

## 平成 23 年度実施方針

環境部

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 件名:(プログラム名)ナノテク・部材イノベーションプログラム  
(大項目)グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号ニ及び第二号

3. 背景及び目的・目標

- 3.1 背景及び目的

我が国の化学品製造産業は、国際的に高い技術力と競争力を有し、経済社会の発展を支えているが、地球温暖化問題、資源枯渇問題が現実化しつつある中で様々な課題を抱えてもいる。製造に際しては、有害な添加物(ハロゲン、重金属等)の利用、過度の高機能化追求にともなうプロセスの多段化等によるエネルギー消費の増大、中間工程における廃棄物の大量排出、リサイクルに不向きな製品の大量廃棄(廃棄処分場の不足等)などが問題となっている。一方、生産に必要な多くの原材料等は限られた産出国からの輸入に頼らざるを得ない状況にあり、今後、将来にわたって安定的に化学品が製造できるか危惧されている。さらに、欧州では RoHS 指令、REACH 規制の導入や中国などでの自主的な化学物質排出規制の制定など、化学品の製造に関連する環境対策が世界的に強化されている。

このような背景の下、わが国の全産業の基幹となる化学品を持続的に生産、供給していくためには、これまでの大量消費・廃棄型生産プロセスから脱却して、持続的な生産が可能なプロセスによる供給体制の構築が急がれる。そこで、これら資源、エネルギー、環境の制約問題を克服し、高機能な化学品の持続的製造を可能とする基盤技術の確立を目指し、『部材分野の技術戦略マップを活用し、将来の部材の基盤技術の方向性を見定め、材料関係者だけでなく多様な連携による基盤技術開発の支援で、部材分野の技術革新を促進すること』を目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」に位置付けて本事業を実施する。また、資源生産性向上を目指すことを提言した「新経済成長戦略のフォローアップと改訂」(平成 20 年 9 月 19 日閣議決定)においても「地球温暖化、世界的な資源の需給逼迫に対応して、抜本的な省エネ、省資源技術の確立を目指すべく、グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発を推進する。」こととされている。

本事業では、化学品の製造プロセスにおけるシンプル化、クリーン化、省エネ化、原材料・資源の多様化・有効利用、さらに、廃棄物の減容化、容易なリサイクル等を実現し、産業競争力強化、国際

規制の先取りを図って、将来にわたっても持続的に化学品を製造するために必要な新規なグリーン・サステナブルケミカルプロセス(以下「GSC プロセス」という)の研究開発を行う。想定される研究開発課題としては、i)有害な化学物質を削減できる、又は使わない、ii)廃棄物、副生成物を削減できる、iii)資源生産性を向上できる、等による独創的で革新的な化学プロセスを通じた化学品の開発であり、これら研究開発を通じてプロセスイノベーションやマテリアルイノベーションを早期に実現することを目指すものである。これにより、わが国全体の産業競争力強化と環境負荷低減を飛躍的に促進することができ、新産業創造戦略及び世界全体をリードしたサステナブルな産業構造への貢献が期待できる。

### 3.2 研究開発目標

本研究開発では、既存の化学品等の製造において、これまでにないシンプル化(高い原子効率)、クリーン化、原材料・資源の多様化・有効利用が実現できる新規プロセスや既存の化学品に比べて、使用から廃棄にわたるライフサイクルにおいて、大幅な省エネ効果、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等が実現できる新規な化学品の製造等、今後、持続的に製造可能となるプロセスイノベーション、マテリアルイノベーションに資する革新的な研究開発を行う。研究開発目標は下記の通りである。

#### 【研究開発目標】

##### ①有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発：

- ・ハザードの大きな溶媒、化合物等の使用に対して大幅な削減が見込めること。
- ・ライフサイクルに亘り大幅な省エネ効果、安全性、軽量化、長寿命化等に大幅な改善が見込めること。

##### ②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発：

- ・e-ファクター(=副生成物量(産業廃棄物量)/目的生成物量)の大幅な低減、廃棄物、排水量等に対して大幅な削減が見込めること。
- ・ライフサイクルに亘り大幅なりサイクル率(カスケードリサイクル含む)向上、軽量化、長寿命化等の大幅な改善が見込めること。

##### ③資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発：

- ・石油化学品、機能性化学品合成、生成物分離、副生ガス分離など、大量エネルギー消費に関わる単位操作のプロセスにおいて大幅な消費エネルギー削減が見込めること。
- ・ライフサイクルに亘り大幅なりサイクル率(カスケードリサイクル含む)、安全性、軽量化、長寿命化等の大幅な改善が見込めること。

##### ④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発：

- ・化学品に使用される石油由来原料について、気体原料や植物由来原料等への大幅な転換・多様化が見込めること。

・ライフサイクルに亘り大幅な二酸化炭素の排出の抑制が見込めること。

上記項目において顕著な効果が期待できる目標を達成するとともに、他の項目（性能、コスト等）に対しても既存のプロセス、化学品の製造に対して同等レベル以上であること。

#### 4. 実施内容及び進捗(達成)状況

##### 4.1 平成22年度委託事業内容

本研究開発は、社会状況、「グリーン・サステイナブルケミストリー技術戦略ロードマップ」を勘案して独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）及び経済産業省が協議して政策的に重要と判断した研究開発テーマを優先的に実施した。具体的には、平成20年度から化学品等の製造プロセスの中でシンプル化、クリーン化、省エネ化、原材料・資源の多様化・有効利用、廃棄物の減容化、容易なりサイクル等の観点から、研究開発項目①「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」、研究開発項目②「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」を委託により実施した。平成21年度からは、石油化学品、機能性化学品合成、生成物分離、副生ガス分離など、大量エネルギー消費に関わる単位操作のプロセスにおいて大幅な消費エネルギー削減が見込めることを目標とした研究開発項目③「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」を実施したほか、化学品に使用される石油由来原料について、気体原料や植物由来原料等への大幅な転換・多様化が見込めることを目標に研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」（平成21年度補正予算（第2号））を委託により実施を開始した。平成22年度からは、研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」について、平成22年度補正予算により項目を追加して公募を実施した。また、グリーン・サステイナブルケミストリーに関する技術戦略ロードマップローリング及び俯瞰調査も実施した。

#### 【研究開発項目】

(a)平成20年度採択プロジェクト:

①有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発:

ハザードの大きな溶媒等を削減又は使わないクリーンプロセス及び有害物質を含まない化学品を開発するために必要な水溶性触媒、無溶媒、親水性溶媒、相間移動触媒、有機合成の触媒化等を利用した革新的な技術を開発する。

1) 高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発

電子材料洗浄剤となるアルキル(オリゴエチレンオキシ)カルボン酸界面活性剤に標的を絞り、反応条件や触媒構造の最適化の上でアルキル(オリゴエチレンオキシ)カルボン酸界面活性剤を数十グラム合成・供給し、電子材料ユーザーによる初歩的な製品性能試験において良好な成績を得た。

数百グラムスケールでのバッチ検討を開始した。コストダウンを考慮し触媒のパック化(カートリッジ化)を実施し、同工程の連続的实施(フロー・プロセス化)を行った。加速費による装置導入が2月中に完了し、3月には初期結果が得られる。さらに安価なイオン交換樹脂担持触媒の開発と適用に着手した。炭素-炭素カップリングの GSC 化において、水中 sp<sup>2</sup> 炭素-sp<sup>2</sup> 炭素カップリングによる各種ターアリアル合成を実施し反応率は 70%以上、反応選択性は 85-90%を達成した。水中での触媒的脱水縮合反応に成功し、80%程度でエステルを合成できるようになった。新たにランタン触媒を開発し、第一級、第二級のみならず第三級アルコールのエステル交換反応を実現した。また、キラル超原子価ヨウ素触媒を用いるエナンチオ選択的ラクトン化反応を開発し 90% を達成した。

(実施体制:大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所 再委託:国立大学法人名古屋大学)

## 2) 革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発

希薄酢酸濃縮/水中エステル化法にて、当初提案のエステル化/エステル交換法より効率的なプロセスを提案した。酢酸とエタノールの水中エステル化反応では、高分子固定化触媒を用いることで水への溶解性の問題を解決し、単純反応平衡を上回るエステル化収率(約70%)を達成した。

開発フローリアクターの内径を100mmへとスケールアップし、一部のターゲット基質では十分な反応率・生産量で水素化反応が進行する成果を得た。また触媒メーカーにおいて目標価格である ¥50,000/kg以下にて触媒製造を開始し、合計100kgの触媒を納入して水素化試験に使用した。ターゲット基質以外のいくつかの物質においても、開発プロセスが適用できることを確認した。

