



古河電工あかがね倶楽部講演

災害に強い町作り

～ 地域主体のスマートタウンの構築 ～

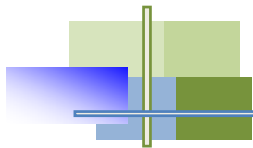
横山 隆一

環境・エネルギー研究科
理工学術院
早稲田大学

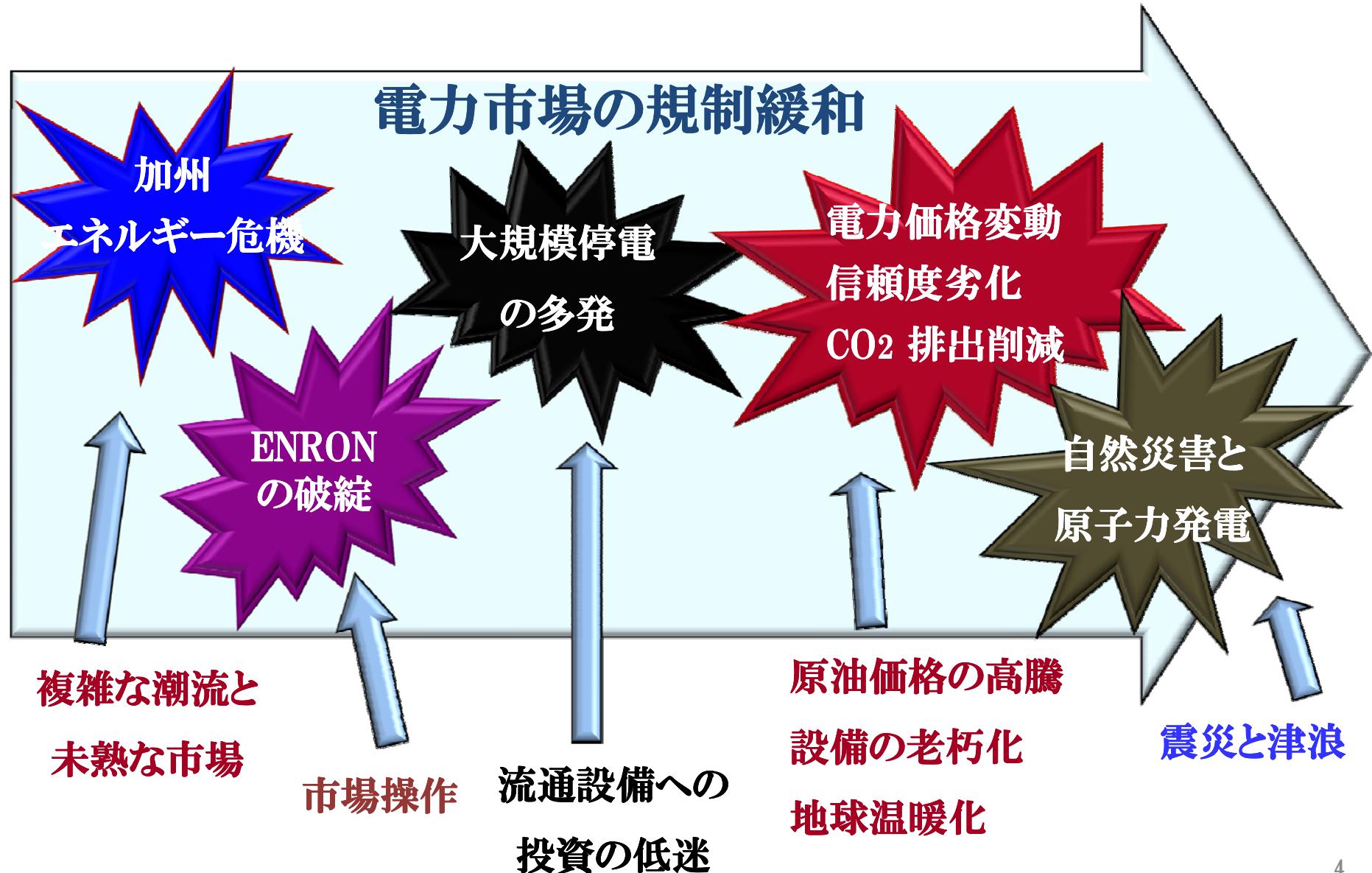
内 容

- 低炭素社会実現のためのクリーンエネルギー技術と新たな課題
- 電力安定供給のためのエネルギー技術のパラダイムシフト
- 次世代電力ネットワークとスマートコミュニティ開発への取り組み
- 災害に強い地域主導型電力供給インフラストラクチャー
- 国境を越えた電力供給インフラストラクチャー
- 熱の有効利用によるエコタウンの構築

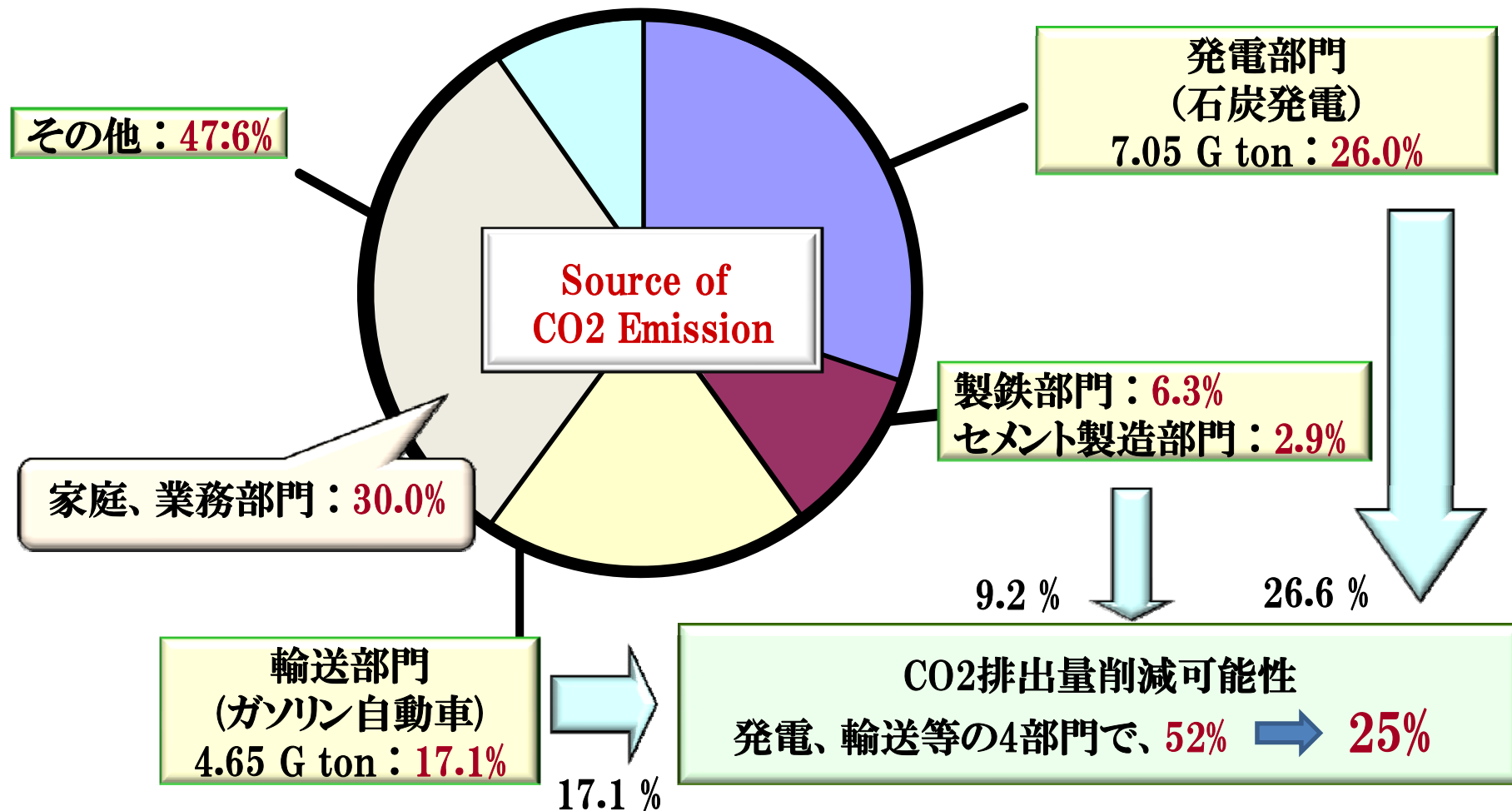
低炭素社会実現のための クリーンエネルギー技術と新たな課題



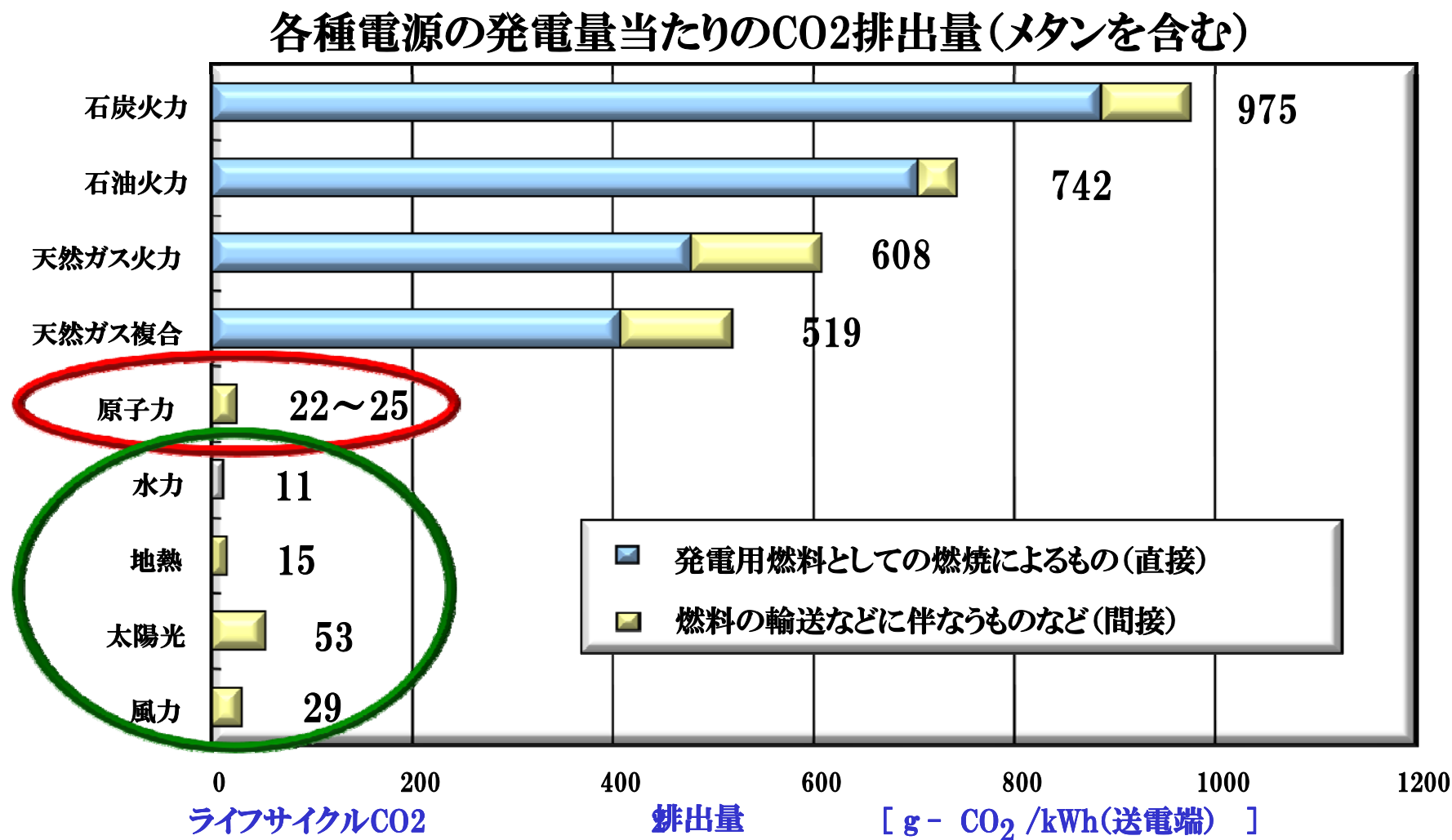
電気事業の動向と新たな課題



世界のエネルギー起源CO₂排出量 (1971年～2005年、2007年作成)



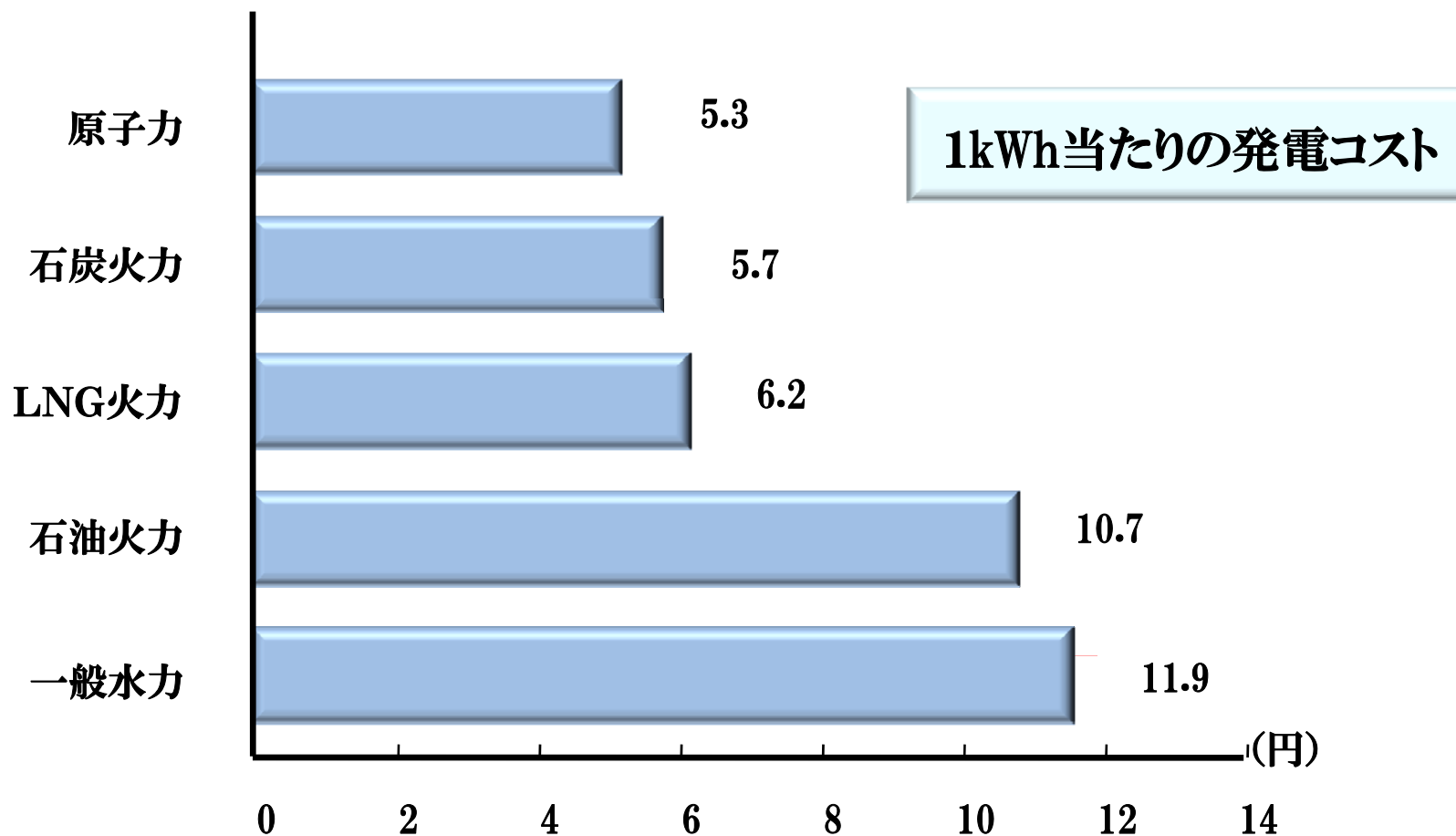
各種電源の発電量当たりのCO₂排出量 (メタンを含む)



【出典： 原子力については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価 平成13年8月」。
他電源については、電力中央研究所「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価 平成12年3月」】

電源別の発電コストの比較

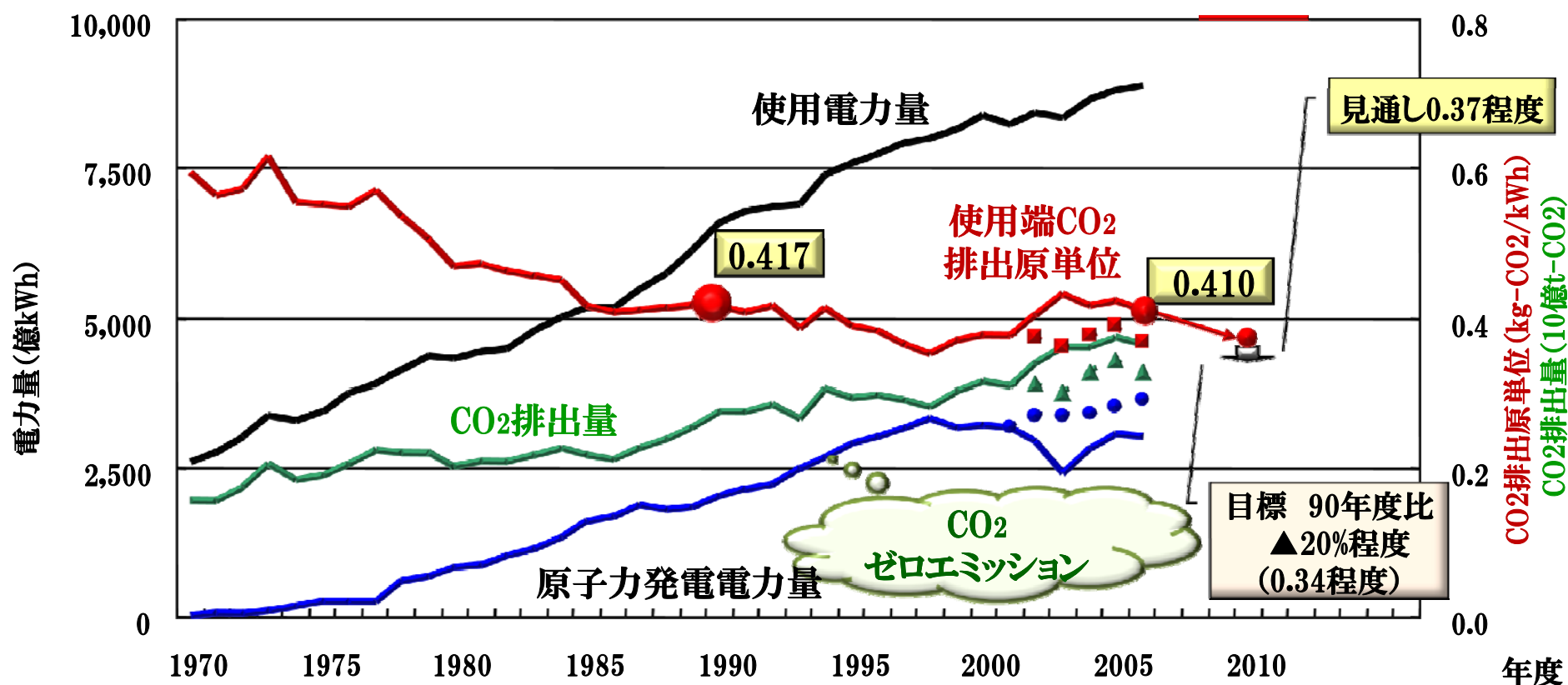
- 固定費用も含めた電源別の発電コストを見ると、**原子力・石炭・LNGが低コスト**。
- 一方、石油火力などは発電コストに占める燃料費の割合が高いため、燃料コストの値上がりが発電コストの上昇に直結する。



※前提条件は電気事業分科会コスト等検討小委員会中間報告(平成16年1月)での試算
運転年数は40年、設備利用率は80%(水力のみ45%)、割引率は3%を採用。

電気事業からのCO2排出量の推移

- 使用電力量は増加したが、原子力発電を中心としたベストミックスにより
使用端CO2排出原単位を抑制

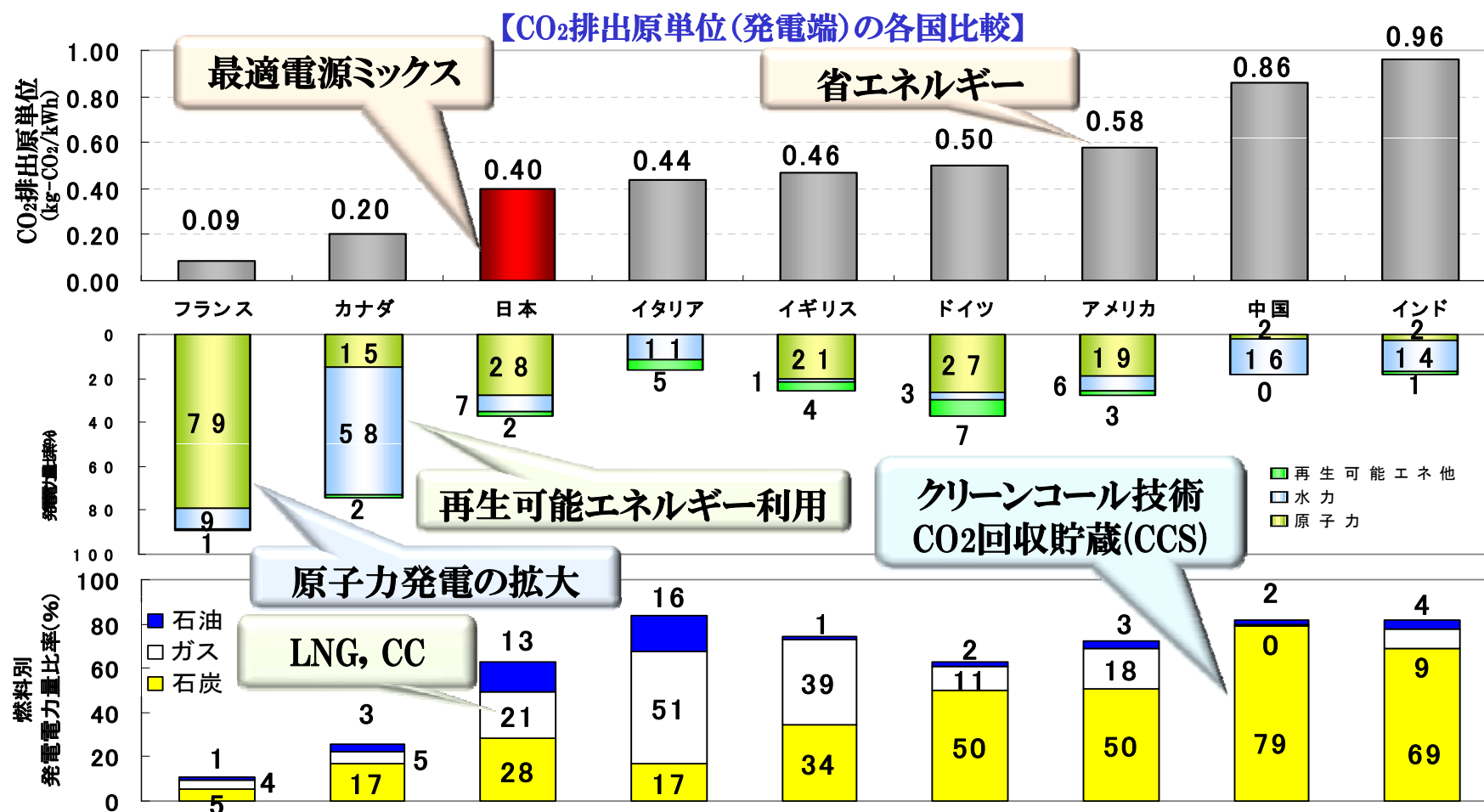


目標および見通しは2008～12年度の5ヵ年平均値

マーカーは2002～06年の原子力の長期停止等の影響がない場合の試算値

電力CO₂排出原単位(発電端)の国際比較

- 日本のCO₂排出原単位は諸外国に比べて十分に低い。
- フランス(原子力中心)、カナダ(水力中心)には及ばないものの、世界でもトップクラス
- ドイツは国民合意により脱原子力を選択した結果、石炭の比率が高い。



* CHPプラント(熱電併給)も含む

* 発電電力構成比は四捨五入の関係で合計が100%にならない場合がある

* 2005年の値

* 【出典】Energy Balances of OECD Countries 2004-2005を基に東京電力試算

発電分野の低炭素社会実現に向けた戦略 (2011年3月11日まで！)

○低炭素社会の実現に向けた電気事業の取組みの柱は、供給サイドでの系統電力の一層の高効率・低炭素化、需要サイドでの高効率機器の普及・電化による省エネ

＜系統電力の高効率化・低炭素化＞ 原子力、再生可能エネルギーの利用拡大、
高効率火力発電、電力貯蔵等

＜高効率機器の開発・普及＞ ヒートポンプ、電気自動車、蓄熱空調等

○電力需給両面において、官民一体となって実効ある対策を長期的な視点から着実に実行

供給サイド

系統電力の一層の
高効率・低炭素化

原子力の活用(CO₂排出削減の切り札)、
再生可能エネルギー、電力貯蔵の利用拡大

需要サイド

高効率機器の普及・
電化による省エネ

ヒートポンプ(エコキュート)、
電気自動車、熱電貯蔵

次世代
エネルギーシステム

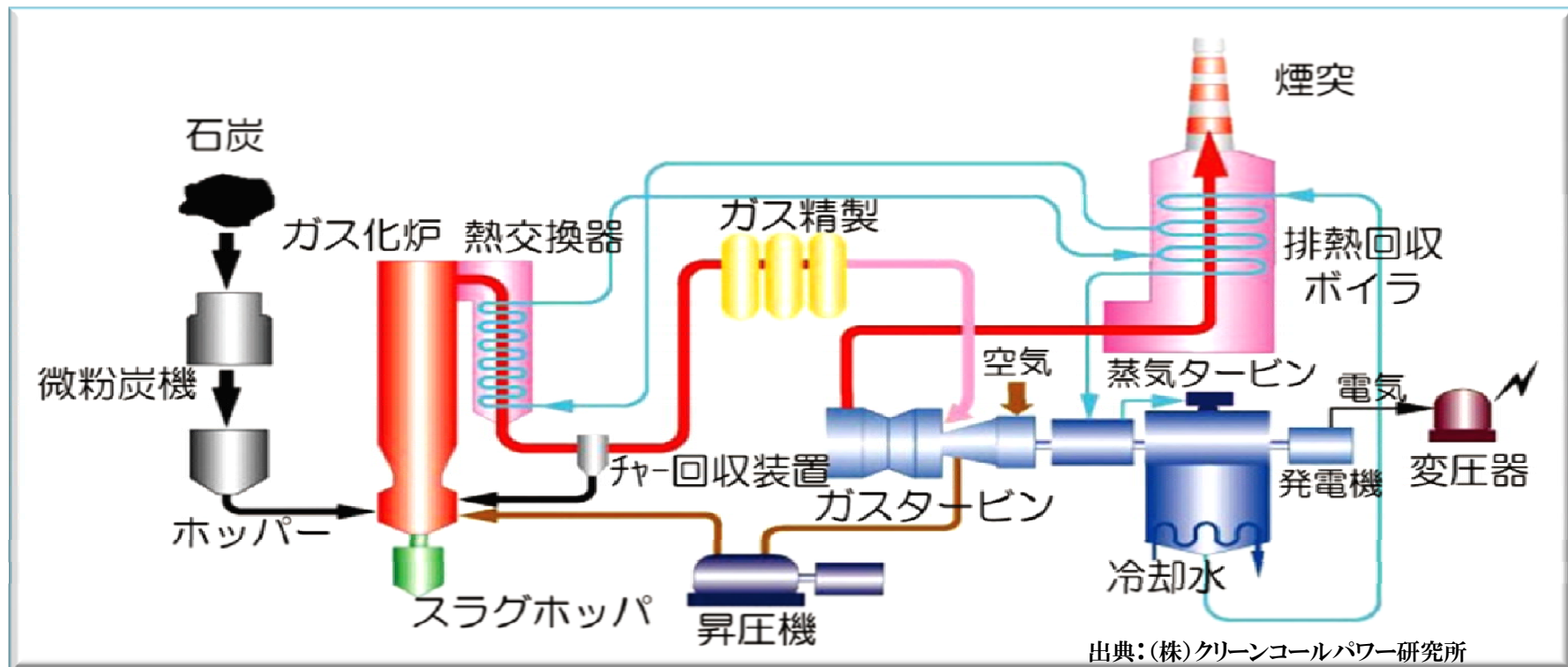
低炭素社会の実現へ

石炭ガス化複合発電(IGCC)の開発と実証

- IGCC は、石炭をガス化しガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電する方法で、従来の石炭火力より高い **48～50%程度(送電端・高位発熱量基準)発電効率**
- 現在は、商用機の1/2 規模の実証機(**出力250MW 級**)の実証研究に取り組んでおり、2007 年9 月より本格的な運転試験を開始し、2008 年には**長時間連続運転試験**に成功
- 2009 年度は運転特性、耐久性及び経済性等を検証

