

「トランジションファイナンス」に関する ガス分野における技術ロードマップ（案）

2021年12月

経済産業省

目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none">・ ガス分野における技術ロードマップの必要性・ 技術ロードマップの目的・位置づけ
2. ガス事業について		<ul style="list-style-type: none">・ 日本におけるガスの位置づけ、重要性・ CO2排出量・ CNに向けた国内外の動向
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none">・ カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none">・ カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none">・ 本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none">・ 他分野との連携・ 本ロードマップの今後の展開

目次

1. 前提

2. ガス事業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

1. 前提 | ガス分野のロードマップの必要性

- トランジションファイナンスに関するロードマップ（以下技術ロードマップ）は、CO2多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に分野を選定している。
- **我が国の産業・民生部門の消費エネルギーの約6割は熱需要**であり、熱は国民生活に欠かせないもの。需要サイドに熱エネルギーを供給するガスは、**熱需要のある様々な産業・民生部門の基盤としての役割**を果たしている。
- 産業分野の高温域といった電化が難しい領域など産業・民生部門では**ガスの脱炭素化による熱の脱炭素化が貢献**し、また、燃料転換やガス利用機器の高効率化により他の分野（需要サイド）の**トランジション期のCO2排出削減にも貢献**するため、カーボンニュートラル社会の実現に向けては、**ガスは産業・民生部門において引き続きなくてはならない**分野。他方、ガスは需要サイドでの燃焼に伴い都市ガス由来で約8,900万トン、LPガス由来で約3,000万トンのCO2が排出されており、**ガス分野のネットゼロに向けた移行は不可欠**。
- 移行には**低炭素化に向けた燃料転換や省エネ設備の更新・導入等とともに、既存設備や関連機器の有効活用、脱炭素化に向けた合成メタン、合成LPガス、水素といった次世代の熱エネルギーの技術開発・実装と多額の資金調達が必要**となるため、国内外の技術を整理し、2050年までの道筋を描いた。
- 脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2020年時点で3,500兆円（35兆ドル：世界持続的投資連合調べ）規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。
- 日本のエネルギー事情やガス事業の特性も踏まえ、技術、金融の有識者およびガス分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本技術ロードマップを策定した。

1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ

- 本技術ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本方針」（2021年5月金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国ガス事業における企業が、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるものとして、策定するものである。
- 銀行、証券会社、投資家等に対して、当該企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の一助とするものである。
- 本技術ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本技術ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※¹やグリーン成長戦略※²、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画※³と統合的なものとなっている。
- 現時点において、ガス分野におけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。2050年に向けては未だ確立されていない技術の研究開発が不可欠であり官民一体となって取り組む。
- 我が国ガス事業においては、脱炭素技術の確立を待つことなく、本技術ロードマップも参考としつつ、脱炭素に向けた省エネやエネルギー転換などの「移行」に取り組むことが求められる。
- 他方、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、研究開発のみならず、引き続き燃料転換や省エネの取組や高効率化を進めていくことが何よりも重要。

※ 1 : <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai41/siryou1.pdf>

※ 2 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

※ 3 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/09/20210915001/20210915001-2.pdf>

(注) 「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ

- トランジション・ファイナンスの対象には、自社の低・脱炭素化に向けた設備や研究開発への投資だけでなく、他分野のトランジションに貢献する取組・活動、既存設備の解体・撤去費用、排出削減の取組により生じる他の環境や社会的な影響（事業撤退や廃炉等に伴う土壤汚染、雇用への影響等）への対応等も含まれる。
- これらの取組・活動は、脱炭素化に向けた社会経済全体に寄与する重要な要素である。一方で、極めて広範囲な取組・活動にわたることから、本技術ロードマップについては、主にガス分野における低炭素・脱炭素に向けた「技術」を取り扱う。

目次

1. 前提

2. ガス事業について

➤ 都市ガス

➤ LPガス

➤ 共通

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

2. ガス事業について（概要）

	都市ガス	LPガス
主な原料	天然ガス（LNG） P9	プロパン、ブタン P35
事業者数	193社 （旧一般ガス導管事業者）	約18,000社 （小売業者数）
供給区域	都市部中心、国土の6%弱	全国に供給可
主な供給方法	導管 P29	シリンダー、バルクタンクに充填
需要家件数	約3,000万件	約2,300万世帯 P35
年間供給量	約400億m ³ （約3,300万トン） P11 〔家庭用 23%、商業用 10%、 工業用 59%、その他 8%〕	約1,400万トン P35
CO ₂ 排出量	約8,900万トン／年 P12	約3,000万トン／年 P35
ライフサイクルにおける燃焼時の排出量の割合	84% P14	90% P35
石炭を100としたときのCO ₂ 排出割合	57 P9	67 P35
低炭素化	省エネ、燃料転換等 P26~33	P39~41
脱炭素化	合成メタン P18、23~25	グリーンLPG P42~43
	水素直接利用、バイオガス、 CCUS／カーボンリサイクル、クレジットによるオフセット 等	P45~52

2. ガス事業について

➤ 都市ガス

➤ LPガス

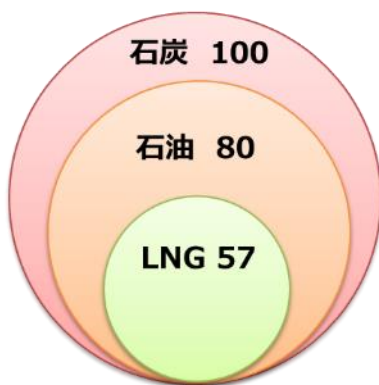
➤ 共通

2. ガス事業について（都市ガス） | LNGの日本における重要性

- 電力や都市ガスに用いられるLNG（液化天然ガス:Liquefied Natural Gas）は、他の化石燃料と比較してCO2排出量が最も少ない。
- LNG供給国は、中東・豪州・東南アジア・ロシア・米国など多角化しており、原油（中東依存度89%）に比較して供給途絶リスクは低い。
- 過去40年間で世界で最も拡大したエネルギー源が天然ガス。東京ガスと東京電力が1969年に輸入を開始したのが先駆けとなり、日本は世界一のLNG輸入国として、市場の拡大を牽引。近年は中国の需要が急増しており、早ければ2021年に日本を抜いて1位に。

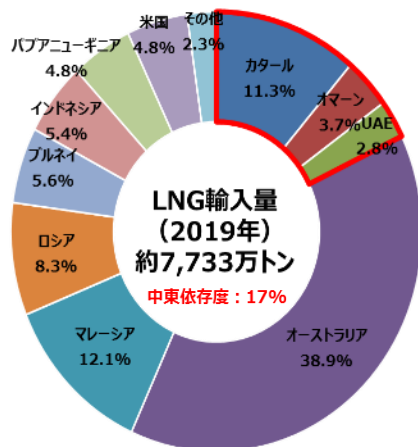
<燃焼時CO2排出量>

※石炭を100とした場合



出典：エネルギー白書2010

<日本のLNG調達先>



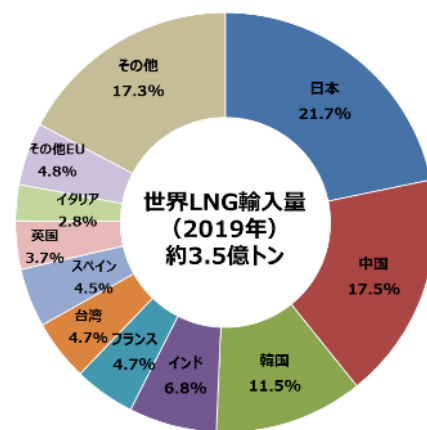
出典：貿易統計

<世界エネルギー供給の内訳の変遷>

	1970	1990	2010	2019
原油	46%	39%	33%	33%
天然ガス	18%	22%	24%	24%
石炭	30%	27%	30%	27%
原子力	0%	6%	5%	4%
水力	5%	6%	6%	6%
再エネ	0%	0%	1%	5%

出典：BP Statistics, Cedigaz (~2015), GIIGNL

<世界のLNG輸入量シェア>

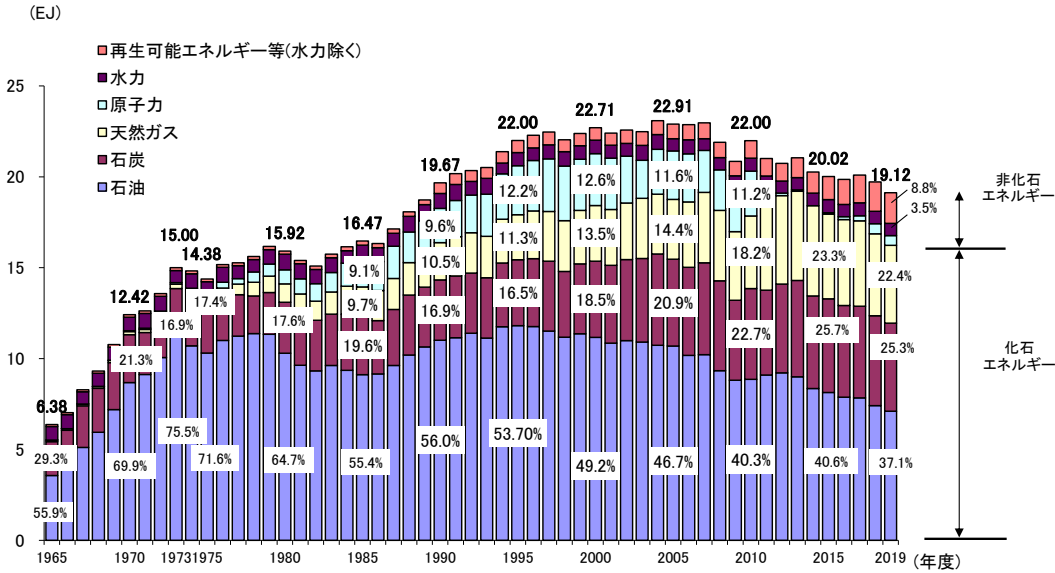


出典：BP統計2020より経産省作成

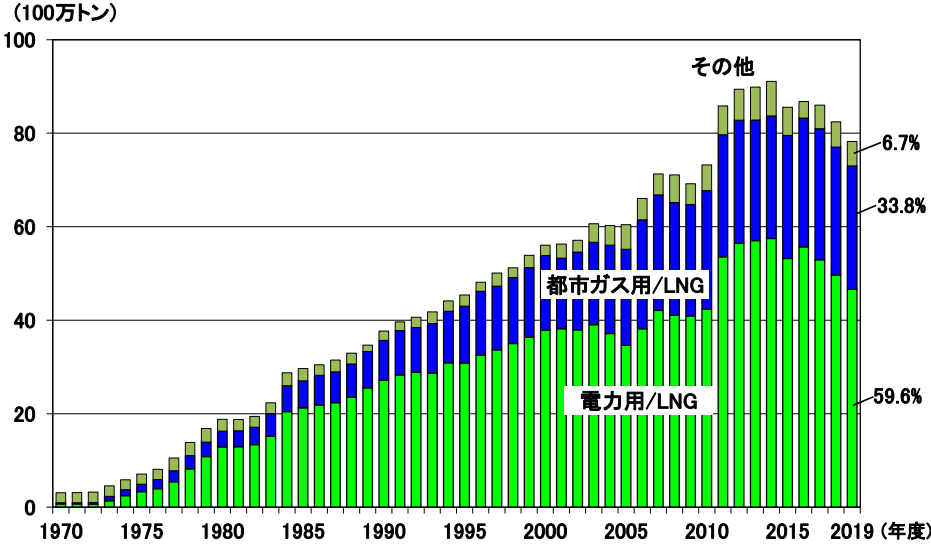
2. ガス事業について（都市ガス） | 一次エネルギー供給に占める割合

● 天然ガスは日本の一次エネルギー国内供給の約22%を占めており、その用途としては電力用が約60%、都市ガス用が約34%となっている。

＜一次エネルギー国内供給の推移＞



＜天然ガスの用途別消費量の推移＞

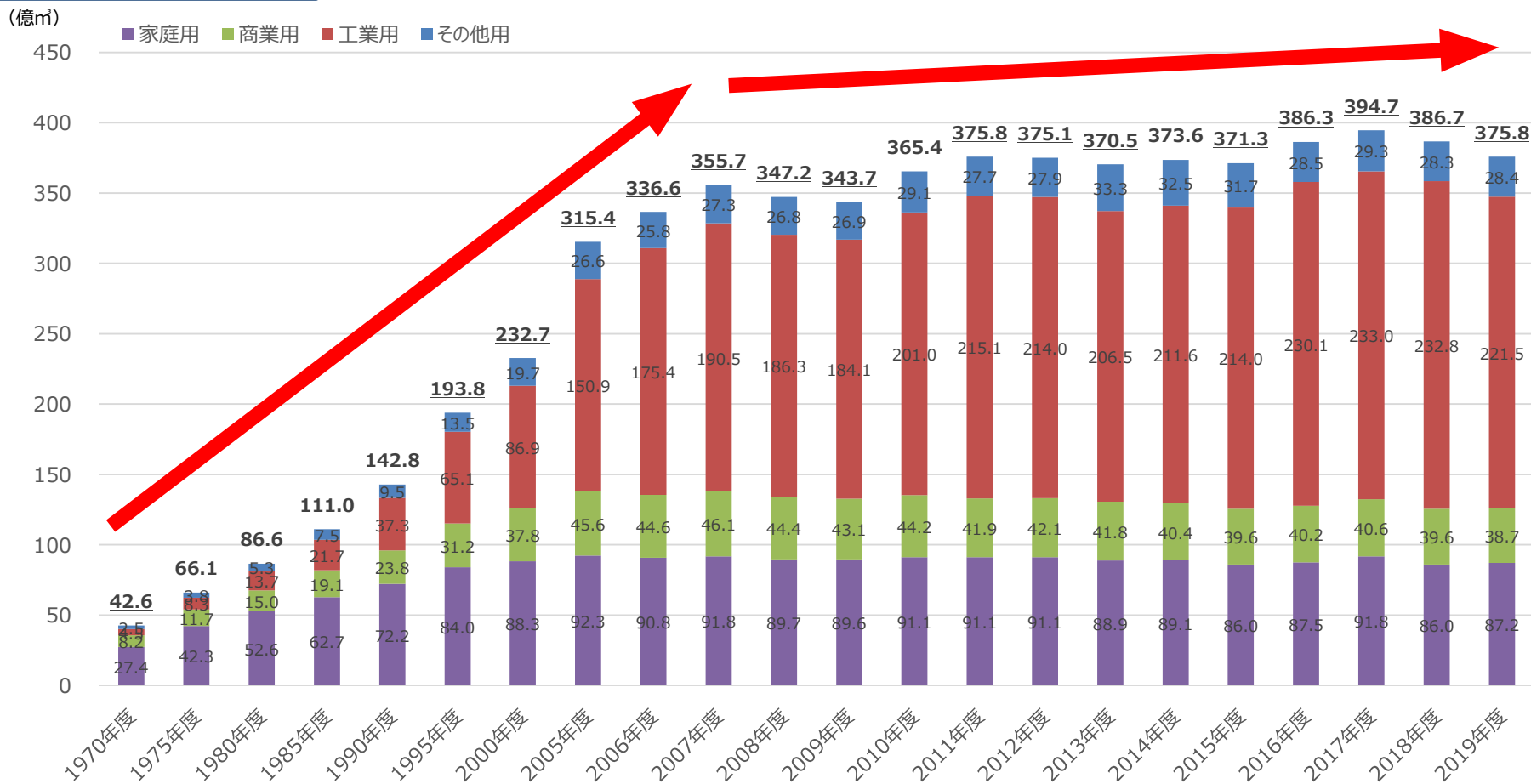


(出所) 経済産業省「エネルギー白書2021」

2. ガス事業について（都市ガス） | 都市ガス販売量の推移

- 都市ガス販売量は、2007年度までは右肩上がりで推移し、それ以降はゆるやかに漸増傾向。
- 用途別では、家庭用・商業用が漸減傾向にあるが、工業用が増加傾向にあり、全体的な漸増傾向の下支えとなっている。

都市ガス販売量の推移



2. ガス事業について | ガス分野のCO₂排出の現状

- 都市ガス供給量をCO₂排出量に換算すると約0.9億トンであり、日本のCO₂排出量の約1割。

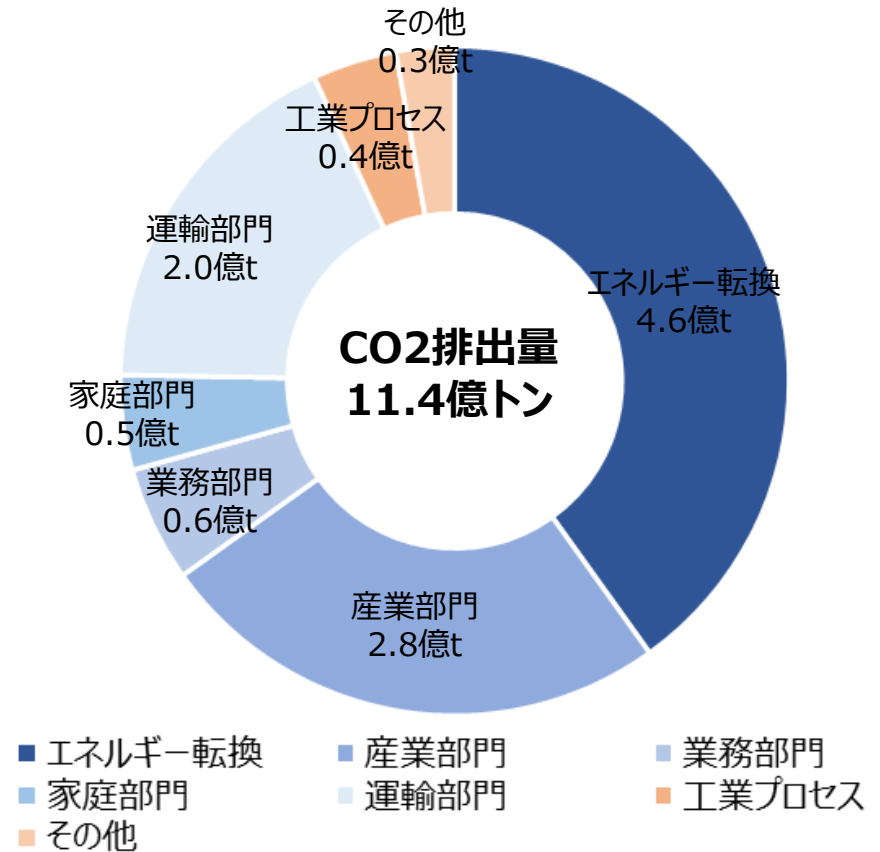
都市ガスのCO₂排出量 (換算値)

都市ガス年間販売量：約400億m³※1

都市ガスのCO₂排出量
2.23kg-CO₂/m³※2

CO₂排出量：約8,900万t-CO₂

日本のCO₂排出量 (2018)



(出所) GIO「日本の温室効果ガス排出量データ」より作成

※1 2019年度実績ベース

※2 環境省 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）サプライチェーン排出量とは

- サプライチェーン排出量とは、事業者自らの排出だけでなく、事業活動に関係するあらゆる排出を合計した排出量を指す。
- つまり原材料調達、製造・物流・廃棄など、一連の流れ全体から発生する温室効果ガス排出量のこと。

