

次世代型双方向通信出力制御実証事業 の概要について

平成27年9月4日

電力・ガス事業部 電力基盤整備課

補助事業者33法人

目次

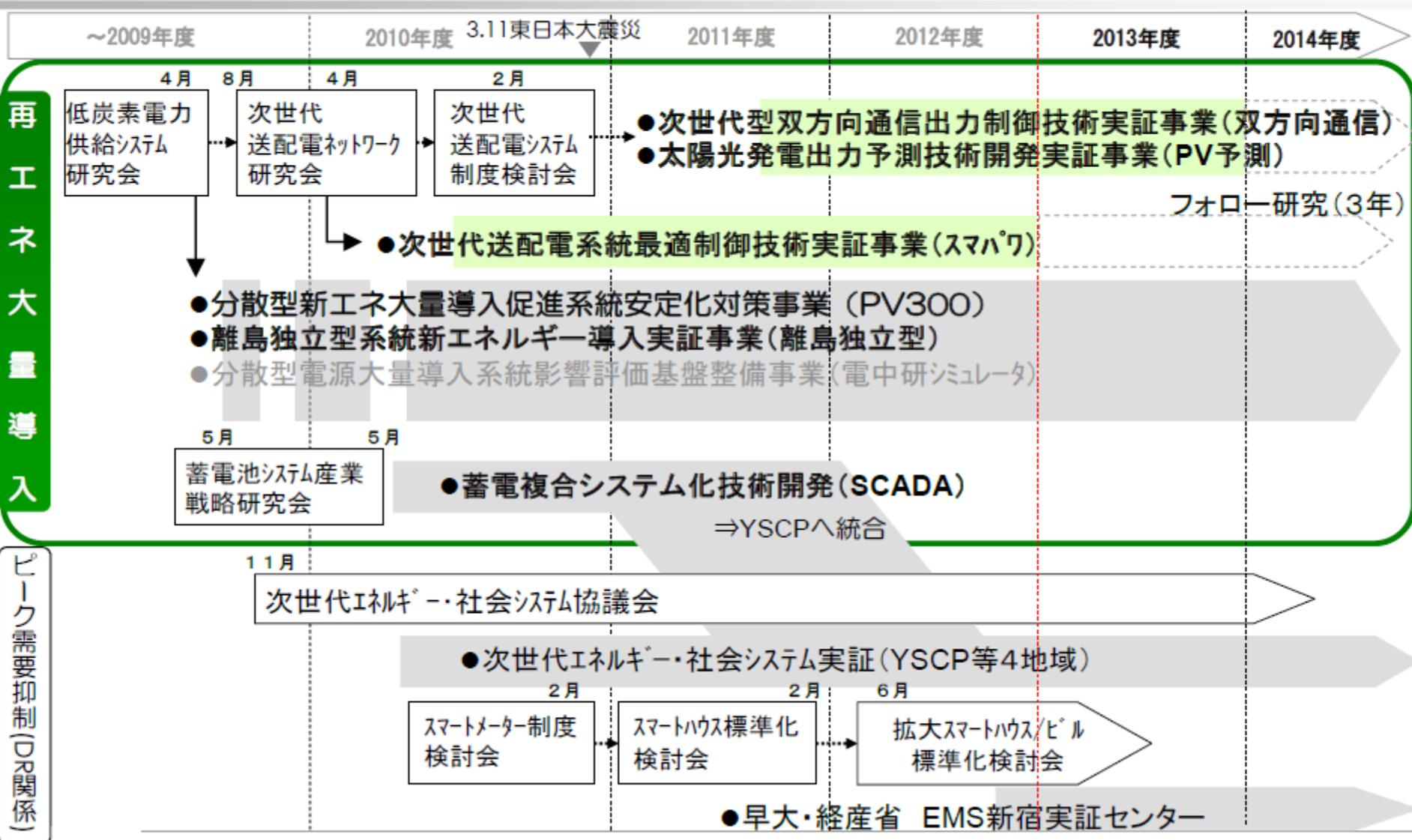
1. プロジェクトの概要
2. 目的・政策的位置付け
3. 目標
4. 成果、目標の達成度
5. 事業化、波及効果
6. 研究開発マネジメント・体制等
7. 費用対効果
8. 前回中間評価の対応状況

1. 次世代型双方向通信出力制御実証事業の概要

<p>概 要</p>	<p>太陽光発電の大量導入に備え、系統状況によって外部からの通信信号に応じて出力をコントロールできる太陽光発電用PCS(Power Conditioning System: 直流交流変換装置)を開発するとともに、通信と組み合わせた実証試験を実施する。</p>												
<p>実施期間</p>	<p>平成23年度～平成25年度（3年間）</p>												
<p>予算総額</p>	<p>13.7億円 (補助率1/2)</p> <table border="1" data-bbox="780 625 1827 801"> <thead> <tr> <th>年度(平成)</th> <th>23</th> <th>24</th> <th>25</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>予算(億円)</td> <td>8.0</td> <td>4.6</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>実績(億円)</td> <td>4.9</td> <td>1.6</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>	年度(平成)	23	24	25	予算(億円)	8.0	4.6	1.1	実績(億円)	4.9	1.6	0.8
年度(平成)	23	24	25										
予算(億円)	8.0	4.6	1.1										
実績(億円)	4.9	1.6	0.8										
<p>実施者</p>	<p>東京大学、東京工業大学、早稲田大学、KDDI、NRIセキュアテクノロジーズ、沖電気工業、オムロン、NTTドコモ、関電工、東光高岳、東芝、日立製作所、三洋電機、シャープ、住友電気工業、日新電機、日本アイ・ビー・エム、日本電気、パナソニックシステムネットワークス、富士電機、三菱電機、富士通、電力中央研究所、北海道電力、東北電力、東京電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、沖縄電力</p>												
<p>プロジェクトリーダー</p>	<p>横山 明彦 東京大学 教授</p>												

2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

実証プロジェクトの国の研究会との関係と実証期間



2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

～次世代送配電制御,次世代双方向通信,PV出力予測の実証体制～

次世代配電制御方式
早大,富士電機,明電舎

次世代配電制御機器開発
東工大,日立,TMEIC,電中研

需給制御技術・PV余剰対策評価
東大,東芝,三菱電機,日立,
伊藤忠商事,伊藤忠テクノソリューションズ

通信標準化調査,セキュリティ検討
電中研,NRIセキュアテクノロジーズ

需要制御技術・宅内機器制御
東大,東芝,日立,三菱電機,シャープ,
ダイキン,NEC,パナソニックシステムネットワ
ークス,三菱自動車,関電工,電中研

各種双方向通信方式を
用いた実証試験
東大,日立,東芝, NEC,
パナソニックシステムネットワークス,
富士通,三菱電機,沖電気,
KDDI,NTTドコモ,
住友電工,日本IBM,
NRIセキュアテクノロジーズ,
東光高岳,関電工,(青森県)

次世代送配電系統最適制御技術実証
(28法人)

各
電
力
会
社

日射強度把握・予測技術
日本気象協会,電中研,
伊藤忠テクノソリューションズ

双方向通信機能や電圧
調整機能付きPCS開発
早大,東工大,シャープ,オムロ
ン,東芝,三菱電機,三洋電
機,日新電機,富士電機,
東光高岳,関電工

PV出力推定技術
日立,三菱電機,
ソーラーフロンティア,電中研,
伊藤忠テクノソリューションズ

日射分析
東大

太陽光発電出力予測技術開発実証
(17法人)

次世代型双方向通信出力制御実証
(33法人)

全参加法人:41法人

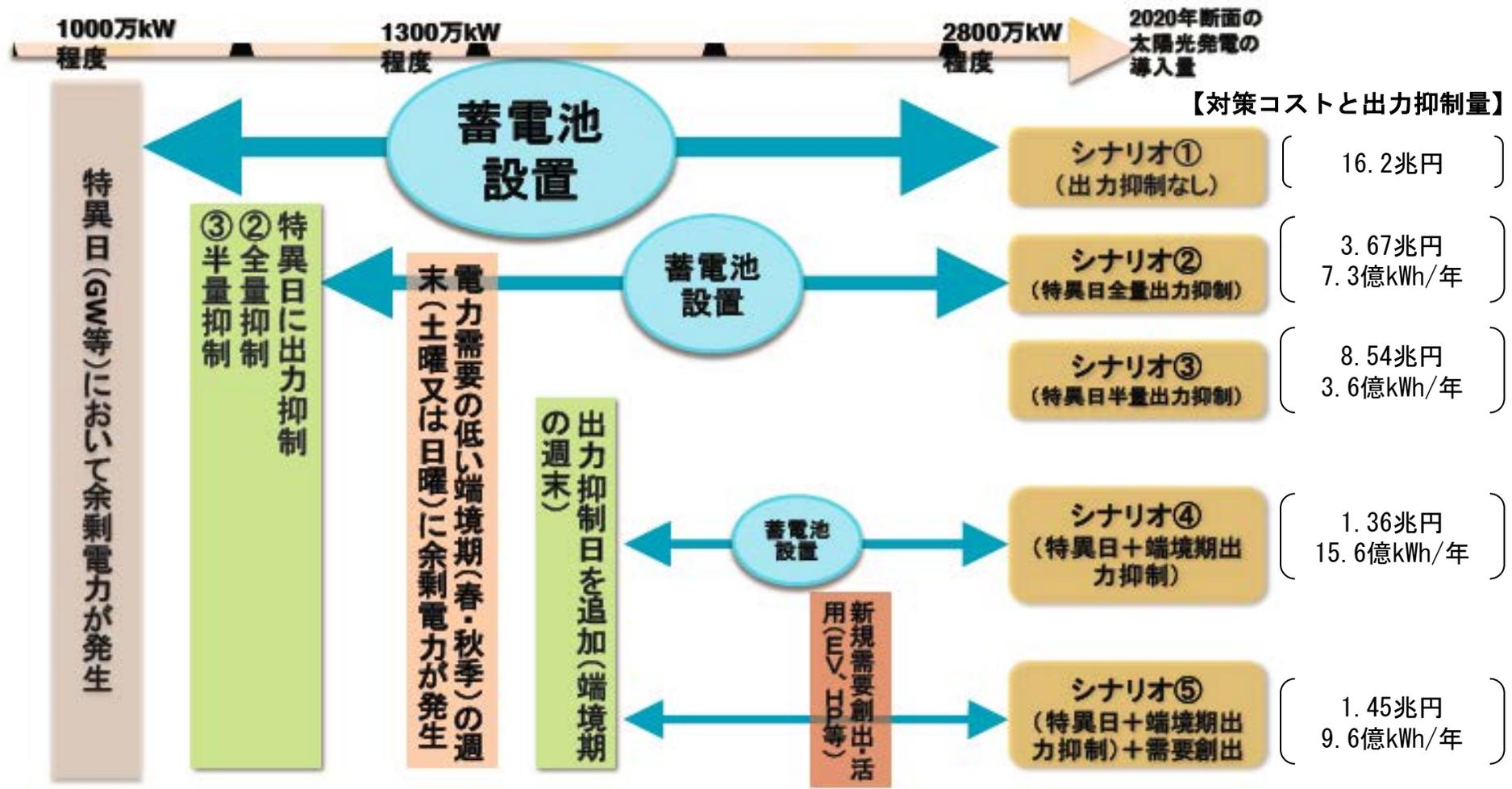
◆大学,研究機関等
東大,東工大,早大,電中研,
日本気象協会

◆メーカー等
日本アイ・ビー・エム,伊藤忠商事,
伊藤忠テクノソリューションズ,NEC,
NRIセキュアテクノロジーズ,NTTドコモ,沖
電気,オムロン,関電工, KDDI,三洋電機,
シャープ,住友電工,ソーラーフロンティア,ダイキン,
東光高岳, TMEIC,東芝,日新電機,パ
ナソニックシステムネットワークス,日立,富士通,
富士電機,三菱自動車,三菱電機,明
電舎,

