

2023 年度実施方針

環境部

1 件名

(大項目) 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 環境部 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ーを任命し、研究開発項目毎のとりまとめを行うこととした。

4.1 2022 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調査から構築したデータベース（DB）を基に、後段のリサイクルプロセスに対する現時点の分配案を提示した。複合センシングと深層学習による素材判別の実現に向け、作成したセンシングデータベースと識別アルゴリズムを用い、各種素材が混在した中から、非黒色プラについて検出精度 80%以上を達成した。また、マテリアルハンドリング技術を用い、ベンチスケールでのピッキングシステムにより、多様な形状のプラスチック試料に対し中間目標である処理速度現状比 2 倍を達成した。高度比重選別システムについて、模擬プラスチックを用いて成層化条件に必要なデータベースを構築した。試作したベンチスケールの選別システムを用い、比重差 0.03 の模擬プラ試料において、分離効率 98%を達成した。

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回復のメカニズム解明について、樹脂劣化要因として加工過程における樹脂内部構造の変形に由来する物理劣化であることを詳細な分析・評価により明らかにし、物性再生メカニズムに関する基礎理論を構築した。このメカニズムを再現するペレタイズ・成形過程でのラボスケール実験の結果、各種樹脂（例えば PP、PE）の物性再生効果について、廃プラスチックから製品製造を行うのに必要な強度を再現する等、中間目標となるバージン材比 70%以上の材料強度（靱性）を発現することを確認した。

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、樹脂溜まり機構を用い、ラボスケールでの物性再生条件の制御が可能となる改良型の中規模押出機の導入を完了した。成形工程について、樹脂の流し込み工程を改良した小型試験金型を用い、簡易な成形品を作成及び物性改善等の効果を評価することで、従来の成形品に対する物性再生効果を見出した。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、試験的に製造した再生樹脂の製品試作や各製品に要求される物性

指標の評価に各機関で取り組んだ。

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、中間目標であるプラスチックからの石油化学原料化について50%の収率目標を達成した。

触媒分解プロセスにおいては、ゼオライト触媒を用い、3P（PP, PE, PS）と複数溶媒の組み合わせに対し、プラスチック分解触媒として石油化学原料への転換に向けて備えるべき物理化学特性の特徴付けを明確化した。開発触媒の性能を基にしたプロセス開発について、プラスチックの物性データを蓄積すると共に夾雑物・忌避物質の対応策をプラントの概念設計に反映することで、周辺技術を含めたプロセス設計の方針を得た。

液相分解プロセスについて、複層フィルムの分解成分の挙動について液相反応後に得られた生成物中の目的物質及びその収率を評価するに当たり、単純なフィルム構成（PET、PA等）での分解性能を評価し、液相分解による収率50%を達成可能な反応条件を回分式試験により明確にした。液相分解の連続プロセスの開発として、上記の反応条件を再現可能な精密制御システムを備えた中型試験機を導入した。

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

マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルでも対応が困難となる廃プラスチックを対象に効率的にエネルギーとして利用するため、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、中間目標の総合エネルギー利用効率60%以上を達成した。

表面改質材料の開発について、金属系とセラミック系の各候補に対するラボスケール試験から、従来材料に対し灰付着性25%減、耐食性25%向上を満たす材料を選定した。また、母材への表面改質手法について、表面改質層設計の最適化条件を抽出し、実プロセスとして応用可能な表面改質手法の候補選定を行った。

熱交換技術の開発について、熱交換サイクルの要素技術を基にスケールアップした吸収式冷凍試験機（出力4kW程度）と冷熱を利用する氷スラリー製造の試験機（製氷能力3~4kW）を導入した。また、低温熱源と冷熱製造が遠隔地となるケースを想定し、蓄熱輸送が可能な吸着剤の湿潤・乾燥サイクルのプロセス開発として、ラボスケールでの連続乾燥装置試験の結果を用い、連続乾燥装置（乾燥能力3kW）を製作した。総合熱利用システムの評価においては、想定する廃プラスチック由来のエネルギー回収施設から最終冷熱需要先までの冷熱利用システム全体の評価モデルの構築を継続し、CO2排出量、経済性等を試算できることを事例から示した。

4.2 事業実績

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

5 事業内容

2022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 2023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)の詳細性状を調査し、後段のリサイクルプロセスに対する分配案を高度化する。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する。

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を含め開発に取り組み、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ことで、総合的な処理速度の向上について評価する。

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する。多様な密度を持つ複数種のプラ試料に対応可能となる多層化した比重選別システムを試作し、各層内での層厚検知等による運転の自動制御化に取り組む。

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の詳細検討なら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・評価を継続する。これらの研究を基盤として、対象とする樹脂種類を拡張することで物性再生理論の体系化を検討する。

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、ラボスケールで再現された物性再生条件の検証を行う。成形工程について、小型実証金型を製作し、製品応用を見据えた複雑形状の成形品の試作を行い、製品中の物性値分布を解析・評価することで、総合的な物性改善効果について検証する。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する。

