

# 「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」

## 中間評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
評価概要（案） .....	2
評点結果 .....	4

## はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」（中間評価）の研究評価委員会分科会（平成28年9月28日）及び現地調査会（平成28年8月8日 於 東京大学 本郷キャンパス 工学部5号館 337号室）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33条の規定に基づき、第49回研究評価委員会（平成28年12月5日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成28年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」  
分科会  
（中間評価）

分科会長 佐野 庸治

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会  
「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成28年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	さの つねじ 佐野 庸治	広島大学 大学院工学研究院長 教授
分科 会長 代理	たなか つねひろ 田中 庸裕*	京都大学 大学院工学研究科 教授
委員	あさみ けんじ 朝見 賢二	北九州市立大学 国際環境工学部 教授
	にしやま のりかず 西山 憲和	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
	ますだ たかお 増田 隆夫	北海道大学 大学院工学研究院 教授
	まつむら はるお 松村 晴雄	(株) 旭リサーチセンター 調査研究部門 常務取締役主席研究員
	やました ひろみ 山下 弘巳	大阪大学 大学院工学研究科 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：京都大学物質—細胞統合システム拠点、京都大学化学研究所）「NEDO 技術委員・技術委員会等規程(平成28年5月27日改正)」第35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。

# 「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」（中間評価）

## 評価概要（案）

### 1. 総合評価

本プロジェクトは、化石資源の供給リスクおよび地球温暖化抑制の観点から、国策にかなっている。「光触媒開発」、「水素分離膜開発」、「二酸化炭素資源化プロセス開発」の3つの課題を融合させ、世界的にもトップレベルの技術を有した研究グループから構成されている。プロジェクトリーダー（PL）の高い洞察力と強力なリーダーシップにより着実に推進されており、3つの課題とも中間目標を達成しており高く評価できる。特に光触媒に関しては、エネルギー変換効率3%を達成していることは大きな成果である。また、本事業を推進するにあたり、市場予測、経済性を視野に入れた展開が考慮されていることも評価できる。

今後は、光触媒性能の劣化および寿命という観点からの研究にも力を入れてもらいたい。

3つの技術の個々の進歩を融合させることは大切だが、個々の技術を利用した新しい展開も常に視野に入れておくことは有用である。知見については、いろいろな分野にも応用できるものであり、特許の権利化を進めて欲しい。また、基礎的知見やこれを生み出す体制、人的資源もアカデミックシーンへフィードバックすることを望む。

### 2. 各論

#### 2. 1 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、持続可能な低炭素社会の実現、二酸化炭素排出量の削減や化石資源に依存しない原料による基礎化学品の製造に大きく貢献する技術開発であり、長期的視野からの研究支援が必要である。このような、すぐに利益がでない事業は、1企業でなしうるものではなく、NEDOが主導して推進する必要性、公共性は非常に高い。大きな予算をかけてでも日本の研究者が研究を行い、成果を世界に発信すべき課題である。現状では褐炭などから水素を作る方が、コストも低く、かつ大量に生産できる。しかし、二酸化炭素の排出量が多い化石資源への依存度を少しでも低減するために、光触媒で水素を作ることを、初めは低空飛行であっても始めておく必要がある。

#### 2. 2 研究開発マネジメントについて

目標達成のための要素技術が抽出されるとともに、戦略的な中間目標が設定され、効率的な研究開発が進められている。しっかりした研究開発マネジメントによって、着実に成果を挙げている。研究拠点の構成と、参画する研究者は適切であり、研究内容は安全やリスク回避も考慮した社会実装を意識している。研究計画は研究の進展や社会情勢を見ながら修正がなされている。また、テマリーダー（TL）レベルの進捗報告・運営会議等、あるいは、実施者同士の成果報告会等は、適度な間隔で開催されており、全体の意識を高める工夫がなされている。PL、TLと実施者との連絡・フィードバックがよくなされており、PLの強いマ

ネジメント力が伺える。

合成触媒は、今年度が最終年度ではあるが、非常に縦横に広がった多彩な内容を含んでおり、「切り売り」的方法による更なる躍進の模索をお願いしたい。

### 2. 3 研究開発成果について

着実に研究開発が進められ、光触媒、分離膜、合成触媒はいずれも中間目標を上回る成果が得られている。特に光触媒によるソーラー水素の製造技術は、質・量ともに常に世界のトップを走っていると言える。3つの課題ともに、世界をリードする研究者が堅実に研究開発をされている姿勢がみられ、今後も大きな成果が期待できる。また、既設プラントへの併設も含めて、提案システム全体の実用化までのシナリオも経済面も含めて検討されている。

特許、論文、学会発表以外にも、テレビ放送、新聞への掲載、パネル討論会への参加を通して、一般向けにもわかりやすく広く情報発信を行っている。今後も成果をさらに積極的に外部発信して、後発の研究への指針を示していただきたい。

