

令和 4 年度脱炭素社会を支えるプラスチック等

資源循環システム構築実証事業

(光ファイバーケーブルの微粉碎化混錬技術による

高度リサイクルプロセス構築及び省 CO₂ 化実証事業)

委託業務

成果報告書

令和 5 年 3 月

株式会社 MSC

令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業

(光ファイバーケーブルの微粉砕化混錬技術による高度リサイクルプロセス構築及び省CO₂化実証事業)

成果報告書概要

1. 業務の目的

光ファイバーケーブルは、ガラスコア線を含む複合素材プラスチックであり、従来リサイクルが困難であった。使用後に鉄の硬線を取り除いた後は、リサイクルはできず焼却や熱回収されているのが現状である。

そこで、本実証事業では、光ファイバーケーブルに含まれるガラスコア線を取り除かずにそのまま微粉砕化し溶融混錬を行うことで、可とう電線管などの光ファイバーケーブル付帯設備にセミクローズドマテリアルリサイクルすることを目的とした。また、上記のリサイクル及び、リサイクル品の水平リサイクルを実現するためにメーカーによる自主回収フローの構築を行うことを目的とした。これにより、化石資源由来のバージン樹脂使用量の削減及び、エネルギー起源CO₂排出量の削減について、採算ベースでの実現を目指す。

また、光ファイバーケーブルの高度リサイクルプロセスが実現した場合を想定し、既存の資源循環システムに対して、どのような影響があるかを事前に検討する必要があるため、LCAの検証・評価を行った。

2. 業務の内容

(1) 光ファイバーケーブルについて微粉碎化混錬による高品質なペレット化実証

① 荒破碎から微粉碎工程での実証内容

光ファイバーケーブルの最適な微粉化处理の技術開発を行うため、破碎機及び微粉碎機を用いた微粉碎径及び機械的条件の最適化に向けての検討を行なった。従来平均粒径 3mm の粉碎が技術限界であったが、微粉碎化により平均粒径 300 μm の安定的な微粉碎を行う条件を確立した。

② 比重分離工程での実証内容

光ファイバーケーブルからアルミニウム粉の分離技術開発を行うため、比重分離槽を用いた分離条件の最適化に向けての検討を行なった。破碎径の調整により、分離率 95%~98%での分離に成功した。

③ 溶融混錬工程での技術実証内容

光ファイバーケーブルにおいて本来混ざり合わない樹脂同士を低温で擬似的に相溶させるための溶融混錬技術開発を行うため、二軸押出機を用いた溶融混錬条件の最適化に向けての検討を行なった。平均粒径 6mm の粉碎原料を用いた混錬ではガラスコア線及び不織布が擬似相溶せず析出していたが、平均粒径 300 μm の微粉碎原料では擬似相溶に成功した。機械的物性では引張破断伸度に顕著な変化が見られ、粉碎原料と比較して微粉碎原料では7倍もの向上が見られた。

(2) 光ファイバーケーブルペレットの光ファイバーケーブル付帯設備への成形技術の実証

① 製品への用途探索と改質

製品として要求物性を満たせるような可とう電線管の種類や、光ファイバーケーブル付帯設備を検討し、要求物性に合わせた耐候性などの添加剤の最適化に向けての検討を行なった。

市場に流通している5種の可とう電線管の物性試験を行なった結果、5種すべてについて比較して廃光ファイバーケーブルの物性は柔らかく曲げ弾性強度が低いものが多いことが判明した。改質によって上記点を改善する方法を提示すると共に、可とう電線管以外の付帯設備へのリサイクルについても検討の必要があることが判明した。耐候性については耐候性試験の結果、新たに添加剤を加えず、光ファイバーケーブルが元々備えている添加剤のみでも十分な結果を得られることが判明し、リサイクル前の原料の物性や特性を活かしたリサイクルの可能性について示唆が得られた。

② 可とう電線管の成形

可とう電線管の成形技術開発を行うため、配管成形機を用いた成形条件の最適化に向けて検討を行った。廃光ファイバーケーブルのみを原料として、市場流通品と比較して柔らかいが、実用に耐える配管の製造に成功した。

(3) 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー構築の実証

① 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー技術実証

使用後の可とう電線管を再び可とう電線管に水平リサイクルするための技術検討を行なった。工場ロス品と同等の環境下で行なった試験では、5回までの熔融混練及び粉碎において、分散性の向上による物性の改善が見られた。

② 光ファイバーケーブル付帯設備の回収フロー構築実証

光ファイバーケーブル及び付帯設備の自主回収システム構築に向けて大手通信事業者と協議し、実施に向けた検討を行なった。通信事業者へのヒアリング調査を実施し、通信事業者の業界団体との光ファイバーケーブルリサイクルガイドラインの策定に向けて協議を継続している。

(4) LCA の検証・評価

廃光ファイバーケーブルについて、ライフサイクルでの CO₂ 削減効果の算定を行った。機能単位は、廃光ファイバーケーブルの処理と可とう配管の生産とし、ベースラインを廃光ファイバーケーブルの焼却処理と新規の可とう配管の生産とした。CO₂ 削減効果はエネルギー起源で 3.329kg-CO₂/kg、合計で 4.626 kg-CO₂/kg となった。年間の国内流通量が 9000t/年と予想されているので、全量进行处理した場合の削減効果は、エネルギー起源で 29,961t-CO₂eq、合計で 41,632 t-CO₂eq となった。

3. 今後の取組

光ファイバーケーブルについて微粉碎化混練による高品質なペレット化実証では、実証規模での安定的な生産の条件出しと、安全対策への検討を行う。光ファイバーケーブルペレットの光ファイバーケーブル付帯設備への成形技術の実証では、通信事業者へのヒアリング調査結果を受けて、実際に使用可能な付帯設備等を、成形メーカーと協議し製造する。光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー構築の実証では、通信事業者の業界団体との光ファイバーケーブルリサイクルガイドラインの策定に向けて協議を重ねる。LCA の検証・評価については、実社会での普及後のシナリオを再設定し、より精度の高い検証を実施する。

Fiscal 2022 Establishment Demonstration Project of Recycling System of Plastic and Other Resources that Supports Decarbonized Society

(Demonstration project of a highly advanced recycling process establishment and carbon dioxide (CO₂) saving by means of optical fiber cable pulverization and kneading techniques)

Overview of Progress Report

1. Purpose of project

An optical fiber cable is made of composite plastic and glass core wire, and therefore it has conventionally been difficult to recycle. In reality, used optical fiber cables, after removal of their hard iron wires, are not recycled but are incinerated or thermally recycled.

To address this issue, this demonstration project aimed at achieving semi-closed material recycling of optical fiber cables into ancillary equipment of optical fiber cables, such as flexible electric wire conduit, by pulverizing optical fiber cables and then melting and kneading them without removing the glass core wire. To realize the above recycling and horizontal recycling of recycled items, this project also aimed at establishing a manufacturer's voluntary collection flow. Thus, we aim at realizing reduction of fossil-derived virgin resin use amount and reduction of energy-derived CO₂ emissions in a commercially viable manner.

On the assumption of a case where an advanced optical fiber cable recycling process has been realized, we verified and evaluated LCA because we needed to discuss in advance what influence the advanced recycling process may exert on existing resource recycling systems.

2. Project contents

(1) Demonstration of high-quality pelletizing of optical fiber cable by means of pulverization and kneading

1) Contents of demonstration in rough crushing to pulverization processes

To develop technology for optimum pulverization of optical fiber cable, we studied the optimization of pulverization diameter by means of crusher and pulverizer, as well as the mechanical conditions. While crushing into an average particle size of 3 mm has conventionally been the technical limit, through pulverization refinement we established the conditions for stably conducting pulverization with an average particle size of 300 μ m.

2) Contents of demonstration in gravity separation process

To develop the technique to separate aluminum powder from optical fiber cable, we studied optimization of the conditions for separation using a gravity separation tank. Through adjustment of the pulverization diameter, we succeeded in separation at separation rates of 95 to 98%.

3) Contents of technical demonstration in melting and kneading process

To develop a melting and kneading technique for making resins in the optical fiber cable that are originally immiscible with each other compatibly mixable in a pseudo manner at a low temperature, we conducted a study for optimization of the conditions for melting and kneading by means of twin-screw extruder. In a kneading that uses pulverization raw materials with an average particle size of 6 mm, the glass core wires, and nonwoven cloth were precipitated without pseudo compatible mixing. However, with pulverization raw materials with an average particle size of 300 μm , pseudo compatible mixing succeeded. In mechanical physical properties, the tensile elongation at break showed a remarkable change, and in comparison with pulverization raw materials, the tensile elongation at break with the finer pulverization raw materials shows an improvement of as high as seven times.

(2) Demonstration of molding technique of optical fiber cable pellets into optical fiber cable ancillary equipment

1) Search for usage for product and modification

We discussed the types of flexible electric wire conduit and optical fiber cable ancillary equipment that satisfy the required physical properties as products and conducted a study toward optimization of properties including weather resistance of additives in accordance with the required physical properties.

We conducted a physical property test on five types of commercially-available flexible electric wire conduits, and confirmed that in comparison with all five types, many waste optical fiber cables were softer and with a lower elastic modulus in bending as their physical properties. We presented a method for improving the above points through modification and found that it was necessary to study recycling into ancillary equipment other than flexible electric wire conduit. As a result of weather resistance tests, we

found that it is possible to obtain sufficient results only with the additive originally contained in optical fiber cables and without newly adding additive, which gave us a hint for the possibility of recycling that utilizes the physical properties and characteristics of the raw materials as of before recycling.

2) Molding of flexible electric wire conduit

To develop molding technology for flexible electric wire conduits, we conducted a study towards optimization of the conditions for molding using a piping molding machine. Using waste optical fiber cables only as the raw material, we succeeded in manufacturing pipes that can withstand the practical use although they are soft compared to commercially available products.

(3) Demonstration of establishment of horizontal recycling flow of optical fiber cable ancillary equipment

1) Demonstration of technology for horizontal recycling flow of optical fiber cable ancillary equipment

We conducted a technical study for horizontal recycling of used flexible electric wire conduit into flexible electric wire conduit again. In a test conducted in the same environment as that for factory loss items, in performing melting/kneading and pulverization five times, the improvement of physical properties due to the improvement of dispersibility was observed.

2) Demonstration of establishment of collection flow of optical fiber cable ancillary equipment

We consulted with a major telecommunication business operator for establishing a voluntary collection system of optical fiber cable and ancillary equipment, and conducted a study toward its realization. We conducted an interview with the telecommunication business operator, and are continuing the discussion with the telecommunication business operator and an industry group for the development of guidelines for recycling of optical fiber cable.

(4) Verification and evaluation of LCA

Concerning waste optical fiber cables, we calculated the CO₂ reduction effect in their life cycle. The function unit was set to the processing of waste

optical fiber cable and the production of flexible conduit, and the baseline was set to the incineration processing of waste optical fiber cable and the production of new flexible conduit. The CO₂ reduction effect was 3.329kg-CO₂/kg for energy-derived CO₂ and 4.626 kg-CO₂/kg in total. As the annual domestic circulation amount is estimated to be 9000 tons/year, the CO₂ reduction effect when all volumes are processed was calculated to 29,961 t-CO₂eq for energy-derived CO₂ and 41,632 t-CO₂eq in total.

3. Efforts to be made in the future

In the demonstration of high-quality pelleting of optical fiber cable by means of pulverization and kneading, we will identify the conditions for stable production at the demonstration scale and discuss safety measures. In the demonstration of the technique for molding optical fiber cable pellets into optical fiber cable ancillary equipment, following the result of the interview with the telecommunication business operator, we will discuss practically usable ancillary equipment and others with a molding manufacturer and manufacture mold products. In the demonstration of the establishment of the horizontal recycling flow of optical fiber cable ancillary equipment, we will hold discussions for the development of guidelines for recycling of optical fiber cable with the industry group to which the telecommunication business operator belongs. Concerning the verification and evaluation of LCA, we will reprepare a scenario for a time when recycled products have spread in real society and conduct demonstrations at a higher accuracy.

目次	
成果報告書概要	2
Summary of Result	5
目次	10
1. 業務の目的と背景	11
2. 業務の内容	25
2.1. 光ファイバーケーブルについて微粉碎化混錬による高品質なペレット化実証 (荒破碎から微粉碎工程での実証内容, 比重分離工程での実証内容, 溶融混錬工程での技術実証内容)	
2.1.1. 緒言	25
2.1.2. アプローチ	27
2.1.3. 取組結果	49
2.2. 光ファイバーケーブルペレットの光ファイバーケーブル付帯設備への成形技術の実証 (製品への用途探索と改質, 可とう電線管の成形)	80
2.2.1. 緒言	80
2.2.2. アプローチ	81
2.2.3. 取組結果	86
2.3. 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー構築の実証 (光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー技術実証, 光ファイバーケーブル付帯設備の回収フロー構築実証)	90
2.3.1. 緒言	90
2.3.2. アプローチ	90
2.3.3. 取組結果	91
2.4. LCA の検証・評価	98
3. 来年度の取組	120

1. 業務の目的と背景

1.1 業務の目的

国内において「プラスチック資源循環戦略」が掲げられ、目標値として 2035 年までに、「すべての使用済プラスチックをリユース又はリサイクル、それが技術的経済的な観点等から厳しい場合には熱回収も含め 100%有効利用するよう、国民各界各層との連携協働により実現を目指す」と定めた。

バイオマスプラスチックや紙などの代替の推進も重要な取り組みとなるが、特殊な場面で使用される商品にはプラスチック以外の代替が困難なこともある。そうした商品はリサイクルも困難である場合が多いが、従来リサイクルが困難であった複合素材プラスチックについても、リサイクル技術・システムを高度化し、資源循環システムを構築する必要がある。

光ファイバーケーブルは、ガラスコア線を含む複合素材プラスチックであり、従来リサイクルが困難であった。使用後に鉄の硬線を取り除いた後は、リサイクルはできず焼却や熱回収されているのが現状である。

そこで、本実証事業では、光ファイバーケーブルに含まれるガラスコア線を取り除かずにそのまま微粉砕化し溶融混練を行うことで、可とう電線管などの光ファイバーケーブル付帯設備にセミクローズドマテリアルリサイクルすることを目的とした(図 1-1 実証要素 1)。また、上記のリサイクル及び、リサイクル品の水平リサイクル(図 1-1 実証要素 2)を実現するためにメーカーによる自主回収フローの構築を行うことを目的とした(図 1-1 実証要素 3)。これにより、化石資源由来のバージン樹脂使用量の削減及び、エネルギー起源 CO2 排出量の削減について、採算があうシナリオでの実現を目指す。

また、光ファイバーケーブルの高度リサイクルプロセスが実現した場合を想定し、既存の資源循環システムに対して、どのような影響があるかを事前に検討する必要があるため、LCA の検証・評価を行った(図 1-1 実証要素 4)。

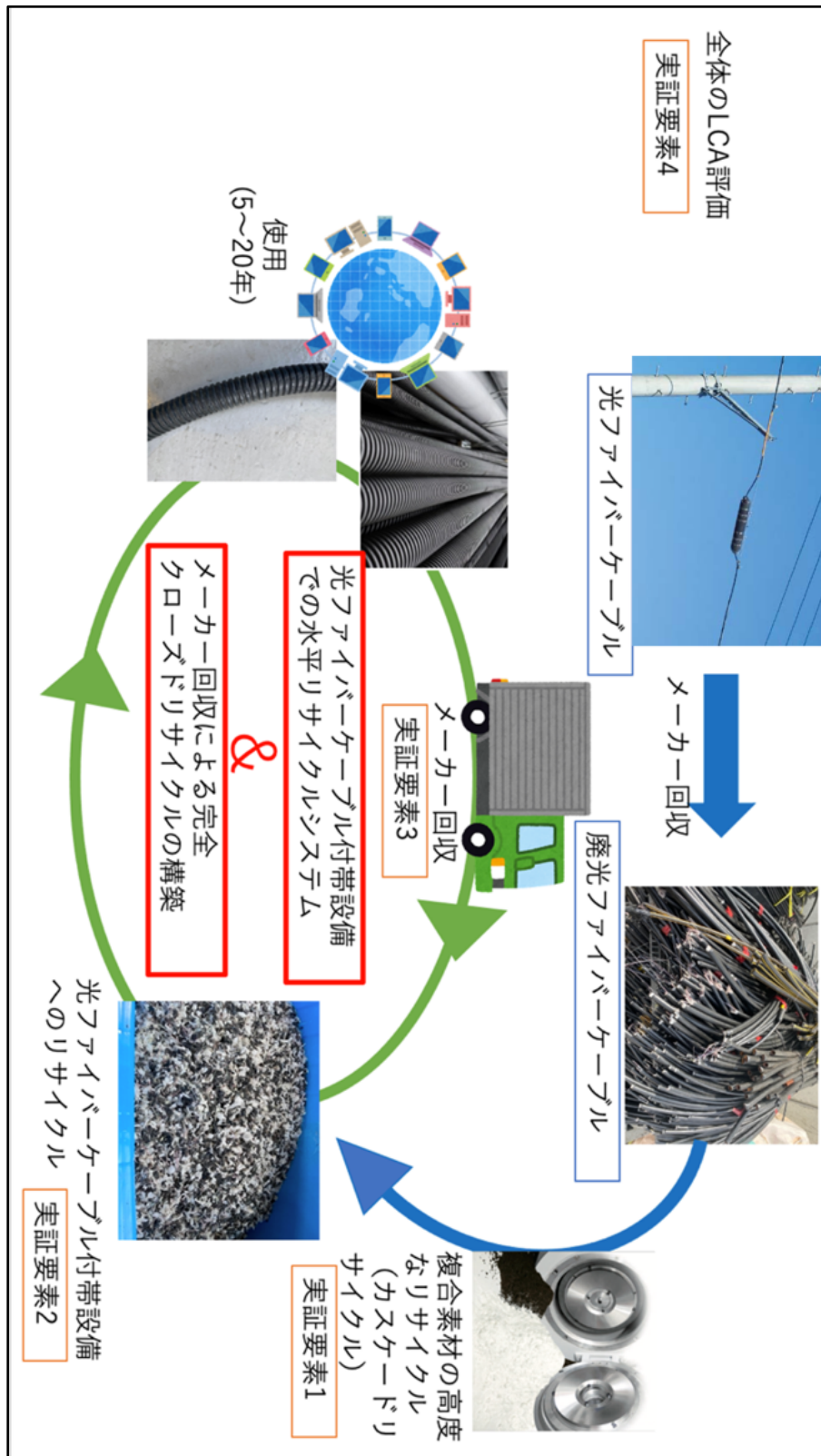


図 1-1 実証事業全体のイメージ図

1.2 業務の背景

光ケーブルは主に情報通信に用いられる。現代の高度情報化社会において、膨大な情報をやり取りする手段の主軸を担っており、現行の無線通信や銅電線では代替できない。光ケーブルはガラスコアと保護用のシース、強度保持用の鉄硬線からなる。光信号を通すガラスコア線は、PE や PVC 製の保護膜で覆われており、この線が数十～数百本束ねられ、保護用のシース内に収まる。光ケーブルは構成される材料が多岐にわたる複合素材プラスチックである。プラスチックだけでも HDPE, LDPE, 難燃剤入 PE, PVC, PA と多岐に渡り、さらにコア線のガラスと、保護膜のアルミニウム箔で構築される。さらに鉄硬線以外の素材同士は蒸着しており、分離が困難である。

