

低炭素社会に向けた Power to Gas・メタネーションの役割

「未来を拓く無機膜 環境・エネルギー技術シンポジウム」
公益財団法人 地球環境産業技術研究機構(RITE)

2019年11月7日

柴田 善朗

新エネルギーグループ

日本エネルギー経済研究所

Power to Gas (PtG)

- 欧州を中心に取組みが加速

PtG実証事例

ドイツ



福島



出所: NEDO

フランス(離島)



山梨



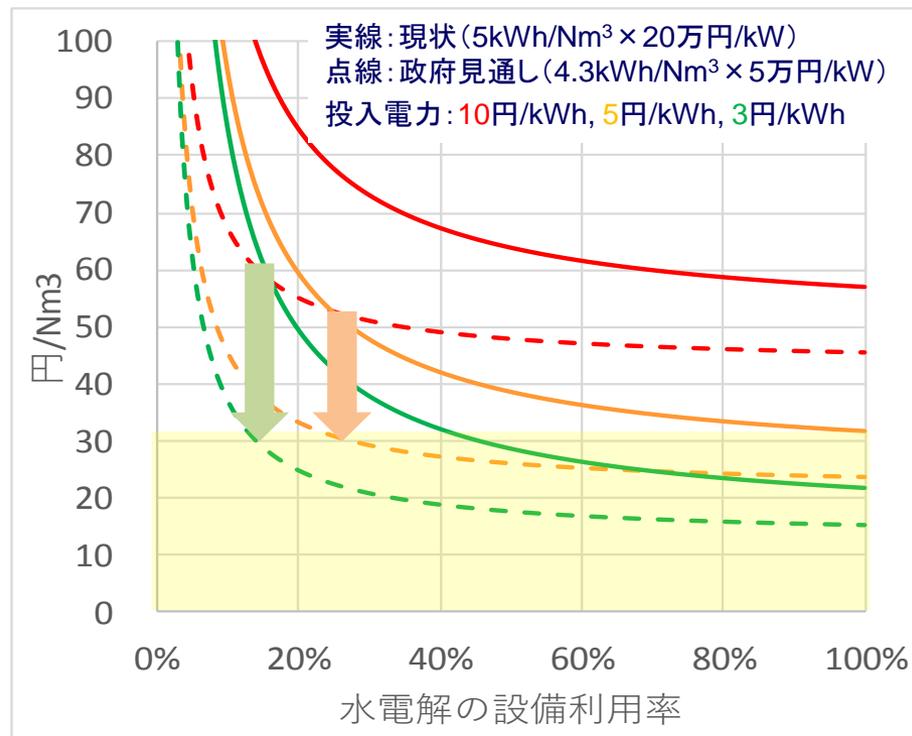
出所: <http://whtc2019.jp/tours.html>

出所: <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/windgas-falkenhagen/>

出所: The MYRTE project: implementing hydrogen energy storage through the 'GreEnergy Box'

再エネ水素製造コスト

- 水電解の性能と設備費に関する2030年の政府目標(「水素・燃料電池戦略ロードマップ」)が実現されれば、投入電力単価にもよるが30円/Nm³(輸入水素のCIF目標価格)達成の可能性。



