

脱炭素社会に向けた水素サプライチェーンに関する取り組み

2015年12月に採択されたパリ協定は、世界の平均気温上昇を産業革命前と比較して2°C未満、特に気候変動に脆弱な国々への配慮から、1.5°C以内に抑えることを目指すとしていますが、それには今世紀後半に世界全体の温室効果ガス排出量を、生態系が吸収できる範囲に収める、つまりエネルギー由来の温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにすることが必要になります。

温室効果ガス排出量を効果的に削減するためには、化石燃料に依らない発電システムは必須であり、太陽光、風力などの再生可能エネルギーの導入は、今後さらに広がる見込みです。同時に電力の負荷調整など再生可能エネルギーを支える技術のニーズも拡大すると考えられます。また、再生可能エネルギーの利用が難しい一般産業の熱源や、輸送用途などでは、CO₂を排出しない燃料が求められており、これらの解決手段の一つとして、水素を製造し燃料

として安定的に利用することが検討されています。

水素製造の方法としては、再生可能エネルギーを電源とする水電解で製造する方法がありますが、経済的に成り立つ供給のためには、再生可能エネルギーの普及、水電解の技術革新等が必要であるため時間を要すると考えられます。それを補うものとして、中期的には、天然ガスをはじめとする化石燃料の改質により水素を製造し、製造時に多量に発生するCO₂を回収して利用または地中に貯留するCCUS(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)との組み合わせによってCO₂フリーを実現することが必要になると考えられています。

三菱重工グループは、CO₂フリー水素のサプライチェーンにかかる幅広い製品、技術を有しています。ここでは、それらのうち、水素燃焼ガスタービン、アンモニアプラントおよびCO₂回収装置についてご紹介します。

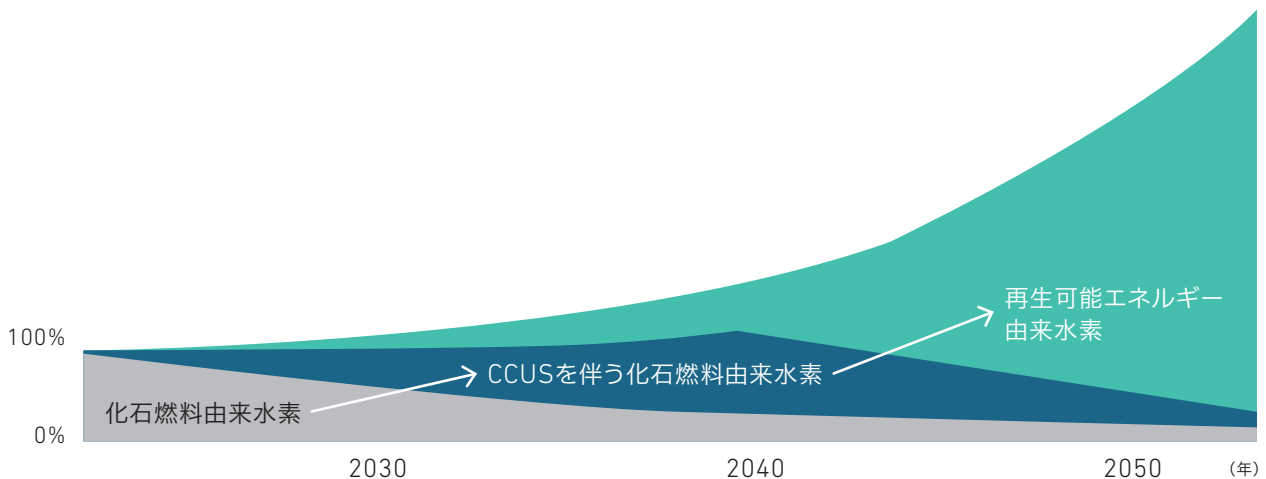
水素由来別構成比率の推移(イメージ)

