

次世代電力供給システムに係る
技術に関する施策・事業評価報告書
(案)

平成23年3月
産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

また、第25回産業構造審議会評価小委員会（平成21年1月）において、新たな評価類型として「技術に関する施策評価」が審議・了承された。技術に関する施策評価は、当該技術分野全体の方向性等を勘案しつつ、当該施策の下に位置付けられる技術に関する事業のまとまりを俯瞰する形で、各事業の相互関係等に着目し、個々の事業に係る評価結果を踏まえて行うこととしている。

経済産業省において実施している技術に関する施策「次世代電力供給システム」は、将来に向けた世界的な気候変動問題の制約下における環境負荷を低減させることを目的とした電力の安定供給にかかる技術開発を行うため、以下の技術に関する事業から構成される施策である。

- A. 噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業（平成11年度から平成21年度）
- B. 高効率ガスタービン実用化技術開発事業（平成20年度から平成23年度）
- C. 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業（平成20年度から平成28年度）
- D. イットリウム系超電導電力機器技術開発事業（平成20年度から平成24年度）
- E. 次世代送配電系統最適制御技術実証事業（平成22年度から平成24年度）
- F. 次世代型双方向通信出力制御実証事業（平成23年度から平成25年度）
- G. 太陽光発電出力予測技術開発実証事業（平成23年度から平成25年度）

今回の評価は、技術に関する施策「次世代電力供給システム」、及びこの構成要素であるA.～C.の技術に関する事業評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる「次世代電力供給システム」に係る技術評価検討会（座長：徳田 君代 九州工業大学大学院教授）を開催した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（小委員長：平澤 洽 東京大学名誉教授）に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成23年3月

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

委員名簿

委員長	平澤 洽	東京大学 名誉教授
	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
	太田 健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院 教授
	菊池 純一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター 教授
	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
	富田 房男	北海道大学名誉 教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所リサーチディレクター
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科 教授
	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主任研究員

(委員敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

「次世代電力供給システム」に係る技術評価検討会
委員名簿

- | | | |
|----|-------|------------------------------------|
| 座長 | 徳田 君代 | 九州工業大学大学院 情報工学研究院(機械情報系) 教授 |
| 委員 | 太田 有 | 早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空学科 教授 |
| 委員 | 佐藤 幹夫 | 電力研究国際協力機構 (IERE) 中央事務局 事務局長 |
| 委員 | 杉田 雄二 | 中部電力株式会社 参与 (常務待遇)
技術開発本部 本部長代理 |
| 委員 | 高見 佳宏 | 電気事業連合会 技術開発部長 |
| 委員 | 船崎 健一 | 岩手大学工学部 副学部長・機械システム工学科 教授 |

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省 資源エネルギー庁 電力基盤整備課

「次世代電力供給システム」に係る技術評価に関する省内関係者

1. 技術に関する施策

【中間評価時】

(今回)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課電力需給・流通政策室長 吉川 徹志(事業担当室長)
産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

2. 技術に関する事業

A. 噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業

【事後評価】

(今回)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課電力需給・流通政策室長 吉川 徹志(事業担当課長)
産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

【中間評価時】

(平成19年度)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課課長 吉野 恭司(事業担当課長)
産業技術環境局 技術評価調査課長 齋藤 圭介

(平成16年度)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課課長 草桶 左信(事業担当課長)
産業技術環境局 技術評価調査課長 陣山 繁紀

【事前評価時】(事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁 電力技術課長 薦田 康久(事業担当課長)

B. 高効率ガスタービン実用化技術開発事業

【中間評価時】

(今回)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課電力需給・流通政策室長 吉川 徹志(事業担当課長)
産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

【事前評価時】(事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課課長 吉野 恭司(事業担当課長)

C. 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業

【中間評価時】

(今回)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課電力需給・流通政策室長 吉川 徹志(事業担当課長)
産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 秦 茂則

【事前評価時】 (事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁 電力基盤整備課長 吉野 恭司 (事業担当課長)

「次世代電力供給システム」に係る技術評価

審 議 経 過

- 第1回評価検討会（平成22年11月9日）
 - ・評価の方法等について
 - ・技術に関する施策・事業の概要について
 - ・評価の進め方について

- 第2回評価検討会（平成22年12月21日）
 - ・評価報告書(案)について

- 産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成23年3月2日）
 - ・評価報告書(案)について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会 委員名簿
「次世代電力供給システム」技術評価検討会 委員名簿
「次世代電力供給システム」技術評価に係る省内関係者
「次世代電力供給システム」技術評価 審議経過

ページ

技術評価報告書概要	
第1章 評価の実施方法	
1. 評価目的	1
2. 評価者	3
3. 評価対象	3
4. 評価方法	4
5. プロジェクト評価における標準的な評価項目・評価基準	4
第2章 技術に関する施策の概要	
1. 施策の目的・政策的位置付け	7
2. 施策の構造及び目的実現の見通し	13
第3章 技術に関する事業の概要	
A. 噴流床石炭ガス化発電プラント開発実証	
1-A. 事業の目的・政策的位置付け	27
2-A. 研究開発等の目標	30
3-A. 成果、目標の達成度	33
4-A. 事業化、波及効果について	45
5-A. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	51
B. 高効率ガスタービン実用化技術開発	
B1. 1700℃級ガスタービン実用化技術開発	
1-B1. 事業の目的・政策的位置付け	54
2-B1. 研究開発等の目標	59
3-B1. 成果、目標の達成度	61
4-B1. 事業化、波及効果について	72
5-B1. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	78
B2. 高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発	
1-B2. 事業の目的・政策的位置付け	85
2-B2. 研究開発等の目標	89
3-B2. 成果、目標の達成度	98
4-B2. 事業化、波及効果について	115
5-B2. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	121
C. 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発	
1-C. 事業の目的・政策的位置付け	124
2-C. 研究開発等の目標	128
3-C. 成果、目標の達成度	135
4-C. 事業化、波及効果について	148
5-C. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等	149

