

令和5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)

既設処理システムの改良によるシュレッダーダストの効率的
な資源化技術の実証事業

成果報告書

令和6年3月

株式会社アビツ

令和5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)

既設処理システムの改良によるシュレッダーダストの効率的
な資源化技術の実証事業

成果報告書

令和6年3月

株式会社アビツ

要 約

持続可能な社会構築に向けて、廃プラスチック問題は注目されている。この一環として、海洋プラスチック問題への対応やプラスチックリサイクル促進法の整備が進められている。2020年には国内で810万トンの廃プラスチックが発生し、そのうち200万トンがリサイクルされたが、残りは主に熱回収・埋立処理されている。この理由は、オレフィン系などの特定成分の抽出が困難さによる。しかし、2050年のカーボンニュートラル目標達成には、より持続可能な処理方法が必要である。

今回実証されるシュレッダーダストの選別工程の改善は、効率的な選別技術と利用先の最適化を目指す。これにより、「マテリアルリサイクル原料」、「ケミカルリサイクル原料」、「塩素をコントロールした低塩素高カロリー燃料」、「炉による塩素凝集物の再資源化」の4つの選別が可能となり、シュレッダーダストの100%リサイクルによりサーマルリサイクルからの転換が実現する。

具体的には、「マテリアルリサイクル原料」(再利用可能なプラスチック原料)、「ケミカルリサイクル原料」(化学的に再処理されるプラスチック原料)や「塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料」の製造を通じて、プラスチック資源の高循環化、熱エネルギーコストの削減、CO₂排出の抑制を推進する。

これらの取り組みは、持続可能な社会実現に向けた重要な一歩である。

本実証事業では、既存のシュレッダーダスト選別工程に、比重1.25の重液を用いた簡易的な湿式選別工程を新たに組み込む。これにより、シュレッダーダストは「マテリアル・ケミカルリサイクル原料」、「石炭代替燃料」(熱回収から熱利用)、および「塩素の除外を目的とした加熱脆化炉(半炭化)のリサイクル」(金属類や塩化合物の回収等)へ資源化することを目的に実施した。

結果として、「マテリアルリサイクル原料」(自動車部品や雑貨用)、「ケミカルリサイクル原料」(ナフサ等用)、「塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料」、そして塩素や金属類を凝集した成果物から金属の回収及び塩素分を重液の添加剤として再資源化することが可能となる。

本実証事業で対象としたシュレッダーダストの種類は、自動車由来(ASR:Automobile Shredder Residue)、廃棄物由来(SR:Shredder Residue)、小型家電リサイクル法由来の発生由来別3種類である。

最終の原料では、押出連続稼働を実施したが、課題は2つ挙げられた。

水槽の選別不良と木くず、スポンジくず、ゴムの除去であった。これらの課題への対策を行えば昨年度のCAR-TO-CARレベルの成果物が回収できると考える。

2つの課題への対策は、

①水槽の選別不良に対し、すべての廃プラを水中に落とし込むための水圧の強いシャワーを導入する。

②木くず、スポンジくず、ゴムの除去に関しては、スポンジくずは既にほぼ除去されているため、木くずとゴムの除去方法を検討する。

昨年度は第一水槽の水面で手選別していたが、機械化を目指し、光学選別の導入や画像認識ロボッ

トを用いたピッキングが効果的と考えられる。

今年度の実証で行った投入物と設備での事業収支を試算した。

設備については、投入量 ASR190t/年、小型家電 110t/年、SR2,450t/年の設備能力を想定した場合、投資額は 199,150 千円であった。この設備を基に投入物の価値と導入後の価値を試算した結果、設備導入が現状よりも収益性を落とすことが判明した。この理由は、投入物に金属が多く有価で ASR30 円/kg、小型家電 40 円/kg、SR40 円/kg で販売していることが主な要因であると考えられる。

なお、今年度の設備導入を踏まえ、昨年度と同等の品質の投入物を仮定した場合は、今年度の光学選別機導入の追加投資を行った場合でも、事業収支は改善され、投資回収期間 5.4 年となった。対象となるものの成分次第では、投資を行うべきであるとの判断ができる。

Summary

The issue of plastic waste is one that has been attracting attention in relation to the goal of creating a sustainable society. To address this issue, efforts have been made to tackle the marine plastic waste problem and to enact laws to promote the recycling of plastic. Of the 8.1 million tons of plastic waste generated in Japan in 2020, 2 million tons were recycled, while the remainder was mainly subject to heat recovery or ended up in landfills. This is due to the difficulty of extracting certain components such as olefins from plastic waste. However, more sustainable treatment methods are needed to achieve the goal of carbon neutrality by 2050.

