

# 次世代エネルギーネットワークの取り組み

東京電力ホールディングス（株）  
経営技術戦略研究所 技術開発部 需要家エリア  
深津 尚明



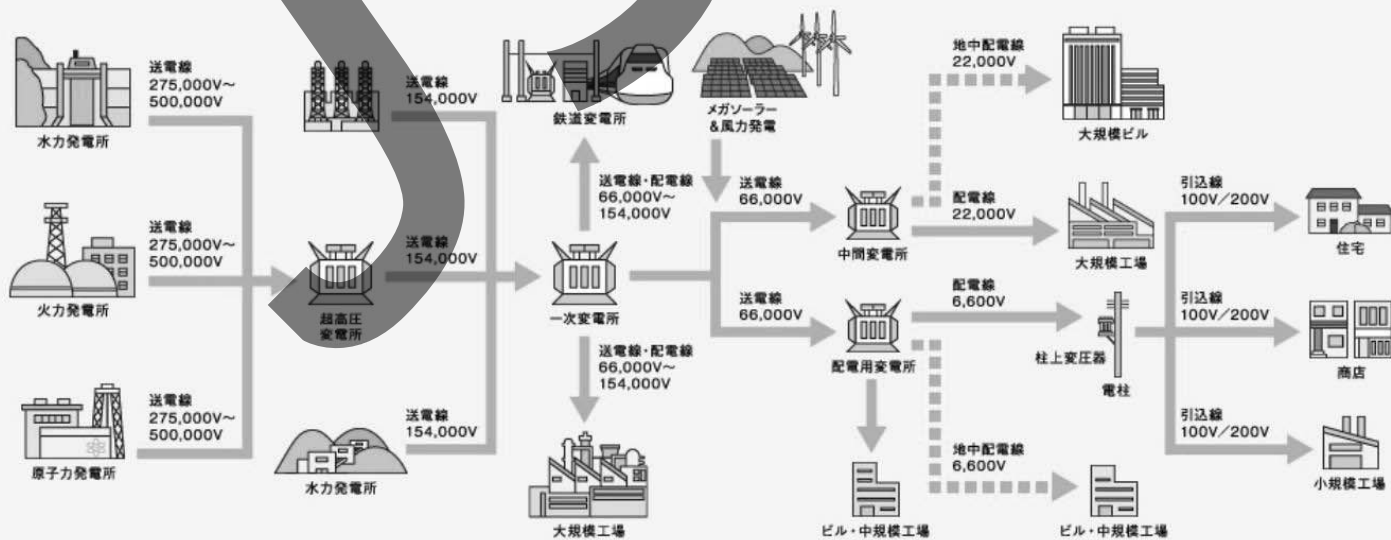
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## お客さまに電気が届くまで

