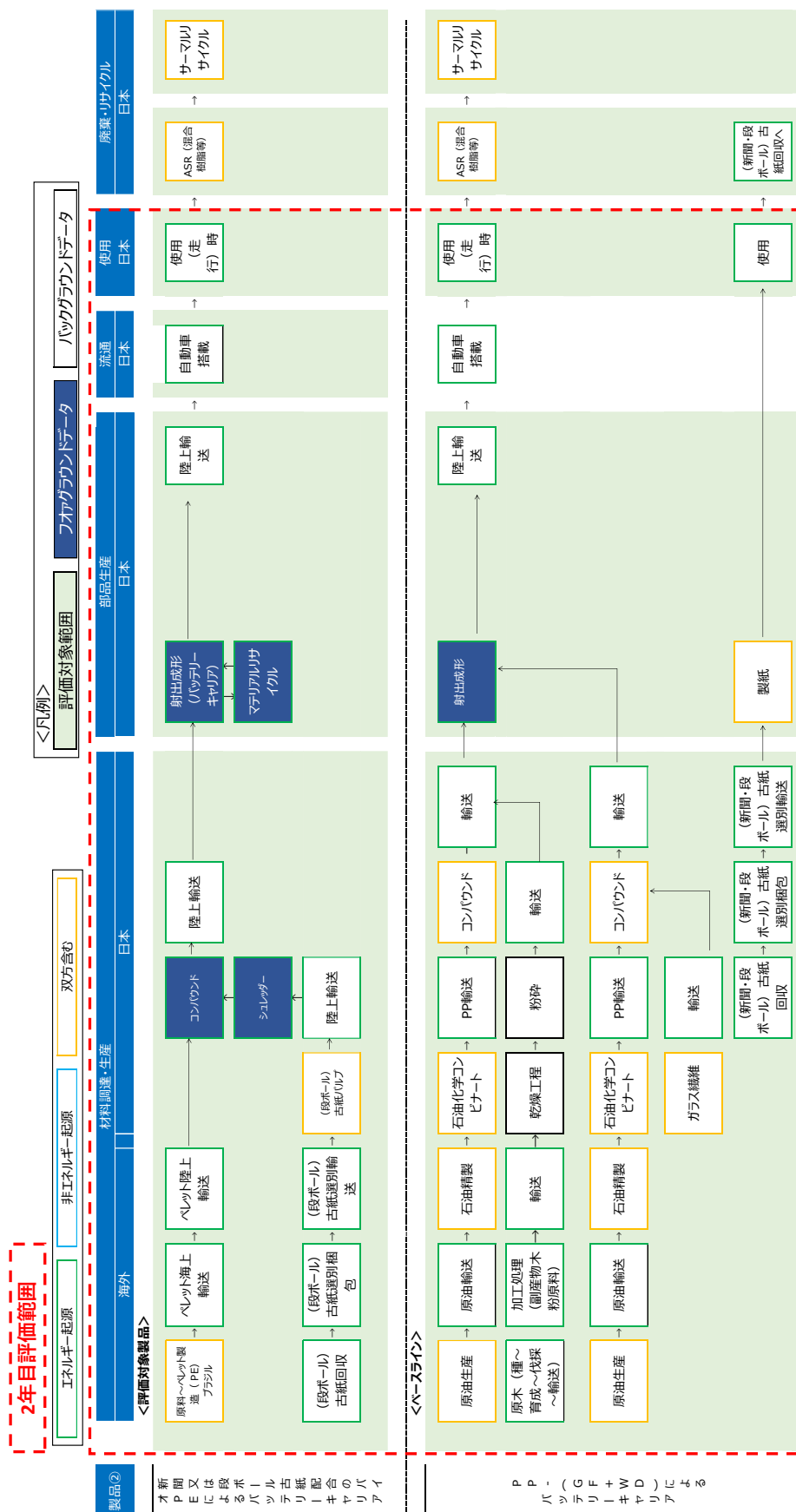


図 3.4.2.1 ②-1 新聞又は段ボール古紙配合のバイオPE及びPP-(GF+WD)による
バッテリーキャリアのライフサイクルフロー図と評価範囲

3. 4. 3 部品生産までの 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)

2 年目の評価範囲 (①～⑤、④は除く) における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 3.4.3.1、表 3.4.3.2 に示す。

①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス

②材料の生産に関するプロセス

③部品の生産に関するプロセス

⑤部品の使用 (自動車の走行) に関するプロセス

CO₂ 排出量データについて、実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。なお LCA データベースとは、経済産業省ならびに NEDO 技術開発機構が平成 10 年度から平成 14 年度にかけて実施した 5 ヶ年の「第 1 期 LCA プロジェクト」の成果であり、平成 15 年度に期間限定で会員登録制の試験公開を実施した。このデータベースは、インベントリ分析用データ、インパクト評価用データおよび文献データから構成されている。2 年目の評価範囲 (①～⑤、④は除く) における各材料、部品の製造歩留まりを表 3.4.3.3、表 3.4.3.4 に示す。実測が可能なものはデータを取得し、それ以外については LCA 日本フォーラムが提供する LCA データベースや論文等を活用しバックグラウンドデータを収集した。そのほかデータベース等で公開データが存在しないものについては、製造メーカーからのヒアリングにより歩留まりを推計した。なお輸送中の歩留まりは 100%としている。各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.4.3.5、図 3.4.3.1 に示す。

表 3.4.3.1 評価対象製品の新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE の CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源	
[7]	材料調達・生産	バイオPE（原料からペレット製造まで）	2.32	kg-CO ₂ /kg	論文	Life Cycle Assessmentより、CO ₂ 排出量は-0.39とあるが、他のバイオプラステチックと比較し、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。
[7]	材料調達・生産	コンテナ船（北米航路）（15.7g-CO ₂ /tkm）	0.000157	kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO ₂ /tkm
[7]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[7]	材料調達・生産	古紙 未燃回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[7]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[7]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[7]	材料調達・生産	製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
[7]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[7]	材料調達・生産	破砕	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測値（フォアグラウンドデータ）	
[7]	材料調達・生産	PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO ₂ /kg	実測値（フォアグラウンドデータ）	
[7]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[7]	部品生産	射出成形（製品、比較材）	1.239000	kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[7]	部品生産	射出成形（バイオアビオプラスチックのコンパウンド）マテリアルリサイクル時	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[7]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量（トンキロ）あたりCO ₂ 排出原単位（貨物）の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[7]	使用	走行時			—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生涯燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生涯走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生涯走行距離は1122,171km前提となっている。

