



限りあるエネルギー資源をどのように活用するのか スマートコミュニティの考え方

2019年7月19日

日建設計総合研究所

湯澤 秀樹

NIKKEN

NIKKEN SEKKEI RESEARCH INSTITUTE

本日本話しする内容

1. コンセントの向こう側

2. なぜ、再生可能エネルギーが増えないのか

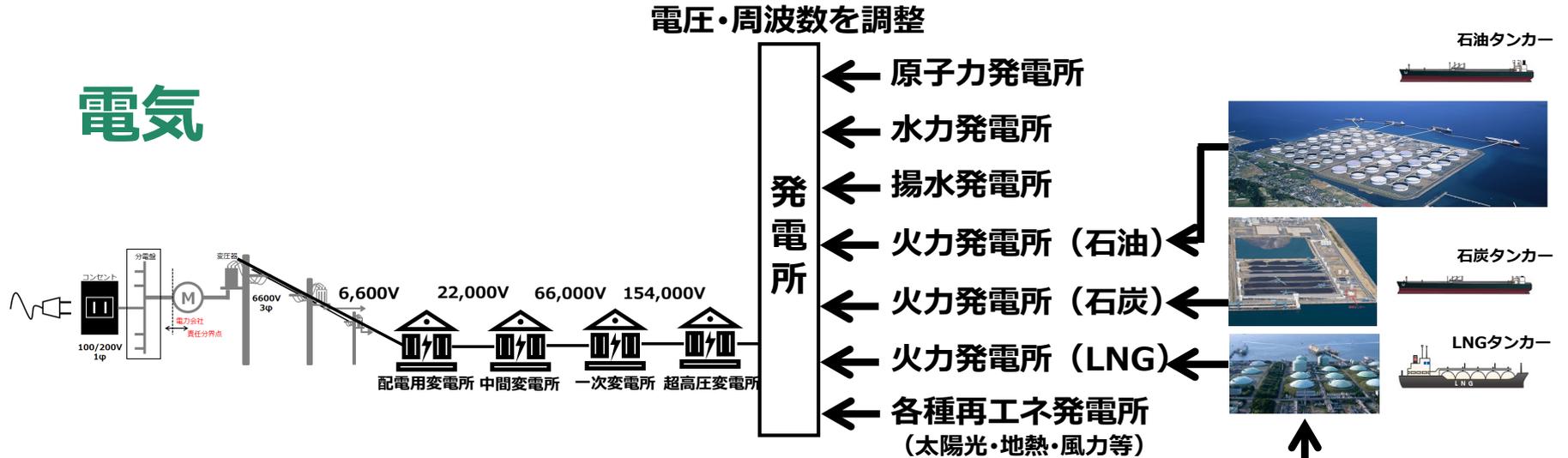
3. スマートコミュニティについて考える

1

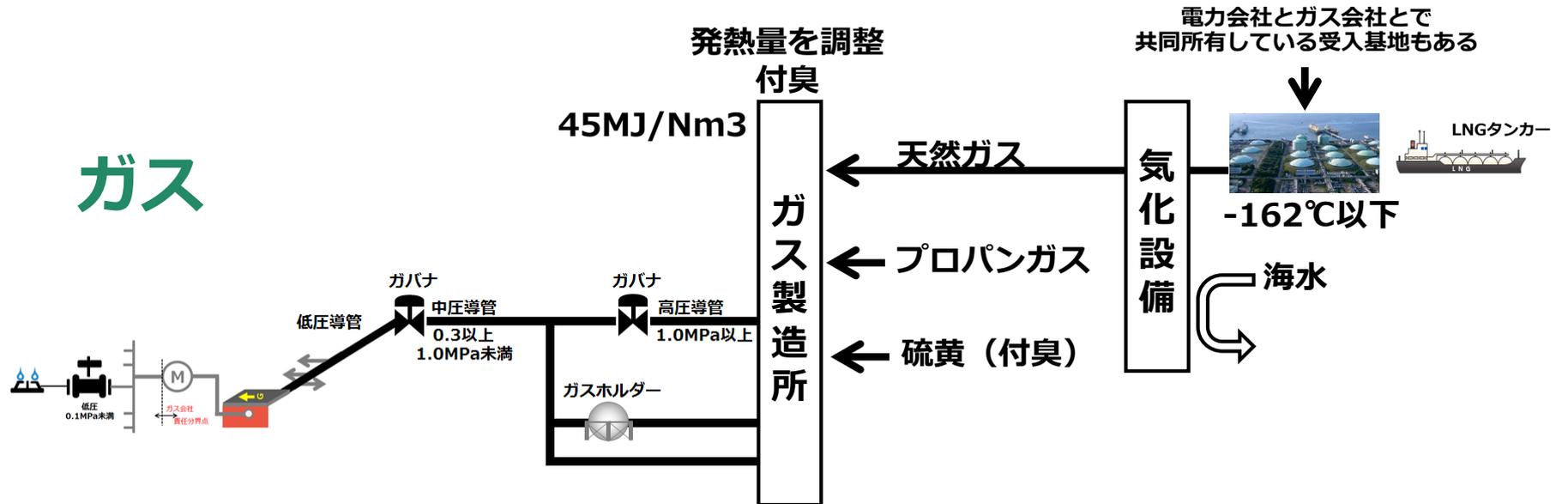
コンセントの向こう側

電気(発電所)とガス(製造所)のエネルギー源は何か？

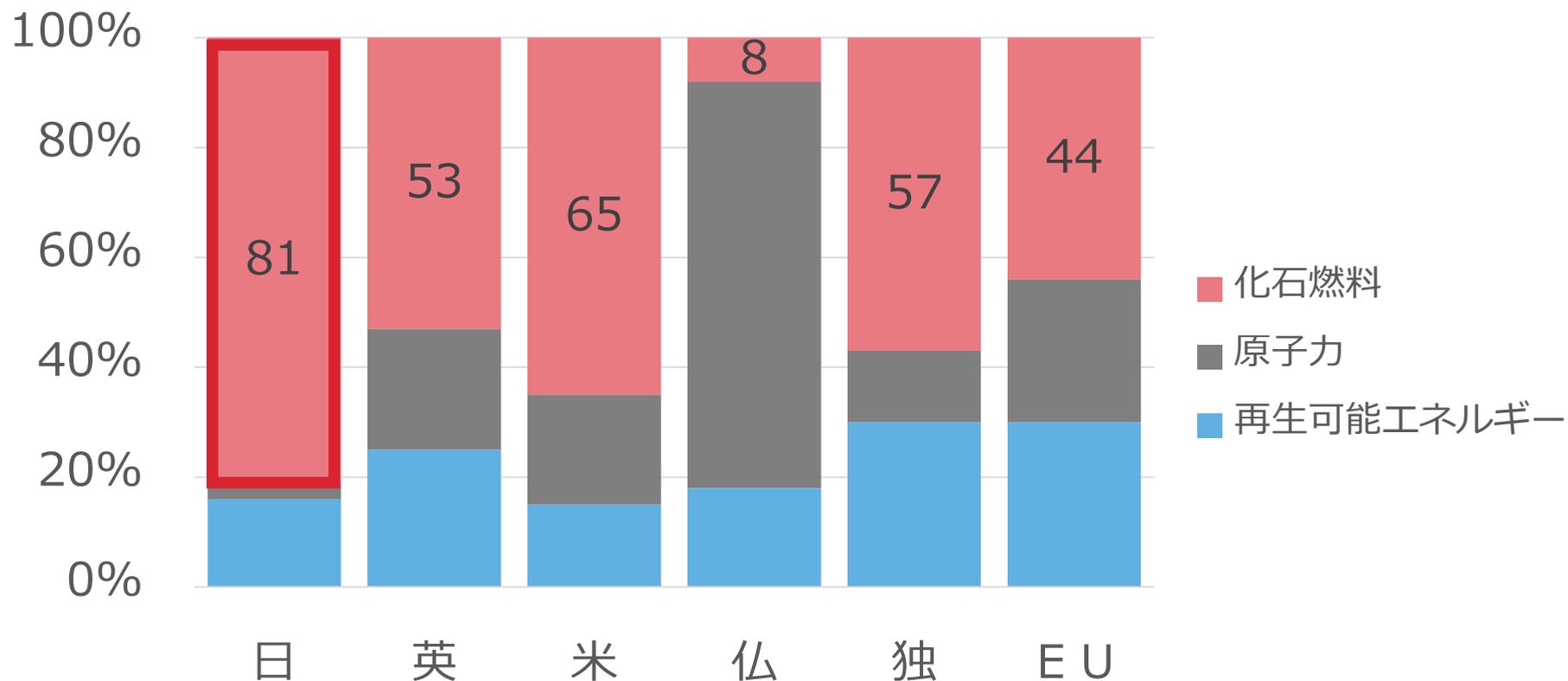
電気



ガス



主要国の化石燃料依存率と年間CO₂排出量



億トンのCO ₂	11	4	48	3	7	31	年間CO ₂ 排出量
トンのCO ₂ /人	9.0	5.7	14.9	4.4	8.9	6.4	1人当たりCO ₂ 排出量

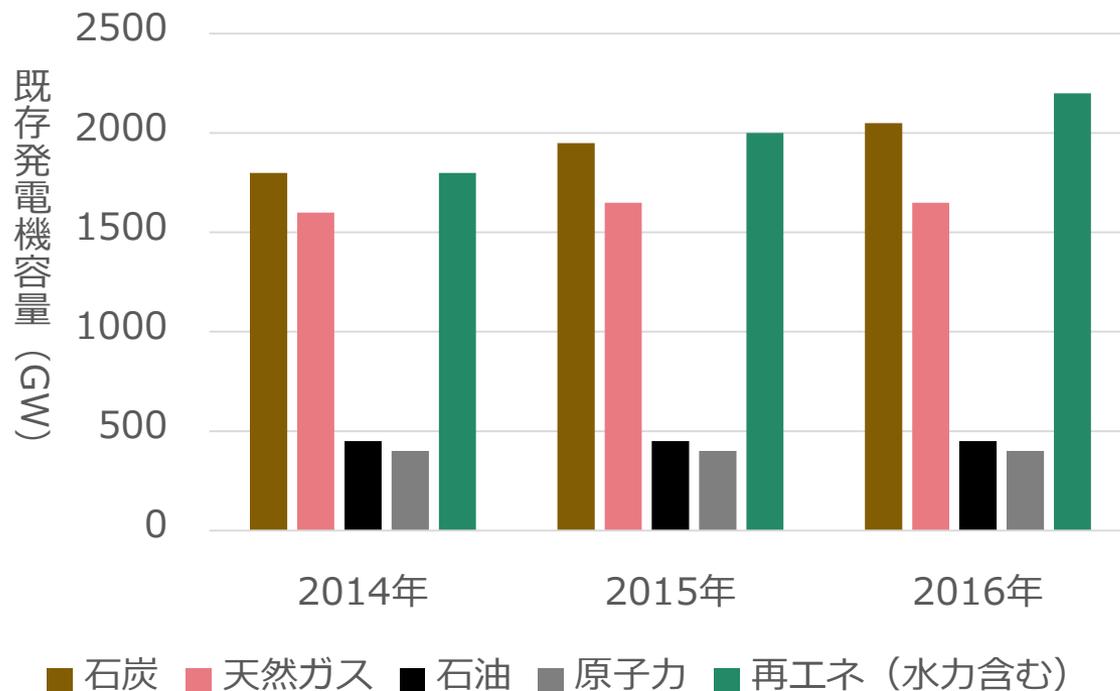
出典 2019エネルギー白書 経済産業省

世界の再生可能エネルギー導入状況

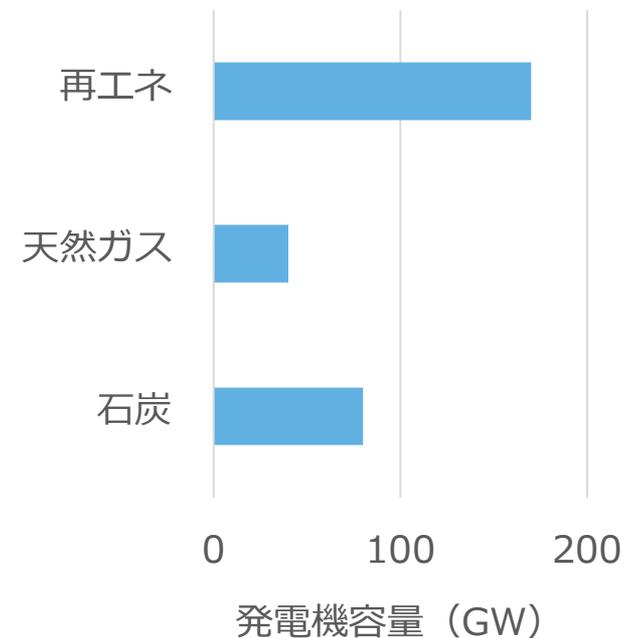
再生可能エネルギーへの投資が増加している。

2015年 再生可能エネルギーの発電設備が石炭火力を上回る。

世界全体の既存発電設備容量



全世界の新設発電機容量



出典 2019エネルギー白書 経済産業省

世界の再生可能エネルギー導入状況

発電設備への投資額

再生可能エネルギーへの投資は、他発電設備の**2倍**を超える（2016年）

- 再生可能エネルギー 約2970億ドル
- 原子力・石炭・天然ガス・石油発電所への投資額 約1430億ドル

「近年は再生可能エネルギーのコスト低下が目覚ましく、
今や「風力・太陽光」がコストの最も低い電源になっている。」

フランシス・オサリバン MIT エネルギーイニシアティブ研究責任者



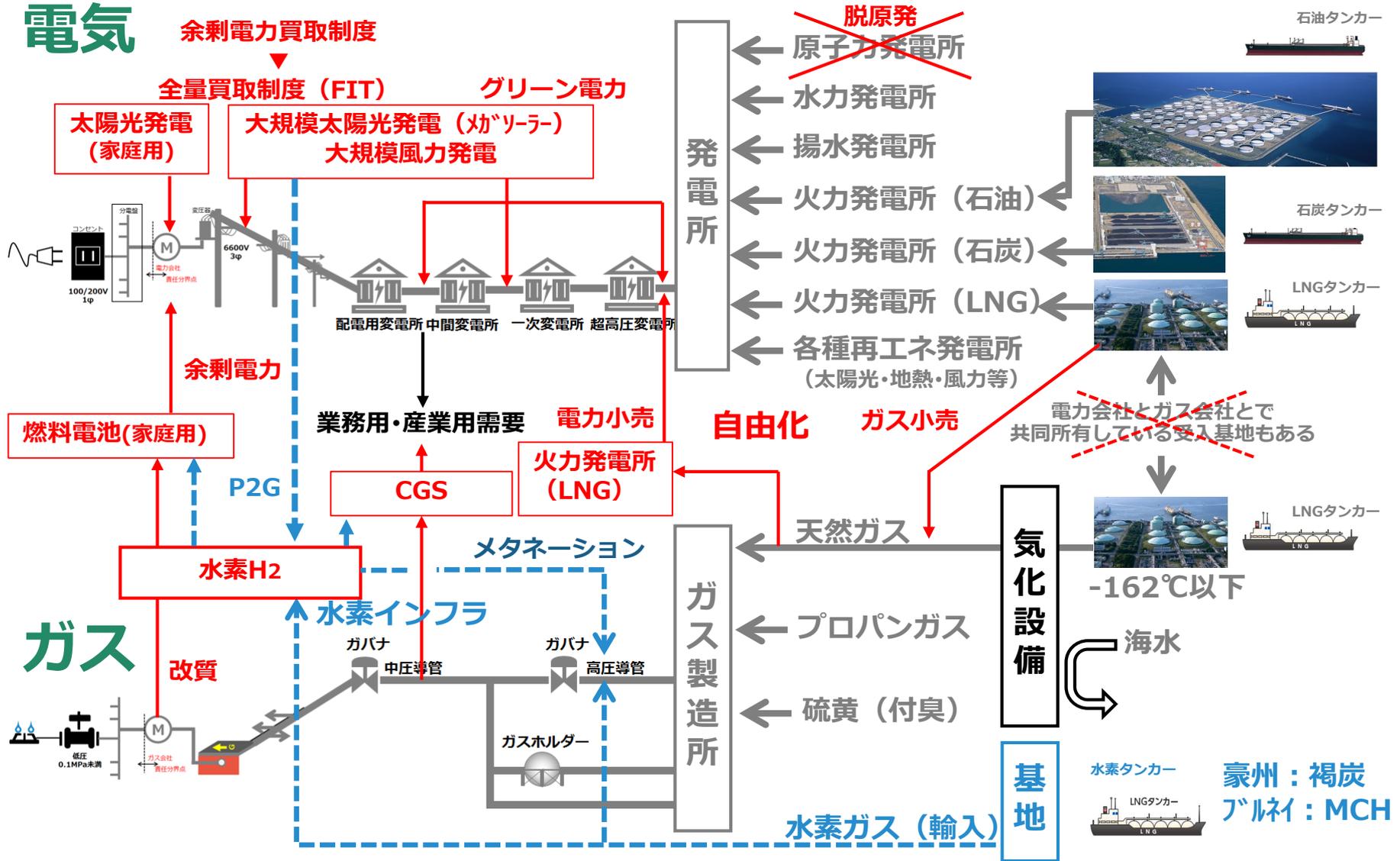
米ゼネラル・エレクトリック（GE）社と独シーメンス社
大型ガスタービンの需要減が打撃となり、人員削減を発表

