

「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
／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・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」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	11
評点結果	16

はじめに

本書は、第31回研究評価委員会において設置された「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／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・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」(事後評価)の研究評価委員会分科会(第1回(平成24年9月14日、9月21日))において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第34回研究評価委員会(平成25年1月15日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成25年1月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「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／
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・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」
分科会
(事後評価)

分科会長 浅岡 佐知夫

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「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／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・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」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成24年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	あさおか さちお 浅岡 佐知夫	北九州市立大学 国際環境工学部 特任教授
分科 会長 代理	よしだ じゅんいち 吉田 潤一	京都大学 大学院 工学研究科 合成・生物化学専攻 教授
委員	いななが じゅんじ 稲永 純二	九州大学 名誉教授
	うえやま まさき 植山 正基	一般社団法人 日本化学工業協会 産業部 兼 技術部 部長
	さつま あつし 薩摩 篤*	名古屋大学 大学院 工学研究科 物質制御工学専攻 教授
	すぎもと ひろし 杉本 裕	東京理科大学 工学部 工業化学科 准教授
	ながしま ひでお 永島 英夫	九州大学 先導物質化学研究所 分子集積化学部門 教授
	みやけ たかのり 三宅 孝典	関西大学 環境都市工学部 エネルギー・環境工学科 教授

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：名古屋大学大学院工学研究科化学・生物専攻）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成23年7月7日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

プロジェクト概要

		作成日	平成24年8月23日	
プログラム(又は施策)名	ナノテク・部材イノベーションプログラム			
プロジェクト名	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 「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・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」	プロジェクト番号	P09010	
担当推進部/担当者	担当推進部 2009.04-2010.06 環境技術開発部 環境化学グループ 2010.07-現在 環境部 環境化学グループ 担当者 主任研究員 山下 勝 2009.04-2009.08 主査 鈴木 毅之 2009.04-2011.03 主幹 江口 弘一 2009.08-2010.04 主査 新井 唯 2009.04-2012.03 主任研究員 岩田 寛治 2010.04-現在 主査 西川 賢之 2010.05-2012.06 主査 石毛 悦子 2012.03-現在			
0. 事業の概要	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、容易なり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・サステイナブルケミカルプロセス（以下「GSCプロセス」という）の研究開発を行っている。 研究開発課題は、①有害な化学物質を削減できる、又は使わない、②廃棄物、副生成物を削減できる、③資源生産性を向上できる、④化学品原料の転換・多様化を可能とする、等による独創的で革新的な化学プロセスを通じた開発であり、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的とする。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イナブルな産業構造への貢献が期待できる。 本事業では、特に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直接的な目標として、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、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3つの研究グループによって行った。			
I. 事業の位置付け・必要性について	1992年の環境と開発に関するリオ宣言を契機として持続可能な発展（Sustainable Development）のための取組みが各国で開始される中、化学産業も従来の機能等を優先させたものづくりの結果である大量消費・廃棄型プロセスから脱却し、環境負荷低減を目指す方向へシフトが求められている。 本事業は、上記のリオ宣言を契機として化学産業が取り組んでいくこととされた持続可能な産業へ転換するという課題達成の切り札として、プロセスや製品の設計に関する指針として明確に打ち出された米国のGC、及び産業競争力の強化の観点も強調されている欧州のSCを踏まえ、OECDにおいて促進のための取組みが行われているSC/GCについて、我が国としてもGSCという理念の下に技術開発を行うものであり、国際的な取組みの一環を成すものと位置づけられる。 即ち、GSCは、環境及び経済が両立するシステムの実現を図る具体的なものづくり技術としての役割を化学が積極的に担っていこうとするものであるが、民間のみではインセンティブが働きにくく、官主導の下に推進することが不可欠であった。 特に、本事業は、従来の化学プロセスの延長上にはない革新的なGSCプロセスの実用化を目指したものであって、鍵となる革新的触媒技術等の技術シーズはアカデミア等が有しており、また企業にとってプロセスの実用化開発自体の難易度も極めて高いことに加えて、事業化に向けては、例えば、開発したプロセスがGSCというだけでは製品の価格で投資コストを回収することは困難であり、製品に新たな付加価値を付けるためにはユーザー側との「組み合わせ」も行っていく必要がある等極めてリスクの高い面があり、早期の事業化に向けては、それらについても実用化研究の段階から考慮していく必要があり、NEDOのマネジメント機能を活かして産学連携の下に実施することが妥当であった。 なお、本事業は、第3期科学技術基本方針の重点推進4分野のうちのものづくり技術分野に位置づけられる。本事業は平成19年度の総合科学技術会議においてS評価（「特に重点的に実施すべき」）を受けた新規事業であり、優先的に実施すべきテーマとなってきた。 また、本事業を含むGSC基盤技術開発事業は、経済産業省が実施しているナノテク・部材イノベーションプログラムのIV. エネルギー・資源・環境領域にグリーン・サステイナブルケミカルプロセス技術として位置付けられている。			

