

令和6年度環境省委託業務

『令和6年度脱炭素型循環経済システム構築促進事業（うち、プラスチック等資源循環システム構築実証事業）「粉碎技術を用いた容器包装リサイクル残渣及び、製品プラスチック残渣の高度なマテリアルリサイクル実証事業」』委託業務

成果報告書

令和7年3月  
株式会社 MSC

## 要旨

### 1. 業務の目的・背景

#### 1.1 業務の目的

容器包装リサイクル法にもとで収集・回収されたプラスチック(以下容リ材)は、選別行程で、マテリアルリサイクルされる上澄みと、主に熱回収される残渣に分離されている。現状全量が熱回収されている容器包装リサイクル材残渣を、全量マテリアルリサイクルすることで、エネルギー起源二酸化炭素排出量を削減し、脱炭素社会に貢献すること。また、新規資源投入量を削減し、資源循環型社会に貢献する。

#### 1.2 業務の背景

令和元年5月に「プラスチック資源循環戦略」が施行され、2035年までにプラスチック資源の100%有効利用が求められている。効果的・効率的なリサイクルシステムを通じて、持続可能な形で、徹底的に分別回収し、循環利用が求められており、特にリサイクル手法として、マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルを推進されている。こうした情勢化において、容器包装リサイクル材についても、従来熱回収されている残渣分を、マテリアルリサイクルしていくことが求められている。

### 2. 業務の内容

#### 2.1 微粉碎化・低温強混練による改質試験

微粉碎技術を用いた容器包装リサイクル材残渣及び、製品プラスチック残渣を、多様な用途のマテリアルリサイクル品として活用するための改質試験を行った。具体的な手法として、微粉碎機を用いて微粉粒径の最適化を行い、二軸押出機等を用いて低温強混練の機械的条件の最適化を行った。最適化条件の探索のために引っ張り強度等の機械的特性の試験及び分析を行った。試験の結果残渣を5割以上混ぜた場合で、一般的な容器包装と同程度の物性を維持することに成功した。耐候性等の要素については課題があり、太陽光下等での長期間の運用を前提とする用途への利用は課題が残ることがわかった。

#### 2.2 製品への用途探索

改質した容器包装リサイクル材残渣及び、製品プラスチック残渣由来のリサイクル材を使用できる製品を成形メーカーや商社と協議を重ねながら洗い出し、商品化に向けて検討を進めた。導入可能性の高い製品として、住居等の基礎に用いられるスーパージオ材を挙げ、製品サンプルを成形し、成型メーカーの規格を満たすか試験を行った。結果として、残渣を4割加えた製品において、規格を満たした。

#### 2.3 リサイクルシステム構築のためのヒアリング調査

本リサイクルの事業化には、容器包装材を収集する自治体や、リサイクルを実施する事業者など多様な主体の協力が必須となる。そこで、文献調査及び、自治体や容器包装リサイクル材を扱う多様な事業者や業界団体に対して、ヒアリング調査を実施した。

#### 2.4 LCAの検証・評価

容器包装リサイクル材残渣のマテリアルリサイクルによるCO<sub>2</sub>削減効果を検証・評価した。ISO14040

において規格化された手順及び手法に則り検証・評価を実施した。

### 3. 実証期間後に求められる取組み

#### ① 残渣の物性の揺れについての検証

地域と季節、事業者による残渣の構成割合の変化を検証する。また、構成割合の変化による物性の揺れを把握する

#### ② スーパージオ材の使用環境での耐久性能についての検討

クリープ試験等から長期間使用の性能を検証する。

#### ③ 長期稼働試験を通じてのコスト評価

設備を1日8時間、3日以上長期で連続稼働させ、消費電力や消耗部品の消耗状況を把握する。データを通じて、コストをより正確に算定する。

#### ④ 物流パレット等、用途の更なる探索

コスト的にも高単価で、より多くの残渣を活用できる用途先として、物流パレットを取り上げ、販路についてのヒアリング等と耐候性の検証を行う。

#### ⑤ 残渣リサイクルに関わるヒアリング調査

排出事業者（自治体等）及び、容リ・製品プラ再生事業者等へのヒアリング調査を実施する。

#### ⑥ 排出事業者（自治体等）へのヒアリング

排出事業者（自治体等）対象の容リプラ委託状況について全国地域ヒアリング調査継続実施し、地域ごとの材料リサイクルと残渣における現状とQCD課題の抽出を行う。

#### ⑦ 容リ・製品プラ再生事業者等へのヒアリング

容リ、製品プラ再生事業者等対象の容リプラ再生処理状況について全国地域ヒアリング調査継続実施し、地域ごとの材料リサイクルと残渣における現状とQCD課題の抽出を行う。

#### ⑧ 残渣リサイクルに関わるヒアリング調査

容リ、製品プラ残渣由来リサイクルシステム構築に向けてヒアリングを継続し、原材料受入基準、出荷基準への反映を行う。

#### ⑨ LCA 算出検証

本実証における容リ残渣のマテリアルリサイクルのLCA算出条件をベースにライフサイクルフローにおけるLCAの計算に必要なデータ収集をし、LCA算定の更新を行う。ライフサイクルフローにもとづいて、容リ残渣のマテリアルリサイクルにおける各工程のエネルギー使用料や処理量、設備の運転状況な

ど、LCA の計算に必要なデータ収集を行う。

## Overview of Progress Report

### 1 Purpose and Background of Project

#### 1.2 Purpose of project

The purpose of this project is to reduce the emissions of energy-derived carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and to make contributions to the creation of a decarbonized society by processing the whole container and package recycling material residues that currently go through thermal recycling by means of material recycling. Another purpose is to reduce the amount of new resources to be input and to make contributions to the creation of a resource recycling society.

#### 1.3 Background of project

The Plastic Resource Recycling Strategy was developed in May 2019, and 100% use of plastic resources is required to be achieved by 2035. It is required to thoroughly conduct sorted collection and recycling of materials in a sustainable manner through an effective and efficient recycling system, and in particular, the material recycling and chemical recycling are promoted as recycling methods. Only when these methods are not reasonable is thermal recycling permitted.

### 2. Details of Project

#### 2.1 Modification test by means of pulverization and low-temperature strong kneading

We conducted a modification test using pulverization technology for utilization of container and package recycling residues and product plastic residue as material-recycled items in various applications. As the specific method, we optimized the powder particle size by using a pulverization machine and optimized the mechanical conditions of low-temperature strong kneading by using a twin-screw extruder and others. To find the optimization conditions, we conducted tests and analyses of mechanical characteristics, including tensile strength. In the mixing of the test result residue by over 50%, we succeeded in maintaining physical properties equivalent to those of general containers and packages. We found that there were challenges in terms of the elements, including weather resistance, and confirmed that the use of the test result residue in applications on the assumption of long-term use under direct sunlight or in other conditions posed challenges.

#### 2.2 Search of application to product

We identified products for which the recycling residue of modified containers and packages and recycled materials derived from product plastic residue can be used by repetitively holding discussions with molding manufacturers and trade companies and proceeded with

discussions toward the commercialization of those materials. We selected Supergeo material, which is used for the base of residence and other buildings, as a product that is highly likely to be introduced, molded a product sample, and then conducted a test to see whether it satisfied the standards of the molding manufacturer. As a result, a product in which residues were added by 40% satisfied the standards.

### 2.3 Establishment of recycling system

To commercialize this recycling, the cooperation of various bodies, including autonomous bodies that collect containers and packages and business operators that conduct recycling, will be indispensable. In order to receive such cooperations, we conducted literature research and interviews with autonomous bodies, various business operators that handle recycled container and package materials, and industry associations to envision a feasible recycling system. We developed the Recycling Guidelines (Draft) with reference to the interview items. By discussing the draft with various bodies, we will proceed with discussions toward the commercialization of the recycling.

### 2.4 Verification and evaluation of LCA

We verified and evaluated the effect of a reduction in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from plastics through the establishment of an advanced recycling process and collection system for optical fiber cables. We conducted verification and evaluation in accordance with the procedures and methods standardized in ISO 14040.

## 3 Efforts Required in the Following Fiscal Year Onwards

### (1) Verification of variation of residue physical properties

We will verify the change in the component constitution of residues depending on the region, season, and business operator. We will also understand the variation of physical properties due to the change of the component constitution.

### (2) Discussion of durability performance of Supergeo material in use environment

We will verify the performance of Supergeo material for long-term use through creep and other tests.

### (3) Cost evaluation through long-term operation test

We will understand the power consumption and wear condition of consumable parts by continuously operating the equipment for 8 hours per day and three days or longer. Based on

the obtained data, we will calculate the cost more accurately.

(4) Search of further applications including logistics pallet

As an application in which more residues can be used at a higher unit price, we will pick up logistics pallets, conduct interviews concerning their sales channel, and verify their weather resistance.

(5) Interview concerning residue recycling

We will conduct interviews with waste-discharging business operators (autonomous bodies etc.), container/product plastic recycling business operators, and others.

(6) Interview with waste-discharging business operators (autonomous bodies etc.)

We will continuously conduct interviews with waste-discharging business operators (autonomous bodies etc.) throughout the nation concerning the entrustment status of recycling of container into plastics and extract the current status of region-based material recycling and residues and the challenges concerning QCD.

(7) Interview with container/product plastic recycling business operators and others

We will continuously conduct interviews with container and product plastic recycling business operators throughout the nation concerning the status of the recycling of containers into plastics and extract the current status of region-based material recycling and residues and the challenges concerning QCD.

(8) Interview concerning residue recycling

We will discuss reflection of countermeasures against odors to the draft of guidelines for establishment of recycling system of residues derived from recycling of containers and product plastics and reflect those countermeasures to the raw material acceptance standards and shipment standards. We will conduct investigation and experiments of deodorization methods by mechanical means (e.g., near-infrared deodorization device IRD from Hagihara Industries).

(9) Verification of LCA calculation

Based on the LCA calculation conditions for the material recycling of container recycling residues in this verification, we will collect data necessary for the calculation of LCA in the life cycle flow and update the LCA calculation. Based on the life cycle flow, we will collect data that are necessary for calculation of LCA, such as energy use amount and processing amount in each process of material recycling of container recycling residues and the equipment operation status.

## 目次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1. 業務の目的と背景.....                    | 1  |
| 1.1. 業務の目的.....                     | 1  |
| 1.2. 業務の背景.....                     | 1  |
| 1.3. 対象となる容器包装リサイクル材残渣の特徴.....      | 3  |
| 1.3.1. 残渣の物性.....                   | 3  |
| 1.3.2. 残渣の組成.....                   | 5  |
| 2. 業務の内容.....                       | 7  |
| 2.1. 微粉碎化・低温強混錬による改質試験.....         | 7  |
| 2.1.1. 諸言.....                      | 7  |
| 2.1.2. アプローチ.....                   | 7  |
| 2.1.3. 取組結果.....                    | 19 |
| 2.2. 製品への用途探索.....                  | 31 |
| 2.2.1. 諸言.....                      | 31 |
| 2.2.2. アプローチ.....                   | 31 |
| 2.2.3. 取組み結果.....                   | 33 |
| 2.3. LCA の検証・評価.....                | 57 |
| 2.3.1. 諸言.....                      | 57 |
| 2.3.2. 実施目的.....                    | 57 |
| 2.3.3. 実施内容.....                    | 57 |
| 2.3.4. 考察と課題.....                   | 77 |
| 3. 実証期間後に求められる取組.....               | 78 |
| 3.1. 残渣の物性の揺れについての検証.....           | 78 |
| 3.2. スーパージオ材の使用環境での耐久性能についての検討..... | 78 |
| 3.3. 長期稼働試験を通じてのコスト評価.....          | 78 |
| 3.4. 物流パレット等、用途の更なる探索.....          | 78 |
| 3.5. 残渣リサイクルに関わるヒアリング調査.....        | 78 |
| 3.6. LCA 算出検証.....                  | 78 |

## 1. 業務の目的と背景

### 1.1. 業務の目的

現状全量が熱回収されている容器包装リサイクル材残渣を、粒子の微粉碎加工技術及び溶融混練技術によりプラスチックを選別することなく、マテリアルリサイクルが可能な物性に改質する。全量マテリアルリサイクルすることで、エネルギー起源二酸化炭素排出量を削減し、脱炭素社会に貢献すること。また、新規資源投入量を削減し、資源循環型社会に貢献する。

次ページに、事業概要を示す。

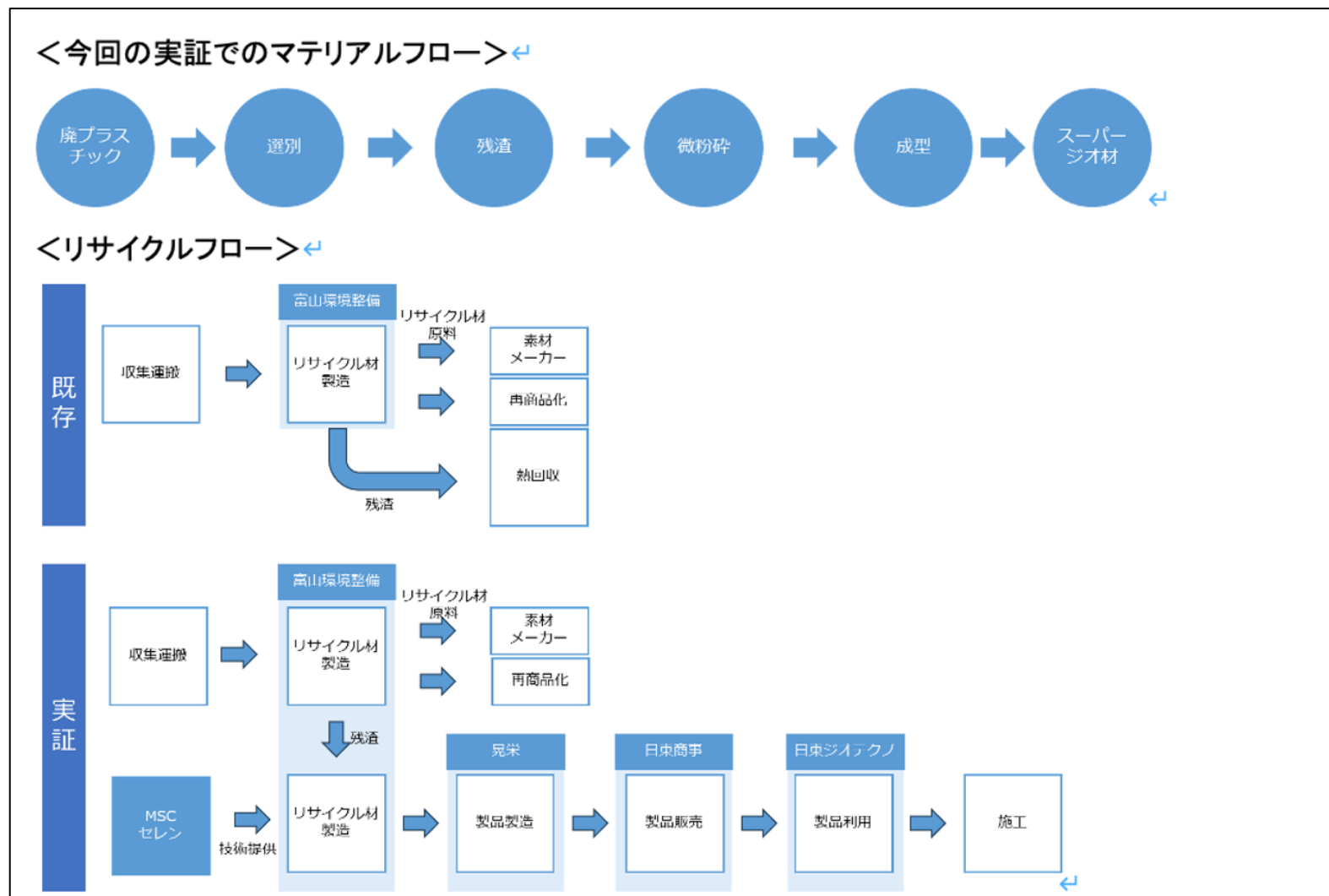


図 1 事業概要

## 1.2. 業務の背景

令和元年5月に「プラスチック資源循環戦略」が立てられ、2035年までにプラスチック資源の100%有効利用が求められている。効果的・効率的なリサイクルシステムを通じて、持続可能な形で、徹底的に分別回収し、循環利用が求められており、特にリサイクル手法として、マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルを推進されている。なお、上記が合理的ではない場合に限り、熱回収が認められている。マテリアルフロー図を下記に示す。

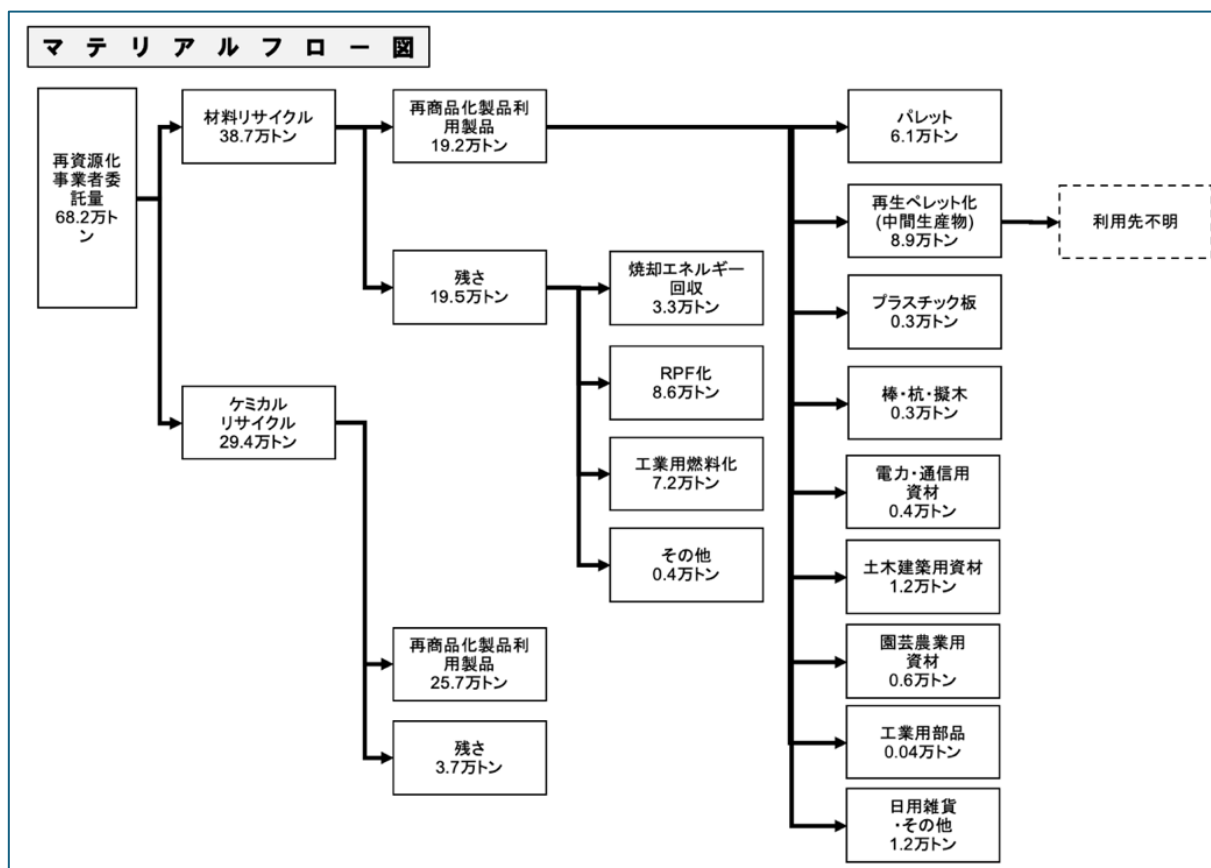


図 2 容器材(協会委託ルート)のマテリアルフロー図

出典:公益財団法人容器包装リサイクル協会 HP を基に MSC 作成

容器包装リサイクルは、平成7年に制定された容器包装リサイクル法で定められ、令和4年度実績でマテリアルリサイクル分として682,286トンを受け入れ、192,232トンがマテリアルリサイクルされ、189,484トンが残渣として発生している。この残渣は従来焼却処分や埋め立て処分されていたが、社会情勢の変化により平成20年からは全量が熱回収されている。またマテリアルリサイクルされている分の用途開発も中々進んでおらず、31.8%が物流パレットに使用されている。再生パレットとして出荷されている内、結局は物流パレットに使用されている。こうした状況下で、令和3年にはプラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律が制定され、これまで使い捨てフォークやストロー等利用されていたワンウ

