

【講演資料】

京都大学再生可能エネルギー経済学講座

「欧州の電力システム改革と再生可能エネルギー」



# VPPの国内外での現状と 関西電力の取組みについて

平成29年2月8日  
関西電力株式会社  
地域エネルギー本部  
石田 文章



## **1. VPPの必要性**

- (1) 再生可能エネルギーの普及拡大
- (2) 電力システムにおける課題

## **2. VPPの国内外の現状**

- (1) 海外事例
- (2) 国内事例

## **3. VPPに対する政策動向**

- (1) 今後の電力システム改革
- (2) DR、VPPの推進

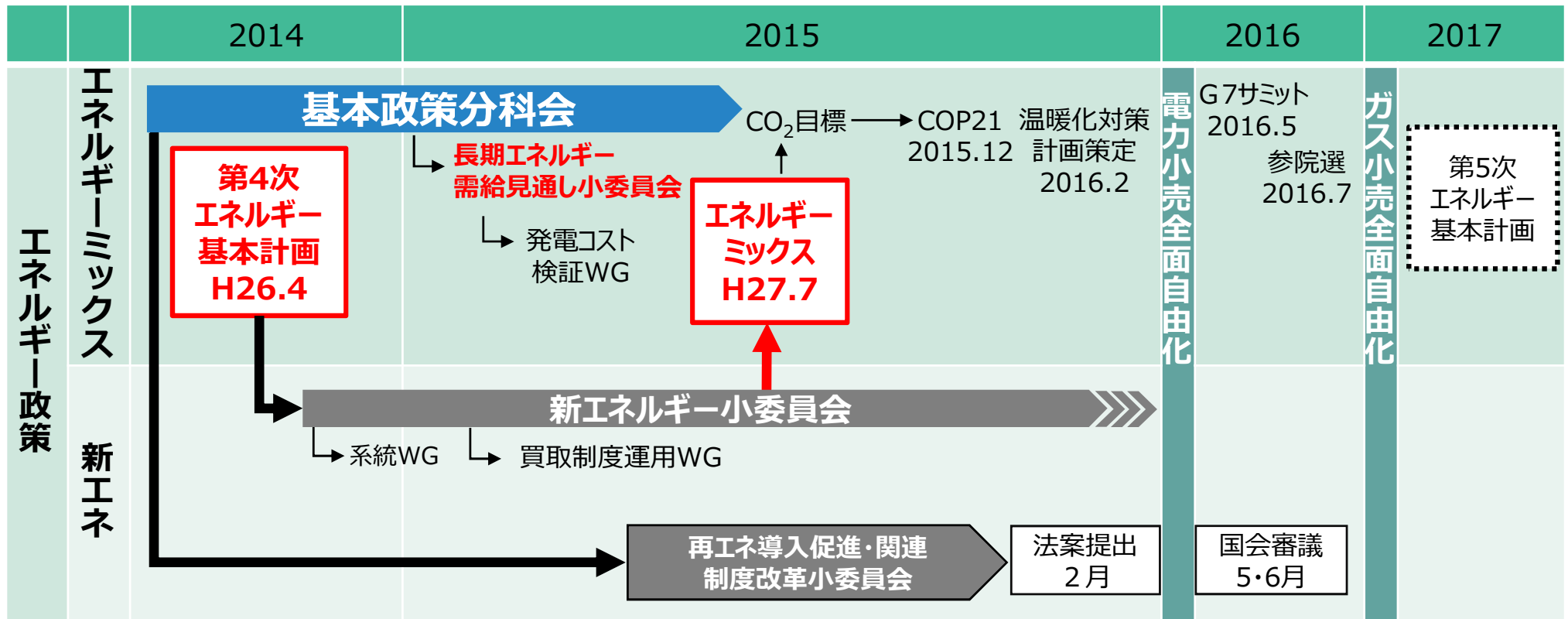
## **4. VPPの取組み**

- (1) VPP実証の取組み
- (2) 今後の展望

## **5. まとめ**

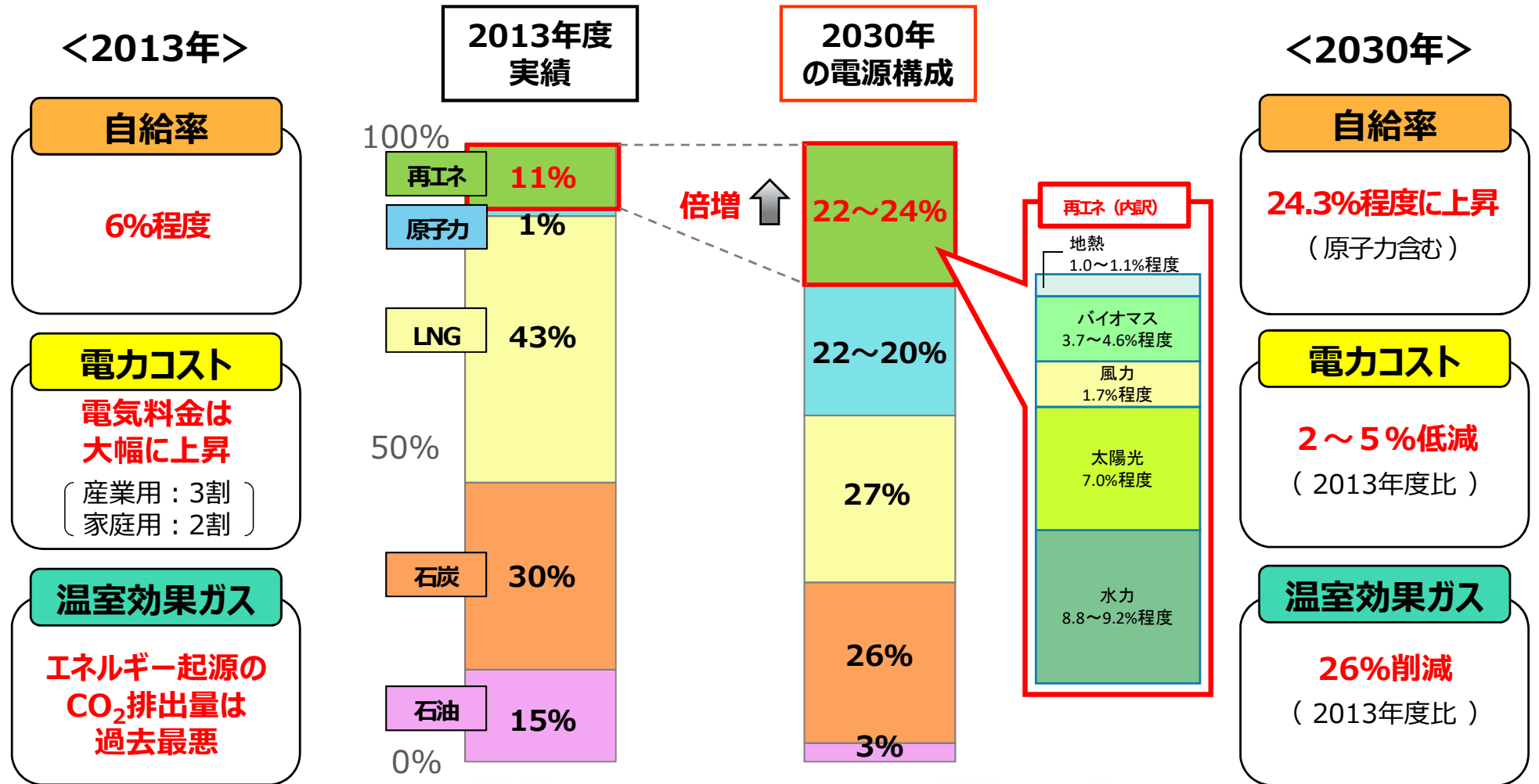
## **質疑応答・名刺交換**

- 東日本大震災や福島第一原子力発電所事故をはじめとした、エネルギーを巡る国内外の環境変化を踏まえ、**新たなエネルギー政策の方向性を示す「第4次エネルギー基本計画」が2014年4月に閣議決定。**
- 国は、エネルギー基本計画の具体化に向けた議論を実施。
- 長期エネルギー需給見通し小委員会にて、現実的かつバランスの取れたエネルギー需給構造について検討し、**2015年7月に2030年のエネルギーミックスが決定。**



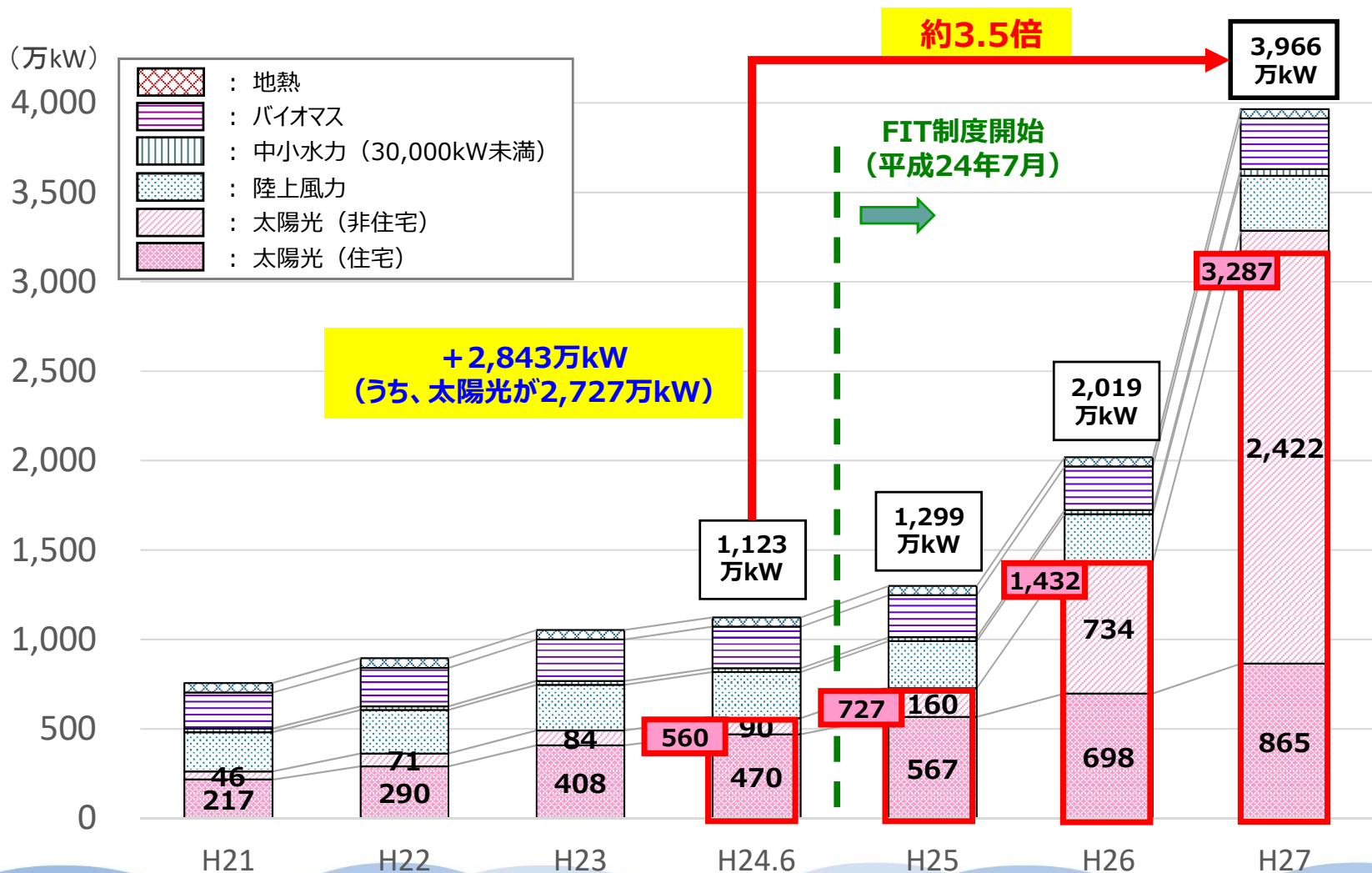
# エネルギーミックス ～ 2030年の電源構成 ～

- 第4次エネルギー基本計画を踏まえて、長期エネルギー需給見通しとして「S+3E」の観点からバランスの取れたエネルギーミックスが策定。
- 2030年の電源構成に占める**再生可能エネルギーの比率は、2013年度実績の11%から倍増の22～24%とする意欲的な目標が設定。**

