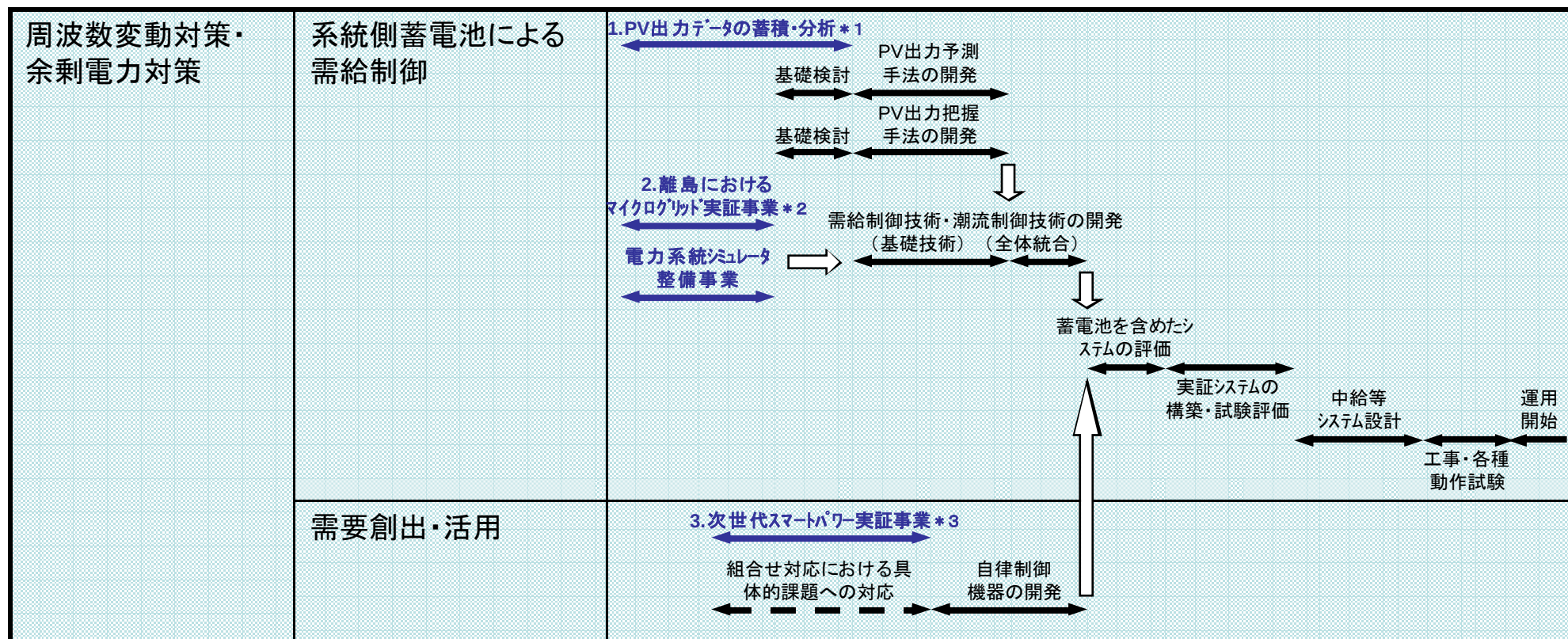


実証事業への取り組み

～ 次世代送配電ネットワーク構築に向けた実証事業の進捗について ～

2010年12月27日
電気事業連合会

次世代送配電ネットワーク構築に向けたロードマップ(抜粋)



* 1 分散型新エネルギー大量導入促進系統安定対策事業(2009年度～)

太陽光発電の大量導入に備え、全国300箇所程度で太陽光発電の出力変動や平滑化効果等について、実測データに基づく分析・評価を行う事業。

* 2 離島独立型系統新エネルギー導入実証事業(2009年度～)

独立した電力系統の離島において、太陽光発電設備等を大量に導入した場合に発生する影響を把握し、系統安定化対策を検討するために、系統規模の異なる離島へ太陽光発電設備や蓄電池を設置し、周波数対策などの実証試験を行う事業。

* 3 次世代送配電系統最適制御技術実証事業(2010年度～)

太陽光発電の大量導入時の課題【①周波数調整不足(余剰電力の低減)、②電圧上昇】を軽減するため、系統側の状況に応じて需要側を最適に制御するためのスマートインターフェースの開発・検証や新たな配電系統の電圧制御の方式開発と検証を行う実証事業。

1 分散型新エネルギー大量導入促進 系統安定対策事業の進捗状況

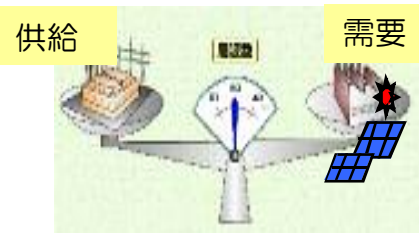
事業の背景及び目的

- 低炭素電力供給システムに関する研究会(2009.7)では、電力の安定供給を維持しつつ太陽光発電の大量導入を進めていくための課題の一つとして、「周波数調整面」での分析・評価が位置づけられた。

背景

- 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必要。
- 需要変動に対して、火力等の発電量を細かく調整し周波数を維持

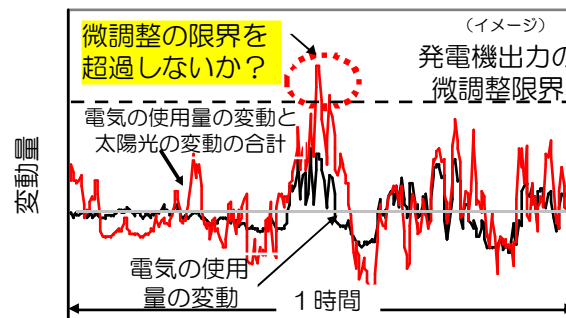
- 大量の太陽光発電が導入されると、太陽光発電の出力変動が加わり、トータルの変動量が拡大するため、電力の安定供給を維持するための技術開発が必要
- しかし、太陽光発電出力変動に関する知見が十分ではない



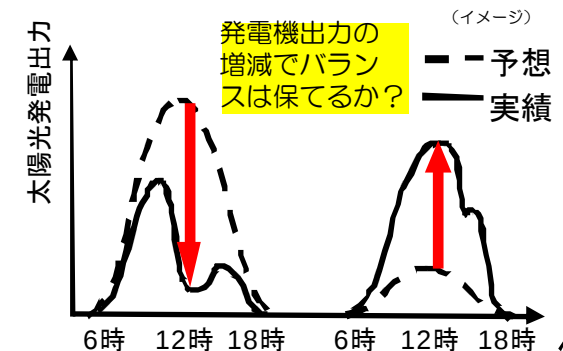
太陽光発電の出力変動により、周波数調整面(短周期・長周期)に影響の恐れ



短周期変動



長周期変動



目的

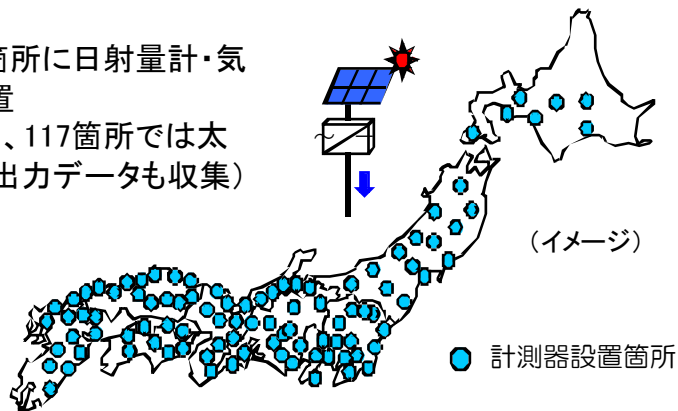
太陽光大量導入時の系統安定化検討に必要な①太陽光発電出力等のデータ収集・蓄積、②データ分析・評価を実施。

事業の概要

○ 電力10社では、国の補助を得ながら、太陽光発電大量導入時の系統安定化検討に必要な、太陽光発電の出力変動に関する研究を実施。

① 太陽光発電出力等のデータ収集・蓄積

全国321箇所に日射量計・気温計を設置
(このうち、117箇所では太陽光発電出力データも収集)



全天日射量計



気温計

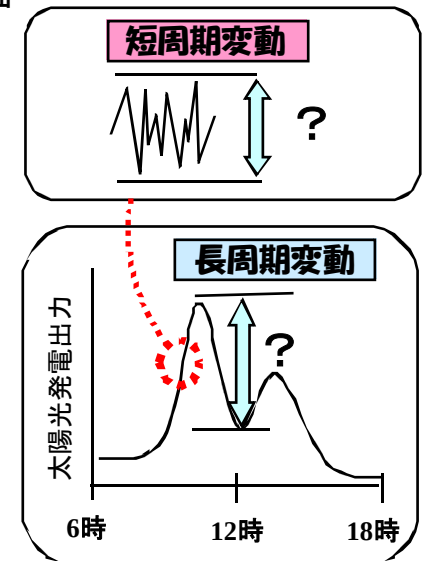
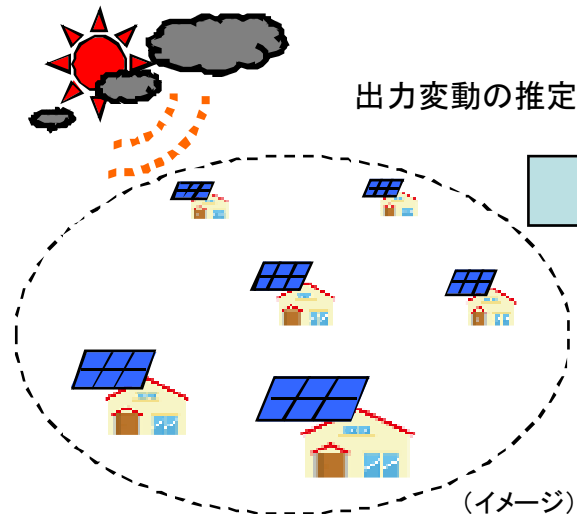


