

「分散型エネルギー一次世代電力網構築実証事業」

(中間評価) 分科会

資料 5-1

「分散型エネルギー一次世代電力網構築実証事業」

事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 スマートコミュニティ部
-----	--

—目次—

概要

プロジェクト用語集

第 I 章. 事業の位置付け・必要性について

1. 事業目的の妥当性	I - 1
1-1. 事業の背景・目的・位置づけ	I - 1
1-2. 関連する上位施策	I - 5
1-3. 再生可能エネルギーの導入状況	I - 9
1-4. 各国の再生可能エネルギーの政策動向	I -11
1-5. 配電分野での再生可能エネルギーの導入に向けた取組動向	I -13
2. NEDO事業としての妥当性	I -15
2-1. NEDOの関与の必要性	I -15
2-2. 実施の効果	I -15

第 II 章. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標	II - 1
2. 事業の計画内容	II - 3
2-1. 研究開発の内容	II - 3
2-1-1. 研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発	II - 3
2-1-2. 研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通版技術の開発	II - 3
2-1-3. 研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ	II - 3
2-2. プロジェクトの全体計画と予算	II - 4
2-3. 研究開発の実施体制	II - 5
2-3-1. 研究開発実施者	II - 5
2-3-2. プロジェクトリーダー(PL)	II - 6
2-4. 研究の運営管理	II - 6
2-5. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性	II - 8
2-5-1. 実用化事業化戦略	II - 8
2-5-2. プロジェクト運営マネジメント	II - 8
2-5-3. 知的財産・標準化に係るマネジメント	II - 9
3. 情勢変化への対応	II -10

第 III 章. 研究開発成果について

1. 研究開発項目ごとの成果と達成度及び最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し	III - 1
1-1. 研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発	III - 1
1-1-1. 成果の達成状況	III - 1
1-1-2. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し	III - 7
1-2. 研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発	III - 8
1-2-1. 実施項目と成果の達成状況	III - 8

1-2-2. 具体的な実施状況について	Ⅲ-14
1-2-3. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し	Ⅲ-49
1-3. 研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ	Ⅲ-53
1-3-1. 実施項目と成果の達成状況	Ⅲ-53
1-3-2. 具体的な実施状況について	Ⅲ-58
1-3-3. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し	Ⅲ-72
2. 知的財産等の取得、成果の普及	Ⅲ-73

第IV章. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 研究開発項目ごとの実用化・事業化に向けての見通し及び取組	Ⅳ- 1
1-1. 研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発	Ⅳ- 1
1-1-1. 成果の実用化可能性	Ⅳ- 1
1-1-2. 事業化までのシナリオ	Ⅳ- 1
1-2. 研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発	Ⅳ- 2
1-2-1. 成果の狙い	Ⅳ- 2
1-2-2. 成果の実用化可能性	Ⅳ- 2
1-2-3. 成果の展開に向けたシナリオ	Ⅳ- 2
1-3. 研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ	Ⅳ- 3
1-3-1. 成果の狙い	Ⅳ- 3
1-3-2. 成果の実用化可能性	Ⅳ- 3
1-3-3. 成果の展開に向けたシナリオ	Ⅳ- 3

(添付資料)

添付資料 1 プロジェクト基本計画

添付資料 2 事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)

添付資料 3 学会・論文等発表リスト

概要

最終更新日			平成 28 年 9 月 20 日
プロジェクト名	分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業	プロジェクト番号	P14010
担当推進部/担当者	スマートコミュニティ部（平成 28 年 9 月現在） （プロジェクトマネージャー:PM） 中岩 勝（平成 26 年 10 月～平成 28 年 3 月） 吉川 信明（平成 28 年 4 月～現在） （担当者） 西島 栄伺（平成 25 年 10 月～平成 27 年 6 月） 臼田 浩幸（平成 25 年 10 月～現在） 相澤 彰治（平成 26 年 5 月～平成 28 年 5 月） 濱田 拓（平成 27 年 7 月～現在） 堂本 宗宏（平成 28 年 6 月～現在）		
0. 事業の概要	太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的として、シリコンカーバイド（SiC）パワー半導体を用いた次世代電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器をフィールドに設置して運用検証を行いながら、これら新規の技術を配電系統に適用して再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術の開発を行う。さらに、これら機器・システム及び共通基盤技術の開発と並行して、現在の状況に捉われない理想的な配電系統についてのフィージビリティスタディを行う。		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>本プロジェクトは、以下に示す通り、太陽光発電を中心とした我が国の再生可能エネルギー大量導入に向けて、電圧上昇問題を主とした配電系統の系統安定化に向けた課題解決に資することを目的とするものであり、NEDO が関与する必要性の高い事業である。</p> <p>我が国におけるエネルギー供給は化石燃料がその 8 割以上を占め、その殆どを海外に依存している。一方、近年、新興国の経済発展などを背景として、世界的にエネルギー需要が増大しており、また、化石燃料の市場価格が乱高下するなど、エネルギー市場が不安定化している。加えて、化石燃料の利用に伴って発生する温室効果ガスを削減することが重要な課題となっている。このような状況の中、エネルギーを安定的かつ適切に供給するためには、資源の枯渇のおそれが少なく、環境への負荷が少ない再生可能エネルギーの導入を一層進める必要がある。</p> <p>平成 20 年 7 月に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電の導入量を 2020 年（平成 32 年）に 2005 年度（平成 17 年度）比で 10 倍（1,400 万 kW）、また 2030 年（平成 42 年）には 40 倍（5,300 万 kW）とする目標が掲げられた。その後、平成 21 年 8 月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し（再計算）」では、太陽光発電の導入を大幅に前倒しして、2020 年に 2005 年度比で 20 倍（2,800 万 kW）を導入するとの想定がなされ、目標が見直された。同年 11 月には、太陽光の余剰電力買取制度が開始された。さらに、東日本大震災後の平成 23 年 8 月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、電気事業者に太陽光、風力、地熱、バイオマス、中小水力を対象とした再生可能エネルギーによって発電された電力を全量、一定の期間、一定の価格で買い取ることが義務付けられ、翌年の平成 24 年 7 月 1 日から再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行された。</p> <p>その後、東日本大震災以降では最初の計画となるエネルギー基本計画（第四次計画）が平成 26 年 4 月に策定されるとともに、このエネルギー基本計画を踏まえ、経済産業省は、平成 27 年 7 月に長期エネルギー需給見通しを決定している。この長期エネルギー見通しの決定に向けた議論の中で、再生可能エネルギーは、2030 年頃（平成 42 年頃）に総発電電力量（10,650 億 kWh）のうち、22～24%程度の導入が想定されている。</p> <p>このような流れの中、再生可能エネルギーによる発電量は、新たな制度の開始に伴い、その伸び率が急速に拡大している。</p> <p>この再生可能エネルギーの中でも特に太陽光発電は、住宅用、非住宅用とも導入が著しい。</p> <p>一方、太陽光発電は天候によって出力が変動し、その多くは電力系統の末端に分散設置されるため、その導入量が大幅に増加した場合には電力系統の運用上、配電線の電圧上昇や周波数調整力の不足等、多くの技術課題が想定される。</p> <p>平成 22 年 4 月に経済産業省が取りまとめた次世代送配電ネットワーク研究会報告「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」においては、我が国の電力系統上、太陽光発電について 1,000 万 kW 程度までは集中設置等の場合を除いて特段の系統安定化対策を講ずることなく電力系統で受入可能とされている。また、2020 年（平成 32 年）に 2,800 万 kW といった導入を目指す場合においては、現状において実用化された技術をベースにして系統安定化対策を行っていくことが想定されている。</p> <p>しかしながら、現状の太陽光発電の導入量（平成 28 年 3 月末時点）は、3,223 万 kW（住宅用 865 万 kW、非住宅用 2,358 万 kW）であり、当初、2020 年に想定していた 2,800 万 kW を既に超える状況となっている。また、2030 年（平成 42 年）の太陽光発電の導入量は、先述した「長期エネルギー需給見通し」を基に概算すると、2030 年度の総発電電力量（10,650 億 kWh）のうち、太陽</p>		

光発電の割合は7%程度（749億 kWh）と想定されており、現状の太陽光発電の設備利用率（12～14%）を勘案すると、6,500万 kW程度の太陽光設備容量が見込まれる。

今後も太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーを積極的に活用していくために極めて重要となるのは、系統の安定的な運用である。

太陽光発電の導入拡大に伴う電力系統において、特に課題となるのが配電系統における電圧上昇である。この電圧上昇は、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統に逆流が発生した場合に生じるものであり、他国に比べて低圧配電線の電圧が低い我が国においては特に顕著に生じやすい。また、電圧上昇により、連系点の電圧が電気事業法第26条に基づく適正値（ $101\pm 6V$ ）を逸脱すると、太陽光発電の直流／交流変換器（PCS:Power Conditioning System）の電圧上昇抑制機能が動作し、太陽光発電の出力が抑制され、結果として発電機会が失われるため、再生可能エネルギー導入時に適正電圧を如何に維持するかは重要な課題である。

系統を適正電圧に保つための対策は、需要家側と系統側の対策に分かれ、需要家側の対策としては、高圧需要家に対して力率一定制御のパワーコンディショナー（PCS）を導入する等の対策が実施されている。一方で、需要家側の対策だけでは効果はあるものの、再生可能エネルギーの導入に伴う電圧上昇問題を全て解決することは困難である。電力系統への再生可能エネルギーの導入をある一定以上進めていくためには、系統側の対策も含めて、双方で対応していく必要がある。そこで、本プロジェクトでは、対策が確立されていない系統側の対策に焦点をあてて実施した。

従来の系統側の対策としては、高圧自動電圧調整器（SVR: Step Voltage Regulator）や静止型無効電力補償装置（SVC: Static Var Compensator）等といった電圧調整機器による対策が行われている。さらに電圧調整機器を集中的に制御して電圧調整を一括管理する集中制御方式といった積極的な対策も提案されている。

電圧調整機器については、従来の機器と比較して、電圧調整幅やタップ動作回数制限等で優位性のあるパワーエレクトロニクス技術を活用した機器が配電用として一部実用化されているが、コンパクト化、軽量化、低コスト化等の課題があるため普及が進んでいない。

一方、我が国は先進的なパワー半導体としてSiC（シリコンカーバイド）の開発が他国に先駆け進展している。SiCパワー半導体は、Si（シリコン）パワー半導体と比較して、発熱が小さい、電力損失が少ない、高温で高速動作が可能等の特長を有している。これらの特長を活かした電圧調整機器の製作、その実用化が期待されている。

本プロジェクトにおいては、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的として、3つの研究開発項目を一体的に推進している。

1つめの研究開発項目は、「次世代電圧調整機器・システムの開発」である。ここでは、先進的なパワー半導体であるSiCパワー半導体を用いた電圧調整器の開発を行っている。さらに機器による対策に加え、これら機器を集中的に制御するシステムの検討も行っている。

2つめの研究開発項目は、「次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」である。ここでは、本プロジェクトで開発した機器のフィールドでの運用検証等を通して、パワーエレクトロニクス機器が系統に導入された場合の影響等について検討している。また、SiCパワー半導体の高耐圧化と低損失化が進めばトランスが不要となる等といった更なるコンパクト化が期待される一方、機器全体の発熱密度が高くなる結果、放熱や構成部品の耐熱性を考慮した配置が課題となる。このような課題に対して、機器を設計する上での留意事項について検討している。

共通基盤技術の開発は、ユーザー側としての運用面とメーカー側としての機器設計の両面から指針を作成し、系統側対策として、パワー半導体による新規技術の導入が加速されることを狙いとして取組んでいる。

3つめの研究開発項目は、「未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」である。このフィージビリティスタディは、上記2つの研究開発項目による取組が2030年（平成42年）に向けた2020年（平成32年）代の対策であるのに対し、さらに長期的な2050年（平成62年）を想定した配電系統の形について、主として技術的な観点から検討している。本プロジェクトで取組んでいる先進的なパワーエレクトロニクス機器が、2020年代に導入されると想定すると、一般的に配電機器の機器寿命は20年程度であることから、2040年（平成52年）代にはリプレースも含めた検討が必要となる。その際に未来の配電系統としては、機器のリプレースも含め、新たな機器を導入して取組むべきなのか、または他の方法による対策で系統安定化を図るべきなのか、将来の政策や情勢による影響もあるが、2050年の配電系統としてどのような形態が考えられるかといった一つの方向性を示すことを狙いとして実施している。

これら研究開発の一体的な実施は、喫緊の課題を解決し、エネルギー基本計画やエネルギー需給見通し等の上位施策の実現に向けて寄与するだけでなく、我が国の再生可能エネルギーの導入を着実に拡大しつつ、長期安定的に配電系統を運用していく総合的な取組につながる。

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<p>【最終目標】（2018年度末（平成30年度末））</p> <p>耐久性、信頼性、配電システムの制御アルゴリズムとの統合性を備え、かつコスト低減の見通しを有するSiCパワー半導体を用いた電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行う。さらに、これら新規の技術を配電網に適用して再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術を開発する。</p> <p>なお、最終目標の達成に向けては、2018年度末時点において、最低限、以下の技術レベルに到達していることが求められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全体もしくはSiCパワー半導体を適用する部分コストが従来機器以下であること。 ・機器メンテナンス頻度は2年以上であること。 ・機器全体寿命が減価償却年（18～22年）以上であること。 ・通信遮断時にも適正電圧を維持可能であること。 ・複数の次世代電圧調整機器が混在した環境下においても適正電圧が維持可能であること。 <p>【中間目標】（2016年度末（平成28年度末））</p> <p>SiCパワー半導体を用いて軽量・コンパクト化を図った電圧調整機器（要素技術を含む）と制御システムを開発し、フィールドで使用可能な試作品の設計・製作を行って工場試験等で性能検証を行う。</p> <p>なお、2016年度末時点においては、最低限、以下の技術レベルに到達していることが求められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発する機器全てが柱上設置可能であること。 ・冷却は自然空冷であること。 ・従来機器、従来システムと協調制御可能であること。 ・次世代電圧調整機器・システムをフィールドに設置し、配電網としての運用検証を行う際の合理的な研究計画が策定されていること。 						
	事業の計画内容	主な実施事項	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy
研究開発項目① 次世代電圧調整機器・システムの開発（2/3助成）		←					→
研究開発項目② 次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発（委託）		←					→
研究開発項目③ 未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ（委託）		←					→
開発予算 (単位：百万円)	会計・勘定	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	総額
	一般会計						
	特別会計（需給）	706	1,068	951	—	—	2,725
	開発成果促進財源	—	—	—	—	—	—
	総予算額	706	1,068	951	—	—	2,725
	（委託）	88	246	357	—	—	
	（助成） ：助成率 2/3	618	822	594	—	—	
契約種類： 委託（○） 助成（○）							

開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課
	プロジェクトリーダー	富士電機株式会社 技術開発本部 技師長 川村 逸生
	助成先、委託先	(1) 研究開発項目①(2/3 助成) 富士電機株式会社(代表機関)、株式会社東芝、北芝電機株式会社 (2) 研究開発項目②(委託) 一般財団法人電力中央研究所(代表機関)、一般財団法人エネルギー総合工学研究所、横浜国立大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所 (3) 研究開発項目③(委託) 一般財団法人エネルギー総合工学研究所(代表機関)、一般財団法人電力中央研究所、東京大学、東北大学、東京都市大学
情勢変化への対応	<p>再生可能エネルギー導入に係る状況は、プロジェクト開始から刻一刻と変化しているが、そのような状況を踏まえつつ、NEDOのマネジメントとして実施した例は下記の通り。</p> <p>平成24年7月に固定価格買取制度が施行され、平成25年5月に「電気設備の技術基準の解釈」及びこれに関連するガイドラインである「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」が改正された事に伴い、バンク逆潮流の規制が緩和された。この一連の流れは、プロジェクト実施前に行われた取り組みであったが、太陽光を中心とした再生可能エネルギーは、当時、想定していたよりも大幅に導入が進んでいる状況。</p> <p>このような状況の中で、研究開発項目①で開発しているAVR付柱上変圧器ユニットについては、前倒しで開発の目的を立て、企業独自で実用化・事業化に向けた開発を行い、予定よりも早期に事業化していく体制とした。また、研究開発項目③で取組んでいる未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディについては、もともと未来の配電システムについて検討する事を目的としており、配電変電所からの逆潮流による特別高圧側の影響は特段考慮せず実施してきた。しかしながら、現状は、プロジェクト開始当初の想定を大きく超えて、再生可能エネルギーの導入が進んでおり、逆潮流による再生可能エネルギーが、特別高圧側に与える影響を加味せずには、未来の配電システムについて、最終的な検討が困難な状況となっている。そこで、平成28年度末までに未来の配電システムについて検討を行う一方、平成29年度以降は、特別高圧側の影響を加味した検討等を実施し、平成28年度までに検討した内容の妥当性を検証していく予定。</p>	
評価に関する事項	事前評価	平成26年度実施 担当部 スマートコミュニティ部
	中間評価	平成28年度 中間評価
	事後評価	平成31年度 事後評価(予定)

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発</p> <p>1. 小型化 SiC モジュールの開発 次の 3.3kV SiC モジュールの開発を行い、電気・熱的特性、絶縁性能が各規格を満足していることを確認した。 定格：3.3kV 200A 寸法：98×65×19mm</p> <p>2. SVC の開発 (1) 制御アルゴリズムを開発し、IGBT を使ったミニモデル（容量（10kVA、200V）で性能確認を完了した。 (2) 同上ミニモデルを研究開発項目②の実験室グリッド（横浜国立大学）へ供給した。 (3) SVC の構造開発を次の点に留意して実施し、小型軽量、自然空冷化を実現した。 ・発熱、流入熱の放熱 ・絶縁距離の確保 ・高周波スイッチングを可能とする構造 今年度中に実証機を製作し、社内検証を完了する予定。</p> <p>3. 次世代 TVR (CVC) の開発 制御アルゴリズムを開発し、従来の電圧調整分解のステップ幅がない連続電圧補償を可能とした。また、不平衡補償も合わせて行うようにし、IGBT 版試作機とミニモデルで基本動作の確認を完了した。平成 28 年度中に SiC モジュールを活用した試作機を製作し、社内試験を完了させる予定。</p> <p>4. AVR 柱上変圧器ユニットの開発 (1) 制御アルゴリズムを開発し、IGBT を使ったミニモデル（容量 3kVA、200V）で性能確認を完了した。 (2) 同上ミニモデルを研究開発項目②の実験室グリッド（横浜国立大学）へ供給した。 (3) AVR 柱上変圧器ユニットの構造開発を次の点に留意して実施し、小型軽量、自然空冷化を実現した。 ・電圧調整幅の最適化 ・発熱、流入熱の放熱 平成 28 年度中に社内検証を完了し、製品化の目処を立てる。検証終了後、製品化予定である。</p> <p>5. 電圧制御システムの開発 (1) 集中電圧制御アルゴリズムおよび協調電圧制御アルゴリズム（SVC 用、次世代 TVR (CVC) 用）の開発を完了した。 今年度中に集中電圧制御アルゴリズムについてはシステム実装、協調電圧制御アルゴリズムについてはコントローラ実装を完了し、リアルタイムシミュレータと電圧制御システム、通信機器を接続し、動作検証を行う。 (2) 通信インターフェースの開発については、通信機器（ハード）と通信プログラムについての開発を完了した。 今年度中にリアルタイムシミュレータと電圧制御システム、通信機器を接続し、動作検証を行う。</p> <p>研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発</p> <p>1. 性能・信頼性評価法の検討 (1) 性能評価法の検討について、「通常時」では、制御の安定性と追従性に関して、「配電系統事故時」では、各種事故状態に加えその後の単独運転状態や再開路時に関して、「ループ切替時」では、電圧や位相の急変時に関して、「電力系統擾乱時」では、瞬時電圧低下時や周波数変動時に関して、評価項目を抽出し、評価法・判定基準（案）を作成した。平成 28 年度末までに、瞬時値解析モデルを基にシミュレーション評価を完了し、模擬グリッドでの試験方法に反映。 (2) 信頼性評価法の検討（系統側の検討）では、JEC 等の規格を調査し、現状求めている耐量を調査した。また、電力会社への聞き取りにより、求めたい耐量を確認した結果、どこまで求めるかはコストを考慮して判断していることが明らかになった。以上により、評価項目の抽出と判定基準（案）を作成した。平成 28 年度末までに、実験室グリッドにおいてミニモデルでの異常動作有無の確認を行う。さらに研究開発項目①の開発機器の実力を把握し、最終の評価法・判定基準を決定する。</p>
----------------------	--

(3) 信頼性評価法の検討（機器側の検討）では、既存の信頼性試験方法等の調査結果より、機器への熱的影響を詳細に解析可能な数値解析が効率的であると判断し、トランスレス 10kV 級耐圧 SiC デバイス構成 SVC 全体機器の簡易モデル機器設計を実施。

中間評価までの解析で、自然空冷下の運転では内部熱の放熱技術だけでなく、外部からの入熱防止技術が重要であること等がわかった。

平成 28 年度末までに、ハード面での小型化や軽量化、機器寿命等の運用面での課題等について、解決策の提示も含めて、メーカー・ユーザー双方に有用な共通基盤的な設計指針の作成を完了する予定。

2. 配電システムの設計指針の検討

(1) 配電制御機器としての要求仕様の検討では、再委託先の関西電力と九州電力を通して、機器に対する要求仕様を抽出した。特に、「設置面」では、単柱設置の場合と、「EMC 面」では、AVR 付柱上変圧器ユニットの場合に、要求仕様が厳しく、機器設計に十分考慮する必要があることが明らかになった。

(2) 通信性能への要求では、北米における代表的電力会社の電力品質管理の特徴・配電系統電圧調整方法等について文献調査を実施後、同文献調査を基にした北米現地調査を行ない、研究開発項目①へ共有。また、欧州の最新研究動向の調査のため、文献調査、及び現地学会調査を実施。加えて、次世代機器へのニーズを明確化するため、国内電力会社および国内パワエレ機器開発メーカーに対し、ヒアリング調査を行ない、研究開発項目①へ共有。

(3) 電圧制御方式の検討では、本プロジェクトの研究開発項目①で開発する機器、現状配電系統に用いられている SVR、TVR および他励式 SVC、既開発のタップチェンジャ付柱上変圧器のモデルを構築。

また、電気協同研究会配電線モデルを組み合わせた評価用バンクモデルを構築し、同モデルを基に、太陽光発電の導入量増加に合わせた電圧変動シミュレーションを多数のケースについて実施。

さらに、国内にて過去に実施された「電力ネットワーク技術に関する実証事業」、「再エネ大量導入を視野に入れた研究」等について系統立てた調査を実施。

加えて、解析モデル構築の参考のために、我が国における配電系統電圧の適正維持及び運用の代表事例調査を実施し、分散電源の各種導入シナリオに沿った電圧適正化効果の解析準備を行った。

3. 機器事故時の対応法・メンテナンス性評価法の検討

再委託先の関西電力と九州電力を通して、巡視による故障・劣化の確認方法、機器故障時の応急対応方法、設置・取り替えの施工方法に関して評価方法と判定基準（案）を作成。平成 28 年度末までに、研究開発項目①で開発する機器への机上検討による評価を行い、平成 29 年度に、実機による検証を行うこととした。

4. 模擬グリッドでの実証評価

(1) 模擬グリッドによる実証項目・方法の検討では、潮流計算については、改良した解析ツールを用い、電圧制御の事前解析を実施。各機器の動作状況や制御効果を確認し、試験項目を抽出。平成 28 年度末までに、解析を進め、達成する見込み。

瞬時値解析モデルの構築に関しては、実験室グリッドの構築を完了。

また、電圧制御機器の瞬時値モデルのプロトタイプを構築し、別途用意した配電系統側の瞬時値解析モデルと接続してシステムシミュレーションを実施。また、電圧制御機器の制御応答を実験的に観測してデータも蓄積しつつある。上記プロトタイプモデルのパラメータを実験データと合わせこみ、瞬時値解析モデルとしての精度向上が実現できる見通し。

瞬時値解析については、研究開発項目①のメーカーと秘密保持契約を締結し、各機器の制御ブロックや定数の提供を受けた。これをもとに瞬時値解析モデルを構築。平成 28 年度末までに、電圧制御特性や系統事故時、系統擾乱時の挙動の事前解析を行い、各機器の動作状況を確認し、試験項目を抽出。

なお、研究開発項目①が開発する機器の制御方式が、一部未完成であるため、平成 28 年度末の達成度は開発状況に依存。

(2) 模擬グリッドの整備では、現状の実規模配電実験設備にて不十分である制御および計測用の配電線センサの拡充と、太陽光発電大量導入を模擬するための模擬電源の拡充に関する仕様の検討を行い、発注手続き中。平成 28 年度末までに、納入・設置を完了する予定。

5. 実グリッドでの実証評価

再委託先の関西電力と九州電力を通して、実グリッド実証の場所の候補地を選定中、またそこでの実証項目・評価項目を抽出。

6. 検討作業会の実施

本プロジェクトの円滑な実施を目的に、これまでに5回の作業会を開催。有識者から技術的な観点を中心に推進に向けた方向性等、助言を得た。平成28年度についても、適宜、適切な時期に開催を予定。

研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

1. 国内外の配電系統の状況調査

欧州でも中圧および低圧系統ではPV大量導入による電圧逸脱が課題となっており、米国でもカリフォルニア州やハワイ州においてPV大量導入に伴う電圧上昇が問題となっていることを確認した。

そこで欧州では変圧器タップ切替、系統接続変更、有効・無効電力制御、PV出力制御等が、米国では変圧器増設、電線太線化、電圧制御機器のタップ変更、PVスマートインバータ制御等が対策に用いられていた。

2. 新しい配電制御システムの提案

新しい配電制御システムについて、4つのキーワード（信頼性、経済性、拡張性、保守性）から、配電系統の幹線部分に沿って、22kV配電線を新設する「配電系統の部分昇圧（電圧階級22kVを含むケース）」と、SVCやPCS等により無効電力を制御する「配電系統の制御高度化（電圧階級6kVのケース）」の2つのケースに絞り込みを行った。直流配電システムの導入については、4つのキーワードをもとに検討したものの、いずれの観点からも優位性が低いため、前述2つのユースケースに絞り込みをした。

3. 電気的特性の分析

系統シミュレーションモデルでは、住宅、農山村の地域特性を考慮した配電系統モデルを作成し、将来PV大量導入が見込まれるメガソーラーや住宅用太陽光発電に対応した検討が実施可能となった。また、電圧上昇問題にとって条件の厳しい末端集中配置と、配電線内に均一に分布した分散配置を考慮することで、様々な配置に対して包括的な検討が実施可能となった。

さらに6kV検討モデルでは太線化実施箇所や線種、SVC等による無効電力などを変化させ、22kV検討モデルでは部分昇圧するだけでなく、既設6kV配電線も併せて太線化するなど、様々なパターンに変化させた複数モデルにて静特性の潮流計算を行い、常時における各検討モデルのホスティングキャパシティの算出を行った。

静特性解析からは、22kV検討モデルでは太線化対策も施すことで6kV検討モデルよりも多くのPVを導入可能であることが判明した。

また動特性解析では、解析モデルを作成し、非常時の系統切替動作における潮流変動を解析予定。なお動特性解析では通信技術やIT開閉器も考慮しながら、解析時間を検討した上で解析予定。

4. 信頼性と経済性の評価

経済性評価では、各検討モデルの設備単価を積算し建設費の算定を行い、かつ設備耐用年数を加味し信頼性を考慮した経済性評価を行った。さらに経済性評価は配電線1回線単位のみでなく、配電用変圧器単位や配電用変電所単位などでも実施予定。

5. 検討委員会、配電制御システム将来像の提示

検討委員会は平成26年度は2回、平成27年度は3回、平成28年度は1回を開催した。平成28年度については引き続き検討委員会を開催予定。

最適な配電制御システムは、22kV検討モデルと6kV検討モデルの検討を行い、電気的特性分析で優れている22kV検討モデルについて、条件によっては経済性が成り立つことが判明した。今後はさらに配電線特性（地域特性、PV配置）ごとにPV導入量率と経済性の関係性を示し、最適な配電制御システムの将来像を提示する予定。

	特許出願	「出願済」18件
	学会発表、論文	16件
	講演、その他	1件
IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発</p> <p>各実施者ともに本プロジェクト終了後3年以内（平成32年）初頭の事業化を計画。各機器により、シナリオは異なるが、量産化に向けたコスト検討を行いつつ、概ねプロジェクト終了後に量産化に向けた設計検討や設備投資を行い、本格販売を開始する予定。</p> <p>また、本プロジェクトで開発されたSiCモジュールについては、電圧調整機器のみならず、様々なパワーエレクトロニクス機器への波及効果も期待。</p> <p>なお、本プロジェクトの4年目以降に計画している模擬グリッドや実グリッドでの実証を通し、さらに機器の改良等を進めることで、実用化・事業化への移行を速やかに進める。</p>	
	<p>研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発</p> <p>成果として取りまとめられた指針については、電事連や一般電気事業者に対する個別の説明だけでなく、全体が集まる会合等を活用して導入の判断材料となるべく周知活動を実施し、一般電気事業者の社内基準等への反映につなげる。反映の完了時期は、2030年（平成42年）までのPV導入量において対策が必要であると想定すると、2020年代の前半に完了しておく必要があり、下図のスケジュールで取り組む予定。</p> <p>なお、「次世代」から「次々世代」へのスムーズな移行のため、成果の普及に向けては、研究開発項目③「未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」と相互連携して取組を実施していく。</p>	
	<p>研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ</p> <p>成果は、配電システムの開発・拡充計画の指針として一般電気事業者に周知を行うとともに、2050年（平成62年）に向けた中長期にわたって広く社会に周知していく必要がある。プロジェクト終了以降も、次々世代の新たな電力ネットワークに関するシンポジウム等の開催や学会等で研究成果の発表を行う等の活動を予定。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成26年3月 制定
	変更履歴	—

プロジェクト用語集

用語	説明
アーク	2つの電極間で放電させること(アーク放電)によって形成されたプラズマの一種
インダクタ	流れる電流によって形成される磁場にエネルギーを蓄えることができる受動素子(コイル)
インバータ	直流電力から交流電力を電氣的に生成する(逆変換する)電源回路、またはその回路を持つ電力変換装置のこと
インピーダンス	交流に対する抵抗値(電圧と電流の比)
過渡現象	ある定常状態の回路において、電源電圧が変化して次のある定常状態に至るまでの間の現象のこと
逆潮流	商用電力システムに、太陽光・風力発電やコージェネレーションなどの様々な分散電源が連系運転中に、発電設備設置者の構内から電気事業者の電力システムへ向かう有効電力の流れ(潮流)のこと
系統擾乱	電力システムが安定に運転しているなかで、系統事故や負荷の変動等により電圧や潮流・周波数が乱れる現象
高圧	電圧のうち、直流にあつては750ボルトを、交流にあつては600ボルトを超え、7,000ボルト以下のもの
高圧自動電圧調整器	高圧配電線路の途中に設置し、線路の電圧変動を調整する機器(SVR)
自然冷却	他から強制的に風を受けない無風状態での冷却
瞬時電圧低下	電力システムにおける瞬間的な電圧低下のこと
準せん頭値	無線機器等から放出される不要な電氣的ノイズの測定のうち、ノイズの持続時間が長い、あるいは頻度が高い時に測定結果が高くなるように設計された測定指標
スイッチング周波数	パワーMOSFETやパワートランジスタといったスイッチング素子のオン/オフの切り替えを制御する信号の周波数
ステップ幅	段階的に電圧調整を行う電圧調整機器における、電圧調整段位間の幅
制御アルゴリズム	他の機器やシステムを管理し制御するための定式化した形での表現
静止型無効電力補償装置	静止型調相設備の一種。一般には降圧用変圧器、直列リアクトル、進相コンデンサ、高電圧大容量サイリスタ装置で構成され、サイリスタを用いた高速制御により、負荷状態において無効電力を連続的に変化させて、応答速度の速い無効電力補償が可能(SVC)
設備利用率	対象とする発電設備の実際の発電量が、仮に100%運転を続けた場合に得られる電力量の、何%にあたるかを表す数値
零相回路	対象座標法(非対称な電圧・電流を対称な成分に分解して考える解析方法)における相回転のない成分に関する回路
単相	一つの電源と負荷との間を2本の線で結んで一つの回路を作るもの。電圧・電流の変化が一つの正弦波で表される交流

単相三線式	単相交流電力を3本の電線・ケーブルを用いて供給する低圧配電方式
短絡電流	電気回路の二点が相対的に低いインピーダンスで電氣的に接続された際に流れる電流
チップ	集積回路(IC)内の、主に半導体で構成された電子回路本体
低圧	電圧のうち、直流にあつては750ボルト以下、交流にあつては600ボルト以下のもの
電圧課電	停電している電力系統に電圧を印加すること
電圧歪	交流電圧の正弦波の形の変形
伝導性ノイズ	主に無線機器等から発せられ、配電線や通信線に侵入する電氣的雑音
特別高圧	電圧のうち、7,000ボルトを超えるもの
トランス	変圧器
パワー半導体	電源(電力)の制御や供給を行う半導体
バンク	配電用変電所に設置された変圧器
バンク逆潮流	配電用変電所に設置された変圧器(バンク)において、配電系統から送電系統へ向かって有効電力が流れること
ハンチング	制御動作が原因で、頻繁に変数の変動を繰り返す振動状態のこと
部分昇圧	既設の配電系統の幹線部分に、一例として現行使用されている電圧階級の22kV配電線と配電塔を新設し、配電塔以降は、既設の6.6kV配電設備を利用して送電を行うこと
不平衡電圧補償	3相電力系統において、相間負荷の違いなどに起因する各相電圧のアンバランスを補正すること
変圧器タップ	変圧器の巻数比を可変とするために、巻線に沿うように設けられた接続ポイント
放射性ノイズ	主に無線機器等から発せられる電氣的雑音のうち、空間を電磁波として伝搬するもの
ホスティングキャパシティ	既存の制御と配電系統の形状の下で、系統運用(信頼性や電力品質)に悪影響を及ぼさないで導入可能な最大の太陽光発電システムの限界量のこと
モールド	あらかじめ造られた鋳型などに、融けた金属や樹脂を流し込み一体成型した製品
力率一定制御	太陽光発電設備の出力(有効電力)に対し、運転・力率の値が一定となるよう無効電力を出力し、高圧太陽光からの出力によって生じる配電系統の電圧変動(電圧上昇)を抑制するPCSの制御運転
ループ切替	電力系統の一部が他の電力系統に接続可能な状況において、電力融通や電力潮流の関係上または送電線の作業や事故等の理由によって、現在接続中の電力系統から他の電力系統に無停電で切り替えること
連続電圧補償	電圧変動に対する補償を、無段階で行うもの
AVR	自動電圧調整器
BT	バッテリー

CALDG	電力中央研究所が開発した分散形電源を含む配電線電圧解析プログラムのこと。配電用変電所の変圧器による送り出し電圧制御、系統側電圧制御機器(SVR、SVC等)による配電線電圧制御、分散形電源の出力制御(力率一定制御、電圧上昇抑制機能等)、需要家側の力率改善用コンデンサの制御等を同時に模擬可能であり、太陽光発電の大量連系による電圧管理への影響評価等に活用が可能
DC-DCコンバータ	直流で直流電圧を変換するための変換器
DG	分散形電源(Distributed Generator)
DR	ピーク時に電力使用抑制を促し、電力消費を抑えて電力の安定供給を図る仕組み(デマンドレスポンス)
DSO	配電系統運用者(Distribution System Operator)
EMC	動作中に他の機器や人体に悪影響を及ぼす電磁妨害を発生させず、かつ、他の機器が発する電磁波などの影響を受けない機能のこと
EV	電気自動車(Electric Vehicle)
FRT	系統擾乱時における運転継続性能(Fault Ride Through)
GB	半導体の動作を止めること(ゲートブロック)
IGBT	絶縁ゲートバイポーラトランジスタ。主に電力制御の用途で使用
IV	電流・電圧
JEC	電気規格調査会(及び同会で定める規格)
LRT	送電線あるいは配電線の電圧を調整するために、電圧の変動に応じて変圧器の負荷をかけた状態で、巻線のタップを切り換える装置(負荷時タップ切替装置)
MOS	半導体素子の構造の一種で、金属(metal)-半導体酸化物(oxide)-半導体(semiconductor)の三層構造になっているもの
PV	太陽光発電
RL	抵抗・リアクタンス
SBD	金属と半導体との接合によって生じるショットキー障壁を利用したダイオード(Schottky Barrier Diode)
SiC(シリコンカーバイド)	シリコン(Si)と炭素(C)で構成される化合物半導体材料。高耐圧パワーデバイスとしての特徴を有する素材
SVC	静止型無効電力補償装置(既出)
SVR	高圧配電線路の途中に設置し、線路の電圧変動を調整する機器(高圧自動電圧調整器)(既出)
TVR	サイリスタ式自動電圧調整器
XTAP	電力中央研究所が開発した電力系統瞬時値解析プログラム(eXpandable Transient Analysis Program)のこと。電力系統の瞬時値解析に標準的に用いられているプログラムよりも、インダクタ電流・キャパシタ電圧急変時の計算精度に優れる。

ZEH	断熱性・省エネ性能を上げること、そして太陽光発電などでエネルギーを創ることにより、年間の一次消費エネルギー量の収支をプラスマイナス「ゼロ」にする住宅 (Net Zero Energy House)
-----	--

第 I 章 事業の位置付け・必要性について

1. 事業目的の妥当性

1-1. 事業の背景・目的・位置づけ

我が国におけるエネルギー供給は化石燃料がその 8 割以上を占め、その殆どを海外に依存している。一方、近年、新興国の経済発展などを背景として、世界的にエネルギー需要が増大しており、また、化石燃料の市場価格が乱高下するなど、エネルギー市場が不安定化している。加えて、化石燃料の利用に伴って発生する温室効果ガスを削減することが重要な課題となっている。このような状況の中、エネルギーを安定的かつ適切に供給するためには、資源の枯渇のおそれが多く、環境への負荷が少ない再生可能エネルギーの導入を一層進める必要がある。

平成 20 年 7 月に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電の導入量を 2020 年(平成 32 年)に 2005 年度(平成 17 年度)比で 10 倍(1,400 万 kW)、また 2030 年(平成 42 年)には 40 倍(5,300 万 kW)とする目標が掲げられた。その後、平成 21 年 8 月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し(再計算)」では、太陽光発電の導入を大幅に前倒して、2020 年に 2005 年度比で 20 倍(2,800 万 kW)を導入するとの想定がなされ、目標が見直された。同年 11 月には、太陽光の余剰電力買取制度が開始された。さらに、東日本大震災後の平成 23 年 8 月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、電気事業者に太陽光、風力、地熱、バイオマス、中小水力を対象とした再生可能エネルギーによって発電された電力を全量、一定の期間、一定の価格で買い取ることが義務付けられ、翌年の平成 24 年 7 月 1 日から再生可能エネルギーの固定価格買取制度が施行された。

その後、東日本大震災以降では最初の計画となるエネルギー基本計画(第四次計画)が平成 26 年 4 月に策定されるとともに、このエネルギー基本計画を踏まえ、経済産業省は、平成 27 年 7 月に長期エネルギー需給見通しを決定している。この長期エネルギー見通しの決定に向けた議論の中で、図 1-1 に示すように、再生可能エネルギーは、2030 年頃(平成 42 年頃)に総発電電力量(10,650 億 kWh)のうち、22~24%程度の導入が想定されている。

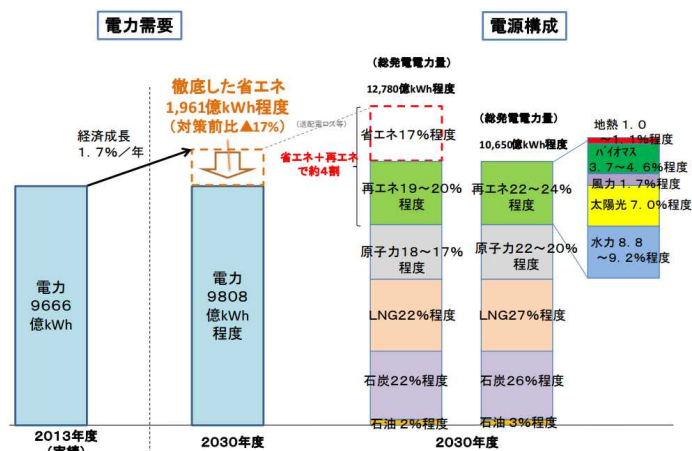


図 1-1 2030 年度の電力需給構造

出典：「長期エネルギー需給見通し」(平成 27 年 7 月 経済産業省)

このような流れの中、再生可能エネルギーによる発電量は、新たな制度の開始に伴い、その伸び率が急速に拡大している。平成 15 年から平成 21 年までの年平均伸び率が約 5%であったのに対し、余剰電力買取制度が開始された平成 21 年から平成 24 年までは約 9%、固定価格買取制度が開始された平成 24 年から平成 26 年までは約 33%であった(経済産業省総合エネルギー調査会基本政策分科会第 20 回会合資料)。

この再生可能エネルギーの中でも環境影響評価や地元調整のため導入に数年程度を要する風力発電や地熱発電に対し、1 年前後で導入可能な太陽光発電は、住宅用、非住宅用とも導入が著しい。

一方、太陽光発電は天候によって出力が変動し、その多くは電力システムの末端に分散設置されるため、その導入量が大幅に増加した場合には電力システムの運用上、配電線の電圧上昇や周波数調整力の不足等、多くの技術課題が想定される。

平成 22 年 4 月に経済産業省が取りまとめた次世代送配電ネットワーク研究会報告「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」においては、我が国の電力系統上、太陽光発電について 1,000 万 kW 程度までは集中設置等の場合を除いて特段の系統安定化対策を講ずることなく電力系統で受入可能とされている。また、2020 年(平成 32 年)に 2,800 万 kW といった導入を目指す場合においては、現状において実用化された技術をベースにして系統安定化対策を行っていくことが想定されている。

しかしながら、現状の太陽光発電の導入量(平成 28 年 3 月末時点)は、3,223 万 kW(住宅用 865 万 kW、非住宅用 2,358 万 kW)であり、当初、2020 年に想定していた 2,800 万 kW を既に超える状況となっている。また、2030 年(平成 42 年)の太陽光発電の導入量は、先述した「長期エネルギー需給見通し」を基に概算すると、2030 年度の総発電電力量(10,650 億 kWh)のうち、太陽光発電の割合は 7%程度(749 億 kWh)と想定されており、現状の太陽光発電の設備利用率(12~14%)を勘案すると、6,500 万 kW 程度の太陽光設備容量が見込まれる。2030 年の太陽光設備容量について、さらに大きな試算では、環境省が実施した「平成 26 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」があり、ここでは、最も導入見込みの多い高位ケースにおいて、2030 年の太陽光発電設備容量を 10,874 万 kW と試算している。

今後も太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーを積極的に活用していくために極めて重要となるのは、系統の安定的な運用である。