展望1：中期

水素社会実現の起爆剤および促進剤として、CCUSを伴う化石燃料由来の水素が普及する。

展望2：長期

継続的な技術革新と大幅なコスト削減により再生可能エネルギー由来の水素が主流となる。



出典：三菱日立パワーシステムズ(株)作成

水素燃料による発電システム

三菱日立パワーシステムズ(株)(以下MHPS)では、既存のガスタービン設備を使い水素発電ができるシステムを考案しました。このシステムは、ガスタービン用燃焼器以外の発電設備の大規模なリニューアルを必要としません。そのため、水素転換へのコストのハードルを下げ、水素社会へのスムーズなシフトを促すことが期待されます。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)にご支援をいただき、燃料の天然ガスに水素を混ぜて使用する水素混焼燃焼器、さらに、水素のみを燃料として発電を行う水素専焼燃焼器の開発に取り組んでいます。水素は天然ガスと比較して燃焼速度が高いため、天然ガスのみを燃焼させた場合よりも、逆火現象の発生リスクが高くなります。従って、水素ガスタービン用の燃焼器は逆火発生の防止に向けた改良を中心に、低NO_x化や安定燃焼化を図り、商品性の向上(低コスト、長寿命等)と合わせて開発・実用化する必要があります。新たに開発した水素混焼用燃焼器を使用した燃焼試験を実施した結果、水素30%を混合した条件においてもNO_xは運用可能な範囲内にあり、逆火の発生や燃焼振動の著しい上昇を伴わずに運用できる目途を得ています。水素の燃焼により懸念されるNO_xの排出も従来レベルに抑制できます。70万kW相当(タービン入口の温度1,600°CのGTCC)の出力に対応できる技術で、従来の天然ガス焚ガスター

ビン複合発電(GTCC)と比較して、発電時のCO₂排出を約10%削減できます。

2018年には、燃料の天然ガスに水素を30%混ぜて使用することができる燃焼器の開発に成功しました。MHPSは、スウェーデンのエネルギー企業であるバッテンフォール社(Vattenfall)がオランダで運営するマグナム発電所(総出力132万kW級GTCC)を水素焚に転換するプロジェクトに参画しています。MHPSが納入したM701F形ガスタービンを中核とする発電設備3系列のうち1系列を2025年までに100%水素専焼の発電設備へと切り替えるものであり、水素燃焼への転換が可能であることを確認しました。天然ガス焚では44万kWのGTCC発電設備1系列につき年間約130万トンのCO₂を排出しますが、水素焚への転換によりそのほとんどを削減することができます。



水素燃焼ガスタービン

水素の安定利用に向けて

発電システムや他用途の燃料として必要とされる水素を大量かつ安定的に利用可能とするためには、水素の製造・輸送・貯蔵等を担うサプライチェーンの構築が必要となります。

海外では、化石燃料由来の水素製造時に発生するCO₂をCCSによって処理するシステムなど、水素製造の段階から輸送、貯蔵、利用までを視野に入れた包括的な水素利用プランが示されています。特にヨーロッパでは天然ガスパイプラインが発達しているという利点もあり、国境を越えた総合インフラとして、水素活用のプロジェクトが進められています。

他方、長距離や海洋をまたいで水素を大量輸送する場合には、液化することが必要となり、液化水素、有機ハイドライド、アンモニア(NH₃)の3方式の水素輸送媒体(エネルギーキャリア)について研究開発が進められています。これらのうち、アンモニアは、以下の特長を有し、CO₂フリー燃料として、重要な役割を果たすことが期待されており、当社グループの技術が大きく貢献できる分野です。

- ①常温で加圧すればLPGと同じように液体となることから、取り扱いがLPGと同様に容易で、既存のインフラも流用できること。
- ②肥料などの中間原料として国際的に大量に流通していること。
- ③水素に戻さず、アンモニアのまま燃料利用できること。