使用済の廃光ケーブルのリサイクルや適正処理については、使用量が拡大した 20 年前から社会課題となり、NTT や大手電線メーカーを中心に対策に悩まされてきた。ケーブルの外皮を機械的にはぎ取る剥線法や外皮を炭化させガラスコアを取り出す手法などが検討されたが、コスト高で実用化には至らなかった。2000 年頃から、大手メーカーのイメージアップとしてごく少量の光ケーブルについては剥線法で PE を分離し、文書用のファイルや配管等にマテリアルリサイクルを行なっているが、大部分はセメント製造時の熱エネルギーの代替としてサーマルリカバリー(熱回収)されてきた。

しかし、2017 年末の中国廃棄物輸入規制や、バーゼル条約の改正により、国内で低質の廃プラスチック在庫が溜まった。廃プラスチックの輸出量は 2017 年と 2019 年で比較し、年間 50 万トン減少しているが、減少量を補うだけのプラスチック排気量抑制や再生プラスチックの国内流通量増加は見られない。セメント製造工程は汚れたプラスチックでも受け入れられる為、処理要請が殺到し製造工程での需要量を大幅に超えている。元々光ケーブルはセメント内にガラス残渣が残るため、セメント製造業者からは嫌がられてきた為、この状況下で受け入れを拒否された。結果的に 2019 年以降廃棄される光ケーブルのほぼ全量が熱回収もしくは、産業廃棄物として単純焼却されている。

1.3 リサイクルする光ファイバーケーブルの特徴

本実証で、リサイクルするプラスチックである光ファイバーケーブルは、多種類のプラスチックと金属が接着した複合素材である。メーカーや品番ごとに組成や構成が異なる。主には下記の2つの型からなる。

一つは、光コア線と硬線が一体型となった一体型。もう一つは、硬線とコア線が分離する分離型である。光コア線とは、ガラスファイバーコアが入ったデータ通信線本体の線である。硬線とはコア線の折れ曲がりや破断を防ぐための鉄製の支持線である。

外観を下図に示す。



図1-3-1 :光ファイバーケーブル（コア線と硬線が一体型）



図1-3-2: 光ファイバーケーブル (硬線(左)とコア線(右)が分離する、分離型)

代表的な一体型と分離型を分解し、内部の組成を調べる。下記図のようになった。



図1-3-3 一体型の光ファイバーケーブル解体図

左が内側で右に行くほど外側の素材を並べている。左から鉄芯(鉄)・保護素材(HDPE)・緩衝材(LDPE)・光コア線(ガラス製、PE 被覆付)・不織布(PA)・シース(PE)からなる。

ここで、リサイクル時に鉄芯は、剥離機や磁力選別により選別が可能である。また HDPE と LDPE からなる保護素材及び緩衝材、光コア線被覆についてはお互いに擬似相溶性を示すためマテリアルリサイクルが可能である。ガラス製の光コア線及び不織布については、お互いに擬似相溶性を示さないため、マテリアルリサイクルにおいて課題となる。



図1-3-4 :分離の光ファイバーケーブル解体図

左が内側で右に行くほど外側の素材を並べている。左1番目が硬線（鉄芯に保護素材(LDPE)被覆）。左2番目から順に、ガラスコア、保護素材(HDPE)、不織布、シース(PFにアルミ層が蒸着)

ここで、一体型と同様に、鉄芯は、剥離機や磁力選別により選別が可能である。またHDPEとLDPEからなる保護素材及び緩衝材、光コア線被覆についてはお互いに擬似相溶性を示すためマテリアルリサイクルが可能である。ガラス製の光コア線及び不織布については、お互いに擬似相溶性を示さないため、マテリアルリサイクルにおいて課題となる。

さらに、シースに蒸着したアルミ層が課題となる。手作業によってシースとアルミ層を剥離する工程はコストがかかり、採算が合わない。しかしながら、リサイクルにおいては、プラスチックに混ざることによって製品の品質を下げる他、機械の摩耗劣化のスピードや故障リスクを跳ね上げてしまう。

1.4 リサイクル素材の市場動向

国内流通量は約9,000トン/年で微減傾向にあるが安定して見通せる。

リサイクル対象物は、耐用年数の過ぎた廃光ファイバーケーブル及び、製造ロス品である。対象物の流通量統計は取られていないが、北日本電線へのヒアリングでは国内9,000トン/年前後と回答を受けている。また、古河電工株式会社はHP上で光ファイバーケーブルの処理量を公開しており1033トン/年(平成20年度)である。古河電工株式会社の光ケーブルの国内シェアは約12%なので、シェアから概算すると約8,600トンであり、ヒアリング内容と概ね一致する。

30年間の光ケーブルの国内製造量は下記表の通り[1]。光ファイバーの耐用年数は20年である為、今後20年間のケーブルの撤去量は緩やかな減少傾向にあると予測される。

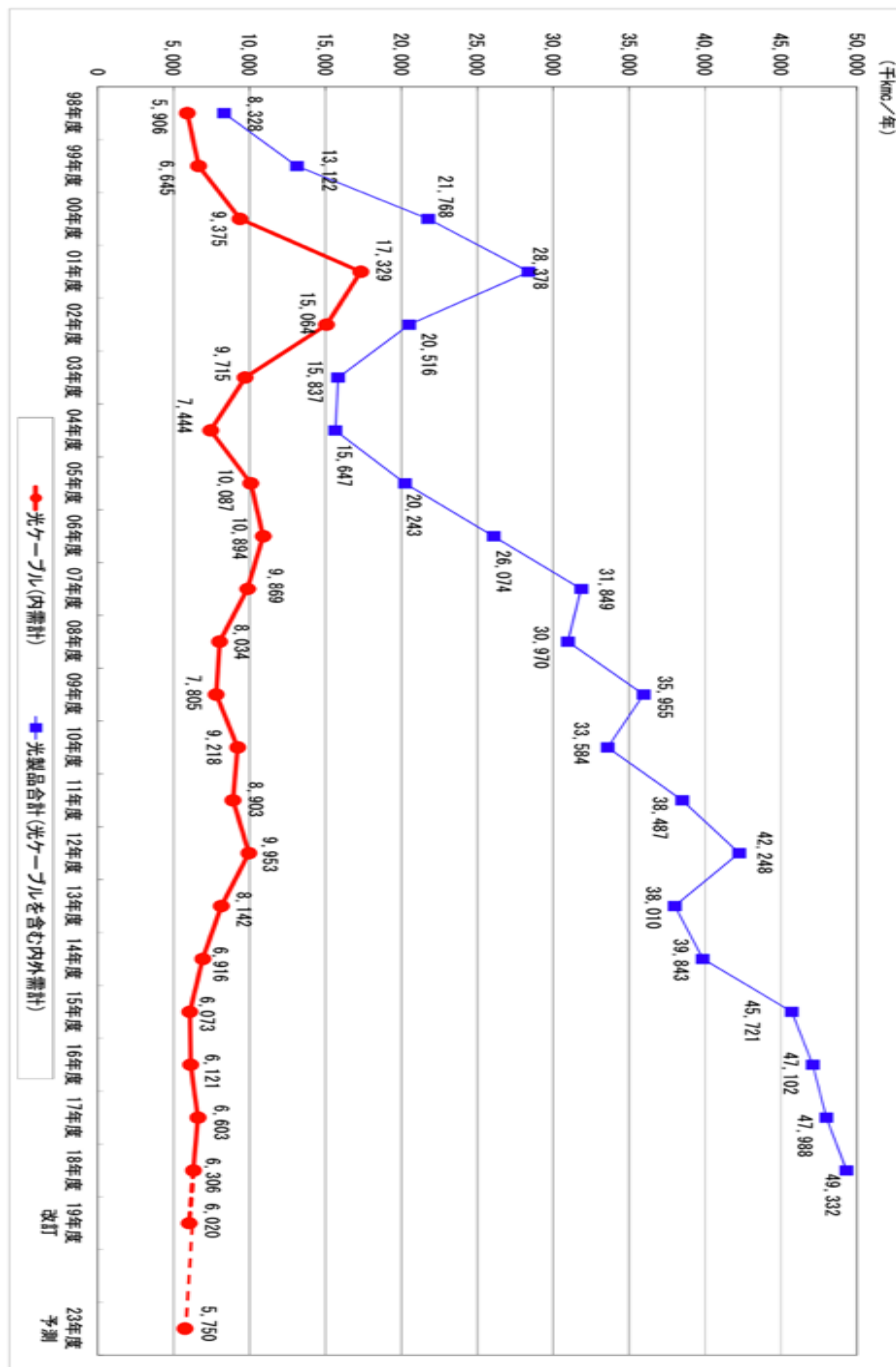


図 1-4-1 30 年間の光ケーブルの国内製造量

[1] 一般社団法人日本建設機械施工協会/2019年度 国内光ケーブル需要見通し
https://www.jcma2.jp/files/News/hikari_20191007.pdf

1.5 実証事業後における、実証技術による波及効果の予測

本実証事業によって解決が見込まれる微粉碎化技術によって、複数のプラスチックや金属が混ざり合った複合素材の大多数においてリサイクルが進む。微粉碎化により、比重分離精度が向上すると共に、混錬による分散効果が向上する。現在弊社で基礎実験や実証が進む例を取り上げる

1.5.1 微粉碎化による比重分離精度の向上

1.5.1.1 電力用銅電線の完全なマテリアルリサイクル

電力供給に用いる電線は、重量比 55%が 99.99%純度の銅線、15%がアルミニウム保護層、30%が PE 及び架橋 PE で構築される。30 年以上に渡って、電線は NTT や大手電力会社といった敷設者が自主回収し、剥離法による手作業で銅とそれ以外との分離が行われてきた。1970 年代までは国内でアルミニウム保護層とプラスチックの分離についても手作業で行われていたが、80 年代以降は国内の人件費の上昇と共に採算が合わなくなり、中国へ輸出し、中国国内での解体分離に頼ってきた。バーゼル条約の改正等により輸出ができず、現在は 80%以上を産業廃棄物として単純焼却し、国内リサイクルの目処は立たない。

電線被覆も本実証事業によってマテリアルリサイクルが可能となる。アルミニウム保護層とプラスチック類を微粉碎した後、比重分離でアルミニウムとプラスチック類に分ける。アルミニウム粉は金属リサイクル業者に有価売却できるが、プラスチック類に含まれる架橋 PE が従来熱溶融しないためマテリアルリサイクルができないものとされてきた。弊社では創業前の 15 年前から架橋 PE の再生に取り組み、世界で初めて再生に成功し、2015 年に特許を取得している。微粉碎の成果技術に弊社の特許技術を掛け合わせることで、採算があったマテリアルリサイクルが可能となる。

CCP 銅電線の解体を、京浜金属工業が 300～500 トン/年行なっている。昨年度より、銅とアルミニウムを売却し、架橋を部分的解除した PE 類の再生ペレットを電線メーカーにて配管等に再利用する方向性で実証を検証している。令和 13 年までに京浜金属工業で 1,000 トン/年の再生、国内全体で需要量の 1 割にあたる 60,000 トン/年の再生を見込む

1.5.1.2 アルミ蒸着フィルムのマテリアルリサイクル

アルミ蒸着フィルムは、ポテトチップスの包装や詰め替え用洗剤の包装等に広く用いられている。今の科学技術で、酸素や水分の透過を完全に防ぐバリア素材は、

アルミ層以外にない代替できない。アルミは鋁石の精錬時に膨大な電気エネルギーが必要であり、リサイクルアルミはこの 20 分の 1 の電気エネルギーで製造可能である。アルミ業界は率先してリサイクルアルミを推進してきた。自動車では 91%アルミ缶では 73%ものリサイクルに成功する中、アルミ蒸着フィルムのリサイクル率のみは 0.1%であり大きな障害である。微粉砕技術で、詰め替え用洗剤包装等、厚さ 1 mm 以上のフィルムを微粉化によるプラスチック層とアルミ層の分離が可能となる。今後はポテトチップス包装のように薄いフィルムの分離技術を高めると共に、工場や市場から効率的にフィルムを収集する回収フローの実証が必要。再生に着手する場合実証に 2 年間かかり、事業化初年度で 50 トン/年の再生、5 年後で 5,000 トン/年を見込む。

1.5.1.3 微粉砕化とせん断混錬溶融による擬似相溶性の飛躍的な向上

容器包装リサイクル法材と、製品プラスチックを取り上げる。4月に施行されたばかりのプラスチック資源循環推進法では、市区町村によるプラスチック使用製品廃棄物の分別収集・再商品化が可能となった。製品プラスチックの一括回収により、これまで容器包装に多く含まれていた LDPE, PP, PVC に加え、HDPE, PS, ABS, PC, 混入金属類を一括して分別と再商品化が必須となる。これまでも容器包装リサイクル法材では耐久性の低い物流パレットといった低質なマテリアルリサイクルとケミカルリサイクルが主流であり、今後はさらにマテリアルリサイクルのハードルが高くなる。一定程度は光学選別技術の発展により課題解決が見込めるが、複合素材は光学選別が不可能であった。微粉砕化とせん断混錬溶融による擬似相溶性の飛躍的な向上が必須となる。こちらは社会実験に 2 年かかり、3 年後で特定の自治体の全量の高品質なリサイクルが可能となる。

2. 業務の内容

2.1. 光ファイバーケーブルについて微粉碎化混錬による高品質なペレット化実証 (荒破碎から微粉碎工程での実証内容, 比重分離工程での実証内容, 溶融混錬工程での技術実証内容)

2.1.1. 緒言

光ケーブルのペレット化までのフローは下記である。フロー要素ごとに実証内容をまとめた。

「鉄硬線の剥離」→「荒破碎」→「微粉碎」→「水比重分離」→「溶融混錬」

2.1.1.1. 荒破碎から微粉碎工程での課題と実証内容

光ファイバーコアは直径 $125\mu\text{m}$ 程度の極めて細いガラス線であり、従来リサイクル業界で使われる粉碎機の破碎能力限界(6mm)では破碎できない。事前実験では最大3cmの長さのコア線が析出してしまい、ペレット加工時に大きな障害となった。今回、協力企業の有限会社京浜金属工業と共同で、通常顔料等の微粉碎に用いる微粉碎機を開発し、リサイクル現場に国内初導入する。導入にあたっては、光ケーブルの特性に合わせ微粉碎刃の選定等を工夫する。本微粉碎機は $150\mu\text{m}$ まで微粉碎が可能である。粉碎径が小さくなるほど処理能力が指数関数的に落ちる為、微粉碎径を $300\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ まで変化させる。引っ張り強度等の機械的特性を(株)セレンが測定し、最適な破碎径を探る。微粉碎粒子は水分量が低くなると粉塵爆発の危険性がある。また微粒子は機械熱や摩擦熱の影響を受けやすく、投入原料が大きすぎると粉碎機に負荷がかかり、PEが溶け微粉碎機内部で固まりやすい。以上の条件を解決するための最適な稼働条件を探索する。

2.1.1.2. 比重分離工程での課題と実証内容

製品時に不純物となるアルミニウム膜を分離する。事前試験では3mmに破碎した光ケーブル被覆の比重分離後のアルミニウム粉側の純度は72%、プラスチック側のアルミニウム混入率は10%であった。資源循環の観点からアルミニウム粉は金属メーカーに売却を想定しており、売却のためにアルミニウム粉の純度は90%以上である必要がある。また、プラスチック側の混入率も10%以下である必要がある。比重分離の精度は粒子径が小さいほど上がるため、原料径を $300\mu\sim 3\text{mm}$ で変化させ、精度の高い条件を探る。また、PEの比重は0.92以下で、ガラス比重は2.5程度、アルミニウム比重は2.71であるため、通常は沈み側のアルミニウム粉にガラスが混ざる。しかし、微粒子は表面張力により水に浮く。その性質を利用してアルミニウム粉だけが選択的に沈むような条件を探索する。

2.1.1.3. 溶融混錬工程における課題と技術実証内容

光ケーブルは複合素材であり、配合比の高いLDPE, HDPEの適正温度帯での溶融

混錬では、PAは溶けず、PVCは塩素の分離が起きてしまう。弊社は既存研究でPEフィルムと他の樹脂のフィルムを貼り合わせた複合フィルムの混錬において、本来混ざり合わない樹脂同士を低温で疑似的に相溶させる点において知見を持ち特許を有している。当特許技術は、複合フィルムを対象である為、光ケーブルに応用できるようにスクリー軸の設計や、処理条件の選定が必要となる。一般的にリサイクル業者が用いる押出機の9割以上が一軸押出機であるが、当特許技術を用いる為に、通常はプラスチック製造工程で用いられる二軸押出機や付帯設備を使用する。

2.1.2. アプローチ

本実証においては、下記の検証を実施した。

2.1.2.1. 荒破碎から微粉碎工程での課題と実証内容

破碎径を 15mm~300 μ m まで変化させて、物性を測定する。通常のリサイクル工程で主に用いられるのは荒破碎機において 15mm メッシュを通過した素材である。高品質なリサイクル材が求められる時には、さらに粉碎機にかけて 6mm のメッシュ通過素材を用いる。本実証においては、さらに破碎径を小さくした場合の振る舞いについて検討する。粉碎機的能力限界値である 3mm メッシュ通過素材を作成する。また、通常リサイクル素材に用いることはない微粉碎機をカスタマイズし、0.5mm メッシュを通過する微粉碎品を作成する。

共通実験条件は下記である

- ・原料：光ファイバーケーブルの一体型及び分離型からそれぞれ鉄硬線を剥離機で剥離し、を同量混ぜ合わせたもの
- ・原料の処理条件：

15mm 粗破碎品：鉄硬線の剥離後 10m~30m 程度ごとに丸めて束ねられた光ファイバーケーブルを、一軸破碎機にて、粉碎し、15mm の穴が開いたメッシュを通過したものを、15mm 破碎品として扱う。通常のリサイクル工程において後工程での押出機に投入できる大きさである。

6mm 破碎品：15mm 荒破碎品を、高速粉碎機や小型粉碎機において粉碎し、6mm の穴が開いたメッシュを通過したものを、6mm 破碎品として扱う。少量試作においては小型粉碎機を用いた。量産用には高速粉碎機を用いた。

3mm 粉碎品：6mm 荒破碎品を、高速粉碎機や小型粉碎機において粉碎し、3mm の穴が開いたメッシュを通過したものを、3mm 破碎品として扱う。少量試作においては小型粉碎機を用いた。量産用には高速粉碎機を用いた。小型粉碎機及び高速粉碎機においても、3mm メッシュは破碎可能な能力の限界値であり、処理スピードは著しく遅く、吐出量は通常の 1/20 程度まで大きく低下した。

300 μ m 微粉碎品：6mm 荒破碎品を、高速粉碎機や小型粉碎機において粉碎し、0.5mm (500 μ m) の穴が開いたメッシュを通過させた。通過後の微粉碎粉を調べたところ、長径が 500 μ m を大きく下回る粒子が多くみられた。これは、微粉碎機の機構特性上、メッシュサイズではなく、微粉碎を行う 2 枚のディスクグラインダーの距離に、破碎径が依存することに由来する。ディスクグラインダー間の距離は 150 μ m に設定されており、これは観察された粒子の最小径とほぼ一致する。

そこでふるい分け法を用いて、微粉碎粒子の平均粒径を求めた。ふるいわけ法とは、目開きのわかっているふるいを複数枚用意し、粗い目から順番に通過させる。目を通して

せず残った粒子の重さを測り、その目の階級値とする。階級値を正規分布に当てはめ統計処理を行う。

ふるい分け法の結果、微粉碎品の平均粒径は $300\ \mu\text{m} \pm 30\ \mu\text{m}$ の範囲に収まる可能性が95%以上であることがわかった。よって、この微粉碎品を本実証では、「 $300\ \mu\text{m}$ 微粉碎品」と呼称する。