太陽光発電の導入拡大に伴う電力系統において、特に課題となるのが配電系統における電圧上昇である。この電圧上昇は、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統に逆潮流が発生した場合に生じるものであり、低圧配電線電圧が多くの諸外国が 200V 以上であるのに対し、100V と他国に比べて低い我が国においては特に顕著に生じやすい。また、電圧上昇により、連系点の電圧が電気事業法第 26 条に基づく適正值(101±6V)を逸脱すると、太陽光発電の直流/交流変換器(PCS:Power Conditioning System)の電圧上昇抑制機能が動作し、太陽光発電の出力が抑制され、結果として発電機会が失われるため、再生可能エネルギー導入時に適正電圧を如何に維持するかは重要な課題である。

系統を適正電圧に保つための対策は、需要家側と系統側の対策に分けれ、需要家側の対策としては、高圧需要家に対して力率一定制御のパワーコンディショナー(PCS)を導入する等の対策が実施されている。一方で、需要家側の対策だけでは効果はあるものの、再生可能エネルギー

一の導入に伴う電圧上昇問題を全て解決することは困難である。電力系統への再生可能エネルギーの導入をある一定量以上進めていくためには、系統側の対策も含めて、双方で対応していく必要がある。そこで、本プロジェクトでは、対策が確立されていない系統側の対策に焦点をあてて実施した。

従来の系統側の対策としては、高圧自動電圧調整器(SVR: Step Voltage Regulator)や静止型無効電力補償装置(SVC: Static Var Compensator)等といった電圧調整機器による対策が行われている。さらに電圧調整機器を集中的に制御して電圧調整を一括管理する集中制御方式といった積極的な対策も提案されている。

電圧調整機器については、従来の機器と比較して、電圧調整幅や動作回数制限等で優位性のあるパワーエレクトロニクス技術を活用した機器が配電用として一部実用化されているが、コンパクト化、軽量化、低コスト化等の課題があるため普及が進んでいない。

一方、我が国は先進的なパワー半導体としてSiC(シリコンカーバイド)の開発が他国に先駆け進展している。SiCパワー半導体は、Si(シリコン)パワー半導体と比較して、発熱が小さい、電力損失が少ない、高温で高速動作が可能等の特長を有している。これらの特長を活かすことで下記を同時達成する電圧調整機器の製作が可能となり、その実用化が期待されている。

- ① 電力損失が少ないこと及び高温動作することによって自然空冷化が図れ、メンテナンス性が向上する。
- ② 高耐圧半導体故に回路電圧を高く、電流を小さくできる。それによってインバータ全体は低損失となり、小型軽量化、自然空冷化が図れ、メンテナンス性が向上する。
- ③ 高速スイッチングにより、低騒音化が図れるとともに、フィルタ類を小さくできるため、小型軽量化可能である。

本プロジェクトにおいては、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的として、3つの研究開発項目を一体的に推進している。

1つめの研究開発項目は、「次世代電圧調整機器・システムの開発」である。ここでは、先進的なパワー半導体であるSiCパワー半導体を用いた電圧調整器の開発を行っている。さらに機器による対策に加え、これら機器を集中的に制御するシステムの検討も行っている。

2つめの研究開発項目は、「次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」である。ここでは、本プロジェクトで開発した機器のフィールドでの運用検証等を通して、パワーエレクトロニクス機器が系統に導入された場合の影響等について検討している。また、SiCパワー半導体の高耐圧化と低損失化が進めばトランスが不要となる等といった更なるコンパクト化が期待される一方、機器全体の発熱密度が高くなる結果、放熱や構成部品の耐熱性を考慮した配置が課題となる。このような課題に対して、機器を設計する上での留意事項について検討している。

共通基盤技術の開発は、ユーザー側としての運用面とメーカー側としての機器設計の両面から指針を作成し、系統側対策として、パワー半導体による新規技術の導入が加速されることを狙いとして取り組んでいる。

3つめの研究開発項目は、「未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」である。このフィージビリティスタディは、上記2つの研究開発項目による取組が2030年(平成42

年)に向けた2020年(平成32年)代の対策であるのに対し、さらに長期的な2050年(平成62年)を想定した配電システムの形について、主として技術的な観点から検討している。本プロジェクトで取り組んでいる先進的なパワーエレクトロニクス機器が、2020年代に導入されると想定すると、一般的に配電機器の機器寿命は20年程度であることから、2040年(平成52年)代にはリプレースも含めた検討が必要となる。その際に未来の配電システムとしては、機器のリプレースも含め、新たな機器を導入して取り組むべきなのか、または他の方法による対策でシステム安定化を図るべきなのか、将来の政策や情勢による影響もあるが、2050年の配電システムとしてどのような形態が考えられるかといった一つの方向性を示すことを狙いとして実施している。

これら研究開発の一体的な実施は、喫緊の課題を解決し、後述する上位施策へ寄与するだけでなく、我が国の再生可能エネルギーの導入を着実に拡大しつつ、長期安定的に配電システムを運用していく総合的な取組につながる。

1-2. 関連する上位施策

本プロジェクトが関連する下記①～④の上位施策について述べる。

- ①低炭素社会づくり行動計画(平成 20 年 7 月、閣議決定)
- ②エネルギー基本計画(第 4 次計画:平成 26 年 4 月、閣議決定)
- ③長期エネルギー需給見通し(平成 27 年 7 月、決定)
- ④科学技術イノベーション総合戦略 2015(平成 27 年 6 月、閣議決定)

① 低炭素社会づくり行動計画

低炭素社会の実現に向けた具体的な施策として平成 20 年に閣議決定された「低炭素社会づくり行動計画」の中でも、太陽光発電の導入目標が記載されるとともに、この計画の「Ⅱ 革新的技術開発と既存先進技術の普及」において、以下の通り記載されている。

Ⅱ 革新的技術開発と既存先進技術の普及

2 既存先進技術の普及

(1) 太陽光発電の導入量の大幅拡大

太陽光発電は、再生可能エネルギーの中でも特に潜在的な利用可能量が多く、エネルギー自給率の低い我が国の国産エネルギーとして重要な位置を占める可能性がある。そこで、太陽光発電世界の座を再び獲得することを目指し、太陽光発電の導入量を 2020 年に 10 倍、2030 年には 40 倍にすることを目標として、導入量の大幅拡大を進める。このためには、技術革新と需要創出により価格を大幅に低減するとともに、大量導入の際に大きな課題となる電力系統への影響を緩和するための技術開発を進め、大量導入につなげる必要がある。価格については、3～5 年後に太陽光発電システムの価格を現在の半額程度に低減することを目指す。ドイツを含めた諸外国の再生可能エネルギーについての政策を参考にしながら、大胆な導入支援策や新たな料金システム等を検討する。具体的には、住宅、産業、公共等の部門での思い切った導入支援、革新的太陽電池技術の技術開発、電気事業者によるメガソーラー建設計画への支援、地方公共団体との連携、ソーラーメーカーと住宅メーカーの連携の促進、グリーン電力証書や市民出資など更なる民間資金の活用等を行うとともに、電力系統への影響を緩和する系統安定化技術や、大容量・低コストの蓄電池の技術開発等を進める。

本プロジェクトは、「低炭素社会づくり行動計画」に記載されている、「大量導入の際に大きな課題となる電力系統への影響を緩和するための技術開発」そのものであり、「低炭素社会づくり行動計画」の目標達成に直接寄与するといえる。

② エネルギー基本計画(第 4 次計画)

我が国は化石燃料に乏しく、その大半を輸入に頼るという脆弱性を抱え、エネルギーを巡る国内外の状況変化に大きな影響を受けやすい構造を有している。エネルギーの安定確保は国の安全保障には不可欠であり、我が国にとって常に大きな課題である。さらに、国際的な地政学的構造の大きな変化に直面する中で、我が国のエネルギー安全保障を巡る環境は厳しさを増してきている。このような状況への対応には、長期的、総合的かつ計画的な視点に立ってエ

エネルギー政策を遂行していく必要があり、その着実な遂行の確保を目的として、平成 14 年に「エネルギー政策基本法」が制定された。

この基本法では、政府が総合資源エネルギー調査会の意見を聴き、エネルギー需給施策の長期的、総合的かつ計画的な推進を図るために「エネルギー基本計画」を策定することを定め、少なくとも 3 年には 1 度の頻度で内容を検討し、必要に応じて変更を行うとしている。こうした基本法に基づき、平成 15 年に最初の計画が策定された。その後、第二次計画が平成 19 年に、第三次計画が平成 22 年に策定され、東日本大震災以降では最初の計画となる第四次計画が平成 26 年 4 月に策定されている。

この第四次計画の「第 3 章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策／第 3 節 再生可能エネルギーの導入加速～中長期的な自立化を目指して」において、本プロジェクトに直接関連する取組が、以下に通り記載されている。

2. 分散型エネルギーシステムにおける再生可能エネルギーの利用促進

住宅や公共施設の屋根に容易に設置できる太陽光や、地域の多様な主体が中心となって設置する風力発電、小河川や農業用水などを活用した小規模水力、温泉資源を活用した小規模地熱発電、地域に賦存する木質を始めとしたバイオマス、太陽熱・地中熱等の再生可能エネルギー熱等は、コスト低減に資する取組を進めることで、コスト面でもバランスのとれた分散型エネルギーとして重要な役割を果たす可能性がある。また、地域に密着したエネルギー源であることから、自治体を始め、地域が主体となって導入促進を図ることが重要であり、国民各層がエネルギー問題を自らのこととして捉える機会を創出するものである。

加えて、再生可能エネルギーを用いた分散型エネルギーシステムの構築は、地域に新しい産業を起こし、地域活性化につながるものであるとともに、緊急時に大規模電源などからの供給に困難が生じた場合でも、地域において一定のエネルギー供給を確保することに貢献するものである。

このため、小規模な再生可能エネルギー源を組み合わせた分散型エネルギーシステムの構築を加速していくよう、個人や小規模事業者も参加しやすくするための支援を行っていく。また、2013 年臨時国会において成立した農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギー電気の発電の促進に関する法律（農山漁村再生可能エネルギー法）等の積極的な活用を図り、地域の活性化に資する再生可能エネルギーの導入を押し進める。

さらに、分散型エネルギーシステム内で余剰となった蓄電池の電力も含めた電力を系統に供給することを弾力的に認めるため、逆潮流に関わる運用を柔軟化し、このために必要な系統安定化のための技術革新を進める。

(1) 木質バイオマス等

大きな可能性を有する未利用材の安定的・効率的な供給による木質バイオマス発電及び木質バイオマス熱利用等について、循環型経済の実現にも資する森林資源の有効活用・林業の活性化のための森林・林業施策や農山漁村再生可能エネルギー法等を通じて積極的に推進し、農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギーの導入

を推し進めていく。さらに、下水汚泥、食品廃棄物などによる都市型バイオマスや耕作放棄地を活用した燃料作物バイオマスの利用を進める。

(2) 中小水力

中小水力発電については、既に許可を受けた農業用水等を利用した発電について、河川法の改正による登録制の導入により水利権手続の簡素化・円滑化が図られたところであり、今後、積極的な導入の拡大を目指す。

(3) 太陽光

太陽光発電は、中小規模で分散して導入しやすく系統負担が少ないこと、非常用電源として利用可能であることなどの特徴があり、自家消費やエネルギーの地産地消を行う分散型電源に適している。遊休地や学校、工場の屋根の活用など、地域で中小規模の太陽光発電の普及が進んでおり、引き続き、こうした取組を支援していく。

～以下省略～

本プロジェクトの取組は、再生可能エネルギーが系統連系する際に課題となる配電系統の電圧上昇問題の解決に寄与するものであり、分散型エネルギーの導入拡大に伴い必要となる系統安定化に向けた技術革新の一端として「エネルギー基本計画」の計画達成に直接寄与するといえる。

③ 長期エネルギー需給見通し

前記のエネルギー基本計画を踏まえ、経済産業省は、長期エネルギー需給見通し小委員会を設置し、中長期的な視点から 2030 年度(平成 42 年度)のエネルギー需給構造の見通しの策定に向けた議論を行い、平成 27 年 7 月に長期エネルギー需給見通しを決定した。この議論の中で、太陽光発電については、2030 年頃に総発電電力量(10,650 億 kWh)のうち、7%程度(746 億 kWh)の導入が想定されている。太陽光発電の設備利用率(12~14%)を勘案すると、6,500 万 kW 程度の太陽光設備容量が見込まれている。

今後も太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーは、拡大していく方向にあり、本プロジェクトの成果は、これら再生可能エネルギーが系統連系する際の、特に電圧上昇問題の課題解決に繋がる。したがって、本プロジェクトの取組は、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギー導入拡大のシナリオを示した「長期エネルギー見通し」の実現に直接寄与するといえる。

④ 科学技術イノベーション総合戦略 2015

政府において、科学技術イノベーションは成長戦略の重要な柱と位置付けられ、総合科学技術・イノベーション会議が司令塔となり、「科学技術イノベーション総合戦略」を平成 25 年 6 月に策定するとともに、その後も毎年策定し、施策の重点化等により着実に実行してきた。

科学技術イノベーション総合戦略 2015 は、2016 年度(平成 28 年度)から始まる第 5 期科学技術基本計画と連動させ、科学技術イノベーション政策の両輪としてより効果的・効率的なものとするために、議論を行い、まとめたものである。

この戦略にある「第 2 部 第 2 章 経済・社会的課題の解決に向けた重要な取組、I. クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現、i) エネルギーバリューチェーンの最適化」の取組の中で、重点的取組の 1 つとして(2)クリーンなエネルギー供給の安定化と低コスト化が挙げられている。本プロジェクトは、これに資する施策の 1 つとして実施されている。

1-3. 再生可能エネルギーの導入状況

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development: 経済協力開発機構) 加盟国の 2014 年 (平成 26 年) における発電電力量全体に占める再生可能エネルギーの割合は図 1-2 に示すように 9% であり、その内訳としては風力、バイオマス、太陽光と続く。また、地域別で見ると、南北アメリカ、ヨーロッパが風力の割合が最も多いのに対して、アジア・オセアニアでは、太陽光、バイオマスの割合が多い。

他方、図 1-3 に示すように欧米主要国と我が国の発電電力量に占める再生可能エネルギーの割合を比較すると、我が国は、水力を除くと 3.2% に留まっているのが現状である。

我が国において再生可能エネルギーは、エネルギー自給率の向上、エネルギー源の多様化、エネルギー輸入依存度の低減を図る上で、非常に重要な位置付けであり、その導入拡大を図るための様々な政策や戦略が策定されている。経済産業省では、「エネルギー基本計画」(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定) の方針に基づき、総合資源エネルギー調査会の長期エネルギー需給見通し小委員会における取りまとめを踏まえ、平成 27 年 7 月 16 日「長期エネルギー需給見通し (エネルギーミックス)」を決定した。この中で、2030 年度 (平成 42 年度) の再生可能エネルギーの導入量を 2,366~2,515 億 kWh (総発電電力量の最大 24%)、そのうち太陽光発電 749 億 kWh (出力 6,500 万 kW 程度)、風力発電 182 億 kWh と想定している。

固定価格買取制度以降、他の再生可能エネルギーと比較して、比較的容易に導入が可能な太陽光発電の導入量は、飛躍的に加速している。太陽光発電の導入量は、平成 28 年 3 月末の時点で 3,223 万 kW (住宅用 865 万 kW、非住宅用 2,358 万 kW) であり、特に非住宅用が著しい。

さらに認定容量については、平成 28 年 3 月末の時点で新規認定分が 7,993 万 kW あり、そのうち、住宅用が 464 万 kW、非住宅用が 7,529 万 kW となっている。この現状だけでも既に 2030 年の導入目標以上の容量となっている。

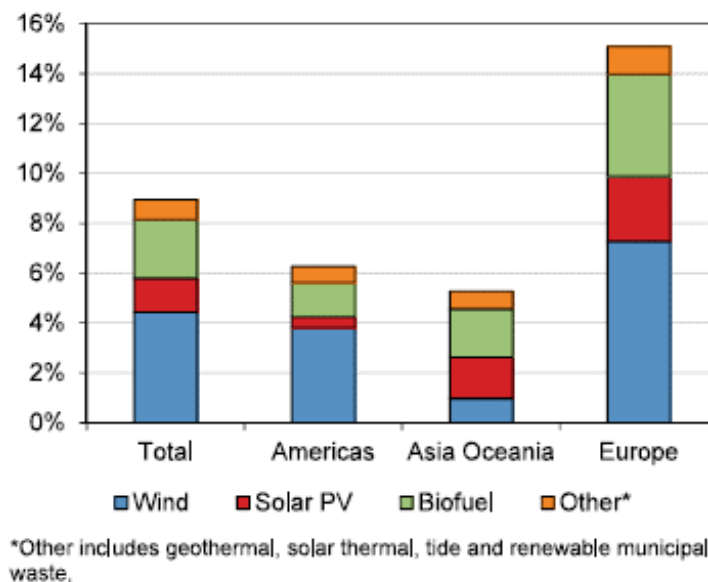


図 1-2 OECD 加盟国の発電電力量に占める再生可能エネルギー (水力を除く) の割合 (2014 年)

出典: IEA Energy Balances of OECD Countries (2015 edition)

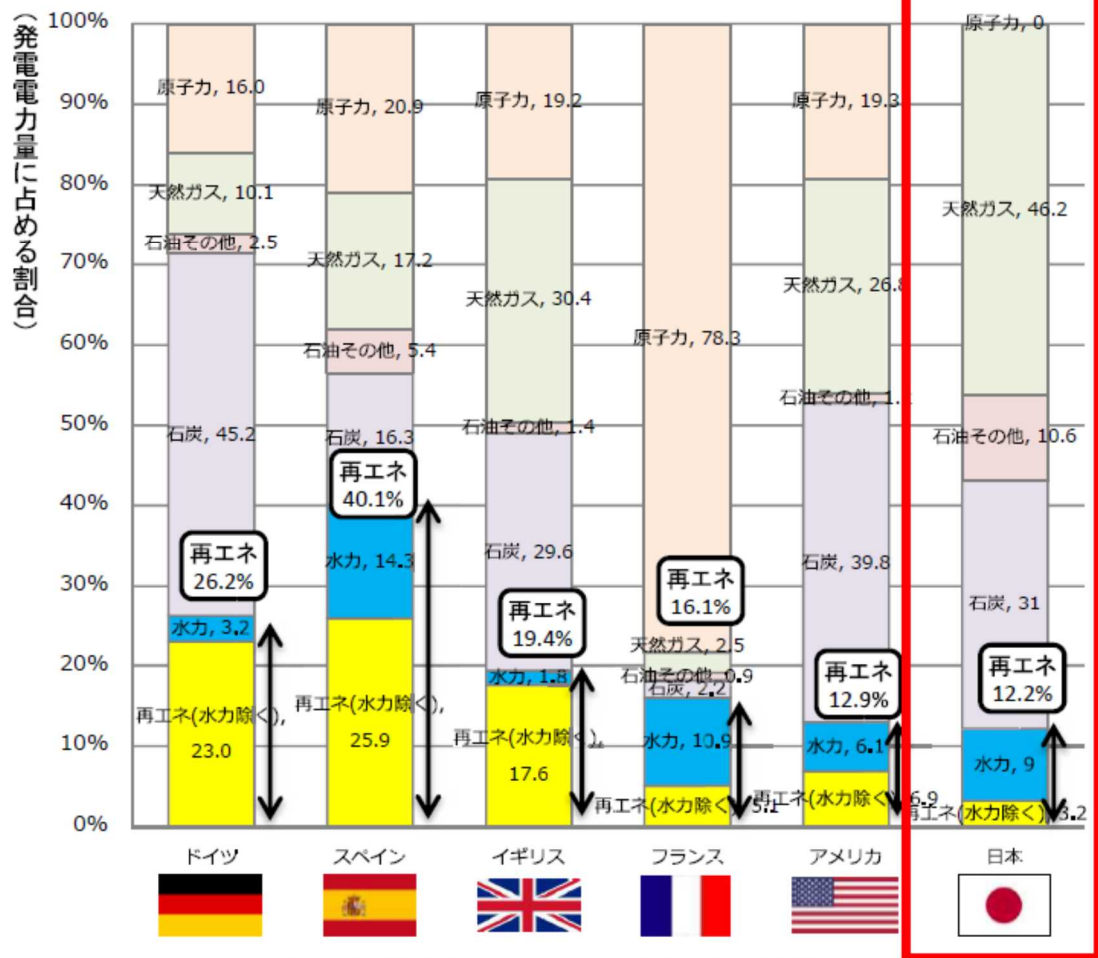


図 1-3 発電電力量に占める再生可能エネルギーの国際比較

出典：総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー小委員会(第 15 回)別紙 2

1-4. 各国の再生可能エネルギーの政策動向

我が国の再生可能エネルギーの政策的取組は、先述した通りであるが、主要各国も同様に積極的な再生可能エネルギーの導入を推進している。主な政策的取組については、以下の通り。

①米国

オバマ大統領が掲げる「New Energy for America」計画においては、電力消費量に占める再生可能エネルギー由来の電力量の割合を 2025 年に 25%とする目標を掲げており、2014 年末時点で、約 1800 万 kW⁽¹⁾まで太陽光発電の導入が進んでいる。

また、多くの州で電力部門における再生可能エネルギーの導入義務制度(Renewable Portfolio Standard :RPS)を策定している。2015 年 12 月時点では、29 州及びワシントン DC で導入され、2015 年にはこの RPS の設定目標を引き上げる動きがいくつかの州でみられた。ハワイ州は 2015 年 6 月 8 日、「2030 年までに 40%」のこれまでの目標を「2045 年までに 100%」とする目標に一気に引き上げた。カリフォルニア州はこれまで野心的といわれた「2020 年までに 33%」とする目標を 2015 年 10 月、「2030 年までに 50%」とする目標にさらに強化した⁽²⁾。

②欧州

EU は、2010 年 11 月に発表された、エネルギー新戦略「エネルギー2020」の中で、再生可能エネルギーの最終エネルギー消費に占める割合を 20%とする目標を掲げている。さらに 2014 年 10 月に開催された EU 首脳会議では、2030 年までに 27%とする目標が掲げられた。

③ドイツ

ドイツは、再生可能エネルギーの推進に向け、1991 年に「電力買取法」が制定された。その後、2000 年に「再エネ開発促進法」が制定され、「固定価格買取制度」が導入されることとなった。これら取組により、風力、太陽光発電の導入が促進され、2014 年末の太陽光設備容量は 3824 万 kW となっている。また、「再エネ開発促進法」は、2002 年、2009 年、2012 年、2014 年に改正され、2014 年の改正では、再エネ発電比率を 2025 年に 40~45%(2012 年 23%)、2035 年に 55~60%まで引き上げると規定されている。

一方、再エネ大量導入により、消費者の費用負担が急増する問題が生じており、消費者の負担増加を重く見た政府は、2012 年 4 月、太陽光発電の買取価格を一段と引き下げるとともに、設置規模が 5,200 万 kW を超えた後に設置される太陽光発電設備には「固定価格買取制度」を適用しないことを法律で決めた。これにより、太陽光の新規設備導入量は年々減少してきている側面もある⁽²⁾。

④フランス

フランスは、2009 年 6 月に公布された「EU 再生可能エネルギー促進指令」で 2020 年までに最終エネルギー消費量の 23%を再エネで賄うことが義務付けられている。これを受けて制定された 2009 年「環境グルネル実施計画法」でも、「2020 年には最終エネルギー消費量の最低 23%を再エネで賄うために、再エネ生産量を現行の 2,000 万トン(石油換算)から 2020 年に 3,700 万トン(石油換算)に引き上げる」との規定が盛り込まれた。また、発電では 2020 年まで

に再エネ比率を 27%まで引き上げることが計画されている。さらに、2015 年の「エネルギー移行法」では、2030 年にはエネルギーで 32%、発電で 40%に引き上げることが謳われている。

なお、2014 年現在、再エネ電源は風力 926 万 kW、太陽光 530 万 kW、その他 158 万 kW を含めて合計 1,614 万 kW に達している⁽²⁾。

⑤中国

中国は、2006 年「再生可能エネルギー法」、2007 年「再生可能エネルギー中長期発展計画」、2008 年には「再生可能エネルギー発展第十一次五カ年計画」を発表している。その後、2012 年に「再生可能エネルギー発展第十一次五カ年計画」を発表し、2020 年の太陽エネルギー利用(太陽光・太陽熱発電の合計)の発電設備容量を 5,000 万 kW とする目標を掲げ、2015 年末の太陽光発電の累積設置容量は 4,158 万 kW(速報値)で、世界第 1 位のドイツを抜いたとされる⁽²⁾。

1-5. 配電分野での再生可能エネルギーの導入に向けた取組動向

太陽光や風力を中心とした再生可能エネルギーは、世界各国でその導入拡大に向けた取組を行っている。我が国においては、先述の通り、太陽光を中心とした導入が進んでいる。太陽光発電は天候によって出力が変動し、その多くは電力システムの末端に分散設置されるため、その導入量が大幅に増加した場合には電力システムの運用上、余剰電力の発生、周波数調整力の不足、配電線の電圧上昇等、多くの技術課題が想定される。本プロジェクトでは、電力システムの課題のうち、特に配電システムにおける電圧上昇の解決を図ることを主たる目的としている。

一方、海外の配電システムにおいては、我が国と電圧階級や系統構成等が異なることから、課題や対策についても一概に比較できないが、ここでは配電システムに関連した海外での取組について述べる。

①米国

EPRI(米国電力中央研究所: Electric Power Research Institute)は、Sandia National Laboratories、Solar Electric Power Association と共同し 2009 年より Smart Inverter プロジェクトを進めてきた。そこでは、スマートインバータが提案され、電圧を制御するための力率制御機能、インテリジェント電圧/無効電力制御機能などの機能が提案されている。2014 年の EPRI の報告書の結論には、スマートインバータと配電マネージメントシステム(DMS)、地図情報システム(GIS)、メーターデータマネージメントシステム(MDMS)等のシステム系との統合による、更なる高機能化の必要性が指摘されている⁽³⁾。また、アメリカの最大手電機メーカー GE Energy が、LRT、SVR、調相設備、分散型電源の協調的な電圧制御を行う ADAM(Advanced Distribution Automation Management)を提案している⁽⁴⁾。

②欧州

欧州では、従来の配電機器に加え、太陽光発電、貯蔵装置等の配電機器を積極的に制御、活用する Active Distribution Network の検討が国際大電力システム会議 CIGRE⁽⁵⁾、国際配電会議 CIRED⁽⁶⁾等で行われている。

例えば、ベルギーの meta-PV プロジェクトでは、太陽光発電の大量導入に伴う、過電圧、無効電力バランス問題について検討しており、太陽光発電用インバータの力率制御、無効電力制御のみでは太陽光発電導入限界量に限界があり、系統側からの無効電力制御の必要性を指摘している⁽⁷⁾。また、オーストリアの DG DemoNet プロジェクトでは中央電圧制御装置から OLTC (On-Load Tap Changer)と分散型電源の無効電力制御により電圧制御を行っており、OLTC により、電圧プロファイル全体の制御を行い、局所的な電圧制御を分散型電源の無効電力制御により実施しており、系統側・需要家側の双方による対策を講じている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

また、低圧系統の取組としては、ドイツの Riesling プロジェクト、ポルトガルの Monitor BT プロジェクトがある。ドイツの Riesling プロジェクトでは低圧の±10%電圧可変、位相可変の AVR 変換器(スマートモジュール)による低圧電圧制御を実施すると共に、低圧計測値から中圧系統の P,Q を算出し、中圧系統の状態監視を行っている⁽¹⁰⁾。一方、ポルトガルの Monitor BT プロジェクトでは、分散センサを使用して低圧グリッド上の障害管理及び電圧制御を行っている⁽¹¹⁾。

この他、SVC 関連では、フィンランドの ADINE(EU Demonstration Project of Active Distribution Network)プロジェクトがあり、風力発電設備の近くに STATCOM を設置し電圧制御を行っている⁽¹²⁾⁽¹³⁾。

上記より、再生可能エネルギーの大量導入に対しさまざまな研究開発、実証試験等が進められていることがわかる。

③中国

中国では、第 12 次 5 年計画(2011-2015)に基づき、太陽光発電プラントの導入が進められている。電圧上昇問題に関する報告はないが、変電所における系統連系要件を満たすため、STATCOM 等、無効電力/電圧制御の必要性が指摘されている⁽¹⁴⁾

2. NEDO事業としての妥当性

2-1. NEDO の関与の必要性

NEDO は、日本最大級の公的研究開発マネジメント機関として、エネルギー・地球環境問題の解決と産業競争力の強化の 2 つのミッションに取り組む、経済産業行政の一翼を担っている。エネルギー使用合理化のための技術に関しては、民間の能力を活用して行うことにより、産業技術の向上及びその実用化の促進を図り、エネルギーの安定的・効率的な供給確保、経済・産業の発展に資することを目的として、様々なプロジェクトを推進している。

本プロジェクトは、「1-1.事業の背景・目的・位置づけ」および「1-2.関連する上位施策の目標達成への寄与」で述べた通り、太陽光発電を中心とした我が国の再生可能エネルギー大量導入に向けて、電圧上昇問題を主とした配電システムの系統安定化に向けた課題解決に資することを目的とするものであり、NEDO が関与する必要性の高い事業である。

2-2. 実施の効果

平成 21 年 7 月に経済産業省が取りまとめた低炭素電力供給システムに関する研究会報告「低炭素電力供給システムの構築に向けて」において、国内で太陽光発電 5,300 万 kW 導入するための配電対策費用は 4,400 億円と試算されている。また、平成 22 年 4 月に経済産業省がとりまとめた次世代送配電ネットワーク研究会報告「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」において、2030 年(平成 42 年)に太陽光発電 5,300 万 kW の導入された場合の海外市場規模は、電圧変動対策機器が約 4,000 億円、配電自動化機器が約 2 兆円として試算されている。平成 27 年 7 月に策定された長期エネルギー需給見通しから試算すると、2030 年には 5,300 万 kW を超える 6,500 万 kW 程度の太陽光発電の導入が想定されており、さらなる市場規模の拡大が期待される。本プロジェクトの取組は、再生可能エネルギー導入に向けた配電システム側の対策として必要な手段であるとともに、経済効果への期待は大きい。

また、波及効果として、本プロジェクトは、配電機器側の技術者だけでなく、半導体、電力インフラといった様々な技術・研究者が集まって課題解決に向けて取組んでおり、将来のこれらの分野を担う若手技術・研究者の育成の促進にも貢献している。

参考文献

- (1) データで見る世界の風力発電・太陽光発電市場の動向, <http://www.energy-democracy.jp/831>
- (2) 海外電力調査会ホームページ, <https://www.jepic.or.jp/data/>
- (3) Common Functions for Smart Inverters, Version 3, 3002002233, 2014, EPRI
- (4) Z. Jiang, J. Fan, J. McDonald, “Advanced Distribution Automation Management for Active Distribution Systems”, C6-111, CIGRE 2012.
- (5) CIGRE ホームページ, <http://www.cigre.org/>
- (6) CIRED ホームページ, <http://www.cired.net/>
- (7) meta-PV ホームページ, <http://www.metapv.eu/>
- (8) M. Stifter, R. Schwalbe, W. Tremmel, S. Henein, H. Brunner, B. Bletterie, A. Abart, F. Herb, and R. Pointner, “DG DemoNet: Experiences from Volt/VAr Control Field Trials and Control Algorithm Advancements”, ISGT Europe 2012
- (9) R. Schwalbe, M. Stifter, B. Bletterie, A. Abart, R. Pointer, F. Herb, “DGDEMONET: Impact of Volt/Var Control on Increasing the Voltage Band Reserve – Results from Field Trial Validations”, CIRED 2013.
- (10) J. Backes, C. Koerner, V.Gruenewald, W. Kremer, S. Kaempfer, “The Riesling Project – Pilot Project for Innovative Hardware and Software Solutions for Smart Grid requirements”, CIRED 2015.
- (11) A. Bernardo, N. Silva, A. Carrapatoso, P. Rodrigues, F. Melo, C. Mota Pinto, M. Nunes, T. Silva, A. Casaca, “Monitor BT pilot project: Combined voltage regulation approach for LV grids with PV penetration”, CIRED 2015.
- (12) O. Samuelsson, S. Repo, R. Jessler, J. Aho, M. Karenlampi, A. Malmquist, “Active Distribution Network – Demonstration Project ADINE”, ISGT Europe 2010.
- (13) S. Repo, K. Maki, P. Jarventausta, O. Samuelsson, “ADINE – EU Demonstration Project of Active Distribution Network”, CIRED 2008.
- (14) X. Xu, C. Hao, M. Bishop, M. J.S. Edmonds, J. Sember, J.Zhang, “Development and Planning of Solar Power in China”, IEEE PES GM 2013.

第Ⅱ章 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本プロジェクトは、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う課題解決と我が国の電力産業、パワーエレクトロニクス産業の競争力強化をはかる事を目的として、以下の3つの研究開発項目を実施するものである。

1つ目としては、SiC パワー半導体を用いた機器開発等を行う『研究開発項目①配電用電圧調整機器・システムの開発』。2つ目としては、これら新たなパワーエレクトロニクス機器のフィールドでの運用検証や配電システムの設計指針の策定等を行う『研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発』。これら2つの開発が2020年(平成32年)代を想定しているのに対し、3つ目としては、その後、2020年代に導入した機器の寿命を迎える2040年(平成52年)代以降を想定した配電システムのあるべき姿を描く取組を行う『研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ』。

以上の取組を行うとともに、プロジェクトとしての目標を以下の通り、基本計画に定めている。基本計画のプロジェクトの目標としては、機器を導入して配電システムの対策を行うことが喫緊の課題であるため、機器開発を中心とした内容となっているが、さらに詳細な目標については、各研究開発項目の実施計画書に定めている。

【中間目標】(2016年度末(平成28年度末))

SiC パワー半導体を用いて軽量・コンパクト化を図った電圧調整機器(要素技術を含む)と制御システムを開発し、フィールドで使用可能な試作品の設計・製作を行って工場試験等で性能検証を行う。なお、2016年度末時点においては、最低限、以下の技術レベルに到達していることが求められる。

- ・開発する機器全てが柱上設置可能であること。
- ・冷却は自然空冷であること。
- ・従来機器、従来システムと協調制御可能であること。
- ・次世代電圧調整機器・システムをフィールドに設置し、配電網としての運用検証を行う際の合理的な研究計画が策定されていること。

【最終目標】(2018年度末(平成30年度末))

耐久性、信頼性、配電システムの制御アルゴリズムとの統合性を備え、かつコスト低減の見通しを有するSiC パワー半導体を用いた電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行う。さらに、これら新規の技術を配電網に適用して再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術を開発する。

なお、最終目標の達成に向けては、2018年度末時点において、最低限、以下の技術レベルに到達していることが求められる。

- ・全体もしくはSiC パワー半導体を適用する部分のコストが従来機器以下であること。
- ・機器メンテナンス頻度は2年以上であること。
- ・機器全体寿命が減価償却年(18~22年)以上であること。
- ・通信遮断時にも適正電圧を維持可能であること。
- ・複数の次世代電圧調整機器が混在した環境下においても適正電圧が維持可能であること。

本プロジェクトにおける開発目標は、プロジェクトが円滑に実施されるために最低限必要となるポイントを取り上げつつ、実際の配電システムでの設置や求められるコスト、寿命等について、ユーザーの1つとして想定される一般電気事業者等で最終的に成果が活用されることを念頭に設定した。

なお、個別の中間目標達成状況等については、後述する『第Ⅲ章. 研究開発成果について』にて示すが、前頁に示したプロジェクト全体の中間目標は平成 28 年度末までに全て達成予定であり、最終目標達成に向けた課題解決策も明確である。

2. 事業の計画内容

2-1. 研究開発の内容

2-1-1. 研究開発項目① 次世代電圧調整機器・システムの開発

配電システムで問題となる電圧上昇問題について、系統側での対策として 6,600V 高压では、SVC(静止型無効電力補償装置)、次世代 TVR(連続電圧補償装置:CVC)の開発、100V 低圧では、AVR 付柱上変圧器ユニットの開発をそれぞれ実施している。また、電圧制御システムの開発では、SVC、CVC が導入された際にこれら機器を集中的に一括管理することで、機器単体の導入と比較して、更なる再生可能エネルギーの導入拡大につながる有効性の検討等を実施する一方、事故等により集中的に管理出来なくなった場合の緊急時の自律分散電圧制御システム開発も並行して行っている。

これら開発機器については、各社は自らの事業化計画に基づいて開発対象を選択している。いずれも、プロジェクト終了後に販売を見込んだ計画としており、導入される可能性のある技術を取り上げている。

なお、本プロジェクトでは、これら機器開発に必要となる SiC モジュールの開発について、富士電機株式会社が担い、各社にモジュールを提供して次世代電圧調整機器の製作を行っている。

<p>SVC: Static Var Compensator、TVR: Thyristor type step Voltage Regulator、 CVC: Continuous Voltage Compensator、AVR: Auto Voltage Regulator</p>
--

2-1-2. 研究開発項目② 次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

先に述べた通り、再生可能エネルギーの導入拡大に向けた系統側での対策として、本プロジェクトでは SiC モジュールを活用した電圧調整機器等の開発を実施している。しかしながら、これら SiC も含めたパワーエレクトロニクス技術を活用した機器を配電システムに導入している事例は少ない。

本研究開発項目では、研究開発項目①で開発された機器のフィールドでの実証検証を行うだけでなく、パワーエレクトロニクス技術を活用した機器の性能、信頼性の評価方法の検討や配電システムの設計指針の検討等を通じて、配電システムへ複数導入された際の影響等について検討し、安定的にシステムを運用するための指針を整理する取組を行っている。本成果を一般電気事業者等のユーザーに向けて発信する事は、これら機器の導入を促進し、再生可能エネルギーの導入を加速させる事につながる。

2-1-3. 研究開発項目③ 未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

本プロジェクトで開発するパワーエレクトロニクス機器は、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う 2030 年(平成 42 年)に向けた 2020 年(平成 32 年)代の対策としての活用を想定している。

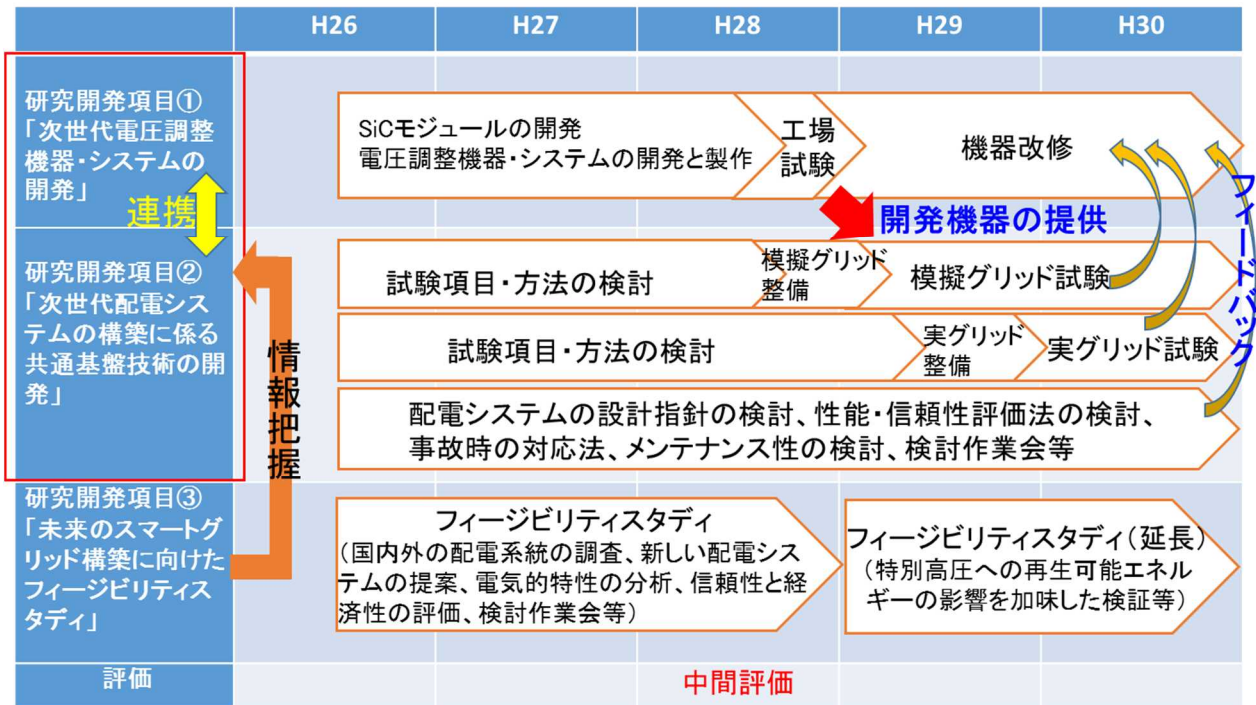
一方、本研究開発項目では、更なる再生可能エネルギーの導入に向け、これら機器についてリプレース検討を迎える 2040 年(平成 52 年)代以降の配電システムのあり方について、国内外の取組に関する情報収集を行うとともに、電気的特性や信頼性、経済性等の種々の観点から

検討を実施している。ここでの成果は、将来の効率的な対策に向けた電力システムの長期計画への反映につなげることを目的としている。

2-2. プロジェクトの全体計画と予算

プロジェクト全体の主な研究開発スケジュール概要(年度)を表 2-1 に示す。本スケジュールの平成 29 年度以降については、平成 28 年度の間評価の結果を踏まえて、NEDOとして継続の可否を判断し、その後、最長 2 年間の研究開発を行う予定である。

表 2-1 プロジェクト全体の主なスケジュール概要(年度)



本プロジェクトの研究開発項目毎の予算(NEDO 負担額)を表 2-2 に示す。前半 3 年間の予算総額は約 27 億円であり、これに後半 2 年間に想定しているプロジェクト予算総額を加えた 5 年間の総予算額は約 36 億円となる見込みである。

表 2-2 研究開発項目毎の予算(NEDO 負担額)

(百万円)

年度	H26	H27	H28	H29	H30
研究開発項目① 「次世代電圧調整機器・システムの開発」	618	822	594	-	-
研究開発項目② 「次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」	43	179	302	-	-
研究開発項目③ 「未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」	45	67	55	-	-
合計	706	1,068	951	(450)	(400)

