

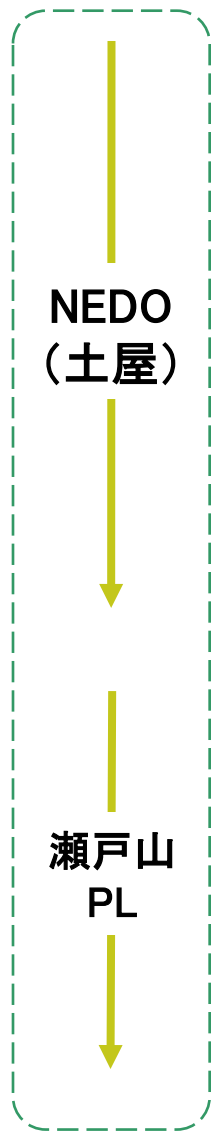
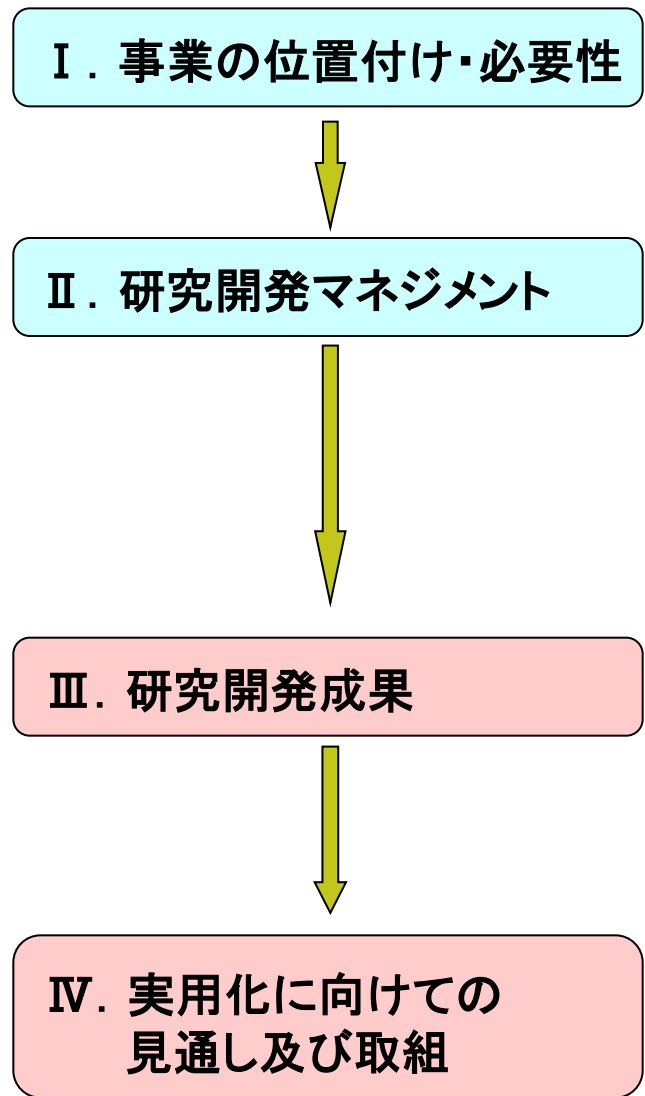
「二酸化炭素原料化基幹化学品 製造プロセス技術開発」 (中間評価)

(2012年度～2014年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO
環境部

2014年8月18日



- (1)NEDOの事業としての妥当性
- (2)事業目的の妥当性

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発実施の事業体制の妥当性
- (4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性
- (5)情勢変化への対応等

- (1)目標の達成度と成果の意義
- (2)知的財産権等の取組
- (3)成果の普及
- (4)成果の最終目標の達成の可能性

- (1)成果の実用化の見通し
- (2)実用化に向けた具体的取組

1. 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

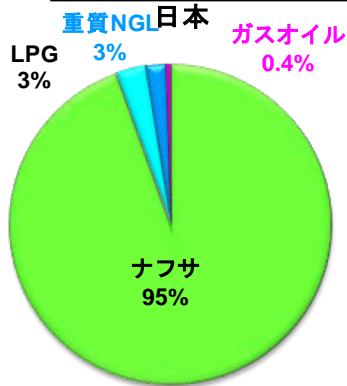
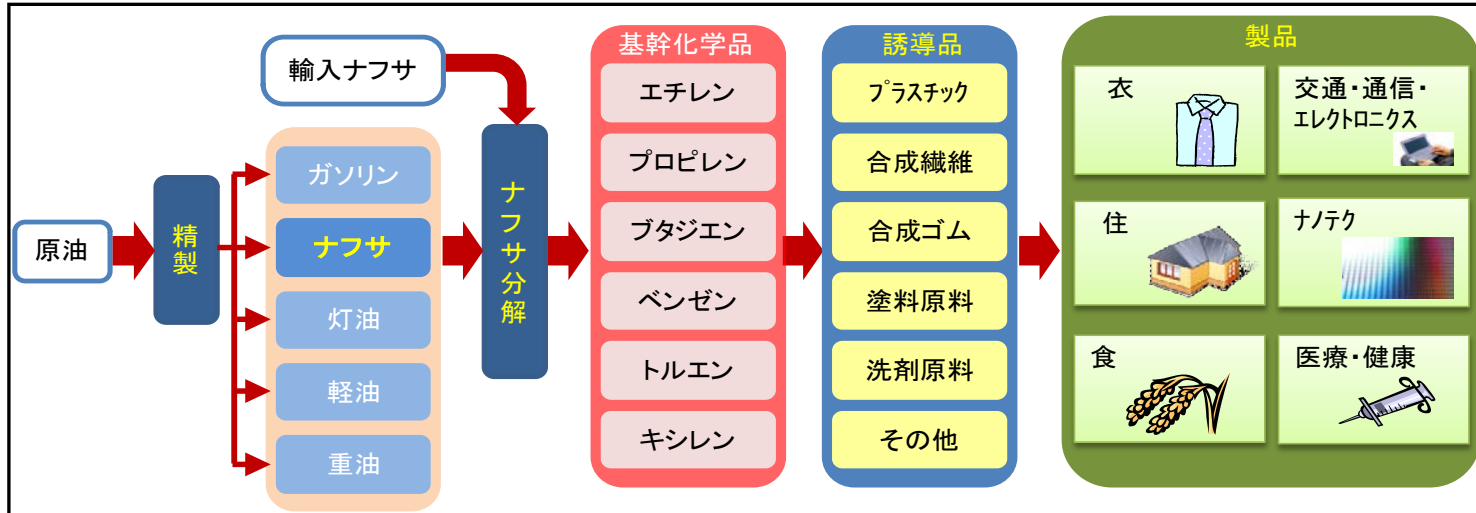
◆社会的背景