II. 研究開発マネジメントについて	
事業の目標	<p>本事業では、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)、クリーン化が実現できる革新的プロセス及び化学品の実用化のための基盤研究開発を行った。</p> <p>1. 最終目標 (基本計画本文より抜粋)</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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リサイクル率(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。 <p>上記目標を達成するために、以下の3つの研究開発項目を設定した。 項目別最終目標は下記のとおり。</p> <p>2. 詳細な最終目標 (基本計画「別紙」より抜粋)</p> <p>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</p> <p>(1) 水、アルコール等で機能する触媒の高機能化、回収・再生及び製造に関する共通基盤技術</p> <p>①水、アルコール等で機能する触媒の活性・耐久性向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水、アルコール等で機能し、反応率80%以上、選択率90%以上の触媒プロセスを開発する。 <p>②触媒反応プロセス、分離回収・再生技術に関する実用化基盤技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産量(処理量)10kg~数t/日以上を想定し、ベンチスケール装置により、実用化規模プロセスの概念設計を行う。なお、本研究開発終了後、実用化技術として、コスト低減、早期の市場導入に対して大きな寄与が期待できる技術レベルを確立すること。 <p>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</p> <p>(1) 新規な触媒固定化技術による生産プロセス技術に関する共通基盤技術</p> <p>①高活性、高選択性かつ再生可能な新規な固定化触媒プロセスの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・反応率80%、選択率90%、溶出金属回収率98%以上。 <p>②新規な固定化触媒による実用化プロセスに関する設計・開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産量10kg~数t/日以上を想定し、ベンチスケール装置により、実用化規模プロセスの概念設計を行う。 <p>(2) 高選択酸化技術による生産プロセス技術に関する共通基盤技術</p> <p>①高性能触媒による高活性、高選択性酸化触媒プロセスの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オレフィン類やケトン類に対して高活性、高選択性を有する酸化触媒プロセスを開発する。なお、オレフィン類の選択酸化反応では反応率80%以上、選択率90%以上、ケトン類の選択酸化反応では反応率80%以上、選択率80%以上とする。 <p>②高性能触媒による実用化プロセスに関する設計・開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産量10kg~数t/日以上を想定し、ベンチスケール装置により、実用化規模プロセスの概念設計を行う。なお、本研究開発終了後、実用化技術として、コスト低減、早期の市場導入に対して大きな寄与が期待できる技術レベルを確立すること

事業の計画内容	主な実施事項	H21fy	H22fy	H23fy
	【分子研G】 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	←		→
	【東大G】 革新的アクア・固定化触媒 プロセス技術開発	←		→
	【産総研G】 革新的酸化プロセス基盤技術開発	←		→
開発予算 (会計・勘定別に 事業費の実績 額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H21fy	H22fy	H23fy
	一般会計	546	500	352
	特別会計	-	-	-
	総予算額	546	500	352
開発体制	経産省担当原課	製造産業局化学課		
	プロジェクトリーダー	【分子研G】 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 教授 魚住 泰広 【東大G】 国立大学法人 東京大学 教授 小林 修 【産総研G】 独立行政法人 産業技術総合研究所 研究環境安全本部 本部長 島田 広道		
	委託先	【分子研G】 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 【東大G】 国立大学法人 東京大学 昭和電工株式会社 日光ケミカルズ株式会社 和光純薬工業株式会社 【産総研G】 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		

<p>情勢変化への対応</p>	<p>(1)経済産業省からNEDOへの事業の継承 本プロジェクトは平成20年度に経済産業省で開始し、平成21年度からNEDOの事業として継承した。継承するにあたり、平成20年度事業成果を踏まえ、技術検討委員会で妥当性の審議を行い、継承することを了承された。</p> <p>(2)加速 プロジェクトの成果が顕著であるものの実用化を促進すべく、4度に渡り加速財源を投入した。その結果、以下の成果が得られた。 ・東大Gにおいてオスミウム等の高分子カルセラド型触媒の分析に不可欠である金属量の分析が可能となり、市場供給用の触媒合成の開発が加速された。 ・産総研G開発項目①において、当初予定になかった半導体封止材用途での開発が実施でき、平成25年度末に上市予定。 ・産総研G開発項目②において、平成23年度実施予定であったベンチ設備による検討を前倒して実施でき、サンプル供試の計画を早めることが可能に。 ・産総研G開発項目④において、平成23年度実施予定であったベンチ設備による反応を前倒して設計することができ、大量生産を開始する予定時期を2年早めることができた。 ・分子研Gにおいて試料検体を高効率で容易にスケールアップ可能な合成条件を確立し、平成23年度内に複数回の試料提供を実現した。 ・東大Gにおいてフロー反応装置での反応スケールアップ検討が順調に展開し、平成24年中に本プロジェクトでの開発プロセスに生産切り替え予定。</p>				
<p>評価に関する事項</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="470 831 703 1003"> <p>事前評価</p> </td> <td data-bbox="703 831 1353 1003"> <p>平成19年12月にNEDO POST2実施 平成20年2月にNEDO POST3実施 平成20年2月29日に内部評価実施 担当部：バイオテクノロジー・医療技術開発部</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 1003 703 1070"> <p>事後評価</p> </td> <td data-bbox="703 1003 1353 1070"> <p>平成24年9月14日、21日に事後評価分科会を開催 担当部：評価部</p> </td> </tr> </table>	<p>事前評価</p>	<p>平成19年12月にNEDO POST2実施 平成20年2月にNEDO POST3実施 平成20年2月29日に内部評価実施 担当部：バイオテクノロジー・医療技術開発部</p>	<p>事後評価</p>	<p>平成24年9月14日、21日に事後評価分科会を開催 担当部：評価部</p>
<p>事前評価</p>	<p>平成19年12月にNEDO POST2実施 平成20年2月にNEDO POST3実施 平成20年2月29日に内部評価実施 担当部：バイオテクノロジー・医療技術開発部</p>				
<p>事後評価</p>	<p>平成24年9月14日、21日に事後評価分科会を開催 担当部：評価部</p>				
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>【分子研G】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 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)水、アルコール等で機能する触媒の高機能化、回収・再生及び製造に関する共通基盤技術 目的の芳香族アミノ化反応、芳香族カップリングは完全水系条件にて達成している。反応率、選択率は最高96%に達している。また触媒の回収は定量的であり、その再利用実験においても単離収率(反応率×選択率)90%を超えている。また金属漏出はICP分析の検出限界以下、標的とするホール輸送剤(正孔輸送剤)ベンチスケール装置での合成プロトコルは確立されている。現段階でスケールアップは数十グラム/日に留まっているものの、これらホール輸送剤はその高機能性から年産5~10キログラムの製造によって世界トップシェアの製造プロセスとなりうる。すなわち現状の世界需要に鑑みて数十グラム/日の生産能力は特段のスケールアップ検討の必要なく、NEDOの開発目標の眼目を達成するものと判断される。</p> <p>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)新規な触媒固定化技術による生産プロセス技術に関する共通基盤技術 テーマ「ナノ触媒を利用した水中不均一条件での酸素酸化反応の開発研究」においては、目的とするアルコール類の酸素酸化反応は完全水系条件にて達成している。反応率、選択率は99%以上、触媒回収は定量的であり、さらに進んで連続フロー反応系を確立した。(触媒コスト99%以上の低減に相当。)また、スケールアップ実験では試験サンプルの100グラムスケール合成/日を再現よく達成した。すでに同連続フロー装置の数十倍スケールの装置設計も完了しており、装置メーカーによって20-30倍スケール(2~3kg相当)の再現性が確認されている。また、フロー製造では複数のフロー装置を並列化することが効率的であり、1流路に依る数キロスケールの製造を10キロ以上に上げることは並列化によっても平易に達成可能である。開発した触媒の工業製品化が決定され、技術移転を行っている。</p> <p>テーマ「エステル、アミド類の高効率・高選択的合成法の開発研究」においては、目的とするジカルボン酸及びテトラカルボン酸からカルボン酸無水物への分子内脱水縮合反応は1mol%の触媒条件にて達成している。収率は95%以上、また、スケールアップ実験では100グラムスケール合成/回、200グラムスケール合成/日を達成した。特にスケールアップ上の問題が見当たらなかったことから生産量10kg~数t/日以上も十分に可能だと考えている。開発した触媒の工業製品化に向けて検討中で、技術移転を進めている。</p>				