2-3. 研究開発の実施体制

本プロジェクトの実施体制を図 2-1 に示す。

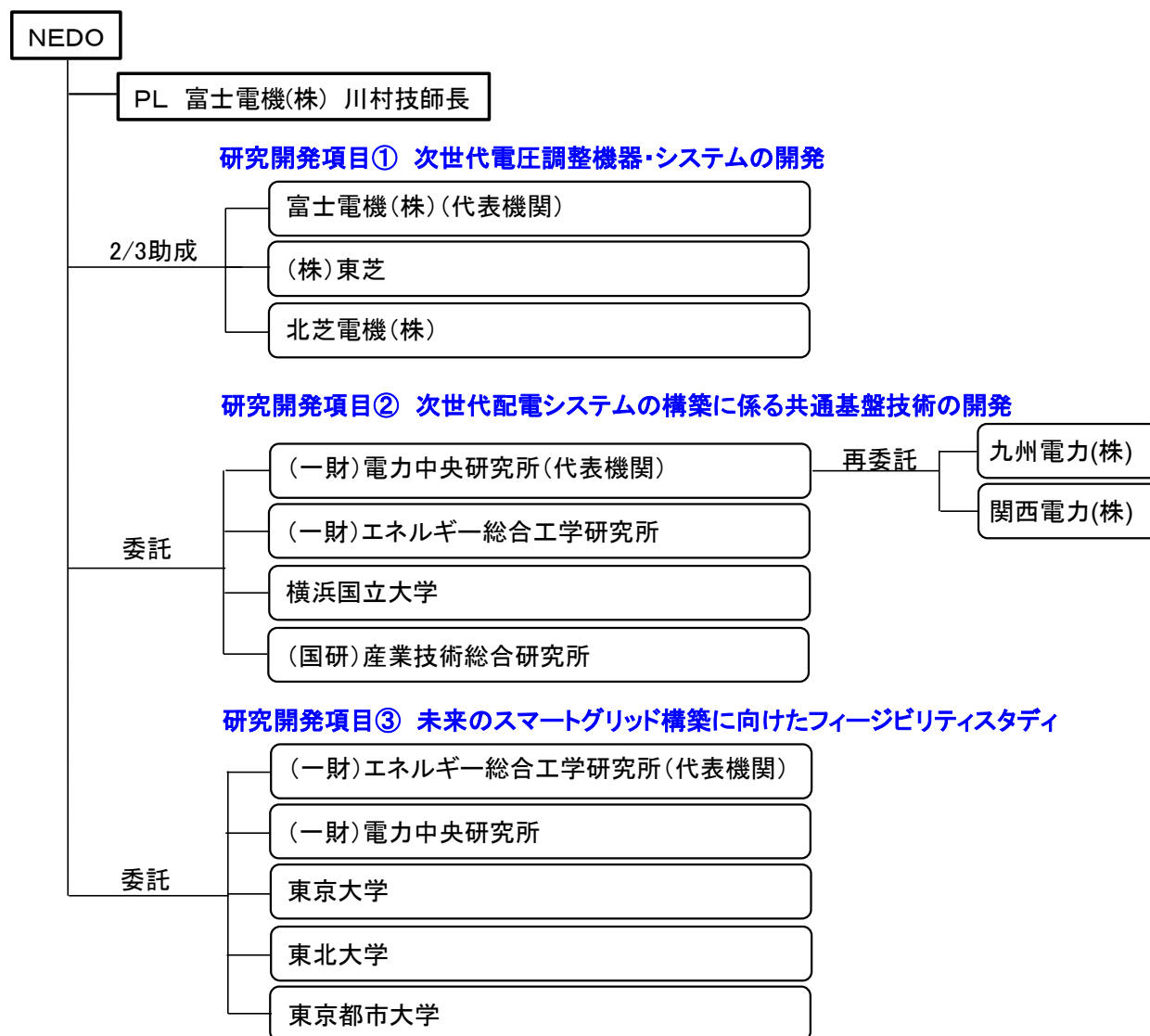


図 2-1 本プロジェクトの実施体制

2-3-1. 研究開発実施者

本プロジェクトは、平成 26 年度に公募を行い、研究開発の実施者を選定した。

「研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発」の実施者には、パワーエレクトロニクスや一般電気事業者向け配電用機器に関する実績が豊富な企業を選定している。「研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」の実施者は、共通基盤として研究開発項目①で開発される機器をフィールドで試験可能な体制とし、かつ、我が国における電力系統分野の研究開発実績が豊富な機関を選定した。「研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」の実施者は、本研究開発に関連し、各種エネルギー技術に係る情報収集・評価、技術評価・分析手法等に優れており、また、中立的な立場から、各種研究機関及び関連メーカーとの連携が取りやすい機関を選定した。

2-3-2. プロジェクトリーダー(PL)

本プロジェクトでは、実施体制決定後に全実施者と NEDO で PL の選定に向けた協議を行い、全実施者の賛同を得て、富士電機株式会社 技術開発本部 技師長 川村逸生氏を PL に選定した。このようなプロセスで PL を選定したことにより、各研究開発項目間で情報共有が円滑となるだけでなく、研究項目間の垣根を越えた協議も活発に行われている。

また、PL は、2030 年(平成 42 年度)に向けた 2020 年(平成 32 年)代の対策に向けた喫緊の研究課題である研究開発項目①と②の研究開発を中心としつつ、NEDO とともにプロジェクトを推進している。

なお、PL が技術的な観点からの推進を中心としている一方、NEDO は、中立的な立場から、各研究開発項目を束ねたプロジェクト全体の方向性を考慮しつつ、進捗状況の確認だけでなく、実施者間の調整等も含め、プロジェクト全体の円滑な実施に向けた指導を行っている。

2-4. 研究の運営管理

NEDO は、PL を主体とする PL 会議をプロジェクト全体の進捗報告や課題、解決策を協議するための場として、原則毎月開催し、円滑なプロジェクト推進に向けて取組んでいる。PL 会議は、NEDO と PL の他、各研究開発項目の代表機関である 3 機関の代表者からなる会議である。この会議は、研究開発項目①、②、③の進捗について、共有化を図ることで、プロジェクト全体の方向性やそれぞれの役割の再確認につながるだけでなく、少人数での協議のため、迅速に意思決定が行われ、速やかにプロジェクトへ展開されるといった効果もある。

例えば、研究開発項目①と②の連携に係る内容に関して、フィールド実証に向けた役割分担や実施者間の具体的な進め方の方針を協議することで、速やかに実施者間の調整が出来た等、プロジェクトの有効な手段として機能している。

一方、研究開発項目①、②が 2030 年(平成 42 年)に向けた対策であるのに比較して、研究開発項目③は、2050 年(平成 62 年)に向けた対策と、目標とする年代が大きく異なる。研究開発項目③については、他の研究開発項目と研究開発としての直接的な連携は実施していないが、本 PL 会議や研究開発項目②で開催されている検討作業会を中心として進捗を確認するとともに、相互に定期的な意見交換を実施している。このような密な情報交換の連携を踏まえて、将来に向けた検討を行っている。

なお、PL 会議の他、NEDO による進捗管理の状況は次のとおりである。

- (i) NEDO 担当者が各機関を訪問し、研究開発状況や導入設備を確認。また、実用化に向けた計画などについても確認、協議を実施。
- (ii) 年度当初に 1 年間の執行計画を求めるとともに、毎月、予算執行状況の報告を求め、研究設備の導入や消耗品の購入状況から研究開発に遅延が発生していないことを確認。
- (iii) 各研究開発項目間での連携をより円滑化するため、実施者間の打ち合わせや会議等にも必要に応じて出席し、全体調整を実施。

その他、「研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」および「研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」の中に外部有識

者から構成される検討作業会をそれぞれ設けることで、外部有識者から効果的な推進に向けた技術的な助言等を頂きながら研究開発を進めている。

研究開発項目②の検討作業会の外部有識者メンバーは表 2-3 の通り。

表 2-3 「研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」
検討作業会

平成 28 年 8 月時点

	氏名	所属・役職
委員長	奈良 宏一	茨城大学 名誉教授
委員	佐野 健太	東京電力パワーグリッド株式会社 配電部 配電技術グループマネージャー
委員	清水 洋隆	職業能力開発総合大学校 教授
委員	田中 和幸	富山大学工学部 教授
委員	舟木 剛	大阪大学大学院 工学研究科 教授
委員	森 成人	電気事業連合会 工務部 副長

研究開発項目②の検討作業会では、技術だけでなく、電力系統側(ユーザー)の観点からの助言も貰いつつプロジェクトを推進させることは勿論、プロジェクトの後半に研究開発項目①で開発した機器のフィールドでの検証を実施することもあり、研究開発項目②だけでなく、研究開発項目①の実施者である富士電機、東芝、北芝電機も参加して開発の進捗を報告し、情報の共有化を図るとともに、委員から助言を頂くなど、研究開発項目①の検討作業会としても機能するよう取組を行っている。

また、研究開発項目③の検討作業会の外部有識者メンバーは、表 2-4 の通り。

表 2-4 「研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」
検討作業会

平成 28 年 8 月時点

	氏名	所属・役職
委員長	横山 明彦	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 教授
委員	蘆立 修一	東京電力ホールディングス株式会社 経営技術戦略研究所 副所長兼技術開発部長
委員	梅田 健司	電気事業連合会 技術開発部 部長
委員	荻本 和彦	東京大学 生産技術研究所 特任教授
委員	七原 俊也	東京工業大学 大学院 理工学研究科 教授

ここでは、2040 年(平成 52 年)から 2050 年(平成 62 年)に向けた配電系統のあるべき姿について、電力会社だけでなく、大学を中心とした委員を配置し、将来像の検討を実施している。

なお、これら検討作業会は、研究開発項目②では平成 26 年度に 2 回、平成 27 年度に 2 回、平成 28 年度に現時点で 1 回の計 5 回開催している。研究開発項目③では平成 26 年度に 2 回、平成 27 年度に 3 回、平成 28 年度に現時点で 1 回の計 6 回開催している。

2-5. 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

2-5-1. 実用化事業化戦略

本プロジェクトで実用化が想定される研究開発項目は、「研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発」である。研究開発項目①の実施者は、成果の実用化、事業化戦略及びシナリオについて、NEDO に提出する「課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書」に記載している。当該申請書には、本プロジェクト終了以降の製品設計～量産設備投資～販売までのスケジュール、製品市場における競合・価格競争力、売上見通し等が明記されており、NEDO は当該申請書を厳格に審査して助成金の交付を決定している。

【課題設定型産業技術開発費助成金交付申請書／企業化計画書の目次】

1. 研究開発を行う製品・サービス等の概要
 - (1) 内容
 - (2) 用途(販売予定先)
2. 研究開発への取組
 - (1) 研究開発を考えるに至った経緯(動機)
 - (2) 事業として成功すると考えた理由
 - (3) 事業化のスケジュール
3. 市場の動向・競争力
 - (1) 市場規模(現状と将来見通し)／産業創出効果
 - (2) 競合が想定される他社の開発動向とそれに対する優位性の根拠
 - (3) 価格競争力
4. 売上見通し
 - (1) 売上見通し
 - (2) 売上見通し設定の考え方

2-5-2. プロジェクト運営マネジメント

「2-3-2. プロジェクトリーダー(PL)」、「2-4. 研究の運営管理」等で述べたが、NEDO は、様々な進捗管理や PL 会議を活用した迅速なマネジメントにつながる取組を実施している。また、研究開発項目②、③での外部有識者による検討作業会に参加し、作業会における質疑応答等を通して、有識者の見解やユーザーの観点からの意見を取り入れ、プロジェクトを推進するための課題を認識し、実施者への指導を行う等、積極的なプロジェクト推進に努めた。

さらに、研究開発項目①と②の連携を深めるため、両社の協議の中に参加し、内容や予算の調整に努めることや、研究開発項目②と③の情報共有の場にも参加する等、それ

ぞれの研究開発項目の中での協議にも積極的に参加し、適宜調整を行うことで、プロジェクト全体が円滑に推進するよう努めてきた。

2-5-3. 知的財産・標準化に係るマネジメント

知的財産は、特に本プロジェクトの助成事業として実施している「研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発」における実用化・事業化に向けた取組として重要である。これについては、市場でのシェア獲得に向けて、特許とすべきものは特許とし、特許化が得策ではないものは、ノウハウとする等、戦略的に出願するよう、各社の事業化に向けた戦略を尊重しつつ、指導を行っている。

なお、委託事業として実施している「研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発」および「研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」については、内容の性質上、特許が発生し難いが、パワーエレクトロニクス技術を活用した電圧調整機器が一般電気事業者へ速やかに導入されていくことが最も優先度が高いとした上で、将来の標準化に向けた取組等が必要となるような状況となった場合は、規格化に向けた検討も視野に入れつつ取組むよう指導を行っている。

3. 情勢変化への対応

再生可能エネルギー導入に係る状況は、プロジェクト開始から刻一刻と変化しているが、そのような状況を踏まえつつ、NEDOのマネジメントとして実施した例は下記の通り。

平成24年7月に固定価格買取制度が施行され、平成25年5月に「電気設備の技術基準の解釈」及びこれに関連するガイドラインである「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」が改正された事に伴い、バンク逆潮流の規制が緩和された。この一連の流れは、プロジェクト実施前に行われた取組であったが、太陽光を中心とした再生可能エネルギーは、当時、想定していたよりも大幅に導入が進み、平成28年3月末時点での導入量は3,223万kW(住宅用865万kW、非住宅用2,358万kW)、平成28年3月末の時点で新規認定分が7,993万kWという状況である。

このような状況の中で、研究開発項目①で開発しているAVR付柱上変圧器ユニットについては、前倒しで開発の目途を立て、企業独自で実用化・事業化に向けた開発を行い、予定よりも早期に事業化していく体制とした。

また、研究開発項目③で取組んでいる未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディについては、もともと未来の配電系統について検討する事を目的としており、配電変電所からの逆潮流による特別高圧側の影響は特段考慮せず実施してきた。しかしながら、現状は、プロジェクト開始当初の想定を大きく超えて、再生可能エネルギーの導入が進んでおり、逆潮流による再生可能エネルギーが、特別高圧側に与える影響を加味せずには、未来の配電系統について、最終的な検討が出来ない状況となっている。そこで、平成28年度末までに未来の配電系統について検討を行う一方、平成29年度以降は、特別高圧側の影響を加味した検討等を実施し、平成28年度までに検討した内容の妥当性を検証していく予定である。

第三章 研究開発成果について

1. 研究開発項目ごとの成果と達成度及び最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し

平成 28 年 8 月時点における各研究開発項目の成果と達成度ならびに、最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通しについて、以下に示す。

各研究開発項目は、中間目標を達成予定であるとともに、その後の課題解決の見通しを立てている。なお、達成度は◎、○、△、×の 4 段階で記載し、既に達成しているものは◎、今年度中に達成予定のものは○、今年度中に一部未達予定のものは△、今年度中に中間目標を達成出来ないものは×とした。

1-1. 研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発

1-1-1. 成果の達成状況

本研究開発項目では、平成 28 年度に電圧調整機器の実証機の製作を完了させることを目標とした。まず SiC モジュールの開発を行い、それと並行してミニモデルの開発・製作および検証を行った。また、制御システムのプログラム開発およびシミュレーションを実施し、各電圧調整機器との通信仕様を開発した。

表 3-1 に中間目標、成果と達成度を示す。なお、平成 28 年度に終了予定のテーマについては、目標を最終目標として記載した。

表 3-1 開発成果と達成度

SiC モジュールの開発(富士電機)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
SiC モジュールの開発	3.3kV 耐圧の小型化 SiC モジュールの開発と特性の確認	次の 3.3kV SiC モジュールの開発を行い、電気・熱的特性、絶縁性能が各規格を満足していることを確認した。 定格: 3.3kV 200A 寸法: 98 × 65 × 19mm	◎
SVC の開発(富士電機)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
SVC 開発	3.3kV-SiC モジュールを使った自然空冷で小型軽量の SVC を開発し社内検証を完了するとともに実証機を製作する。	1. 制御アルゴリズムを開発し、IGBT を使った同等性能のミニモデル(容量 10kVA、200V)で性能確認を完了した。 2. 同上ミニモデルを研究開発項目②の実験室グリッド(横浜国立大学)へ供給した。 3. SVC の構造開発を次の点に留意して実施し、小型軽量、自然空冷化を実現した。 ・発熱、流入熱の放熱 ・絶縁距離の確保 ・高周波スイッチングを可能な構造 平成 28 年度中に実証機を製作し、社内検証を完了する予定である。 開発成果を表 3-2 に示す。	○

次世代 TVR(CVC)の開発(東芝・北芝)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
次世代TVR(CVC)の開発	自然空冷による次世代 TVR(CVC)試作機の製作を行い、社内試験を完了する。	制御アルゴリズムを開発し、従来の電圧調整分解のステップ幅がない連続電圧補償を可能とした。 また、不平衡補償も合わせて行うようにし、IGBT 版試作機とミニモデルで基本動作の確認を完了した。 平成 28 年度中に SiC モジュールを活用した試作機を製作し、社内試験を完了させる予定である。 開発成果を表 3-3 に示す。	○
AVR 付柱上変圧器の開発(富士電機)			
主な内容	最終目標【平成 28 年度】	成果	達成度
AVR 付柱上変圧器ユニット(AVR ユニット)の開発	SiC モジュールを使った自然空冷で小型軽量の AVR ユニットを開発し社内検証を完了する。	1. 制御アルゴリズムを開発し、IGBTを使った同等性能のミニモデル(容量 3kVA、200V)で性能確認を完了した。 2. 同上ミニモデルを研究開発項目②の実験室グリッド(横浜国立大学)へ供給した。 3. AVR ユニットの構造開発を次の点に留意して実施し、型軽量、自然空冷化を実現した。 ・電圧調整幅の最適化 ・発熱、流入熱の放熱 開発成果を表 3-4 に示す。 平成 28 年度中に社内検証を完了し、製品化の目処を立てる。検証終了後、製品化予定である。	○
制御システムの開発(富士電機)			
主な内容	最終目標【平成 28 年度】	成果	達成度
電圧制御システム、通信インターフェースの開発	電圧制御システム(集中電圧制御と協調電圧制御)と通信機器の動作検証を平成 28 年度末までに完了する。 (1)電圧制御の動作 (2)配電線事故・機器故障時の制御モード切替等動作	1. 集中電圧制御アルゴリズムを開発し、電圧維持の他、配電ロス最小化、タップ切戻回数低減、SVC 制御余力確保を実現した。 2. 協調電圧制御アルゴリズムを開発し、電圧維持の他、SVC 制御余力確保を実現した。 3. オフラインデジタルシミュレーションで電圧制御アルゴリズム(集中電圧制御、協調電圧制御)の基本動作検証を完了した。 4. 通信機器(ハード)と通信プログラムの開発を完了した。 今後、リアルタイムシミュレータと電圧制御システム、通信機器を接続し、動作検証を行う予定だが、既にオフラインデジタルシミュレーションで基本動作検証は完了しており、修正は最小限に抑えられる見込みである。 開発成果を図 3-1～図 3-3 に示す。	○

SVC の検討結果を表 3-2 に示す。

表 3-2: SVC の開発成果

	SVC
定格容量	300kVA
定格電圧	6,600V
構成	SVC 用変圧器 3 レベルインバータ
素子	3.3kVSiC-MOS(1in1)12 個 3.3kVSiC-SBD(1in1) 6 個
冷却	自然冷却
寸法	W: 1,300 mm D: 1,000 mm H: 2,500 mm 質量: 1,800kg
制御機能	<ul style="list-style-type: none"> ・電圧変動抑制 ・不平衡電圧補償 ・FRT 補償
付属機能	<ul style="list-style-type: none"> ・通信機器との接続 (制御定数の受信と設定)
写真	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="margin-left: 10px;">変圧器</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;">インバータ部</div> </div> </div>

次世代 TVR(CVC)の検討結果を表 3-3 に示す。

表 3-3: 次世代 TVR(CVC)の開発成果

	次世代 TVR(CVC)	
定格容量	3,000kVA	
定格電圧	6,600V	
補償電圧	±300V	
素子	IGBT(2in1)6 個	SiC(1in1)24 個
冷却	自然冷却	
寸法	W: 1,700 mm D: 1,400 mm H: 2,550 mm	W: 1,595 mm(見込) D: 1,468 mm(見込) H: 2,250 mm(見込)
連続電圧補償	可能	
不平衡補償	可能	
無効電力補償	可能	
応答性(補償速度)	即時(100ms 以内)	
切換回数制限	連続補償により、無し	
連続繰返切替間隔制限	連続補償により、無し	
短絡電流	定格電流 25 倍 2 秒	
写真		

AVRユニットの開発成果を表 3-4 に示す。

表 3-4 AVRユニットの開発成果

	AVR ユニット
定格容量	30kVA
適用電圧	2 × 105V
補償電圧	±5V
構成	単相インバータ 単相三線式インバータと直列変圧器
素子	1.2kVSiC-MOS(2in1) 5 個
冷却	自然冷却
寸法	W: 400 mm × D: 400 mm × H: 600 mm 質量: 100kg
制御機能	連続電圧補償
写真(ミニモデル)	容量 3kVA、200V の自立型ミニモデル 

電圧制御システム、通信インターフェースの開発成果を図 3-1～図 3-3 に示す。

図 3-1 は集中制御システムの概念図を、図 3-2 はオフラインデジタルシミュレーションによる電圧維持性能比較結果を、図 3-3 は通信端末の外観、構成をそれぞれ示す。

図 3-2 の通り、従来の自端制御のみのローカル制御では電圧上限逸脱が見られたが、集中電圧制御では電圧逸脱を解消出来た。

各機器に対し最適指令値(目標電圧)を配信し、システム全体で電圧管理の最適化を図る。

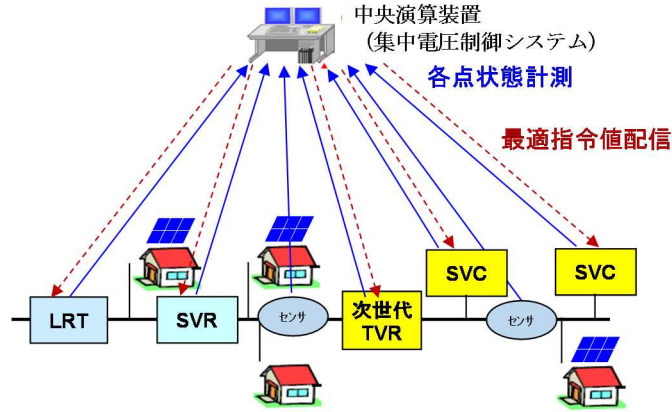


図 3-1 集中電圧制御システム概念図

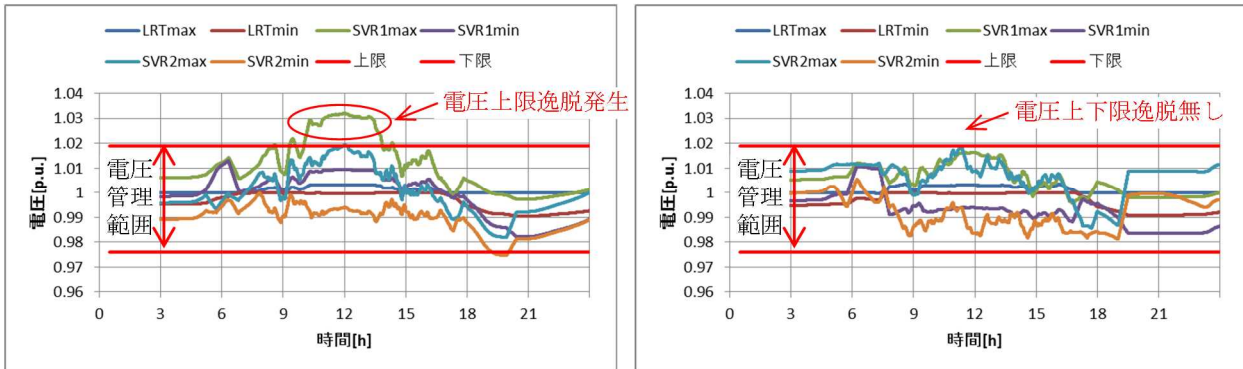


図 3-2 オフラインデジタルシミュレーションによる電圧維持性能比較
従来ローカル制御(左)、集中電圧制御(右)

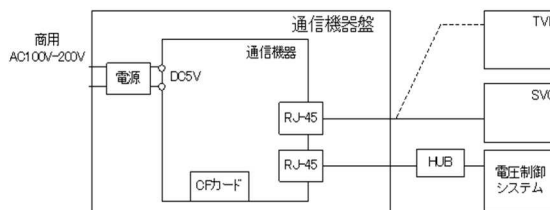


図 3-3 通信端末の外観(上)、構成(下)

1-1-2. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し

プロジェクト終了までに達成すべき最終目標と目標達成に向けた今後の課題、課題解決に向けた見通しを表 3-5 に示す。

表 3-5 課題と課題解決の見通し

SiC モジュールの開発(富士電機)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
配電機器を小型化する SiC モジュールの開発	定格 3.3kV/400A SiC モジュール(大容量化)と 2in1 構造の開発と特性確認	・チップ並列接続数増加によるスイッチング動作時の電氣的振動 ・大型化による樹脂モールド応力	・チップ特性における閾値の明確化および内部配線等長化により発振振動抑制できる見込みである。 ・100A ユニットの並列化構造により樹脂応力問題を回避できる見込みである。
SVC の開発(富士電機)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
SVC 開発	模擬グリッド検証及び実フィールド検証において各種機能を確認する。 (1) 電圧制御の動作 (2) 配電線事故時の動作 (3) 耐環境性	模擬グリッド検証及び実フィールド検証で判明した事項を仕様へ反映する。	研究開発項目②と試験仕様を協議し、漏れの無い試験と改良などのフォローを着実にを行う。
次世代 TVR の開発(東芝・北芝)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
次世代TVR(CVC)の開発	フィールド試験結果を反映した機器構成と制御。	フィールド試験で得られた結果を必要により機器に反映。	フィールド試験とミニモデルで検証を行う。

1-2. 研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

本研究開発項目では、SiCも含めたパワーエレクトロニクス技術を活用した電圧調整機器による次世代配電システムの実現により、広く電気事業者が同システムを活用可能な環境を構築するための共通基盤技術として、これらの性能・信頼性評価法、制御効果やコストを勘案した、配電線形態や再生可能エネルギー導入量等の各種条件に応じたそれぞれの適切な配電システム設計法および機器故障時の対応法の解明・指針整理を行うことを目的としている。

1-2-1. 実施項目と成果の達成状況

本項目で実施している実施項目は下記の通り。

(1) 性能・信頼性評価法の検討

機器単体および従来型電圧調整機器との混在を含む複数機器による配電システムの電圧制御等の通常時、ならびに配電線ルート切換えや瞬時電圧低下等の電力系統事故時の系統擾乱時における電氣的特性および構造的特性に関する各評価手法を開発する。

(2) 配電システムの設計指針の検討

制御効果ならびにコストを考慮に入れ、配電線の形態、太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入量等の各条件に応じた、適切なシステム構成・運用形態を明らかにし、これにより次世代配電システムの設計指針を策定する。

(3) 機器故障時の対応法・メンテナンス性評価法の検討

次世代電圧調整機器を配電系統に設置した場合の機器故障時の対応法、修繕法、および施工方法を明らかにする。

(4) 模擬グリッドでの実証評価

(1)～(3)において抽出した各試験項目に基づき、研究開発項目①の開発機器・システムを用いた電圧制御および系統異常時の各性能評価試験を実施する。

(5) 実グリッドでの実証評価

実グリッドにおいて、電圧制御動作が発生した場合には、動作特性(速度、精度など)を検証し、配電線事故が発生した場合には、性能・信頼度評価法の検討結果に反映する。

また、巡視や柱上作業結果より問題点を抽出し、配電線に設置する場合の要件に反映する。

(6) 検討作業会の実施

関連業界、大学有識者などをメンバーとする検討作業会を年3回程度実施し、研究開発計画、結果に関して評価を得る。また、研究開発項目①の実施者も参加の上で、研究開発項目①と研究開発項目②の情報交換・共有を実施する。

本項目の実施イメージと先述した具体的内容(実施項目)との関係を図 3-4 に示す。なお、検討作業会については、本内容に係る成果の進捗を報告し、助言を得る位置づけにあるため、記載していない。

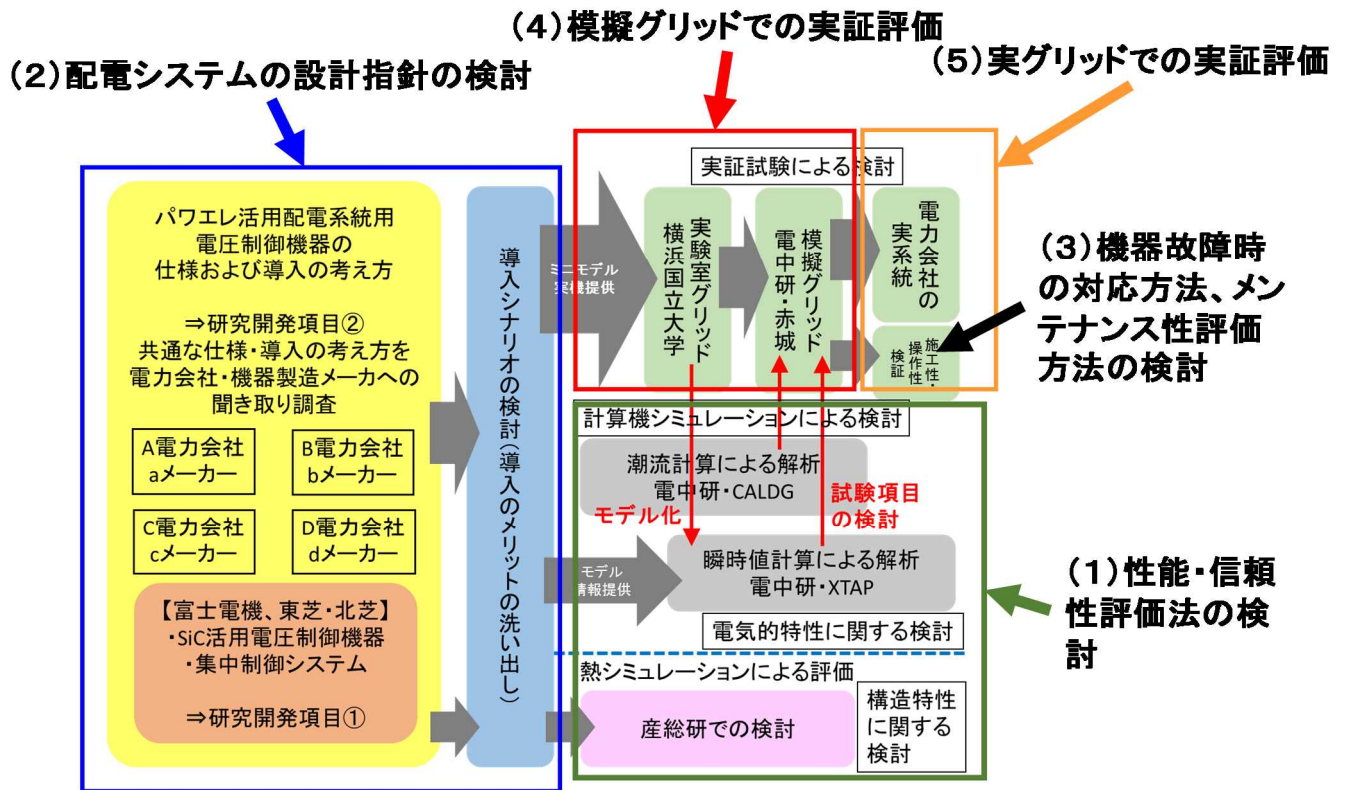


図 3-4 事業の実施イメージと実施項目の関係

表 3-6 に中間目標、開発成果と達成度を示す。なお、平成 28 年度に終了予定のテーマについては、目標を最終目標として記載した。

表 3-6 開発成果と達成度

性能・信頼性評価法の検討(電力中央研究所、産業技術総合研究所)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
性能評価法の検討 ・通常時の運転特性 ・配電系統事故時の動作特性 ・ループ切替時の動作特性 ・電力系統擾乱時の動作特性	「通常時」、「配電系統事故時」、「ループ切替時」、「電力系統擾乱時」の運転特性について、評価項目の抽出と評価法・判定基準(案)を作成する。	「通常時」では、制御の安定性と追従性に関して、「配電系統事故時」では、各種事故状態に加えその後の単独運転状態や再閉路時に関して、「ループ切替時」では、電圧や位相の急変時に関して、「電力系統擾乱時」では、瞬時電圧低下時や周波数変動時に関して、評価項目を抽出し、評価法・判定基準(案)を作成した。平成 28 年度末までに、瞬時値解析モデルを基にシミュレーション評価を完了し、模擬グリッドでの試験方法に反映する。	○
信頼性評価法の検討(系統側の検討) ・過電圧や過負荷に対する耐量	短時間の過電圧、調整機器の過負荷、落雷による過電圧、配電系統事故による過電圧に関して、評価項目の抽出と判定基準(案)を作成する。	JEC 等の規格を調査し、現状求めている耐量を調査した。また、電力会社への聞き取りにより、求めたい耐量を確認した結果、どこまで求めるかはコストを考慮して判断していることが明らかになった。以上により、評価項目の抽出と判定基準(案)を作成した。平成 28 年度末までに、実験室グリッドにおいてミニモデルでの異常動作有無の確認を行う。さらに研究開発項目①の開発機器の実力を把握し、最終の評価法・判定基準を決定する。	○
信頼性評価法の検討(機器側の検討) ・機器のコンパクト化・軽量化を志向した際に生じる熱的課題に対する信頼性評価の検討	既存の信頼性試験方法やレファレンス機器との比較評価法等に関する調査結果を踏まえ、多様なデータ取得に有効とされる熱解析による信頼性評価の検討を行う。そのために、コンパクト化・軽量化を志向した 10kV 級耐圧 SiC デバイス構成 SVC 全体機器(モデル機器)を例に熱設計を実施するとともに、運転状況や周囲環境条件の変化等も踏まえた検討を行い、熱的観点からの機器寿命や信頼性等に関して共通基盤的な設計指針の策定を行う。 【最終目標:平成 28 年度末】	既存の信頼性試験方法等の調査結果より、機器への熱的影響を詳細に解析可能な数値解析が効率的であると判断し、トランスレス 10kV 級耐圧 SiC デバイス構成 SVC 全体機器の簡易モデル機器設計を行った。 中間評価までの解析で、自然空冷下の運転では内部熱の放熱技術だけでなく、外部からの入熱防止技術が重要であること等がわかった。 平成 28 年度末までに、ハード面での小型化や軽量化、機器寿命等の運用面での課題等について、解決策の提示も含めて、メーカー・ユーザー双方に有用な共通基盤的な設計指針の作成を完了する予定である。	○

配電システムの設計指針の検討(電力中央研究所、エネルギー総合工学研究所、横浜国立大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
<p>配電調整機器としての要求仕様の検討</p> <p>・機器の仕様(質量・体積などの設置面)に関する要求</p> <p>・機器の仕様(EMC等外部環境影響回避面)に関する要求</p>	<p>機器の仕様について、「質量・体積などの設置面に関する要求」、および「EMCなど外部環境影響回避面に関する要求」を調査し、要件を検討・明確化する。</p>	<p>再委託先の関西電力と九州電力を通して、機器に対する要求仕様を抽出した。特に、「設置面」では、単柱設置の場合と、「EMC面」では、AVR付柱上変圧器ユニットの場合に、要求仕様が厳しく、機器設計に十分考慮する必要があることが明らかになった。</p>	◎
<p>通信性能への要求</p>	<p>海外の配電システム・電力用通信システムを調査し、次世代機器開発への示唆とするため、研究開発項目①に共有する。</p>	<p>北米における代表的電力会社の電力品質管理の特徴・配電系統電圧調整方法等について文献調査を実施後、同文献調査を基にした北米現地調査を行ない、研究開発項目①へ共有した。また、欧州の最新研究動向の調査のため、文献調査、及び現地学会調査を実施した。加えて、次世代機器へのニーズを明確化するため、国内電力会社および国内パワエレ機器開発メーカーに対し、ヒアリング調査を行ない、研究開発項目①へ共有した。</p>	◎
<p>電圧制御方式の検討</p> <p>・解析ツール(潮流計算)の改良</p> <p>・解析モデル(潮流計算)の構築</p>	<p>既存の「配電系統総合解析ツール」を改良し、開発機器の自端情報による制御モデルを追加する。また、過去の実証事業や研究に使われているモデルを調査し、負荷モデル、分散型電源モデルを検討した上で、潮流計算実施のための解析モデルの検討を行ない、分散電源の各種導入シナリオに沿った電圧適正化効果の解析準備を行う。</p>	<p>本事業の研究開発項目①で開発する機器、現状配電系統に用いられているSVR、TVRおよび他励式SVC、既開発のタップチェンジャ付柱上変圧器のモデルを構築した。また、電気協同研究会配電線モデルを組み合わせた評価用バンクモデルを構築し、同モデルを基に、太陽光発電の導入量増加に合わせた電圧変動シミュレーションを多数のケースについて実施した。さらに、国内にて過去に実施された「電力ネットワーク技術に関する実証事業」、「再エネ大量導入を視野に入れた研究」等について系統立てた調査を実施した。加えて、解析モデル構築の参考のために、我が国における配電系統電圧の適正維持及び運用の代表事例調査を実施し、分散電源の各種導入シナリオに沿った電圧適正化効果の解析準備を行った。</p>	◎

機器事故時の対応法・メンテナンス性評価法の検討(電力中央研究所)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
機器故障時の対応方法、メンテナンス性評価方法の検討	各機器の巡視による故障・劣化の確認方法、機器故障時の応急対応方法、設置・取り替えの施工方法に関して評価方法と判定基準(案)を作成する。	再委託先の関西電力と九州電力を通して、巡視による故障・劣化の確認方法、機器故障時の応急対応方法、設置・取り替えの施工方法に関して評価方法と判定基準(案)を作成した。平成 28 年度末までに、研究開発項目①で開発する機器への机上検討による評価を行い、平成 29 年度に、実機による検証を行うこととした。	○
模擬グリッドでの実証評価(電力中央研究所・横浜国立大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
模擬グリッドによる実証項目・方法の検討 ・潮流計算による電圧制御方式の実証項目の検討 ・瞬時値解析モデルの構築 ・瞬時値解析による性能・信頼性評価項目の検討	模擬グリッドでの実施項目・方法を検討するために、改良した解析ツールを用いて、電圧制御の事前解析を行い、各機器の動作状況や制御効果を確認し、試験項目を抽出する。また、実験室グリッドでの実験検討で得られたデータを活用して、XTAP で利用できる電圧調整機器(直列および並列機器)の瞬時値解析モデル構築を行う。構築した瞬時値解析モデルを用いて、電圧制御特性や系統事故時、系統擾乱時の挙動の事前解析を行い、各機器の動作状況を確認し、試験項目を抽出する。	潮流計算については、改良した解析ツールを用いて、電圧制御の事前解析を行い、各機器の動作状況や制御効果を確認し、試験項目を抽出した。平成 28 年度末までに、解析を進め、達成する見込みである。 瞬時値解析モデルの構築に関しては、これまでに実験室グリッドの構築を完了した。また、電圧調整機器の瞬時値モデルのプロトタイプを構築し、別途用意した配電系統側の瞬時値解析モデルと接続してシステムシミュレーションを実施している。また、電圧調整機器の制御応答を実験的に観測してデータも蓄積しつつある。上記プロトタイプモデルのパラメータを実験データと合わせこむことで、瞬時値解析モデルとしての精度向上が実現できる見通しである。 瞬時値解析については、研究開発項目①の 3 メーカーと秘密保持契約を締結し、各機器の制御ブロックや定数の提供を受けた。これをもとに瞬時値解析モデルを構築した。平成 28 年度末までに、電圧制御特性や系統事故時、系統擾乱時の挙動の事前解析を行い、各機器の動作状況を確認し、試験項目を抽出する。なお、研究開発項目①が開発する機器の制御方式が、一部未完成であるため、平成 28 年度末の達成度は開発状況に依存する。	○

模擬グリッドの整備	電力中央研究所の実規模配電実験設備に検証に必要な設備を追加設置する。	現状の実規模配電実験設備にて不十分である制御および計測用の配電線センサの拡充と、太陽光発電大量導入を模擬するための模擬電源の拡充に関する仕様の検討を行い、発注手続き中である。 平成 28 年度末までに、納入・設置を完了する予定である。	○
実グリッドでの実証評価(電力中央研究所)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
実グリッド実証項目・方法の検討	再委託先の関西電力と九州電力にて、実グリッド実証の場所の選定と実証項目・評価項目を抽出する。	再委託先の関西電力と九州電力を通して、実グリッド実証の場所の候補地を選定中。また、そこでの実証項目・評価項目を抽出した。	○
検討作業会の実施(エネルギー総合工学研究所)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
検討作業会の実施	関連業界、大学有識者などをメンバーとする作業検討会を年 3 回程度実施し評価いただく。	本事業の円滑な実施を目的に、適宜、検討作業会を開催し、有識者からの助言を得た。加えて、研究開発項目①、②の情報交換打合せを計画、運営した。平成 28 年度についても、適宜、適切な時期に開催を予定している。	○

1-2-2. 具体的な実施状況について

「1-2-1.実施項目と達成状況」にて、成果の状況を説明したが、さらに具体的な内容を下記に記載する。

(1) 性能・信頼性評価法の検討

(1)-1 性能評価法の検討

1) 通常時の運転特性

〈実施内容〉

通常の状態かつ通常の電圧制御において、電圧制御の追従性や制御後の安定性などの通常時の運転状態で評価すべき項目を抽出し、判定基準を検討する。

〈実施状況〉

通常運転時の安定性については、実配電線の電圧(微小変動、電圧歪)における安定性に加えて、電圧不平衡率(3%)や高調波発生時の動作特性について判定基準を作成した。

電圧制御の追従性については、変電所 LRT や SVR 動作時の追従性に関して、追従速度として3サイクル以内である必要があり、高速化には、機器同士のハンチングに留意(スイッチング周波数に依存か)すべきであることを明確化した。

制御後の安定性については、集中制御指令による制御後の安定性について検討し、電協研での検討状況を踏まえ、制御周期[目標電圧の変更周期](1分など)、自律制御と集中制御の分担を明確化した。今後、実験室グリッド、模擬グリッドにおいて検証を予定。

2) 配電システムの事故時の動作特性

〈実施内容〉

事故発生後、配電線に充電、停電が繰り返される場合の各機器の挙動についての評価方法と判断基準を検討する。さらに、この単独運転に対して各機器の影響に関する評価方法と判定基準を検討する。

〈実施状況〉

事故中(短絡、地絡)の動作については、並列機器からの短絡電流の供給、零相回路への影響について検討し評価基準を作成した。加えて、断線事故時の動作特性、直列機器による配電線の過電流保護への影響評価を行った。

変電所遮断後の動作(単独運転への影響を含む)については、停止特性、単独運転検出遅延について検討し、SVCは遠方制御開閉器を介して接続する場合には、停電時(電圧80%以下)に無電圧開放する必要があることを整理した。

再閉路後の動作については、電圧課電後の起動特性について検討し、復電後の再起動方法(現地手動 or 遠方制御)及び再起動時間は電力会社の運用によって異なるため、実験室グリッド、模擬グリッドにおいて検証を実施することで整理した。

3) ループ切替時の動作特性

〈実施内容〉

ループ切替時の配電線の各地点の電圧の大きさと位相は瞬間的に変化する。これらの電圧の変動に対する各機器の挙動について評価方法と判定基準を検討する。

〈実施状況〉

ループ切替時の動作については、電圧変化、位相変化に対する動作について検討し、瞬時の位相変化は最大 10 度までとすることを整理した。

複数回線への対応については、切替により隣接回線に移る場合の対応能力について検討し、隣接回線に移った場合、目標電圧が自動または遠方制御で切り替わる必要があり、それが困難な場合は、標準系統のみの運用となることを整理した。今後、実験室グリッド、模擬グリッドにおいて検証を予定。

4) 電力系統擾乱時の動作特性

〈実施内容〉

配電系統よりも上位の送電系統での事故(+再閉路)による瞬間的な電圧低下(瞬時電圧低下)や、大型電源の脱落等が発生した場合の短時間周波数変動に対する各機器の挙動について評価方法と判定基準を検討する。

