カーボンニュートラルにおける
アンモニアと水素

福岡核問題研究会2021年１月例会資料
2021.1.30
中西正之

＜2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における水素の使用量＞

2020年12月25日に第６回成長戦略会議が開催され、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略が発表されています。
https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html
今、2021年夏の第６次エネルギー基本計画の策定のための検討が行われていますが、今回のカーボンニュートラル対策は、総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会とグリーンイノベーション戦略推進会議の両方で検討が行われています。
そして、2050年カーボンニュートラルの為の実行計画の検討は、グリーンイノベーション戦略推進会議の方が先行しているようで、2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における水素の使用量は、グリーンイノベーション戦略推進会議の方で検討された結果のようです。
2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における水素の使用量は、「資料－１ 2050年カーボンニュートラルに伴う グリーン成長戦略」の24ページ及び「資料－2　2050年カーボンニュートラルに伴う グリーン成長戦略」の21ページに記載されていますが、「水素の導入量は、2050年に2,000万トン程度を目指す」と説明されています。
これまでに、水素30万トンが100万kW原発１基分に相当する水素火力発電設備1年間の燃料と言われているので、2050年カーボンニュートラルの為に約原発67基分のカーボンニュートラル用エネルギーとして、日本国内で水素が使用される計画のようです。

2020年6月10日、アルトマイヤー連邦経済エネルギー大臣は、「水素戦略により、ドイツが水素技術で世界一になるための道筋が示された。水素はエネルギー転換を成功させるための重要な原料であり、未来のエネルギー源として、ドイツだけでなく世界中の気候目標の達成に重要な貢献をする。ドイツは、20年前に再生可能エネルギーを推進してきたように、この分野で先駆的な役割を果たすことになる」と述べた。【ドイツ連邦経済エネルギー省】

2020年6月10日に発表されたドイツ連邦の「国家水素戦略」が世界にカーボンニュートラルのシナリオを明確に示した。

1988年に「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）が設置され、世界的に化石燃料の使用から放出される温室効果ガスCO2の削減が重要視されるようになりました。

そして、省エネルギーによる化石燃料の使用量の削減の努力が熱心に行われるようになりました。

しかし、省エネルギーによる方法でのCO2の削減には限界が見え始めたので、電力エネルギーにおいて、再生可能エネルギーの増大と、原発設備の増大に努力が払われるようになりました。

ところが、2011年3月に発生した福島第一原発のメルトダウン事故が世界に大きな衝撃を与え、原発電力に依存する事は大きな問題が有ると考えられるようになりました。

そして、世界的な規模で、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー設備の急増と、それらにより発電された電力価格の急激な低下により、CO2削減の大きな効果が得られるようになりました。

しかし、風力発電電力や太陽光発電電力は、変動電源の為に、電力全体への発電比率の増大とともに、その調整が段々難しく成ってきて、その調整に蓄電池などが使用されるようには成ってきましたが、調整力への投資の経済性が大きな制約に成っていました。

ところが、世界的にも、日本でもエネルギーの使用は、電力の使用よりも非電力の使用量の方が使用比率が大きく、しかも非電力のエネルギーは、今の技術では風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー設備で発電された電力では直接の使用が難しい事が分かってきました。

そして、それらに対する根本的な対策として、水素の使用が非常に有効であることを、ドイツ連邦の「国家水素戦略」が世界に示しました。また水素火力発電が、電力の安定に有効な手段という事もわかってきました。

そして、ヨーロッパでは、グリーン水素やブルー水素をパイプラインで国境を超えて大量輸送する計画が取り組まれ始めましたが、日本ではそれが行えないために、液化水素や液化アンモニアの国境を超えた輸入が計画されるようになりました。

出典　INPS News　モロッコに世界最大の太陽光プラント設置

モロッコはジブラルタル海峡を挟んで、アフリカ大陸でヨーロッパに一番近い地域に有るようです。そして、日照時間が長く太陽光発電に非常に良い条件下に有るようです。

また、モロッコの太陽光発電は、太陽光発電では無く、太陽熱発電なので、太陽熱の夜間までの蓄熱ができるので、発電時間が長く、水素電解発電設備の稼働率が太陽光発電よりも高く成るようです。