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(メルトフローレート)
- 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)

2.1.2.2. 比重分離工程での課題と実証内容

光ファイバーケーブルの内、アルミ層をもち、アルミの分離が必要となるロットに分ける。破碎機を用いて、3mm の粉碎品とし、水比重分離を行い、樹脂層及び、アルミ層における分離率を測定した。

2.1.2.3. 溶融混練工程における課題と技術実証内容

破碎径を変化させて混練における物性を測定する。3mm の破碎品及び $300\ \mu\text{m}$ 微粉碎品について、混練をせずに成形したサンプル及び、2 軸押出機で混練を行なったサンプルを作成し、物性評価を実施した。

2.1.2.4 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する。

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 2-1-2-4-1. 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	ペレット形状
試験条件	予熱時間：5 分 試験温度：190° C 荷重：2.16kg 測定数：n=3
試験環境	(23±2)℃、(50±5)%RH



図 2-1-2-4-1 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 2-1-2-4-2. PE の比重試験項目及び条件

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



図 2-1-2-4-2 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 2-1-2-4-3. 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 チャック間距離 : 110 mm 測定数 : n=5
試験環境	(23±2)℃、(50±5)%RH

表 2-1-2-4-4. 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 支店間距離 : 64 mm 測定数 : n=5
試験環境	(23±2)℃、(50±5)%RH



図 2-1-2-4-3 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 2-1-2-4-5. 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 秤量：30kg-cm 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 2-1-2-4-4 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 2-1-2-4-6 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 電気炉：775±25℃



図 2-1-2-4-5 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 2-1-2-4-7 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℃ 乾燥時間：2 時間



図 2-1-2-4-6 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：弊社カラースプレイト



図 2-1-2-4-7 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 2-1-2-4-8 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 2-1-2-4-8 熱プレス試験機 外観

表 2-1-2-4-8 PE の耐候性試験項目及び条件

試験方法	メタルハライドランプ式促進耐候性試験
測定項目	促進耐候性
試験条件	照度 : 1.5kW サイクル条件 : 120 分中 180 分水噴霧 時間 : 326 時間
機種	SUV-W262
メーカー	IWASAKI ELECTRIC CO., LTD.
測定機関	地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター

2.1.2.5 実証用設備

本実証で使用した設備及び、使用用途を記載する。

A) 剥離機

外観を図 2-1 に示す。

メーカー:三立機械工業株式会社、品番:CCP 型剥離機

光ファイバーケーブルの加工前は、鉄製の硬線と、その他の素材が張り付いている。剥離機を用いて光ファイバーケーブルを鉄硬線とその他の素材に分離する。



図 2-1 剥離機

B) 一軸破碎機

外觀を図 2-2 に示す。

メーカー:Changshu Shouyu Machinery Co.,Ltd (MSC にてカスタマイズ)、品番:SRB900
剥離後の光ファイバーケーブルを、高速粉碎機や小型粉碎機に投入可能な直径 15mm 程度まで破碎する。



図 2-2 一軸破碎機

C) 高速粉砕機

外観を図 2-3 に示す。

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

量産試作用。破砕後の光ファイバーケーブルを、微粉砕機に投入可能な直径 5mm 程度まで粉砕する。同機体は機械内部に残るロスが比較的多く、少量の試験には向かない。また、本実証で必要となる直径 3mm 程度の破砕ができない。よって、試験品作成用には D の小型破砕機を用い、量産時には同機体を用いる。



図 2-3 高速粉砕機

D) 小型粉砕機

外観を図 2-4 に示す。

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

少量試作用。破碎後の光ファイバーケーブルを、微粉砕機に投入可能な直径 5mm 程度まで粉砕する。また本実証で必要となる直径 3mm 程度の破碎を行う。本設備は小規模設備であり量産試作には不適。量産試作には、C の高速粉砕機を用いる



図 2-4 小型粉砕機

E) 微粉碎記

外観を図 2-5 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。破碎後の光ファイバーケーブルを、微粉碎機に投入可能な直径 5mm 程度まで粉碎する。また本実証で必要となる直径 3mm 程度の破碎を行う。本設備は小規模設備であり量産試作には不適。量産試作には、C の高速粉碎機を用いる



図 2-5 高速粉碎機

F) 比重分離槽

外観を図 2-6 に示す。

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

品番: MPPQ500

光ファイバーケーブルの一部に含まれるアルミ層を水比重分離するための装置。r



図 2-6 比重分離

G) 二軸押出機

外観を図 2-7 に示す。

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 2-7 二軸押出機

H) 配管成形機

外観を図 2-8 に示す。

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 2-8 配管成形機

I) 射出成形機

外觀を図 2-9 に示す。

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 2-9 配管成形機

2.1.3 取組結果

2.1.3.1 荒破碎から微粉碎工程での課題と実証内容

2.1.3.1.1 目標物性値の把握

目標物性の把握として、光ファイバーケーブルから外皮のみを分離し、物性検査を行なった。

表 2-1-3-1 光ファイバーケーブル外皮 PE の物性確認

	項 目		単 位	光ケーブル外皮PE
1	メルトフローレイト		g/10min	0.18
2	引張降伏強度		Mpa	11.3
3	引張破断伸度		%	80.8
4	曲 げ 強 度		Mpa	8.1
5	曲げ弾性率		Mpa	160
6	IZ衝撃強度	23℃	KJ/m ²	45.9(ヒンジ破壊)
7	灰 分		%	-
8	密 度		g/cm ³	0.929
9	水 分		%	0.060
10	色 調		L値	21.17
			a値	0.23
			b値	-2.33

上表より、光ファイバーケーブル外皮 PE の物性は、PE としては一般的な範囲であり、特に突出して高い値や低い値は見られなかった。

2. 1. 3. 1. 1 試験片作成時の課題の洗い出し

3mm, 6mm, 15mm 破砕品における破砕時と試験片作成時の状況を下記図に記載する。

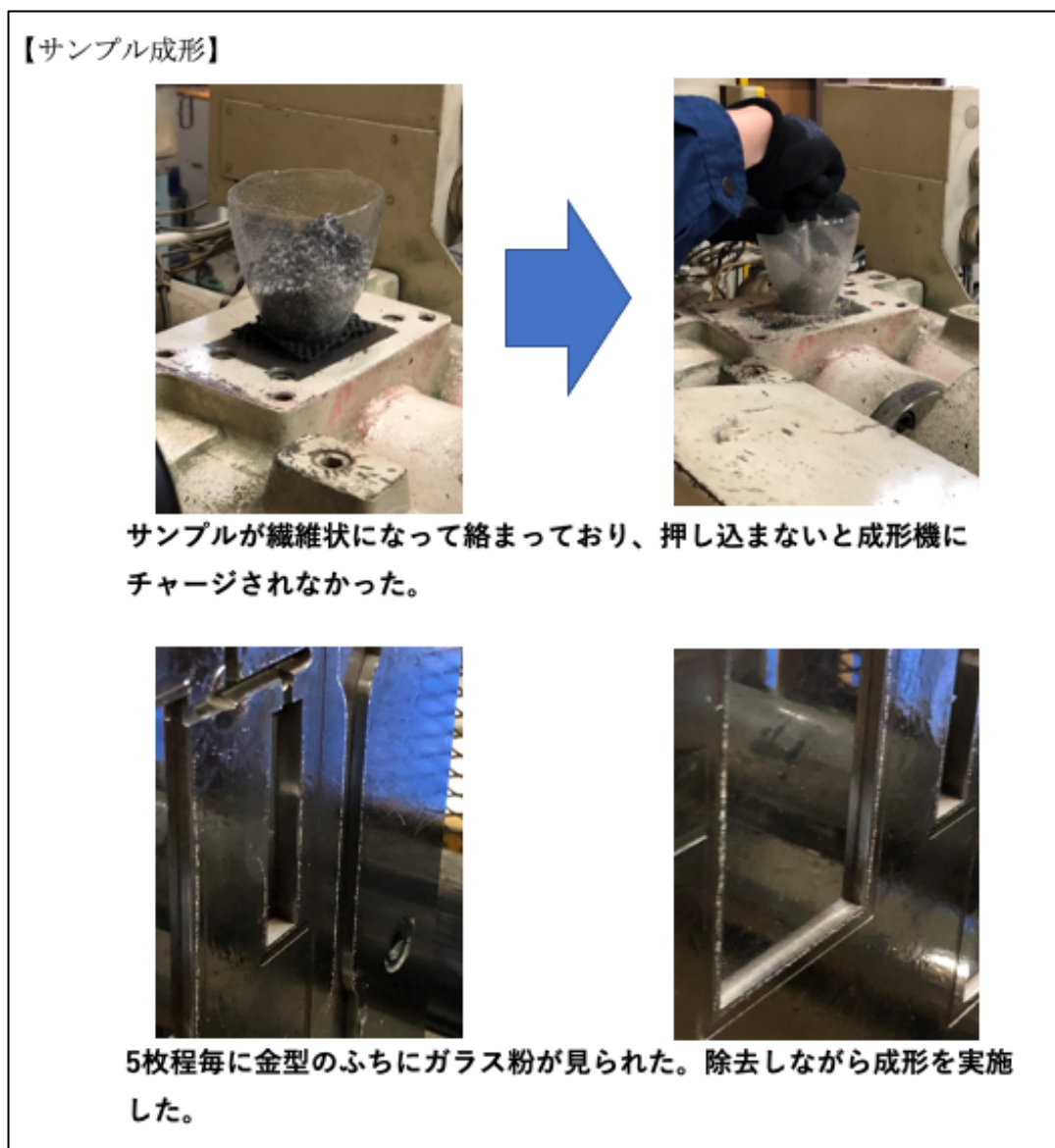


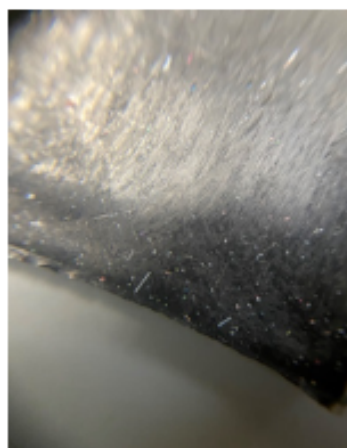
図 2-1-3-1 破砕時と試験片作成時の状況(前半)



パージは問題なく行えた為、成形可能と判断し、成形を行った。パージ後のダンゴにはガラス片等、溶融しない物が表面に見られた。(※成形時金型を傷つけるリスクはあり)



IZOD片断面



プレート表面

図 2-1-3-2 破碎時と試験片作成時の状況(後半)

上図より光コア線の破砕物が析出し、成形時の課題となった。押出機内や金型内部に残留し、機械の故障や過度な消耗を招く可能性がある。また、粉状の光コア線が手や粘膜に刺さる可能性があり、作業者への安全対策が必要となる。さらに作成後のプレート表面に光コア線が析出している。また、光ファイバーケーブルに含まれる不織布が繊維状になり、成形機への供給課題となっている。

以上から、3mm 以上の破砕径においての製造品は、製品としての出荷や製造は困難であると結論づける。

2.1.3.1.1 破碎径の変化による物性変化

破碎径の変化による物性変化は次の表のようになった。

表 2-1-3-1-1 破碎系の変化による物性変化

	項 目	試験方法	単 位	15mmメッシュ荒破碎	6mmメッシュ破碎	3mm粉碎	300 μ m微粉碎
1	メルトフローレイト	JIS-K7210	g/10min	0.15	0.14	0.14	0.54
2	引張降伏強度	JIS-K7161	Mpa	12.1	12.2	12.8	10.2
3	引張破断伸度	JIS-K7161	%	38.6	32.3	34.3	223.0
4	曲 げ 強 度	JIS-K7171	Mpa	15.3	14.7	15.1	10.6
5	曲げ弾性率	JIS-K7171	Mpa	650	670	635	403
6	IZ衝撃強度	23℃ JIS-K7110	KJ/mf	25.4 ^{*1}	23.3 ^{*1}	24.2 ^{*1}	17.9 ^{*1}
				—	—	—	—
7	灰 分	JIS-K2272	%	8.86	10.86	9.56	8.1
8	密 度	JIS-K7112	g/cm ³	0.967	1.027	1.015	0.992
9	水 分	乾燥減量法 (105℃2H)	%	0.369	0.364	0.282	0.14
10	色 調	JIS-Z8730	L値	21.05	22.01	22.1	17.91
			a値	-0.79	-1.64	-1.42	0.32
			b値	-0.59	-0.57	-0.52	-1.39
備考 *1 ヒンジ破壊 薄い表層だけが一体になって離れない不完全破壊。							

それぞれの指標に対して下記グラフに示して、分析を行う。

2.1.3.1.1.1 破砕径によるメルトフローレイトの変化

破砕径によるメルトフローレイトの変化は下記図のようになった。

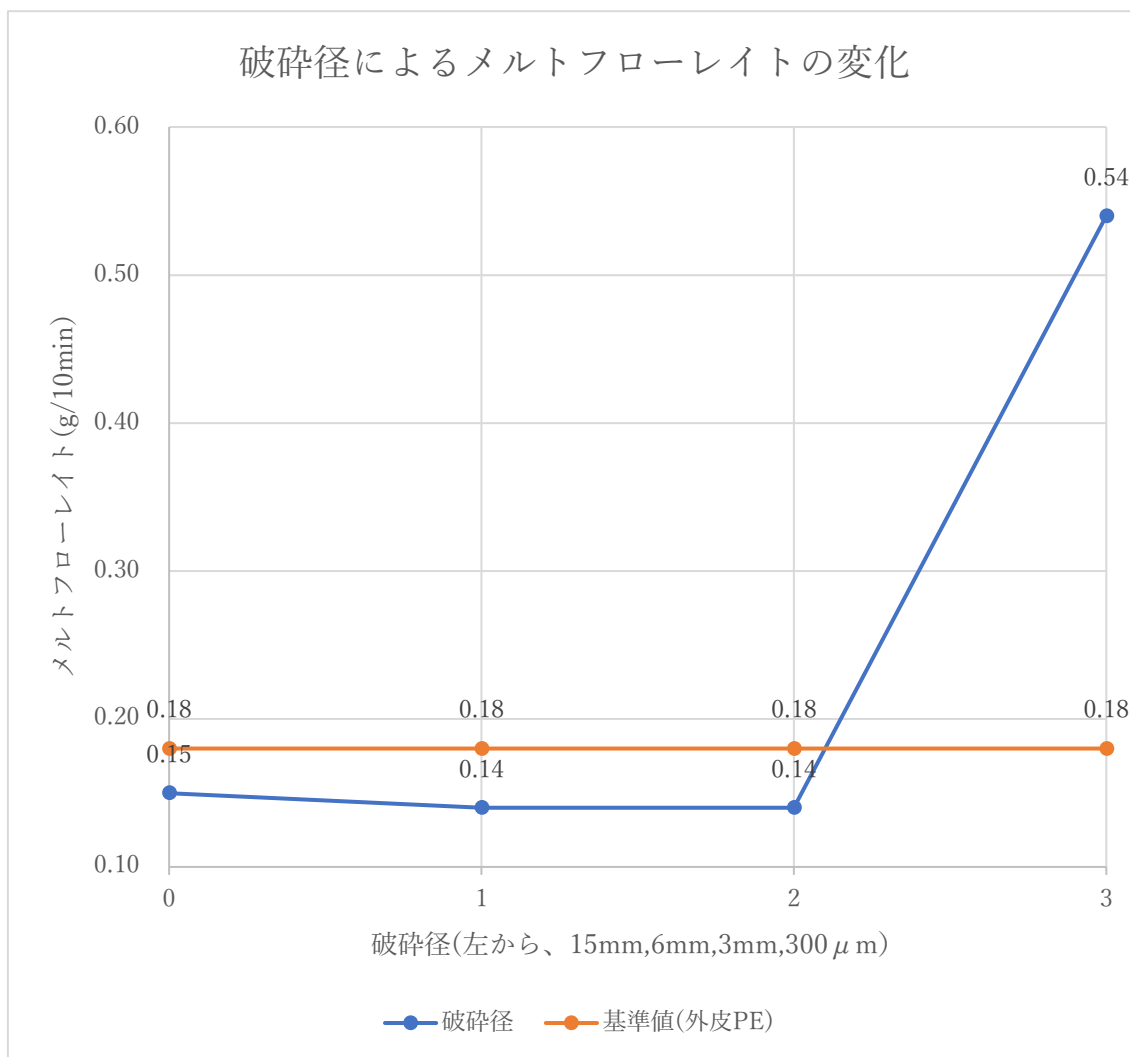


図 2-1-3-1-1-1 破砕径によるメルトフローレイトの変化

メルトフローレイトは、15mm, 6mm, 3mm 破砕においてはほぼ変化がなく、基準値よりも高かった。しかし、300 μ m 微粉碎においては突出して高くなり基準値を上回った。

要因としては、第一に、複合素材として含まれている不織布や光コア線が微粉碎により細くなり、樹脂の流動性向上に寄与したことが考えられる。本試験において、メルトフローレイトの算定のための樹脂の加熱温度は 190° C である。この温度では原料の大部分を占める PE は十分に溶融するが、一部含まれる不織布の原料であるポリアミドの溶融温度や、光コア線の溶融温度には到達しておらず、これらは固体の状態で流動体の内部に存在する。この固体成分が 15mm, 6mm, 3mm 破砕品においては流動

性を下げる要因として働いたことが考えられ、300 μ m 微粉砕においては、これらの個体成分が細かく微粉砕されることで流動性が向上したと考えられる。

しかしながら上記の要因のみでは、300 μ m 微粉砕においてメルトフローレイト値が基準値を上回る説明として不適切である。そこで下記の要因を考察する。微粉砕の過程や後行程で PE の直鎖が切れ、平均分子量が小さくなる可能性が考えられる。光コア線や不織布が細かく微粉砕されることにより、径が小さくなると共に、押出機による熔融混練等の影響を受けやすくなる。そうした破碎や熱劣化の影響を受けて、メルトフローレイトが高まっているという要因が考えられる。