負組

アジア系太陽光パネルメーカー 業績が好調

勝組

最近のキーワードを落としし込むと・・・

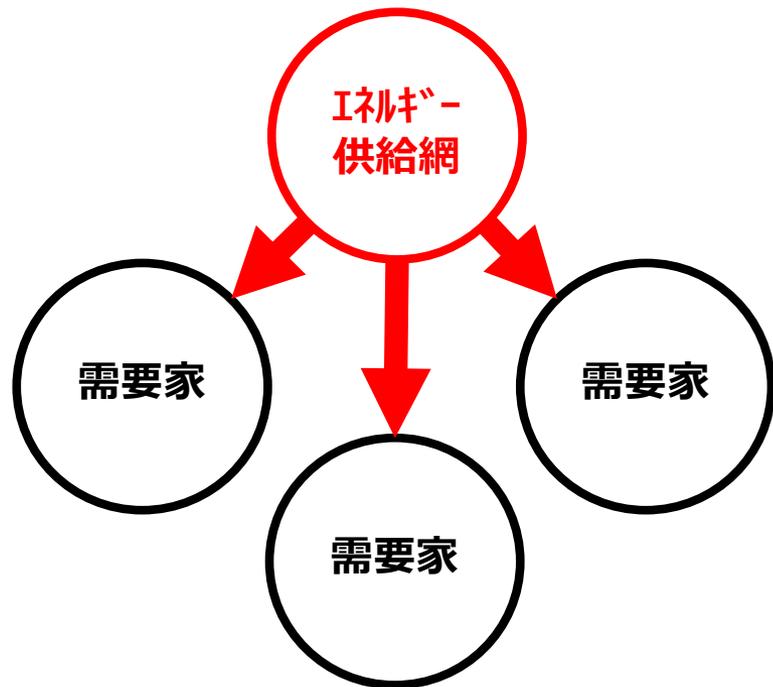


エネルギーネットワークの今後は？

これまで

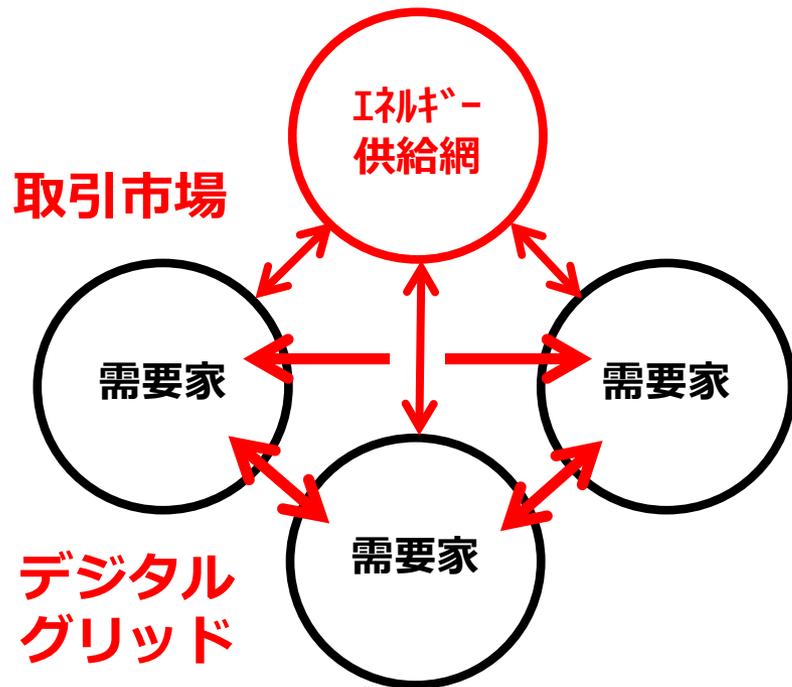


これから



**集中型発電
集中制御**

B2C



**分散型発電
非集中化制御**

M2M

アグリゲータビジネス (DR、VPP等)
ブロックチェーン技術

エネルギーシステムの の基本理念

多様性

エネルギー源の
選択肢を広く

持続性

資源の枯渇から
の脱却

透明性

情報公開

効率性

限りある資源を
大切に使う

自律性

安定した電力供給

出典
井熊均

「次世代エネルギーの最終戦略」
東洋経済新報社,2011

2

なぜ、再生可能エネルギーが増えないのか

再生可能エネルギーの普及を妨げる問題

- 1 エネルギー密度が低い
- 2 偏在している
- 3 変動しやすい
- 4 コストが高い

1

エネルギー密度が低い

太陽光発電設備を火力発電所と比較

設置面積を2倍としても

- 発電機の設備容量は 1 / 200
- 年間発電量は 1 / 1,300

発電所	某太陽光発電所
面積	約21万m ²
設備容量	1万kW
年間発電量	約1,100kWh/年



発電所	某火力発電所
面積	約10万m ²
設備容量	200万kW
年間発電量	約140億kWh/年



出典 関西電力HP

国土面積と再エネ導入量 (2016年)

	面積グループ① (日本と同面積)				面積グループ② (九州と同面積)		
	ドイツ	ノルウェー	日本	カリフォルニア	アルバニア	九州	デンマーク
国土面積	35万km ²	37万km ²	38万km ²	42万km ²	3万km ²	4万km ²	4万km ²
再エネ発電量	1,900億kWh	1,450億kWh	1,600億kWh	800億kWh	80億kWh	170億kWh	180億kWh
面積当り再エネ	54万kWh/km ²	40万kWh/km ²	41万kWh/km ²	19万kWh/km ²	28万kWh/km ²	40万kWh/km ²	44万kWh/km ²
需要規模	6,400億kWh	1,500億kWh	10,500億kWh	2,000億kWh	80億kWh	1,090億kWh	310億kWh
再エネ比率	29%	98%	15%	40%	100%	15%	60%
補正比率 ^{*1}	18%	14%	15%	7%	7%	15%	17%

※ 1 : 補正比率 : 日本・九州の需要規模で再エネ比率を計算

出典 2019エネルギー白書 経済産業省

エネルギー需要と再生エネルギー利用率

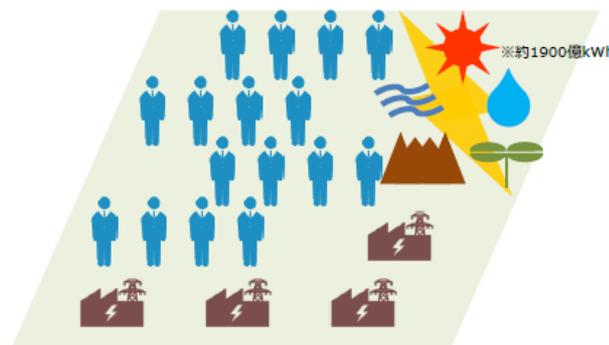
ルウェー

再生比率 : 98%
国土面積 : 37万km²
△再生1% : 15億kWh



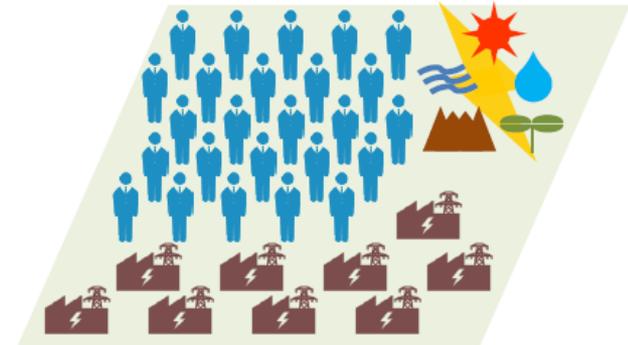
ドイツ

再生比率 : 29%
国土面積 : 35万km²
△再生1% : 64億kWh



日本

再生比率 : 15%
国土面積 : 38万km²
△再生1% : 105億kWh



約500万人

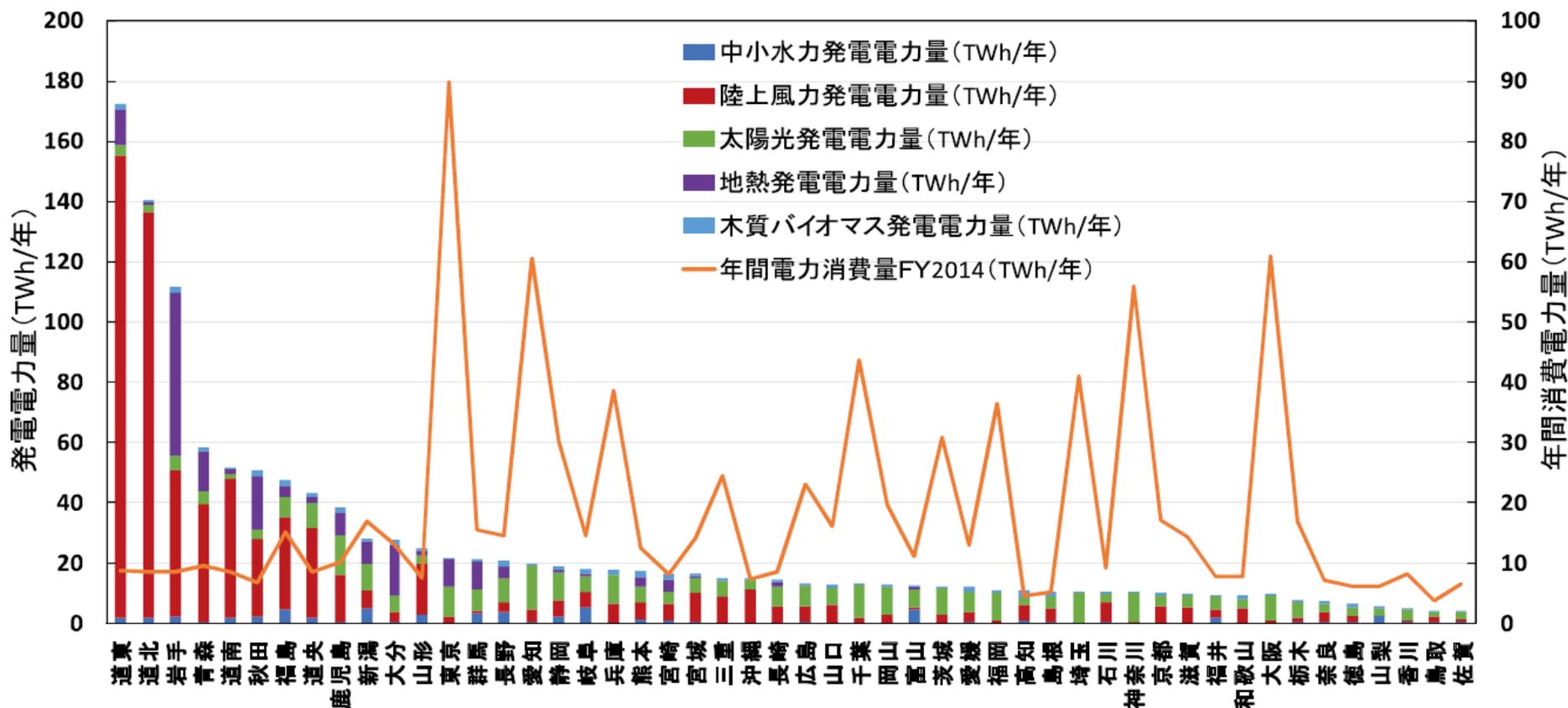
再生発電量
約1500億kWh

再生以外の必要電力量
(再生以外)
約1000億kWh

出典 2019エネルギー白書 経済産業省

2

偏在している

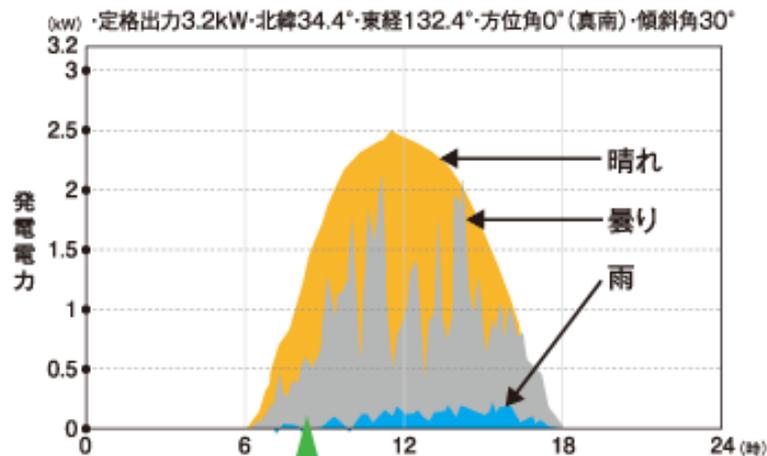


出典 主要再生可能エネルギーの都道府県別ポテンシャル分布と発電所建設コスト低減
 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター, H30年1月