高分子固定化 Os 触媒について、不斉ジヒドロキシル化反応では反応基質 1 モルの大量スケールで金属漏出 1%以下、反応率 97%、選択率 85%の結果が得られ工業的実用化のための目標値を達成した。一方、新規高分子固定化 Au 触媒および Au/Pt 触媒では 100g の合成法を確立し、金属溶出:2%以下、反応率:80%以上と今年度の目標を達成した。

(実施体制:国立大学法人東京大学、日光ケミカルズ株式会社、昭和電工株式会社、和光純薬株式会社 再委託先:東京理化学器械株式会社、国立大学法人電気通信大学)

## ②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発:

副原材料、廃棄物を大幅に削減できるクリーンプロセス又はシンプルプロセスを利用した化学品を開発するために必要な酸化反応、エステル化等に利用できる新規触媒による革新的な技術を開発する。

### 1) 革新的酸化プロセス基盤技術開発

多官能性基質の酸化技術開発に関しては、モデル化合物でベンチ試験を行い、収率80%を達成した。3官能性以上の化合物については通常の精製手段を使えないため、W触媒、4級アンモニウム塩の分離方法を吸着剤処理により検討し、2月にベンチ試験を実施した。高分子量基質の酸化技術

開発に関しては、詳細な反応条件を検討することで実用的見地も含めて最適化を行った。併せて、種々のポリマー基質への適用性も確認した。また、改質剤・相溶化剤分野に展開するために、ポリマー構造最適化を行うとともに、実用特性評価を行った。易加水分解性基質の酸化技術開発に関しては、スケールアップ実験を実施し、工業的製造方法の課題を抽出した。得られた検討結果をさらに検証し、触媒の特性を生かすためのより簡略化・効率化を目指した装置に改良し、従来装置よりも高い選択率及び精度良く再現性が得られるベンチプラントを設計した。難酸化性基質の酸化技術開発に関しては、LCD用光学材料の実化合物を評価基質にして、エポキシ化はケイ素系固定化触媒を用いて、バイヤービリガー酸化では反応補助剤を用いた反応系で、反応熱、攪拌速度の影響、危険性反応中間体の分解処理などスケールアップ用工学データの取得を行った。過酸化水素を用いた反応系の基礎研究では、21年度までに得られた多官能性基質、高分子量基質、易加水分解性基質、難酸化性基質の酸化についての基礎的知見を基に、多官能かつ高分子量基質や多官能かつ易加水分解性基質など、より複雑で難易度の高い基質の酸化に適用可能な触媒系の開発を行い、新たな知見を得た。

(実施体制:独立行政法人産業技術総合研究所、昭和電工株式会社、電気化学工業株式会社、荒川化学工業株式会社、JNC株式会社 再委託:国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東京大学)

(b)平成21年度採択プロジェクト:

③資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発

1)触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発

高性能ゼオライト触媒の開発において、トポロジーの最適化によるゼオライト触媒の改良及びナノサイズ化によるゼオライト触媒の改良のため、モデル分子を用いた反応実験でスクリーニング評価を実施した。その結果、トポロジー的(反応空間形状的)にZSM-5(MFI)、フェリエライト(FER)、MCM-68(MSE)が十分ではないものの活性、目的生成物選択性が高いことを確認した。さらにZSM-5(MFI)のナノサイズ化及び外表面修飾による活性及び活性の持続性、選択性に与える影響を検討し、その効果を確認した。また、反応温度下におけるナフサモデル分子のゼオライト結晶内拡散係数の測定を行ない、ナノサイズ化が反応速度に与える影響についての基礎データを得た。

長寿命化の検討としてシリカ/アルミナ比の異なる数種のゼオライトについて、酸強度、細孔径とコーク生成速度についての相関を明らかにした。また、反応、劣化機構の解明のため、MFI型ゼオライトについて、プローブ分子を用いた赤外分光法により酸性質を明らかにするとともに低温領域でモデル化合物分子の吸着や細孔内拡散の詳細を、高温(反応温度)領域で反応中に生成する化学種の構造をin situ分光法によって調べ、酸点と分子の相互作用、反応機構についての知見を得た。

触媒成形技術開発において、前年度に引き続き従来型触媒(La/P/ZSM5)について押出成形の検討を実施した。ナフサ及びモデル化合物の分解反応、圧壊強度測定によって成形体を評価し、

各種成形条件(成形助剤の種類及び配合比率、押出条件、賦孔剤、洗浄条件等)を最適化した。さらに La/P/ZSM5 成形触媒について、分解反応使用後の再生条件検討を行い再生における課題を抽出した。また ZSM5 について既存技術をベースとしバインダーレス成形を検討し成形手法、成形条件の課題を抽出した。

プロセス設計においては、全系シミュレーションのベースを確立するとともに、S/O・再生サイクルの運転変数の影響度を計算した付加価値相対表を作成し、数値化での触媒開発の方向性のガイドラインを示した。

(実施体制:触媒技術研究組合、国立大学法人東京工業大学、独立行政法人産業技術総合研究所、国立大学法人北海道大学、国立大学法人横浜国立大学)

## 2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発

「分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発」については、イソプロピルアルコール(IPA)脱水用 Y 型ゼオライト膜について、工業規模の長さ(1 m)の膜製造技術について検討し、透過度が  $1 \times 10^{-7}$  mol/(m<sup>2</sup> s Pa)、分離係数 1000 を超える膜の製造技術に目途がつつある。また、新たに CHA 型ゼオライトを用いた IPA 脱水についても短尺膜では中間目標を超える性能を発揮することがわかった。酢酸脱水膜については、モルデナイト膜について長尺化の検討を行った。また管状ゼオライト膜の微細構造解析については順調に分離膜構造の観察を進めるとともに、吸着測定による膜の細孔構造を推定する手法の開発を進めた。

「分離膜用セラミックス多孔質基材の開発」については、細孔径、気孔率などの特性が系統的に変化した基材の表面特性の評価、熱・機械的特性の評価を行った。

「モジュール化技術の開発」については、バツフル型モジュール内の流動状態を可視化する為のシミュレーションモデルを作成し、モジュール構造の最適化に向けたシミュレーションによる検討を開始した。目標操作条件での耐久性を満足するシール材料候補について検討した。

「試作材の実環境評価技術の開発」については、対象となる IPA の蒸留分離装置のプロセスの設置場所である JX 日鉱日石川崎工場内における、透過試験設備のフローを検討した。また、IPA 脱水については蒸留と膜を組み合わせた Hybrid プロセスのシミュレーションを行い、35%の省エネが可能であることを明らかにした。酢酸脱水プロセスについても検討を開始した。

(実施体制:学校法人早稲田大学、日立造船株式会社、三菱化学株式会社、株式会社ノリタケカンパニーリミテド、千代田化工建設株式会社、JX 日鉱日石エネルギー株式会社、財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人宇都宮大学、国立大学法人大阪大学、学校法人芝浦工業大学、国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人山口大学)

## 3) 副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発

分離・精製材料の開発としては、初年度に探索したもの及び新たに開発した候補 PCP について、混合ガス系での吸着性能の評価を進め、吸着性能及び計算法的検討の結果をフィードバックし、

PCP の更なる改良を推進した。また、PCP を分離・精製材料として用いるための成形法の検討及び成形体の状態での吸着性能の評価に前倒して着手し、実用化に向けた課題を抽出した。更に、実機類似条件での評価を行うべく、大量合成装置及び PSA ラボ機の開発、導入を進めている。

PCP 複合触媒の開発については、液相法により調製した PCP 複合触媒を用いて、CO<sub>2</sub> の電気的な還元によりシュウ酸等の含酸素化合物が得られることを確認し、中間目標(23年度末)である電流効率60%以上も達成したが、更なる性能向上を検討中である。また、改良した噴霧反応装置により、世界で初めて気相法によるPCPの合成に成功し、大量に合成できる可能性を示した。PCPと触媒の複合化に向けて、装置の改良及び反応条件の最適化を進めている。

(実施体制:国立大学法人京都大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所、株式会社クラレ、昭和電工株式会社、東洋紡績株式会社、昭栄化学工業株式会社 再委託:財団法人化学研究評価機構)

(c)平成21年度採択プロジェクト(平成21年度二次補正予算分):

