

2024 年度 自動車リサイクルの高度化等に資する
調査・研究・実証等に係る助成事業
普通乗用車廃タイヤにおける
マテリアルリサイクルシステムの構築

報告書

2025 年 3 月 21 日

株式会社山形県自動車販売店リサイクルセンター

担当者連絡先

担当者名：加藤清輝

部門：再資源化担当

電話番号：023-686-4801 070-5473-8463

はじめに

項目	内容						
事業の背景	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2023年の日本の廃タイヤの有効利用率は99.2%であった。この内訳ではサーマルリサイクル(熱利用)が85%と、欧米と比べて高い割合を占めている。環境省によると、カーボンニュートラルの観点から将来的にサーマルリサイクルの規制が進むことが予想され、マテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルへの移行が必要されている。 						
事業のゴール	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本実証事業では、普通乗用車タイヤを対象とし、ポリエステル繊維等の効率的な除去技術の確立により、タイヤのマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの促進を図る。 						
2024年度実施内容	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">① 廃タイヤ回収工程の検証</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 廃タイヤ30万本/年の回収を目標としてディーラーを対象にアンケート調査を実施した。県内18の全自動車メーカーのディーラーを対象に行ったアンケート調査によると、普通自動車用廃タイヤの発生量(主に交換用として廃棄されたもの)は年間約15万本であり、これが回収量のベースとなる。2025年度に残りの15万本の回収可能性調査を、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等へのアンケートを実施予定である。 ➤ 回収ルートについては、現状把握している15万本については代表事業者のELV回収ルートでの回収が可能である。新規回収先については、2025年以降回収ルートの検討を行う。 </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">② 廃タイヤ処理工程の検証</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 色彩選別機の導入によって、従来のタイヤチップのサイズを落として、複数の選別機を組み合わせる選別を経なくても、色彩選別機1台で同程度の繊維除去率(90%)以上を目指すことが可能であることが分かった。 ➤ 2025年度以降は、色彩選別機を用いた工程における純粋ゴムチップ比率の向上(強化繊維の割合低下)と、収率向上を目指す。 </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">③ 販売ルートの検討</td> <td style="padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1年目の販売ルートの検討において、マテリアルリサイクルで1社、ケミカルリサイクルで2社による廃タイヤリサイクルゴムの受け入れを前提とした協働体制のもと、検証作業を進めた。2024年度はまずは受け入れ基準を確認した。 ➤ 2025年度以降は実機を用いてこれら受け入れ基準を満たしているか、工程の改良などを進めながら確認する。 </td> </tr> </tbody> </table>	① 廃タイヤ回収工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 廃タイヤ30万本/年の回収を目標としてディーラーを対象にアンケート調査を実施した。県内18の全自動車メーカーのディーラーを対象に行ったアンケート調査によると、普通自動車用廃タイヤの発生量(主に交換用として廃棄されたもの)は年間約15万本であり、これが回収量のベースとなる。2025年度に残りの15万本の回収可能性調査を、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等へのアンケートを実施予定である。 ➤ 回収ルートについては、現状把握している15万本については代表事業者のELV回収ルートでの回収が可能である。新規回収先については、2025年以降回収ルートの検討を行う。 	② 廃タイヤ処理工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 色彩選別機の導入によって、従来のタイヤチップのサイズを落として、複数の選別機を組み合わせる選別を経なくても、色彩選別機1台で同程度の繊維除去率(90%)以上を目指すことが可能であることが分かった。 ➤ 2025年度以降は、色彩選別機を用いた工程における純粋ゴムチップ比率の向上(強化繊維の割合低下)と、収率向上を目指す。 	③ 販売ルートの検討	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1年目の販売ルートの検討において、マテリアルリサイクルで1社、ケミカルリサイクルで2社による廃タイヤリサイクルゴムの受け入れを前提とした協働体制のもと、検証作業を進めた。2024年度はまずは受け入れ基準を確認した。 ➤ 2025年度以降は実機を用いてこれら受け入れ基準を満たしているか、工程の改良などを進めながら確認する。
① 廃タイヤ回収工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 廃タイヤ30万本/年の回収を目標としてディーラーを対象にアンケート調査を実施した。県内18の全自動車メーカーのディーラーを対象に行ったアンケート調査によると、普通自動車用廃タイヤの発生量(主に交換用として廃棄されたもの)は年間約15万本であり、これが回収量のベースとなる。2025年度に残りの15万本の回収可能性調査を、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等へのアンケートを実施予定である。 ➤ 回収ルートについては、現状把握している15万本については代表事業者のELV回収ルートでの回収が可能である。新規回収先については、2025年以降回収ルートの検討を行う。 						
② 廃タイヤ処理工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 色彩選別機の導入によって、従来のタイヤチップのサイズを落として、複数の選別機を組み合わせる選別を経なくても、色彩選別機1台で同程度の繊維除去率(90%)以上を目指すことが可能であることが分かった。 ➤ 2025年度以降は、色彩選別機を用いた工程における純粋ゴムチップ比率の向上(強化繊維の割合低下)と、収率向上を目指す。 						
③ 販売ルートの検討	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1年目の販売ルートの検討において、マテリアルリサイクルで1社、ケミカルリサイクルで2社による廃タイヤリサイクルゴムの受け入れを前提とした協働体制のもと、検証作業を進めた。2024年度はまずは受け入れ基準を確認した。 ➤ 2025年度以降は実機を用いてこれら受け入れ基準を満たしているか、工程の改良などを進めながら確認する。 						

目次

1. 助成事業の計画	5
1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景.....	5
1.2. 事業の実施内容.....	8
1.2.1. 事業計画の概要.....	8
(1) 効率的な強化構造材の除去技術の確立.....	8
(2) マテリアルリサイクル素材化技術の普及、推進.....	9
(3) ケミカルリサイクル油化技術の普及、推進.....	9
1.2.2. 実施内容.....	10
1.2.3. 事業の実施体制.....	11
1.2.4. 事業の実施スケジュール.....	12
2. 助成事業の報告	13
2.1. 助成事業実施結果.....	13
2.1.1. 廃タイヤの回収工程の検証.....	13
(1) 現状の廃タイヤの処理方法（山形県内）.....	13
(2) 回収量の前提.....	14
(3) 回収ルート of 検証.....	14
(4) 回収単価の検証.....	15
(5) 今後の課題.....	15
2.1.2. 廃タイヤの選別工程の検証.....	16
(1) タイヤの構造.....	16
(2) 目指す破砕・選別工程の概要.....	17
(3) 2024 年度実施結果.....	20
2.1.3. 販売ルートの検討.....	26
(1) マテリアルリサイクル.....	27
(2) ケミカルリサイクル.....	28
3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等	31
3.1. 現状の課題.....	31
3.1.1. 廃タイヤ回収工程の確立.....	31
3.1.2. 出口ニーズに対応した選別品の提供.....	31
3.1.3. 実機での選別効果の確認.....	31
3.2. 課題の解決方法.....	32
3.2.1. 廃タイヤ回収工程の確立.....	32
3.2.2. 出口ニーズに対応した選別品の提供.....	32
3.2.3. 実機での選別効果の確認.....	32

3.3. 次年度以降の助成事業展開.....	33
3.3.1. 想定する事業の内容.....	33
(1) 廃タイヤの回収工程の検証.....	33
(2) 廃タイヤの処理工程の検証.....	33
(3) 販売ルート of 検証.....	34
3.3.2. 設備導入（計画変更）.....	34
(1) 異物のないゴムチップの製造の道筋ができた.....	35
(2) ある程度ボリューム感での色彩選別能力の把握の実施.....	35
(3) 十分な実機検証期間の確保.....	36
3.3.3. 事業の実施体制.....	37
3.3.4. 事業スケジュール.....	37
(1) 2025年度（2年目）実施内容.....	37
(2) 2026年度（3年目）実施内容.....	38
3.3.5. 資金計画.....	40
4. 事業化の計画.....	41
5. 事業の評価.....	42
5.1. 採算性の評価.....	42
5.1.1. 事業者側の評価.....	42
5.1.2. その他の採算性の評価.....	45
(1) 再生ゴム買付側の評価.....	45
5.2. 有効性の評価.....	46
5.2.1. 事業の有効性.....	46
5.2.2. 事業の実現性・継続性.....	46
5.2.3. 事業の発展性.....	46
5.2.4. 事業の効率性.....	47

1. 助成事業の計画

1.1. 自動車リサイクル業界における事業の位置付け・背景

【社会的背景・課題】 廃タイヤのリサイクルは環境にとって重要な課題

図 1-1 に国内における廃タイヤ発生量を示す。一般社団法人 日本自動車タイヤ協会（以下 JATMA）によれば、日本における 2023 年の廃タイヤ発生量は 90 百万本であった。

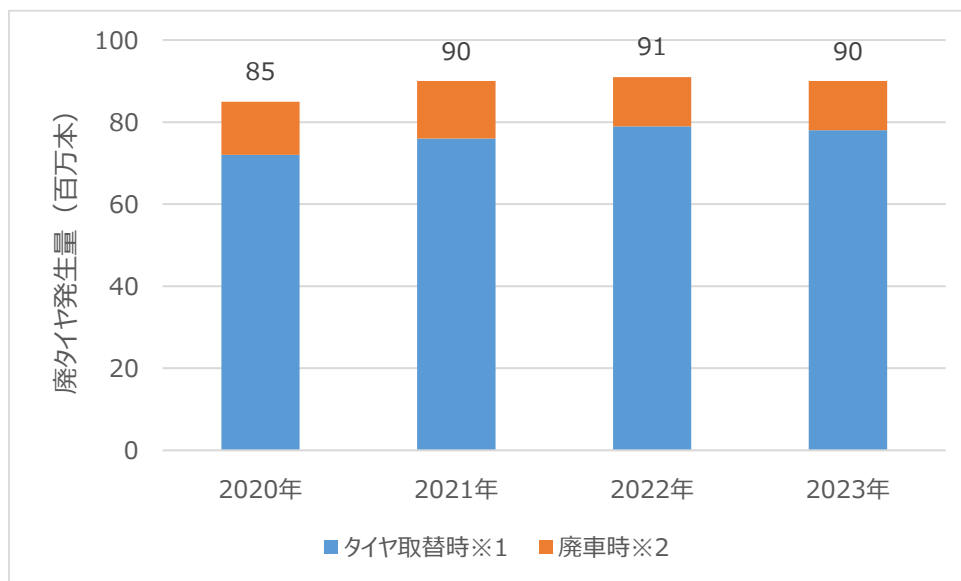


図 1-1.国内における廃タイヤ発生量

出典：JATMA

※1 市販用タイヤ販売実績、輸入タイヤ貿易統計を基に推計。

※2 廃車台数(自動車リサイクル促進センター公表値)を基に推計。なお、更生タイヤは使用されている限りは廃タイヤにならず、発生量、有効利用量に影響がないことから今回より除外した。上記の表は更生タイヤを除いた数字を示している。

図 1-2 に 2023 年の国内の廃タイヤの有効利用を示す。2023 年の国内の廃タイヤ有効利用量は 77 万 6,000 トン、有効利用率は 99.2%であった。

日本のリサイクル率は、アメリカの 76% (2023 年) や EU の 97% (2021 年) と同等の高水準を維持している (図 1-3 参照) が、リサイクルの内訳ではサーマルリサイクル (熱利用) が 85%と、欧米と比べて高い割合を占めている。環境省によると、カーボンニュートラルの観点から将来的にサーマルリサイクルの規制が進むことが予想され、マテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルへの移行が必要されている。