■日本の化学産業： ナフサ原料 ⇒ 基幹化学品 ⇒ 誘導品(プラスチック、樹脂) ⇒ 製品

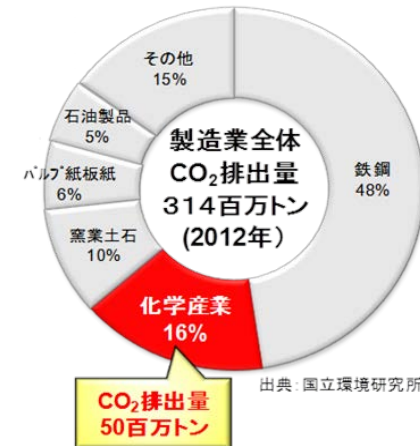
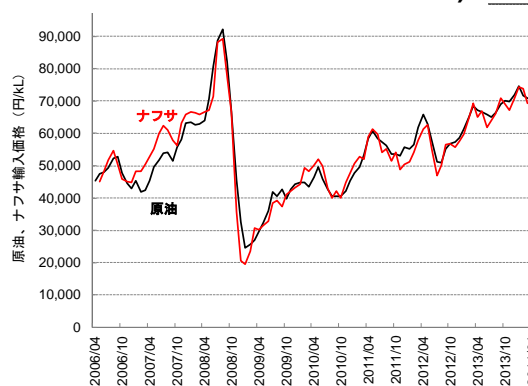
■課題

- ・原料：ナフサの比率高
- ・輸入原料依存性、価格変動大、供給リスク有
- ・二酸化炭素排出量大

・脱化石資源、原料多様化への対応、
 ・太陽エネルギー等の再生可能エネルギーの活用による
 低炭素社会実現に貢献可能な新規化学品製造技術



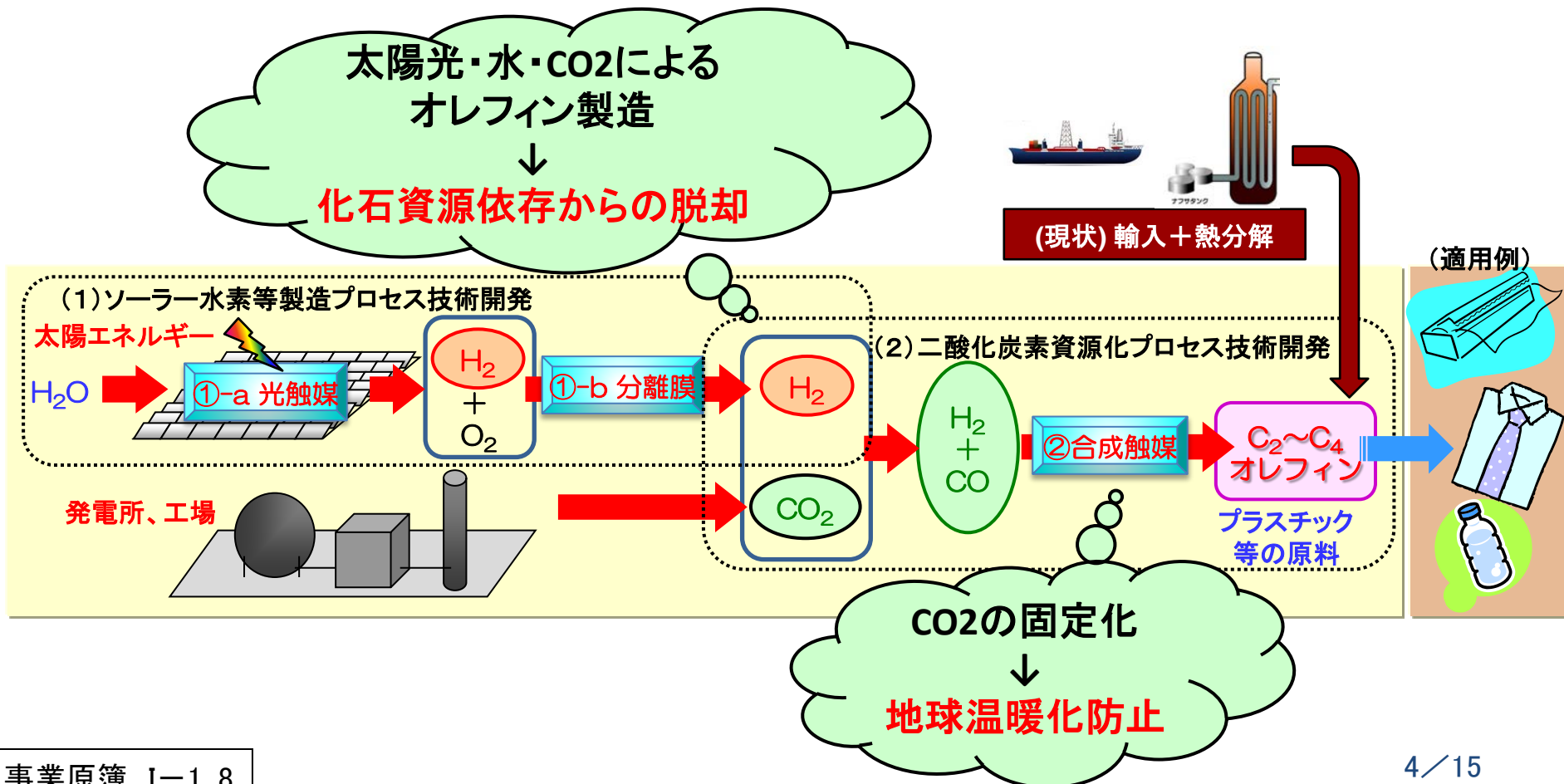
原油・ナフサ輸入価格の推移 (CIF)