④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発

④-1 気体原料の高効率利用技術の開発

石油由来原料からの転換・多様化を進めるべく、気体原料を高効率に有効利用するため、分子設計が可能な PCP の開発を中心に、分離・貯蔵・反応技術等の開発を行った。

分離技術としては、硫化水素等の微量不純物を除去し再生可能な材料としてナノ金属と PCP の複合化、及び低級炭化水素(メタン/エタン等)の選択的分離に適した PCP の開発を行い、評価した。貯蔵技術では、金属イオンと有機配位子の組合せを検討し、細孔容積の増大、水素親和性サイトの導入により、室温では世界最高レベルの 0.94wt%の水素貯蔵量を達成した。反応技術では、常圧、350°C以下でアンモニア収率2%以上のナノ金属触媒を開発し、アンモニア耐性のあるPCPとの複合による高効率化を検討した。

また、製鉄副生ガスからの酢酸合成プロセスの可能性検証として、ベンチ試験やシミュレーションにより、実用化の可能性を検討した。

(実施体制:国立大学法人京都大学、株式会社クラレ、昭栄化学工業株式会社、昭和電工株式会社、JX 日鉱日石エネルギー株式会社、住友化学株式会社、東洋紡績株式会社、新日鐵化学株式会社、再委託:国立大学法人北海道大学、国立大学法人大分大学)

④-2 植物由来原料から化合物を合成するプロセスの開発

石油由来原料に代えて植物由来原料を使用することにより有用な化合物を省エネルギー・高効率に合成するプロセスの基盤技術の開発を行った。具体的には、セルロース・ヘミセルロースからモノマー・化学品原料を合成する技術、植物由来エラストマーからモノマーを合成する技術、木質系原料からリグニン由来のフェノール樹脂原料や糖類原料を合成する技術、植物由来糖類からモノマーを合成する技術、部材の高機能化を行うために植物由来モノマー

を化学的に修飾する技術の開発を行った。

(実施体制：旭硝子株式会社、国立大学法人 大阪大学、国立大学法人 京都大学、キリンホールディングス株式会社、グリーンフェノール・高機能フェノール樹脂製造技術研究組合、株式会社神戸製鋼所、新日鐵化学株式会社、住友ベークライト株式会社、株式会社ダイセル、国立大学法人 東京工業大学、東レ株式会社、株式会社豊田中央研究所、日立造船株式会社、三菱化学株式会社、三菱レイヨン株式会社、ユニチカ株式会社)

#### ④-3 高機能化部材の製造プロセスの開発

非石油原料由来の化合物を用いた新規ポリマー製造プロセスの開発やこれらの化合物を用いた材料化プロセスの開発を行い、化学品原料の転換・多様化を促進する高機能化部材の開発を行った。具体的には、プラスチック材料を均一分散・界面制御されたセルロースナノファイバーにより補強し、高強度化部材とする技術、糖類・油脂からバイオ由来のポリマーを合成する技術、光学異性体を制御することにより植物由来ポリマーの機能性を高める技術及びそれぞれのバイオ由来のポリマーに応じた新規な成形加工技術の開発を行った。

(実施体制：伊藤製油株式会社、国立大学法人 大阪大学、株式会社 カネカ、国立大学法人 京都工芸繊維大学、京都市、国立大学法人 京都大学、協和株式会社、株式会社スギノマシン、国立大学法人 東京大学、Bio-energy 株式会社、バイオベース株式会社、株式会社豊栄工業、国立大学法人 北海道大学、ユニチカ株式会社)

(d)平成 22 年度採択プロジェクト(平成22年度補正予算分)：

#### ④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発

平成 22 年度補正予算(第1号)等による追加予算の充当にともない、

#### ④-4 気体原料の化学品原料化プロセスの開発

#### ④-5 植物由来原料からの化合物・部材製造プロセスの開発

の研究開発項目の追加を行い、公募を実施した。

## 4.2 実績推移

	20 年度	21 年度	22 年度
実績額推移			
一般会計(百万円)	(600)	1,435	4,728
特許出願件数(件)	3	18	90
論文発表数(件)	11	4	109
学会発表等(件)	22	18	390

但し、20 年度の実績額は経済産業省直轄事業  
平成 22 年度実績は予定分含む



## 5. 事業内容

平成23年度は以下の研究開発を実施する。

継続事業の実施体制については、別紙1を参照のこと。

### 5.1 平成23年度委託事業内容

研究開発項目①有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発、研究開発項目②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発、研究開発項目③資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発については、継続して研究開発を実施する。研究開発項目④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発については、平成22年度の公募により採択した事業について研究開発を実施する。その他、グリーン・サステイナブルケミストリーに関する技術戦略ロードマップローリング及び俯瞰調査も実施する。

(a)平成20年度採択プロジェクト:

①有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発

#### 1) 高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発

電子材料洗浄剤となるアルキル(オリゴエチレンオキシ)カルボン酸界面活性剤に標的を絞り、数百グラムの試験的工程における条件の最適化を進める。とくに未検討であった酸素圧力に関する条件設定を集中的に検討する。数百グラムスケールでの製品供給をおこない、精密な性能試験を実施する。先年度に調製した触媒パック(カートリッジ化)を用いた連続的实施(フロー・プロセス化)と触媒の再利用の実践性向上において、数週間の連続運転あるいは5~10回のカートリッジ再利用を目標とする。炭素-炭素カップリングのGSC化において、水中sp<sup>2</sup>炭素-sp<sup>2</sup>炭素カップリングによる各種ターアリアル合成を実施する。反応率は90%以上、反応選択性は90%以上を達成する。カルボン酸の分子内脱水縮合反応の目標を1mol%、収率90%以上、反応選択性90%以上にする。また、水中でカルボン酸とアルコールからエステルを合成(触媒量5mol%以下、反応率80%、反応選択性80%)を実現する。超原子価ヨウ素触媒と酸化剤(過酸化水素等)を用いたオキシアシル化反応を開発し、 $\alpha$ -ケトエステルの実用的合成方法を確立する。

なお、本研究開発テーマは、「②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」に一部該当する。

(実施体制:大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所 再委託:国立大学法人名古屋大学)

#### 2) 革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発

水中エステル化反応にて、エステル化収率90%以上の触媒/反応系開発を進める。希薄酢酸濃縮/水中エステル化プロセスのプロセス試算を実施し、プロセスフローとコスト試算を行う。また、本プロジェクトにて獲得した技術を利用したその他プロセスへの適用について、提案を行う。

開発フローリアクターの内径を200mmへとスケールアップし、製造プラント設計に必要なエンジニアリングデータの収集をする。また、スケールアップしたリアクターでの試作品の評価を実施する。その他、22年度で目標値を達成できなかったターゲット基質での目標達成を検討する。

不斉ジヒドロキシル化反応では新たに不斉配位子担持型 Os 触媒を開発し、反応率:85%、選択率:80%、金属溶出:3%以下の性能を目指す。一方、Pt 触媒では少なくとも 100g の製造法を確立し、また新たに Pd 触媒ではカップリング反応の反応率:80%、金属溶出:2%以下を目指す。

なお、本研究開発テーマは、「②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」に一部該当する。

(実施体制:国立大学法人東京大学、日光ケミカルズ株式会社、昭和電工株式会社、和光純薬株式会社 再委託先:東京理化学器械株式会社、国立大学法人電気通信大学)

## ②廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発

### 1)革新的酸化プロセス基盤技術開発

多官能性基質の酸化技術開発に関しては、大量のサンプル配布に向けて、反応成績、触媒寿命を向上させるために触媒改良を実施するとともに目標値を達成する。用途開発については半導体封止剤としての実用面での評価を実施し、ユーザー配布可能なレベルを目標とする。高分子量基質の酸化技術開発に関しては、触媒量、触媒種類等の反応系について、実践的反応を踏まえたチューニングを行い、目標値を達成する。更に実用特性評価により得られた知見を基に、ベンチ設備運転による大量サンプル合成、市場調査を開始する。易加水分解性基質の酸化技術開発に関しては、前年度に設計したベンチプラントを使用してテルペンオキシド類の製造を行い、主に反応条件に関して改良、実証を行い、目標値を達成するとともに、本プラント設計に必要なデータを収集する。さらに、反応時間の短縮検討およびプロセストータルでのコストダウンの検討を行い、より実践的な酸化技術を開発し、研究開発目標として、テルペン類のエポキシ化において、1 トン/年スケールの生産が可能なレベルの実証を行う。難酸化性基質の酸化技術開発に関しては、実化合物を基質にしてベンチ設備でのスケールアップを行い、生産量 1~5kg/日以上を達成させる。エポキシ化は固定化触媒存在下で行い、ケトン類の酸素付加反応は反応補助剤を用いた反応系で、目標値を達成する。過酸化水素を用いた反応系の基礎研究では、多官能かつ高分子量基質や多官能かつ易加水分解性基質など、より複雑で難易度の高い基質の酸化に関し、目標値を達成すると共に、これまでの知見を体系化し、より汎用性を有する過酸化水素酸化技術とする。