創る（発電）

送る（送配電）

売る（小売）



発電設備

送電設備

配電設備

お客さま設備



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

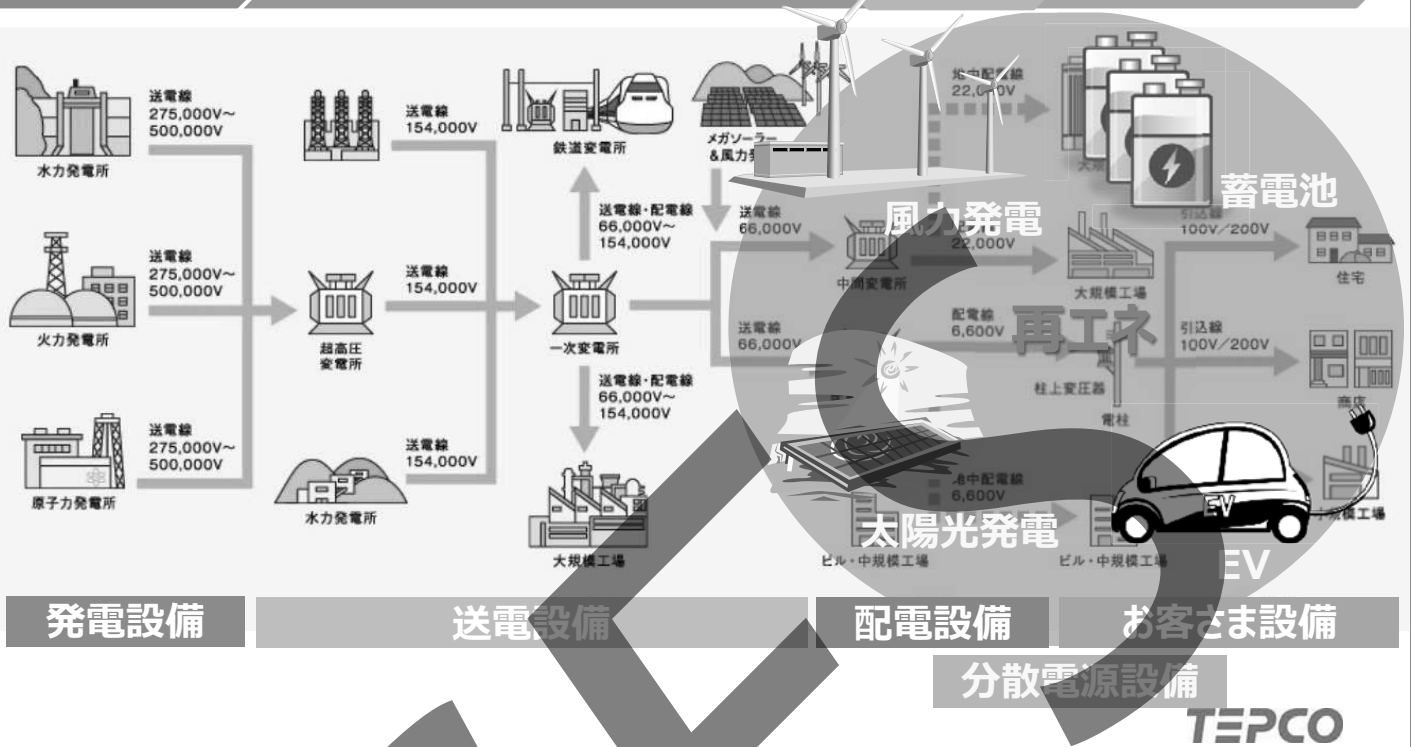
# お客さまに電気が届くまで

創る（発電）

送る（送配電）

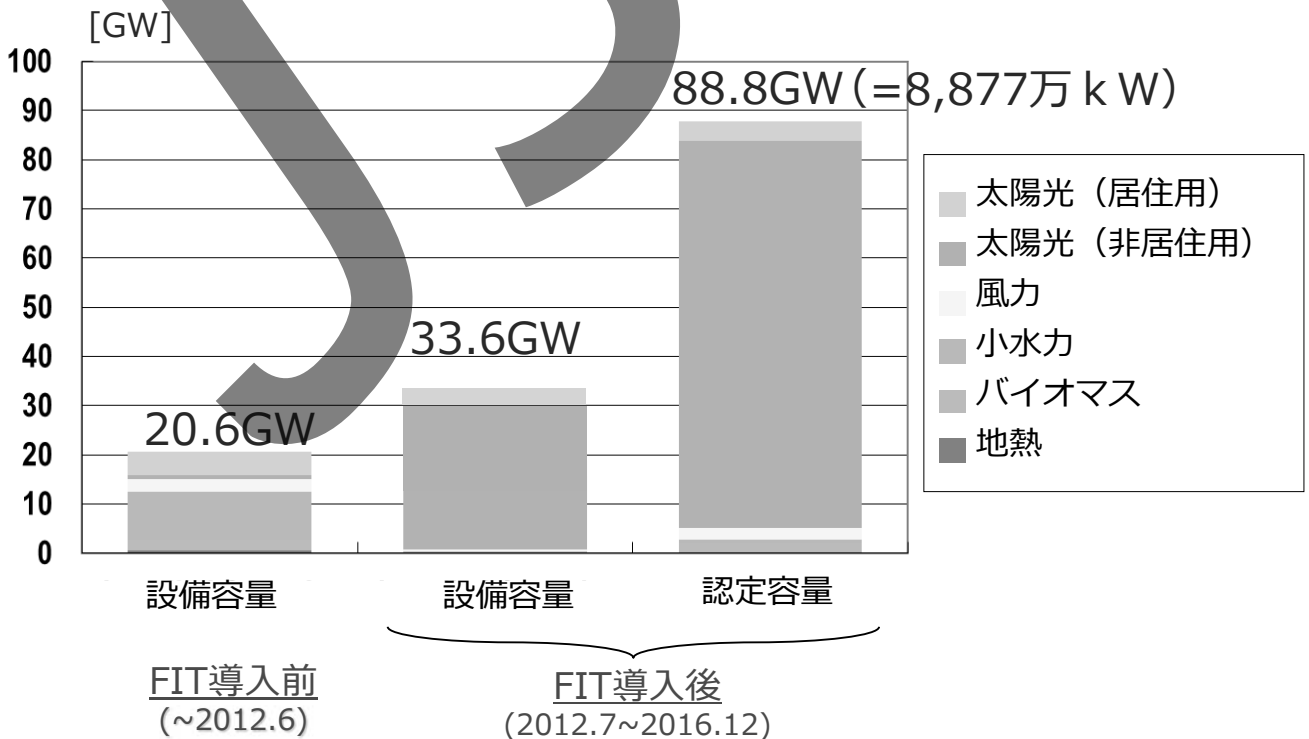
分散電源

売る（小売）



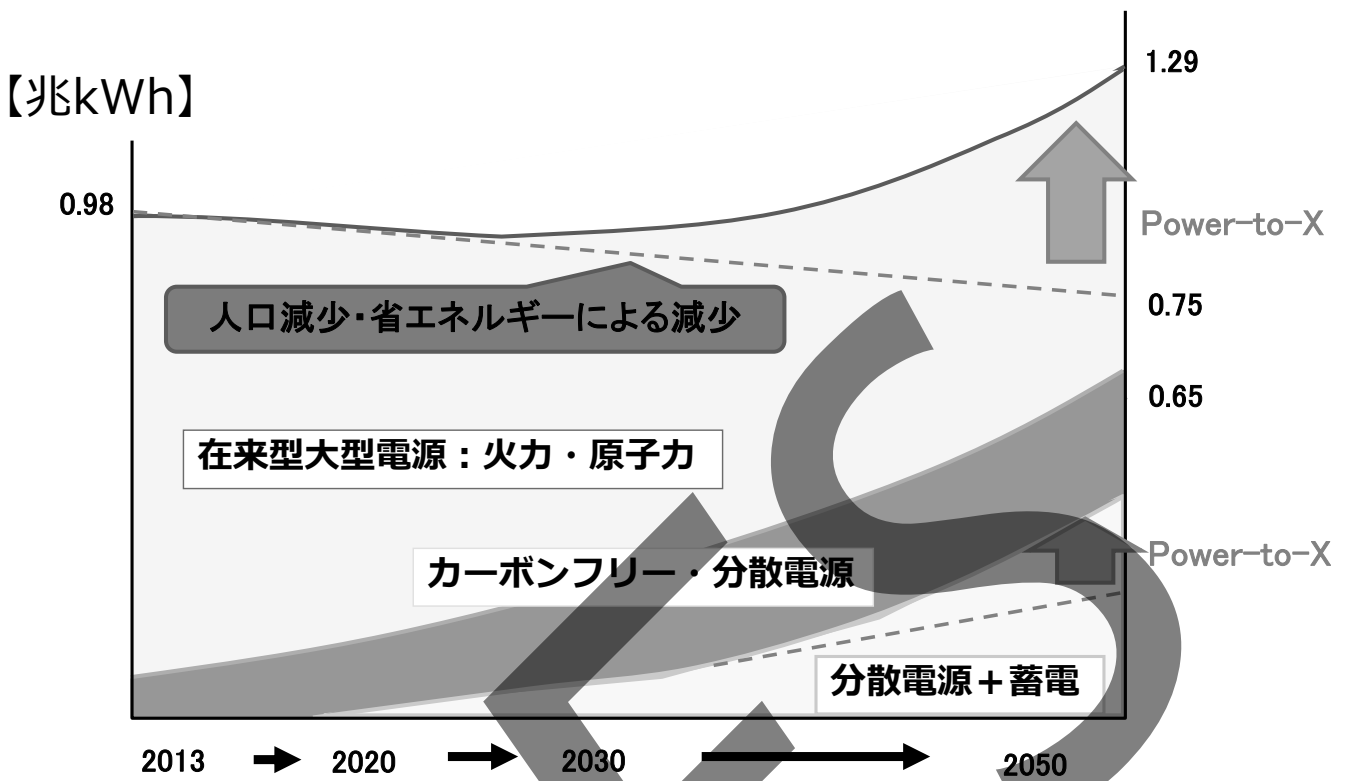
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# 日本における再生エネルギーの導入状況



