

SOECメタネーションと C₂₋₄成分併産への挑戦

2021年1月22日

大阪ガス株式会社

エネルギー技術研究所

エグゼクティブリサーチャー 大西 久男



1. 大阪ガスの都市ガス原料と供給ガスの変遷

創業時) 石炭を原料としガス燃料に変換、導管網を通じて供給し、(石炭に比べ)貯蔵不要・制御容易・クリーンなガス体エネルギーキャリアをお客さまにお届けする事業

1905(明38)

(都市ガス原料)

石炭

都市ガスの意義：
お客様先での貯蔵不要、
石炭より制御性等に優れた
クリーンなエネルギーキャリア

▲創業

現大阪ドーム
所在地

石炭ガス化技術:コークス炉

炭化水素油



コールタール 軽油類



回収

分離・精製

回収

コークス

水素約55%、
メタン約20%
+ N₂, HC, CO,
CO₂(代表例)

15MJ/m³

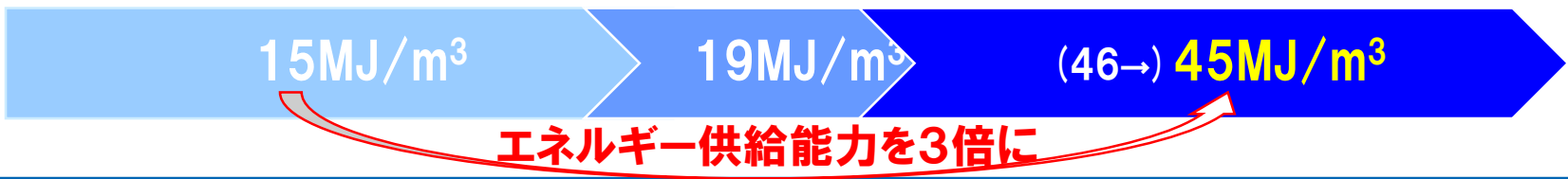
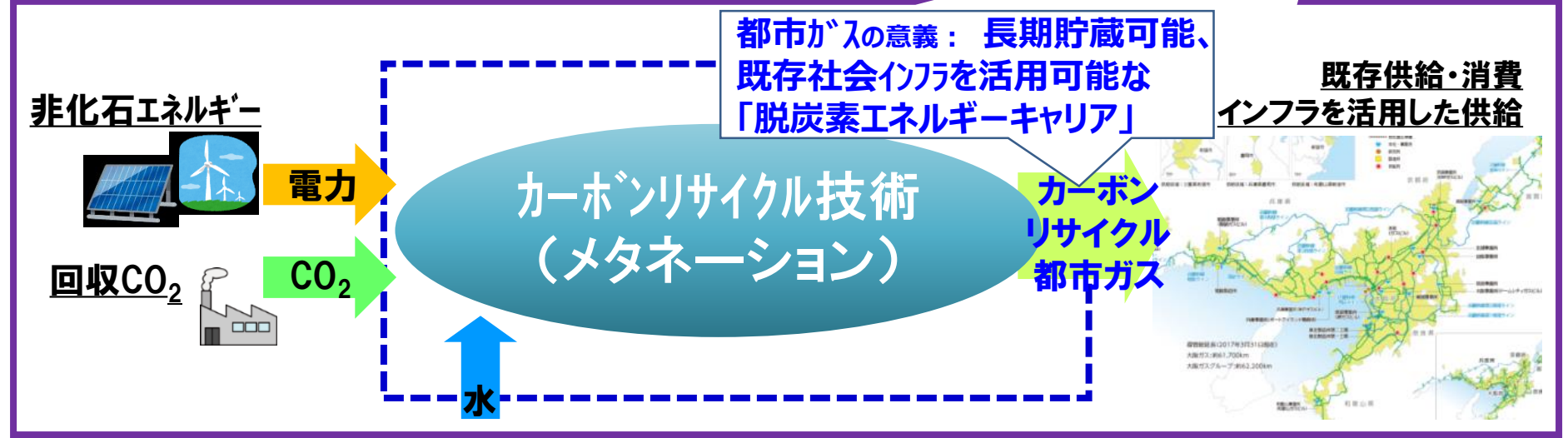
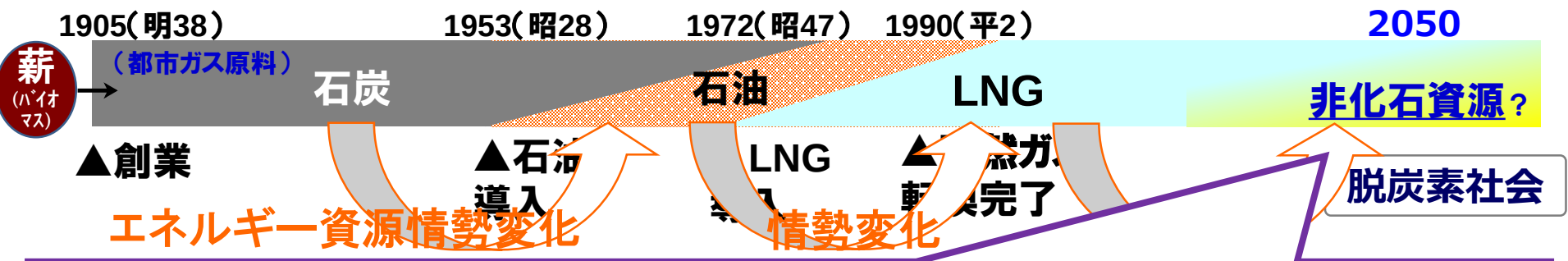
1. 大阪ガスの都市ガス原料と供給ガスの変遷

エネルギー資源情勢の変遷に応じ、原料(一次エネルギー)を石炭→石油→LNGと変遷させながら、供給ガスの高熱量化(輸送効率向上)を進めてきた。



2. 都市ガスの脱炭素化イノベーションへの挑戦

2050年に向け、「カーボンリサイクルガス」を製造する技術の研究開発により、「脱炭素社会においてもお客さまに都市ガスをお届けし続ける」ことに挑戦。



2050年カーボンニュートラル

- 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。

まず、電力部門の議論を先行

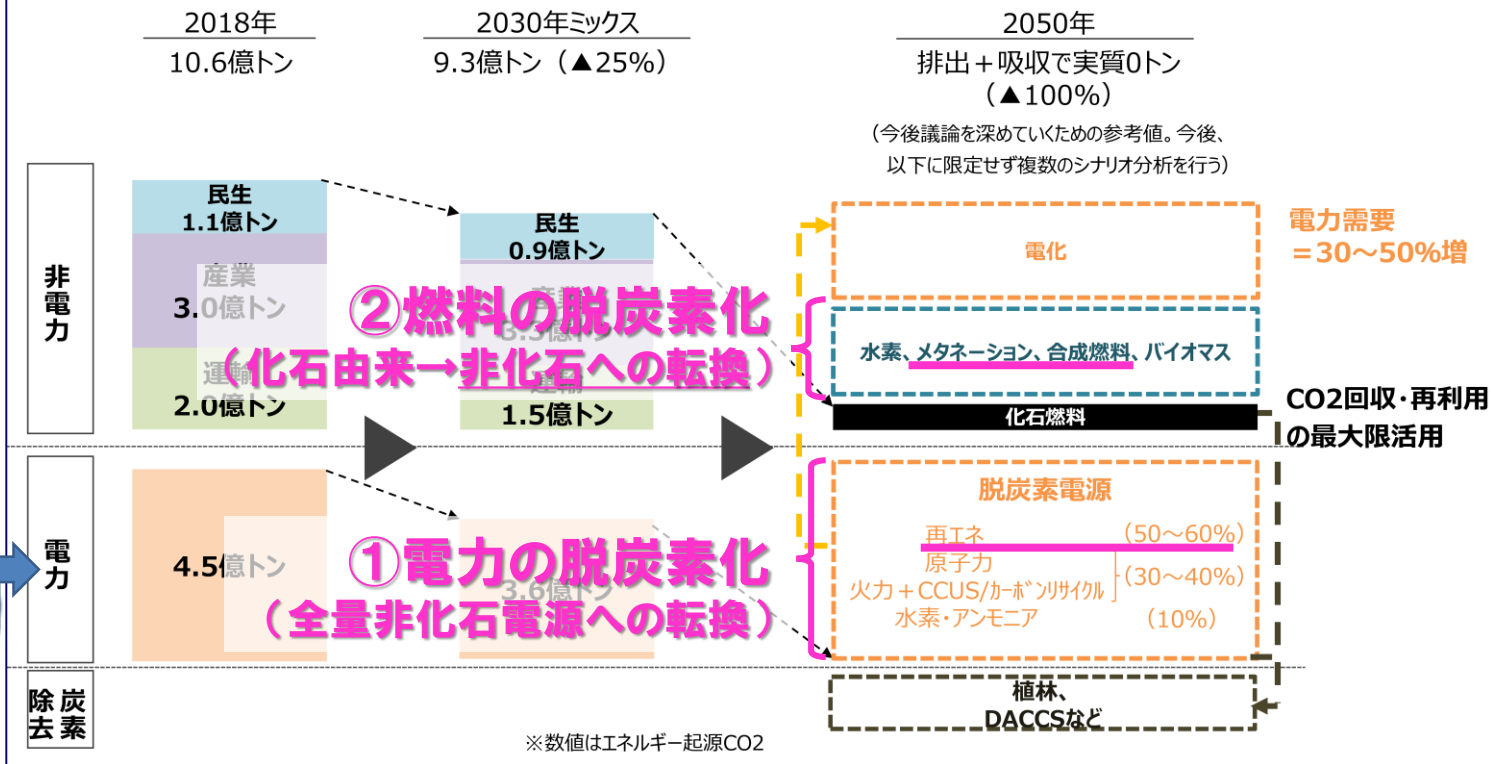
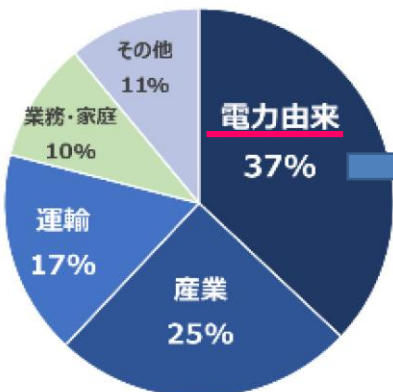
2（2）．2050年カーボンニュートラルの実現