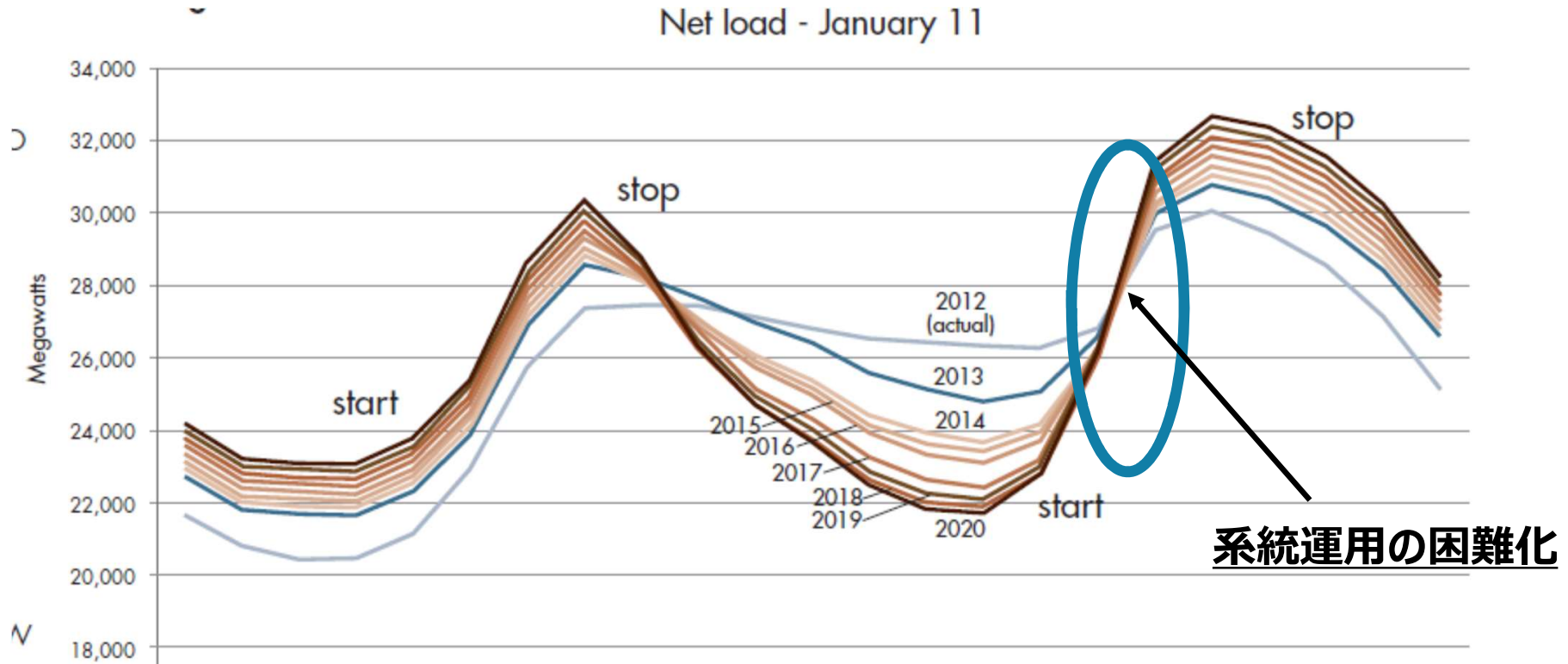




- H27年度末時点での再生可能エネルギーの導入量は3,966万kWとなり、FIT制度開始前と比べて約3.5倍。
- FIT制度開始以降の導入量（2,843万kW）のうち、96%（2,727万kW）が太陽光。





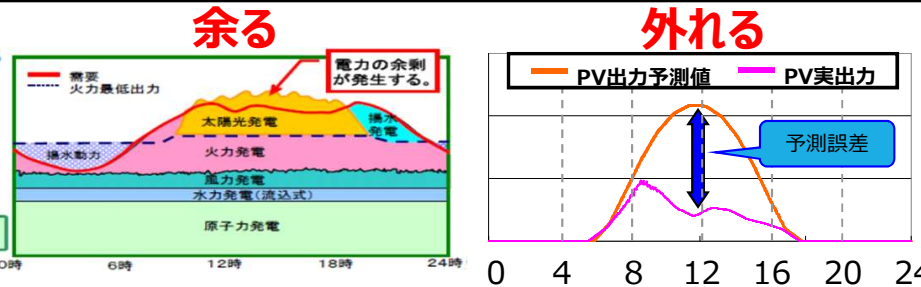
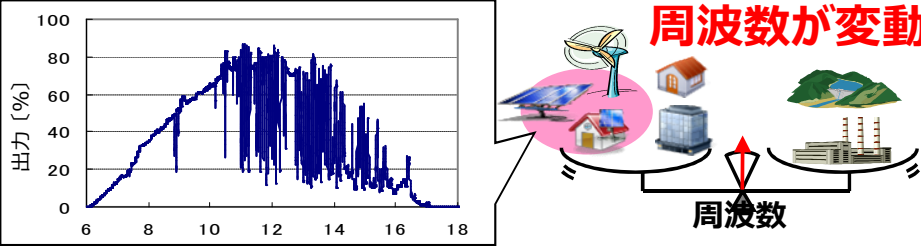
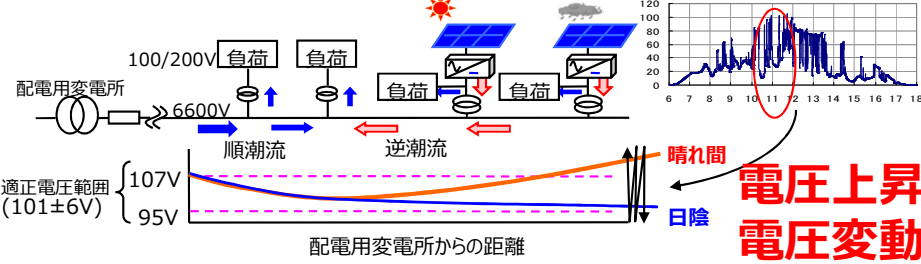
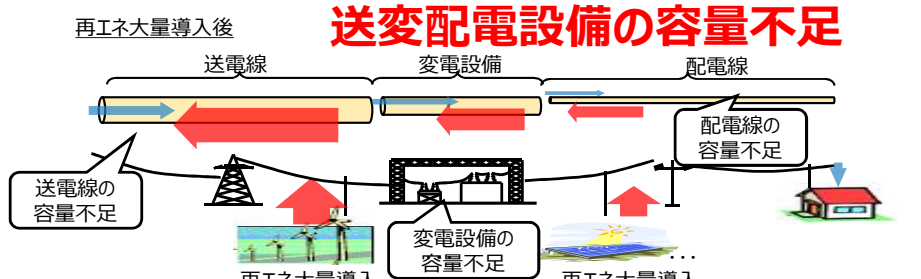


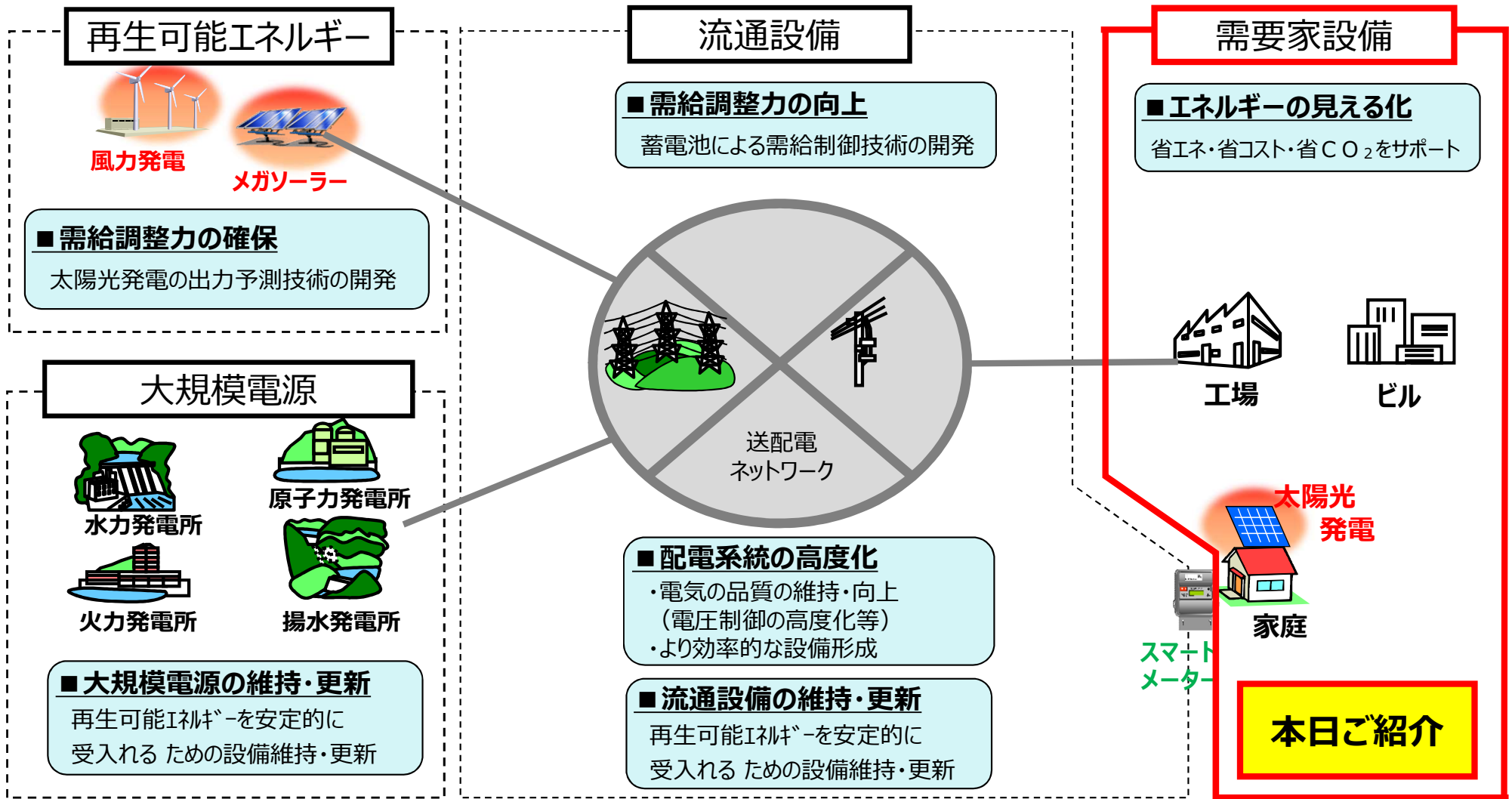
○季節、時間帯によって結果的な負荷曲線が急峻な下落、増大を描くようになり、その電力系統内の周波数調整資源の状況によっては系統運用困難な状況が生まれる。

○再生可能エネルギー(特に昼間のみ発電する太陽光発電)の大量導入により、本来の負荷曲線から昼間部分が大きく挟り取られる。

○調整資源(高速反応機)は急に用意することができないので、負荷曲線側で何らかの方法を使って急峻化を防ぐ手立てが必要になる。(VPPやリソース・アグリゲーション)



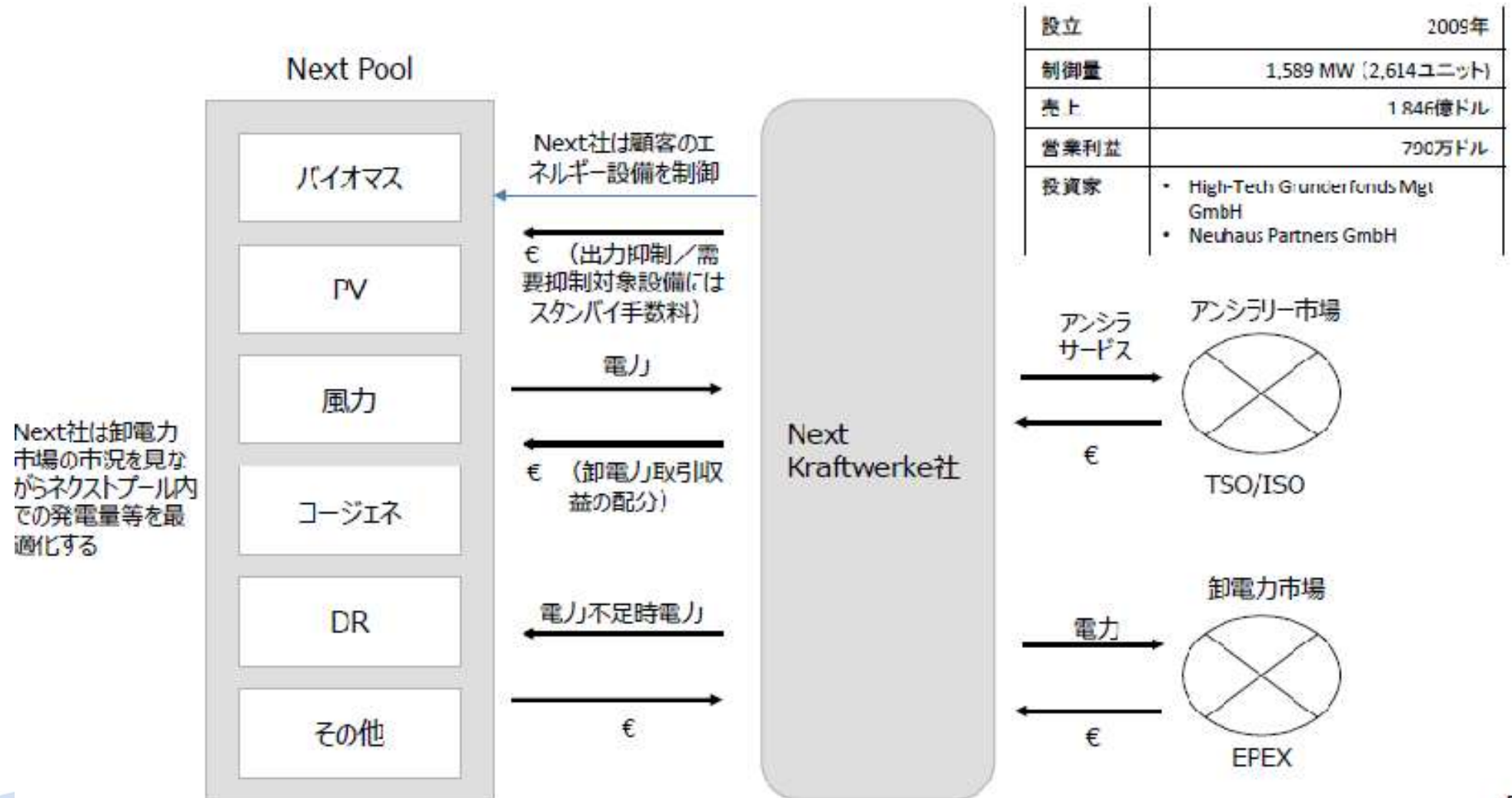
太陽光発電は	電力系統・系統運用への影響	課題・問題	当社の取組み
<p>天候任せな発電量</p>	<p>需給制約</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電気が余る</li> <li>・需給計画の困難化</li> <li>・バックアップ電源の確保</li> </ul>	<p>太陽光発電の出力予測技術の開発</p>
<p>出力変動が大きい</p>	<p>系統制約</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・需給調整の困難化 (短周期)</li> </ul>	<p>蓄電池を用いた需給制御システムのロジックを開発</p>
<p>配電系統に広く分布 (配電)</p>	<p>系統制約</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電圧上昇</li> <li>・電圧変動</li> </ul>	<p>配電系統における監視・制御の高度化</p>
<p>一定エリアに集中 (送変配電)</p>	<p>系統制約</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容量不足</li> </ul>	<p>再生可能エネルギーを安定的に受入れるための設備維持・運用</p>