サプライチェーン排出量 = Scope1排出量 + Scope2排出量 + Scope3排出量



Scope1 : 事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)

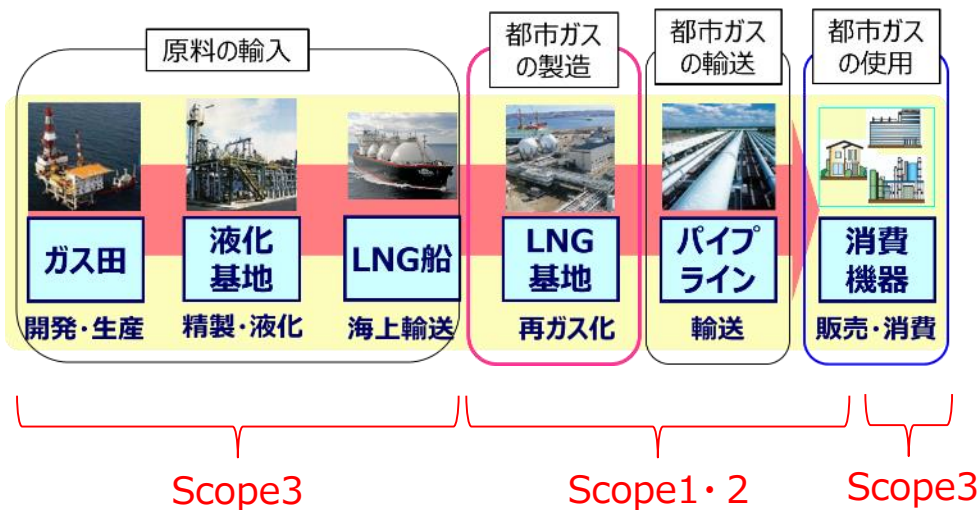
Scope2 : 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出

Scope3 : Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

2. ガス事業について（都市ガス） | 都市ガスのライフサイクル排出内訳について

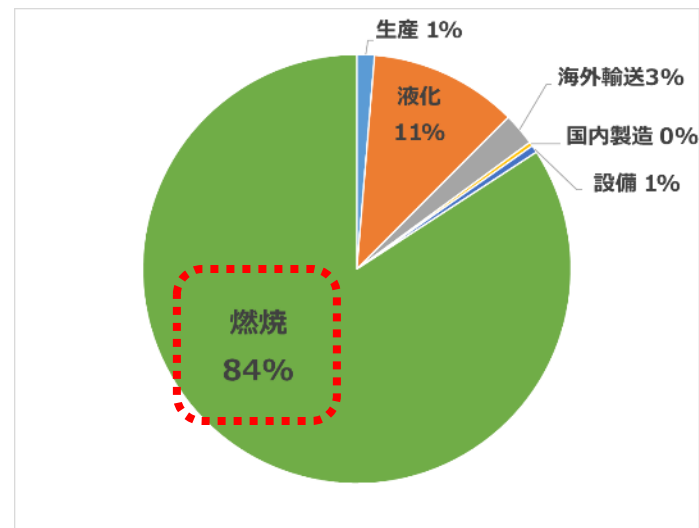
- 都市ガスのライフサイクル全体を見ると、温室効果ガスの多くは燃焼段階で排出されている。
- 都市ガス製造段階の排出削減に加え、脱炭素化されたガスへの転換などにより燃焼段階の排出削減を進めることが重要。

都市ガス事業のバリューチェーン



(出所) 日本ガス協会「低炭素社会実行計画2019年度実績報告」を基に経済産業省作成

温室効果ガス排出量の内訳



ライフサイクルの段階	生産	液化	海外輸送	国内製造	設備	燃焼	合計
温室効果ガス排出量 [g-CO ₂ /MJ] 【総発熱量ベース】	0.80	6.77	1.48	0.19	0.34	50.96	60.54

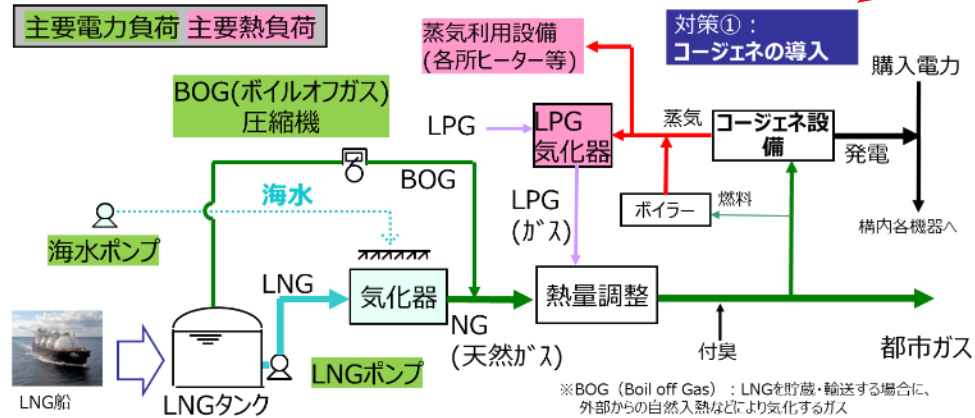
参考文献：「LNG及び都市ガス13Aのライフサイクル温室効果ガス排出量の算定」（エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集 2016）
※2020年7月追記

(出所) 日本ガス協会HPを基に経済産業省作成

2. ガス事業について（都市ガス） | 国内の事業活動における排出削減の取組

- 都市ガス製造工程において、LNGの冷熱を利用した発電（**冷熱発電**）の導入、**ガスコージェネレーションシステム**による排熱利用、自然エネルギーを活用した**海水式気化器**の導入等に取り組んでいる。

排出削減の取組（全体像）



コージェネレーション

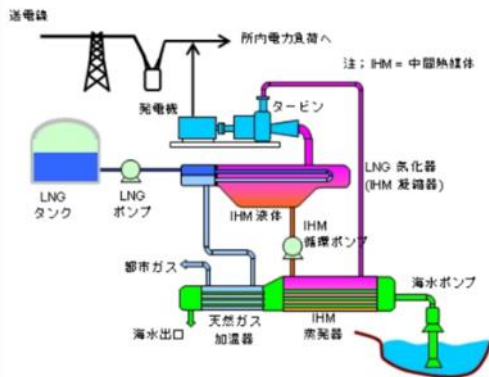
燃料より電力と熱を生産し供給するシステム。内燃機関（エンジン、タービン）や燃料電池で発電を行ってその際に発生する廃熱を有効活用する。

■コージェネレーションの概要



冷熱発電

LNGを気化する段階で、中間熱媒体を循環させ、冷熱を電力エネルギーとして回収して省エネルギーを図るシステム



中間熱媒体式 LNG 冷熱発電システム

出典：大阪ガスホームページ

対策②：LNGの冷熱利用

- ①冷熱発電
- ②BOG再液化装置での冷熱利用

対策③：設備の高効率化

- ①LNGポンプ高効率化
- ②海水ポンプVVVF増設
- ③隣接する廃棄物処理施設や発電設備の排熱をLNG気化に利用

対策④：運転の効率化

- ①LNGポンプの吐出量見直しによる運転時間削減
- ②構内スチームトラップ適正保守による蒸気排出量の抑制

2. ガス事業について（都市ガス） | ガス分野におけるCNに向けた動向

- 2021年6月に閣議決定された**成長戦略**や改訂された**グリーン成長戦略**において、ガスは成長が期待される産業として「**次世代熱エネルギー産業**」を位置づけ。

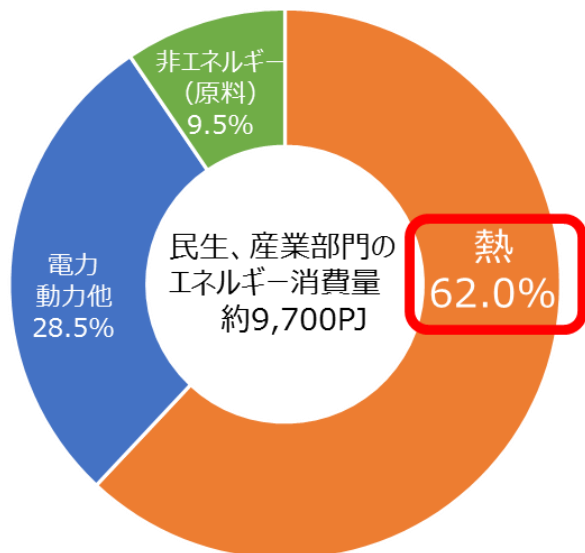
グリーン成長戦略（2021年6月）における次世代熱エネルギー産業の実行計画（概要）

③次世代熱エネルギー産業	
<p>◆ 産業・民生部門のエネルギー消費量の約6割は熱需要であり、熱は国民生活に欠かせないもの。供給サイドが需要サイドを巻き込みながら、熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化により熱需要の脱炭素化を進める。</p>	
現状と課題	今後の取組
<p style="text-align: center;">供給サイドのCN化</p> <p style="text-align: center;">合成メタン等の実用化・導入拡大が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化に向け、合成メタン、水素直接利用、クレジットでオフセットされたLNG、CCU/カーボンリサイクルなど様々な手段を追求することが必要。 この中で合成メタンは既存インフラ・設備を活用可能。これまで、メタネーションの基盤技術開発、より高効率な革新的技術の先導的基盤技術開発を実施。 メタネーションの設備大型化や高効率化の技術開発、水素とCO2を調達するサプライチェーンの構築、CNに資するCO2削減量のカウントの検討が課題。 <p style="text-align: center;">需要サイドの求める様々なエネルギー源の供給が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 再エネとガスコジェネ（分散型エネルギーシステム）をデジタル技術で制御し熱・電気を有効利用するスマートエネルギーネットワークなど、ガス事業者は需要サイドが求める熱・電気を供給する事業者に変わりつつある。 需要サイドの熱需要の脱炭素化等のニーズに対応するため、ガス事業者は、ガスを供給する事業者から、最適なエネルギー・サービスを提供する総合エネルギーサービス企業への転換が必要。アジアなど新市場を開拓できる可能性がある。 	<p style="text-align: center;">今後の取組</p> <p style="text-align: center;">ガスの脱炭素化の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> 2030年には既存インフラに合成メタンを1%注入、その他の手段と合わせ5%のガスのCN化、2050年には合成メタンを90%注入、その他の手段と合わせガスのCN化を目指す。 技術開発等の課題解決を図り、官民が一体となって取り組む官民協議会を立ち上げ。 アジアの脱炭素化に貢献。東南アジアの1割の天然ガス需要にメタネーション技術を導入できれば、5,000億円規模の投資。 2050年までに合成メタンを2,500万トン供給、現在のLNG価格(40~50円/Nm3)と同水準を目指す。 水素直接利用、クレジットでオフセットされたLNG導入、CCU/カーボンリサイクル等の推進。 <p style="text-align: center;">総合エネルギーサービス企業への転換</p> <ul style="list-style-type: none"> ガスコジェネ導入促進により、分散型エネルギーシステムを構築。デジタル技術の活用により、地域における最適なエネルギー制御を実現。 総合エネルギーサービス企業として、需要サイドのニーズを踏まえ、エネルギーの供給・マネジメント、設備メンテナンスなど総合的サービスや脱炭素化メニューを提供。ガス供給だけでは十分取り込めていない国内外の新たな市場を開拓。
<p style="text-align: center;">需要サイドのCN化</p> <p style="text-align: center;">トランジション期の燃料転換が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> トランジション期の低炭素な天然ガスへの燃料転換等が重要。メタネーション技術が確立すれば、合成メタンが天然ガスを代替することで円滑な脱炭素化が可能。 メタネーション技術確立前も、水素直接利用、クレジットでオフセットされたLNG、CCU/カーボンリサイクルなど様々な手段を追求することが必要。 <p style="text-align: center;">継続的なレジリエンス向上が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> ガス導管は高いレジリエンス。継続的取組が更なるエネルギー安定利用につながる。 停電時に対応可能なガスコジェネ普及により、災害時も社会経済活動を維持できる。 <p style="text-align: center;">地方創生・SDGsへの貢献、地域の脱炭素化の促進が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 多くのガス事業者は地域に根ざす。人口減少・少子高齢化の中、地方創生・SDGsへの貢献、再エネ・水素など地域資源活用による地域の脱炭素化の担い手として役割を果たしていくことが必要。 	<p style="text-align: center;">燃料転換を通じた脱炭素化の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> トランジション期の天然ガスへの燃料転換等を進める。トランジション・ファイナンスの促進、2021年度中にガスを含めた分野別ロードマップの策定。 地域での水素直接供給のネットワーク形成や課題検討、クレジットでオフセットされたLNGの導入促進、CCU/カーボンリサイクル技術の実用化等に取り組む。 <p style="text-align: center;">更なるレジリエンス向上の推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ガスインフラの継続的なレジリエンス強化、デジタル技術を活用した更なるレジリエンス強化。 ガスコジェネ導入促進により、分散型エネルギーシステムを構築。デジタル技術の活用により、地域における最適なエネルギー制御を実現。 <p style="text-align: center;">地域への貢献を通じたエネルギーの安定供給の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> ガス事業者が、地方自治体や同業種・他業種と連携し、次世代熱エネルギー供給を主体的に推進。大手ガス事業者・業界団体・行政のサポートを通じて、地域貢献や経営基盤強化を進める。

2. ガス事業について（都市ガス） | ガスの脱炭素化による熱の脱炭素化の重要性

- 日本の民生・産業部門における消費エネルギーの約6割は熱需要。産業分野の高温域といった電化が難しい領域なども存在。
- 2050年カーボンニュートラル実現に向けては、熱需要の脱炭素化を実現することが重要。需要サイドに熱エネルギーを供給するガスの脱炭素化が大きな役割を果たす。

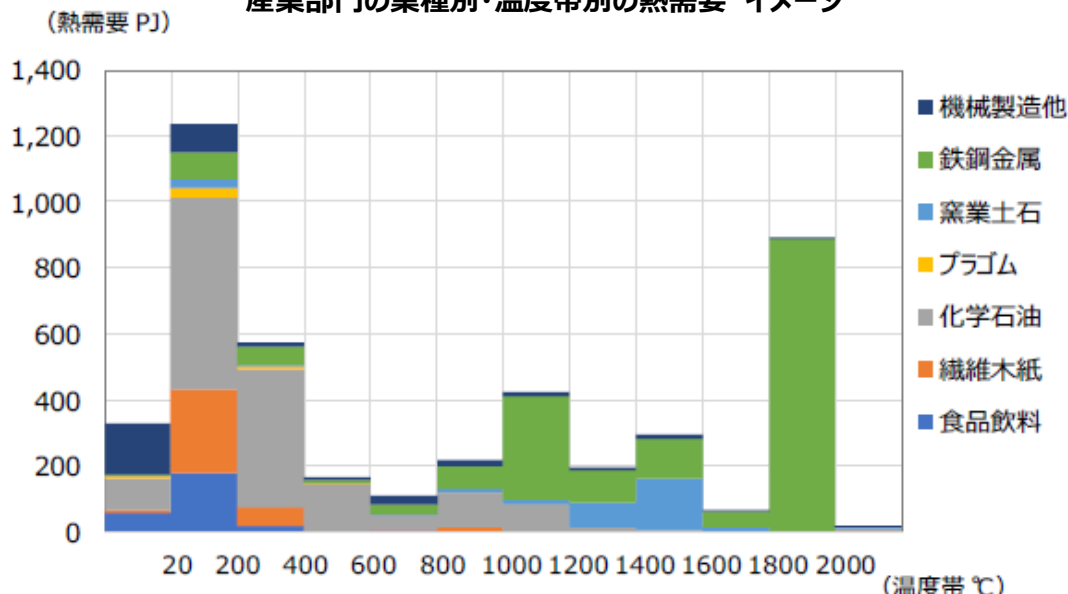
民生、産業部門の用途別エネルギー消費量



(出典) 2020年エネルギー白書を基に日本ガス協会作成

- 産業部門の熱需要は低温帯から高温帯まで多岐にわたる。
- 例えば、鉄鋼業のような高温帯が必要な業種における熱需要は、電気では経済的・熱量的にも供給することが難しい。化学分野は幅広い温度帯を活用しているが、石油化学のように高温帯を扱う分野では既存の大型設備で適用できる電化設備は存在しない。

産業部門の業種別・温度帯別の熱需要 イメージ



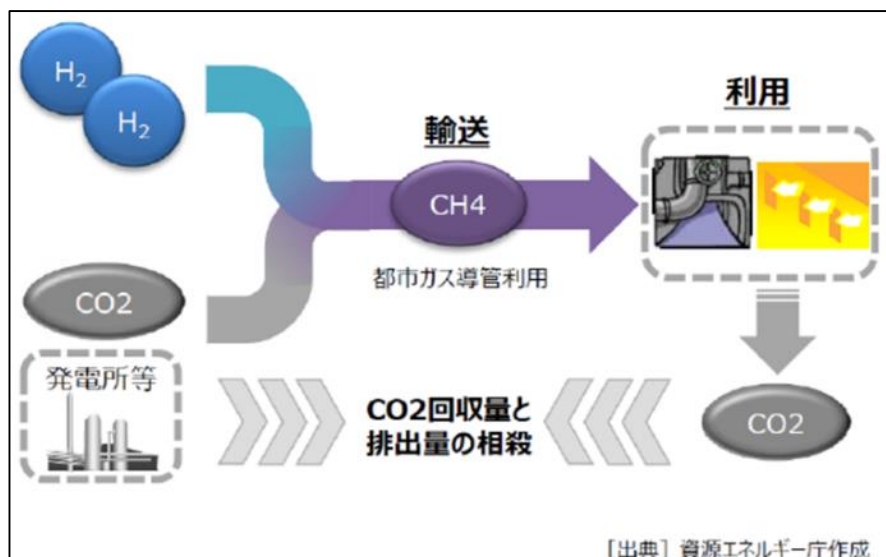
(出典) 平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査

(出典) 令和3年1月27日第36回基本政策分科会資料

2. ガス事業について（都市ガス） | 合成メタン／メタネーション

- 合成メタンは、水素とCO2から人工的に合成（メタネーション） することができるため、再エネ由来等の水素と回収したCO2を利用すれば、カーボンニュートラルに資すると考えられる。
- また、合成メタンは、都市ガスの主成分であるメタンを代替できるため、都市ガス導管等の既存インフラ・既存設備を有効活用できるなど、熱需要の脱炭素化に向けて大きなポテンシャルを有する。

メタネーションのイメージ



【出典】平成30年2月19日 エネルギー情勢懇談会(第6回)

メタネーションの意義

- メタネーションは3 Eの観点から大きな意義がある。

環境適合 (Environment)

- ✓ カーボンリサイクルしたメタンを都市ガス等として供給することにより脱炭素化を図る

経済効率 (Economic Efficiency)