The improvement of the shredder dust sorting process demonstrated in this project is aimed at exploring efficient sorting technologies and optimizing applications. This would allow for the sorting of four types of materials, i.e., raw materials for material recycling; raw materials for chemical recycling; chlorine-controlled, low-chlorine, high-calorific fuel; and chlorine aggregates to be recycled in a furnace, thereby facilitating the transition from thermal recycling through the 100% recycling of shredder dust.

Specifically, through the production of raw materials for material recycling (reusable plastic raw materials); raw materials for chemical recycling (plastic raw materials that can be chemically reprocessed); and chlorine-controlled, low-chlorine, high-calorific fuel, we seek to promote a high recycling rate for plastic resources, lower heat energy costs, and reduce CO₂ emissions. These efforts are an important step toward the creation of a sustainable society.

In this demonstration project, we newly incorporated a simple wet sorting process using a heavy liquid with a specific gravity of 1.25 into the existing shredder dust sorting process. This process was implemented with the aim of converting shredder dust into resources such as raw materials for material/chemical recycling, fuels that serve as coal substitutes (heat recovery to heat utilization), and materials recycled in a heating and embrittlement furnace (semi-carbonization) for the purpose of dechlorination (e.g., recovery of metals and chloride compounds, etc.).

This would make it possible to produce raw materials for material recycling (for automotive parts and sundries); raw materials for chemical recycling (for naphtha, etc.); chlorine-controlled, low-chlorine, high-calorific fuel; as well as to recover metals from products that are aggregates of chlorine and metals, and recycle the chlorine components as additives for heavy liquids.

The shredder dust that is the target in this demonstration project is categorized into three different types: automobile shredder residue (ASR), shredder residue (SR), and shredder dust generated from the recycling of items under the Act on Promotion of Recycling of Small Waste Electrical and Electronic Equipment .

Continuous extrusion operations were carried out for the final raw materials, and two issues were identified:

(1) poor sorting in water tanks and (2) the removal of woodchips, sponge scraps, and rubber. We believe that if these issues are addressed, it would be possible to recover products at the same CAR-TO-CAR level as last fiscal year.

Possible solutions for these two issues are as follows.

(1) To address poor sorting in water tanks, showers with a high water pressure may be installed to flush all plastic waste into the water.

(2) To remove woodchips, sponge scraps, and rubber, methods for removing woodchips and rubber may be considered as almost all sponge scraps have already been removed.

Sorting was performed manually at the surface of the first water tank last fiscal year, but in view of the goal of mechanization, we believe it is more effective to implement optical sorting and picking using image recognition robots.

We performed preliminary calculations for the project's economic feasibility based on the inputs and facility used in the demonstration this fiscal year.

With regard to the facility, assuming a facility equipment capacity for handling inputs of 190 tons of ASR per year, 110 tons of shredder dust from small waste electrical and electronic equipment per year, and 2,450 tons of SR per year, the investment amount would be ¥199,150 thousand. Based on this facility, we performed preliminary calculations for the estimated value of inputs before and after its introduction and determined that its introduction would reduce profitability compared to the status quo. We believe this is mainly attributable to the fact that the inputs contain a high content of metals that are valuable and the fact that ASR, shredder dust from small waste electrical and electronic equipment, and SR are sold at ¥30/kg, ¥40/kg, and ¥40/kg respectively.

Furthermore, based on the introduction of the facility this fiscal year and assuming the same quality of inputs as last fiscal year, there would be an improvement in the project's economic feasibility with a payback of 5.4 years even with additional investment in the introduction of the optical sorting equipment demonstrated this fiscal year. This investment may be deemed viable depending on the composition of the target materials.

