

日米等エネルギー技術開発協力事業
(終了時評価)
事業成果 (詳細版)

平成28年3月1日

経済産業省 産業技術環境局 産業技術政策課 国際室

国際標準課

目次

I. はじめに	1
I-1. 日米クリーン・エネルギー技術協力について	1
I-2. 上位施策	5
I-3. 事業の概要	5
II. 日米クリーン・エネルギー技術協力事業、クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発	8
0. 各事業の概要	8
0-1. 日米クリーン・エネルギー技術協力事業の概要	8
(1) 事業の目的(概要)	8
(2) 事業内容	8
(3) 事業の実施体制	9
(4) 事業実施期間及びこれまでの予算状況	10
0-2. クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発	10
(1) 事業の目的(概要)	10
(2) 事業内容	10
(3) 事業の実施体制	12
(4) 事業実施期間及びこれまでの予算状況	12
1. 事業アウトカム	15
1-1. 事業アウトカム	15
1-2. 事業アウトカム指標及び目標値	16
2. 制度内容及び事業アウトプット	17
2-1. 事業アウトプット指標及び目標値	18
2-2. 事業アウトプットの達成状況	21
(1) 目標値達成度	21
(2) 論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作	34
3. 経済産業省(国)が実施することの必要性	35
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	37
4-1. 作成(必要に応じて改定)状況と検討項目	38
(1) 知財管理の取扱い	38
(2) 実証や国際標準化	39
(3) 性能や安全性基準の策定	39
(4) 規制緩和等を含む実用化に向けた取組	40
(5) 成果のユーザー	40

4-2. 事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込み	40
5. 制度の実施・マネジメント体制等	42
5-1. 制度の実施・マネジメント体制	42
(1) 個々の運営体制・組織	44
(2) 個々のテーマの採択プロセス	50
(3) 事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)	51
(4) 制度を利用する対象者	52
(5) 個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み	52
(6) 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組	52
(7) 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動	53
(8) 資金配分	54
(9) 社会経済情勢等周囲の状況変化への対応	54
5-2. 知財の取扱についての戦略及びルールを検討・具体化	55
5-3. 事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等	56
6. 費用対効果	59
(1) 事業アウトプットの費用対効果	61
(2) 事業アウトカムの費用対効果	61
7. その他、事業の問題点及びそれに対する改善策等	64
 Ⅲ. 日米先端計測技術研究協力事業	65
0. 日米先端計測技術研究協力事業の概要	65
0-1. 事業の目的(概要)	65
0-2. 事業内容	65
0-3. 事業の実施体制	66
0-4. 事業実施期間及びこれまでの予算状況	67
1. 事業アウトカム	68
1-1. 事業アウトカム	68
1-2. 事業アウトカム指標及び目標値	68
2. 制度内容及び事業アウトプット	69
2-1. 事業アウトプット指標及び目標値	69
2-2. 事業アウトプットの達成状況	70
(1) 目標値達成度	70
(2) 論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの作成	73
3. 経済産業省(国)が実施することの必要性	74
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	76
4-1. 作成(必要に応じて改定)状況と検討項目	79

4-2. 事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込み	80
5. 制度の実施・マネジメント体制等	85
5-1. 制度の実施・マネジメント体制	85
(1) 個々の運営体制・組織	89
(2) 個々のテーマの採択プロセス	94
(3) 事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)	95
(4) 制度を利用する対象者	98
(5) 個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み	98
(6) 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組	99
(7) 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動	99
(8) 資金配分	99
(9) 社会経済情勢等周囲の状況変化への対応	100
5-2. 知財の取扱についての戦略及びルールを検討・具体化	101
5-3. 事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等	101
6. 費用対効果	104
(1) 事業アウトプットの費用対効果	104
(2) 事業アウトカムの費用対効果	105
7. その他、事業の問題点及びそれに対する改善策等	108

I. はじめに

I-1 日米クリーン・エネルギー技術協力について

2009 年 11 月 13 日(金)に行われた鳩山総理大臣とオバマ米大統領による日米首脳会談において、日米クリーン・エネルギー技術協力に関する合意がなされた。

1. 鳩山総理大臣とオバマ米大統領は、日米首脳会談において、世界的なエネルギー安全保障及び気候変動という課題への解決策を提供するため、技術研究開発分野における既に強固な協力的取組を一層拡大するという日米両国の意思を確認した。そして協力を強化する当面の共同取組分野に関するファクトシートを発表した。
2. 経済産業省と米国エネルギー省は、クリーン・エネルギー技術に関する共同研究を加速することで合意した。そして両首脳が発表したファクトシートに基づき、重点的に共同研究を行う分野を特定し、「クリーン・エネルギー技術アクションプラン」としてまとめた。
3. 経済産業省と米エネルギー省は、このアクションプランに基づく活動をモニターし、新しい研究プロジェクトをアクションプランに加える。双方はこの協力を、それぞれの国が個別に活動して達成できることより多くのことを、分担し、それゆえより低コストで、かつより迅速なペースでなし遂げることにより、必要とされる科学を進歩させる機会としてとらえている。クリーン・エネルギー研究に関するこのように強化された協力を通して、クリーンかつ供給の安定した世界のエネルギーの未来に向かって、共同して進歩を加速することができると考えている。

ファクトシート

日米クリーン・エネルギー技術協力(仮訳)

2009 年 11 月

鳩山内閣総理大臣とオバマ大統領は 2009 年 11 月 13 日に東京において会談した。両首脳は、エネルギー研究開発における世界の二大投資国として、世界的なエネルギー安全保障及び気候変動という課題への解決策を提供するため、技術研究開発分野における既に強固な協力的取組を一層拡大するという日米両国の意思を確認した。両首脳は、協力を強化する当面の共同取組分野として以下を発表した。

・研究開発協力、情報・知見の交換及び研究者の交流、ワークショップ及び会議、並びに標準化研究における協働を通じた、日米国立研究所間の共同活動の加速

・沖縄とハワイにおいて、エネルギー面の自立を可能にするためにそれぞれ進められている、マイクログリッド実証を含むクリーンエネルギープロジェクトの成果を評価し、これらの島嶼が互いに経験及び知見を共有することを支援する活動を展開するタスクフォースの設置

・スマートグリッド分野における、実証プロジェクトからの情報及び経験の共有並びに標準の開発を通じた協力の深化

・二酸化炭素回収・貯蔵技術に関する、起こり得るリスクを予測し緩和するためのモデル作成、試験及びデータ共有、並びに、新たな回収手法、シミュレーション手段及びモニタリング手法の開発を含む協力

・原子力エネルギーについて、核不拡散、安全及び核セキュリティを確保する方法による原子力平和利用の世界的な普及に両国が重要な役割を担うことを認識しつつ進められる、先進的核燃料サイクル技術、既存施設の効果的利用及び耐震安全性向上技術などを含む連携の強化

・**基礎研究、再生可能エネルギー、省エネルギービル及び次世代自動車を含む追加的な分野における研究開発及び展開面での協力的取組の拡大**

・エネルギーと気候に関する主要経済国フォーラム(MEF)、国際エネルギー機関(IEA)、クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ(APP)、国際省エネルギー協力パートナーシップ(IPEEC)、国際再生可能エネルギー機関(IRENA)、なかんずく、2010年に日本が、2011年に米国がそれぞれ議長を務めるアジア太平洋経済協力(APEC)を含む、多数国間の枠組みにおけるエネルギー問題及び共同プロジェクトの形成に関する緊密な協力

日本－米国クリーンエネルギー技術アクションプラン(仮訳)

日本国経済産業省および米国エネルギー省

2009年11月

日本－米国クリーンエネルギー技術アクションプラン

日本およびアメリカ合衆国は、世界的な低炭素経済、持続可能かつ供給の安定したエネルギーの未来を実現することの重要性および緊急性を認識し、クリーンエネルギー技術に関する共同研究を加速することで合意した。今回のアクションプランは、新しい科学的、劇的なブレークスルーとその結果としての革新的(transformative)技術が、これら共通の目標を達成するために必要になるとの認識により始められたものである。

日本およびアメリカ合衆国は、共に、強力かつ多様な科学技術力を有している。2009年初めより、両国はそれぞれの研究所に科学分野の専門家を何度か派遣してきた。その結果、日本の経済産業省(METI)傘下の産業技術総合研究所(AIST)と、エネルギー省(DOE)の5つの国立研究所(NREL, SNL, LANL, LLNL, LBNL)は2009年5月に研究協力覚書を締結した。日本およびアメリカ合衆国は、上記の覚書に加え、今後締結されるその他の覚書、並びに追加的な協力の仕組みを通して、双方にとって利益のあるエネルギー科学技術プロジェクトを形成することを奨励する。

経済産業省とエネルギー省は、このアクションプランに基づく活動をモニターし、新しい研究プロジェクトを本アクションプランに加える。双方はこの協力を、それぞれの国が個別に活動するよりも、より多くのことを、分担し、それゆえより低コストで、かつより迅速なペースで進めていくことにより、必要とされる科学を進歩させる機会としてとらえる。このようなクリーンエネルギー研究に関する協力の強化を通して、我々はクリーンかつ供給の安定した世界のエネルギーの未来に向かって、共同して進歩を加速することができる。

基礎科学

下記の研究プロジェクト等の基礎研究1は、構造と特性の関連、反応メカニズムの解明などの材料に関する基礎的な理解、および新材料の開発に貢献し得る。さらに、両国は次世代における相当量のCO₂削減に貢献する基礎的な研究要素に関する共同研究の機会を追求する。

- ・人工光合成：これまで観測された光合成の最大効率を上回る水素製造
- ・CO₂固定。具体的には、

- ・水素発生を CO₂ 捕獲と組み合わせ、CO₂ を燃料または燃料中間体に還元する研究
- ・電荷分離や自己修復機能材料の操作や理解のための材料や新規化学構造の創成に関する研究
- ・大面積製膜のための低コスト合成法の開発
- ・材料探索のための高速度合成およびスクリーニング手法の開発
- ・太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池： 耐久性を向上させるための新規色素、非貴金属の金属色素および新規配位子の組合せを見出すための共同研究
- ・ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス： ハイブリッドキャパシタ、電気化学反応器、熱電変換素子のような、ナノ構造材料を用いた新たなエネルギー貯蔵または変換デバイス、および高吸熱性の熱化学エネルギー変換器の開発のための共同研究
- ・水素吸蔵材料： 水素吸蔵材料の効率および安全性を向上させるための共同研究例として、水素吸蔵および放出メカニズムの基礎的な理解の発展
- ・燃料電池： 大容量および高耐久性を有する次世代の燃料電池用材料開発のための共同研究例として、先端材料解析技術やシミュレーションを用いた電極または電解質材料の特性および構造の基礎的な理解の発展
- ・エネルギー関連材料の計算科学： 自己組織化構造の大規模分子動力学シミュレーションを通じたエネルギー材料の設計および分析のための共同研究可能性のある例として、安定な脂質二重層膜構造のバイオセンサーや超高効率の量子ドット太陽電池

1 エネルギー省科学室 (Office of Science、以下 OS と略) は、提出された提案書のピアレビューを伴う競争的プロセスに基づいて基礎研究に資金提供している。この分野のプロジェクトに興味を持つ研究者は特定の基礎的な課題がそのプログラムの関心事項であるかどうかを知るため、OS にコンタクトしてもよい。もし、双方に利益があれば、OS は審査用の正式提案の提出を勧める可能性がある。もし、選ばれた場合、OS は米国側のプロジェクトに研究資金を提供する。

二酸化炭素回収・貯留

<省略>

省エネルギーおよびスマートグリッド技術

<省略>

その他の再生可能エネルギー技術

経済産業省およびエネルギー省は、太陽光、風力およびバイオマスを含むその他の再生可能エネルギー技術に関する協力のためのアイデアを生み出すためのチームを組織する。双方によって形成、承認されたアイデアはアクションプランに追加される。可能性のある活動は下記の項目を含む。

- ・集光型太陽電池 (CPV) システム (一基は日本製、もう一基は米国製) について、日本に設置された (曇りの環境下の) システムと、米国に設置された (晴天の場所の) 同様なシステムを比較する実証
- ・先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発

原子力

<省略>

4. 茂木経済産業大臣は2013年7月24日ワシントンD.C.にてモニーツ米国エネルギー長官と会談を行い、引き続き、エネルギー協力を強化していく意図を表明するとともに、二国間の主要なエネルギー問題について議論を行い、共同声明を発出した。

共同声明(仮訳)

2013年7月24日

茂木日本国経済産業大臣とアーネスト・モニーツ米国エネルギー長官は、2013年7月24日、ワシントンD.C.にて会談した。双方は、経済産業省と米国エネルギー省が、両国のエネルギー協力、特にエネルギー安全保障に関する問題、民生用原子力やクリーンエネルギー技術の研究開発の分野において、中心的な役割を担ってきたことを確認した。双方は、経済産業省と米国エネルギー省が引き続き協力を強化していく意図を表明するとともに、以下の事項について議論を行った。

日米民生用原子力協力

<省略>

クリーンエネルギー技術

双方は、「日米クリーンエネルギー政策対話」の下で、二国間協力が進展していることを認識し、2013年12月に米国が主催する次回対話への期待を表明した。

双方は、2012年12月に東京で開催された「第一回日米再生可能エネルギー等官民ラウンドテーブル」の成功を歓迎し、クリーンエネルギー分野における日米ビジネス界同士の情報共有、ネットワーキング、パートナーシップの推進を継続していく意思を共有した。米国エネルギー省及び商務省は、次回のラウンドテーブルを2013年12月に米国にて、日米クリーンエネルギー政策対話に合わせて主催する。

双方は、「沖縄ハワイ・クリーンエネルギー協力」の枠組みの下、ハワイ州にてNEDOによるスマートグリッド実証事業が今年末までに開始される予定であることを歓迎した。

モニーツ長官は、東北グリーンコミュニティアライアンスの下で、災害時における復旧、耐性や低炭素の特徴を有するマイクログリッドの共同実証事業の可能性を引き続き環境省と検討することを言及した。

双方は、革新的な技術の重要性を認識し、日本の産業技術総合研究所と米国エネルギー省傘下の国立研究所の間で実施している、水素製造・燃料電池をはじめとした現行の研究開発協力の成果を歓迎した。双方は、太陽光発電や地熱発電といった分野での互恵的な研究開発協力を追加的に推進していくこと、また、産業技術総合研究所の下、間もなく開所される福島再生可能エネルギー研究所と米国国立研究所の間の協力を進めていくことに関心を表明した。また、双方は、既存の協分野であるクリーンコール(CCT)や、二酸化炭素回収・貯留(CCS)の協力を継続していく意図を表明した。

天然ガス

<省略>

国際協力

<省略>

I-2 上位施策

平成 22 年度に開始した日米エネルギー環境技術開発・標準化協力事業は、表 I-1 に示すように、当初施策「技術革新の促進・環境整備」の事業の一つとして実施されたが、平成 23 年度以降は施策「経済成長」、「イノベーション」として編成し直されている。

平成 22 年から平成 25 年度に実施した日米エネルギー環境技術開発・標準化協力事業の後に実施された平成 26 年度日米等エネルギー技術開発協力事業の上位施策名は「新エネルギー・省エネルギー」であった。

表 I-1 上位の施策

年度	政策・施策名
平成 22 年度	政策名 01 経済産業政策施策名 02 技術革新の促進・環境整備 (制度名: 日米クリーン・エネルギー技術協力事業)
平成 23 年度	政策軸 1. 経済成長
平成 24 年度	施策名 1. 経済成長
平成 25 年度	政策名 1. 経済産業、施策名 1-3. イノベーション
平成 26 年度	政策名 5. エネルギー・環境、施策名 5-2. 新エネルギー・省エネルギー(制度プログラム名: 日米等エネルギー技術開発協力事業)

I-3 事業の概要

・制度(事業)の目的及び概要

日米首脳合意に基づき、経済産業省と米国エネルギー省が策定した「日米クリーン・エネルギー技術アクションプラン」のうち、基礎科学及び再生可能エネルギー技術分野において、効率的な研究施設の相互利用、研究情報の交換等を通じた共同研究プロジェクトを実施する(日米クリーン・エネルギー技術協力事業)。

また、標準化が必要な分野においては、日米のそれぞれの強みを活かしつつ、標準化を目指す共同研究を実施し、優れた技術の標準化及びその技術の普及を図る(日米先端技術標準化研究協力事業)。

・達成目標及び達成期限

地球温暖化対策に資するエネルギー環境技術分野において、世界トップレベルの日米研究機関間の共同研究・標準化協力を実施し、先端クリーン・エネルギー技術の迅速な確立・普及を推進することで、2030 年に 220 万 t の CO₂ 排出量を削減することを目標とする。

・制度(事業)の重要性

現在、人類が直面している資源制約、地球温暖化問題解決のためには、革新的な技術の研究開発が必要不可欠であり、当該技術の早期確立のためには、我が国だけでなく世界トップレベルの技術を持つ米国との協力が必要。

このため、エネルギー安全保障と地球環境問題の一体的解決のため、エネルギー環境技術分野において世界トップレベルの日米研究機関間の国際共同研究・標準化協力を支援することにより、日米間におけるエネルギー環境分野の技術の迅速な確立・普及を推進する。

・実施体制(図 I-1)

研究開発主体は公募により決定。

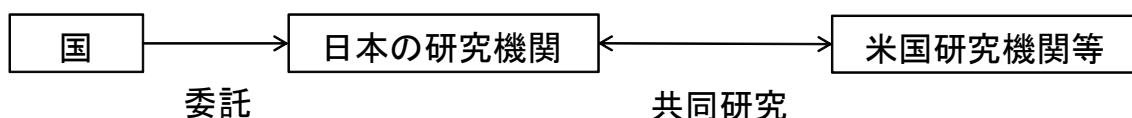


図 I-1 実施体制

・社会情勢・技術の変化

平成 21 年 11 月に鳩山首相(当時)とオバマ大統領は、世界的なエネルギー安全保障と気候変動という課題に解決策を見いだすため、国立研究所間協力、標準化研究における協働などを強化することに合意した「日米クリーン・エネルギー技術協力」を発表。これを受け、当省と米国エネルギー省との間で具体的なプロジェクトをまとめた「日米クリーン・エネルギー技術アクションプラン」を定め、両国の主要国立研究所等と緊密な連携の下、お互いの強みを生かして相互補完的に協力し研究開発を進めることとなった。

茂木日本国経済産業大臣とアーネスト・モニーツ米国エネルギー長官は、2013 年 7 月 24 日、ワシントン D.C にて会談した。双方は、革新的な技術の重要性を認識し、日本の産業技術総合研究所と米国エネルギー省傘下の国立研究所の間で実施している、水素製造・燃料電池をはじめとした現行の研究開発協力の成果を歓迎した。双方は、太陽光発電や地熱発電といった分野での互恵的な研究開発協力を追加的に推進していくこと、また、産業技術総合研究所の下、間もなく開所される福島再生可能エネルギー研究所と米国国立研究所の間の協力を進めていくことに関心を表明した。

・国民との科学・技術対話推進への対応

本事業による研究開発の成果は、国内外での学会発表、論文投稿などで公表している。革新的な科学技術として顕著な成果については、プレス発表を行うことで広く国民へと発信するとともに、一部成果は新聞紙上に取り上げられるなど、国民に広く認知されるに至っている。

Ⅱ. 日米クリーン・エネルギー技術協力、クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発

0. 各研究等の概要

0-1. 日米クリーン・エネルギー技術協力の概要

(1) 事業の目的(概要)

世界的な課題である地球温暖化への対策として、エネルギー環境技術の開発と普及が急務となっている。平成 21 年 11 月に経済産業省と米国エネルギー省は、世界的な低炭素経済、持続可能かつ供給の安定したエネルギーの未来を実現することの重要性及び緊急性を認識し、クリーン・エネルギー技術に関する共同研究を加速することで合意した。これを踏まえ、経済産業省は、クリーン・エネルギー技術分野において世界トップレベルの日米両国の研究機関間の国際共同研究・標準化協力を実施することで、低炭素社会の早期実現を目指していく。

具体的には優れたクリーン・エネルギー技術を持つ我が国研究機関と米国研究機関との密接な連携の下で、これら技術開発のための国際共同研究プロジェクトを実施し、日米間におけるクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進する。

(2) 事業内容

本事業では、平成 21 年 11 月に経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプランに記載されている5分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象とし、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等と共同研究開発を実施する。

上記2分野に含まれる研究項目(計8項目)のうち、別途既に実施している下記研究は対象外とする。

・「基礎科学」分野:水素吸蔵材料の共同研究開発であって水素吸蔵・放出メカニズムの基礎的な理解の発展を図るもの

・「その他の再生可能エネルギー技術」分野:集光型太陽電池(CPV)システムの比較・実証(気象環境が異なる日米それぞれにシステムを設置した比較)

また、研究項目に当てはまらない「その他」に分類される研究テーマも対象とする。

具体的な募集分野と研究項目は下記のとおり。

1)「基礎科学」分野の共同研究

①人工光合成	これまで観測された光合成の最大効率を上回る水素製造・CO ₂ 固定を目指す共同研究。例えば、水素発生を CO ₂ 捕獲と組み合わせ、CO ₂ を燃料または燃料中間体に還元する研究、電荷分離や自己修復機能材料の操作や理解のための材料や新規化学構造の創成に関する研究、大面積製膜のための低コスト合成法の開発、材料探索のための高速度合成およびスクリーニング手法の開発など。
②太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池	色素増感太陽電池の性能を向上させるための共同研究。 例えば、耐久性を向上させるための新規色素、非貴金属の金属色素および新規配位子の組合せを見出すための共同研究など。
③ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス	ナノ構造材料を用いた新たなエネルギー貯蔵または変換デバイスの開発のための共同研究。例えば、ナノ構造材料を電極に用いたキャパシタおよび電気化学反応器や、ナノ構造材料を用いた熱電変換素子の開発、および高吸熱性の熱化学エネルギー変換器の開発のための共同研究など。
④燃料電池	大容量および高耐久性を有する次世代の燃料電池用材料開発のための共同研究。 例えば、先端材料解析技術やシミュレーションにより、電極または電解質材料の特性および構造の基礎的な理解を深め、次世代燃料電池の容量および耐久性の向上を目指す共同研究など。
⑤エネルギー関連材料の計算科学	自己組織化構造の大規模分子動力学シミュレーションを通じたエネルギー材料の設計および分析のための共同研究。例えば、安定的な脂質二重構造のバイオセンサーや超高効率の量子ドット太陽電池の構造予測のためのシミュレーション技術に関する共同研究など。
⑥その他	上記項目の他、次世代における相当量の CO ₂ 削減に貢献すると考えられる基礎的な研究要素を含む共同研究。

2)「その他の再生可能エネルギー技術」分野の共同研究

①先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発	例えば、セルロース系バイオマスからのバイオ燃料または素材の製造に関する共同研究開発、生物化学的変換及び熱化学的変換を融合したバイオ燃料製造プロセスの共同研究開発、バイオ燃料等の燃焼機構の解明に関する共同研究など。
②その他	上記項目の他、太陽光、風力およびバイオマスを含むその他の再生可能エネルギー技術に関する共同研究。

(3)事業の実施体制

独立行政法人産業技術総合研究所(以下、「産総研」とする)が実施者となり、米国エネルギー省傘下の国立研究所等と連携して研究開発を推進している。

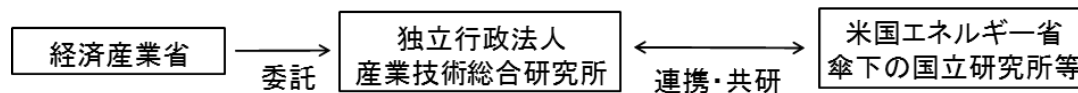


図 II-0-1 事業の実施体制

(4) 事業実施期間及び予算状況

事業実施期間は、平成 22 年度から平成 26 年度の5年間である。

個別採択課題を表 II-0-1 に、予算状況を表 II-0-3 にまとめた。

0-2. クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発

平成25年度「日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米等エネルギー環境技術研究協力）」に係る企画競争募集要領では、以下のように示している（抜粋）。

(1) 事業の目的（概要）

世界的な課題である地球温暖化への対策として、エネルギー環境技術の開発と普及が急務となっている。経済産業省では、平成 21 年 11 月に米国エネルギー省と、世界的な低炭素経済、持続可能かつ供給の安定したエネルギーの未来を実現することの重要性及び緊急性を認識し、クリーン・エネルギー技術に関する共同研究を加速することで合意した。

これを踏まえ、現在、クリーン・エネルギー技術分野において世界トップレベルの日米両国の研究機関間の国際共同研究を実施しているところだが、平成 25 年度よりこの取り組みを更に加速すべく新たな国際共同研究プロジェクトを実施することにした。

本事業は、優れたクリーン・エネルギー技術を持つ我が国研究機関と米国などの企業・大学・研究機関等との密接な連携の下で、これら技術開発のための国際共同研究プロジェクトを実施することで、先進的なクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進することを目的としている。

(2) 事業内容

本事業では、平成 21 年 11 月に経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプラン^{※1}に記載されている5分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象（一部除く）とし、米国などの企業・大学・研究機関等との共同研究開発を実施する。

具体的には、下記に掲げる研究項目の何れかに該当する共同研究テーマを提案し、実施することとなる。

1) 「基礎科学」分野の共同研究^{※2※4}

① 人工光合成

これまで観測された光合成の最大効率を上回る水素製造・CO₂ 固定を目指す共同研究。

例えば、水素発生を CO₂ 捕獲と組み合わせ、CO₂ を燃料または燃料中間体に還元する研究、電荷分離や自己修復機能材料の操作や理解のための材料や新規化学構造の創成に関する研究、大面積製膜のための低コスト合成法の開発、材料探索のための高速度合成およびスクリーニング手法の開発など。

② 太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の性能を向上させるための共同研究。例えば、耐久性を向上させるための新規色素、非貴金属の金属色素および新規配位子の組合せを見出すための共同研究など。

③ ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス

ナノ構造材料を用いた新たなエネルギー貯蔵または変換デバイスの開発のための共同研究。例えば、ナノ構造材料を電極に用いたキャパシタおよび電気化学反応器や、ナノ構造材料を用いた熱電変換素子の開発、および高吸熱性の熱化学エネルギー変換器の開発のための共同研究など。

④ 燃料電池

大容量および高耐久性を有する次世代の燃料電池用材料開発のための共同研究。例えば、先端材料解析技術やシミュレーションにより、電極または電解質材料の特性および構造の基礎的な理解を深め、次世代燃料電池の容量および耐久性の向上を目指す共同研究など。

⑤ エネルギー関連材料の計算科学

自己組織化構造の大規模分子動力学シミュレーションを通じたエネルギー材料の設計および分析のための共同研究。例えば、安定的な脂質二重構造のバイオセンサーや超高効率の量子ドット太陽電池の構造予測のためのシミュレーション技術に関する共同研究など。

⑥ その他

上記項目の他、次世代における相当量の CO₂ 削減に貢献すると考えられる基礎的な研究要素を含む共同研究。

2) 「その他の再生可能エネルギー技術」分野の共同研究※3※4

① 先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発

例えば、セルロース系バイオマスからのバイオ燃料または素材の製造に関する共同研究開発、生物化学的変換及び熱化学的変換を融合したバイオ燃料製造プロセスの共同研究開発、バイオ燃料等の燃焼機構の解明に関する共同研究など。

② その他

上記項目の他、太陽光、風力およびバイオマスを含むその他の再生可能エネルギー技術に関する共同研究。

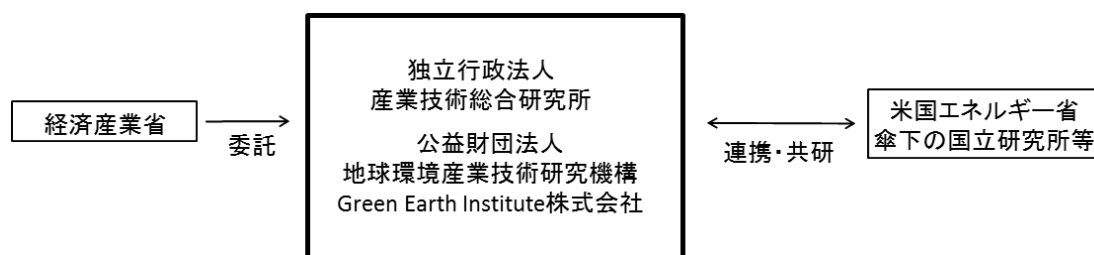
※2 「水素吸蔵材料の共同研究開発であって水素吸蔵・放出メカニズムの基礎的な理解の発展を図るもの」は除く。

※3 「集光型太陽電池(CPV)システムの比較・実証(気象環境が異なる日米それぞれにシステムを設置した比較)」は除く。

※4 平成22年度から実施している「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業
(日米クリーン・エネルギー技術協力)」において既に実施している研究テーマ※5は除く。

※5 http://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000H24/121225_nichibei/121217-nichibei.htm

(3) 事業の実施体制



(4) 事業実施期間及び予算状況

事業実施期間は、平成 25 年度～平成 26 年度の2年間である。

個別採択課題を表Ⅱ-0-2 に、予算状況を表Ⅱ-0-3 にまとめた。

表Ⅱ-0-1 個別採択課題一覧 1

テーマ名	実施者	DOE研	年度(カッコ内テーマ数)				
			H22	H23	H24	H25	H26
1.「基礎科学」分野							
＜人工光合成＞							
人工光合成に関する研究	AIST	BNL					
高効率CO ₂ 還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究	AIST						
高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発	AIST						
多核金属錯体のCO ₂ 多電子還元機構の解明	AIST						
＜太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池＞							
色素増感起電力を利用した水分解水素製造に関する研究	AIST	BNL					
色素増感起電力を利用した水分解水素製造	AIST						
重水素化増感触媒の耐久性に関する研究	AIST	BNL					
＜ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス＞							
共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究	AIST	SNL,LANL					
放射光軟X線を利用したエネルギー貯蔵デバイス用ナノ電極材料の電子状態解析	AIST	LBNL					
蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析	AIST						
ナノテクノロジーを用いた高性能熱電変換材料	AIST	ANL					
ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料	AIST						
ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発	AIST	ANL SNL					
クラスター化学に基づく(光)エネルギー変換システムの研究	AIST	LBNL					
ハイブリッドキャパシタ電極用ナノ構造材料の合成と評価に関する研究	AIST	NREL					
＜燃料電池＞							
高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究	AIST	LANL					
クリーンアップ石炭ガス化ガスのためのSOFC燃料極開発	AIST	NETL					
＜エネルギー関連材料の計算科学＞							
エネルギー関連材料の計算科学的アプローチに関する研究	AIST	LLNL					
水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究	AIST	LBNL					
2.「その他の再生可能エネルギー技術」分野							
＜先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発＞							
リグノセルロース系バイオマスの水熱・高せん断力付加によるナノ解繊とその酵素分解挙動との相関究明	AIST	ORNL					
高効率バイオマスリファイナリーの研究開発							
②リグノセルロース系バイオマス細胞壁脆弱化処理・高せん断力付加によるナノ解繊処理とその酵素分解挙動との相関究明	AIST						
高効率バイオマスリファイナリーの研究開発							
②リグノセルロース細胞壁脆弱化処理・機械的ナノ解繊処理とその酵素分解挙動及び高付加価値利用研究	AIST						
非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究							
①細胞壁脆弱化・機械的ナノ解繊処理と糖化酵素によるセルロース分解挙動の研究	AIST	NREL					
セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産系状菌およびバイオ燃料生産微生物の開発に関する研究	AIST						
高効率バイオマスリファイナリーの研究開発							
①セルロース系バイオ燃料の生産に適合した酵素生産系状菌及びバイオ燃料生産微生物の開発に関する研究	AIST						
非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究							
②糖化酵素生産系状菌及び糖化酵素の高機能化研究	AIST						
セルラーゼ阻害物質の分解除去方法の開発	AIST	LBNL					
植物バイオマスに含まれるセルラーゼ阻害物質の効率的除去に関する研究	AIST						
非可食性バイオマスを原料とするバイオリファイナリー研究	AIST						
③糖化酵素及び発酵阻害物質の効率的除去に関する研究		PNNL					
脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究	AIST						
新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析	AIST						
バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発		LLNL,SNL					
①新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析	AIST						
バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発		ANL					
②バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析	AIST						
バイオ燃料等の膜分離効率向上を指向した微生物触媒および発酵プロセスの研究	AIST	NREL					
高効率バイオマスリファイナリーの研究開発		NREL					
③バイオマスリファイナリーシステムの経済性・環境性評価技術の研究開発	AIST						
＜その他＞							
再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究	AIST	SRNL					
再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化合物の活性化技術に関する研究	AIST	PNNL					
水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究	AIST	SNL					
ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究	AIST	SNL					
次世代型地熱エネルギー探査技術の開発	AIST	LBNL LANL LLNL					
燃料改質ガスの燃焼モデルの基礎研究	AIST	SNL					

表Ⅱ-0-2 個別採択課題一覧 2

テーマ名	実施者	連携先研	年度(カッコ内テーマ数)				
			H22	H23	H24	H25	H26
＜クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発＞							
地熱エネルギー抽出量増大のための革新的技術の開発	AIST	LBNL(米), USGS(米), GFZ(独)				→	→
太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発	AIST	NREL(米), ヘルムホルツ研究所(独), フ라운ホーファー研究機構 (独), 共同研究センターJRC (EU)				→	→
再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発	AIST	サンディア国立研究所(米), NREL(米)等				→	→
熱電変換モジュールの性能評価技術の開発	AIST	オークリッジ国立研究所(米), 航空宇宙センター(独), 台湾工業技術院(台湾), 上海硅酸盐研究所(中) 等				→	→
大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発	AIST	NIST(米), LBNL(米)				→	→
水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発	AIST	NIST(米), PTB(独)				→	→
バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発	AIST	NIST(米)等				→	→
＜セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発＞							
セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発	RIST/GEI	NREL(米)				→	→

AIST: 独立行政法人産業技術総合研究所

RITE: 公益財団法人地球環境産業技術研究機構

GEI: Green Earth Institute 株式会社

表Ⅱ-0-3 予算状況(千円)(契約額)

事業	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	合計
日米クリーン・エネルギー技術協力	253,044	467,801	468,000	467,000	373,600	2,029,445
クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発				349,998	416,090	766,088
セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発				49,989	59,985	109,974
合計	253,044	467,801	468,000	866,987	849,675	2,905,507

1. 事業アウトカム

【評価基準】

○終了時評価時点においてなお、制度の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。

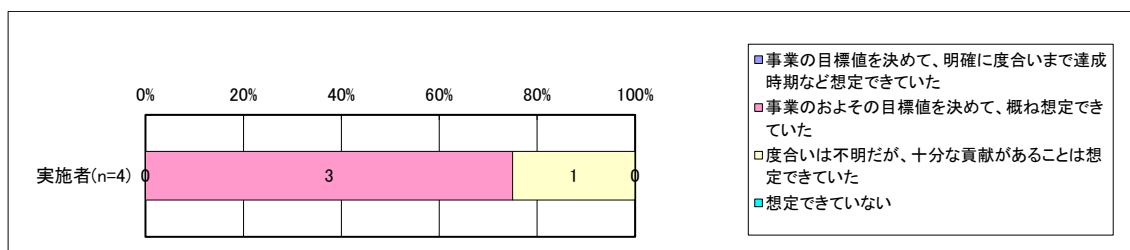
○終了評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。

1-1. 事業アウトカム

世界トップレベルの日米研究機関で共同研究を行い、地球温暖化対策に資する革新的な技術を開発し、社会に普及させることが本事業の目的である。具体的には、日米アクションプランで指定されている研究開発項目に基づいて、米国国立研究所との共同研究体制を構築し、先端クリーン・エネルギー技術の迅速な確立・普及を推進することである。

本事業のアウトカムは先端クリーン・エネルギー技術の迅速な確立・普及を推進することにより、CO₂を削減することである。

事業の成果はアウトカムへの貢献度又はその度合いを達成時期など明確に想定できていたかについて実施者アンケート・ヒアリングを行った結果を図Ⅱ-1-1 に示す。回答者 4 人中、事業のおよその目標値を決めて、概ね想定できていたが 3 人、度合いは不明だが、十分な貢献があることは想定できていた 1 人、度合いは不明だが、十分な貢献があることは想定できていた 1 人であった。



図Ⅱ-1-1 事業の成果の想定についてのアンケート結果(実施者)

その内容について、概ね想定できていたという回答者は、以下のように答えている。

・水素や再エネのように現時点で十分普及していない将来技術を数多く含むため、目標値の設定が困難であったが、ある程度想定値を議論したため、おおむね想定できていたと思う(実施者 A)。

・基礎科学研究も多く、すべてのテーマにおいて明確に想定できたわけではないが、プロジェクト全体としてはおおむね CO₂ 削減効果は期待できた(実施者 B)。

・テーマ数が多く、個々に状況が異なるが、どのテーマも十分に CO₂ 削減への貢献が期待できたため(実施者 C)。

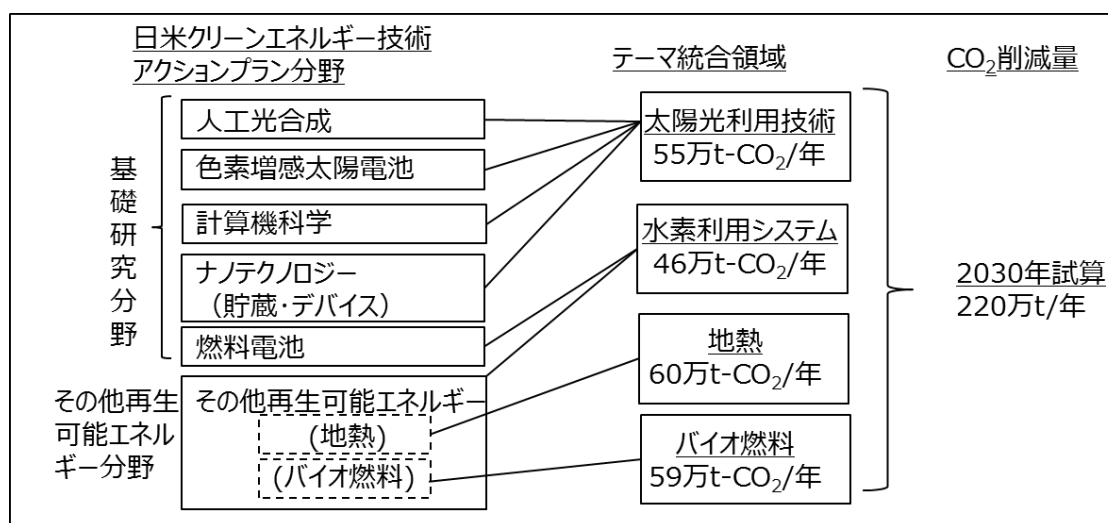
また、度合いは不明だが、十分な貢献があることは想定できていたとした回答者は、以下のように回答している。