表 3.4.3.2 ベースラインの PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位	使用データ源
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	副産物木粉原料	0	kg-CO2/kg	— 木粉原料は製材時の廃棄物使用 (副産物) のため 木粉原料製造のCO2排出は0kg-CO2/kgとした
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	副産物木粉原料乾燥	0	kg-CO2/kg	— 乾燥工程は燃料に同工場内の廃棄物の燃灰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、排出量は含めないこととされている。 https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf)
[8]	材料調達・生産	副産物木粉原料粉砕	0.252	kg-CO2/kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	コンパウンド	0.763	kg-CO2/kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO2/樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計 = 1.482653kg-CO2/kg)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	ガラス長繊維	2.4	kg-CO2/kg	CO2換算量共通原単位 データベース カーボンフットプリント制度実行事業CO2換算量共通原単位データベース (ガラス長繊維)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	PP-GFコンパウンド	0.763	kg-CO2/kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	材料調達・生産	古紙 未端回収	0.0102	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO2/t/古紙
[8]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO2/t/古紙
[8]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO2/t/古紙
[8]	部品生産	射出成形 (製品、比較材)	1.239	kg-CO2/kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[8]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO2/kgkm	文献 輸送機関別輸送量 (ト)ロ) あたりCO2排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO2/トンキロ
[8]	部品生産	製紙	0.9923	kg-CO2/kg	LCA日本フォーラム・LCA データベース 紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO2/t+8.0kg-CO2/t+3.0kg-CO2/t=992.3kg-CO2/t
[8]	使用	走行時	—	—	自動車部品の質量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガolin) である。ガolin1MJ当たりのCO2排出量は、0.08411 kg-CO2/MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃焼消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO2排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO2/MJ×34.6MJ/L×1.74L/部品kg = 5.06kg-CO2/kg なお、上記数値はJAPLA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生産走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.4.3.3 評価対象製品の新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE の歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[7]	材料調達・生産	破砕歩留まり	95%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[7]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[7]	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[7]	部品生産	射出成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

表 3.4.3. 4 ベースラインの PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリアの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源
[8]	材料調達・生産	副産物おが屑粉乾燥時歩留まり	54%	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
[8]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[8]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)
[8]	部品生産	射出成形 (製品、比較材) 歩留まり	98%	実測データ (フォアグラウンドデータ)

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

【使用（新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】
自動車部品の質量 1kg あたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは 34.6MJ/L（ガソリン）である。ガソリン 1MJ 当たりの CO₂ 排出量は 0.08411 kg-CO₂/MJ である。また自動車部品 1kg あたりの生涯燃焼消費量は 1.74L/部品 kg であることから、自動車部品 1kg の生涯走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 3.48kg-CO₂ である。

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

$$\text{バッテリーキャリア輸送時：} 0.00588 \text{ kg-CO}_2$$

射出成形時の歩留まりは 98% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度射出成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 0.688kg の射出成形時に必要な原材料量は 0.688kg である。（射出成形時の使用材料量は 0.674kg、マテリアルリサイクル時の使用材料量は 0.0138kg）

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

$$\text{射出成形時：} 1.239 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.67 \text{ kg} = 0.835 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{射出成形マテリアルリサイクル時：} 0.005 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.0138 \text{ kg} = 0.00007 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 0.841kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア）】

$$\text{コンパウンド輸送時：} 0.00776 \text{ kg-CO}_2$$

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

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

コンパウンド製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時：0.315 kg-CO₂/kg×0.702kg=0.221kg-CO₂

バイオ PE 必要量：0.70 kg×0.700=0.491

新聞又は段ボール古紙必要量：0.70 kg×0.300=0.210

新聞又は段ボール古紙の破砕時の歩留まりは 95%であり、新聞又は段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。

新聞又は段ボール古紙の破砕時の必要材料量：

$0.21 \div 0.950 = 0.221\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙の破砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

新聞又は段ボール古紙の破砕時の CO₂ 排出量：

$0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.221\text{kg} = 0.00110\text{kg-CO}_2$

新聞又は段ボール古紙輸送時：0.00339kg-CO₂

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

新聞又は段ボール古紙による製紙時の必要材料量： $0.221\text{kg} \div 0.820 = 0.270\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙による製紙時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙による製紙時：0.9923kg-CO₂/kg×0.270kg=0.268kg-CO₂

新聞又は段ボール古紙 0.270kg の古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時：0.0102kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00275kg-CO₂

古紙選別梱包時：0.0084kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00227kg-CO₂

古紙輸送時：0.0049kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00132kg-CO₂

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量：0.00369kg-CO₂

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量：0.139kg-CO₂

バイオ PE 0.491kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 製造時の CO₂ 排出量：2.32kg-CO₂/kg×0.491kg=1.14kg-CO₂

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.79kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 6.11kg-CO₂ である。

ベースラインである PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリアの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用 (PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア)】

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

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

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

バッテリーキャリア 0.770kg の走行時の CO₂ 排出量は以下のように計算される。

$$\text{使用時} : 5.06 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.770 \text{ kg} = 3.90 \text{ kg-CO}_2$$

使用時の CO₂ 排出量は 3.90kg-CO₂ である。

【部品生産 (PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア)】

$$\text{バッテリーキャリア輸送時} : 0.00589 \text{ kg-CO}_2$$

射出形成の歩留まりは 98% であり、工程内端材はマテリアルリサイクルを行っていない。射出形成時の必要材料量を以下のように計算した。

$$\text{射出形成時の必要材料量} : 0.770 \text{ kg} \div 0.980 = 0.786 \text{ kg}$$

射出形成時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

$$\text{射出形成時} : 1.239 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.786 \text{ kg} = 0.974 \text{ kg-CO}_2$$