目次

1. 背景と目的	14
2. 業務の内容 (概要)	15
2.1.パイロット湿式工程設置及び稼働及び改良	15
2.2.乾式選別機開発工程及び改良とパイロットプラントの設計	16
2.3.【原料評価】マテリアルリサイクル	16
2.4.【原料評価】ケミカルリサイクル	16
2.5.【燃料評価】塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料	16
2.6.【資源化評価】塩素凝集物の再資源化評価	16
2.7.【事業化確認】設備実装化に向けた設計	16
2.8.「既設処理システムの改良によるシュレッダーダストの効率的な資源化技術の実証事業」の現地視察会及び検討会の開催業務の円滑な実施のため、業務実施期間内において、評価審査委員1名程度、環境省担当官1名程度、「令和5年度地球温暖化対策に係る技術実証事業管理・検討等事業委託業務」の受託者(以下「事務局という。」)2名程度による現地視察会を1回程度開催すること。尚、現地視察会の日程については、事務局と調整を行うこと。また、現地視察会に併せて検討会を設置し、本業務の進捗報告を行うこと。事務局の決定により現地視察会及び検討会はオンラインで行う場合もある。	17
2.9.共同実施者との打合せ	17
2.10.評価審査委員会の出席	17
2.11.報告書の作成	17

2.12.実証事業の目標設定.....	17
2.13.関係者間の連携.....	17
3.パイロット湿式工程設置及び稼働及び改良.....	18
3.1.今年度の実証工程.....	18
3.1.1. 実証当初工程案.....	18
3.1.2.実証工程への課題の解消.....	18
3.2.乾式選別機開発工程及び改良とパイロットプラントの設計.....	27
3.2.1. 実証当初工程案.....	27
3.2.2. 乾式選別機開発工程及び改良とパイロットプラントの設計.....	28
4.実証成果物の分析.....	30
4.1.1.実証工程の前工程.....	30
4.1.2.実証工程投入前分析結果.....	31
4.2. 第一水槽の沈降物の分析結果.....	31
4.3. 第二水槽の沈降物の分析結果.....	34
5.マテリアルリサイクル及びケミカルリサイクル成果物.....	37
5.1. 1回目の実証工程成果物.....	41

5.1.1. 2回目への改良	42
5.2. 2回目の実証工程.....	42
5.2.1. 2回目成果物.....	44
5.2.2. 3回目への改良	45
5.3. 3回目の実証工程.....	46
5.3.1. 3回目成果物.....	48
6.【原料評価】マテリアルリサイクル	49
6.1. 1回目マテリアルリサイクル原料評価	49
6.1.1. 2回目サンプル作成への対応.....	49
6.2.1.1.加工評価.....	49
6.2.1.2.成分評価.....	50
6.2.1.3.評価結果.....	50
6.2.2.小型家電評価	53
6.2.2.1.加工評価.....	53
6.2.2.2.評価結果.....	54
6.2.3.SR 評価	54

6.2.3.1.加工評価.....	54
6.2.3.2.評価結果.....	55
6.3. 3回目マテリアルリサイクル原料評価	55
6.3.1.ASR 評価.....	57
6.3.1.1.加工評価.....	57
6.3.1.2.評価結果.....	58
6.3.2.小型家電評価	59
6.3.2.1.加工評価.....	59
6.3.2.2.評価結果.....	59
6.3.3.SR 評価	60
6.3.3.1.加工評価.....	60
6.3.3.2.評価結果.....	60
6.3.4. 製品用作成への対応	60
6.3.4. マテリアルリサイクル製品用評価	61
6.3.4.1.加工評価.....	61
6.3.4.2.評価結果.....	61

6.3.5. 製品用作成への対応	62
7.【原料評価】ケミカルリサイクル	63
7.1.熱分解油の外観.....	64
7.2.熱分解油収率	64
7.3.熱分解油組成分析.....	64
7.4.熱分解油中の微量不純物濃度.....	64
7.1. 熱分解油の外観.....	64
7.1.1. 1回目 ASR.....	64
7.1.2. 2回目 ASR.....	64
7.1.3. 3回目 ASR、小型家電、SR.....	65
7.2.熱分解油収率	66
7.3.熱分解油組成	67
7.4.熱分解油中の微量不純物濃度.....	67
7.5.ケミカルリサイクルまとめ	68
8.【燃料評価】塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料の評価.....	68
8.1.セメントキルン炉での評価	68

8.1.1.評価に対するの対応.....	68
8.2.電炉での評価.....	68
8.2.1.電炉 B 社の回答	68
8.2.2.電炉 C 社の回答	69
8.2.3.評価に対するの対応.....	69
8.3.非鉄製錬炉での評価.....	69
8.3.1. 非鉄精錬 D の回答	69
8.3.2.非鉄製錬 E の回答	69
8.3.3.非鉄製錬 F(還元炉)の回答	69
8.3.4.非鉄製錬 G(還元炉)の回答.....	70
8.3.5.非鉄製錬 H(熔融炉)	70
8.3.6.評価に対するの対応.....	70
8.4.新規開発炉の還元材としての評価.....	70
8.4.1 評価に対するの対応	70
9.【資源化評価】塩素凝集物の再資源化評価	74
10.【事業化確認】設備実装化に向けた設計.....	75

