

2 0 2 3 年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

1. 件名：（大項目）海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号ニ、第三号及び第九号

3. 背景及び目的・目標

プラスチックは、軽量かつ丈夫であり加工性に優れるといった特性を持ち、日常生活の利便性等をもたらす素材としてこれまで幅広く活用されてきている。その一方で、新興国の経済発展と世界的な生産量の増加に伴い、近年、プラスチックごみによる海洋汚染が問題視されるようになってきた。こうした中で我が国では2018年6月に「第4次循環型社会形成推進基本計画」が閣議決定されており、プラスチックの資源循環を総合的に推進するための戦略（「プラスチック資源循環戦略」）を策定し、これに基づく施策を進めていく事が示されている。また安倍首相は、2019年1月の世界経済フォーラム年次総会（ダボス会議）のスピーチ及び第198回通常国会の施政方針演説において、世界の国と共に、海洋プラスチック対策に取り組んでいくことを表明しており、G20大阪サミットに向けて、我が国としての具体的な取り組みが「海洋プラスチックごみ対策アクションプラン」として取りまとめられた。その中で、代替素材の開発・転換等のイノベーションとして「海洋生分解性プラスチックの開発・導入普及ロードマップ」に基づき、官民連携により技術開発等に取り組む事が示されている。

2019年6月に開催されたG20大阪サミットでは、安倍首相は、海洋へのプラスチックごみ及びマイクロプラスチックの流出の抑制及び削減のために適切な国内的行動を速やかに取る決意を表明し、共通の世界のビジョンとして、2050年までに海洋プラスチックごみによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指す「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」が共有され、「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組」の中で「革新的な解決策（イノベーションの展開）」等の自主的な取り組みの実施が求められている。

現在、国内プラスチック生産量（年間1千万トン程度）のうち、国内で流通している生分解性プラスチックは2,300トン程度と国内市場に占める割合は小さく、しかも陸域の土壌又はコンポストでの分解を前提とした生分解性プラスチックが主流であり、海洋生分解性を有するプラスチックはわずかな種類しか存在しない。

NEDOの研究開発としては1996年度～1999年度、「独創的産業技術研究開発促進事業／生物資源リグノセルロース及びデンプンからの新規な生分解性材料の創製」等において生分解性プラスチックについての研究開発が行われていた。また、2002年度～2006年度に「生物機能活用型循環産業システム創造プログラム／生分解・処理メカニズムの解析と制御技術開発」が行われている。2015年度～2019年度ではJST-ALCAの「ホワイトバイオマステクノロジー／糖質バイオマスからグリコール酸ポリマーを合成する微生物プロセスの開発」において、微生物に人工的なポリマー合成システムを構築し生分解性に優れたプラスチック合成技術の研究開発が行われている。

このほかにも、生分解性プラスチックへの取り組みは行われているが、海洋生分解性に着目した取り組みは十分行われているとは言えず、世界的課題となっている海洋プラスチックごみ問題に対応する研究開発が求められている。

本プロジェクトでは、世界に先駆け、新たな海洋プラスチックごみ発生ゼロの一助となる事を目指す。

先ず海洋生分解性プラスチックの市場導入を促進する為、海洋生分解メカニズムに裏付けされた評価手法の開発を行い、海洋生分解性プラスチックの信頼性を高めると共に、国際標準化提案1件以上に繋げる。

また海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材開発を行う。これにより物性、機能性を向上した新素材による新市場の創出や、さらなる製品適用拡大により普及拡大を加速させる。

[委託事業] (2020年度～2024年度)

研究開発項目①「海洋生分解性に係る評価手法の確立」

海洋生分解機能について、各海洋域における既存、及び新規の海洋生分解性プラスチックの生分解性評価を行い、海洋環境の違いによる生分解性の基礎データを収集し、海洋生分解性プラスチックが、好氣的条件下では水と二酸化炭素に、嫌氣的条件下では水とメタンと二酸化炭素に分解されるメカニズムを解明するとともに、海洋生分解性の評価手法を確立する。また、生分解途中に生成される中間体を含めた安全性を評価する新たな手法を開発する。

【最終目標】 (2024年度)

実用化を行うユーザーが共通して活用できる海洋生分解メカニズムに裏付けされた評価手法を確立し、国際標準化提案1件以上に繋げる。

【中間目標】 (2022年度)

海洋生分解性に関する暫定的な評価手法を策定する。

研究開発項目②「海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発」

海洋生分解性プラスチック開発について、新規の化学構造を有する樹脂、新規のバイオ製造プロセスの開発等を行う。また、既存の樹脂を複合化して物性や機能性等を高める研究開発や樹脂に適合する充填剤等の添加剤の開発等を行う。

[委託事業] (2020年度～2024年度)

研究開発項目②-1「新規化学構造を有する樹脂・新規バイオ製造プロセス開発等による海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発」

海洋生分解性プラスチック開発について、新規化学構造を有する樹脂(上市されていない実験室レベルも含む)、新たなバイオ製造プロセス等の研究開発要素が多く、時間を要する開発を対象とする。

【最終目標】 (2024年度)

海洋生分解性プラスチックの新技術・新素材を1件以上開発し、実用化の目処を付ける。

【中間目標】 (2022年度)

海洋生分解性プラスチックの新技術・新素材の開発の目処を付ける。

[委託事業] (2020年度～2021年度) / [助成事業(助成率: 2/3以内)] (2022年度～2023年度)

研究開発項目②-2「複合化技術等による海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発」

海洋生分解性プラスチック開発について、既存の樹脂を複合化して物性や機能性等を高める開発や樹脂に適合する充填剤等の添加剤の開発等の、新たな用途を創出し社会実装を推進する開発を対象とする。

【最終目標】 (2024年度)

海洋生分解性プラスチックの新技術、新素材の試作等により、コスト、機能、性能等の面で、従来の汎用プラスチックと比べて総合的に競争力があることを示す。

【中間目標】 (2022年度)

海洋生分解性プラスチックの新技術・新素材を1件以上開発し、実用化の目処を付ける。

4. 事業内容及び進捗(達成)状況

2022年度は、研究開発項目①及び研究開発項目②-1については、委託事業の実施計画に沿って研究開発を推進した。また、研究開発項目②-2については、前年度に行った

ステージゲート審査結果に沿って、2022 年度より委託から助成事業へ移行し、実用化に向けた検討を開始した。

プロジェクトマネージャー（以下、「PMgr」という。）は前年度に引き続きNEDO材料・ナノテクノロジー部 宇津木功二とし、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるとともに、以下の研究開発を実施した。また、国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科 教授 岩田忠久 氏をプロジェクトリーダー（以下、「PL」という。）とし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 2022年度（委託）事業内容

研究開発項目①「海洋生分解性に係る評価手法の確立」

（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、独立行政法人製品評価技術基盤機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人愛媛大学、静岡県環境衛生科学研究所、株式会社島津テクノリサーチ）

<海洋生分解評価法の標準化事業内容>

（1）簡易実海域海洋生分解フィールド試験

研究項目②「材料構造解析による生分解メカニズムの解明」及び③「微生物、酵素による生分解メカニズムの解明」により解明されたメカニズムに対応した実海域試験法を主に研究項目④「実海域におけるデータ収集、簡易生分解（崩壊度）試験法の開発」の成果として、種々の海域、異なる季節、深海における数種類の樹脂の海洋生分解のデータ収集を行い、本評価法の汎用性を確認した。本評価法を積極賛成依頼等のロビー活動を行った後、ISO/NP 16636 として日本から新規提案した。新規提案は多数の賛成を得て可決され、国際審議の段階に進めることができた。ISO 国際審議段階は、作業原案、委員会案、ISO 案、最終 ISO 案の各段階で投票と投票時に得たコメントへの対応を行うが、本件は委員会案で得たコメントに対応した ISO 案作成まで進捗した。

（2）実験室内海洋生分解加速試験

研究項目②「材料構造解析による生分解メカニズムの解明」及び③「微生物、酵素による生分解メカニズムの解明」によりにより解明されたメカニズムに対応し、実海域試験の結果に相関を検討した実験室内加速試験法を主に研究項目①「実験室内における生分解度加速試験法の開発」の成果として、微生物叢の多様化や量の増加を種々の化合物を添加等を行うことにより、海洋生分解が加速する条件を見だし、その条件を含む評価法を ISO 審議に参加している各国の専門家に積極賛成依頼等のロビー活動を行った後、ISO/NP 18957 として新規提案を行った。新規提案は多数の賛成を得て可決され、国際審議開始の段階に進めるこ