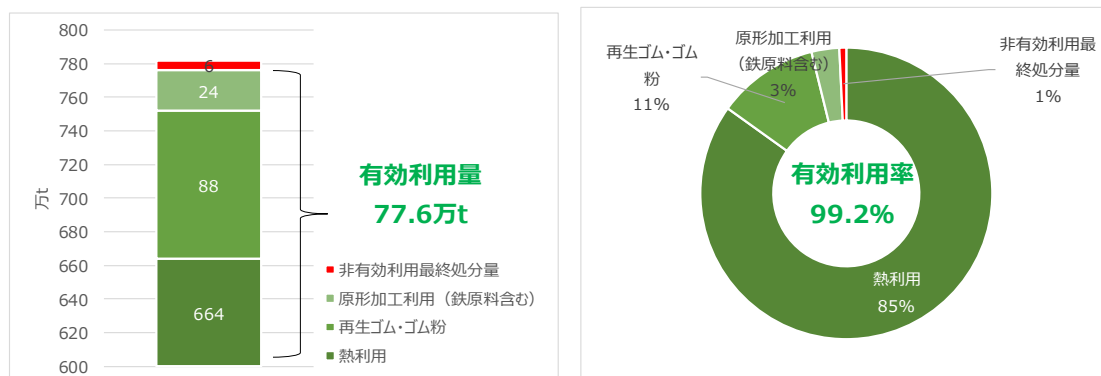


図 1-2.2023 年の国内の廃タイヤの有効利用量・率

出典：JATMA

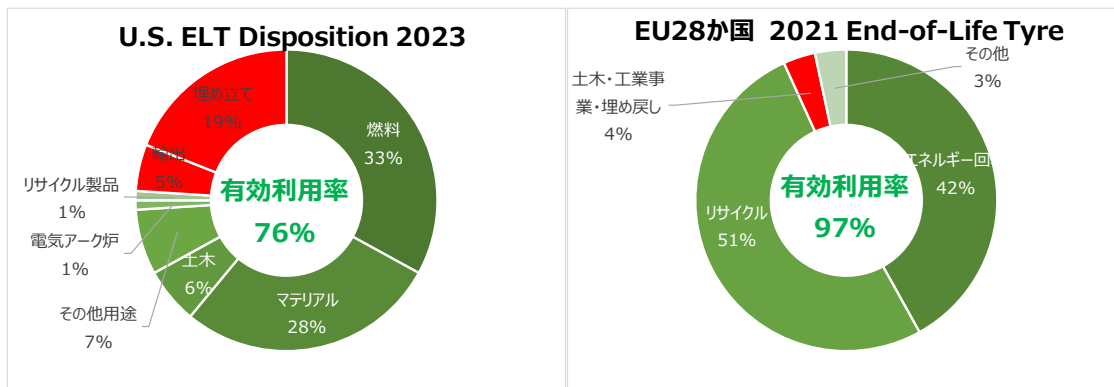


図 1-3.欧米の状況

出典：米国 U.S. Tire Manufacturers Association (USTMA)、
欧州 European Tyre & Rubber Manufacturers Association (ETRMA)

廃タイヤ業界では、主にサーマルリサイクル（熱利用）による処理が進んでいるが、不法投棄の残存量は 2019 年から 2022 年にかけて減少していたものの、2023 年には増加に転じた（JATMA 調べ）（図 1-4 参照）。今後、廃タイヤのサーマルリサイクルへの規制が実施される際には、特にリサイクル技術が未確立な普通乗用車の廃タイヤが不法投棄される可能性が高まる。このため、廃タイヤのリサイクル手法の確立に向けて新たな技術の導入が急務となっている。

廃タイヤのリサイクルのうち、普通自動車用タイヤのケミカルリサイクルは技術開発が途上段階にあるため、量産ベースでの処理はなされていない。一方、マテリアルリサイクルは一部実施されているもののカスケードリサイクルが主体となっている。普通乗用車のタイヤは、合成ゴム、スチールワイヤのほか、ポリエステルやナイロンなどの繊維を含む強化構造材で構成されている。このうち、廃タイヤのリサイクルではこうしたポリエステル繊維等が異物となるためカスケードリサイクルが主体となっているが、廃タイヤに含まれる繊維等の異物除去が可能になれば水平リサイクルも可能となると考えられる。

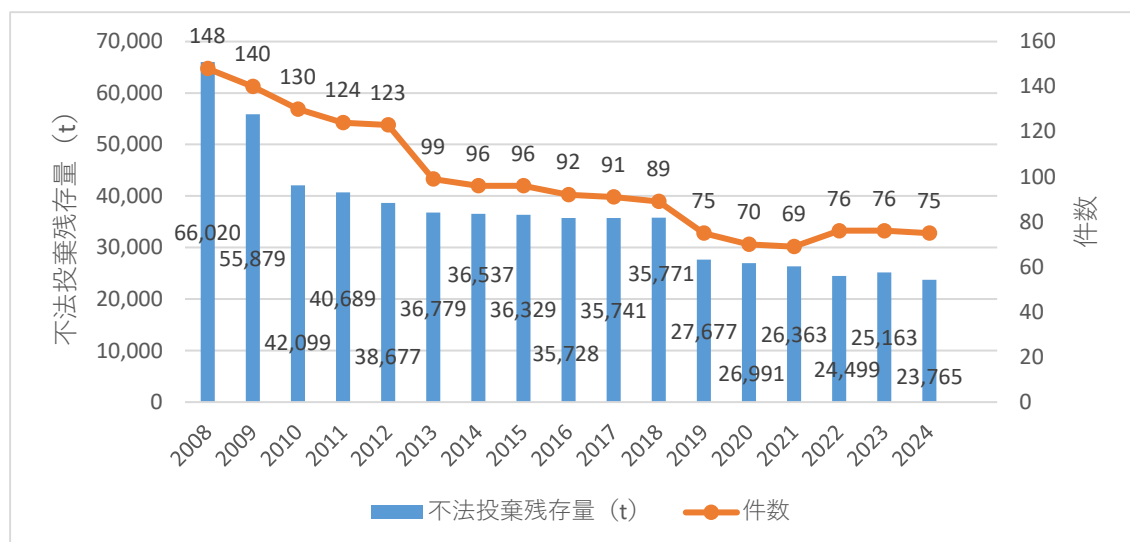


図 1-4. 日本の廃タイヤの不法投棄状況の推移

出典：JATMA

1.2. 事業の実施内容

タイヤのサーマルリサイクルからマテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルへの転換を図るためには、効率的なリサイクル手法の研究開発や、持続可能なビジネスモデルの構築が必要となる。

1.2.1. 事業計画の概要

本実証事業では、普通乗用車タイヤを対象とし、ポリエステル繊維等の効率的な除去技術の確立により、タイヤのマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの促進を図る。

本実証事業によるマテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの基礎技術研究・開発においては、リサイクル技術の確立が求められている普通乗用車タイヤを対象とし、次の3点について取り組むものとする。

- (1) 効率的な強化構造材の除去技術の確立
- (2) マテリアルリサイクル素材化技術の普及、推進
- (3) ケミカルリサイクル油化技術の普及、推進

(1) 効率的な強化構造材の除去技術の確立

トラックなどの大型車のタイヤ（TB タイヤ）は、天然ゴムとスチールワイヤで構成されており、破碎・粉碎後に磁選機で選別することで、ほぼ 100%の純度で材料を回収できる。

詳しくは 2.1.2(1)タイヤの構造で説明するが、普通乗用車のタイヤ（PC タイヤ）は、合成ゴム、スチールワイヤ、ポリエステル、ナイロンなどの強化構造材の複合体であり、リサイクルには材料の分離が必要である。このため、現在日本でマテリアルリサイクルされているタイヤは、大型車用タイヤが大部分を占めている（図 1-5 参照）。現状では、普通乗用車用タイヤは 78%がサーマルリサイクルに回っており、今後マテリアルリサイクルを推進するためには、ゴムを高純度で抽出する新しいシステムの構築が求められている。

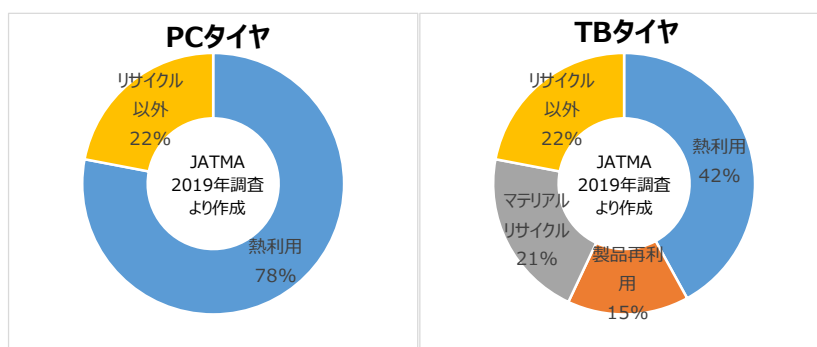


図 1-5. PC タイヤと TB タイヤ別リサイクル状況

出所：JATMA「タイヤの LCCO2 算定ガイドライン Ver.3.0.1 使用済みタイヤの用途別廃棄・リサイクル割合」

従来の普通乗用車の廃タイヤのリサイクルは、切断工程、破砕工程、粉碎工程、選別工程を経るが、本実証事業では粉碎工程と選別工程を融合した新システムで検証を行う。具体的には、廃タイヤからゴムと金属類や繊維の強化構造材を分離するため、粉碎したのちに以下の4種類の選別技術を複合化し、選別効率を向上させる。

- ① 磁気選別：スチールワイヤなどの金属類の磁気による選別方法
- ② 風力選別：大気中で分散状態の空気抵抗差や抗力差による選別方法
- ③ 振動篩選別：金網による粒子径による選別方法
- ④ 色彩選別：カメラ等の選別センサーにより色の濃淡で選別方法

なお、④色彩選別はゴムとその他の混合物の色が違うことに着目し、現在は食品加工の現場で主に使われているものを、廃タイヤの選別技術として応用するものである。

本実証事業を進めるにあたり、強化構造材の除去技術の協力先として、廃タイヤからの破砕・選別技術に知見を有する寿産業（株）を選定し、より効率的に不純物を取り除けるような処理工程の確立及びリサイクル製品の品質確保に向けた検証を行う。

(2) マテリアルリサイクル素材化技術の普及、推進

選別技術の複合化により、ゴムと強化構造材を分別し、純度の高い素材（ゴムチップ、ゴムパウダー）の物性を検証する。粉碎・選別処理工程に最適な技術を確認することにより、大型タイヤと同様に再生ゴムを活用したゴムマットを車載内装材として使用するほか、床材や道路舗装材としても利用することで普及を促進し、マテリアルリサイクル率の向上を図る。本実証事業を進めるにあたり、ゴムチップ、ゴムパウダー素材の流通協力先として豊通マテリアル（株）と連携していく。

(3) ケミカルリサイクル油化技術の普及、推進

主原料のゴム及びスチールワイヤでできている大型タイヤに関する油化技術研究は始まっているものの、多くの強化構造材が含まれている普通乗用車用タイヤでの油化技術開発は途上段階にある。本実証事業では、豊通ケミプラス（株）と連携協力し、ケミカルリサイクルに資するものを提供できるかどうか本実証事業による検証結果を共有する。また、先進事例を創出・横展開し、普通乗用車タイヤのケミカルリサイクル普及を強力に推進する。

1.2.2. 実施内容

事業の実施内容を表 1-1 に示す。廃タイヤの回収、収集、破碎・選別等の検討を進め、出口ニーズの要求に対応した再生材の提供を 2024 年度～2026 年度の実証を通して実現していく。

表 1-1.実施内容概要

実施項目	内容	目標
①廃タイヤ回収工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> 山形県内で発生する廃タイヤの回収・回収ルート・コストの検証 	<ul style="list-style-type: none"> 2027 年度における廃タイヤ 30 万本/年の回収
②廃タイヤ処理工程の検証	<ul style="list-style-type: none"> 出口ニーズの要求を満たす、廃タイヤの処理工程、強化構造材除去の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 出口ニーズの受入条件を満たす再生原料の作成 ゴムチップ生産量 1,600t/年 粉碎品でのゴム収率 70%を目指す（収率はワイヤー・強化材を除いた収率）
③設備の導入・試運転	②のタイヤ処理工程の施設計画、導入、試運転	<ul style="list-style-type: none"> ②の目標を達成可能な、費用対効果の高い設備の導入
④販売ルートの検討	<ul style="list-style-type: none"> ②のラインにおいて、生産されたゴムチップをマテリアルリサイクル向け、ケミカルリサイクル向けでの性能検証を行う マテリアルリサイクルとして、豊通マテリアルを通じた販路の開拓。ケミカルリサイクルとして、豊通ケミプラスを通じた安定供給協力体制の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 出口ニーズの受入条件を満たすゴムチップ・ゴムパウダーの提供