光触媒の最終目標は、エネルギー変換効率 10%と非常に高く、実現できるかは現時点では判断できないが、今後大きなブレークスルーが必要になると思われる。

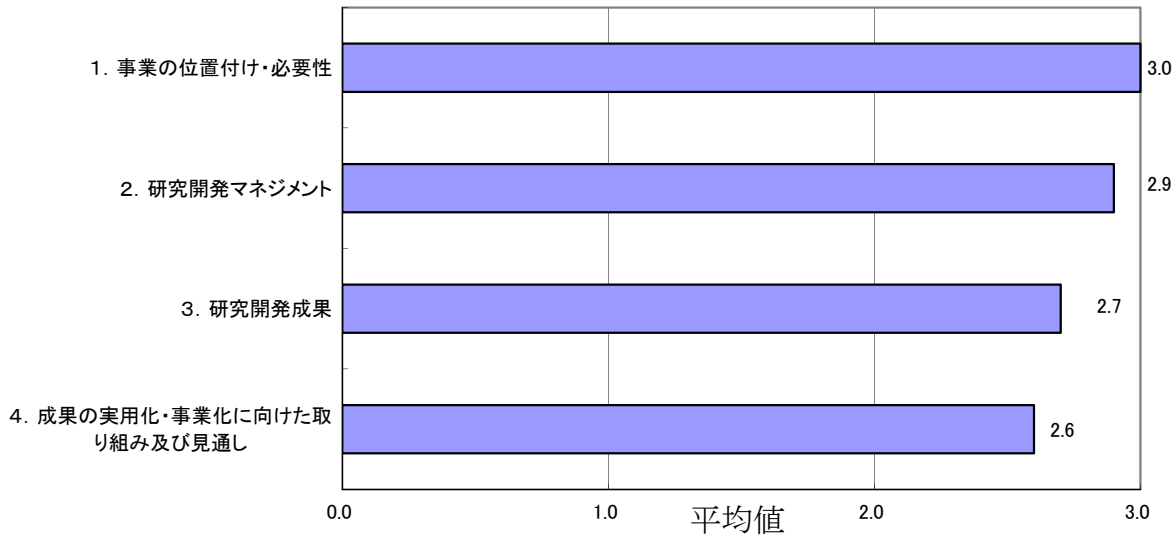
### 2. 4 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて

実用化イメージに基づき、3つの基盤技術における課題及びマイルストーンが明確になっており、マーケティングを含め細部にわたる見通しと取り組みを行っている。最終的には3つの基盤技術を連携させたプロセスの構築を目指しているが、中間段階においては、プロジェクトを構成する技術を完成したものから段階的に実用化するシナリオが経済の観点からなされており、社会実装を着実にする方策がされている。

今後は、実用化の観点から、触媒、材料の耐久性（寿命）や大面積化、大量合成に関する検討を加速して進めるべきである。また、水分解では水素のみならず酸素も製品となり、それがプロセス全体のコストに影響するので、分離過程ではそのことを意識した方法を追求すべきである。さらに、CCSのためのCO<sub>2</sub>集積技術の進化に伴って、CO<sub>2</sub>を利用できるプロセスであることを、強くアピールすべきであると考えます。

合成触媒の研究は最終年度となるが、CO<sub>2</sub>からの物質変換触媒の分野は、今後も研究開発の余地があると思われるので、何かしらの形でNEDOの支援が続くことを期待する。

## 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	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.9	A	A	A	B	A	A	A	A
3. 研究開発成果について	2.7	B	A	B	A	A	A	A	A
4. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて	2.6	A	B	B	A	A	B	A	A

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

### 〈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. 成果の実用化に向けた取り組み及び見通しについて |
| ・非常によい →A          | ・明確 →A                     |
| ・よい →B             | ・妥当 →B                     |
| ・概ね適切 →C           | ・概ね妥当 →C                   |
| ・適切とはいえない →D       | ・見通しが不明 →D                 |

研究評価委員会

「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」(中間評価)分科会

日 時 : 平成28年9月28日(水) 10:00~17:50

場 所 : 大手町サンスカイルーム A室

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6番1号  
朝日生命大手町ビル27階

議事次第

【公開セッション】

- |                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認                       | 10:00~10:05 (5分)  |
| 2. 分科会の設置について                     | 10:05~10:10 (5分)  |
| 3. 分科会の公開について                     | 10:10~10:15 (5分)  |
| 4. 評価の実施方法について                    | 10:15~10:30 (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明                    | 10:30~11:30 (60分) |
| 5.1 「事業の位置付け・必要性」「研究開発マネジメント」     | 10:30~10:45 (15分) |
| 5.2 「研究開発成果」「成果の実用化に向けた取り組み及び見通し」 | 10:45~11:00 (15分) |
| 5.3 質疑                            | 11:00~11:30 (30分) |

昼食・休憩 (50分)

【非公開セッション】

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明       |                  |
| 6.1 ソーラ水素等製造プロセス技術開発 |                  |
| 6.1-① 光触媒や助触媒等の研究開発  | 12:20~13:35(75分) |
| 光触媒テーマリーダー           | (説明45分、質疑応答30分)  |