10.1.サンプル結果と試験機器の改良と工程の配置.....	75
10.2.実証工程で残った課題.....	75
10.2.1.水槽での課題.....	75
10.2.2.湿式前乾式選別での課題.....	75
10.2.3.湿式後乾式選別での課題.....	75
10.3.本実証で開発の設計図.....	75
10.4.LCA 評価.....	76
10.4.1.評価の概要.....	76
10.4.2.条件設定.....	77
10.4.3.廃棄・リサイクル手法における CO ₂ 削減量の評価.....	78
10.4.4.本事業における CO ₂ 削減量の評価.....	82
10.5.事業性評価.....	85
10.5.1.導入設備.....	85
10.5.2.本年度実証の収支結果.....	86
10.5.3.昨年度の投入物で本年度の実証設備での試算.....	87
11. 実証事業の目標設定.....	88

11.1.課題の整理	88
11.2.課題への対策.....	88
11.2.1. 水槽の選別不良と木くず、スポンジくず、ゴムの除去への対策	88
12.まとめ	89
参考資料	90
参考資料1 各工程分析表.....	90
参考資料1-1 投入前分析.....	90
参考資料1-2 第一水槽沈降物(資源化用)	97
参考資料1-3 第二水槽沈降物(燃料用)	123
参考資料2 製品仕上げ使用光学選別機	146

1. 背景と目的

持続可能な社会構築に向け廃プラスチック問題が注目されるようになり、その一環として、海洋プラスチック問題への対応やプラスチックリサイクル促進法の整備が進み始めている。2020年には国内で810万トンの廃プラスチックが発生したが、そのうち200万トンがリサイクルされたが、残りの大部分は混合プラスチックのシュレッターダストとして熱回収・埋立処理されている。その理由は、オレフィン系などの必要成分の抽出困難さにある。しかし、2050年のカーボンニュートラル目標達成のためには、より持続可能な処理方法が必要とされている。

今年度実証行うシュレッターダストの選別工程の改善は、昨年度に引き続き2つの大きな特徴である①効率的な選別技術と②利用先の最適化を行う。

これにより「マテリアルリサイクル原料」、「ケミカルリサイクル原料」、「塩素をコントロールした低塩素高カロリー燃料」、「炉による塩素凝集物の再資源化」の4つの選別が可能となり、サーマルリサイクルからの転換を実現する。

この方式を「資源循環の四支柱」と称す。

「マテリアルリサイクル原料」(比重 1.0 同等及び軽い樹脂)

「ケミカルリサイクル原料」(比重 1.0 同等及び軽い樹脂)

「塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料」(比重 1.0～1.25 の塩素系以外の樹脂)

「炉による塩素凝集物の再資源化」(比重 1.25 より重い塩素系樹脂等と金属や土砂ガラス)

これらの製造を通じて、プラスチック資源の高循環化、熱エネルギーコストの削減、CO₂排出抑制を推進する。

これらの取り組みは、持続可能な社会の実現に向けた重要な一歩になると考える。

本実証事業では、図1に示すとおり、シュレッターダストを「資源循環の四支柱」を資源化することを目的に以下の事項を実施した。カッコ内は担当。

- (1)パイロット湿式工程設置及び稼働及び改良(株式会社アビツ)
- (2)乾式選別機開発工程及び改良とパイロットプラントの設計(株式会社アビツ/エコメビウス株式会社)
- (3)【原料評価】マテリアルリサイクル(エコメビウス株式会社)
- (4)【原料評価】ケミカルリサイクル(エコメビウス株式会社)
- (5)【燃料評価】塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料(エコメビウス株式会社)
- (6)【資源化評価】塩素凝集物の再資源化評価(エコメビウス株式会社)
- (7)【事業化確認】設備実装化に向けた設計(株式会社アビツ)
- (8)「既設処理システムの改良によるシュレッターダストの効率的な資源化技術の実証事業」の現地視察会及び検討会の開催(株式会社アビツ/エコメビウス株式会社)
- (9)共同実施者との打合せ(株式会社アビツ)
- (10)評価審査委員会の出席(株式会社アビツ/エコメビウス株式会社)
- (11)報告書の作成(株式会社アビツ/エコメビウス株式会社)
- (12)実証事業の目標設定(株式会社アビツ/エコメビウス株式会社)