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-1.pdf>

2050年カーボンニュートラルに伴う
グリーン成長戦略

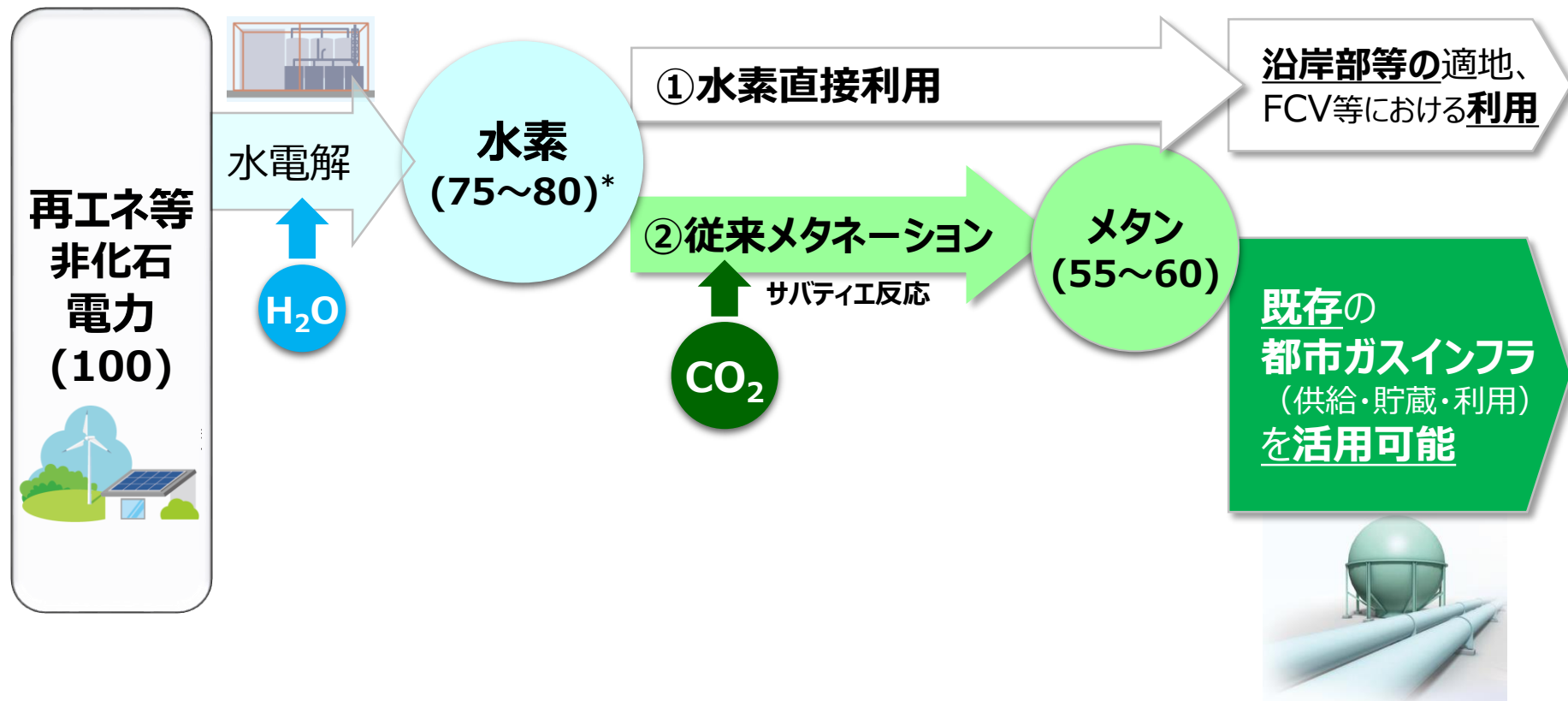
令和2年12月

【CO2の部門別排出割合】



2. 都市ガスの脱炭素化 1) 従来型メタネーション

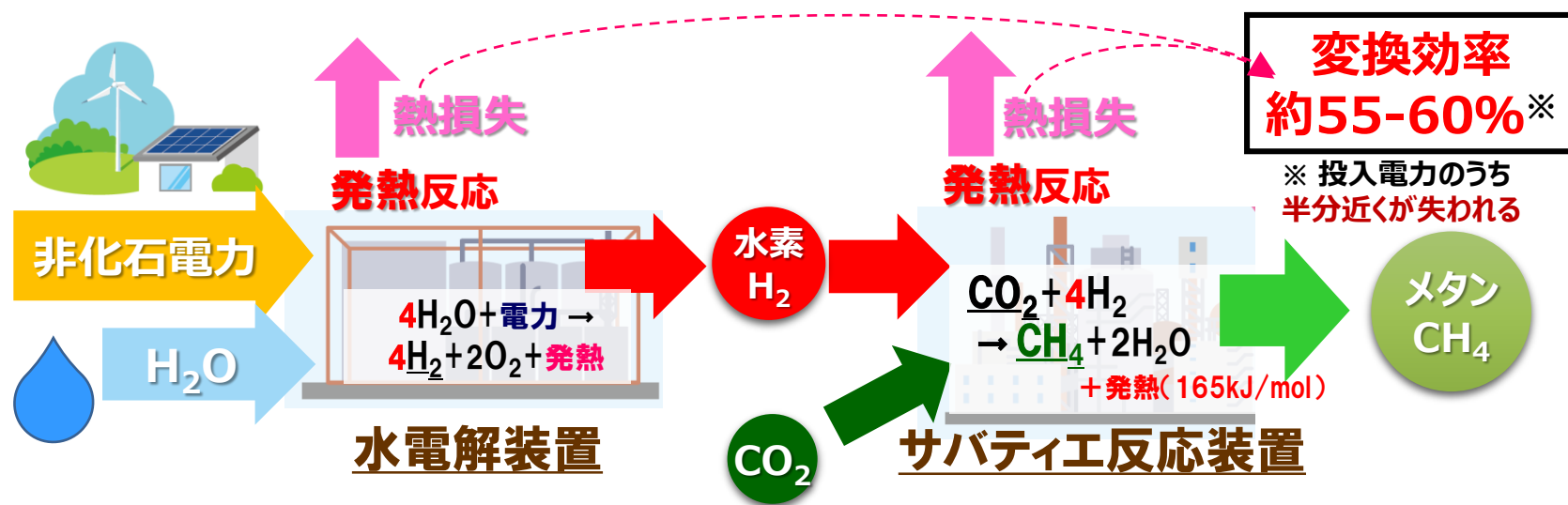
- 脱炭素社会においても、燃料が重要な役割を担うと考えられ、燃料の脱炭素化（化石資源由来→（再エネ等）非化石由来への転換）への挑戦が重要。
- メタンは既存都市ガスインフラを活用でき、効率的に多くの需要家の脱炭素化に貢献できる。



非化石電力由来の水素直接利用・従来メタネーション・SOECメタネーションの比較

1) 従来型メタネーション「水電解・サバティエ反応技術」

- 非化石電力により水を電解して得られる水素と、多様なCO₂の回収技術により回収されたCO₂を用いて「サバティエ反応」によりメタンを合成するもの



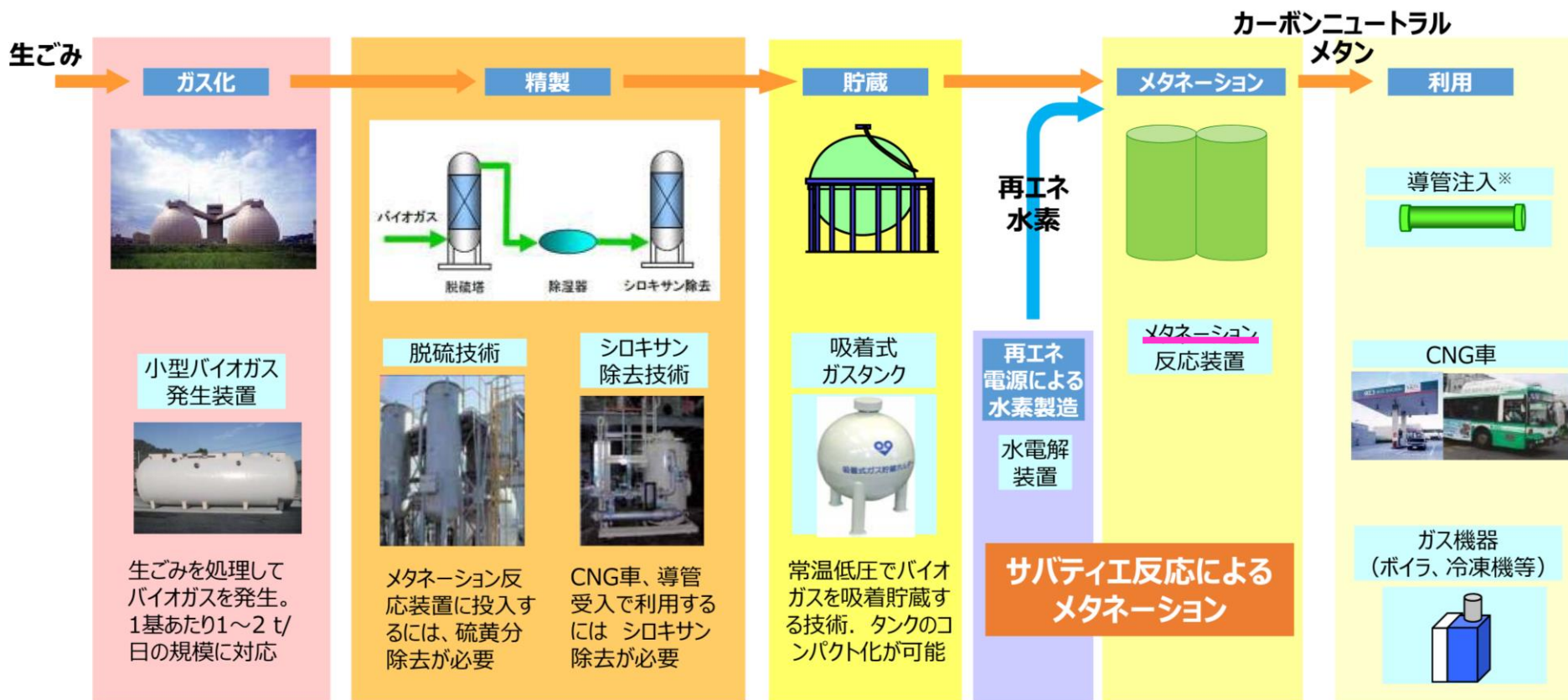
ご参考)

