P20008

2024年度実施方針

バイオ・材料部

1. 件名：
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。2023年 4 月に札幌で開催されたG7気候・エネルギー・環境大臣会合において、上記の2050年までに追加的海洋プラスチックゴミをゼロとする目標が、2040年までに前倒しで達成することが合意された。

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、好気的条件下では水と二酸化炭素に、嫌気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

２023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、延長契約を締結し委託事業の実施計画書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、前年度に引き続き助成事業として、実用化に向けた検討を行った。

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 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、ISO/TC61(プラスチック)/SC14(環境側面)/WG2(生分解度)に新規提案し、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。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。委員会案段階のコメントで、適用範囲を海域から水域（河川、湖を含む）に拡大したため、SC14 委員会内投票（CIB）を行い可決された。CIB に時間がかかり、審議段階は進まなかった。ISO 案を作成した。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、11 月に中国安徽省で開催されたバイオプラスチックに関する国際会議「The 10th International Conference of Technology & Application of Biodegradable and Biobased Plastics (ICTABP10)」で、日本バイオプラスチック協会が ISO 審議中の評価法の紹介を行った。

（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委員会案を作成し、その案へのコメント収集（投票）を開始した。

（3）海洋生分解評価における微生物量の測定法

研究項目①、③、④の成果を反映した国際標準化活動として、2023 年度には、微生物量の測定法の ISO 予備提案を行い、新規提案の準備を行った。

＜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」

実験室内の好気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、製品に用いた生分解性樹脂の無機化による 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た。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、実験室内海水中での生分解評価において 1 か月までの時点での試験系内での残存樹脂、中間生成物の分析を行い、その実効性について検証する樹脂中のカーボンバランスについて明らかにした。これらの成果を ISO 国際 WG の会議の場で報告した。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した。

また、海底砂泥による嫌気的生分解の実証試験に関しては、各海域の嫌気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した。5 箇所の底泥試料の嫌気培養系のガス生成量の測定を約 860 日に渡り実施した結果、生合成系樹脂(PHB)ならびにポリアミド(PA4)において有意なメタンガスの生成を確認した。さらに、培養後の液体培地に含まれる樹脂から変換された有機酸成分を分析して嫌気生分解率を試算したところ約 19%-69%と、砂泥の採取地によって差があることが明らかとなった。また、新たに 4 箇所の底泥試料を用いた嫌気生分解試験を開始し、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結果、メタンガスの生成が見られた培養物では酢酸や水素を利用するメタン生成菌が高頻度に検出された。一方、メタンガスの生成が弱く有機酸が蓄積した培養物ではメタン生成菌がほとんど検出されなかった。さらに、これらの培養物のショットガンメタゲノム解析を実施したところ、PHB ならびに PA4 の分解に関与する酵素遺伝子が検出された。

研究項目①-2「生分解性評価法条件の最適化」

2022 度まで対象としてきた内海（浜名湖、静岡県美保）よりも季節変動が厳しい環境（栄養塩や微生物量が少ない生分解活性が低いと予測される環境）となる外海の海底砂泥及び海水について、静岡県南伊豆弓ヶ浜において栄養塩類濃度、菌数等を確認し、季節による海底砂泥の状態の違いを把握した。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弓ヶ浜の海底砂泥・海水を用いた ISO 19679 試験（海水と海底砂泥を含む、浅い海底面での海洋生分解を模擬した海洋生分解評価法）を実施し、定期的に試験容器内の栄養塩類濃度、菌数等の変化を確認。同時に、加速試験法と同じ海域を対象とした栄養塩を添加し微生物量を増加させる加

速試験法において、兵庫県甲子園浜を対象とし、そこの海水と砂泥による ISO 19679 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、駿河湾深層水・砂泥を用いた ISO 19679 試験を開始した。

また、開発された新素材（研究開発項目②）について、加速効果を考慮した ISO 19679 試験を開始した。

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」

顕微 IR2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組成分析手法を組み合わせた、海洋生分解性プラスチックのマルチスケール構造解析技術について、2023 年度は、フィルムサンプル表面の自由体積空隙を評価可能な低速陽電子ビーム装置を用いた陽電子消滅寿命測定を導入し、分子構造からナノメートルスケール構造まで総合的に構造解析が可能な評価手法へと高度化した。本 PJ にて開発されたラボ加速試験や酵素分解試験等の各種試験において得られた複数の残渣サンプル（PLA、PHBH 等）ついてマルチスケール構造解析を適用し、生分解性プラスチックの構造解析に基づいて、各条件における分解メカニズムを解明した。

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」

様々な生分解性ポリエステル及び多糖類エステル誘導体から作製した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及び小角 X 線回折に加え、大型放射光施設の広角及び小角 X 線回折を行い、詳細な構造解析を行った。さらに、深海底の環境を実験室で再現するため、深海から採取した海水を用いて、水圧をかけ、4℃での環境下での分解試験を行い、構造の変化を解析した。

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」

新たに 1 素材以上の海洋生分解性プラスチック（バージン材及び分解途上材）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。バージン材及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。

PHBH と PCL の 2 素材を大阪湾、東京湾の海水をもちいて実験室内生分解試験を行い、「間隙水（素材の表面に付着するバイオフィルムに包含される水）」、「バイオフィルム抽出液（間隙水を採取した後の残渣を溶媒超音波抽出した溶液）」、及び、「試験海水」の 3 画分を質量分析法によ

り測定した。樹脂の生分解により生成したモノマー、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結果、PHBH と PCL は異なる傾向を示す可能性が示唆された。