(13) 関係者間の連携(株式会社アビヅ/エコメビウス株式会社)

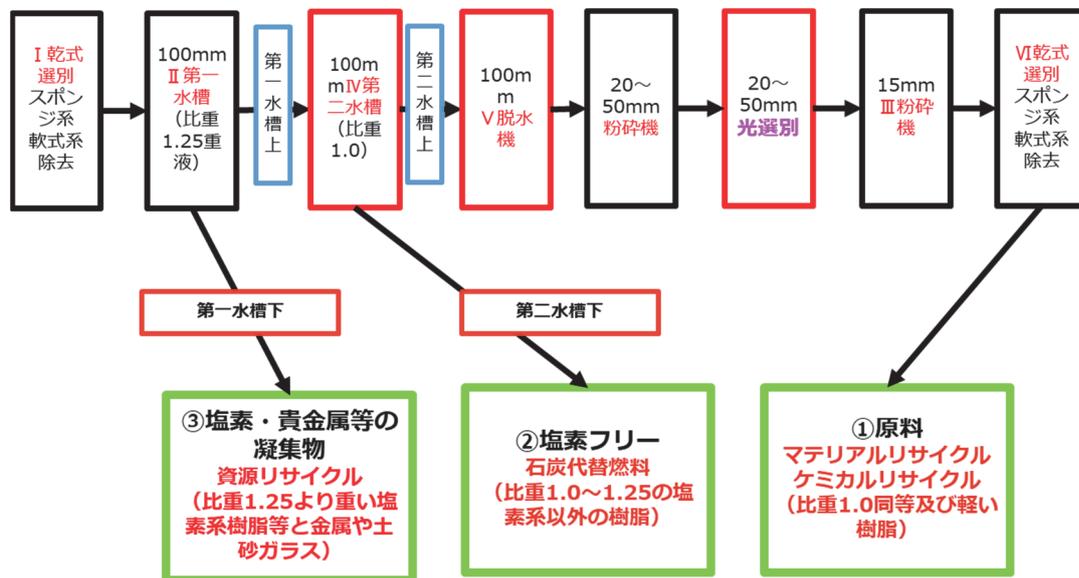


図1 選別工程とその使用出口

2. 業務の内容(概要)

2.1. パイロット湿式工程設置及び稼働及び改良

以下の7つの課題の解決を行う。

- ① トロンメル式洗浄機での付着物の洗浄が不十分である問題に対して、15mmと100mmの二つの網を一体化したトロンメルを用いて粒度を調整する段階で洗浄効果を得ることを目指す。
- ② 比重1.25の重液を使用し、重液槽へのコンベヤに滞留物が存在する問題に対し、落ち口の角度をつけずに、ベルトコンベアからチェーンコンベアに変更する。
- ③ 比重1.25の重液を使用し、重液選別機のスクリーンに物が挟まる問題に対し、羽の形状とサイズを調整する。
- ④ 比重1.25の重液を使用し、重液選別層の比重の自動管理制御を確立する。
- ⑤ 比重1.25の重液を使用し、重液中に沈んだ物の金属類回収について、水槽で網状スクリーンコンベアを開発することで対応する。
- ⑥ 比重1.25の重液を使用し、重液中に浮いた物の回収箇所に滞留が見られる問題に対し、掬い上げコンベアを開発する。
- ⑦ 設備やその周辺のサビの進行が早いという問題に対して、各種設備は全てステンレス製にて対応する。
- ⑧ 乾式工程で選別できないものが発生する可能性を考慮し、湿式工程の中間段階での光学選別の導入を検討する

2.2.乾式選別機開発工程及び改良とパイロットプラントの設計

湿式選別での選別対応が難しいスポンジくずや繊維くず等の異物の除去は、前後の乾式選別で行う必要がある。

①湿式選別の前工程の乾式選別機を開発・改良する。除去の対象サイズは 15mm～100mm で、スポンジくずと繊維くずの特性を利用した風力とバウンドによる選別の組み合わせの最適条件を抽出し、試験機の開発を行う。

②湿式選別の後工程の乾式選別機を開発・改良する。除去の対象サイズは 15mm で、スポンジくずと繊維くずの特性を利用した複数の風力選別を行い、最適条件を抽出し、試験機の開発を行う。