第4章	技術に関する施策評価	
1.	施策の目的・政策的位置付けの妥当性	153
2.	施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性	158
3.	総合評価	162
第5章	技術に関する事業評価	
A.	噴流床石炭ガス化発電プラント開発実証総合評価	166
B.	高効率ガスタービン実用化技術開発総合評価	173
C.	先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発総合評価	180
第6章	今後の研究開発の方向等に関する提言	185
第7章	評点法による評点結果	193
参考資料		
資料A. 研究開発実施者提供資料		

技術に関する施策・事業評価報告書概要

技術に関する施策

技術に関する 施策名	次世代電力供給システム
担当課	資源エネルギー庁 電力基盤整備課
<p><u>技術に関する施策の目的・概要</u></p> <p>昨今、気候変動問題への対応が地球規模の課題となっている中、化石エネルギーの利用に伴う温室効果ガスの排出抑制に関する関心が世界的に高まっている。</p> <p>我が国の発電電力量における電源構成では、石炭火力発電は約25%、天然ガス火力発電が約30%を占めており、2030年以降も火力発電は我が国の電源構成の中で重要な位置づけを占める予定である。</p> <p>しかし、発電時に発生する単位当たりCO2排出量は他の電源に比べて大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えている。</p> <p>また、我が国は世界最大の石炭および天然ガス輸入国であり、資源のほぼ100%を海外に依存している。よって、エネルギーの有効利用と環境負荷の低減に努めるため、我が国は長年にわたり化石エネルギーの利用技術の効率化に積極的に取り組むとともに、環境に適した世界最高水準の熱効率及び環境対策を持った火力発電技術の開発・利用を実現してきたところである。</p> <p>一方、温室効果ガスの排出抑制・エネルギー自給率向上、エネルギー源多様化、環境関連産業育成等の観点から、我が国は太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入を進めているが、電力系統上の課題として、①余剰電力の発生や、②出力変動に伴う周波数変動調整力の不足、③配電系統における電圧上昇 等が指摘されているところである。よって、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う電力系統上の課題への対策を進めなければ、我が国の電力の安定供給を阻害するおそれがある。</p> <p>したがって、今後、再生可能エネルギーが導入拡大されることで電源が多様化する電力を効率かつ安定的に供給するため、送配電系統や発電運用技術の高度化を行い、送電効率の向上、余剰電力対策等の系統安定化対策を行うことで、環境対策および電力の安定供給を可能とする強靱な電力供給システムを確立していく必要がある。</p> <p>将来に向けた世界的な気候変動問題の制約下で、環境負荷を低減させることを目的とした電力の安定供給にかかる技術開発は、我が国の環境及びエネルギー政策上極めて重要な施策である。</p>	

技術に関する施策評価の概要

1. 施策の目的・政策的位置付けの妥当性

以下の観点から、施策の目的・位置づけは妥当であると判断する。

(1) 施策の目的の妥当性

我が国におけるエネルギー起源 CO2 排出量の 3 割を占める発電部門の CO2 削減は急務であり、また、多様化する電源構成とその供給方式の中で、①化石燃料を有効利用する技術、②再生可能エネルギーの利用拡大技術、③高効率・安定供給技術の洗練化・高性能化を目指すことは、極めて緊要と言える。よって、環境問題に配慮しつつエネルギーセキュリティを確保する一つ的手段として、本施策の目的は、技術課題や具体的な数値目標及びスケジュール等を含め明確かつ妥当である。

特に、本施策は、長期間の基礎技術の確立と実用化に向けた実証試験が必要であるが、これらに係る開発リスクは大きく、国としてエネルギー関連技術の根幹部に投資することは十分に意義がある。

(2) 施策の政策的位置付けの妥当性

本施策は「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」や「技術戦略マップ 2009」、「エネルギー基本計画」の国家戦略に基づき、着実に技術開発を進めており、施策の位置づけは妥当かつ非常に重要である。

(3) 国の施策としての妥当性

電力安定供給に係るエネルギー問題や気候変動問題、低炭素社会に向けた国家的な課題は将来のリターンが見えないため、民間企業のみで取り組むには開発リスクが大きい。また、技術開発を効率的に進める上では、省庁間連携や産学官連携の構築が必要な場面もある。これらのことから国家的な問題を解決するための技術開発を効率的に推進するためには、国の施策として位置づけることが重要であり、本施策は妥当である。

一方、本施策に関連した「環境負荷低減やエネルギー効率向上」を狙いとした革新技术開発は、開発、実用化の期間が長く、また、革新技术は海外では開発予算も含め積極的な取り組みが進められていることから、我が国がこの分野で世界トップを維持するためには、開発・実用化期間の抜本的短縮と革新技术開発の継続的推進に係る具体的な施策が必須である。

2. 施策の構造及び目的実現の見通しの妥当性

以下の観点から、施策の目的・位置づけは妥当であると判断する。

(1) 施策の構造について

高効率火力発電技術や送配電技術は、本施策において重要な位置づけであり、それぞれについて必要な事業が過不足なく配置され、事業規模に見合った予算やスケジュールが組まれている。

(2) 個別技術開発の成果について

噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業については、商用化に向けていくつか技術課題が残ったものの、実証試験として、実証事業開始当初の目標は達成できたと判断できる。

また、先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業について研究開発の時間的スケジュールを考慮した場合、中間評価を行うスケジュールが時期尚早である感は否めないが、本事業の個別成果は、各々の目標に対して同等以上の成果が得られており、世界に通用する技術成果であると評価できる。