大規模電源や流通設備において再生可能エネルギーを受け入れるため、電源・流通設備で様々な取り組みを推進。**本日は、需要家の消費パターンを変化させる側の取り組み（=VPP）を中心に取組みをご紹介**

## Next Kraftwerke (ドイツ)

- 顧客の分散電源及び負荷設備をプールとして群制御して、卸電力市場等と取引する。

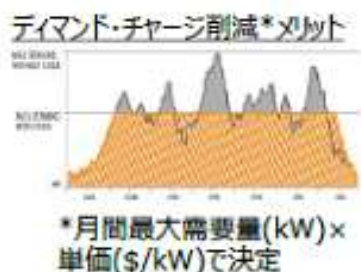
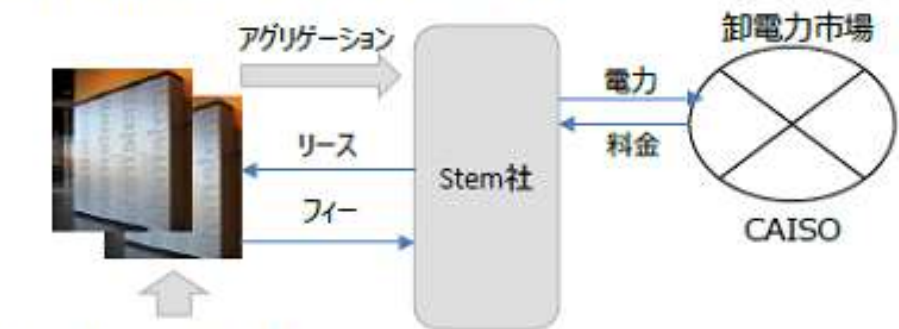




## Stem, Inc. (米国)

- 需要家の契約電力削減のみならず、蓄電池のマルチユースによるマーケット参加も志向。

Stem社は、契約電力カットすることで、ユーザが頭金を払うことなく、メリットを享受できる蓄電池リースプログラムを提供している



設立	2009年	売上	1,790万\$	受注済制御量	335MW以上
投資家	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angeleno Group, LLC, Clean Fleet Investors I, LLC, Constellation Technology Ventures, Energy Excelerator, GE Ventures, Greener Capital, IBERADOLA Ventures-PERSEO, Mitsui &amp; Co. Global Investment, Inc. RWE Supply &amp; Trading GmbH, Total Energy Ventures Int'l SAS</li> </ul>				

## Sunverge Energy (米国)

- 太陽光と蓄電池をセットで群制御。蓄電池の価値を需要家と配電公社でシェア。

**【需要家】**  
 系統電力料金が高い場合にはPVと蓄電池を優先して利用したり、制御ユニットが需要に応じて電力をディスパッチし、負荷を最適化。  
**【配電公社】**  
 発電量が需要を超過する場合には蓄電池に充電し、配電網の電圧をコントロール。



サクラメント公営電力(SMUD) - 2500Rミッドタウンプロジェクト

- 米国エネルギー省の\$127.5 mill.の補助金でスタートし、34戸に導入。
- 非ピーク時に主にPVから蓄電池に蓄電、ピーク時に消費、更に系統に逆潮している例もあり。

設立	2010年	売上	-	制御量	蓄電池4.5 MW(450所)
投資家	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siemens Venture Capital GmbH</li> <li>• Southern Cross Venture Partners</li> <li>• Total Energy International SAS</li> </ul>				

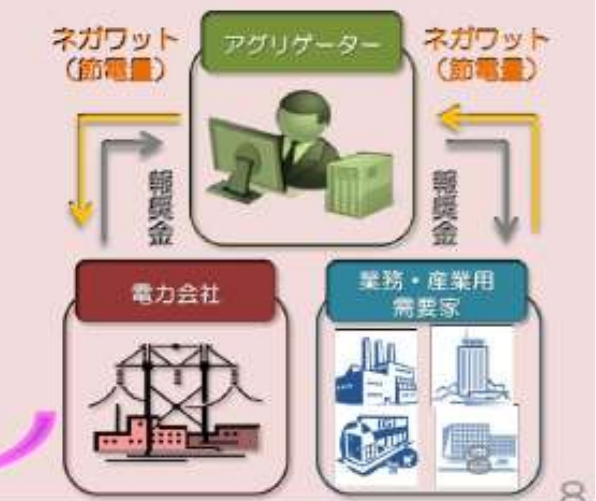
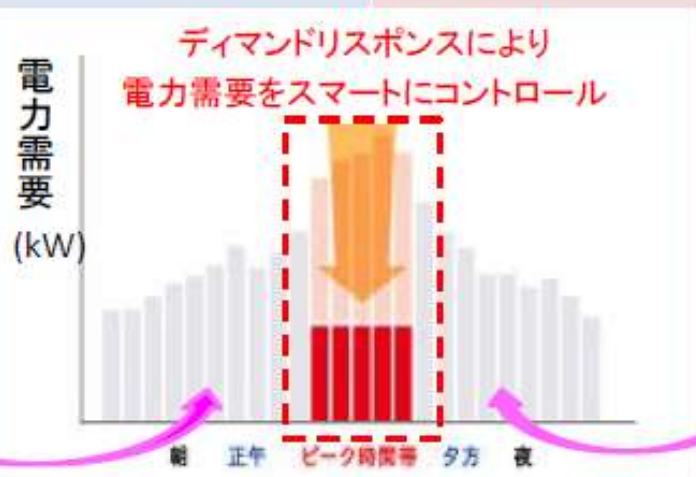
■ デマンドレスポンスは、需要制御の方法によって、①電気料金設定によって需要を制御しようとする電気料金型と、②電力会社と需要家の契約に基づき、電力会社からの要請に応じて需要家が需要を制御するインセンティブ型(ネガワット取引)の大きく二つに区分。

## 電気料金型デマンドレスポンス

概要	ピーク時に電気料金を値上げすることで、各家庭や事業者が電力需要の抑制を促す仕組み
メリット	比較的簡便であり、大多数に適用可
デメリット	時々の需要家の反応によるため、効果が不確実

## インセンティブ型デマンドレスポンス (ネガワット取引)

概要	電力会社との間であらかじめピーク時などに節電する契約を結んだ上で、電力会社からの依頼に応じて節電した場合に対価を得る仕組み
メリット	契約によるため、効果が確実
デメリット	比較的手間がかかり、小口需要家への適用が困難



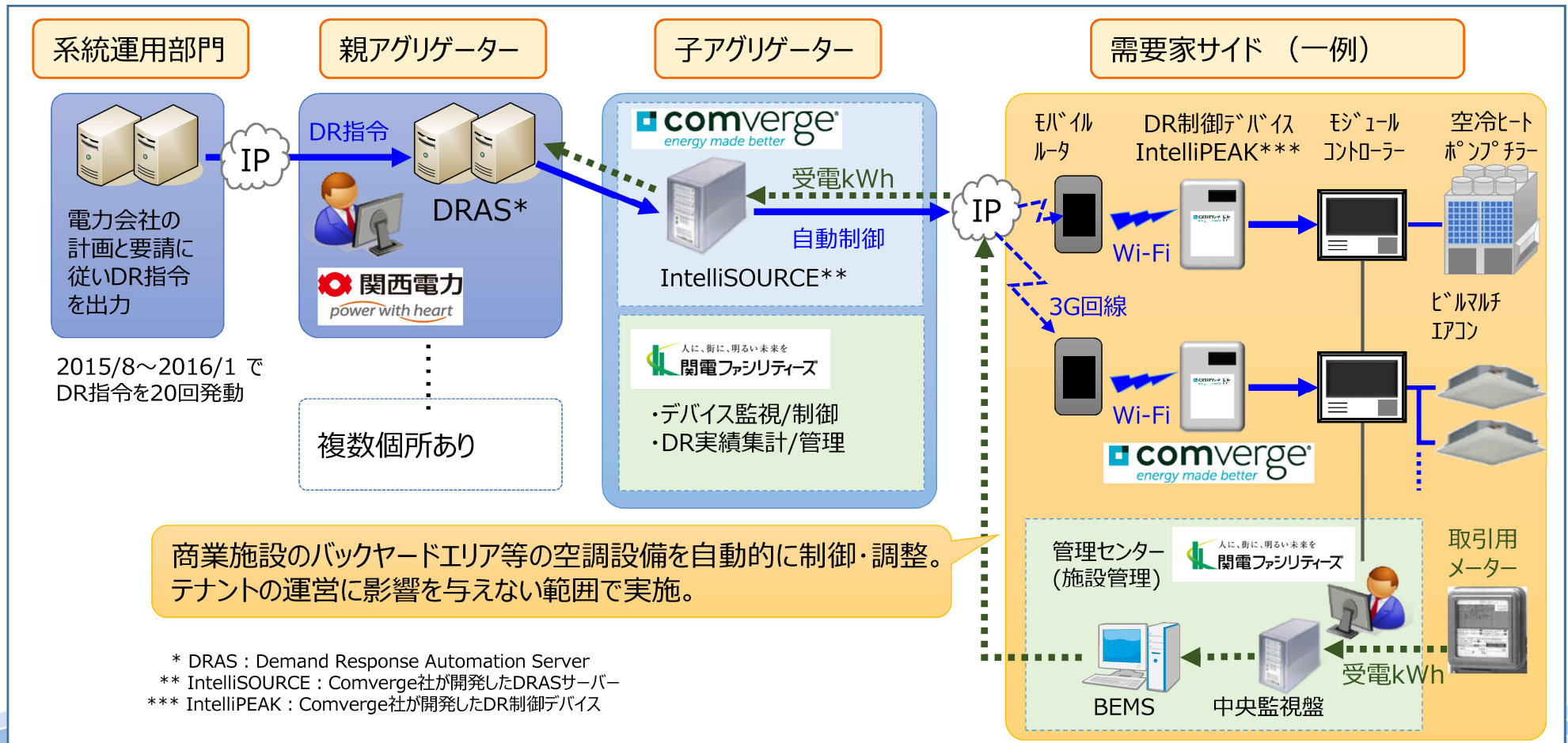
出所: H26.10.21 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 (第6回)



年度	22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
制度改革等		▼東日本大震災				▼電力広域運営 機関運用開始	▼小売全面自由化 ▼1時間前市場創設	▼ <b>初ワット 市場創設</b>
検討会他		ネガワット取引ガイドライン作成検討会		ネガワット取引の経済性等に関する検討会		▼ <b>初ワットガイドライン策定 (H27.3)</b>		
関西電力 の取り組み	DR の取り組み	けいはんなスマコミ実証		BEMSアグリゲータとの取り組み		初ワット実証	高度制御型DR実証	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>電気料金型DR</li> <li>需要家自らが家電(エアコン等)を制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>インセンティブ型DR(ネガワット取引)</li> <li>アグリゲーターが需要家機器を遠隔制御</li> </ul>					
	VPP の取り組み				<ul style="list-style-type: none"> <li>デマンドレスポンス+需要創出</li> <li>アグリゲーターが需要家機器を制御</li> </ul>	VPP実証 ~H32		

- 電力会社からのDR指令に対して、確実なDR応答（反応時間・持続時間・DR容量・達成率等）を実施し、アグリゲーターおよび需要家が、ネガワット取引にかかる知見・ノウハウを蓄積する。
- 国内アグリゲーターが未保有の高度なDRノウハウを獲得するために、海外（特に北米）で豊富な実績を持つComverge社と連携して、日本で初めて先進的なDRオペレーションシステムを構築。

## ◆ 実証設備の構成



\* DRAS : Demand Response Automation Server  
 \*\* IntelliSOURCE : Comverge社が開発したDRASサーバー  
 \*\*\* IntelliPEAK : Comverge社が開発したDR制御デバイス

