

## 平成26年度実施方針

環境部

1. 件名：（大項目）二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発

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項第一号ロ及び第二号

3. 背景及び目的・目標

日本の化学産業は出荷額約40兆円、従業員数約88万人を擁する我が国の一大産業であり、高い技術力と国際競争力を誇る製品を多数生み出している。その一方で、同産業は基幹化学品から機能性化学品まで様々な化学品の原料としてナフサ等の化石資源を大量に消費し、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量においても産業分野の約17%を占めている。近年、地球温暖化が懸念され、輸入に頼る石油の価格上昇や枯渇リスクに直面する中、化学品製造における革新的イノベーションの実現により、こうした課題を乗り越えていくことが急務になっている。将来的に化石資源の供給リスクを克服し、かつ、持続可能な低炭素社会を実現していくためには、太陽エネルギー等の非化石エネルギーを活用し、化石資源に頼らない水素の製造技術やCO<sub>2</sub>を炭素源とする化学品の製造技術が必要であり、本事業はこれら技術の確立を目指すもので、我が国化学産業の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクトの一つとして実施されているものである。

このような背景の下、本事業は、「環境エネルギー技術革新計画」（平成25年9月13日、内閣府総合科学技術会議）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り、また、「科学技術イノベーション総合戦略」（平成25年6月6日、内閣府総合科学技術会議）において、クリーンで経済的なエネルギーシステム実現のために重点的に取り組むべき技術開発に位置付けられるものである。

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を製造（ソーラー水素）し、高効率分離膜により生成する水素を分離・精製して、更にソーラー水素とCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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。

具体的には下記の開発を実施する。

- ①ソーラー水素等製造プロセス技術開発
- ②二酸化炭素資源化プロセス技術開発

[委託事業]

研究開発項目①「ソーラー水素等製造プロセス技術開発」

最終目標（平成33年度末）

- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・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。

研究開発項目②「二酸化炭素資源化プロセス技術開発」

最終目標（平成28年度末）

- ・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。
- ・小型パイロット規模でのプロセスを確立する。

中間目標（平成26年度末）

- ・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。
- ・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。

#### 4. 実施内容及び進捗（達成）状況

東京工業大学の辰巳敬副学長をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。なお、平成25年度までは経済産業省の執行の下で事業を実施した。

##### 4. 1 平成25年度までの委託事業内容（経済産業省直執行）

###### ① ソーラー水素等製造プロセス技術開発

###### 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

光触媒の吸収波長の長波長化及び光触媒の低欠陥化については、候補となる材料系において組成調整と高品質化を実施した。各材料系において合成法、後処理法、表面処理法の検討を行い、光触媒表面及び助触媒との界面の低欠陥化を実施した。また、各材料系における欠陥の評価として光励起キャリアの動的挙動が得られるキャリアダイナミクス評価を併用し、低欠陥化の検討に反映させた。

光触媒と助触媒の界面の設計等においては、固体系助触媒について、材料探索や性能向上の検討の継続に加え、良質界面形成のためのプロセス検討を実施した。また、光触媒本体及び助触媒表面の修飾等の検討も実施した。錯体系助触媒については、高活性化の検討及び光触媒への担持法（固定化法）の検討を継続するとともに、錯体触媒を用いた水素発生反応の反応条件の最適化や、錯体助触媒を用いた水素発生反応の検討を実施した。

大表面積と物質拡散性を両立するモジュールの設計等については、簡易電極系を改良して光触媒パネルを試作し、より安定で効率的なモジュール構造の作成に関する検討を行った。また、水素の安全な取り出し方法、発生する気体の捕集法、水供給法、生成するイオンの拡散性等について検討し、モジュールとしての課題を抽出した。

###### ①-b) 水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発

光触媒の水分解によって得られる水素と酸素を分離できる薄膜材料の開発については、候補となる各種膜の性能向上や原理解明を引き続き目指して以下を実施した。ゼオライト膜については、マイクロ開孔径の制御による分離性能の最適化を引き続き行った。シリカ膜については、分離性能向上のために、メソポーラス中間層や分離活性層について構造制御や耐性評価、表面構造の改質を検討した。また、有機材料や無機材料とのハイブリッド化を検討し、更なる分離膜特性の向上を図った。炭素膜については、水素・酸素の選択透過の原理を解明し、分離性能の向上を図った。また、前駆体膜を修飾して得られた緻密な酸素構造によって、膜の分離性能を向上させた。

水素を安全に分離可能なモジュールの設計等において、不活性ガス希釈方式については、平成24年度に得られた指針に基づき、試作とシミュレーションによって最適なガス分離性能が得られるモジュール形状及び分離用ガスのフロー方式を検討した。水素・酸素の混合ガスでの爆発が伝播しない特殊流路通過方式（極狭流路通過方式）では、複数の候補について、簡易的に試作した基板を用いて流路形状及び作成方法に関する課題の明確化を行った。

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）

低級オレフィン高選択性F T触媒の開発では、触媒探索を実施するとともに、F T反応評価や触媒劣化要因の検討、副生水の除去方法の検討を実施した。またF T／クラッキング触媒プロセスの開発では、触媒の改良や反応条件の探索を実施した。さらにメタノール合成／MTO触媒プロセスの開発では、メタノール合成触媒及びMTO触媒の探索を実施するとともに、メタノール合成反応の平衡制約の緩和についても検討し、工業的な使用も踏まえてプロセス検討を実施した。加えて、反応シミュレーションモデルの構築に向けたデータ取得を図った。