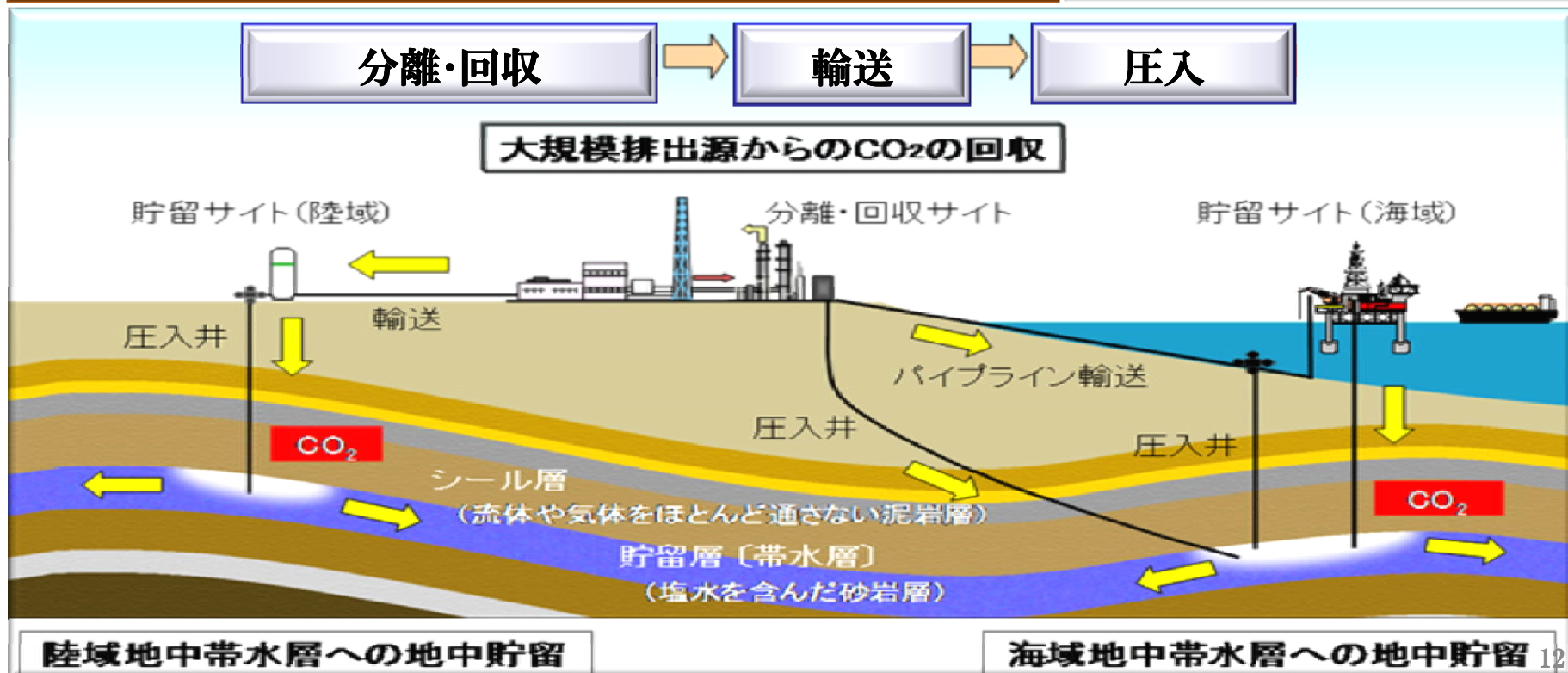
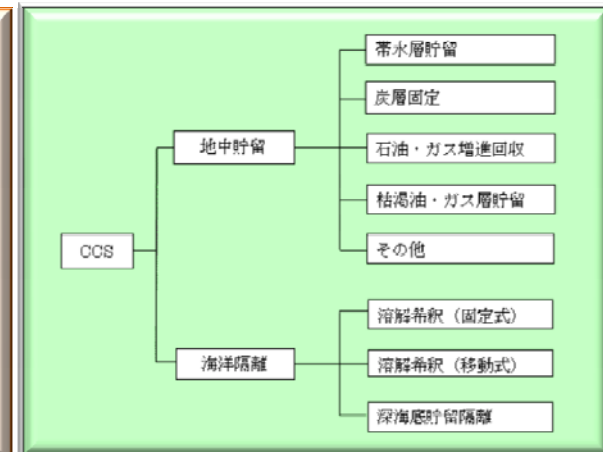


実証プラント(福島県 いわき市)



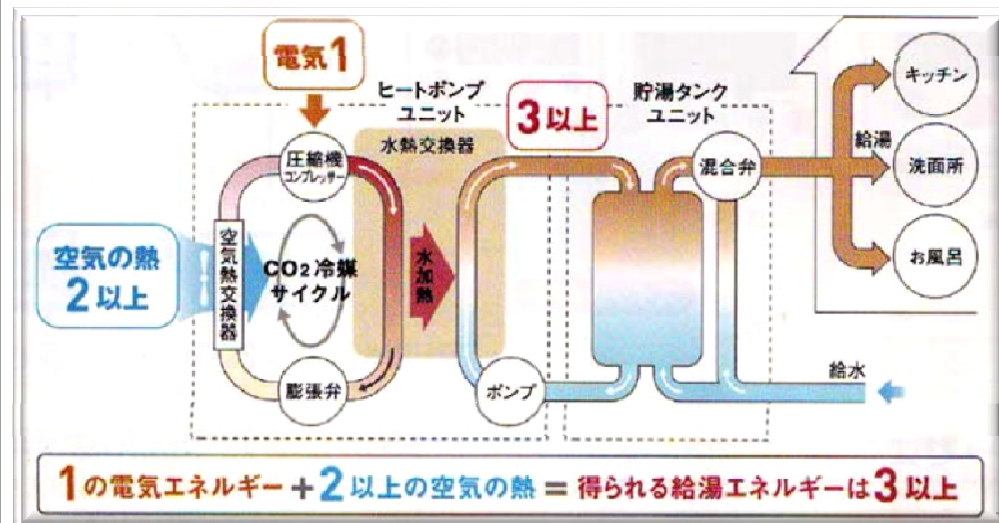
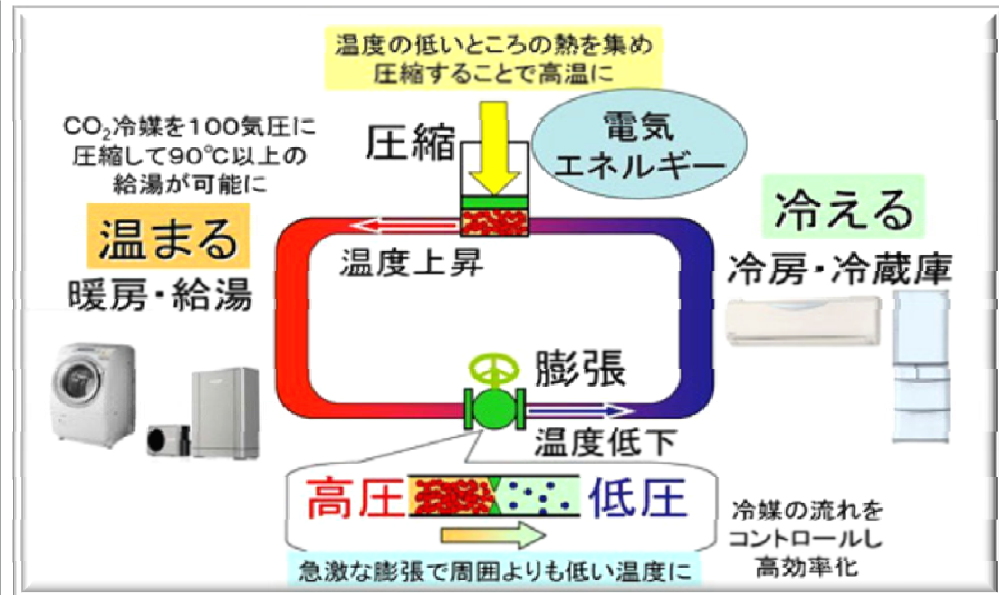
CO₂ 回収・貯留技術 (CCS) の開発と実証

- CCS技術とは、発電所や天然ガス鉱山など大規模な排出源で発生するCO₂を、他のガスから**分離・回収**し、安定した地層に貯留したり、海洋に隔離することにより、**CO₂を大気から隔離する技術**
- 2008年5月に設立した日本CCS 調査(株)には、電気事業者も出資・参画し、独立行政法人 新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO) の「革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト」のうち「特定サイトにおける石炭ガス化発電からCO₂ 貯留に至るトータルシステムの概念設計」等の**大規模実証試験事業**を展開



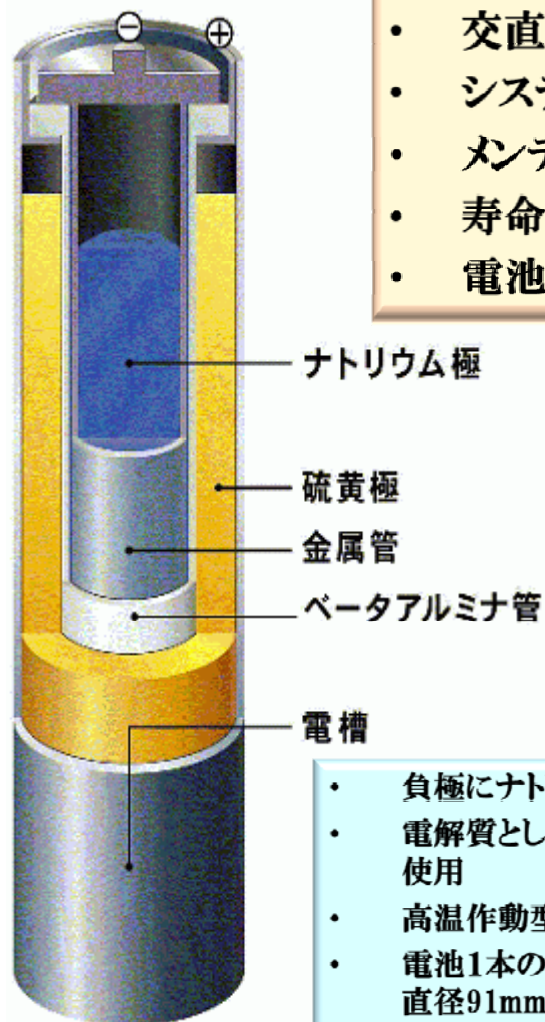
CO₂ 冷媒ヒートポンプ給湯機の給湯システム (エコキュート)

- CO₂ 冷媒のヒートポンプで、大気中の熱をくみ上げて、給湯の熱エネルギーとして利用する給湯システム
- CO₂ 冷媒ヒートポンプは、従来のフロン系冷媒に比べ、加熱特性に優れている
- 給湯機への利用拡大可能
- 給湯パターンを考慮した年間給湯効率 **APF は 3** (2008 年度モデル APF = 3.6) 以上と省エネルギー効果が高い
- 従来型燃焼式給湯器に比べ、**CO₂ 排出量も約50% 削減**
- エコキュートの累積普及台数は**174 万台** (2008 年度末時点、ヒートポンプ・蓄熱白書Ⅱ) に達している
- **CO₂ 排出抑制量は約128 万t-CO₂** と試算される



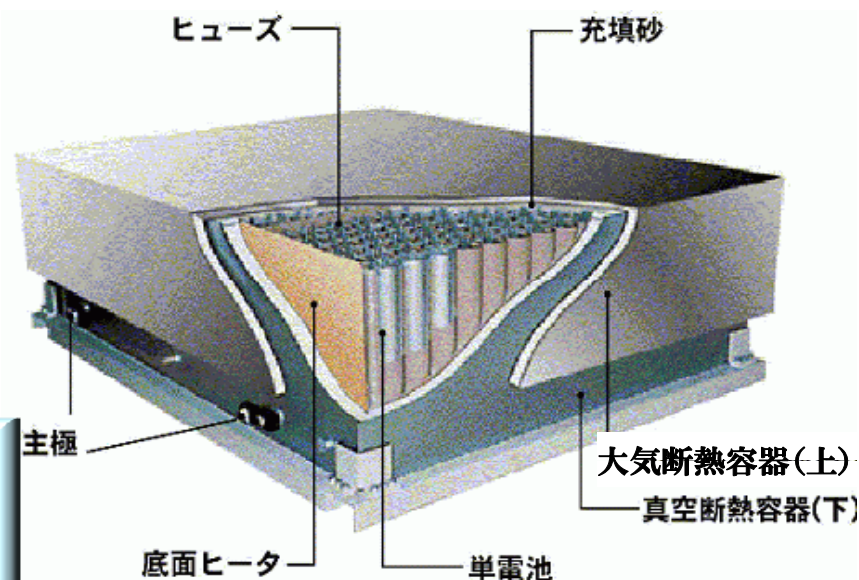
大容量電力貯蔵NAS電池の構造と特徴

- 電池効率は、**約87%**
- 交直変換器効率は、片道で約 **95%**
- システム全体の効率は、約 **75~80%**
- メンテナンスは必要最小限、**3年周期** 毎に交換部品メンテナンスを実施
- 寿命は、**15年**（15年まで定格容量確保）
- 電池は「**高温作動型**」で、**約300℃**で動作するため温度維持の必要



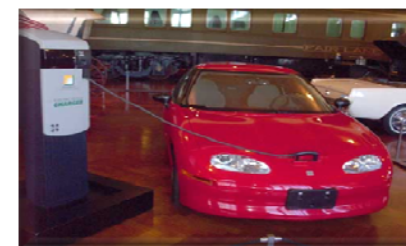
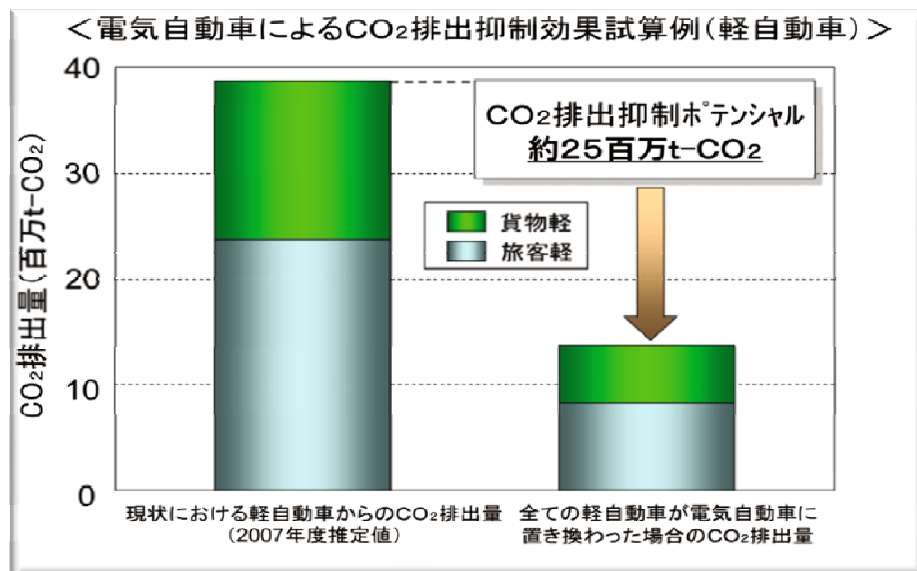
単電池

- 負極にナトリウム、正極に硫黄
- 電解質としてセラミック管（ β アルミナ管）使用
- 高温作動型電池である。
- 電池1本の大きさは
直径91mm×長さ520mm
- 電池1本は約1,220Whの容量
- 起電力は約2V



モジュール

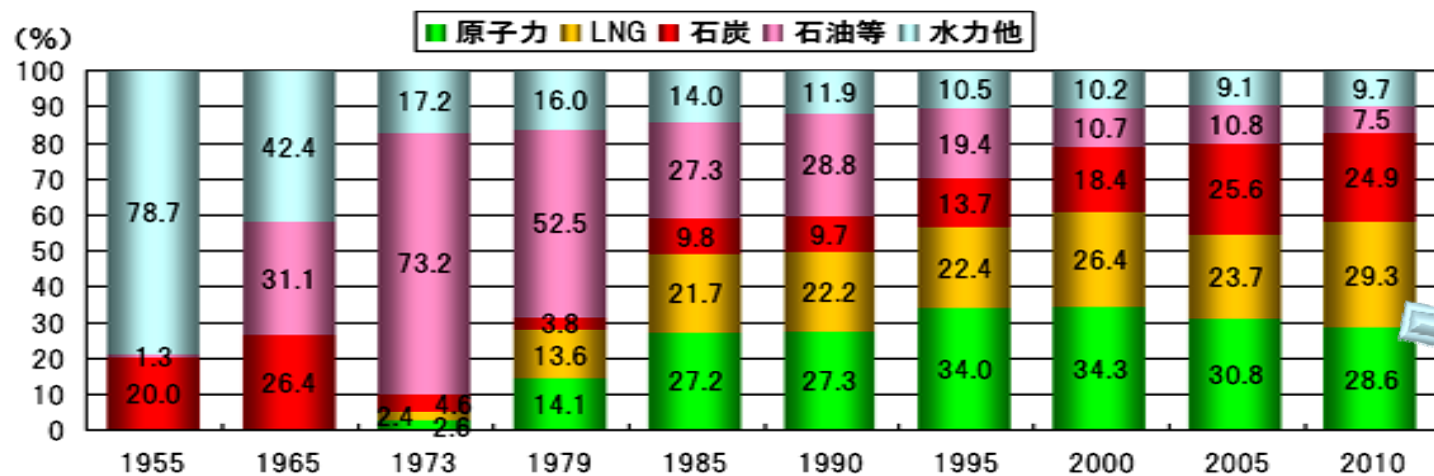
電動自動車(EV)の開発とCO₂削減効果



東北地方太平洋沖地震による津浪被害



災害後の電源別発電量の推移と見通し



水主火従 → 火主水従 → 原子力を主軸としたエネルギー・ミックス

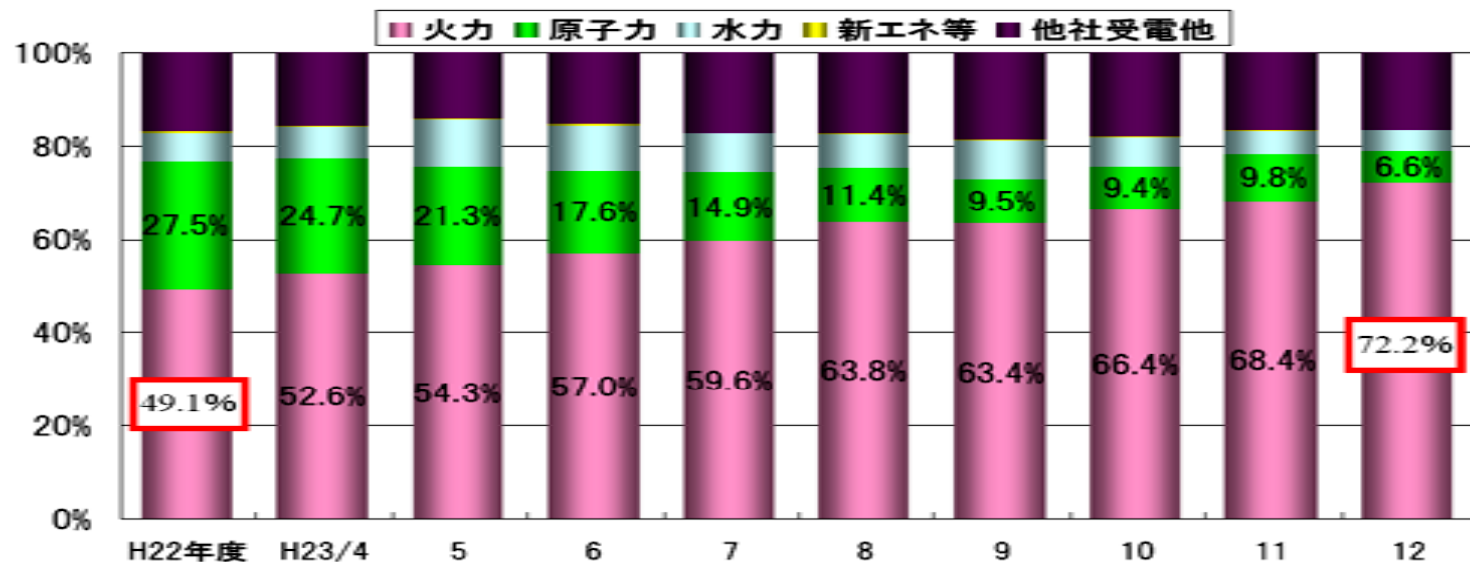
廉価・大量の
供給力確保

オイルショックを経た
脱石油

地球温暖化問題への対応

現状維持か
漸次削減か

【発電電力量に占める原子力・火力の割合】



新たなエネルギー社会インフラの構築

供給サイド

需要サイド

系統電力の一層の
高効率・低炭素化

原子力の活用(CO₂排出削減の切り札)、
再生可能エネルギー、電力貯蔵の利用拡大

次世代
エネルギーシステム ?

高効率機器の普及・
電化による省エネ

ヒートポンプ(エコキュート)、
電気自動車、熱電貯蔵

安定供給の確保

省エネルギー

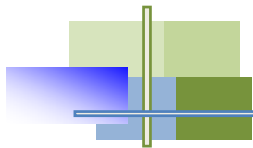
創エネルギー

蓄エネルギー

熱エネルギー

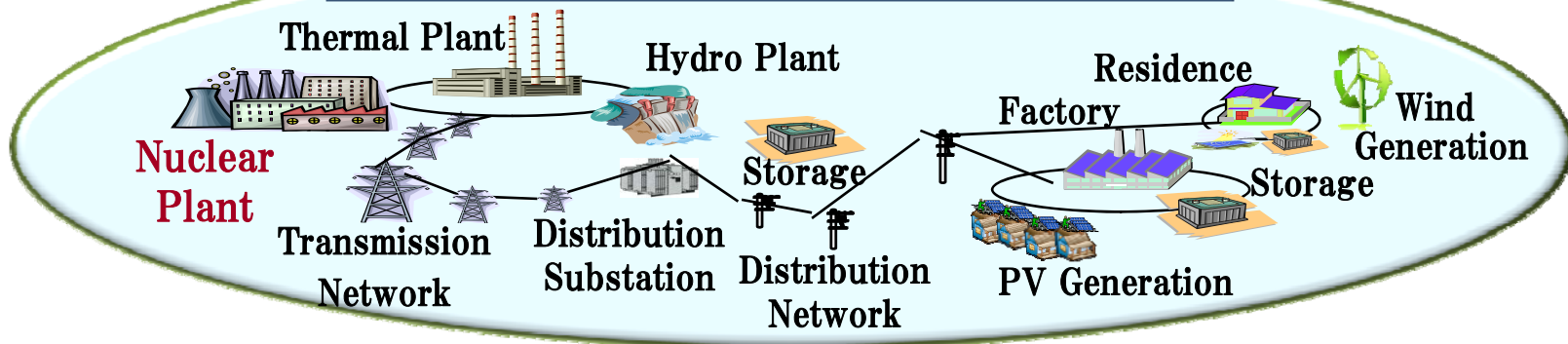
集中型と分散型のネットワークの相互補完

電力安定供給のための エネルギー技術のパラダイムシフト

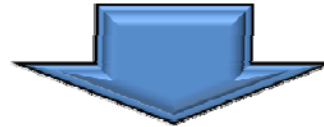


電力分野における新たな技術展開

大規模設備中心の電源ミックス



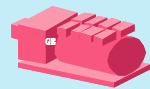
節電・省エネルギー



自前の電源の確保

分散エネルギーと分散ネットとワークによるエネルギーベストミックス

クリーン エネルギー技術

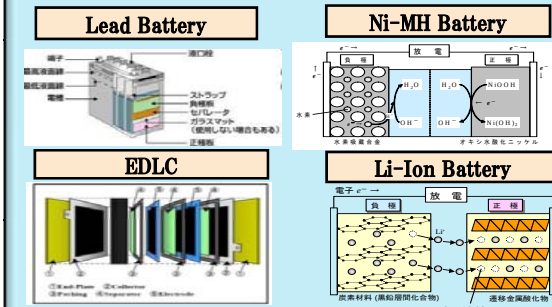


- LNG Thermal Plant (1GW)
- Gas Combined Cycle (0.3GW)
- Gas Engine (10KW - 1MW)
- IGCC (Clean Coal Generation)
- Fuel Cell

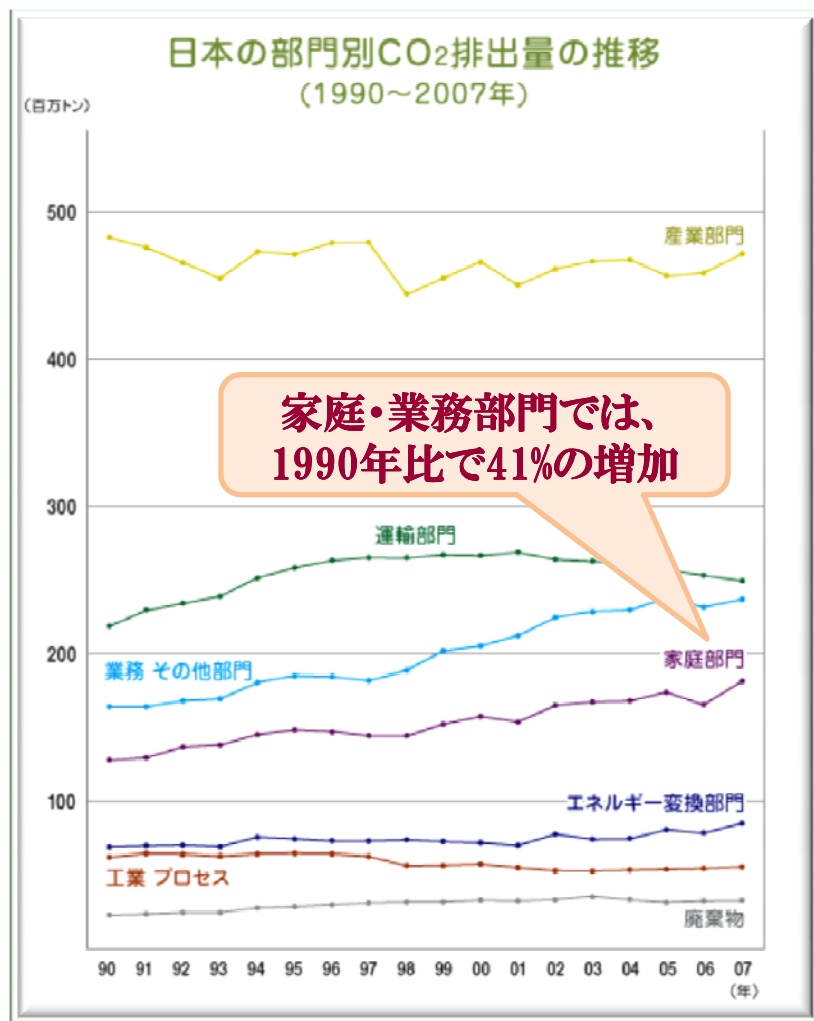
再生可能エネルギー の有効利用



熱電貯蔵技術



家庭部門におけるCO₂排出量の推移(増加)



家庭・業務部門における
CO₂排出量低減対策
(エネルギー利用の効率化)

建物本体の断熱・気密性向上

- ・断熱財
- ・二重サッシ
- ・樹脂サッシ
- ・日射遮断技術

設備の
高効率・高機能化

- ・電熱貯蔵
- ・燃料電池
- ・ガスエンジン
- ・直流電化設備
- ・電気自動車

再生可能エネルギー
の有効活用

- ・太陽光発電
- ・風力発電
- ・太陽熱
- ・地中熱

エネルギー管理システム
HEMS, BEMS, ZEB

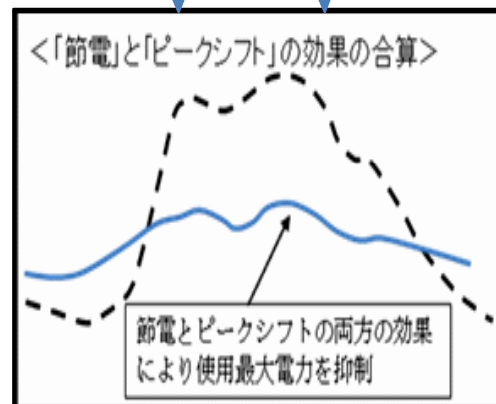
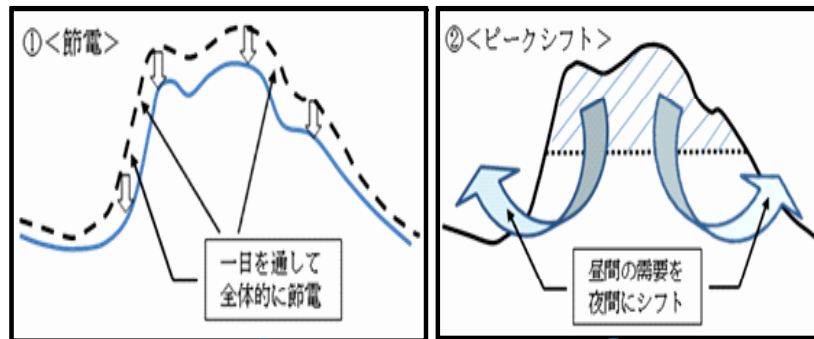
出典) 温室効果ガスインベントリオフィス「日本の1990～2007年度の温室効果ガス排出量データ」(2009.4.30発表)

* 各排出量の単位は[百万トン-二酸化炭素(CO₂)換算] 全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイトより

東日本大震災後の社会ニーズの動き

- 震災後、電力ネットワークにとって節電、ピークカットが急務
- 災害時のエネルギー供給の確保が課題となり、分散型エネルギーシステムとしてのスマートコミュニティの意義が増大

節電とピークシフト



安全を売りにした商品の発売



トヨタホーム(豊田市)



容量	価格
1kWh	87万円
2.5kWh	189万円

ヤマダ電機(エンジンパワー)

◆地域における災害に強いスマートコミュニティ構築の動き (「スマートコミュニティ構想普及支援事業」)

