

## **E. 太陽光発電出力予測技術開発実証事業**

### **1 事業の目的・政策的位置付け**

#### **1-1 事業の目的**

天候等の気象条件により発電出力が変動する太陽光発電が大量に導入されることにより、需給運用が複雑化し、電力の安定供給が損なわれるおそれがあるため、太陽光出力データ収集実証事業（分散型新エネルギー大量導入促進システム安定対策事業、平成 21 年度～平成 23 年度）による太陽光発電の出力データ等や気象情報等を活用し、現在では確立されていない太陽光発電の出力把握や出力予測手法の開発を行い、太陽光発電等の大量導入と安定的な電力供給を確保する次世代送配電ネットワークの構築に寄与することを目的とする。

#### **1-2 政策的位置付け**

2009 年 8 月の長期エネルギー需給見通し（再計算）において、太陽光発電の導入を 2020 年に 2005 年の 20 倍程度（約 2,800 万 kW）と想定したことに基づき、次世代送配電ネットワークの構築に向けたシステム安定化対策に係る技術的課題の整理、工程表（ロードマップ）の策定、システム安定化対策コストの試算等について検討が行われた。

システム安定化対策に係る技術課題については、余剰電力の発生、周波数調整力の不足、配電系統における電圧上昇等について、その対策と技術的課題の整理を行うとともに、太陽光発電の大量導入を想定し、技術的に解決すべき課題を克服すべく、2020 年までに取り組むべき事項等について図 1-1 のロードマップとして整理され、これに基づき事業を実施している。

#### **1-3 国の関与の必要性**

広範囲に大量導入された太陽光発電の出力を予測する技術は、国の政策目標である太陽光発電の大量導入によって必要となる技術である。

また、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入は、国のエネルギー政策によって決定されたものであり、それに伴うシステム安定化対策については、民間事業者である電力会社とともに国も責任を持って対応することが必要である。

次世代送配電ネットワーク構築に向けたロードマップ

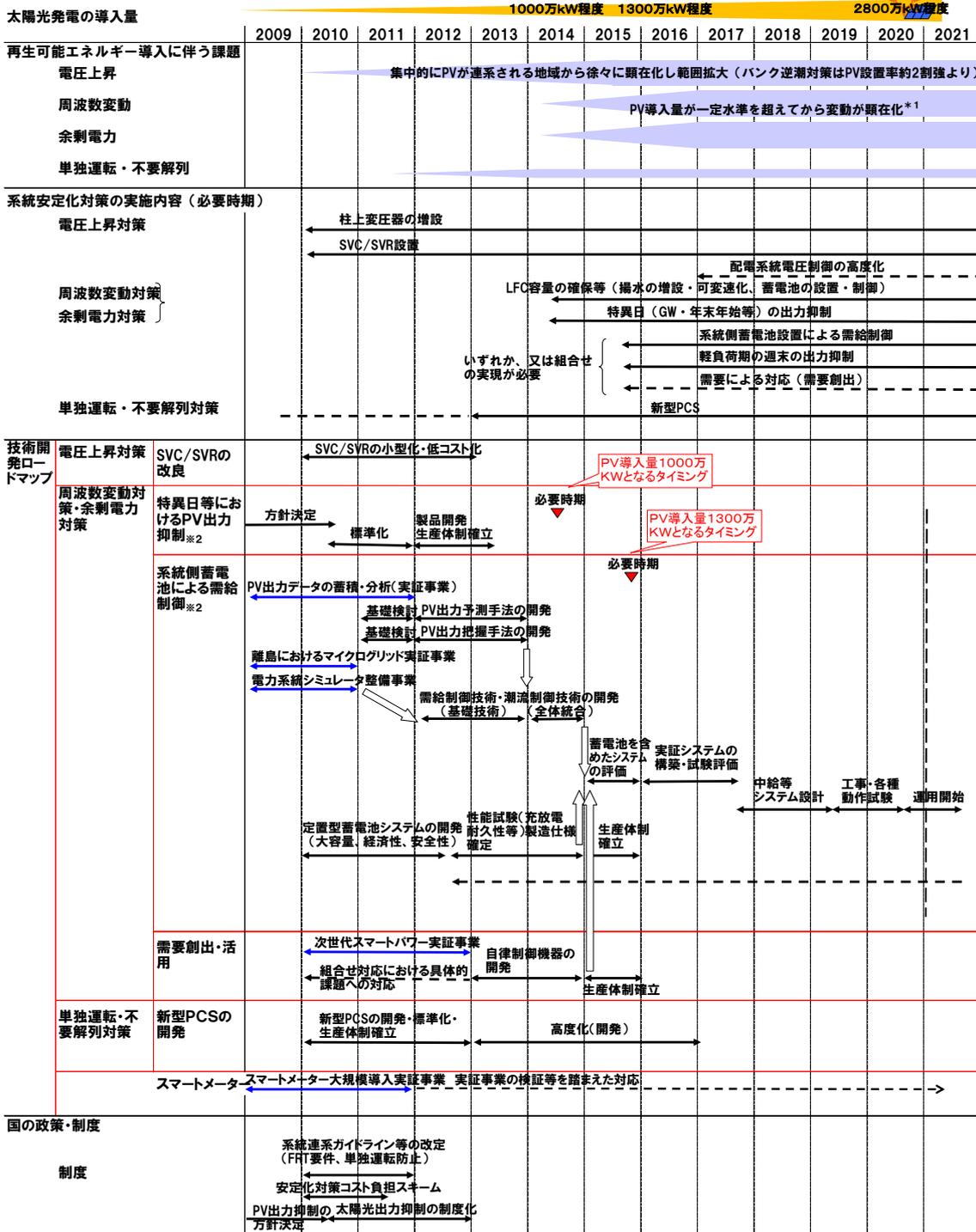


図 1-1 次世代送配電ネットワーク構築に向けたロードマップ

※ 次世代送配電ネットワーク研究会報告書（平成22年4月）より引用  
（PV導入量見込み、対策時期等は研究会当時のもの）

## 2 研究開発目標

### 2-1 研究開発目標

太陽光発電大量導入時に必須となる、太陽光発電の出力状況把握や出力予測のための技術開発を行う。

#### (1) 太陽光発電の出力把握手法の開発

日射量計や配電系統に設置される電圧・潮流センサー等の情報を活用し、太陽光発電のエリア全体での出力状況の把握技術を開発する。

#### (2) 太陽光発電の出力予測技術の開発

気象予報や太陽光発電の出力状況把握技術の確立のもと、日単位や数時間程度の太陽光発電の出力予測技術を開発し、電力系統における安定的な需給運用へつなげる。

### 2-2 全体の目標設定

太陽光発電出力予測技術開発実証事業の全体の目標は表 2-1 のとおり。

表 2-1 全体の目標

目標・指標	設定理由・根拠等
衛星画像や気象データ、分散型新エネルギー大量導入促進システム安定対策事業で設置した日射計を始めとする各種センサーのデータや電流・電圧データから、太陽光発電の現在出力を把握する手法を開発する。	想定している太陽光発電の大量導入は一般家庭への設置が中心であるが、発電電力量計を太陽光発電システムごとに設置し直接発電出力を計測することは、その対象箇所数の多さから膨大なデータを扱う計測システムとその信頼性維持を両立させる必要があり現実的ではないため。
気象予報技術を応用し、日単位や数時間程度の太陽光発電出力を予測する手法を開発する。	天気によって変化する太陽光発電出力の変化を補うために電源設備の出力を変えなければならないが、火力発電機のように発電までに時間がかかるものは、予め起動して系統に並列しておく必要があり、太陽光発電の出力変化が予測できれば、その変化量や時間に応じて必要となる発電機を予め系統に並列する対応をとることが可能となるため。

### 2-3 個別要素技術の目標設定

太陽光発電出力を推定するプロセスでは、まず日射量の把握または予測を行い、その日射量を元に太陽光発電出力を推定する。

そのため、本実証事業ではこのプロセスを「日射量の把握」「日射量の予測」「太陽光発電出力の推定」に分類し、さらに日射量の把握・予測のための「日射量の分析」を加えて実施した。

また、各プロセスにおいては、更に事業者それぞれの独自ノウハウに基づい

た個別要素技術の目標を個別に設定し、各事業者で異なる技術を幅広く用いて事業を実施した。

表 2-2 個別要素技術の目標

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
<b>&lt;日射量の把握&gt;</b>		
日射量観測データや気象衛星データからの日射量推定 (課題⑧-1)	統合日射量データベースを構築する。	日射量観測データや気象衛星データからの日射量推定技術を用いた全国規模の実況日射量分布推定モデルの開発に必要なため。
空間線形回帰法(クリギング)に基づく空間補間による日射量推定 (課題⑧-2)	リアルタイムの日射量マップの作成を目指し、地球統計学の空間線形回帰法(クリギング)に基づく日射の空間補間法を地域PV発電出力把握に適した手法に改良する。	データ入手のタイムラグを極小化することが期待できる日射計観測データを用いて、未計測地点の日射量を空間補間する技術の開発を行うため。
気象衛星データを用いた日射量推定 (課題⑧-3)	水平スケール別・天気パターン別に作成した日射量の評価指標値より、水平スケール別・天気パターン別の日射量推定手法の適用範囲を明確にする。	衛星情報等のデータから準リアルタイムで面的な日射量の推定を行うため。
<b>&lt;日射量の予測&gt;</b>		
時間スケールに応じた日射量予測 (課題⑧-4)	日本気象協会保有の数値予報モデル(SYNFOS-3D)や統合日射量データベースなどを用いて日射量予測手法を開発する。	通常的气象要素(降水量、気温、風など)だけでなく、日射量、大気安定度などの予測が可能なSYNFOS-3Dや、日射量把握において構築した統合日射量データベースを用いることで、週間・翌日・当日・数時間先などの時間スケールに応じた日射量予測手法の開発が可能のため。
気象モデルによる日射量の予測 (課題⑧-5)	電力中央研究所保有の気象予測・解析システム(NuWFAS)をベースとして、当日・翌日の気温・風速・日射量を予測する。	NuWFASは、各国の気象予報センターが日々実施している気象予測の格子点情報(GPV: Grid Point Value)を基に、特定地域の気象をより高解像度で予測する数値気象予測システムであり、日射量を直接予測することができるため。

要素技術	目標・指標	設定理由・根拠等
気象予測モデルおよび統計手法を用いた日射量の予測 (課題⑧-6)	数値予報データを利用した統計学的手法により日射量を予測するモデルを構築する。	気象庁数値予報データ (GPV) の雲量を元に、統計学的手法により予測を行うことで、演算時間を短くすることができるため。
<b>&lt;太陽光発電出力の推定&gt;</b>		
地域の太陽光発電導入状況に対応した太陽光発電出力推定 (課題⑧-7)	地域PV導入状況の違いを考慮可能な推定法を検証し、実運用時に地域毎に予め調査が必要なPV設置状況の要素を整理する。	地域毎のPV導入状況(太陽電池種類、設置方位等)の違いに対応可能な日射・気象データからの地域PV発電出力推定手法を提示できるため。
統計手法を用いた太陽光発電出力推定 (課題⑧-8)	日射量推定・予測値を元に、過去の実測データによる学習および補正などを適用しPV出力を推定する手法を開発する。	過去の実測データによる学習および補正等を行うことで、日射量から太陽光発電出力の推定精度向上を図ることができるため。
日射量推定結果からの太陽光発電出力推定 (課題⑧-9)	太陽光パネル設置地点の位置、パネルの方位・角度・温度、さらにはパネルの種類やPCSの変換効率ほか様々な要因が、日射量から太陽光発電出力への推定に与える影響を整理する。	日射量から太陽光発電出力を推定するための様々な入力データの省略の可否を判断するため。
各種統計モデルと配電線潮流を用いた配電-全体系統の太陽光発電出力推定 (課題⑧-10)	配電線レベルの広さのPV出力の推定を行う手法を開発する。	太陽光発電出力の変化は、広域では電力系統の周波数に、狭域では地域の電圧に影響を与えるので、配電線レベルの広さのPV出力推定手法の開発が必要なため。
統計処理による太陽光発電量推定 (課題⑧-11)	簡易的な手法により、地域の日射強度から発電電力量を推定する手法を開発する。	収集可能な最低限の情報から地域発電量の推定値を求めるため。
<b>&lt;日射量の分析&gt;</b>		
日射量データ分析 (課題⑧-12)	太陽光発電電力量の予測や出力を推定する技術の観点から、用途・目的に応じて日射量や太陽光発電の発電量データがどの程度の空間密度、計測サンプリングで必要であるかを考察する。	PV300で設置した日射計のデータを様々な角度から分析し、太陽光発電量の予測・推定を行っていくための計測装置の仕様や配置に関する提言を行うため。

### 3 成果、目標の達成度

#### 3-1 成果

##### 3-1-1 全体成果

太陽光発電大量導入時に必須となる、太陽光発電の出力状況把握や出力予測のための技術を開発した。

##### (1) 太陽光発電の出力把握手法の開発

衛星画像や気象データ、および日射量計や電力系統で計測している潮流値等の情報を活用し、電力の需給運用エリア全体および配電線レベルでの太陽光発電出力の状況を把握する技術を開発した。

##### (2) 太陽光発電の出力予測技術の開発

気象予報技術の応用により、日単位や週間、および数時間先の太陽光発電の出力予測技術を開発した。

##### 3-1-2 個別要素技術成果

##### (1) 日射量の把握

電力の安定供給のためには、需要と供給を時々刻々とバランスさせることが求められるため、太陽光発電出力を把握する必要がある。また地域系統の運用においても、潮流管理のために太陽光発電出力を把握して需要を推定する必要がある。そこで、現在の太陽光発電出力が推定できるよう、日射量（日射強度）を把握するための推定手法を開発した。

##### (a) 日射量把握の手法ごとの目標

日射量把握の基準データによる手法ごとの日射量推定目標を表 3-1-1 とした。

表 3-1-1 日射量推定の目標

手法(基準データ)	推定値提示時期	推定する日射量
気象衛星画像 「気象庁所管」	毎時 00 分、40 分 (最大 40 分遅れ)	30 分毎の前 30 分平均値
日射強度観測値 「PV300 等」	推定要求の 5 分後	5 分前の瞬時値

これら各手法の日射量推定の時間的イメージを図 3-1-1、図 3-1-2 に示す。

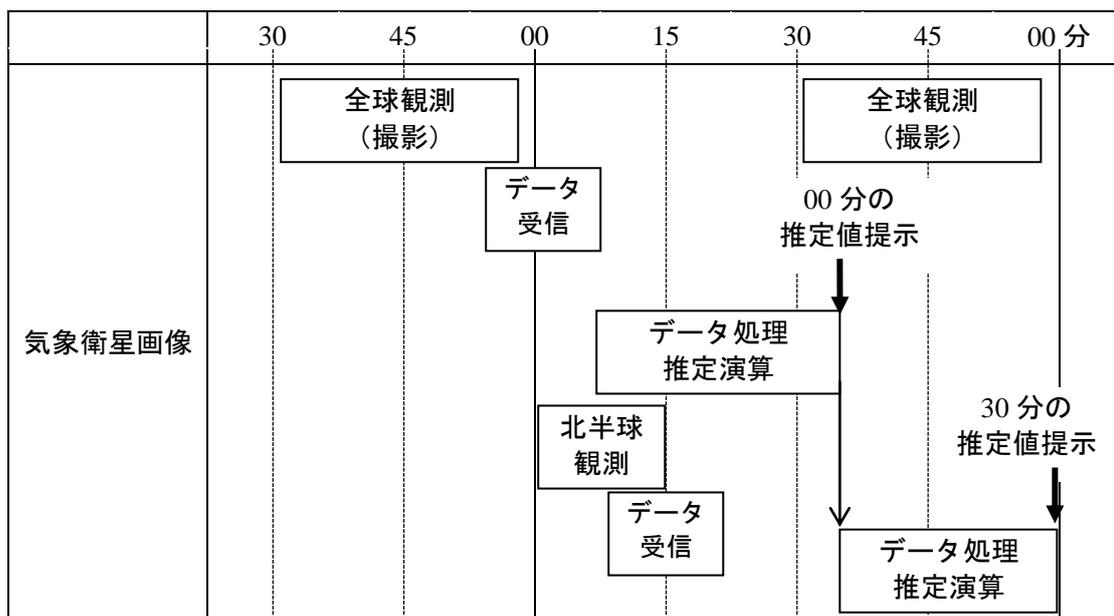


図 3-1-1 気象衛星画像を使った日射量推定イメージ

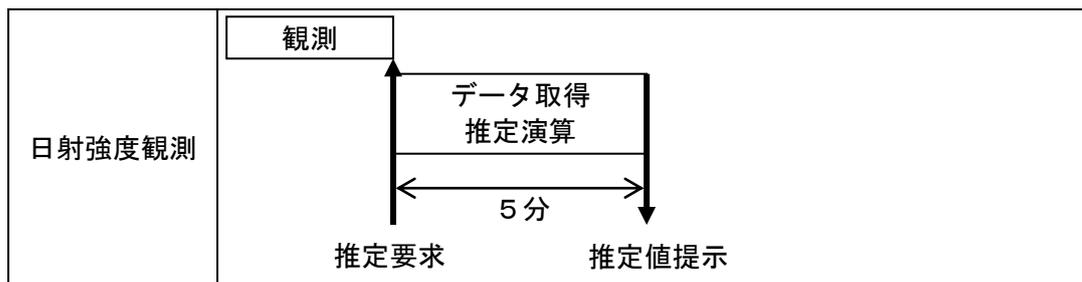


図 3-1-2 日射強度観測値を使った日射量推定イメージ

(b) 日射量把握と評価

(i) 各課題の担当と推定手法の概要

それぞれの担当の手法概要を以下に示す。

(イ) 課題⑧-1：日射量推定の精度向上および太陽光発電出力把握に向けた検討

項目	内容
手法の概要	気象衛星データを用いた推定日射量を観測値で補正し、推定精度を向上させる。
推定結果出力	1 kmメッシュの日射強度
推定時間間隔	気象衛星画像の配信間隔による。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上空からの観測であるため、広範囲を同じように推定することができる。</li> <li>・観測データを組み合わせることで、精度向上を図ることができる。</li> <li>・推定時期が気象衛星画像の配信に制約を受ける。</li> </ul>

▶ 気象衛星画像を元に、現在の日射量を推定する

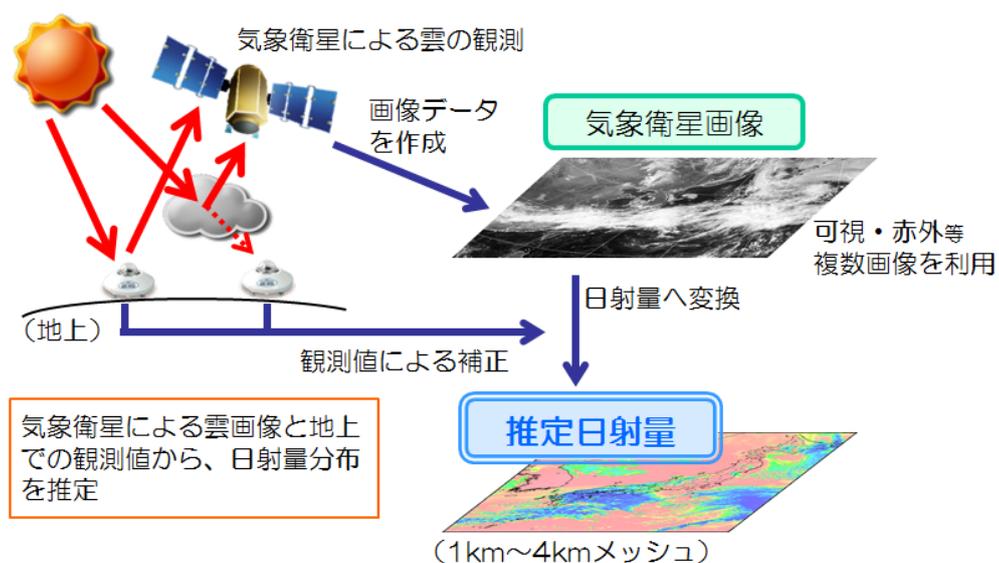


図 3-1-3 気象衛星画像データによる日射把握の概要

(ロ) 課題⑧-2 : 空間線形回帰法 (クリギング) に基づく空間補間による日射量推定

項目	内容
手法の概要	PV300 等観測データを用いて、空間線形回帰法(クリギング)に基づく空間補間により推定を行う。
推定結果出力	1 kmメッシュの日射強度
推定時間間隔	観測周期による。
特徴	ほぼリアルタイムで日射を把握することができる可能性がある。 観測地点の有無、配置が推定精度を左右する。