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、ゼオライト触媒を用い、3Pの混合試料を用いた実験へ拡張し、触媒特性、触媒寿命等を評価することで、溶媒選定を含めた適切な石油化学原料化の反応条件を抽出する。プロセスフローの概念設計で抽出された機器構成に対して、異物除去（タルクや酸化チタンなどの微粒子）やプラスチックの熱物性等に関する各種要素データを取得することで、プロセスフローの一連の詳細検討を実施する。

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、より最適な収率条件（温度、時間等）を抽出する。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目的生成物の分離機構を組み合わせる等、より高純度の生成物を回収するための装置改良に取り組む。

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する。

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とセラミック系の各候補材料に対し、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うことで、評価指標として灰付着性・耐食性の効果を検証する。前年度までに選定した表面改質手法に対し、候補材料を用いた表面改質手法の施工条件を最適化するとともに、改質膜の物性評価を行う。

熱交換技術の開発について、前年度に導入した吸収冷凍機由来の氷点下冷熱を利用して氷スラリー製造機を運転するといった装置間での連動試験を実施し、連続運転に向けた課題を抽出する。また、蓄熱輸送が可能な吸着剤の湿潤・乾燥サイクルの繰り返し試験により、吸着剤の性能劣化に関するデータ取得を行う。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有効性を検証する。