	<p>【東大G】革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発</p> <p>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</p> <p>1) 水、アルコール等で機能する触媒の高機能化、回収・再生及び製造に関する共通基盤技術</p> <p>酢酸のエステル化に有効な水中で機能する触媒(アクア触媒)を検討し、目標値(反応率 80%以上、選択率 90%以上)を超える触媒プロセスを達成している。また、廃水への触媒溶出を抑えるため、触媒の水層溶け込み量を一定量以下に抑制することも達成している。触媒は反応後に分離・回収することにより容易に再使用が可能である。水中で機能する、反応後の分離・回収・再生が可能なエステル化触媒の開発を達成し、このプロセスをもとに酢酸排水処理量 300t/日以上を想定した実用化規模プロセスの概念設計を行い、経済性評価を実施し、実用化に向けた課題を確認した。</p> <p>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</p> <p>(1) 新規な触媒固定化技術による生産プロセス技術に関する共通基盤技術</p> <p>テーマ「固定化触媒を活用する革新的水素化反応システム開発」においては、ポリシランを担体としてパラジウムを固定化した触媒を用いることで、高活性、高選択性かつ再生可能な新規な固定化触媒プロセスの開発を達成し、基本計画の目標である反応率 80%、選択率 90%を大きく超えており、溶出金属も検出限界以下であるなど、数値目標を大きく超えて達成した。また、実生産規模でのフロー反応容器の設計・製造を行い、実際に反応を行い、生産量 30 kg/日以上を達成した。この水素化システムは本年の実用化が既に決定しており、他の原料を用いるプロセスも今後順次実用化予定。</p> <p>テーマ「グリーンプロセスのための高分子固定化金属触媒試薬の開発」においては、Pt Os 触媒を二種類開発し、モデル基質において目標である反応率 80%以上、選択率 90%以上を達成し、金属溶出の抑制の目標も達成している。実生産を想定した抗がん剤 Camptothecin 中間体のスケールアップ合成を行い、1モルスケール(反応時間 16h)での合成を達成し、工業化の可能性を示すことができた。また、各 Pt 触媒についてもスケールアップ合成が可能であることを示した。</p> <p>【産総研G】革新的酸化プロセス基盤技術開発</p> <p>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</p> <p>(2) 高選択酸化技術による生産プロセス技術に関する共通基盤技術</p> <p>オレフィン類の酸化プロセスは反応率 92%以上、選択率 92%以上、ケトン類をエステル類へと変換するプロセスに関しては反応率 95%以上、選択率 85%以上と最終目標を超える値を達成した。各社新規製品導入時の生産規模は、数~100kg/日と想定されることから、特段のスケールアップを必要としない、数百~数十 kg/日(流通)あるいは run(バッチ)規模のベンチスケール装置を製作・運転して成果の実証を行った。サンプルのユーザー評価は良好であり、安全性試験等を通して市場導入への準備中。</p>	
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>投稿論文</p>	<p>平成21年度 24 平成22年度 33 平成23年度 43</p>
	<p>特許</p>	<p>平成21年度 13 平成22年度 24 平成23年度 15</p>
	<p>その他</p>	<p>学会発表等 平成21年度 66 平成22年度 83 平成23年度 155</p>
<p>Ⅳ. 実用化の見通しについて</p>	<p>【分子研G】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</p> <p>①錯体触媒を利用した水中不均一条件での精密化学合成法の開発研究</p> <p>芳香族アミノ化反応、芳香族カップリング:開発した触媒ならびに同触媒を用いた芳香族アミノ化反応は協力企業A社とともに特許出願済みである。A社はELデバイスに利用可能なホール輸送剤の自社開発はもとより、将来において見込まれる多方面からの関連分子の委託合成における競争力強化を念頭に置き事業化を想定している。今後、2~3年以内に</p>	

