

合成メタン (e-methane) について

2023年3月13日

資源エネルギー庁

本日及び今後の検討について

- 前回（第26回ガスWG）は、事務局から都市ガスのカーボンニュートラルに向けた様々な手段について概観を説明し、今後の検討にあたっての全般的なご意見をいただいた。
- 今回は、合成メタン（e-methane）について、生産技術の種類や技術開発の状況、将来の輸入価格・生産コストの見通し、国内メタネーションや海外メタネーションの具体的な取組を説明・紹介するとともに、合成メタンの製造・利用に係る国内外のCO₂排出の取り扱いに係る論点を説明する。
- 次回は、バイオメタンについて議題とするとともに、制度・規制・経済インセンティブ・支援策等について、都市ガスに係る現状、電力の制度等、諸外国の制度等について紹介し、検討を深める予定。
- 次々回に関係事業者からのヒアリングを実施した上で、それまでの検討を踏まえて、議論の中間整理を行うこととしたい。

4月 第28回 バイオメタン、制度・規制・経済インセンティブ・支援策

5月 第29回 関係事業者ヒアリング

第30回 中間整理の骨子（案）

6月 第31回 中間整理（案）

【参考】第26回ガスWG（2023年2月8日）のご意見 1/5

- ①都市ガスカーボンニュートラル化の手段は現段階ではいずれも可能性があるため、どれもが進展するよう助成することが重要。今の段階では、いずれも排除しないことが重要であり、コストがかさむ技術もあると思うが、各技術が進むようコストの差をうめるような補填方法も考えていただきたい。バランスの良いコスト補填の在り方を考えていただきたい。②上流の問題もバランス良く考えていただきたい。③バイオガスにしっかり注目すべきではないか。④水素については、都市ガス導管に注入するという方向性ではなく、水素ガスパイプラインの拡充による水素供給を考えていくことが重要。水素社会の構築という大命題の中で、大きな視点で議論していただきたい。⑤CCUSとCCSについてはそれぞれの使い分けの見極めが必要。⑥カーボンクレジットの制度はわかりやすいシンプルな制度とすることが重要。【草薙委員】
- ①EUの資料からも分かるように、電力だけではなくガス体エネルギーも将来にわたって重要。工業、製造業等においても必要との意見が多数。ガス体の脱炭素の遅れは否めないが、今後、着実に電気とガスの脱炭素化を図ることが肝要。バランスをとるためには、価格差の補填や経済的な方策も有効と思う。②e-methaneには既存のインフラを活用できトータルコストの削減にも大きな利点があるが、水素にはメタンにはない魅力がある。技術革新を誘発する潜在性がある。水素の直接利用の拡大についても方策を考えることが必要。③e-methaneの活用については、工場などローカルでのCO2回収はネガティブエミッションになるので、回収とセットで導入促進を図る方策もある。④一般廃棄物のバイオマスを活用したバイオメタン製造の推進については、廃棄物行政にも大きな影響を与えるので早めの関係者間調整を図っていくことが良い。【小林委員】
- ①事務局が示した5つのカーボンニュートラルの方策に取り組むのがより現実的と思うが、5つの間のウエイト付けはどこかのタイミングで見直しを持つ必要あり。今後投資を行っていくにあたって、どこかのタイミングである程度見直しを立てる必要があると考える。②JCMによる二国間クレジットをどのようにしていくかも課題。途上国が対象のJCMの枠組みには、合成メタンの相手は入りにくい。③都市ガス以外の発電やオンサイトメタネーションといった周辺市場についても検討の対象にしたほうがよいのではないかと考える。【橋川委員】

【参考】第26回ガスWG（2023年2月8日）のご意見 2/5

- ①バイオガスについては、発電用と都市ガス用どちらが合理的かといった議論がまず行われるべき。もし都市ガスとして使う方がより合理的なら、FIT制度等への働きかけをガスの方からもすべき。②CCUSについては、CCUについて、燃やすと二酸化炭素が出るからあまり意味が無いという議論にひきづられて、CCUが現実的でないと否定的に捉える必要はない。全体のシステムの問題であり、ガスの方でもCCUを軽視することがないように。CCSと同じように重要であり、どちらが効率的かで選ばれるもの。③水素調達については、業界を含めて海外志向が相当強い。安価に、大量に調達することを考えると合理的だが、海外と国内の調達比率は、それぞれのコストに依存。国内グリーン水素のコストは、電力市場がどれくらい効率的になるかに決定的に依存。電力の改革がうまく進むことが、セキュリティの観点からも望ましい水素の国内調達に影響を与えるので、電力システム改革に対してガスからも積極的に発言すべき。④クレジットについては、2050年までの過渡期に一定の役割を果たすのは既定路線だが、2050年を超えても活用し続けるかは大きな選択。本来は、本当に二酸化炭素の排出ゼロがとて難しい分野のために森林等のマイナスエミッションを使うのが合理的。一方で、今後もLNGの長期契約を結ぶことを考える時に、CCUSが合理的コストで実現するかというリスクを考えると、クレジットという重要な選択肢を早々に捨てることで、長期契約がとて結びにくくなるという観点から、クレジットを重要な選択肢として残すことには意味があると思う。【松村委員】
- ①今後の政策決定に関して、研究開発への補助・援助、設備投資への補助・援助という双方の援助が必要ではないか。②一定の時期、一定のタイミングで、競争促進政策が必要。合成メタンと水素といったエネルギー間の競争と、例えば合成メタン内といった単一エネルギー内の競争があり、両方が重要。エネルギー間の競争が棲み分けにつながり、エネルギー内の競争はコスト削減や技術革新につながっていく。特に、後者については、可能な部分で競争を導入していくことが望ましい。③補助金の導入等にあたっては、経済の原則に従って財源を考慮しなければならない。費用や便益を広く捉えて、外部効果が大き場合は税金が望ましく、当事者あるいは関係者の利益が大きくなる場合は受益者負担が望ましく、利益が将来に広くわたるのであれば公債がよい。④水素導管とガス導管の在り方についてもあらかじめ検討しておくべき。【橋本委員】

【参考】第26回ガスWG（2023年2月8日）のご意見 3/5

- ①バイオガスの活用にあたっては、農水の食料、飼料、肥料でもバイオマスが利用されているので調整が必要。
②e-methaneについては、当初は国内では値段的に難しいと思うが、エネルギー自給率の関係から国内での生産を目指してほしい。③消費者はガスの安全が気になるので、利用者の不安を取り除くような進め方を願いたい。【大石委員】
- カーボンニュートラル化の手段・現状整理のブラッシュアップを図るべく、今後幅広い議論を進め、これら手段を促進するための制度・規制・経済インセンティブ・支援等についての方策が適切なタイミングで講じられるよう期待。水素については、既に複数の支援制度の具体的検討が進んでいると認識。合成メタンは検討ステージが劣後しているのではないか。川上のバリューチェーン構築に係るファーストムーバーの投資判断を後押しするためには、何らかのサポートの枠組みが早期に導入されることが望ましい。時間軸を考慮した議論・検討が求められる。【又吉委員】
- ①合成メタンの実用化・社会実装に向けた生産技術を確立するにあたっては、国内外の制度・ルール等の調整が必要になるため、前広に検討を行っていくべき。②環境価値の認証・移転等の仕組みについては、電気の非化石証書などの制度を参考に、需要家のニーズ等含め検討を行っていくべき。【木山委員】

【参考】第26回ガスWG（2023年2月8日）のご意見 4/5

- 日本のエネルギー全体の脱炭素化に向けてガスの脱炭素化は極めて重要。脱炭素技術の社会実装に向けては、現時点で技術的ブレークスルーが必要な分野が多々あると認識。引き続き、官民一体で技術開発・実証を強力に推し進めることが肝要。技術の早期実現・拡大につなげるには、事業の予見性が確保できることが重要。今後の議論においては、合成メタン、バイオマス、水素利用といった脱炭素化の手段それぞれが直面する課題の解決に資する形で制度、規制、インセンティブなどが明確化されることが望ましい。とりわけ、合成メタンを含むカーボンリサイクル燃料の利用に伴うCO₂排出に係る制度やルールを整備することは、都市ガス分野の脱炭素化のみならず、CO₂排出産業の脱炭素化につなげるためにも重要。国内での取り扱いの整理に加えて、海外で製造した合成メタンを輸入する場合のルールの整備を含め、国際的なルール作りを主導するという観点で、政府と関連業界が一体となって取り組んでいただきたい。【経団連・小野オブザーバー】
- 電力もガスも基本的には同じような構図であり、3つの重要な柱がある。1つ目の重要な柱は、エネルギーセキュリティの確保。2つ目の重要な柱は、公正な競争環境の下、全てのお客さまが多様なガスの選択ができること。3つ目の重要な柱は、カーボンニュートラルへの対応。エネルギーセキュリティの確保とカーボンニュートラル化の推進の両立をどうしていくかが、大変重要な視点。合成メタンは既存のネットワーク利用が前提であるが、今後、合成メタンの利用について議論していく際には、全てのお客さまが安心してガスを使用できるよう、消費機器への対応も含め総合的に検討を進めていただきたい。【東京電力EP・結城オブザーバー】

【参考】第26回ガスWG（2023年2月8日）のご意見 5/5

- 発電用LNGに代わるカーボンニュートラル燃料として条件がそろえば合成メタンの活用も選択肢となり得る。一方で、合成メタンは水素と異なり燃焼時にCO₂を排出することから、利用時のCO₂排出に係るルール整備が最も重要な課題と認識。仮に回収側にCO₂排出を計上する場合においても、回収側に十分な誘因が働くための補完的な仕組みの制度設計が重要であり、早期の検討が必要。一方で、リスク対応という観点では、万一、日本のCO₂排出として計上するという国際ルールとなった場合にどのような対応が可能かということを検討・検証するとともに、バイオガスやCCUSなどの炭素循環技術の他、水素の直接利用などカーボンニュートラル化の手段の多様化が重要。【電事連・佐々木オブザーバー】
- 都市ガスのカーボンニュートラル化の手段として、現時点では選択肢を狭めずに幅広く導入促進の方策を検討するという方針に賛同。①e-methaneについては、ガス業界のみならずさまざまな企業が海外でのF Sや研究開発、国内実証に取り組んでいるところであり、需要側、供給側一体となってこうした気運を高めていくことが非常に重要。また、具体的な海外でのメタネーションのプロジェクトも顕在化しており、これを進めるためには2025年には事業者のFIDが必要。事業予見性を高め投資を呼び込む観点からも、e-methaneの導入促進策についてこのワーキンググループで具体的な検討が進んでいくことを期待。②バイオガスについては、地方のガス会社などで脱炭素化に向けた取り組み・検討を進める中で関心を持つ事業者が増えてきている。バイオガスは地域的な偏在性があり、現時点では自家消費や発電で利用されるケースが多いのが現状であるが、地方自治体などと連携したエネルギーの地産地消、地方都市における都市ガスのカーボンニュートラル化実現の重要な手段であり、引き続きバイオガスの導入促進策についてもご検討きたい。【ガス協会・早川オブザーバー】

1. メタネーション技術の概観

(1) サバティエ

(2) 革新的メタネーション

(3) バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合

(4) その他の関連技術開発

(5) 海外事例

(6) メタネーション技術開発のロードマップ^o (イメージ)

2. 合成メタン (e-methane) の価格・生産コストの見通し

3. 合成メタン (e-methane) 推進の多面的意義

4. 国内メタネーション、海外メタネーションの取組状況

5. ご議論いただきたい事項例

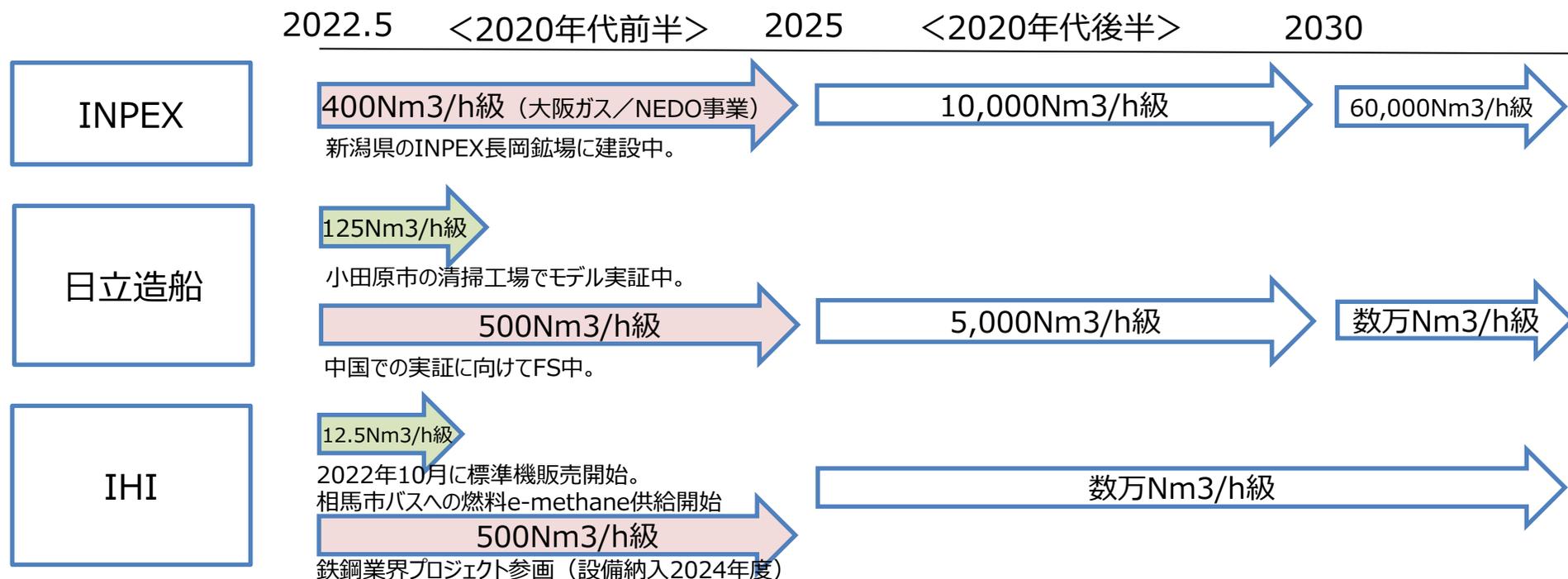
1. メタネーション技術の概観

- メタネーションの方法としては、化学反応によるものと生物反応によるものに大別。
- 化学反応によるメタネーションとしては、サバティエ反応によるものが一般的であり、生産能力のスケールアップに取り組中。
- 更に高効率な合成の実現を目指す革新的メタネーション技術開発も開始。