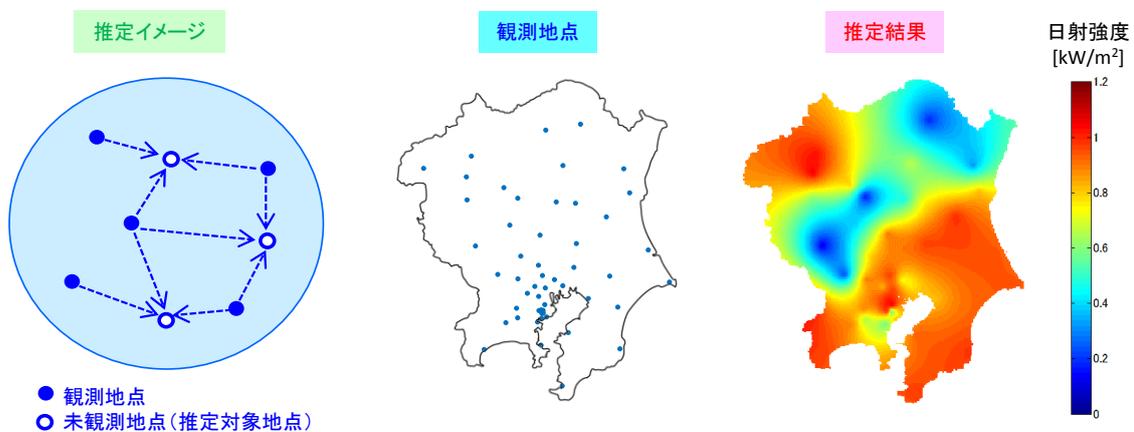
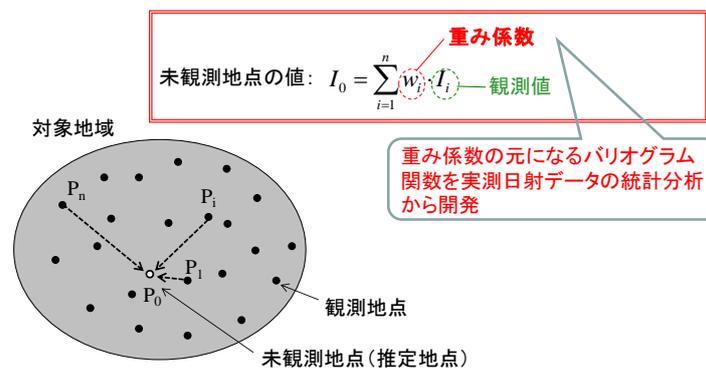


図 3-1-4 観測データの空間補間による日射把握の概要

クリギングとは

クリギング (kriging) とは、未観測地点の未知の物理量を観測地点の既知の値から、統計的に予め求めておいた距離依存性 (バリオグラム (variogram) 関数という) を用いて、誤差の期待値が数学的に最も少なくなるように推定する地球統計学の手法をいう。

ここでの物理量は日射量であり、未観測地点  $P_0$  の日射量  $I_0$  を、その周囲の観測地点  $P_i (i=1\sim n)$  ( $n$  は観測地点数) の日射量観測値  $I_i$  から空間補間推定する。



(ハ) 課題⑧-3 : 気象衛星データを用いた日射量推定

項目	内容
手法の概要	気象衛星データを用いた推定日射量（東京大学竹中特任研究員作成）を観測値で補正し、推定精度を向上させる。
推定結果出力	4 kmメッシュの日射強度
推定時間間隔	気象衛星画像の配信間隔による。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上空からの観測であるため、広範囲を同じように推定することができる。</li> <li>・観測データを組み合わせることで、精度向上を図ることができる。</li> <li>・推定時期が気象衛星画像の配信に制約を受ける。</li> </ul>

(ii) 評価方法

日射量を把握するため、各手法により日射強度推定を行い、PV300 観測値により推定精度を評価した。評価の条件を表 3-1-2 に示す。

評価の基準値には PV300 の全天日射強度観測値（実績値）を使用した。気象衛星画像データを使用して日射量を推定する課題⑧-1 と 3 は、理論上推定結果に地域差がないため、代表地域で評価を行った。代表地域は PV300 観測地点が集中している地域から評価エリアを選定した。これは、PV300 観測地点は地域によっては少ないところがあり、推定結果の誤差か、観測されていない地点の影響かが判別できないおそれがあるためである。また、評価エリアは、地域や観測地点の配置の影響がないことを確認するため、複数の地域と大きさのエリア（表 3-1-3）を選定した。なお、日射強度観測値データを日射量推定に使用する課題⑧-2 は、観測点の粗密・配置が精度に影響するが、同じエリアで評価し、時間間隔も比較のため同じ 30 分とした。

表 3-1-2 日射量推定値 評価の条件

評価期間	2010 年 11 月 1 日～2011 年 10 月 31 日（月毎）
評価時間帯	6～18 時（日の出前、日の入り後は除く）
推定の時間間隔	30 分（30 分毎の前 30 分平均）
評価エリア	表 3-1-3 の 6 地域
評価基準	評価エリア内の PV300 全天日射強度観測値の各地点 30 分平均値の全地点平均
推定値	評価エリア内のメッシュ（海等の非対象地域を除く）ごとの全天日射強度推定値の 30 分平均値の全メッシュ平均

表 3-1-3 評価に使用したエリアの概要

エリアの大きさ	地域	PV300 観測地点数
10 km 四方	名古屋市中心	5
	横浜市付近	5
20 km 四方	名古屋市内	10
	大阪市内	9
40 km 四方	愛知県西部	14
	大阪市付近	20

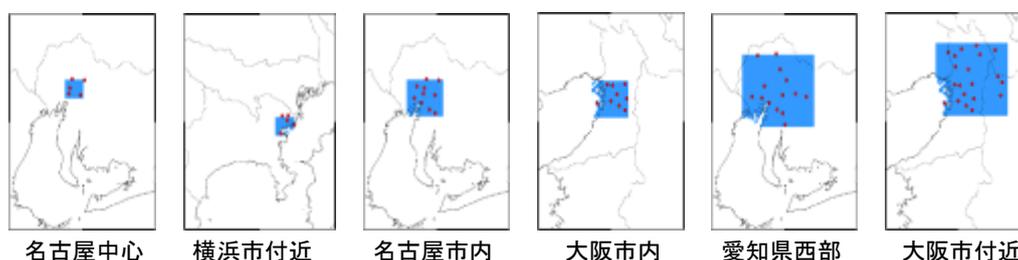


図 3-1-5 評価に使用したエリア

(iii) 評価結果

6時～18時（日の出前、日の入り後は除く）の年間の推定誤差を RMSE により表 3-1-4 に示す。

まず、衛星画像を使用する課題⑧-1 と 3 の推定手法では、異なる地域においても推定誤差の違いはほとんどないことが確認できた。しかし、評価基準とした PV300 観測値による補正の違いにより、課題⑧-1 は観測地点が無い地域の影響を受けて愛知県西部の誤差が大きいのに対し、課題⑧-3 は電力管内全エリアで誤差が小さくなるよう調整しておりエリアが大きくなるほど誤差が小さくなるなど、エリアの大きさよる誤差傾向に違いが見られた。

また、日射強度観測値を使用する課題⑧-2 の推定手法では、この程度のエリアの大きさと観測地点数があれば、同じように推定ができた。

表 3-1-4 年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

エリアの大きさ	地域	課題⑧-1	課題⑧-2	課題⑧-3
10km四方	名古屋市中心	16	8	44
	横浜市付近	15	16	39
20km四方	名古屋市内	15	6	33
	大阪市内	12	9	31
40km四方	愛知県西部	20	10	28
	大阪市付近	12	8	24

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (EST_i - OBS_i)^2}$$

EST : 推定値

OBS : 観測値

※ 基準日射強度 : 1,000W/m<sup>2</sup>

RMSE (Root Mean Square Error) : 二乗平均平方根誤差

真値 (今回の場合は観測値) からの“ばらつき”を表す。値が小さく0に近いほど精度が高いことを示す。なお、標準偏差を求める式と同じである。

(iv) 全国での評価方法

全国で日射量推定を行い、その結果について誤差を確認した。確認条件は表 3-1-2 に準じているが、基準地点が少ないことによる精度の低下があるため評価ではなく確認とした。各電力のサービス区域を確認対象のエリアとし、その大きさ（1km メッシュの数）と PV300 観測地点数を表 3-1-5 に示す。

表 3-1-5 確認に使用したエリアの概要

電力	メッシュ数	PV300 観測地点数
北海道	84,805	12
東北	81,068	21
東京	38,607	48
中部	39,737	46
北陸	12,010	14
関西	26,934	37
中国	29,963	21
四国	17,924	15
九州	35,509	23
沖縄	1,298	3

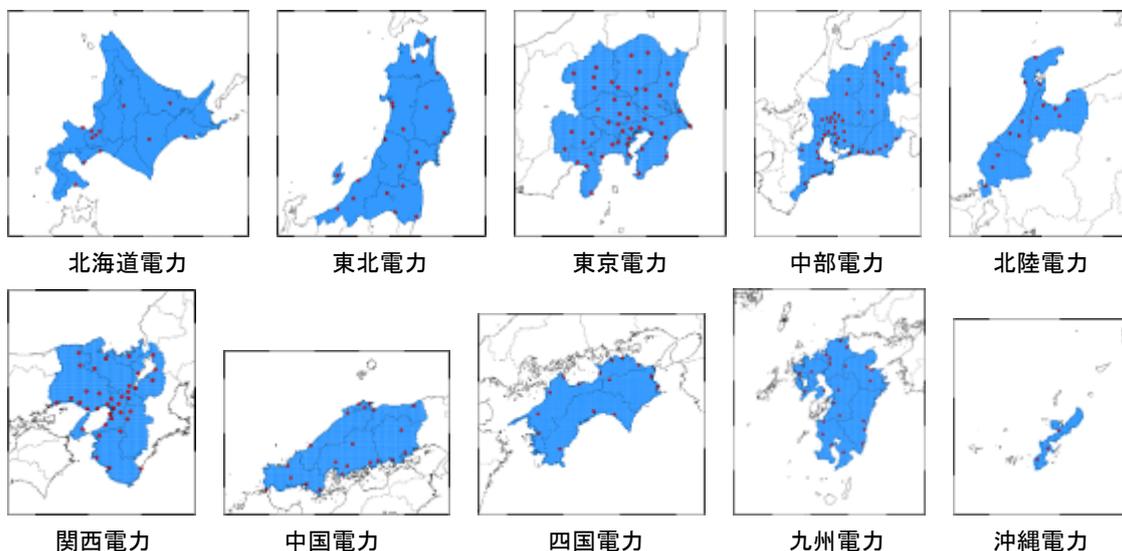


図 3-1-6 確認に使用したエリア

(v) 全国での推定結果

6時～18時（日の出前、日の入り後は除く）の年間の推定誤差をRMSEにより表3-1-6に示す。

評価エリアでの推定結果と同様に、衛星画像を使用する課題⑧-1と3の推定手法では、地域の違いによる推定誤差の違いはほとんどないことが、PV300観測値による補正の違いによる影響があることが確認できた。

また、日射強度観測値を使用する課題⑧-2の推定手法では、北海道と沖縄が他エリアに比べRMSEが大きくなっているが、これらのエリアの特徴として、基準値とした観測地点に対して推定地点が外挿になっていた範囲が広いためと考えられる。

表 3-1-6 年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	課題⑧-1	課題⑧-2	課題⑧-3
北海道	4.1	2.1	3.7
東北	4.5	8	5.3
東京	1.4	3	4.1
中部	2.4	4	3.3
北陸	2.5	7	4.2
関西	1.8	4	3.1
中国	2.0	3	4.2
四国	2.5	4	5.6
九州	1.6	6	4.7
沖縄	3.5	2.3	4.6

(vi) 今後の評価のポイント

気象衛星画像による日射量推定と、日射強度観測値に基づく日射量推定は、手法だけでなく、日射量推定結果の形式や得られる周期も異なる。そのため、個々の特徴に沿った評価が必要である。

(2) 日射量の予測

太陽光発電の出力は天気によって変化する。例えば天気が晴れから雨や曇りになった場合には、広範囲で出力が減少する。このような出力変化を補うために、電源設備の出力を変化させなければならないが、このような電源設備のうち火力機のように発電までに時間がかかるものは、予め起動して系統に並列しておく必要がある。そこで、太陽光発電の出力変化を推定するために、日射量(日射強度)を予測する手法を開発した。

(a) 日射量予測の種別ごとの目標

日射量予測の種別ごとの目標を表 3-2-1 とした。

表 3-2-1 日射量予測の目標

予測種別	予測値提示時期	予測範囲	予測値の出力間隔	予測値
翌日予測	前日 11 時	翌日 1 日間	30 分間隔 (毎正時、30 分)	前 30 分 平均値
当日予測	当日 5 時	当日 1 日間	30 分間隔 (毎正時、30 分)	前 30 分 平均値
週間予測	当日 11 時	当日含む 8 日間 (7 日先まで)	1 日ごと	日積算量
数時間先	任意の 正時、30 分	初期データ時刻から 6 時間先まで	30 分間隔 (毎正時、30 分)	前 30 分 平均値
数十分先	任意の # 0 分	初期データ時刻から 60 分先まで	10 分間隔 (00、10、20、30、40、50 分)	前 10 分 平均値

また、各手法の日射量推定の時間的イメージを図 3-2-1～図 3-2-4 に示す。

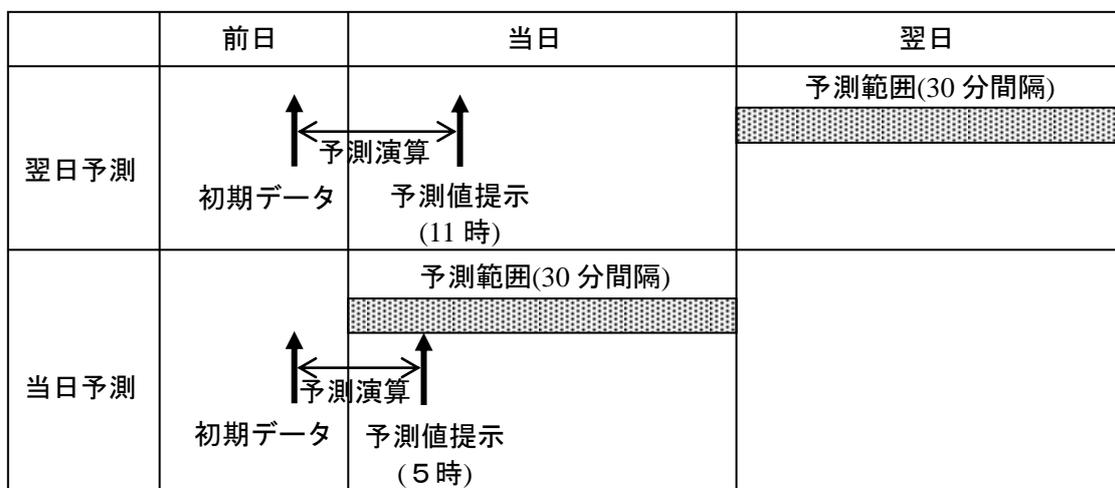


図 3-2-1 翌日、当日の日射量予測イメージ



(b) 翌日、当日予測

(i) 各課題の担当と手法の概要

それぞれの担当の予測手法の概要を示す。

(イ) 課題⑧-4：時間スケールに応じた日射量予測手法の開発および太陽光発電量予測に向けた検討

項目	内容
手法の概要	数値気象モデル (SYNFOS-3D) による予測値を、過去の実測値を用いて統計的に補正する。
推定結果出力	1 kmメッシュの日射強度
特徴	・ 日射予測の目的に応じたパラメータ設定により気象モデルの改良を行い、精度を高めている。 ・ 予測演算に時間がかかる。

SYNFOS-3D (シンフォス スリーディ)

ギリシャ語で雲を意味する「synnefo」と、数値予報システム「Numerical Forecasting System」の頭文字を組み合わせたもので、「3D」は旧来の「SYNFOS」に3次元変分法によるデータ同化機能を加えたという意味

▶ 天気予報の技術を応用し、日射量を予測する

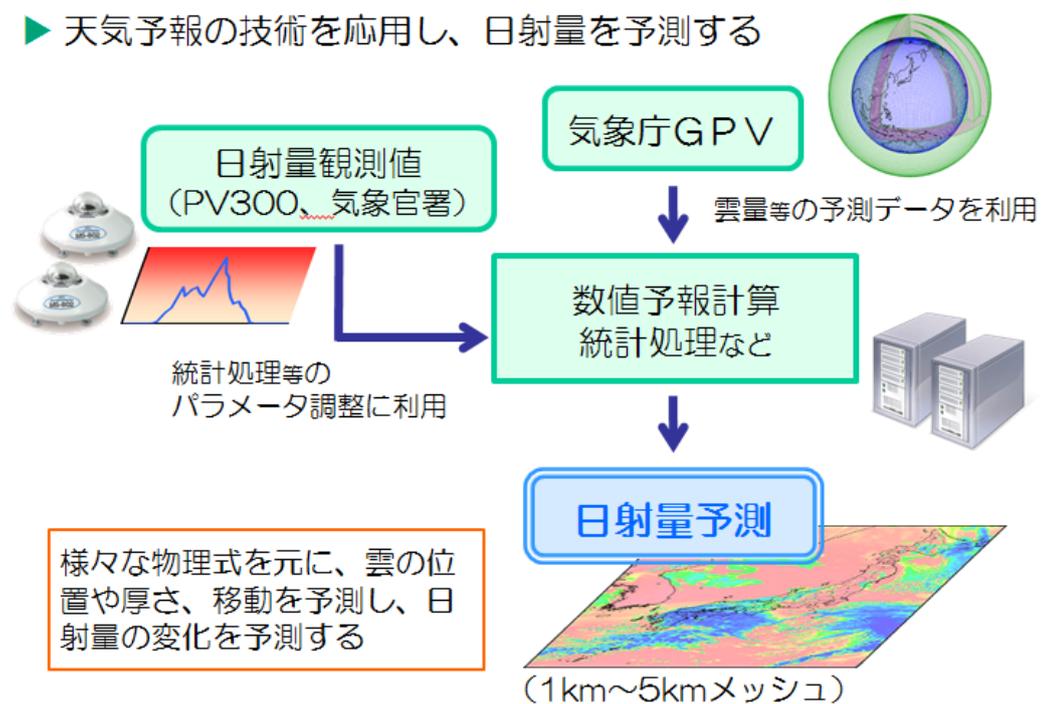


図 3-2-5 天気予報の技術を応用した日射量予測の概要

(ロ) 課題⑧-5 : 気象モデルによる予測

項目	内容
手法の概要	気象予測・解析システム(NuWFAS)により予測を行う。水平領域など適切な計算条件の設定により精度向上を図る。
推定結果出力	5 kmメッシュの日射強度
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 特定地域の気象をより高解像度で予測できる。</li> <li>・ 日射量を直接予測できる。</li> <li>・ 予測演算に時間がかかる。</li> </ul>

NuWFAS (Numerical Weather Forecasting and Analysis System、ニューファス)

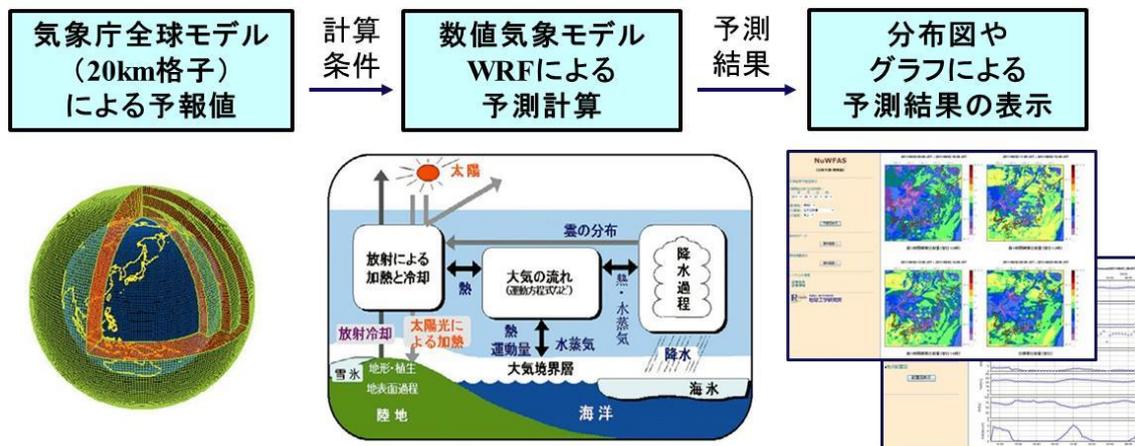


図 3-2-6 気象予測・解析システム (NuWFAS) による日射予測の概要

(ハ) 課題⑧-6 : 気象予測モデルおよび統計手法を用いた予測

項目	内容
手法の概要	気象庁数値予報データ (GPV) の雲量を元に、統計学的手法により予測を行う。
推定結果出力	5 kmメッシュの日射強度
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・雲量の計算が不要のため、演算時間が短く最新の GPV データが使用できる。</li> <li>・予測メッシュは気象庁の配信データに依る。</li> </ul>