・本事業は、革新的技術の開発が世界的な低炭素経済および、安定したエネルギー供給を実現するために必要であるとの認識により始められたものである。内容は CO₂ の削減効果を大きく上げると期待される基礎科学技術を含み、CO₂ 削減に寄与することは明らかであるが、その定量的な推測は困難である(実施者 D)。

1-2. 事業アウトカム指標及び目標値

本事業は2030年の事業化を目途とした基礎研究を実施し、先端クリーン・エネルギー技術の迅速な確立・普及を推進することにより CO₂ を削減するため、事業アウトカムの指標としては、CO₂ 削減(t-CO₂/年)を設定した。目標値としては、CO₂の削減効果を平成42年(2030年)に220万t-CO₂/年と設定している。これは、本事業にて開発された技術が2030年に社会実装されたことによるCO₂削減量に対して、事業による開発技術の普及度および本事業の貢献度を加味して算出した。

太陽光利用技術では、寿命、効率の向上と市場予測値と寄与率を用いて算出。水素利用システムでは、ビルの省エネ化において、エネルギー回収による省エネ効果と単位面積あたりの熱需要、導入予測面積と寄与率から計算。地熱では、発電効率の向上と技術の導入割合を主として算出し、バイオマスでは、国内航空機燃料のCO₂排出量が2030年で削減される割合と寄与率を基に算出した。算出結果を図Ⅱ-1-2a 下記に示す。



図Ⅱ-1-2a 2030年におけるCO₂削減効果

また、終了時評価検討会での委員のコメントを踏まえて、本事業の成果が関連する技術について CO₂ 削減効果を再検討、精査した。特に、本事業における燃料電池に関する研究開発が住宅用燃料電池の普及促進、効率向上に寄与した分を加味することで、約 100 万トン程度の上積み効果が見込まれた。結果として、2030 年の CO₂ 削減効果は 346 万 t-CO₂/年となった。算出結果を図 II-1-2a に示す。

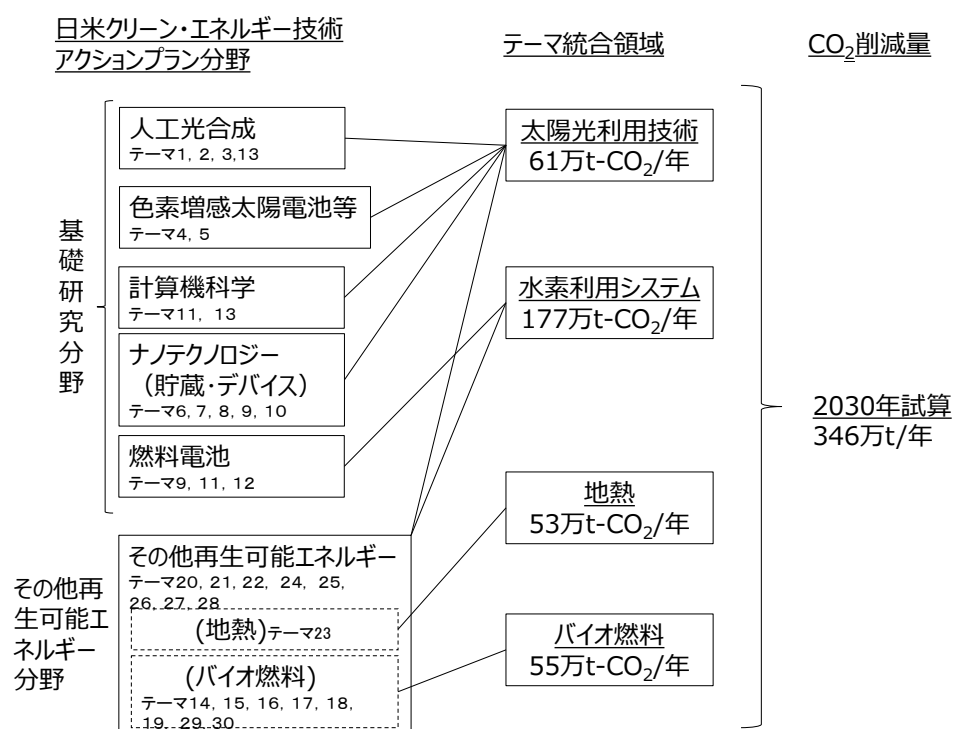
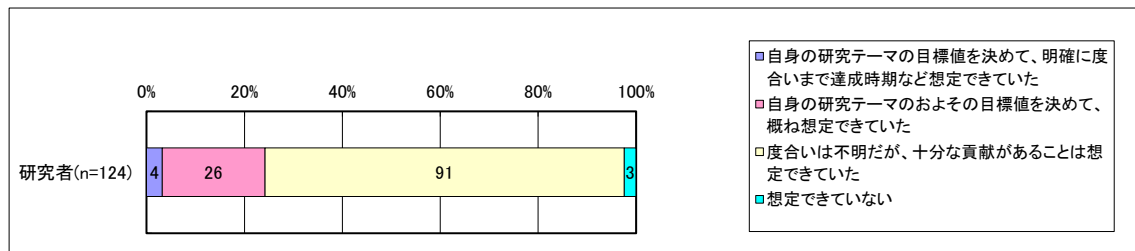


図 II-1-2b 2030 年における CO₂ 削減効果【見直し(参考)】

研究開発終了時点であなたの研究テーマの成果はこのアウトカムへの貢献度又はその度合いを達成時期など明確に想定できていたかについての研究者(含責任者)アンケート結果を図 II-1-3 に示す。回答者(全 124 人)中 97%が何らかの形で想定できていたと回答している。上述した実施者 D の回答と同様、定量化することは困難であるが、CO₂ 削減効果があることは認知されるという回答が多くみられた。



図Ⅱ-1-3 アウトカム(事業の成果)の想定に関するアンケート結果(研究責任者、研究者)

2. 制度内容及び事業アウトプット

【評価基準】

○アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。

○終了時評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの作成等が実施されていること。

2-1. 事業アウトプット指標及び目標値

本事業では、アクションプランに記載された研究開発項目を日米共同で個別に実施することが求められている。アクションプランに記載された研究テーマはクリーン・エネルギーに関する基礎研究が主目的であり、人工光合成技術やバイオマス燃料の利活用技術等、エネルギーの創成技術から利用技術までの多岐にわたる。このことから関連する論文などの活動指標に加え、これら成果が得られるまでに長期間を要し、かつ、多岐に渡る個別の基礎研究の遂行が目的である本事業では、日米等での効果的な協力体制の構築に加え、個別の研究開発の目標達成度をアウトプットの目標値として考慮することが適当である。

実施者である産総研は、表Ⅱ-2-1 に示すように、研究分野ごとに研究開発の各段階の達成時期を予め設定したタイムスケジュールを作成し、目標管理を行った。

表Ⅱ-2-1 タイムスケジュール

日米等エネルギー 技術開発協力事業	経済分野	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
国立再生可能エネルギー研究所 サンディオ国立研究所 ローレンスリバモア国立研究所 ローレンスバークレー国立研究所 等	実験系 人工光合成 色素増感 ナノテク バイオ燃料	実験装置設計・作製・調整	試料作製・データの取得	データ評価・解析	結果とりまとめ	
		長期研究者派遣		長期研究者派遣		
		短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣
	計算系 燃料電池 計算科学	計算機環境整備	コード開発・改良			結果とりまとめ
		長期研究者派遣				
		短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣
	フィールド系 燃料電池 計算科学	フィールドでのデータ取得	モデルの構築	モデルの改良と他地域への適用		
		短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣	短期研究者派遣
		長期研究者派遣				

事業の目標が、地球温暖化対策に資するエネルギー環境技術分野において、世界トップレベルの日米研究機関間の共同研究を実施し、先端クリーン・エネルギー技術の迅速な確立・普及を推進するということから、事業総体としての目標達成度を測定・判断するための技術的な数値指標は設けないが、研究開発環境がどの程度整備されたかは評価軸の一つとすることが適当である。

個別テーマの目標としては、国内のみで行う他の研究開発事業で通常用いられる指標に加え、米国等との国際協力を構築できたかどうかを指標とすることも重要である。主な指標としては、以下が挙げられる。

- ・ 米国等の研究者と共同で発表した研究論文
- ・ 米国等への研究者派遣による研究協力で得た知見を日本で発展させたことによる研究論文
- ・ 米国研究所等への日本人研究者の派遣実績
- ・ 海外研究者の招聘・訪問実績
- ・ 共同で取得した知的財産

また、数値としての指標にはなりにくい、本事業によって、単独で事業を進める場合に比したメリットが日本と相手国にどのようにもたらされたかを検討することも重要となる。

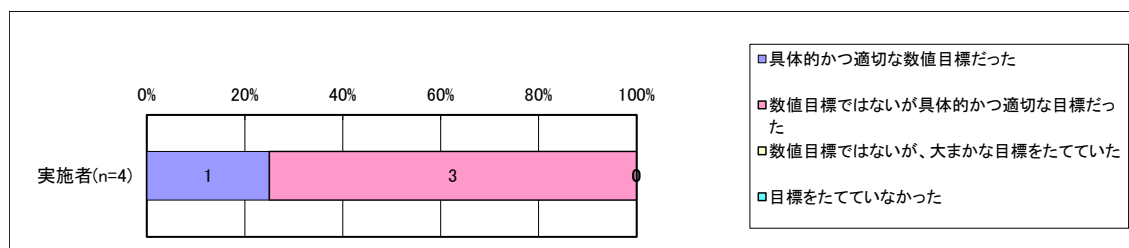
なお実施者が実施する各研究テーマはそれぞれの分野における内外の課題やニーズに基づ

いた目的・目標を個別に設定している。

表 II -2-2 個別の研究開発テーマの目標(平成 26 年)

テーマ番号	研究テーマ名	目標	達成度
1	高効率CO ₂ 還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究	光合成反応を構成する水分解反応の触媒性能を1時間当たりの触媒回転数15,000回毎時以上	水分解反応の触媒性能18800回毎時を達成できた。
2	高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発	本研究目標として、平成23年度時点での常温常圧条件下での光触媒回転数または回転頻度を、高圧条件等を駆使することで10倍以上改善	実測値で目標値とほぼ同じ10倍の改善を達成しながらも、更に新たな構造の触媒を用いることで推定20倍以上にまで向上することも突き止め、目標を超える結果を達成した。
3	多核金属錯体のCO ₂ 多電子還元機構の解明	目標として、反応システムの中心となる多核金属錯体触媒について平成23年度時点での当該触媒によるCO ₂ 還元の量子収率(12～15%)を倍増	高効率な超分子錯体触媒の設計指針に基づく超分子錯体触媒を開発し、CO ₂ 還元の量子収率として目標値(24～30%)を超える46%を達成した。
4	色素増感起電力を利用した水分解水素製造	安定な色素構造の設計指針の構築、現状の光電極の10倍以上の安定性を示す指針の明確化、色素増感太陽電池技術と半導体光電極技術の統合および水電解の電流－電圧条件を最適化による高効率及び安定な低コスト太陽光水素製造システムの作成、世界最高レベルの太陽エネルギー変換効率3%以上	アモルファスTa ₂ O ₅ を保護膜とすることで、1時間後の光電流比として、20倍以上(目標10倍)の安定性を示すことができた。太陽エネルギー変換効率を4%(目標3%)まで向上できた。
5	重水素化増感触媒の耐久性に関する研究	(1)駆動寿命1,000時間以上を有する色素増感太陽電池の設計指針の獲得 (2)重水素標識体の利用により増感触媒反応の機構の解明	(1)重水素化ならびに近傍への電子供与体の配置による色素の酸分解抑制を通した電池の長寿命化の有効性が明らかに1,000時間駆動に必要な材料上の指針を得た。 (2)重水素標識化した水素ドナーを用いた標識実験により、有機物質を水素源としうる重要な光触媒反応機構のひとつを解明した。
6	共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究	既存の半導体製造プロセスで得られているCu ₂ O/ZnOヘテロ接合太陽電池の最大エネルギー変換効率0.4%の倍以上の値の達成	0.8%という目標に対して、約0.7%まで到達したため、おおむね達成できた
7	蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析	平成23年度時点でのリチウムイオン2次電池用電極材料の充放電容量の30%増大およびナトリウムイオン電池用ナノ電極材料の開発、充放電機構の明確化	250 mAh/gの充放電容量を持つナノ電極材料を開発することで、リチウムイオン2次電池用正極材料の充放電容量～150 mAh/g(LiCoO ₂)から60%の増大を達成した。また、ナトリウムイオン電池用のNa ₂ V ₂ (PO ₄) ₃ ナノ構造体を開発した。さらに、充放電動作中軟X線分光法を開発し、充放電機構を詳細に解明した。
8	ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料	(1)既存材料の2倍以上の熱電性能指数ZT = 1.7の達成 (2)熱電発電デバイスの試作：発電試験における1.3 W/cm ² の高効率発電出力密度確認 (3)低環境負荷な熱電変換材料において、希少・毒性元素を含有する既存材料に匹敵する熱電性能指数ZT = 0.7の実現	(1)p型PbTe-4% Naバルク体焼結体にMgTeナノ構造を埋め込むことでZT = 1.8(550℃)を達成 (2)PbTe-4% Na焼結体を用いてデバイスを作製して、1.6 W/cm ² (低温30℃、高温：600℃)の高効率発電出力密度を確認 (3)低環境負荷な元素であるCuとSを主成分としたコーサイトCu ₂₈ V ₂ Mn ₆ S ₃₂ (M: Ga, Sn)で、ZT = 0.8(390℃)を得ることに成功
9	ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発	600℃以下の中低温領域にて、従来に比べて電極反応抵抗1/2を実現する電極構造制御技術の米国先端評価技術との連携による実現	600℃の低温域においても従来の電極抵抗が1/2以下で、出力密度が0.25W/cm ² のセルを日本で開発し、急速起動が可能且つ600℃で4W級のスタック(6V級)の開発に繋がった。
10	クラスター化学に基づく(光)エネルギー変換システムの研究	テトラメイド触媒設計技術の確立と耐光性とエネルギー変換効率5%が出る光触媒還元システムの構築	ナノ粒子を所望のサイズや形状に調整する技術に基づいて合成した光触媒(CdSe)が世界最高値を上回る量子効率(40%超)で安定に水素生成することを確認した。
11	高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究	60度NaOH水溶液中で700時間以上の耐久性を有する電解質膜の開発、現状の膜より耐久性の高い膜の設計に必要な要因の特定、および既存の高分子電解膜用のプログラムより20%以上高速な計算を可能とするシミュレーションプログラムの開発	開発の目標である市販の電解質膜の耐久性の500時間を約40%上回る、高耐久性の膜の開発に成功した。
12	クリーンアップ石炭ガス化ガスのためのSOFC燃料極開発	酸化物燃料極で0.5W/cm ² 程度の出力性能、燃料極の化学的反応性を解明およびリン及び硫黄の許容濃度の解明	・YCCC-GDCコンポジット燃料極を用いることで、1000℃で目標値を概ね達成の見込み。 ・従来のNiベースの燃料極において、Sは0.02ppm程度まで低減する必要があること、Pは0.1ppm程度でも、酸化物およびNiともにダメージを受けるため、可能な限り除去する必要があることを明らかにした。
13	水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究	(1)プログラムの高速化・効率化による500原子以上の固液界面X線吸収スペクトルシミュレーションの可能化 (2)反応の支配因子を明確化：評価関数の導出 (3)評価関数の適用による材料探索の精度の向上、高効率・高耐久性の電極材料開発への貢献 平成26年度目標：反応の自由エネルギー等の計算等による材料探索の精度の向上	・500原子以上という目標に対し、それを超える512原子の固液界面シミュレーションを実施し、X線吸収スペクトルの可視化を行った。 ・反応自由エネルギーの計算により、性能を律する因子を明らかにすることを可能にした。
14	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナー研究 (1)細胞壁脆弱化・機械的ナノ解繊処理と糖化酵素によるセルロース分解挙動の研究	(1)木質からの超微細繊維のセルロース糖化率を90%以上にするナノ解繊処理条件の明確化 (2)水晶体動子マイクロバランス(QCM)法による表面特性評価及び酵素反応性等による生化学的特性評価	(1)糖化率がほぼ100%に達する処理条件として、アルカリを添加して微細化する方法を最適化し、バイオマスの種類に応じたアルカリ添加量とナノ解繊処理条件を明確にし、目標を達成した。 (2)針葉樹、広葉樹、草本系に特有の微細化したバイオマスの表面特性と酵素分解性の特徴(生化学的特性)を明らかにすることで、目標を達成した。
15	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナー研究 (2)糖化酵素生産菌株及び糖化酵素の高機能化研究	前処理バイオマスの糖化処理に加える当該酵素量を従来の50%以上削減可能な糖化酵素系の開発、平成23年度時点でのバイオ燃料生産微生物によるキシロース発酵速度の10～15%短縮および前処理バイオマスの糖化処理に加える酵素量を従来の20%削減可能な糖化酵素を生産する糸状菌の開発	①約10 mg酵素/g・グルカンの酵素添加量で約80%のセルロース糖化率を示す糸状菌の育種に成功した。 ②従来のキシロース発酵性酵母と比べてキシロース消費が17%、エタノール生産が5.5%増加する株を開発し、キシロース発酵速度を23%短縮できた。
16	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナー研究 (3)糖化酵素及び発酵阻害物質の効率的除去に関する研究	セルラーゼ阻害物質効率的な除去技術の確立のため、以下の目標を設定 ・植物バイオマスに含まれるセルラーゼ阻害物質を10種類以上同定 ・これらの阻害物質を90%以上除去する方法の開発 ・植物バイオマス糖化に必要なセルラーゼの使用量1/5 平成26年度の目標：イオン交換樹脂法と同等な酵素使用利用量の削減および糖化液中の阻害物質の影響を受けにくく、発酵能の高い宿主微生物の開発に必要な遺伝子を5種以上同定	酵素の使用量の50%削減という数値目標に対して、それを超える80%までの削減を達成できた
17	脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究	選択された性状や生産性に関する最良の物質に関して、1L当たり20g程度以上の生産性の向上と純粋に近い生産を行う技術の開発	単純培養で4.1 g/Lの脂肪酸生産量を達成した(親株の135倍)。また、培養技術として、脂肪酸の生産量を約3倍に向上させる方法を構築した。最新の変異株を用いた実験は間に合わなかったが、この方法を組み合わせることによって 約12.5 g/Lの生産が期待できる。分離が容易な分泌生産に成功したことも合わせて、おおむね目標を達成できたと考えている。
18	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 (1)新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析	開発したバイオ燃料の反応予測モデルをバーチャルエンジンシミュレーションに適用による開発モデルの精度向上およびエンジン燃初期温度の実験値に対して10%以内の予測精度まで向上	詳細化学反応モデルの予測精度を維持した簡略化モデルの構築に成功し、簡略化モデルを用いた3次元計算では幅広いエンジン回転数に対して0.6～4.4%の誤差で実験値を予測することが可能となり目標を達成した。
19	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 (2)バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析	先進X線噴霧計測法を生かした噴霧挙動の物理的な理解及び高精度噴霧モデルの構築が従来噴射技術の向上を実現および従来ディーゼルエンジン推算2%以上の燃費向上	従来および新燃料噴霧の高精度予測モデルの構築という目標に対して、様々な燃料種および噴射条件における噴霧構造を予測するスケーリング法を提案しその予測精度の検証まで到達したため、おおむね達成できたと考えられる。
20	再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究	ベンチスケールの統合型水素エネルギー利用システム(THEUS)を構築および総合効率75%以上を実現する統合型水素利用システムの設計指針の確立	総合エネルギー効率67.9%という結果を得た。また、目標をクリアするための課題が、URFC運転時の補機動力削減であることを明確化できた。
21	再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究	水素・燃料電池の本格的普及に必要な基盤技術を確保するため、高密度化学水素化物による高効率水素貯蔵材料・技術の確立 (1)高効率水素・化学水素化物活性化技術を開発し、重量水素密度6質量%以上、体積水素密度60 g/L以上の高密度化学水素化物の活性化反応に高活性を示す低コスト触媒の開発 (2)水素・化学水素化物に共通した活性化機構の基礎的解明	・重量水素密度8%体積水素密度80g/Lを有するアンモニアボラン加水分解反応に高活性の非貴金属ナノ粒子触媒を開発した。 ・化学水素化物の脱水素化反応の反応機構に関する情報を取得した。
22	水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究	(1)フェライト鋼の水素ガス中での破壊特性評価：破壊特性の明確化、評価方法の提案 (2)ステンレス鋼の水素脆化メカニズムの把握：水素脆化メカニズムの解明	(1)破壊特性を日米で直接比較した結果を米国材料試験協会(ASTM)委員会に、米国側と共同で紹介し、試験方法規格として今後検討するように働きかけた。 (2)走査型プローブ顕微鏡を用いた破面観察手法を確立し、二相ステンレス鋼における水素脆化はフェライト相が起点となることを明らかにした。
23	地熱エネルギー抽出量増大のための革新的技術の開発	東北地方の地熱発電所内に掘削された還元井の能力向上のための工程の設計および本坑井に対して実際に加圧注水による本技術の有効性確認	坑井の還元能力を約23倍改善させるとともに、発電所の出力を約1.1MW(定格出力の約4%)増大させることに成功した。
24	太陽電池の耐久性・信頼性及発電効率向上のための評価技術の開発	(1)酸生成量の評価技術の実証：太陽電池モジュール内酸生成過程の明確化およびナノ構造pHセンサ基板がpH5～7の範囲で定量可能であることの実証 (2)モジュール構成樹脂材料の性能評価技術の開発：抵抗率の誤差±10%未満 (3)ヘテロ接合界面での電子状態の精密な評価技術の開発：逆光電子分光法の確立およびCIGS小面積セルにおいて変換効率20%以上の高性能なヘテロ接合型太陽電池の開発 (4)基準セルのインターコンパリゾン：基準太陽電池セルの校正の不確かさ推定の妥当性検証	(1)酸の生成過程ならびに生成経路を明確化するとともに、pHを5.2から7.0の範囲で定量的に検出することに成功した。 (2)旧来技術では2～3桁に及ぶ誤差を概ね10%程度まで抑えて測定する技術を開発した。 (3)エネルギー分解能が0.3eV程度の逆光電子分光測定システムの開発に成功した。変換効率20%以上の高性能ヘテロ接合太陽電池材料の設計指針に目途を得た。 (4)統計的解析により全てのセルで不確かさの程度を表すEn数が1以下となり、双方の一次校正の不確かさの推定方法とその値の妥当性を確認した。
25	再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発	複数電源で構成される再生可能エネルギー統合発電システムの設計最適化とその評価方式の開発	再生可能エネルギー発電システムの蓄電池性能プロトコルについては、米欧3研究所と共に試験法のドラフトが出来上がり、各研究所での試験データ交換にまで達した。
26	熱電変換モジュールの性能評価技術の開発	1)熱電変換モジュールの発電性能(電力、効率等)の測定精度を±2%以内にするための技術課題の解決 2)実証データ5000時間超の取得、解析 3)500時間の連続試験で出力の低減が5%未満の劣化耐性に優れた高温型の標準熱電変換モジュールの開発	1)既存のモジュール性能評価試験機について、有限要素法を用いた熱モデルを構築し、熱ロスの影響を定量的に解析する技術を確立。熱量計測における真空の影響を正確に評価し、誤差低減にむけた技術を確立。内部抵抗の評価技術として、AC/DC同時測定法を確立し、内部抵抗の正確な決定法を確立。絶対熱電能の計測技術を確立し、文献値を参照しない産総研内でトレーサブルな熱電特性評価技術の確立。 2)標準型酸化物モジュールを使用して5000時間の発電試験を実施。評価システムの耐久性、モジュールの耐久性にかかるデータを習得した。変化要因として熱接合材の経時変化が熱バランスに影響を与え、データに影響をあたえることが確認された。 3)シリサイド素子を使用した長期試験において300時間連続試験を実施し、出力変化率曲線を取得した。劣化の飽和状態を確認し、解析の結果、1000時間換算で劣化率1.4%であることを確認した。
27	大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発	インピーダンス基準器を1 mΩまで評価可能な低インピーダンス校正装置の開発および評価装置の測定信頼性の指標となる、評価用模擬電池の開発	目標の内部インピーダンス値1 mΩまで評価が可能な装置や、それに付随するプロトタイプ機の試作などが行なえた。また、装置の性能を、国家標準に基づいて評価できたとともに、評価用模擬電池についての設計、試作を行うことができた。
28	水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発	(1)高圧水素の流量計測：80MPa超 流量計測システムの構築・評価 (2)高圧水素の圧力計測：100MPaまでの気体圧力標準の整備	・高圧水素の流量計測：80MPa超の流量計測システムの構築及び評価を目標とし、国際比較を実施することができた。 ・高圧水素の圧力計測：100 MPaまでの気体高圧力標準の開発と国際比較の実施ができた。
29	バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発	BDFの品質管理の規制対象である水分・メタノール・硫黄・りん・金属元素の分析における精度管理に用いる標準物質1種類の開発および国家計量標準機関間の国際比較実施(1件)	①標準物質1種類を開発した。2015年12月技術委員会審査修了、2016年2月認証委員会開催予定、2016年6月頒布開始予定 ②国際度量衡局傘下の物質量諮問委員会(CCQM)の活動の一環として、国際比較1件を実施した。
30	セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発	(1)直鎖ブタノールの高濃度耐性宿主株の創製 (2)実糖化液からの直鎖ブタノールモル収率70%を達成	(1)ブタノール耐性株の創成については100%達成 (2)については、目標としたモル収率(対糖収率)70%に対して67.2%を達成し、目標をほぼ(96%)達成できた。

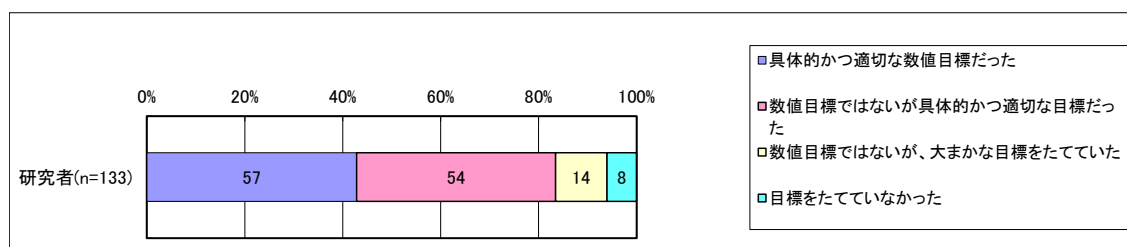
事業全体について、目標とした指標・目標値（アウトプット）が具体的かつ適切な数値目標であったかどうかについて実施者にアンケート・ヒアリングを行った結果(図Ⅱ-2-1)では 1 名が具体的かつ適切な数値目標であったとし、3 名が数値目標ではなかったが具体的かつ適切な目標としている。



図Ⅱ-2-1 アウトプットの数値目標の妥当性に関するアンケート結果(実施者)

数値目標ではなかったが具体的かつ適切な目標とした実施者からは、次のような意見があった。「本事業内容は革新的技術の共同研究構築を中心としており、またその対象は、人工光合成や燃料電池などの基礎研究を含んでいる。そのため、数値目標のような具体的目標の設定は難しい。しかし、競合技術の動向などを見極め、評価手法の確立や既存物質を上回る性能の新物質開発などを計画的に進めており、適切な目標を立てていたと評価できる。」

個別テーマのアウトプットが具体的かつ適切な数値目標であったかどうかについて研究者にアンケートを行った結果を図Ⅱ-2-2に示す。研究者回答者 133 名中 42%が具体的かつ適切な数値目標とし、82%具体的かつ適切な目標と回答している。



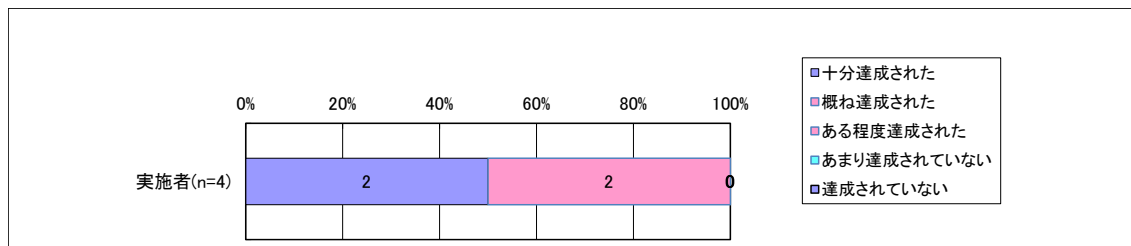
図Ⅱ-2-2 アウトプットの数値目標の妥当性に関するアンケート結果(研究者)

2-2. 事業アウトプットの達成状況

(1) 目標値達成度

1) 各研究開発テーマの目標値達成度個別の研究開発テーマの目標及び達成度を表Ⅱ-2-2に記した。

また、アウトプットの達成度に関する実施者のアンケート結果を図Ⅱ-2-3に示す。



図Ⅱ-2-3 アウトプットの達成度に関するアンケート結果(実施者)

本事業は開始当時に、アウトカム・アウトプットを十分に議論し、プロジェクトを実施した。大部分のテーマにおいて、実施者へのアンケート・ヒアリング結果として、アウトプットは“十分達成された。”、“おおむね達成された。”との回答が得られているように、米国等との連携を行いながら十分な成果が得られ、全体としてはおおむね目標値を達成したと考えている。

2) 成果の内容

本事業で実施したテーマの中から、特に顕著な成果や進捗が得られたものとして、プレス発表にまで至った5事例を以下に具体的に紹介する。

①人工光合成・色素増感太陽電池に関する研究：

ブルックヘブン国立研究所との触媒に関する研究協力で、Nature Chemistry などトップジャーナルに掲載されるような先進的基礎研究成果があがっている。

②再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究：

パシフィックノースウェスト国立研究所(PNNL)と協力して、「二溶媒法」という新しい手法を用いることにより、超微細な金属ナノ粒子の触媒を多孔性配位高分子の外表面に凝集することなく細孔内に均一に固定化することに成功した。

③色素増感起電力を利用した水分解水素製造：

多孔質の酸化タングステンなどを積層した半導体光電極を用いて、太陽光エネルギーで水素製造と様々な高付加価値の化学薬品を同時に効率良く製造する技術も開発した。

④蓄電デバイス用ナノ電極材料能の開発と電子状態解析：

米国の放射光施設などの特殊な装置と日本の材料技術の組合せにより、各種電極材料の電子状態を明らかにし、改善指針を得ることができた。

⑤ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料：

鉛テルルのナノ構造合成をカウンターパートと共同で実施し、熱電変換モジュール性能で効率11%という世界トップレベルの成果を上げた。

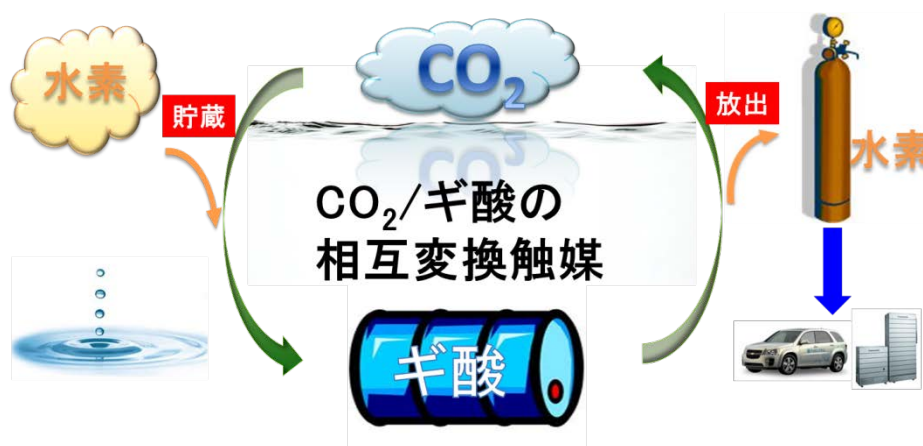
①高効率 CO₂ 還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究

【代表研究者】エネルギー技術研究部門(現:太陽光発電研究センター) 姫田雄一郎

【米国研究所】ブルックヘブン国立研究所

【概要】高性能な CO_2 水素化触媒の開発を行い、水分解による水素製造技術を組み合わせることにより、人工光合成触媒開発のための基礎的研究を実施する。高い人工光合成用触媒技術を持つ産総研と、高度な材料・反応解析技術を有するブルックヘブン国立研究所が補完的に協力することで、革新的な人工光合成技術の開発研究を加速させる。特に、人工光合成技術開発に必要である水中常温常圧で二酸化炭素を還元できる錯体触媒の触媒設計指針の獲得を目指す。

【特筆すべき成果】水中常温常圧で二酸化炭素を還元し、かつ高压水素を供給できる高性能錯体触媒を開発した。本技術は水素貯蔵技術として、Nature Publishing Group、産総研、BNL からプレス発表され、新聞(朝日新聞(1面、38面)、日刊工業新聞、化学工業日報、日刊自動車新聞)、一般科学雑誌(Nature Highlight、Newton、現代化学、ガスレビュー、OHM)に掲載、原著論文が国際学術雑誌 Nature Chemistry (IF:25.3)に掲載された。また、BNLと共同で出願した国際特許が成立した。その他原著論文4、特許2、など、人工光合成の分野において、日米で世界をリードできる極めて高いインパクトの成果を上げている。



二酸化炭素とギ酸の相互変換による水素貯蔵技術のイメージ

②再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究

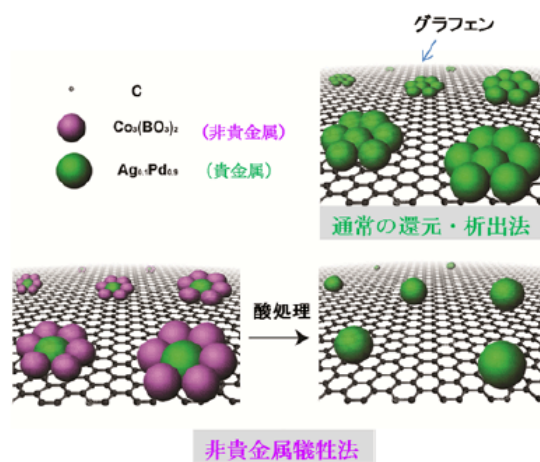
【代表研究者】ユビキタスエネルギー研究部門(現:電池技術研究部門) 徐 強

【米国研究所】パシフィックノースウェスト国立研究所

【概要】再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術の高度化を目指して、高性能の金属ナノ粒子触媒の開発を行っている。微細な金属ナノ粒子を生成し、かつ触媒反応中に高活性を維持させるためには、担体への有効な固定化法の開発は必要不可欠である。本研究では、米国研究所の協力の下、微細な金属ナノ粒子触媒の固定化法を開発し、水素・化学水素化物の活性化反応における高性能化を図る。

【特筆すべき成果】パシフィックノースウェスト国立研究所(PNNL)と協力して、金属前駆体を含む少量の親水性溶媒と大量の疎水性溶媒を併用する「二溶媒法」という新しい手法を用いることにより、

超微細な金属ナノ粒子の触媒を多孔性配位高分子の外表面に凝集することなく細孔内に均一に固定化することに成功した。本研究によって、従来法では多孔性配位高分子の外表面に大きな粒子が凝集し、触媒活性が低下するという課題が克服され、水素貯蔵材料であるアンモニアボランからの水素発生反応において、触媒の活性・耐久性は大幅に向上した。さらに、貴金属・卑金属の同時還元・析出の後、卑金属を酸処理によって除去し、超微細な貴金属ナノ粒子の触媒を層状炭素材料であるグラフェン上に均一に固定化する「非貴金属犠牲法」という新しい手法の開発に成功し、従来法ではグラフェン上に大きな金属粒子が凝集し、触媒活性が低いという課題を克服した。開発した技術を用いて作製した金属ナノ粒子触媒を、液相の水素貯蔵材料であるギ酸からの水素発生反応に用いたところ、触媒の活性・耐久性が大幅に向上し、不均一系触媒では最も高い触媒活性を実現した。これら技術のプレス発表が新聞（日経産業新聞、財經新聞）で報道され、研究成果は米国化学会誌 Journal of the American Chemical Society に掲載され、産総研第1回論文賞を受賞し、注目を集めた。本研究で開発された技術は、水素エネルギー社会実現に寄与し、さらに環境やエネルギー技術に応用可能な多様な材料に展開することが期待される。



貴金属ナノ粒子触媒のグラフェン上への固定化法
(上)これまでの還元・析出法、(下)今回開発した手法

③色素増感起電力を利用した水分解水素製造

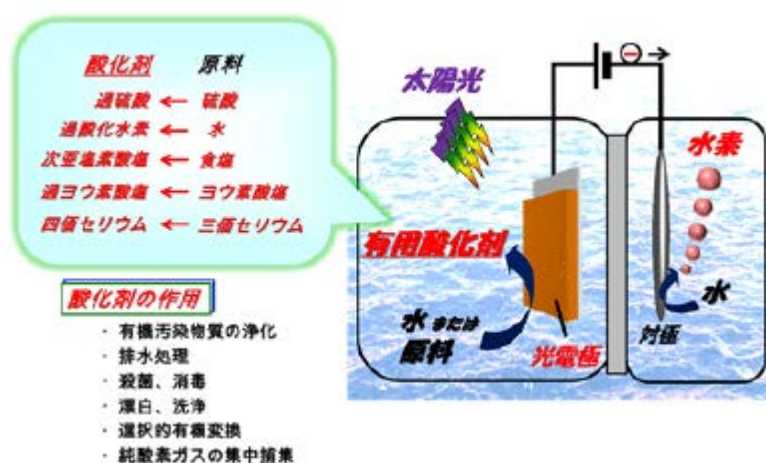
【代表研究者】エネルギー技術研究部門(現:太陽光発電研究センター)佐山 和弘

【米国研究所】ブルックヘブン国立研究所

【概要】人類が持続可能な低炭素社会を構築し、発展を続けるためには、再生可能エネルギーの有効利用が不可欠である。エネルギー密度が低い太陽エネルギーを更に有効利用するためには、安価でかつ非常にシンプルな革新的技術開発が必要である。光のエネルギーを用いて見かけの電気分解効率を向上させ、水素コストを大幅に低下させる技術として半導体光電極水素製造がある。本研究では、米国研究所の協力の下、半導体光電極水素製造と安価な色素増感セルを一体化した「色素増感水素製造システム」の性能向上の研究開発を行った。