とができた。新規提案時に得られたコメントに対応した作業原案を作成した。

<研究項目毎の内容>

研究項目①「実験室内における生分解度加速試験法の開発」

研究項目①-1「新規評価法の開発」

ラボ好氣的生分解試験法の開発に関しては、ISO として提案中の各種操作、条件について最適化を検討した。生分解にかかわる因子の抽出として、前年度からの検討を継続し、微生物発酵生産系、化学合成系の3種以上の樹脂を対象にして、実験条件の設定による加速効果の定量化を検討した。従来データがばらつきやすいとされていたPBS系樹脂を中心に、N=5以上の検体数にてデータのばらつきを検討し、必要に応じた実験条件の追加を行い、適切なN数の決定、試験期間の短縮方法の検討を行った。

また、海底砂泥による嫌氣的生分解の実証試験に関しては、各海域の嫌氣的生分解に関与する微生物群のマップ化として、嫌氣培養系の生分解能力をメタンガス生成測定により引き続き検証するとともに、嫌氣試験における最適な樹脂添加量を検討した。また、新たに2箇所以上の底泥試料を対象に、生合成系樹脂、合成系樹脂、ポリアミド、天然物系樹脂の4種類の樹脂を用いた嫌氣培養を実施し、その生分解能の検証を開始した。また、生分解が確認された系における菌叢解析を実施して優占菌の存在量比と系統分類学上の特徴付けを行った。

研究項目①-2「生分解性評価法条件の最適化」

静岡県内の内海（三保、浜名湖）の海底砂泥および海水を用い、2種類の生分解性プラスチック（PHBH、PBSA）について生分解度評価試験（ISO19679法）を季節ごとに実施した。春季の三保に代表される、砂泥粒径が大きく揃い、海水中の栄養塩が豊富で砂泥中の菌叢の多様性が高い条件が好氣的な生分解度の安定性をもたらす一方で、予備培養期間を変えることによる結果のバラつき低減効果は見られなかった。このことから、最適な予備培養方法として、採取時に砂泥を洗浄して細粒分を除去すること、洗浄海水をろ過して栄養・菌数が豊富な試験海水として使用すること、採取後砂泥・海水の状態を安定させる期間（～2週間）を経て速やかに試験を実施すること等を提案した。また、試験開始1か月後の分解初期において、PHBHの分解が進んでいる試験容器では栄養塩類が顕著に減少し、海水の菌数が増加したことから、砂泥洗浄海水による試験安定性の効果について検討し、その再現性を評価した。一方、分解初期において樹脂フィルム直下の砂泥で一時的に還元菌が優占することを確認し、これが結果のバラつき要因の一つと考えられたことから、嫌氣状態を軽減する方法を検討した。

研究項目②「材料構造解析による生分解メカニズムの解明」

研究項目②-1「分子構造相関解析」

複数の分析手法を組み合わせたマルチスケール構造解析をさらに高度化し、分子レベルのミクロ構造から材料レベルのマクロ構造の変化を包括的に評価可能な手法を開発した。海洋生分解性プラスチック 2 種類以上について、生分解性試験中の化学構造の経時変化を明らかにするため、時間を追ってサンプリングしたサンプルに上記手法を適用し、構造変化に基づいて生分解メカニズムを化学的見地から推定した。さらに、試験法提案/改良の根拠となる、化学的メカニズムに裏付けされた諸情報を蓄積し、PJ 内連携先への提供を行った。異なる条件で実施した生分解性試験サンプルの化学構造変化を解明することで、試験法の妥当性検証等に貢献した。

研究項目②-2「形状および結晶構造からの分解機構の解明」

生分解性プラスチックの海洋生分解度、崩壊度は、化学構造に加え、分子鎖構造、結晶構造、高次構造など様々な構造学的因子によって支配されると考えられる。2022年度は、結晶化度の異なるフィルムだけでなく、結晶配向度の異なるサンプルを用意して実験に供した。さらに、これまでのフィルムや射出成形体に加え、繊維と微粒子も作製し、分解実験を行った。繊維や微粒子に関しては、実海域での実験は難しいと考えられるので、海水を用いたラボ BOD 生分解試験を行った。実験室レベルの広角および小角 X 線回折に加え、大型放射光施設の広角および小角 X 線測定を行い、構造と海洋分解性の相関を試みた。微粒子に関しては、プロジェクト内共同研究（研究項目⑤）により、めだかやミジンコなどへの安全性評価試験に供試するとともに、ミジンコを用いた実験系の構築も合わせて行った。

研究項目②-3「生分解度評価手法としての質量分析技術の有用性の検証および海洋生分解性プラスチックの安全性評価」

海洋生分解性プラスチックを実海水中で生分解させた際にプラスチック表面に付着したバイオフィルムに含まれる間隙水について、分解日数の異なる 5 試料を質量分析法により測定した。間隙水における分解中間生成物の検出有無を確認し、モノマーを定量、オリゴマーをモノマー比で相対定量した。間隙水に含まれるモノマー、オリゴマーの経日変化をリストし、BOD ベースの生分解度との関係性を考察した。

魚類の消化器系での有害化学物質の収脱着を検討するために、魚類の胆汁成分を模した擬似消化液による脱着試験を行い、海洋生分解性プラスチックからの多環芳香族炭化水素 (PAHs) の脱着特性を把握した。分解過程で化学物質の収脱着特性が変化する可能性があるため、バージン材に加えて、分解途上材も収着・脱着試験に供した。実験結果をもとに、生分解による収着・脱着特性の変化と、海洋生物体内で脱着し得る化学物質量を考察した。

研究項目③「微生物、酵素による生分解メカニズムの解明」

研究項目③-1「ラボ試験環境における微生物（叢）解析」

標準海水の提案として、生合成系、化学合成系樹脂、天然物系を含む各種樹脂 5 種以上の

樹脂に関して BOD 試験を行い、その再現性、データのばらつきを確認して、標準海水の汎用性について評価し、必要であれば改良を加えた。ラボ試験系の微生物叢解析として、ラボ試験系の経時的な菌叢解析に着手し、優占菌の存在量比と系統分類学上の特徴付けを行うとともに、樹脂分解の中間生成物との関連を統計学的分析により明らかにした。系内の分解生成物の挙動解析として、生合成系、化学合成系樹脂それぞれ 1 種以上の樹脂に関してラボ生分解試験中の分解中間生成物の分析とその量の推移について 2023 年度にかけて、明確にした。また、単離生分解菌を用いて、生合成系、化学合成系樹脂それぞれ一種以上の樹脂の生分解挙動を明確にした。実海域微生物分析は、バイオフィーム解析を季節変動の観点から行い、水温その他の環境因子の影響について考察、生分解菌は、生合成系、化学合成系樹脂それぞれ 1 種以上の樹脂に関して、バイオフィーム中に存在する生分解菌を検出し、強力な活性を有する菌に関しては NITE との連携により単離、同定した。また、前年度までに得られた好気培養物 (PHB, PA4, PCL) を対象としたショットガンメタゲノムデータを解析し、ラボ試験環境における生分解菌の特定を試みた。

研究項目③-2「生分解性微生物菌叢特定のための解析及び試験法開発に資する微生物添加要素技術の開発」

海洋でのプラスチック付着微生物叢データの解析及びその微生物叢に紐づく微生物株の生分解能等の評価・解析を進め、海洋で実際に生分解性プラスチックの生分解に寄与する微生物（以下、海洋生分解性微生物）叢を構成する主な微生物種の特特定を進めた。また、既存の海洋生分解性試験法の改良を目的とした微生物株添加による試験法の素案を作成し、個々の要素技術の開発を進めた。加えて、海洋生分解性試験における微生物量測定ガイドラインを作成するため、関係機関と連携した共同試験を実施した。また、各種条件での実験室試験サンプルの微生物叢の分析も進めた。

研究項目④「実海域におけるデータ収集、簡易生分解（崩壊度）試験法の開発」

研究項目④-1「簡易試験法の開発と生分解データの収集」

実海域海水浸漬簡易試験法の開発に関しては、ISO での審議と並行して、簡易試験方法でのデータ蓄積として、改良した試験法にて、全国の沿岸域での実証試験を生分解性の異なる 3 種以上の各種樹脂のフィルム、繊維など 2 つ以上の異なる形態の試料にて行い、生分解性や菌叢等の結果を蓄積した。ラボ試験法との相関性検討では、再委託先と連携して全国の試験地点の海水でのラボ生分解試験を並行して実施し、3 種以上の樹脂に関して実環境試験との相関性を明確にした。

研究項目④-2「実験室試験の課題確認、仮説検証、及び標準化根拠形成のための実海域微生物及び関連データの収集」

実海域サイトにおける季節変動、地理的要因、素材の種類等の課題に関連したサンプル

採取を行い、試験法の規格化に必要とされる実海域の微生物叢等のデータ取得及び微生物株の分離、収集を実施した。また、収集した微生物株の簡易同定し、プラスチック付着微生物叢との対合を行ない、微生物株を保存した。

