

革新的なエネルギー技術の 国際共同研究開発事業 研究資金制度プログラムの概要

平成29年12月8日

産業技術環境局総務課国際室

目 次

1. 制度の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省（国）が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 制度の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 事前評価結果

1. 制度の概要 ①

革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業

事業の内容

事業目的・概要

- 2015年11月パリにおいて、国連気候変動枠組条約の「第21回締結国会議（COP21）」が開催され、この中で言及された「2℃目標」の実現にむけて、我が国が地球規模・長期の温暖化対策でしかるべき貢献をしていくためには、革新的エネルギー技術によるイノベーションの創出が不可欠です。
- また、2016年5月北九州において、「G7エネルギー大臣会合」が開催され、革新的なエネルギー技術開発をG7各国の研究機関間の国際共同研究により促進することが共同声明にて合意されました。
- 本事業では、2016年4月に策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略」を基にした技術ターゲットについて、これまで米国と推進してきた国際共同研究をG7各国等に展開することで、戦略的に革新的エネルギー技術開発を促進し、G7エネルギー大臣会合で合意された取り組みを進めてまいります。

成果目標

- 平成27年度から31年度までの5年間で、国際共同研究開発により、我が国の革新的なエネルギー技術の研究開発を加速させることを目指します。平成31年度目標：論文・特許の成果物124件以上

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

革新的技術の国際共同研究開発

日本の強みと相手国の強みを活かした最先端技術の共同開発



各国研究機関間のグローバルな共同研究による技術開発促進

（例）

水素キャリア：日本の触媒技術、米国の反応解析技術により、二酸化炭素の再資源化可能なギ酸を水素キャリアとする技術を開発

次世代パワーエレクトロニクス：日本の単結晶作製技術、ドイツの加熱用最先端レーザー技術により、次世代パワーエレクトロニクス材料の作製技術を開発

効率的に海外から優れた知見・技術を取り込む

- 2050年頃に実用化されるような革新的エネルギー技術を効率的かつ加速的に開発し、技術の迅速な確立・普及を目指す。
- 海外の優れたイノベーションシステム等を取り込む。

1. 制度の概要 ②

概 要	2016年に策定された「エネルギー・環境イノベーション戦略」に掲げられた、2050年頃を見据えた革新的技術分野に対して、G7等先進国の研究機関との国際共同研究開発により海外の優れた知を取り込み、効率的に革新的エネルギー技術の開発を実施する。
実施期間	平成27年度～平成31年度（5年間）
実施形態	国からの直執行
予算総額	17.6億円 (平成27年度:5.9億円 平成28年度:4.2億円 平成29年度:7.5億円)
スキーム	<pre> graph LR A[国] -- 委託 --> B[日本の研究機関] B -- 共同研究 --> C[海外研究機関等] </pre>
実施者	(国研)産業技術総合研究所 (国研)宇宙航空研究開発機構 (公財)地球環境産業技術研究機構 (大)東京大学

実施テーマ一覧

27年度採択テーマ

番号	テーマ名	実施者	米国	他国
1	セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発	RITE	NREL	フランス国立科学研究センター（CNRS）
2	高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発		NREL PNNL	—
3	過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発	産総研 JAXA	LBL SLAC NREL NASA	ドイツ航空宇宙センター（DLR） 欧州委員会共同研究センター（JRC） 欧州宇宙機関（ESA） オランダユトレヒト大学
4	CO ₂ を利用した水素製造・貯蔵技術 -二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム-	産総研	BNL PNNL	ドイツライプニッツ触媒研究所 スイス連邦工科大学
5	系統協調型の分散電源大量導入技術の開発		SNL	オーストリア技術研究所（AIT） 国際エネルギー機関（IEA）
6	太陽光による有用化学品製造		BNL	—
7	単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発		NREL	ドイツブラウンホーファー研究機構 スイス連邦材料試験研究所（EMPA）
8	超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発		USGS、LBL SNL	ドイツ地球科学研究センター（GFZ） イタリア海洋学・実験地球物理学研究所（OGS）
9	EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大		USGS、LBL LLNL、SNL、 PSU	ドイツ地球科学研究センター（GFZ） イタリア海洋学・実験地球物理学研究所（OGS）
10	低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発		ANL BNL	ドイツ航空宇宙センター（DLR） フランスクリスマット研究所