2.1.3.1.1.2 破砕径による引張降伏強度の変化

破砕径による引張降伏強度の変化は下記図のようになった。

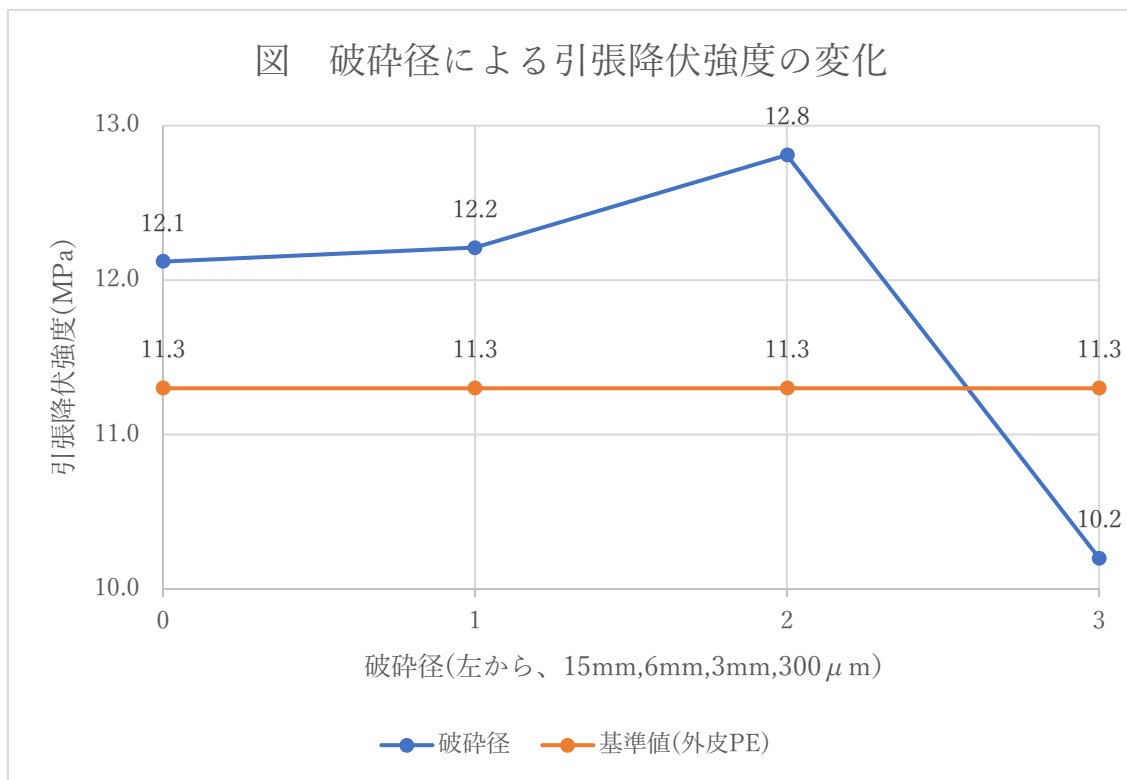


図 2-1-3-1-1-2 破砕径による引張降伏強度の変化

引張降伏強度は、15mm, 6mm, 3mm 破砕においては、基準値よりも高かったが、300 μm 微粉砕においては基準値を下回った。

要因として2つの理由を想定している。一つ目は、破砕品においては、光コア線や不織布が引張強度を加える改質材として機能していたが、微粉砕により強度添加が失われたこと。もう一つは、微粉砕の過程で PE の直鎖が切れ、平均分子量が小さくなる可能性が考えられる。後者は、微粉砕においてメルトフローレートがそのほかの破砕品や基準値と比較しても急激に上がっていることから想定される。

2.1.3.1.1.3 破碎径による引張破断伸度の変化

破碎径による引張破断伸度の変化は下記図のようになった。

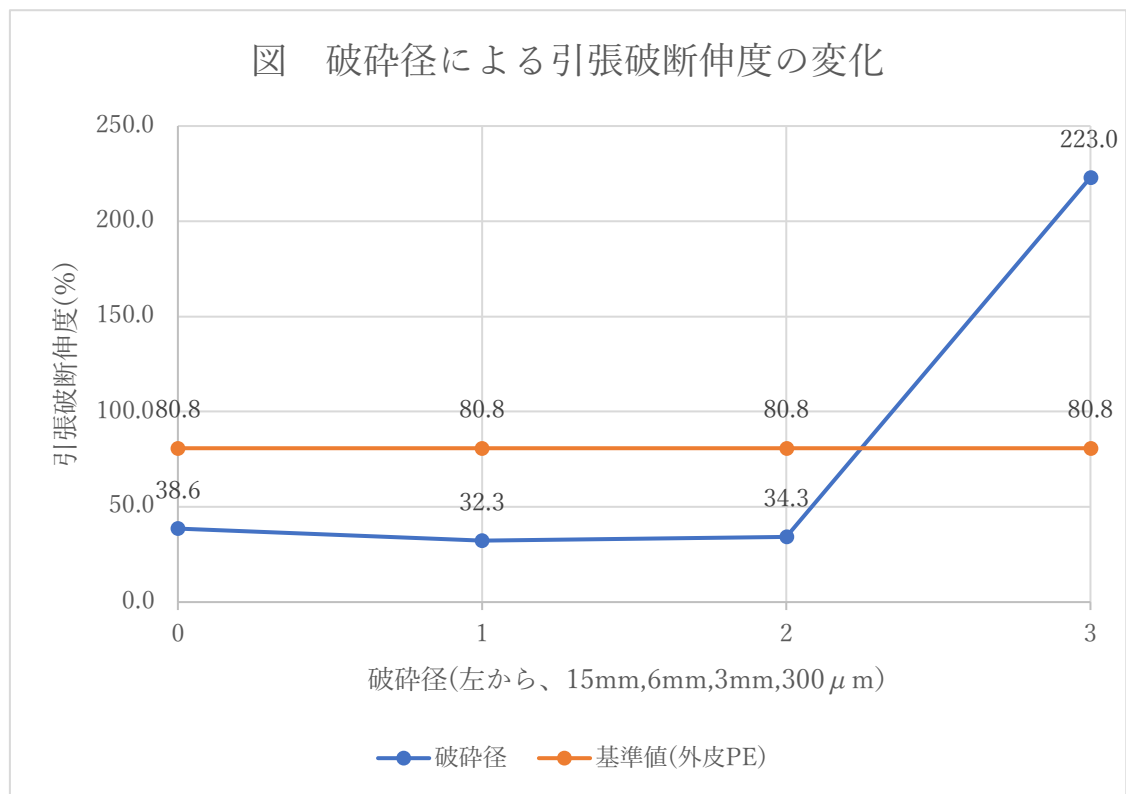


図 2-1-3-1-1-3 破碎径による引張破断伸度の変化

引張降伏伸度は、15mm, 6mm, 3mm 破碎においては、基準値よりも低かったが、300 μm 微粉碎においては基準値を上回った。向上した要因としては、微粉碎化により強く混錬がなされ、光コア線や不織布の分散性が向上したことが考えられる。

2.1.3.1.1.4 破砕径による曲げ強度の変化

破砕径による曲げ強度の変化は下記図のようになった。

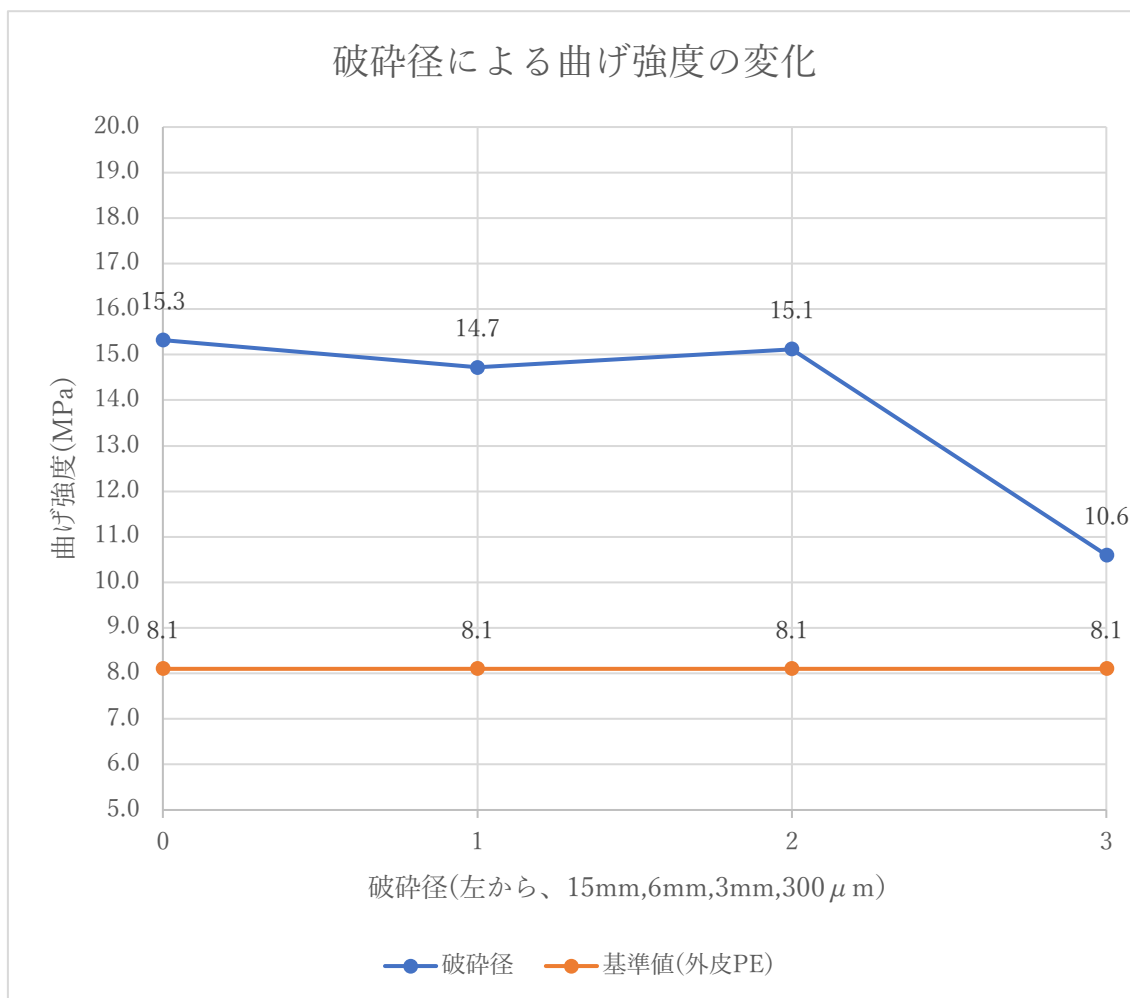


図 2-1-3-1-1-4 破砕径による曲げ強度の変化

曲げ強度は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m の全てにおいて、減少傾向にあった。しかしながら、全てにおいて基準値は上回った。

15mm, 6mm, 3mm においては、比較的高い曲げ強度を維持していたが、300 μ m について急激に下回っていることについては、グラフの表現精度が低いことが影響してしまっている。本グラフの横軸は一定の幅ではなく、15mm から 6mm, 6mm と 3mm の間の破砕径の差は 2~2.5 倍程度であるが、3mm と 300 μ m では 10 倍の開きがある。その特性を考慮したグラフも作成したが、横軸の点数が少なく、特に有用な結果は得られなかった。実験設備の特性上、正確な倍数の破砕径を得ることは難しく、本試験においては、減少や増加を傾向としてのみ把握するのが適切である。

減少傾向になった要因として以下の2つの理由を想定している。一つは、光コア線が長径では曲げ強度を高める擬似グラスファイバー強化剤として機能していたこと。また光コア線は、より細かく破碎し、押出機で熔融混練する過程で、短く切られ、結果的に擬似グラスファイバー強化剤としての作用が低下していることが挙げられる。300 μm 微粉碎においても、外皮のみと比較して曲げ強度の向上が見られている。ここから、微粉碎においても、多少は光コア線の擬似グラスファイバー強化剤としての再利用ができていると想定される。

もう一つの要因としては、微粉碎の過程で PE の直鎖が切れ、平均分子量が小さくなる可能性が考えられる。

2.1.3.1.1.5 破砕径による曲げ弾性率の変化

破砕径による曲げ弾性率の変化は下記図のようになった。

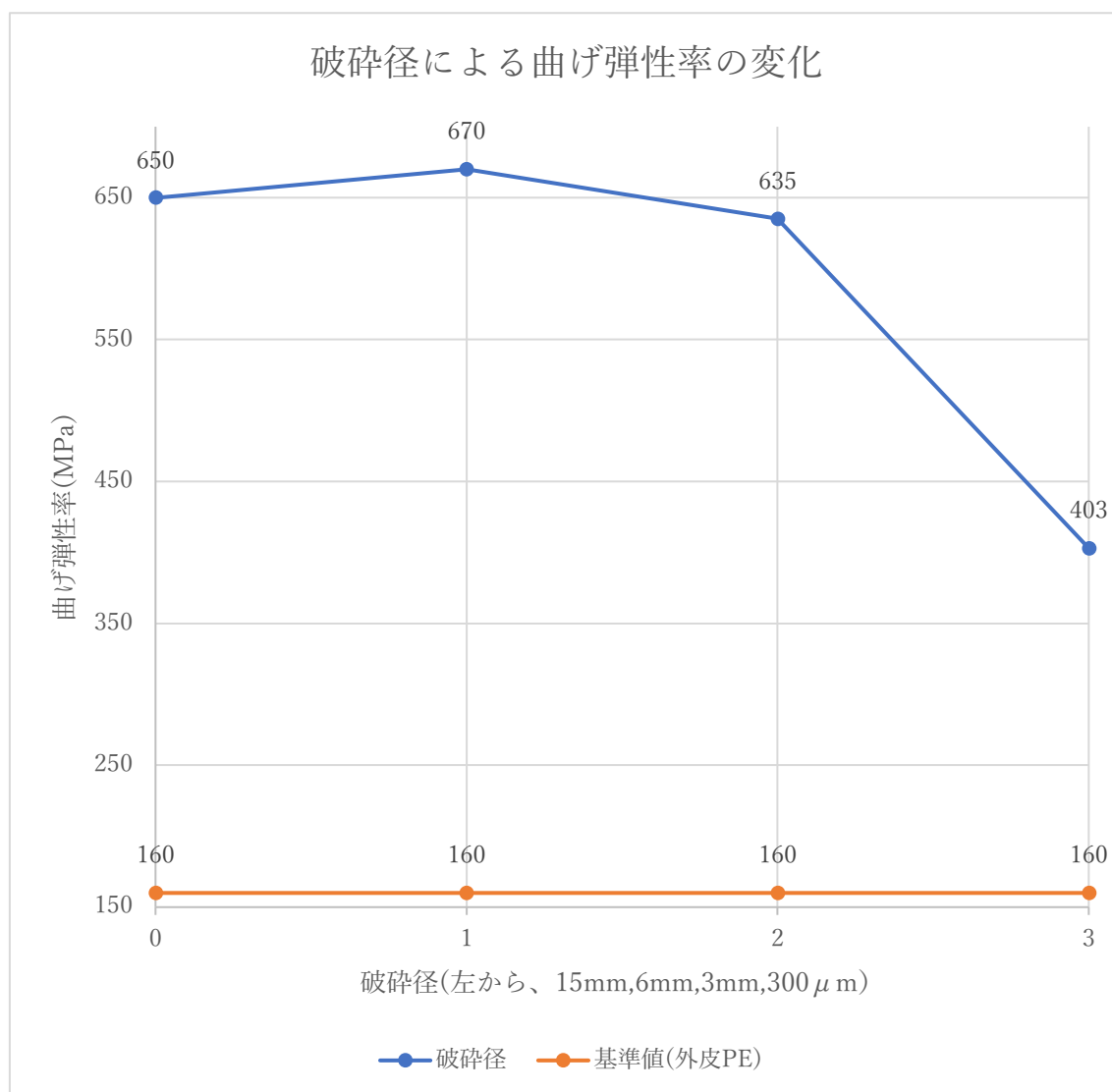


図 2-1-3-1-1-5 破砕径による曲げ弾性率の変化

曲げ弾性率は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μm の全てにおいて、減少傾向にあった。しかしながら、全てにおいて基準値は上回った。

減少傾向になった要因としては、曲げ強度と同様に擬似グラスファイバー強化剤機能の影響と、平均分子量の変化と考察した。

2.1.3.1.1.6 破砕径による曲げ弾性率の変化

破砕径の変化における IZ 衝撃強度の変化は下記図のようになった。

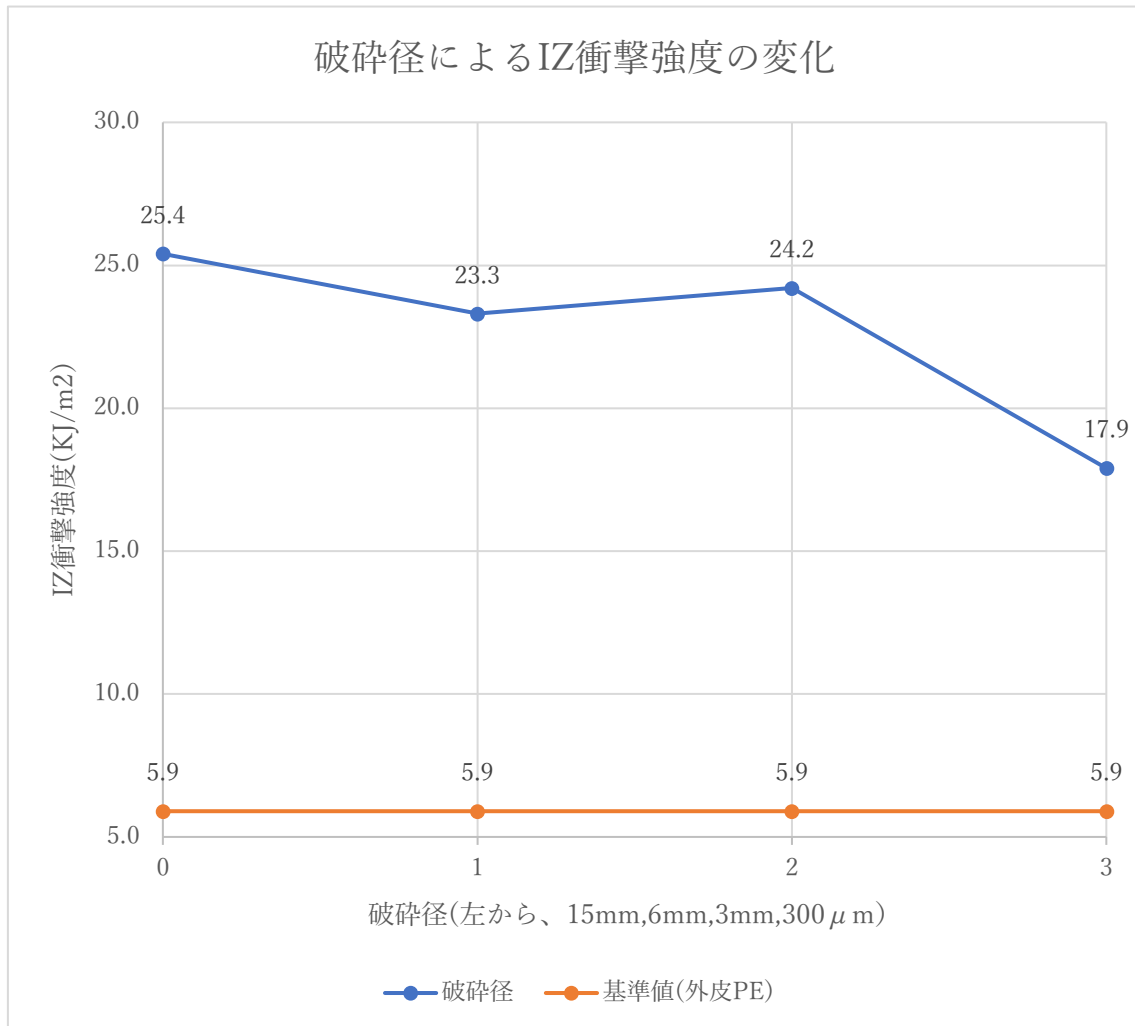


図 2-1-3-1-1-6 破砕径による IZ 衝撃強度の変化

曲げ弾性率は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m の全てにおいて、減少傾向にあった。
しかしながら、全てにおいて基準値は大きく上回った。

減少傾向になった要因としては、曲げ強度や曲げ弾性率と同様に擬似グラスファイバー強化剤機能の影響が考えられる。破砕径がちいさくなるごとに、擬似グラスファイバー強化剤機能は低下するが、無添加の外皮 PE と比較すると十分高い値を保ち続けることがわかった。