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

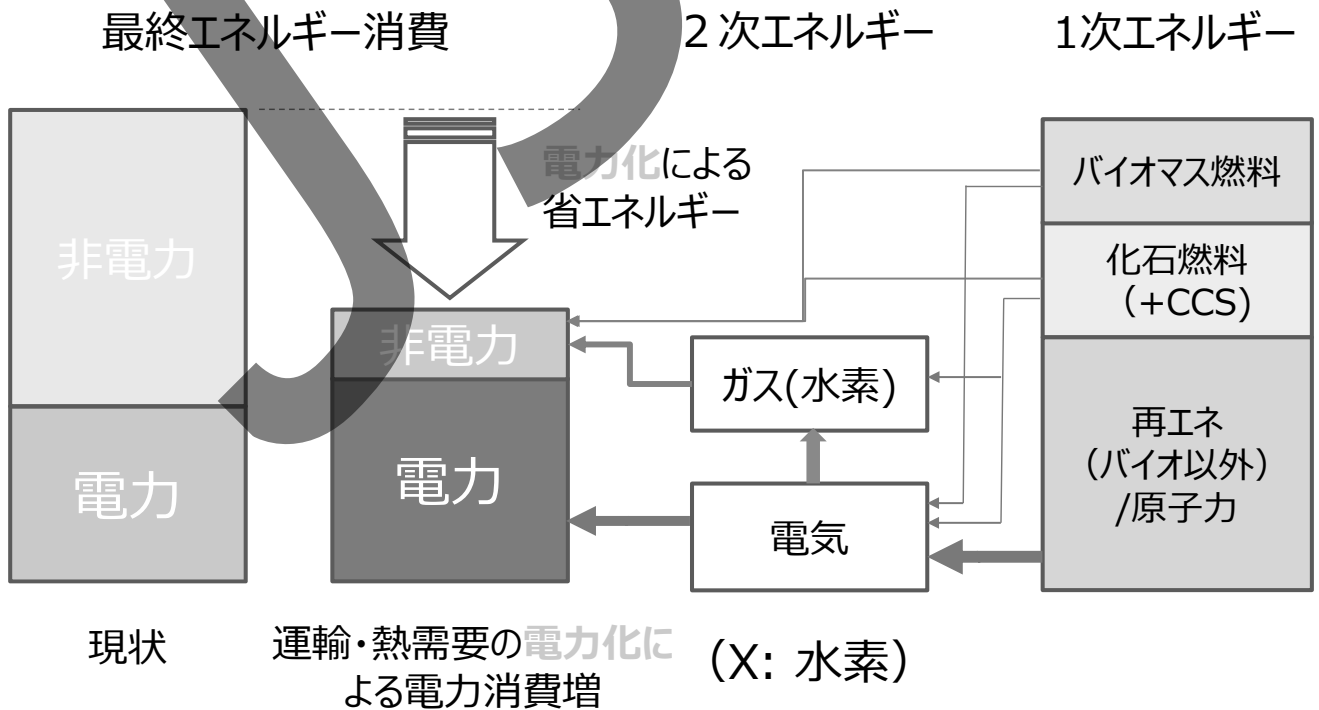
# 需給の見通し + Power-to-X



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

# “ Power to X ” (脱炭素化)



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

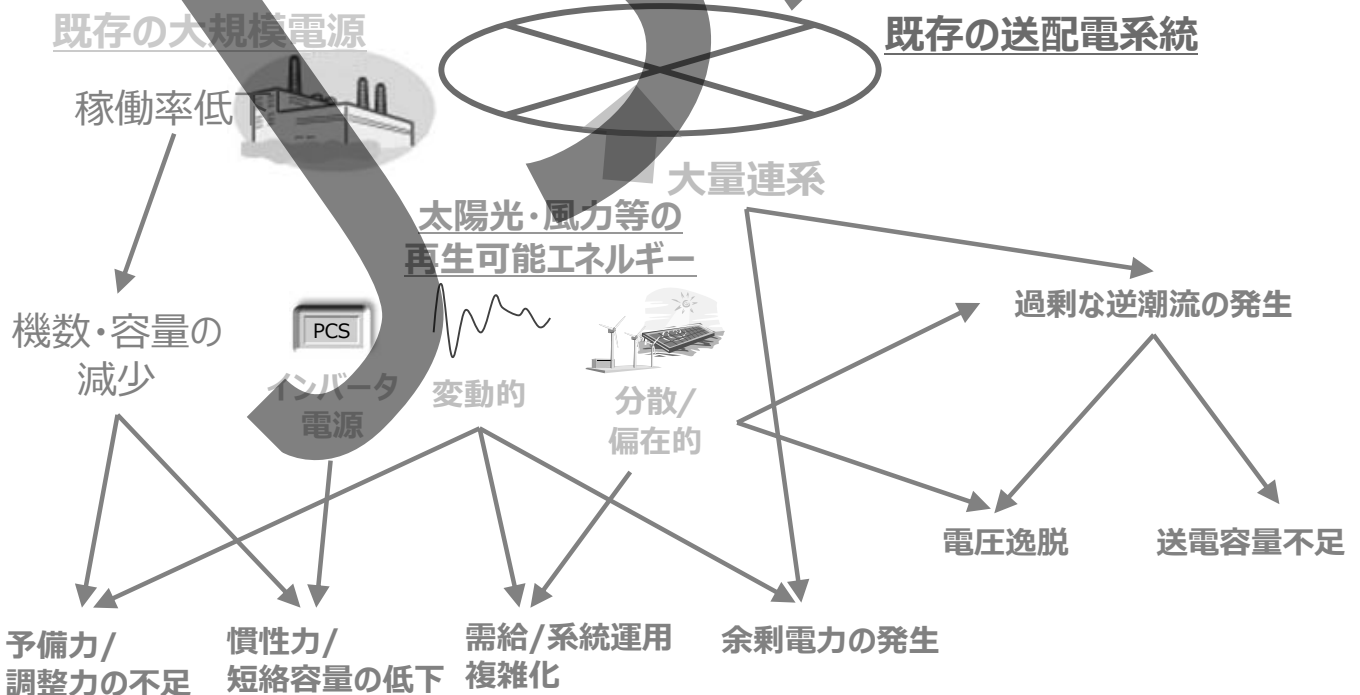
# NEDO実証 : P2G (Power to Gas) 実証

【山梨県・東レ・東京電力HD  
・東光高岳】



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# 再生可能エネルギーの大量連系に伴う課題

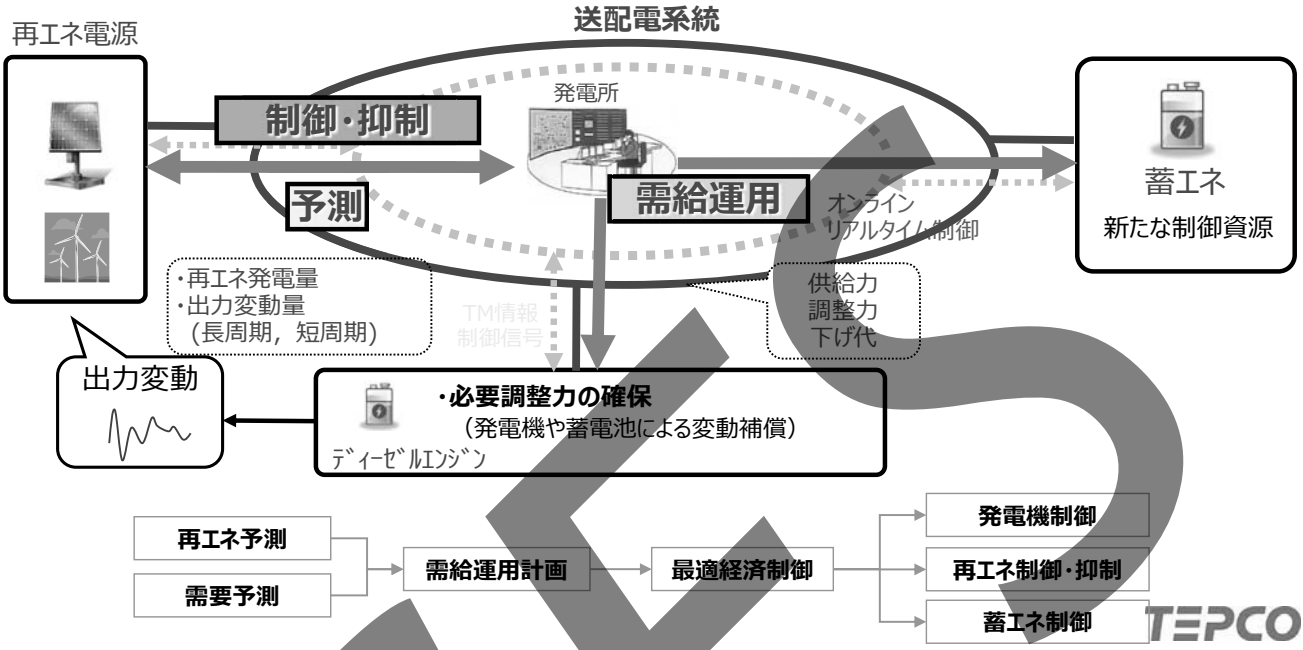


目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日



# NEDO 電力系統出力変動対応技術研究開発事業（新島）

離島（東京都新島村）の電力系統を実証フィールドとして、系統運用者による、風力発電および太陽光発電の出力予測、出力制御・抑制、既存電源および蓄電池等の蓄エネルギーとの協調運用制御等により再生可能エネルギーを最大限受け入れ可能なシステムを構築し、実証。



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

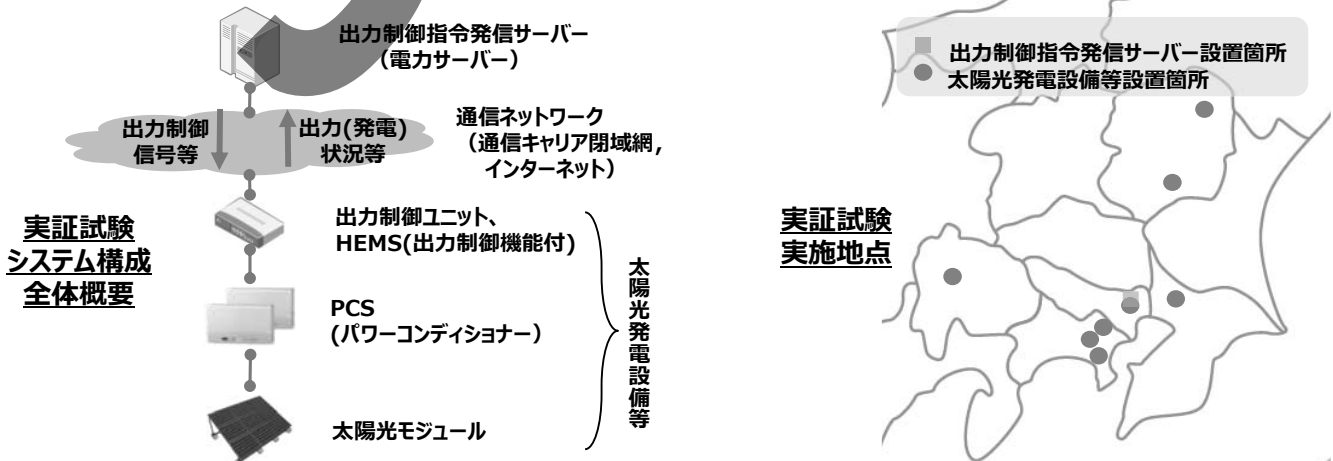
# 緊急実証：次世代双方向通信出力制御緊急実証事業（H27年度）

## <目的>

将来、再生エネが系統に大量に導入された状況において、需給運用の最適化と設備形成の合理化を実現するためには、太陽光等の分散型電源、蓄電池、ディマンドレスポンス(DR)を組み合わせた、きめ細やかな電源と需要のコントロールが必須であり、本実証では双方向通信による再生可能エネルギーの出力制御技術を確立する。

## <概要>

- 出力制御指令を発信するサーバーと、実系統に連系された太陽光発電所のPCSに、その出力を制御する出力制御ユニット取付、それらを双方向通信によるネットワークで結び、時刻設定型およびリアルタイムによる出力制御を実施し、また実際の出力状況についても収集し、制御精度等を評価する。
- 通信プロトコルとして、DR実証でも適用されているOpen ADR2.0bを準用し、PV出力制御用に一部改良
- 事業期間：平成27年6月5日～平成28年2月29日
- 関係法人：関西電力、北陸電力、早稲田大学、東京大学 他メーカー等多数



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# 緊急実証：開発・実証を行う遠隔出力制御システム

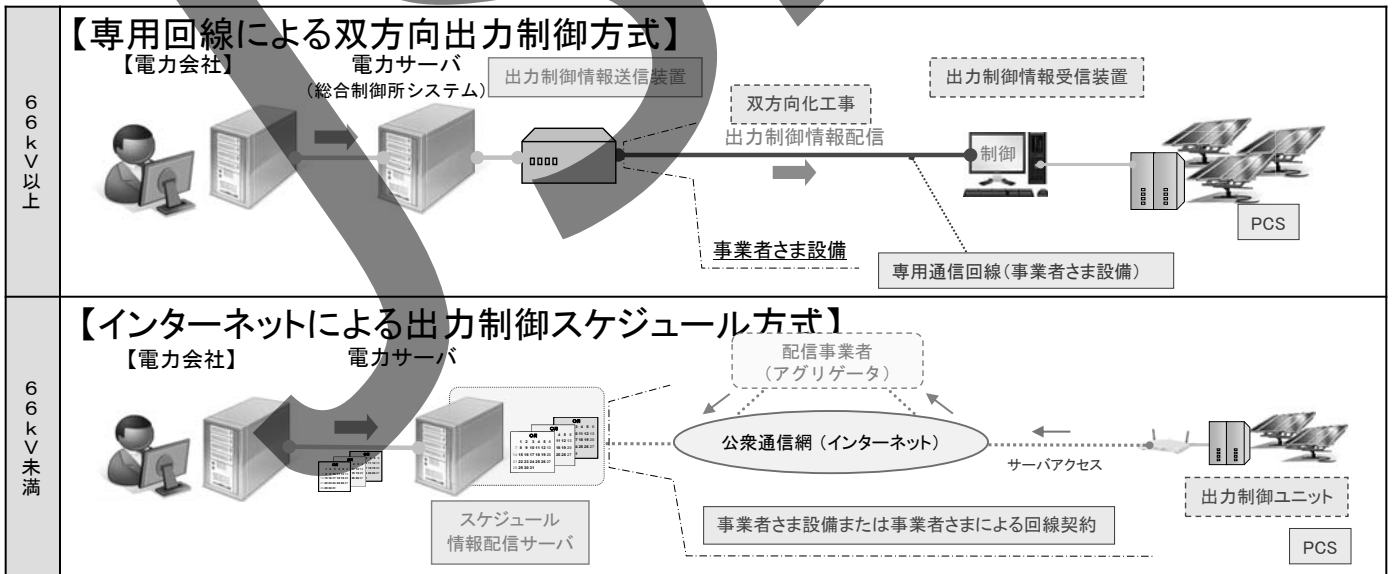
	構築するシステム	事業者	対象とするPV発電事業者	通信方式等
①	双方向通信（専用回線による双方向出力制御方式）による出力制御システム	九州電力	66kV以上の連系事業者	専用回線による双方向通信
②	単方向通信（インターネットによる出力制御方式）による出力制御システム		高圧・低圧での連系事業者	インターネットを通じたスケジュール配信（単方向通信）
③	中長期的観点を踏まえた双方向通信適用出力制御システム	東京電力 関西電力 北陸電力	大規模事業者 中小規模事業者 住宅用	公衆回線網を利用したVPN、インターネット接続による双方向通信、信号はOpenADR2.0b準拠

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

12

# 緊急実証：再エネ出力制御システムの全体構成



**（主な実証項目）**

- ・ 遠隔出力制御システムの開発及び動作検証
- ・ 出力制御情報の送受信装置の開発及び動作検証
- ・ 出力制御情報の通信セキュリティの信頼性検証
- ・ 配信事業者(アグリゲータ)※に関するシステム開発、検証 他

**【凡例】**

- …実証事業で設置
- …事業者負担で設置
- …実証事業で設置 (実証事業協力事業者側の設備)