	化学反応		生物反応
	サバティエ反応によるメタネーション	革新的メタネーション	※バイオガス製造ではなく、回収したCO ₂ を微生物機能を用いてメタネーションするもの。
国内の研究開発企業	INPEX、日立造船、IHI	大阪ガス(SOEC) 東京ガス・IHI・JAXA(ハイブリッドサバティエ、PEM)	東京ガス、大阪ガス
現時点の生産能力	数m ³ ～十数m ³ /hが実現。 数百m ³ /hを開発中。	ラボレベル	ラボレベル
将来の目標	2030年までに1万～数万m ³ /hの実現を目指す。	2030年までに10～数百m ³ /hの実現を目指す。 2040年代に1万～数万m ³ /hの実現を目指す。	—

1 (1) 生産技術 (サバティエ)

- 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、INPEX、日立造船、IHIが開発中。
- 各社、数Nm³/h～十数Nm³/hの生産技術を確立し、導入・実証中。日立造船は国内最大級の125Nm³/hの設備を実証中。
- 現在、各社は、数百Nm³/hクラスの生産技術を開発中。大手ガス事業者が検討する大規模商業生産の実現には、1万～数万Nm³/hの生産能力が必要。



【参考】サバティエ反応メタネーション (INPEX/大阪ガス)

第6回メタネーション推進官民協議会
(2022年3月22日) 資料5

メタネーション技術の実用化

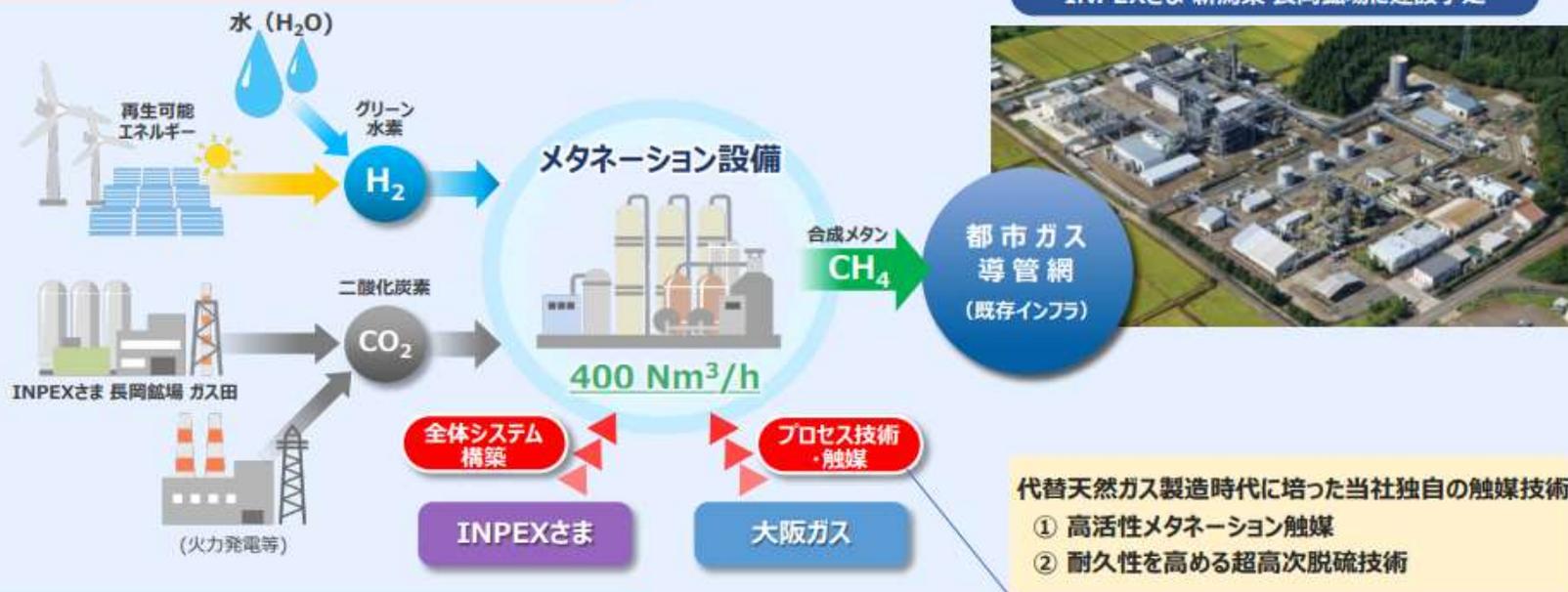
Daigas
Group

6 サバティエ反応メタネーションの取り組み

- INPEXさまと大阪ガスは、INPEX長岡鉱場内から回収したCO₂を用いて合成メタンを製造する実証実験※を2024年度後半から2025年度にかけて実施します
- 本事業で開発するメタネーション設備の製造能力は約400Nm³/hを予定しており、現時点で世界最大級の規模となり、並行して10,000Nm³/h (実証スケール)、60,000Nm³/h (商用スケール) についても検討を行います

※ NEDO助成事業「カーボンサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発」『気体燃料へのCO₂利用技術開発』

合成メタン製造・都市ガス導管への注入



INPEXさま 新潟県 長岡鉱場に建設予定

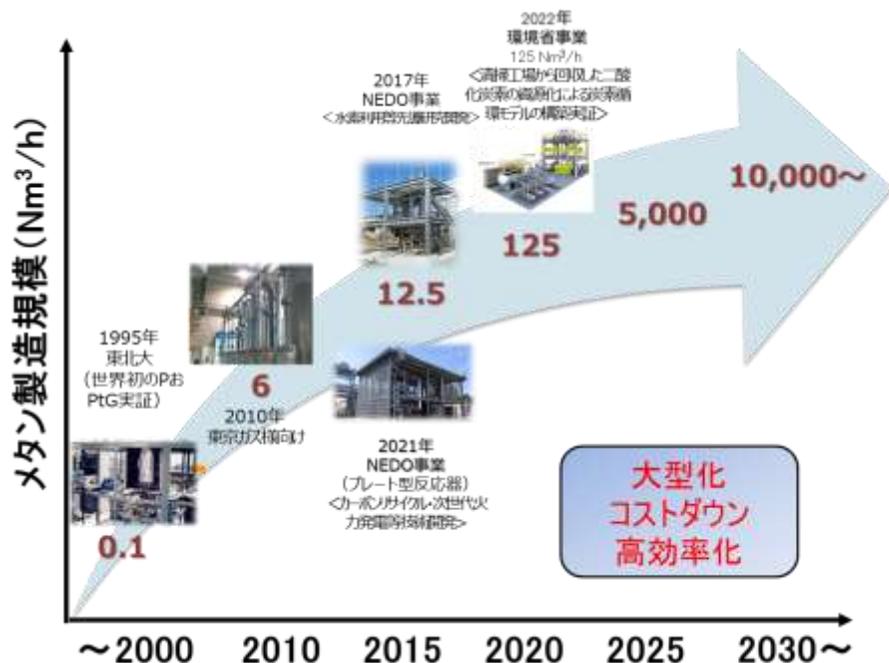
実証・商用プラントへのスケールアップ検討

実証スケール (10,000Nm³/h)・商用スケール (60,000Nm³/h) の反応器シミュレーション、基本設計、事業性評価を実施

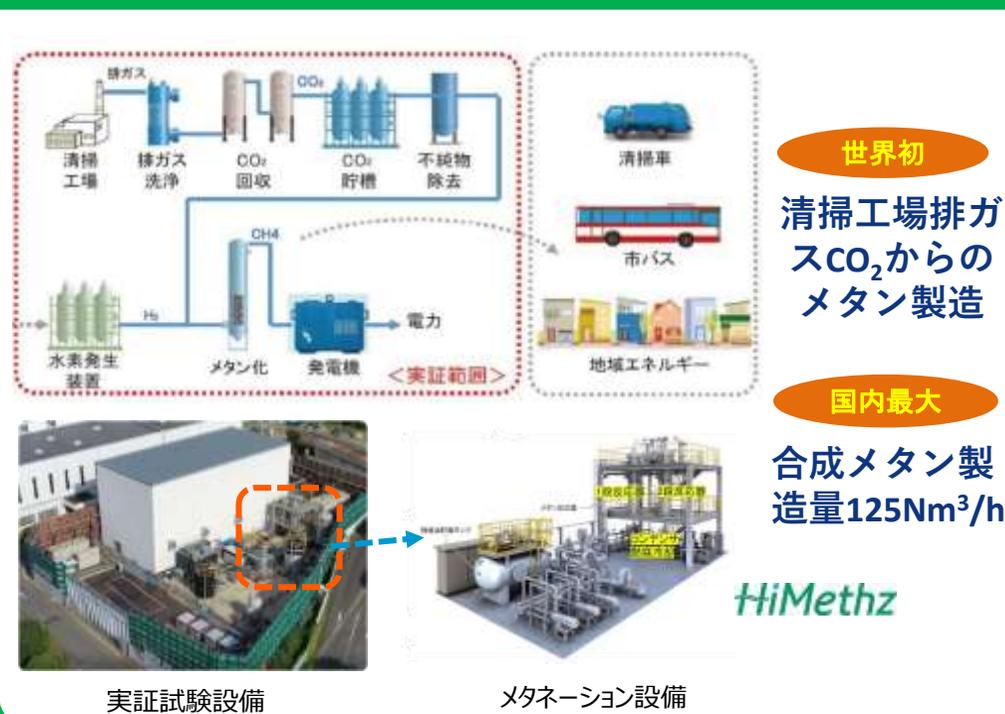
【参考】サバティエ反応メタネーション（日立造船）

- 独自開発の高性能触媒を含むメタネーションシステムの技術開発・実証経験を活かし、社会実装に向けた更なる高効率化・大型化・コストダウン取り組んでいる。
- 国内最大級となる125Nm³/h規模にて、清掃工場排ガスからのCO₂回収/メタン製造/利用が可能であることを実証。

【メタネーション技術開発の取り組み】

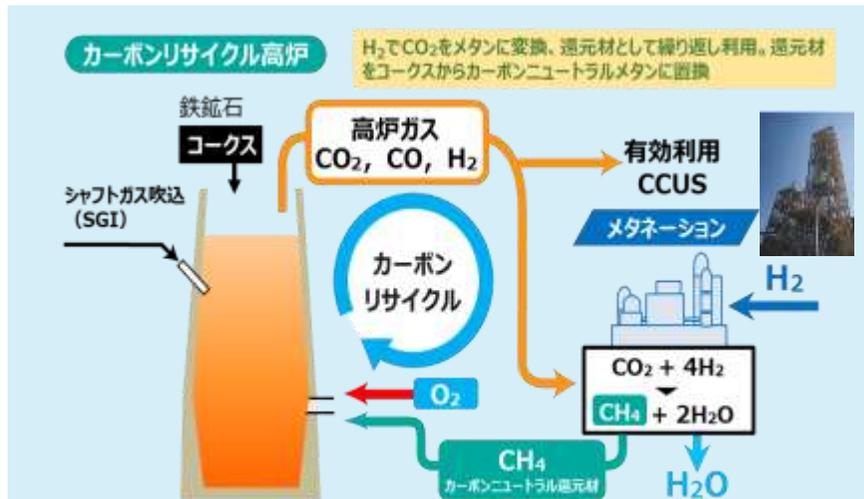


環境省委託事業「清掃工場から回収した二酸化炭素の資源化による炭素循環モデルの構築実証事業」2018年度～2023年度



【参考】サバティエ反応メタネーション (IHI)

- コア技術である触媒と反応プロセスを核として、各々のe-methane導入形態に合ったソリューション提案により、実績を積み重ねている。
- ①メタネーション設備の大規模化 ②オンサイトメタネーションの普及 という観点から継続的な技術開発と同時に社会実装促進に努めている。



JFEスチール カーボンニュートラル戦略説明会資料2022年9月1日) に加筆

世界最大級メタネーション装置 (500Nm³/h) とCO₂回収装置 (24t/d) にて構成されるCCU設備

取組事例① メタネーション設備の大規模化



小型メタネーション装置の販売開始



「おでかけミニバス」と充填装置

太陽光由来グリーン水素とIHI製装置を活用した燃料e-methane供給開始

取組事例② オンサイトメタネーションの普及

1 (2) 生産技術 (革新的メタネーション)