(3) 技術開発支援のあり方について

それぞれの技術開発が次世代電力供給システムを実現するキーテクノロジーであり、高効率火力発電技術や送配電技術に関する技術開発支援を行う意義は大きい。特に、先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業は欧州に10年遅れてスタートしたが、これまでの超々臨界圧火力発電の豊富な経験を生かして研究が進展し、欧米を凌駕した高温高強度金属材料の開発がされつつあると判断できる。

一方、以下の課題が見受けられる。

(1) 施策の構造について

事業の推進段階に応じて開発の前倒しも含めた見直し修正が必要であり、また、海外に対する技術戦略は常に見直すべきである。このため、我が国の事業の成果と問題点ならびに課題を定期的に整理・見直し、目的達成に必要な新たな施策や産学官連携を構築していく仕組み作りが必要である。

また、先進超々臨界圧発電システム実用化要素技術開発事業について、本来の目的が実施可能であるか不明であり、また、次世代送配電系統最適制御技術実証事業のように事業実施期間が短い事業もあることから中間評価の実施期間について、事業の内容や対象によって適切に設定されるべきである。

3. 総合評価

エネルギーセキュリティや気候変動問題、輸出競争力強化に対する面からも欠くことのできない国の施策であり、商用化の見通しも含めて継続的に実施すべき事業である。特に、エネルギー関連技術に関する国の施策として、火力発電の高効率化技術と送配電系の最適制御技術等の関連設備や関連技術の実証試験を組み合わせた複合的事業の発展と各事業間の有機的な連携によって一層大きな成果が期待できると判断できる。

また、各事業で実施期間中に得られた成果や技術の一部は、当該分野のみならず、運輸、機械等の各分野に最新技術として適用されている事例も多くあり、高効率化や洗練化に大きな役割を果たしている。

さらに、産学官連携によりエネルギー関連技術の発展に向けた技術協力を積極的に推進することにより、先進技術開発に関心を寄せなかった国民を啓発する効果が期待できる。

以上のことから、いずれの事業もその目的や政策的位置づけは明確であり、技術的意義(新規性、先進性、独創性、革新性、先導性など)は極めて大きく、エネルギーの安定的供給確保、環境負荷低減、電力の安定供給、及び輸出競争力強化などに貢献するところ大であるため、国として取り組むべき施策であると言える。

今後の研究開発の方向等に関する提言

次世代電力供給システムの技術開発の中で、再生可能エネルギーの導入が積極的に推進される中、化石燃料を用いた発電の割合は将来的にも大きく、その中でも温室効果ガスのCO2排出量が極端に大きい石炭火力発電をより高性能化・洗練化しようとする試みは、国としてエネルギーセキュリティ及び気候変動問題を解決していくために重要である。また、本施策は、産業界の国際競争力強化や広く産業界において活用される新技術や技術資料を創出するため我が国の最も重要な施策の一つである。当該分野の研究開発は、長い期間と巨額の費用を必要とするため、民間企業や団体が単一で実施する性格のものではなく、欧米の例からもわかるように国の関与なしでは実現できない分野であり、今後推進すべき具体的強化施策として以下の通り提言する。

- (1) 欧米に比べて極端に少ない開発補助費用の増大
- (2) これまでの開発研究から実証研究までの開発費の補助に加えて、今後は世界初の実用化を進めて輸出競争力を強化するために、初号機建設までの資金補助の延長
- (3) 類似製品や技術波及製品への積極的な開発費の補助

さらに、革新技術の開発を進めるため、産学官連携による研究開発を積極的に行い、オールジャパンによる技術開発及び技術普及に係る推進体制の確立が重要である。

しかし、従来、国の研究開発プロジェクトとして基礎研究や実用化に向けての検討が行われた数多くの技術が、研究開発プロジェクトの実施期間終了と共に推進力を失い、蓄積されたノウハウや技術が有効に活用されていないまま放置され、商用化に至っていない前例は数多くある。当該施策は、我が国のエネルギー供給の将来を決定する重要な施策であり、プロジェクトの継続と実用化に向けての努力を期待するとともに、事業の推進段階に応じて技術戦略を柔軟に見直し、目的達成に必要な新たな施策を構築していく仕組み作りが必要不可欠である。

技術に関する事業

技術に関する事業名	A. 噴流床石炭ガス化発電プラント開発実証
上位施策名	エネルギー源の多様化・エネルギーの高度利用
担当課	電力基盤整備課

事業の目的・概要

石炭は、他の化石燃料に比べ供給安定性が高いが、燃焼過程における単位発熱量あたりのCO2発生量が多いことから、石炭の高効率発電技術を確立することにより、長期にわたるエネルギーの安定供給と環境に調和した石炭の有効利用を図る。

既存の石炭発電技術（微粉炭火力技術）に比べ、飛躍的な熱効率の向上が期待できる石炭ガス化複合発電技術（IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle）について、微粉炭を空気により高効率にガス化する噴流床方式による技術等を開発し、商用機（微粉炭火力発電500～600MW相当）と同型、かつ、商用機の約1/2規模のIGCC実証プラント（250MW）を建設して（平成19年9月完了）、運転試験を行うことにより、商用IGCCを導入するのに必要な信頼性、耐久性、高効率性、経済性等を検証するのを補助する。

予算額等（補助（補助率：3/10））

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成11年度	平成21年度	平成16、19年度	平成22年度	(株)クリーン コールパワー 研究所
H19FY 予算額	H20FY 予算額	H21FY 予算額	総予算額	総執行額
1,596,000	2,067,219	1,199,860	27,425,685	25,214,836