水素の需要家は？

- 需要創出・新規インフラ構築が課題

工業用：既存需要

・欧州PtG水素の初期ターゲット

➤ 大規模需要家

150億 Nm³/年

石油精製, 石油化学、アンモニア等

➤ 小規模需要家

3億 Nm³/年



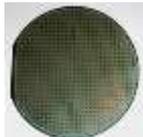
ステンレス鋼



ガラス



食品



半導体

エネルギー用：新規需要

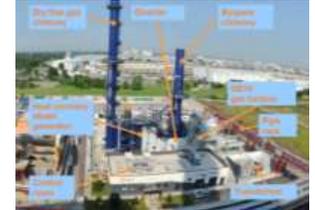
FCV, 水素ステーション



80万台 @2030=8億 Nm³



H₂/NH₃火力発電



1GW=20~30億 Nm³

産業部門



- ・ボイラ、バーナー
- ・将来的な水素還元製鉄



新たな供給インフラ
や機器が必要

都市ガス



- ・水素ブレンドの場合は熱量調整等が必要
- ・合成メタンの場合は障壁小さい

民生部門



水素タウン？

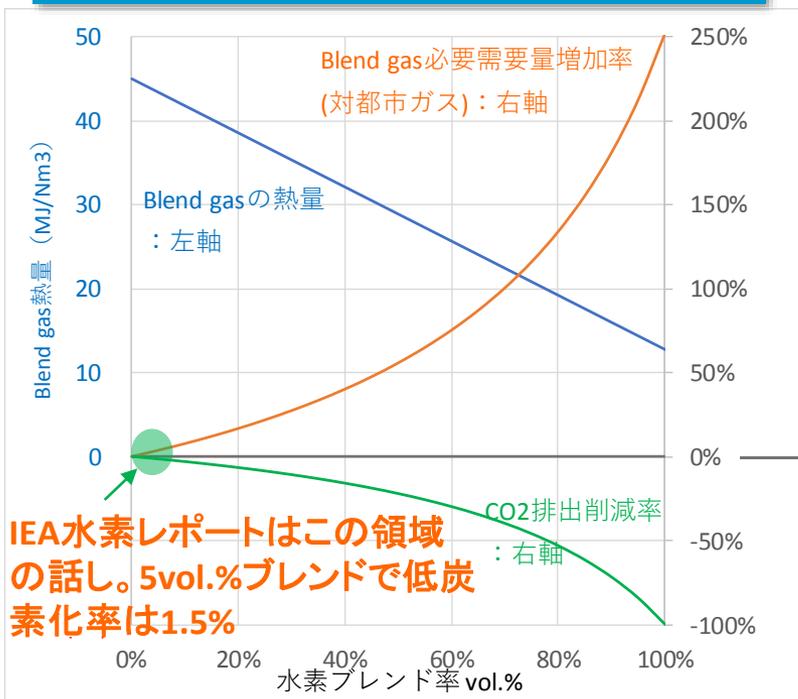


都市ガスへの水素ブレンドはあり得るか？

- 課題・障壁は多い。。。。

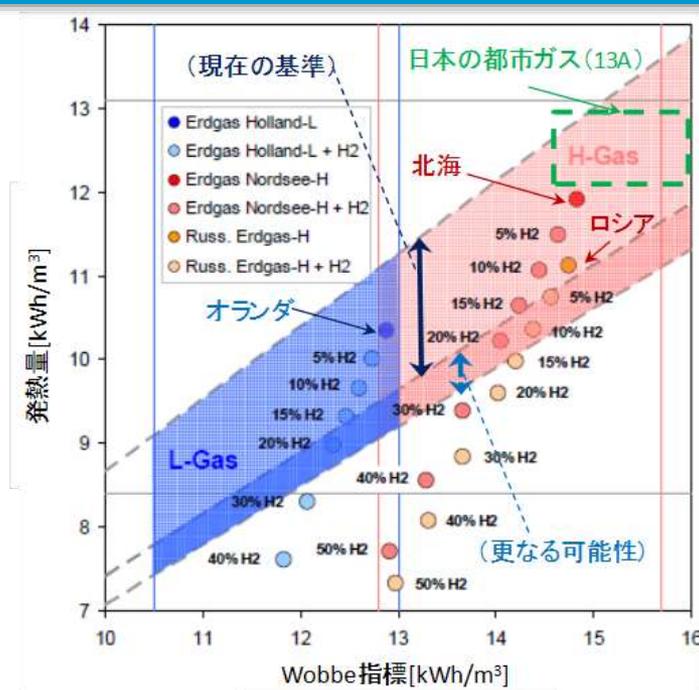
- 水素側から見るとガスネットワークは受入れ先として魅力的かもしれないが(IEA, "The Future of Hydrogen")、都市ガス側から見ると低炭素化効果は非常に限定的で、**手間がかかる割には便益は小さい**。
- また、日本は水素混合の許容度が小さい。**計量、機器の熱量調整、産業特殊用途(浸炭、超高温加熱炉等)への対応の課題も**

水素混合率と低炭素化率



出所: 日本エネルギー経済研究所 作成

天然ガス熱量規格と水素混合による影響



出所: 柴田, "我が国におけるPower to Gasの可能性", 日本エネルギー経済研究所, 2015年12月

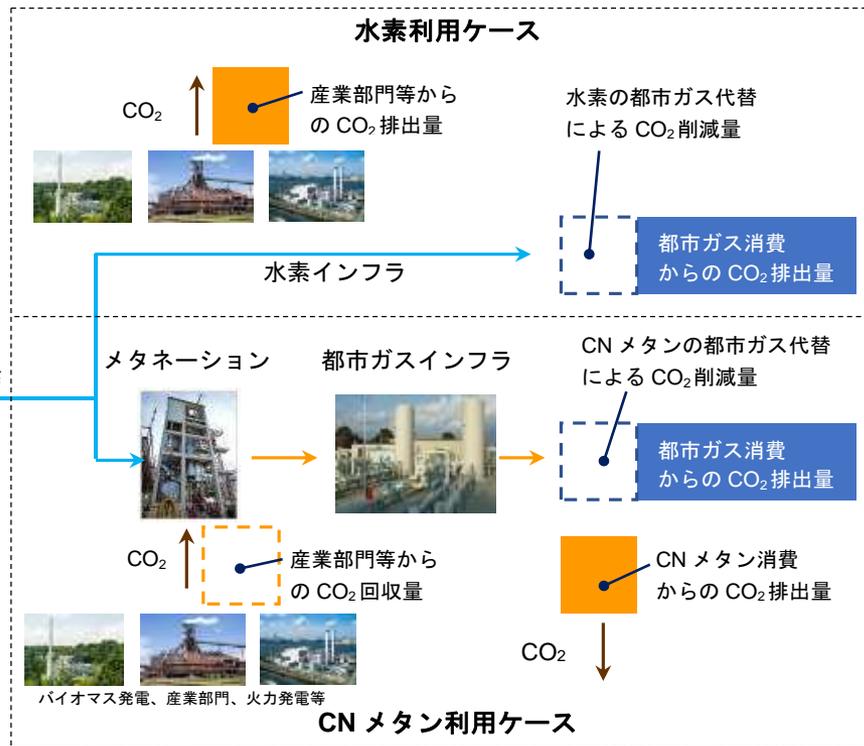
合成メタンは障壁を回避できる

- 再エネ水素とCO₂から合成(メタネーション)

カーボンニュートラルメタン(CNメタン)は、PtGとCCU(Carbon Capture & Utilization)の融合

- 既存の施設からの大気放出前のCO₂に、水素と一緒に“もう一仕事”させる。その仕事によって他のエネルギー(例えば天然ガス)の消費が減る。
- 都市ガスネットワークという既存インフラを活用⇒水素配送コストの削減

- ✓ CNメタンは使用時に当然CO₂が排出されるが、製造時に吸収されるCO₂とオフセット。つまり、元々の排出源からの時間差&地点差の排出に過ぎない。
- ✓ あくまで再エネ水素利用による天然ガスの代替効果
- ✓ したがって、CNメタンは再エネ水素のキャリアであり、どのCO₂を利用してしても同じ効果(化石由来、バイオマス由来、DAC)
- ✓ CO₂削減の帰属: CCUはCCだけでは意味がない。Uがあって初めて意味をなす。つまりUであるメタン製造・利用、それによる天然ガスの代替に意味がある。