エイプラスチックがセルロースや木屑、コーヒー殻などのバイオマスを使用することが推奨されている。

プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律では同時に、再商品化計画を策定することで市町村や自治体が、容リ協の入札を経ることなく、独自の再資源化が可能となる。例えば仙台市では、製品プラ一括回収と銘打って、これまでの容器包装に加え、製品プラスチックの一括回収をスタートしている。こうした状況から、今後はより一層、一括回収されたプラスチックに、バイオマスプラや生分解性プラなど、より多様な種類のプラスチックが混入されることが予想される。

サーキュラーエコノミーの推進としては歓迎すべき現象だが、高度なマテリアルリサイクルを行って、市場に高品質な再生材を供給するという観点では極めて厳しい状況に陥っている。

従来、リサイクル材製造時に排出される残渣は、サーマルリサイクルにて熱回収を行い、最終的には埋め立てに回っていた。しかし、その残渣を粗破碎し、再度、マテリアルリサイクルを行うことで、サーマルリサイクルに回っていた廃プラからの製品利用が可能となり、これまで以上に、マテリアルリサイクルの増量が可能となる。サーキュラーエコノミーに貢献し、エネルギー起源 CO2 排出削減量等環境負荷の低減によって、脱炭素社会に貢献することが可能である。

### 1.3. 対象となる容器包装リサイクル材残渣の特徴

本項目では、残渣の物性、組成の2項目について、取り上げ試験を実施した。引張試験や曲げ試験を通じて、機械的強度物性を検査した理由は、今回の実証ではスーパージオ材などの強度を主な品質項目とするリサイクルについて検討するためである。組成について試験を実施した理由は、容リ材残渣は複数のプラスチックや不純物が混合していることが確認されており、こういった種類のプラスチックがどの程度混ざっているかを把握することで、以降の研究において、添加剤の選定や機械稼働時の温度などの項目に最も大きい影響を与えるためである。

#### 1.3.1. 残渣の物性

機械的強度について、容リ材として販売しているペレット(上澄み品)及び、熱回収している残渣について測定した。結果は下表の通りとなった。

表 1 残渣の物性

|    |           |                   | サンプルNo            | ①<br>残さ           | ②<br>上澄み品 |      |
|----|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|------|
|    | 項 目       | 試験方法              | 単 位               |                   |           |      |
| 1  | メルトフローレイト | JIS-K7210         | g/10min           | 2.3※2             |           |      |
| 2  | 引張降伏強度    | JIS-K7161         | Mpa               | 27.5              | 23.6      |      |
| 3  | 引張破断伸度    | JIS-K7161         | %                 | 2.7               | 62.0      |      |
| 4  | 曲 げ 強 度   | JIS-K7171         | Mpa               | 59.8              | 33.6      |      |
| 5  | 曲げ弾性率     | JIS-K7171         | Mpa               | 2,305             | 1,295     |      |
| 6  | IZ衝撃強度    | 23℃ノッチ有           | JIS-K7110         | KJ/m <sup>2</sup> | 2.7       | 12.8 |
|    |           | 23℃ノッチ無           | JIS-K7110         | KJ/m <sup>2</sup> | -         |      |
| 7  | 灰 分       | JIS-K2272         | %                 | 3.1               |           |      |
| 8  | 密 度       | JIS-K7112         | g/cm <sup>3</sup> | 1.212             | 0.900     |      |
| 9  | 水 分       | 乾燥減量法<br>(105℃2H) | %                 | 2.16              | 0.11      |      |
| 10 | 色 調       | JIS-Z8730         | L値                | 41.1              |           |      |
|    |           |                   | a値                | 1.4               |           |      |
|    |           |                   | b値                | -1.5              |           |      |



図 3 残渣の表面状態

上表より、残渣のメルトフローレイトは2.3g/minであった。一般に、オレフィン系における適切なメルトフローレイトの数値は、ブロー成形で1~5g/minであり、射出成形で5~40g/minである。残渣は多くの微細な不純物を含むため、フィルムや包装などのブロー成形でのリサイクルには不向きであり、スーパージオ材や物流パレットといった射出成形でのリサイクルが求められる。しかしながら、現状では射出成形を行うにはメルトフローレイトが低く、改善の必要がある。曲げ強度は容リ材よりも高いものの、IZ衝撃強度が低く、「硬くてもろい」素材であると言える。表面状態はアルミ層が分離していると共に、混ざり合っていない複数のプラや添加物質が析出している。また劣化した接着剤等により模様が出ており、塩素由来等のガス成分の発生跡も見られる。また本サンプル作成時に、硫酸ガスと思われるガスの発生が見られ、連続的使用による金型の劣化が予想される。

### 1.3.2. 残渣の組成

FT-IR を用いて、種類を分析した。下記のようになった。試料については、Y 社にて、2023 年内に秋田県北部の市町村にて容器包装ごみとして回収され、保管されていたもの 300g を用いた。保管時に複数の回収日が混ざっており、正確な時期は、本試験時には把握できていない。

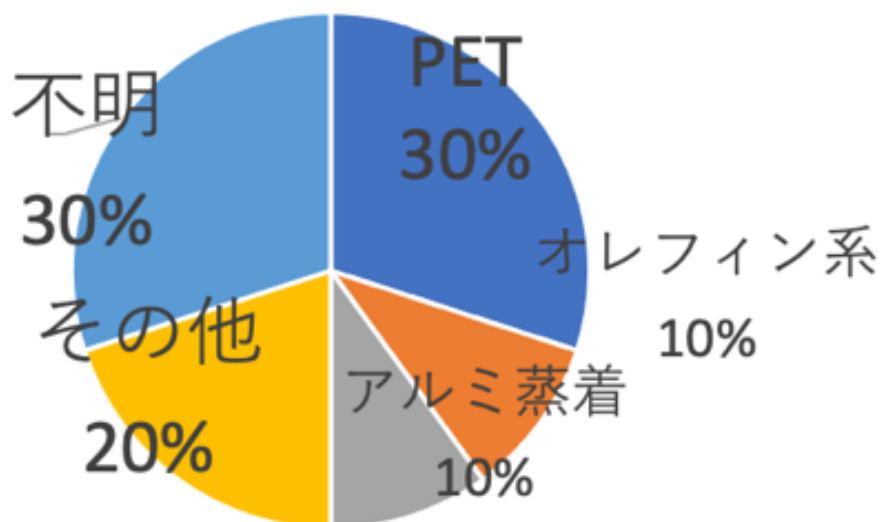


図 4 プラスチックの構成割合

FT-IR の原理上、複合素材は同定されず、「不明」の項目に加えられている。よって全体の 30%程度が複合素材と予想される。得られた中では、構成比は PET が最も多く、重量比 30%程度であり、次いでオレフィン系、アルミ蒸着であった。またその他としてポリウレタン、ABS 樹脂、鉄バネ等が見られた。理由としては Y 社の処理方法に起因する。次ページ図に Y 社の処理フロー図を示すが、Y 社では PP, PE, PS を選別し、残りが残渣であるため PET が多くみられた。このように残渣は事業者ごとの処理方法によって構成比が大きく異なることが予想される。

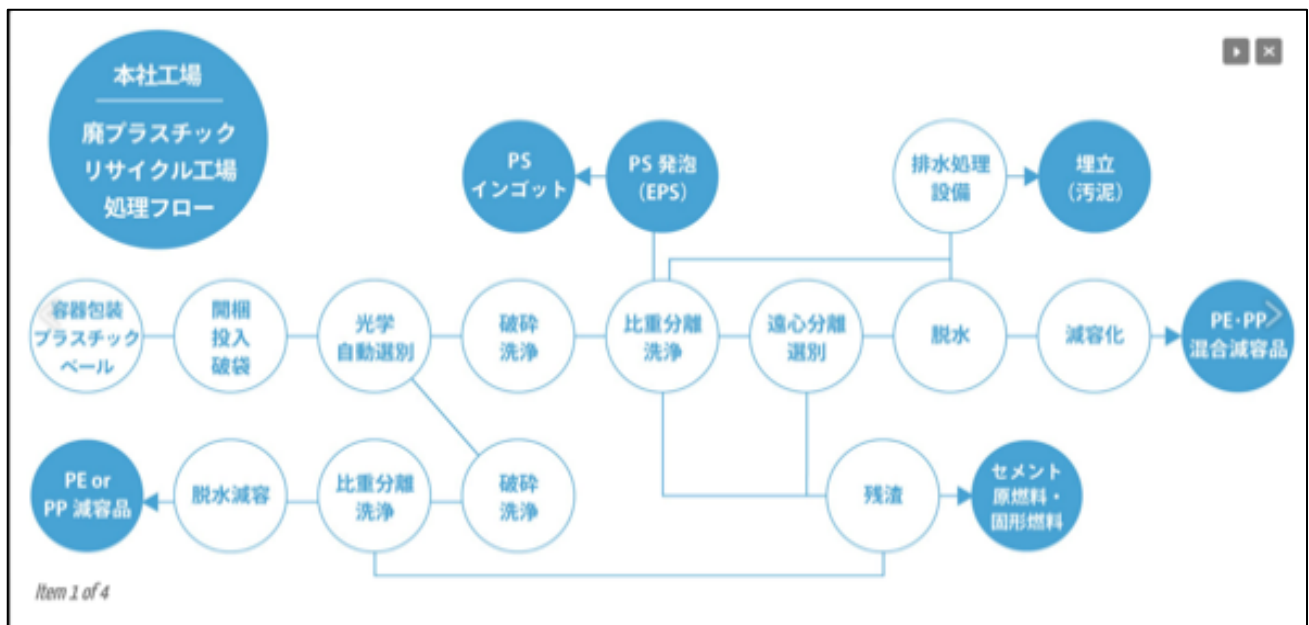


図 5 残渣の表面状態

## 2. 業務の内容

### 2.1. 微粉碎化・低温強混錬による改質試験

#### 2.1.1. 諸言

回収された使用済み容器包装プラスチック及び、製品プラスチックの残渣を、微粉碎技術を用いてテリアルリサイクル品として活用するための改質試験を行った。具体的な手法として、微粉碎機を用いて微粉粒径の最適化を行い、二軸押出機等を用いて低温強混錬の機械的条件の最適化を行う。最適化条件の探索のために引っ張り強度等の機械的特性の試験及び分析を行った。

また、用途探索の基礎試験として、サンプルの耐候性を測定した。作成したサンプルを10年間外気に晒した環境を想定し、劣化度合を測定した。また、一般的に用いられる耐候性添加剤を添加し、耐候性が向上するかを検討した。

#### 2.1.2. アプローチ

##### 2.1.2.1. 試験方法

##### 2.1.2.1.1. 物性試験の試験項目

今回の機械物性、物理物性等の特性評価として下記の物性値を測定した。試験の使用設備及び試験規格については、【2.1.2.4 使用設備及び試験規格】に記載

- A) MFR(メルトフローレイト)
- B) 比重
- C) 引張降伏応力、引張破断伸度
- D) 曲げ強度、曲げ弾性率
- E) アイゾッド衝撃強さ(ノッチ付)
- F) 灰分
- G) 水分
- H) 色差
- I) 粒度溶融比較(熱プレス)

##### 2.1.2.1.2. 耐候性試験の試験方法

残渣3割のプレートに対し、配合割合の表に沿って、耐候性剤を配合した。配合したプレートと、配合をしていない残渣3割のプレートに対して、耐候性試験を下記条件で実施した。

表 2 配合割合

| 配合                        | 基準  | 32.5年相当 |
|---------------------------|-----|---------|
| 上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣ベース (%) | 100 | 100     |
| UV 73 (%)                 | —   | 0.45    |
| Hal's 90 (%)              | —   | 0.45    |
| 1010 (%)                  | —   | 0.15    |
| St-Zn (%)                 | —   | 0.125   |

表 3 耐候性試験の試験条件

|                                                              |                                           |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 〈試験条件〉                                                       |                                           |
| 試験装置:                                                        | アイ スーパーUVテスター Wタイプ(結露型) SUV-W262 岩崎電気(株)製 |
| 放射光源:                                                        | メタルハライドランプ ME10-L31WX/SUV                 |
|                                                              | 冷水ジャケット WJ80-SUV                          |
|                                                              | UVフィルター UVPF10                            |
| 放射照度の調整に用いた放射計: シリコンフォトセル、ハンディタイプ照度計<br>UVP-365-03A 岩崎電気(株)製 |                                           |
| 温度: $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ (ブラックパネル温度制御)                 |                                           |
| 照射期間中の相対湿度: 50%RH (設定値)                                      |                                           |
| 水噴霧サイクル: 120分間照射中, 18分間水噴霧                                   |                                           |
| 放射照度: $1.5\text{kW}/\text{m}^2$ (調整波長範囲300~400nm)            |                                           |
| 試験時間:                                                        | 530時間                                     |



図 6 稼働前の装置及び、サンプル外観

耐候性剤の詳細を下記に示す。

表 4 UV73 の詳細

|       |                                                                                                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 呼称    | UV 73                                                                                                                                                                       |
| メーカー  | ケミプロ化成株式会社                                                                                                                                                                  |
| 製品名   | KEMISORB 73                                                                                                                                                                 |
| 一般名   | ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤                                                                                                                                                            |
| 化学式   | 2- (2'-ヒドロキシ-3'-tert-ブチル-5'-メチルフェニル) -5-クロロベンゾトリアゾール                                                                                                                        |
| 特徴    | 短波長から長波長までバランス良く紫外線吸収帯を有する吸収剤。一定以上の耐熱性を有し、比較的高い加工温度でも使用可能。長期使用が必要となる用途でも多用されている。ポリオレフィンの他、色々な樹脂に優れた相溶性を有し、汎用されている。耐溶出性、耐抽出性に優れ、反応性に乏しいことを特徴とする。                             |
| 参考URL | <a href="https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_01.html">https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_01.html</a> |

表 5 1010 の詳細

|       |                                                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 呼称    | 1010                                                                                                                        |
| メーカー  | BASFジャパン株式会社                                                                                                                |
| 製品名   | Irganox 1010                                                                                                                |
| 一般名   | ヒンダードフェノール系酸化防止剤                                                                                                            |
| 化学式   | Pentaerythritol tetrakis(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate)                                                   |
| 特徴    | 酸化防止剤、耐熱安定性添加に用いられる。幅広い樹脂、エラストマーの耐熱性向上に効果を発揮、高分子量のため、低抽出性、低揮発性、薄物から厚物まで幅広い用途に使用される                                          |
| 参考URL | <a href="https://www.tenkazai.com/product-basf/irganox1010.html">https://www.tenkazai.com/product-basf/irganox1010.html</a> |

表 6 Hals の詳細

|       |                                                                                                                                                                             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 呼称    | Hals                                                                                                                                                                        |
| メーカー  | ケミプロ化成株式会社                                                                                                                                                                  |
| 製品名   | KEMISTAB 94                                                                                                                                                                 |
| 一般名   | ヒンダードアミン系光安定剤                                                                                                                                                               |
| 化学式   | Poly({6-[(2,4,4-trimethylpentan-2-yl)amino]-1,3,5-triazine-2,4-diyl}[(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)imino]hexane-1,6-diyl[(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)imino])        |
| 特徴    | ラジカル捕捉に優れた光安定剤。高分子量タイプで、耐揮発性に優れている。<br>厚い樹脂から薄膜までの耐光安定化に効果を発揮する。<br>ポリオレフィン等に多用される。                                                                                         |
| 参考URL | <a href="https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_06.html">https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_06.html</a> |

表 7 St-Zn の詳細

|       |                                                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 呼称    | St-Zn                                                                                                                     |
| 一般名   | ステアリン酸亜鉛                                                                                                                  |
| 化学式   | $\text{Zn}(\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2)_2$                                                                       |
| 特徴    | 本件では、滑剤・分散剤として添加                                                                                                          |
| 参考URL | <a href="https://www.genome.jp/dbget-bin/www_bget?dr_ja:D06370">https://www.genome.jp/dbget-bin/www_bget?dr_ja:D06370</a> |

## 2.1.2.2. 試験用設備及び試験規格

本実証の物性試験における使用設備及び試験規格を記載した。

### A) メルトインデクサー

機種:L261-1531

メーカー:TECHNOL SEVEN CO.、LTD.

備考:秤量 5g 程度

表 8 PE の MFR 試験項目及び条件

|       |                                                 |                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法  | JIS K 7210                                      |  |
| 測定項目  | MFR                                             |                                                                                     |
| 試験片形状 | ペレット                                            |                                                                                     |
| 試験条件  | 予熱時間:5 分<br>試験温度:190° C<br>荷重:2.16kg<br>測定数:n=3 |                                                                                     |
| 試験環境  | (23±2)°C、(50±5)%RH                              |                                                                                     |

図 7 MFR 外観

### B) 電子比重計

機種:MD-300S

メーカー:ALFA MIRAGE CO.、LTD.

備考:4g 以上、固形品

表 9 PE の比重試験項目及び条件

|       |                    |                                                                                      |
|-------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法  | JIS K 7112         |  |
| 定項目   | 比重                 |                                                                                      |
| 試験片形状 | カラークレーン            |                                                                                      |
| 試験条件  | 測定数:n=3            |                                                                                      |
| 試験環境  | (23±2)°C、(50±5)%RH |                                                                                      |

図 8 比重計

C) 万能試験機

機種: JPL-20KN

メーカー: JIANGDU JINGCHENG TESTING MACHINE CO.、LTD.

備考: JIS K7162 1A 多目的試験片

表 10 PE の引張試験項目及び条件

|       |                                               |
|-------|-----------------------------------------------|
| 試験方法  | JIS K 7161                                    |
| 測定項目  | 引張降伏応力、引張破断伸度                                 |
| 試験片形状 | JIS K 7162 1A 形多目的試験片                         |
| 試験条件  | 試験速度: 50mm/min<br>チャック間距離: 110 mm<br>測定数: n=5 |
| 試験環境  | (23±2)℃、(50±5)%RH                             |

表 11 PE の曲げ試験項目及び条件

|       |                                            |                                                                                      |
|-------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法  | JIS K 7171                                 |  |
| 測定項目  | 曲げ強度、曲げ弾性率                                 |                                                                                      |
| 試験片形状 | JIS K 7162 1A 形多目的試験片                      |                                                                                      |
| 試験条件  | 試験速度: 10mm/min<br>支店間距離: 64 mm<br>測定数: n=5 |                                                                                      |
| 試験環境  | (23±2)℃、(50±5)%RH                          |                                                                                      |

図 9 万能試験機外観

D) 万能衝撃試験機

機種:505 (IMPACT TESTER)

メーカー:TOYO SEKI SEISAKU-SHO CO.、LTD.

備考:JIS K7110 2号B試験片

表 12 PE のアイゾッド衝撃試験項目及び条件

|       |                                                    |                                                                                     |
|-------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法  | JIS K7110                                          |  |
| 測定項目  | アイゾッド衝撃強さ(ノッチ付)                                    |                                                                                     |
| 試験片形状 | JIS K7110 2号B試験片                                   |                                                                                     |
| 試験条件  | 持ち上げ角度:133.1度<br>秤量:30kg-cm<br>測定数:n=5(ばらつきが少ないため) |                                                                                     |
| 試験環境  | (23±2)℃、(50±5)%RH                                  |                                                                                     |

図 10 万能衝撃試験機

E) 電気炉

機種:オリジナル電気炉

メーカー:オリジナル電気炉

備考:5g の燃焼残渣

表 13 PE の灰分試験項目及び条件

|      |                        |                                                                                      |
|------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法 | JIS K2272              |  |
| 測定項目 | 灰分                     |                                                                                      |
| 試験条件 | サンプル:5g<br>電気炉:775±25℃ |                                                                                      |

図 11 電気炉

F) 定置乾燥機

機種:KRS-L2

メーカー:KATO-RIKI MFG.CO.、LTD.