研究項目④-3「深海実験の結果を基軸とした評価法の開発」

既に海底に設置したサンプルの回収と新たなサンプルの深海底への設置、回収したサンプルの海洋生分解性の度合いとサンプル表面に付着した微生物の解析を行った。特に、深度の異なる場所に設置したサンプル（初島沖、三崎沖、深海平原、明神海丘）を回収し、深度による分解度の違い、付着する微生物の種類や量などを解析した。同時に、新たに開発した生分解性プラスチックや結晶化度や結晶配向度などが異なるサンプルの設置も行った。設置・回収にあたり、試験海域の物理化学環境情報（温度、塩分、溶存酸素濃度、圧力、溶存酸素濃度、pH、酸化還元電位など）の測定も同時に行い、海洋生分解の度合いに及ぼす影響評価の一助とした。2021年度に設置完了する予定であった1ヶ月岸壁に設置したサンプルを深海に設置する作業も行った。

研究項目⑤「生態毒性評価法の開発」

生分解プラスチックの分解過程の段階を明らかにするため、分解中間生成物の粒子形状を把握するため画像解析装置を用いた固体分解物の測定法の検討を行った。実際の生分解中間生成物を含んだサンプルを入手し、分解中間生成物の粒子形状分布測定、既存の生態毒性試験法の適用可能性、サンプルの前処理法についての検討を行った。既存の生分解性プラスチックを入手し、化審法で用いられている生態毒性試験が適用できるか検討した。

ISOに新規提案されているISO 5430について、実証レベルでの検討を行い国際承認に向けて協力を行った。具体的には、ISO 5430が承認された場合の国内機関での実施可能性について調査し、できる限り実際に試行して問題点を探った。

以上の過程を踏まえて国内機関で実施可能な生分解プラスチックの生態毒性試験法を検討し、草案作成に必要なデータを取得した。

研究項目⑥「海洋プラスチック低減効果の推定」

2021年度に引き続き、海洋生分解性プラスチックの導入シナリオ作成、マテリアルフロー解析手法構築、海洋生分解性プラスチックへ適用可能な河川・海域モデルの構築、分解性試験結果の実環境への外挿手法の構築を進めた。

海洋生分解性プラスチックの導入シナリオ作成において、2021年度までの調査を踏まえながら、河川・海域モデル解析のための海洋生分解性プラスチック導入シナリオを作成した。マテリアルフロー解析手法構築において、ベトナム現地調査に基づき、プラスチックの環境中への流入フロー推定手法を作成した。海洋生分解性プラへ適用可能な河川・海域モデルの

構築において、モデルの構築を完了し、解析結果例を提示した。分解性試験結果の実環境への外挿手法の構築において、実海域での生分解速度を推定することができ、河川・海域モデルに適用可能な推定式の雛形を構築した。

研究開発項目②「海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発」

研究開発項目②-1(1) 海洋生分解性を有する有する新規な多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の研究開発」

(実施体制：日本電気株式会社)

別紙の研究開発項目②-1(1) 体制図に示される研究項目を実践した。

研究項目①：「パラミロン／セルロース長鎖短鎖エステル誘導体の合成と評価」

前年度に引き続き、適合性の高い合成手法で短鎖成分、長鎖成分の構造および比率を変更した長鎖短鎖エステル誘導体の合成検討に取り組み、今年度で32種類以上（パラミロンベースを19種類以上、セルロースベースを13種類以上）の誘導体の合成に成功した。前年度と同様に長鎖成分と短鎖成分の合計置換度2.4以下を目安とし、長鎖成分と短鎖成分の炭素数の範囲を前年度よりさらに広げて検討した。セルロースエステルについては、前年度に見出した組成（短鎖プロピオニル基（炭素数3）、長鎖ステアロイル基（炭素数18）を基本に検討したが、合計置換度2.4以下では十分な物性、熱可塑性が得られないことが判明したため、2段階均一法を用いて短鎖アセチル基（炭素数2）で検討し、低置換度でも目標値を上回る物性を発現（曲げ強度87MPa、衝撃強度9.5kJ/m²）する組成を見出した。パラミロンエステルについても、短鎖成分がプロピオニル基（炭素数3）では曲げ強度と衝撃強度の目標を同時に満たす組成が得られなかったため、短鎖アセチル基に切り替えて検討し、長鎖ヘキサノイル基（炭素数6）および合計置換度2.3において目標物性を満たす（曲げ強度47MPa、衝撃強度4.0kJ/m²）組成を見出した。

一方、東大においては前年度に2段階均一法で得られた合計置換度2.1のパラミロンエステルにおいて目標値を上回る海洋生分解性を達成していたが、今年度、改良した条件で再度海水BOD試験を実施し、再現性を考慮すると合計置換度2.0以下レベルが海洋生分解性を示す閾値であることが判明した。これまで1段階不均一法を中心に合成してきた誘導体においては、合計置換度2.0以下レベルで目標物性を満たす組成は得られていない。そこで、合計置換度2.0のパラミロンエステルとポリブチレンサクシネートアジペート(PBSA)とのアロイを検討したところ、PBSA20%含有において衝撃強度が約40倍(0.9→37kJ/m²)に向上することを見出した。本成果については特許出願を予定している。

また、新規誘導体の生態毒性の評価を開始した。

研究項目②：多糖類誘導体の釣具製品としての性能評価

前年度に引き続き、まずは先行合成品を用いた成形試作、性能評価を実施した。前年度までに一定の成形性、およびエギ部品としての組立性を確認していたが、成形時に一部ガス発生の問題が生じていた。今年度、成形条件を調整することにより、成形性を改良できた。さらに、得られたエギ部品を用いた製品落下試験を実施し、釣糸につないだ状態で3m自由落下時に割れないことを確認するとともに、耐水圧試験において3気圧の環境下で部品内部に水が入らないことを確認した。

海洋分解性をある程度確認できた新規誘導体の評価については、先行合成品と同等以上の物性を有する研究項目①のパラミロンエステルとPBSAアロイを選択し、2月までに評価確認予定。

研究開発項目②-1(2) エステルアミド骨格をベースとする新規新規海洋生分解性樹脂素材の開発

(実施体制：国立研究開発法人理化学研究所、株式会社日本触媒)

別紙の研究開発項目②-1(2) 体制図に示される研究項目を実践した。

新規化学構造を有するエステルアミド骨格をベースとする海洋生分解性樹脂素材(新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材)の原料となるエステルアミド骨格をベースとする新規ポリマー(エステルアミドポリマー)の合成システムを確立した(研究項目A-1)。具体的には、新規含芳香族エステルアミドポリマー(研究項目A-1-1)、ポリエチレンサクシネート(PES)由来新規エステルアミドポリマー(研究項目A-1-2)およびジカルボン酸(セバシン酸等)を原料に用いた新規エステルアミドポリマー(研究項目A-1-3)について、原料転化率90%以上およびポリマー収率80%以上かつ1バッチ10g以上のポリマー取得が可能な合成システムを構築した。合成した新規エステルアミドポリマーについて、室内での水系(汽水および海水)を用いた生分解性検証実験を行い、1ヶ月以内にBOD生分解度に有意な変化が見られ、2ヶ月以内にBOD生分解度5%以上となることを確認した。さらに、汽水および海水を用いた生分解性検証実験で分解が認められたエステルアミドポリマーについて、魚類への生体毒性試験を実施した(研究項目A-2)。新規エステルアミドポリマーの物性および機能性の評価と物性強化および機能性強化に向けた検討(研究項目A-3)を行い、酸素ガスバリア性(100 mL/m²・Day・atm(25 μm)以下)およびインパクト強度(10kJ/m以上)を示すポリマーの取得を目指した(研究項目A-3-1)。合成した新規エステルアミドポリマーに添加剤を配合するコンパウンディングを開始し、酸素ガスバリア性(100 mL/m²・Day・atm(25 μm)以下)およびインパクト強度(10kJ/m以上)を示す樹脂素材の取得を目指した(研究項目A-3-2)。

研究項目B「高効率合成システムの構築」

新規エステルアミドポリマーの高効率合成システム構築に関し、2021年度に整備した1バッチ10g以上かつ重量平均分子量100,000以上のポリマーが取得できる合成手法および

合成装置を用いて、1 バッチ 100g 以上かつ重量平均分子量 100,000 以上のポリマーが安定供給できる高効率合成システムを構築した（研究項目 B-1）。

研究項目 C 「新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材の開発」

食品包装材料に関する調査を完了した。また、新規エステルアミド樹脂素材について、食品包装材料に求められる性能を満たすポテンシャルの有無を評価し、エステルアミド樹脂素材の特徴を活かした有望用途をポリマー種 3 種類毎に 1 つ以上提案した。（研究項目 C-1）。