また、海水中からの濃縮吸着が懸念される毒性の強い多環芳香族炭化水素化合物群（PAHs）の PCL の海洋生分解課程に対する収着・脱着特性を把握するため、PCL 分解途上材の作成、物質収支の良好な前処理方法の確立、及び、収着平衡時間の確認を完了した。

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」

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、これまでに 900 サンプル以上の菌叢データを蓄積した。

そのうち生合成系樹脂(PHB)を添加したラボ加速試験の菌叢データの多様性指数値（Chao1）を分析した結果、ISO 提案に沿った栄養塩を添加した実験系では、使用する海水の多様性指数値が 255 以上であることが推奨されることが見出された。また、生分解菌分析として、生合成系樹脂(PHB)とポリアミド(PA4)を添加したラボ好気加速試験系における菌叢解析と遺伝子発現解析の時系列的データを取得して分析した結果、培養日数の経過に伴い PHB 添加培養物の優占菌が変化していることが明らかとなった。その際の遺伝子発現情報から、Cellvibrionaceae 科に属する微生物が PHB 分解酵素を高発現していることが明らかとなった。さらに、これら培養物からの生分解菌の純粋分離を試み、Cellvibrionaceae 科に属する分離株を取得することに成功した。

実海域微生物分析としては、バイオフィルム解析として PHBH、PBSA フィルムを対象に、海水浸漬及び比較対照のため畑地にて土壌埋設し、その表面に形成されるバイオフィルムについて検討した。表面付着菌数の計測及び表面付着菌叢の分析を行い、その結果を解析した。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ル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調べた。

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に紐付く微生物株の生分解能等の評価・解析を引き続き進めた。また、微生物株の生分解能評価をハイスループット化するために MicroResp 法（500 マイクロリットルの培地と発生二酸化炭素検知指示薬が入った 96 穴の蓋付きプレートをもちいた微生物培養法）を新たに適用した。季節や地理的要因、素材の種類等と微生物叢及びプラスチックの崩壊度の関係について多面的解析を行い、主たる海洋生分解性微生物種の特定を進めた。また、

特定の分離した微生物添加による海洋生分解性試験法要素技術開発では、微生物の添加で試験を加速できることを確認、培養物調製等の準備プロセスや保存方法、添加微生物量等の素案の検証を進めた。加えて、海洋生分解性試験における微生物量測定の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の結果をとりまとめた。当該ガイドラインを元に、ISO/TC61/SC14/WG2 に、海洋生分解評価における微生物量の測定法の ISO 予備提案を行った。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で進めた。

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、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、夏～秋及び冬期の 2 シーズンに浸漬させ、季節の影響と冬期における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した。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データを収集した。さらに、再委託先と連携して全国の定点試験場所以外の海水質について分析し、水深の異なる条件にて浸漬試験を実施した。また、研究開発項目②により、開発された新素材の実海域フィールド試験を実施し、海洋崩壊速度を評価し、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」

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。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共同試験に必要な実海域サンプルも適宜採取する。

2023 年度は、実海域サイトにおける季節変動、地理的要因、海域性、素材の種類の課題に関連した補足実験を行い、実海域における付着菌叢等のデータ取得及び微生物株の分離、収集を継続して実施した。収集した微生物株については、純化確認、分類同定、NITE が保有するカルチャーコレクションや微生物データベースへの登録手続きを経て、研究項目③-2 で実施した生分解評価結果とともに一般ユーザーへの提供準備を進めた。

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及び解析を行う。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した。5 ヶ所の深海底（初島沖、三崎沖、明神海丘、深海平原、南鳥島沖）に設置した生分解性ポリエステル及び多糖類エステル誘導体の深海分解度について評価するととも

に、サンプル表面に付着した微生物の解析も同時に行った。また、サンプルが設置されていた真下の海底土中の微生物についても解析を行った。これらの一連の結果をまとめて論文にした。

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）を実施した。生分解性プラスチックの分解を、実海水を用いて行うと生分解に時間がかかる上に、中間生成物の濃度が低く、生態毒性試験における生物試験に供すことが難しいため、高分子フロースキームの安定性試験を参考に前処理法を提案した。既存の 5 種類の生分解性プラスチックについて、ミジンコ及びメダカを用いた急性生態毒性試験を行った。また、ISO 5430（海洋生分解に関わる生態毒性試験法）に対応及び検証すべく、発光バクテリアの発光量阻害試験（マイクロトックス試験）及びアルテミア急性毒性試験ができるように準備し、他の研究項目グループより供与された生分解プラスチック海水分解サンプルの試験を実施した。

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、モデル解析による海洋プラスチックゴミ低減の評価を進めた。

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及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した。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った。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た。プラスチックを対象とした海域モデルの精度向上のため、東京湾内複数地点及び荒川、多摩川、墨田川の表層水及び底質中の 0.02mm 以上のマイクロプラスチック濃度、ポリマー組成及び粒径分布を測定した。また、水深方向の調査も実施した。

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、長鎖成分の構造及び比率を変更した長鎖短鎖エステル誘導体を 20 種類以上合成した。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した。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した。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℃を全て達成した。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した。

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 試験を実施した。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

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、評価可能な成形体が得られることを確認した。

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した。

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した。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した。

