

2024 年度実施方針

サーキュラーエコノミー部

1 件名

革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発

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 15 条第 1 号ニ及び第 9 号

3 背景及び目的・目標

3.1 背景・目的

近年の中国の廃プラスチック輸入規制に端を発したアジア諸国の廃プラスチック輸入規制強化の影響や陸域から流出したプラスチックごみが原因となる海洋プラスチックごみ問題が大きな問題となっている。これらへの対応に向けて、G7 や G20 でも重要な課題として取り上げられている。日本においても「海洋プラスチックごみ問題対応アクションプラン」（2019 年 5 月 31 日策定）、「プラスチック資源循環戦略」（2019 年 5 月 31 日策定）が策定され、革新的リサイクル技術の開発が重点戦略の一つとして掲げられている。また、2019 年 6 月の G20 エネルギー・環境関係閣僚会合でも主な議題の一つとして、資源効率性が取り上げられた。本会合では、我が国が主導する形で、新興国・途上国も参加し、各国が自主的な対策を実施し、その取組を継続的に報告・共有する実効性のある新しい枠組みである「G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組」に合意し、日本としてもこれらの問題の解決に取り組むこととしている。これまで日本から輸出していた廃プラスチックを含むプラスチック資源のリサイクルなどの適正な処理が急務である。

我が国は、廃掃法、資源有効利用促進法、容器包装リサイクル法をはじめとする個別リサイクル法などにより廃プラスチックを資源化するため仕組みは一定程度整っている。また、現状、年間約 900 万トンの廃プラスチックのうち、廃プラスチックの再生品への利用(MR)は 76 万トン/年、コークス炉やガス化の原料(ケミカルリサイクル)(CR)として 40 万トン/年リサイクルされており、固形燃料、発電、熱利用の熱エネルギー回収(エネルギーリカバリー)(ER)に 524 万トン/年が利用されている。しかしながら、中国の輸入規制やバーゼル条約の改正による輸出国への規制強化などの外部環境の変化や、SDGs、CSR や ESG 投資などによるリサイクルプラスチックの利用ニーズに応じていくためには、廃プラスチックの資源価値を高めることで経済的な資源循環を達成することが必要であり、リサイクル技術をさらに発展させ、資源効

率性向上、付加価値を生み出しつつ二酸化炭素排出を削減することが求められている。

本事業は、プラスチック製品の資源効率性、廃プラスチックの資源価値を飛躍的に高めるため、複合センシング・AI等を用いた廃プラスチック高度選別技術、材料再生プロセスの高度化技術、高い資源化率を実現する石油化学原料化技術、高効率エネルギー回収・利用技術の開発を行う。

3.2 最終目標・中間目標 [委託事業]

研究開発項目①高度選別システム開発

最終目標（2024年度）：研究開発項目②～④向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率95%以上、現状比3倍の速度で自動選別する。

中間目標（2022年度）：研究開発項目②～④向けの処理対象となる廃プラスチックを回収率80%以上、現状比2倍の速度で自動選別する。

研究開発項目②材料再生プロセス開発

最終目標（2024年度）：廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ90%以上の材料強度（靱性）に再生する。

中間目標（2022年度）：廃プラスチックを新品のプラスチックと比べ70%以上の材料強度（靱性）に再生する。

研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

最終目標（2024年度）：廃プラスチックを転換率70%以上で石油化学原料に転換する。

中間目標（2022年度）：廃プラスチックを転換率50%以上で石油化学原料に転換する。

研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

最終目標（2024年度）：再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率80%以上を達成する。

中間目標（2022年度）：再生処理困難なプラスチックからエネルギーを高効率に回収して、総合エネルギー利用効率60%以上を達成する。

4 実施内容及び進捗(達成)状況

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）に NEDO サーキュラーエコノミー部 今西大介を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・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た。

早稲田大学、松方 正彦 教授をプロジェクトリーダー（以下「PL」という。）として、研究開発項目①から④までを実施した。また、研究開発項目毎にチームリーダを任命し、研究開発項目毎のとりまとめを行うこととした。