カーボンニュートラル化へのチャレンジ ①カーボンニュートラルメタン (既往技術：サバティエ)

- 大阪ガスは、2025年の大阪・関西万博に向けて、会場の生ごみから発生するバイオガスと再エネ由来の水素からカーボンニュートラルメタンを製造するメタネーション実証を提案中。

大阪・関西万博での生ごみによるバイオガスメタネーション実証提案※のイメージ

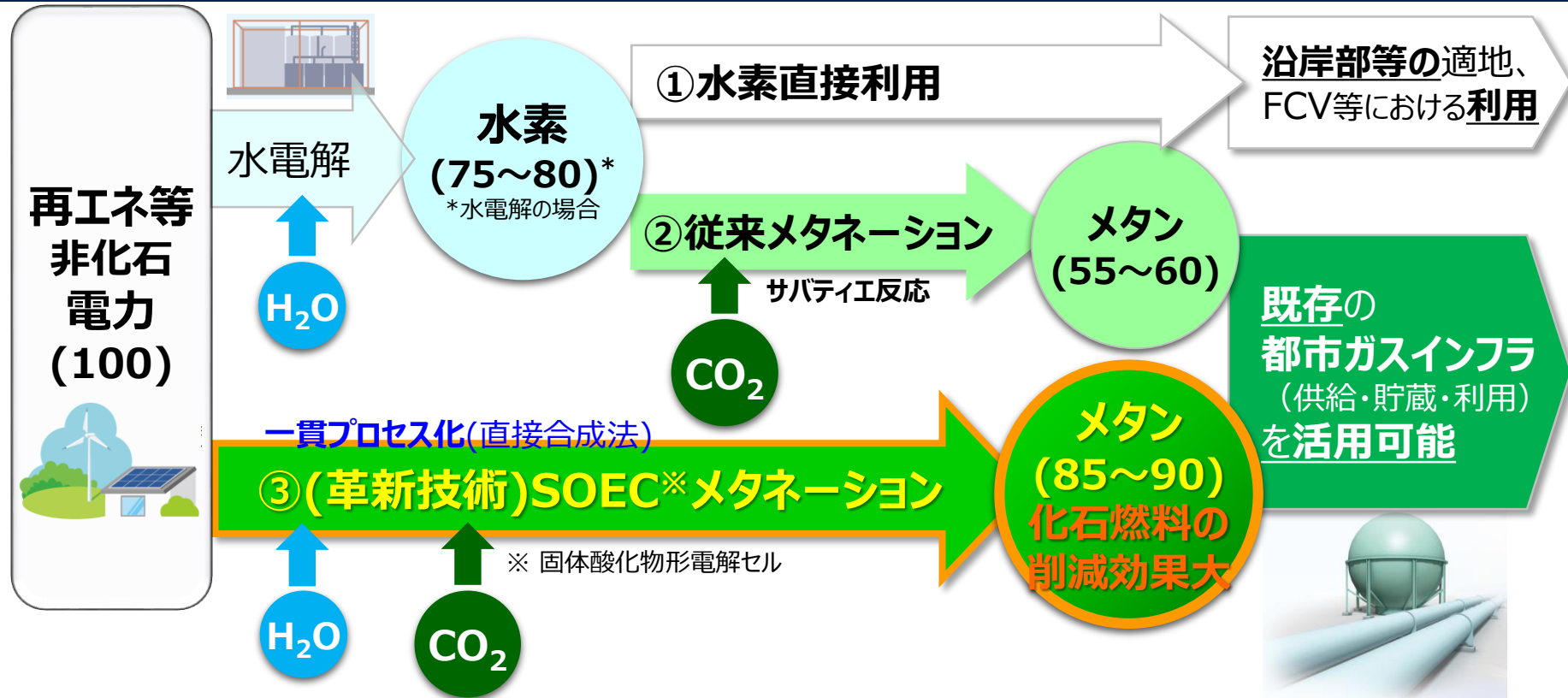
※2020年1月のPLL提案募集
において当社より万博協会へ提出



【参考】ごみ 10 t/日の場合、バイオガス (メタン濃度50-60%) は 65 Nm³/h発生、これを水素 100 Nm³/hとメタネーション反応装置で反応させ、再生可能メタン (メタン濃度>98%) 60 Nm³/h

2. 都市ガスの脱炭素化 2) SOECメタネーション

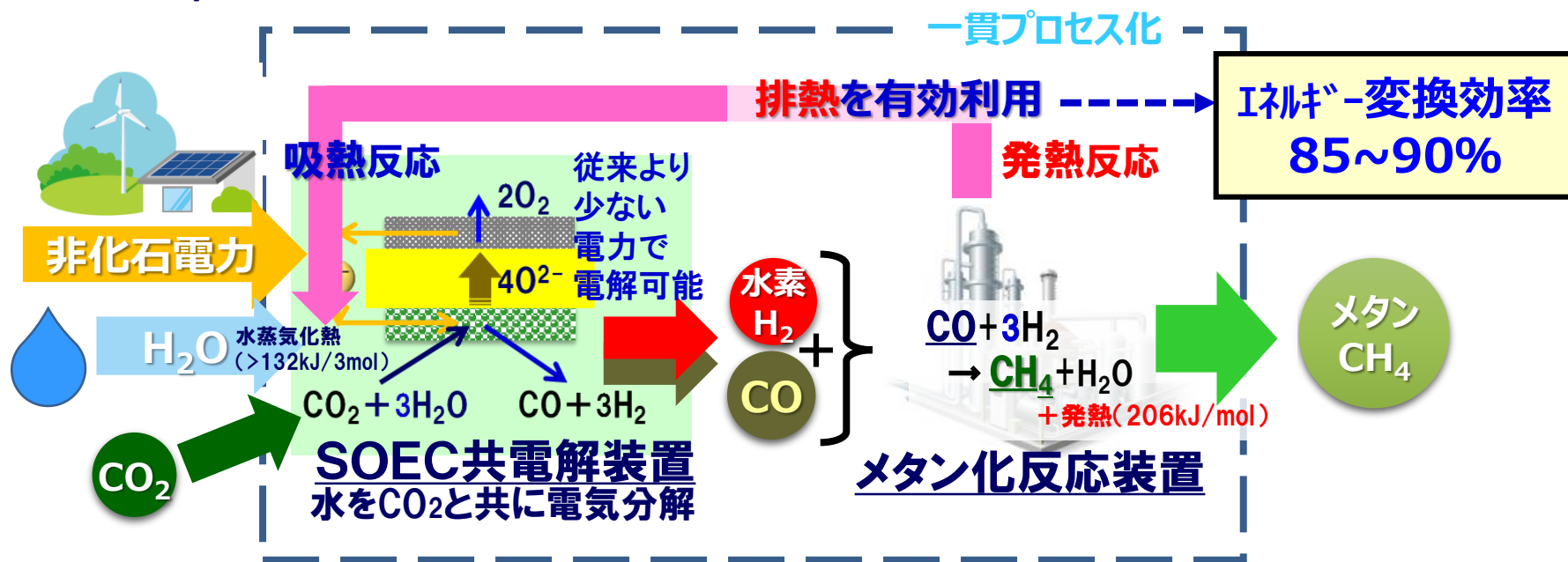
- 脱炭素社会においても、熱需要分野等において燃料が重要な役割を担うと考えられ、燃料の脱炭素化（化石資源由来→（再エネ等）非化石由来への転換）への挑戦が重要。
- メタンは既存都市ガスインフラを活用でき、効率的に多くの需要家の脱炭素化に貢献できる。
- 「SOECメタネーション」は、非化石電力100を活用して、水電解水素（75～80）より高い効率で85～90の化石燃料を代替（削減）。製造に要する電力量当たりの化石由来CO₂の削減効果大きい。



非化石電力由来の水素直接利用・従来メタネーション・SOECメタネーションの比較

2) 革新的メタネーション「SOEC共電解・メタン化反応技術」

- SOEC*¹を用いて、水蒸気をCO₂と共に非化石電力等により電気分解(共電解)することによって水素とCOを生成し、メタン化反応によりCH₄を合成するもの。 *1 Solid Oxide Electrolysis Cell : 固体酸化物形電解セル