28年度採択テーマ

11	CO ₂ フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術開発	産総研	PNNL ミズーリ大	フランスボルドー大学 オランダデルフト工科大学
12	革新的新構造太陽電池の国際共同研究開発	東京大学	-	フランス国立科学研究センター（CNRS） フランスボルドー大学

(参考) 29年度採択テーマ

番号	テーマ名	実施者	米国	他国
13	様々な有用化学品の低コスト・低炭素型生産を可能にする革新的高汎用性バイオプロセスの開発	RITE	NREL PNNL	—
14	第3世代パワー半導体 β -Ga ₂ O ₃ の高品質化・高性能化技術	産総研	—	ドイツフ라운ホーファー研究機構
15	3DライダーとAIによる風況フルスキャン手法の開発		—	オランダエネルギー研究センター（ECN） ドイツForWind
16	光反応による低消費電力型製造プロセスとグリーンデバイスの開発		ANL テュレーン大学	オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）
17	高効率な水蒸気電解セルの開発と可逆動作可能な固体電解質燃料電池への展開	九州大学	—	ドイツユーリッヒ研究センター（FZJ）

2. 事業アウトカム ①

【短期アウトカム】

○ 本事業ではG7等の先進国と連携し、お互いの強みを活かした研究開発を実施することで、クリーンエネルギー技術等の研究開発スピードを加速する。本事業実施の結果として、終了時に各テーマが目標を達成できれば、平均5年程度の開発年数の短縮が想定される。

事例(セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発)

セルロース系バイオマスに対して世界で最も低コストで効率的な前処理・糖化プロセスとして知られるNRELの技術は、NRELの有する各種リアクターを用いて行った本プロセスに関する膨大な工業化基礎データの蓄積に裏打ちされたものであり、これを単独で再現するには5年以上を要すると考えられる。

その他の共同研究においても1~10年の短縮が想定され、平均5年程度の短縮が想定される。(補足資料に各テーマの想定年数を記載)

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
研究開発期間の短縮年数	5 年 (事業終了時)	—

2. 事業アウトカム ②

【中長期アウトカム】

○ 本事業はG7等の先進国と連携することで、クリーンエネルギー技術等の研究開発スピードを加速し、開発された基礎技術によって、2050年頃のCO2削減に貢献する革新的なエネルギー技術を16件創出する。本事業では既に17件の個別テーマを採択しており、各テーマの技術が実用化されれば目標を達成できる見込みである。

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
革新的なエネルギー技術の創出件数	16件 (2030年度)	—

○ 本事業は2050年ごろのCO2削減に資する革新的な基礎技術の開発を行うことから、長期アウトカムとして、2050年の日本におけるCO2削減量を設定する。日本は2030年度までに2013年度比で26%削減することを目標としている。さらに2050年までに世界全体で半減、先進国全体で80%削減を目指していることから、本事業の各テーマで、それぞれの技術が普及した場合に削減可能な量を、普及率等を仮定して計算した。

目標:2050年 3.0億t-CO2削減

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
2050年の日本のCO2削減量	3.0億t-CO2/年削減 (2050年度)	—

3. 事業アウトプット

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)
複数のテーマを実施していることから事業共通のアウトプットは、査読論文・特許等の成果の積算とする。	22件 (中間評価時)	26件
中間評価時目標値: 平均で1テーマ1件/年を目標として、中間評価時までは1年目10テーマ、2年目12テーマで22件とする。 終了時目標値: 3年目以降、連携国の拡大等、国際共同研究による研究開発の加速効果の発現により研究成果が増加すると推測され、1テーマ2件/年を平均として、124件(10 + 12 + 34 + 34 + 34)とする。	124件 (事業終了時)	—

妥当性

技術開発の加速による成果量の増加については、科学技術・学術政策研究所(NISTEP)が公表している「科学技術指標2016」より日本の研究開発費総額と成果数(論文数+特許出願数)を参考値とし、1億円あたりの成果数を算出したところ、1.8件/億円である。この値を基にすると本事業の予算規模(総額約30億円※)では5年間で54件程度の成果数が推定される。本事業の最終年度目標値である124件は推定される件数を上回っており、十分に研究開発スピードが促進された場合に達成できるものである。