大阪府夢州・咲州・舞州地区(日建設計等)
再生可能エネルギー、ごみ発電等から得られる
エネルギーと蓄電池の組み合わせた自立防災
システム・新交通システムの構築



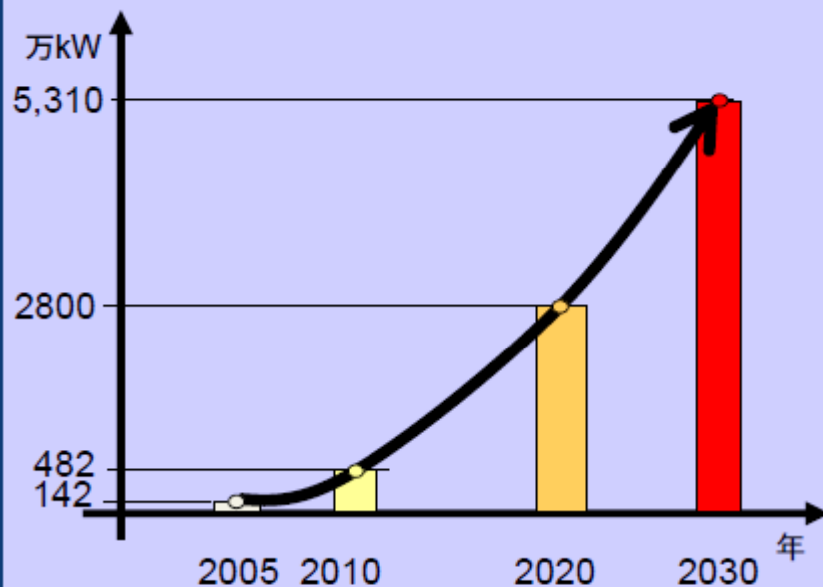
福岡県福岡市(新出光相光石油等)
急速充電器、燃料電池、蓄電池等を備えた
EV向けサービスステーションの可能性調査



今後の再生可能エネルギー発電導入



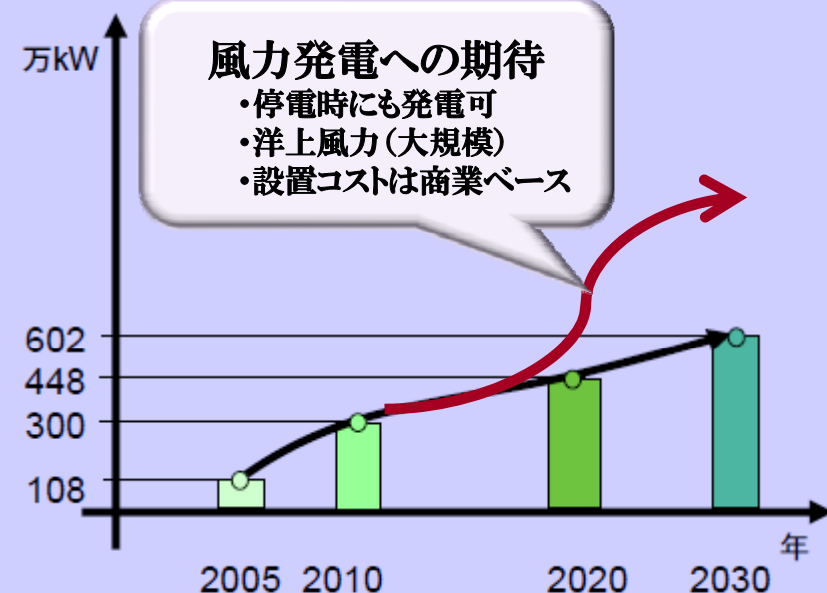
太陽光発電



	導入量(万kW)	2005年と比べ(倍)
2005年	142	1
2010年	482	3.4
2020年	2800	20
2030年	5310	40



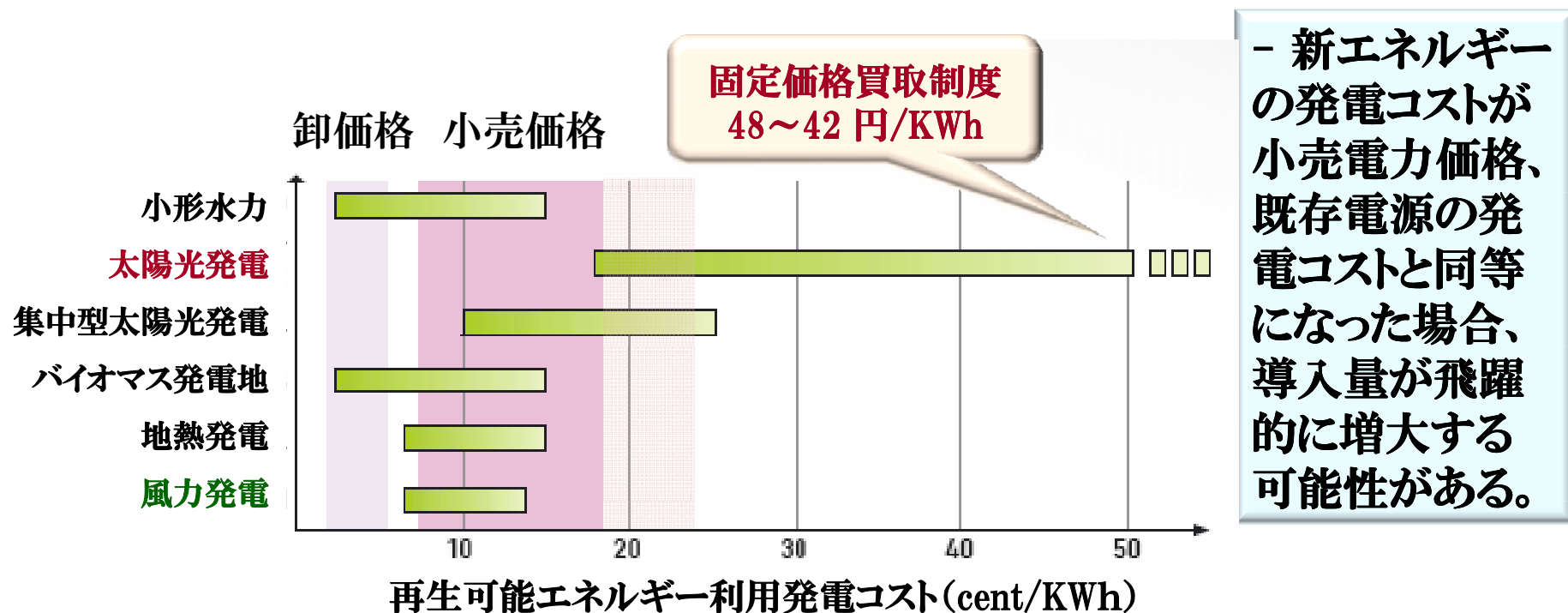
風力発電



	導入量(万kW)	2005年と比べ(倍)
2005年	108	1
2010年	300	3
2020年	448	4.5
2030年	602	6

再生可能エネルギーの価格競争力と買取制度

新エネルギーの価格競争力(算定例)



Source: Renewable Energy: RD&D Priorities, OECD/IEA 2006.

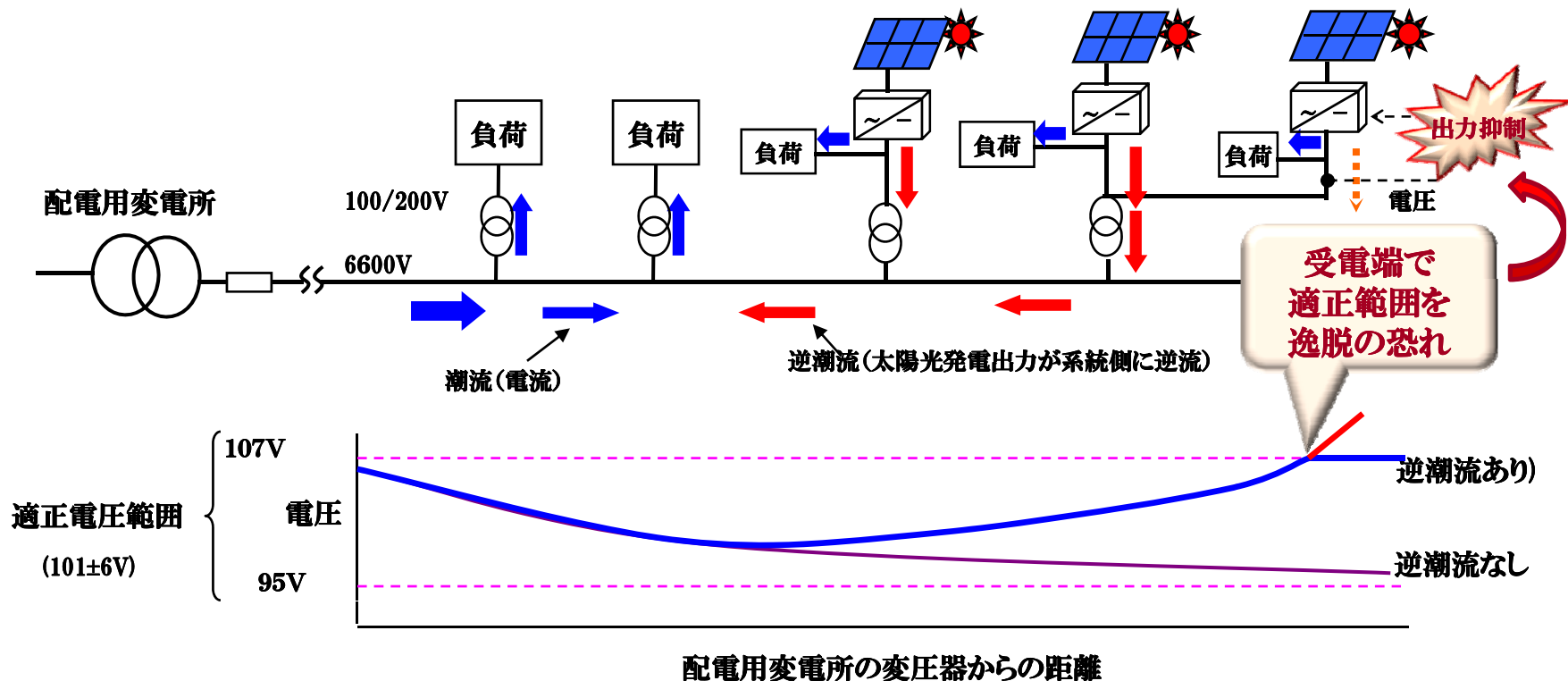
新エネルギーの導入量増大に伴って、出力変動対策費用等のコストが系統全体にかかる可能性がある。

系統のコスト負担

- ・出力平準化のための蓄電池の設置費用
- ・調整速度の高い電源の活用等

配電網の電圧上昇に伴う適正電圧逸脱

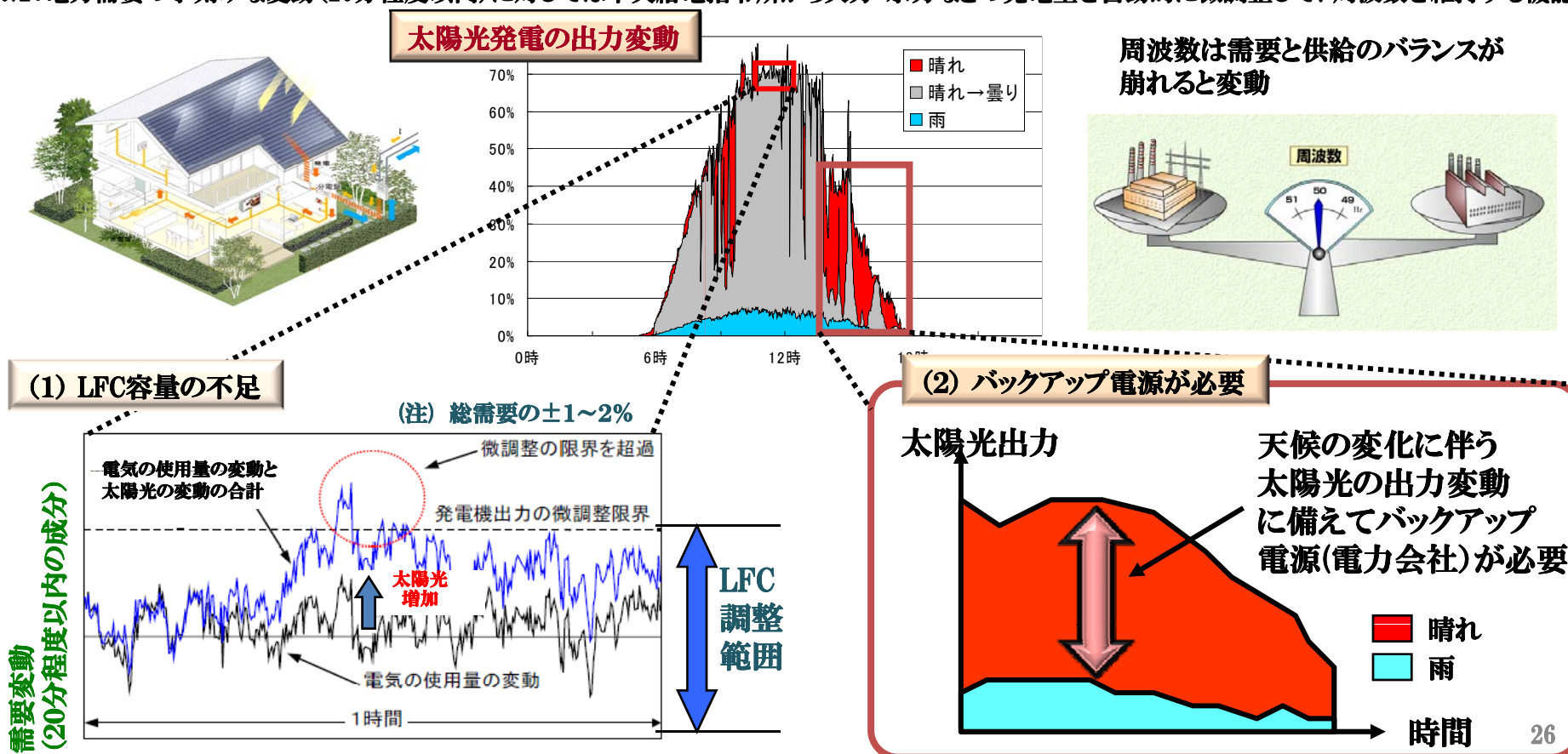
- 太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、系統に電力が **逆流** した場合、配電系統の**電圧上昇**
- 太陽光発電から逆潮流が生じることにより、連系点の電圧が電気事業法第26条に基づく **適正值 ($101 \pm 6V$)** を逸脱する可能性



周波数調整力の不足

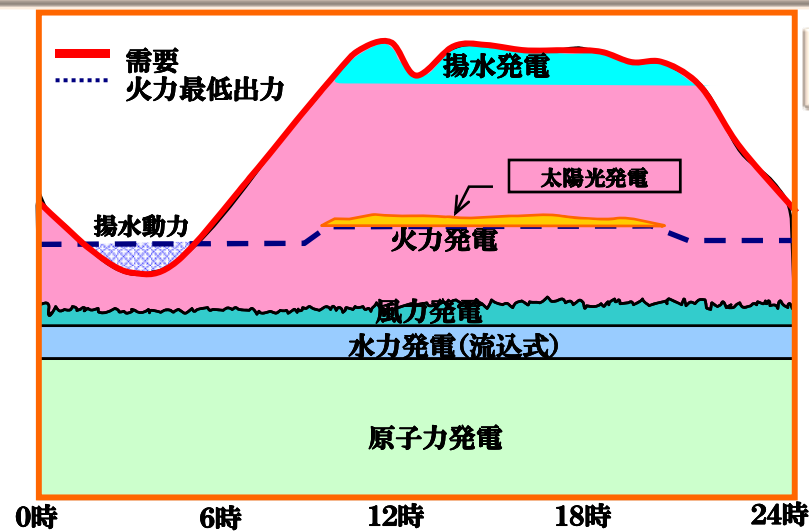
- 太陽光発電の出力は、天候などの影響で変動するため予測困難。
- 太陽光の導入量が拡大すると、その変動に対応する**周波数調整力が不足**するおそれ
(1) 電力需要の小刻みな変動(20分程度以内)に、太陽光出力の変動が加わることで、供給エリアごとに確保している**調整力(LFC容量)**が**不足**するおそれ。
(2) 天候の変化による太陽光出力の大幅な変動に備えて、**バックアップ電源**が必要。

※1: 電力需要の小刻みな変動(20分程度以内)に対しては中央給電指令所から火力・水力などの発電量を自動的に微調整して、周波数を維持する機能

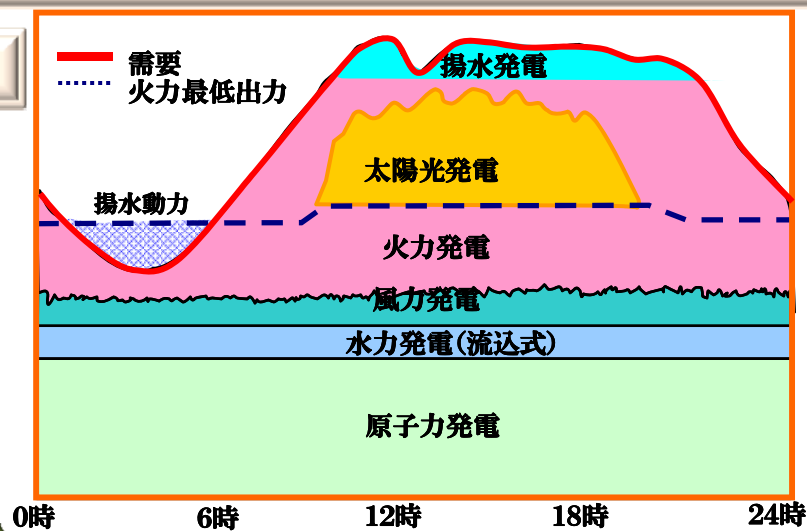


太陽光発電大量導入時の余剰電力発生

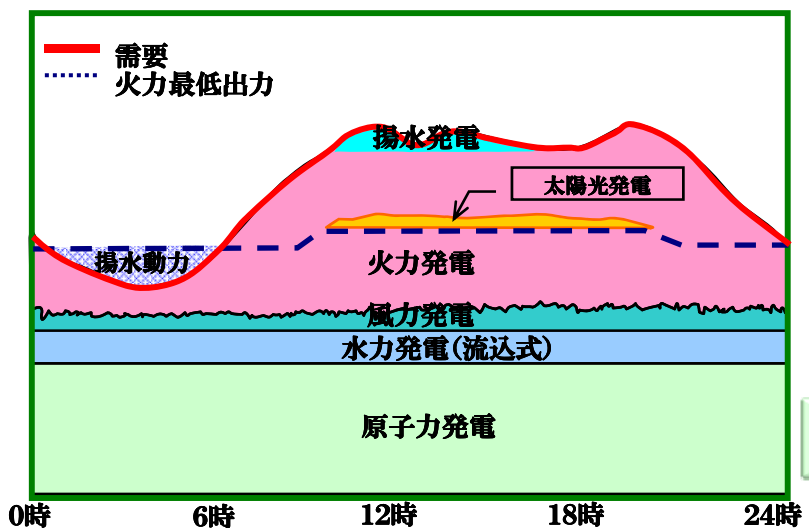
- 太陽光発電が増加すると、需要の少ない時期(軽負荷期)に、ベース供給力(原子力、水力、火力最低出力)等と太陽光による発電量が需要を上回り、**電力余剰が発生**
- 太陽光発電が増加すると、系統側の電源設備・流通設備とも**稼働率が低下**し、電源及び流通双方で**コストアップが発生**



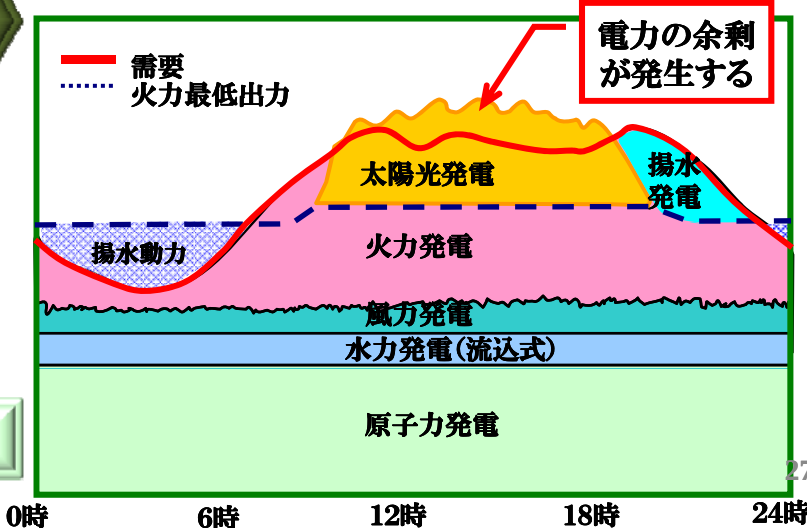
重負荷期



太陽光
大量導入
ケース



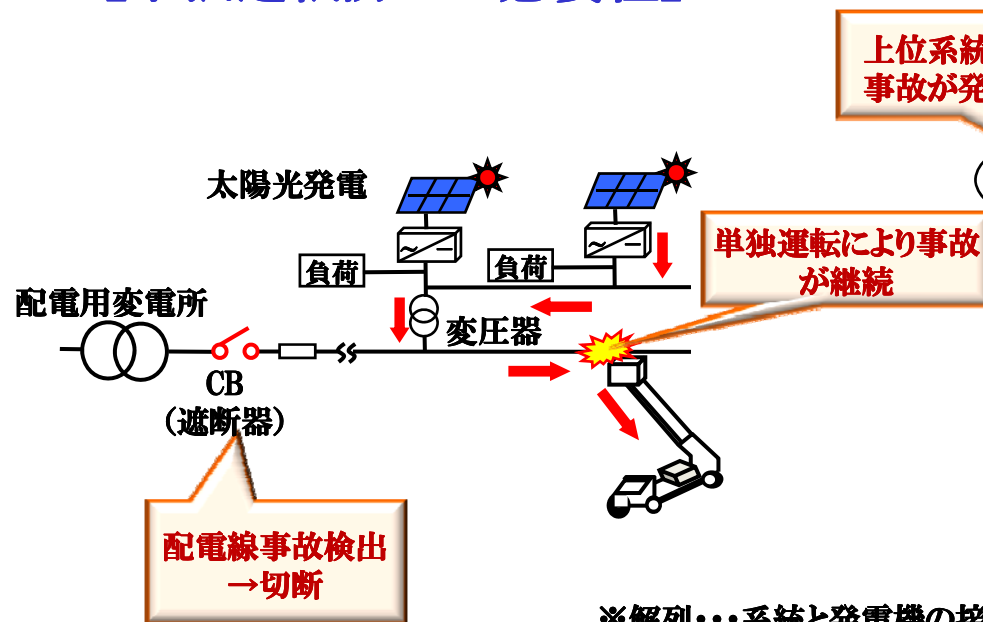
軽負荷期



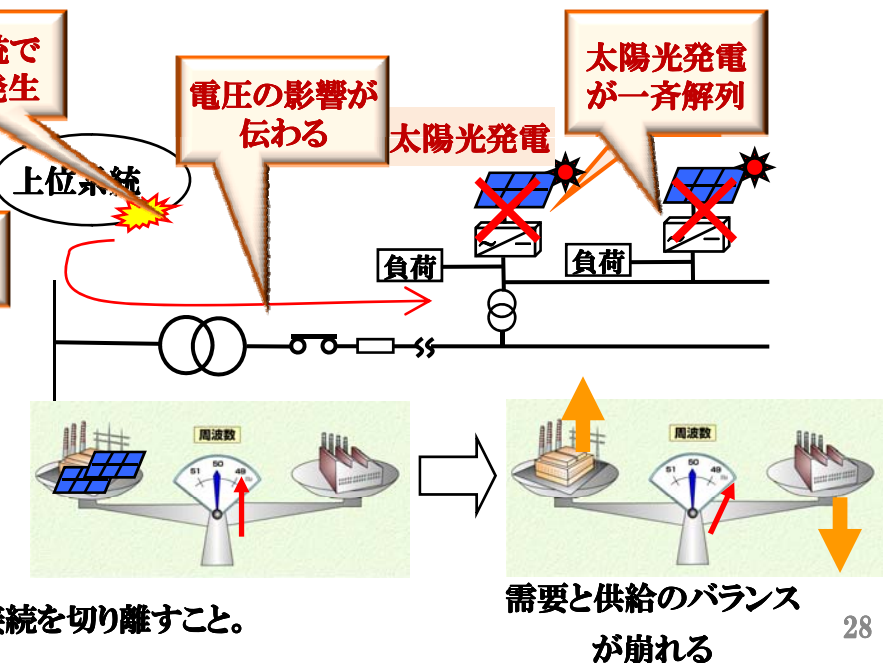
単独運転防止と不要解列防止対策の実施

- 単独運転とは、事故や緊急停止などの場合、本来停止すべき系統に、太陽光発電等の分散電源の運転(**単独運転**)により発電が継続
 - 単独運転が継続された場合、公衆感電、機器損傷の発生、消防活動への影響、作業員の感電のおそれ → 現在は低圧・高圧に連系される太陽光発電設置者には単独運転を検知して解列する**単独運転防止装置の設置**が義務づけ
 - 一方、本来解列すべきでない程度の系統の周波数や電圧の乱れが生じた時に：
 - ①動作する必要のない**単独運転防止装置が動作**
 - ②**瞬時電圧低下の影響**
- 等により、太陽光発電が一斉に解列し、需給バランス等が崩れるおそれ

【単独運転防止の必要性】

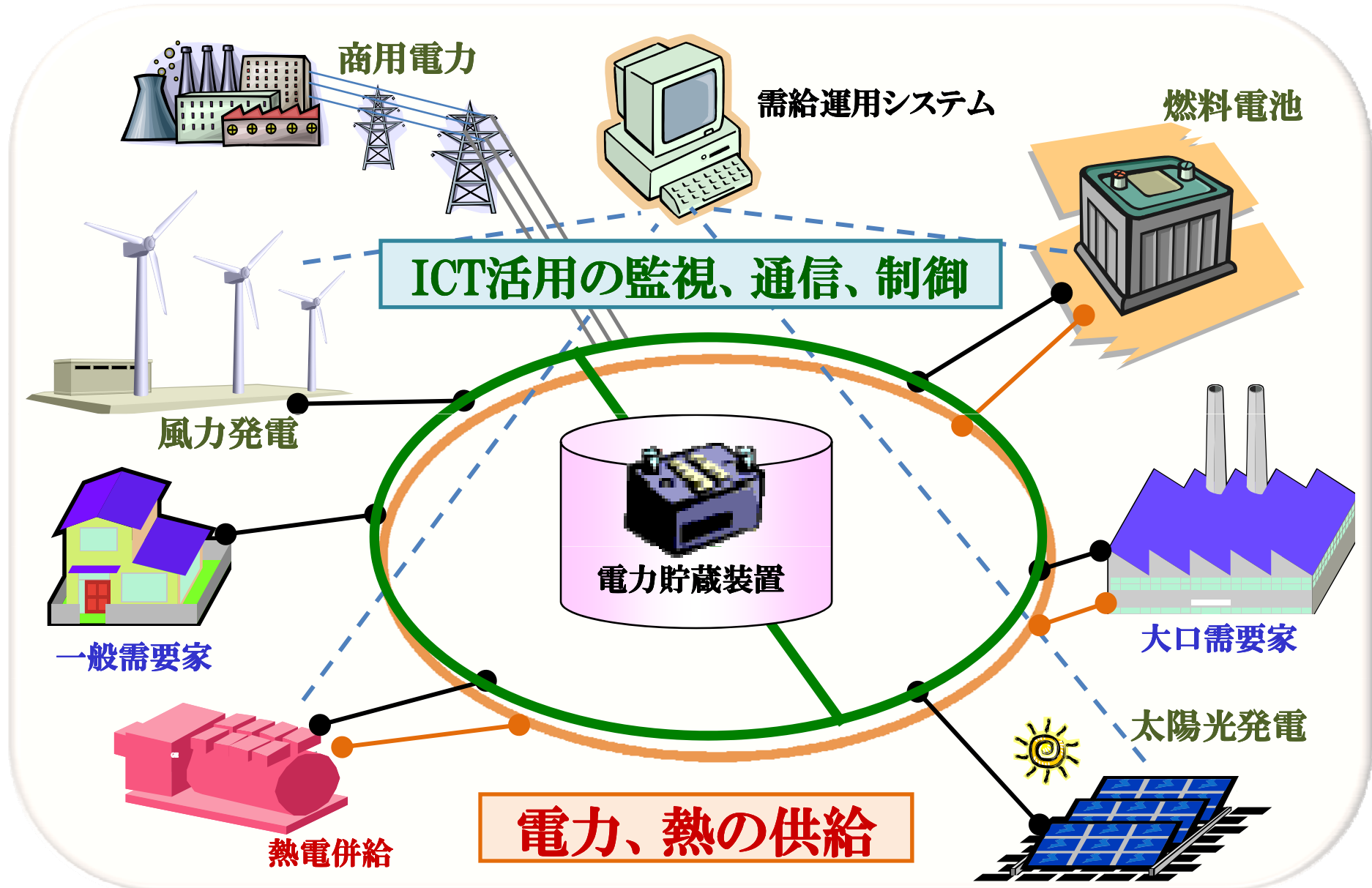


【不要解列防止の必要性】



※解列・・・系統と発電機の接続を切り離すこと。

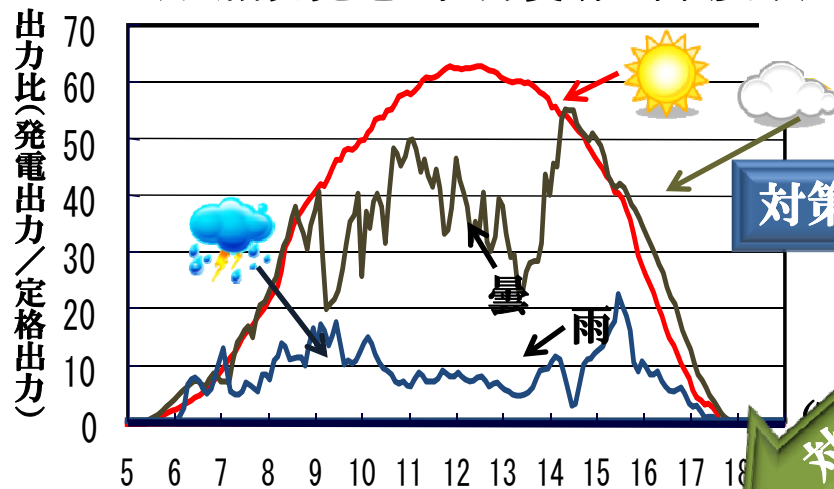
地域主導電力ネットワークの構造と需給運用



再生可能エネルギー大量導入時の系統対策

- 太陽光をはじめとする再生可能エネルギーの大量導入により、電力ネットワークに余剰電力の発生、電圧の上昇、周波数調整力の不足といった課題
- 他方、IT技術の進歩と蓄電池の普及により、電力需給両面の制御を行うことで、電力の高效率なシステム(スマートグリッド)の構築が可能