4. 2 2022 年度（助成）事業内容

研究開発項目②-2 「イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの実用化開発」

（実施体制：日清紡ホールディングス株式会社）

前年度までのフェーズ A で開発した粒子状の海洋生分解性化合物を用いて、プラスチックビーズの代替素材と、海洋生分解性付与添加剤の二つの用途について開発材の絞り込みと実用化開発を行った。

（プラスチックビーズ代替素材の実用化開発）

パーソナルケア製品および塗料に添加するプラスチックビーズの代替となるイオン結合を有する微粒子・粉体について、コストを踏まえ、製造工程の検証と改善を実施した。量産に伴う粒子形状のバラツキ制御と系中の細菌類の発生防止に重点を置き、工程毎にその対応策を取り入れた製造工程を設計した。年産 3 トンスケールの試作ラインの導入では、粒子形成工程、精製工程、充填梱包工程に係る設備を選定し導入した。

絞り込んだ開発素材について用途に沿った各種安全性試験、物性試験を実施した。水性環境有害性試験では、魚類急性毒性試験、ミジンコ急性遊泳阻害試験、藻類成長阻害試験を実施し、何れの試験においても安全性が高いことを確認した。

（海洋生分解性付与添加剤の実用化開発）

既存の生分解性樹脂を主剤とし、開発素材とのマッチング、物性と海洋生分解度の両立を目指した添加剤としての応用開発を実施した。プレポリマーの主骨格の構造と分子量を調整することで耐熱性の向上と海洋生分解度を両立し、特性を維持できる複数の素材候補を得た。

複合材としての物性目標を設定し、開発素材と既存の生分解樹脂とを複合化した海洋生分解性プラスチック素材の試作検証を実施した。主剤となる生分解性樹脂としてポリブチレンサクシネートアジペート、デンプン系樹脂等を選定して複合材の成型性を確認しマスターペレットを試作した。複数のマスターペレットについてインフレーション成形を行い、薄膜厚の袋状成型品が作製可能であることを確認した。

イオン結合を有する海洋生分解性付与添加剤について、化審法・安衛法などの法規制に対

応する基本的な安全性を評価する為、Ames 試験、水性環境有害性試験を実施し、構造的な観点から安全性を確認した。

ステージゲート審査における採択条件への対応として、イオン結合を有する海洋生分解性素材の分解メカニズム解明に向けて、有識者を含めた研究開発推進委員会を組織し、シーズ技術、市場ニーズを確認しながら開発を進めた。

4. 3 実績推移 (2023年1月11日時点の見込みを含む)

	2020年度	2021年度	2022年度
	委託	委託	委託・助成
実績額(百万円)			
一般勘定	—	—	—
需給勘定	260	400	413
特許出願件数(件)	0	5	6
論文発表件数(報)	0	12	6
学会・フォーラム等(件)	4	47	43
プレス発表(件)	0	5	0
受賞実績(件)	0	3	1
展示会対応(総回数)	0	3	2

5. 事業内容

2023年度は、中間評価結果を踏まえ、前年度に引き続き、研究開発項目①「海洋生分解性に係る評価手法の確立」、同②-1(1)海洋生分解性を有する有する新規な多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の研究開発」、同②-2「イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの開発」、同②-2「イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの実用化開発」を行う。事業内容は以下の予定である。

5. 1 2023年度(委託)事業内容

研究開発項目①「海洋生分解性に係る評価手法の確立」

(実施体制: 国立研究開発法人産業技術総合研究所、独立行政法人製品評価技術基盤機構、国立大学法人東京大学、国立大学法人愛媛大学、静岡県環境衛生科学研究所、株式会社島津テクノロジー)

海洋生分解評価法の ISO 標準化活動予定

「§4.1 2022年度(委託)事業内容」で説明した「海洋生分解評価法の標準化事業内容」を下記の通り、進めていく。

<海洋生分解評価法の標準化事業内容>

(1) 簡易実海域海洋生分解フィールド試験

研究項目④の成果を反映した国際標準化活動として、2021年度に日本から ISO/NP 16636 として新規提案し、国際審議の段階に入っている。ISO 国際審議段階は、作業原案、委員会案、ISO 案、最終 ISO 案の各段階で投票と投票時に得られたコメント審議を行うが、2023年度は、ISO 案で得られたコメントに対応した最終 ISO 案を作成する。当該、評価法がグローバルに活用される ISO 評価法とするために、日本バイオプラスチック協会、ヨーロッパバイオプラスチック協会やアセアン経済研究所（地域海ゴミプラ知識センター）等とそれらの関係国の研究機関等に当該評価法を紹介するとともに、意見交換を行う。

(2) 実験室内海洋生分解加速試験

研究項目①の成果を反映した国際標準化活動として、2022年度に ISO/NP 18957 を新規提案し、提案は可決され国際審議を行っている。2023年度は、新規提案の投票時に得られたコメントに対応した作業原案を作成する。(1)と同様に、関係各機関に当該評価法を紹介し、意見交換を行う。

別紙の研究開発項目①「海洋生分解性に係る評価手法の確立」の体制において、以下の研究項目を実践する。

研究項目①「実験室内における生分解度加速試験法の開発」

研究項目①-1「新規評価法の開発」

ラボ好氣的生分解試験法の開発に関しては、期間短縮のアプローチとして、無機化による CO₂ カーボンとバイオマス化カーボンの合算としての新しい生分解度の算出方法を提案し、生合成系樹脂、合成系樹脂、ポリアミド、天然物系樹脂、さらに複合系樹脂の計 5 種以上の試料を対象に、1 か月もしくは 3 か月までの時点での試験系内での残存樹脂、中間生成物の有無について分析を行い、その実効性について検証する。また、深海での生分解評価を模擬するために、深層水による加速試験データを収集する。

また、海底砂泥による嫌氣的生分解の実証試験に関しては、各海域の嫌氣的生分解に関与する微生物群のマップ化として、2021年度ならびに 2022年度に開始した嫌気培養系の生分解能力をメタンガス生成測定により引き続き検証するとともに、新たに 2 箇所以上の底泥試料を対象に、生合成系樹脂、合成系樹脂、ポリアミド、天然物系樹脂の 4 種類の樹脂を用いた嫌気培養を実施し、その生分解能の検証を開始する。また、生分解が確認された系における菌叢解析をデータ解析用 PC を用いて実施して、優占菌の存在量比と系統分類学上の特徴付けを行い、マップ化のためのデータを蓄積する。

研究項目①-2「生分解性評価法条件の最適化」

これまで対象としてきた内海よりもより季節変動が激しい環境となる外海の海底砂泥および海水について、有機炭素含有率、栄養塩類濃度、菌叢等を確認し、季節による海底砂泥

の状態の違いを把握する。また、内海の海底砂泥の基礎データを参考に、最適と考えられる条件で外海の海底砂泥・海水を用いた IS019679 試験を実施し、定期的に試験容器内の栄養塩類濃度、菌数・菌叢等の変化を確認する。同時に、加速試験法と同じ海域を対象とした IS019679 試験を実施し、実海域条件と加速試験の相関性を評価するとともに、深海での生分解評価を模擬するために、深層水・砂泥を用いた IS019679 試験を実施する。また、開発された新素材の海洋生分解速度を評価し、当該実施者の生分解速度が最適化された製品開発のためのデータを提供し、問題があれば評価法の改良を考慮する。

研究項目②「材料構造解析による生分解メカニズムの解明」

研究項目②-1「分子構造相関解析」

2022 年度までに開発した、顕微 IR 2 次元相関解析による表面結晶構造解析手法や、高分解能質量分析による共重合ポリエステル組成分析手法を組み合わせたマルチスケール構造解析技術について、陽電子消滅寿命測定による非晶構造解析手法等を組み入れて、技術の高度化を行う。本 PJ にて開発されたラボ加速試験等の異なる海洋生分解試験条件のサンプル 2 種類以上についてマルチスケール構造解析を適用する。試験条件による構造変化の相違を明らかにし、各条件における分解メカニズムを解明する。

研究項目②-2「形状および結晶構造からの分解機構の解明」

結晶化度や結晶配向度の異なるフィルム、繊維、微粒子を作製し実験室レベルの広角および小角 X 線回折に加え、大型放射光施設の広角および小角 X 線回折を行い、詳細な構造解析を行うと主に、BOD 生分解性試験に供試する。微粒子に関しては、めだかやミジンコを用いた安全性評価試験も合わせて行う。