## 電力システム改革に関連する主な取組の進捗状況

- 電力システム改革専門委員会報告書の取りまとめ（2013年2月）以降、様々な取組が進められてきたが、容量メカニズムの導入など、残された課題もある。

電力システム改革専門委員会報告書に記載された主な取組

具体的な取組の例		実施時期
卸電力取引活性化に係る自主的取組の推進	①	2013年3月
電力取引監視等委員会の設立	②	2015年9月
電力先物市場の創設		－
行為規制（送配電部門の中立性確保）		－
電力広域的運営推進機関の設立	③	2015年4月
ネガワット取引市場の創設	④	2017年4月
リアルタイム市場の創設（調整力公募）	⑤	－（2017年4月）
容量メカニズムの導入		－

エネルギーミックス実現に向けたその他の取組

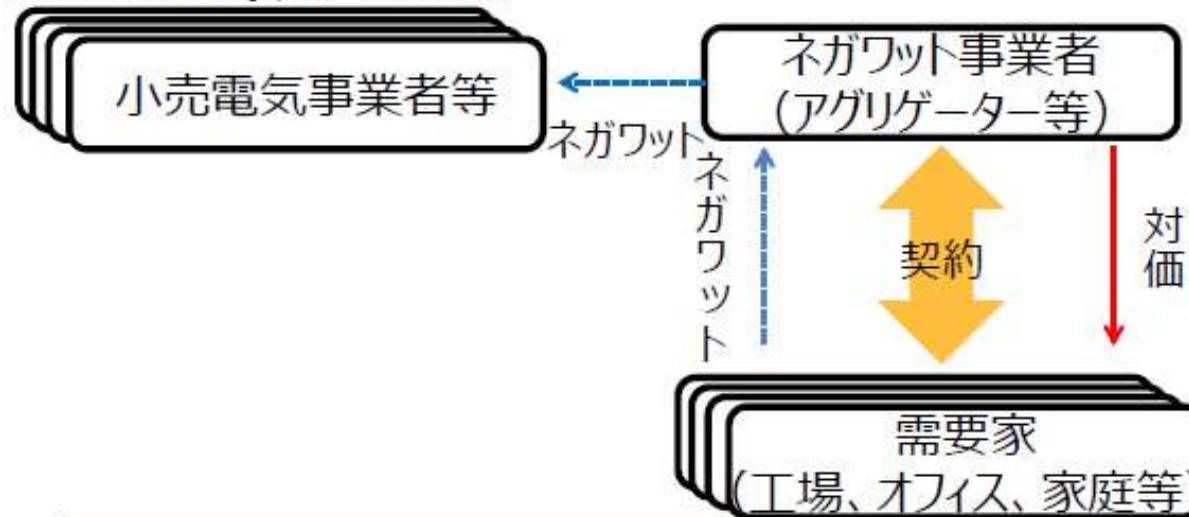
具体的な取組の例		
廃炉に関する会計関連制度の整備	⑥	2016年3月
再処理等を着実かつ効率的に進めるための体制整備	⑦	2016年10月
事業者の自主的な火力効率化の枠組を後押しする仕組み	⑧	2016年4月
FIT電気の送配電買取	⑨	2017年4月



## 取組④：ネガワット取引市場について

- 昨年11月、2017年までにネガワット取引市場を創設するとの総理発言がなされたことも踏まえ、本年3月から本格的に取引ルールの検討を開始。
- 7月の電力基本政策小委員会において、全体方針を取りまとめ、来年度からの取引開始を目指し、現在、省令等の詳細な制度を整備中。

### 今後拡大が期待されるネガワット取引

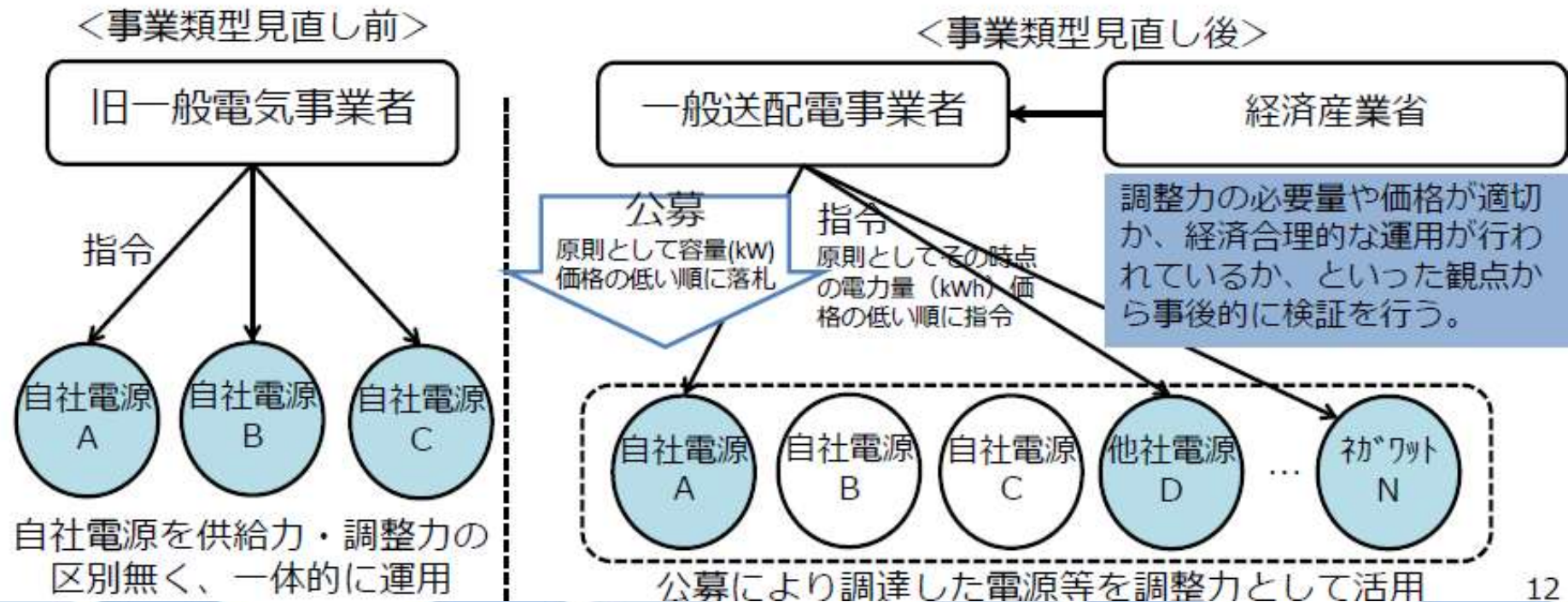


「未来投資に向けた官民対話」(2015年11月26日)における  
安倍総理の発言(抜粋)

節電のインセンティブを抜本的に高める。家庭の太陽光発電やIoTを活用し、節電した電力量を売買できる『ネガワット取引市場』を、2017年までに創設をいたします。そのため、来年度中に、事業者間の取引ルールを策定し、エネルギー機器を遠隔制御するための通信規格を整備いたします。

## 取組⑤：調整力公募の開始

- 一般送配電事業者が確保することが必要な調整力に係るコストは、託送料金で回収されることを踏まえ、来年度以降の分については原則公募にて調達される（調整力の市場化）。
- 本年秋に各一般送配電事業者が実施予定の公募調達に関する考え方については、近いうちに経済産業省において取りまとめ予定。今後、一般送配電事業者が調整力を調達するための市場（リアルタイム市場）が創設されるまでの間、今回取りまとめる考え方に基づき、公平性と透明性の高い調整力の公募・運用を求めていく方針。



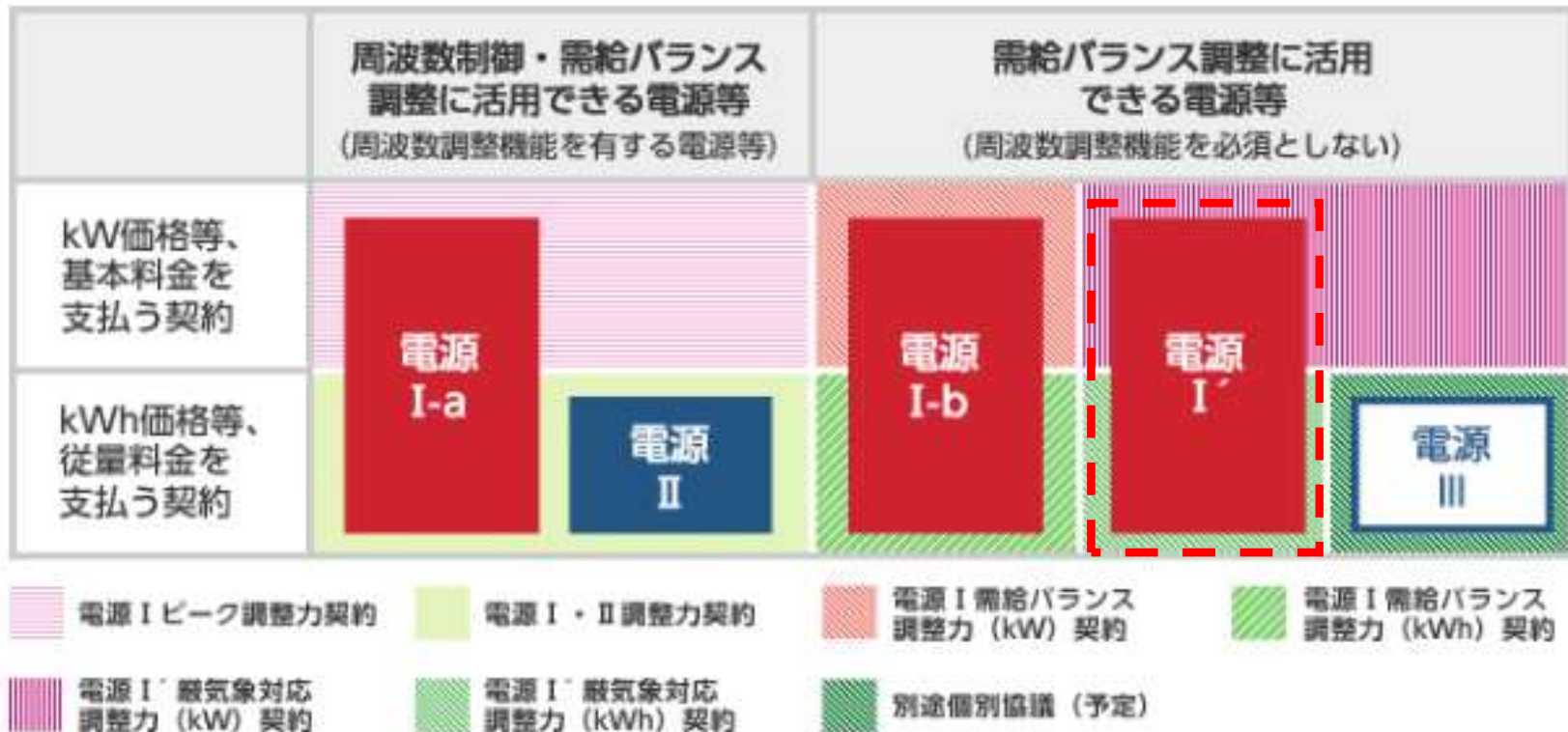


# 関西電力の調整力公募概要①

**電源 I** : 一般送配電事業者があらかじめ確保する電源  
**電源 I - a** ⇒ 周波数制御機能があるもの、 **電源 I - b** : 周波数機能がないもの  
**電源 I'** ⇒ 10年に1回程度の猛暑（厳寒）の需要に対応できるための供給力

**電源 II、III** : 小売電気事業者が供給力確保義務や計画値同時同量等に対応して確保している供給力  
**電源 II** ⇒ 一般送配電事業者からオンラインで調整できる電源等  
**電源 III** ⇒ 一般送配電事業者からオンラインで調整できない電源等

【機能別、精算別の契約区分】



## 関西電力の調整力公募概要②

### ◆ 調整力公募における主な募集要件（関西電力TSO）

【公募期間】平成28年10月24日～11月25日

【調整力提供期間】：1年間（平成29年4月1日から平成30年3月31日）

募集項目	電源 I - a (ピーク調整力)	電源 I - b (需給バランス調整力)	電源 I' (厳気象対応調整力)
募集量	159万kW	26万kW	17万kW
周波数制御機能 (GF,LFC)	必須	必須としない	<b>必須としない</b>
オンライン	オンライン	オンライン	<b>オフライン</b> 指令許容(今回)
発動までの時間	5分以内	15分以内	<b>3時間</b> 以内
最低容量	10MW	10MW	<b>1MW</b>
継続時間	8時間	8時間	<b>3時間</b>
提供要求時間	24時間	24時間	<b>9～20時</b> (11時間)
年間停止可能日数	50日	50日	<b>240日</b>
発動回数	無制限	無制限	<b>12回</b> /年以上