GPV (Grid Point Value) : 格子点値

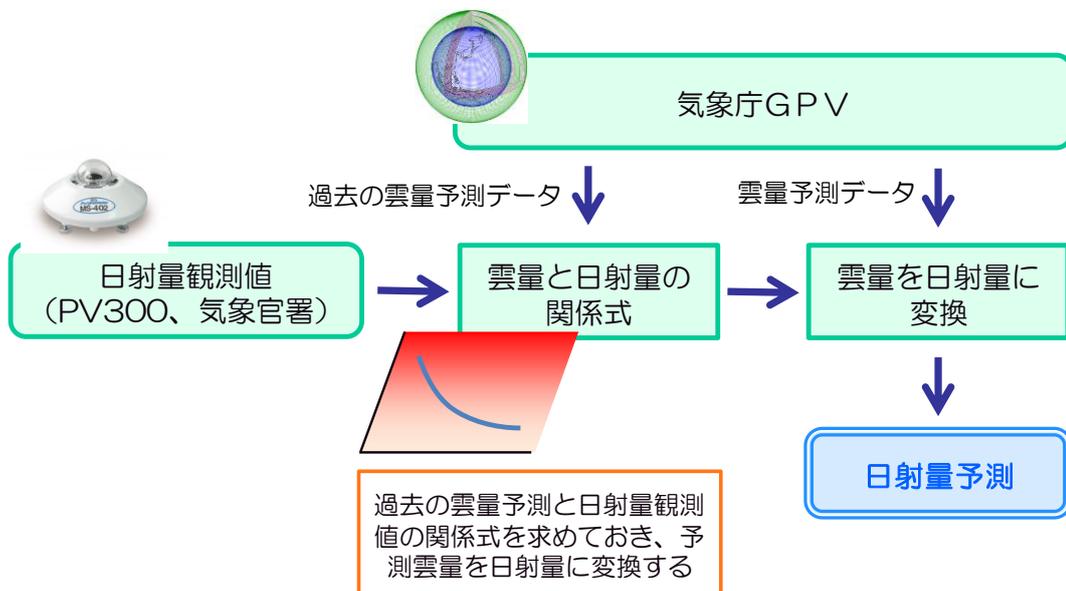


図 3-2-7 気象予測モデルおよび統計手法を用いた日射量予測の概要

(ii) 評価方法

各手法による日射量予測値を、PV300 の観測値により予測精度を評価した。評価の条件を表 3-2-2 に示す。

この 3 手法とも理論上予測精度に地域差がないため、日射量把握と同じ考え方により、代表地域で評価を行った。評価エリアは表 3-1-3 と同じである。

なお一般的な天気予報の間隔は最小で 1 時間であるが、本事業では 30 分間隔で予測を行っている。

表 3-2-2 日射量予測値 評価の条件

評価期間	2010 年 11 月 1 日～2011 年 10 月 31 日 (月毎)
評価時間帯	6～18 時 (日の出前、日の入り後は除く)
予測の時間間隔	30 分 (30 分毎の前 30 分平均)
評価エリア	表 3-1-3 の 6 地域
評価基準	評価エリア内の PV300 全天日射強度観測値の各地点 30 分平均値の全地点平均
予測値	評価エリア内のメッシュ (海等の非対象地域を除く) ごとの全天日射強度予測値の 30 分平均値の全メッシュ平均

(iii) 評価結果

6 時～18 時 (日の出前、日の入り後は除く) の年間の予測誤差のうち、翌日予測の誤差を表 3-2-3 に、当日予測の誤差を表 3-2-4 に示す。

まず、同じ課題ごとでみると、異なる地域において、予測誤差の違いはほとんどなかった。また、エリアが大きくなるほど誤差は小さくなった。これは、広い範囲の予測結果の平均をとることで、予測誤差が空間的に平滑化されているためと考えられる。

なお、翌日予測と当日予測を比べると、当日予測のほうが予測誤差は 10%程度小さくなっている。

表 3-2-3 翌日予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

エリアの大きさ	地域	課題⑧-4	課題⑧-5	課題⑧-6
10 km 四方	名古屋市中心	122	166	128
	横浜市付近	134	161	132
20 km 四方	名古屋市内	118	152	121
	大阪市内	120	148	128
40 km 四方	愛知県西部	110	138	114
	大阪市付近	108	129	117

※ 基準日射強度 : 1,000kW/m<sup>2</sup>

表 3-2-4 当日予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

エリアの大きさ	地域	課題⑧-4	課題⑧-5	課題⑧-6
10km四方	名古屋市中心	109	156	113
	横浜市付近	108	153	113
20km四方	名古屋市内	104	143	109
	大阪市内	113	141	120
40km四方	愛知県西部	96	127	103
	大阪市付近	101	125	110

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (FORE_i - OBS_i)^2}$$

FORE : 推定値  
OBS : 観測値

※ 基準日射強度 : 1,000W/m<sup>2</sup>

(iv) 全国での予測結果の確認

全国で日射量予測を行い、その結果について誤差を確認した。確認条件は表 3-1-2 に準じているが、基準地点が少ないことによる精度の低下があるため評価ではなく確認とした。

日射量把握と同様に、各電力のサービス区域を確認エリアに設定し、確認を行った。各確認エリア内の PV300 観測地点数と、6時～18時（日の出前、日の入り後は除く）の年間の推定精度を RMSE により表 3-2-5、表 3-2-6 に示す。

PV300 観測地点の数や、推定範囲内の配置の影響により推定誤差が大きくなった地域があるが、大幅な違いは見られず、沖縄を除く地域では同等に推定ができることが確認できた。

なお沖縄は、海が6割以上を占め実際の予測エリアが小さいこと、海が日射予測に影響することにより誤差が大きくなったと考えられる。

表 3-2-5 翌日予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	PV300 観測地点数	課題⑧-4	課題⑧-5	課題⑧-6
北海道	12	81	87	123
東北	21	66	74	130
東京	48	84	102	125
中部	46	82	88	119
北陸	14	100	112	135
関西	37	86	97	127
中国	21	84	99	125
四国	15	87	101	132
九州	23	82	96	122
沖縄	3	137	159	150

表 3-2-6 当日予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	PV300 観測地点数	課題⑧-4	課題⑧-5	課題⑧-6
北海道	12	68	82	116
東北	21	54	70	121
東京	48	65	90	111
中部	46	69	81	109
北陸	14	79	103	126
関西	37	76	86	119
中国	21	70	89	118
四国	15	78	91	122
九州	23	70	91	113
沖縄	3	129	154	141

(c) 週間予測

課題⑧-4の中で週間予測を検討している。その手法の概要と評価結果を示す。

(i) 週間予測の概要

項目	内容
手法の概要	気象庁全球モデル (GSM) をベースとして、統計手法により精度向上を図る。
推定結果出力	5 kmメッシュの日積算量
特徴	・ GSM の利用は、天気の長期予報と同じ (予報は 20km メッシュ) ・ 時期が先に行くほど誤差が大きくなる

GSM (Global Spectral Model) : 地球全体の大気を対象とした数値予報モデル

(ii) 全国での予測結果の確認

全国で週間予測を行い、その結果について誤差を確認した。確認は表 3-1-5と同じエリアで行った。結果を表 3-2-7 に示す。

1~2日先において RMSE の値がおおよそ 100W/m<sup>2</sup>を下回っているが、予測対象日が先になるにつれてこの値が大きくなり、最大で 160 W/m<sup>2</sup>程度まで RMSE が大きくなった。また、沖縄では RMSE が他の地方よりやや大きくなる傾向が見られたが、他のエリア間で地域差はみられなかった。

表 3-2-7 週間予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	PV300 観測地点数	1日先	2日先	3日先	4日先	5日先	6日先	7日先
北海道	12	89	95	109	116	123	132	143
東北	21	70	77	86	98	110	113	123
東京	48	93	102	109	124	147	151	160
中部	46	85	102	111	133	150	153	163
北陸	14	99	113	119	140	149	156	168
関西	37	94	103	112	138	148	154	159
中国	21	90	96	110	133	144	151	158
四国	15	93	103	122	141	154	161	167
九州	23	93	102	114	131	142	154	158
沖縄	3	157	161	162	168	179	181	191

(d) 数時間先予測

課題⑧-4の中で数時間先予測を検討している。その手法の概要と確認結果を示す。

(i) 数時間先予測の概要

項目	内容
手法の概要	過去数時間分の日射量から運動学的手法により、数時間先の日射量分布の移動予測を行う。地形性の雲の発生を考慮することで精度向上を図る。
推定結果出力	1 kmメッシュの日射強度
予測時間間隔	30 分間隔で6時間先まで
特徴	・現在の状態から予測するため、数時間先であれば気象モデルの予測より精度が高い。 ・急に雲が発生した場合には誤差が大きくなる。

▶ 移動予測の手法で、数時間先の日射量を予測する

(現在までの雲の動き)

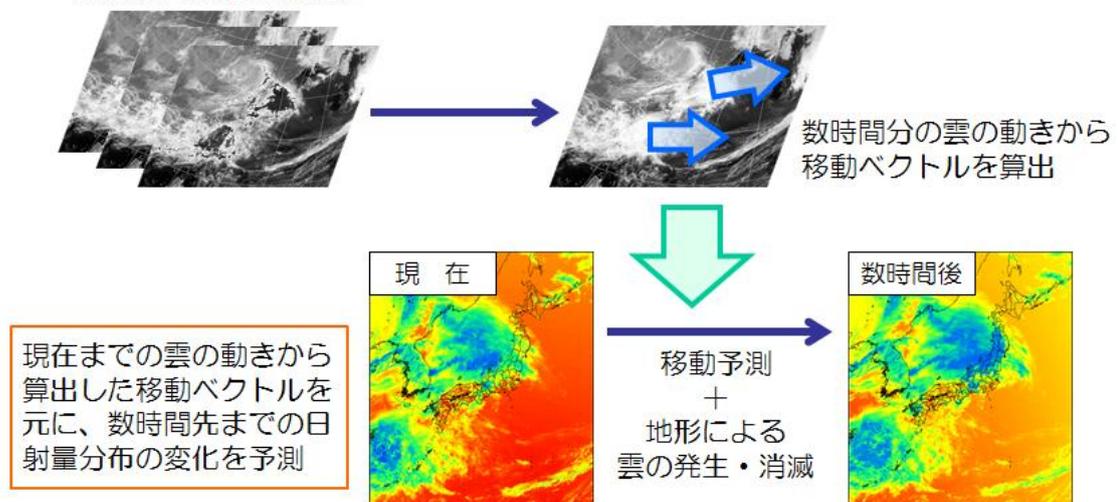


図 3-2-8 移動予測の手法を用いた日射量の数時間先予測の概要

(ii) 全国での予測結果の確認

全国で 11 時 00 分を初期時刻とした場合の数時間先予測を行い、その結果について誤差を確認した。確認は表 3-1-5 と同じエリアで行い、その結果を表 3-2-8 に示す。

おおむね 3 時間先までは予測時間に応じて RMSE が高くなっているが、その後は日射強度が小さくなるのに伴い、減少に転じている。

表 3-2-8 数時間先予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	PV300 観測地点数	1時間先	2時間先	3時間先	4時間先	5時間先	6時間先
北海道	12	66	74	73	69	52	42
東北	21	73	83	87	85	68	47
東京	48	39	62	79	88	77	53
中部	46	52	72	79	80	72	50
北陸	14	62	80	96	97	84	54
関西	37	46	65	80	80	70	46
中国	21	53	78	84	81	68	48
四国	15	57	75	89	90	75	54
九州	23	50	69	85	89	76	60
沖縄	3	123	154	169	154	126	85

(e) 数十分先予測

課題⑧-4の中で数十分先予測を検討している。その手法の概要と確認結果を示す。

(i) 数十分先予測の概要

項目	内容
手法の概要	観測された日射量の短周期変動成分の解析により数十分先の日射量を予測する。また、日射変動特性の平滑化効果を加味し、広域空間での予測も行う。
予測メッシュ	1 km、平滑化効果を加味した場合はエリア全体
予測時間間隔	10 分間隔で 30 分～60 分程度先まで
特徴	・ 現在および過去の観測値の精度が予測精度を左右する。 ・ 気象モデルや衛星画像を用いず、観測値のみで予測できる。

▶ 観測値の変動から、数十分先の日射量を予測する

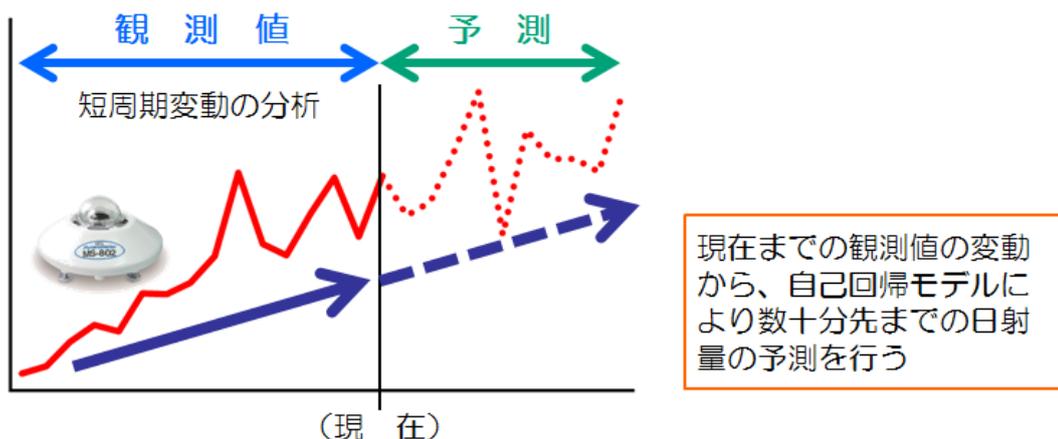


図 3-2-9 日射量の数十分先予測の概要

(ii) 全国での予測結果の確認

全国で数十分先予測を行い、午前 9 時～午後 15 時の時間帯での結果について誤差を確認した。本手法は、予測のベースとなる日射量観測地点数が密である必要があるため、各電力のサービス区域内に 20km 四方のエリアを一つ設定し確認を行った。各確認エリア内の PV300 観測地点数と結果を表 3-2-9 に示す。

広域的な数十分先予測を実施することで、全国的に直近の 10 分先では RMSE が  $100\text{W}/\text{m}^2$  未満、おおよそ 40 分先までは RMSE が  $150\text{W}/\text{m}^2$  程度に収まることわかった。

表 3-2-9 数十分先予測の年間推定誤差 (RMSE : W/m<sup>2</sup>)

電力	PV300 観測地点数	10分先	20分先	30分先	40分先	50分先	60分先
北海道	10	78	97	112	124	135	147
東北	2	105	124	138	149	159	170
東京	10	88	109	125	139	152	166
中部	10	83	104	120	134	147	160
北陸	5	96	116	131	144	156	168
関西	9	81	101	117	131	144	158
中国	7	92	112	127	140	152	163
四国	3	105	127	142	154	166	178
九州	3	86	104	118	131	143	155
沖縄	3	102	122	138	151	164	177

### (3) 太陽光発電出力の推定

太陽光発電出力の推定は、3つに大別している。

- ① 把握した日射量（日射強度）あるいは予測した日射量（日射強度）から、広域での太陽光発電出力を推定する。
- ② 配電線レベルから系統全体までの需要変化も含めた PV 出力変化を推定する。
- ③ 日射強度から太陽光発電出力への推定誤差の要因を分析し、その影響を評価する。

#### (a) 広域での太陽光発電出力推定

分類①のそれぞれの推定手法の概要を示す。なお推定時間間隔は日射量の推定・予測間隔に依る。

##### (i) 手法の概要

##### (イ) 課題⑧ー7：地域の太陽光発電導入状況に対応した太陽光発電出力推定

項目	内容
手法の概要	水平面日射強度と気温から PV 出力を推定する。さらに地域の PV 導入状況に対応した PV 出力推定も念頭に入れる。
推定メッシュ	5 km
特徴	太陽電池パネルの設置角度や方位に応じた PV 出力を推定するため、水平面日射強度から傾斜面日射への変換を行い、気温からモジュール温度を推定することで、誤差の少ない PV 出力を推定する。

(ロ) 課題⑧-8：統計手法を用いた太陽光発電出力変換手法の構築

項目	内容
手法の概要	日射量推定・予測値をもとに、過去の実測データによる学習および補正などを適用し PV 出力を推定する。
推定メッシュ	5 km
特徴	日射量の推定・予測誤差も勘案し、天気パターン・エリア広さ別などで補正を行う。

(ハ) 課題⑧-11：統計処理による発電量推定

項目	内容
手法の概要	簡易な手法により、日射量から PV 出力を推定する。自社のモニターデータも利用している。
推定メッシュ	5 km
特徴	日射量、気温のみで PV 出力を推定し、学習データにより補正をかけ精度を上げる。 元々少ないデータで出力推定を行うため、学習データが少ないと精度が落ちる。

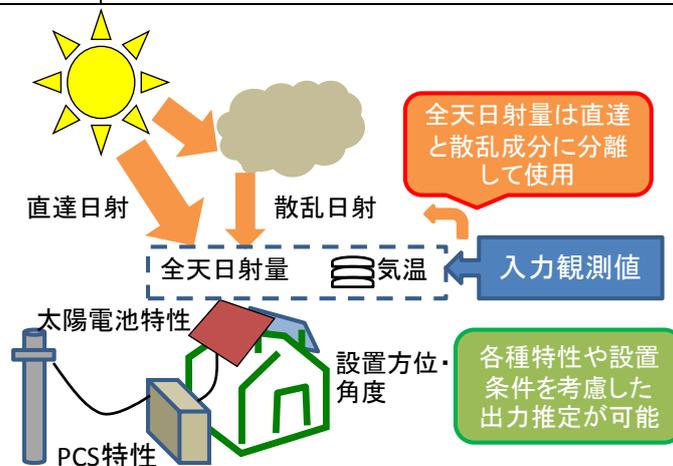


図 3-3-1 広域での太陽光発電出力推定の概要

(ii) 評価方法

各手法による太陽光発電出力の推定値を、PV300 の太陽光発電出力観測値により評価した。評価の条件を表 3-3-1 に示す。

ここでは、日射から太陽光発電出力を推定する手法の評価であるため、評価エリアは、太陽光発電出力を計測し、かつ PV300 観測地点が集中しているエリアとした。そのため、日射量把握、予測で採用して地点と異なる地域を選定した。それぞれのエリアを表 3-3-2 に示す。また、地域や観測地点の配置の影響が

ないことを確認するため、それぞれ異なる地域と大きさのエリアとした。

なお、実際の運用時には、把握あるいは予測された日射量を元に太陽光発電出力を推定するが、ここでは日射量推定値の誤差を除くため、PV300 全天日射強度観測値から太陽光発電出力を推定した。

表 3-3-1 太陽光発電出力推定値 評価の条件

評価期間	2010年11月1日～2011年10月31日（月毎）課題⑧－7、8 2011年1月1日～2011年12月31日（月毎）課題⑧－11
評価時間帯	9～12時、12～15時
評価の時間間隔	30分（30分毎の前30分平均）
評価エリア	表 3-3-2 の3地域
全天日射強度	評価エリア内各地点の PV300 全天日射強度観測値の 30 分平均値 （30分毎の前30分平均）
評価基準	評価エリア内の PV300 太陽光発電出力観測値の各地点 30 分平均 値の全地点平均
推定値	評価エリア内の各地点太陽光発電出力推定値の 30 分平均値の全 地点平均

表 3-3-2 評価に使用したエリアの概要

エリアの大きさ	地域	PV300 観測地点数
10km四方	富山市付近	5
20km四方	京浜付近	4
30km四方	名古屋市付近	8

### (iii) 評価結果

9時～15時の年間推定誤差を、太陽電池出力定格値を基準とした RMSE(%)により表 3-3-3 に示す。

地域、エリアの大きさに関わらず、同程度の誤差の大きさとなった。なお、富山市付近など積雪の影響を受ける地域では、日射があっても発電しないことによる誤差の拡大も考えられる。

また、課題⑧－11については、過去のデータを元に補正をかけるため、学習期間にシステムに不具合があると精度が悪くなる（名古屋市付近の9%）。しかし、不具合データを排除すると、同等の結果が得られる（括弧内5%）。

表 3-3-3 広域での太陽光発電出力推定の年間推定誤差 (RMSE : %)

エリアの大きさ	地域	課題⑧-7	課題⑧-8	課題⑧-11
10km四方	富山市付近	6	5	5
20km四方	京浜地区	4	5	4
30km四方	名古屋市付近	2	3	9 (5)

(b) 配電線レベルでの太陽光発電出力推定

太陽光発電出力の変化は、広域では電力システムの周波数に、狭域では地域の電圧に影響を与える。そのため、分類②では配電線レベルの広さまで含めたPV出力の推定を行う。

(i) 手法の概要

課題⑧-10 : 各種統計モデルと配電線潮流をと用いた配電-全体系統の太陽光発電出力統計

項目	内容
手法の概要	配電線の潮流と日射量・気温から配電線に連系しているPV出力を推定する。またアップスケーリングモデルにより、広域のPV出力を推定する。
推定範囲	配電線レベルから
特徴	PV出力を需要も含めた形で推定する。 アップスケーリングモデルは、上位系統の潮流から下位系統のPV出力を推定するトップダウン式の推定である。

(ii) 評価方法

配電線レベルの狭い範囲の日射観測値はPV300データにはないなどの理由から、表 3-3-4 のデータにより評価を行った。

表 3-3-4 評価に使用したデータ

項目	使用データ
太陽光発電・日射量データ	NEDO プロ太田市 2006年12月、2007年1月～11月 PV300データ 2010年11月1日～2011年10月31日
需要データ(住宅)	NEDO プロ太田市 2006年12月、2007年1月～11月
需要データ (工場)	30分平均値 「電気協同研究 第66巻第1号 配電システムにおける力率問題とその対応」 P11 および P97、98 の平均負荷曲線
	30分以下の変動 三菱電機工場需要 2011年11月～2012年6月

(iii) 評価結果

(イ) 配電線レベルの太陽光発電出力推定

- ・対象配電線の受電潮流の成分を分離するため、受電潮流の計測間隔が短いほど推定精度が良くなる。10分間隔のRMSEが約6%に対して、1秒間隔のRMSEが約4.5%である。
- ・受電潮流の短周期成分の全てを太陽光発電出力の短周期成分と見なすため、太陽光発電設備容量／最大需要の割合が小さいほど誤差が大きい。100%割合のRMSEが約4.5%に対して、10%割合のRMSEが約9%である。
- ・太陽光発電出力の長周期成分の推定は、数10km以上の範囲でも地点間の日射強度相関が高い1時間の日射量を使用するため、対象地点から40km離れている地点の日射量を利用しても、RMSEが約11%以下である。
- ・オフラインとオンラインの推定精度はほとんど変わらない。