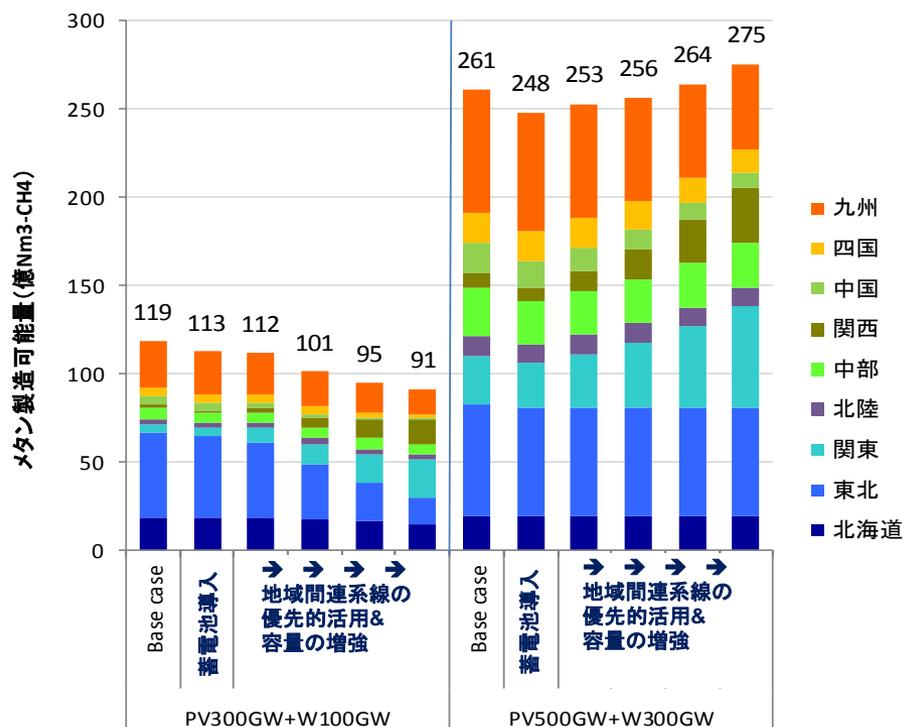
出所: 柴田, “カーボンニュートラルメタンのポテンシャルと経済性—PtGとCCUの活用—”, 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 2019年1月

カーボンニュートラルメタン

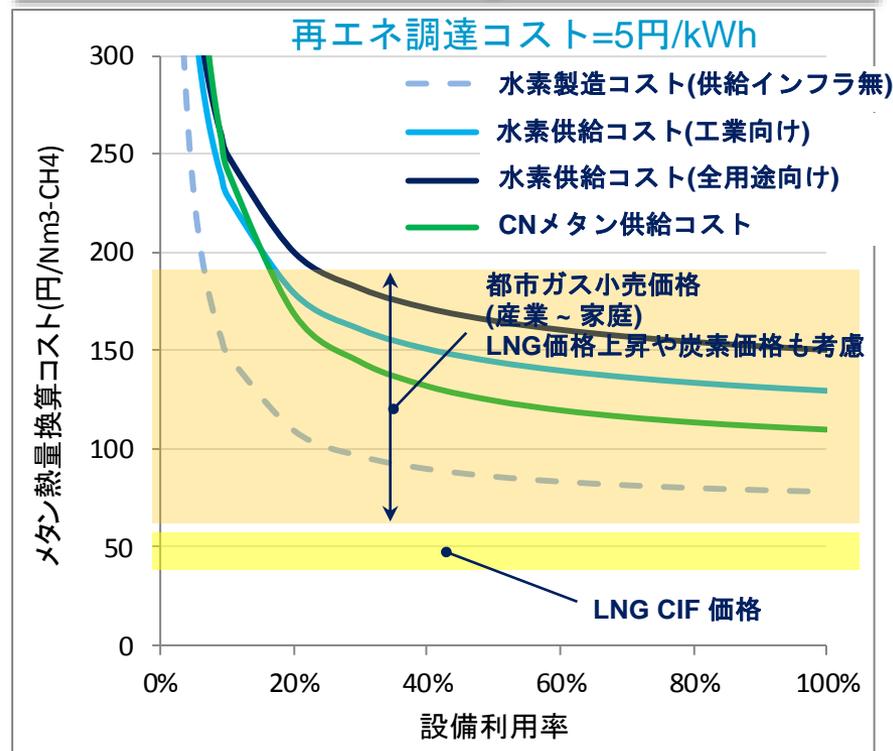
- ポテンシャルと供給コスト(日本)

- 現在の都市ガス需要380億Nm³-CH₄と比べて大きなポテンシャル
- CNメタンは既存の都市ガスインフラを利用できることから、水素と比べて供給コストを削減できる(水素には専用パイプライン、タンクが必要)。

製造可能なCNメタン



供給コスト比較:H₂ v.s. CNメタン



出所: 柴田, 木村, “カーボンニュートラルメタンの将来ポテンシャル”, 日本エネルギー経済研究所, 2018年2月

H2: Electrolyzer is JPY 0.25 mil./((Nm³-H₂)/h), supply infrastructure is ~ JPY1.85 mil./((Nm³-H₂)/h) for industry and ~2.61 mil./((Nm³-H₂)/h) for the whole consumers.
 CNM: CNM plant is JPY1.5 mil./((Nm³-CH₄)/h) =electrolyzer X 4 + methanation (JPY0.5 mil./((Nm³-CH₄)/h))

カーボンニュートラルメタン

- 取組み事例

- 欧州を中心に、水素配送における**既存インフラ活用のメリット**を主眼に取組みが加速

STORE&GO Falkenhagen (水素、メタン)



出所: <https://www.storeandgo.info/demonstration-sites/germany/>

<日本での取組み>

- NEDO実証・FS
- CCR (Carbon Capture & Reuse) 研究会、**日本海事協会が合成メタンへの取組みを表明(2019/8)**
- ACC技術研究会 (Society of Anthropogenic Carbon Cycle Technology)
- 環境省実証
- METIカーボンリサイクル室、ロードマップ

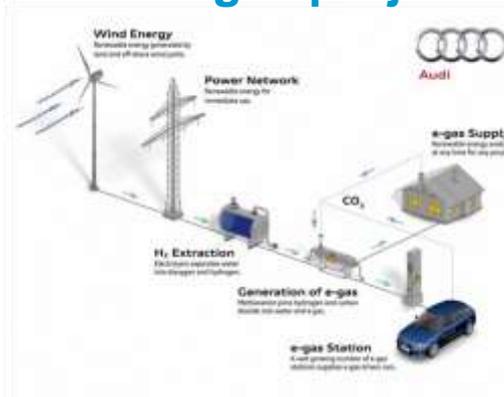
SoCal Gas & NREL(メタン)

(バイオメタネーション)