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

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

$$\text{新聞又は段ボール古紙による製紙時の必要材料量} : 0.221 \text{ kg} \div 0.820 = 0.270 \text{ kg}$$

新聞又は段ボール古紙による製紙時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙による製紙時 :

$$0.9923 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.270 \text{ kg} = 0.268 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 1.248kg-CO₂ である。

【材料調達・生産 (PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア)】

射出成形では PP-WD と PP-GF を混合し、射出成形を行っている。

PP-WD と PP-GF の必要材料量を以下のように計算した。

PP-WD の必要材料量： $0.79\text{kg} \times 0.550 = 0.432\text{kg}$

PP-GF の必要材料量： $0.79\text{kg} \times 0.450 = 0.354\text{kg}$

コンパウンド (PP-GF) 輸送時： 0.00399kg-CO_2

射出成形に用いるコンパウンド (PP-GF) 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： $0.354\text{kg} \div 0.980 = 0.361\text{kg}$

コンパウンド製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時： $0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.361\text{kg} = 0.275\text{kg-CO}_2$

コンパウンド (PP-GF) の重量構成は PP が 50%、GF が 50% である。PP 及び GF の必要材料量を以下に計算する。

PP の必要材料量： $0.361\text{kg} \times 0.500 = 0.180\text{kg}$

GF の必要材料量： $0.361\text{kg} \times 0.500 = 0.180\text{kg}$

GF 輸送時： 0.0237kg-CO_2

GF 0.180kg の製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

GF 製造時： $2.40\text{kg-CO}_2/\text{kgkm} \times 0.180\text{kg} = 0.43\text{kg-CO}_2$

PP 輸送時： 0.0199kg-CO_2

PP 0.180kg の製造時の CO_2 排出量を以下に示す。

原油生産： $0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0188\text{kg-CO}_2$

原油輸送： $0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0110\text{kg-CO}_2$

石油精製： $0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.0455\text{kg-CO}_2$

石油化学コンビナート： $1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.180\text{kg} = 0.192\text{kg-CO}_2$

コンパウンド輸送時： 0.0200kg-CO_2

射出成形に用いるコンパウンド (PP-WD) 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： $0.432\text{kg} \div 0.980 = 0.441\text{kg}$

コンパウンド製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時： $0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.441\text{kg} = 0.336\text{kg-CO}_2$

PP 及び木粉の必

要材料量を以下に計算する。

PP の必要材料量： $0.441\text{kg} \times 0.700 = 0.309\text{kg}$

木粉の必要材料量： $0.441\text{kg} \times 0.300 = 0.132\text{kg}$

木粉 (粉砕品) 輸送時： 0.00911kg-CO_2

木粉 (粉砕品) 0.132kg の粉砕時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

木粉粉砕品時： $0.252\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.132\text{kg} = 0.0333\text{kg-CO}_2$

木粉原料輸送時： 0.00013kg-CO_2

PP 輸送時： 0.0341kg-CO₂

PP0.4kg の製造時の CO₂ 排出量を以下に示す。

原油生産： 0.104519kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0323kg-CO₂

原油輸送： 0.061316kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0189kg-CO₂

石油精製： 0.252688kg-CO₂/kg×0.309kg=0.0781kg-CO₂

石油化学コンビナート： 1.064129kg-CO₂/kg×0.309kg=0.329kg-CO₂

先述したように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞又は段ボール古紙の必要材料量は 0.270kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時： 0.0102kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00275kg-CO₂

古紙選別梱包時： 0.0084kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00227kg-CO₂

古紙輸送時： 0.0049kg-CO₂/kg×0.270kg=0.00132kg-CO₂

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 1.92kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 7.07kg-CO₂ である。

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： 1.72kg-CO₂-1.79kg-CO₂=-0.13kg-CO₂

生産時： 1.248kg-CO₂-0.841kg-CO₂=0.407kg-CO₂

使用時： 3.90kg-CO₂-3.48kg-CO₂=0.420kg-CO₂

合計削減量： -0.13kg-CO₂+0.407kg-CO₂+0.420kg-CO₂

=0.96kg-CO₂

表 3.4.3.5 CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂)			
②-2	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	1.79	1.92	0.13
部品生産	0.841	1.248	0.407
使用	3.48	3.90	0.42
合計	6.11	7.07	0.96

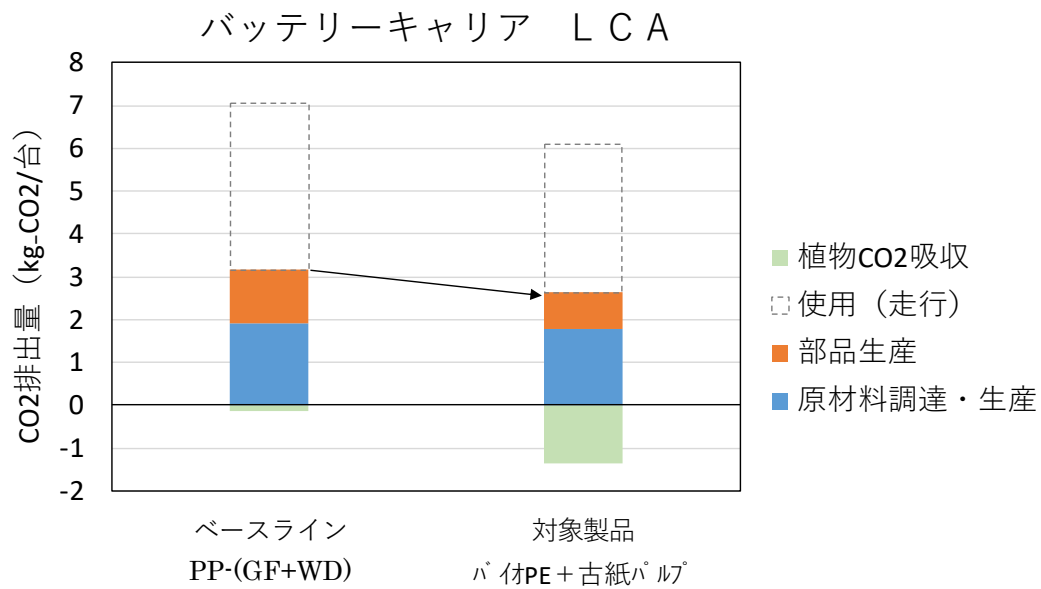


図 3.4.3.1 CO₂ 排出削減効果

3. 5 バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボード

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

本実証事業は 3 カ年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、使用における LCA を評価した。部品生産時の工程内端材リサイクルも検討に含めた。なお流通における CO₂ 排出量は評価対象製品もベースラインも数値に違いが無いため、評価対象範囲からは除外した。

