

# 再エネ由来水素を必要とする CO<sub>2</sub>-メタネーション技術

～ NEDO-CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発事業を通じた INPEX の取り組み～

## Introduction of NEDO-Nagaoka CCU Project for effective carbon recycling of CO<sub>2</sub> to produce methane

若山 樹\*

### 1. 国際石油開発帝石株式会社の低炭素化への取組

国際石油開発帝石株式会社（INPEX）は、石油・天然ガスの上流企業として、世界20か国61プロジェクトを通じたエネルギーの開発・生産・供給を、持続可能な形で実現する事を目指している。持続可能な形とは、気候変動対応を見据えた事業活動の低炭素化である。

INPEX では、2040 年に向けたエネルギーの未来に応えるために、3つの事業目標から成る「ビジョン2040（2018年5月策定）」を公表しており、目標

の1つを「再生可能エネルギーの取り組みの強化」としている（図1）。同時に、「ビジョン2040」の達成に向けた2018年度から2022年度（5年間）の取組み・目標を示した「中期経営計画（2018年5月策定）」を公表しており、「再生可能エネルギーの取り組みの強化」では、再エネ事業の推進・参入、再エネ関連技術の研究・開発の強化と共に、電気-水素-メタンのバリューチェーンの構築に資する技術の研究開発が示されている（図2）。