(ロ) アップスケーリング

- ・推定誤差、地点間の日射強度相関、領域数値予報モデルの空間格子間隔、設備/運用のコストを考慮した上で、40km四方のアップスケーリング集約単位(1地点を40km四方エリアを代表)が適切と考えられる。

(c) 誤差要因の分析

全天日射強度（水平面日射強度）から、太陽光発電出力を正確に推定するためには、設置地点の位置、パネルの方位・角度・温度、さらにはパネルの種類やPCS（Power Conditioning Subsystem、パワーコンディショナ）の変換効率ほか様々な入力データが必要である。一方、入力データが少ない方が管理は容易であるため、データを省略の可否が判断できるよう、それぞれの要因が推定誤差に与える影響を調べた。

(i) 手法の概要

課題⑧－⑨：日射量推定結果からの太陽光発電出力把握

項目	内容
手法の概要	それぞれの誤差要因を入力することができる PV 出力推定モデルを作成し、そのモデルにより誤差の影響を評価する。

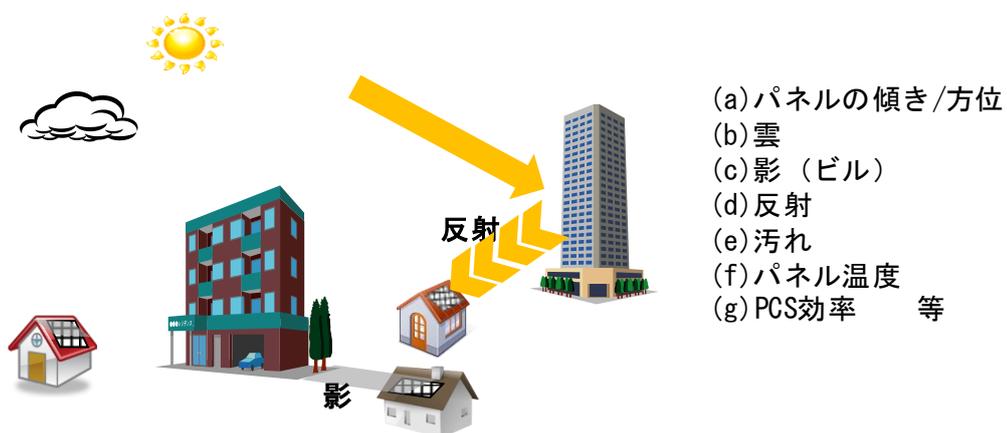


図 3-3-2 PV出力推定誤差の要因

(ii) 推定誤差要因の影響有無

太陽光発電出力推定モデルを作成し、モデルによる推定誤差の影響有無を調べた。結果を表 3-3-5 に示す。

表 3-3-5 推定誤差要因と影響の有無

誤差要因	影響	備考
設置地点の緯度	なし	2度（約 200km）程度であれば、出力の違いが小さい。
設置地点の経度	なし	出力への影響はない。ただし南中時刻は経度により異なるため、最大出力が発生する時刻には注意が必要。
パネルの傾き	あり	傾きにより出力が異なる。
パネルの方位	あり	方位により出力が異なる。
パネルの特性	あり	日射の入力に対し温度・経年・種類により出力が変わる。
PCS	あり	定格より小さい出力ではカタログ値より効率率が下がる。
影の影響	なし	個々のパネルでは影響があるが、モデルケースで推定した結果、複数のパネルでは影響が少ない。
パネル面への反射	なし	広範囲に影響することはない。
汚れの影響	なし	定期的に清掃が行われている気象台の観測値と比較しても顕著な違いがない。

#### （４）日射量の分析

PV300 で設置した日射計のデータを様々な角度から分析し、太陽光発電の大量普及時に太陽光発電電力量の予測や出力を推定する技術の観点から、電力システムの運用という用途・目的に応じて日射量や太陽光発電の発電量データがどの程度の空間密度、計測サンプリングが必要であるかを考察する。また、今後、太陽光発電量の予測・推定を行っていくための計測装置の仕様や配置に関する提言を行う。

##### （a）課題⑧－１２：日射量データ分析によるデータ密度・周期・取得装置配置の検討

課題⑧－１２では、PV300 事業にて設置した日射計データを様々な角度から分析を行った。

- (i) 電力システム全体の需給調整の視点からの必要変動パラメータの分析
- (イ) 変動の評価方法検討および評価

- ・ 全天日射量の時空間的基礎特性の分析

短時間予測のためのPVの時空間的な変化の性質を把握することを目的に、最先端の数理分析の知見に基づく分析を行った結果、全天日射量の空間分布は、時間的に複雑な依存関係にあることが分かった。そのため、太陽光発電量の予測時には、予測精度を高める点で、部分の予測を積み上げて合計発電量を予測するのではなく、合計発電量自体の予測を行う視点が重要である。

- ・ 気象官署データによる合計発電量とPV300による合計発電量の比較評価

PV300のデータは蓄積期間がまだ短いため、その代用として、長期に渡りデータが蓄積されている気象官署の日射量データをベースの適用の可能性を検討した。PV300とPV発電実績データ（気象官署）による発電量を比較すると概ねPV300の方が値が大きい結果となった。現状の結果では、PV発電実績データ（気象官署）をPV300の代用として直接使用することは厳しい。またPV300を補間するデータとしては、ramp現象探索など、大きな気象現象に基づく変動の探索への活用可能性は有している。

- ・ PV300による発電量、残余需要の基礎特性の分析

PVの発電量把握、予測のニーズを電力システム運用の観点から分析するために、直接的なデータ分析を行った。2010年度の東京電力管内における電力需要量、太陽光発電量のデータ、および、想定される太陽光発電の導入量に基づいて、システムの発電機が供給する残余需要量モデルによる分析および評価を行った。今回対象とした2010年11月1日～2011年3月31日における最大需要日・時刻が2月14日17時と夕刻であり、日射量が非常に小さい時間帯であることが原因で、PVのkW値が小さい結果となった。今回のkW値は最大需要発生時にPVシステムがどの程度の発電出力比率を期待できるかという視点で値を定義している。従って、今後は通年の解析により再評価する必要がある。

- ・ 残余需要のramp現象の分析

発電出力のramp現象とは、大きな気象の変化により、風力発電やPVの出力が数十分から数時間継続して減少あるいは増加する、比較的穏やかではあるが、大きな合計発電量の変化現象である。発電出力のramp現象は欧米の風力発電システムを中心に大きな運用上の問題として顕在化しており、大停電に至った例も存在する。大きなRamp現象は年に数回発生するかしないかの稀な現象ではあるが、電力運用側に非常に厳しい状況を強いる可能性があり、その分析は需要から変動する発電出力を差し引いた残余需要のramp解析により検討が行われる。

残余需要のramp解析においては、すでに正確な予測対象となっている元需

要に比べて残余需要は季節、時間帯に依存し、各電力システムの需要形態や地域に特有な天候のため不規則になり、これからの運用システムはこの残余需要の正確な予測（PV 発電量の予測）が必須といえる。また通常の期待値や変動ばかりではなく、本分析で対象とした ramp 現象の予測も PV 出力予測の重要なポイントである。但し、現状の PV の ramp の解析モデルでは、朝方および夕方完全に予測可能な ramp が分離されておらず、今後、予測の困難な ramp を対象とする抽出方法や統計計算の方法、例えば継続時間が短いもののみで計算するなど、を考える必要がある。

ramp 現象とは

大きな気象の変化（例えば、前線の通過）により、PV や風力発電の出力、もしくは残余需要（需要から風力発電および PV の出力を差し引いた正味の需要）が数十分から数時間継続して減少あるいは増加する、比較的穏やか（変動の傾きは急激ではない）ではあるが、変動量は大きい現象のことを指す。大きな ramp 現象は年に数回発生するかしないかの稀な現象ではあるが、電力運用側に非常に厳しい状況を強いる可能性があり、欧米の風力発電システムを中心に大きな運用上の問題として顕在化している。

(ii) ならし効果を反映した変動パラメータの評価

(イ) 電力システム全体の需給調整の視点からの必要変動パラメータの決定

・ポロノイ分割による電力システムの合計発電出力データの作成

太陽光発電（以下、PV）の電力システムへの大量導入時を想定して、電力システムの運用に適用するためには、電力システム全体の太陽光発電データの想定を行うことが必要となる。ポイントは、ならし効果により常時変動が小さくなること、予測精度が向上することが見込まれる点である。

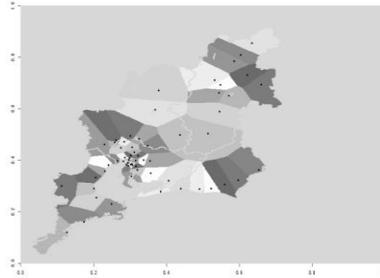
そこで本研究では、時間分解能が 10 秒かつ全国に 321 箇所の計測点を有する PV300 を基にして、電力システムの視点による各種データ分析を行う際に利用する電力システムの合計発電出力データの作成を目的とした。現在の結果では、計測地点の配置によっては、ポロノイ分割によって大きなエリアを受け持つ地点が存在するため、完全に発電出力を模擬できていないわけではない。特に短周期変動などがある地点に重みが集中することが要因である。今後は変動特性という意味ではより精緻な方法が必要となるが、一定の積算データ（時間値データ）など地点間の相関が高い周期における分析には利用できると考えられる。

ポロノイ分割とは

ポロノイ分割は、例えば気象学の分野において、アメダスなどの観測点における測定値が、どのくらいの領域を代表するデータであるかを解析する際にしばしば用いられる数理的手法である。

数学的には、ある平面上に、任意の位置に複数個の点（母点と呼ばれる）が各々配置された場合を考えた時、この母点がこの平面内で支配する領域を求める（ある平面を分割する）手法がボロノイ分割である。幾何学的には、この領域の境界線は、各々の母点の二等分線の一部になる。母点数が5個あった場合、ボロノイ領域は5つに分かれ、一般的なボロノイ図では、母点数とボロノイ領域数は一致する。

本プロジェクトでは、PV300 プロジェクトにて設置された日射計の位置が母点となり、その観測点での日射量が代表するエリアがボロノイ領域となる。以下の図は中部電力エリアを描いており、各点が設置された観測点、即ち、日射計の位置（母点）、色分けされた区分がその中に含まれる観測点が代表しているエリア（ボロノイ領域）を示す。



(ロ) 上記必要変動パラメータに関してならし効果を反映したモデルの評価  
・ならし効果を含めた特性の分析

本研究ではならし効果を含めた特性の分析として、あるエリアにおける最大変動幅の分布を推定することを目的とした。今回は20分以下の変動周期を対象として、2点間の相関距離解析による無相関距離の分析を行った。この結果、20分以下の変動については約10~30km以上で無相関距離となることが分かった。ただし、今回は1日ごとにデータの相関分析を行っているため、時間ごとに相関分析するなど改良が必要である。

また、地点数Nと最大変動幅の統計パラメータの関係を求めた。ただし、地点数と最大変動幅の統計的な値（本稿では最大値、最小値）の近似式の検討も重要である。今回は、累乗式を利用したが、ある程度で飽和する指数関数をベースにしたモデルも検討が必要である。

無相関距離を15kmと仮定した場合、東電エリアでは20分以下の周期における最大変動幅（20分窓）の最大最小は約±25W/m<sup>2</sup>となった。

### 3-1-3 特許出願状況等

表 3-4 特許・論文等件数

要素技術	論文数	論文の 被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	国際標準 への寄与
日射量の把握	3	0	0	0
日射量の予測	3	0	0	0
太陽光発電出力の推定	5	0	0	0
日射量の分析	2	0	0	0
全般	5	0	0	0
計	18	0	0	0

表 3-5 論文、投稿、発表、特許リスト

	題目・メディア等	時期
論文	日本太陽エネルギー学会 学会誌「太陽光発電システムの発電出力把握・予測技術の最新動向」	H25. 11
	電気学会 論文誌 B(電力・エネルギー部門誌)「日射量、統計モデルと配電線潮流を用いた太陽光発電出力推定に関する研究」	時期未定 審査中
投稿	なし	—
発表	27 <sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU-PVSEC27) 「ANALYSES OF SOLAR IRRADIANCE DATA FROM DISTRIBUTED OBSERVATION SITES FOR SPATIAL INTERPOLATION」	H24. 9
	IEA PVPS「Analysis and Forecast of PV power Variation」	H24. 10
	電気学会 電力系統技術研究会「日射観測における日影データの判別方法についての検討」	H25. 1
	電気学会 全国大会「太陽光発電量の空間分布の非負分解」	H25. 3
	電気学会 全国大会シンポジウム「太陽光発電出力予測技術開発実証事業 太陽光発電出力予測・推定技術の開発」	H25. 3
	17 <sup>th</sup> International Conference on Intelligent Systems Applications to Power System, Panel Session 「PV output estimation based on solar irradiation and power flow in distribution system」	H25. 7
	International Symposium of Nonlinear Theory and its Applications「Complex dynamics of photovoltaic outputs」	H25. 9
	電気学会 電力・エネルギー部門大会「太陽光発電出力把握のための日射量推定・予測手法の開発」	H25. 8

	題目・メディア等	時期
	日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第5回セミナー「気象会社における太陽光発電の出力把握・予測の取組」	H25. 8
	日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第5回セミナー「配電線潮流データを用いたPV出力推定の研究」	H25. 8
	日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第5回セミナー「太陽光発電出力把握技術の開発」	H25. 8
	日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第5回セミナー「太陽光発電出力変化の実態と電力需給運用面からの予測のニーズ」	H25. 8
	電気学会 電子・情報・システム部門大会「気象観測データの現状と活用について」	H25. 9
	電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会「配電線潮流を用いた太陽光発電出力推定手法の検討」	H25. 9
	IEA PVPS「Accuracy evaluation of solar irradiance forecasting technique using a meteorological model」	H25. 10
	電気学会 新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会（テーマ：再生可能エネルギーの発電予測とシステム技術） 「数値気象モデル WRF による様々な時間・空間条件下での日射量予測誤差の評価」	H25. 11 予定
特許	なし	—

### 3-2 目標の達成度

太陽光発電出力を予測する時期や時間など電力系統の需給運用上のニーズを明確にし、太陽光発電出力の把握に影響のある現象（雲による影、太陽光発電パネルの種類・設置方位・傾き・パネル温度、PCSの変換効率など）を分析して精度向上を行い、実用化の見通しを立てた。

表 3-6 目標に対する成果・達成度の一覧表

要素技術	目標・指標	成果	達成度
＜日射量の把握＞			
日射量観測データや気象衛星データからの日射量推定（課題⑧-1）	統合日射量データベースを構築する。	気象衛星画像から日射量を推定する手法を、需給運用上のニーズに合うよう改良した。 衛星推定日射量に日射計観測値を用いた誤差補正を行うことで精度向上を図った。	達成
空間線形回帰法（クリギング）に基づく空間補間による日射量推定（課題⑧-2）	リアルタイムの日射量マップの作成を目指し、地球統計学の空間線形回帰法（クリギング）に基づく日射の空間補間法を地域 PV 発電出力把握に適した手法に改良する。	これまでの10km四方程度を推定する空間補間法を、電力系統の需給エリアで適用できるよう、面的広がり大きさの違いによる変動平滑化効果を考慮して改良した。 日射量の空間補間法を元に、気温に関する空間補間を行う技術を開発した。	達成
気象衛星データを用いた日射量推定（課題⑧-3）	水平スケール別・天気パターン別に作成した日射量の評価指標値より、水平スケール別・天気パターン別の日射量推定手法の適用範囲を明確にする。	面的な日射特性の把握に必要な評価指標を選定し、天気区分別やエリアの広さ別等各状態における最大変化幅等を見積もることを可能とした。 衛星画像から推定した面的な日射量（東京大学竹中特任研究員作成）に対し観測値で補正し推定精度を向上する手法を構築した。	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
<b>&lt;日射量の予測&gt;</b>			
時間スケールに応じた日射量予測 (課題⑧-4)	日本気象協会保有の数値予報モデル (SYNFOS-3D) や統合日射量データベースなどを用いて日射量予測手法を開発する。	数時間先の予測は気象モデルではなく移動予測手法を用いるなど、予測する時間スケールにより予測手法を変えた。 翌日予測では、気象モデルに統計的手法を組み合わせて、精度の向上を図った。	達成
気象モデルによる日射量の予測 (課題⑧-5)	電力中央研究所保有の気象予測・解析システム (NuWFAS) をベースとして、当日・翌日の気温・風速・日射量を予測する。	既開発の気象予測・解析システムを、翌日・当日の日射量を予測するシステムに改良し、予測を行った。	達成
気象予測モデルおよび統計手法を用いた日射量の予測 (課題⑧-6)	数値予報データを利用した統計学的手法により日射量を予測するモデルを構築する。	気象庁数値予報データ (GPV) の雲量を入力データとし、統計解析により日射量予測値を出力するモデルを作成した。	達成
<b>&lt;太陽光発電出力の推定&gt;</b>			
地域の太陽光発電導入状況に対応した太陽光発電出力推定 (課題⑧-7)	地域 PV 導入状況の違いを考慮可能な推定法を検証し、実運用時に地域毎に予め調査が必要な PV 設置状況の要素を整理する。	地域の PV 導入状況に対応した PV 出力推定を可能とする個別 PV の発電出力推定手法の精度評価を行い、出力推定に影響を与える要素 (パネルの方位、角度など) を整理した。	達成
統計手法を用いた太陽光発電出力推定 (課題⑧-8)	日射量推定・予測値を元に、過去の実測データによる学習および補正などを適用し PV 出力を推定する手法を開発する。	需給計画・運用のニーズに基づき PV 出力を推定する時間・空間解像度を決定した。 PV 出力に大きな影響を与える日影および積雪について、推定精度向上のための評価を行った。	達成

要素技術	目標・指標	成果	達成度
日射量推定結果からの太陽光発電出力推定 (課題⑧-9)	太陽光パネル設置地点の位置、パネルの方位・角度・温度、さらにはパネルの種類や PCS の変換効率ほか様々な要因が、日射量から太陽光発電出力への推定に与える影響を整理する。	PV パネル設置方向と傾きを推定する手法を検討し、ほぼ正しく推定できる見込みが得られた。 PV の出力推定および出力予測アルゴリズムの開発のための誤差要因を分析し、観測地点毎と、複数の観測地点があるエリアの PV 出力推定モデルに適用し、精度を確認した。	達成
各種統計モデルと配電線潮流を用いた配電-全体系統の太陽光発電出力推定 (課題⑧-10)	配電線レベルの広さの PV 出力の推定を行う手法を開発する。	PV 出力と日射量・気温、需要の関係をモデル化するために計測データの分析を行い、相関を求めた。 配電(地域)レベルの PV 出力推定機能の開発を行い、需要モデルを利用することで、精度が上がることを確認した。	達成
統計処理による太陽光発電量推定 (課題⑧-11)	簡易的な手法により、地域の日射強度から発電電力量を推定する手法を開発する。	簡易な統計手法を用いた発電量推定モデルを構築した。	達成
<b>&lt;日射量の分析&gt;</b>			
日射量データ分析 (課題⑧-12)	太陽光発電の大量普及時に、太陽光発電電力量の予測や出力を推定する技術の観点から、用途・目的に応じて日射量や太陽光発電の発電量データがどの程度の空間密度、計測サンプリングが必要であるかを考察する。	PV300 で設置した日射計のデータを様々な角度から分析し、太陽光発電の大量普及時に太陽光発電電力量の予測や出力を推定する技術の観点から、電力システムの運用という用途・目的に応じて日射量や太陽光発電の発電量データがどの程度の空間密度、計測サンプリングが必要であるかを考察するための基礎分析を行った。	達成

## 4 事業化、波及効果

### 4-1 事業化の見通し

利用主体となる電力会社が参加することで、日々の需給運用に基づくニーズを反映した、太陽光発電の現在出力の把握や出力予測という新規技術の開発ができた。

ここで開発した新規技術は、各電力会社の需給システムに要素技術として適用され、それぞれの需給システムに応じて開発・導入される見込みである。

また、日射量の予測に関する基礎技術の向上に資するため、太陽光発電事業者あるいは一般の太陽光発電導入者にとってもよりの確な将来発電量予測の礎として活用される可能性が見込まれる。

### 4-2 波及効果

本事業は、電力システムの安定的な需給運用に資することを目的として実施しており、電気事業以外の産業分野へ、開発技術を直接的に展開されていくことは想定しにくい。

しかし、より正確な日射量予測のためには、基礎となる気象予測技術の精度向上が不可欠であることから、気象予報の高精度化に対する強いニーズとなり、幅広い分野へ天気予報高精度化の恩恵があるものと見込まれる。

また、本事業により、正確な太陽光発電の出力把握・出力予測手法が早期に確立できれば、需給バランス確保のために必要なバックアップ電源やすべての需要家における太陽光発電の出力状況の把握が不要となるなど電力設備等の合理化が可能となることが期待される。

さらに、火力設備や蓄電設備の計画的・効率的な運用に資することによって、これら設備の長寿命化や運用コストの低下をもたらす、等の効果も期待できる。



## 5-2 研究開発実施者の実施体制・運営

本事業は、経済産業省資源エネルギー庁電力基盤整備課の公募による選定審査手続きを経て、東京大学・伊藤忠テクノソリューションズ・ソーラーフロンティア・日本気象協会・日立製作所・三菱電機・電力中央研究所・電力10社の計17法人の共同申請により採択を受けて実施した。

事業の実施にあたっては、技術開発を統括するためのプロジェクトリーダー（東京大学 生産技術研究所 荻本和彦特任教授）のもと、課題担当法人間の連携や事業の進捗管理を行うための事務局を設置し、図5-1に示す体制とした。