3

変動しやすい

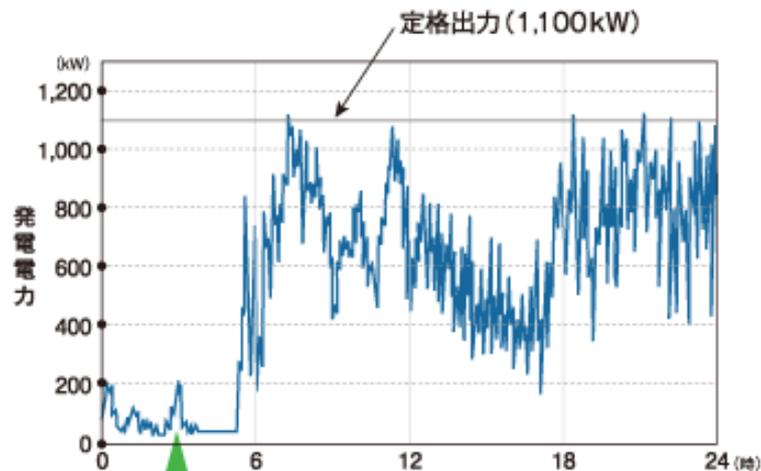
太陽光発電の出力変動例(春季)



太陽光発電は時間帯と天気で
発電量が変わる

電気事業連合会
「原子力・エネルギー」図面集 2013 をもとに作成

風力発電の出力変動例(冬季)



風力発電は風の強さで
発電量が変わる

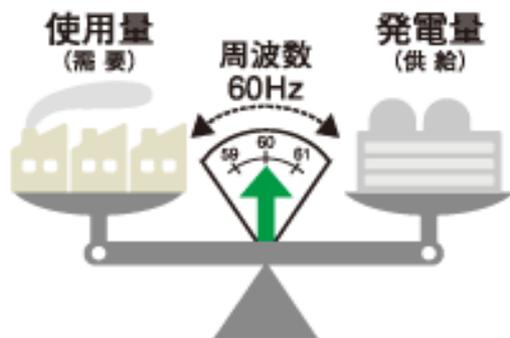
電気事業連合会
「原子力・エネルギー」図面集 2013 をもとに作成

出典 関西電力HP

3

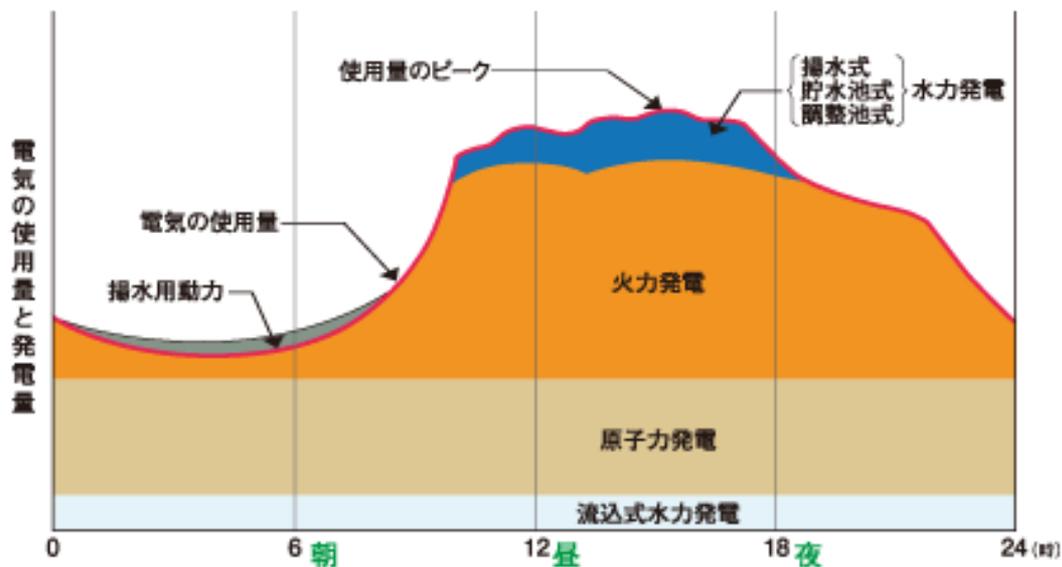
変動しやすい

電気使用量と発電量のバランス



使用量と発電量のバランスが崩れると周波数や電圧が上下し、電気の品質を保てません

電気の使用量にあわせた電源の組み合わせ(例)



出典：電気事業連合会「原子力・エネルギー」図面集 2013

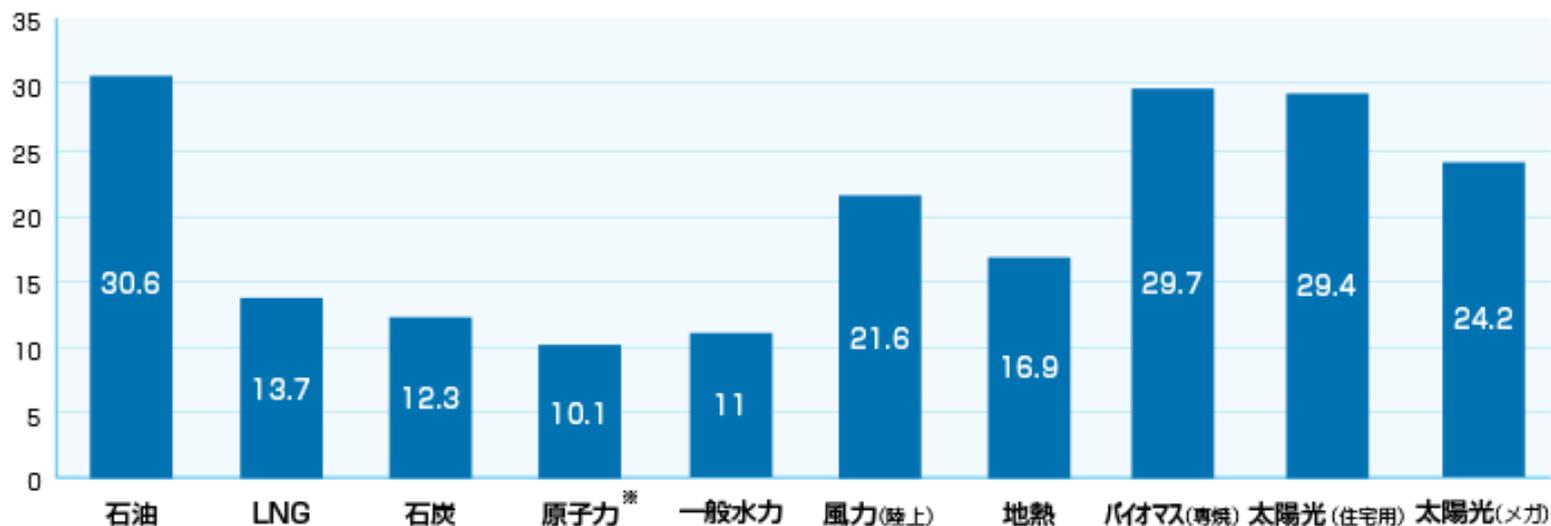
出典 関西電力HP

4

コストが高い

電源別の発電単価(2014年モデルプラント試算結果)

(円/kWh)

設備
利用率

石油	30%	LNG	70%	石炭	70%	原子力*	70%	一般水力	45%	風力(陸上)	20%	地熱	83%	バイオマス(専焼)	87%	太陽光(住宅用)	12%	太陽光(メガ)	14%
----	-----	-----	-----	----	-----	------	-----	------	-----	--------	-----	----	-----	-----------	-----	----------	-----	---------	-----

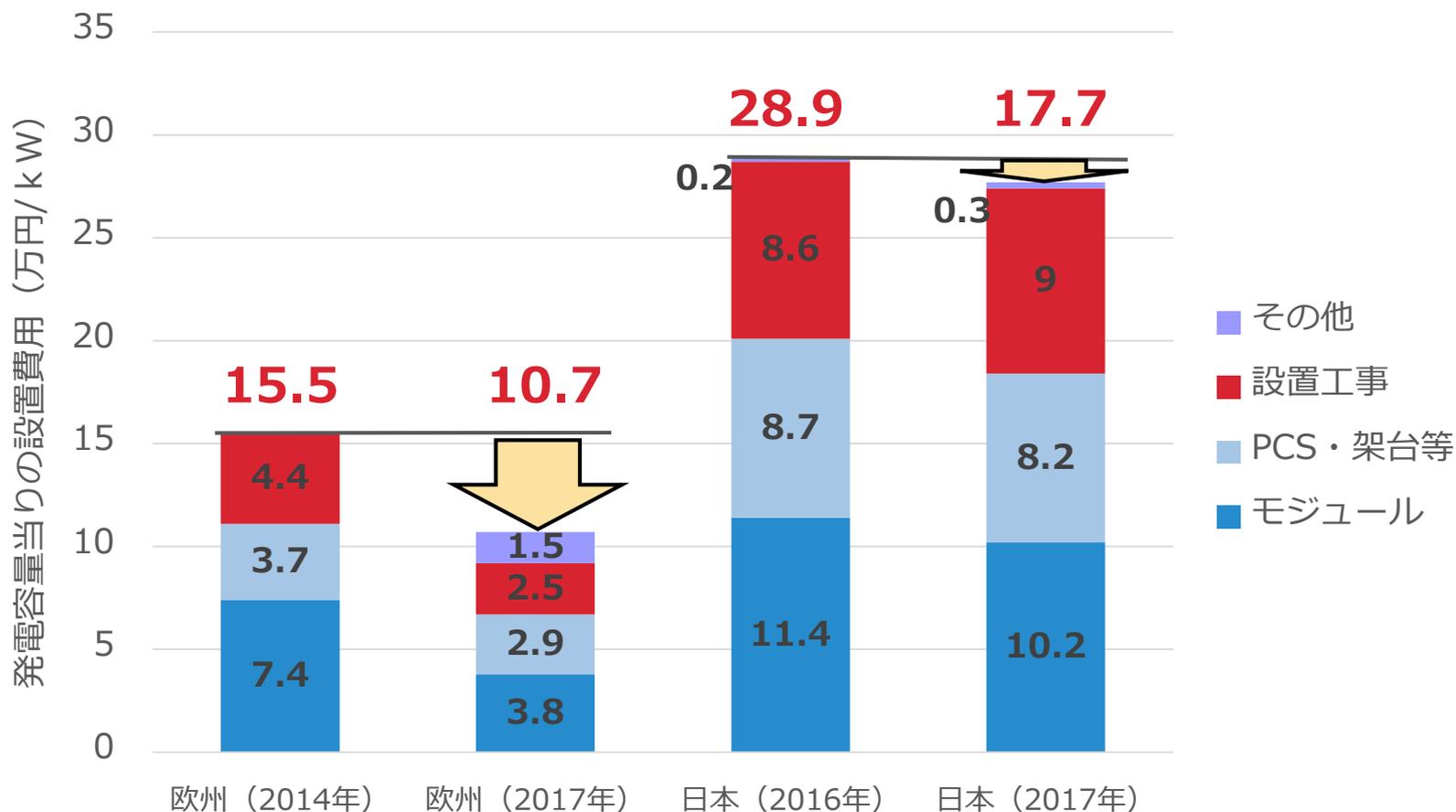
※原子力における発電コスト試算は事故リスク対応費用（原子力発電所事故の損害額を最低でも9.1兆円と見積もり、国内の原子力事業者が40年間で見合う費用を積み立てるという前提）、「政策費用・環境対策費用」などの社会的費用も加味されています。また、事故費用が1兆円増加するたびに0.04円上昇します。

出典：発電コスト検証ワーキンググループ（平成27年5月）

出典 関西電力HP

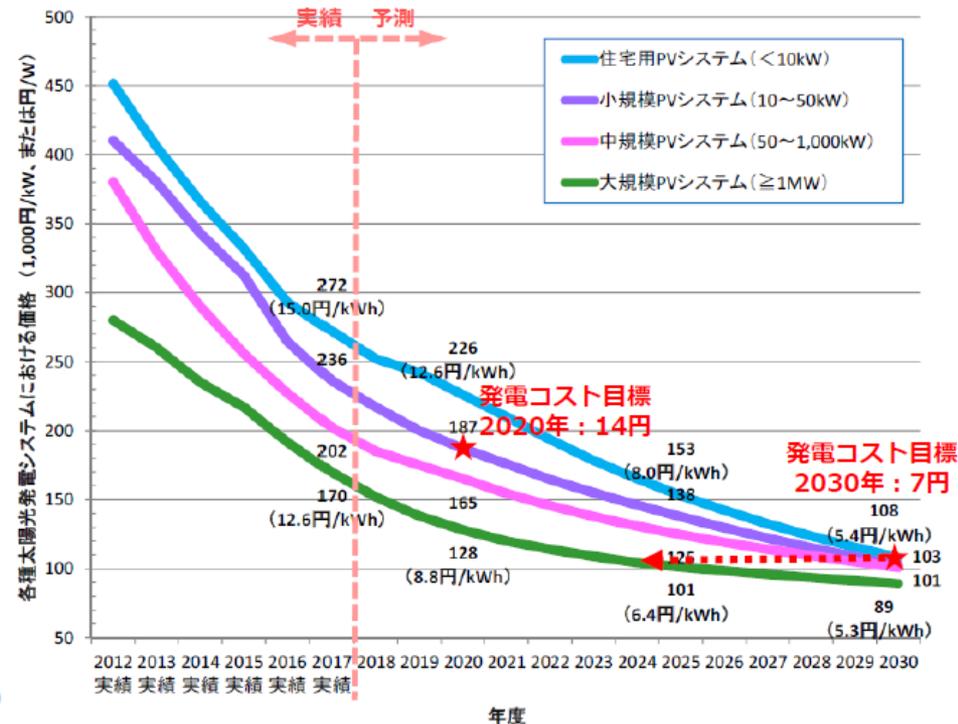
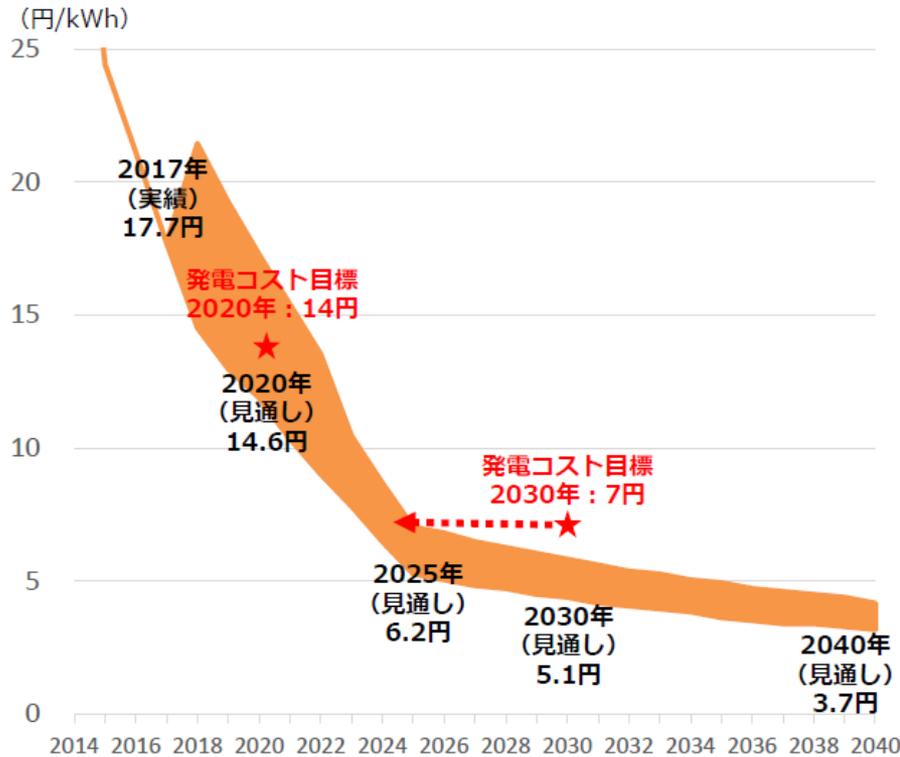
再生可能エネルギー設置費用