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した。

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溶融紡糸繊維の作製可能性を検証した。

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 年度までに原料転化率 90%以上及びポリマー収率 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、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）及びジカルボン酸（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）を効率的に取得した。2023 年度上期までに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（汽水及び海水）を用いて生分解性の発現を確認した。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、生分解度の確認とともに、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した（研究項目A−2−1）。さらに、汽水及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及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し、合成した新規ポリマーと使用した原料には、メダカへの急性毒性が見られないことを確認した（研究項目A−2−2）。2023 年度上期までに新規エステルアミドポリマーの物性及び機能性の評価と物性強化及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）及びインパクト強度（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）。2023 年度上期までに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）及びインパクト強度（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、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及び合成装置（研究項目B−1）を用いて、原料転化率 90%以上及びポリマー収率 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し、ラボスケールでのポリマー合成における分子量とポリマー収率を再現するポリマー合成システムの構築を達成した（研究項目B−2）。原料転化率 90%以上及びポリマー収率 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した（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」

食品包装材料及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（藻類成長阻害試験及び植物への植害・生育試験）を開始した。また、新規エステルアミド樹脂素材について、農林水産資材及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つ以上提案した（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開始した（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、成形品の作成の検討を開始した（研究項目C−3）。研究項目C−2及び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（汽水及び海水）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した（研究項目C−4−1）。汽水及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

素材及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し、合成した新規エステルアミドポリマーの海水を用いた生分解後の溶液においてもメダカへの急性毒性が見られないことを確認した。実用化候補となるエステルアミドポリマーを用いて、藻類成長阻害試験及び植物への植害・生育試験を実施した（研究項目C−4−2）。

4．2　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及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した。具体的には、噴霧乾燥による粒子形成工程において、粒径の制御と系中の細菌類の発生防止等の品質を維持する製造条件を確立した他、加圧式精製設備による粒子精製工程において、工程中に生じるイオン不純物等を除去可能な精製条件を確立し、これら一連の工程で製造コストを検証し、目標を達成した。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、コスト検証を行った。

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した。

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した。

（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及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した。

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した。

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した。添加剤としてのニーズ調査の一環として、ニュースリリースをNEDOと共同で行った（2023年9月27日）。

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した。

本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した。

2023 年度、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」におけるプラスチックビーズ代替素材の実用化開発及び海洋生分解性付与添加剤の実用化開発に係る課題目標を達成し、最終年度として本事業を完了した。

4．3　実績推移　（2024 年 1 月時点の見込みを含む）

	2020 年度	2021 年度	2022 年度		2023 年度	
	委託	委託	委託	助成	委託	助成
実績額(百万円) 一般勘定 需給勘定	 — 260	 — 400	 — 346	 — 67	 — 303	 — 47
特許出願件数(件)	0	5	4	2	5	2
論文発表件数(報)	0	12	6	0	8	1
学会・フォーラム等(件)	4	47	41	2	45	1
プレス発表（件）	0	5	0	0	2	1
受賞実績(件)	0	3	1	0	4	0
展示会対応（総回数）	0	3	1	1	7	1

5.　事業内容

2024年度（最終年度）は、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」を行う。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」については2023年度が最終年度であり、本プロジェクトでの活動は行わない。事業内容は以下の予定である。

５．１　2024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 ISO 標準化活動予定

「§４．１　2023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ISO/TC61(プラスチック)/SC14(環境側面)/WG2(生分解度)に新規提案し、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、2024 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。2024 年度は、委員会案の投票時に得られたコメントに対応した ISO 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。

（3）海洋生分解評価における微生物量の測定法

研究項目①、③、④の成果を反映した国際標準化活動として、2024 年度には、微生物量の測定法の新規提案を行う。新規提案が可決されるように、ISO 審議参加国のメンバーに新規提案を理解し、賛成票を投票してもらうようオンライン説明会等のロビー活動を行う。新規提案可決後、新規提案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。

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」

実験室内の好気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、2023 度までの成果をもとに、CO2 カーボンとバイオマス化カーボンバランスの動態を調べ、本手法の妥当性を確認して、試験期間短縮に有効な国際標準法として、ISO 国際委員会にて議論される状態にする。また、2023 年度に引き続き、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蓄積する。

また、海底砂泥による嫌気的生分解の実証試験に関しては、各海域の嫌気的生分解に関与する微生物群のマップ化として、2022 年度後半ならびに 2023 年度から実施した 4 箇所の底泥試料を対象として、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。また、合計9箇所から採取した底泥試料の嫌気培養において、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いマップ化する。さらに、これまでの嫌気培養試験から得られたメタンガス生成量や樹脂添加量等の結果を取りまとめ、ラボ嫌気的海水生分解試験法を確立する。

研究項目①-2「生分解性評価法条件の最適化」

引き続き外海（弓ヶ浜等）の海底砂泥及び海水について ISO 19679 試験を実施し、栄養塩類濃度、菌数・菌叢等を確認して試験に最適な前処理方法や加速効果を検証する。内海（三保・浜名湖）のデータと合わせて解析し、新規 ISO に規定できる事項を整理する。同時に、加速試験法の条件最適化を行った海域（甲子園浜）を対象とした ISO 19679 試験を継続して実施し、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の駿河湾深層水・砂泥を用いた ISO 19679 試験を継続的に実施する。また、開発された新素材（研究開発項目②）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」

顕微 IR、高分解能質量分析、陽電子消滅寿命測定等の組み合わせによるマルチスケール構造解析に関して、更なる分析手法（ブリルアン散乱、光熱変換分光法など）の導入による高精度化に取り組む。開発手法を用いて、これまでに解明してきたものを含めて、2 種類以上のプラスチックについて 3 つ以上の生分解性試験条件における分解メカニズムを再検証する。これらの結果を基に、海洋生分解性試験に供したサンプルの分解メカニズムを評価するための化学構造指標を設定可能な、分析プロトコルを構築する。

