

2022 年度事業報告書

自動車リサイクル収支余剰金を活用した個社自主事業

「塗膜付き樹脂リサイクル材の製造工程

および部品適用の課題解決」

2023 年 3 月 6 日

スズキ株式会社

概要

使用済自動車（以下、ELV）から取り外した樹脂部品の中で重量のある廃バンパーをリサイクル材として利用することで自動車シュレッダーダストの削減が期待できる。しかしほとんどのバンパーは塗装されており、リサイクル材料として活用した場合、塗膜の影響により部品製造工程での不具合や外観品質の低下により、自動車部品としての利用拡大に至っていない。現状、回収部品が特定できる修理交換バンパーは一部の自動車部品のみ、回収部品の物性が特定できない ELV から取り外したバンパーは自動車部品以外に再利用されている。塗膜を完全に無くすことが理想ではあるが、工数・コスト増になるため、ELV 由来バンパーによる樹脂リサイクル材の採用に課題がある。廃車由来の塗膜付き樹脂リサイクル材に関する製造工程と部品適用における課題を調査し、①材料および工法の改善、②樹脂部品の表面形状及び色相の改善により課題を解決し、自動車部品への利用拡大を図る。

名称

「塗膜付き樹脂リサイクル材の製造工程および部品適用の課題解決」

実施期間

2022 年 6 月 10 日～2023 年 3 月 31 日

実施体制

代表事業者：スズキ株式会社

共同事業者：いその株式会社

本事業は、スズキ株式会社といその株式会社で実施している。各社の主な役割を図 1 に示す。



図 1. 事業の実施体制図

2022 年度実施内容まとめ

内容	
(1)リサイクル材のシート化技術に関する研究	
① リサイクル材の 検証	<ul style="list-style-type: none"> ▶ベレット作製時の異物除去メッシュのサイズが異なる 3 水準の材料を選定した。メッシュのサイズによって塗膜のサイズが変わるが、体積含有率に変化はなかった。 ▶製品性能を保証する観点から、リサイクル材中の異物の定量化が今後の課題である。
② シート材作製の 課題検証	<ul style="list-style-type: none"> ▶3 水準の材料を用いて、板厚 1 mm, 2 mm, 3 mm の厚みのシート材を作製した。ELV 由来バンパーは射出成形で成形されているため、流動性の指標であるメルトフローレートは高いが、押出成形材は低粘度となる。そのため、t=3 のみ押出成形用のバージン材を加えて作製した。 ▶部品板厚を考慮すると、板厚 3 mm 以上の厚板シート作成が今後の課題となる。
③ シート材成形技 術の課題検証	<ul style="list-style-type: none"> ▶熱プレス成形の事前検証として、シート材の賦形性を真空成形にて確認した。アンダーカバーの要素形状を盛り込んだ型を用いて成形を行った。 ▶材料に含まれる塗膜の影響でシート材が破れる不具合は発生しなかった。さらに、型に塗膜が付着するなどの不具合も発生しなかった。
④ 工法の違いによ る効果の検証	<ul style="list-style-type: none"> ▶射出成形と熱プレス成形の比較では、成形性および物性には差がないことが分かった。 ▶設備に及ぼす影響としては、射出成形においてのみ、洗浄材を用いたパージでも清掃はしきれず、完全除去には成形機の分解清掃が必要となった。 ▶成形方法の違いによる部品費の試算をしたところ、やや射出成形の方が高い試算となったが、大幅な差異は発生しなかった。
(2) 外観向上技術に関する研究	
①色相の設定 ②シボの設定 ③外観評価	<ul style="list-style-type: none"> ▶色相およびシボ形状、シボ深さを变化させたシボプレートを作製し、目視評価ではあるがシボおよび色相による外観向上に効果があることが分かった。 ▶外観品保障のため、塗膜視認性へのシボ・色相の影響メカニズム把握が今後の課題である。

実施結果の詳細については、いその株式会社作成 2022 年度事業報告書を参照のこと。

自動車リサイクル収支余剰金を活用した個社自主事業
「塗膜付き樹脂リサイクル材の製造工程
および部品適用の課題解決」

2022 年度事業報告書

2023 年 3 月 1 日
いその株式会社

目次

1. 個社自主事業の計画	4
1.1. 背景と計画	4
1.2. 事業の実施内容	5
1.2.1. 事業計画概要	5
(1) リサイクル材のシート化技術に関する研究	5
(2) 外観向上技術に関する研究.....	5
1.2.2. 実施スケジュール	6
2. 事業の実施	7
2.1. リサイクル材のシート化技術に関する研究	7
2.1.1. リサイクル材の検証.....	7
(1) リサイクル材の設定	7
(2) 塗膜量の測定	10
(3) リサイクル材の選定結果	12
2.1.2. シート材作製の課題検証	13
(1) シート材作製工法の設定	13
(2) シート材作製の結果	14
2.1.3. シート材を用いた成形技術の課題検証.....	34
(1) シート材成形工法の設定	34
(2) 真空成形の実施.....	35
(3) 真空成形の結果.....	40
2.1.4. 工法の違いによる効果の比較検証.....	42
(1) 射出成形での詰まり検証	43
(2) 射出成形と熱プレス成形の比較	55
2.1.5. まとめ	58
(1) リサイクル材の検証	58
(2) シート材作製の課題検証	58
(3) シート材成形技術の課題検証.....	58
(4) 工法の違いによる効果の検証.....	59
2.2. 外観向上技術に関する研究	60
2.2.1. 色相の設定	60
2.2.2. シボの設定	61
2.2.3. 外観評価.....	62
(1) アンケート結果.....	62
(2) まとめ	72

3. まとめ	73
3.1. 2022 年度の課題	74
3.2. 2023 年度の実施事項	75

1. 個社自主事業の計画

1.1. 背景と計画

現在、使用済自動車（以下 ELV : End of Life Vehicle）の再資源化率は 100%近い水準を達成しているが、今後の自動車リサイクルの方向性としては、ELV に含まれる部品・素材を可能な限り環境負荷が少ない方法でリサイクルし、有効利用を行うことが求められている。

自動車リサイクルワーキンググループ第 51 回合同会議¹(2020 年 11 月 20 日)において、日本プラスチック工業連盟から「廃車由来 (ELV 由来) 樹脂リサイクルの現状と将来展望²」で ELV 由来バンパーの「Car to Car リサイクル」を将来目指すことが示されている。このようなマテリアルリサイクルが促進されることにより自動車シュレッダーダスト（以下 ASR : Automobile Shredder Residue）が削減され、最終的には ASR リサイクル料金に対するユーザー負担削減に資することも期待される。

ELV から取り外した樹脂部品の中で重量のある廃バンパーをリサイクル材として利用することで ASR 削減が期待できる。しかしほとんどのバンパーは塗装されており、リサイクル材料として活用した場合、塗膜の影響により部品製造工程での不具合や外観品質の低下により、自動車部品としての利用拡大に至っていない。

現状、回収部品が特定できる修理交換バンパーは一部の自動車部品のみ、回収部品の物性が特定できない ELV から取り外したバンパーは自動車部品以外に再利用されている。

また、塗膜を完全に無くすことが理想ではあるが、工数・コスト増になるため、ELV 由来バンパーによる樹脂リサイクル材の採用に課題がある。

本事業では塗膜付き ELV 由来バンパーによる樹脂リサイクル材に関する製造工程、部品適用における課題を調査し、材料・工法・設備の改善により課題を解決し、自動車部品への適用拡大を図る。

¹ 産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会 自動車リサイクル WG 中央環境審議会循環型社会部会自動車リサイクル専門委員会 第 51 回合同会議

²

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/haikibutsu_recycle/jidosha_wg/pdf/051_03_01.pdf

1.2. 事業の実施内容

1.2.1. 事業計画概要

先述したように本事業の目的は塗膜付き ELV 由来のバンパー材に関する製造工程と部品適用における課題を調査し、材料・工法・設備の改善により課題を解決し、自動車向けアンダーカバー等の新たな自動車部品に利用拡大を図ることである。そのために材料および工法の改善、樹脂部品の表面形状および色相の改善を目指す。

(1) リサイクル材のシート化技術に関する研究

リサイクル材の一部は、リペレット化（再生材として）され、射出成形によって自動車部品に利用されている。射出成形は、熱で溶かした樹脂を高圧で射出して金型に流し込み形状を作る成形法である。しかし、リサイクル材は、熔融状態での材料物性がバージン材と異なるため、材料が部品全体に行き渡らないショートショットや熱収縮による反りの不具合が発生する。

射出成形による不具合を改善するため、リサイクル材をシート化して、材料物性の影響を受けにくい熱プレス成形を用いた部品製造技術を開発する。

(2) 外観向上技術に関する研究

ELV 由来バンパーのリサイクル材は、混入している塗膜による外観品質の低下が問題の一つである。混入する塗膜は粉砕されて小さくなっているが、材料色と違うため平滑な意匠面では、塗膜が目立つことで外観品質を低下させている。

塗膜が混入したままの外観品質を改善するため、塗膜が目立たないシボ（部品表面のデザイン的な模様）・色相を開発する。

1.2.2. 実施スケジュール

2022年度の実施スケジュールを表 1-1 に示す。

表 1-1.実施スケジュール

		2022 年度												
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
(1)リサイクル材のシート化技術に関する研究	① リサイクル材の検証			→										
	② シート材作製の課題検証				→									
	③シート材を用いた成形技術の課題検証						→							
	④工法の違いによる効果の比較検証					→								
	⑤まとめ						→							
(2)外観向上技術に関する研究	① 色相の設定			→										
	② シボの設定			→										
	③外観評価				→									

2. 事業の実施

2.1. リサイクル材のシート化技術に関する研究

2.1.1. リサイクル材の検証

(1) リサイクル材の設定

ELV 由来バンパー材（以下 ELVBP 材）をもとに塗膜混入量・塗膜サイズを変化させたコンパウンド材料を 3 水準作製する。3 水準を決定するため、事前検証として材料配合割合および材料作成時に異物を除去するメッシュサイズをそれぞれ変更し、評価プレートを含計 11 水準作製した。

図 2-1 にいその保有のコンパウンド製造装置概要を示す。粉碎された ELVBP 材を押出機にて熱を加え熔融することで成形用材料（ペレット）を製造している。メッシュは押出機先端部分のダイス部手前に配置し、メッシュ構造は平織り（以下 H）を使用した。メッシュが細かければ細かいほど異物（塗膜）が取れると想定されるが、その分早くメッシュに異物（塗膜）が詰まりメッシュ交換のために製造が止まることが想定される。そのため、0（＝メッシュ無し）をはじめ、安定した生産が可能と考える、20 メッシュ、40 メッシュ、80 メッシュ、および 100 メッシュまでの間で検討した。また異物（塗膜）の混入量変化による視認性比較のため、ELVBP 材比率を 100%、70%、30%と配合し確認を行なった。試作した材料は、メッシュサイズと ELVBP 材の配合割合から、図 2-3 に示す品番で表すこととした。

押出機ダイス部



押出機メッシュ配置部

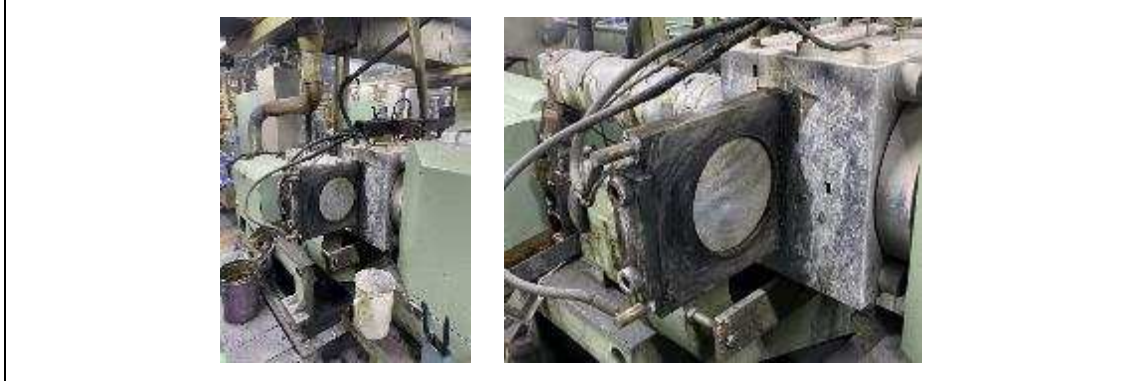


図 2-1.いその保有のコンパウンド製造装置概要

40 メッシュ	80 メッシュ	100 メッシュ

図 2-2. メッシュ外観


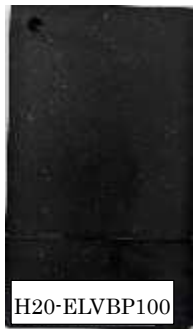









	ELVBP100	ELVBP70	ELVBP30
H0	 1	—	—
H20	 2	—	—
H40	 3	 4	 5
H80	 6	 7	 8
H100	 9	 10	 11

図 2-3. 事前検証として作製した評価プレート全 11 水準

(2) 塗膜量の測定

前項に記載したように本事業では、ELVBP 材をもとに塗膜混入量・塗膜サイズを各 3 水準変化させたコンパウンドを作製するが、メッシュ違いによる塗膜量・サイズの差を確認するため、X 線 CT 撮像と画像解析による塗膜量の定量化を検討した。

評価プレート中に含まれる塗膜のサイズを把握するため、X 線透過画像(2D)を撮影し、塗膜のサイズを計測した。これに加えて、X 線 CT 撮像 (3D) では、使用したプレートを撮像し、画像処理により塗膜の体積を計測した。

① 塗膜のサイズの計測 (X 線透過画像 (2D))

塗膜のサイズを計測するため、X 線透過画像 (2D) を撮影した。塗膜のサイズを計測したところ、メッシュサイズが小さくなると、塗膜のサイズが小さくなることが分かった。また塗膜は最大でも 3 mm と確認できた。

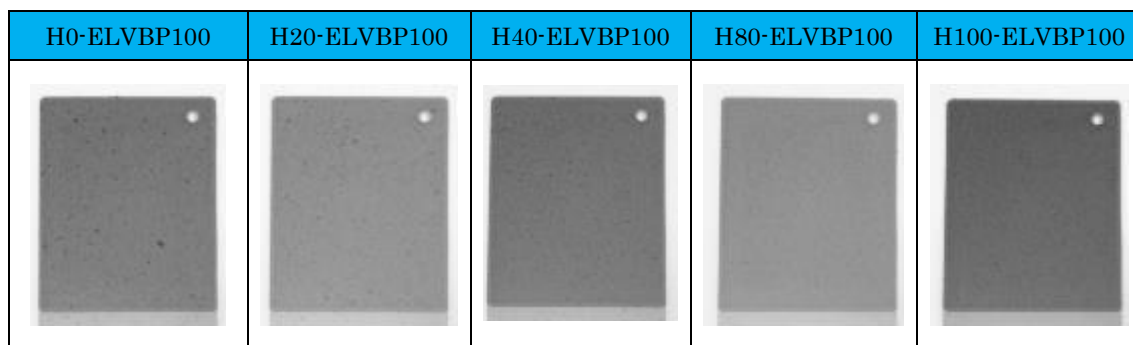


図 2-4. 評価プレート(ELVBP100 材)の X 線透過画像(2D)

② 塗膜の体積の計測 (X 線 CT 撮像 (3D))

X 線 CT 撮像 (3D) により、塗膜の体積を計測した。図 2-5 に X 線 CT 装置 (3D 画像) によるメッシュ別の塗膜の体積含有率を示す。X 線透過画像 (2D) から、塗膜は最大でも 3 mm と確認できた。そのため、X 線 CT 撮像 (3D) から解析した塗膜のデータから、直径 3 mm 以上のものをエラーとして除去し、直径 3 mm 未満のもの体積から度数分布表を作製した。3D スキャンのため、塗膜が重なっている部分などは一塊まりで計算されている可能性がある。

図 2-5 から分かる通り、メッシュサイズが小さくなると塗膜が小さくなっている。ただし、表 2-1 に示すようにメッシュの違いによって塗膜の総体積含有率には大きな変化がないことが分かった。

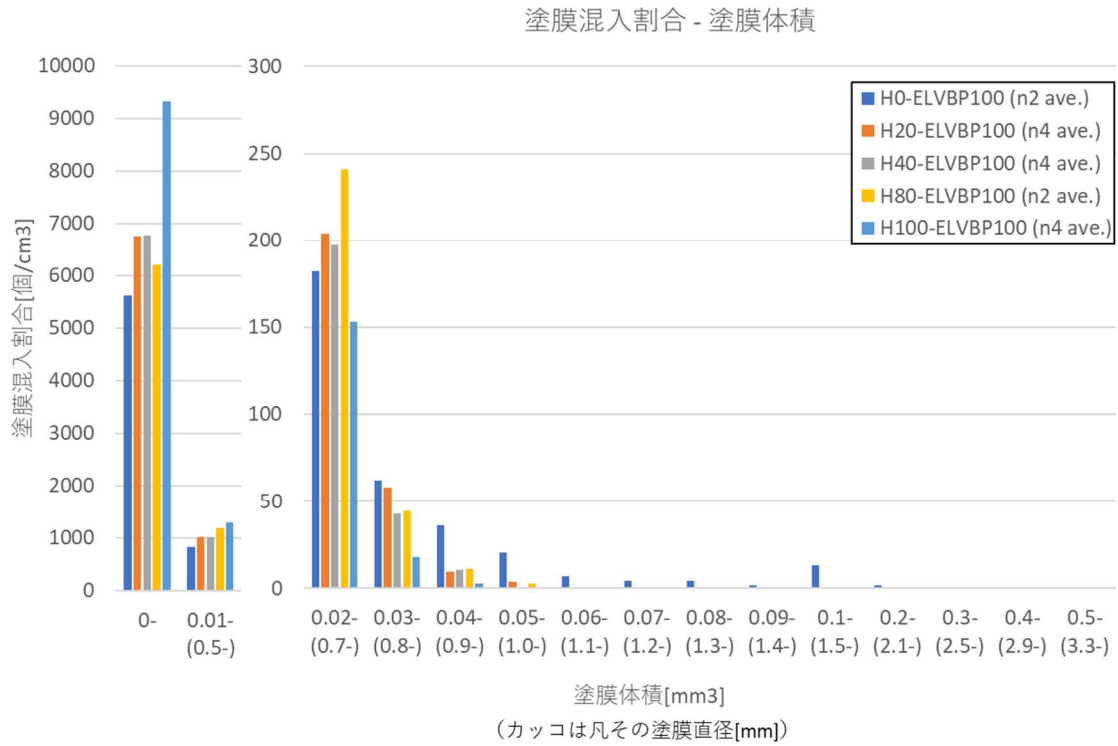


図 2-5. X線 CT 装置 (3D 画像) によるメッシュ別の塗膜の体積含有率

表 2-1. 材料ごとの塗膜の総体積含有率

H0-ELVBP100 材	H20-ELVBP100 材	H40-ELVBP100 材	H80-ELVBP100 材	H100-ELVBP100 材
2.0vol%	1.7vol%	1.6vol%	1.9vol%	1.7vol%

(3) リサイクル材の選定結果

(2)塗膜量の測定の結果から、メッシュサイズはH0～H100の中で一番粗いH20、標準サイズのH40、一番細かなH100の3種類を選択した。

H0（メッシュ無し）の場合、押出機内の樹脂圧が安定しないことによりストランドの太さが一定に保てず生産が不安定となる。そのほか、塗膜以外の異物混入による機器破損等の量産設備へのリスク懸念やH0では3mm以上の異物が確認されたことによる射出成形機での詰まりリスクも考慮し、H0は選択肢から除外した。

さらにELVBP30%でも異物（塗膜）が容易に確認され配合比率の違いによる外観に極端な差異はみられなかったため、リサイクル率の観点を重視しELVBP材の配合比率100%を選定した。

表 2-2. 異物評価プレート 11 水準と選定した 3 水準

	ELVBP 材 100%	ELVBP 材 70%	ELVBP 材 30%
H0	H0-ELVBP100 材	-	-
H20	H20-ELVBP100 材	-	-
H40	H40-ELVBP100 材	H40-ELVBP70 材	H40-ELVBP30 材
H80	H80-ELVBP100 材	H80-ELVBP70 材	H80-ELVBP30 材
H100	H100-ELVBP100 材	H100-ELVBP70 材	H100-ELVBP30 材

2.1.2. シート材作製の課題検証

シートの厚みは、 $t=1$ 、 $t=2$ 、 $t=3$ の3水準でトライを行うこととした。ELVBP 材比率については、最初は 100%として、製造が不可となった場合にバージン材を徐々に混合することとした。

(1) シート材作製工法の設定

サンアッド株式会社（以下サンアッド）において、シート材の作製を行った。H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の3水準の材料を用いて、1枚 1000 mm×1000 mm、厚み $t=1$ 、 $t=2$ 、 $t=3$ の3水準に対し、得られたシート材の外観を確認しながら、 $t=1$ で 109 枚、 $t=2$ で 118 枚、 $t=3$ で 128 枚作製した。

射出グレードであるバンパー由来のリサイクル材料で押出シートを作製すること、同材料に塗膜が混入していることを踏まえ、製造方法（温度帯の設定）をどのように設定するかを関係者で協議した。

表 2-4 より、シート作製前段階において、塗膜のサイズが小さい H100-ELVBP100 材によるシートは作製しやすく、塗膜のサイズが大きい H20-ELVBP100 材のシートは作製しにくいこと、厚みでは薄い $t=1$ が作製しやすく、厚い $t=3$ が作製しにくいことを想定した。そのため、その中間である H40-ELVBP100 材の $t=1$ 、 2 の作製から開始し、温度帯の確認・調整を行うとともにその結果を他の使用材料のシート作製にも反映した。

表 2-3.シート材作製概要

項目	詳細			
シート材作製場所	サンアッド株式会社（岐阜県瑞穂市）			
使用材料と作製目標	使用材料	1枚のサイズ ¹⁾	厚み	枚数
	H20-ELVBP100 材	1000mm×1000mm	$t=1$	合計 355 枚 ²⁾
	H40-ELVBP100 材		$t=2$	
	H100-ELVBP100 材		$t=3$	

1) 真空成形は 1000 mm×1000 mm のシートを 500 mm×500 mm へ切断して使用

2) 物性評価用 45 枚、成形評価用 310 枚

表 2-4.各材料・厚みの製造のしやすさ想定

	$t=3$	$t=2$	$t=1$
H20-ELVBP100 材	難		
H40-ELVBP100 材			
H100-ELVBP100 材			易



(2) シート材作製の結果

① シート材作製

温度条件やローラーのクリアランスを調整し、シート成形を行った。シート成形結果を表 2-5 に示す。

H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材および H100-ELVBP100 材の t=3 で成形時に表面に傷が入る外観不良（図 2-6）が偶発的に発生した。はっきりとした原因は追究できていないが、t=3 はシート押出機のリップロより大きい厚みとなり樹脂の供給不足が起きることやローラー圧縮前の樹脂溜まりを大きくする必要があること、圧縮前に樹脂が冷え固まってしまうことで表面が荒れやすくなることが考えられる。