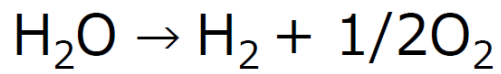
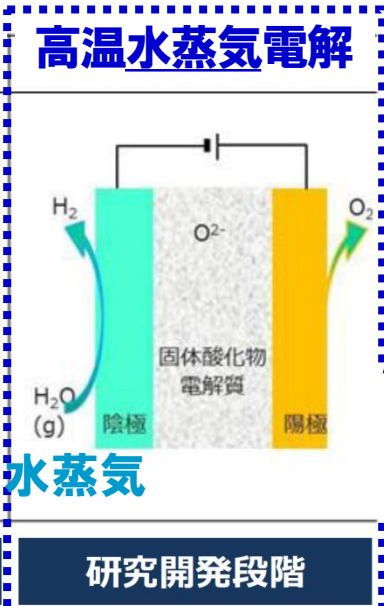
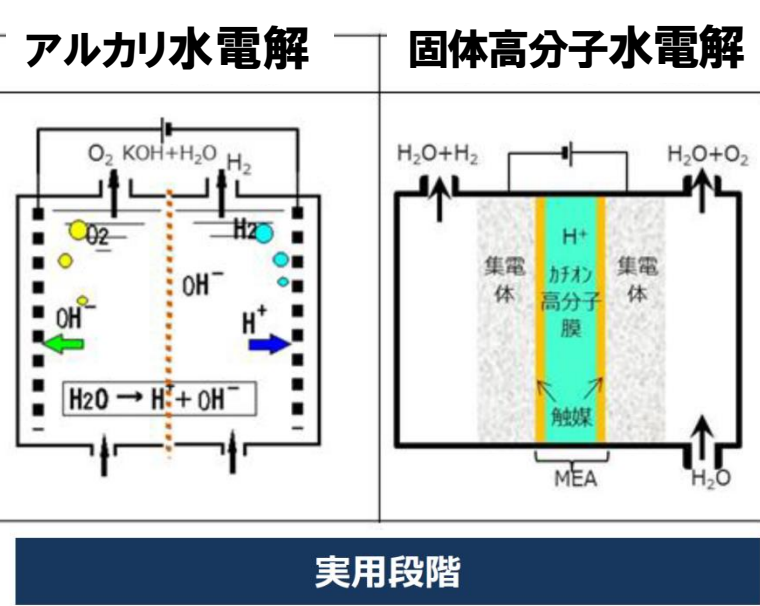


- メタン化反応(発熱反応)で発生する熱をSOEC共電解反応(吸熱反応)に有効利用することが可能であり、共電解に必要な電力を削減できるため、エネルギー変換効率が高い

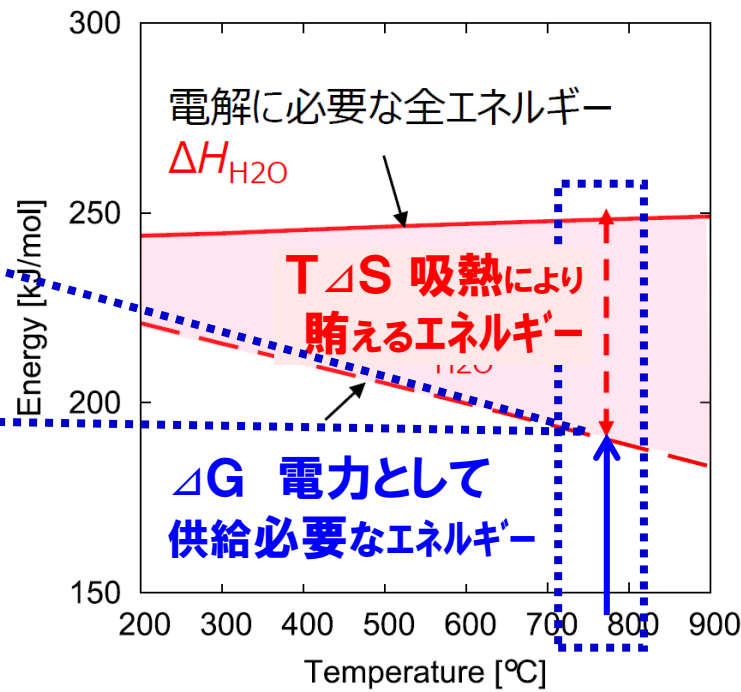
（ご参考）SOECによる「高温電解方式」の特長

高温水蒸気電解方式： 水の電気分解に必要なエネルギーのうち、吸熱により賄える割合が大きく、電力として供給必要なエネルギーが小さいため、他方式に比べ電力効率が高い。

・各種水電解方式



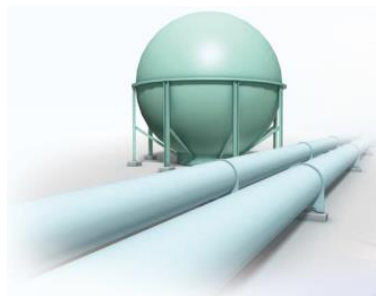
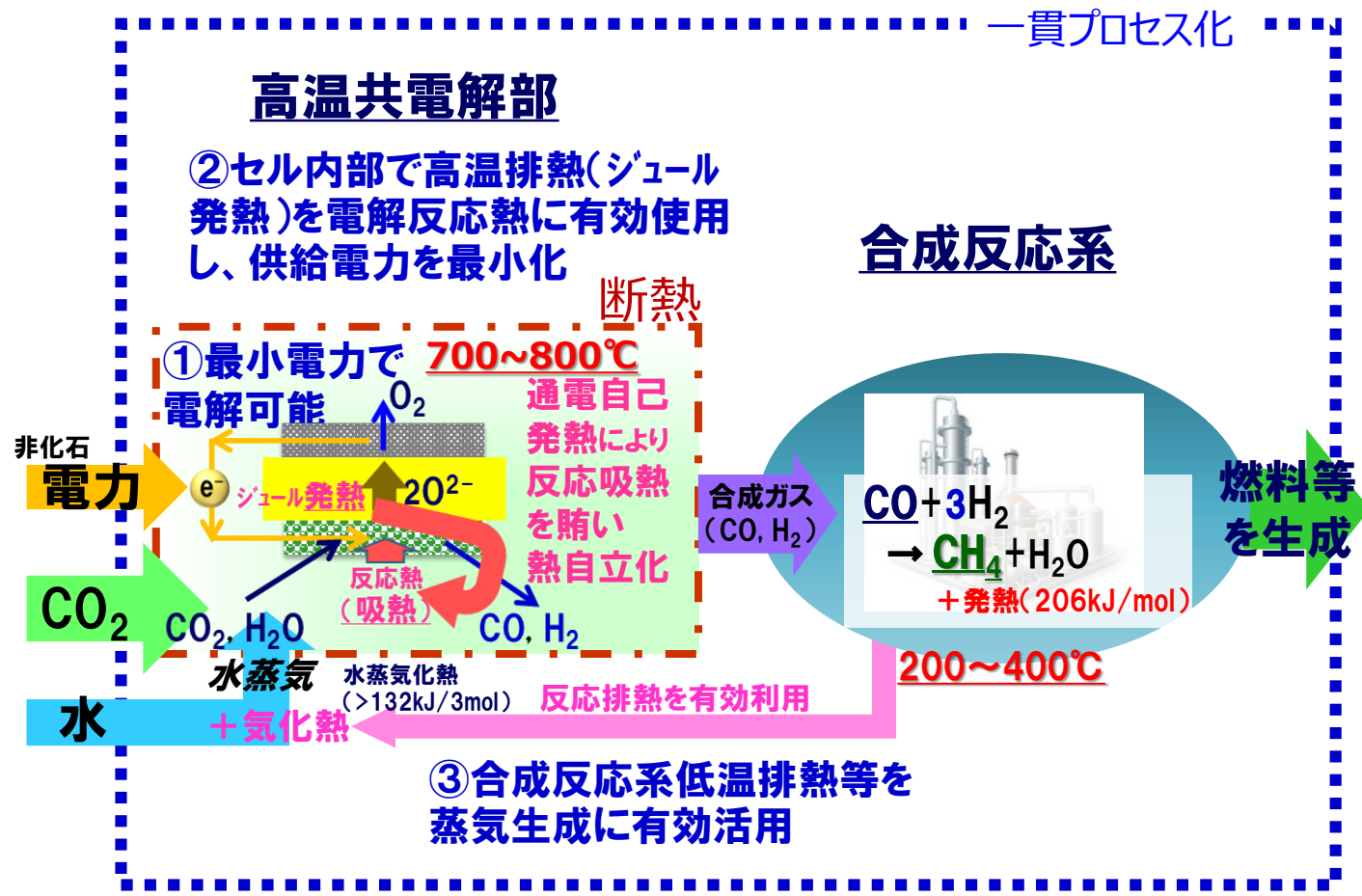
$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S$$



[出典] 旭化成(株)

高効率変換実現のポイント

共電解部内の高温排熱と、合成反応部の低温排熱等をそれぞれ有効利用することにより、廃熱を最小化し、電力投入量を最小化



SOECメタネーション技術の特長

「SOECメタネーション」による**次世代ガス合成**が実現すれば、

①水素調達不要

- 脱炭素電源（供給過剰となりうる時間帯等）を有効活用。

②水電解水素より変換効率が高い

- 水素より高い効率で化石燃料を代替（削減）可能。製造に要する電力量当たりの化石由来CO₂の削減効果大。

③ランニングコストの大部分を占める電力使用量が少ない

- 電力量従来比約2/3に。将来、脱炭素電力の供給過剰時等のコスト抜本的低下により、現行LNGに近い製造コストも期待。

④増熱成分を併産し、**現行都市ガス（45MJ/Nm³）に近い熱量のカーボンリサイクルガスの合成**も技術的に可能

→ 但し、未だ開発段階の技術

研究開発の取り組み状況1

当社では産業技術総合研究所と共同で、NEDOの先導研究(CO₂直接分解)事業(2019-2020年度)にて、SOECの共電解性能の向上、燃料等生成反応の制御などの技術課題に関する基礎研究に取り組んでいる。