- GI基金により、革新的メタネーション技術開発の実証を実施。現時点ではラボレベルの段階だが、2040年代の実用化を目指す。

		(参考)	大阪ガス	東京ガス	
		サバティエ反応による従来型のメタネーション	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	●水素とCO ₂	●水とCO ₂	●水とCO ₂	●水とCO ₂
	反応式	$4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	$3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 + 2\text{O}_2$ $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2$	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2$
	反応方法	●化学反応	●電気化学反応	●電気化学反応	●電気化学反応
	温度	● (~500℃)	●高温 (~800℃)	●低温 (~220℃)	●低温 (~80℃)
メリット		●基本技術確立済	●水素の調達不要 ●高効率 (排熱を有効利用)	●水素の調達が不要 ●高効率 (排熱を有効利用)	●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※		55~60%	将来85~90%目標	将来80%超目標	将来70%超目標
技術開発における課題		●総合効率の向上 ●反応熱のマネジメント	●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	●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	●メタン合成触媒の耐久性・反応制御の向上

【参考】SOECメタネーション（大阪ガス）

メタネーション技術の実用化



4 SOECメタネーションの概要

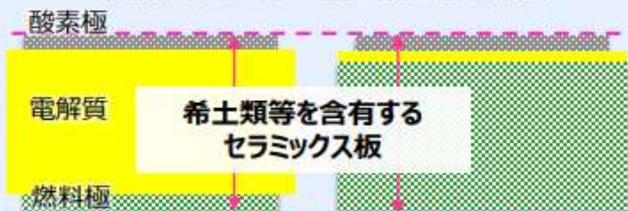
- SOECメタネーション技術は、高温電解方式による電力削減と排熱の有効活用により、**世界最高レベルのエネルギー変換効率(85~90%)**を実現する革新的な技術であり、投入する**再生可能エネルギーの削減が可能**であるとともに、**水素調達が必要**になるという特徴があります
- また、当社は既に、安価でスケールアップが容易な**金属支持型の新型SOECセル**の開発に成功しています

革新的SOECメタネーション



当社技術の特長

従来型SOEC：セラミックス支持型



全体を特殊なセラミックス材料で構成

新型SOEC：金属支持型



ホーロー食器のように、丈夫な金属板の表面を薄いセラミックス層で被覆

新型SOECの特徴

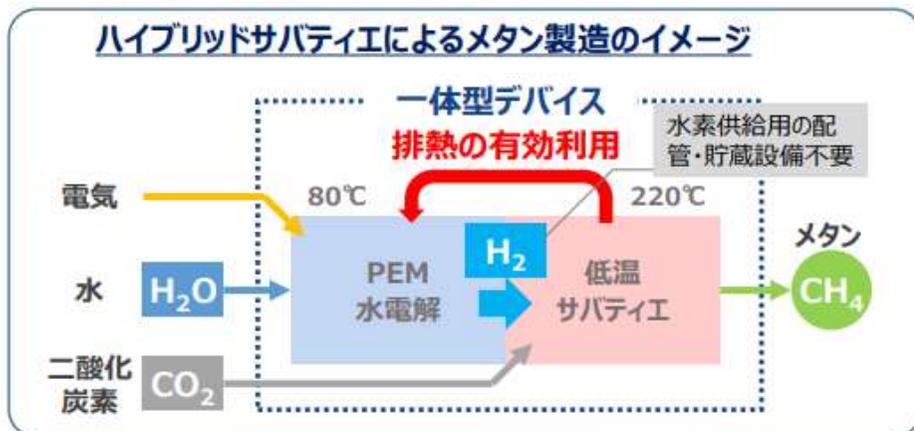
- 高価な材料の使用量が従来の1割程度に減少
- 形状の自由度が高い
- 多数の素子を接続しやすく、スケールアップが容易
- 700~800°Cの高温での高効率電気分解駆動が可能

【参考】ハイブリッドサバティエ（東京ガス）

革新的技術 ①ハイブリッドサバティエの特徴

TOKYO GAS GROUP

- 東京ガスは、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）と連携し、水電解と低温サバティエ反応を直接組み合わせた新技術であるハイブリッドサバティエを開発中です。
- 熱融通を可能とする一体型デバイス構造により、高効率化と熱マネジメントが容易な技術であり、既存技術の組み合わせであることから早期の社会実装が期待されます。



宇宙用試作デバイス

(写真提供：JAXA)

コスト 効率 大型化 熱マネ 新価値

- サバティエの排熱を水電解（吸熱反応）で有効利用することにより、高効率化が可能（将来効率目標80%超）
- モジュール構造を単位ユニットとし大型化容易

コスト 効率 大型化 熱マネ 新価値

- 低温プロセス（約220°C）のため、起動停止、再エネ変動への対応運転が容易

コスト 効率 大型化 熱マネ 新価値

- 既存技術の組み合わせであることから、早期の社会実装が期待される
- 東京ガスが開発中の低コストセルスタック製造技術をPEM水電解に活用し、更なる低コスト化

現状

- 「PEM水電解」と「低温サバティエ」という、既存技術の組み合わせで構成（デバイス化）
- JAXAが宇宙用途用開発目的で原理実証済

開発の方向性

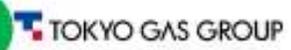
- PEMとサバティエの最適組み合わせ構造設計
- 低温活性（約220°C）の高い低温サバティエ用触媒開発
- スケールアップは、モジュール（デバイスを連結したもの）の大型化と複数化により実現

社会実装

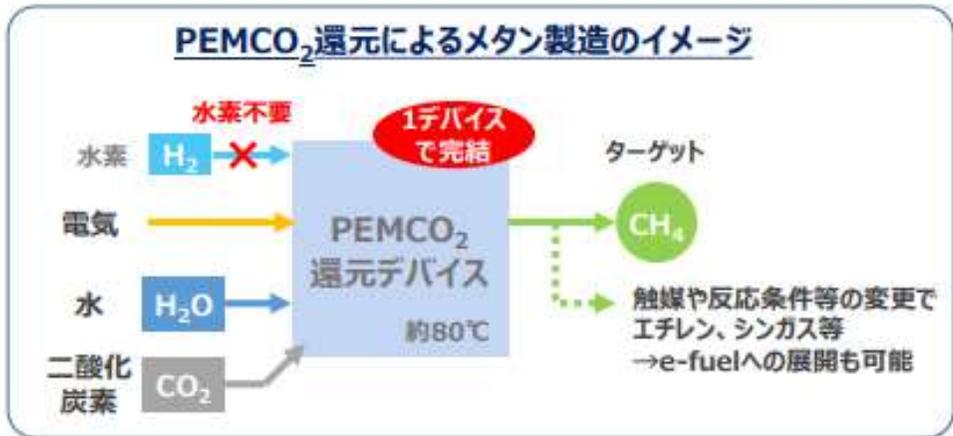
- 国内中規模・海外大規模プラントへの早期適用

【参考】PEMCO₂還元 (東京ガス)

革新的技術 ② PEMCO₂還元の特徴



- 東京ガスは、水電解にも用いられているPEMを利用した電気化学的還元 (PEMCO₂還元) により、水とCO₂から直接メタンを合成する技術を開発中です。
- サバティエ反応で課題となる熱マネジメントが不要となる低温 (約80℃) で反応する技術であり、また、シンプルな設備構造から大幅な設備コスト低減が可能となります。電極の工夫により様々なe-fuelの合成に適用できる可能性もあり、多用途展開が期待されます。



左図) PEMCO₂還元用触媒 (大阪大学提供)
右図) ハーフセルを用いた触媒評価装置 (大阪大学提供)

- コスト** (効率) (大型化) (熱マネ) (新価値)
- ・原料 (水とCO₂) から直接メタンを合成する簡略なシステムにより抜本的な低コスト化可能
- ・モジュール構造を単位ユニットとし、大型化容易
- コスト** (効率) (大型化) (熱マネ) (新価値)
- ・直接メタン合成反応は低温 (約80℃) ・熱中立反応であり、熱マネジメント不要 (熱交換器不要)
- コスト** (効率) (大型化) (熱マネ) (新価値)
- ・電極変更によりメタン以外の副生成物を合成可能 (e-fuelに活用可能)
- ・東京ガスが開発中の低コストセルスタック製造技術スタック製造に応用し、更なる低コスト化

現状

- PEM水電解技術を応用したメタン直接合成技術開発
- ラボレベルでのメタン合成実証中であり、エネルギー変換効率の向上取り組み中

開発の方向性

- メタンに対する合成選択性向上 (メタン合成選択性の高い電極の開発)
- 過電圧低減によるエネルギー変換効率向上
- スケールアップは、PEM水電解と同様にモジュールの大型化と複数化により実現

社会実装

- 国内中小規模プラントへ早期実装
- 海外大規模プラントへの適用 (オンサイトカーボンリサイクルに活用)
- 電極の工夫によりe-fuelにも活用展開

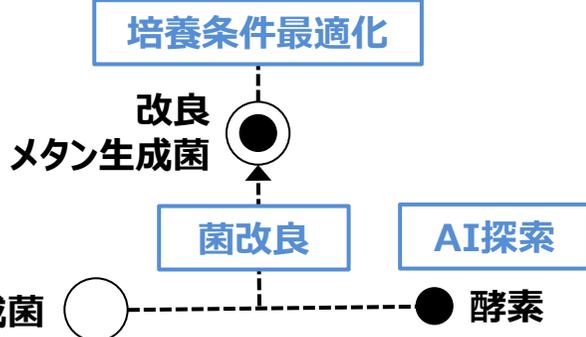
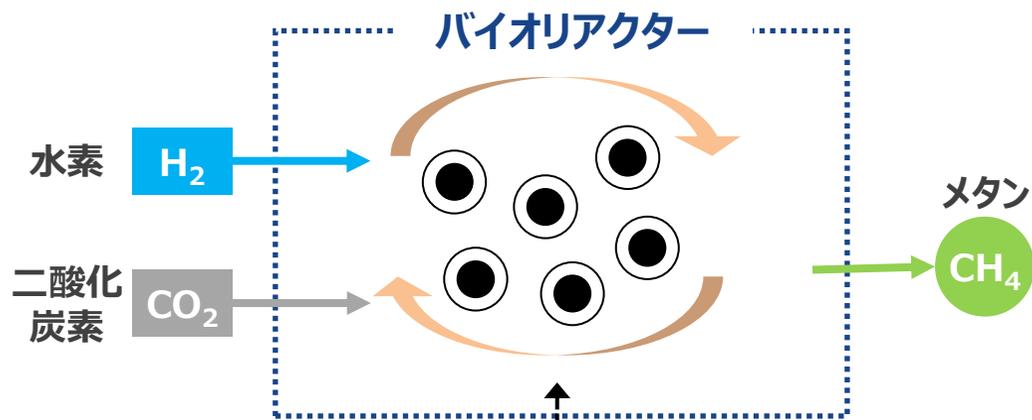
1 (3) 生産技術 (バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合)

- メタン生成菌による生物反応によりCO₂とH₂をメタンに変換するバイオメタネーションの技術開発も推進中。(東京ガス、大阪ガス)
- バイオガス中のCO₂を原料に用いて、生物反応によりメタネーションする技術開発や、バイオガスを生物反応や化学反応によってメタネーションし、合成メタン (e-methane) を製造する技術開発も推進中。(大阪ガス)

【参考】高速バイオメタネーション（東京ガス）

- **メタン生成速度の向上**を目的として、**AIを活用した酵素機能予測モデル**による酵素探索技術や、**培養条件の最適化技術**などを活用し、反応速度を大幅に向上させた**改良メタン生成菌の開発**を推進。

高速バイオメタネーションのイメージ



新価値

メタン生成菌の**不純物耐性**が高いため、**様々な品質の原料ガス**に対応可能で、**適用先が拡大**。

熱マネジメント

生物反応の**温和な条件**のため、**熱マネジメントが容易**。

大型化

反応槽の**大型化**や**並列化**により、**大容量化**が容易。

機器コスト

高反応速度のため反応槽を**最小化**、また**シンプルな装置構成**により、**低コストなシステム**を実現可能。

効率

サバティエ反応と同等以上の**効率**を達成可能。

SyntheticGestalt株式会社および東京工業大学と共同研究開始
(2021年10月13日プレスリリース)