解決策として、t=3 の成形においては全ての材料に押出グレードのバージン材を 20% 添加した。その結果 H20-ELVBP80 材、H40-ELVBP80 材および H100-ELVBP80 材の外観不良の発生頻度は減少した。

表 2-5.シート作製枚数

メッシュサイズ	ELVBP 材配合比率	材料名	シート厚み	作製枚数
H20	100%	H20-ELVBP100 材	t=1	20 枚
			t=2	34 枚
	80%	H20-ELVBP80 材	t=3	55 枚
H40	100%	H40-ELVBP100 材	t=1	30 枚
			t=2	30 枚
	80%	H40-ELVBP80 材	t=3	58 枚
H100	100%	H100-ELVBP100 材	t=1	27 枚
			t=2	43 枚
	80%	H100-ELVBP80 材	t=3	58 枚



図 2-6. t=3 の外観不良例 (H40-ELVBP100 材)

② 設備への影響

塗膜入りの材料を使用したことによる設備への影響について確認を行った。塗膜が入っていない通常の次工程材を使用してシリンダー内に残存する前工程材の排出を行う手法にて押出機内のパージを行った。パージにより排出された樹脂には塗膜が混入していたため、塗膜除去の目処が立つまで押出しを行った結果、塗膜が入っていない材料を使用した通常操業と比べ 1.5 倍の次工程材を使用することとなった。

③ シート材物性測定

作製したシート材について、引張強度(MD、TD)、曲げ弾性率(MD、TD)、融点、粘度(温度依存性)、高速引張、面衝撃(パンクチャー衝撃)を測定した。

・ 引張強度 (MD、TD)

シート材の引張強度(MD、TD)の結果を表 2-6、図 2-7、図 2-8 に示す。

表 2-6. 引張強度

試料	試験数	MD 方向		TD 方向	
		引張強さ [MPa]	引張破壊 ひずみ [%]	引張強さ [MPa]	引張破壊 ひずみ [%]
H20-ELVBP100 材	1	19.380	11.096	14.892	8.351
	2	19.028	7.394	14.814	9.371
	3	19.148	8.389	14.884	12.491
	4	18.823	8.356	14.901	16.024
	5	19.095	10.179	14.807	10.433
	平均値	19.1	9.1	14.9	11.0
H40-ELVBP100 材	1	19.475	11.503	14.886	14.224
	2	19.487	9.877	14.893	18.829
	3	19.041	11.286	14.809	17.798
	4	19.028	8.363	14.726	20.139
	5	19.385	6.929	14.823	23.242
	平均値	19.3	9.60	14.8	19.0
H100-ELVBP100 材	1	19.139	12.750	15.213	19.517
	2	19.018	10.564	15.135	13.421
	3	18.978	11.679	15.184	22.664
	4	18.981	17.179	15.232	15.578
	5	19.124	13.602	15.107	21.535
	平均値	19.0	13.0	15.2	19.0

MD方向

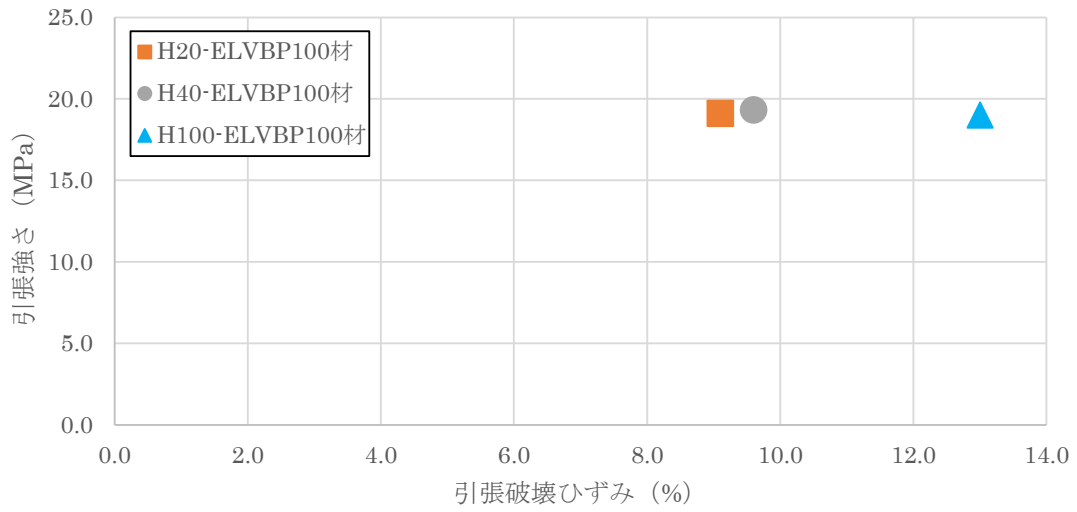


図 2-7. 引張強さと引張破壊ひずみ (MD 方向)

TD方向

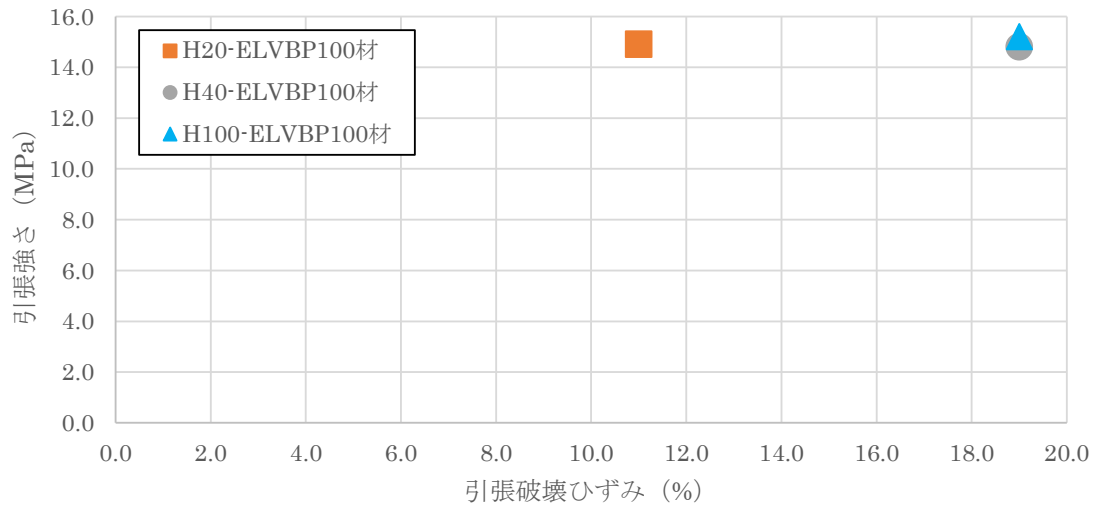


図 2-8. 引張強さと引張破壊ひずみ (TD 方向)

・曲げ試験（強さ・弾性率）

シート材の曲げ試験（強さ・弾性率）の結果を表 2-7、図 2-9、図 2-10 に示す。

表 2-7.曲げ試験

試料	試験数	MD 方向		TD 方向	
		曲げ強さ [MPa]	曲げ弾性率 [MPa]	曲げ強さ [MPa]	曲げ弾性率 [MPa]
H20-ELVBP100 材	1	32.204	1950.6	25.116	1485.8
	2	31.774	1854.3	25.075	1463.2
	3	31.910	1874.2	25.265	1495.3
	4	32.214	1906.9	25.093	1439.4
	5	31.644	1909.5	25.248	1534.3
	平均値	31.9	1900	25.2	1480
H40-ELVBP100 材	1	30.691	1648.4	24.361	1289.1
	2	31.054	1635.6	24.290	1283.9
	3	31.283	1646.3	23.639	1160.8
	4	30.725	1650.5	23.183	1148.3
	5	31.099	1625.0	24.523	1206.8
	平均値	31.0	1640	24.0	1220
H100-ELVBP100 材	1	31.312	1639.50	25.189	1345.2
	2	31.589	1897.4	24.797	1327.6
	3	30.762	1604.6	24.903	1340.0
	4	31.142	1698.0	25.175	1370.4
	5	31.820	1763.8	25.056	1356.0
	平均値	31.3	1720	25.0	1350

MD方向

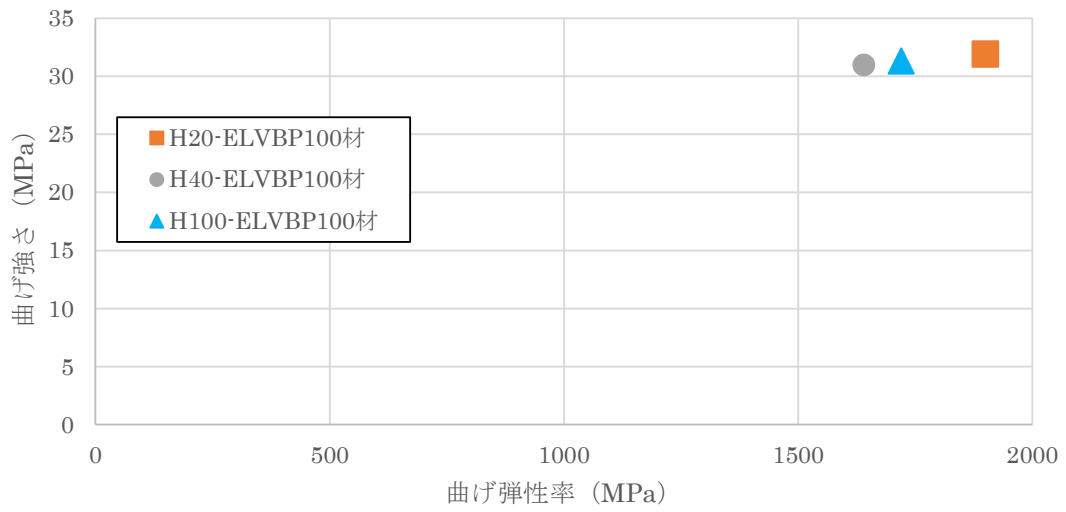


図 2-9. 曲げ強さと曲げ弾性率 (MD 方向)

TD方向

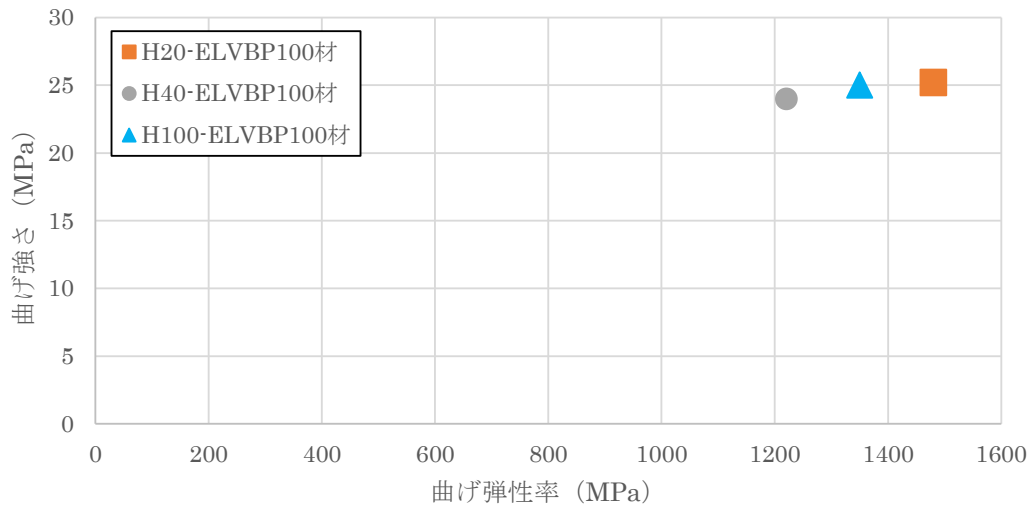


図 2-10. 曲げ強さと曲げ弾性率 (TD 方向)

・融点測定

シート材の融点測定結果を表 2-8、図 2-11 に示す。

表 2-8.融解温度

試料	条件	融解温度 (°C)		
		補外融解開始温度	融解ピーク温度	補外融解終了温度
		T_{im} (°C)	T_{pm} (°C)	T_{em} (°C)
H20- ELVBP100 材	1 回目昇温時	156.9	168.3	171.6
	2 回目昇温時	163.1	166.7	169.9
H40- ELVBP100 材	1 回目昇温時	156.3	168.3	171.4
	2 回目昇温時	163.2	166.4	169.7
H100- ELVBP100 材	1 回目昇温時	159.2	167.5	171.2
	2 回目昇温時	163.4	166.3	169.9

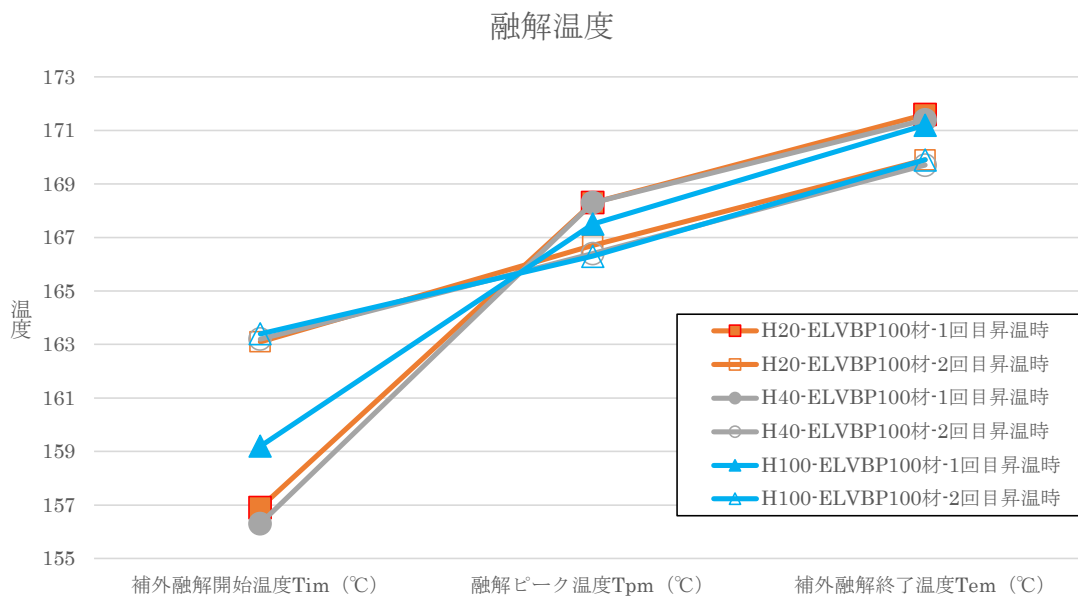


図 2-11.融解温度

・ 粘度試験

シート材の粘度試験結果を表 2-9、図 2-12、表 2-10、図 2-13、表 2-11、図 2-14 に示す。試験条件はいずれもキャピラリー長 30.0 cm、キャピラリー径 1.0 mm、炉体径 9.55 mm である。

表 2-9.粘度試験 (H20-ELVBP100 材)

試験温度 (°C)	ピストン スピード (mm/min)	剪断速度 (1/sec)	剪断応力 (Pa)	粘度 (Pa・s)	圧力 (Pa)
190.0	200.0	2.432E+03	1.338E+05	5.503E+01	1.606E+07
	100.0	1.216E+03	1.038E+05	8.535E+01	1.245E+07
	50.0	6.080E+02	7.995E+04	1.315E+02	9.594E+06
	20.0	2.432E+02	5.527E+04	2.272E+02	6.632E+06
	10.0	1.216E+02	4.013E+04	3.300E+02	4.816E+06
	5.0	6.080E+01	2.757E+04	4.535E+02	3.309E+06
	2.0	2.432E+01	1.608E+04	6.611E+02	1.929E+06
	1.0	1.216E+01	1.056E+04	8.681E+02	1.267E+06
210.0	200.0	2.432E+03	1.121E+05	4.609E+01	1.345E+07
	100.0	1.216E+03	8.673E+04	7.132E+01	1.041E+07
	50.0	6.080E+02	6.608E+04	1.087E+02	7.930E+06
	20.0	2.432E+02	4.618E+04	1.899E+02	5.541E+06
	10.0	1.216E+02	3.327E+04	2.736E+02	3.993E+06
	5.0	6.080E+01	2.312E+04	3.803E+02	2.775E+06
	2.0	2.432E+01	1.303E+04	5.358E+02	1.564E+06
	1.0	1.216E+01	8.193E+03	6.737E+02	9.832E+05
230.0	200.0	2.432E+03	9.775E+04	4.019E+01	1.173E+07
	100.0	1.216E+03	7.546E+04	6.206E+01	9.056E+06
	50.0	6.080E+02	5.688E+04	9.355E+01	6.826E+06
	20.0	2.432E+02	3.843E+04	1.580E+02	4.611E+06
	10.0	1.216E+02	2.678E+04	2.202E+02	3.214E+06
	5.0	6.080E+01	1.764E+04	2.902E+02	2.117E+06
	2.0	2.432E+01	1.003E+04	4.122E+02	1.203E+06
	1.0	1.216E+01	6.227E+03	5.121E+02	7.472E+05

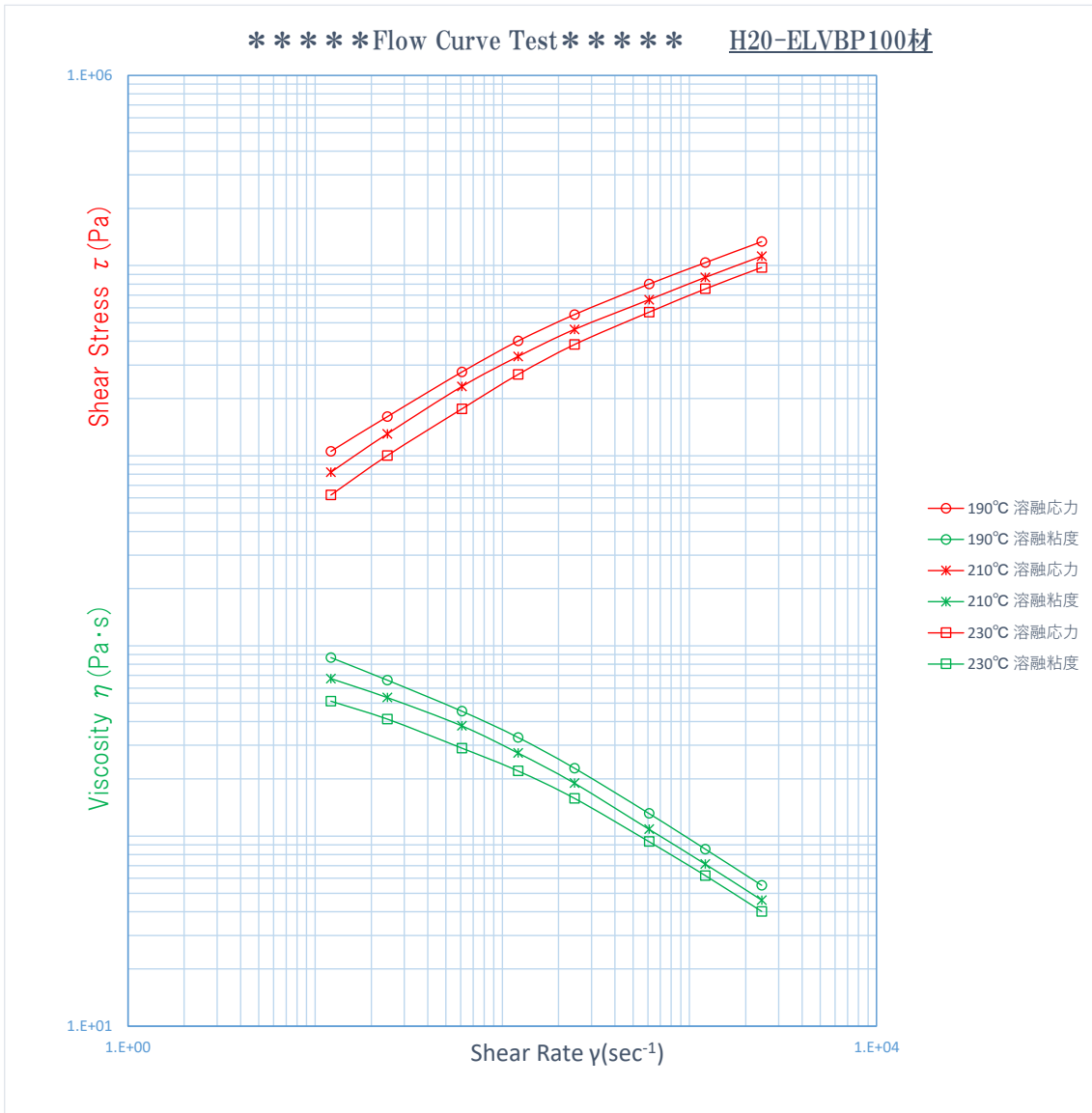


図 2-12. 粘度試験 (H20-ELVBP100 材)

表 2-10. 粘度試験 (H40-ELVBP100 材)

試験温度 (°C)	ピストン スピード (mm/min)	剪断速度 (1/sec)	剪断応力 (Pa)	粘度 (Pa・s)	圧力 (Pa)
190.0	200.0	2.432E+03	1.321E+05	5.432E+01	1.585E+07
	100.0	1.216E+03	1.037E+05	8.529E+01	1.245E+07
	50.0	6.080E+02	7.872E+04	1.295E+02	9.446E+06
	20.0	2.432E+02	5.385E+04	2.214E+02	6.462E+06
	10.0	1.216E+02	4.087E+04	3.361E+02	4.904E+06
	5.0	6.080E+01	2.878E+04	4.733E+02	3.453E+06
	2.0	2.432E+01	1.670E+04	6.868E+02	2.004E+06
	1.0	1.216E+01	1.061E+04	8.726E+02	1.273E+06
210.0	200.0	2.432E+03	1.128E+05	4.639E+01	1.354E+07
	100.0	1.216E+03	8.716E+04	7.168E+01	1.046E+07
	50.0	6.080E+02	6.644E+04	1.093E+02	7.973E+06
	20.0	2.432E+02	4.399E+04	1.809E+02	5.279E+06
	10.0	1.216E+02	3.170E+04	2.607E+02	3.804E+06
	5.0	6.080E+01	2.156E+04	3.546E+02	2.587E+06
	2.0	2.432E+01	1.231E+04	5.063E+02	1.478E+06
	1.0	1.216E+01	7.569E+03	6.224E+02	9.083E+05
230.0	200.0	2.432E+03	9.697E+04	3.987E+01	1.164E+07
	100.0	1.216E+03	7.338E+04	6.034E+01	8.806E+06
	50.0	6.080E+02	5.713E+04	9.396E+01	6.855E+06
	20.0	2.432E+02	3.858E+04	1.586E+02	4.629E+06
	10.0	1.216E+02	2.786E+04	2.291E+02	3.343E+06
	5.0	6.080E+01	1.792E+04	2.947E+02	2.151E+06
	2.0	2.432E+01	9.927E+03	4.082E+02	1.191E+06
	1.0	1.216E+01	6.135E+03	5.045E+02	7.362E+05