1.2.3. 事業の実施体制

実施体制図を図 1-6 に示す。

代表事業者である山形県自動車販売店リサイクルセンターは本事業の全体の進捗管理、実証実験作業、回収作業、処理作業・検証、販売ルート検討、報告書取りまとめなどを行う。

共同実施者である山形自動車公益センターは、会計管理総括、事業総括者・事業管理者補助を行う。

外注先には寿産業がある。

寿産業は粉砕機メーカーであり、タイヤの粉砕とタイヤチップと繊維の選別については、独自に開発してきた機械と知識を持っており、機械導入後の代表事業者への支援を行う。タイヤゴムは一般的な粉砕機で粉砕が難しいとされているため、寿産業の設計した粉砕機をはじめとした分離分別機器が有効である。

そのほかマテリアルリサイクル支援として豊通マテリアル、ケミカルリサイクル支援として豊通ケミプラス等とも連携し事業を進めていく。

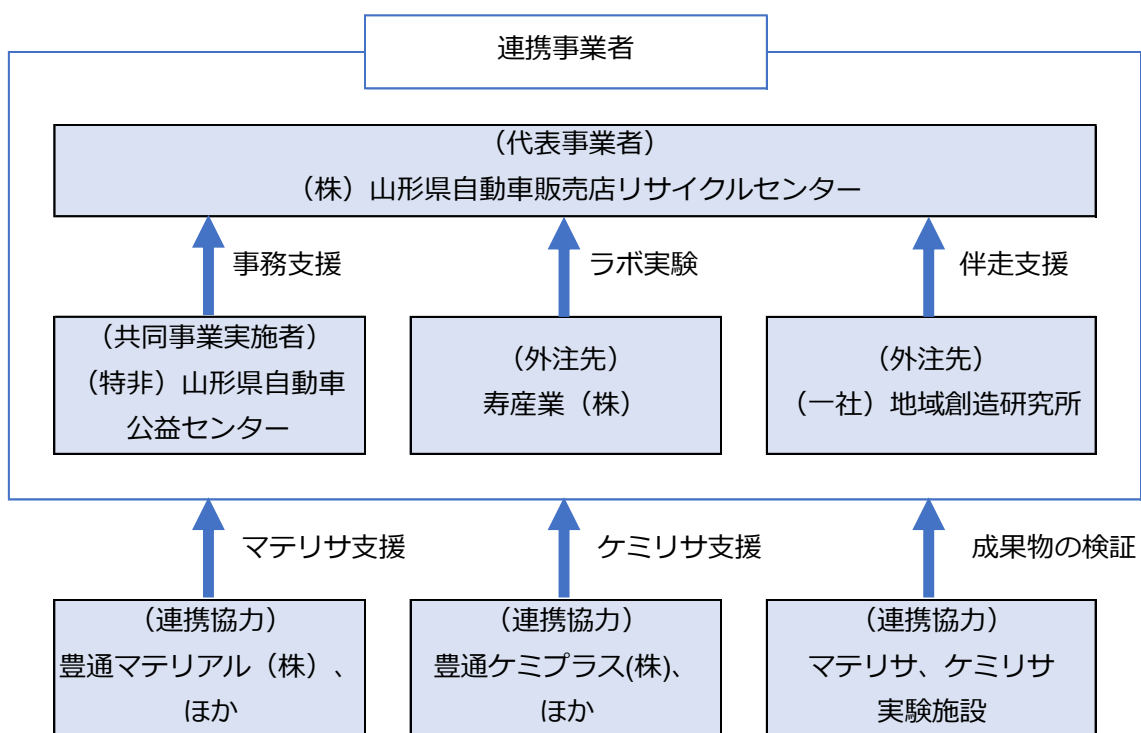


図 1-6.実施体制図

2. 助成事業の報告

2.1. 助成事業実施結果

2.1.1. 廃タイヤの回収工程の検証

(1) 現状の廃タイヤの処理方法（山形県内）

産業廃棄物や一般廃棄物として排出された廃タイヤは、契約を締結している産業廃棄物輸送許可を持つ収集運搬業に引取りを行ってもらう。収集運搬事業者が引き取った廃タイヤのほとんどは、廃タイヤ買取業者（中間処理業者）に処分費用（平均 500 円/本）で処分を依頼しており、回収されたタイヤは切断/破砕加工されたのち、再生利用や最終処分先で有効利用されている。

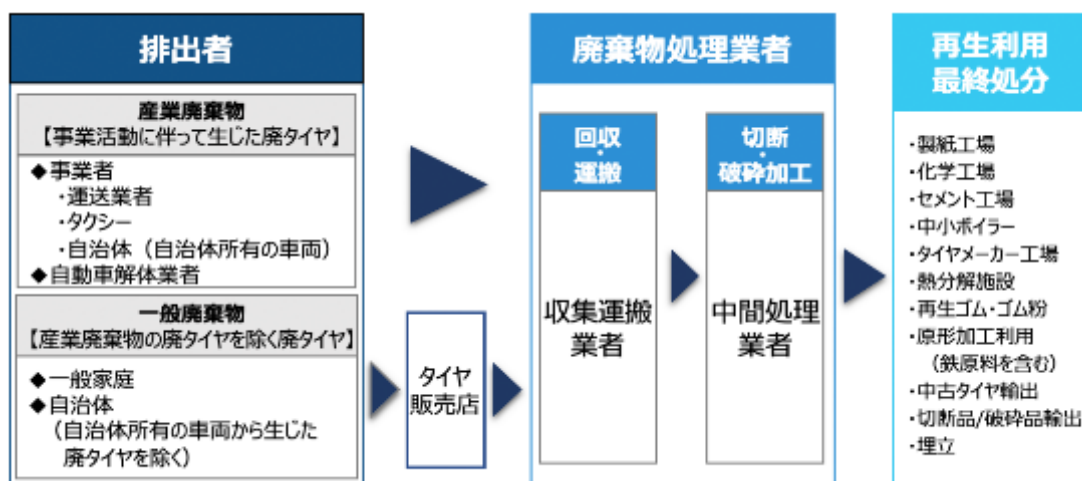


図 2-1.廃タイヤの処理フロー

出典：JATMA

(2) 回収量の前提

JATMAによれば、2023年度の廃タイヤの発生量は90百万本であった。都道府県別の廃タイヤの発生件数は公開されていないため、山形県での発生量について自動車保有台数から計算した。一般財団法人自動車検査登録情報協会によれば、山形県の自動車保有台数は全国の1.1%であるため、 $90\text{百万本} \times 1.1\% = 100\text{万本程度}$ と推測される。本事業では、そのうち、約30%の廃タイヤ30万本の回収を目指している。

本実証事業の代表事業者（山自販リサイクルセンター）及び構成する県内18の全自動車メーカーのディーラーを対象に行ったアンケート調査によると、普通自動車用廃タイヤの発生量（主に交換用として廃棄されたもの）は年間約15万本であり、前年度の同様の調査でも約15万本であったことから、これが回収量のベースとなる。

残りの15万本の回収については、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等からの回収を想定している。実際に15万本の回収量が可能であるかどうか、2025年度にアンケート調査する予定である。

(3) 回収ルートの検証

代表事業者はメーカー系ディーラーからELVを引取っているため、廃タイヤに関しても同拠点からの回収を想定している。廃タイヤの回収時は専用便を立てて回収することを検討している。

その他の新規回収ルートとして、ガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売、修理工場などからの回収は、2025年度以降に検討する。

自社回収に加え、外部企業への業務委託による回収も検討している。回収の際に、タイヤ単独の回収ではなく、ホイール付きでの回収を想定しており、回収費用は輸送費とホイール販売で相殺し有価物として回収可能と考える。

現在廃タイヤ回収は回収業者への処分費用支払いでの回収が現状である。一方で本事業では廃タイヤの有価回収を想定している。処分を依頼する側にとっては処分費用の支出から買取の収入への転換となり、メリットが大きい。一方で、回収業者にとっては既得権として処分料が主な収入源となってしまうため、本事業を進めるにあたっては、既存回収業者（既得権業者）との調整が最大の課題と認識している。代表事業者が単独回収するだけでなく、既存の廃タイヤ回収事業者と協力した回収体制の構築又は回収事業者からの買い取りも想定し、2025年度は回収事業者とのWin-Winの関係構築を模索していく。

(4) 回収単価の検証

回収単価とは、廃タイヤ発生場所から代表事業者の処理工場に届くまでの総費用（回収コスト）に見合う単価設定を意味する。

自動車ディーラーへのアンケート調査の結果、廃タイヤの処分費用は1本あたり平均500円前後で推移していることが分かっている。これには、収集運搬価格も含まれている。

廃タイヤの回収量を確保するには、廃タイヤの排出者に対して、回収単価を提示する必要があると考えている。自動車ディーラーで構成される代表事業者及び関係者内で回収単価を検討中である。輸送費も含めて、2025年度以降に最適な数値を提示していく。

(5) 今後の課題

廃タイヤ回収工程の検証における2025年以降の検証項目を表2-1に示す。回収量、回収ルート、回収単価について2024年度に把握しきれなかった内容・決定できなかった内容を2025年以降で引き続き検討していく。

表 2-1.廃タイヤ回収工程の検証における2025年以降の検証項目

項目	内容
回収量の前提	➤ 2024年度に回収目標30万本/年に対して、ディーラーからの15万本/年の回収見通しを立てた。2025年度は残りの15万本/年の回収量が見込めるか確認するため、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等に対して、回収可能量をアンケート調査する。
回収ルートの検証	➤ ディーラーからの回収は既存の回収ルートを活用可能である。 ➤ 2025年以降は新規回収ルートとして、ガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売、修理工場などからの回収を検討する。 ➤ 回収ルート確立のため、既存の廃タイヤ回収業者との調整を進める。
回収単価の検証	➤ 回収単価については、回収ルートの検証による輸送費検討も含め、最適な数値を提示する。

2.1.2. 廃タイヤの選別工程の検証

(1) タイヤの構造

タイヤの構造を 図 2-2 に示す。タイヤはビード、カーカス、ベルト、トレッド等から構成されている。

ビードは、カーカスコードの両端を固定し、同時にタイヤをリムに固定させる役目を負っている部分であり、高炭素鋼を束ねた構造である。

カーカスは、タイヤの骨格を形成するコード層の部分。タイヤの受ける荷重、衝撃、充填空気圧に耐える役割を持っている。タイヤの種類・サイズ等によりポリエステル、ナイロン、レーヨンコード等を使用している。

ベルトは、ラジアル構造のトレッドとカーカスの間に円周方向に張られた補強帯。カーカスを桶のたがの様に強く締付けトレッドの剛性を高めている。主にスチールコードを使用している。

JATMA によれば、自動車タイヤはゴム、補強剤（カーボンブラック、シリカ）、タイヤコード（スチール、テキスタイル各種）、配合剤、ビードワイヤー等の 100 種類を超える原材料で構成されている。タイヤ原材料重量の構成割合はタイヤの品種によって異なるが、約 50% がゴムから構成され、次いで補強剤 22%、タイヤコード 14% の順である。

タイヤにはゴム以外の材料が多く含まれており、これらの分離を行うためには、高度な選別技術が必要となる。

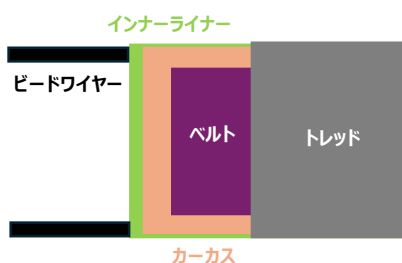
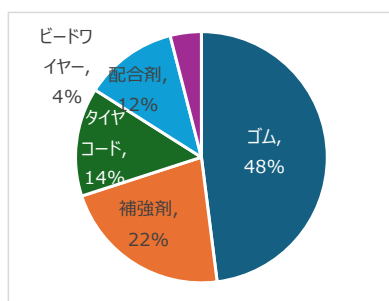