1. 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

◆事業の目的

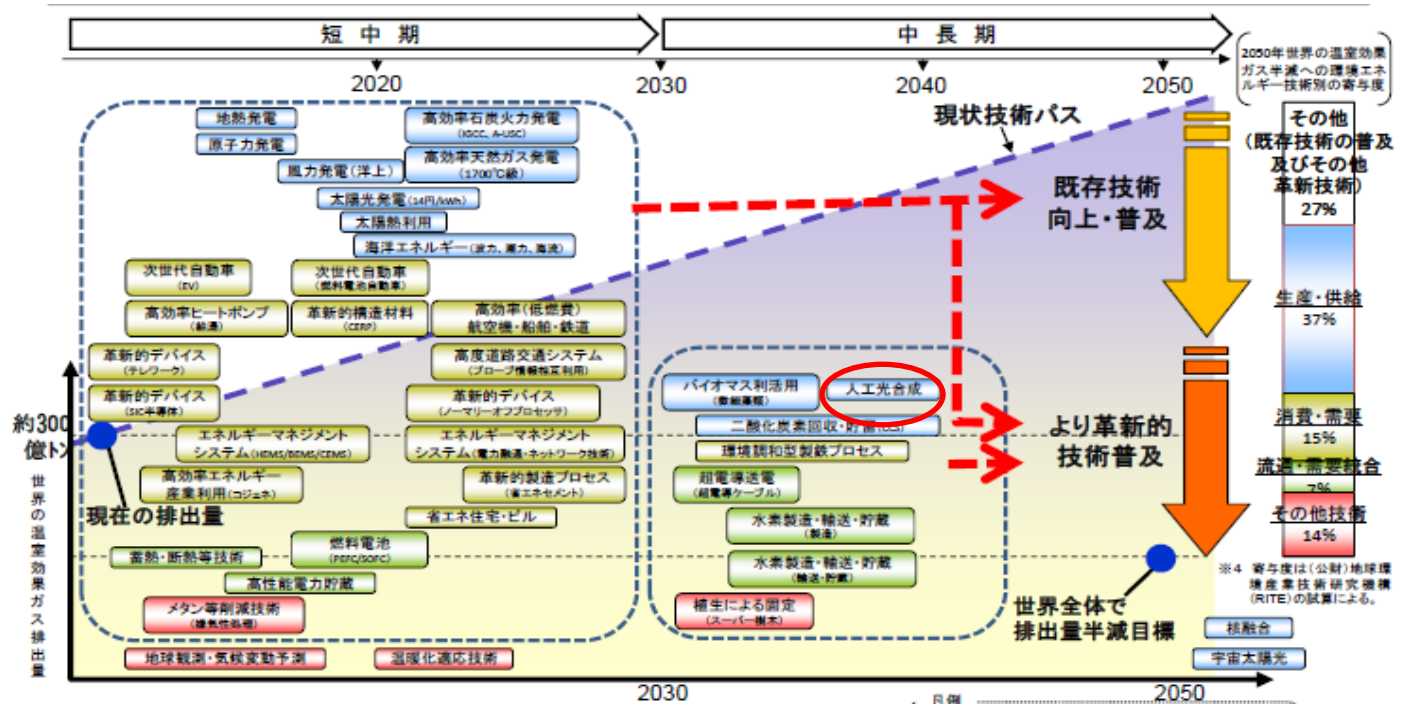
- ・太陽エネルギーを利用して水から水素(ソーラー水素)を製造し、工場排ガス等から取り出したCO₂とソーラー水素からエチレン、プロピレン、ブテン等(C₂~C₄オレフィン)の基幹化学品を製造する基盤技術を確立する。
- ・オレフィン原料の化石資源依存から脱却し、CO₂固定化による地球温暖化防止に寄与する。



1. 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

◆政策的位置付け(2)

内閣府総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画」



出典：総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画(改定案)」(平成25年9月13日)

◆技術戦略マップ(ナノテク・部材分野)での位置付け

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)」

⇒「高効率水素製造」

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)」

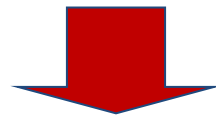
⇒「非枯渇性資源の化学品・材料化(化学品原料の転換・多様化)」

として、重要テーマに位置付けられている。

◆NEDOが関与する意義

人工光合成技術

- ・国家的課題(CO₂削減・固定化)の解決 ⇒ 社会的必要性大
- ・「ソーラー水素」と「CO₂」を原料とした新規化学品製造プロセス
⇒ 輸入に依存している化学原料の転換に貢献
⇒ 全産業に波及、日本の化学産業の競争力強化
- ・研究開発の難易度高、開発リスク大 ⇒ 産官学の知見を結集
- ・長期にわたる研究開発(10年) ⇒ 投資規模大



NEDOが持つこれまでの知見、実績を活かして推進すべき事業

1. 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

◆実施の効果(費用対効果)

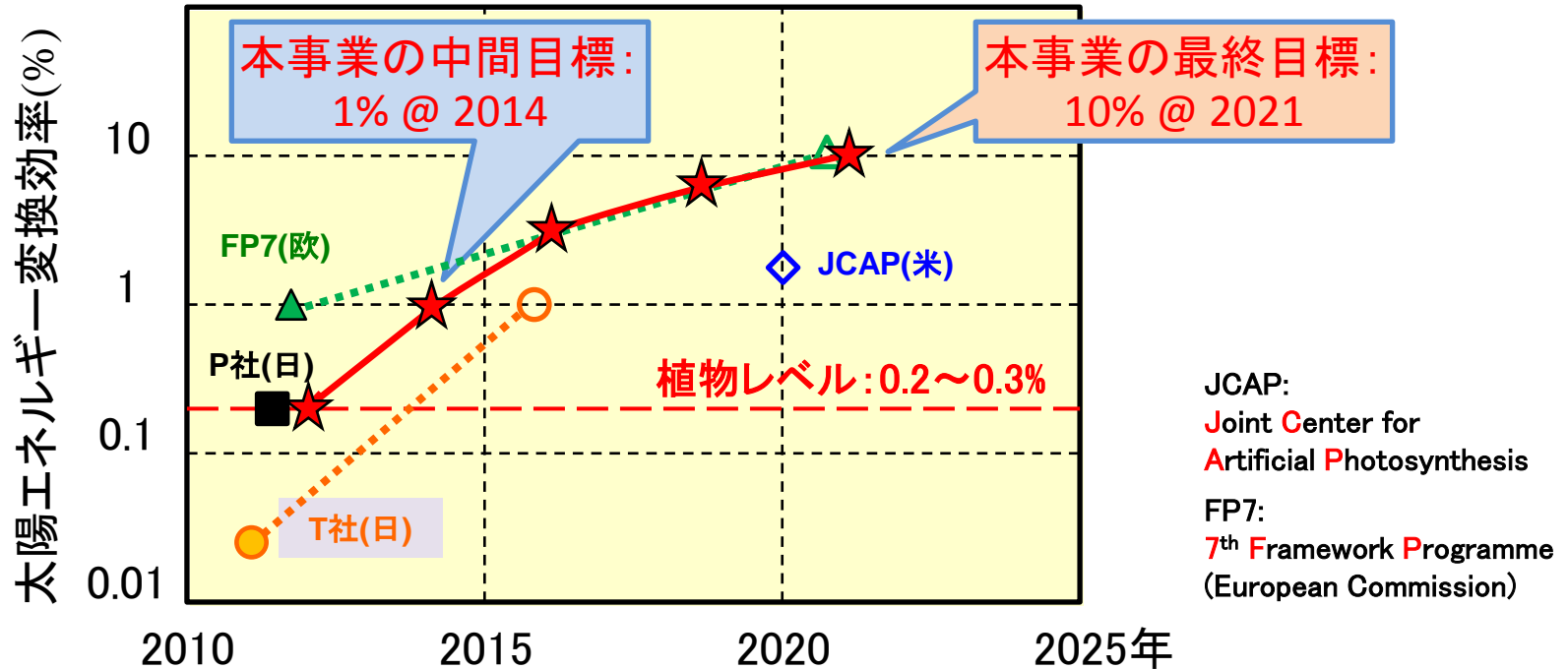
費用の総額	145億円	10年 (METI直執行2年を含む)
省エネ効果	原油換算で <u>▲15.1万kl/年※</u>	現状:原油輸入・石油精製・ ナフサ熱分解法 本事業:本PJ対象設備・CO ₂ 回収エネルギー
CO ₂ 削減効果	<u>▲800万トン/年※</u>	省エネルギー + CO ₂ 固定化(化学品の原料) #左記の値は、日本の化学産業の 年間排出量の約16%に相当