　ドイツ政府は将来、モロッコで製造したグリーン水素を、ジブラルタル海峡の水素パイプラインを通して、ヨーロッパに搬送する計画を採用したのではないかと思われます。

既に水素ガスコンバインド発電技術は完成している

＜オランダではガスコンバイント発電を水素発電に改造計画中＞

2018年3月8日の日経新聞電子版に「三菱日立パワーシステムズ、オランダで天然ガス焚きGTCC発電所の水素焚き転換プロジェクトに参画」の記事が掲載されています。

https://s.nikkei.com/2MhazMu

「三菱日立パワーシステムズ（MHPS）は、オランダのエネルギー企業であるヌオン社（N.V. Nuon）が運営する出力132万kW級の天然ガス焚きガスタービン・コンバインドサイクル（GTCC）発電所を水素焚きに転換するプロジェクトに参画、初期フィージビリティスタディー（FS：実現可能性調査）を実施し、水素燃焼への転換が可能であることを確認しました。同プロジェクトは、当社が納入した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2023年までに100％水素専焼の発電所へと切り替えるもので、当社は引き続きガスタービン技術領域でのFSを担当し、具体的な改造範囲の計画等、同プロジェクトの実現に向けて協力していきます。・・・スタトイル社は、天然ガスの改質技術により水素を製造し、取り出したCO2は回収・貯留（CCS： Carbon dioxide Capture and Storage）設備を利用することで、カーボンフリーな水素の供給を計画。」と報道されています。ガスコンバインド発電設備は初めに日本で開発されましたが、既に日本の技術は、CO2を発生しない水素燃焼大型発電設備の開発に成功しています。

HYDROGEN SUPPLY CHAIN水素サプライチェーン

HySTRAのホームページに「HYDROGEN SUPPLY CHAIN水素サプライチェーン」の記事が掲載されています。

http://www.hystra.or.jp/project/

HySTRAはNEDO助成を受けて行われている豪州と日本におけるパイロット水素サプライチェーン実証事業です。

日本の「水素基本戦略」では、オーストラリアの褐炭から製造し、CCS処理されたブルー水素を液化水素搬送専用船で大量に輸入し、日本のCO2の発生量を大量に削減すると策定されています。

その実証の為に、HySTRAが既に進行しています。この資料にその概略が説明されています。

3ページに褐炭を原料とする水素製造設備の仕様が示されています。ガス化精製設備は、石炭供給量：2.0t/d、ガス圧力2.5MPa、ガス生成量100Nm3／hと示されており、日本のメーカーでの建設が進んでいるようです。この設備は100×24×0.09÷1000=0.22t／Dの水素製造の実証炉のようです。