欧州の事業用太陽光発電設備の設置費用は大きく低減
日本は、微減で高止まり



出典 2019エネルギー白書 経済産業省

日本の太陽光発電設備の設置費用は、5円/kWh台になる見通し

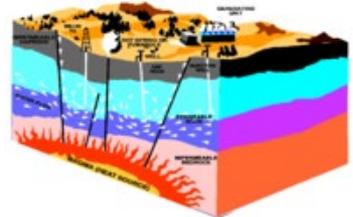


※Bloomberg NEFデータより資源エネルギー庁作成。2018年以降は見通し。資金調達コストを踏まえた割引率は3%、1\$=110円換算で計算。なお、Bloomberg NEFの推計は、日本の2020年度までは現行のFIT制度、2020年度以降はFIT制度からの自立化を前提としている。見通しのコストの値は、上位ケースと下位ケースの中央値。

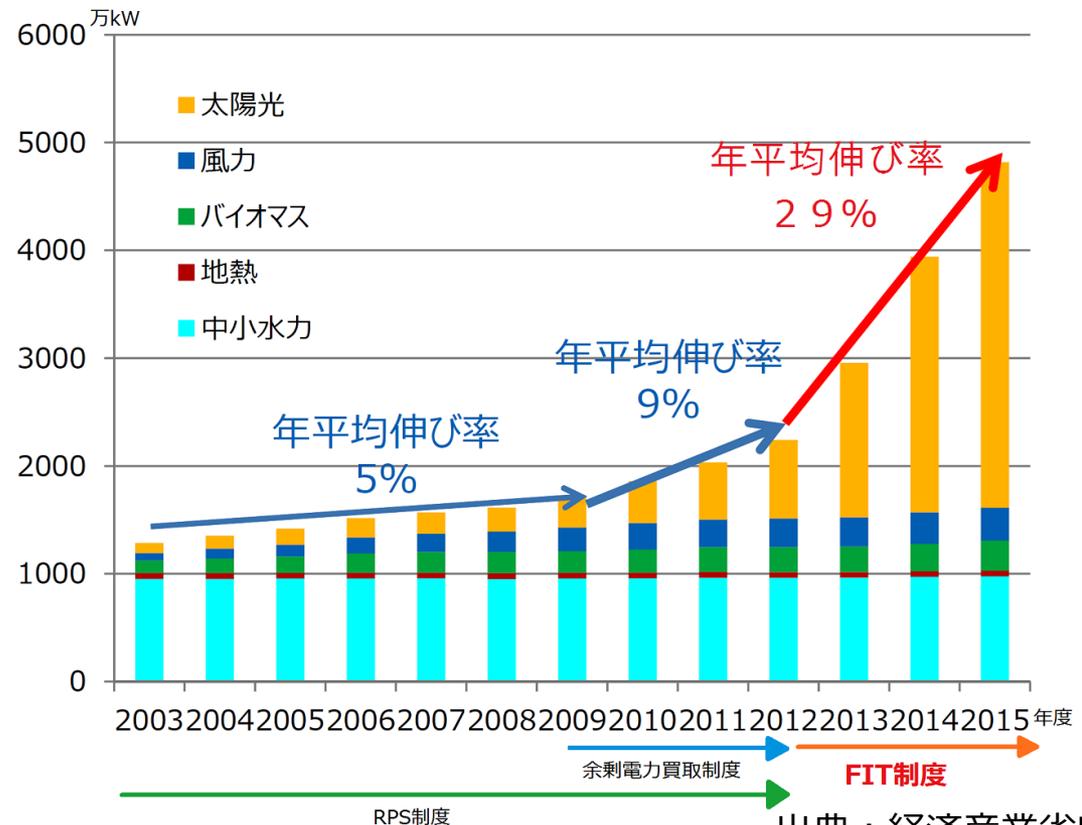
※資源総合システム社調査。割引率は3%を想定。(導入・技術開発加速ケース)

出典 2019エネルギー白書 経済産業省

日本の再生可能エネルギーの普及状況



FITにより、再生可能エネルギーの導入率急上昇



出典：経済産業省HP

日本のFIT制度の調達価格

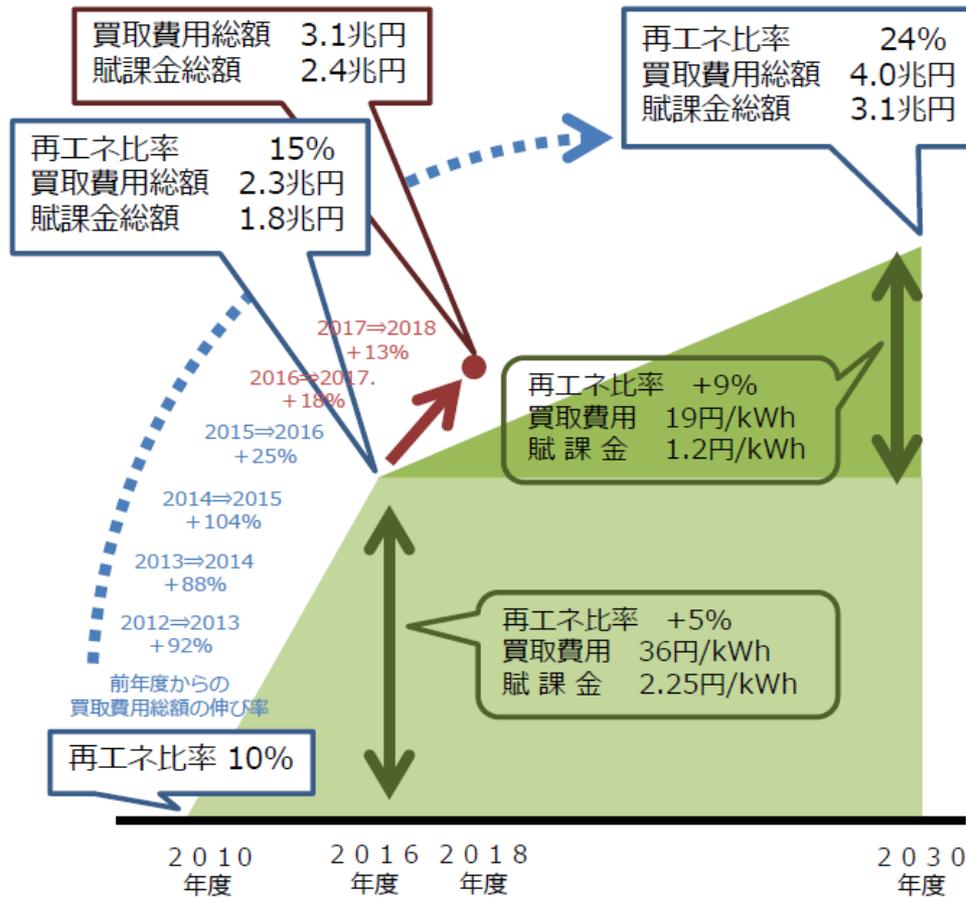
電源 【調達期間】	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2030年 価格目標	
事業用太陽光 (10kW以上) 【20年】	40円	36円	32円	29円 27円※1	24円	入札制移行 (2,000kW以上) 21円 (10kW以上1,2,000kW未満) / 18円 (10kW以上1,2,000kW未満)					7円	
住宅用太陽光 (10kW未満) 【10年】	42円	38円	37円	33円 35円※2	31円 33円※2	28円 30円※2	26円 28円※2	24円 26円※2			市場価格 (2020年以降の目標)	
風力 【20年】	22円(20kW以上)※4					21円 (20kW以上)※4	20円 ※4	19円 ※4	18円 ※4		8~9円	
	55円(20kW未満)※3						36円(着床式)※5					
	36円(洋上風力(着床式・浮体式))						36円(浮体式)	36円(浮体式)				
地熱 【15年】	26円(15000kW以上)※4					40円(15000kW未満)※4						
	24円(1000kW以上30000kW未満)※4					24円	20円(5000kW以上30000kW未満)※4 27円(1000kW以上5000kW未満)※4					
水力 【20年】	29円(200kW以上1000kW未満)※4					34円(200kW未満)※4						
	39円(メタン発酵ガス)					40円(2000kW未満) 32円(2000kW以上)						
	32円(間伐材等由来の木質バイオマス)					32円(2000kW以上)						
バイオマス 【20年】	24円(一般木材等バイオマス)					24円 (20,000kW以上)	21円 (10,000kW以上)	入札制移行 (10,000kW以上)				FIT制度 からの 中長期的な 自立化を 目指す
						24円 (20,000kW未満)	24円 (10,000kW未満)					
	24円(バイオマス液体燃料)					24円 (20,000kW以上)	21円 (10,000kW以上)	入札制移行				
						24円 (20,000kW未満)						
	13円(建設資材廃棄物)											
	17円(一般廃棄物・その他のバイオマス)											

※3 小型風力は、真に開発中の案件に限って経過措置を設ける。 ※4 風力・地熱・水力のリプレースについては、別途、新規認定より低い買取価格を適用。

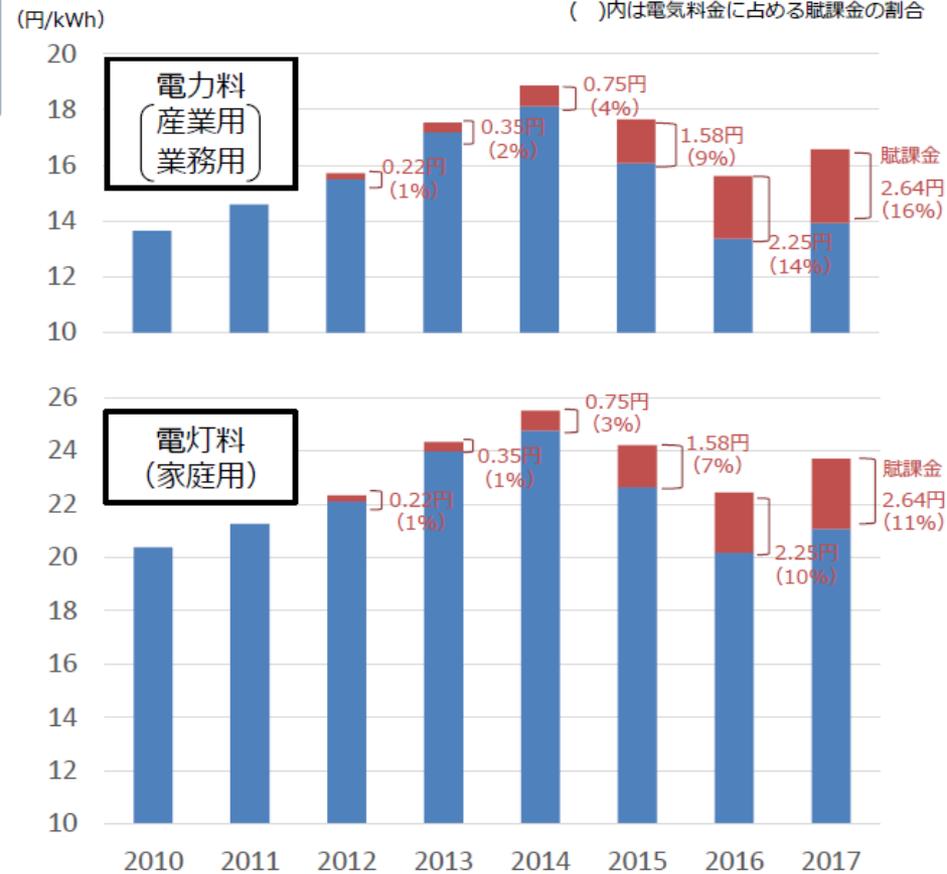
※5 一般海域利用ルール適用案件は、ルール開始に合わせて入札制移行。

国民負担の現状

- 2018年度の**買取費用総額は3.1兆円、賦課金（国民負担）総額は2.4兆円**となっている。
- 電気料金に占める賦課金の割合は、**産業用・業務用で16%、家庭用で11%に増大**している。



＜旧一般電気事業者の電気料金平均単価と賦課金の推移＞



(注) 2016年度・2018年度の買取費用総額・賦課金総額は試算ベース。
2030年度賦課金総額は、買取費用総額と賦課金総額の割合が2030年度と2016年度が同一と仮定して算出。
kWh当たりの買取金額・賦課金は、(1) 2016年度については、買取費用と賦課金については実績ベースで算出し、
(2) 2030年度までの増加分については、追加で発電した再エネが全てFIT対象と仮定して機械的に、①買取費用は総買取費用を総再エネ電力量で除したものと、②賦課金は賦課金総額を全電力量で除して算出。

(注) 電力需要実績情報（電気事業連合会）、各電力会社決算資料等をもとに資源エネルギー庁作成。
なお、旧一般電気事業者の電気料金平均単価はFIT賦課金減免を反映した数字となっている。