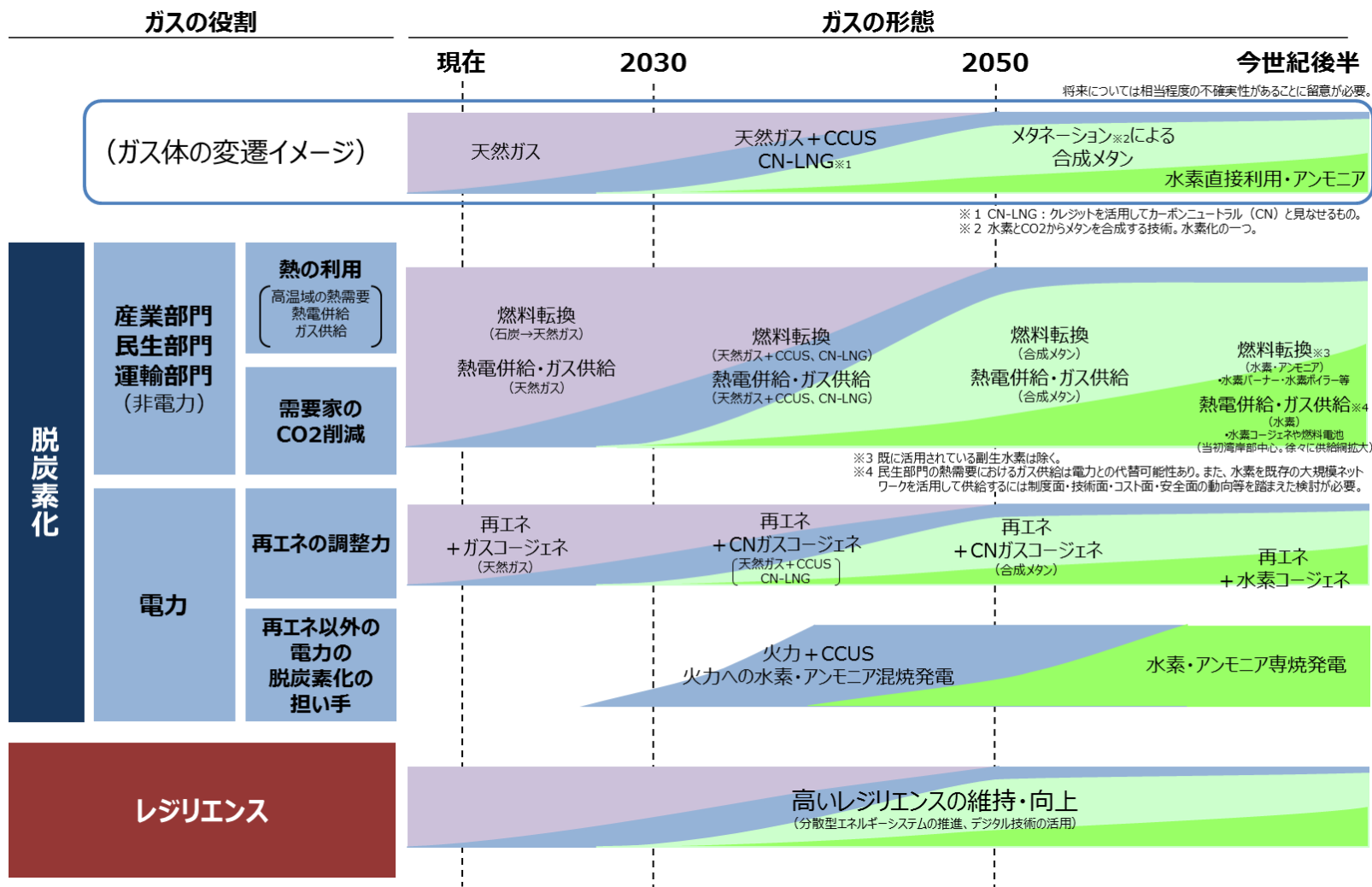
- ✓ 既存インフラ・既存設備の活用による投資コストの抑制

安定供給 (Energy Security)

- ✓ 電力以外のエネルギー供給の確保
- ✓ 高い強靭性を有する既存インフラ等を活用可能

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）ガス体の変遷イメージ

- 非電力部門の脱炭素化について、トランジション期において燃料転換による天然ガス利用を進めながら、2050年に向けてメタネーションや水素直接利用の導入拡大を進めていくことを想定。



2. ガス事業について（都市ガス） | グリーン成長戦略における2050年に向けた目標

- グリーン成長戦略において、ガスのカーボンニュートラル化達成に向けた目標を設定。
- 合成メタンを中心として、水素直接利用、クレジットでオフセットされたLNG、CCU／カーボンリサイクル等を推進することで、ガスのカーボンニュートラル化を目指すとともに、合成メタンの供給コストの低減を目指す。
- 日本ガス協会も同じ目標を掲げており、官民一体となって実現に取り組んでいく。

グリーン成長戦略における目標

年間導入量

2030年：既存インフラへ合成メタンを1%注入。

その他の手段※と合わせて5%のガスのカーボンニュートラル化

2050年：既存インフラへ合成メタンを90%注入。（2,500万トン）

その他の手段※と合わせてガスのカーボンニュートラル化

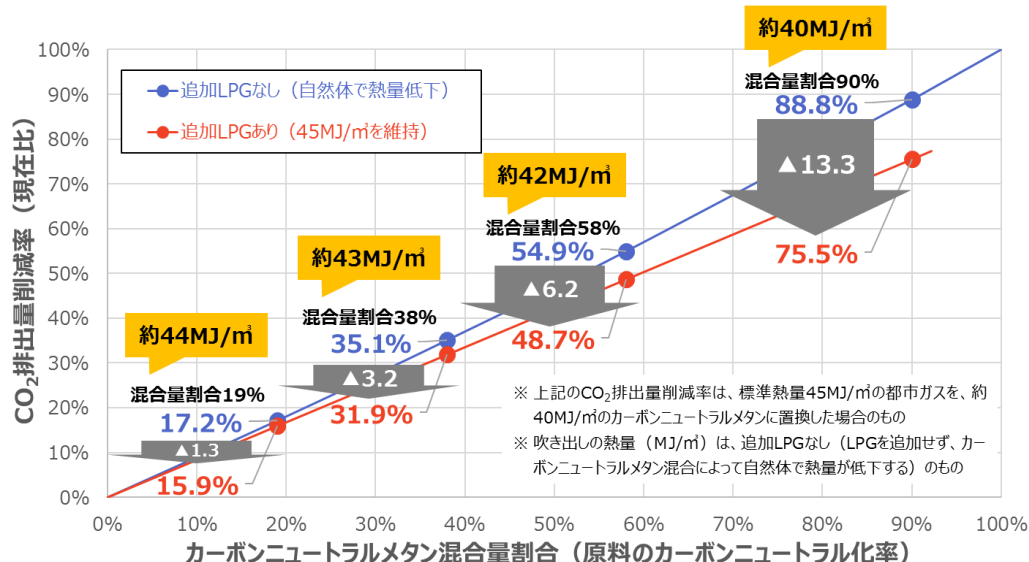
※水素直接利用、クレジットでオフセットされたLNG、CCU／カーボンリサイクル等

供給コスト

2050年：合成メタンの価格が現在のLNG価格（40～50円/Nm³）と同水準

- 合成メタンの混合量割合増加に伴い、LPGを追加して増熱しなければ、現行45MJ/m³の都市ガスの熱量は下がっていく。
- このため、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた最適な熱量制度について、ガス事業制度検討WGで検討が行われ、現時点では移行期間を15～20年として、2045～2050年に標準熱量を40MJ/m³へ引き下げることが合理的であるとされた。

合成メタン混合量割合とCO₂排出量削減率の関係



出典：第6回2050年に向けたガス事業の在り方研究会（令和3年2月24日）日本ガス協会説明資料

ガス事業制度検討WGポイント（令和3年3月16日）

- メタネーションによる合成メタン等のCNガスを増熱せずに既存のガス導管に注入することが可能となる標準熱量制（40MJ/m³）へ移行することとしつつ、同時に、将来的に安定的かつ安価にCNなガスの供給を可能とする技術の導入・拡大を可能とすべく、2050年CNを実現するためのガス体エネルギーのポートフォリオの検討は継続的に行っていく必要がある。
- 移行コストを抑えるため、移行期間を15～20年とすることとし、現時点では2045年～2050年に標準熱量の引き下げを実施することとして、事前の検証を行った上で2030年に移行する最適な熱量制度を確定する。
- CNを実現する最適な熱量制度への移行を着実に進めるため、ガスの低炭素化効果（CN化率）等といったマイルストーンを設定し移行までの進捗状況を確認していく。
- 移行する最適な熱量制度についてはエネルギー政策全体における都市ガス事業の位置づけや今後の技術開発動向、家庭用燃焼機器の対応状況等を踏まえ、必要に応じて2025年頃に検証を行う。

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）日欧米の取組の方向性

- ガス体エネルギーにおけるグリーン水素の利用という観点では、日欧米は、いずれもガスパイプライン等の既存のガスインフラの活用を指向。
- 水素利用の形態として、日本は合成メタンや水素直接利用を、欧州は水素混合や水素直接利用、合成メタンを想定。

	日本	欧州	米国
水素利用の形態	<ul style="list-style-type: none"> ● 合成メタン ● 水素直接利用 <small>※個別地域における混合利用は排除していない。</small>	<ul style="list-style-type: none"> ● 水素混合 ● 水素の直接利用 ● 合成メタン 	<p><輸送・貯蔵></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 既存の天然ガス・都市ガスのパイプライン等を用いた水素又は水素混合物の輸送・貯蔵。 <p><利用></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 産業：CO₂とグリーン水素を反応させた、メタノールや再生可能天然ガスのような汎用性が高いネット・ゼロ・カーボン燃料のオプションを提供するe-fuel製造。 ● コージェネ等定置型発電設備：水素直接利用、天然ガスへの水素混合（既存インフラ・機器への適合性評価、高い水素混合割合（最大100%）に対応するバーナー開発等が必要）
その他のガス	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオガスの利用 ● オフセットした天然ガスの利用 	<ul style="list-style-type: none"> ● バイオガス、バイオメタンの利用 ● CCUSと天然ガスの利用 	
内訳	<p>2050年</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 合成メタン：90% ● 水素直接利用：5% ● バイオガス： ● オフセットした天然ガス： ● その他： <p style="text-align: right;">} 5%</p>	<p>2050年のエネルギーミックスにおけるガス体エネルギーの割合20%。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 再生可能・低炭素ガス：2/3 <ul style="list-style-type: none"> ・水素 ・バイオガス、バイオメタン ・合成メタン ● CCUSと天然ガス：1/3 	
出典	グリーン成長戦略	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogen and Gas markets Decarbonisation Package (Combined Evaluation Roadmap/Inception Impact Assessment) • Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen • Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the internal markets for renewable and natural gases and for hydrogen (recast) 	Department of Energy Hydrogen Program Plan

2. ガス事業について（都市ガス） | サバティエ反応によるメタネーションの技術開発動向

- メタネーションの技術としては、水素とCO₂から触媒反応によりメタンを合成するサバティエ反応（ $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ ）が知られており、我が国は世界で初めて合成メタン製造に成功（1995年）。
- 現在、サバティエ反応によるメタネーションの実用化に向けて基盤技術開発の段階であり、今後、サバティエ反応によるメタネーションの設備大型化に向けた技術開発・実証が行われていく予定。

技術開発の事例



8Nm³/h級のメタネーション試験装置

【概要】

- INPEXが日立造船の触媒・反応器等を活用し、NEDO事業で2017～2021年度に試験を実施。
- 技術開発（反応制御、触媒活性化、装置試験）の目標達成。



そうまIHIグリーンエネルギーセンター



12.5Nm³/h級のメタネーション試験装置

【概要】

- IHIが自社で触媒・反応器等の開発を行い、2020年度に12.5Nm³/h級の試験を実施。
- 技術開発（触媒・反応器の性能確認、システム運用の確認）の目標達成。

出典：メタネーション推進官民協議会（第1回、第2回）の資料を基にエネ庁作成

出典：2021年10月21日 産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換ワーキンググループ 資料2

2. ガス事業について（都市ガス） | 革新的技術によるメタネーションの技術開発動向

- **グリーンイノベーション基金事業**（GI基金事業）として、国の審議会※において、高効率にメタン合成でできる可能性がある**革新的技術に関する研究開発・社会実装計画案を審議中**。
- **今後、研究開発・社会実装計画に基づいた研究開発が進められていく予定**。

※産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換ワーキンググループ

革新的技術によるメタネーション（例）

		SOEC/メタン合成連携反応を用いたメタネーション	水電解/低温サバティエ連携反応を用いたメタネーション	PEMを用いたメタネーション
イメージ				
特徴	原料	●水とCO ₂	●水とCO ₂	●水とCO ₂
	反応方法	●電気化学反応	●電気化学反応	●電気化学反応
	温度	●高温（700℃程度）	●低温（200℃程度）	●低温（80℃程度）
メリット		<ul style="list-style-type: none"> ●水素の調達不要 ●高効率（排熱を有効利用） 	<ul style="list-style-type: none"> ●水素の調達が不要 ●高効率（排熱を有効利用） 	<ul style="list-style-type: none"> ●水素の調達が不要 ●設備コスト低減可能（1段階の反応でメタン合成） ●低温のため大型化が容易
総合効率※		85%	80%	60%
コスト		●高	●中	●低
課題		<ul style="list-style-type: none"> ●高温電解に必要なセル開発 ●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上 ●高温で一連の反応を連続するシステムの構築 	<ul style="list-style-type: none"> ●水電解に必要なセル開発 ●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上

※公表情報より資源エネルギー庁試算。

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）メタネーション推進官民協議会

- 合成メタンの社会実装に向けては、**技術開発**に加えて、水素コストが相対的に安価な海外で生成した合成メタンを国内に輸送するといった**サプライチェーンの構築**や、カーボンニュートラルに資する方向での**CO2のカウントの検討**などが必要。
- これらの課題への取組を推進するため、2021年6月、供給側・需要側の民間企業や政府など関係する**様々なステークホルダーが連携して取り組むメタネーション推進官民協議会を設置**。**官民が一体となって取組を推進**していく。

メンバー

供給側：**ガス**（日本ガス協会、東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、INPEX）、**電力**（東京電力、JERA、関西電力）
エンジニアリング（IHI、日立造船、日揮、千代田化工、三菱重工業）

需要側：**鉄**（日本製鉄、JFEスチール）、**自動車**（デンソー、アイシン）、**セメント**（三菱マテリアル）

サプライチェーン：**船**（商船三井、日本郵船）、**商社**（住友商事、三菱商事、シエルジャパン）

研究機関：日本エネルギー経済研究所、CCR研究会/産業技術総合研究所、NEDO

金融：日本政策投資銀行、JOGMEC

学識者：山内弘隆(一橋大学名誉教授)、秋元圭吾(RITE主席研究員)、橘川武郎(国際大学副学長)

※いずれも総合エネ調基本政策分科会委員

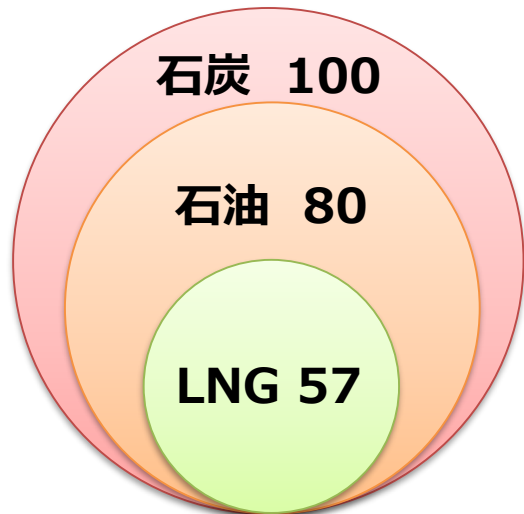
政府：経済産業省、資源エネルギー庁、国土交通省、環境省

2. ガス事業について（都市ガス） | 天然ガスへの燃料転換等

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けて、メタネーション等が実用化するまでの間をどのように繋げていくかが重要であり、**トランジション期においては熱需要の低炭素化を進めていくことが重要**。
- 天然ガスは化石燃料の中でCO2排出量が最も少なく、熱需要の低炭素化のためには、**石炭・石油から天然ガスへの燃料転換や高効率機器の導入が有効**。既に**燃料転換等する事業者も存在**しており、**他の分野（需要サイド）の排出削減に貢献**。
- メタネーションが実用化すれば**合成メタンが天然ガスを代替**できるため、**将来的な脱炭素化に繋がる**。

燃焼時CO2排出量

※石炭を100とした場合



出典：エネルギー白書2010

燃料転換等の事例

旭化成株式会社



石炭火力発電

燃料転換

天然ガス火力発電
(ガスコージェネレーション)
CO2削減量：年間16万トン
2022年運転開始予定

昭和産業株式会社



石炭ボイラー

燃料転換

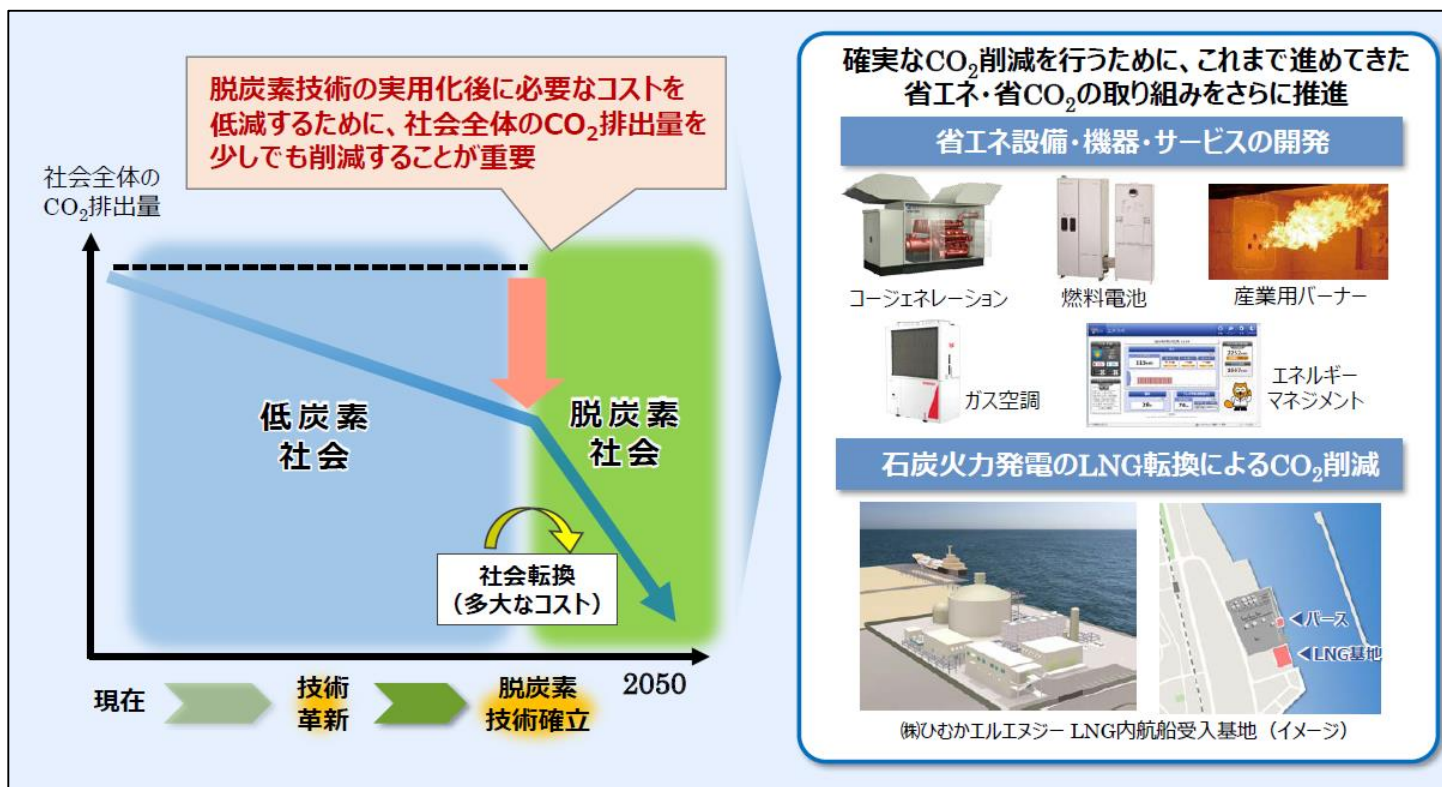
ガスコージェネレーション
CO2削減量：年間6万トン
2021年9月より稼働

出典：公表情報より資源エネルギー庁作成

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）トランジション期の低炭素化の重要性

- **革新的な技術の確立を待って脱炭素化を図る場合**、技術確立が不透明であるとともに、技術確立が達成されたとしても**脱炭素化への転換時に多大なコスト**が生じることとなる。
- トランジション期における**燃料転換や省エネ・省CO₂化の取組により社会全体の低炭素化を進めることで、脱炭素化への転換コストを削減**していくことが重要。