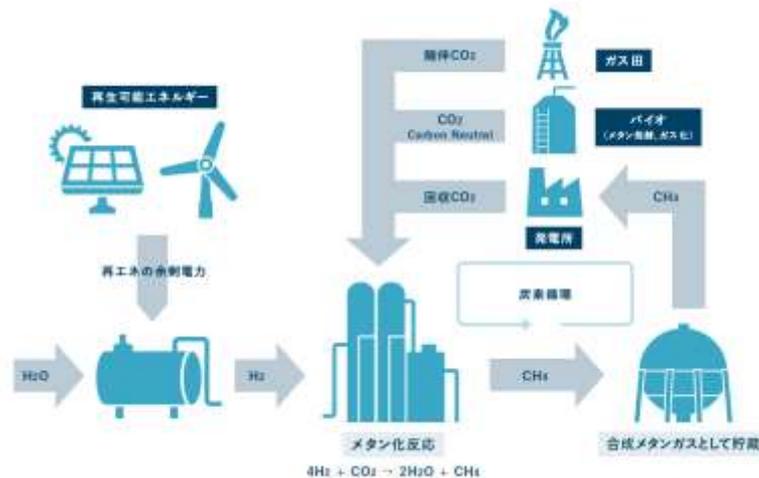
出所: SoCal Gas & NREL

Audi e-gas project



出所: Audi e-gas project

CCR研究会



出所: CCR研究会

PtGやCNメタンの社会実装に向けた課題

- CCUSの分類は複雑

- CCSとCCUを“CCUS”とまとめることで、CO₂固定化の時間的概念のみがクローズアップされ、本来のCCUの特性をミスリーディングさせてしまう傾向がある
 - CCSとCCUは、CO₂分離回収より下流のバウンダリーでは、全く異なる概念：前者はCO₂の固定化による大気への排出回避。後者は主に従来型原料・燃料を代替することによるCO₂排出削減
 - 時限的CCSであれば意味はない
 - Green水素が必要か不要かという分類も必要：「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、まずは水素が不要なコンクリートや炭酸塩等を目指す
- 当然のことながらLCCO₂分析による技術の評価や標準化の策定は必須

ReH ₂	CO ₂ 分離回収後の技術/製品	分類	特徴
不要	貯留	CCS	長期的なCO ₂ の固定化
	炭酸塩	CCS CCU	半永久的な固定化 従来型原料を代替することでCO ₂ を削減
	ポリカーボネート等	CCU	従来型原料を代替することでCO ₂ を削減
必要	メタノール、メタン等	CCU	従来型燃料を代替することでCO ₂ を削減

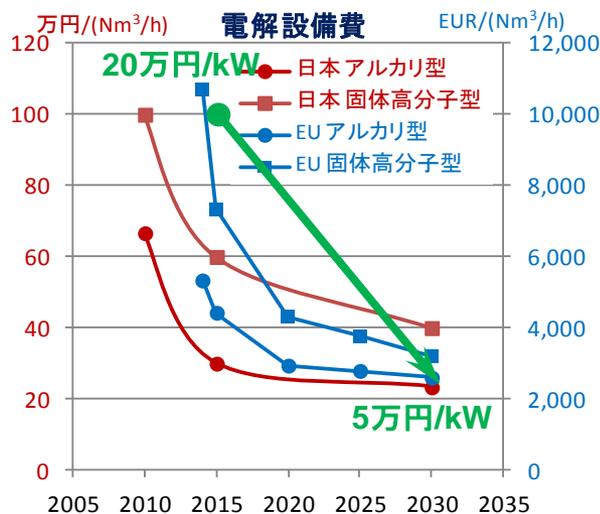
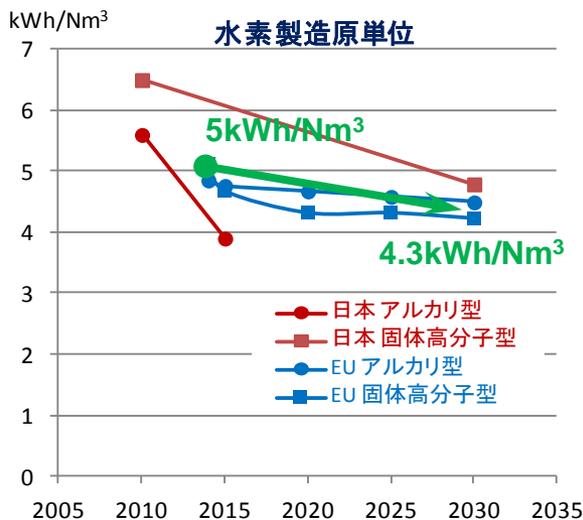
PtGやCNメタンの社会実装に向けた課題

- 経済性確保のために

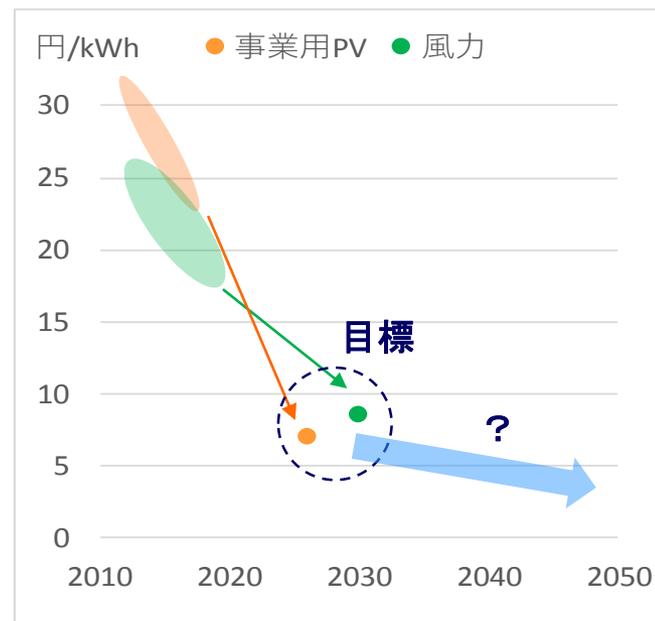
- 水電解、CO₂分離回収、メタネーションのコスト削減
- メタン生成には、サバティエ反応の他に、SOEC共電解やバイオ反応の可能性も
- **再エネ発電コストの削減は必須** (余剰電力は安価という考えは、余剰電力が小規模な状況でのみ成立)