休憩 (10分)

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| 6.1-② 水素分離膜等の研究開発              | 13:45~14:30(45分) |
| 分離膜テーマリーダー                     | (説明25分、質疑応答20分)  |
| 6.1-③ 光触媒及び水素分離膜モジュール化技術等の研究開発 | 14:30~15:05(35分) |
| プロジェクトリーダー                     | (説明20分、質疑応答15分)  |

休憩 (10 分)

- 6.2 二酸化炭素資源化製造プロセス技術開発  
合成触媒テーマリーダー 15:15～16:20(65 分)  
(説明 35 分、質疑応答 30 分)

休憩 (10 分)

- 6.3 成果の実用化に向けた取り組み及び見通し  
プロジェクトリーダー 16:30～17:05(35 分)  
(説明 20 分、質疑応答 15 分)

7. 全体を通しての質疑 17:05～17:15 (10 分)  
(質疑応答 10 分)

休憩 (5 分)

**【公開セッション】**

8. まとめ・講評 17:20～17:40 (20 分)  
9. 今後の予定、その他 17:40～17:50(10 分)  
10. 閉会

以上



概要

最終更新日 2016年 9月 2日

プログラム（又は施策）名	—		
プロジェクト名	二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発	プロジェクト番号	P14002
担当推進部/PM または担当者	<p>担当推進部 2012.10-2014.03 経済産業省 製造産業局 化学課機能性化学品室 2014.04-現在 環境部 環境化学グループ</p> <p>経済産業省 担当者氏名 課長補佐（技術担当）松田 正樹 2012.10-2013.03 課長補佐（技術担当）五嶋 俊一 2013.04-2014.03 技術係長 山田 智也 2012.10-2013.05 技術企画・調査係長 岡野 泰久 2013.06-2014.03</p> <p>環境部 PM または担当者氏名 主任研究員 山野 慎司 2014.04-2016.04 主任研究員 吉澤 由香 2016.05-現在 主査 土屋 裕子 2014.04-2015.03 主査 並木 泰樹 2014.04-2015.03 主査 池田 洋子 2014.06-現在 主査 橋高 節生 2015.04-現在 PM 服部 孝司 2015.04-現在</p>		
0. 事業の概要	<p>日本の化学産業は高い国際競争力を誇る製品を多数生み出しているが、その一方で、主要な原料として化石資源のナフサを大量に消費しており、価格及び供給安定性の面で課題を有する。また、化石資源を原料にしていることで、二酸化炭素排出量は日本の製造業の約 16%と大きな割合を占めている。</p> <p>本事業は、従来のナフサに代えて、水と二酸化炭素を原料に再生可能エネルギーである太陽エネルギーを利用して基幹化学品を製造するための基盤技術を開発するものであり、次の 3 つの研究開発を実施する。</p> <p>研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発（革新的光触媒）」 ①-a：光触媒や助触媒及びこれらのモジュール化技術等の研究開発（略称：光触媒） ①-b：水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発（略称：分離膜）</p> <p>研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」（略称：合成触媒）</p> <p>光触媒開発（①-a）においては、目標とする効率を植物の 30 倍に当たる 10%に設定し、世界最高効率を目指すとともに、光触媒のモジュール化を実施する予定である。分離膜開発（①-b）においても、これまで世界で実用化されていない水素と酸素の分離を爆発の危険が無い安全な状態で行う必要があり、分離膜そのものとモジュールを開発する。さらに、合成触媒（②）においては、これまでに実用化されていない低級オレフィン（炭素数 2-4 のオレフィン）の合成を高効率で実施する触媒とそのプロセス開発を実施する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>本事業については、平成 23 年 7 月 29 日の総合科学技術会議における「科学技術に関する基本政策について」に関する意見具申において、グリーンイノベーションの推進における重要課題達成のための施策の推進として、本事業を含む「革新的触媒技術に関する研究開発を推進する」としている。また、第 112 回内閣府総合科学技術会議（平成 25 年 6 月 6 日）で策定された「科学技術イノベーション総合戦略」において、クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現のために重点的に取り組むべき技術開発（二酸化炭素等多様な原料から効率的にエネルギー・化学品の生産を図る革新的触媒技術）として、位置付けられている。本事業については、その後も引き続き「科学技術イノベーション総合戦略 2014」（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）、「科学技術イノベーション総合戦略 2015」（平成 27 年 6 月 19 日閣議決定）に記載され、「科学技術イノベーション総合戦略 2016」（平成 28 年 5 月 24 日閣議決定）において、エネルギーシステム全体を横断して各分野の機能を維持・向上し、大幅な省エネルギーへ貢献する技術として、「革新的な材料・デバイス等への幅広い分野への適用」の中で重要な課題として位置付けられている。さらに本事業は、第 114 回内閣府総合科学技術会議（平成 25 年 9 月 13 日）で策定された「環境エネルギー技術革新計画（改定案）」において、環境・エネルギー制約の解決と経済成長に必要な推進すべき革新的技術の一つとして、新たに追加されたところである。</p> <p>また、経済産業省のグリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップ 2010、及び経済産業省、NEDO のグリーン・サステイナブルケミストリー分野の技術マップ 2011 において、研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発（革新的光触媒）」については「高効率水素製造」として、研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」については「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」として位置付けられている。</p>		