問題

- ① エネルギー密度が低い
- ② 偏在している
- ③ 変動しやすい
- ④ コストが高い

日本で再エネを普及させるには？

- エネルギーを使う側の変化が必要！
- 自分達が「できること」を考える！

系統電力の供給責任義務に頼りすぎないことが必要
「いつでも需要側が必要とする量を供給する」

3

スマートコミュニティの考え方

話のポイント

自分が**できること**
を考える



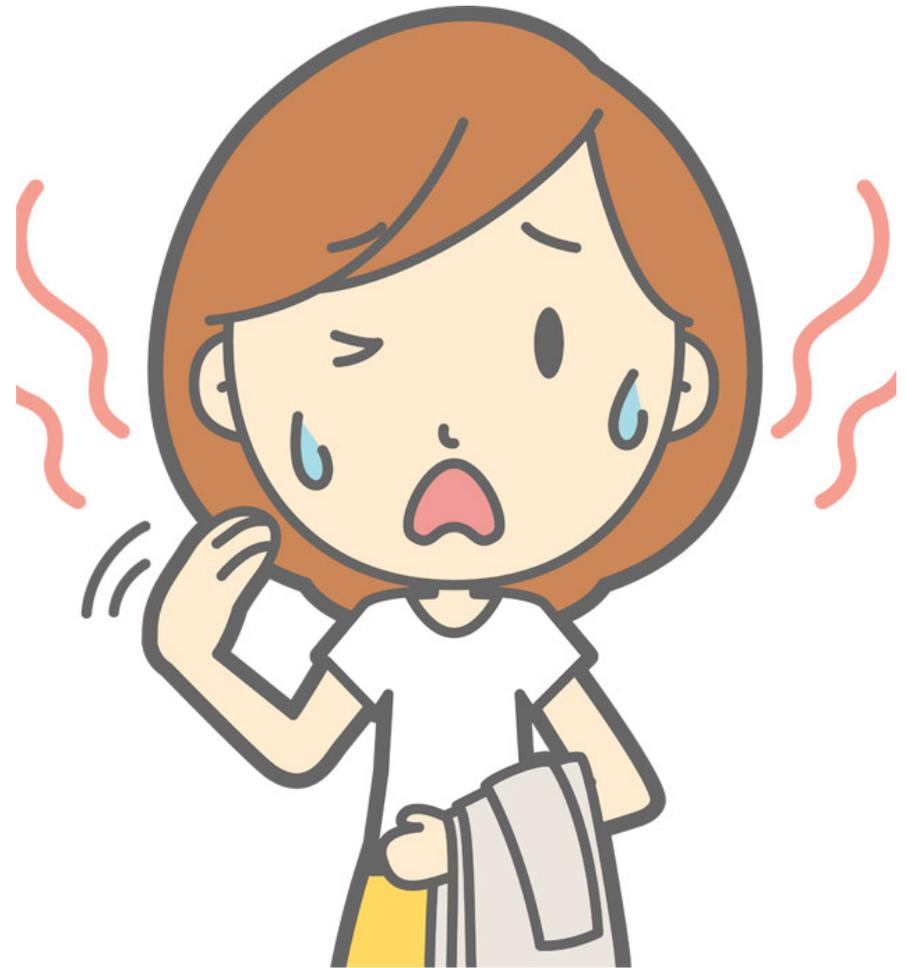
みんな**でできること**
を考える

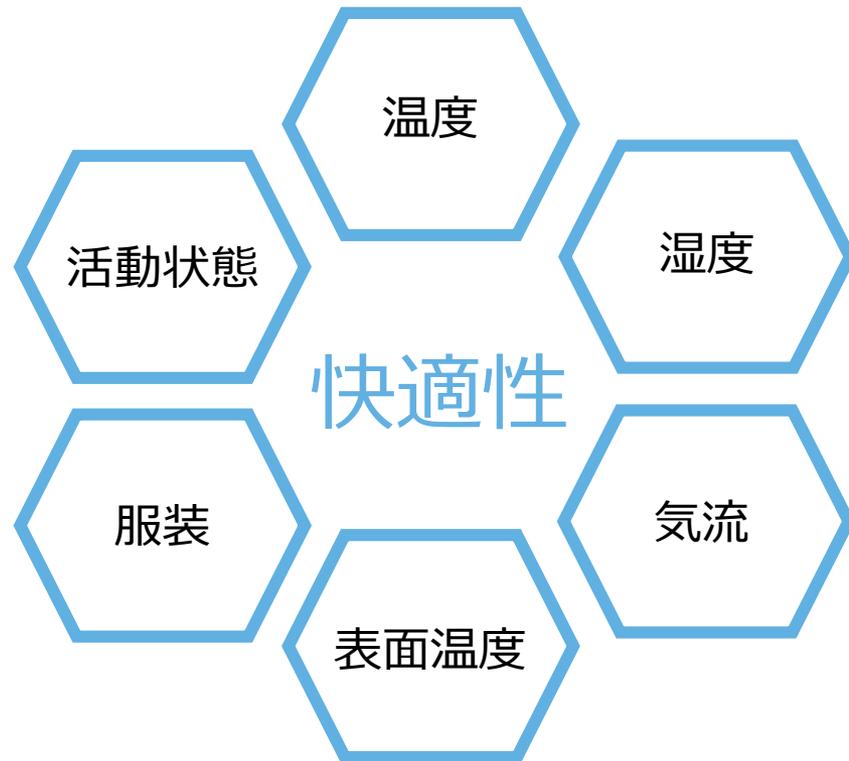


自分が**できること** を考える



室温28℃
は快適ですか？





快適性を維持した上で、
省エネルギーとなる
室内環境を実現するには

**快適性に関連する
6つの要素のバランス**

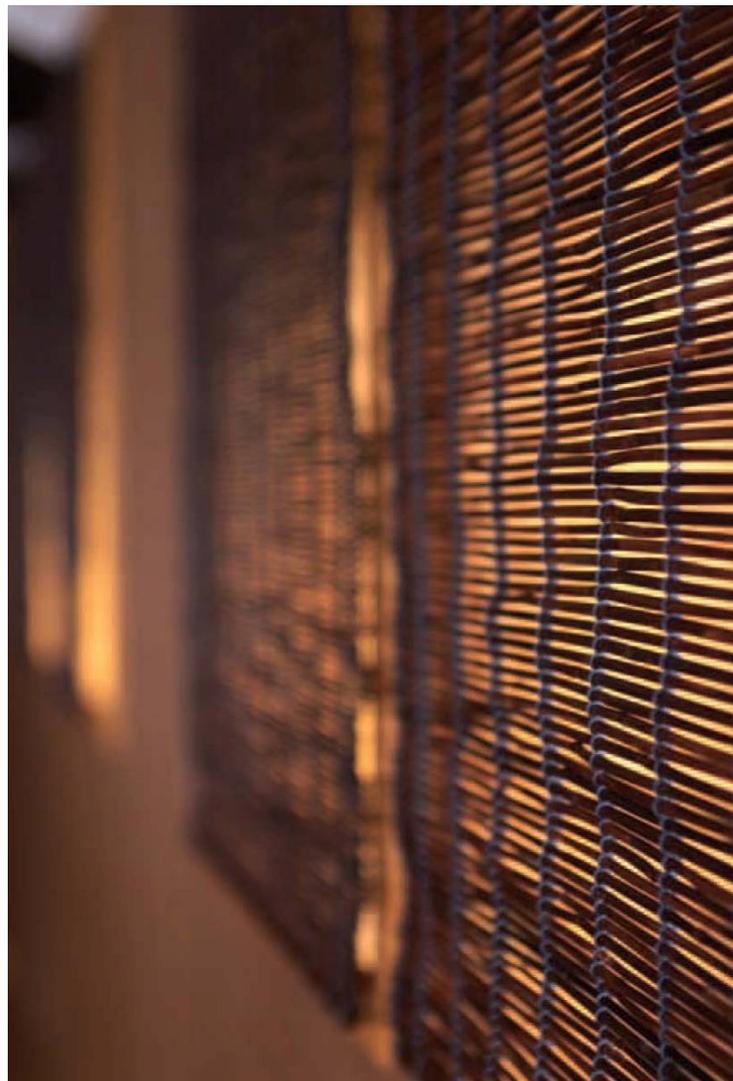
暑いときは 打ち水





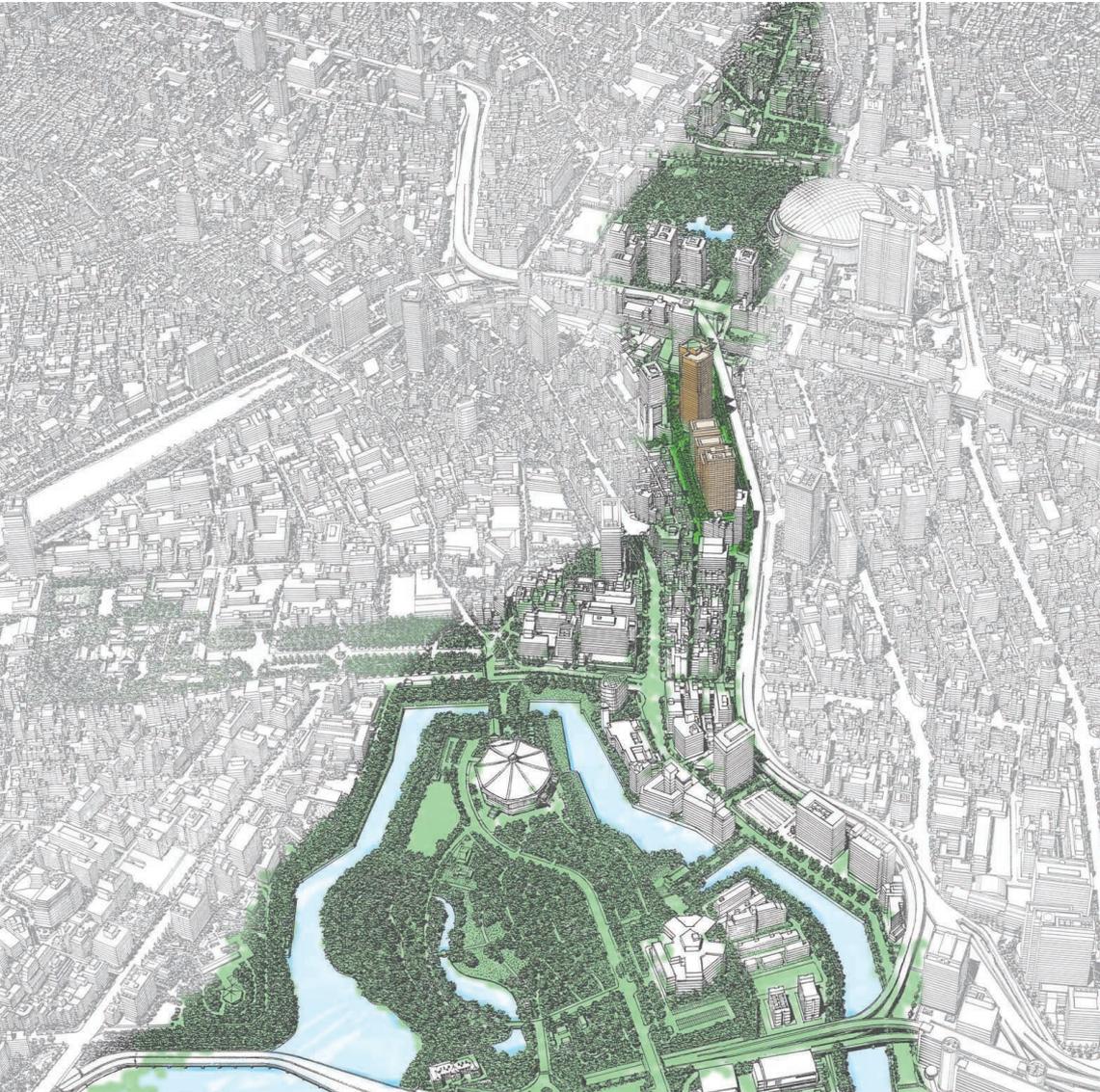
日本の
伝統的建築に学ぶ

簾



まとまった緑があると より涼しい

魅力的な緑地を形成 緑をつなげてゆく

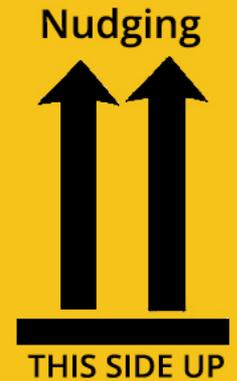
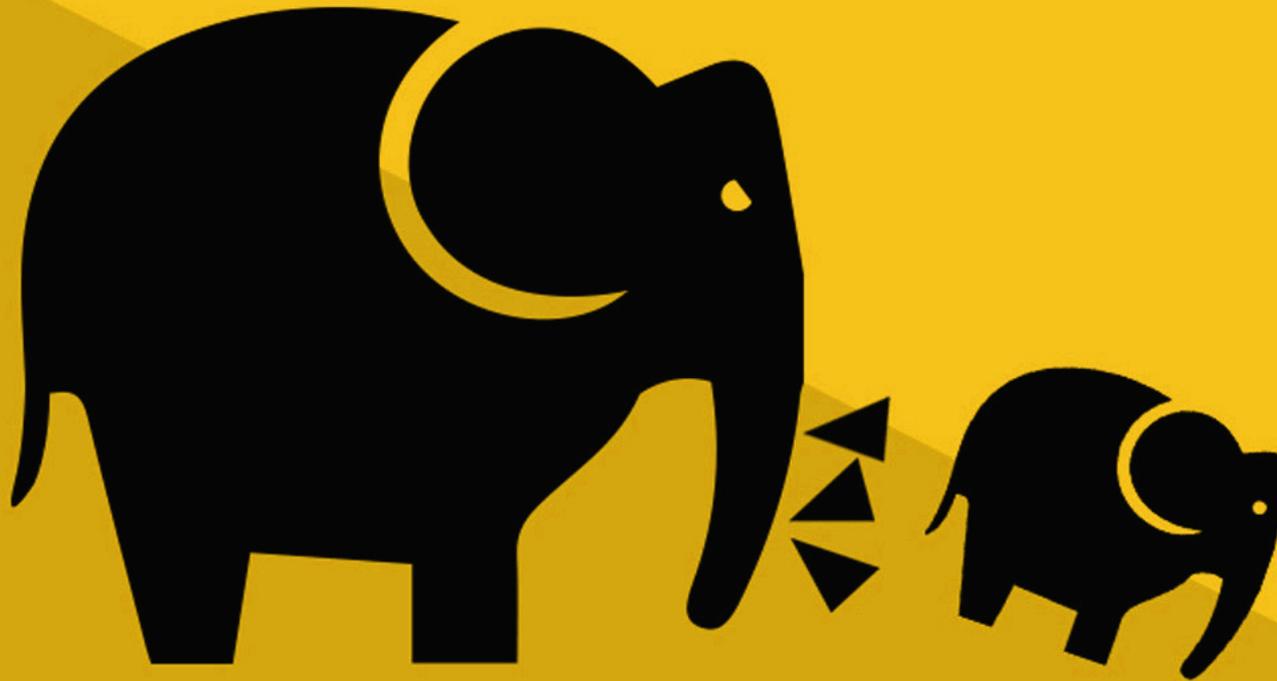


東京：千鳥ヶ淵～飯田町
かつての平川河川敷に沿った
アイガーデンエアの「新たな
緑」が、皇居と小石川後楽園
のまとまった緑をつなぐ

ライフスタイルを気候風土に合わせる



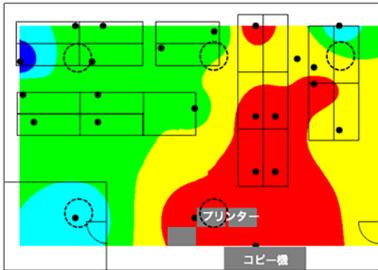
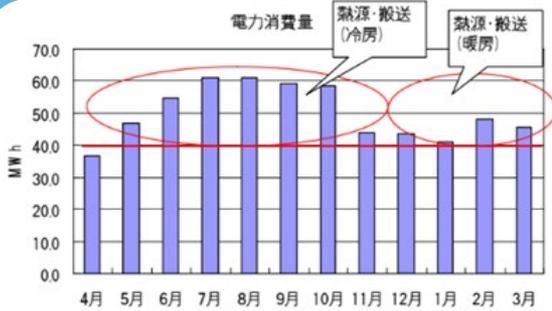
省エネ行動を誘発する