研究項目②-3「生分解度評価手法としての質量分析技術の有用性の検証および海洋生分解性プラスチックの安全性評価」

新たに 1 素材以上の海洋生分解性プラスチックについて、分解中間生成物の質量分析法および前処理方法一式を検討して確立する。採水地点の異なる海水（3 地点を予定）を用いて生分解試験を行い、分解日数の異なる試料を 5 つ以上採取する。得られた試料を質量分析法により測定し、それぞれの素材に対して 2 種類以上の分解中間生成物について経日変化を整理する。また、BOD ベースの生分解度と質量分析法で得られた分解中間生成物の経日変化の結果を比較し、考察する。これらの、2 素材以上の海洋生分解性プラスチックへの適用性、異なる海水を用いた試験間での再現性確認については、5 年目（2024 年度）の第二四半期までを目処にデータを取得する予定である。

新たに 1 素材以上の海洋生分解性プラスチック（バージン材および分解途上材）を試験対象とする。有害化学物質の収着試験を行い、5 物質以上の化学物質について収着特性を把握する。また魚類の消化器系での収脱着を検討するために、1 種類以上の疑似消化液を用いて

脱着試験を行い、5物質以上の化学物質について脱着特性を把握する。バージン材および分解途上材への化学物質収着・脱着特性から、5物質以上について海洋生物体内で脱着し得る化学物質量を推定する。新たな素材の収着・脱着特性把握については、5年目（2024年度）の第二四半期までを目処にデータを取得する予定である。

研究項目③「微生物、酵素による生分解メカニズムの解明」

研究項目③-1 「ラボ試験環境における微生物（叢）解析」

ラボ試験系の微生物叢解析として、2022年度に引き続きラボ試験系の経時的な菌叢解析を実施し、樹脂分解の中間生成物との関連を統計学的分析により明らかにする。また、系内の分解生成物の挙動解析として、2022年度からの研究を継続する。とくに生分解の速い樹脂と遅い樹脂の複合系材料2種以上に関して生分解中間生成物の分析を行うとともに生分解の遅い樹脂がマイクロプラスチック化しないかの検討を行う。さらに、生分解菌分析として、生合成系、化学合成系、天然物系の生分解菌の系統の異なる異種間樹脂2種以上の複合材料を対象に発生する分解菌の解析を行い、その時間的な推移について明確にする。

実海域微生物分析としては、バイオフィーム解析としてフィルム表面の形状を平滑面から凹凸の激しい面まで変化させた試料、表面親水性の高いフィルムから疎水性の高いフィルムまで表面状態を変化させた試料を準備、海水浸漬し、その表面に形成されるバイオフィームにどのような影響を及ぼすか明確にする。また、生分解菌分析として、多様な表面状態のフィルム試料の海水浸漬試験後のバイオフィーム中の生分解菌を検出、NITEとの連携により純粋分離、同定し、表面状態の変化による生分解菌の分布に与える影響を明確にする。

研究項目③-2 「生分解性微生物菌叢特定のための解析及び試験法開発に資する微生物添加要素技術の開発」

海洋でのプラスチック付着微生物叢データに紐づく微生物株の生分解能等の評価・解析を引き続き進めるとともに、季節や地理的要因、素材の種類等と微生物叢との多面的解析を行い、主たる海洋生分解性微生物種の特定を進める。また、既存の海洋生分解性試験法の改良を目的に、微生物添加による海洋生分解性試験法における要素技術の開発を引き続き進め、試験法素案の検証を開始する。加えて、海洋生分解性試験における微生物量測定ガイドラインを作成するため、関係機関と連携した共同試験を引き続き行い、結果をとりまとめる。各種条件での実験室試験サンプルの微生物叢の分析についても引き続き関係機関との連携を進める。

研究項目④「実海域におけるデータ収集、簡易生分解（崩壊度）試験法の開発」

研究項目④-1 「簡易試験法の開発と生分解データの収集」

実海域海水浸漬簡易試験法の開発に関しては、簡易試験方法でのデータ蓄積として、2022年度の研究に関して、3種以上の樹脂を対象に、浸漬する2シーズン以上の季節の影響、異

なる年度の結果の変動性などの多様な条件での海洋生分解データを再委託先と連携して蓄積する。また、ラボ試験法との相関性検討として、2022 年度に引き続き、再委託先と連携して全国の試験地点の海水でのラボ生分解試験を並行して実施し、海水温の相関性への影響について明確にする。さらに、ラボ試験からの実海域生分解の予測として、再委託先と連携して全国の定点試験場所以外の水深の違いなどを含めた 1 つ以上の異なる場所の海水を用いたラボ試験を行い生分解予測の予備試験を行う。また、研究開発項目②により、開発された新素材の海洋生分解速度を評価し、当該実施者の生分解速度が最適化された製品開発のためのデータを提供し、問題があれば評価法の改良を考慮する。

研究項目④-2「実験室試験の課題確認、仮説検証、及び標準化根拠形成のための実海域微生物及び関連データの収集」

試験法の規格化に必要とされる実海域のプラスチック付着微生物叢等のデータ取得と収集した微生物株の同定を進め、それらのデータを対合して、研究項目③-2 (イ-2)及び(ロ)へとつなげる。また、研究項目④-1 で規格化を進めている簡易実海域試験法における根拠データ取得のため、適宜必要な実海域サンプルを採取すると共に、それらの微生物叢データの取得及び微生物株の分離も必要に応じて実施する。研究項目③-2 における微生物添加試験法の検証や微生物量測定の実験に必要の実海域サンプルも適宜採取する。

研究項目④-3「深海実験の結果を基軸とした評価法の開発」

既に海底に設置したサンプルの回収および解析を行う。短期間の深海分解性を評価するため、結晶化度、結晶配向度の異なるフィルムを多数用意し、半年ごとの分解性評価を行う。深海条件(高圧)での疑似試験を実験室の高圧装置を用いて行えるか否かについての可能性を検討する。深度の異なる深海底から海水を採取し、実験室内 BOD 生分解性評価を行う研究項目①のグループに海水を提供する。

研究項目⑤「生態毒性評価法の開発」

実環境に近い分解中間生成物の粒子形状を把握するため、画像解析装置の測定範囲を広げるように改良する。さらに実サンプル測定についての前処理方法などを検討する。既存の生分解性プラスチック 5 種 (PHBH, PBSA, PVA など) を入手し、化審法で用いられている生態毒性試験(特に甲殻類急性)を実施する。以上の結果を踏まえて国内機関で実施可能な生分解プラスチックの生態毒性試験法の草案を作成する。

ISO 提案の ISO 5430 について、実証レベルでの検討を行い国内機関での実施についての問題点を明示する。

研究項目⑥「海洋プラスチック低減効果の推定」

2022 年度までの成果を踏まえ、海洋生分解性プラスチックと被代替プラスチックのフローと排出量推定、モデル解析によるプラスチック低減の評価を進める。

海洋生分解性プラスチックと被代替プラスチックのフローと排出量推定において、2022 年度までの成果を踏まえながら、海洋生分解性プラスチックおよび被代替プラスチックの国内フローを推定し、代替と被代替の対象プラスチックの廃棄量を推定する。モデル解析によるプラスチック低減の評価において、海洋生分解性プラスチックを対象とした河川・海域モデルの感度解析と妥当性評価を行う。実環境でプラスチック（製品）の観測・測定を行い、河川・海域モデルの精度向上のための知見を得る。

研究開発項目②「海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発」

研究開発項目②-1（1）海洋生分解性を有する新規な多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の研究開発

（実施体制：日本電気株式会社）

別紙の研究開発項目②-1（1）体制図に示される研究項目を実践する。

研究項目①：「パラミロン／セルロース長鎖短鎖エステル誘導体の合成と評価」

前年度の検討結果を受け、適合性の高い合成手法で短鎖成分、長鎖成分の構造および比率を変更した長鎖短鎖エステル誘導体を 20 種類以上合成する。ただし、前年度までの検討結果から、パラミロンベースとセルロースベースの誘導体数を調整する。また、それと並行して多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の合成方法について反応原料や必要設備等を調査し、反応性や経済性の観点での優位性と課題を抽出する。

さらに、得られた誘導体を押出混練機でペレット化した後、物性評価のための射出成形体を作製し、曲げ強度 45MPa、衝撃強度 4.5kJ/m²、ガラス転移温度 100℃を全て達成する。なお、場合によってはペレット化の際に適切な添加剤を添加することも検討する。

新規長鎖短鎖エステル誘導体（パラミロン、セルロース骨格）の置換度の最適化を完了した後、本プロジェクトの研究開発項目①で開発した評価手法（窒素、リン添加）を用いて BOD 試験を実施する。生分解度の確認と共に、新しい評価手法でのメリット（短評価時間、簡便さ）の確認と分子構造の異なる新材料に対する海洋生分解性評価手法としての有用性を確認する。