※30年度、31年度予算額は29年度並みとして推計

個別採択案件のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別採択案件	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析(未達成の場合)
①セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発	水素生成酵素2種の発現系の改良・解析(暗発酵) 水素生産関連代謝系1種の改変・解析(光発酵)	水素生成酵素2種の発現系の改良、酵素発現／水素生成の確認(暗発酵) 水素生産関連代謝系2種の改変、水素生産性の向上の確認(光発酵)	—
②高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発	ブタノール収率80%を達成	ブタノール収率81%を達成	—
③過酷温度環境作動リチウムイオン二次電池の開発	室温である25℃のLiイオン電池の容量を10℃において75%維持	10℃において70サイクルの充放電試験後、容量維持率75%	—
④CO ₂ を利用した水素製造・貯蔵技術 -二酸化炭素の再資源化技術によるクリーン水素キャリアシステム-	錯体触媒では、1000時間の耐久性、固体触媒では金属1g 当たり1時間1.2 Nm ³ の水素発生を目標とする。	1300時間の耐久性を示す錯体触媒と金属1gあたりの1時間1.2 Nm ³ の水素発生能性能を示す固体触媒の開発に成功した。	—
⑤系統協調型の分散電源大量導入技術の開発	蓄電池用PCSの制御プロトコルについて米欧3機関と共通する試験内容を実施し、相互運用性を検証する。	国際エネルギー機関のISGANより、日米欧4機関による制御プロトコルの原案(SIRFN Draft Test Protocols for Advanced Battery Energy Storage System Interoperability Functions)を公表し、国際学会で検証結果を報告した。	—

個別採択案件のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別採択案件	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析(未達成の場合)
⑥太陽光による有用化学品製造	有用化学品の生成反応(現状6種類)を旧年度よりさらに2種類以上増やして特許出願し、広くて強い特許群で実用化の可能性を広げる。Faraday効率として平成27年度実績より1割以上高くなる(過酸化水素や次亜臭素酸で>77%、他の反応で>55~60%)反応を増やす。	メキシフラン合成や芳香族アルコールをアルデヒドやケトンに変換する反応などが高いFaraday効率(>90%)で起こることを見いだした。これらの成果および高性能な光電極の新規製造法に関する成果を基に特許を2件出願した。Faraday効率として平成27年度実績より1割以上高くなることを確認した。(過酸化水素や次亜臭素酸で>77%)	—
⑦単結晶化・積層化による太陽電池の高効率化技術の開発	CIGS系単結晶セルの変換効率20%	CIGS系単結晶薄膜による太陽電池の実現、および変換効率10.8%	作製したCIGS単結晶薄膜に結晶欠陥やボイドが多数発生していたことが、変換効率が低くなった原因である。現在までに、高品質結晶成長に有利な手法で結晶欠陥やボイドの少ない単結晶CIGS薄膜の作製が可能となった。今後は界面不活性化技術として、多結晶CIGSで既に効果が証明されているアルカリ金属(Na)添加技術を、欠陥のないCIGS単結晶薄膜に応用することで、28年度の目標達成が可能であると考えている。Na添加装置はすでに導入済みであり、この実証を12月末までに行う。また、裏面障壁構造であるCuAlSe層を12月に導入し、さらにドーピング技術の確立により高濃度p型層およびn型層を導入することにより、29年度目標である変換効率22%を年度内に達成する。
⑧超臨界地熱資源による革新的発電のための坑内機器基礎技術・素材の開発	・ 高温地熱井を模擬したオートクレーブ装置を設計・製作し、運用を開始する。(坑井直径150mm, 長さ200mm程度, 最大温度350℃, 最大圧力60MPa, 酸性水(pH3以上)) ・ 既存シール材, ケース素材, 回路素子, センサ等の情報収集および評価を行い, 最大温度350℃, 最大圧力60MPaで使用可能な圧力容器, センシングシステム等の開発方針を策定する。	・ 最大温度350℃, 最大圧力60MPaの試験装置を実現した。 ・ 高温地熱井用の材料について情報収集および評価を行い, 最大温度350℃, 最大圧力60MPaで使用可能な圧力容器, センシングシステム等の設計を行った。	—