〈実施状況〉

瞬時電圧低下については、分散形電源の FRT 要件と同様(低下時間、位相変化、復帰時間)もしくは、電圧調整機器への要件は分散形電源への要求よりも厳しいものが必要かについて継続して検討中。今後、パワエレ機器の高速制御性を活かして、電圧を支える制御の評価を実施予定。

周波数変動については、分散形電源の FRT 要件と同様(変化時間、周波数変化率)もしくは、電圧調整機器への要件は分散形電源への要求よりも厳しいものが必要かについて継続して検討中。今後、実験室グリッド、模擬グリッドにおいて検証を予定。

(1)-2 信頼性評価法の検討

次世代電圧調整機器については、研究開発項目①において、コンパクト化・軽量化・低コスト化を目指した開発を行っているが、コンパクト化・軽量化に当たっては、過電圧や過負荷に対する耐量に加えて、熱的影響を考慮した設計が必要となる。そこで、信頼性評価方法の検討に関しては、電気的特性面および構造的特性面の両面より、以下 2 項目の検討を実施する。

1) 過電圧や過負荷に対する耐量

〈実施内容〉

短時間の過電圧、調整機器の過負荷、落雷による過電圧、配電系統事故による過電圧に関して、評価項目の抽出と判定基準(案)を作成する。

〈実施状況〉

JEC等の文献やメーカーへの聞き取りにより、現状求められている耐量を調査した。また、電力会社への聞き取りにより、求めたい耐量を確認した結果、どこまで求めるかはコストを考慮して判断していることを明らかにした。

2) 高圧素子で構成される電圧調整機器の熱解析による信頼性評価の検討

〈実施内容〉

機器の将来的な、さらなるコンパクト化・軽量化実現のために、トランスレス化をした場合の構造的特性面の検討として、10kV 級耐圧の SiC デバイスで構成される SVC 全体機器の簡易設計を例に信頼性評価を行う。全体機器の熱設計、パワーモジュール内部の熱応力数値解析を実施し、材料・部品に対する要求仕様や信頼性を高める機器配置構造や運用条件の範囲等の共通基盤的知見を得る。具体的には、SVC の簡易的な回路および構造設計を実施する。また、定格運転時、短時間過負荷運転時や周囲環境条件の変化等に対する全体機器の熱解析を実施する。

さらに、コンパクト化を志向する方策として、トランスレス化に加えた絶縁距離の縮小化を検討。熱的条件の厳しいモールド化を行った場合について、同様の解析・検討を実施する。

〈実施状況〉

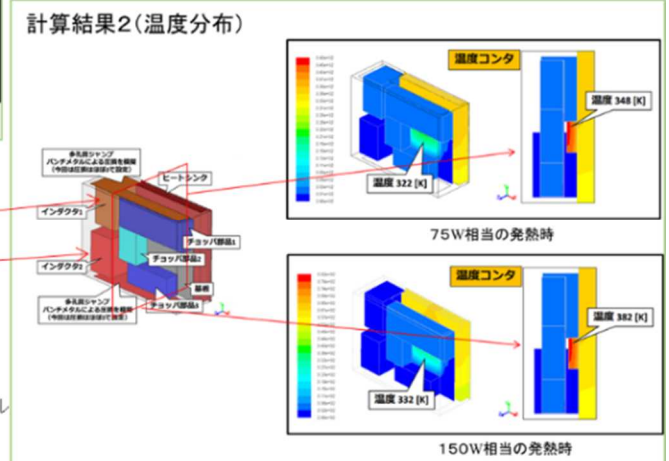
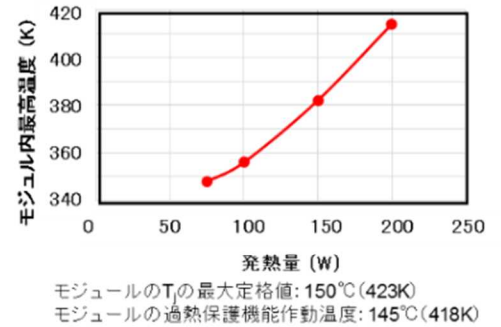
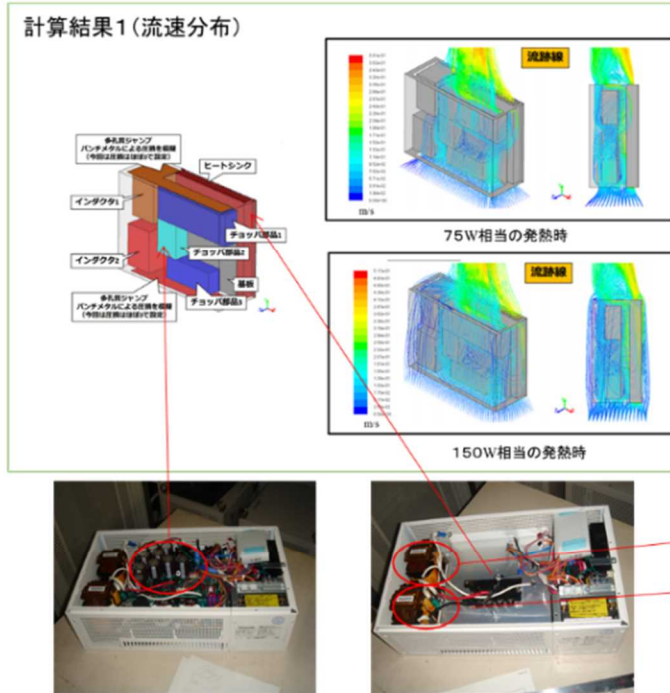
10kV 級耐圧 SiC デバイスを内蔵する SVC 機器全体の熱設計については、既存機器との比較のために、PCS 実機測定による数値解析結果の妥当性を検証した。また、SVC の電気回路、簡易構造設計を実施した。

SVC 用パワーモジュール内の熱応力解析については、高耐圧 SiC パワーモジュールの設計、および内部温度・応力分布解析を実施中。

高圧素子構成電圧調整機器の熱解析による信頼性評価法の検討については、熱的な観点から機器信頼性を評価する手法を検討中であり、熱に弱いとされる部品等の寿命を伸ばすためのシステム冷却構造や部品配置等について考察を行う予定。

なお、既存機器の熱解析例を図 3-5 に、SVC 全体機器の電気回路を図 3-6 に、空気絶縁タイプの数値解析用 SVC 内部構造図を図 3-7、その解析例を図 3-8 に、小型化した場合の検討に関して、モールド化の構造設計例を図 3-9 に示す。図 3-8 に示すようにパワーモジュール損失による発熱が 4kW 程度あると、自然冷却方式で機器冷却することが難しくなってくるのがわかる。これに外部からの輻射熱が加わることを考えると、構造設計や配置等にさらなる工夫が必要となってくる。

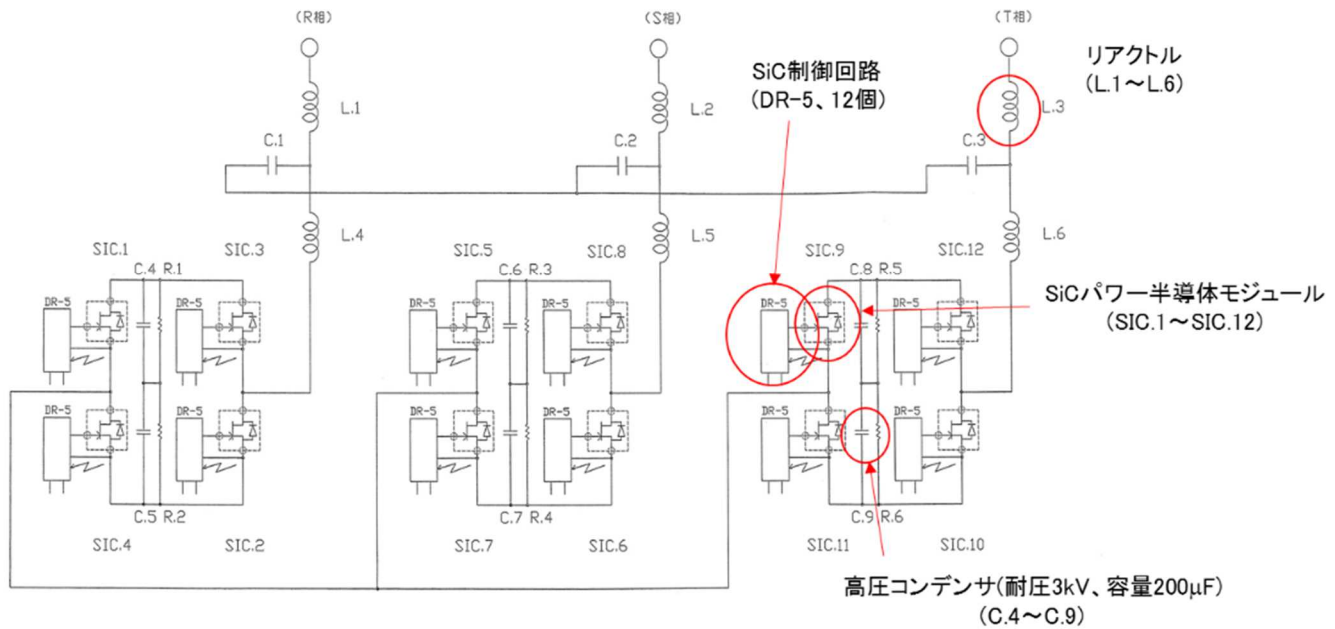
表 3-7 の構造特性の部分は、今年度末に予定している、熱シミュレーション結果に基づく SVC の構造上の指針のとりまとめイメージである。



計算条件等
 ・温度差で生じる自然対流をFluent/ANSYSを使用して計算。乱流モデルはk-εモデル
 ・電力変換器効率96%(メーカー公表値)。損失分は4KW定格の場合には160W
 ・モジュール内の発熱量分布は均一

【第5回検討作業会資料抜粋】

図 3-5 流速分布・温度分布計算結果例(既存の 4kW 電力変換機器)



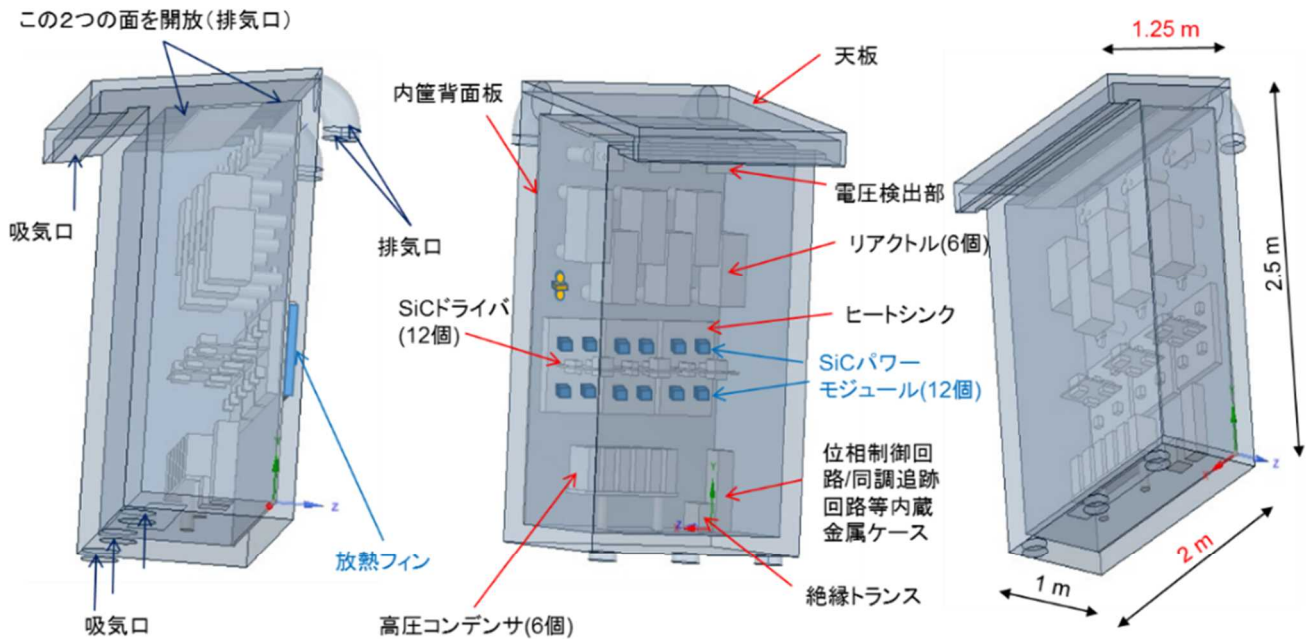
L.1~L.6: 11mH
 C.1~C.3: 0.015μF / DC20KV
 C.4~C.9: 200μF / DC3KV
 SIC.1~SIC.12: 16KV, 20A(x2P)
 R.1~R.6: RH4HVS 50MΩ
 DR-5: P.C (x12)

電気回路設計の基本条件

- ・SVCの定格容量は三相300kVA
- ・10kV級耐圧のSiC半導体モジュールで構成し、AC 6.6kVの系統に変圧器無しで接続
- ・SiC半導体モジュール以外は全て市販の部品で構成

【第5回検討作業会資料抜粋】

図 3-6 10kV 級耐圧 SiC デバイスを内蔵する SVC 全体機器の電気回路

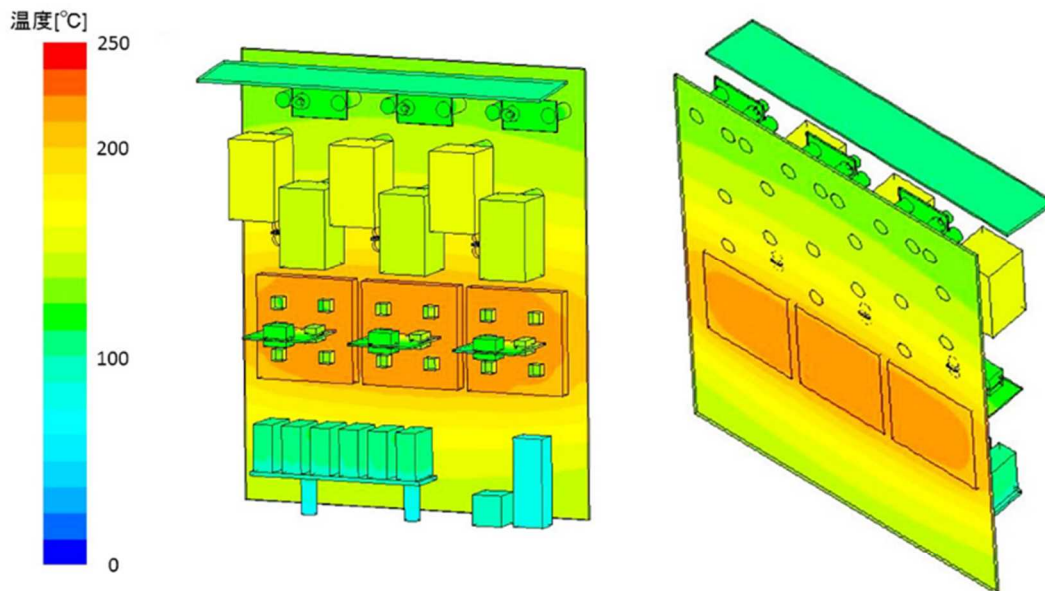


構造設計の基本条件

- ・サイズは高さ**2.5m**、かつ重量**2トン**以下とし、野外設置を前提とした自然空冷方式
- ・電氣的絶縁は空気絶縁とした上で適切な配置を実施。

結果、重量は**0.8トン**程度と目標を達成したが、横幅は目標値の**1.3 m**より大きい。熱解析結果と合わせて、目標の横幅**1.3 m**を達成するためにモールド化等を図ることで小型化を目指す。

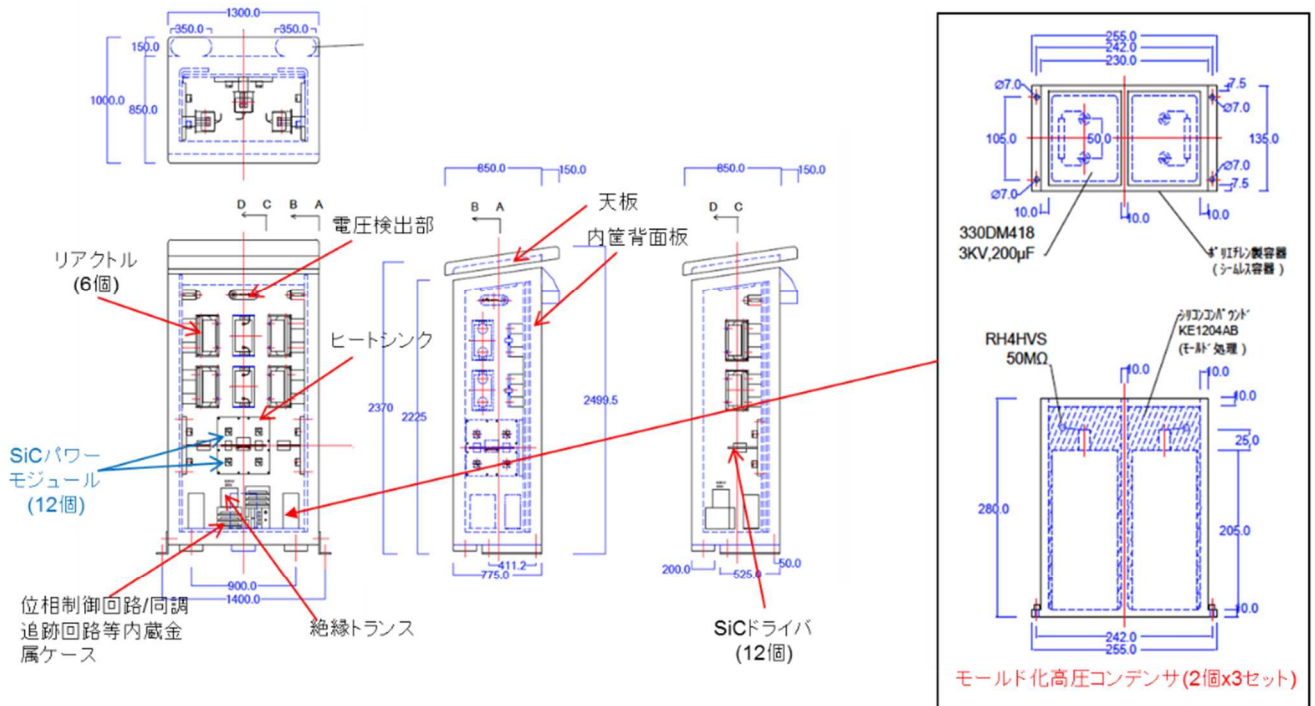
図 3-7 数値解析用 SVC 全体機器の内部構造図(空気絶縁タイプ)



計算条件等

- ・温度差で生じる自然対流をFluent/ANSYSを使用して計算。周囲温度は35°C。乱流モデルはk-εモデル、空気は非圧縮性理想気体モデル。
- ・モジュール損失(発熱量)は、SiCパワーモジュール1個当たり321W。SVC機器全体では12モジュール、総発熱量は3.85kW。その他発熱源は、リアクトル、高圧コンデンサ、絶縁トランス、セラミックコンデンサであるが、微発熱量。
- ・モジュール内の発熱量分布は均一

図 3-8 SVC 全体機器(内部)の数値解析例(空気絶縁タイプ)



(1)電氣的絶縁を保持しつつ小型化を図るため、高圧コンデンサをモールド化して絶縁距離を短縮。
 (2) 側面と後面にモジュール、リアクトル等の部品を効率的に配置。
 結果、横幅を1.3m、奥行きを1mまで短縮。今後は熱解析を実施し、小型化による熱的影響等を検討

図 3-9 高圧コンデンサをモールド化した SVC の構造設計

表 3-7 熱解析結果を踏まえた整理の方向性について(とりまとめイメージ)

分類	項目	指針	
性能評価法	電氣的特性	通常時の運転特性	...
		配電系統の事故時の動作特性	...
		ループ切替時の動作特性	...
		電力系統擾乱時の動作特性	...
	:	...	
信頼性評価	電氣的特性	過電圧に対する耐量	...
		過負荷に対する耐量	...
		:	...
	構造特性	コンパクト化の影響	...寿命に影響を与えないためには...のような耐量必要である
		小型化の影響	...メンテナンス性に影響を与えないためには...のような仕様である必要がある
	過負荷運転の影響	...過負荷運転は...に影響があり...のような仕様である必要がある	
	:	...	

(2) 配電システムの設計指針の検討

(2)-1 電圧調整機器としての要求仕様の検討

1) 機器の仕様(質量・体積等設置面)に関する要求

〈実施内容〉

配電線に設置する場合の要件として、単柱設置、H 柱設置などの設置方法に応じた機器・システムの仕様を明確にする。

〈実施状況〉

機器の重量については、単柱設置、H 柱設置に応じた重量について調査し、調査結果「高さ:2.5m 以内、幅:1.3m 以内、奥行:1m 以内、重さ:1.8t」等を得て、研究開発項目①の仕様に反映した。

機器の形状・体積については、風圧荷重、メンテ性、他の機器との関係について検討した。今後、研究開発項目①の仕様に反映、施工性・メンテ性は平成 29 年度上期に実証評価を予定。

配電線との接続形態については、高圧線への接続、通信線との接続について検討した。今後、調査結果を研究開発項目①の仕様に反映を予定。

2) 機器の仕様(EMC など)に関する要求機器の仕様

〈実施内容〉

配電線に隣接する民家への電磁ノイズや騒音は一定以下となっている必要があるため、配電線に設置する要件を明確にする。平成 26 年度に既存の規格・基準等を調査し、配電線に設置する要件を検討する。また、エネルギー総合工学研究所にて、海外の配電・電力用通信システムを調査する。

〈実施状況〉

伝導性ノイズについては、高圧線への伝導性ノイズ(高調波、高周波)について検討を行い、調査・検討の結果、「各次電流歪み率:3%以下(2~40 次)、総合電流歪み率:5%以下(2~40 次)、DC 分:1%以下」と整理した。

放射性ノイズについては、近隣への放射性ノイズ(高周波)について検討を行い、調査・検討の結果、「526.5kHz~1605.5kHz において準せん頭値で 36.5dB 以下」と整理した。

騒音については、近隣への騒音について検討を行い、調査・検討の結果、「50dB 以下(通常時)」と整理した。以上の要求仕様について、研究開発項目①の仕様への反映を依頼した。

国内調査については、これまでの実証事業の文献調査を実施するとともに、電圧調整機器の適用状況や、運用課題等の最新動向を把握するため、平成 27 年度に国内電力 5 社および機器開発メーカー 2 社へのヒアリング調査を実施済。平成 28 年度は、未調査の電力・メーカーへの調査を継続実施中である。

海外調査については、配電自動化導入国の実態調査として、平成 27 年度までに、米国文献調査、米国電気事業者ヒアリング調査を実施済であり、平成 28 年度

は、再生可能エネルギー導入に積極的な欧州動向について文献調査を継続実施し、現地調査(学会調査)を実施した。

国内電力会社調査の結果、各電力会社の電圧調整機器の採否状況とその理由、FRT要件に対する現行機器の対応状況と次世代電圧調整機器に求められる機能等について確認することができた。また、メーカー調査の結果、メーカーにおける独自試験項目があること、量産コストの低減には、電力会社毎にソフトの統一はあまり重要ではなく、ハードをいかに共通化するかが鍵であることが分かった。

以下の図 3-10 から図 3-14 にて、各調査に関する結果の一部を示す。

2. 配電システム構成・運用方式の調査

(4) 過去の関連実証事業や研究事例の抽出調査

- 従前の「低炭素社会の実現に向けた系統安定化対策」といった長期的な課題に加え、東日本大震災以降は原子力発電所が稼働停止した結果、「電力コストの上昇抑制を含めた需給逼迫対策」といった中期的な課題も顕在化。
- このような電気事業分野における環境変化の中で、我が国でもスマートグリッドに関する関心が高まり、各種の関連実証が行われてきたところ。

時期	電気事業分野に関する主な出来事	我が国の系統技術関連の動向
2008年5月	○長期エネルギー需給見通し・最大導入ケースで、2020年に太陽光は1,400万kW、風力発電は500万kWへ導入拡大	・周波数調整力の不足や配電系統の電圧上昇対策が検討
2009年8月	○地球温暖化防止中期目標の設定に伴い、2020年の太陽光導入目標を2,800万kWへ引上げ ○同年11月、余剰買取制度が開始	・スマートグリッドを構成する重要アイテムの抽出と標準化戦略が検討 ・スマートコミュニティグローバル実証開始
2010年1月	○次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会報告書 ○同年3月、次世代送配電ネットワーク研究会報告書	・スマートメーターの要件及び情報の取扱いが検討 ・次世代送配電系統最適化技術実証事業開始
2011年2月	○スマートメーター制度検討会報告書	・次世代エネルギー・社会システム実証事業開始
2011年3月	○東日本大震災を受け、原発が順次稼働停止 ○需給の逼迫と電力コスト上昇リスクが顕在化	・分散型電源の自立運転ニーズの高まり ・需給逼迫対策としてデマンドレスポンスが活発化
2012年4月	○地域間連系線等の強化に関するマスタープラン研究会中間報告	
2012年7月	○固定価格買取制度が開始	・メガソーラー等、大規模再生可能エネルギーの導入が加速
2013年4月	○電力システムに関する改革方針が閣議決定 ○同年11月、電力システム改革に係る気事業法正案が成立	
2014年4月	○新しい「エネルギー基本計画」が閣議決定	
2014年6月	○小売全面自由化に係る電気事業法改正法案が成立	

図 3-10 過去実証試験等の調査について(第 2 回検討作業会資料抜粋)

2. 配電システム構成・運用方式の調査

(4) 過去の関連実証事業や研究事例の抽出調査

- 我が国の配電系統は、世界に先駆けて進めてきた配電自動化による迅速な事故復旧と適切な保護協調のもと、世界的に見ても非常に高い供給信頼性を実現しており、以下の3点を踏まえると、2030年までは従来の技術開発の延長線で対応していくことが現実的ではないか。
 - ・ 今後の電力システムの設計に当たって、原子力発電及び再生可能エネルギー電源に対する政策動向とも調和させつつ、発電やIT等の分野での技術革新の成果も取り込みながら進めていくことの重要性が「電力システム改革専門委員会報告書(2013年2月)」にて指摘されていること
 - ・ 新エネルギー小委員会における経済産業省の今後の検討の方向性として、「再生可能エネルギー源の最大の利用の促進と国民負担の抑制を、最適な形で両立させるような施策の組み合わせを構築することを軸とすることが明示されていること
 - ・ 前記「次世代送配電ネットワーク研究会報告書(2010年4月)」にて、2020年代での確立を目指した対応として検討が必要な技術課題の内容は、概ね従来の技術開発の延長線であること

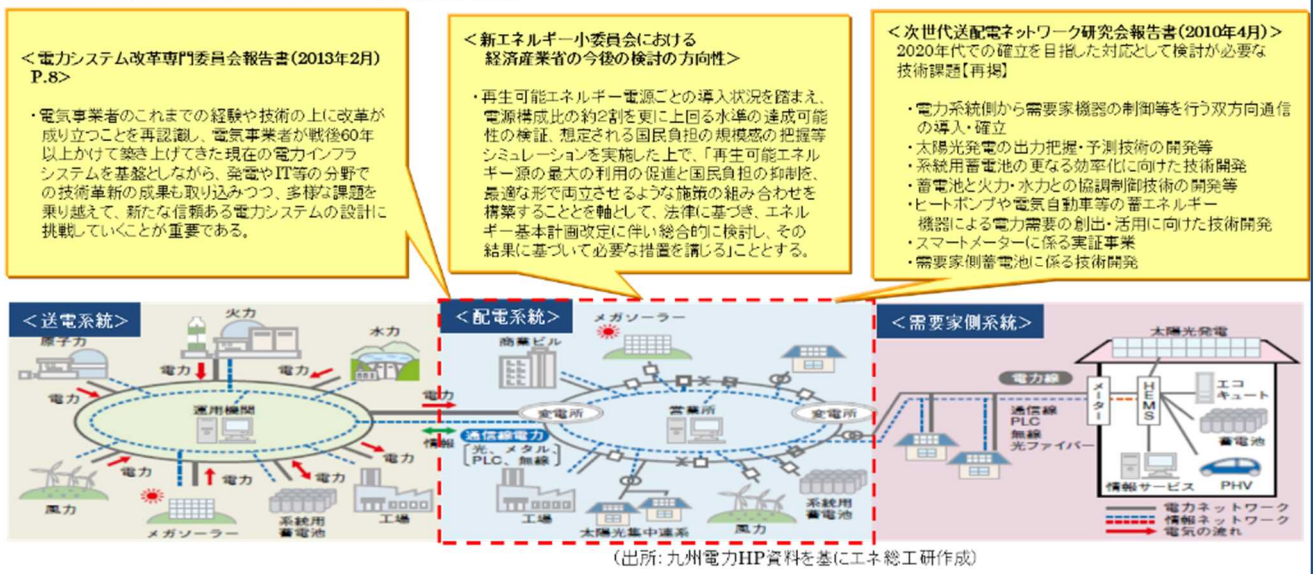


図 3-11 過去実証試験等の調査から得られた示唆(第 2 回検討作業会資料抜粋)

2. 配電システム構成・運用方式の調査

(3) 海外における配電系統電圧の適正維持及び運用に係る方法とその管理・制御システム

○北米の電力各社の電力品質管理の特徴は、「電気協同研究(※1) 第66巻 第1号」によると、概ね以下のとおり。

(※1) 電気技術の諸問題を解決するため、電気事業者、電機・電線・通信機メーカー、電設業者、電気使用者等の技術者のほか、学識経験者、関係する各方面の研究者、専門技術者の協力による委員会を組織し、効率的・合理的な調査・研究を行い、その成果を報告書として取り纏めたもの。

・配電系統電圧の調整方法(運用方式)としては、系統上に設置された進相コンデンサ(※2)の調整によるほか、日本同様、変電所変圧器のタップ調整あるいは配電線単位に設置される電圧調整器、ブースターなどを活用。

(※2) 極力負荷の近傍で力率改善を目指し、需要家によるSC(進相コンデンサ)設置を勧めることで系統力率を調整する日本とは異なり、北米では電力会社側が配電用変電所構内及び配電系統上にSCを設置して系統力率を調整することを基本としている。

・SVCについては高価なことから日本と同様、配電レベルでは活用されていない。

電力会社名	PG & E	SCE	ComEd	Hydro One
配電系統電圧(kV)	33,21,17,12,4	33,16,12,4,2.4	69,34.5,13.2,12.47,12,4	44,27.6,13.8,8,4
電圧調整方法	・変電所バンクのタップ切替 ・変電所バンク内の電圧調整器 ・配電線上の電圧調整器、ブースター、SC	・変電所バンクのタップ切替 ・変電所バンク内の電圧調整器 ・配電線上の電圧調整器、SC	・変電所バンクのタップ切替 ・配電線上の電圧調整器、SC	・変電所バンクのタップ切替 ・変電所バンク内のSC ・配電線上の電圧調整器、SC
無効電力調整方法	・配電線上のSC ・送電レベルではSVC	配電線上の固定又は開閉器付SC	配電線上及び変電所内の開閉器付SC	配電線上及び変電所内のSC

(出所:平成23年1月 電気協同研究 第66巻 第1号を基に作成)

図 3-12 海外の電力会社調査について(第 2 回検討作業会資料抜粋)

2. 調査結果

(1) 電圧調整機器の各社適用状況

電力A・Bは、確立された適用方針(基準)に基づき多台数を導入

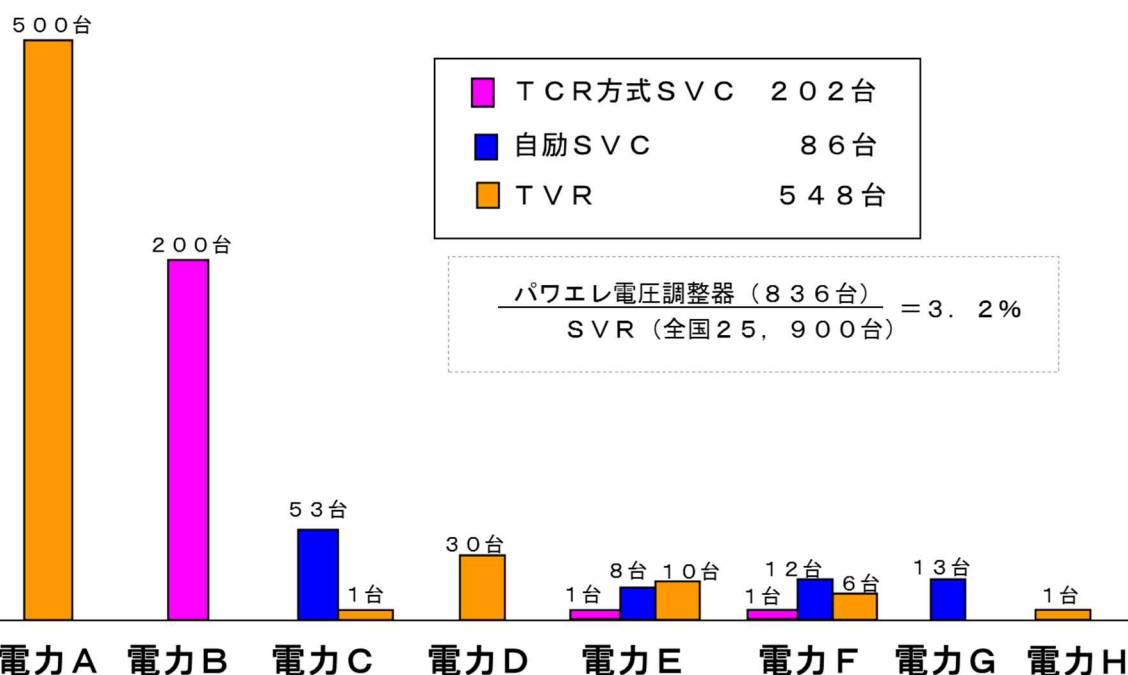


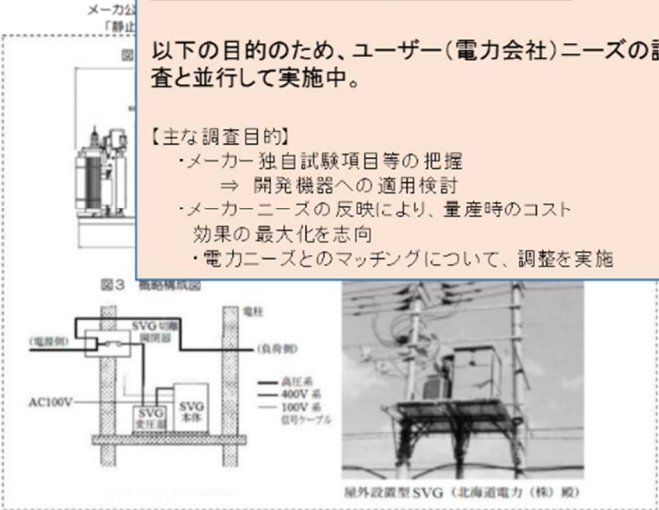
図 3-13 国内の電力会社調査について(第 4 回検討作業会資料抜粋)

メーカーニーズの調査・反映について

以下の目的のため、ユーザー（電力会社）ニーズの調査と並行して実施中。

【主な調査目的】

- ・メーカー独自試験項目等の把握
⇒ 開発機器への適用検討
- ・メーカーニーズの反映により、量産時のコスト効果の最大化を志向
- ・電力ニーズとのマッチングについて、調整を実施



2. 自動式 SVC の仕様及び運用に関する質問

質問 2-1 自動式 SVC の概略仕様は、以下ででしょうか。

製造者： ※違っている点を指摘ください。

仕様 6600V 300kvar (遅れ、進み)
冷却方式 強制風冷
柱上設置
概略寸法 (単体)
(組合せ)
概略重量 (単体)

質問 2-2 インバータは 400V 仕様でしょうか (V)

質問 2-3 騒音仕様は何 dB でしょうか。

質問 2-4 制御電源はどのように供給しているのでしょうか。また、制御電源の接地対策は、どのように行っているのでしょうか。

供給方法：
接地対策：

質問 2-5 制御回路に取込む電圧・電流は、右図 2 のような配電線負荷電流も取り込んでいるのでしょうか。

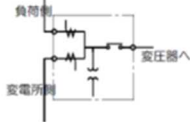
CT 取込み ある なし

質問 2-6 SVG の遮断し開閉器は、気中開閉器を適用されているのでしょうか。受電遮断器は適用していないことによるのでしょうか。

気中開閉器を適用
受電遮断器を適用

質問 2-7 遮断し開閉器には、CT、VT を内蔵しているのでしょうか。

CT：ある ない
VT：ある ない



質問 2-8 連系線の装置側の事故 (短絡、地絡) を検出する保護装置を装置内に内蔵しているのでしょうか。

短絡保護 ある ない
地絡保護 ある ない

質問 2-9 増設対策の指定はあるのでしょうか。 ない

質問 2-10 変電所 LRT や SVR との協調制御は、どのように行っているのでしょうか。

質問 2-11 基準値、不感率等の設定値変更は、遠方で操作するのでしょうか。

質問 2-12 メンテナンスでは、定期的な交換部品を計画されているのでしょうか。例えば
・電解コンデンサ
・強制風冷装置

質問 2-13 電圧制御の他に、電圧不平衡、フリッカ補償、アクティブフィルタなどの機能を付加しているのでしょうか。

電圧不平衡 ある ない
フリッカ補償 ある ない
アクティブフィルタ ある ない
その他の機能 ある ない

図 3-14 メーカー調査について(調査票例)

3) 通信性能への要求

〈実施内容〉

複数機器による集中制御方式において、必要とされる通信システムの性能(速度、回線容量、拡張性など)を明確にする。

〈実施状況〉

現状系統・将来系統の通信システムについては、通信システムの性能(速度、回線容量、拡張性など)の調査を実施し、電協研での検討状況を踏まえ、メタル通信と光通信の場合を想定し、通信量の見積りを完了した。

現状系統・将来系統の配電線センサシステムについては、集中制御方式に使う配電線センサ(子局を含む)の調査を行い、計測データの演算処理(平均値、瞬時値)や蓄積方法等について、研究開発項目①からの聞き取りを完了した。

情報収集・集中制御親局システムについては、親局のデータ収集能力、制御量決定の演算能力および、親局の処理能力に関して調査を実施中である。

(2)-2 電圧制御方式の検討

1) 解析ツール(潮流計算)の改良

〈実施内容〉

電力中央研究所の配電系統総合解析ツール(潮流計算)上に、研究開発項目①において開発予定の機器および現状および近い将来導入される配電系統用の電圧調整機器モデルを構築する。

〈実施状況〉

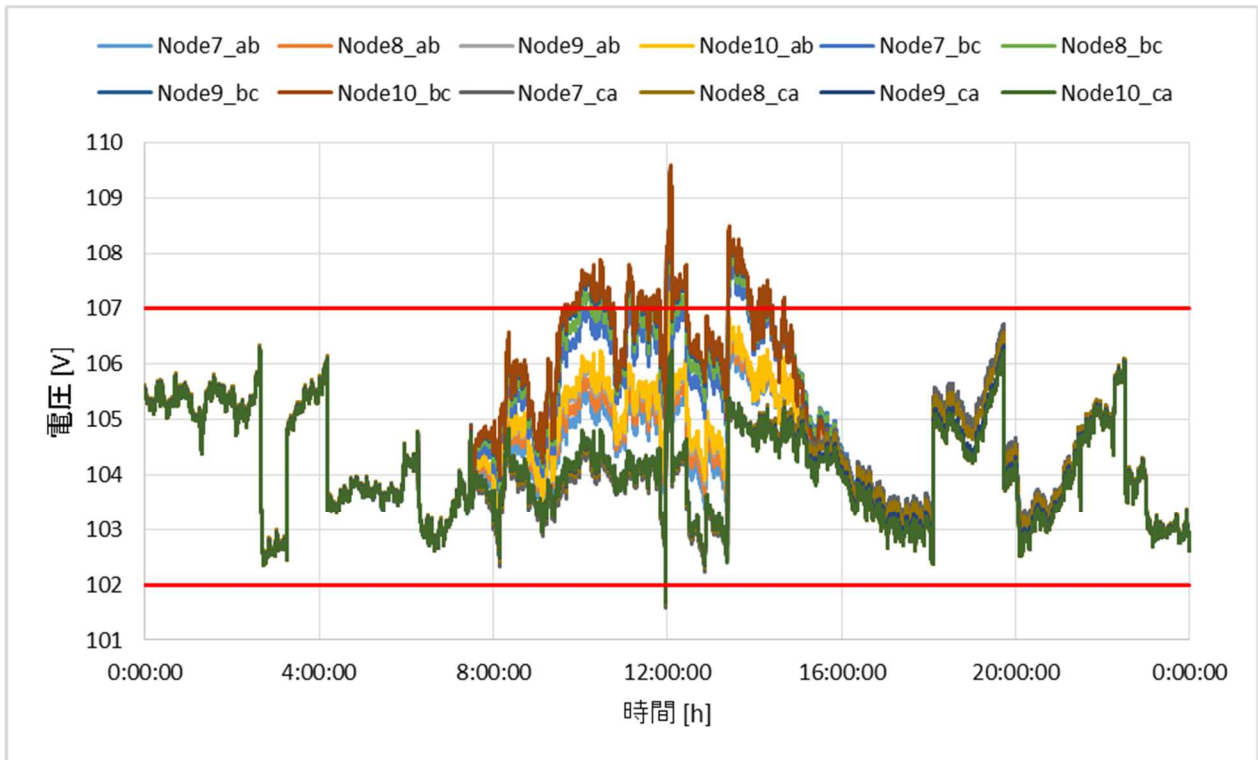
研究開発項目①の新たな機器の電圧制御方式、現状および近い将来導入される配電系統用機器の電圧制御方式の調査を完了し、潮流計算用モデルを構築した。