研究項目②：多糖類誘導体の釣具製品としての性能評価

研究項目①で最適化した海洋生分解性が良好な新規誘導体を用いて、エギ部品形状の成形試作を実施し、評価可能な成形体を得られることを確認する。

研究項目①で最適化した海洋生分解性が良好な新規誘導体で試作したエギ部品を用いて、有機溶媒を用いた部品接着性（組み立て性）に問題がないことを確認する。

上記で得たエギ部品を用いて、製品落下試験を実施し、釣糸につないだ状態で 4m 自由落下時に割れないことを確認する。また、耐水圧試験を実施し、6 気圧の環境下で部品内部に

水が入らないことを確認する。

研究項目①で最適化した海洋生分解性が良好な新規誘導体で試作したエギ製品形状物の実地での海洋生分解性試験を実施し、BOD 試験との相関を明確化する。

研究項目①で最適化した海洋生分解性が良好な新規誘導体で熔融紡糸繊維の作製可能性を検証する。

②-1 (2) エステルアミド骨格をベースとする新規新規海洋生分解性樹脂素材の開発

(実施体制：国立研究開発法人理化学研究所、株式会社日本触媒)

別紙の研究開発項目②-1 (2) 体制図に示される研究項目を実践する。

研究項目 A 「エステルアミド骨格をベース新規ポリマーの開発」

2022 年度までに構築した原料転化率 90%以上およびポリマー収率 80%以上かつ 1 バッチ 10g 以上のポリマー取得が可能な合成システムを用いて、新規化学構造を有するエステルアミド骨格をベースとする海洋生分解性樹脂素材（新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材）の原料となるエステルアミド骨格をベースとする新規ポリマー（エステルアミドポリマー）の合成を実施する（研究項目 A-1）。具体的には、新規含芳香族エステルアミドポリマー（研究項目 A-1-1）、ポリエチレンサクシネート (PES) 由来新規エステルアミドポリマー（研究項目 A-1-2）およびジカルボン酸（セバシン酸等）を原料に用いた新規エステルアミドポリマー（研究項目 A-1-3）を効率的に取得する。合成した新規エステルアミドポリマーについて、室内での水系（汽水および海水）を用いて生分解性の発現を確認する。従来の BOD 試験に加えて、研究開発項目①で開発した評価手法（窒素、リン添加）による BOD 試験を実施し、生分解度の確認と共に、新しい評価手法でのメリット（短評価時間、簡便さ）の確認と分子構造の異なる新材料に対する海洋生分解性評価手法としての有意性を確認する（研究項目 A-2-1）。さらに、汽水および海水を用いた生分解性検証実験で分解が認められたエステルアミドポリマーおよび生分解後の溶液を用いて、魚類への生体毒性試験を実施する（研究項目 A-2-2）。新規エステルアミドポリマーの物性および機能性の評価と物性強化および機能性強化に向けた検討（研究項目 A-3）を行い、酸素ガスバリア性（100 mL/m²・Day・atm(25 μm)以下）およびインパクト強度（10kJ/m 以上）を示すポリマーの取得を目指す（研究項目 A-3-1）。合成した新規エステルアミドポリマーに添加剤を配合するコンパウンディングを開始し、酸素ガスバリア性（100 mL/m²・Day・atm(25 μm)以下）およびインパクト強度（10kJ/m 以上）を示す樹脂素材の取得を目指す（研究項目 A-3-2）。

研究項目 B 「高効率合成システムの構築」

新規エステルアミドポリマーの高効率合成システム構築に関し、2022 年度までに整備した 1 バッチ 10 g 以上かつ重量平均分子量 100,000 以上のポリマーが取得できる合成手法および合成装置（研究項目 B-1）を用いて、原料転化率 90%以上およびポリマー収率 90%以

上、1 バッチ 1 kg 以上かつ重量平均分子量 100,000 以上のポリマーが安定供給できる高効率合成システムの構築を目指す（研究項目 B-2）。原料転化率 90%以上およびポリマー収率 90%以上、1 バッチ 5 kg 以上かつ重量平均分子量 100,000 以上のポリマーが安定供給できる高効率合成システムの構築に向けた検討を開始する（研究項目 B-3）。

研究項目 C 「新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材の開発」

食品包装材料および農業用資材に求められる性能を満たすポテンシャルの有無を評価し、有望用途に対する適否を判断するために必要な試験評価を開始する。また、新規エステルアミド樹脂素材について、農林水産資材および土木建築資材に関するニーズ・シーズ調査を実施し、エステルアミド樹脂素材の特徴を活かした新たな有望用途をポリマー種 3 種類毎に 1 つ以上提案する（研究項目 C-1）。海洋生分解性エステルアミド樹脂素材を開発するためのコンパウンティングの検討を行う（研究項目 C-2）。新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材の材料特性の強化を図り、成形品の作成を行う（研究項目 C-3）。研究項目 C-2 および C-3 で作成した新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材について、室内での水系（汽水および海水）を用いて生分解性の発現を確認する。従来の BOD 試験に加えて、研究開発項目①で開発した評価手法（窒素、リン添加）による BOD 試験を実施し、生分解度の確認と共に、新しい評価手法でのメリット（短評価時間、簡便さ）の確認と分子構造の異なる新材料に対する海洋生分解性評価手法としての有意性を確認する（研究項目 C-4-1）。汽水および海水を用いた生分解性検証実験で分解が認められた新規海洋生分解性エステルアミド樹脂素材および生分解後の溶液を用いて、魚類への生体毒性試験を実施する（研究項目 C-4-2）。

5. 2 2023年度（助成）事業内容

研究開発項目②-2 イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの実用化開発

（実施体制：日清紡ホールディングス株式会社）

フェーズ A で開発した粒子状の海洋生分解性化合物を用いて、プラスチックビーズの代替素材と、海洋生分解性付与添加剤の二つの用途について実用化開発を行う。

（プラスチックビーズ代替素材の実用化開発）

パーソナルケア製品および塗料に添加するプラスチックビーズの代替となるイオン結合を有する微粒子・粉体について、コストを踏まえ、量産製造工程の検証と改善を実施する。2022 年度に導入した年産 3 トンスケールの試作ラインを活用し、最も実用化に近い疎水化アルギン酸粒子の試作検証と工程改善を実施し、コスト検証を行う。

また、試作品のサンプル提供を行い、顧客での製品評価を実施する。粒子形状制御と系中の細菌類の管理を含む品質管理体制を構築し、化審法・安衛法などの法規制対応など実用化に向けた必要な試験を実施する。

事業内の成果を共有するため、開発した疎水化アルギン酸粒子をベースとするプラスチ

ックビーズ代替素材を研究開発項目①で開発した評価手法（窒素、リン添加）を用いて BOD 試験を実施する。生分解度の確認と共に、新しい評価手法でのメリット（短評価時間、簡便さ）の確認と分子構造の異なる新材料に対する海洋生分解性評価手法としての有用性を確認する。

（海洋生分解性付与添加剤の実用化開発）

複数の添加剤候補について主剤とのマッチングおよび物性と海洋生分解度の両立を進め開発材の製造工程確立と量産開発を実施する。2022 年度に絞り込んだ海洋生分解性付与添加剤の合成方法をもとにラボ設備を導入し、添加剤と主剤からなる複合材のマスターペレット化を目的とする試作工程を設計し、試作検証と工程改善を実施する。

目標とする物性が得られた複合材について海洋生分解性付与添加剤及び複合化したマスターペレットを試作し、顧客に提供する。量産ターゲットに絞り込んだ添加剤について化審法・安衛法などの法規制対応、認証取得など実用化に向けて必要な試験を実施する。

また、普及拡大へ向けた新たな用途展開を模索するためにシーズ及びニーズ調査を実施し、中長期的に有望な海洋生分解性の高機能化素材の開発に着手する。

イオン結合を有する海洋生分解性素材の分解メカニズム解明について海洋中のイオンによる構造分解と微生物による生分解に分けて評価を行い、分解機構を明らかにする。事業内の成果を共有するため、開発した添加剤（マスターペレット化）を研究開発項目①で開発した評価手法（窒素、リン添加）を用いて BOD 試験を実施する。生分解度の確認と共に、新しい評価手法でのメリット（短評価時間、簡便さ）の確認と分子構造の異なる新材料に対する海洋生分解性評価手法としての有用性を確認する。

6. その他重要事項

（1）評価の方法

NEDOは、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を2022年度に実施する。

（2）運営・管理

NEDOは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PLや研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成