なお、本事業は、太陽光発電の大量普及に伴う諸課題解決のために実施している「次世代送配電系統最適制御技術実証事業（事務局：東京電力）」「次世代型双方向通信出力制御実証事業（事務局：東京電力）」と連携を図りながら取り組んでいる。

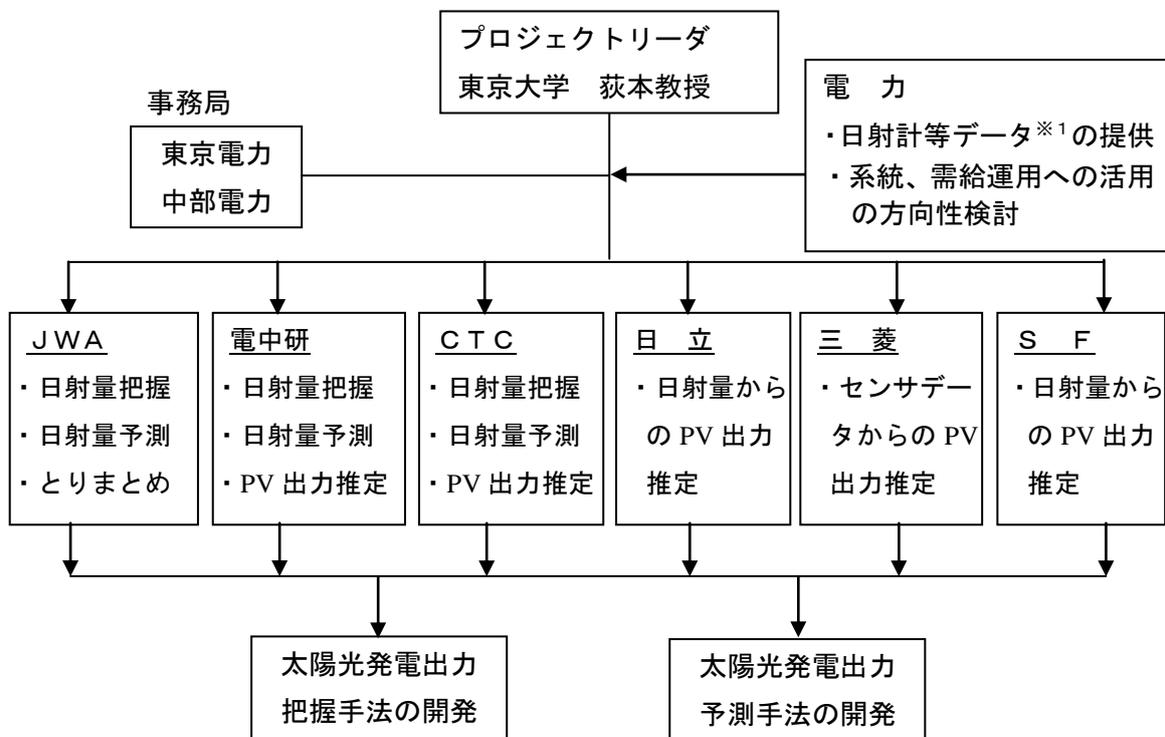


図 5-1 実施体制

凡例 電力：電力10社

JWA：一般財団法人 日本気象協会

電中研：一般財団法人 電力中央研究所

CTC：伊藤忠テクノソリューションズ株式会社

日立：株式会社 日立製作所

三菱：三菱電機株式会社

S F：ソーラーフロンティア株式会社

※1 分散型新エネルギー大量導入促進系統安定対策事業で設置した各種センサのデータ

### 5-3 資金配分

事業に係る経費は、課題を担当する各法人からの見積に基づき事前にヒアリングを実施して予算配分を行った。経済産業省からの補助金については、補助金交付要綱に則った手続きにより確定検査を経て確定した。

表 5-2 資金配分 (単位：千円)

実施個所／年度	23 (実績)	24 (実績)	25 (計画)	合計
東京大学 ・日射量データ分析によるデータ密度・周期・取得装置配置の検討(課題⑧-12)	164	480	500	1,144
伊藤忠テクノソリューションズ ・気象衛星データを用いた日射量推定(課題⑧-3) ・気象予測モデルおよび統計手法を用いた予測(課題⑧-6) ・統計手法を用いた太陽光発電出力変換手法の構築(課題⑧-8)	29,739	4,607	2,485	36,830
ソーラーフロンティア ・統計処理による発電量推定(課題⑧-11)	3,686	1,500	1,499	6,686
日本気象協会 ・日射量推定の精度向上および太陽光発電出力把握に向けた検討(課題⑧-1) ・時間スケールに応じた日射量予測手法の開発および太陽光発電量予測に向けた検討(課題⑧-4)	38,721	20,917	4,893	64,531
日立製作所 ・日射量推定結果からの太陽光発電出力把握(課題⑧-9)	4,032	1,774	1,900	7,706
三菱電機 ・各種統計モデルと配電線潮流を用いた配電全体系統の太陽光発電出力推定(課題⑧-10)	3,539	3,179	2,099	8,817
電力中央研究所 ・空間線形回帰法(クリギング)に基づく空間補間による日射量推定(課題⑧-2) ・気象モデルによる予測(課題⑧-5) ・地域の太陽光発電導入状況に対応した太陽光発電出力推定(課題⑧-7)	4,481	4,066	4,082	12,629
電力10社 <日射計等データ収集>	2,714	14,166	15,540	32,420
合計	87,077	50,688	32,999	170,763

※掲載の数値は四捨五入しているため合計が合わない場合があります

#### 5-4 費用対効果

系統安定化対策の観点から精緻な太陽光発電の出力把握・予測手法の確立が期待されているなかで手法確立に必要な新規技術の開発を行ったところ、利用主体となる電力会社の参加により、開発した技術は日々の需給運用に基づくニーズを反映した実効性あるものとなった。

また、事業を進めるうえでの研究課題は、各々の参加事業者がもつ強みを活かすことができるものを設定したが、全体会議やワーキンググループの実施により事業者同士の連携を図るなど、事業運営を効率的かつ効果的に行った。

将来的には、「4-2 波及効果」の項でも述べたように、正確な太陽光発電の出力把握・出力予測手法の確立により電力設備等の合理化が可能となり、電力設備の長寿命化や運用コストの低下も期待される。

#### 5-5 変化への対応

本事業は、安定的な電力供給の確保に資するために電力10社が参加して需給運用ニーズを反映させた技術開発を行った。しかし、評価・検証に用いた日射データ等は3年程度の実績しかなく、開発した技術が当該期間の気象に基づいているおそれがあるため、今後さらに複数年の気象データを用いて評価することにより、開発技術の汎用性を確認する。

## 第4章 技術に関する施策評価

## 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

#### (1) 施策の目的の妥当性

原子力発電の将来性が不透明な現状では、再生可能エネルギーの本格的導入に先立ち、火力発電設備の高効率化および環境負荷の低減化は不可欠の技術課題であり、その意味においても本施策の目的の妥当性は明らかである。また、上述のように諸情勢が大きく変化する中で、安定供給を確保し、温室効果ガスの排出抑制を進めるためには、電力供給システムの技術向上を図ることが極めて重要であり、目的の妥当性は高い。

なお、すべてが即座に国内外に適用できるものであるかは、疑問があるところ。現在取り組んでいる技術・研究が、どういった条件・環境において、その成果を発揮するのか、あるいはどういった条件が成立したときに経済的有利になるか、そして具体的な適用先・時期についてはどういった考え方なのか(どういった仮説を設定しているのか)、条件を明確にする必要があると考える。また、ライフサイクルコストを踏まえた検討も加えていただければ、より適用先が明確になると考える。そこに何らかの課題がある場合はそこを明確にした上で整理し、将来の技術開発につなげるしくみが必要でないか。

#### (2) 施策の政策的位置付けの妥当性

本施策の位置付けは、2013年の「日本再興戦略」にも合致するもので、火力発電技術の高効率化と効率的なエネルギー流通技術の開発に関して、世界の中で主導的役割を果たしてきた我が国の開発・研究スタンスを一層確固たるものにする効果が期待できる。これにより国際的な施策動向を我が国が先導する立場に立てる可能性がある。

また、環境エネルギー技術革新計画に基づき、中長期的な技術ロードマップを見据えた上で背景やわが国の技術開発の動向・課題を整理し計画されており妥当と考える。

さらに、国内はもちろんのこと、電力分野における日本発の最先端技術を海外に展開し、エネルギー問題や温暖化対策等で貢献していく姿もしっかり示されており妥当であると考えられる。

なお、すべてが即座に国内外に適用できるものであるかは、疑問があるところ。現在取り組んでいる技術・研究が、どういった条件・環境において、その成果を発揮するのか、あるいはどういった条件が成立したときに経済的有利になるか、そして具体的な適用先・時期についてはどういった考え方なのか(どういった仮説を設定しているのか)、条件を明確にする必要があると考える。また、ライフサイクルコストを踏まえた検討も加えていただければ、より適用先が明確になると考える。そこに何らかの課題がある場

合はそこを明確にした上で整理し、将来の技術開発につなげるしくみが必要でないか。

(3) 国の施策として妥当であるか、国の関与が必要とされる施策か。

本施策のような電力・エネルギー関連分野は、長期にわたる研究開発期間と多額の資金を必要とするもので、その事業化を考えても、国として取り組むべき施策であると考ええる。また、本施策はエネルギー政策上、重要な施策であり、関連する産業・企業が多く、また、海外への事業展開が可能な分野でもあることから、国が積極的に関与する必要があると考えられる。

なお、概ね妥当であると考えるが、一部に国が関与するには、まだ時期尚早の技術があるように感じる。

(1) 施策の目的の妥当性

【肯定的意見】

- ・我が国の電力基盤整備ならず、産業政策面からも高効率火力発電技術は重要であり、太陽光発電の普及に伴う電力基盤への影響評価と対策に関する技術開発も重要であり本施策の目的は極めて妥当です。〔安芸委員〕
- ・原子力発電の将来性が不透明な現状では、再生可能エネルギーの本格的導入に先立ち、火力発電設備の高効率化および環境負荷の低減化は不可欠の技術課題であり、その意味においても本施策の目的の妥当性は明らかである。火力発電技術開発、送配電技術開発ともに概ね技術課題の整理は終了しており、具体的目標や日程についても明確に提示されており妥当と考える。いずれの事業も実用化・事業化を見据えた内容となっている。〔太田委員〕
- ・諸情勢が大きく変化する中で、安定供給を確保し、温室効果ガスの排出抑制を進めるためには、電力供給システムの技術向上を図ることが極めて重要であり、目的の妥当性は高い。〔伊藤委員〕
- ・施策の目的については、明確になっている。〔藤井委員〕

【問題点・改善すべき点】

- ・原子力発電に関する方針等、国家の政策が不明確な状況であるといった、本施策を取り巻く環境が不透明・不安定であることが懸念されます。〔安芸委員〕
- ・特に大きな問題点は見当たらないが、個々の技術において技術的課題の整理と具体的な目標設定にばらつきが認められる。〔太田委員〕
- ・施策の目的は概ね妥当だが、最新の状況を反映して実施方法等を一部修正する必要があるケースも見受けられる。〔伊藤委員〕
- ・すべてが即座に国内外に適用できるものであるかは、疑問があるところ。現在取り組んでいる技術・研究が、こういった条件・環境において、その成果を発揮するのか、

あるいはこういった条件が成立したときに経済的有利になるか、そして具体的な適用先・時期についてはこういった考え方なのか（こういった仮説を設定しているのか）、条件を明確にする必要があると考える。〔藤井委員〕

- ・ ライフサイクルコストを踏まえた検討も加えていただければ、より適用先が明確になると考える。そこに何らかの課題がある場合は、そこを明確にした上で整理し、将来の技術開発につなげるしくみが必要でないか。〔藤井委員〕

## （２）施策の政策的位置付けの妥当性

### 【肯定的意見】

- ・ 高効率火力発電および超伝導技術については環境エネルギー技術革新計画にロードマップが示されており明確で妥当です。送配電技術についても概ね妥当です。〔安芸委員〕
- ・ 自然エネルギー導入と効率改善による CO2 排出量削減は喫緊の課題である。〔大山座長〕
- ・ エネルギー安全保障や地球環境問題への対応などから、火力発電の一層の高効率化や、再生可能エネルギー発電の大量導入を見据えての電力供給システムの高度化など、施策の目的・政策的位置付けは明確である。〔佐藤委員〕
- ・ 本施策の位置付けは、2013 年の「日本再興戦略」にも合致するもので、火力発電技術の高効率化と効率的なエネルギー流通技術の開発に関して、世界の中で主導的役割を果たしてきた我が国の開発・研究スタンスを一層確固たるものにする効果が期待できる。これにより国際的な施策動向を我が国が先導する立場に立てる可能性がある。

### 〔太田委員〕

- ・ 火力発電および送配電の技術向上は、エネルギーコストの低減、供給安定性の向上、環境性の向上などにつながる。また、本年度の技術研究事業の多くはわが国が優位性を持つ分野であり、関連事業の国際展開を図る上でも重要な施策と考えられる。よって妥当性は高い。〔伊藤委員〕
- ・ 環境エネルギー技術革新計画に基づき、中長期的な技術ロードマップを見据えた上で、背景やわが国の技術開発の動向・課題を整理し計画されており妥当と考える。また、国内はもちろんのこと、電力分野における日本発の最先端技術を海外に展開し、エネルギー問題や温暖化対策等で貢献していく姿もしっかり示されており妥当であるとする。〔藤井委員〕

### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 次世代型双方向通信出力制御実証事業と太陽光発電出力予測技術開発実証事業について、評価用資料において政策的位置付けに関する記述が不明確です。原子力発電に関する方針等、国家の政策が不明確な状況であるといった、本施策を取り巻く環境が不

透明・不安定であることが懸念されます。〔安芸委員〕

- ・シェールガス革命によるエネルギー資源需給動向変化や、新たに策定されたわが国のGHG削減目標、発送電分離などの電気事業制度改革などの情勢変化に対応した検討の必要性は？〔佐藤委員〕
- ・政策的位置付けについては妥当であり、問題点や改善すべき点は認められない。

〔太田委員〕

- ・すべてが即座に国内外に適用できるものであるかは、疑問があるところ。現在取り組んでいる技術・研究が、こういった条件・環境において、その成果を発揮するのか、あるいはこういった条件が成立したときに経済的有利になるか、そして具体的な適用先・時期についてはこういった考え方なのか（こういった仮説を設定しているのか）、条件を明確にする必要があると考える。〔藤井委員〕
- ・ライフサイクルコストを踏まえた検討も加えていただければ、より適用先が明確になると考える。そこに何らかの課題がある場合は、そこを明確にした上で整理し、将来の技術開発につなげるしくみが必要でないか。〔藤井委員〕
- ・次世代型双方向通信出力制御実証事業に関連して、供給側の出力制御だけでなく、負荷側の通信制御も加味すべきである。〔嶋田委員〕
- ・太陽光発電出力予測において予測が外れた場合、同じことは風力発電にも言えるが、次世代双方向通信制御で電力を制限すればよい。また、揚水発電とか、負荷側調整など電力システム全体で対処するのであまり必要性があるとは思えない。〔嶋田委員〕

(3) 国の施策として妥当であるか、国の関与が必要とされる施策か。

【肯定的意見】

- ・高効率火力発電については投資回収まで期間が長いことなどを考慮すると民間のみでは技術開発の早期進展が必ずしも期待できず、国の積極的な関与が必要です。送配電技術については、公共財である電力基盤のあり方に直結する問題であり、やはり国の積極的な関与が必要です。〔安芸委員〕
- ・国際競争力をつける上でも重要なテーマであり、国の関与が必要である。〔大山座長〕
- ・ガスタービンや石炭火力などの熱効率を世界最高レベルとし、プラント運用性向上にも貢献する技術開発はわが国技術の海外展開を支援する上からも必要不可欠である。〔佐藤委員〕
- ・本施策のような電力・エネルギー関連分野は、長期にわたる研究開発期間と多額の資金を必要とするもので、その事業化を考えても、国として取り組むべき施策であると考えられる。〔太田委員〕
- ・エネルギー政策上、重要な施策であり、関連する産業・企業が多く、また、海外への事業展開が可能な分野でもあることから、国が積極的に関与する必要があると考えら

れる。〔伊藤委員〕

- ・上記（１）の目的がある場合は、民間主導では難しい。特に、現在の環境は異なるが、将来の環境変化を踏まえた技術開発は、民間主導では難しく、まさしく、国の関与が妥当な施策であるとする。〔藤井委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・概ね妥当であるとするが、一部に国が関与するには、まだ時期尚早の技術があるように感じる。〔太田委員〕

## 2. 施策の構造及び目的実現見通しの妥当性

（１）現時点において得られた成果は妥当か。

一部のプロジェクトはすぐに活用に至らないものもあるが、国内外の情勢変化に対応できるように開発が行われている。また、いずれの技術分野においても当初設定された計画通り、あるいは、計画を上回る成果が得られている。

なお、震災以降、電力供給システムをめぐる環境は大きく変化し、リスクの捉え方も異なってきている。本案件に置き換えれば、高効率火力発電に対する期待は、従前より大きくなっており、技術開発については、より加速する必要があるとする。また、一部の技術において、情報不足のため、成果の妥当性が評価できないものがある。

（２）技術に関する施策の目的を実現するために技術に関する事業（プロジェクト等）が適切に配置されているか。

火力発電技術開発と送配電技術開発が適切に配置されている。火力発電技術に関しては、大容量機と小中容量機の２つの側面から事業が進展しており、既に実施期間が終了しているIGCCを含めて、また、いずれもの分野においても着実に成果が上がっていることから、配置は適切であるとする。

なお、送配電網の高度化については、さらなる事業の追加等による施策の拡充が期待される。また、電力供給システムを巡る環境の大きな変化を踏まえた場合、事業配置の見直し評価が期中であっても良かったのではないかと考える。

（１）現時点において得られた成果は妥当か。

#### 【肯定的意見】

- ・各個別事業は目標を達成しており、施策の目的・位置づけも妥当であることから、十分な成果を得られています。〔安芸委員〕
- ・一部のプロジェクトはすぐに活用に至らないものもあるが、国内外の情勢変化に対応できるように開発が行われている。〔大山座長〕
- ・1700度級ガスタービン技術開発では、その成果が1600℃級ガスタービンの実用化に既

に反映されるなど、妥当な成果が得られている。〔佐藤委員〕

- ・ 事後評価の 2 技術に関しては十分な成果が得られ、具体的目標も達成しており十分に評価できる。中間評価の技術に関しても、現時点までに得られた成果は妥当であり、今後の展開が期待できる。〔太田委員〕
- ・ いずれの技術分野においても当初設定された計画通り、あるいは、計画を上回る成果が得られている。〔伊藤委員〕
- ・ 「当初計画に基づいて」という判断であれば概ね妥当。〔藤井委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 「研究開発の目標」として、「・・・手法を開発する」との記述が見られるが、目標を示す表現として曖昧なため、成果として必要とされる技術レベルや精度が得られているかが評価できないケースがある。〔佐藤委員〕
- ・ 概ね妥当であるが、送配電技術開発の一部の技術において成果、予算、スケジュールの妥当性が判断できない。〔太田委員〕
- ・ 震災以降、電力供給システムをめぐる環境は大きく変化し、リスクの捉え方も異なってきた。本案件に置き換えれば、高効率火力発電に対する期待は、従前より大きくなっており、技術開発については、より加速する必要があると考える。〔藤井委員〕

(2) 技術に関する施策の目的を実現するために技術に関する事業（プロジェクト等）が適切に配置されているか。

#### 【肯定的意見】

- ・ 今後重要となる高効率火力発電は要素技術開発と実証とを行い、送配電系統において重要となる太陽光発電対策に関する事業も実施されているなど、各事業の配置は適切です。〔安芸委員〕
- ・ 必要に応じて大学やその他研究機関への研究委託や、省庁間の連携が図られている。〔佐藤委員〕
- ・ 火力発電技術開発と送配電技術開発が適切に配置されている。火力発電技術に関しては、大容量機と小中容量機の 2 つの側面から事業が進展しており、既に実施期間が終了している IGCC を含めて、配置は適切であると考えます。〔太田委員〕
- ・ いずれもの分野においても着実に成果が上がっていることから、適切に配置されていると評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 「当初計画に基づいて」という判断であれば、計画通り進捗しており概ね妥当。〔藤井委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 我が国の経済情勢を考慮するとやむを得ないのかもしれませんが、送配電網の高度化

- については、さらなる事業の追加等による施策の拡充が期待されます。〔安芸委員〕
- ・ 概ね妥当であるが、送配電技術開発の一部の技術が、他の技術と比べて、同等とは判断できない配置があるとする。〔太田委員〕
  - ・ 上記を踏まえた場合、事業配置の見直し評価が期中であっても良かったのか。〔藤井委員〕

### 3. 総合評価

東日本大震災によって明らかになった既存の電力供給システムの問題、原子力情勢の変化、国際資源情勢の変化、地球環境問題の深刻化などを考慮すると、電力供給システムの技術向上を図ることは国の施策上極めて重要な課題と考えられる。中でも、火力発電、送配電に関わる技術開発は、エネルギーコストの低減、供給安定性の向上、環境性の向上などにつながる上に、日本の優位性を高め、事業の国際展開を容易にするといった効果も期待できる。本年度の対象事業は、火力発電の高効率化に関わる技術開発分野を中心に、設定された目的に関して、計画通り、あるいは、計画を上回る成果を上げており、高く評価できる。

なお、事業開始以降に事業目的の前提となる状況に変化が生じた場合は、事業の内容や実施方法を適時修正していただきたい。また、計画時点に比較して、本技術に対する社会の期待はより大きくなるなど、社会環境の変化が大きい時代である。そういった時代の中で、必要に応じて研究を加速・減速できる（させる）仕組みが必要であると考えられる。