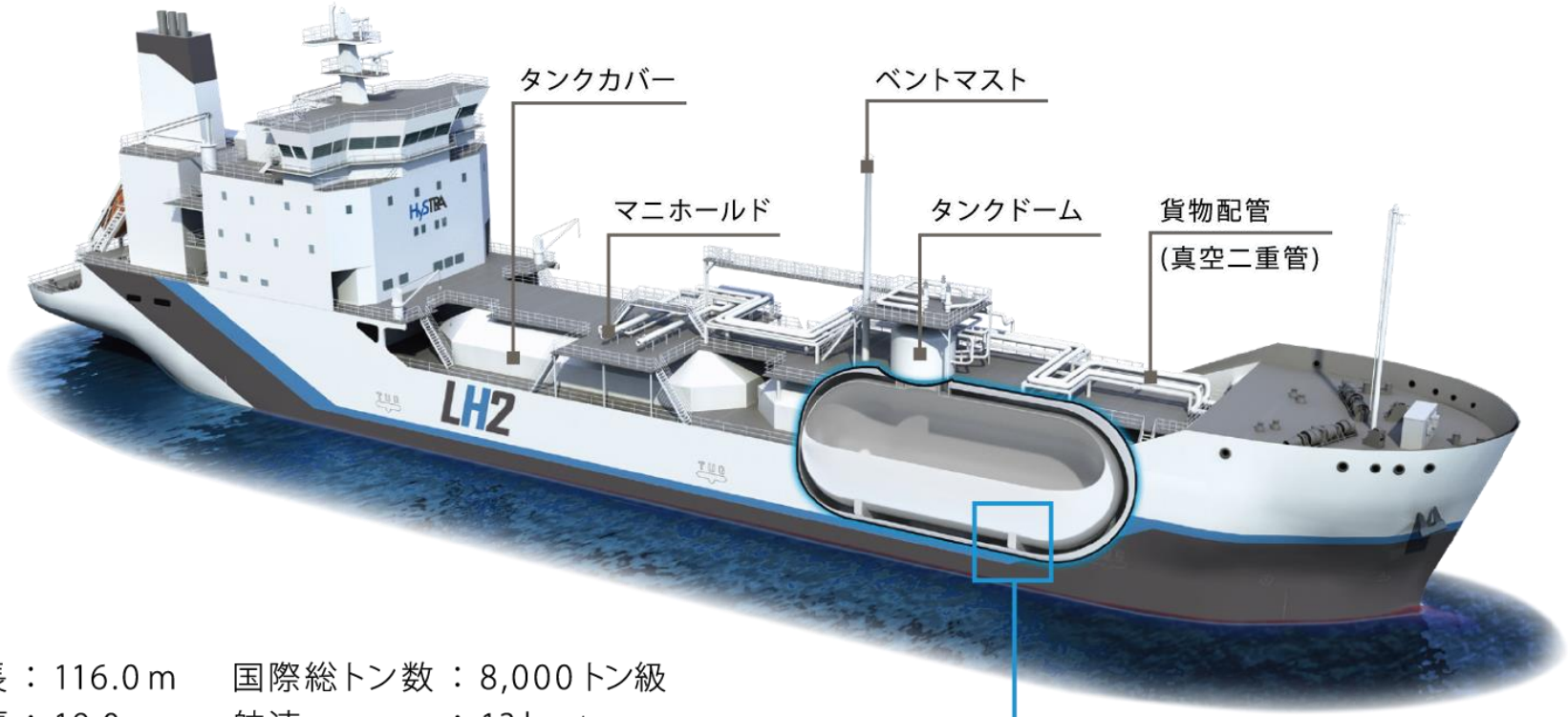
約35年前に、世界で初めてアメリカのテキサコ社のクールウータープロジェクトを改良して商用化された日本の石炭ガス化炉設備は水素生産量が4基で180t／Dのようですから、この実証炉は商用炉の1/200モデルのようです。

それから、5ページに川崎重工業で製造されている液化水素搬送専用実証船の仕様が説明されています。

この実証船のタンク容量は1250kLと成っています。液化水素の密度は70.8kg／m3ですから、1250×70.8÷1000＝89tと成っています。

商用船は160,000kLと想定されていますから、11,300tの輸送能力に成るようです。 実証船の方は、1/130モデルのようです。

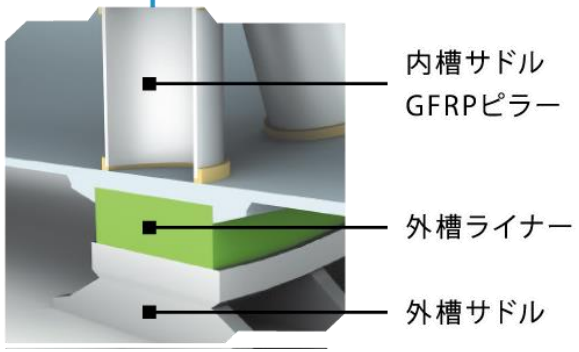
実証船の大きさは、建設費用を抑えたためか、かなり小型のようです。この実証実験が成功し、商用船が複数建造されるまでには10年程度かかると思われます。



全長	：116.0 m	国際総トン数	：8,000 トン級
全幅	：19.0 m	航速	：13 knots
深さ	：10.6 m	喫水	：4.5 m
定員	：25 名	タンク容量	：1,250 kL

海上輸送用液化水素タンク

タンクは真空断熱二重殻構造を採用し、
究極の断熱性能を実現。
支持部にはガラス繊維強化プラスチック
を採用し、熱伝導を抑える工夫を施す。



ているのが液化水素です。汎用的な高圧水素トレーラーと比べて、大型の液化水素コンテナで運ぶことにより約１２倍の水素を一度に輸送することが可能となります。

その液化水素の本格的な供給拠点として誕生したのが関西電力グループと日本の水素事業のパイオニア、岩谷産業が共同で設立したハイドロエッジです。このハイドロエッジの建設は米国と同様、液化水素を日本国内で汎用化させるための第一歩として大きな意義があり、岩谷産業はハイドロエッジでの大型液化水素プラントの建設を含めたこれまでの液化水素事業への取り組みに対し、2006 年 6 月に開催された第 16 回「World Hydrogen Energy Conference」において「IAHE Konstantin Tsilolkovsky Award」を授賞いたしました。