※2030年時点で、オレフィン生産量の20%(250万トン)を人工光合成技術に置き換えたとして算出。

1. 事業の位置付け・必要性について (2) 事業目的の妥当性

◆ 国内外の研究開発の動向及び本事業の位置付け

①-a 光触媒：日米欧で開発が競合しているが、本事業では最も高い太陽エネルギー変換効率目標を掲げ、最先端の研究開発を実施中



①-b 分離膜：日本における分離膜材料の研究開発は世界トップレベル

② 合成触媒：合成ガスからの1ステップ-オレフィン合成技術は世界トップレベル

本事業：ソーラー水素製造技術と他の基盤技術を融合させたもので、新規性、先進性だけでなく、実用化を想定した汎用性の高い研究開発

2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 全体的な事業目標

■ 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"> ・光触媒の太陽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出し、長期耐久性も兼ね備えたモジュールを設計する。
①-b 分離膜	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
②合成触媒	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

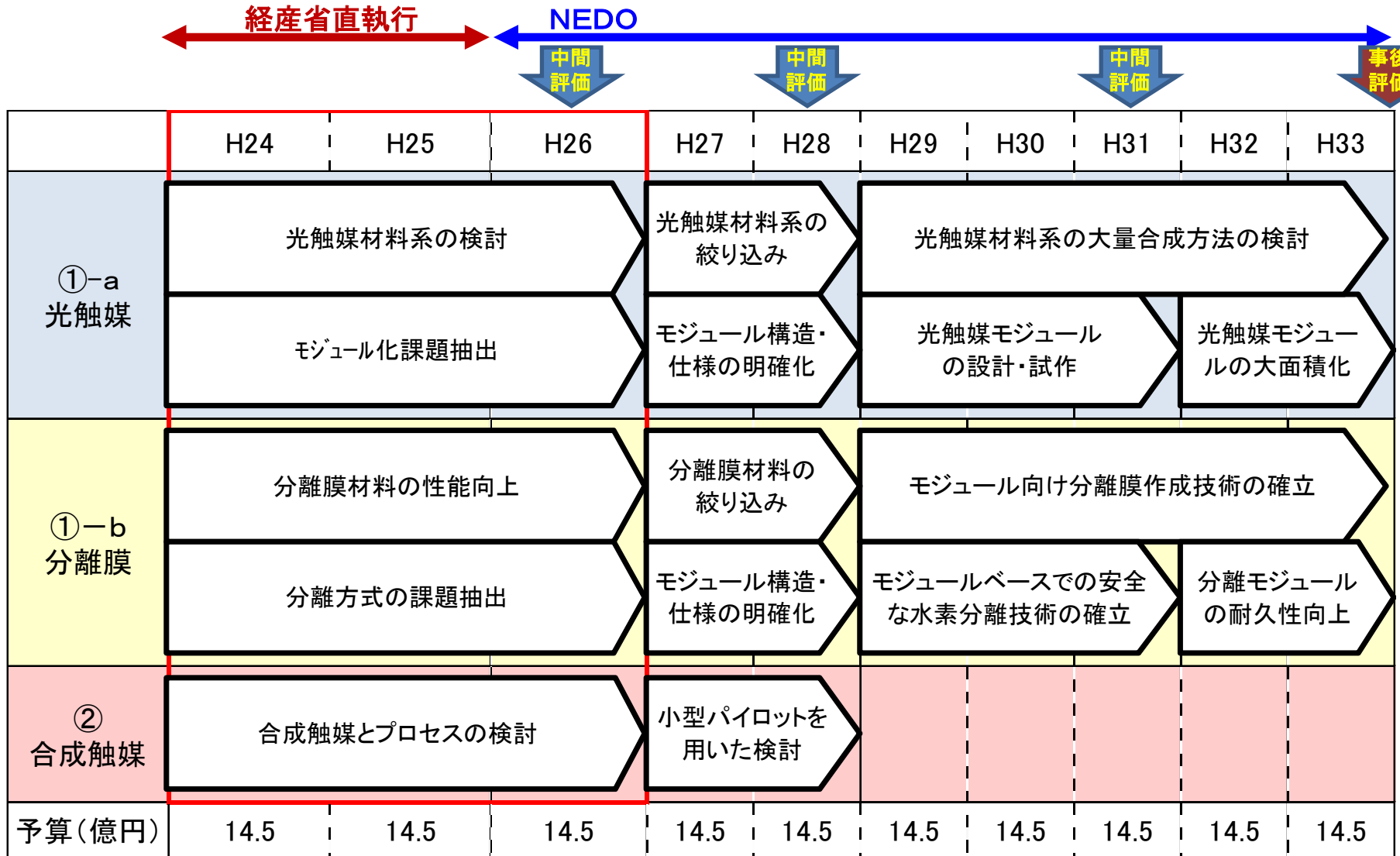
2. 研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 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26年度の間目標)	根拠
①-a 光触媒	<ul style="list-style-type: none"> ・光触媒等の太陽エネルギー変換効率1%を達成する。 ・光触媒等のエネルギー変換効率を最大限に引き出すモジュール化に向けた技術課題の抽出を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。3年目の平成26年度は、PJ開始時の変換効率0.2～0.3%の約3倍となる1%を目標とした。 ・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、本PJの5年目に光触媒候補が決定されるまで、これらの技術課題を先行抽出する。
①-b 分離膜	<ul style="list-style-type: none"> ・水素/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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・爆発性のある水素/酸素系を安全に取り扱える環境が整うまで、安全で取扱い容易な水素/窒素系を用いて候補となる分離膜材料の性能を向上させる。
② 合成触媒	<ul style="list-style-type: none"> ・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、小型パイロット仕様を確定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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、段階的に変換効率を上げる計画。3年目となる平成26年度は、PJ開始時の収率50%をさらに向上させる70%を目標に設定した。 ・H27fyから小型パイロットによる研究に移行するため、H26fyで仕様を確定する。

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュールと開発予算



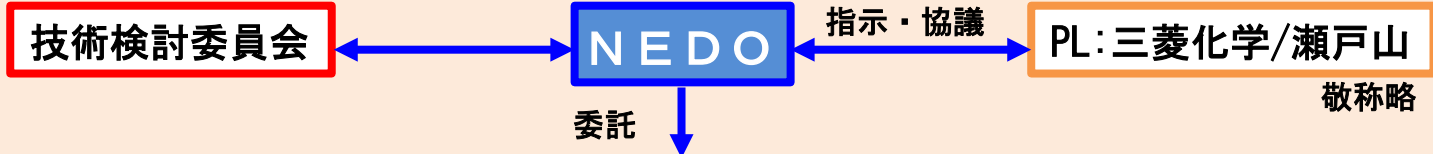
合計: 145億円(10年間)

◆ 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



人工光合成化学プロセス技術研究組合 (理事長: 早大/菊地名誉教授)
 Japan Technological Research Association of Artificial Photosynthetic Chemical Process (略称: ARPChem)

①-a 光触媒 (TL: 東大/堂免)
 太陽エネルギーを用いて水から水素を製造する光触媒等の開発
【参画】
 ・三菱化学((株))
 ・富士フイルム(株)
 ・三井化学(株)
 ・TOTO(株)
 ・国際石油開発帝石(株)
【集中研】東大(本郷、柏)