※ 配信事業者(アグリゲータ)：電力会社から出力制御スケジュールを取得し、発電事業者のPCSの出力制御スケジュール書換を代行する事業者

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

13

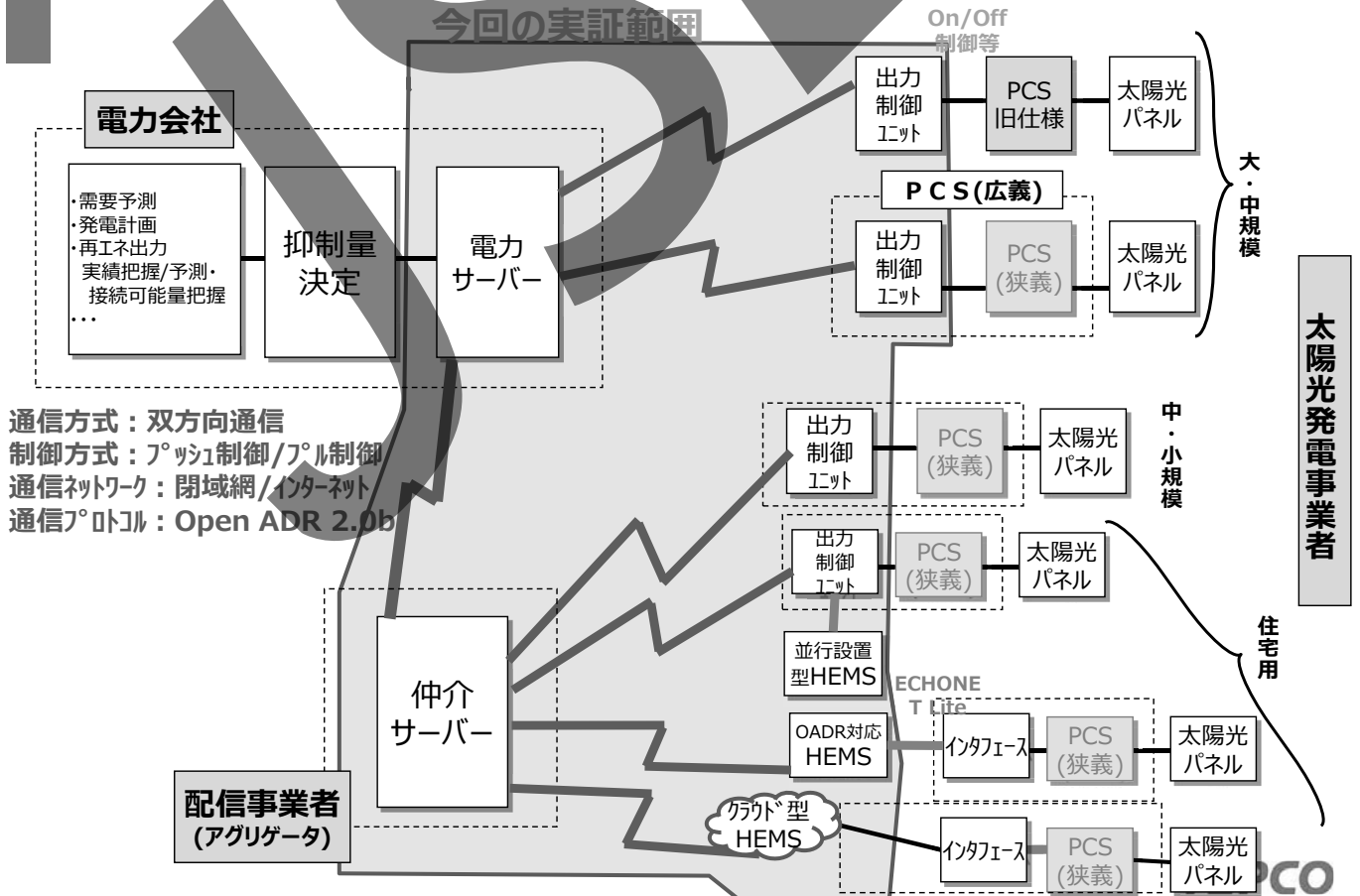
# 緊急実証：開発・実証を行う遠隔出力制御システム

	構築するシステム	事業者	対象とする PV発電事業者	通信方式等
①	双方向通信（専用回線による双方向出力制御方式）による出力制御システム	九州電力	66kV以上の連系事業者	専用回線による双方向通信
②	単方向通信（インターネットによる出力制御方式）による出力制御システム		高圧・低圧での連系事業者	インターネットを通じたスケジュール配信（単方向通信）
③	中長期的観点を踏まえた双方向通信適用出力制御システム	東京電力 関西電力 北陸電力	大規模事業者	公衆回線網を利用したVPN、インターネット接続による双方向通信、信号はOpenADR2.0b準拠
			中小規模事業者	
			住宅用	

TEPCO

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

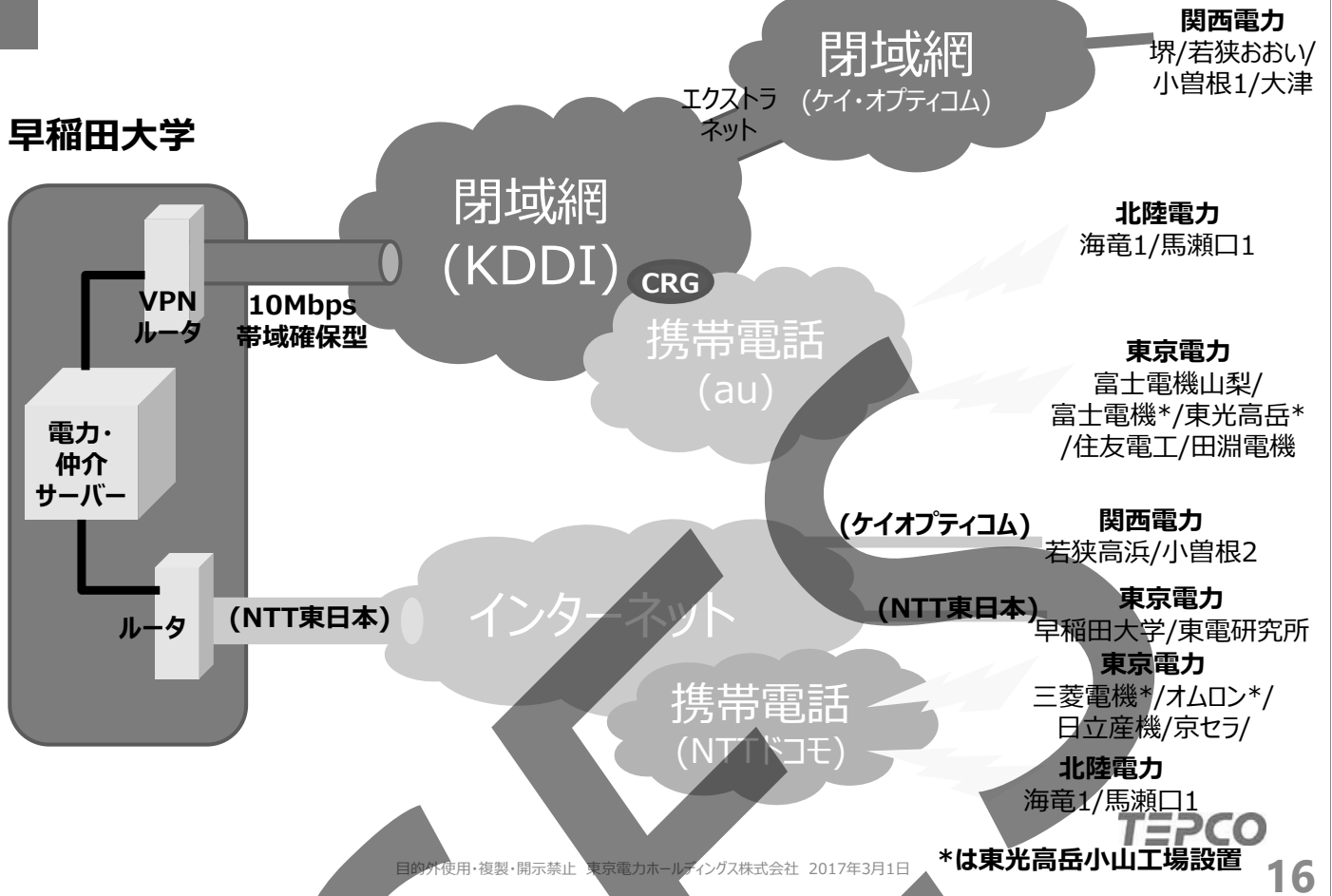
# 緊急実証：開発・実証を行う遠隔出力制御システム



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日



# 緊急実証：通信ネットワーク構成全体図

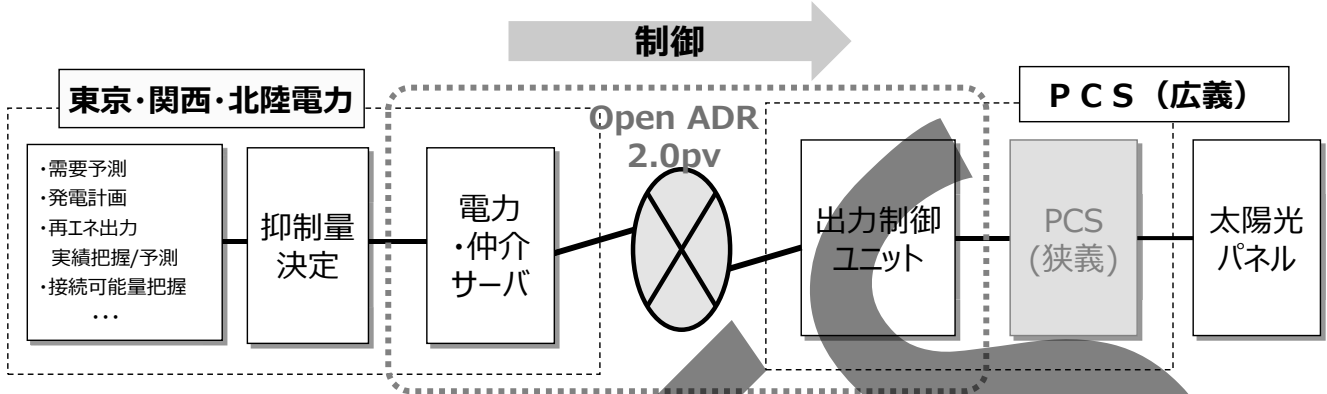


# 緊急実証：実証箇所



# 緊急実証：出力制御システムの主な仕様

- 出力制御値の設定** : 出力上限として0~100%を1%単位で設定可能
- 通常制御** : 前日or当日の制御開始時刻30分前まで設定可。指定時刻から制御開始。
- 即時制御** : 配信直後から制御開始。通常制御より優先度高く実施。
- 制御周期(※即時制御)** : Push制御は即時配信, Pull制御はPolling周期(最小1分)設定による