(実施体制:独立行政法人産業技術総合研究所、昭和電工株式会社、電気化学工業株式会社、荒川化学工業株式会社、JNC株式会社 再委託:国立大学法人東京工業大学、国立大学法人東

京大学)

(b)平成21年度採択プロジェクト

③資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発

#### 1) 触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発

高性能ゼオライト触媒の開発において、前年度のスクリーニングで優れた性能を示したゼオライトの酸点密度を変化させたサンプルを合成して、酸点密度の最適化、アルミニウムの脱離の程度に及ぼす影響を検討し、反応速度、収率の観点から、実用化ナフサ接触分解プロセスに導入できる候補触媒のトポロジーを絞り込む。また、ナノサイズ化による改良検討として、ナノ結晶の合成法を確立するとともに結晶サイズが活性、選択性、触媒寿命に与える影響を解明し、ナノ化の効果を検討する。

ゼオライト触媒の長寿命化のため、修飾元素種の探索を実施するとともに、コークおよびコーク前駆体の分解除去を促進する金属等の第二、第三成分探索に着手する。アルミニウム脱離過程の精査を行ない、分解反応条件下で起こる脱アルミニウム抑制に寄与する添加物のスクリーニングを引き続き実施する。あわせてゼオライト外表面酸点の選択的不活性化手法について詳細な条件検討を行い、ナフサ接触分解のための最適な手法を選定する。また、反応、劣化機構解明のためゼオライト骨格における Al 原子周りの修飾原子の局所構造の構造解析を行うとともに化学修飾の効果の明確化に各種の分析手法の確立に取り組む。加えて、コーク生成のメカニズムや、コーク付着による触媒劣化のメカニズムの解析を行う。

触媒成形技術開発においては従来型触媒(La/P/ZSM5)で得た知見を基に候補触媒(ナノサイズ化 ZSM5、Pd/ZSM5 等)の成形を検討し、各種成形条件(成形助剤の種類及び配合比率、押出条件、賦孔剤、洗浄条件等)について課題を抽出する。バインダーレス成形については引き続き既存技術をベースとし、成形手法および成形条件の検討を行う。また、スケールアップ装置により成形触媒についての性能評価を行う。

プロセス設計においては、開発触媒で得られたデータで反応機構を解析し反応器のモデリングを行い、総付加価値表で感度解析を行い触媒設計にフィードバックしていく。

(実施体制:触媒技術研究組合、国立大学法人東京工業大学、独立行政法人産業技術総合研究所、国立大学法人北海道大学、国立大学法人横浜国立大学)

#### 2) 規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発

「分離膜製造基盤技術及び分離膜評価技術の開発」について、種結晶の適切な担持方法の確立および結晶成長過程の解明を行い、膜合成に対する合理的指針を得る。IPA 脱水膜に関しては1 mの管状膜化を行う。酢酸脱水膜についても1m 超への管状膜の長尺化検討を行う。膜の構造解析技術についても特に結晶粒界構造に関する検討を行う。

「分離膜用セラミックス多孔質基材の開発」については、基材の表面化学特性を評価し、分離膜

担持および分離性能に及ぼす影響を調査し、支持体の高性能化に反映する。また、熱・機械特性評価結果をフィードバックした基材の機械特性の改良を行う。また多チャンネル型支持体の製膜技術検討を行う。更に、実操業条件下での性能発現を目指して、膜の性能向上に関する開発を加速化するとともに、製膜機構及び実膜での透過現象の解明及び解析に着手する。

「モジュール化技術の開発」については、24年度の実環境評価にむけてモジュール構造設計を行うとともに、実験、シミュレーション両面から検討してモジュール効率の評価指針を得る。酢酸脱水プロセス条件下で耐久性があるシール材料の選定を行う。更に、実環境試験に向けてモジュールの試作に着手する。

「試作材の実環境評価技術の開発」については、実証試験装置フローの詳細を確定する。さらに、既存の酢酸とIPAの蒸留分離システムの解析と分離膜モジュールを組み合わせたHybridなプロセスシステムを対象として詳しく検討し、省エネルギーの期待値を精度を上げて明らかにする。

(実施体制:学校法人早稲田大学、日立造船株式会社、三菱化学株式会社、株式会社ノリタケカンパニーリミテド、千代田化工建設株式会社、JX日鉱日石エネルギー株式会社、財団法人ファインセラミックスセンター、国立大学法人宇都宮大学、国立大学法人大阪大学、学校法人芝浦工業大学、国立大学法人名古屋工業大学、国立大学法人山口大学)

### 3) 副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発

分離・精製材料の開発としては、中間目標である「CO<sub>2</sub>の選択分離後の濃度:95%、CO<sub>2</sub>の吸着エネルギー:40 kJ/mol以下、CO<sub>2</sub>の分離度:150以上」に対して、2年間で得られたPCPに関する様々な知見(詳細な構造解析、混合ガス等での吸着挙動、計算化学的推算、及びそれらの総合的考察)に基づいて達成を図る。また、実用化に向けた課題の明確化とその早期解決を図るべく、kgスケールでの合成により、反応条件の適正化とプロセス検討の基礎データを取得し、また形態付与に関しても成形体のガス透過率や粒子形状等、多角的に評価を行う。加えて、プロセスを考慮したコスト面からの検討にも着手する。

PCP複合触媒の開発については、中間目標である「CO<sub>2</sub>からの選択率(電流効率)が60%以上で、シュウ酸等の含酸素化合物を効率的に生産できる2種類程度のPCP複合触媒調製」に対して、既に1種類の複合触媒の調製に成功した液相法では更なる効率化を図り、気相法でも改良した噴霧反応装置により目標の複合触媒の調製を目指す。調製する複合触媒に対し、集中研は加速で導入した分析電顕や薄膜X線回折装置等を用い、より詳細かつ効率的に構造等を解析することにより、複合触媒の開発を促進する。

(実施体制:国立大学法人京都大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所、株式会社クラレ、昭和電工株式会社、東洋紡績株式会社、昭栄化学工業株式会社 再委託:財団法人化学研究評価機構)

(c)平成22年度採択プロジェクト:

#### ④化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発

平成22年度補正予算(第1号)等による追加予算の充当にともない、本プロジェクトの研究項目④-4、④-5 の追加及び期間延長を行い、公募により研究開発実施者を選定して、委託により実施する。

研究開発項目④-4、④-5 の採択先が決定したため、その実施体制を別紙に示す。

#### ④-4 気体原料の化学品原料化プロセスの開発

④-1 及び既存の転換・多様化プロセスを組み合わせ、石油由来原料からの転換・多様化を、より多角的に進めるため、豊富に存在する気体(メタン、水素、二酸化炭素等)の利用技術の開発を行う。具体的には以下の開発を行う。

##### (1) イソシアネート革新製造プロセスの研究開発(実施体制:旭化成ケミカルズ株式会社)

有害なホスゲンを用いず、二酸化炭素とアンモニアから合成される尿素を原料として、イソシアネートを製造する新規プロセスの開発を行う。具体的には原料からイソシアネートを得るまでの素反応等の解析、ベンチ設備での確認を行う。また、反応経路の最適化、更なる収率向上、製品スペックの確立及びベンチ設備へのマイクロリアクター技術活用の検討に着手する。

##### (2) 水素および空気(酸素)の直接反応法に基づいた過酸化水素新規製造プロセスの研究開発(実施体制:三菱瓦斯化学株式会社、国立大学法人九州大学)

現行のアントラキノン法を一部代替するものとして、水素と酸素(空気)から過酸化水素を製造するプロセスの開発を行う。具体的には、ナノ構造触媒の開発、反応器の研究開発、実用化を考慮した直接反応法の評価を行う。また、触媒の最適化、反応器の試作、実用化イメージと課題の明確化、ベンチプラントの設計に着手する。

##### (3) 気体原料の高効率利用技術の開発(実施体制:住友化学株式会社、昭栄化学工業株式会社、国立大学法人京都大学、国立大学法人富山大学、国立大学法人大分大学)

天然ガス等から基幹化学品を製造するプロセスの開発を行う。具体的には、メタン改質触媒及びF/T 触媒の開発、またプロピレンの分離精製のための多孔性材料の開発を行う。また、プロピレン収率を向上させるための触媒の最適化及び分離材料の成形技術の検討に着手する。

※補正予算の性質を鑑み可能な限り前倒しで実施する。

#### ④-5 植物由来原料からの化合物・部材製造プロセスの開発

非可食性植物由来原料であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン、油脂、残渣、糖類等から植物由来の構造の特徴を活かした製品・部材やポリエステル、ポリアミド等の含酸素系樹脂等の化合