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

目標・指標		成果	達成度	新たに見出された課題
信頼性	年利用率 70%以上の見通しが得られること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 夏季ピーク期間 (3ヶ月) 相当の安定運転を確認 ・ 5,000 時間耐久性確認試験において延べ 5,000 時間の運転を確認 	達成 (課題あり)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス化炉後流熱交換器 (SGC) 伝熱管詰まりについては、炭種適合性とも関連する課題として今後も引き続き検討が必要 ・ 既に実施済みの対策についても、中長期的な耐久性等の検証が必要
熱効率	送電端効率 40.5%(HHV ベース)程度	送電端効率 40.6%(HHV)を達成	達成	—
環境性	<ul style="list-style-type: none"> ・ SOx : 8ppm (16%O₂換算) ・ NOx : 5ppm (16%O₂換算) ・ ばいじん : 4mg/m³N (16%O₂換算) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ SOx : 0~4.1ppm (16%O₂換算) ・ NOx : 3.4~4.8ppm (16%O₂換算) ・ ばいじん : 0.3~0.6mg/m³N (16%O₂換算) 	達成	—
炭種適合性	微粉炭火力に適合しにくい灰融点の低い石炭 (灰溶融温度 1400°C以下) を使用し、安定運転ができること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 瀝青炭 (中国瀝青炭 (設計炭)) での安定運転を確認 ・ 亜瀝青炭 2 炭種 (北米炭、インドネシア炭) での専焼が可能であることを確認 	達成 (課題あり)	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガス化炉後流熱交換器 (SGC) 伝熱管詰まりが発生しプラント停止に至っており、炭種性状に応じてトラブルの発生防止など、様々な対応が必要なが判明
経済性	発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しを得ること	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建設費は商用量産段階では微粉炭火力の 2 割程度増の見込み ・ 熱効率は微粉炭火力より向上の見込み ・ 今後も石炭価格は上昇傾向が見込まれ、発電原価として微粉炭火力と同等以下となる見通しは得られる可能性あり 	達成 (課題あり)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 修繕費については、定検未実施であることや設備点検サンプル数が少ないため、コスト低減に向けて今後の精度向上が望まれる

(2) 目標及び計画の変更の有無

無

<共通指標>

論文・投稿	発表	特許等件数 (出願を含む)
45	96	11

総合評価概要

噴流床石炭ガス化発電(IGCC)プラント実証事業は、低灰融点炭(中国瀝青炭及び亜瀝青炭)を有効活用する点で、我が国のエネルギーセキュリティの確保及び気候変動問題の解決に貢献するものであり、事業の目的、政策的位置づけは妥当である。

本事業は、世界で唯一の空気吹き IGCC である。11 年を超える実施期間と 5000 時間にも及ぶ耐久確認試験を経て得られた知見や膨大な資料は極めて貴重であり、来るべき商用化に向けての問題点並びにその解決手法が明確になったと共に、実現に向けての信頼性や経済性が確認できた。また、時代のニーズに柔軟に対応することで当初の目標を一部変更し、設計炭以外の炭種による実証試験を行ったところ、これらの石炭のガス化運転に成功した。これは低品位炭の利用拡大であり、我が国のエネルギーセキュリティの更なる確保の点で意義が大きい。

さらに、実証試験による送電端効率は 40.6%(HHV)であり、中国及びインドは年間発電電力量の 7~8 割を石炭火力発電に依存し、かつ世界の石炭火力発電所の熱効率平均が 30%程度であることから我が国が開発した IGCC は波及効果が大いに期待できる。

開発に係る体制等についても、平成 11 年の事前検証試験を踏まえた基本設計、詳細設計、設備等設計、運転試験までの研究開発計画に始まり、総事業費のコストダウンや開発体制等、我が国の電力事業者の総力を挙げた取り組み、運営は適切かつ妥当である。

一方、商用機への新たな課題が出てきたことから、これらの技術的解決には相当時間を要するため、継続的な試験及び評価が必要であることともに、事業者のみでは限界があるため国の事業として補助することも検討することが必要である。

また、商用化に向けての具体的なシナリオを提示するとともに、IGCC 建設については、国として国内はもちろん、海外立地を含めた実用化支援への取り組みが必要であると考えられる。

今後の研究開発の方向等に関する提言

噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業は、我が国が20数年を掛けて構築してきたエネルギー関連の日本独自の巨大技術であり、我が国のみならず海外へも大きく貢献できるものと期待され、そのニーズは益々大きくなっている。この観点から、事業者による商用機の経済性の確保と更なる安定運転技術や保守技術確立のために、2年間の独自研究が予定されており、その成果に期待するところ大である。

その際に、熱効率の向上や、設備・システムの簡素化によるコストダウンや信頼性向上などの検討と共に、この2年間の独自研究の間に高効率(1600℃級)ガスタービンが実用化の時期を迎えることで、噴流床石炭ガス化(IGCC)発電プラントに高効率(1600℃級)ガスタービンを適用した場合の経済性検討を実施して頂き、より魅力ある発電プラントとして仕上げを頂くことを期待したい。

また、本空気吹き噴流床石炭ガス化発電技術は、ほぼ所期のスケジュールで研究開発が進捗しており、現在民間ベースで商用化へ向けたワンランク上の実証試験が継続されている状況である。これにより、商用機については十分な信頼性が得られる見通しであるので、国としても国内はもちろん、海外立地も含む実用化支援への取り組みが必要であると考えます。

さらに、世界では酸素吹き IGCC が開発されているため、熱効率及び CO₂ 分離・回収等の面から最新のデータを用いて比較を行い、空気吹き IGCC の位置づけを明確にする必要がある。