	<p>A社研究陣による数十グラム/日の精密合成が検討確立され、EL 照明メーカーなど潜在的関連クライアントに対して受託合成が提案されることが想定されている。</p> <p>②ナノ触媒を利用した水中不均一条件での酸素酸化反応の開発研究</p> <p>アルコール類の酸素酸化反応:本テーマに利用した触媒はすでに分子研が特許を取得済みである。この特許触媒技術に立脚して開発されたアルコール類の酸素酸化プロセスによって国内洗浄剤メーカーBの協力のもと、供給ルートを確認したカルボン酸型界面活性剤は精密電子デバイスの洗浄等に用いるPFC代替洗浄剤として期待され、すでにユーザーによる製品評価の段階にある。</p> <p>また派生的に確立した連続フロー系によるPCB類緑体の還元的分解・無毒化システムは、NEDOプロジェクトで確立した酸化触媒をその逆反応である還元反応に利用することで上述のPCB類緑体の還元的分解・無毒化システムは成立しており、NEDOプロジェクトからの派生成果と言い切ることができる。</p> <p>③エステル、アミド類の高効率・高選択的合成法の開発研究</p> <p>目的とするカルボン酸の分子内脱水縮合反応は、1 mol%の触媒を用いて100グラムスケールで達成している。反応率95%以上、選択率98%以上。触媒の回収・再利用も可能であることを確認している。ただし、触媒の回収が実用的かどうかは検討の余地がある。現在、触媒の製造・販売に向けて試薬メーカーと交渉段階にある。本法が実用化されれば、ポリエステル、ポリアミド、ポリアミド樹脂の環境低負荷製造への技術革新となることが期待される。また、開発したボロン酸触媒が東京化成工業より上市(2012年7月)された。関連する企業への技術移転についての検討も行っている。</p> <p>また、本プロジェクトにおいて見出したランタン触媒を用いるエステル交換反応、超原子価ヨウ素触媒を用いるα-オキシアルキル化反応、Lewis酸触媒を用いるBaeyer-Villiger酸化反応についても実用化可能な技術に仕上がっている。具体的には数10gスケールでの実施に成功している。また、実施に必要な試薬はすべて市販されている等、実用化への障害は少ないと考えている。また、キラル超原子価ヨウ素触媒が、和光純薬工業より上市された。本触媒は光学活性スピロラクトン類の合成に有効な触媒であり、その評価を各企業で検討されることを期待している。</p> <p>【東大G】革新的なアクア・固定化触媒プロセス技術開発</p> <p>①アクア触媒によるアセトアルデヒド製造プラント排水中の希薄酢酸回収技術開発</p> <p>酢酸回収プロセスにおいて、酢酸濃縮/水中エステル化法では、酢酸に対して等量のエタノールを用いることで大幅なコストダウンに成功し、始めに開発した水中エステル化/エステル交換法に比べて用益コストを1/4にすることができた。しかしながら、なお設備償却負担が大きく、実用化に向けては触媒および反応場のさらなる改良が必要である。今後はNEDOの継続研究のスキームの下、大学と企業の連携を図りながら、大学での基礎検討を継続し、新規触媒および反応場の開発に取り組むことで目標の達成を目指す。</p> <p>②固定化触媒を活用する革新的な水素化反応システム開発</p> <p>ポリシラン担持パラジウム触媒を用いる連続フロー式水素化システムの開発においては、薬粧品原料であるオレフィン化合物の水素化反応のスケールアップ検討が順調に進行しており、自社製品において既存の製造プロセスからプロジェクトで開発した製造プロセスへの切り替えを本年度より行っていく。各製品の事業化についてはプロジェクトで得られた結果や実用化した際の効果等を考慮して製品群に優先順位を付けて行う。本技術により、オレフィン化合物の水素化にとどまらず、様々な化合物の水素化反応が可能になると考えられ、開発プロセスが波及する産業分野も、化粧品・医薬品原料のみならず、食品・ファインケミカル、石油化学などへと広がることが予想される。</p> <p>③グリーンプロセスのための高分子固定化金属触媒試薬の開発</p> <p>開発した6種類の固定化金属触媒は、現在市場に供給している(供給予定も含む)。製薬企業や化学系企業からの要望、問題点に基づいて触媒のさらなる最適化を行っていく。最終的には工業レベルでの触媒のバルク合成および供給を行う。また、触媒の合成、供給だけでなく、固定化オスミウム触媒を用いたジヒドロキシル化のプロセス合成の経験を活かした医薬品中間体の特注合成等の受託合成を目指す。本プロジェクトでは、1 molスケールでのカンプトテンシン中間体合成を達成しており、これらの結果を製薬企業に公開することによって、医薬品中間体の特注合成を受託できると考えている。本プロジェクトで開発した触媒は、論文発表等を通じて大学等のアカデミックでは知られているものの、企業には積極的に宣伝が必要であると考えられる。PR活動を通じて、企業に対する固定化金属触媒の認知度を高めていく。</p>
--	--