反応プロセスの最適化検討において、低級オレフィン高選択性F T触媒プロセスとメタノール合成／MTO触媒プロセスでは、反応シミュレータを構築し、触媒開発等による反応データ等や化学工学的解析を用いて精度向上を図った。またすべての検討プロセスにおいて、プロセスシミュレータ（プロトタイプ）を構築し、低級オレフィン製造プロセス全体の最適化検討を実施し、触媒設計や反応条件検討等へのフィードバックを行った。

4. 2 実績推移

	24年度	25年度
	委託	委託
実績額推移	0 (NEDO)	0 (NEDO)
①一般会計 (百万円)	1,450 (経済産業省)	1,450 (経済産業省)
②需給会計 (百万円)	0	0
特許出願件数 (件)	3	3
論文発表数 (件)	0	1
学会・フォーラム等 (件)	0	7

ただし、平成24、25年度の実績額は経済産業省直轄事業。

平成25年度実績は予定分含む。

5. 事業内容

三菱化学株式会社の瀬戸山 亨 執行役員・フェローをプロジェクトリーダーとして、以下の研究開発を実施する。

5. 1 平成26年度委託事業内容

① ソーラー水素等製造プロセス技術開発

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

光触媒の吸収波長の長波長化及び光触媒の低欠陥化については、平成25年度に引き続き各材料系において組成制御と高品質化の検討を行う。特に波長600～700nmに吸収端を持つ材料系において検討・最適化を行い、中期目標である太陽光エネルギー変換効率1%の達成を目指

す。また、モジュール化を視野に入れ、重点的に研究開発を行う光触媒系の抽出を図る。

光触媒と助触媒の界面の設計等においては、平成25年度における各助触媒系での材料探索や性能向上の検討の継続に加え、光触媒と水素生成及び酸素生成用助触媒との良質界面形成に有効なコンタクト層の材料探索及びプロセス検討を行う。さらに、これまで得られた良質界面形成技術を取り入れ、水素生成及び酸素生成用助触媒の共担持法や非対称修飾法の検討を行う。

大表面積と物質拡散性を両立するモジュールの設計等については、平成25年度に引き続き課題対応策の検討を継続する一方、別途検討する分離膜モジュールとの連結整合性についての検討を実施し、光触媒パネルを装着した反応器全体の構造及び構成について考察する。光触媒モジュールと分離膜モジュールの将来的な一体化を目指し、3年目までに得られた結果を光触媒パネルの構築における課題の抽出に反映させる。

#### ①- b) 水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発

平成25年度までの検討結果を踏まえて、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、単独使用又は組合せ使用の双方を考慮して水素・酸素分離材料候補を抽出する。ゼオライト膜については、マイクロ開孔径の後処理に加えて薄膜化を行い、又はより小さい開孔径を持つゼオライト膜の合成を実現する。シリカ膜については、分離活性層における欠陥生成を抑制するため、シリコン原料や反応条件を最適化して中間層の開孔径のマッチングについて検討する。また、ハイブリッド系分離膜を対象に合成手法及び膜材料の化学組成の最適化を検討する。炭素膜については、最適化した成膜条件を基に高性能膜の一層の薄膜化を検討する。

不活性希釈ガス方式については、平成25年度に得られたモジュール形状とガスフロー方式を水素・窒素混合ガスに適用し、混合ガスにおけるガス分離性能を測定することにより、ガス分離シミュレータや最適モジュール形状に反映させる。極狭流路通過方式については、平成25年度に明確となった課題を解決することができる基板を複数試作し、これに水素・窒素混合ガスを流して、最適な極狭流路形状を持った基板形状を決定する。

#### ② 二酸化炭素資源化プロセス技術開発

平成25年度に引き続き、触媒改良と評価を継続し、次のステップである小型パイロット試験に向けた触媒及び反応条件を確定するとともに、小型パイロット装置の設計に必要なデータを取得する。低級オレフィン高選択性F T触媒については、改良検討を継続する。F T/クラッキング触媒については、各触媒組成及び各反応条件の組合せを最適化する。メタノール合成/MT O触媒プロセスに用いるMT O触媒については、最適なゼオライト構造及び修飾法を確定する。

触媒開発による反応データを用いて、反応シミュレータの精度アップを図り、小型試験装置ベースにおける反応シミュレータを完成させる。F T合成反応、F T合成反応/クラッキング反応、メタノール合成/MT O反応の各プロセスのプロセスシミュレーションにより最適な反応プロセスを選定し、小型パイロットの仕様を確定する。

## 5. 2 平成26年度事業規模

### 委託事業

需給勘定

1, 450百万円 (新規)

※事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### (1) 評価の方法

NEDOは技術評価実施規程に基づき、技術的及び産業技術政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義及び将来への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成26年度に実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

NEDOは、主としてプロジェクトリーダーを通して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組織し、定期的に技術評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

本研究開発については、本年度に中間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において技術評価を実施し、その結果を適切に事業計画に反映し着実な運営を図る。なお、この技術評価はプロジェクト基本計画に予定されているものである。

### (3) 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」に従ってプロジェクトを実施する。

## 7. スケジュール

平成26年4月・・・事業開始

平成26年9月～平成27年3月・・・技術検討委員会 (予定)

平成26年9月・・・プロジェクト評価 (中間評価)

## 8. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成26年2月、制定。

(2) 平成26年9月、プロジェクトリーダーの委嘱に伴う改訂。

(別紙) 平成26年度「二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発」  
事業実施体制