◆電力会社
北海道,東北,東京,中部,関西,北陸,
中国,四国,九州,沖縄

2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

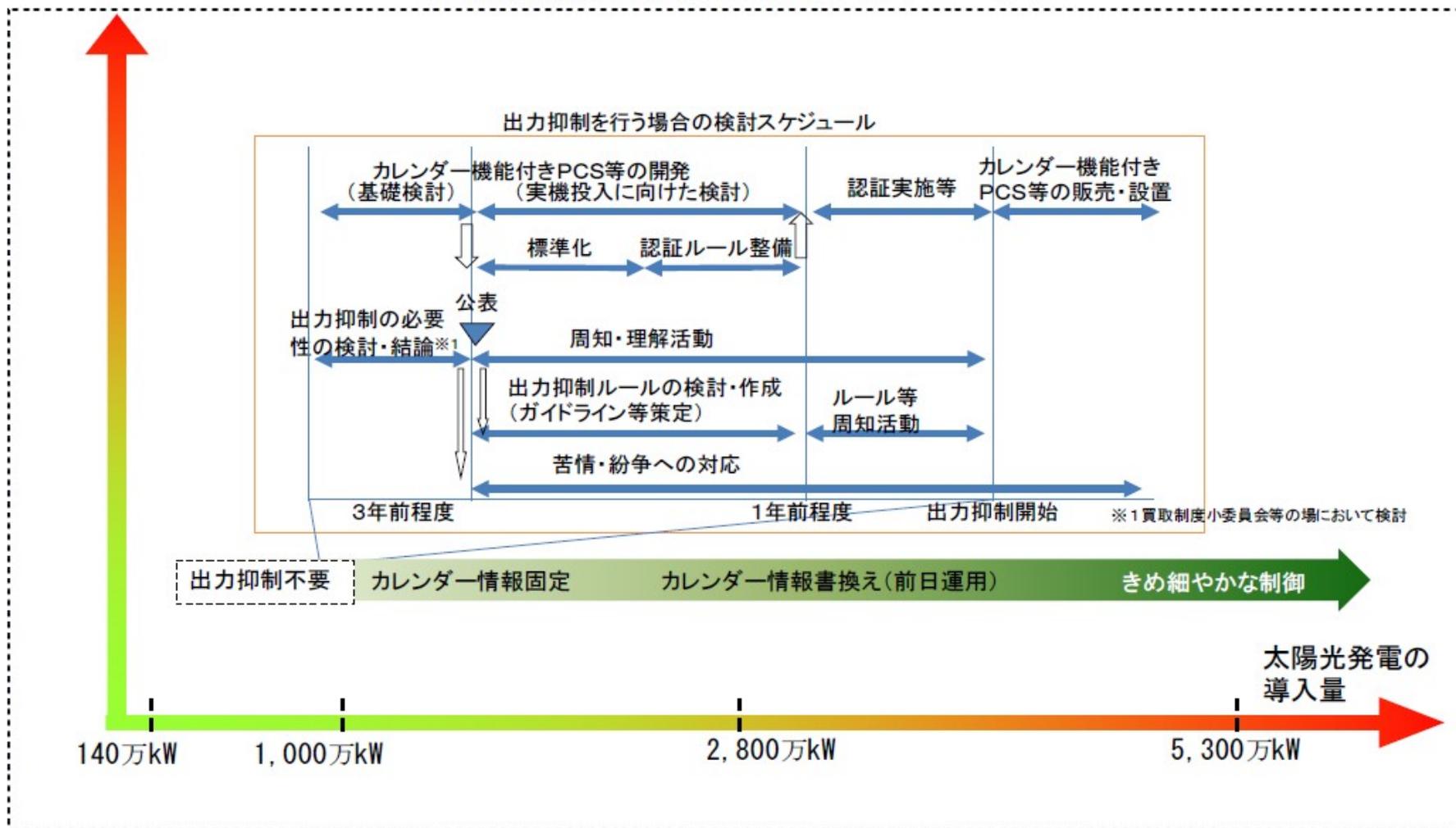
系統安定化対策化シナリオと余剰電力対策量試算の考え方



※ 次世代送配電ネットワーク研究会報告書(平成22年4月)

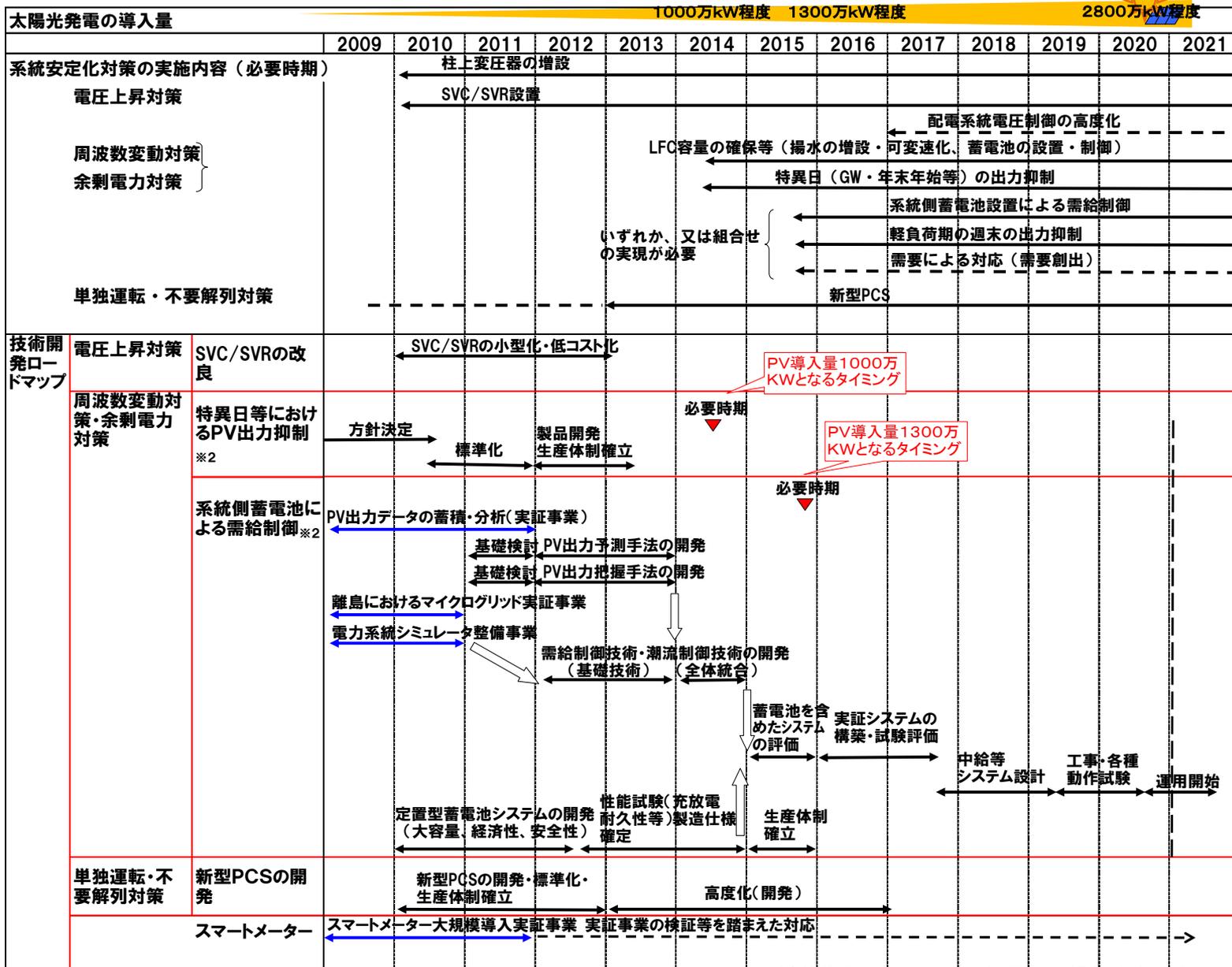
2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

<出力抑制を行う場合の検討スケジュール>



2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

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)

2. プロジェクトの目的・政策的位置付け

事業の内容

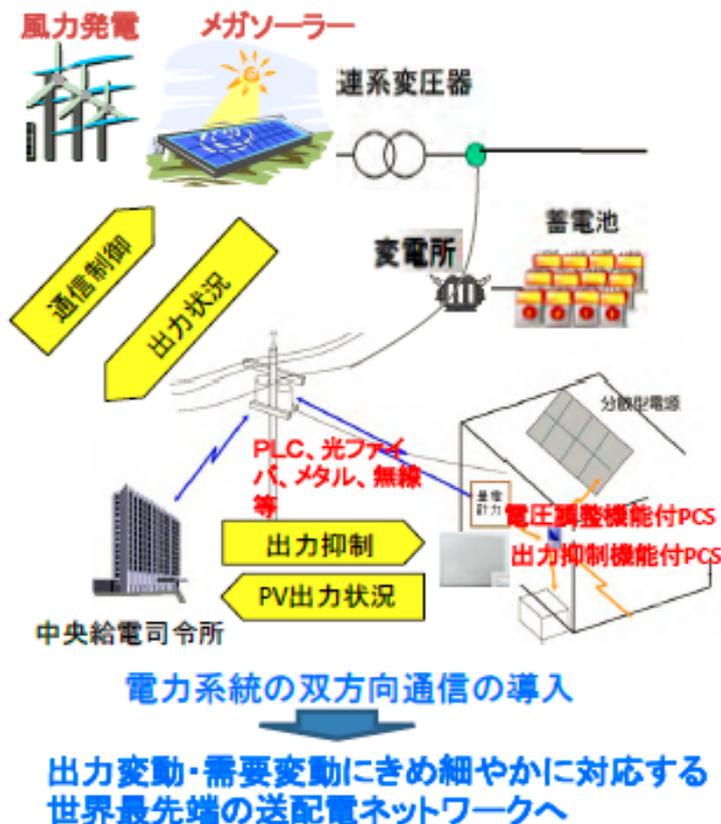
事業の目的

- 太陽光発電の大量導入に伴う電力系統安定化対策について、余剰電力対策コストの削減の観点からゴールデンウィーク等の特異日における出力抑制が検討されています。
- 現在のところ、再生可能エネルギー電源の通信制御は、世界的に見ても行われておらず、今後の我が国のスマートグリッドの国際展開においても非常に有効なツールになり得ると考えられています。
- 太陽光発電の設置者等の機会損失(出力抑制)を最小限に抑えるため、将来的にきめ細やかな出力抑制を行うことが可能な通信機能を用いた太陽光発電等の出力抑制について、電力系統の双方向通信の導入にあわせて実証を行います。

事業の概要

1. 通信手段による出力抑制機能付きPCSの開発、実証
2. 通信手段による電圧調整機能付きPCSの開発、実証
3. 双方向通信の導入に向けた通信手段(PLC、光ファイバ、メタル、無線等)の実証
4. メガソーラーや風力発電所等の通信制御の実証
5. 住宅用太陽光発電の通信制御の実証

事業イメージ



3. 目標

太陽光発電大量導入に備え、系統状況によって外部からの通信信号に応じて出力をコントロールできる太陽光発電用PCSを開発するとともに、通信と組み合わせた検証試験を実施する。