潮流計算モデル

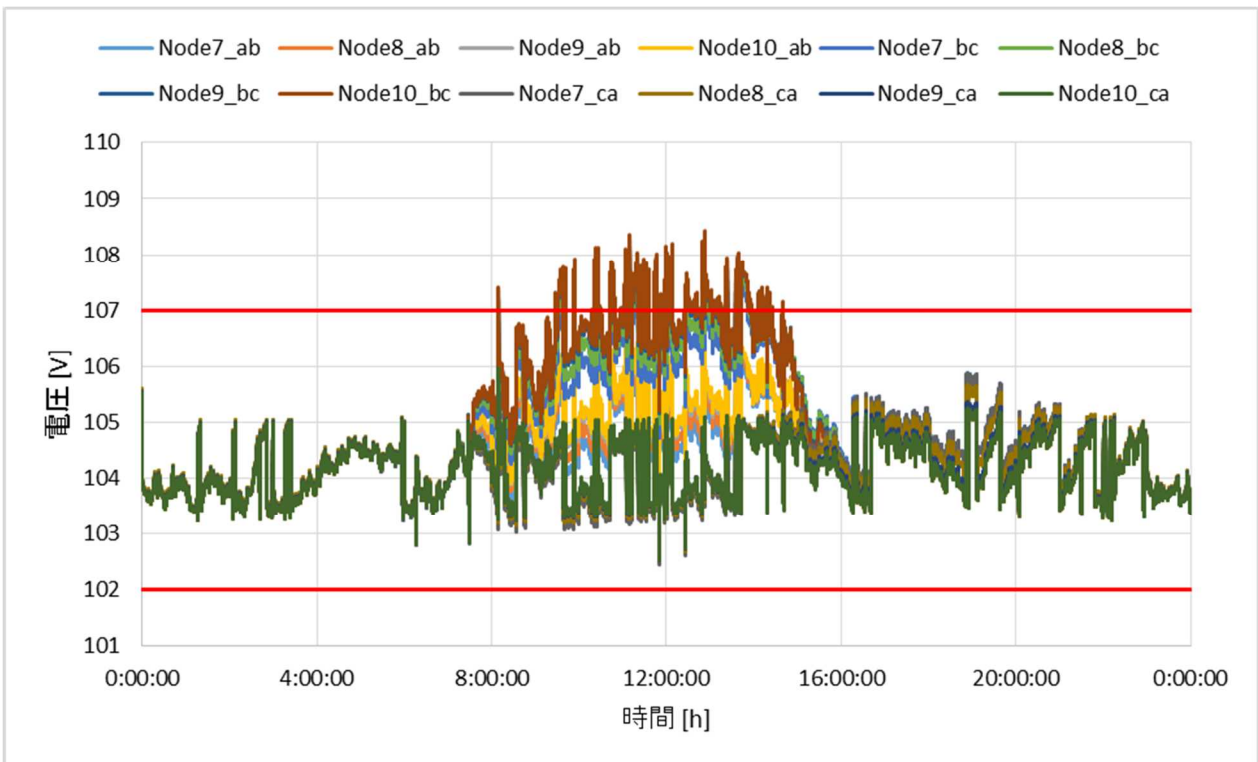
- ・自励式 SVC(富士電機開発)【既開発】
- ・次世代 TVR(東芝・北芝電機開発)⇒現状 TVR モデルを用いて模擬
- ・AVR 付柱上変圧器ユニット(富士電機開発)
⇒潮流計算上は柱上変圧器二次側電圧一定制御で模擬
- ・タップチェンジャ付柱上変圧器(高岳製)⇒新たにモデルを構築
- ・現状機器である SVR、TVR【既開発】

開発した次世代 TVR モデルの動作を検証するために、一般的な配電線モデルにおいて、太陽光発電が大量に連系した場合の電圧解析を実施した。電圧対策として、SVR、TVR、次世代 TVR を用いた場合の解析結果を図 3-15 に示す。結果より、SVR よりも高速性に優れている TVR の方の追従遅れが少ないが、短時間の逸脱が増加している。さらに、高速性と連続制御性に優れた次世代 TVR の追従遅れも少なく、短時間の逸脱も発生していない。なお、本解析は三相の PV の連系量をばらつかせ潮流を不平衡にしているため電圧も不平衡になっている。また、これらを適正範囲

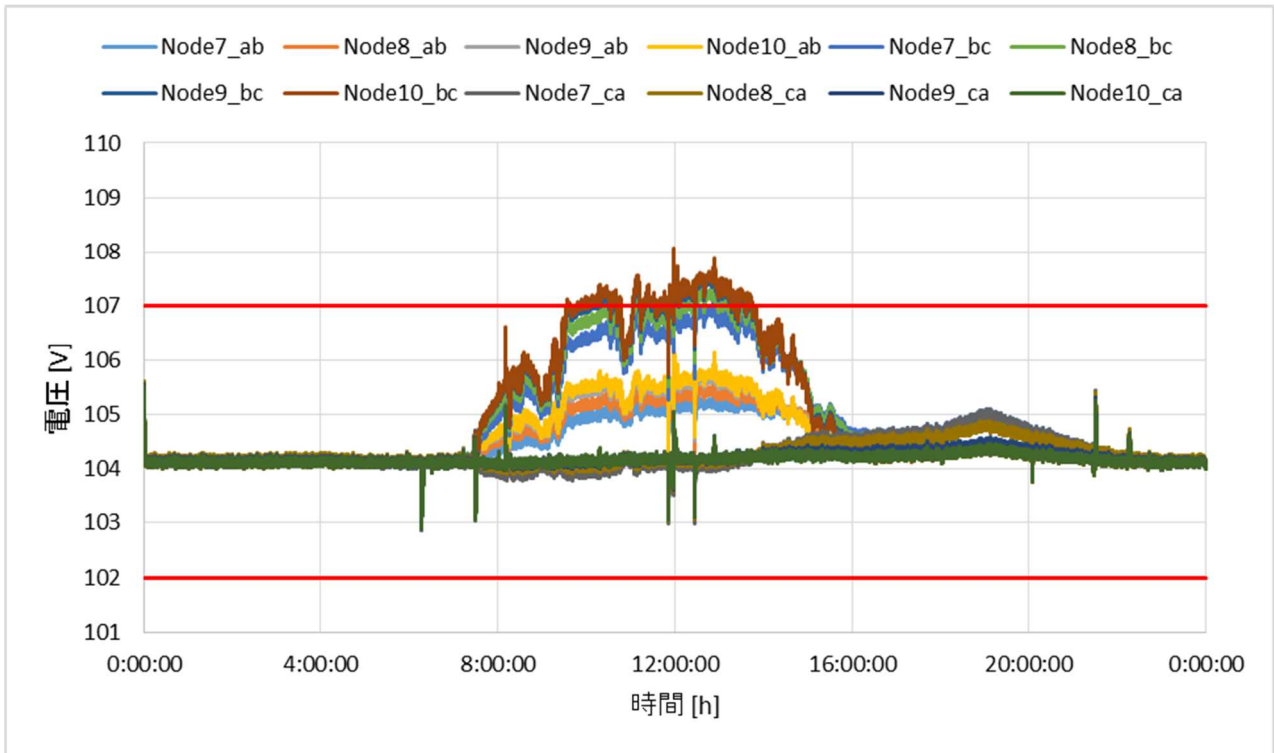
(低圧換算 102V~107V)からの逸脱量を用いて比較した。その結果を図 3-16 に示す。なお、電圧逸脱量とは、適正範囲から逸脱した $\Delta V \times \Delta T$ の1日の積算量のことである。結果より、PV の導入量が大きくなるにつれて電圧逸脱量が増加し、SVR、TVR、次世代 TVR の順に電圧逸脱量が小さくなっている。



(a) SVR の場合

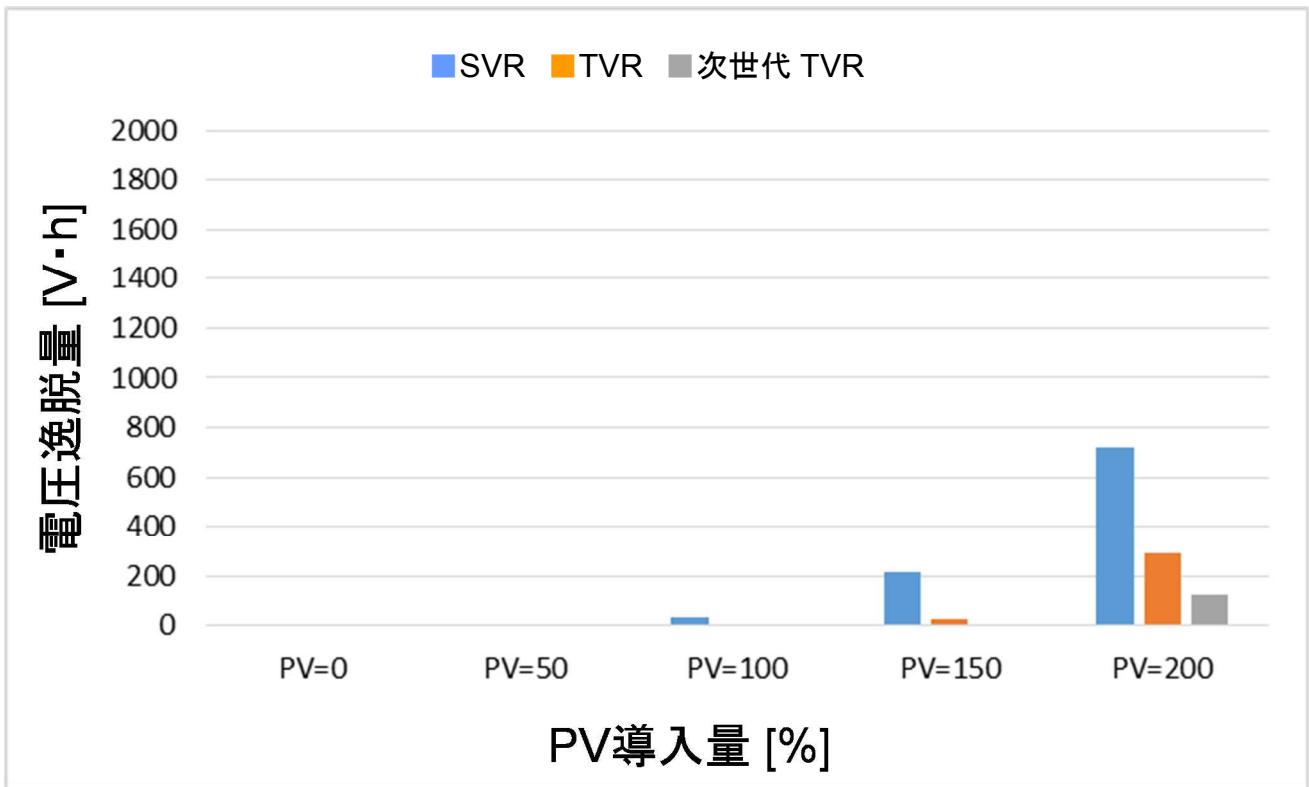


(b)TVR の場合

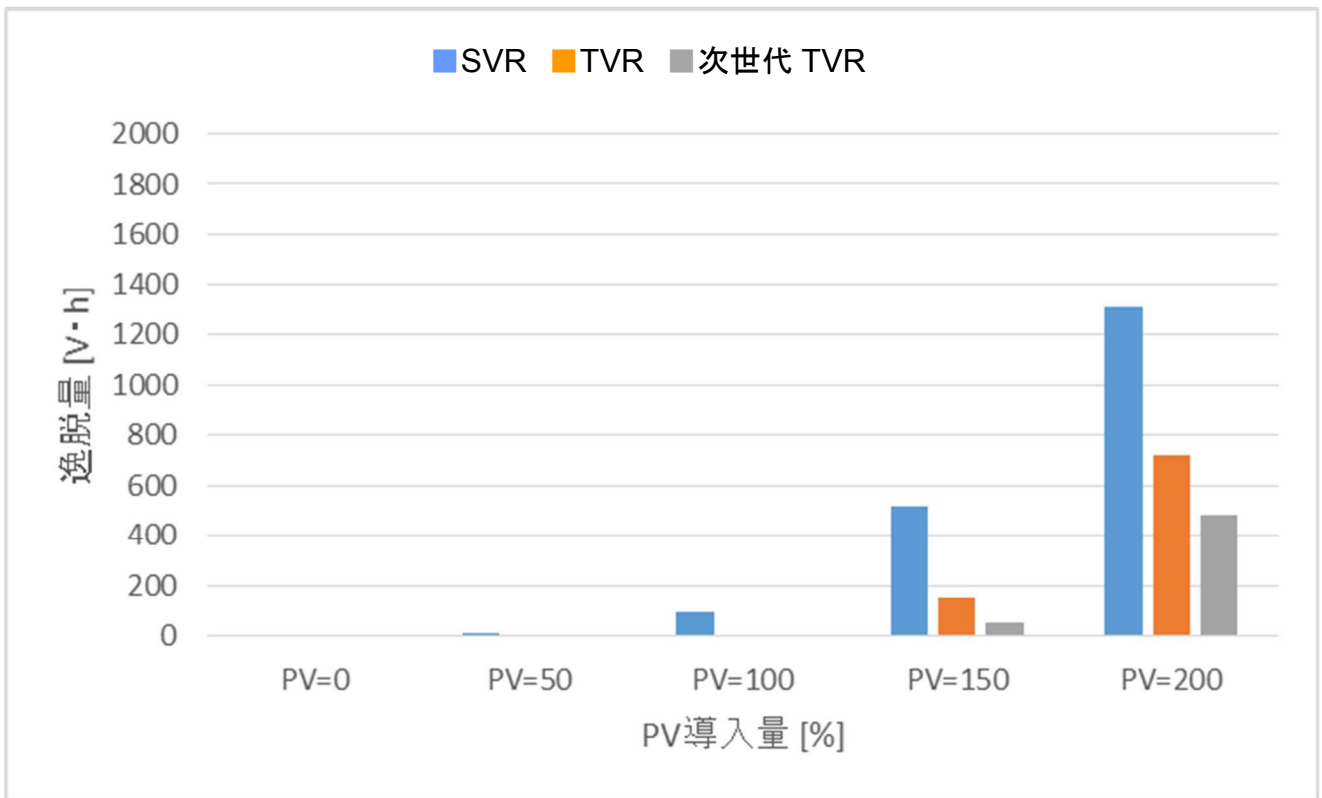


(c)次世代 TVR の場合

図 3-15 解析結果



(a)PV が均等分布の場合



(b)PV が末端集中の場合

図 3-16 SVR、TVR、次世代 TVR の逸脱量の比較

2) 解析ツール(潮流計算)の機器モデル・解析モデル(潮流計算)の構築

〈実施内容〉

現在、一般的な配電線モデルとして活用されている電協研モデルをベースとして、検討内容に応じた変更を行い、評価するための配電システムモデルを検討する。

〈実施状況〉

解析プログラムの使用方法の習得については、電力中央研究所開発の配電システム総合解析ツールの使い方の習得し、プログラムの導入を完了した。

各種データの入力についても、系統・分散形電源・負荷データを入力し、プログラム導入を完了した。機器モデルの検証が終了後、横浜国立大学にて系統条件、太陽光発電量等をパラメータとした、解析を実施予定である。

図 3-17 に配電システム総合解析ツールの系統図上への解析結果表示例を示す。ノードの色は電圧の高さを示し、ブランチの矢印の向きと色は潮流の向きと潮流量の多さを示している。また、図 3-18 に配電用変電所バンクモデルの高圧配電系統図を示す。図 3-15 に示す配電用変電所バンクモデルを用いた解析例として、太陽光発電大量導入時の電圧解析を行い、各配電線の末端電圧の時間変化を図 3-19 に示す。

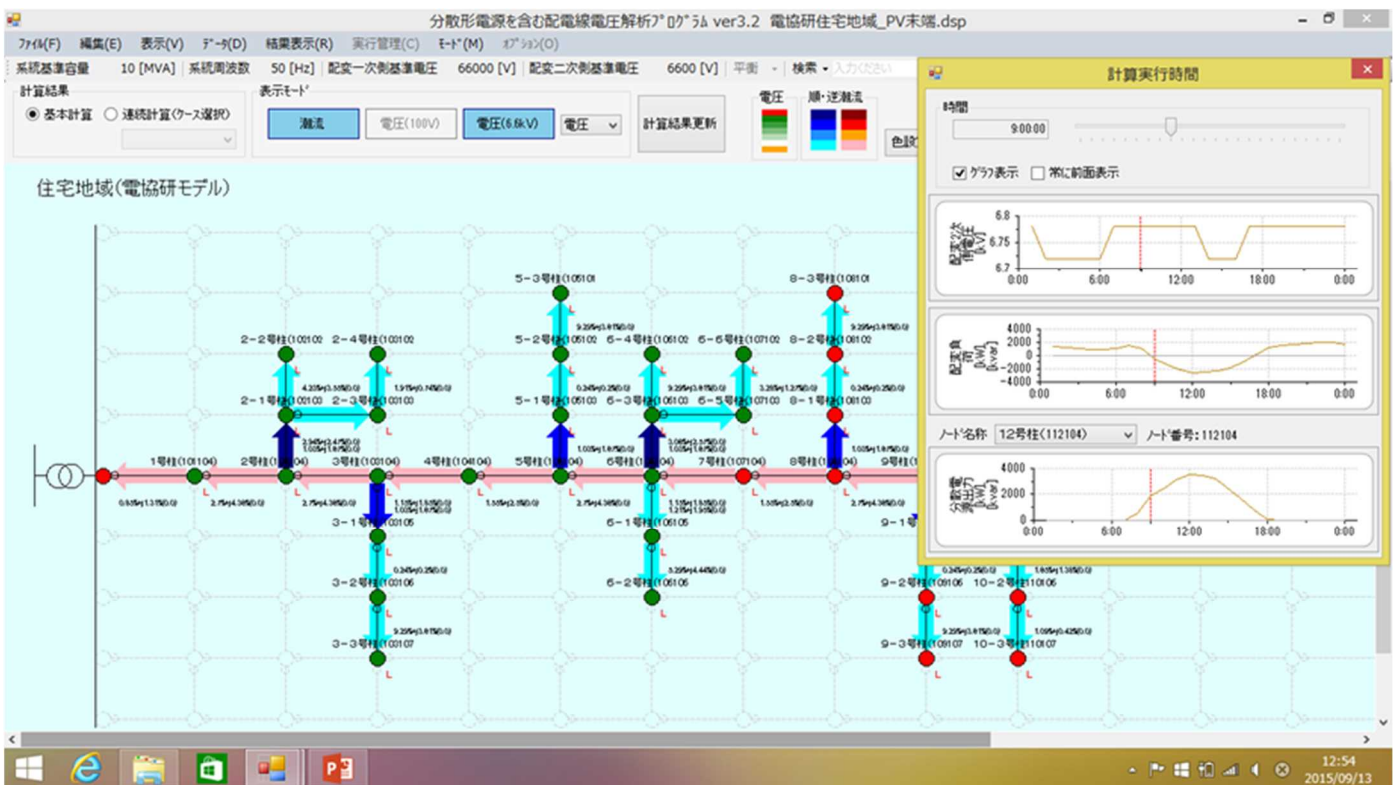
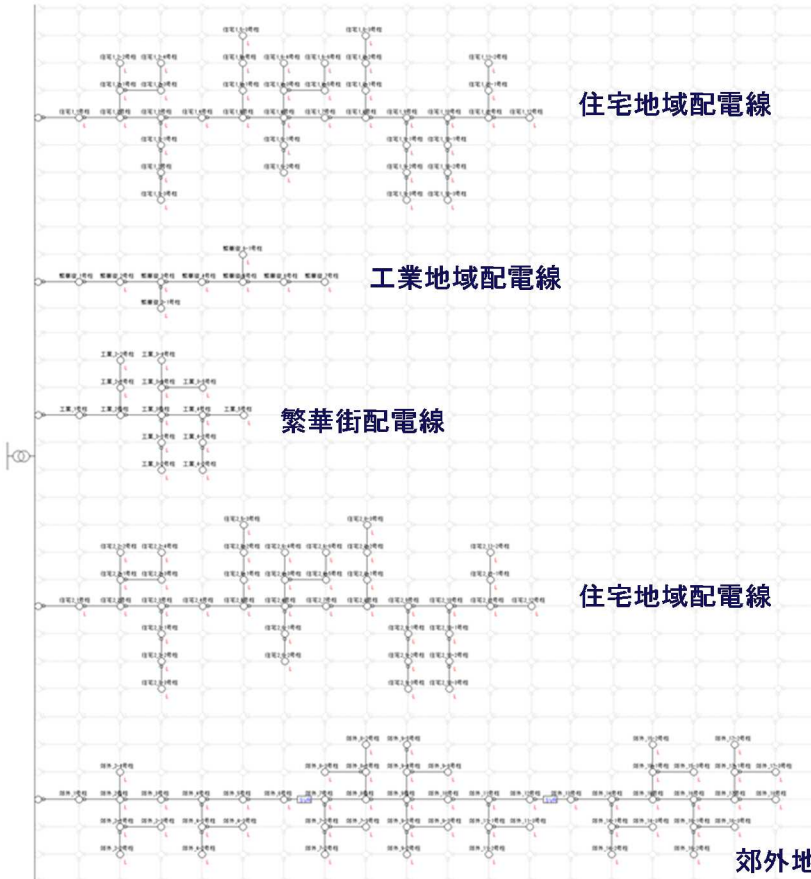


図 3-17 解析プログラム画面表示例



- ★住宅地域配電線
 - ・主に戸建て住宅負荷
 - ・住宅用太陽光発電
- ★工業地域配電線
 - ・主に産業用負荷
 - ・力率改善用コンデンサ設置
- ★繁華街配電線
 - ・主に商業用負荷
 - ・力率改善用コンデンサ設置
- ★郊外地域配電線
 - ・SVR 2台
 - ・主に戸建て住宅負荷
 - ・住宅用太陽光発電
 - ・メガソーラ

図 3-18 配電用変電所バンクモデルと各配電線モデルの特徴

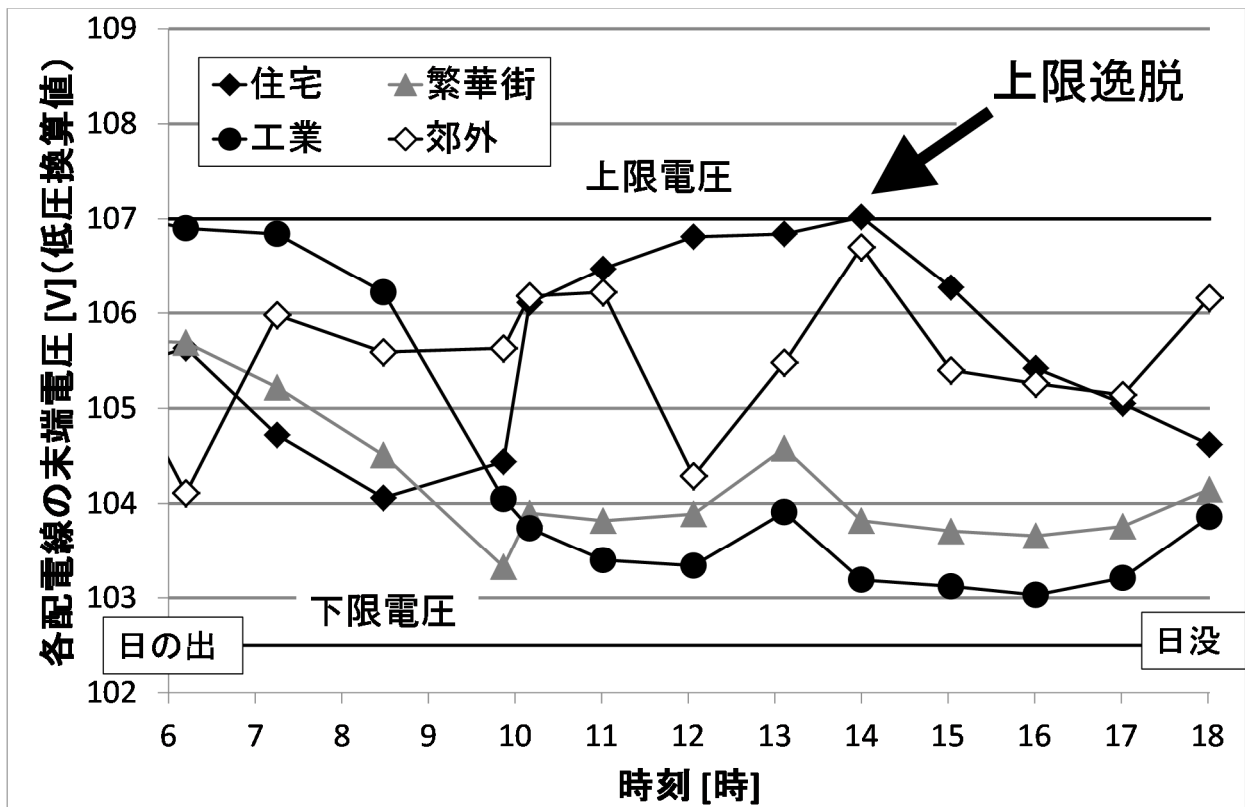


図 3-19 太陽光発電大量導入時の配電用変電所バンクモデルにおける電圧解析結果例

(3) 機器故障時の対応法・メンテナンス性評価法の検討

〈実施内容〉

各機器の巡視による故障・劣化の確認方法、機器故障時の応急対応方法、設置・取り替えの施工方法に関して評価方法と判定基準を検討する。

〈実施状況〉

日常の設備維持・保守関連、および機器故障時の対応については、計画巡視による故障・劣化の確認方法の要求仕様の調査を実施し、装置の下面に故障表示、通信で営業所端末に故障表示をする必要があることを確認した。

設置・取り替え方法については、設置・取り替えの施工方法の要求仕様に関する電力会社の要求仕様を調査中である。要求内容は、各社で異なるため概要を取りまとめ、実証機は個別に相談し決定する予定である。また、施工性・メンテ性については平成 29 年度上期に実証評価を実施予定である。

(4) 模擬グリッドでの実証評価

(4)-1 模擬グリッドによる実証項目・方法の検討

1) 潮流計算による電圧制御方式の実証項目の検討

〈実施内容〉

上述の実施項目(2)-2 の 1)にて改良した「配電系統総合解析ツール」を用いて、電圧制御の事前解析を行う。(1)にて作成した性能・信頼性評価法にもとづき、配電線の亘長、太陽光発電の連系量・連系位置・出力変動、負荷量・分布を変化させ、各機器の動作状況を確認し、試験項目を抽出する。

〈実施状況〉

潮流計算について、改良した解析ツールを用いて、電圧制御の事前解析を行い、各機器の動作状況や制御効果を確認し、試験項目の抽出を行った。平成 28 年度末までに、解析を進め、完了する見込みである。

2) 瞬時値解析モデルの構築

〈実施内容〉

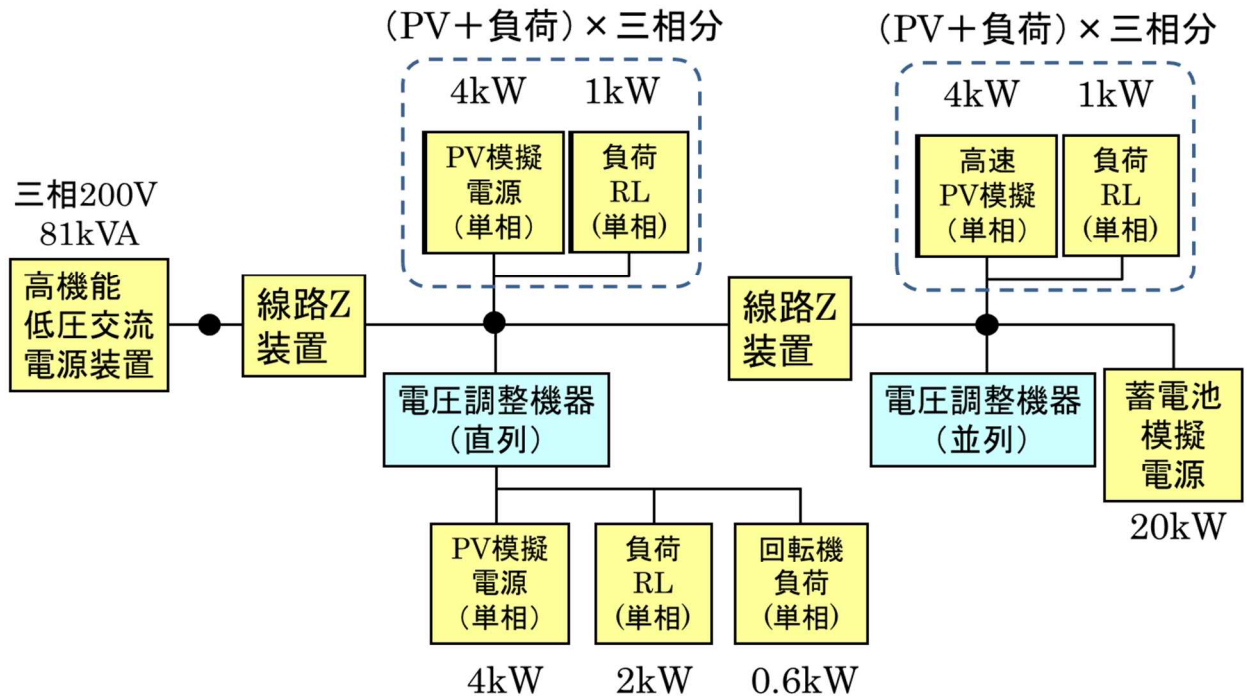
横浜国立大学に実験室グリッドを構築し、電圧調整機器(直列および並列)の過渡応答試験(瞬時電圧低下など)を実施し、電力中央研究所が開発した瞬時値解析プログラムに機器モデルを構築する。

〈実施状況〉

実験室グリッドの構築については、実験室グリッドの必要機能を検討し、グリッド模擬機器と供試機器(研究開発項目①より提供)の設置を完了した。

実験室グリッドの実証項目・方法の検討については、「常時の動作検証(電圧不平衡、高調波発生時の動作)」、「電圧制御特性の検証(電圧変動時の制御特性)」、「事故時・系統擾乱時の動作検証(ループ切替時、瞬時電圧低下時、周波数変動時の動

作)』を行い、並列機器(他励式 SVC、自励式 SVC)、直列機器(SVR、次世代 TVR)の瞬時値モデル(基本)を構築中である。現在、モデルの動作検証を行っており、平成 28 年度中に完了を予定している。以下の図 3-20 から図 3-25 に実験室グリッドの設備概要、図 3-26 から図 3-28 に検証結果の一例を示す。試験結果については、並列機器(SVC)に関する検証中データの一部であり、直列機器に関する検証についても実施中。今年度末には評価結果を取りまとめる予定である。



- ・ 総負荷28kW(内RL負荷8kW), PV(PCS)容量28kW
- ・ 負荷12kW, PV出力24kW(いずれも三相平衡)での逆潮流をベース

図 3-20 実験室グリッド全体像

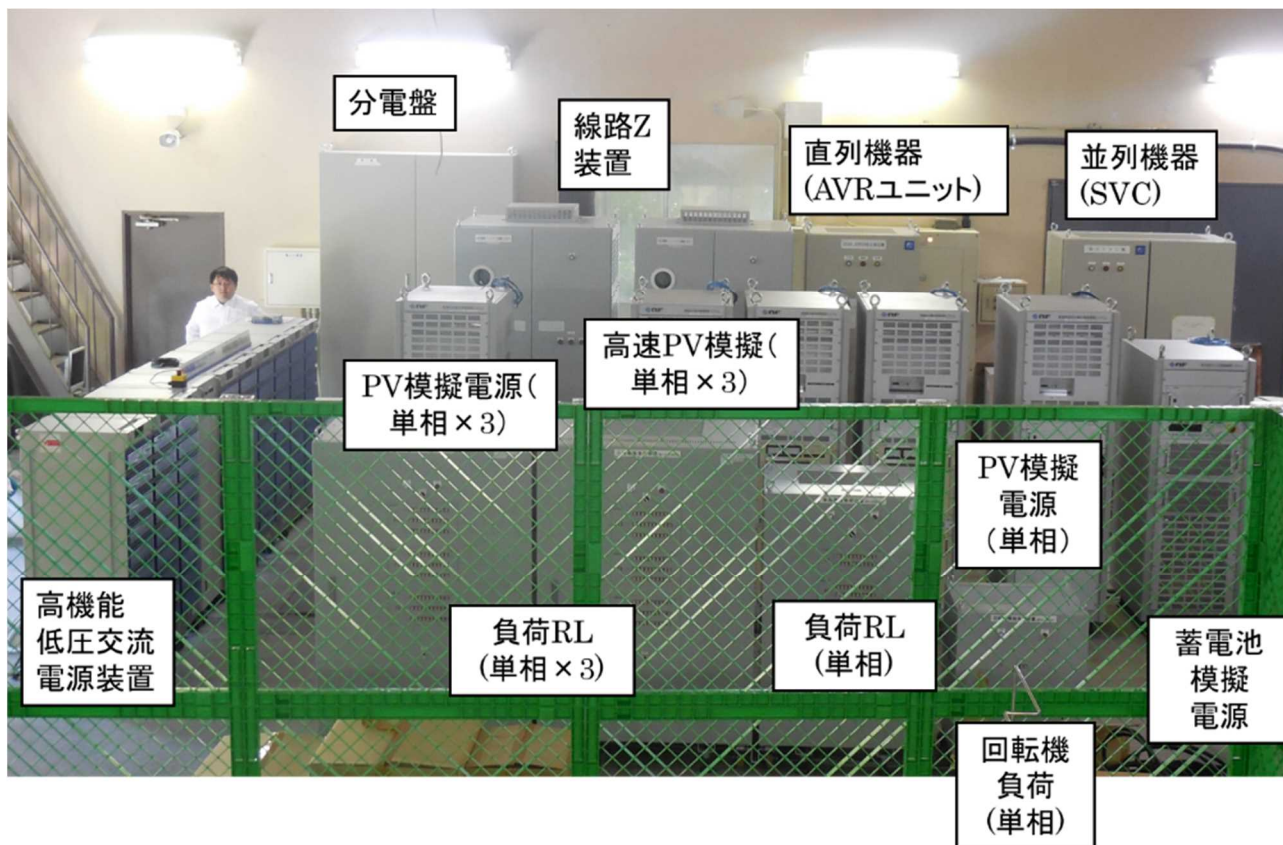
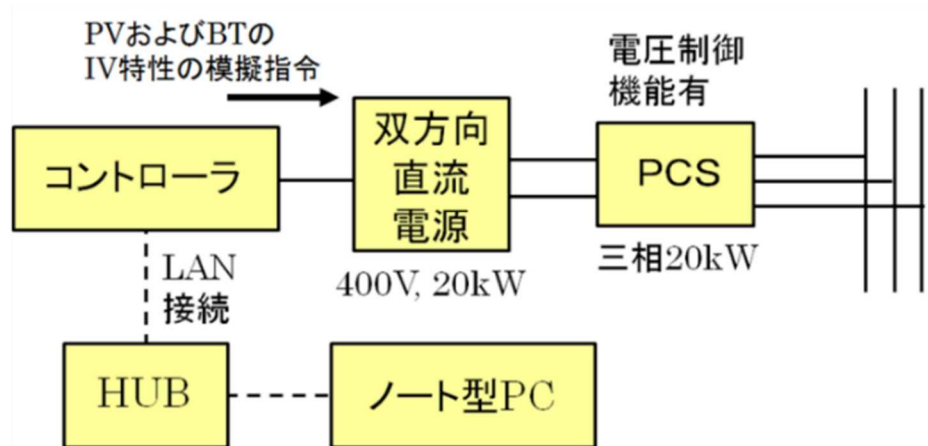


図 3-21 実験室グリッド機器配置



- ・ 各相分を3台で構成(マスター1台+スレーブ2台)
- ・ U相のマスターの操作で9台を一括制御可能
- ・ 三相分の出力端子を取りまとめた「端子台」からインピーダンスに接続
- ・ 詳細設定はLAN接続によるPCから指定可能

図 3-22 高機能低圧交流電源装置



- ・ PVとBTの模擬を切り替えて使用可
- ・ SVCのとの相互干渉の検討にも資するように制御三相PCSに電圧制御機能を持たせることを検討中

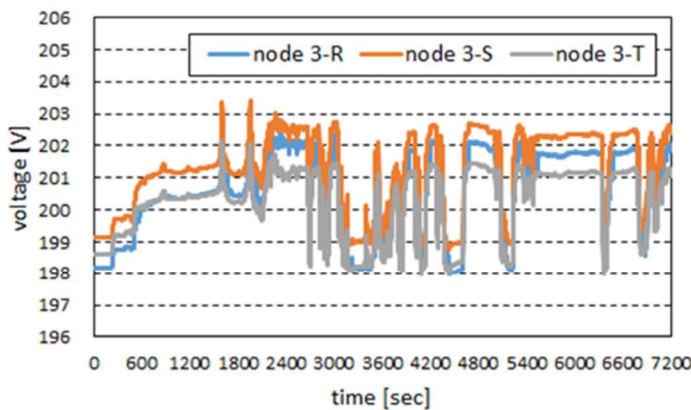
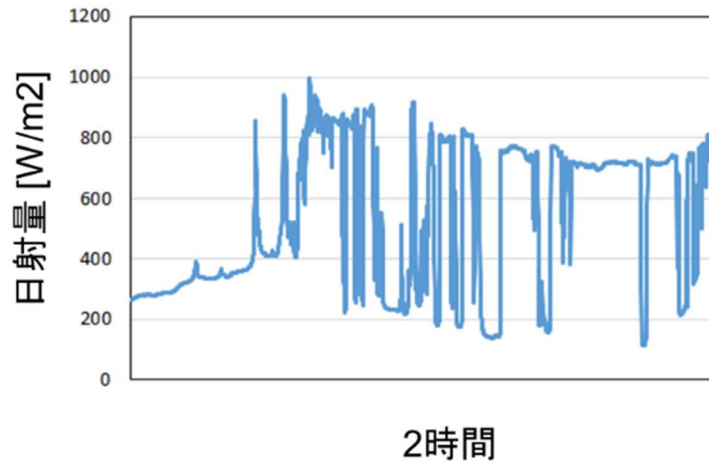
図 3-25 PV/BT 模擬双方向電源装置

SVCによる定常電圧低下補償機能試験

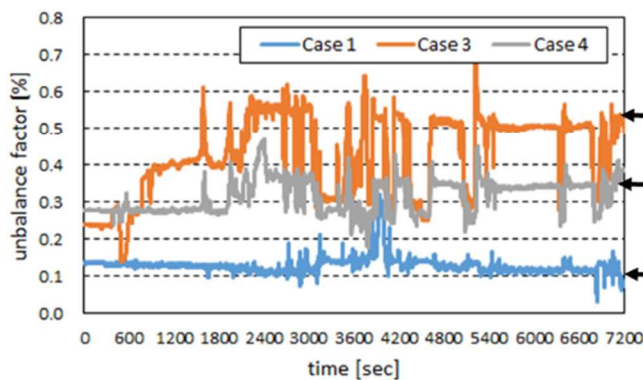
○系統条件

負荷一定:各ノード各相 878W (力率0.99)

PV出力 :各ノード各相 最大3.1kW出力(下図の変動パターン)
 末端ノードの1相分のみ出力半減



三相代表電圧を不感帯幅(200V±1%)内に適切に制御



三相不平衡率も改善

PV有・SVC無

PV有・SVC有

PV無・SVC無

図 3-26 SVCによる電圧抑制効果測定(例)

SVCによる瞬時電圧低下補償機能試験

○系統条件:

無負荷, 末端ノードのみPV出力有(各相3kW)

線路インピーダンス最大(2回線直列: $0.0864\Omega + 0.2748mH$)

○故障条件

パターン① : 上位系統における三相短絡故障(残電圧10%)

パターン② : 上位系統における線間短絡故障(a相 残電圧5%)

(パターン①・②とも、故障持続時間: 300msec)

パターン①: 上位系統での三相短絡発生(残電圧10%)

SVC停止前は5V程度の電圧上昇

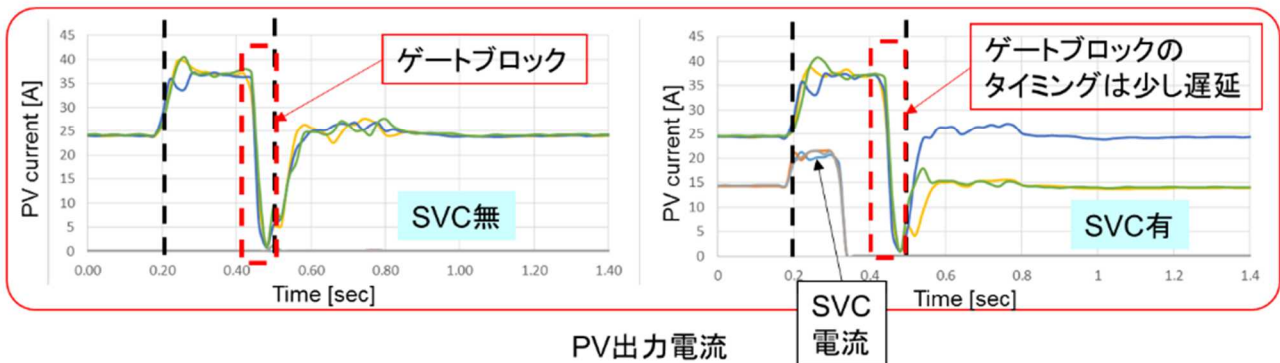
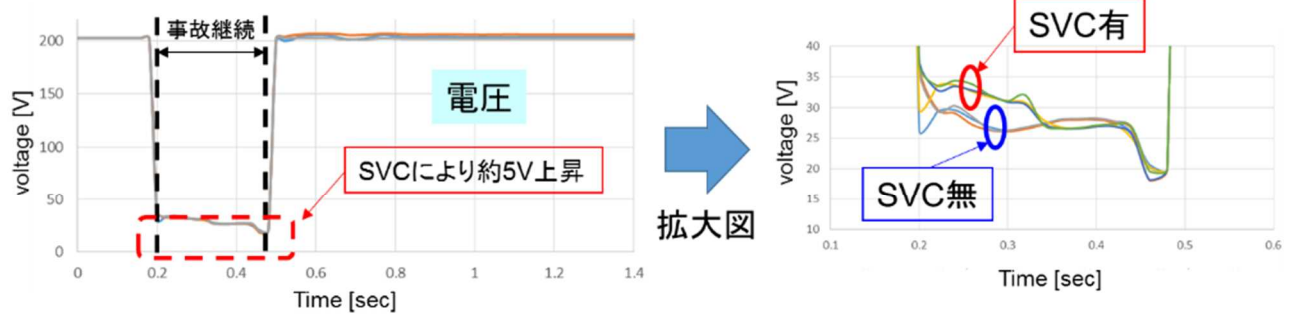
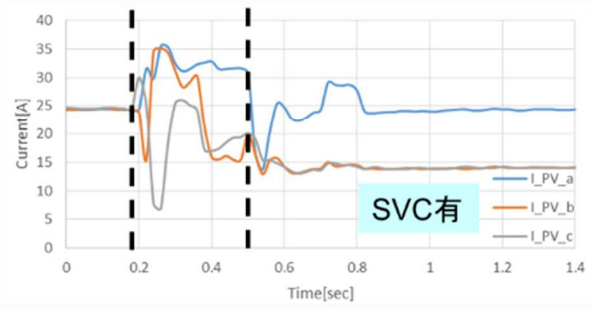
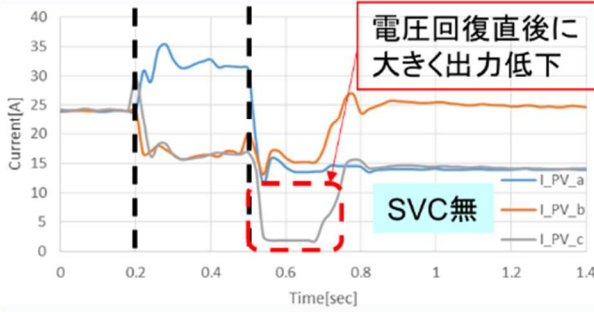
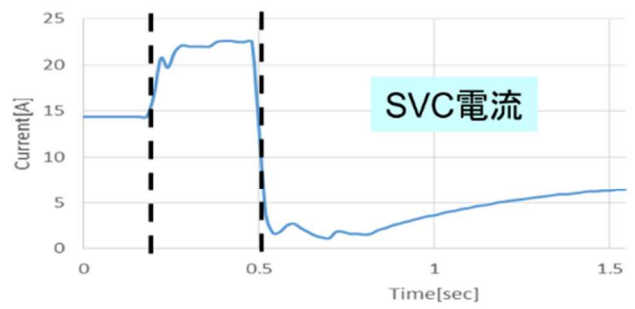
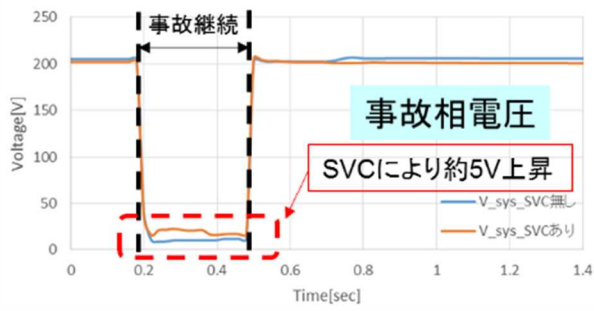