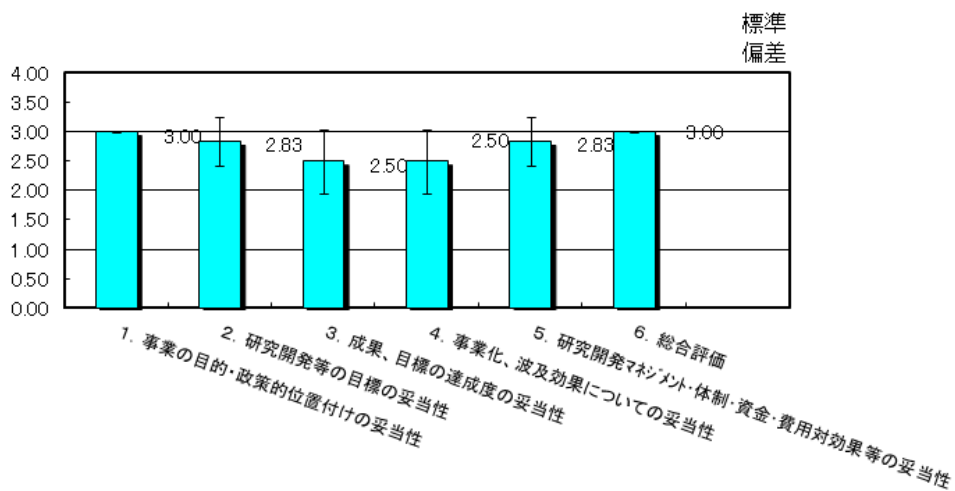
評点結果

評点法による評点結果
(噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	3.00	0.00
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.83	0.41
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.50	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.50	0.55
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.83	0.41
6. 総合評価	3.00	0.00

(各項目:3点満点)

■平均点



技術に関する事業

技術に関する事業名	B. 高効率ガスタービン実用化技術開発
上位施策名	省エネルギーの推進
担当課	電力基盤整備課

事業の目的・概要

省エネルギー及びCO2削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンを開発し、我が国のエネルギーセキュリティの確保、地球環境問題解決への貢献及び産業競争力の強化に資する。

省エネルギー及びCO2削減の観点から電力産業用高効率ガスタービンの実用化を目指し、大容量機（25万kW程度（コンバインド出力40万kW））の高効率化（52%→56%（送電端HHV））のために、1700℃級ガスタービンの実用化に必要な先端要素技術を適用した各要素モジュールの検証等を実施する。

また、小中容量機（10万kW程度）の高効率化（45%→51%（送電端HHV））のために有望とされている高湿分空気利用ガスタービン（AHAT）の実用化に必要な多段軸流圧縮機、多缶燃焼器等の開発を行うとともにシステムの信頼性等の検証を実施する。

予算額等（補助（補助率：2/3））

（単位：千円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成20年度	平成23年度	平成22年度	平成24年度	日立製作所(株) 住友精密工業(株) (財)電力中央研究所 (株)三菱重工業、
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
540,000	1,644,689	3,081,000	6,986,979	6,812,736

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

<1700℃級ガスタービン実用化技術開発>

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
全体の目標	送電端効率 56%以上（HHV）	最新のデータを反映した予想値は 57%（HHV）	達成
排ガス再循環システム／低 NOx 燃焼器の開発	NOx 排出量 50ppm 以下	燃焼試験で他による実機推定値は NOx 排出量 48ppm である。	達成
高性能冷却システムの開発	冷却空気量 30%低減（従来比）	冷却空気量 30%低減（従来比）の目処を得た。	達成
低熱伝導率 TBC の開発	遮熱効果を現状材（YSZ）より 20%向上	遮熱効果を現状材（YSZ）より 20%向上低減した。	達成
高負荷・高性能タービンの開発	1500℃級ガスタービンに比べ 30%高い負荷条件において、1軸タービン、段数従来並みで、効率 91%以上	回転翼列試験により 91.3%の効率達成の目処が得られた。	達成
高圧力比高性能圧縮機の開発	圧力比 30 以上において、1軸圧縮機、段数従来並みで、効率 89%以上	回転翼列試験により、89.3%の効率達成の目処が得られた。	達成
総合評価	—	中間評価時点での目標を全て満足している。	達成

<高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発>

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
①高湿分軸流圧縮機	・解析により、吸気噴霧量：3.5%時の特性確認	噴霧量3.5%時には圧縮機後段側の負荷が高くなる。このため圧縮機後段側静翼の取付角を増加させて翼負荷を減少させることにより、全段で成立した。	達成
②高湿分再生熱交換器	・解析により、温度効率：90%以上、伝熱面密度：1000m ² /m ³ 以上を確認	従来フィンより耐圧強度が高く、かつ伝熱面密度も極力大きくした新型高性能 フィンを新たに開発することで、温度効率：90%以上、1000m ² /m ³ 以上の伝熱面密度を達成した。	達成
③高湿分多缶燃焼器	・要素試験により、高湿分燃焼で NOx：10ppm以下を確認	側方4方ノズルを開発し、バーナ要素試験で効果を確認した。さらに実寸の単缶燃焼試験により、総合試験条件で10ppm以下を確認した。	達成
④高湿分冷却翼	・目標冷却効率（静翼70%動翼60%）を達成可能なハイブリッド冷却翼の設計	目標冷却効率を達成可能なハイブリッド冷却翼で、翼前部を圧縮機吐出空気冷却、翼後部を高湿分空気冷却することにより、許容メタル温度以下を達成した。	達成
⑤3MW級検証機	・AHATプラント側の特性把握	5～35℃の範囲で大気温度特性を取得した。増湿量のほぼ100%を水回収できた。再生熱交換器の温度効率 90%以上を維持できていることを確認した。	達成
⑥実用化技術総合試験	・総合試験装置の設計	総合試験装置の設計を完了し、製作を開始した。	達成
⑦AHAT特性解析	・3MW級検証機評価	3MW試験でコールド起動時間60分を達成し、コンパクトサイクルと比較し起動特性で優位であることを確認した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無