個別採択案件のアウトプット指標・目標値及び達成状況

個別採択案件	アウトプット指標・目標値	達成状況(実績値・達成度)	原因分析(未達成の場合)
⑨EGS 設計技術による地熱発電可能地域の飛躍的拡大	・ 亀裂せん断滑り室内実験装置(～180℃, 40MPa)を完成させる ・ 亀裂せん断滑りと透水性の関連を定式化し、シミュレータへ組込む	* 亀裂せん断滑り室内実験装置(～180℃, 40MPa)を完成させた。 * 亀裂せん断滑りと透水性の関連を定式化し、シミュレータへ組込んだ。	—
⑩低毒性・超高効率熱電変換デバイスの開発	熱電変換デバイスの変換効率を12%まで向上させる。	高温が712 K、低温が301 Kのときに12.2%を達成(目標達成)。	—
⑪CO ₂ フリー水素社会を見据えた高効率・安価な水素貯蔵・利用技術開発	高品質な水素吸蔵合金の創製条件の探索および触媒添加に伴う低温での反応性違いの評価を行い、ナノ構造制御および低温活性向上のための技術確立の指針となる知見を得る。 中温燃料電池電極材料として水素吸蔵合金を検討するに当たり材料探索のベンチマークとなるMg電極を用いた電極性能データを取得する。電極性能と水素吸蔵合金の物性との相関から、水素吸蔵合金による高性能電極開発の指針となる知見を得る。	11月の事業開始より、新規水素吸蔵合金としてMg-Mn系、Mg-Y-X系およびMg-Gd-X系等のMg系材料を試作し、目標としていたナノメートルサイズの特異な組織を一部の材料系で得た。 また、燃料電池電極をMg水素化物として試作したが、電極特性評価の結果Pd電極に比べてMg電極の電極特性は低かった。	—
⑫革新的新構造太陽電池の国際共同研究開発	多接合太陽電池のトップセル設計	3接合太陽電池を想定し、トップセル用材料の最適なバンドギャップは、1.5～1.9 eVであることを明らかにした。さらに、電流整合条件を満たし高効率を実現するための多接合セルを設計し、非集光下で46%、1000倍集光下で57%の変換効率が可能であることを示した。	—

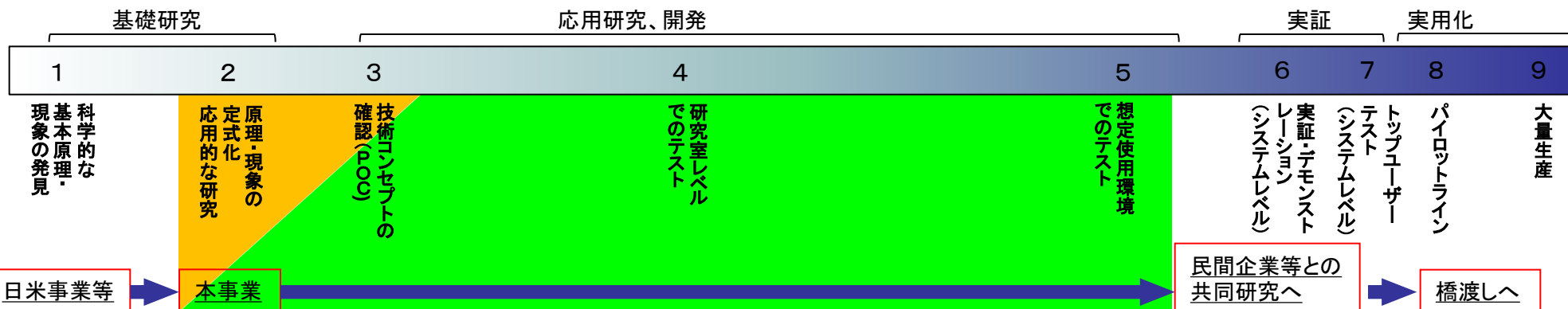
4. 当省(国)が実施することの必要性

本事業は、30年以上先の中長期的な革新的技術創出を目的としており、技術的難易度や研究開発の継続性の観点から、民間企業では取り組みが困難なものである。また、コスト面、利便性の面で化石燃料に劣るクリーンエネルギー等の基礎的な技術を対象としており、民間企業では自発的に開発が進まない分野である。