【特筆すべき成果】米国との共同研究により、酸化物半導体に関して酸化・還元反応の結晶面を明

らかにし、開発指針を明確化できた。WO₃とBiVO₄を複合した光電極と色素増感セルとの一体型タンデムシステムについて、水素への太陽エネルギー変換効率(STH 効率)として世界最高の 4%を達成した。さらに派生技術として、カソード側の水素製造と同時に、半導体光電極アノード上でさまざまな高付加価値の化学薬品を効率良く製造する技術を開発した。化学薬品としては過硫酸や次亜塩素酸塩、過酸化水素、過ヨウ素酸塩、四価セリウム塩などの酸化剤を製造できる。太陽光エネルギーを水素と過硫酸として化学エネルギーに変換・蓄積する反応では、ほぼ 100 %の選択性で過硫酸へ変換でき、非常に高い太陽光エネルギー変換効率(ABPE 効率=2.2 %)を達成できた。太陽光エネルギーを利用することで水の電気分解の電解電圧を著しく低減しながら、水素エネルギーと多様な有用化学薬品を同時に製造できる技術であり、有機汚染物質の浄化や、排水処理、漂白、殺菌、消毒、洗浄、選択的有機変換などのさまざまな分野において、将来、経済性の高い新規プロセスの実用化が期待できる。本技術のプレス発表は日刊工業新聞等で報道され、研究成果は学術論文誌 ChemSusChem(8, 1593-1600, 2015)に掲載され、注目を集めることができた。



太陽光と光電極による高付加価値な酸化剤および水素の製造

④蓄電デバイス用ナノ電極材料能の開発と電子状態解析

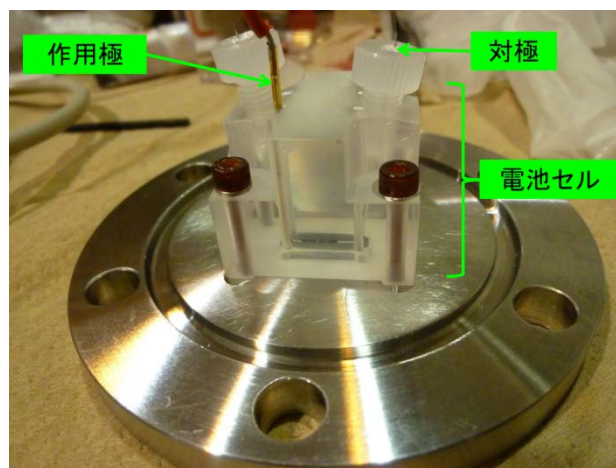
【代表研究者】エネルギー技術研究部門(現:省エネルギー研究部門) 周 豪慎

【米国研究所】ローレンス・バークレー国立研究所

【概要】 車載用高性能リチウムイオン電池の実現を目指して、ナノ結晶技術を生かした高性能電極材料の開発を行っている。ナノサイズ化による性能向上の本質的な原因は明らかではなく、更なる高性能化への指標を得るためには、電子状態に立脚した電極材料の物性理解が必要不可欠である。本研究では、朝倉大輔研究員が中心となって LBNL の放射光施設を活用し、ナノ電極材料の電子状態解析を遂行した。さらに、得られた知見を基に電極材料の高性能化を図った。

【特筆すべき成果】 LBNL の放射光施設を用いて、ナノ電極材料の電子状態解析を行い、充放電反応に対して不活性な原子サイトを特定した。さらに、この知見を基に元素置換を行

うことによって、新規高容量電極材料の創出を達成した。また、有機電解液とリチウム負極を備えたりチウムイオン電池の正極を分析するための特殊な電池セルを開発することで、充放電中の正極材料の詳細な電子状態を詳細に解明した。本技術のプレス発表は新聞（化学工業日報、日刊工業新聞）で報道され、研究成果は国際電気化学会の速報誌 *Electrochemistry Communications* (50, 93–96, 2015) に掲載され、注目を集めることができた。本技術によって得られる電子状態の情報から、電極材料の大容量化、高電位化、低コスト化、サイクル特性の改善に向けた開発指針が効率的に導かれると期待される。



開発した分析用特殊電池セルの外観

⑤ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料

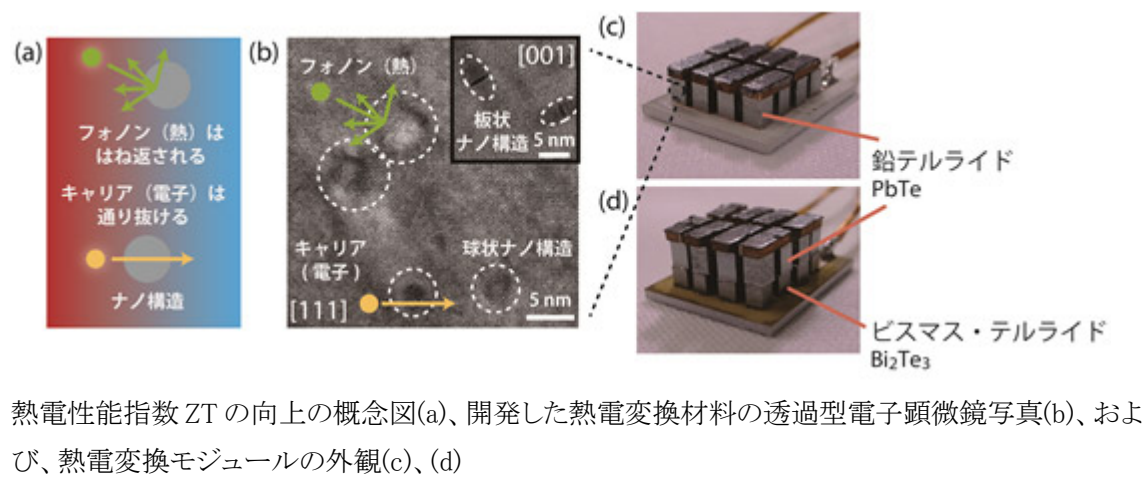
【代表研究者】エネルギー技術研究部門(現:省エネルギー研究部門) 山本 淳

【米国研究所】アルゴンヌ国立研究所

【概要】熱電発電技術を用いることで、産業・民生・運輸部門から棄てられている膨大な未利用熱エネルギーを、利用価値の高い電気エネルギーとして回収できる。熱電発電技術の幅広い実用化を達成するためには、高効率な熱電変換材料と熱電変換モジュールを開発しなければならない。本研究では、太田道広主任研究員が米国アルゴンヌ国立研究所に1年以上長期滞在するなど、日米の緊密な協力関係のもとで、ナノテクノロジーを利用した熱電変換材料の高効率化とそのモジュール化を進めた

【特筆すべき成果】熱電変換材料である鉛テルライドの焼結体に、サイズ 5 nm 程度のマグネシウム・テルライドのナノ構造を形成することで、電荷を運ぶキャリアの輸送特性には影響を与えないで、熱を運ぶフォノンのみを効果的に散乱することに成功し、高い熱電性能指数 $ZT=1.8$ を実現した。さらにこの材料と電氣的・熱的に良好に接合する電極材料を開発することで、変換効率 11 %を有する熱電変換モジュールの開発にも成功した。熱電性能指数および変換効率は、一般的に、それぞれ $ZT=1.0$ および 7 %を超えることが困難であったが、ナノ構造の形成技術を用いることで特性を大幅に向上させることに成功した。本技術のプレス発表は日刊工業新聞、日刊産業新聞、化学工業日報、電気新聞で報道された。また、研究成果はドイツ Wiley 社が発行する学術誌

Advanced Energy Materials, Vol.2, pp.1117-1123, 2012 年 (Impact Factor: 16.146) に掲載され Inside Front Cover に選ばれた。さらに、英国王立化学会の発行する学術論文誌 Journal of Materials Chemistry C, Vol.3, pp.10401-10408, 2015 年 (Impact Factor: 4.696) に掲載されて Back Cover を飾り、英国王立化学会の発行する学術論文誌 Energy & Environmental Science, DOI:10.1039/C5EE02979A (Impact Factor 20.523) のオンライン版に掲載されるなど、注目を集めた。この高効率熱電変換モジュールを用いることで、未利用熱エネルギーを電気エネルギーへと変換して活用する道が開けると期待され、産業界との実証実験などを実施して 5 年以内に実用化を目指す。



⑥その他の研究テーマ

その他の研究テーマにおいても、各テーマで設定した学術的目標にむけて着実に研究は進捗し、概ね当初に設定した目標を達成した。現在開発が進む固体酸化物形燃料電池をIGFCで利用するために必要不可欠かつ重要な課題である不純物耐性についての技術確立を行い、さらに新規燃料極の開発においても性能目標を達成した。バイオ燃料開発では、バイオ燃料を高効率に生産する菌体を改良し、事業開始時よりも脂肪酸の生産性を約 135 倍まで高めることに成功するなど、米国との連携により着実に成果を挙げた。その他再生可能エネルギーに関する研究成果として、水素の有効利用技術の実証機を米国に設置し、ほぼ目標値である性能に到達した、水素社会実現に寄与できる触媒技術を確認した、といった成果が得られた。また、米国側と共同で水素ガス中での破壊靱性を評価する新たな手法を米国材料試験協会の疲労および破損に関する試験規格を協議する委員会に紹介し、試験方法規格として今後検討するように働きかけることができた。このように今後の再生可能エネルギー導入加速につながる共同研究と国際標準化に貢献が期待できる成果が得られた。

3)その他のアウトプット

①研究者の往来状況

本事業では、政策的課題である日米アクションプランを強力に推し進めるため、日本側の研究者を米国国立研究所等に直接派遣して連携を構築、研究を行うことを前提とした。表Ⅱ-3-1-5に示すように、多数の研究者が海外研究機関を訪れ、単なる議論や意見交換のための訪問のみならず、実際に長期滞在の上、共同研究を行った。本事業における研究滞在の特徴としては、日本で開発した機器を海外に持ち込んでの共同実験の実施、加速器など相手方が所有する大型装置の使用による材料評価のための研究協力、シミュレーションの共同開発等があげられる。それぞれの強みである研究資産を持ち寄って共同研究を行っており、人材育成や国際交流を主たる目的としている他の国際共同事業と比べ、アクションプラン実施のための研究開発を対等な立場で協力して進める、と言う点に注力した。また、表Ⅱ-2-3に示すように、海外から共同研究者を招いてシンポジウムなどを実施し、双方向の研究者訪問・滞在による協力を行った。さらに、別章で述べているように、毎年日米ワークショップを開催し、関係者が一堂に会して進捗状況の確認や課題抽出を行うとともに、米国の予算申請のための White Paper 骨子作成等への協力も行った。

表Ⅱ-2-3 研究者の派遣、招聘実績

研究テーマ名 (H26fy)		海外連携先	派遣人数	招聘人数
日米クリーン・エネルギー技術協力				
1.「基礎科学」分野				
<人工光合成>				
共研	高効率CO ₂ 還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究	BNL	11	4
FS/共研	高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発	BNL	8	1
FS/共研	多核金属錯体のCO ₂ 多電子還元機構の解明	BNL	4	0
<太陽光から水素を生成する色素増感太陽電池>				
共研	色素増感起電力を利用した水分解水素製造	BNL	7	0
FS/共研	重水素化増感触媒の耐久性に関する研究	BNL	6	0
<ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス>				
共研	共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究	SNL, LANL	14	0
共研	蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析	LBNL	18	0
共研	ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料	ANL	10	1
共研	ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発	ANL, SNL	15	3
FS/共研	クラスター化学に基づく(光)エネルギー変換システムの研究	LBNL, LLNL, ANL	17	0
<燃料電池>				
共研	高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究	LANL	17	0
共研	クリーンアップ石炭ガス化のためのSOFC燃料極開発	NETL	12	10
<エネルギー関連材料の計算科学>				
FS/共研	水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究	LLNL, LBNL	10	0
2.「その他の再生可能エネルギー技術」分野				
<先進バイオ燃料のための生物化学的および熱化学的変換プロセスの研究開発>				
共研	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (1) 細胞壁脆弱化・機械的ナノ解繊処理と糖化酵素によるセルロース分解挙動の研究	ORNL	14	4
共研	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (2) 糖化酵素生産系状菌及び糖化酵素の高機能化研究	NREL	12	0
共研	非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (3) 糖化酵素及び発酵阻害物質の効率的除去に関する研究	LBNL	12	0
共研	脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究	PNNL	19	1
共研	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 (1) 新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析	LLNL, SNL	14	1
共研	バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発 (2) バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析	ANL	13	1
<その他>				
共研	再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究	SRNL	23	6
共研	再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化合物の活性化技術に関する研究	PNNL	8	2
共研	水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究	SNL	20	1
クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発				
共研	地熱エネルギー抽出量増大のための革新的技術の開発	LBNL, USGS(米) GFZ(ドイツ)	6	0
共研	太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発	NREL(米) ヘルムホルツ研究所, フラウンフォーファー研究所(ドイツ) JRC(EU)	6	0
共研	再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発	NREL, SNL(米) 産業科学技術研究所 (SINTEF)(ノルウェー) SIRFN参加研究所, ELECTRA 参加研究所	9	0
共研	熱電変換モジュールの性能評価技術の開発	オークリッジ国立研究所(米) フラウンフォーファー研究所, 航空宇宙研究所(ドイツ) クリスマット研究所(フランス) 電気技術研究所(韓国) 工業技術研究院(ITRI)(台湾) 上海珪酸塩研究所(中国)	6	1
共研	大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発	NIST, LBNL(米)	1	0
共研	水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発	NIST(米) PTB(ドイツ)	11	0
共研	バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発	NIST(米) CCQM基幹比較 参加候補機関:IRMM(EU), LGC(イギリス), INMETRO(ブラジル), NIM(中国), KRISS(韓国)他	6	2
セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発				
共研	セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発	NREL	1(別予算で訪問)	0

②日米ワークショップ

本事業では、毎会計年度、米国または日本において、日米双方の研究者（本事業の日本側実施者・研究者、および、そのカウンターパートである米国研究者を主とする）が集うワークショップを開催することを委託契約に記載している。このワークショップは、日米の研究者双方のために、研究協力の円滑な進行と進捗の確認、連携の強化を目的としているものであり、毎年 1 回開催し、事業の実施に役立ててきた。その内容を、以下に記載する。

②-1 第一回日米クリーンエネルギー技術研究協力ワークショップ

【開催日】	2010年6月2日～4日
【開催地】	ニューメキシコ州アルバカーキ
【米国側ホスト研究機関】	サンディア国立研究所
【参加者】	日本側:23名、米国側:37名
【目的】	2010年6月より開始した本事業において、すでに研究協力を開始したテーマの研究者同士の今後の方針確認に加え、今後新たに連携を拡大するための、日本の研究者と米国研究者とのマッチングを行う。加えて、米国側研究者の研究予算申請を行うための White Paper の骨子を作成する。
【概要】	日米アクションプランの各カテゴリーに、日米の各研究者が2日間にわたって個別ミーティングを行い、そこで各参加研究者が持つ研究ポテンシャルの紹介と、今後の協力の可能性を話し合った。その中で、日米で協力して進める研究の内容を議論し、米国側の予算申請のためのたたき台、いわゆる White Paper を共同で作成した。最終日には、各カテゴリーから2日間のミーティングの成果を発表し合い、今後の研究協力の進め方を全体で確認をした。
【成果】	すでに研究協力を開始したテーマに加え、新たな研究協力の拡大を行うための研究者同士のマッチングにつながった。この結果により、日本側では次年度からの新規テーマ拡充につながり、米国では米国エネルギー省への本事業のカウンターパートとしての予算申請を行う事につなげることができ、開始した直後である本事業の連携強化に極めて有効なワークショップとなった。

②-2 第二回日米クリーンエネルギー技術研究協力ワークショップ

【開催日】	2012年2月13日～15日
【開催地】	カリフォルニア州プレザントン
【米国側ホスト研究機関】	ローレンスリバモア国立研究所
【参加者】	日本側:48名、米国側:22名

【目的】 日米の研究者が直接顔を合わせて、これまでの進捗状況を確認し、今後の方向性の議論を行う。さらに、経済産業省と米国エネルギー省間で日米クリーンエネルギー対話が並行して開催されることから、その参加者や大学などからの招待講演者も交えて、今後のクリーンエネルギーに関する議論と意見交換を行う。
【概要】 事業開始後1年半が経過していることから、まず、この間の各テーマの進捗状況および成果を報告し合った。さらに、前回に引き続き、日米アクションプランの各カテゴリーに分かれての個別ミーティングを行い、各研究協力の今後の方針を確認し、その結果を最終日の全体会議で報告した。日米双方から国立研究所のみならず大学などからも招待講演者を招き、今後のクリーンエネルギーに関する日米共同研究のあるべき姿を全体で討論した。
【成果】 日米双方の強みを生かした研究成果の創出が軌道に乗っている事を確認するとともに、クリーンエネルギー分野での日米協力の重要性を再確認した。さらに、外部からの招待講演者も交えた議論において、今後重要なトピックスとなりうる、エネルギー貯蔵、太陽エネルギー、バイオマスエネルギー、ナノ材料に関しての様々な技術的指摘や提案をいただき、今後の事業の進め方の参考となる議論につながった。

②-3 第三回日米クリーンエネルギー技術研究協力ワークショップ

【開催日】 2013年3月12日
【開催地】 米国コロラド州ゴールデン
【米国側ホスト研究機関】 米国国立再生可能エネルギー研究所 (National Renewable Energy Laboratory: NREL)
【参加者】 日本側:40名、米国側:10名
【目的】 太陽光発電、バイオマスエネルギー、水素エネルギー、エネルギーネットワーク技術等、様々な再生可能エネルギーに関する日米の研究協力の成果を確認し、今後のクリーンエネルギーに関する議論と意見交換を行う。

【成果】

産総研と米国エネルギー省傘下の国立研究所間の MOU が現在 7 件あり、相互の人材交流やワークショップの開催などで協力を進めていることを確認した。さらに、本プログラムのために簡易化された共同研究契約のためのショートフォーム(簡易版)CRADA が設定され、ロスアラモス国立研究所(Los Alamos National Laboratory: LANL)では締結済み、他にパシフィックノースウェスト国立研究所(Pacific Northwest National Laboratory: PNNL)やローレンスバークレー国立研究所(Lawrence Berkeley National Laboratory: LBNL)、ローレンスリバモア国立研究所(Lawrence Livermore National Laboratory: LLNL)、サバンナリバー国立研究所(Savannah River National Laboratory: SRNL)等で手続きが進行中であると報告された。

②-4 第四回日米クリーンエネルギー技術研究協力ワークショップ**【開催日】** 2013年12月13日**【開催地】** 米国カリフォルニア州リバモア**【米国側ホスト研究機関】** サンディア国立研究所

(Sandia National Laboratories)

【参加者】 日本側:17 名、米国側:21 名**【目的】**

新規事業に関する研究テーマの進め方、および今後のクリーンエネルギー技術に関する日米研究協力のあり方について議論と意見交換を行う。

【概要】

2013 年から開始された新規事業「クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発」について、再生可能エネルギー(福島再生可能エネルギー研究所:FREA 関連)、太陽光発電(PV)、地熱、及び水素利用システム等のテーマと、継続中の日米事業の全体概要の紹介、個別担当者からの研究紹介を行った後、4 つの平行セッション(FREA、PV、地熱、水素)での議論を行った。昼食後、Sandia National Laboratories の実験施設を見学し、各セッションの議論概要の報告をした後、産総研矢部理事より日米クリーンエネルギー技術協力事業に関する CRADA の現状と提案内容を説明し、米国エネルギー省側からも今後のより一層の日米クリーンエネルギー技術に関する共同研究の進展への期待が述べられた。

【成果】

日本側から日米クリーンエネルギー技術協力事業の CRADA 改訂案について概要を説明した。米国エネルギー省の Ron Cherry 氏から、今回の CRADA 改訂案に対する理解が示され、今後の CRADA 締結に向けた日米両国の意見交換を継続することが合意された。

2014 年までの本事業での成果を最大限にするために共同研究をより一層推進するとともに、2015 年度以降に日米で新たな後継プロジェクトを立ち上げるための議論を継続することが合意された。

②-5 第五回日米クリーンエネルギー技術研究協力ワークショップ

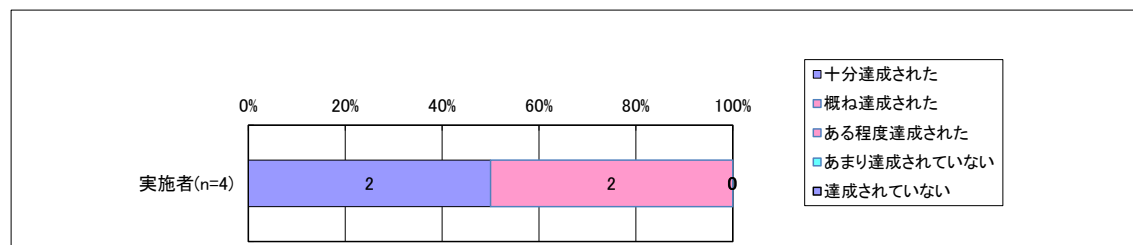
【開催日】 2015年2月26日
【開催地】 福島県郡山市
【日本側ホスト研究機関】 産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所
【参加者】 日本側:15名、米国側:4名
【目的】 日米等エネルギー技術開発協力事業は5年目の最終年度を迎え、産総研と米国エネルギー省傘下の国立研究所との共同研究の成果が挙がってきている。これまでの成果を踏まえ、再生可能エネルギー関連技術の研究開発を中心として、来年度以降の日米クリーンエネルギー研究協力の深化に向けた協力のあり方について議論を行う。
【概要】 5年間で得られた本事業の成果の概要紹介と今後の日米事業の展開、近日中に経済産業省と米国エネルギー省間で合意予定の日米科学技術協力協定に基づいた Implementing Arrangement(IA)締結とその下での Project Arrangement(PA)の策定、および日米クリーンエネルギー研究協力に特化した CRADA 合意への見通しや期待が述べられた。 また、太陽光発電(PV)と再生可能エネルギーネットワーク関連、水素エネルギー・燃料電池等のテーマについて説明が行われ、まとめのセッションでは今後の予定や協力のあり方に関して議論が行われた。
【成果】 米国エネルギー省側より、現状で確約できる状況ではないが、主として、PV 関連技術、地熱エネルギー開発、エネルギーインテグレーションに関する3つの研究協力テーマについて、積極的なサポートと来年度以降に向けた研究テーママッチングを行いながら、より具体的な共同研究トピックスに対して、産総研との共同研究予算を準備したいとのコメントがあった。日本側からは、日米間のクリーンエネルギー技術開発に関する政府合意と経済産業省-米国エネルギー省間でのエネルギー政策対話等を踏まえて、米国エネルギー省傘下の国立研究所と産総研とで優れた研究成果が挙がってきていること、これまでの5年間は非競争領域の基礎科学関連の共同研究が主であったが、H25年度より経済産業省の追加予算でPV、地熱、エネルギーシステム等再生可能エネルギーに関連するより実用的な技術開発を加速的に推進する方向性が示されており、今回のIA締結を契機にPA等の締結によって、日米双方にとってより実益のある事業進展を期待するとコメントがあった。

③協力体制構築

これまでの5年間で、日米アクションプラン実現のための国際協力体制を新たに構築してきた。たとえば、研究者が産総研のノウハウを持って長期間海外に滞在し、海外研究機関での共同実験を実施するなどし、共同研究の体制を構築してきた。事業の初期目標であった、アクションプラン

記載項目に関する協力体制の構築は達成されたといえる。

なお、実施者にアウトプットの達成度をアンケートした結果(図Ⅱ-2-4)では4人中2人が十分達成、2人が概ね達成されたと回答している。



図Ⅱ-2-4 アウトプットの達成度(実施者)

十分達成と回答した実施者のうち1名は「大部分のテーマで目標を十分達成できた」とし、また他の1名は「光電極と色素増感セルの組み合わせにより、太陽エネルギーから水素への変換効率で世界最高効率を達成するなど、顕著な成果が発表されている」と回答している。また、概ね達成したとした実施者からは、「目標値に達成しなかったテーマもあるが、その場合も改善策の検討が行われていて、数年のうちに目標をクリアできると思われるため」、また、「すべてのテーマを勘案すると、全体としてはおおむね達成したと言える」ため「概ね達成」としたとコメントがあった。

(2) 論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作

本事業の論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作実績を表Ⅱ-2-4にまとめた。論文発表件数総数は248件、そのうち査読付き論文が198件である。またカウンターパートと共同執筆した論文数は65件であった。特許出願数は国内27件、外国5件、国際標準の形成5件、プロトタイプ形成も6件ある。

表Ⅱ-2-4 論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作実績

	AIST	RITE/GEI
論文発表数(うち、カウンターパートナーと共同)	245(65)	3(0)
うち、査読付き(同上)	197(55)	1
口頭発表数(同上)	487(97)	2
特許出願数(国内)(同上)	27(0)	0
特許出願数(外国)(同上)	5(1)	0
ライセンス供与数	0	0
国際標準の形成	5	0
プロトタイプの実作	5	1

3. 経済産業省(国)が実施することの必要性

【評価基準】

○終了時評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであることなど、当省(国)において、当該制度を実施することが必要であることが明確であること。

①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難易度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。

②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。

③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。

④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。

⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

現在、人類が直面している資源制約、地球温暖化問題解決のためには、革新的な技術の研究開発が必要不可欠であり、当該技術の早期確立のためには、我が国だけでなく世界トップレベルの技術を持つ米国等との協力が必要である。

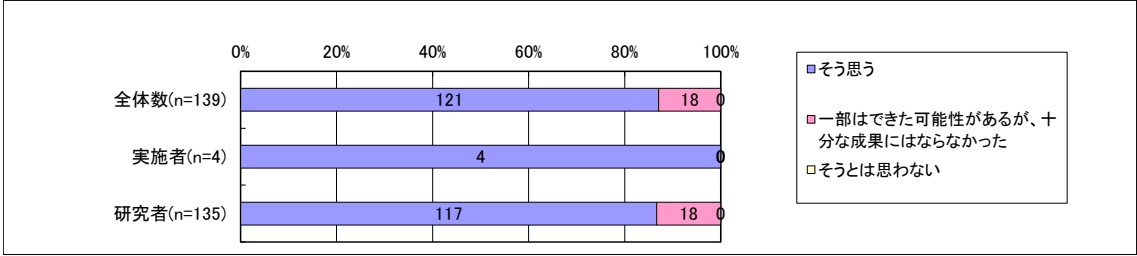
このため、エネルギー安全保障と地球環境問題の一体的解決のために、エネルギー環境技術分野において世界トップレベルの日米等研究機関間の国際共同研究を支援することにより、日米等の間におけるエネルギー環境分野の技術の迅速な確立・普及を推進することは重要である。

本事業はこのような背景のもと、平成 21 年 11 月に経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプランに記載されている 5 分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象とし、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等と共同研究開発を実施したもので、このため事業期間を平成 22 年～平成 26 年度の 5 年間と長期とし、予算総額も約 29 億円に及ぶ多額の予算が投入されている。これは要件①の「多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難易度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合」に該当する。

また、共同研究の対象として、人工光合成、色素増感太陽電池、ナノテクノロジーを利用した革新的エネルギー貯蔵または変換デバイス、次世代の燃料電池、エネルギー関連材料の計算科学、及びその他として次世代における相当量の CO₂ 削減に貢献すると考えられる基礎的な研究要素を含む共同研究等、としている。これらは要件②の「環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合」に該当する。

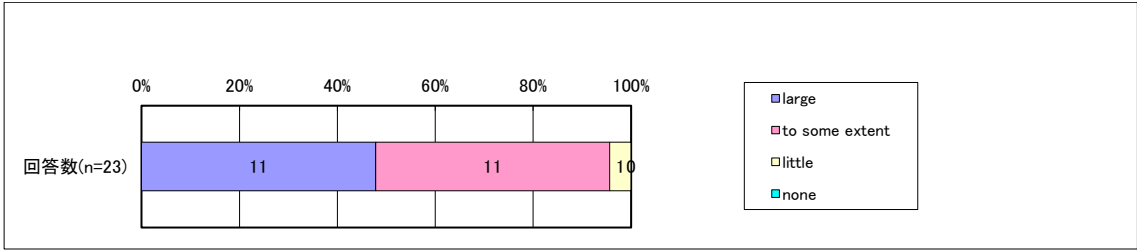
それぞれの研究テーマは経済産業省(国)や公的研究機関の関与がなければ実施できなかった

たかどうかについて質問したアンケート結果を図Ⅱ-3-1に示す。実施者については全員がそう思うという回答であった。また、研究者は87%がそう思うとし、そう思わないという回答者はいなかった。



図Ⅱ-3-1 経済産業省(国)が実施することの必要性アンケート結果

なお、海外連携先研究者に自身の研究チームの研究開発への本事業の貢献度についてのアンケート結果を表Ⅱ-3-2に示す。95%以上の研究者が貢献度は大きい、もしくはある程度大きいとしている。



図Ⅱ-3-2 研究チームの研究開発への本事業の貢献度(海外連携先研究者)

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

【評価基準】

○終了評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。

- ・知財管理の取扱
- ・実証や国際標準化
- ・性能や安全性基準の策定
- ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組
- ・成果のユーザー

○あらかじめ設定されていた事業アウトカムの達成時期における目標値の達成が見込まれていること。

日米クリーン・エネルギー技術協力事業ロードマップ(図Ⅱ-4-1a)を作成し、バイオ・人工光合成・ナノテクノロジー・色素増感太陽電池(水素製造)・再生可能エネルギー(貯蔵・輸送)・燃料電池の各研究分野および全体観を示している。本事業の成果として、平成 27 年にバイオ燃料分野で高生産性の実現(50g/L 程度)の達成、人工光合成分野では、水分解と組み合わせ可能な触媒開発とそのシステム化、ナノテクノロジー分野では、世界最高の変換効率、量子効率に匹敵する性能の達成、色素増感太陽電池分野では劣化機構の解明・電極長寿命化の設計寿命提示、再生可能エネルギー分野ではベンチスケール(1kW)での総合効率 70%の達成、燃料電池分野では、劣化機構、イオン伝導等高性能化に必要な材料の設計指針を達成した。平成 42 年における低炭素社会、革新的 CO₂ 利用システム、水素利用社会、及び水素による未来のエネルギー供給システム等事業アウトカム達成に向け、他の事業で継続している。



図Ⅱ-4-1a 日米クリーン・エネルギー技術協力事業ロードマップ

また、終了時評価検討会での委員のコメントを踏まえて、見直し(参考)版のロードマップを作成し図Ⅱ-4-1bに示す。

		2015年 事業成果	2020年	2030年
太陽光利用技術	人工光合成	色素増感タンデム水素製造システム	水から水素を製造する革新的触媒の飛躍的性能向上 変換効率:10%	ソーラー水素製造プラント 30円/Nm ³
	太陽電池	高精度評価技術	モジュール変換効率:20% 14円/kWh	モジュール変換効率:25% 7円/kWh
水素利用システム	燃料電池自動車	市販電解質の1.4倍の高耐久性電解質膜を開発	耐久性5000h スタックコスト45万円 水素供給コスト60円/Nm ³	耐久性5000h以上 スタックコスト25万円以下 水素供給コスト40円/Nm ³
	定置用燃料電池	SOFCの高効率化に資する電極材料を開発	家庭用140万台 効率(PE37%、SO50%)	家庭用530万台 効率(PE:40%、SO55%)
地熱	Engineered/Enhanced Geothermal System (EGS)	坑井還元能力向上工程の設計による出力向上	EGSの地熱貯留層を監視・管理 →長期間超高压地熱資源を利用	EGSの発電容量をスケールアップ
バイオ燃料	製造技術	非可食性バイオマス原料からの高性能生産技術を開発	ペンチスケールの実証プラントの運転	輸送用燃料の石油依存度80%

図Ⅱ-4-1b 日米クリーン・エネルギー技術協力事業ロードマップ【見直し(参考)】

4-1. 作成(必要に応じて改定)状況と検討項目

(1) 知財管理の取扱い

事業終了後から事業アウトカム達成(2030年でのCO₂削減)に至るまでの間、知財管理の取扱いについてどのように考えているか、実施者にアンケート・ヒアリングした結果を表Ⅱ-4-1にまとめた。

表Ⅱ-4-1 知財管理の取扱い

回答者	内容
実施者 A	各テーマによって状況は異なるが、組織として、組織の知財担当者とも緊密に連携していく。
実施者 B	組織の知財担当者と連携しながら、テーマごとに最適な取り扱いを行う。
実施者 C	組織内に知財担当者を設置しているため、彼らと連携し適切に取り扱いを検討していく。
実施者 D	コア技術の特許は保持し続けるが、事業者へ幅広く特許の実施許諾およびノウハウ提供を行う。また、部分的譲渡も検討する。

知財管理者との連携が多く挙げられた。また、コア技術の特許は保持し続けるが、事業者へ幅広く特許の実施許諾およびノウハウ提供を行う。また、部分的譲渡も検討するという意見もあった。

(2) 実証や国際標準化

事業終了後から事業アウトカム達成(2030年でのCO₂削減)に至るまでの間、実証や国際標準化についてどのように考えているか、実施者にアンケート・ヒアリングした結果を表Ⅱ-4-2にまとめた。

表Ⅱ-4-2 実証や国際標準化

回答者	内容
実施者 A	基礎研究から実証ステージに進めるようになった際には、組織としても予算の検討・国プロ化へのサポート等を検討する。
実施者 B	実証ステージになると、担当する研究者も変わることもあるため、組織として体制見直し等をサポートしていく。
実施者 C	実証研究や国際標準化は、企業を巻き込んだ形で考えるべきであり、組織のイノベーションコーディネータ(IC)にもサポートをしていただく。

実施者 D	国際標準化は技術移転の重要な方法の一つであり、また日本の技術競争力の向上に資するものであるため、産総研の公的研究機関としての機能を最大限に発揮して取り組む。
-------	--

実証ステージ段階でのサポートを挙げられている。また、国際標準化に関して機能を最大限に発揮しての取組の意見もあった。

(3) 性能や安全性基準の策定

事業終了後から事業アウトカム達成(2030年でのCO₂削減)に至るまでの間、性能や安全性基準の策定についてどのように考えているか、実施者にアンケート・ヒアリングした結果を表Ⅱ-4-3にまとめた。

表Ⅱ-4-3 性能や安全性基準の策定

回答者	内容
実施者 A	現在の研究者だけで対応が困難となった場合は、組織としてフォーメーションの編成に協力を行う。
実施者 B	安全基準などは企業との連携が必要なため、組織の IC にも尽力いただく。
実施者 C	テーマにより状況は異なるが、必要に応じて組織としてサポートを行う。
実施者 D	常に行政側と緊密な連携をとり、安全基準の策定に資するデータを取得、普及に努める。

「常に行政側と緊密な連携をとり、安全基準の策定に資するデータを取得、普及に努める」等が挙げた。

(4) 規制緩和等を含む実用化に向けた取組

事業終了後から事業アウトカム達成(2030年でのCO₂削減)に至るまでの間、規制緩和等を含む実用化に向けた取組についてどのように考えているか、実施者にアンケート・ヒアリングした結果を表Ⅱ-4-4にまとめた。

表Ⅱ-4-4 実用化に向けた取組

回答者	内容
実施者 A	個々の研究者のみでは対応が難しいため、必要に応じて組織としてサポートを行う。
実施者 B	現メンバーで対応が困難な場合は、体制見直し等でサポートしていく。
実施者 C	必要に応じて組織としてサポートを行う。

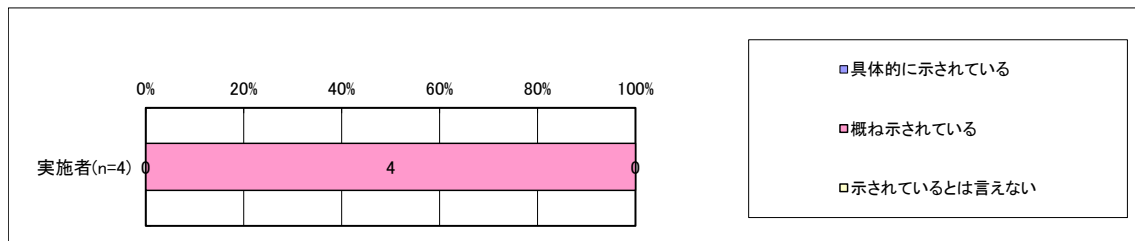
実施者 D	規制緩和自体は行政機関の所掌であり、研究所が取り組むものではないが、規制緩和の裏づけとなるデータは整備していく。
-------	--

(5) 成果のユーザー

事業終了後から事業アウトカム達成(2030年でのCO₂削減)に至るまでの間、成果のユーザーについてどのように考えているか、実施者にアンケート・ヒアリングした結果、以下のコメントがあった「ユーザーは、発電事業者、化学プラント製造事業者、エネルギー変換デバイス(電池、キャパシタなど)メーカを想定している」