カーボンニュートラルを見据えた確実なCO₂削減の取り組み



出典：Daigasグループ カーボンニュートラルビジョン（令和3年1月25日）

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）需要サイドのCO2削減貢献

- 天然ガスへの燃料転換など熱の低炭素化を進めていくことでガス需要が増加するため、都市ガス由来のCO2は、供給サイドでは増加するものの、需要サイドの削減に貢献する。

クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本方針（抜粋）

2. 各開示要素への具体的対応方法

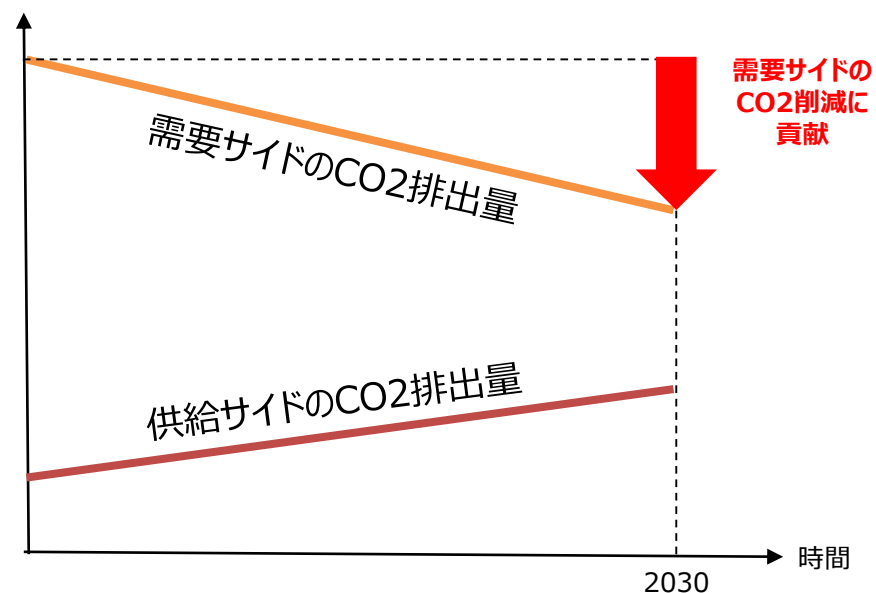
- (3) 要素3：科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略（目標と経路を含む）

○開示に関する論点

- c) また、排出量の削減は、排出原単位又は絶対値のいずれの形式も取り得るが、環境面のマテリアリティを踏まえて、サプライチェーン排出量に関する国際的基準である「**GHGプロトコル**」における**すべてのスコープをカバーする目標とすべき**である。なお、Scope 3については、資金調達者のビジネスモデルにおいて重要な削減対象と考えられる場合において、実践可能な計算方法で目標設定されることが望ましい。またこの際、必要に応じて**削減貢献も併せて示すことが可能**である。

削減貢献のイメージ

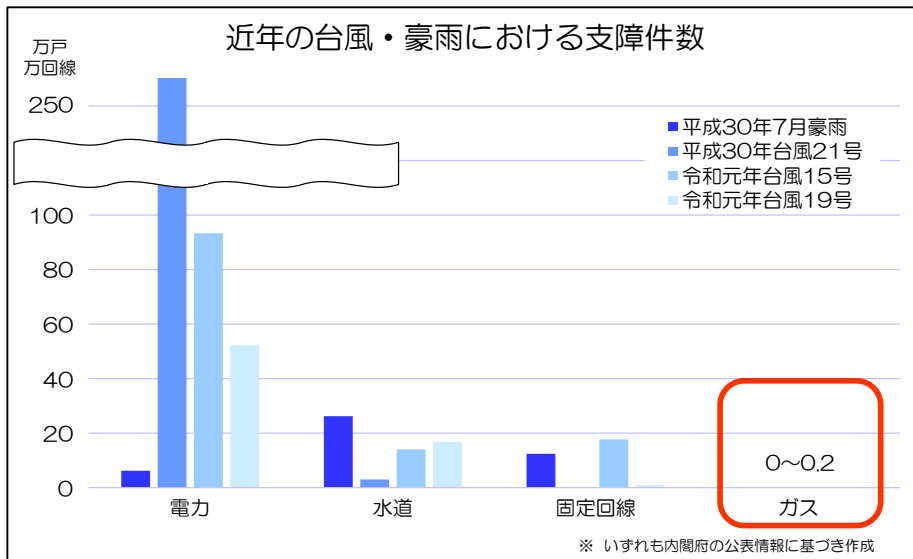
社会全体のCO2排出量



【参考】燃料毎の標準炭素排出係数（総発熱量当）
輸入原料炭：24.60gC/MJ(Gross)
原油：18.98gC/MJ(Gross)
都市ガス：13.95gC/MJ(Gross)
出典：総合エネルギー統計より

2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）都市ガスのレジリエンス（都市ガスの強靱性）

- ガス導管は、大部分が埋設されていることから風雨の影響を受けにくいという特徴がある。
- また、大部分は耐震性も備えており、継続的な耐震性向上の取組も行われている。



出典：第21回ガス安全小委員会（令和2年3月11～18日 書面審議）

近年の地震における支障件数

	東日本大震災	熊本地震	大阪北部地震	北海道胆振東部地震
発生日	2011.3.11	2016.4.16	2018.6.18	2018.9.6
地震規模	震度7、M9.0	震度7、M7.3	震度6弱、M6.1	震度6強、M6.7
供給停止戸数	約46万戸	約10万戸	約11万戸	供給停止なし
復旧期間	54日	15日	7日	-

ガス導管の強靱性

- 高圧・中圧ガス導管は高い耐震性が確認されている。
 - 阪神・淡路大震災時、橋に添架された中圧ガス導管が、橋が落ちて変形。ガス漏れは発生せず。
 - 東日本大震災時、高圧ガス導管は被害なし。
- 低圧ガス導管は耐震性向上の取組を継続中(耐震化率:約90%)



(出典：東京ガスHP)

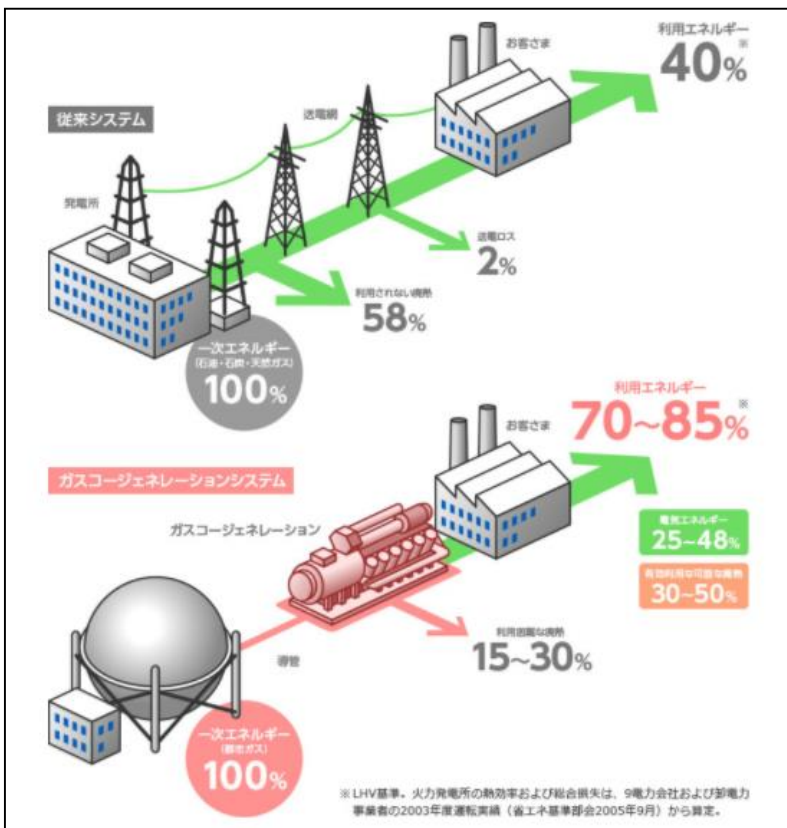
更なる地震対策の強化

- **設備対策**
 - 低圧ガス導管の耐震性向上の継続（耐震化率:約90%）
- **緊急対策**
 - 新たな緊急停止判断基準の適用（一律設定→ブロック毎設定）
 - 供給停止ブロックの細分化
- **復旧対策**
 - 応援受入に関する事業者間連携の強化（マニュアル整備・演習実施）
 - 情報発信の強化（復旧進捗の見える化、SNS等の活用）等

2. ガス事業について（都市ガス） | 熱の有効利用／ガスコージェネレーションシステム

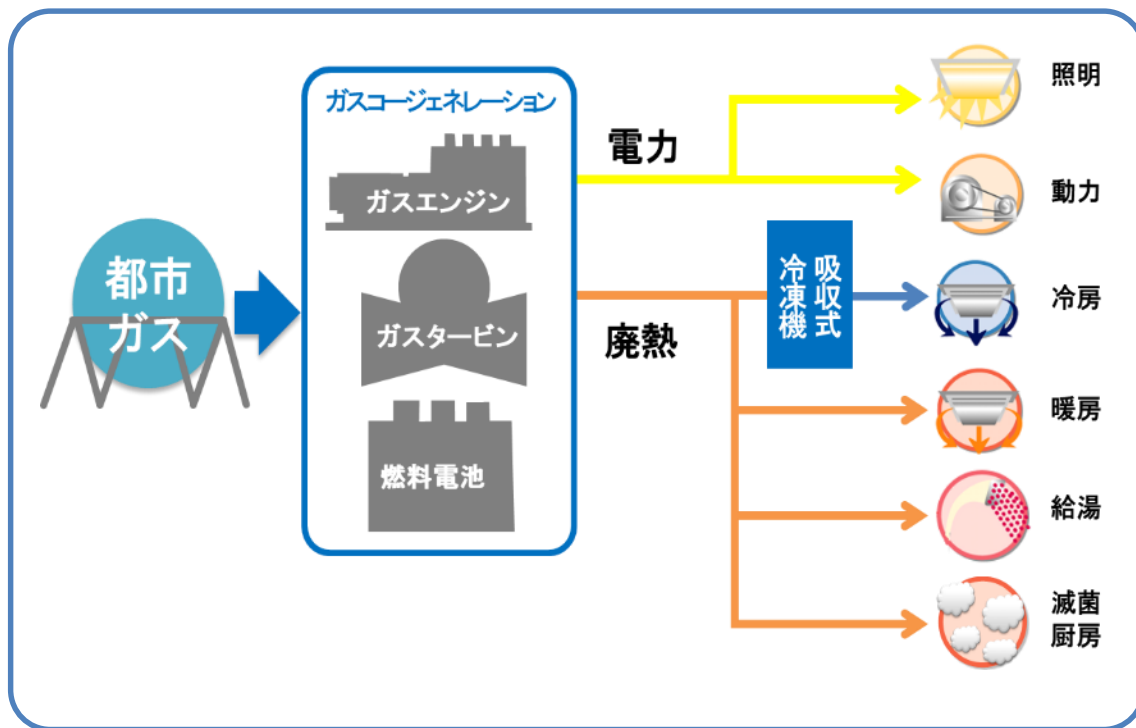
- ガスは需要地で熱に変換するため、電気で熱を製造する場合に比べエネルギー効率が高い。
- ガスコージェネレーションシステム※を活用すれば、都市ガスを活用して継続的・安定的に電力・熱の供給が可能であるため、レジリエンス強化と省エネに資する地域の分散型エネルギーシステムとして普及拡大が期待される。 ※都市ガスを用いて発電し、その際に発生する廃熱を冷暖房や給湯、蒸気といった用途に利用する高効率なエネルギーシステム

エネルギー効率の比較



出典：日本ガス協会HP

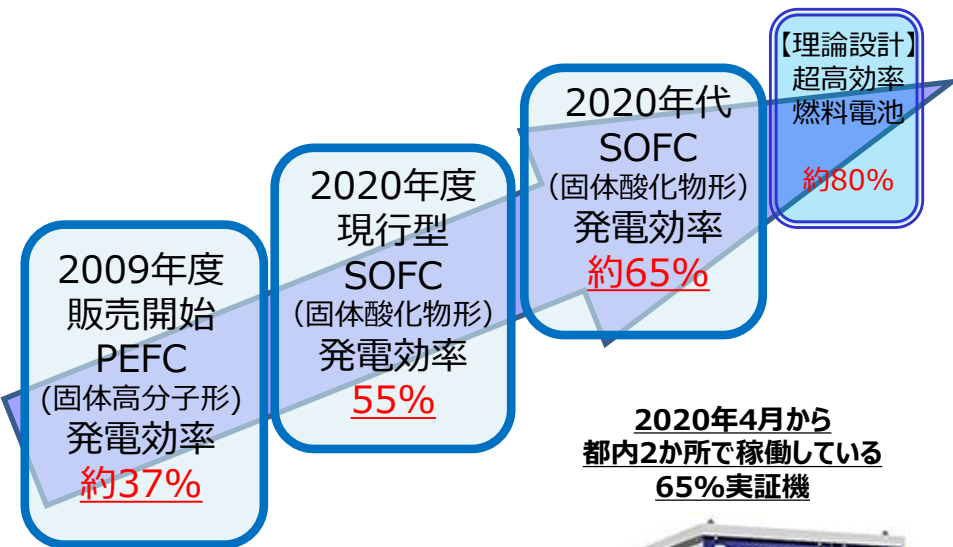
ガスコージェネレーションの仕組み



2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）高効率なガスコジェネの開発・普及拡大

- 高効率なガスコージェネレーションシステムを導入することで、トランジション期の低炭素化に資するだけでなく、レジリエンスや再生可能エネルギーの調整力としての貢献も考えられる。

燃料電池の発電効率の変遷



2020年4月から
都内2か所で稼働している
65%実証機



出典：東京ガス、大阪ガスホームページ
※発電効率はLHV基準



高効率ガスエンジンの開発

三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社と東邦ガス株式会社が共同開発したSGP M450は、その発電効率の高さだけでなく、起動停止時間の短さも特徴。起動（始動）時間は40秒、停止時間は冷却時間を含めて3分と短く、BOS調整力としての性能も高い

■ 性能
発電出力：450kW
発電効率：42%
総合効率：81.5%

■ 受賞歴
平成28年度優秀省エネ機器表彰「資源エネルギー庁長官賞」、2015年コージェネ大賞「特別賞」、2018年度日本ガス協会「技術賞」



SGP M450 出典：東邦ガス株式会社ホームページ

2. ガス事業について（都市ガス） | 分散型エネルギーシステム

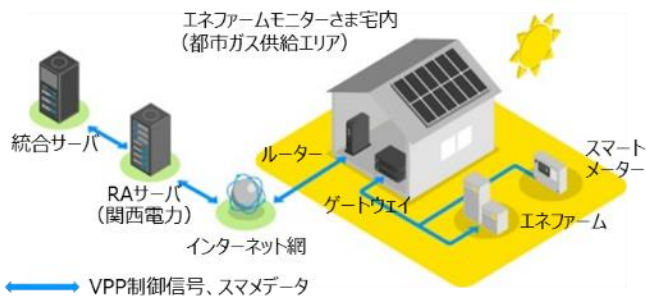
- **再生可能エネルギー、ガスコージェネレーションシステム、VPP※をはじめとしたデジタル技術等を活用した分散型エネルギーシステムは、エネルギーの安定供給やレジリエンス向上に貢献するとともに、再生可能エネルギーの調整力として期待できる。**
- 将来的には再生可能エネルギーの余剰電力から水素・合成メタンの製造により、**電力の貯蔵・活用**につながることも考えられる。

※ Virtual Power Plantの略。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、蓄電設備の保有者もしくは第三者が、そのエネルギーリソースを制御（需要家側エネルギーリソースからの逆潮流も含む）することで、発電所と同等の機能を提供すること