<https://www.tokyo-gas.co.jp/news/press/20211013-01.html>

【参考】下水汚泥由来バイオガスとバイオメタネーションの融合（大阪ガス）

第7回メタネーション推進官民協議会
(2022年4月19日) 資料8

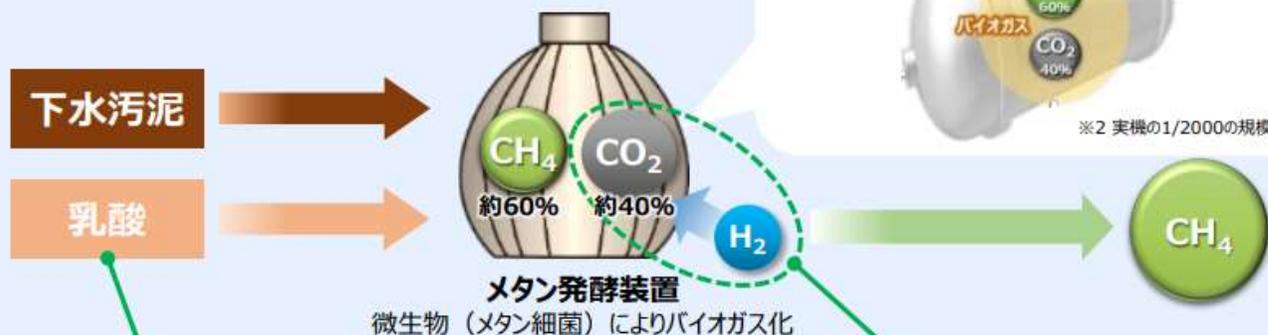
バイオガスの有効利用

Daigas
Group

5 バイオメタネーションによる有効利用

- 大阪市さま・京都大学さま・(株)NJSさまと大阪市海老江下水処理場にて**バイオメタネーションの小規模フィールド試験**※1を行います
※1 国土交通省 令和4年度下水道応用研究
- 2022年度には、下水処理場の既存の消化槽の1/2000のサイズの小型実験装置を製作し、下水汚泥の**バイオガス化**とバイオガス由来のCO₂と水素により**バイオメタネーション**を行う試験を実施し、その後実用規模での実証や適用可能性調査を行った上で、**2030年頃の実用化**を目指します

下水処理場での小規模フィールド試験のイメージ



開発内容② 2023年度
「乳酸※3添加によるバイオガス増量」

- 目標 汚泥から発生するバイオガス量を3倍に
- 下水汚泥分解に影響を与えない乳酸添加量の検証

※3 バイオプラスチック等を分解して得られる乳酸の活用を想定

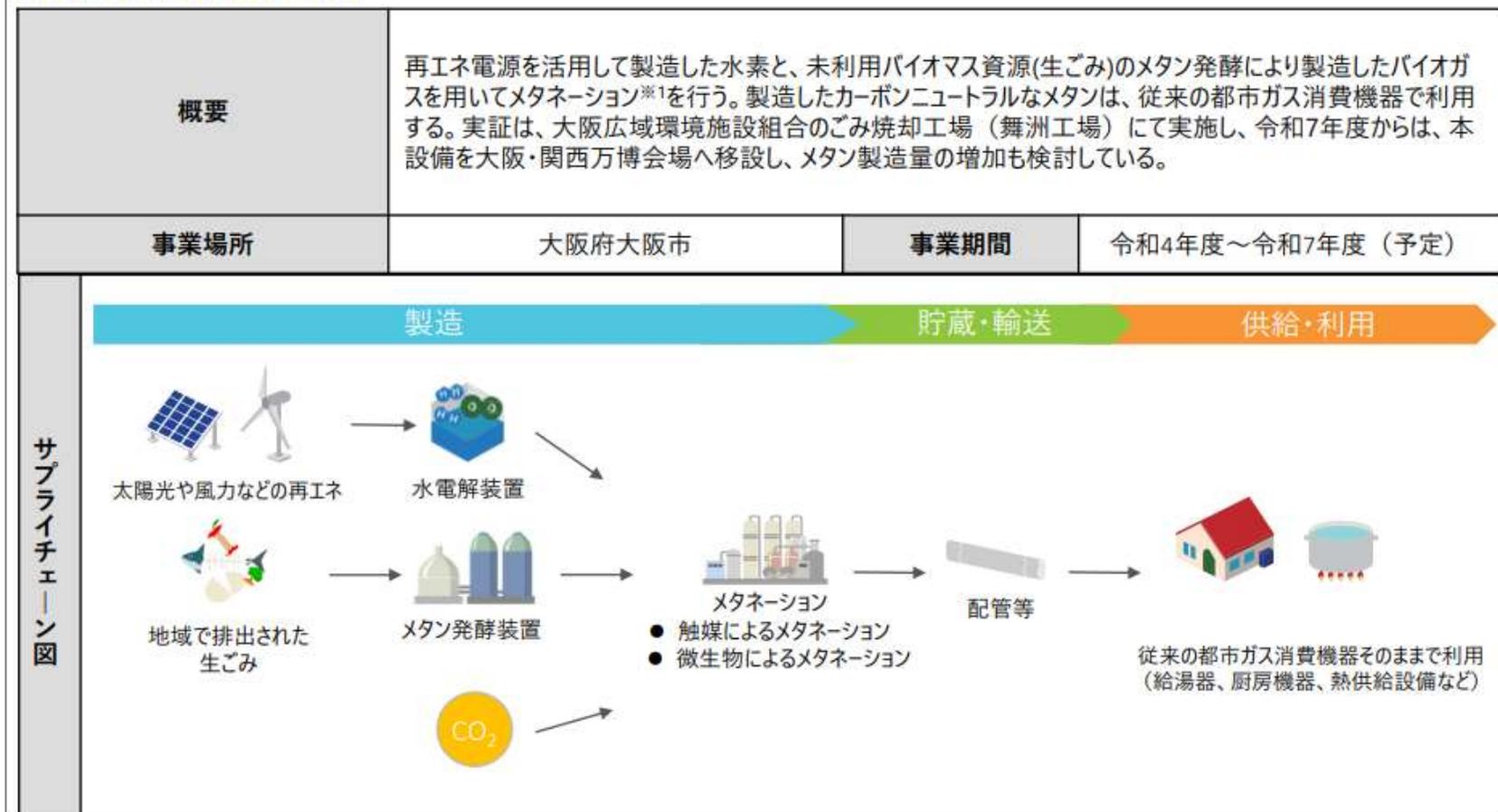
開発内容① 2022年度
「バイオガス中のCO₂を利用したバイオメタネーション」

- 目標 メタン濃度：60% ⇒ 85%
- 水素溶解方法の検討
 - 下水汚泥メタン発酵に影響を与えない水素添加量の検証
 - 汚泥脱水性の検証

【参考】生ごみ由来バイオガスとメタネーションの融合（大阪ガス）

都市部における再エネ由来水素と生ごみ由来バイオガスを活用したメタネーションによる水素サプライチェーン構築・実証事業（大阪府大阪市、実施代表者：大阪ガス）

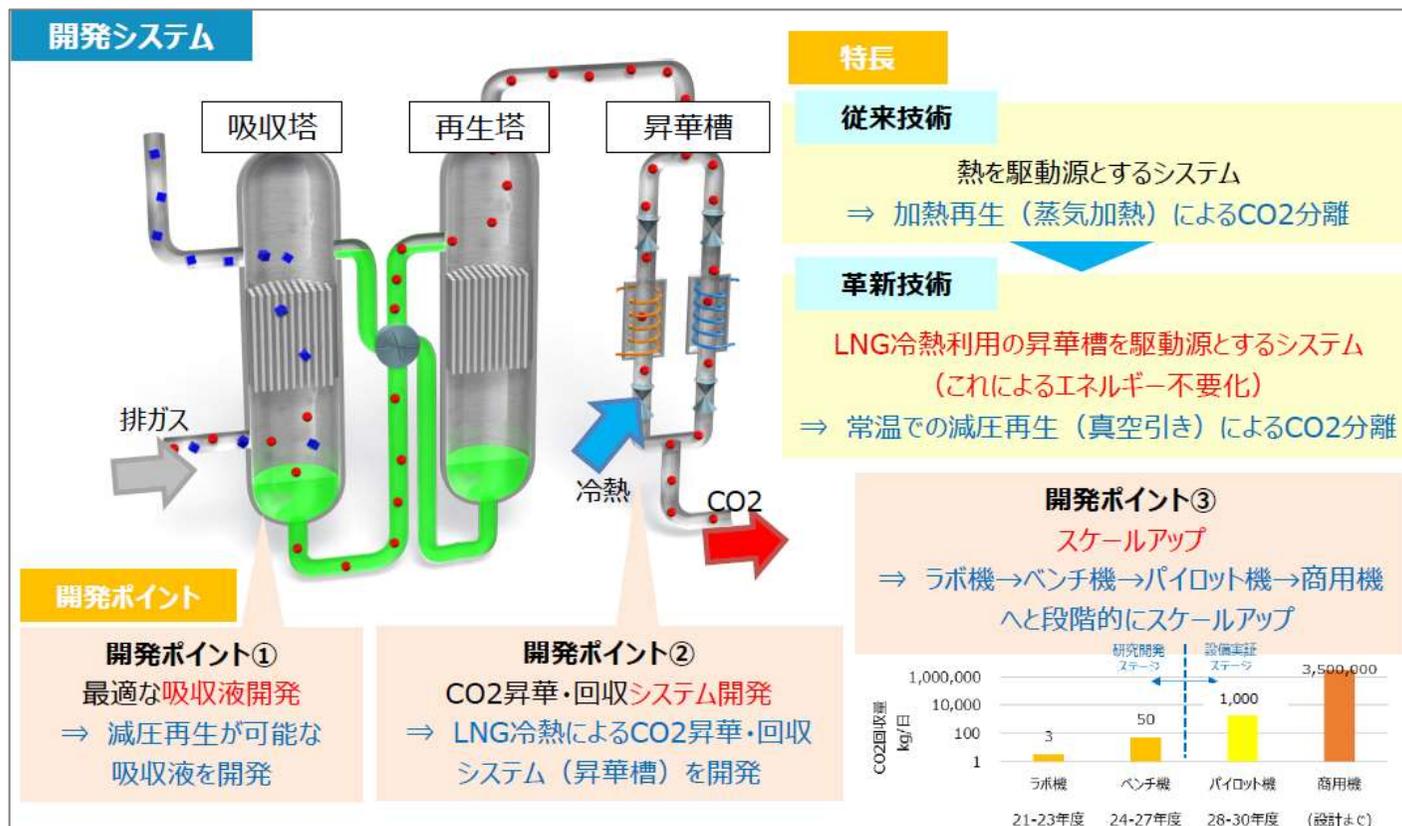
実証概要とサプライチェーン図



※1 水素と二酸化炭素を反応させ、メタンを合成する技術
（大阪ガス実証事業資料より作成）

1 (4) 生産技術 (その他の関連技術開発)

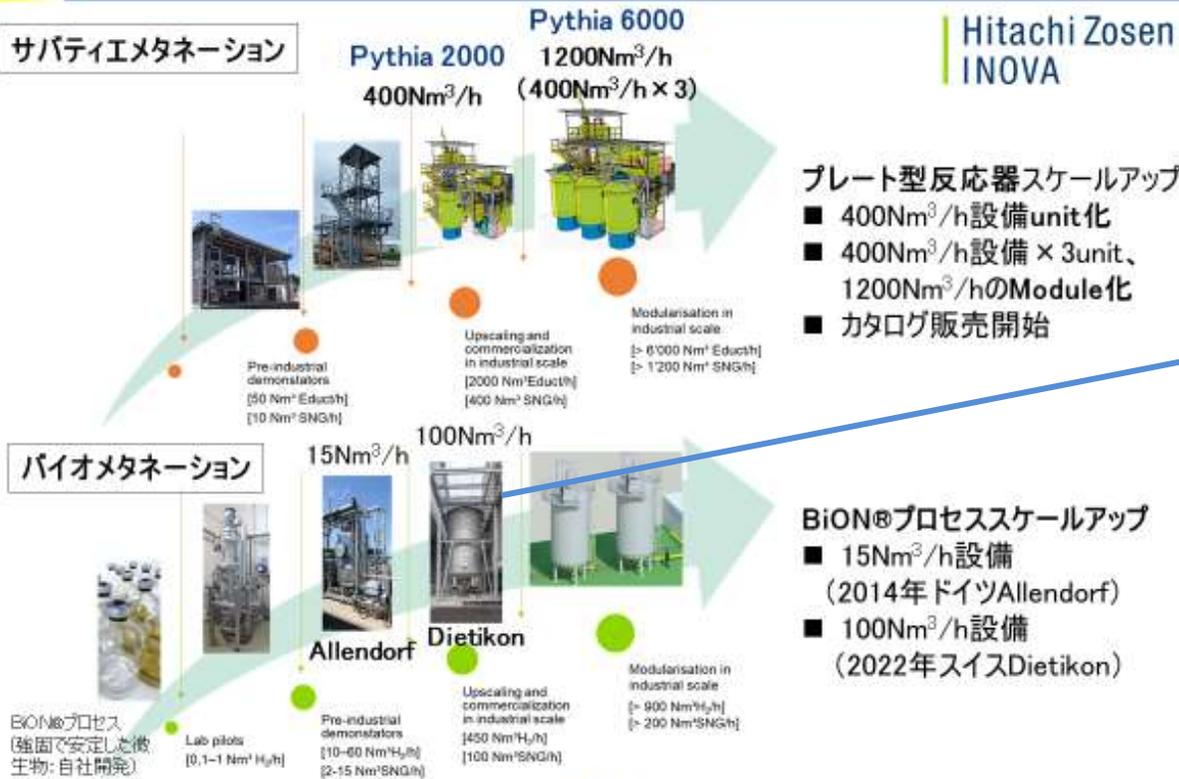
- 東邦ガスは、CO2回収コストの低減を目的に、**LNG冷熱利用による低コストなCO2分離回収技術「Cryo-Capture®」**の開発に取り組む。
- パイロット実証フェーズでは、LNG基地に「Cryo-Capture®」を設置し、そこで回収したCO2と、水電解等で製造した水素を用いて、メタネーション設備による合成メタンの製造、都市ガス原料化まで含めた一連のカーボンリサイクルの実証を行う計画。



1 (5) 生産技術 (海外事例)