<共通指標>

論文・投稿	発表	特許等件数 (出願を含む)
20	36	43

総合評価概要

高効率ガスタービン実用化技術開発は、国が掲げる総合的なエネルギー効率向上を目指すに当たり、発電効率の大幅な向上が見込まれる技術である。また、天然ガスを用いた高効率ガスタービンの導入は世界的に増大することが期待されることで、燃料多様化に伴うエネルギーセキュリティの確保の点から事業の目的及び政策的位置づけは妥当である。

また、本事業は、大容量機と中小容量機の2つの観点から事業を進めているが、ともに世界初の技術であり、中間目標の達成度は定量的かつ客観的に見て妥当である。

さらに、大容量機が対象である1700℃級ガスタービン実用化技術開発においては、これまでの成果の一部を用いた1600℃級ガスタービンの実用化に反映されており、数年後の商用化も決まっていること、また、中小容量機が対象である高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発では、同規模のコンバインドサイクルと比較して安価で高効率なシステムとなることが期待されることから、今後の波及効果は大いに期待できる。

開発に係る体制についても両事業とも多岐にわたる新規技術の開発が必要であり、それぞれの分野でトップランナである各大学や各メーカー、他省庁による産学官連携で開発を行っているとともに、世界の動向や技術のトレンドを分析して的確な対応が為されており、国際的に優れた研究開発計画であるため、本事業は積極的に推進すべき事業である。

一方、一部の項目については定性的な説明が為されているため、目標の妥当性について定量的な説明をするとともに、技術の普及を進めるため、より一層の産学官連携が望まれる。

また、1700℃級ガスタービン実用化技術開発における各要素技術や各要素の問題点検討状況、並びに高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発における高湿分のために発生が予想される問題等に対する検討状況等については、一部不明な部分があるため、運転試験の特性評価を密に行うこととともに、更なる新技術の開発が必要不可欠であると考えられる。

今後の研究開発の方向等に関する提言

本事業は、国が掲げる総合的なエネルギー効率向上を目指すに当たり、発電効率の大幅な向上が見込まれる技術である。また、天然ガスを用いた高効率ガスタービンの導入は世界的に増大することが期待されることと、さらに、燃料多様化に伴うエネルギーセキュリティが確保されること等で優れている。

特に、1700℃級ガスタービンの実用化技術開発は、1700℃級ガスタービンの実証機設計のための要素開発であり、今後計画されている圧縮機モジュール試験、高温高圧翼列試験、高圧燃焼試験はできる限り時間をかけて実施し、信頼性を確認していただきたい。

高温分空気利用ガスタービン実用化技術は商用機規模での実証試験の前フェーズであり、説得力を持って実証試験につなげるためにも今後計画されている1/3スケールの実用化技術総合試験で長期信頼性、効率、経済性などをしっかり確認していただきたい。

また、研究開発体制について、大学のポテンシャルを有効活用し、産学官で事業に取り組むことにより国際性のある人材の育成にも貢献できるため、より一層の体制の構築に努めていただきたい。

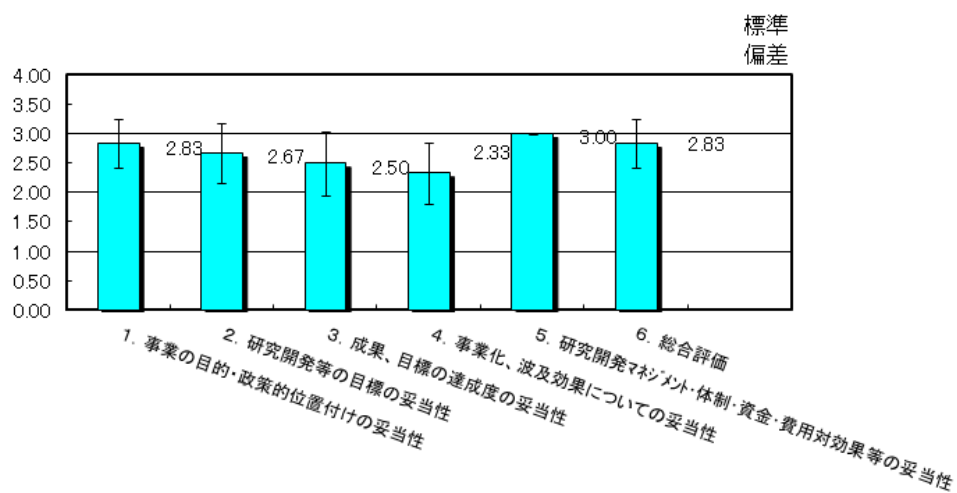
評点結果

評点法による評点結果 (高効率ガスタービン実用化技術開発)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.83	0.41
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.67	0.52
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.50	0.55
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.33	0.52
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	3.00	0.00
6. 総合評価	2.83	0.41

(各項目:3点満点)