換触媒)」については、「非枯渇性資源の化学品・材料化（化学品原料の転換・多様化）」として重要テーマに位置付けられている。

上述の通り本事業は政策に合致しており、実施する内容は、従来のナフサに代えて、水と二酸化炭素を原料として基幹化学品を製造するための基盤技術を開発するものであり、求められる研究開発の難易度は非常に高い。また、光触媒や分離膜は基礎的な材料開発から実用化を念頭に置いたモジュール化検討の実施といった広範囲に亘る技術開発が必要なことから、産官学の知見を結集して研究開発を実施する必要があると、民間活動のみでは達成できないと考えられる。また、本事業は、日本の基幹化学品の製造原料である化石資源の代替として二酸化炭素を原料とするため、輸入に依存している化学原料の転換に貢献できると同時に、国家的課題である二酸化炭素排出量の削減にも貢献可能であるため、社会的必要性は大きいと言える。基幹化学品やその誘導品といった石油化学製品は、プラスチック、繊維、ゴムといった工業の原料となり、これらを部材として様々な製品が製造されている。従って、本事業で開発するソーラー水素と二酸化炭素を原料とした革新的な基幹化学品製造プロセス基盤技術は、化学産業のみならず日本の全産業に波及するものであると同時に、国際的にみて日本の化学産業の競争力強化に貢献可能である。さらに、本事業は、産官学の知見を結集して10年間という長期にわたって基盤技術から実用化を念頭に置いた技術開発までを実施することから、開発リスクが高いだけでなく投資規模も大きくなる。このように、本事業は技術的な内容を含むプロジェクトマネジメントの難易度が極めて高く、効率的に事業を実施するためには、NEDOの技術的な知見とプロジェクトマネジメントの経験が必須である。以上より、本事業は、NEDOが持つこれまでの知見、実績を活かして推進すべきものと考えられる。

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標

本事業では、高効率の光触媒を用いて太陽エネルギーにより水から水素（ソーラー水素）を製造し、高効率分離膜により生成する水素を分離・生成して、更にソーラー水素と二酸化炭素を原料として高効率合成触媒を用いてプラスチック原料等の基幹化学品を製造する一連のプロセスを想定し、その触媒及び分離膜、反応プロセス等を研究開発する。これらの開発により、二酸化炭素排出量の削減や化石資源に依存しない原料による基幹化学品の製造に大きく貢献する。

本事業の実施内容は大きく2つの研究開発項目に分けられ、以下の3つの研究開発を実施する。

研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発（革新的光触媒）」[開発期間10年間]

①-a：光触媒や助触媒及びこれらのモジュール化技術等の研究開発

①-b：水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発

研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」[開発期間5年間]

本事業において、実施期間が10年である研究開発項目①では、平成26年度（事業開始から通算して3年目）、28年度（同5年目）、31年度（同8年目）にそれぞれ中間目標を設定し、中間評価を実施する。また、実施期間が5年の研究開発項目②では、平成26年度（同3年目）に中間評価を実施し、28年度（同5年目）に最終評価を実施する。

本事業における最終目標及び中間目標は以下のとおりである。

研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発（革新的光触媒）」

【最終目標（平成33年度末）】

（光触媒）・光触媒等のエネルギー変換効率10%を達成する。

- ・小型フロー式でエネルギー変換効率を最大限引き出し、長期耐久性も兼ね備えたモジュールを設計する。

（分離膜）・水素を安全に分離可能な長期耐久性も兼ね備えたモジュールを設計する。

【中間目標（平成26年度末）】

（光触媒）・光触媒等のエネルギー変換効率（太陽エネルギーが水素等の生成に寄与する率）1%を達成する。

- ・光触媒等のエネルギー変換効率を最大限引き出すモジュール化に向けた技術課題の抽出を行う。

（分離膜）・水素と窒素系で高い透過係数を持つ複数の分離膜を開発し、水素・酸素分離膜候補を抽出する。

【中間目標（平成28年度末）】

（光触媒）・光触媒等のエネルギー変換効率3%を達成する。

- ・光触媒等のモジュール化の個別要素技術を確立する。

（分離膜）・水素・酸素系での分離膜性能を確認し、分離膜を確定する。また、安全に分離できるモジュールの仕様を明確にする。

【中間目標（平成31年度末）】

（光触媒）・光触媒等のエネルギー変換効率7%を達成する。

- ・小型バッチ式でエネルギー変換効率を最大限引き出すモジュールを設計する。

（分離膜）・モジュールベースで水素を安全に分離する技術を確立する。

	<p>研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」</p> <p>【最終目標（平成 28 年度末）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>投入された水素又は二酸化炭素由来の炭素のオレフィンへの導入率として 80%（ラボレベル）を達成する。</li> <li>小型パイロット規模でのプロセスを確立する。</li> </ul> <p>【中間目標（平成 26 年度末）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>投入された水素又は二酸化炭素由来の炭素のオレフィンへの導入率として 70%（ラボレベル）を達成する。</li> <li>プロセスのコストシミュレーションによる反応プロセスの最適化を行い、小型パイロットの仕様を確定する。</li> </ul>
--	--