1.　株式会社ハイドロエッジの概要

(1)本社及び工場所在地：大阪府堺市西区築港新町３丁1-23

(2)資本金：４.９億円

出資会社：岩谷産業㈱　　５０.０％

関西電力㈱　　３９.８％

堺 LNG㈱　　１０.２％

(3)設立年月日：平成 16 年４月１日

(4)事業内容：液化水素、圧縮水素、液化窒素、液化酸素、液化アルゴンの製造及び販売

(5)工場敷地面積：約３２,０００m^2

(6)生産能力：

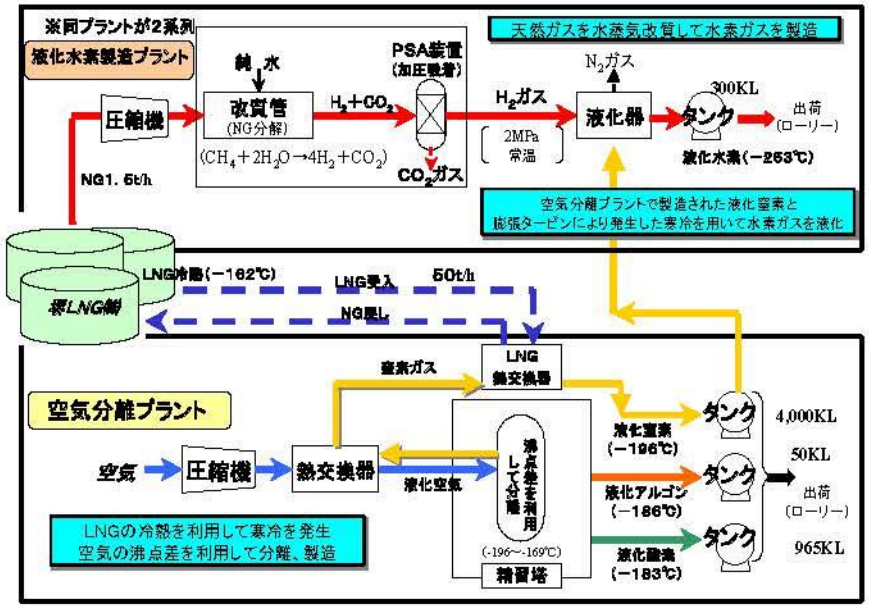
液化水素：　３,０００L/h×２系列（国内最大）

圧縮水素：　６００Nm^3/h×２基

液化窒素：　１２,１００Nm^3/h

液化酸素：　４,０００Nm^3/h

液化アルゴン：　１５０Nm^3/h



㈱ハイドロエッジ概略製造フロー

以上のような液化天然ガスの冷熱を利用する製造モードと電気を使い圧縮/膨張により窒素を液化するモードの２つのモードを設け、冷熱の供給がない場合でも製造を止めることのないよう設計されております。

こうして製造された液化窒素の沸点もマイナス１９６℃と非常に低く、製品として出荷されるだけでなく、一部は水素ガスを液化する際の寒冷源として使用されております。

一方、水素は堺 LNG から送られる天然ガスを水蒸気改質することにより得られます。改質された水素ガスは変成器で CO を CO2 に変え、次に送られる PSA 装置にて CO2、H2O を除去します。PSA 装置を通すことにより、限りなく 100%に近い水素ガスは水素液化器及び高圧水素充填圧縮機に送られます。