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、深海から採取した海水を用いて、実験室で深海の環境（高水圧、低温）を再現した状態での分解試験を行う。得られた結果を、実際の深海での分解速度、構造変化と比較する。

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」

PHBH と PCL について、新たに 1 地点の海水を用いて生分解試験を行い、分解中間生成物量と BOD ベースの生分解度との関係性を考察する。また、PCL のバージン材及び分解途上材について PHAs の収着・脱着等温線データを取得し、海洋生物体内で脱着し得る化学物質量を推定する。

これまで取得したデータを総じて、生分解度評価手法と安全性評価手法の適用性、再現性を確認し、一般化を試みる。さらに、これらの手法を以て、海洋生分解性製品の社会実装に貢献するべく、成果発表を積極的に行う。

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、これまでに蓄積した 900 サンプル以上の菌叢データを網羅的に解析し、菌叢の多様性指数と生分解率との関連性を検証する。また、2023 年度から着手したラボ試験系の経時的な菌叢解析と遺伝子発現解析を引き続き実施し、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。さらに、ラボ試験系における生分解菌の分離株についての解析を実施する。また、系内の分解生成物の挙動解析として、可塑剤や安定剤、色材などを含む生分解性材料 5 種以上の樹脂について、系内海水中に溶出する化学物質を分析し、社会実装が期待される生分解性樹脂の安全性を有害物の環境蓄積性の有無の観点から評価する。バイオフィルム解析として、表面印刷された試料、可塑剤や安定剤を含む生分解性材料 3 種以上の樹脂についてバイオフィルム解析を行う。

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等への付着微生物叢データに紐付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及びプラスチックの崩壊度の関係について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、試験法の素案をまとめる。海洋生分解性試験における微生物量測定法については、ISO 審議に対応して必要に応じてデータを補足し、関係機関の意見を

とりまとめてガイドラインを改訂し、ISO の改訂を行う。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は、引き続き関係機関との連携で進め、データをまとめる。

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」

簡易試験方法でのデータ蓄積として、2023 度に引き続き、再委託先と連携して全国の定点での多様な条件下でのデータ収集を行うとともに、分解の遅い樹脂フィルム及び肉厚射出成形試料、添加剤を含む試料、複合材料など 5 つ以上の試料を対象に、分解の遅いことが予想される試料では最長 6 か月、分解の速いものでは 3 か月の浸漬実験を行い、実海域海水浸漬簡易試験法を ISO 法の裏付けとなるデータ収集を行う。ラボ試験法との相関性検討として、再委託先と連携して多様な試料を対象にラボ生分解試験を並行して実施し、全国沿岸部での実海域試験との相関性を明確にする。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にて実海域試験を行い、実海域試験を実施することなく生分解性を予測するための知見を集める。

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」

規格化された海洋生分解性試験法の高度なデータ解析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 生分解作用機作の確認と生分解性菌叢の特定及び試験法開発に資する微生物添加要素技術の開発へとつなげる。収集した微生物株については、純化確認を経て、NITE が保有するカルチャーコレクションへの登録手続き、付着微生物叢等のデータについては NITE が運営するデータベースへの登録手続きを行い、研究項目③-2 で実施した生分解評価結果とともに一般ユーザーへの提供準備を進める。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共同試験に必要な実海域サンプルは適宜採取する。

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」

海洋に流出したプラスチックごみが深海に沈降する前には必ず一定期間浅瀬に滞在する。従って、岸壁に 1 ヶ月あるいは 2 ヶ月設置し、その後、深海に設置する実験を行っており、それらのサンプルを回収して、サンプルの分解度を解析する。さらに、半年ごとに回収したサンプルの分解度も測定し、詳細な深海での分解速度について解析する。

研究項目⑤「生態毒性評価法の開発」

市販又は日本バイオプラスチック協会より入手した既存の生分解性プラスチックを参考物質とし、化審法で用いられている生態毒性（甲殻類急性、及び魚類急性）試験法に基づき、「生分解性プラスチックの生態毒性標準化試験法」のガイドライン案（前処理法も含む）を確定させる。また

ISO 5430（海洋生分解性樹脂の生態毒性試験）について、実証レベルでの検討を行い、作成したガイドラインとの比較検証を実施する。

他の研究項目と連携し、新たな素材の評価及び環境中での分解産物についての生態毒性試験を行う。

研究項目⑥「海洋プラスチック低減効果の推定」

2023 年度までの成果を踏まえ、海洋生分解プラスチックと被代替プラスチックのフローと排出量を推定し、モデル解析によって海洋プラスチック低減の評価を行う。具体的には、代替と被代替の対象プラスチックの廃棄量と環境中への流入量を定量化する。モデル解析による海洋プラスチック低減の評価では、再委託先と連携し、フィールド調査により被覆肥料プラスチックの水田から河川にかけての環境挙動に関するデータを取得し、東京湾での水深毎の海水及び底泥中に含まれるマイクロプラスチックのプラスチック種類別濃度データを取得する。実環境で測定されたデータを用い、河川・海域モデルの精度向上を行う。海洋プラスチックのモデル解析を行い、低減の評価を実施する。

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」

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」

前年度検討から絞り込んだ多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の合成手法で、キロオーダーのスケールアップ合成を実施する。

得られた誘導体を押出混練機でペレット化した後、規定サイズまで粉砕して海洋生分解性を評価し、海水 BOD 試験で 1 ヶ月分解度が耐セルロース比 40%を上回る分子組成を見出す（最終目標値）。