の見通しを常に把握するとともに、必要に応じて研究開発の加速・中止を検討する。早期実用化が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、必要に応じて内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

研究開発項目①において、開発した評価手法の利便性を更に高め、且つ素材の普及促進へ繋げられる可能性を追求するため、2023年度以降の研究開発項目①の活動としてISO以外の動向をウォッチングする。将来への重要性を見極め、ISO以外へ対話・連携を検討するか判断する。

③ 研究開発テーマの評価

NEDOが設置する外部有識者で構成する技術検討委員会で定期的にテーマ評価を行う。

研究開発を効率的に推進するため、ステージゲート方式を適用する。2021年度のステージゲート審査では、研究開発項目②-2「イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの実用化開発（助成事業）」（提案者名：日清紡ホールディングス株式会社）を実施した。選考結果は、助成事業の研究開発を実践するにあたり、実用化開発だけでなく開発材料の生分解メカニズムなど基礎研究にも注力する付帯条件が付いた上で採択された。2022年度以降の2年間は助成事業へと移行することが決定された。

2022年度は中間評価を実施した。2022年9月29日に分科会を開催し、評価委員によるプロジェクト全体の評価と研究開発項目毎に改善すべき提言を頂いた。2023年度は中間評価結果を反映したプロジェクトの実施計画を立案し、実行する。

なお、PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直すなどの対応を行う。

（3）複数年度契約の実施

原則として、委託事業の2020年度開始分は2020年度～2022年度（研究開発項目②-2は2020年度～2021年度）、2021年度開始分は2021年度～2022年度の複数年度契約を行う。また、中間評価後の契約延長については、委託事業については2023年度から2024年度、助成事業の研究開発項目②-2は2022年度～2023年度）の複数年契約をを行う。

(4) 知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

(5) データマネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」に従ってプロジェクトを実施する。

(6) 標準化施策等との連携

研究開発実施者は、他の研究開発テーマに裨益する共通基盤技術について、研究開発テーマの垣根を越えてプロジェクト全体として研究成果の最大化を図るよう努めるものとする。特に、研究開発項目①、②は、研究開発段階において連携することが不可欠であることから、必要に応じて秘密保持契約や共同研究契約等を締結し、密接な連携関係をとることとする。