液化システムは「水素クロードサイクル」を採用しており、液化窒素の寒冷、及び、水素循環圧縮機で水素を圧縮し、膨張タ

液化水素のインフラの未整備

日本では液化水素はロケットの打ち上げ用燃料として使用されてきましたが、その使用量は僅かだったようです。

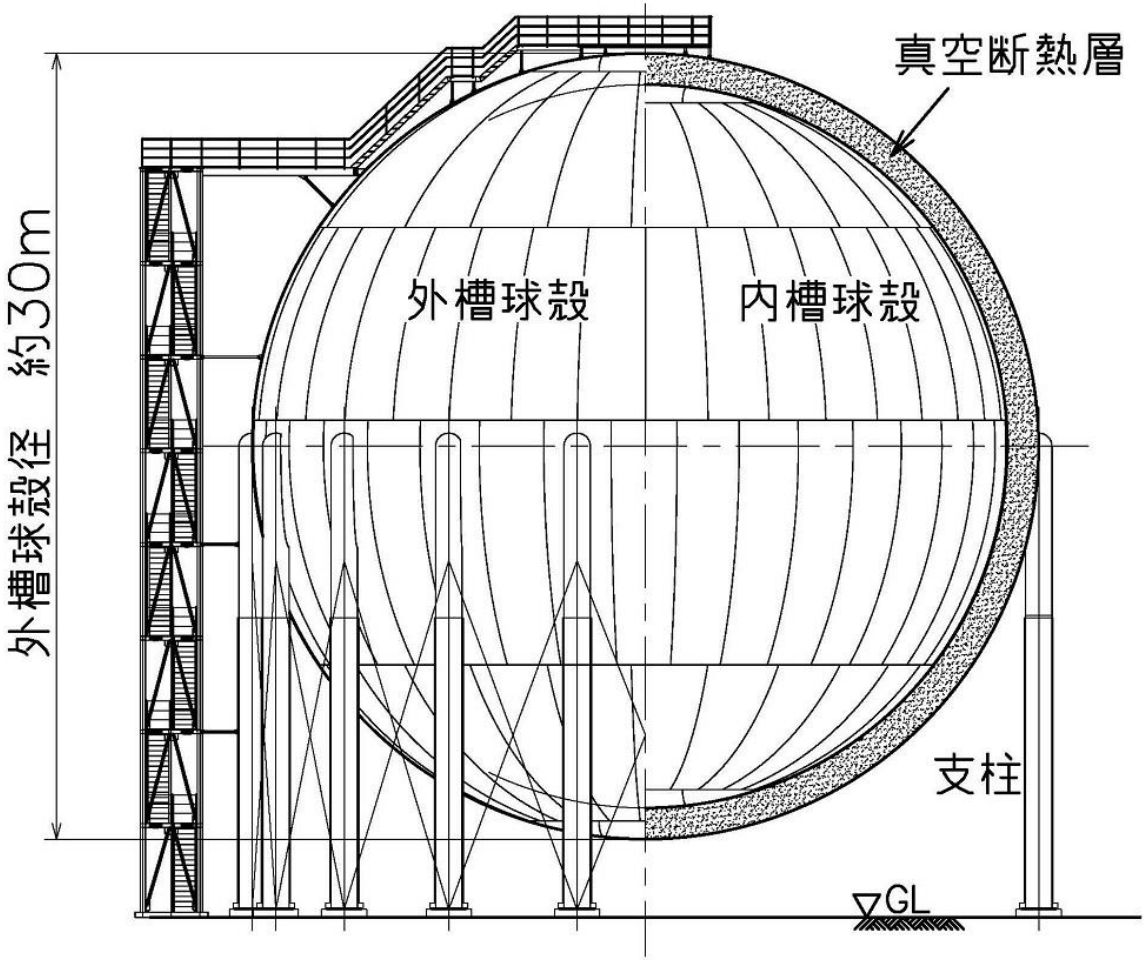
しかし、2004年に大阪府堺市に設置されているLNGの気化工場の冷熱を使用し、日本最大の液化水素の製造工場である株式会社ハイドロエッジの液化水素製造工場が設立されたようです。

ただ、この液化水素製造工場の液化水素設備は海外から輸入されたようで、日本国内には液化水素設備の製造できるメーカーはまだなかったようです。川崎重工業が、液化水素設備の開発に成功したようですが、日本では液化水素のインフラの整備は非常に遅れています。

川崎重工技報、サプライチェーン特集号

- ＜川崎重工技報、サプライチェーン特集号＞
- 川崎重工業のホームページにseptember 2020「川崎重工技報、サプライチェーン特集号」が掲載されています。
- http://www.khi.co.jp/rd/magazine/pdf/182/182.pdf
- 「商用規模の水素液化システムには、液化水素のハンドリングや極低温技術に関する知見やノウハウが要求される。このため同システムの設計・製作技術をもつ企業は世界でも3社ほどしかなく、いずれにも欧米の大手産業ガス会社である。日本国内にも商業規模の水素液化プラントは3カ所あるが、水素液化システムの本体である液化機はいずれも海外製で有る。」と説明されています。
- 　そして、川崎重工はそれらからの技術ノウハウの供与は受けずに、30年程前、極低温の研究機関向けにヘリウム液化機を開発している。その時の設計資料や経験者のアドバイス等を得て、2010年頃から水素液化技術の研究開発に取組んできた、と説明されています。
- 最初の実証機の運転が行われたのは、2014年9月と報告されています。