4.1 2023 年度までの事業内容

研究開発項目①高度選別システム開発

高度選別を可能にする外観認識ソータについて、排出事業現場のプラスチック組成データベース（DB）の詳細性状を調査し、収集されるプラスチックの荷姿により効率的にピッキングを可能とする動作モードシステムの概念を構築した。複合センシングと深層学習により構築した素材認識の実現に向け、開発した素材の識別アルゴリズムと各種センシングを組み合わせ、屋内外環境でも高い検出精度を持った一体的なシステムの構築に着手した。黒色プラの素材種を識別可能な解析方法を検討した。同一対象物に対して複数のセンシング融合データを AI に入力し、密集した物体の識別性能の改善を図った。

ベンチスケールでのピッキングシステムについて、現場での廃プラスチック排出様式を考慮した前処理機構を含め開発し、基本動作を確認した。多様な形状のプラスチックに対する把持機能を改良するとともに、把持困難物を認識・掃き出す動作機構の概念を構築し、総合的な処理速度の向上について評価した。

高度比重選別システムについて、成層化条件に必要なデータベースを実廃プラスチックの適応に向けて拡充し、比重選別の前処理に相当する、整粒のためのベンチ試験機の開発に反映し、ベンチ試験機を改良した。多様な密度を持つ複数種のプラ試料に対応可能となる、層厚検知器機能及び排出量制御機構を組み込んだ多層の比重選別システムを試作した。模擬プラスチックを用いた連続運転において分離効率 90%以上の多成分分離を実現した。

研究開発項目②材料再生プロセス開発

廃プラスチックの物性再生メカニズム解明について、詳細検討並びに汎用的展開を行うため、せん断履歴や熱履歴により変異したメソ構造の評価手法の確立と、マクロな特徴量（分子量分布、力学特性など）との相関関係を明確化するための分析・評価を継続した。

本プロセスの実用化に向け、ペレタイズ工程と成形工程での物性再生の再現及び製品応用に向けた検証を継続した。ペレタイズ工程では、樹脂溜まり機構を備えた

改良型の中規模押出機を用いたペレット試作と物性評価を行い、ラボスケールでの物性再生条件にて検証を行い、物性回復することを確認した。また、改良型の中規模押出機向けの運転条件のチューニング、物性回復の効果を高めるための改造を行った。成形工程について、製品応用を見据えた複雑形状成形品向けの金型を作成し、成形品の試作を行った。その結果、成形品の物性値分布が従来の成形方法よりも物性が良好であることを確認した。再生ペレットの製品応用（フィルム・ボトル製品や家電製品等）について、製品試作や各製品に要求される物性指標の評価を継続し、製品化に向けた再生ペレット利用における課題抽出及び対処方針について整理した。

研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

各種プラスチックに適した分解技術の開発について、触媒分解プロセスの開発及び液相分解プロセスの技術開発の取り組みを継続した。

触媒分解プロセスについて、3P（PE, PP, PS）に Beta 型ゼオライト触媒を添加して分解し、回収した触媒の繰り返し焼成実験を行い、触媒劣化の検討を行った。Beta 型ゼオライト触媒をアルカリ処理すると、触媒の外表面積が増加して PP の分解率が 94%以上に増加した。PP を Beta 型ゼオライト触媒で分解した場合、PET と PVC をそれぞれ約 5%ずつ添加しても PP の分解率に顕著な影響は認められなかった。PET、PVC を含まない実廃プラスチックに触媒を添加して石油系溶媒を用いて分解した場合、回収された液体生成物の粘度は十分低く異物（タルクや酸化チタンなどの微粒子）を除去できることを確認した。これらの各種要素データをもとに、プロセスフローの概念設計で抽出された機器構成等に対して必要条件を検討した。

液相分解プロセスについて、複合フィルム（PET/PE 及び PA/PE フィルム等）において、モノマーの収率評価と夾雑物等の影響評価を行うことで、回分式試験においてモノマー収率 70%を達成可能な反応条件（温度、時間等）を明確にした。液相分解の連続プロセスの開発として、導入した中型試験機を用い、夾雑物等の除去機構の検証及びより収率を高める条件の検証を行った。また、装置の安定稼働のためのプラスチック供給機構、自動圧力制御機構の仕様を決定した。