また、この擬似グラスファイバー強化剤機能は、引張試験や曲げ試験においては、顕

著な減少が見られ、微粉碎時の数値と基準値には大きい違いは見られなくなっているが、IZ 衝撃強度については顕著に強化機能が維持されている。

また、破碎と溶融混練による劣化によって起こされる、平均分子量の変化も影響していると想定される。

2.1.3.1.1.7 破碎径による灰分の変化

破碎径による灰分の変化は下記図のようになった。

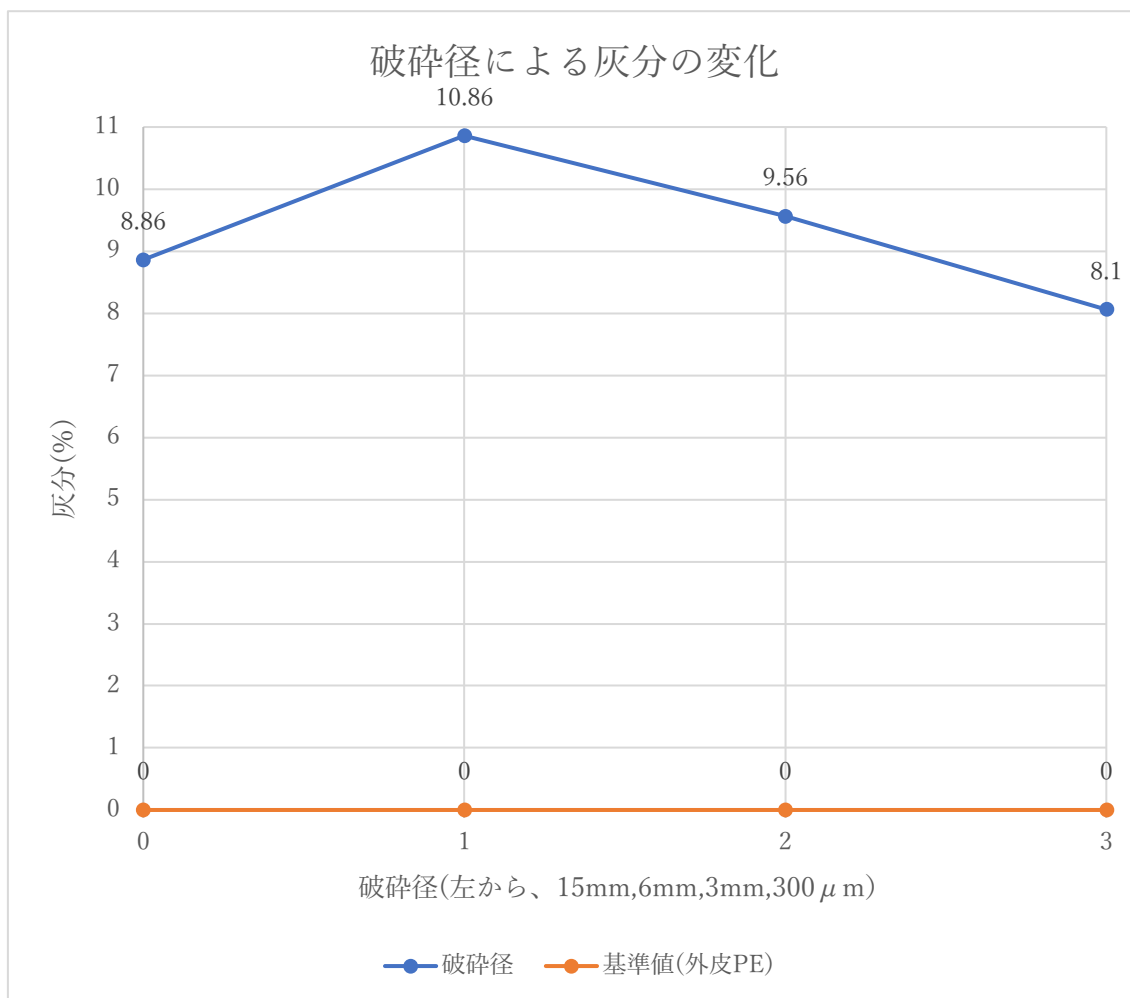


図 2-1-3-1-1-7 破碎径による灰分の変化

灰分率は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m では、8.1%~10.86%であった。また基準となる外皮 P E では灰分は検出されなかった。

これについて、外皮 PE について考察する。純粋な PE 燃焼時二酸化炭素と水に完全に分解されるので、灰分が検出されないのは妥当である。また、もし外皮に難燃剤やタルク等の添加剤が添加されている場合は灰分として残留するため、そうした添加剤も配合されていないことがわかる。

また、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m では、8.1%~10.86%であったことを考察する。光ファイバーケーブルの燃焼時に残留する物質として、光コア線が挙げられる。しかしながら、光コア線の分量は、重量比 1~5%程度であることが、わかっており、本試験においての灰

分率とは辻褃が合わない。

上記のことより、外皮と光コア線以外の部分に 3～10%程度の灰分を発生させる要因があると考えられる。現状で把握し切れていないが、光コア線の保護線 PE と、緩衝材、不織布 (PA) において、難燃剤やタルク等の添加剤が混ぜられている可能性が高い。

また、実験の想定上は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m の破砕径において、扱っている原料は同一のものであるため、灰分量は同じ値を示すはずである。しかしながら、最大 1.5%程度の差が生じている。

この要因として、乾燥度合いの差による水分量が考えられるが、後述の水分量の変化の図よりこの要因は棄却される。

また、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m の破砕径において後述の密度の差より、破砕した内容物が微妙に同一ではない可能性が指摘される。大きい差が生じているわけではないので、実験として失敗したわけではないと考えられる。複数回の破砕や押出、輸送の過程で、破砕機内部に静電気を帯びやすい光コア線等が付着していた。こうした機械内部への残留が考えられる。

また、本光ファイバーケーブルは複数の素材が混ざった複合素材であり、素材ごとに比重や破砕径が異なっている。よって、フレコンバック等への保管時に、素材ごとに分かれてしまい、同一ロットの中でも、混練後の物性が異なっている可能性が指摘される。

本試験では試験片を 5 つ作成し、平均値を取っている。本実験結果を受けて、再度、物性試験の試験片ごとの数値のばらつきを参照した。参照結果として数値のばらつきは大きくは見られなかった。

しかしながら、試験片の製造時に、保管用フレコンバックの上部と下部で別々に採取した原料を使用する等のオペレーションは実施していないため、なおも同一ロット内のばらつきの可能性は棄却できない。来年度の実験においては、本件の反省を受けて、実験条件や手順の見直しが必要となる。

2.1.3.1.1.8 破碎径ごとの密度比較

破碎径ごとの密度比較は下記図のようになった。

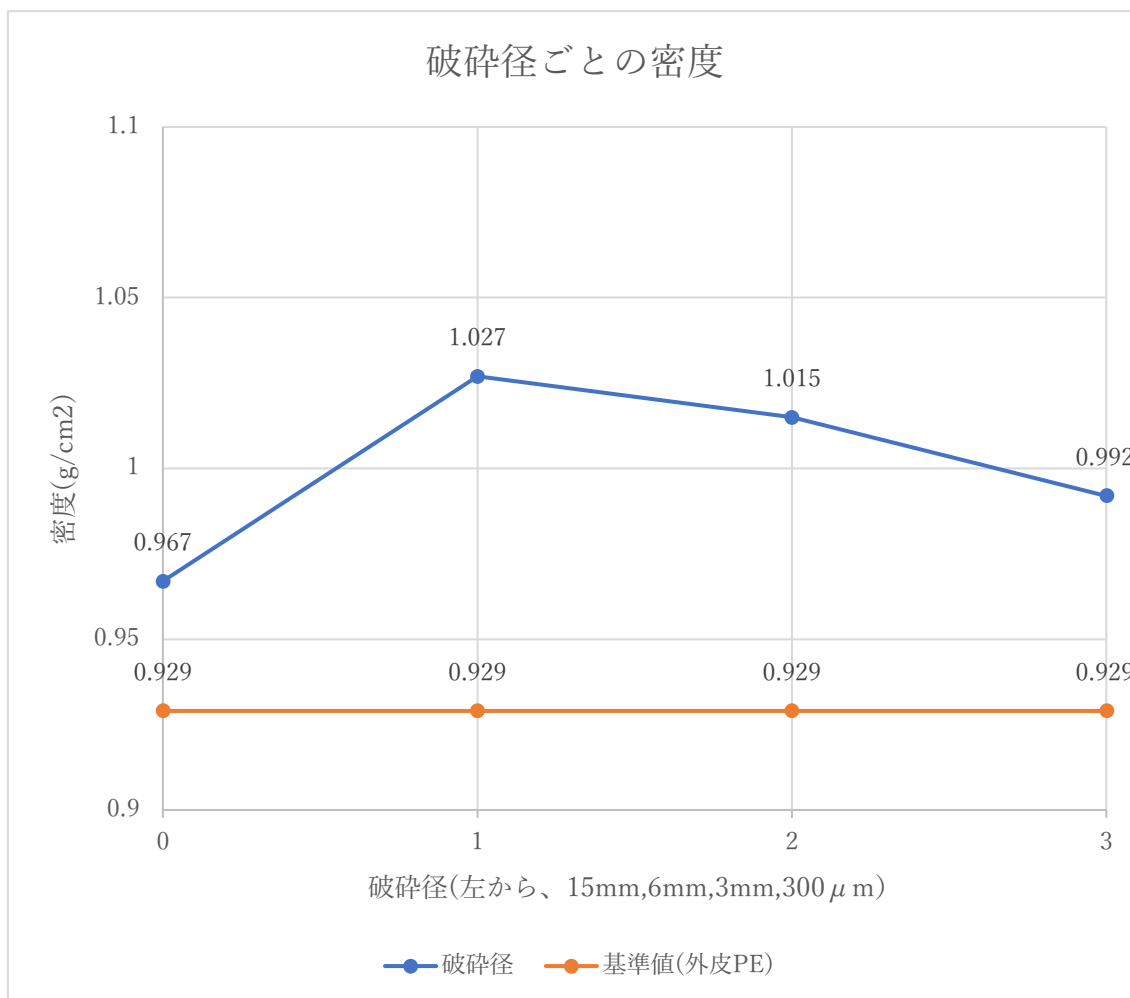


図 2-1-3-1-1-8 破碎径ごとの密度

密度は、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m では、0.967～1.027 の間でばらつきが見られた。
また、全てのサンプルにおいて基準値よりも上回った。

基準値の外皮は PE であり 0.929 という比重は PE として妥当な数値である。また、灰分試験より、タルク等の比重を大きく左右する添加剤は含まれていないことが示唆されたが、比重の試験においてもタルク等が含まれていないことが確認できる。

また、全てのサンプルにおいて基準値よりも上回ることは、光ファイバケーブルに含まれる光コア線や保護線において外皮よりも比重が大きいためである。

しかしながら、密度が、15mm, 6mm, 3mm, 300 μ m では、0.967～1.027 の間でばらつきが見られたことは課題である。本来、灰分と同じく、同一のサンプルから作った場合、密

度は一定になることが予想される。しかしながら、本試験ではばらつきが見られる。ばらつきの要因として、水分量が想定されるが、後述の水分量データより棄却される。

よって、前述の灰分量のデータの考察と同じく、本実験において、作成した試験片に含まれる素材の構成比が、破碎径のサンプルごとに微妙に異なっていることが予想される。

2.1.3.1.1.9 破砕径ごとの水分量比較

破砕径ごとの水分量比較は下記図のようになった。

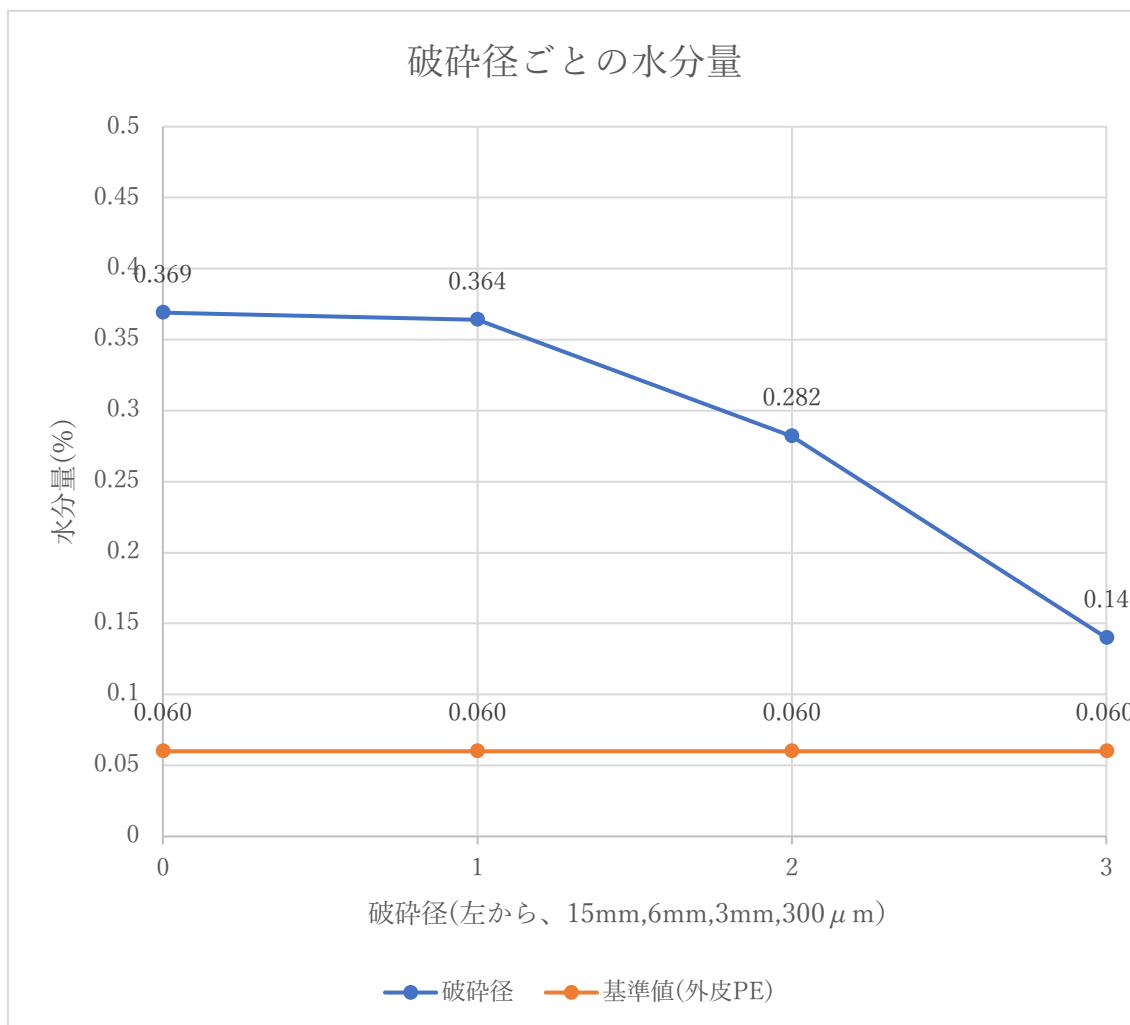


図 2-1-3-1-1-9 破砕径ごとの水分量

水分量は、基準値を含む全てのサンプルにおいて、0.5%以下の非常に低い値を維持することができた。

試験片の物性試験において、サンプルの水分量は物性値に誤差を生み出してしまう要因となる。本試験においては、すべてのサンプルにおいて、水分量は低く、正確な物性値を測れている指標となる。

同時に、前述の通り、灰分量や密度のデータから、試験片ごとに複数の素材の配合比が異なっていることが指摘されているが、このデータのばらつきの要因が水分量である可能性を棄却できる。

また、この水分量はあくまでも物性試験において、正確な値を測るために、サンプルを乾燥機にかけて乾燥させたため低い水準を示している。しかしながら、実際の運用上では、洗浄脱水と水比重分離の工程を含む。この工程により、原料は濡れるため、実際の運用において、水分量過多を要因とする成形不良等が生じる可能性はあり、本結果はそれを否定するものではないことに留意する。

2.1.3.1.1.10 破碎径の変化による物性変化について(まとめ)

以上から、破碎径が小さくなるほど、引張降伏強度が低下し、引張破断深度が向上し、結果的に元々の PP 外皮の物性に近づくと共に、元々の PP 外皮以上に柔らかくなることが確認された。

予測していた光コア線の添加による引張降伏強度の向上や、曲げ強度等の増進は、微粉碎を行っていない場合には見られたが、微粉碎化によって増進効果が失われた可能性が指摘される。

2.1.3.2 比重分離工程での課題と実証内容

比重分離率は以下になった。

3回の平均 樹脂層 98% アルミ層 95%



図 2-1-3-2 分離後のアルミ層

これは低湿のアルミニウム廃材としての売却基準(純度 90%以上)を満たす。樹脂層については、アルミを含まない光ファイバーケーブルと混合し、不純物の割合を 1%以下とし、ペレット化時にフィルターで除去が可能である。

2.1.3.3 熔融混錬工程における課題と技術実証内容

2.1.3.3.1 擬似相溶性の観察

光ファイバーケーブルの破碎径及び、混錬と非混錬の差によって、試験片の擬似相溶性に変化がみられるか観察を行なった。手法として、非混錬の状態の 6mm 破碎品及び、300 μ m 微粉碎品、混錬を行った 300 μ m 微粉碎品について、熱プレス機で薄片に整形し観察を行う。様子は下記図のようになった。



図 2-1-3-3-1 破碎径と混練による相溶性差の観察

上図より、6mm 破碎で混錬をしていない薄片については、破碎されていない 20mm 程度の光コア線が析出し、不織布が、樹脂層と混ざり合っていない。不織布の一部や光コア線の一部は剥離してしまい、穴になっている。

300 μm 混錬なし品についても、一定光コア線と不織布共に細かく微粉碎されている。不織布は樹脂層と擬似相溶しておらず分散はできているが分離している状態である。光コア線については、剥離はしていないものの表面に析出している。

300 μm 混錬品については、光コア線と不織布共に析出しておらず、擬似相溶性を示している。

2.1.3.3.2 表面状態の観察

6mm 破碎品と、300 μm 微粉碎品における、観察用プレートの表面状態の観察を行った。結果は以下の図のようになった。



図 2-1-3-3-2 破碎径と混錬による試験片の表面状態の観察

上図より、6mm 破碎のプレートでは、表面に光コア線が析出してしまっており、製品として不適である。また、後述の発泡に起因して表面のざらつきが発生している。発泡による圧力により金型が浮いてしまったことによって、プレート自体に型締め力不足のようなバリが発生している。

一方で、300 μ m 微粉碎においては、表面の光コア線の析出は全く見られず、また発泡も発生していない為、表面光沢が見られる。

2.1.3.3.3 破碎径の違いによる内部状態の比較観察

6mm 破碎品と、300 μ m 微粉碎品における、観察用プレートの内部の観察を行った。
結果は以下の図のようになった。



図 2-1-3-3-3 破碎径と混錬による試験片の表面状態の観察及び、内部状態の観察

上図より、6mm 破碎のプレートでは、内部に発泡が見られる。一方で、300 μ m 微粉碎においては、発泡が見られない。

要因として下記のように推測する。

破碎品を溶融混錬しペレット化する工程で、ストランドと呼ばれる、溶融された樹脂を水につけることで冷却し、ペレット状にカットする方式をとっている。この際、荒いものは表面が荒く、ボソボソ状態にあり、水槽で冷却し、カットする際に余分な水分をペレット内部に取り込んでしまっており、その後の乾燥工程で取りきれない水分として持っている。一方で、微粉碎については表面がきめ細やかな為、水分を取り込まなかったと推定される。