一方、アンモニアの毒性や漏れた場合の臭いの問題から一般家庭の近くでの使用には問題があると考えられ、発電所、工場、貨物船等管理された場所での利用が中心となると考えられます。

アンモニアを直接燃焼させて発電する方法は、マイクロガスタービンおよび小型ガスタービン向けに研究がなされています。

また、MHPSでは大型ガスタービン向けに、アンモニアをガスタービンの排熱を利用することで効率よく水素に変換し、水素を燃焼させて発電するシステムの検討を進めています。

アンモニアの製造方法としては、ドイツ人のハーバーとボッシュが1913年に実用化した鉄触媒を用い水素と窒素から合成する方法が現在も使用されており、三菱重工業エンジニアリング(株)(以下MHIENG)は1958年以降数多くのアンモニアプラントを世界に納入しています。このアンモニア合成は、現在では天然ガスを原料に用いる方法が一般的です。



アンモニアプラント

CO₂の回収

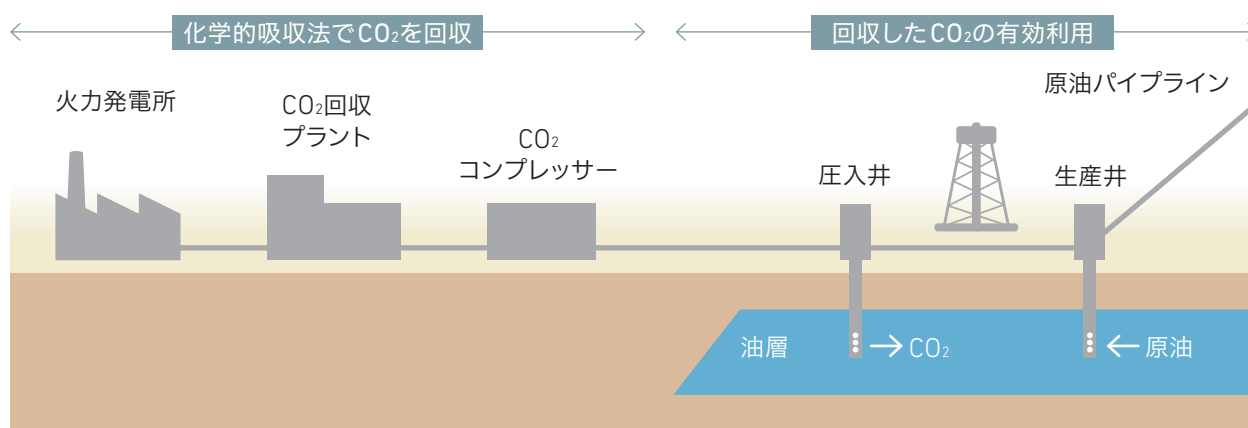
冒頭で述べたように、CO₂フリーの水素燃料サプライチェーン構築の実現には、CCUSを実施するためのCO₂回収装置が不可欠です。MHIENGは商用CO₂回収プラントの分野で世界一の実績を誇り、燃焼排ガスからCO₂を90%以上回収できる技術（関西電力(株)との共同開発によるKM CDR Process[®]※）を有しています。

MHIENGは米国テキサス州の石炭火力発電所に世界最大のCO₂回収装置を2017年1月に納入し、回収したCO₂は同州の老朽油田であるウエストランチ油田においてEOR（Enhanced Oil Recovery：石油増進回収法）に用いられ、CO₂を油田へ圧入することで原油の回収率を高めています。



CO₂回収装置

KM CDR Process[®]は、三菱重工エンジニアリング(株)の日本、米国、欧州共同体(CTM)、ノルウェー、オーストラリアおよび中国における登録商標です。



今回紹介させていただいた他にも、三菱重工グループはさまざまな分野で水素サプライチェーンに関連する技術開発を進めており、グループ全体で気候変動対策としての水素サプライチェーン構築に貢献していきます。