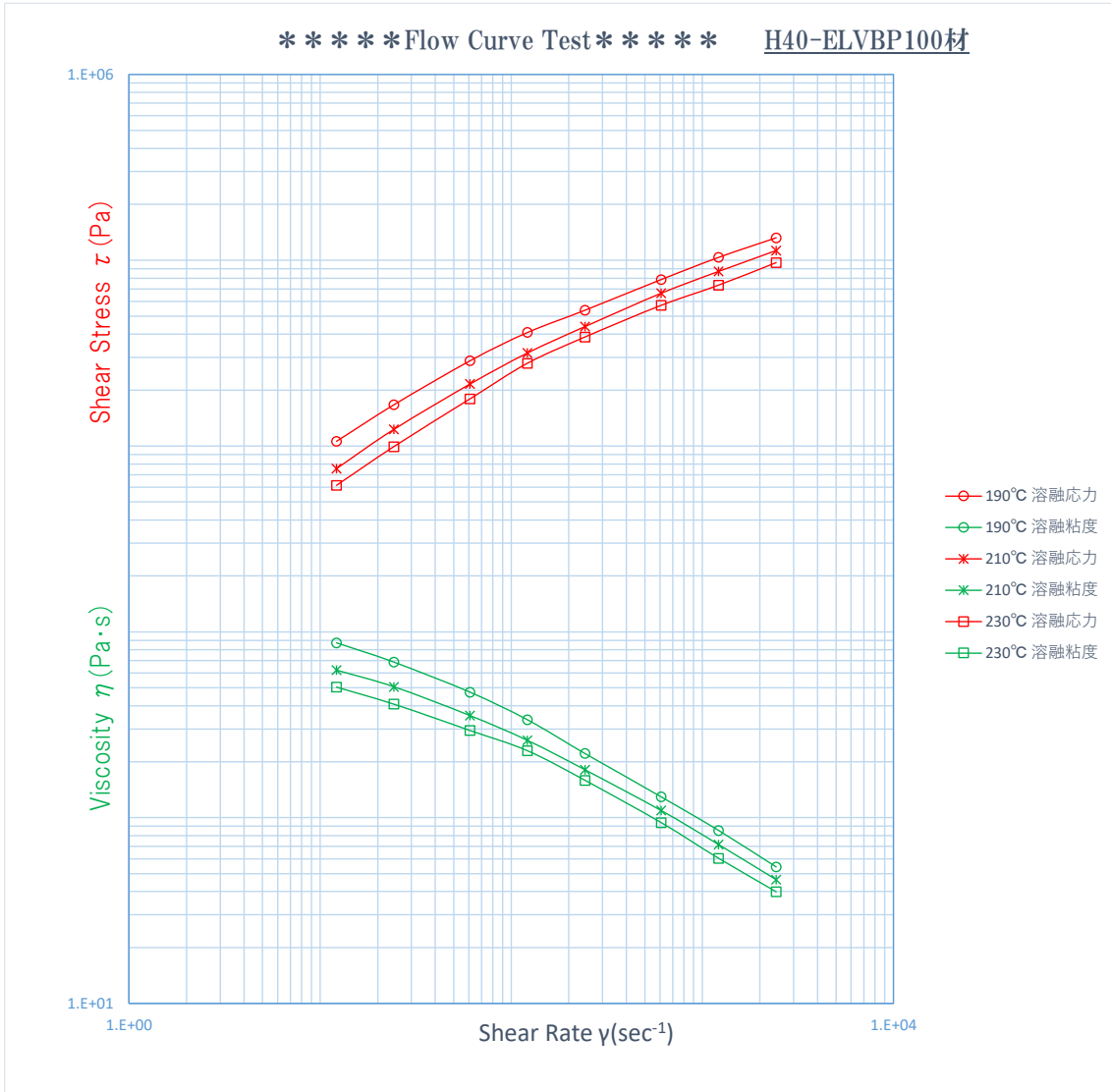


図 2-13. 粘度試験 (H40-ELVBP100 材)

表 2-11. 粘度試験 (H100-ELVBP100 材)

試験温度 (°C)	ピストン スピード (mm/min)	剪断速度 (1/sec)	剪断応力 (Pa)	粘度 (Pa・s)	圧力 (Pa)
190.0	200.0	2.432E+03	1.316E+05	5.412E+01	1.579E+07
	100.0	1.216E+03	1.022E+05	8.405E+01	1.226E+07
	50.0	6.080E+02	7.771E+04	1.278E+02	9.325E+06
	20.0	2.432E+02	5.227E+04	2.149E+02	6.273E+06
	10.0	1.216E+02	3.830E+04	3.149E+02	4.596E+06
	5.0	6.080E+01	2.705E+04	4.448E+02	3.246E+06
	2.0	2.432E+01	1.592E+04	6.546E+02	1.910E+06
	1.0	1.216E+01	1.009E+04	8.298E+02	1.211E+06
230.0	200.0	2.432E+03	9.545E+04	3.925E+01	1.145E+07
	100.0	1.216E+03	7.292E+04	5.997E+01	8.751E+06
	50.0	6.080E+02	5.508E+04	9.060E+01	6.610E+06
	20.0	2.432E+02	3.655E+04	1.503E+02	4.386E+06
	10.0	1.216E+02	2.542E+04	2.090E+02	3.050E+06
	5.0	6.080E+01	1.629E+04	2.678E+02	1.954E+06
	2.0	2.432E+01	9.077E+03	3.732E+02	1.089E+06
	1.0	1.216E+01	5.570E+03	4.581E+02	6.684E+05
210.0	200.0	2.432E+03	1.106E+05	4.546E+01	1.327E+07
	100.0	1.216E+03	8.490E+04	6.981E+01	1.019E+07
	50.0	6.080E+02	6.461E+04	1.063E+02	7.753E+06
	20.0	2.432E+02	4.290E+04	1.764E+02	5.149E+06
	10.0	1.216E+02	3.032E+04	2.493E+02	3.638E+06
	5.0	6.080E+01	2.097E+04	3.449E+02	2.517E+06
	2.0	2.432E+01	1.190E+04	4.892E+02	1.428E+06
	1.0	1.216E+01	7.342E+03	6.038E+02	8.810E+05

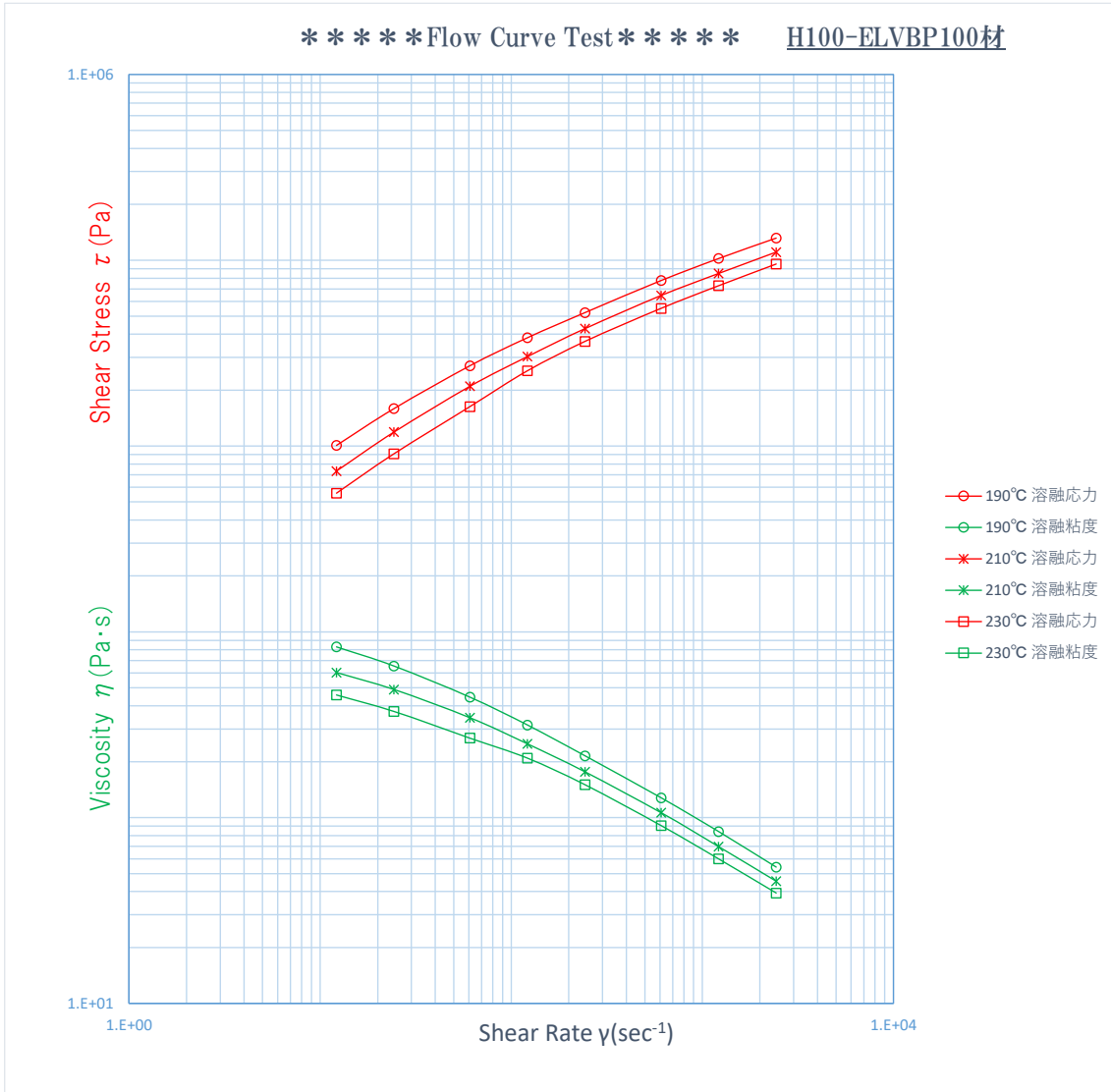


図 2-14. 粘度試験 (H100-ELVBP100 材)

・高速引張試験

シート材の高速引張試験結果を表 2-12、表 2-13、図 2-15、図 2-16 に示す。

表 2-12.高速引張試験 (23℃)

試料名	試験速度 (m/ s)	降伏応力 (MPa)	破壊応力 (MPa)	破壊呼び ひずみ(%)	引張強さ (MPa)
H20-ELVBP100 材	0.0005	18.7	15.9	8.5	18.7
	0.05	21.9	18.0	10.0	21.9
	5	79.5	8.2	4.8	79.5
H40-ELVBP100 材	0.0005	19.0	15.9	11.0	19.0
	0.05	22.4	17.3	11.0	22.4
	5	70.0	7.3	5.8	70.0
H100-ELVBP100 材	0.0005	18.8	14.6	13.0	18.8
	0.05	22.0	16.9	16.0	22.0
	5	71.1	7.4	6.3	71.1

表 2-13.高速引張試験 (-30℃)

試料名	試験速度 (m/ s)	降伏応力 (MPa)	破壊応力 (MPa)	破壊呼び ひずみ(%)	引張強さ (MPa)
H20-ELVBP100 材	0.0005	34.1	28.0	7.1	34.1
	0.05	42.5	38.3	4.6	42.5
	5	65.0	6.9	4.4	65.0
H40-ELVBP100 材	0.0005	35.1	27.7	9.7	35.1
	0.05	44.9	40.6	4.7	44.9
	5	63.4	6.6	3.8	63.4
H100-ELVBP100 材	0.0005	34.0	28.9	13.0	34.0
	0.05	42.0	36.9	5.5	42.0
	5	78.2	8.3	4.1	78.2

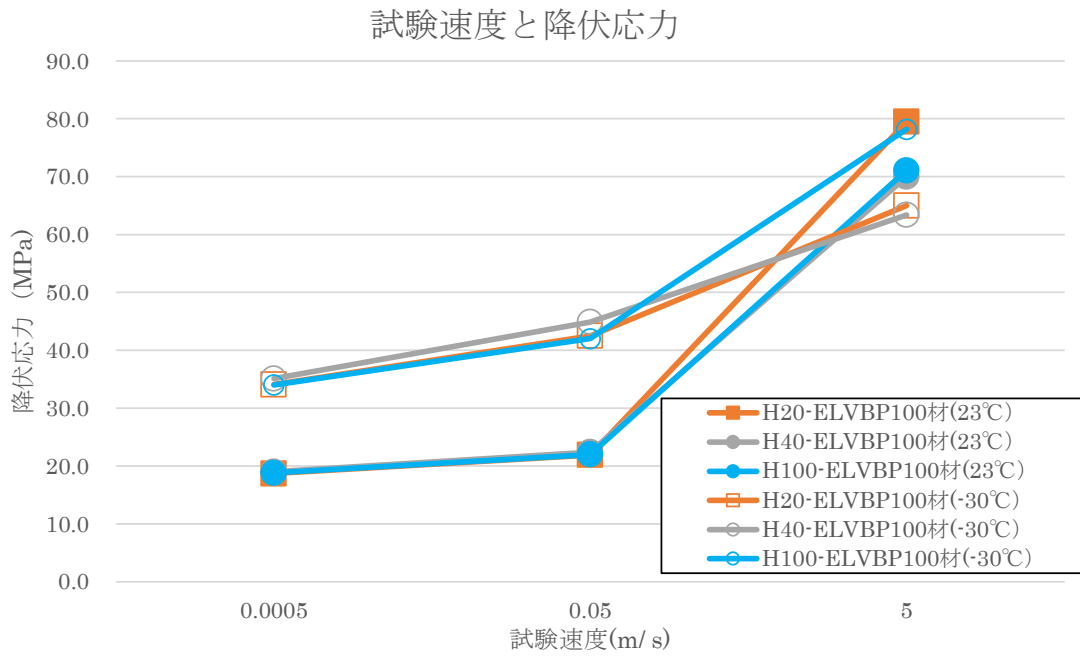


図 2-15.試験速度と降伏応力

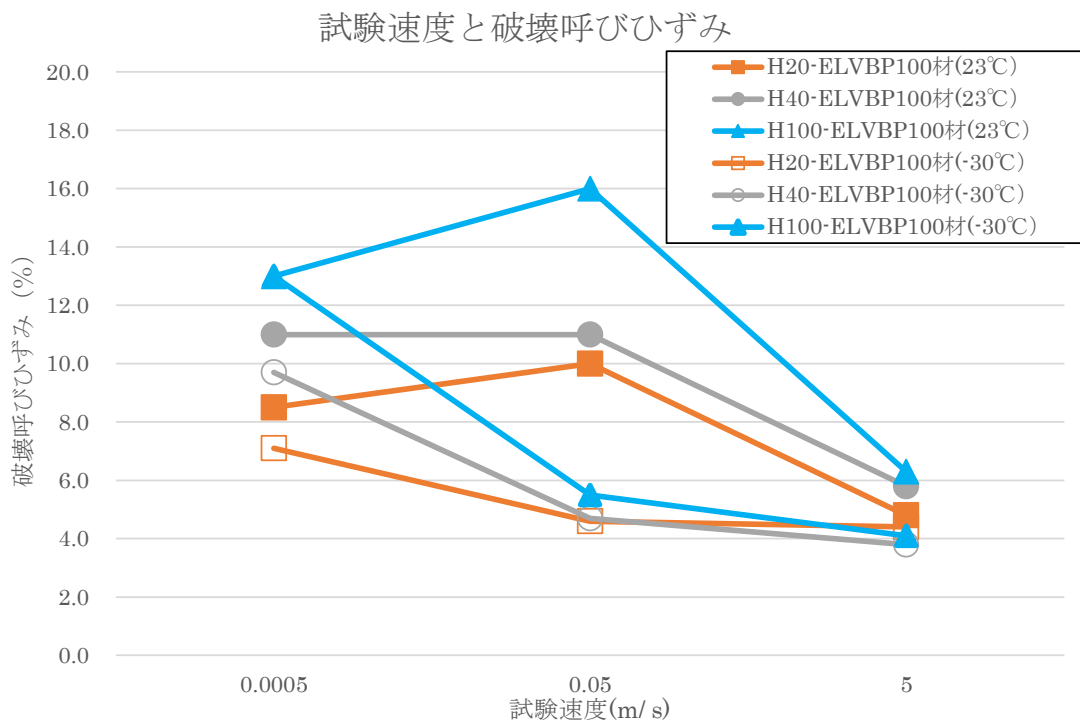


図 2-16.試験速度と破壊呼びひずみ

・面衝撃（パンクチャー衝撃）

シート材の面衝撃（パンクチャー衝撃）の試験結果を表 2-14 に示す。試験規格 は JIS K7211-2 : 2006 に準じて実施した。なお、破壊タイプの YU は不安定き裂によっておこる降伏、NY は降伏しない挙動を意味する。

表 2-14.面衝撃

試料名	試験温度 (°C)	試験速度 (m/s)	最大衝撃力 (kN)	最大衝撃力点		パンクチャー点		破壊タイプ
				変位 (mm)	エネルギー (J)	変位 (mm)	エネルギー (J)	
H20- ELVBP100 材	23	1.5	1.40	11	7.0	12	7.6	YU
		4.4	1.40	11	6.4	11	7.3	YU
		10	1.10	10	3.8	11	5.3	YU
	-30	1.5	0.65	4	1.1	5	1.3	NY
		4.4	0.27	3	0.3	3	0.4	NY
		10	0.09	1	0.1	2	0.1	NY
H40- ELVBP100 材	23	1.5	1.40	11	7.0	12	7.6	YU
		4.4	1.40	10	6.1	11	7.0	YU
		10	1.30	10	4.8	11	6.3	YU
	-30	1.5	0.74	5	1.3	5	1.5	NY
		4.4	0.21	3	0.3	3	0.3	NY
		10	0.09	2	0.1	2	0.1	NY
H100- ELVBP100 材	23	1.5	1.50	12	7.8	12	8.3	YU
		4.4	1.50	11	7.5	12	8.5	YU
		10	1.50	10	6.3	12	8.2	YU
	-30	1.5	0.89	5	1.8	5	2.0	NY
		4.4	0.23	3	0.3	3	0.4	NY
		10	0.10	2	0.1	2	0.1	NY

・参考（一般機械物性）

過去のデータと比較して、今回の選定の妥当性を検証するため、2019年度のJ-FAR助成事業「自動車由来樹脂リサイクル可能性実証³」（以下過去実証数値）よりバンパー回収時の一般機械物性数値と本実証の結果の比較を行った。

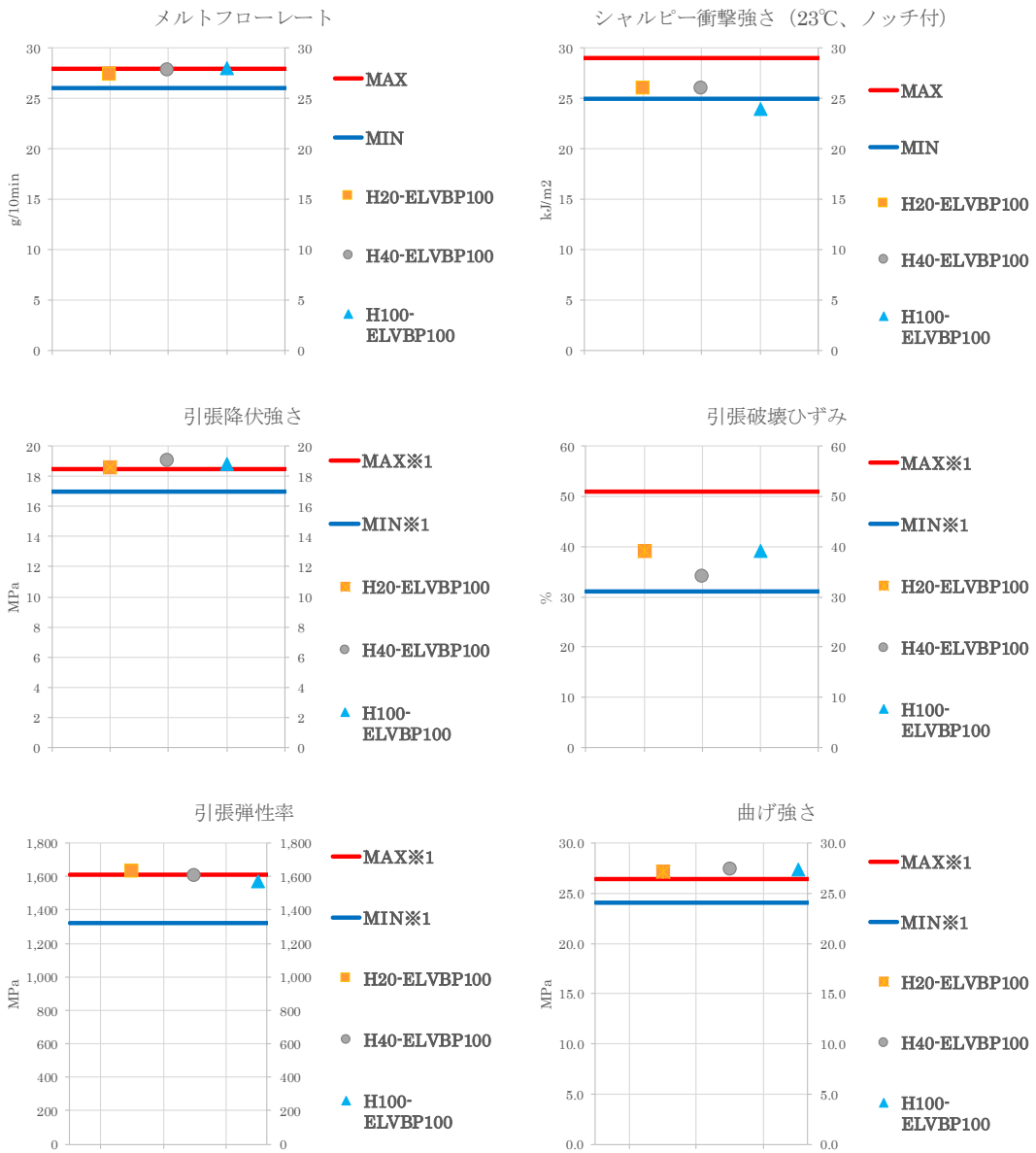
過去実証数値はバンパーを回収する際に自動車メーカーを区分することなく回収を行ったもので、回収規模はn=18で約20tである。回収から再生樹脂の量産を見据えた工程で実施し、物性のばらつきの提示を行った。