太陽光発電出力

※写真はメーカーホームページから引用

② データ分析・評価

- ・太陽光発電出力変動と平滑化効果の分析
- ・太陽光発電出力変動の推定手法の検討
- ・太陽光発電出力変動の推定・評価



○ スケジュール

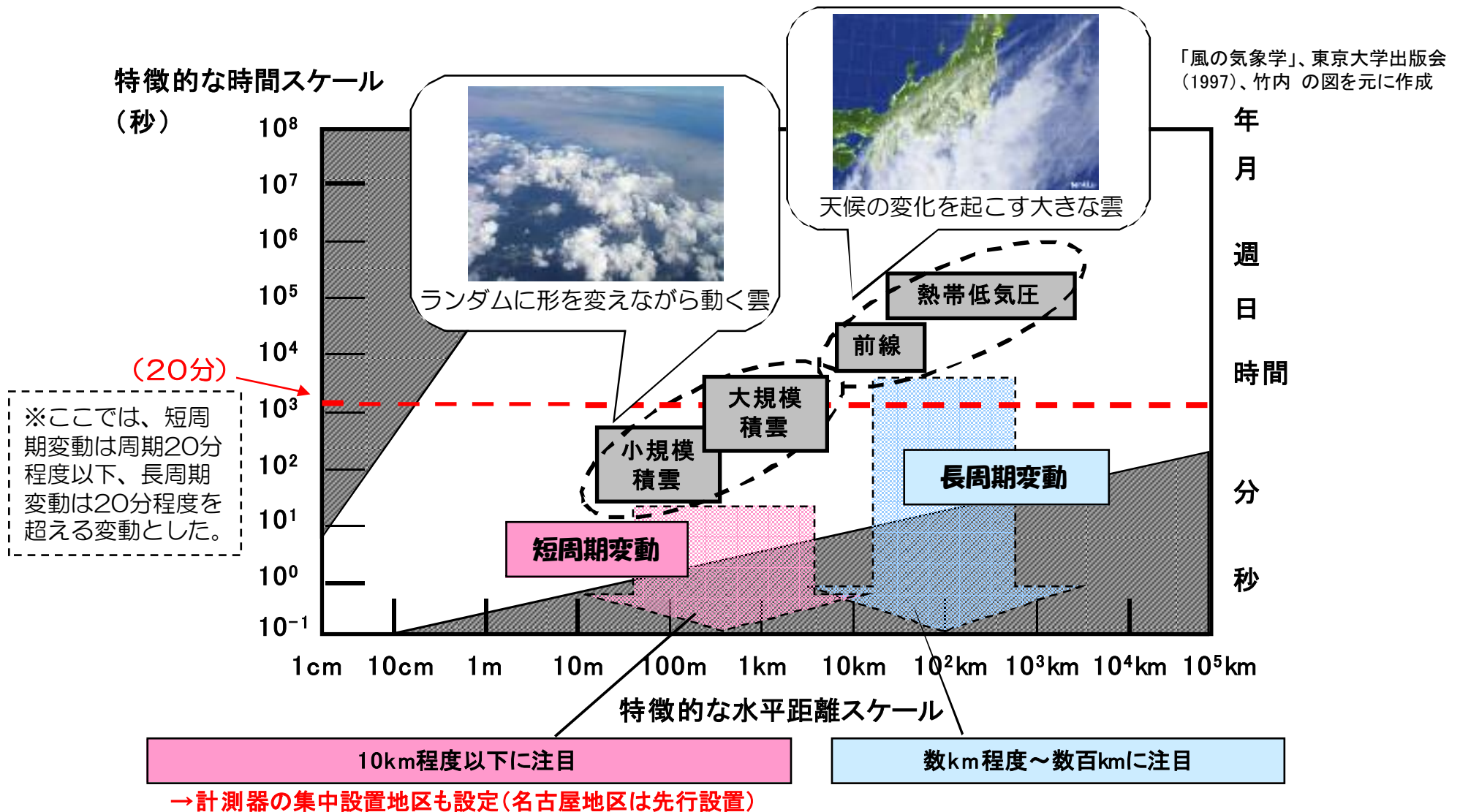
	2009年度	2010年度	2011年度
(計測器設置)	■		
データ収集・蓄積	■	■	■
データ分析・評価		■	■
	中間報告△	中間報告△	最終報告△

○ 成果の適用

- ・太陽光大量導入時の電力系統へ与える影響評価
- ・太陽光発電出力の把握、予測技術
- ・需給運用システムの開発 等

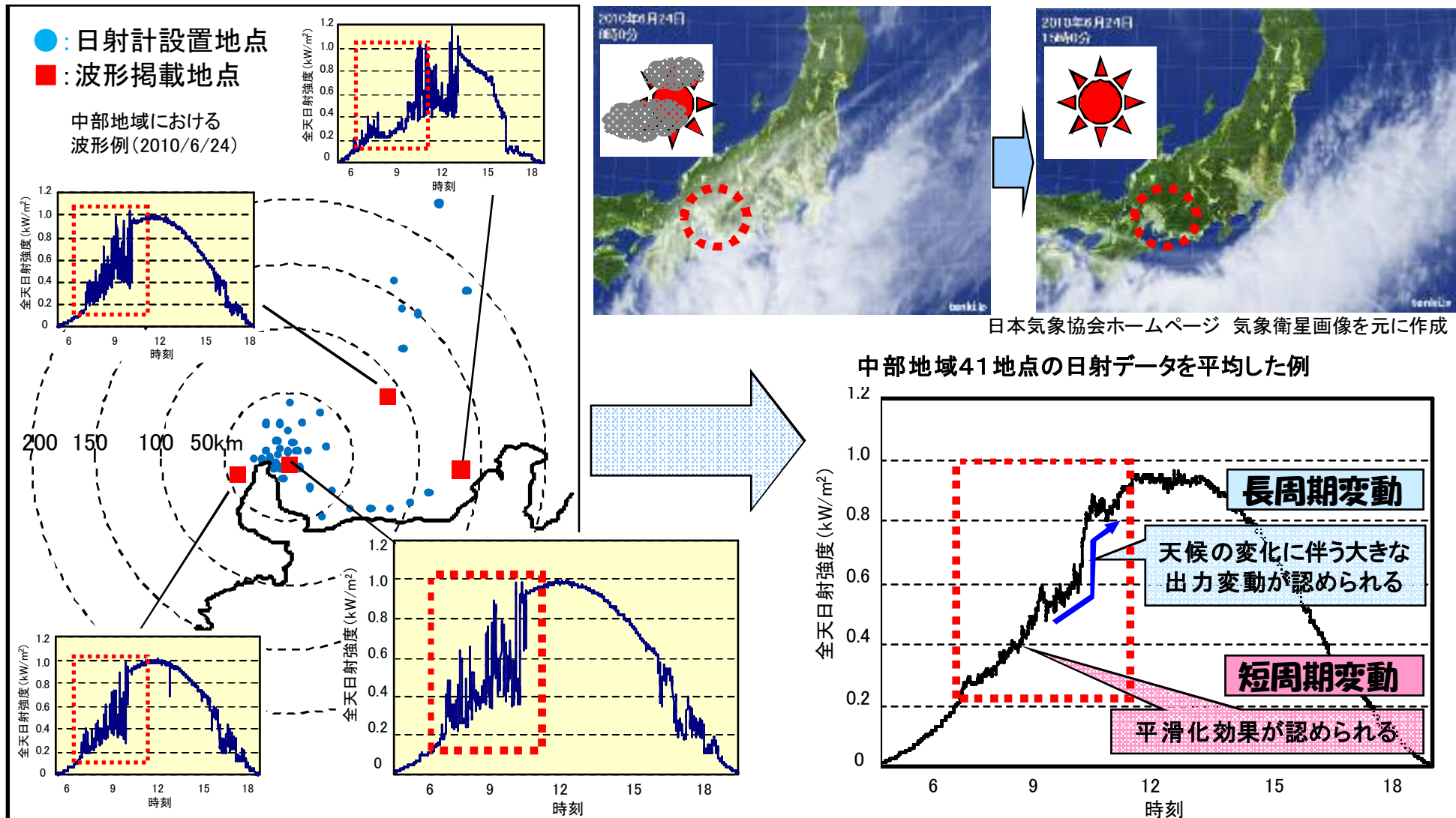
太陽光発電出力変動の分析概要

○ 気象学によれば、雲の種類や、その雲が影響を及ぼす範囲は、短周期変動は10km程度以下、長周期変動は数km～数百kmの範囲に概ね相当する。これに着目してデータを蓄積・分析。



太陽光発電の出力変動と平滑化効果の事例

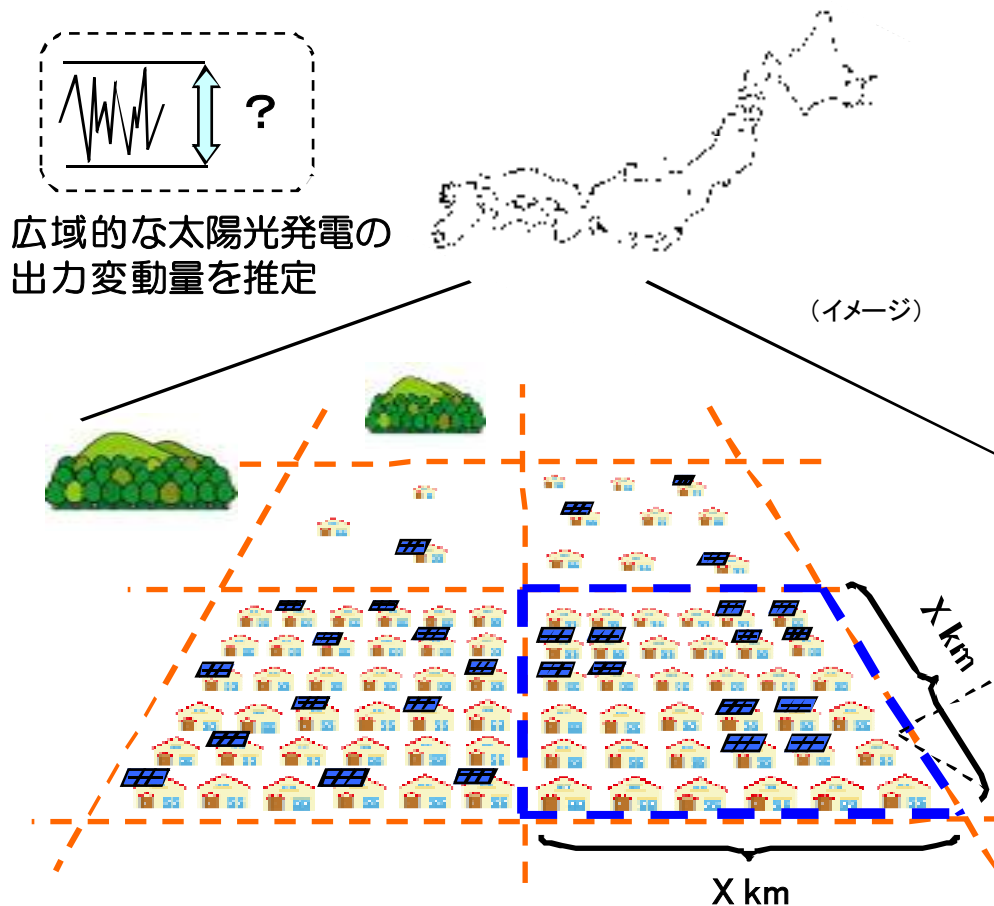
- 太陽光発電の出力変動は、広域的に合計すれば変動率が小さくなるという平滑化効果が予想される。
- 先行設置した名古屋地区のデータにより、一定の平滑化効果が確認できている。