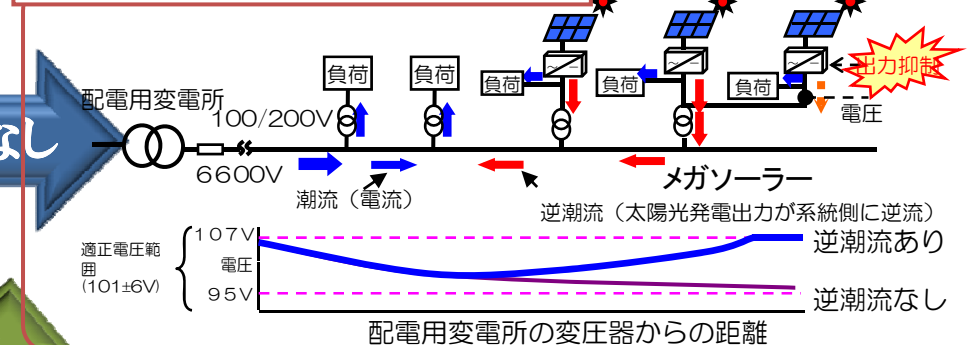
(%) ◆太陽光発電の出力変動の例(夏季)



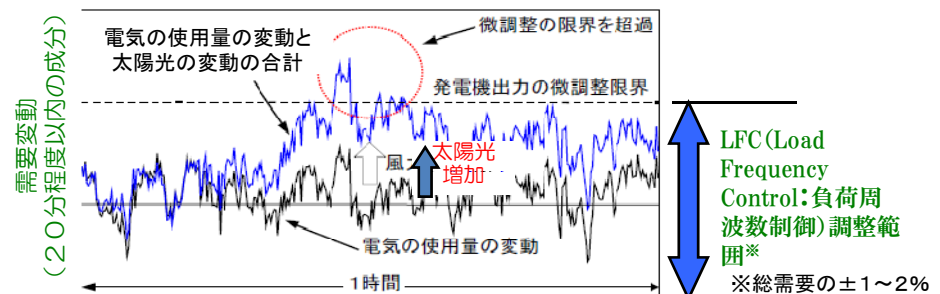
対策なし

対策

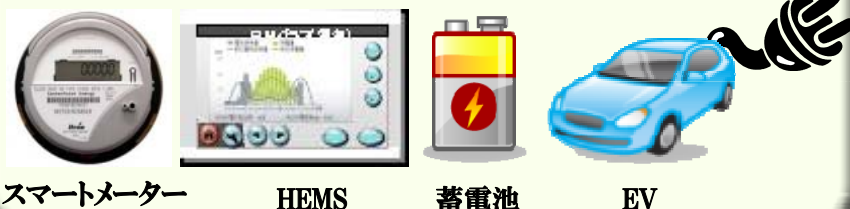
1. 配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化



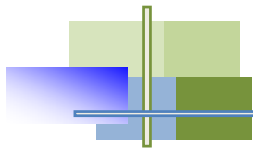
2. 周波数調整力の不足



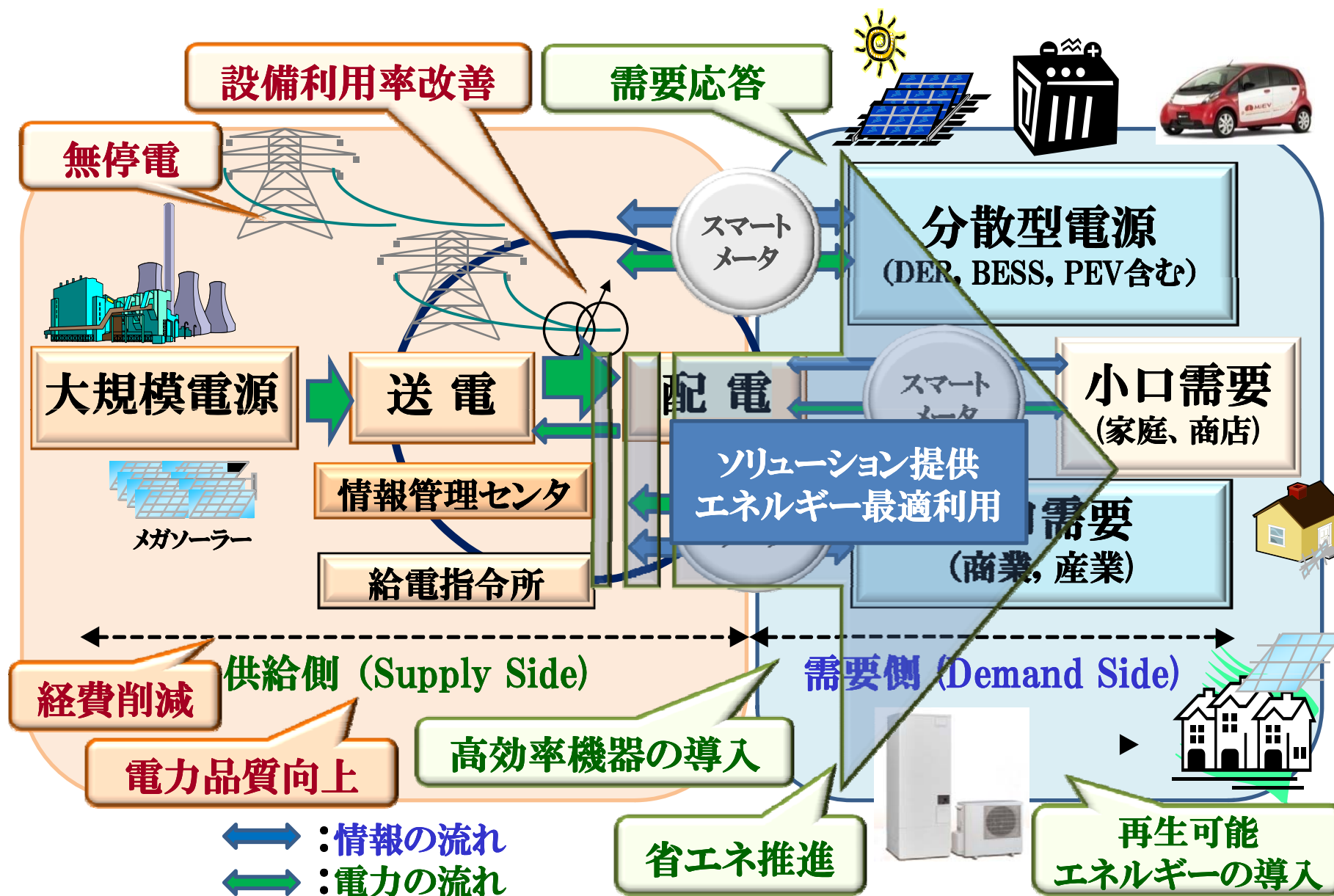
電力需給両面のコントロール



次世代電力ネットワークと スマートコミュニティ開発への取り組み



スマートグリッドへがもたらす社会便益



諸外国におけるスマートグリッドの開発動向



スマートグリッド構築への諸外国の取り組み

Jeju Island Smart Grid Test Bed, Korea



- Features:
- Integrated test bed
 - Close collaboration between public and private sectors
 - Verification of different power market models
 - Participants: Korea Electric Power Corporation (KEPCO) plus automakers, telecommunications companies and home appliance manufacturers
 - Includes major companies such as LG, SKT, KT and Samsung
 - Open to foreign companies

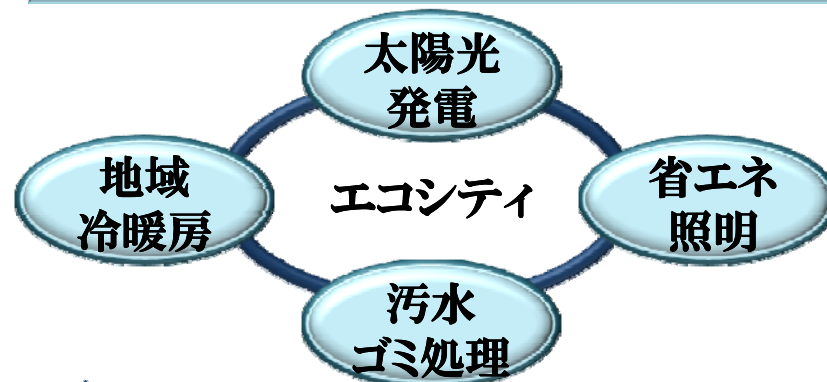
スマートグリッドを核とした都市開発(中国)

天津エコシティ

- 中国・シンガポール政府が「**エコシティ**」開発に向けた協力を合意(2007年)
- 中国側とシンガポール側が各々50%の出資を行い、開発企業を設立
*シンガポール側はファンド資金も活用



シンガポール政府系企業が設計を担当

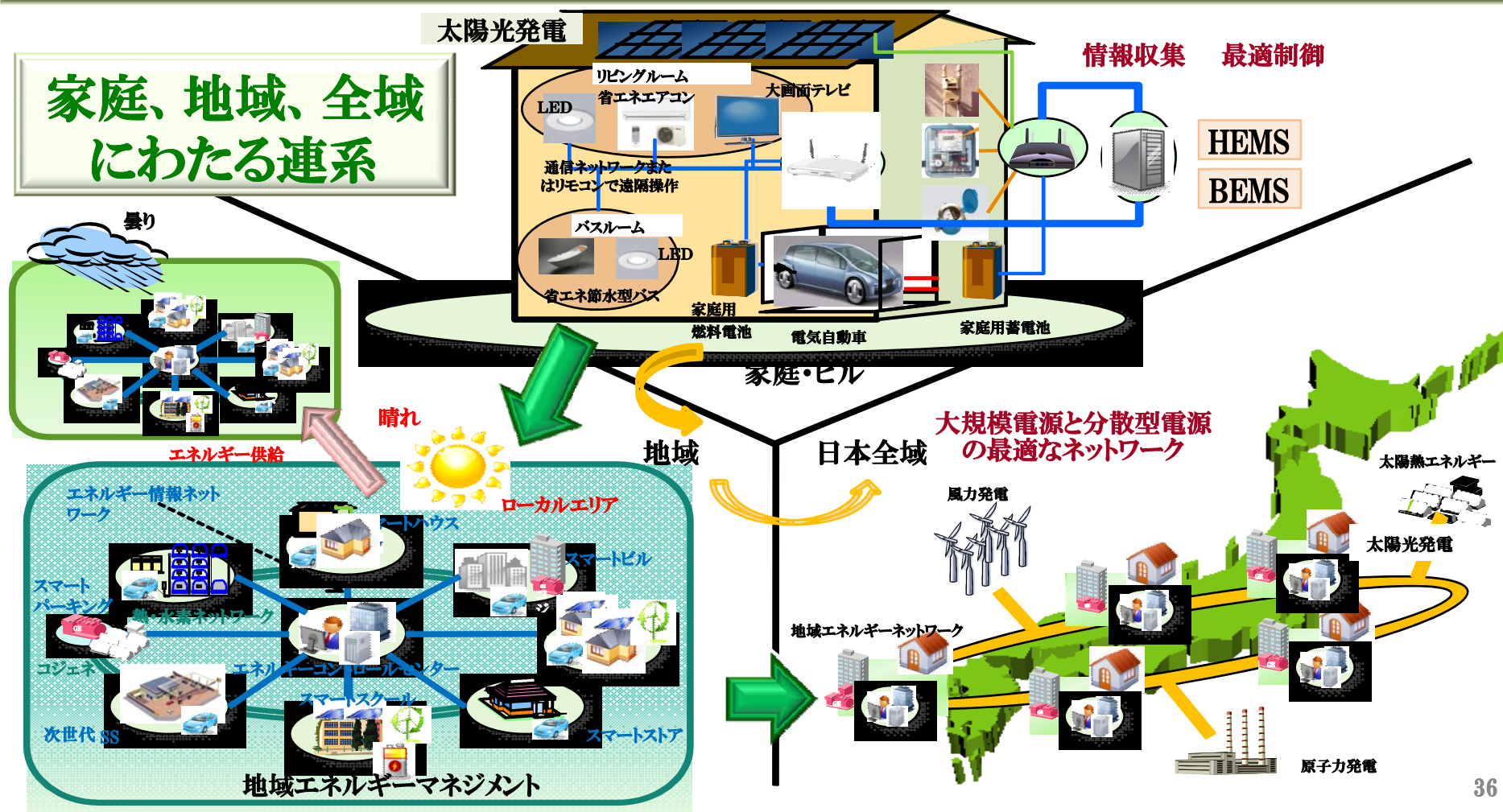


将来的には海外展開も企図



日本型スマートグリッドの開発方向

- 再生可能エネルギーが大量に導入されても安定供給を実現する強靱な電力ネットワークと地産地消モデルの相互補完が日本が目指すべきスマートグリッド
- 2020年に向けた系統対策を進めるとともに、電力ネットワーク全体と地産地消の相互補完関係の可能性を見据えて、技術的課題、社会コスト最小化の観点からの検証が必要



スマートコミュニティの必要性和目標

エネルギー全体の効率的な利用のためには、電気のみならず熱や運輸部門も含めた総合的な管理を行うためのスマートコミュニティ（社会システム・インフラ）を構築することが必要

スマートコミュニティ

電力インフラ（スマートグリッド）

スマート
メーター



電力のリアルタイム
料金変動と見える化、
機器制御

HEMS



電力不足時：電気自動車→家庭
電力過剰時：家庭→電気自動車



電気自動車を
電力インフラとして活用

熱インフラ

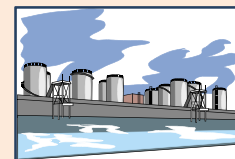
エネルギーの最終消費の
半分は「熱」の需要

バイオマスコジェネ



未利用熱等を有効活用した熱のネットワーク構築

工場廃熱・
ごみ回収利用



燃料電池



ライフスタイルの転換

快適さとの両立



カーシェアリング

エコポイント数
3,250円

今月電気代
〇〇〇円



本日
〇〇〇 kWh

エネルギー消費の見える化による
ライフスタイル変革

交通インフラ

運輸部門のエネルギー消費の伸び
1.9倍（1973→2008年度）



プローブ情報を活用した
移動支援システム実証



BRT (Bus Rapid Transit)
専用車線を利用した高速バスシステム
の導入実証

スマート技術に支えられたコミュニティ



出典: METI: http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/smart_community/

次世代エネルギー・社会システム実証事業

神奈川県横浜市

[大都市・大規模型]

・実施者

横浜市、アクセンチュア、日産自動車、東芝、明電舎、パナソニック、東京ガス、東京電力

・概要

- ✓3地区(クラスター)で2万7千kWの太陽光発電、4,000世帯にスマートハウス、2,000台のEVを普及、・未利用エネルギーの利用も検討
- ✓蓄電池による制御、HEMS、BEMS、EVを組み合わせた地域エネルギーマネジメントシステム(6～8,000世帯規模)をバーチャルに技術実証
- ✓3地域のエネルギーマネジメントシステムと大規模系統との相互補完実証。
- ✓2005年比で2014年までに約6万4千t-CO₂(約24%)を削減

次世代エネルギー技術実証事業

- ・4地域(横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市)の実証を補完する先進的で汎用性の高い技術の確立や地域エネルギーの活用等、地域に根付いたスマートコミュニティの実証
- ・平成24は、7件を採択

- 1 鳥取市(鳥取市、中電技術コンサルタント等)
「工場－住宅におけるエネルギー融通システムモデル」
・温度の上昇を防ぐための技術(水カーテン式)を用いた太陽光パネルを開発。
・スマートハウス2棟、植物工場、菓子工場で蓄電池を共有。CEMSで制御し、エネルギーの融通を行う。
- 

- 2 福山市(ツネインホールディングス等)
「船舶を活用した臨海・防災型EMSモデル」
・船舶内にLNG焚き発電機を設置し、EVへ給電を行うシステムを構築。
・工場の太陽光発電で通勤用EVに充電し、家庭用照明に電力を供給。
- 

- 3 水俣市(富士電機、テイラーズ熊本、パワーバンクシステム等)
「農漁村型EMSモデル」
・ハウス栽培に太陽光発電を導入。
・カキ養殖用の筏に太陽光発電と蓄電池を搭載して餌やり、水質監視を自動化。
・これらをつないだ農村漁村型のエネルギーマネジメントシステムを構築。
- 

- 5 日立市(日立製作所、日野自動車等)
「EVバス運用モデル」
・非接触充電式のバスを運行し、様々な路線を異なった季節に運行をする。これにより、最適なバスの充電、運行等の実証を行う。
- 

- 6 三重大学(三重大学、富士電機、シーエナジー等)「直流給電モデル」
・太陽光などの直流電源を直流のまま大学構内のコンビニに給電。
・温度と湿度を別々に制御するスマート型空調システムの実証。
・大学構内のエネルギーマネジメントシステムを構築。
- 

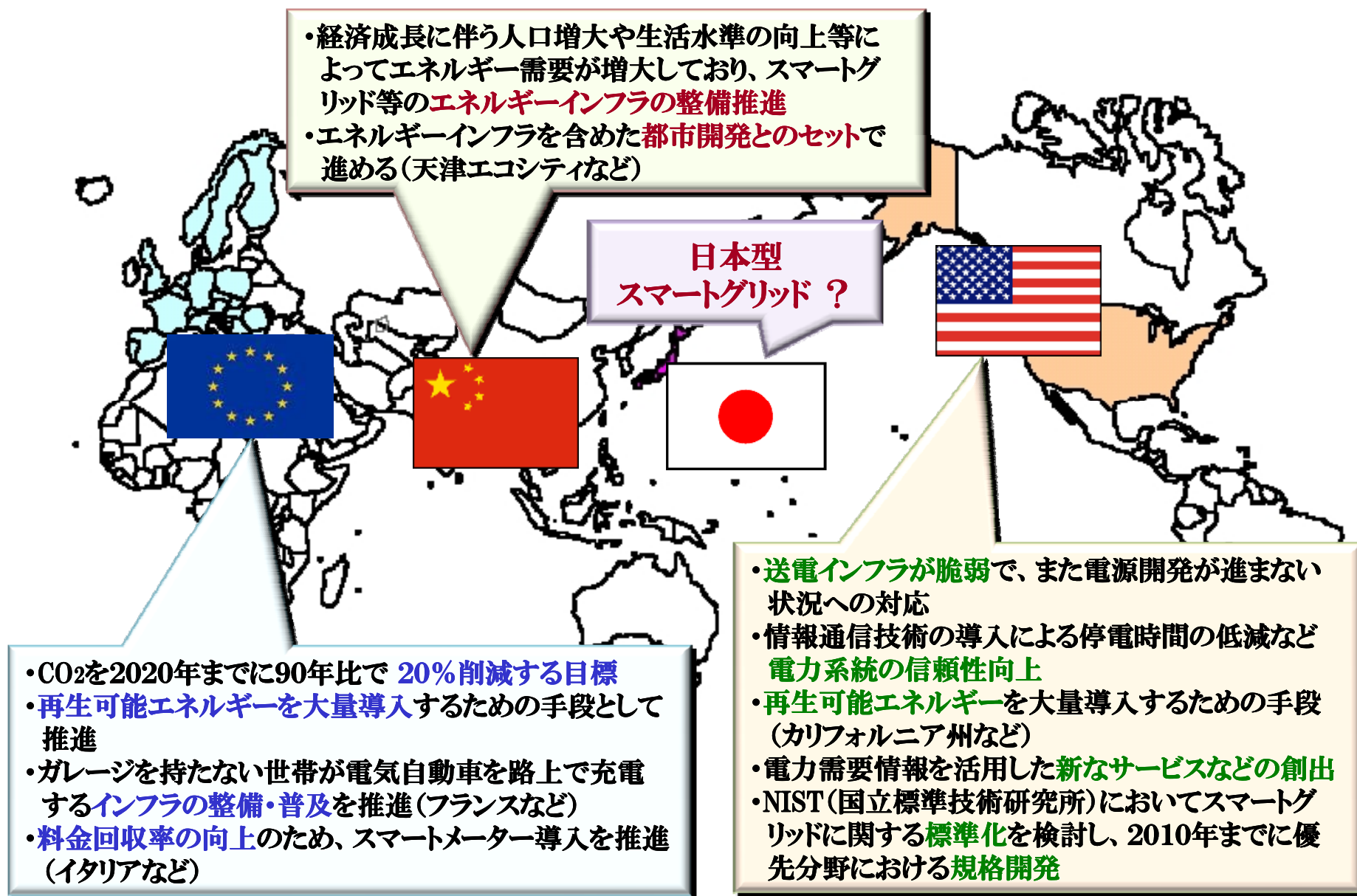
(24年度予算額
:27.8億円)



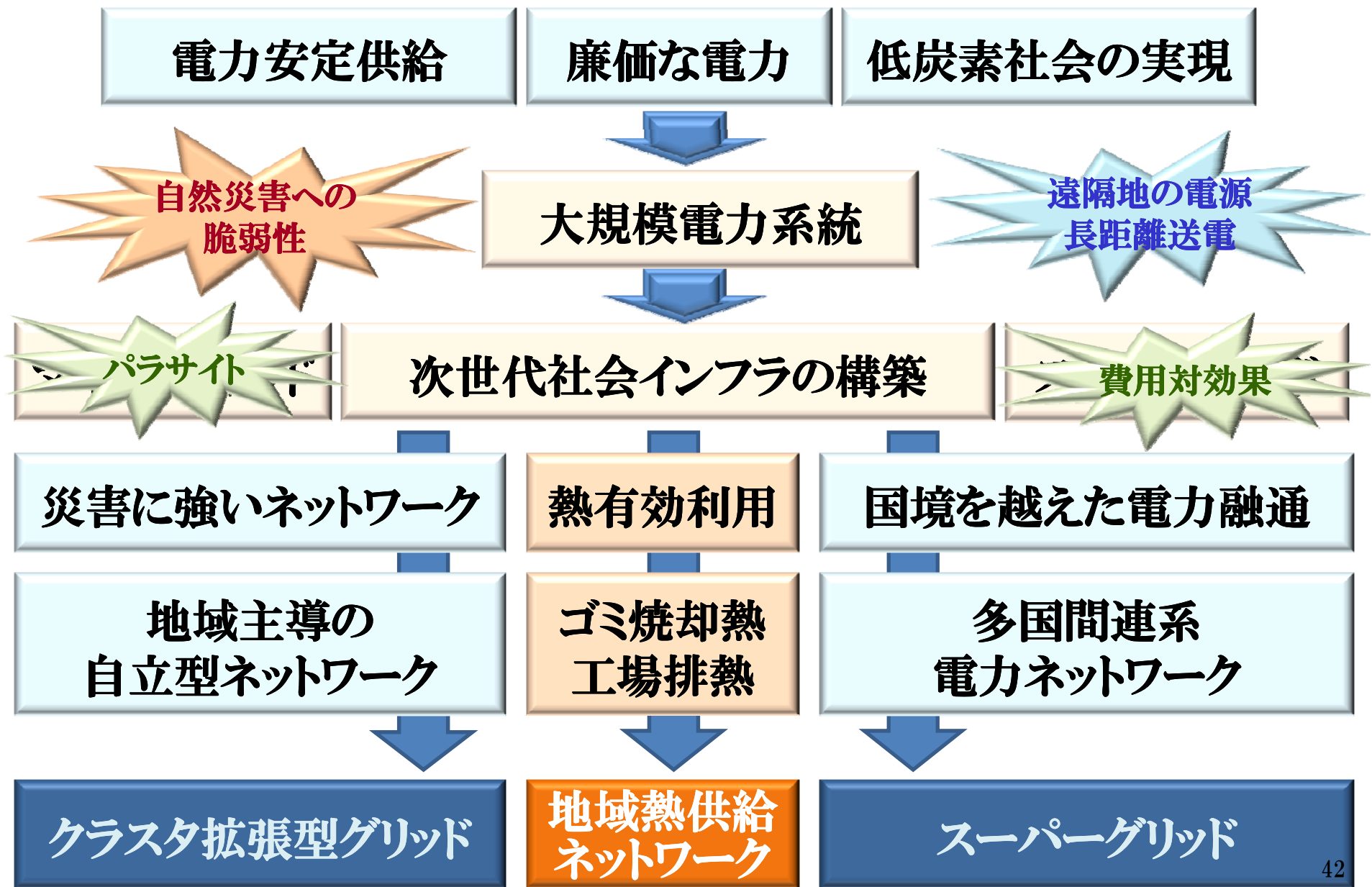
- 4 佐世保市ハウステンボス町(双日、People Power等)
「エネルギー使用パターン分析オープンソフトの開発」
・職場等のエネルギー使用状況をセンサーで収集、利用者の行動パターンから無駄を分析し、改善提案を行うソフトウェアを構築。
- 

- 7 大阪市(川崎重工、大阪ガス、神鋼環境ソリューションズ等)
「ごみ焼却熱最適利用モデル」
・ごみ焼却工場の廃熱をパイプラインを用いず、需要家へ蓄熱槽搭載車両で輸送。
・需要家の熱需要をリアルタイムで把握し、最適な輸送管理を行うマネジメントシステムを構築。
- 

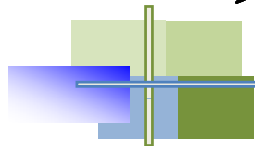
主要地域のスマートグリッドを取り巻く状況



次世代電力供給グリッドの開発方向



災害に強い地域主導型 電力供給インフラストラクチャー クラスター拡張型スマートグリッドの展開



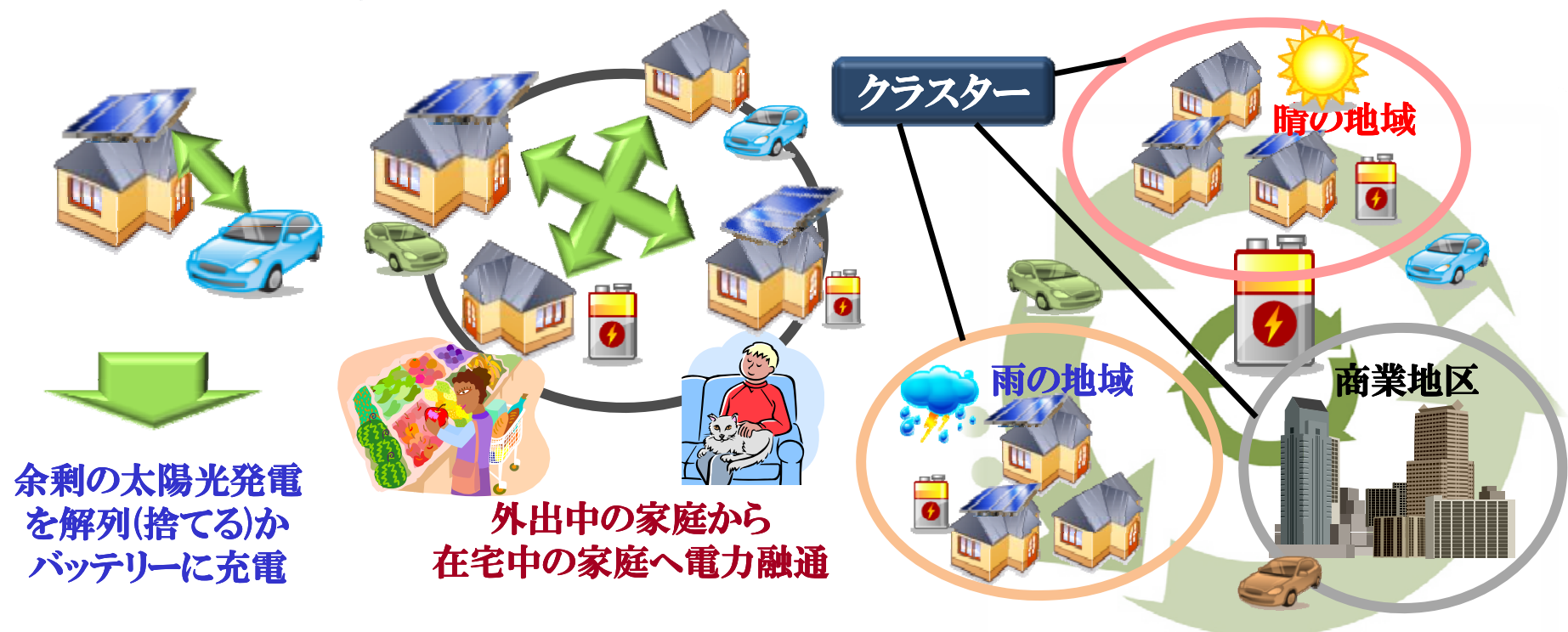
地域間エネルギー融通とクラスターの形成

- 家屋単位のエネルギー管理よりも、複数間や地域間でのエネルギー融通が効率的
- 地域の天候や在宅の有無による需要の違いを利用して、エネルギーの融通
- 蓄電池も家屋ごとでなく、一定の世帯数に置くことで、設置コストを低減
- 住宅地域(朝晩の需要が多い)と商業地域(昼の需要が多い)を組み合わせると、エネルギーの効率的利用が可能