図 2-2. タイヤの構造



項目	内容
ゴム	—
補強剤	カーボンブラック、シリカ
タイヤコード	スチール、テキスタイル（ナイロン、ポリエステル、レーヨン等）
配合剤	加硫剤、加硫促進剤、促進助剤、老化防止剤、充てん剤、軟化剤など

図 2-3. タイヤの構成材料

出典：JATMA

(2) 目指す破碎・選別工程の概要

(1) タイヤの構造でも説明したが、タイヤにはゴムだけでなく、鉄、強化繊維（ポリエステル、ナイロン、レーヨンなど）が含まれているため、ゴムを高純度を選別するためには、各材質に応じた破碎サイズ、選別方法を検討する必要がある。

詳しくは 2.1.3 販売ルート の検討で説明するが、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルでの受け入れ条件を把握し、その受け入れ条件を満たすことが可能な、破碎と選別を融合した、ゴムと強化構造材の選別に特化したシステムを検討することとした。受け入れ条件を表 2-2 に示す。

マテリアルリサイクルでは、配合樹脂との分散性を重視しており粒径 1mm 以下、においの抑制、VOC を各車両メーカーの規格値以下にすること、ゴム粉碎品の表面に油分が付着していないことが受け入れ条件となっている。

ケミカルリサイクルでは、粒径 3mm 以下、金属や強化繊維など異物の含有率を 1% 以下にすることが受け入れ条件となっている。

表 2-2. マテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの受け入れ条件

リサイクル	主な想定用途	把握している受け入れ条件		備考
		サイズ	ゴム純度	
マテリアルリサイクル	カーマットの裏面コーティングへの配合利用	1mm 以下 ※配合樹脂との分散性を重視	異物がないこと	においの抑制、VOC が各車両メーカーの規格値以下、ゴム粉碎品の表面に油分が付着していないこと
ケミカルリサイクル	化学品原料向け生成油原料	未定		全窒素 4000ppm 以下
	リサイクルカーボンブラック原料	mm アンダー		—

先述した受け入れ条件から、検討した破砕・選別工程 2 種（パターン 1 及び 2）を表 2-3 に示す。

タイヤの構造を理解し、いかに効率よくゴムチップを生産することができるかが重要となる。また、ロスの発生を最小限に留めるため、ゴムチップを一気通貫で製造できる機器を選別した。各機器の役割を表 2-4 に示す。2 つのパターンの行程は工程 1～工程 6 に分かれており、両者で異なる部分は工程 5 の部分である。

パターン 1 は従来の破砕選別工程を想定して設定したものである。パターン 1 の工程の詳細について説明する。

工程 1 について、まずはビードワイヤー抜取を行うため、ビードワイヤー抜取機を設定した。これによりタイヤはゴムとタイヤ内部のスチールワイヤ、強化繊維の部分だけとなる。その後、まずは粗破砕可能なサイズにするために、破砕機にて 1～2 インチに破砕する。

工程 2 では、スチールワイヤの金属部分除去を目的に磁力選別を行うため、まずは磁力選別可能なサイズとするために、粗粉砕機において 15～20cm に粗粉砕を行い、磁力選別にてスチールワイヤ部分の金属除去を行う。

工程 3 では、タイヤチップに埋没したスチールワイヤを分離するためにタイヤを 8mm に粉砕し、磁気選別にてスチールワイヤの分離を行う。

工程 4 では、タイヤチップに埋没したスチールワイヤ、強化繊維を分離するために、タイヤを 5mm に粉砕し、磁気選別、風力選別、振動選別にてスチールワイヤ、強化繊維の分離を行う。

工程 5 では、タイヤチップに埋没したスチールワイヤ、強化繊維をさらに分離するために、タイヤを 3mm に粉砕し、磁気選別、風力選別、振動選別にてスチールワイヤ、強化繊維の分離を行う。

工程 6 では、マテリアルリサイクルでの材料利用のために 1mm 以下に微粉砕を行う。

パターン 2 については、パターン 1 の工程をより簡素化する目的で、三次粉砕及び各種選別による選別ではなく、工程 5 において色彩選別を実施するものである。ゴムと強化繊維について、色の違いに着目し、食品加工の現場で使われている色彩選別機を導入することにより、選別工程をより簡易化できるのではないかという仮説を立て、そのための検証を実施する。

パターン 1 では工程番号 5-4 の段階で、パターン 2 では工程番号 5-1 の段階で純粋ゴムチップ比率 90%以上が達成可能と想定した。なお純粋ゴムチップ比率とは、繊維等が付着していないゴムチップの比率を示している。

表 2-3.検討した破碎・選別工程 2 種

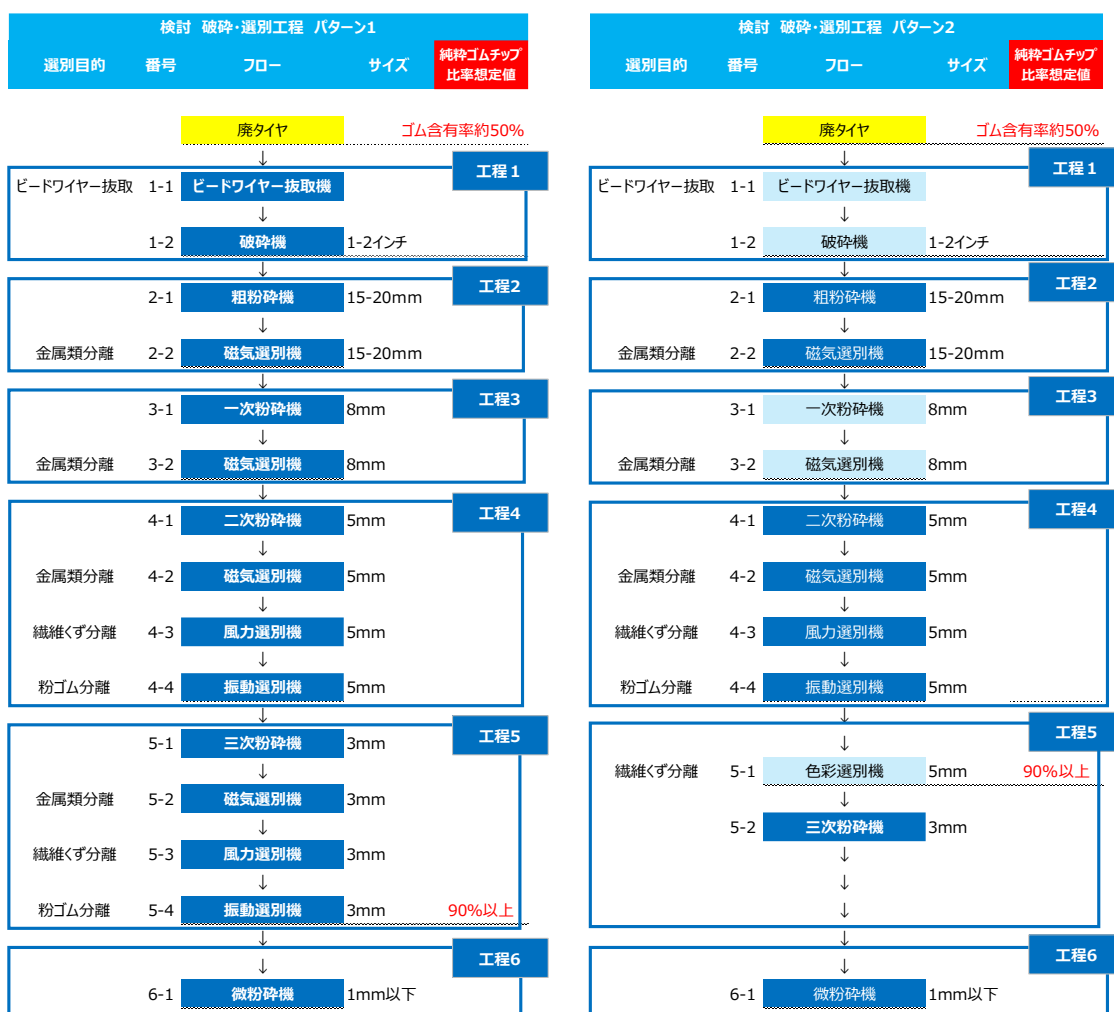


表 2-4.各機器の役割

項目		能力
粉碎	破碎機	ビード抜取済みの丸タイヤを1~2インチサイズ幅に破碎する機械装置
	粗粉碎機	破碎タイヤ片を15~20mmに粉碎してワイヤを分離させる機械装置
	(一・二・三次)粉碎機	大きなゴムチップを細かく粉碎する機械装置
	微粉碎機	タイヤゴムチップをさらに細かく粉碎する機械装置
選別	磁気選別機	粉碎機から出た粉碎物からワイヤを除去する装置
	風力選別機	ワイヤを取り除いた粉碎物をゴムチップと繊維を分別する装置
	振動選別機	機械的な振動によりゴムチップの粒径を篩選別する装置
	色彩選別機	ゴムチップに繊維が付着しているものを取り除く装置

			
破碎机	粗粉碎机	(一・二・三次) 粉碎机	微粉碎机
粉碎・破碎机			
			
磁気選別機	風力選別機	振動選別機	色彩選別機
選別機			
※寿産業保有機器		※安西製作所保有機器	

図 2-4. 各機器の外観

(3) 2024 年度実施結果

2024 年度は、目指す選別工程の効果を検証するために、タイヤの粉碎・選別において知見を有する寿産業と、色彩選別機メーカーの安西製作所の保有する機器を借りて選別テストを行った。

なお、ビードワイヤー抜取機については、寿産業で保有していないため、市場に流通しているカットタイヤ（サイズ：2～3 インチ）を購入し、粗粉碎したものを使用した。そのため、ビードワイヤー抜取、破碎、粗破碎の工程を通していないものでパターン 1 及びパターン 2 の検討を行った。カットタイヤには、ワイヤー及び繊維が含まれている。

① 破碎・選別工程パターン 1

表 2-5 に破碎・選別工程パターン 1 の結果を示す。2024 年度のテストはすべて寿産業でテストを行った。

カットタイヤ 2t 以上を投入し、選別を実施した。工程 4 の振動選別後（工程番号 4-4）の純粋ゴムチップ比率は 72%であった。工程 5 の振動選別後（工程番号 5-4）の純粋ゴムチップ比率は 94%であった。当初想定では、工程番号 5-4 の振動選別後の純粋ゴムチップ比率は 90%程度を見込んでいたため、当初想定よりも高い比率のゴム選別を行うことができた。

表 2-5. 破碎・選別工程パターン 1 の結果

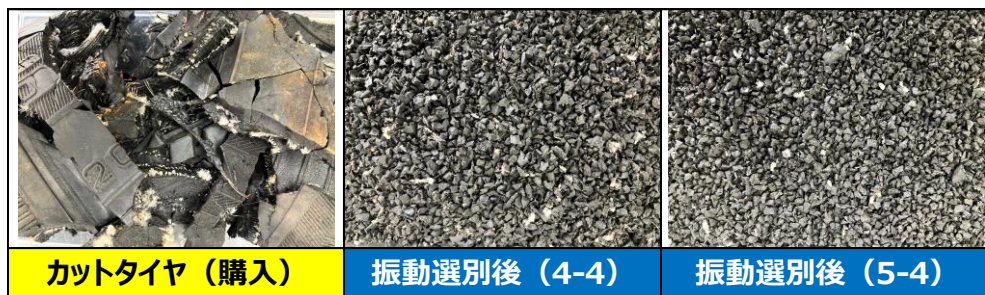


図 2-5. パターン 1 の選別品

② 破碎・選別工程パターン2

先述したように、パターン2については、パターン1の工程をより簡素化する目的で検討したものである。パターン1において4-4まで選別を実施した10kgの選別品（純粋ゴムチップ比率72%）を安西製作所保有の色彩選別機において選別を実施した。表2-6に破碎・選別工程パターン2の結果を示す。