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

3. 5. 1 製品性能（評価対象製品・ベースライン・機能単位の設定）

評価対象製品、ベースライン、機能単位の設定は以下の通りである。

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

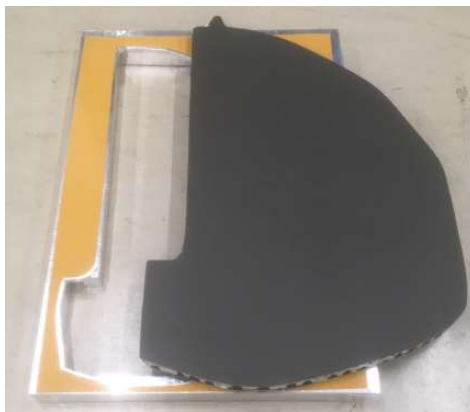


図 3.5.1.1 バイオ PE と古紙の複合体によるフロアボード写真



図 3.5.1.2 PP-GF 樹脂によるフロアボード写真

3. 5. 2 フロー図（システム境界の設定）

本 LCA では基本的に以下の各プロセスを含むものとする。

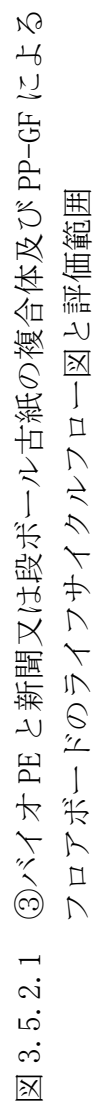
- ①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス
- ②材料の生産に関するプロセス
- ③部品の生産に関するプロセス
- ④部品の流通に関するプロセス
- ⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス
- ⑥部品の廃棄、リサイクルに関するプロセス

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

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

評価対象製品であるバイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボードについては、①の一部の工程（PE の原料～ペレット製造、木材伐採・チップ化）を除き、それ以外のプロセスは全て国内で行われるものとしてフロー図を作成した。

ベースラインである PP・GF 樹脂によるフロアボードについては、原油生産、原油輸送、鉄鉱石採掘、パラキシレン、エチレングリコール、テレフタル酸製造等は国外で、それ以外のプロセスを国内での生産とした。



5. 3 部品生産までの 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)

2 年目の評価範囲（①～⑤、④は除く）における評価対象製品及びベースラインのライフサイクル段階ごとの CO₂ 排出量データを表 3.5.3.1、表 3.5.3.2 に示す。

①材料に関する海外から日本までの輸送に関するプロセス

②材料の生産に関するプロセス

③部品の生産に関するプロセス

⑤部品の使用（自動車の走行）に関するプロセス

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

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

各工程での CO₂ 排出原単位及び歩留まり等を掛け合わせ、CO₂ 排出量を推計した。使用までの CO₂ 排出量比較を表 3.5.3.5、図 3.5.3.1 に示す。

表 3.5.3.1 評価対象製品のバイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体による
フロアボードの CO₂ 排出量

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位		使用データ源
[9]	材料調達・生産	バイオ PE (原料からペレット製造まで)	2.32	kg-CO ₂ /kg	論文	Life Cycle Assessmentより、CO ₂ 排出量は-0.39tあるが、他のバイオプラスチックと数値を比較し、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。
[9]	材料調達・生産	コンテナ船 (北米航路) (15.7g-CO ₂ /tkm)	0.000157	kg-CO ₂ /kgkm	文献	物流CO ₂ 排出量簡易算定ツールについて 国土交通政策研究所 15.7g-CO ₂ /tkm
[9]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[9]	材料調達・生産	古紙 未燃回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	材料調達・生産	破砕 古紙加工	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	材料調達・生産	製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
[9]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[9]	材料調達・生産	シュレッダー	0.005	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
[9]	材料調達・生産	PE古紙コンパウンド	0.315	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
[9]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[9]	材料調達・生産	古紙 未燃回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[9]	部品生産	モールド成形CO ₂ 排出量	1.177	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[9]	部品生産	モールド成形マテリアルリサイクル時のCO ₂ 排出量	0	kg-CO ₂ /kg	実測データ (フォアグラウンドデータ)	
[9]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[9]	部品生産	ブロー工法	1.156	kg-CO ₂ /kg	文献	石油化学製品の L C I データ 2. 樹脂加工のLCIよりブロー (中空) 成形品1.156t-CO ₂ /t
[9]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[9]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の重量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃費消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生産走行距離は122,171km前提となっている。