4-2. 事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込み

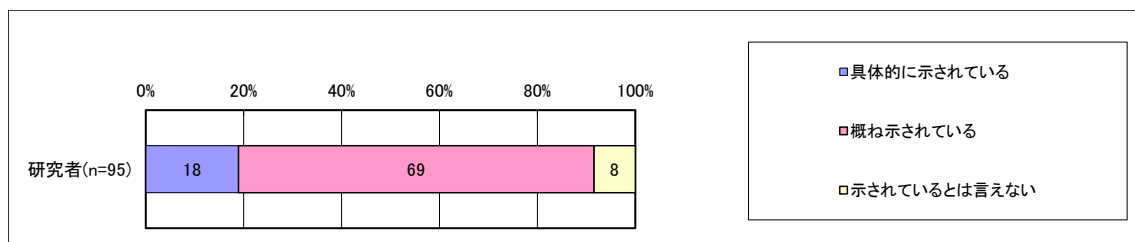
研究開発終了時点で、実用化の姿(アウトカム)までが示されているロードマップとなっていたかという設問に対する実施者の回答結果(図Ⅱ-4-2)は全員が概ね示されているであった。



図Ⅱ-4-2 研究開発終了時点で、実用化の姿(アウトカム)までが示されているロードマップか否かのアンケート結果(実施者)

また、CO₂排出量削減目標の達成に向けて、事業終了後から2030年までどのようなイメージをもって研究に取り組んできたのかについて、実施者へのアンケートでは「技術開発から事業化へ向けては、単に物質やデバイスの高性能を追い求めるだけではなく、システム全体として考えた場合の高効率化、設計の最適化、長寿命化によるコスト削減などが求められていく。これらはロードマップに明記されており、基礎的な研究開発の段階においても常にこれらの要素を踏まえて方向性を定めてきた」という声が挙がった。

一方、事業研究テーマがこのロードマップに該当する研究者に対する研究開発終了時点で、実用化の姿(アウトカム)までが示されているロードマップとなっていたかという設問に対する実施者の回答結果を図Ⅱ-4-3に示す。90%を超える研究者が具体的もしくは概ね示されているとしている。



図Ⅱ-4-3 研究開発終了時点で、実用化の姿(アウトカム)までが示されているロードマップか否かのアンケート結果(研究者)

事業研究テーマがこのロードマップに該当しない研究者には CO₂ 排出量削減目標の達成に向けて、事業終了後から2030年までどのようなイメージをもって研究に取り組んできたのかをアンケートで質問した。例えば以下のようなコメントが寄せられた。

【地熱エネルギー抽出量増大のための革新的技術の開発】

本技術により地熱発電量予測値(NEDO, MOE 等)を10~20%程度上回る発電量を達成し、それによる CO₂ 排出量削減をイメージしていた。また、本事業後に、本技術を発展させ超臨界地熱発電のために用い、2040 年以降に数十 GW 以上の地熱発電を実現することを目指しており、これによる CO₂ 排出量大幅削減をイメージしている。

【高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発】

ロードマップに準じているものと考えます。なお、対象は水素製造ではなく、化成品製造(ギ酸やメタノール等)であり、最終ゴールは異なりますが、反応を基準に見れば共通しており、少し遅れての進捗ですが、概ね平行しながら進んでおります。

【太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発】

本研究はモジュールの保証期間延長に欠かせないものである。

3割の保証期間延長とそれによる発電コストの低減に伴い、普及時期が前倒しされることが期待される。パネルの末端価格が発電コストに占める割合は現在3~4割程度とされ、寿命の3割の延長は発電コストを約1割押し下げ、CO₂ の削減に大きく貢献することを見込んで取り組んできた。

5. 制度の実施・マネジメント体制等

【評価基準】

○終了時評価時点においてなお、制度の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。

- ・個々の運営体制・組織
- ・個々のテーマの採択プロセス
- ・事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)
- ・制度を利用する対象者
- ・個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組
- ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動
- ・資金配分
- ・社会経済情勢等周囲の状況変化への対応

○事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、事業アウトカム達成までの間も含め、具体化されていること。

○事業終了時における、事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等が明確かつ妥当であること。

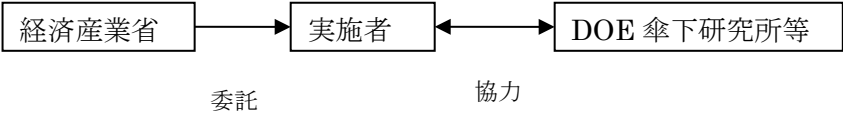
5-1. 制度の実施・マネジメント体制

本事業は、「クリーン・エネルギー技術アクションプラン」に挙げられたクリーン・エネルギー技術のうち、基礎科学分野及びその他の再生可能エネルギー分野の研究開発を補助対象とする事業であり、2分野の研究項目毎に、1テーマ以上を提案し、実施することができる日本に拠点を有している企業・団体等(単独ないしコンソーシアム形式)で、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等の協力相手先が想定されているところが委託先となれる事業である。

平成 22 年度に開始された日米クリーン・エネルギー技術協力事業のスキームの詳細を、表Ⅱ-5-1 に示す。

表Ⅱ-5-1 日米クリーン・エネルギー技術協力事業スキーム

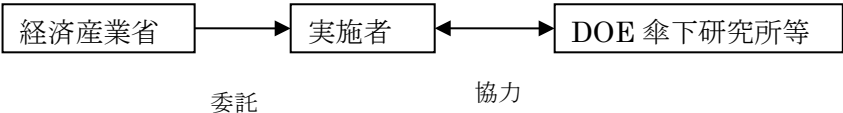
項目	概要
補助対象事業	「クリーン・エネルギー技術アクションプラン」に挙げられたクリーン・エネルギー技術のうち、基礎科学分野及びその他の再生可能エネルギー分野の研究開発
事業内容	研究項目における提案方法 ・上記2分野の研究項目毎に、1テーマ以上を提案すること(なお、その他については任意とする)。よって、計6テーマ以上の提案とする。

	・共同研究には、共同事前調査を含むことも可能とする。 ・各研究テーマについて、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等の協力相手先が想定されている。 ・なお、事業を進めていく上で、経済産業省と米国エネルギー省若しくは受託者と共同研究の相手先である米国研究機関等との協議の結果、研究協力内容に変更が生じた場合には、当省との協議の上、提示している各項目の範囲内において計画変更が生じる場合がある。
実施者	企業・団体等（単独ないしコンソーシアム形式） ①日本に拠点を有していること。 ②本事業を的確に遂行する組織、人員等を有していること。 その他
実施体制	 <pre> graph LR A[経済産業省] -- 委託 --> B[実施者] B <--> 協力 C[DOE 傘下研究所等] </pre>
契約形態	委託契約
採択件数	1 件
事業期間	平成 22 年度～平成 26 年度

また、平成 25 年度からは、上記に加えて、クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業が開始された。本事業のスキームを表Ⅱ-5-2 に示す。

表Ⅱ-5-2 クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、及びセルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業スキーム

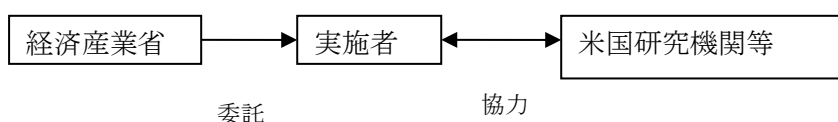
項目	概要
補助対象事業	「クリーン・エネルギー技術アクションプラン」に挙げられたクリーン・エネルギー技術のうち、基礎科学分野及びその他の再生可能エネルギー分野の研究開発
事業内容	研究項目における提案方法 上記分野の各研究項目のどれかに該当するかを明示した上で、1つ以上のテーマを提案すること。なお、本事業を受託する研究者等は、研究活動の内容や成果を社会・国民に対して分かりやすく説明する活動に積極的に取り組むこと。
実施者	企業・団体等（単独ないしコンソーシアム形式）

	①日本に拠点を有していること。 ②本事業を的確に遂行する組織、人員等を有していること。 その他
実施体制	
契約形態	委託契約
事業期間	平成 25 年度～平成 26 年度

(1) 個々の運営体制・組織

1) 実施体制

本事業は、経済産業省（産業技術環境局国際室）が公募を行い、既に記した用件を備えた企業・団体等（単独ないしコンソーシアム形式）1件を採択し、米国等との共同研究を委託する事業である。実施体制を図Ⅱ-5-1に示す。



図Ⅱ-5-1 実施体制

委託先として、平成 21 年 5 月に米国エネルギー省傘下 5 機関及び商務省傘下 1 機関と包括研究協力覚書(MOU)を交わした産総研が採択された。委託契約を締結した平成 22 年 4 月 1 日より、平成 27 年 3 月 31 日までの間、一貫して当該事業の運営統括および進捗状況のモニタリングは経済産業省によって実施された。所内公募により採用された各研究テーマは、実施責任者から提出される中間成果報告資料を年度末に取りまとめて所内中間審査を行い、次年度継続候補課題を決定した。その結果に基づいて、2 月頃に経済産業省にて実施される当該事業審査委員会により継続課題が決定され、予算要求を経て翌年度の契約締結が行われ、引き続き次年度まで委託研究が実施された。また、平成 25 年度からはクリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、及びセルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業が開始され、委託先には産総研に加えて、地球環境産業研究機構および Green Earth Institute(株)が選定された。その共同研究事業の全体像を図Ⅱ-5-2に示す。

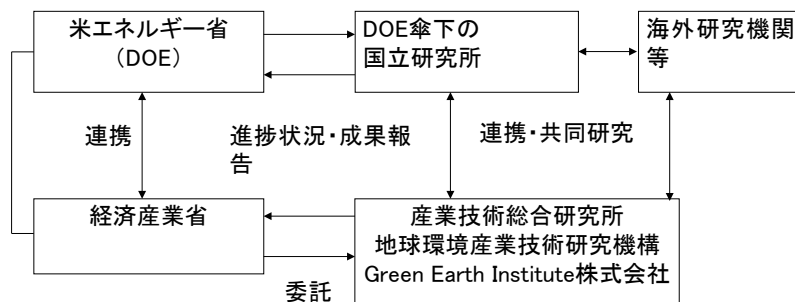


図 II-5-2 共同研究事業の全体像

【包括 MOU 締結機関と連携分野】

1)ロスアラモス国立研究所(LANL)

燃料電池と水素、材料特性と機能における計算科学

2)サンディア国立研究所(SNL)

太陽光発電と関連技術、ナノエレクトロニクスとナノ材料、計算材料科学

3)国立再生可能エネルギー研究所(NREL)

太陽光発電、バイオ燃料と再生可能化学品、再生可能エネルギーシステム統合

4)ローレンスリバモア国立研究所(LLNL)

バイオ燃料製造、水素燃焼、風力エネルギー、地熱エネルギー 他

5)ローレンスバークレー国立研究所(LBNL)

ナノ材料、地熱、スマートグリッド、バイオ燃料製造 他

6)サバンナリバー国立研究所(SRNL)

水素、再生エネルギー、バイオ燃料とエネルギーシステム 他

7)オークリッジ国立研究所(ORNL)

エネルギー効率技術、バイオエネルギー、ソーラーエネルギー技術、エネルギー適用のためのナノ材料

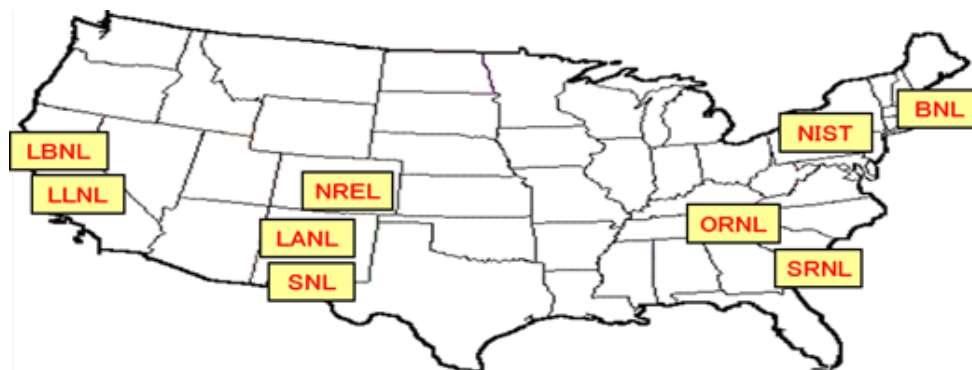
8)ブルックヘブン国立研究所(BNL)

人工光合成、CO₂有効利用技術

9)国立標準技術研究所(NIST)

計測標準、計測標準の同等性の確認、工業標準の開発 他

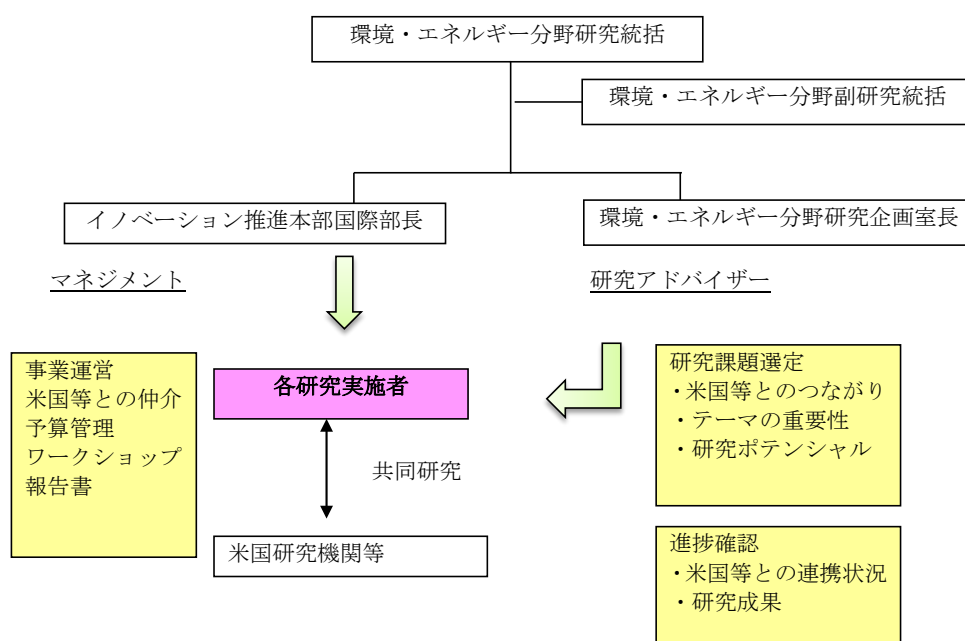
【包括 MOU 締結機関】



次に、本事業の産総研における実施体制の詳細を図Ⅱ-5-3に示す。

本事業を実施するにあたり、産総研では環境・エネルギー分野研究統括が実施責任者となって事業全体をマネジメントした。所内組織である環境・エネルギー分野研究企画室およびイノベーション推進本部国際部が事業全体の取りまとめ主体となり、各研究実施部門に所属する研究代表者・責任者による個別研究テーマの遂行・研究推進の進捗状況を管理し、適宜報告を行った。

各個別研究テーマでは研究代表者・担当研究者が主体的に研究を行ったが、担当研究チームでは遂行困難な分析・調査等については一部外部の事業者委託した。

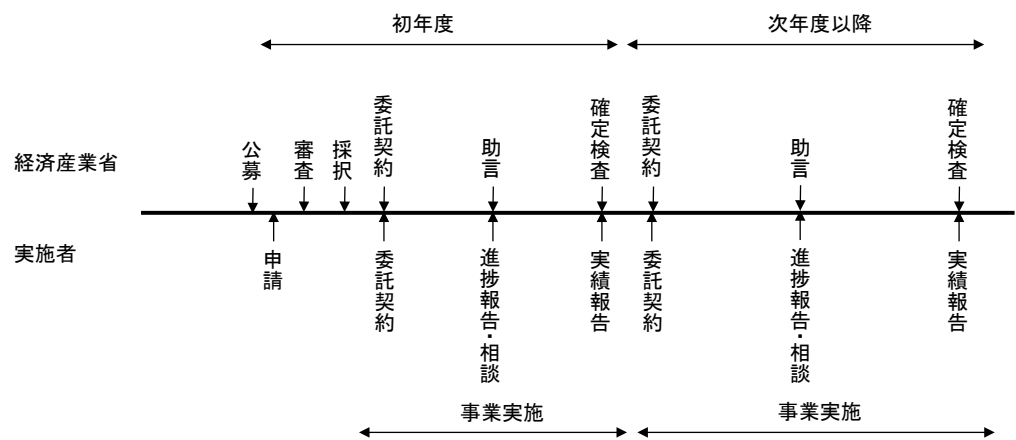


図Ⅱ-5-3 本事業の実施体制の詳細(産総研)

2) 年間スケジュール

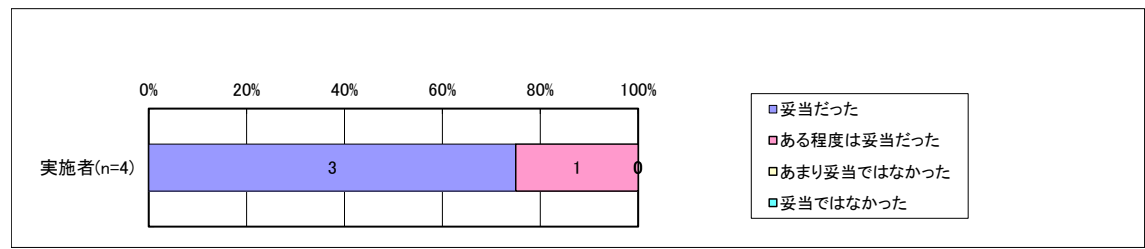
本事業は、図Ⅱ-5-4に示すように、公募、採択を経て実施される。採択された実施者は定められた研究開発の目的及び目標に照らした適切な運営管理を実施することが求められる。また、本事業における実施テーマはクリーン・エネルギーに関する幅広い研究を対象としているため、定期的に報告会(日本側のみの成果報告会、米側研究者も交えた日米ワークショップ)を開催し、情報

の共有を図っている。



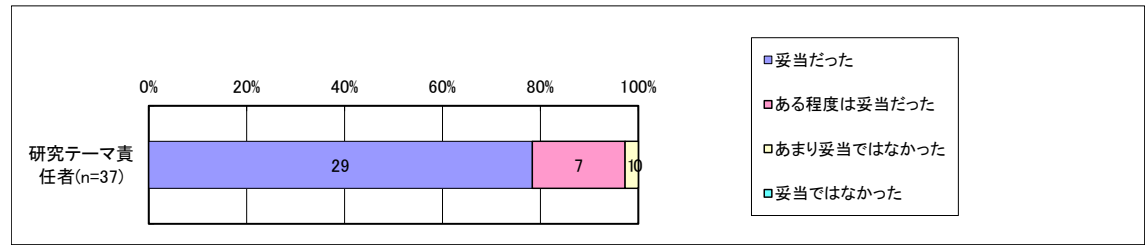
図Ⅱ-5-4 事業の運営

図Ⅱ-5-5 に事業の実施体制・組織の妥当性を実施者にアンケートした結果を示す。全員が妥当もしくはある程度妥当と回答している。



図Ⅱ-5-5 事業の実施体制・組織の妥当性(実施者)

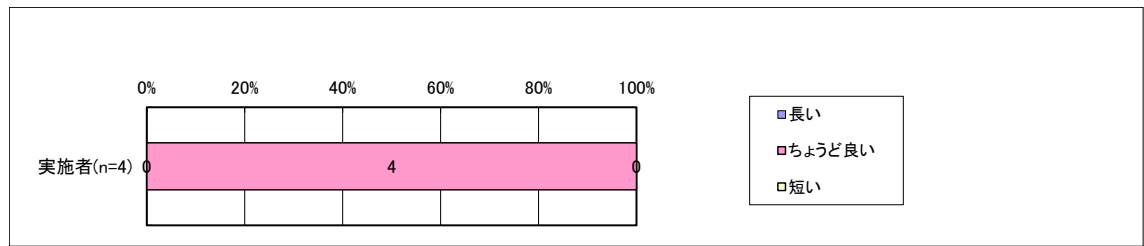
一方、研究テーマの実施体制・組織の妥当性について、研究責任者にアンケートした結果を図Ⅱ-5-6 に示すが、97%以上が妥当もしくはある程度妥当との回答であった。



図Ⅱ-5-6 研究テーマの実施体制・組織の妥当性(研究責任者)

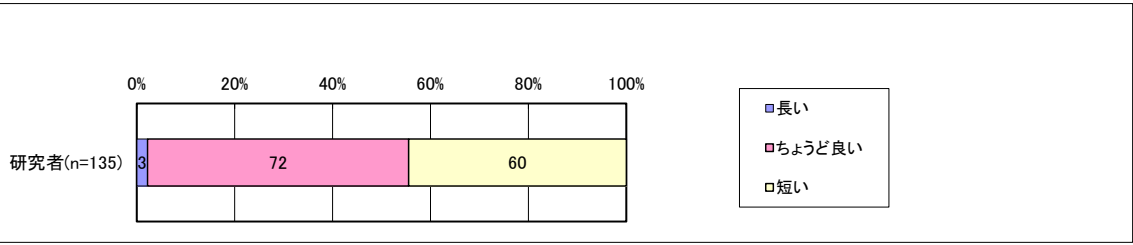
事業としての実施期間(5 年)が適切であるか、実施者に行ったアンケート結果(図Ⅱ-5-7)では全

員がちょうど良いと回答であった。



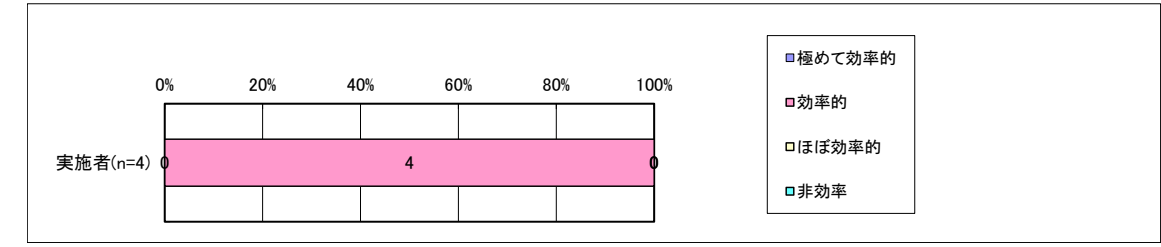
図Ⅱ-5-7 事業の実施期間の適切性(実施者)

一方、研究員に研究テーマの実施期間(平均 3.7 年)は適切かについて尋ねた結果(図Ⅱ-5-8)では、53%がちょうど良いがであったが、44%が短いと回答している。



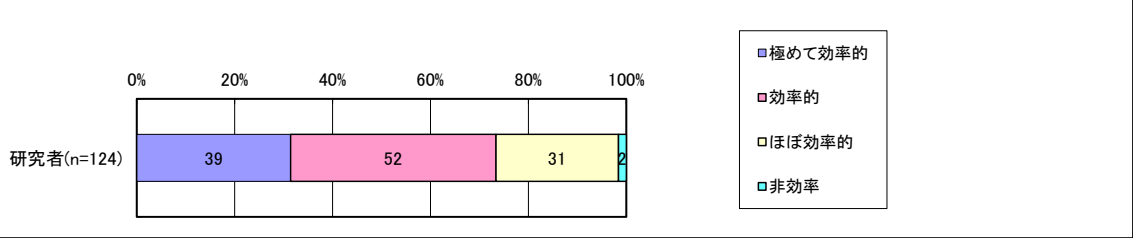
図Ⅱ-5-8 研究テーマの実施期間の適切性(研究者)

本事業において海外と連携することで研究は効率的になっていたかについての実施者へのアンケート結果を図Ⅱ-5-9 に示す。全員が適切としている。



図Ⅱ-5-9 海外との連携による事業の効率化状況(実施者)

研究者に海外提携による研究の効率化状況をアンケートした結果(図 2-5-10)では、程度の差はあるが 98%以上が効率的と回答している。



図Ⅱ-5-10 海外との連携による研究の効率化状況(研究者)

ワークショップの開催/参加など、海外との連携は十分に行えたか、実施者にアンケートした結果(図 2-5-11)、全員が十分との回答であった。

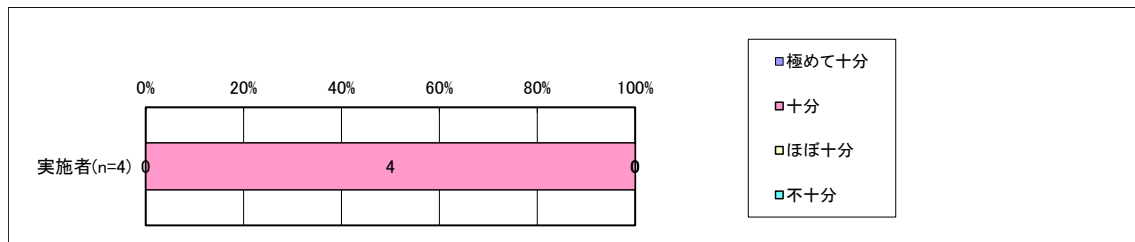


図 II-5-11 海外との連携状況(実施者)

研究員に対する海外提携の状況のアンケート結果(図 II-5-12)では、程度の差はあるが 88%が十分と回答している。

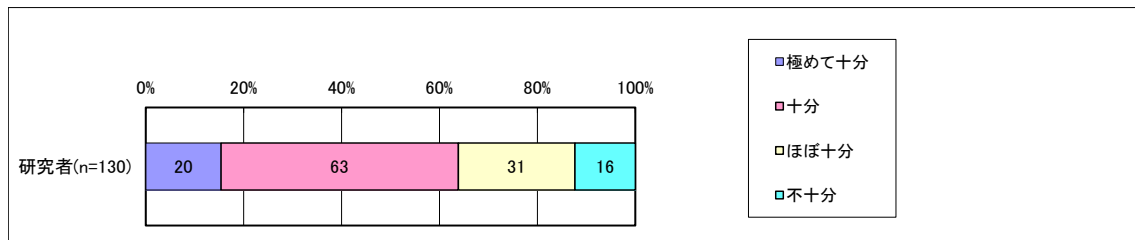


図 II-5-12 海外との連携状況(研究者)

事業の中の研究テーマには、例えば、米国の特定地域のみで活用できる技術であるといったように、地域性の高いものの有無について実施者にアンケートした結果は 1 名しか回答がなかったが、地域性の高いものはなかったという回答であった。

一方研究者に対して、研究テーマは、例えば、米国の特定地域のみで活用できる技術であるといったように、地域性の高いものか否かを質問した結果(図 II-5-13)では、高くないとしたものが 80%であったが、20%が何らかの形で地域性が高いとしている。

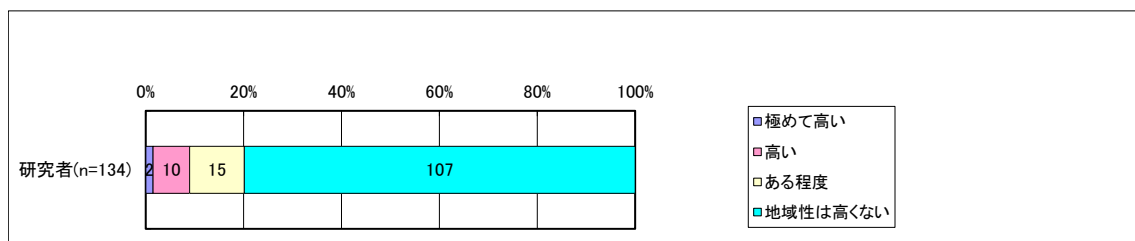


図 II-5-13 研究テーマ地域性(研究者)

(2) 個々のテーマの採択プロセス

1) 公募

経済産業省ホームページにて、説明会日時・事業概要・対象者・公募期間等を公告するとともに、公募要領・申請様式等を掲載した。

2) 審査

採択にあたっては、第三者の有識者で構成される委員会で審査を行い決定する。なお、応募期間締切後に、必要に応じて提案に関するヒアリングを実施する。

[審査基準]

以下の審査基準に基づいて総合的な評価を行います。

- 1) の応募資格を満たしているか。
- 2) 提案内容が、本事業の目的に合致しているか。
- 3) 事業の実施方法、実施スケジュールが現実的か。
- 4) 事業の実施方法等について、本事業の成果を高めるための効果的な工夫が見られるか。
- 5) 本事業の関連分野に関する知見を有しているか。
- 6) 本事業を円滑に遂行するために、事業規模等に適した実施体制をとっているか。
- 7) コストパフォーマンスが優れているか。また、必要となる経費・費目を過不足無く考慮し、適正な積算が行われているか。
- 8) 米国研究機関との研究協力体制が既に構築されているか、若しくは、事業期間中に研究協力体制を構築するための現実的な計画が立てられているか。

3) 採択結果の決定

採択された申請者については、経済産業省のホームページで公表するとともに、当該申請者に対しその旨を通知した。

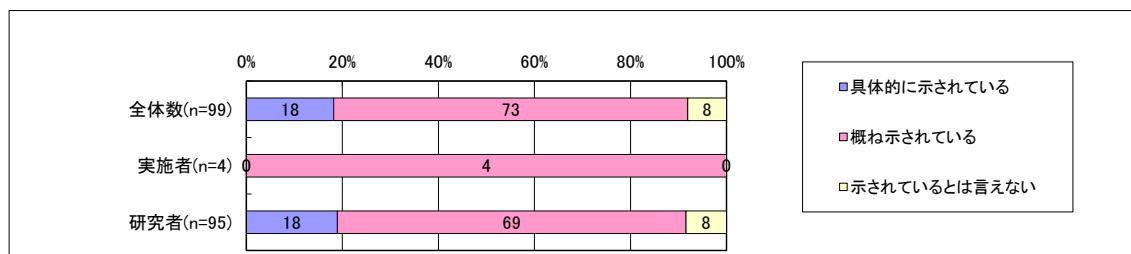
4) 研究課題の選定・審査基準

翌年度継続候補課題の選定・審査は、当該事業の全体統括者(環境・エネルギー分野研究統括)および研究進捗状況の取りまとめを担当する部室(環境・エネルギー分野企画室)により実施される。

審査項目:

- ① 米国研究者とのコンタクト、交流状況と相手の研究ポテンシャル
- ② 米国への研究者長期派遣の有無
- ③ 提案内容に関するこれまでの実績
- ④ 実施計画の妥当性

投入された研究費に対して事業のアウトカムが十分だったかについてのアンケート結果を図Ⅱ-5-14に示す。実施者は全員概ね示されていると回答している。また研究者も90%以上が具体的に、もしくは概ね示されているとしている。



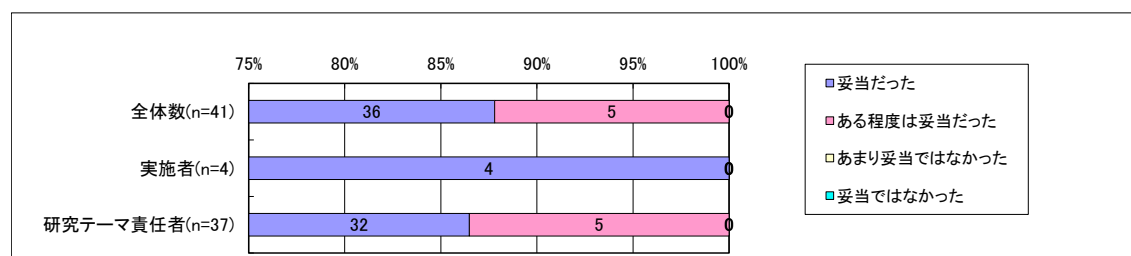
図Ⅱ-5-14 投入された研究費に対して事業のアウトカム

(3) 事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)

当該事業の日々の進捗状況については、実施者の所内組織である環境・エネルギー分野研究企画室およびイノベーション推進本部国際部が各研究実施部門に所属する研究代表者にヒアリング等を行い、個別研究テーマの遂行・研究推進の進捗状況を取りまとめて事業統括者（環境・エネルギー分野研究統括）に随時報告した。また、年度途中に中間成果報告会を行い、各実施者の研究進捗状況を確認した。さらに、年度後半に米国または日本にて開催した日米研究協力ワークショップでは、共同研究相手である米国側研究者と共同で進捗状況の報告を行った。本ワークショップには経済産業省からも参加し、進捗状況の確認・成果報告の場として活用していた。

各年度末には、委託契約の規定により成果報告書を作成し、契約期間終了日までに経済産業省に提出した。

図Ⅱ-5-15に研究テーマの採択プロセスの妥当性に関するアンケート結果(図、実施者に事業の採択プロセスの妥当性、研究責任者に研究テーマの採択プロセスの妥当性を質問)を示す。実施者は全員妥当と回答し、研究責任者も全員妥当、もしくはある程度妥当としている。



図Ⅱ-5-15 研究テーマの採択プロセスの妥当性(実施者、研究責任者)

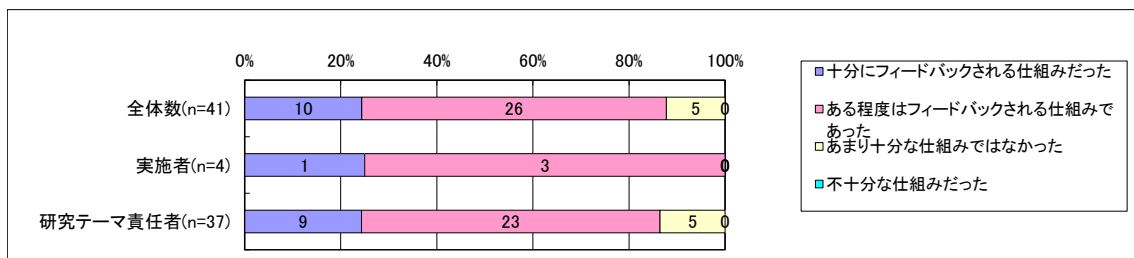
(4) 制度を利用する対象者

本事業は、我が国研究機関と米国などの企業・大学・研究機関等との密接な連携の下で、これから技術開発のための国際共同研究プロジェクトを実施することで、先進的なクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進することを目的とするものである。

事業の実施にあたっては、本事業は日米等の研究機関等で共同研究を開始したものであり、かつ革新的技術の研究・開発という事業の性質から目的の達成には複数年度を要することから、企画競争を選定した受託者に継続して契約を行う必要がある。以上のことより、契約の性質及び目的が競争を許さないことから、会計法 29 条の 3 第 4 項に該当するため、随意契約を行うこととする。

(5) 個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み

個々の研究テーマの制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組みの状況のアンケート結果(図Ⅱ-5-16)では、実施者は全員十分、あるいはある程度フィードバックされる仕組みと回答し、研究員も 85%以上が十分、あるいはある程度フィードバックされる仕組みとしている。



図Ⅱ-5-16 研究テーマの制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組みの状況

(6) 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組

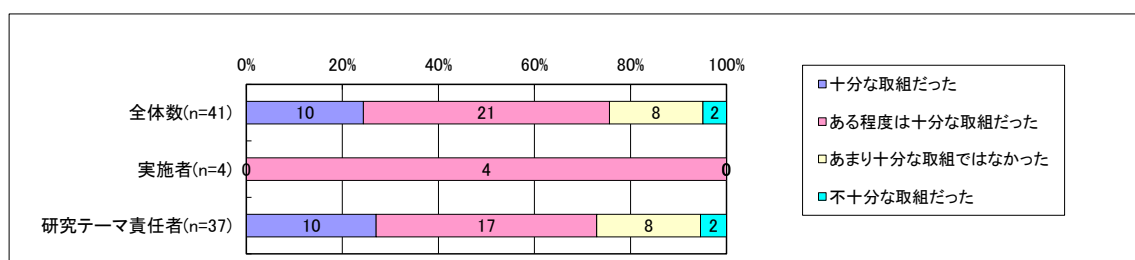
経済産業省及び実施者共催で国内において中間報告会を開催した。平成 24 年 9 月の中間報告会では、成果の社会普及を目的とし、企業へアナウンスを積極的に行った結果、8 社 14 人に参加いただいた。その他の年度は産総研内で開催し、海外との連携状況や研究展開等について経産省国際室と研究担当者が直接意見交換することができた。

表Ⅱ-5-17 に事業開始年度からこれまでの報告会の開催実績を示す。

表Ⅱ-5-17 報告会の開催実績

ワークショップ名	開催日	開催場所	内容
平成 22 年度 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）中間報告会	平成 22 年 11 月 26 日	産業技術総合研究所 つくばセンター	個別の研究協力テーマに関する中間成果報告
平成 24 年度 日米クリーン・エネルギー技術協力 中間報告会	平成 24 年 9 月 5 日	経済産業省別館	個別の研究協力テーマに関する中間成果報告および国内企業への当該事業紹介
平成 25 年度日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 中間報告会	平成 25 年 9 月 3 日	産業技術総合研究所 つくばセンター	個別の研究協力テーマに関する中間成果報告
平成 26 年度日米等エネルギー技術開発協力事業 中間報告会	平成 26 年 9 月 3 日	産業技術総合研究所 つくばセンター	個別の研究協力テーマに関する中間成果報告

成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組に関するアンケート結果を図Ⅱ-5-18に示す。実施者は全員ある程度十分な取り組みとし、研究者は 70%以上が十分もしくはある程度十分としている。



図Ⅱ-5-18 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組

(7) 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動

研究の広報活動状況のアンケート結果を図Ⅱ-5-19に示す。実施者は全員ある程度広報活動を行えたとしている。一方研究員は十分、もしくはある程度広報活動を行えたとしているのは 55%程度であった。