- 監視情報** : 出力値(1分平均電力,1~60分間隔\*), PCS動作状態(30分間隔)  
\*:今回は大規模5分間隔, 中小/住宅60分間隔
- 時刻設定** : 電力サーバが接続するNTPサーバの時刻に同期(※誤差は最大でも1s以内と想定)

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日



# 緊急実証：発電量の把握（日単位）-東電エリアのあるサイト-



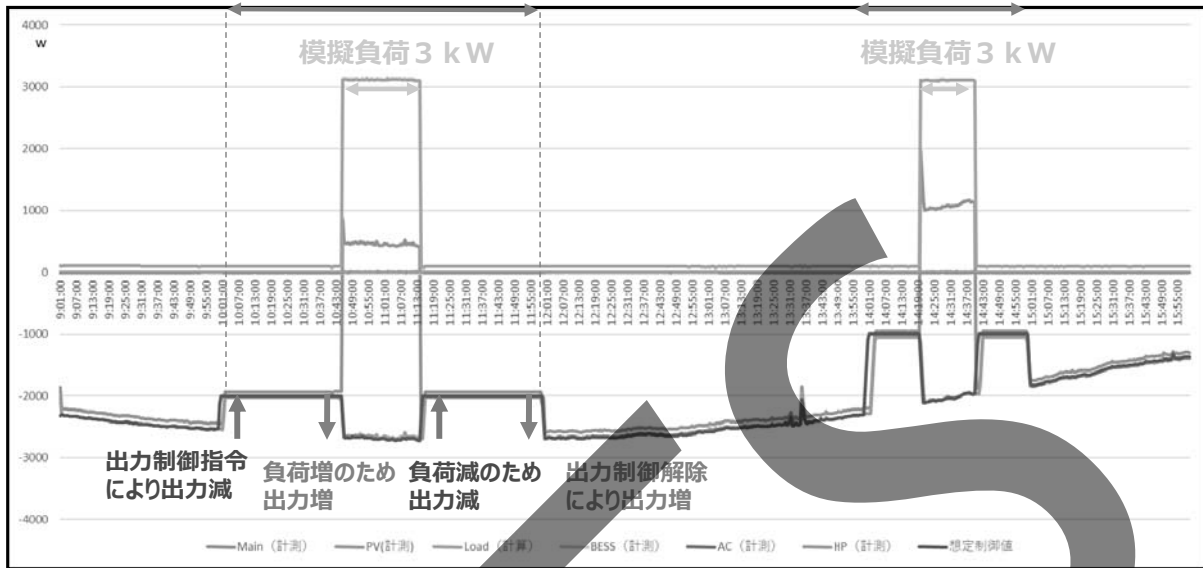
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日



# 緊急実証：実施結果（出力制御回避）

出力制御区間 10:00~12:00  
出力制御 50%

出力制御区間 14:00~15:00  
出力制御 25%



自家消費を増加させることで、出力抑制を回避

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

20

## 検証結果(その1)

システム構築の視点	対応の方向性	確認結果
コスト面、技術面等も踏まえ、確実に出力制御可能であること	出力規模別の対応による実効性と効率性の両立	規模別に多様なパターンで制御を実施したが特に問題なし。
	出力制御の精度確保のための出力制御応答状況の把握	全箇所、全シナリオでイベント実施率は100%。また、ユニット側での受信結果をシステムで把握でき、また実際の出力結果も把握できるため、より高精度な出力制御実施結果予測が可能。
	出力制御対象の設置状況等を鑑みた通信方法の確保	閉域網/インターネットや、有線/携帯電話回線を通信ネットワークとして利用したが、問題無し。状況に応じた通信手段の選択が可能。
出力制御は系統安定化のために必要最小限なものとする	リアルタイムもしくはそれに準ずるきめ細やかな制御	即時制御により、Pushであればほぼリアルタイム、Pullであれば1-2分程度の遅れでの制御が可能。
	出力制御量ならびに出力変化率の可変性	1%単位での制御量設定が可能。出力変化率については各メーカー固定で対応したが、多くのメーカーで設定変更による変化率は対応可。
	出力制御精度向上のための実績データの取得	1分~60分間隔で1分単位での出力平均値情報を取得。通常時の出力実績を把握でき、予測精度向上に貢献可能。
	公平性担保した実績管理・制御対象決定フローの確保	1分単位での出力状況把握で、kWhベースでの出力量がシステムにて評価可能。抑制実施後の公平性評価も可能。

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## 検証結果(その2)

システム構築の視点	対応の方向性	確認結果
将来の情勢変化等に対して、柔軟に対応できること	制御対象発電所の容量・件数の将来的な拡大への対応	多様なパターンで実証を実施，それぞれの結果に大きな差異なし。データ通信量は制御周期に左右。
	配信事業者（アグリゲータ）などによる付加価値サービス提供への対応	仲介サーバを介しての即時制御では1-2分程度の遅れが見られたものの大きな問題なし。
	HEMSなどのエネルギー利用の最適マネジメントとの関係	HEMSとの連携による抑制時のPV出力の負荷追従制御は確認。
	国内外標準規格動向を見据えたシステムの拡張性の確保 等	Open ADR2.0bを一部改変し，Open ADR2.0pv仕様を作成。
電力安定供給のため，必要なセキュリティを確保すること	不正アクセス，サイバー攻撃などの脅威への対策 制御データ改ざん，時刻改ざんなどの不正への対策 等	大きな問題なし。
全ての電力会社に適用可能な共通の仕様とすること。	国内外標準規格動向を踏まえた当該仕様の標準化	デマンドレスポンスで適用されているOpenADR仕様をPV出力制御においても問題なく適用。
	電力会社の既存の運用・システムに配慮した設計	本システムは実証用のシステムであり，電力会社の既存システムとの関係はなし。

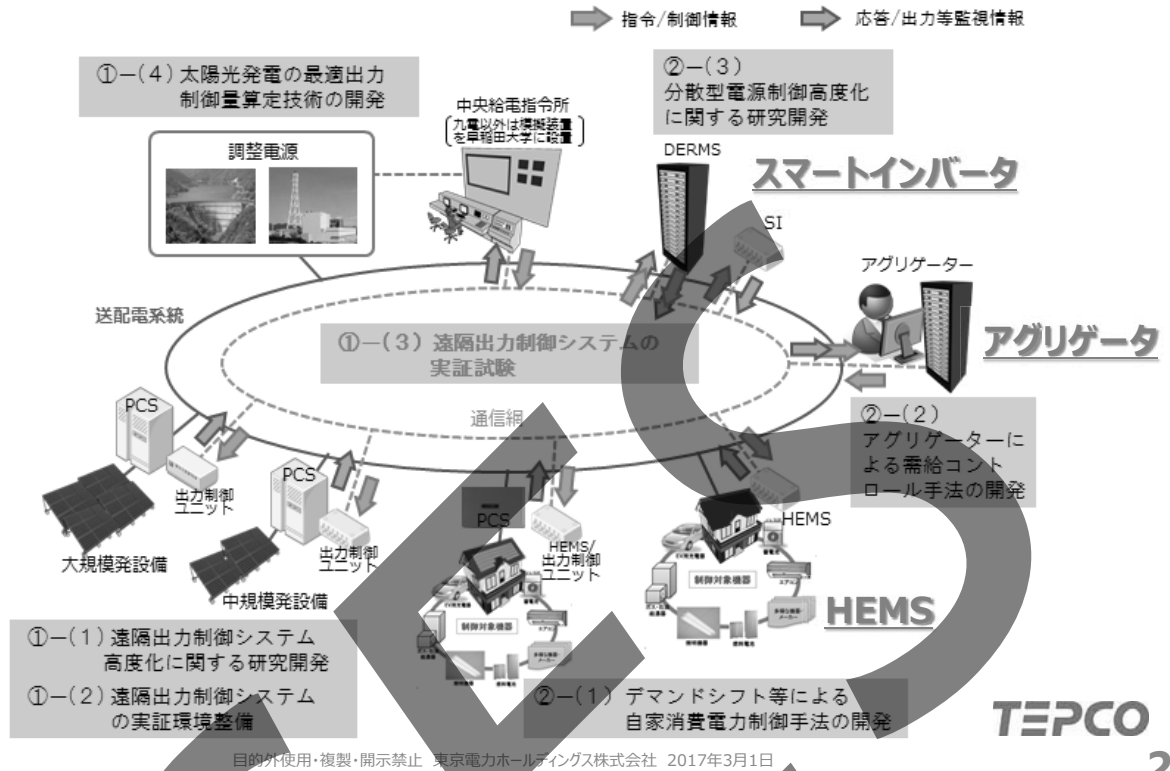
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## 緊急実証：主な確認結果と課題