家屋単位の消費

地域内での最適化

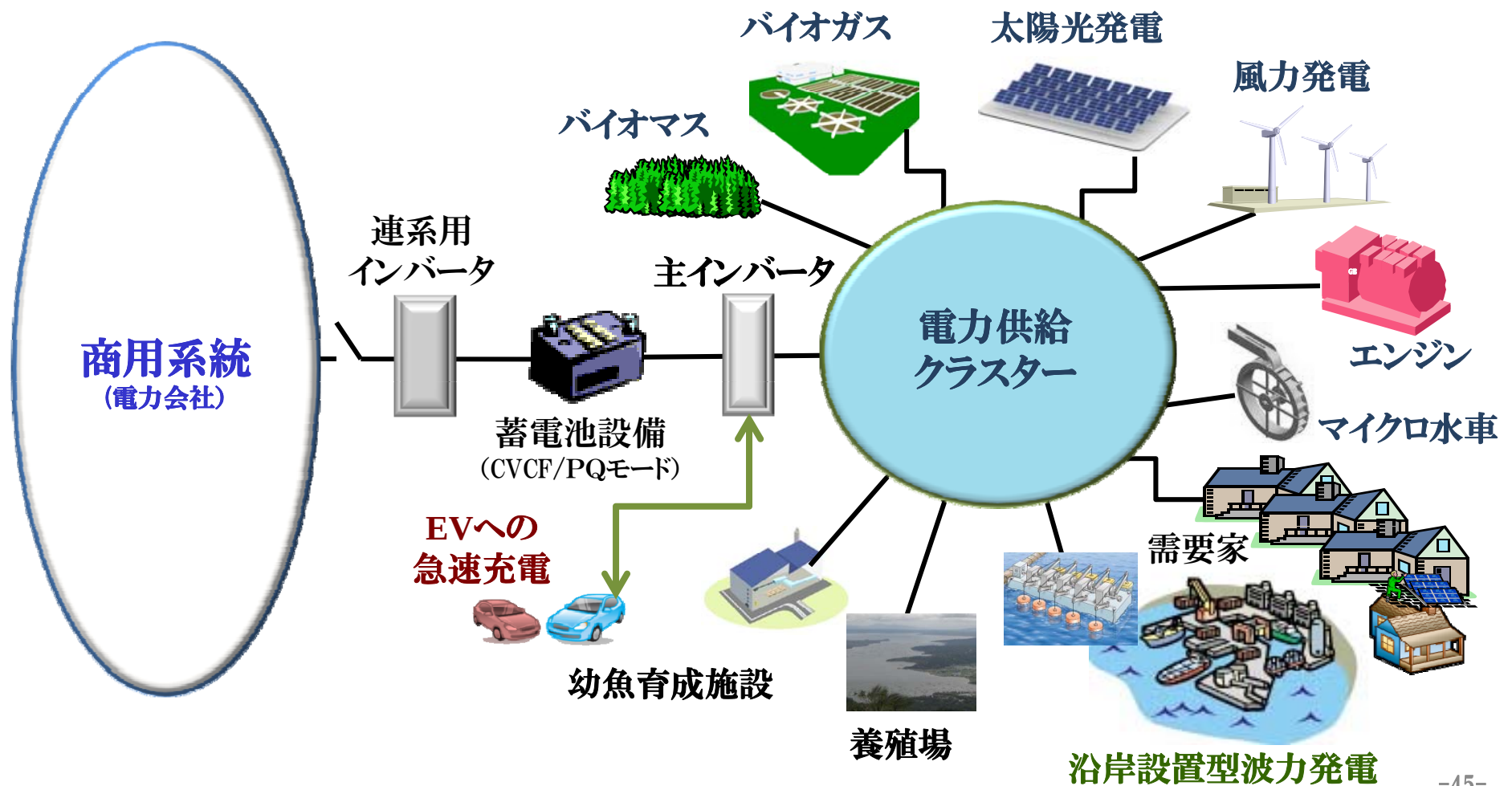
地域間で最適化



クラスター型電力ネットワークの要素と構成

単一クラスターの構造

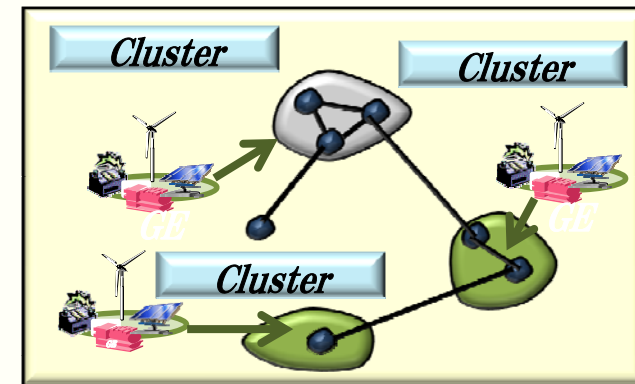
地産地消の再生可能エネルギーの活用



研究開発の目標と特徴

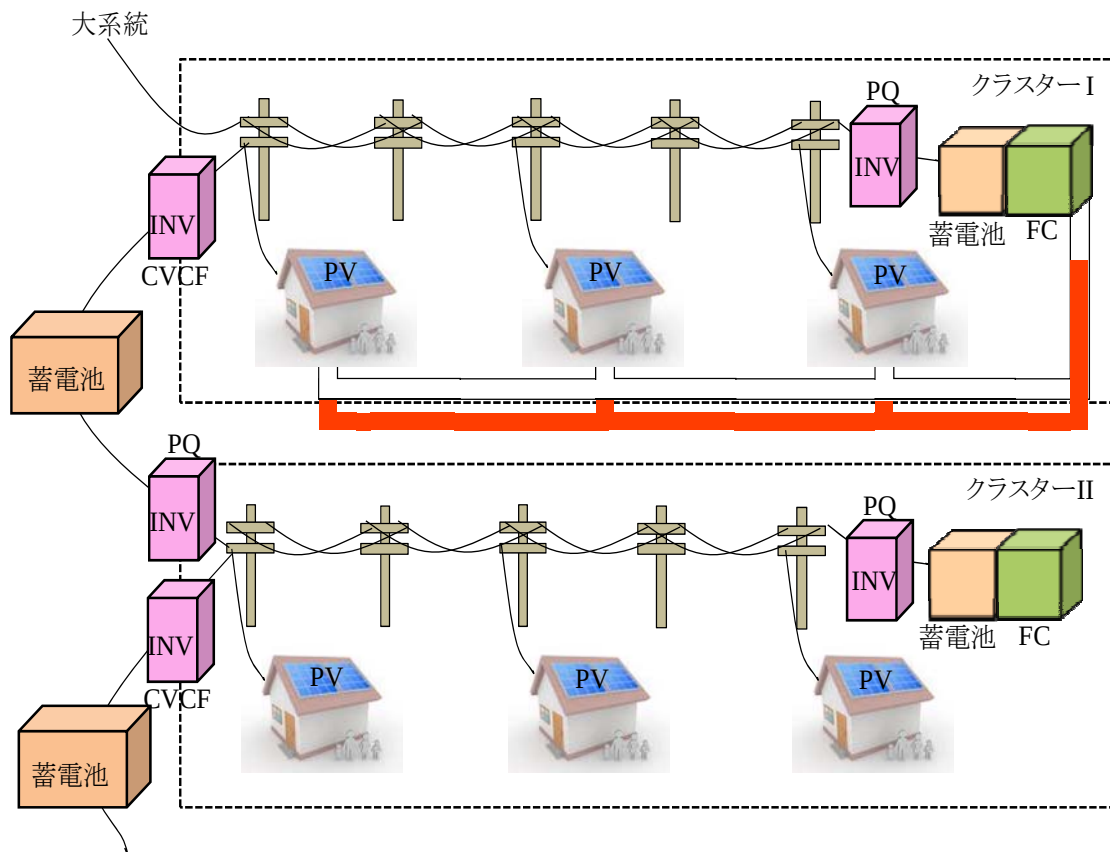
目的・特徴

- **クラスタ拡張型エネルギーシステムの提案と実証試験**
 - 対象地域や集落に適した規模のエネルギー供給ネットワーク(**クラスター**)設置
 - 需要の増大に応じて随時**クラスターを増設**
 - 相互を連系し**結合型ネットワーク**を拡張
- **クラスタ拡張型エネルギーシステムの特長**
 - **再生可能エネルギー**の有効利用
 - **熱及び電力貯蔵装置**の有効活用
 - 地域への**交流/直流電力**供給
 - 電動車両への**急速充電**
- **社会システムとしての役割(電力系統に全面依存しない)**
 - 発展してゆく地域での新たな**地産地消型エネルギー社会インフラ**構築
 - 電力供給ネットワークが完備されていない**離島や僻地**向け
 - **未電化地域**を有する途上国向けの供給システム
- 再生可能エネルギーの大量導入のための**新たなエネルギー社会インフラ**の構築
- 相互連系で広域にわたる拡張型電力供給システムの展開が可能で**災害に強い**
- **安定供給とCO₂排出削減**というエネルギー社会システムの抱える問題解決に貢献



従来の配電系統に代わる新たな社会システム改革を実現

クラスター内での熱融通による効率向上

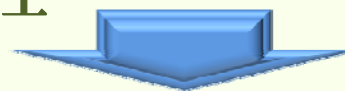


クラスター内でのエネルギー利用上の利点

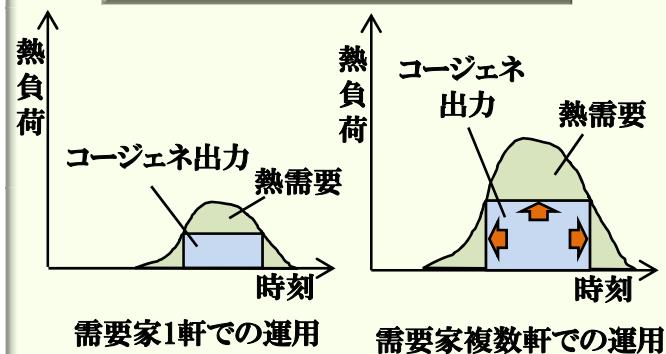
- ・クラスター内では、**需要家間**での熱融通が可能
- ・セキュリティ管理の容易さと支障時の相互支援

需要家間での熱融通

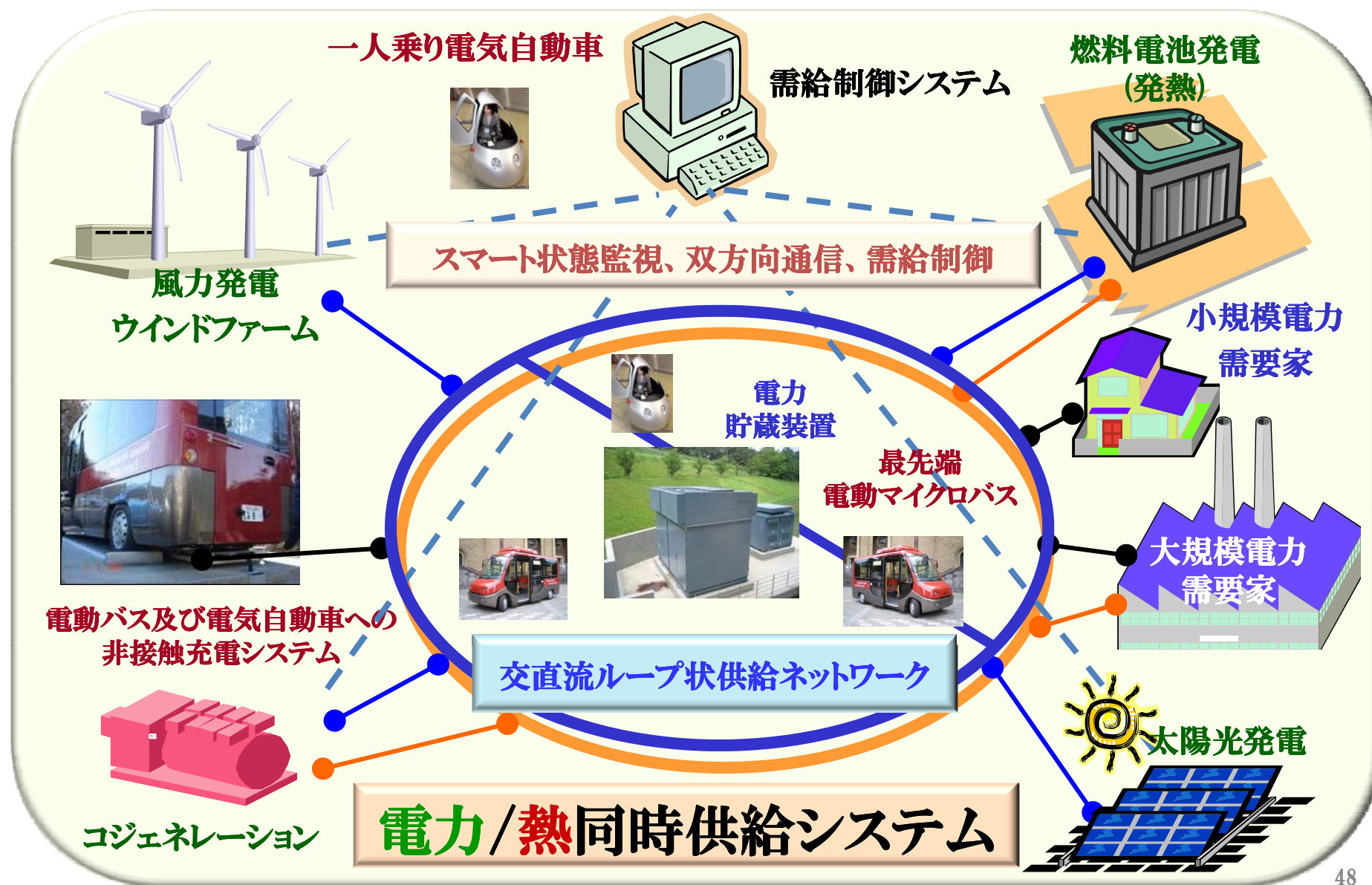
- ・設備利用の平準化
- ・コージェネ等機器の大型化
- ・エネルギー機器の稼働率向上



省エネルギー
省コスト・CO₂



クラスタ拡張型スマートグリッドのミニマル・クラスタ



リチウムイオンキャパシタを適用した太陽光 発電の出力安定化に関する技術開発 (平成22年度NEDO新エネルギーベンチャー技術革新緑事業)



研究目的

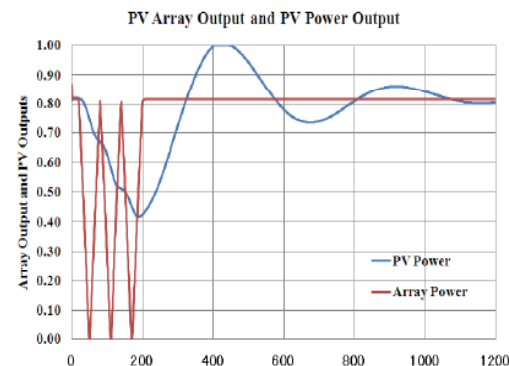
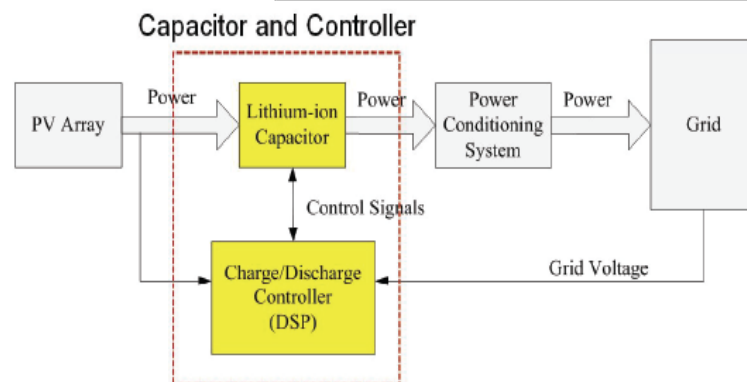
太陽光が既存の配電系統に大量に導入された場合の課題

- 天候変化に伴う出力変動(短時間の変動)
- 離島などの小規模自律系統における系統周波数調整能力の不足

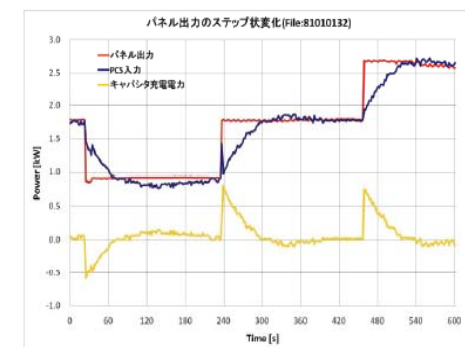


電源側の対策として新型太陽光発電システムの開発

- ① リチウムイオンキャパシタを備えた新型太陽光発電システムの設計
- ② 定格出力4kWの試作機による実証試験

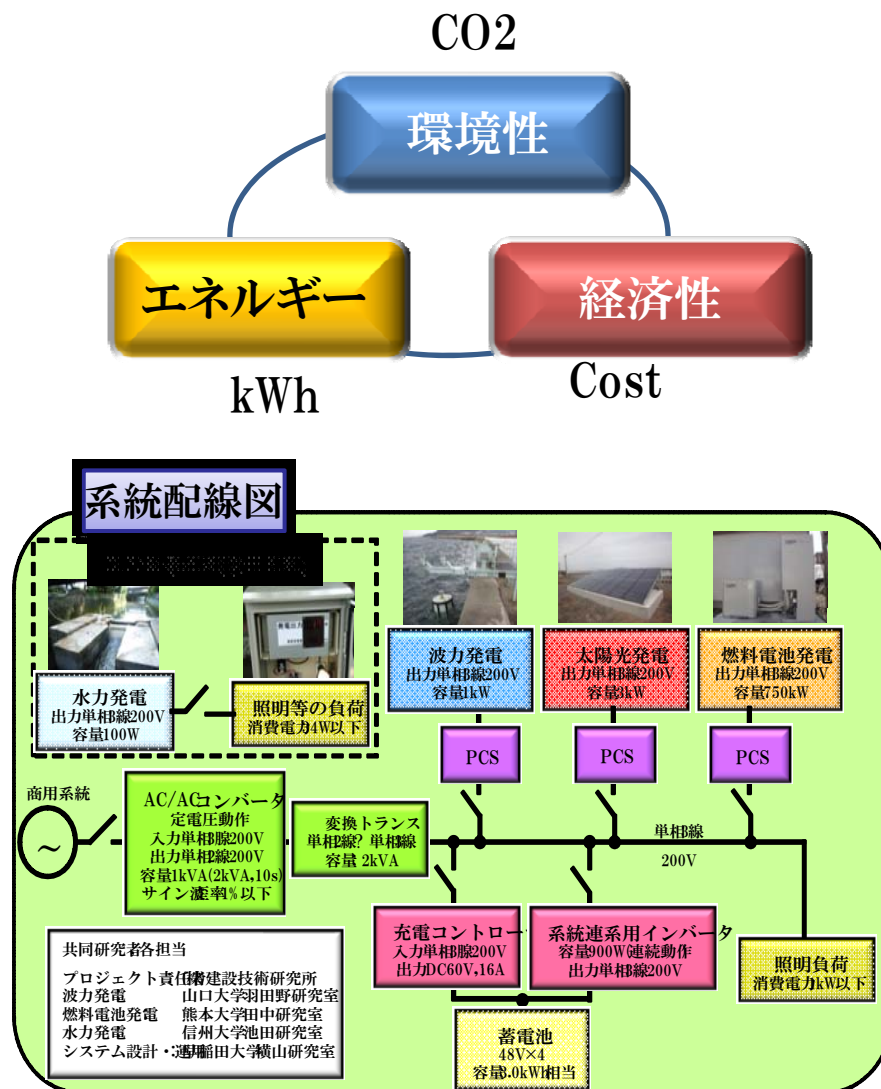


(a)シミュレーション結果



(a)実証実験結果

クリーンエネルギーによるスマートグリッド実証調査 (水俣市平成22年度緑の分権改革推進事業)



研究目的

熊本県水俣市を緑の分権改革の対象サイトとして、波力発電、中小水力発電等の再生可能エネルギーを中心とした水俣市版スマートグリッド構築のために実証試験、システム全体の運用試験を実施し、その有効性を確認する。

研究内容

再生可能エネルギーを核としたスマートグリッド構築のための調査と、実際の実証試験の大きく2つからなる。

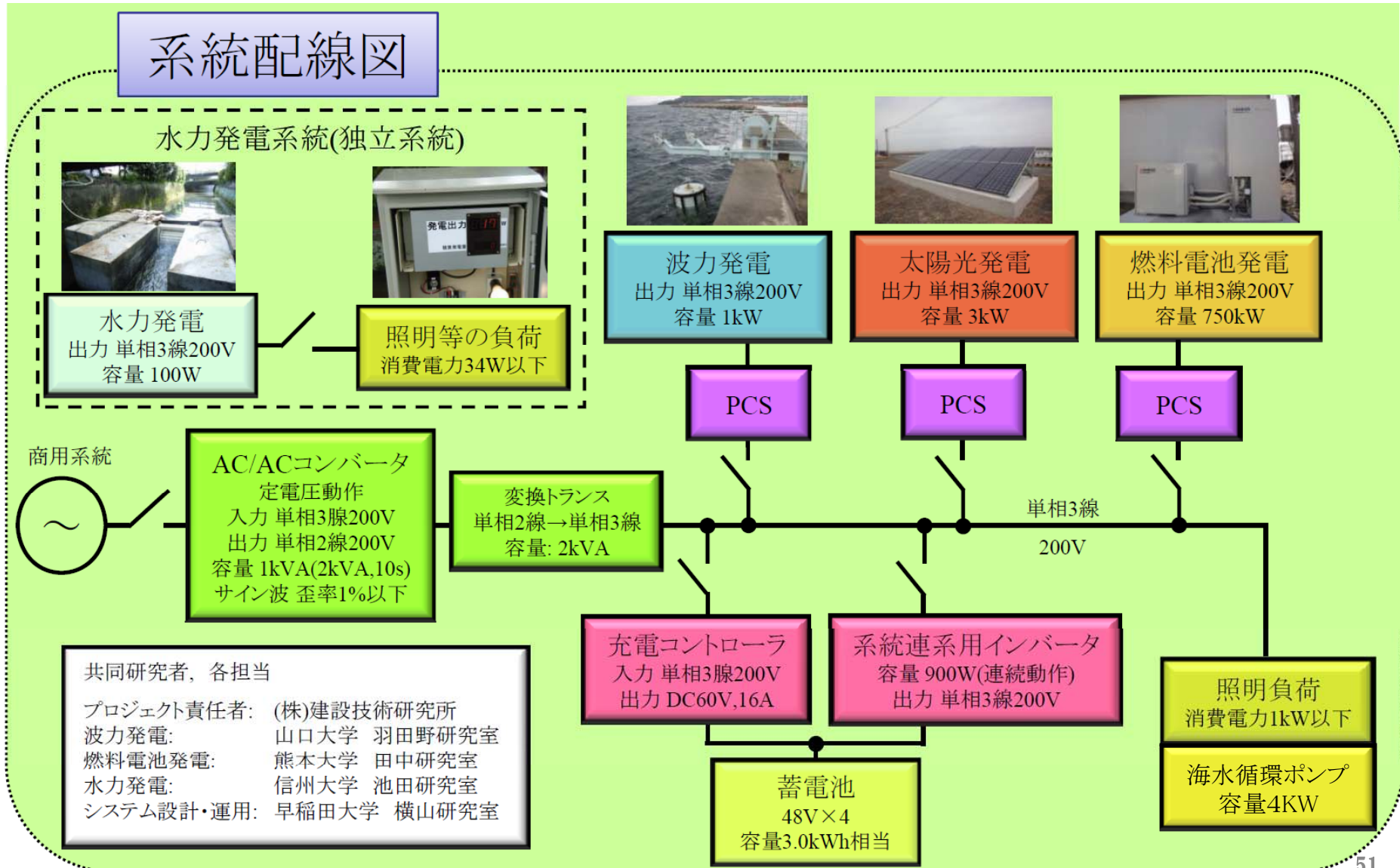
- ①スマートグリッド構築のための調査
 - 国内外のスマートグリッドの最新技術動向の調査
 - 再生可能エネルギーのスマートグリッド化実現可能性調査
- ②水俣市版スマートグリッドの実証試験の実施と維持管理
 - 各発電機の運用状況・実績データ分析
 - 自律系統構築のための制御方法検討

担当の研究内容

- ①各発電機の運用・制御方法の検討
- ②各発電機・負荷の接続方法と容量選定
- ③導入効果シミュレーションと実績データ分析

水俣市スマートグリッド実証システムの クリーンエネルギー機器構成と制御

系統配線図



本庄スマートタウンにおけるエネルギー管理システム

・H23～25年度店舗等商業施設に関わる実証実験システム「分散電源EMS」の事業化

・エネルギー(電気・熱)の最適融通を実現するためには、比較的近隣エリアでの需給の位置関係が必要

・系統電力からの独立を目指すのではなく、系統電力との共存を前提に、ムダを減らし、CO2削減を目標

広域エネルギーマネジメント

オフィスビル



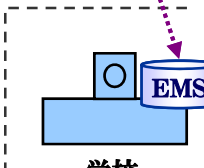
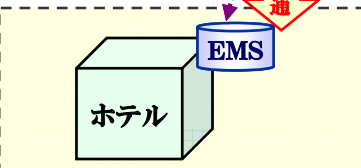
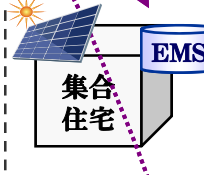
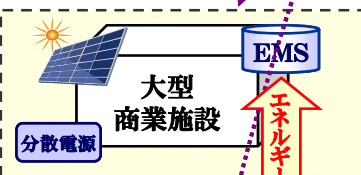
病院



CEMS

上位EMS

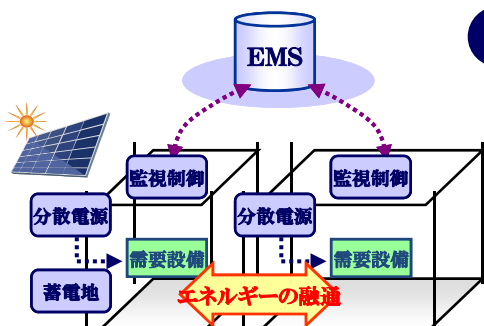
デマンドレスポンス



- ・エネルギー融通による需要の平準化/ピークカット
- ・エネルギー地産地消/熱の有効利用
- ・デマンドレスポンスによる省エネ

【街へ拡大】

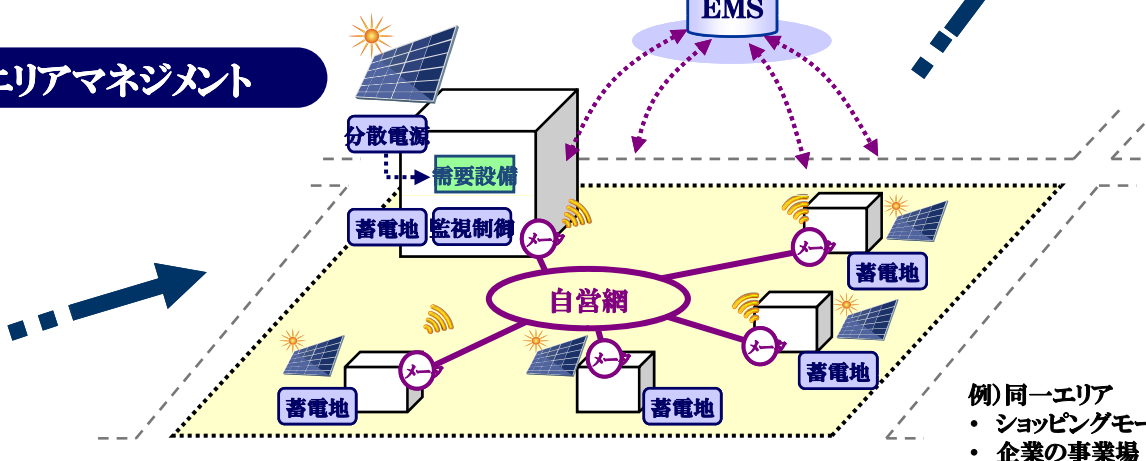
分散電源EMS



【建物間のエネルギー融通】

- ・エネルギー(電気・熱)監視、制御
- ・最適バランス
- ・分散型電源、系統、蓄エネ、需要

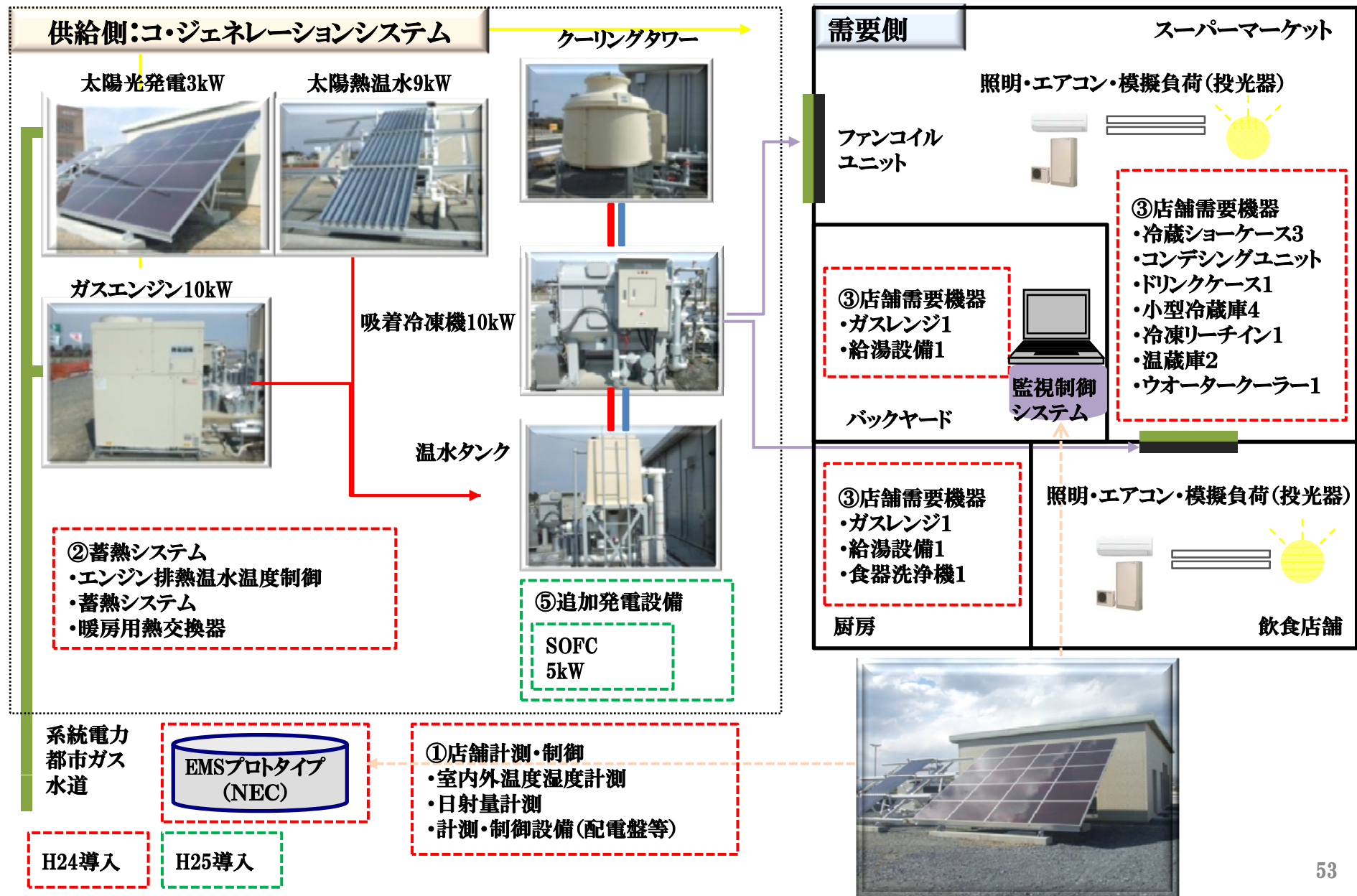
エリアマネジメント



【同一エリア内での建物間のエネルギー融通】

- 例) 同一エリア
- ・ショッピングモール
 - ・企業の事業場
 - ・工場団地
 - ・etc...