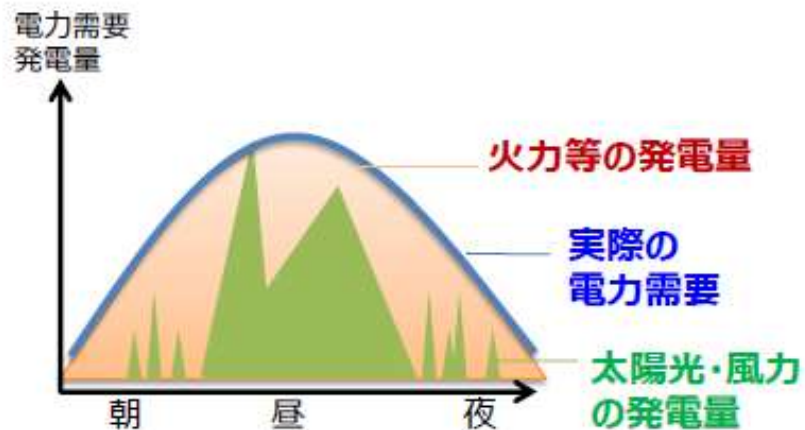
※募集要項の内容は、電力会社によって異なる

# 容量メカニズムの検討

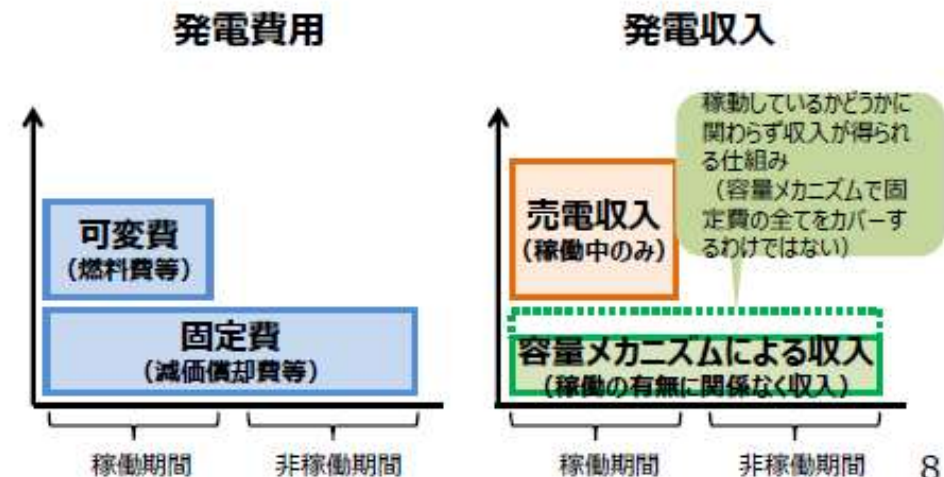
## 検討事項③ 容量メカニズムの創設

- エネルギーミックスの達成に向けて、太陽光・風力発電といった自然変動電源の導入のためにも、調整電源の必要性が高まっている。
- 他方、電力システム改革による卸取引市場の拡大にともない、電源の投資回収の予見性が低下。必要な供給力及び予備力を確保するための電源設備の新設及び維持が困難になっていくことが想定される。
- このため、発電能力容量 (kW) に応じて、稼働していない期間 (kWh=0 の期間) でも一定の収入を得られる仕組み (容量メカニズム) を導入することとしてはどうか。

### 電力需要と発電量のイメージ



### 容量メカニズムによる投資費用回収イメージ

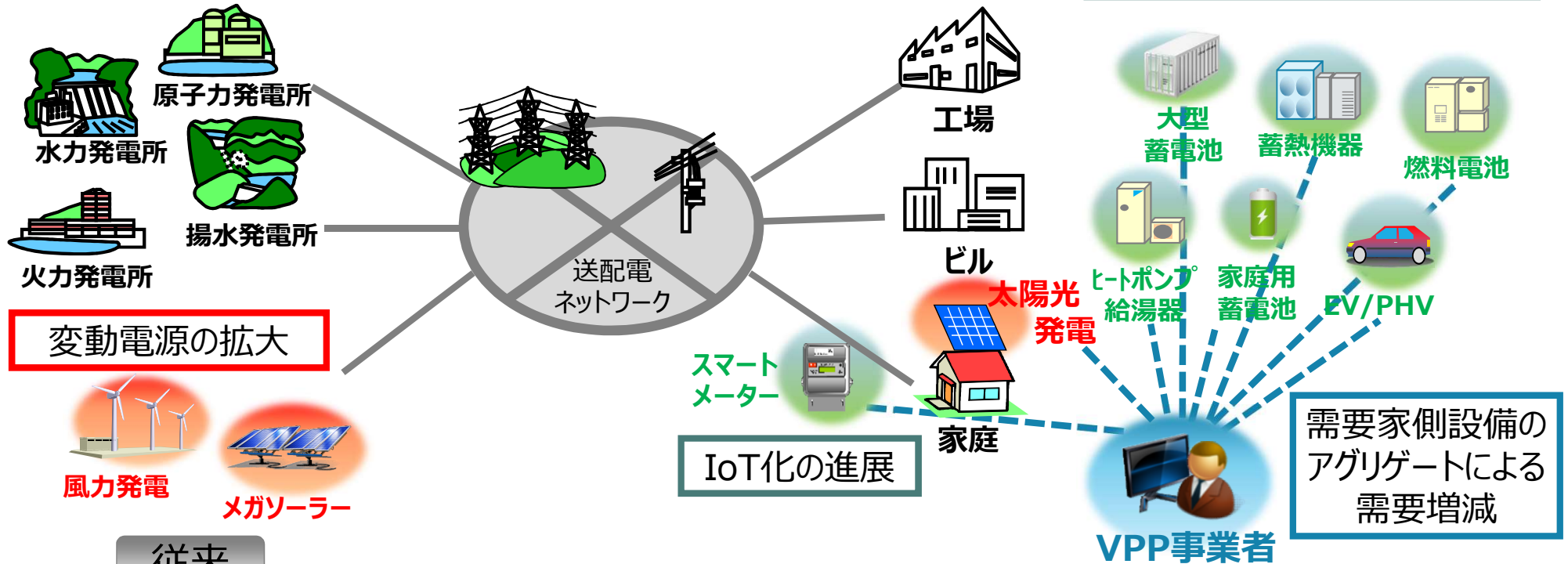


出典 2016.9.28 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 電力システム改革貫徹のための政策小委員会 (第1回)



## 大規模電源での需給調整

## 分散電源・蓄エネ機器の普及



従来

需要に合わせて、大規模電源を中心に需給調整を実施

課題

不安定な分散電源（再生可能エネルギー）の増加

ビジネス

需要家側設備のアグリゲート・制御により、仮想発電所のように活用

状況変化

IoT化の進展、分散電源・蓄エネ機器の普及

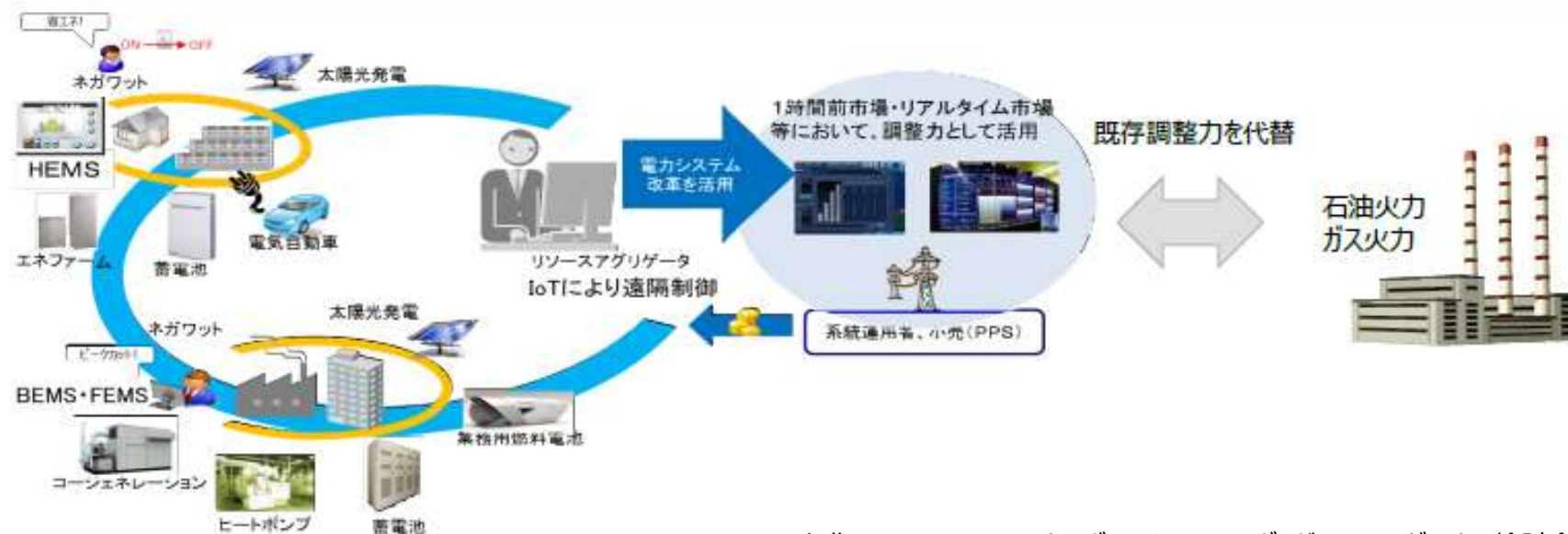
## IoTを活用した需要家側のエネルギー・リソース・アグリゲーションについて

## 第3回官民対話（11/26）総理指示

節電のインセンティブを抜本的に高める。家庭の太陽光発電やIoTを活用し、節電した電力量を売買できる「ネガワット取引市場」を2017年までに創設する。そのため、来年度中に、事業者間の取引ルールを策定し、エネルギー機器を遠隔制御するための通信規格を整備する。

## 【本検討会が目指すべき将来像】

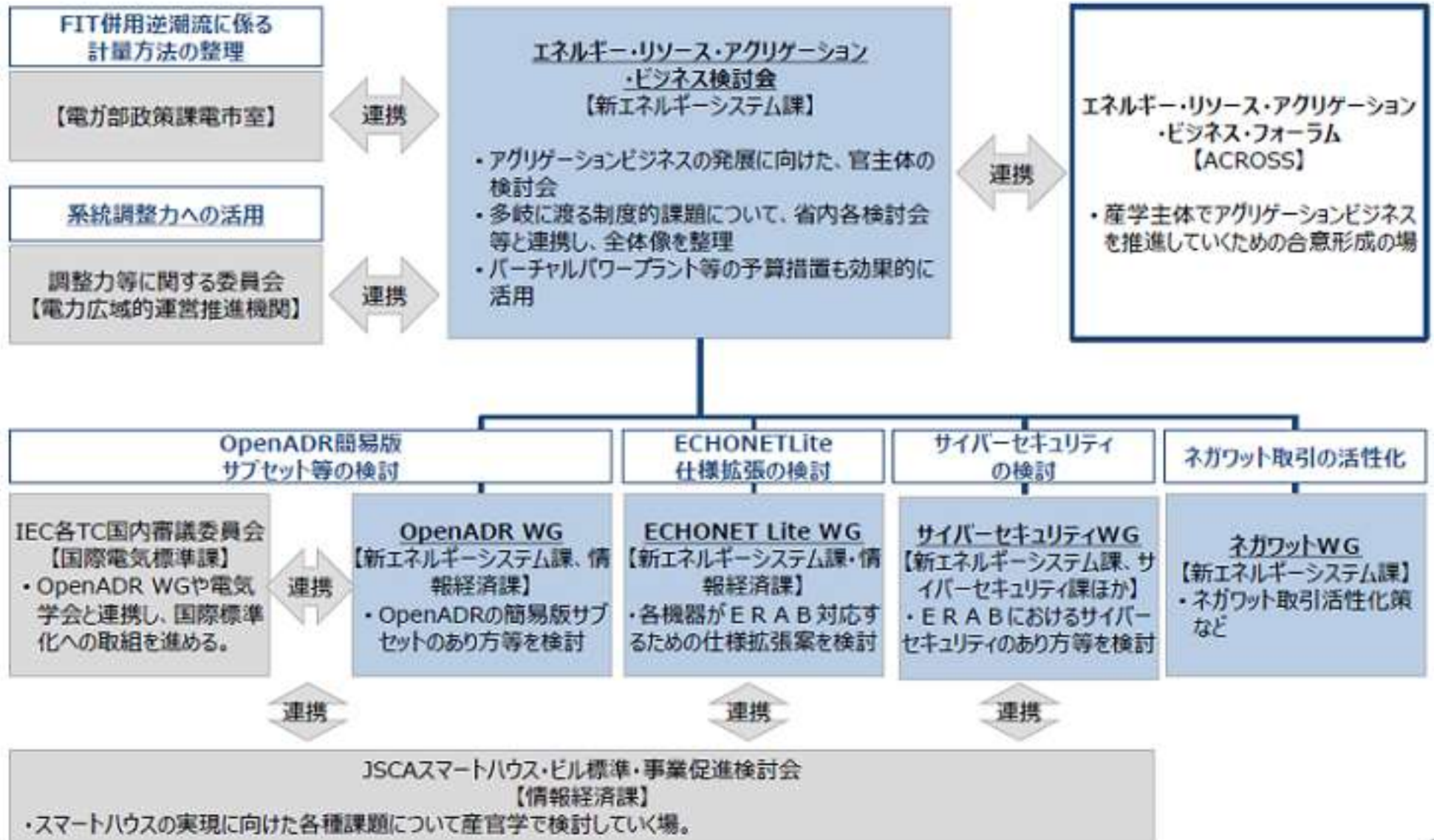
- アグリゲーターが需要家側のエネルギー・リソース（P V、蓄電池、E V、エネファーム、ネガワット等）を最適遠隔制御する。さらに、IoTを活用して需要家群を統合することで、あたかも一つの発電所（仮想発電所:Virtual Power Plant）のように機能させ、システムの調整力としても活用。
- 系統負担を軽減した形での再エネ導入拡大による環境への適合及び安定供給の確保、石油火力等の燃料費が高い既存調整力の代替による経済性向上により、3 Eの達成に貢献。