液化水素のインフラの開発は今は大変に遅れている



川崎重工業は2020年12月24日、世界最大級となる貯蔵容量1万m3（約710t）の球形液化水素貯蔵タンクの基本設計を完了したと発表した。将来的な水素利用の増加に合わせて、産業ガス事業者やエネルギー事業者などに提案していく。

日本ではカーボンニュートラルの為の水素の大量使用に直接水素を使用せずに当面アンモニアを大量使用するのはなぜか

最近ドイツやEUで、パリ協定の2050年目標達成ためのカーボンニュートラルの手段として、大量の水素の使用計画が採用されました。ドイツでは、グリーン水素の採用とされていますが、EUではグリーン水素とブルー水素の採用とされています。

そして、ドイツなどでは、自国で再生可能エネルギーから製造された水素量だけでは、カーボンニュートラルを達成すことはとても困難なので、アフリカや中東などで製造された大量の水素の輸入が計画されています。

それらの水素の大量搬送には、国際的な水素パイプラインの新しい設置が計画されています。現在の国際的な天然ガスパイプラインに匹敵するものです。

ところが、日本では、海外からのパイプラインによる天然ガスの輸入が困難だったので、川崎重工業が液化天然ガスの専用輸送船を開発し、日本へのLNGの大量搬送が始まりました。

今、水素でも同じ事が始まっていますが、世界的なLNGの大量流通に約30年程度かかったように、液化温度が－**253度と**特に低温度の液化水素の大量流通には30年間程度かかると思われます。

ところが、アンモニアは化学肥料やプラスチックの原料として、早くから製造設備が開発され、大量生産され、世界的に流通のインフラが整備されています。

アンモニアは水素に比べて、毒性の強い気体ですが、カーボンを含まない脱炭素燃料なので、当面日本では水素のインフラ整備ができるまでの期間の脱炭素化の為に、水素の代わりにアンモニアを使用する国家プロジェクトが10年間ほどの期間をかけて進められてきたようです。