備考:水分測定、サンプルの乾燥に使用

表 14 PE の水分量の項目及び条件と乾燥条件

|      |                      |                                                                                    |
|------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法 | 乾燥減量法                |  |
| 測定項目 | 水分率                  |                                                                                    |
| 試験条件 | 温度:105℃<br>乾燥時間:2 時間 |                                                                                    |

図 12 定置乾燥機

G) 測色色差計

機種:ZE-2000 (COLOR METER)

メーカー:NIPPON DENSHOKU CO.、LTD.

備考:弊社カラースプレート



図 13 測色色差計

I) 粒度溶融比較(熱プレス)

機種:SA-303

メーカー:TESTER SANGYO CO.、LTD.

備考:溶融試験に使用

表 15 PE の熱プレス試験項目及び条件

|      |             |                                                                                    |
|------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験方法 | 熱プレス試験      |  |
| 測定項目 | 粒度溶融比較      |                                                                                    |
| 試験条件 | ヒーター温度:210℃ |                                                                                    |

図 14 熱プレス試験機外観

2. 1. 2. 3. 実証用設備

本実証で使用した設備及び、使用用途を記載した。

A) 一軸破碎機

メーカー:Changshu Shouyu Machinery Co.、Ltd(MSCにてカスタマイズ)、品番:SRB900



図 15 一軸破碎機

B) 高速粉碎機

メーカー:Changshu Shouyu Machinery Co.、Ltd. 品番:SPC10045

量産試作用。



図 16 高速粉碎機

C) 小型粉碎機

メーカー:イトマン株式会社、品番: 堅型粉碎機 ROTOPLEX CUTTING MILL

少量試作用。



図 17 小型粉碎機

#### D) 微粉碎機

外觀を下图に示す。

メーカー:MSC 社の試作開発品(非売品)、品番:P500

少量試作用。



図 18 高速粉碎機

#### E) 比重分離槽

メーカー:Jiangsu Xinrong Science & Technology Development Co., Ltd.

品番:MPPQ500

水比重分離するための装置である。



図 19 比重分離

#### F) 二軸押出機

メーカー:Nanjing HaoXiang Machinery Manufacturing Co.、 Ltd.

品番:KY75

混練性能の高い二軸押出機を使用した。



図 20 二軸押出機

#### G) 配管成形機

メーカー:Jiangsu Xinrong Science & Technology Development Co.、 Ltd.

品番:DBWG50

可とう電線管のサンプル作成が可能な小型の配管成形機を使用した。



図 21 配管成形機

## H) 射出成形機

メーカー:Shanghai Guangsu Machinery Manufacture Co.、 Ltd.

品番:GS98

多目的試験片の作成が可能な小型の成形機を使用した。



図 22 配管成形機

### 2.1.3. 取組結果

#### 2.1.3.1. 微粉碎粉末の制作

2種の微粉碎機を用いて、微粉の作成試験を実施した。すり鉢型微粉碎機については、運転初期に内部で溶け、練られてしまう兆候が見られ、本試験には適合しなかった。ハンマー式微粉碎機については、一部熱による変性が見られ、微粉に成功した。平均粒径については、正確に求めることができなかったが $350\mu\text{m}$ の穴径のふるいに100%通過し、 $100\mu\text{m}$ のふるいに対して、重量の2割程度が通過したこと、およそ $250\sim 300\mu\text{m}$ 程度と見られる。 $300\mu\text{m}$ 以下及び、 $400\mu\text{m}$ の粒径について選択的な粒径の調整が課題としてあったが、これについては、 $100\mu\text{m}$ のふるいの取り外しによって選択が可能であった。それぞれの電力量を測ったところ、 $200\text{V}$ 、 $65\text{A}$ で共通であった。処理にかかる時間も15分程度と違いは見られなかった。これは、それぞれについて微粉碎機の内部が空であったため、粒径の違いによって機械の負荷があまり変わらなかったためと考えられる。本来であれば、微粒子径が小さくなるほど時間当たりの処理重量を示す生産性は低下するため、生産性と品質のバランスを考慮して最適な微粉碎径を決定することを想定していたが、サンプル作成程度の稼働では有効な差異は出なかった。内部に処理途中の破砕物が入っている場合や、長期稼働を行った場合については、差異が見られる可能性がある。これについては別途試験が必要である。粉末については、一度圧縮成形機でブリケット状に加工したのち、射出成形機でペレット状に加工する。下記に画像を示す。



図 23 ブリケット状の容リ残渣



図 24 残渣 4 割に対して、上澄み品を 6 割  
配合したペレット

#### 2. 1. 3. 2. 物性試験結果

物性試験の結果は下記表のようになった。配合比については、本試験以降の強度試験等での配合費を検討するため、目安として 50:50 に設定し、物性を測定した。50:50 に設定した理由として、複数の種類のプラスチックを混合する場合、50:50 で混合した場合に最も顕著にプラスチックが混ざり合いにくく、物性の低下などの課題が生じやすく、以降の研究の方向性を検討しやすいためである。

表面状態の観察では、P4 の残渣の表面上の写真にみられたようなアルミ層の析出や、境界での割れや欠けは見られなかった。これは、微粉碎技術を用いて樹脂の粒子径を小さくすることにより、PET など熔融混練時に融点が高い粒子をより細かく樹脂全体に拡散したことが要因と考えられる。より詳細に拡散度合いを測定する場合は、別途サンプルを熱で薄くプレスし、薄片の観察が必要となる。

表 16 物性試験結果

|   | 項 目       | 試験方法       | 単 位     | 容リPPリッチ<br>100% | 容リザンサ<br>100% | 容リPPリッチ<br>+容リザンサ<br>(50 : 50) |
|---|-----------|------------|---------|-----------------|---------------|--------------------------------|
| 1 | メルトフローレイト | JIS-K7210  | g/10min | -               | -             | -                              |
| 2 | 引張降伏強度    | JIS-K716 1 | Mpa     | 21.5            | 17.1          | 20.2                           |
| 3 | 引張破断伸度    | JIS-K716 1 | %       | 6.5             | 2.8           | 7.5                            |
| 4 | 曲 げ 強 度   | JIS-K7171  | Mpa     | 33.4            | 31.4          | 32.4                           |
| 5 | 曲げ弾性率     | JIS-K7171  | Mpa     | 1,150           | 1,200         | 1,190                          |

上表において、引っ張り破断伸度を比較する。理由として、複合素材からなるサンプルにおいては、複数の樹脂間が混和しておらず、境界面で分離している場合に、著しく引っ張り破断伸度が低下する減少が見られる為である。容リ材(上表の容リ PP リッチ 100%)の引っ張り破断伸度が 6.5%であるのに対し、容リ残渣(上表の容リザンサ 100%)では、2.8%と半分以下の数値になっている。これは残渣に含まれる PET 樹脂の層と、オレフィン系樹脂の層で分離が見られる可能性を示唆している。一方で、容リ材と残渣を 50%ずつ混ぜ合わせたものについては、引っ張り破断伸度が 7.5%と、容リ材と同程度まで回復している。これは、50%ずつ混ぜ合わせたサンプルについては、PP 等のオレフィン系樹脂の層が、PET 樹脂の層と比較して十分割合が多く、PET 樹脂の層を包みこむことで、境界面の分離による引っ張り破断伸度の低下を抑えられていることを示している。樹脂の粒子径を小さくすることで、複数の樹脂を溶融混練し、界面張力を減少して界面層の厚みを増大させ、樹脂同士を分散しやすくすることにより引っ張り強度などの特性を向上していることが確認できる。より詳細な測定には電子顕微鏡での界面の観察が必要となる。また、加工時の温度によって、残渣中の PET 樹脂が加水分解を起こすなどの影響によって、物性の劣化が見られる可能性があり、二軸押出機の設定等を考慮する必要があった。二軸押出機の設定温度は、165° C とし、回転速度は通常の容リ材に用いられる回転速度である 350rpm と比較して半分程度の 200rpm で実施した。結果的には、表面の観察からも、加水分解などの劣化は見られなかった。引張試験の結果からも、最適化条件としては、加工温度を低音に保ちながら、回転数を下げ、練り込むことが求められる。詳しい条件探索についても、実証期間後に測定が求められる。

### 2.1.3.3. 耐候性の検討

5, 10 年相当における耐候性試験の結果は、下記の通りになった。表面状態の観察結果を下記に示す。配合率を 7:3 とした理由は、残渣には、多くの不純物が含まれているため、残渣を多く配合した場合の方が、残渣の割合が低い場合と比較して、耐候性が下がることが容易に予測できるためである。今回のように残渣の配合比が低い状態でも、耐候性について課題が見られる場合、より残渣の配合比が高い場合の試験を行う必要性はなくなり、少ないサンプル数で、耐候性がどこまで低下するか検討することが可能となるためである。

表 17 表面状態の観察結果

|                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤無 0年相当                                                       |                                                                                     |



上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤無 5年相当



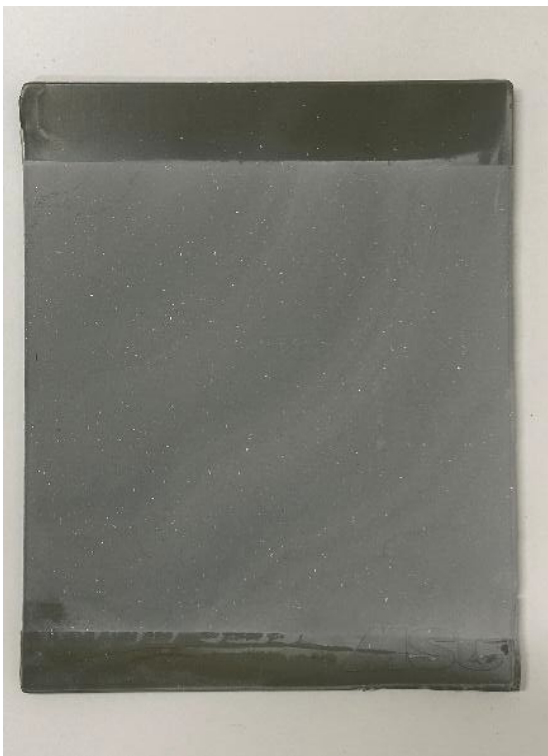
上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤無 10年相当



上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤有 0年相当



上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤有 5年相当



上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤有 10年相当

耐候剤有無どちらも 5 年相当、10 年相当と年数が経つにつれ白化、クラックが深くなっていることから劣化が進行していることが確認できた。またわずかではあるが、耐候剤有の方がクラックの深さが耐候剤無と比較して浅くなっていることから耐候剤の効果は確認することができる。しかしながら、効果は限定的であり、5 年相当の照射においても、実用性に懸念が生じる水準で劣化が進行している。

**表 18 引張試験の試験結果**

上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤無

|   | 項目     | 単位  | 照射前<br>(0年相当) | 照射後<br>(5年相当) | 照射後<br>(10年相当) |
|---|--------|-----|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 引張降伏強度 | MPa | 20.3          | 20.3          | 19.9           |
| 2 | 引張破断伸度 | %   | 6.8           | 6.3           | 5.8            |

|   | 項目        | 単位 | 照射前<br>(0年相当) | 照射後<br>(5年相当) | 照射後<br>(10年相当) |
|---|-----------|----|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 引張降伏強度変化率 | %  | －             | 0             | △1.0           |
| 2 | 引張破断伸度変化率 | %  | －             | △3.8          | △7.9           |

上澄み(容リP0) 7 : 3 残渣 耐候剤有

|   | 項目     | 単位  | 照射前<br>(0年相当) | 照射後<br>(5年相当) | 照射後<br>(10年相当) |
|---|--------|-----|---------------|---------------|----------------|
| 3 | 引張降伏強度 | MPa | 19.9          | 19.9          | 19.9           |
| 4 | 引張破断伸度 | %   | 6.6           | 5.7           | 5.7            |

|   | 項目        | 単位 | 照射前<br>(0年相当) | 照射後<br>(5年相当) | 照射後<br>(10年相当) |
|---|-----------|----|---------------|---------------|----------------|
| 3 | 引張降伏強度変化率 | %  | －             | 0             | 0              |
| 4 | 引張破断伸度変化率 | %  | －             | △7.3          | △7.3           |

上図に引張試験の結果を示す。理想的には、引張試験以外に、曲げ強度試験や、圧縮試験、表面を引っ掻いてみる試験などを実施することでより詳細な分析が可能である。しかしながら、そうした試験項目を増やすごとに、試験費用が大きく嵩むため、コスト対効果の観点から、引張試験のみで判別する。

引張強度に関しては、年数による多少の劣化は見られたが耐候剤による顕著な効果は見られなかった。これらの結果より、わずかに耐候剤による効果は見られたが、大きな効果は見られなかった。この程度の効果では容りや残渣のロットによる影響の方が大きい為、ロットの誤差の範疇収まってしまう。よって、コストをかけてまで耐候剤を添加するメリットはない。

今回ベース材が容りということもあり、劣化が早く進行したと考えられる。耐候剤による表面状態による顕著な違いを確認する為には、期間を短く(1年、2年単位)しなければならない。

#### 2. 1. 3. 4. 実証規模での試験及び、コスト評価

実証規模での試作として、サンプル作成に用いた小型破碎機に変えて、下記図の設備構成で試作した場合の品質について検討した。

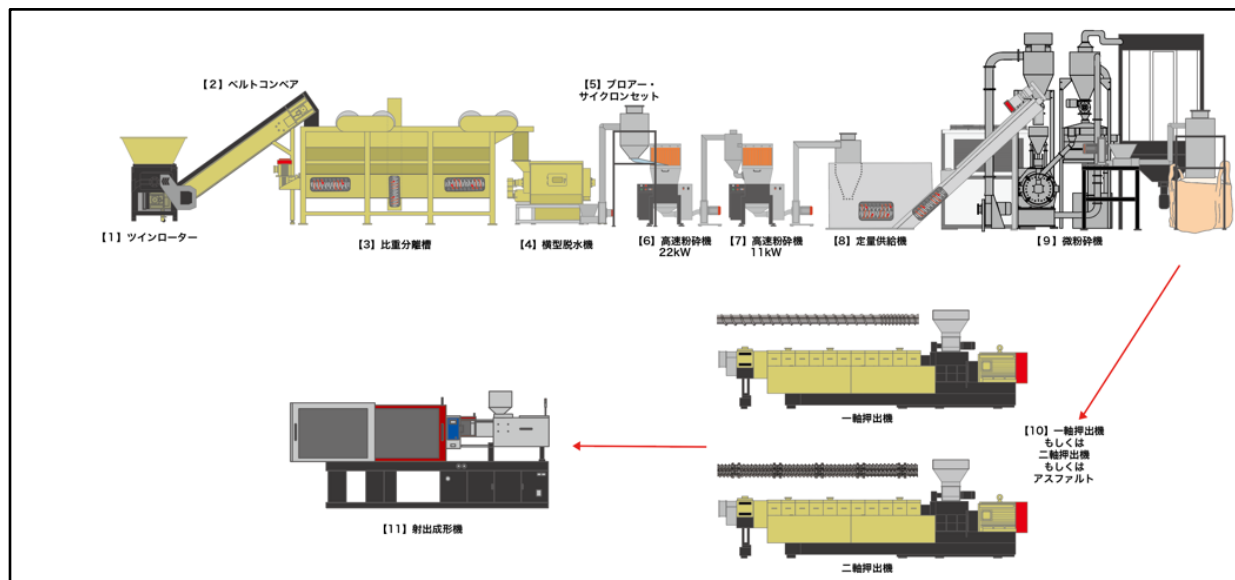


図 25 実証規模での設備配置図

表 19 実証規模での使用設備

| 番号 | 呼称               | メーカー                                                    | 品番       | A定格電力(kWh) |
|----|------------------|---------------------------------------------------------|----------|------------|
| 1  | ツインローター          | changshu Shouyu Machinery co.,Ltd                       | WTSF2260 | 44         |
| 2  | 比重分離槽 + 横型脱水機一式  | Jiangsu Xinrong Science & Techoligy Development Co.,Ltd | MPPQ500  | 6.6        |
| 3  | 高速粉碎機            | Hangzhou Hengli Plastic Machinery Co., Ltd.             | BM-3040  | 11         |
| 4  | 高速粉碎機            | Hangzhou Hengli Plastic Machinery Co., Ltd.             | BM-3760  | 22         |
| 6  | 微粉碎機(カッター式) + 水冷 | 张家港亿塑机械有限公司                                             | wsm800   | 110        |
| 10 | 二軸押出機            | Nanjing HaoXiang Machinery Manufacturing Co.,Ltd        | KY65     | 130        |

結果として、品質に影響を及ぼす、微粉碎機及び、二軸押出機については、テストサンプルにおいて同じ設備を用いていたため、ツインローターによる荒破碎の速度は変化したものの品質への影響はなかった。実証規模でのコスト評価については、現状では通常の容リ材の入札時に用いられる逆有償の仕組みにおいて、メリットがないため、最低でも 80 円/kg-200kg/円の価格となり、競争性をもつ 10 円/kg には届かない。これには、処理量や業務の改善以前に、入札の仕組みに対しての取り組みが必要となる。

## 2.2. 製品への用途探索

### 2.2.1. 諸言

改質した容器包装リサイクル残渣及び、製品プラスチック残渣由来のリサイクル材を使用できる製品を成形メーカーや商社と協議を重ねながら洗い出し、商品化に向けて検討を進めた。導入可能性の高い製品を洗い出した上で、製品サンプルを成形し、成型メーカーの規格を満たすか試験を実施する。試験には加速試験を含み、耐候性等の要素について長期的に使用可能かを確認した。また、導入を検討する製品については、市場規模やリサイクル品の受入れ可能性等を調査し、出口戦略を検討した。

### 2.2.2. アプローチ

用途探索対象として、スーパージオ材、アスファルト増量材の2点を取り上げ、有用性について検討した。スーパージオ材を取り上げた理由は以下である。容リ材残渣を活用した再生品を製造するにあたっては、すでに容リ材の上澄み品を使用しての製品実績がある事業者とともに、実績のある製品について検討することが最も現実性が高い。よって、容リ材を使用した実績のある製品のうち、市場規模が拡大傾向にあり、今後残渣を活用するメリットがあると予想されるスーパージオ材を取り上げた。アスファルト増量材を取りあげた意図は下記である。本実証が社会実装され、残渣として発生している全量がマテリアルリサイクル可能になった場合、現在容リ材として市場に流通している量とほぼ同程度の量が供給できるが、そうした豊富な供給に対して、受け入れ可能な再生品は足りていないのが現状である。スーパージオ材のような品目を増やしつつ、行き場のない残渣由来の再生品について、大量にリサイクルが可能な出口として、アスファルトへの添加が適しているため取り上げた。

#### 2.2.2.1. スーパージオ材について

建物下の土を取り除き、かわりにスーパージオ材を敷き詰めて地盤を軽量化。建物の支持力を確保する置換工法。直下地盤の圧密沈下を軽減化する。また地震時に、材料に間隙水を取入れ、水圧による噴砂を防ぎ、液状化時に安定化させる効果(雨水浸透槽としての役割)がある。他の杭打ち等の地盤強化手法と比較して安価かつ短い納期で実施が可能なため、近年施工量が急拡大している。また、日東商事が提供するスーパージオ材は容リ材等の再生材を50%以上使用している。



図 26 スーパージオ材外観

上図において、横の四角いトレイの面を水平方向とする。縦の突起のある方向を鉛直方向とする。

### 2.2.3. 取組み結果

#### 2.2.3.1. 残渣のスーパージオ材への適応性の検討

**表 20 スーパージオ材の圧縮試験結果**

暫定基準値：鉛直 364 KN/m<sup>2</sup>・水平 160 KN/m<sup>2</sup>

##### AE-1 新金型容リ残渣ブレンド 7:3

|    |   | 実測値 (KN) | 換算値 (KN/m <sup>2</sup> ) | 歪 (mm) | 判定 |
|----|---|----------|--------------------------|--------|----|
| 鉛直 | 1 | 166.7    | 561.3                    | 17.3   | ○  |
| 鉛直 | 2 | 164.6    | 554.2                    | 17.3   | ○  |
| 鉛直 | 3 | 166.1    | 559.3                    | 17.5   | ○  |
| 水平 | 1 | 77.8     | 274.9                    | 21.9   | ○  |
| 水平 | 2 | 82.8     | 292.6                    | 22.8   | ○  |
| 水平 | 3 | 84.5     | 298.6                    | 22.9   | ○  |