先述したように、ゴムチップを、処理能力100kg/hrに設定した押えローラー付き色彩選別機を用いて選別し、選別前後の強化繊維の割合を比較した。粉碎・選別工程に色彩選別の工程を入れることにより、ゴム割合を72%から90%まで高めることができた。色彩選別機の導入によって、従来のタイヤチップのサイズを落として選別する手法と同程度の繊維除去率に近づけることが可能であり、当初想定していた90%以上という目標もクリアすることができた。

表 2-6. 破碎・選別工程パターン2の結果



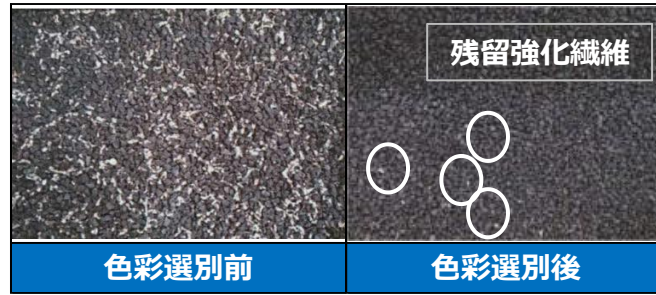


図 2-6. 色彩選別機による選別結果

③ まとめ

パターン 1 及びパターン 2 での選別後のゴム割合検証結果（サンプル 50g 採取結果）を表 2-7 に示す。ゴム割合の算出方法は選別済みのタイヤチップからランダムに 50g を取得し、目視にて手作業でゴムとそれ以外を選別し、重さを計測、割合を計算した。

破砕・選別工程パターン 1 では、5mm チップでのゴム割合が 72%、3mm チップでは 94%まで向上した。

破砕・選別工程パターン 2 では、色彩選別により 5mm チップでのゴム割合が 90%という結果であった。

先述したように、色彩選別機の導入によって、従来のタイヤチップのサイズを落として、複数の選別機を組み合わせる選別を経なくても、色彩選別機 1 台で同程度の繊維除去率に近づけることが可能であることが分かった。

2025 年度以降は、パターン 2 の色彩選別機を用いた工程における純粋ゴムチップ比率の向上（強化繊維の割合低下）と、収率向上を目指す。パターン 1 の選別工程についても比較検討のため継続で試験を行う。

表 2-7. 選別後のゴム割合検証結果（サンプル 50g 採取結果）

検討 破砕・選別 工程 パターン1 (色彩選別無し)	番号	サイズ	重量 (g)			割合 (%)	
			ゴム	繊維付	合計	ゴム	繊維付
	4-4	5mmチップ	36	14	50	72%	28%
	5-4	3mmチップ	47	3	50	94%	6%
検討 破砕・選別 工程 パターン2 (色彩選別有り)	5-1	5mmチップ	45	5	50	90%	10%

今後、色彩選別機の選別条件の最適化や、処理するゴムチップのサイズ変更、色彩選別の処理ラインをどの工程に入れることが効率的な処理能力となるかを実機検証することで、強化繊維の割合をさらに低減できる可能性があると考えている。現状は5mmのチップで色彩選別を実施したが、より小さな3mmのチップでの実施を検討する。

なお、8mmのチップについては、ゴムチップサイズが大きすぎるために、ゴムチップに繊維が串刺しの状態で混入している状況を確認した。そのため、それらを選別するためには、再度粉砕機にかけて粉砕する必要があるため、8mm以下のチップサイズとなるため、実質8mmサイズでの色彩選別は不可能と考えられる。そのため、2年目以降はより小さな3mmチップでのゴム割合、収率等を確認していく。

また、本事業を通じて繊維の除去率向上を図るには投入前の粉ゴムの除去が重要であることが分かった。ゴムチップ表面に付着した粉ゴムの影響で、色彩選別機の選別精度が低下してしまう。さらに、繊維が白・茶色・灰色のため、CCDカメラ選別で黒以外を選別調整する方法とゴムチップを良品と記録、繊維を不良品と記録させて判別する2方式について検証する必要がある。その他、除去する圧縮エアの強さを調整する精度とベルトコンベア上にゴムチップを均一の厚さに乗せるための装置調整にも着手する必要がある。

現状はワンパスでの選別実施であるが、各工程において、繰り返し投入して選別するリターンを行うことで、選別効果向上及び収率向上を狙う。ただし、リターンが多ければ多いほどコストも高くなるため、選別効率とコストのバランスを検討しながら設備の検討を進める。

上記の改善を行うことで、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルでの受け入れ基準である異物のないゴムチップの検討を進めていく。

2.1.3. 販売ルートの検討

1年目の販売ルートの検討において、マテリアルリサイクルで1社、ケミカルリサイクルで2社による廃タイヤリサイクルゴムの受け入れを前提とした協働体制のもと、検証作業を進めた。この3社（ほか仲介1社）とはNDA（機密保持契約）を締結しているため、公開できる情報には制限がある。今後は、それぞれの受け入れ条件に沿った材料の規格設定と品質確保の検証が重要となる。販売ルート検討における主な協力先を表2-9に示す。

マテリアルリサイクルでは自動車部品メーカー1社と協力関係を構築しており、主な想定用途はカーマットの裏面コーティングへの配合利用、その他自動車部品用途である。

ケミカルリサイクルでは2社と協力関係を構築しており、環境エネルギー社の技術を活用した生成油の原料のほか、三菱ケミカルとはリサイクルカーボンブラックの原料としての展開を検討している。

表 2-9.販売ルート検討における主な協力先

リサイクル	主な想定用途	提携先
マテリアル リサイクル	カーマットの裏面コーティング への配合利用	自動車部品メーカー
ケミカル リサイクル	化学品原料向け生成油の原料料	環境エネルギー、 物流・販売を担う会社、 石油精製会社
	リサイクルカーボンブラック原 料	三菱ケミカル

(1) マテリアルリサイクル

① 自動車部品

国内大手自動車部品メーカー（NDA 締結）に対して、パターン 1 の工程 6 を経た回収品 60kg を提示し、カーマットの裏面コーティングへの配合利用における受け入れ条件の確認を行った。なお、今回の実証では 3mm までの粉碎を実施したが、自動車部品メーカーの受け入れ基準への対応のため、寿産業所有の試験機にて 0.6mm チップを作成し、自動車部品メーカーへの提供を実施した。自動車部品における受け入れ条件を表 2-10 に示す。

表 2-10. 自動車部品における受け入れ条件

想定用途		
カーマットの裏面コーティングへの配合利用（リサイクル材30%程度配合利用）		
再生材としての最低受け入れ条件	2025年以降の検証方法	
1	異物無き事	選別工程の改良による純度向上
2	粒径が0.6mm以下 最適な分散性の検討	部品の性能評価(伸び、U字曲げ)次第であるが、粒径・並びに配合量の見直しを実施
3	ゴム粉碎品の表面に油分の付着無きこと	粒径変更時に逐次確認(0.6mm品では分散後に問題ないこと確認済)
4	粒径の大きさと配合材料の分散性	配合品をシーティングした際の伸び、途中切れが起きないかを確認。シボの転写性も確認。ファブリックとの追随性も確認
5	においがバージン品と同等であること	粒系とにおいの相関関係 夏用タイヤ、スタットレスタイヤの違い確認 (山大、県技術センターへの測定依頼、結果を受けての改善策を検討) マスキング香料配合検討、強酸洗浄によるにおい成分除去検討
6	VOCが各車両メーカーの規格値以下であること アセトアルデヒド0.3 μ g/試験片以下 キシレン0.7 μ g/試験片以下 トルエン0.5 μ g/試験片以下	各種キャッチャー剤配合検討、熱工程見直し実施
7	伸び	2の結果に依存するため、随時見直し。
8	耐熱割れ	
9	耐熱性	

※5～9は主に部品として要求基準

ゴム純度、粒径、油分の付着がないこと、において、VOC 等が条件として挙げられている。2025 年度以降は選別工程の見直しにより、さらなるゴム純度比率の向上を目指すだけでなく、油分の付着や、において VOC 等についてもそれぞれの検証方法で確認を行っていく。

また粒径について、一般的に、ゴムは樹脂と違い、成形時に加硫するため、リサイクルが難しい材料である。高温でゴムを処理し、脱硫することで再生ゴムとする手法も存在するが、元の材料に比べてゴム物性が低下する問題がある。そこで、タイヤゴムを 1mm アンダーの微粉末にすることで、ゴムチップの表面積の増加、強化構造材（ワイヤーや繊維）などの異物除去により、配合成分の熱可塑性樹脂との分散性が向上すると考えられる。現時点では 0.6mm 程度が適切とみているが、適切な粒径についても今後検討を進める。

(2)ケミカルリサイクル

ケミカルリサイクルについては、化学品原料向け生成油の原料及びリサイクルカーボンブラック原料としての 2 つの検討を進めた。

① 化学品原料向け生成油の原料




生成油の原料としての可能性を確認するため、環境エネルギー、物流・販売を担う会社、石油精製会社と検討を進めた。

環境エネルギーが保有する廃プラスチックの油化技術（Hicop 技術（<https://kankyo-energy.jp/products/>））を用いて、以下 3 種類の油化を実施し、繊維が生成油原料に与える影響を確認した。

- パターン 1 の工程 6 の 1mm 以下に粉砕した選別品
- パターン 1 の工程番号 4-4 のゴム純度 72% の 5mm の選別品
- 2024 年の選別において使用した外部購入品のカットタイヤを 10mm に粉砕したもの（ワイヤ、繊維入り）

ほとんどの項目には変化が見られなかったが、酸価の項目では 2~4 倍近い差が見られた。酸価が高いと生成油が劣化しやすくなる。10mm 品の酸価が 4mg KOH/g 以上に対して、1mm 及び 5mm 品の酸価は 1~2mg KOH/g という低い値であった。ゴムを微粉化することで生成油の品質向上が見込まれる。また、油化方法によってはタイヤチップの熔融・攪拌時にワイヤーが絡んで装置のメンテナンスを要する場合があるため、微粉化によって作業効率が向上する可能性がある。

表 2-11.生成油収率および物性

マテリアルバランス, 物理量		1mm	5mm	10mm	
生成油外観 (1回目と2回目の油を混合)					
生成油収率	油分	[wt%]	* 46.8	* 43.4	* 44.1
	油分+水分	[wt%]	* 47.9	* 44.0	* 45.8
	水分	[wt%]	* 1.1	* 0.5	* 1.8
残渣率		[wt%]	* 45.0	* 46.3	* 46.3
オフガス量率(推計)		[wt%]	(* 7.1)	(* 9.8)	(* 7.9)
比重		[-]	0.875	0.87	0.885
酸価(試験紙による)		[mg KOH / g]	1~2	1	> 4

石油精製会社へのヒアリングによる生成油の原料としての受け入れ条件を表 2-12 に示す。ゴム純度や全窒素濃度等が受け入れ条件としてある。現時点では研究開発レベルであり、明確な受け入れ基準が存在するわけではない。その他の追加条件についても 2025 年度以降で確認を行っていく。

2025 年度は繊維除去率をさらに高める工程検討を進めるが、強化繊維の高精度除去後の生成油の性能確認を、環境エネルギーにて進めていく。

表 2-12.生成油の原料としての受け入れ条件

想定用途		
化学品原料向け生成油の原料		
再生材としての最低受け入れ条件		2025年以降の検証方法
1	異物無き事	色彩選別後の5mm、3mm品での化学品原料向け生成油の原料作成。 選別工程の改良による純度向上、窒素を含有する強化繊維（ナイロン、アミド等）の除去後の生成油の性能確認
2	全窒素濃度4000ppm以下	色彩選別後の5mm、3mm品でケミカルリサイクル実施
3	その他追加条件確認中	—