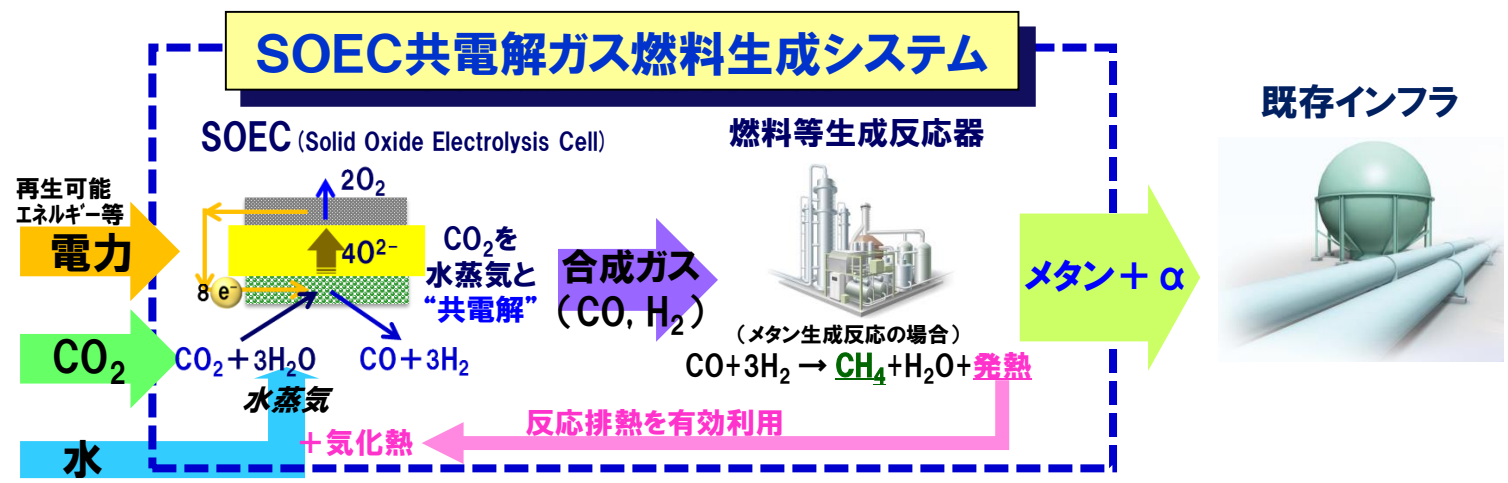
事業説明概略図

次世代火力発電等技術開発／次世代火力発電技術推進事業／
CO₂有効利用技術の先導研究(CO₂直接分解)



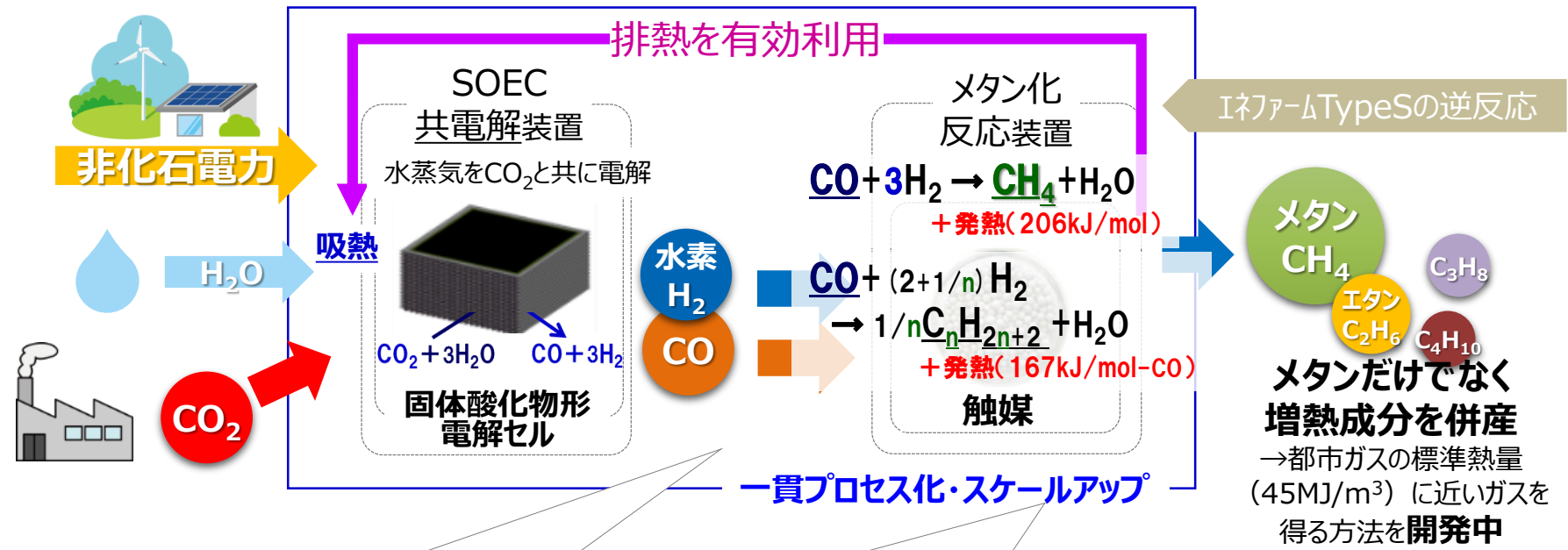
研究開発内容

- <概要> 再生可能エネルギー電力等を原料(エネルギー源)としてCO₂を還元し、既存インフラを有効利用できる燃料や化学製品へとカーボンリサイクルするための先導研究を行う。
- <事業期間> 2019年7月～2021年2月
- <委託先> 大阪ガス株式会社、国立研究法人産業技術総合研究所



本技術開発に関連する当社の保有技術と取り組み

大阪ガスが蓄積してきた 燃料電池技術(SOFC技術、触媒技術、熱利用マネジメント技術)や、SNG製造(メタン化)プラント開発・設計技術などを活用し、各機関・各社さまのご協力を得ながらイノベーションにチャレンジしていきたい



エネファームの逆反応であり、
エネファーム技術の活用が可能



「世界最高の発電効率
(55%) を持つ家庭用
燃料電池」
2020年4月発売



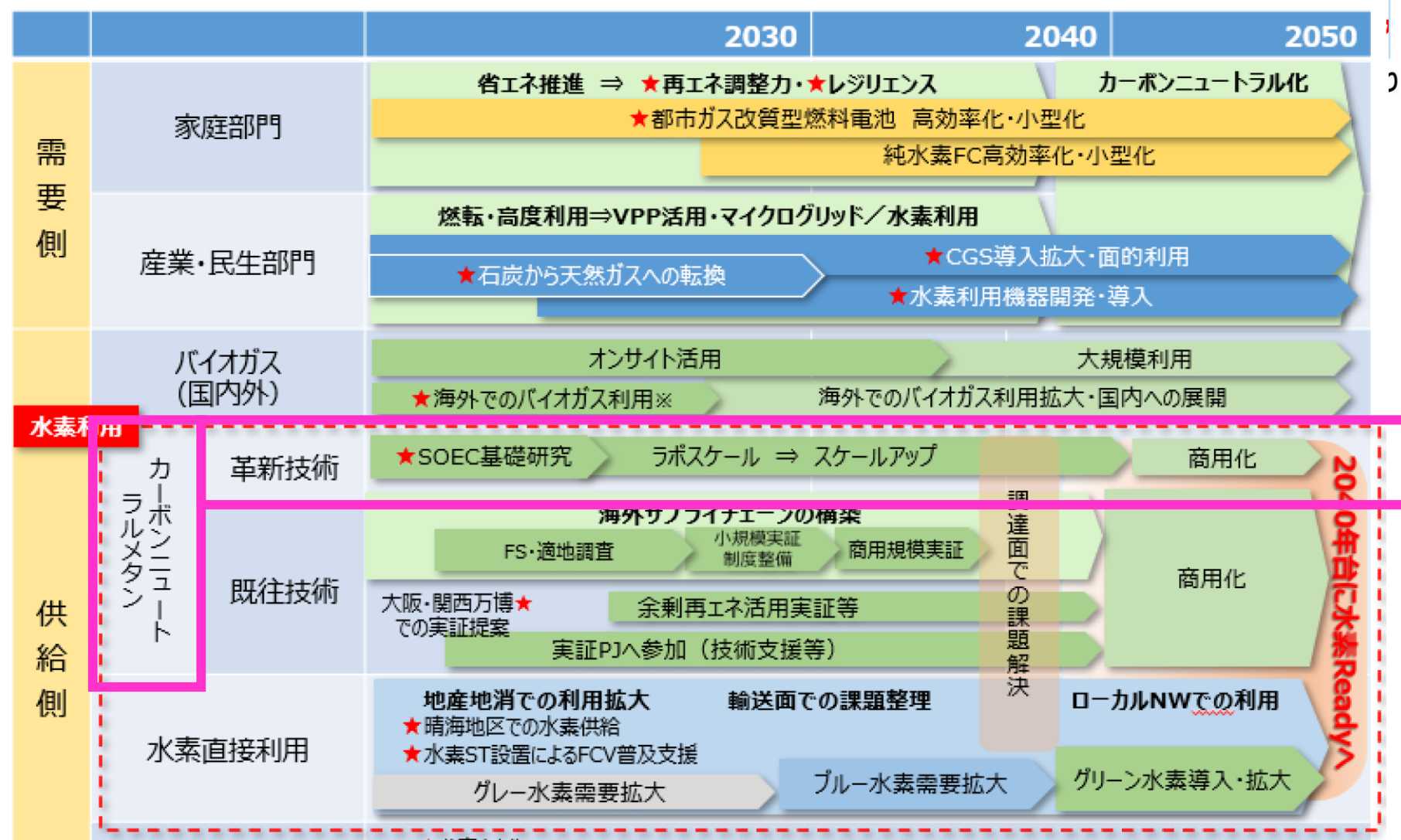
ナフサ → **メタン**
OGAS-SNGプラント



北港製造所
約 6 億m³/年相当
200万m³/日 (約8万m³/h)
1985-1996年操業

カーボンニュートラル化へのチャレンジ -2050年ガスのカーボンニュートラル化実現に向けたロードマップ-

- 2050年ガスのカーボンニュートラル化実現に向け、**需要・供給両面における取り組みを加速するとともに、革新的イノベーションにもチャレンジ。**
- 2050年に向けたロードマップ とりわけ2030年に向けた取り組みの詳細について目処に検討を深掘している