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

no.	段階	プロセス	CO ₂ 排出量	単位		使用データ源
[10]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：イ) 原油生産	0.104519	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計=1.482653kg-CO ₂ /kg)
[10]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ロ) 原油輸送	0.061316	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計=1.482653kg-CO ₂ /kg)
[10]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ハ) 石油精製	0.252688	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計=1.482653kg-CO ₂ /kg)
[10]	材料調達・生産	PP(ポリプロピレン)樹脂製造：ニ) 石油化学コンビナート	1.064129	kg-CO ₂ /樹脂kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	石油化学製品の L C I データ調査報告書 (PP樹脂製造 (イ) 原油生産、ロ) 原油輸送、ハ) 石油精製、ニ) 石油化学コンビナート合計=1.482653kg-CO ₂ /kg)
[10]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	ガラス長繊維	2.40	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	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)
[10]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	PP-GFコンパウンド	0.763	kg-CO ₂ /kg	実測値 (フォアグラウンドデータ)	
[10]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	棒鋼	1.459808	kg-CO ₂ /kg	一般社団法人日本鉄鋼連盟データ	一般社団法人日本鉄鋼連盟データ
[10]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	ポリエステル長繊維	7.10	kg-CO ₂ /kg	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (ポリエステル長繊維) (原料採取～原料製造～合成～紡糸)
[10]	材料調達・生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	古紙 未燃回収	0.0102	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 10.2kg-CO ₂ /t/古紙
[10]	材料調達・生産	古紙 選別梱包	0.0084	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 8.4kg-CO ₂ /t/古紙
[10]	材料調達・生産	古紙 輸送	0.0049	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 4.9kg-CO ₂ /t/古紙
[10]	部品生産	ファルト・不織布	7.01	kg-CO ₂ e	CO ₂ 換算量共通原単位データベース	カーボンフットプリント制度試行事業CO ₂ 換算量共通原単位データベース (ファルト・不織布)
[10]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	部品生産	ブロー工法	1.156	kg-CO ₂ /kg	文献	石油化学製品の L C I データ 2. 樹脂加工のLCIよりブロー (中空) 成形品1.156t-CO ₂ /t
[10]	部品生産	営業用貨物自動車	0.000234	kg-CO ₂ /kgkm	文献	輸送機関別輸送量 (トン) あたりCO ₂ 排出原単位 (貨物) の営業用貨物自動車 234g-CO ₂ /トンキロ
[10]	材料調達・生産	製紙	0.9923	kg-CO ₂ /kg	LCA日本フォーラム・LCAデータベース	紙のLCIデータ算定概要 日本製紙連合会 平成17年12月7日 981.2kg-CO ₂ /t+8.0kg-CO ₂ /t+3.0kg-CO ₂ /t=992.3kg-CO ₂ /t
[10]	使用	走行時	—	—	—	自動車部品の重量1kgあたりの環境負荷量について、単位燃料当たりの発生エネルギーは34.6MJ/L (ガソリン) である。ガソリン1MJ当たりのCO ₂ 排出量は0.08411 kg-CO ₂ /MJである。また自動車部品1kgあたりの生産燃費消費量は1.74L/部品kgであることから、自動車部品1kgの生産走行時のCO ₂ 排出量は以下のよう計算される。 0.08411 kg-CO ₂ /MJ×34.6MJ/L×1.74 L/部品kg=5.06kg-CO ₂ /kg なお、上記数値はJAPIA LCI算出ガイドライン等からの数値であり、生産走行距離は122,171km前提となっている。

表 3.5.3.3 評価対象製品のバイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体による
フロアボードの歩留まり

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源	
[9]	材料調達・生産	製紙歩留まり	82%	文献	古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t。17,044,684÷20,673,299×100=82%
[9]	材料調達・生産	古紙加工歩留まり	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[9]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[9]	部品生産	モールド成形歩留まり	95%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[9]	部品生産	モールド成形リサイクル時歩留まり	100%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[9]	部品生産	ブロー工法歩留まり	90%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	

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

no.	段階	プロセス	歩留まり	使用データ源	
[10]	材料調達・生産	コンパウンド歩留まり	98%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[10]	部品生産	不織布製造歩留まり	95%	公開データが存在せず、実測データの計測も難しいため、繊維メーカーからのヒアリングから作成。	
[10]	部品生産	ブロー工法歩留まり	90%	実測データ（フォアグラウンドデータ）	
[10]	材料調達・生産	製紙歩留まり	82%	文献	古紙再生促進センターの古紙ハンドブック2019年より、P52の2018年の古紙回収率推移は20,673,299t、P53より2018年の古紙品種別消費量推移は17,044,684t。17,044,684÷20,673,299×100=82%

評価対象製品

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

【使用（バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

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

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 15.2kg-CO₂ である。

【部品生産（バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

$$\text{フロアボード輸送時: } 0.0460 \text{ kg-CO}_2$$

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

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

ブロー工法時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

$$\text{ブロー工法時: } 1.156 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 3.33 \text{ kg} = 3.85 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{モールド成形品輸送時: } 0.020 \text{ kg-CO}_2$$

モールド成形時の歩留まりは 95% である。ただし工程内端材はマテリアルリサイクルを実施し、再度モールド成形機に投入している。リサイクル時の歩留まりは 100% である。つまり 1.300kg のモールド成形時に必要な原材料量は 1.300kg である。

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

$$\text{モールド成形時: } 1.177 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.300 \text{ kg} = 1.530 \text{ kg-CO}_2$$

部品生産時の CO₂ 排出量は 5.45kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボード）】

モールド成形品製造のための古紙必要量は 1.300kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

$$\text{古紙回収時: } 0.0102 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.300 \text{ kg} = 0.0133 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{古紙選別梱包時: } 0.0084 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.300 \text{ kg} = 0.011 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{古紙輸送時: } 0.0049 \text{ kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.300 \text{ kg} = 0.0064 \text{ kg-CO}_2$$

$$\text{コンパウンド輸送時: } 0.0192 \text{ kgCO}_2$$

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

コンパウンド製造時の材料必要量： $1.700\text{kg} \div 0.980 = 1.73\text{kg}$

コンパウンド製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

コンパウンド製造時： $0.315\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.73\text{kg} = 0.545\text{kg-CO}_2$

バイオ PE 必要量： $1.73\text{kg} \times 0.800 = 1.38\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙必要量： $1.73\text{kg} \times 0.200 = 0.346\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙の破砕時の歩留まりは 95%であり、新聞又は段ボール古紙の必要材料量を以下のように計算した。

新聞又は段ボール古紙の破砕時の必要材料量

： $0.346 \div 0.950 = 0.364\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙の破砕時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

新聞又は段ボール古紙の破砕時の CO₂ 排出量：

$0.005\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.364\text{kg} = 0.002\text{kg-CO}_2$

古紙パルプ輸送時： 0.00559kg-CO_2

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

新聞又は段ボール古紙による製紙時の必要材料量： $0.364\text{kg} \div 0.820 = 0.444\text{kg}$

新聞又は段ボール古紙による製紙時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙による製紙時： $0.9923\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.444\text{kg} = 0.440\text{kg-CO}_2$