①-b 分離膜 (TL: 三菱化学/武脇)
 水分解によって発生する水素と酸素の安全・高効率な分離方法の開発
【参画】
 ・三菱化学(株)
 ・(一財)ファインセラミックスセンター

②合成触媒(TL: 東工大/辰巳)
 基幹化学品(オレフィン)を選択的に合成する触媒・プロセスの開発
【参画】
 ・三菱化学(株)
 ・住友化学(株)

共同実施 ↓

東京大学 京都大学
 東京理科大学 明治大学
 信州大学 (独) 産業技術総合研究所

共同実施 ↓

東京大学
 名古屋工業大学
 山口大学

共同実施 ↓

東京工業大学
 富山大学

◆ 実用化に向けたマネジメント

■ NEDO主催による「技術検討委員会」の開催

- ・METI直執行(H24～25年度): 年1回開催により外部有識者の意見を運営管理に反映
- ・NEDO事業(H26～): 年2回の開催を予定、光触媒と分離膜分野において1名増員予定

区分	氏名 (敬称略)	所属	役職	専門分野
委員長	御園生 誠	東京大学	名誉教授	触媒化学
委員	井上 晴夫	首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科	特任教授	光触媒
委員	佐山 和弘	(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 太陽光エネルギー変換グループ	グループ長	光触媒
委員	藤元 薫	東京大学	名誉教授	触媒化学
委員	松方 正彦	早稲田大学 理工学術院 先進理工学研究科応用化学専攻	教授	分離膜

■ 光触媒分野における集中研の設置

- ・東大本郷、柏に集中研を設置 ⇒ 産学連携によるシナジー効果で、効率的な成果創出

◆知財マネジメント

■本事業における知財マネジメント

「NEDO知財マネジメント基本方針」適用PJ

- ・委託先である技術研究組合にて「知的財産権取扱い規程」及び「情報管理規程」を策定
- ・技術研究組合にある技術委員会の下部組織である発明小委員会にて以下の実務を実施
 - ✓研究開発結果に基づく知財化の検討
 - ✓知財権の帰属
 - ✓実施許諾(組合員、非組合員)

◆情勢変化等への対応

情勢	対応
本PJは、平成24年度に経済産業省直執行として開始されたが、3年目となる平成26年度からNEDOに移管された。	・実用化を見据えた研究開発の取組を強化するために、 <u>アカデミアから企業の研究員にPLを承継した。</u>

プロジェクトの概要説明 (公開)

「Ⅲ.研究開発成果」 及び 「Ⅳ.実用化に向けての見通し及び取組」

人工光合成化学プロセス技術研究組合
プロジェクトリーダー 瀬戸山 亨

2014 年 8 月 18 日

◆ソーラー水素等製造プロセス技術開発の目標と達成状況①

	H26fy中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1) 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	<ul style="list-style-type: none"> 光触媒等のエネルギー変換効率(*) 1%を達成する。 <p>(*) 太陽光エネルギーが水素等の生成に寄与する率)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 目標のエネルギー変換効率を達成した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 光触媒、助触媒各材料の高品質化 薄膜界面設計
	<ul style="list-style-type: none"> 光触媒等のエネルギー変換効率を最大限に引出すモジュール化にむけた技術の課題抽出を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易型セルの課題を抽出した。 モジュール方式を複数選定した。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液中の光電気分解のメカニズムの確認とそれを踏まえた小型セル設計製作 生成ガス排出メカニズムの設計

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度と成果の意義

◆ソーラー水素等製造プロセス技術開発の目標と達成状況②

	H26fy中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
水素分離膜 及び 2) モジュール 化技術等の 研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ゼオライト膜、シリカ膜、炭素膜各材料の開発を行い、自主中間目標を達成した。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 各膜について、水素/酸素混合系での透過性能を把握 透過能の更なる向上 水蒸気存在下での性能、耐久性把握 最適な性能を出す為に、必要に応じて膜の組み合わせ検討

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

3. 研究開発成果について (1) 目標の達成度と成果の意義

◆ 二酸化炭素資源化プロセス技術開発の目標と達成状況

	H26fy中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1) 合成触媒の開発	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ラボレベルで複数の方式を検討実施し、オレフィンへの導入率70%を達成できる目処が立った。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 触媒、反応条件最適化 反応プロセスの開発 各方式の評価による方式の絞り込み
2) 反応プロセスの最適化及び小型パイロットでの実証等	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 小型パイロット装置の設計に必要なデータを取得した。 	○ (H27年3月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> 反応データによる反応シミュレータの精度アップ コストミニマムとなる製造プロセスの絞り込み、小型パイロット設備の設計

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況

いずれの研究開発項目においても、中間目標に対して一定以上の成果をあげている。

■ソーラー水素等製造プロセス技術開発

- 光触媒： 触媒活性の面で、目標を多少前倒しするレベルで進展中。
- 分離膜： 分離膜性能として目標を超える性能を得ている。

■二酸化炭素資源化プロセス技術開発

- 合成触媒： 有望な触媒プロセスを絞り込み、小型パイロットプラント建設へ向けて準備中。

今後、本事業の成果を実用化するためには、以下の視点での重点的な研究開発が必要と考えられる。

◆ 光触媒：

- ・ 光触媒モジュールの低製造コスト化等の経済性の観点からのモジュール設計（塗布、薄膜化等）
- ・ 光触媒の性能向上へ向けて、ボトルネックとなる課題の重点検討