図 3-27 SVC による電圧抑制効果測定(例) 【試験パターン①】

パターン②: 上位系統での線間短絡発生(残電圧5%)



PV出力電流

図 3-28 SVC による電圧抑制効果測定(例)【試験パターン②】

3) 瞬時値解析による性能・信頼性評価項目の検討

〈実施内容〉

開発した瞬時値解析モデルを用いて、配電系統事故時(単独運転を含む)、ループ切替時、上位系統擾乱時に関する挙動確認解析を行い、試験方法を検討する。

〈実施状況〉

上記(4)-1の2)で実施中の瞬時値解析モデルの構築後、実施を予定している。具体的な実施項目としては、「配電系統事故時の動作検証(配電線保護への影響、単独運転防止への影響、再送電時の動作ループ切替時の動作検証)」、「ループ切替時の動作検証(電圧・位相変動時の動作、別系統への移動によるシーケンス確認)」、「上位系統擾乱時の動作検証(瞬時電圧低下時、周波数変動時の動作(継続運転、サポート機能))」等を予定している。

なお、SVCと次世代TVRに関する検討・試験分担の検討結果を表3-8と表3-9に示す。今後、詳細内容については、研究開発項目①と調整しながら決定していく予定である。

表 3-8 SVC の解析・試験分担表

対象	検証項目			系統条件			解析		実証試験			
	大項目	中項目	小項目	配電線モデル		バンクモデル	潮流計算	瞬時値計算	実験室G	赤城TC	実配電線	
単機試験	基本性能	機器起動・停止動作の確認	機器起動動作	-	-	-			○	○	○	
			機器停止動作	-	-	-			○	○	○	
			系統復帰時動作	-	-	-			○	○		
		指令に対する応答	無効電力指令応答(SVC)	-	-	-			△	○	○	△
			タップ指令応答(TVR)	-	-	-			△	○	○	△
			制御電源消失	-	-	-				△	○	
		機器故障時の動作確認	通信不能(集中制御)	-	-	-					○	
			軽故障発生時動作	-	-	-				△	○	
			重故障発生時動作	-	-	-				△	○	
	負荷の投入・開放時		-	-	-			○	○	○	設置系統 で発生す れば検証 可能	
	LRTやSVRタップ動作時		-	-	-			○	○	○		
	電圧三相不平衡時		-	-	-				○	○		
	高調波発生時		-	-	-				○	○		
	性能評価		通常運転時の安定性	電圧ステップ変化応答	-	-	-			○	○	○
				集中制御の安定性	-	-	-					○
		配電系統事故時の動作		短絡事故	-	-	-			○		○
				地絡事故	-	-	-			○		○
				断線事故	-	-	-			○		○
		事故時運用時の動作	変電所遮断器解放後動作	-	-	-			○	○	○	
			単独運転時動作	-	-	-			○	△	○	
			再閉路時動作	-	-	-				△	○	
		ループ切替時動作	ループイン時動作	-	-	-			○		○	
			ループアウト時動作	-	-	-			○		○	
			隣接配電線での動作	-	-	-					○	
		電量系統擾乱時の動作	瞬時電圧低下	-	-	-			○	○	○	
			周波数変動(ステップ)	-	-	-			○	○	○	
			周波数変動(ランプ)	-	-	-			○	○	○	
		信頼性評価	機器の耐量	過負荷試験	-	-	-					
	過電圧試験			-	-	-						
	ノイズ		伝導性ノイズ	-	-	-					△	
			放射性ノイズ	-	-	-					△	
	メンテナンス	日常の保守	故障表示	-	-	-					●	
			部品取替	-	-	-					●	
		故障時対応	応急処置	-	-	-					●	
			改修	-	-	-					●	
		機器設置・操作方法	設置工法	-	-	-					●	
			柱上操作	-	-	-					●	
	電圧制御	負荷変動に対する制御	抵抗負荷	-	-	-			○	○		
			モータ負荷	-	-	-			○	○		
			力率改善用コンデンサ	-	-	-			○	○		
分散形電源に対する制御		回転型電源	-	-	-					○		
		インバータ電源	-	-	-			○	○			
上位系統の電圧変動	変電所LRT	-	-	-					○			
組合せ試験	電圧制御	負荷変動に対する制御	抵抗負荷	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○	九州のみ	
			モータ負荷	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○		
			力率改善用コンデンサ	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○		
		分散形電源に対する制御	回転型電源	中亘長	長亘長	2回線	○				○	
			インバータ電源	中亘長	長亘長	2回線	○				○	
			変電所LRT	中亘長	長亘長	2回線	○				○	
	性能評価	配電系統事故時の動作	短絡事故	-	-	-			△		○	
			地絡事故	-	-	-			△		○	
			断線事故	-	-	-			△		○	
		事故時運用時の動作	変電所遮断器解放後動作	-	-	-			△	○	○	
			単独運転時動作	-	-	-			△	△	○	
			再閉路時動作	-	-	-				△	○	
		ループ切替時動作	ループイン時動作	-	-	-			△		○	
			ループアウト時動作	-	-	-			△		○	
			隣接配電線での動作	-	-	-					○	
電量系統擾乱時の動作	瞬時電圧低下	-	-	-			△	○	○			
	周波数変動(ステップ)	-	-	-			△	○	○			
	周波数変動(ランプ)	-	-	-			△	○	○			

表 3-9 次世代 TVR の解析・試験分担表

対象	検証項目			系統条件			解析		実証試験				
	大項目	中項目	小項目	配電線モデル	バンクモデル	潮流計算	瞬時値計算	実験室G	赤城TC	研究所等	実配電線		
単機試験	基本性能	機器起動・停止動作の確認	機器起動動作	-	-	-			○	○		○	
			機器停止動作	-	-	-			○	○		○	
			系統復帰時動作	-	-	-			○	○			
		指令に対する応答	無効電力指令応答(SVC)	-	-	-		△	○	○			△
			タップ指令応答(TVR)	-	-	-		△	○	-			-
		機器故障時の動作確認	制御電源消失	-	-	-				△	-		
			通信不能(集中制御)	-	-	-					○		
			軽故障発生時動作	-	-	-				△	○		
		通常運転時の安定性	重故障発生時動作	-	-	-				△	○		
			負荷の投入・開放時	-	-	-		○	○	○			
	LRTやSVRタップ動作時		-	-	-		○	○	○				
	電圧三相不平衡時		-	-	-			○	○	○			
	高調波発生時		-	-	-				○	○			
	電圧ステップ変化応答		-	-	-		○	○	○				
	集中制御の安定性		-	-	-					-			
	太陽光(PV)との協調		-	-	-					○			
	単独運転検出との協調		-	-	-					○			
	性能評価		配電系統事故時の動作	短絡事故	-	-	-		○		○		
		地絡事故		-	-	-		○		○			
		断線事故		-	-	-		○		○			
		事故時運用時の動作	変電所遮断器解放後動作	-	-	-		○	○	○			
			単独運転時動作	-	-	-		○	△	○			
			再閉路時動作	-	-	-			△	○			
		ループ切替時動作	ループイン時動作	-	-	-		○		○			
			ループアウト時動作	-	-	-		○		○			
		電量系統擾乱時の動作	隣接配電線での動作	-	-	-					○		
			瞬時電圧低下	-	-	-		○	○	○			
	周波数変動(ステップ)		-	-	-		○	○	○				
	周波数変動(ランプ)	-	-	-		○	○	○					
		機器の耐量	過負荷試験	-	-	-				△			
			過電圧試験	-	-	-				△	△		
	ノイズ	伝導性ノイズ	-	-	-					△			
		放射性ノイズ	-	-	-					△			
		騒音	-	-	-					△			
	メンテナンス	日常の保守	故障表示	-	-	-					●		
			部品取替	-	-	-					●		
		故障時対応	応急処置	-	-	-					●		
			改修	-	-	-					●		
		機器設置・操作方法	設置工法	-	-	-					●		
			柱上操作	-	-	-					●		
	電圧制御	負荷変動に対する制御	抵抗負荷	-	-	-			○	○			
			モータ負荷	-	-	-			○	○			
			力率改善用コンデンサ	-	-	-			○	○			
		分散形電源に対する制御	回転型電源	-	-	-				○	○		
			インバータ電源	-	-	-			○	○			
上位系統の電圧変動	変電所LRT	-	-	-				○					
組合せ試験	電圧制御	負荷変動に対する制御	抵抗負荷	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○		九州のみ	
			モータ負荷	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○			
			力率改善用コンデンサ	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○			
		分散形電源に対する制御	回転型電源	中亘長	長亘長	2回線	○			○			
			インバータ電源	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○		九州のみ	
	上位系統の電圧変動	変電所LRT	中亘長	長亘長	2回線	○		○	○				
	性能評価	配電系統事故時の動作	短絡事故	-	-	-		△		○			
			地絡事故	-	-	-		△		○			
			断線事故	-	-	-		△		○			
		事故時運用時の動作	変電所遮断器解放後動作	-	-	-		△	○	○			
単独運転時動作			-	-	-		△	△	○				
再閉路時動作			-	-	-			△	○				
ループ切替時動作		ループイン時動作	-	-	-		△		○				
		ループアウト時動作	-	-	-		△		○				
		隣接配電線での動作	-	-	-				○				
電量系統擾乱時の動作		瞬時電圧低下	-	-	-		△	○	○				
	周波数変動(ステップ)	-	-	-		△	○	○					
	周波数変動(ランプ)	-	-	-		△	○	○					

(4)-2 模擬グリッドの整備

1) 電力中央研究所の模擬グリッド(赤城)の整備

〈実施内容〉

既設の配電設備では実証試験に不足する装置として、配電線センサ・計測システム、100kW 級 PV 模擬電源(PCS を含む)、5～10kW 級 PV 模擬電源(PCS を含む)を増設する。

〈実施状況〉

配電線センサ・計測システムの増設については、実証試験内容に必要な高圧配電線用センサとデータ収集システムを増設する予定である。全体で 10 箇所程度にセンサを設置し、常時 1～2 秒間隔で各部の電圧、電流、潮流等を収集できるものとする。

PV 模擬電源の増設(PCS を含む)については、再生可能エネルギーによる電圧変動を模擬するために、5kW、10kW、100kW の PV 模擬電源(直流電源+PCS)を増設する予定である。図 3-29 に電力中央研究所赤城試験センターの高圧配電システムの概要と開発機器の設置位置を示す。なお、再生可能エネルギー用 PCS には、FRT 機能の追加を検討している。



図 3-29 電力中央研究所 赤城試験センター

各電圧制御機器の基本特性を確認するための基本システムモデルを図 3-30 に示す。本モデルでは、基本機能評価試験として、①機器起動・停止動作の確認、②指令に対する応答、③機器故障時の動作確認を行い、機能評価試験として、①負荷変動への応動試験、②分散形電源出力変動への応動試験、③上位系電圧変動への応動試験を行い、信頼性評価試験として、①配電システムの事故時の動作特性に関する試験、②電力システム擾乱時の動作特性に関する試験、③過負荷に関する試験を行う。

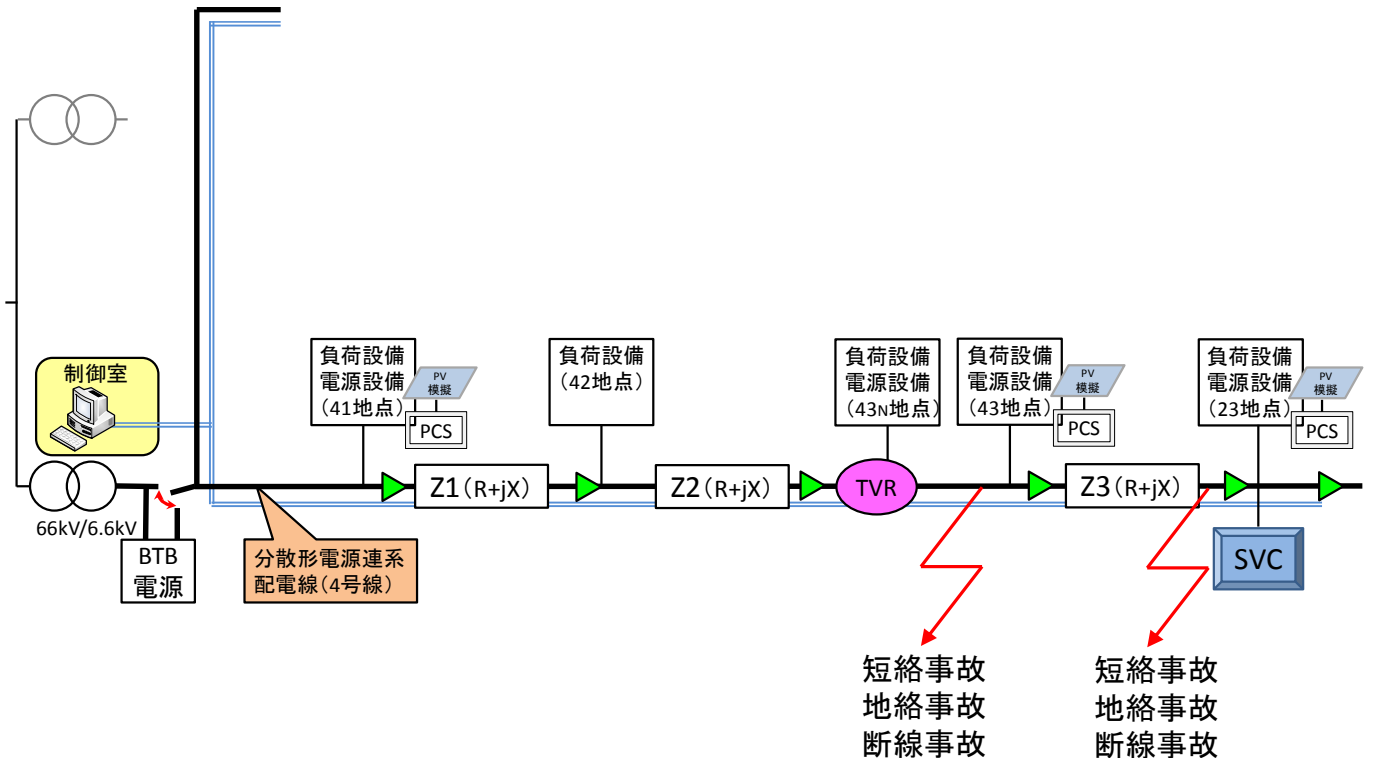


図 3-30 模擬グリッド(赤城)の試験回路(基本システムモデル[1 回線])

配電用変電所の一つの変圧器から、負荷量や発電量が異なる二つの配電線が引き出された電圧制御上厳しい配電バンクモデルを図 3-31 に示す。本モデルでは、機能評価試験として、①負荷変動への応動試験、②分散形電源出力変動への応動試験、③上位系電圧変動への応動試験、ループ切替時の動作特性に関する試験を行う。

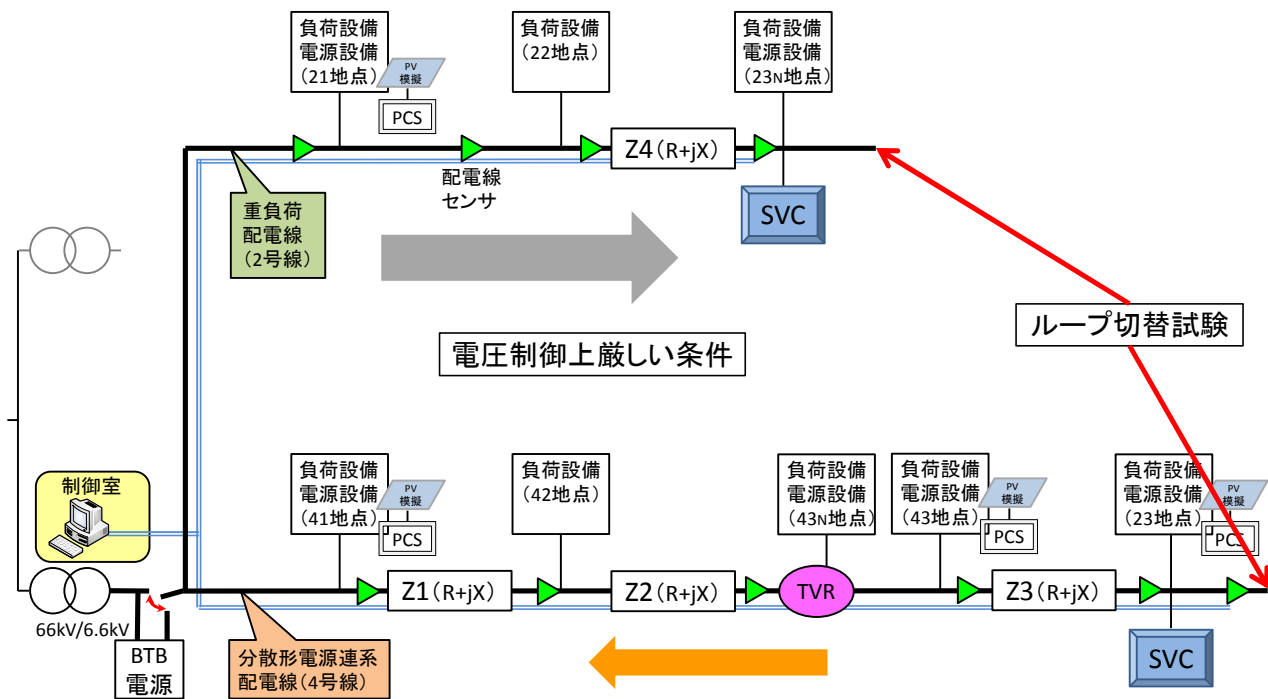


図 3-31 模擬グリッド(赤城)の試験回路(配電バンクモデル[2 回線])

複数の SVC が同一配電線に接続された場合のハンチングを検証するための SVC ハンチング検証モデルを図 3-32 に示す。本モデルでは、信頼性評価試験として、①通常時の運転特性に関する試験を行う。

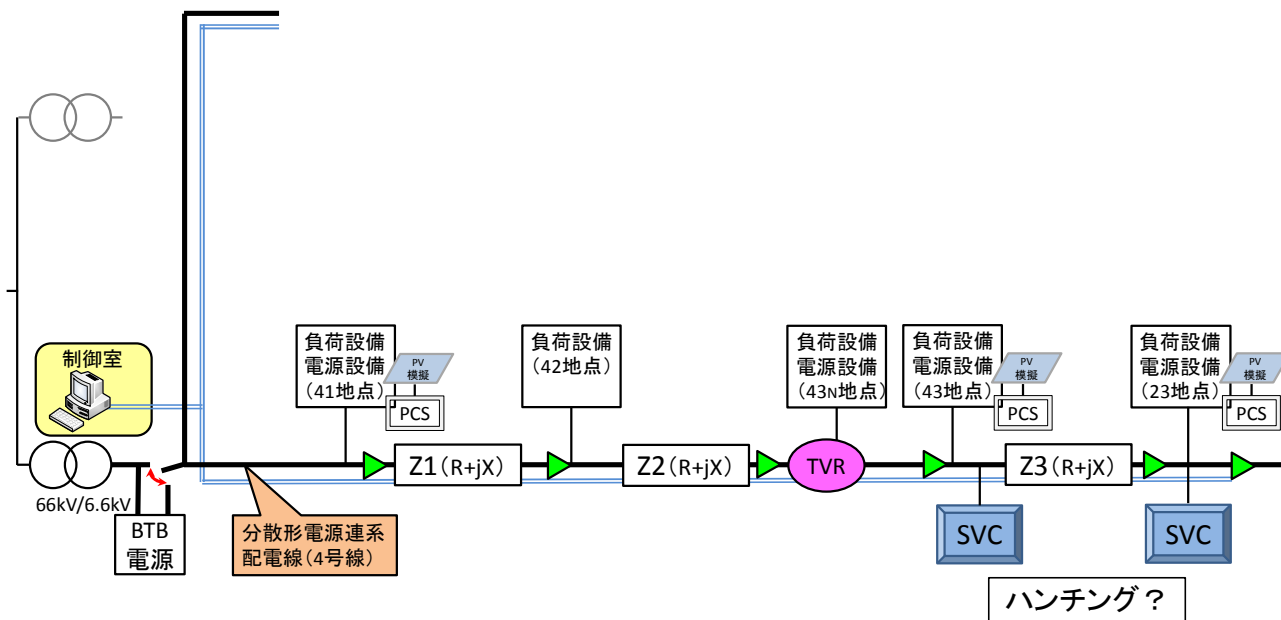


図 3-32 模擬グリッド(赤城)の試験回路(SVC ハンチング検証モデル[1 回線])

複数の機器が直列に接続された場合の協調動作を確認するための長亘長モデルを図 3-33 に示す。本モデルでは、性能評価試験として、①通常時の運転特性に関する試験(TVR—TVR 間、SVC—TVR 間の協調)を行う。

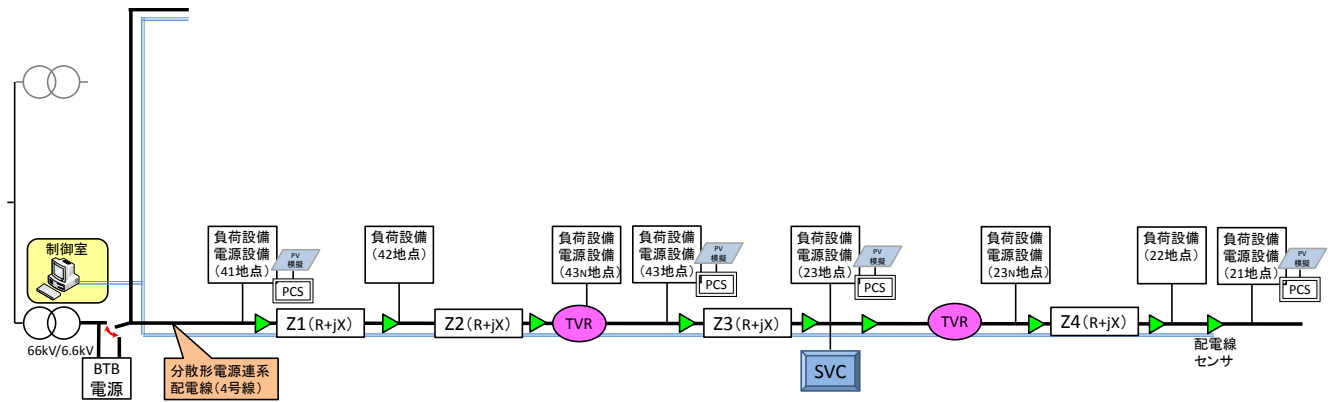


図 3-33 模擬グリッド(赤城)の試験回路(長亘長モデル[1 回線])

(5) 実グリッドでの実証評価

(5)-1 実グリッド実証項目・方法の検討

〈実施内容〉

実系統環境下における各機器の動作検証を行うために、実配電線の中でも、分散型電源の連系量が多い箇所や負荷変動が大きい場所を選択する。また、各機器の動作特性を確認するための計測項目・方法を検討する。例えば、センサおよび計測器を現地に設置し計測する場合や、既設のセンサ内蔵開閉器を活用する場合が想定される。さらに、現場の設置状況を調査し、実際の巡視や柱上作業による検証方法を検討する。

〈実施状況〉

想定する設置形態については、都市部・郊外系統の差別化を行う方針である。実グリッドの設置場所については、検証内容と共に検討中であるが、関西電力は都市部想定で検討する計画であり、住宅地域に太陽光が集中連系した場合を想定した設置箇所を検討している。また、電力中央研究所と再委託先の関西電力、九州電力にて、研修所などにおいて、施工性・操作性等を検証する予定である。

(6) 検討作業会の実施

〈実施内容〉

関連業界、大学有識者などをメンバーとする検討作業会を年3回程度実施し、研究開発計画、結果に関して評価いただく。また、研究開発項目①の実施者も参加の上、研究開発項目①と研究開発項目②の情報交換・共有を実施する。

〈実施状況〉

以下の通りこれまでに5回の作業会を実施した。

第一回検討作業会 平成26年9月29日(月)15時～17時

第二回検討作業会 平成27年1月26日(月)15時～17時

第三回検討作業会 平成27年5月15日(金)10時～12時

第四回検討作業会 平成28年2月2日(火)12時30分～15時

第五回検討作業会 平成28年5月25日(水)13時～17時

今後についても、適宜開催する予定である。以下の図3-34に、検討作業会委員と実施体制イメージについて示す。

★検討作業会（3回程度／年）

<有識者>

茨城大学	名誉教授	奈良	宏一	(委員長)
富山大学	客員教授	田中	和幸	
大阪大学	教授	舟木	剛	
職業能力開発総合大学校	教授	清水	洋隆	
東京電力パワーグリッド(株)	配電部	配電技術G		
	G M	佐野	健太	
電事連工務部	副長	森	成人	

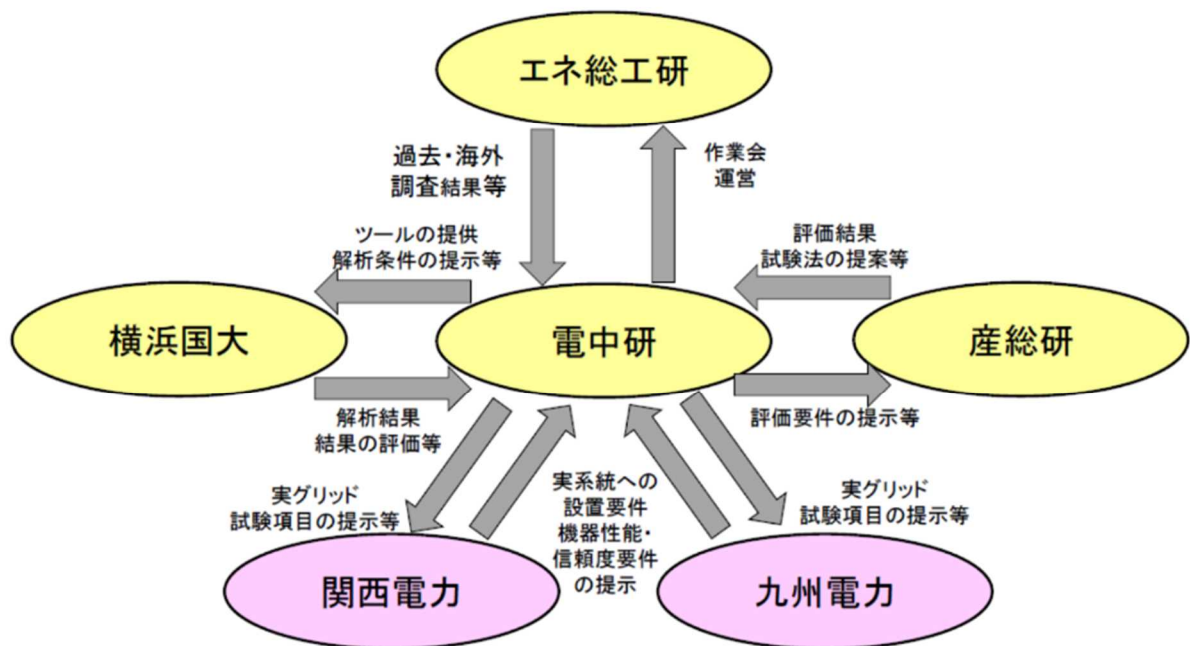


図 3-34 検討作業会委員と実施体制イメージ 【第 5 回検討作業会資料抜粋】

1-2-3. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し

プロジェクト終了までに達成すべき最終目標と目標達成に向けた今後の課題、課題解決に向けた見通しを表 3-10 に示す。また、図 3-35 に、事業最終とりまとめのイメージを示す。

表 3-10 課題と課題解決の見通し

性能・信頼性評価法の検討(電力中央研究所、産業技術総合研究所)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
性能評価法の検討 ・通常時の運転特性 ・ループ切替時の動作特性 ・電力系統擾乱時の動作特性	「通常時」、「ループ切替時」、「系統擾乱時」のそれぞれについて、構築した瞬時値解析モデルに基づいて電圧制御の追従性や制御後の安定性をシミュレーション評価するための評価法、および評価基準を作成する。また、シミュレーション評価を実施する。	平成 28 年度末までに評価を終える予定であるが、残電圧の少ない瞬時電圧低下試験や、配電系統事故時の動作特性など、条件の厳しい一部の試験は実験室グリッドでは実施が難しい。	平成 29 年度以降の模擬グリッドでの実験結果を基に、瞬時値解析モデルを随時見直し、シミュレーション評価を再実施する。
信頼性評価法の検討 ・過電圧等の異常現象への応答試験	配電系統における過電圧等の異常現象に対する制御応答を、ミニモデルを用いた実験を通じて検証するための評価法および評価基準を作成する。また、模擬グリッドにて実験を実施する。	平成 28 年度末までに評価を終える予定である。実配電系統レベルの電圧階級での評価は不可であるため、ミニモデルとの差分を埋める必要がある。	平成 29 年度以降の模擬グリッドでの実験結果との比較検討を通じて、電圧階級の違いによる制御応答の差異を確認する。
配電システムの設計指針の検討(電力中央研究所、エネルギー総合工学研究所、横浜国立大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
電圧調整機器としての要求仕様の検討 ・機器の仕様(EMC 等外部環境影響回避面)に関する要求 ・将来の標準化に向けた整理	メーカー工場で評価できない場合には、模擬グリッドにてノイズ測定を行い、研究開発項目①が開発する機器の要求仕様に対する評価を行う。また、次世代機器と現行機器の仕様・性能等の差異を明確化し、将来の標準化に向けた試験項目を整理する。	模擬グリッドでは、周辺に電力機器、パワエレ機器が散在するため、バックノイズにより評価できない可能性がある。また、これまでの機器開発と規格の変遷の調査・整理を行い、次世代型の直列機器、並列機器に求められる試験内容の整理をする必要がある。	供試機器の停止時と起動時のノイズの差分で推定し、評価することで代用できる。また、ユーザー(電力会社)ニーズ調査結果の反映と、研究項目①と密に連携し協働で取り組むことにより、次世代機器に関する知見を蓄積していくことで達成できる見通し。

電圧制御方式の検討 ・システム構成・運用方式解析・評価	平成 28 年度の解析結果を踏まえて、太陽光発電などの再生エネを大量導入するための最適な電圧調整機器の構成や運用方式を明らかにする。	電圧適正化機能のみの評価は可能であるが、付加価値を考慮した場合の有効性とコスト評価ができない可能性がある。	付加価値のニーズについて、平成 29、平成 30 年度に電力会社に聞き取り調査することで評価できる。
通信性能への要求	国内・海外の配電システム・電力用通信システムに関する動向を調査し、開発機器に求められる性能を明確化する。	欧州を中心とした最新動向の把握を実施する必要がある。また、国内で選定・適用状況が偏る現行パワエレ応用機器の採否の経緯や、機器性能とユーザーニーズのマッチング状況等を継続調査し、今後求められる性能を明確化する必要がある。	海外動向、国内ニーズを総合的に調査・分析することで、真に必要なとされる性能・仕様の明確化ができる見通し。
機器事故時の対応法・メンテナンス性評価法の検討(電力中央研究所)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
機器故障時の対応法・メンテナンス性評価法の検討	各機器の巡視による故障・劣化の確認方法、機器故障時の応急対応方法、設置・取り替えの施工方法に関して評価方法と判定基準の(案)を作成する。	机上検討だけでは十分な検討ができない部分があり、装柱性、施工性検証により、確認する必要がある。	実機と実配電設備を使った装柱性、施工性検証試験を実施することで十分な検討ができる見通しである。
模擬グリッドでの実証評価(電力中央研究所・横浜国立大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
模擬グリッド実証試験の実施と評価 ・機能・信頼性の実証評価	平成 28 年度までに検討した性能評価項目や信頼性評価項目に従って、実証試験を行い、機器を改善すべき点、評価方法・基準を改善すべき点を抽出し、反映する。特に、実系統・実電圧でない検証できない項目について優先的に評価を行う。	模擬グリッドの実証試験において、機器の改善点が大量に発生した場合に、実グリッド実証試験に機器の改修が間に合わない可能性がある。	平成 28 年度に実験室グリッドでの検証試験で、可能な限り改善点を抽出しておくことで、平成 30 年度の実グリッドまでに改修を間に合わせる事ができる。

電圧制御方式の検討	改良した配電系統総合解析ツールで活用できる配電系統モデルを整理して、分散電源の各種導入シナリオに沿った電圧適正化効果を明らかにする。	機器の電圧適正化効果を明らかにするために必要な数値計算シナリオについて、最も電圧条件が厳しいと考えられる農山村地域の配電系統を対象に、既に平成28年度に解析を実行中である。平成29年度以降は他の地域の配電系統モデルも対象に、解析を進める予定である。	解析を進める中で、新たに必要となる数値計算シナリオは柔軟に追加して実施することで、目標達成できる見通し。
瞬時値解析モデルの構築	実験室グリッドでの実験検討で得られたデータを活用して、XTAPで利用できる電圧調整機器の瞬時値モデル構築を行う。合わせて配電系統側の瞬時値解析用モデルも構築し、両者を結合する。	平成28年度中に機器の瞬時値モデルと模擬グリッドのモデル化を完了する。平成29年度以降は、模擬グリッドでの実験結果も踏まえて、瞬時値解析モデルの精度向上に取り組む。	機器の瞬時値モデルの精度向上が必要な場合には、平成29年度以降も再度実験室グリッドでの検討を行うことで、目標達成できる見通し。
実グリッドでの実証評価(電力中央研究所)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
実グリッドの整備	研究開発項目①の開発機器を設置できるように、実グリッドを整備する。	研究開発項目①と②の分担を議論した上で実施しないと、作業の過不足が発生する可能性がある。	今後、研究開発項目①と実グリッドを所有する電力会社との調整会議をこれまで以上に実施し、過不足の発生を防止する。
実グリッド実証評価 ・実グリッド実証項目・方法の検討 ・実証試験の実施と評価	実グリッドで評価可能な実証項目を抽出し、実証試験を実施する。特に、実システムでないと検証できない項目について評価を行う。	設置から撤去までに1年間しかないので、実証による検証としては、定常時以外の動作は十分な評価ができない可能性がある。	実グリッドで発生する可能性がある現象について、模擬グリッドでの実証試験や瞬時値解析により、可能な限り評価しておくことで代用できる。
検討作業会の実施(エネルギー総合工学研究所)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
検討作業会の実施	関連業界、大学有識者などをメンバーとする作業検討会を年3回程度実施し評価いただく。	模擬グリッドおよび実グリッド検証の円滑な実施に向けた確かな助言の享受が必要。	有識者に実機や実フィールドを都度確認いただき、適宜アドバイスをいただくことで解決する見通し。

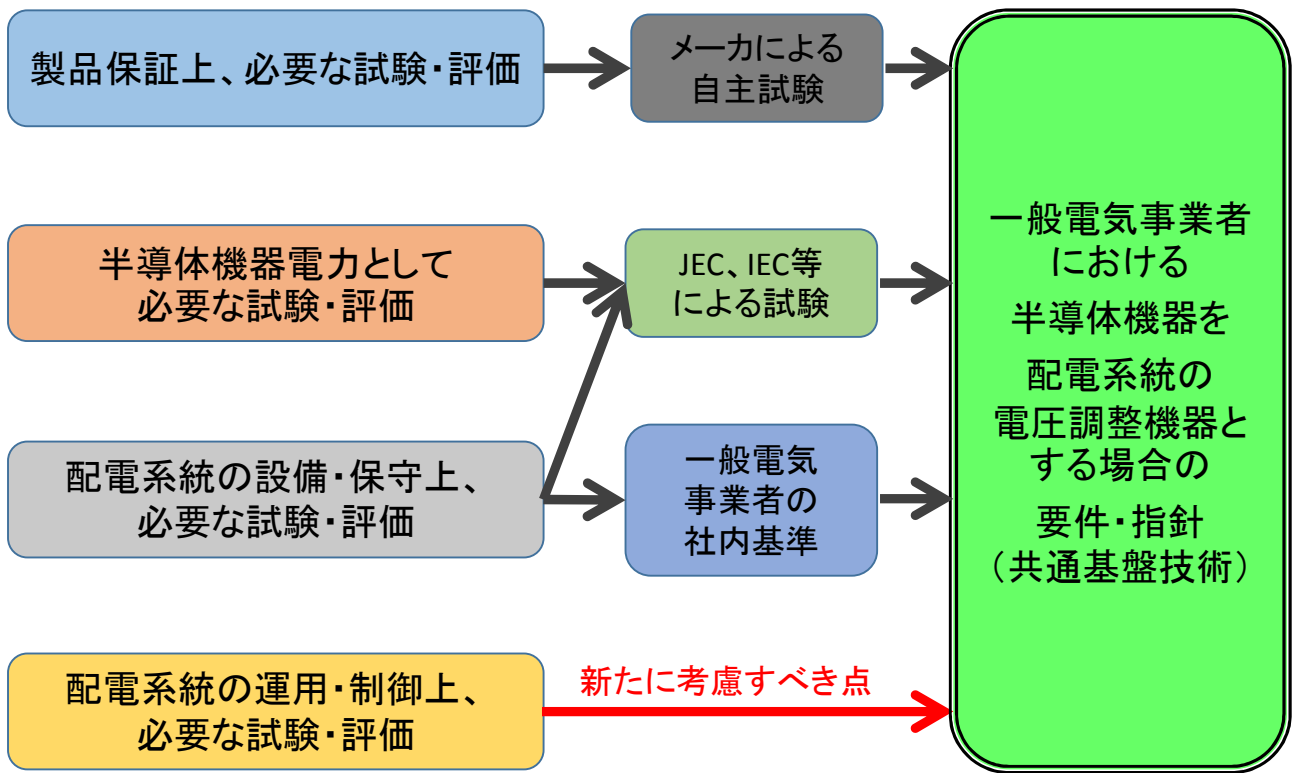


図 3-35 事業最終とりまとめのイメージ

1-3. 研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

将来、再生可能エネルギーの大量導入により、配電システムが大きな影響を受けることが予想される。そこで、本研究開発項目では、将来の配電網として、どのような形態が考えられるかといった一つの方向性を示すことを狙いとしている。

そして、提示する最適な配電制御システムの将来像が、一般電気事業者等にとって、将来の配電システムの開発・拡充計画を決定する上での指針となることを目標とする。

将来の配電網の形態というのは、将来の政策や情勢による影響を受ける。しかし、発送電分離により送配電事業者が分類されたように、将来も送配電システムというのは、現状と大きく変わることなく、需要家に電気を供給するために、配電設備が存在し続けるものとし、現状の配電網の延長と考え、検討をすすめる。

また、面的に大量の機器が分布する配電システムにおいて、需給の相互制御に過度に依存する配電システムを志向した場合、制御不調時には想定外の供給支障に発展するリスクが増大することが懸念される。当該リスク回避の観点からは、需要側と系統側がそれぞれの責任範囲において、可能な制御・保護、管理を実施し、補完することが将来の配電システム高度化のあるべき姿と考える。よって、検討にあたっては、需要家側の対策(家庭用蓄電設備、DR等)に過度に依存することなく、配電システム側の対策を検討する。

1-3-1. 実施項目と成果の達成状況

将来の配電網のフィージビリティスタディを行うためには、その技術的優位性と経済的成立性を検討する必要がある。本研究開発項目では、5つの機関が共同で実施し、それぞれの特徴を生かして検討を進める。また、国内有識者による検討委員会による内容の審議も行い、有識者による提言・アドバイスを研究に適宜フィードバックしていく。

以下に、本研究開発項目における実施項目と実施イメージの図を示す。

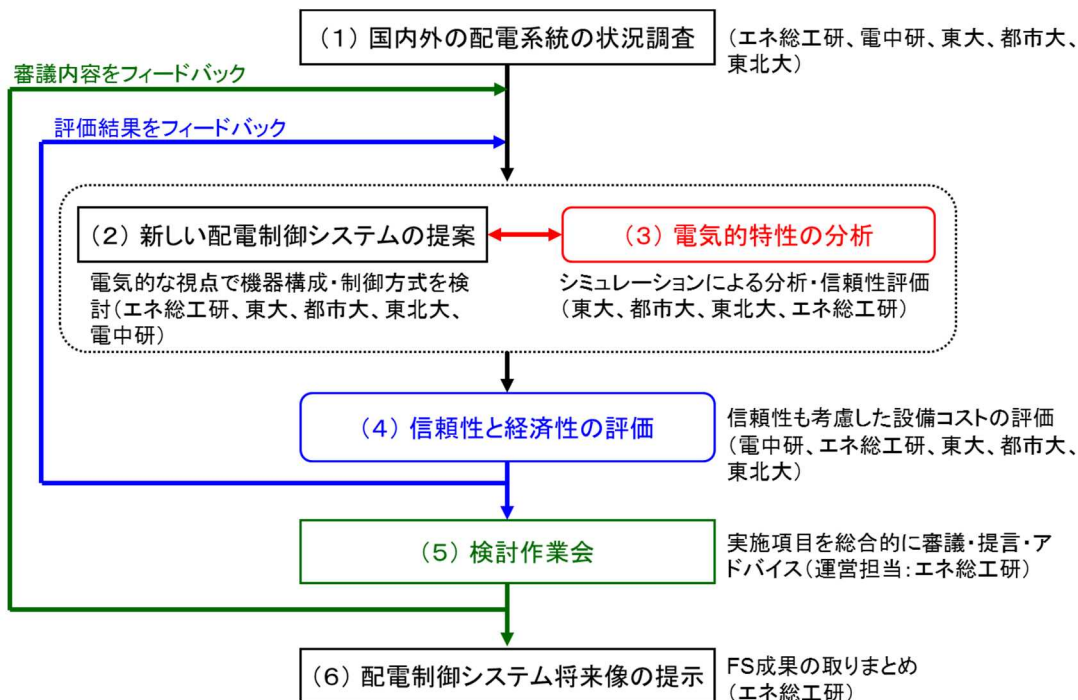


図 3-36 事業における実施項目と実施イメージ

また、それぞれの実施項目での実施概要および実施項目間の関係性は、次のとおりである。

(1) 国内外の配電系統の状況調査

国内外の太陽光発電に伴う、配電系統の問題を現状調査する。調査した内容は、「②新しい配電制御システムの提案」のユースケース絞り込みおよび「③電気的特性の分析」のシミュレーション解析に用いる。