#### 【肯定的意見】

- ・ 施策の目的・位置づけは妥当であり、十分な成果も得られています。高効率火力発電については我が国の電力基盤のみならず、経済成長にとっても重要です。送配電については再生可能エネルギー普及を考慮した電力基盤の構築のためにも重要です。〔安芸委員〕
- ・ 国際的な競争力を高める成果が得られている。〔大山座長〕
- ・ 全体としてわが国のエネルギー情勢や地球環境問題を巡る動向を踏まえた施策の目的、政策的位置付けがなされている。〔佐藤委員〕
- ・ 火力発電技術開発および送配電技術開発ともに、目的が明確に提示され、着実に研究・開発が進展している。施策の目的、妥当性、期間、予算についても概ね妥当であると考えられる。〔太田委員〕
- ・ 東日本大震災によって明らかになった既存の電力供給システムの問題、原子力情勢の変化、国際資源情勢の変化、地球環境問題の深刻化などを考慮すると、電力供給システムの技術向上を図ることは国の施策上極めて重要な課題と考えられる。中でも、火力発電、送配電に関わる技術開発は、エネルギーコストの低減、供給安定性の向上、環境性の向上などにつながる上に、日本の優位性を高め、事業の国際展開を容易にするといった効果も期待できる。本年度の対象事業は、火力発電の高効率化に関わる技術開発分野を中心に、設定された目的に関して、計画通り、あるいは、計画を上回る成果を上げており、高く評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 「当初計画に基づいて」という判断であれば概ね妥当。〔藤井委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・さらなる予算措置を含めた施策の拡充も期待したいと思います。〔安芸委員〕
- ・シェール革命による世界のエネルギー資源需給動向などの変化や、新たに策定されたわが国の温暖化効果ガス削減計画などの情勢変化に対する各技術の位置付けを再評価すべき。〔佐藤委員〕
- ・特に大きな問題点や改善すべき点は見当たらないが、個々の技術において技術的課題の整理と具体的な目標設定、期間などにばらつきが認められる。〔太田委員〕
- ・成果、目標の達成度について、達成に至るまでの過程で問題や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・事業開始以降に事業目的の前提となる状況に変化が生じた場合は、事業の内容や実施方法を適時修正していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・計画時点に比較して、本技術に対する社会の期待はより大きくなるなど、社会環境の変化が大きい時代である。そういった時代の中で、必要に応じて研究を加速・減速できる（させる）仕組みが必要であると考えます。〔藤井委員〕

## 第5章 技術に関する事業評価

## 第5章 技術に関する事業評価

### A. 高効率ガスタービン技術開発事業

#### A1. 1700℃級ガスタービン技術開発事業

(総合評価)

多くの技術的課題を克服して1700℃級GT実用化に向けた多くの成果を得ると共に、数多くの技術的知見を得て、当該分野の発展に大きく寄与したことは高く評価できる。特に本事業の開発成果は、関西電力姫路第二発電所に設置された世界最高温度レベルである1600℃級ガスタービンに導入され、技術的成果、目標の達成度は十分実証されている。

なお、成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、達成に至るまでの過程で問題や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。また、高効率化とともに保守合理化によるコスト低減も視野に入れて対応いただくとともに、現在ある、1300℃および1500℃級のガスタービン発電での課題について明確にした上で、その課題に対して、どのような技術進歩・改良を行っているか明確する必要があると考える。

#### 【肯定的意見】

- ・ 目標は達成されていると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 開発成果が1600℃級に活かされた。〔大山座長〕
- ・ シェールガス革命による非在来型天然ガスの埋蔵量は年々増大しており、天然ガスの資源制約論は影を潜めている。地球環境問題への対応や高効率発電技術開発の観点からもガスタービンの高温化による高効率化は極めて重要であり、本事業の目的・政策的位置付けは明確である。〔佐藤委員〕
- ・ 本事業の開発成果は、関西電力姫路第二発電所に設置された世界最高温度レベルである1600℃級ガスタービンに導入され、技術的成果、目標の達成度は十分実証されている。〔佐藤委員〕
- ・ 事業の実施に当たっては、産学連携および文科省と経産省の省庁連携も良く図られている。〔佐藤委員〕
- ・ 多くの技術的課題を克服して1700℃級GT実用化に向けた多くの成果を得ると共に、数多くの技術的知見を得て、当該分野の発展に大きく寄与したことは高く評価できる。得られた多くの知見は、材料工学、燃焼工学、流体工学、伝熱工学をはじめとする機械工学関連各分野の発展に大きく貢献するものと考え。実用化技術開発に向けて、定常性能の評価のみならず、安定作動領域の拡大やその能動制御など、非正常現象や特異現象の解明と制御に関する研究も積極的に展開しており、高く評価できると考える。今後の発

展が大きく期待できる。〔太田委員〕

- ・ 主要国が技術開発にしのぎを削るガスタービンの高温燃焼による高効率化で、わが国は世界をリードしているが、当技術開発の成果を活用して、現時点で世界最高効率の1600℃級ガスタービンを実用化し、すでに内外で事業成果を上げている点はとても高く評価できる。また、これまでの成果をもとに効率目標を引き上げた点も評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 技術開発の進展や1600℃級ガスタービンの実績を踏まえ、目標効率を56→57%と改めるなど、高効率化を目指して積極的に実施しているところは評価できる。〔藤井委員〕
- ・ 実用化へと繋がったのが良かった。天然ガス発電の更なる高効率は米国のシェールガス開発成功と相まって大きな流れである。その天然ガス発電の高度化に早期に着手したことは大成功である。必要な開発項目も広く素晴らしい成果である。〔嶋田委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 引き続き事業の積極的な推進を期待します。〔安芸委員〕
- ・ 目的を達成しており、事後評価として問題点、改善点は認められない。〔太田委員〕
- ・ 成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、達成に至るまでの過程で問題や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・ 高効率化とともに保守合理化によるコスト低減も視野に入れて対応いただきたい。〔藤井委員〕
- ・ 現在ある、1300℃および1500℃級のガスタービン発電での課題について明確にした上でその課題に対して、どのような技術進歩・改良を行っているか明確する必要があると考える。〔藤井委員〕

## A2. 高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発事業

(総合評価)

高湿分空気を利用してシングルサイクル発電の高効率化を図る実証技術は、全く未知であった分野に積極的に挑戦して、3MW級実証試験および40MW級試験で着実に成果を上げており、これまでの進捗状況は高く評価できる。短期間でこれ程まで実証試験が遂行され、高湿分空気の圧縮機、熱交換器、燃焼器、冷却翼に対する影響が詳細に調査され、貴重な実験データも蓄積された。開発・研究のスピードも迅速であり、液滴工学や微粒化技術、その関連分野の急速な発展も誘起した。本技術は同規模のコンバインド発電と比較して、高い効率が安価で得られることが期待できる。10万kW程度の小中容量発電の実用化技術として、今後の成果や実証が望まれる。

また、本事業が実用化されれば、国内で中小容量機の新増設やリプレースやスマートエネルギーシステムの中核発電機などとしての新規導入が期待され、海外でも幅広い国・地域に展開が期待できる有望技術と考えられる。

なお、予想される用途、設置条件、経済条件などを勘案すると、国内外で事業展開を図るためには、報告書で説明された内容に加え、小型化・省スペース化、メンテナンス性の向上、コストなどが課題になると思われる。より高い事業成果につなげるため、これらの目的に関する技術開発及び成果についてもご報告いただきたい。

また、本技術は、現在の延長で考える条件下では、経済的な有利性・効果に疑問が生じる。こういった条件・環境になった場合、本技術開発が有益なのか・経済的なのか、適用できるのか、前提条件を十分に示した上で、その条件の評価を含めた全体評価を行う必要があると考える。また、研究開始前と現在との条件の変化も含めた自己評価をいただきたい。

### 【肯定的意見】

- ・ 目標は達成されていると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 日本発の技術であり、開発の意義は大きい。〔大山座長〕
- ・ 蒸気タービンを用いないガスタービンシステムで、従来のCCGTと同等の高い熱効率を得られる10万kWの中小容量機に対するニーズは、ことに再生可能エネ発電の導入進展に伴い高まることが予想される。再生可能エネ発電のバックアップ電源の役割を担う火力発電には、起動・停止時間の短縮など、一層のプラント運用性向上が求められていることや、また部分負荷運転時間が長くなっていることなどを考慮すると、AHATシステムの実用化に対する期待は大きい。〔佐藤委員〕
- ・ 3MW級実証機による成果を踏まえ、40MW級実証機による総合試験を行い、AHATシステムの各主要構成機器の性能確認やシステムとしての成立性が実証されている。〔佐藤委員〕
- ・ 高湿分空気を利用してシングルサイクル発電の高効率化を図る実証技術は、全く未知で

あった分野に積極的に挑戦して、3MW級実証試験および40MW級試験で着実に成果を上げており、これまでの進捗状況は高く評価できる。短期間でこれ程まで実証試験が遂行され高湿分空気の圧縮機、熱交換器、燃焼器、冷却翼に対する影響が詳細に調査され、貴重な実験データも蓄積された。開発・研究のスピードも迅速であり、液滴工学や微粒化技術、その関連分野の急速な発展も誘起した。本技術は同規模のコンバインド発電と比較して、高い効率が安価で得られることが期待できる。10万kW程度の小中容量発電の実用化技術として、今後の成果や実証が望まれる。〔太田委員〕

- ・日本独自の技術である点、中小容量機でコンバインドサイクル型を凌ぐ高効率発電を実現でき、負荷追従性能が優れている点などがとても高く評価できる技術開発分野であり実用化されれば、国内で中小容量機の新増設やリプレースやスマートエネルギーシステムの中核発電機などとしての新規導入が期待され、海外でも幅広い国・地域に展開が期待できる有望技術と考えられる。

すでに内外の学会や事業会社によって高く評価されており、当技術開発の成果の一部がガスタービンの高効率化に実用化されている点も高く評価できる。〔伊藤委員〕

- ・中容量機の効率化・運用性改善の観点から、アドバンスド高湿分空気利用ガスタービンシステム等の新しいシステムの開発は有効である。また、将来のある条件化で活用できる技術開発として、国の主導で進める点に、大きな意義を感じる。〔藤井委員〕
- ・小型10万kW程度の高効率ガスタービンは無電化僻地用マイクログリッドに不可欠であるがこれはその例であろう。また、天然ガスは世界中に広く、偏在することなく埋蔵されており、米国シェールガスの開発が可能になったのも後押しをしてくれた。日本のオリジナルな技術であることから実証化、商品化までつなげる開発計画をたててほしい。

〔嶋田委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・引き続き事業の積極的な推進を期待します。〔安芸委員〕
- ・大きな問題点は認められないが、開発の速度が速く、高湿分空気によって引き起こされる諸現象の把握と対策に十分時間が取られているのか疑問である。〔太田委員〕
- ・予想される用途、設置条件、経済条件などを勘案すると、国内外で事業展開を図るためには、報告書で説明された内容に加え、小型化・省スペース化、メンテナンス性の向上、コストなどが課題になると思われる。より高い事業成果につなげるため、これらの目的に関する技術開発及び成果についてもご報告いただきたい。〔伊藤委員〕
- ・ターゲット市場をより絞り込むなど、商用化につながる技術開発をお願いしたい。

〔藤井委員〕

- ・本技術は、現在の延長で考える条件下では、経済的な有利性・効果に疑問が生じる。こういった条件・環境になった場合、本技術開発が有益なのか・経済的なのか、適用できるのか、前提条件を十分に示した上で、その条件の評価を含めた全体評価を行う必要が

あると考える。また、研究開始前と現在との条件の変化も含めた自己評価をいただきたい。〔藤井委員〕

- ・ 実地での先行的試験運転がほしいがそれは次の実証試験に繋げる。〔嶋田委員〕
- ・ この開発では無いが開発期間が長すぎると技術の継承が問題だ。短工程の方が事故が少ない例もある。〔嶋田委員〕

## B. 高効率ガスタービン実証事業

### B1. 1700℃級ガスタービン実証事業

(総合評価)

1600℃級GT（J形）で培った技術をベースとして1700℃級の実証を行う事業であるが、その前半の4年間で要素技術開発を行う計画であり、技術的課題を着実に整理・解決しながら開発を行っていく姿勢は高く評価できる。特にTBC技術、非定常計測に基づく不安定燃焼の制御技術、特殊計測技術などは世界に誇れる日本の革新的技術となるだけでなく、この開発過程において解決される技術的課題は、関連学問分野を大きく牽引することが期待できる。

1700℃級ガスタービンの実用化技術開発では、送電端効率56%（HHV）という高い目標を設定していたが、研究開発が順調に進展し、実証事業ではさらに高い効率に目標を設定し直し、挑戦的開発が続いている。各種試験結果が定量的に評価されてきた成果であると考ええる。

経済性にも優れ、将来的には石炭や固体バイオマス燃料をガス化することで、例えば IGCCの主機としての適用も期待される技術で、事業として早い完成が期待される。

また、超高効率ガスタービンに係る技術分野では、日本企業が素材の開発・加工から、部品・部材の設計・製造、プラントの設計・施工・運営の各分野で世界をリードしているが、1700℃級ガスタービンを諸外国に先駆けて実用化できれば、きわめて大きな事業成果につなげることができると考えられる。また、各要素技術の開発が計画通り順調に進んでおり、高く評価できる。

さらに、高効率ガスタービンは、今後の火力発電効率化の鍵を握る主要技術であるとともに、環境負荷低減につながる技術でもある。実証事業の加速化も視野に入れて対応いただきたい。

なお、送電端効率57%（HHV）という非常に挑戦的な目標を定めているので、実証事業で予期せぬトラブルの発生により、研究・開発速度の遅れを危惧している。実証機の開発と製造およびその実証試験で十分なデータを取得するのに、5年間の実施期間で十分であるか疑問がある。

また、実用化技術開発段階での目標（送電端効率56%）に比べて、1%高い目標設置を可能とした技術的根拠を明らかにしていただきたい。

成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、達成に至るまでの過程で当初想定されていなかった問題点や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。

保守コスト低減に向けた取り組みも必要。実際に運用するにあたっては、取替基準等の評価が課題となるため、高温部品の損傷・劣化機構の解明と余寿命評価、保守管理手法等に関する開発も視野に入れて対応いただきたい。

### 【肯定的意見】

- ・ 目標は達成されていると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 海外メーカーに対して優位性がある。〔大山座長〕
- ・ 1600℃級ガスタービンを用いたプラントにおける実運用を踏まえ、1700℃級を実証するために必要な個別要素技術開発項目が設定されている。〔佐藤委員〕
- ・ 事業開始2年目として、妥当な成果が得られている。〔佐藤委員〕
- ・ 1600℃級GT（J形）で培った技術をベースとして1700℃級の実証を行う事業であるが、その前半の4年間で要素技術開発を行う計画であり、技術的課題を着実に整理・解決しながら開発を行っていく姿勢は高く評価できる。特にTBC技術、非定常計測に基づく不安定燃焼の制御技術、特殊計測技術などは世界に誇れる日本の革新的技術となるだけでなく、この開発過程において解決される技術的課題は、関連学問分野を大きく牽引することが期待できる。

1700℃級ガスタービンの実用化技術開発では、送電端効率56%（HHV）という高い目標を設定していたが、研究開発が順調に進展し、実証事業ではさらに高い効率に目標を設定し直し、挑戦的開発が続いている。各種試験結果が定量的に評価されてきた成果であると考える。

経済性にも優れ、将来的には石炭や固体バイオマス燃料をガス化することで、例えばIGCCの主機としての適用も期待される技術で、事業として早い完成が期待される。〔太田委員〕

- ・ 超高効率ガスタービンに係る技術分野では、日本企業が素材の開発・加工から、部品・部材の設計・製造、プラントの設計・施工・運営の各分野で世界をリードしているが、1700℃級ガスタービンを諸外国に先駆けて実用化できれば、きわめて大きな事業成果につながる可以考虑とされる。
- ・ 各要素技術の開発が計画通り順調に進んでおり、高く評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 高効率ガスタービンは、今後の火力発電効率化の鍵を握る主要技術であるとともに、環境負荷低減につながる技術でもある。実証事業の加速化も視野に入れて対応いただきたい。〔藤井委員〕
- ・ 目標の設定がよかった。天然ガス発電の更なる高効率は米国シェールガス開発成功と相まって大きな流れである。これを早くから着手したことは大成功である。〔嶋田委員〕

### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 引き続き事業の積極的な推進を期待します。〔安芸委員〕
- ・ 評価時期が尚早であると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 1700℃級というこれまで経験したことのない温度レベルにおける高温部材のメンテナンスは、プラントを運用する側からは極めて重要な課題である。高温部品の耐久性など

保守の面からの検討も是非実施して欲しい。〔佐藤委員〕

- ・送電端効率57%（HHV）という非常に挑戦的な目標を定めているので、実証事業で予期せぬトラブルの発生により、研究・開発速度の遅れを危惧している。実証機の開発と製造およびその実証試験で十分なデータを取得するのに、5年間の実施期間で十分であるか疑問がある。〔太田委員〕

また、実用化技術開発段階での目標（送電端効率56%）に比べて、1%高い目標設置を可能とした技術的根拠を明らかにして頂きたい。〔太田委員〕

- ・成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、達成に至るまでの過程で当初想定されていなかった問題点や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・保守コスト低減に向けた取り組みも必要。実際に運用するにあたっては、取替基準等の評価が課題となるため、高温部品の損傷・劣化機構の解明と余寿命評価、保守管理手法等に関する開発も視野に入れて対応いただきたい。〔藤井委員〕
- ・現在ある、1300℃および1500℃級のガスタービン発電技術での課題について明らかにしたうえで、その課題に対して、実証事業において、どのように反映し・その結果どうであるほか明確にする必要がある。〔藤井委員〕

## B. 高効率ガスタービン実証事業

### B2. 高湿分空気利用ガスタービン実証事業

(総合評価)

現在までに3MW級実証試験および40MW級試験装置を用いてデータの取得と実証試験を行ってきた経緯があり、最終的な目標である10万kW級の小中容量機の高効率化実証に向けて準備は整っていると考える。ただし、実用化に向けて必要となる技術課題は依然として多く残されており、それをH27までの期間に集中して行い、その後、実証試験に移るという計画も概ね妥当であると考えます。

本事業の実用化段階では、既設の同容量機と比して10%程度も高い効率の実現が期待できるため、我が国における需要は高く、費用対効果も極めて高いと考えます。

また、本事業は将来的に水素燃焼ガスタービンや IGHAT へ応用することも検討されており、高い波及効果を有している。現在までに、国内外から高い評価を得ている国産の技術であり、事業化も期待されているので、現在までの開発速度を落とすことなく開発・研究が進展することを期待する。

なお、バイオマス起源のガス燃料への適用技術など、ガスタービンの燃料多様化技術は重要である。バイオガスは一般的に発熱量が低いため、ことに高湿分空気中での燃焼特性は LNG とは大きく異なることが予想されることから、基礎的燃焼特性の把握など、大学などとの共同研究が望まれる。

また、発電規模に対する開発コストを勘案すると、相当の費用圧縮が必要と思われる。

さらに、本技術については日本オリジナルな技術であるところから、世界から孤立する恐れがある。世界をリードする意味でプロジェクトの国際化をするべきで、その結果が世界標準となる。

#### 【肯定的意見】

- ・ 目標は達成されていると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 小型で起動停止性能がと良く、内陸で使える技術は再生可能エネルギー導入が増える中で国際的に求められている。〔大山座長〕
- ・ 本技術実証事業が開始して2年目の成果としては、特許・論文の提出状況や、各個別の技術開発目標に対する達成度は概ね満足できるものと考えます。〔佐藤委員〕
- ・ 現在までに3MW級実証試験および40MW級試験装置を用いてデータの取得と実証試験を行ってきた経緯があり、最終的な目標である10万kW級の小中容量機の高効率化実証に向けて準備は整っていると考える。ただし、実用化に向けて必要となる技術課題は依然として多く残されており、それをH27までの期間に集中して行い、その後、実証試験に移るという計画も概ね妥当であると考えます。

本事業の実用化段階では、既設の同容量機と比して10%程度も高い効率の実現が期待でき

るため、我が国における需要は高く、費用対効果も極めて高いと考える。

また、本事業は将来的に水素燃焼ガスタービンやIGHATへ応用することも検討されており高い波及効果を有している。現在までに、国内外から高い評価を得ている国産の技術であり、事業化も期待されているので、現在までの開発速度を落とすことなく開発・研究が進展することを期待する。〔太田委員〕

- ・ 設定された技術開発の実施項目がすべて達成されており、順調に実証事業が進捗していると評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 中容量機の効率化・運用改善の観点から、アドバンスド高湿分空気利用ガスタービンシステム等の新しいシステムの開発は有効である。〔藤井委員〕
- ・ 世界的にはマイクログリッド用小型10万kW程度のガスタービン発電機が数多く必要になるだろう。水と電気の併給が熱効率を上げるからである。その点でこのプロジェクトは重要で時期に合っている。日本のオリジナル技術であるところが良い。実証には広い検討が必要だが効果的結果となっている。〔嶋田委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 引き続き事業の積極的な推進を期待します。評価時期が尚早であると感じます。〔安芸委員〕
- ・ バイオマス起源のガス燃料への適用技術など、ガスタービンの燃料多様化技術は重要である。バイオガスは一般的に発熱量が低いため、ことに高湿分空気中での燃焼特性はLNGとは大きく異なることが予想されることから、基礎的燃焼特性の把握など、大学などとの共同研究が望まれる。〔佐藤委員〕
- ・ 現在までの実証試験により、多くのデータの蓄積と経験を有しているので、現時点で明確な技術的問題点や改善すべき点は見当たらない。問題は、40MW級試験装置の実証データを基に、10万kW級商用機の開発を行う点であるが、実証および様々なトラブル解決に十分な時間が確保できるかが疑問である。〔太田委員〕
- ・ 成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、達成に至るまでの過程で問題や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況なども報告していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・ 発電規模に対する開発コストを勘案すると、相当の費用圧縮が必要と思われる。〔藤井委員〕
- ・ 日本オリジナルな技術であるところから、世界から孤立する恐れがある。世界をリードする意味でプロジェクトの国際化をするべきで、その結果が世界標準となる。〔嶋田委員〕