◆ 合成触媒：

- ・ 本事業プロセス工業化の起点となるCO₂資源化プロセスの実用化検討

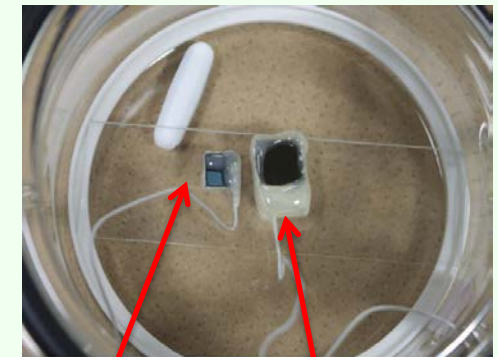
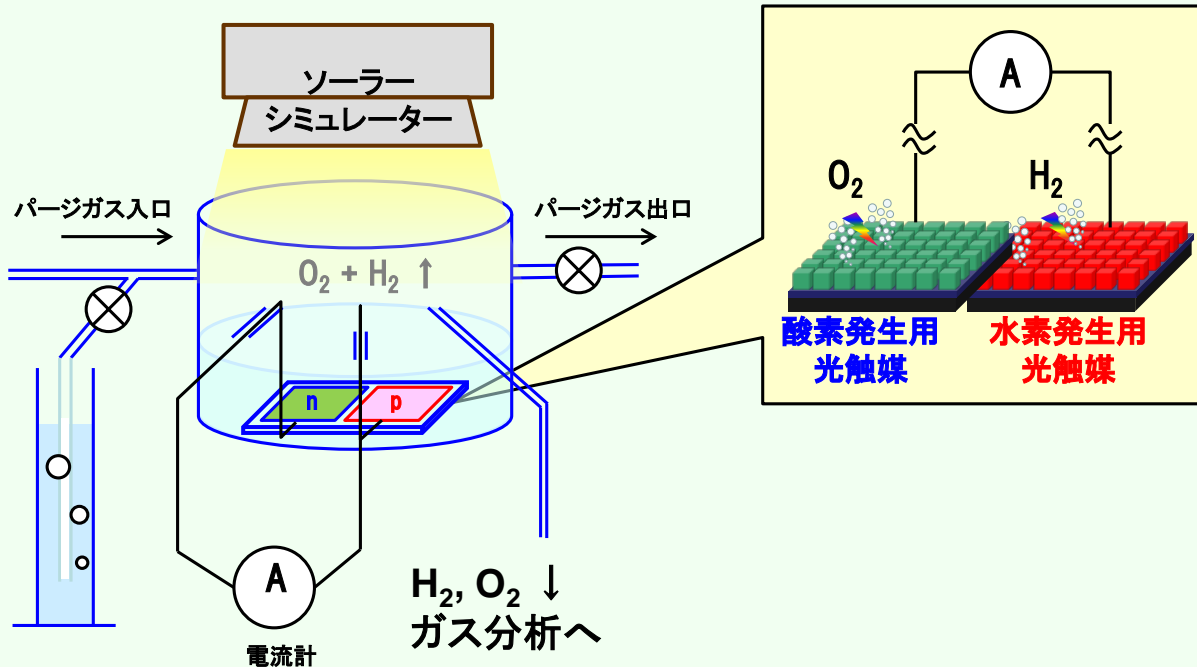
◆ 各個別テーマの成果

ソーラー水素等製造プロセス技術開発

(1) 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

- 中間目標の太陽エネルギー変換効率1%を達成した。
- 簡易型セルの課題を抽出すると共に、モジュール方式を複数選定した。

平行型水分解セル

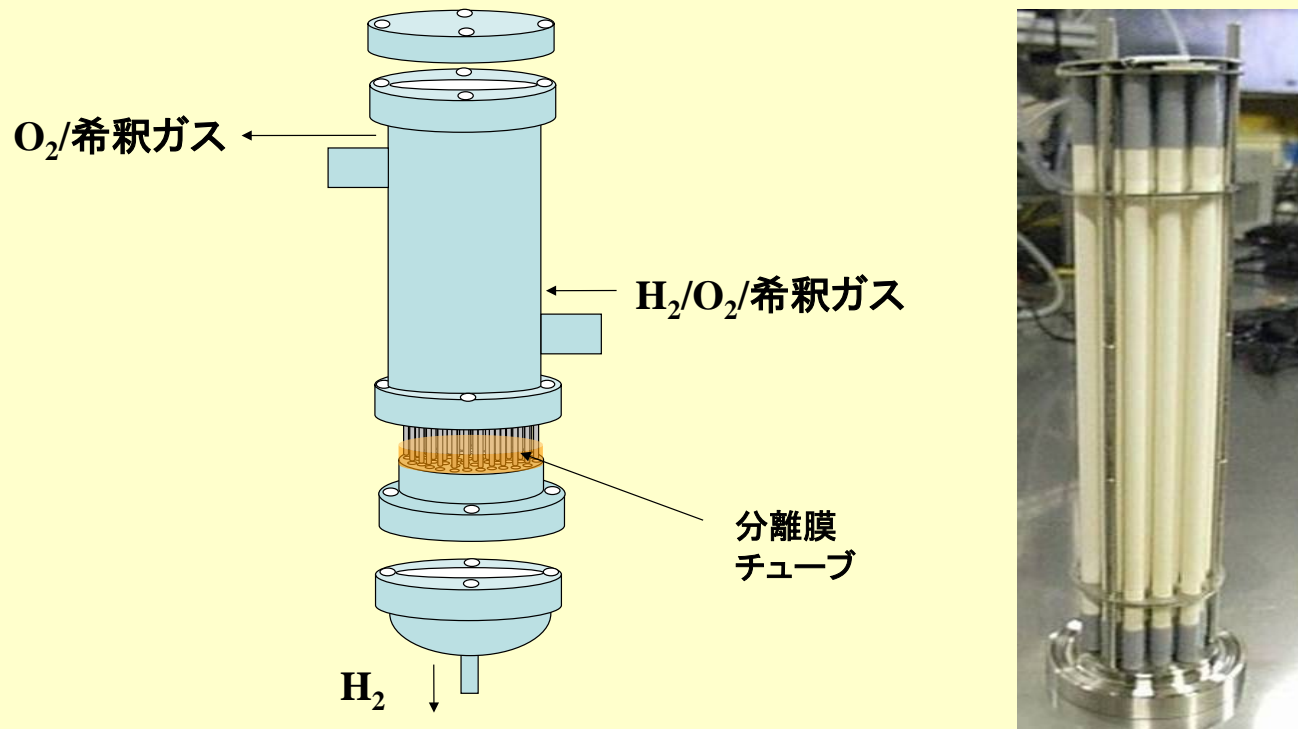
水素発生用
光触媒酸素発生用
光触媒

◆ 各個別テーマの成果

ソーラー水素等製造プロセス技術開発

(2) 水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発

- ゼオライト膜、シリカ膜、炭素膜各材料の開発を行い、個別中間目標を達成した。

将来的なモジュールイメージ図

◆ 各個別テーマの成果

二酸化炭素資源化プロセス技術開発

(3) 合成触媒の開発

- ラボレベルで複数の方式を検討実施し、オレフィンへの導入率70%を達成できる目処が立った。

(4) 反応プロセスの最適化及び小型パイロットでの実証等

- 小型パイロットプラントの設計に必要なデータを取得中。

流通反応装置外観

◆知的財産権、成果の普及

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT出願	査読付き	その他	学会発表・講演	新聞・雑誌等への掲載	その他
H24FY	3件	0件	0件	0	0	0	0	0
H25FY	10件	1件	3件	3	0	14	2	2
H26FY	2件	0件	0件	0	0	4	1	0

(1)テレビ放送

2013年6月17日 NHK クローズアップ現代 “二酸化炭素が資源に！ 夢の人工光合成”

(2)新聞、インターネット

2013年8月10日 東京新聞 “夢ではない「光合成」”

2013年10月7日 日経ビジネスオンライン“人類の夢！「人工光合成」研究が加速「光合成の最大の謎」解明が後押し“

(3)パネル討論会

2013年10月25日

文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究主催「フォーラム：人工光合成」パネル討論「わが国の今後のエネルギー関連基礎研究の進路を考える」に辰巳教授がパネリストとして参加

※平成26年度6月13日現在

3. 研究開発成果について (4) 成果の最終目標の達成可能性

◆ソーラー水素等製造プロセス技術開発成果の最終目標の達成可能性

研究課題	最終目標(平成33年度末)	達成見通し
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	光触媒等のエネルギー変換効率10%を達成する。	水素生成用光触媒材料、酸素生成用光触媒材料に関して、順調に 高性能化が進展中であり、最終目標達成は十分可能である。
	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。	現在取得中の光触媒パネルに関する様々のパラメータを用いることにより、 最終目標達成の見通しは十分にある。
水素分離膜及びモジュール化技術等の研究開発	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。	水蒸気存在状態での膜の最適化等と分離膜モジュールの構造最適化を進め、両者を組み合わせて耐久テスト等を行うことにより、 最終目標の達成が可能である。