表 2-15、図 2-17、図 2-18 より過去実証数値と今回の H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の物性値はどれも近い数値となっており、大きな物性の差はないものと考えられる。

³ https://j-far.or.jp/wp-content/uploads/2019report_YRI.pdf

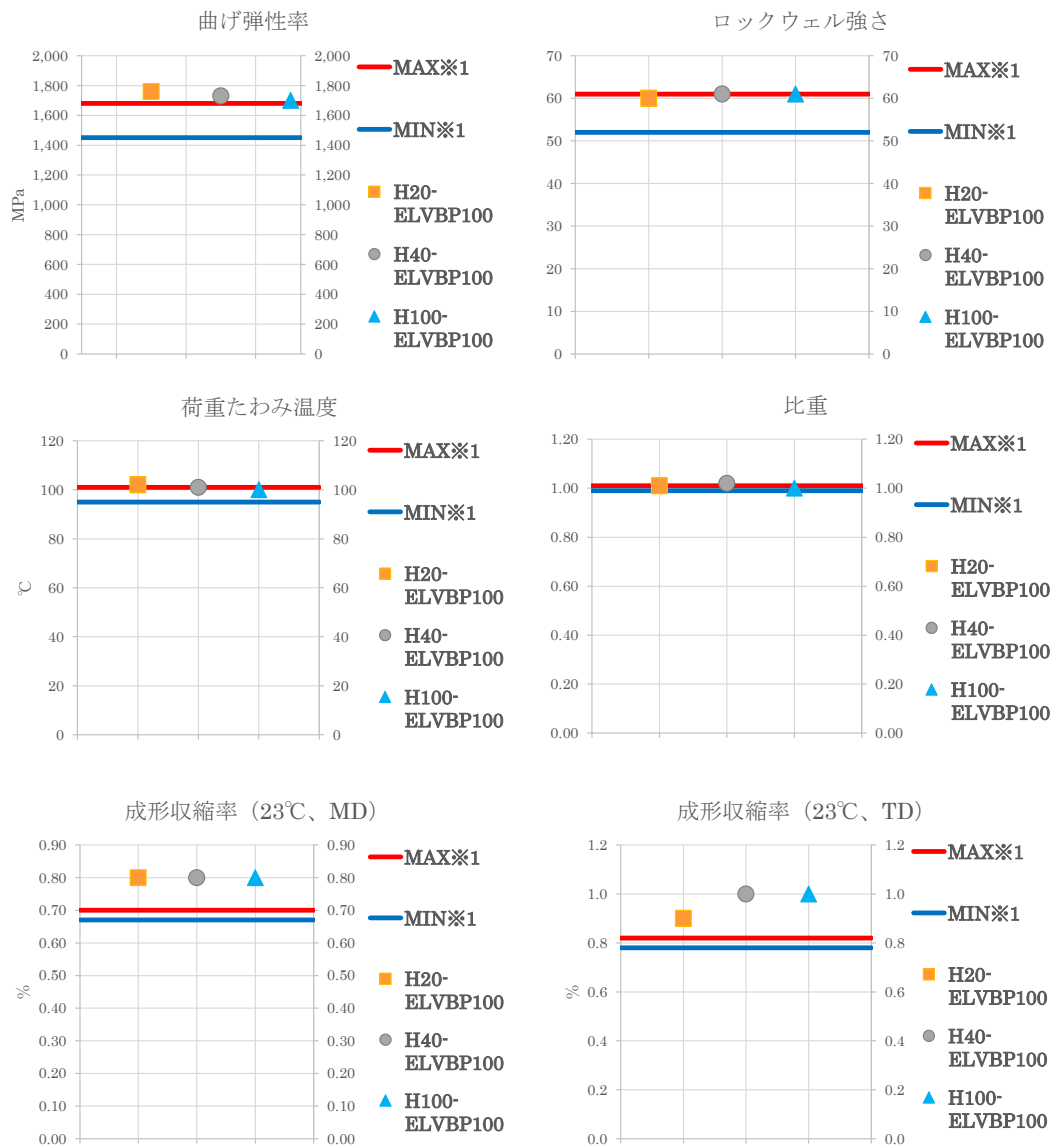
表 2-15.過去実証と本実証の一般機械物性比較

				2019年度 J-FAR助成事業「自動車由来樹脂リサイクル可能性実証」より																		本実証		
				No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	H20- ELVBP 100材	H40- ELVBP 100材	H100- ELVBP 100材
メルトフロー レート	230°C、21N	g/10min	ISO1133	26	28	27	26	26	26	28	27	27	27	27	27	27	28	27	26	26	26	27	28	28
シャルピー衝撃 強さ	23°C、ノッチ付	kJ/m2	ISO 179-1	28	25	27	29	28	27	26	27	26	28	26	27	26	26	27	26	26	26	26	26	24
	-30°C、ノッチ付	kJ/m2	ISO 179-1	4.8	4.9	5.0	4.8	5.1	5.0	4.6	4.7	4.6	4.7	4.8	5.1	4.9	5.6	5.0	5.2	5.2	5.5	—	—	—
引張降伏強さ	速度50mm/min	MPa	ISO 527-1	18.0	18.1	18.1	17.9	18.1	17.9	17.9	17.9	18.5	18.5	18.2	18.1	18.0	17.7	17.5	17.0	17.0	17.1	18.6	18.8	18.8
引張破壊ひずみ	速度50mm/min	%	ISO 527-1	34	35	39	46	31	43	48	43	37	37	45	31	38	51	46	42	48	50	39	34	39
引張弾性率	速度1.0mm/min	MPa	ISO 527-1	1,540	1,610	1,610	1,540	1,540	1,500	1,530	1,490	1,570	1,580	1,550	1,530	1,460	1,440	1,410	1,340	1,350	1,320	1,630	1,600	1,570
曲げ強さ	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	26.0	26.2	25.9	25.6	25.9	26.1	25.8	25.6	26.2	26.3	26.1	26.4	26.2	25.4	25.1	24.1	24.3	24.4	27.1	27.3	27.3
曲げ弾性率	速度2.0mm/min	MPa	ISO 178	1,630	1,680	1,660	1,640	1,590	1,600	1,610	1,560	1,660	1,610	1,620	1,640	1,590	1,530	1,520	1,460	1,450	1,470	1,760	1,730	1,700
ロックウェル硬 さ	Rスケール		ISO 2039-2	58	58	57	57	58	58	57	57	60	60	61	61	59	58	58	52	52	53	60	61	61
荷重たわみ温度	0.45MPa	°C	ISO 75-1	97	101	99	100	97	100	101	99	98	97	95	100	100	96	97	97	98	97	102	101	100
比重	水中置換法		ISO 1183	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99	1.01	1.00	1.00
成形収縮率	23°C、MD	%	いその法	0.70	0.68	0.67	0.68	0.67	0.68	0.69	0.70	0.70	0.70	0.69	0.67	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.8	0.8	0.8
	23°C、TD	%	いその法	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.79	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.78	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.9	1	1



※1 「MAX」と「MIN」はそれぞれ2019年度実証結果の上限値と下限値を示す

図 2-17. 過去実証と本実証の一般機械物性比較 1/2



※1 「MAX」と「MIN」はそれぞれ2019年度実証結果の上限値と下限値を示す

図 2-18. 過去実証と本実証の一般機械物性比較 2/2

2.1.3. シート材を用いた成形技術の課題検証

(1) シート材成形工法の設定

2.1.2 項で作製したシート材を用いて、熱プレス成形と類似の賦形性がある真空成形にて成形課題の確認を行った。次年度に熱プレス成形の評価を実施するにあたり、ELVBP 材は塗膜含有の影響でバージン材に比べて伸びにくくなることが想定されるため、今年度は真空成形により材料の温度と伸びの関係を調査することを目的としている。

評価型は自動車のアンダーカバー部品を想定した要素形状を盛り込み、通常の部品よりも深い絞り形状および小さい抜き勾配形状を設けた。評価型を図 2-19 の右に示す。評価型は通常の部品よりも、深い絞り形状および小さい抜き勾配形状を設けた。

使用材料では塗膜が小さい H100-ELVBP100 材の成形がしやすく、塗膜が大きい H20-ELVBP100 材の成形がしにくいこと、また厚みでは薄い $t=1$ が成形しやすく、厚い $t=3$ が成形しにくいことを想定した。

また各成形の前には加熱時間、狙い温度の条件出し試験を行った後、連続での成形を実施することとした。

表 2-16.真空成形の概要

項目	詳細
真空成形場所	株式会社ハイテックレジソ (岐阜県土岐市)
使用材料と成形目標	各シート材あたり約 30 成形実施 (9 種、合計 270 成形) <ul style="list-style-type: none"> ・ H20-ELVBP100 材 ($t=1$、$t=2$) ・ H40-ELVBP100 材 ($t=1$、$t=2$) ・ H100-ELVBP100 材 ($t=1$、$t=2$) ・ H20-ELVBP80 材、H40-ELVBP80 材、H100-ELVBP80 材 ($t=3$)
計測内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 材料表面温度、型温度、脱型時材料温度 ・ 加熱時間

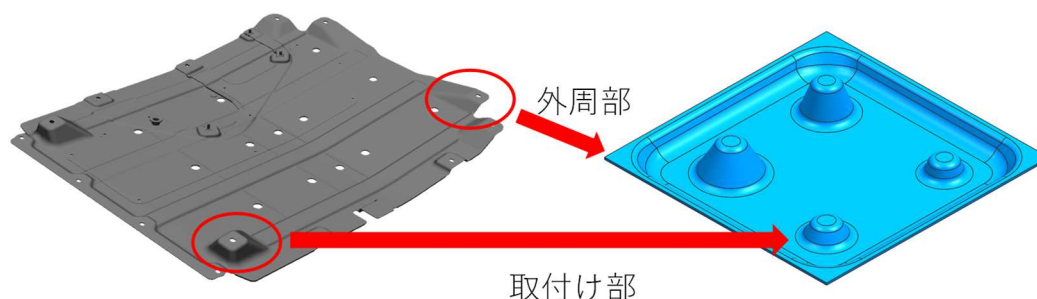


図 2-19.真空成形用の評価型 (300 mm×300 mm サイズの評価型)

(2) 真空成形の実施

成形条件としては、シート材に対するヒーター加熱時間の設定となり、加熱時間によってシート材の表面温度や軟化状態が変わる。図 2-20 に示すように、狙いの材料表面温度となるまでの加熱時間はシート材の板厚によって異なり、板厚が厚いほど長い加熱時間を要した。一方、材料の違いによって加熱時間-材料表面温度の関係が変化することはなかった。

加熱時間が短く軟化しきれていないと型への密着が弱く形状が出ない現象(以下ダレ)が、加熱時間が長く軟化しすぎると形状表面にしわが寄る現象(以下シワ)が発生する。成形品形状にダレ・シワが発生しない材料表面温度を確認した結果、図 2-25 の材料表面温度の幅で熱プレス成形が可能と考えられる。良品の写真、ダレ品の写真と断面模式、シワ品の写真と断面模式図を図 2-21 に示す。

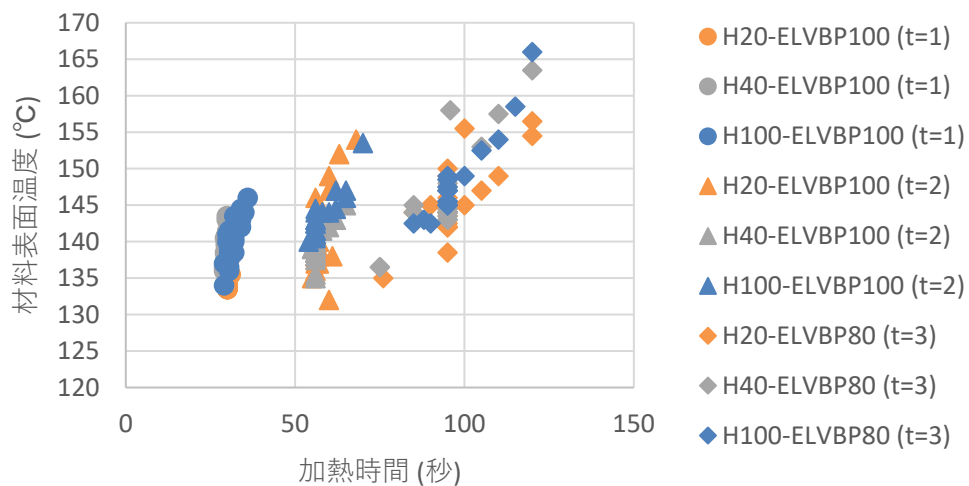


図 2-20. シート材の加熱時間と材料表面温度

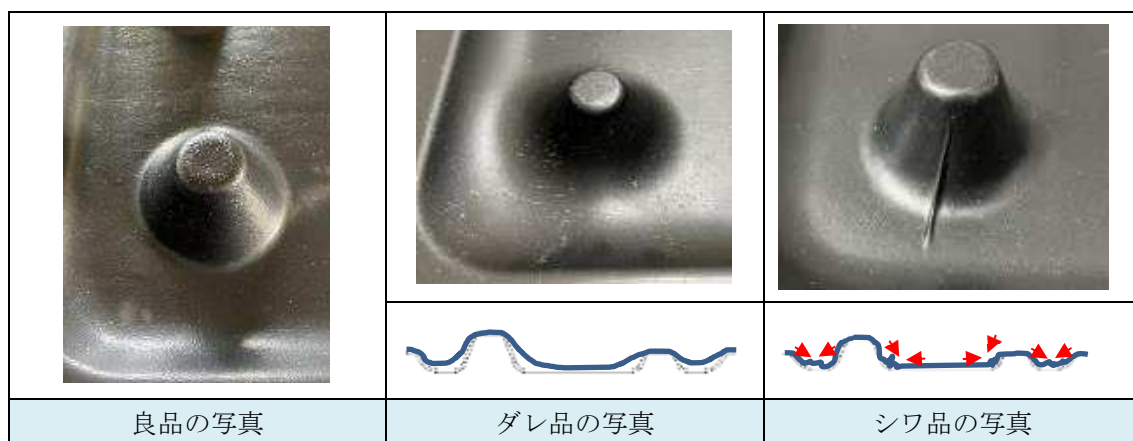


図 2-21. 良品、ダレ品、シワ品の写真と (下) 断面模式図

H20-ELVBP100 材の t=1、t=2、H20-ELVBP80 材の t=3 の真空成形を実施した。また良品取得できた条件にて 10 ショットの連続成形を実施した。

H20-ELVBP100 材の t=1 ではダレ：133.5℃以下、良品：133.5℃～138.5℃、シワ：138.0℃以上、H20-ELVBP100 材の t=2 ではダレ：145.0℃以下、良品：132.0℃～149.0℃、シワ：138.0℃以上、H20-ELVBP80 材の t=3 ではダレ：144.0℃以下、良品：138.5℃～155.5℃の材料表面温度となった。また、10 ショット連続成形の結果、問題なく成形ができ成形品も良品であった。

なお、H20-ELVBP80 材の t=3 については、高温時に製品外の位置にあたる型の縁(軟化部分と軟化していない部分の境目)で破れが発生する現象が起きたため、シワ発生再現ができず温度データは取得できていない。厚みがあることで高温でも形状が維持されやすく、シワ発生の条件下に至る前に軟化しすぎてしまうことが要因と推測される。

H20-ELVBP100 材の t=1 の良品、ダレ品、シワ品の写真を図 2-22 に示す。

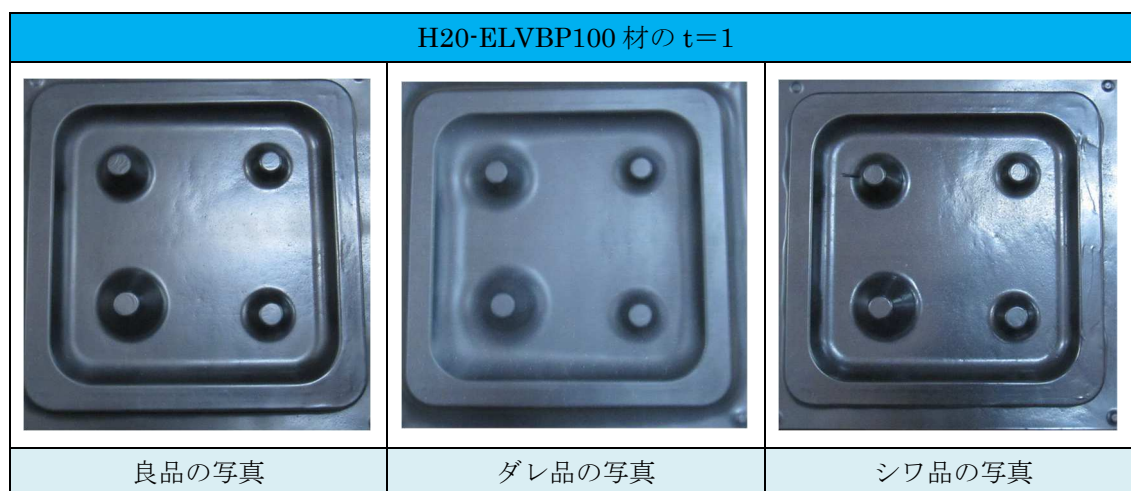


図 2-22. 良品、ダレ品、シワ品の写真 (H20-ELVBP100 材の t=1)

H40-ELVBP100 材の t=1、t=2、t=3 の真空成形を同様に実施した。H40-ELVBP100 材の t=1 ではダレ：136.5℃以下、良品：136.5℃～141.0℃、シワ：139.5℃以上、H40-ELVBP100 材の t=2 ではダレ：139.0℃以下、良品：135.0℃～143.0℃、シワ：142.5℃以上、H40-ELVBP80 材の t=3 ではダレ：144.5℃以下、良品：143.0℃～158.0℃の材料表面温度となった。H40-ELVBP80 材の t=3 については、H20-ELVBP100 材と同様に破れが発生しシワの再現が出来なかった。また、10 ショット連続成形の結果、問題なく成形ができ成形品も良品であった。

H40-ELVBP100 材の t=1 の良品、ダレ品、シワ品の写真を図 2-23 に示す。



図 2-23.良品、ダレ品、シワ品の写真 (H40-ELVBP100 材の t=1)

H100-ELVBP100 材の t=1、t=2、t=3 の真空成形を同様に実施した。H100-ELVBP100 材の t=1 ではダレ：141.0℃以下、良品：136.0℃～143.5℃、シワ：140.5℃以上、H100-ELVBP100 材の t=2 ではダレ：140.5℃以下、良品：141.0℃～147.0℃、シワ：146.0℃以上、H100-ELVBP80 材の t=3 ではダレ：143.0℃以下、良品：145.0℃～152.5℃の材料表面温度となった。H100-ELVBP80 材の t=3 については、H20-ELVBP100 材および H40-ELVBP100 材と同様に破れが発生しシワの再現が出来なかった。また、10 ショット連続成形の結果、問題なく成形ができ成形品も良品であった。

H100-ELVBP100 材の t=1 の良品、ダレ品、シワ品の写真を図 2-24 に示す。



図 2-24.良品、ダレ品、シワ品の写真 (H100-ELVBP100 材の t=1)

H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の t=1 および t=2 における良品、ダレ品、シワ品の材料表面温度域を表 2-17 に、H20-ELVBP80 材、H40-ELVBP80 材、H100-ELVBP80 材の t=3 における良品、ダレ品、シワ品の発生温度域を表 2-18 に、示す。

表 2-17. 良品、ダレ品、シワ品の材料表面温度域(t=1 および t=2)

単位：℃

厚み	状態	H20-ELVBP100 材			H40-ELVBP100 材			H100-ELVBP100 材		
		最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
t=1	ダレ	-	133.5	-	136.0	136.5	136.0	134.0	141.0	137.3
	良	133.5	138.5	134.5	136.5	141.0	139.0	136.0	143.5	139.5
	シワ	138.0	141.5	139.8	139.5	141.5	140.6	140.5	146.0	143.3
t=2	ダレ	-	135.0	-	138.0	139.0	138.6	140.0	140.5	140.0
	良	132.0	149.0	138.5	135.0	143.0	139.6	141.0	147.0	142.9
	シワ	138.0	147.0	141.0	142.5	145.0	145.0	146.0	153.5	148.8

表 2-18. 良品、ダレ品、シワ品の材料表面温度域(t=3)

単位：℃

厚み	状態	H20-ELVBP80 材			H40-ELVBP80 材			H100-ELVBP80 材		
		最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
t=3	ダレ	135.0	144.0	139.5	136.5	144.5	140.5	142.5	143.0	142.6
	良	138.5	155.5	145.5	143.0	158.0	146.1	145.0	152.5	147.3
	シワ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

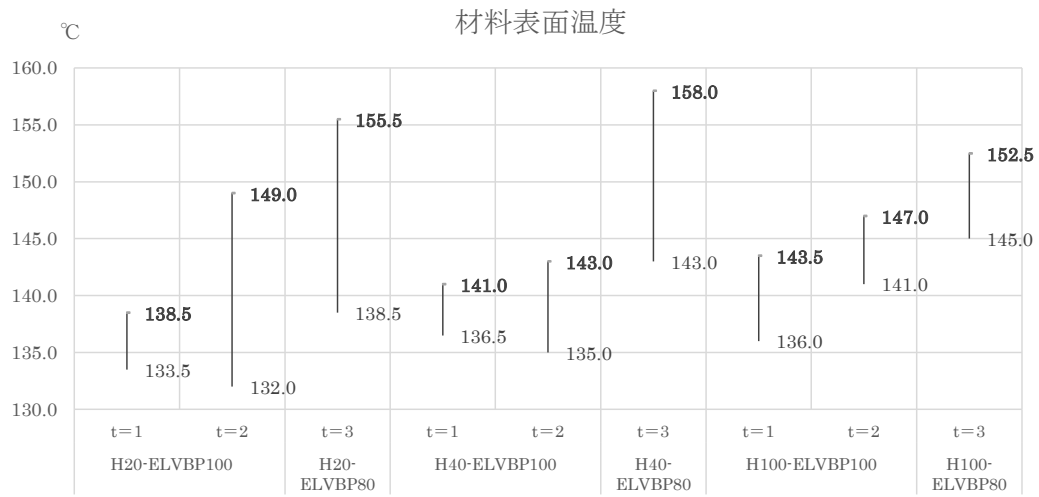


図 2-25. 良品成形時の材料表面温度域

(3) 真空成形の結果

塗膜サイズに関わらずどの材料においても塗膜要因による破れや不具合は発生せず、 $t=1$ は 137.0°C 前後、 $t=2$ は 139.0°C 前後、 $t=3$ は 146.0°C 前後で良品が獲得できる結果となった。また材料温度が低いとダレが発生する傾向、高いとシワが発生する傾向であった。多少の温度域の違いは見受けられたが、外気温や型温度による影響、熔融粘度測定の結果も踏まえると塗膜サイズの違いによる温度域や成形性に大きな差はないものと考えられ、厚みに合わせた温度条件設定を行えば問題無く成形できるものと考えられる。