<東京ガスの取組>

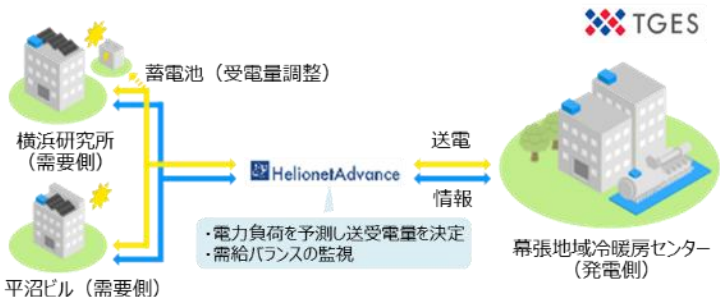
家庭用分野、業務用分野でのVPP実証

【家庭用】エネファームにより太陽光発電の出力変動を調整



2020年度VPP実証事業イメージ図

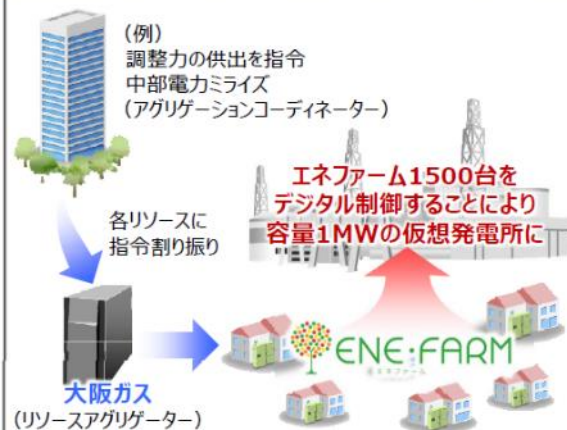
【業務用】複数サイトの太陽光発電、蓄電池、コージェネを統合制御



出典：令和2年10月6日 第2回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料8

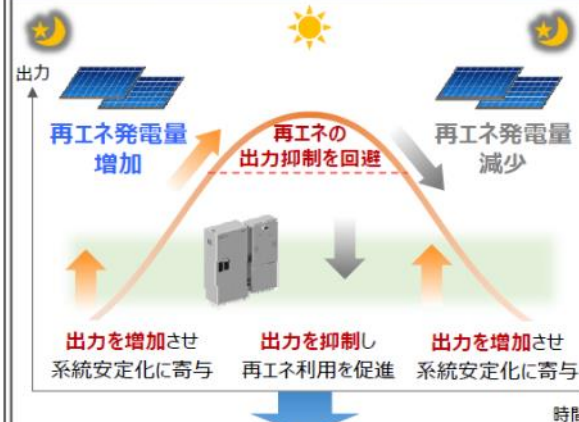
<大阪ガスの取組>

実証① 系統安定化のための調整力供出技術



- 各リソースのリアルタイムデータを蓄積し、事前に翌日の調整力供出量を予測
- 将来的な需給調整市場への参加を想定

実証② 系統の需給状況に応じた制御技術



- 系統の再エネ需給状況(≒市場価格状況)に合わせてエネファームを制御し、系統安定化・経済性の向上を目指す

出典：令和2年10月6日 第2回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料9

出典：令和3年4月5日 2050年に向けたガス事業の在り方研究会中間とりまとめ

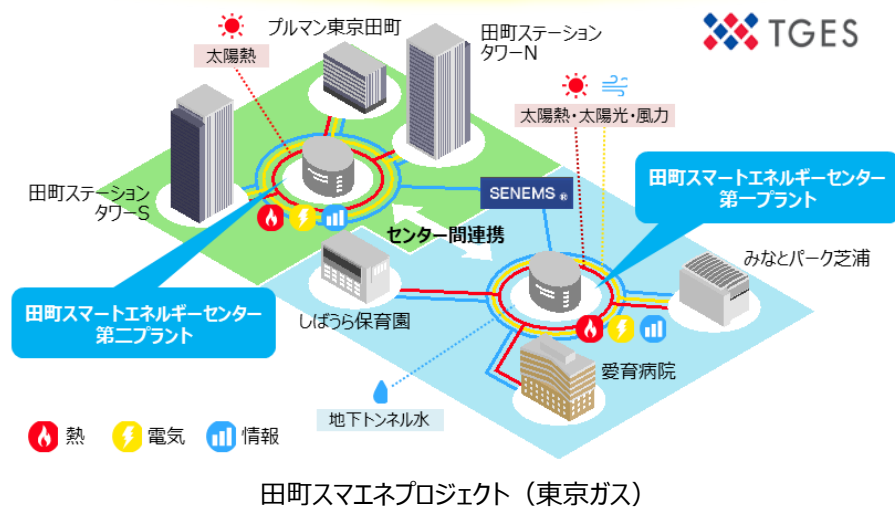
2. ガス事業について（都市ガス） | （参考）スマートエネルギーネットワーク

- **スマートエネルギーネットワークとは、再生可能エネルギーとガスコージェネレーションを組み合わせ、これをデジタル技術により最適に制御し、電気と熱を面的に利用して省エネルギーとCO₂削減を実現するシステム。**

都心におけるスマートエネルギーネットワークの取り組み

- デジタル技術を活用し、電気に加えて需要側の熱負荷の収集・分析を行い、最適化を検討（熱のデジタル化）
- 2つのエネルギーセンターの電力・熱・人流データ等の情報を連携し、地域全体でコージェネや冷温水機を柔軟に運転し、再エネも取り込みながら、省エネ・省CO₂を実現することで、街づくりに貢献。

コージェネを核とした2つのエネルギーセンターを連携し、電力と熱を最適化



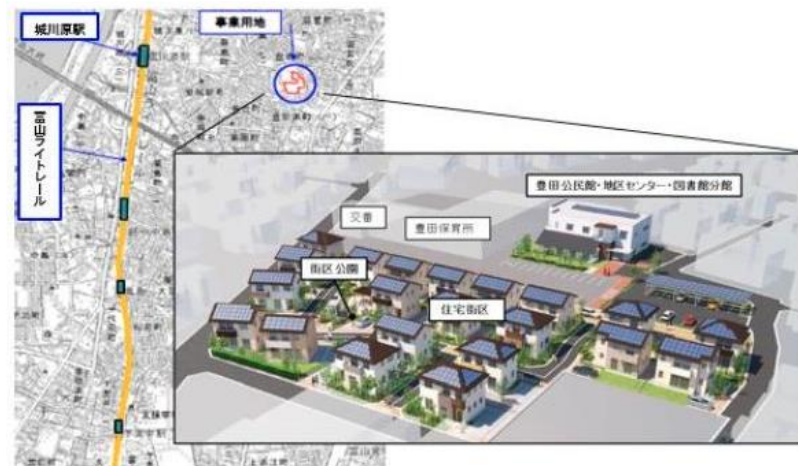
田町スマエネプロジェクト（東京ガス）

出典：第2回 2050年に向けたガス事業の在り方研究会 東京ガス説明資料を加工

地方ガス事業者によるスマートエネルギーネットワークの取り組み

- 地方ガス事業者においても、地方自治体、関係企業と連携し、環境に優しく、安心・安全で快適な生活を享受できるモデル街区の整備等が進む。
- 今後は地域密着型の事業者の強みを活かし、人口減少等の課題解決も見据え、コンパクトシティ政策等と連動しながら、普及拡大を図る。

エネルギー利用の最適化を図り、低炭素なまちづくりに貢献



セーフ&環境スマートモデル街区の整備（日本海ガス）

出典：富山市ホームページ

2. ガス事業について

➤ 都市ガス

➤ LPガス

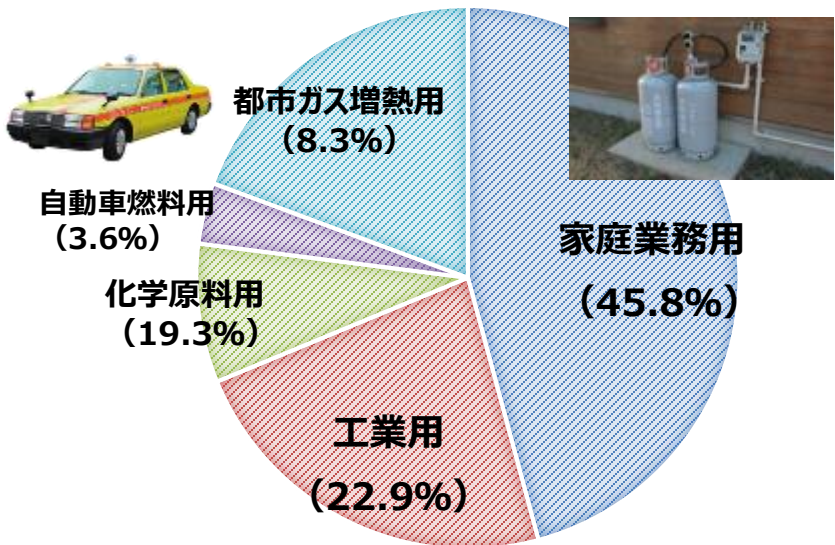
➤ 共通

2. ガス事業について (LPガス) | LPガスの概要

- LPガスは、プロパン (C₃H₈)、ブタン (C₄H₁₀) からなる可燃性のガスであり、化石燃料の一種。燃焼時のCO₂排出量はメタンガス(都市ガス)に次いで少量。
- LPガスは可搬性、貯蔵の容易性に利点があり、住宅や飲食店、工場でのボイラー燃料や熱加工用、自動車燃料、都市ガス増熱用途等と幅広く利用されている。とりわけ、都市ガスが接続されていない郊外や離島等で普及しており、4割の住宅 (2300万世帯)が利用。
- LPガス燃焼由来の排出量は約3,000万トンCO₂/年*

※1006万トン/年 (2020年度LPG需要量から化学原料用を除いた量) × 3 (LPG燃焼時のCO₂排出指数) = 3034万トン・CO₂

LPガス需要の内訳



総需要合計 約1,253万トン (2020年度)

原油精製による製品別の留分割合

LPガス	3%
ナフサ	10%
ガソリン	27%
中間留分 (ジェット燃料、灯油、軽油)	40%
重油	20%

燃料別の炭素排出量比較

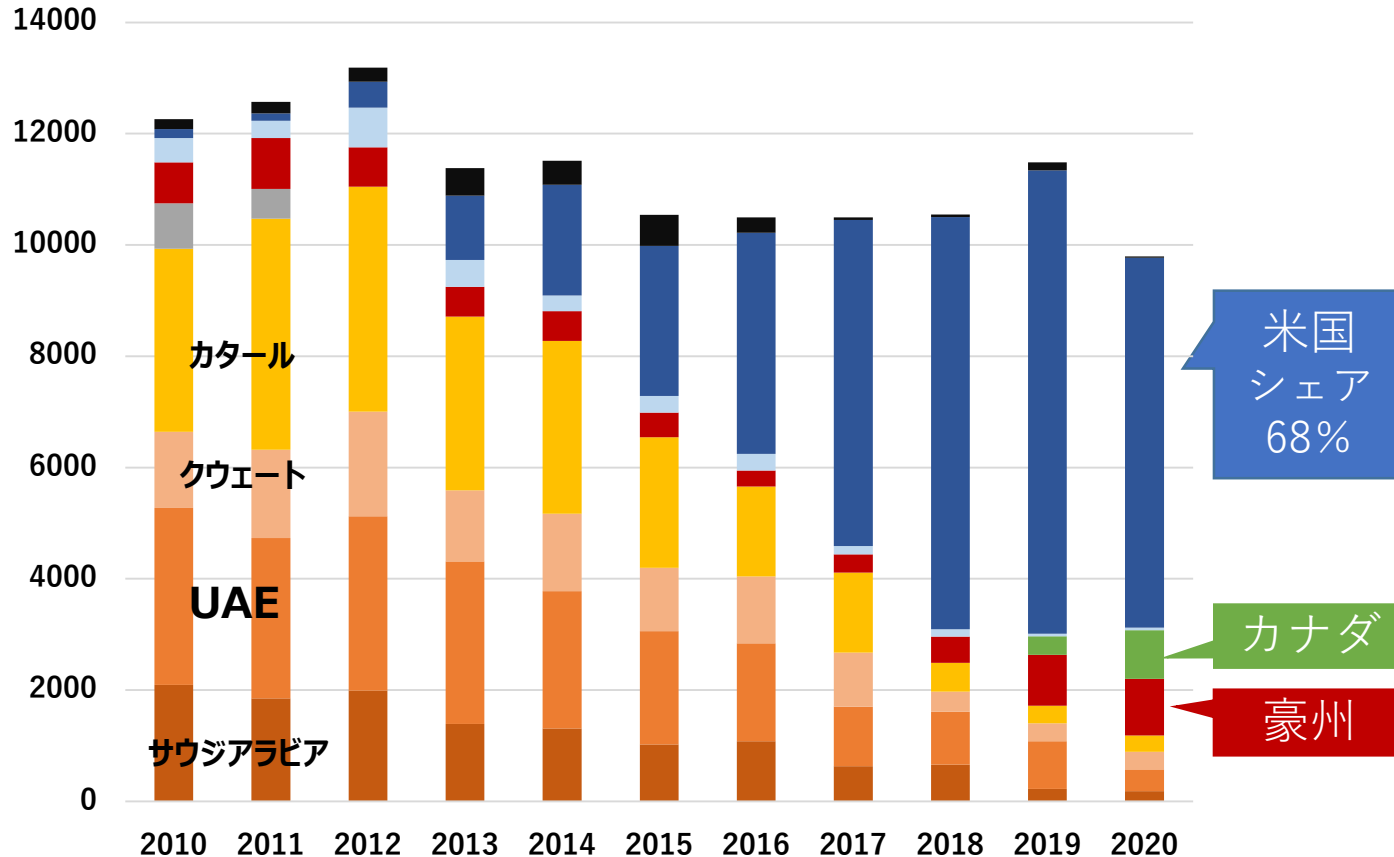
燃料	原油を1とした場合の指数
石炭	1.28
A重油	1.02
原油	1.00
ガソリン	0.99
灯油	0.98
LPガス	0.86
都市ガス	0.73

2. ガス事業について（LPガス） | LPガスの輸入状況

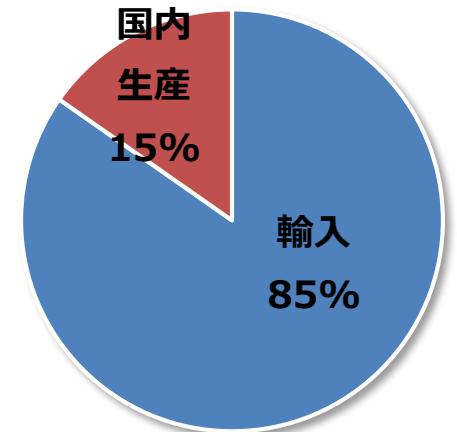
- 国内供給量の85%を輸入。
- 従来、中東諸国からの輸入依存が大きかったが、近年、米国のシェールガス随伴のLPガスが輸入されるようになり、米国からの輸入割合が拡大。
- さらに、カナダ、豪州等の輸入国の多角化の取り組みも輸入会社によって行われている。

単位:1000トン

LPガス輸入量の推移



日本のLPガスの輸入比率 2020年度

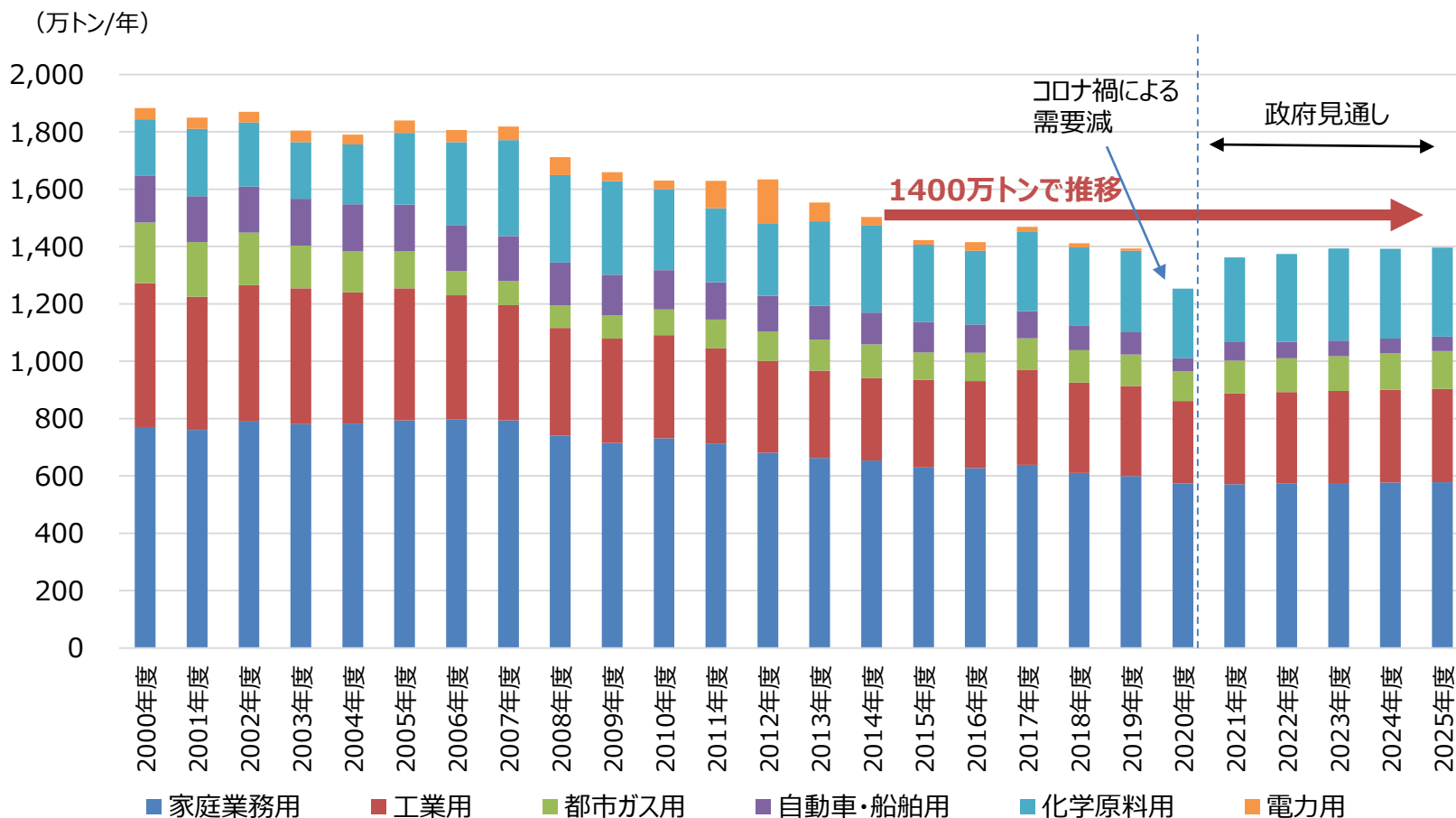


※国内生産は、石油精製で生成されるものであり、自家消費を除いて、流通される量
 ※2020年度輸入量、輸出量、生産量から試算

2. ガス事業について（LPガス） | 国内LPガス需要の推移

- 地方での人口減やガス機器の省エネ化、オール電化住宅の普及により減少傾向にあったが、近年は1400万トンで推移。
- 近年増加する災害に備え、学校・病院・福祉施設にバルクタンクを設置したLPガス非常用発電機の設置が増えるなど、長期間保管で劣化せず、保存性の良いLPガスの良さが見直されている。