ナッジ手法を利用してみよう



居住者の省エネ行動を誘発



成功事例を共有



省エネ行動への
気づき



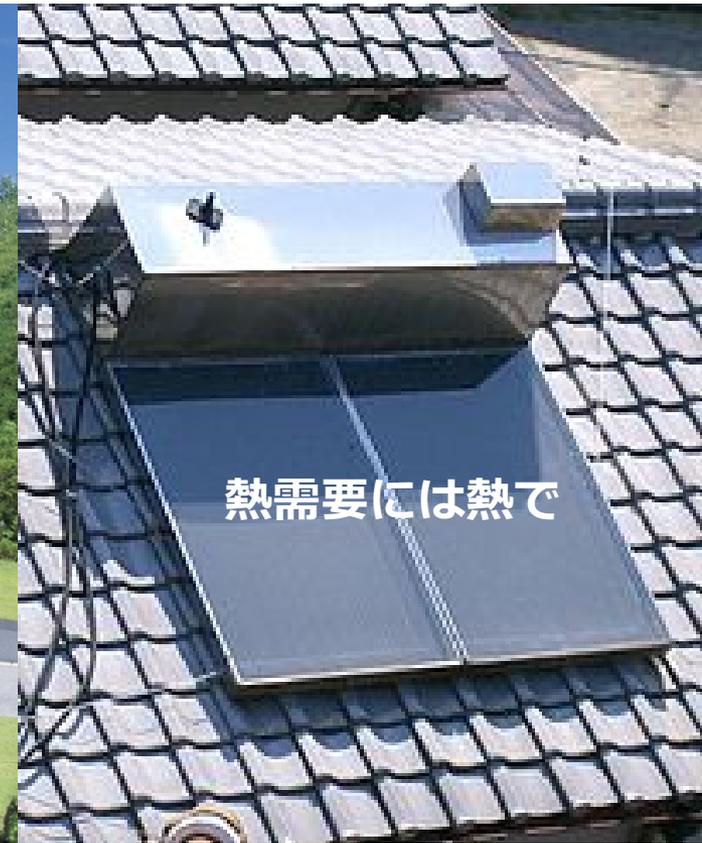
エネルギーをつくる

Consumer から Prosumerへ

電気需要には電気で



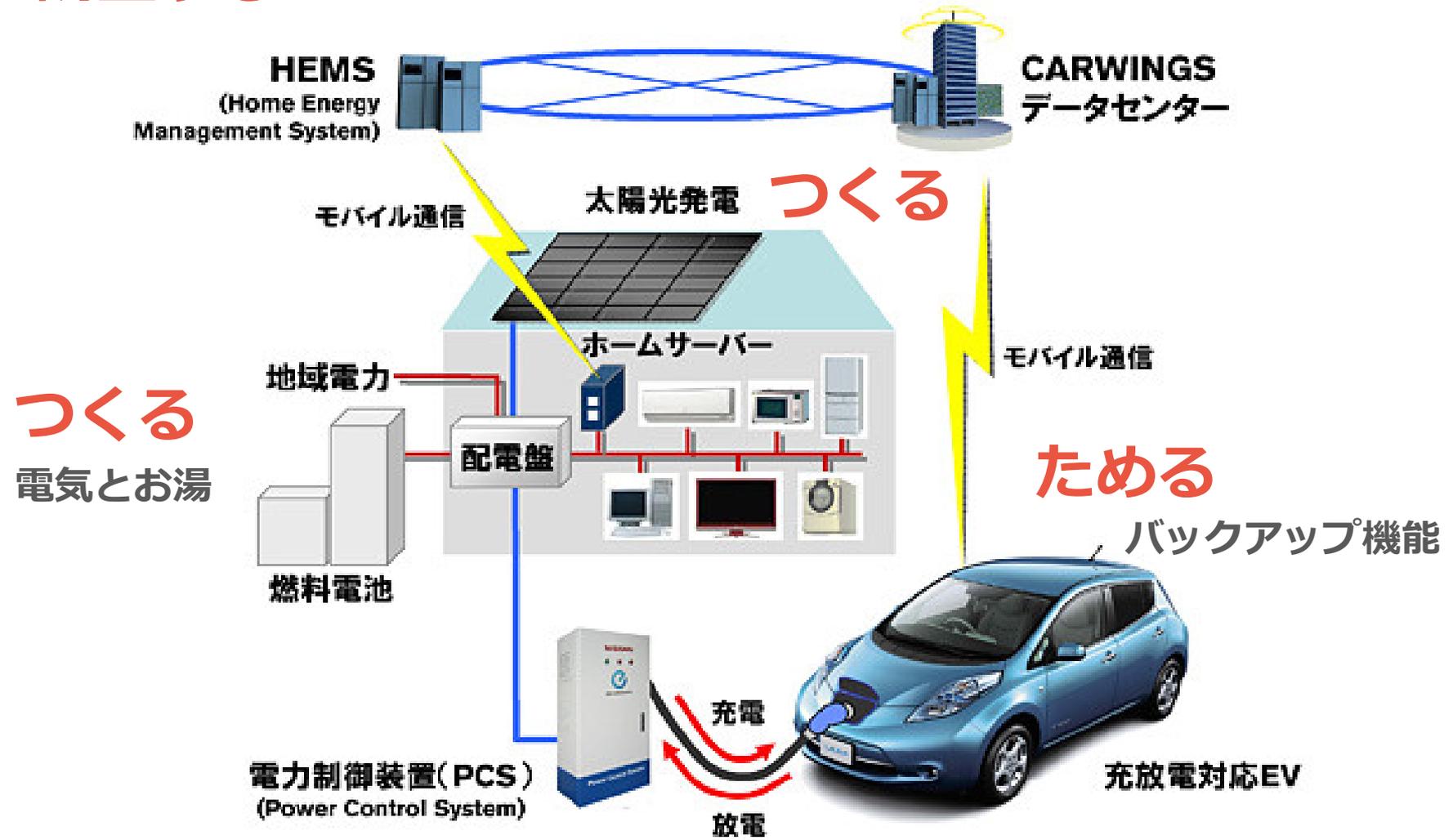
熱需要には熱で



最終需要を考慮する

自律性を高める

調整する エネルギー需給調整と省エネ

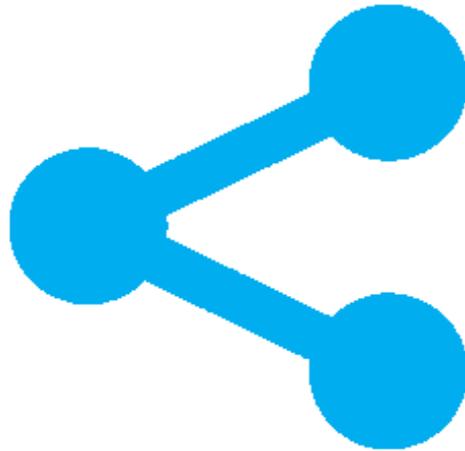


みんなで できること を考える



あれ！ 醤油がたりない！

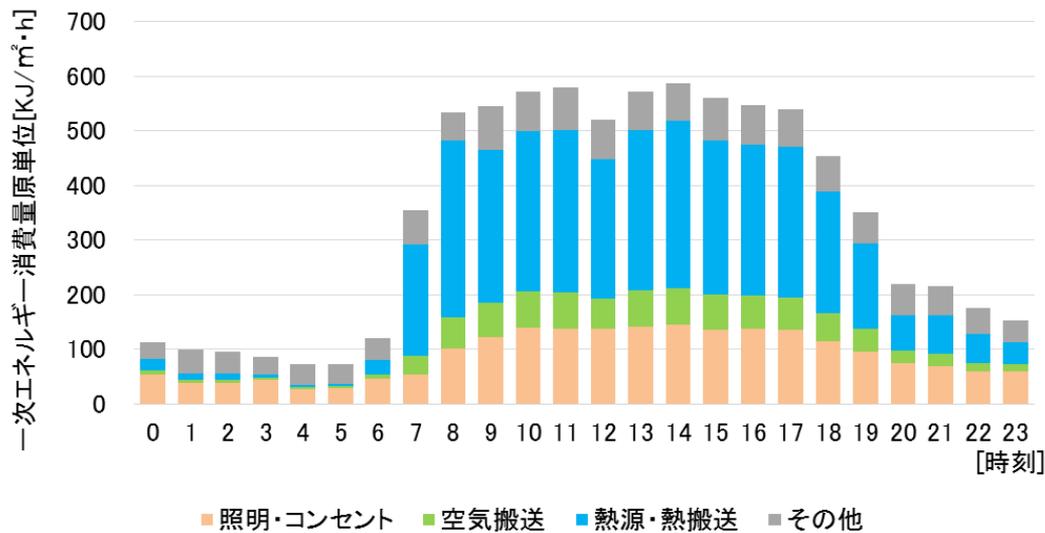




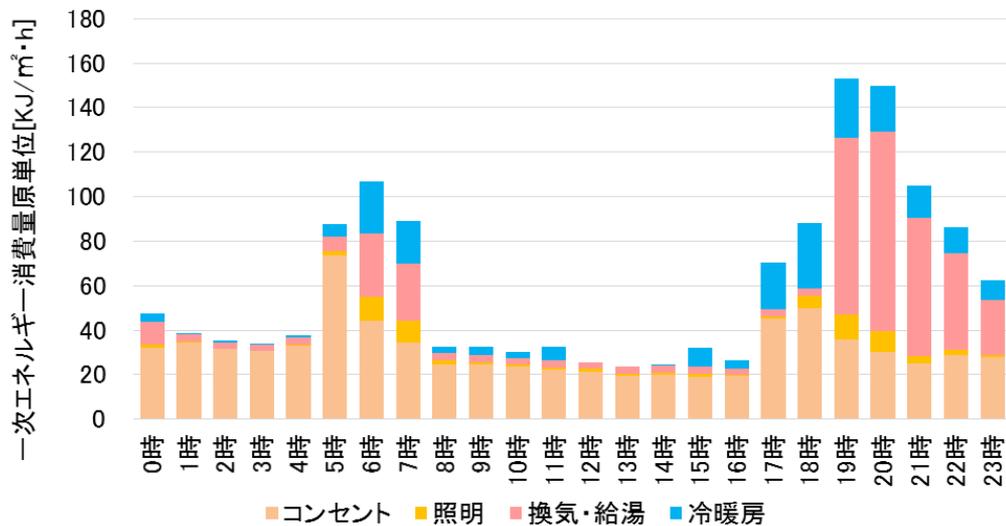
Share



事務所B 8月 平日



時刻別 月平均 8月 平日



建物用途によって
エネルギー負荷は
異なります。

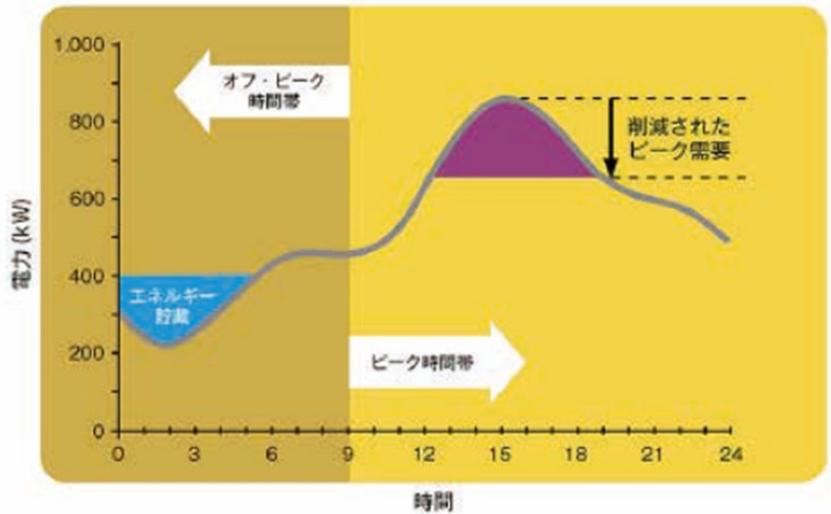
さて、
コミュニティでは
何がメリットに
なるのでしょうか？

最大電力を低減
エネルギーの融通

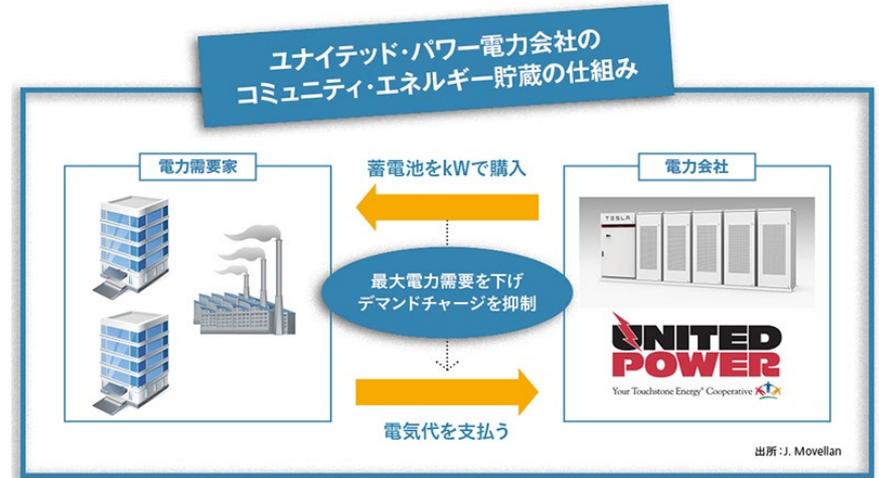
コミュニティでエネルギー需給調整

- 電力需要家は大きな初期投資なしで、kW単位でコミュニティ・エネルギー貯蔵を使用できる。
- あたかも自社に蓄電池を導入しているかのように、月々の最大需要電力を下げ、電気代を削減できる。