物性評価を行ったサンプルは、強く乾燥していたため上記の水分も飛んでしまっている。よって現在保有しているデータでは上記の要因かどうかを測ることができない。次年度以降実験精度を向上させたい。

2.2. 光ファイバーケーブルペレットの光ファイバーケーブル付帯設備への成形技術の実証 (製品への用途探索と改質, 可とう電線管の成形)

2.2.1. 緒言

2.2.1.1 製品への用途探索と、改質

光ケーブルを地下や屋外に設置する際の保護用に可とう配管が用いられるが、この際可とう配管には、高い機械的強度と 5-20 年の使用に耐える高い耐候性が求められる。一般にプラスチックの機械的強度を向上させるためにガラス繊維を添加することは多く、自動車やバスタブの他、光ケーブル業界でも高架製品等に広く用いられる。本実証技術で、ペレット中に混入してしまうコア線を、適切な大きさに微粉碎することで疑似的に添加剤として機能させることを想定する。

実証の方針として、微粉碎混練で得られたペレットの機械的物性や耐候性試験を行う。要求物性に合わせて耐候性や耐熱性を添加する添加剤を探索し配合する。また対応可能な可とう配管の種類や、光ケーブル付帯製品を検討し、製品に合わせた改質を行う。今年度は市場に流通している可とう配管の物性を測定し、本試験で得られたペレット原料の改質によって要求物性が達成可能かを見積もる。

2.2.1.2 可とう電線管の成形における課題

本実証では、ペレット内に光コア線や PA 不織布が混入している。こうした混入物が混ざった状態での成形において、最適となる金型の設計や機械条件を洗い出す。今年度は従来の金型を用いて、ガラス線が成形機内部に溜まる等の課題が事前に想定された為、成形時の課題を洗い出した。

2.2.2. アプローチ

市場に流通している可とう配管 5 種について、物性評価を実施する。

下記割合で添加剤を添加した。

表 2-2-2 耐候性試験の配合

配合	基準	微粉碎	6.5 年相当	32.5 年相当
ペレット (%)	100 (6mm 破碎)	100 (微粉碎)	100	100
UV 73 (%)	－	－	0.05	0.45
Hals 90 (%)	－	－	0.05	0.45
1010 (%)	－	－	0.05	0.15
St-Zn (%)	－	－	0.05	0.125

添加剤の詳細は下記表の通りである。

表 2-2-2-1 UV 73 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	https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_01.html

表 2-2-2-2 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	https://www.tenkazai.com/product-basf/irganox1010.html

表 2-2-2-3 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	$\text{Poly}(\{6-[(2,4,4\text{-trimethylpentan-2-yl)amino}]1,3,5\text{-triazine-2,4-diyl}\}[(2,2,6,6\text{-tetramethyl-4-piperidyl)imino}]hexane-1,6-diyl[(2,2,6,6\text{-tetramethyl-4-piperidyl)imino}])$
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。 厚い樹脂から薄膜までの耐光安定化に効果を発揮する。 ポリオレフィン等に多用される。
参考URL	https://www.chemipro.co.jp/ja/business/chemicals/resin_additive/detail_06.html

表 2-2-2-4 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	https://www.genome.jp/dbget-bin/www_bget?dr_ja:D06370

2.1.3. 取組結果

市場に流通している可とう配管 4 種の物性は下記となった。

表 2-1-3-1 市場に流通している可とう配管 4 種の物性

		サンプルNo				
		1	2	3	4	
項 目	試験方法	単 位	MSC 通し番号01 未来工業 TLフレキ TCM-22S	MSC 通し番号02 未来工業 ミラフレキ-SS MF-S-22	MSC 通し番号03 未来工業 ミラフレキ-CD MF-CD-22	MSC 通し番号04 未来工業 ミラフレキ MF MF-28
1	メルトフローレート	g/10min	0.13	0.16	0.12	0.19
2	引張降伏強度	Mpa	21.8	23.8	23.7	14.6
3	引張破断伸度	%	52.5	32.0	43.7	54.4
4	曲 げ 強 度	Mpa	20.5	22.6	22.4	11.5
5	曲げ弾性率	Mpa	900	980	990	580
6	17衝撃強度	23℃	20.6*1	24.7*1	29.9*1	8.9*1
			-	-	-	-
7	灰 分	%	0.66	0.66	0.66	11.0
8	密 度	g/cm ³	0.953	0.963	0.949	1.153
9	水 分	%	0.083	0.076	0.071	0.101
10	色 調	L値	21.9	75.7	53.2	22.6
		a値	0.4	3.1	26.6	0.8
		b値	-2.4	5.0	34.5	-3.4
備考						
*1 ヒンジ破壊、薄い表層だけが一体になって離れない不完全破壊。						

耐候性試験結果は下記となった。

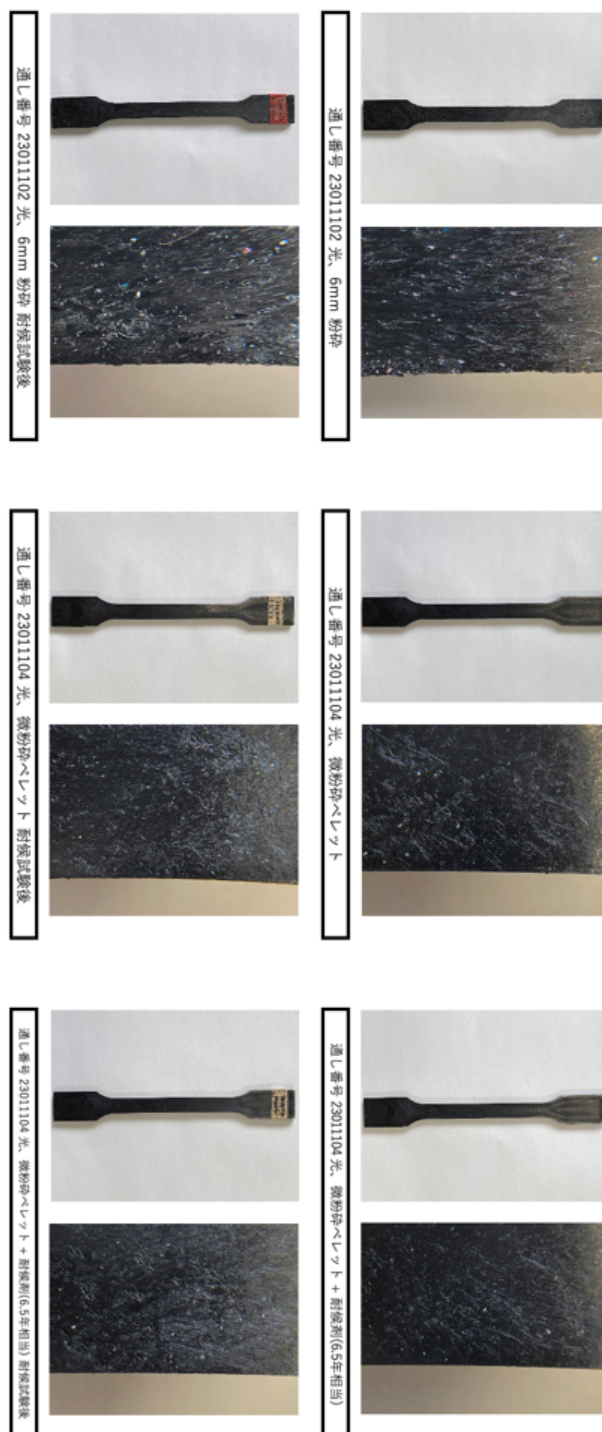


図 2-1-3-1 耐候性試験結果

引張試験結果は下記となった

表 2-1-3-2 耐候性試験前後の引張試験結果

促進耐候性試験前後

6mm破砕品

	項 目	単 位	照射前	照射後	変化率
1	引張降伏強度	Mpa	13.1	13.5	1.7
2	引張破断伸度	%	65.0	55.3	△8.1

300 μ m微粉砕品

	項 目	単 位	照射前	照射後	変化率
1	引張降伏強度	Mpa	9.7	10.3	3.0
2	引張破断伸度	%	192.7	172.7	△5.5

300 μ m微粉砕品+耐候性添加剤

	項 目	単 位	照射前	照射後	変化率
1	引張降伏強度	Mpa	11.3	11.3	1.5
2	引張破断伸度	%	80.8	80.8	△3.8

結果として、耐候性改質剤を添加していないサンプルについても、わずかな劣化のみであった。また、多少効果耐候性改質剤による効果はあるものの、顕著には出なかった。この程度の効果の場合、改質剤コストを鑑みると混ぜるメリットはあまりない。

要因として、元々光ファイバーケーブルの製造時に十分量以上の耐候性改質剤が添加されており、その効果が継続しているためであると考えられる。

今年度は5年間の短期間での耐候性評価を実施したため、次年度は、20年の長期間の耐候性評価を実施し、上記結果通りになるかを測定する。

20年の長期では、耐候性改質剤をさらに添加する必要性が見られれば添加し、長期において必要性が見られない場合は、そもそも本実証においては、原料の廃光ファイバーケーブルが持っている個性を生かし、新たな耐候性改質が不要であると判明する。

2.3. 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー構築の実証(光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー技術実証、光ファイバーケーブル付帯設備の回収フロー構築実証)

2.3.1. 緒言

日本国内ではNTTや大手メーカーを中心に、2010年頃より光ケーブル自体の自主回収フローは構築されており、実績がある。本実証の連携先である有限会社京浜金属工業仙台支店では、東北地域で発生する。光ケーブルの工場ロス品のほぼ全量の間処理を担っている。従って、光ケーブル自体の回収及び収集は今回課題にならない。一方、可とう配管等の光ケーブル付帯設備についても、光ケーブルの回収時に同時に更新する為回収している。付帯設備については光ケーブルと異なり、業界内で収集する機運は無いため、回収業者ごとに産業廃棄物として処分されている。そこで、通信メーカーに対し、自社回収フローの構築に向けて相談を行った。また、京浜金属工業が単独で受け入れ可能な光ケーブル量は年間200トンが限界と回答を得ている。実証事業終了後に社会に広く実装するためには、京浜金属工業の他に国内10ヶ所程度の事業実施拠点が必要となる。

2.3.2. アプローチ

2.3.2.1 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー技術実証

複数回数のリサイクルによる劣化度合いを調べる。

2.3.2.2 光ファイバーケーブル付帯設備の回収フロー構築実証

通信メーカーに対してヒアリング調査を実施した。

2.3.3. 取組結果

リサイクル回数による物性の劣化度試験は下記図のようになった

光ファイバー線 リサイクル回数による劣化度合試験

	項 目	試験方法	単 位	①				
				①	②	③	④	⑤
				①押出二回目 PE外皮 PEスロットルのみ (PEスロットル230% PE外皮のファイバー線 のみ30%)	②押出二回目 (①レベルトを押出)	③押出三回目 (②レベルトを押出)	④押出四回目 (③レベルトを押出)	⑤押出五回目 (④レベルトを押出)
1	スロットルローレイト	JIS-K7210	g/10min					
2	引張強さ速度	JIS-K7162	MPa	22.40	13.43	12.27	11.32	11.55
3	引張延伸伸度	JIS-K7162	%	74.4	58.5	59.4	67.9	66.4
*1 ビンク被覆、無い箇所だけが一体になって離れない不溶被覆。(粘性が有る傾向)								
備考 【測定条件 ABS 220℃ 10kg、PS 200℃ 5kg、PP 230℃2.16kg、PE 180℃2.16kg】								

図 2-3-3 リサイクル回数による劣化度試験

上図より、引張破断伸度は、リサイクル回数が増えるほどのむしろ向上した。これは、原料として 6mm 破砕品を使ったために、1 回目のリサイクルでは樹脂の溶融混練が十分ではなく、分散性が不十分であったり、樹脂内に光コア線が長く析出していたが、リサイクル回数を増やすごとに分散性が向上し、不純物である光コア線が短く折れたことが要因と考えられる。

2.3.4 光ファイバーケーブルリサイクルに関する通信事業者へのヒアリング実施

NTT に対するヒアリング概要

NTT に対するヒアリング概要は、以下の通りである。

表 2-3-4 ヒアリング概要

日 時	2023 年 1 月 31 日（火曜日）15:00～16:00
場 所	オンライン（Microsoft Teams）
対応者	NTT 研企、NTT 東日本（資材調達）、NTT アドバンステクノロジー株式会社、 研究所：各ご担当者様
訪問者	MSC：畠山 資源循環ネットワーク：相馬、松岡、川田

NTT に対するヒアリング結果

NTT に対するヒアリング結果は、以下の通りである。

表 2-3-4-1 ヒアリング結果

		ヒアリング結果
ヒアリング内容	NTT 側の現状	- 光ファイバーケーブルのマテリアルリサイクルはできておらず、サーマルリサイクルを行っている。 - マテリアルリサイクルをしていない理由は、リサイクル技術が確立しておらず、分別等がコストとなり、問題となっていることにある。
	調達における仕様	- 光ファイバーケーブルの設計は、ミニマム仕様になっている。発注する際、製品の素材選定は、メーカー側にあり、メーカー調整を行っている。 - 仕様の詳細を公開することは難しいが、JIS 規格に適合しているかどうかは基本となっている。
	技術の問題点	光ファイバーケーブルには様々な種類があり、付帯設備等がついている。付帯設備については現状でも分離し、その後、粉砕を行っている。粉砕の際にガラスなどが刺さる可能性が高く危険なため、手袋等の対策は必要となる。次年度、実証を行う予定としている。
今後の連携		- 調達における製品仕様の公開や製品試験を行うことは難しいが、試験結果について意見を述べることは可能である。 - 現場（NTT 東）、事務局（NTT - AT）、研究所、それぞれに分かれており、チームとして対応する必要がある。そのため、NTT 研企ご担当者様を窓口とし、継続して情報交換を行う。

次年度における通信事業者とのコミュニケーション実施に向けた検討支援
検討結果

検討結果は、以下の通りである。

光ファイバーケーブルリサイクルシステム

想定される光ファイバーケーブルのリサイクルフローは、以下の通り。

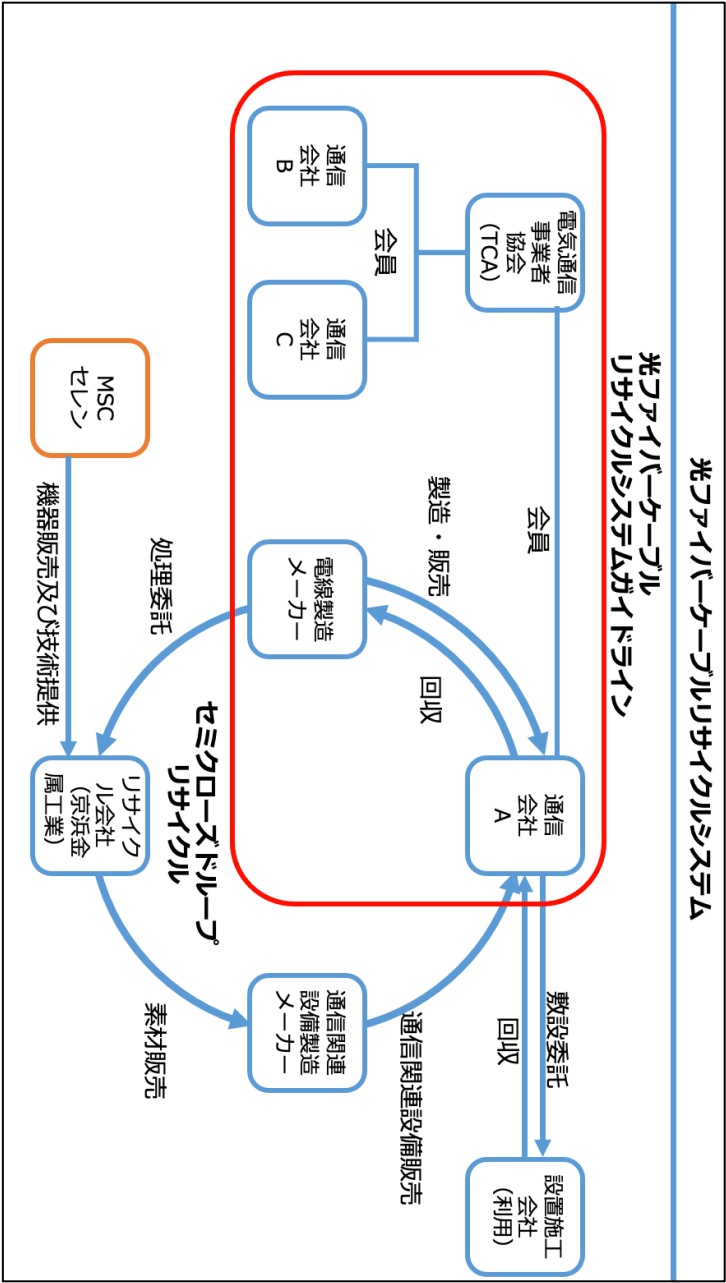


図 2-3-4-2 光ファイバーケーブルリサイクルシステム図

光ファイバーケーブルリサイクルの市場規模

実証終了時の想定される市場規模は 27 億円である。2030 年には廃光ファイバーケーブル由来の配管の価格は 1200 円へ下がり、技術の普及・拡大により 2030 年には 108 億円まで市場は拡大が想定される。

表 2-3-4-3 光ファイバーケーブルリサイクルの市場規模

	実証終了時	2025 年	2030 年
処理量 (t/y)	90	180	9,000
廃光ファイバーケーブル 由来配管 (円/kg)	30,000	10,000	1,200
市場規模 (億円)	27	18	108

2.4. LCA の検証・評価

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、株式会社エティーサ研究所に再委託し協力して実施した。

2.4.1. 実施目的

「令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業（プラスチック等のリサイクルプロセス構築及び省 CO2 化実証事業）光ファイバーケーブルの微粉化混練技術による高度化リサイクルプロセス構築及び省 CO2 化実証事業）」の委託業務の廃プラスチックの処理と再生品に関して、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、実証事業であるため 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が完全な状態ではなく、現時点では多くの仮定が含まれている。

2.4.2. 評価対象製品とベースライン

評価対象製品は廃光ファイバーケーブルの処理と再生ポリエチレン管とした。ベースラインは対象製品と同量の廃光ファイバーの廃棄処理と新規に製造される PE 管とした。

表 2-4-2 評価対象製品とベースライン

評価対象製品	ベースライン
廃光ファイバーの再資源化処理 および 再生 PE 管の製造	廃光ファイバーの廃棄処理 および 新規 PE 管の製造

2.4.3. 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、機能単位は廃光ファイバー1kg の処理と PE 管 0.635kg の提供とした。

評価対象製品の再生 PE 管はベースラインの新規 PE 管と同等の機能を果たすものと仮定した。

2.4.4. システム境界

評価対象製品のシステム境界は、廃光ファイバーの調達から再資源化を経て再生 PE 管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、廃光ファイバーの廃棄処理と新規 PE 管の提供までの一連のプロセスに設定した。