- PVの規模別に多様なパターンを想定し，双方向通信による出力監視 & 制御を実施し，特に問題なし。
  - 今回は24箇所のみなので，多台数制御時の通信負荷等の確認が必要。
- 即時制御で，Push(サーバ→発電所) 制御であればほぼリアルタイム(1s以内)。Pull(発電所側からサーバに指令有無を確認)であればPolling周期次第。(※今回は最大2分程度の時間遅れ)
  - 通信データ量が課題。Polling周期の可変化と，Open ADRの軽量化・最適化が必要。

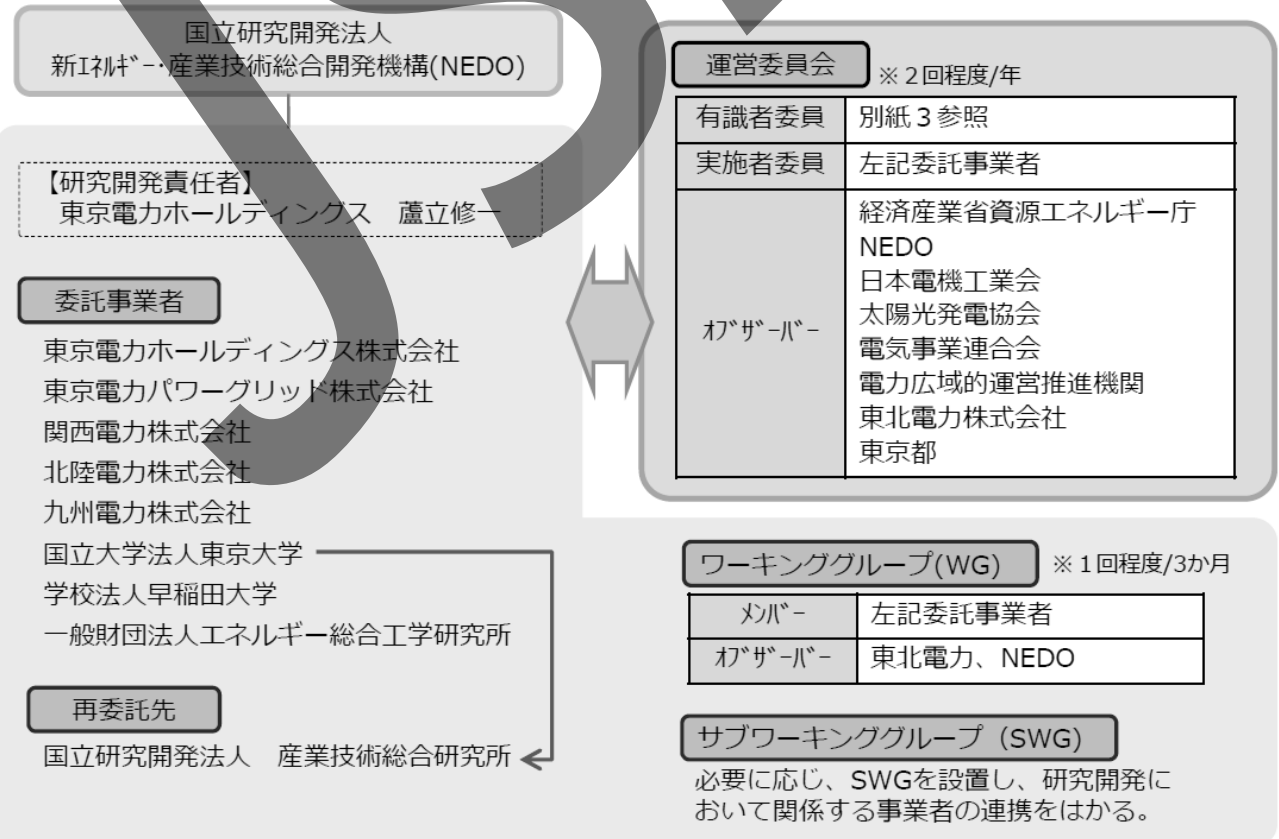
# NEDO-pv実証：「電力系統出力変動対応技術研究開発事業／Ⅲ再生可能エネルギー連系拡大対策高度化」の概要

2015年度に実施した緊急実証（補助事業者:IAE)に引き続き，出力制御のマネジメントシステムの構築他を目的とする実証として2016年6月からスタート。2018年度まで。



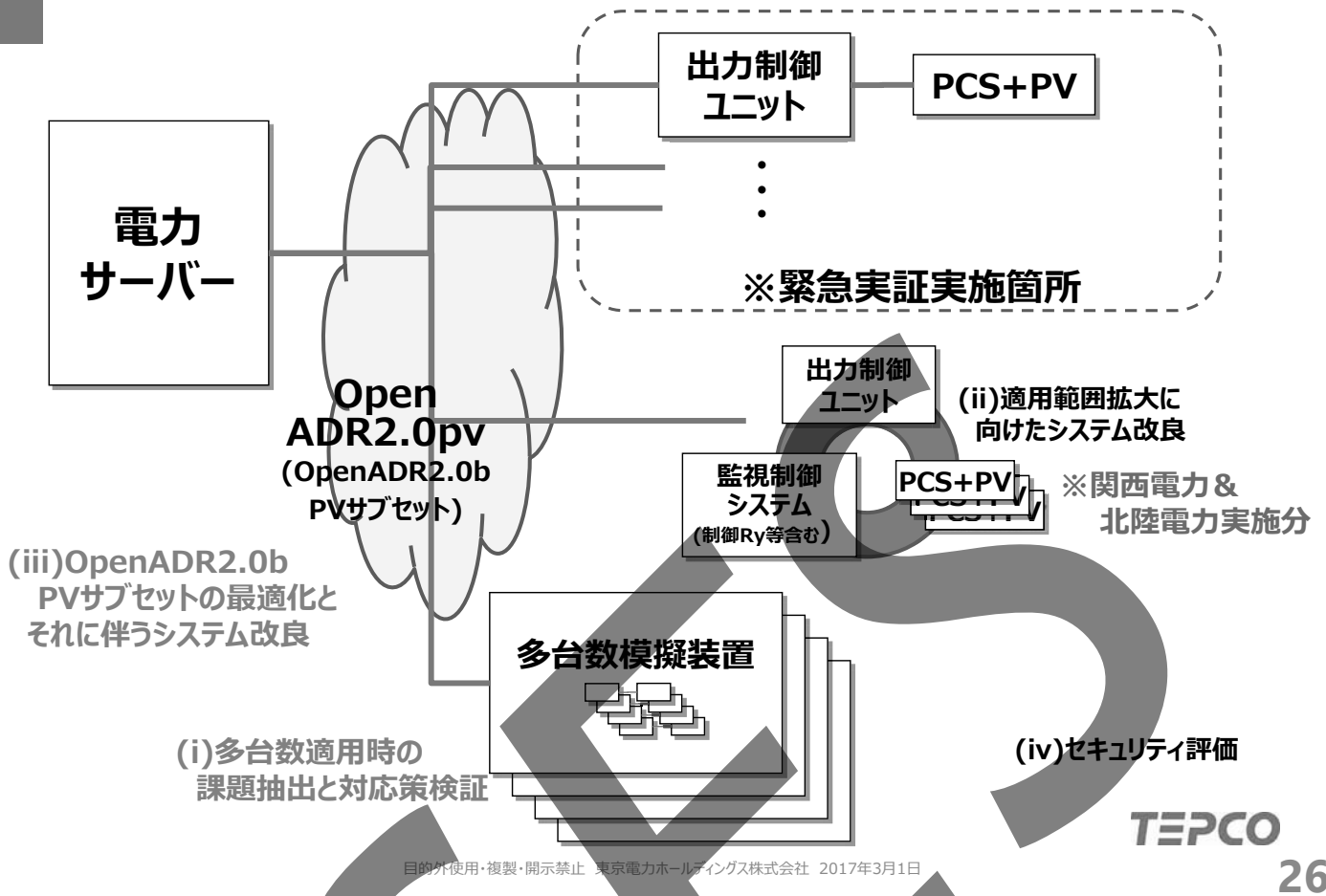
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## NEDO-pv実証：実施体制