短周期変動

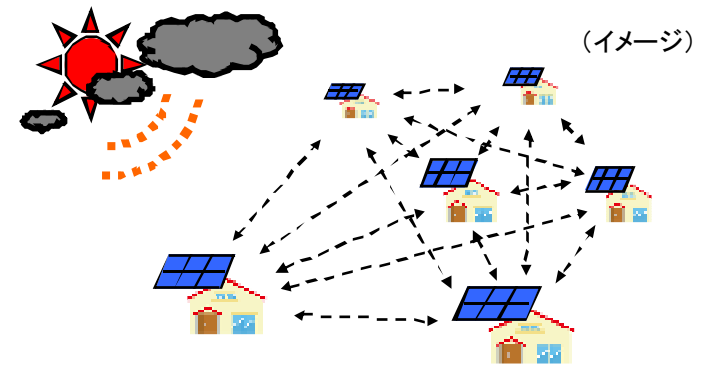
太陽光発電出力変動の推定手法の概要

- 太陽光発電出力の短周期変動に対して需給調整を行うためには、広域的に見た出力変動量を推定する必要がある。
- 今回、ランダムな雲の動きに着目した推定手法の考案に向け検討。



太陽光発電設備の分布を仮定し、小規模のブロック(X km四方)毎に変動量を算出。それを統計的に合計。

推定の基本となる分析(変動のモデル化)



①ブロックサイズの選定 ※現在分析中(参考1)

個々の太陽光発電出力(日射量)変動と、それらの相関を分析し、変動の相関がないと見なす距離(X km、ブロックサイズ)を選定

②ブロック内変動率の算定 ※現在分析中(参考2)

Xkm四方(ブロック)内にある太陽光発電設備の出力変動率を算定

→ 集中設置地区のデータ(GWを含む春季など)により、ブロックサイズ、ブロック内の変動率について試算値が得られ、変動モデルの大枠を把握。

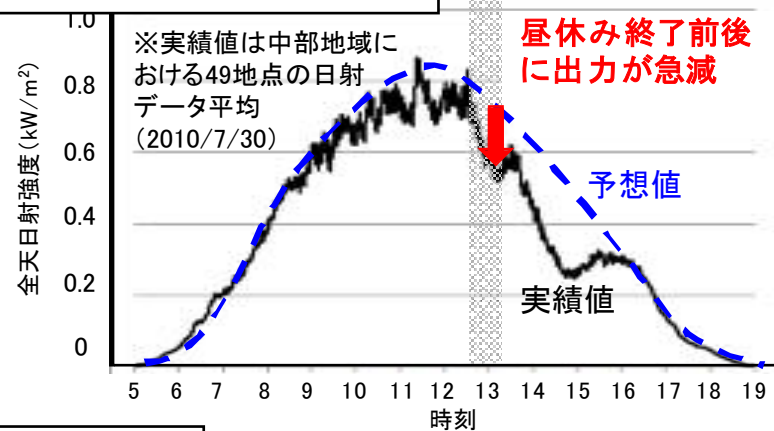
長周期変動

太陽光発電出力変動の推定手法の概要

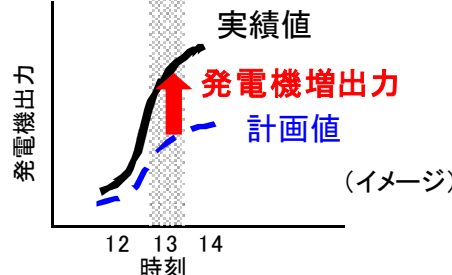
- 太陽光発電出力の長周期変動に対して需給調整を行うためには、天候変化による出力変動量を広域的に推定する必要がある。
- 需給調整への影響を評価するために、変動の大きさと速度の観点から分析を実施する計画。

分析に必要な観点

太陽光発電出力(日射強度)



発電機出力

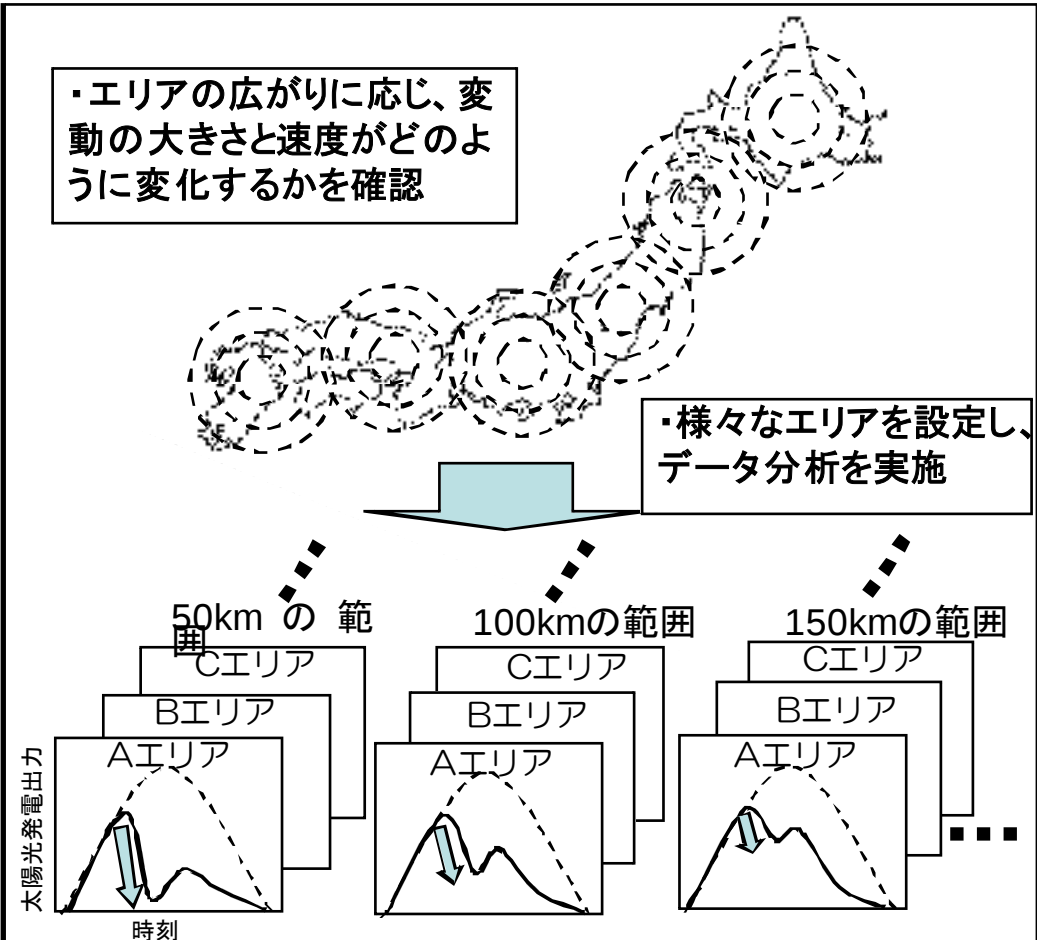


例えば、午前や昼休み終了前後の『需要が増加する時間帯』に太陽光発電出力が急減する場合には、通常の需要増への対応に加えて、更に発電機の増出力が必要となる。

分析のイメージ

・エリアの広がりに応じ、変動の大きさと速度がどのように変化するかを確認

・様々なエリアを設定し、データ分析を実施



まとめと今後の対応

本事業では、太陽光発電大量導入時における系統安定化検討に必要な、太陽光発電の出力変動に関する研究を実施。

短周期変動

まとめ

- ・広域的な太陽光発電の出力変動を推定する一手法の考案に向け、出力変動と平滑化効果のモデル化を検討。
- ・GWを含む春季など(2010年、名古屋地区)のデータ分析により、短周期変動について一定の平滑化効果を確認。また、ブロックサイズ、ブロック内の変動率について試算値が得られ、変動モデルの大枠を把握。