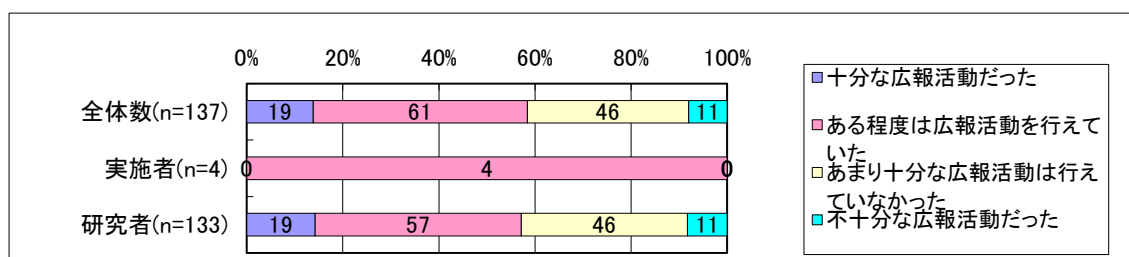


図 II-5-19 研究内容の広報活動

(8) 資金配分

研究予算に関するアンケート結果(図 II-5-20)では、実施者は全員十分とし、研究員も 90%が十分、もしくは研究実施に支障のない程度としている。

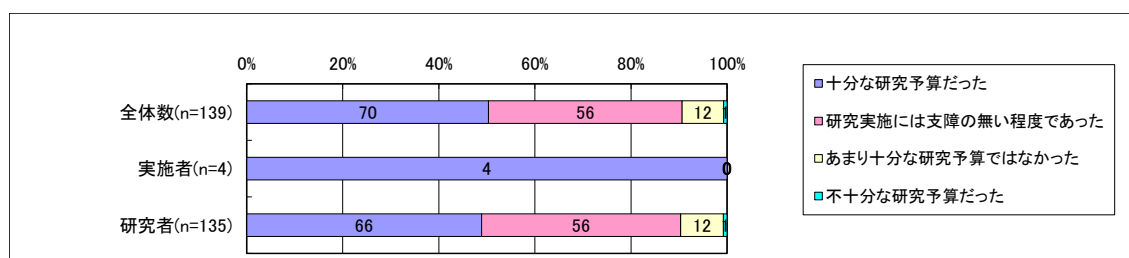


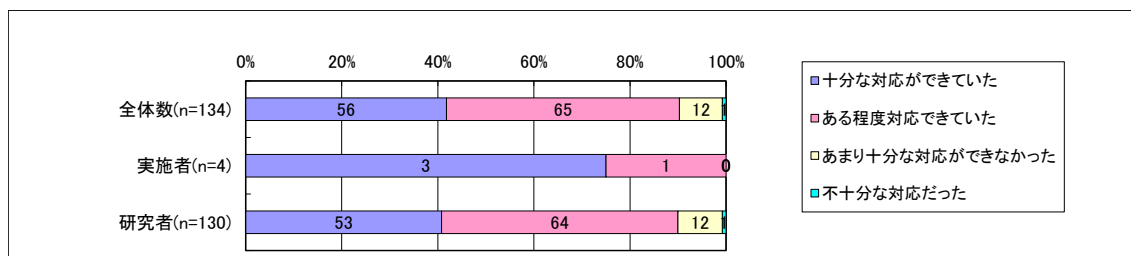
図 II-5-20 研究予算

(9) 社会経済情勢等周囲の状況変化への対応

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災を受け、原子力発電を中心とした既存のエネルギー供給体制を見直し、新しいエネルギー技術開発を求める動きが日本国内を問わず世界レベルで高まった。このような風潮を受け、世界経済にも大きな影響力を持つ米国とともに革新的クリーン・エネルギー技術に関する研究を継続していくことについて、よりいっそう重要性が高まった。このような背景を受け、事業仕分けによる事業廃止や震災復旧財源確保のために予算が大幅に削減される案件が増加する中、当該事業においては H24 年度も震災前の前年度と同額を確保することができた。

平成 25 年度よりこの取り組みを更に加速すべく新たな国際共同研究プロジェクトを実施することにした。クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発、セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業を立ち上げ、優れたクリーン・エネルギー技術を持つ我が国研究機関と米国などの企業・大学・研究機関等との密接な連携の下で、これら技術開発のための国際共同研究プロジェクトを実施することで、先進的なクリーン・エネルギー技術の迅速な確立を推進することを目的とした。

図Ⅱ-5-21 に社会経済情勢等周囲の状況変化への対応状況のアンケート結果を示す。全体でも90%以上が十分もしくはある程度対応できたとしている。



図Ⅱ-5-21 状況変化への対応

5-2. 知財の取扱いについての戦略及びルールを検討・具体化

米国連邦政府の研究機関と共同研究契約を締結する場合、米国法により Cooperative Research and Development Agreement(CRADA)を締結するほか手がない。しかしながら、CRADAは基本的に米国国内企業と連邦政府研究機関との共同研究を想定した契約書であり、米国外機関との契約は念頭には置かれていない。そのため、我が国にとって不利な内容も含まれており、産総研としては CRADA による共同研究契約を締結することはできず、共同研究を対等に継続するためには内容を本事業に適したものと修正する必要がある。具体的には「米国経済発展のため」という理念を「日米双方の経済発展のため」と表現を改め、「技術移転、特許出願は米国優先」という表現を削除するなど、対等な共同研究契約となるショート・フォーム CRADA を提案した。このショート・フォーム CRADA では、知的財産の取扱いとして、知的貢献度に応じて持分を定めることを明示した。その結果、2013 年 3 月 1 日～2013 年 8 月 31 日の期間は産総研とロスアラモス国立研究所(LANL)の間でショート・フォーム CRADA による共同研究契約を締結することができた。しかし、このショート・フォーム CRADA を締結するにも、DOE 地域オフィスの承認が必要などの課題があり、それ以後共同研究契約を締結することはできなかった。そこで、CRADA およびショート・フォーム CRADA の締結に代わる方策として、日米科学技術協力協定第 2 条第 3 項に基づく実施取極:Implementing Arrangement(IA)を経済産業省と米国エネルギー省との間で締結し、その下で産総研と米国エネルギー省傘下の国立研究所の間でプロジェクト取極:Project Arrangement(PA)を締結することを目指した。プロジェクト期間内には IA 締結に到らなかったが、2015 年 4 月に IA は無事締結された。

知財の取り扱いについての戦略及びルールに関する検討状況のアンケート結果を図Ⅱ-5-22に、検討された知財戦略及びルールの具体化についての達成状況のアンケート結果を図Ⅱ-5-23に示す。

戦略及びルールの検討は75%が十分、もしくはある程度検討し、具体化についても7割近い回答者が十分もしくはある程度達成できたとしている。

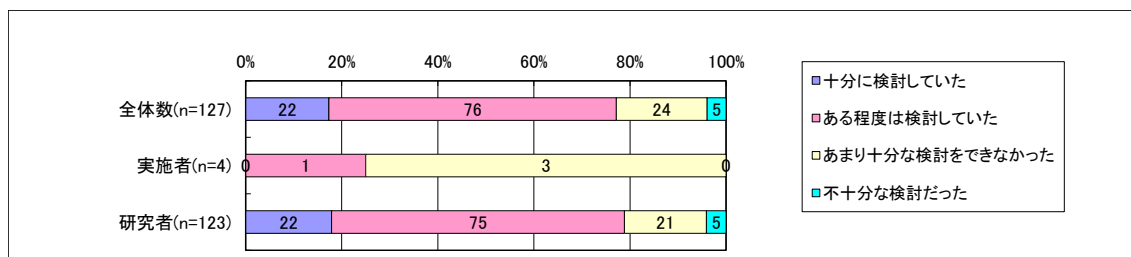


図 II-5-22 知財の取り扱いについての戦略及びルールに関する検討状況

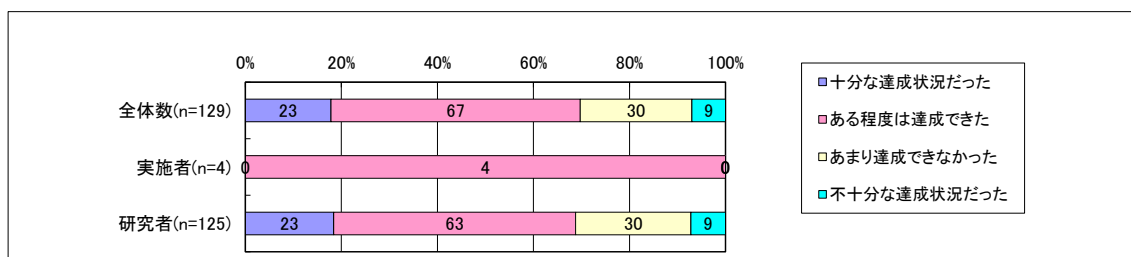


図 II-5-23 知財戦略及びルールの具体化についての達成状況

5-3. 事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等

上述したように、実施者へのヒアリングでは、事業終了後から事業アウトカム達成に至るまでに、実証の取組としては基礎研究から実証ステージに進める段階になった際には、組織としても予算の検討・国プロ化へのサポートを実施する予定である。また、性能や安全性基準の策定についても、常に行政側と緊密な連携を取り、安全基準の策定に資するデータを取得、普及に努めるとしている。規制緩和等を含む実用化に向けた取組についても、必要に応じて、組織としてサポートを行うとしている。また、知財管理についても組織として、組織の知財担当者と緊密に連携するとしている。

アウトカム達成までの間の研究開発の実施体制に関するアンケート結果を図 II-5-24 に示す。全体で 74%が研究継続のため体制を構築、検討している。

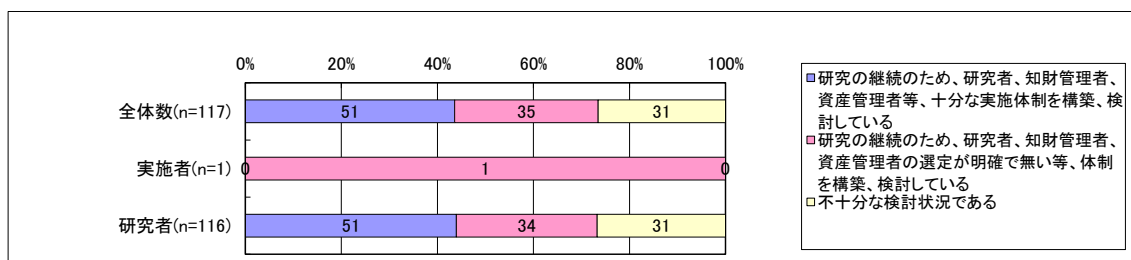
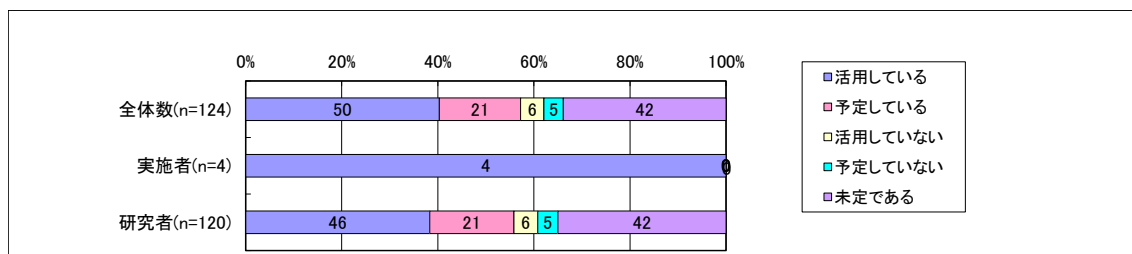


図 II-5-24 アウトカム達成までの間の研究開発の実施体制

本事業終了後に、実施した研究テーマをさらに研究開発するために公的な研究開発支援策（競争的外部資金等）を活用の有無に関するアンケート結果を表Ⅱ-5-25に示す。実施者は全員活用していると回答している。研究者は70%以上が活用もしくは予定しているとの回答であった。



図Ⅱ-4-4 公的な研究開発支援策（競争的外部資金等）を活用の有無

活用している又は予定している具体的な支援策名としては、実施者からは以下の事業が挙げられた。

「経済産業省 革新的エネルギー技術国際共同研究開発事業」、「CREST／さきがけ、ALCA（JST）など」

また研究責任者からは上記以外に、以下の事業が挙げられた。

「NEDO 水素社会構築技術開発事業」（再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究責任者）

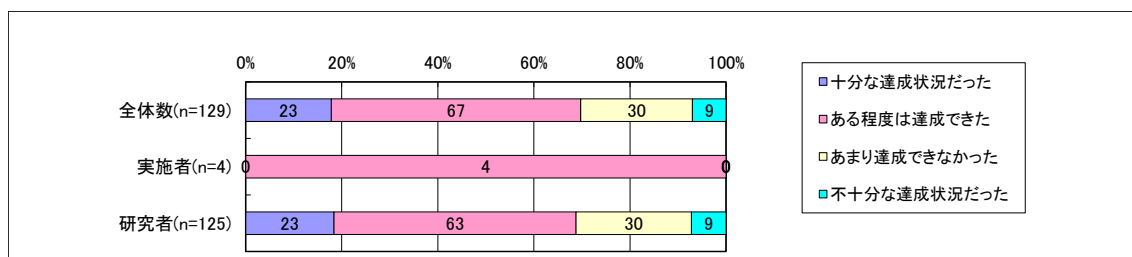
「NEDO 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」（太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発研究責任者）

「NEDO 先導プログラム「省エネセラミックコンプレッサー開発」（ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発）

「科研費、産総研内部の運営交付金」（高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究責任者）

「林野庁 平成27年度 「新たな木材需要創出総合プロジェクト事業」地域材利用促進のうち木質バイオマスの利用拡大（木質バイオマス加工・利用システム開発事業）」（セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発責任者）

国際共同研究という事業のスキームは、目標達成のために妥当なものとなっているかについてのアンケート結果を図Ⅱ-5-24に示す。実施者は全員ある程度達成できたと回答している。また、研究者も7割近い回答者が十分、もしくはある程度達成できたとしている。



図Ⅱ-5-24 国際共同研究という事業のスキームの目的達成のための妥当性

6. 費用対効果

【評価基準】

投入された国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

本事業の予算推移及び実施者である産総研での実施テーマ数の推移を表Ⅱ-5-2～Ⅱ-5-4に示す。平成22年度以降5年間で日米クリーン・エネルギー技術協力事業の予算総額の累計は20.3億円であり、1テーマ当たりの年平均予算は、1800万円程度である。また、平成25年度以降はクリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発事業(産総研、7テーマ)およびセルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業(RITE・GEI、1テーマ)が立ち上がった。

表Ⅱ-5-2 予算額(委託額)(千円)とテーマ数の推移

(日米クリーン・エネルギー技術協力事業)

	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	累計
予算総額	253,044	467,801	468,000	467,000	373,600	2,029,445
実施テーマ数	17	27	25	23	22	
1テーマ辺りの年平均予算	14,885	17,326	18,720	20,304	16,982	

表Ⅱ-5-3 予算額(委託額)(千円)とテーマ数の推移

(クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発事業)

年度	H25FY	H26FY	累計
予算総額	349,998	416,090	766,088
実施テーマ数	7	7	
1テーマ辺りの年平均予算	50,000	59,441	

表Ⅱ-5-4 予算額(委託額)(千円)とテーマ数の推移

(セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業)

RITE・GEI

	H25FY	H26FY	累計
予算総額	49,989	59,985	109,974
実施テーマ数	1	1	

実施側では、前年度中に経済産業省に提出した支出計画書に基づき各研究テーマに研究予算

を配布し、年度途中の中間検査および年度末の確定検査を経て費用を確定する。

受託研究費の費目には人件費、事業費(旅費、会場費、設備費、物品購入費、外注費、印刷製本費、その他諸経費)および一般管理費が定められており、経済産業省による委託費使用マニュアルに従って執行している。

表Ⅱ-5-5～表Ⅱ-5-8に事業開始年度からこれまでの資金配分の推移を示す。

表Ⅱ-5-5 資金配分推移(単位:千円)(日米クリーン・エネルギー技術協力事業)

	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	累計
総額(執行額)	243,982	443,231	425,064	451,263	331,053	1,894,593
人件費	0	79,505	117,655	111,629	59,056	367,845
事業費	222,718	323,432	268,767	298,610	241,901	1,355,428
一般管理費	21,264	40,294	38,642	41,024	30,096	171,320

表Ⅱ-5-6 資金配分推移(単位:千円)(クリーンエネルギー利用技術及び評価技術の開発事業)

	H25FY	H26FY	累計
総額(執行額)	287,364	383,463	670,827
人件費	1,891	7,155	9,046
事業費	249,622	329,782	579,404
再委託費	10,700	12,832	23,532
一般管理費	25,151	33,694	58,845

表Ⅱ-5-7 資金配分推移(単位:千円)(セルロース系バイオマスからの航空機燃料素材製造に関する研究開発事業)

RITE・GEI

	H25FY	H26FY	累計
総額(執行額)	49,748	59,985	109,733
人件費	24,303	31,371	55,674
事業費	20,901	23,161	44,062
一般管理費	4,544	5,453	9,997

表Ⅱ-5-8 執行額総計(単位:千円)

	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	累計
総額(執行額)	243,982	443,231	425,064	788,375	774,501	2,675,153

投入された国費に対する成果としては、以下のようになる。

国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）における日本の削減目標

2030 年度

2013 年度比▲26.0%（2005 年度比▲25.4%）の水準（約 10 億 4,200 万 t-CO₂）

2030 年での削減量=2013 年度排出量-2030 年度目標排出量

$$\doteq 14 \text{ 億 } 800 \text{ 万 t-CO}_2 - \text{約 } 10 \text{ 億 } 4,200 \text{ 万 t-CO}_2$$

$$\doteq 3 \text{ 億 } 6600 \text{ 万 t-CO}_2$$

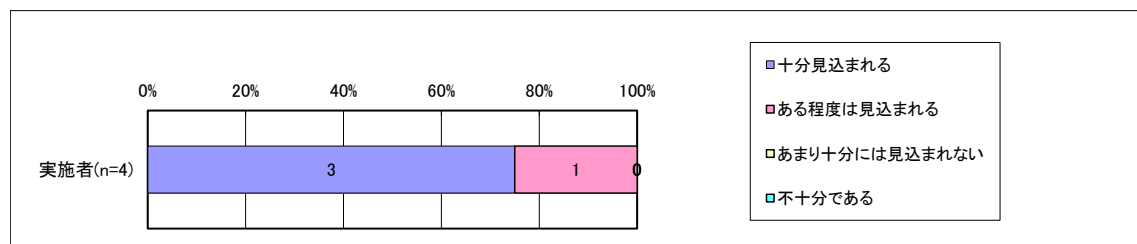
2030 年での削減量はおよそ 3 億 6600 万トンとなる。

本事業のアウトカム目標値が 220 万 t/年であり、見直し（参考）が 346 万 t/年である。

346 万 t/年で計算すると、2030 年の削減目標の約 1.0%の貢献となる。

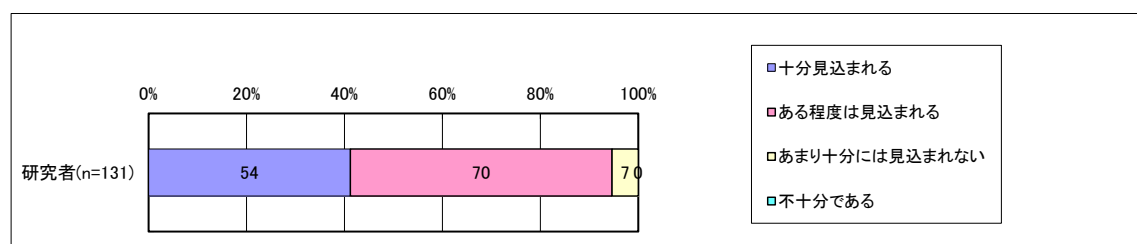
（1）事業アウトプットの費用対効果

投入された研究費に対する事業のアウトプットに関する事業者へのアンケート結果を図Ⅱ-6-1 に示す。全員が十分、もしくはある程度見込まれると回答している。



図Ⅱ-6-1 投入された研究費に対する事業のアウトプット(実施者)

投入された研究費に対する研究テーマのアウトプットに関する研究者へのアンケート結果（図Ⅱ-6-2）では、90%を超える回答者が十分、もしくはある程度見込まれるとしている。



図Ⅱ-6-2 投入された研究費に対する研究テーマのアウトプット(研究者)

（2）事業アウトカムの費用対効果

投入された研究費に対する事業のアウトカムに関する事業者へのアンケート結果を図Ⅱ-6-3 に示す。全員が十分見込まれると回答している。

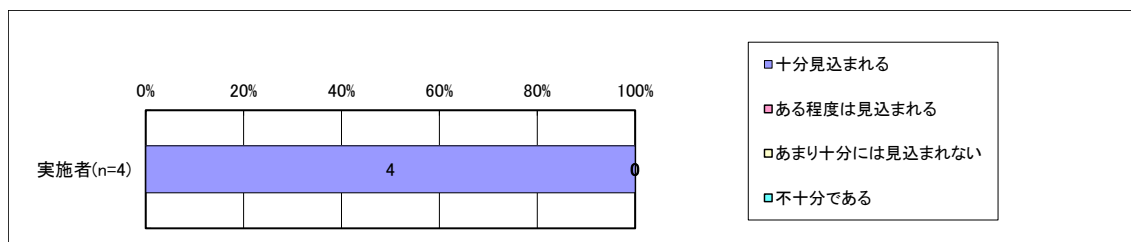


図 II-6-3 投入された研究費に対する事業のアウトカム(実施者)

投入された研究費に対する研究テーマのアウトカムに関する研究者へのアンケート結果(図 II-6-4)では、90%を超える回答者が十分、もしくはある程度見込まれるとしている。

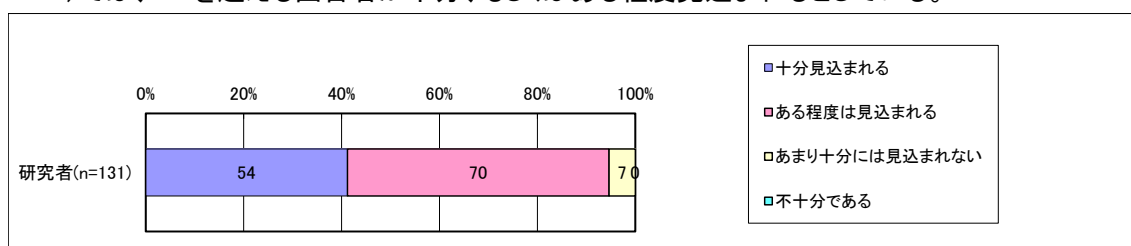


図 II-6-4 投入された研究費に対する研究テーマのアウトカム(研究者)

実施者アンケートで挙げられた事業の成果として期待される波及効果を表 II-6-1 に示す。

表 II-6-1 期待される波及効果(実施者)

回答者	内容
実施者 A	再生可能エネルギー・水素・燃料電池等で基礎研究を十分行えたため、次のステップとしてオリンピック・パラリンピック等での実証へ進むことを期待している。
実施者 B	本事業ではアメリカ DOE 研のみとの連携であったが、この人的ネットワークを他の機関・他国へ拡張し、より研究の幅を広げていただくことを期待している。
実施者 C	個々のテーマで素晴らしい成果が出てきているため、それぞれ企業への橋渡しを行い、実用化へ進むことを期待している。
実施者 D	新たな国際標準の策定、当該分野における新たな産学官連携プロジェクトの開始。産総研のプレゼンス向上。など。

また、研究者から挙げられた波及効果の例を以下に示す。

【水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究】

本事業で開発した技術はスーパーキャパシター電極の解析においても利用できることが明らかになり、実際に適用され論文執筆に至った。今後は様々な電極の劣化メカニズムの解明を行い、耐

久性向上に資する研究を行うことが期待される。

【バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発】

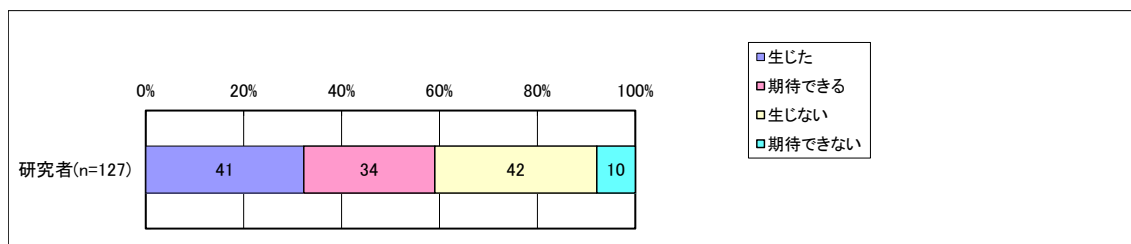
自動車用燃料のモデリングは積み上げ型で行われており、本事業の成果は次なるターゲットのモデル構築にも寄与する。そのため、波及効果としてはモデリングのビッグデータ化に期待する。

【熱電変換モジュールの性能評価技術の開発】

本事業では、モジュールの高信頼化に向けた開発と評価技術に関する研究の2本立てであった。モジュールの高信頼化はこの後、未利用熱発電技術のコア技術として新規事業創出に繋がる可能性が高い。また、モジュール評価技術についても、熱流の測定標準化、絶対熱電能の評価技術の確立といった、個別分野における評価技術として発展的に開発、実用化がすすみ、産業応用のために企業と連携して新規事業創出に繋がる可能性がある。

モジュール評価方法は、各国機関との連携の下、将来の熱電発電モジュールの評価方法の国際標準化に繋がると考えている。

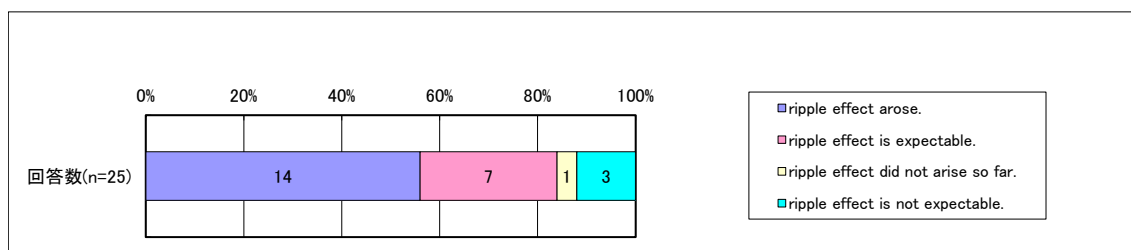
当初想定していなかった具体的な波及効果についてのアンケート結果(図Ⅱ-6-5)では6割弱の研究者が何らかの波及効果が生じたか、あるいは期待できるとしている。



図Ⅱ-6-5 当初想定していなかった具体的な波及効果の有無

具体的には、例えば国際交流によるネットワークの構築などの回答が多くみられた。

一方、海外の連携先研究者に波及効果をアンケートした結果を図Ⅱ-6-6に示す。回答者25名中、波及効果が生じた回答者が14名、期待できるとした回答者は7名であった。IEC規格の修正ができた(NREL)、共同論文ができた(ブルックヘブン国立研究所)などの効果が挙げられているが、日本側研究者と同様国際交流によるネットワークの構築も多数挙げられていた。



図Ⅱ-6-6 波及効果の有無(海外連携先研究員)

7. その他、事業の問題点及びそれに対する改善策等

事業者への事業の問題点および改善策のアンケート結果を表Ⅱ-7-1にまとめた。

表Ⅱ-7-1 事業の問題点および改善策(実施者)

回答者	問題点	改善策
実施者 A	対象国・対象機関が限定されている点。	
実施者 D	年度内から4月第1週までに確定検査が求められるため、研究期間が年度末まで継続できない。購入した研究機器の有効活用ができない。経済省の承認なしに外注を行えない、雇用した契約職員の超過勤務手当や有給休暇分の賃金を計上できない、など、執行においては多くの問題がある。	競争的資金へ転換し、関係府省庁連絡会申し合わせによる統一ルールに沿い、年度末までの研究期間の確保、購入した研究機器の有効活用、研究費の合算使用などを認めていただきたい。

また、研究者へのアンケートでは問題点として米国側の予算がない等が挙げられた。

Ⅲ. 日米先端計測技術研究協力事業

0. 日米先端計測技術研究協力事業の概要

0-1 事業の目的(概要)

世界的な課題である地球温暖化への対策として、エネルギー・環境関連技術の開発と普及が急務となっている。我が国ではこれらの分野における様々な技術開発が行われているが、新たな技術を国際的に速やかに普及し、国際市場を拡大するためには、国際標準化への対応が不可欠である。平成21年11月の日米首脳会談にて、エネルギー・環境技術を中心とした日米協力の重要性について合意がなされ経済産業省としても、具体的な標準の策定を日米関係機関で協力しつつ進めることとしている。

このような認識の下、本事業では、先端分野であるナノテクノロジー分野、環境・エネルギー分野及びバイオテクノロジー分野の研究開発並びに国際標準提案に向けた検証を米国の関連機関と協力しつつ実施し、国際標準化を目指すこととするものである。

0-2 事業内容

本事業では、①ナノテクノロジー分野、②環境・エネルギー分野(業務部門)及び③バイオテクノロジー分野の3分野の計測・評価技術について、米国の NIST (National Institute of Standards and Technology) と協力しつつ、国際標準化に必要な検証、データ収集等を行い、研究成果を基礎とし、関連する工業会や国内標準化団体等、産業界と密接な連携を取りながら国際標準化に取り組む。

①ナノテクノロジー分野

膜厚、微細構造、微細寸法計測等のナノ構造解析法及び薄膜熱物性等のナノ物性評価法の国際標準化を目指し、米国と連携し、機関比較等を通じて、解決すべき技術的課題の抽出を行う。

1) 薄膜膜厚計測

ナノメートルオーダーの膜厚評価の標準化を最終目的とし、正確な膜厚評価に必要な技術指針のとりまとめを行う。

2) 薄膜熱物性計測

表面加熱・表面測温型サーモリフレクタンス法による薄膜の熱物性評価の標準化を目標とし、測定と解析に関する技術指針のとりまとめを進める。

3) 微細形状計測

線幅・線間幅(凹と凸部の形状測定)について、AFM プローブ特性を利用して測定し、形状精度の検証を行い、表面粗さの計測への AFM プローブ特性の適用可能性を検討する。特に AFM

プローブの空間周波数再生特性とナノラフネスの空間周波数成分の対応を比較することでラフネスの信頼性を判定する方法の標準化を行う。

4) 微細寸法計測

結晶の周期性を利用した寸法基準を用いた寸法校正法の標準化を目標とし、測定法と校正法に関する技術指針のとりまとめを行う。

5) 凝集状態評価

代表的ナノ物質であるカーボンナノチューブの水溶液における凝集状態を分光学的に評価する手法を確立し、国際標準化を行う。

② 環境・エネルギー分野(業務部門)

立体(3D)映像メディア技術を情報機器・システムに導入することで3DTV 会議システムや3Dテレワーク等の活用により、CO₂を多く排出する交通機関の利用を避けることが可能になる。本テーマでは、3D 映像ガイドライン国際標準化推進のための生体影計測及び3D 映像ガイドラインの妥当性検証システムの実用化等を行う。

- ・3D 生体安全性国際標準化審議の基盤となる生体影響計測

3D 生体安全性に関する国際標準化審議に必要となる、3D 映像表示装置に関わる要因と映像コンテンツに関わる要因との相互作用に関する生体影響計測等を実施する。

- ・3D 映像ガイドライン妥当性検証システムの開発

3D 映像ガイドラインの妥当性検証システムの実用化開発を実施する。

- ・3D 映像ガイドラインの国際標準化提案及び策定

3D 映像ガイドライン国際標準化原案を策定し提案を行い、国際標準化の審議を日本が主導する。

③ バイオテクノロジー分野

DNA チップ技術、次世代シーケンサー技術等の標準化のための核酸計測の開発及びタンパク質医薬の会合凝集性評価法を標準化するためのタンパク質計測開発を行う。

1) 核酸計測

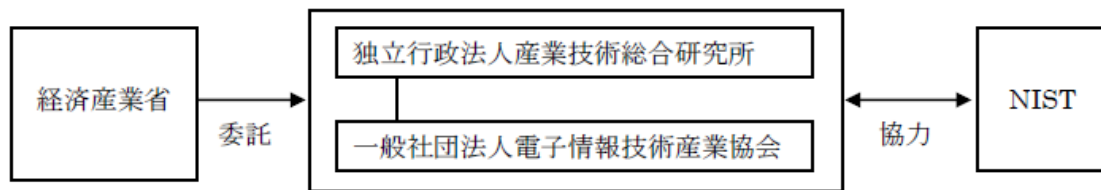
核酸計測プロセスの標準化を想定し、遺伝子量や遺伝子発現量解析の信頼性確保のための核酸標準物質を開発する。

2) タンパク質

タンパク質医薬の会合凝集性評価法を標準化するために必要な、会合凝集性計測のための校正用標準タンパク質を開発する。

0-3 事業の実施体制

独立行政法人産業技術総合研究所(以下、「産総研」とする)及び一般社団法人電子情報技術産業協会(以下、「JEITA」とする)が実施者となり、NIST と連携して研究開発及び標準化等を推進している。



図Ⅲ-0-1 事業の実施体制

0-4 事業実施期間及びこれまでの予算状況

事業実施期間は、平成 25 年度～平成 26 年度の5年間である。

個別採択課題と予算状況は、表Ⅲ-0-1 及び表Ⅲ-0-2 にまとめた。

表Ⅲ-0-1 個別採択課題

研究テーマ名（日本語）	実施者	研究年度				
		H22	H23	H24	H25	H26
【ナノテクノロジー分野】						
1) 薄膜膜厚計測	AIST	22	23	24	25	26
2) 薄膜熱物性計測	AIST	22	23	24	25	26
3) 微細形状計測	AIST	22	23	24	25	26
4) 微細寸法計測	AIST	22	23	24	25	26
5) 凝集状態評価	AIST	22	23	24	25	26
【環境・エネルギー分野】						
(3D生体影響計測、3D妥当性検証システム、3Dガイドライン国際標準化)	JEITA	22	23	24	25	26
【バイオテクノロジー分野】						
1) 核酸計測	AIST	22	23	24	25	26
2) タンパク質	AIST	22	23	24	25	26

表Ⅲ-0-2 予算状況(億円)(契約額)

年度	H22	H23	H24	H25	H26	合計
予算額	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	6.6

1. 事業アウトカム

【評価基準】

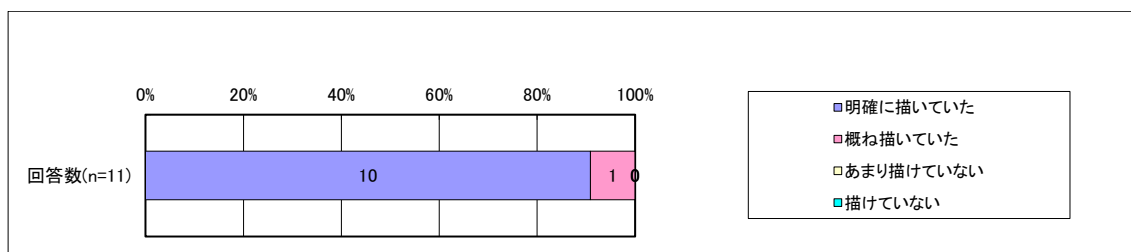
○終了時評価時点においてなお、制度の目的を踏まえた事業アウトカムが明確であり妥当であること。

○終了評価時点においてなお、事業アウトカム指標及び目標値が明確かつ妥当であること。

1-1. 事業アウトカム

本事業は、エネルギー環境技術分野をはじめとする先端技術において、日米研究機関間の協力による研究及び標準化活動を推進することを目標としている。

研究開発終了時点で、国際標準化の姿(アウトカム)を明確に描いていたかについて産総研・JEITA・福島大・新潟大の研究者にヒアリングを行った。その結果、図Ⅲ-1-1 に示すように回答者すべてが明確もしくは概ね描いていたと回答している。



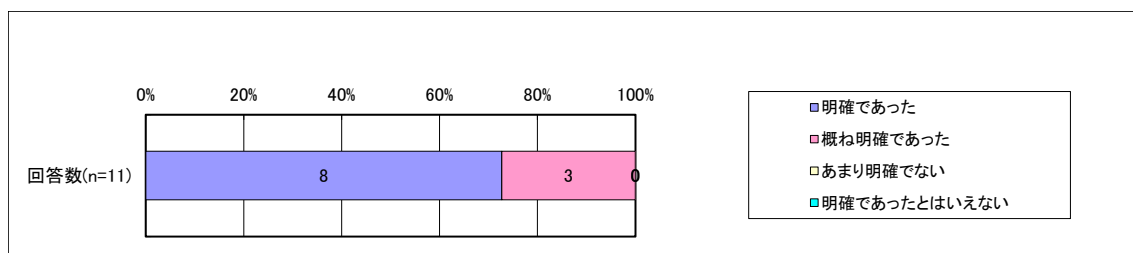
図Ⅲ-1-1 研究開発終了時点で、国際標準化の姿(アウトカム)

1-2. 事業アウトカム指標及び目標値

「成果目標及び成果実績(アウトカム)」は、以下のように設定されている。

成果目標及び成果実績(アウトカム) 指標: 国際標準化提案件数

アウトカムの目標値は明確であったかについて、産総研・JEITA・福島大・新潟大の研究者にヒアリングを行った。その結果、図Ⅲ-1-2 に示すように回答者すべてが明確もしくは概ね描いていたと回答している。



図Ⅲ-1-2 アウトカムの目標値の明確さ

2. 制度内容及び事業アウトプット

【評価基準】

○アウトプット指標及び目標値が明確かつ妥当であること。

○終了時評価時点での事業アウトプットの目標値が達成されているとともに、関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの作成等が実施されていること。

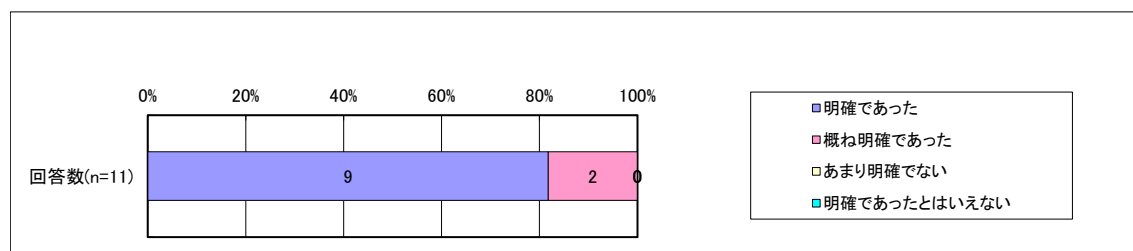
2-1. 事業アウトプット指標及び目標値

目標達成度を測定・判断するための指標として、「活動指標及び活動実績(アウトプット)」が設定されている。

活動指標及び活動実績(アウトプット)：実施テーマ数(8件)