研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

廃プラスチックに係るエネルギー回収・利用に向け、高温腐食性ガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管の表面改質材料の開発と低温排熱からの冷熱製造に必要な熱交換技術の開発を継続した。

表面改質材料の開発について、前年度までに抽出された金属系候補材料において、廃棄物処理プラント由来の実燃焼廃ガス環境下での評価を行い、評価指標として灰付着性・耐食性の効果を検証した。セラミック系候補材料において、ラボスケールでの評価を継続し、候補材料の絞り込みを行った。前年度までに選定した表面改質手

法に対し、金属系候補材料を用いた表面改質手法の施工条件を最適化し、改質膜の物性評価を行った結果、灰付着層厚さと腐食量が従来よりも低減した。

熱交換技術の開発について、吸収冷凍機と氷スラリー製造機を接続した運転試験を実施し、連続運転に向けた課題を抽出した。また、蓄熱輸送が可能な吸着剤の性能等、熱輸送システム構築に必要なデータ取得を行った。総合熱利用システムの評価においては、事例検討を拡張し、冷熱利用システムの実証候補サイトの選定手段としての完成度を高めた。また、接続した吸収冷凍機、氷スラリー製造機の運転から得られたデータを実証候補サイトの探索手段として活用した。

4.2 事業実績

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度
実績額推移 需給勘定 (百万円)	592	983	1,239	934
特許出願件数(件)	1	6	4	4
論文発表件数(報)	6	9	10	41
フォーラム等(件)	22	111	78	4

5 事業内容

2023 年度までの成果を踏まえ、以下の研究開発を行う。

実施体制については、別紙を参照のこと。

5.1 2024 年度(委託)事業内容

研究開発項目①高度選別システム開発

高度選別を可能にする外観認識ソータについて、排出事業現場のプラスチック組成データベース (DB) の詳細性状の調査を基に、後段のリサイクルプロセスに対する分配案を完成させる。計測機能を強化する装置改造を行い、複合センシングと深層学習により素材認識するシステムを完成させる。

ベンチスケールでのピッキングシステムについて、現場での廃プラスチック排出様式を考慮した前処理機構と接続し、前処理からピッキングまでの工程を統括制御するプログラムを開発するとともに、装置の改良を行い、システムを完成させる。

高度比重選別システムについて、比重選別の前処理に相当する整粒ユニット中のプラスチック挙動を粒子運動シミュレーションし、ベンチ機の最適化ポイントを抽出、選別精度を評価する。多層化した比重選別システムの自動制御機能を高度化し、実廃プラを用いた選別精度を評価し、ベンチスケールの比重選別システムを完成させる。比重選別システムの社会実装に向け、採算性等を試算・評価する。

研究開発項目②材料再生プロセス開発

廃プラスチックの物理劣化・再生メカニズムについて、分析、評価を継続するとともに過年度の研究結果をとりまとめ、高分子種・分子量と再生条件を関連づける法則を見出し、シミュレーション結果も併せて再生加工の原理構築を行う。

本プロセスの実用化に向け、ペレタイズ工程と成形工程での物性再生の再現及び製品応用に向けた検証を継続する。ペレタイズ工程では、改良型の中規模押出機を用いたペレット試作と物性評価により、物性再生条件の検証を継続するとともに、物理劣化・再生メカニズムの研究結果を取り入れ、最適なペレタイズ条件を探索する。また、大型生産機的设计指針を作成する。成形工程について、昨年度作成した複雑形状成形品向けの金型を用いて物性低下を抑制する制御方法の検討を継続し、これまでの研究結果を整理し、社会実装に向けた課題をとりまとめる。再生ペレットの製品応用（フィルム・ボトル製品や家電製品等）について、製品試作や各製品に要求される物性指標の評価を継続し、製品化の適用条件及び社会実装に向けた課題をとりまとめる。