国内のLPガス需要推移と見通し



LPガス災害バルク

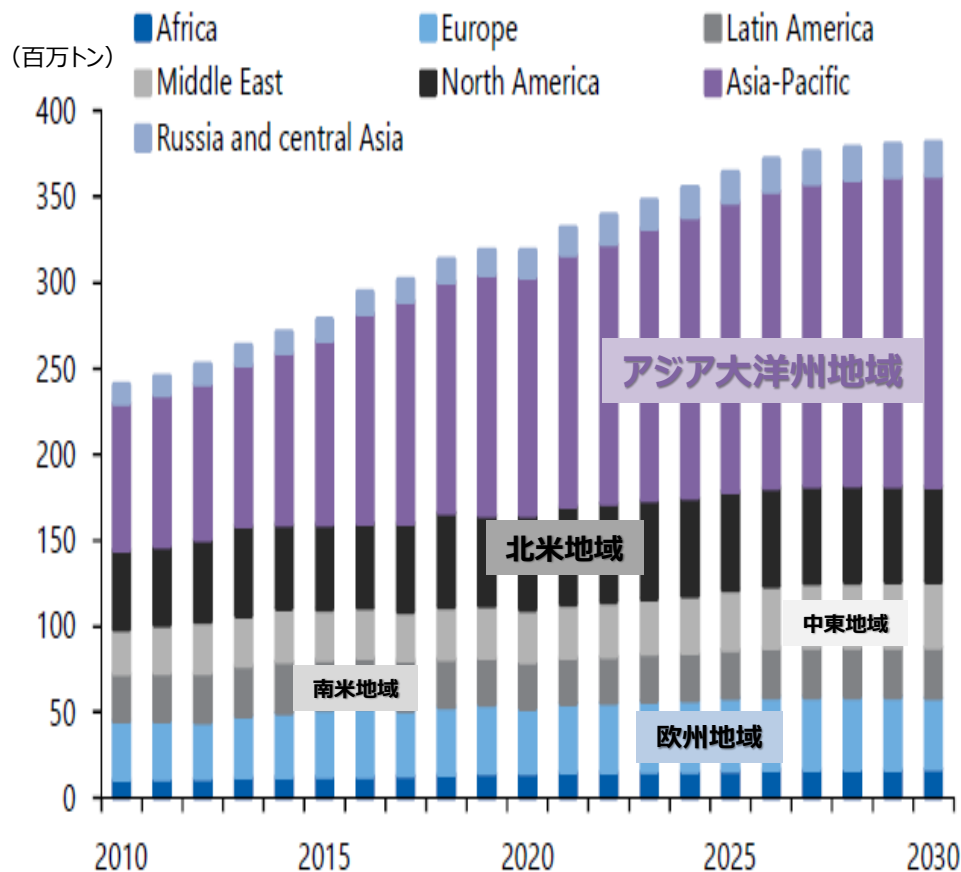


LPガス非常用発電機

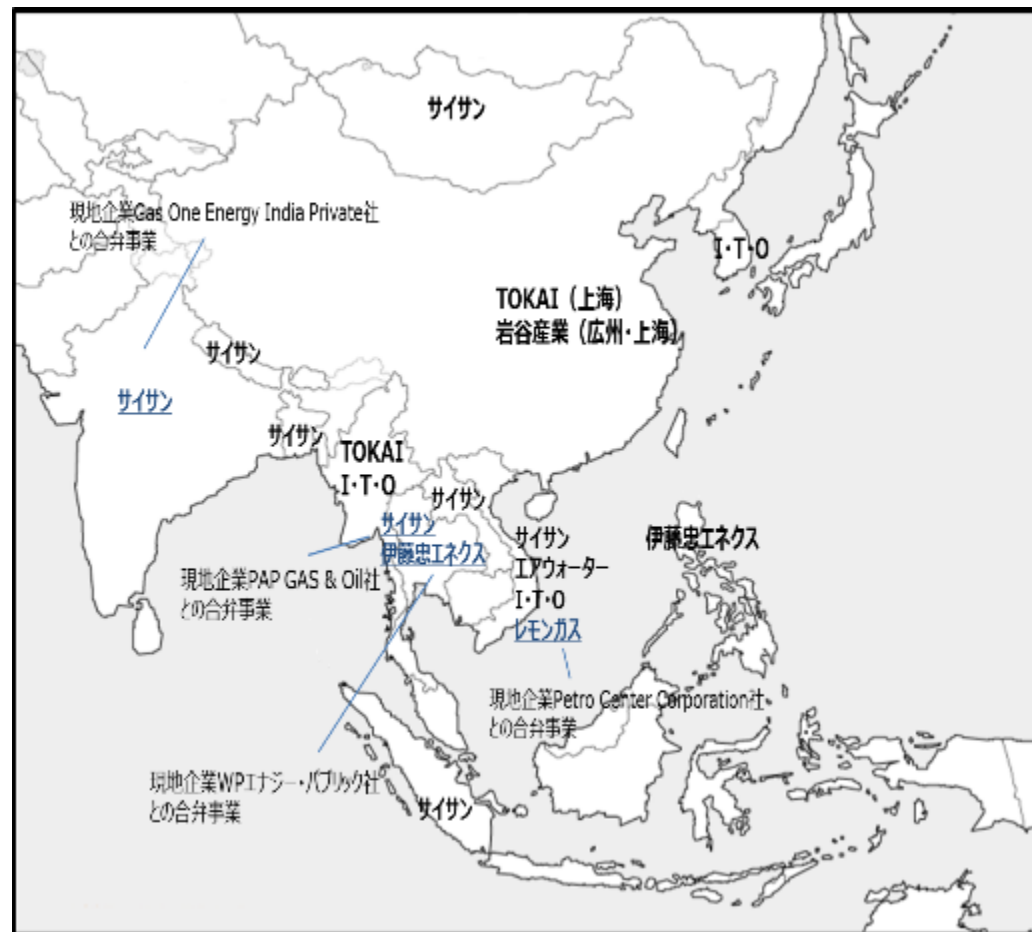
2. ガス事業について（LPガス） | 世界のLPガス需要

- アジア大洋州でのLPガス消費の拡大が続いている。とりわけ、薪・石炭からの燃料転換により、**中国、インドでは消費が急増**しており、世界のLPガス消費量を長期的に牽引。
- 日本のLPガス企業も近年成長するアジア市場に進出を進めている。

世界のLPガス消費量の見通し



アジアに展開する日本のLPガス企業



2. ガス事業について（LPガス） | 石油からの燃料転換需要

- CO₂排出量を減らすため、ボイラーや船舶等の燃料として利用されていた石油からガスへの燃料転換が進められている。

ガスボイラーへの燃料転換事例

- ・ 丸本本間水産株式会社様（北海道札幌市）
灯油ボイラーから高効率蒸気ボイラー2台への転換により、CO₂21.2%減、燃料費46.1%削減。メンテナンス費用約80%削減に成功。省エネルギー率12.4%向上、煤（すす）の発生も少なく、親会社の掲げる高い環境基準も満たすことになった。



サムソン製ボイラーBOα-750N



T01ハイパーボルク

ガスボイラーへの燃料転換の需要規模

- 重油ボイラーの出荷台数：約1200台/年
- ガスボイラー 約600万円/台 × 1200台 = **72億円/年**

※出荷台数は令和2年度実績、ガスボイラー価格は30万kcal/h程度の製品



燃料となるLPガスの
タンクを甲板に設置



- 従来、船舶は動力の燃料として重油を使用。
- 海運におけるCO₂排出量規制に対応するため、燃焼時のCO₂排出量が少ないLPガスを燃料とした船舶※を川崎重工、三菱造船等で建造中。

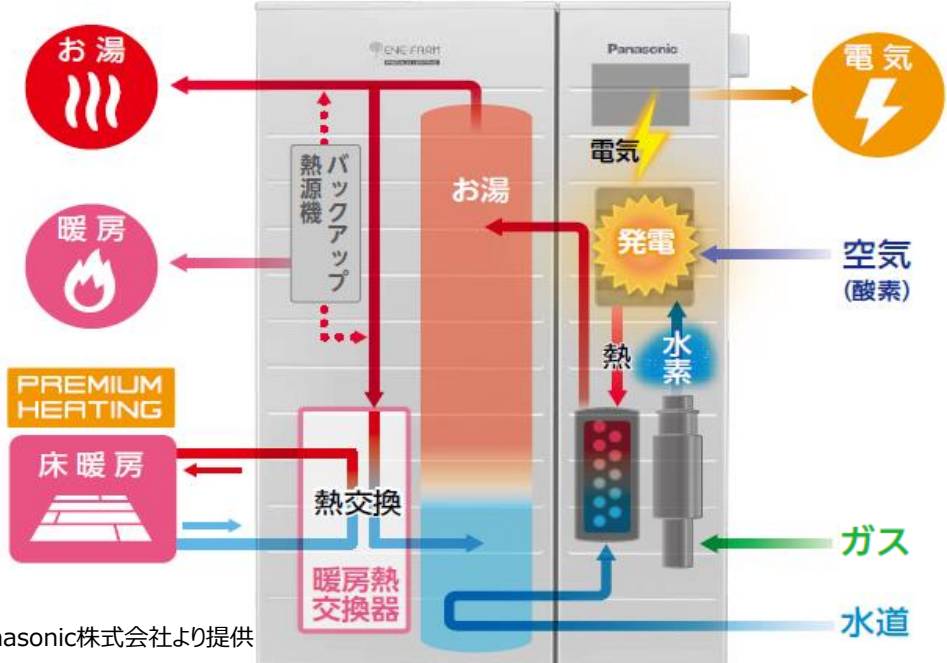
※走り出しの時は馬力の大きい重油を使用し、走行が安定するとLPGに切り替えるバイフューエル船となっている。LPGを燃料とすることで、CO₂排出量を2割削減。

2. ガス事業について (LPガス) | 省エネルギーに貢献するガス機器の普及

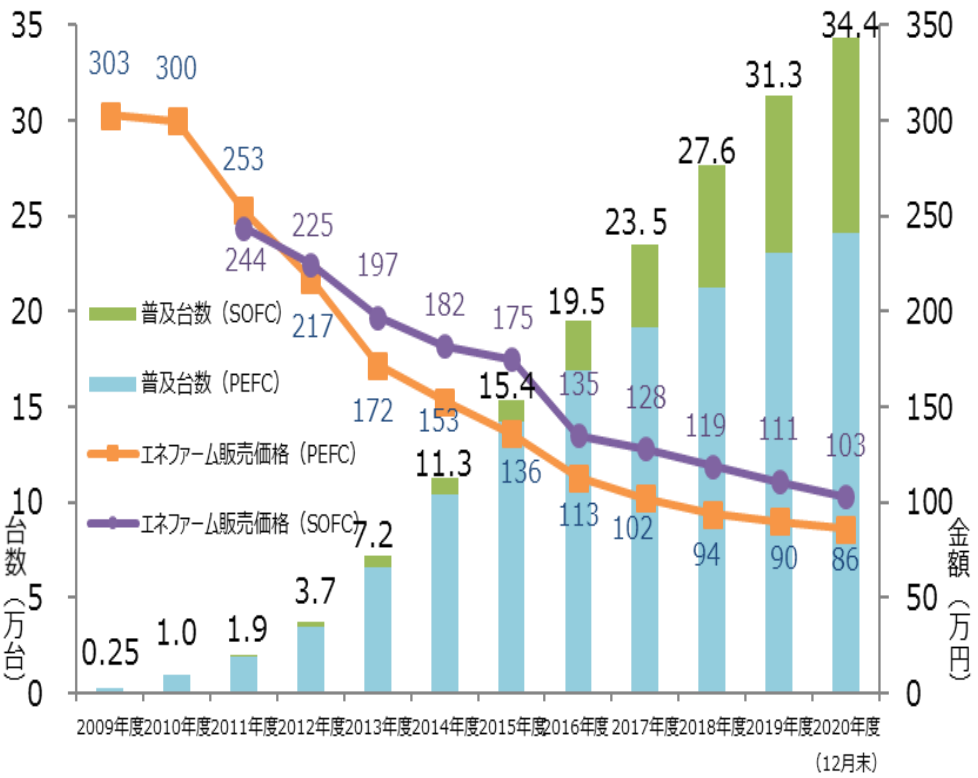
- ガス機器の省エネ推進の観点から、エネルギー効率の高い機器である高効率給湯機「エコジョーズ」や家庭用燃料電池「エネファーム」の普及が進められている。
- エネファーム導入では、**38%のCO₂が削減可能**であり、1年間で削減できるCO₂は、1,330kg。これは2,460㎡の森林が吸収するCO₂に相当。

【家庭用燃料電池「エネファーム」の特徴】

家庭用燃料電池「エネファーム」は、LPガスや都市ガスから水素を取り出し、空気中の酸素と化学反応させることにより発電を行い、同時に発生した排熱を利用して給湯も行うコージェネレーションシステム。エネファームによる発電で家庭で使用する電力の約7割を賄うことができ、系統電力の購入量の削減やピークカットに貢献。



【普及台数と販売価格の推移】

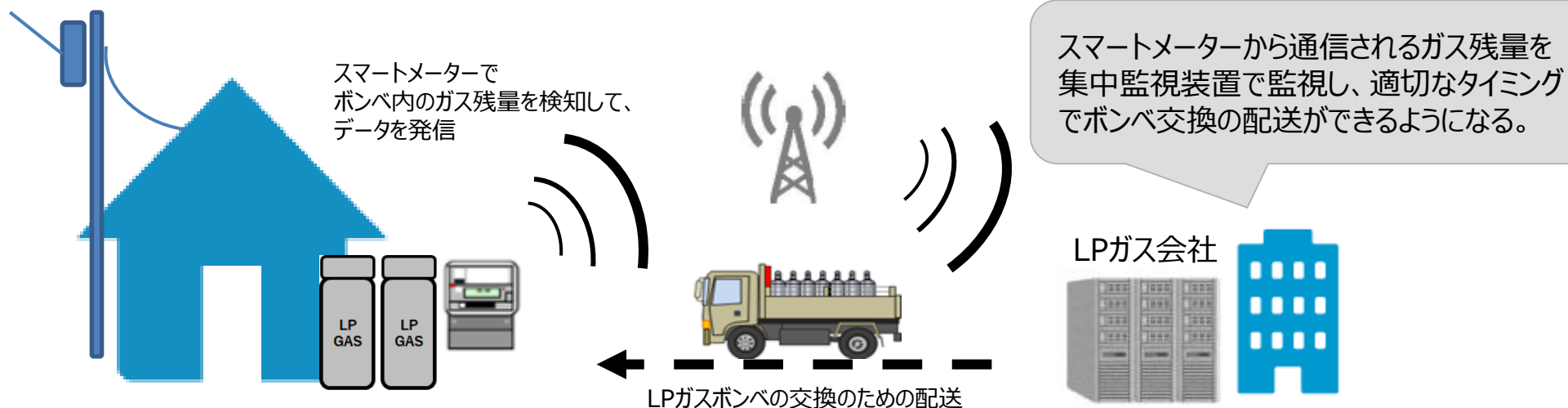


※SOFC (固体酸化物形) : 発電効率が高く、熱需要の少ない需要家に設置可能な設計。
PEFC (固体高分子形) : 排熱回収効率が高く、起動停止が比較的容易な設計。

2. ガス事業について（LPガス） | 配送の合理化

- LPガスのボンベ内のガス残量は外観では分からないため、従来、LPガス会社が経験でガスボンベ交換の時期を判断。ガスの残量がなくなる前にボンベを交換する必要があるため、余裕を持って早めにボンベ交換をしている。
- スマートメーター/集中監視装置の導入で、顧客先に設置されたガスボンベの残量をリモートで正確に把握できるようになるため、従来、経験でやっていたガスボンベ交換の配送作業の頻度を減らすことができる。結果、配送にかかるエネルギー削減が進み、CO₂削減にも貢献。

スマートメーターの設置で、一軒あたり年間2.1kgのCO₂排出削減効果

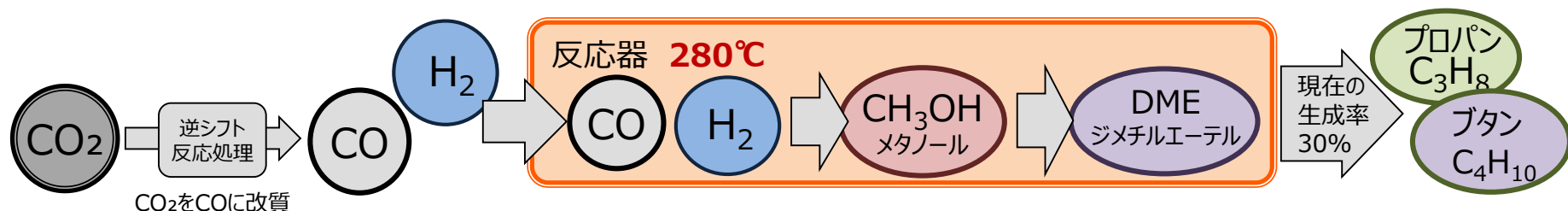


2. ガス事業について（LPガス） | ガス分野におけるCNに向けた動向（国内政策）

● 我が国は、グリーンLPガスの2030年商用化を目指している

- LPガスのグリーン化を図るため、化学合成によるLPガス合成技術を確認し、2030年の社会実装に向けた実証等に取り組む。
- こうしたグリーンLPガスの合成に係る技術開発・実証を今後10年で集中的に行うことで、2030年までに合成技術を確認し、商用化を実現。2050年には需要の全量をグリーンLPガスに代替することを目指す。

グリーンLPガスの化学合成



2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（概要）

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
グリーンLPG		触媒等の実証試験に必要な基盤技術の海発				★目標（2030年時） グリーンLPGの商用化		★目標（2050年時） LPガスにおけるカーボンニュートラルの実現
		商用化に向けた実証					コスト低減	グリーンLPガス合成技術の普及拡大

<現状の課題>

商用化に向けた技術確立が課題

- ・LPガスは2050年においても一定量の需要が維持される見込み。
- ・世界的に見てもグリーンなLPガス合成を主目的とした技術開発は実施されておらず、世界に先立ち、当該技術の確立及び早期の社会実装を目指す。

<今後の取り組み>

大規模生産に向けた実証事業を実施

- ・商用化に耐え得る生産が可能な触媒等の基盤技術の開発
- ・触媒等の基盤技術と周辺基盤技術を融合させ実証プラントに実装する技術の開発
- ・こうした取組に対する支援を通じて、2030年の商用化を目指す

2. ガス事業について（LPガス） | グリーンLPガスの海外動向

- 欧州においては、植物油由来のLP ガスの合成が行われているものの、バイオディーゼル燃料の副生物としてLPガスが生成する技術であり、LPガス生産量は極めて少量。
- 非化石燃料由来のグリーンLPガスを大量生産する方法としては、化学合成技術（COとH₂からの合成）の確立が必要。化学合成については、世界的に基礎研究の状況。

海外でのバイオLPガスの生産状況（2018年）

出典：世界LPガス協会報告書

事業者	国	生産量（千トン/年）	バイオLPガスのブランド名
World Energy（旧:AltAir Fuels）	米国	7	
Renewable Energy Group	米国	1.3	Bio Propane
Valero: Diamond Green Diesel	米国	10	Renewable naphtha
Global Bioenergies	デンマーク	0.1	Isonutylene（販売事業者：Butagaz）
Repsol	スペイン	2018年に生産開始	
Total	フランス	30	
Eni	イタリア	20	Green LPG
Irving Oil	アイルランド	3	
Neste Oil	オランダ	90	Bio LPG（販売事業者：SHV Energy）
PREEM	スウェーデン	15	Ecoblem（販売事業者：AGA） Biomix（販売事業者：Kosangas）

2. ガス事業について

➤ 都市ガス

➤ LPガス

➤ 共通

2. ガス事業について（共通） | 水素の直接利用（水素供給の事例）

- 一部の地域において、水素を利用した電気・熱の供給に向けた取組が進められている。
- 将来的に、水素導管を整備した地域で水素供給を行うことなどを通じて、民生部門の脱炭素化に貢献することも考えられる。