さらに、国際的な共同研究開発の推進により、海外の優れたイノベーションシステムや仕組み等の知見を取り込み、活用することで、我が国のイノベーションシステムの向上に資する。

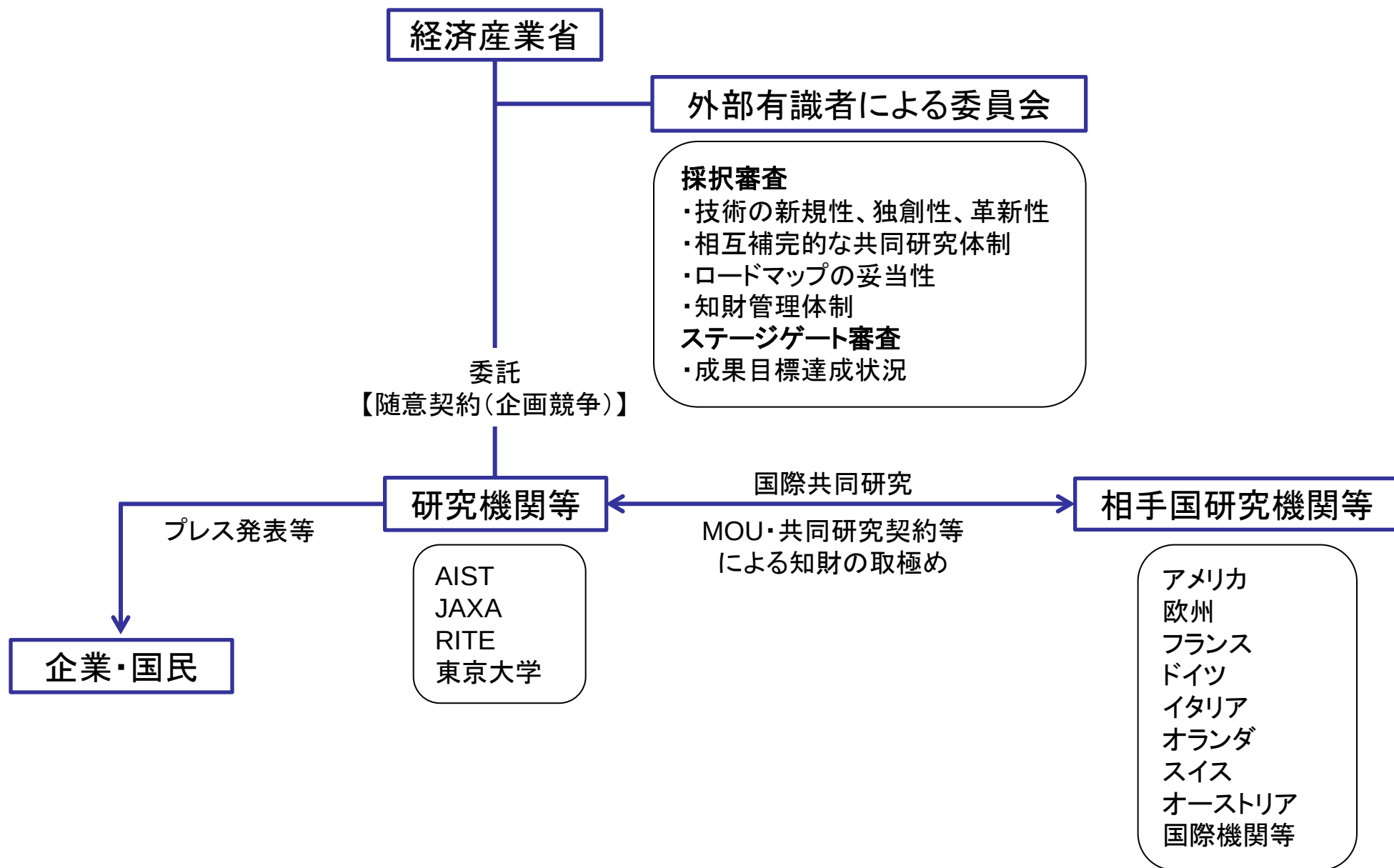
以上の理由から、本事業は国として行うべき事業である。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(抜粋)