本事業は、エネルギー環境技術分野をはじめとする先端技術において、日米研究機関間の協力による研究及び標準化活動を推進することを目標としている。

図Ⅲ-2-1 に研究開発目標(アウトプット)の目標値は明確であったかについてのヒアリング結果を示す。回答者すべてが明確もしくは概ね明確と回答している。



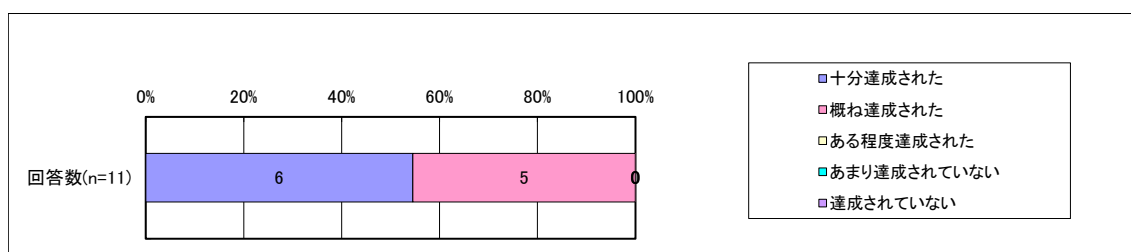
図Ⅲ-2-1 研究開発目標(アウトプット)の目標値の明確さ

2-2. 事業アウトプットの達成状況

(1) 目標値達成度

研究開発目標の達成度について、事業実施者である産総研・JEITA の研究者に対しヒアリング調査を行った結果(図Ⅲ-2-2)、研究開発の達成度については、半数以上(54.5%)が十分達成されたとし、残りも概ね達成したと回答している。

図Ⅲ-2-2 研究開発目標(アウトプット)の目標値の達成度



その要因については、例えば以下について挙げられている。

【薄膜膜厚計測】個々の年度ごとにアウトプットを設定して研究を進めたが、一つ一つ標準化への障害を越えていったように思う。

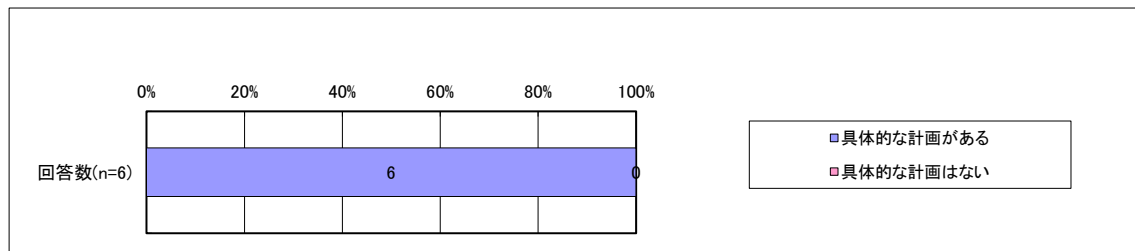
【3D 映像】

3D ガイドラインの国際標準化を目的として、そのための研究開発を、(1) 既存の文献収集整理、(2) 必要な生体影響計測、(3) 3D 映像の解析評価システムの開発、に目標を定めた。これらの達成は、「快適 3D 基盤技術研究推進委員会」に参画いただいた多くのメンバーから、それぞれの目標に対して、これを達成するためにさまざまな実質的なご協力をいただくことができたためと考えている。

【3D 映像】

研究開発については、産総研と連携しながら、国際標準化の基盤となる、生体影響データの集積と 3D 映像解析システムの構築とを実施することを目標とした。上述の委員会のメンバーには、それぞれの目標を達成する上で協力をいただける多くの方々が存在し、密な連携協力により目標を十分に達成できた。

図Ⅲ-2-2 で概ね達成されたと回答した人に今後達成に向けた具体的な計画の有無について、ヒアリングを行った。その結果を図Ⅲ-2-3 に示す。全員が達成に向けた具体的な計画があると回答している。



図Ⅲ-2-3 達成に向けた具体的な計画の有無

各研究開発テーマの成果内容を表Ⅲ-3-2-1 に示す。

表Ⅲ-2-1 研究開発成果の概要(平成 26 年度末)

			26年度
分野	テーマ	概要	内容・成果
ナノテク	薄膜膜厚計測	材料の微細化が進んでおり、簡便な薄膜構造評価の確立が期待されている。NISTと連携し、X線反射率(XPR)法を用いた膜厚計測の比較実験を行い技術指針のとりまとめを目指す。それに加えて、エリプソメトリ法、透過電子顕微鏡法等、XPR法以外の膜厚評価法との整合性向上に向け、標準試料の作製及び課題の検討を行う。	【X線反射率法によるSiO ₂ 膜の精密構造解析と膜厚評価】 これまでの研究により、SiO ₂ 膜は加熱温度、昇温法等によりTransition Layer層、Overlay層の密度は離散的に変化することが明らかになっている。これらのSiO ₂ 膜の密度構造が試料作製後の加熱処理によって変化が生じるのかどうかを確認する実験を行った。その結果、製膜後の加熱処理によりTL層の密度を積極的に変化させることができることが明らかになった。興味深いのは窒素雰囲気下においてはTL層の密度を減少させるのに対して、酸素雰囲気下ではその密度を増加させることができることである。製膜条件、製膜後の加熱処理を組み合わせることによって、様々な密度構造をもつSiO ₂ 膜の作製が可能になることが明らかになった。 【標準物質の開発】 新しい標準物質の開発を含頭にプロトタイプの開発を行った。プロトタイプに求める条件としては、①Si系であること、②急峻な界面を持つ事である。これらの条件に当てはまる多層膜試料として、SiGe/Si多層膜構造をプロトタイプのターゲットとした。
	薄膜熱物性計測	シリコンウエハは半導体産業における基板材料であり、ウエハ上に作成された薄膜の熱物性は重要である。シリコン基板を用いた熱拡散率の薄膜標準物質の候補材料として厚さ400nmの単層薄膜を作成し、高速パルス加熱サーモフレックス法により薄膜熱拡散率を不確かさとともに評価する。	測定結果の最終的な精度に関わる研究を行った。 これにより、不確かさを含んだ熱拡散率の導出方法を確定することが可能となった。 1) 薄膜熱拡散率計測技術の高精度化 ・基板熱伝導率の影響に関する調査 ・熱拡散率の定量性(測定不確かさ) 2) 薄膜標準物質(熱拡散率)の開発
	ナノ形状計測	微粒子の形状、薄膜の表面粗さ等を評価するための再現性の高い評価手法の確立が不可欠。原子間力顕微鏡のプロブ形状特性計測用の標準試料を作成する。	①ナノラフネスについて、探針の空間周波数再生特性を測定する方法、仮想標準プローブ法、ラフネスの高さ分布をシミュレーションする方法、画像再構成の利用を検討した。数nmのラフネスをもつ銀薄膜の形状像を仮想標準プローブに置き換えたラフネスに換算し、使用する探針を十分に細いものを利用することで、ラフネスの値を本来の値に近い値を維持したまま、探針によるバラツキを小さくすることが可能なことを示した。 ②SCM、SSRM、SNDM、KPFM法について校正用標準試料を用いたキャリア濃度を定量できることを検証した。SCM法に関しては、校正曲線を利用して、デバイス断面の濃度プロファイルが作成できることを確認した。
	ナノ寸法計測	新規ナノデバイスの三次元微細寸法・形状は不可欠な評価項目であるが、ナノデバイス自体がnm単位になっており、評価に使われるプローブ顕微鏡の性能は限界となっている。結晶格子の周期構造を利用した、高さ・幅寸法の基準試料を確立するための実証及び評価等を行う。	SiO ₂ については、ステップ高さとしては大きい0.5 nmを有する4H-SiO ₂ について報告したが、今回6H-SiO ₂ の0.75 nmおよび1.5 nmを入手して評価を行った。これまで得た高精度校正技術の知見を生かし、測定不確かさの最終評価を行い、拡張不確かさで0.070 nmを得た。NISTとの比較測定の結果を検証した結果、概ね良い一致が得られ、解析手法の違いによる値のばらつき傾向の情報も得られた。規格を利用するユーザが使いやすい標準試料の形態を設計、試作し、両段差を持つ基本構造を実証した。
	凝集状態評価	カーボンナノチューブは有望な材料であるが、分散・凝集状態が非常に重要な物性値であるにも関わらず、これまで評価方法の決定打がなかった。カーボンナノチューブの凝集状態及び凝集過程を調査し、凝集状態評価法を確立することを目指す。	分散液中のカーボンナノチューブ(CNT)凝集体サイズ計測法として、頻度別遠心沈降(DCS)法の検討をおこなった。多層CNTミセル水溶液について、測定をおこなったところ、分散過程によって、凝集体から1本のCNTへと変化している様子を観測することができた。また、市販のCNT分散液をもちいて測定したところ、各分散液におけるCNT凝集状態の違いを観測することができた。
環境エネ	3D	市場創生が図られつつある3D映像産業の基盤として、生体安全性を確保していくことが必要。産総研が国際的なコンセンサスを得やすくするために必要となる生体影響計測を行い、JEITAが生体影響を予測する3D生体影響評価モデルを構築し、3D映像ガイドライン妥当性検証システムを開発する。	3D生体安全性に関する国際規格化審議が最終段階になったことを踏まえて、これを支援するために、インタラクティブ性に着目しその影響を心理計測および生理計測の観点から調べる。立体映像の生体影響低減に関するISO/TC 159/SC 4における国際規格案(DIS)および最終国際規格案(FDIS)を成立させて、国際規格(ISO 9241-392)の発行へと進める。
バイオ	核酸	塩基配列を持つ核酸分子の検出として、様々な企業が異なる計測プラットフォーム間で計測データの比較互換性が担保できない問題がある。このため、外部標準物質の作製、塩基配列の高度な評価手法の開発等を行う。	【マルチプレート定量PCR解析の品質管理のためのspike-in標準の作製】 これまで使用してきた次世代シーケンサー(Roche社GS Junior)とは原理の異なるシーケンサー(Illumina社MiSeq)を利用し、平成25年度と同様の検討を実施、内部標準16S rRNA遺伝子の有用性を検証した。
	タンパク質	タンパク質医薬の世界市場規模は高い伸びで拡大しているが、タンパク質の会合凝集性の測定分析法に関する国際規格が存在しない。そのため、会合凝集性分析用標準タンパク質の開発をNISTと共同で行う。	標準タンパク質候補として、前年度までに試料調整法が完成した3種についての保存安定性の評価を継続した。また、それらの会合凝集性に関する室内再現精度の評価、およびNIST-AIST二機関での空間再現精度の評価をさらに進め、規格案作成に必要なデータを概ね集積した。

(2)論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作

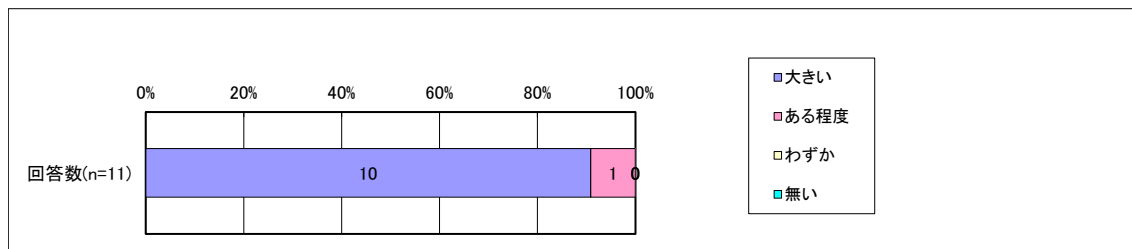
論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作実績を、表Ⅲ-2-2に示す。

表Ⅲ-2-2 論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプの実作実績

項目	実績件数
論文発表数	44
うち、査読付論文発表数	22
口頭発表数	117
特許出願数(国内)	1
特許出願数(外国)	0
ライセンス供与数	0
国際標準の形成	4

本事業は、標準化を目的とした事業であり、対象とする研究開発は基本的には特許取得を意図するものではない。

研究開発達成の場合、達成への本事業の貢献度の度合いをヒアリングした結果を図Ⅲ-2-4に示す。回答者11名中10名が本事業の貢献度が大きいと回答しており、残り1名もある程度大きいとしている。



図Ⅲ-2-4 達成への本事業の貢献度

具体的な貢献については、例えば以下のような点が挙げられた。

【薄膜熱物性評価技術】本テーマは薄膜の熱物性評価技術に関するものであるが、プロジェクト開始前の技術レベルは解析技術面において未熟な面があった。プロジェクトでは国際標準化に対応すべく測定結果の妥当性が重要な視点である。本プロジェクト内で、多くのテストケースを評価するとともに格段の解析技術の開発が行われ、現時点において世界トップレベルに達しているものと自己評価している。また世界初となる認証標準物質の開発も完了し、今年度頒布後、複数の引き合いがある。

【3D】研究開発の目標を、(1) 既存の文献収集整理、(2) 必要な生体影響計測、(3) 3D 映像の解析評価システムの開発、に定めたが、これらは全て、本事業のみにより達成した。またこれらを基盤に国際規格化の目標も達成できた。これは関連する産業界の代表的存在である JEITA と緊密な連携協力を行っていただいたためと考える。

3. 経済産業省(国)が実施することの必要性

【評価基準】

○終了時評価時点においてなお、次の①から⑤のいずれかを満たすものであることなど、当省(国)において、当該制度を実施することが必要であることが明確であること。

①多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難易度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されない場合。

②環境問題への先進的対応等、民間企業には市場原理に基づく研究開発実施インセンティブが期待できない場合。

③標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に資する研究開発の場合。

④国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれる場合。

⑤その他、科学技術的価値の観点からみた卓越性、先導性を有しているなど、国が主体的役割を果たすべき特段の理由がある場合。

平成21年11月の日米首脳会談にて、エネルギー・環境技術を中心とした日米協力の重要性について合意がなされ、経済産業省としても具体的な標準の策定を日米関係機関で協力しつつ進めることとしているものであることから、国の事業として実施することが妥当である。

また、総合科学技術会議における平成22年度概算要求における科学技術関係予算の優先度判定において、本事業は「S」評価を受け、優先的に実施すべき事業とされ¹、平成23年度概算要求における科学技術関係予算の優先度判定においても「着実」に実施すべきとされている²。

総合科学技術会議では、平成23年7月29日に決定した「科学技術に関する予算等の資源配分方針」において、科学技術重要施策アクションプラン(以下、「アクションプラン」という。)を最も重要な政策ツールの一つとして位置づけ、アクションプラン対象施策に資源配分を最重点化するという方針を打ち出した。平成24年度概算要求の検討に当たっては、上記の方針を踏まえつつ、平成24年度アクションプラン(平成23年7月21日とりまとめ)に掲げられた政策課題の解決のために最優先で進めるべき施策の具体化を、関係府省との協働により進めてきた。検討に当たっては、関係府省から出された施策の提案に基づき、各施策の目標設定や実施体制、課題解決に対する位置づけの明確化に努めるとともに、必要に応じ、府省間の連携促進、関連施策の大括り化を促してきた。こうした経過を経て、平成24年度科学技術予算における最重点化の対象となるアクションプラン対象施策を特定した³。本事業もアクションプランに対象施策に特定され、「当施策により先進的なクリーンエネルギー技術の迅速な確立と国際的な普及展開が期待される」とされて

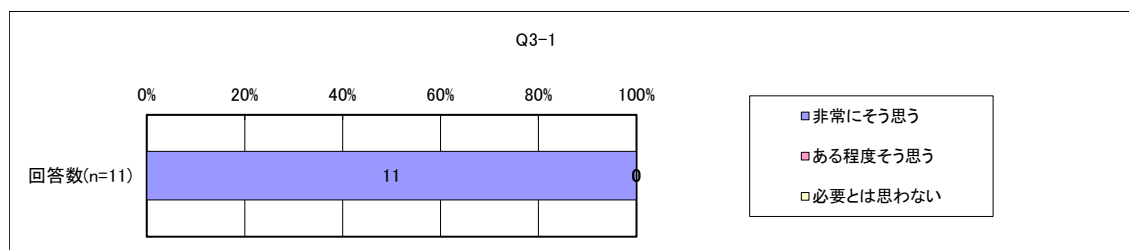
¹ <http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu87/siryo2-2-2-14-1.pdf>

² <http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu93/siryo2-3.pdf>

³ http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h24ap/gaisan/111005_1.pdf#page=1

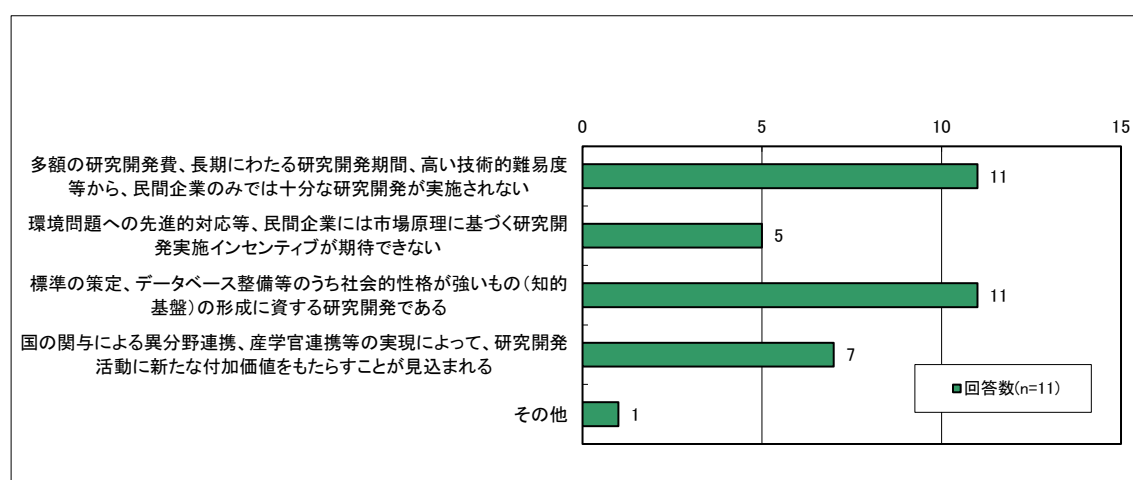
いる⁴。また、平成25年度のアクションプラン対象施策にも特定されており、「標準化事業においては、2014 年度までに、5 件程度の国際標準化提案等を実現することを目標とする」⁵とされている。

経済産業省(国)の制度として必要であったかについて、事業実施者である産総研・JEITA の研究者に対しヒアリング調査を行った結果を図Ⅲ-2-5 に示す。回答者全員が非常にそう思うとしている。



図Ⅲ-2-5 経済産業省(国)の制度としての必要性

必要であった理由としては、図Ⅲ-2-6 に示すように、回答者全員が、多額の研究開発費、長期にわたる研究開発期間、高い技術的難易度等から、民間企業のみでは十分な研究開発が実施されないことと、標準の策定、データベース整備等のうち社会的性格が強いもの(知的基盤)の形成に 資する研究開発であることを挙げており、また、7 名が国の関与による異分野連携、産学官連携等の実現によって、研究開発活動に新たな付加価値をもたらすことが見込まれることを挙げている。



図Ⅲ-2-6 経済産業省(国)の制度としての必要な理由

⁴ http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h24ap/gaisan/111005_3_1.pdf

⁵ http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25_tokutei.pdf

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

【評価基準】

○終了評価時点においてなお、事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、以下の点を踏まえて作成され、必要に応じて改定されていること。

- ・知財管理の取扱
- ・実証や国際標準化
- ・性能や安全性基準の策定
- ・規制緩和等を含む実用化に向けた取組
- ・成果のユーザー

○あらかじめ設定されていた事業アウトカムの達成時期における目標値の達成が見込まれていること。

本事業における国際標準化の対象を表Ⅲ-4-1に、また、標準化に向けたロードマップを図Ⅲ-4-1に示す。

表Ⅲ-4-1 本事業における国際標準化対象

	テーマ名	ISO No.	本事業の成果を活用して提案等を行う規格名称等一覧
ナノテクテクノロジー分野			
1.1	膜厚	16413	X線反射率法による薄膜の厚さ、密度、及び界面の幅の評価
		未定	Requirements for XRR Reference Sample(仮)
	(硬さ)	14577-1,2,3	金属材料-硬さと材料パラメータのための計装化押し込み試験 Part1:試験方法、Part2:試験機の校正 Part3:基準片の校正
		14577-4	金属材料-硬さと材料パラメータのための計装化押し込み試験 Part4:金属、非金属コーティングの試験方法
		14577-5(仮)	硬さと材料パラメータのための計装化押し込み試験：動的試験方法(仮)
1.2	熱物性	未定	パルス光加熱サーモリフレクタンス法によるファインセラミックス薄膜の熱拡散率測定方法(仮)
1.3	形状	未定	電気計測SPMに関する規格 仮のタイトル：“Dopant concentration and detection limit of electrical SPM (SSRM and SCM)”(H27年度中にISO番号が付く予定)
		未定	ナノラフネスのためのAFMIに関する規格(仮)
1.4	寸法	未定	結晶の周期性を用いた寸法校正法(仮)
1.5	CNT	未定	カーボンナノチューブ分散粒子評価(仮)
環境エネルギー分野(業務部門)			
2.	3D	9241-392	人間とシステムのインタラクションー第392部 立体映像による視覚疲労を抑制するための人間工学的推奨事項
		(9241-393)	映像酔い軽減の指針(仮)
		9241-332	2眼式裸眼立体ディスプレイ
		9241-333	めがね式立体ディスプレイ
バイオテクノロジー分野			
3.1	核酸	未定	遺伝子関連検査に利用される核酸標準物質の一般的定義と要求事項(仮)
3.2	蛋白	未定	会合凝集性測定分析に用いる蛋白質性標準物質の一般要求事項(仮)

ナノテクノロジー分野

○:現在の進捗(26年度末時点)

テーマ	ISO No.	提案国	TC	22	23	24	25	26	27以降
1.1 膜厚	16413	伊(日)	TC201 WG3	NWIP CD	DIS	○ ISO 2013.2			2013.2 発行
	未定	日米	TC201 WG3				提案 ○	NWIP	NWIP→ SC設立へ
(硬さ)	14577 -1,2,3	共同	TC164 SC3	NWIP	CD	DIS	FDIS	ISO ○	2015.7 発行
	14577-4	共同	TC164 SC3	提案	NWIP	CD	DIS ○		DIS 改定中
	14577-5	共同	TC164 SC3			提案 ○	NWIP	WD	CD Scope議論中
研究内容				膜厚比較および製膜装置の開発	SiO ₂ 膜の精密構造解析	SiO ₂ 膜の精密構造解析および加熱炉の開発	製膜条件の違いによる膜構造の変化に関する研究	標準試料のプロトタイプ の検討	
1.2 熱物性	未定	日	TC206			提案 ○	NWIP	WD	WD作成へ
研究内容				薄膜試料の作製と熱拡散率の評価	測定装置の時間精度の向上、各種純金属膜の作製と評価	熱拡散率解析の主要方針決定と標準物質の開発	パルス幅の影響等、熱拡散率解析の精密化	不確かさ含む熱拡散率解析手法の確立、標準物質の製造	工業的に重要な薄膜材料について応用研究を推進

VAMAS A18: International Round Robin Test for Carrier concentration Characterization in semiconductor materials by Scanning Capacitance Microscopy

ナノテクノロジー分野

○:現在の進捗(26年度末時点)

テーマ	ISO No.	提案国	TC	22	23	24	25	26	27以降
1.3 形状	未定(電気測定)	日	TC201		提案		VAMAS 比較	NWIP	比較(VAMAS A18 PJ)終了 NWIPへ
	未定(ラフネス)	日	TC201		提案	SG3発足(日本コンビナ)	VAMAS 比較 ○	NWIP	VAMAS 国際比較へ
研究内容				電気測定・表面形態の解析システム構築	表面形態・電気測定の測定誤差信号解析システム構築	電気測定のRRT用テストサンプルの設計・試作	電気測定回覧用テストサンプル作成・ラフネス用テストサンプル設計	ラフネス RRT用テストサンプル製作	RRTの解析とその結果に基づいた原案改定
1.4 寸法	未定	日米	TC201 SC9						提案 ○ VAMAS 国際比較へ
研究内容				寸法の測定データの解析アルゴリズムの試作	装置の制御回路開発により測定ノイズを低減	測定データのノイズやゆらぎを低減する処理手法を開発	ドリフトの影響を低減、NISTと持ち回り測定を開始	測定不確かさの評価、NIST持ち回り測定を検証	国際持ち回り試験に適した試料の形態を試作・検証
1.5 CNT	未定	日米	TC229 WG2				○	提案	WG設立
研究内容				動的光散乱法およびレーザー回折法の検討	光散乱法用の試料調整法の検討	偏光消動的光散乱法の検討	可変型微細孔を用いた電氣的検知帯法の検討	頻度別遠心沈降法の検討と確定	CNT用遠心沈降装置の作製

図Ⅲ-4-1 国際標準化に向けたロードマップ(その1)

環境エネルギー分野(業務部門)

○:現在の進捗(26年度末時点)

テーマ	ISO No.	提案国	TC	22	23	24	25	26	27以降
2. 3D	9241-392	日	TC159 SC4 WG12		NWIP	CD	DIS	ISO ○	2015.5 発行
	(9241-393)	日	TC159 SC4 WG12					○提案	TR議論中
	9241-332	共同 (PL: 芬日)	TC159 SC4 WG2					○提案	NWIPへ議論中
	9241-333	共同 (PL: 日)	TC159 SC4 WG2				提案	WD ○	DIS準備中
研究内容				両眼間幾何学ずれ要因における生体影響計測と、3D分析評価システムの概念設計	両眼間クロストーク要因における生体影響計測と、3D分析評価システムの構築	両眼視差要因における生体影響計測と、簡易型3D分析評価システムの構築	複合的要因における生体影響計測と、分析評価データベースシステムの構築	インタラクティブ性に着目した、生体影響計測	関連事項として、映像酔いガイドライン作成に向けた研究開発

バイオテクノロジー分野

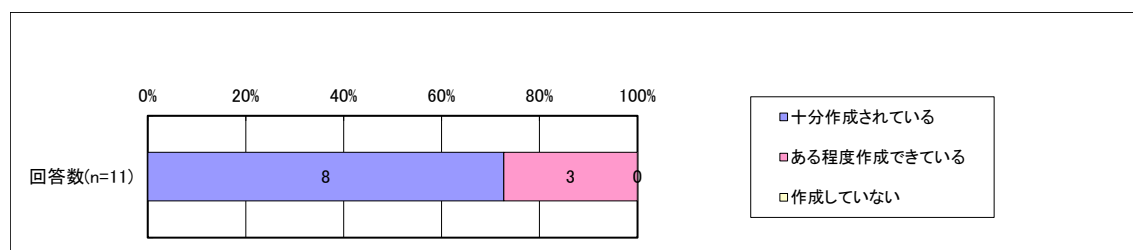
○:現在の進捗(26年度末時点)

テーマ	ISO No.	提案国	TC	22	23	24	25	26	27以降
3.1 核酸	未定	日	TC276				TC発足 国内審議委員会 発足、委員就任	提案 ○	NWIP NMIP準備中
研究内容				候補標準核酸塩基配列の設計	候補標準核酸塩基配列の合成	核酸標準品の純度評価技術の開発	核酸標準品の純度評価技術の確立	核酸標準品の純度評価技術の確立	核酸標準品による計測信頼性評価技術の確立
3.2 蛋白	未定	日	TC276				TC発足 国内審議委員会 発足、委員就任	提案	NWIP 標準物質
研究内容				標準タンパク質候補の分子設計	標準タンパク質候補の合成・確認	標準タンパク質候補の会合凝集性分析	標準タンパク質候補の保存安定性分析	標準タンパク質候補試料調整法の完成	標準タンパク質候補の分析データの信頼性解析

図Ⅲ-4-1 国際標準化に向けたロードマップ(その2)

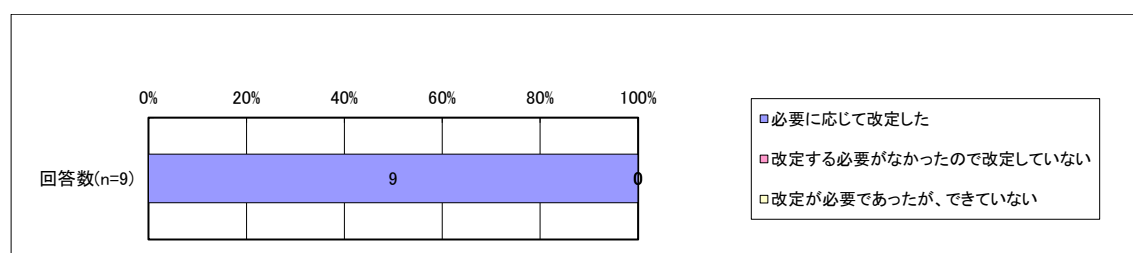
4-1. 作成(必要に応じて改定)状況と検討項目

研究開発終了時点での国際標準化の姿(アウトカム)までのロードマップ作成できていうか、ヒアリングした結果(図Ⅲ-4-2)によると、全員が十分もしくは、ある程度作成できているとしている。



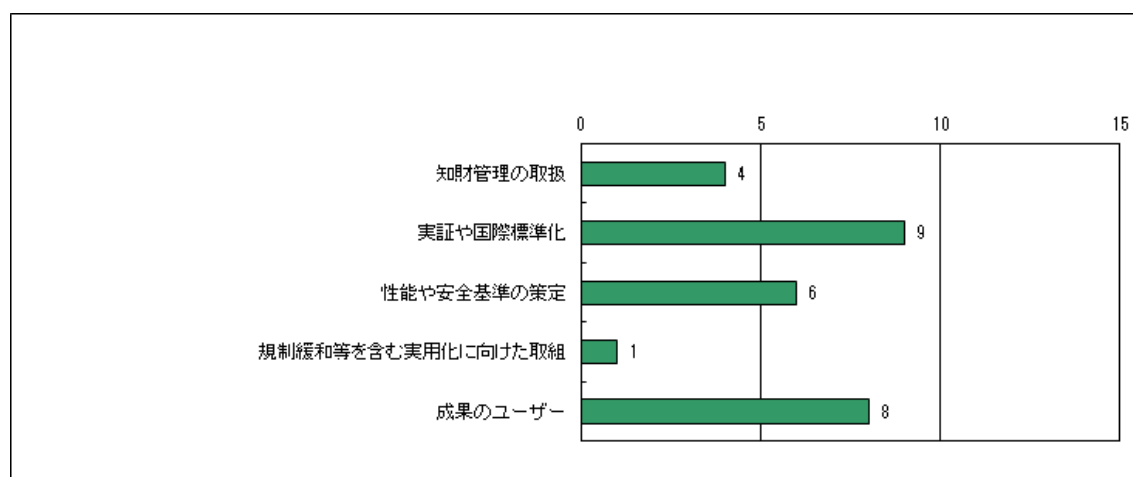
図Ⅲ-4-2 研究開発終了時点での国際標準化の姿(アウトカム)までのロードマップ作成の有無

また、作成したロードマップを必要に応じて改定したかについての質問に対しては、図Ⅲ-4-3に示すように全員が必要に応じて改定したとある。



図Ⅲ-4-3 ロードマップ改定の有無

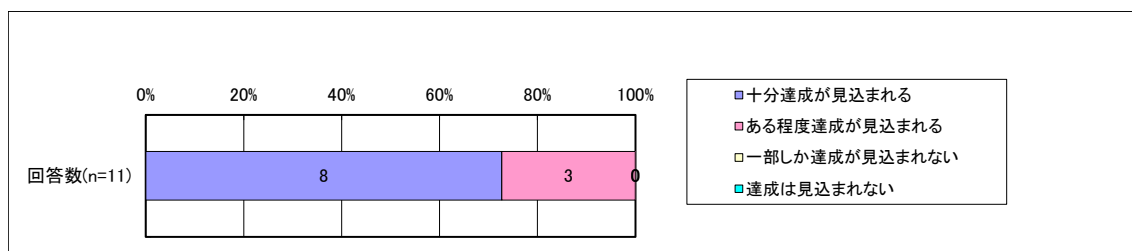
①知財管理の取扱、②実証や国際標準化、③性能や安全性基準の策定、④規制緩和等を含む実用化に向けた取組⑤成果のユーザーについてロードマップに取り込まれているかについてのヒアリング結果を図Ⅲ-4-4に示す。



図Ⅲ-4-4 ロードマップに取り込まれている項目

4-2. 事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込み

事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込みについてのヒアリング結果(図Ⅲ-4-5)によると、全員が十分、もしくはある程度達成が見込まれるとしている。ヒアリング結果から、国際標準化の進捗状況を表にまとめた。

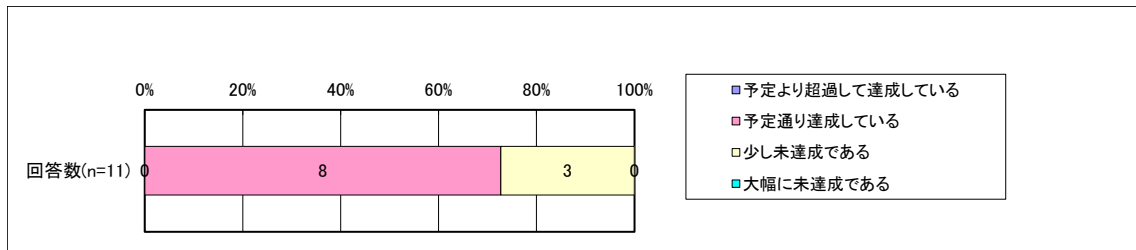


図Ⅲ-4-5 事業アウトカムの達成時期における目標値の達成見込み

表Ⅲ-4-2 国際標準化進捗状況(ステージ)

	00:準備段階	10:提案段階 (新業務項目 提案NP投票)	20:作成段階 (WD)	30:委員会段階 (CD)	40:照会段階 (ISO/DIS, IES/CDV)	50:承認段階 (FDS)	60:発行段階 (IS)	備考
【ナノテクノロジー分野】								
1)薄膜膜厚計測		1			1		2	
2)薄膜熱物性計測		1						
3)微細形状計測	1							提案用規格案 作成完了
4)微細寸法計測	1							研開終了
5)凝集状態計測	1							研開終了
【環境・エネルギー分野】								
1)3D	2			1			1	
【バイオテクノロジー分野】								
1)核酸計測			1					規格素案作成 完了
2)タンパク質計測	1							研開終了

国際標準化の達成度はどの程度かについてのヒアリング結果(図Ⅲ-4-6)によると、72%が予定通り達成、28%が少し未達成としている。



図Ⅲ-4-6 標準化の達成度の程度

到達度の程度で、予定通りとした研究責任者から以下のように要因を挙げている。

【3D】

国内業界関係者が、3D映像を視聴者が安心して利用できるためのガイドライン作成に対して強い意識があったこと、またそうした関係者がオールジャパン体制で議論できる「快適 3D 基盤技術研究推進委員会」を JEITA 内に設置できたことが大きいと思われる。

【核酸計測】

本事業を通じバイオテクノロジーに関する新しい TC を立ち上げる活動に参画し、2013 年末にその新 TC (TC276) が設立に関与した。さらに、本事業参画者 (野田尚宏) がエキスパートとして本 TC の WG 会議に参加し、特に WG3 (Analytical methods) において核酸定量技術に関する標準提案について議論を行う環境を構築した。これらの貢献が標準化達成に大きく寄与している。

また、少し遅れているとした研究責任者からは、以下の要因分析がなされている。

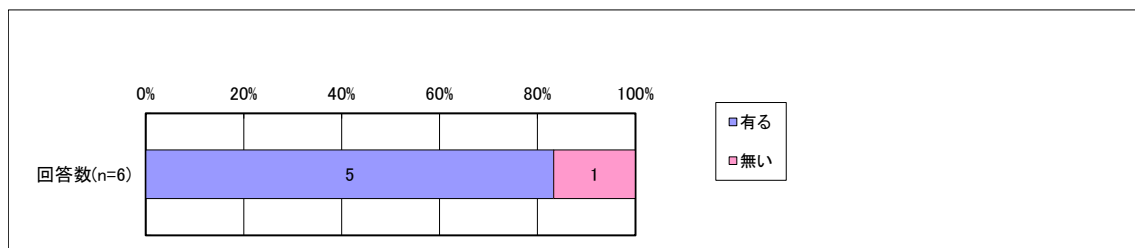
【微細寸法計測】

新規提案の前にラウンドロビン試験を行うことが義務付けられたため、試験のための持ち回り試料の開発に時間を要するため。

【タンパク質計測】

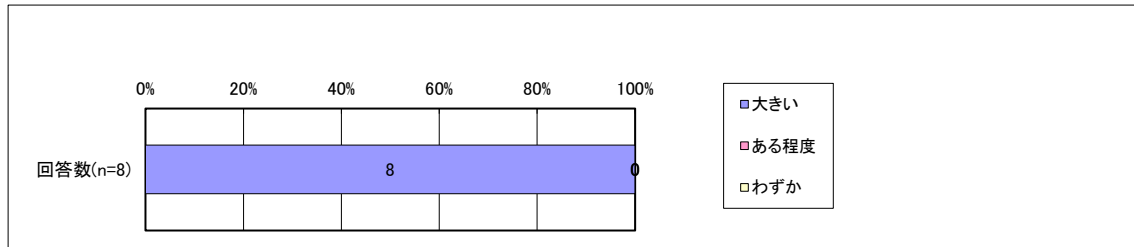
国際提案を行うに当たっては国内の企業・業界団体との調整が不可欠であるが、バイオ医薬品分野は先端技術分野であり非成熟産業分野であることから先鋭的な技術開発に関心が傾倒しがちで、製品や方法が市場に拡大する前から作成される「事前標準型」の重要性の理解が乏しい。そのため、関係業界の合意形成に時間を要している。