物・部材を省エネルギー・高効率に製造する以下の開発を行う。

(1)セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発（実施体制：国立大学法人 京都大学、京都市、三菱化学株式会社、D I C株式会社、王子製紙株式会社）

プラスチックを軽量・高強度・低熱膨張のセルロースナノファイバー(CNF)により補強し、自動車用高機能グリーン部材の開発を行うため、CNFの精密化学修飾技術及び製造プロセスの改良を行う。また、CNFによる補強機構の解析に着手する。

(2)バイオマスからのフルフラール経由化学品製造プロセスの研究開発（実施体制：三菱化学株式会社、王子製紙株式会社）

木質バイオマスからのフルフラール製造についての効率的な製造技術と、フルフラールからTHF(テトラヒドロフラン)等の化学品への触媒プロセスを開発する。また、フルフラール及びTHFの更なる収率の向上及び製造条件の最適化に着手する。

(3)非可食原料からのバイオポリエステル製造基盤技術の研究開発と実用材料化（実施体制：国立大学法人 東京大学、株式会社カネカ、国立大学法人 大阪大学、バイオベース株式会社、関西化学機械製作株式会社、Bio-energy 株式会社）

植物油精製副産物やパルプから、微生物の優れた物質変換機能を利用したバイオポリエステルの生産技術及び実用部材化に向けてコンパウンドや成形加工技術を開発する。また、植物油副産物から目的の分子量を有するポリエステルの培養条件の検討、強度向上及び成形加工条件の最適化に着手する。

(4)非可食性植物由来原料からのグリーンポリマー製造基盤技術に関する研究（微生物機能を用いたポリマー原料製造基盤技術の研究開発）（実施体制：国立大学法人 京都大学、東レ株式会社）

非可食性の植物原料由来のナイロン樹脂原料を製造するための新規微生物技術、分離膜を利用した革新バイオプロセス技術および化学変換技術を開発する。また、対糖収率や脂肪酸生産効率の更なる向上に着手する。

(5)グリセロールからの化学工業基幹化合物製造に関する研究開発（実施体制：株式会社ダイセル、国立大学法人 大阪大学）

バイオディーゼルに由来した廃グリセロールを原料とし、モノオール、ジオールを中心とする基幹原料を合成するプロセス及びポリエステル高分子材料を開発する。また、触媒の更なる収率向上・高寿命化に着手する。

(6)高性能ポリ乳酸の研究開発・製造プロセス開発と実用化技術開発（実施体制：ユニチカ株式会

社、株式会社武蔵野化学研究所、国立大学法人 京都工芸繊維大学)

ポリ乳酸の原料となるラクチドの非可食化・コストダウン、及びポリ乳酸の高性能化のためのステレオブロック型ポリマーの研究開発、高性能ポリ乳酸重合の製造プロセスを開発する。また、ラクチドの製造条件の最適化、高性能ポリ乳酸のスケールアップ及びステレオブロック型ポリマーの合成条件の更なる高度化に着手する。

(7)バイオマスの化成品転換のための熱化学反応技術基盤の構築とそれに基づく脂肪族、芳香族ポリマー製造プロセスの開発 (実施体制:国立大学法人 京都大学、住友ベークライト株式会社、三菱レイヨン株式会社)

非可食性バイオマスから熱化学変換基盤技術の開発を軸に、木粉・樹皮からのリグニン樹脂の高効率製造プロセスの開発、乳酸類からのピルビン酸類及びアクリレート系ポリマーの高効率製造技術の開発を行う。また、木粉・樹皮からのリグニン利用率及びアクリレートモノマーの更なる収率の向上に着手する。

※補正予算の性質を鑑み可能な限り前倒しで実施する。

(d)その他:グリーン・サステイナブルケミストリー技術戦略ロードマップローリング及び俯瞰調査

本調査では、(ア)海外技術とのレベル比較、競争力比較、(イ)欧米、中国、韓国等における新規な技術動向、(ウ)新規技術に関する導入シナリオ、実現の可能性に関する評価を通じて現状の技術戦略ロードマップのローリング、及びグリーン・サステイナブルケミストリーに関する新規テーマに関する俯瞰調査等を実施する。

## 5.2 平成23年度事業規模(予定)

一般勘定	520 百万円 (委託、継続)
平成22年度補正予算額(一般勘定)	850 百万円 (委託、継続、繰越)
平成23年度補正予算額(一般勘定)	1000 百万円 (委託)
需給勘定	810 百万円 (委託、継続)

※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 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、研究体毎にプロジェクトリーダーを設置し、担当範囲を明確にする。また、NEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダー等と密接な関係を維持し、更には、国内外の類似する技術開発の把握に努め、本研究開発の目的及び目標に

照らして適切な運営管理を行う。具体的には、プロジェクトリーダー、委託先機関等からのヒアリングにより、開発目標に対する成果状況などの報告を受けるほか、自ら当該分野の国内外における技術開発動向の調査や技術マップの調査・更新を行い、次年度の業務委託の可否や、実施内容、予算規模の見直しを図る。優れた研究成果を上げている研究体に対しては、研究加速についても弾力的に対処するなど予算の効果的配分に努める。また、成果の早期達成が可能と認められた研究体については、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。

なお、加速的又は緊急的に研究を推進させる必要が生じた場合は、採択テーマを追加して実施する。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開催し、プロジェクトの運営管理に反映させる。

## 6.2 複数年度契約の実施

事業開始年度より3年間の複数年度契約とする。ただし、③-1～3で平成23年6月～10月に実施する研究評価委員会等により、事業の継続が認められたものについては、契約を変更し、事業開始年～平成25年度の間で複数年度契約を締結する。④-4及び④-5については、平成22～24年度の間で複数年度契約とする。

## 6.3 その他

①～④以外の研究開発テーマで、社会状況等の緊急性を勘案して、産業競争力強化、大きな波及効果が期待できる革新的なプロセス及び化学品に関する研究開発についても実施する場合がある。なお、研究開発目標は共通基盤技術、実用化技術の確立の点から十分なものと想定されるが、本事業では数多くの独創的なGSCプロセスによる高機能な素材・部材製造に関する研究開発テーマの提案が期待されることから、適宜、最新の技術情報、有識者のヒアリング等を通じて柔軟に研究開発目標の変更を行う。また、①～④以外の研究開発を実施する場合には、①～④に対する研究開発目標と同等以上とし、顕著な効果(副生成物削減、未利用/低品位資源の活用、長寿命化、省エネ化、軽量化、リサイクル率向上等)が期待できる数値目標が立てられること。