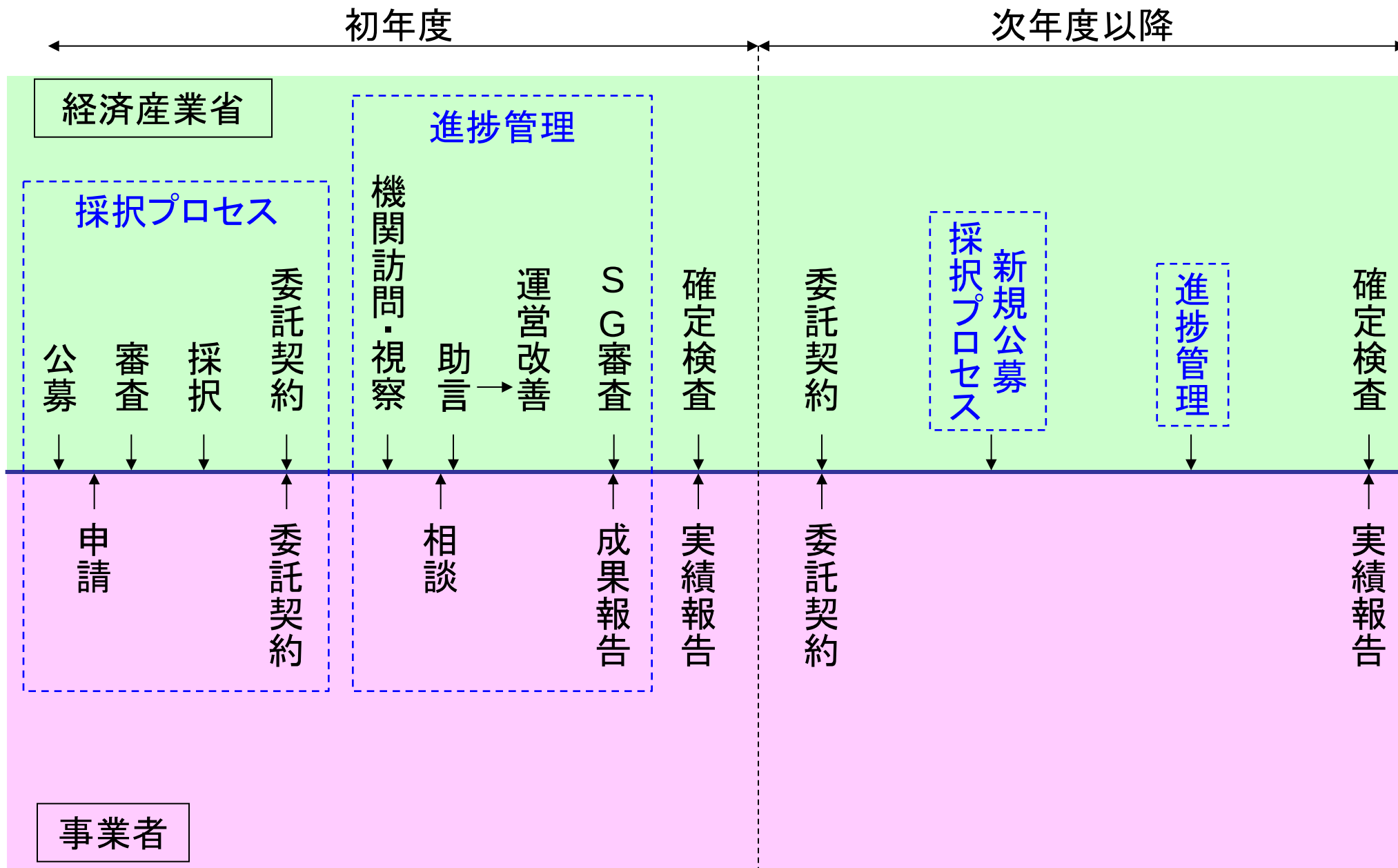


テーマ	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度～	2030年度～ 2050年度
革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業	・研究テーマ毎に検証可能な指標による目標を設定する ・1年毎にステージゲートを設けて、評価結果を基に見直しを行う。 個別要素の研究開発					・民間企業等との共同研究 ・開発 ・実証	・技術の実用化、普及によりCO ₂ 排出量削減につなげる
①セルロース系バイオマスからの高効率バイオ水素生産プロセスの研究開発	・水素生成酵素発現系の構築・解析(暗発酵) ・水素生産関連代謝系の解析(光発酵)	・水素生成酵素発現系の改良(暗発酵) ・水素生産関連代謝系の改変・解析(光発酵)	・水素収率向上のための代謝改変 ・水素収率グルコース1モルから2モル以上(暗発酵)、酢酸からの理論収率の20%(光発酵)	・高機能水素生成酵素の創製(暗発酵) ・水素生成酵素発現系の構築・解析(光発酵)	・水素収率向上のための代謝改変 ・水素収率グルコース1モルから3.5モル(暗発酵)、酢酸からの理論収率の30%(光発酵) ・最適な前処理・糖化条件の決定	・水素収率の向上(バイオマス由来糖類からの理論水素収率の75%)・プロセスモデル/ビジネスモデルに基づいた生産性/持続性の向上(30円/Nm ³)	・実証試験(バイオマス原料、リアクターの仕様、生産規模等の検討)を経て実用化
②高炭素収率を特徴とするセルロース系バイオマスからのバイオ燃料ブタノールの製造に関する研究開発	ブタノール生産基本株の開発、ブタノール耐性株の創製、回収膜選択と特定比較	ブタノール収率80%を達成する技術を開発 【中間時目標】 ブタノール収率81%を達成	ブタノール生産速度2.0 g/L/hへ向上する技術を開発	ブタノール収率85%を達成する技術を開発	ブタノール収率92%および生産速度3 g/L/hを達成する技術見通しを立てる	民間企業との共同研究開発、トータルプロセス検証、ベンチプラントによる実証試験	バイオ燃料ブタノールの実用化

6. 制度の実施・マネジメント体制等 ①



6. 制度の実施・マネジメント体制等 ②



6. 制度の実施・マネジメント体制等 ③

海外研究機関との知財の取扱いおよび協力関係について