真空成形品の板厚測定箇所を図 2-26 に示す。

各成形品の板厚測定を実施した結果、成形品状態(ダレやシワ等)や材料に関わらず、 $h_{20-30^{\circ}} < h_{20-20^{\circ}} \leq h_{40-30^{\circ}} < h_{40-20^{\circ}}$ の順に板厚減少率が大きくなる傾向が確認され型形状に依存して厚みが増減する結果となった。最薄部では約 80%の板厚減少率が確認されたが、破れや破断の現象は確認されなかったことから伸びや張力を有していると考えられる。加えて材料温度に関わらず板厚減少率はある程度一定なことから、温度条件に幅を持たせられることも考えられる。

上記の結果から、熱プレスにおける製品形状や伸び、温度条件に対応できると考えられ、熱プレス成形ができる可能性を見出せた結果となった。

成形品の板厚結果を図 2-27 に示す。結果に記載の $h_{\bullet\bullet\bullet-\blacktriangle\blacktriangle}$ は、絞り深さと抜き勾配を示す。

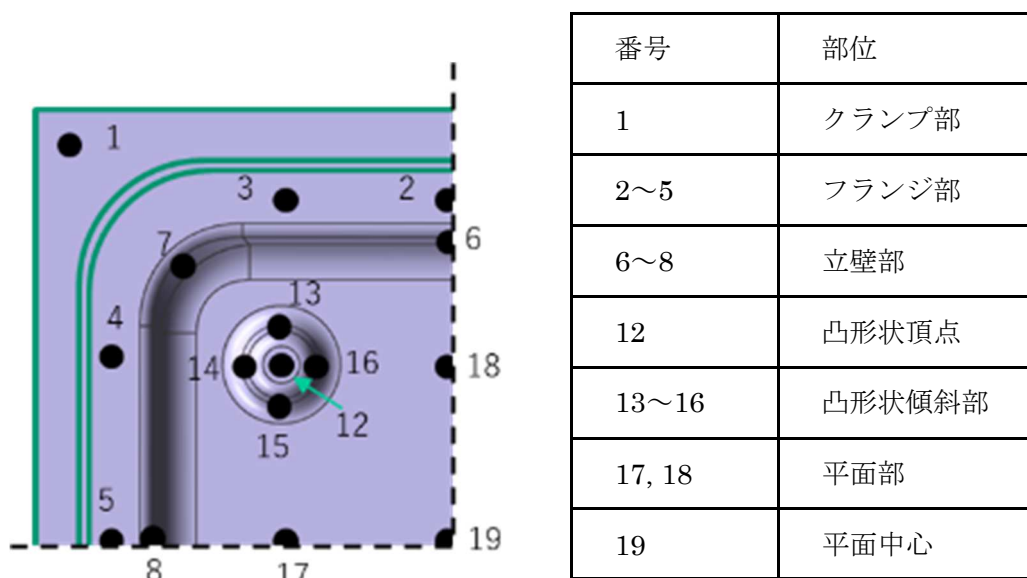
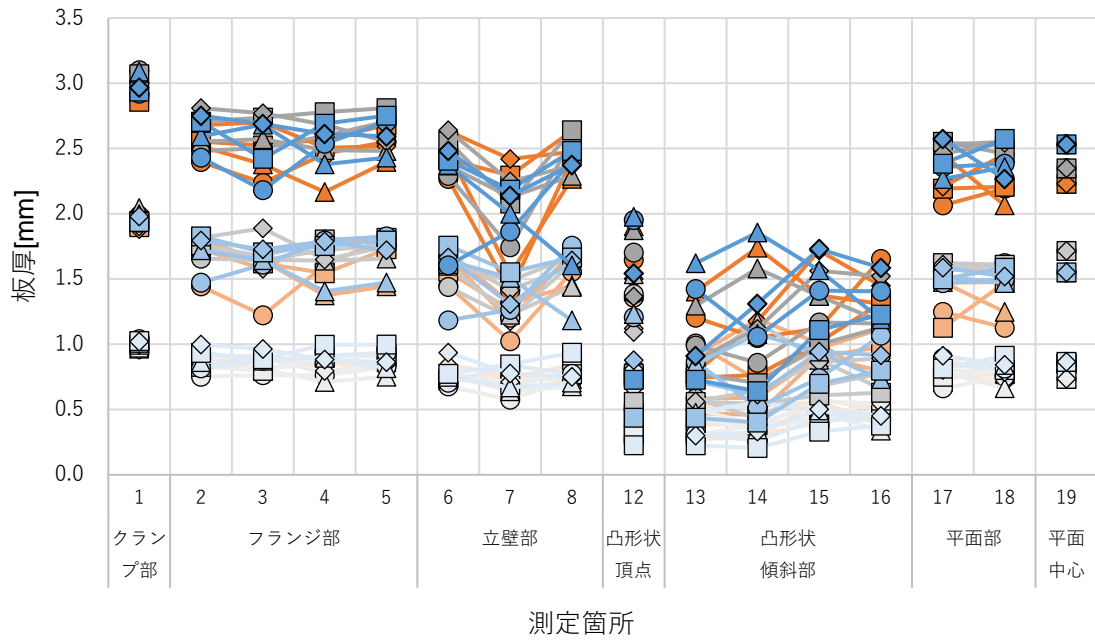


図 2-26. 真空成形品の板厚測定箇所



- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| ○ t 1.0 良品 h20-20° | △ t 1.0 良品 h20-30° | □ t 1.0 良品 h40-20° | ◇ t 1.0 良品 h40-30° |
| ● t 2.0 良品 h20-20° | ▲ t 2.0 良品 h20-30° | ■ t 2.0 良品 h40-20° | ◆ t 2.0 良品 h40-30° |
| ○ t 3.0 良品 h20-20° | ▲ t 3.0 良品 h20-30° | □ t 3.0 良品 h40-20° | ◇ t 3.0 良品 h40-30° |
| ○ t 1.0 良品 h20-20° | △ t 1.0 良品 h20-30° | □ t 1.0 良品 h40-20° | ◇ t 1.0 良品 h40-30° |
| ● t 2.0 良品 h20-20° | ▲ t 2.0 良品 h20-30° | ■ t 2.0 良品 h40-20° | ◆ t 2.0 良品 h40-30° |
| ● t 3.0 良品 h20-20° | ▲ t 3.0 良品 h20-30° | ■ t 3.0 良品 h40-20° | ◆ t 3.0 良品 h40-30° |
| ○ t 1.0 良品 h20-20° | △ t 1.0 良品 h20-30° | □ t 1.0 良品 h40-20° | ◇ t 1.0 良品 h40-30° |
| ● t 2.0 良品 h20-20° | ▲ t 2.0 良品 h20-30° | ■ t 2.0 良品 h40-20° | ◆ t 2.0 良品 h40-30° |
| ● t 3.0 良品 h20-20° | ▲ t 3.0 良品 h20-30° | ■ t 3.0 良品 h40-20° | ◆ t 3.0 良品 h40-30° |
| ○ t 1.0 良品 h20-20° | △ t 1.0 良品 h20-30° | □ t 1.0 良品 h40-20° | ◇ t 1.0 良品 h40-30° |
| ● t 2.0 良品 h20-20° | ▲ t 2.0 良品 h20-30° | ■ t 2.0 良品 h40-20° | ◆ t 2.0 良品 h40-30° |
| ● t 3.0 良品 h20-20° | ▲ t 3.0 良品 h20-30° | ■ t 3.0 良品 h40-20° | ◆ t 3.0 良品 h40-30° |

図 2-27. 成形品の板厚結果

2.1.4. 工法の違いによる効果の比較検証

1.2.1 (1)項に記載したように、塗膜付き樹脂リサイクル材を射出成形によって自動車部品を成形する際には、材料物性の変化によってショートショットや熱収縮による反り変形が発生する。それに加え、材料に含まれる塗膜が射出成形機に詰まる、もしくは内部に固着することで次生産材への切り替えに手間がかかる、という成形現場で忌避される要因がある。射出成形における課題をシート材の熱プレス成形で解決することを目指すにあたり、本項では射出成形機への詰まり・固着発生を再現し、射出成形における課題を確認することを目的とした。

本検証は、塗膜付き樹脂リサイクル材で自動車のアンダーカバー相当サイズの部品を連続射出成形することにより、①射出成形機内部への塗膜の固着状況の再現、②塗膜サイズの違いによる固着状況の差異、③パージ材の変更による固着した塗膜の除去効果、の3つの検証を実施した。

(1) 射出成形での詰まり検証

① 射出成形機内部への塗膜の固着状況の再現検証

量産を想定した成形数 300 ショットを H40-ELVBP100 材で連続射出成形し、その後、射出成形機内の清掃のため低流動でタルクなどの充填剤が未添加である PP 材（以下低流動無垢 PP 材）を使用したパージ作業を実施する。清掃状態は、射出成形機ノズル先端部より吐出した樹脂塊（以下ダンゴ）に含まれる異物を目視で確認し、ダンゴに異物が確認されなくなったタイミングでパージ作業は終了とし、その後低流動無垢 PP 材を用いて成形を実施し成形品での異物混入状態を確認した。最後にスクリーに残った異物がないかスクリーを抜き出し目視で確認を行った。

表 2-19.射出成形での詰まり検証概要

項目	詳細
実施内容	<ul style="list-style-type: none">➤ H40-ELVBP100 材を使用した部品成形（300 ショット）➤ 低流動無垢 PP 材での成形機パージ実施➤ スクリュー抜き出し➤ スクリューに残った異物確認➤ スクリュー設置、動作確認➤ 外装向け PP 材を使用した部品成形による材料切替確認(20 ショット)
射出成形場所	星和化成株式会社（愛知県大府市）
射出成形機	550 ton 射出成形機
使用材料	<ul style="list-style-type: none">・ H40-ELVBP100 材・ 低流動無垢 PP 材・ 外装向け PP 材
作製数	300 ショット 400 mm×400 mm サイズの成形品

・射出成形

星和化成株式会社（以下星和化成）にて成形トライを実施した。H40-ELVBP100 材を使用し、300 ショット成形した。1・10・100・200・300 ショット目と、図 2-28 で示すエラーショット（異物が確認できたもの）を回収した。なお今回の成形トライにおけるミスショットは異物のみを対象とすることとし、ガス抜け痕は対象外とした。

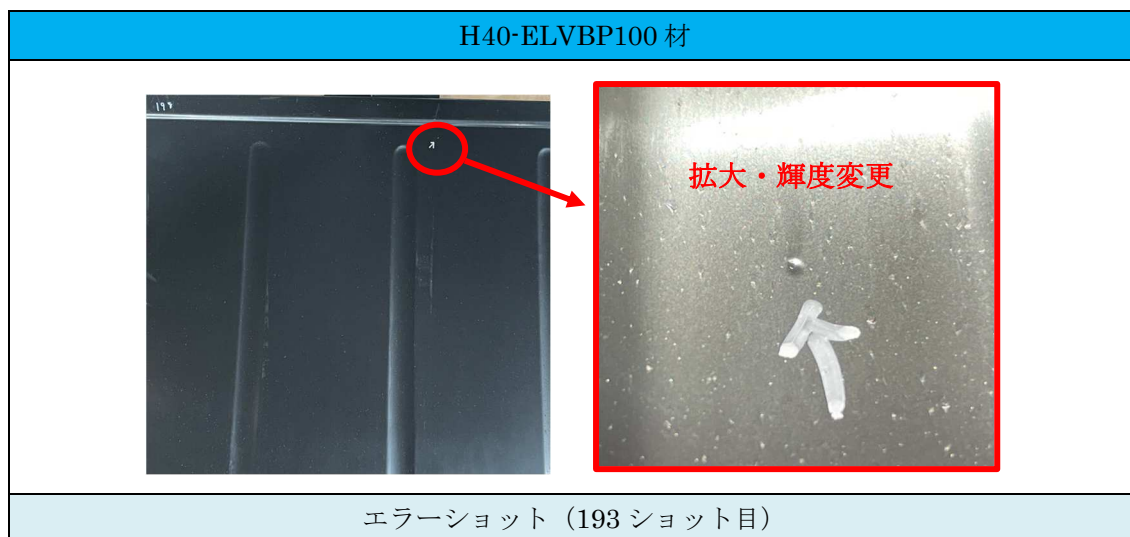


図 2-28.エラーショット (異物)

・低流動無垢 PP 材での成形機パージ作業および成形

300 ショットの射出成形後、スクリーン内の成形材を低流動無垢 PP 材の投入によりパージし、ダンゴにて色抜けや塗膜混入状態を確認した。パージ作業開始後 10 ショットあたりで色抜けは確認できたが、塗膜混入については、図 2-29 で示す 49 ショット目まで実施したものの、塗膜と思わしき微量の異物がなくなり、パージ作業は打ち止めとした。

次に低流動無垢 PP 材で成形を実施し、成形品を目視で確認した。パージ後ではあったが、成形品には図 2-30 で示す異物が混入した。67 ショット目のみ異物が無かったが、68 ショット目以降でも微量の異物が確認された。用意した材料 75 kg を使い切るまで実施した結果、最終となる 104 ショット目でも微量の異物が確認された。

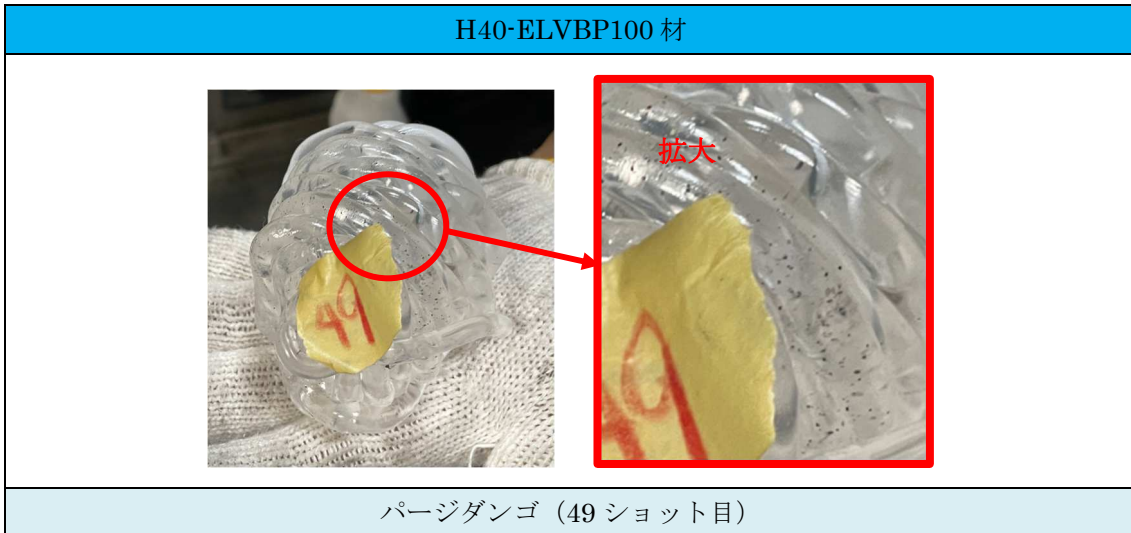


図 2-29.ページダンゴ 49 ショット目

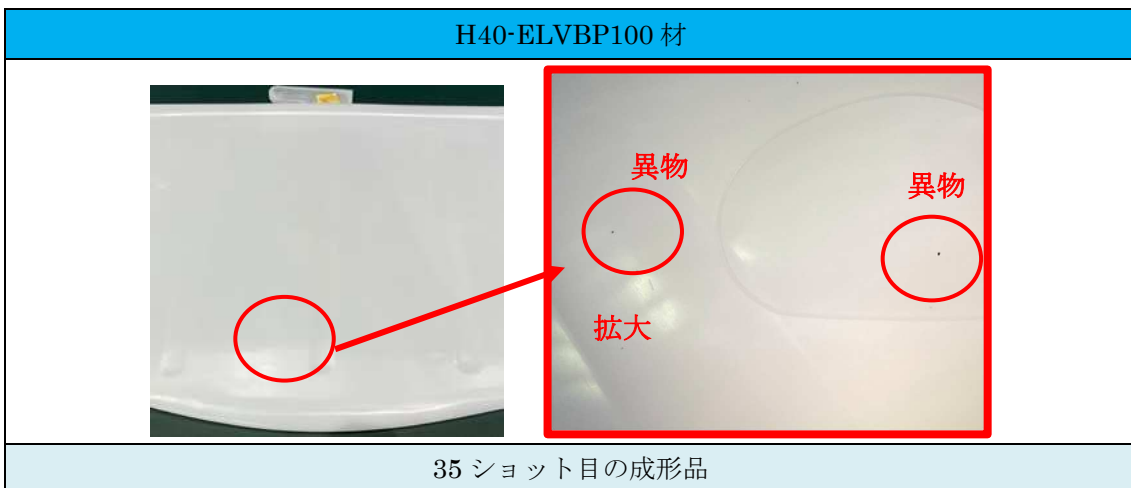


図 2-30. 低流動無垢 PP 材での成形時の異物

・スクリュー抜きによる異物確認

図 2-31 で示したようにスクリューを抜き出し、スクリュー本体、シリンダー内、ノズル部分に残る樹脂を確認した。確認した結果、スクリュー本体、シリンダー内に残る樹脂は少ないことが分かった。しかしノズル部分に残る樹脂があり、ここに塗膜と思わしき異物が多く確認された。

スクリュー清掃後は問題無く成形できるかを確認するため低流動無垢 PP 材で 20 ショット成形し、その後材料切替を想定して外装向け PP 材にて 20 ショット成形をした。結果、問題無く成形はできたが、図 2-32 で示すように微量の異物が見られた。これは金型内の残存物と推測される。

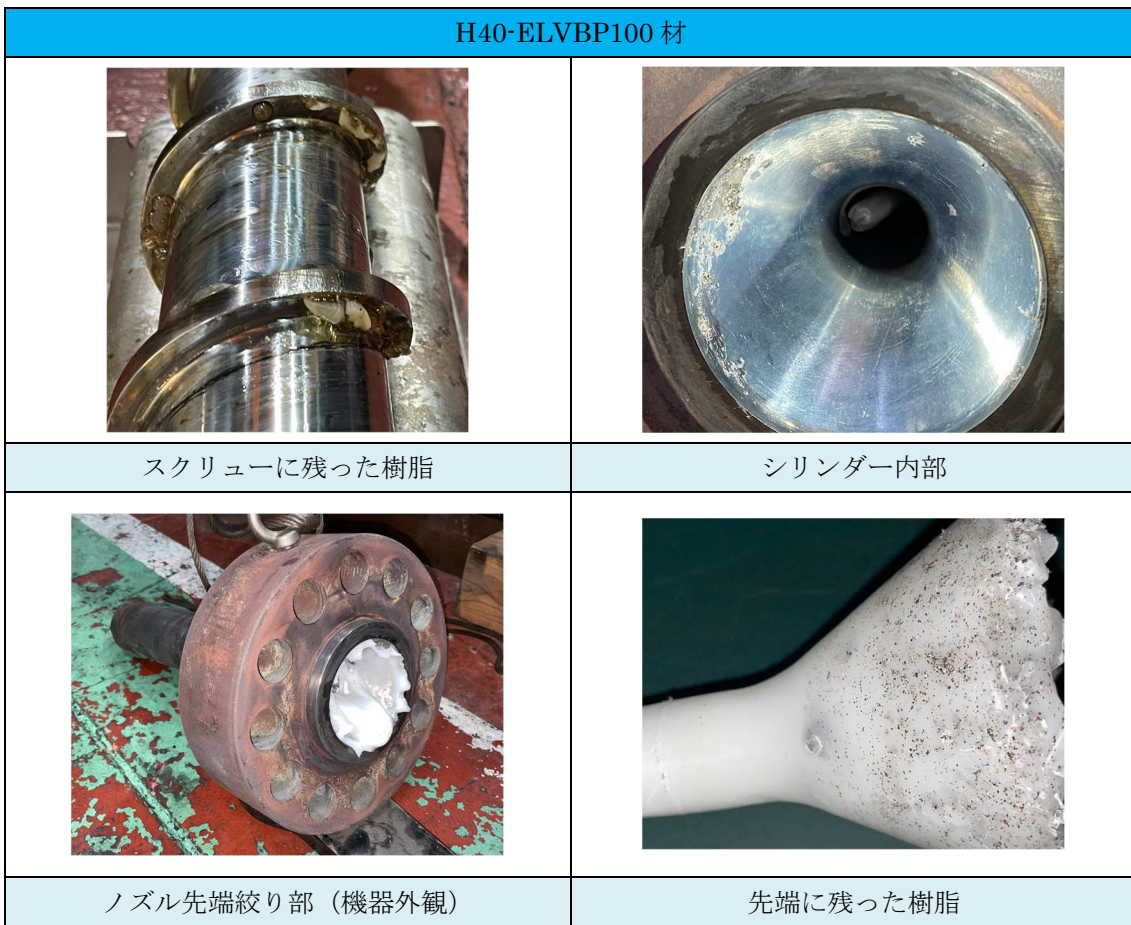


図 2-31.射出成形機に残った異物確認結果

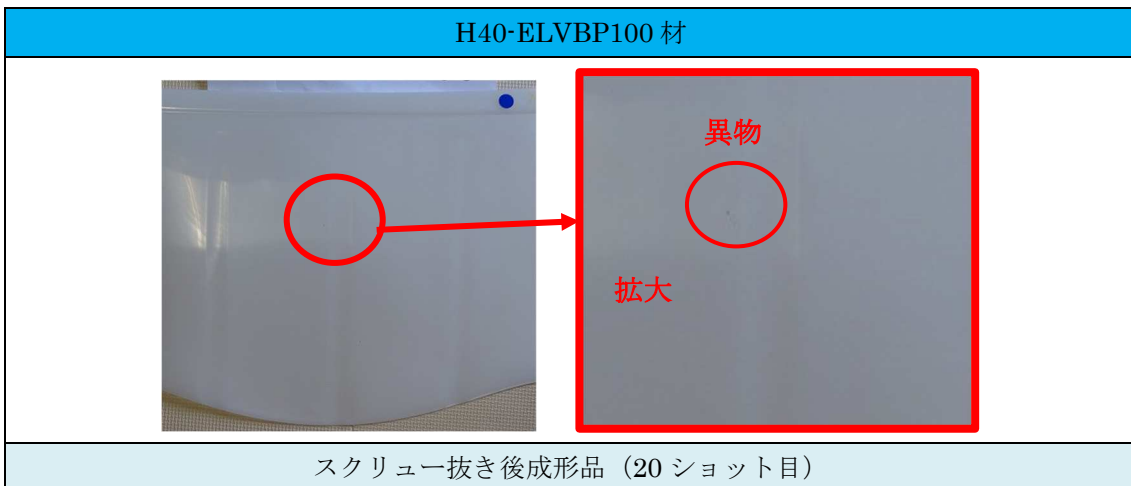


図 2-32. 低流動無垢 PP 材による成形品での異物

② 塗膜サイズの違いによる固着状況の差異検証

H40-ELVBP100材よりも含まれる塗膜がより細かいH100-ELVBP100材を用いて、H40-ELVBP100材による検証結果との差異を確認した。パージ材はH40-ELVBP100材での検証と同じ低流動無垢PP材を使用した。