本庄スマートタウンのシステム構成と熱電フロー



本庄スマートタウンでのエネルギー利用最適化

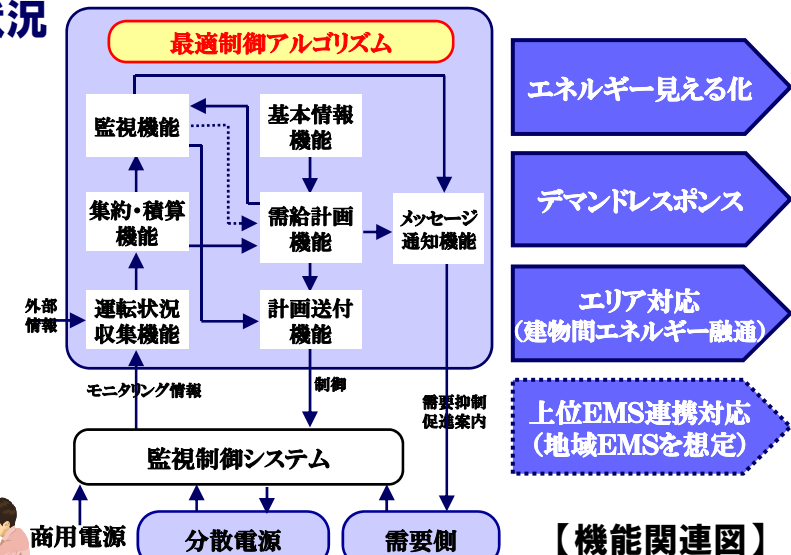
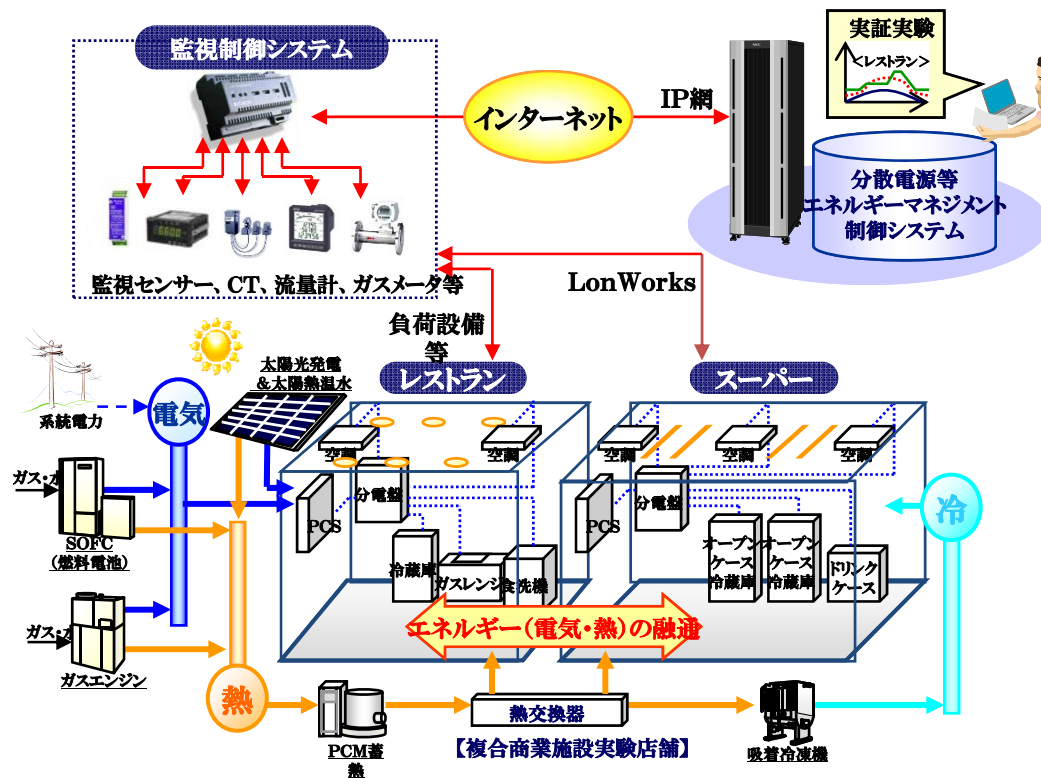
■ H24(2012)年度“分散電源EMSプロトタイプ”開発状況

【分散電源EMSとは】

- ・最適化アルゴリズムに準拠して分散電源設備や負荷設備及び、需要家応答を制御することで、エネルギーの最適利用と消費の均衡維持を図るシステム
- ・プロトタイプとは、実用化前の試作版プログラム構築

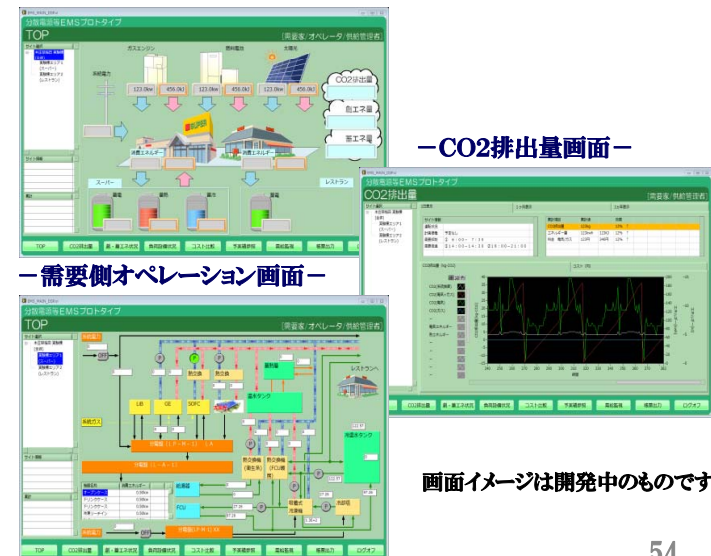
■ 実証店舗による実証実験

- ・ 複合商業施設を想定した、電気と熱の融通実験
- ・ 需要側は、スーパー、レストランの実店舗モデル
- ・ 分散電源システム全体の性能評価を実施し、EMS実用化へ反映



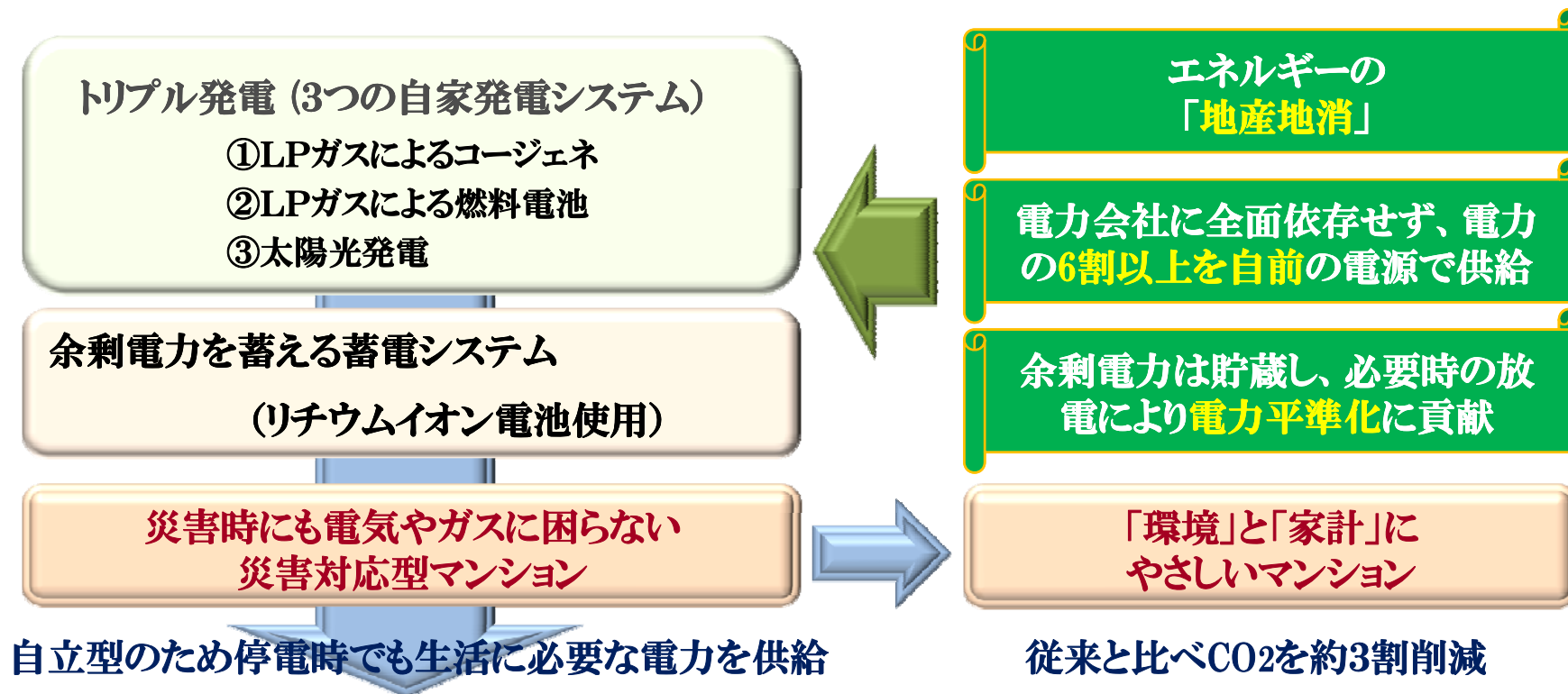
【機能関連図】

[-TOP画面-](#) **【プロトタイプ画面イメージ】**



画面イメージは開発中のものです。

エネルギー自立型災害対応スマートマンション



◆構造規模:RC構造

地下1階、地上6階、戸数15戸

1F:体験型ショールーム

2F:コミュニティスペース(一部住居)

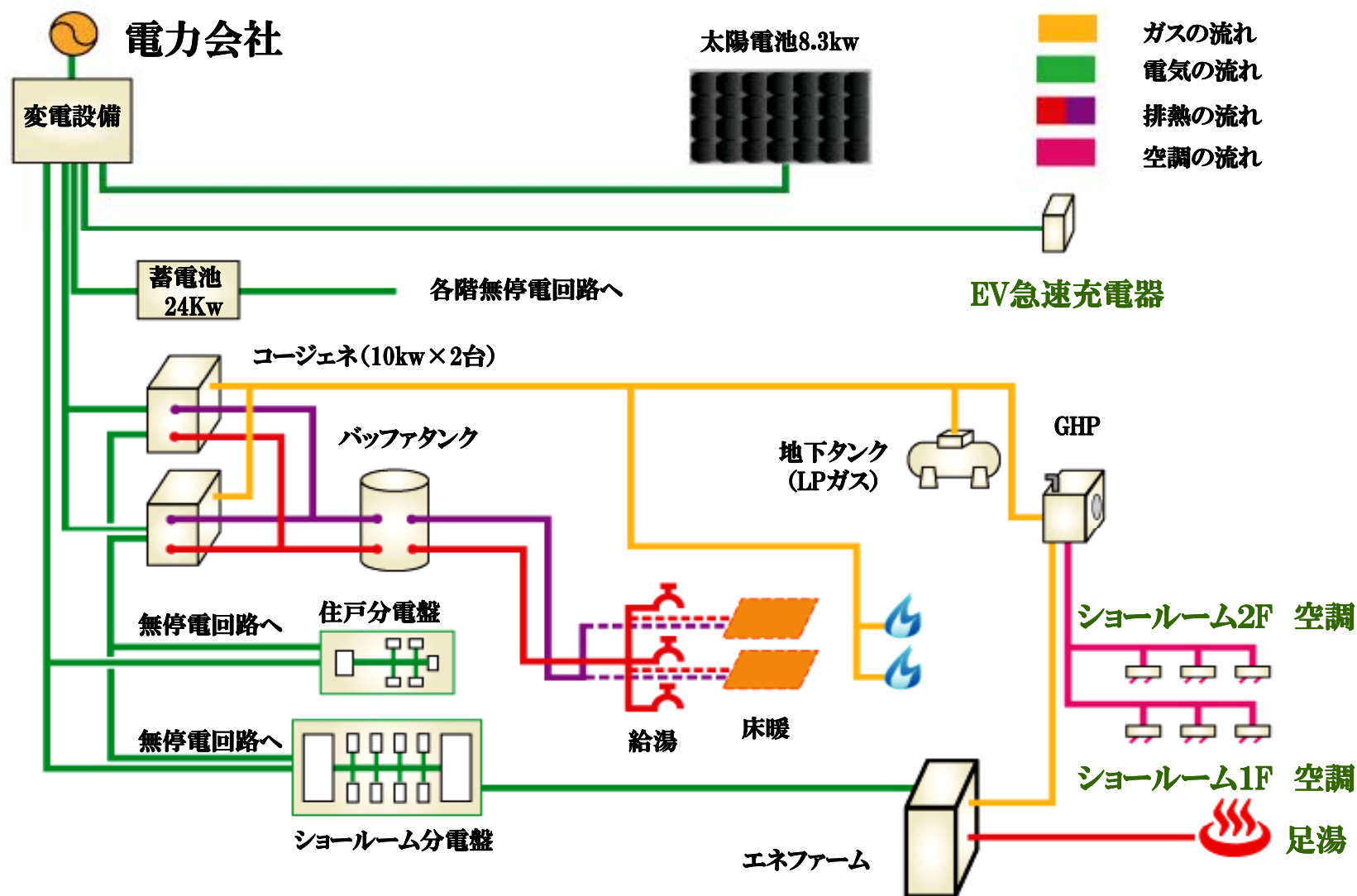
2F~6F:居住スペース

◆建設主体:レモンガス株式会社、ALFY橋本

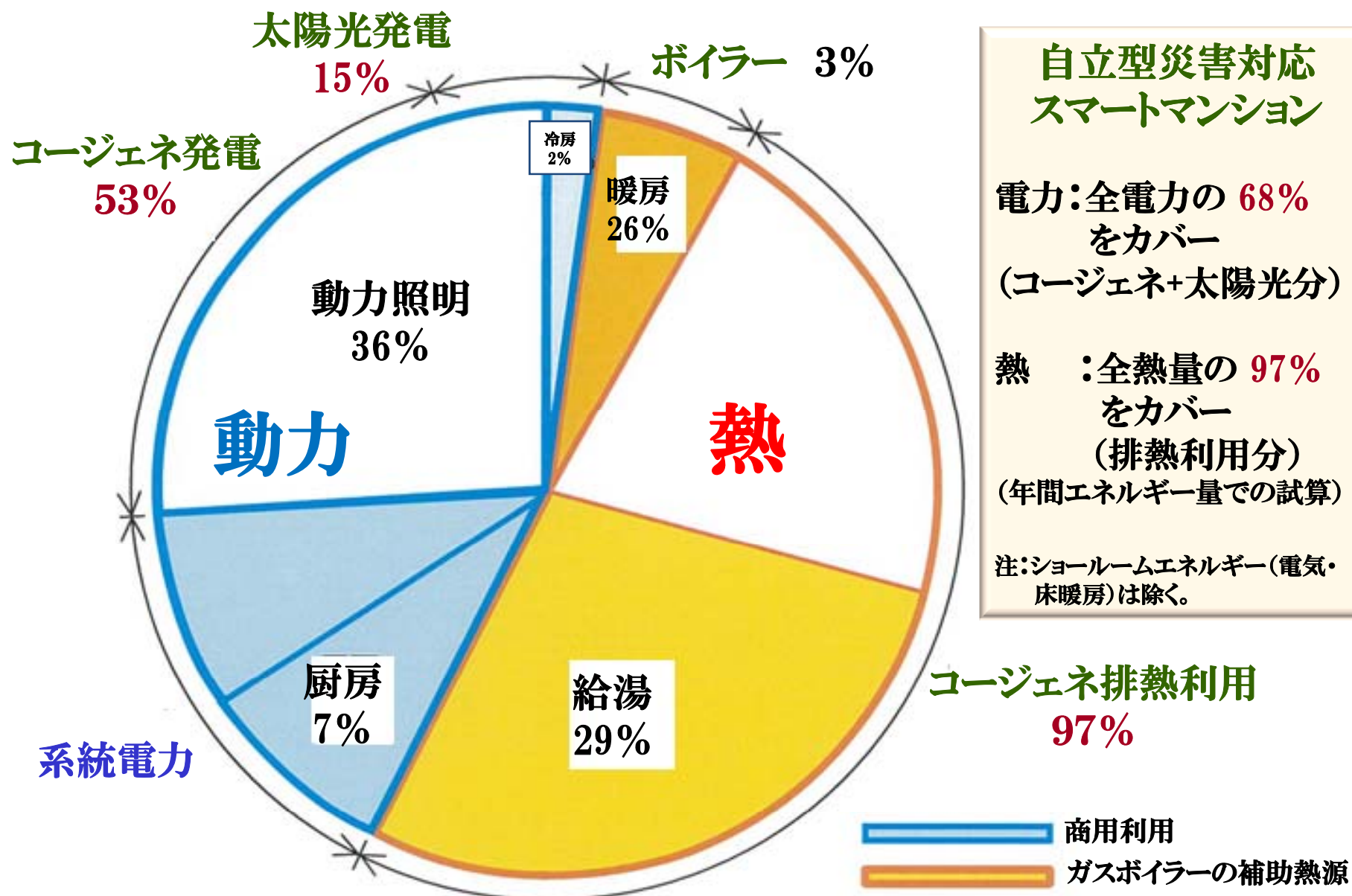
◆完成:2012年5月28日



自立型災害対応スマートマンションの 機器構成とエネルギーフロー



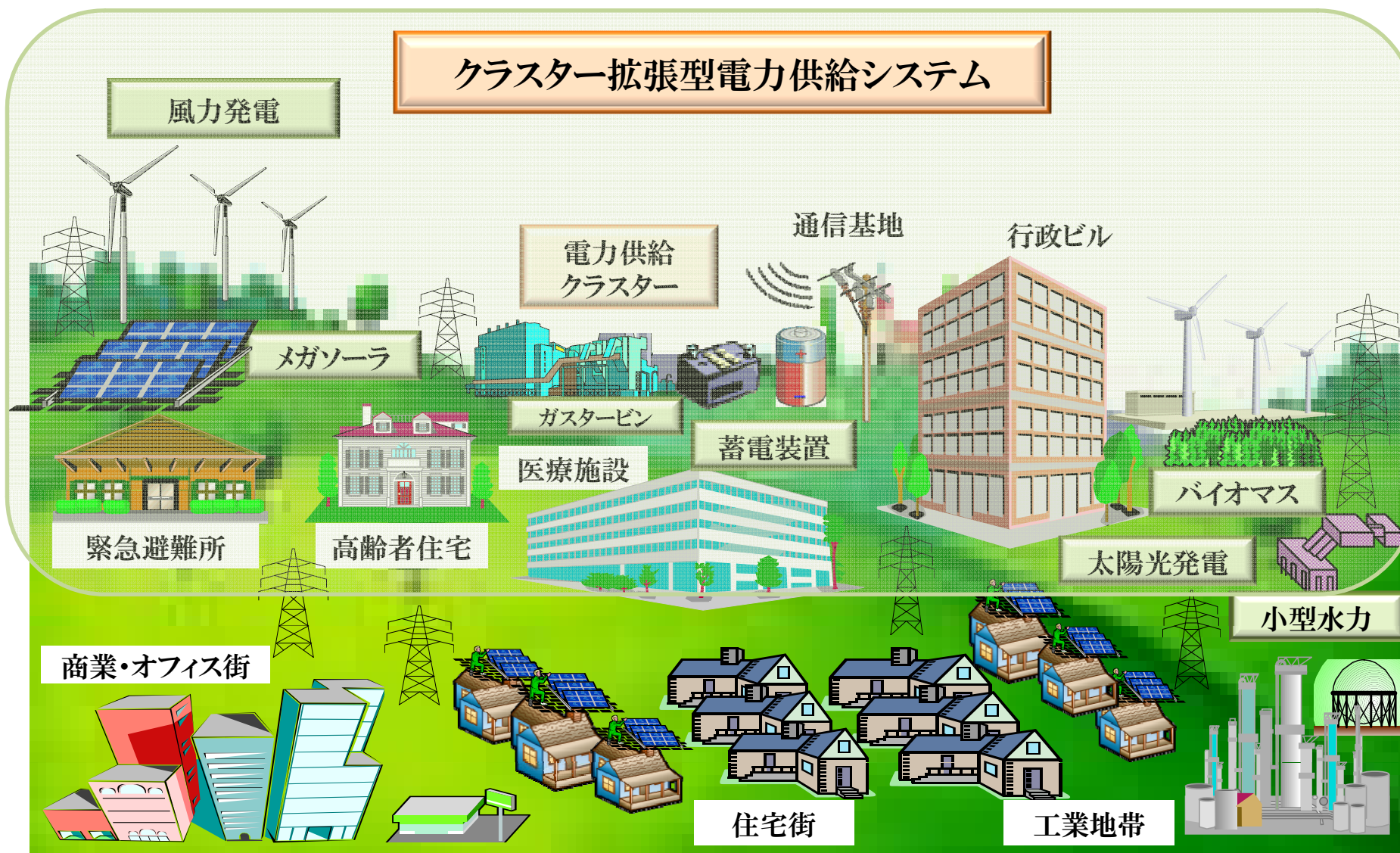
自立型災害対応スマートマンションの効用



災害に強いクラスター拡張型電力インフラ

次世代の新エネルギー・社会システム

クラスター拡張型電力供給システム



スマートコミュニティ導入促進等事業費補助金

事業の内容

事業の概要・目的

- 復興フェーズにある地域では、災害に強いまちづくりとして再生可能エネルギーの活用を中心としたスマートコミュニティを構築するためのマスタープランの策定支援
- 自治体と共に作られたマスタープランに基づく、スマートコミュニティ構築補助
 - スマートコミュニティの具体例
 - ・防災拠点に再生可能エネルギーと蓄電池、コジェネを整備
 - ・地域のビルや家庭の単位でも、再生可能エネルギー、蓄電池等を活用
 - ・コントロールセンターを設置し、地域の需給バランスを調整

条件(対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ

スマートコミュニティのイメージ



平成23年度第三次
補正予算額
80.6億円

次世代自動車・バスを
電力インフラとして活用

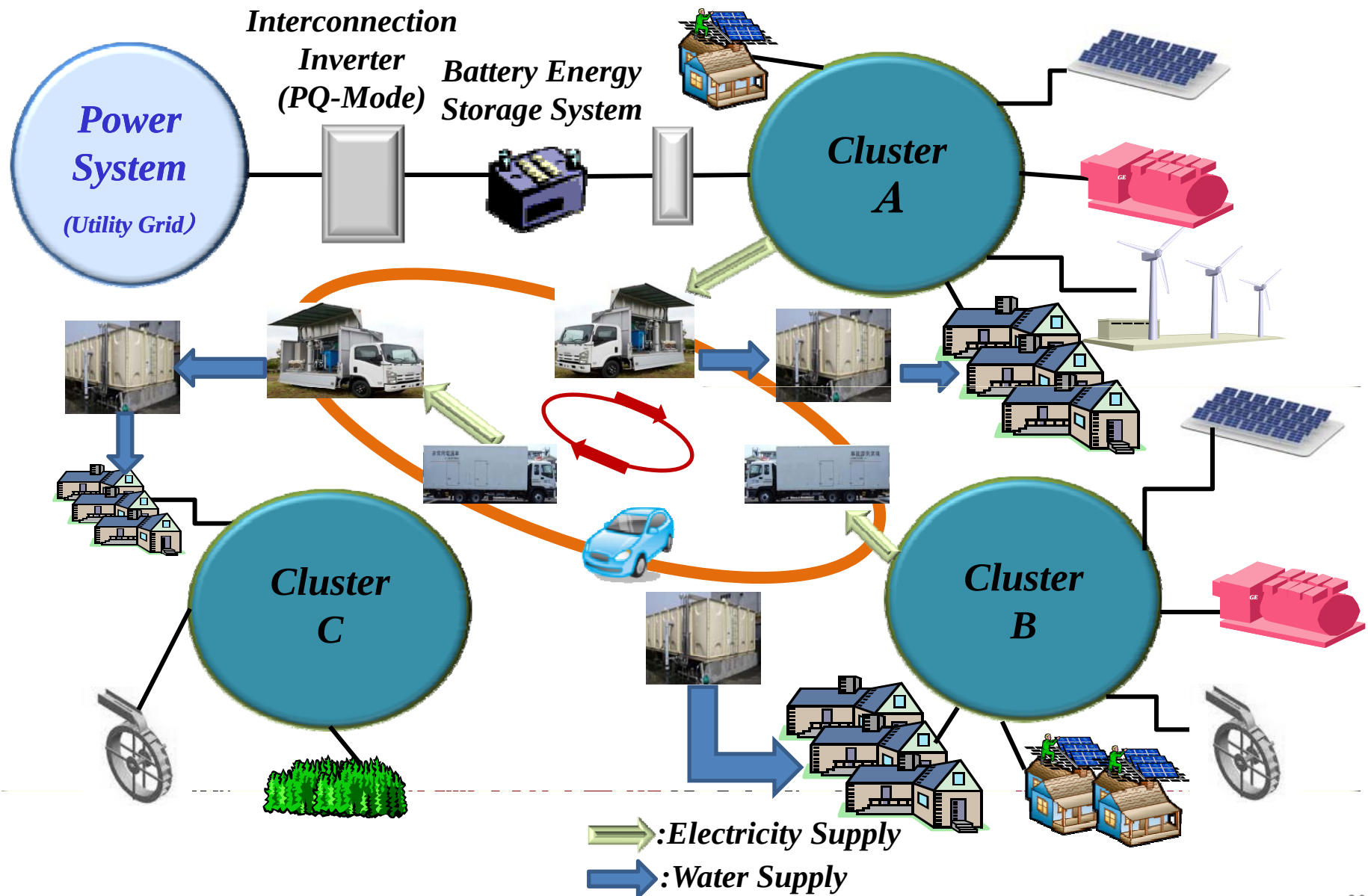


電力不足時:電気自動車→家庭
電力余剰時:家庭→電気自動車

コントロールセンター
エネルギー
マネジメントシステム

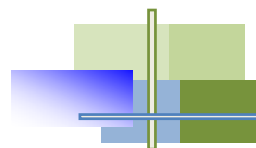
再生可能エネルギーの変動にあ
わせて
需給バラン
スを調整

パッケージ型エネルギーインフラの提供



国境を越えた 電力供給インフラストラクチャー

スーパーグリッドによる国際間電力融通

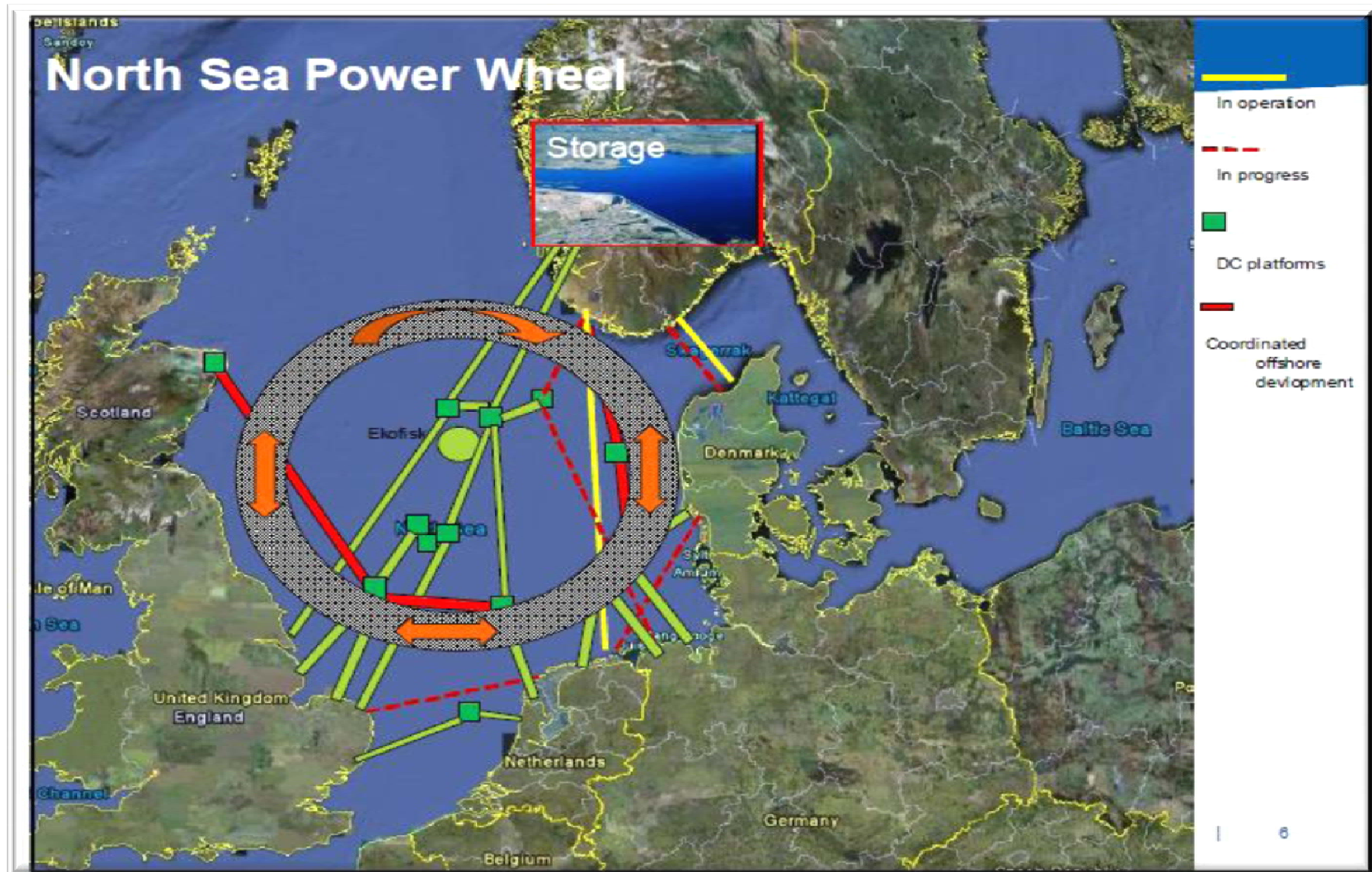


欧州におけるスーパーグリッド構想

- 電力スーパーグリッドは、一つの国でつくられた**グリーン電力**を、数千キロに及ぶ**海底ケーブル**を通じて、**他国へ送る電力ネットワーク**
- 沖合につくられる風力発電地帯も、いくつかの国々に接続可能
- 英国の電力需要が低く、風力が速い時に、英国沿岸沖でつくられた**余剰風力エネルギー**を**ノルウェー**に送り、水力発電所の水をポンプで揚げるのに活用。
- 水力でつくられた電力は、英国の電力需要が高くて、風が吹いていない時に、英国に送電するなどの**国際間電力融通**