◆ 二酸化炭素資源化プロセス技術開発の最終目標の達成可能性

研究課題	最終目標(平成28年度末)	達成見通し
合成触媒の開発	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)で達成する。	各方式において、 触媒、反応系等の最適化、副生物生成の削減および低級オレフィン選択率の向上を行うことで目標達成可能。
反応プロセスの最適化及び小型パイロットでの実証等	小型パイロット規模でのプロセスを確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・小型パイロット設備を用いた運転により、次期大型パイロット装置等の設計に必要な基礎データを取得して低級オレフィン製造プロセスの実用性を実証予定。 ・得られるデータを元に、試作シミュレーターの検証と精度の向上を図り、次期大型パイロットへのスケールアップへ向けたプロセスシミュレーターを完成させることにより目標達成が可能。

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

当該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、新規化学プロセスにおける
実証レベルの技術を確立することを言う。

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて (1) 成果の実用化の見通し

◆ 成果の実用化の見通し

	課題(案)	対応
光触媒・分離膜	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工業的光触媒製造 <ul style="list-style-type: none"> → 光触媒製造のスケールアップ → 大面積光触媒モジュール製造技術 ➤ 工業的分離膜製造 <ul style="list-style-type: none"> → 大面積製膜・モジュール製造技術 	本事業の中で対応方法の見通しを付ける。
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ モジュールの低コスト化 	水素製造-分離の一体化 薄膜塗布技術等の導入
合成触媒	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 小型パイロットプラントからのスケールアップ 	本事業の中で、スケールアップ因子と関係式を把握する。
全体	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 全体設備投資額の抑制 	CO ₂ 原料起点の形成