SOECメタネーション技術により製造されるカーボンリサイクルメタン(次世代都市ガス)は、エネルギー政策基本方針である安全性を大前提とした、安定供給性・経済性・環境の3E+Sを満たす重要なエネルギーとなり得る

SOECメタネーション技術の実用化により、エネルギー政策基本方針の「3E+S」に貢献



自給率向上

- 国内非化石エネルギーから安定してガス燃料を創出

エネルギーコスト低減

- LNGコスト水準に近いカーボンニュートラルメタン実現の可能性
- 既存の都市ガスインフラの活用による経済的な脱炭素化が可能

温室効果ガス削減

- カーボンニュートラルメタンを都市ガスとして普及拡大させることにより、化石燃料使用量の大幅削減が可能
(約0.8億トン/年のCO2削減ポテンシャル)

(出典) 資源エネルギー庁パンフレットから作成

(ご参考) 都市ガス合成に関する主な反応

① サバティエ反応 (=②+③)



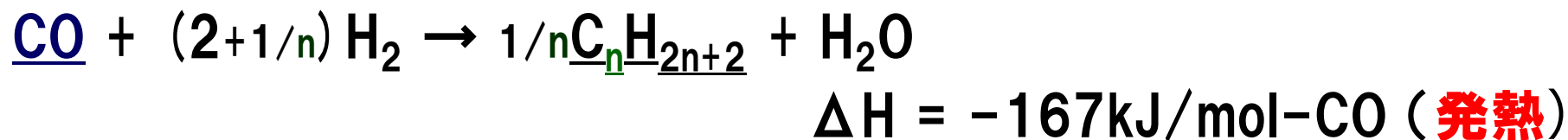
② 逆シフト反応



③ COメタン化反応 (水蒸気改質の逆反応)



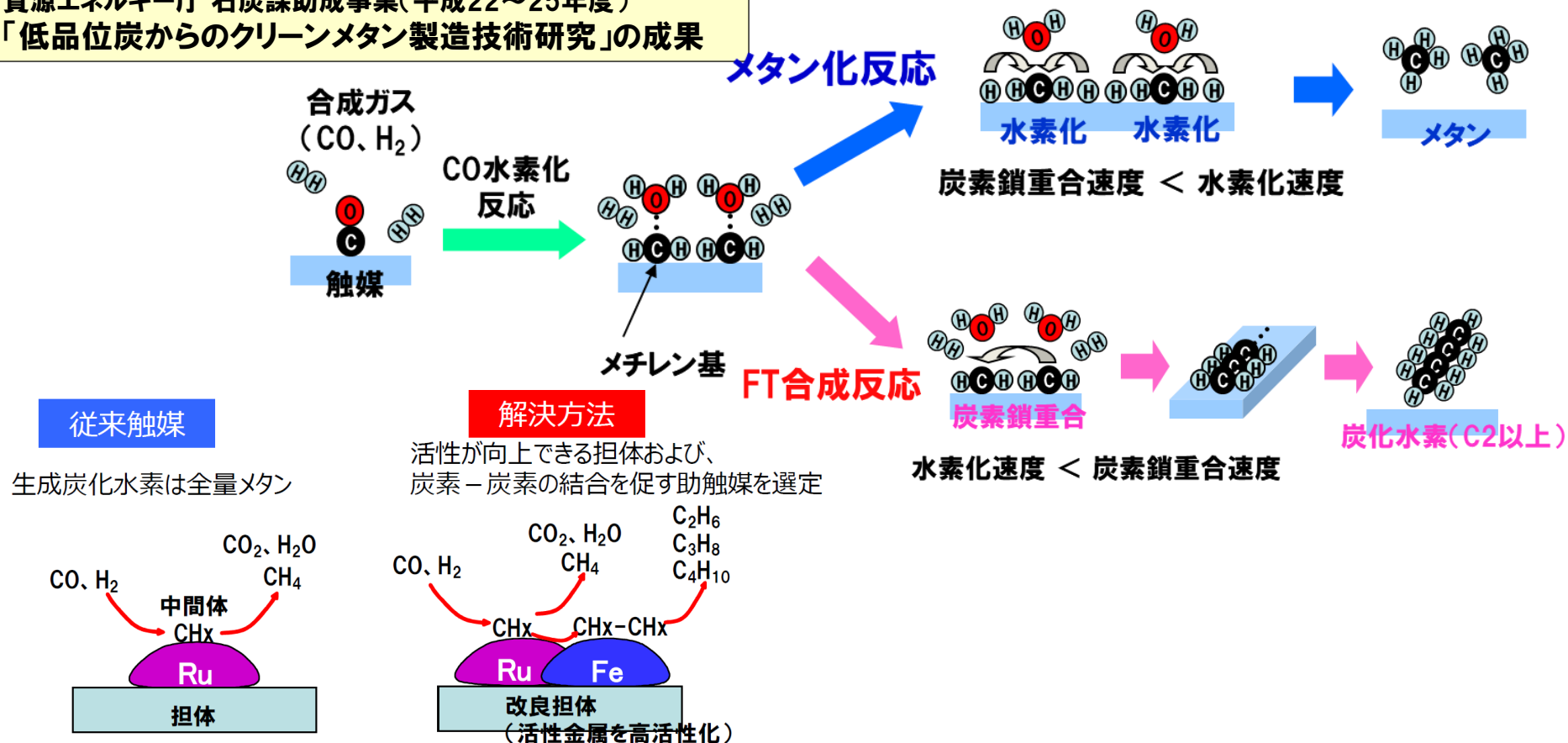
④ FT合成(フィッシャー・トロプシュ合成)反応



3. メタン+増熱成分併産への挑戦①

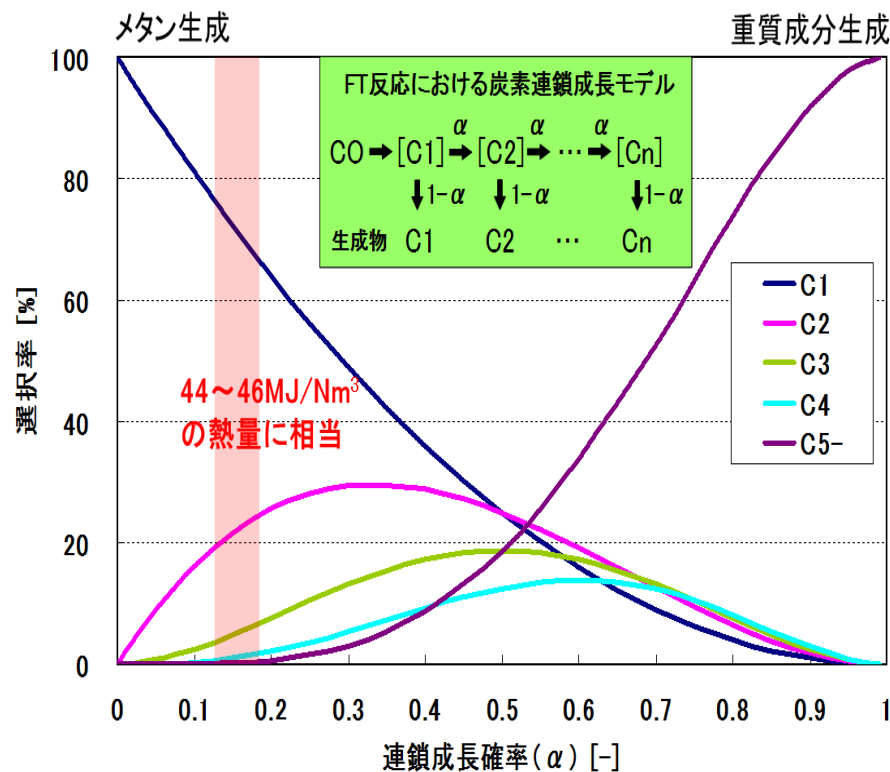
- 合成ガス(CO, H₂)から、メタンだけでなくC₂~C₄成分を併産する触媒の研究に挑戦。
- 触媒表面で生成するメチレン(-CH₂-)基の ①水素化(メタン化反応)と ②炭素鎖重合(FT合成反応)の両方を進行させる触媒(Light-FT触媒)による熱量制御の可能性を明らかにした。

資源エネルギー庁 石炭課助成事業(平成22~25年度)
「低品位炭からのクリーンメタン製造技術研究」の成果

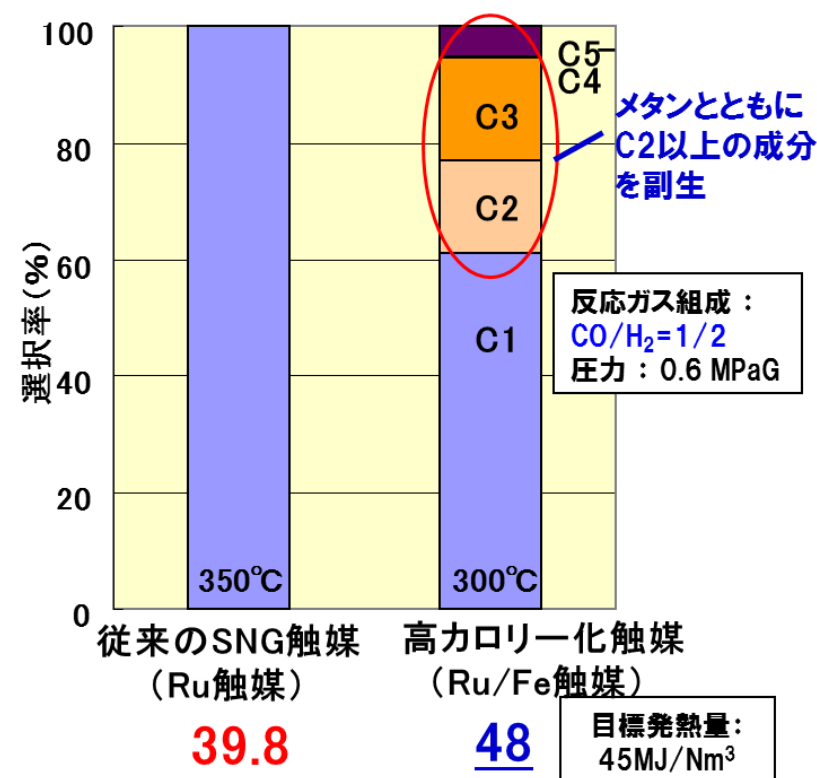


3. メタン+増熱成分併産への挑戦

- 合成ガス(CO, H₂)から、メタンだけでなくC₂~C₄成分を併産する触媒の研究に挑戦。
- 触媒表面で生成するメチレン(-CH₂-)基の ①水素化(メタン化反応)と ②炭素鎖重合(FT合成反応)の両方を進行させる触媒(Light-FT触媒)による熱量制御の可能性を明らかにした。