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
①通信による出力制御が可能な太陽光PCS(住宅用、事業用)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機能付き太陽光発電用PCSの開発 ・通信信号に応じて出力をコントロールできること 	現状の太陽光発電用PCSにデータ通信によって制御信号などの授受を行う機能を付加することにより遠隔での制御の実現可能性を確認するため。
②通信による出力制御が可能な蓄電池用PCS	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機能付き蓄電池用PCSの開発 ・通信信号に応じて出力をコントロールできること 	現状の蓄電池用PCSに、データ通信によって制御信号などの授受を行う機能を付加することにより遠隔での制御の実現可能性を確認するため。

3. 目標

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
③電圧調整機能付きPCS	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーション等の検討による最適な制御方式の選定、その機能を具備したPCSの試作 ・安定的に動作すること 	<p>選定された制御方式を具備した電圧調整機能付きPCSが安定的に機能しているか確認するため。</p>
④双方向通信機器	<ul style="list-style-type: none"> ・PCSの出力制御を実現する種々の双方向通信機器の開発 ・安定的かつ確実に動作すること 	<p>電力会社が保有する通信網(光ファイバー、メタルケーブルなど)、通信事業者による広域サービス(携帯電話、WiMAXなど)を有効に活用しつつ、ローカルに通信網を形成するための無線LAN、特小無線(900MHz帯、400MHz帯)や、電線そのものをインフラとして活用する電力線搬送(PLC)がPCS制御の要件を満たしていることを確認するため。</p>

3. 目標

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
⑤サイバーセキュリティ関連機器	・通信ネットワークに内在する脆弱性の検討・セキュリティ技術の開発 ・想定される攻撃からネットワークを保護できること	双方向通信によって、太陽光発電や蓄電池を含む機器・システムを制御する状況では、相応のセキュリティ確保が必要であるため。

3. 目標

目標達成に向けた取り組み

項目		仕様	開発	評価	担当法人
①太陽光発電用PCS (住宅用、事業用)		インターフェース 共通仕様	機器開発	フィールド試験	オムロン、東芝、三洋電機、シャープ、三菱電機、東光高岳、日新電機
②蓄電池用PCS		基本仕様	機器開発	フィールド試験	関電工、東光高岳
③電圧調整機能付きPCS		方式選定 PCSの基本仕様	機器開発	工場試験	東芝、富士電機
④双方向通信機器	センターサーバ	—	機器開発	フィールド試験	日立製作所
	通信アダプタ				日本電気
	汎用通信ソフト				日本アイ・ビー・エム
	公衆無線網 (携帯電話、WiMAX)				NTTドコモ、KDDI
	特定小電力無線 (900MHz、400MHz)				三菱電機、パナソニックシステムネットワークス、東芝、沖電気工業、日立製作所
	PLC				住友電気工業
	無線LAN				パナソニックシステムネットワークス、富士通
⑤サイバーセキュリティ関連機器		対策方針	—	フィールド試験	NRIセキュアテクノロジーズ

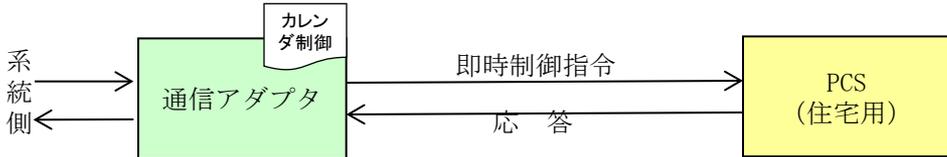
4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
①通信による出力制御が可能な太陽光PCS(住宅用、事業用)	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機能付き太陽光発電用PCSの開発 ・通信信号に応じて出力をコントロールできること 	<p>通信による出力制御実証試験を行う機能を検討し、通信装置とのインターフェースの共通仕様を取り纏め、それらを具備する機器開発を実施し、開発機器の動作試験および通信装置との接続試験を実施した。また、実フィールドへ開発機器を設置したうえで、双方向通信によるPCS出力制御試験を実施し、通信信号に応じて出力をコントロールできることを確認することで、良好な結果を得ることができた。</p>	達成

4. 成果、目標の達成度

◎太陽光発電用PCSの開発

○インターフェース共通仕様(プロトコル仕様)



アプリケーション層	—	—
プレゼンテーション層	ECHONET Lite	ECHONET Lite
セッション層		
トランスポート層	—	UDP
ネットワーク層	—	IP
データリンク層	調歩同期	Ethernet
物理層	RS-485	—

○各社のPCS



三洋電機製PCS(家庭用)



三菱電機製PCS(家庭用)



日新電機製PCS(事業用)



東光高岳製PCS(事業用)



運転履歴情報

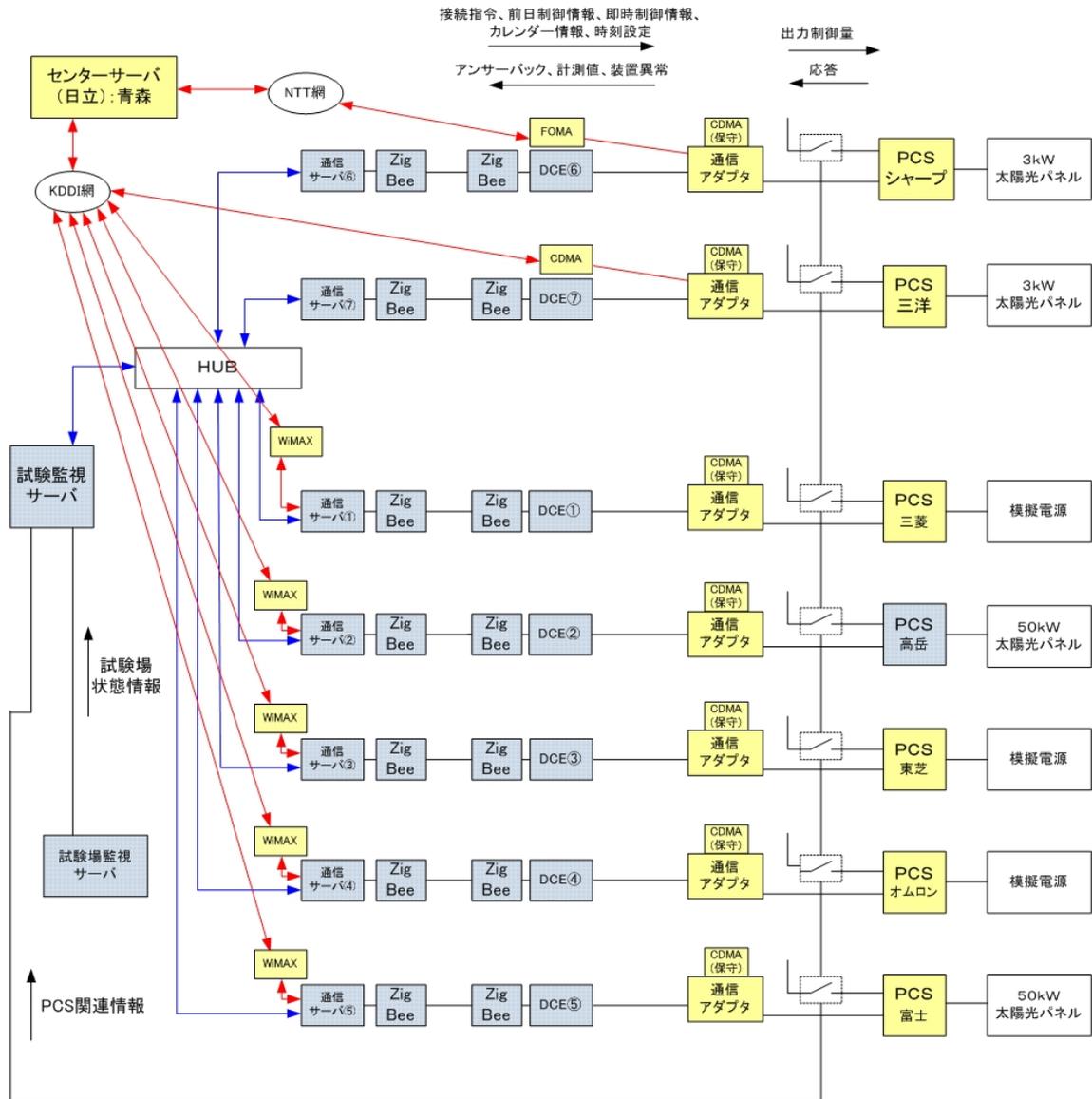


発電量/出力抑制量

シャープ製太陽光発電システム液晶画面例

4. 成果、目標の達成度

○東光高岳フィールドシステム構成図



(※)DCE (Data Circuit terminating Equipment) : データ回線終端装置

4. 成果、目標の達成度

○評価(太陽光発電用PCSの開発)

- ・評価指標: PCSの開発および通信信号により出力制御が可能であること
- ・結果: 仕様に基づいたPCSの開発が完了し、通信アダプタとの試験により確実に出力制御が実現

	参加法人	開発機器	設置場所	試験結果
①	オムロン	PCS(住宅用)	東光高岳フィールド 青森フィールド	良
②	東芝	PCS(住宅用)	青森フィールド	良
③	三洋電機	PCS(住宅用)	東光高岳フィールド 青森フィールド	良
④	シャープ	PCS(住宅用)	東光高岳フィールド	良
⑤	三菱電機	PCS(住宅用)	東光高岳フィールド	良
⑥	東光高岳	PCS(事業用)	東光高岳フィールド	良
⑦	日新電機	PCS(事業用)	関電エフィールド	良

4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
②通信による出力制御が可能な蓄電池用PCS	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機能付き蓄電池用PCSの開発 ・通信信号に応じて出力をコントロールできること 	<p>充・放電電力制御方法や主回路定格などの基本仕様ならびに通信機能仕様の検討、それらを具備する機器開発、動作試験および通信装置との接続試験を実フィールドにて実施し、通信信号に応じて出力をコントロールできることを確認することで、良好な結果を得ることができた。</p>	達成

4. 成果、目標の達成度

◎蓄電池用PCSの開発

○関電工

○基本仕様

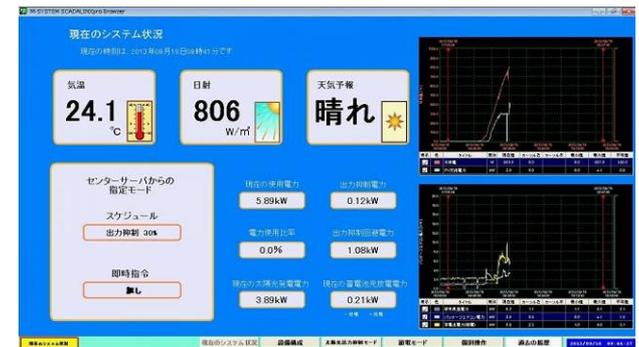
機器	仕様	構成
蓄電池用PCS (余剰電力対策用)	定格容量5kW	2台



蓄電池



蓄電池用PCS

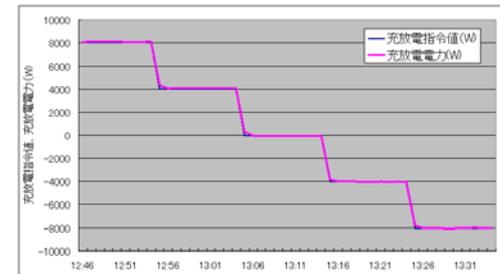


中央監視システム

・導入した設備に対して、中央監視システムからの制御確認試験を実施し、以下の通り良好な試験結果を得ることができた。

対象機器	試験項目	結果
蓄電池	定電流充放電試験	良
	定電力充放電試験	良
空調用HP	スケジュール運転試験	良
給湯用HP	スケジュール運転試験	良
負荷	照明制御試験	良
	空調制御試験	良