H40-ELVBP100材での検証と同様にまずは量産を想定した300ショットをH100-ELVBP100材で射出成形し、その後、射出成形機内の清掃のため低流動無垢PP材を投入し、パージ作業を実施した。ダングにて異物確認を行ない、異物が確認されなくなったタイミングでパージ作業は終了とし、その後低流動無垢PP材を用いて成形を実施し成形品での異物混入状態を確認した。最後にスクリーンに残った異物がないかスクリーンを抜き出し目視で確認を行った。

表 2-20.射出成形での詰まり検証（塗膜サイズの違い）概要

項目	詳細
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ H100-ELVBP100材を使用した部品成形（300ショット） ➤ 低流動無垢PP材での成形機パージ実施 ➤ スクリュー抜き出し ➤ スクリューに残った異物確認 ➤ スクリュー設置、動作確認 ➤ 外装向けPP材を使用した部品成形による材料切替確認(20ショット)
射出成形場所	星和化成株式会社（愛知県大府市）
射出成形機	550 ton 射出成形機
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・ H100-ELVBP100材 ・ 低流動無垢PP材 ・ 外装向けPP材
作製数	300ショット 400mm×400mmサイズの成形品

・射出成形

H100-ELVBP100 材を使用し、300 ショット成形した。H40-ELVBP100 材の成形トライと同様に 1・10・100・200・300 ショット目と、図 2-33 で示すエラーショット（異物が確認できたもの）を回収した。なお今回のテストにおけるミスショットは異物のみを対象とすることし、ガス抜け痕は対象外とした。

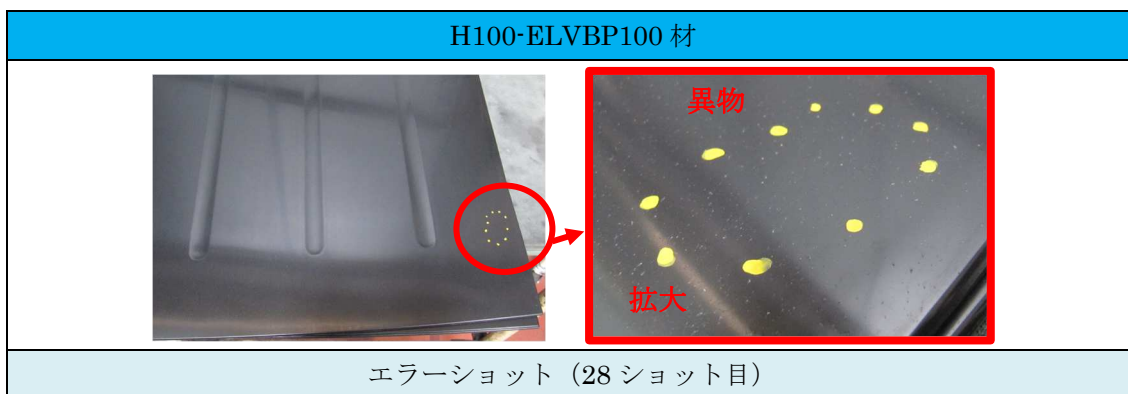


図 2-33.エラーショット（異物）

・低流動無垢 PP 材での成形機パーシ作業および成形

300 ショットの射出成形後、スクリー内に残った成形材を低流動無垢 PP 材の投入により清掃した。パーシダゴは H40-ELVBP100 材での検証と同等数として 50 ショット分を作製した。H100-ELVBP100 材での検証でもダゴ 10 ショットあたりで色抜けが確認できたが、図 2-34 で示すように 50 ショット目でも微量の異物の混入があった。

次に低流動無垢 PP 材で成形を実施し、成形品を目視で確認した。H40-ELVBP100 材での検証と同等数として 104 ショット実施したが、図 2-35 のように最後まで微量の異物が確認された。

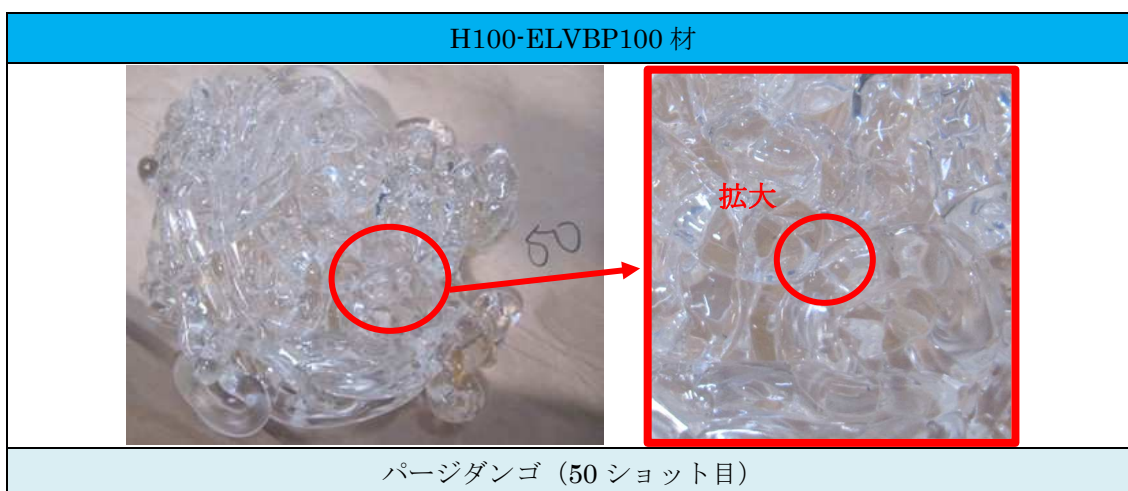


図 2-34.パーシダゴ（50 ショット目）

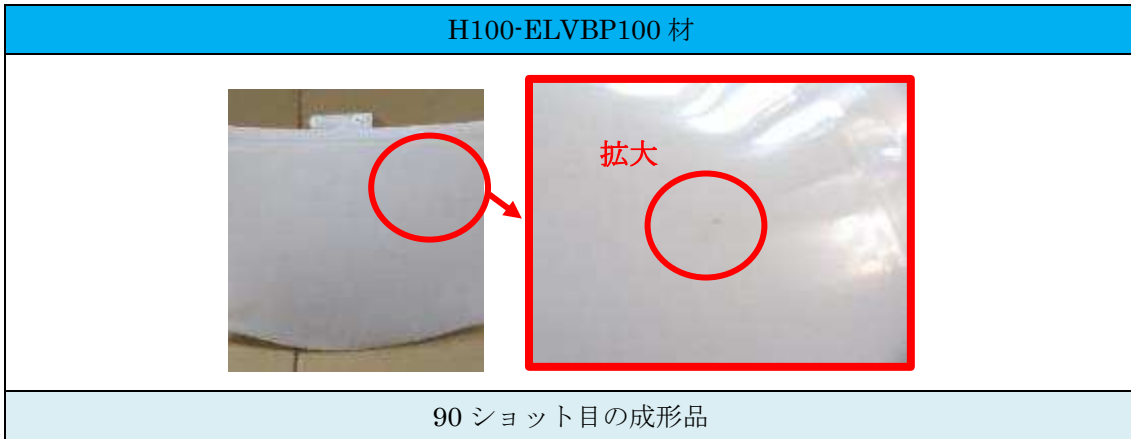


図 2-35. 低流動無垢 PP 材での成形時の異物

・スクリーニングによる異物確認

H40-ELVBP100 材検証と同様にスクリーニングを抜き出し、スクリーニング本体、シリンダー内、ノズル部分に残る樹脂を確認した。結果、H100-ELVBP100 材においても図 2-36 の右下ノズル部分に残る樹脂に多くの異物を確認した。検証後、異物を光学顕微鏡で確認したところ、図 2-37 で示す黒以外の色相の存在により多くは塗膜片と推測される。定量的な評価はできないが、外観上は H40-ELVBP100 材の検証結果との差異はほとんどないことが分かった。

スクリーニング清掃後は H40-ELVBP100 材検証と同じく低流動無垢 PP 材で 20 ショット成形し、その後外装向け PP 材にて 20 ショット成形をした。結果、H40-ELVBP100 材検証と同様に問題無く成形はできたが、図 2-38 で示すように金型内の残存物と推測される微量の異物が見られた。

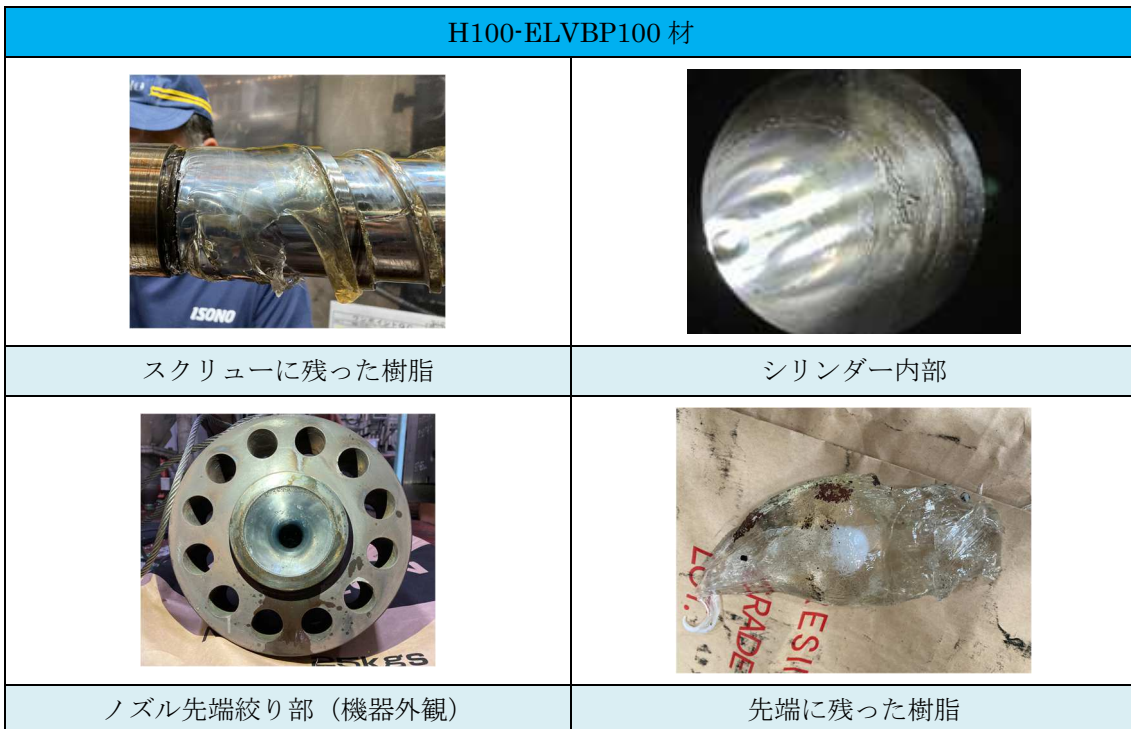


図 2-36. 射出成形機に残った異物確認結果

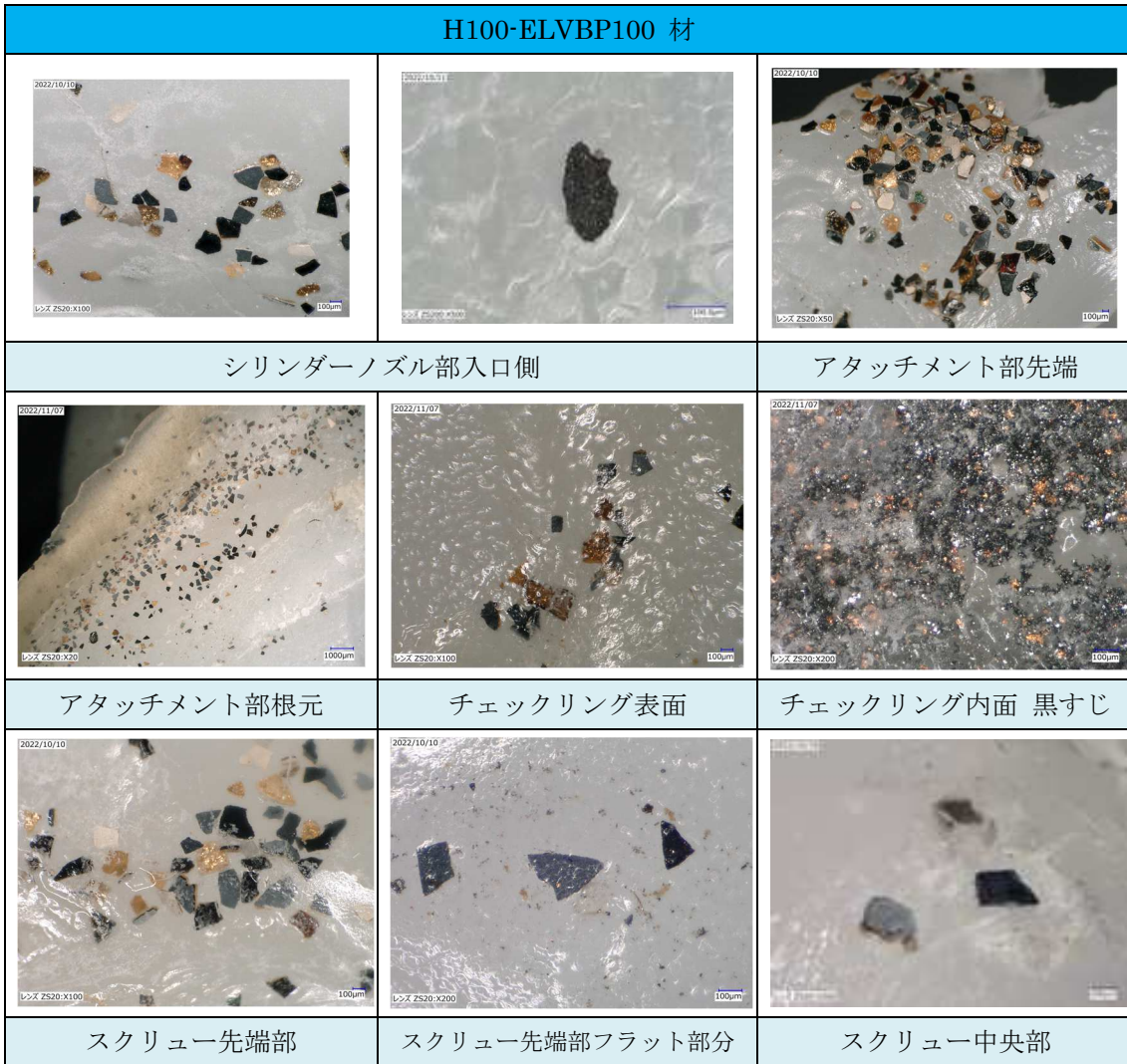


図 2-37. スクリュー抜き後の樹脂（光学顕微鏡を用いて確認）

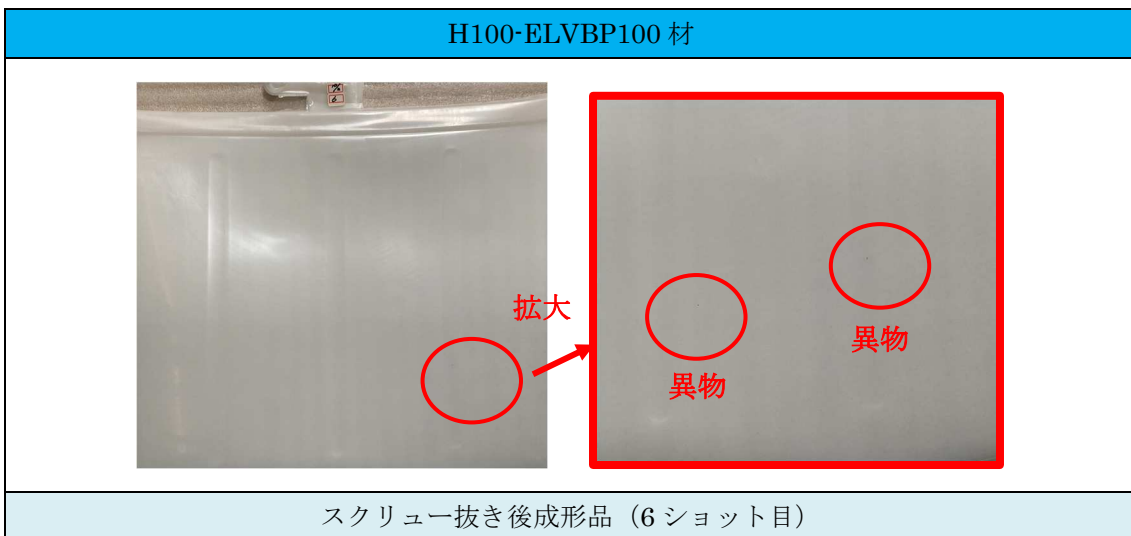


図 2-38. 低流動無垢 PP 材での成形時の異物

③ パージ材の変更による固着した塗膜の除去効果の検証

低流動無垢 PP 材から無機フィラー入り洗浄材への変更は、パージ材の違いによる効果の検証目的である。パージ材は、H40-ELVBP100 材での検証および H100-ELVBP100 材での検証で使用した低流動無垢 PP 材から、より洗浄力が強いと想定される無機フィラー入り洗浄材に変更した。

無機フィラー入り洗浄材を用いた成形機パージ検証では、①射出成形機内部への塗膜の固着状況の再現検証と比較するため、材料は H40-ELVBP100 材を使用し、同条件、同一方法で射出成形を実施し、同様に 1・10・100・200・300 ショット目と、エラーショット（異物が確認できたもの）を回収した。

表 2-21.射出成形での詰まり検証（無機フィラー入り洗浄材での成形機パージ）概要

項目	詳細
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ➤ H40-ELVBP100 を使用した部品成形（300 ショット） ➤ 無機フィラー入り洗浄材での成形機パージ実施 ➤ スクリュー抜き出し ➤ スクリューに残った異物確認 ➤ スクリュー設置、動作確認 ➤ 外装向け PP 材 を使用した部品成形による材料切替確認(20 ショット)
射出成形場所	星和化成株式会社（愛知県大府市）
射出成形機	550 ton 射出成形機
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・ H40-ELVBP100 材 ・ 無機フィラー入り洗浄材 ・ 低流動無垢 PP 材 ・ 外装向け PP 材
作製数	300 ショット 400 mm×400 mm サイズの成形品

・無機フィラー入り洗浄材での成形機パージ作業および成形

300 ショットの射出成形後、スクリー内の成形材を無機フィラー入り洗浄材の投入によりパージした。パージ方法はメーカー推奨の方法（回転パージとショートパージの実施、および除去状況により組み合わせる方法）で行い、ダンゴにて異物混入状態を目視にて確認した。

無機フィラー入り洗浄材投入後、26 ショット目のダンゴで異物が確認されなかったが、無機フィラー入り洗浄材が乳白色となり内部の確認は困難なため、低流動無垢 PP 材に切り替えて異物の確認を行なうこととした。結果、切り替えた低流動無垢 PP 材のダンゴ（累計 36 ショット目のダンゴ）で異物が確認されたため、39 ショット目から再度無機フィラー入り洗浄材でパージを実施した。その後、無機フィラー入り洗浄材を合計 20 kg 使い切る 50 ショット目までパージを実施したのち、低流動無垢 PP 材にて 51～64 ショット目までダンゴの異物確認をしたが、塗膜と思わしき微量の異物がなくならなかった。

H40-ELVBP100 材（無機フィラー入り洗浄材）		
		
パージ材 （無機フィラー入り洗浄材）	2 ショット目ダンゴ材 （無機フィラー入り洗浄材）	26 ショット目ダンゴ材 （無機フィラー入り洗浄材）
		
36 ショット目ダンゴ材 （低流動無垢 PP 材）	50 ショット目ダンゴ材 （無機フィラー入り洗浄材）	64 ショット目ダンゴ材 （低流動無垢 PP 材）

図 2-39.無機フィラー入り洗浄材での成形機パージ検証の概要

・スクリーュー抜きによる異物確認

H40-ELVBP100 材での検証、 H100-ELVBP100 材での検証と同様にスクリーューを抜き出し、スクリーュー本体、シリンダー内、ノズル部分に残る樹脂を確認した。実施した結果、図 2-40 右下で示すように目視確認レベルで H40-ELVBP100 材検証、H100-ELVBP100 材検証より明らかに異物量が少なかった。そのため、定量的な評価ではないが、低流動無垢 PP 材と比較して無機フィラー入り洗浄材は高い洗浄効果を有することが分かった。検証後、光学顕微鏡で確認したところ、図 2-41 の通り塗膜と思わしき異物が確認された。

スクリーュー清掃後は H40-ELVBP100 材検証と同じく低流動無垢 PP 材で 20 ショット成形し、その後外装向け PP 材にて 20 ショット成形をした。結果、H40-ELVBP100 材検証および H100-ELVBP100 材での検証と同様に問題無く成形はできたが、図 2-42 で示すように金型内の残存物と推測される微量の異物が見られた。