研究開発項目③石油化学原料化プロセス開発

各種プラスチックに適した分解技術の開発について、触媒分解プロセスの開発及び液相分解プロセスの技術開発の取り組みを継続する。

触媒分解プロセスについて、混合プラスチックに加えて実際の廃プラスチックを用い、回収・再生した触媒を繰り返し使用して触媒の寿命を確認すると共に、実廃プラスチックに含まれる異物に対する触媒の耐性を確認する。Beta型ゼオライト触媒を各種の条件下でアルカリ処理して触媒構造と反応性との関係を明らかにすると共に、実用化触媒の製造条件を見出すために数kg単位の触媒試作を行う。プロセスフローについて実験結果を取り入れ、物質収支やエネルギー収支を算出すると共に、プロセスフロー中の機器仕様を検討し、基本設計をとりまとめる。

液相分解プロセスについて、PET/PE、PA/PEからなるフィルムが混在する系において、小型回分式装置により液相分解反応実験を行い、複数種のプラスチックが共存することによる反応への影響等を明らかにし、モノマー生成率70%を達成する条件を明確化する。液相分解の連続プロセスの開発として、中型試験機において、プラスチック供給機構、自動圧力制御機構の改造による稼働の安定化、プラスチック反応機構の改造により、モノマー回収率を向上させる。また、連続装置のスケールアップ時の検討材料とするため、中型試験機の運用コストの算出を行う。

研究開発項目④高効率エネルギー回収・利用システム開発

廃プラスチックに係るエネルギー回収・利用に向け、高温腐食性ガスに対応可能な高効率・高耐久な伝熱管の表面改質材料の開発と低温排熱からの冷熱製造に必要な

な熱交換技術の開発を継続する。

表面改質材料の開発について、金属系候補材料及びセラミック系候補材料において、廃棄物処理プラント由来の実燃焼廃ガス環境下での評価を行い、評価指標として灰付着性・耐食性の効果を検証する。また、表面改質手法に関して、候補材料の性能を損なわない表面改質手法とその条件を明確化する。

熱交換技術の開発について、前年度接続した吸収冷凍機と氷スラリー製氷機を用いて、氷スラリーを低温排熱で連続して安定的に製造するための連続運転実験を行い、最適な運転条件を検討する。また、蓄熱輸送が可能な吸着剤の連続乾燥装置の連続運転に必要な条件の検討及び上記吸収式冷凍機の規模に見合うスケールアップした吸着剤乾燥装置の概念設計を行う。総合熱利用システムの評価においては、一連のシステムを用いた実証試験候補地を選定するとともに、実用化時に必要な具体的な条件を提示する。

5.2 2024 年度事業規模

需給勘定 468 百万円（委託事業）

事業規模については変動があり得る。

6 その他重要事項

6.1 評価の方法

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。終了時評価を 2025 年度に実施する。

6.2 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、プロジェクトリーダー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必要に応じて組織し、技術的表価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

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、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、必要に応じて本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。