機能確認試験結果



定電力充放電試験

4. 成果、目標の達成度

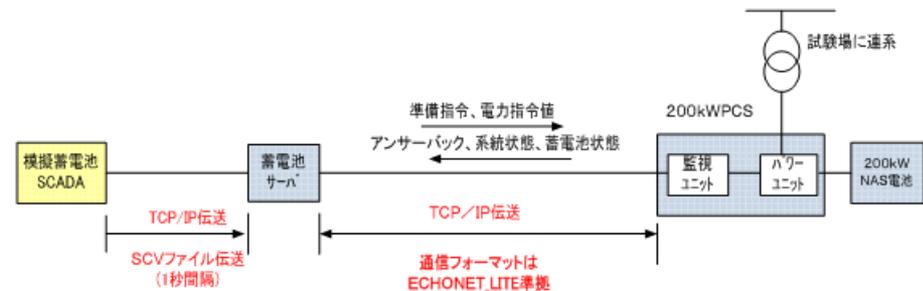
○東光高岳

○基本仕様

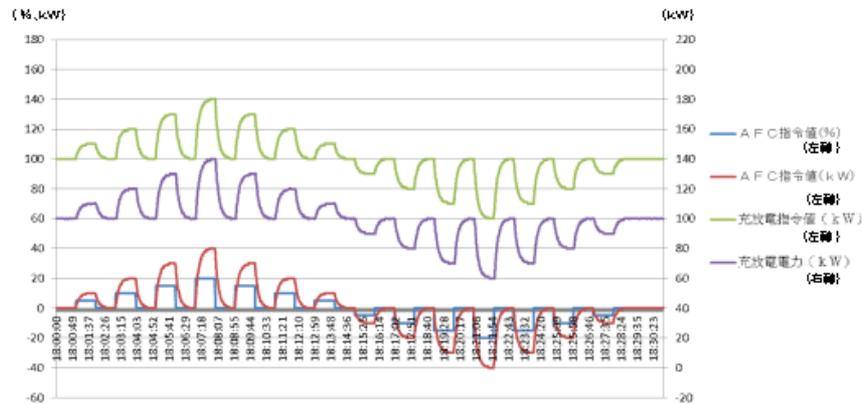
機器	仕様	構成
蓄電池用PCS (周波数調整用)	定格容量 200kW	50kW PCS4台並列運転



NAS電池用PCS



東光高岳フィールドシステム構成



・模擬蓄電池SCADAおよび蓄電池サーバを使用して、AFC指令によるNAS電池の双方向通信出力制御が可能であることを確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○評価(蓄電池用PCSの開発)

- ・評価指標: PCSの開発および通信信号により出力制御が可能であること
- ・結果: 仕様に基づいたPCSの開発が完了し、通信試験により確実に出力制御が実現

	参加法人	開発機器	設置場所	試験結果
①	関電工	蓄電池用PCS (余剰電力対策用)	関電エフィールド	良
②	東光高岳	蓄電池用PCS (周波数調整用)	東光高岳フィールド	良

4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
<p>③電圧調整機能付きPCS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーション等の検討で選定された最適な制御方式を具備したPCSの開発 ・安定的に動作すること 	<p>各種シミュレーションを実施した上で、電圧上昇抑制効果やSVR(Step Voltage Regulator: 電圧調整器)タップ動作への影響、SVC(Static Var Compensator: 静止型無効電力補償装置)制御機能への影響、制御の安定性などを評価項目として、定力率制御方式、電圧依存型定力率制御方式を実証器に具備する制御方式として選定するとともに、基本制御仕様を検討・確定した。さらに定力率制御方式を組み込んだ3kW級PCSおよび電圧依存型定力率制御方式を組み込んだ50kW級PCSを実フィールドへ設置し、仕様どおりの動作特性を確認することで、良好な試験結果を得ることができた。</p>	<p>達成</p>

4. 成果、目標の達成度

◎電圧調整機能付きPCSの開発

○基本仕様

	電圧比例制御方式	電圧一定制御方式	定力率制御方式	電圧依存型定力率制御方式
動作特性・原理	<p>連系点電圧Vに比例して進み無効電力を出力する。</p> $K = \frac{1}{V_H - V_L}$	<p>連系点電圧が上限値を逸脱した場合には、上限値に低下するまで進み無効電力を増加出力させる</p>	<p>連系点電圧に関わらずPV出力に比例して進み無効電力を出力する</p> $K = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1}$ $\cos \theta = \text{設定力率} > 0.85$	<p>PV出力に比例し、かつ連系点電圧に比例して進み無効電力を出力する</p> $K = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1}$ $\cos \theta = \text{設定力率} > 0.85$
逸失発電電力 (出力抑制量)	△	△	◎	◎
電圧上昇抑制効果	◎	△	◎	◎
タップ動作回数低減	◎	△	◎	◎
配電線損失	○	◎	△	○
LRTタップへの影響	△	△	◎	△
実証器に採用	—	—	○	○

4. 成果、目標の達成度

○東芝



PCS

○富士電機



PCS

○評価(電圧調整機能付きPCSの開発)

- ・評価指標: 最適な制御方式の選定、PCSの開発および安定的な動作
- ・結果: 最適な制御方式が選定完了、その方式を盛り込んだPCSを開発し、試験により安定的に動作

	参加法人	開発機器	設置場所	試験結果
①	東芝	定力率制御方式PCS	東光高岳フィールド	良
②	富士電機	電圧依存型定力率制御方式PCS	東光高岳フィールド	良

4. 成果、目標の達成度

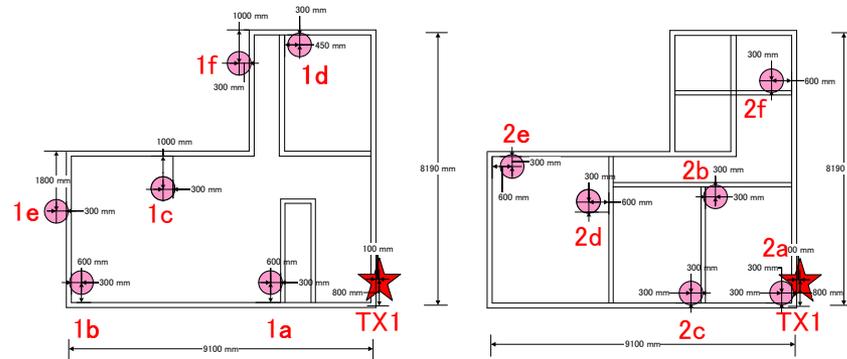
要素技術	目標・指標	成 果	達成度
④双方向通信機器	<ul style="list-style-type: none"> ・PCSの出力制御を実現する種々の双方向通信機器の開発 ・安定的かつ確実に動作すること 	<p>センターサーバ～PCS間の構成、通信手順、電文形式等を議論のうえ取り纏め、PCSの制御を目的とした各種双方向通信において必要となる機器を開発した。また、開発した機器を実証フィールドおよび各社敷地内等に設置したうえで、携帯電話、WiMAX、インターネットによる公衆通信網、特定小電力無線、無線LAN、PLCの各種通信試験を実施し、いずれの試験においても、PCSの出力制御を実現する種々の双方向通信機器が、安定的かつ確実に動作することを確認し、良好な結果を得ることができた。</p>	達成

4. 成果、目標の達成度

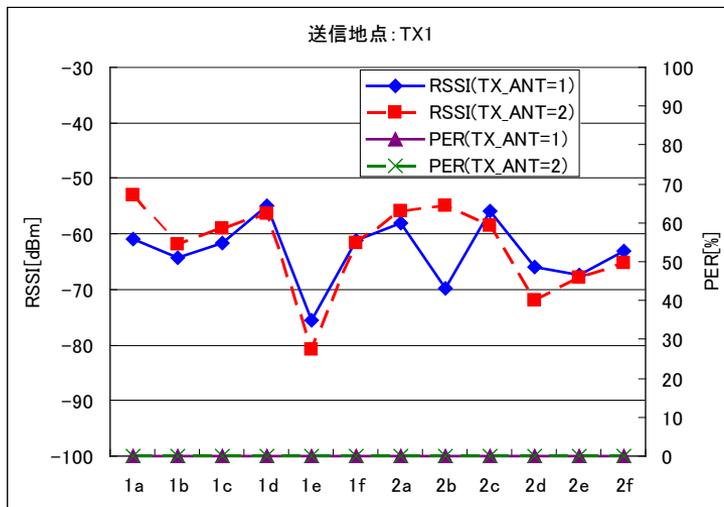
◎双方向通信機器の開発

○特定小電力無線・無線LAN

・900MHz帯の特小無線を実建物設備で評価(三菱電機)



戸建て住宅の測定例



戸建て住宅の測定結果

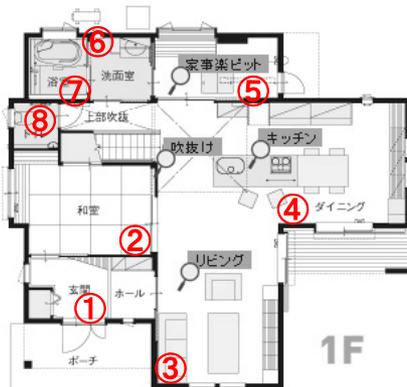
・1箇所RSSIが低い箇所があるが、通信性能を確保できる-50dBmから-70dBmの範囲におおむねおさまっている。また、エンジ線と緑線はPERを示しているが、RSSIの低い箇所も含めてPERが0となり、良好な結果が得られている。

4. 成果、目標の達成度

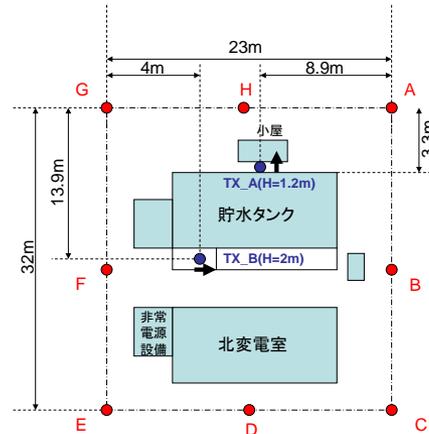
○特定小電力無線・無線LAN

・920MHz帯無線機および無線LAN伝送装置を実建物設備で評価

(パナソニックシステムネットワークス)



宅内伝搬環境



屋外伝搬環境

・PER (Packet Error Rate - パケット誤り率): 伝送品質試験の一つ。送信パケットと受信パケットを比較し通信の品質を測定

(単位: PER[%])

試験箇所	特小920MHz	無線LAN
宅内	0~0.1%	1Mbps: 0% 11Mbps: 0~0.82%
屋外	0~3%	1Mbps: 0~95% 11Mbps: 0~100%

宅内・屋外伝搬評価

【宅内・屋外伝搬評価】

特小920MHzに関しては、PERが小さく良好な試験結果が得られた。無線LANに関しては、屋外での見通し外通信の場合は中継器の追加などが必要となる。

【応答時間測定】

無線LANにおいては伝送速度が早く十分な伝送性能を有している結果が得られた。特小920MHzに関しては、応答時間の増加が大きいためホップ数を削減することが重要となる。

(単位: ms)

試験構成	試験内容	特小920MHz	無線LAN
1:N	ユニキャスト	518.7	21.5
	マルチキャスト	550.2	445.7
マルチホップ (7段)	ユニキャスト	最上段 932.5	最上段 28.5
		最下段 3,698.1	最下段 43.6
	マルチキャスト	最上段 652.0	最上段 45.2
		最下段 4,112.5	最下段 557.7