INPEX における「電気-水素-メタンのバリューチェーン」では、電気・水素に並ぶ第3の2次エネルギーとしてのメタンを定義している。各2次エネ



図1 INPEX ビジョン 2040（2018年05月11日策定）

\* 国際石油開発帝石株式会社 再生可能エネルギー・電力事業本部

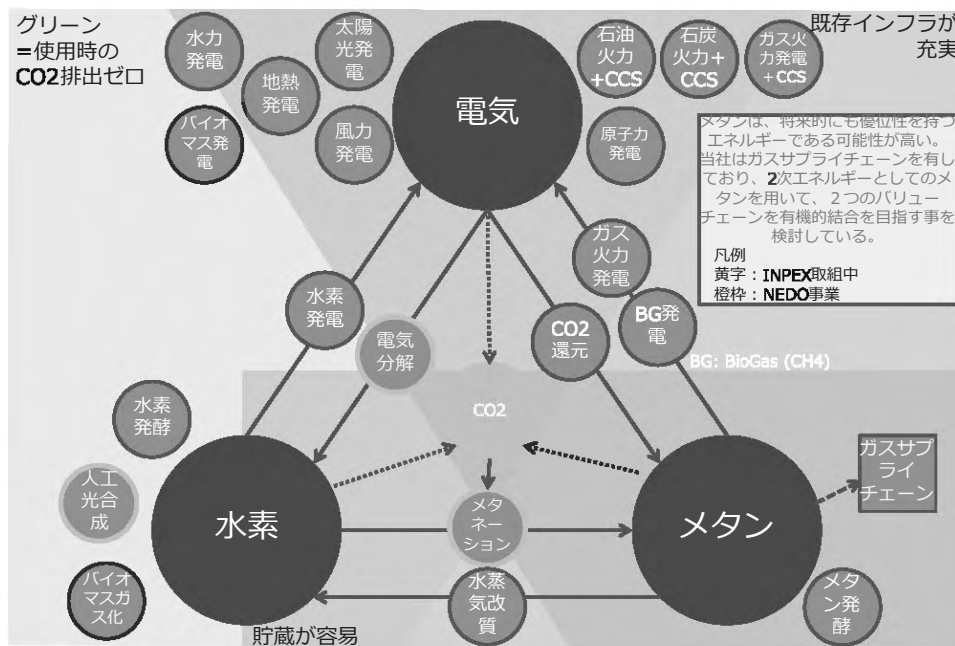


図2 INPEX 構想の電気・水素・メタン（2次エネルギー）のバリューチェーン

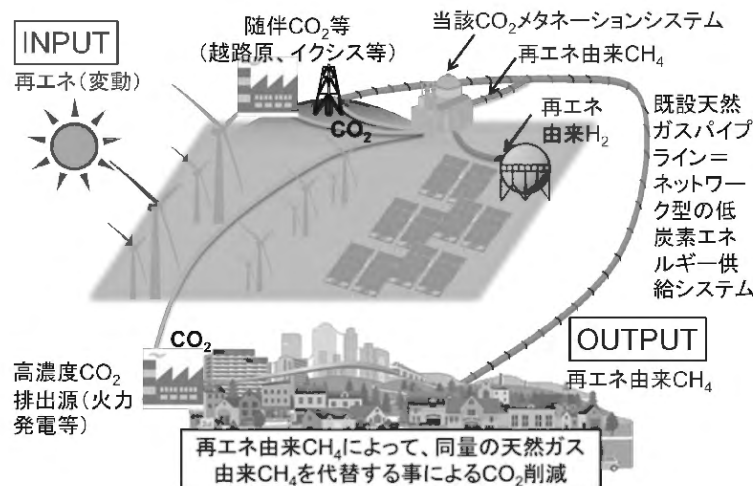


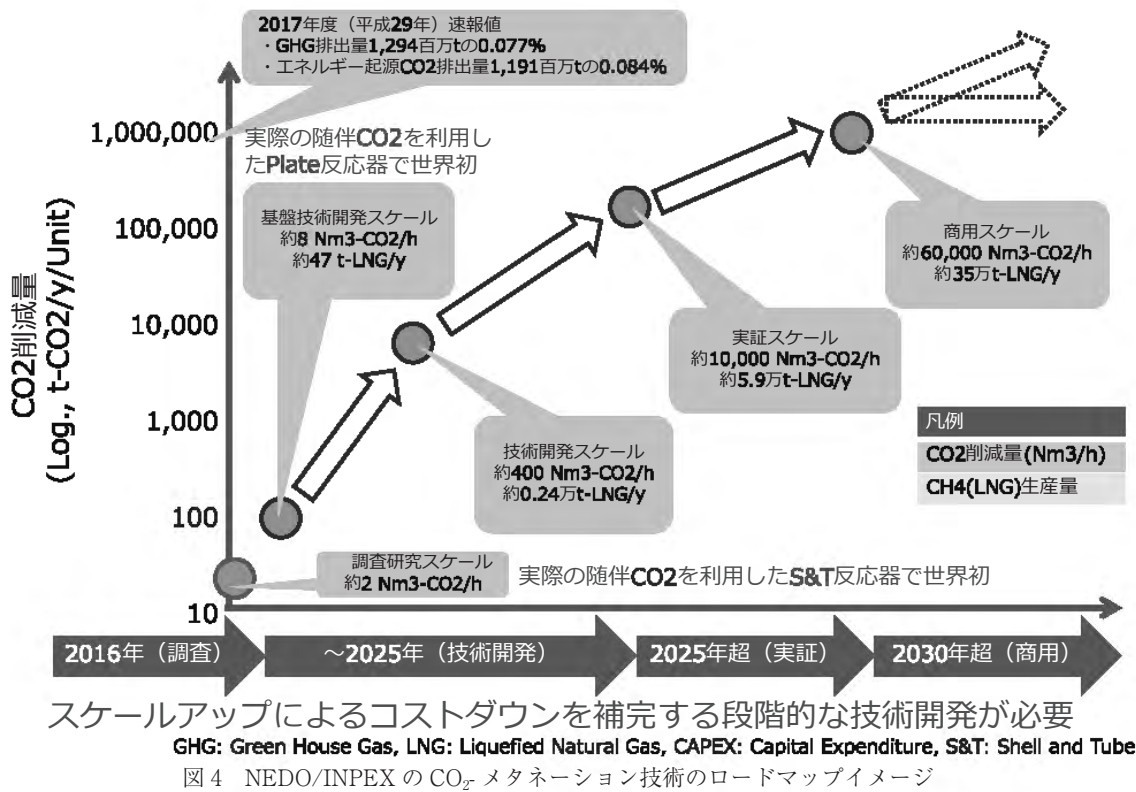
図3 NEDO/INPEX の CO<sub>2</sub>-メタネーション技術の概念図