神戸ポートアイランドでの実証事業

- 水素コージェネレーションシステムにより、世界で初めて、市街地で水素のみの発電によって、電気と熱を近隣の公共施設に供給（2018年4月～）。



出典：第2回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料6（川崎重工業株式会社説明資料）

東京オリンピック選手村街区への供給

- 東京2020大会後の選手村街区予定地で、水素パイプラインを整備。
- 各街区の住宅棟、商業棟に純水素燃料電池を設置し、供給される水素により発電を行う予定。

＜東京2020大会後の選手村＞

※東京都「東京2020大会後の選手村におけるまちづくりの整備計画」より抜粋



＜水素パイプラインの敷設(予定)＞

※東京都「選手村地区エネルギー整備計画」より抜粋



出典：第2回2050年に向けたガス事業の在り方 資料8（東京ガス株式会社説明資料）

2. ガス事業について（共通） | 水素の直接利用（企業の取組例）

- ガス事業者において、水素製造や水素利用に関する研究開発・社会実装が進められている。

都市ガスからの水素製造技術と社会実装



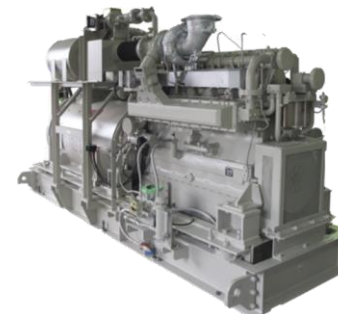
都市ガスからの水素製造装置 (suidel)



都市ガスからの水素製造装置 (ハイサーブ)

出典 左図：東京ガスホームページ、右図：大阪ガスホームページ

都市ガス・水素混焼エンジン



- 定格発電出力、水素混焼率35%での試験運転に成功

出典：東邦ガスホームページ

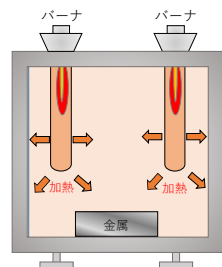
工業炉バーナの水素燃焼技術の開発①

- 自動車や機械等の金属部品製造の熱処理工程で利用される工業炉バーナである都市ガス用シングルラジアントチューブバーナでの水素燃焼技術を開発。

【バーナ外観】



【バーナの利用イメージ】

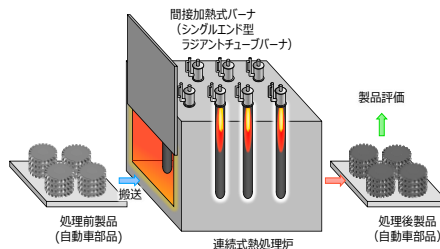


出典：東邦ガスホームページ

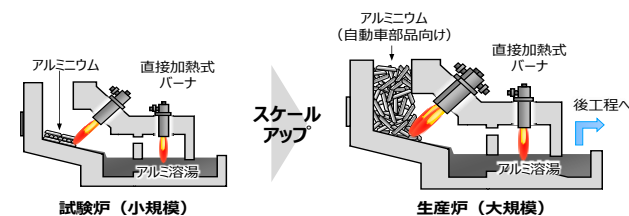
工業炉バーナの水素燃焼技術の開発②

- 金属等の材料や部品の加熱処理や溶解処理などを行う工業炉で、水素を燃料とする間接加熱式・直接加熱式バーナを用いて、水素燃焼による製品への影響を評価する実証を開始。

【連続式熱処理炉での評価イメージ】



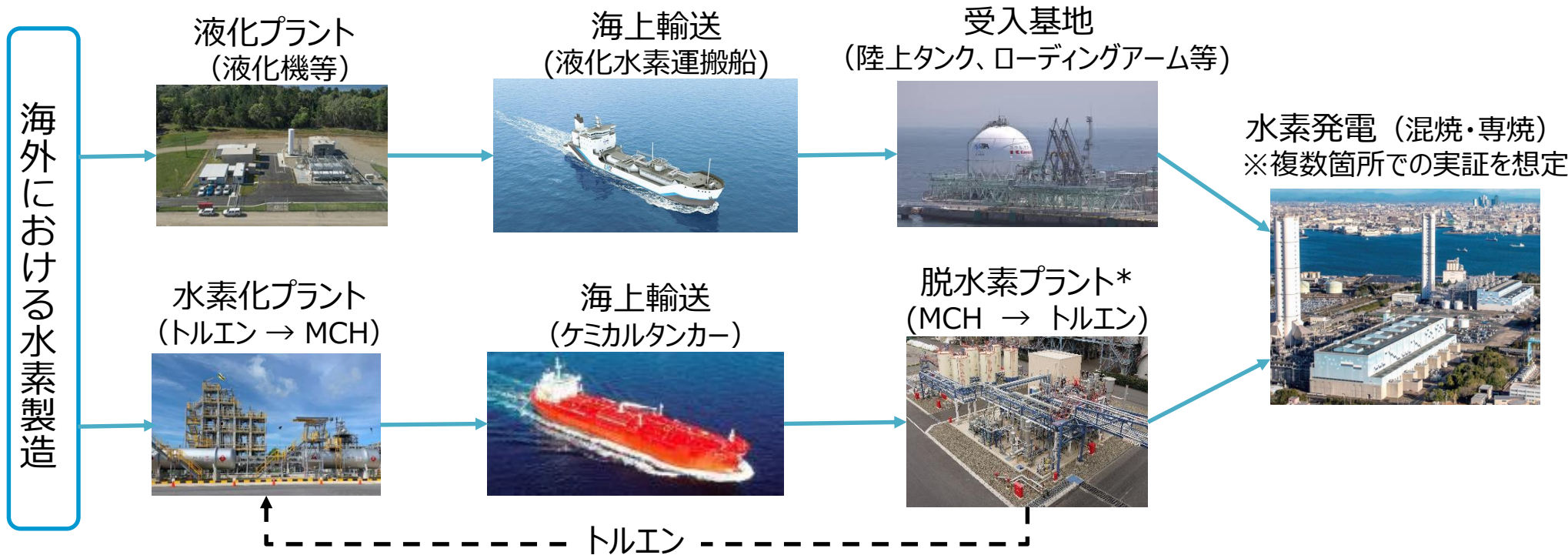
【アルミ溶解・保持炉での評価イメージ】



出典：東邦ガスホームページ

- 水素社会の実現に向け、**大規模水素サプライチェーン構築と需要創出**を一体的に進めることが必要。
- 将来的な**国際水素市場の立ち上がり**が期待される中、日本は世界に先駆けて液化水素運搬船を建造するなど、**技術で世界をリード**。大規模需要の見込める**水素発電技術**についても我が国が先行。
- そのため、複数の水素キャリア（液化水素、MCH）で**①輸送設備の大型化等の技術開発・大規模水素輸送実証を支援**することに加え、**②水素発電における実機での水素の燃焼安定性に関する実証**を一体で進めるなどし、**水素の大規模需要の創出と供給コスト低減の好循環の構築**を推進し、**供給コストを2030年に30円/Nm3、2050年に20円/Nm3以下（化石燃料と同等程度）**とすることを旨とする。

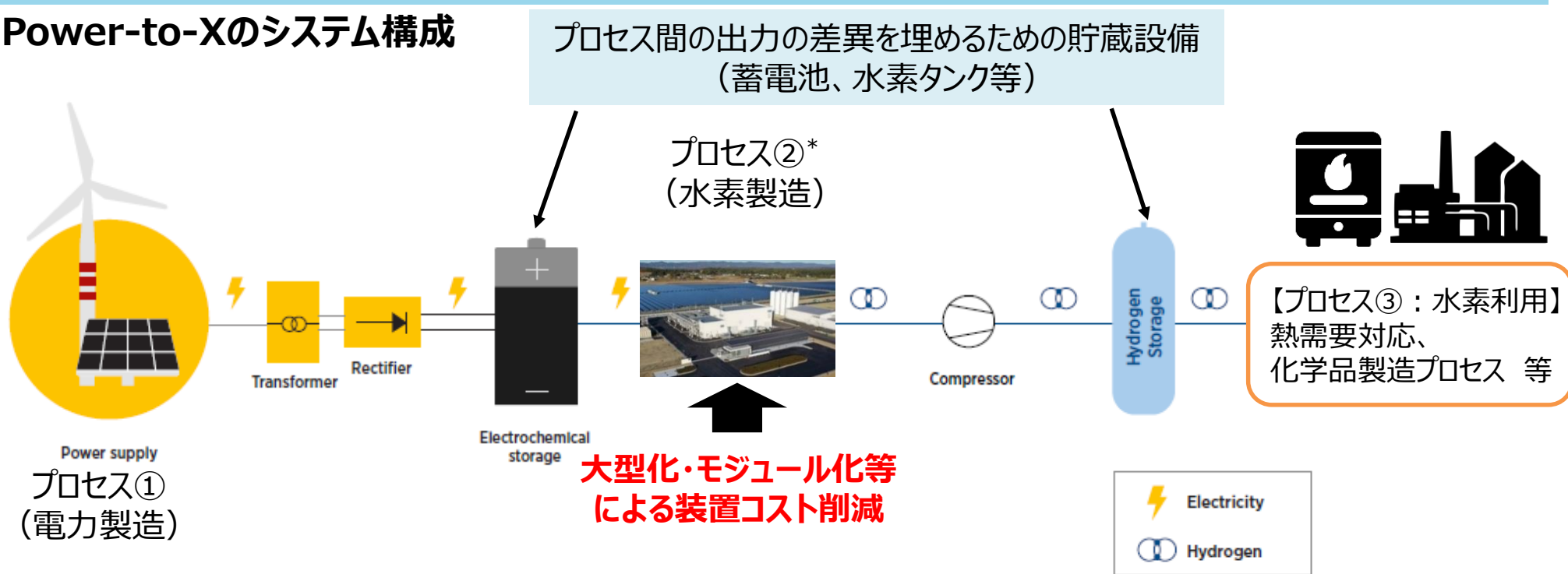
液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）の大規模水素サプライチェーン(イメージ)



*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定
 出典：HySTRA、AHEAD、各社HPより資源エネルギー庁作成

- 日本は世界最大級の水電解装置を福島に有するものの、開発は欧州勢が先行。市場も再エネが安い欧州等が先に立ち上がる。
- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤の確立や、先行する海外の水電解市場獲得を目指すべく、複数のタイプの水電解装置（アルカリ型、PEM型）の大型化やモジュール化、膜等の優れた要素技術の実装、水素利用と一体でのPower-to-Xのシステム実証等を強力に後押しし、装置コストの一層の削減(現在の最大1/6程度)を目指す。

Power-to-Xのシステム構成



水電解装置の開発と合わせて、ボイラー等の熱関連機器や基礎化学品の製造プロセスとを組み合わせ、再エネ電源等を活用した非電力部門の脱炭素化に関するシステム全体を最適化する実証を行う予定

*写真は福島水素エネルギー研究フィールド (イメージ)

2. ガス事業について（共通） | バイオガス

- **バイオガスとは、バイオマス由来の燃料ガス**で、汚泥・汚水やゴミ、家畜等の排出物、エネルギー作物などのメタン発酵により発生するガス。
- **都市ガスとの親和性が高く、地域資源を活用したガス体エネルギーの脱炭素化**に資するため、地域におけるバイオガス供給に向けた取組も進められている。

バイオマスの種類

廃棄物系バイオマス

- ・下水汚泥
- ・食品廃棄物（生ゴミ、食品加工くず等）
- ・木質系廃材（製材所や家の解体現場から出る木くず等）
- ・古紙
- ・黒液（パルプ廃材）
- ・家畜排せつ物

未利用バイオマス

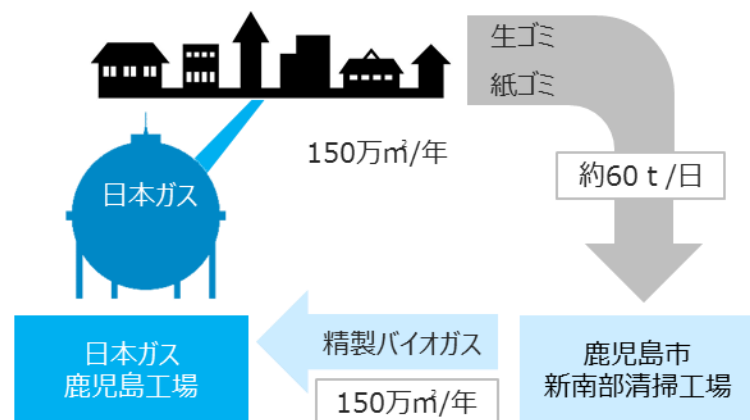
- ・林地残材（間伐されたまま隣地に残されている樹木等）
- ・農作物（稲わら、もみガラ、麦わら等）
- ・剪定枝（街路樹・果樹等）

資源作物

- ・糖質資源（さとうきび、てんさい等）
- ・でんぷん資源（コメ、いも類、とうもろこし等）
- ・油脂資源（菜種、大豆、落花生等）

出典：日本ガス協会HP

バイオガスの活用事例（日本ガス・鹿児島市）



事業期間：2022/1～2042/3 20年間

受入ガス量：150万3N/年 ※家庭向け需要の約6.5%に相当

事業の特性：鹿児島市南部清掃工場の家庭ゴミから発生するバイオガスをその地域の都市ガス原料とすることで、**ガス体エネルギーの脱炭素化、脱炭素エネルギーの地産地消**を実現。

出典：令和3年1月28日 第5回2050年に向けたガス事業の在り方研究会 資料10

2. ガス事業について（共通） | CCUS／カーボンリサイクル

- **カーボンリサイクル**は、CO₂を資源として捉え、燃料等へ利用することにより、**大気中へのCO₂排出を抑制し、カーボンニュートラル社会の実現に重要な技術**。
- **CO₂分離・回収技術**の確立に向けた技術開発や、**需要家先で都市ガス利用機器から排出されるCO₂を回収し、資源として活用**（コンクリート製品、炭酸塩、炭酸飲料など）する技術開発が進められている。

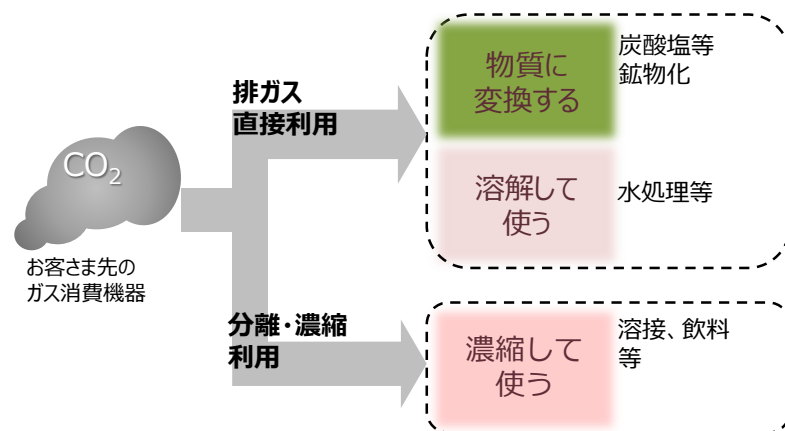
CO₂分離・回収技術の実証（NEDO実証）

東邦ガスは、将来の脱炭素化に向け、CO₂分離・回収技術がキーテクノロジーとなり得るため、大学等が保有するシーズと、東邦ガスが保有する冷熱利用等の技術知見を活用し、複数のNEDO事業に参画している。

プロジェクト名	共同実施者
吸着式CO ₂ 分離回収におけるLNG未利用冷熱の活用	名古屋大学
未利用冷熱による燃焼ガス中CO ₂ の回収技術の開発	名古屋大学
冷熱を利用した大気中二酸化炭素直接回収の研究開発	名古屋大学 東京理科大学

需要家先でのCCUS

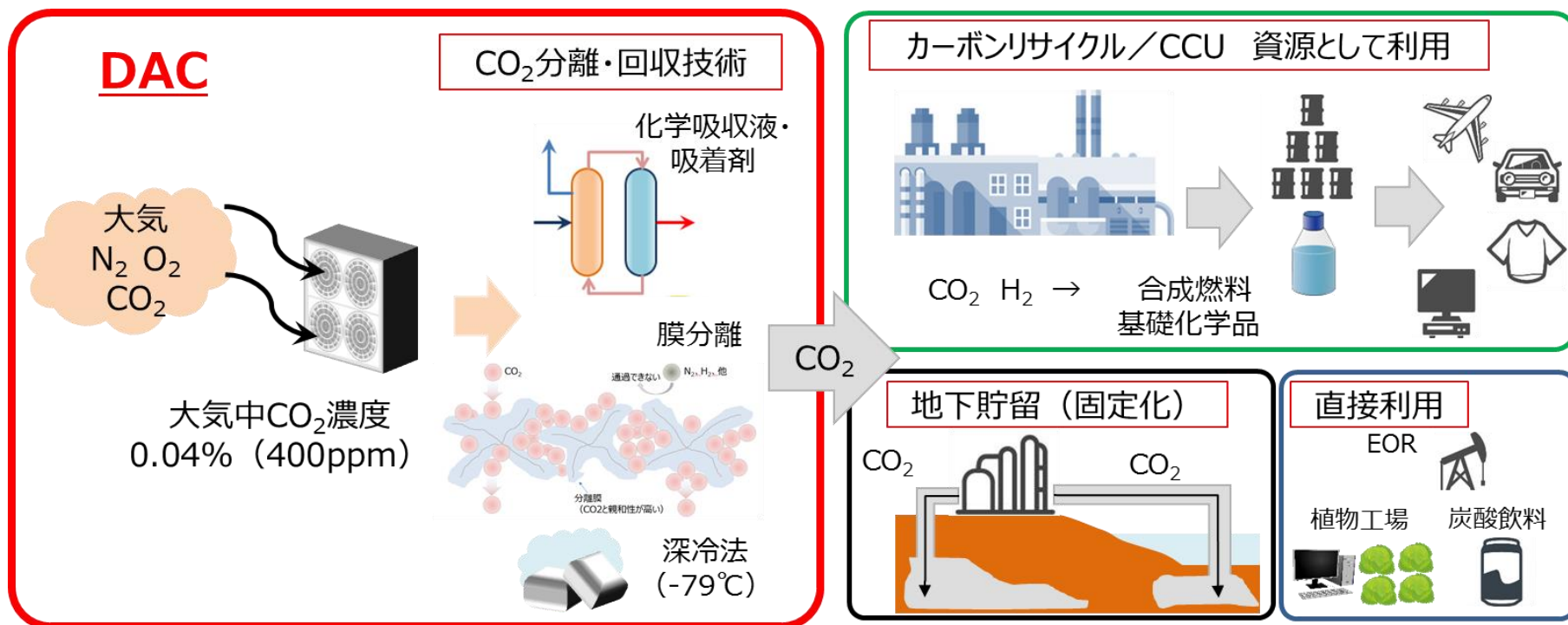
- 東京ガスは、需要家先で排出されるCO₂を回収し、活用する技術開発、サービス化を加速。
- 需要家との共同実証を経て、2023年度のサービス化を目指す。



出典：第6回2050年に向けたガス事業の在り方研究会（令和3年2月24日）日本ガス協会説明資料

2. ガス事業について（共通） | （参考）DAC（Direct Air Capture）

- **DAC**（Direct Air Capture）とは、**大気中のCO₂を直接分離し、回収**する技術。
- 大気中のCO₂濃度は天然ガスからの排ガスの約100分の1であるため、CO₂分離・回収技術としての難易度が高く、分離・回収に要するエネルギーコストの低減に対応した開発等が必要であり、NEDO事業（ムーンショット型研究開発事業）で実施中。