- 海外企業の生産技術は、生産能力の水準でみると日本と同程度かやや上回る水準と考えられるが、今後の欧米におけるバイオメタン生産の拡大により、欧米企業のメタネーション技術やバイオメタン生産プラント・機器の生産力は、大幅に向上する可能性あり。

2-1. 欧州Inova社のメタネーション技術の紹介



バイオメタネーション設備の実装例 (スイス Dietikon、2022年)

ごみ焼却発電施設からの再生可能電力から水素を製造、下水バイオガスをバイオメタネーション設備に供給。バイオガスに含まれるCO₂からメタンを製造。

スイス電力会社 Regiowerk Limeco 社のEFW施設



【参考】欧州における合成メタンの実証プロジェクト事例

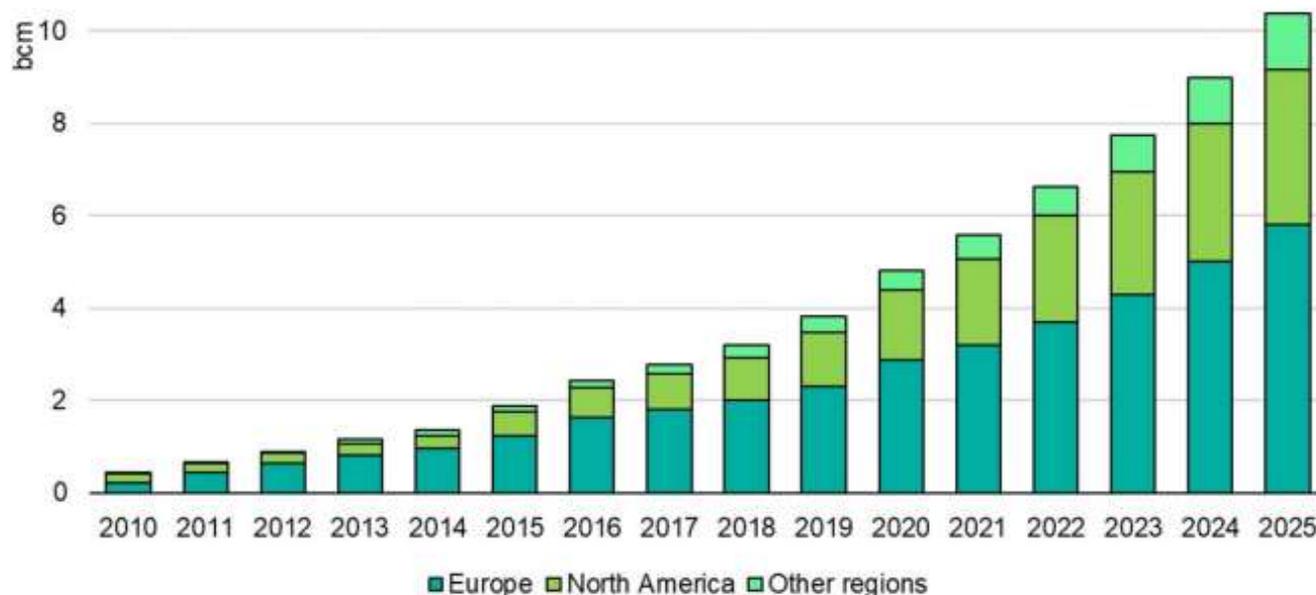
番号	プロジェクト名	実施主体	期間/展開予定	実施場所	技術	供給量/生産目標	CO2供給源
1	STOREandGO ドイツFalkenhagenプラント	Uniper/DVGW 他	2016：PJ開始	ドイツ	触媒メタン化	57m3/h(LNG)	バイオエタノールプラント
2	STOREandGO イタリアTroiaプラント	ENGINEERING	-	イタリア	触媒メタン化	-	DAC
3	STOREandGO スイス Solothurnプラント	regio energie	-	スイス	生物学的メタネーション	-	排水処理プラント
4	Hybridkraftwerk Limeco (biological methanation of sewage gas)	Swisspower	2020-2021：建設計画	スイス	生物学的メタネーション	-	下水処理場 バイオガスプラント
5	Jupiter 1000 project	GRTgaz 他	2018：PJ開始 2021：試運転開始	フランス	-	25Nm3/h 15TWh/y (～2050)	工場排水
6	BioCatプロジェクト (Biocat 3)	Electrochaea、デンマーク工科大学 他	2014：PJ開始 2017：Biocat3PJ開始 商用規模の試運転	デンマーク (Hvidovre)	生物学的メタネーション	50Nm3/h	廃水処理プラント
7	Echaea	Electrochaea GmbH	2020：PJ開始	デンマーク (Roslev)	生物学的メタネーション	500Nm3/h	-
8	Audi e-gas	ETOGAS, Audi	2013：PJ開始	ドイツ (ヴェルルテ)	触媒メタン化	300Nm3/h	バイオガス工場
9	Electrochaea's technology & CO2 from lime kiln	Electrochaea	2025：開始	ベルギー	生物学的メタネーション	-	-
10	MéthyCentre	Storengy	2022：PJ開始 (現在建設中) 2023：試運転開始	フランス	化学メタネーション	500m3/y	バイオメタネーションプラント
11	Greenlab Skive のプロジェクト	GreenLab	-	デンマーク	-	2,000万 m3/y	-

【参考】世界のバイオメタン生産の見通し（2025年）

- IEAによれば、世界のバイオメタン生産量は、ヨーロッパと北アメリカが原動力となり、2025年に100億m³に達する見通し。（※日本では、2030年の東京ガス、大阪ガス、東邦ガスの三社計の合成メタン導入の目標が1.8億m³。）

Global biomethane production is expected to reach 10 bcm by 2025

Biomethane production by region, 2010-2025



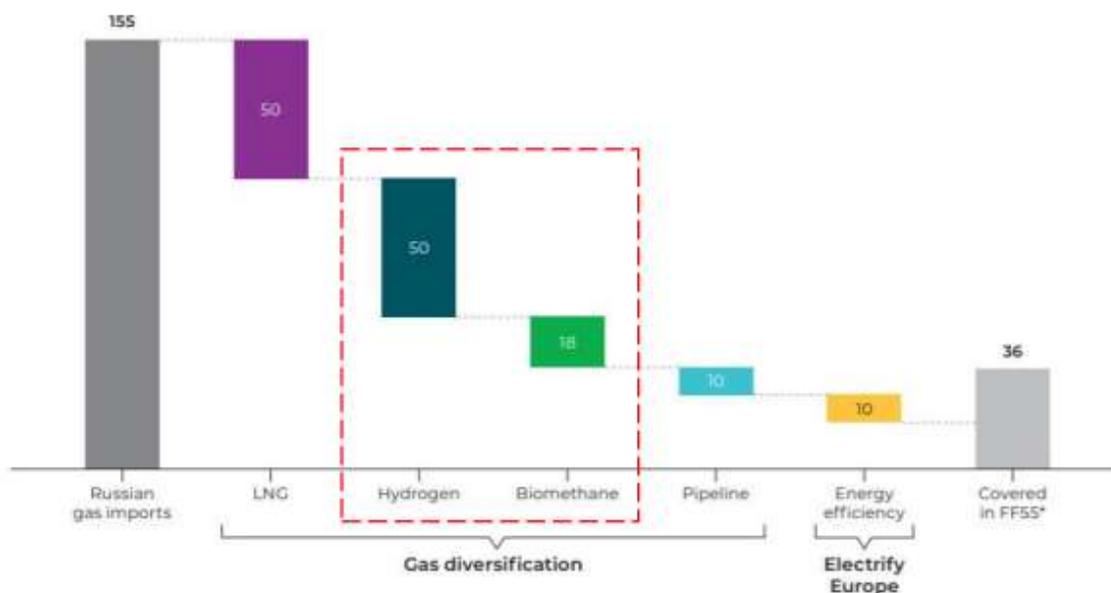
IEA 2022. All rights reserved.

Sources: IEA analysis based on Argonne National Laboratory (2020), [Database of Renewable Natural Gas \(RNG\) Projects: 2020 Update](#); Biogas Partner (2021), [Biogaspartner Einspeiseatlas Deutschland](#); Cedigaz (2021), [Global Biomethane Database](#); Energinet (2021), [Energi Data Service](#); GRDF (2021), [Production annuelle de biométhane par site d'injection](#).

REPowerEUにおけるバイオメタン・水素の利用拡大

- 2022年3月8日、欧州委員会は天然ガスのロシア依存解消のための新計画を発表。
- 2030年に向けFit for 55の取組を深掘りした内容となっており、特に、ガス体エネルギーによる天然ガスの代替として、水素、バイオメタンの大幅な利用拡大を盛り込む。

Figure 5:
Gas savings additional to Fit for 55 as stated in REPowerEU for 2030
(in bcm)²⁸



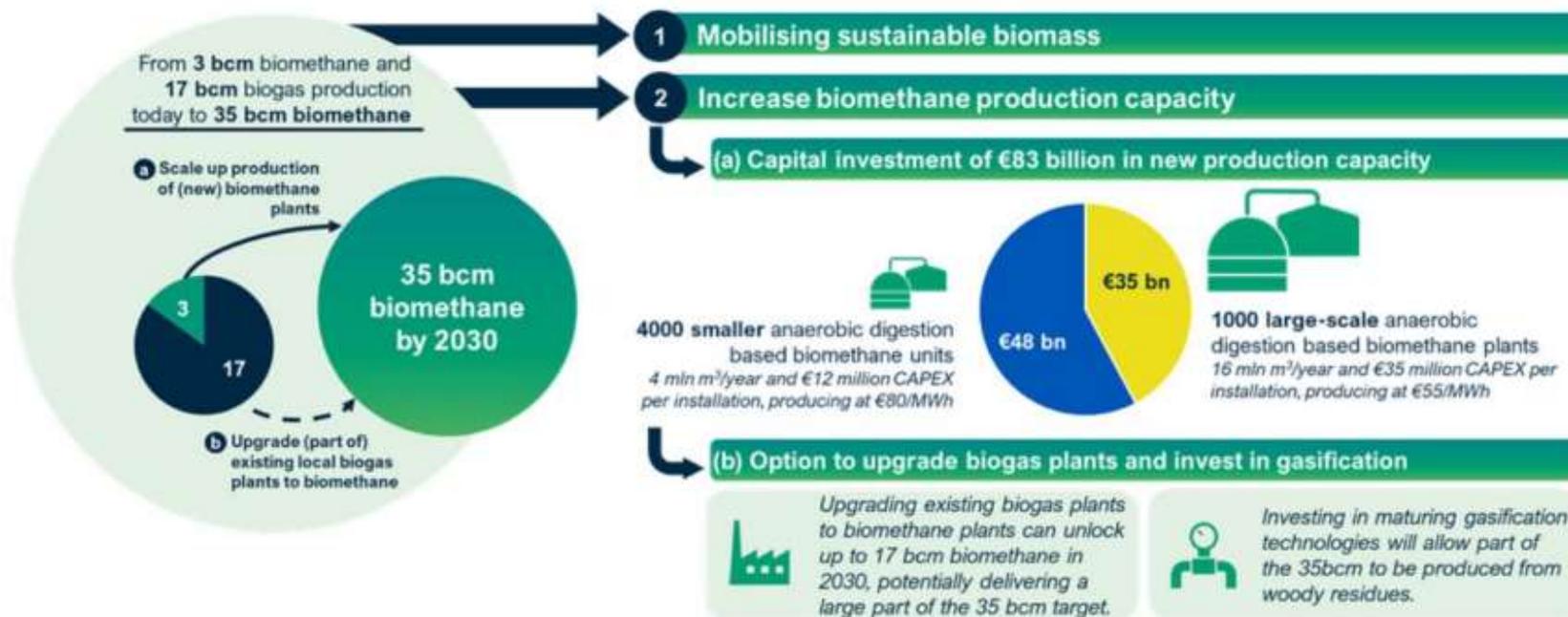
	水素	バイオメタン
Fit for 55	19bcm	17bcm
REPowerEU	50bcm	18bcm
合計	69bcm	35bcm

* The REPowerEU measures are an addition to the FF55 package, in total exceeding the 155 bcm of Russian gas imports.
The 36 bcm consists of 17 bcm of biomethane and 19 bcm of green hydrogen.