5.2 2023年度事業規模

需給勘定 1,030 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。

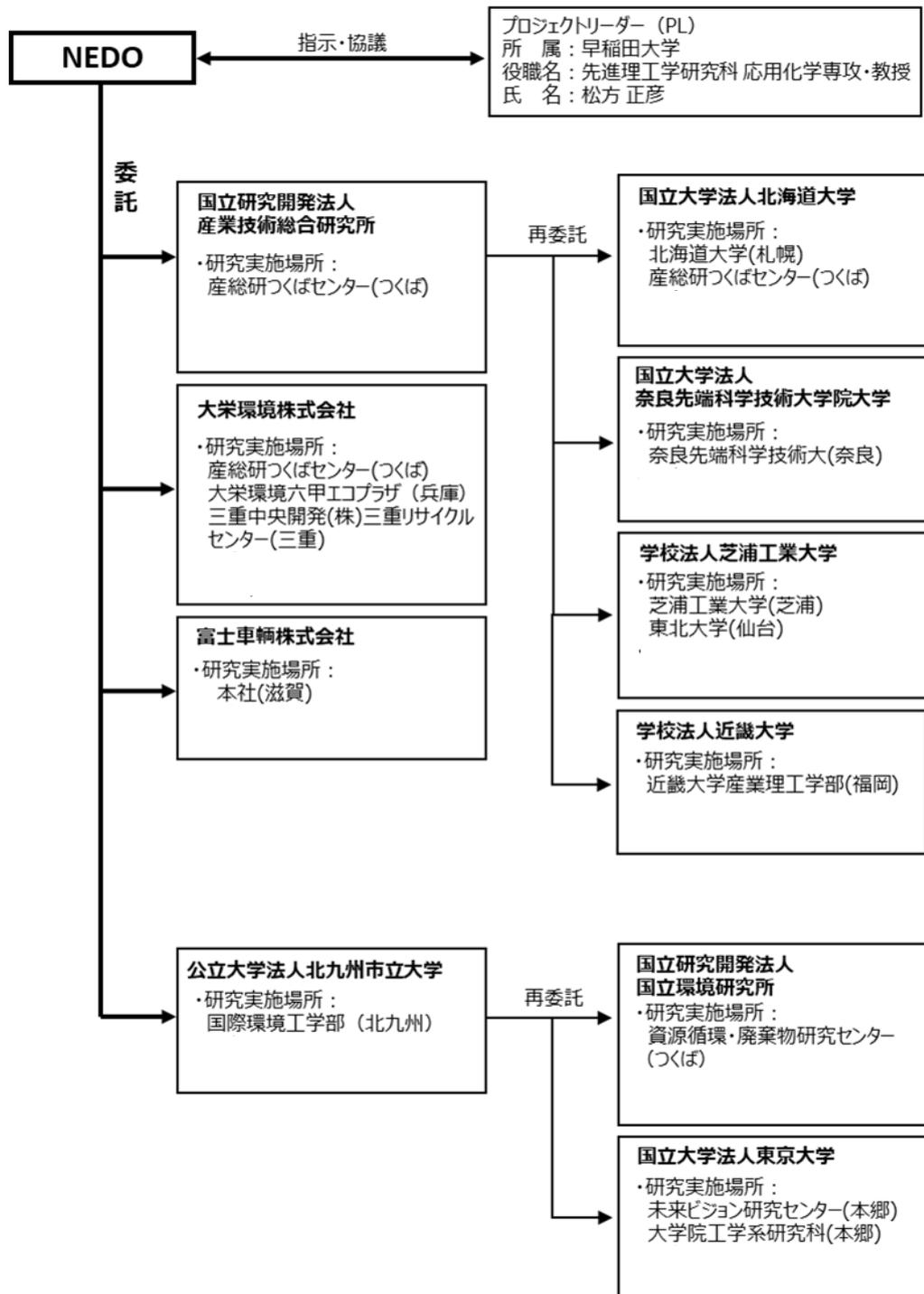
7 実施方針の改定履歴

2023年2月 制定

8 (別紙) 事業実施体制の全体図

「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

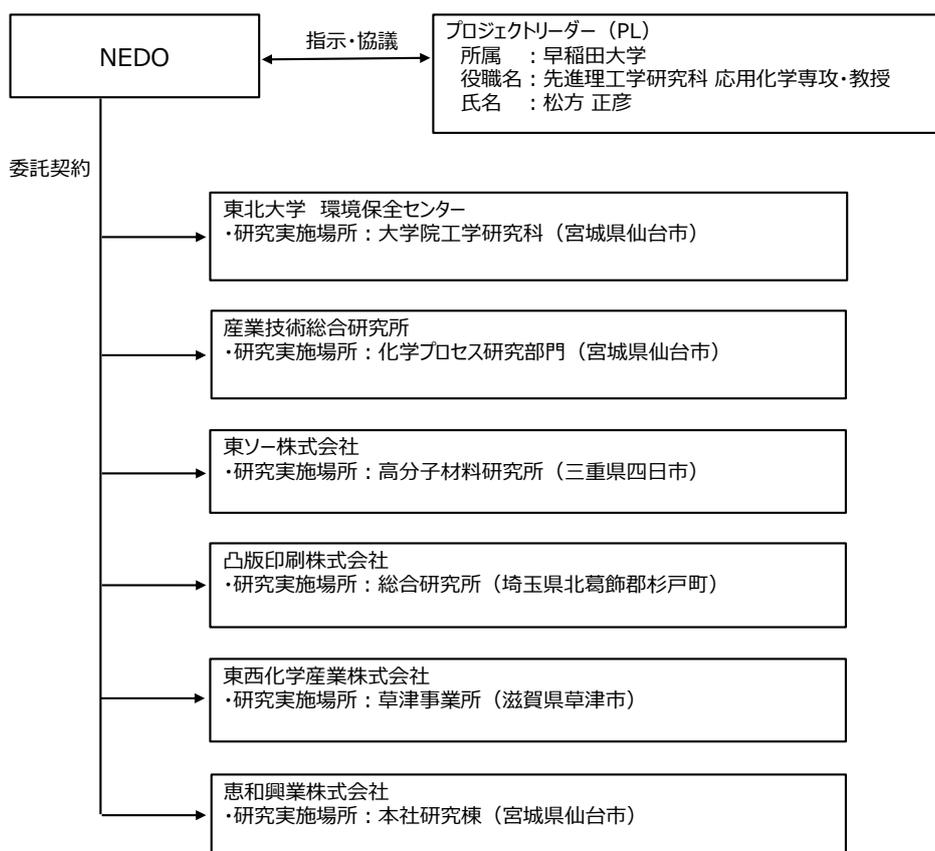
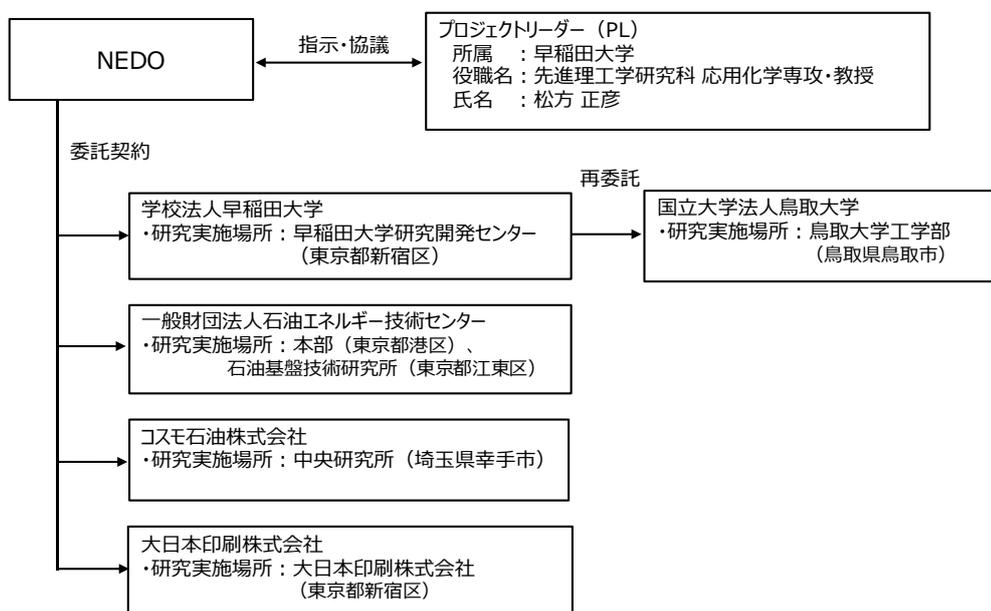
研究開発項目① 【高度選別システム開発】



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】