## 7. スケジュール

平成23年6月頃・・・研究開発項目③-1、③-2、③-3 中間評価

平成23年9月～平成24年2月・・・技術検討会

## 8. 実施方針の改訂履歴

- (1)平成23年3月、制定。
- (2)平成23年4月改訂。④-4, 5の実施体制の追記。
- (3)平成23年7月根拠法の改正により改訂。



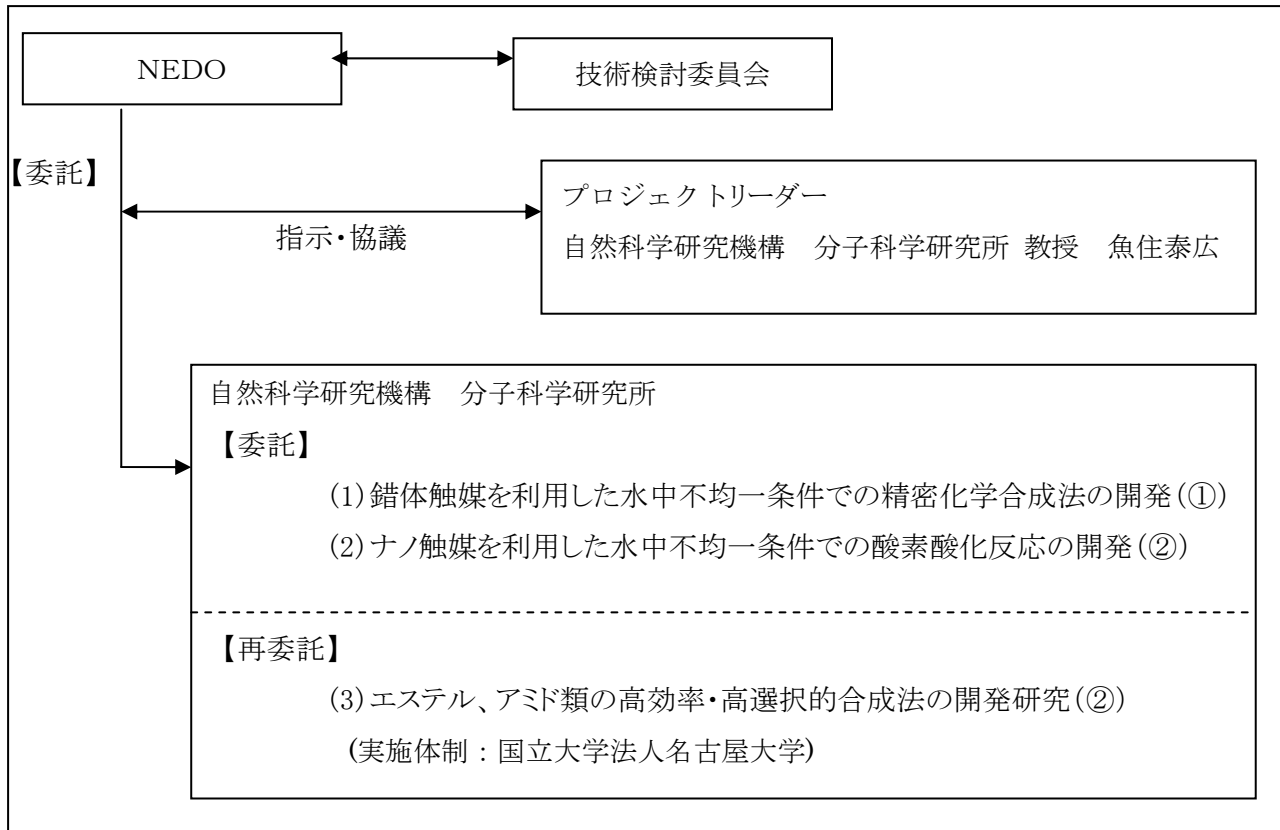
- (4)平成 23 年 10 月中間評価の結果に基づき、平成 23 年度委託事業内容③-1)を変更
- (5)平成 23 年 6 月中間評価の結果、及び研究開発進捗状況に基づき、平成 23 年 12 月に加速を追加し、平成 23 年度委託事業内容③-2)を変更。
- (6)平成 24 年 1 月改訂。研究開発項目①、②の明確化、及び平成 23 年度補正予算（第 3 号）の充当等による変更。

(別紙1)平成22年度「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発」事業実施体制  
研究開発項目①-1

「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」(①)

「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」(②)

(高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発)

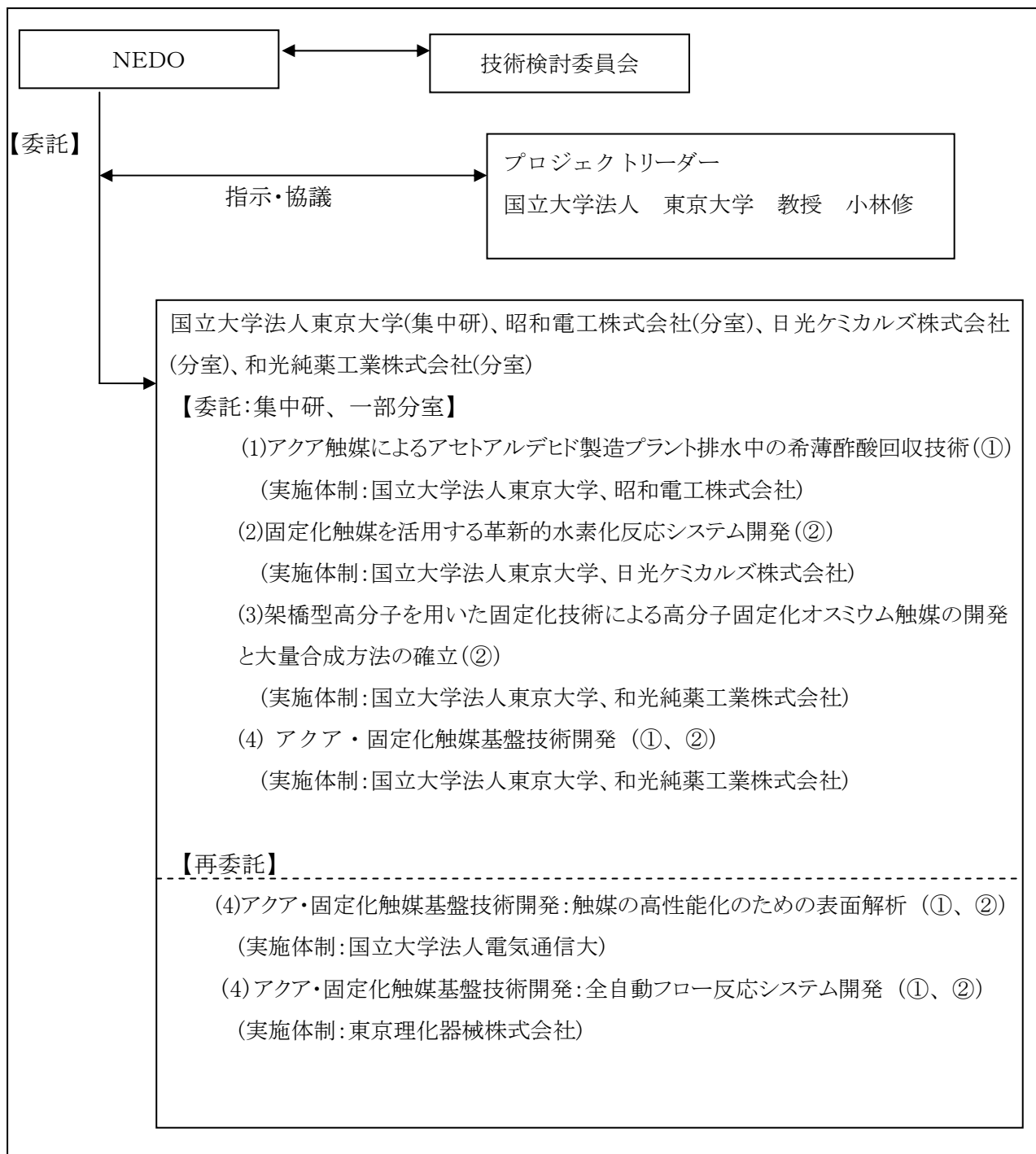


研究開発項目①-2

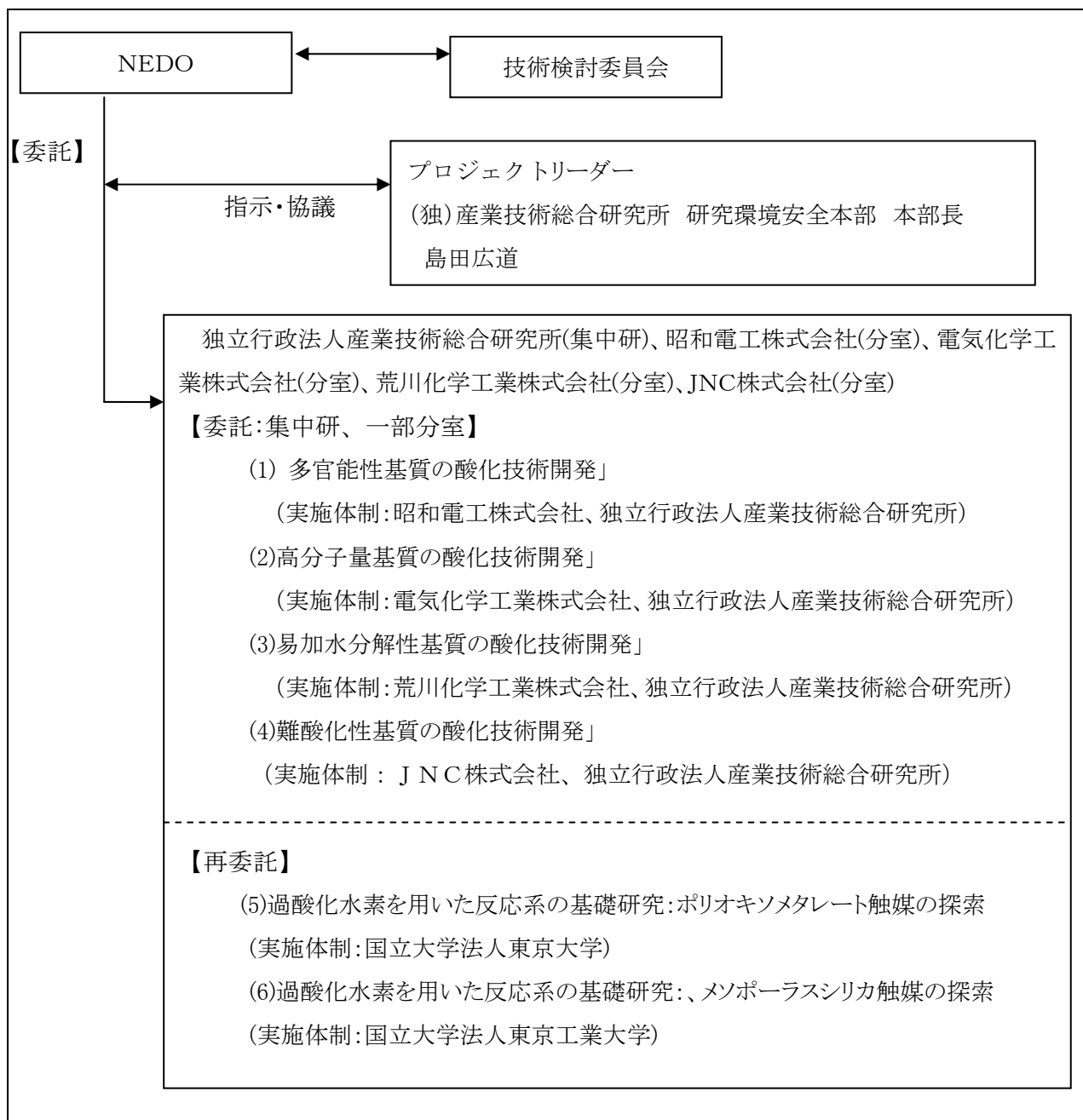
「有害な化学物質を削減できる、又は使わない革新的プロセス及び化学品の開発」(①)