水電解設備費の削減目標

緑は水素・燃料電池戦略ロードマップでの目標



再エネLCOEはどこまで低下？



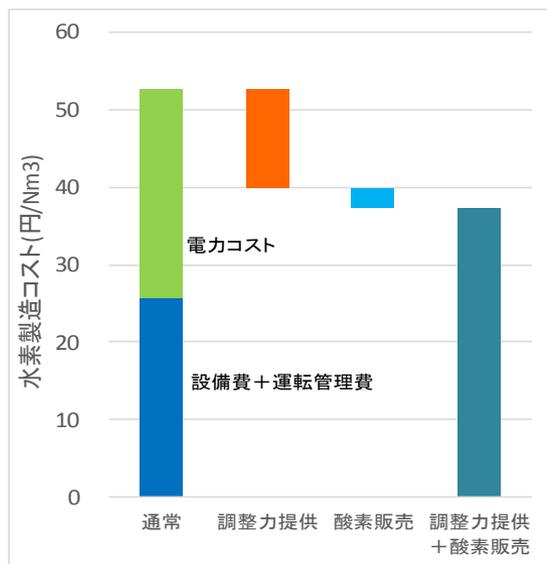
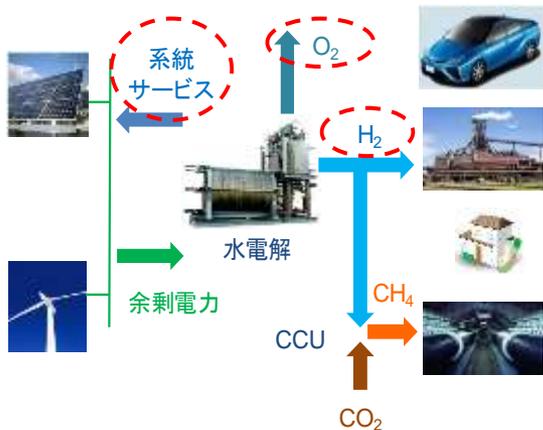
出所: 日本は”NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ2010”, EUは”Development of Water Electrolysis in the European Union”, EU Joint Undertaking, 2014

PtGやCNメタンの社会実装に向けた課題

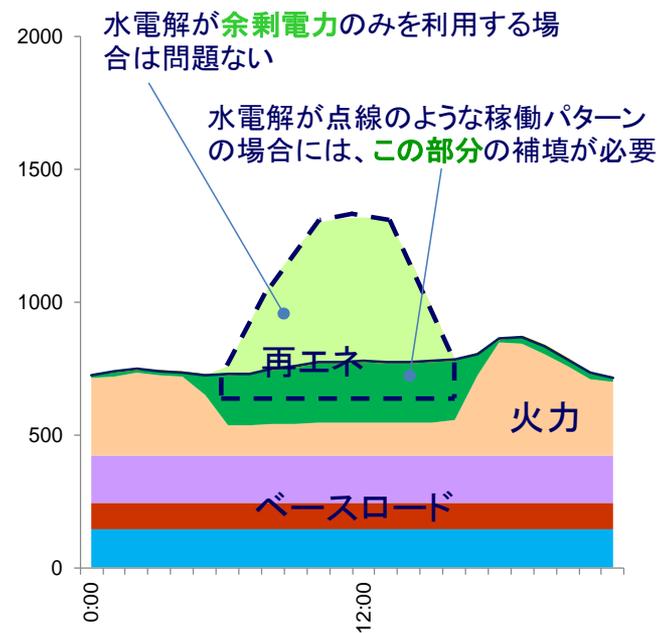
- 市場・制度設計

- 水電解の需給調整力の活用(マルチユースによる経済性の向上)
- 再エネ電源のAdditionality(再エネは電力用途優先に)
- 出力抑制補償制度はPtGにとっては障壁
- 託送料金: PtGはエネルギー貯蔵技術(どこまで優遇されるか?)

水電解のマルチユースによる経済性の向上



再エネのAdditionality



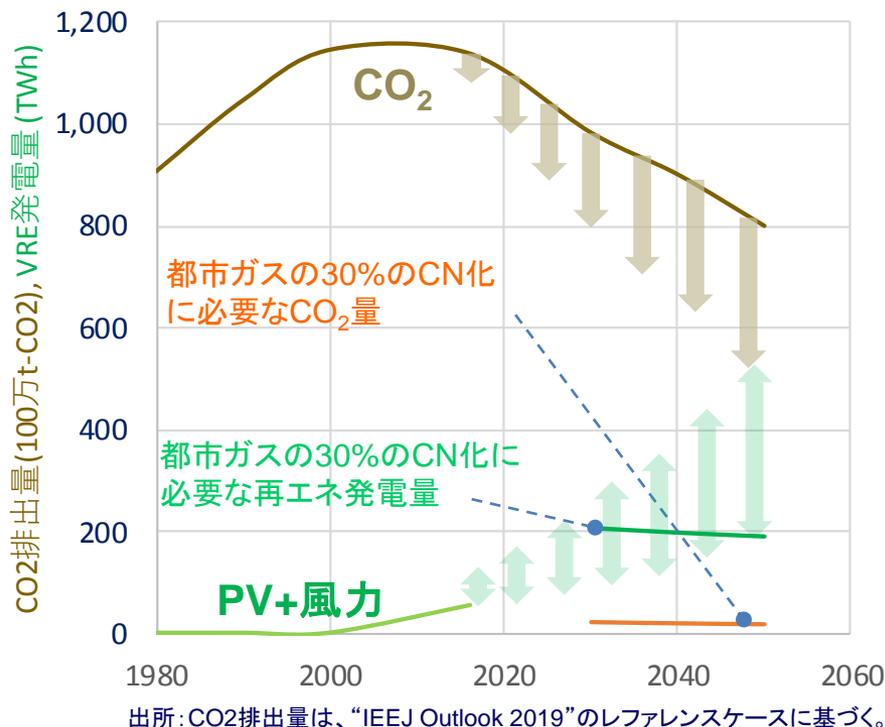
出所: 柴田, “時間軸を踏まえたPower to Gasのビジネスモデルー 調整力の提供, 複数用途への活用, 再エネ主力電源化への貢献ー”, 日本エネルギー経済研究所, 2018年8月