応答時間測定

・以上の試験結果より、一部の環境においては中継器の追加やホップ数の削減等を考慮する必要があるものの、いずれの通信方式も実環境において十分使用できることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

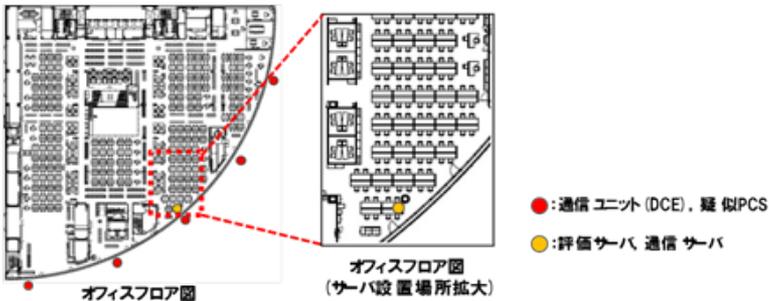
○特定小電力無線・無線LAN

・2.4GHz無線LANを実建物設備で評価(富士通)



【設置環境】

評価サーバと通信サーバはオフィス2階、通信ユニット(DCE)と擬似PCSはオフィスの外周部に設置



通信性能測定環境

No.	制御電文	送信頻度	応答率平均値
1	80 (動作状態)	30 分/回	99.55%
2	88 (異常発生状態)		99.70%
3	D0 (系統連系状態)		99.73%
4	F7 (PCS 異常コード)		99.70%
5	F8 (通信アダプタ異常コード)		99.70%
6	F4 (翌日出力制御情報設定)	24 時間/回	99.02%
7	F6 (当日積算発電電力量計測値)	回	99.39%
8	F1 (出力制御カレンダー (翌年) 設定)	1 カ月/回	100.00%

PCS制御情報毎の応答率

・応答率平均値は、30分に1回送信されるPCS制御情報は99.5%以上、1日に1回送信されるPCS制御情報は99%台、月に1回送信されるPCS制御情報は100%となった。また、制御情報の回帰分析による結果から、2.4GHz無線LANマルチホップネットワークは気温、降水量、湿度の影響を殆ど受けずに遠隔でのPCS制御を行えることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○青森フィールド(青森県六ヶ所村)における機器設置箇所



4. 成果、目標の達成度

○実証シナリオ(青森フィールド)

<出力制御方式>

●シナリオ1:カレンダー制御方式

- 必要に応じて当年と翌年の出力制御カレンダー(年間の特異日(30日程度)の出力制御情報)を設定

●シナリオ2:翌日(当日)制御方式

- 毎日、翌日の出力制御の可否を判定し、必要であれば翌日の出力制御情報を設定

試験区分	H24	H25										
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
シナリオ1												
シナリオ2												
個別試験												

(左図)実証スケジュール

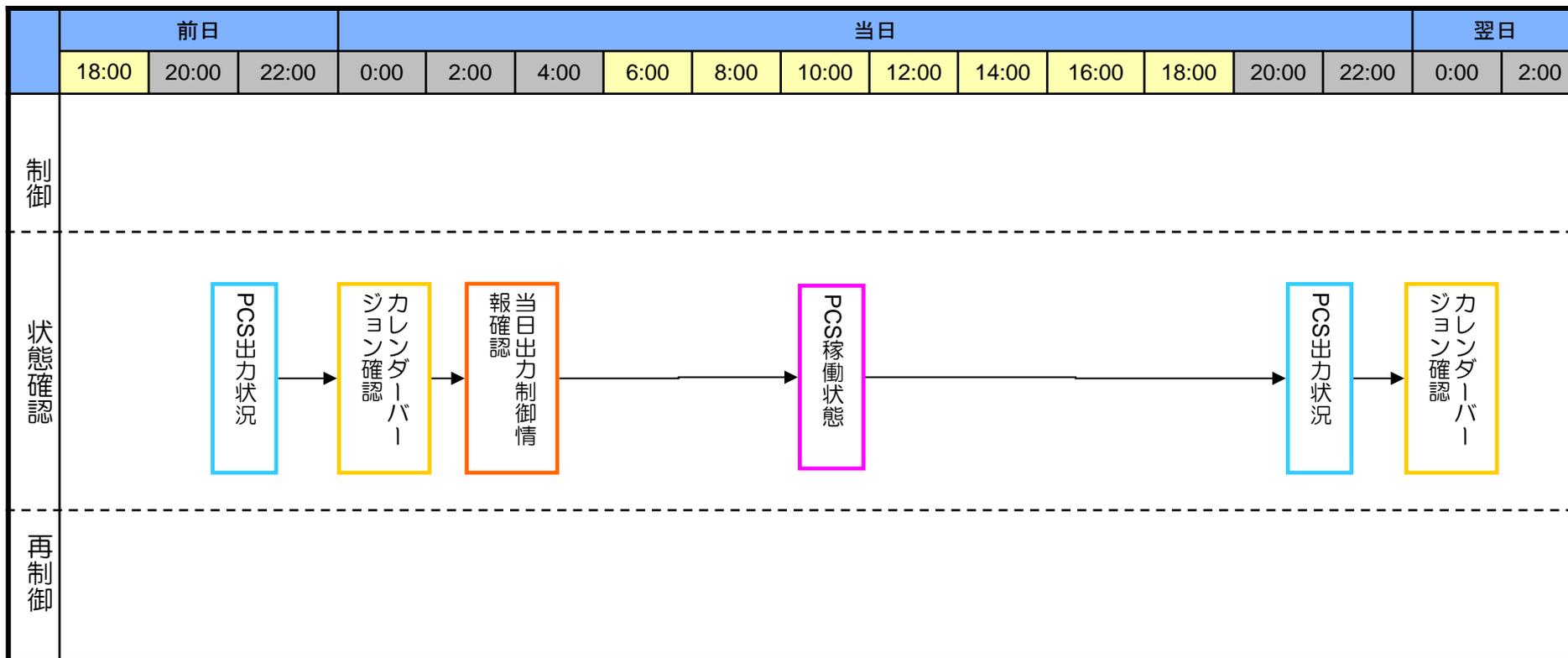
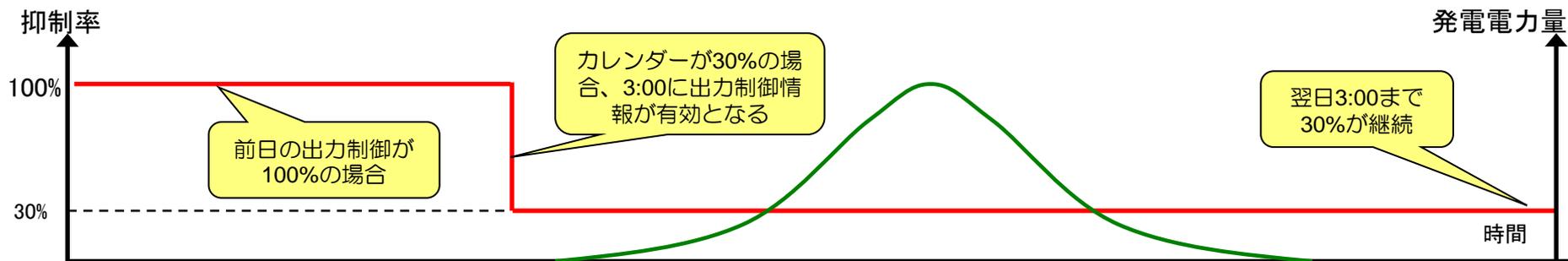
(下図)ユースケース

ユースケース	UCNo	実証試験項目	シナリオ1	シナリオ2
出力制御カレンダーによるPCS出力制御	1	出力制御カレンダー情報の出力制御試験	●	—
出力制御カレンダーバージョン設定値取得	2	出力制御カレンダーバージョン設定値の取得試験	●	—
翌日(当日)出力制御情報によるPCS出力制御	3-1	翌日出力制御情報の出力試験	—	●
	3-2	当日出力解除情報の出力試験	—	●
	3-3	当日出力制御情報の出力試験	—	●
翌日(当日)出力制御情報設定値取得	4-1	翌日出力制御情報設定値の取得試験	—	●
	4-2	当日出力制御情報設定値の取得試験	●	●
PCS登録管理	5	PCS登録管理試験	—	—
PCS出力状況監視	6-1	PCS出力状況(当日最大値)情報の取得試験	●	●
	6-2	PCS出力状況情報の取得試験	●	●
PCS稼働状態監視	7-1	PCS稼働状態の取得試験	●	●
	7-2	PCSエラーコードの取得試験	●	●
	7-3	PCS現在日時の取得試験	●	●
PCS時刻同期	8	PCS時刻同期試験	●	●

4. 成果、目標の達成度

<シナリオ1>カレンダー制御方式(通常時)

- あらかじめ送信したカレンダーの制御情報に基づき出力制御

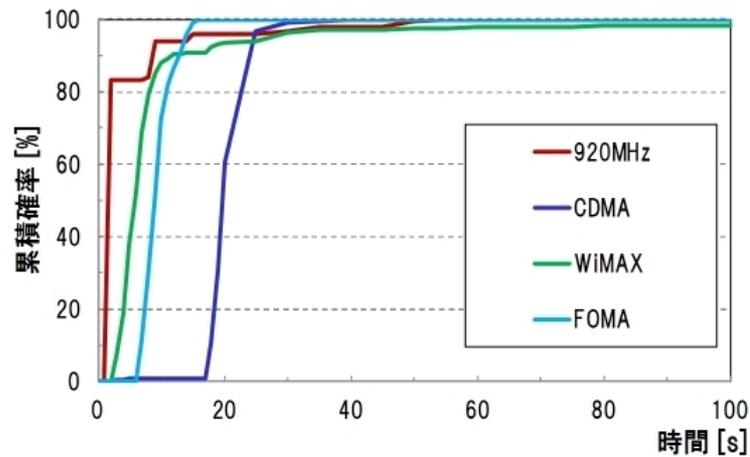


4. 成果、目標の達成度

○試験用無線端末センターサーバーの開発(日立製作所)



センターサーバー(制御信号を送送する装置)



応答速度比較

・通信試験により、メディアによらずほぼ100%の到達を確認することができ、センターサーバーが各機器と安定的かつ確実に通信できていることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○通信アダプタの開発(日本電気)

ECHONET Liteをベースとした通信フレーム構成



区間	局内/局間	WAN通信手順		アダプタ	PCS通信手順		
出力制御手順		WAN側通信手順 (専用ヘッダ+ECHONET Lite 電文形式)		制御手順の 終端機能	PCS通信手順 (PCS-アダプタ共通手順)		
トランスポート層以下	サーバ間通信	WAN		ネット ワーク 終端機能	PCS通信媒体		
	IP	独自	調歩同期		IP	UDP/IP	調歩同期
	Local接続 広域網など	WAN通信メディア			RS-485 Ethernet	Ethernet	RS-485

通信アダプタにおけるプロトコルスタックとシステム構成



通信アダプタ装置の設置事例

	日立 FOMA	東芝 特小	IBM	住友 G3	住友 TWACS	沖 特小	KDDI ODMA	KDDI Wimax
電文 往復時間(秒)	7.90	19.93	10.00	5.63	729.53	10.96	19.35	6.01