バイオメタン350億m³実現のための投資規模

- European Biogas Associationによれば、欧州では現在30億m³のバイオメタンが生産されており、これを350億m³に拡大するために、約800億ユーロの投資を行い、約5,000の新規のバイオメタンプラントを建設する必要がある。

What it takes to produce 35 bcm biomethane by 2030

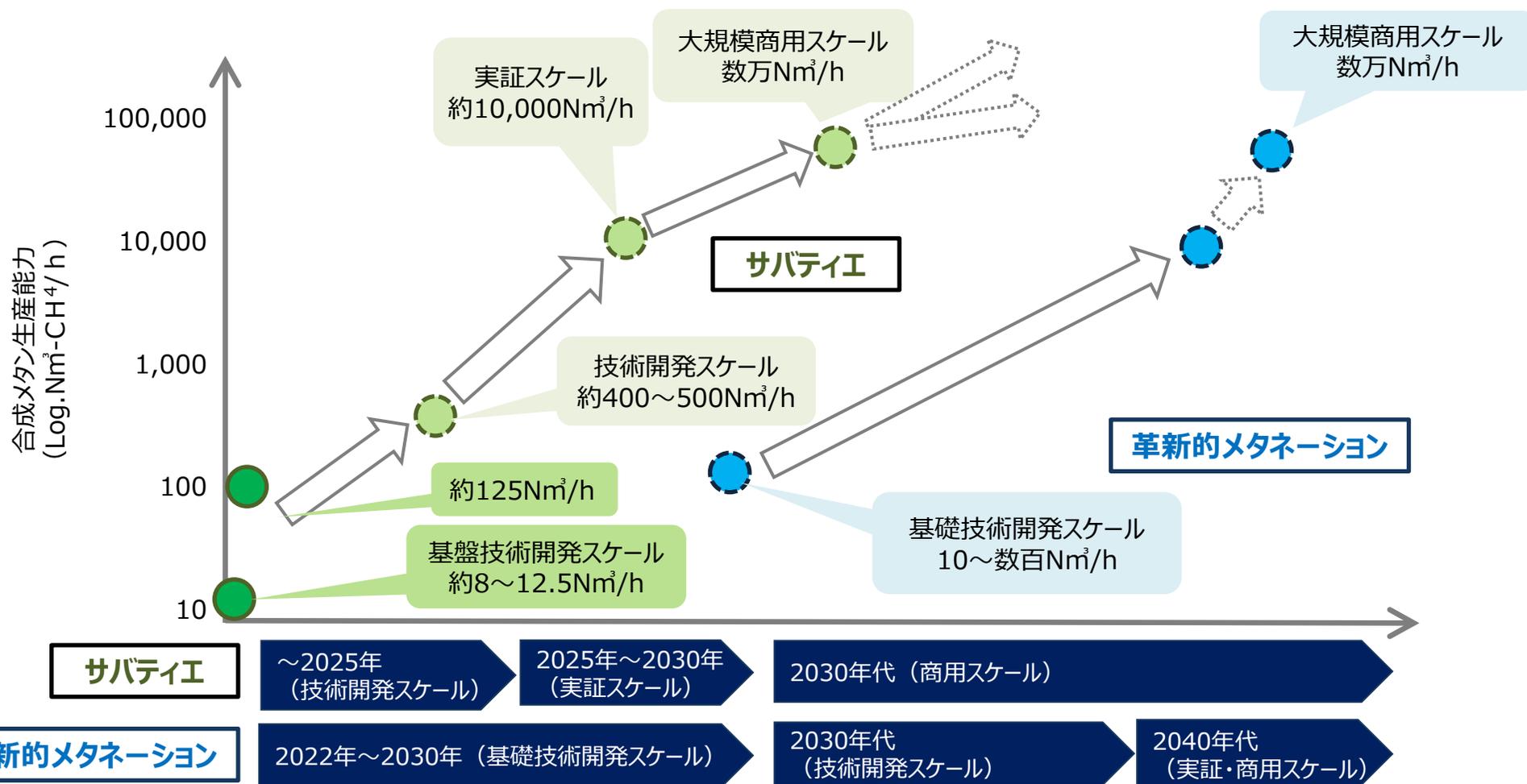


(出典) European Biogas Associationのホームページより引用

<https://www.europeanbiogas.eu/commission-announces-groundbreaking-biomethane-target-repower-eu-to-cut-dependence-on-russian-gas/>

1 (6) メタネーション技術開発ロードマップ (イメージ)

- サバティエ・メタネーションは、現在、400～500Nm³/hの技術開発中。2030年代に数万Nm³/hの大量生産技術の実現を目指す。
- 革新的メタネーションは、GI基金による支援の下2030年に10～数百Nm³/hレベルの基礎的技術を確立し、2040年代に1万Nm³/h～の大量生産技術の実現を目指す。



1. メタネーション技術の概観

(1) サバティエ

(2) 革新的メタネーション

(3) バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合

(4) その他の関連技術開発

(5) 海外事例

(6) メタネーション技術開発のロードマップ^o (イメージ)

2. 合成メタン (e-methane) の価格・生産コストの見通し

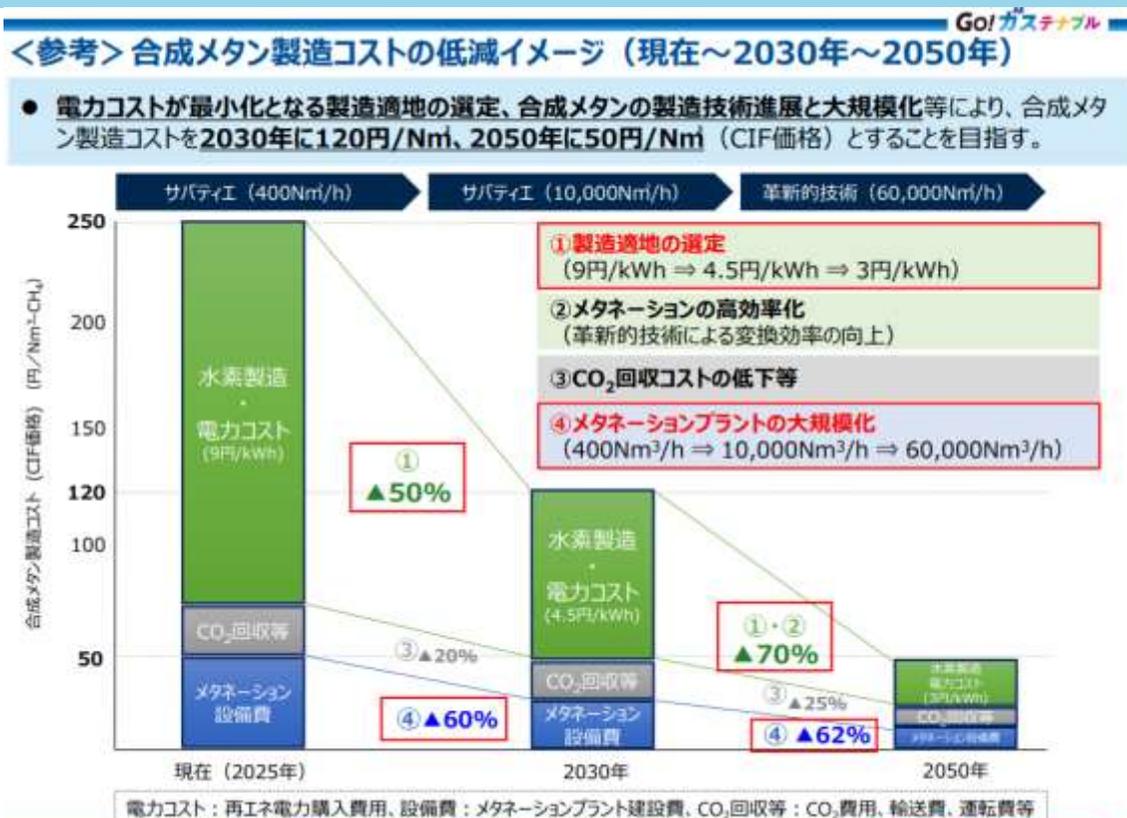
3. 合成メタン (e-methane) 推進の多面的意義

4. 国内メタネーション、海外メタネーションの取組状況

5. ご議論いただきたい事項例

2 (1) 今後の合成メタン生産コスト低減の目標

- 合成メタンの実用化には、安定供給の確保と共に、**適切な小売価格での供給が重要**。事業者の試算では、**2030年のサブティエ方式**による製造のコストは、CIF価格で**約120円/Nm³**を目指し、**2050年には革新的メタネーション技術**の実用化により、**約50円/Nm³**とする目標。※エネルギー基本計画では、水素供給のコストは、2030年に30円/m³、2050年に20円/m³以下が目標。
- 合成メタンの製造コストは**水素製造・電力コストが大半**。2050年の製造コスト目標の実現は、革新的メタネーションによる高効率化を前提に、**電力コストの低減が最重要**。



第3回海外メタネーション事業実現タスクフォース
(2022年7月13日) 資料4

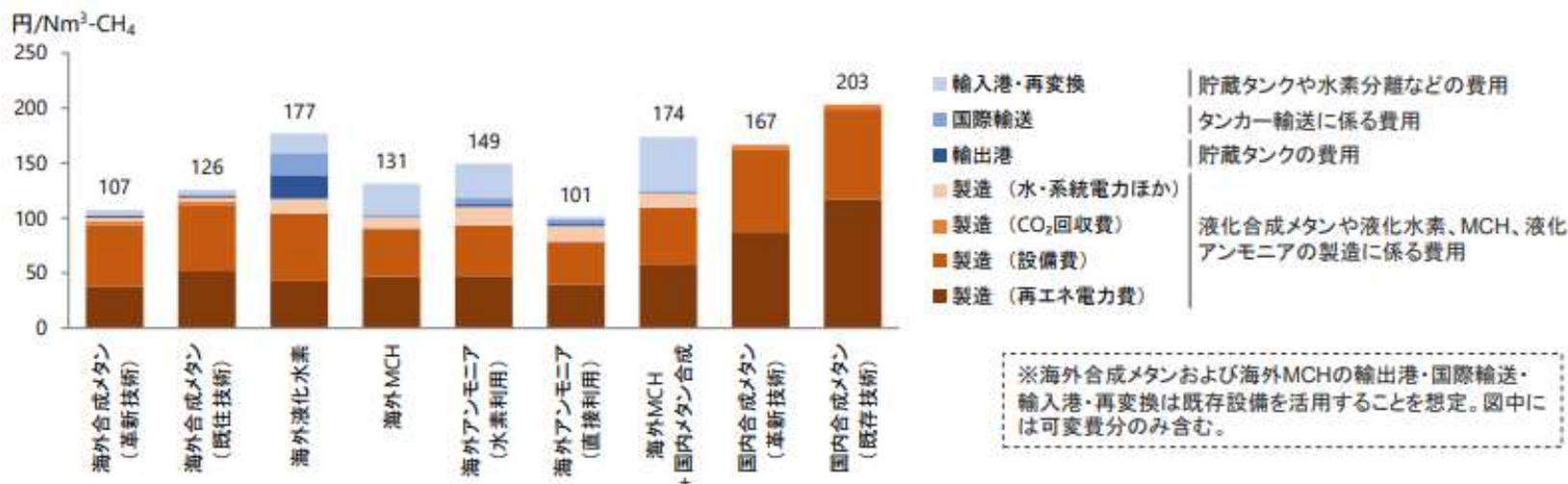
試算結果



- 海外合成メタンの供給費用は 107~126円/Nm³-CH₄と推計された。水素キャリアの中では、アンモニア(直接利用)に次いでコスト的に優位であることが示唆。海外合成メタンは重要な選択肢の一つと考えられる。
- 合成メタンの費用の大部分は再エネ電力費とメタン合成プロセス(水電解含む)の設備費である。合成メタンの経済性向上にはこれらの改善が極めて重要。

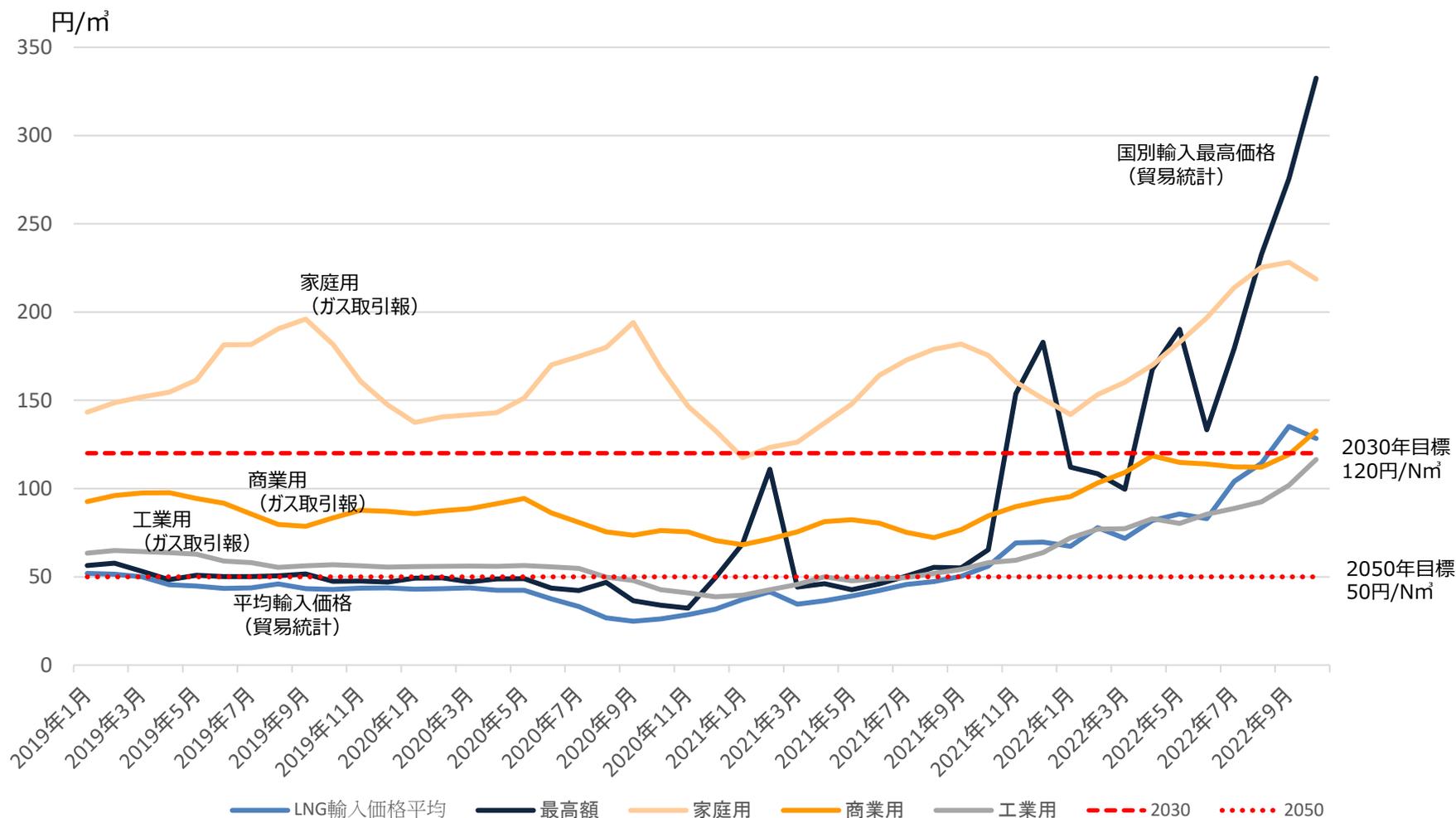
供給費用の推計結果

2030年より先の長期を想定した推計値



【参考】LNG価格・都市ガス販売額の推移との合成メタン価格の目標

- 2019年1月以降の、 m^3 換算したLNG輸入価格（平均価格と各月の国別輸入の最高価格）、ガス取引報に基づく用途別の都市ガス $1 m^3$ 当たりの平均販売額の推移、及びガス事業者による合成メタンの目標価格は以下の通り。