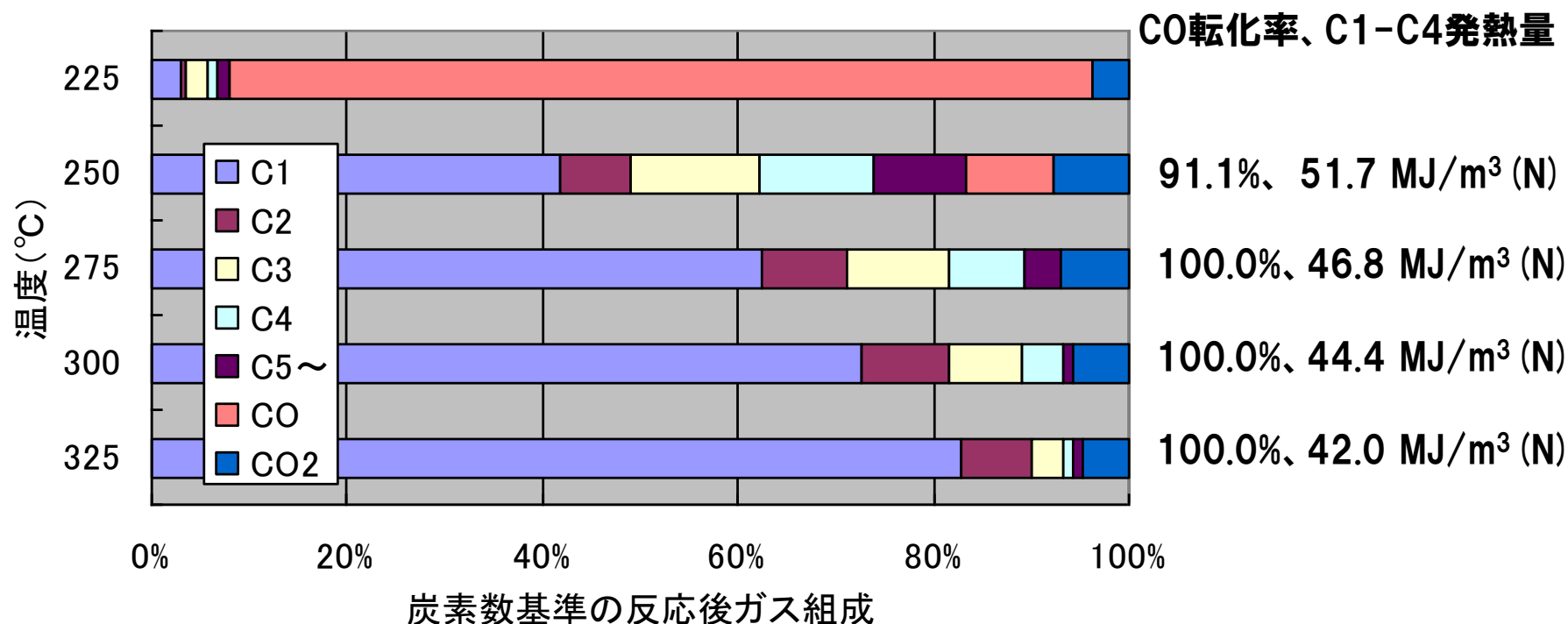
FT反応での生成炭化水素の理論分布(Schulz-Flory則)



従来SNG触媒と高カロリー化触媒の炭素成分選択率(低圧条件試験)

Ru/Fe系触媒のCO水素化反応温度依存性

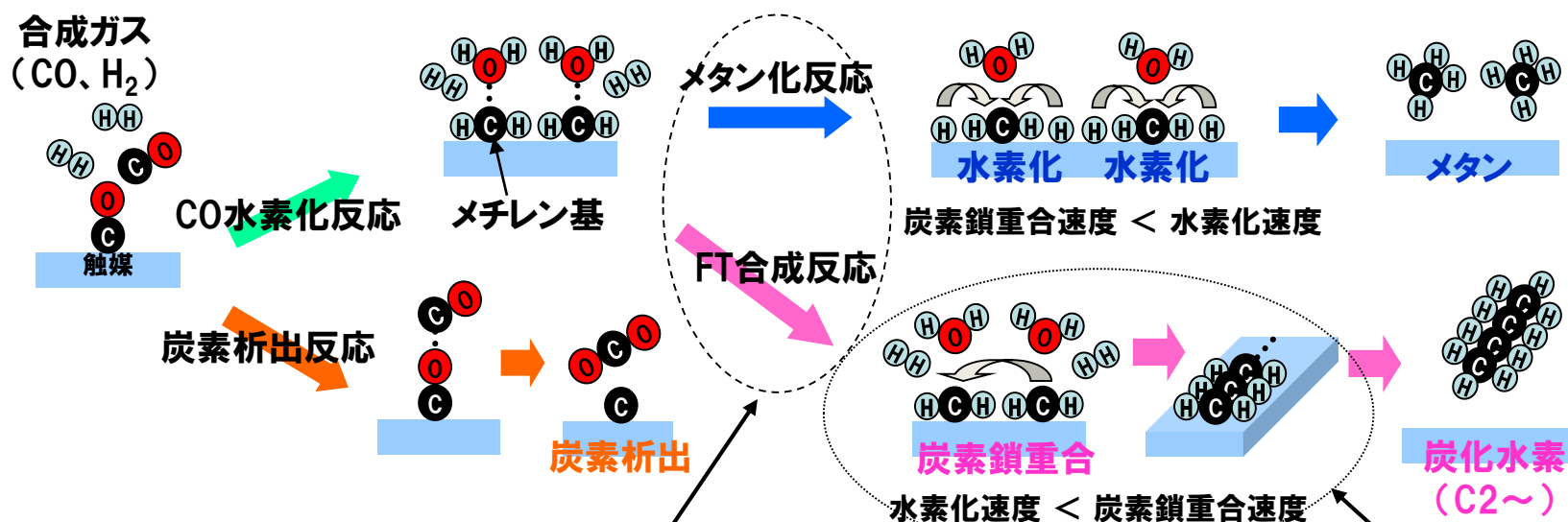
- 原料ガスの $H_2/CO=3$ 、 $S/C=1$ 、 $GHSV=4000/h$ の条件では、 $275^\circ C$ 以上でCO転化率が100%となった。
- いずれの温度でも、メタンとともにC2以上の炭化水素を併産することができた。なお、この反応での生成物には不飽和炭化水素は極微量しか含まれておらず、ほとんどが飽和炭化水素であった。
- 反応温度を上げると、メタン化反応が優勢となり、C2以上の生成割合は減少。



反応ガス組成=CO:12.4%, H_2 :37.2%, H_2O :12.4%, N_2 :バランス、 $GHSV=4000/h$ 、圧力=3.1 MPa

3. メタン+増熱成分併産への挑戦②

- C2～C4成分を主に併産する条件は見出しものの、C5以上の炭素鎖成長の完全な抑制が困難であり、触媒表面がC5～∞成分により覆われることなどにより、反応活性の低下が徐々に進行。
- 現在、触媒の改良と新規反応制御技術の適用などにより、C2～C4成分の選択的併産（C5以上の生成抑制）手法を研究中。