出典：H28.1.29 エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会（第1回）



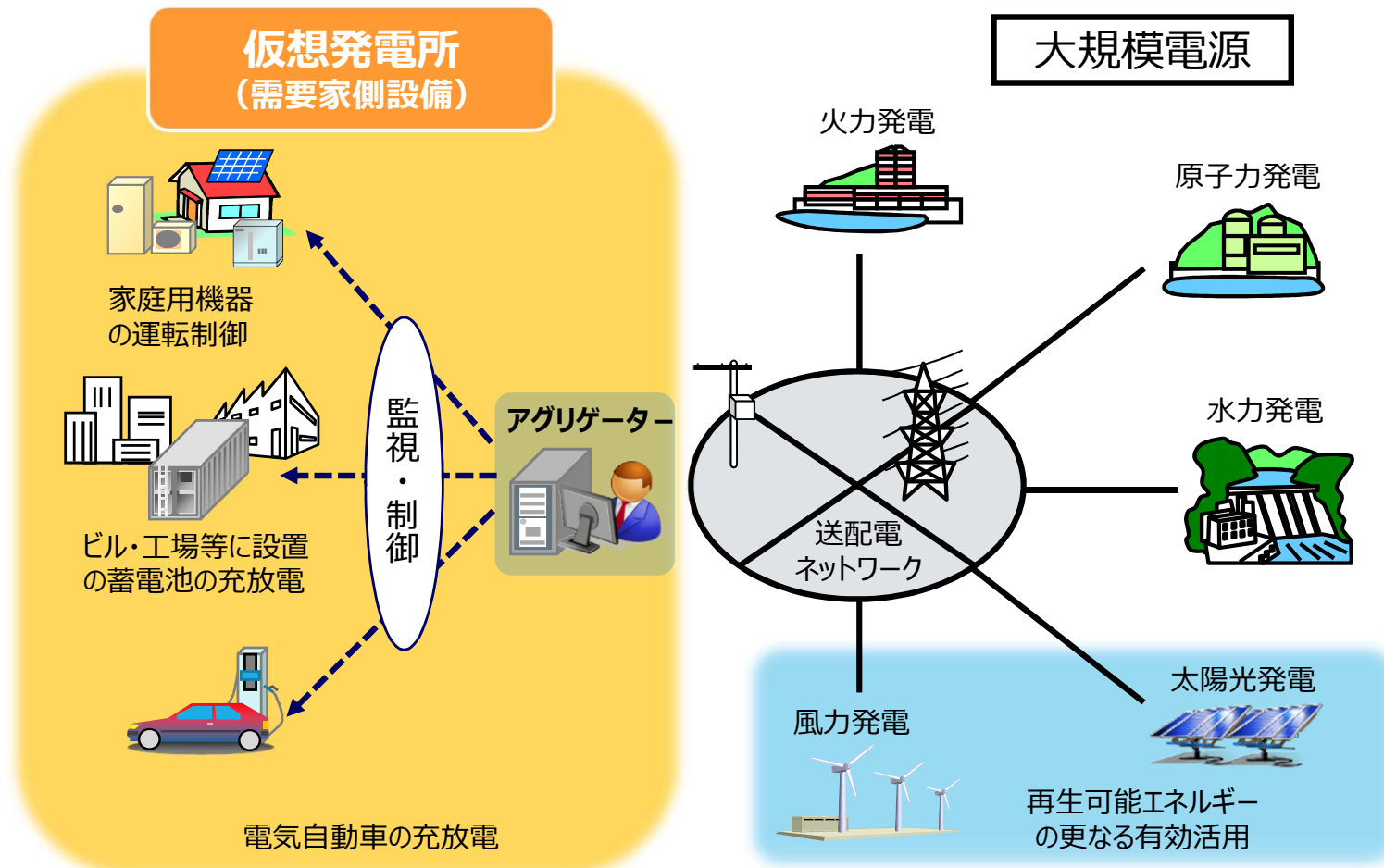
ERAB検討会を中心に、各種WG等でVPP事業の為の通信規格やセキュリティなどの議論が進められている。



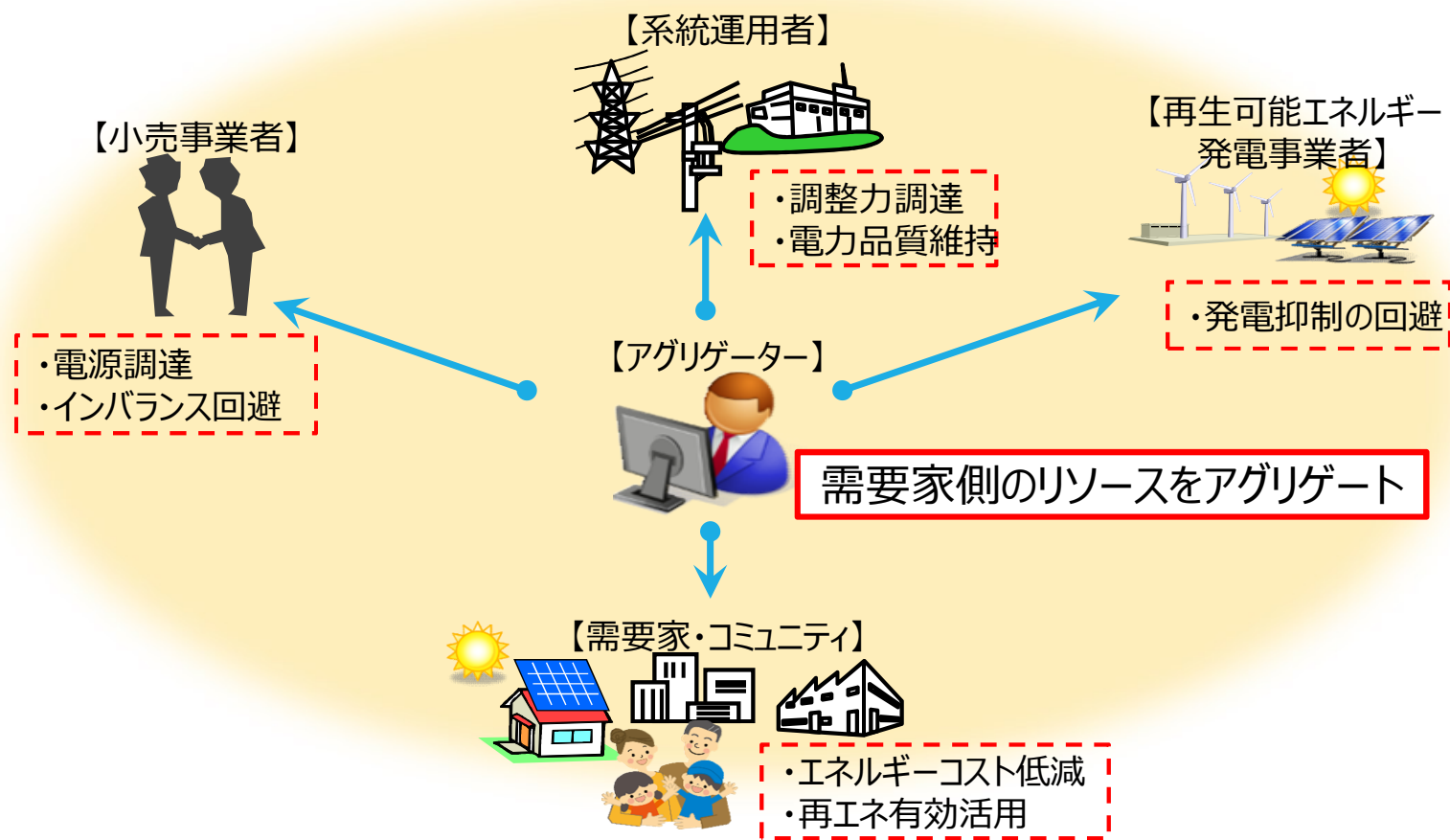




従来、主に火力発電所の稼動・停止等、「供給側」で行ってきた電力の需給調整について、電力系統に点在する需要家の機器をIoT化し、一括制御することで、需要家設備から捻出できる需給調整力を有効活用し、あたかも1つの発電所（仮想発電所）のように機能させる仕組み。



アグリゲーターは、お客さまの設備を遠隔で一括制御し、需要の抑制または創出を行うことで、小売事業者、系統運用者、再生可能エネルギー発電事業者、需要家・コミュニティ等に対して、多様なサービスを提供。





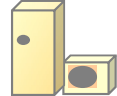
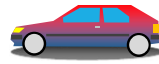




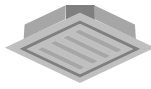
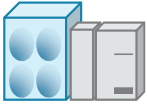
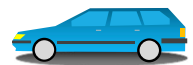

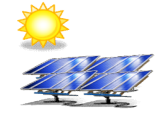

「バーチャルパワープラント構築実証事業」に14社共同で申請し、本格的な実証事業を開始。

(申請企業)

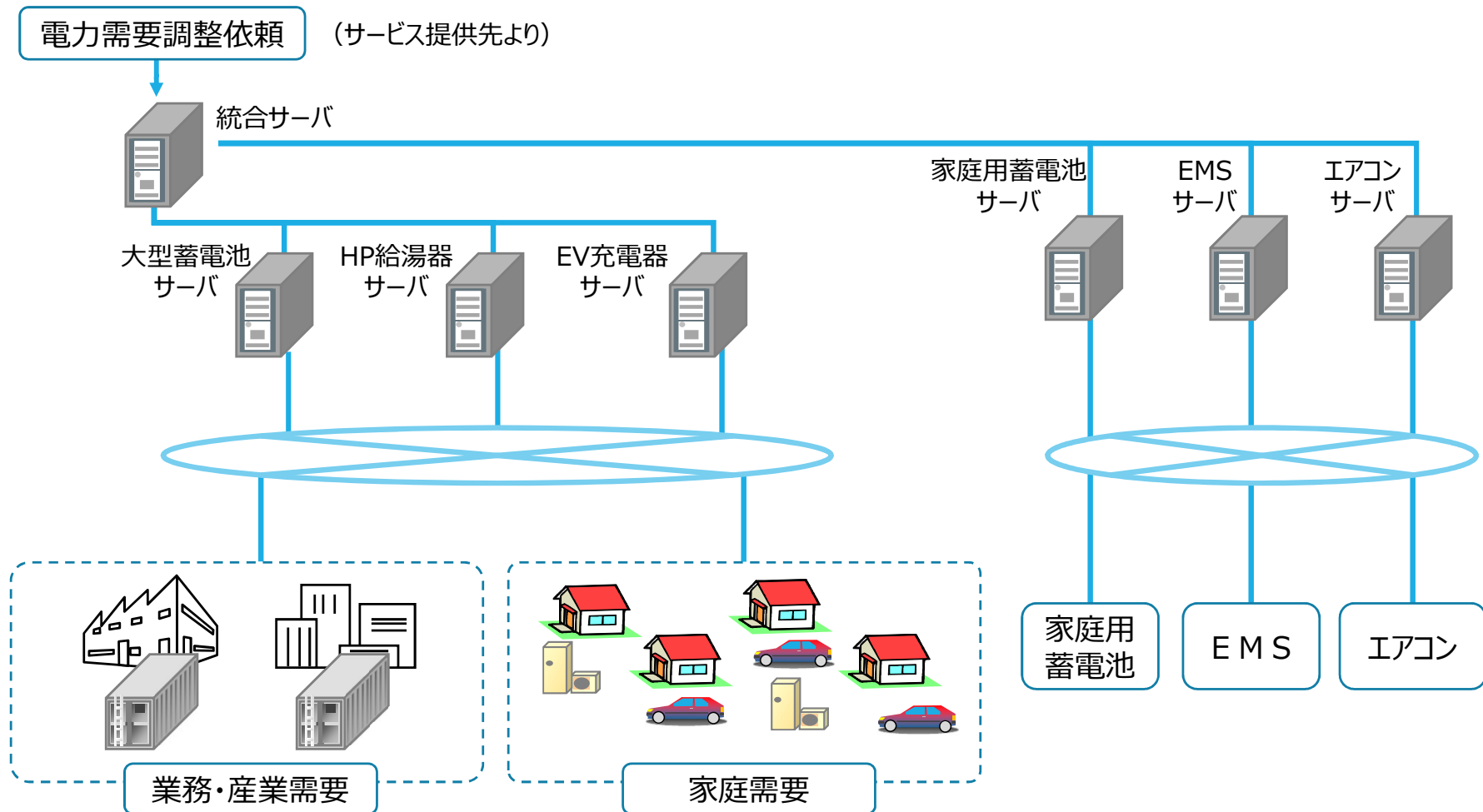
関西電力株式会社、富士電機株式会社、株式会社三社電機製作所、株式会社GSユアサ、住友電気工業株式会社、日本ユニシス株式会社、株式会社NTTスマイルエナジー、株式会社エネゲート、エリーパワー株式会社、株式会社大林組、一般財団法人関西電気保安協会、株式会社ダイヘン、Nature Japan株式会社、三菱商事株式会社