	<p>【産総研G】革新的酸化プロセス基盤技術開発</p> <p>産総研グループの革新的酸化プロセス基盤技術開発では、産総研と各社との共同研究体制により、各社が必要とする製品を原料基質から高効率かつクリーンに変換する新規触媒を開発した。引き続き、ベンチ設備を設置したのち、ラボスケールからベンチスケールへとスケールアップし、プロセスの課題抽出、反応へのフィードバックまでを研究開発として行った。今後は、ベンチスケールでの過酸化水素酸化プロセスについてコスト面での確認を再度行い、工業規模製造へ向けて目処がついた後、ユーザーによるサンプルワークを通じての性能評価や安全性評価を進める。</p> <p>サンプルワークによって良好な評価を受けることを想定して、引き続きプロセス改良およびコスト削減を触媒反応から精製過程まで全てについて検討した後、実機での検討、上市へ進める。具体的な化学品を以下の4種類の要素技術に対応してそれぞれ示す。</p> <p>①多官能基質の酸化技術開発を通して、IC封止材を製造する。②高分子量基質の酸化技術開発を通して、新規電子材料用接着剤を製造する。続いて主分解性ポリマーの改質剤および相溶化剤の合成技術開発を進める。③易加水分解性基質の酸化技術開発を通して、透明電子材料用途のテルベンオキシドを高純度に製造する。④難酸化性基質の酸化技術を通して、光利用効率を改善する光学材料に使用するモノマー(LCDモノマー)を製造する。このうち①に関してはサンプルワークを概ね完了している。②-④に関しては、ベンチスケールでの検討までほぼ終了している。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成21年3月 策定。</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成21年12月、「明日の安心と成長のための緊急経済対策(平成21年度補正予算(第2号))」に係る研究開発項目④追加による改訂。</p> <p>平成22年8月、加速に伴い、(別紙)研究開発計画の研究開発項目③-2の達成目標を修正。</p> <p>平成23年1月、平成22年度補正予算第1号による研究開発項目④-4、④-5追加による改訂。</p> <p>平成23年7月、根拠法改正に伴う改訂。</p> <p>平成23年10月、中間評価の結果に基づき研究開発計画の研究開発項目③-1の内容を修正</p> <p>平成24年3月、③-4追加による改訂。</p>

技術分野全体での位置づけ

(分科会資料5-1より抜粋)

公開

I. 事業の位置付け・必要性について
(1)NEDOの事業としての妥当性

政策への適合性(経済産業省の政策)

イノベーションプログラムの概要

1. 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (Incidents Management & Accountability)

- 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
- 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。
- 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)
- 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(『技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008』)。
- 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

イノベーションプログラム(IPG)の21年度予算額 (総額:1,966億円※1)

IT IPG ①ITコア技術の革新 94億円 ②省エネ革新 42億円 ③情報機への対応 44億円 ④情報システムの安全性等 63億円 21年度予算 244億円	ナノテク・部材 IPG ①ナノテク知識化領域 36億円 ②情報通信領域 29億円 ③ライフサイエンス・健康 16億円 ④高度領域 78億円 ⑤材料・部材領域 27億円 ⑥共通領域 16億円 21年度予算 242億円	ロボット・新機械 IPG ロボット関連技術開発 38億円 MEMS関連技術開発 12億円 21年度予算 50億円	健康安心 IPG ①創薬・診断技術開発 102億円 ②診断・治療機器・再生医療等の技術開発 28億円 21年度予算 130億円
エネルギー IPG ①総合エネルギー効率の向上 707億円 ②運輸部門の燃料多様化 278億円 ③新エネルギー等の開発・導入促進 360億円 ④原子力等利用の推進とその大規模となる安全の確保 268億円 ⑤化石燃料の安価供給確保と有効かつクリーンな利用 479億円 21年度予算 1,281億円※2	環境安心 IPG ①地球温暖化防止新技術 60億円 ②SR 33億円 ③環境調和産業・バイオ 57億円 ④化学物質安全評価 11億円 ⑤共通領域 4億円 21年度予算 165億円	航空機・宇宙産業 IPG ①航空機産業の基礎技術力の維持・向上 233億円 ②宇宙産業の国際競争力強化 87億円 21年度予算 320億円	

※1. イノベーションプログラムにおけるプロジェクトの重複を排除した額。 ※2. 各サブプログラムで重複があるものを含む。 ※3. 出典: 経産省

事業原簿 I-4
10 / 31

公開

I. 事業の位置付け・必要性について
(1)NEDOの事業としての妥当性

イノベーションプログラムでの位置づけ

2. ナノテク・部材イノベーションプログラム (平成21年度予算額: 188億円)
※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度予算】

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。 ● 緑色計 ● 特別採計

○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。

I. ナノテクノロジーの高度化領域

ナノテクチャレンジ 36.0(36.5)

II. 情報通信領域

ナノ材料の安全化評価 49.0(7.1)

III. ライフサイエンス・健康・医療領域

ナノ材料の安全化評価 49.0(7.1)

IV. エネルギー・資源・環境領域

ナノ材料の安全化評価 49.0(7.1)

V. 共通領域

ナノ材料の安全化評価 49.0(7.1)