(2) 新しい配電制御システムの提案

新しい配電制御システムとして、多数のユースケースを提案する。提案したユースケースは、「(3)電気的特性の分析」および「(4)信頼性と経済性の評価」にて詳細な検討を実施する。

(3) 電気的特性の分析

提案されたユースケースについて、シミュレーションによる分析を行い、電気的な優位性を評価する。この電気的評価も併せて、「(4)信頼性と経済性の評価」にて詳細な検討を実施する。

(4) 信頼性と経済性の評価

提案されたユースケースについて、設備コストを算出し電気的評価と併せて、信頼性を考慮した経済性評価を実施する。この結果は「(6)配電制御システム将来像の提示」にて取りまとめを行う。

(5) 検討作業会、(6) 配電制御システム将来像の提示

検討委員会にて、実施項目の総合的な審議、提言等をいただく。審議内容は、各実施項目にフィードバックし反映させる。さらに電気的分析・経済性評価された内容の取りまとめを行い、配電制御システム将来像の提示を行う。

上述の進め方のおりに配電制御システム将来像を提示することは、一般電気事業者にとって、将来の配電系統の開発・拡充計画を決定する上で、下記の利点がある。

<利点>

・最適な対策案が選定可能

諸条件(地域特性、PV 設置箇所、検討対象エリア)を特定した後、PV 導入率から各対策の対策費用とPV 導入限界量を把握し、最適な対策案を選定することが効率良く出来る。

・短期的な検討と中長期的な検討が可能

PV 導入率と年経費の関係性から最終的なPV 導入率を想定しながら、最適な配電系統の検討が可能となる。さらに、配電用変圧器単位や配電用変電所単位のような広範囲で配電系統の将来像を見通すことができるため、中長期的な広範囲での視野を踏まえた上で、個々の検討が可能となる。

・配電線の多様性に対応可能

配電線は地域によっても多様性があり、さらには一般電気事業者によっても配電線の設備形成に対する考え方が様々である。本事業の成果によって一般電気事業者や検討対象に依らず、普遍的な検討が可能であるため幅広く活用されることが期待される。

今までにこのような判断出来る資料は無く、本検討は 2050 年(平成 62 年)断面での検討のため、一般電気事業者が次世代の 2030 年(平成 42 年)のベストミックス(再生可能エネルギー比率 22~24%)以上の再生可能エネルギーが導入される場合(次々世代:2050 年断面)の対応策を検討・判断するための資料として役立つことが期待される。

表 3-11 に中間目標、開発成果と達成度を示す。

表 3-11 開発成果と達成度

国内外の配電システム状況調査(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
文献およびヒアリングによる配電技術、配電システムの状況に関する調査	最新の配電システム、配電システムに係る研究や取り組みについて、国内外の調査を行い、現状および将来の配電システムの技術課題について、整理を行う。	欧州でも中圧および低圧システムでは PV 大量導入による電圧逸脱が課題となっており、米国でもカリフォルニア州やハワイ州において PV 大量導入に伴う電圧上昇が問題となっていることを確認した。 そこで欧州では変圧器タップ切替、系統接続変更、有効・無効電力制御、PV 出力制御等が、米国では変圧器増設、電線太線化、電圧制御機器のタップ変更、PV スマートインバータ制御等が対策に用いられていた。	○
新しい配電制御システムの提案(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
技術的、経済的な観点から想定した配電制御システムに係るユースケースの提案	新しい配電制御システムとして、さまざまな配電機器構成や制御・通信方式を想定した、多数のユースケース(シナリオ)を提案する。	新しい配電制御システムについて、4 つのキーワード(信頼性、経済性、拡張性、保守性)から、配電システムの幹線部分に沿って、22kV 配電線を新設する「配電システムの部分昇圧(電圧階級 22kV を含むケース)」と、SVC や PCS により無効電力を制御する「配電システムの制御高度化(電圧階級 6kV のケース)」の 2 つのケースに絞り込みを行った。直流配電システムの導入については、4 つのキーワードをもとに検討したものの、いずれの観点からも優位性が低いため、前述 2 つのユースケースに絞り込みをした。	○

電氣的特性の分析(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
提案されたユースケースの電氣的特性(静特性、動特性)分析による技術的優位性評価	常時および非常時の配電系統解析シミュレーションによってその電氣的な静特性および動特性について、通信技術やIT開閉器の利用も考慮した分析を実施し、技術的優位性を評価する。	<p>系統シミュレーションモデルでは、住宅、農山村の地域特性を考慮した配電系統モデルを作成し、将来 PV 大量導入が見込まれるメガソーラーや住宅用太陽光発電に対応した検討が実施可能となった。また、電圧上昇問題にとって条件の厳しい末端集中配置と、配電線内に均一に分布した分散配置を考慮することで、様々な配置に対して包括的な検討が実施可能となった。</p> <p>さらに 6kV 検討モデルでは、太線化実施箇所や線種などを変化させ、22kV 検討モデルでは部分昇圧するだけでなく、既設 6kV 配電線も併せて太線化するなど、様々なパターンに変化させた複数モデルにて静特性の潮流計算を行い、各検討モデルのホスティングキャパシティの算出を行った。</p> <p>静特性解析からは、22kV 検討モデルでは太線化対策も施すことで 6kV 検討モデルよりも多くの PV を導入可能であることが判明した。</p> <p>また、動特性解析では、解析モデルを作成し、非常時の系統切替動作における潮流変動を解析予定である。なお、動特性解析では通信技術や IT 開閉器も考慮しながら、解析時間を検討した上で解析予定である。</p>	○
信頼性と経済性の評価 (電力中央研究所、エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
提案されたユースケースの信頼性、経済性評価	長期間(一年～数十年)を想定した経済性、信頼性の評価を行うとともに、これらの結果を比較し、費用対効果の評価も行う。	<p>経済性評価では、各検討モデルの設備単価を積算し建設費の算定を行い、かつ設備耐用年数を加味し信頼性を考慮した経済性評価を行った。さらに経済性評価は配電線 1 回線単位のみでなく、配電用変圧器単位や配電用変電所単位などでも実施予定である。</p>	○

検討作業会、新しい配電制御システムの提示(エネルギー総合工学研究所)			
主な内容	中間目標	成果	達成度
総合的な評価に基づく配電制御システム将来像の提示	系統条件ごとに有識者から構成される検討会の意見や評価結果を踏まえ、ユースケースを整理し、条件に応じて最適な配電制御システムの将来像を提示する。	<p>検討委員会は平成 26 年度は 2 回、平成 27 年度は 3 回、平成 28 年度は 1 回を開催した。平成 28 年度については引き続き検討委員会を開催予定である。</p> <p>最適な配電制御システムは、22kV 検討モデルと 6kV 検討モデルの検討を行い、電気的特性分析で優れている 22kV 検討モデルについて、条件によっては経済性が成り立つことが判明した。今後はさらに配電線特性(地域特性、PV 配置)ごとに PV 導入量率と経済性の関係性を示し、最適な配電制御システムの将来像を提示する予定である。</p>	○

1-3-2. 具体的な実施状況について

(1) 国内外の配電系統の状況調査

風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー導入の拡大に伴い、電圧や周波数の変動など、電力系統への悪影響が懸念されている。特に我が国では住宅用太陽光発電の一層の普及が予想され、配電系統に起こる電圧上昇などの問題が発生する可能性が指摘されており、その解決が望まれている。現在、現状の配電機器を利用した制御手法などの研究開発が盛んに行われているが、20年後や30年後といった将来にわたって技術的にも経済的にも優れた配電系統を実現していくためには、全く新しい制御システムを構築していく必要がある。そこで本項目では、再生可能エネルギー導入拡大に伴う配電系統における諸問題についてあらためて現状および研究動向を調査・整理する。

(1)-1 欧州の電圧問題および対策の概要

<欧州配電系統とPV導入下での課題>

- ・2400のDSO、国・地域・DSOごとに多様性
- ・主に中圧(20kV)・低圧(400V)の電圧上昇問題を、PVの導入が多い国を中心に調査
- ・PV大量導入による電圧逸脱は欧州でも中圧および低圧で課題となっている
 - 特に低圧系統ではPV大量導入上の主要な問題
 - (基準電圧が高い分、カバーするエリアが広域。例えばドイツの低圧線路長は100～500mが標準的で、長いものは数km)

<既存の対策>

- ・中低圧では変圧器タップ切り替え、系統接続変更、DGの有効・無効電力制御が対策に用いられている
 - …PVの力率・無効電力制御はEN50160などの規格
 - …PVの出力制御も遠隔で可能
 - …PV無効電力制御によるミス・誤差の発生⁽¹⁾
 - (無効電力注入符号、パラメータ設定、参照地点などの誤り)

(1)-2 米国の電圧問題および対策の概要

<米国配電系統とPV導入下での課題>

- ・地域の電力会社により中圧/低圧の電圧階級が異なるが、カリフォルニア州やハワイ州12kV(中圧)配電系統へのPV大量導入にともなう電圧上昇が実問題となっている。
- ・分散/集中型PVを中圧/低圧系統にランダムに連系させ、電圧上昇、電線過負荷、保護・制御、電力品質の観点で、導入限界を求めるPV Hosting Capacityの解析が行なわれる。

<既存の対策⁽²⁾>

- ・配電システムのアップグレード(変圧器増設、太線化など)
…コストがかかる対策と認識される
- ・電圧制御機器の高度化 (SVC などの機器追加というよりは、主にタップの設定変更)
- ・PV スマートインバータの制御
…初段階: 力率制御 ---> 第二段階:P/Q 独立のドループ制御 ---> さらなる段階: DNP3 などによる遠隔制御へ。分散型電源側での対策として、連系要件化を検討中。

(1)-3 本研究開発項目と関連性の高い研究

- ・PV ホスティングキャパシティの解析手法

欧米での PV 導入可能量の検討において、“Hosting Capacity”[※]の概念が広く用いられている。「ホスティングキャパシティは、既存の制御と配電システムの形状の下で、系統運用(信頼性や電力品質)に悪影響を及ぼさないで導入できる最大の PV 量として定義される」⁽³⁾。

算出方法: 電圧・電流・高調波・事故電流などの各制約条件に対してそれぞれ導入可能量を算出し、その最小値をホスティングキャパシティとする。

⇒本フィージビリティスタディでは、電気的特性分析の結果を経済性分析に利用する際の、PV 導入可能量の算定にホスティングキャパシティを利用する。

※“Hosting Capacity”は、2004 年に EU-DEEP プロジェクトの中で提案され、いくつかの国で解析が行われている⁽⁴⁾。米国では EPRI が継続的に分析方法の研究を進めている。

(1)-4 電圧階級に関する内容

・欧州では電圧問題への対処法の一つとして系統のより高圧階級からの給電が選択肢として存在はしていないわけではないが、その効果の詳細な検討や、昇圧を積極的に位置づける研究例は見当たらなかった。

・米国では PV 大量導入に対する対策として、設備のアップグレードが指摘されているが、その中に昇圧や電圧階級に関する指摘はなかった。

(2) 新しい配電制御システムの提案

本項目では、新しい配電制御システムとして、多数のユースケースを提案する。新しい配電制御システムの提案にあたり、まず配電システムの世代区分を整理する。次世代配電システムはスマートグリッドが構築されたものであり、次々世代配電システムは、現状の配電技術開発の延長では対応できない領域として整理する。

(2)-1 配電システム高度化のあるべき姿

面的に大量の機器が分布する配電システムにおいて、需給の相互制御に過度に依存する配電システムを志向した場合、制御不調時には想定外の供給支障に発展するリスクが増大することが懸念されることから、次々世代の配電システムは、現状の設備増強で対応していくのではなく、配電システムを簡素化させていく方向で検討する。検討に当たっては、経済性および省メンテナンス化の観点(経済性、保守性)が重要となる。

よって将来配電システムにおいて、需要側と系統側がそれぞれの責任範囲を区分し、それぞれの責任範囲において可能な制御・保護、管理を実施し、補完するといったシンプルかつ、ロバストな役割分担に基づく設備形成と運用(信頼性、拡張性)を志向することが配電システム高度化のあるべき姿と考えられる。

(2)-2 4つのキーワード

次々世代の配電制御システムの将来像を検討するにあたり、次の4つの観点から検討を実施する。

表 3-12 4つのキーワード

キーワード	内容	具体的な該当事象など
信頼性	現在の配電システムと同等以上の信頼性を有すること	電力品質(適正電圧の維持など)、供給信頼度
経済性	設備の構築と運用において経済性を有すること	建設コスト、維持及び運用コスト
拡張性	既存の接地体系を維持しつつ、今後の情勢変化に対応可能な技術的拡張性を有すること	安全性の担保、標準規格への適合
保守性	保守作業要員の確保が困難化する将来も想定し、保守の容易性と省メンテナンス性が反映されていること	信頼度維持に必要な設備数の極小化、工法の簡素化・省力化

(2)-3 配電系統高度化の得失整理

新しい配電制御システムについて、現時点で将来の実現可能性があると思われる範囲内で、以下の3ケースに分類する。

- ・直流配電システムの導入
- ・配電系統の部分昇圧
- ・配電系統制御の高度化(電圧調整機器等)

この3ケースは、それぞれ以下の配電制御システムを想定している。

○直流配電システムの導入

配電系統の送電方式を交流では無く、直流にて送電を行うケース

○配電系統の部分昇圧

既設の配電系統の幹線部分に、一例として現行使用されている電圧階級の22kV配電線と配電塔を新設し、配電塔以降は、既設の6.6kV配電設備を利用して送電を行うケース

○配電系統制御の高度化(電圧調整機器等)

既設の配電系統に、新たに電力調整機器や無効電力調整機器を新設し、送電を行うケース

次に先程分類した3ケースについて、以下表のとおり得失を整理した。

表 3-13 配電系統高度化の得失

	直流配電システムの導入	配電系統の部分昇圧	配電系統制御の高度化 (電圧調整機器など)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高速制御が可能 ・ 直流による一貫制御が可能となれば、需要家機器の系統側制御が容易になる可能性 ・ 再エネ電源の連系増に伴う短絡容量増の問題が緩和 ・ 長距離になるほど交流より建設費が安価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 段階的な設備投資が可能 ・ 電圧上昇問題が緩和 ・ 送電容量(供給力)が増大することで、再エネ電源の連系容量も増 ・ 線路損失が低減 ・ 昇圧回線から複数の配電塔を介して分岐させることで送出電圧調整の自由度が向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 段階的な設備投資が可能 ・ 高速制御が可能 ・ 既存の配電系統構成の変更が不要
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一定規模の抜本的な設備更新が不可避 ・ 電圧格差の大きい変圧が困難(格差の小さい変圧を行う場合も多数のDC-DCコンバータが必要) ・ 既存の配電系統構成だけでなく、接地や保護協調なども抜本的な見直しが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 配変バンクの取替及び新規昇圧配電線の敷設など、追加コストが必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制御機器数の増に伴いメンテナンスコストが増大し、場合によっては系統分割が必要となる可能性 ・ 多数の機器の制御によるハンチングや、複数機器の同時不調時や通信不調時における想定外の電圧問題の発生が懸念 ・ 通信制御の信頼度対策コスト(多重化等)が高価 ・ 制御機器数の増に伴う高調波の発生が懸念 ・ 巨長が長く、融通不可の配電線に大規模再エネ電源が連系した場合には制御できない可能性

そのうち、現行の配電システムで使用されていない「直流配電システムの導入」については、4つのキーワードの観点から以下のとおりまとめられる。

表 3-14 「直流配電システムの導入」の整理検討

	直流配電システムの導入	内容
信頼性	△	・パワエレ機器に対して、機械的構造の機器の方が、信頼性は高い
経済性	△	・抜本的な設備改修が必要 ・配電線亘長が短く、優位性は高くない
拡張性	×	・接地や保護協調の抜本的な見直し ・遮断時のアーク、絶縁性能の確保に対する懸念
保守性	△	・直流設備導入に伴う、新たな保守作業の追加

上表のように整理されるため、本研究開発項目では、「直流配電システムの導入」に関する詳細な検討（電气的特性分析・経済性評価）は行わないものとする。

以上の検討を踏まえ、配電システム高度化に向けては、以下の2つのケースに絞り検討を実施していくものとする。

- ・配電システムの部分昇圧（一例として現行使用されている電圧階級 22kV を含むケース）
- ・配電システムの制御高度化（電圧階級 6 kV のケース）

(3) 電气的特性の分析

本項目では、前述にて提案された「配電システムの部分昇圧（電圧階級 22kV を含むケース）」と、「配電システムの制御高度化（電圧階級 6 kV のケース）」について、配電システム解析シミュレーションによって、その電气的な静特性および動特性を分析し、技術的優位性を評価する。

(3)-1 検討条件の選定

配電システムは全国一律のものではなく、地域特性により様々な形態をしている。そこで解析シミュレーションモデルにおいてもこの地域特性を考慮する必要がある。この地域特性は、「住宅地域」「農山村地域」「繁華街地域」「工業地域」の4種類に分類される。

但し、本研究開発項目では、PV 大量導入時の電圧問題に対して検討を行っているため、一般的に屋上太陽光導入が見込まれる「住宅地域」と、メガソーラーの導入が見込まれる「農山村地域」を選定し、検討を行うこととする。一方、「繁華街地域」は、「住宅地域」と比較し、「工業地域」は「農山村地域」と比較し、線路亘長が短く電圧問題が過酷でないため「住宅・農山村地域」に包括され問題にはならない。

解析シミュレーションモデルは、電協研モデルを参考に代表的な「住宅地域」「農山村地域」の地域特性を考慮した配電システムモデルを作成する。

また、PV の設置箇所も電气的特性分析結果に影響を与えるうえに、様々な設置パターンが予想される。そこで、配電システムの末端に集中して設置され、電圧問題に対して過酷

な条件となる「集中配置」と、配電系統の面的に分散して配置される「分散配置」の2パターンを検討することとする。この2つのパターンを検討することにより、他の様々なPV設置状況となっても対応可能となる。

なお、PV出力波形はNEDO日射量データベース閲覧システムのデータを使用し、負荷については、電気協同研究第66巻の各地域別の負荷曲線を基に、負荷総量が1,380kVAとして解析を行った。

(3)-2 検討モデル(住宅・農山村地域、従来モデル)

住宅地域および農山村地域の従来モデルの検討モデルを以下図のとおり示す。電協研モデルより、住宅地域の検討モデルの幹線亘長は3.71km、農山村地域の検討モデルの幹線亘長は17.6kmとなる。

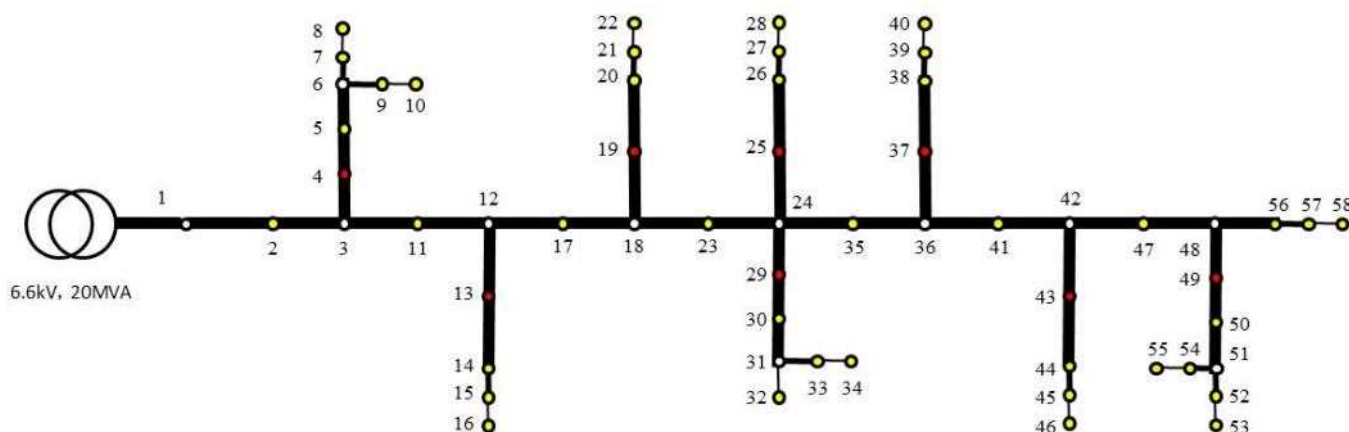


図 3-37 検討モデル(住宅地・従来モデル)

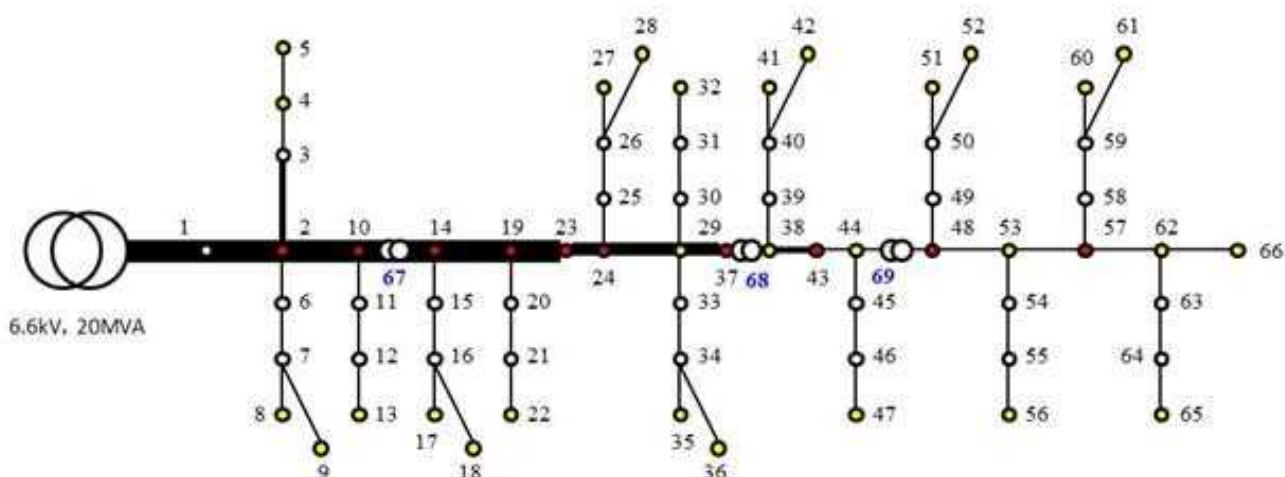


図 3-38 検討モデル(農山村・従来モデル)

(3)-3 検討モデル(農山村地域、太線化モデル、部分昇圧モデル)

次に、配電システムの制御高度化(電圧階級 6 kV のケース)の対策のうちの一つである太線化モデルと、配電システムの部分昇圧(電圧階級 22kV を含むケース)の対策のうちの一つである部分昇圧モデルを、以下の図のとおり示す。

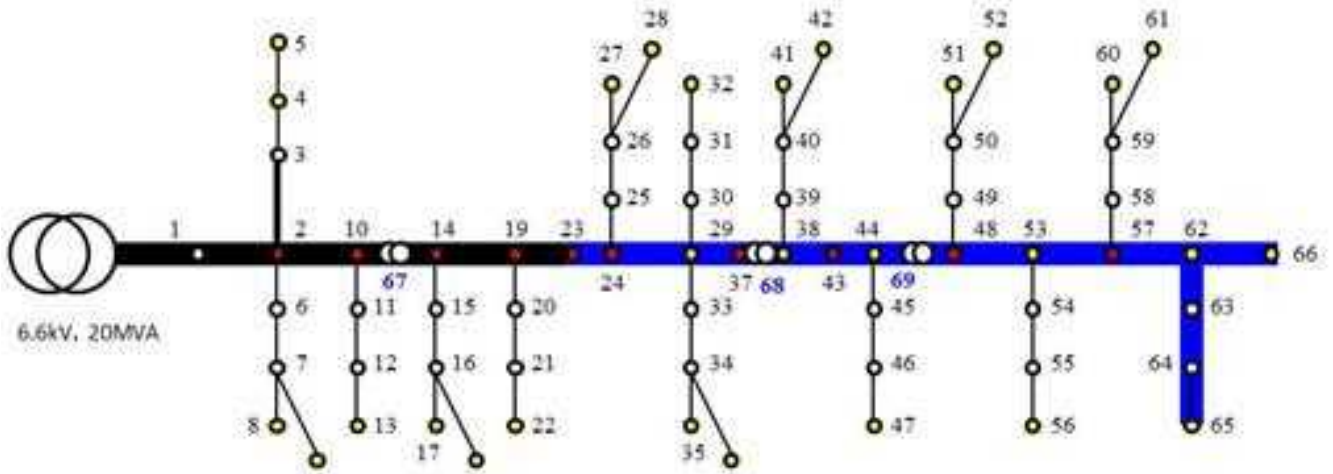


図 3-39 検討モデル(農山村・太線化モデル)

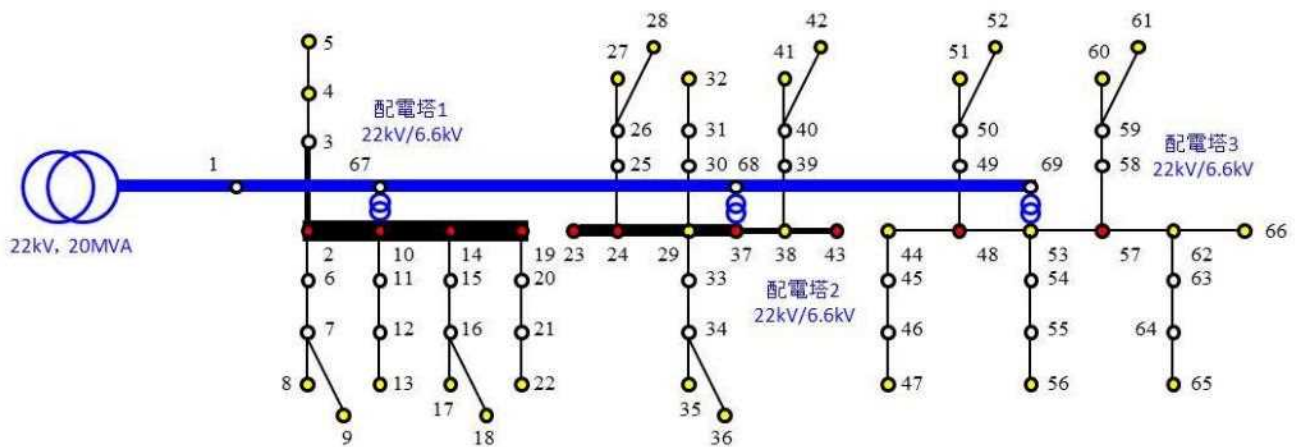


図 3-40 検討モデル(農山村・部分昇圧モデル)

(3)-4 ホスティングキャパシティ算出結果

配電システムの制御高度化(電圧階級 6 kV のケース)および配電システムの部分昇圧(電圧階級 22kV を含むケース)の各検討モデルを用いて、農山村地域の PV 集中配置におけるホスティングキャパシティの算出を行った。ホスティングキャパシティとは、電圧制約、電流制約、電圧安定性の基準を全て満たす最大の PV 導入量とする。結果は以下の表のとおり示す。

表 3-15 ホスティングキャパシティ算出結果(農山村・PV 集中配置)

	対策※6 (PCSの力率1.0)	熱容量※7 [kVA]	ホスティングキャ パシティ[kW]	違反 要因※8	[※6対策]	
					対策	対策モデルの補足
6.6 kV ケ ー ス	(1) 従来系統	1000	300	電圧	末端200sq, 400sq	幹線の末端部分を200sq, 400sqに太線化
	(2) 末端200sq	1000	600	電圧	幹線200sq, 400sq	幹線全てを200sq, 400sqに太線 化
	(3) 幹線200sq	1000	600	電圧	連系200sq, 400sq	幹線に加えて、PV連系箇所まで 200sq, 400sqに太線化
	(4) 連系200sq	4200	1000	電圧	Q=300, 600, 900	連系200sq, 400sqに加えて、PV 連系箇所に無効電力300var, 600var, 900varを注入
	(5) Q = 300	4200	3200	電圧	部分昇圧 (200sq, 400sq)	配電塔からPV連系箇所まで 200sq, 400sqに太線化
	(6) Q = 600	4200	3600	電圧安定性		
	(7) Q = 900	4200	3100	電圧安定性		
	(8) 幹線400sq	4200	4000	電圧安定性		
	(9) 連系400sq	5000	4000	電圧安定性		
	(10) Q = 300	5000	3600	電圧安定性		
	(11) Q = 600	5000	3300	電圧安定性		
	(12) Q = 900	5000	2800	電圧安定性		
22 kV ケ ー ス	(13) 部分昇圧	1000	300	電圧	[※7熱容量] 各対策において配電変電所からPV連系箇所ま での配電線路の許容電流容量から導かれる最 大供給量	
	(14) 部分昇圧(200sq)	4200	2000	電圧	[※8違反要因] 電圧制約: 全ての低圧負荷ノードの電圧が 101±6V以内である	
	(15) 部分昇圧(400sq)	5000	5000	電圧	電流制約: 線路電流が配電線の電流容量を超 過しない 電圧安定性: 電圧不安定現象が発生しない	

上表のとおり、幹線の太線化をしたり、遅れ方向に無効電力を注入したりする対策は、電圧上昇を抑える代表的な対策であるものの、PV が大量に導入される場合では、電圧不安定現象が発生してしまうことが確認された。

さらには、配電システムの部分昇圧(電圧階級 22kV を含むケース)において、太線化も併せて対策した検討モデルでは、ホスティングキャパシティが増大することが確認された。

今後はさらに、他の検討条件下でのホスティングキャパシティ算出を目指す。

また、動特性解析では、静特性解析で用いた検討モデルから解析モデルを作成し、非常時の系統切替動作における潮流変動を解析予定である。なお動特性解析では通信技術や IT 開閉器も考慮しながら、解析時間を検討した上で解析予定である。

(4) 信頼性と経済性の評価

本項目では、前述にて検討された検討モデルに対して、各対策費用を積算し、経済性評価を実施する。

(4)-1 各検討モデルの対策の費用積算

前述のホスティングキャパシティの算出を行った検討モデルに対して、対策の費用積算を行った。費用積算においては、配電設備毎に費用を算出し、対策に必要な全ての配電設備費用の積み上げを行った。費用積算に用いた積算項目について、一例として配電系統の制御高度化(電圧階級 6 kV のケース)の太線化モデルと、配電系統の部分昇圧(電圧階級 22kV を含むケース)の部分昇圧モデルを以下の表のとおり示す。

表 3-16 太線化モデル 積算項目

積算項目		仕様	単位	数量	
電線路	6kV架空電線路	電柱建替	AL200sq	km	13.1
		既設電柱流用	AL200sq	km	13.1
	6kV区分開閉器(既設取替)		400A	台	22
	SVR		5000KVA	台	2

表 3-17 部分昇圧モデル 積算項目

積算項目		仕様	単位	数量	
配電用変電所	66/22kV変圧器	20MVA	バンク	1	
	22kV引出回線	600A	回線	1	
配電塔	22/6kV配電塔(地上)	3000kVA	箇所	2	
		5000kVA	箇所	1	
電線路	22kV架空電線路	電柱建替	AL120sq	km	13.1
		既設電柱流用	AL120sq	km	13.1
	22kV区分開閉器		300A	台	2
	22kV避雷器(区分開閉器両端に設置)			組	4
	6kV架空電線路	電柱建替	AL400sq	km	3.62
		既設電柱流用	AL400sq	km	3.62
6kV区分開閉器(既設取替)		400A	台	6	

(4)-2 各検討モデルの対策の費用比較

電气的特性分析においてホスティングキャパシティを算出した、各検討モデルについて費用比較を実施する。費用比較において、配電設備と無効電力機器では設備耐用年数が違うため、年経費を算出し費用比較を行った。年経費算出のため、配電設備の耐用年数は30年、無効電力機器の耐用年数は18年とし、利子率は4%として算出した。この耐用年数を考慮することにより、信頼性を考慮した経済性評価が可能となる。費用比較の結果を以下の表のとおり示す。

表 3-18 費用比較

	対策 (PCSの力率1.0)	ホスティングキャ パシティ[kW]	違反 要因	対策費用 (年経費)
6.6 kV ケ ー ス	(1) 従来系統	300	電圧	低い 
	(2) 末端200sq	600	電圧	
	(3) 幹線200sq	600	電圧	
	(4) 連系200sq	1000	電圧	
	(5) Q = 300	3200	電圧	
	(6) Q = 600	3600	電圧安定性	
	(7) Q = 900	3100	電圧安定性	
	(8) 幹線400sq	4000	電圧安定性	
	(9) 連系400sq	4000	電圧安定性	
	(10) Q = 300	3600	電圧安定性	
	(11) Q = 600	3300	電圧安定性	
	(12) Q = 900	2800	電圧安定性	
22 kV ケ ー ス	(13) 部分昇圧	300	電圧	高い
	(14) 部分昇圧(200sq)	2000	電圧	
	(15) 部分昇圧(400sq)	5000		

(4)-3 検討モデルの比較

対策費用積算後、電気的および経済的に優れた検討モデルの選定を行う。選定については、以下の選定基準のもとに行い、経済性評価を行った。

- ・対策費用(年経費)が増加したにも関わらず、ホスティングキャパシティが減少しているものは除外
- ・同じホスティングキャパシティであれば、対策費用(年経費)が安い方を選択

選択された検討モデルについて PV 導入率と年経費の関係性を整理し、以下の図のとおり示す。なお経済性評価を実施するにあたり、違う負荷量の配電系統においても活用できるように、横軸は PV 導入量を負荷量で除した PV 導入率を示す。

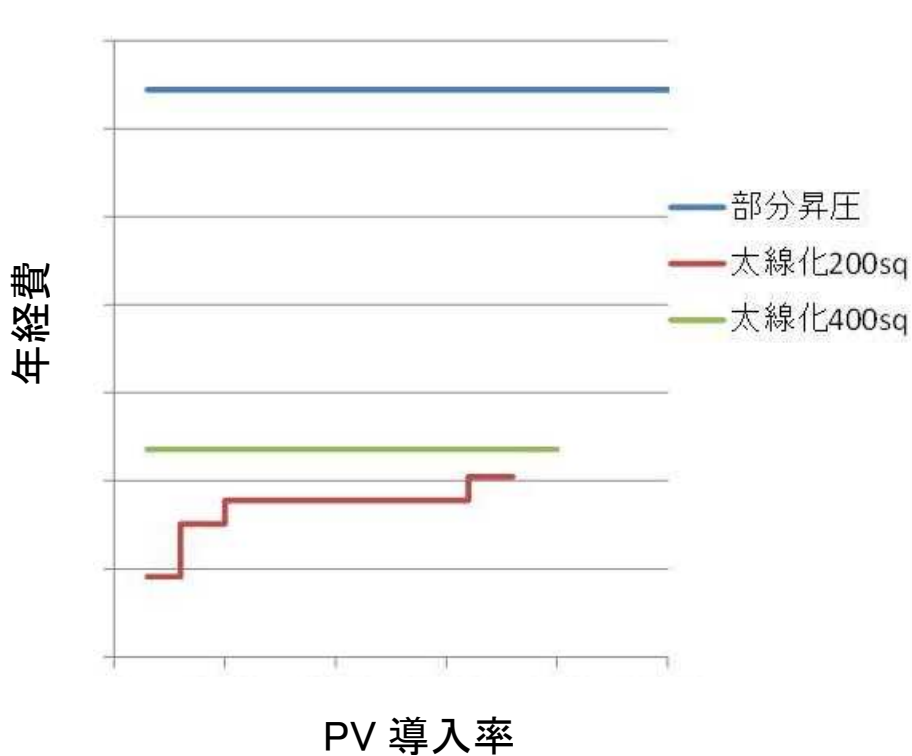


図 3-41 検討モデルにおける PV 導入率と年経費の関係性

上図より、PV 導入率ごとの、最適な各検討モデルが判別可能となった。

次に、配電線 1 回線単位のスティングキャパシティ算出結果から配電用変圧器単位、配電用変電所単位の検討を実施する。それぞれ配電用変圧器単位、配電用変電所単位の検討の進め方のイメージを以下の図のとおり示す。

PV 導入率	配電線1	配電線2	配電線3	配電用変圧器容量
		→				
↓	対策A					↓
	↓	対策A				
		↓	対策A			
			↓			

〔 PV 導入率を増加させ、各配電線に対策を実施した場合の対策費用に加え、配電用変圧器の揚替分も考慮し、経済性評価を行う 〕

図 3-42 配電用変圧器単位の検討の進め方

PV 導入率	配電用変圧器1			配電用変圧器2			...	変圧器容量			
	配電線1	配電線2	...	配電線1	配電線2	...	配電線1	...	変圧器1	変圧器2	...
		→									
↓	対策A								↓		
				対策A							
							対策A				

〔 PV 導入率を増加させ、各配電線に対策を実施した場合の対策費用に加え、配電用変圧器の揚替分も考慮し、配電用変電所全体での経済性評価を行う 〕

図 3-43 配電用変電所単位の検討の進め方

上記のように配電線の対策費用のみならず、配電用変圧器の対策費用も考慮した経済性評価を実施する。但し、配電用変圧器、配電用変電所における前提条件(配電線回線数、配電変圧器数・容量等)は様々なため、複数の前提条件下で検討を行い、総合的に評価を実施する。

さらに残りの全ての諸条件下において PV 導入率と年経費の関係性を明らかにしていく予定である。

(5)、検討作業会、(6) 配電制御システム将来像の提示

本項目では、系統条件ごとに各ユースケースを整理し、条件に応じた最適な配電制御システムの将来像を提示する。一般電気事業者等が将来の配電システムの開発・拡充計画を決定する上での指針を示す。なお、(5)の検討作業会については、有識者からの助言を頂く位置づけで設置しているため、下記に具体的な内容は示していないが、以下は、検討作業会での助言も踏まえつつ、取り組まれた内容である。

(6)-1 最適な配電制御システムの将来像の提示

最適な配電制御システムの将来像の提示に向けて、各配電線特性における PV 配置条件や対象エリア条件ごとに応じた PV 導入率と年経費の関係性が必要となる。その算出過程を以下の図のとおり示す。

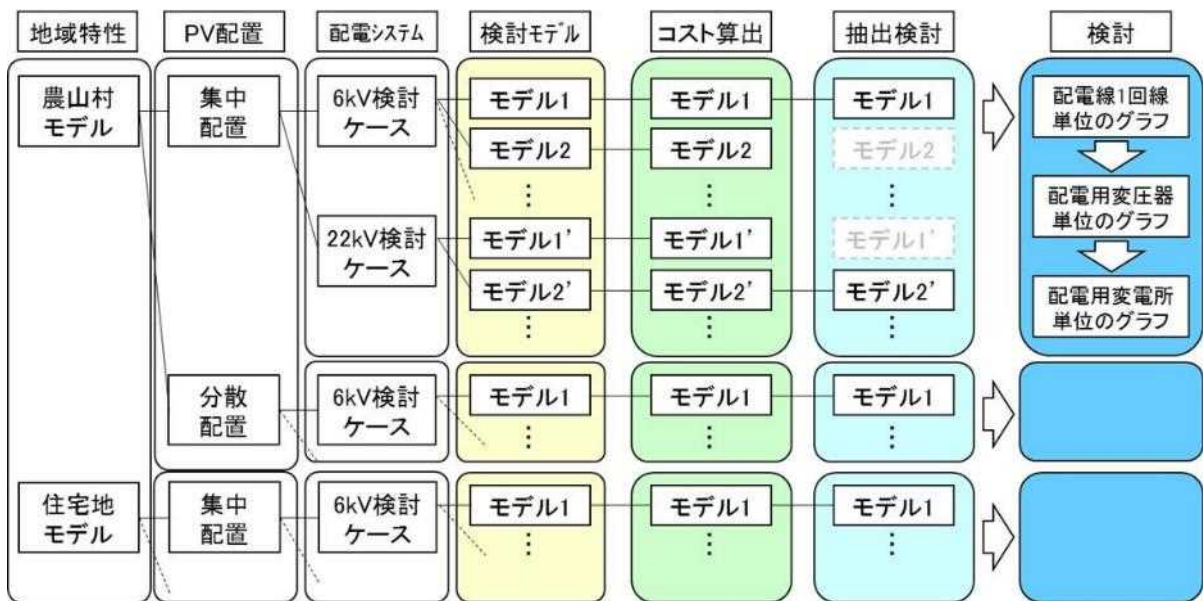


図 3-44 算出過程

上図のとおり、各地域特性、PV 配置条件ごとに、6kV 検討ケースと 22kV 検討ケースの各モデルについて、ホスティングキャパシティを算出し、対策費用の算出も行う。その電気的および経済的評価から、それぞれにおける PV 導入率と年経費の関係性が導かれる。さらに、導かれた配電線 1 回線あたりの結果から、配電用変圧器単位、配電用変電所単位での評価を実施する。

次に配電制御システムの将来像について、代表例(農山村地域、PV 集中配置、配電線 1 回線単位の評価)の検討結果を以下に示す。

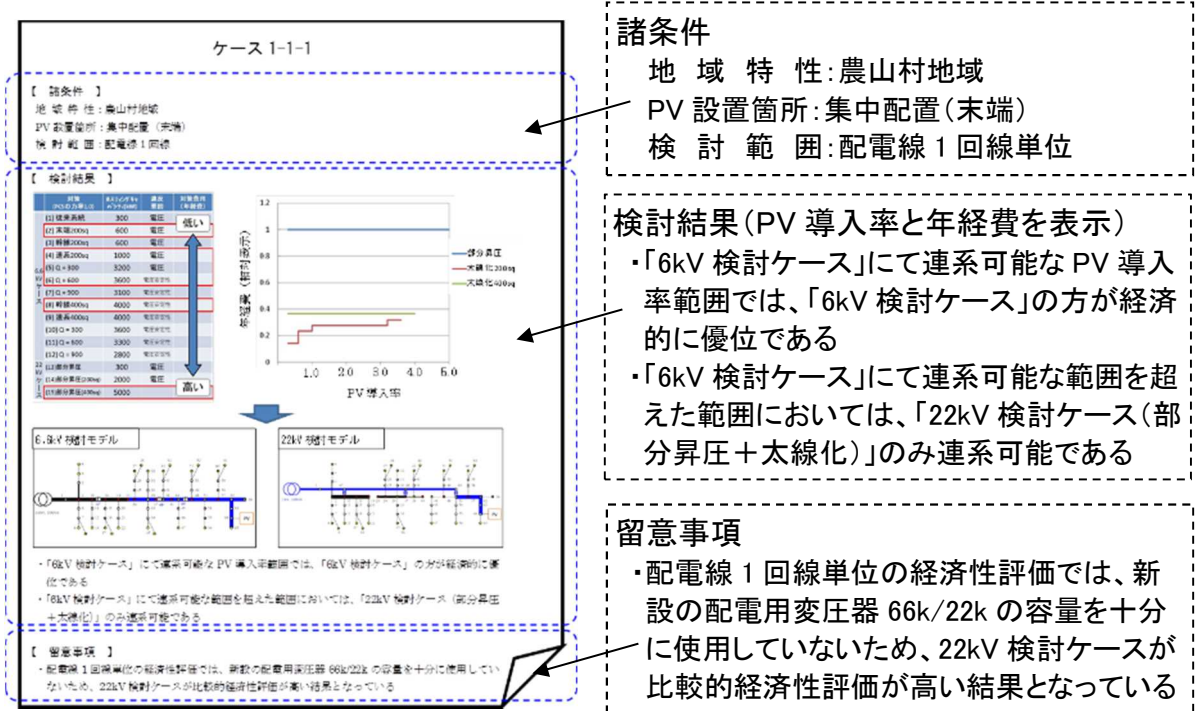


図 3-45 農山村地域、PV 集中配置、配電線 1 回線単位の評価の検討結果

同様に、地域特性や PV の設置箇所などの諸条件ごとに検討し、最終的には以下の図に示すように、全ての諸条件において、PV 導入量と年経費の関係性を提示する。

<条件整理>

地域特性	PV配置	ケース番号
農山村モデル	集中配置	ケース 1-1-1
農山村モデル	分散配置	ケース 1-2-1
住宅地モデル	集中配置	ケース 2-1-1
住宅地モデル	分散配置	ケース 2-2-1
モデル	配置	2-2-2
モデル	配置	2-2-3