③ 事業の加速化や効率化を図るため、実施体制、契約内容の見直しの他、追加公募の検討を行う。

6.3 複数年度契約の実施

2020～2024年度の複数年度契約を行う。

6.4 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」を適用する。

6.5 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）」を適用する。

7 実施方針の改定履歴

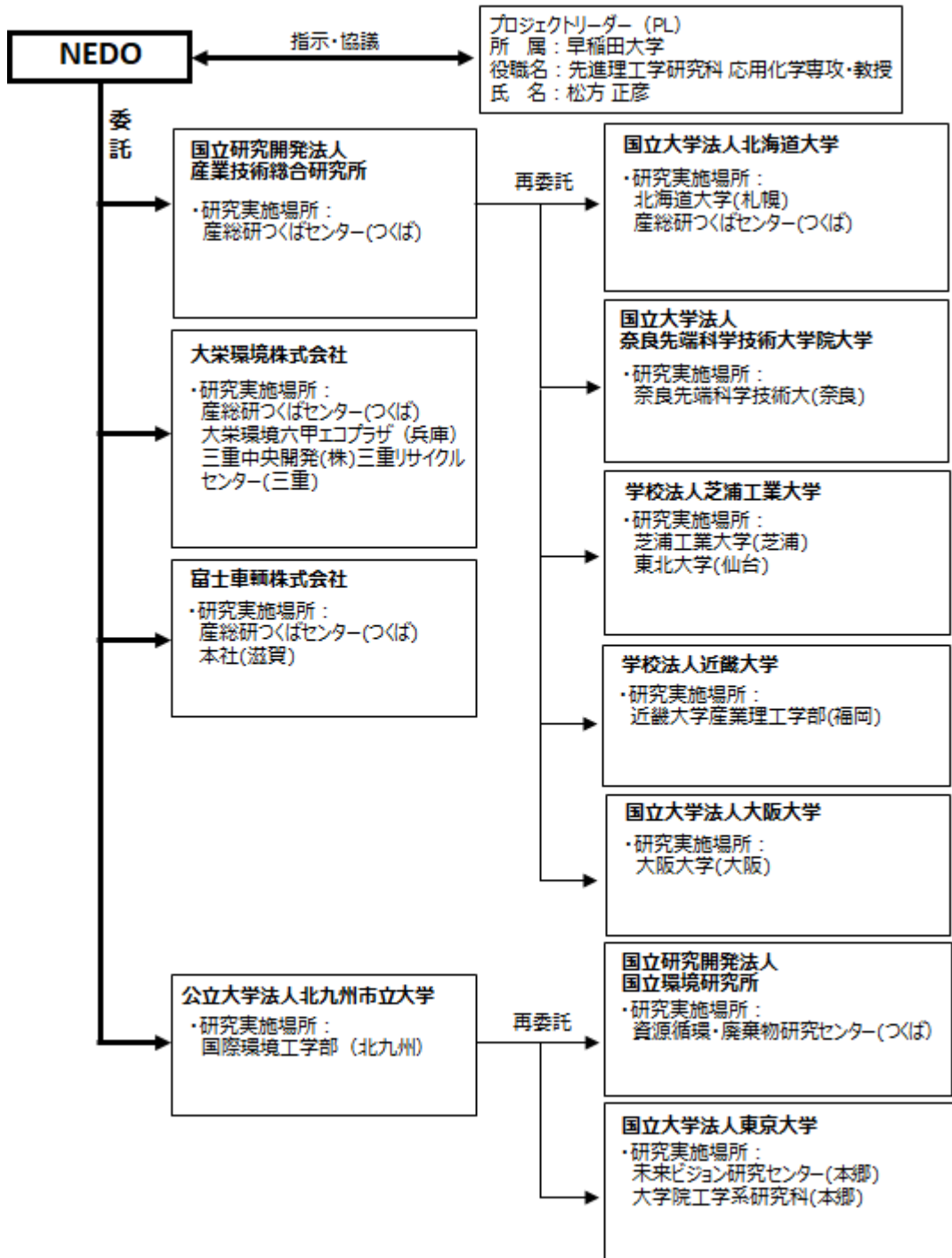
2024年2月 制定