今後の対応

- ・データ蓄積・分析を継続するとともに、推定手法の合理性についても検証を進める。

長周期変動

まとめ

- ・太陽光発電出力変動の推定に向け、分析手法を整理。

今後の対応

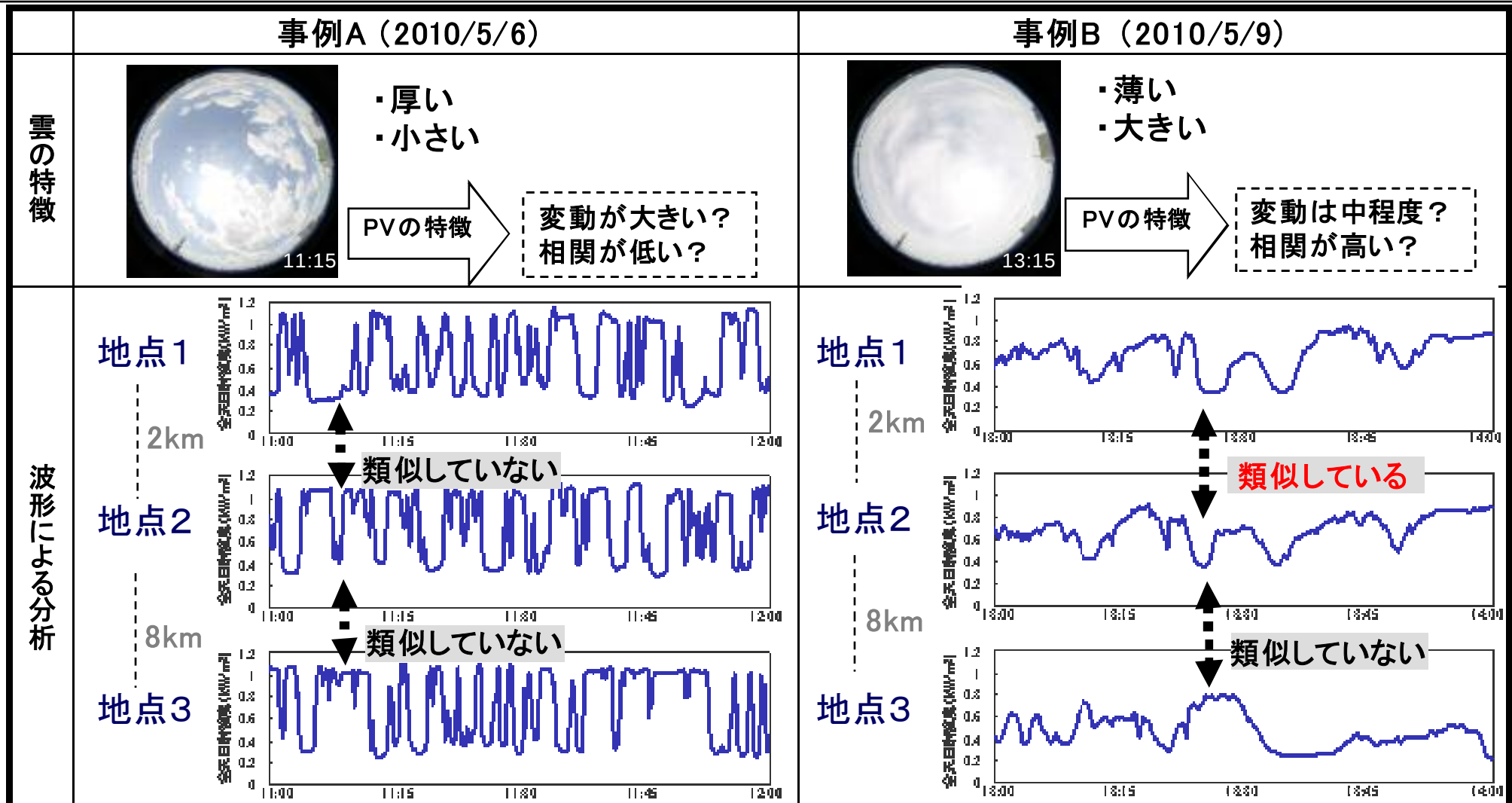
- ・全国への日射量計の設置が完了したため、データ分析に着手。分析にあたっては、今後の出力把握・予測技術の開発に資するよう進める。

参考1

太陽光発電出力変動のモデル化 ①ブロックサイズの選定例

短周期変動

- 個々の発電出力の相関がないと見なす距離(ブロックサイズ)の選定は、大量導入時の変動量推定のポイントの一つであり、年間データによる日(天気)、季節、地域差などに関する継続的な分析が必要。
- 快晴時に雲が流れるなど、太陽光発電出力変動が大きくなる日を中心に、出力変動の大きさや相関を分析。



・ 2010年GWなど春季(名古屋地区)の詳細分析(パワースペクトル分析)によれば、10km程度であれば十分に相関が低かった

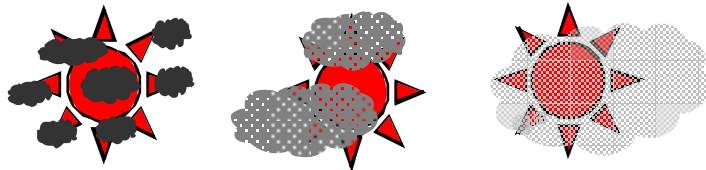
参考2

太陽光発電出力変動のモデル化 ②ブロック内変動率の算定例 **短周期変動**

○ ブロックサイズの選定と同様、ブロック内変動率の算定も変動モデルの構築で重要な検討事項であり、年間データによる日(天気)、季節、地域差などに関する継続的な分析が必要。

ブロック内変動率に影響を及ぼす要因

日(天気)



季節



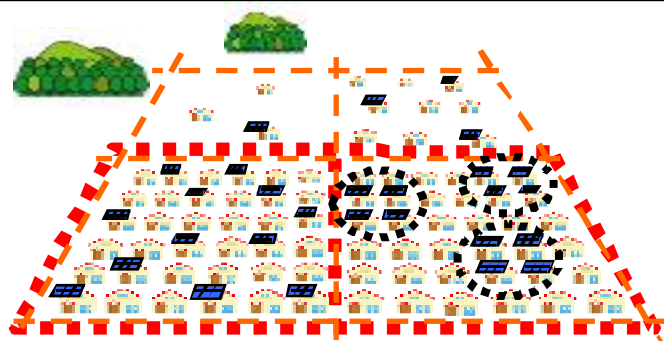
春

夏

秋

冬

太陽光発電の分布



分散

密集

- ・複数の分析方法(出力変動の幅、パワースペクトル)で変動率を算出
- ・分析結果に地域差がないか確認が必要

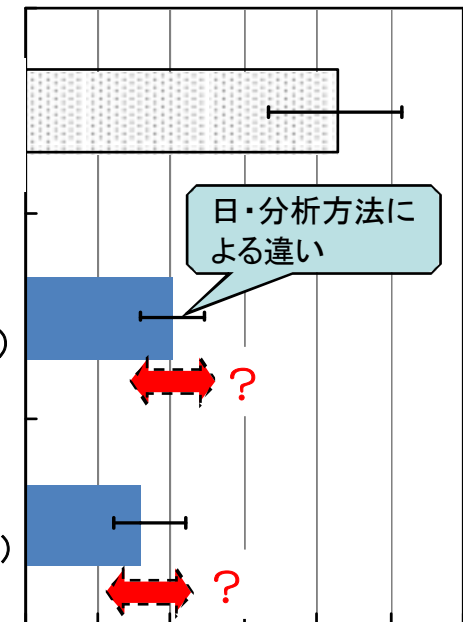
ブロック内変動率の算定例

2010年GW期、名古屋地区で変動の大きかった日
(4/17、4/30、5/6、5/9)を分析
※ブロックサイズを10km四方と仮定

【参考】
1 地点集中
(平滑化効果ゼロ)

密集
(平滑化効果小)

分散
(平滑化効果大)



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2

ブロック内太陽光発電出力変動率(pu)

- ・日、分析方法、太陽光発電の集中度合いにより変動率が変わる
- 年間データによる分析が必要

2 離島独立型系統新エネルギー 導入実証事業の進捗状況

事業の背景及び目的

○ 背景

環境問題への対応

- ◆ 低炭素社会実現に向けた、電力供給システムの低炭素化の社会的要請

離島における電力供給の特徴

- ◆ 内燃力(ディーゼル)発電による、高い発電コスト
- ◆ 本土の電力系統から独立した小規模系統

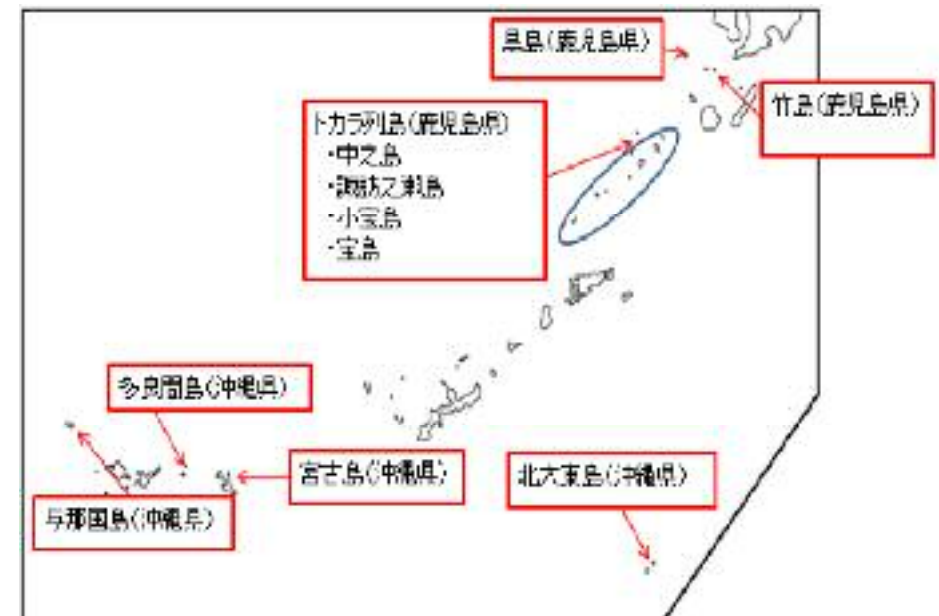
エネルギーセキュリティ

- ◆ 石油燃料資源の枯渇、入手困難化の可能性

離島の独立した電力系統において、太陽光発電などの新エネルギーを大量導入した場合の課題を解決し、離島のCO2排出量削減と発電コスト低減を図ることが必要。

○ 目的

- 離島の独立した電力系統において、太陽光発電設備等を大量に導入した場合に発生する影響を把握し、系統安定化対策を検討するため、需要家への安定供給を確保しつつ、必要な設備を導入し、実際の電力系統にて実証試験を行う。