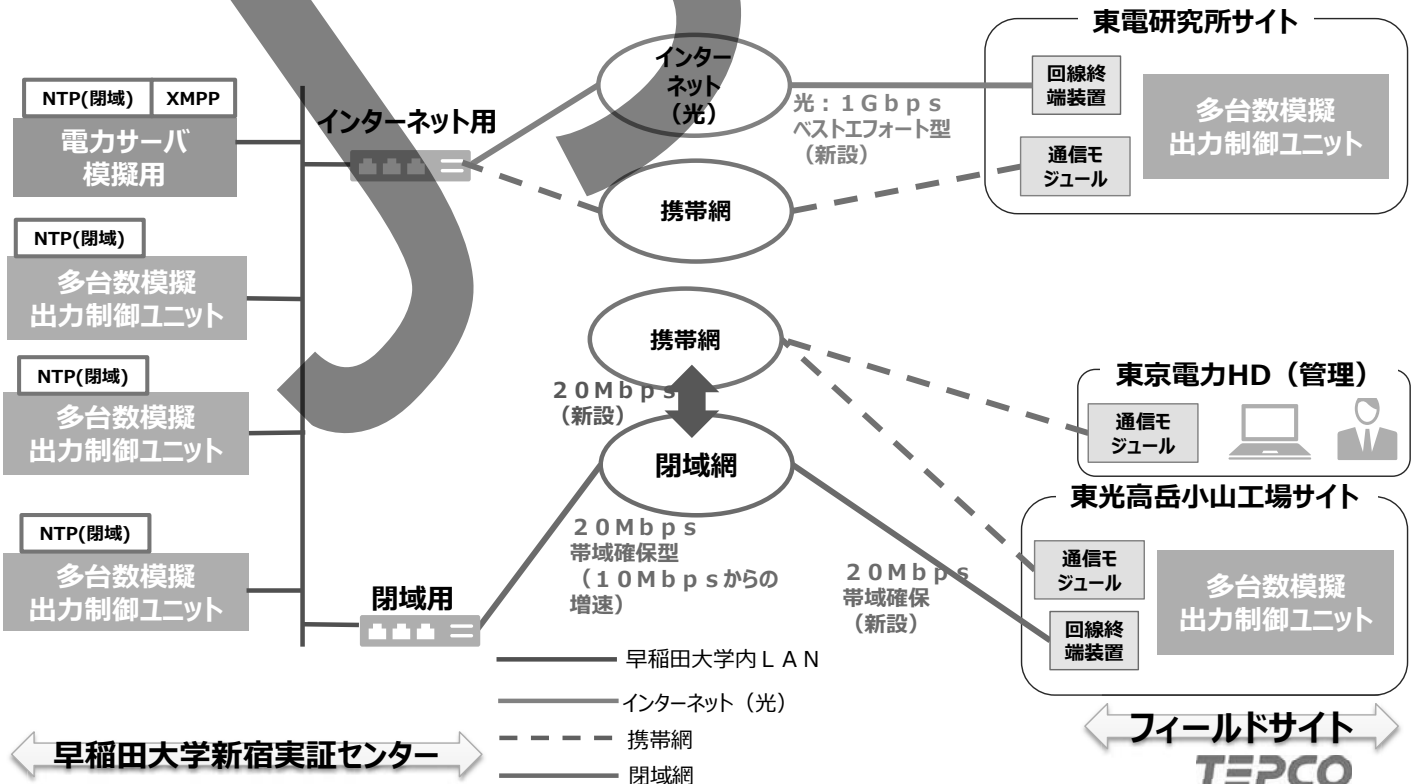
目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# NEDO-pv実証：① (1) 東電実施分のイメージ



# NEDO-pv実証：(i) 多台数適用時の課題抽出と対応策の検証

1台の模擬ユニットで1000台の出力制御ユニットを模擬。計5000台による模擬を実施。



# NEDO-pv実証 : (iii) OpenADR2.0b PVサブセットの最適化とそれに伴うシステム改良

- ねらい
  - 昨年度の実証結果を踏まえてOpenADR2.0b PVサブセットの改良を行い、通信量最適化、適用範囲の拡大やきめ細やかな制御を実現する。
- 目標・成果イメージ



- データ量最適化
  - ✓ セキュリティレベルに応じた証明書機能実装選択。
  - ✓ 送受信情報に応じたスキーマ考慮。
- ポーリング周期の可変性
  - ✓ 出力制御実施可能性に応じた周期変更。
- 応答情報の追加
  - ✓ 無効電力、電圧、日射量等（※必要に応じて選択）
- その他
  - ✓ 出力変化率の可変性（即時含む）
  - ✓ データ混雑対策実装

※ERAB検討会 Open ADR WGでの議論も踏まえて改良内容を検討する。

TEPCO

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# NEDO-pv実証 : (3)の全体スケジュール

- a.スマートインバータと分散型電源マネジメントシステム(DERMS)の仕様検討
  - (i) 本実証で開発するスマートインバータ, DERMSの仕様検討
- b.スマートインバータの試験環境構築
  - (i) スマートインバータの開発
  - (ii) DERMSの開発
  - (iii) 試験環境の構築
- c.スマートインバータの実証試験

実施項目	H28	H29	H30
スマートインバータ	スマートインバータの仕様検討	スマートインバータの開発	
DERMS	DERMSの仕様検討	DERMSの開発	スマートインバータ, DERMSの統合による実証試験
試験環境	テストベッドの仕様検討	テストベッドの構築	

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

# NEDO-pv実証：③の研究開発の目的

## 目的

！ただし、これまでも実施

### 分散型電源自体への系統安定化機能の実装

遠隔双方向通信  
出力制御

複雑化する  
系統状況の  
見える化

変化する系統状況  
に合わせた  
安定化機能の発揮

Energy Resource  
Aggregation  
Business  
の展開への対応

スマートインバータ (Smart Inverter, Advanced Inverter) と  
DERMS (Distributed Energy Resources Management System) の開発

- ✓ 遠隔からの監視・制御・設定変更
- ✓ 将来的な系統制御システムとの連携考慮
- ✓ 将来的な標準化に向けた課題抽出

TEPCO

30

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## 海外調査：カリフォルニア州におけるスマートインバータの検討状況

- カリフォルニア州では、CPUCのSmart Inverter Working Group (SIWG) において、スマートインバータの機能をPhase1～Phase3の3フェーズで検討している。検討結果はRecommendationとして公開している。
- Phase1では、2014年に系統課題の解決に資する7つの自律機能を定めたRecommendationを公開。これに基づき、自律機能の具備と試験方法を定めるUL1741SAが2016年9月に発行され、1年後の2017年9月よりCA州でのマンドートとなる予定。
- Phase2では、2015年にRecommendationを公開し、IEEE2030.5を標準通信プロトコルに規定しており、実装に向けたガイド (Implementation Guide) であるCommon Smart Inverter Profile (CSIP) を策定・公開。
- Phase3では、2016年に8つの先進機能を定めたRecommendationを公開。実装に向けて、IEEE1547との連携を検討。

SIWGでの検討 (2013～2016.3)

実装に向けた検討 (～ 2016.12)

今後の検討

Phase1 自律機能  
(Autonomous  
Function)

**Recommendation  
(2014.1)**

・7つの自律機能の具備を提案

**UL1741SA (2016.9)**

7つの自律機能の具備と試験方法を規定

**2017.9～**

UL1741SAへの準拠を義務付け(CA州)

Phase2通信機能  
(Communication)

**Recommendation  
(2015.2)**

・対象とする電力会社とDERの3つの通信パスを規定  
・IEEE2030.5 (SEP2.0) を標準通信プロトコルに規定

**CPUC Decision  
16-06-052  
(2016.6)**

・CPUCによる命令  
・Phase2・Phase3機能のRule21への実装に向けた検討を電力会社に要求

**2016.8**

IEEE2030.5用の実装ガイド(CSIP)を公開

**2017.1Q**

Rule21へ通信機能の規定を追加予定

Phase3先進機能  
(Advanced  
Function)

**Recommendation  
(2016.3)**

・8つの先進機能の具備を提案

**2016.11**

IEEE1547とのGap分析を実施

**2017～**

IEEE1547との連携を引き続き検討

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

31



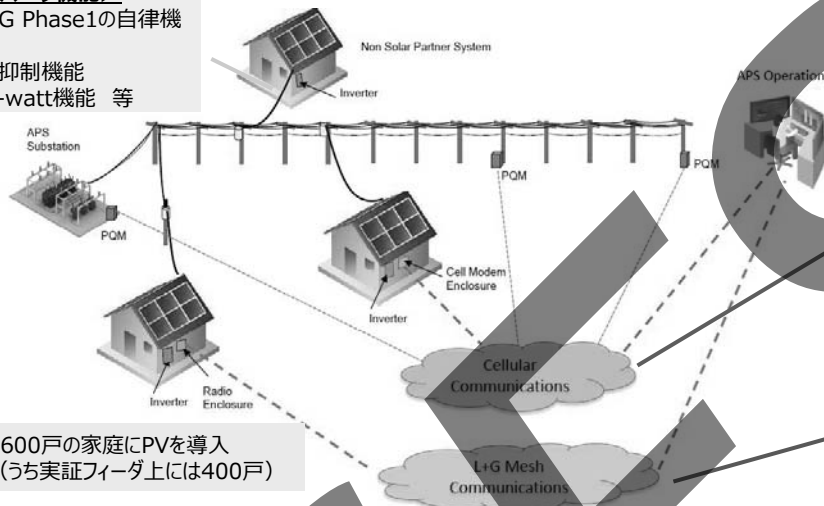
# 海外調査：APS（アリゾナ州）におけるスマートインバータ実証

- アリゾナ州の電力会社Arizona Public Service（APS）では、EPRIと共同で2014年よりスマートインバータ導入実証を実施。APS独自の認証を取得したスマートインバータを1600戸の家庭に導入し、系統電力への影響を検討している。
- 導入インバータはカリフォルニア州SIWGのPhase1の自律機能に加え、出力抑制機能、Volt/watt機能等を搭載。
- スマートインバータとの通信には、携帯電話回線とAMI回線の2種類の通信パスを使用。将来的なスマートインバータ用の通信ネットワークの拡大に向けては、既存ネットワークインフラを活用可能なAMI回線の利用を志向。

APSにおけるスマートインバータ導入実証（Solar Partner Program）の概要

## <インバータ機能>

- ・SIWG Phase1の自律機能
- ・出力抑制機能
- ・Volt-watt機能 等



1600戸の家庭にPVを導入  
(うち実証フィーダ上には400戸)

出所) APS提供資料より作成

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

## 通信機能の概要

通信回線：携帯電話回線  
対象：実証フィーダ上の400戸  
通信プロトコル：Modbus  
データ収集間隔：5分  
用途：実証でのデータ収集用（高コストだが、データ通信の信頼性が高い）

通信回線：AMI  
対象：一般フィーダ上の1200戸  
通信プロトコル：DNP3  
データ収集間隔：30分  
用途：将来の普及用（低コストだが、データ通信における技術的課題あり）