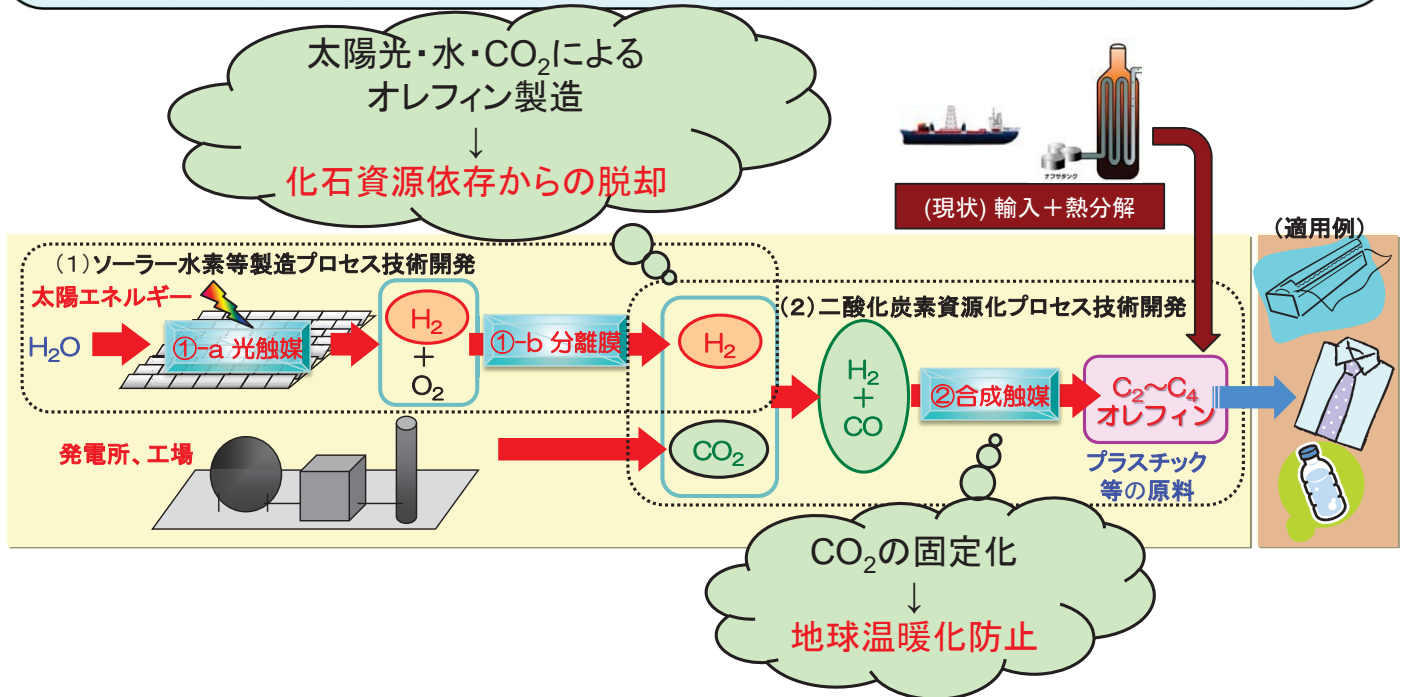
事業の計画内容	主な実施事項	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	H32fy	H33fy	H34fy	
	研究開発項目① ソーラー水素等製造プロセス技術開発(革新的光触媒)	←			▼ 中間評価		▼ 中間評価			▼ 中間評価			▼ 事後評価
	研究開発項目② 二酸化炭素資源化プロセス技術開発(プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒)	←		▼ 中間評価			▼ 事後評価						
開発予算 (会計・勘定別に 事業費の実績額 を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	H32fy	H33fy	合計	
	一般会計	1,400	1,438										
	特別会計（需給）			1,450	1,500	1,320							
	加速予算 (成果普及費を含む)				135								
	総予算額	1,400	1,438	1,450	1,635	1,320	(1450)	(1450)	(1450)	(1450)	(1450)	(14,500)	
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	三菱化学株式会社 執行役員・フェロー 瀬戸山 亨											
	委託先（*委託先が 管理法人の場合は 参加企業数および 参加企業名も記載）	委託先 人工光合成化学プロセス技術研究組合（参画：6社+1団体） ・参画企業 H24.10-現在 三菱化学(株)、三井化学(株)、国際石油開発帝石(株)、（一財） ファインセラミックスセンター、富士フイルム(株)、 住友化学(株)（住友化学(株)は H25.4 から本事業を開始） H25.06-現在 TOTO(株) ・共同実施先 H24.11-現在 京都大学、東京工業大学、東京大学、東京理科大学、 名古屋工業大学、山口大学 H25.04-現在 産業技術総合研究所、富山大学、明治大学 H25.04-H28.03 信州大学											
情勢変化への対応	平成 26 年度に本事業を経済産業省直執行から NEDO に移管した。それに伴い、実用化を見据えた研究開発の取り組みを強化するために、アカデミアから企業の研究員にプロジェクトリーダーを承継した。												
中間評価への対応	指摘事項に対しては、実施方針及び実施計画書に反映させることにより、対応を図った。特に、3つの研究テーマの連携の強化と実用化に向けた想定に関する検討の深化に注力した。												
評価に関する事項	事前評価	-											
	中間評価	平成 26 年度 中間評価実施											