コミュニティ・エネルギー貯蔵を活用した デマンドチャージ抑制のイメージ

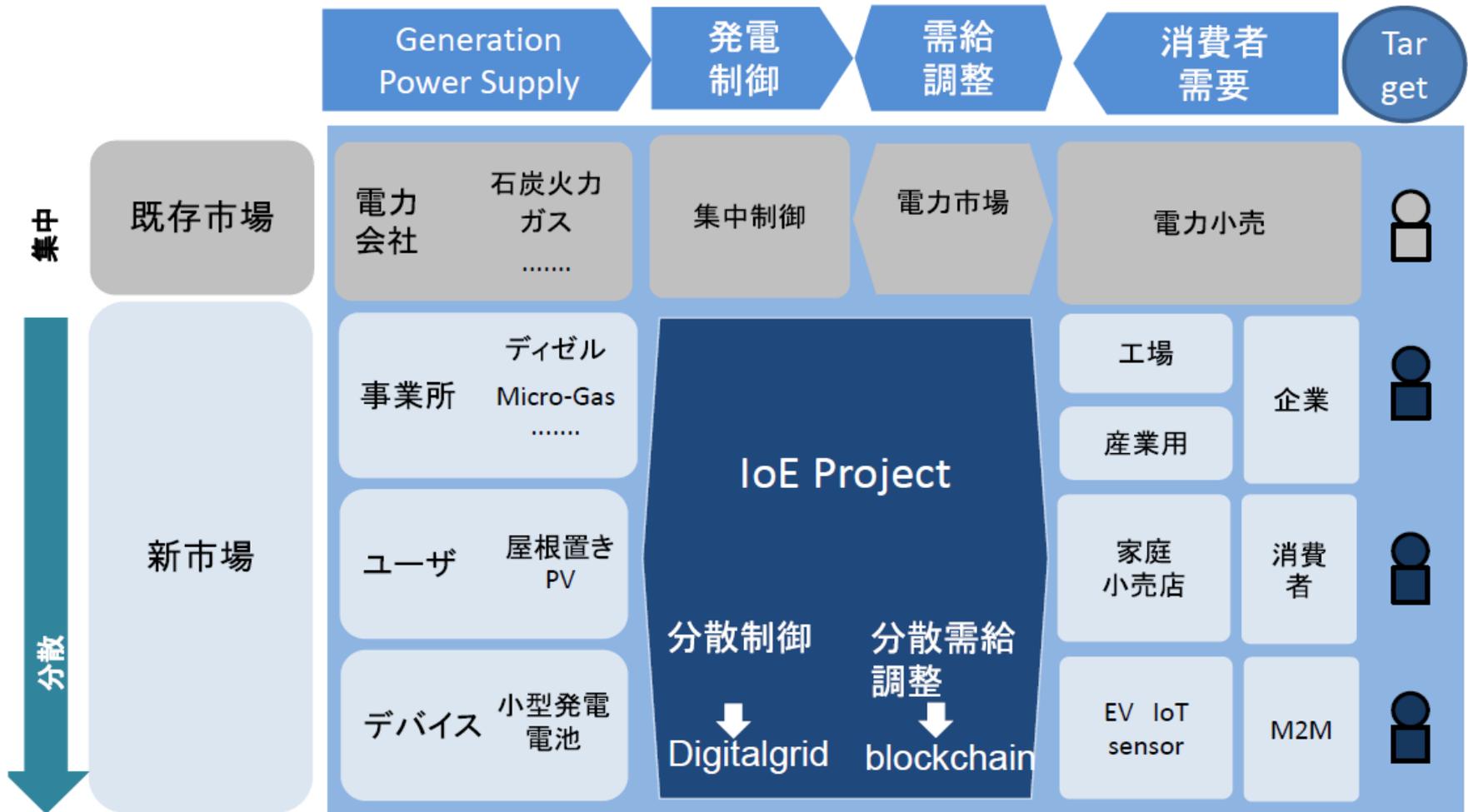


電力需要の低い深夜に蓄電システムへ電気を充電し、電力ピーク時に放電してデマンドチャージを削減する。



出典：Solar Journal

分散電源の普及に伴う電力市場の拡がり

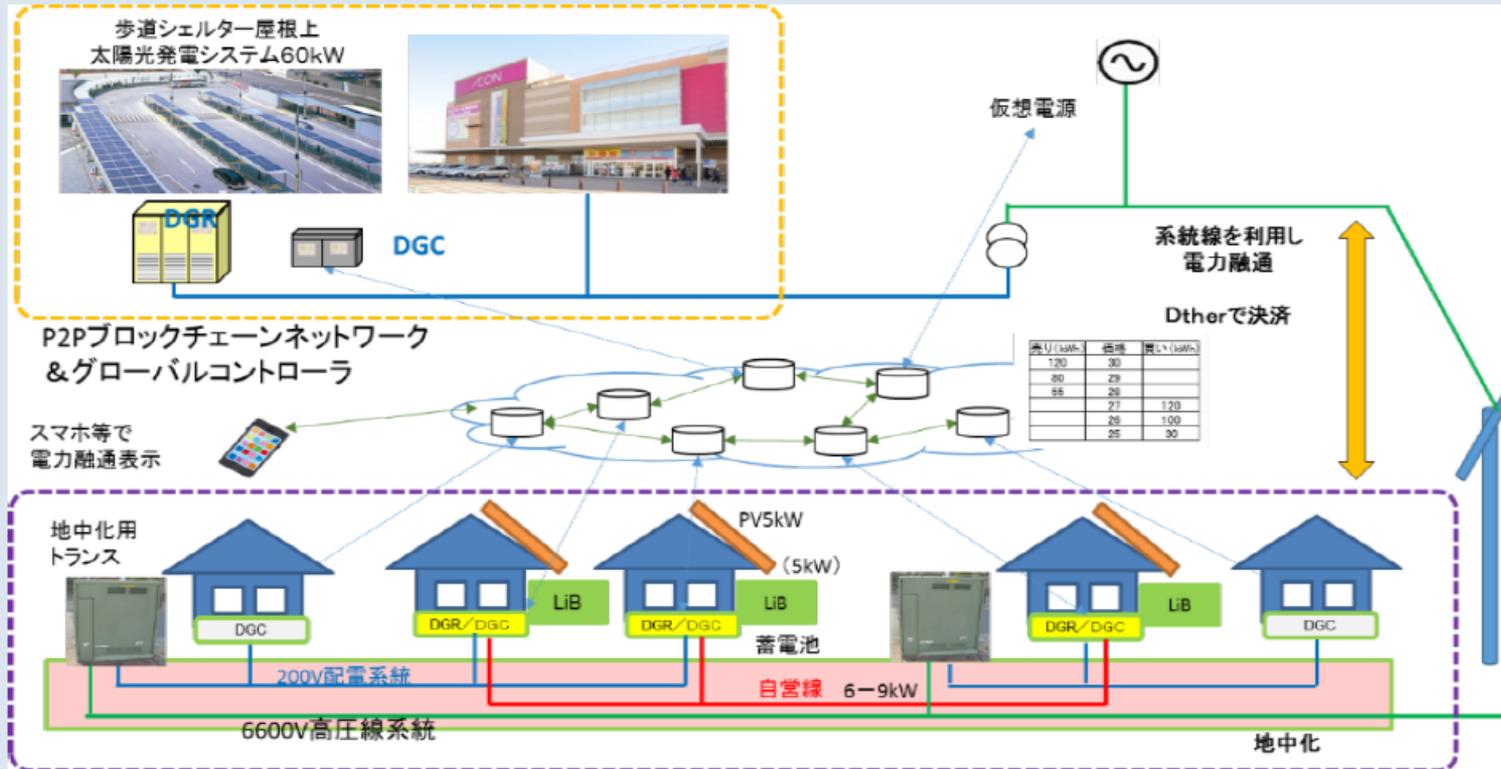


出典 経済産業省ウェブサイト (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/e-tech/pdf/007_03_00.pdf) より引用

参考事例 2

リアルタイム電力取引・制御システム ～浦和美園プロジェクトにおける実証～

さいたま市浦和美園地区における実証事業 (H29-31)



2019年開業のスマート街区

市場メカニズムを用いた電力制御

電圧高低 → 価格高低による電力流通
再エネの同時同量達成 (系統制約の軽減)
市場メカニズムによる電力制御の実験
非化石価値の顕現化

充電率	売り	買い	プレミアム買 (地元再エネ)
20%	発注なし	25円	28円
40%	30円	20円	23円
60%	20円	10円	13円
80%	15円	5円	8円
100%	10円	発注なし	発注なし

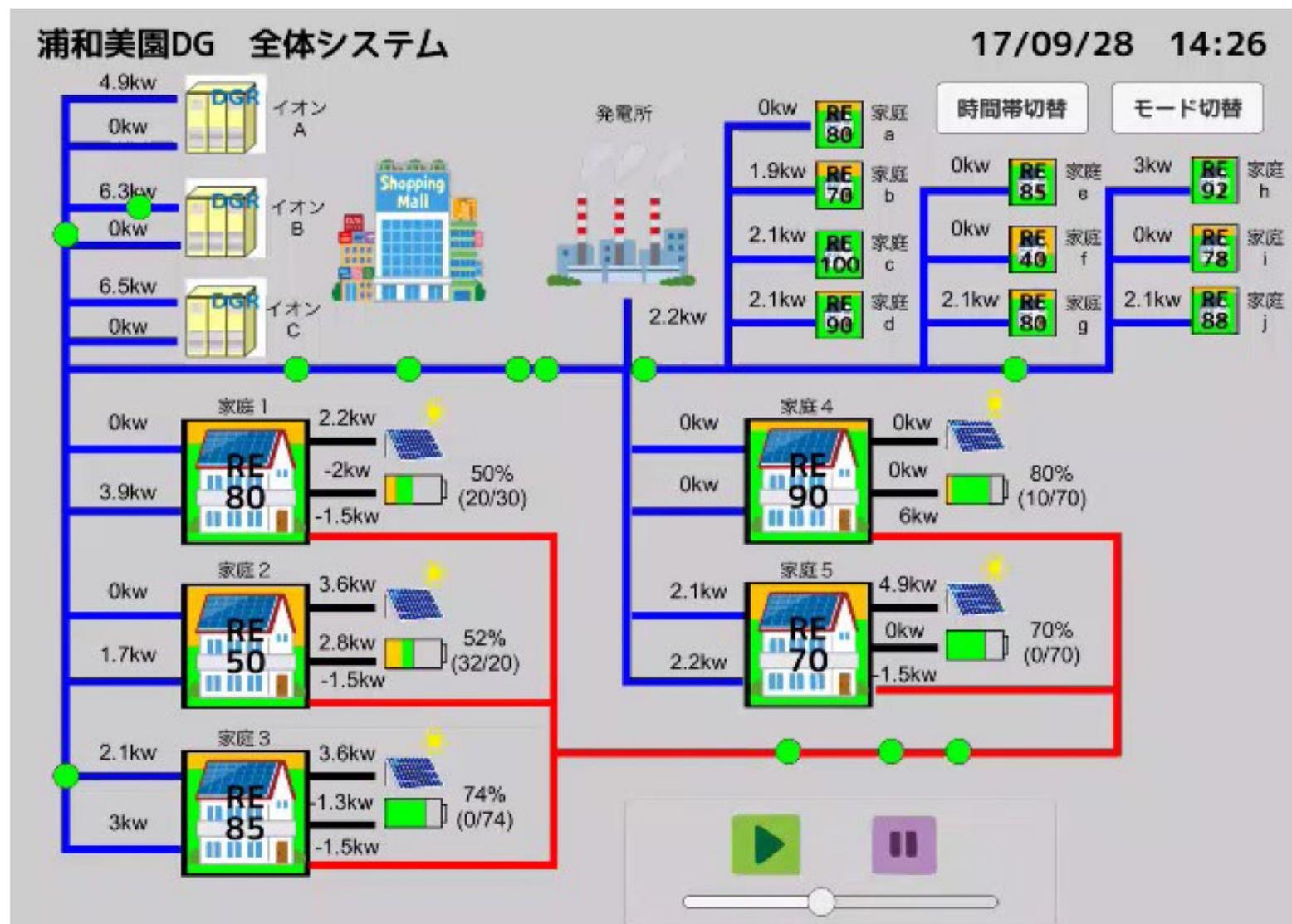
出典 経済産業省ウェブサイト (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/e-tech/pdf/007_03_00.pdf) より引用



参考事例

2

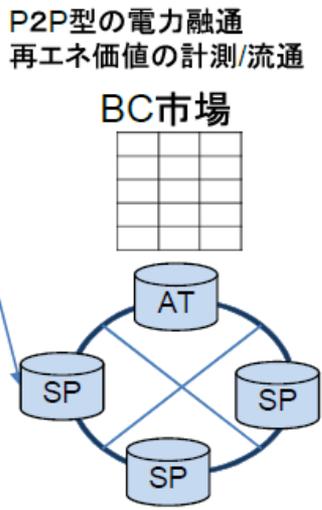
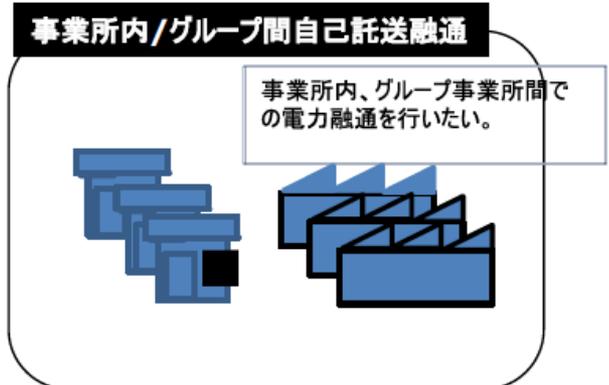
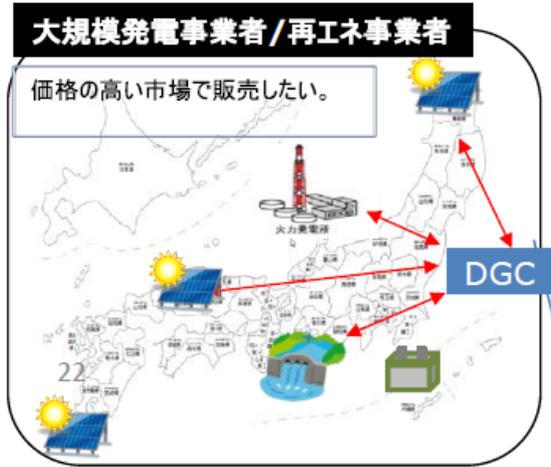
リアルタイム電力取引・制御システム ～浦和美園プロジェクトにおける実証～



出典 経済産業省ウェブサイト (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/e-tech/pdf/007_03_00.pdf) より引用

参考事例 2

リアルタイム電力取引・制御システム ～浦和美菌プロジェクトにおける実証～



最終消費者

A 発電消費者

- とにかく安い電気を買いたい。
- 地元で発電した自然エネルギーで暮らしたい
- 東北復興のメガソーラーの電力を買って復興支援したい
- 自家発電した電力を高値で販売して老後を暮らしたい

B EVユーザ

- EV利用しないときの蓄電能力を使って、電力が安価な時に購入しておきたい
- 10円以下の電力価格になったらいつでも充電したい

C 需要家/事業者

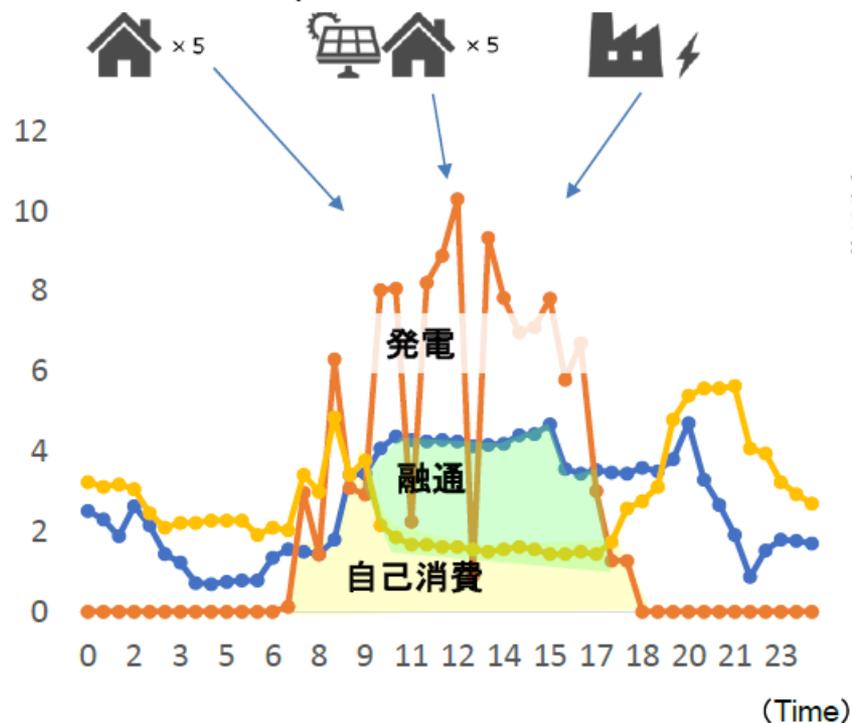
- グループ間、近隣事業者間で電力融通を行いたい
- 取引先がRE100を宣言したため、再生可能エネルギーを識別購入を行いたい

出典 経済産業省ウェブサイト (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/e-tech/pdf/007_03_00.pdf) より引用

融通結果による効果検証(シミュレーション)