※貿易統計はLNGあたり天然ガス1,220 m^3 として換算

1. メタネーション技術の概観

- (1) サバティエ
- (2) 革新的メタネーション
- (3) バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合
- (4) その他の関連技術開発
- (5) 海外事例
- (6) メタネーション技術開発のロードマップ^o (イメージ)

2. 合成メタン (e-methane) の価格・生産コストの見通し

3. 合成メタン (e-methane) 推進の多面的意義

4. 国内メタネーション、海外メタネーションの取組状況

5. ご議論いただきたい事項例

合成メタン（e-methane）推進の多面的意義

- **合成メタン**は、バイオメタンとともに、LNGの主成分であるメタンと同じであることから、その導入について、**既存の都市ガスインフラ・ネットワークが活用可能で、需要家側での特別な燃料転換が不要**であるため、**最小コスト**でのカーボンニュートラル化が期待[※]。更に、**LNGと混合した供給**が可能のため、**切れ目なく段階的**に、都市ガスの**炭素集約度を引き下げる**ことが可能。**保安面**では、従来のLNGを原料とする都市ガス規制で対応するため、**基本的には新たな規制整備は不要**。
※合成メタン導入に伴う都市ガスの標準熱量の変更については、2030年に移行する最適な熱量制度を確定することとし、必要に応じて2025年頃に検証を行う。
- **原料面や生産規模**の面では、**バイオメタン以上の大量生産実現の可能性**あり。
- **国内メタネーション**は、国産バイオメタン同様、国産エネルギーとして**エネルギー自給率の向上**とエネルギー安定供給に寄与。また、**海外メタネーション**は、**日本企業がプロジェクト参画し長期に供給量を確保**することは、LNGの権益確保と同様に、**安定供給確保**の点で重要と考えられる。
- **合成メタンの製造技術開発**は、日本企業が精力的に取り組んでいる分野。日本企業の技術の強みを活かして、**世界規模でのカーボンニュートラルの実現に貢献**するとともに、**新たな市場・需要を創出し、日本の産業競争力を強化**することを通じて、**経済を再び成長軌道に乗せ、将来の経済成長や雇用・所得の拡大につながる**ことが期待。
- カーボンニュートラルへの移行期において、世界的に天然ガス・LNGへの燃料転換が進むが、この天然ガス・LNG需要を、更に合成メタンによって代替していくことができれば、切れ目無く、かつ最小コストで、世界のカーボンニュートラル移行への貢献が期待。
- アジア・ゼロエミッション共同体構想（AZEC）の構想の下、アジア地域において、日本の技術により、天然ガス・LNGへの燃料転換、更にはその先の合成メタンへの燃料転換によるカーボンニュートラル化を実現するとともに、**アジアの脱炭素化需要を日本の産業競争力強化に繋げ経済成長等を図る**ことが重要。

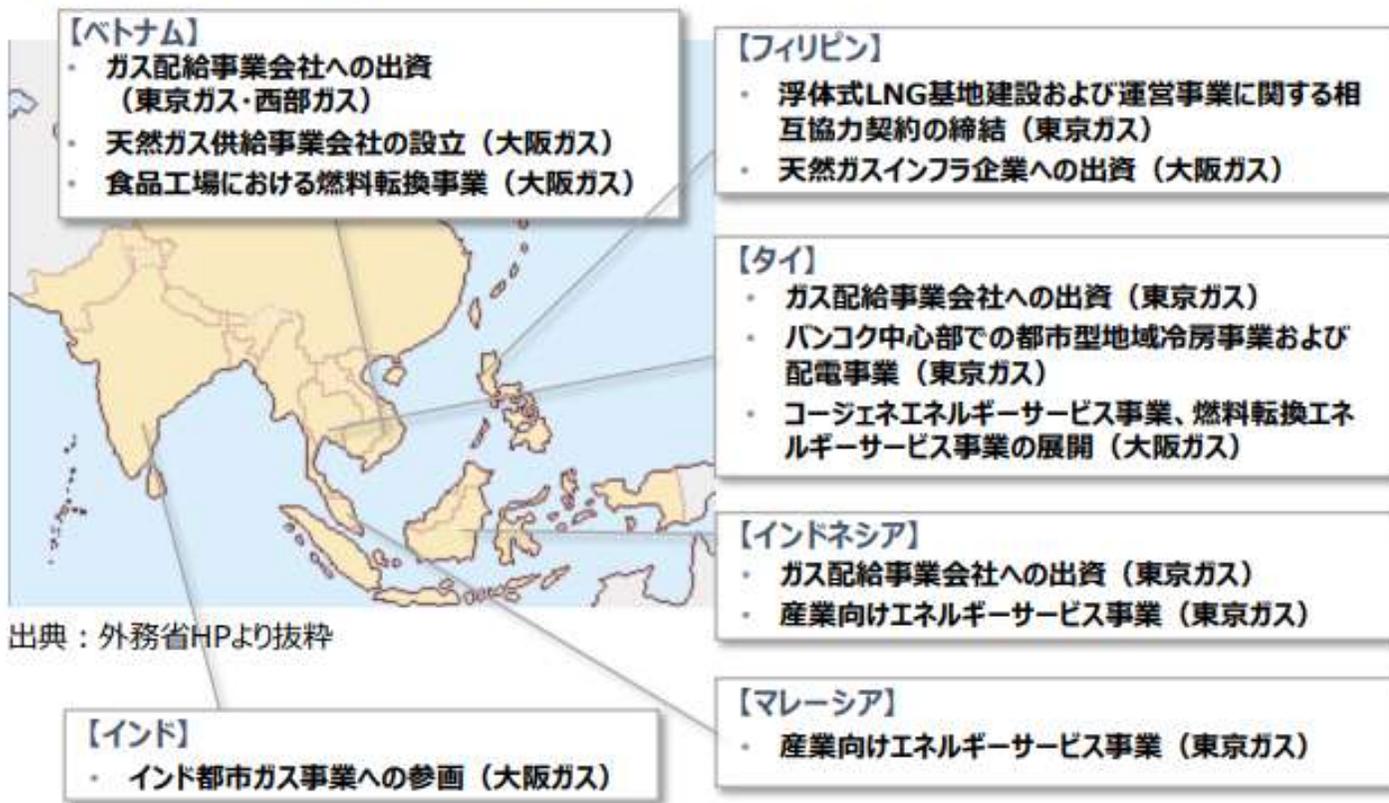
【参考】アジアの脱炭素化への貢献と需要獲得の可能性

- 世界のLNG需要は今後も拡大し、2040年までに倍増する見通し。日本企業は、アジアの天然ガス・LNG導入事業に参画。将来的に、合成メタン（e-methane）により、アジアの天然ガス・LNG需要の脱炭素化に貢献できる可能性。

■ 世界のLNG需要



■ アジアにおける燃料転換等の取組み



1. メタネーション技術の概観

(1) サバティエ

(2) 革新的メタネーション

(3) バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合

(4) その他の関連技術開発

(5) 海外事例

(6) メタネーション技術開発のロードマップ^o (イメージ)

2. 合成メタン (e-methane) の価格・生産コストの見通し

3. 合成メタン (e-methane) 推進の多面的意義

4. 国内メタネーション、海外メタネーションの取組状況

5. ご議論いただきたい事項例

【参考】国内メタネーションの取組（①ガス事業者と地域産業等の連携）

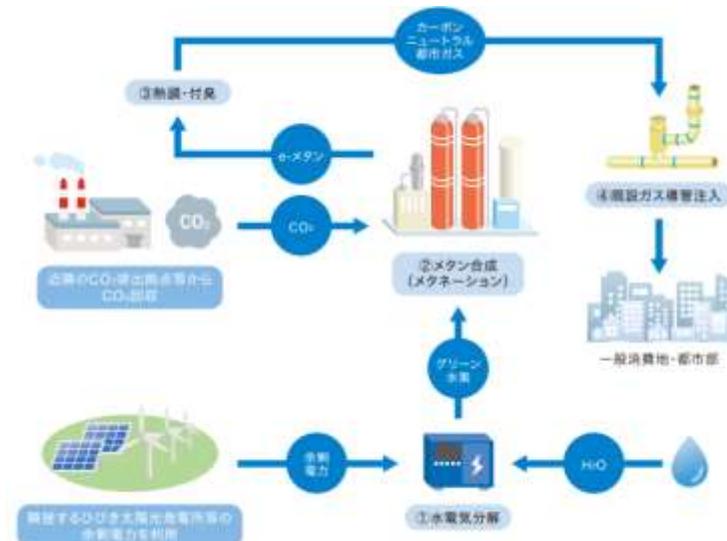
- 国内メタネーションによる各地域の熱需要の脱炭素化に向けて、ガス事業者が製造業者や自治体と連携して、新たにFSや実証を行う取り組みが進められている。
- アイシン、デンソー、東邦ガスは、内陸部の工場群(都市ガス需要)から回収したCO2を、湾岸部のLNG基地へ運搬して合成メタンを製造し、都市ガス導管を用いて当該需要に供給するCO2循環モデルのFS調査を実施中。
- 西部ガスは北九州市とカーボンニュートラル実現に向けた連携協定を締結し、ひびきLNG基地において再生可能エネルギー由来の水素と近隣から回収したCO2で合成メタンを生産し都市ガス導管に注入する実証を検討。

中部圏でのメタネーション地域連携実施のイメージ



出典：第9回メタネーション推進官民協議会（2022年11月22日）資料4-1より

ひびきLNG基地でのメタネーション実証のイメージ

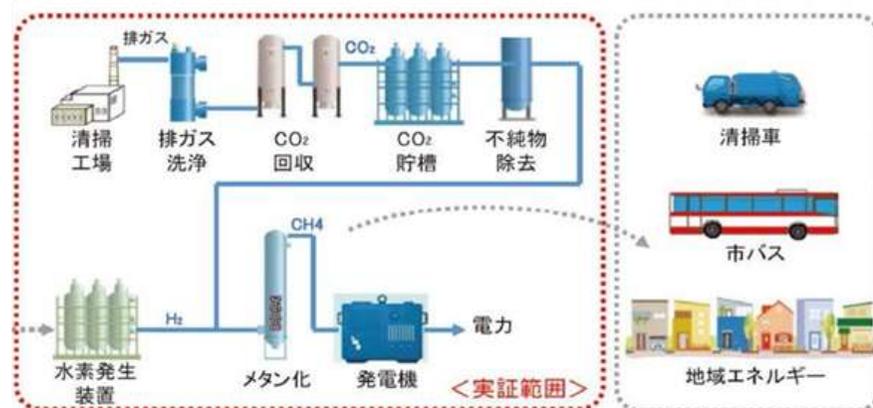


出典：西部ガスウェブサイトより

【参考】国内メタネーションの取組（②清掃工場に係る実証）

- 環境省は、廃棄物処理部門（一般廃棄物）から排出される二酸化炭素を水素と反応させ、天然ガス代替となるメタンを製造し、地域エネルギーとして再利用する、炭素循環社会モデル構築のためのモデル事業を実施中。