標準化未達の場合の達成に向けた具体的な計画の有無のヒアリング結果(図Ⅲ-4-7)によると、6 事業中 5 事業は達成に向けた計画があるとしている。



図Ⅲ-4-7 標準化未達の場合の達成に向けた具体的な計画の有無

また、標準化達成の場合、達成への本事業の貢献度はどの程度かについては、図Ⅲ-4-8に示すように全員が大きいとしている。



図Ⅲ-4-8 達成への本事業の貢献度

具体的な貢献については、例えば以下のようなことが挙げた。

【薄膜熱分析計測】

ISO 総会への参加や国際比較の実施などの対外的活動、測定データの解析能力の向上など技術開発面の双方で重要な支援が得られた。

【ナノ形状計測】

NISTを通じて米国が賛成に回る(あるいは共同提案的になる)ことで、標準化を非常に進めやすくなる。

【凝集状態評価】

手法の確定および測定データの解析ノウハウを本プロジェクトで蓄積できた

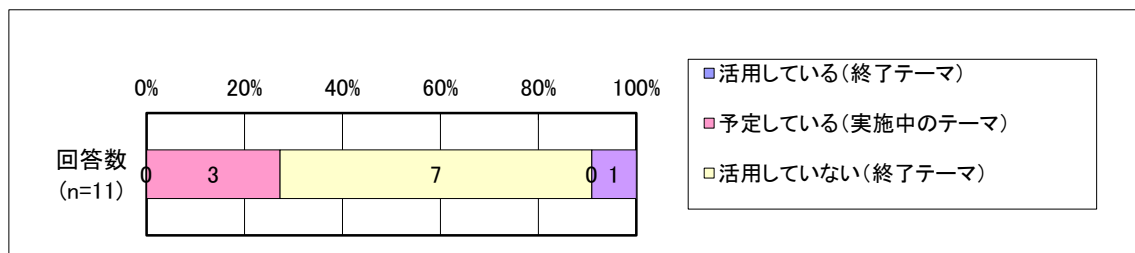
【3D】

本事業にて設置していただいた「快適 3D 基盤技術研究推進委員会」にて、国際標準化提案の業界意見としての意思決定や、提案文書の素案作成、さらに国際の場での議論のフィードバックにより、日本の意見案を提出できた。

【核酸計測】

本事業を通じバイオテクノロジーに関する新しい TC を立ち上げる活動に参画し、その新 TC (TC276) の設立と運営に大きく関与できたこと。また、本事業を通じ、バイオチップコンソーシアムコンソーシアム(JMAC)や日本臨床検査標準協議会(JCCLS)との連携体制を構築できたことが標準化達成に大きく貢献している。

本事業終了後の公的な標準化支援策活用の有無については、図Ⅲ-4-9 に示すように 1 事業が活用しているが、終了テーマが 7 テーマ、予定している実施テーマが 3 件であった。



図Ⅲ-4-9 本事業終了後の公的な標準化支援策活用の有無

表Ⅲ-4-3 に標準化の進捗状況を示す。

表Ⅲ-4-3 標準化の進捗状況

分野	テーマ	概要	NISTとの連携	標準化進捗
ナノテク	薄膜膜厚計測	材料の微細化が進んでおり、簡便な薄膜構造評価の確立が期待されている。NISTと連携し、X線反射率(XPR)法を用いた膜厚計測の比較実験を行い技術指針のとりまとめを目指す。それに加えて、エリブソメトリ法、透過電子顕微鏡法、XPR法以外の膜厚評価法との整合性向上に向け、標準試料の作製及び課題の検討を行う。	XPR法を用いた膜厚計測の比較測定を行う。事前に測定条件や測定方法の手順等を定めることなく実施し、その後双方のそれらの確認及び条件等の検討を行う。	産総研が提供した試料を用いたXRR法のラウンドロビンテストを経て、ISO/TC201(表面化学分析)WG3としてX線反射率測定法WGがH20年度に設置され、本プロジェクト員である藤本が国内審議委員会の主査として活動に参加。2011年9月のTC201総会において、OD案について議論を行った。2012年10月のTC201タンパ会議においてDIS投票の結果およびコメントの対応が示され、特段の反対意見は出されず、FDIS登録へ発行段階に進むこととなった。2013年2月ISO 16413が発行された。
	薄膜熱物性計測	シリコンウエハは半導体産業における基板材料であり、ウエハ上に作成された薄膜の熱物性は重要である。シリコン基板を用いた熱拡散率の薄膜標準物質の候補材料として厚さ400nmの単層薄膜を作成し、高速パルス加熱サーモリフレクタンス法により薄膜熱拡散率を不確かさとともに評価する。	NISTと連携して本候補材料の測定比較を実施し、シリコン基板上の薄膜に対する熱物性計測手法の国際標準化に向けた課題を検討・抽出する。サンプルを送付し、現在意見交換を実施中。	ISO/TC206(ファインセラミックス)の国内審議団体であるファインセラミックスに関する国際標準化推進事業の委員に2013年度から就任し、現在まで国内委員を務める。2014年に同TCにおいて薄膜の熱拡散率測定手法の新規業務提案を行い、WG10(Coating)で本提案を取り扱うことが採択された。2015年の総会においてPメンバーの参加を集め、現在新規業務項目の投票直前である。
	ナノ形状計測	微粒子の形状、薄膜の表面粗さ等を評価するための再現性の高い評価手法の確立が不可欠。原子間力顕微鏡のプローブ形状特性計測用の標準試料を作成する。	NISTと連携して解析方法の最適化を行う。また、プローブキャラクタライザで計測した実効プローブ特性が、電機計測の解析に必要な実プローブ形状と一致する条件の探索、測定手順の検討を行う。	ISO/TC201/SC9において、今後標準化を予定している、ラフネスとAFMプローブ形状の規格、電気測定規格等について説明を行い、ラフネスとAFMプローブ形状の規格はスタンディンググループ(ISO TC201 SC9 SG3; 日本がコビナー)が設置された。電気測定規格については、VAMAS-TWAZ2プロジェクトとして行われた国際ラウンドロビンテストが完了し、規格案を提出することが議決された。
	ナノ寸法計測	新規ナノデバイスの三次元微細寸法・形状は不可欠な評価項目であるが、ナノデバイス自体がnm単位になっており、評価に使われるプローブ顕微鏡の性能は限界となっている。結晶格子の周期構造を利用した、高さ・幅寸法の基準試料を確立するための実証及び評価等を行う。	NISTと連携して、原子ステップ高さの解析アルゴリズムの最適化の検討及び微小角入射X線解析法により表層の格子定数を測定し理論値と比較する。	ISO/TC201/SC9において、今後標準化を進める。関連規格の動向、技術的な重要性、フレームワーク等をSC9にて説明した結果、国際ラウンドロビンに向けたガイドライン作成を要請された。今後ガイドラインを作成し、併行してラウンドロビンに相応しい試料の構造やレイアウトを検討する。ラウンドロビン後、新規提案を行う。
	凝集状態評価	カーボンナノチューブは有望な材料であるが、分散・凝集状態が非常に重要な物性値であるにも関わらず、これまで評価方法の決定打がなかった。カーボンナノチューブの凝集状態及び凝集過程を調査し、凝集状態評価法を確立することを目指す。	産総研において汎用の動的光散乱装置及びレーザ回折散乱装置を用いた測定を行い、NISTにおいて独自に開発した動的光散乱装置及び蛍光相関分光装置によって共通試料を用いた測定と独自アルゴリズムによる解析を行う。	CNT分散液における凝集体評価法として遠心沈降法を選定し、ISO/TC229/JWG2ならびに国内審議委員会での提案をめざし、2014年10月にJWG2コビナーならびに関係者に趣旨説明をおこなった。さらに、2015年1月に国内審議委員会委員長との提案に向けた打ち合わせをおこなった。他方、本プロジェクトの成果を基に、CNT用遠心沈降装置の作製に掛り掛っており、H28年度のプロトタイプ装置完成を予定している。一方、ISO/TC229/WG4において、CNT分散液のキャラクタリゼーションに関するTSのWGが中国提案により発足した。本評価手法にも関連する案件と考えられ、本プロジェクトメンバーである産総研研究者がエクスパートとして、登録される予定である。
環境エネ	3D	市場創生が図られつつある3D映像産業の基盤として、生体安全性を確保していくことが必要。産総研が国際的なコンセンサスを得やすくするために必要となる生体影響計測を行い、JEITAが生体影響を予測する3D生体影響評価モデルを構築し、3D映像ガイドライン妥当性検証システムを開発する。	NISTと連携して、3Dディスプレイの特性計測について議論を行った。また、今後は計測項目を設定し、NISTでの光学特性計測及び産総研での生体影響計測を行う合意を行った。	2014年11月にFDIS 9241-392の投票が行われた結果承認され、2015年5月にISO 9241-392が発行された。
バイオ	核酸	塩基配列を持つ核酸分子の検出として、様々な企業が異なる計測プラットフォーム間で計測データの比較互換性が担保できない問題がある。このため、外部標準物質の作製、塩基配列の高度な評価手法の開発等を行う。	NISTと連携して、核酸標準品の開発、産総研及びNISTが作成した標準物質の相互認証、塩基配列の高度な評価手法の開発を行う。	産業界との連携を推進するため、バイオチップコンソーシアム(JMAC)、日本臨床検査標準協議会(JCCLS)との意見交換を継続的に実施した。核酸標準物質を利用した計測データの質保証方法に関して、JMACと協力しその標準の手順書を英文論文として公表した(2015年)。ISOで新たに設立されたTC(バイオテクノロジー、TC278)に本事業参画研究者がエクスパートとして参加、JMACと協力し、合成核酸分子の質保証に関する標準文章のPWI提案(2015年3月)をサポートした。TC212(臨床検査)においては、JCCLSと協力し、マルチプレックス核酸計測の質保証に関する標準文章のPWI提案(2014年8月)をサポートした。国内では、JCCLSが出版する遺伝子関連検査ベストプラクティスガイドラインの改定作業、およびベストプラクティスガイドライン解説編の編集に委員として参加、貢献した。
	タンパク質	タンパク質医薬の世界市場規模は高い伸びで拡大しているが、タンパク質の会合凝集性の測定分析法に関する国際規格が存在しない。このため、会合凝集性分析用標準タンパク質の開発をNISTと共同で行う。	NISTとの意見交換、米国FDAの公式見解調査及びJIS等の国内関連規格の調査等を行い、会合凝集性測定分析用の標準物質として必要な諸条件を整理した。	assurance of proteins e.g. protein aggregation”と題して、タンパク質の品質保証における分析法標準化の重要性を説明した(プレゼンテーション)は、日本バイオチップコンソーシアム(JMAC)の中江氏が核酸計測、タンパク質計測、細胞計測分をまとめて代表して行った。産総研は、発表コンテンツを作成するとともに、野田が会議に参加してフォローアップを行った。審議の結果、TG3において、「オリゴヌクレオチド」、「タンパク質」、「細胞」がビジネスプランに加わることになり、これらを優先的に検討することが決議された。 ・産総研が中心になって、25企業、2団体、1国法、2大学からなる「次世代バイオ医薬品製造技術研究組合」を平成23年に設立させた。また、同年より経産省事業「国際基準に適合した次世代抗体医薬等の製造技術」を実施している(平成25年からAMED事業)。当該事業のなかで、分析装置メーカーおよび製薬企業との連携を深めて、「標準化戦略」の合意形成を進めている。

5. 制度の実施・マネジメント体制等

【評価基準】

○終了時評価時点においてなお、制度の実施・マネジメント体制等が、事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、以下の点について明確かつ妥当であること。

- ・個々の運営体制・組織
- ・個々のテーマの採択プロセス
- ・事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)
- ・制度を利用する対象者
- ・個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み
- ・成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組
- ・国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動
- ・資金配分
- ・社会経済情勢等周囲の状況変化への対応

○事業の目的及び事業アウトカムを踏まえ、知財の取扱いについての戦略及びルールが十分検討され、事業アウトカム達成までの間も含め、具体化されていること。

○事業終了時における、事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等が明確かつ妥当であること。

5-1. 制度の実施・マネジメント体制

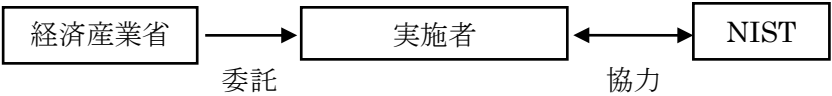
本事業では、先端分野であるナノテクノロジー、環境・エネルギー及びバイオテクノロジー分野の研究開発並びに国際標準提案に向けた検証を米国の関連機関と協力しつつ実施し、国際標準化を目指すこととするものである。

平成22年度の公募時における事業計画内容を、表Ⅲ-5-1 に示す。

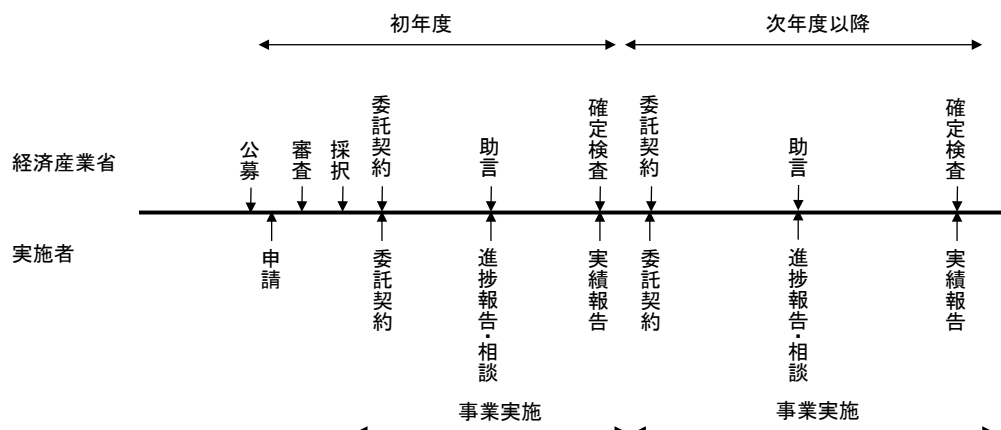
表Ⅲ-5-1 事業の計画内容

項目	概要
研究等の内容	本事業では、ナノテクノロジーその他の3分野を中心とした研究開発の成果の普及のため、NIST と協力し、国際標準化を目指した必要な検証、データ収集等を行う。 ①ナノテクノロジー分野の研究及び検証 電子デバイスはあらゆる製品に組み込まれており、その消費電力量は膨大である。電子デバイスの利用は今後も増大することが予想されており、電子デバイスの性能向上及び低消費電力化が喫緊の課題となってい

	る。そのために必要となる回路の微細化、ナノ構造の最適設計、及びその製造技術の確立に寄与するナノサイズの構造及び物性の計測・評価手法である膜厚計測、熱物性計測、微細形状計測、微細寸法計測、凝集状態計測等を開発し、それらの国際標準化を進める。 ②環境・エネルギー分野(業務部門)の研究及び検証 3次元(3D)映像技術を活用した電子会議システムや電子モックアップの活用により、長距離異動や資源加工にかかるCO₂排出を図ることができる。しかしながら、3D映像では映像酔いや視覚疲労など生体への悪影響を及ぼす場合がある。こうした生体影響を抑制し、適正な3D映像の普及と健全な市場形成をしていくためには、3D映像ガイドラインを国際標準化し、これを普及していくことが必要不可欠である。そこで本事業では、同ガイドラインの国際標準化を行うために必要なデータ収集等を行い、同ガイドラインの妥当性を検証しつつ、国際標準化提案を進める。 ③バイオテクノロジー分野の研究及び検証 医療、創薬、食品等のライフサイエンス、バイオテクノロジー関連分野において、近年注目されている生物由来物質の物性評価は同物質を適切に利活用するたえに必要不可欠であるが、多様な測定法が導く測定値が必ずしも比較可能でないという問題が顕在化しており、今後のライフイノベーションの創出の障害となることが指摘されている。このため、生物由来物質の物性評価に係る国際標準化が達成されることにより、測定の質と測定値の互換性が担保され、安全安心な生物由来物質を確保することができるとともに、異なる地域や組織で行われる繰り返し検査等を減らすことができ、省エネルギー化を図ることができる。そこで、本事業においてバイオテクノロジー分野で重要な生体高分子の計測手法に関する国際標準化を目指し、社会的な要請ニーズの高い核酸計測とタンパク質計測の2領域において、標準物質の開発、その利用によるDNAの量及びタンパク質の会合体の大きさに係る精密計測方法の開発及びそれらの国際標準化に必要な技術を開発する。 ④各分野の総合調整のための委員会の設置及び運営 本事業では①から③の異なる分野の研究及び検証を同時に実施することになるため、事業の実施に際して国内外の関係者間の調整を図るための委員会等を組織し、運営することとする。
--	--

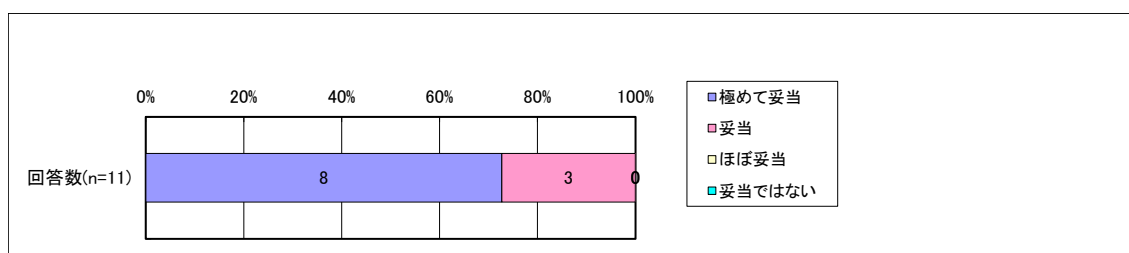
実施者	本事業の対象となる申請者は、次の条件を満たす法人。 ・日本に拠点を有している。 ・事業を的確に遂行する組織及び人員等を有している。 ・事業を円滑に遂行するために必要な経営基盤を有し、かつ十分な管理能力を有している。 ・実施に必要な開発能力を有する、又は開発能力を有する企業等との協力関係を構築している。 ・NIST その他の米国の関係機関との協力体制を構築できる。 ・国際標準化機関(ISO)等への国際標準化提案等にあたり十分な経験と知識を有する。等
実施体制	 <pre> graph LR A[経済産業省] -- 委託 --> B[実施者] B <--> 協力 C[NIST] </pre>
契約形態	委託契約
対象経費	・人件費 ・事業費 (旅費、会議費、謝金、機械設備費、消耗品費、外注費、補助員費、その他諸経費等) ・再委託費 ・一般管理費
採択件数	1件
実施期間	平成 22 年度～平成 26 年度

本事業実施期間は 5 年間で予定されているが、国の予算は原則として単年度会計主義であることから、本事業は単年度契約で行われる。イメージとして図Ⅲ-5-1 のような運営が行われる。



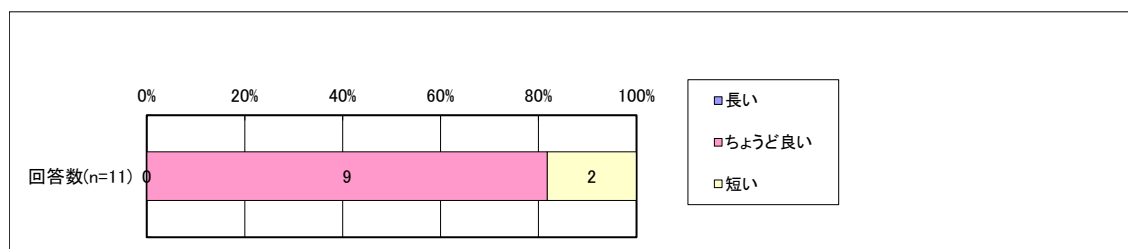
図Ⅲ-5-1 事業の運営

事業(制度)のスキームは、目標達成のために妥当性に対しては図Ⅲ-5-2 に示すように、全員が極めて妥当、もしくは妥当と回答している。



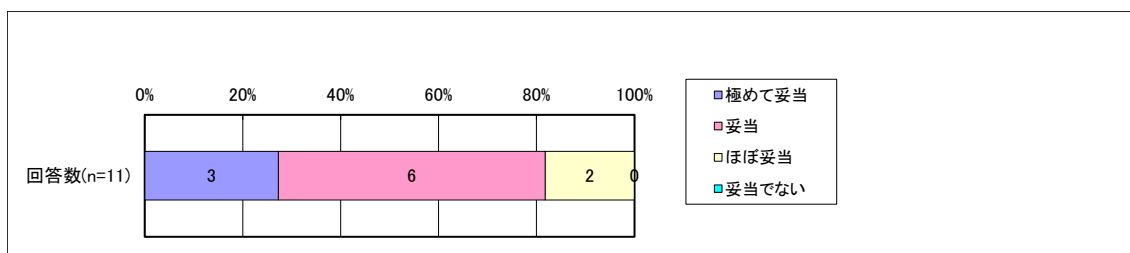
図Ⅲ-5-2 事業(制度)のスキームの目標達成のために妥当性

事業期間に関しては、図Ⅲ-5-3 に示すように、82%がちょうどよいとしているが、短いと回答する研究者も 18%といた。



図Ⅲ-5-3 事業期間の妥当性

全体の事業費規模の妥当性に関しては、図Ⅲ-5-4に示すように、極めて妥当、妥当、やや妥当と分かれたが、妥当でないとする研究者はいなかった。



図Ⅲ-5-4 全体の事業費規模の妥当性

(1) 個々の運営体制・組織

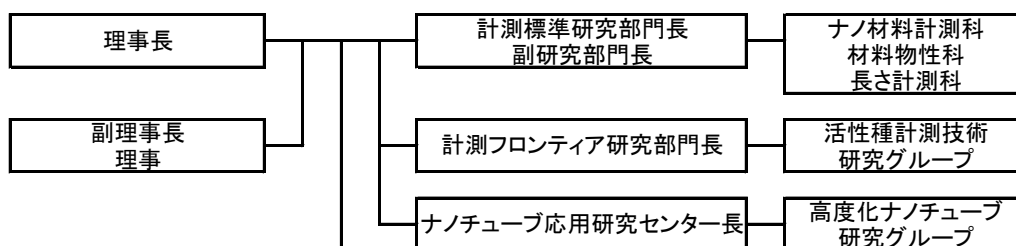
1) チーム構成

各分野の管理体制・研究開発体制の構成を、図Ⅲ-5-5～8 に示す。

① ナノテクノロジー分野

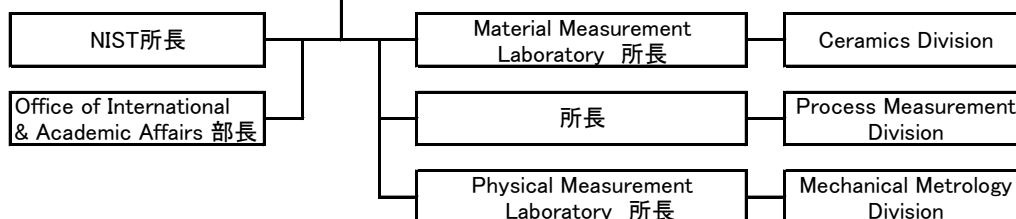
イ. 管理体制

【独立行政法人産業技術総合研究所】



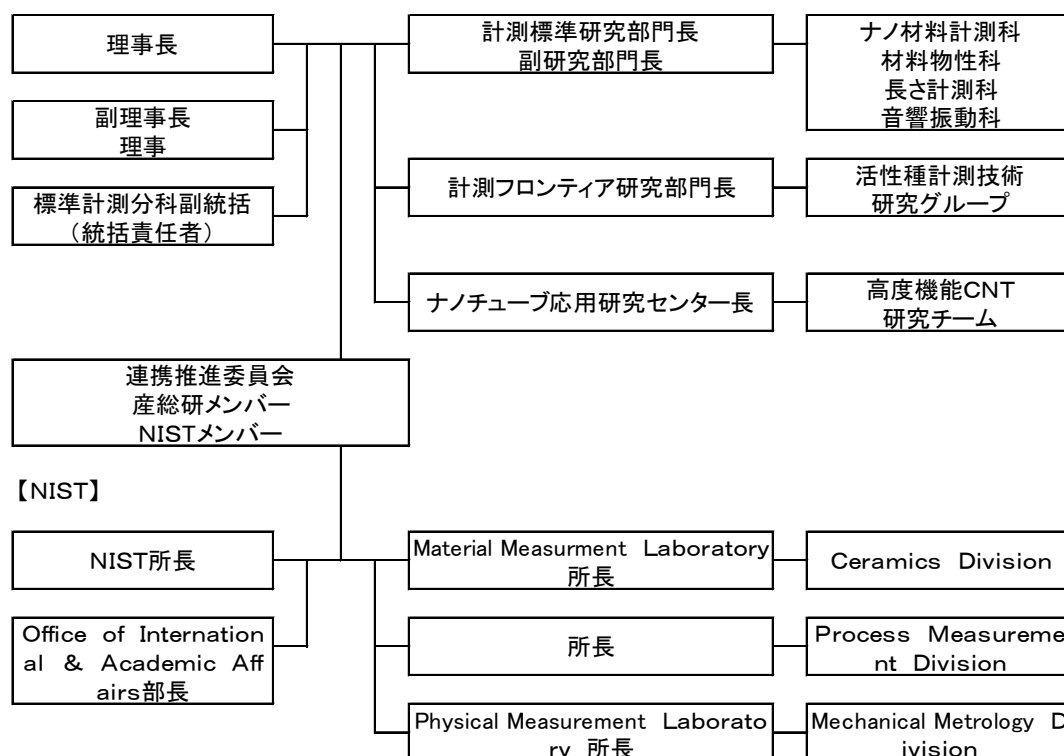
連携推進委員会 産総研メンバー NISTメンバー

【NIST】



ロ. 研究開発体制

【独立行政法人産業技術総合研究所】

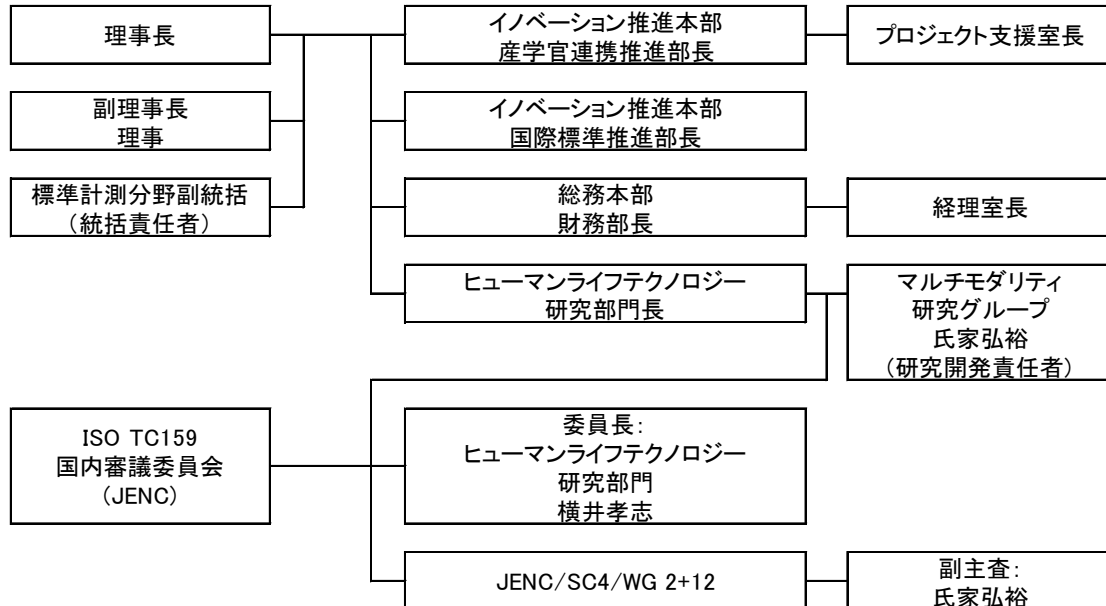


図Ⅲ-5-5 チームの構成(ナノテクノロジー分野)(平成 26 年度実行計画書)

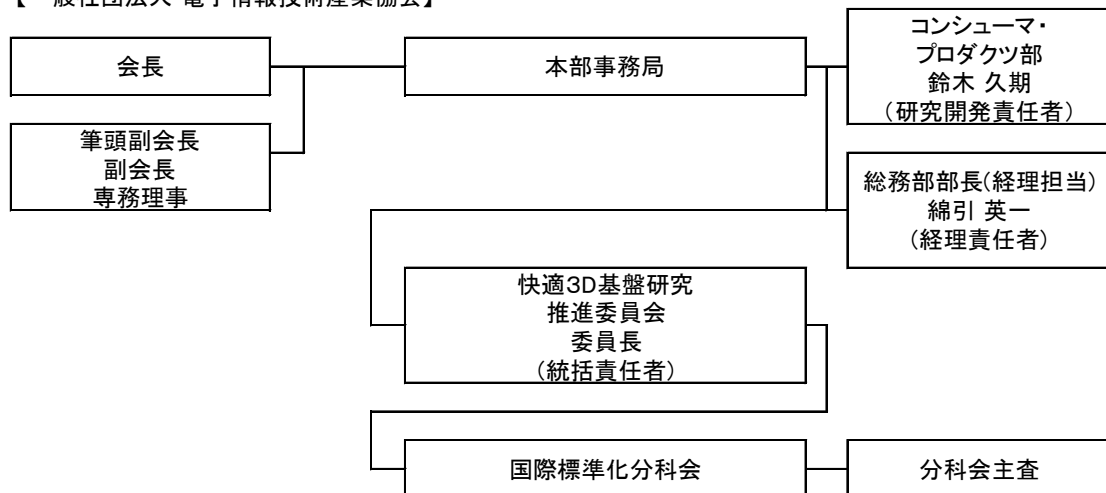
②環境・エネルギー分野(業務部門)

イ. 管理体制

【独立行政法人産業技術総合研究所】



【一般社団法人 電子情報技術産業協会】



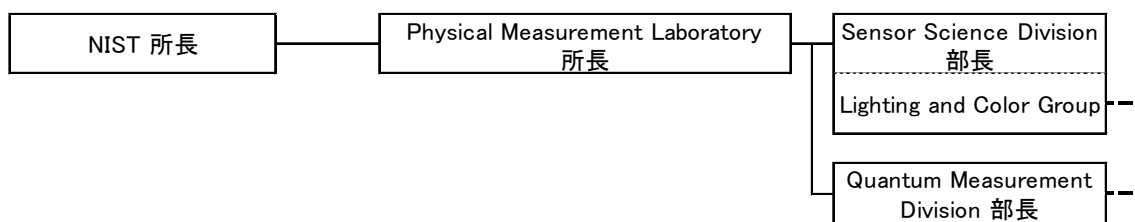
図Ⅲ-5-6 チームの構成(環境・エネルギー分野(3D分野))(平成 26 年度実行計画書)

ロ. 研究開発体制

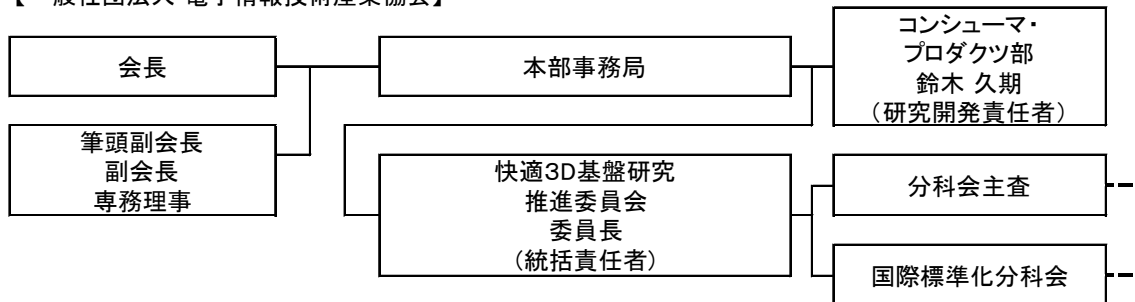
【独立行政法人産業技術総合研究所】



【NIST】



【一般社団法人 電子情報技術産業協会】

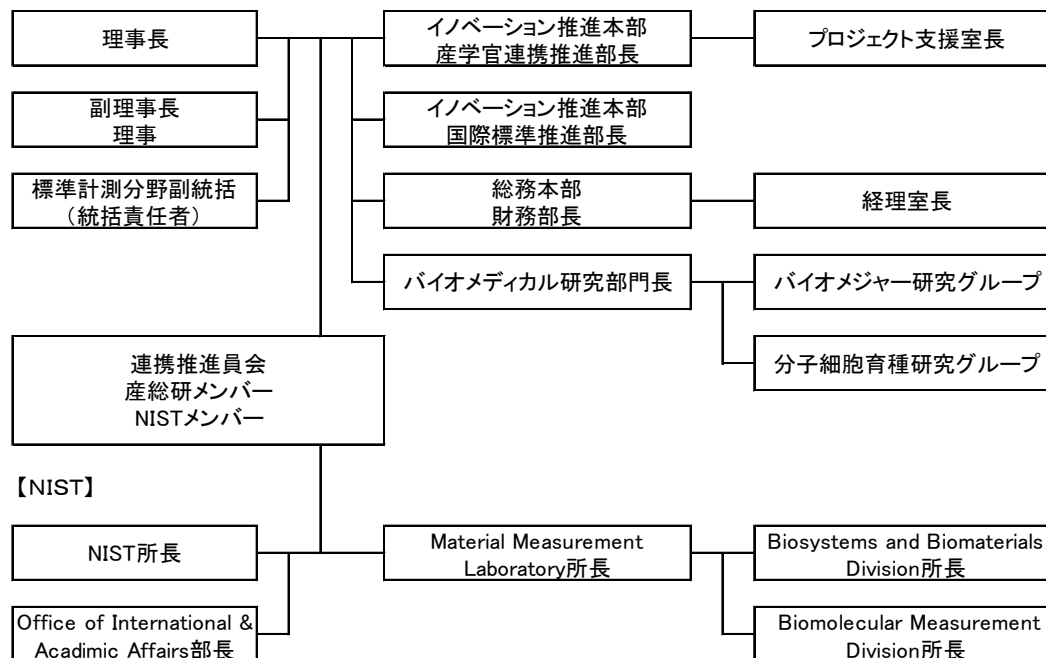


図Ⅲ-5-7 チームの構成(環境・エネルギー分野(3D分野)(平成 26 年度実行計画書)

③ バイオテクノロジー分野

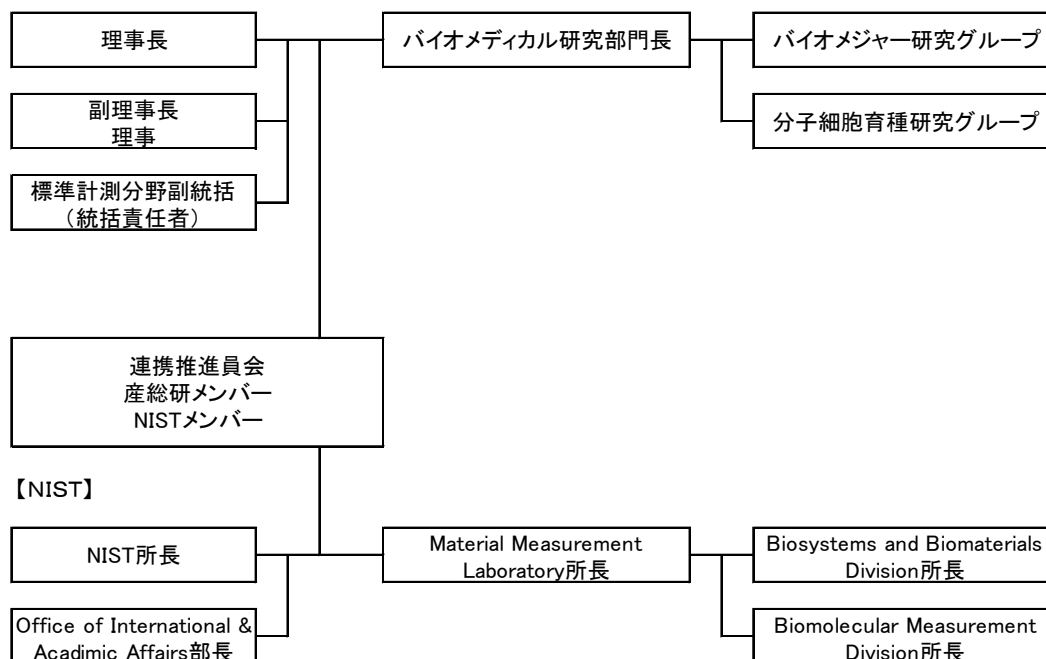
イ. 管理体制

【独立行政法人産業技術総合研究所】



ロ. 研究開発体制

【独立行政法人産業技術総合研究所】

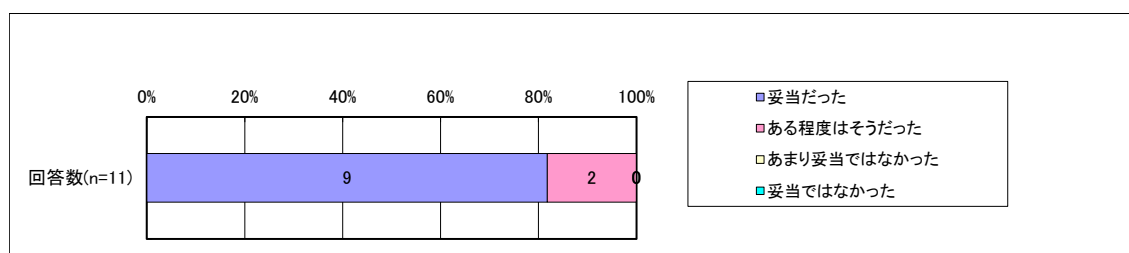


図Ⅲ-5-8 チームの構成(バイオテクノロジー分野)(平成 26 年度実行計画書)

2) プロジェクトリーダーの選任、環境の整備

産総研計測標準研究部門の高辻副部門長がプロジェクトリーダーとなり、産総研と JEITA が連携して日米先端技術標準化研究協力事業を実施している。また、個別テーマにおいて、例えば環境・エネルギー分野(業務部門)では、研究者が ISO の WG のコンビナーを兼ねており、研究開発成果が ISO への提案に直結する状況が作られている。

テーマの運営体制・組織は妥当性に関するヒアリング結果を図Ⅲ-5-9 に示す。全員が妥当もしくは、ある程度妥当と回答している。



図Ⅲ-5-9 テーマの運営体制・組織は妥当性

(2) 個々のテーマの採択プロセス

1) 公募

経済産業省ホームページにて、説明会日時・事業概要・対象者・公募期間等を公告するとともに、公募要領・申請様式等を掲載した。

2) 審査

第三者の有識者で構成される事業者選定委員会で審査を行った。

具体的な進め方としては、①応募のあった提案書を事業者選定委員会の委員に送付し個別審査を行うとともに、質問事項がある場合は申請者に伝え回答を得て、②個別審査による評点の集計結果及び質問事項への回答等を基に事業者選定委員会で審議を行った。

[委員構成]

研究開発及び国際標準化等に知見を有する者で構成
(大学2名、研究機関1名、企業1名、団体1名)

[審査基準]