ルギーの特徴は、電気・メタンは既存のインフラ・サプライチェーンが充実しており、電気・水素は使用時の CO<sub>2</sub> 排出がゼロであり、水素・メタンは貯蔵が容易である。INPEX では、電気の生産においては、国内外の地熱発電等の各種再エネ発電や CCS に取組んでおり、水素の生産においては、NEDO 事業を通じて、電気分解技術の運用・技術評価（NEDO-CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発事業）や、光触媒による太陽光からの直接水素生産について人工光合成化学プロセス技術研究組合（ARPCHEM）で取組んでおり、メタンの生産では、本稿で紹介する CO<sub>2</sub> を原料とした CO<sub>2</sub>-メタネーションの基盤技術開発に取組んでいる。

INPEX における「電気-水素-メタンのバリューチェーン」にあるように、再エネ由来の電力、もしくは直接再エネから水素が安価且つ大量に生産可能となれば、カーボンリサイクル技術として、2次エネルギーのメタンを生産可能となる。尚、再エネから生産された2次エネルギーのメタンは、既存の天然ガス・都市ガス・LNG のサプライチェーンを通して、皆様にご利用頂く事が可能であり、ご利用先様では、既存都市ガス等利用設備の変更・更新無く、ご利用先様の低炭素化に寄与する事が可能となる。

## 2. NEDO-CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発事業について

NEDO-CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発事業（CO<sub>2</sub>-メタ



ネーション事業) (図3) は、まず、再エネ由来の電力 (変動、非変動を含む) を用いて、水を電気分解槽によって電気分解し、再エネ由来水素を生産する。次に、生産された再エネ由来水素と、石炭火力発電所等から排出される高濃度CO<sub>2</sub>や、INPEXの天然ガス生産時の随伴CO<sub>2</sub> (地下から天然ガスを生産する時に随伴されて生産されるCO<sub>2</sub>) を、CO<sub>2</sub>-メタネーションシステムによって再エネ由来メタンに変換する。最後に、生産された再エネ由来メタンを、既存の天然ガス・都市ガスのパイプラインのようなサプライチェーンに乗せることで、ネットワーク型の低炭素エネルギー供給システムの構築を目指している。最終的には、再エネ由来メタンによって同量の天然ガス・都市ガス由来メタンを代替することによって、CO<sub>2</sub>を削減することが可能になる。尚、再エネ由来メタンの燃焼時にCO<sub>2</sub>が発生するが、バイオマス由来燃料同様に、最初にCO<sub>2</sub>を分離・回収・利用しているため、カーボンリサイクル技術となる。

当該事業によって開発中のCO<sub>2</sub>-メタネーション技術は、METIの「カーボンリサイクル技術ロードマップ (2019年6月17日策定)」において、2050年頃からの普及が示されているが、技術開発の観点からは2030年超断面における商用化を目指したロードマップとしている (図4)。2030年超断面の

商用スケールでは、1ユニットとして100万t-CO<sub>2</sub>/y (60,000 Nm<sup>3</sup>-CO<sub>2</sub>/h) をメタネーションする、設備の構築を想定している。一方、現在実施中のCO<sub>2</sub>-メタネーションの試験設備は、基盤技術開発スケールの8 Nm<sup>3</sup>-CO<sub>2</sub>/hであるため、商用スケールとの7,500倍の差を埋めるスケールアップによるコストダウンを補完する段階的な技術開発が必要である。また、INPEXでは、実施中のCO<sub>2</sub>-メタネーション事業を通して、METI-DISER間で締結された日豪CR-MOC (2019年9月25日締結) の第1号案件として、豪州CSIROと商用スケールのPre-FSプロジェクトを実施している。