＜2050年におけるゼロエミッションへの挑戦について＞

2020年10月13日の株式会社JERAのホームページに「2050年におけるゼロエミッションへの挑戦について」のプレスリリースが掲示されています。

https://www.jera.co.jp/information/20201013_539

株式会社JERAは、東京電力と中部電力が火力発電部門を切り離し、合併して設立された世界最大規模の火力発電会社だそうです。

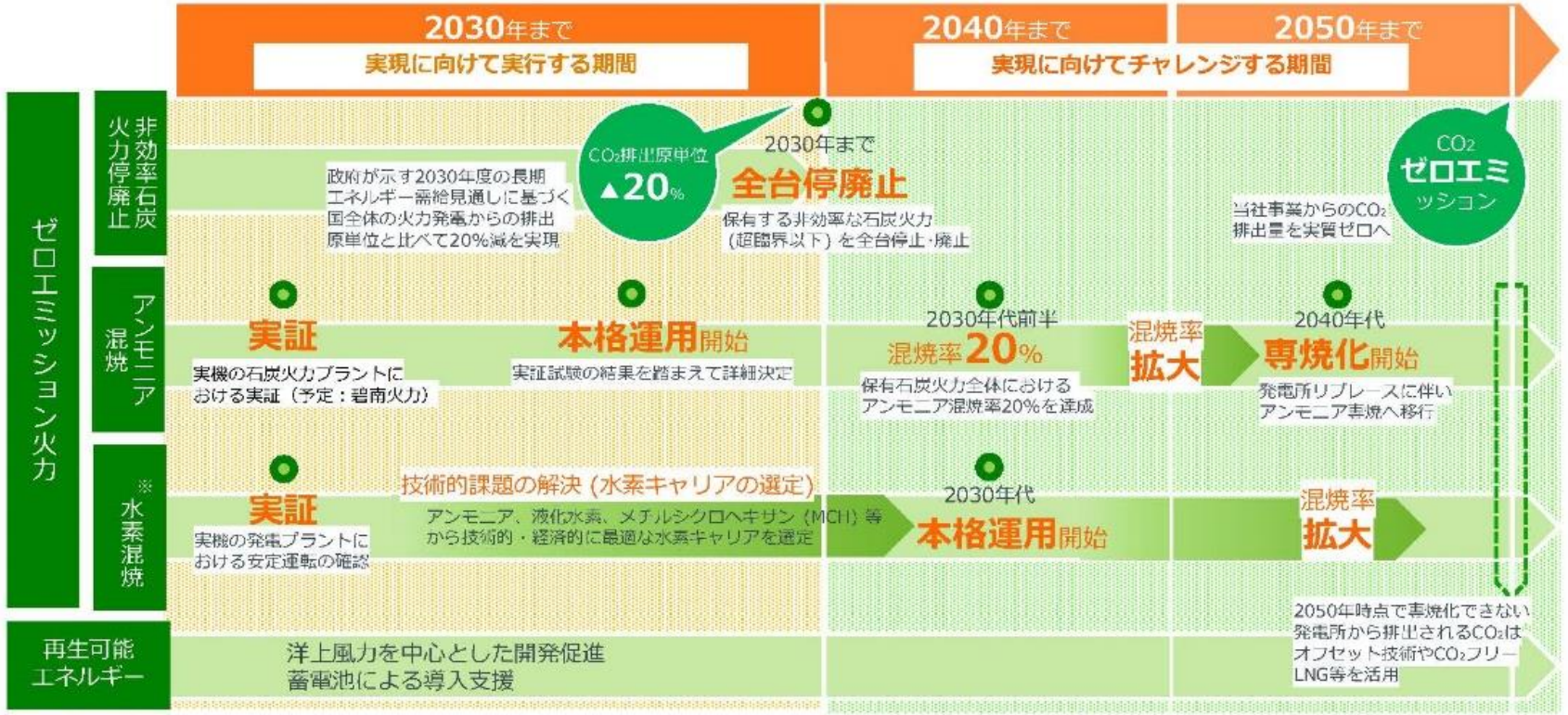
その株式会社JERAが、2020年10月14日の［水素閣僚会議2020］に「2050年CO2排出量実質ゼロ目標を」を発表していますが、このプレスリリースはその内容を事前発表したものと思われます。

既にヨーロッパやドイツでは水素を大量使用して、2050年には化石燃料からのＣＯ２を実質ゼロにすると宣言する国が増えていますが、日本国内の民間企業からもそのような宣言が始まったようです。

このプレスリリースによると、JERAは所有する火力発電所を水素を使用して、ゼロエミッションを実現するが、水素のインフラが整備されるまでは、アンモニアを使用すると説明されています。100万kWクラスの大型石炭火力発電所をアンモニア焚きや水素焚きに改造する計画のようです。

「JERAゼロエミッション2050 日本版ロードマップ」と「JERA環境コミット2030」

JERAゼロエミッション2050　日本版ロードマップ



本ロードマップは、政策等の前提条件を踏まえて段階的に詳細化していきます。前提が大幅に変更される場合はロードマップの見直しを行います。　※ CO_2フリーLNGの利用も考慮しております。

JERA環境コミット2030

JERAはCO_2排出量の削減に積極的に取り組みます。国内事業においては、2030年度までに次の点を達成します。

- 石炭火力については、非効率な発電所(超臨界以下)全台を停廃止します。また、高効率な発電所(超々臨界)へのアンモニアの混焼実証を進めます。
- 洋上風力を中心とした再生可能エネルギー開発を促進します。また、LNG火力発電のさらなる高効率化にも努めます。
- 政府が示す2030年度の長期エネルギー需給見通しに基づく、国全体の火力発電からの排出原単位と比べて20%減を実現します。