##### AE-1 新金型容リ残渣ブレンド 6:4

|    |   | 実測値 (KN) | 換算値 (KN/m <sup>2</sup> ) | 歪 (mm) | 判定 |
|----|---|----------|--------------------------|--------|----|
| 鉛直 | 1 | 143.9    | 484.5                    | 15.0   | ○  |
| 鉛直 | 2 | 169.8    | 571.7                    | 17.5   | ○  |
| 鉛直 | 3 | 167.4    | 563.6                    | 17.6   | ○  |
| 水平 | 1 | 74.3     | 262.5                    | 20.4   | ○  |
| 水平 | 2 | 76.0     | 268.6                    | 20.0   | ○  |
| 水平 | 3 | 77.7     | 274.6                    | 20.1   | ○  |

流通品として、測定日直近に行われた同規格で容器包装材を原料としたスーパージオ材の試験結果値を、暫定基準値として定めた。この暫定基準値は、スーパージオ材のメーカーが定めている出荷基準を上回っている。上記より、7:3のブレンド及び6:4のブレンドの両方で、暫定基準値を上回った。当初、流通品の9割以上の機械的強度を担保することを目標としたが、結果的には流通品の機械 t 系強度を上回る結果となった。この要因としては、試験に用いた容器包装材自体について、原料の組成についてはほぼ同じと見られるものの、製法については差異があるためと考えられる。試験品は二軸押出機を用いて、低温で物性の劣化を抑える工夫をしながら、原料ペレットに加工しているため同じ原料を用いた場合でも高い機械的強度を得やすい。一方、流通品は処理量を増やすため比較的高温で、一位軸押出機を用いて、大量に処理を行っている。こうした処理方法の違いが結果に影響したと考えられる。

#### 2.2.3.2. 社会実装のための出口戦略

目標として下記を掲げる。

国内：2035年目標 18万トン(発生量の全量)

国外:2032年目標 1000トン(1-2プラント稼働),2040年目標 100万トン(世界リサイクル量の1割以上)

容リ協への登録再生処理事業者数は34法人(材料リサイクル.R6実績)である。この内10法人ほどで本実証成果を導入することで、発生量の全量の処理が可能となる。すでに4法人等とは打ち合わせを行っており、処理自体は可能である。

課題としては、販路がある。現状「容リ品再生品」の物流パレットは余っており、スーパージオ材の用途も上記の再生プラント1社+数社で十分である。よって更なる用途開発が必要となる。しかしながら、脱炭素社会への移行が急がれる中、現状すぐに実用可能な用途として、「アスファルト改増材」を提案する。これは、15万トン程度の発生量全量の再使用が可能である。

国外への展開としては、不透明な点が多いが、インドネシアへの技術展開の準備が進んでいる。インドネシアは年間のプラ廃棄量が226万T/年で世界9位であるが、適正処理やリサイクルが社会に浸透しておらず、海洋プラ予想流出量が世界第2位であり、喫緊の対応が必須である。インドネシア政府とは、生活廃棄系のプラごみを活用して、スーパージオ材を生産し、洪水被害が年々深刻化するインドネシア市街地への販売を見込む。上記目標が2032年目標 1000トン(1-2プラント稼働)である。インドネシアを起点としてアジア各国への洪水被害対策を主に、2040年目標 100万トン(世界リサイクル量の1割以上)を目指す。

#### 2.2.3.2.1. 容器包装材のアスファルト混合物への適用性の検討

##### 2.2.3.2.1.1. 諸言

容器包装材残渣がアスファルト混合物に混入可能かを検討するため、先んじて上澄み品である容器包装材について、アスファルトとの配合試験及び混合物の性状試験を実施し、その結果を取りまとめる。容器包装材を下図に示す。図の容器包装材は細かく粉砕し粉状にしたものである。



図 27 容器包装材外観

## 2.2.3.2.2. アスファルトの試験

アスファルトに容器包装材を添加混合したバインダーの密度及びソックスレー抽出試験を行った。試験項目と試験方法を下記図に示す。バインダーとは、アスファルト舗装において用いられるものである。アスファルト舗装には、アスファルトだけではなく砂利や砂等が混ぜられますが、この際バインダーとは、アスファルトそのものを指す。ソックスレー抽出試験は、固体試料から溶媒に溶ける成分を抽出する実験手法である。本試験においては、アスファルトに容器包装材を添加混合した場合に、容器包装材のどの程度の重量が、アスファルトに溶け、どの程度が溶けずに固体として混ざっているかを測る目的で実施する。

表 21 試験項目及び試験方法

| 試験項目        | 試験方法            |
|-------------|-----------------|
| アスファルトの密度試験 | 舗装調査・試験法便覧 A049 |
| アスファルトの抽出試験 | 舗装調査・試験法便覧 G028 |

バインダーは StAs60/80 とする。StAs60/80 は、ストレートアスファルトと呼ばれる改質を行っていないアスファルトである。60/80 はアスファルトの硬さを表している。60-80 は標準条件(重さ 100g, 温度 25° C, 針を入れる時間 5 秒)で針を押し付けた場合、6mm-8mm 程度針が沈む硬さを表す。

このバインダーに容器包装材を内添加で 10%、20%添加混合し作製した。内添加とは、バインダーの重さを含めて 100%になるように加えた操作を表しており、今回の 10%は、バインダーと容器包装材が 90%対 10%で混合することを表す。添加量に関しては、多量に添加した場合、溶け切らない等の不具合が起きる可能性があるため、10%程度から徐々に添加量を増やしながら、測定を行うためである。今回は、20%添加した段階で、有効な結果が得られたため、10%添加と 20%添加の 2 サンプルを用いた。

## 2.2.3.2.2.1. バインダーの密度

ストレートアスファルトに対して内添加 10%、20%（以下、内添加はストレートアスファルトに対してとする）で作製したバインダーの密度を測定した。

試験結果を下記図に示す。

表 22 バインダーの密度(g/cm<sup>3</sup>)試験結果

| 添加量     | No1   | No2   | No3   | No4   | 平均    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 内添加 0%  | 試験表から |       |       |       | 1.037 |
| 内添加 10% | 1.048 | 1.055 | 1.059 | 1.061 | 1.056 |
| 内添加 20% | 1.073 | 1.055 | 1.095 | 1.071 | 1.074 |

試験結果から、容器包装材の添加量と密度の関係を下記図に示す。

容器包装材の添加量と添加後のバインダーの密度には高い線形性がみられる。内添加量からバインダーの密度の推定が可能と思われる。この密度の推定は、添加量が 0-20%の範囲において、有効であり、20%を超える範囲については、本試験からは分らない。

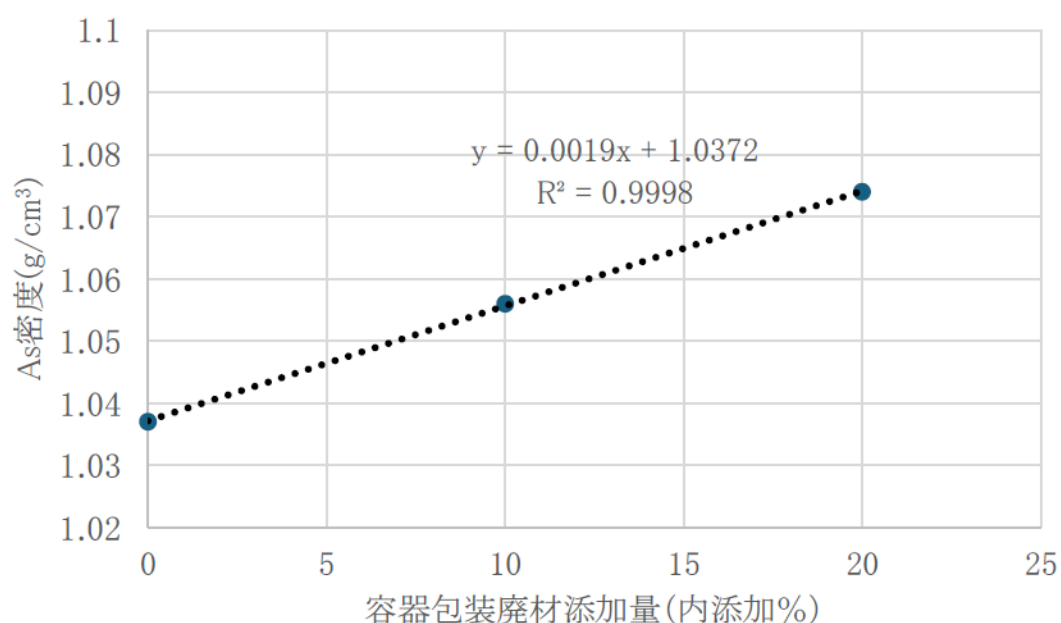


図 28 容器包装材の添加量と密度の関係

## 2.2.3.2.2.2. 容器包装材の密度

作製したバインダーの密度と容器包装材の添加量に相関関係がみられることから、内添加配合割合から容器包装材の密度を逆算する。アスファルトに溶けている状態の容器包装の密度は直接測ることができるため、下記の算出方法で算出する。この数値は、容器包装材が、アスファルトにどのくらいの割合で溶けていて、どのくらいで溶けていないかを測るために用いる。

StAs60/80 密度×内添加配合割合+容器包装材密度×内添加配合割合=混合A s の密度容器包装材の密度をAとすると、

10%内添加：

$$1.037 \times 0.9 + A \times 0.1 = 1.056$$

$$A = 1.223$$

20%内添加：

$$1.037 \times 0.8 + A \times 0.2 = 1.074$$

$$A = 1.226$$

従って、容器包装材の密度はおよそ 1.225g/cm<sup>3</sup> 程度と推定できる。

## 2.2.3.2.2.3. バインダーの抽出試験

作製したバインダーの抽出試験を実施し、容器梱包材の可溶分を調べた。抽出試験結果を表 23 に示す。

表 23 ソックスレー抽出試験結果

|               | 容器包装材 |      | アスファルト |      | バインダー |      |
|---------------|-------|------|--------|------|-------|------|
| 添加量(%)        | 内10%  | 内20% | 内10%   | 内20% | 内10%  | 内20% |
| バインダー作製重量(g)  | 40    | 80   | 360    | 320  | 400   | 400  |
| ソックスレー抽出重量(g) | 20    | 40   | 180    | 160  | 200   | 200  |
| 抽出試験後重量(g)    | —     | —    | —      | —    | 12.5  | 25.9 |
| 残留分(%)        | —     | —    | —      | —    | 62.5  | 64.8 |
| 可溶分(%)        | —     | —    | —      | —    | 37.5  | 35.2 |

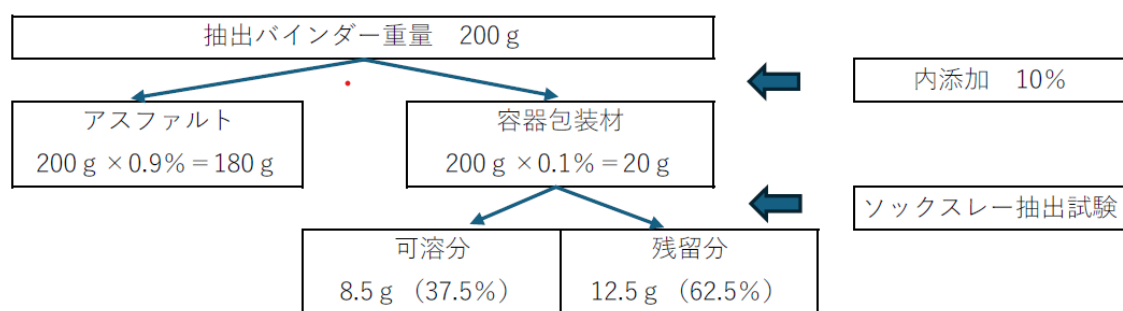


図 29 内添加 10%の抽出試験結果図

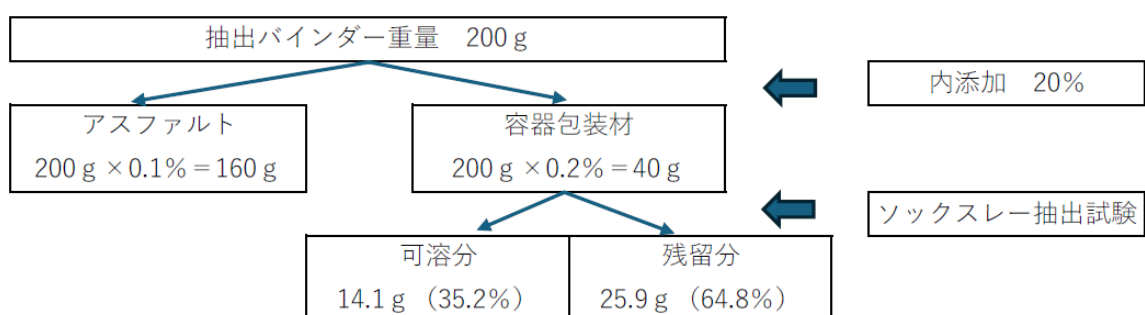


図 30 内添加 20%の抽出試験結果図

抽出試験結果から容器包装材は、バインダーの中に平均で 36.4(%)溶けている。

#### 2.2.3.2.3. 混合物の試験

StAs60/80、内添加 10%及び 20%のバインダーを使って、混合物の配合試験を行い、最適アスファルト量（バインダー量）を求めた。

試験条件として、混合物は密粒度アスファルト混合物(13)を用いた。突固め回数は 50 回とした。

表 24 試験項目及び試験方法

| 試験項目                | 試験方法               |
|---------------------|--------------------|
| マーシャル安定度試験（標準・水浸）   | 舗装調査・試験法便覧 B001    |
| 密粒度アスファルト混合物の密度試験方法 | 舗装調査・試験法便覧 B 008-1 |
| ホイールトラッキング試験方法      | 舗装調査・試験法便覧 B003    |

#### 2.2.3.2.3.1. 配合試験の条件

使用した材料の製造会社及び産地を下記図に示す。

**表 25** 材料の製造会社及び産地

| 使用材料                 | 産地・会社所在地 | 材質        |
|----------------------|----------|-----------|
| 6号砕石                 | 栃木県佐野市   | 硬質砂岩      |
| 7号砕石                 | 栃木県佐野市   | 硬質砂岩      |
| 砕 砂                  | 栃木県栃木市   | 硬質砂岩      |
| 細目砂                  | 千葉県市原市   | 洗砂        |
| 石 粉                  | 栃木県佐野市   | 石灰岩       |
| ストレートアスファルト<br>60/80 | 三重県四日市市  | StAs60/80 |

骨材配合は粒度範囲の中央を目標にした。骨材配合を下記図に示す。

**表 26** 骨材配合

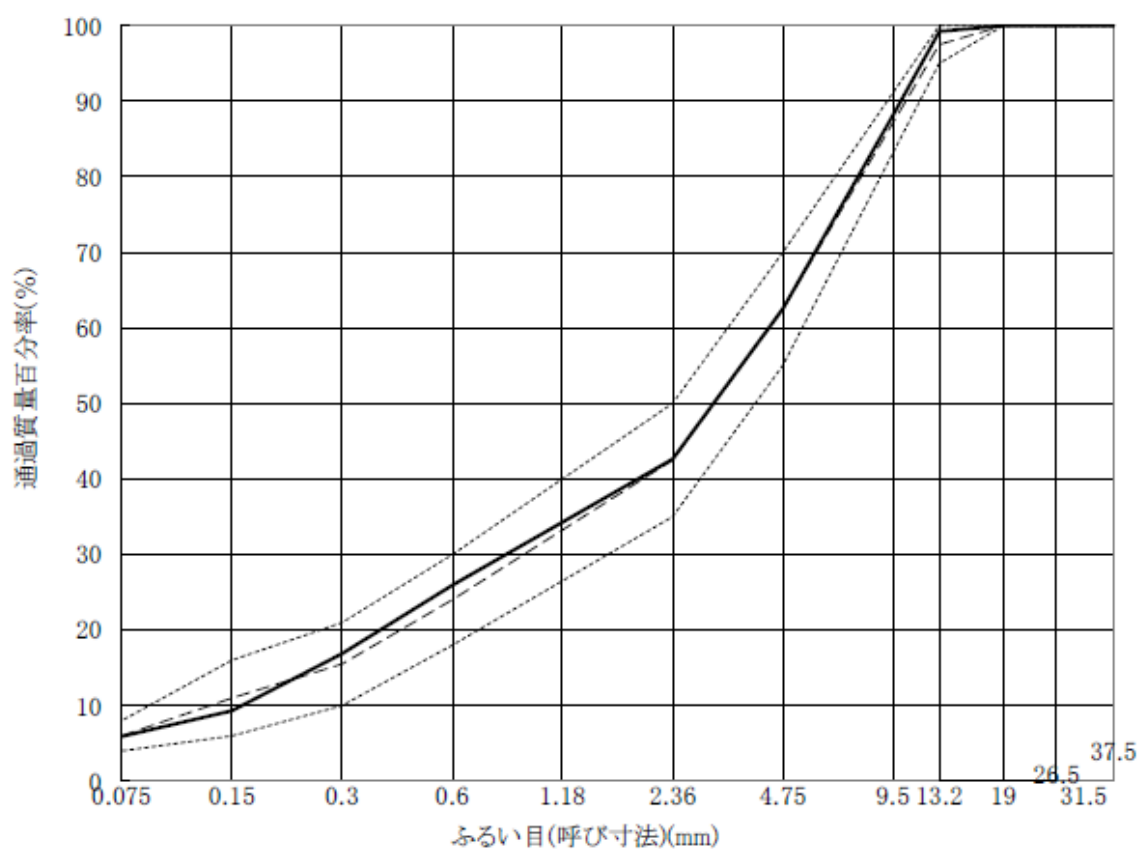
| 材料<br>配合種 |      | 6号砕石 | 7号砕石 | 砕砂   | 細目砂 | 石粉  | 合計  |
|-----------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 配合比(%)    | 中央粒度 | 37.0 | 25.0 | 25.5 | 7.0 | 5.5 | 100 |

混合物の合成粒度と粒度図を下記図に示す

表 27 配合粒度

| ふるい目の開き<br>配合種 |      | 通過質量百分率(%) |                |               |               |               |               |              |             |
|----------------|------|------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
|                |      | 19         | 13.2           | 4.75          | 2.36          | 0.6           | 0.3           | 0.15         | 0.075       |
| 配合比(%)         | 中央粒度 | 100        | 99.3           | 62.5          | 42.6          | 25.9          | 16.9          | 9.3          | 5.9         |
| 粒度範囲           |      | 100        | 95<br>~<br>100 | 55<br>~<br>70 | 35<br>~<br>50 | 18<br>~<br>30 | 10<br>~<br>21 | 6<br>~<br>16 | 4<br>~<br>8 |
| 中央粒度           |      | 100.0      | 97.5           | 62.5          | 42.5          | 24.0          | 15.5          | 11.0         | 6.0         |

表 28 合成粒度図



## 2.2.3.2.3.2. ストレートAs60/80（標準）の最適バインダー量

ストレートアスファルト 60/80 を使用した密粒度アスファルト混合物(13)の配合試験結果を下記表に示す。また、マーシャル特性図を下記図に示す。この図から、最適なアスファルトの混合割合を導くことができる。アスファルト量を変化させた場合に、空隙率、飽和度、安定度、フロー値の4つの指標において、全てで、規格値を満たす範囲を求める。この際の規格値は、ストレートアスファルト 60/80 を使用する場合の規格値を指す。

表 29 マーシャル安定度試験結果（標準）

| アスファルト量<br>% | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 理論密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 空隙率<br>% | 飽和度<br>% | 安定度<br>kN | フロー値<br>1/100cm |
|--------------|-------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------------|
| 4.5          | 2.361                   | 2.521                     | 6.3      | 62.0     | 10.2      | 22              |
| 5.0          | 2.393                   | 2.502                     | 4.4      | 72.3     | 11.7      | 24              |
| 5.5          | 2.408                   | 2.483                     | 3.0      | 81.0     | 12.4      | 29              |
| 6.0          | 2.402                   | 2.465                     | 2.6      | 84.2     | 11.3      | 34              |
| 6.5          | 2.392                   | 2.447                     | 2.2      | 87.2     | 10.3      | 39              |
| 規格値          |                         |                           | 3～6      | 70～85    | 4.9 以上    | 20～40           |

マーシャル特性図（StAs60/80）から、マーシャル特性値におけるアスファルト量の共通範囲は、4.85(%) ～ 5.60(%)である。よって、最適アスファルト量は共通範囲の中央値をとり、最適アスファルト量 5.225 ≒ 5.2(%)である。