「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」(②)

(革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発)



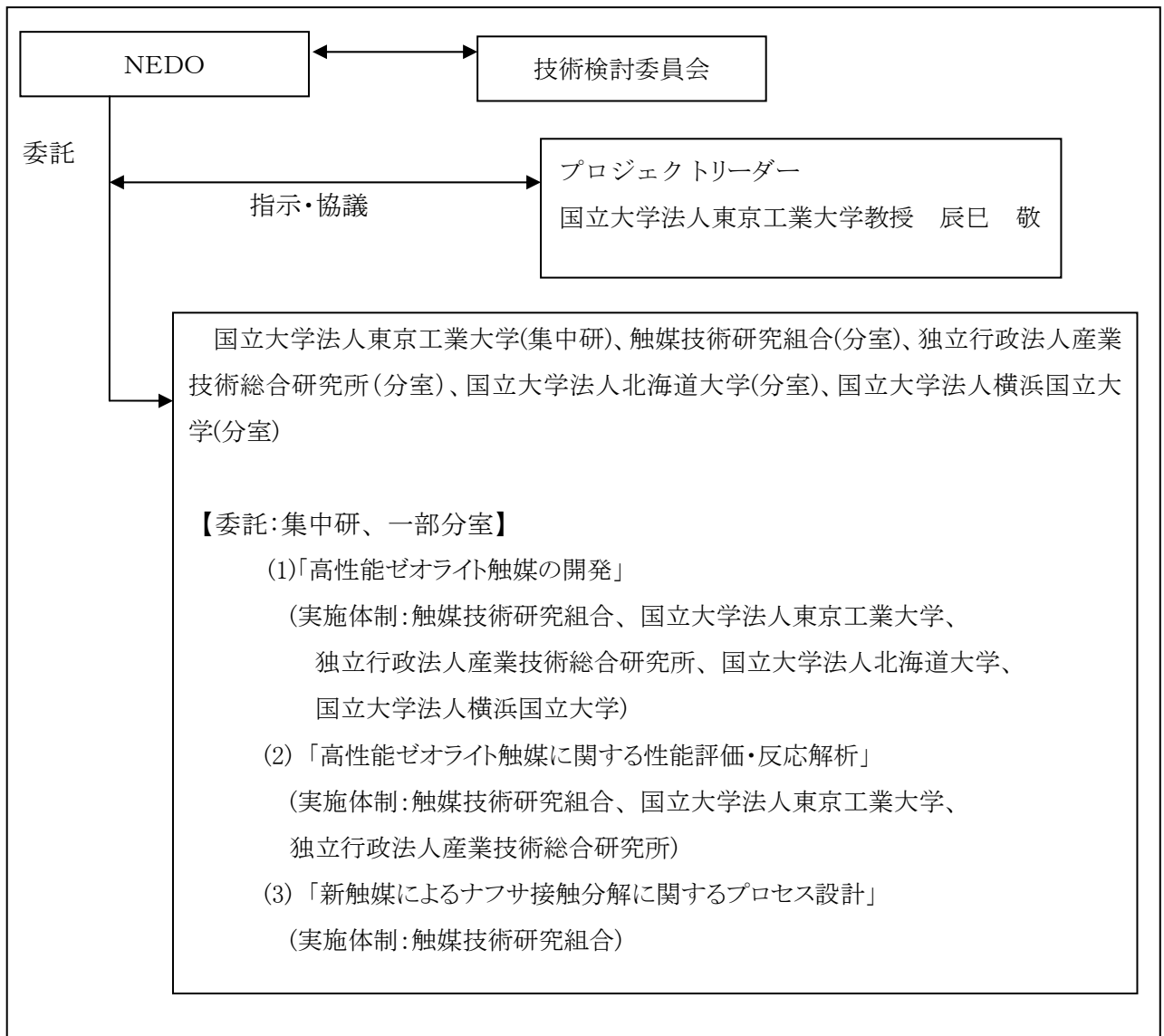
研究開発項目②-1「廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発」  
(革新的酸化プロセス基盤技術開発)