また、得られた誘導体に対して魚類の生態毒性試験を実施し、魚類の生態に影響がないことを確認する。

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 50MPa、衝撃強度 5kJ/m2、ガラス転移温度 100℃を全て達成する（最終目標値）。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。

これらの物性強化された多糖類長鎖短鎖エステル誘導体からなる新規海洋生分解性素材においては、前年度に出願した特許を更に強化するための出願（優先権主張等）を推進する。これらの研究成果は、前年度同様、学会発表や展示会等で積極アピールし、且つセルロース・パラミロン多糖類長鎖短鎖エステル誘導体及びその素材の特長を活かせるシーズ探索により、漁具やその他プラスチック製品のニーズ調査を行う。また、海洋生分解性以外の特長が発揮されると考え

られる場合には、これらの開発技術を海洋生分解性を必ずしも十分必要としない用途等にも適用の可能性を拡げる検討を行う。

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で溶融紡糸繊維を作製し、 釣糸としての性能評価（引張試験）を実施し、釣糸の既存素材（ポリエチレン、ナイロン、ポリフッ化ビニリデン（通称フロロカーボン）の 3 種類）に匹敵する物性を有する誘導体を見出す。

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溶融紡糸繊維を作製し、 釣糸としての性能評価（摩耗試験）を実施し、釣糸の既存素材（ポリエチレン、ナイロン、ポリフッ化ビニリデン（通称フロロカーボン）の 3 種類）に匹敵する物性を有する誘導体を見出す。

また、釣り糸として開発した素材の特長を活かし他製品化を推進するため、釣り糸として開発した技術（材料、素材、製造技術など）の売り込みを図り、ユーザーを巻き込んで中長期視点から実用化・製品化に向けた戦略をブラッシュアップし、実用化計画に反映させる。

②－１（２）エステルアミド骨格をベースとする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」

2023 年度までに実用化候補となる新規エステルアミドポリマーの合成を達成し、ラボスケールにおける合成システムの構築を達成した。2024 年度は、実用化に向けた検討に入るため、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研究項目Bで実施し、実用化に向けたサンプルワークを行うための成形品の作製の検討を研究項目Cで実施する。

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、2023 年度までに整備した 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からスケールアップ時に予想される課題を解決し、原料転化率 90%以上及びポリマー収率 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」

合成した新規エステルアミド樹脂素材について、農林水産資材及び土木建築資材のほか、様々な用途分野におけるニーズ・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の探索を継続する（研究項目C−1）。海洋生分解性エステルアミド樹脂素材の実用化に向けたコンパウンティングの検討を行う（研究項目C−2）。有望用途におけるメーカーなどに対

して、サンプル提供を行う。また、ユーザーへの聞き取り調査などを実施し、実用化に向けて必要な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、成形品の作製を行う（研究項目C−3）。研究項目C−2及びC−3で作製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（汽水及び海水）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、生分解度の確認とともに、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）。汽水及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及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）。

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、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を実施する。

（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、実行した。研究開発項目②－2は2023年度が最終年度であり、実用化に向けた取り組みが実践された。2024年度は、研究開発項目①及び研究開発項目②－1において、委託研究を継続する。尚、2024年度はプロジェクトの最終年度となっており、最終目標に向けた取り組みを行う。