PtGやCNメタン社会実装に向けた課題

- 長期的なエネルギー見通し

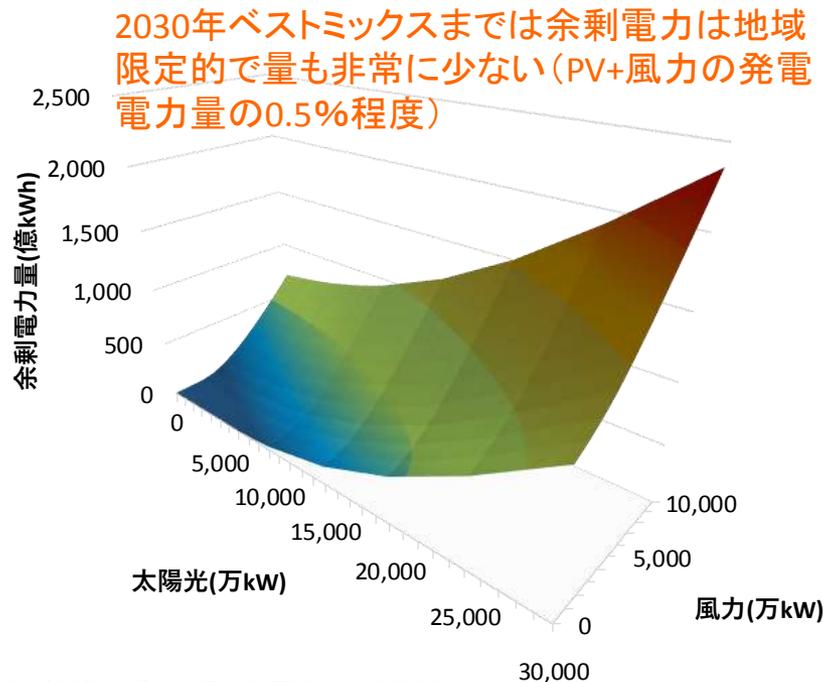
- 長期的なCO₂排出(特に集約的な)、最終需要(特に都市ガス)、再エネ導入(特に余剰電力量)の見通しを踏まえることが重要

エネ・CO₂見通し



- ✓ バイオマス発電からのCO₂利用の可能性も
- ✓ Direct Air Captureの場合はCO₂供給制約を考える必要なし

再エネ余剰電力量



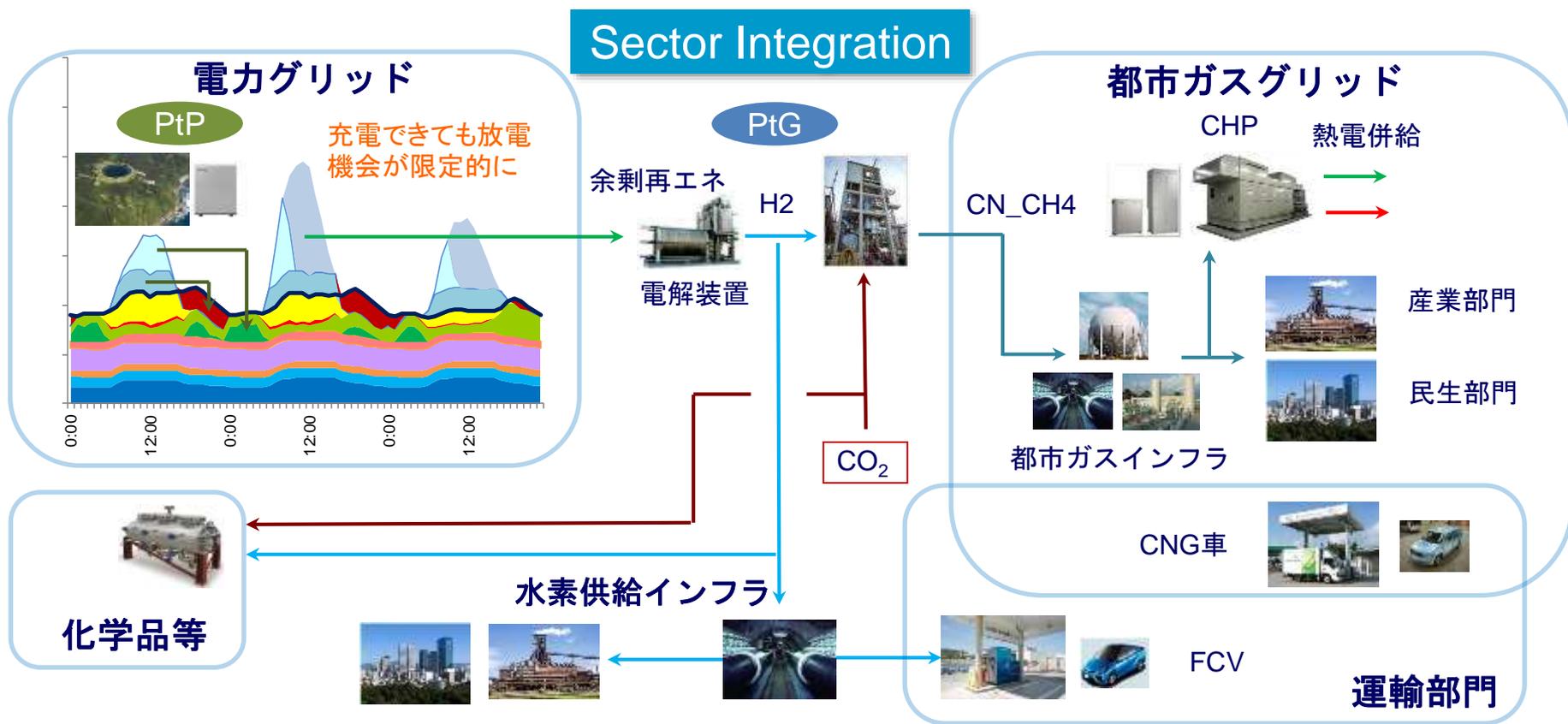
注: 地域間連系線と揚水発電はフル活用を前提。
ただし、系統統合対策の動向によって余剰電力量は大きく異なる。