出典：令和3年9月13日 第6回 産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野ワーキンググループ 資料7

2. ガス事業について（都市ガス） | クレジットでオフセットされたLNG

- 様々なガス事業者が、都市ガスから排出されるCO2をオフセットする取組として、**クレジットでオフセットされたLNG**※を導入。
- 需要家からのニーズに応えるため、クレジットでオフセットされた都市ガスとして販売を開始しているガス事業者もいる。

※クレジットを通じた炭素削減価値の取引は世界全体でのカーボンニュートラルに向けた温室効果ガスの効率的な削減に寄与しうる一方で、クレジットには様々な方法論、性質が存在することに留意が必要であり、それらを踏まえた活用や価値訴求のあり方についても国内外で議論が行われている。

導入に取り組むガス事業者

厚木ガス	大東ガス
出雲ガス	大和ガス
入間ガス	高岡ガス
越後天然ガス	東海ガス
青梅ガス	東京ガス
大阪ガス	東邦ガス
岡山ガス	鳥取ガス
小千谷市ガス水道局	苫小牧ガス
帯広ガス	豊岡エネルギー
桐生ガス	名張近鉄ガス
京葉ガス	日本海ガス
西部ガス ※	野田ガス
四国ガス	広島ガス ※
静岡ガス	びわ湖ブルーエナジー
新発田ガス	武陽ガス
上越市ガス水道局	北海道ガス
白根ガス	堀川産業
新宮ガス	松江市ガス局

※五十音順。西部ガス・広島ガスは、導入を検討中

出典：2021年12月6日時点の公表情報より資源エネルギー庁作成

需要家における導入例



丸の内ビルディング 大手町パークビルディング

丸の内ビルディングのSOFC、および大手町パークビルディングのガスコジェネで使用する都市ガスの全量に、カーボンニュートラル都市ガスを使用。電力使用時のCO2排出量の大幅な削減に貢献。(2020年3月より供給開始)



学校法人玉川学園

学園内で使用する都市ガスの全量をカーボンニュートラル都市ガスに切り替え、**合計約7,000tのCO2削減に貢献**。(2021年2月2日より供給開始)



(株)ヤクルト本社 中央研究所

ヤクルト本社中央研究所に供給する都市ガスの全量をカーボンニュートラル都市ガスに切り替え、**約11,500tのCO2削減に貢献**。なお、東京ガスが飲料業界向けにカーボンニュートラル都市ガスを供給するのは本件が初。(2021年4月1日より供給開始)

目次

1. 前提

2. ガス事業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ロードマップ策定の考え方（ガス分野）

- ガス分野のトランジションファイナンス推進に資する技術ロードマップを作成するため、以下の考え方で対象技術の範囲を特定。

- ガスのGHG排出の多くは使用段階であり、長期的には**脱炭素化されたガスへの転換が必要**。
 - 脱炭素化されたガスの技術的オプションは、都市ガスの場合は**合成メタン、水素、バイオガス等**。LPガスの場合は**合成LPガス**や**バイオLPガス**
 - 特に、**合成メタン、水素、合成LPガス**の拡大に向け、技術開発が重要。
 - また合成メタンや合成LPガスを製造するために、**CCUS技術**の研究開発も重要
- しかし、技術開発には時間がかかるため、化石燃料の中でCO₂排出量の少ない**ガスへの燃料転換等**によるCO₂削減も重要（ガス需要が増加するため都市ガス由来のCO₂は、供給サイドでは増加するものの、需要サイドのCO₂削減に貢献※。）。

※ 「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」において、本取組を評価する方法として「削減貢献」という考え方をを用いることも有効であることが示されている。

- 特に産業分野の高温域熱需要や海上輸送などは電化しにくく、ガスの利用が重要
- ガスコージェネレーションシステムは熱の有効利用や再エネの調整力としての脱炭素への貢献も大きい
- **将来は、ガス原料が合成メタンや合成LPガスに置き換わることで脱炭素化される**

上記の考え方に基づき、技術導入に係る国際的な見通し（IEA等）及び我が国における見通し（グリーン成長戦略、エネルギー基本計画、業界団体のビジョン等）を参照して技術リスト及びロードマップ案を作成。（次ページ以降）

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-1 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「都市ガス」

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
都市ガス製造工程での省エネ	✓ 冷熱利用設備等による省エネ	-	既に導入	• 低炭素社会実行計画
天然ガス供給網の整備	✓ 天然ガスの利用拡大に向け供給インフラを強化	-	既に導入	• <u>グリーン成長戦略</u>
燃料転換	✓ 需要サイドの燃料転換に必要な設備等の設置等	-	既に導入	• <u>グリーン成長戦略</u>
天然ガスの高度利用	✓ エネルギー計測や高効率ボイラー等により省エネ	-	既に導入	• エネルギー基本計画 • <u>グリーン成長戦略</u>
分散型エネルギーシステム	✓ スマートエネルギーネットワーク（エネルギーの面的利用）・コージェネレーション・燃料電池などの普及拡大により省エネ	-	既に導入	• エネルギー基本計画 • <u>グリーン成長戦略</u>
都市ガス原料を天然ガスから合成メタンへ転換	✓ 都市ガス原料を合成メタンに転換し都市ガス使用時のCO2排出をゼロに	最大100%削減	2030年代	• <u>グリーン成長戦略</u>
メタネーション（サバティエ反応）	✓ 水素とCO2からメタンを合成	最大100%削減	2030年代	• <u>グリーン成長戦略</u> • IEA-ETP2020
メタネーション（革新的技術）	✓ サバティエ反応によるメタネーションと比べ、より高効率にメタンを合成する革新的技術（共電解等）	最大100%削減	2040年代	• <u>グリーン成長戦略</u> • GI基金-社会実装計画※5 • IEA-ETP2020
国内外サプライチェーン構築	✓ 液化基地、LNG船、受入基地、パイプライン等の既存インフラにおける合成メタンの併用等	-	2030年代	• <u>グリーン成長戦略</u> • IEA-ETP2020

都市ガス
 天然ガス
 合成メタン

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
 ※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
 ※3：実装年の参照先には下線を付加。
 ※4：転換前の燃料構成により削減幅は異なる
 ※5：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-2 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「LPガス」

LPガス
LPガス
グリーンLPガス

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネルギーの推進・燃料転換	✓ 高効率ガス給湯機器や家庭用燃料電池の普及、LPガス輸入基地等の省エネ、LPガスボイラーやLPガス燃料船舶の普及	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> 低炭素社会実行計画
配送合理化	✓ スマートメーター・集中監視装置の普及	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> 資源・燃料分科会資料
合成LPガス	✓ COとH2からのメタノール・DME 経由の間接合成法によりLPガスを製造	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略

※ 1 : 既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
 ※ 2 : 社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
 ※ 3 : 実装年の参照先には下線を付加。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 |

①-3 CNに向けた低炭素・脱炭素技術「共通技術」

共通技術

水素

バイオ
ガス

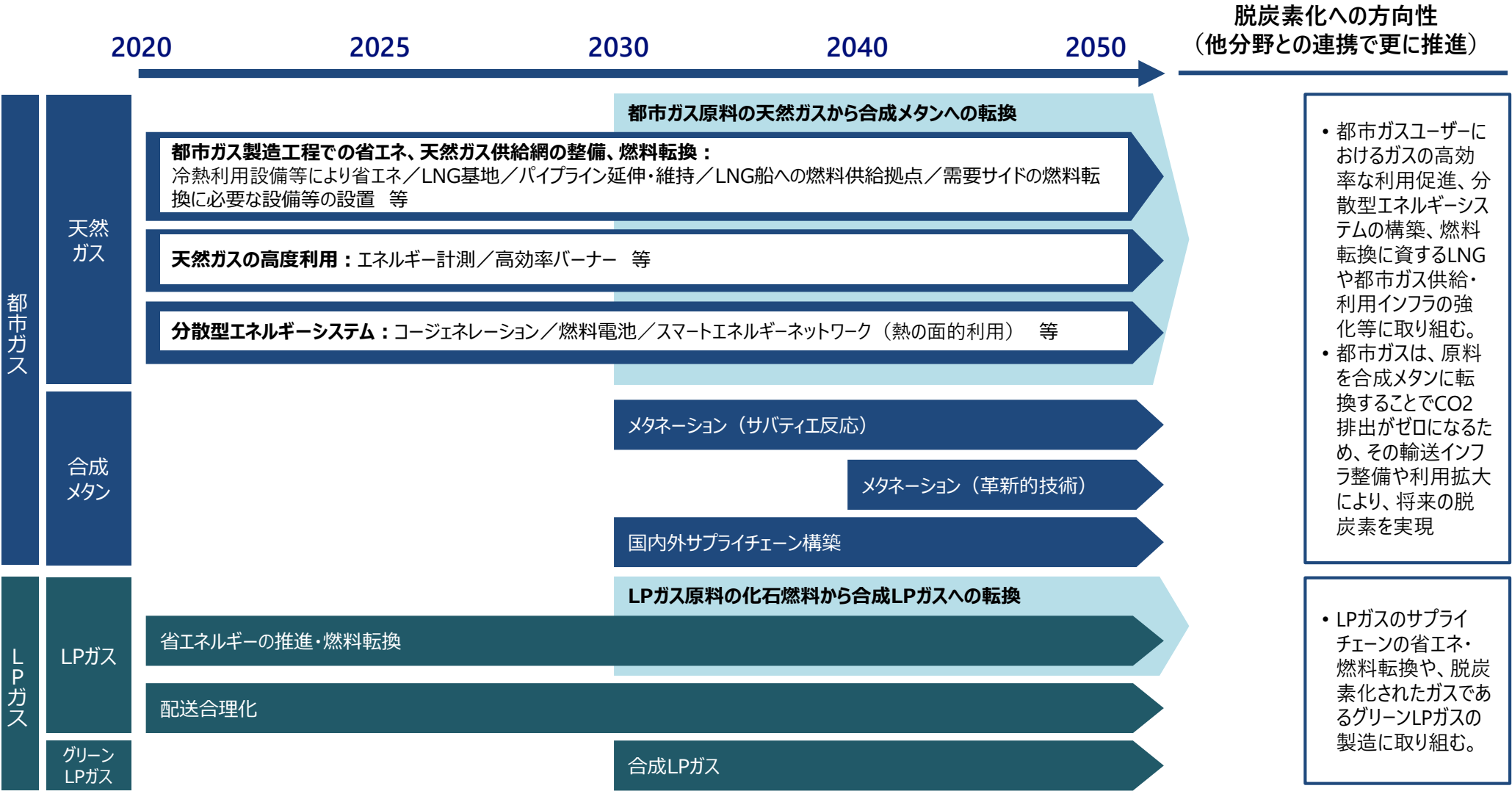
アンモ
ニア

CCUS

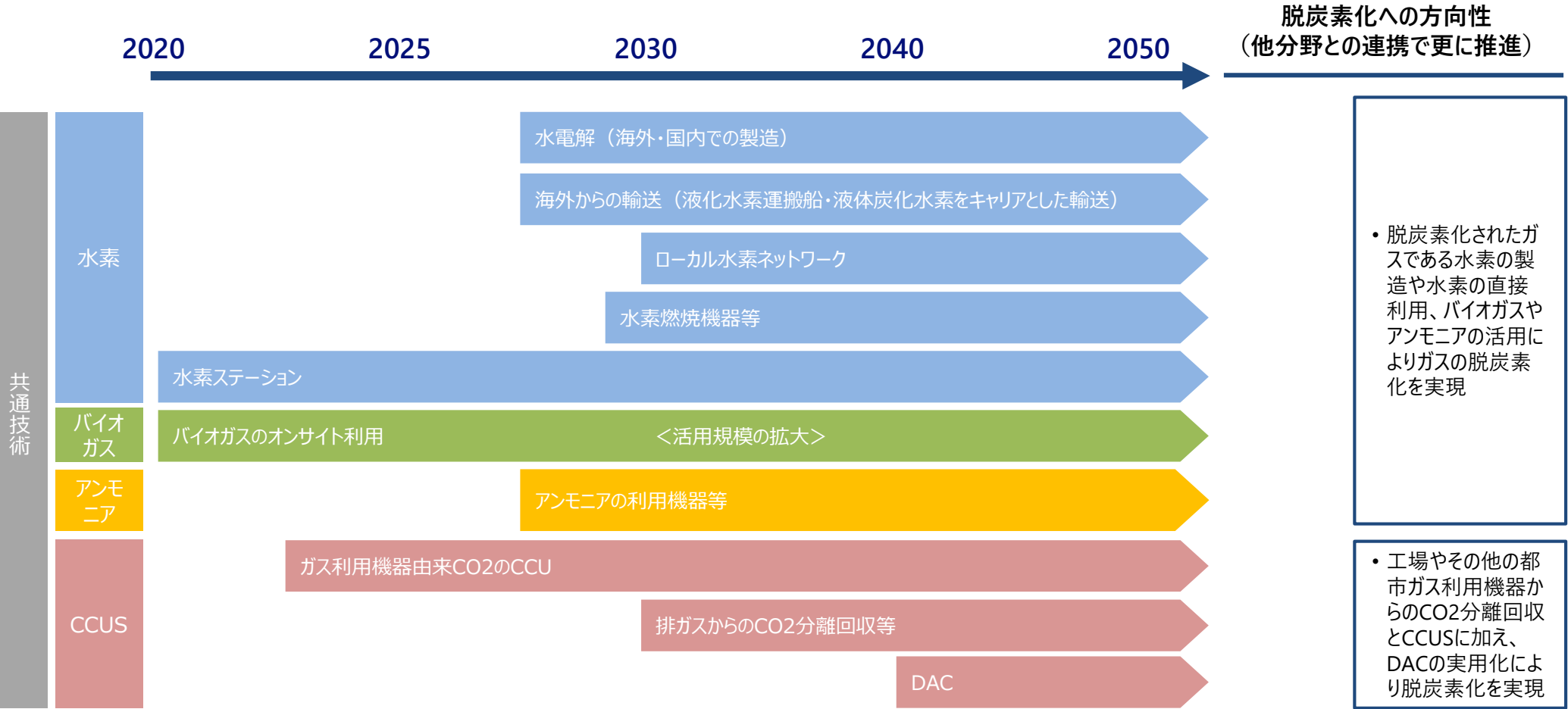
技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
水電解 (海外・国内での製造)	✓ 水を電気分解し水素を製造	最大100%削減	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 GI基金-社会実装計画※4 IEA-ETP2020
海外からの輸送 (液化水素 運搬船・液体炭化水素をキャ リアとした輸送)	✓ 液化水素運搬船や、メチルシクロヘキサン (MCH) 等をキャリアにする形で運搬	—	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 GI基金-社会実装計画 IEA-ETP2020
ローカル水素ネットワーク	✓ 国内の水素供給網整備	—	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略
水素燃焼機器等	✓ 工業炉・コージェネレーション・燃料電池への水 素利用等	最大100%削減	2030年前	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 IEA-ETP2020
水素ステーション	✓ 都市ガスからの水素製造装置の低コスト化に よる社会実装	—	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略
バイオガス	✓ バイオマス発酵由来ガスの活用	最大100%削減	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 IEA-ETP2020
アンモニア	✓ アンモニアのオンサイト活用	最大100%削減	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 IEA-ETP2020
排ガスからのCO2分離回収 等	✓ 都市ガス利用機器から排出されるCO2を回 収・利用	最大100%削減	2020年代前半	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略
	✓ 鉄鋼工場・発電所・化学工場等から排出され るCO2を回収・利用・貯蔵	最大100%削減	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> GI基金-社会実装計画 グリーン成長戦略 IEA-ETP2020
DAC	✓ 大気中からCO2を直接回収	最大100%削減	2040年代	<ul style="list-style-type: none"> グリーン成長戦略 IEA-ETP2020

※1：既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。
 ※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を参照。
 ※3：実装年の参照先には下線を付加。
 ※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②-1 技術ロードマップ^o (都市ガス、LPガス)



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②-2 技術ロードマップ° (共通技術)



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

研究開発 実証 実用化・導入

2020

2025

2030

2040

2050

都市ガス

都市ガスの高効率な利用促進、燃料転換に資するLNGや都市ガス供給・利用インフラの強化等に取り組みつつ、将来的には都市ガスを天然ガスから合成メタンに転換することで脱炭素を実現。

<天然ガス>

都市ガス製造工程での省エネ



天然ガス供給網の整備



燃料転換



天然ガスの高度利用



分散型エネルギーシステム



都市ガス原料を天然ガスから合成メタンへ転換

大規模実証、コスト低減



<合成メタン>

メタネーション
(サバティエ反応)

大規模実証、コスト低減



メタネーション
(革新的技術)

基礎技術の開発

大規模実証、コスト低減



国内外サプライチェーン構築

大規模実証、コスト低減



LPガス

LPガスのサプライチェーンの省エネ・燃料転換や、脱炭素化されたガスであるグリーンLPガスの製造に取り組む。

<LPガス>

省エネルギーの推進・燃料転換



配送合理化



<グリーンLPガス>

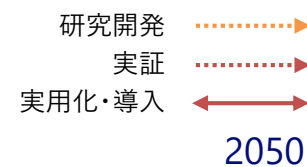
合成LPガス

基盤技術の開発

実証



3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】



2020

2025

2030

2040

2050

共通技術

水素

脱炭素化されたガスである水素の製造や水素の直接利用によりガスの脱炭素化を実現

水電解
(海外・国内での製造)

モジュールシステムの構築、部材の開発・製造

実証

海外からの輸送
(液化水素運搬船・液体炭化水素をキャリアとした輸送)

要素技術開発

実証

ローカル水素ネットワーク

適地選定、実証

水素燃焼機器等

実証

水素ステーション

バイオガス

バイオガスの活用によりガスの脱炭素化を実現

バイオガス

アンモニア

アンモニアの活用によりガスの脱炭素化を実現

アンモニア

技術開発・実証

CCUS

工場やその他の都市ガス利用機器からのCO2分離回収とCCUSにより脱炭素化を実現

ガス利用機器由来CO2のCCU

実証

排ガスからのCO2分離回収等

プロセス開発

実証

DAC

研究開発

実証

目次

1. 前提

2. ガス事業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本技術ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- ガス分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、ガス分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右されるため、他分野と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、技術ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- ガス各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本技術ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせて、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本技術ロードマップの「技術」にとどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。

経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会

ガス分野 委員名簿

【座長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）
システム研究グループリーダー・主席研究員

【委員】

押田 俊輔 マニユライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長
梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 執行役員サステナブル・ファイナンス評価本部長
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
竹ヶ原 啓介 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／
副所長 兼 金融経済研究センター長
松橋 隆治 東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

【専門委員】

橘川 武郎 国際大学副学長・大学院国際経営学研究科 教授
柴田 善朗 日本エネルギー経済研究所 新エネルギーグループ マネージャー 研究主幹
早川 光毅 一般社団法人日本ガス協会 専務理事
吉田 栄 日本LPガス協会 専務理事