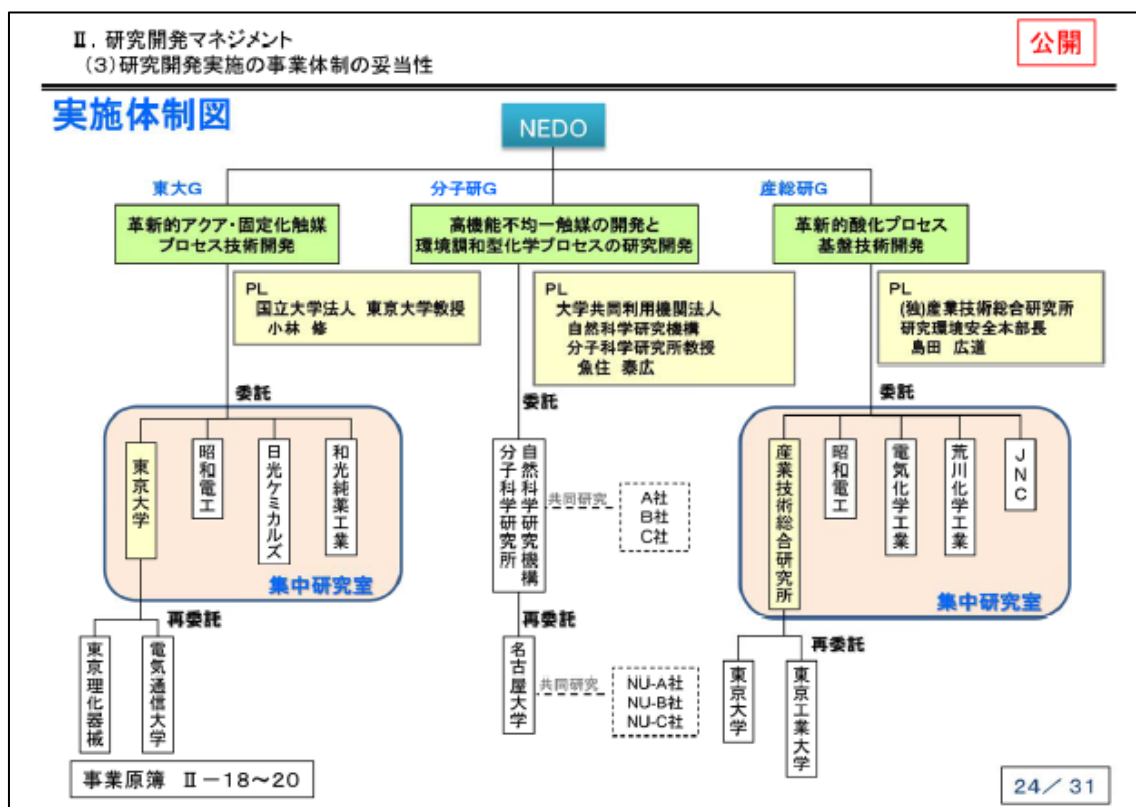
IPGの目標

- ナノテクによる不連続な技術革新
- 世界に先駆けてナノテクノロジーを採用した不連続な技術革新を実現する。
- 世界最先端産業による価値創出。我が国部材産業の強みを更に強化することで、相場の過剰な競争を抑制するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。
- 広範な産業分野での付加価値増大。ナノテクノロジーや高度部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
- エネルギー・資源・環境などの課題解決。希少資源などの資源的制約の打破、革新的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

事業原簿 I-5
11 / 31

「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／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・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」

全体の研究開発実施体制



「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／
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・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」(事後評価)

評価概要 (案)

1. 総論

1) 総合評価

我が国の優れた基盤的化学技術をもとに GSC (グリーン・サステイナブルケミカル) プロセスへの取り組みを行い、産業技術への展開を目指し、本事業を実施したことは意義深い。GSC プロセスの開発は、人類のみならず地球上の全生物に影響を与える重要な研究課題であるが、民間活動のみではインセンティブが働きにくく、NEDO がより積極的に主導すべき事業である。GSC に寄与するテーマをとりあげ、大学や公的機関の保有する技術シーズと企業のニーズをうまくマッチさせている。設定した課題に対して技術的に高い水準で成果が挙げられている。また、基盤技術開発として達成度が高いいくつかのテーマでは実用化の道筋が明確に示された。

しかしながら、優れたシーズ研究を実用化に結びつけるには、そのための具体的な技術開発、きめ細かい目標設定が必要だが、この点のマネジメント態勢には改善を要する。技術検討委員会をもっと充実させることもひとつの方策である。

2) 今後に対する提言

本事業では産業基盤技術開発に重点がおかれたので、その後の実用化・事業化をめざした具体的なフォローアップが重要と考えられる。事業参画企業だけでなく他の多くの企業に対しても NEDO が積極的にコンタクトをとり、本事業の成果の活用を進めて頂くことを期待する。また、ハードルは高く成功確率は低くなるが、年間数千トンあるいはそれ以上の製造量のあるバルク製品あるいはセミバルク製品の環境に優しい革新的製造技術の開発にも取り組んでほしい。

なお、環境調和型の触媒や合成方法論の開発は、それを具体的に重要化合物の合成に結びつけてはじめて意義のあるものになる。見出された方法論が何に使えるかという演繹的なアプローチだけでなく、これができたら凄いいという社会的意義のあるアピール性の強い重要化合物を選んで、そのための具体的方法論開発をコーディネートする帰納的方法も検討してほしい。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

製造段階における環境有害物質の使用削減は、今後さらに重要視されることが予想され、こういった環境制約の克服に着目した GSC プロセスの基盤技術開発は、我が国部材産業の付加価値向上に大きく貢献するものと考えられる。また、GSC の技術は従来技術の延長ではなく、新規な技術が必要であることから研究開発の難易度が高く、産官学の英知を集めて研究開発に取り組む必要があり、優れた学術基盤と実用化が期待されながら、民間の力だけでは手をだしにくく、国の関与により実用化に向けた研究が促進されたことは高く評価される。とくに、「環境負荷を与えない」プロセスは、通常の企業利益に直結しないところがあることから、国が開発を後押しする必要がある。

2) 研究開発マネジメントについて

戦略的な目標は、有害な化学物質削減、廃棄物・副生物削減として国が支援する事業の観点から立てられており妥当である。3つの研究グループのうち、実施者に企業を含む2つのグループでは、集中研方式を採用しており、リーダーと企業研究者が常に密接に連絡をとりあって研究開発を推進できる体制がとられている点も高く評価できる。技術検討委員会の助言を反映して適切な運営もなされている。

しかしながら、具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定するあまり、戦略的目標との関係、目標達成度を測定・判断するための適切な指標が不明確である。また、基本計画に「e-ファクターの大幅低減」を研究開発目標として掲げているのであるから、研究開発項目ごとの達成目標に「e-ファクターの低減率」を設定すべきであった。実用化の観点から化学工学的な検討をもう少し加えるべきであった。更に、世界的な状況を把握した上で、日本としてどの分野に重点的に取り組むべきかのニーズからの研究開発項目設定も必要であったと考えられる。

3) 研究開発成果について

基礎的な合成技術としては、目標値をほぼ達成している。得られた成果は、世界初あるいは世界最高水準であることは、適切に取得された知的財産権、発表された論文の質の高さに表れている。実用化できれば既存のものを凌駕するであろう。