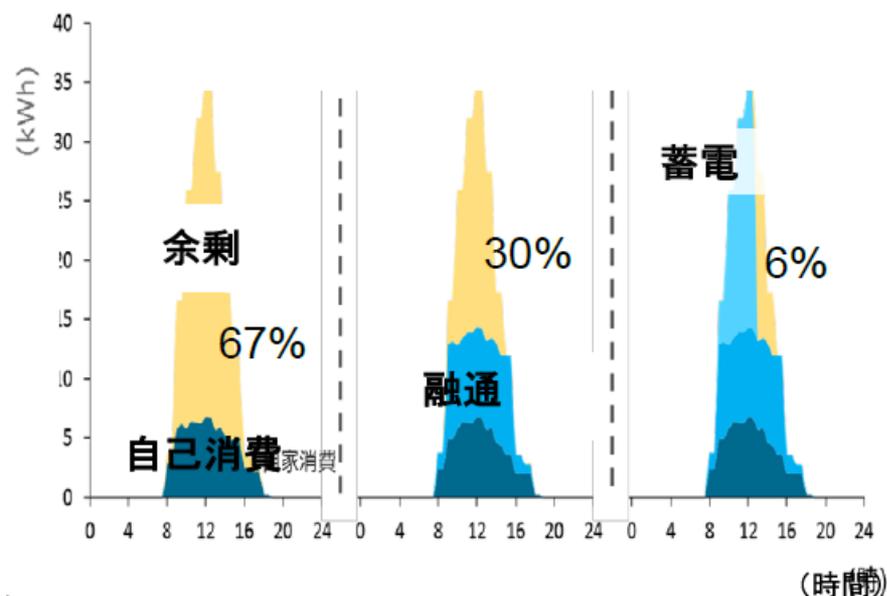
各ユーザの需給推移

(household; shop; Solar) (kWh/30min)



余剰電力の削減

(融通なし、融通あり、蓄電あり)

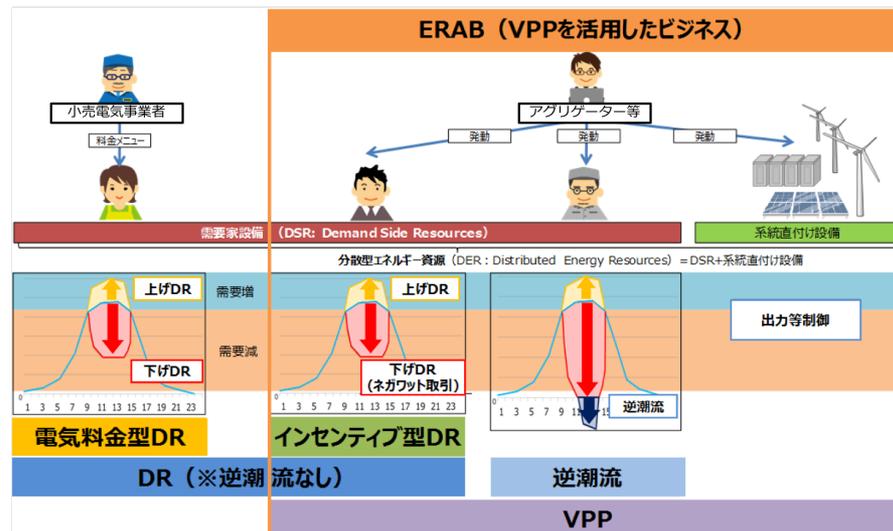
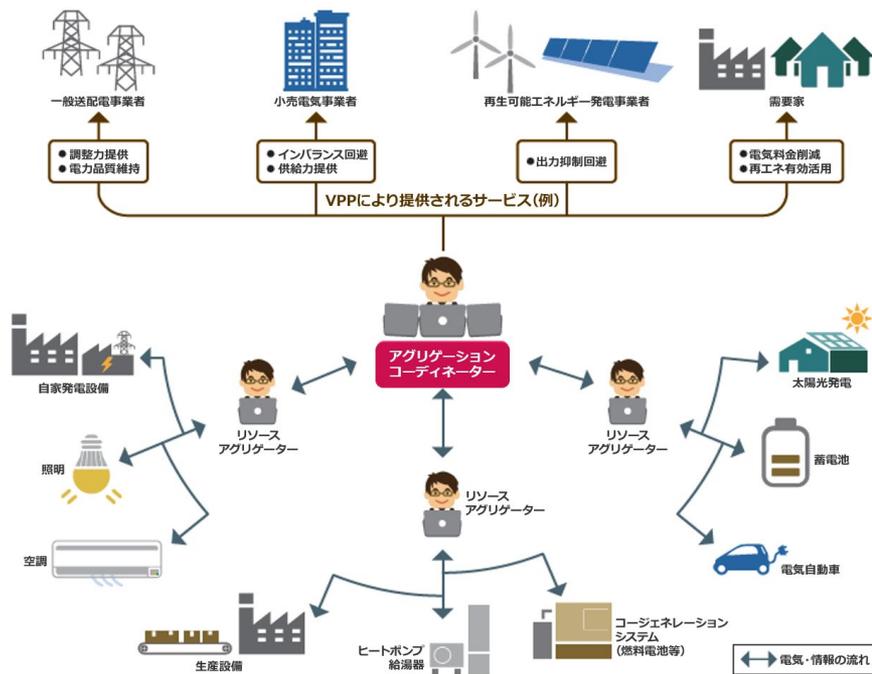


出典 経済産業省ウェブサイト (http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/e-tech/pdf/007_03_00.pdf) より引用

参考事例 3

エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス (ERAB)

VPPやDRを用いて、一般送配電事業者、小売電気事業者、需要家、再生可能エネルギー発電事業者といった取引先に対し、調整力、インバランス回避、電力料金削減、出力抑制回避等の各種サービスを提供する事業



VPP(パワープラットフォーム)・・・需要家側エネルギーリソース、電力系統に直接接続されている発電設備、蓄電設備の所有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御することで、発電所と同等の機能を提供すること

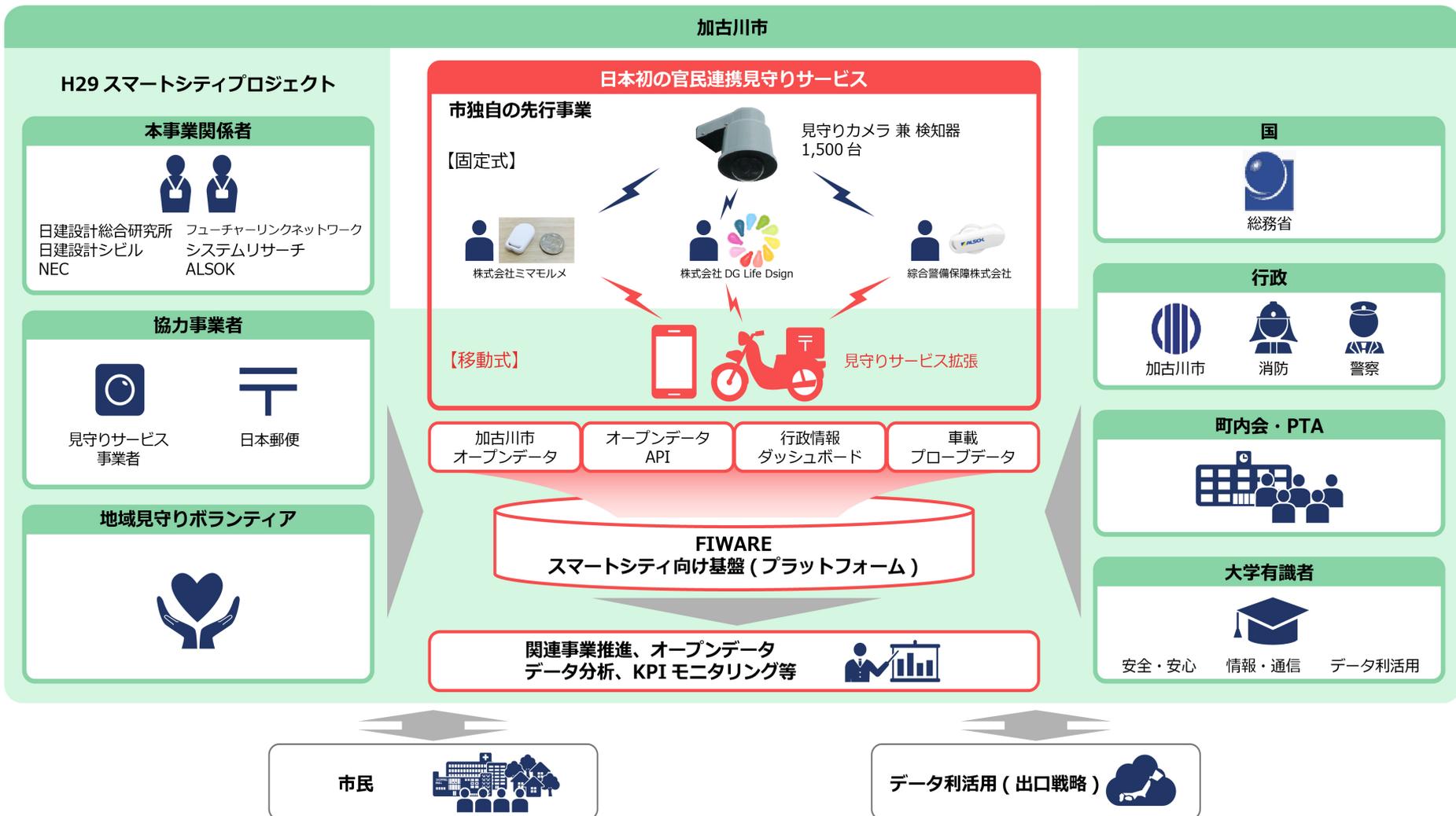
DR(デマンドレスポンス)・・・需要家側エネルギーリソースの所有者もしくは第三者がそのエネルギーリソースを制御することで、電力需要パターンを変化させること

リソースアグリゲーター・・・需要家とVPPサービス契約を直接締結してリソース制御を行う事業者

アグリゲーションコーディネーター・・・リソースアグリゲーターが制御した電力量を束ね、一般送配電事業者や小売電気事業者と直接電力取引を行う事業者

出典 資源エネルギー庁ウェブサイト (http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/vpp_dr/about.html) より引用

地域一体での見守りサービス



ICTを活用した安全・安心まちづくりの例

通学路や学校周辺を中心に
見守りカメラを設置

子どもの居場所を確認できる
見守りサービスを導入

見守りカメラ概要



見守りサービス概要



既存街区のスマート化の事例 平常時と非常時を考える

水、エネルギー、情報通信、エリアマネジメント、みどりについて、平常時と災害時の対応案を整理しておくことが重要です。

	水			エネルギー				情報通信	エリアマネジメント	みどり
	雨水	上水	下水	電力	ガス	再エネ	むすび 電源			
平常時	修景・散水	飲用	排水 熱利用	最先端技術による建築物の省エネルギー・省CO ₂ ICTの活用による省エネルギーおよび環境負荷低減				BCP対応 データバックアップ 無線インフラ	エネルギーの一元管理 (電気・ガス・熱・水)	都市基盤(公園) 文化・観光シンボル
災害時	インフラ設備の多重化・多ルート化・耐震化							安否確認 災害情報統制機能	利用可能エネルギー制御	ビル来訪 帰宅困難者受入 ・ 備蓄倉庫
	防災用水 非常時トイレ			自立型分散電源による非常用電力の確保・供給 ～コージェネレーション・蓄電池・太陽光発電等～						

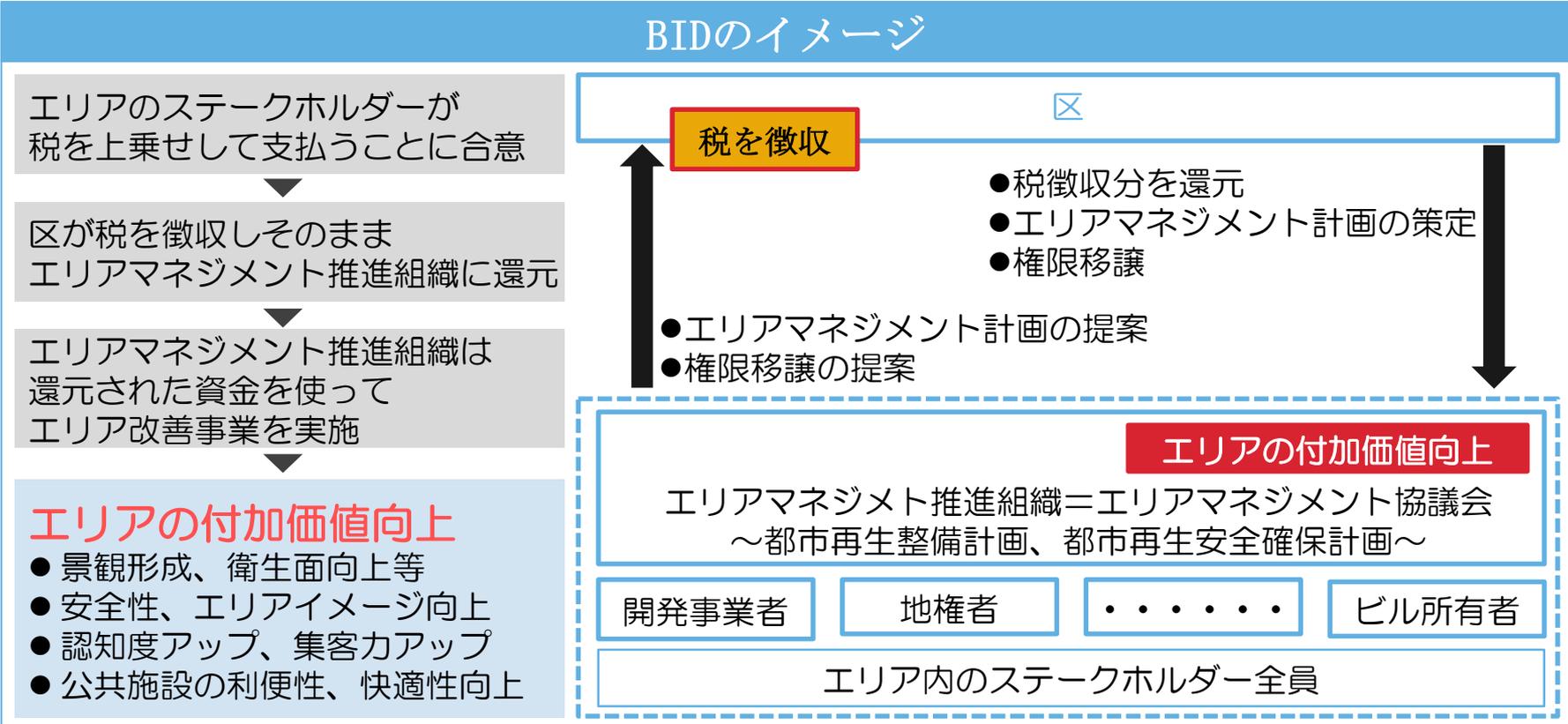
スマートセンターで一元管理・司令	エリアマネジメント	エネルギーシステム	エネルギーマネジメント
------------------	-----------	-----------	-------------

既存街区のスマート化の事例 平常時と非常時を考える

BID制度を導入することで街区が活性化し
街路の賑わいづくりが可能になります

エリアマネジメント協議会が
管理・運営

BID=Business Improvement District(ビジネス活性化地区)
日本最初のBID：グランフロント大阪 約2,800万円÷16円/月/坪



コミュニティの想い 「〇〇〇な まち」

自分ができることを実践する



みんなのできることを実践する



まとめ役 (Leader) を決める

BOSS



Leader



NIKKEN

EXPERIENCE, INTEGRATED