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

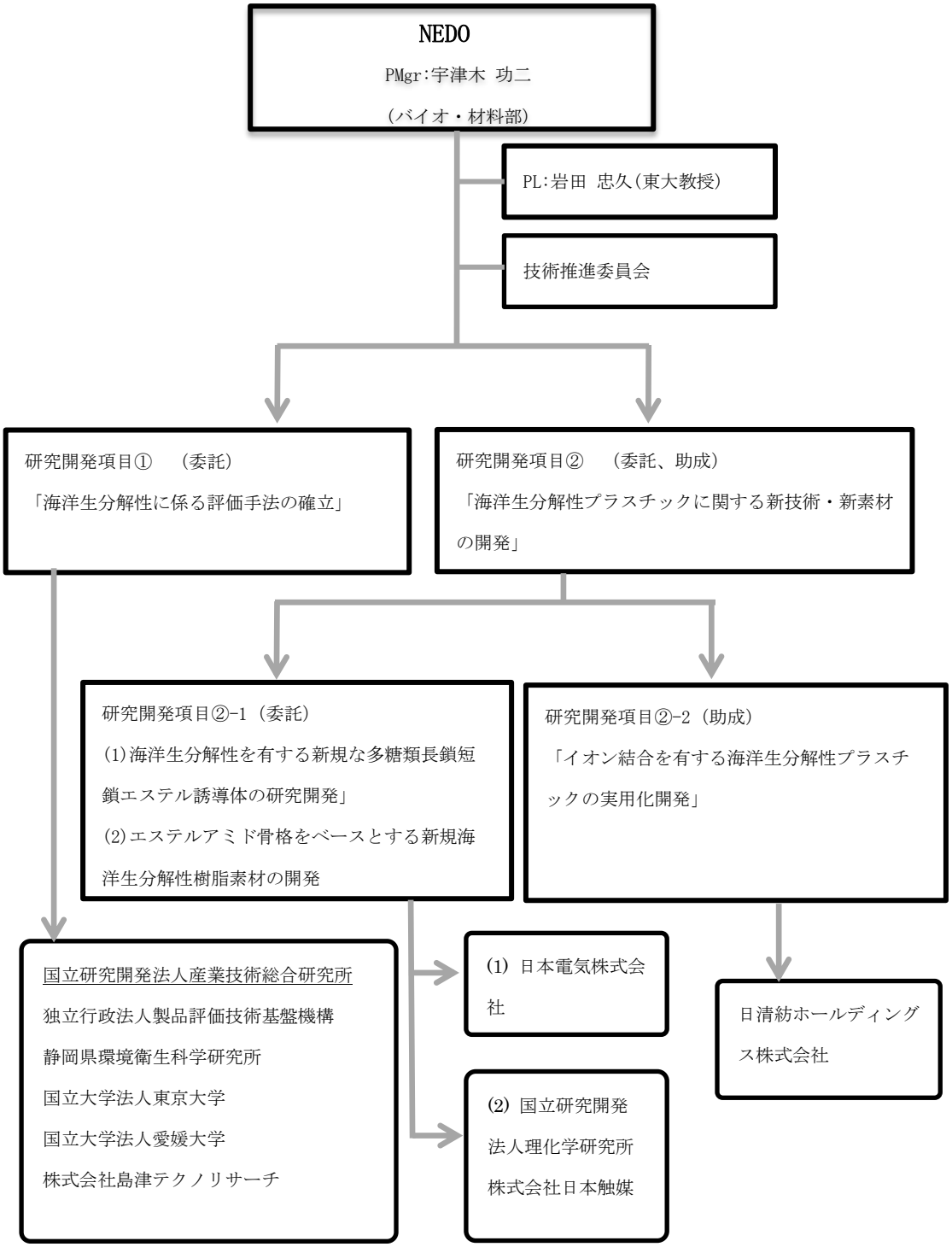
　2024年7月頃　技術推進委員会

8. 実施方針の改定履歴

（1）2024年3月、制定