■平均点



技術に関する事業

技術に関する事業名	C. 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発			
上位施策名	エネルギー源の多様化・エネルギーの高度利用			
担当課	電力基盤整備課			
<p>事業の目的・概要</p> <p>従来型石炭火力発電の中で最高効率である超々臨界圧発電（USC）では、上記温度は 630℃程度が限界で、熱効率も 42～43%（送電端 HHV）が原理的限界と言われてきた。しかしながら、近年の材料技術に進歩により 700℃以上、上記圧力 24.1MPa 以上の蒸気条件を達成できる可能性が見えてきたことから、これらの材料を活用した先進超々臨界圧発電（A-USC）を開発し、エネルギーセキュリティの確保及び CO2 排出量の削減による環境適合を図る。</p> <p>A-USC は、蒸気温度 700℃級で 46%、750℃級で 48%、800℃級で 49%の高い熱効率（送電端 HHV）の達成が可能な技術であり、2020 年以降増大する経年石炭火力発電のリプレイス需要に対応するため、早急に技術開発を進める必要がある。</p>				
予算額等（補助（補助率：2/3））				（単位：千円）
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 20 年度	平成 28 年度	平成 22 年度	平成 29 年度	(株)東芝、日立製作所(株)、(株)三菱重工業、(株)ABB 日本ベーレー、富士電機システムズ(株)、(株)IHI、住友金属工業(株)、ハブコック日立(株)
H20FY 予算額	H21FY 予算額	H22FY 予算額	総予算額	総執行額
200,000	742,590	742,590	8,673,384	8,627,439

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

要素技術	目標・指標(中間評価)	成果	達成度
システム設計、設計技術開発	システム設計により送電端効率46%以上(HHV)を確認	システム設計により送電端効率46%を確認した。	達成
ボイラ要素技術開発	候補材料を選定し、数千から一万時間程度の短時間試験からの外挿により達成の可能性を検討する。	候補材料を選定し、短時間試験を行った。 数千から一万時間程度の短時間試験からの外挿により10万時間のクリープラプチャ強度について達成の可能性あることを確認した。	達成
タービン要素技術開発	候補材料を選定し、数千から一万時間程度の短時間試験からの外挿により達成の可能性を検討する。	候補材料を選定し、短時間試験を行った。 数千から一万時間程度の短時間試験からの外挿により10万時間のクリープラプチャ強度について達成の可能性あることを確認した。	達成
高温弁要素技術開発	要素試験により材料選定作業を行う。	弁材料の摺動試験、水蒸気酸化試験等を実施し、700条件下で使用できる材料の組合せがあることを見出した。	達成
実缶試験・回転試験	実缶試験・回転試験基本仕様の検討を行う。	試験の基本要項を策定した。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

無

<共通指標>

論文・投稿	発表	特許等件数 (出願を含む)
7	18	0

総合評価概要

先進超々臨界圧火力発電(A-USC)実用化要素技術開発は、国が掲げる総合的なエネルギー効率向上を目指すに当たり、発電効率の大幅な向上が見込まれる技術であり、また、「Cool Earth—エネルギー革新技術開発」等の目標との整合性もあることから事業の目的、政策的位置づけは妥当である。

また、本事業は中間目標に対して同等以上の成果を上げている一方、開発材料の長期高温試験の期間が相当短いものの、その範囲では妥当な結果が得られている。

さらに、本事業は発電を行う際、石炭の専焼だけでなくバイオマス燃料との混焼も可能な技術であること、熱効率 46%がもたらす CO2 削減効果や老朽化石炭火力発電所からのリプレースが容易であること等を考慮すると、エネルギーセキュリティや気候変動問題の解決に向けた効果とともに、中国及びインドの年間発電電力量の 7~8 割が石炭火力発電に依存し、かつ世界の石炭火力発電所の熱効率平均が 30%程度であることから我が国が開発した A-USC は波及効果が大きいと期待できる。

開発に係る体制についても研究開発を統括するため事業社内で各種委員会を設置し、抜けのない研究開発を行っているほか、電力ユーザや大学等の意見も取り入れる体制作りや世界の動向及び技術のトレンドを分析して的確な対応が為されているため、本事業は推進すべき事業である。

一方、開発材料の長期耐久試験は期間不足のため、正確に検証することができないとともに外挿による検証は不確かなため、今後の研究進展に期待する。また、本事業の課題、検討事項は明確であるが、解決に向けた方策、開発に関する投入資金と成果との関連性、材料開発以外の分野に関する具体的な研究方針を明らかにすべきである。

今後の研究開発の方向等に関する提言

本事業は、国が掲げる総合的なエネルギー効率向上を目指すに当たり、発電効率の大幅な向上が見込まれる技術である。

この技術は、高強度材そのものの開発とともに、その高強度材の溶接構造が研究の中核となっていることから、その長期信頼性が最も重要である。今後広い観点から検証し、説得力のあるデータの蓄積に努めてもらいたい。

また、各企業が異なる材料を分担して効率的に開発を進めているが、プロジェクトの進展に伴って標準化や絞り込みを行うことも視野に入れて開発を進めていただきたい。

さらに、研究開発体制について、大学のポテンシャルを有効活用し、産学官で事業に取り組むことにより国際性のある人材の育成にも貢献できるため、より一層の体制の構築に努めていただきたい。

評点結果

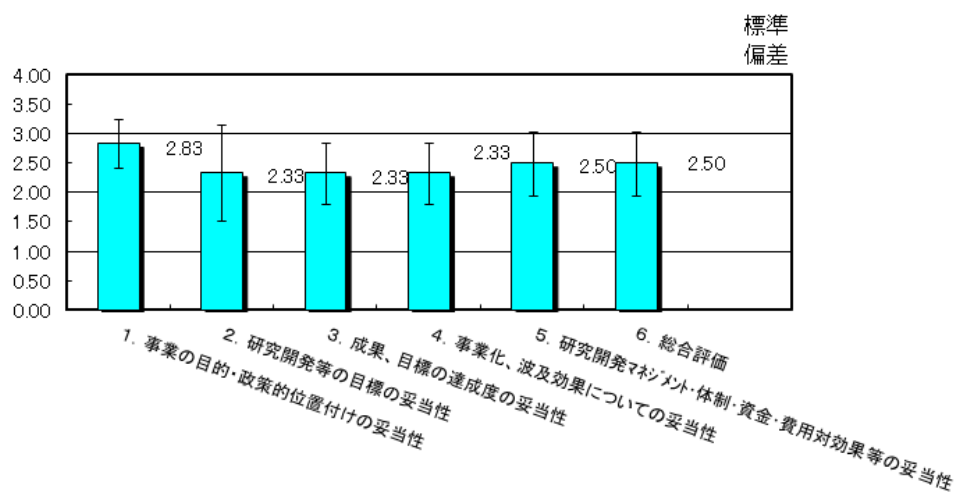
評点法による評点結果

(先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発)