III. 研究開発成果について	<p>本事業で研究開発を進める3つの研究開発項目について、現時点では以下の成果を得た。</p> <p>研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発（革新的光触媒）」</p> <p>①-a：光触媒や助触媒及びこれらのモジュール化技術等の研究開発</p> <p>光触媒（酸化物系、酸窒化物系、酸硫化物系、カルコゲナイド系）において組成制御と高品質化の検討を行った。特に波長600-700nmに吸収端を持つ材料について、合成法、後処理法、表面処理法の検討を行い、更に光触媒表面及び助触媒との界面の低欠陥化を実施した。助触媒の開発では、助触媒の材料系として固体系および錯体系の2種類について、材料探索や性能向上と、光触媒との良質界面形成の検討を行い、変換効率向上に貢献する系を見出した。水素発生用光触媒シート及び酸素発生用光触媒シートを組み合わせたパラレルセルを作成し、中間目標である太陽エネルギー変換効率3%を達成した。また光照射2時間後も、太陽エネルギー変換効率3%が得られた。更に、製造コストに優れる粉末光触媒シートを試作し、太陽エネルギー変換効率以上1%を達成した。光触媒等のモジュール化の個別要素技術の確立に関しては、スケールアップに向けて各種のセル、パネル、モジュールを試作した。</p> <p>①-b：水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発</p> <p>水素と窒素の混合ガス系で高い透過係数を持つ複数の分離膜を開発し、単独使用、または組み合わせ使用の双方を考慮して、水素・酸素分離材料候補を抽出した。分離膜材料としてゼオライト膜、シリカ膜、炭素膜の3種類を並行して検討した結果、いずれの材料においても、水蒸気存在下においての水素/窒素混合ガスの6時間流通後の透過性能の自主中間目標値を達成した。また分離膜モジュールの検討では、安全流路設計を目的とした、実機想定の水素/酸素混合ガスを用いた検討のフェーズに入った。</p>	
	<p>研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発（プラスチック原料等基幹化学品への変換触媒）」</p> <p>低級オレフィンを選択的に製造するために、3種類の新たな触媒及びプロセスの検討を継続した。第一は、低級オレフィン高選択性FT（Fischer-Tropsch）触媒プロセスであり、第二はFT/クラッキング触媒プロセス（FT合成反応で生成した炭素数5以上の炭化水素のクラッキング反応を組み合わせた低級オレフィン製造プロセス）であり、第三はメタノール合成/MTO（Methanol to Olefins）触媒プロセス（メタノール合成反応とMTO合成反応を連続的に実施可能な触媒プロセス）である。検討の結果、メタノール合成/MTO触媒プロセスとFT/クラッキング触媒プロセスについて、中間目標であるオレフィンへの水素又は炭素の導入率80%（ラボレベル）を達成した。更に、既存の触媒をはるかに超える耐スチーム性を有するゼオライト触媒を見出した。反応プロセスの最適化及び小型パイロットでの実証等に関しては、メタノール合成/MTO触媒プロセスを選択し、小型パイロットプラントを設計・導入、プロセス検証のステージに入った。</p>	
	投稿論文	「査読付き」23件
	特許	「出願済」97件、「登録」2件、「実施」0件（うち国際出願30件）
その他の外部発表（プレス発表等）	138件	
IV. 実用化の見通しについて	<p>本事業では、研究開発で確立した「高効率なソーラー水素製造用光触媒」、「水素/酸素分離膜」、「オレフィン合成触媒」の3つの基盤技術を用いて、新規化学プロセスにおける実証レベルの技術を確認することを実用化と定義し、開発を進めている。</p> <p>平成28年度に研究開発が完了する「オレフィン合成触媒」技術は、まず化石資源からの水素と二酸化炭素を用いたオレフィン製造実証の検討を先行して実施し、二酸化炭素からのオレフィン製造の実用化を図る。また、「高効率なソーラー水素製造用光触媒」、「水素/酸素分離膜」は、プロジェクト完了後にベンチプラント検討や触媒量産技術の検討等の実証プロジェクトを引き続き進めると共に、併せて低コスト化や段階的なスケールアップ検討を進める。</p> <p>ソーラー水素の製造が可能となった時点で、二酸化炭素からのオレフィン製造とあわせて、ソーラー水素と二酸化炭素を用いたオレフィン製造の実用化を図る。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	H26年2月制定
	変更履歴	H26年9月プロジェクトリーダーの委嘱に伴う改訂。 H27年2月評価制度の見直しに伴う改訂。 H27年6月「技術調査の実施」の追加、法人名称等の変更に伴う改訂。 H27年11月研究開発項目②の事後評価時期の変更に伴う改訂。