2024年10月 組織改編（2024年7月）に伴う、部署名の変更。

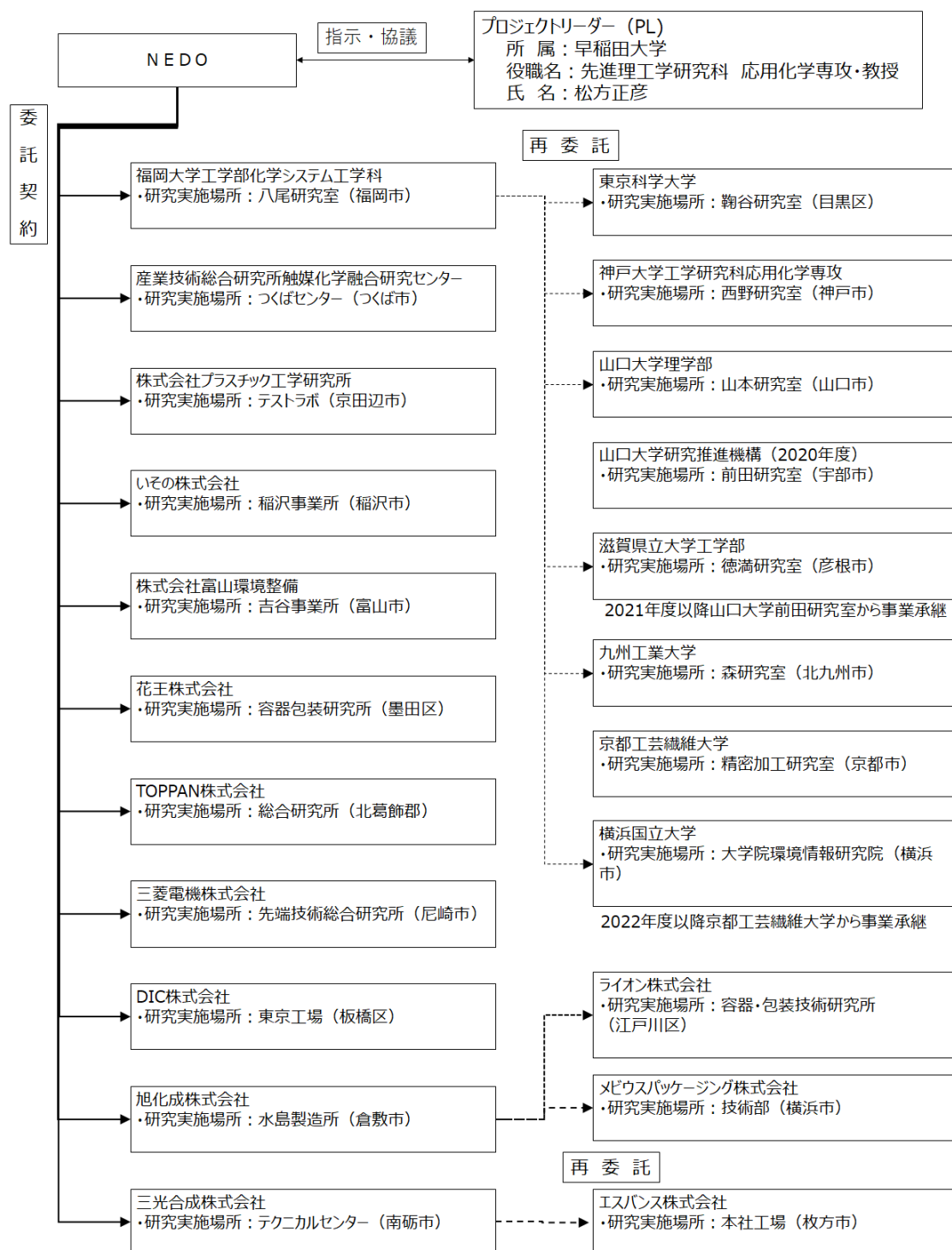
別紙の実施体制、研究開発項目② 【材料再生プロセス開発】にて、福岡大学工学部化学システム工学科の再委託先の京都工芸繊維大学を2022年度以降横浜国立大学に事業継承していることを反映。また、東京工業大学を東京科学大学に変更。さらに、研究開発項目③ 【石油化学原料化プロセス開発】にて、委託契約先の一般財団法人石油エネルギー技術センターを一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センターに変更。