事業の概要（１）

離島独立型系統新エネルギー導入実証事業（九州電力㈱・沖縄電力㈱）

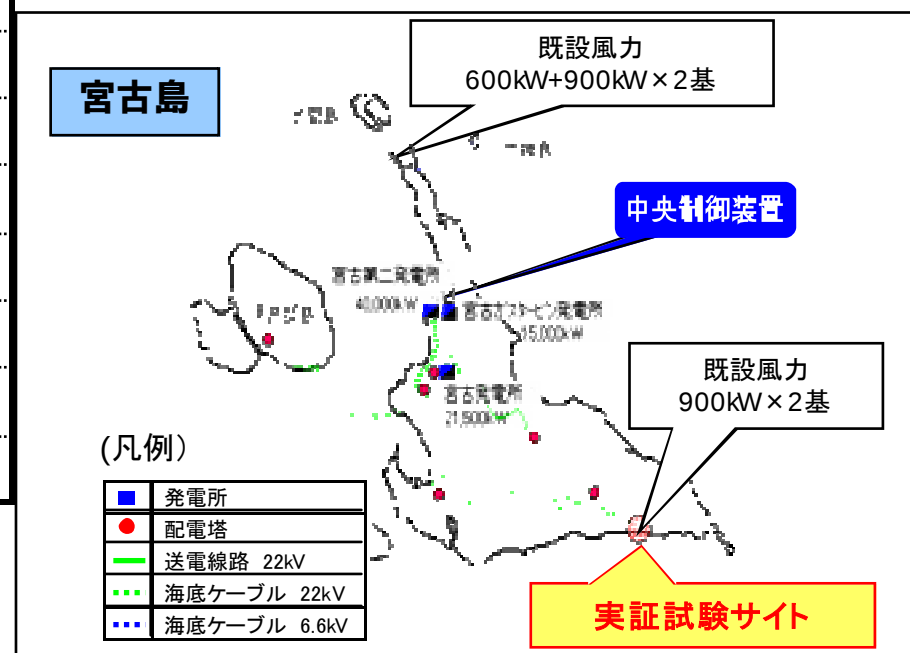
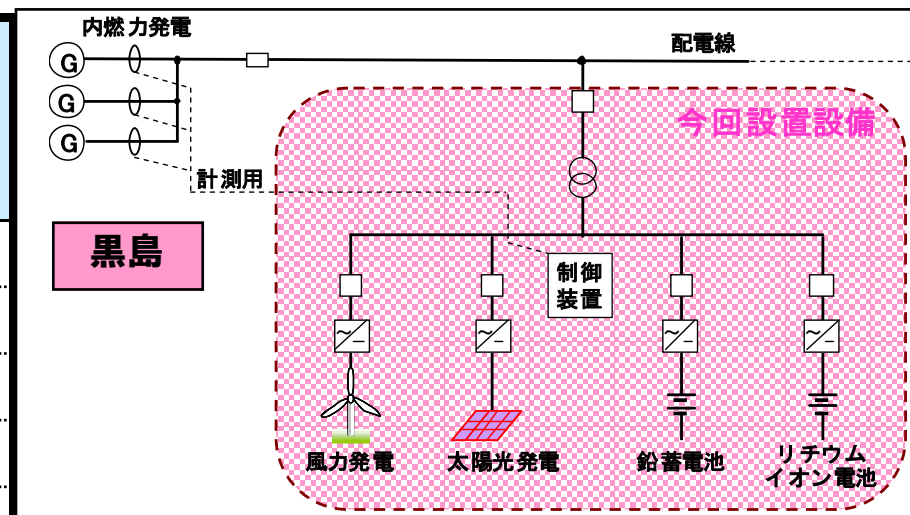
15

- 九州電力（株）及び沖縄電力（株）では、系統規模が異なる合計10離島へ太陽光発電設備を導入し、複数の系統安定化手法について実証試験を行い、効果的な系統安定化対策についての知見を得る。

実施場所	最大需要 (kW)	導入設備		既設風力/ 太陽光 (kW)	太陽光発電 導入比率 (%)※1
		太陽光 (kW)	風力 (kW)		
九州（6島）					
黒 島	193	60	10	—	31
竹 島	83	7.5	—	—	9
中之島	193	15	—	—	8
諏訪之瀬島	78	10	—	—	13
小宝島	71	7.5	—	—	11
宝 島	125	10	—	—	8
沖縄（4島）					
宮古島	50,000	4,000	—	4,200 風力	8
与那国島	2,160	150	—	1,200 風力	7
多良間島	1,160	250	—	280 風力	22
北大東島	860	100	—	40 太陽光	12※2

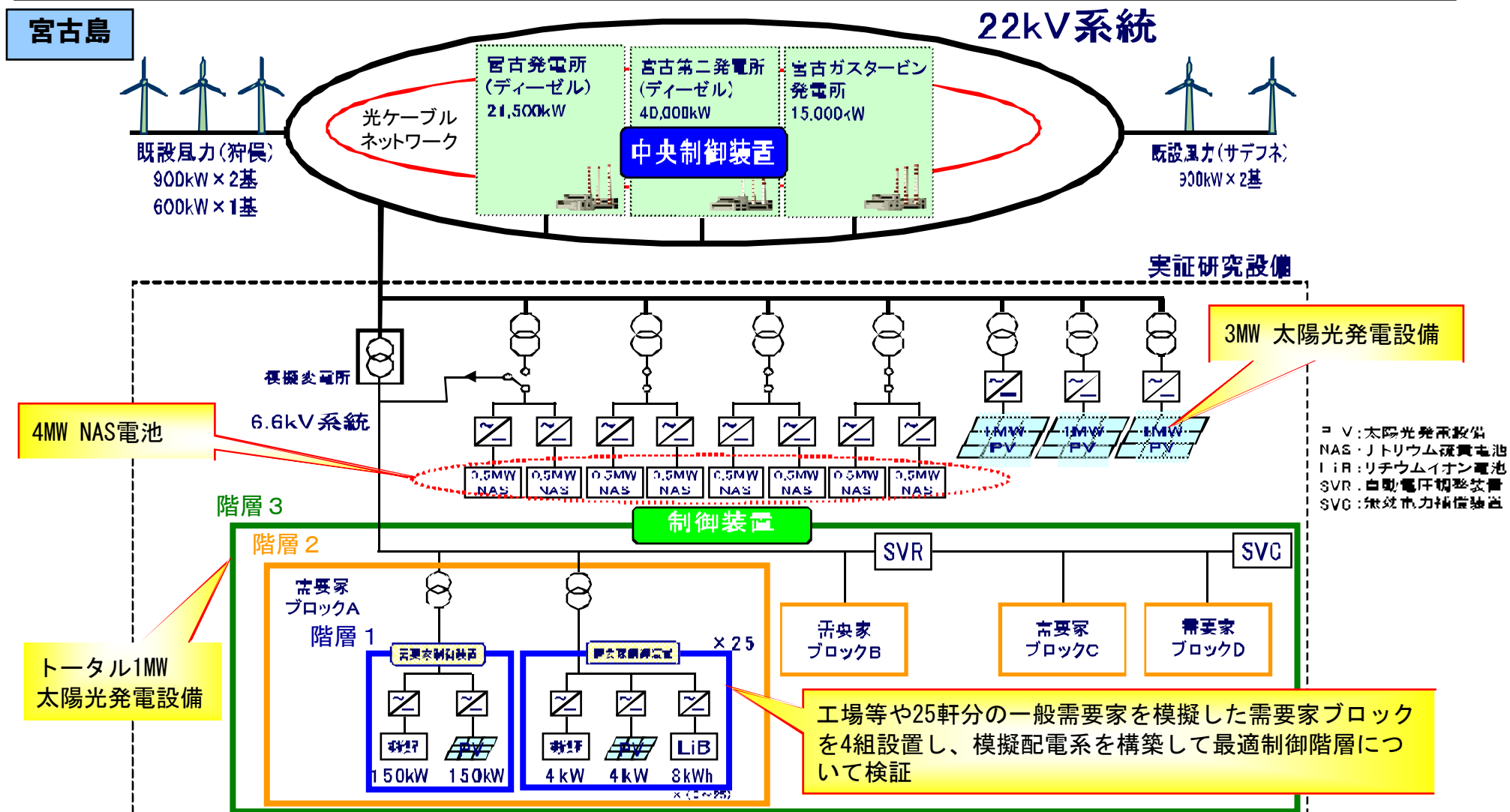
※1 太陽光発電導入比率：最大需要に対する太陽光発電導入量

※2 既設太陽光発電設備40kWを含めた場合16%



事業の概要 (2)

○ 宮古島においては、電力系統に不安定電源である太陽光発電設備4MWを導入し、蓄電装置であるNAS電池4MWを用いて系統安定化対策について検証する。



実証試験内容

- ① **太陽光発電の出力変動補償効果の検証** 九州 竹島、中之島、宝島 沖縄 宮古島
太陽光の急峻な短周期の出力変動を平滑化する制御機能および最適蓄電池容量の検証
- ② **太陽光発電の出力平準化効果の検証** 九州 諏訪之瀬島、小宝島
短周期に加え、長周期の出力変動を抑え平準化する制御機能及び最適蓄電池容量の検証
- ③ **太陽光発電出力の時間帯シフトの検証** 九州 黒島
昼間の太陽光発電出力の余剰分を蓄電池に充電し、夜間に放電する技術の検証。
- ④ **周波数変動抑制効果の検証** 沖縄 宮古島、与那国島、多良間島、北大東島
既存電源の周波数制御に加え、太陽光と蓄電池の組合せによる周波数調整機能(周波数制御を積極的に支援する手法)の検証及び最適蓄電池容量の検証
- ⑤ **太陽光発電設備のスケジュール運転の検証** 沖縄 宮古島
太陽光の予測手法を検討し、目標とする日の前の日に予測された太陽光発電結果及び蓄電池残容量から発電計画を作成し、計画に基づいた出力運転の実現及び最適蓄電池容量の検証
- ⑥ **模擬線路における最適制御階層の検証** 沖縄 宮古島
模擬の配電線路において、模擬配電線路に連系されている蓄電池と太陽光発電の最適制御階層に関する検証

事業の進捗状況

離島独立型系統新エネルギー導入実証事業(九州電力㈱・沖縄電力㈱)

18

○ 全島とも予定通り設備工事を完了し、現在、実証試験を実施中。

黒島実証サイト（九州電力）



宮古島実証サイト（沖縄電力）



○全体スケジュール（九州 沖縄）

	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
機器製作・設備工事		2010.3竣工 2010.10竣工			
①太陽光発電の出力変動補償効果の検証		系統影響評価	電池容量評価		
②太陽光発電の出力平準化効果の検証		系統影響評価	電池容量評価		
③太陽光発電出力の時間帯シフトの検証		系統影響評価			
④周波数変動抑制効果の検証		系統影響評価	電池容量評価		
⑤太陽光発電設備のスケジュール運転の検証			系統影響評価	電池容量評価	
⑥模擬線路における最適制御階層の検証			系統影響評価	電池容量評価	



宮古島実証サイト
NAS電池 500kWパッケージ

実証試験データの事例(1)