古紙 0.444kg の古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時： $0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.444\text{kg} = 0.00453\text{kg-CO}_2$

古紙選別梱包時： $0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.444\text{kg} = 0.00372\text{kg-CO}_2$

古紙輸送時： $0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.444\text{kg} = 0.00218\text{kg-CO}_2$

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量： 0.0104kg-CO_2

バイオ PE 輸送時の CO₂ 排出量： 0.390kg-CO_2

バイオ PE 1.38kg の製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

バイオ PE 製造時の CO₂ 排出量： $2.32\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.38\text{kg} = 3.20\text{kg-CO}_2$

材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 4.65 kg-CO₂ である。

使用～材料調達・生産時の CO₂ 排出量は 25.3kg-CO₂ である。

ベースラインである PP-GF 樹脂によるフロアボードの CO₂ 排出量を以下のように推計した。

【使用（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

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

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

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

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

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

使用時の CO₂ 排出量は 18.6kg-CO₂ である。

【部品生産（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

内装部品輸送時：0.0564-CO₂

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

ブロー工法時の必要材料量： $3.673\text{kg} \div 0.900 = 4.08\text{kg}$

ブロー工法時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

ブロー工法時：1.156kg-CO₂/kg×4.08kg=4.72kg-CO₂

ブロー工法によるフロアボードの重量は 3.673kg。重量構成は PP-GF が 2.646kg、不織布が 0.165kg、棒鋼が 0.862kg という構成となっている。

不織布輸送時：0.00150-CO₂

不織布製造時の生産歩留まりは、95%であり、製造中に端材となったポリエステル繊維は再度製造に利用されないため、0.165kg 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。

$0.165\text{kg} \div 0.950 = 0.174\text{kg}$

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：7.01kg-CO₂e×0.174kg=1.22kg-CO₂

評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要があるが、評価対象製品に使用されなかった場合は、再度回収され、再生紙として活用される。なお、評価対象製品と同量の原料を使用した場合のため、モールド成形品向けに使用される古紙 1.300 kg については、製紙時の歩留まりは考慮していない。

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

新聞又は段ボール古紙による製紙時の必要材料量

： $(0.364\text{kg} \div 0.820) + 1.300 = 1.744\text{kg}$

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

古紙による製紙（パルプ化、抄紙）：

0.9923kg-CO₂/kg×1.744kg=1.730kg-CO₂

部品生産時の CO₂ 排出量は 7.73kg-CO₂ である。

【材料調達・生産（PP-GF 樹脂によるフロアボード）】

ポリエステル長繊維輸送時：0.0251kg-CO₂

ポリエステル長繊維 0.174kg 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：7.10kg-CO₂/kg×0.174kg=1.24kg-CO₂

棒鋼輸送時：0.0484kg-CO₂

棒鋼 0.862kg 製造時の CO₂ 排出量を以下のように計算した。

棒鋼製造時：1.459808kg-CO₂/kg×0.862kg=1.26kg-CO₂

コンパウンド輸送時：0.0230kg-CO₂

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： $2.646\text{kg} \div 0.980 = 2.70\text{kg}$
コンパウンド製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。
コンパウンド製造時： $0.763\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 2.70\text{kg} = 2.06\text{kg-CO}_2$

PP 及び GF の必要材料量を以下に計算する。

PP の必要材料量： $2.7\text{kg} \times 0.700 = 1.89\text{kg}$

GF の必要材料量： $2.7\text{kg} \times 0.300 = 0.810\text{kg}$

GF 輸送時： 0.107kg-CO_2

GF0.8kg の製造時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

GF 製造時： $2.40\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 0.810\text{kg} = 1.94\text{kg-CO}_2$

PP 輸送時： 0.209kg-CO_2

PP1.8522kg の製造時の CO_2 排出量を以下に示す。

原油生産： $0.104519\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.89\text{kg} = 0.198\text{kg-CO}_2$

原油輸送： $0.061316\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.89\text{kg} = 0.116\text{kg-CO}_2$

石油精製： $0.252688\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.89\text{kg} = 0.478\text{kg-CO}_2$

石油化学コンビナート： $1.064129\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.89\text{kg} = 2.01\text{kg-CO}_2$

先述したように評価対象製品では余剰の新聞および段ボール古紙の利用を想定しており、それら古紙は日本においては全量回収されている。評価対象製品に使用しなかった場合にベースラインに含める必要がある。製紙製造に必要な新聞又は段ボール古紙の必要材料量は 1.743kg である。古紙回収、古紙選別梱包、古紙選別輸送時の CO_2 排出量を以下のように計算した。

古紙回収時： $0.0102\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.744\text{kg} = 0.0178\text{kg-CO}_2$

古紙選別梱包時： $0.0084\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.744\text{kg} = 0.014\text{kg-CO}_2$

古紙輸送時： $0.0049\text{kg-CO}_2/\text{kg} \times 1.744\text{kg} = 0.0085\text{kg-CO}_2$

材料調達・生産時の CO_2 排出量は 9.75kg-CO_2 である。

使用～材料調達・生産時の CO_2 排出量は 36.1kg-CO_2 である。

評価対象製品とベースラインの比較

CO_2 削減量は

原材料調達・生産時： $9.75\text{kg-CO}_2 - 4.65\text{kg-CO}_2 = 5.10\text{kg-CO}_2$

生産時： $7.73\text{kg-CO}_2 - 5.45\text{kg-CO}_2 = 2.28\text{kg-CO}_2$

使用時： $18.6\text{kg-CO}_2 - 15.2\text{kg-CO}_2 = 3.4\text{kg-CO}_2$

合計削減量： $5.0\text{kg-CO}_2 + 2.26\text{kg-CO}_2 + 3.4\text{kg-CO}_2 = 10.7\text{kg-CO}_2$

表 3.5.3.5 CO₂ 排出削減効果

CO ₂ 排出量と削減効果 (kg-CO ₂)			
③	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	4.65	9.75	5.10
部品生産	5.45	7.73	2.28
使用	15.20	18.6	3.4
合計	25.30	36.1	10.8