## 【各社の役割】

     平成28年度実証の対象リソース

	EMS	空調	給湯	EV・PHV	蓄電池	PV	発電機
家庭用	 HEMS	 エアコン	 家庭用HP給湯器	 自家用車	 小型蓄電池	 屋根上PV	 家庭用 ジェネレーション
	エネゲート	Nature Japan	関西電力 住友電気工業 日本ユニシス エネゲート	関西電力 住友電気工業	NTTスマイルエナジー エリーパワー 三菱商事	三菱商事	
業務 産業用	 BEMS FEMS	 業務用空調	 業務用HP給湯器	 社用車等	 大型蓄電池	 メガソーラ	 ジェネレーション 自家発電機
	住友電気工業 関西電気保安協会 ダイヘン			エネゲート	関西電力 富士電機 三社電機製作所 GSユアサ 住友電気工業 大林組		

設備種別ごとにリソースサーバを構築し、統合サーバでリソースサーバ群を管理するシステムを構築。  
(統合サーバ) 小売事業者や送配電事業者等との取引に基づき、リソースの特性を考慮した上で、各リソースサーバに制御量を配分。  
(リソースサーバ) 統合サーバからの指令に基づき、各リソースへの制御量を配分。

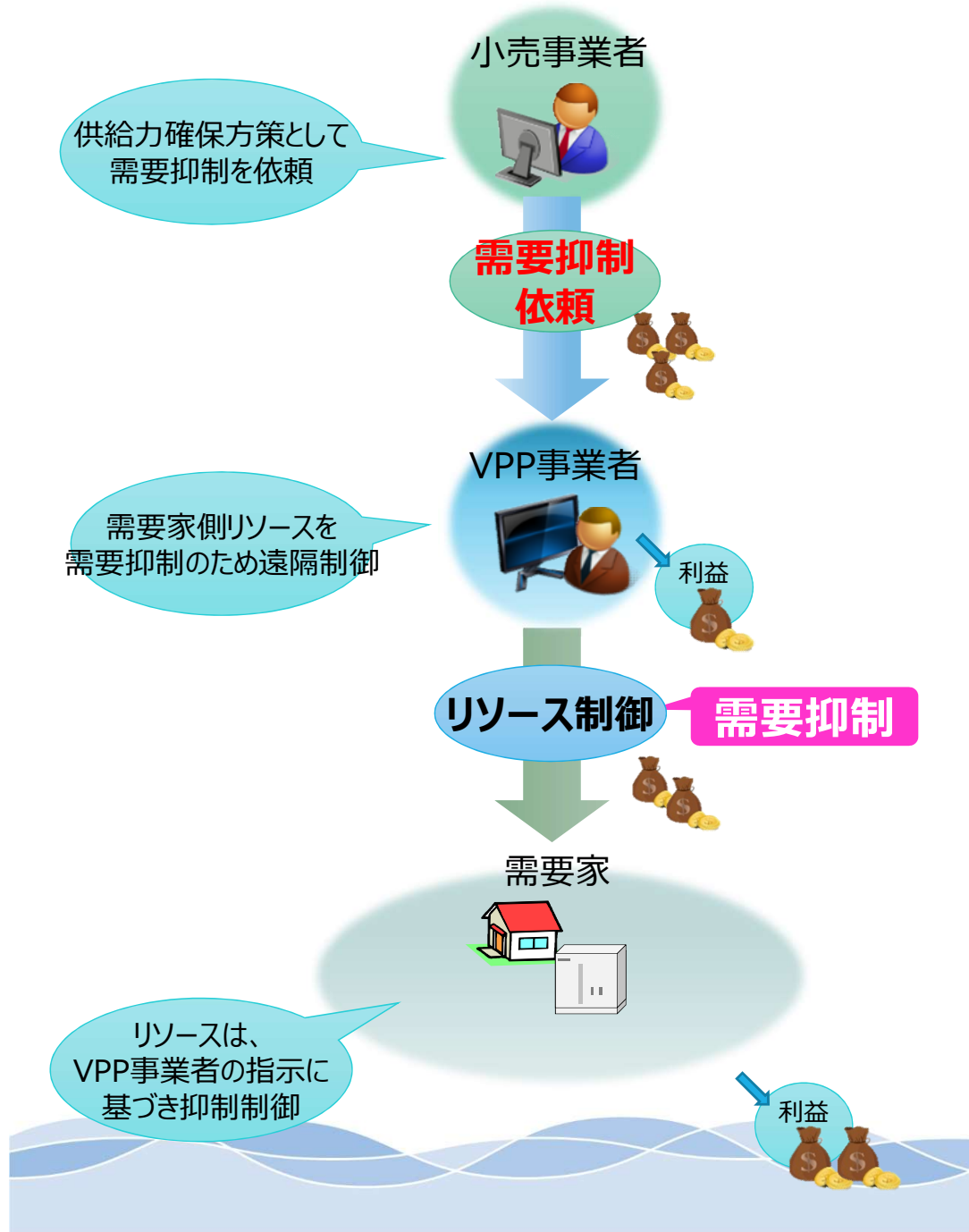




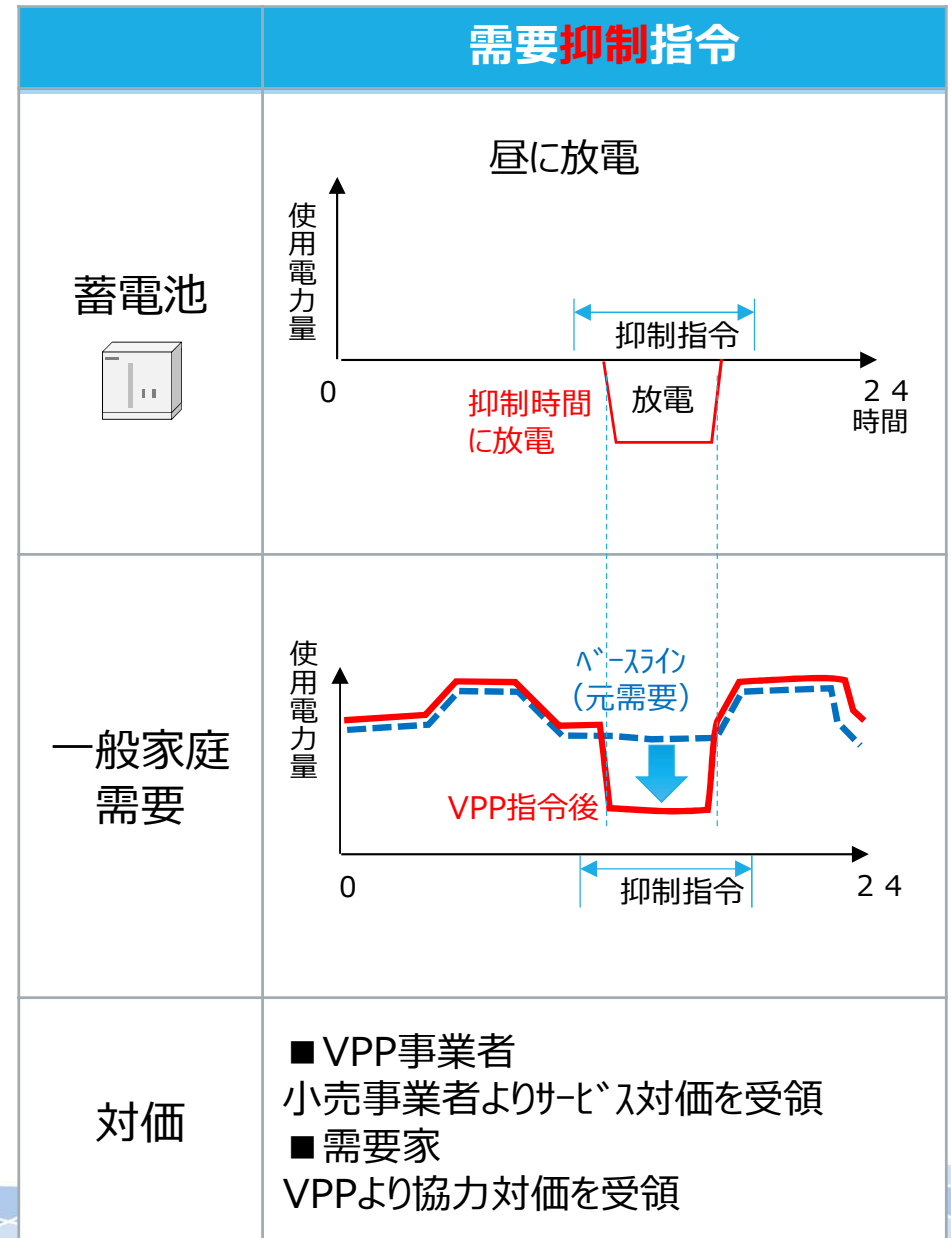
## 想定される主なサービス

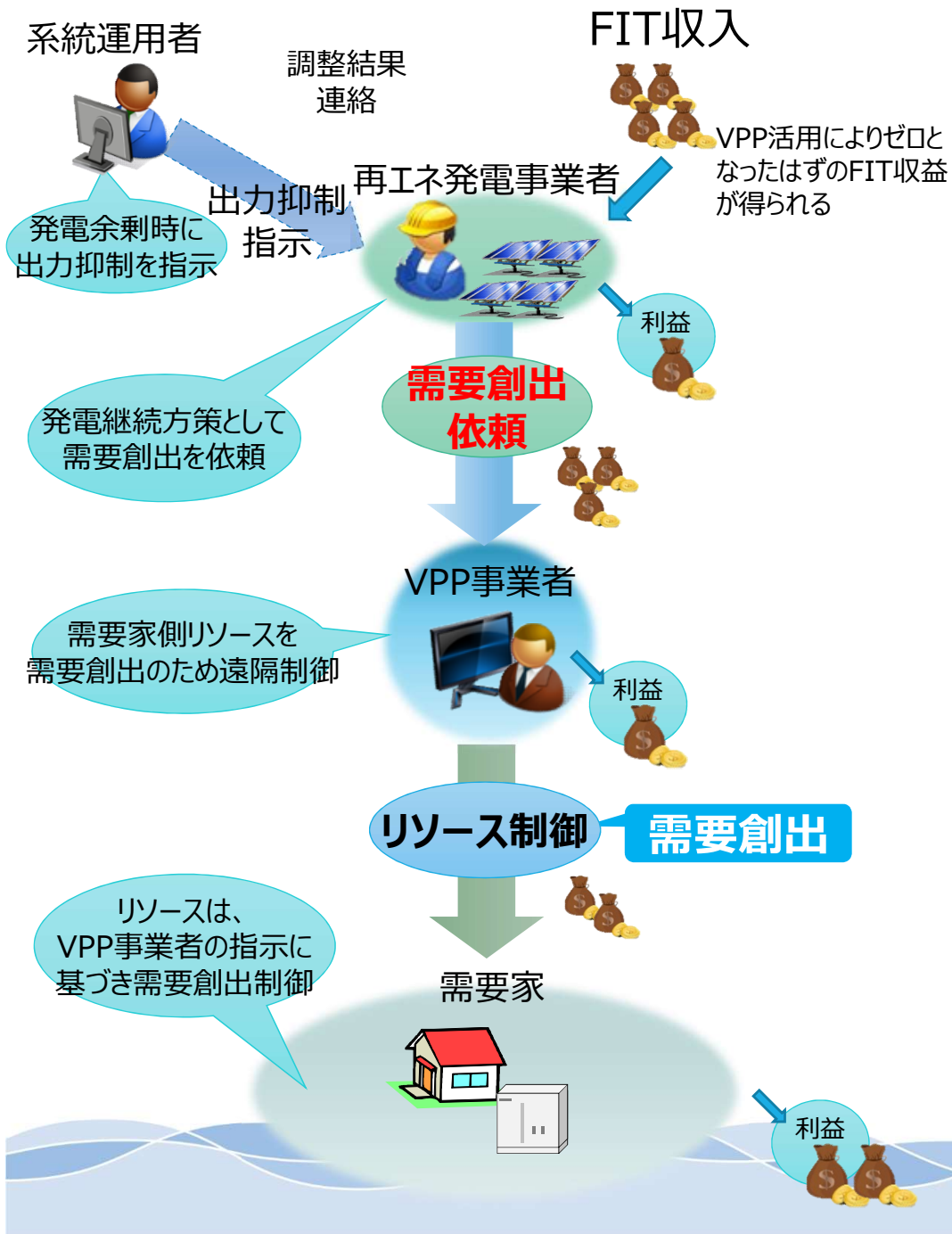
- 多様な受け手に対して、様々なサービスを提供することが考えられる。

便益の受け手	便益内容		概要
送配電事業者	系統安定化	周波数調整	需要家側の分散電源発電、蓄電池充放電、負荷制御・需要抑制量等を集め、送配電事業者に対してリアルタイム市場(2020年創設)等を通じ、各種サービスを提供。
		需給バランス	
その他(配電網の電圧調整等)			
	投資最適化		蓄電池等の活用により、系統・変電所等の更新・増強を回避
小売事業者	電力調達 インバランス回避	例示	リソースアグリゲーター(小売事業者含)が、調達した電力量/ネガワットを市場(スポット市場、1時間前市場(2017.4~))経由あるいは相対取引にて供給。
需要家	電力料金削減		<ul style="list-style-type: none"> <li>・契約電力削減(ピークカット)</li> <li>・電力購入タイミング及び電力購入量を最適化(エネマネ、利用時間シフト、省エネ)</li> </ul>
	設備の最適利用による収益化		供給余力のある需要家の分散電源、蓄電池を活用し、電力量/ネガワットを販売
	BCP		災害時においても、分散電源や蓄電池からの電力を活用
	DR参加インセンティブ		需要家がDRに参加する場合、インセンティブを提供
再エネ発電事業者	出力抑制回避	例示	出力抑制が発動する場合に、蓄電池等により需要創出することで、再エネ発電を最大限活用。