評価項目	平均点	標準偏差
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.83	0.41
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.33	0.82
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.33	0.52
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.33	0.52
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.50	0.55
6. 総合評価	2.50	0.55

(各項目:3点満点)

■平均点



第 1 章 評価の実施方法

第1章 評価の実施方法

本プロジェクト評価は、「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改定、以下「評価指針」という。）及び第25回産業構造審議会産業技術部会評価小委員会（平成21年1月28日）において審議・了承された「技術に関する施策の評価」に基づき、実施した。

1. 評価の目的

以下の（1）～（4）を目的として評価を実施した。

（1）より良い政策・施策への反映

評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。

（2）より効率的・効果的な研究開発の実施

評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効率的・効率的に推進すること。

（3）国民への技術に関する施策・事業の開示

高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。

（4）資源の重点的・効率的配分への反映

評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元効率化・迅速化に資すること。

また、評価の実施に当たっては、以下の①～④を基本理念として実施した。

透明性の確保

推進課、主管課及び研究開発機関においては、積極的に成果を公開し、その内容について広く有識者等の意見を聴くこと。評価事務局においては、透明で公正な評価システムの形成、定着を図るため、評価手続、評価項目・評価基準を含めた評価システム全般についてあらかじめ明確に定め、これを公開することにより、評価システム自体を誰にも分かるものとするとともに、評価結果のみならず評価の過程についても可能な限り公開すること。

中立性の確保

評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価の導入等により、中立性の確保に努めること。

継続性の確保

技術に関する施策・事業においては、個々の評価がそれ自体意義を持つだけでなく、評価とそれを反映した技術に関する施策・事業の推進というプロセスを繰り返していく時系列のつながりにも意義がある。したがって、推進課及び主管課にとって評価結果を後の技術に関する施策・事業の企画立案等に反映させる際に有用な知見を抽出し、継続性のある評価方法で評価を行うこと。

実効性の確保

政策目的に照らし、効果的な技術に関する施策・事業が行われているか判断するための効率的評価が行われるよう、明確で実効性のある評価システムを確立・維持するとともに、技術に関する施策・事業の運営に支障が生じたり、評価者及び被評価者双方に過重な負担をかけることのない費用対効果の高い評価を行うこと。

2. 評価者

評価を実施するにあたり、評価指針に定められた「評価を行う場合には、被評価者に直接利害を有しない中立的な者である外部評価者の導入等により、中立性の確保に努めること」との規定に基づき、外部の有識者・専門家で構成する検討会を設置し、評価を行うこととした。

これに基づき、評価検討会を設置し、技術に関する施策、技術に関する事業（プロジェクト等）の目的や研究内容に即した専門家や経済・社会ニーズについて指摘できる有識者等から評価検討会委員名簿にある6名が選任された。

なお、本評価検討会の事務局については、指針に基づき経済産業省資源エネルギー庁電力基盤整備課が担当した。

3. 評価対象

技術に関する施策「次世代電力供給システム」

技術に関する事業

- A. 噴流床石炭ガス化発電プラント実証事業（平成11年度から平成21年度）
- B. 高効率ガスタービン実用化技術開発事業（平成20年度から平成23年度）
- C. 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業（平成20年度から平成28年度）

を評価対象として、各研究開発実施者から提出された資料をもとに、技術に関する事業（プロジェクト）の評価を行うとともに、それらの事業評価の結果を踏まえて、各事業

を俯瞰する形で各事業の相互関係等に着目し、技術に関する施策の評価を実施した。

4. 評価方法

第1回評価検討会においては、各担当者より施策及び事業について説明を行い、質疑応答等委員による検討が行われた。

第2回評価検討会においては、第1回評価検討会を踏まえて委員の評価コメントをもとに、評価報告書案を作成し、評価報告書の審議が行われた。

また、評価の透明性の確保の観点から、知的財産保護、個人情報で支障が生じると認められる場合等を除き、評価検討会を公開として実施した。

5. 評価項目

【技術に関する施策】

○施策の目的・政策的位置付けの妥当性

- ・ 施策の目的の妥当性
- ・ 施策の政策的位置付けの妥当性
- ・ 国の施策としての妥当性、国の関与が必要とされる施策か。

○施策の構造及び目的実現見通しの妥当性

- ・ 現時点において得られた成果は妥当性
- ・ 施策の目的を実現するために技術に関する事業が適切に配置されているか。

○総合評価

【技術に関する事業】

事業の目的・政策的位置付けの妥当性

- ・ 事業の目的は妥当で、政策的位置付けは明確か。
- ・ 国の事業として妥当であるか、国の関与が必要とされる事業か。

○研究開発等の目標の妥当性

- ・ 研究開発等の目標は適切かつ妥当か。

○成果、目標の達成度の妥当性

- ・ 成果は妥当か。
- ・ 目標の達成度は妥当か。

○事業化、波及効果についての妥当性

- ・ 事業化については妥当か。
- ・ 波及効果は妥当か。

○研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

- ・ 研究開発計画は適切かつ妥当か。
- ・ 研究開発実施者の実施体制・運営は適切かつ妥当か。
- ・ 資金配分は妥当か。

- ・費用対効果は妥当か。
- ・変化への対応は妥当か。

○総合評価