7. スケジュール

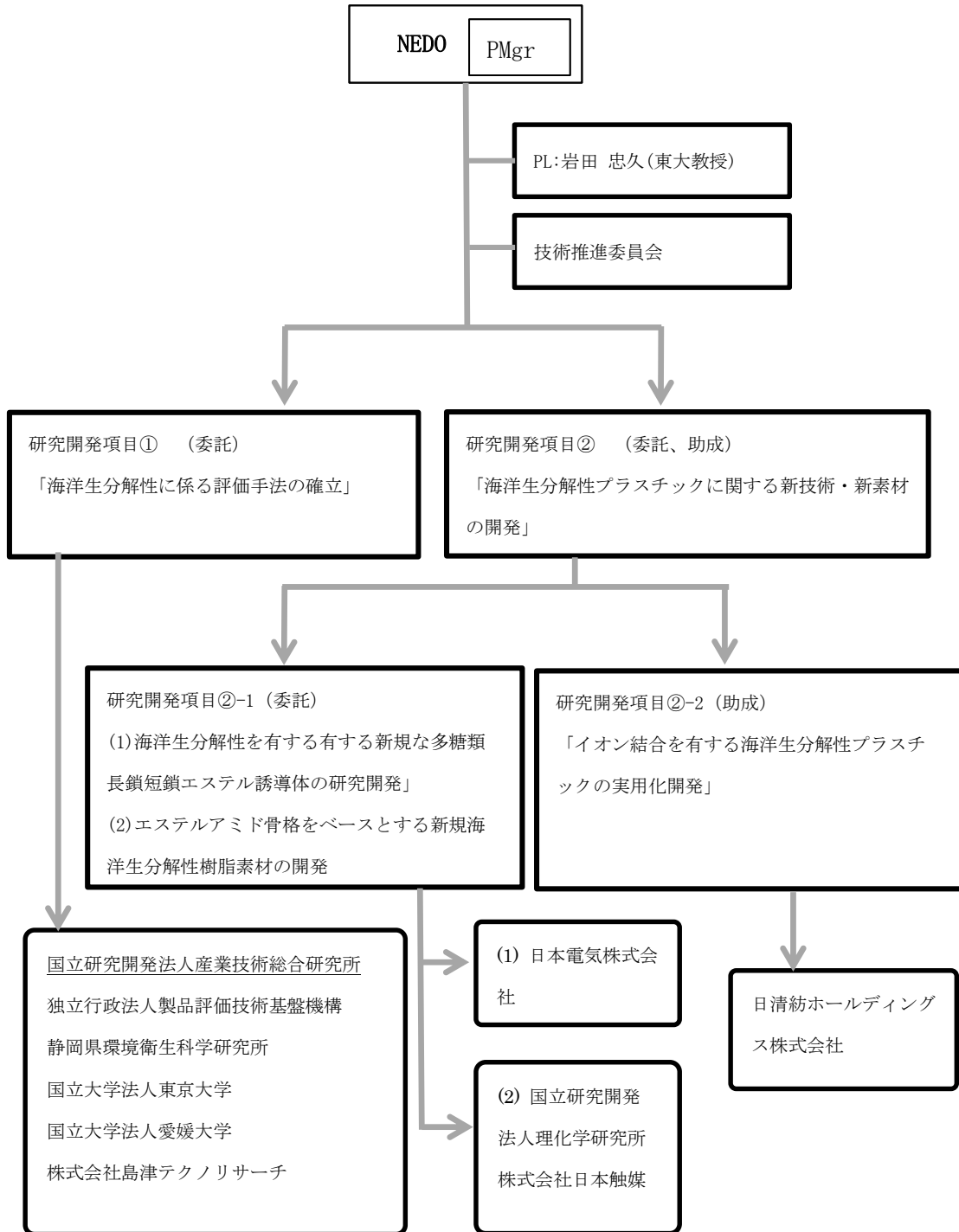
7. 1 本年度のスケジュール

2023年7月 技術推進委員会

8. 実施方針の改定履歴

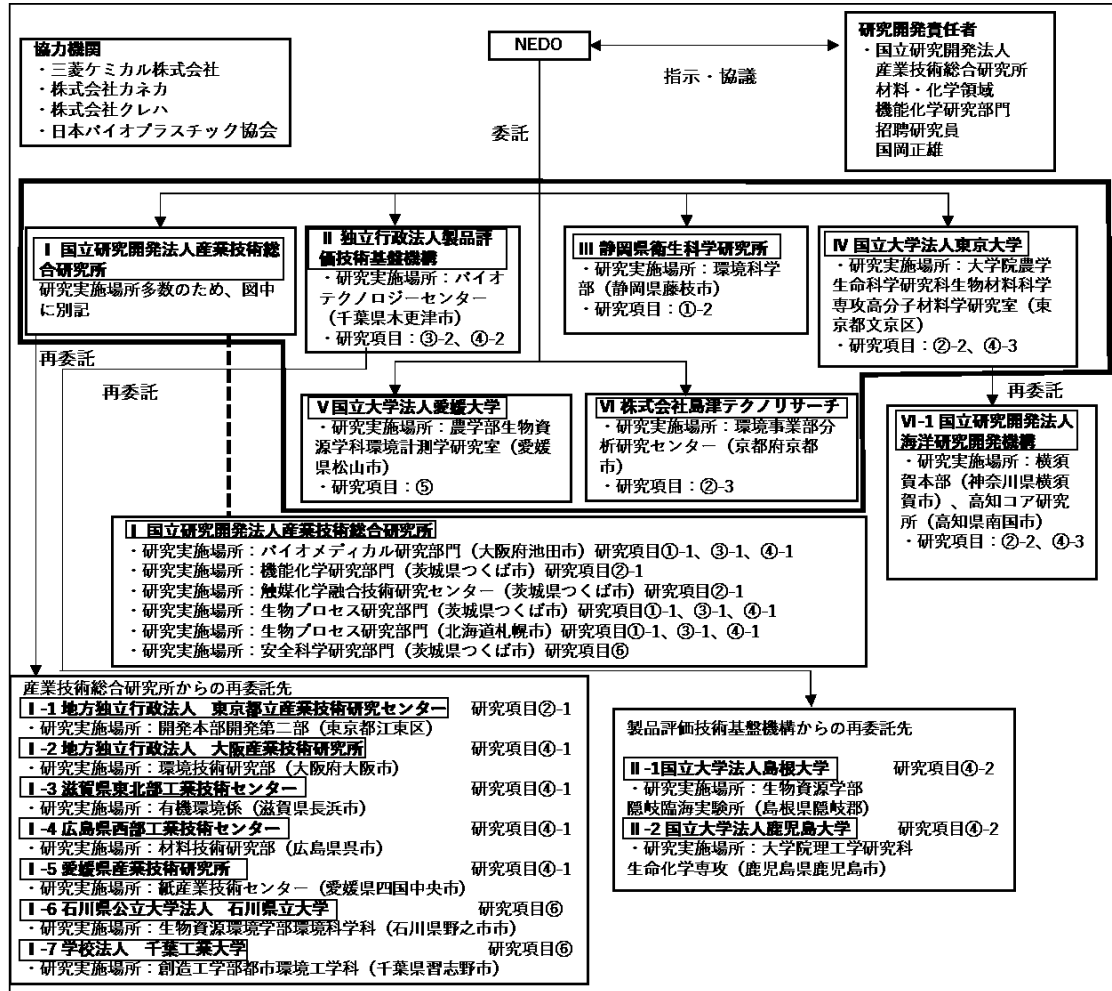
(1) 2022年3月、制定

(別紙) 事業実施体制の全体図



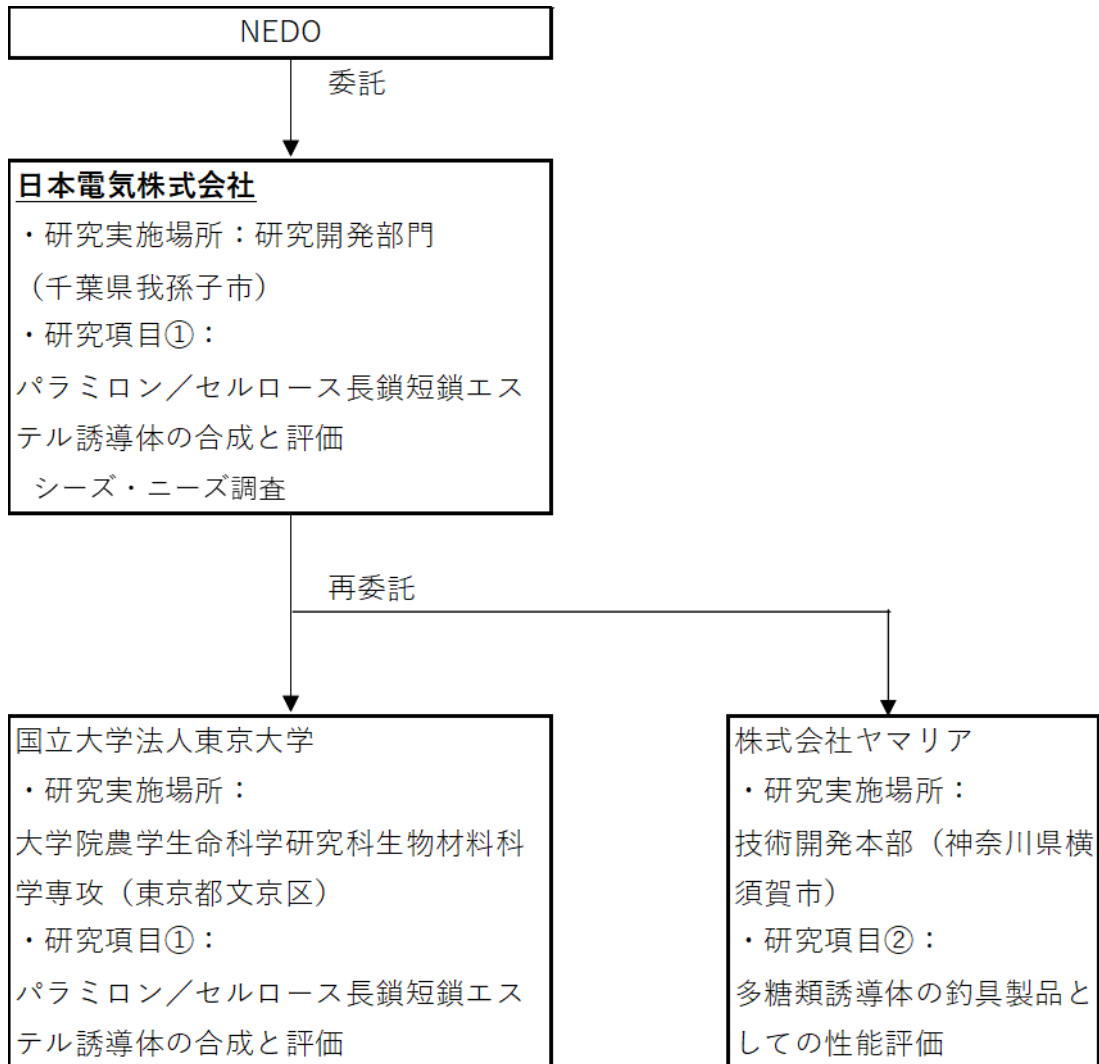
研究開発項目①

「海洋生分解性に係る評価手法の確立」体制



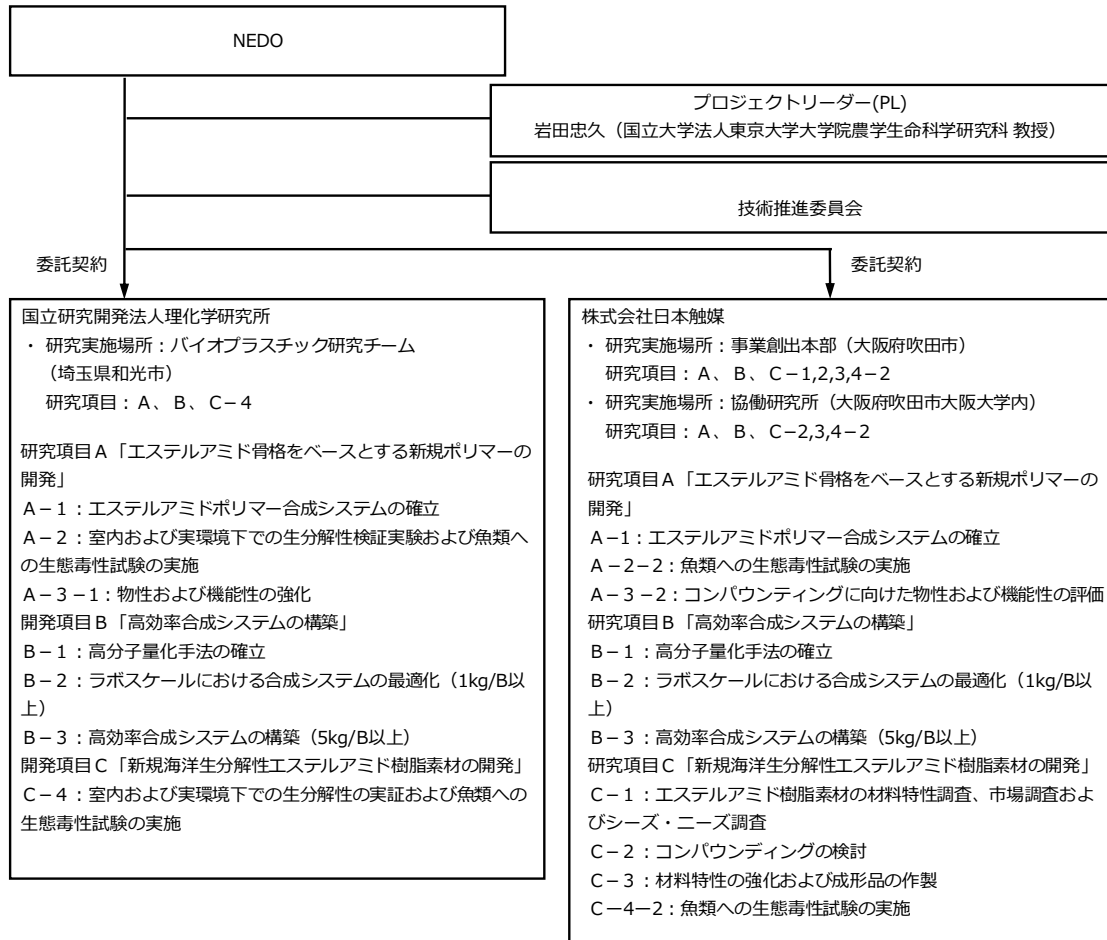
研究開発項目②-1 (1)

海洋生分解性を有する新規な多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の研究開発」体制



研究開発項目②-1 (2)

「エステルアミド骨格をベースとする新規新規海洋生分解性樹脂素材の開発」体制



研究開発項目②-2

「海洋生分解性プラスチックに関する新技術・新素材の開発／イオン結合を有する海洋生分解性プラスチックの実用化開発」体制