② リサイクルカーボンブラック原料（非タイヤ向け）

三菱ケミカルでは、廃タイヤを利用したリサイクルカーボンブラックの開発を進めている。パターン1の工程5-4を経た回収品（3mm）を、寿産業所有の試験機にて1mmチップに微粉碎し、三菱ケミカルに100gを提供し、受け入れ基準確認を行った。

三菱ケミカルは香川事業所のコークス炉を活用し、廃タイヤのケミカルリサイクルを検討している。タイヤに含有される強化構造材であるワイヤーは燃焼時に炉を傷つける可能性があるため、コークス炉に投入する廃タイヤチップはワイヤーが除去されることが必要である。

表 2-13.リサイクルカーボンブラックとしての受け入れ基準

想定用途	
リサイクルカーボンブラック原料	
再生材としての最低受け入れ条件	2025年以降の検証方法
1 異物無き事、ゴム純度99%以上 （金属類、強化繊維の含有率が1%以下、ハロゲンが含まれていないこと。タイヤ以外の部材を混入させない）	3mmアンダー品100kgサンプルを三菱ケミカル四日市研究所に納入予定。ラボ試験を実施予定。その結果次第で数トン香川事業所に出荷予定。コークス炉活用による量産試験を実施予定。
2 粒径1～3mm	
3 その他追加条件確認中	—

2025年以降は、選別工程の改良による純度向上を行い、指定粒径の成分確認（不純物、ハロゲン等）、不純物の完全除去方法の確立。既存設備での拡大テストを進める。ハロゲン系材料については、タイヤ以外のゴム製品を混入しないことで対策とする。成分の確認については県技術センター等にて分析をしていく予定である。

3. 今後の実証事業実施における課題及び解決方法等

3.1. 現状の課題

3.1.1. 廃タイヤ回収工程の確立

廃タイヤ 30 万本/年が回収可能な回収先の選定、回収ルートの確認、回収単価の設定が課題である。2024 年度の調査から、本実証事業の代表事業者（山自販りサイクルセンター）及び構成する県内 18 の全自動車メーカーのディーラー発生の約 15 万本の廃タイヤの回収見込みは立っている。残りの 15 万本を山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等から回収可能か、確認する必要がある。

また回収ルートや回収単価なども明確化できていない。

3.1.2. 出口ニーズに対応した選別品の提供

1 年目の結果で、色彩選別機メーカーに持ち込んだ実証ではゴム純度が 90%であることが確認されたが、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルの要求水準は異物なき事であり、工程のさらなる改良が必要となる。

またこれら選別精度を高めるだけでなく、事業化においては収率も重要な要素である。2024 年度は選別精度の確認のみにとどまっており、今後収率を含めて採算制等を検討していく必要がある。

3.1.3. 実機での選別効果の確認

2024 年度は機器メーカーの設備を利用し、少量サンプルでの検討を行ったが、スケールアップによる効果の確認を行う必要がある。詳しくは 3.3.2 設備導入（計画変更）で説明するが、選別・破碎工程全体の機械製造には最短で 7 か月が必要で、昨今の社会情勢により鋼材や機材の調達遅延が懸念される。当初計画では、3 年目に実機を購入し、全体ライン上で粉碎・選別工程の検証を行う予定であったが、実機導入の遅れにより、年度内に十分な検証が行えない可能性がある。

3.2. 課題の解決方法

3.2.1. 廃タイヤ回収工程の確立

2025 年は残りの 15 万本/年の回収見通しを立てるため、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等に対して、回収可能量に関するアンケート調査を行う。

また回収ルートについて、2025 年以降は新規回収ルートとして、ガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売、修理工場などからの回収ルートについて検討を行う。自社での回収以外にも、既存の廃タイヤ回収業者との調整を含めて検討する。

回収単価については、回収ルートの検証による輸送費検討を行い、最適な数値を提示する。上記取り組みにより、回収目標 30 万本/年の達成を目指す。

3.2.2. 出口ニーズに対応した選別品の提供

今後、色彩選別機の選別条件の最適化や、処理するゴムチップのサイズ変更、色彩選別の処理ラインをどの工程に入れることが効率的な処理能力となるかを実機検証することで、強化繊維の割合をさらに低減できる可能性があると考えている。

色彩選別機の調整等も行いながら、選別精度向上を図る。

そのほか、現状はワンパスでの選別実施であるが、各工程において、繰り返しリターンを行うことで、選別効果向上を狙う。ただし、リターンが多ければ多いほど設備費用も高くなるため、選別効率と設備費用のバランスを検討しながら設備の検討を進める。

上記の改善を行うことで、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルでの受け入れ基準である異物のないゴムチップの製造検討を進めていく。

収率向上については、色彩選別機を導入し、繊維付きのゴムチップのリターンを行うことで改善を狙う。

その他、マテリアルリサイクルでは粒系の最適化、におい、VOC 等の検証、ケミカルリサイクルでは全窒素濃度値や、金属類やハロゲンの成分分析等の確認も進めていく。

3.2.3. 実機での選別効果の確認

詳しくは 3.3.2 設備導入(計画変更)で説明するが、実機での選別効果の確認を行うため、設備導入の前倒しを検討している。設備導入を早めることで、実機の調整を行いながら、選別能力の向上等を図ることが可能と考える。

3.3. 次年度以降の助成事業展開

3.3.1. 想定する事業の内容

先述したように、2024年度は廃タイヤ回収工程の検証、廃タイヤ処理工程の検証、販売ルートの検討を実施した。廃タイヤ回収工程の検証については、一部2024年度に完了できなかったため、2025年度以降に改めて実施する。また設備導入・試運転については、2026年度実施を計画していたが、一部前倒しの2025年度実施を計画している。

(1) 廃タイヤの回収工程の検証

先述したように、2025年は残りの15万本/年の回収見通しを立てるため、山形県内のガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売・修理工場などの会社で構成される自動車整備振興会会員等に対して、回収可能量に関するアンケート調査を行う。

また回収ルートについて、2025年以降は新規回収ルートとして、ガソリンスタンド、ディーラー以外の県内自動車販売、修理工場などからの回収ルートについて検討を行う。自社での回収以外にも、既存の廃タイヤ回収業者との調整を含めて検討する。

回収単価については、回収ルートの検証による輸送費検討を行い、最適な数値を提示する。

上記取り組みにより、回収目標30万本/年の達成を目指す。

(2) 廃タイヤの処理工程の検証

先述したように今後、色彩選別機の選別条件の最適化や、処理するゴムチップのサイズ変更、色彩選別の処理ラインをどの工程に入れることが効率的な処理能力となるかを実機検証することで、強化繊維の割合をさらに低減できる可能性があると考えている。

色彩選別機の調整等も行いながら、選別精度向上を図る。

そのほか、現状はワンパスでの選別実施であるが、各工程において、繰り返しリターンを行うことで、選別効果向上及び収率向上を狙う。ただし、リターンが多ければ多いほど設備費用も高くなるため、選別効率と設備費用のバランスを検討しながら設備の検討を進める。

上記の改善を行うことで、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルでの受け入れ基準である異物のないゴムチップの製造検討を進めていく。

その他、マテリアルリサイクルでは粒系の最適化、におい、VOC等の検証、ケミカルリサイクルでは全窒素濃度値や、金属類やハロゲンの成分分析等の確認も進めていく。

(3) 販売ルート の 検 証

2024 年度は、販売ルートの受け入れ基準の確認を行った。2025 年度以降は、それら基準を満たした選別品であるか確認を行っていく。

3.3.2. 設備導入（計画変更）

2024 年度実施結果及びゴム選別に知見のある寿産業の意見から、パターン 2 の設備が有効であると考え、実機での検証を実施するため前倒しでの導入を行いたい。

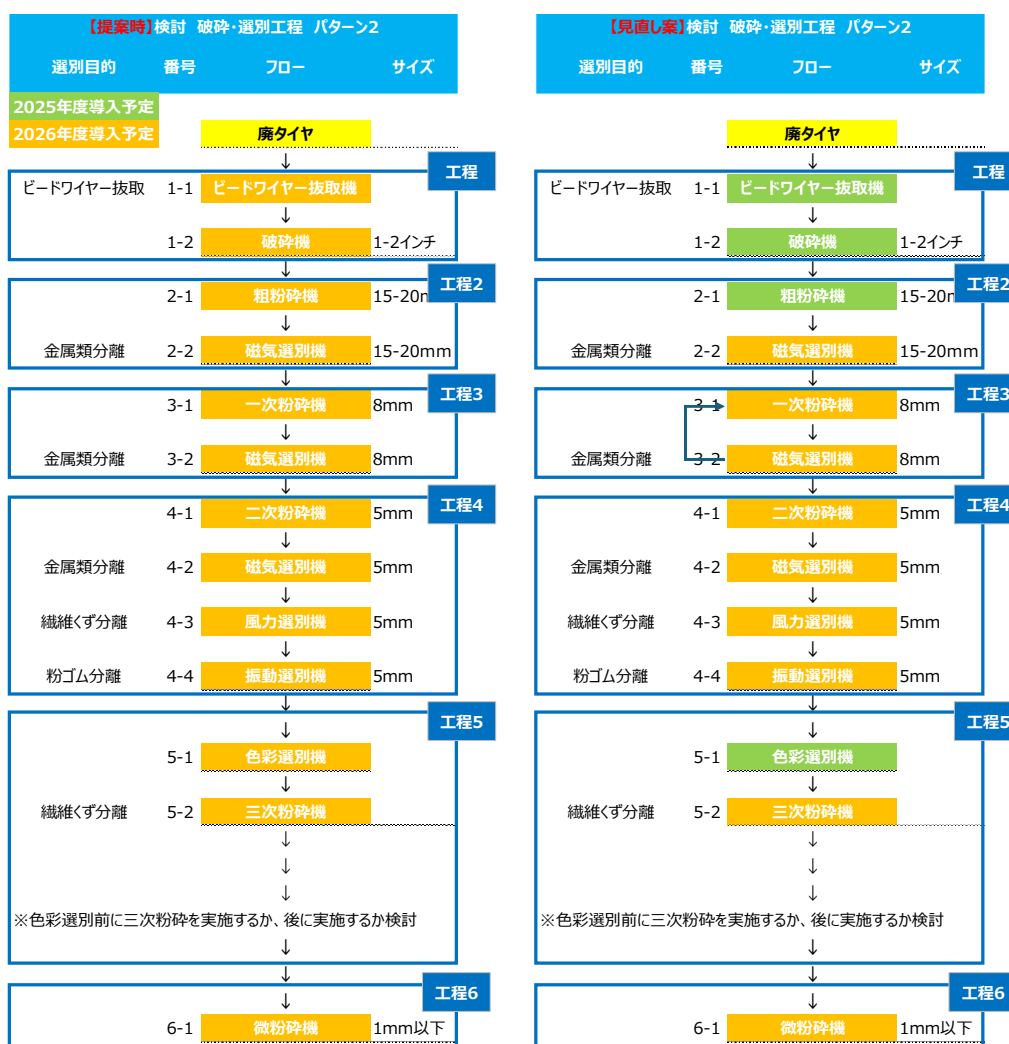
計画当初は、2024 年度及び 2025 年度は寿産業設備を利用した検証を実施予定であり、2026 年度に設備を一括導入し、実機での検証を行う予定であった。しかし以下の 3 点を踏まえ、2025 年度から一部設備導入を開始し、実機での検証を進めながら、出口ニーズに対応した選別品提供が可能な設備構築を進めていきたいと考えている。

- (1) 異物のないゴムチップの製造を実現できる道筋ができたこと
- (2) 量産ベースを想定した色彩選別能力の把握を行う必要があること
- (3) 十分な実機検証期間を確保する必要があること

	2024年度	2025年度	2026年度
当初計画	寿産業設備・安西製作所設備を利用した検証実施	寿産業設備・安西製作所設備を利用した検証実施	寿産業設備・安西製作所設備を利用した検証実施 工程1～6の実機検証（代表事業者設備に一括導入）
変更計画	寿産業設備・安西製作所設備を利用した検証実施	寿産業設備・安西製作所設備を利用した検証実施 2月以降、工程1～2の実機検証（代表事業者に設置） 12月以降色彩選別機実機検証（寿産業導入）	工程1～2の実機検証（代表事業者に設置） 10月以降、工程1～6の実機検証（代表事業者設備にすべて設置完了） 色彩選別機実機検証（寿産業導入）