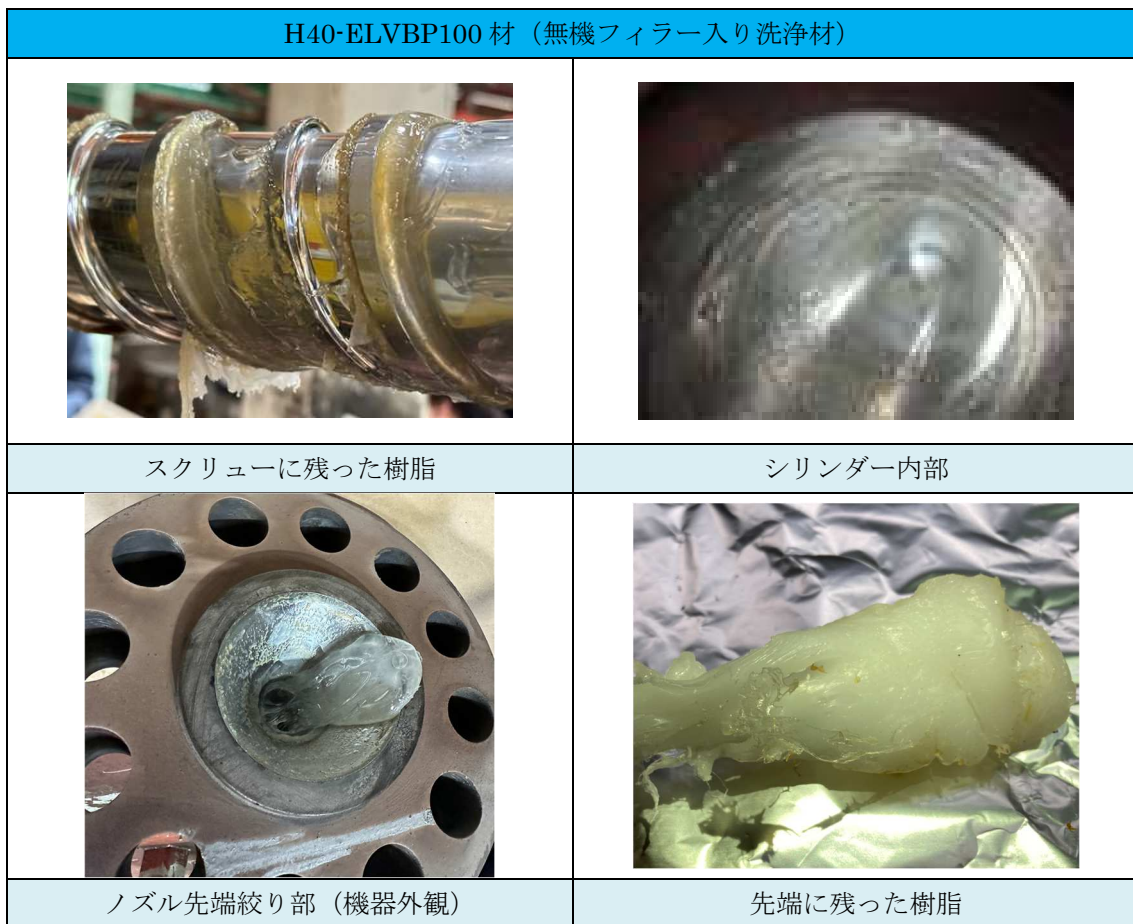


図 2-40. 射出成形機に残った異物確認結果










H40-ELVBP100 材（無機フィラー入り洗浄材によるページ後）		
		
シリンダーノズル部入口側	シリンダーノズル部出口側	アタッチメント部先端
		
アタッチメント部根元	チェックリング	
		
スクリー先端部	スクリー先端部フラット部分	スクリー中央部

図 2-41. スクリュー抜き後の樹脂（光学顕微鏡を用いて確認）

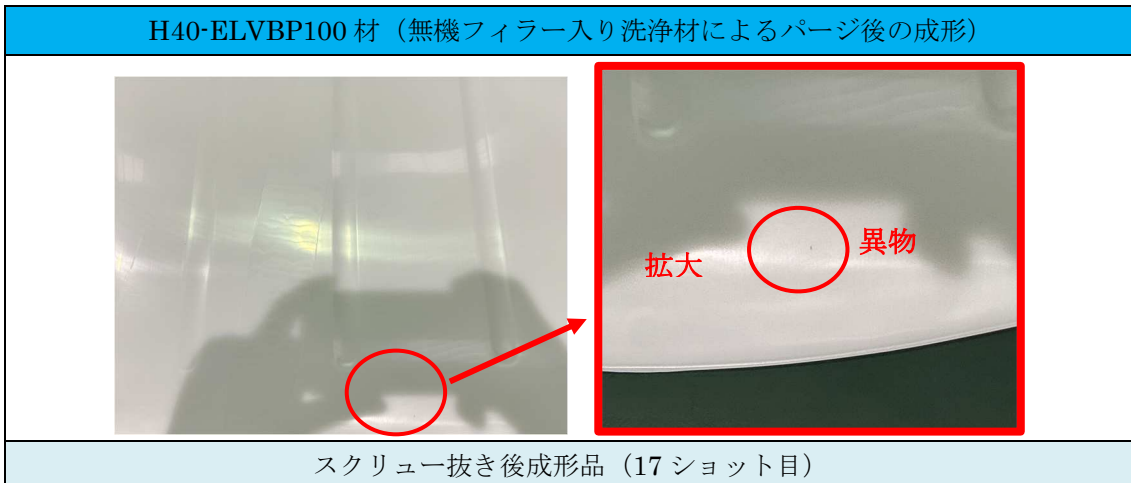


図 2-42. 低流動無垢 PP 材での成形時の異物

(2) 射出成形と熱プレス成形の比較

① 成形性について

射出成形では、成形機内での詰まりは発生せず連続生産ができたため、成形性には大きな影響は無いと考えられる。

熱プレス成形の事前検証として実施した真空成形における成形性についても、塗膜による設備への影響や成形品の不具合は発生しなかったことから問題無いと考える。

② 設備への影響について

射出成形では、スクリー抜きの結果から、スクリー本体やシリンダーへの塗膜の固着は確認されなかったものの、ノズル部分に樹脂分と一緒に塗膜が多く残りやすい傾向であった。塗膜残存量としては、ELVBP材の塗膜サイズの違いによる大きな差は無かったと考えられる。詰まりや固着は無かったが、無機フィラー入り洗浄材による成形機内部の清掃においても主にノズル部分の塗膜を除去しきれず、洗浄方法が課題として残る。

真空成形の前段階となるシート成形では、詰まりなどの設備への影響はなかったが、バンパー材のような射出グレードを用いた場合、厚みが増すほど生産が不安定になる傾向があり、安定したシート成形に課題が残る状況である。

③ 物性試験結果について

・射出成形試験片の物性測定結果について

H20-ELVBP100材、H40-ELVBP100材、H100-ELVBP100材のそれぞれの物性を比較した結果、メルトフローレートおよび比重以外の測定項目については、多少の数値違いはあるがバラツキの範囲内と考えられ、各材料での有意差は確認されなかった。メルトフローレートは、H20-ELVBP100材、H40-ELVBP100材、H100-ELVBP100材の順に若干ながら高くなる傾向があり、また、230℃の熔融粘度測定結果としてH20-ELVBP100材、H40-ELVBP100材、H100-ELVBP100材の順に粘度が高くなる傾向から、有意差があるとは言えないが、塗膜サイズが流動性に影響を与えている可能性も考えられる。比重については、H20-ELVBP100材、H40-ELVBP100材、H100-ELVBP100材の順に小さくなる傾向にあり、0.005近くの差があることから有意差があると考えられる。比重が小さくなる要因としては、今回の検証で明確にはできなかったが、微量ながら塗膜混入量の差による影響の可能性が推察される。

・シート成形試験片の測定結果について

引張試験と曲げ試験では材料の違いによる有意差は確認されなかったが、樹脂流動方向による傾向は確認され、MD 方向では強度が高く、逆に TD 方向は伸びが高い傾向となった。

熔融粘度ではどの材料も相対的に一般的な PP 材と同等と考えられる結果であったが、H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材とメッシュサイズが細くなるにつれて、粘度が高くなる傾向が確認された。

高速引張衝撃では試験温度 23℃・-30℃ともに破壊呼びひずみに材料に起因すると思われる差が確認された。H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の順に数値が大きくなることから、塗膜サイズの大きさに影響されるものと推測される。

面衝撃試験では、試験温度-30℃でも傾向は確認されたが、特に 23℃においてメッシュサイズが細くなるにつれて衝撃エネルギーの増加が認められる。H100-ELVBP100 材は他と比べて大きい傾向にあった。

射出成形試験片とシート成形試験片では厚みや試験片サイズが異なるため単純比較は難しいが、ともに材料による違いがほぼ無いことは共通点として挙げられる。ただ、曲げ弾性率においては、シート成形試験片のみ、材料の違いによる有意差と見受けられる測定値となっており、何かしらの要因があると考えられるが要因推測には至っていない。

また、各試験に共通して H20-ELVBP100 材はバラツキ範囲が広く、H100-ELVBP100 材は他に比べてバラツキ範囲が狭い傾向にあった。これは塗膜サイズと偏析によるものと考えられる。塗膜混入量が同等とした場合、塗膜サイズが大きい H20-ELVBP100 材は塗膜片が偏在する傾向にあり、塗膜サイズが小さい H100-ELVBP100 材は均一に遍在している傾向があると考えられる。

④ コストについて

2022 年度取組を基に、射出成形による部品費と真空成形（熱プレス成形）による部品費を比較した。コストはいずれも、射出成形における費用を 100 として計算した。

(1) 材料作製費

射出成形に使用するペレット材作製費用と真空成形（熱プレス成形）に使用するシート材作製費用について算出した結果は、ペレット材を 100 とすると、シート材は 98 となった。

(2) 部品費

(1)で算出した材料作製費をもとに射出成形による部品費と真空成形（熱プレス成形）による部品費を算出した結果、射出成形部品費は 100、熱プレス成形部品費は 98 となった。なお、前提として成形品サイズを 500 mm × 500 mm × t2 mm (比重 1、500 g/個) とし、費用には型費、設備費、保全費、管理費などは含まない。部品費の算出結果を表 2-22 に示す。

表 2-22. 部品費内訳（2022 年度取組による試算）

項目	射出成形	熱プレス成形
材料費 ¹⁾	100	98
加工費	100	148
設備清掃費 ²⁾	100	0
部品費	100	98

- 1) 部品はともに 500g/個として材料費を算出した。
- 2) 10,000 個射出成形するごとに、設備清掃（スクリーナー抜き分解作業）を行うとし、清掃費用を部品 1 個当たり金額として算出した。

2.1.5. まとめ

2.1 項では、リサイクル材のシート化技術に関する研究として、リサイクル材の設定、シート材の作製の課題検証、シート材を用いた成形技術の課題検証、工法の違いによる効果の比較検証を実施した。以下に、結果をまとめる。

(1) リサイクル材の検証

ELVBP 材を押し出し加工しペレット化する際に、押し出し機に取り付ける異物除去の金属メッシュのメッシュサイズにより、リサイクル材に含まれる塗膜のサイズが変わることが分かった。塗膜の混入量について X 線 CT 撮像および画像解析により定量化を検討し、メッシュサイズと塗膜の体積含有率には相関がなく、一定割合であることが分かった。

(2) シート材作製の課題検証

主に射出成形由来の ELVBP 材は流動性の指標であるメルトフローレートが一般的に 20～30 g/10min であるのに対し、押し出し成形用の材料メルトフローレートは一般的に 0.5～10 g/10min と言われており、押し出し成形材と比較して射出成形材は 2～60 倍の差がある。そのため、 $t=3$ mm 以上の厚板を安定して作製することができず、 $t=3$ mm のシート作製時には押し出し成形用のバージン材を 20%配合して作製した。

(3) シート材成形技術の課題検証

熱プレス成形の事前検証として、シート材の賦形性を真空成形にて確認した。アンダーカバーの要素形状を盛り込んだ型を用いて成形を行った。材料を 140℃～150℃まで加熱することで、高さ 40 mm、抜き勾配 20° の形状が成形できることが分かった。型に塗膜が付着するなどの不具合も発生しなかった。

(4) 工法の違いによる効果の検証

① 成形性について

熱プレス成形の事前検証としてシート材の賦形性を真空成形にて確認し、2.1.3 項で述べたように成形性に問題はないと判断した。一方、射出成形については、成形機内部への塗膜の固着や詰まりが発生すると言われているが、2.1.4 項で述べたように成形性に関する問題は発生せず、どちらの工法も成形性に問題はなかった。

② 設備への影響について

シート材の作製時については、2.1.2(2)② 項で述べたように、シート作製に用いた押出機内部に塗膜が残り、押出パージに使用する次工程材を塗膜が入っていない材料に比して 1.5 倍要した。射出成形については、2.1.4(1)項で述べたように、成形機ノズル先端部に塗膜が多く残存し、材料替え時の清掃が課題となった。今年度の検証で無機フィラー入り洗浄材を用いた清掃作業を行ったが、塗膜の完全除去には至らず、洗浄方法の確立が課題である。以上から、設備への影響は熱プレス成形（シート作製工程）の方が少ない結果となった。

③ 物性試験結果について

2.1.4(2)③ 項に記載したように、シート成形試験片と射出成形試験片で物性に大きな違いは見られなかった。

④ コスト比較について

2022 年度取組に基づく試算結果では、射出成形および真空成形（熱プレス成形）で大幅なコスト差は生じなかった。いずれの成形方法でも、リサイクル材に含まれる塗膜の影響で設備清掃が必須となるが、射出成形の場合は部品成形メーカーでの実施、熱プレス成形の場合は材料メーカーでの実施と、清掃作業が必要となる工程に違いがある。

2.2.2. シボの設定

シボパターンは自動車用途を想定して、外装部品を想定した梨地を、内装部品を想定した革シボを、それぞれ設定した。なお、シボパターンは株式会社棚澤八光社のシボ見本より選択した。またシボ深さは 65 μm 、50 μm 、35 μm 、グロス（光沢）は 2 と 2.5 を設定した。

表 2-23.シボの設定

種類	品番	シボ深さ	グロス
梨地	TH-116	65 μm 、50 μm 、35 μm	2、2.5
革	TH-1034		

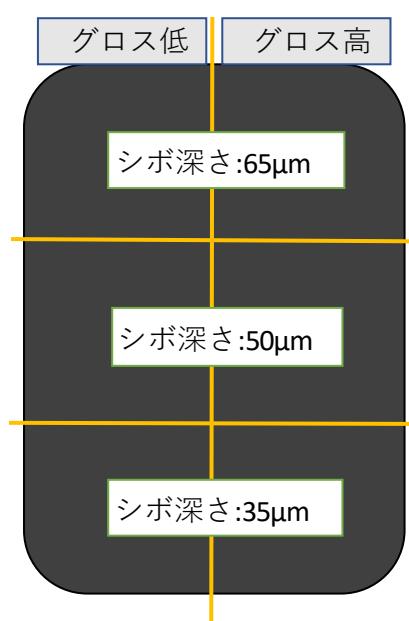


図 2-44.シボ用プレートイメージ図



図 2-45.梨地シボ外観



図 2-46.革シボ外観

2.2.3. 外観評価

(1) アンケート結果

作製したシボプレートを用いて、スズキ、いそのを中心とする計 43 名に対して目視確認による外観評価アンケートを実施した。

表 2-24.実施したアンケート

塗装付き樹脂リサイクル材の外観評価アンケート

名前： _____

【目的】	塗装付き樹脂リサイクル材の適用技術の開発を実施しています。混入している塗膜片により外観品質が低下するため、シボ・色相を変えて塗膜を見えにくくすることを検討しており、サンプル板の評価にご協力をお願いします。
【評価項目】	材料3種類、シボ2種類、シボ深さ3種類、樹脂色3種類
【評価方法】	日光の当たる場所でサンプル板を30～60cm離して手に持ち、塗膜が見えるかどうかを確認してください。塗膜が見えたら、下記表の枠にチェックしてください。

H20											
		黒			酸化チタン3% (濃いグレー)			酸化チタン4% (薄いグレー)			
TH-116 (黒地)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
TH-1034 (黒シボ)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

H40											
		黒			酸化チタン3% (濃いグレー)			酸化チタン4% (薄いグレー)			
TH-116 (黒地)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
TH-1034 (黒シボ)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

H100											
		黒			酸化チタン3% (濃いグレー)			酸化チタン4% (薄いグレー)			
TH-116 (黒地)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
TH-1034 (黒シボ)	深さ [μ m]	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

設問数は 3 メッシュ (H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材)、3 色 (黒材、酸化チタン 3%配合材、酸化チタン 4%配合材)、2 シボ形状 (梨地、革)、3 シボ深さ (65 μm、50 μm、35 μm) の合計 54 問である。太陽光のもとで、プレートを確認し、各組み合わせについて 1.塗膜が見えた、2.塗膜は見えたが、気にならなかった、3.塗膜は見えなかったの 3 種類から回答してもらった。

結果については、表 2-25 に示す通り、メッシュ (塗膜サイズ)、色、シボ形状、シボ深さの 4 つの要因別および要因の組み合わせで、分析を行った。表中の数字は結果記載の項目番号を示す。

表 2-25.アンケート内容のマトリクス設問

	メッシュ (塗膜サイズ)	色	シボ形状	シボ深さ
メッシュ (塗膜サイズ)	①	⑤	⑥	⑦
色		②	⑧	⑨
シボ形状			③	⑩
シボ深さ				④

① メッシュ (H20、H40、H100) 比較

3 メッシュでの比較を行った。「3.塗膜は見えなかった」比率が H20<H40<H100 で 49%、51%、59%と増えている。メッシュが細くなるほど塗膜が見えにくくなっているといえる。

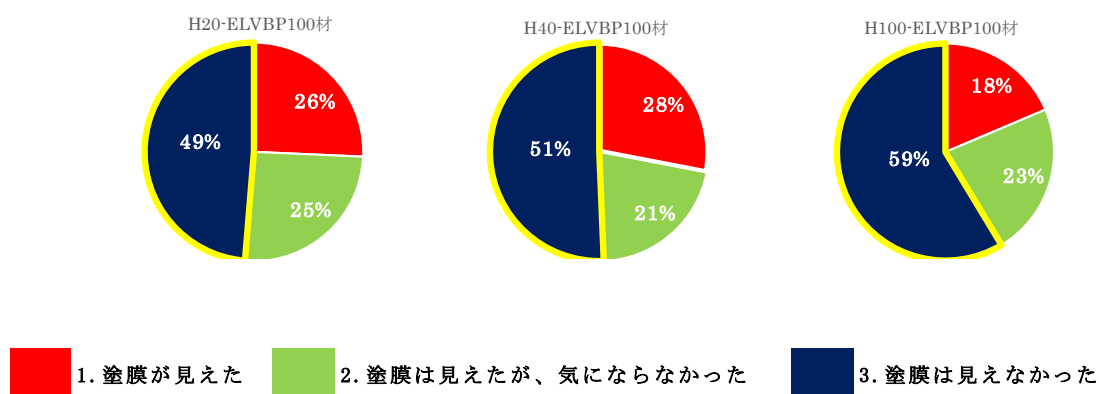


図 2-47. メッシュ (H20、H40、H100) 比較

② 色（黒、濃いグレー材、薄いグレー材）比較

色での比較を行った。「3.塗膜は見えなかった」比率が黒材<濃いグレー材<薄いグレー材で17%、65%、76%と増えている。黒材は特に塗膜が見えやすく、色が薄くなるほど塗膜が見えにくくなっている。

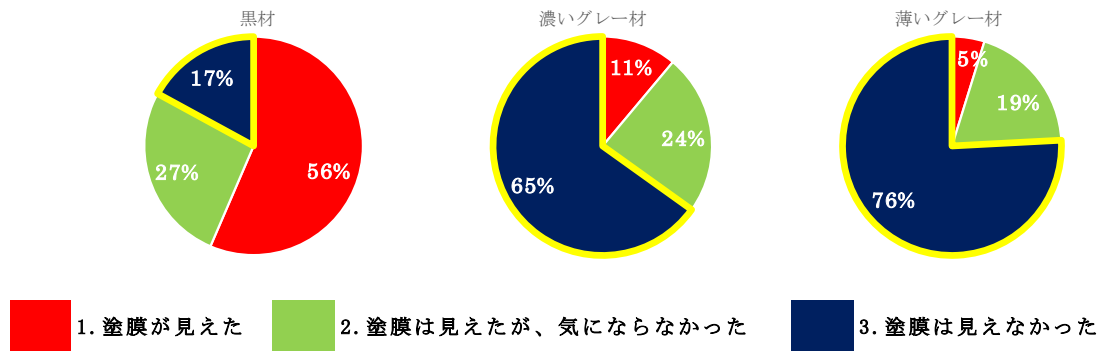


図 2-48. 色（黒材、濃いグレー材、薄いグレー材）比較

③ シボ形状（梨地、革）比較

シボ形状での比較を行った。「3.塗膜は見えなかった」比率が梨地の51%に対して革では54%と3%高かった。革の方が若干、塗膜が見えにくい結果であった。

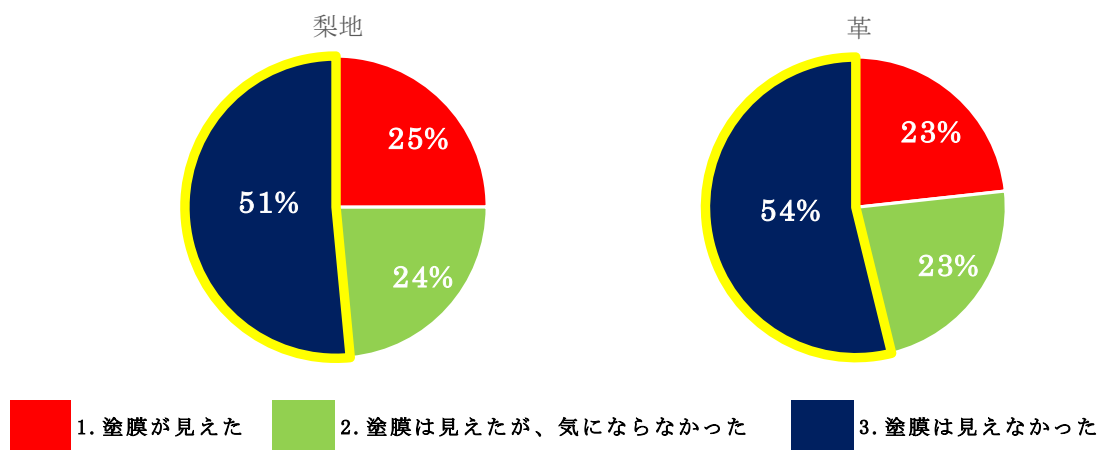


図 2-49. シボ（梨地、革）比較

④ シボ深さ (35 μ m、50 μ m、65 μ m) 比較

シボ深さでの比較を行った。「3.塗膜は見えなかった」比率が 35 μ m < 50 μ m < 65 μ m で 47%、53%、58%と増えている。シボが深くなるほど塗膜が見えにくい。

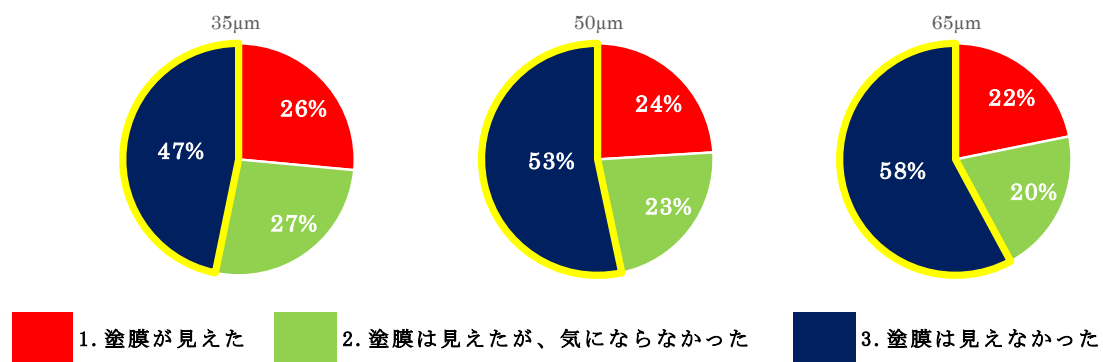


図 2-50. シボ深さ (35 μ m、50 μ m、65 μ m) 比較

⑤ メッシュおよび色比較

メッシュおよび色比較を行った。メッシュおよび色別でも「3.塗膜は見えなかった」比率が黒材<酸化チタン 3%<酸化チタン 4%、H20<H40<H100の順で増えている。