海外研究機関との知財の取扱いは、各機関において共同研究契約を結び、個別に規定することを基本としている。また、共同研究契約が未締結の場合は知財の発生しない範囲で協力を行うこととしている。

米国連邦政府の研究機関と共同研究契約を結ぶ場合、CRADA (Cooperative Research and Development Agreement) を結ぶことになるが、CRADAには、「研究成果を活用した製品が米国内で相当程度生産されなければならない」ことが規定されている。CRADAには、米国の介入権は規定されているが、日本国の介入権については規定されていないため、本事業で共有特許が創成された場合に、共有特許を経済産業省が利用できなくなる可能性がある。

このため、知的財産権が発生する場合には、2015年に締結された、日米科学技術協力協定に基づく「エネルギー関連分野の研究開発協力における実施取極(IA)」を活用し、IAで規定されている「実施計画書(PA)」において知的財産権の取り扱いを定めるか、各機関において相手国機関と直接交渉し、知的財産権が一方的に相手国機関に帰属することがないように、取り決める。

7. 費用対効果

本事業

研究開発費総額【投入予定】 29.6億円 (5.9+4.2+7.5+6.0+6.0)

想定される事業アウトプット(論文数+特許出願数) 124件

1億円あたりの成果数 $124 \div 29.6 = \underline{4.2 \text{ 件/億円}}$

本事業のアウトプットに対する費用対効果は、下記の日本全体の費用対効果に比べて高い数値である。

『科学技術指標2016』より日本全体の費用対効果を算出

日本の研究開発費総額 189,713億円(2014年)

日本の論文数 76,916件(2014年)

日本の居住者による特許出願数 265,959件(2014年)

成果数(論文数+特許出願数) 342,875件

1億円あたりの成果数 $342,875 \div 189,713 = \underline{1.8 \text{ 件/億円}}$

8. 事前評価の結果

＜アウトカムに至るまでの戦略について＞

○採択審査は技術的な面だけでなく、相手国との知財の取扱いについての確認項目を盛りこみ、経済産業省がチェックを行う等、本制度の趣旨に沿った事業展開が出来るように検討すること。

対処方針

○共同研究における知財の取扱いは重要であり、御指摘を踏まえ実施機関の知財管理体制等を採択審査等でチェックを行う等、技術流出防止に十分に留意しつつ事業を適切に執行してまいりたい。