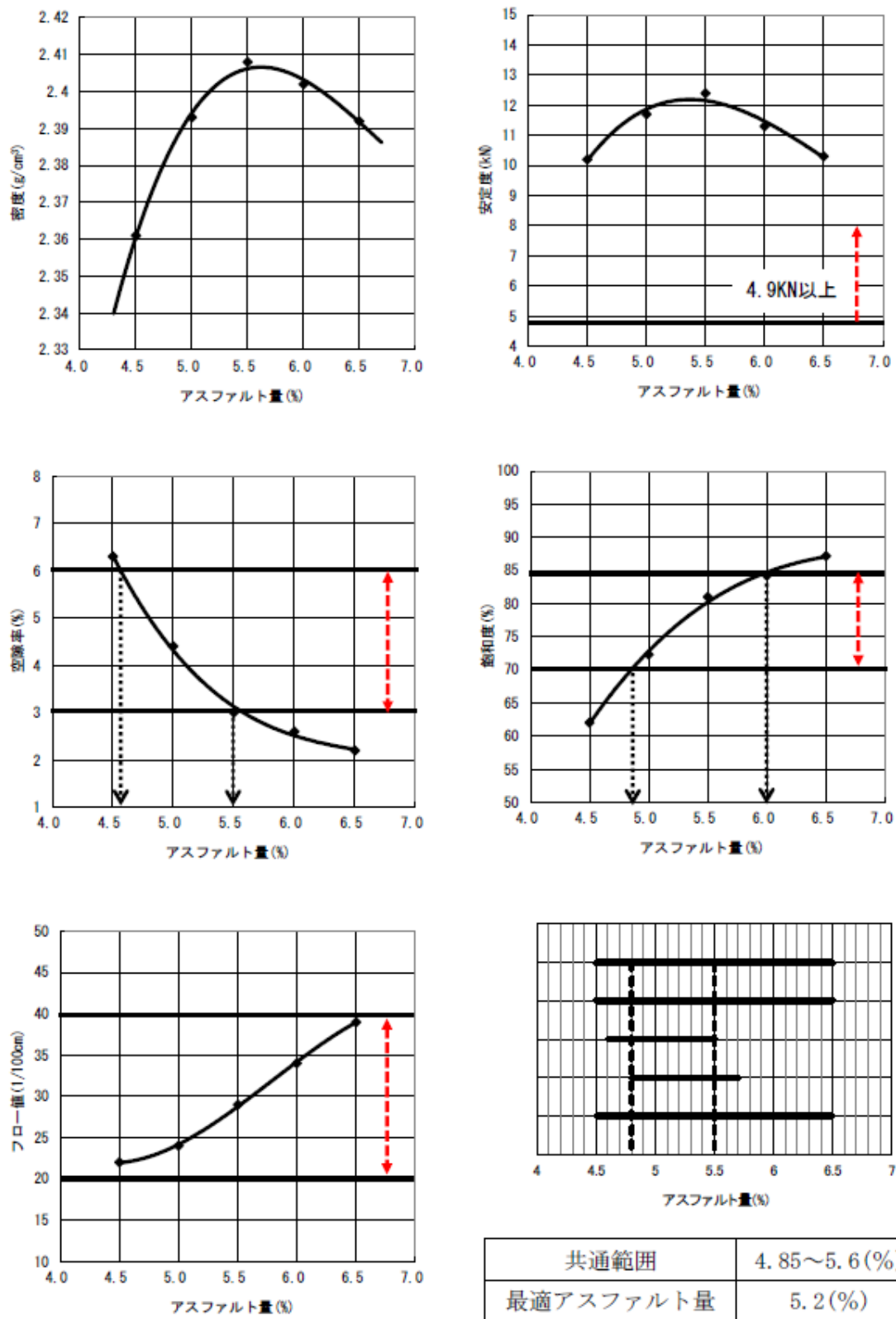


図 31 マーシャル試験特性図

### 2.2.3.2.3.3. 容器包装材を 10%内添加したバインダーの場合の最適バインダー量

ストレートアスファルト 60/80 に容器包装材を 10%内添加したバインダーを用いて配合試験を実施した。試験結果とマーシャル特性図を下記図に示す。

表 30 マーシャル安定度試験結果（内添加 10%）

| アスファルト量<br>% | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 理論密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 空隙率<br>% | 飽和度<br>% | 安定度<br>kN | フロー値<br>1/100cm |
|--------------|-------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------------|
| 4.5          | 2.323                   | 2.526                     | 8.0      | 55.3     | 11.3      | 24              |
| 5.0          | 2.340                   | 2.508                     | 6.7      | 62.4     | 12.4      | 26              |
| 5.5          | 2.387                   | 2.490                     | 4.1      | 75.2     | 13.9      | 27              |
| 6.0          | 2.392                   | 2.472                     | 3.2      | 81.0     | 13.5      | 31              |
| 6.5          | 2.387                   | 2.454                     | 2.7      | 4.5      | 12.2      | 37              |
| 規格値          |                         |                           | 3～6      | 70～85    | 4.9 以上    | 20～40           |

マーシャル試験特性図（内添加 10%）から、マーシャル特性値におけるバインダー量の共通範囲は、5.30(%) ～ 6.20(%)、最適バインダー量は共通範囲の中央値として最適バインダー量  $5.75 \div 5.8(\%)$  とした。

最適バインダー量の内・外添加について下記図にまとめる。

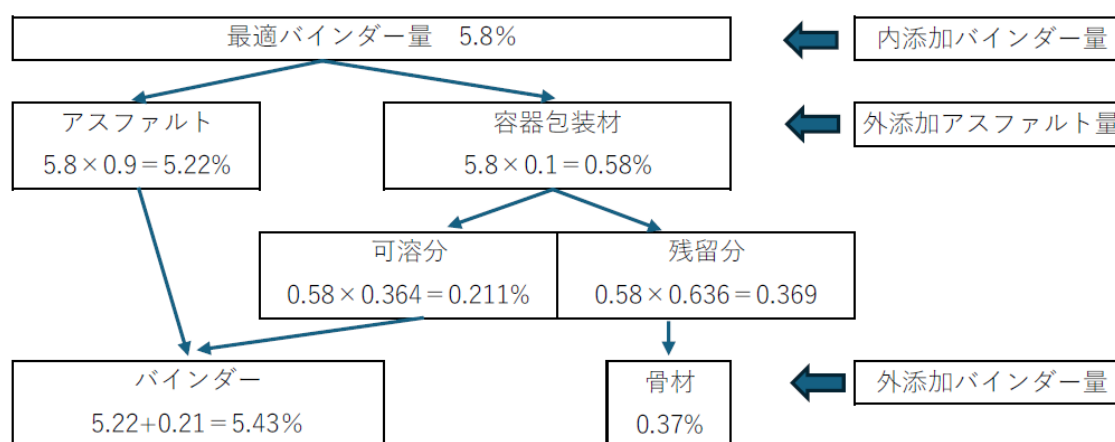


図 32 内添加（10%）・外添加のアスファルト量

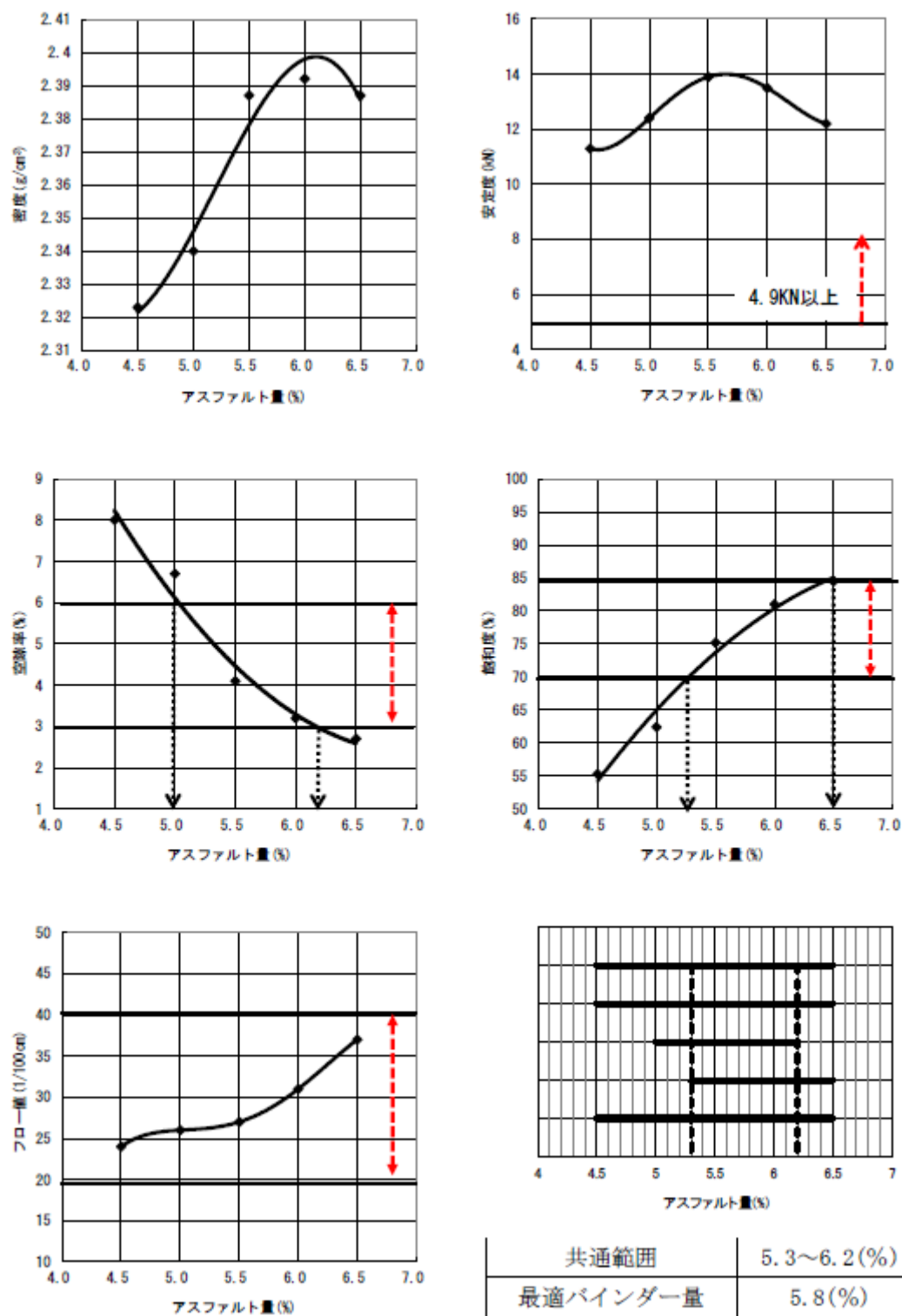


図 33 マーシャル試験特性図 (内添加 10%)

#### 2.2.3.2.3.4. 容器包装材を 20%内添加したバインダー

ストレートアスファルト 60/80 に容器包装材を 20%内添加したバインダーを用いて配合試験を実施した。試験結果を表-2.7 に、マーシャル特性図を図-2.6 に示す。

表 31 マーシャル安定度試験結果（内添加 20%）

| バインダー量<br>% | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 理論密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 空隙率<br>% | 飽和度<br>% | 安定度<br>kN | フロー値<br>1/100cm |
|-------------|-------------------------|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------------|
| 5.0         | 2.286                   | 2.513                     | 9.0      | 54.1     | 9.5       | 27              |
| 5.5         | 2.321                   | 2.495                     | 7.0      | 63.0     | 11.9      | 28              |
| 6.0         | 2.334                   | 2.478                     | 5.8      | 69.1     | 13.0      | 29              |
| 6.5         | 2.359                   | 2.461                     | 4.1      | 77.7     | 13.9      | 32              |
| 7.0         | 2.61                    | 2.444                     | 3.4      | 81.9     | 14        | 33              |
| 7.5         | 2.358                   | 2.427                     | 2.8      | 85.5     | 13.5      | 37              |
| 規格値         |                         |                           | 3～6      | 70～85    | 4.9 以上    | 20～40           |

マーシャル試験特性図（内添加 20%）から、マーシャル特性値におけるバインダー量の共通範囲は、6.00(%) ～ 7.30(%)、最適バインダー量は共通範囲の中央値として最適バインダー量  $6.65 \approx 6.7(\%)$  とした。

最適バインダー量の内・外添加について下記図にまとめる。

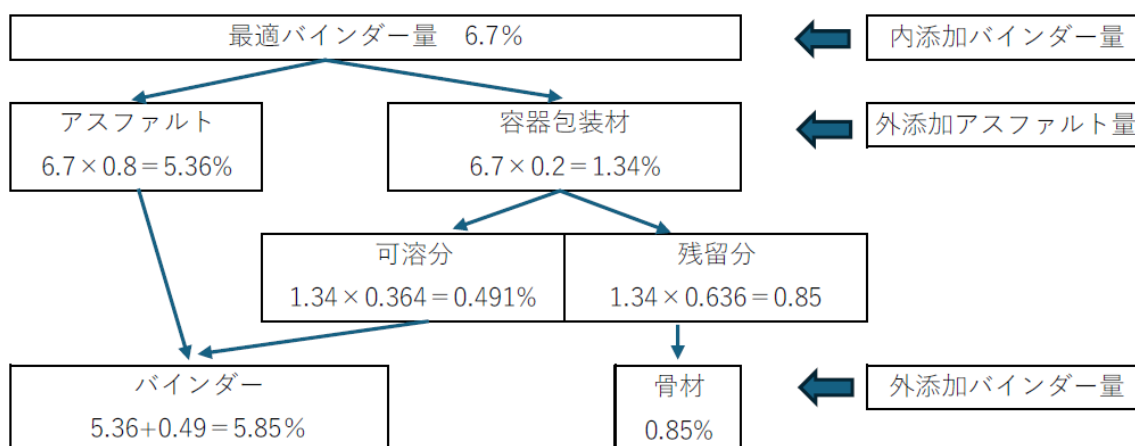


図 34 内添加（20%）・外添加のアスファルト量

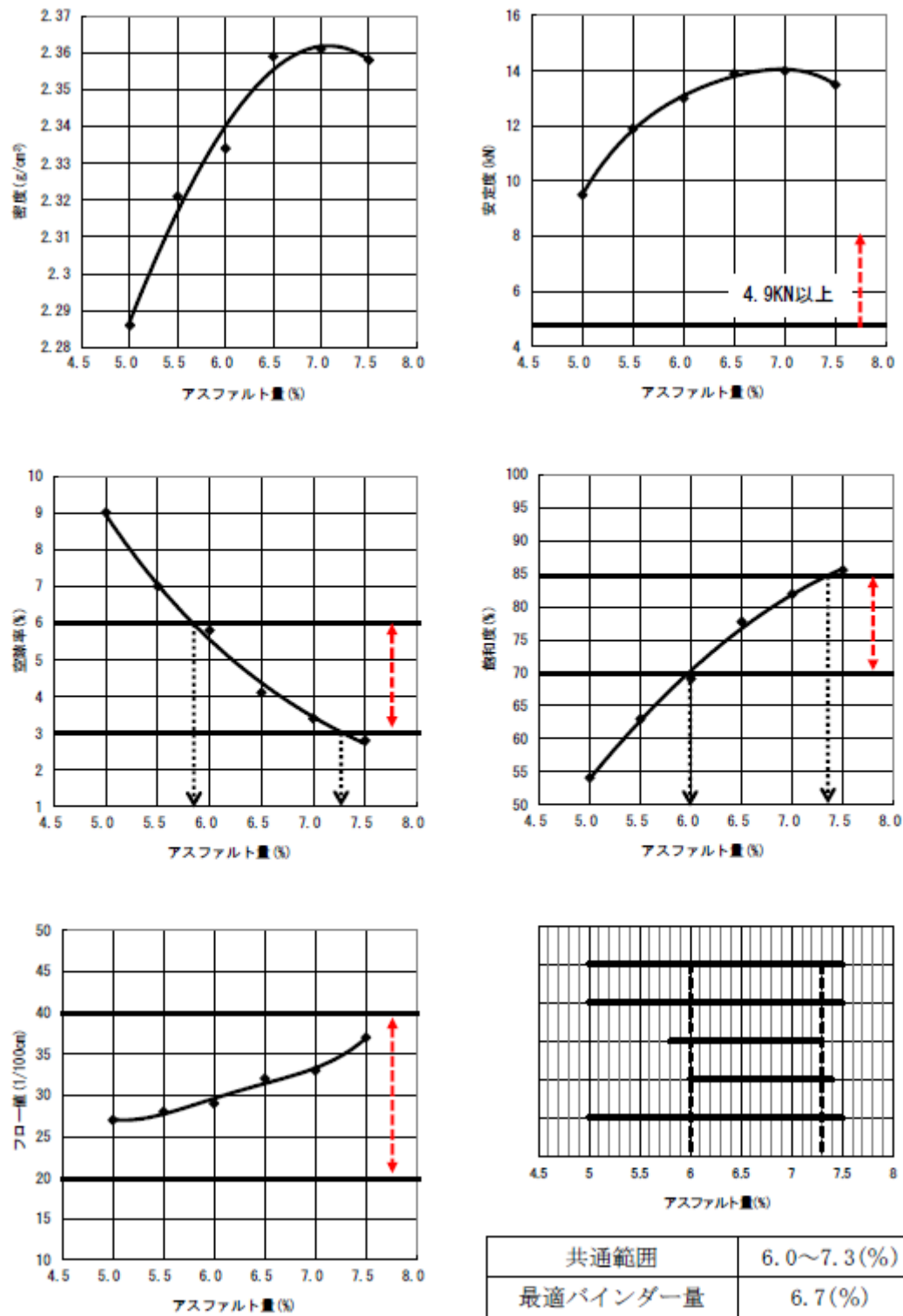


図 35 マーシャル試験特性図（内添加 20%）

#### 2.2.3.2.3.5. 最適アスファルト量（バインダー量）

前項までで求めてきた、3配合それぞれの最適アスファルト量を、改めて下記図に記す。

3配合を比較すると、容器包装材の添加量が増えると混合物の最適アスファルト量（バインダー量）が大きくなる傾向が見られる。（容器包装材を内添加とし、アスファルトとして考えた場合。）

表 32 各配合の最適アスファルト量

| 配 合 名                  | 最適アスファルト量 (%) |
|------------------------|---------------|
| StAs60/80（標準）          | 5.2           |
| StAs60/80＋容器包装材 10%内添加 | 5.8           |
| StAs60/80＋容器包装材 20%内添加 | 6.7           |

下記図に内添加で得られた最適バインダー量から、容器包装材を外添加とした、アスファルト単体のアスファルト量を計算で求めたバインダー量を示す。

表 33 各配合の外添加アスファルト量

| 配 合 名   | 内添加最適<br>As 量<br>% | As 量<br>% | 容器包装材<br>% | 外添加最適<br>As 量<br>% | 外添加最適<br>Bi 量<br>% |
|---------|--------------------|-----------|------------|--------------------|--------------------|
| 標 準     | 5.2                | 5.2       | —          | 5.2                | 5.2                |
| 内添加 10% | 5.8                | 5.22      | 0.58       | 5.22               | 5.43               |
| 内添加 20% | 6.7                | 5.36      | 1.34       | 5.36               | 5.85               |

注）外添加最適 Bi 量：ソックスレー抽出試験結果で得られた可溶分をバインダー量に加えた値

#### 2.2.3.2.4. 最適アスファルト量（バインダー量）におけるマーシャル性状及び残留安定度

最適アスファルト量における混合物性状の確認と、混合物の耐水性を確認するため最適アスファルト量において安定度試験、残留安定度試験を行った。試験結果を下記図に示す。

表 34 最適アスファルト量におけるマーシャル性状および残留安定度

| 配合名    | As 量<br>% | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 空隙率<br>% | 飽和度<br>% | 安定度<br>kN | フロー値<br>1/100cm | 残留安定度<br>(%) |
|--------|-----------|-------------------------|----------|----------|-----------|-----------------|--------------|
| 標準     | 5.2       | 2.399                   | 3.8      | 75.9     | 11.5      | 29              | 88.7         |
| 10%内添加 | 5.8       | 2.387                   | 3.7      | 75.3     | 14.5      | 31              | 85.5         |
| 20%内添加 | 6.7       | 2.367                   | 3.5      | 77.6     | 15.4      | 34              | 91.6         |
| 規格値    |           |                         | 3～6      | 70～85    | 4.9 以上    | 20～40           | 75 以上        |