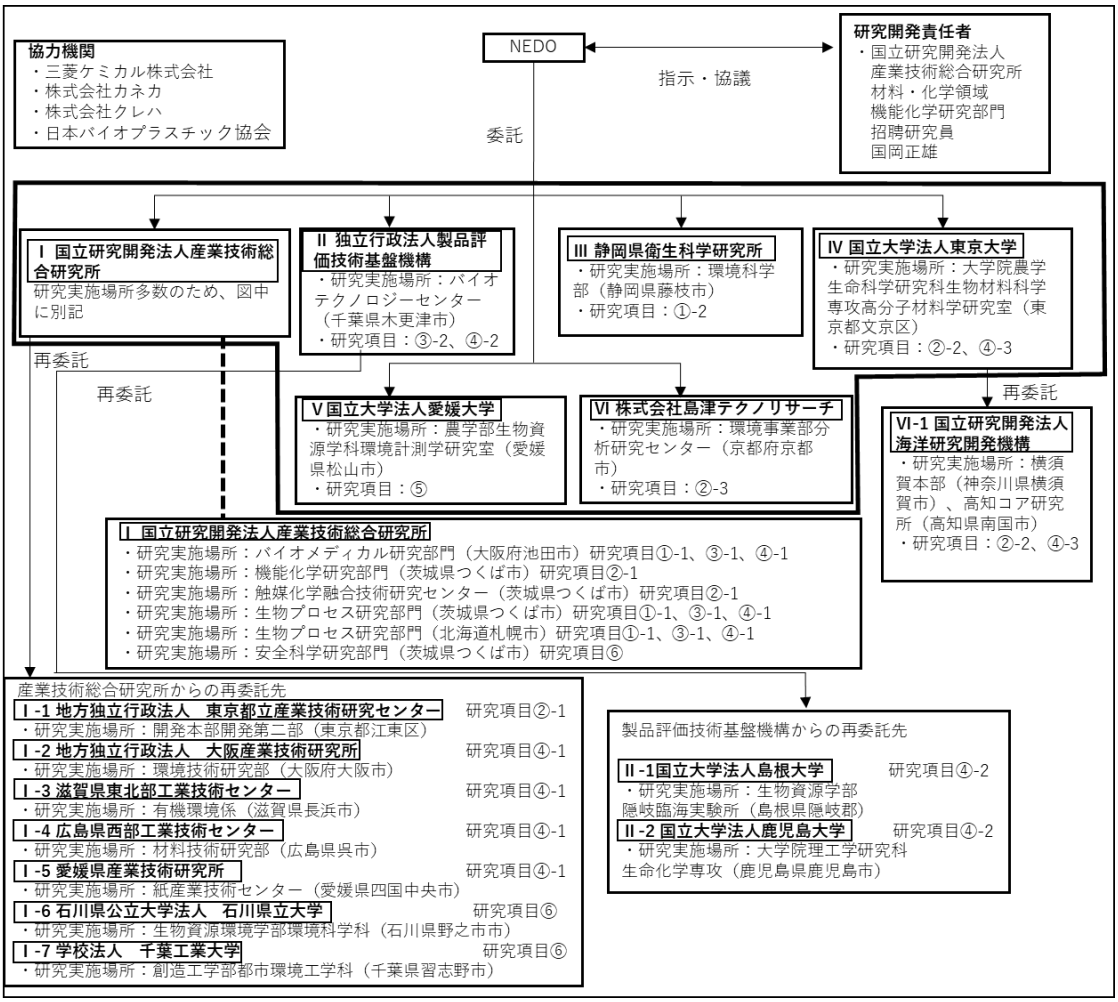
（2）2024年7月、改訂

（別紙）事業実施体制の全体図



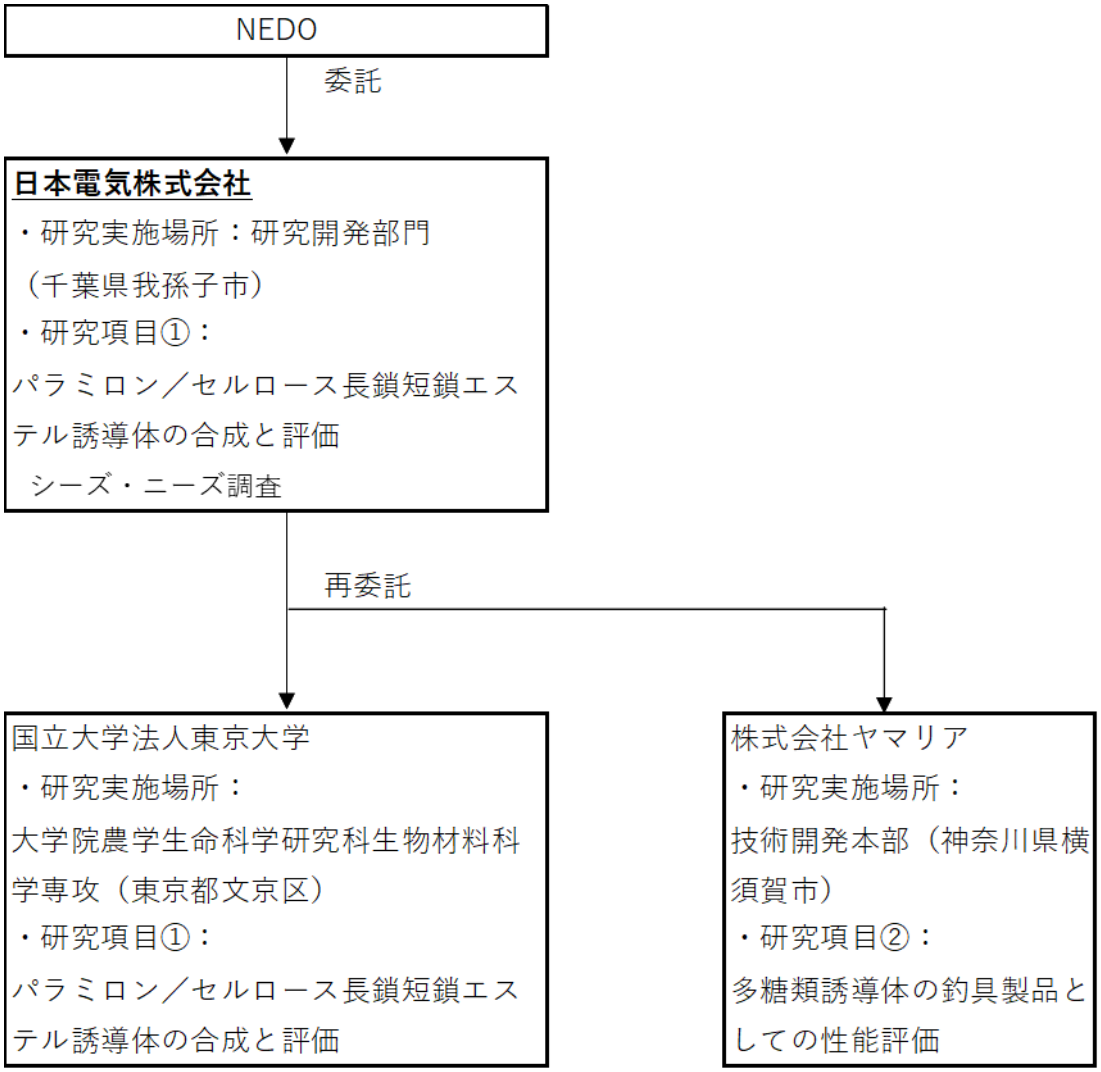
研究開発項目①

「海洋生分解性に係る評価手法の確立」体制



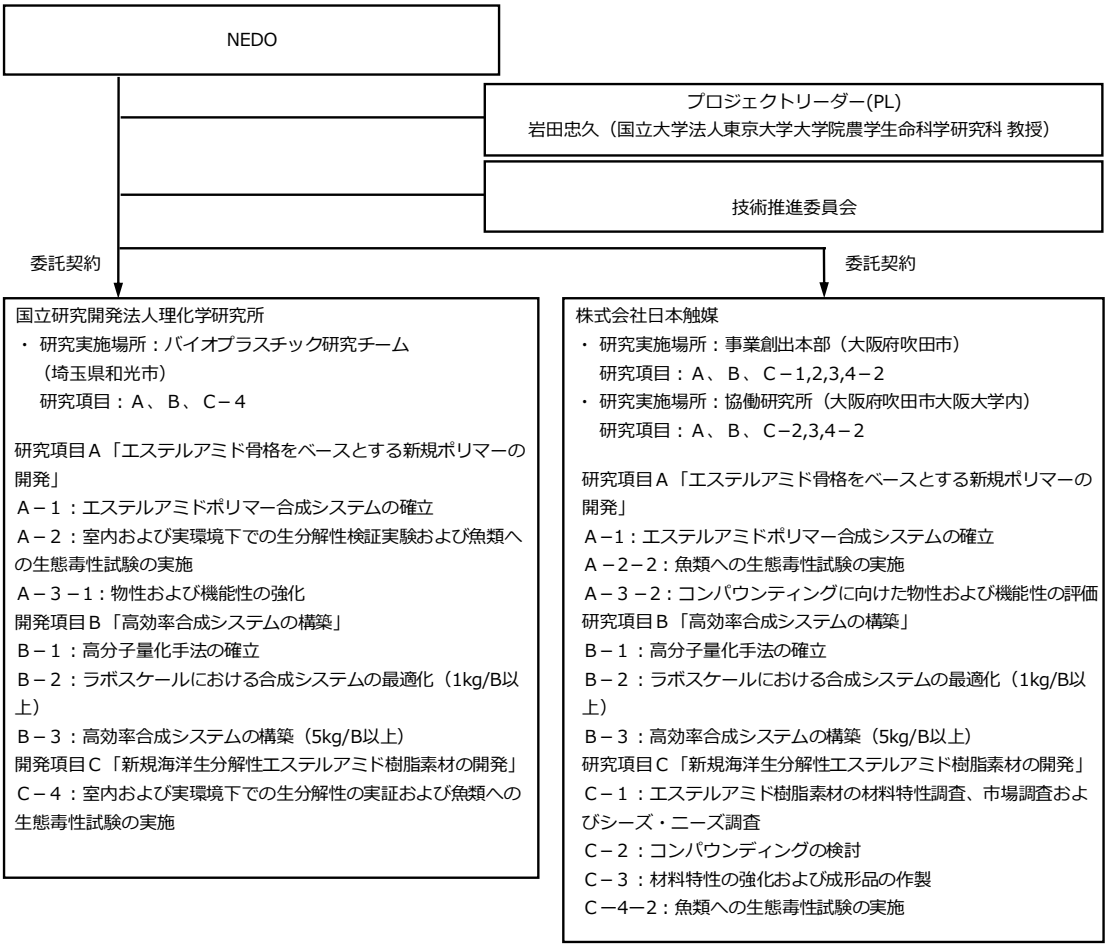