色が薄くなるほど、メッシュが細くなるほど塗膜が見えにくくなっている。

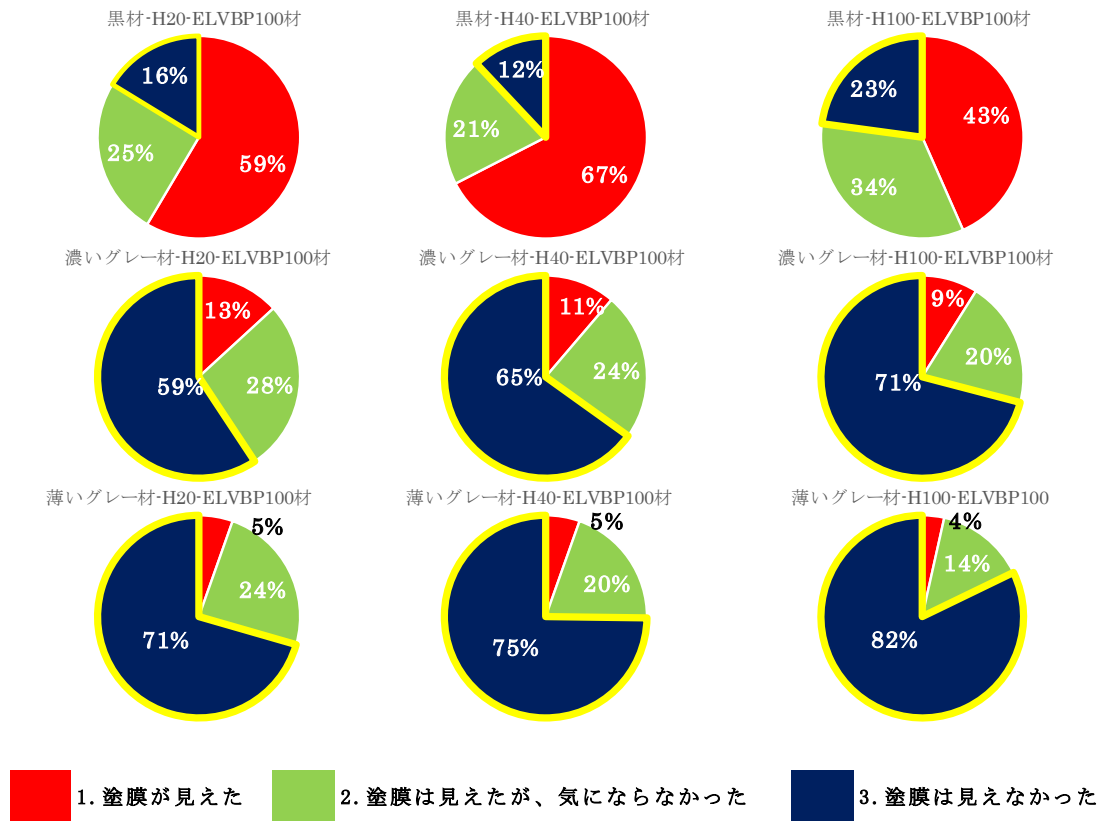


図 2-51.メッシュおよび色比較

⑥ メッシュおよびシボ形状の比較

メッシュおよびシボ形状の比較を行った。メッシュおよびシボ形状別でも「3.塗膜は見えなかった」比率が H20<H40<H100 の順で増えている。シボ形状については、「3.塗膜は見えなかった」比率が梨地に対して革が H20 では 3%、H100 では 5%高いが、H40 では梨地の方が革よりも「3.塗膜は見えなかった」比率が 1%高い。

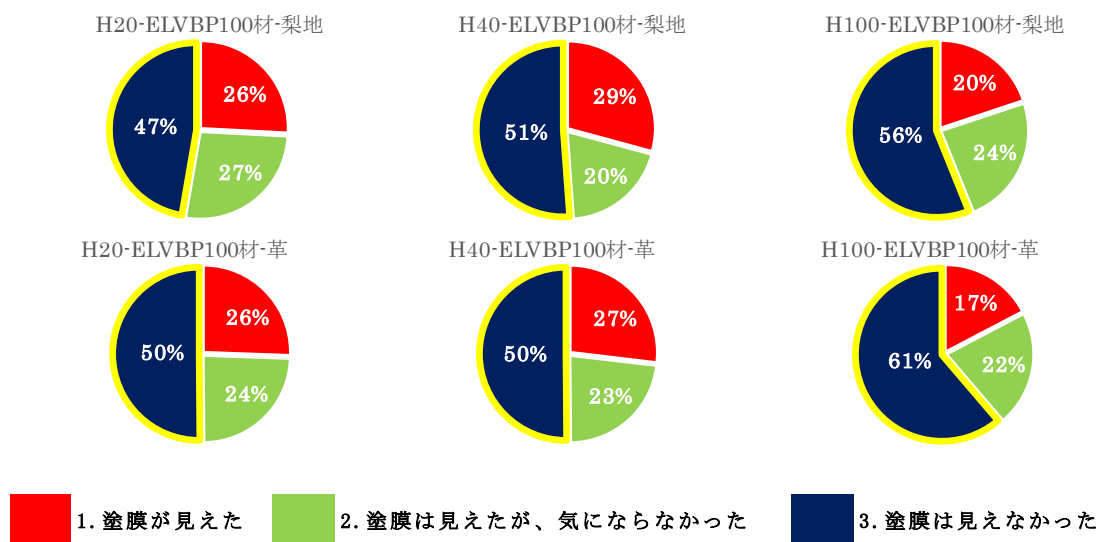


図 2-52.メッシュおよびシボの形状比較

⑦ メッシュおよびシボの深さ比較

メッシュおよびシボの深さ比較を行った。メッシュおよびシボの深さ別でも「3.塗膜は見えなかった」比率が $35\ \mu\text{m} < 50\ \mu\text{m} < 65\ \mu\text{m}$ の順で増えている。メッシュ別については、H40- $50\ \mu\text{m}$ を除き、「3.塗膜は見えなかった」比率が $\text{H20} < \text{H40} < \text{H100}$ の順で増えている。

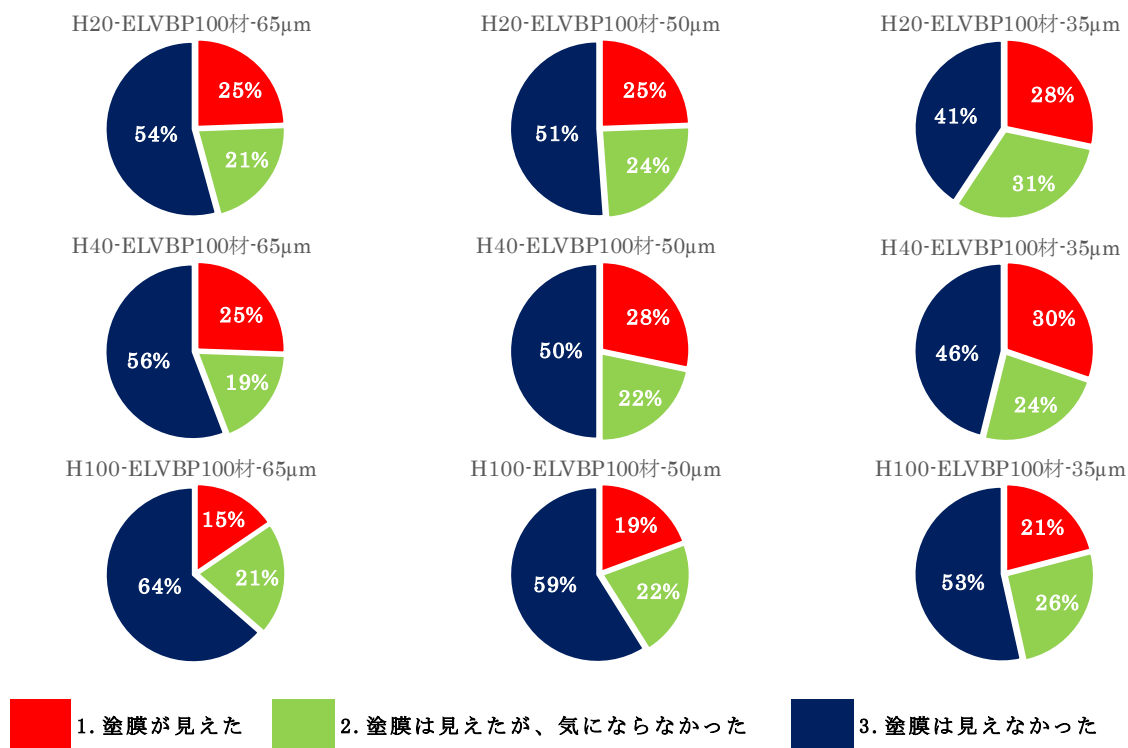


図 2-53.メッシュおよびシボの深さ比較

⑧ 色およびシボ形状の比較

色およびシボ形状の比較を行った。色およびシボ形状別でも「3.塗膜は見えなかった」比率が黒<酸化チタン 3%<酸化チタン 4%、梨地<革の順で増えている。色が薄いほど、梨地よりも革の方が塗膜が見えにくくなっている。

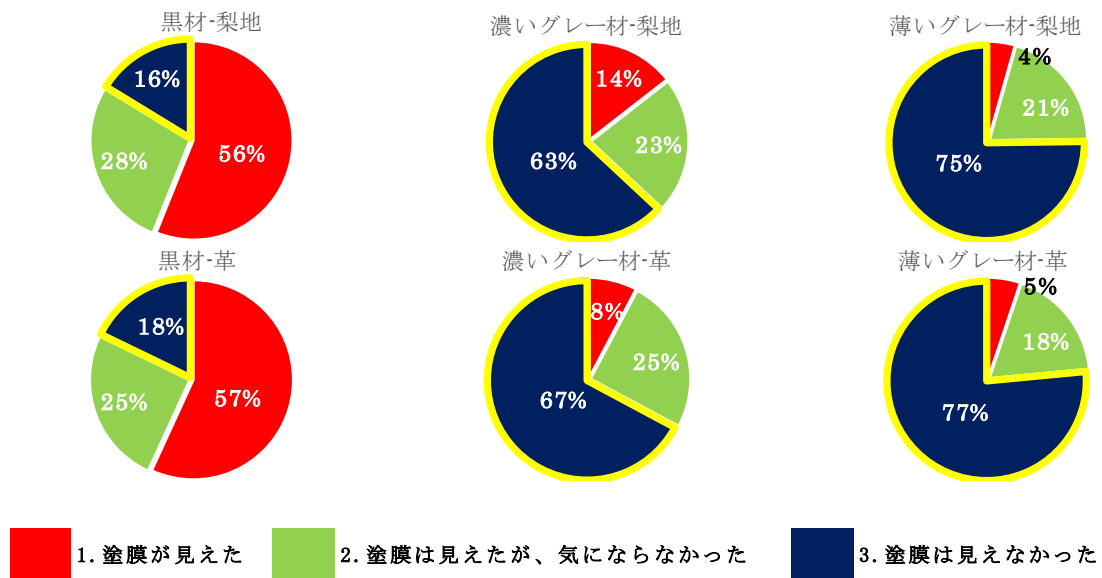


図 2-54. 色およびシボ形状の比較

⑨ 色およびシボの深さ比較

色およびシボの深さ比較を行った。色およびシボの深さ別でも「3.塗膜は見えなかった」比率が黒材<酸化チタン 3%<酸化チタン 4%、35 μm<50 μm<65 μm の順で増えている。色が薄いほど、シボが深いほど塗膜が見えにくくなっている。

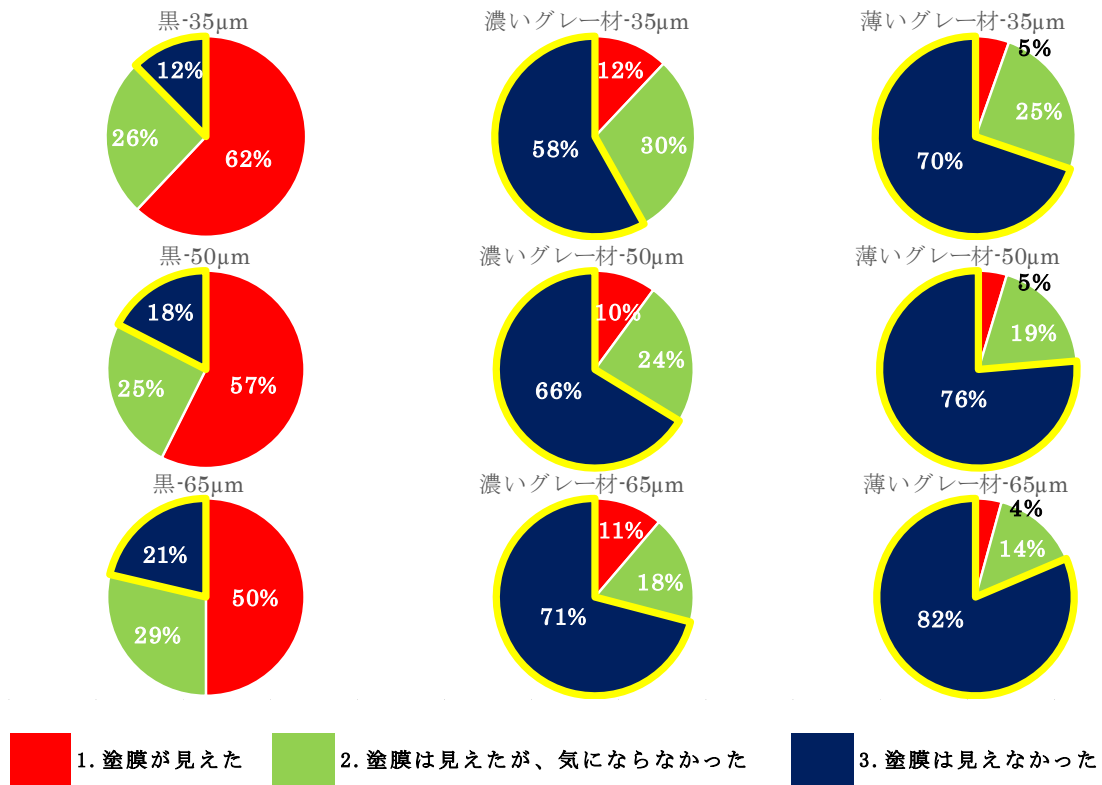


図 2-55.色およびシボの深さ比較

⑩ シボ形状およびシボの深さ比較

シボ形状およびシボの深さ比較を行った。シボ形状およびシボの深さ別では、革よりも梨地の方が「3.塗膜は見えなかった」比率が 35 μm では 2%、50 μm では 1%高く、65 μm のみ梨地よりも革が「3.塗膜は見えなかった」比率が 10%高かった。

梨地では「3.塗膜は見えなかった」比率が 50 μm で最も高い 54%であり、次に 65 μm で 53%、35 μm で 48%という順であった。

革では「3.塗膜は見えなかった」比率が 35 μm < 50 μm < 65 μm で増えている。

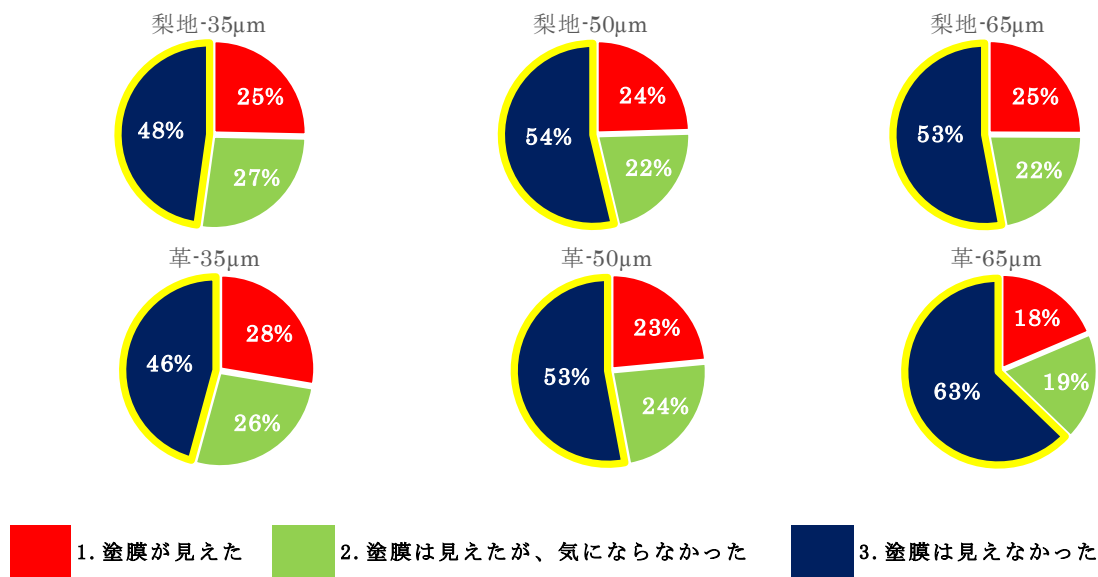


図 2-56. シボ形状およびシボ深さ比較

(2) まとめ

外観評価の結果を要因ごとに分析し「3.塗膜は見えなかった」割合が高くなる条件を表 2-26 にまとめた。「メッシュ（塗膜サイズ）」および「色」を要因に含んだ分析にて傾向がはっきり表れ、メッシュ（塗膜サイズ）が細かいほど、色が明るくなるほど、「3.塗膜は見えなかった」回答の割合が増加した。

このことから、塗膜の見えやすさに大きく影響するのは色と塗膜サイズであることが分かった。一方で、シボ形状と深さについては、明確な傾向が見られなかった。アンケート数の少なさや混入する塗膜サイズのバラツキの影響の可能性も考えられる。

表 2-26. 「3.塗膜は見えなかった」条件

	メッシュ (塗膜サイズ)	色	シボ形状	シボ深さ
メッシュ (塗膜サイズ)	<ul style="list-style-type: none"> メッシュが細かい 	<ul style="list-style-type: none"> メッシュが細かい 色が薄い 	<ul style="list-style-type: none"> メッシュが細かい H20 および H100 では革 H40 では梨地 	<ul style="list-style-type: none"> シボが深い メッシュが細かい (H40-50 μm を除く)
色		<ul style="list-style-type: none"> 色が薄い 	<ul style="list-style-type: none"> 色が薄い 革 	<ul style="list-style-type: none"> 色が薄い シボが深い
シボ形状			<ul style="list-style-type: none"> 革 	<ul style="list-style-type: none"> 35μm および 50μm では梨地 65μm では革 梨地では 50 μm > 65 μm > 35 μm 革では 35 μm < 50 μm < 65 μm
シボ深さ				<ul style="list-style-type: none"> シボが深い

3. まとめ

2022年度は下記(1)(2)の研究を実施した。

(1) リサイクル材のシート化技術に関する研究

①リサイクル材の検証

リサイクル材の検証では H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の 3 水準の材料を選定した。ペレット作製時の異物除去メッシュのサイズによって、塗膜のサイズが変わるが、体積含有率に変化はなかった。

②シート材作製の課題検証

H20-ELVBP100 材、H40-ELVBP100 材、H100-ELVBP100 材の 3 水準の材料を用いて、 $t=1$ 、 $t=2$ 、 $t=3$ の厚みのシート材を作製した。 $t=3$ のみ ELVBP 材 80% で作製した。

③シート材を用いた成形技術の課題検証

熱プレス成形の事前検証として、シート材の賦形性を真空成形にて確認した。アンダーカバーの要素形状を盛り込んだ型を用いて成形を行った。材料を $140^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ まで加熱することで、高さ 40 mm、抜き勾配 20° の形状が成形できることが分かった。型に塗膜が付着するなどの不具合も発生しなかった。

④工法の違いによる効果の比較検証

射出成形と熱プレス成形の比較では、成形性および物性には差がないことが分かった。一方、設備に及ぼす影響としては、射出成形において洗浄材を用いたページでも清掃はしきれず、完全除去には成型機の分解清掃が必要となった。

成形方法の違いによる部品費の試算をしたところ、やや射出成形の方が高い試算となったが、大幅な差異は発生しなかった。

(2) 外観向上技術に関する研究

外観向上技術に関する研究では、3 水準のリサイクル材に対して、色相およびシボ形状、シボ深さを変化させたプレートを作製し、外観評価にてシボおよび色相による外観向上効果を検証した。結果、色相、シボ形状、シボ深さにより目視では塗膜が視認しにくくなることが分かった。

3.1.2022年度の課題

現状の課題を以下に示す。

(1) リサイクル材のシート化技術に関する研究

①リサイクル材の検証

現状では X 線 CT に映った異物が、塗膜か塗膜以外か判断できていない。

②シート材作製の課題検証

射出成形由来の材料を押出成形するため、板厚や装置によって、粘度を上げるべく押出成形用の材料を混ぜる必要がある。そのため、現状では $t=3$ において ELVBP 材 100% のシート化が課題となっている。

③シート材を用いた成形技術の課題検証

熱プレス成形が可能と判断できたため、シート材の成形に関する現状の課題はない。

④工法の違いによる効果の比較検証

パージ材の使用により、塗膜除去に効果がみられたが、完全除去に至らなかった。またパージ材による洗浄効果を定量化するため、X 線 CT による塗膜の体積含有率の分析を試みたが、パージ材に無機フィラーが含まれているため、無機フィラーと塗膜とを区別できず、洗浄効果を定量化できていないことが課題である。

(2) 外観向上技術に関する研究

目視による外観評価結果しか得られていないため、色相、シボ形状、シボ深さによる塗膜への視認性への影響メカニズムや、視認しにくくなるシボ・色相の解明が課題である。

3.2. 2023 年度の実施事項

次年度の実施事項を以下に示す。

(1) リサイクル材のシート化技術に関する研究

①リサイクル材の検証

リサイクル材に含まれる異物が塗膜であるかの特定と定量化する。

②シート材作製の課題検証

ELVBP 材 100%で $t=3$ 以上のシート材作製を行う。

③シート材を用いた成形技術の課題検証

熱プレス成形での成形技術の課題検証を行う。

④工法の違いによる効果の比較検証

ダンゴに含まれる異物成分や、それら成分の混入割合を分析する。また、射出成形後のパージ材による洗浄効果の確認を行なう。

(2) 外観向上技術に関する研究

豊橋技術科学大学視覚認知情報学研究室の中内教授に学術的なアドバイスをいただき、メカニズムの解明を図る。