下図に最適アスファルト量における容器包装材の内添加量と密度の関係を示す。添加量が増えると密度が小さくなる傾向が見られる。

- ① 細粒分(容器包装材)が増えることで締まりづらくなっている。
- ② 容器包装材の中の、熱で溶けた材料によりアスファルトが硬くなっている。

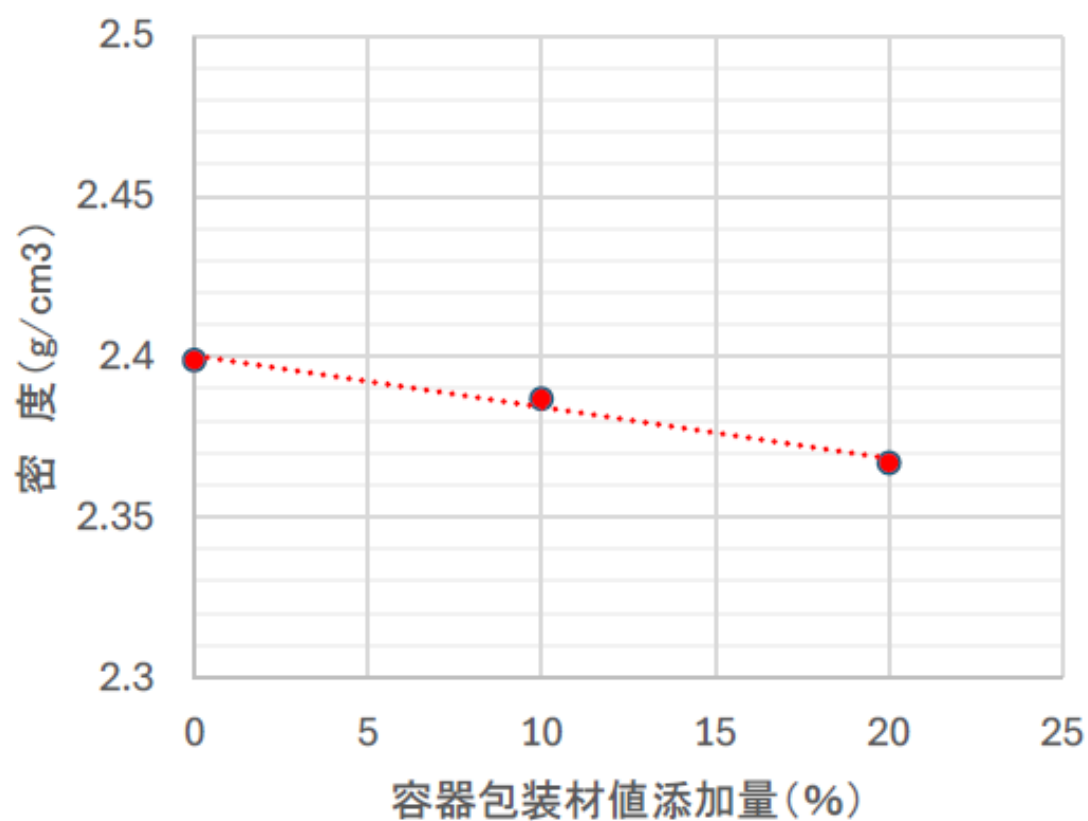


図 36 容器包装材添加量と密度の関係

下図に最適アスファルト量における容器包装材の内添加量と安定度（kN）の関係を示す。安定度は添加量が増えると大きくなる傾向が見られる。密度が小さくなる傾向がある中、安定度が大きくなるのは、容器包装材の中の、熱で溶けた材料によりアスファルトが硬くなっているように考えられる。

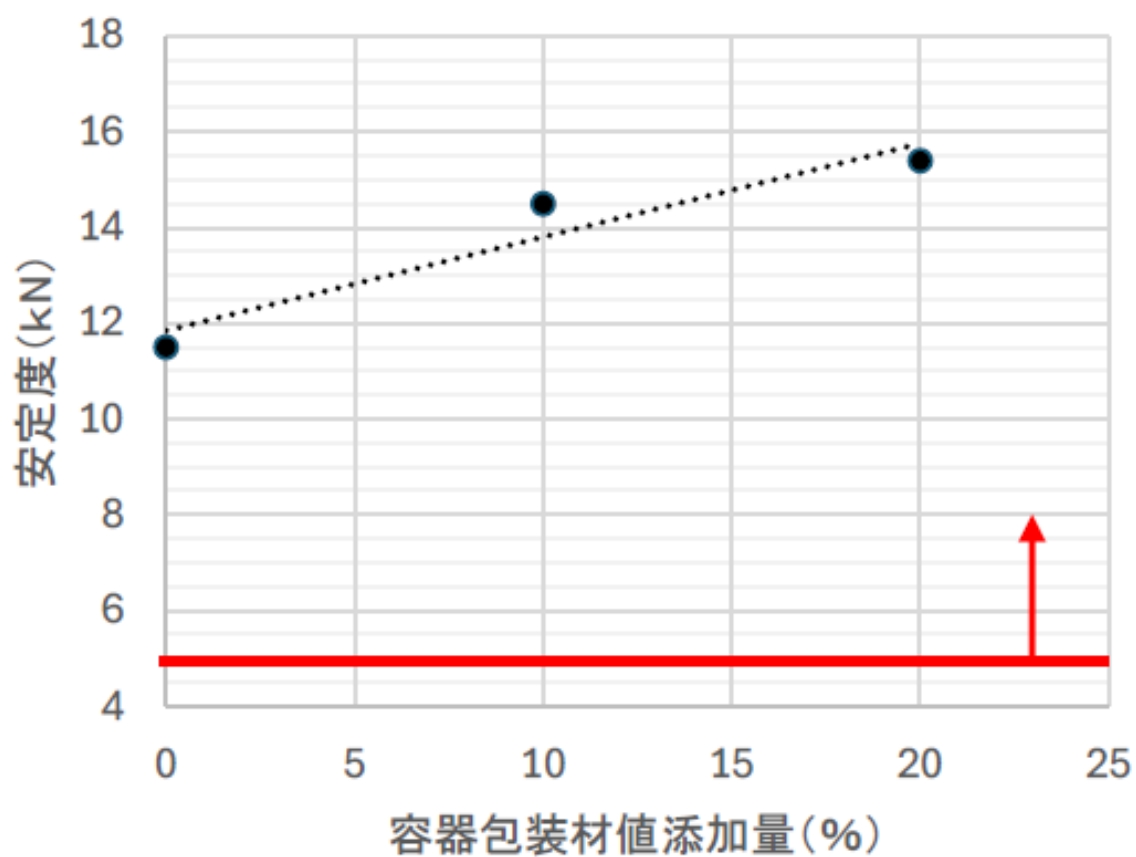


図 37 容器包装材添加量と安定度の関係

下図に最適アスファルト量における容器包装材の内添加量と残留安定度の関係を示す。容器包装材を添加した混合物は最適バインダー量において、残留安定度が規格値の 75(%)以上を満たしており容器包装材を混入した混合物の耐水性に問題は無いと考えられる。

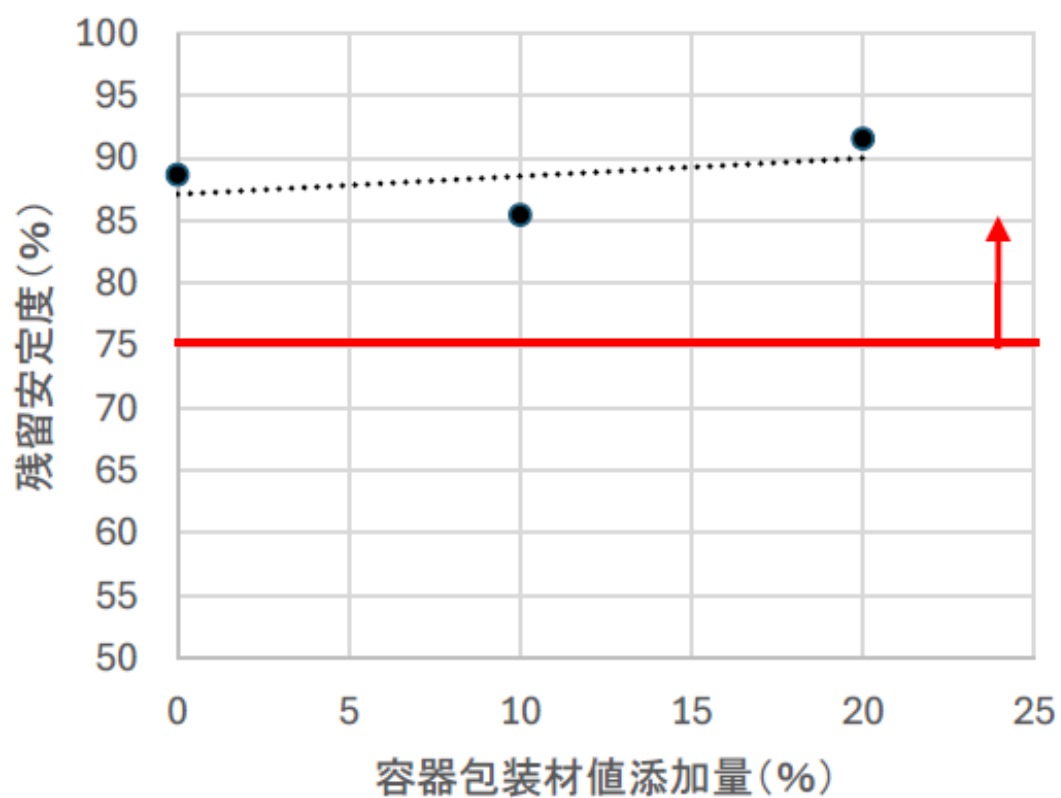


図 38 容器包装材添加量と残留安定度の関係

## 2.2.3.2.5. ホイールトラッキング試験

最適アスファルト量（バインダー量）において、ホイールトラッキング試験を行い、混合物の耐流動性を確認した。試験結果を下記表 35 に示す。ホイールトラッキング試験は、アスファルト混合物の強度を測る試験の 1 つである。小型のゴム車輪を規定の回数で繰り返し走行させて、どの程度アスファルト混合物が削れてしまうかを測る。

StAs60/80 の No1 の動的安定度が 1260(mm/回)と、一般的な密粒度アスファルト混合物（13）の動的安定度と比較し大きいため、今回の試験ではデータを採用しなかった。（光 Fi 混合物の試験時に行った、StAs60/80 密粒度アスファルト混合物(13) (As 量=5.3%)の動的安定度は 474(mm/回)であった。）

表 35 ホイールトラッキング試験結果

|           | No | 密 度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 締固め度<br>(%) | 動的安定度<br>D S (回/mm) | 平 均 |
|-----------|----|-----------------------------|-------------|---------------------|-----|
| StAs60/80 | 1  | 2.414                       | 100.6       | × 1260              | 488 |
|           | 2  | 2.409                       | 100.4       | 488                 |     |
| 内添加 10(%) | 1  | 2.400                       | 100.5       | 787                 | 677 |
|           | 2  | 2.395                       | 100.3       | 594                 |     |
| 内添加 20(%) | 1  | 2.379                       | 100.5       | 759                 | 887 |
|           | 2  | 2.369                       | 100.1       | 1086                |     |

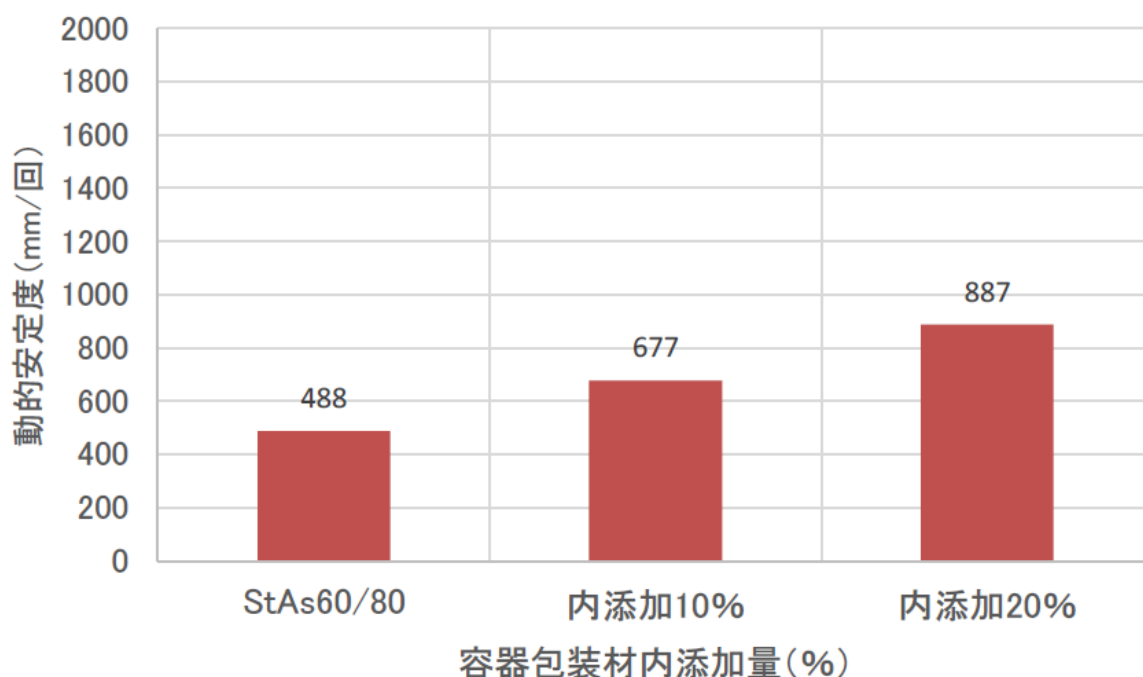


図 39 容器包装添加量と動的安定度の関係

動的安定度は容器包装材の添加量が多くなれば、大きくなる傾向が見られる。しかし、改質効果を狙う場合、動的安定度は、一般的な改質アスファルトの規格である 1500-5000 回/mm を満たす必要があるが、内添加 20%でも 887 回/mm と基準に達しない。よって、耐流動性効果は少なく、重交通路線へ適用するだけの改質効果は見られない。

#### 2.2.3.3. まとめ

容器包装材をアスファルト混合物に混入した場合の混合物への影響について検討した。得られた結果を以下に改めて示す。

- ① アスファルトに容器包装材を添加すると密度が大きくなる傾向がある。
  - ② アスファルト混合物に容器包装材を混入すると、密度が小さくなる傾向がある。(最適アスファルト量)
  - ③ アスファルト混合物に容器包装材を混入すると、安定度が大きくなる傾向がある。(最適アスファルト量)
  - ④ アスファルト混合物に容器包装材を混入しても、残留安定度の大きな低下は見られない。
  - ⑤ アスファルト混合物に容器包装材を混入すると、動的安定度が大きくなる傾向がある。
- しかし、効果は低く、重交通路線には適用できない。

検討結果から、容器包装材を細粒化した材料をアスファルト混合物に、アスファルト量に 対し 20%

程度内添加した場合、混合物性状に大きな差はなくマーシャル基準値を満足する。実際に、容器包装材を混入した混合物を舗装に使用する場合は、試験練り・試験施工を実施し混合性・施工性・耐久性等を検討する必要があると考える。

#### 2.2.3.3.1. 増量材として、容器包装材を利用する場合についての考察

前項より、改質効果については、限定的で、実用性を伴った結果は得られなかった。しかしながら、かさまし材として容器包装材を混入することで、使用するアスファルト量を削減する等の効果が見込まれる。よって、以降では増量材として利用する際の諸条件を検討する。

##### 2.2.3.3.1.1. アスファルト混合物 1 トン当たりの容器包装材の混入量

容器包装材を内添加から外添加にした場合の添加量から、アスファルト混合物 1 トン当たりの混入量は下記表に示すとおりとなる

**表 36 混合物 1 トン当たりの容器包装材の混入量**

| 内添加     | 外添加       | 1 トン当たりの容器包装材の混入量 |
|---------|-----------|-------------------|
| 内添加 10% | 外添加 0.58% | 5.8kg             |
| 内添加 20% | 外添加 1.34% | 13.4kg            |

\*最適バインダー量の時

#### ○容器包装材のバインダー密度

密度の計算から、異物の混入可能性が示唆されている。

アスファルトに容器包装材を混入するとバインダーの密度が大きくなる傾向がみられた。バインダーの密度から逆算した容器包装物の密度はおよそ 1.225 (g/cm<sup>3</sup>) であった。

一般的な包装材料は、密度の小さな石油化学材料 (1.000g/cm<sup>3</sup> 程度) と考えられるが、今回、密度が大きかったことから金造類などの密度の高いものが混入しているように思われる。混合物に耐久性に問題が発生する可能性がある。

#### ○容器包装材の最適アスファルト量

使用されるストレートアスファルトの増減を計算する。容器包装材を増量目的で使用した場合に、ストレートアスファルトの使用量が増えてしまう場合、コスト高となり、経済的合理性を失う可能性があるためである。

容器包装材を内添加した場合、最適アスファルト量において、使用する StAs60/80 は、

StAs60/80 5.2%

内添加 10% 5.22% +0.2

内添加 20% 5.36% +0.16%

となり、増えることとなり、合材単価が上がることもある。内添加で 30%混入すると、アスファルト量は 0.5%増えることが予想される。

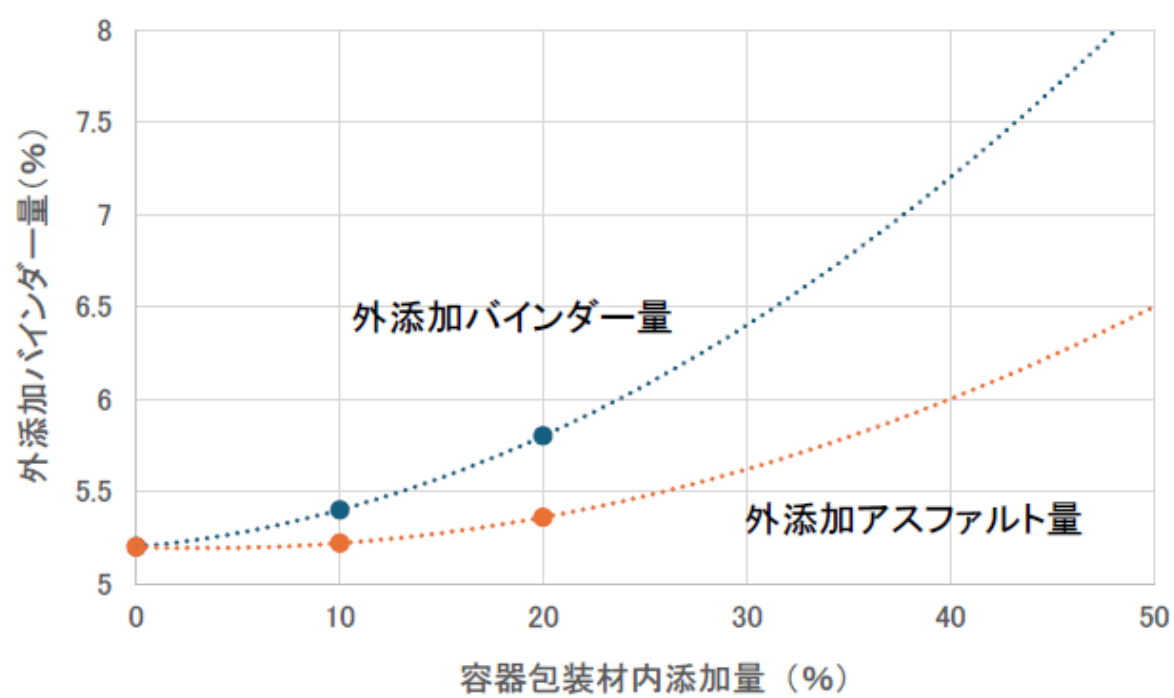


図 40 外添加アスファルト量の外装図

## 2.3. LCA の検証・評価

### 2.3.1. 諸言

本実証における GHG 排出削減効果を定量的に評価し、事業の効果を図る為、ライフサイクルアセスメントを実施した。本項目の全体について、一般社団法人資源循環ネットワークに再委託し協力して実施した。