4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて (2) 実用化に向けた具体的取り組み

◆ 実用化に向けた具体的取り組み

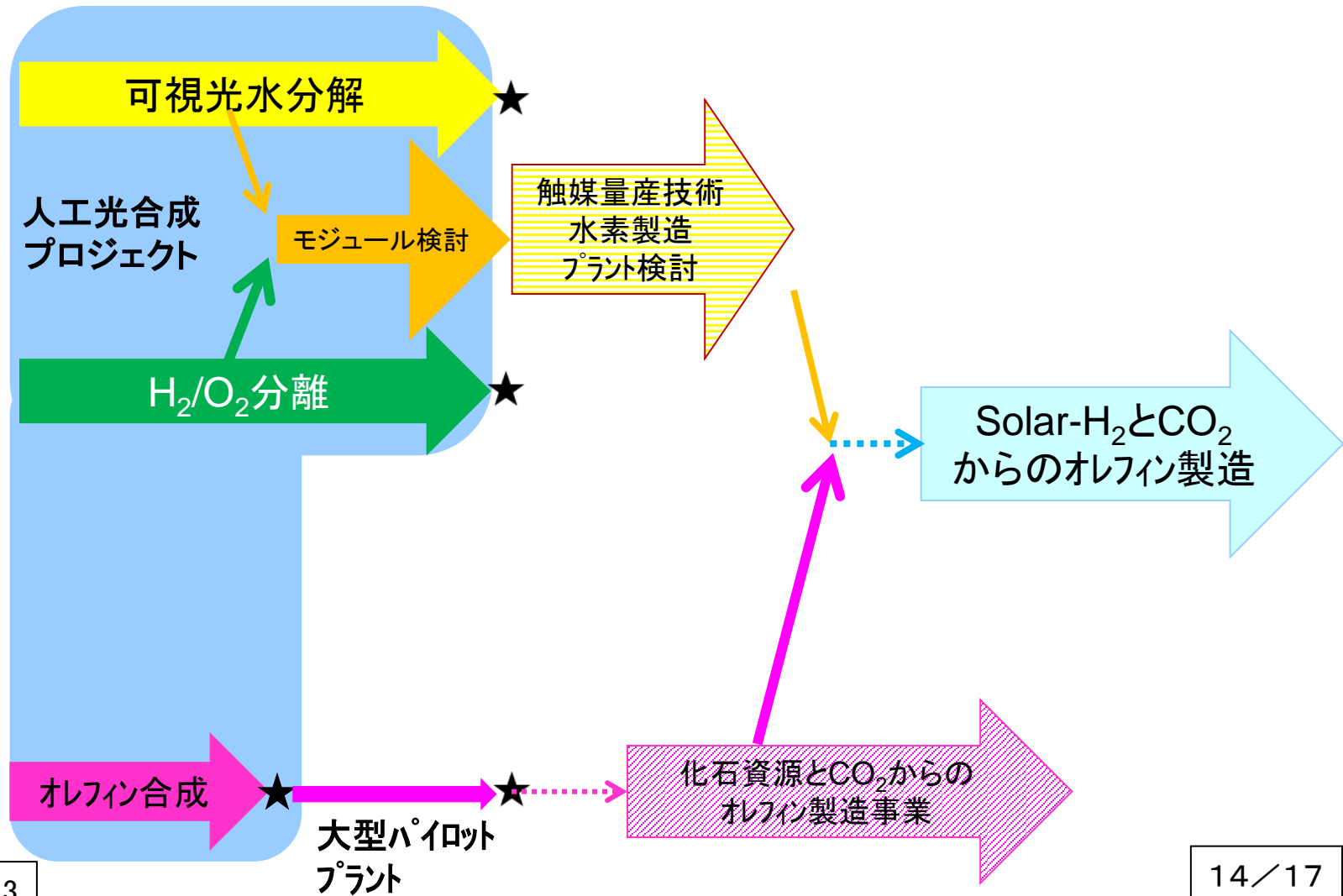
2015

2020

2025

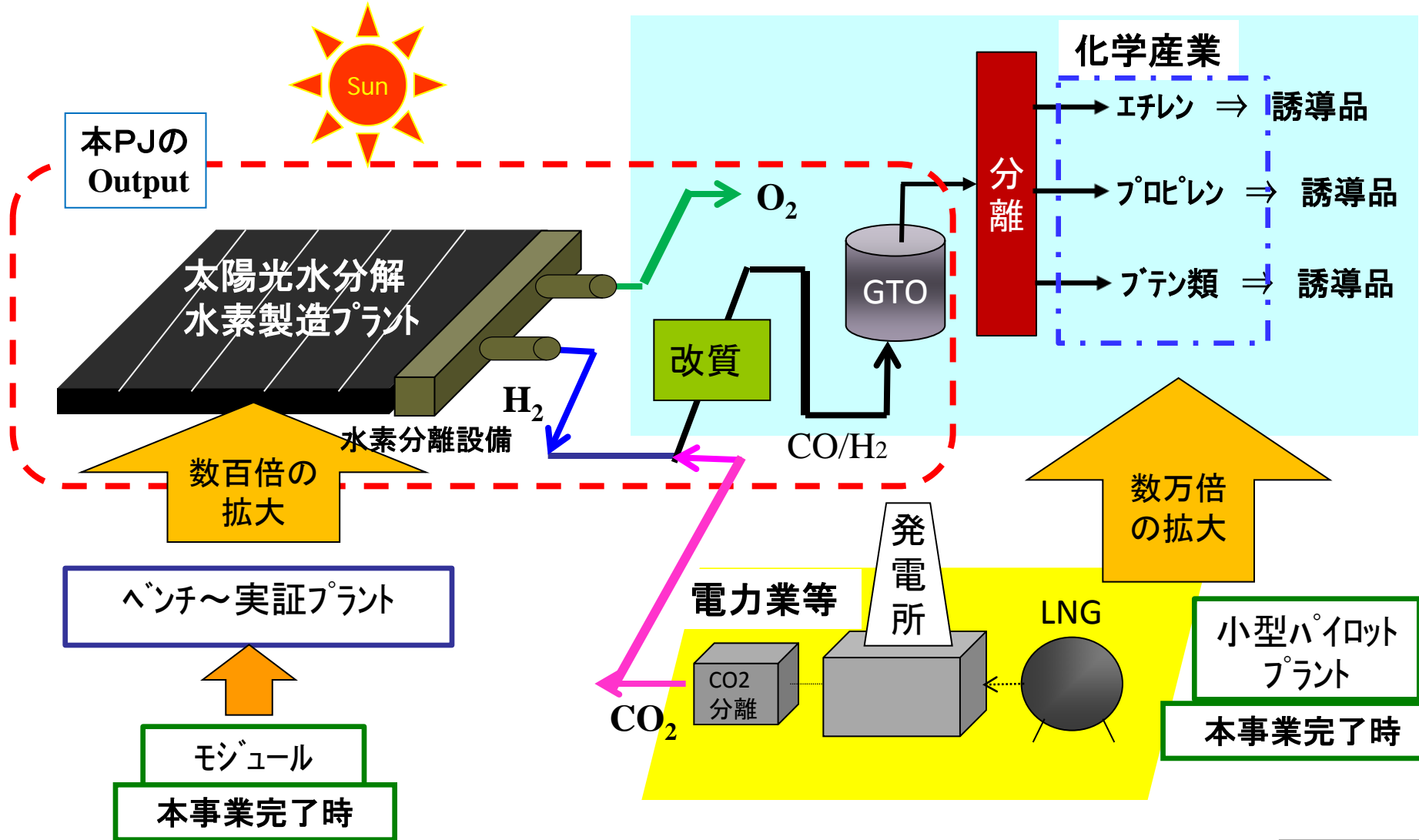
2030

2035



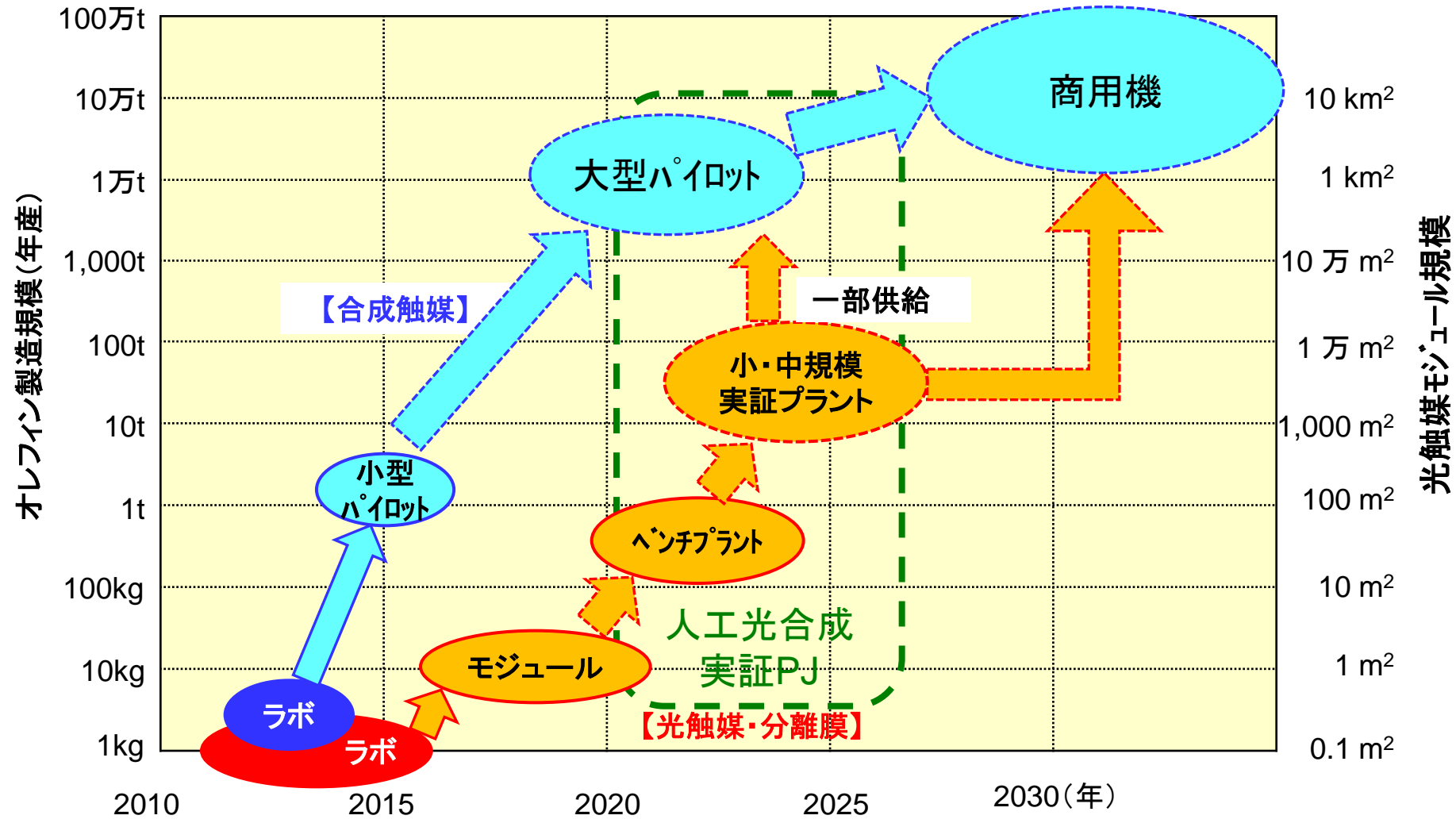
4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて (2) 実用化に向けた具体的取り組み

◆ 本事業完了時と実用化時の姿



4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて (2)実用化に向けた具体的取り組み

◆事業規模と開発スケジュール



◆波及効果

● 製品イメージ等

➤ 小規模水素製造設備への展開

- 水素ステーション、燃料電池への水素供給
- 水素社会へのシフト促進

➤ 省エネ型化学プロセス(分離技術)への展開

- 分離・精製： アルコール濃縮、LNG製造(CH_4/CO_2 分離)等
- 反応分離： メタノール合成等