環境省委託事業「清掃工場から回収した二酸化炭素の資源化による炭素循環モデルの構築実証事業」2018年度～2023年度



世界初

清掃工場排ガスCO₂からのメタン製造

国内最大

合成メタン製造量125Nm³/h



実証試験設備



メタネーション設備

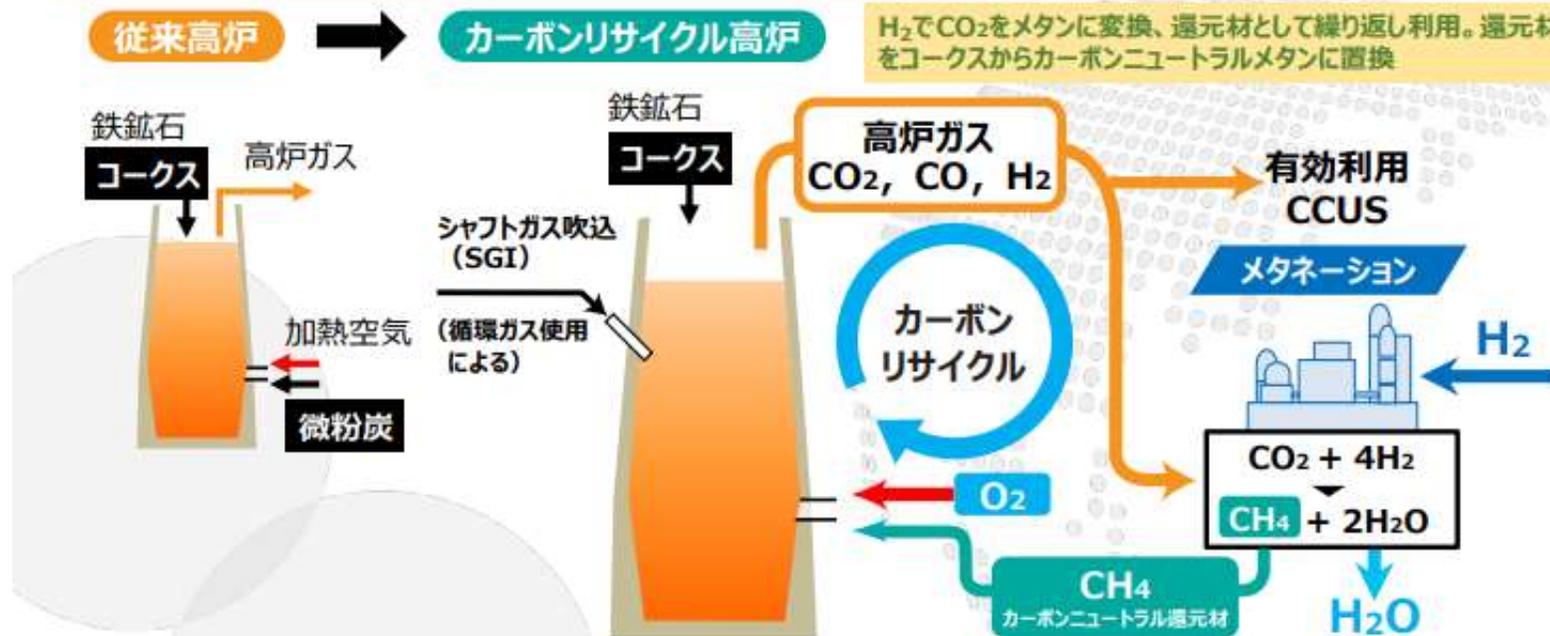
HiMethz

【参考】国内メタネーションの取組（③鉄鋼業における取組）

GI基金事業 CR高炉によるCO₂削減技術開発



- ▶ 東日本製鉄所千葉地区において小規模カーボンリサイクル試験高炉建設(150m³規模)
- ▶ 2025年4月～2026年度に試験操業を行いプロセス原理確認
- ▶ 現行の高炉法と比較してCO₂排出量を50%以上削減する技術を実証



実装に向けた方針※：2030年までに純酸素都市ガス使用条件下において中規模高炉実証試験（倉敷地区、700m³規模）を実施、早期の実機実証試験・実装を検討



※ステージゲート後に関しては未確定

【参考】

論点1：水素供給の視点からの国内メタネーションの類型

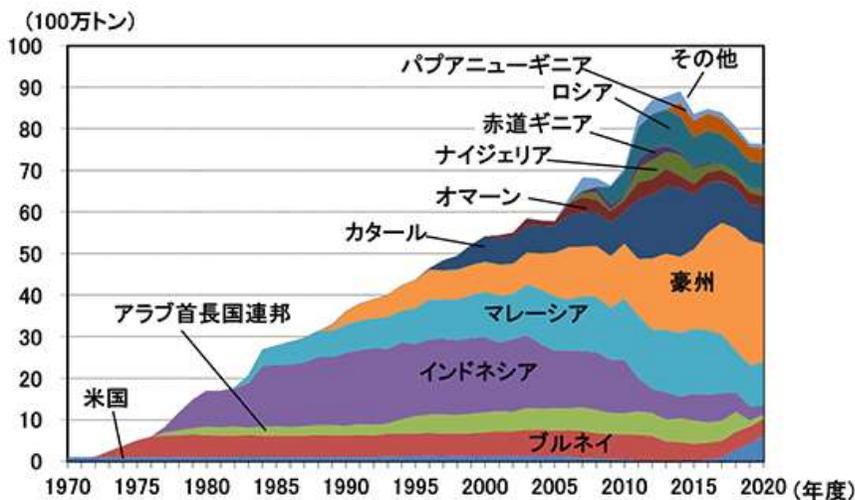
- 合成メタンは水素利用の一形態であり、国内メタネーションは水素需要の一つ。
- このため、国内メタネーションに必要となる水素供給量を把握するとともに、国内メタネーションのための水素供給のあり方について検討し、水素拠点形成の検討やカーボンニュートラルコンビナート、カーボンニュートラルポートの検討との連携を図る必要あり。
- 特に、臨海部の水素拠点等で行われる国内メタネーションについては、鉄鋼、化学、セメント、ガス火力発電との連携が想定。今後、水素の供給・利用やインフラ整備が、国、都道府県、複数の事業者の連携の下で推進されることが見込まれる。
- 一方、臨海部の水素拠点等から離れた内陸部の工業団地や工場で行われる国内メタネーションについては、水素（又は再エネ電気）の供給確保が課題。

	臨海型国内メタネーション	内陸型国内メタネーション
イメージ	多産業集積型？	地域再エネ生産型？
関連する取組	水素拠点形成 CNコンビナート、CNポート	
想定される 合成メタン利用者	鉄鋼、セメント、ガス火力発電所	内陸の工業団地、工場
水素供給	副生水素や輸入水素を水素専用の導管で供給？	地域再エネの利用？

(2) 海外での合成メタン製造プロジェクトの検討状況

- 安定供給・エネルギーセキュリティの観点からは、海外からの合成メタンの輸入については、現在のLNG輸入元と同程度の、多様な生産・輸出国を実現することが望ましい。
- 民間事業者は、安価な再生可能エネルギー、原料（CO₂・水・水素）、天然ガスパイプライン網、LNG液化・出荷基地等の条件を満たす海外の生産適地を幅広く調査中。

LNGの供給国別輸入量の推移



出典：エネルギー白書2022

ガス会社の合成メタンFS調査の対象国の世界地図

【中東エリア】

- 三菱商事・東京ガス・大阪ガスがFSを実施

【北米エリア】

- カメロンLNG基地近傍にて、三菱商事・東京ガス・大阪ガス・東邦ガスがFSを実施
- 米国中西部にて、大阪ガス・Tallgrass・Green PlainsがFSを実施

【東南アジアエリア】

- シンガポールにて大阪ガス・City-Energyがe-methane利用のがFSを実施

【南米エリア】

- ペルーにて大阪ガス・丸紅・ペルーLNGがFS検討を実施

【豪州エリア】

- 大阪ガス・INPEX・名古屋大学がFSを実施
- 大阪ガスと現地エネルギー事業者（AGL等）がFSを実施

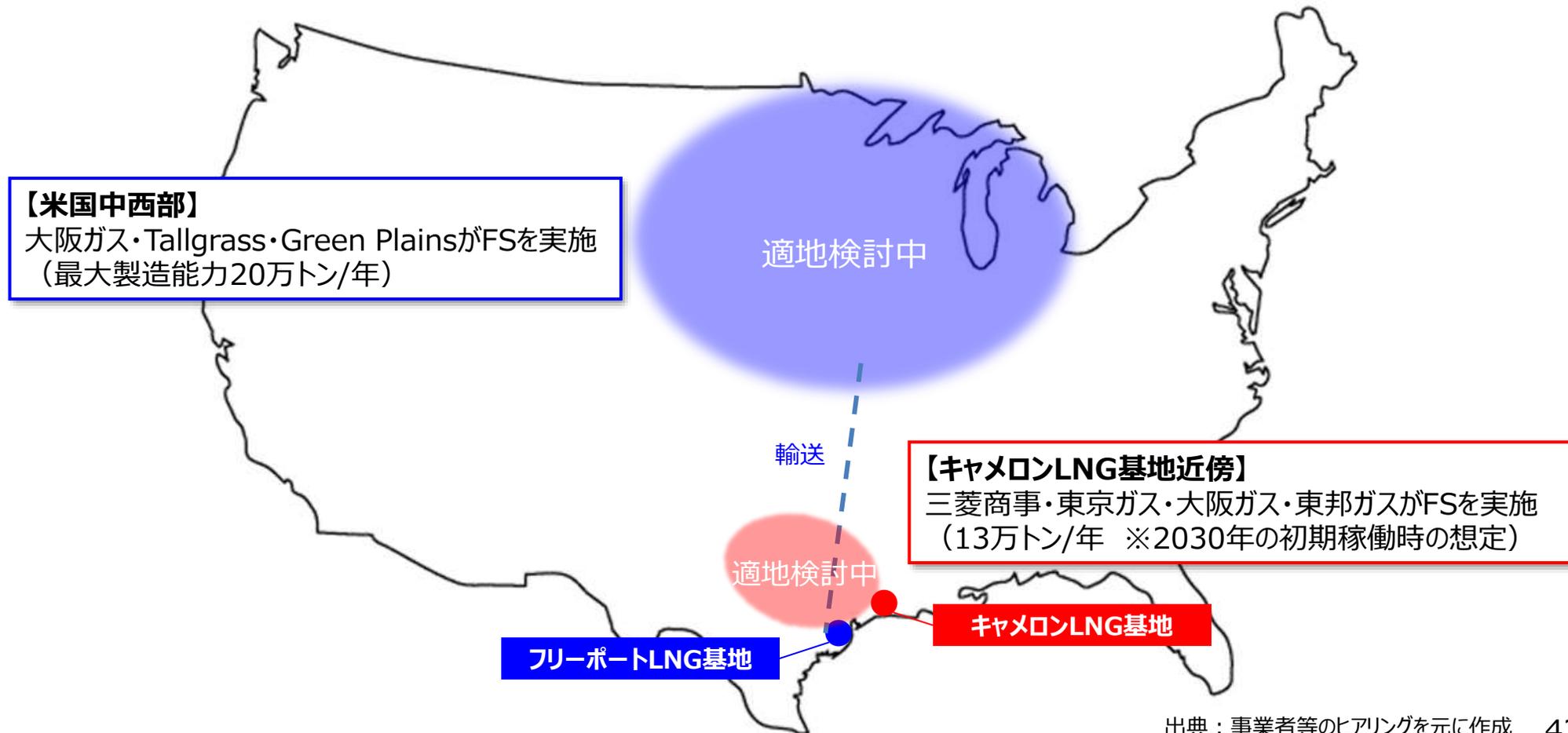
【その他】

- 大阪ガス・Engieがアジアでの脱炭素を共同検討
- 東京ガス・大阪ガス・Shellが脱炭素を共同検討
- 東邦ガス・豊田通商・TotalEnergiesがFSを実施

出典：事業者等のヒアリングを元に作成

(2) 海外での合成メタン製造プロジェクトの検討状況 (検討中の米国における具体的プロジェクトの事例)

- 商社や大手都市ガス事業者は、米国における既存LNG出荷基地を活用した合成メタン製造と日本への輸出を検討中。2030年の事業開始を見据え、2025年の最終投資決定を想定。



1. メタネーション技術の概観

(1) サバティエ

(2) 革新的メタネーション

(3) バイオメタネーション、バイオガスとメタネーションの融合

(4) その他の関連技術開発

(5) 海外事例

(6) メタネーション技術開発のロードマップ^o (イメージ)

2. 合成メタン (e-methane) の価格・生産コストの見通し

3. 合成メタン (e-methane) 推進の多面的意義

4. 国内メタネーション、海外メタネーションの取組状況

5. **ご議論いただきたい事項例**

ご議論いただきたい事項例

- 合成メタンの大規模な社会実装には、**2030年、2050年に向けて、一層の大量生産技術の確立が不可欠**だが、これを実現し、日本のGXを推進するための政策的な対応として、どのようなことが考えられるか。
- 2030年のNDC達成、2050年のカーボンニュートラル実現という時間軸の中で、**大量生産技術の開発を民間事業者による大規模な事業投資を通じて実施**することが想定されるが、これを実現するための政策的な対応として、どのようなことが考えられるか。
- **合成メタンの長期供給契約における価格決定方法は定まっていないが、2050年までの移行期における合成メタンの供給価格は、長期契約によるLNG輸入価格より高いことが想定。需要家にとっては、「カーボンニュートラルの環境価値」以外はLNGと同じである合成メタンの導入促進**について、移行期のLNGとの価格差を念頭に、2030年のNDC達成、2050年のカーボンニュートラル実現という時間軸の中で、政策的な対応として、どのようなことが考えられるか。
- 安定供給・エネルギーセキュリティの観点からは、**国内メタネーションの拡大や、海外メタネーションにおける供給国の多様化や外国企業の参入による供給主体の多様化**が期待される（水素の生産・供給については、海外で様々な取組が見られる。）。**厚みのある合成メタンの供給体制**を構築するための政策的な対応として、どのようなことが考えられるか。
- 海外からの都市ガス原料の安定調達・確保の観点からは、従来のLNGの調達・確保に加えて、**海外からの合成メタンの調達・確保に対する政策的対応の視点**も重要ではないか。