フロアボード L C A

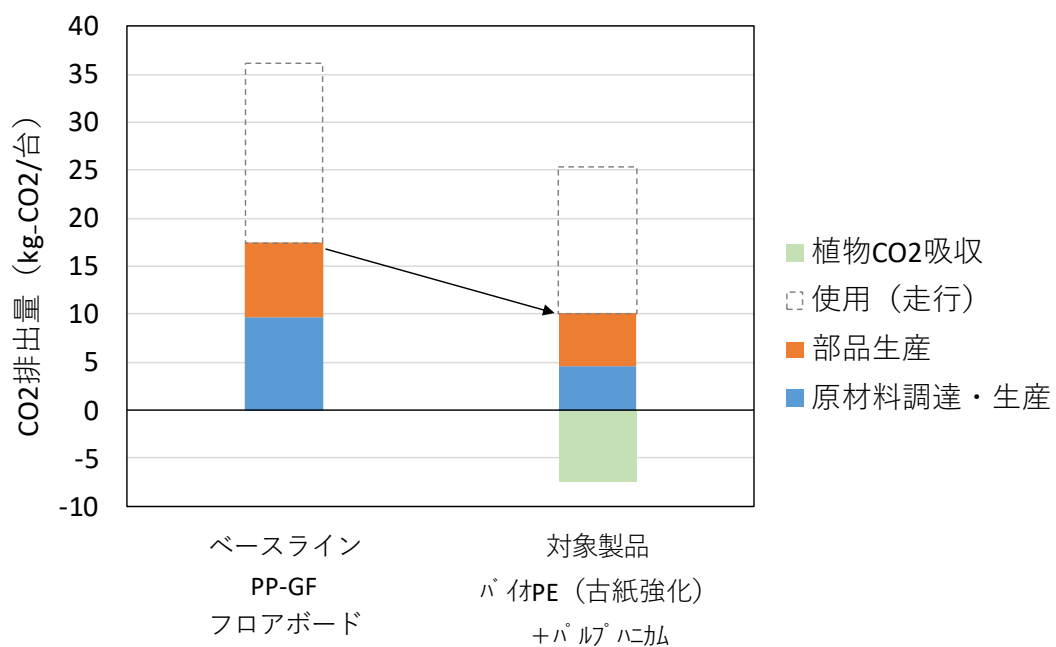


図 3.5.3.1 CO₂ 排出削減効果

3. 6 CO2 排出削減効果まとめ

3. 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。環境省の表 3.6.1.1、図 3.6.1.1 に示す「2018 年度（平成 30 年度）の温室効果ガス排出量（確報値）」によれば、2018 年度の日本の CO₂ 排出量は 1,138 百万トン（CO₂ 換算）である。そのうち 93%の 1,060 百万トンがエネルギー起源であり、残り 7%の 79.0 百万トンが非エネルギー起源である。また非エネルギー起源 CO₂ 排出量においては、無機鉱物製品（セメント等）からの排出が 43%を占めている。その他化学工業・金属生産が 13%、その他一般廃棄物焼却・産業廃棄物焼却等が占める。非エネルギー起源となる化学工業製品製造が日本の CO₂ 排出量に占める比率はわずか 1%以下である。今回推計した CO₂ 排出量をほぼエネルギー起源 CO₂ と考えても問題がないと考える。

仮に化学工業製品製造関連の CO₂ 排出量の 99.08%がエネルギー起源 CO₂ 排出量（93.06%+無機鉱物製品（セメント等）2.96%+その他一般廃棄物焼却・産業廃棄物焼却等 3.06%）をエネルギー起源、0.87%を非エネルギー起源（化学工業・金属生産由来）とカウントした場合の CO₂ 削減効果を表 3.6.1.2～6 に記載する。今回検討したクラフトパルプによる自動車吸音材、新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材、クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア、新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア、新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボードのすべての水準で部品製造時までの合計で CO₂ 削減効果が認められた、またすべての水準でベースラインの部品に対し軽量化できることが想定しており使用（走行）を考慮しても CO₂ 排出削減が見込まれる。今回使用（走行）での CO₂ 排出量を計算した結果は JAPIA LCI 算出ガイドライン等からの数値であり、ガソリン車を想定し生涯走行距離は 122,171km 前提となっている、しかし、この計算結果はパワートレインの種類やタイヤ、空気抵抗等で大きく左右されるため今回は参考としてとらえるべきと考えられる。

なお全量エネルギー起源と判断した場合は、非エネルギー起源の項目で「－」表記を行っている。

表 3.6.1.1 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

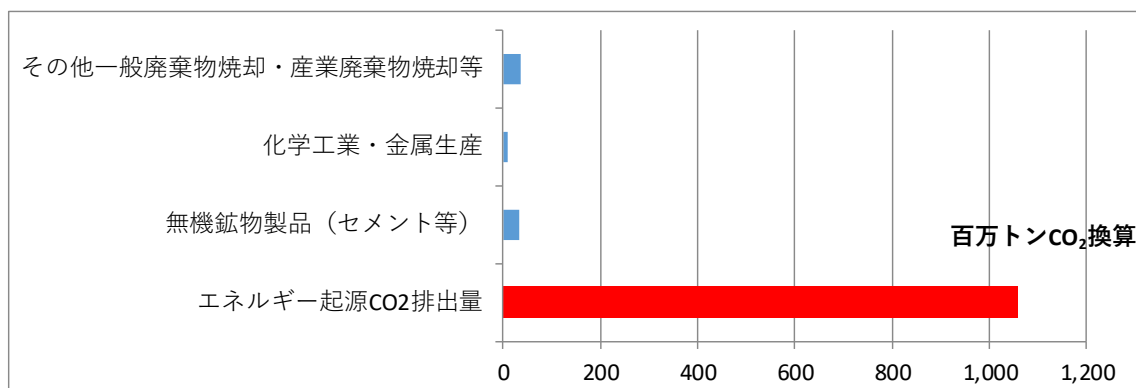


図 3.6.1.1 日本の CO₂ 排出量 (2018 年度)

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

表 3.6.1.2 クラフトパルプによる自動車吸音材の CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