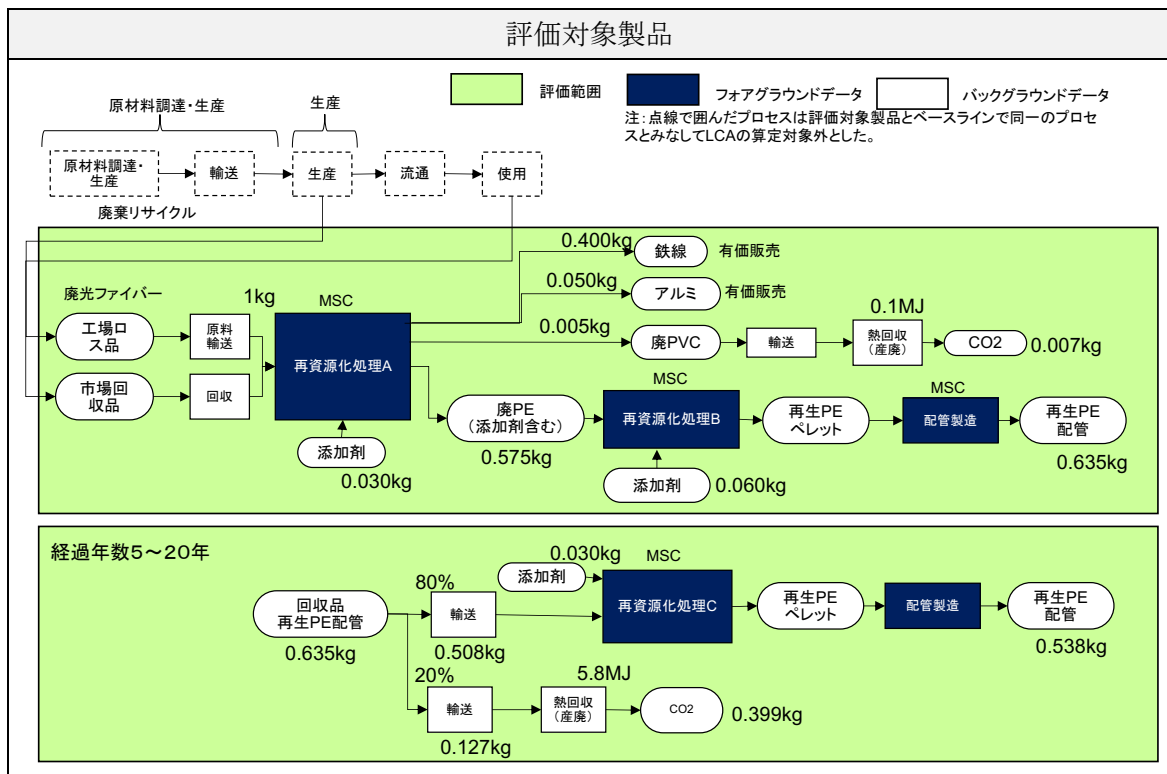


図 2-4-4 評価対象製品のシステム境界

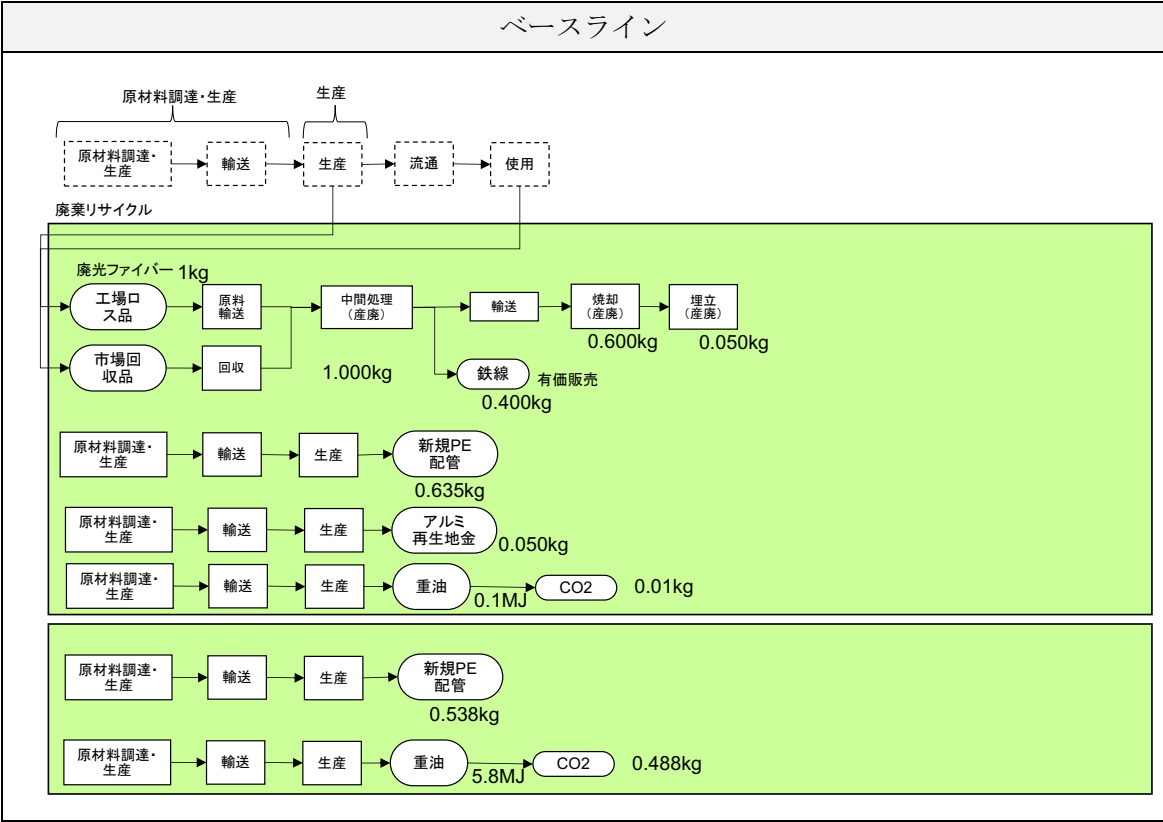


図 2-4-4-1 ベースラインのシステム境界

2.4.5. 地理的条件

評価対象製品とベースラインにおける廃光ファイバーの処理は日本国内で実施されるものとした。同様に PE 管は日本国内で提供されるものとした。

2.4.6. 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 (CO₂)、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、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 (SF₆)、三フッ化窒素 (NF₃) 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-CO₂ または kg-CO₂eq 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。

2.4.7. バックグラウンドデータ

GHG 排出原単位は基本的に IDEAv3.1 を使用した。

2.4.8. 評価対象製品に関わる算定条件と GHG 排出量

2.4.8.1. 原材料調達・生産～使用

廃光ファイバーの処理からをシステム境界としているため、1 回目の光ファイバーの原材料調達・生産段階、生産、流通、使用は GHG 排出量の評価対象外とした。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
廃光ケーブル	0.001t	100km	kg-CO2eq/tkm 10tトラック・積載率平均	= 1.62E-02 kg-CO2eq

2.4.8.2. 廃光ファイバーの輸送・回収

廃光ファイバーは工場ロスの受け入れと市場回収品からの調達を見込んでいる。現状としては同一県内からの工場ロスの受け入れに限定している。輸送距離は 100km で使用車両は 10 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位	算定結果
廃光ケーブル処理量	1kg	- kg-CO2eq/kg	= 0.00E+00 kg-CO2eq
添加剤	0.03kg	kg-CO2eq/kg 顔料データで試算	= 1.02E-01 kg-CO2eq
電力	1.620890351kWh 粗粉碎～微粉碎	kg-CO2eq/kWh	= 9.17E-01 kg-CO2eq

2.4.8.3. 再資源化処理A

廃光ファイバーを粉砕機で処理するプロセスでは、再資源化物として廃 PE 粉砕品、鉄くず、アルミくず、廃 PVC が得られる。副原料として添加剤が使用される。粉砕機に係るエネルギーとして電力が必要となる。

産出物	数量	GHG排出原単位	算定結果
廃PE破砕品(添加剤含む)	0.575 kg		
鉄くず	0.4 kg	→ベースラインと同量が産出される。	
アルミくず	0.05 kg	→ベースラインでは産出されない。ベースライン側で再生地金分のGHGを加算	
廃PVC	0.005 kg	→廃PVCは熱回収されて燃料代替となる。ベースラインでは産出されない。ベースライン側で重油のGHGを加算	

2.4.8.4. 再資源化処理B

廃 PE 粉砕品に添加剤を加え、配管用の再生 PE ペレットを製造するプロセスである。造粒機に係るエネルギーとして電力が必要となる。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位	算定結果
廃PE破砕品	0.575 kg	— kg-CO ₂ eq/kg	= 0.00E+00 kg-CO ₂ eq
添加剤	0.06 kg	— kg-CO ₂ eq/kg	= 2.04E-01 kg-CO ₂ eq
電力 押出	0.182300215 kWh	— kg-CO ₂ eq/kWh	= 1.03E-01 kg-CO ₂ eq

2.4.8.5. 配管製造

再生 PE ペレットを原料として配管を製造する。配管製造に係るエネルギーとして電力を使用する。

投入原料・ユーティリティ		GHG排出原単位		算定結果
再生PEペレット	0.635kg	-	kg-CO2eq/kg	= 0.00E+00kg-CO2eq
電力	0.06985kWh 射出		kg-CO2eq/kWh	= 3.95E-02kg-CO2eq

2.4.8.6. 廃 PVC の輸送・廃棄処理

廃 PVC は同一県内に輸送とし、輸送距離は 100km で使用車両は 4 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。輸送後の廃 PVC は熱回収として有効利用することを想定した。産廃の焼却処理に係る GHG 排出量と廃 PVC が燃焼することによって生じる GHG 排出量を計上した。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
廃PVC	0.000005t	100km	kg-CO2eq/tkm 4tトラック・積載率平均	= 1.48E-04 kg-CO2eq
投入原料・ユーティリティ	数量		GHG排出原単位	算定結果
廃PVC	0.005kg		kg-CO2eq/kg 産廃・焼却(ごみ燃焼分含まないものとした)	= 5.09E-03 kg-CO2eq
PVC (C2H3Cl)n	0.005kg	基本分子量 C2H3Cl→	1.41E+00 kg-CO2eq/kg 62.49822 g/mol C含有量 24.0214 g-C/mol C含有率 0.384 燃焼時CO2排出量 1.409 kg-CO2/kg-PVC	= 7.05E-03 kg-CO2eq

2.4.8.7. 再生 PE 管の回収・輸送

廃光ファイバーを再資源化して再生 PE 管を製造した後、光ファイバーを 5～20 年後に回収して 80%程度循環利用することを見込んでいる。再生 PE 管は同一県内からの回収とし、輸送距離は 100km で使用車両は 4 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
再生PE管(2次リサイクル向け)	0.000508t	100km	kg-CO2eq/tkm 10tトラック・積載率平均	= 8.22E-03 kg-CO2eq

2.4.8.8. 使用済み再生 PE 管の再生ペレット化・配管製造

廃光ファイバーを再資源化して再生 PE 管（一次リサイクル品）を製造した後、に循環利用することを見込んでいる。再生樹脂の劣化などを考慮せず、仮想的条件として回収後の再生 PE 管から再生ペレットを製造し、再生 PE 管（2 次リサイクル品）を製造するものとした。再生ペレットには添加剤を加えて品質を安定させる必要がある。再生ペレットと再生 PE 管（2 次リサイクル品）で使用するエネルギーは電力である。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位		算定結果
再生PE管(2次リサイクル向け)	0.508kg	-	kg-CO2eq/kg	= 0.00E+00kg-CO2eq
添加剤	0.03kg		kg-CO2eq/kg	= 1.02E-01kg-CO2eq
電力	0.216898876kWh	顔料データで試算	kg-CO2eq/kWh	= 1.23E-01kg-CO2eq
押出				

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位		算定結果
再生PEペレット	0.538kg	-	kg-CO2eq/kg	= 0.00E+00kg-CO2eq
電力	0.05918kWh		kg-CO2eq/kWh	= 3.35E-02kg-CO2eq
射出				

2.4.8.9. 未回収の再生 PE 管（一次リサイクル品）の輸送・廃棄処理

再生 PE 管（一次リサイクル品）で回収が困難と想定されるため 20%は熱回収とした。同一県内に輸送とし、輸送距離は 100km で使用車両は 4 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。輸送後の再生 P E 管は熱回収として有効利用することを想定した。産廃の焼却処理に係る GHG 排出量と廃 P E が燃焼することによって生じる GHG 排出量を計上した。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
再生PE管(未回収分)	0.000127t	100km	kg-CO2eq/tkm 4tトラック・積載率平均	= 3.76E-03kg-CO2eq
投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位		算定結果
廃PE	0.127kg	kg-CO2eq/kg 産廃・焼却(ごみ燃焼分含まないものとした)	=	1.29E-01kg-CO2eq
PE (C2H4)n	0.127kg	基本分子量 C2H4→ 28.05316 g/mol C含有量 24.0214 g-C/mol C含有率 0.856 燃焼時CO2排出量 3.140 kg-CO2/kg-PVC	=	3.99E-01kg-CO2eq

2.4.8.10. 評価対象製品の GHG 排出量

表 2-4-8-10 評価対象製品の GHG 排出量

単位: kg-CO₂eq/kg-廃光ケーブル

項目	GHG排出量		計
	エネルギー 起源	非エネルギー 起源	
(1) 原料輸送および回収	1.62E-02		1.62E-02
(2) 再資源化処理A	1.02E+00		1.02E+00
(3) 再資源化処理B	3.07E-01		3.07E-01
(4) 配管製造	3.95E-02		3.95E-02
(5) 廃PVCの輸送、熱回収	5.24E-03	7.05E-03	1.23E-02
(6) 再生PE管(1次品)の回収輸送	8.22E-03		8.22E-03
(7) 再生PEペレット(2次品)の製造	2.25E-01		2.25E-01
(8) 再生PE管(2次品)の製造	3.35E-02		3.35E-02
(9) 未回収の再生PE管(1次品)の輸送、熱回収	1.33E-01	3.99E-01	5.32E-01
合計	1.79E+00	4.06E-01	2.19E+00

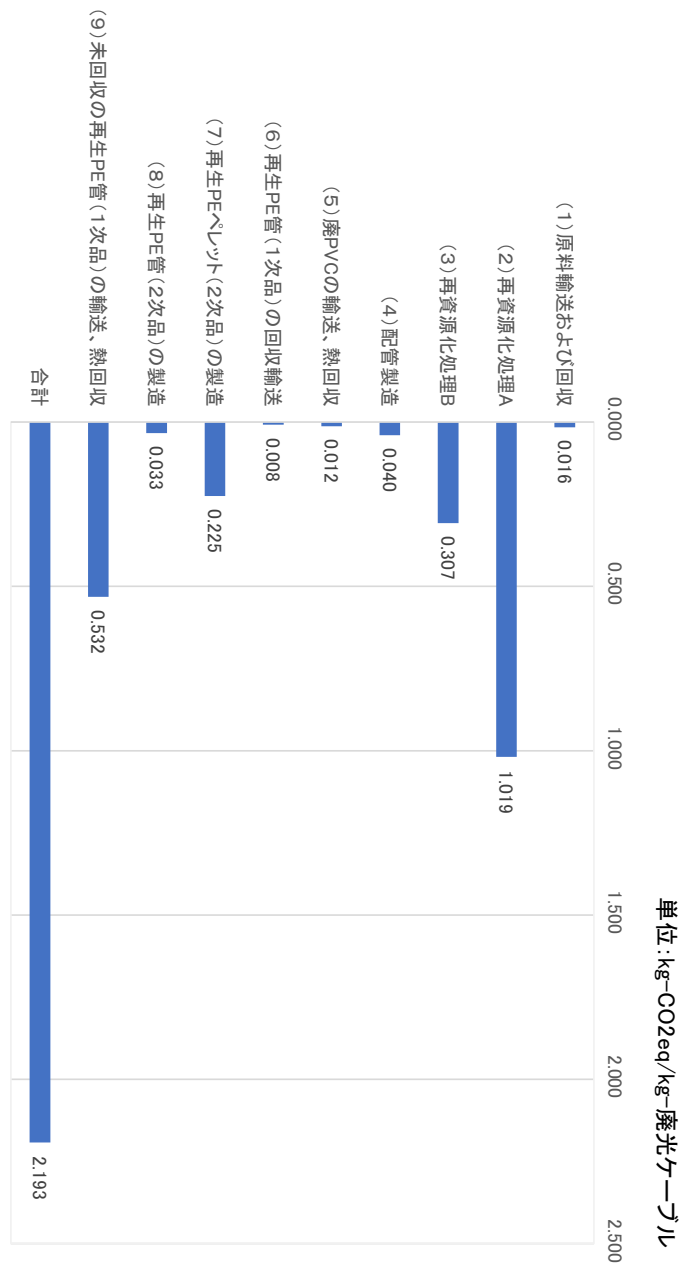


図 2-4-8-10-1 評価対象製品の GHG 排出量 (処理 1kg&配管 0.635kg あたり)

2.4.9. ベースラインに関わる算定条件と GHG 排出量

2.4.9.1. 廃光ファイバーの輸送

廃光ファイバーは現状ではほとんど再資源化されずに中間処理後に廃棄処理される。現在の状況は同一県内からの輸送とした。輸送距離は 100km で使用車両は 4 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
廃光ケーブル	0.001t	100km	kg-CO2eq/tkm 4tトラック・積載率平均	2.98E-02kg-CO2eq

2.4.9.2. 廃光ファイバーの中間処理

廃光ファイバーは現状ではほとんど再資源化されずに中間処理後に廃棄処理される。1kg の廃光ファイバーのうち、中間処理では鉄くず 0.400kg は回収されるものの、アルミくずは電線に接着されているため、簡易的な破碎処理では剥離されない上、含有量が少量であるため有効利用されていないと推察される。したがって、鉄くず以外の 0.600kg は焼却または埋立処理（0.600kg のうち 0.050kg）とした。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位	算定結果
廃光ケーブル処理量	1kg	kg-CO2eq/kg	1.35E-04kg-CO2eq

2.4.9.3. 中間処理後廃棄物の輸送

中間処理場から焼却処理場、最終処分場までの輸送距離は同一県内からの輸送とみなして、距離は 100km、使用車両は 4 トン車とした。トラックの積載率は平均のデータを使用した。

輸送	数量	距離	GHG排出原単位	算定結果
廃光ケーブル中間処理物	0.0006t	100km	kg-CO2eq/tkm 4tトラック・積載率平均	= 1.77E-02kg-CO2eq

2.4.9.4. 中間処理後廃棄物の焼却処理

焼却処理対象物 0.600kg は廃プラスチックであることから廃プラスチックの中間処理に係る GHG 排出量を算定した。0.600kg のうち、PE は 0.545kg、PVC0.054kg であり、それぞれのプラスチックは燃焼時の CO₂ 排出係数が異なる。PE は 1kg 燃焼時の CO₂ 排出係数は 3.14kg-CO₂、PVC は 1.41 kg-CO₂ を用いて燃焼時の CO₂ 排出量を算出した。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位	算定結果
廃プラ (廃PE) (廃PVC)	0.545 kg 0.54 kg 0.005 kg	kg-CO ₂ eq/kg 産廃・焼却(ごみ燃焼分含まないものとした)	= 5.55E-01 kg-CO ₂ eq
PE (C ₂ H ₄)n	0.54 kg 基本分子量 C ₂ H ₄ →	3.14E+00 kg-CO ₂ eq/kg 28.05316 g/mol C含有量 24.0214 g-C/mol C含有率 0.856 燃焼時CO ₂ 排出量 3.140 kg-CO ₂ /kg-PVC	= 1.70E+00 kg-CO ₂ eq
PVC (C ₂ H ₃ Cl)n	0.005 kg 基本分子量 C ₂ H ₃ Cl→	1.41E+00 kg-CO ₂ eq/kg 62.49822 g/mol C含有量 24.0214 g-C/mol C含有率 0.384 燃焼時CO ₂ 排出量 1.409 kg-CO ₂ /kg-PVC	= 7.05E-03 kg-CO ₂ eq