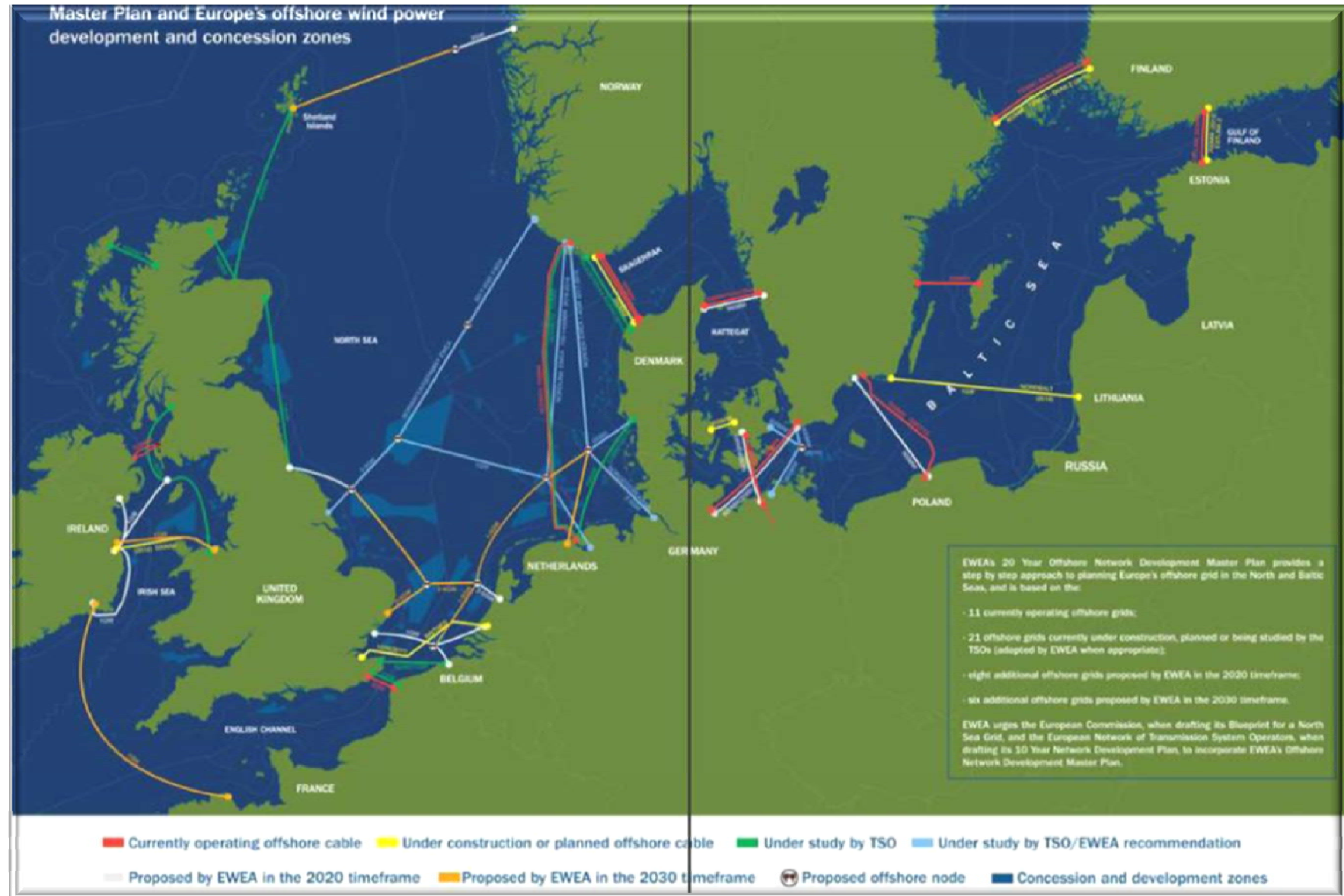
欧州における北海スーパーグリッド構想



欧州における北海スーパーグリッド構想

- スーパーグリッド構想とは、**北海に建設される洋上風力発電**を高圧直流送電(HVDC)で結び、**国家間の電力取引が可能**
- 各種の計画はすべてHVDCによるものであり、また**ノルウェーの水力発電**を背景
- 議論は、TEN-E(**欧州横断エネルギーネットワーク**:Trans European Network)のプロジェクトとして2007年から議論が始まっており、「EU's Strategic Energy Review2008」の中では、主要プロジェクトとして位置付け
- 2009年9月にスウェーデン政府がホスト国として、「European Policy Workshop on Offshore Wind Power Deployment」が開かれ、このワークショップで北海を**グリッドで連系することを宣言**
- 2009年12月のEU9カ国(ドイツ、フランス、ベルギー、オランダ、ルクセンブルグ、デンマーク、スウェーデン、イギリス、アイルランド、)エネルギー担当閣僚会議でフォローアップされており、「The North Seas Countries' offshore grid initiative」が発表され、2010年にノルウェーが参加し、**10カ国 が参加**
- The North Seas Countries' offshore grid initiativeに、2010年の後半までにグリッド計画を明確化することが記載
- **EWEA**など団体や非政府機関により**様々な計画**が提案

EWEAによるスーパーグリッド構想



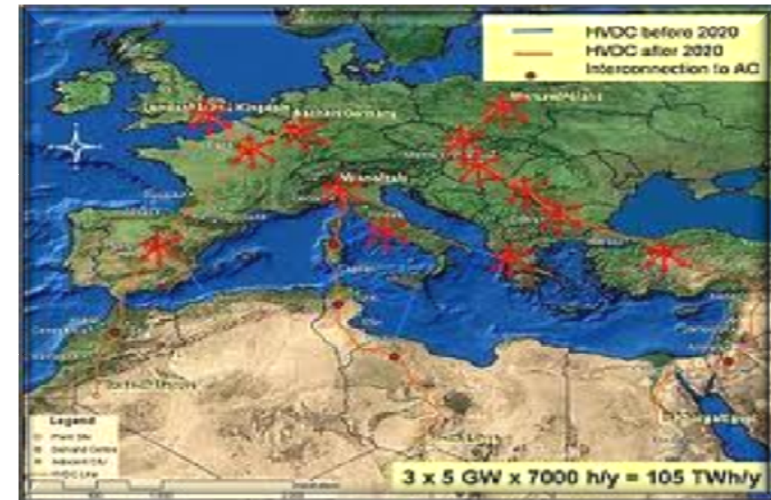
ローマクラブによるDESERTEC構想

- **DESERTEC構想**は、ローマクラブによって提唱されたもので、**北アフリカ地域**で太陽熱発電や太陽光発電によって発電された電力をHVDCによって欧州へ輸送することが目的
- 計画のスパンとしては、北海スーパーグリッド構想よりもずっと長いスパンで考えられており、**2050年を見据えて**の計画
- 2009年にDesertec構想の実現のため、太陽熱発電事業者やHVDC業者など12事業者が参画して、**Desertec industrial initiative(DII)**が設立され、ドイツが先頭になって進めている、
- DIIは2050年までに、砂漠と地中海に広がる電力ラインを通して**ヨーロッパの電力の15%を供給**することを目標
- この計画は昨年(2008年)の11月に着手されたもので、参加企業には世界最大の保険会社、**ミュンヘン保険**をはじめ、**シーメンス、エーオン、アセア・ブラウン・ボベリ、ドイツ銀行**などドイツ最大のエンジニアリング会社や総合電機大手が参画
- DIIは、**4000億ユーロ**を投じて南欧、北アフリカの**集熱型太陽エネルギー CPS**(鏡を使って太陽光線を液体の入ったボイラーに貯め、蒸気を発生させて発電タービンを駆動させるという仕組み)を使用
- この技術そのものは何も目新しいものではなく、アメリカではもう何十年もCSP工場が稼働しているし、スペインも多くを建設してきた。しかしDIIプロジェクトは、その史上最大規模

ローマクラブによるDESERTEC構想



DESERTEC構想の進捗状況



**スペイン-モロッコ間で
設置済み
(400MW×2本)**

その他、GW規模のHVDCの実用化研究段階

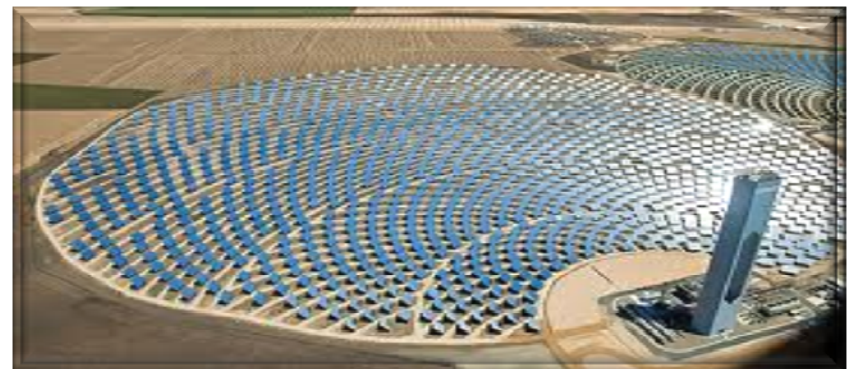
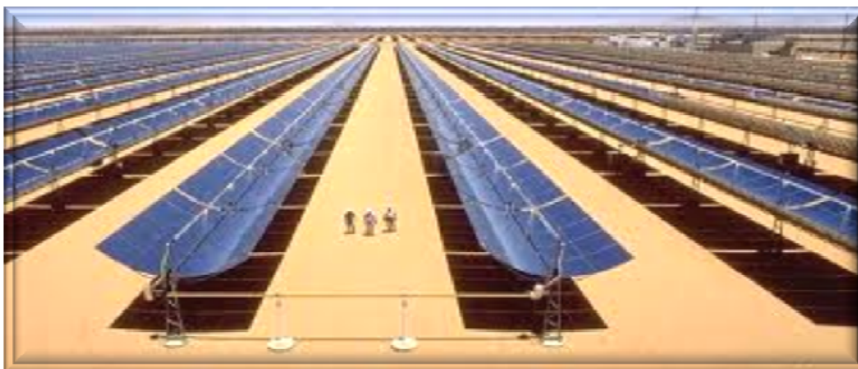
- スペイン-モロッコ
- アルジェリア-スペイン
- チュニジア-イタリア

スーパーグリッド実現の要件

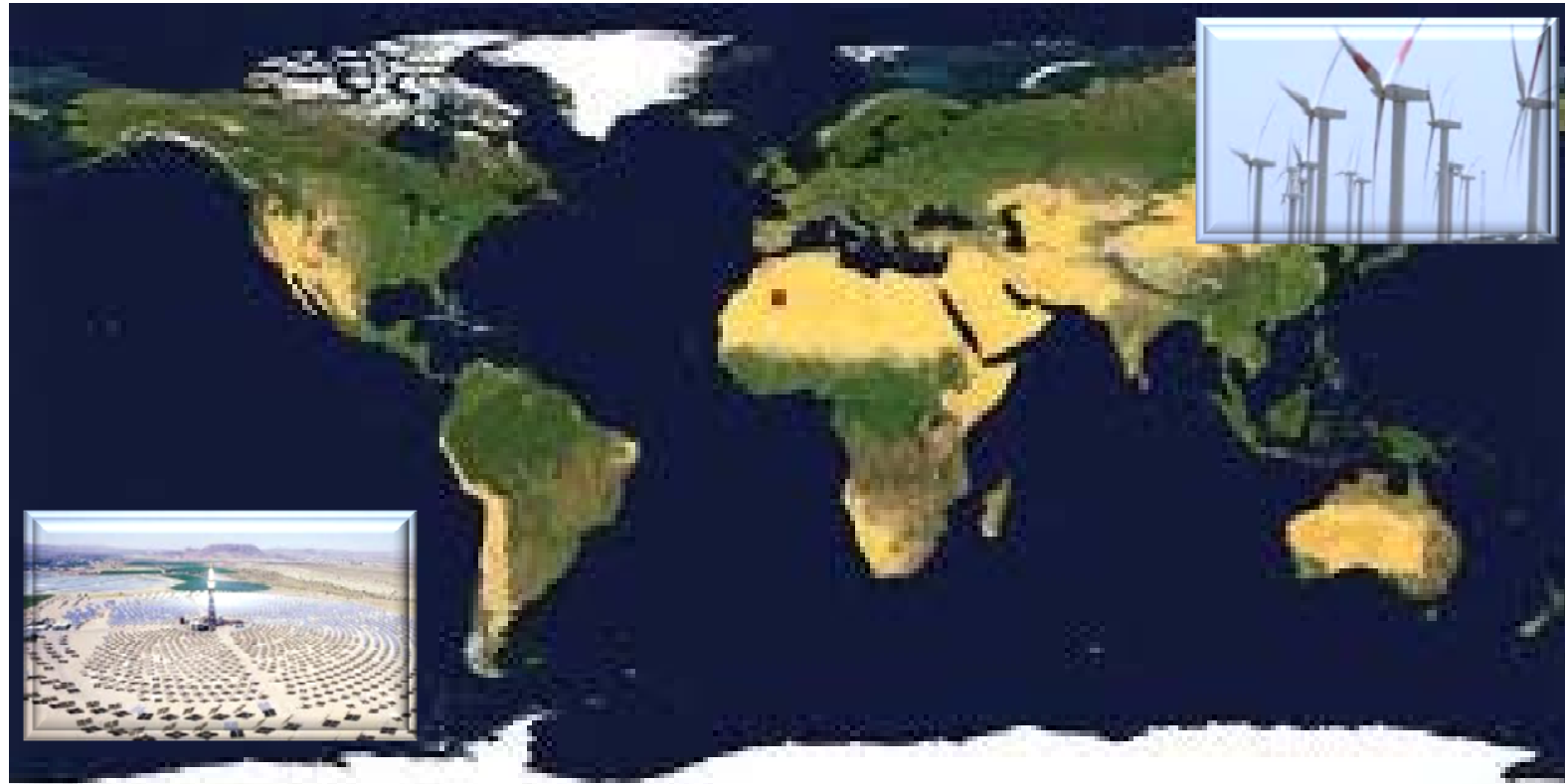
- ヨーロッパ、中東そして北アフリカを相互に結ぶ電力システムの**主要原則**（最も効率的で資源豊富な再生可能エネルギーをスマートミックス）は以下である。
 - 北アフリカと中東の砂漠における**太陽熱発電**
 - 北西アフリカ、北ヨーロッパ、西欧沿岸地域の**風力発電**
 - 日照の多い地域における**太陽光発電**
 - アルプス山脈、ピレネー山脈、アトラス山脈の山岳地域における**水力発電**
 - 地理的条件に合致する場所での**バイオマスおよび地熱発電**
- 低ロス・長距離送電が可能なHVDC送電線のスーパーグリッドでヨーロッパ、北アフリカ、中東間を相互接続



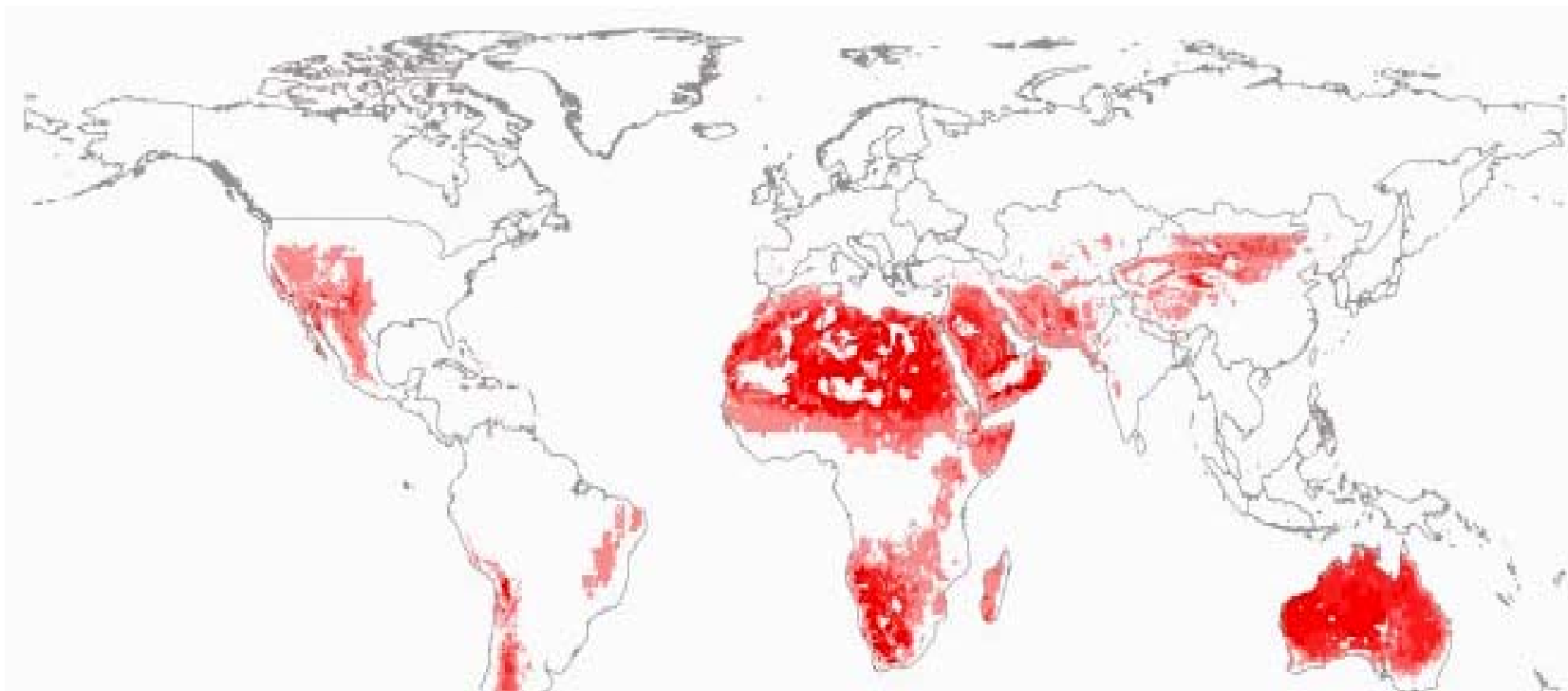
地中海地域における 再生可能エネルギー分布



砂漠と草原の再生可能エネルギー活用



太陽熱発電の可能性と既存技術



トラフ型



フルネル型

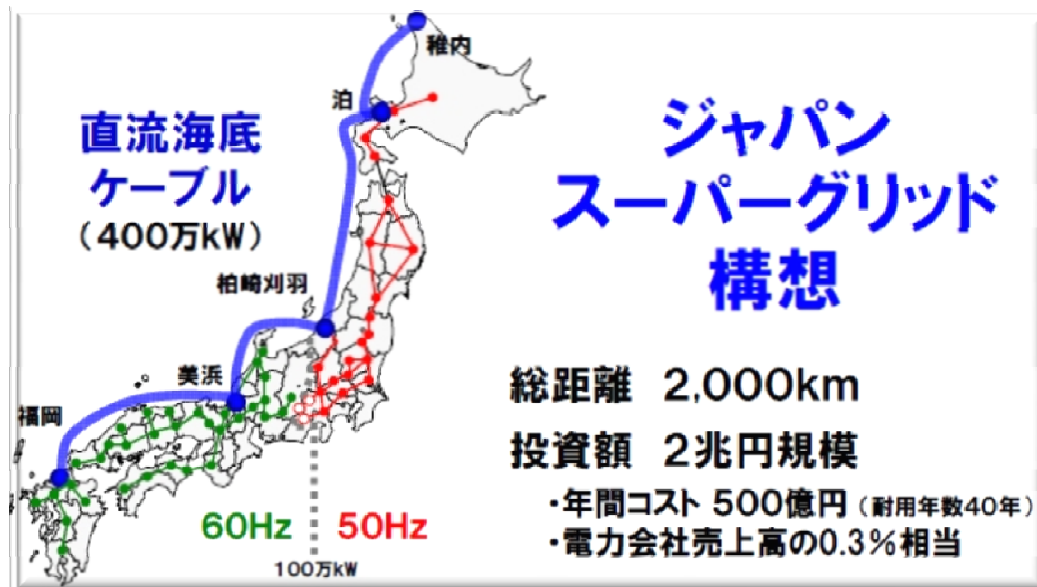


パラボラ型



タワー型

日本関連のスーパーグリッド構想



-自然エネルギー財団を率いる孫正義氏と、師匠筋にあたる環境エネルギー政策研究所所長・現総合資源エネルギー調査会委員の飯田哲也氏が提唱している日本国内での「**スーパーグリッド構想**」

-将来的には、日本を含めアジア各国を**大容量の高圧送電線**で連結し、互いに電力を融通
(出典:自然エネルギー財団資料)

-北海道の一番北の稚内から九州の福岡まで**広域縦断連系**

-このような直流の基幹線を整備することによって、東西で異なる**周波数問題**がなくなり、たとえば稚内で発電した太陽光や風力による電力を首都圏やその他の各地に送ることも可能

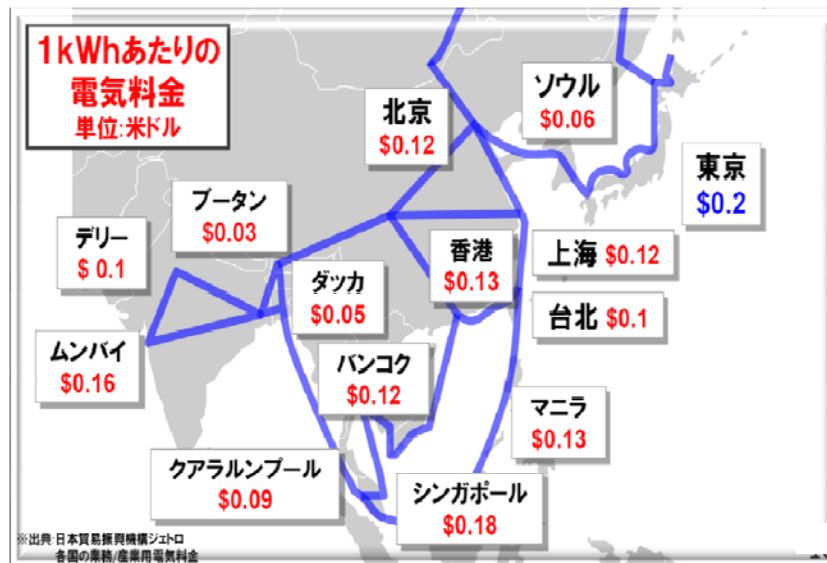
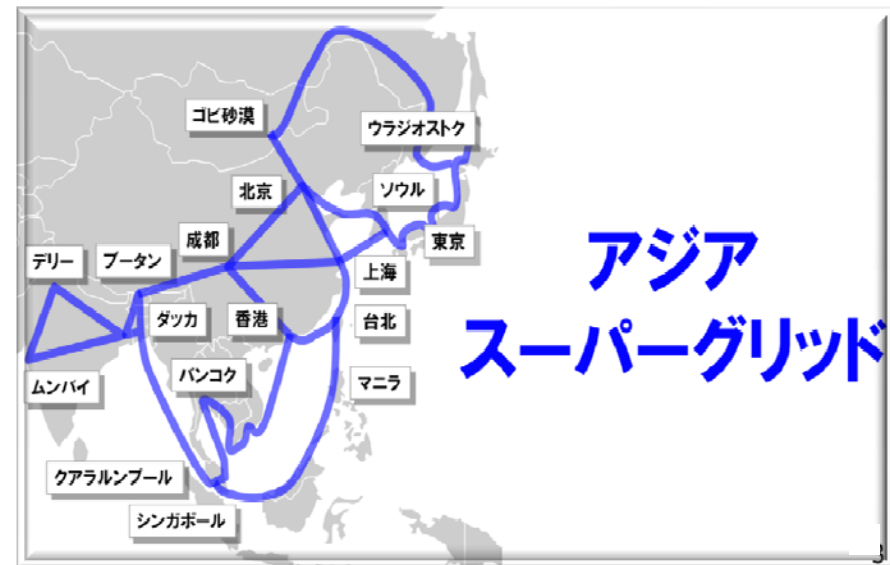
東アジアスーパーグリッド構想

- 日本は、東北大震災とそれに伴う津波による打撃で、大きく低下した**電力供給の安定回復**というもう一つのかべも長期戦で乗り越える必要があり、2012年が開始時期
- 経済人や学者らで構成する**日本創成会議**(座長:増田寛也・東大大学院客員教授、元総務相)は、孤立している日本の電力網(グリッド)を外国と相互接続し、国境を越えて電力を融通しあう仕組みを提唱
- 手始めに、**韓国との間で双方のグリッドをつなぐ海底ケーブル**を敷設する計画を提案
- 敷設場所は、基幹ケーブルの日本側の末端である福岡からは、東日本に向けて伸びる日本列島に別の海底ケーブルを設置
- 基幹ケーブルは、日本の電力会社が東西各地で運用するグリッドに、交流・直流変換設備を介して接続

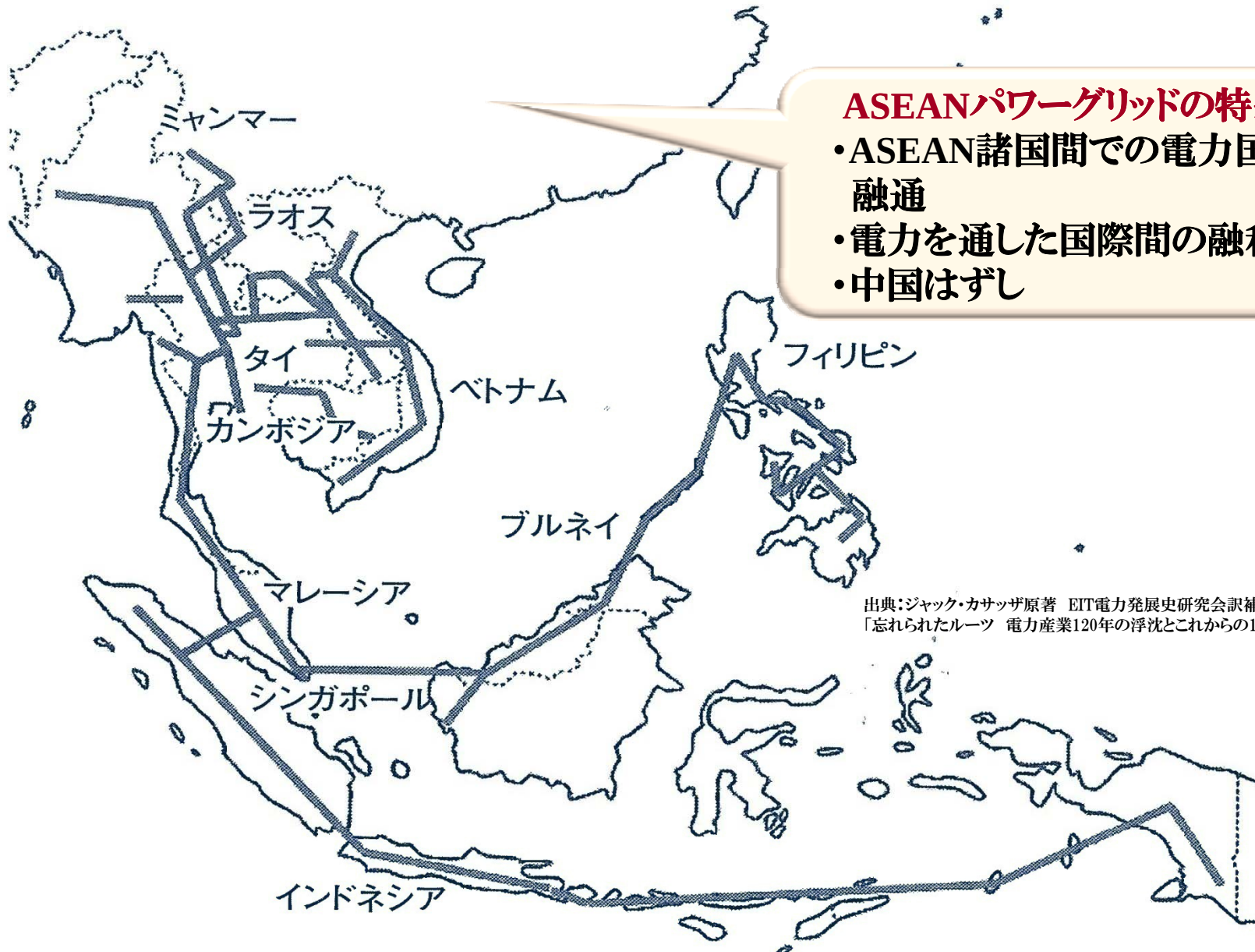


アジアスーパーグリッドの効用

- ・アジア諸国において、低ロス・長距離送電が可能なHVDC送電線のスーパーグリッドで発電地域と消費中心地を相互接続
- ・対象国：モンゴル、中国、日本、韓国、北朝鮮、ベトナム、タイ、ラオス、カンボジア、ミャンマー