①評価対象製品		仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
		①-1 クラフトパルプによる自動車吸音材		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	0.900	—	0.900
	部品生産	0.781	—	0.781
	使用	14.4	—	14.4
	合計	16.1	—	16.1
②ベースライン		①-1 ポリエステル繊維による自動車吸音材		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	3.7	—	3.7
	部品生産	3.75	0.0321	3.78
	使用	16.4	—	16.4
	合計	23.8	0.0321	23.9
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-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	2.8	—	2.8
	部品生産	2.97	0.0321	3.00
	使用	2.0	—	2.0
	合計	7.77	0.0321	7.8

表 3.6.1.3 新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材の CO₂ 排出量
(エネルギー起源、非エネルギー起源)

①評価対象製品		仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
		①-2 新聞又は段ボール古紙による自動車吸音材		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	0.0153	—	0.0153
	部品生産	0.781	—	0.781
	使用	14.4	—	14.4
	合計	15.2	—	15.2
②ベースライン		①-2 ポリエステル繊維による自動車吸音材		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	3.7	0.032	3.7
	部品生産	4.39	0.0377	4.42
	使用	16.4	—	16.4
	合計	24.4	0.070	24.5
③削減量 (②－①)		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	3.7	0.032	3.7
	部品生産	3.61	0.0377	3.64
	使用	2.0	—	2.0
	合計	9.3	0.070	9.3

表 3.6.1.4 クラフトパルプ配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア
の CO₂ 排出量（エネルギー起源、非エネルギー起源）

①評価対象製品		仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
		②-1 クラフトパルプ配合のバイオPEによるバッテリーキャリア		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	1.90	0.0131	1.91
	部品生産	0.891	—	0.891
	使用	3.69	—	3.69
	合計	6.48	0.0131	6.49
②ベースライン		②-1 PP-（GF+WD）によるバッテリーキャリア		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	1.90	0.0098	1.91
	部品生産	0.980	—	0.980
	使用	3.90	—	3.90
	合計	6.78	0.0098	6.79
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-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	0.00	-0.0033	0.00
	部品生産	0.089	—	0.089
	使用	0.21	—	0.21
	合計	0.30	-0.0033	0.30

表 3.6.1.5 新聞又は段ボール古紙配合のバイオ PE によるバッテリーキャリア
の CO₂ 排出量（エネルギー起源、非エネルギー起源）

①評価対象製品		仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
		②-2 新聞又は段ボール古紙配合のバイオPEによるバッテリーキャリア		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	1.78	0.01226	1.79
	部品生産	0.841	—	0.841
	使用	3.48	—	3.48
	合計	6.10	0.01226	6.11
②ベースライン		②- 2 PP-(GF+WD) によるバッテリーキャリア		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	1.91	0.00589	1.92
	部品生産	1.246	0.00233	1.248
	使用	3.90	—	3.90
	合計	7.06	0.00822	7.07
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-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	0.13	-0.00637	0.13
	部品生産	0.405	0.0023	0.407
	使用	0.42	—	0.42
	合計	0.96	-0.0040	0.96

表 3.6.1.6 バイオ PE と新聞又は段ボール古紙の複合体によるフロアボードの
CO₂ 排出量（エネルギー起源、非エネルギー起源）

①評価対象製品		仮に0.87%を非エネルギー起源とカウント		
		③バイオPE + 新聞又は段ボール古紙配合によるフロアボード		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	材料調達・生産	4.62	0.032	4.65
	部品生産	5.45	—	5.45
	使用	15.2	—	15.2
	廃棄・リサイクル	0.00000		0.00000
	合計	25.3	0.032	25.3
②ベースライン+QQ36:Y67		③PP-GF樹脂によるフロアボード		
		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	9.72	0.0511	9.75
	部品生産	1.714	0.01505	1.729
		7.72	0.0151	7.73
	使用	18.6	—	18.6
	合計	36.1	—	36.1
③削減量（②－①）		エネルギー起源	非エネルギー起源	合計
実証事業 終了時点 (kg-CO ₂ /年)	原材料調達・生産	5.10	0.019	5.10
	部品生産	2.27	0.0151	2.28
	使用	3.4	—	3.4
	合計	10.8	0.034	10.8

【参考文献】

1) JAPIA LCI 算出ガイドライン 付則 2 (使用段階環境負荷算出用
データ表) 第 2 班

平成 30 年 5 月 JAIPA 一般社団法人日本自動車部品工業会
環境対応委員会 LCA 分科会 P4 P13

2) 高度化法告示におけるガソリンの GHG 排出量に係る論点
令和元年 10 月 資源エネルギー庁 資源・燃料部政策課 P9

4 まとめ

本プロジェクトは3年の計画で、自動車向け吸音材料を、非石油由来でリサイクルも可能な材料へ置換することを目的とする。パルプモールドやバイオプラスチックを用いて吸音機能のある自動車部品の試作を行い、性能評価とライフサイクルアセスメント（LCA）の検証を行う。昨年度は自動車向けパルプ、バイオプラスチック材料の性能評価、工程内リサイクル性検討、部品製造時までのLCA評価、そして、欧州での最新の自動車部品やリサイクル技術の調査を行いターゲット部品の選定を行った。

今年度は3つのことを行った。1つ目は、自動車向けパルプ、バイオプラスチック部品の評価を行った。2つ目は、パルプ材料を使用した部品の工程内リサイクル性について、パルプが凝集しないように工夫を行った。3つ目は、パルプ、バイオプラスチック部品の自動車使用時まで加味したLCA評価を行った。結果を以下に示す。

パルプ、バイオプラスチック部品評価の結果、自動車部品として基本的な性能を満足し吸音性に優れ軽量化に寄与できることが分かった。但し、内装部品の要求性能である揮発性有機化合物（volatile organic compounds ; VOC）試験や衝撃性試験の結果、基準を満足せず課題であることがわかった。

パルプ材料を使用した部品の工程内リサイクル性を検証した結果、リサイクルによるパルプ再凝集を抑えることができ、リサイクル材の強度低下を抑えることができた。

パルプ、バイオプラスチック部品の自動車使用時までのLCAを行い、一般に自動車部品に用いられる従来材と比較した結果、CO₂排出削減効果があることが分かった。

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。