(各ケースにおける検討結果)

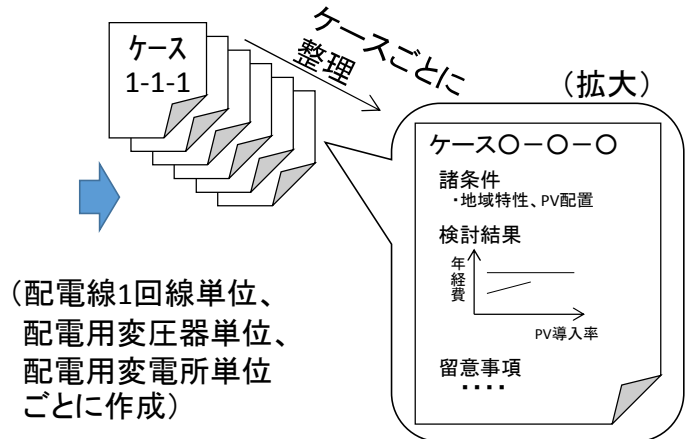


図 3-46 全ての諸条件における PV 導入量と年経費の関係性を提示

以上のとおり、最適な配電制御システムの将来像を提示することで、一般電気事業者は、各諸条件における PV 導入率と年経費の関係性より、ある PV 導入率における最適な配電制御システムの将来像が判別でき、将来の配電系統の開発・拡充計画を決定する上での指針となりうる。

1-3-3. 最終目標に向けた今後の課題、課題解決の見通し

一方、プロジェクト開始当初の想定を大きく超えて、再生可能エネルギーの導入が進んでおり、逆潮流による再生可能エネルギーが、特別高圧側に与える影響を加味せずには、未来の配電システムについて、最終的な検討が困難な状況にあり、加えて、次々世代は更なる再生可能エネルギーの拡大や徹底した省エネが見込まれる。このような情勢の中においては、配電システムからの上位システムへ逆潮流もさらに増加し、バンク逆潮流だけでなく変電所逆潮流も含めた上位システムを考慮した上で、配電システムにおける電力需給に関しても考慮する必要がある。よって、上位システムの制約を考慮した上で配電システムのあるべき姿を検討するにあたり、以下の課題が挙げられる。

課題 1

- ・配電システム内で電力需給を管理する場合の配電システムモデル検討
(一例: 上位システムと配電システムに設置する蓄電設備の容量、設置箇所等を考慮し、対応策の最適な配電システムモデルを検討する)

課題 2

- ・複数変電所範囲での配電システム構成の検討
(一例: 面的かつ大量に再生可能エネルギーが導入された場合の他バンクからの供給ルートの変更や、バンク構成(容量、配置)の見直し等を視野に入れたケースの検討を行う)

これらの課題と課題解決の見通しを表 3-19 に示す。

表 3-19 課題と課題解決の見通し

国内外の配電システム状況調査(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
文献およびヒアリングによる配電技術、配電システムの状況に関する調査	最新の上位システムを考慮した配電システム、配電システムに係る研究や取り組みについて、国内外の調査を行い、現状および将来の配電システムの技術課題について、整理を行う。	電力需給に関連した蓄電技術動向について調査・整理を行う。 将来の需要動向について、充電需要など調査・整理を行う。	国内学会や国際会議などに参加して国内外の最新の研究開発に関する情報を収集する見込みである。
新しい配電制御システムの提案(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
技術的、経済的な観点を想定し、上位システムを考慮した配電制御システムに係るユースケースの提案	新しい配電制御システムとして、多数のユースケース(シナリオ)を提案する。	上位システム制約を考慮した配電システムモデルの検討を行う。 複数変電所範囲での配電システムモデルの検討を行う。	年間の電力需給バランスを管理した配電システムモデルを検討する見込みである。

電气的特性的分析(エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
提案されたユースケースの電气的特性(静特性)分析による技術的優位性評価	配電系統解析シミュレーションによってその電气的な静特性について分析を実施し、技術的優位性を評価する。	蓄電設備を導入した場合の年間の電力需給バランスを加味した検討を行う。 複数変電所範囲での年間の電力需給バランスを加味した検討を行う。	各諸条件を考慮し、配電系統解析シミュレーションにより電力需給バランスも加味した解析を実施予定である。
経済性の評価 (電力中央研究所、エネルギー総合工学研究所、東京大学、東京都市大学、東北大学)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
提案されたユースケースの経済性評価	経済性の評価を行うとともに、これらの結果を比較し、費用対効果の評価も行う。	電气的特性分析を実施した多数のユースケースに対して経済性の評価・検討を行う。 複数変電所範囲も含めた経済性の評価・検討を行う。	多数のユースケースに対して将来的な価格推移を考慮した経済性評価を実施予定である。
検討作業会、新しい配電制御システムの提示(エネルギー総合工学研究所)			
主な内容	最終目標	今後の課題	課題達成の見通し
上位系統を考慮した総合的な評価に基づく配電制御システム将来像の提示	系統条件ごとに有識者から構成される検討会の意見や評価結果を踏まえ、ユースケースを整理し、上位系統を考慮した最適な配電制御システムの将来像を提示する。	電气的分析および経済性評価において最適な配電システムモデルの検討を行う。	複数の配電システムモデルの電气的分析および経済性評価から最適な配電システムモデルの検討を実施予定である。

2. 知的財産等の取得、成果の普及

各実施者の特許出願件数、論文等の対外発表の実績を表 3-20 に示す。

特許については、報告書を NEDO に提出することを実施者に義務付け、本プロジェクトの出願・登録の動向を把握している。平成 28 年 9 月末時点での本プロジェクト全体の特許出願件数は 18 件(国内出願)となっている。

また、NEDO は各実施者に対し、本プロジェクトの成果を技術情報の流出に配慮しつつ、実用化、事業化につながる等、有効的なものは適切に成果を発表・公表するように指導している。現在、本プロジェクト全体の情報発信件数は、学会発表、論文が 16 件となっている。その他、展示会での発表が 1 件となっている。

表 3-20 特許出願件数、論文等の対外発表の実績

実施者	年度	特許出願(海外)	学会発表、論文 (査読付)	講演、その他
富士電機	26年度	0	0	0
	27年度	10(0)	0	0
	28年度	5(0)	2(0)	0
東芝	26年度	0	0	0
	27年度	1(0)	0	0
	28年度	2(0)	0	0
北芝電機	26年度	0	0	0
	27年度	0	0	0
	28年度	0	0	1
電中研	26年度	0	0	0
	27年度	0	2(0)	0
	28年度	0	2(0)	0
エネ総研	26年度	0	0	0
	27年度	0	1(0)	0
	28年度	0	0	0
産総研	26年度	0	0	0
	27年度	0	0	0
	28年度	0	0	0
横浜国大	26年度	0	0	0
	27年度	0	0	0
	28年度	0	2(0)	0
東京大学	26年度	0	0	0
	27年度	0	3(0)	0
	28年度	0	1(0)	0
東北大学	26年度	0	0	0
	27年度	0	2(0)	0
	28年度	0	1(0)	0
東京都市大学	26年度	0	0	0
	27年度	0	0	0
	28年度	0	0	0
合計		18(0)	16(0)	1

参考文献

- (1) Thomas Stetz, “Grid Integration of Photovoltaics in Germany—Lessons learned from the past and ongoing developments—”, Proc. of 12th Workshop on the Future Direction of Photovoltaics, 2016–2
- (2) Hawaiian Electric, Maui Electric, Hawai’i Electric Light, “Distributed Generation Interconnection Plan (DGIP) (2014)”
- (3) EPRI: ”Stochastic Analysis to Determine Feeder Hosting Capacity for Distributed Solar PV”, No.1026640 (2012)
- (4) N. Etherden et. al., “The Transparent Hosting–Capacity Approach–Overview, Applications and Developments—”, CIRED2015, No,654

第IV章 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

1. 研究開発項目ごとの実用化・事業化に向けての見通し及び取組

1-1. 研究開発項目①次世代電圧調整機器・システムの開発

本項目における実用化・事業化の定義は、本事業で開発された電圧調整機器等が販売・利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することとする。

1-1-1. 成果の実用化可能性

本プロジェクトにおいて、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う、配電系統の電圧上昇問題解決に向けて、SiC モジュールや SVC、次世代 TVR(CVC)の開発を実施し、今年度中に実証機器の製作まで実施できる目途が立てられた。高圧側の対策機器である SVC、次世代 TVR(CVC)については、プロジェクトの4年目以降に模擬グリッド、実グリッドの実証を行う予定である。

また、低圧側の対策機器である AVR 付柱上変圧器ユニットについては、ミニモデルの製作、検証を実施した。昨今のニーズの高まりも踏まえ、今後は、自社で実用化、事業化に向けた開発を前倒しで行い、事業化への展開を図る予定である。

電圧制御システムの開発では、再生可能エネルギーの導入拡大に伴う電圧上昇問題に対するこれら機器の効果を図るとともに、電圧制御システムを導入することで、更なる再生エネルギーの導入量拡大が可能な事を示すことが出来た。

前述した通り、本プロジェクトは、模擬グリッド及び実グリッドでの実証まで実施する計画であることから、本プロジェクト期間内に実用化は達成される見込みと言える。

1-1-2. 事業化までのシナリオ

各実施者ともに本プロジェクト終了後3年以内(2020年(平成32年)初頭)の事業化を計画している。各機器により、そのシナリオは異なるが、量産化に向けたコスト検討を行いつつ、概ねプロジェクト終了後に量産化に向けた設計検討や設備投資を行い、本格販売を開始する予定となっている。

また、本プロジェクトで開発された SiC モジュールについては、電圧調整機器のみならず、様々なパワーエレクトロニクス機器への波及効果も期待される。

なお、本プロジェクトの4年目以降に計画している模擬グリッドや実グリッドでの実証を通して、さらに機器の改良等を進めることにより、実用化・事業化への移行を速やかに進める。

1-2. 研究開発項目②次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

本項目における実用化・事業化の定義は、本事業で開発された成果が、関連する業界や企業等で活用されることとする。

1-2-1. 成果の狙い

本研究開発項目の成果は、再生可能エネルギーの普及促進に向けた系統側対策技術および機器の円滑な導入を目的として、配電系統の電圧上昇・変動対策機器に関する仕様、特性、および機能などの共通基盤の要件を、一般電気事業者の標準仕様化に資するデータとなり得ることを狙いとしている。

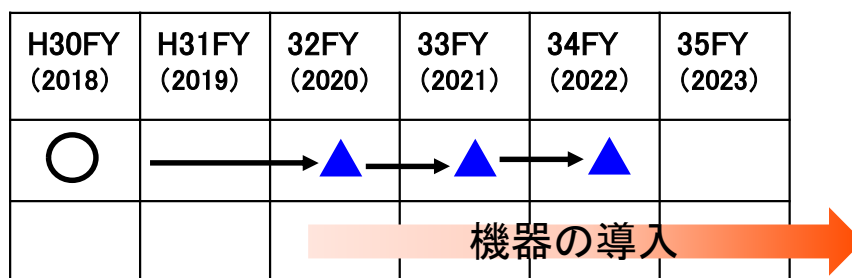
1-2-2. 成果の実用化可能性

電圧制御機器を設置する一般電気事業者に対して、現状および将来の電圧制御機器に関するニーズ調査を実施しており、社内基準に反映すべき内容(項目や判定基準)は調査・抽出できる見通しである。また、調査・抽出した内容について、計算機シミュレーション(系統解析、熱解析)や実験室グリッド、模擬グリッド、および実グリッドにおいて実証評価することで、抽出した項目の必要性や判定基準の妥当性を評価・確認できる見通しである。

1-2-3. 成果の展開に向けたシナリオ

成果として取りまとめられた指針については、電事連や一般電気事業者に対する個別の説明だけでなく、全体が集まる会合等を活用して導入の判断材料となるべく周知活動を実施し、一般電気事業者の社内基準等への反映につなげる。反映の完了時期は、2030年(平成42年)までのPV導入量において対策が必要であると想定すると、2020年(平成32年)代の前半に完了しておく必要があり、下図のスケジュールで取り組む予定。

なお、「次世代」から「次々世代」へのスムーズな移行のため、成果の普及に向けては、研究開発項目③「未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ」と相互連携して取組を実施していく。



○: NEDO事業終了 ▲: 社内基準への反映

図 4-1 成果の展開スケジュール

1-3. 研究開発項目③未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

本項目における実用化・事業化の定義は、本事業で開発された成果が、関連する業界や企業等で活用されることとする。

1-3-1. 成果の狙い

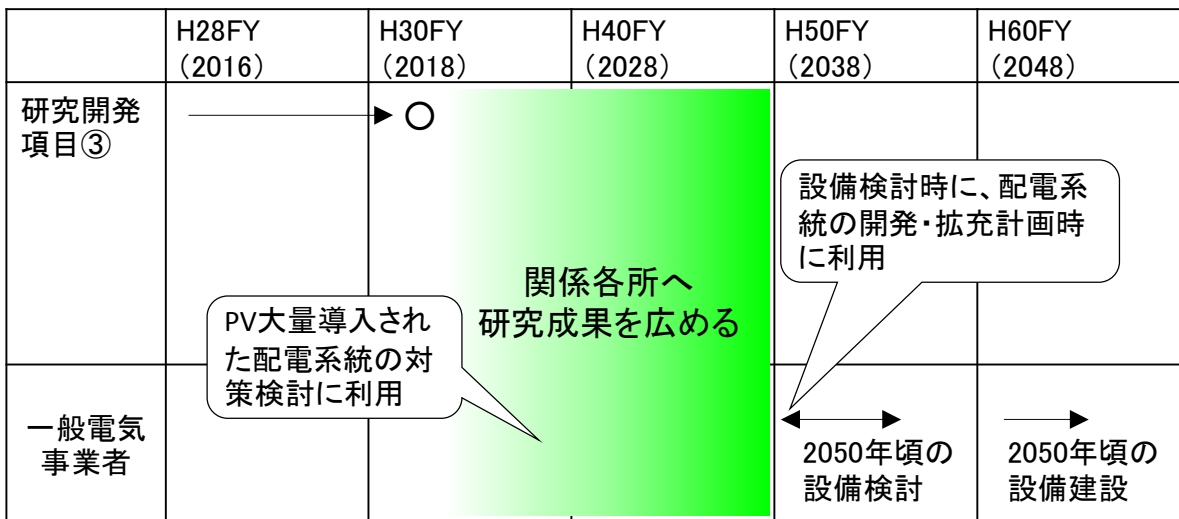
本研究開発項目の成果(次々世代(2050年(平成62年)頃までを視野)の配電システムのあり方)は、一般電気事業者等が将来の配電系統の開発・拡充計画を決定する上での指針として活用されることを狙いとしている。

1-3-2. 成果の実用化可能性

本研究開発で得られた成果を利用することで、一般電気事業者等にとって、PV導入が拡大されたときの配電網における対策を検討する上で、最善の対策方法を効率良く、判断することが可能となる見通し。

1-3-3. 成果の展開に向けたシナリオ

成果は、配電系統の開発・拡充計画の指針として、一般電気事業者に周知を行うとともに、2050年に向けた中長期にわたって広く社会に周知していく必要がある。プロジェクト終了以降(平成30年度以降)も、下図の期間の中で次々世代の新たな電力ネットワークに関するシンポジウム等の開催や学会等で研究成果の発表等の活動を行い、関係各所に研究成果を広く周知していく予定。



○:NEDO事業終了

図 4-2 成果の展開スケジュール

プロジェクト基本計画

「分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業」基本計画

スマートコミュニティ部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

我が国におけるエネルギー供給は化石燃料がその8割以上を占め、その殆どを海外に依存している。一方、近年、新興国の経済発展などを背景として、世界的にエネルギー需要が増大しており、また、化石燃料の市場価格が乱高下するなど、エネルギー市場が不安定化している。加えて、化石燃料の利用に伴って発生する温室効果ガスを削減することが重要な課題となっている。このような状況の中、エネルギーを安定的かつ適切に供給するためには、資源の枯渇のおそれが少なく、環境への負荷が少ない再生可能エネルギーの導入を一層進める必要がある。

2008年7月に「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電の導入量を2020年に2005年度比で10倍(1,400万kW)、また2030年には40倍(5,300万kW)とする目標が掲げられた。その後、2009年8月にとりまとめられた「長期エネルギー需給見通し(再計算)」では、太陽光発電の導入を大幅に前倒して、2020年に2005年度比で20倍(2,800万kW)を導入するとの想定がなされ、目標が見直された。同年11月には、太陽光の余剰電力買い取り制度が開始された。さらに、東日本大震災後の2011年8月には「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立し、電気事業者に太陽光、風力、地熱、バイオマス、中小水力を対象とした再生可能エネルギーによって発電された電力を全量、一定の期間、一定の価格で買い取ることが義務付けられ、翌年の2012年7月1日から再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度が施行された。

この結果、再生可能エネルギーによる発電量は、2003年から2008年までが年平均8%の伸び率であったのに対し、2009年から2012年までは年平均13%の伸び率となっている*1。

*1: 出典「総合資源エネルギー調査会基本政策分科会・第3回会合資料」(2013年9月4日)

② 我が国の状況

環境影響評価や地元調整のため導入に数年程度を要する風力発電や地熱発電に対して、1年前後で導入可能な太陽光発電は事業用、家庭用とも導入が大幅に進んでいる。太陽光発電の累積導入量は、2013年7月末時点で約951.6万kW(2013年11月18日資源エネルギー庁発表)となっている。

太陽光発電は天候によって出力が変動し、その多くは電力システムの末端に分散設置されるため、その導入量が大幅に増加した場合には電力システムの運用上、余剰電力の発生、周波数調整力の不足、配電線の電圧上昇等、多くの技術課題が想定される。

2010年4月に経済産業省が取りまとめた次世代送配電ネットワーク研究会報告「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」においては、我が国の電力システム上、太陽光発電について1,000万kW程度までは集中設置等の場合を除いて特段の系

統安定化対策を講ずることなく電力系統で受入可能とされている。また、2020年に2,800万kWといった導入を目指す場合においては、現状において実用化された技術をベースにして系統安定化対策を行っていくことが想定されている。

しかし、2020年以降も太陽光発電の導入は拡大するものと想定されることから、2030年に5,300万kWといった大量導入に向けた対策としては、次世代配電網の構築に向けた技術開発を実施していく必要がある。

③ 世界の取組状況

昨今、世界各国は再生可能エネルギーの導入拡大に向けた取組みを強化している。例えば、米国は「New Energy for America」計画において再生可能エネルギー由来の電力量の割合を2025年に25%とする目標を掲げ、2012年末時点で、7.2GWまで太陽光発電の導入が進んでいる。また、多くの州で電力部門における再生可能エネルギーの導入義務制度(RPS制度)を策定している。EUは、2007年に最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を2020年までに20%とする戦略を決定し、最も導入が進んでいるドイツにおいては、2012年末時点で、32GWの太陽光発電が導入されている。中国は、2007年、国家発展改革委員会発表の「再生可能エネルギー中長期発展計画」においてエネルギー総消費量に占める再生可能エネルギーの比率を2020年に15%とする目標を掲げ、2012年末時点で7GWまで太陽光発電の導入が進んでいる。

太陽光発電の大量導入に伴う電圧上昇・変動問題については、欧米の場合、低圧系統(連系電圧)が200/400Vと高いこと、規定されている電圧幅が約±10%と広いこと、低圧に連系する太陽光発電が少ないこと等の理由により、現時点において顕在化していない。しかしながら、地中配電系統が多い欧州において、中低圧系統への太陽光発電の連系が更に進んだ場合には、低圧の変動幅の拡大や中圧系統の運用の困難さが予測されている。このため、Active Distribution Network(ADN)として、配電機器・パワーエレクトロニクス機器を活用し、より積極的に配電系統の電力制御を行うことにより分散型電源を系統に統合することが、「国際大電力システム会議」(CIGRE:Conseil International des Grands Reseaux Electriques)等で検討されている。ベルギーの「Linearプロジェクト」では、配電系統の実態分析と類型化に基づき、天候、昼夜、季節時の太陽光発電導入による負荷変動パターンに起因する配電電圧の変動や不平衡等の分析を行い、その対策技術を模擬系統で検証することが計画されている。また、ドイツの「EDISonプロジェクト」ではSIEMENS社の交流/直流/交流変換器MVDC(Medium Voltage Direct Current)の技術開発が行われており、英国では配電系統の電圧ネックと考えられる地点にセンサーを設置し、その計測情報に基づいて配電系統の状態を推定し、電圧調整機器を制御するシステム(Active Network)の開発・実証試験が行われた。

④ 本事業のねらい

太陽光発電の導入拡大に伴う電力系統の課題のうち、一般家庭での導入割合が多い我が国において、特に課題となるのが配電系統における電圧上昇である。この電圧上昇は、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統に逆潮流が発生した場合に生じるものであり、連系点の電圧が電気事業法第26条に基づく適正值(101±6V)を逸脱すると、太陽光発電の直流/交流変換器(PCS:Power Conditioning System)の電圧上昇抑制機能が動

作し、太陽光発電の出力が抑制される。その対策方法のひとつとしては現在のところ、パワーエレクトロニクス機器が配電用として一部実用化されているが、コンパクト化、軽量化、低コスト化等の課題があるため普及が進んでいない。

一方、我が国は先進的なパワー半導体として SiC(シリコンカーバイド)を用いた先進的なパワー半導体の開発が他国に先駆け進展している。SiC パワー半導体は Si(シリコン)パワー半導体と比較して高耐圧、導通損失が少ない、200℃以上の高温動作が可能、高速動作が可能等の長を有しており、これを用いて軽量・コンパクト・低コストの電圧調整機器を実用化することが期待されている。しかしながら、SiC パワー半導体をパワーエレクトロニクス機器化する場合、Si パワー半導体と同様の実装構造では配電機器に要求される信頼性を満たすことが難しいため、新しい実装構造または周辺材料を適用した先進的なパワーエレクトロニクス機器を開発することが必要となる。

本事業においては、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的として、SiC パワー半導体を用いた次世代電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行いながら、これら新規の技術を配電網に適用し、再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術の開発を行う。さらに、これら機器・システム及び共通基盤技術の開発と並行して、現在の状況に捉われない理想的な配電網についてのフィージビリティスタディを行う。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

2010年度から2012年度まで経済産業省にて実施された「次世代送配電系最適制御技術実証事業」では、自励式静止型無効電力補償装置(SVC)、ループパワーコントローラ(LPC)の開発、及び配電システムの配電制御アルゴリズムのシミュレーション検討が行われた。その結果、これら機器の基本性能が検証され、配電システムにおける電圧制御に一定の効果があるという成果が得られている。しかしながら、実際の配電システムへの適用に向けては、電圧調整機器の更なる軽量・コンパクト化、低コスト化やフィールドでの制御アルゴリズムとの統合性等の検証が必要とされている。

こうした状況を踏まえ、本事業では以下に示す目標を設定する。

【最終目標】(2018年度末)

耐久性、信頼性、配電システムの制御アルゴリズムとの統合性を備え、かつコスト低減の見通しを有する SiC パワー半導体を用いた電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行う。さらに、これら新規の技術を配電網に適用して再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術を開発する。

なお、最終目標の達成に向けては、2018年度末時点において、最低限以下の技術レベルに到達していることが求められる。

・全体もしくは SiC パワー半導体を適用する部分のコストが従来機器以下であること。

- ・機器メンテナンス頻度は2年以上であること。
- ・機器全体寿命が減価償却年(18～22年)以上であること。
- ・通信遮断時にも適正電圧を維持可能であること。
- ・複数の次世代電圧調整機器が混在した環境下においても適正電圧が維持可能であること。

【中間目標】(2016年度末)

SiC パワー半導体を用いて軽量・コンパクト化を図った電圧調整機器(要素技術を含む)と制御システムを開発し、フィールドで使用可能な試作品の設計・製作を行って工場試験等で性能検証を行う。

なお、2016年度末時点においては、最低限以下の技術レベルに到達していることが求められる。

- ・開発する機器全てが柱上設置可能であること。
- ・冷却は自然空冷であること。
- ・従来機器、従来システムと協調制御可能であること。
- ・次世代電圧調整機器・システムをフィールドに設置し、配電網としての運用検証を行う際の合理的な研究計画が策定されていること。

②アウトカム目標

本事業の実施により、配電系統における電圧上昇の課題が解決され、太陽光発電の大量導入を図る取り組みに貢献する。「低炭素社会づくり行動計画」における2030年の太陽光発電の導入目標である5,300万kWが実現した場合のCO₂削減効果は約1,840万トン/年(排出原単位0.33kg-CO₂/kWhで算出)となる。また、2009年7月に経済産業省が取りまとめた低炭素電力供給システムに関する研究会報告「低炭素電力供給システムの構築に向けて」において、太陽光発電5,300万kW導入のための我が国の配電対策費用は4,400億円と試算されている。さらに海外市場については、2010年4月に経済産業省がとりまとめた次世代送配電ネットワーク研究会報告「低炭素社会実現のための次世代送配電ネットワークの構築に向けて」において、2030年におよそ2.4兆円の市場規模が試算されている。

③アウトカム目標達成に向けての取組

系統安定化に向けた本成果の普及に向け、必要に応じて法改正等に向けた取り組みを実施する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目を実施する。

【助成事業】

研究開発項目① 次世代電圧調整機器・システムの開発 (NEDO 負担率 2/3)

SiC パワー半導体を用いた SVC 等の次世代電圧調整機器及びその要素技術を開発する。また、これら電圧調整機器の制御アルゴリズムと制御システムを開発する。

なお、本研究開発は、実用化に向けて企業の積極的な関与により推進されるべき研究開発であり、助成事業として実施する。

【委託事業】

研究開発項目② 次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

研究開発項目①で開発した次世代電圧調整機器及びその制御システムをフィールドに設置し、電圧調整機器単体ではなく、複数の機器が混在する配電網として運用検証を行う。また、これら新たな機器・システムを配電網に適用し、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術の開発を行う。具体的には、適用する配電網の形態や次世代電圧調整機器・システムの種別、設置位置、組合せの違い等に対応する配電システムの設計指針の策定、性能・信頼性評価法の開発、故障時の対応検討等を行う。本研究開発は、研究開発項目①の実施者と連携・協調して進めるものとし、フィールド検証結果や共通基盤技術の成果は研究開発項目①の取組みにも反映させるものとする。

なお、本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」であることから、産学官の複数事業者が互いの知見・ノウハウ等を持ちより協調して検討を行うものであり、委託事業として実施する。

研究開発項目③ 未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

将来における再生可能エネルギーの導入拡大に向け、現在の状況に捉われない理想的な配電網のあるべき姿についてフィージビリティスタディを行う。

なお、本研究開発は、将来の再生可能エネルギー導入拡大に向けて、産学官の複数有識者が互いの知見・ノウハウ等を持ちより協調して長期的な視点で検討を行うものであり、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

NEDO が公募によって研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等(以下、「団体」という。)のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO は研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を選定し、各実施者はプロジェクトリーダーの下でそれぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。なお、研究開発項目③は除く。

(2) 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理にあたっては、効率的

かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

NEDO は、主としてプロジェクトリーダーを通して研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、必要に応じて外部有識者で構成する技術委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について必要に応じて調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

3. 研究開発の実施期間

平成 26 年度から平成 30 年度までの 5 年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成 28 年度、事後評価を平成 31 年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

② 標準化施策等との連携

研究開発実施者は、国際標準化に向けた検討を行い、プロジェクト終了後の国際標準化活動として、ユースケースの提案等に役立てることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDO は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 15 条第一号ニ、第三号及び第九号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成 26 年 3 月 制定

事前評価関連資料

(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)

事前評価書

	作成日	平成 26 年 2 月 3 日
1. プロジェクト名	分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業	
2. 推進部署名	スマートコミュニティ部	
3. プロジェクト概要 (予定)		
(1)概要		
①背景		
<p>我が国におけるエネルギー供給は化石燃料がその 8 割以上を占め、その殆どを海外に依存している。一方、近年、新興国の経済発展などを背景として、世界的にエネルギー需要が増大しており、また、化石燃料の市場価格が乱高下するなど、エネルギー市場が不安定化している。加えて、化石燃料の利用に伴って発生する温室効果ガスを削減することが重要な課題となっている。このような状況の中、エネルギーを安定的かつ適切に供給するためには、資源の枯渇のおそれが少なく、環境への負荷が少ない再生可能エネルギーの導入を一層進める必要がある。</p> <p>2008年7月「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定され、太陽光発電の導入量を2020年に2005年度比で10倍(1,400万kW)、また2030年には40倍(5,300万kW)とする目標が掲げられた。その後、2009年8月の長期エネルギー需給見通し(再計算)では、太陽光発電の導入を大幅に前倒しして、2020年に2005年度比で20倍(2,800万kW)を導入するとの想定がなされ、目標が見直されている。</p> <p>我が国の電力系統上、太陽光発電は従来機器の対応で 1,000 万 kW 程度までは集中設置等の場合を除いて特段の系統安定化対策を講ずることなく電力系統で受入可能とされている。また、2020 年に 2,800 万 kW といった大量導入を目指す場合においては、現状において実用化された技術をベースにして系統安定化対策を行っていくことが想定されている。</p> <p>しかし、2020 年以降も太陽光発電の導入は拡大するものと想定されることから、2030 年に 5,300 万 kW といった大量導入に向けた対策としては、次世代配電網の構築に向けた技術開発を実施していく必要がある。</p> <p>特に、我が国の場合には、再生可能エネルギーのうち特に太陽光発電が今後も住宅用を中心に大量に導入されることが想定され、諸外国と比べても電力系統安定のための制御は難しくなるものと考えられる。</p>		
②目的		
<p>太陽光発電の導入拡大に伴う電力系統の課題のうち、一般家庭での導入割合が多い我が国において、特に課題となるのが配電系統における電圧上昇である。この電圧上昇は、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統に逆潮流が発生した場合に生じるものであり、連系点の電圧が電気事業法第26条に基づく適正值(101±6V)を逸脱すると、太陽光発電の直流／交流変換器(PCS:Power Conditioning System)の電圧上昇抑制機能が動作し、太陽光発電の出力が抑制され</p>		

る。その対策のひとつとしては、現在のところ、パワーエレクトロニクス機器が配電用として一部実用化されているが、コンパクト化、軽量化、低コスト化等の課題があるため普及が進んでいない。

一方、我が国は先進的なパワー半導体としてSiC(シリコンカーバイド)を用いた先進的なパワー半導体の開発が他国に先駆け進展している。SiCパワー半導体はSi(シリコン)パワー半導体と比較して高耐圧、導通損失が少ない、200℃以上の高温動作が可能、高速動作が可能等の特長を有しており、これを用いて軽量・コンパクト・低コストの電圧調整機器を実用化することが期待されている。

しかしながら、SiCパワー半導体をパワーエレクトロニクス機器化する場合、Siパワー半導体と同様の実装構造では配電機器に要求される信頼性を満たすことが難しいため、新しい実装構造または周辺材料を適用した先進的なパワーエレクトロニクス機器を開発することが必要となる。

本事業においては、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的として、SiCパワー半導体を用いた次世代電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行いながら、これら新規の技術を配電網に適用し、再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術の開発を行う。さらに、これら機器・システム及び共通基盤技術の開発と並行して、現在の状況に捉われない理想的な配電網についてのフィージビリティスタディを行う。

③実施内容

研究開発項目① 次世代電圧調整機器・システムの開発

SiCパワー半導体を用いたSVC等の次世代電圧調整機器及びその要素技術を開発する。また、これら電圧調整機器の制御アルゴリズムと制御システムを開発する。

研究開発項目② 次世代配電システムの構築に係る共通基盤技術の開発

研究開発項目①で開発した次世代電圧調整機器及びその制御システムをフィールドに設置し、電圧調整機器単体ではなく、複数の機器が混在する配電網として運用検証を行う。また、これら新たな機器・システムを配電網に適用し、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術の開発を行う。具体的には、適用する配電網の形態や次世代電圧調整機器・システムの種別、設置位置、組合せの違い等に対応する配電システムの設計指針の策定、性能・信頼性評価法の開発、故障時の対応検討等を行う。本研究開発は、研究開発項目①の実施者と連携・協調して進めるものとし、フィールド検証結果や共通基盤技術の成果は研究開発項目①の取組みにも反映させるものとする。

研究開発項目③ 未来のスマートグリッド構築に向けたフィージビリティスタディ

将来における再生可能エネルギーの導入拡大に向け、現在の状況に捉われない理想的な配電網のあるべき姿についてフィージビリティスタディを行う。

(2)規模 事業費総額(需給)150 億円(委託、助成 2/3)(予定)

(3)期間 平成 26 年度～30 年度(5 年間)(予定)

4. 評価内容

(1) プロジェクトの位置付け・必要性について

1) NEDOプロジェクトとしての妥当性

本事業は、太陽光発電を中心とした我が国の再生可能エネルギー大量導入に向けた課題解決に資することを目的とするものであり、NEDOが関与する必要性の高い事業である。

2) 目的の妥当性

本事業の取り組みは、太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び電力・機器システム産業における国際競争力の維持・向上に資することを目的としており、国の政策や技術動向等を踏まえていることから妥当である。

(1) プロジェクトの位置付け・必要性についての総合的評価

本事業の取り組みは、国の政策や技術動向等を踏まえており、本事業の成果は、今後の太陽光を中心とした我が国の再生可能エネルギー導入拡大に向けた課題解決に寄与することから位置付け・必要性は妥当である。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについて

1) 成果目標の妥当性

2010 年度から 2012 年度まで経済産業省にて実施された「次世代送配電系最適制御技術実証事業」では、自励式静止型無効電力補償装置(SVC)、ループパワーコントローラ(LPC)の開発、及び配電システムの配電制御アルゴリズムのシミュレーション検討が行われた。その結果、これら機器の基本性能が検証され、配電システムにおける電圧制御に一定の効果があるという成果が得られている。しかしながら、実際の配電システムへの適用に向けては、電圧調整機器の更なる軽量・コンパクト化、低コスト化やフィールドでの制御アルゴリズムとの統合性等の検証が必要とされている。こうした状況を踏まえ、本事業では以下に示す目標を設定する。

【最終目標】(2018 年度末)

耐久性、信頼性、配電システムの制御アルゴリズムとの統合性を備え、かつコスト低減の見通しを有する SiC パワー半導体を用いた電圧調整機器及びその制御システムを開発する。また、開発した機器・システムをフィールドに設置しての運用検証を行う。さらに、これら新規の技術を配電網に適用して再生可能エネルギーの大量導入を図るための共通基盤技術を開発する。

なお、最終目標の達成に向けては、2018 年度末時点において、最低限以下の技術レベルに到達していることが求められる。

・全体もしくは SiC パワー半導体を適用する部分コストが従来機器以下である

こと。

- ・機器メンテナンス頻度は2年以上であること。
- ・機器全体寿命が減価償却年(18～22年)以上であること。
- ・通信遮断時にも適正電圧を維持可能であること。
- ・複数の次世代電圧調整機器が混在した環境下においても適正電圧が維持可能であること。

【中間目標】(2016年度末)

SiC パワー半導体を用いて軽量・コンパクト化を図った電圧調整機器(要素技術を含む)と制御システムを開発し、フィールドで使用可能な試作品の設計・製作を行って工場試験等で性能検証を行う。

なお、2016年度末時点においては、最低限以下の技術レベルに到達していることが求められる。

- ・開発する機器全てが柱上設置可能であること。
- ・冷却は自然空冷であること。
- ・従来機器、従来システムと協調制御可能であること。
- ・次世代電圧調整機器・システムをフィールドに設置し、配電網としての運用検証を行う際の合理的な研究計画が策定されていること。

上記目標は、他事業の成果、SiC パワー半導体の開発状況、太陽光発電の導入状況を踏まえると十分に戦略的であり、妥当なものとなっている。

2) 実施計画の想定と妥当性

本事業の計画は、SiC パワー半導体の開発状況、現在の太陽光発電の導入状況及び2030年の太陽光発電の導入目標を踏まえて、適切な時期に中間目標、最終目標を設定しており、妥当である。

3) 評価実施の想定と妥当性

技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成28年度、事後評価を平成31年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じ研究開発の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

4) 実施体制の想定と妥当性

電力機器メーカー、大学、公的研究機関、民間研究機関、電力会社等が一体となって事業を推進していく体制を想定している。メーカーとユーザーならびに共通基盤技術の開発に必要な実施者を網羅する体制を想定している。想定する体制で実施する場合は、十分な成果が期待される。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

本事業を実施するにあたり、電圧調整機器の開発を行うメーカーだけでなく、ユーザーも取り込み、擦り合わせを行いながら事業を推進していくことを想定している。

6) 知財戦略の想定と妥当性
実施する事業者間での合意を想定している。
7) 標準化戦略の想定と妥当性
国際標準化に向けた検討を行うことを想定している。
(2) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価
本事業の目的、目標、計画等は、我が国の配電系統における再生可能エネルギー導入拡大の課題解決に向けて妥当なものとなっている。また、想定する実施体制等についてもユーザーの参画を想定する等、適切である。
(3) 成果の実用化・事業化の見通しについて
1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性
電圧調整機器としては、SVC、柱上変圧器、SVR(自動電圧調整器)等の機器の開発とそれらを効率的に制御する集中制御手法の開発は、ユーザーのニーズを踏まえて実施することを想定しており、事業終了後の実用化・事業化は、十分期待される。
2) 成果の波及効果
電圧調整機器に係る技術は、配電だけでなく、より高圧の系統でも利用可能な技術であり、本事業における成果は、系統安定化に向けた機器開発のさらなる加速につながることを期待される。また、パワーコンディショナーに代表される既存の民生用電力変換器の小型化にも寄与することが期待される。
(3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価
本事業は、ユーザーを取り込みつつ事業を実施することが想定されていることから、事業終了後の実用化・事業化が十分に期待される。

「分散型エネルギー一次世代電力網構築実証事業 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成26年4月1日
NEDO
スマートコミュニティ部

NEDO POSTにおいて標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
貴重なご意見を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間
平成26年2月6日～平成26年2月19日
2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞
計1件
3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
<p>研究開発の内容について</p> <p>比較的反響成分の少ない低圧配電系統において、再生可能エネルギーによる逆潮流に起因する電圧上昇を抑制するためには、オートタップチェンジャ（ATC）付柱上変圧器を導入することが有効であり、これを有効に活用するためには、高圧配電系統の電圧制御技術を確立する必要がある。</p> <p>一方、比較的反響成分の大きい高圧配電系統において、再生可能エネルギーによる逆潮流に起因する電圧上昇を抑制するためには、静止型無効電力補償装置（SVC）等の系統側機器だけではなく、パワーコンディショナ（PCS）の無効電力制御を有効に活用することが重要である。そのため、PCSの無効電力制御にインセンティブを与える制御法の確立と運用方法について検討することが重要である。</p>	<p>貴重なご意見をありがとうございます。</p> <p>ATC付柱上変圧器の適用に向けた高圧配電系統の電圧制御手法につきましては、本事業の中で機器開発者と制御システム開発者が連携し、実施していくことを想定しています。</p> <p>また、高圧配電系統における電圧上昇抑制のための無効電力制御につきましては、本事業では、現在の状況を踏まえて、近い将来に導入が可能と見込まれる電圧調整機器の技術開発を想定しております。</p> <p>系統電圧制御を目的としたPCSの無効電力制御につきましては、インセンティブを含めた政策的な枠組みまでは想定していませんが、将来の配電系統の選択肢のひとつとして考えています。</p>	<p>特になし。</p>

学会・論文発表等リスト

【外部発表】

(a) 学会発表・論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年月
1	坂東茂	電力中央研究所	米国南西部における次世代配電システムの動向調査	H27 電気学会 電力・エネルギー 一部門大会	無	2015/08/27
2	石原正浩	エネルギー総合工学研究所	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 1 配電システムの部分昇圧の有効性—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
3	今中政輝	東京大学	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 2 欧州配電システムの PV 電圧上昇問題調査—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
4	坂東茂	電力中央研究所	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 3 PV 大量導入に対する欧米の配電事業者の取組み調査—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
5	飯岡大輔	東北大学	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 4 高圧配電システムモデルを用いた分析—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
6	新田雄司	東北大学	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 5 PV が集中導入された配電線に対する部分昇圧の効果—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
7	小出舞	東京大学	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 6 PV が分散導入された配電線に対する部分昇圧の効果—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
8	馬場旬平	東京大学	将来の配電システムの高度化に関する基礎検討—その 7 PV が大量導入された配電線に対する昇圧手法の検討—	H28 電気学会 全国大会	無	2016/03/18
9	飯岡大輔	東北大学	配電システムの制御高度化と部分昇圧に関する検討—その 1 電圧分布特性の分析—	H28 電気学会 電力・エネルギー 一部門大会	無	2016/09/07

10	坂東茂	電力中央研究所	配電システムの制御高度化と部分昇圧に関する検討ーその2 経済性の評価ー	H28 電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/09/07
11	長田 悠人	富士電機(株)	新型電圧調整器を活用した配電システム向け集中電圧制御	H28 電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/09/07
12	小田崎 亮太	富士電機(株)	配電システムにおける自律分散電圧制御システムの開発	H28 電気学会 電力・エネルギー部門大会	無	2016/09/08
13	今中政輝	東京大学	配電システムの制御高度化と部分昇圧による太陽光発電導入の基礎検討ーその1 導入可能量の分析ー	H28 電力技術/ 電力系統技術合同研究会	無	2016/09/20
14	Yuting Dou	横国大	Contingency Analysis of STATCOM for Voltage Regulation with Dead Band in Distribution Systems	H28電力技術/ 電力系統技術合同研究会	無	2016/9/20
15	大森 智貴	横国大	SVC の無効電力制御量推定に基づく電圧制御機器高効率運用方式	H28 電力技術/ 電力系統技術合同研究会	無	2016/9/20
16	高木雅昭	電力中央研究所	配電システムの制御高度化と部分昇圧による太陽光発電導入の基礎検討ーその2 費用対効果分析ー	H28 電力技術/ 電力系統技術合同研究会	無	2016/09/21

(b) 講演、その他

番号	所属	タイトル	展示会	開催年月日
1	北芝電機(株)	次世代TVR(CVC™)	第5回ふくしま復興 再生可能エネルギー産業フェア 2016	2016/10/19~20