- ✓ PV6,400万kW+風力1,000万kW導入の場合の余剰電力量は5億kWh(=1億Nm³の水素)
- ✓ PV3億kW+風力1億kWで2,400億kWh

電力システムを超えて: Sector Integration

- PtGのガスは多様な用途に利用可能

- PVや風力の大規模導入の際、エネルギー貯蔵が求められるが、“Power to Power”（揚水発電や蓄電池）だけでは限界がある
- PtGのような一方通行も必要。PtGを通じて“Sector Integration”が実現され、特に電化が厳しい部門での低炭素化も可能となる



電力システムを超えて: Sector Integration

- 欧州ネットワーク組織がPtGに対する声明を発表

- エネルギー変革 (Energy Transition) ・大規模な低炭素化の実現のために、電力とガスのネットワーク事業者が共同で、PtGによるSector Couplingの推進に取り組むことを発表

“Power to Gas – A Sector Coupling Perspective”, October 2018, ENTSO-E and ENTSO-G

- ✓ これまでは、電力システムでのVRE系統統合はうまくいってきたが、これからは違う。
- ✓ PtG (PtLiquidやHeatも) は、エネルギーシステムの低炭素化を経済的に進めることができる可能性がある (特に、最終需要が電化できない部門では)
- ✓ PtG技術の産業化のためにはスケールアップがすぐにでも必要
- ✓ ENTSOsは、PtGがネットワーク開発計画に及ぼす影響の分析を積極的に行っていく
- PtGが商用ベースに乗るためにはGWクラスの設備が2030年代前半までに必要。すぐにでも大規模化方策を実施する。また、PtGによる系統運用支援の可能性について調査・分析を行うことが必要。

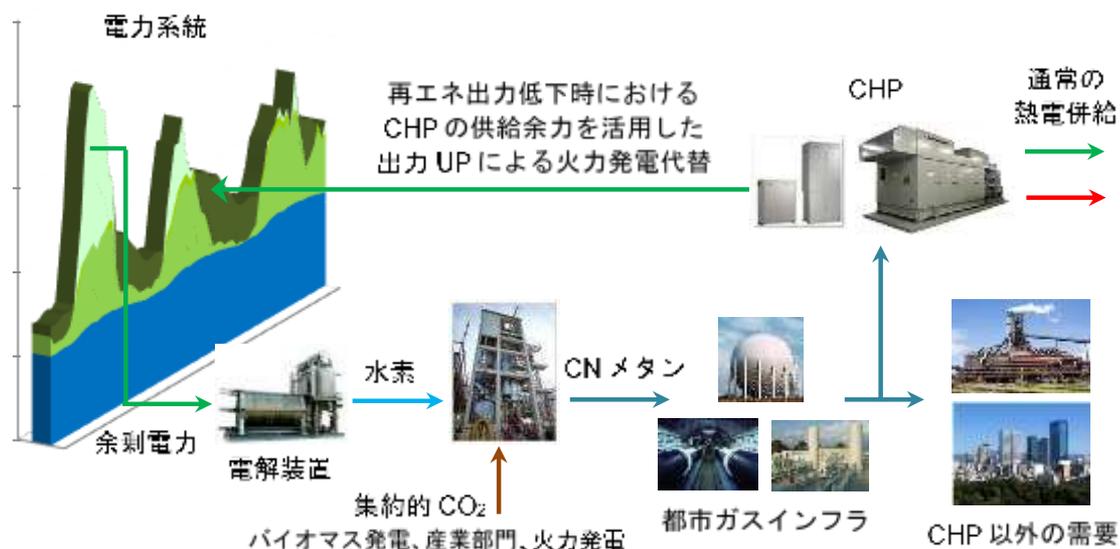
電力システムを超えて: Sector Integration

- 都市ガスインフラにはエネ貯蔵とCHPが既に具備

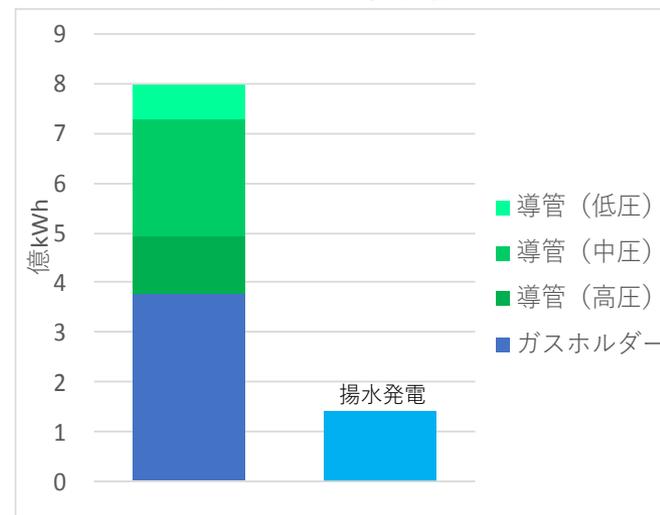
- CHPは再エネの出力変動緩和策(VPP)として期待されている。⇒CHP供給余力の活用
- 蓄電池と同様に”Power to Power”の課題はあるが、再エネ余剰電力から製造するCNメタンは都市ガスを低炭素化できる

CHPのCNメタン利用による再エネ出力変動緩和(CNM-CHP)のイメージ

CHPを含む既存都市ガスインフラは巨大なエネルギー貯蔵システム



都市ガスネットワークのエネルギー貯蔵容量



出所: 柴田, “分散型コジェネのカーボンニュートラルメタン利用による再エネ出力変動緩和, - Power to Gas, カーボンリサイクル, 既存都市ガスインフラの活用 -”, 日本エネルギー経済研究所, 2019年5月

- 参考: 地下空洞の貯蔵容量は140億kWh (幾何容積換算)