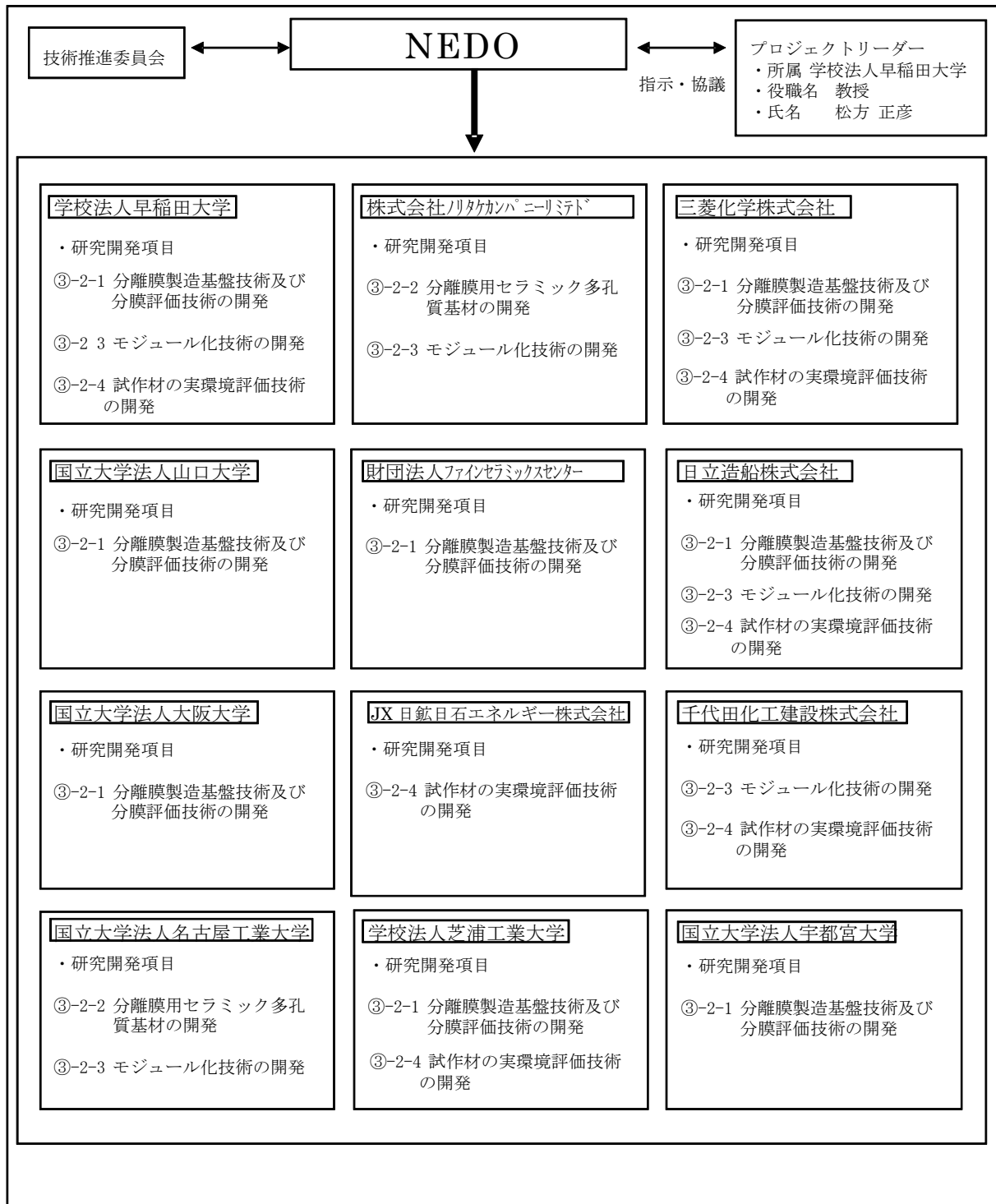
平成21年度採択テーマ

研究開発項目③-1「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」

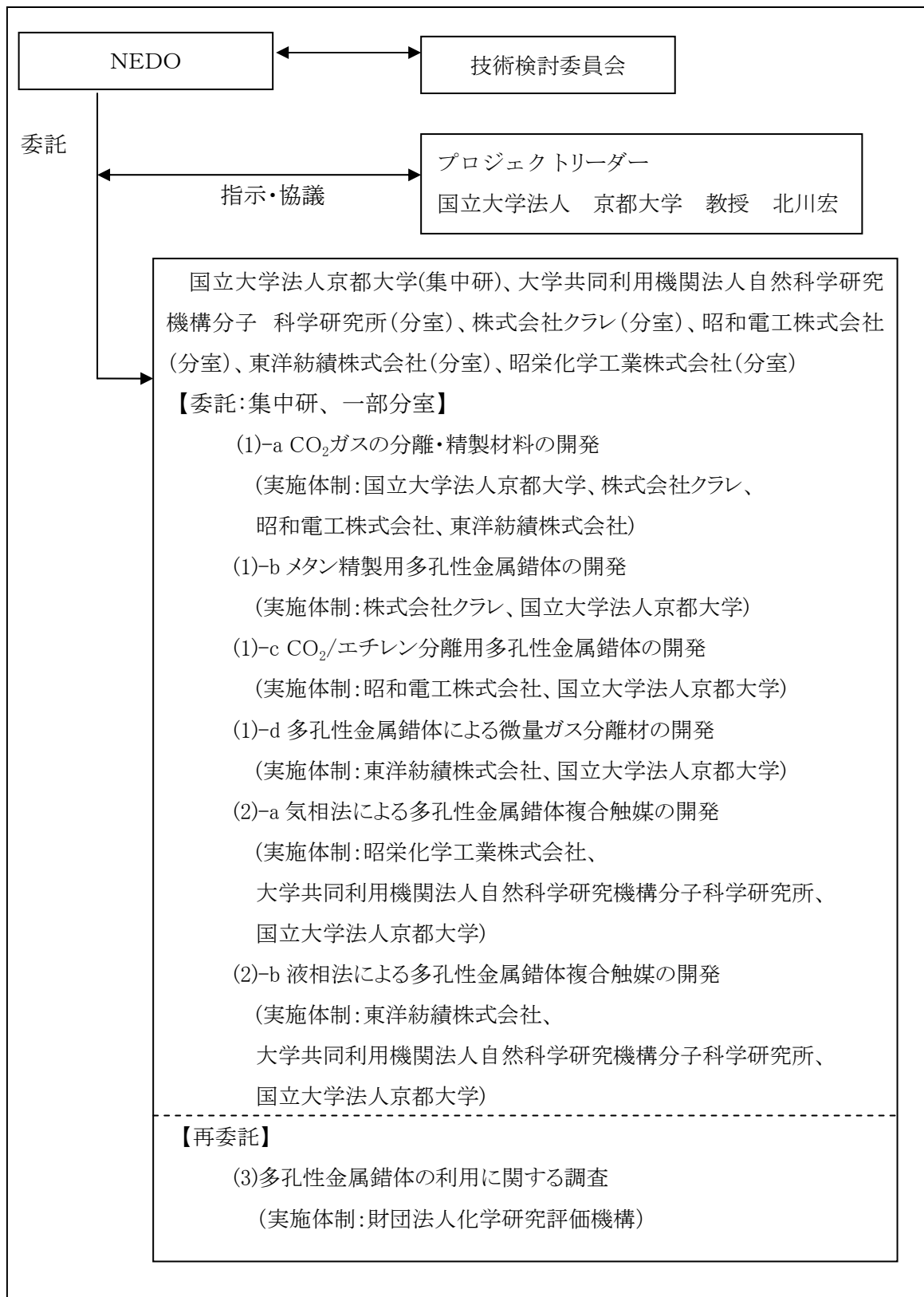
(触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発)



研究開発項目③-2「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」  
 (規則性ナノ多孔体精密分離膜部材基盤技術の開発)



研究開発項目③-3 「資源生産性を向上できる革新的プロセス及び化学品の開発」  
(副生ガス高効率分離・精製プロセス基盤技術開発)



研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」  
(平成22年度で終了：研究開発項目④-1、④-2、④-3)

**研究開発項目④-1**

気体原料の高効率利用技術の開発

国立大学法人 京都大学、株式会社クラレ、昭栄化学工業株式会社、昭和電工株式会社、新日鐵化学株式会社、JX 日鉱日石エネルギー株式会社、住友化学株式会社、東洋紡績株式会社

**研究開発項目④-2**

植物由来原料から化合物を合成するプロセスの開発

旭硝子株式会社、国立大学法人 大阪大学、国立大学法人 京都大学、キリンホールディングス株式会社、グリーンフェノール・高機能フェノール樹脂製造技術研究組合、株式会社神戸製鋼所、新日鐵化学株式会社、住友ベークライト株式会社、株式会社ダイセル、国立大学法人 東京工業大学、東レ株式会社、株式会社豊田中央研究所、日立造船株式会社、三菱化学株式会社、三菱レイヨン株式会社、ユニチカ株式会社

**研究開発項目④-3**

高機能化部材の製造プロセスの開発

伊藤製油株式会社、国立大学法人 大阪大学、株式会社 カネカ、国立大学法人 京都工芸繊維大学、京都市、国立大学法人 京都大学、協和株式会社、株式会社スギノマシン、国立大学法人 東京大学、Bio-energy株式会社、バイオベース株式会社、株式会社豊栄工業、国立大学法人 北海道大学、ユニチカ株式会社



研究開発項目④「化学品原料の転換・多様化を可能とする革新グリーン技術の開発」  
平成22年度採択テーマ（平成22年度補正予算による）

**研究開発項目④-4**

気体原料の化学品原料化プロセスの開発

- (1) イソシアネート革新製造プロセスの研究開発  
（旭化成ケミカルズ株式会社）
- (2) 水素および空気(酸素)の直接反応法に基づいた過酸化水素新規製造プロセスの研究開発  
（三菱瓦斯化学株式会社、国立大学法人 九州大学）
- (3) 気体原料の高効率利用技術の開発  
（住友化学株式会社、昭栄化学工業株式会社、国立大学法人 京都大学、国立大学法人 富山大学、国立大学法人 大分大学）

#### 研究開発項目④-5

植物由来原料からの化合物・部材製造プロセスの開発

(1) セルロースナノファイバー強化による自動車用高機能化グリーン部材の研究開発

(国立大学法人 京都大学、京都市、三菱化学株式会社、D I C株式会社、王子製紙株式会社)

(2) バイオマスからのフルフラール経由化学品製造プロセスの研究開発

(三菱化学株式会社、王子製紙株式会社)

(3) 非可食原料からのバイオポリエステル製造基盤技術の研究開発と実用材料化

(国立大学法人 東京大学、株式会社カネカ、国立大学法人 大阪大学、バイオベース株式会社、関西化学機械製作株式会社、Bio-energy 株式会社)

(4) 非可食性植物由来原料からのグリーンポリマー製造基盤技術に関する研究 (微生物機能を用いたポリマー原料製造基盤技術の研究開発)

(国立大学法人 京都大学、東レ株式会社)

(5) グリセロールからの化学工業基幹化合物製造に関する研究開発

(株式会社ダイセル、国立大学法人 大阪大学)

(6) 高性能ポリ乳酸の研究開発・製造プロセス開発と実用化技術開発

(ユニチカ株式会社、株式会社武蔵野化学研究所、国立大学法人 京都工芸繊維大学)

(7) バイオマスの化成品転換のための熱化学反応技術基盤の構築とそれに基づく脂肪族、芳香族ポリマー製造プロセスの開発

(国立大学法人 京都大学、住友ベークライト株式会社、三菱レイヨン株式会社)