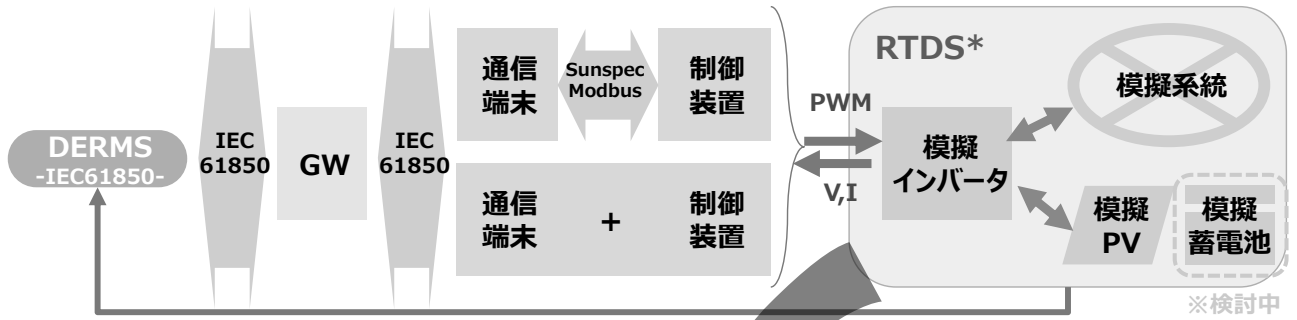
# 海外調査：CA Rule21で定める推奨機能

Phase 1 自律機能	Phase 2 通信機能	Phase 3 先進機能
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 単独運転防止（Anti-islanding）</li> <li>2. 電圧ライドスルー（Voltage ride-through）</li> <li>3. 周波数ライドスルー（frequency ride-through）</li> <li>4. Volt-var制御</li> <li>5. Ramp Rates</li> <li>6. 力率一定制御</li> <li>7. Soft-Start</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3つの通信経路： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電力会社と各分散型電源間の通信</li> <li>2. 電力会社と各設備（工場やマイクログリッド）のDERMS間の通信</li> <li>3. 電力会社と小売電気事業者・アグリゲータ間の通信</li> </ol> </li> </ul> <p>※デフォルトのプロトコル： IEEE 2030.5</p> <p>IEEE1547に対してはIOUによりCommon Smart Inverter Profile（CSIP）が策定</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 分散型電源モニタリング</li> <li>2. 分散型電源の解列／再連系</li> <li>3. 最大有効電力制御</li> <li>4. 有効電力制御</li> <li>5. Frequency-Watt制御</li> <li>6. Volt-Watt制御</li> <li>7. 動的無効電流制御</li> <li>8. スケジューリング制御</li> </ol> <p>Phase2の通信機能を用いてリアルタイム制御もしくは設定値の変更を行う機能</p>

# NEDO-pv実証：SI & DERMSの開発と試験環境構築イメージ（案）

## 【デジタルシミュレータによるスマートインバータの検証】

RTDS\*  
カナダRTDSテクノロジー社製のReal Time Digital Simulator. 当社が別に受託しているNEDO 洋上風力直流送電実証にて購入し、試験に使用中。



## 【アナログシミュレータによるスマートインバータ/DERMSの検証】



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

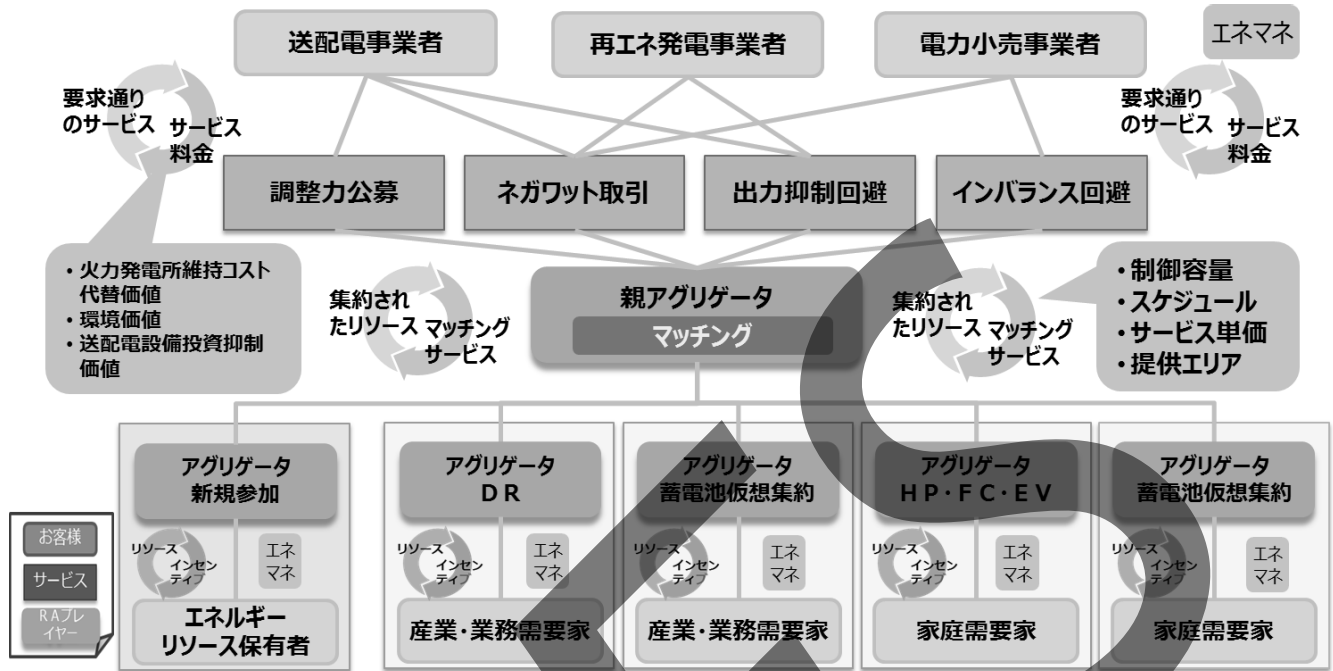
# リソースアグリゲーションへの期待

- 需要家側エネルギーリソースが市場参加する結果、高コストの電源を代替し、電力コストを下げ
- アグリゲータが需要家と系統運用者の間に立ち、コントロール下の需要を制御することで系統安定化と再エネ最大限活用に寄与。送配電設備への投資抑制も期待。
- 需要家側エネルギー機器を効果的に制御することで投資対効果を向上

## リソースアグリゲータの役割（例）



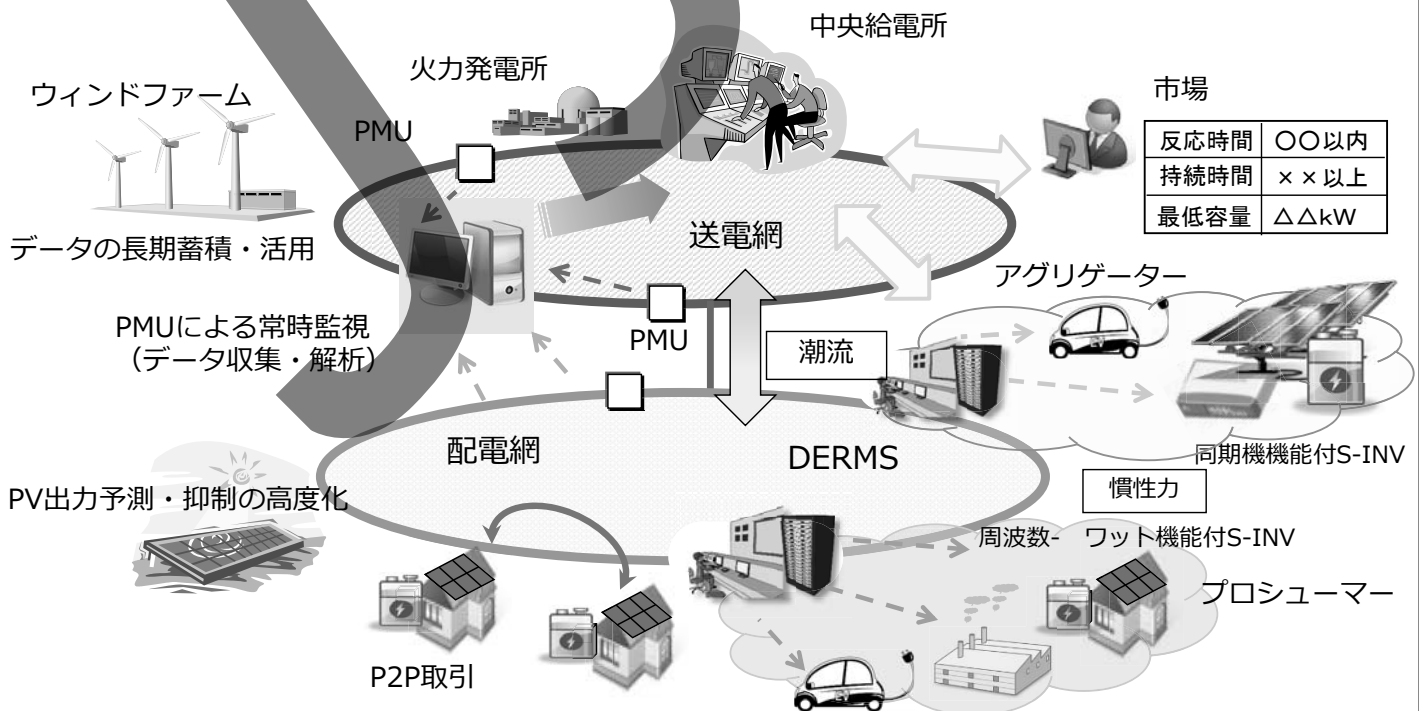
# リソースアグリゲーションへの期待



目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日

TEPCO

# 再エネ比率増加に対応可能なフレキシブルな電力システムの構築



S-INV : スマートインバータ

TEPCO

目的外使用・複製・開示禁止 東京電力ホールディングス株式会社 2017年3月1日