基盤技術開発スケールのCO<sub>2</sub>-メタネーションの試験設備 (8 Nm<sup>3</sup>-CO<sub>2</sub>/h) (図5) は、INPEXの国内天然ガス生産拠点である新潟県長岡市の長岡鉱場・越路原プラント内に構築しており、当該事業の共同委託者である日立造船殿と共に運用している。試験設備によるCO<sub>2</sub>-メタネーションに必要なCO<sub>2</sub>は、INPEX越路原プラントにおいて天然ガスから分離されている、実際の随伴CO<sub>2</sub>を使用している。試験設備の運用では、温度、圧力、流量等を変化させた様々な条件下における試験運転や連続運転を実施しており、既に目標値である出口メタン濃度が96%を超えるCO<sub>2</sub>-メタネーションに成功している。今後、定期的な検査や触媒交換、長期連続運転等を



図5 8 Nm<sup>3</sup>-CO<sub>2</sub>/h の試験設備 @INPEX 越路原プラント (Hitz/INPEX)

通した試験設備の健全性の確保を実施予定である。

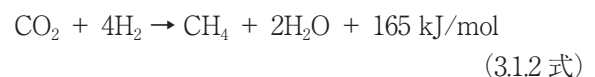
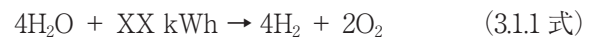
### 3. 水素サプライチェーンとしてのCO<sub>2</sub>-メタネーション技術の課題

水素サプライチェーン（水素キャリア）としてのCO<sub>2</sub>-メタネーション技術は、2017年度に開催された第10回水素・燃料電池戦略協議会（9月22日開催）を経て、水素基本戦略（12月26日策定）に第4の水素キャリア技術として明記されており、最大のメリットは、既存の天然ガス・都市ガス・LNGのサプライチェーンや利用技術を活用可能な事である（METI平成30年度地球温暖化対策における国際機関等連携事業・ミッション・イノベーションを通じた国際連携に関する取組等調査）。一方、現在の我が国LNG需要量の一部をCO<sub>2</sub>-メタネーション技術が担う場合、再エネ由来水素の生産に、数GWから数十から数百GWの再エネ由来電気生産設備が数多必要となり、太陽エネルギー（光エネルギー、熱エネルギー）を使う場合に限っても、太陽エネルギーの特性に応じた等の課題が存在している。

#### 3.1. 再エネ由来水素のコスト

既存の商用技術によって太陽エネルギー（光エネルギー）から再エネ由来水素を生産する場合、単純化すれば、効率を含む再エネ由来電力コスト、電解槽コストに依存する（3.1.1式）。仮に、電解槽による生産原単位を5 kWh/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>とした場合、極単純に（PV設備、電力平滑化設備、電解槽設備、水素貯蔵設備等やロジ等CAP/OPを含まず）5円/kWhの再エネ由来電力を用いると再エネ由来水素のコストは、25円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>となる。この再エネ由

来水素を活用して、CO<sub>2</sub>-メタネーションした場合、極単純に（CO<sub>2</sub>分離、メタネーション等設備やロジ等CAP/OPを含まず）4倍の100円/Nm<sup>3</sup>-CH<sub>4</sub>となる（3.1.2式）。一方、前述のMETI「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、2050年以降に、既存のエネルギーと同等のコストが求められているため、再エネ由来電力、再エネ由来水素の一層のコスト低減が求められている。



再エネ由来水素のコスト低減に係る「追風」は、GWクラスの大規模PV事業のコスト低減である。2020年7月にはUAE アブダビの2GWの事業において0.0135 USD/kWhが公表されたが、同年8月にはポルトガルの1.15GWの事業において0.0132 USD/kWhが公表され、同年10月時点で世界最安値となっている。一方、同様の「向風」は、GWクラスの欧豪州における電解槽事業が出てきているものの、単位コストが未高い事である。電解槽の目標値として、我が国SIP-5万円/kW@2030、米国3.4万円@2020、欧州AWE-7.7、PEMWE-11.6万円@2020（METI平成30年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査・水素・燃料電池戦略ロードマップの進捗確認及び国内外における水素・燃料電池利活用状況調査）があるが、中国1万円/kW@2030の目標値もあり、電解槽を用いたGWクラスの大型再エネ由来水素生産事業では、一層のコ