### 2.3.2. 実施目的

ライフサイクルアセスメント（以下、LCA）手法に基づきライフサイクルの GHG 排出量およびベースラインに対する GHG 排出削減効果を定量的に評価することを目的とした。

ただし、実証設備が設置されていない現段階においては想定値による算定であること、また実証事業においては LCA を実施するためのプロセスデータ、前提条件、シナリオ設定などの重要な事項についても精度が十分と言えず、実際に社会実装された場合には評価結果に違いが生じる可能性が含まれている。

### 2.3.3. 実施内容

#### 2.3.3.1. 評価対象製品とベースライン

評価対象製品は、容リ協から落札した容リプラから再資源化处理 A により得られる再資源化用製品と、同処理から発生し、従来は主に熱回収されていた残渣を再資源化处理 C により再生した再商品化用ペレット、さらにそれらを再資源化处理 B に混合投入して成形等することで製造されるスーパージオ材である。

ベースラインの製品は、再資源化处理 A により得られる再資源化用製品と、同処理から発生した残渣及び残渣の処理により回収されるエネルギーである。残渣の処理手法については、容リ協が公表している調査データによれば、当該残渣は焼却発電によるエネルギー回収を行う他、RPF の原料、工業用燃料として利用されており、各手法の利用比率も公表されている。本調査においては、現状の容リ協が把握している残渣処理フローを参考に、再資源化处理 A から排出された容リプラ残渣の処理フローを想定した。

#### 2.3.3.2. 機能単位

本事業の特徴は、廃棄物の適正処理と製品の提供という 2 つの社会的役割を果たすものである。したがって、評価対象製品とベースラインの双方の処理状況を踏まえ、機能単位は容リプラ 1kg の処理とその処理から得られる再生スーパージオ材 1.2kg とした。

評価対象製品の再生スーパージオ材はベースラインの新規スーパージオ材と同等の機能を果たすものとした。

#### 2.3.3.3. システム境界

評価対象製品のシステム境界は、容リプラ残渣の調達から再資源化を経てスーパージオ材を提供するまでの一連のプロセスに設定した。ベースラインのシステム境界は、容リプラ残渣の現行の処理手法に基づく一連のプロセスに設定した。いずれもプロセスから生成された物品を利用先・販売先まで輸送するが、輸送までを対象とし、輸送した先での利用・販売等のプロセスは対象外とした。

#### 2.3.3.4. 評価対象製品

評価対象製品は、容リ協が委託を受けた自治体の分別収集物である容リプラを落札して調達し、再資源化処理 A で選別・破碎等のプロセスを経て再商品化用製品と残渣に分類する。再商品化用製品はベースラインと同様に再資源化処理 B を経て成形等を行い、スーパージオ材を製造する。残渣は再資源化処理 C で洗浄脱水、微粉化、混練等のプロセスを経て、再商品化用ペレットに加工後、再資源化処理 B に投入され、スーパージオ材の原料として使用される。したがって、容リ原料として調達・投入された容リプラは全量がスーパージオ材として製品化されることとなる。なお、再商品化製品の品質を向上するために、再資源化処理 B では容リプラにバージン PP、再資源化処理 C では添加剤を追加投入するため、製造されるスーパージオ材はそれらの重量分増加し、各処理工程におけるロスはないものとする。

評価対象製品の製造プロセスにおいては、ベースライン側で行われていた熱回収がなくなるため、その代替分として RPF、電力、工業用燃料（A 重油代替と想定）をバージン原料で製造したものとして計上している。また、再資源化処理 B において追加投入するバージン PP についても、評価対象製品製造においてはベースラインよりも 0.1kg 増加するため、この増加分を代替分として計上している。

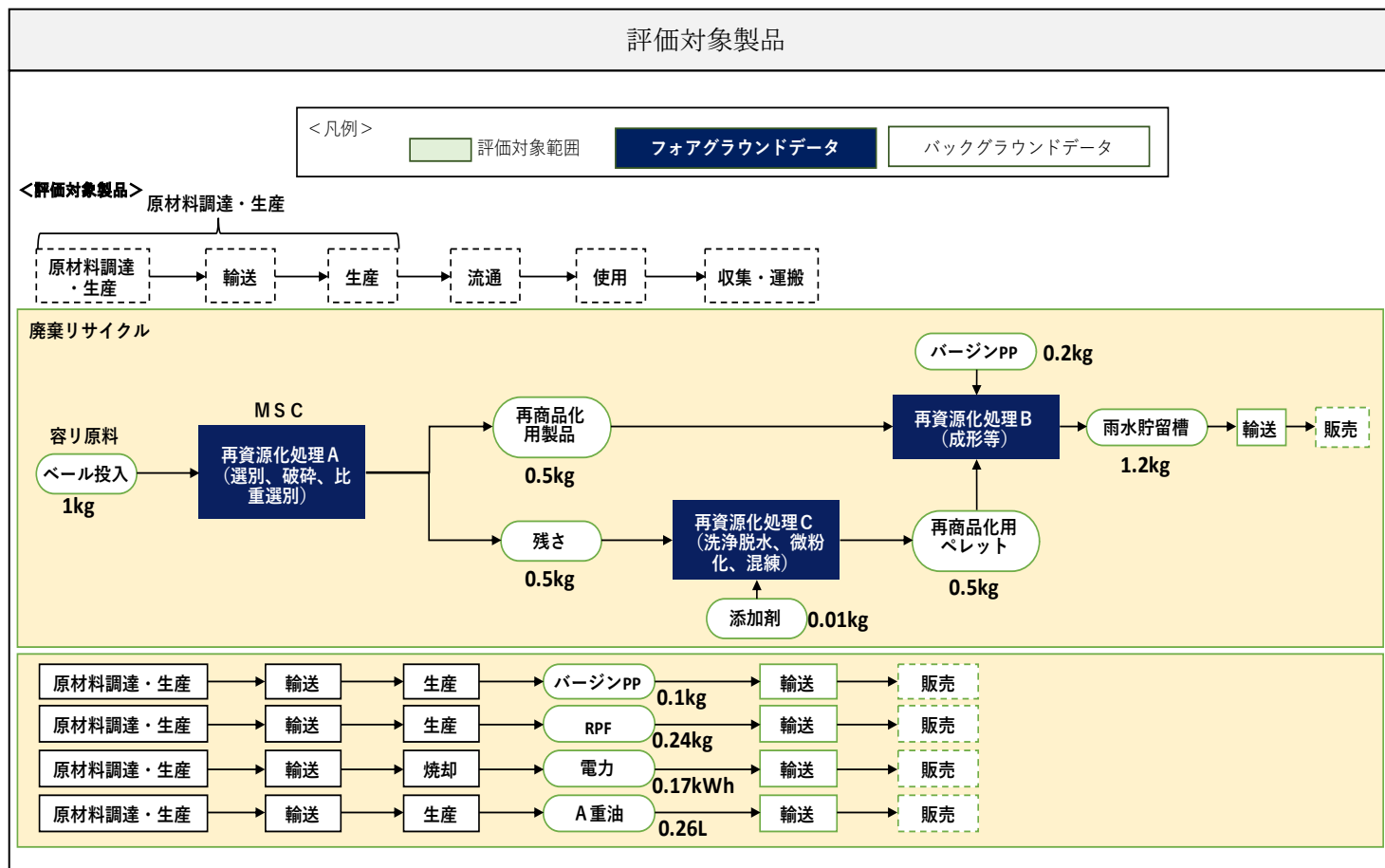


図 41 評価対象製品のシステム境界

#### 2.3.3.5. ベースライン

ベースラインは、現状実施されている容器包装リサイクル法に則った日本国内における処理フローを想定した。調達した容リ原料は、再資源化处理 A の選別・破碎等のプロセスを経て再商品化用製品と残渣に分類する。再商品化用製品は再資源化处理 B においてバージン PP を追加投入して成形等を行い、スーパージオ材を製造する。残渣は容リ協の調査結果によると、RPF 製造の他、焼却発電、工業用燃料という形で主に熱回収が行われており、本事業のベースラインにおいても同様の用途、比率で利用されるものとして処理フローを設定している。

評価対象製品の製造においては、残渣を再資源化处理 B で微粉化等することで、再資源化处理 A で選別された再商品化用製品と同等の再商品化用ペレットとして再生利用することから、この残渣由来の再生材がなければ生じた再生材同等の原料を代替分としてベースライン側に計上している。

<ベースライン> 原材料調達・生産

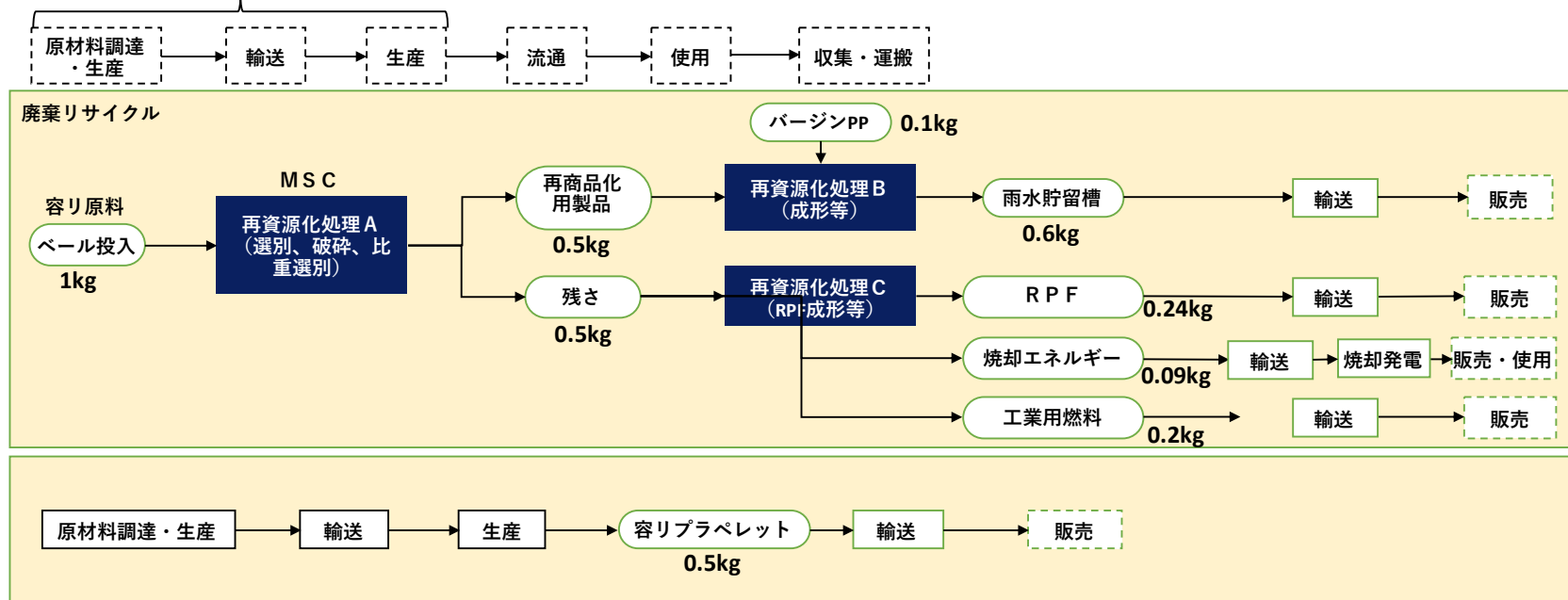


図 42 ベースラインのシステム境界

#### 2.3.3.6. 地理的条件

評価対象製品とベースラインにおける容リプラ残渣の処理は日本国内で実施されるものとした。同様にスーパージオ材は日本国内で提供されるものとした。

#### 2.3.3.7. 影響領域

環境負荷の影響領域は地球温暖化とした。温室効果ガス（Greenhouse Gas : GHG）は二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)、三フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)が対象である。本書において記載する温室効果ガス排出量または削減貢献量に関する単位の表記は、kg-CO<sub>2</sub> または kg-CO<sub>2</sub>eq/kg とした。単位に付与されている eq は equivalent の略で、7つの温室効果ガス排出量に地球温暖化係数（Global Warming Potential : GWP）を乗じて合算した数字であることを意味する。基本的に GWP は国連気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC）の第 5 次評価報告書（2013 年）の 100 年値を用いている。

#### 2.3.3.8. バックグラウンドデータ

GHG 排出原単位は基本的に IDEAver3.4 を使用した。その他、「電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)ーR4 年度実績ー R5.12.22 環境省・経済産業省公表、R6.7.20 一部追加・更新」、「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 2003 rev4(環境省)」など、環境省が公表しているデータを使用した。

処理対象物の量や処理に要する電力量等については、富山環境整備へのヒアリングにより確認した情報をもとに推計した。また、ベースラインとなる容リプラ残渣の処理フロー及び低位発熱量等、容リプラに関するデータについては「容器包装リサイクル協会『プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討Ⅱ』（平成 24 年 6 月）」からデータを引用した。

#### 2.3.3.9. 評価対象製品に関わる算定条件と GHG 排出量

評価対象製品に関わる GHG 排出量の算定について、以下に整理した。

##### 2.3.3.9.1. 原材料調達・生産

容リプラ残渣の処理をシステム境界としているため、GHG 排出量の評価対象範囲はベールの投入から製造された製品の輸送までとし、原材料である容リプラの調達については対象外とした。ただし、ベースラインのプロセスにおいて追加投入した原料や容リプラの残渣を熱回収で利用していた代替分として、非エネルギー起源の原材料調達・生産として計上した。

表 37 現在料調達・生産量における排出量

| カテゴリ | NO | プロセス            | 活動量  |                              |        |       | 排出原単位 |              |          |           | 排出量<br>(CO <sub>2</sub> e-kg/kg) |
|------|----|-----------------|------|------------------------------|--------|-------|-------|--------------|----------|-----------|----------------------------------|
|      |    |                 | 参照番号 | 項目名                          | 数値     | 単位    | 参照番号  | 原単位名         | 数値       | 単位        |                                  |
| D    | 1  | バージンPP<br>増加分代替 | D001 | 容リプラ処理1tあたりの増加したバージンPP投入量(d) | 0.11   | t     | D002  | PPの製造に係る原単位  | 1.49     | t-CO2/t   | 0.160                            |
|      | 2  | RPF代替           | D003 | 容リプラ処理1tあたりのRPF製造量(d)        | 0.24   | t     | D004  | RPFの製造に係る原単位 | 0.101    | t-CO2/t   | 0.024                            |
|      | 3  | 焼却エネルギー代替       | D005 | 容リプラ処理1tあたりの回収電力量(c)         | 165.48 | kWh/t | D006  | 電力に係る原単位     | 0.000438 | t-CO2/kWh | 0.072                            |
|      | 4  | 工業用燃料代替         | D007 | 容リプラ1tあたりの残渣で代替するA重油の量 f)    | 0.26   | kL/t  | D008  | A重油の製造に係る原単位 | 2.75     | t-CO2/kL  | 0.727                            |
|      | 合計 |                 |      |                              |        |       |       |              |          |           | <b>0.983</b>                     |

#### 2.3.3.9.2. バージン PP 増加分代替

評価対象製品の製造においては、再資源化处理Aで選別された再商品化用製品 0.5kg と、残渣を再資源化处理Cで微粉化・混練等して生成された再商品化用ペレット 0.5kg を再資源化处理Bで混合・成形するが、その際にバージンPPを追加投入する。このバージンPPの投入量はベースラインにおいては0.1kgであるところ、評価対象製品では0.2kgとなり、0.1kg増加しているため、その増加分を代替分として計上した。

#### 2.3.3.9.3. RPF 代替

容リ協が公表している調査結果によると容リプラ残渣のうち 44.1%が RPF の原料として利用されているため、ベースラインの再資源化处理Aから出てくる残渣 0.5kg のうち 44.1%で RPF が製造されているものと想定し、その RPF が評価対象製品のプロセスにおいては製造されなくなるため、その代替分として計上した。

#### 2.3.3.9.4. 焼却エネルギー代替

RPF と同様にベースラインの容リプラ残渣 0.5kg のうち、約 19%が焼却エネルギーとして利用されている。この焼却エネルギーとしては、主に焼却発電が行われているものと想定し、発電により得られる電力量を対象に GHG 排出量を算出した。焼却発電で得られる電力量については、富山環境整備へのヒアリングにより、焼却により回収される電力量を確認し、その電力量を容リプラの処理量で割り戻して代替分として計上した。電力の原単位については、環境省・経産省が公表している最新の情報である「電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)－R4年度実績－ R5.12.22 環境省・経済産業省公表、R6.7.19 一部追加・更新」の全国平均値を使用した。

#### 2.3.3.9.5. 工業用燃料代替

RPF 及び焼却エネルギー回収と同様にベースラインの容リ残渣 0.5kg のうち、約 36.9%が工業用燃料として利用されている。工業用燃料として利用される資源は様々であるが、ここではA重油を代替するものと想定し、容リプラ残渣とA重油の低位発熱量により換算してA重油の量を計上し、これをもとに GHG 排出量を算出した。

#### 2.3.3.9.6. 廃棄・リサイクル

本事業は、従来熱利用されていた容リプラ残渣をマテリアルリサイクルすることを目的としており、事業全体が廃棄・リサイクルの項目に該当する。ただし、容リ原料プラの受入から残渣を選別する再資源化处理Aまでのプロセスはベースラインと同一であるため、GHG 排出削減量の算定上カットオフした。

廃棄・リサイクルに該当するプロセスとしては、再資源化处理B、再資源化处理C、輸送2（スーパージオ材の販売先への輸送）が該当する。

表 38 廃棄・リサイクルにおける排出量

| カテゴリ | NO | プロセス    | 活動量  |                                |        |       | 排出原単位 |                |          |           | 排出量<br>(CO <sub>2</sub> e-kg/kg) |
|------|----|---------|------|--------------------------------|--------|-------|-------|----------------|----------|-----------|----------------------------------|
|      |    |         | 参照番号 | 項目名                            | 数値     | 単位    | 参照番号  | 原単位名           | 数値       | 単位        |                                  |
| C    | 1  | 再商品化処理B | C001 | 容リプラ処理1tあたりの再生処理Bにおける電力使用量 (d) | 197.78 | kWh/t | C002  | 電力のCO2排出原単位    | 0.000438 | t-CO2/kWh | 0.087                            |
|      | 2  | 再商品化処理C | C003 | 容リプラ処理1tあたりの電力使用量 (d)          | 197.78 | kWh/t | C004  | 電力のCO2排出原単位    | 0.000438 | t-CO2/kWh | 0.087                            |
|      | 3  | 輸送2     | C005 | 容リプラ処理1tあたりの輸送トンキロ(e)          | 22.07  | tkm   | C006  | トラック輸送のCO2排出係数 | 0.193    | t-CO2/tkm | 4.251                            |
|      | 合計 |         |      |                                |        |       |       |                |          |           | <b>4.424</b>                     |

#### 2.3.3.9.7. 再資源化処理B

再資源化処理Bでは、再資源化処理Aで選別された再商品化用製品 0.5kg と、再資源化処理Cで残渣から生成されたに再商品化用ペレット 0.5kg を混合投入し、これに対してバージン PP を 0.2kg 投入して成形等の加工を行い、スーパージオ材 1.2kg を製造する。再資源化処理Bで使用するエネルギーは電力であり、富山環境整備へのヒアリングにより容リプラの処理に係る年間の電力使用量を確認して推計した。

表 39 再資源化処理Bの入出力表（処理 1kg あたり）

| 区分      | 品目              | 数量    | 単位  |
|---------|-----------------|-------|-----|
| 原材料     | 再商品化用製品         | 0.5   | kg  |
|         | 再商品化用ペレット（残渣由来） | 0.5   | kg  |
|         | バージン PP         | 0.2   | kg  |
| ユーティリティ | 電力              | 0.198 | kWh |
| 産出物     | スーパージオ材         | 1.2   | kg  |

#### 2.3.3.9.8. 再資源化処理C

再資源化処理Cでは、再資源化処理Aに投入された 1kg の容リ原料の選別後に排出された残渣 0.5kg に対して添加剤を 0.01kg 投入して洗浄脱水・微粉化、混練といった処理を行うことで再商品化用製品と同様にマテリアルリサイクルの原料として使用できる素材を生成する。再資源化処理Cにおいて使用するエネルギーは電力であるが、現時点では実機が存在しないため、再資源化処理Bの電力使用量と同等と想定し、富山環境整備へのヒアリングにより確認した年間の電力使用量から推計した電力量を暫定値として設定した。