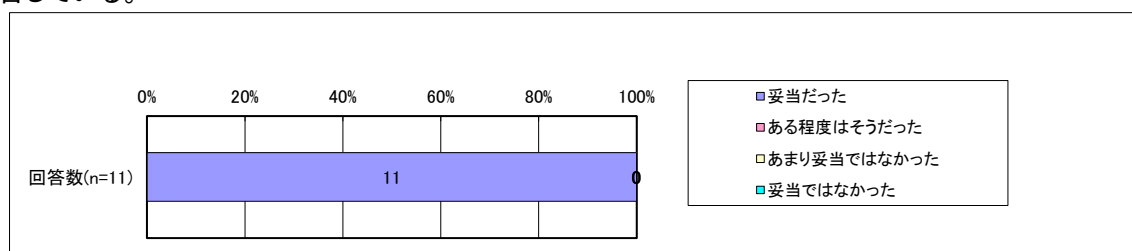
- ①応募資格を満たしているか。
- ②提案内容が、本事業の目的に合致しているか。
- ③事業の実施方法、実施スケジュールが現実的か。
- ④事業の実施方法等について、本事業の成果を高めるための効果的な工夫が見られるか。
- ⑤本事業の関連分野に関する知見を有しているか。

- ⑥本事業を円滑に遂行するために、事業規模等に適した実施体制をとっているか。
- ⑦コストパフォーマンスが優れているか。また、必要となる経費・費目を過不足無く考慮し、適正な積算が行われているか。
- ⑧米国の関係機関との協力体制が具体的に記載されているか。
- ⑨実施主体は十分な管理能力を持ち、また、研究者は該当分野で十分な研究実績があるか。
- ⑩各研究分野において、外部専門家との協力体制の構築等、成果を得るための最適な体制での実施が考慮されているか。
- ⑪各研究分野における成果の国際標準化提案を目指すに当たり、十分な経験を有する人員を配しているか。

3) 採択結果の決定及び通知

採択された申請者については、経済産業省のホームページで公表するとともに、当該申請者に対しその旨を通知した。

テーマの採択プロセスの妥当性のヒアリング結果(図Ⅲ-5-10)によると、回答者全員が妥当と回答している。



図Ⅲ-5-10 テーマの採択プロセスの妥当性

(3) 事業の進捗管理(モニタリングの実施、制度関係者間の調整等)

1) 実施者間の連携

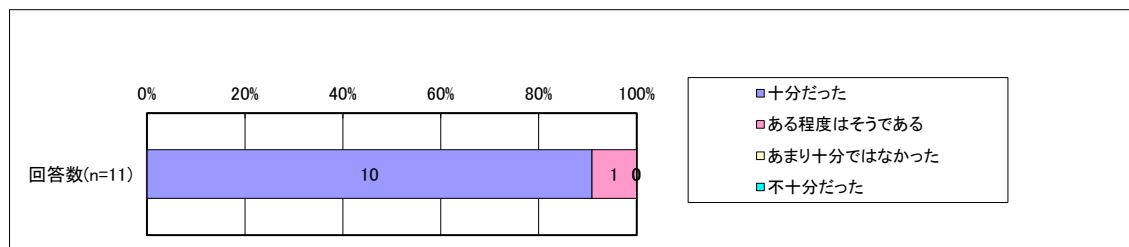
日米両機関の連携を密にし、意思疎通を図るため、委員会及び合同ワークショップ開催してきた。その実績を表Ⅲ-5-2に示す。

表Ⅲ-5-2 委員会及び合同ワークショップ開催

回	開催日	開催場所	分野
第1回	平成 22 年 2 月 15-16 日	産総研	全体
第2回	平成 22 年 7 月 23 日	NIST	全体
第3回	平成 23 年 3 月 7 日	NIST	全体
第4回-1	平成 24 年 9 月 14 日	九州工業大学	ナノテクノロジー
第4回-2	平成 24 年 10 月 4 日	幕張	3D
第4回-3	平成 24 年 11 月 7 日	NIST	バイオテクノロジー
第5回-1	平成 25 年 12 月 2 日	NIST	バイオテクノロジー
第5回-2	平成 26 年 1 月 28 日	NIST	ナノテク, 3D
第6回	平成 27 年 2 月 12 日	産総研	全体

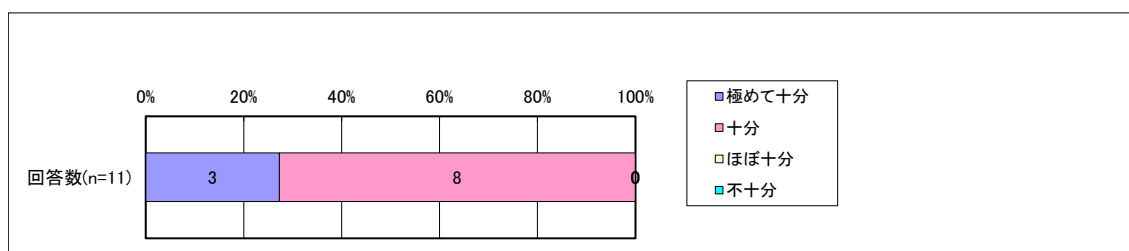
2)進捗管理

モニタリングの実施や制度関係者の調整等事業の進捗管理の妥当性に関するヒアリング結果（図Ⅲ-5-11）では 91%が十分とし、残りもある程度は妥当と回答している。



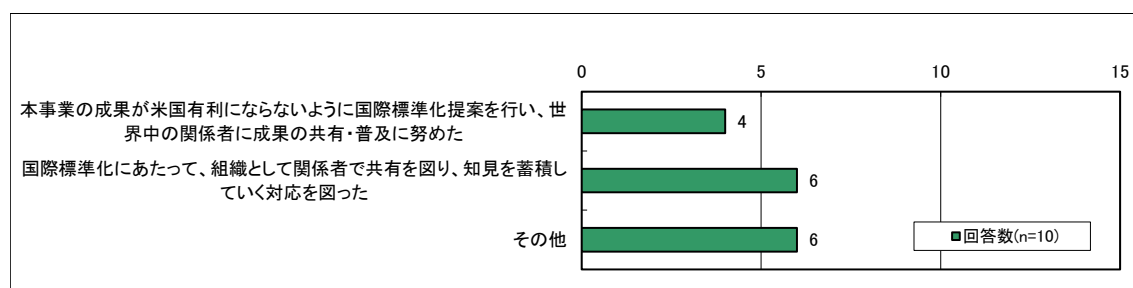
図Ⅲ-5-11 モニタリングの実施や制度関係者の調整等事業の進捗管理の妥当性

日米連携が十分行えたかについてのヒアリング結果を図Ⅲ-5-12 に示す。全員が極めて十分もしくは十分と回答している。



図Ⅲ-5-12 日米連携の充実度

本事業の中間評価時に、①日米間の協力の枠組みを構築した上で、問題が出たときの見直し体制を構築、②日米間での平等な知見の協力、③日本にとって有意義な制度設計をするようコメントがあった。このコメントを受けて、制度等にどのような見直しを行い、どのように変わったかヒアリングを行った。この結果を図Ⅲ-5-13 に示す。回答者数10名中、国際標準化にあたって、組織として関係者で共有を図り、知見を蓄積していく対応を図ったのが6名、本事業の成果が米国有利にならないように国際標準化提案を行い、世界中の関係者に成果の共有・普及に努めたのが4名であった。



図Ⅲ-5-13 制度の見直し状況

その他の見直しとしては、以下のような取り組みが挙げられた。

【凝集状態評価】

遠心沈降法装置がアメリカ製であったため、現在国内メーカーとの同装置の開発連携を予定している。

【3D 映像】

日米間で問題点が生じた際の意識の共有を図るために、また知見の協力を図るために、相互に研究室を訪問し、それぞれの研究室が持つ特徴をより深く理解するとともに、ISO での会議の前後やその他の機会ごとに、個別のミーティングを持つようにして、常に意識の共有を図るように努めた。

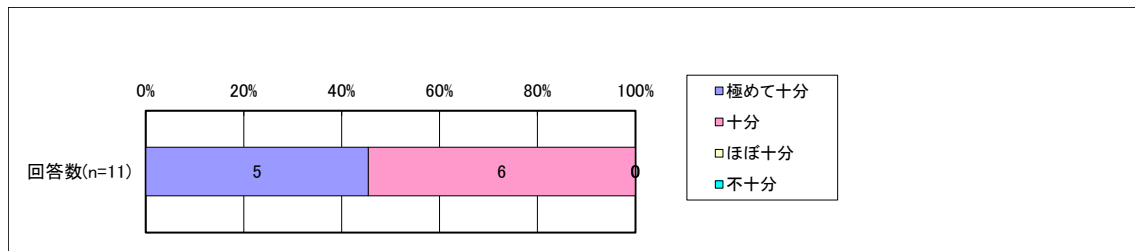
【核酸計測】

NPO 法人バイオチップコンソーシアム(JMAC)や日本臨床検査標準協議会(JCCLS)などの標準化関連委員として定期的に会合に参加し、関連する方々との連携の構築を進めつつ、TC276 での議論を日本にとって不利にならないよう誘導することを試みた。

【タンパク質計測】

本事業実施期間中に、新 TC(TC276 バイオテクノロジー)が設立されたが、その立ち上げ段階から状況を注視し、国内関係者への情報共有を努めた。特に TC276 での議論が、日本の企業活動に不利にならないか情報収集に努めた。

日米連携体制における日本の優位性についてのヒアリング結果を図Ⅲ-5-14 に示す。全員が極めて十分、もしくは十分という回答であった。



図Ⅲ-5-14 日米連携体制における日本の優位性

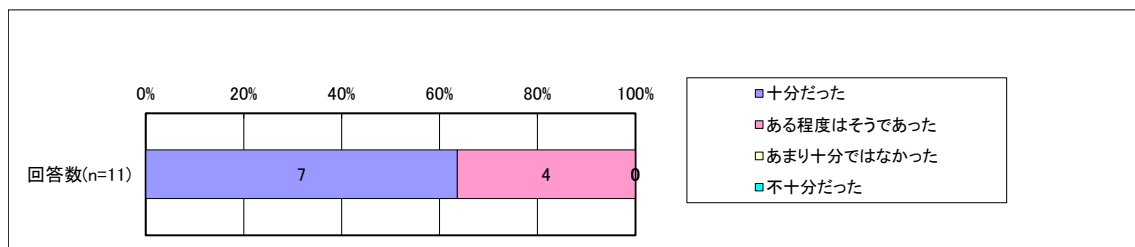
(4) 制度を利用する対象者

本事業は、日米首脳会談に基づく日米間の協力を基礎とした、エネルギー環境分野等に係る具体的な標準の策定を促進することを目的とし、NIST(アメリカ国立標準技術研究所)その他の米国機関と協力しつつ、国際標準化に必要な検証、データ収集等を委託するものである。本事業を最も効率的かつ効果的に実施するために、経済産業省HPにより企画競争(公募)を平成22年7月16日から8月23日まで実施したところ、共同1者(独立行政法人産業技術総合研究所、一般社団法人電子情報技術産業協会)から提案があり、外部有識者による事業者選定委員会により総合的に判断した結果、本事業の目的を十分に達成できると評価されたため、採択を行った。本事業において①ナノテクノロジー分野、②環境・エネルギー分野(業務部門)及び③バイオテクノロジー分野の3分野の(テーマ)についての研究、検証及び標準化を実施してきたところ。

本事業はNISTその他の米国の機関と協力しつつ、国際標準化に必要な検証、データ収集等を委託。事業の目的又は性質上、事業の遂行に当たって、外国政府等との特別な関係が前提となるものであって、かつ複数年度に亘らなければ事業の目的を達成できないものであるため、22年度からの5年継続とする。以上のことから、競争を許さないため、会計法第29条の3第4項に基づく随意契約を独立行政法人産業技術総合研究所及び一般社団法人電子情報技術産業協会と行うこととする。

(5) 個々の制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み

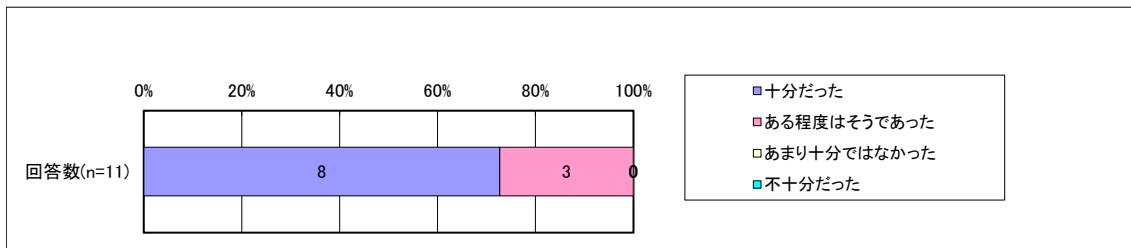
個々のテーマの制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組みに関するヒアリング結果(図Ⅲ-5-15)によると、64%が十分、36%がある程度十分としている。



図Ⅲ-5-15 個々のテーマの制度運用の結果が制度全体の運営の改善にフィードバックされる仕組み

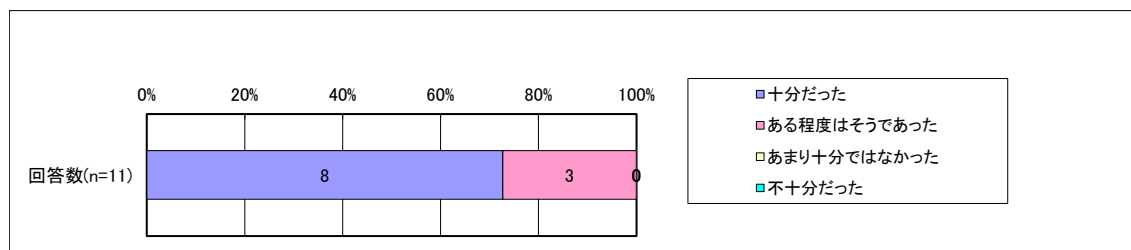
(6) 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組

成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組についてヒアリングした結果(図Ⅲ-5-16)によると、全員が十分、あるいはある程度は十分と回答している。



図Ⅲ-5-16 成果の利用主体に対して、成果を普及し関与を求める取組

研究内容の広報活動状況についてのアンケート結果(図 3-5-17)によれば、全員が十分、あるいはある程度は十分と回答している。



図Ⅲ-5-17 研究内容の広報活動状況

(7) 国民との科学・技術対話の実施などのコミュニケーション活動

産総研では、主に産業界に向けて毎年オープンラボ(H25FY まで)やテクノブリッジ(H26FY より)といった形で、研究活動の内容や成果をわかりやすく説明し、日本の産業界への技術移転の機会を設けている。また毎年の一般公開や実験講座等といった形で、より広く社会や国民に科学・技術対話の機会を設けている。本プロジェクトでは、PJ を開始するにあたり、初回のプロジェクトワークショップは一般公開され、産業界から多数参加があった。ナノテクノロジー分野では、精密工学会秋季大会でのインターナショナルシンポジウムにて公開討論を行った。また環境エネルギー分野(3D)については、CEATEC2012 でのトレンドセッションに公開討論を行うなど、研究成果の普及のためのコミュニケーション活動を積極的に行った。

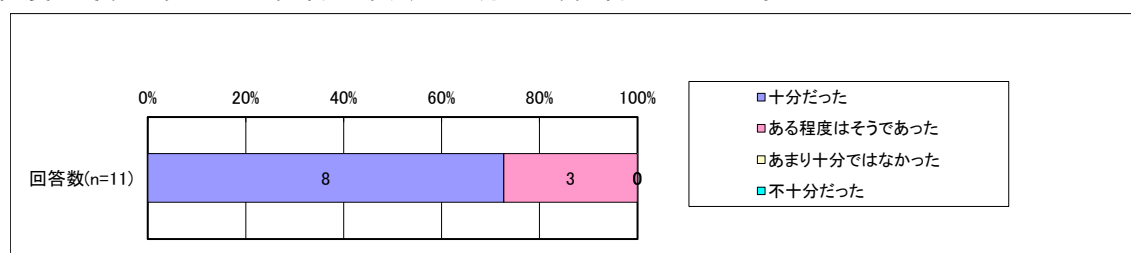
(8) 資金配分

本事業の予算推移を表Ⅲ-5-3に示す。平成22年度以降5年間で予算総額の累計は6.6億円であり、1テーマ当たりの年平均予算は、2千万円程度である。

表Ⅲ-5-3 予算額(委託額)(億円)とテーマ数の推移

年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
予算額	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
A I S T	1.07	1.06	1.13	1.28	1.27
J E I T A	0.25	0.26	0.19	0.04	0.05
実施テーマ数	8	8	8	8	8
1 テーマ年平均予算	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
実績額	1.31	1.30	1.31	1.30	1.32
A I S T	1.06	1.05	1.13	1.27	1.27
J E I T A	0.25	0.25	0.18	0.03	0.05

研究予算は十分であったかというヒアリング結果(図 3-5-18)によると、全員が十分、もしくはある程度はそうであったとの回答であり、不十分という回答はなかった。

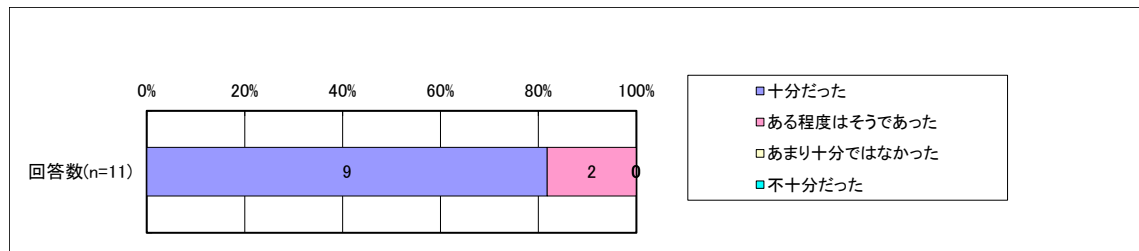


図Ⅲ-5-18 研究予算に関するヒアリング結果

(9) 社会経済情勢等周囲の状況変化への対応

バイオテクノロジー分野において、平成 24 年 7 月に ISO においてドイツからバイオテクノロジーについての新 TC 提案があり、その後、TC276 が設立された。日本は TC のビジネスプランの策定に対して積極的に活動を行い、平成 26 年 5 月の会議において、核酸とタンパク質に関する標準化をタスクグループ 3 (TG3)のビジネスプランに追加した。TG3 を作業グループ WG3 と変更して、新規提案の事前アイテム(PWI)作成の要請を受けることに成功した。今後バイオテクノロジーにおいては、様々な評価方法等に関する国際規格開発が行われていくことが予想され、規格開発動向の注視はもとより、国内関係者と密な連携を行い TC 内部での議論を誘導し、日本に有利な規格開発へ対応していくことが必要である。

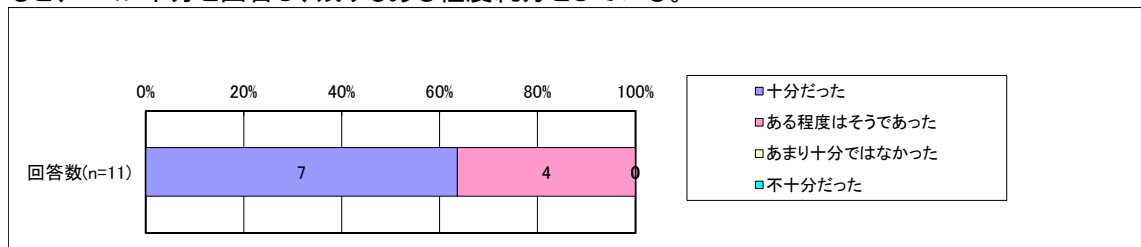
様々な状況変化への対応状況に関するヒアリング結果を図Ⅲ-5-19 に示すが、8割を超える回答者が十分と回答し、残りもある程度十分としている。



図Ⅲ-5-19 様々な状況変化への対応状況

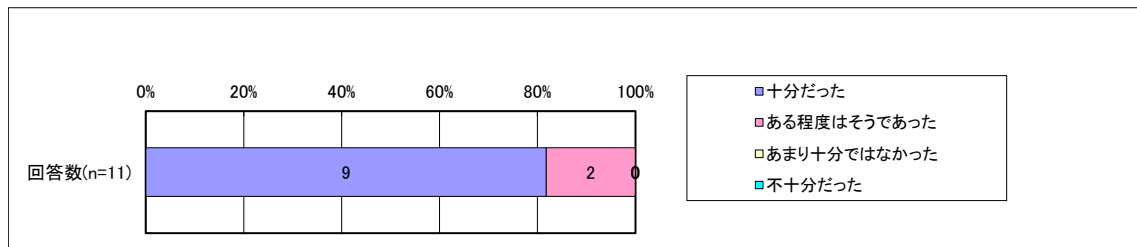
5-2. 知財の取扱いについての戦略及びルールを検討・具体化

知財の取り扱いについての戦略及びルールの検討状況に関するヒアリング結果(図Ⅲ-5-20)によると、72%が十分と回答し、残りもある程度純分としている。



図Ⅲ-5-20 知財の取り扱いについての戦略及びルールの検討状況

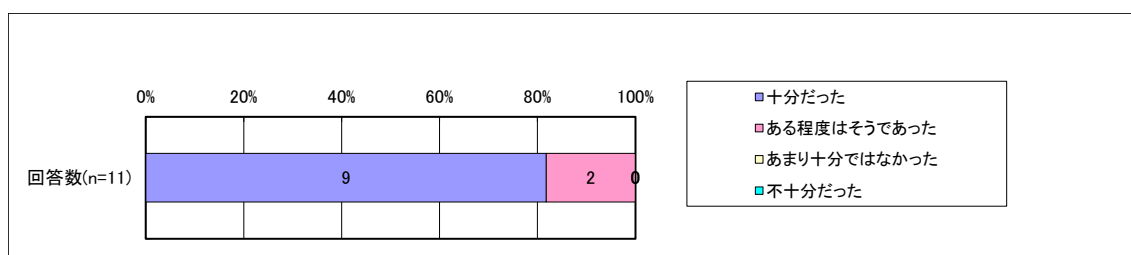
また、知財戦略及びルールの具体化についての達成状況(図Ⅲ-5-21)については、8割を超える回答者が十分と回答している。



図Ⅲ-5-21 知財戦略及びルールの具体化についての達成状況

5-3. 事業アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制等

アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制に関してヒアリングを行った結果(図Ⅲ-5-22)によると、8割を超える回答者が十分と回答している。



図Ⅲ-5-22 アウトカム達成までの間の研究開発の実施・マネジメント体制

標準化にあたり、組織内における情報はどのように共有したか、また、得られた知見をどのように蓄積したかについてヒアリングを行った。ヒアリングの結果、挙げられた取り組みの一例を以下に示す。

【微細形状計測】

日米で交互に進捗報告を行い、情報を共有した。また、ナノテクノロジー分野（微細形状、寸法、薄膜）内では、より頻繁に情報を共有した。

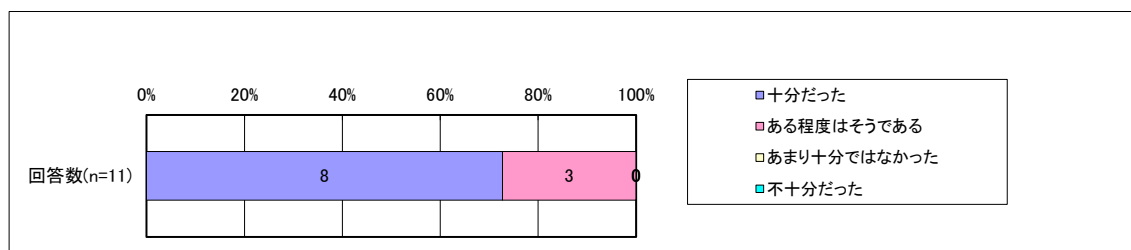
【3D 映像】

所属する研究部門の5つの戦略課題のうちの1つ「人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究（標準化分野）」の3つの柱の1つに「映像の生体安全性」が位置づけられることで、部門評価委員会を通じた所内での情報共有が図られるとともに、部門成果発表会での講演や、産総研発行「産総研 Today」への寄稿を通じて、所内関係者への情報共有を図った。

【核酸計測】

担当テーマの研究実施者間（バイオ核酸領域、あるいはバイオ領域間）は日常的にコミュニケーションし、高い頻度でデータの確認等を実施した。本事業全体では、メール連絡により定期的な情報共有を行い、年1回程度の全体ミーティングを実施した。

国内での研究内容についてアピール状況に関しては、図Ⅲ-5-23 に示すように、8割近くが十分だったとしている。



図Ⅲ-5-23 国内での研究内容についてアピール状況

具体的な方法としては、学会発表、論文発表が多かったが、例えば以下のような取り組みがあった。

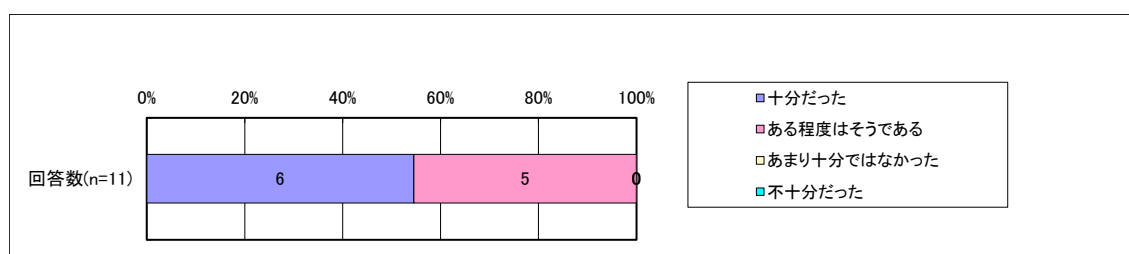
【薄膜熱物性計測】

学会での成果公表、国内審議団体の委員に就任しての活動、所属研究室主催による熱物性業界に向けた定期的な情報公開等を通じて標準化の活動を行った。

【3D 映像(JEITA)】

産総研と協力して、さまざまな活動で国内にアピールできた。具体的には、産総研、3D コンソーシアム、JEITA の共同で、当該プロジェクト開始の際にプレス発表を実施したり、主に業界関係者に対し 3D についての安全講習会などを開催した。

一方、国外での研究内容についてアピール状況に関しては、図Ⅲ-5-24 に示すように、十分と回答している回答者は 6 割弱となっている。具体的な方法としては、国際会議の発表、ワークショップの実施が多かった。



図Ⅲ-5-24 国外での研究内容についてアピール状況

6. 費用対効果

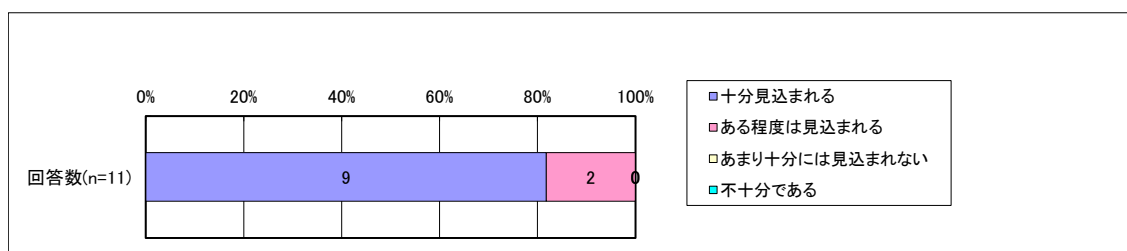
【評価基準】

投入された国費総額に対して、事業アウトプット及び事業アウトカムが妥当であること。

本事業によって先端分野であるナノテクノロジー分野、環境・エネルギー分野及びバイオテクノロジー分野の研究開発を行うことは、日米それぞれが持つ技術を補完し、かつ比較検討等を行うことで、標準物質や評価技術を確立していくことが可能となり、国際標準化を目指す上で有効である。これまでの研究を基に既に国際標準化提案を行ったテーマ、今後国際標準化提案を予定しているテーマがあり、国際規格開発に貢献している。事業開始当初から国際規格開発が行われているものについては、本事業の成果を活用し国際規格開発に貢献している。また、日米の研究者間の交流も促進されることで人的ネットワークが形成され、本事業終了後も米国との連携が継続している。国内では、本事業の主要な受託先である産総研が中心になって、複数の企業や関係団体等からなる組合を設立させるなど、産業界との連携をより密接にしている。このような活動を通じて、今後の技術基盤となる先進的な標準物質、計測標準及び国際規格が開発されることは、我が国産業の発展にとって非常に有益であり、本事業に投入された資源量に見合った効果が生じると言える。本5年事業で培った知見や経験を活かして、更なる産業界への貢献等が期待される。

(1) 事業アウトプットの費用対効果

投入された研究費に対する事業アウトプットの見込みについてヒアリングを行った結果(図Ⅲ-6-1)によると、8割超が十分見込まれるとしている。具体的なアウトプットについて表Ⅲ-6-1に示す。



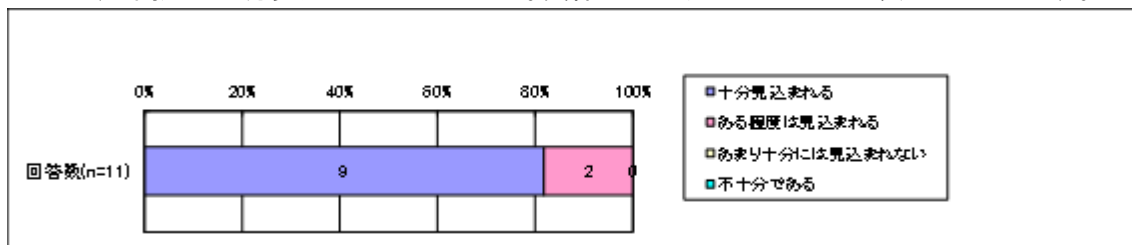
図Ⅲ-6-1 投入された研究費に対する事業アウトプットの見込み

表Ⅲ-6-1 具体的なアウトプットについてのヒアリング結果

分野	ヒアリング結果
ナノテクノロジー分野 (1) 薄膜膜厚計測	得られた知見、開発した技術および装置を用いて、研究開発を継続して実施し、研究成果を創出する。
ナノテクノロジー分野 (2) 薄膜熱物性計測	年度ごとに標準化に必要となる重要な項目を選定して目標を設定して進めてきた。個々の内容は評価装置および評価手法の妥当性の検証が主であり論文等へ公表しにくいものであるが、国外の研究協力や技術レベルの向上など得るものは大きかった。
ナノテクノロジー分野 (3) 微細形状計測	日米で連携して、論文の執筆や国際標準の原案作成を行うことができた。また、日本が弱い、半導体分野での測長原子間力顕微鏡についての知見を共有できた。
ナノテクノロジー分野 (4) 微細寸法計測	研究費の投入により新規提案のために必要な実証とデータ収集を行うことが出来た
ナノテクノロジー分野 (5) 凝集状態評価	CNT品質評価の指標が確立し、CNT産業化への多大な貢献が見込まれる
環境・エネルギー分野 (3D映像)	これまでに3Dガイドラインの国際規格発行を達成するとともに、その基盤となる生体影響特性に関する知見の集積や3D映像の解析評価システムを構築することができた。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	国際規格がISOから発行されるとともに、これまでに研究成果を論文等で公表するとともに、今後も公表予定があるため。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	評価装置の作成および国際標準の発行が確実に行われたため。
バイオテクノロジー分野 (1) 核酸計測	バイオ分野での日米連携体制の構築、核酸標準物質の評価技術開発、バイオテクノロジー分野での新TCの立ち上げへの貢献等、今後の本分野での国産技術を世界で同じ土俵で評価される体制構築のための基盤整備が実施できたため。
バイオテクノロジー分野 (1) タンパク質計測	バイオ医薬品標準化分野での日米連携体制の構築、タンパク質性標準物質作製・評価技術、バイオテクノロジー分野での新規TCの設立など、今後、当該分野での研究発展に必要な基盤が構築できたため。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	何よりも産総研とJEITAとの連携により、3Dガイドラインの国際規格の発行を達成することができたこと、また研究開発においても十分な成果を上げている。これは、「快適3D基盤技術研究推進委員会」を中心とした運営体制ができていたためであると思う。

(2) 事業アウトカムの費用対効果

投入された研究費に対する事業アウトカムの見込みについてヒアリングを行った結果(図Ⅲ-6-2)によると、8割超が十分見込まれるとしている。具体的なアウトカムについて表Ⅲ-6-2に示す。



図Ⅲ-6-2 投入された研究費に対する事業アウトカムの見込み

表Ⅲ-6-2 具体的なアウトプットについてのヒアリング結果

分野	ヒアリング結果
ナノテクノロジー分野 (1) 薄膜膜厚計測	本プロジェクトテーマに関する国際標準化活動は今後も長期的に継続して実施していくため。プロジェクトで得られた研究成果および米国との連携は今後の活動に極めて有益である。
ナノテクノロジー分野 (2) 薄膜熱物性計測	アウトカムはISO規格の制定ということになるが、研究費との直接的な因果関係は言及しにくい。しかし、本ISO提案は単一工業に向けたものではなく、多くの先端産業分野に関係するため、影響力はある程度望めるものと期待できる。
ナノテクノロジー分野 (3) 微細形状計測	装置メーカーや依頼分析会社の意見を集約でき、計測分野での国際標準創成に貢献できた。また、ナノラフネス、ナノ材料の原子間力顕微鏡に関する標準の主導権を得ることができた。
ナノテクノロジー分野 (4) 微細寸法計測	該当するTCにおけるプレゼンを行い、国際ラウンドロビン試験のためのガイドライン作成を行うことになっており、特に障害はない。
ナノテクノロジー分野 (5) 凝集状態評価	本CNT評価手法が標準化すれば、国内CNT製造および販売メーカにとって、国際競争上非常に有利である
環境・エネルギー分野 (3D映像)	3Dガイドラインの初の国際規格発行を達成したが、これは3D映像及び3D機器に対する包括的規格であり、今後3D製品を製作・制作する際に参照すべき有用な規格である。ただしこれを普及させるためには、同時開発の3D映像の解析評価システムを活用した映像の生体安全性に関する新たな普及活動を展開する必要がある、それに取り組む予定である。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	3D映像の生体影響に関する研究開発が進み、他の類似の分野(例えばストレス計測など)に対して社会的に有用な研究展開が期待できる。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	国際規格がISOから発行され、3D映像に対する初めての国際標準ができたため、今後業界関係者はこれを利用して3D映像関連プロダクトを制作することになると思われるため。
バイオテクノロジー分野 (1) 核酸計測	論文、標準文章としての標準文章の公表。今後の核酸標準物質整備体制の基盤構築。今後のTC276での標準化活動。
バイオテクノロジー分野 (1) タンパク質計測	本事業で開発した標準タンパク質候補に関する作製方法、特性値データ、安定性データ、およびそれらの信頼性解析結果をまとめた国際論文の発表。
環境・エネルギー分野 (3D映像)	当該事業の成果である3Dガイドラインの国際規格発行により、3D製品に関わる業界各社がこれを参照することにより安全で快適な3D製品の普及につながる。現在、3Dは一時のブームが落ち着いた状況であるが、ディスプレイの高解像化やHMDなどの大視野化に伴う現実感の追求により、近い将来の3Dの再普及を、当該事業の成果が促進するものと思う。

なお、期待される事業の成果に基づいた波及効果、例えば以下のような効果が挙げられた。

【薄膜熱物性計測】

国際的な装置マーケットの情報入手(国内外の装置メーカーとの交流)、獲得技術を基にした装置メーカーへの技術波及

【3D 映像】

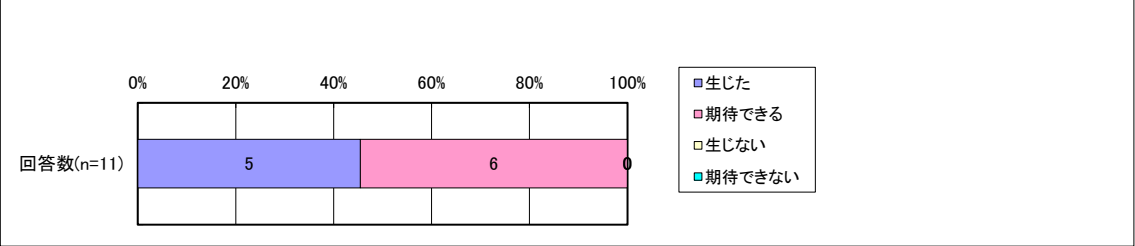
現在、映像の生体安全性に関する一連の国際標準化として、映像酔いに関する国際標準化活動を開始した。これが達成されると、光感受性発作、3D映像の視覚疲労、映像酔いに対する規格化が完成し、これらをさらに普及展開させていくための社会実装に関する新規事業創出を図りたいと考えている。

【タンパク質計測】

次世代バイオ医薬品の高品質生産を保障する新規分析技術および新規分析装置の開発。公正

な性能評価を可能にすることによる国産技術、国産装置の普及。適正な互換性評価を可能にすることによる製薬企業品質分析業務の新技术採用障壁の低減、それに伴う管理コストの低減、などが期待される。

当初想定していなかった波及効果については、図Ⅲ-6-3 によると半数弱が生じたとしている。



図Ⅲ-6-3 当初想定していなかった波及効果

具体的には、国際標準化活動の連携などが挙げられた。

7. その他、事業の問題点及びそれに対する改善策等

事業の問題点及びそれに対する改善策等について、以下のような意見が寄せられた。

【薄膜熱物性計測】

（問題点）

日米間の協力を進める上で、日本側に潤沢な研究資金があるのに対し、当方のカウンターパートにはそれに見合う予算がないため米側にフラットな要望を出しにくいと感じたことがあった。また NIST 側の統括者からは、より人的交流があるとよいとのコメントがあった。

（改善策）

国際共同研究のような形で、双方に予算分配ができる仕組みがあると良いと思う。または、NIST 側に予算のインセンティブがあったかが不明だったので、これが明確になると良いと思う。

【核酸計測】

（問題点）

標準化事業、特にバイオ分野などの比較的新しい分野でのこれらの取り組みでは、技術開発から標準文章の提案まで長い時間を要する。事業期間内に標準文章提案は困難であった。

（改善策）

分野の実情に沿った柔軟な目標設定と、より長い期間での事業展開をサポートいただきたい。