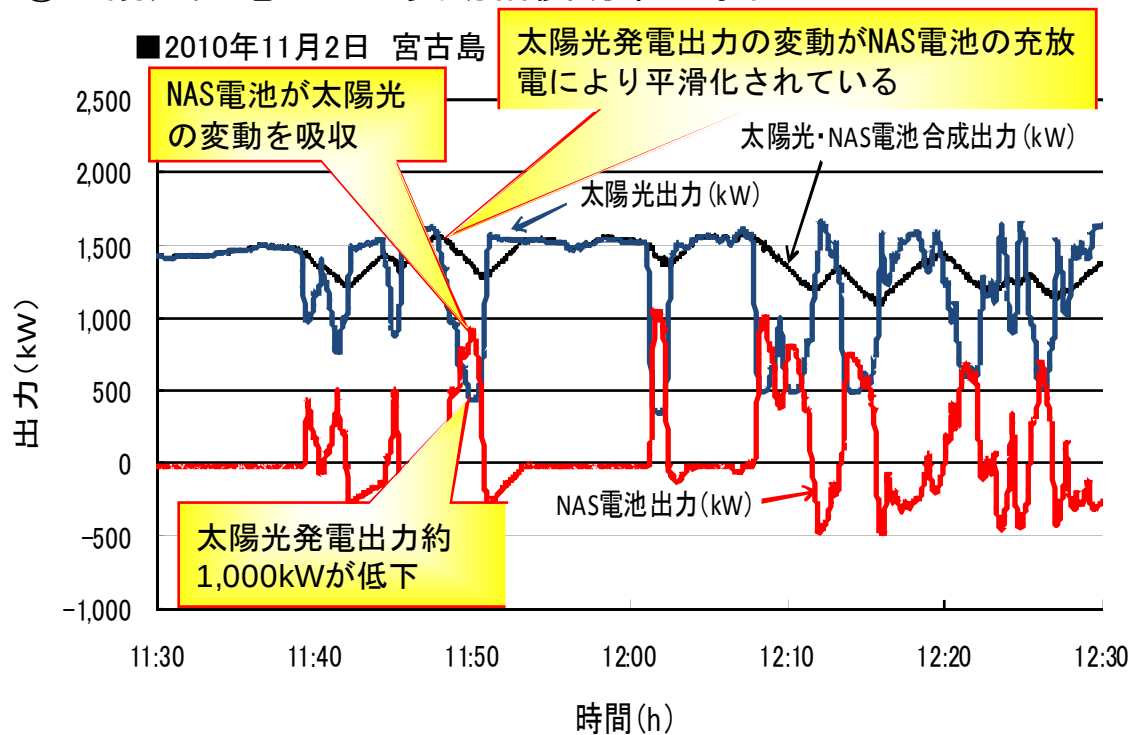
① 太陽光発電の出力変動補償効果の検証 **九州** **沖縄**

内燃力発電機の運転への影響を軽減するため、太陽光発電の出力変動の短周期成分を蓄電池の補償制御で緩和する制御機能を確認。(竹島、中之島、宝島、宮古島)

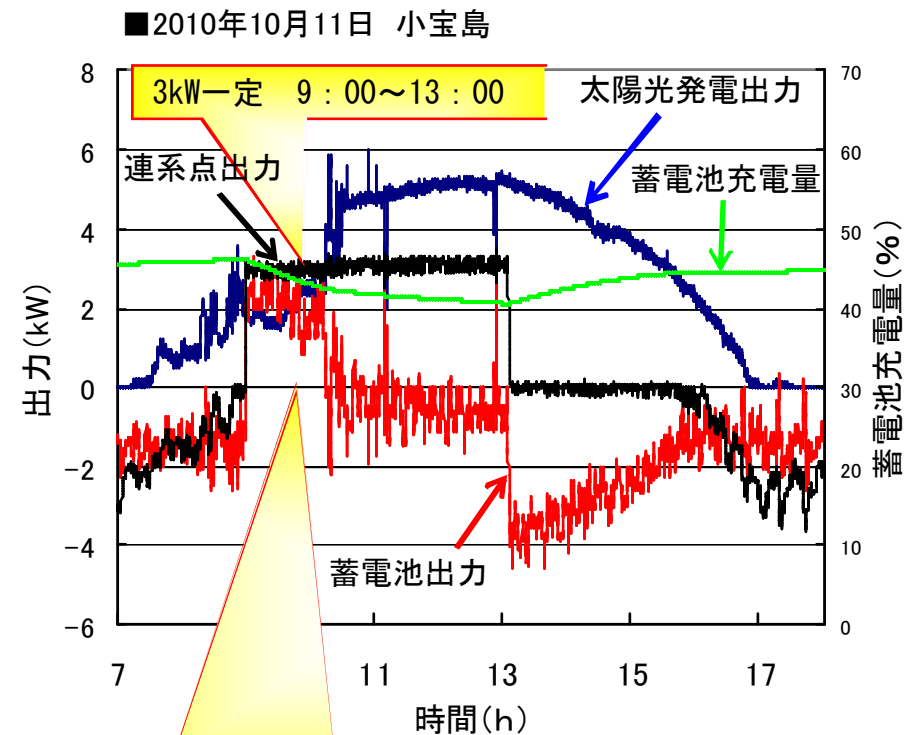
② 太陽光発電の出力平準化効果の検証 **九州**

長周期成分を含め出力変動全てを蓄電池で補償することにより、電力系統へ流れる電力を一定化して運転する機能を確認。(諏訪之瀬島、小宝島)

① 太陽光発電の出力変動補償効果の事例



② 太陽光発電の出力平準化制御の事例



天候によらず、所定のスケジュールに従い、連系点出力一定での運転を確認。

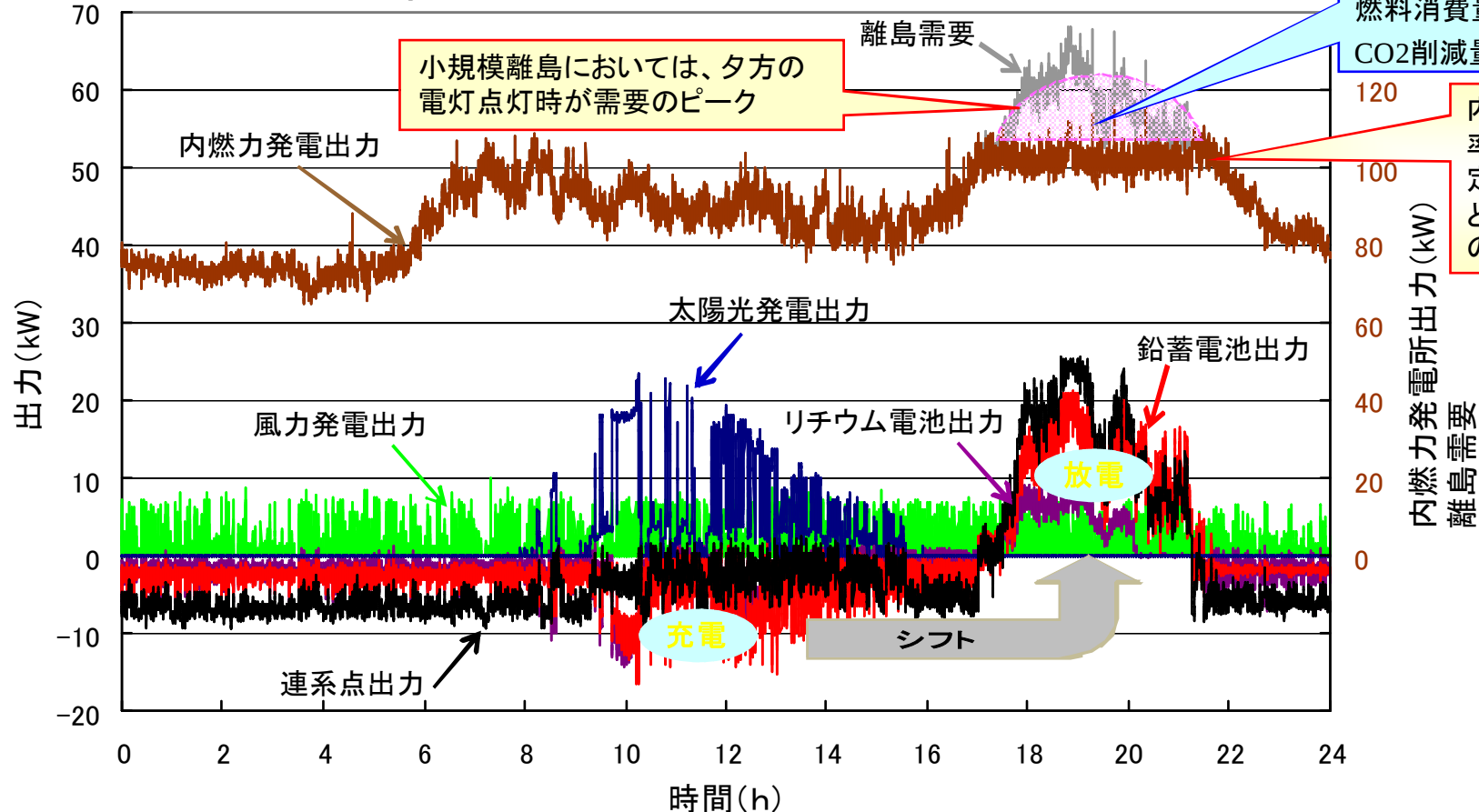
実証試験データの事例(2)

③ 太陽光発電出力の時間帯シフトの検証 **九州**

太陽光発電及び風力発電の発生電力を蓄電池により、時間をずらして出力することによる再生可能エネルギーの有効活用と、内燃力発電機の高効率運用により、燃料消費量削減、CO₂削減を可能とする制御機能を確認。(黒島)

③時間帯シフトによる内燃力発電機の高効率運転例

■2010年11月9日 黒島 (実証試験初期のため、太陽光発電を30kWに限定して運転)



当日の燃料削減効果の算定
(新エネルギー利用分)

燃料消費量: ▲40ℓ

CO₂削減量: ▲108 kg-CO₂

内燃力発電機を、効率のよい出力帯で一定出力で運転することにより、燃料消費量の削減が期待される。

まとめと今後の対応

本事業では、離島の独立系統において、太陽光発電を大量導入した場合の実系統へ与える影響を把握するとともに、系統安定化対策に関する実証試験を実施。

まとめ

- ・ 本土系統から独立した10離島(九州6島、沖縄4島)において、太陽光発電設備、風力発電設備及び蓄電池設備からなる実証設備の設置工事を予定通り完了した。
- ・ これまでに、本実証試験で実施する出力変動補償(九州、沖縄)、出力平準化(九州)、太陽光発電出力の時間帯シフト(九州)の制御機能について、所期の動作を確認した。

今後の対応

- ・ 安定供給を確保しつつ、今後は出力を段階的に拡大し、様々な条件下における各実証項目の検証を継続していく。
- ・ これにより、離島における太陽光大量導入に向けた効果的な系統安定化対策に関する知見を得る。