「革新的プラスチック資源循環プロセス技術開発」実施体制

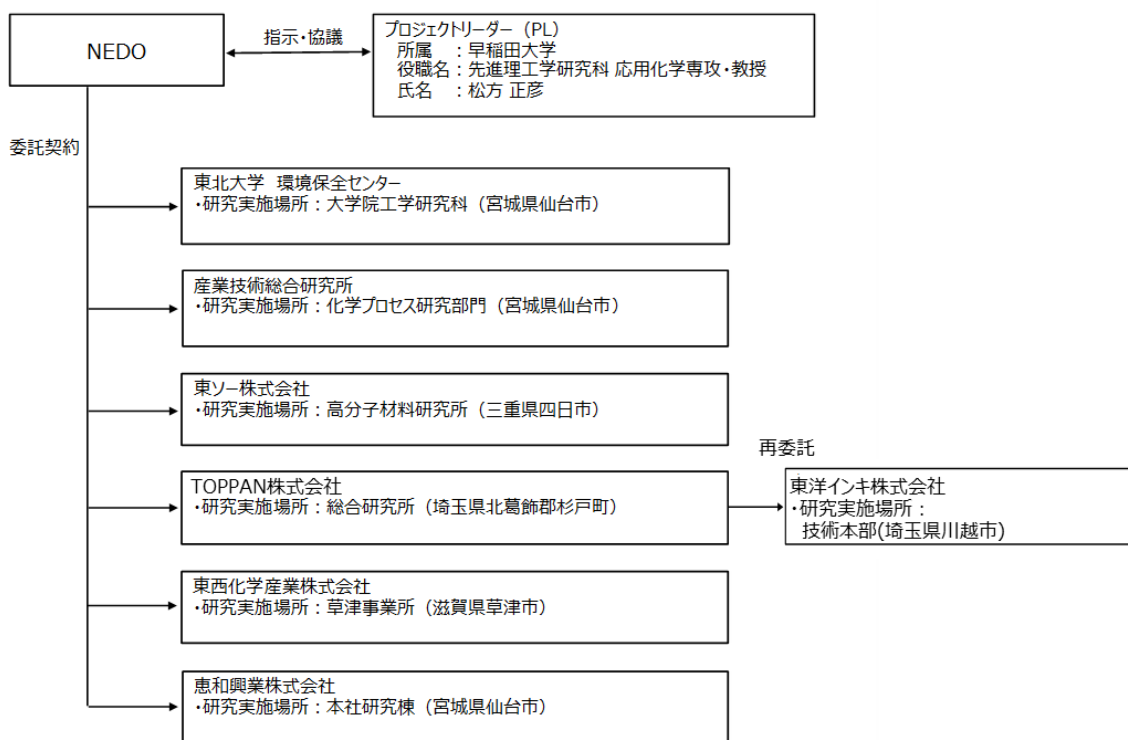
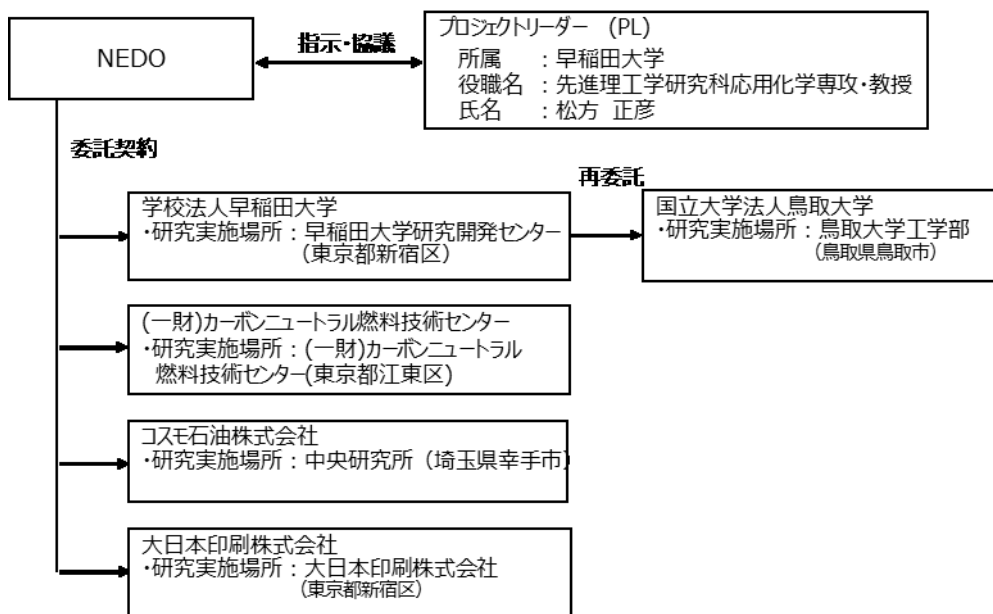
研究開発項目① 【高度選別システム開発】



研究開発項目② 【材料再生プロセス開発】



研究開発項目③ 【石油化学原料化プロセス開発】



研究開発項目④ 【高効率エネルギー回収・利用システム開発】