研究開発項目②-1（1）

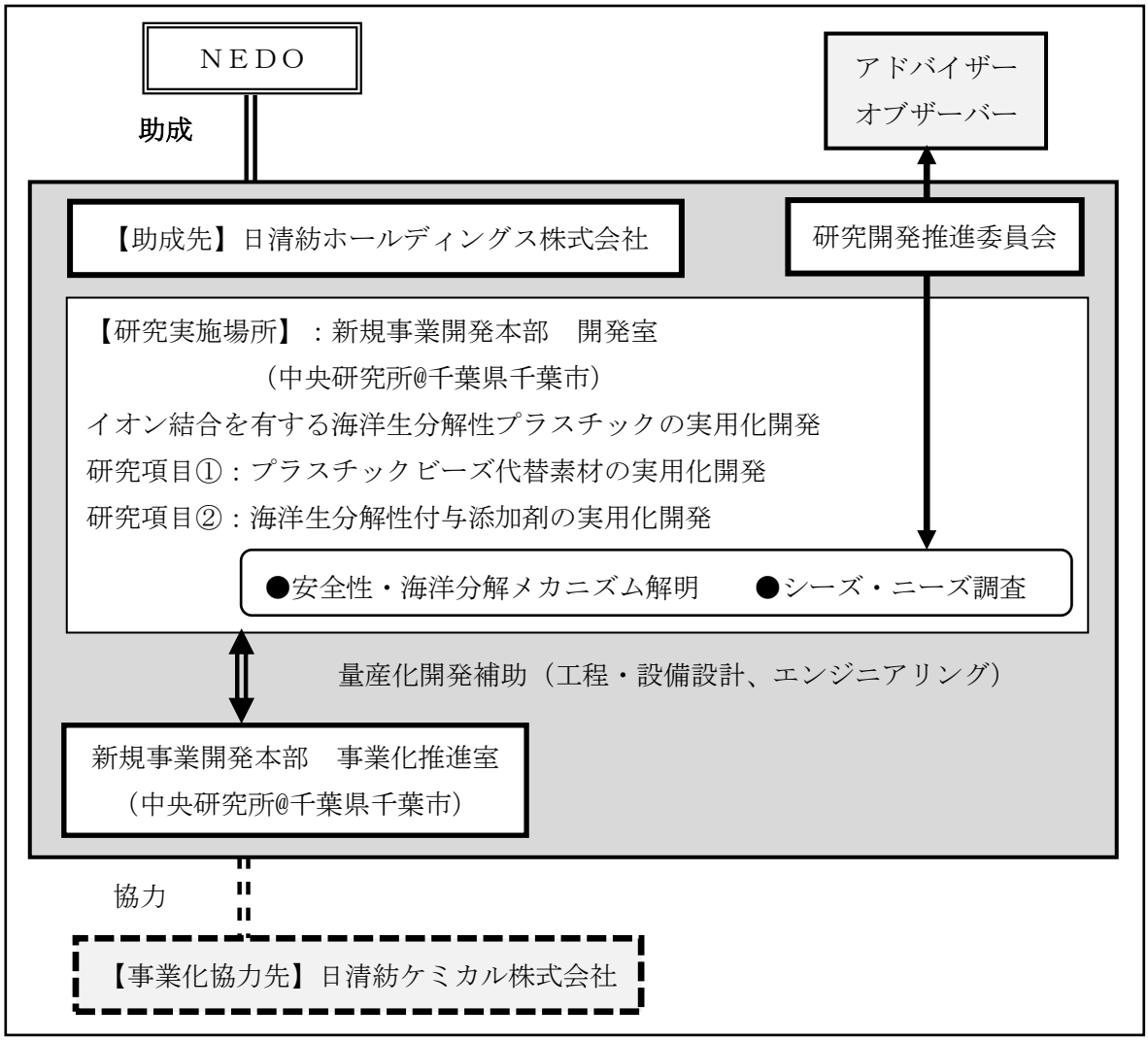
「海洋生分解性を有する新規な多糖類長鎖短鎖エステル誘導体の研究開発」体制



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（2023年度迄）