### 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)

A-USC技術は、我が国の昨今のエネルギー事情を考えると不可欠の技術であり、着実に計画に則った成果を挙げていると判断する。蒸気温度を700℃以上に上昇させることで高温となるボイラ、タービン、高温弁の材料開発を中心とした試験時間の長い開発・研究を継続的に行っており、現在までに得られたデータは貴重である。特に3~7万時間にも及ぶ材料の長期高温試験からは、貴重な成果と知見が得られることと考える。これらの基礎データから10万時間の材料特性を外挿によって推定する過程の不確かさが懸念であったが、試験データを見る限り、現在までは妥当な結果が得られていると評価できる。

本事業の波及効果としては、ガスタービンコンバインドサイクルへの導入による高効率化が挙げられ、十分に大きいと判断できる。

以上より現時点での中間評価としては十分な成果であり、これを基にした今後の実証機検証を期待したい。

なお、現在のUSC火力で用いられている高クロム鋼の溶接部で発生している損傷事例も踏まえ、Ni基材の経年化に伴うクリープ強度評価や寿命診断技術などにも取り組んでもらいたい。

また、蒸気温度の上昇に伴う高温対策と評価を、ボイラ、タービン、高温弁を中心に行っているが、実証に向けて他の部材への影響評価を十分に行って頂くとともに、材料評価にとどまらず、例えばタービンの性能や効率、信頼性や運用性に関する評価や検証を期待したい。

さらに、経済性に優れるとともに長期信頼性を有した材料の開発が必要となる。検証を確実に実施しながら材料開発をお願いしたい。

#### 【肯定的意見】

- ・ 目標は達成されていると感じます。〔安芸委員〕
- ・ 石炭の有効利用に資するものである。〔大山座長〕
- ・ 長期試験をしっかりと行っている。〔大山座長〕
- ・ 東日本大震災前の2010年度にわが国の年間発電電力量の25%を賅っていた石炭火力は、震災後原子力発電所がほとんど停止した2012年度にも約28%を占めており、わが国のエネルギーミックスの上からも将来的に重要な電源である。〔佐藤委員〕
- ・ 本プロジェクトは世界最高の技術レベルにあるわが国の微粉炭火力の蒸気条件を従来の600度級から700℃級にまで高め、熱効率を飛躍的に向上させることを目指したものであり地球環境問題への対応の上からも極めて有用である。〔佐藤委員〕
- ・ 主要要素技術開発のこれまでの成果は、目標を概ね満足するものであり、今後の実証機による検証が期待される。〔佐藤委員〕

- ・ A-USC技術は、我が国の昨今のエネルギー事情を考えると不可欠の技術であり、着実に計画に則った成果を挙げていると判断する。蒸気温度を700°C以上に上昇させることで高温となるボイラ、タービン、高温弁の材料開発を中心とした試験時間の長い開発・研究を継続的に行っており、現在までに得られたデータは貴重である。特に3~7万時間にも及ぶ材料の長期高温試験からは、貴重な成果と知見が得られることと考える。これらの基礎データから10万時間の材料特性を外挿によって推定する過程の不確かさが懸念であったが、試験データを見る限り、現在までは妥当な結果が得られていると評価できる。

本事業の波及効果としては、ガスタービンコンバインドサイクルへの導入による高効率化が挙げられ、十分に大きいと判断できる。

以上より現時点での中間評価としては十分な成果であり、これを基にした今後の実証機検証を期待したい。〔太田委員〕

- ・ わが国が世界をリードしている高効率石炭火力発電のさらなる効率化を達成するために重要な技術分野であり、当要素技術の開発が順調に進めば、わが国の優位性を維持・向上することができると考えられることから、国の事業として妥当性・有効性が高いと考えられる。

各要素技術において、現時点までに設定された目的は何れも達成されており、本事業の成果は着実に得られていると評価できる。〔伊藤委員〕

- ・ A-USCは、石炭火力の効率向上およびCO<sub>2</sub>排出量低減に有効な技術であり、着実な開発をお願いしたい。〔藤井委員〕
- ・ 世界的に石炭はまだエネルギーの主流である。そこで日本は先進国であるがさらに先駆けて高効率化のプロジェクトを推進している。原子力発電が止まっている中でこのような成果が上がっていることが頼もしい限りである。B、良いと言う評価である。〔嶋田委員〕

#### 【問題点・改善すべき点】

- ・ 多数の実施者が参加されていますが、事業化に向けた体制の構築もご検討頂くことも将来的には必要かと思えます。〔安芸委員〕
- ・ 現在のUSC火力で用いられている高クロム鋼の溶接部で発生している損傷事例も踏まえ、Ni基材の経年化に伴うクリープ強度評価や、寿命診断技術などにも取り組んでもらいたい。〔佐藤委員〕
- ・ 蒸気温度の上昇に伴う高温対策と評価を、ボイラ、タービン、高温弁を中心に行っているが、実証に向けて他の部材への影響評価を十分に行って頂きたい。また、材料評価にとどまらず、例えばタービンの性能や効率、信頼性や運用性に関する評価や検証を期待したい。

蒸気温度750度で送電端熱効率48%という最終目標は非常に高い目標設定であり、現時点の成果・データからこの最終目標が達成可能であるという判断をすることは難しい。

〔太田委員〕

- ・ 成果、目標の達成度について、すべて「達成」と説明されているが、ボイラ、タービンは商業運転時に異常停止につながるトラブルが発生しやすい部位だけに、成果達成に至るまでの過程で問題や課題が生じていた場合は、その内容や対処状況などについてできるだけ詳細に報告していただきたい。〔伊藤委員〕
- ・ 経済性に優れるとともに長期信頼性を有した材料の開発が必要となる。検証を確実に実施しながら材料開発をお願いしたい。〔藤井委員〕
- ・ 上記に示す以外にも、現在のUSCの課題について明確にしたうえで、その課題に対して、どのような技術進歩・改良を行っているか示していく必要があると考える。〔藤井委員〕

#### D. 次世代型双方向通信出力制御実証事業

(総合評価)

5つの要素技術に対して明確な目標を定め、計画に従って着実に成果を挙げており、現在までの経緯は高く評価できる。特に、住宅用、事業用PCSに関しては実環境下に設置したフィールド試験を実施中であり、良好な成果が得られている。また、蓄電池用PCSや電圧調整機能付きPCSの開発に関しても、それぞれ接続試験や工場試験を実施済みであり、実フィールド試験を残すのみとなっている。PCS出力の制御を行うための種々の双方向通信機器の開発も各種行われており、試験データが蓄積されている。さらに、サイバーセキュリティ関連機器の開発に関しては、検知システムのフィールド試験を既に実施している。このように5つの要素技術各々についての進捗状況は概ね良好であると評価する。

この技術は、明確な目標と実施計画に基づき、企業、大学および電力会社が有機的に協力して展開されており、その研究・開発体制も適切であり、今後の発展が期待できる。

更に、本実証事業に留まらず太陽光発電の大量導入に関連する「次世代送配電系統最適制御技術実証」ならびに「太陽光発電出力予測技術開発実証」とも密に連携が図られている点も評価できる。

なお、本事業で得られた成果（開発された技術）を社会に適用していくためには、政策が中心となって例えば採用すべき通信方式の決定などを行っていく必要があり、政策当局による、本事業の成果の活用を期待する。また、実際に事業化するか否かについては、国の政策面での後押しが必要。さらに、このようなシステムではサイバーセキュリティが重要なので、サーバーを守るだけでなく、システム全体のセキュリティを考えてほしい。

#### 【肯定的意見】

- ・当初予定されていた項目に加え、無効電力による配電線電圧制御といった新しい項目も実施され、大きな成果をあげられています。また他の事業との連携が図られていると感じます。〔安芸委員〕
- ・5つの要素技術に対して明確な目標を定め、計画に従って着実に成果を挙げており、現在までの経緯は高く評価できる。特に、住宅用、事業用PCSに関しては実環境下に設置したフィールド試験を実施中であり、良好な成果が得られている。また、蓄電池用PCSや電圧調整機能付きPCSの開発に関しても、それぞれ接続試験や工場試験を実施済みであり、実フィールド試験を残すのみとなっている。PCS出力の制御を行うための種々の双方向通信機器の開発も各種行われており、試験データが蓄積されている。さらに、サイバーセキュリティ関連機器の開発に関しては、検知システムのフィールド試験を既に実施している。このように5つの要素技術各々についての進捗状況は概ね良好であると評価する。この技術は、明確な目標と実施計画に基づき、企業、大学および電力会社が有機的に協

力して展開されており、その研究・開発体制も適切であり、今後の発展が期待できる。

〔太田委員〕

- ・ 系統への負荷を軽減しつつ、太陽光発電の大量導入を図るために有効な技術開発分野であり、国策として太陽光発電の導入を推進している状況を勘案すると、国が関与して取り組むべき技術開発分野であると考えられる。設定された目的はいずれも達成されており、実証事業の成果は得られたと評価できる。〔伊藤委員〕
- ・ 参加法人が33法人と極めて多いプロジェクトであるが、実施項目毎にSWGを組織し責任体制を明確にするとともに、適宜SWG間の連携も取り実行されている。〔藤井委員〕
- ・ 更に、本実証事業に留まらず太陽光発電の大量導入に関連する「次世代送配電系統最適制御技術実証」ならびに「太陽光発電出力予測技術開発実証」とも密に連携が図られている点も評価できる。〔藤井委員〕
- ・ また、成果の発表は海外も含め積極的に実施されている。〔藤井委員〕
- ・ 多くの参加者を得たことは評価できる。今、可能性のある可能な研究を広く集めた。

〔嶋田委員〕

【問題点・改善すべき点】

- ・ 本事業で得られた成果（開発された技術）を社会に適用していくためには、政策が中心となって例えば採用すべき通信方式の決定などを行っていく必要があり、政策当局による、本事業の成果の活用を期待します。  
大きな成果を上げてられていますので、是非、研究成果の積極的な発表（学会発表や論文投稿）を期待します。〔安芸委員〕
- ・ このようなシステムではサイバーセキュリティが重要なので、サーバーを守るだけではなく、システム全体のセキュリティを考えてほしい。〔大山座長〕
- ・ 蓄電池用PCSや電圧調整機能付きPCSの開発の進捗状況は適切であるか。予定されている実施期間内に実フィールド試験が終了し、動作の安定性や出力制御の評価まで達成できるのか。〔太田委員〕
- ・ 当事業の開始時点と比べて、電源構成や太陽光発電の家庭用・事業用の導入状況などの前提条件が一部変化していると考えられるが、その変化が実証事業に十分に反映されていない面があるように思われる。〔伊藤委員〕
- ・ 実証事業としての問題点等は特になし。なお、実証事業で事業化への十分な技術成果は得られているが、実際に事業化するか否かについては、国の政策面での後押しが必要。〔藤井委員〕
- ・ 参加者が多すぎる。情報を共有して、何かを生み出すようなことは無かったのではないか。寄せ集めで、どの方法でも長短があるのだが、その問題点の洗い出しが必要ではないか。もっと絞って行うべきであった。それぞれ個々には新規性がない。〔嶋田委員〕

## E. 太陽光発電出力予測技術開発実証事業

(総合評価)

将来的な再生可能エネルギーの有効利用に備えて、太陽光発電に不可欠な出力予測技術の開発は重要であり、本技術の必要性や有効性は高く評価できる。また、大学や企業に加えて電力10社が参加する実施体制も十分であると考えられる。

太陽光発電の出力の予想精度が向上すると、太陽光発電の供給力への参入がより正確にできるようになり、系統容量に対する太陽光発電の導入可能量の拡大、系統全体の効率化などの成果が期待できることから、国策として推進されている再生可能エネルギーの導入拡大策の一環として、国が取り組むべき技術開発分野と考えられる。

なお、本技術の最終目標である発電出力の予測は、日射量などの気象データから推定されるもので、長期間にわたる高精度な観察が不可欠であり、3年間という短時間に信頼できる日射量データベースの構築が可能であるのかがまず疑問である。また、気象モデルから日射量を推定する技術に関しても、特に新規性は認められず、一つの組織で考案・検討された成果が中心であり、大掛かりな実施体制を必要とする成果であるとは判断できない。実施者間の連携が有効に機能しているのか疑問が残る。

当該研究は先行研究が多数存在することが考えられ、それらの成果がどのように利用されているのか、あるいはこれからどのように利用しようとしているのかも不明である。基礎研究が多く、事業化に向けての道のりはまだ相当長いと考えられる。

### 【肯定的意見】

- ・ 本事業は予定された課題に対する目標を十分に達成しています。〔安芸委員〕
- ・ 今後非常に重要な技術である。〔大山座長〕
- ・ 将来的な再生可能エネルギーの有効利用に備えて、太陽光発電に不可欠な出力予測技術の開発は重要であり、本技術の必要性や有効性は高く評価できる。また、大学や企業に加えて電力10社が参加する実施体制も十分であると考えられる。〔太田委員〕
- ・ 太陽光発電の出力の予想精度が向上すると、太陽光発電の供給力への参入がより正確にできるようになり、系統容量に対する太陽光発電の導入可能量の拡大、系統全体の効率化などの成果が期待できることから、国策として推進されている再生可能エネルギーの導入拡大策の一環として、国が取り組むべき技術開発分野と考えられる。

設定された目的はいずれも達成されており、実証事業の成果は得られたと評価できる。

### 〔伊藤委員〕

- ・ 本実証事業に留まらず太陽光発電の大量導入に関連する「次世代送配電系統最適制御技術実証」ならびに「次世代双方向通信出力制御実証事業」と密に連携がはかれられている点は評価できる。〔藤井委員〕
- ・ 成果について、論文数も多く、また発表は海外も含めて積極的に実施されている。〔藤

### 井委員]

- ・また、本実証で評価・検証に用いたデータの期間が短く、年度による天候のバラツキの影響が懸念されるが、これについて、今後、フォローアップとして、さらなる複数年のデータで評価されることがしっかりと予定されている。〔藤井委員〕
- ・予測精度の目標は5%程度の誤差は許されると思うので、既に目的は達せられていると思う。〔嶋田委員〕

### 【問題点・改善すべき点】

- ・数多くの企業等が参画し、分担して課題を実施されていますが、将来に向けて、各実施者の知見やデータをどのように共有していくのが明らかにされていません。得られた知見・成果が、各実施者に埋もれてしまい、共有財産として十分活用されない懸念があります。得られたデータをデータベース化し、自由にアクセスできる仕組みを整備することも検討されてはいかがでしょうか。〔安芸委員〕
- ・自然エネルギー発電の発電予測は、これまでも数十年に渡る歴史があり、本事業の事業期間は数年間しかなく、不十分であると考えます。将来も引き続き事業を継続できるよう長期的な予算措置をご検討頂きたいと思います。〔安芸委員〕
- ・予測については精度が十分でなく、実用化に問題がある可能性がある。〔大山座長〕
- ・日射量や太陽光発電出力予測に関する様々な手法の推定誤差などを明らかにしているが実運用上必要（目標）とされる精度を踏まえた各種手法の評価を行っていただくと、現状の技術の達成度や課題などがより明確に伝わるとされる。〔佐藤委員〕
- ・本技術の最終目標である発電出力の予測は、日射量などの気象データから推定されるもので、長期間にわたる高精度な観察が不可欠であり、3年間という短時間に信頼できる日射量データベースの構築が可能であるのかがまず疑問である。また、気象モデルから日射量を推定する技術に関しても、特に新規性は認められず、一つの組織で考案・検討された成果が中心であり、大掛かりな実施体制を必要とする成果であるとは判断できない。実施者間の連携が有効に機能しているのか疑問が残る。当該研究は先行研究が多数存在することが考えられ、それらの成果がどのように利用されているのか、あるいはこれからどのように利用しようとしているのかも不明である。基礎研究が多く、事業化に向けての道のりはまだ相当長いと考えられる。〔太田委員〕
- ・太陽光発電は、太陽光発電パネルの種類・性能・構成、PCSの性能、家庭用・事業用の構成やパネルの分布・設置状況などによって変化するが、本実証事業の期間以降に太陽光パネルの大量導入が進んだこと、経年的な評価が十分に報告されていないことなどから、実証試験によって得られた出力の予測・推定手法が現在および将来においても正確に適用できるか判断しづらい。〔伊藤委員〕

## 第6章 今後の研究開発の方向等に関する提言

## 第6章 今後の研究開発の方向等に関する提言

### 【技術に関する施策】

(次世代電力供給システム分野)

今後も地球温暖化対策に資する技術（再生可能エネルギーの導入促進、効率改善）を推進していただきたい。

火力発電技術開発と送配電技術開発については、施策の目的と位置付けは明確に示されており、今後も継続的な研究・開発を行っていく必要がある。特に火力発電技術は、1700℃級GTの開発やAHATが、例えば石炭ガス化技術IGCCの事業化を推し進める役割を果たすように、様々な個別技術を統合・連携する施策が必要である。このためにも国が積極的に関与・支援して、エネルギー対策を推し進めていただきたいし、それにより、各企業や大学の研究レベルも向上し、ひいては我が国の技術レベルの底上げが期待できる。

また、優位性のある国産技術の海外展開に資する最先端の技術開発分野に優先的に取り組んでいただきたい。例えば、本年度の主な対象事業にもなっている高効率発電は、わが国の企業群が、素材の開発・製造・加工、部品・部材の設計・製造、プラントの設計・施工・運営、メンテナンス、改良などを一貫体制で実施でき、また、国内での新增設やリプレース需要だけでなく、市場規模がきわめて大きい海外での事業展開も期待できるだけに、今後も、国が主導して技術開発を推進していただきたい。

さらに、日本のビームやレーザを使った最新の評価技術を駆使して、材料開発の成果を確かめることができる。評価することが出来れば、そこに進歩する方法が見つかる。基礎的開発はこの評価が大きなコストになるが必要となる。

機械工学、電気工学、情報工学などの大きな進歩が総合的に組み合わせられて大きな進歩になる。

その分野の専門家ばかりではなく、異分野との交流が思わぬ発展のもとになる。例えば、化学工学が加われば、電気は貯蔵しにくいので水素やアンモニアとかの化学物質にかえて貯蔵と輸送することが可能となる。

### 【各委員の提言】

- ・我が国の電力基盤の将来像が不明確であり、早期に明確化を図る必要があります。原子力を含めた電源構成、電気およびガス事業の体制、送配電システムの将来像、などが明確にならないと長期的な視点からの技術開発が実施できなくなることを懸念します。〔安芸委員〕
- ・今後も地球温暖化対策に資する技術（再生可能エネルギーの導入促進、効率改善）を推進していただきたい。〔大山座長〕
- ・太陽光発電以上に需要と発電出力との mismatch が生じやすい風力発電の大量導入に

関わる技術開発事業（出力予測、系統負荷制御、単独系統への負荷を軽減する送電システムなど）の実施を検討してはいかがでしょうか。〔伊藤委員〕

・シェール革命による、世界および日本のエネルギー情勢への影響に関する分析、評価の反映。〔佐藤委員〕

・火力発電技術開発と送配電技術開発については、施策の目的と位置付けは明確に示されており、今後も継続的な研究・開発を行っていく必要がある。特に火力発電技術は、170℃級GTの開発やAHATが、例えば石炭ガス化技術IGCCの事業化を推し進める役割を果たすように、様々な個別技術を統合・連携する施策が必要である。このためにも国が積極的に関与・支援して、エネルギー対策を推し進めて頂きたいし、それにより、各企業や大学の研究レベルも向上し、ひいては我が国の技術レベルの底上げが期待できる。〔太田委員〕

・BP統計2013によれば、世界の石炭の確認可採埋蔵量（約8,609億トン）の内訳として、「無煙炭＋瀝青炭」が47.0%、「亜瀝青炭＋褐炭」が53%を占めている。わが国が使用する発電用石炭を将来的にも安定的に確保するには、現在はほとんど利用していない、発熱量が低く、水分含有量が多い亜瀝青炭や褐炭などの“低品位炭”の利用拡大が不可欠である。技術的課題としては、水分の多い低品位炭のボイラでの安定燃焼技術や、ミルにおける最適粉碎技術、自然発火性の高い低品位炭の輸送・貯炭技術などが挙げられる。

〔佐藤委員〕

・再生可能エネルギー発電の急速な大量導入が進む欧州では、出力変動の大きい再生可能エネルギー発電のバックアップの役割を担う火力発電プラントのFlexibility（運用柔軟性）の一層の向上が求められている。このような欧州の電力事情から見えてくる、わが国火力の将来的な技術課題としては、火力発電プラントの ①起動・停止時間の短縮 ②負荷変化速度の向上 ③最低負荷の一層の低減などが考えられるが、プラントのFlexibility向上を図るには、その他にプラント全体に関わる課題が存在する。例えば、負荷変化速度の向上には、ミルなど給炭系の制御技術や蒸気タービンサイドの蒸気系制御技術に関わる課題などがある。〔佐藤委員〕