ASEANパワーグリッド(APG)構想



ASEANパワーグリッドの特長

- ASEAN諸国間での電力国際融通
- 電力を通じた国際間の融和
- 中国はずし

出典: ジャック・カサツザ原著 EIT電力発展史研究会訳補・編
「忘れられたルーツ 電力産業120年の浮沈とこれからの100年」

スマートグリッドの技術実証と国際展開

- 海外のスマートエネルギープロジェクトの動きは国内以上に急速に進展。一方、供給信頼性の高い日本の電力技術に対する期待も高く、電力供給システムをはじめとした日本のエネルギー関連技術に対するマーケットポテンシャルは高い。
- 国内プロジェクトを通じて世界に通用する技術を抽出、日本のクオリティの高い電力供給システムを海外に展開するため、先進国やエネルギー供給の潜在ニーズの高い地域から順次実証。実証結果を「実績」に、海外案件獲得につなげる。
- これにより、**世界のCO2削減に貢献しつつ、日本の新産業創出が可能に。**

日本－北アフリカ

日射量の豊富な北アフリカ地域において、太陽光・太陽熱発電の大規模実証



日本－インド

2009年12月鳩山首相の訪印時に合意されたデリームンバイ構想におけるスマートコミュニティの具体化。
2010年以降、関係企業のコンソーシアム形成、デリームンバイ公社とNEDOでプロジェクト推進。
2010年4月には、日本企業コンソーシアムと、デリームンバイ開発公社等との間で、FS調査実施に関する協力MOUを直嶋大臣・シャルマ商工大臣立ち会いのもと締結



日本－米(ニューメキシコ州)

米国国立研究所とNEDOによるハイレベル技術実証を州内5箇所で開催中
(日本は2箇所のサイトに参加)。東芝、京セラなど関連企業約31社が実証事業に参加
(事業総額は約70億)



日本(沖縄)－米(ハワイ州)

2009年11月の日米首脳会談における日米クリーン・エネルギー技術協力において、タクスフォース設置を合意。離島におけるモデルケースとして世界に発信。2010年11月APEC日米首脳会談で、**APEC模範プロジェクトとして世界に展開**

ご清聴ありがとうございました。

**講演内容に対するお問い合わせは、
下記にお願いします。**

**早稲田大学
理工学術院
環境・エネルギー研究科**

横山 隆一

E-mail: yokoyama-ryuichi@waseda.jp



熱有効利用による エコタウンの構築 (内外の事例)

街づくりにおける熱有効利用の役割

- 熱有効利用の取組み：①天然ガスコージェネレーション、②太陽熱や河川熱、下水熱、地中熱などの再生可能エネルギー熱、③工場排熱、清掃工場排熱、発電所排熱などの未利用エネルギー熱、④水や氷で熱を貯める蓄熱槽の活用等
- 熱利用の特長(電気との違い)：①遠くまで運ぶことが難しい、②まとまった熱需要を得られる場所も限られる、③比較的容易に貯められる
- 気候や用途(冷暖房・給湯・産業プロセス等)により冷水・温水・蒸気等、熱の需要のあり方は多様で個別性も強く、これらの特徴を踏まえた熱の有効利用のあり方を考えていくことが必要

	再生可能エネルギー熱	未利用エネルギー熱	蓄熱槽	天然ガスコージェネレーション
熱の種類と利用形態	再生可能エネルギー熱は低温熱なので、主に民生分野で利用 ○温度差エネルギー 河川熱、下水熱、地中熱など。主に空調用に利用される。 ○雪氷熱 積雪地で冬に貯めた雪を夏の冷房用などに活用 ○太陽熱 主に給湯用途に利用。床暖房などの温熱利用もある。	高温排熱の場合は、産業分野の製造プロセスで利用。清掃工場排熱等は温度が低いので民生分野で利用。 ○発電所排熱 発電所に隣接する工場等で排熱利用の事例がある。 ○清掃工場排熱 清掃工場に隣接して大規模な住宅団地がある場合は給湯・空調用に利用される。 ○その他 工場排熱を製造プロセスで利用する例などもある。	ビルの空調用、産業分野の冷凍用などでも利用。 ○民生用 ビルや公共施設等の空調負荷のピークシフト用に利用 ○産業用 食品工場の冷凍用やクリーンルームの空調用などに利用	コージェネ排熱はビルの空調・給湯用や産業分野の製造プロセス等で利用。
利用場所	主に民生分野	主に産業分野 (清掃工場の近くに大規模な住宅団地がある場合などは民生分野で使われる)	民生・産業分野	民生・産業分野

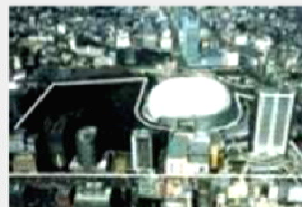
再生可能及び未利用エネルギーの有効活用

- 主に給湯用に使用されている太陽熱のほか、冷暖房用に利用される河川熱、下水熱、地中熱、また、積雪地では雪氷熱が利用可能
- 再生可能エネルギー熱は賦存量は多いが、関係者間の調整や許認可手続き等が必要となる場合があるほか、近くに需要地があることが条件となるなどの課題
例えば河川水を利用する場合は、河川法上の水利使用許可、未処理下水の利用のためには、下水管理者の同意を得たうえで、都市再生特措法上の手続きを行う必要
- 河川沿いや下水処理場周辺で大規模都市開発等の需要がある場合は、可能性あり、また、地中熱は場所に限定されずに活用が可能であるが、賦存量では劣勢

<利用事例>

【下水熱】

- ―後楽一丁目地区
- ―幕張新都心ハイテクビジネス地区
- など



【河川熱】

- ―箱崎地区
- ―中之島二・三丁目地区
- ―天満橋一丁目地区
- ―富山駅北地区
- など



【地中熱】

- ―東京スカイツリー
- など



【海水熱】

- ―中部国際空港
- ―大阪南港コスモスクエア
- ―サンポート高松
- ―シーサイドももち



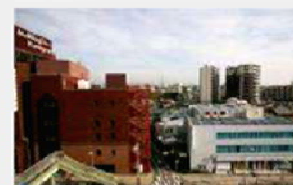
【雪氷熱】

- ―新千歳空港
- など



【太陽熱】

- ―東京ガス熊谷支社
- など

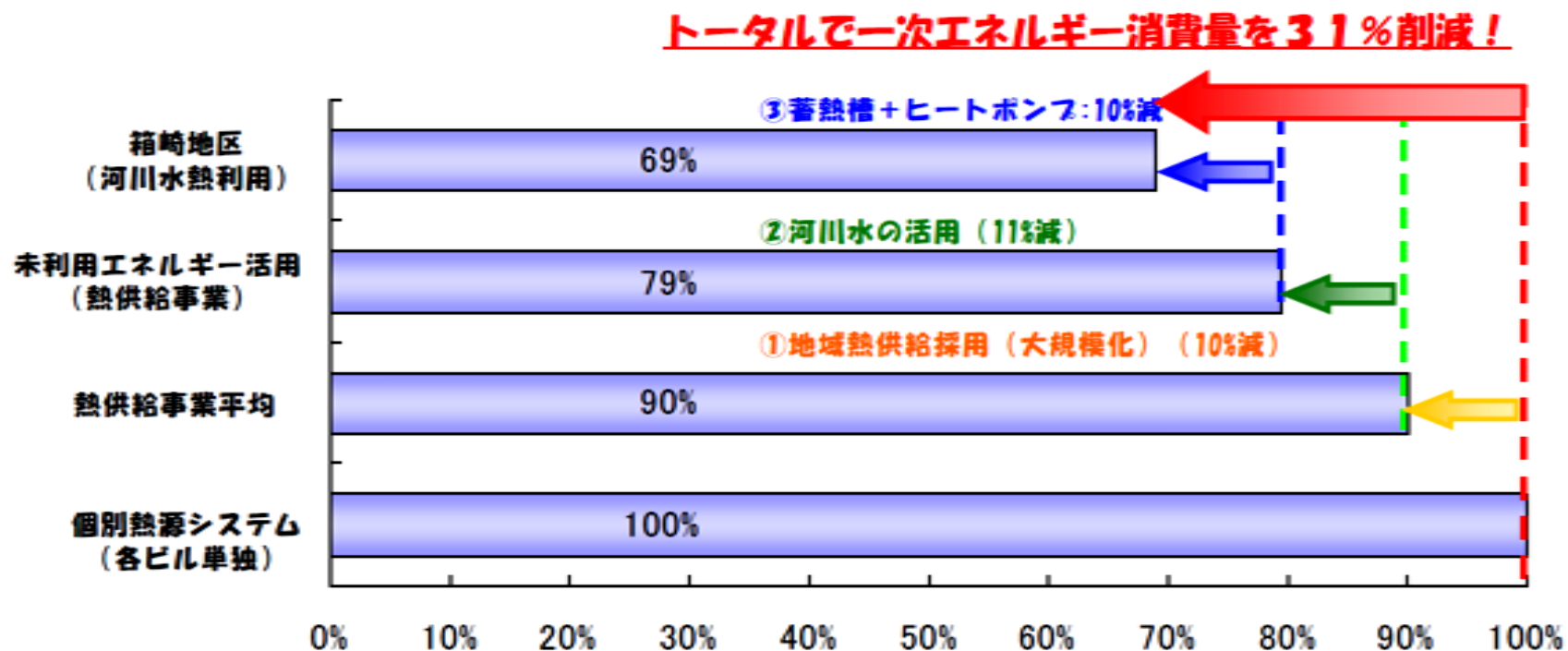


河川水熱利用の有効利用例（箱崎地区）

●箱崎地区では、個別熱源システムと比較して約3割の省エネルギーを実現

【参考】河川水熱利用の事例 箱崎地区

- | | |
|-----------------------------------|-----|
| ①地域熱供給（大規模化、複数ビルの熱製造を集中化等）の採用により | 10% |
| ②河川水（夏冷たく、冬暖かい未利用エネルギー）の活用により | 11% |
| ③蓄熱槽とヒートポンプの組合せ（自動車の定速運転のイメージ）により | 10% |



出典：経済産業省エネルギー庁『未利用エネルギー面的活用熱供給の実態と次世代に向けた方向性』（平成20年3月）

未利用エネルギー有効活用の可能性

- 未利用エネルギー熱として、発電所排熱や工場排熱(蒸気・温水など)や、市街地では清掃工場の排熱が存在
- 熱源の近くに熱を多く消費する工場や大規模な住宅団地などのまとまった熱需要があり、熱導管の敷設コストなどコスト面での課題をクリアできる場合は、排熱を有効活用できる可能性

＜利用事例＞

【発電所排熱利用】

ー川崎スチームネット

川崎火力発電所から出る蒸気を京浜コンビナート内に立地する周辺の工場10社(化学工場等)に供給。



【清掃工場排熱】

ー光が丘団地(練馬区)

12000戸の大規模住宅団地の建設と合わせて練馬清掃工場から暖房・給湯用に熱を供給。



【下水污泥償却排熱利用】

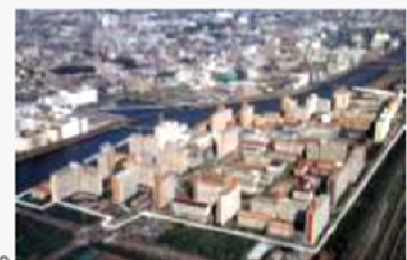
ー六甲アイランド集合住宅地区

六甲アイランドエネルギーサービスが下水スラッジセンタの污泥焼却排熱を近隣の集合住宅に供給。供給条件はスラッジセンタの稼働次第で変動する成り行きでの供給。



ー品川八潮団地地区(品川区)

5268戸の大規模住宅団地に品川清掃工場の焼却排熱を利用して暖房・給湯用に熱を供給。



地中熱及び下水熱利用ヒートポンプによる 地域熱供給（天津エコシティ）

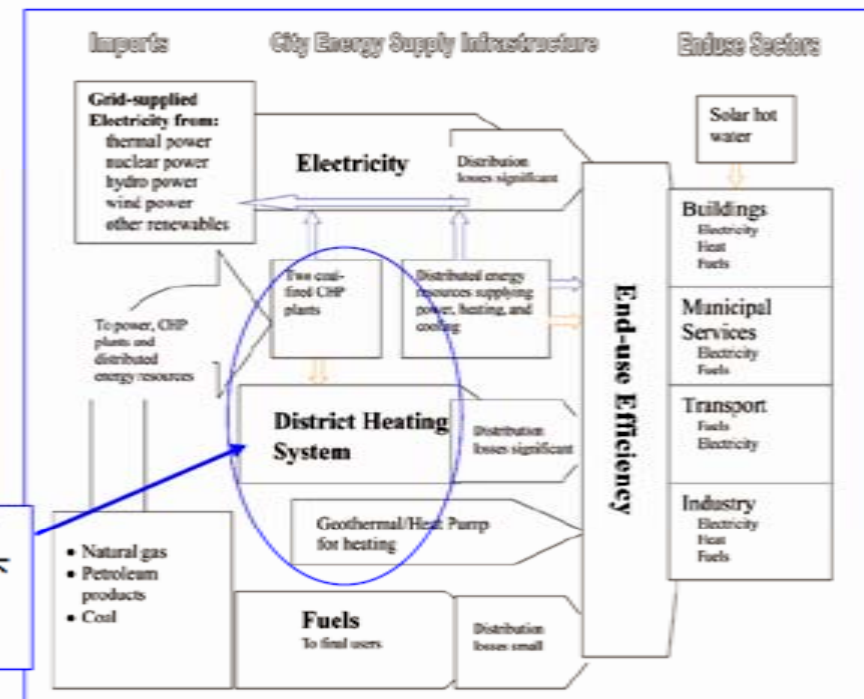
- 天津市内から45kmの距離にある天津市滨海新区で建設が進められている天津エコシティでは、自然エネルギー利用率20%以上など22項目の目標を掲げて環境都市づくり(中国・シンガポール政府が協力に合意し開発推進)
- 開発地域の約75%を地域熱供給によりまかなうこととしており、石炭燃料コージェネレーションをベースに地中熱ヒートポンプや下水熱利用ヒートポンプを組み合わせたシステムとする計画案が立てられている。冷房についてはコージェネレーションからの排熱を吸収式冷凍機の熱源として用いる計画

天津エコシティ イメージ図



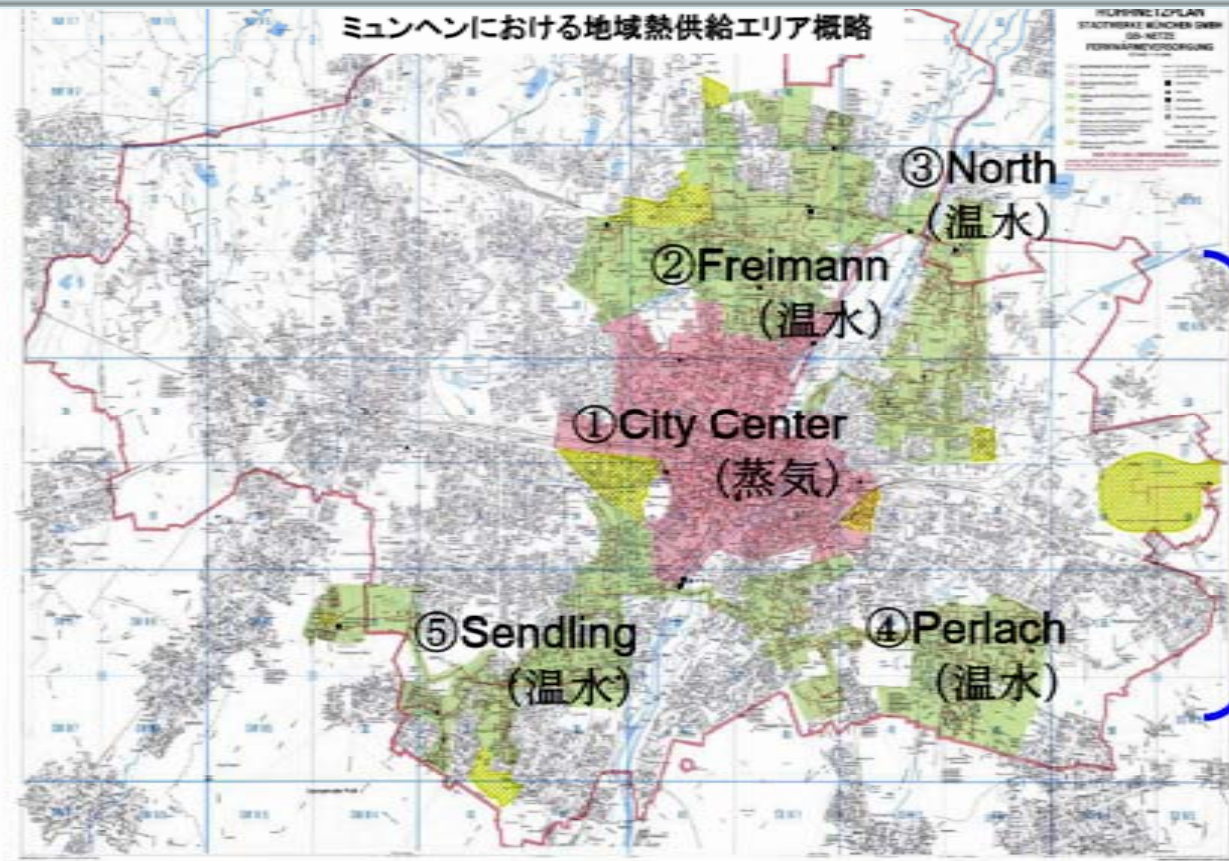
石炭燃料コージェネレーションをベースに地中熱ヒートポンプや下水熱利用ヒートポンプを組み合わせたシステムとする計画

天津エコシティ エネルギー供給システム案



ゴミ焼却プラントの廃熱利用による 温水供給ネットワーク (ミュンヘン市)

- ミュンヘンにおける地域熱供給は5つのエリアに分かれ、それぞれのエリアを接続する配管が敷設されお互いをバックアップする体制(北部を除く)。市の中心部において1930年代から蒸気による熱供給が行われていたが、その後1970年代に周辺の4地区において同時進行的に地域熱供給システムが構築されたことが現在のシステムとなった背景
- ネットワークの効率向上のため、中心地区の蒸気ネットワークを温水供給ネットワークに変更することを計画
- 発電所排熱(CHP排熱)、ごみ焼却プラントの排熱等を利用し、約4,400の顧客に熱供給



発電所排熱(CHP排熱)、ごみ焼却プラントの排熱等を利用。

各々の地域熱供給システムは接続配管が敷設されお互いをバックアップ。

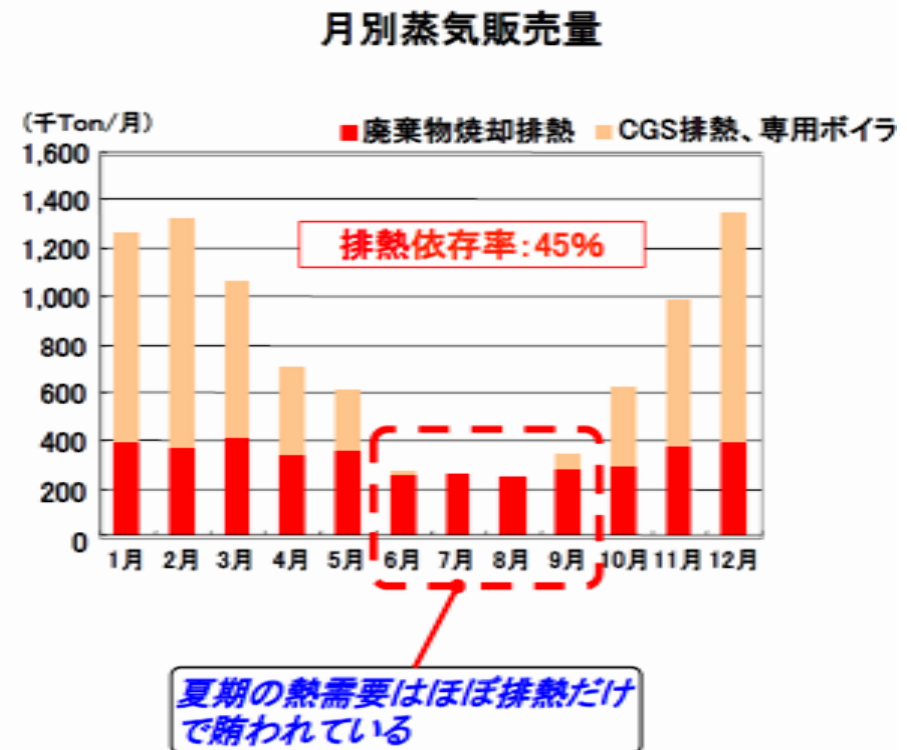
City Centerの蒸気配管ネットワークは、効率向上を目指して温水ネットワークへの転換が進行中。

ゴミ焼却熱やコジェネレーション廃熱利用の 蒸気幹線ネットワーク（パリ市）

- パリ市では、蒸気幹線ネットワークによる広域の温熱供給が行われ、約5,800のビルに供給、うち半数が住宅・1/4がオフィスで、ルーブル美術館・オルセー美術館・ノートルダム寺院・モンパルナスタワーなども供給、配管延長は427kmで、供給熱は暖房だけでなく住宅給湯にも使用
- 事業開始は1927年で、事業主体であるCPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain)はパリ市も約30%の出資
- ゴミ焼却熱やコジェネ排熱**を用いているほか、油ボイラー21基、天然ガスボイラー2基、石炭ボイラー2基を使用しており、それぞれの熱源からの蒸気の相互接続による熱融通を実施、コジェネプラントは2001年に新設



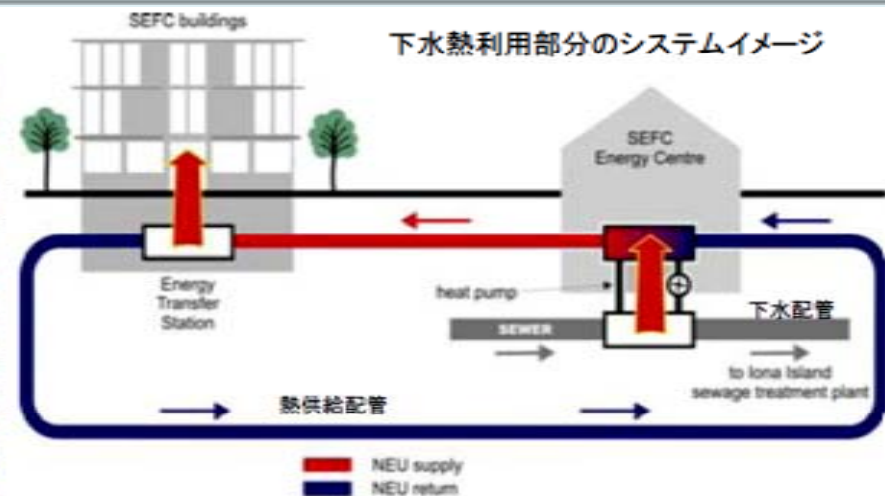
出所: 既成市街地でのエネルギーの面的利用方策検討調査委員会
(委員長: 尾島俊雄 早稲田大学教授、
事務局: (財)都市環境・エネルギー協会)



出所: 既成市街地でのエネルギーの面的利用方策検討調査委員会

下水熱と太陽熱利用による 熱供給ネットワーク (バンクーバー市)

- エネルギープラントと下水配管そして太陽熱システムから構成されるネットワークで、各建物ではヒートポンプを活用し、これらの熱をくみ上げて利用
- このNEU (Neighbourhood Energy Utility) は3つの構成要素から構成: ①下水熱を主に熱源水を供給するエネルギーセンター、②個々の施設への熱供給パイプライン、③個々の需要エリアで熱をくみ上げるエネルギー変換所



下水熱回収による低温熱供給システム (ウィスラー選手村、カナダ)

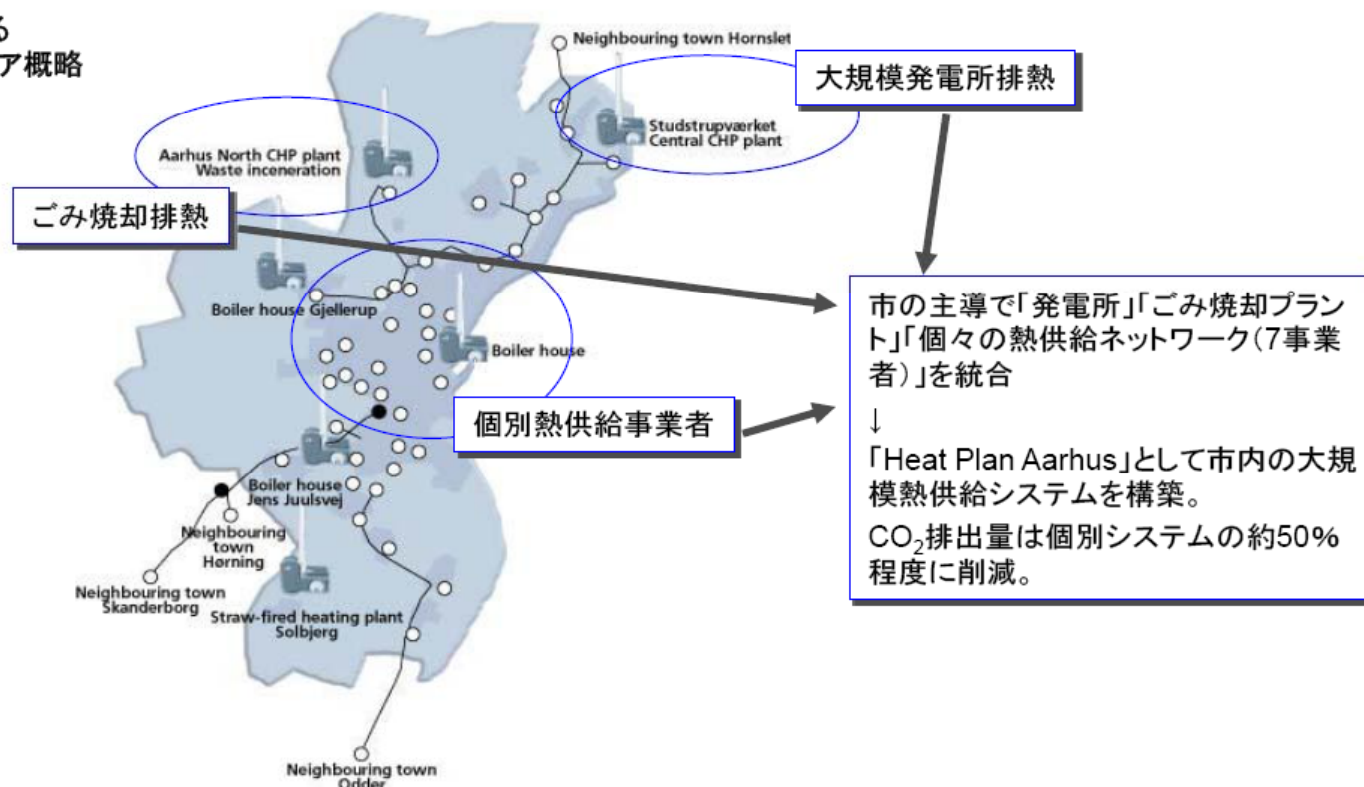
- 下水熱を熱回収して10°Cから15°Cの熱源水を供給し、ヒートポンプを熱源、ヒートポンプからのリターンは6°Cから10°C、第一期は300ユニット、第二期は600ユニットのヒートポンプが低温熱供給配管に接続
- 常に高温熱供給は良いとは言えず、比較的低温域の熱源とすることで効率向上を達成
- 2.5MW分の下水熱利用システムと2kWに渡る熱導管から構成



ゴミ焼却熱とCHP廃熱利用による地域熱供給ネットワーク（デンマーク）

- デンマークでは主要都市において地域熱供給網が発達しており、国内第二の都市であるAarhusでも熱供給
- 発電所排熱（CHP排熱）、ごみ焼却排熱、蓄熱槽、ボイラーからの熱を組み合わせ、それぞれの熱源からの蒸気の相互接続による熱融通を実施している。供給熱量の98%は発電所排熱（CHP排熱）とごみ焼却排熱でまかなわれており、市が事業主体として排熱を供給すると共に、個別の地域熱供給事業者がこれを受け入れて自社ネットワークの需要家への供給
- 1980年代に、市保有の地域熱供給事業者がStudstrupværketにあった大規模発電所（市と民間事業者保有）と個別事業者7社の地域熱供給システムを統合して現在の供給システムを構築、供給システム内に45の熱交換器を設置し、さらに個別の供給システムに熱を供給する形態、熱交換器までの熱損失が1.5%、個々の供給システム内での熱損失が20%となっているが、排熱の活用によってCO₂排出量は個別システムの約50%程度に削減されたと試算（2007年CO₂排出量：324,000 トン）

Aarhusにおける
地域熱供給エリア概略



再生可能及び未利用エネルギーの有効活用

- 河川の水温や下水の水温は、外気温と比べて、夏冷たく、冬温かいため、外気を使って空調する場合よりも省エネルギーが可能
- 河川水、下水などの再生可能エネルギー熱の活用には、蓄熱槽とヒートポンプの組合せが有効