図 3-1. 本実証事業申請のスケジュールと変更を検討しているスケジュール

表 3-1.設備導入予定（提案時及び見直し案）



(1)異物のないゴムチップの製造の道筋ができた

2024年度は、色彩選別機によって5mmチップの繊維除去率が72%から90%と大幅に向上した。今後の展開として、色彩選別機の選別条件の最適化や、色彩選別後の5mmチップのリターンを行い再度色彩選別にかける、色彩選別を3mmチップで行う、色彩選別後の5mmチップを3mmに粉砕する(投入する繊維付きチップの量を減らすことで除去率が上がる可能性など)により、選別純度を高めることが可能と考える。

(2) ある程度ボリューム感での色彩選別能力の把握の実施

2024年は寿産業及び安西製作所の保有機器を借りて試験を実施しており、ある程度のボリューム感での選別工程の検証、色彩選別の検証を実施することができなかった。また選別用のチップが購入品のため、実際の検証以外の時間を多く要した。

寿産業では 1-1 及び 1-2 のビードワイヤー抜取機及び破碎機を保有していないため、試験においてはサーマル用に市販されているカットタイヤを購入し、(2~3 インチ) を 3t 購入し、外部委託により実証用粗粉碎チップ (15~20mm) に加工し、寿産業で使用していたが、実証用粗粉碎チップ (15~20mm) の納品に 1~2 か月の期間を要した。

選別工程の実証では、1 つの実証工程につき約 2t の粗粉碎チップが必要であり、年間 10 工程程度 (計約 20t) の実証を予定しているため、検証用チップの確保が課題である。

2024 年度の色彩選別での検証では、寿産業から、選別後のサンプル 10kg を色彩選別機メーカーである安西製作所に送付し選別を行ってもらうという流れで行ったため、効率的に試験を進めることが難しかった。

(3) 十分な実機検証期間の確保

2026 年度に導入を予定していた表 3-2 の設置予定機器は、製造期間が 8 カ月~10 カ月程度を要し、設置を含めると実機での検証期間確保が難しい。そのため、2025 年度から前倒しで一部機器を設置し、実機での十分な検証期間を確保したい。

表 3-2.設置予定機器

	機器		台数
1-1	普通乗用車用タイヤ用ビード抜取機		1 台
1-2	破碎機 (2軸) 及びコンベア等周辺機器		
	破碎機 (1軸) 及びコンベア等周辺機器		1 台
2-1	粗破碎機		3台
3-1	粉碎機		3台
2-2	選別機	磁気選別機	1 台
3-2			
4-2		風力選別機	1 台
4-3			
4-4			
5-1	色彩選別機	1 台	
6-1	微粉碎機		
-	投入コンベア、排出コンベアの付帯設備		-

3.3.3. 事業の実施体制

3.3.4. 事業スケジュール

表 3-3 に 2025 年度、2026 年度実施スケジュールを示す。

(1) 2025 年度（2 年目）実施内容

① 廃タイヤ回収工程の検証

廃タイヤ回収上の課題である、買取価格の設定と既存回収業者との調整を、代表事業者の運営委員会（県内 18 全自動車ディーラーで構成）で検討する。

② 廃タイヤ処理工程の検証

廃タイヤの回収～粗粉碎までの工程の検証

ビードワイヤー抜取機、破碎機、粗粉碎機を導入し、代表事業者（山自販リサイクルセンター）工場で廃タイヤ回収工程からビードワイヤー抜取、破碎、粗粉碎の各工程のライン上で、効率的かつ安定的な運転を検証する。

色彩選別機を導入し、実証プラントがある寿産業（株）で、2 次粉碎、三次粉碎後の選別工程にそれぞれ組み込み、細部調整しながら強化繊維の除去状況を検証する。

2026 年度導入予定の機械の仕様及び導入スケジュールを検討し、導入後の試運転、運転スタッフの育成を行う。

③ 販売ルートの検討

NDA 締結している 3 件について、それぞれの受け入れ条件に見合った成果物（再生ゴムチップ、パウダー）の精度および物性検証を行う。

(2) 2026 年度（3 年目）実施内容

① 廃タイヤ回収工程の検証

代表事業者の運営委員会（県内 18 の全自動車メーカーディーラーで構成）を通じて、回収作業に向けたアクションプランを作成し、2027 年 3 月から回収作業を実施する。

② 廃タイヤ処理工程の検証

2025 年度に導入のビードワイヤー抜取機、粉碎機、荒粉碎機、色彩選別機、投入・排出コンベアに加え、当該年度で粉碎機（1 次から 3 次）、磁気選別機、風力選別機、振動選別機、微粉碎機、輸送装置を導入し、代表事業者工場内において、全体ライン上で生産性及び成果物品質を検証する。

③ 販売ルートを検討

前年度に引き続き、実機による成果物（再生ゴムチップ、パウダー）の精度および物性検証を行う。

NDA を締結した 3 社に加え、安定した販売ルートの拡大を図り、横展開を検討する。

表 3-3.2025 年度、2026 年度実施スケジュール

No.	検討事項	実施内容	2025年度												2026年度											
			4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
①	廃タイヤ回収工程の検証	アンケートヒアリング内容検討																								
		回収可能量調査																								
		廃タイヤ回収ルート検討																								
		回収準備の検証																								
	ELV回収開始																									
②	廃タイヤ処理工程の検証	原料用チップの確保																								
		工程1～工程4の検証																								
		工程5 色彩選別機の検証																								
		工程1～6の全機器の検証																								
③	設備導入・試運転	1-1ビードワイヤー採取機																								
		1-2破砕機、2-1粗粉砕機																								
		2-2磁気選別機、3-1一次粉砕機、3-2磁気選別機、4-1二次粉砕機、4-2磁気選別機、4-3風力選別機、4-4振動選別機、5-2三次粉砕機、6-1微粉砕機																								
		5-1色彩選別機																								
④	販売ルートの検討	ゴムの試験																								
		分散性																								
		油分																								
		VOC																								
④	販売ルートの検討	分散性																								
		油分																								
		VOC																								
		全要素濃度																								
④	販売ルートの検討	分散性とゴムの試験																								
		分散性とゴムの試験																								

3.3.5. 資金計画

2024年度の実績値及び2025年度、2026年度の予算を表3-4に示す。外注費には寿産業への委託費等が含まれている。2025年度以降の予算については、2025年6月の報告会において審議が行われる。

表 3-4. 2024年度の実績値及び2025年度、2026年度の予算案

単位：円（税抜き）

		2024年度	2025年度	2026年度	全事業実施期間合計
人件費	提案当初	0	0	0	0
	変更案（中間確定検査）	5,070,000	9,600,000	6,000,000	24,000,000
	変更案（2025年6月最終報告）	4,530,000	5,280,000	5,780,000	15,590,000
旅費	提案当初	0	0	0	0
	変更案（中間確定検査）	0	0	0	0
	変更案（2025年6月最終報告）	0	0	0	0
外注費	提案当初	6,600,000	7,800,000	6,600,000	21,000,000
	変更案（中間確定検査）	10,263,000	7,800,000	6,600,000	24,663,000
	変更案（2025年6月最終報告）	10,857,000	10,252,000	9,142,000	30,251,000
共同実施費	提案当初	9,240,000	10,560,000	6,600,000	26,400,000
	変更案（中間確定検査）	0	0	0	0
	変更案（2025年6月最終報告）	0	0	0	0
一般管理費	提案当初	0	0	0	0
	変更案（中間確定検査）	507,000	960,000	600,000	2,067,000
	変更案（2025年6月最終報告）	453,000	528,000	578,000	1,559,000
設備費	提案当初	0	0	127,300,000	127,300,000
	変更案（中間確定検査）	0	0	127,300,000	127,300,000
	変更案（2025年6月最終報告）	0	49,600,000	77,700,000	127,300,000
合計	提案当初	15,840,000	18,360,000	140,500,000	174,700,000
	変更案（中間確定検査）	15,840,000	18,360,000	140,500,000	174,700,000
	変更案（2025年6月最終報告）	15,840,000	65,660,000	93,200,000	174,700,000

※人件費・旅費、外注費などの変更案は承認済み、2024年度の変更案（最終）は実績値

4. 事業化の計画

事業化による回収計画を表 4-1 に示す。回収計画については、4 段階で計算を行った。

ステージ 1 は 2026 年度を想定し、主にディーラーから発生する廃タイヤの処理を行う。主な用途はマテリアルリサイクル向けである。

ステージ 2 は 2027 年度を想定し、ディーラーから発生する廃タイヤ以外にも一部ガソリンスタンド、整備事業者等から発生する廃タイヤの処理を行う。用途としてマテリアルリサイクルに加えて、一部ケミカルリサイクル用途での活用開始を想定した。

ステージ 3 は、2031 年頃を想定し、県内の約 30%の廃タイヤの回収達成を目指す。

表 4-1.回収計画と処理計画

項目		単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	備考
			2026年度	2028年度	2031年度	
回収先、根拠			ディーラー 廃タイヤ発生 実績	ディーラー 廃タイヤ発生 実績、一部 ガソリンスタン ド等回収	ディーラー、 ガソリンスタン ド等加算	ディーラーアンケートによる
回収	回収本数	本/年	150,000	180,000	300,000	年間対象回収
		本/月	12,500	15,000	25,000	1か月当たり換算
	回収重量 (ホイールを除く)	t/月	75	90	150	タイヤ6kg/本 (ホイールを除く、軽自動車)
生産量	ゴムチップ生産量	t/月	25	30	50	タイヤの約48%がゴム 収率設定70%の場合

2025 年度の実証実験結果を受けて、代表事業者の廃タイヤ再資源化小委員会の検討内容を取りまとめ、2025 年 12 月の取締役会に事業化に向けた答申を行い、2026 年 2 月の株主総会において、事業化を正式に決定する予定である。

また、廃タイヤ回収においては、同じく代表事業者の運営委員会（県内全 18 ディーラーで構成）において、具体的なアクションプランを検討し、機関決定する。運営委員会は年 4 回開催予定で、2025 年度は 4 月、7 月、9 月、翌年 1 月を予定している。

廃タイヤ処理施設は、代表事業者の山形事業所第 1 工場（敷地面積 300 m²）、及び廃タイヤ、成果物集積場所（敷地面積 300 m²）を活用する。現在、第 1 工場は車両解体・輸出部門で使用しているが、同部門は 2025 年 4 月に隣接する第 2 工場（空き工場）及び第 4 工場（新工場）に移転する予定である。

2026 年度までの実証実験期間中は、機械作業を山形事業所車両解体部門で担う計画であるが、2027 年度以降の事業化後は、新たに再資源化部門を立ち上げる予定である。既に代表事業者において事業化している廃プラスチック再資源化や廃ガラス再資源化等と組み合わせながら、部門展開を行い、作業スタッフ体制の効率化と共通経費の節減を図る。

5. 事業の評価

5.1. 採算性の評価

5.1.1. 事業者側の評価

事業化による廃タイヤの回収計画及び処理計画に基づく収支は、表 5-1～表 5-3 の通りである。この結果から、今回導入を計画している処理能力 0.5t/時間の処理ラインを構築した場合、年間 30 万本の廃タイヤを回収、処理した場合の利益率は 23%である。

廃タイヤの買取単価については、代表事業者運営委員会において、所属する県内の全 18 ディーラー側に提示した金額である。金属類売渡単価は、本実証事業 1 年目の調査結果（取引実績）の中央値に基づいて設定した。

成果物（再生ゴムパウダー、再生ゴムチップ）の販売単価については、受け入れ先との打合せの中で最低希望単価として話題にあがった金額である。したがって、廃タイヤ買取単価と成果物販売単価は現時点で確定したものではなく、金属類売渡単価も市場動向により変化する。