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景と事業の目的

- ・太陽エネルギーを利用して水から水素(ソーラー水素)を製造し、工場排ガス等から取り出したCO<sub>2</sub>とソーラー水素からエチレン、プロピレン、ブテン等(C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub>オレフィン)の基幹化学品を製造する基盤技術を確立する。
- ・オレフィン原料の化石資源依存から脱却し、CO<sub>2</sub>固定化による地球温暖化防止に寄与する。



2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

■本事業の目標

ナフサを原料とする従来のオレフィン製造技術と競合が可能なレベルのソーラー水素と二酸化炭素を原料とする新規なオレフィン製造基盤技術の開発

研究開発項目	最終目標
①-a 光触媒	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光触媒の太陽エネルギー変換効率10%を達成する。</li> <li>・小型フロー式でエネルギー変換効率を最大限引出し、長期耐久性も兼ね備えたモジュールを設計する。</li> </ul>
①-b 分離膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水素を安全に分離可能な長期耐久性も兼ね備えたモジュールを設計する。</li> </ul>
②合成触媒	<ul style="list-style-type: none"> <li>・投入された水素又は二酸化炭素由来の炭素のオレフィンへの導入率として80%(ラボレベル)を達成する。</li> <li>・小型パイロット規模でのプロセスを確立する。</li> </ul>

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目 (個別テーマ)	研究開発目標 (平成28年度の間目標)	根拠
①-a 光触媒	<ul style="list-style-type: none"> <li>光触媒等の太陽エネルギー変換効率3%を達成する。</li> <li>光触媒等のモジュール化の個別要素技術を確立する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本PJでは、水素製造の従来技術と競合可能なレベルの変換効率10%を最終目標とし、段階的に変換効率を上げる計画。5年目の平成28年度は、PJ開始時の変換効率0.2~0.3%の約10倍となる3%を目標とした。</li> <li>光触媒モジュールでは光触媒材料に依存しない共通な技術課題があり、H28年度に光触媒候補の絞り込みと並行して、モジュール化の個別要素技術を開発する。</li> </ul>
①-b 分離膜	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素・酸素系での分離膜性能を確認し、分離膜を確定する。また安全に分離できるモジュールの仕様を明確にする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光触媒からは、爆発性のある水素/酸素の混合気体が生成することから、それを安全に取り扱える環境を整えた後、水素/酸素系及び安全で取扱い容易な水素/窒素系を用いて分離膜性能を確認し、分離膜を確定する。</li> <li>爆発性のある水素/酸素を安全に分離するために、爆発安全性を担保できる方式、構造の検討を行い仕様を明確にする。</li> </ul>
② 合成触媒	<ul style="list-style-type: none"> <li>投入された水素又は二酸化炭素由来の炭素のオレフィンへの導入率として80%(ラボレベル)を達成する。</li> <li>小型パイロット規模でのプロセスを確立する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本PJの技術で製造するオレフィンコストが現在の市場コストと競合可能なレベルとしてオレフィン収率80%(最終目標)を設定した。</li> <li>長期寿命評価、大型パイロット規模装置設計に必要な基礎データ取得のため、メタノール合成/MTO反応の小型パイロットプラントを設置して、データを取得する。</li> </ul>

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

	経産省直執行			NEDO						
	H24 2012	H25 2013	H26 2014	H27 2015	H28 2016	H29 2017	H30 2018	H31 2019	H32 2020	H33 2021
		変換効率1%		変換効率3%		変換効率7%			変換効率10%	
①-a 光触媒	光触媒の開発/合成法の探索			光触媒材料候補の絞り込み/合成法の見極め		光触媒材料系の大量合成方法の検討/光触媒の高効率化の検討			光触媒材料系の実用的合成プロセスの検討/光触媒の高効率化と長寿命化の検討	
	助触媒の開発/光触媒への担持法の検討			助触媒の開発/光触媒への担持法の確立		光触媒・助触媒界面の最適化検討			光触媒・助触媒界面の長寿命化の検討	
	光触媒モジュール化の技術課題の抽出			光触媒モジュールの構造・仕様の明確化		小型バッチ式光触媒モジュールの設計・試作			小型フロー式光触媒モジュールの設計・試作/面積化と耐久性の検討	
①-b 分離膜	各分離膜材料(方式)における分離膜性能の向上			候補分離膜材料における分離性能の向上		モジュール向け分離膜作製技術の検討			モジュール向け分離膜作製技術の確立/耐久性の検討	
	各分離膜方式における課題の抽出			各分離方式におけるモジュール構造、仕様の明確化		モジュールベースでの安全な水素分離技術の確立			分離膜モジュールの耐久性向上/光触媒モジュールとの連結適合性の検討	
② 合成触媒	合成触媒とプロセスの検討			小型パイロットを用いた検討						
予算(億円)	14.0	14.38	14.5	16.35	13.20					