しかしながら、転化率や選択率の目標値をどのようにして設定したのか、その根拠が妥当であれば自ずと競争力はあるはずであるが、なぜその転化率や選択率なのかについては十分な説明にはなっていなかった。また、実用化をイメ

ージしたスケールアップ検討、プロセス設計が不十分なテーマが多数見うけられ、従来技術あるいは他の競合技術との優位性比較が不十分であった。また、成果の普及に関しては、学术论文や学会発表、特許出願がほとんどで「国民に向けて」の観点が欠落している。

4) 実用化の見通しについて

いくつかのテーマにおいては実用化イメージ・出口イメージが非常に明確になっているか、引き続き研究開発が行われる見通しが立っている。技術的波及効果や人材育成促進効果なども得られている。

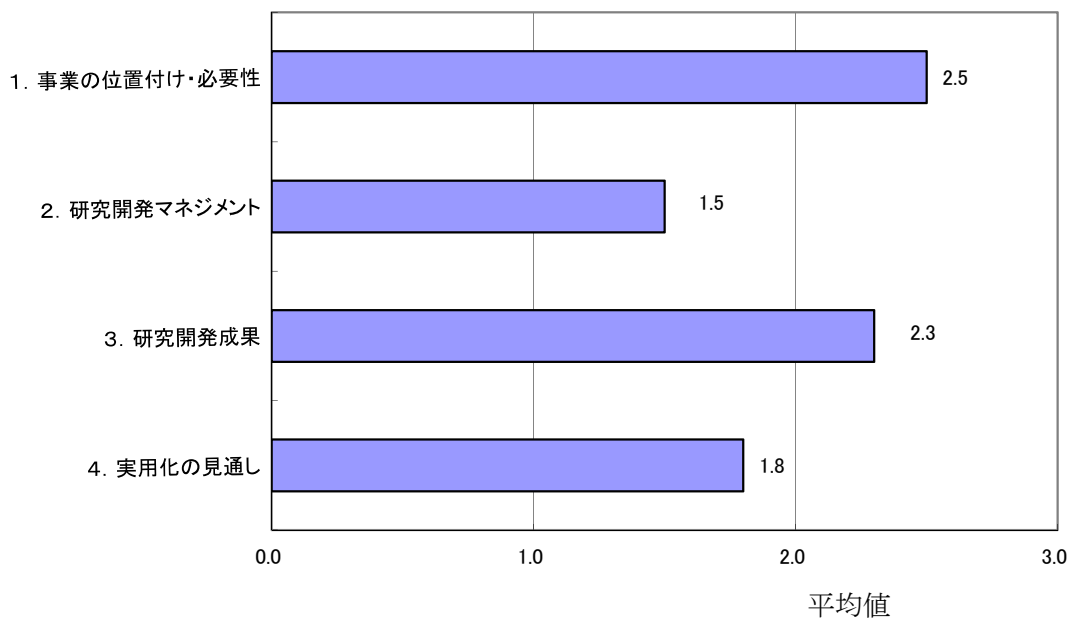
しかしながら、学術的・技術的には高いレベルにあり、実用化のポテンシャルは高いテーマでも、実用化イメージ・出口イメージがまだ明確になっていないものがある。テーマにより、実用化に向けての開発のマイルストーンが立っていないものもある。これらのイメージをできるだけ早期に明確化するためのNEDOの一層のサポートが望まれる。また、実用化イメージ・出口イメージの設定自体が小さ過ぎる。もっとインパクトのある大物を具体的に狙うべきではないか。

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価／実用化の見通しに関する評価／今後に対する提言
<p>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</p>	<p>高分子担持触媒を用いた水中カップリング反応や酸素酸化反応など世界的に評価の高い研究開発成果が得られたことは高く評価できる。触媒的エステル化やアミド合成反応も学術的には非常に高いレベルの研究であり、範囲は限定的ではあるものの、基盤技術として当初目標を大きく超える結果が得られている</p> <p>しかしながら、産業界へ供給すべき製品がまだ充分定まっていないため、実用化に向けての課題についてはより一層クリアにすべきである。いずれのテーマにおいても、少なくとも原単位や生産性について従来技術との比較を行い、また、合成した化合物のユーザーでの評価を経て、成果の実用化が達成されることを期待する。共同研究企業内での企業化にとどまらず、基盤技術として実用化の事例が増すことを期待する。</p>
<p>革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発</p>	<p>水中で機能するエステル化触媒や固定化された高性能水素化触媒・酸化触媒といった大学での優れた研究成果を実用化に結びつけようという意欲的な研究である。革新的な概念を持つだけでなく、比較的規模の大きなプラント、ファインケミカル製造装置、試薬サンプル供給の検討、という質の違う目標を設定し、それに見合う成果を得ており、新しい触媒の実用基盤を構築するよい実例を提供している。</p> <p>しかしながら、エステル化の実用研究については、このプロセスをプロジェクトにおいて完成させることは難しいと思われる。技術としては非常に優れた面をもっているため、他の製造プロセス技術などへの適用も今後検討していくべきではないだろうか。</p> <p>なお、2.3.オスミウム触媒に関しては、オスミウムの回収率がいくら高くても使用する以上、潜在的な危険性（毒性）は避けられない。また、オスミウムの溶出が廃液処理や製品のスペックに問題を及ぼすことが懸念されるので、継続的に使用してもらえるかユーザー評価を慎重に行うことが必要である。</p>