③マテリアルリサイクルにおいては押し出し機の連続稼働最低時間 30 分以上を可能とし、ケミカルリサイクルでの分解油基準をクリアする。

なお、本項目のうち、設備作成・設置・改良については、環境省の承諾を得た上で、再委任することを妨げない。

2.3.【原料評価】マテリアルリサイクル

湿式パイロットプラントと乾式開発機から発生する 3 回分のサンプルのマテリアルリサイクル評価を行い、工程条件の最適化を目指す。いその株式会社にて、メッシュ 60 で連続稼働 30 分以上の実施と雑貨等への製品化と確認を行う。

2.4.【原料評価】ケミカルリサイクル

湿式パイロットプラントと乾式開発機から発生する 3 回分のサンプルのケミカルリサイクル評価を行う。三井化学株式会社にて、分解油中の選別品由来の不純物分析(全塩素、全窒素、全酸素分析)を行い、全塩素濃度が 100ppm 以下(目標値)となることを確認する。

2.5.【燃料評価】塩素コントロールした低塩素高カロリー燃料

湿式パイロットプラントと乾式開発機から発生する 3 回分のサンプルの低塩素高カロリー燃料の評価を行う。太平洋セメント株式会社での微粉炭、東京製鉄株式会社でのコークスインジェクションとしての用途を想定し、太平洋セメントの微粉炭の水分は 1.0%以下、サイズは 15mm 以下、塩素濃度は 0.5%以下(目標値)となることを確認する。東京製鉄のコークスインジェクションの水分は 1.0%以下、サイズは 5mm 以下となることを確認する。また、三井金属鉱業の電気炉での評価も行う。

2.6.【資源化評価】塩素凝集物の再資源化評価

加熱脆化炉への適合評価のため、塩素除去と金属や熱量の資源性の評価を行う。評価項目として、水分、灰分、総発熱量、塩素量、XRF オーダー分析、マイクロ波酸分解、Au、Ag、Pt、Pd、Cu、圧縮度の分析を行い、100%資源化できるかどうかを確認する。

2.7.【事業化確認】設備実装化に向けた設計

安価で量産性の高い、乾式・湿式選別の実装に向けた技術の開発に向けて、投資コストや成果物の結

果から事業収支試算する。また、得られた結果をパイロットプラント設計への改良に反映する。

2.8.「既設処理システムの改良によるシュレツダーダストの効率的な資源化技術の実証事業」の現地視察会及び検討会の開催業務の円滑な実施のため、業務実施期間内において、評価審査委員 1 名程度、環境省担当官1名程度、「令和5年度地球温暖化対策に係る技術実証事業管理・検討等事業委託業務」の受託者(以下「事務局という。」)2名程度による現地視察会を1回程度開催すること。尚、現地視察会の日程については、事務局と調整を行うこと。また、現地視察会に併せて検討会を設置し、本業務の進捗報告を行うこと。事務局の決定により現地視察会及び検討会はオンラインで行う場合もある。評価審査委員、事務局の旅費等については、事務局で支払いを行うため、事業者で支払う必要はない。

2.9.共同実施者との打合せ

本業務は、別記1に示す体制で実施する。業務実施に当たっては、必要に応じて共同実施者であるエコメビウス株式会社と実証プラントによる実証試験、現地視察会及び検討会開催対応、評価審査委員会対応、報告書作成等について月1回程度(場所:株式会社アビヅ、オンライン)打合せを行う。

2.10.評価審査委員会の出席

業務実施期間内において開催する評価審査委員会(都内、2回程度)に出席し、業務の進捗状況についてプレゼン形式で報告を行うこと。プレゼン資料のデータについては、事務局の指示に従って事前に送付すること。

2.11.報告書の作成

業務の内容についての最終的な取りまとめを行い、業務報告書を作成し、提出すること。

2.12.実証事業の目標設定

本実証事業の目標は、別表のとおりとし、別添の工程表に従って業務を実施すること。

2.13.関係者間の連携

本業務の遂行にあたっては、別途業務委託している事務局が実施する以下の事項について、協力・連携すること。

- ・現状把握
- ・実施計画等に関する達成状況の調査
- ・LCA 評価(CO2 削減効果の検証・評価等)
- ・共通的な事業課題の抽出・整理
- ・広報資料の作成
- ・展示会への出展 ※東京都区内 1 イベント程度
- ・そのほか、環境省担当官が協力・連携を要請する業務