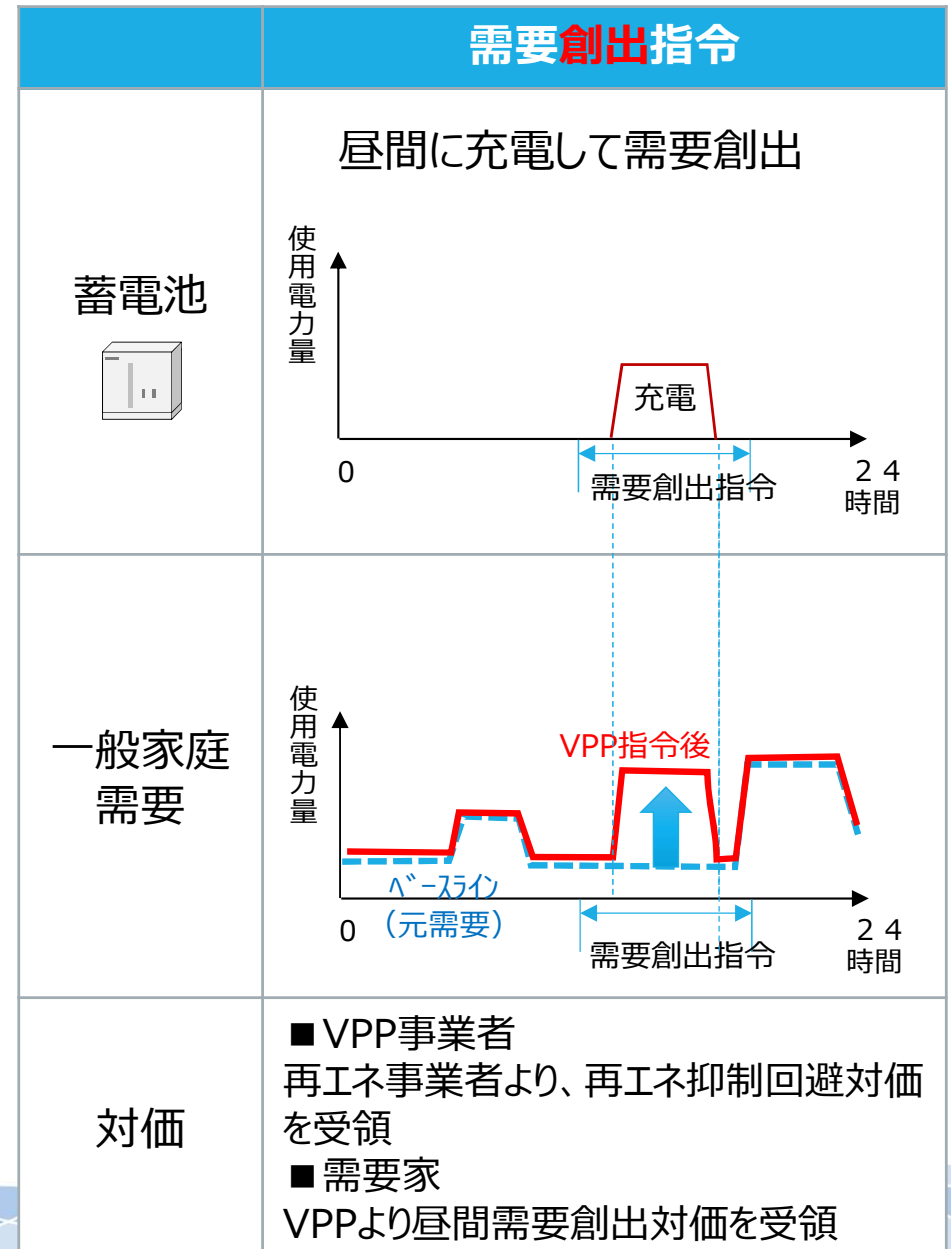


## 【例：蓄電池の活用イメージ】

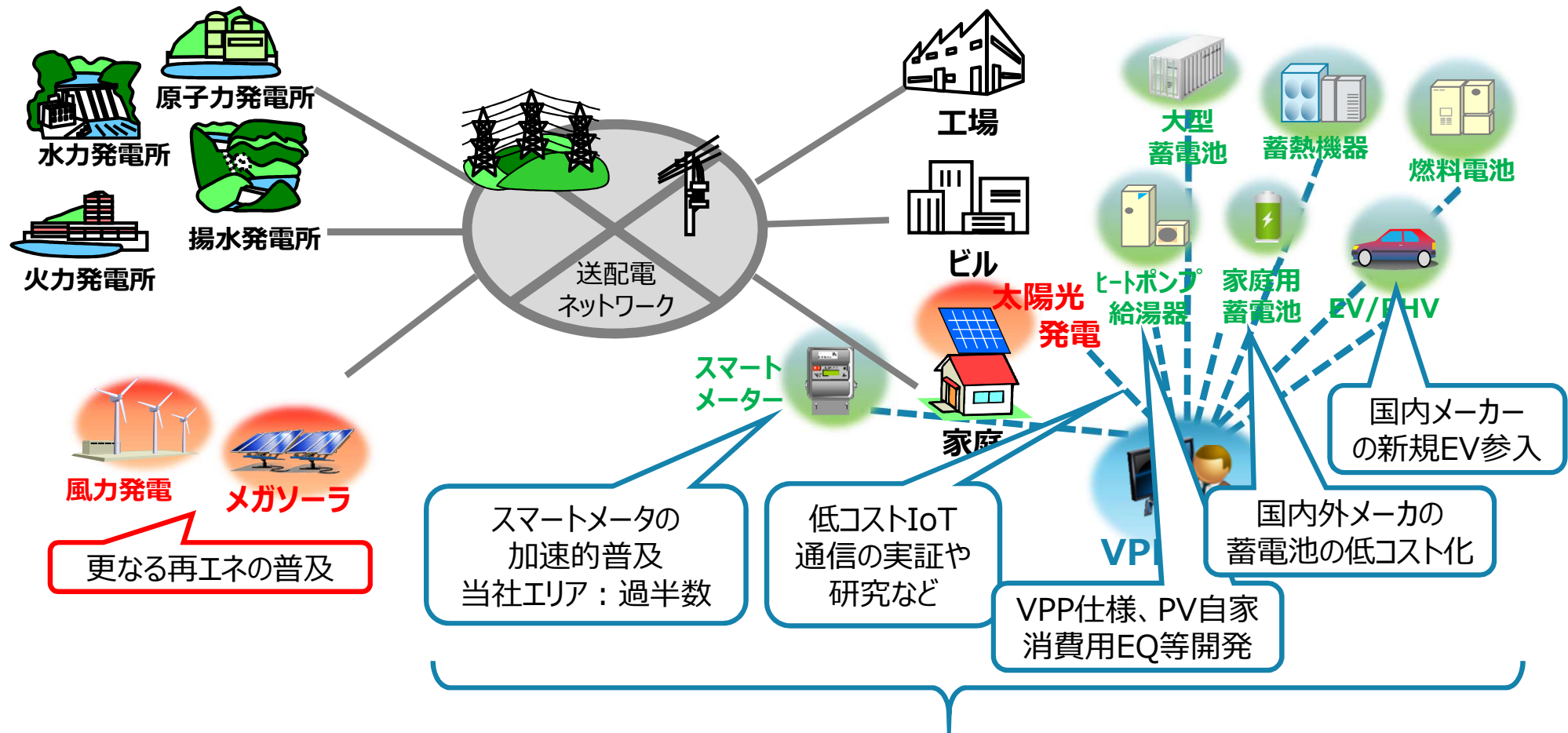




## 【例：蓄電池の活用イメージ】



パリ協定によるCO2削減ニーズの高まりもあり、再エネ普及に対する課題は更に深刻なものとなりつつあるが、ここ1年でも、EVの普及に対する期待感の高まり、機器のローコストIoT化通信の発展など、VPP実現のための環境も追い風となる方向に変化してきている。



## VPP構築環境の進化



資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部  
新エネルギーシステム課  
03-3580-2492

# 需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワー プラント構築実証事業費補助金 平成29年度予算案額 40.0億円 (29.5億円)

## 事業の内容

### 事業目的・概要

- 東日本大震災後、従来の大規模集中電源に依存した硬直的なエネルギー供給システムを脱却するとともに、急速に普及している再生可能エネルギーを安定的かつ有効に活用することが喫緊の課題となっています。
- こうした状況に対応するため、工場や家庭などが有するエネルギーリソース（蓄電池や発電設備、デマンドレスポンスなど）を、高度なエネルギーマネジメント技術により遠隔・統合制御し、あたかも一つの発電所（仮想発電所：バーチャルパワープラント）のように機能させることで、電力の需給調整に活用する実証事業を実施します。
- 具体的には、統合制御に関する技術実証の実施やエネルギーリソースの遠隔制御対応（IoT）化等に取り組み、需要家側エネルギーリソースの有効利用及び需給調整への活用を通じて、再生可能エネルギーの導入拡大及び更なる省エネルギー・電力の負荷平準化、系統安定化コストの低減を目指します。

### 成果目標

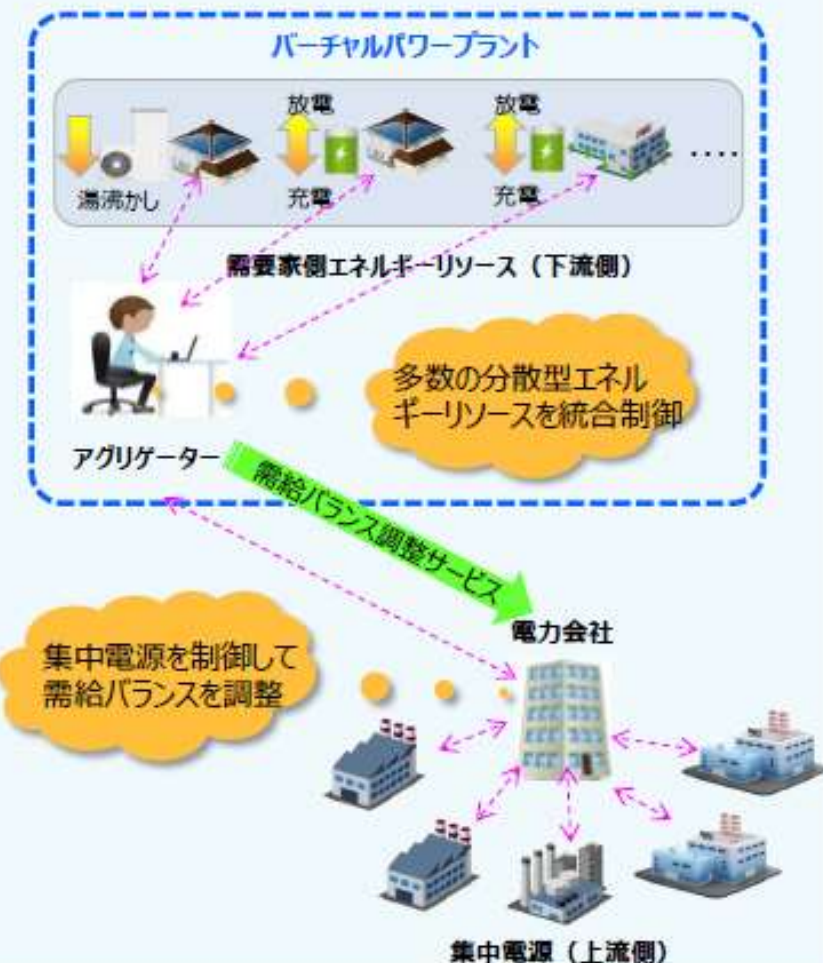
- 平成28～32年度までの5年間の事業を通じて、50MW以上の仮想発電所の制御技術の確立等を目指し、再生可能エネルギーの導入拡大や更なる省エネルギー・電力の負荷平準化等を推進します。

### 条件（対象者、対象行為、補助率等）



## 事業イメージ

蓄電池やヒートポンプ等のエネルギーリソースを活用したビジネスモデルの確立



- 再生可能エネルギーは今後も普及拡大するため、電力の安定供給はより難しい状況になることが想定されている。また、電力システム改革が進む中、需要側調整力を活用した効率運用も期待されており、国内及び海外でもその取組みが進められている。
- 関西電力では、電力システムの各種課題に対応する取組みとして、デマンドレスポンスやネガワットなどの実証事業に取り組んできた。また、今年度からVPP実証事業に取り組んでおり、各種リソースを統合制御するシステムの構築や一括制御技術の確立を目指している。この取組みを通じて、エネルギー利用の最適化や、再生可能エネルギーの更なる導入拡大を目指している。

ご清聴ありがとうございました