革新的酸化プロセス 基盤技術開発	<p>水中の過酸化水素を酸化剤として、油層中にある基質をエポキシ化あるいは酸化して高付加価値のファイン・スーパーファイン製品を得ている。酸化により水のみが副生する触媒反応をうまく設計し、多くのテーマで目標を達成している。また、廃棄物の問題解決以外にも過酸化水素の使用が製品の品質向上に大いに貢献することが明らかになった点も意義深く、受け皿となる民間企業の顔ぶれも多岐にわたり、開発技術が限定的でないことも評価できる。</p> <p>しかしながら、画期的な実用化例となりうると期待できる成果から、研究上は面白いが実用化までにはまだ乗り越えなければならない点が多く、現段階では実用化見通しがつきにくいものまで存在する。いずれのテーマにおいても、触媒の長寿命化、耐久性の向上、そして触媒システムとしてのリサイクル化が今後重要である。</p>
---------------------	---

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	B	B	C
1. 事業の位置付け・必要性について	2.5	A	A	A	A	A	B	B	C
2. 研究開発マネジメントについて	1.5	B	B	B	C	C	B	C	C
3. 研究開発成果について	2.3	A	A	B	A	B	B	C	B
4. 実用化の見通しについて	1.8	B	B	B	B	C	B	B	C

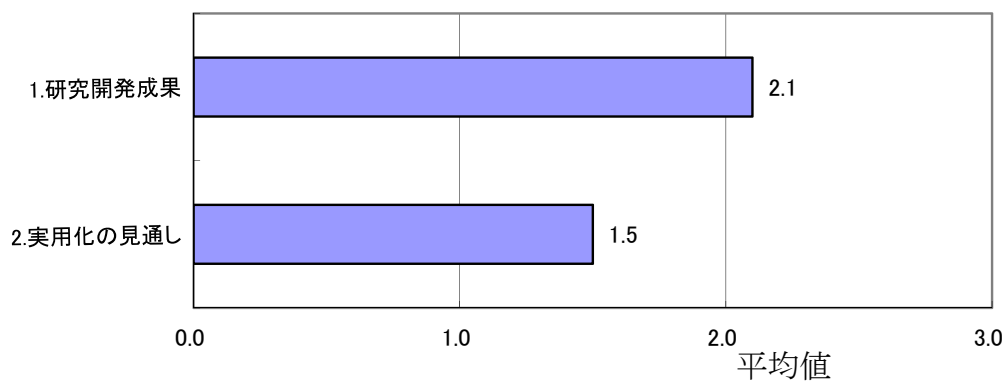
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

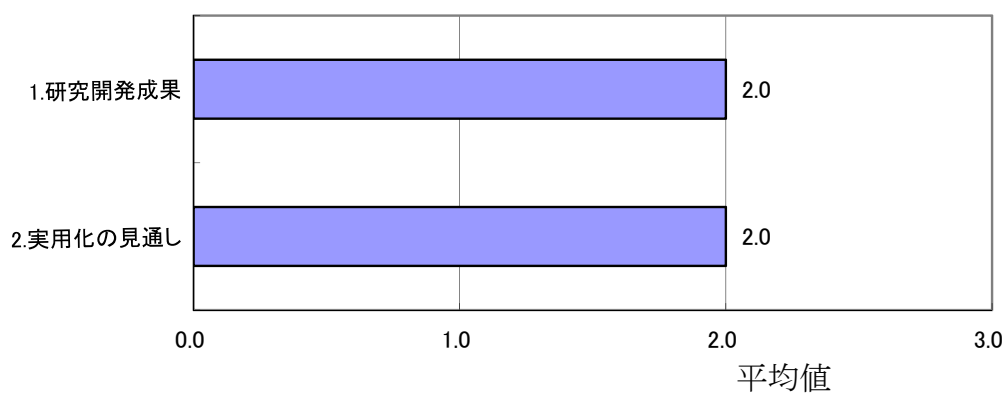
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

評点結果〔個別テーマ〕

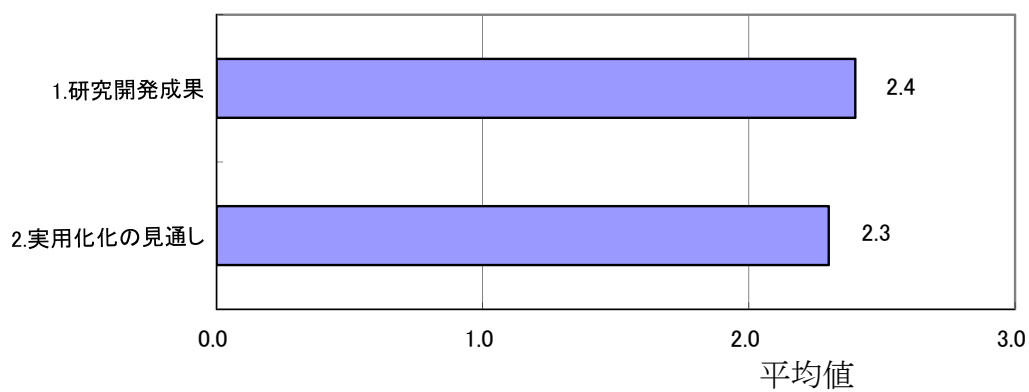
高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発



革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発



革新的酸化プロセス基盤技術開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
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									
1. 研究開発成果について	2.1	A	B	B	A	B	B	C	B
2. 実用化の見通しについて	1.5	C	B	B	C	C	B	C	B
革新的アクア・固定化触媒プロセス技術開発									
1. 研究開発成果について	2.0	A	A	B	B	B	B	C	C
2. 実用化の見通しについて	2.0	B	A	B	B	B	B	B	C
革新的酸化プロセス基盤技術開発									
1. 研究開発成果について	2.4	A	A	B	A	B	B	B	B
2. 実用化の見通しについて	2.3	A	A	B	B	B	B	B	B

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

2. 実用化の見通しについて

- A ・明確
- B ・妥当
- C ・概ね妥当であるが、課題あり
- D ・見通しが不明