触媒仕様、反応条件により水素化速度と炭素鎖重合速度のバランスをコントロール

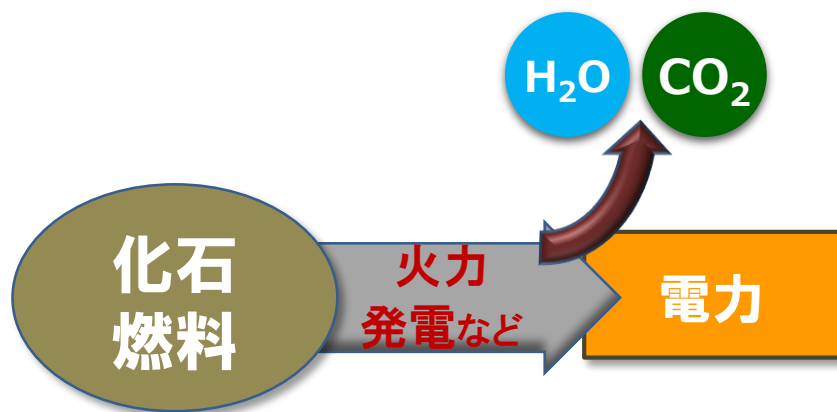
C5以上の生成を抑制する必要有り。

一般的には、炭素鎖の連鎖成長確率が連鎖数によらないため、鎖長の長い炭化水素の生成を完全に抑制することが困難。

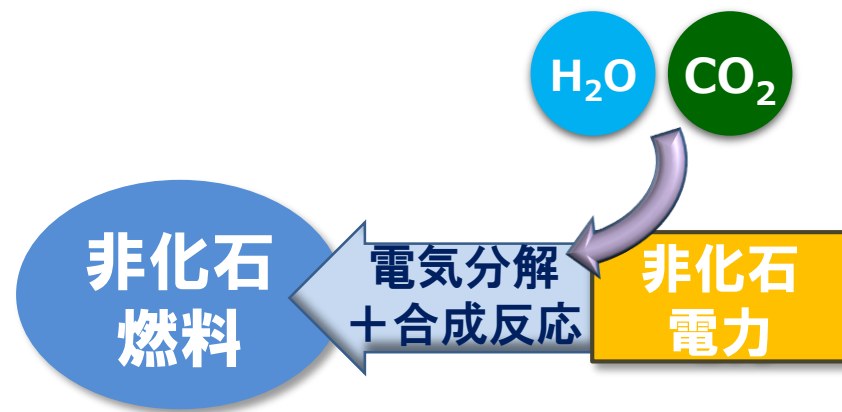
（ご参考）燃料と電力の関係のパラダイム転換

「化石燃料からCO₂等を排出し発電する時代」から
「非化石電力とH₂OやCO₂から非化石燃料・化学原料を合成する時代」へ

炭素社会



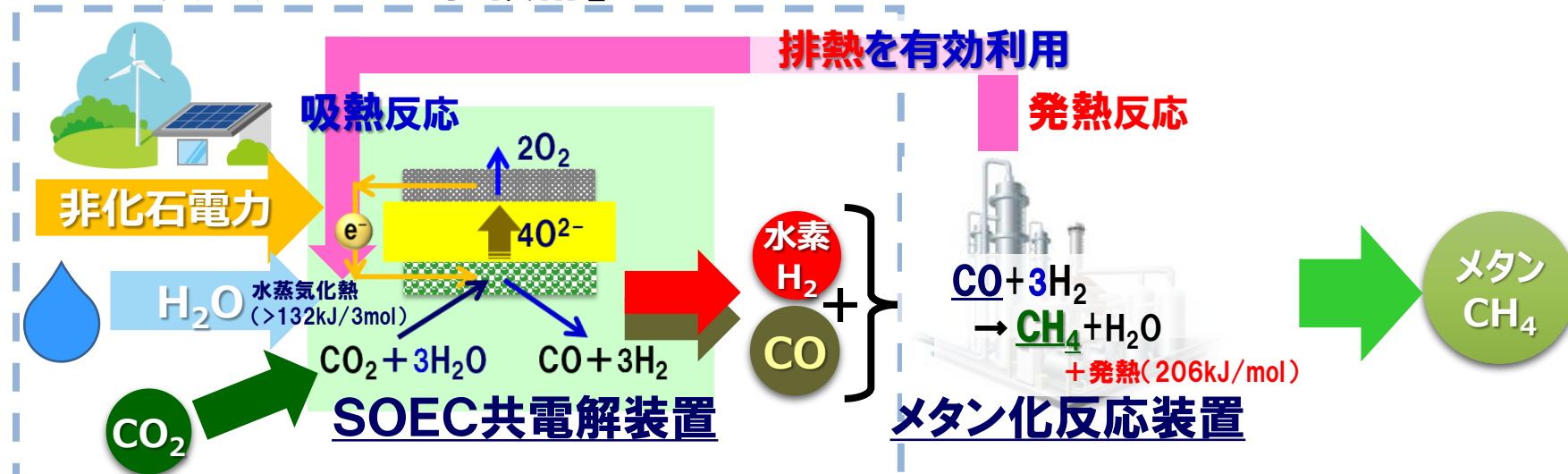
カーボンニュートラル社会



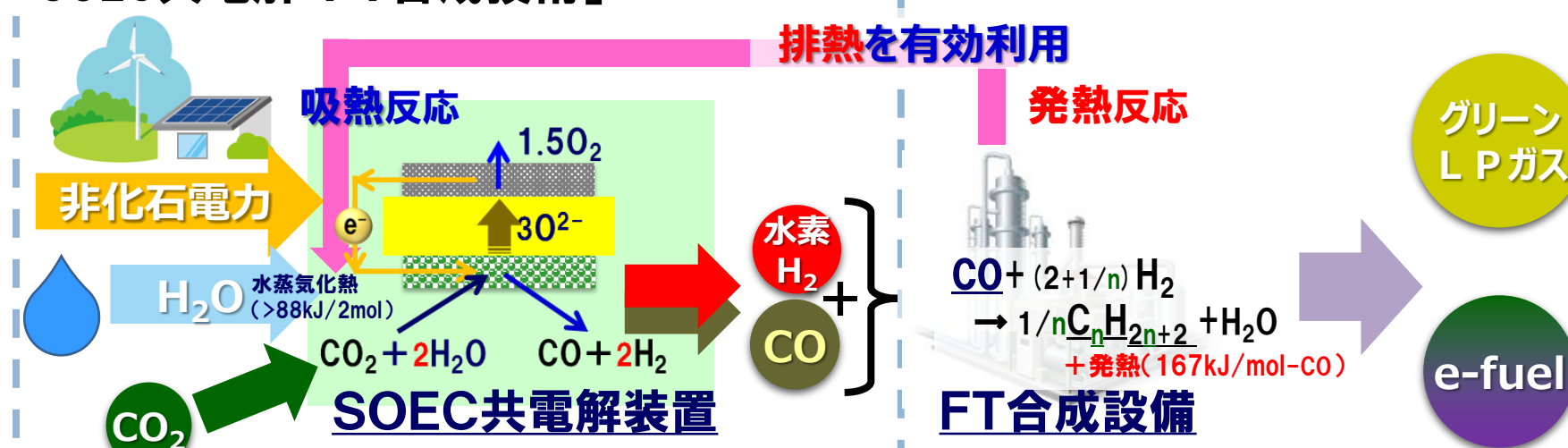
- ・ 日内変動大
→ 需給ミスマッチ
- ・ 貯めにくい
- ・ 高温熱利用に不適

4. 多様な燃料製造との連携の可能性について

「SOEC共電解・メタン化技術」



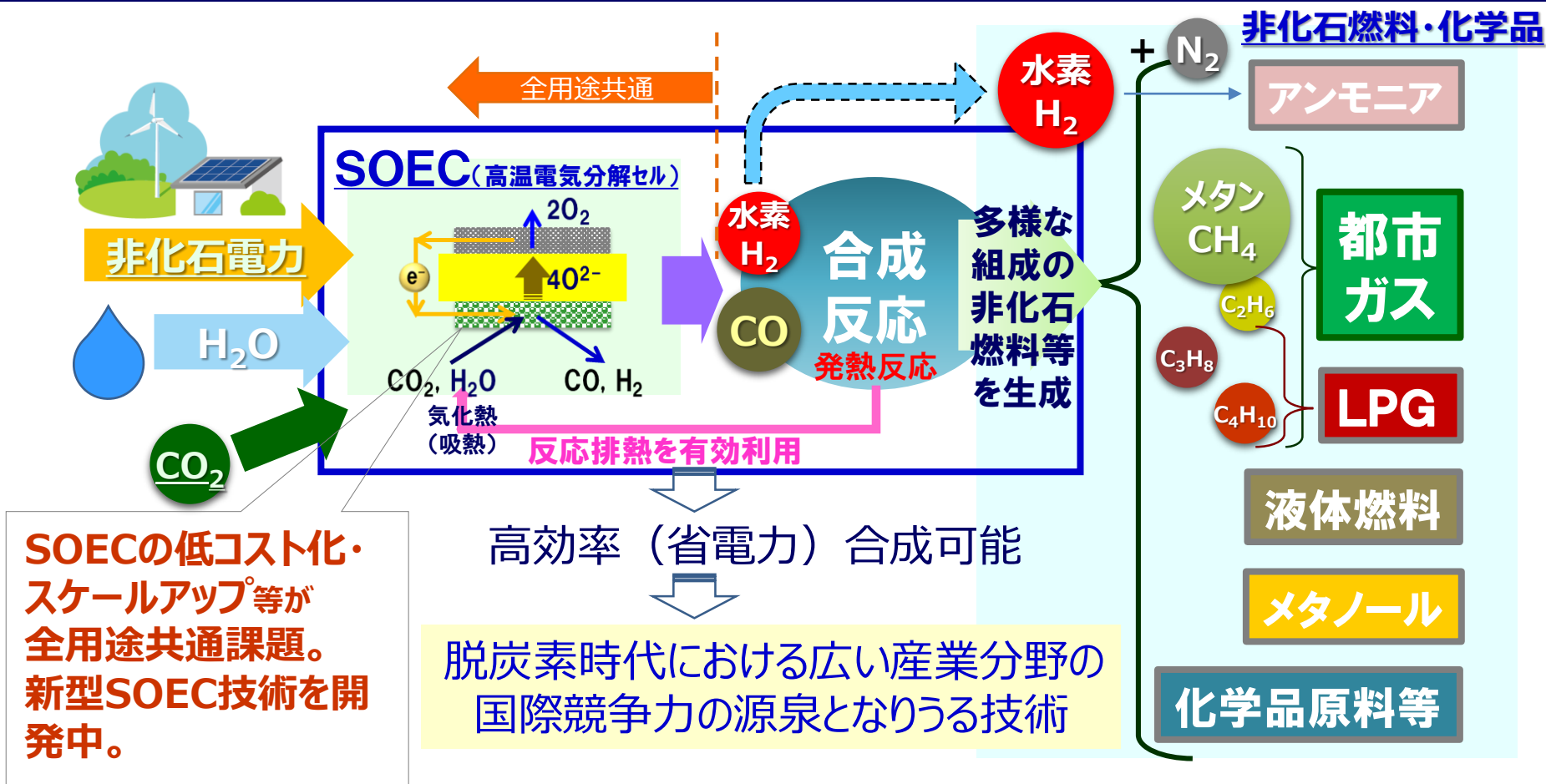
「SOEC共電解・FT合成技術」



共通技術領域

(参考) SOEC技術の産業上の広がり

当社にて低コスト化・スケールアップに適した新型SOEC技術を開発中。
都市ガス合成だけでなく、水素やアンモニア、液体燃料(ガソリン、ディーゼル油など)、アルコールなどの化学原料等の高効率合成にも展開可能。
他業界との連携も進めていきたい。





ミたことのない、
ライフ(暮らしとビジネス)を、
イノベーションしよう。

 大阪ガス


Daigas
Group

大阪ガスグループは、Daigasグループへ。