2.4.9.5. 埋立処理

埋立量は廃光ファイバーのアルミ分 0.05kg が焼却後の残渣で発生するものとし、金属くずの埋立処理に係る GHG 排出量を算出した。

投入原料・ユーティリティ	数量	GHG排出原単位	算定結果
焼却残渣 アルミ分が残渣として発生	0.05 kg	kg-CO ₂ eq/kg	= 9.87E-03 kg-CO ₂ eq

2.4.9.6. 新規 PE 管の製造（1 次リサイクル品に相当）

評価対象製品で製造される再生 PE 管（1 次リサイクル品）はベースラインでは生産することができないため、新規の PE 管 0.635kg を生産する必要があるため、生産に係る GHG 排出量を計上した。

産出物	数量	GHG排出原単位	算定結果
新規PE管	0.635 kg	kg-CO ₂ eq/kg	= 2.18E+00 kg-CO ₂ eq

2.4.9.7. 新規 C 重油の使用（PVC の熱回収分に相当）

評価対象製品の PVC 分は熱回収される見込みであり、ベースラインでは熱回収されていないとみなして、PVC の発熱量（0.1MJ）と同量を C 重油で賄うものとして、C 重油に係る GHG 排出量を計上した。

産出物	数量	GHG排出原単位	算定結果
C重油	0.1205 MJ		
廃PVC	0.005 kg (評価対象製品側)		
PVC発熱量	24.1 MJ/kg-PVC		
		kg-CO2eq/MJ	= 1.01E-02 kg-CO2eq

2.4.9.8. 新規 PE 管の製造（2次リサイクル品に相当）

評価対象製品で製造される再生 PE 管（2次リサイクル品）0.538kg はベースラインでは生産することができないため、新規の PE 管 0.538kg を生産する必要があるため、生産に係る GHG 排出量を計上した。

産出物	数量	GHG排出原単位	算定結果
新規PE管	0.538 kg		
		kg-CO2eq/kg	= 1.83E+00 kg-CO2eq

2.4.9.9. 新規 C 重油の使用（2次リサイクル品の PE 管の熱回収分に相当）

評価対象製品の 2次リサイクル品の PE 分は熱回収される見込みであり、ベースラインでは熱回収されていないとみなして、PE の発熱量（5.8MJ）と同量を C 重油で賄うものとして、C 重油に係る GHG 排出量を計上した。

産出物	数量	GHG排出原単位	算定結果
C重油	5.842 MJ		
廃PE	0.127 kg (評価対象製品側)		
PE発熱量	46 MJ/kg-PE		
		kg-CO2eq/MJ	= 4.92E-01 kg-CO2eq

表 2-4-9 ベースラインの GHG 排出量

項目	GHG排出量 単位: kg-CO ₂ eq/kg-廃光ケーブル		
	エネルギー 起源	非エネルギー 起源	計
(1) 廃光ファイバーの輸送	2.96E-02		2.96E-02
(2) 廃光ファイバーの中間処理	1.35E-04		1.35E-04
(3) 中間処理物の輸送	1.77E-02		1.77E-02
(4) 中間処理物の焼却、埋立	5.55E-01	1.70E+00	2.26E+00
(5) 新規PE管の製造: 1次リサイクル品に相当	2.16E+00		2.16E+00
(6) 重油の燃焼エネルギー: 1次リサイクル品のPVC熱回収に相当	1.01E-02		1.01E-02
(7) 新規PE管の製造: 2次リサイクル品に相当	1.83E+00		1.83E+00
(8) 重油の燃焼エネルギー: 2次リサイクル品の未回収廃PE管の熱回	4.92E-01		4.92E-01
合計	5.10E+00	1.70E+00	6.80E+00

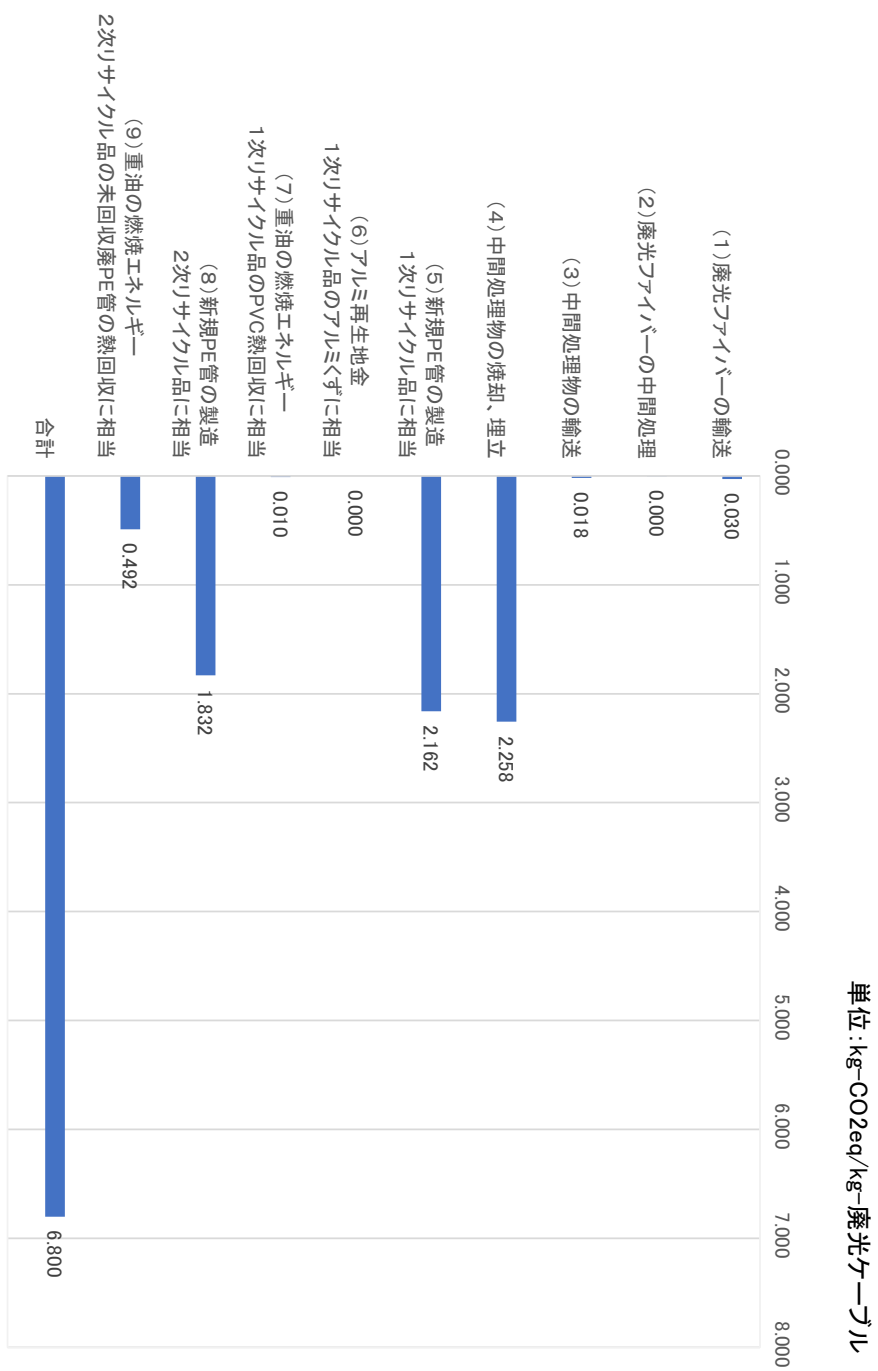


図 2-4-9-1 ベースラインの GHG 排出量

2.4.10. GHG 排出削減効果

GHG 排出削減効果は、ベースラインのライフサイクル GHG 排出量に対して評価対象製品のライフサイクル GHG 排出量の差で、かつ評価対象製品の GHG 排出量がベースラインよりも少ない場合とした。

- (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 排出量の削減量

ただし、(1) < (2) の場合に限る。

評価対象製品の一連のプロセスに係る GHG 排出量は 2.193kg-CO₂eq、ベースラインの GHG 排出量は 6.800kg-CO₂eq 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 4.608kg-CO₂eq となった。

表 2-4-10 評価対象製品の GHG 削減効果

単位: kg-CO ₂ eq/kg-廃光ケーブル			
	評価対象製品	ベースライン	GHG削減効果
廃棄	2.193	2.305	0.112
原料調達・生産		4.495	4.495
生産			
流通			
使用			
廃棄			
計	2.193	6.800	4.608

機能単位
評価対象製品
ベースライン

2023年1月の試験成績を反映、再生アルミを評価範囲から除外したもの
廃光フアイバー1kgの処理および再生可搬配管の生産/廃棄
廃光フアイバー1kgの焼却処理(埋立)および新規の可搬配管の生産/廃棄(未回収分は焼却処理扱い)

原単位		①評価対象製品										②ベースライン				③削減量(②-①)			
(単位)	原材料調達 達・生産	生産 流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計	原材料調達 達・生産	生産 流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計	原材料調達 達・生産	生産 流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計				
エネルギー起源				1,787	1,787	4,495			0,603	5,098	4,495	0,000	0,000	▲1,184	3,311				
非エネルギー起源				0,406	0,406	0,000			1,702	1,702	0,000	0,000	0,000	1,297	1,297				
合計	0,000	0,000	0,000	2,193	2,193	4,495	0,000	0,000	2,305	6,800	4,495	0,000	0,000	0,112	4,608				
単位: kg-CO2eq/kg-処理																			

処理量(2030年想定)		9,000 トン/年																	
(単位)	①評価対象製品					②ベースライン					③削減量(②-①)								
	原材料調達 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計	原材料調達 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リ サイクル	合計	原材料調達 達・生産	生産	流通	使用	廃棄・リサ イクル	合計	
エネルギー起源					16082	16082	40,457				5,424	45881	40,457	0	0	0	0	▲10,658	29,799
非エネルギー起源					3,652	3,652	0				15,322	15,322	0	0	0	0	0	11,670	11,670
合計	0	0	0	0	19,734	19,734	40,457	0	0	0	20,746	61,204	40,457	0	0	0	0	1,012	41,469
単位: t-CO2eq		単位: t-CO2eq																	

図 2-4-11 CO2 排出削減量の比較表

no.	段階	プロセス	使用データ源	LCAの目的との整合性 (左記データ源使用の理由)	実証事 業終了 時点	普及 段階
評価対象製品						
1	廃棄リサイクル	(1) 原料輸送および回収	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均	輸送距離は想定値	●	●
2	廃棄リサイクル	(2) 再資源化処理A	IDEA3.1、電力、日本平均、2018年度、無機顔料、4桁		●	●
3	廃棄リサイクル	(3) 再資源化処理B	IDEA3.1、電力、日本平均、2018年度、無機顔料、4桁		●	●
4	廃棄リサイクル	(4) 配管製造	IDEA3.1、電力、日本平均、2018年度		●	●
5	廃棄リサイクル	(5) 廃PVCの輸送、熱回収	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均、焼却処理サービース、産業廃棄物	輸送距離は想定値、プラ燃焼時のCO2はPVCの係数を使用。	●	●
6	廃棄リサイクル	(6) 再生PE管（1次品）の回収輸送	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、10トン車、積載率平均	輸送距離は想定値	●	●
7	廃棄リサイクル	(7) 再生PEペレット（2次品）の製造	IDEA3.1、電力、日本平均、2018年度、無機顔料、4桁		●	●
8	廃棄リサイクル	(8) 再生PE管（2次品）の製造	IDEA3.1、電力、日本平均、2018年度、4トン車、積載率平均、焼却処理サービース、産業廃棄物	輸送距離は想定値、プラ燃焼時のCO2はPEの係数を使用。	●	●
9	廃棄リサイクル	(9) 未回収の再生PE管（1次品）の輸送、熱回収	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均、焼却処理サービース、産業廃棄物		●	●
ベースライン					●	●
1	廃棄リサイクル	(1) 廃光フアイバーの輸送	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均	輸送距離は想定値	●	●
2	廃棄リサイクル	(2) 廃光フアイバーの中間処理	IDEAver3.1、産業処理サービース、金属くず		●	●
3	廃棄リサイクル	(3) 中間処理物の輸送	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均	輸送距離は想定値	●	●
4	廃棄リサイクル	(4) 中間処理物の焼却、埋立	IDEAver3.1、トラック輸送サービース、4トン車、積載率平均、焼却処理サービース、産業廃棄物	輸送距離は想定値、プラ燃焼時のCO2はPE、PVCそれぞれ係数を使用。	●	●
5	廃棄リサイクル	(5) 新規PE管の製造：1次リサイクル品に相当	IDEAver3.1、ガラスチック硬質管		●	●
7	原料調達・生産	(7) 重油の燃焼エネルギー：1次リサイクル品のPVC熱回収に相当	IDEAver3.1、C重油の燃焼エネルギー		●	●
8	原料調達・生産	(8) 新規PE管の製造：2次リサイクル品に相当	IDEAver3.1、ガラスチック硬質管		●	●
9	原料調達・生産	(9) 重油の燃焼エネルギー：2次リサイクル品の未回収廃PE管の熱回収に相当	IDEAver3.1、C重油の燃焼エネルギー		●	●

図 2-4-11-1 使用データ一覧

リサイクル性を考慮したCO2削減効果、事業性のライフサイクル評価						
3. CO2削減効果						
・普及段階の年は2030年を基本としますが、事業の特性に応じて設定してください。						
・評価方法を検討中、データ未収集、評価対象外等の場合は備考欄に記載し、評価方法やデータ収集の検討状況、検討スケジュール、評価対象外の理由等を別途記載ください。						
①評価対象製品		(対象製品をご記入ください)			データ源	備考（評価の進捗等）
		エネルギー 起源	非エネルギー 起源	合計		
実証事業 終了時点 (t-CO2/年)	生産			0		
				0		
				0		
				0		
	‘ ク ル	161	37	197	フォアグラントはカタログ値と試験結果を 参考に算定（粉砕時の電力はカタログ値、 押出と射出成型は試験結果） バックグラウンドはIDEAver3.1	実証終了時の処理量90t/年を想定
普及段階 2030年時点 (t-CO2/年)	生産	161	37	197		
				0		
				0		
				0		
	‘ ク ル	16,082	3,652	19,734	LCAの算定結果をもとに換算	実証終了時の処理量9000t/年を想定
		16,082	3,652	19,734		
②ベースライン		(ベースラインをご記入ください)			データ源	備考（評価の進捗等）
		エネルギー 起源	非エネルギー 起源	合計		
実証事業 終了時点 (t-CO2/年)	生産	405	0	405	IDEAver3.1を使用	補完品（C重油と新規PE管）
				0		
				0		
				0		
	‘ ク ル	54	153	207	IDEAver3.1を使用	実証終了時の処理量90t/年を想定
		459	153	612		
普及段階 2030年時点 (t-CO2/年)	生産	40,457	0	40,457	IDEAver3.1を使用	補完品（C重油と新規PE管）
				0		
				0		
				0		
	‘ ク ル	5,424	15,322	20,746	IDEAver3.1を使用	実証終了時の処理量9000t/年を想定
		45,881	15,322	61,204		
③削減量（②－①）		エネルギー 起源	非エネルギー 起源	合計		
実証事業 終了時点 (t-CO2/年)	生産	405	0	405		
		0	0	0		
		0	0	0		
		0	0	0		
	‘ ク ル	(107)	117	10		
		298	117	415		
普及段階 2030年時点 (t-CO2/年)	生産	40,457	0	40,457		
		0	0	0		
		0	0	0		
		0	0	0		
	‘ ク ル	(10,658)	11,670	1,012		
		29,799	11,670	41,469		

図 2-4-11-2 リサイクル性を考慮した CO2 削減効果、事業のライフサイクル評価

3. 来年度の取組

3.1. 光ファイバーケーブルについて微粉碎化混錬による高品質なペレット化実証の来年度取り組みについて

今年度で基礎原理の確認や、微粉碎による物性向上の特徴が把握できた。来年度は、社会実装段階に向けて設備を5時間以上かつ150kg/h以上の能力で連続稼働させる。設備の消耗や、作業中の粉塵対策などを検討する。また数量割合としては多くはないが、一部の光ファイバーケーブルのロットに難燃性添加剤やPVCが含まれることがわかってきた。それらの原料に対しては、現在検討している処理フローでは対応できないため、別途対策を検討する。

3.2. 光ファイバーケーブルペレットの光ファイバーケーブル付帯設備への成形技術の実証の来年度取組について

今年度は、微粉碎ペレットの物性把握と、目標物性の把握に留まっている。今年度の試験結果より、目標物性に届くような配合材や添加剤を探索し、配合比を探る。また、今年度は可とう配管のみを水平リサイクル先として検討してきたが、来年度は実際の社会状況に合わせて、複数のリサイクル先を検討する。

3.3. 光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフロー構築の実証

今年度は、基礎実験として、光ファイバーケーブル付帯設備の水平リサイクルフローが現実的に可能であるかを工場内での複数回リサイクルによって検証した。来年度は、実際の現場で水平リサイクルが可能であるかを検討する。また、通信事業者等における光ファイバーケーブルリサイクルの実施に向けた情報収集を実施する。

具体的には通信事業者、電線製造事業者および業界団体（日本電線工業会：JCMA）などに対して廃光ファイバーケーブルの処分・リサイクルについてヒアリング調査（アンケート）を行い、現状を把握するとともに、リサイクルシステムの構築に向けた意向を把握する。

①調査件数：通信事業者3社/電線製造業者3社、合計6社程度

②調査内容：

- ・光ファイバーケーブルの取り扱い状況
- ・廃光ファイバーケーブルの処分・リサイクル状況
- ・光ファイバーケーブル及び付帯設備における材料の物性
- ・光ファイバーケーブルリサイクル材の利用可能性
- ・光ファイバーケーブルのリサイクルシステム構築に向けた意向 など

またリサイクルシステムの構築に向けた他業界の取組状況の把握を実施する。

家電、自動車など他業界におけるリサイクルシステムの構築状況や取組状況を把握し、光

ファイバーのリサイクルシステム構築に向けた情報収集を行う。

- ① 調査件数：4 業界程度（家電、オフィス機器、自動車、FRP 船舶など）
- ② 調査内容：
 - ・リサイクルフロー
 - ・リサイクル実績
 - ・ガイドラインや技術指針の整理 など

光ファイバーケーブルリサイクルガイドライン案の作成を行う。

通信事業者、電線製造事業者および業界団体の意向を踏まえて、光ファイバーケーブルのリサイクルシステム構築に向けたガイドライン案を作成する。

3. 3LCA の検証・評価についての来年度取組

当初想定した処理フローから来年度変更があるため、処理フローに適合した LCA を再評価する。また、実際の回収や水平リサイクルフローを見直し、より実態に沿った LCA 評価となるように制度を高める。また、よりエネルギー由来二酸化炭素排出量の削減に貢献できるようなシナリオを検討する。

以上