なお、添加剤については、使用する素材が未定であり、量も微量であることから、現時点では算定の対象外としている。実証機が稼働した段階で実際に使用する添加剤について確認し、GHG 排出量に影響する場合には対象に含めることとする。

表 40 再資源化処理Cの入出力表（処理 1kg あたり）

| 区分      | 品目        | 数量    | 単位  |
|---------|-----------|-------|-----|
| 原材料     | 容リプラ残渣    | 0.5   | kg  |
|         | 添加剤       | 0.01  | kg  |
| ユーティリティ | 電力        | 0.198 | kWh |
| 産出物     | 再商品化用ペレット | 0.6   | kg  |

#### 2.3.3.9.9. スーパージオ材の販売先への輸送

評価対象製品であるスーパージオ材は販売先に輸送し、使用されるが、現時点では販売先も限定されていないため、輸送については想定値での推計となる。再資源化処理Bで製造されたスーパージオ材 1.2kg を 20km 先の販売先まで 10t 車に積載率平均にて輸送したものと想定して算出した。輸送に係る原単位については、IDEA ver3.4 のトラック輸送（10t 車・積載率平均）の値を用いた。

### 2.3.3.10. 評価対象製品の GHG 排出量

評価対象製品の GHG 排出量は、エネルギー起源の排出量が 4.424 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、非エネルギー起源の排出量が 0.983 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、合計 5.407 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。エネルギー起源での GHG 排出量は、再資源化処理 A で選別された容リプラの再生材である再商品化用製品と、再資源化処理 A で残渣となったものを再資源化処理 C で洗浄・微粉化・混練を経て再商品化用製品と同等に加工された再商品化用ペレットを合わせて再資源化処理 B で成形するスーパージオ材 1.2kg の製造と、そのスーパージオ材の販売先への輸送により生じるものであり、合わせて 4.424 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。非エネルギー起源での GHG 排出量は、再資源化処理 B でのスーパージオ材製造に当たって追加投入するバージン PP の量がベースライン時よりも 0.1kg 増加する分と、ベースラインで行っていた RPF 製造、焼却エネルギー・工業用燃料としての利用による熱回収が評価対象製品ではなくなったことによる代替分を計上し、合わせて 0.983 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。

表 41 評価対象製品の GHG 排出量

(単位：kg-CO<sub>2</sub>eq/kg-容リ原料)

| 項目             | GHG 排出量      |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|
|                | エネルギー起源      | 非エネルギー起源     | 合計           |
| 原材料調達・生産       |              |              | <b>0.983</b> |
| バージン PP 増加分代替  |              | 0.16         | 0.16         |
| RPF 代替         |              | 0.02         | 0.02         |
| 焼却エネルギー代替      |              | 0.07         | 0.07         |
| 工業用燃料代替        |              | 0.73         | 0.73         |
| 廃棄・リサイクル       |              |              | <b>4.424</b> |
| 再資源化処理 B       | 0.087        |              | 0.087        |
| 再資源化処理 C       | 0.087        |              | 0.087        |
| 輸送 2 (スーパージオ材) | 4.251        |              | 4.251        |
|                | <b>4.424</b> | <b>0.983</b> | <b>5.407</b> |

#### 2.3.3.11. ベースラインに関わる算定条件と GHG 排出量

ベースラインに関わる GHG 排出量の算定について、以下に整理した。

##### 2.3.3.11.1. 原材料調達・生産

容リプラ残渣の処理をシステム境界としているため、GHG 排出量の評価対象範囲はペールの投入から製造された製品の販売までとし、原材料である容リプラの調達については評価対象製品と同様に対象外とした。ただし、評価対象製品の再資源化処理 C において生成した再商品化用ペレットについて、その代替分としてベースライン側で容リプラ再生材の製造に係る GHG 排出量を非エネルギー起源の原材料調達・生産として計上した。

表 42 現在料調達・生産における排出量

| カテゴリ | NO | プロセス   | 活動量  |                                    |      |    | 排出原単位 |                   |        |                      | 排出量<br>(CO <sub>2</sub> e-kg/kg) |
|------|----|--------|------|------------------------------------|------|----|-------|-------------------|--------|----------------------|----------------------------------|
|      |    |        | 参照番号 | 項目名                                | 数値   | 単位 | 参照番号  | 原単位名              | 数値     | 単位                   |                                  |
| B    | 1  | ペレット代替 | B003 | 再商品化処理Cにおける処理量1tあたりに製造されるペレットの量(c) | 0.54 | t  | B004  | ペレットで代替するプラ素材の原単位 | 4.1062 | t-CO <sub>2</sub> /t | 2.199                            |
|      | 合計 |        |      |                                    |      |    |       |                   |        |                      | <b>2.199</b>                     |

#### 2.3.3.11.2. 残渣から生成した再商品化用ペレットによる容リプラ再生材代替

再資源化处理Cで残渣から生成した再商品化用ペレット 0.5kg については、ベースライン側で代替分として計上される。容リプラの再生素材については GHG 排出量に係る原単位がないため、IDEA Ver3.4 の「その他プラスチック」の原単位を使用して算出した。

#### 2.3.3.11.3. 廃棄・リサイクル

本事業は、従来熱回収に利用されていた容リプラ残渣をマテリアルリサイクルすることを目的としており、事業全体が廃棄・リサイクルの項目に該当する。ただし、容リ原料プラの受入れから残渣を選別する再資源化处理Aまでのプロセスはベースラインと同一であるため、GHG 排出削減量の算定上カットオフした。ベースラインにおいて廃棄・リサイクルに該当するプロセスとしては、再資源化处理B、再資源化处理C、輸送 2～5（RPF 等の販売先への輸送）、焼却エネルギーとしての利用に係る焼却が該当する。

表 43 廃棄・リサイクルにおける排出量

| カテゴリ | NO | プロセス    | 活動量  |                               |        |       | 排出原単位 |                |          |           | 排出量<br>(CO <sub>2</sub> e-kg/kg) |
|------|----|---------|------|-------------------------------|--------|-------|-------|----------------|----------|-----------|----------------------------------|
|      |    |         | 参照番号 | 項目名                           | 数値     | 単位    | 参照番号  | 原単位名           | 数値       | 単位        |                                  |
| A    | 1  | 再商品化処理B | A001 | 容リプラ処理1tあたりの再生処理Bにおける電力使用量(d) | 197.78 | kWh/t | A002  | 電力のCO2排出原単位    | 0.000438 | t-CO2/kWh | 0.087                            |
|      | 2  | 再商品化処理C | A003 | 容リプラ処理1tあたりの再生処理Cにおける電力使用量(c) | 197.78 | kWh/t | A004  | 電力のCO2排出原単位    | 0.000438 | t-CO2/kWh | 0.087                            |
|      | 3  | 輸送2     | A005 | 容リプラ処理1tあたりの輸送トンキロ(e)         | 11.15  | tkm   | A006  | トラック輸送のCO2排出係数 | 0.193    | t-CO2/tkm | 2.146                            |
|      | 4  | 輸送3     | A007 | 容リプラ処理1tあたりの輸送トンキロ(e)         | 4.72   | tkm   | A008  | トラック輸送のCO2排出係数 | 0.193    | t-CO2/tkm | 0.910                            |
|      | 5  | 焼却      | A009 | 容リプラ処理1tあたりの焼却量(c)            | 0.20   | t     | A010  | 容リプラ焼却のCO2排出係数 | 2.760    | t-CO2/kl  | 0.546                            |
|      | 6  | 輸送4     | A011 | 容リプラ処理1tあたりの輸送トンキロ(e)         | 1.81   | tkm   | A012  | トラック輸送のCO2排出係数 | 0.193    | t-CO2/tkm | 0.349                            |
|      | 7  | 輸送5     | A013 | 容リプラ処理1tあたりの輸送トンキロ(e)         | 3.95   | tkm   | A014  | トラック輸送のCO2排出係数 | 0.193    | t-CO2/tkm | 0.761                            |
|      | 合計 |         |      |                               |        |       |       |                |          |           | 4.885                            |

#### 2.3.3.11.4. 再資源化処理B

再資源化処理Bでは、再資源化処理Aで選別された再商品化用製品 0.5kg に対してバージン PP を 0.1kg 投入して成形等の加工を行い、スーパージオ材 0.6kg を製造する。再資源化処理Bで使用するエネルギーは電力であり、富山環境整備へのヒアリングにより容リプラの処理に係る年間の電力使用量を確認して推計した。

表 44 再資源化処理Bの入出力表（処理 1kg あたり）

| 区分      | 品目      | 数量    | 単位  |
|---------|---------|-------|-----|
| 原材料     | 再商品化用製品 | 0.5   | kg  |
|         | バージン PP | 0.1   | kg  |
| ユーティリティ | 電力      | 0.198 | kWh |
| 産出物     | スーパージオ材 | 0.6   | kg  |

#### 2.3.3.11.5. 再資源化処理C

再資源化処理Cでは、再資源化処理Aにおける選別後に排出された残渣 0.5kg に対して、RPF を製造する他、焼却発電燃料や工業用燃料として利用するための加工処理を行うものと想定した。その加工処理の手法は様々であるが、使用するエネルギーは概ね電力であり、現時点では再資源化処理Bの電力使用量と同等と想定し、富山環境整備へのヒアリングにより得られた年間の電力使用量から推計した。

表 45 再資源化処理Cの入出力表（処理 1kg あたり）

| 区分      | 品目     | 数量    | 単位  |
|---------|--------|-------|-----|
| 原材料     | 容リプラ残渣 | 0.5   | kg  |
| ユーティリティ | 電力     | 0.198 | kWh |
| 産出物     | RPF    | 0.24  | kg  |
|         | 焼却発電燃料 | 0.09  | kg  |
|         | 工業用燃料  | 0.2   | kg  |

#### 2.3.3.11.6. スーパージオ材、RPF 等の販売先への輸送（輸送 2～5）

ベースラインのプロセスで製造される製品であるスーパージオ材や RPF 等は販売先に輸送し、使用されるが、現時点では販売先も限定されていないため、輸送については想定値での推計となり、20km 先の販売先まで 10t 車に積載率平均にて輸送したものと想定して算出した。

輸送 2 では再資源化处理 B で製造されたスーパージオ材 0.6kg を輸送する。

輸送 3 では再資源化处理 C で残渣を加工した RPF0.24kg を輸送する。

輸送 4 では再資源化处理施設と焼却施設が 20km 離れているものと想定し、焼却発電燃料を 0.09kg 輸送する。

輸送 5 では工業用燃料を 0.2kg 輸送する。

輸送に係る原単位については、評価対象製品の輸送と同様に IDEA ver3.4 のトラック輸送（10t 車・積載率平均）の値を用いた。

### 2.3.3.11.7. ベースラインの GHG 排出量

ベースラインの GHG 排出量は、エネルギー起源の排出量が 4.885 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、非エネルギー起源の排出量が 2.199 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、合計 7.084 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。エネルギー起源での GHG 排出量は、再資源化処理 A で選別された容リプラの再生材である再商品化用製品にバージン PP を追加投入して再資源化処理 B で成形するスーパージオ材 0.6kg の製造と、そのスーパージオ材の販売先への輸送、また、再資源化処理 A から排出された残渣を再資源化処理 C で製造する RPF、焼却発電の燃料、工業用燃料等の形での利用先までの輸送、さらに焼却発電プロセスから GHG が排出され、合わせて 4.885 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。非エネルギー起源での GHG 排出量は、再資源化処理 C で残渣を再生して生成した再商品化用ペレットを再商品化製品と同等の再生材としてベースライン側で代替分を計上し、その GHG 排出量は 2.199 kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。

**表 46 ベースラインの GHG 排出量**

(単位：kg-CO<sub>2</sub>eq/kg-容リ原料)

| 項目             | GHG 排出量      |              |              |
|----------------|--------------|--------------|--------------|
|                | エネルギー起源      | 非エネルギー起源     | 合計           |
| 原材料調達・生産       |              |              | <b>2.199</b> |
| 容リプラ再生材代替      |              | 2.199        | 2.199        |
| 廃棄・リサイクル       |              |              | <b>4.885</b> |
| 再資源化処理 B       | 0.087        |              | 0.087        |
| 再資源化処理 C       | 0.087        |              | 0.087        |
| 焼却発電           | 0.546        |              | 0.546        |
| 輸送 2 (スーパージオ材) | 2.146        |              | 2.146        |
| 輸送 3 (RPF)     | 0.910        |              | 0.910        |
| 輸送 4 (焼却発電燃料)  | 0.349        |              | 0.349        |
| 輸送 5 (工業用燃料)   | 0.761        |              | 0.761        |
| 合 計            | <b>4.885</b> | <b>2.199</b> | <b>7.084</b> |

## 2.3.3.11.8. GHG 排出削減効果

GHG 排出削減効果は、評価対象製品のライフサイクル GHG 排出量(1)とベースラインのライフサイクル GHG 排出量(2)の差をとって算出した。

- (1)評価対象製品のライフサイクル GHG 排出量
- (2)ベースラインのライフサイクル GHG 排出量
- (3)上記(1)、(2)の結果から導出される GHG 排出量の削減効果（削減量）

**表 47 GHG 排出効果**

(単位：kg-CO<sub>2</sub>eq/kg-容リ原料)

| 項目              | GHG 排出量     |              |       |
|-----------------|-------------|--------------|-------|
|                 | エネルギー<br>起源 | 非エネルギー<br>起源 | 合計    |
| (1) 評価対象製品      | 4.424       | 0.983        | 5.407 |
| (2) ベースライン      | 4.885       | 2.199        | 7.084 |
| (3) GHG 排出削減量効果 | 0.461       | 1.216        | 1.677 |

評価対象製品の一連のプロセスに係る GHG 排出量は 5.407kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、ベースラインの GHG 排出量は 7.084kg-CO<sub>2</sub>eq/kg であり、この差をとって算出した評価対象製品のベースラインに対する GHG 排出削減効果は 1.677kg-CO<sub>2</sub>eq/kg となった。割合としては約 24%の削減効果となっている。

GHG 排出削減効果の内訳は、エネルギー起源が 0.461kg-CO<sub>2</sub>eq/kg、非エネルギー起源が 1.216kg-CO<sub>2</sub>eq/kg である。エネルギー起源の GHG 排出削減効果では、輸送に係る排出量が大きな比率を締めているが、ベースライン側ではさらに焼却からの排出も加わることで評価対象製品より大きな排出量となっている。非エネルギー起源の GHG 排出削減効果では、評価対象製品側の再資源化処理Cで残渣を再商品化用ペレットに再生することによって得られる代替分の排出量が大きく、残渣を燃料として熱回収するよりも再生材を製造する方が GHG 排出削減効果は大きい。

以上のことから、評価対象製品はベースラインに対してエネルギー起源と非エネルギー起源の双方において GHG 排出削減効果が確認できた。

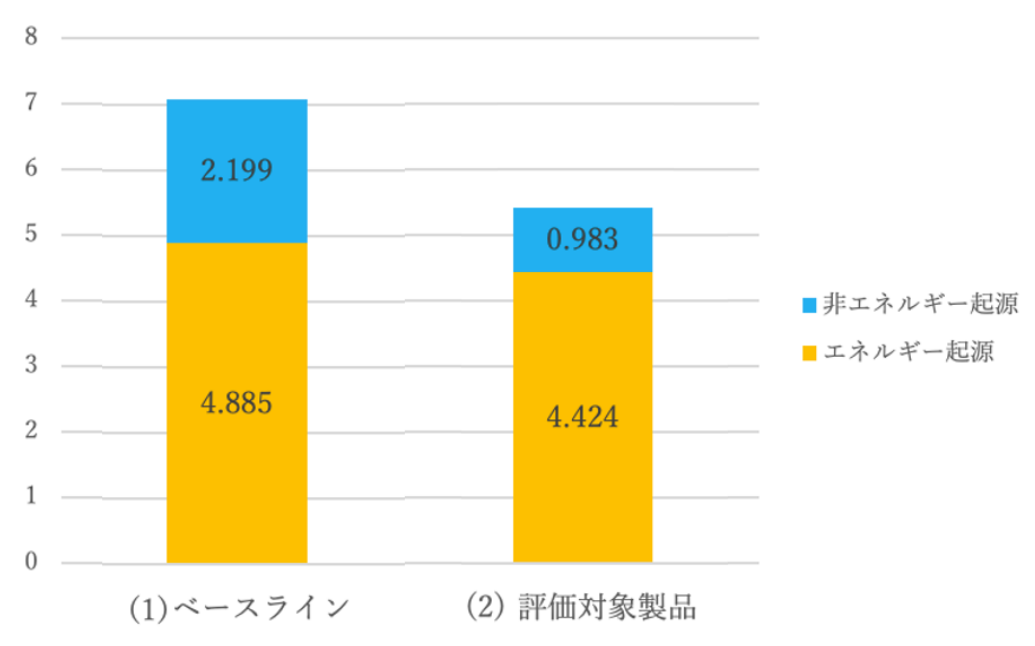


図 43 評価対象製品とベースラインの GHG 排出量

#### 2.3.4. 考察と課題

現時点での GHG 排出量算定は、実証開始前の段階であるため、再資源化処理設備の仕様が未確定であり、使用電力量等が不明であること、各処理設備を出た後の販売先・輸送先が未確定であり、輸送距離等が不明であることなどの前提条件から、各種数値が想定値となっている。したがって今回算定した数値は暫定的な参考値であるが、現時点で得られたデータにより算定した数値からは GHG 排出削減効果が確認できた。次年度には実証機を導入する予定であるため、実証開始後に具体的な現況データを確認して精査する。

### 3. 実証期間後に求められる取組

#### 3.1. 残渣の物性の揺れについての検証

容器包装リサイクル材は、主に日本全国の自治体ごとに収集されるため、地域ごとに使用される容器包装の差異や、季節ごとに使用される容器包装の差異で変動することが知られている。また、残渣についても、中間処理を行う事業者の工学選別や比重選別の仕組みの違いによって、残渣の構成割合は変化する。よって、こうした条件変化によって、どの程度残渣の構成割合が変化するかを把握すると共に、構成割合の変化によって残渣の物性がどの程度揺れるかを把握する必要がある。

#### 3.2. スーパージオ材の使用環境での耐久性能についての検討

スーパージオ材が想定する用途で、耐用年数を満たすことができるか、耐久性能を評価する必要がある。具体的手法としては、クリープ試験を実施して、長時間にわたって力がかかった場合のひずみを測定する必要がある。

#### 3.3. 長期稼働試験を通じてのコスト評価

実際に実用化に向けてはコストを正しく評価し、経済的合理性の担保が必須である。そこで、設備を1日8時間、3日以上長期で連続稼働させ、消費電力や消耗部品の消耗状況を把握することが必要となる。そうしたデータを通じて、コストをより正しく評価していく。

#### 3.4. 物流パレット等、用途の更なる探索

コスト的にも高単価で、より多くの残渣を活用できる用途先を探索する。現在検討している対象として、物流パレットを検討している。物流パレットは現状の容り材の利用用途として最も一般的で、使用量も多いというメリットを持つ。しかしながら懸念点として、物流パレット自体の販路が限られていることや、屋外での使用に対しての耐候性が挙げられる。そこで販路についてのヒアリング等の調査を実施するとともに、耐候性に関して、現行パレットに使用される部材と比較した試験を実施する。

#### 3.5. 残渣リサイクルに関わるヒアリング調査

排出事業者（自治体等）及び、容り・製品プラ再生事業者等へのヒアリング調査を実施する。

#### 3.6. LCA 算出検証

本実証における容り残渣のマテリアルリサイクルの LCA 算出条件をベースにライフサイクルフローにおける LCA の計算に必要なデータ収集をし、LCA 算定の更新を行う。ライフサイクルフローにもとづいて、容り残渣のマテリアルリサイクルにおける各工程のエネルギー使用料や処理量、設備の運転状況など、LCA の計算に必要なデータ収集を行う。

- ・ 現生産工程データ収集による追加・修正等によるデータ更新、精度向上
- ・ 実証実験設備による生産工程 データ収集による追加・修正等によるデータ更新、精度向上

- 算定した LCA データによる CO2 削減効果等の検証