各メディアの往復時間

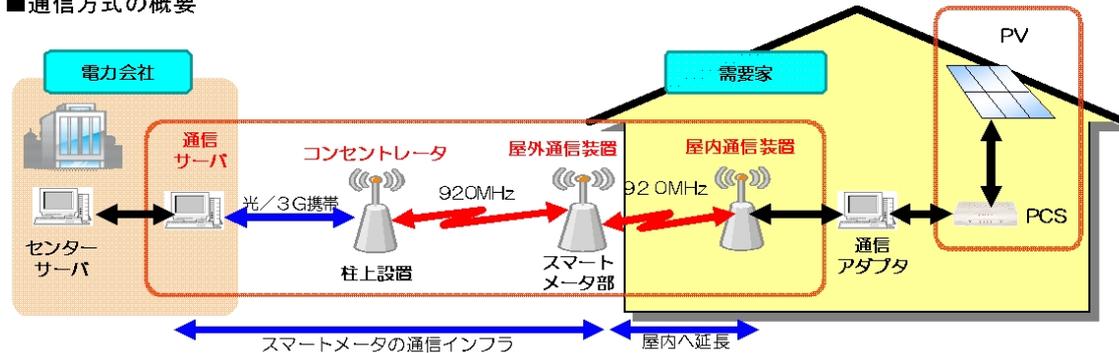
・本装置を活用することで、抑制制御日におけるPCSへの制御成功率は100%を実現した。双方向通信におけるPV抑制制御において、通信アダプタ装置を経由しての制御は、どのメディアを活用した場合においても問題は発生しないレベルであることが結果より確認できた。

4. 成果、目標の達成度

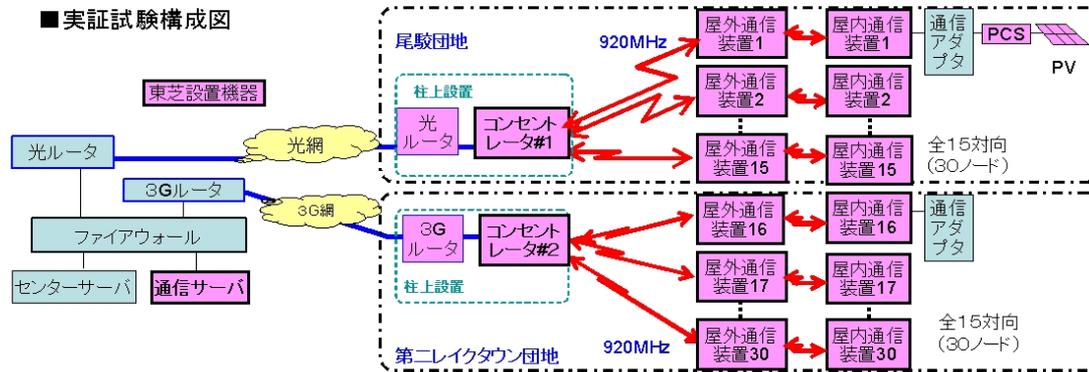
○特定小電力無線・無線LAN

・ 900MHz帯の特小無線を青森で評価(東芝)

■通信方式の概要



■実証試験構成図



システム構成図

応答が返ってきた数	37459
応答が返ってこなかった数	7
応答成功率平均値	99.98%

応答成功率

・月ごとの応答成功率については99.80%から100%の間の高い確率で推移しており、安定した通信ができていることが確認できた。

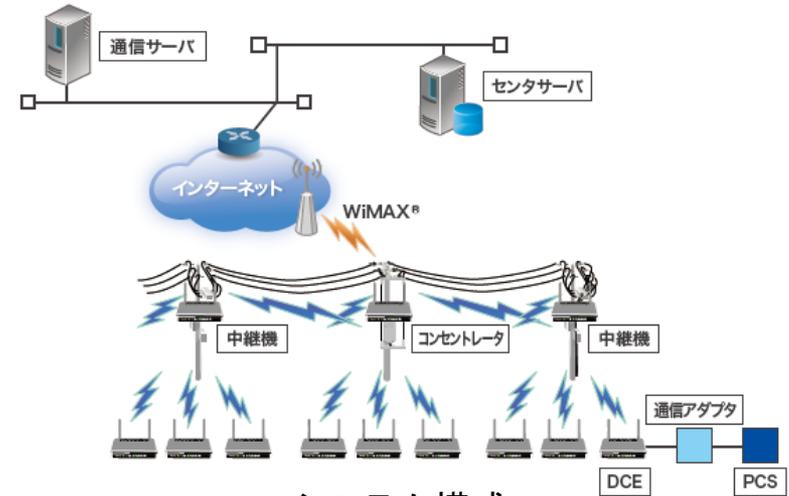
4. 成果、目標の達成度

○特定小電力無線・無線LAN

- ・ 900MHz帯の特小無線を青森で評価(沖電気工業)



無線機



システム構成

- ・ 試験結果より、開発機器が安定的かつ確実に通信できていることが確認できた。

	戸建住宅	原燃社宅	尾駁団地	第2レイクタウン団地	全体
24年12月	99.3%	93.9%	99.6%	96.9%	96.2%
25年1月	98.3%	96.2%	99.2%	96.4%	97.0%
25年2月	98.5%	96.4%	99.2%	97.5%	97.4%
25年3月	100.0%	98.8%	100.0%	99.7%	99.4%
25年4月	100.0%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%
25年5月	99.7%	100.0%	100.0%	99.3%	99.8%
25年6月	99.2%	99.4%	99.7%	96.1%	98.5%
25年7月	99.4%	100.0%	99.8%	99.0%	99.7%
25年8月	100.0%	100.0%	99.7%	99.5%	99.8%
25年9月	98.5%	99.6%	99.8%	97.4%	99.0%
25年10月	100.0%	100.0%	99.8%	99.7%	99.9%
25年11月	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

通信試験結果

4. 成果、目標の達成度

○電力線搬送(PLC)

- ・TWACS、G3について青森で評価(住友電気工業)

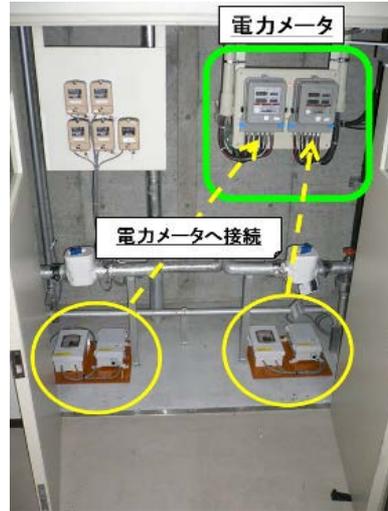
TWACS方式	G3方式
<ul style="list-style-type: none"> ・電力会社の変電所に親装置を設置 ・変電所配下に接続した需要家との通信を確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧トランス付近に親装置を設置 ・トランス配下に接続した需要家との通信を確立
<ul style="list-style-type: none"> ①超長距離通信 伝送距離100km以上(無中継) ②大規模システム 変電所配下の子機を全て接続 ③通信安定性 ノイズ外乱に強く、トランス越え可能 	<ul style="list-style-type: none"> ①通信速度 数十~100kbps程度 ②スター型トポロジ 集合住宅への高い適用性 ③オープンな規格 国際標準(通信仕様は一般公開)

4. 成果、目標の達成度

○電力線搬送(PLC)



TWACS方式PLC親装置



PLC子装置



G3方式PLC親装置

PLC方式	月	PCS制御シナリオ	PLC区間の通信成功率 [%]	
TWACS方式	12	シナリオ 1	100.0	
	1	シナリオ 2	99.98	
	3	シナリオ 1	99.85	
	4	シナリオ 2	100.0	
	6	シナリオ 1	99.95	
	7	シナリオ 2	100.0	
	9	シナリオ 1	99.38	
	10	シナリオ 2	99.91	
	年間平均			99.88
	G3方式	12	シナリオ 1	100.0
1		シナリオ 2	99.98	
3		シナリオ 1	99.87	
4		シナリオ 2	99.92	
6		シナリオ 1	99.87	
7		シナリオ 2	99.95	
9		シナリオ 1	99.95	
10		シナリオ 2	99.70	
年間平均			99.91	

・TWACS方式、G3方式共に年間平均99.8%以上の高い値を示しており、PLCが通信媒体として非常に安定していることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○インターネットで動作する汎用通信ソフトの開発(日本アイ・ビー・エム)

・青森フィールドに、WiMAXとFOMAによるインターネット環境を構築し、信頼性・性能・障害回復などの観点での出力制御試験を実施



システム構成

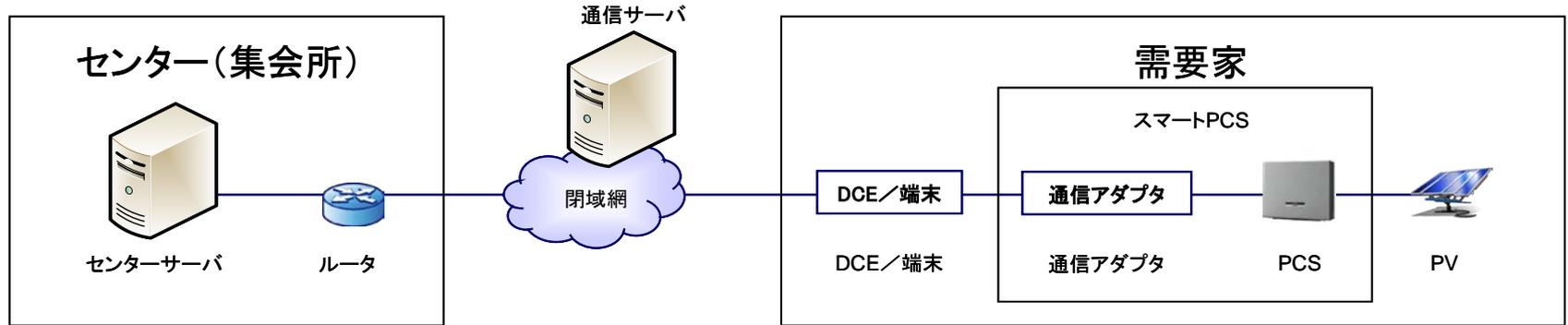
	平均往復時間 (秒) (要求～応答のパターン)		往復件数 (件)	
	通信アダプタ#1	通信アダプタ#2	通信アダプタ#1	通信アダプタ#2
2013年5月	16.472	1.780	55	56
2013年6月	13.895	1.920	77	77
2013年7月	1.580	1.923	49	49
2013年8月	2.026	2.124	92	92
2013年9月	1.781	2.167	124	124
2013年10月	1.364	1.835	170	170
2013年11月	1.643	2.041	85	85

平均往復時間と往復件数

・往復率100%、応答時間は1.60と2.01秒であり、インターネット環境で、日米2往復するネットワーク構成による遅延(1.2秒)を鑑みると、実用面で十分に高い応答性能を達成していることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○公衆無線網(KDDI)(青森)