ストダウンが必要だと思われる。

### 3.2. 再エネ由来メタンの環境価値の評価

再エネ由来メタンは、前述の通り、燃焼に伴ってCO<sub>2</sub>を排出する。しかし、バイオマスのガス化+COメタネーションや、バイオマスのメタン発酵によるバイオガス（一般的な組成：メタン-60%、CO<sub>2</sub>-40%）と同様に、再エネ由来水素（電力）を利用してCO<sub>2</sub>を固定しているのが、カーボン・ニュートラルとの評価が妥当と考えられるが、再エネ由来メタンをカーボン・ニュートラルと定義する等制度の構築が必要な状況となっている。

再エネ由来メタンの環境価値の評価に係る「追風」は、EU-RED II (The Renewable Energy Directive II), UK-RTFO (Renewable Transport Fuel Obligation), The European Gas Regulatory Forum (the Madrid Forum) 等では、CO<sub>2</sub>-メタネーションによる再エネ由来メタンが、移動用燃料や再生可能ガスとして定義されている (GHG 閾値, 及び計算法は議論中で、EU では2021年中に決定予定)。一方、同様の「向風」は、IEA が公表している「The Future of Hydrogen」, 「World Energy Outlook 2019」において、(CO<sub>2</sub>-メタネーションを含む) 合成燃料製造用のCO<sub>2</sub>は、バイオマス由来かDAC (Direct Air Capture) 由来でなければならないとの主張や、EC の「A Clean Planet for all: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy」では、CCUに関しては、「排出されたCO<sub>2</sub>を原料とし、直接利用、合成メタン等の燃料などの製造、セメントなどの原材料として使用」と定義される一方、「合成燃料は、回収したCO<sub>2</sub>をすぐ空气中に排出する点が課題であり、DACを併用する必要があると広く考えられている」との記述や、「Power-to-X (P2X) シナリオでは、完全にカーボン・ニュートラルな合成燃料であるためには、CO<sub>2</sub>はバイオマス由来かDAC由来でなければならない」としている。

INPEX では、NEDO 事業における制度設計や、設立・加盟しているCCR研究会の制度設計WG (<https://ccr-tech.org/news/news-285/>) を通して、将来事業者へのインセンティブ賦与を含む我が国政策としてのカーボンリサイクル技術の普及に資する制度設計を実施予定である。

## 4. 終わりに

国際石油開発帝石株式会社 (INPEX) は、石油・天然ガスの上流企業として培った技術を活用した低炭素化事業や、CO<sub>2</sub>-メタネーションを含む新たに取組んでいる技術開発事業を通して、経済性確保は必須ではあるものの、引き続き、気候変動対応や化石燃料の低炭素化を推進する。関係者各位のご支援をお願いしたい。

### 謝辞

本稿に記載の内容は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業「CO<sub>2</sub>有効利用技術開発事業」の結果得られたものです。

### 著者略歴



氏名：若山 樹 Ph.D

会社名：国際石油開発帝石株式会社

所属：再生可能エネルギー・電力事業本部 事業企画ユニット  
事業企画グループ

兼 技術本部 技術研究所 貯留層評価グループ  
役職：シニアコーディネーター, 博士 (工学)

メール：tatsuki.wakayama@inpec.co.jp

略歴：

1994：日本大学生産工学部工業化学科 副手

1996：株式会社クボタ 基盤技術研究所 研究員

1996：公益財団法人地球環境産業技術研究機構  
NEDO/MITI-CO<sub>2</sub>固定化等プロジェクト 研究員

1999：通商産業省・工業技術院・生命工学工業技術研究所 特別技術補助職員

2005：株式会社 KRI・コンサルティング本部 コンサルタント

2010：国際石油開発帝石株式会社 経営企画本部・事業企画ユニット コーディネーター

2020：国際石油開発帝石株式会社 再生可能エネルギー・電力事業本部 事業企画ユニット 事業企画グループ シニアコーディネーター