電力システムを超えて: Sector Integration

- CHPのCNメタン利用による再エネ出力変動緩和

■ 蓄電池利用による出力変動緩和と同等レベルの経済性

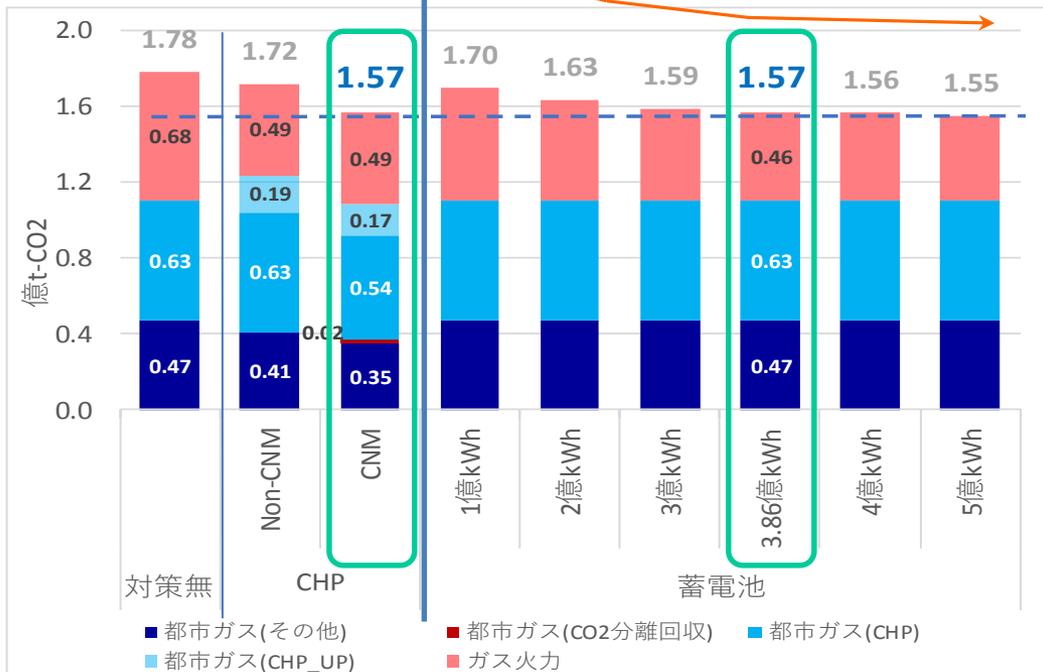
CO₂排出削減効果

(PV3億kW+風力1億kW+CHP0.34億kWのケース)

蓄電池の放電機会損失による出力抑制とCNMの変換ロスが同程度

CNメタンを製造しつつ、
CHPで出力変動緩和

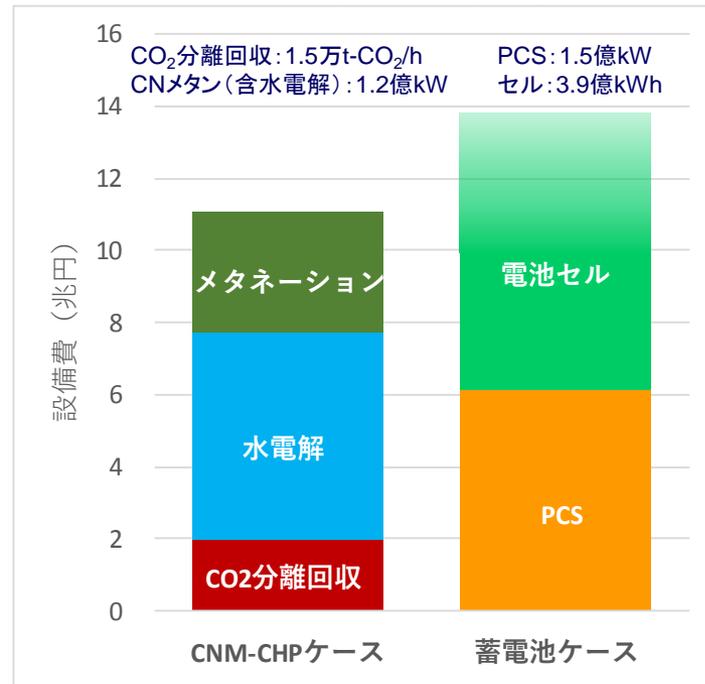
蓄電池容量増大による
CO₂排出削減効果の漸減



蓄電池とCNM-CHPの設備費比較

(PV3億kW+風力1億kW+CHP0.34億kWのケース)

CNM-CHPケースと蓄電池ケースで同等のCO₂排出量
(電力+都市ガス)となる設備規模を特定し比較



注: 火力はLNG火力を想定。現在の都市ガスからのCO₂排出量は0.8億t-CO₂。CHP0.34億kWの場合は1.1億t-CO₂

出所: 柴田, “分散型コジェネのカーボンニュートラルメタン利用による再エネ出力変動緩和, - Power to Gas, カーボンリサイクル, 既存都市ガスインフラの活用 -”, 日本エネルギー経済研究所, 2019年5月

脱炭素化・エネ安全保障改善に向けてPtGは核に



まとめ

- PtG早期ビジネス化のためには制度設計が必要。水電解のGrid Service Providerやエネルギー貯蔵としての価値にインセンティブを
- 水素需要創出も大事。まずは、産業部門での原料用水素がターゲット
- CNメタンには、既存インフラ活用、長期貯蔵性などのメリット。ただし、設備費削減や製造プロセス合理化によるコスト削減が課題。LCCO₂評価も必要
- PtG・CNメタンは“変換ⁿ”で効率悪化は必至だが、低炭素化、エネルギーセキュリティ改善、系統柔軟化等の便益も
- エネ長期計画にPtGを組込んだグランドデザインが必要。再エネ主力電源化にはSector Integrationを。ただし、再エネ発電コスト削減は必須
- 国内での拡大には産業育成(英国の“Sector Deal”が参考)も必要
- そもそもなぜ水素? : 偏在から遍在へ。エネルギー自活や分散型

ありがとうございました。
yoshiaki.shibata@edmc.ieej.or.jp