・優位性のある国産技術の海外展開に資する最先端の技術開発分野に優先的に取り組んでいただきたい。例えば、本年度の主な対象事業にもなっている高効率発電は、わが国の企業群が、素材の開発・製造・加工、部品・部材の設計・製造、プラントの設計・施工・運営、メンテナンス、改良などを一貫体制で実施でき、また、国内での新增設やリプレース需要だけでなく、市場規模がきわめて大きい海外での事業展開も期待できるだけに、今後も、国が主導して技術開発を推進していただきたい。〔伊藤委員〕

・日本のビームやレーザを使った最新の評価技術を駆使して、材料開発の成果を確かめることができる。評価することが出来れば、そこに進歩する方法が見つかる。基礎的開発はこの評価が大きなコストになるが必要です。

機械工学，電気工学，情報工学などの大きな進歩が総合的に組み合わせられて大きな進

歩になる。

その分野の専門家ばかりではなく、異分野との交流が思わぬ発展のもとになる。例えば、化学工学が加われば、電気は貯蔵しにくいので水素やアンモニアとかの化学物質にかえて貯蔵と輸送するのはいいかなと思っている。〔嶋田委員〕

- ・次世代型双方向通信出力制御実証事業に関連して、電力関連の製造メーカー側の開発ニーズではなく、もっとユーザー（例えば工場の電力管理者）の意見、評価を入れるべきである。エネルギー消費は主に熱と電気であるから、マイクログリッドも各家庭で発電して排熱も利用すれば総合効率はずっと良くなる。

〔嶋田委員〕

【技術に関する事業】（※提言があった事業について記載。）

（B1 1700℃級ガスタービン実証事業）

タービンなどの寿命がメンテナンスコストを決めるので効率ばかり追わないで総合的に捉える必要がある。オリジナルな技術が1つでも必要である。特許作戦で差を付ける。そして、国際プロジェクト化して日本はリーダーとなること。

【各委員の提言】

- ・タービンなどの寿命がメンテナンスコストを決めるので効率ばかり追わないで総合的に捉える必要がある。オリジナルな技術が1つでも必要である。特許作戦で差を付ける。そして、国際プロジェクト化して日本はリーダーとなること。〔嶋田委員〕

（D 次世代型双方向通信出力制御実証事業）

産官学の様々な実施者によるオープンイノベーションの促進、公的資金による研究の成果は公共財であるとの認識による成果・データに対するオープンアクセスの提供などの実現を期待する。

【各委員の提言】

- ・産官学の様々な実施者によるオープンイノベーションの促進、公的資金による研究の成果は公共財であるとの認識による成果・データに対するオープンアクセスの提供などの実現を期待します。〔安芸委員〕

（E 太陽光発電出力予測技術開発実証事業）

産官学の様々な実施者によるオープンイノベーションの促進、公的資金による研究の成果は公共財であるとの認識による成果・データに対するオープンアクセスの提供などの実現を期待する。

【各委員の提言】

- ・産官学の様々な実施者によるオープンイノベーションの促進、公的資金による研究の成果は公共財であるとの認識による成果・データに対するオープンアクセスの提供などの実現を期待します。〔安芸委員〕



## 第7章 評点法による評点結果

## 第 7 章 評点法による評点結果

「次世代電力供給システム分野」に係る技術に関する施策・事業評価の実施に併せて、以下に基づき、本評価検討会委員による「評点法による評価」を実施した。その結果は「3. 評点結果」のとおりである。

### 1. 趣 旨

評点法による評価については、産業技術審議会評価部会の下で平成 11 年度に評価を行った研究開発事業（39 プロジェクト）について「試行」を行い、本格的導入の是非について評価部会において検討を行ってきたところである。その結果、第 9 回評価部会（平成 12 年 5 月 12 日開催）において、評価手法としての評点法について、

(1) 数値での提示は評価結果の全体的傾向の把握に有効である、

(2) 個々のプロジェクト毎に評価者は異なっても相対評価はある程度可能である、との判断がなされ、これを受けて今後のプロジェクト評価において評点法による評価を行っていくことが確認されている。

また、平成 21 年 3 月 31 日に改定された「経済産業省技術評価指針」においても、プロジェクト評価の実施に当たって、評点法の活用による評価の定量化を行うことが規定されている。

これらを踏まえ、プロジェクトの中間・事後評価においては、

(1) 評価結果をできる限りわかりやすく提示すること、

(2) プロジェクト間の相対評価がある程度可能となるようにすること、

を目的として、評価委員全員による評点法による評価を実施することとする。

本評点法は、各評価委員の概括的な判断に基づき点数による評価を行うもので、評価報告書を取りまとめる際の議論の参考に供するとともに、それ自体評価報告書を補足する資料とする。また、評点法は研究開発制度評価にも活用する。

### 2. 評価方法

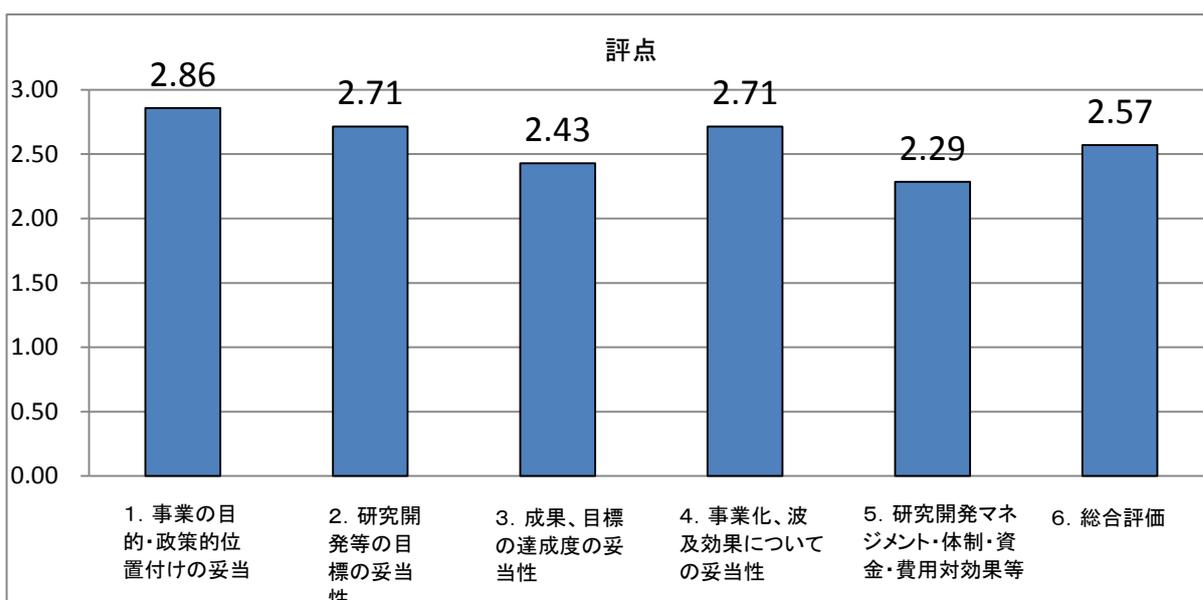
- ・各項目ごとに 4 段階（A（優）、B（良）、C（可）、D（不可）〈a, b, c, d も同様〉）で評価する。
- ・4 段階はそれぞれ、 $A(a) = 3$  点、 $B(b) = 2$  点、 $C(c) = 1$  点、 $D(d) = 0$  点に該当する。
- ・評価シートの記入に際しては、評価シートの《判定基準》に示された基準を参照し、該当と思われる段階に○を付ける。
- ・大項目（A, B, C, D）及び小項目（a, b, c, d）は、それぞれ別に評点を付ける。
- ・総合評価は、各項目の評点とは別に、プロジェクト全体に総合点を付ける。

### 3. 評点結果

#### 評点法による評点結果

(A1 1700°C級ガスタービン実用化技術開発事業)

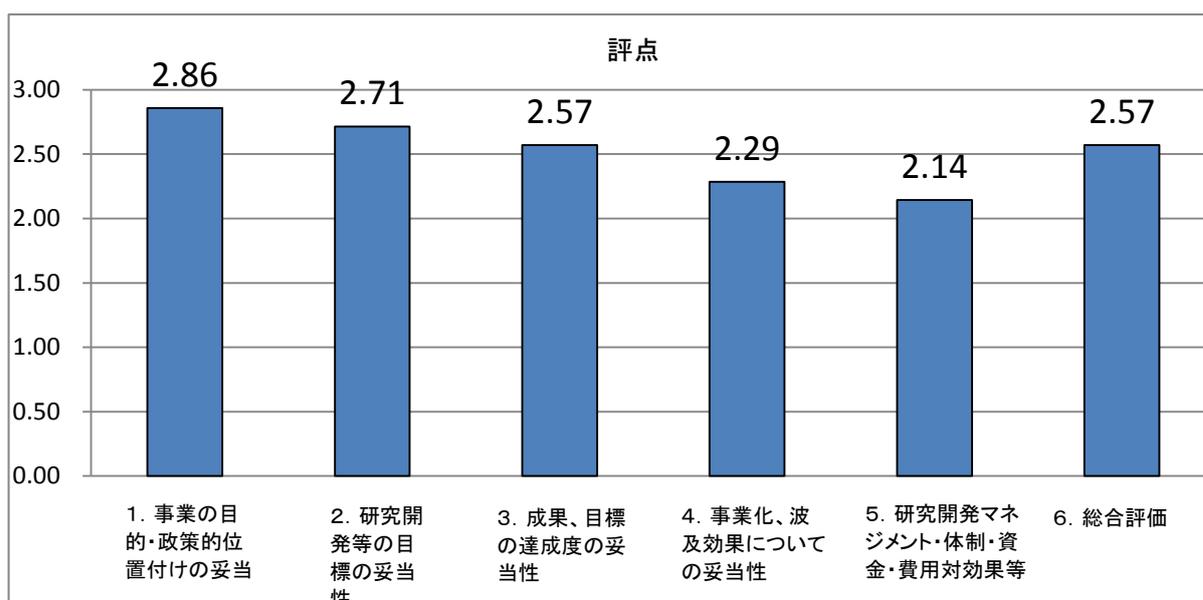
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.86	3	2	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.71	2	3	3	3	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.43	2	2	3	3	3	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.71	3	3	3	3	3	2	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
6. 総合評価	2.57	3	2	3	3	3	2	2



## 評点法による評点結果

### (A2 高湿分空気利用ガスタービン実用化技術開発事業)

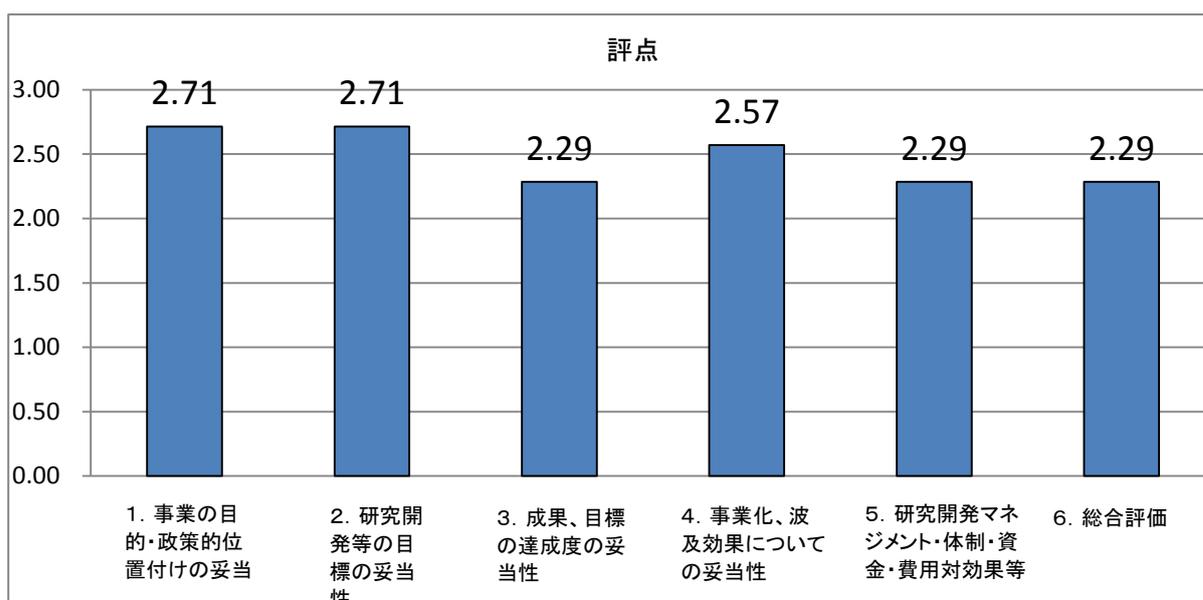
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.86	3	3	3	3	3	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.71	2	3	3	3	3	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.57	2	2	3	3	3	2	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.29	3	2	3	3	2	1	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.14	2	2	3	3	2	1	2
6. 総合評価	2.57	3	2	3	3	3	2	2



## 評点法による評点結果

(B1 1700°C級ガスタービン実用化技術開発事業)

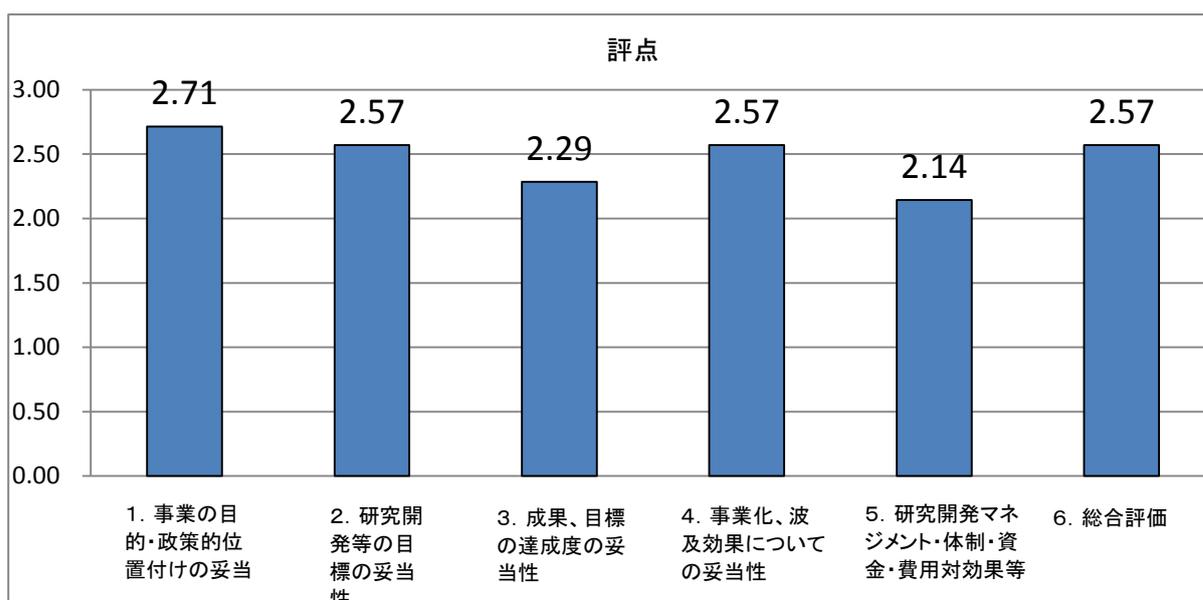
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.71	2	2	3	3	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.71	2	3	3	3	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.57	3	3	3	3	2	2	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
6. 総合評価	2.29	2	2	3	3	2	2	2



## 評点法による評点結果

### (B2 高湿分空気利用ガスタービン実証事業)

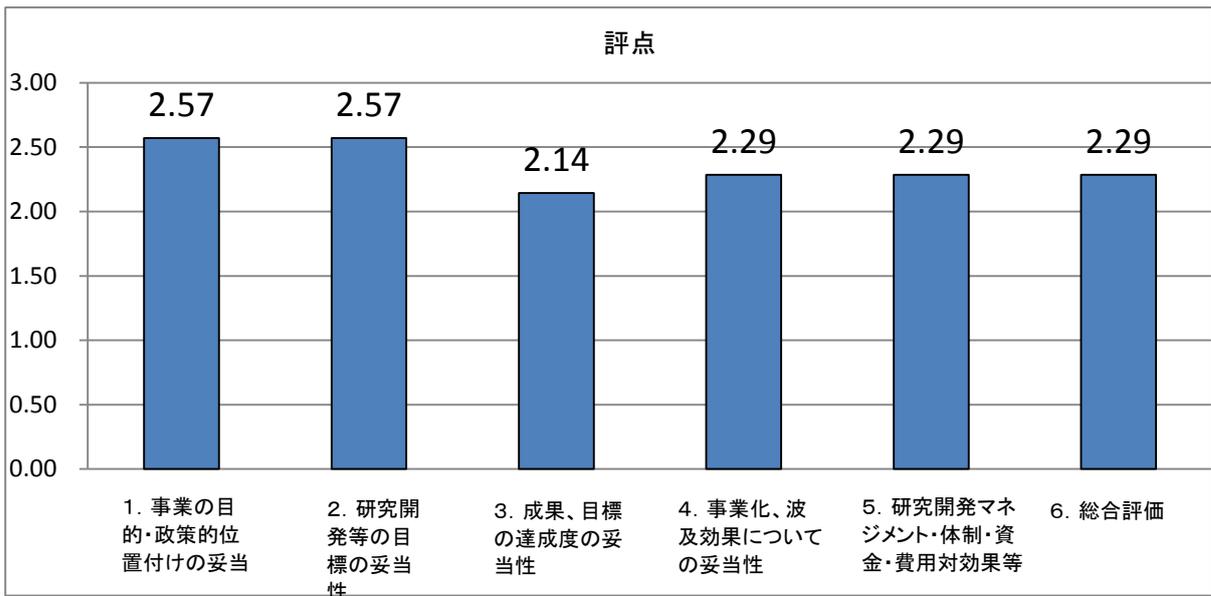
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.71	2	3	3	3	3	2	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.57	2	3	3	3	3	2	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.57	3	3	3	3	2	1	3
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.14	2	2	3	3	2	1	2
6. 総合評価	2.57	2	3	3	3	2	2	3



評点法による評点結果

(C 先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発事業)

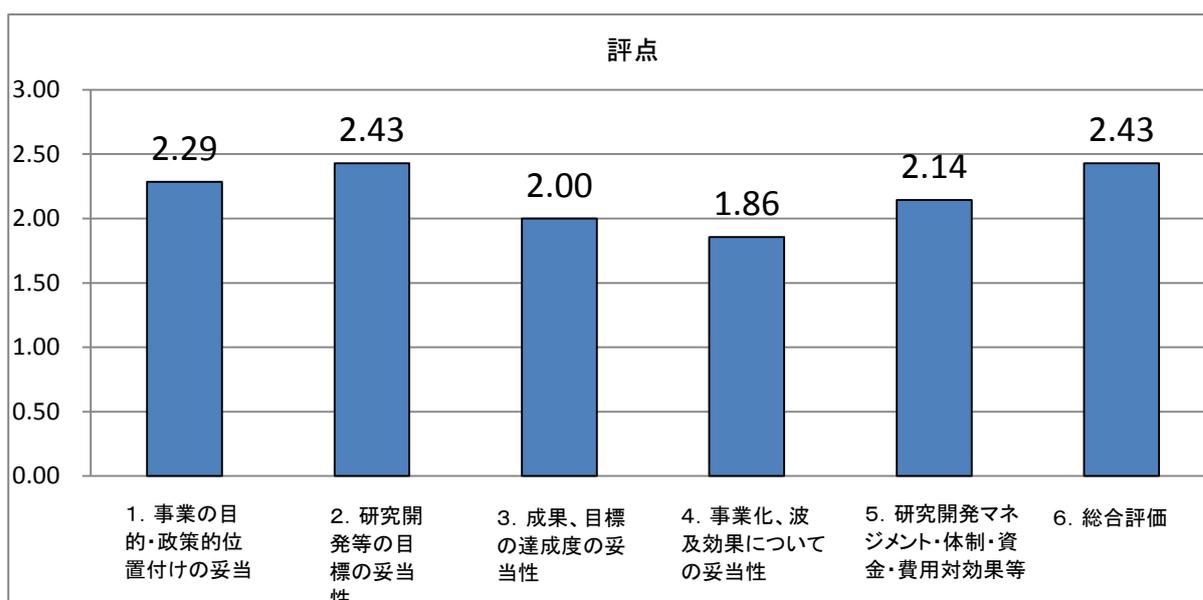
	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.57	2	2	3	3	3	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.57	2	2	3	3	3	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.14	2	2	3	2	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.29	2	2	3	3	2	2	2
6. 総合評価	2.29	2	2	3	3	2	2	2



## 評点法による評点結果

### (D 次世代型双方向通信出力制御実証事業)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.29	3	2	2	3	2	3	1
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.43	3	1	3	3	2	3	2
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.00	3	1	3	2	2	2	1
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.86	2	2	2	3	1	2	1
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	2.14	2	1	3	3	2	3	1
6. 総合評価	2.43	3	2	3	3	2	3	1



## 評点法による評点結果

### (E 太陽光発電出力予測技術開発実証事業)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員	F 委員	G 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.43	3	2	3	2	2	3	2
2. 研究開発等の目標の妥当性	1.86	2	1	2	2	2	3	1
3. 成果、目標の達成度の妥当性	1.86	2	1	2	2	2	2	2
4. 事業化、波及効果についての妥当性	1.86	2	2	2	3	1	2	1
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	2.00	2	2	3	2	1	3	1
6. 総合評価	2.00	2	2	2	2	2	3	1