システム構成図

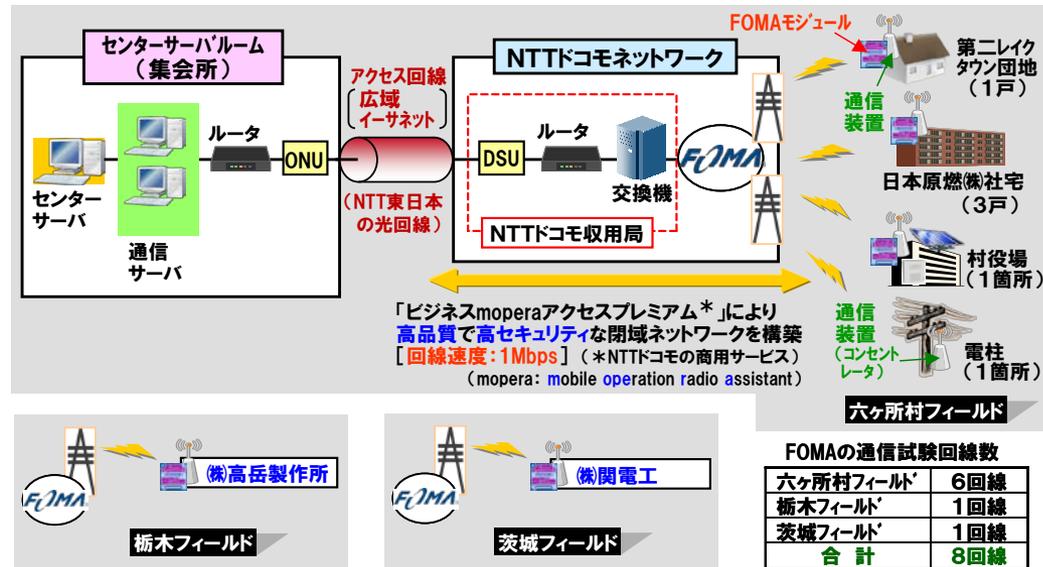
項目	端末ID				
	01050706	01050707	01050708	01050709	0105070A
制御データ送信数(回)	2165	2025	2048	2029	1883
応答成功数(回)	2136	2021	1855	2029	1869
成功率(%)	98.6	99.8	90.5	100	99.2

DCE/端末の制御データ取得結果

・試験結果より、再送機能等を盛り込むことで、実環境において十分に使用できることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

○公衆無線網(NTTドコモ)(青森)



システム構成

建物	FOMA端末設置場所	RSCP#値(dBm)	干渉電力比(dB)	判定
第二レイクタウン団地	トイレ内上部棚	-103 (窓付近:-99)	-10 (窓付近:-8)	弱電界 (窓付近:強電界)
日本原燃(株)西社宅C棟	玄関付近	-94~-89	-11~-10	強電界~弱電界
日本原燃(株)西社宅2号棟	リビングルーム窓側の床	-93 (窓付近:-89)	-9 (窓付近:-8)	弱電界 (窓付近:強電界)
日本原燃(株)西社宅10号棟	台所の床上	-99~-96	-10~-8	強電界~弱電界
村役場第二分行舎	2階廊下に設置した棚	-82~-80	-7~-6	強電界

判定	内容
強電界	パケット通信可能
弱電界	パケット通信可能*
圏外	パケット通信不可

RSCP: Received Signal Code Power
(受信信号コードパワー)

*IP着信からパケット通信開始
まで時間がかかる場合あり。

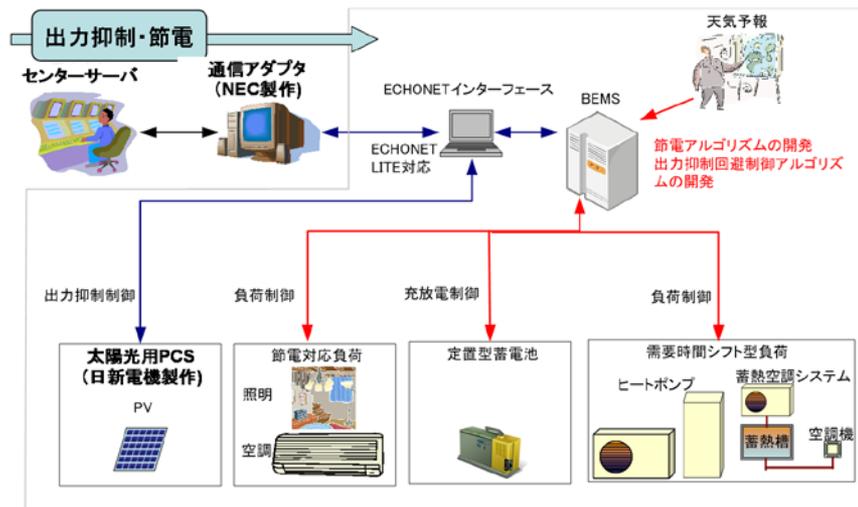
電波調査結果

・どの設置場所も「弱電界」以上を示し、通信品質は概ね問題ないと判断できる。また、通信状況の分析によりFOMAが双方向通信として安定して機能しており、実環境において十分に使用できることが確認できた。

4. 成果、目標の達成度

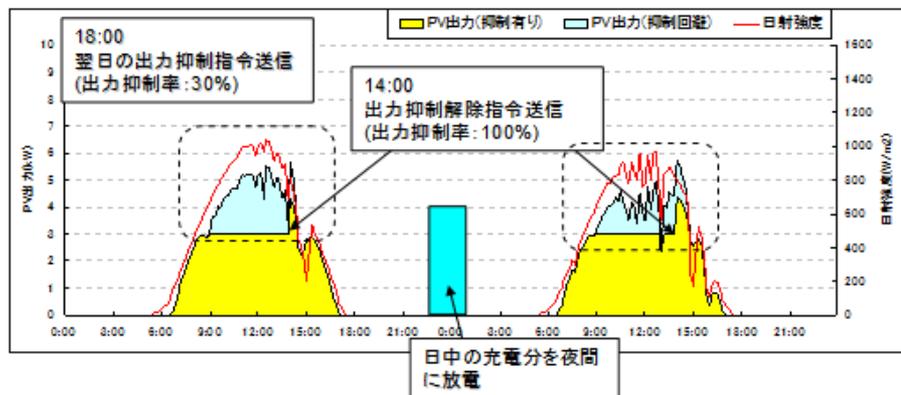
OPCS出力制御システム

- ・太陽光発電用PCSの出力制御を目的とした通信試験設備および制御システムを構築(関電工)



システム構成

蓄電池へ充電→出力抑制回避制御実施



出力制御試験

○カレンダー機能による出力抑制制御試験

- ・通信サーバシミュレータより出力抑制カレンダーを送信し、BEMSを経由して出力抑制制御を行う。
- ・出力抑制スケジュールは共通試験(シナリオ2)に準ずる。

毎日18:00: 翌日の出力抑制指令を送信(30%)
翌14:00: 出力抑制を解除(100%)

- ・余剰電力対策における蓄電池を用いた出力抑制回避制御試験を実施し、良好な結果を得ることができた。

4. 成果、目標の達成度

○評価(双方向通信機器の開発)

- ・評価指標: 通信機器の開発、開発機器の安定的かつ確実な動作
- ・結果: 通信機器の開発が完了し、パケットエラー率(PER)や通信成功率の評価により良好な結果を取得

	法人	開発機器	設置場所	試験結果
①	三菱電機	900MHz帯特小無線	自社フィールド	良
②	パナソニック システムネットワークス	900MHz帯特小無線 2.4GHz帯無線LAN	自社フィールド	良
③	富士通	2.4GHz帯無線LAN	自社フィールド	良
④	日立製作所	試験用無線端末 センターサーバ	青森フィールド	良
⑤	東芝	900MHz帯特小無線	青森フィールド	良
⑥	沖電気工業	900MHz帯特小無線	青森フィールド	良
⑦	住友電気工業	電力線通信 (PLC)	青森フィールド 東光高岳フィールド	良
⑧	日本電気	通信アダプタ	青森フィールド 関電エフィールド 東光高岳フィールド	良
⑨	日本アイ・ビー・エム	汎用通信ソフトウェア	青森フィールド	良
⑩	KDDI	広域サービス網を利用した 通信ネットワーク (公衆無線網)	青森フィールド 関電エフィールド 東光高岳フィールド	良
⑪	NTTドコモ	広域サービス網を利用した 通信ネットワーク (公衆無線網)	青森フィールド 関電エフィールド 東光高岳フィールド	良
⑫	関電工	PCS出力制御システム	関電エフィールド	良

4. 成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成果	達成度
⑤サイバーセキュリティ関連機器	<ul style="list-style-type: none"> ・通信ネットワークに内在する脆弱性の検討・セキュリティ技術の開発 ・想定される攻撃からネットワークを保護できること 	<p>スマートグリッドシステムのセキュリティに関わる文献調査などにより、セキュリティリスクに対する対策方針について検討を行った。また、開発した侵入検知システムを青森フィールドに導入し、作成した対策方針を参考に、複数の検知方法についてそれぞれ検知結果の評価を行い、想定される攻撃からネットワークを保護できることを確認し、良好な試験結果を得ることができた。</p>	達成

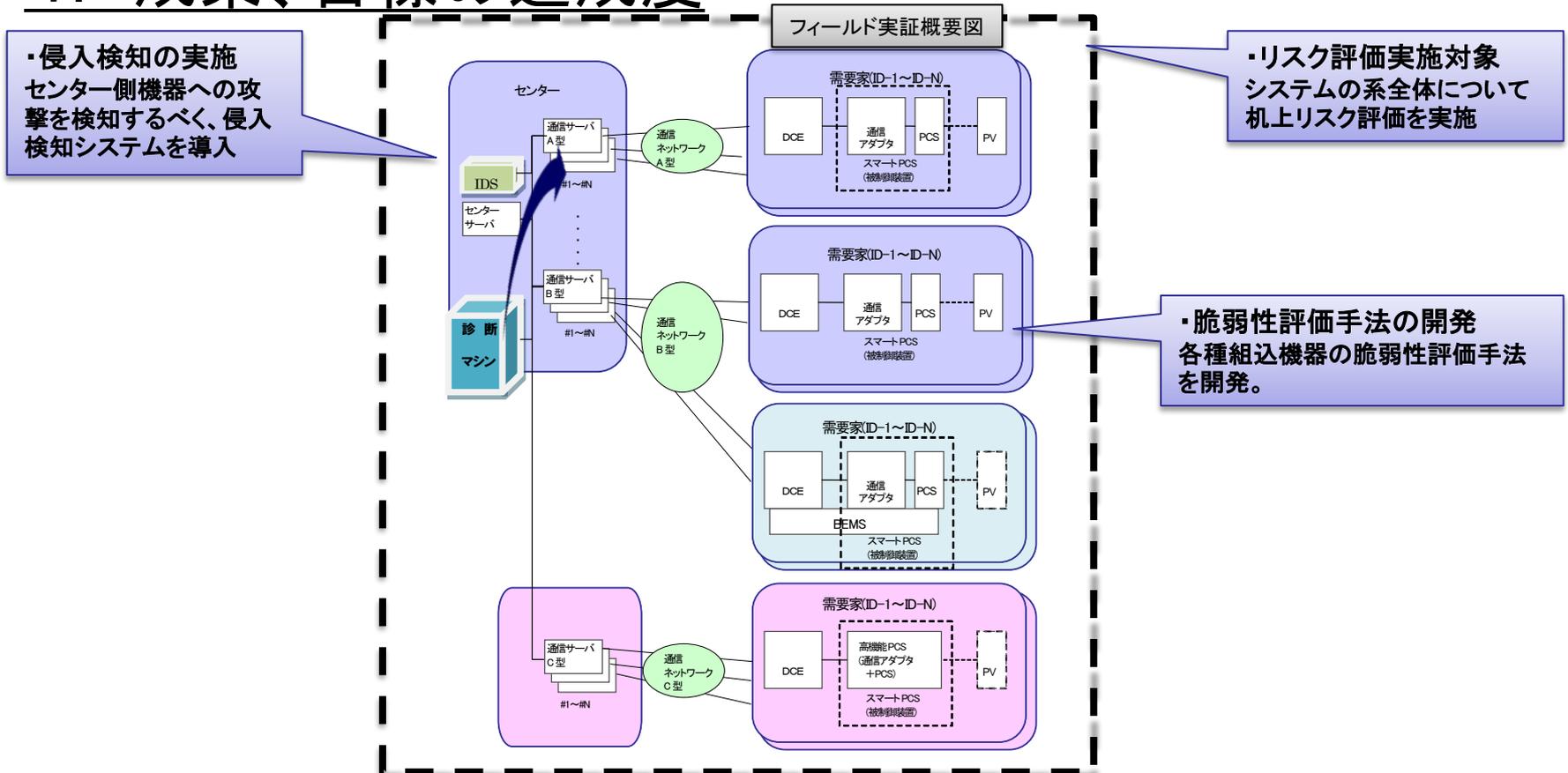
4. 成果、目標の達成度

◎サイバーセキュリティ関連機器の開発

○対策方針(一部抜粋)