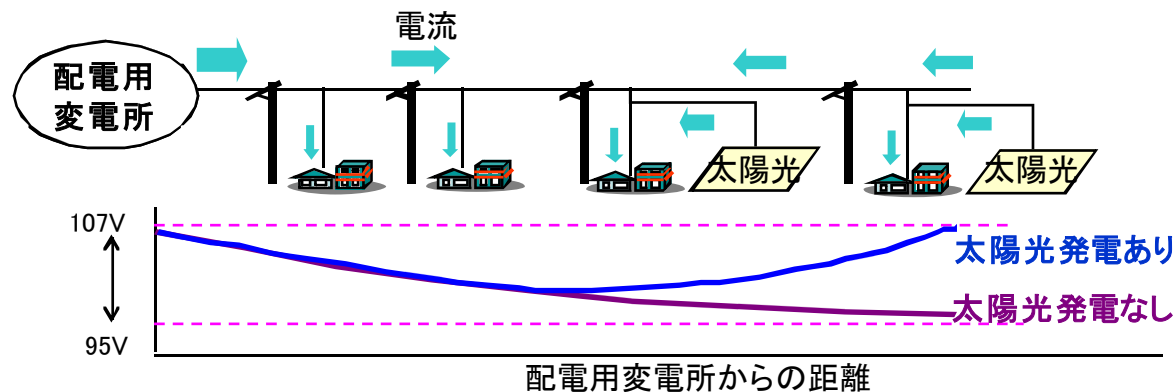
3 次世代送配電系統最適制御 技術実証事業の進捗状況

事業の背景及び目的

○ 背景

- 太陽光発電が大量に普及することにより懸念される電力ネットワークの主な課題
 - ✓ 配電線の電圧上昇
 - ✓ ゴールデンウィークなど電力需要が少ない時期に余剰電力が発生
(周波数調整力が不足)

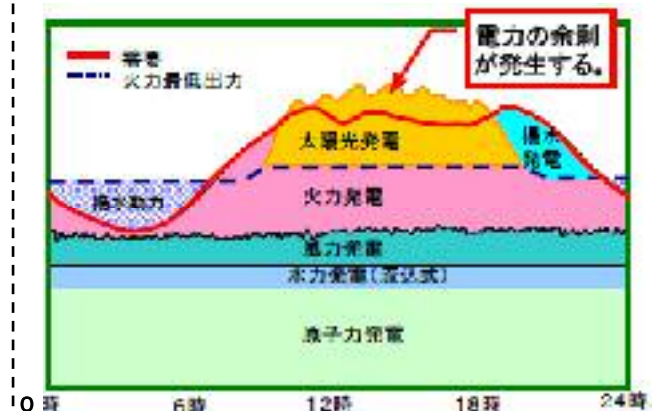
配電線の電圧上昇(イメージ)



※電流は電圧の高い方から低い方へ流れるため、太陽光発電の設置により電圧が上昇

余剰電力の発生(イメージ)

【太陽光発電の出力変化】



○ 目的

- 2020年における太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入目標と系統安定化を両立するために、需要家内機器の最適制御方式、配電系統の系統電圧制御方式等の開発・実証等を行う。

太陽光・風力大量導入への対応

第5回 次世代送配電システム制度検討会WG1資料より

<次世代送配電ネットワーク研究会報告書>(平成22年4月)

- 太陽光発電の導入量が増加すると、軽負荷期(特異日や端境期週末等)に余剰電力が発生するため、蓄電池の設置や太陽光の出力抑制等の対応が必要。【図1】
- コスト試算の結果、軽負荷期の余剰電力対策は、太陽光の出力抑制が最も経済的。
 - 太陽光出力抑制で対応する場合でも、利用率低下は0.6ポイント程度。※全国2,800万kW導入時
 - (太陽光発電利用率:抑制無し時12% ⇒ 特異日+端境期週末抑制時11.4%)
 - 蓄電池で対応(太陽光発電利用率0.6%低下を回避)する場合、一般家庭の負担は増加。
 - (上記抑制回避のためには、一般家庭で843(円/月)の追加負担が必要)
- EV・HP等への蓄エネルギーにより、太陽光発電利用率の低下は限定的(11.6%)。
- 短期的(2020年までの)対応として、当面はPCSへのカレンダー機能具備が現実的。ただし、出力抑制を可能な限り減らす事が重要。
 - 将来的には通信を活用した出力抑制も可能なPCSの開発が必要。【図2】

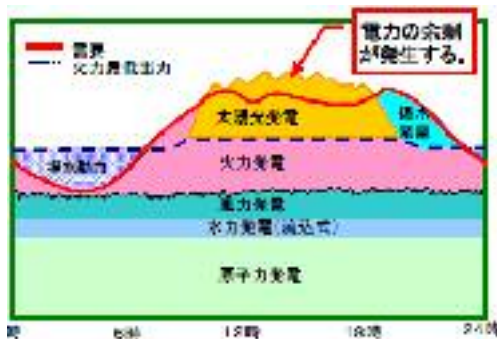


図1 軽負荷期の余剰電力

項目 \ 年		2010	2015	2020	2025
出力 機能抑制	カレンダー機能	仕様決定	開発期間	市場への投入	
	通信機能	仕様決定	開発期間	市場への投入	