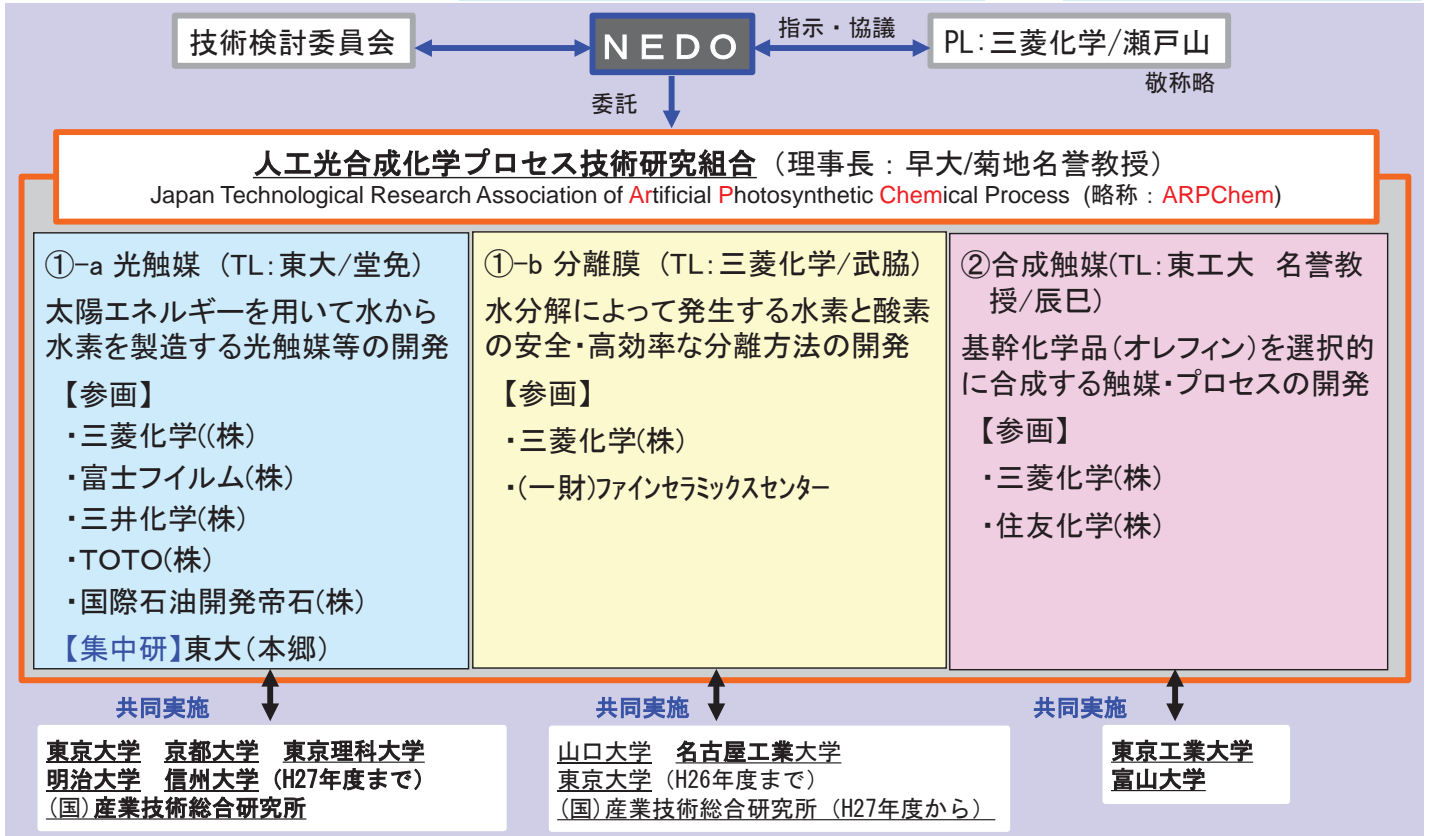
## 2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

## ◆研究開発の実施体制

・産官学連携のオールジャパン体制  
・共同実施及び集中研(光触媒分野)



基盤技術開発の効率的な推進が可能な体制



## 2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

## ◆プロジェクト費用

## ◆費用

(単位: 百万円)

研究開発項目	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度※2	合計
① 光触媒・分離膜	1,338	1,224	1,254	1,240※1	1,033	6,089
② 合成触媒	62	214	196	395	287	1,154
合計	1,400	1,438	1,450	1,635	1,320	7,243

※1 調査事業の15百万円を含む

※2 平成28年度は、見込み額