UC	UC概要	機能	保有情報	送信パターン (双方向、 サーバからのみ、スマート PCSからのみ)	想定保有期間 (短期(1.2日程 度)/長期/未定)	脅威	脅威類型			脆弱性	発生原因 種別	発生 可能性	発生 可能性の 根拠	影響度 理由	リスク値(発生 可能性と 影響度から 導出)	対策方針		
							A (可用性)	I (完全性)	C (機密性)							技術	物理	運用
UC1	出力制御カレンダー によるPCS出力制御	・通信サーバから 出力制御カレンダー 更新要求の受付	・出力制御カレンダー 更新情報 (通信アダプタID、 電力会社ID、出力制 御カレンダー情報)	双方向	長期	出力制御カレ ンダ更新情報 受信不能	○	-	-	スマートPCSに接続 されているケーブル が抜かれる	故意	並		【影響対象】 個別PCSにとどま り、系統側への影 響は軽微。 【影響内容】 適切な制御情報 が受け取れず、 制御値通りの発電 が行われなくなる。	2			
							○	-	-	物理的にスマート PCSが破壊される	故意	並			2			
							○	-	-	物理的にスマート PCSが破壊される	環境	低			1			
							○	-	-	論理的(DOS攻撃等 を想定)にスマート PCSが破壊される	故意	高			3	1 2 3 4	-	1
		・出力制御カレンダー の更新	・出力制御カレンダー 更新情報 (通信アダプタID、 電力会社ID、出力制 御カレンダー情報) ・当日出力制御情報			出力制御カレ ンダ更新不能	○	-	-	物理的にスマート PCSが破壊される	故意	並		【影響対象】 個別PCSにとどま り、系統側への影 響は軽微。 【影響内容】 適切な制御情報 へ更新できず、制 御値通りの発電 が行われなくなる。	2			
							○	-	-	物理的にスマート PCSが破壊される	環境	低			1			
							○	-	-	論理的(DOS攻撃等 を想定)にスマート PCSが破壊される	故意	高		3	1 2 3 4	-	1	

4. 成果、目標の達成度



○評価(サイバーセキュリティ関連機器の開発)

- ・評価指標: 脆弱性の洗い出し、およびセキュリティ技術の開発。想定される攻撃から保護できること。
- ・結果: セキュリティ対策方針の検討および青森フィールドでの検知結果の評価によりネットワークを保護できることを確認。

	参加法人	開発機器	設置場所	達成度
①	NRIセキュアテクノロジーズ	セキュリティリスク評価・診断 攻撃検知／防御システム	青森フィールド	達成

4. 成果、目標の達成度

○論文、投稿、発表、特許リスト

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
①通信による出力制御が可能な太陽光PCS（住宅用、事業用）	0	0	0	0
②通信による出力制御が可能な蓄電池用PCS	0	0	0	0
③電圧調整機能付きPCS	0	0	0	0
④双方向通信機器	4	0	0	0
⑤サイバーセキュリティ関連機器	0	0	0	0
全般	5	0	0	0
計	9	0	0	0

5. 事業化、波及効果

○事業化の見通し

太陽光の発電出力を制御できる通信機能付き太陽光発電用PCS、通信機能付き蓄電池用PCS、PCSの出力制御を実現する種々の双方向通信機器、および各PCSの通信機能としての各通信メディアについては、事業化に対し十分な技術的成果が得られた。

今後の事業化に向けては、ネットワークにて採用すべき通信方式の決定、出力制御システムの標準化等の整備を進めていく必要があり、今年度から開始となる「次世代双方向通信出力制御緊急実証事業」の検討において、本事業の成果・知見を反映することで、通信方式の決定や出力制御システムの標準化に寄与していくこととしている。

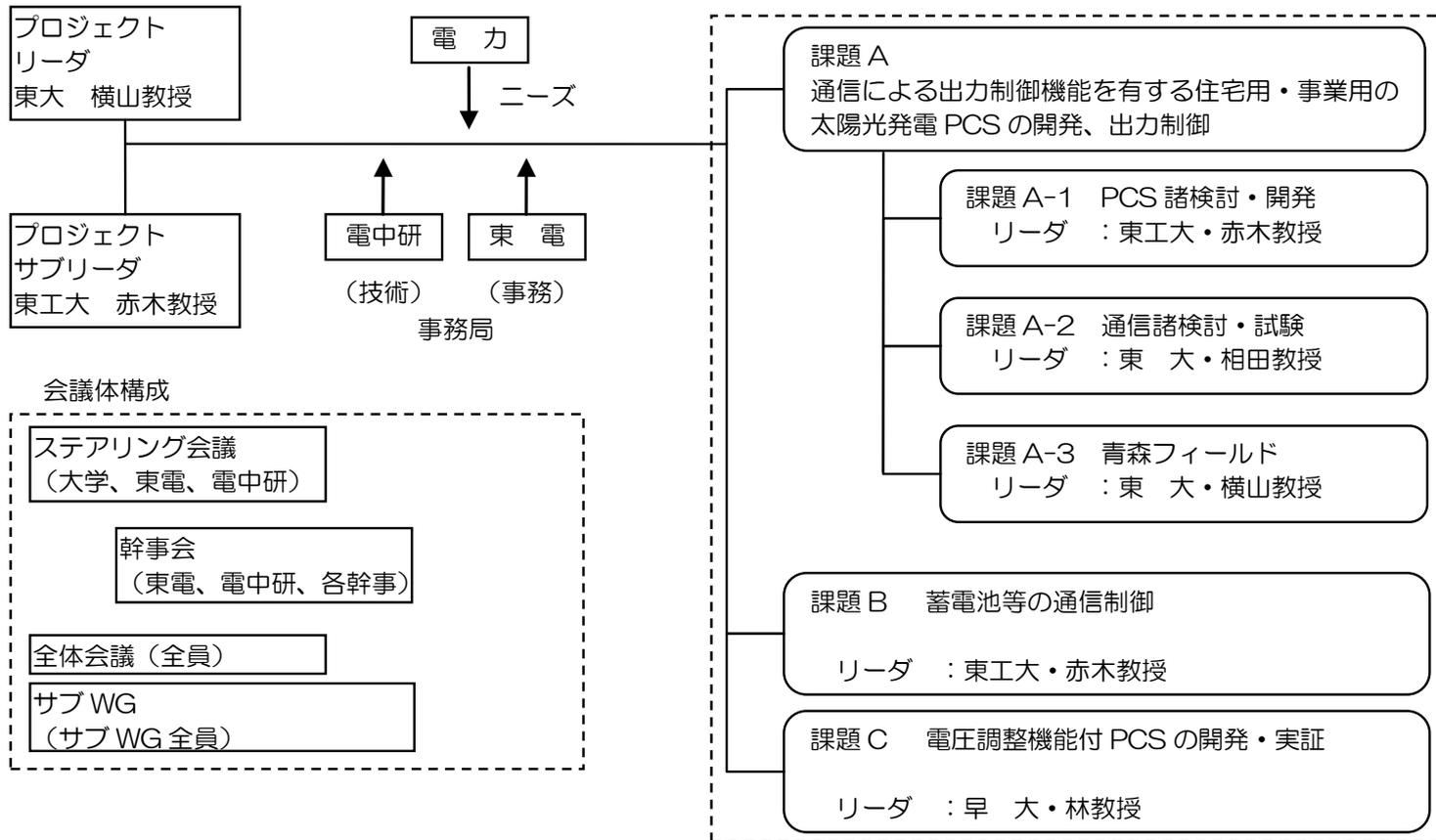
○波及効果

成果の高度化等に関する波及効果の事例として、以下の分野への応用が考えられる。

- ・太陽光発電用PCSの風力等他の分散電源用PCSへの応用
- ・系統用蓄電池用PCSの家庭用蓄電池用PCSへの応用
- ・電圧調整機能付きPCSの制御方式の検討ノウハウの配電制御高度化への応用
- ・PCS制御用双方向通信方式の他のセンサーネットワーク(スマートメータ、デマンドレスポンスなど)への応用

6. 研究開発マネジメント・体制等

本研究開発は、公募による選定審査手続きを経て、国立大学法人東京大学他33法人が経済産業省からの委託を受けて実施した。研究開発の実施に当たっては、プロジェクトリーダー(東京大学 横山教授)、プロジェクトサブリーダー(東京工業大学 赤木教授)、事務局(東京電力、電力中央研究所)を設置するとともに、効率的な本研究開発の遂行のため、実施事項毎にSWGを組織し推進した。全体の進捗確認、各SWGへのフィードバック、SWG間の連携などの全体運営は、全体会議、ステアリング会議、幹事会を設置し、随時開催して推進した。



6. 研究開発マネジメント・体制等

○要素技術と課題の関係

要素技術 \ 課題	A-1	A-2	A-3	B	C	法人名
①通信による出力制御が可能な太陽光PCS(住宅用、事業用)	○		○			オムロン、東芝、三洋電機、シャープ、三菱電機、東光高岳、日新電機、富士電機
②通信による出力制御が可能な蓄電池用PCS			○	○		関電工、東光高岳
③電圧調整機能付きPCS			○		○	東芝、富士電機
④双方向通信機器		○	○			KDDI、NTTドコモ、三菱電機、パナソニックシステムネットワークス、富士通、日本電気、日立製作所、東芝、沖電気工業、住友電気工業、日本アイ・ビー・エム
⑤サイバーセキュリティ関連機器		○	○			NRIセキュアテクノロジーズ

7. 費用対効果

本事業は、双方向通信技術を活用したきめ細かな太陽光発電の出力制御の実施を目指し、都市部や郊外などの地域環境、宅内・宅外といった設置場所など様々なPCSの設置環境を想定した上で、電力系統と需要家を結ぶ種々の通信手段を用いた実証試験を実施する必要がある。このため、複数の通信方式・PCSの技術を保有した主要国内メーカーが複数参加することで、様々な設置環境を想定した各種試験を実施可能な体制とした。

また、上記異メーカーに加え、太陽光発電の出力制御のニーズもとである国内全電力会社が参加することで、機器開発から実証試験にわたり、異なる視点からの幅広い意見を本事業に反映することができた。

さらに、電力・通信分野に深い知見のある有識者を含めた産学官が連携した実施体制を構築することで、非常に効率的かつ実効的に事業を推進することができた。

8. 前回中間評価の対応状況

今後の研究開発の方向等に関する提言

- 産学官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。

提言に対する対処方針

- 産学官による本事業の体制において、引き続き活発な議論を進めていく。
- 本事業における研究成果の共有化を実現するため、研究成果・データをまとめた報告書の公表に対する検討に取り組んで行く。

【対応状況】

- 全体会議・各種サブワーキンググループ等を通じ、産学官による体制において活発な議論を行うことで本事業を推進してきた。
- 本事業における研究成果の共有化を実現するため、報告書については原則公表する方針としている。また、国内外の複数の関連学会等において、これまでの本事業の成果を公表してきた。