上記を踏まえた収支算出の設定単価は以下のとおりである。

- ① 廃タイヤ買取単価（本）：タイヤのみ 1 円、スチールホイール付 100 円、アルミホイール付 450 円
- ② 金属類売渡単価（kg）：溶解スチール 50 円、溶解アルミ 250 円、ワイヤーガラ 50 円
- ③ 成果物販売単価（kg）：チップ（3・5mm）50 円、パウダー（1mm アンダー）90 円

表 5-1.回収計画

回収計画							
回収本数・重量							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
回収先、根拠		ディーラー廃タイヤ発生実績	ディーラー新タイヤ販売実績	ディーラー、ガソリンスタンド等加算	ディーラーアンケートによる		
回収本数	合計	本/年	150,000	180,000	300,000	[1]	年間対象回収
		本/月	12,500	15,000	25,000	[2]	[1]/12 1か月当たり換算
	タイヤのみ	本/月	7,500	9,000	15,000	[3]	[2]*0.6 回収本数の60%
	スチールホイール付き	本/月	3,750	4,500	7,500	[4]	[2]*0.3 回収本数の30%
アルミホイール付き	本/月	1,250	1,500	2,500	[5]	[2]*0.1 回収本数の10%	
回収重量	タイヤのみ	t/月	45	54	90	[6]	[3]*6/1,000 タイヤ6kg/本
	スチールホイール付き	t/月	53	63	105	[7]	[4]*14/1,000 タイヤ6kg/本+ホイール8kg/本=14kg/本
	アルミホイール付き	t/月	14	17	28	[8]	[5]*11/1,000 タイヤ6kg/本+ホイール5kg/本=11kg/本
	回収重量合計	t/月	111	134	223	[9]	[6]+[7]+[8]
ホイールの想定売り上げ							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
重量	スチール	t/月	30	36	60	[10]	[3]*8/1,000 8kg/本
	アルミ	t/月	6	8	13	[11]	[4]*5/1,000 5kg/本
売上	スチール	千円/月	1,500	1,800	3,000	[12]	[10]*50*1,000/1,000 50円/kg
	アルミ	千円/月	1,563	1,875	3,125	[13]	[11]*250*1,000/1,000 250円/kg
ホイールの想定売り上げ合計	千円/月	3,063	3,675	6,125	[14]	[12]+[13]	
タイヤ仕入れ費							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
タイヤのみ	千円/月	8	9	15	[15]	[3]*1/1,000 1円/本で買取	
ホイール	スチール	千円/月	375	450	750	[16]	[4]*100/1,000 100円/本で買取
	アルミ	千円/月	563	675	1,125	[17]	[5]*450/1,000 450円/本で買取
タイヤ仕入れ費合計	千円/月	945	1,134	1,890	[18]	[15]+[16]+[17]	
輸送関連費							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
運搬費	4tトラック必要台数	台/月	35	42	70	[19]	[9]/(4*0.8) 4t車、積載率80%で計算
	トラック費用	千円/月	348	417	695	[20]	[19]*10 10千円/日・台 (4t車リース)
人件費	千円/月	521	626	1,043	[21]	[19]*15 トラック1台につき1人・1日 15千円/日・台 (業務委託)	
燃料費	千円/月	149	179	298	[22]	[19]*150*200/7/1,000 150円/L、7km/L、200km/日	
一般管理費	千円/月	153	183	305	[23]	([20]+[21]+[22])*0.15 直接経費の15%	
輸送関連費合計	千円/月	1,171	1,405	2,342	[24]	[20]+[21]+[22]+[23]	
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
回収支計	千円/月	947	1,136	1,893	[25]	[14]-([18]+[24])	

表 5-2.処理計画

処理計画							
選別回収量							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
処理本数	本/月	12,500	15,000	25,000	[2]		
選別回収	ゴムチップ生産量	t/月	25	30	50	[26] [2]*6*0.48*0.7/1000	タイヤ重量6kg、タイヤの約48%がゴム 収率設定70%の場合
	ワイヤーガラ発生量	t/月	26	32	53	[27] [2]*3*0.7/1000	3kg/本 (ヒードワイヤー込み) 収率設定70%の場合
販売計画							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
ゴム販売	マテリアルサイクル向け (ゴムパウダー)	千円/月	2,268	2,722	2,722	[28] [26]*1or0.6*90	ステージ0～2は100%、ステージ3では60%がマテリアル リサイクル向け、90円/kg
	ケミカルサイクル向け (ゴムチップ)	千円/月	-	-	1,008	[29] [26]*0.4*50	ステージ3では40%がケミカルリサイクル向け、50円/kg
ワイヤーガラ販売	千円/月	1,313	1,575	2,625	[30] [27]*50	50円/kg	
販売収益合計	千円/月	3,581	4,297	6,355	[31] [28]+[29]+[30]		
破砕・選別経費合計							
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
人件費	作業人数	人/日	3	4	6	[32]	メーカー聞き取り
	人件費(作業員)	千円/月	600	800	1,200	[33] [32]*200	200千円/人
	管理者	人/日	1	1	1	[34]	
	人件費(管理者)	千円/月	250	250	250	[35] [34]*250	250千円/人
	光熱・燃料費	千円/月	1,000	1,000	1,500	[36]	メーカー聞き取り
	機械管理費	千円/月	350	450	700	[37]	メーカー聞き取り
出荷費用	マテリアルサイクル向け (ゴムパウダー)	千円/月	473	567	567	[38] [26]/(10*0.8)*1or0.6*180	150千円/台 (10トン車) 積載率80%、豊通G (名古屋)
	ケミカルサイクル向け (ゴムチップ)	千円/月	-	-	454	[39] [26]/(10*0.8)*0.4*180	180千円/台 (10トン車) 積載率80%、豊通G (山口県)
	一般管理費	千円/月	401	460	701	[40] ([33]+[35]+[36]+[37]+[38]+ [39])*0.15	直接経費の15%
	経費計	千円/月	3,073	3,527	5,371	[41] [33]+[35]+[36]+[37]+[38]+ [39]+[40]	
	減価償却費	千円/月	710	710	710	[42]	機械経費127,300千円、15年、定額償却率 0.067、年8,529,100円
破砕・選別経費合計	千円/月	3,783	4,237	6,081	[43] [41]+[42]		
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考	
処理収支	千円/月	-203	60	273	[44] [14]-([18]+[24])		

表 5-3.回収・処理計画合計及び採算性

回収計画・処理計画合計						
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考
回収+処理	千円/月	744	1,196	2,167	[45] [25]+[44]	
	千円/年	8,925	14,346	26,000	[46] [45]*12	
採算性						
項目	単位	ステージ1	ステージ2	ステージ3	算出根拠	備考
売上	千円/月	6,643	7,972	12,480	[47] [14]+[31]	
仕入れ	千円/月	945	1,134	1,890	[48] [18]	
経費	千円/月	4,244	4,932	7,713	[49] [24]+[41]	
粗利益	千円/月	5,698	6,838	10,590	[50] [47]-[48]	
営業利益	千円/月	1,454	1,906	2,877	[51] [47]-([48]+[49])	
原価率	%	14%	14%	15%	[52] [48]/[47]	
利益率	%	22%	24%	23%	[53] [51]/[47]	

5.1.2. その他の採算性の評価

廃タイヤを処分する自動車ディーラー等においては、現時点では費用（平均 500 円/本）を抛出して処分しているが、事業化することにより、買取への転換が図られ、収益性の向上につながる。

(1) 再生ゴム買付側の評価

廃タイヤから生産される再生ゴムの買付にあたっては、当実証事業での検討が始まったばかりであるが、今後、一定数のリサイクル材の混合が求められることは容易に予測できる。その採算性については、双方がウィンウィンの関係を維持できるよう協議調整を重ねる。

5.2. 有効性の評価

5.2.1. 事業の有効性

現状、普通乗用車の廃タイヤは78%がサーマルリサイクルであり、マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルとしての実績は見られない。しかし、本実証事業を推進することにより、マテリアルリサイクル及びケミカルリサイクルの率が向上し、以下の効果が達成できる。

測定値条件：

- ・普通乗用車用廃タイヤの重量（平均）10.8kg/本
- ・全国統計から、山形県内の廃タイヤ年間発生数量推計 10.8 千 t（1,000 千本）

効果：

- ① ステージ1：150 千本、15%（算出式 $150 \text{ 千本} \times 0.0108 \text{ t/本} / 10.8 \text{ 千 t} = 15\%$ ）
- ② ステージ2：180 千本、18%（算出式 $180 \text{ 千本} \times 0.0108 \text{ t/本} / 10.8 \text{ 千 t} = 18\%$ ）
- ③ ステージ3：300 千本、30%（算出式 $300 \text{ 千本} \times 0.0108 \text{ t/本} / 10.8 \text{ 千 t} = 30\%$ ）

代表事業者は自動車販売店協会連合会山形支部（山形県内メーカーディーラー全18社加入）が母体となっており、自動車業界が主体的に普通乗用車用廃タイヤリサイクル事業を実施することで、生産から販売・回収・リサイクルまでを一貫して推進するビジネスモデルを全国に先駆けて構築し、サーマルリサイクル以外のリサイクル方法の先進事例を創出することの意義は大きい。

5.2.2. 事業の実現性・継続性

廃タイヤのマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルの課題は、水平リサイクルが効かないことから市場の価格優位性が低く、流通が難しい点にある。そのためには、出口戦略として、受け入れ条件に見合った製品を材料として提供する必要があり、より多くの不純物を取り除いた純度の高いゴムチップを、安定的に低コストで生産する必要がある。

1年目の本実証事業では、そういった出口戦略を核としたリサイクルシステムの確立と事業展開に重点を置いて進めてきた。その結果、マテリアルリサイクルで1社、ケミカルリサイクルで2社において、共同での実証取り組みの基盤を作ることができ、2年目以降も実証を継続するための契約（NDA）を締結するに至った。

5.2.3. 事業の発展性

普通乗用車用廃タイヤのマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルについては、強度確保のための強化構造材がネックとなり、研究開発が後回しになっていた。本実証事業を通じ、どの程度の粉碎・分別状況であればマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルに適した生成品の品質が担保できるのかの知見を今後蓄積する。そして、ここで得られたデータに

については公開・横展開を図ることにより、「Car to Car」の理念による他社参入を促進し、リサイクル業界全体でのサーマルリサイクルからのシフトを図っていく。

また、本実証事業を進めるにあたっては、環境省環境再生・資源循環局、山形県環境エネルギー部循環型社会推進課、一般社団法人日本自動車工業会（JAMA）、一般社団法人日本自動車販売協会連合会、株式会社 JARA、豊田通商株式会社、豊通マテリアル株式会社、豊通リサイクル株式会社、豊通ケミプラス株式会社等、自動車リサイクルや循環型社会構築推進の関係機関と廃タイヤのマテリアルリサイクルやケミカルリサイクルの課題を共有し、かつ的確な助言をいただいた。今後においても、連携を継続することで、諸課題の解決に向けた関係性をさらに強化する。

5.2.4. 事業の効率性

1年目は代表事業者実験施設のほか、実証プラント（寿産業株式会社）、マテリアルリサイクル実験施設、ケミカルリサイクル実験施設及び公共試験施設（山形県工業技術センター）等を有効活用して、実証事業を展開してきた。その結果、廃タイヤ処理工程と成果物性能実証実験の進捗が当初計画より3か月程度早まった。さらに実証を進めるため、3年目に計画していた実機一括導入を分割し、2年目前期に破碎機、粗粉碎機、色彩選別機を導入し、後期に代表事業者施設にて破碎・粗粉碎の実証を行い、色彩選別機は実験プラントの粉碎機を活用し実証を実施することとした。また、3年目前期に粉碎機とライン設備を導入し、後期に実機を使った実証試験を実施し、運用につなげていく計画である。

販売ルートの確保については、マテリアルリサイクルとケミカルリサイクルの NDA 締結3社を中心に受け入れ条件を精査し、同社との販売ルートを確立する。公開措置となった時点で横展開しルート拡大を図る予定である。

なお、本実証事業における事業資金計画の内訳は、3.3.5 資金計画のとおりである。