【出典】第1回次世代送配電システム制度検討会WG1資料7p5

図2 2020年までのPCS開発スケジュールのイメージ

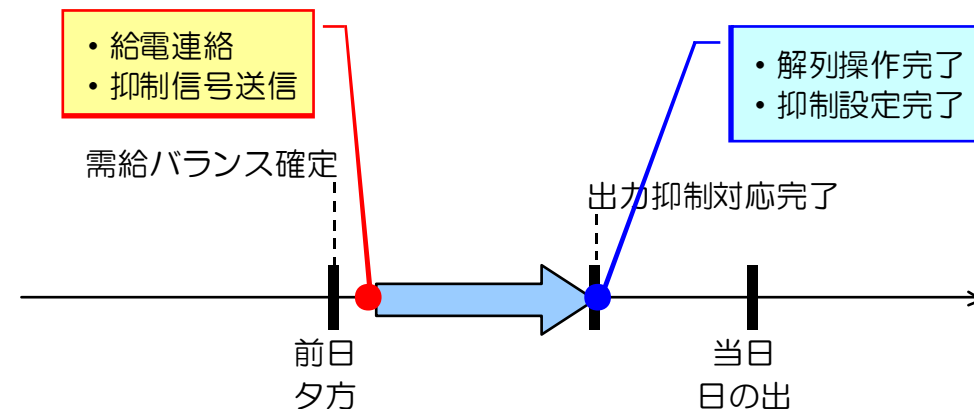
太陽光・風力大量導入への対応

第5回 次世代送配電システム制度検討会WG1資料より

太陽光や風力の需給制御への反映

- 余剰電力の発生が予想される場合、太陽光・風力は前日段階までに判断して出力を抑制することで、需給バランスに反映することができる。

<太陽光の調整イメージ>

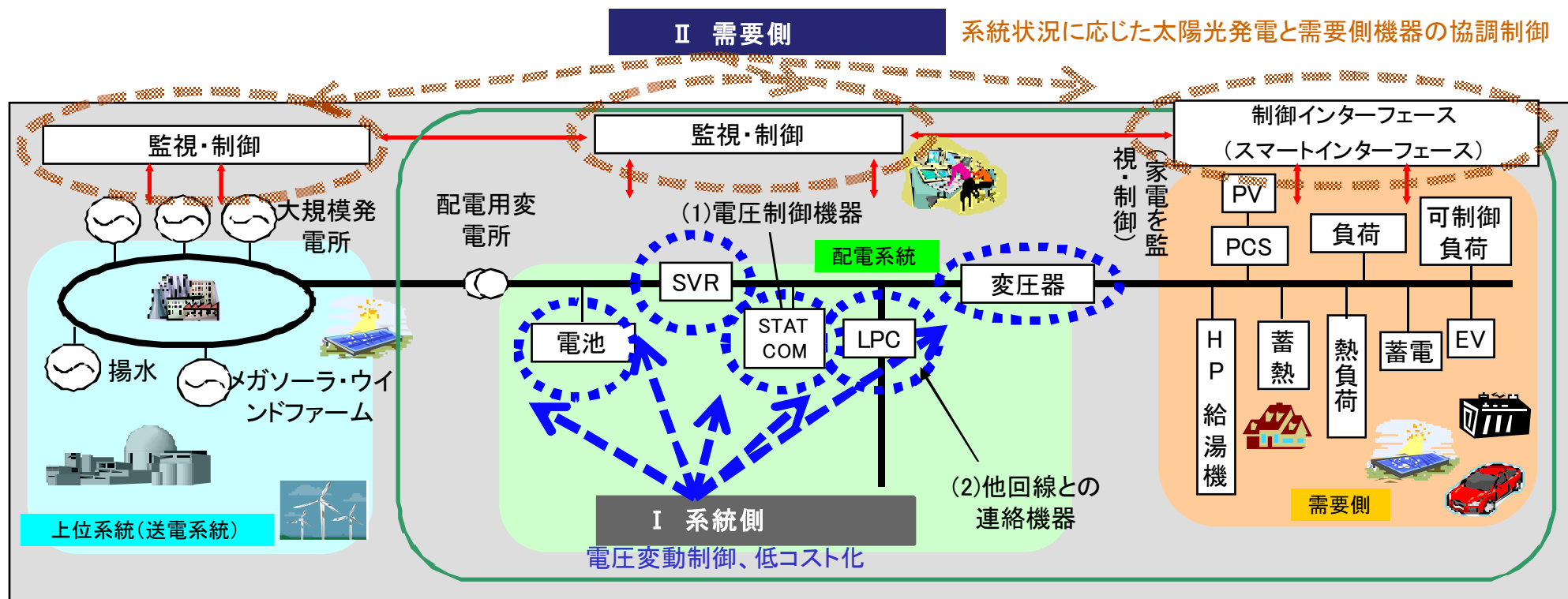


太陽光発電の出力抑制(需給バランスへの反映) イメージ

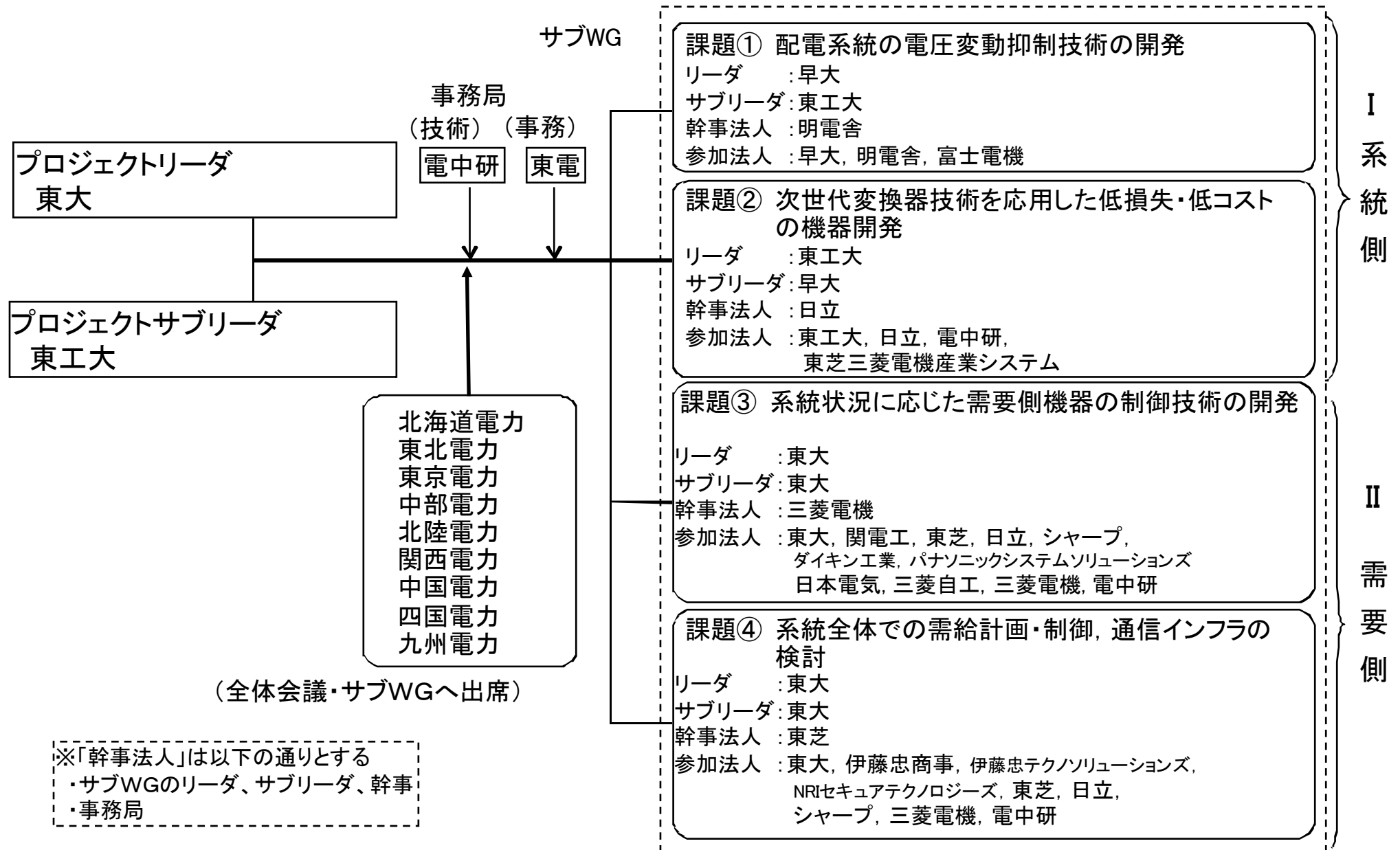
- 日々の電力安定供給を維持するためには、需給変動に対して確実に補完できる火力機や揚水機の調整力を適切に準備しておくことが必要。
- 調整力の適切な確保のため、前日段階までに需給バランスを確定することが必要。

事業の概要

- これまでの課題整理、本制度検討会WG1での議論に関連して、太陽光発電が全国で2800万kW相当導入された状況を想定し、大規模電源から家庭までの全体制御・協調による高信頼度・高品質の低炭素電力供給システムの実証。
 - シミュレーション上に電力系統モデルを構築し、需給制御、配電系統制御等をリアルに模擬。
 - 下記4つの技術開発課題(系統側, 需要側)に取り組む。
 - I 系統側: ①配電系統の電圧変動抑制技術の開発
②次世代変換器技術を応用した低損失・低コストの機器開発
 - II 需要側: ③系統状況に応じた需要側機器の制御技術の開発
④系統全体での需給計画・制御, 通信インフラの検討
- 蓄電池と出力抑制の比較検証、電力需要創出の効果などの定量的評価



事業実施体制



事業の進捗状況

課題①配電系統の電圧変動抑制技術の開発

- 最適電圧制御方式の検討、および制御実証用の配電シミュレータの設計・構築を実施中。
- 配電系統のモデル化、シミュレーションの対象とすべき過酷条件等について検討中。

課題②次世代変換器技術を応用した低損失・低コストの機器開発

- 機器の小型化や高調波低減を可能とする新型の変換器(マルチレベルPWM方式)を応用した開発機器の仕様検討および技術評価を実施中
(電池電力貯蔵装置, 配電系統用STATCOM, ループコントローラ)

課題③系統状況に応じた需要側機器の制御技術の開発

- PV-HEMS(スマートインターフェース)を実際の家庭へ導入しやすくするために、標準化を目指した技術開発を実施中。
 - ・ 複数のメーカーの設備をマルチベンダーで接続する技術
 - ・ 実用化システムを構築するためのホームネットワークの構築技術
- 需要家消費電力の数値化のため、影響因子の検討、過去実証における実績の分析を実施中。

課題④系統全体での需給計画・制御, 通信インフラの検討

- 需給計画・制御のシミュレーション実施に向けて、シミュレータの実現方法・負荷の数値化・対象ケース等について検討中。
- 通信の手段・標準化、およびセキュリティについて調査中。

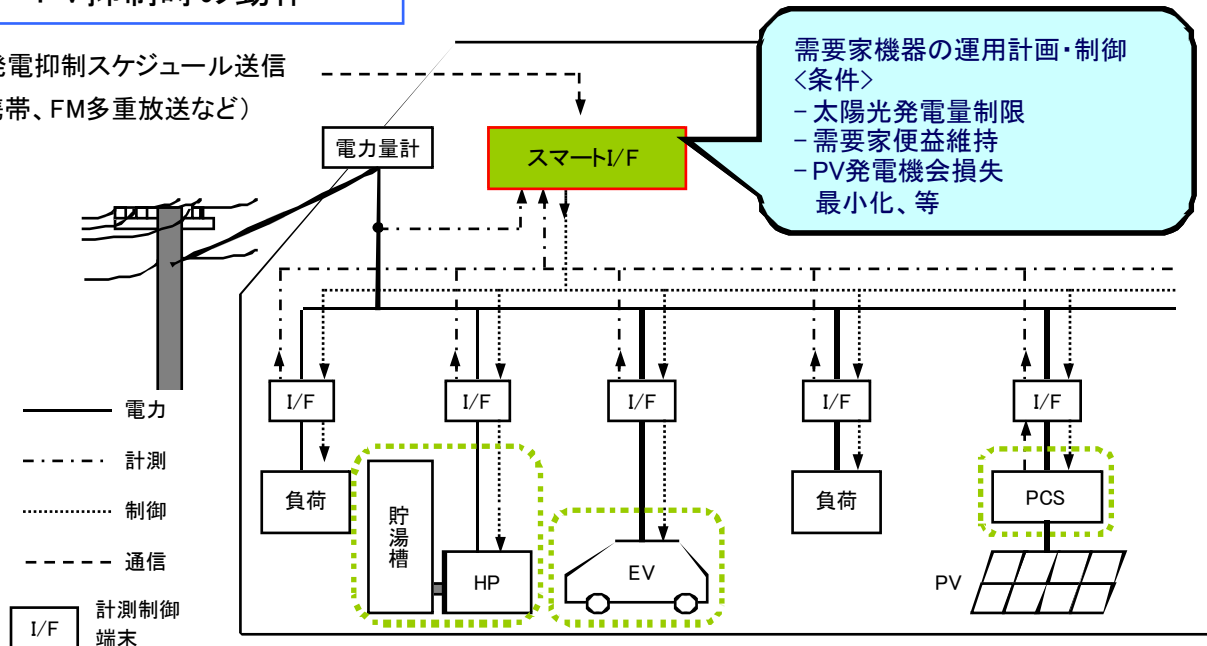
代表的な研究内容(Ⅱ 需要側[スマートインタフェース部])

○ スマートインタフェースの機能としては次を想定。

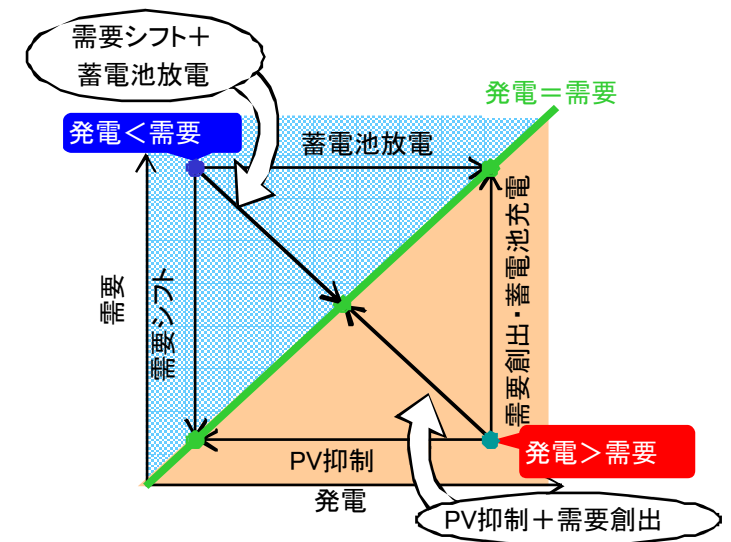
- ✓ 余剰電力発生予測日時の情報受信(携帯、FM多重放送などを利用)、および、PV発電抑制制御、家庭内機器(ヒートポンプ給湯器・EV等)による需要創出制御(PV抑制量を減らすよう動作)
- ✓ さらに、その他の場合における系統との協調動作
- ✓ 通信は需要家が膨大であるという量的問題を考慮し、現実的機能を検証。系統から需要側個別機器の制御は行わない。通信仕様は世界標準に準拠

PV抑制時の動作

PV発電抑制スケジュール送信
(携帯、FM多重放送など)



系統との協調による多様な動作



事業スケジュール