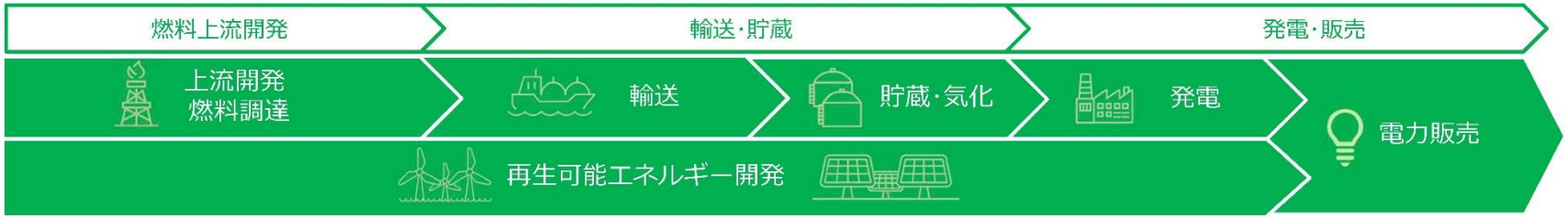
「JERAゼロエミッション2050　日本版ロードマップ」、「JERA環境コミット2030」は、脱炭素技術の着実な進展と経済合理性、政策との整合性を前提としています。当社は、自ら脱炭素技術の開発を進め、経済合理性の確保に向けて主体的に取り組んでまいります。

© 2020 JERA Co., Inc. All Rights Reserved.

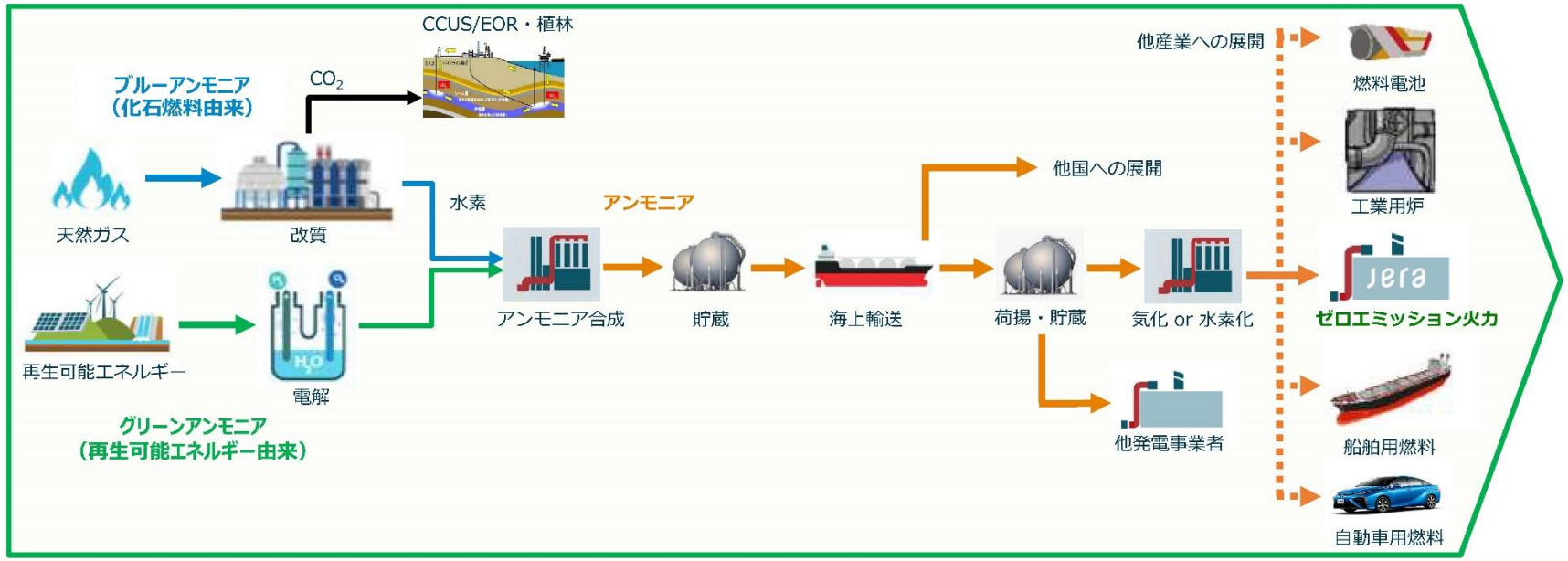
（参考）グリーン燃料の製造・輸送と普及拡大に向けた取り組み

- JERAは、燃料の上流開発から、輸送・貯蔵、発電・販売までの一連のバリューチェーンに事業参画しています。
- この強みを活かして、グリーン燃料のサプライチェーン全体の構築に参画するとともに、電力用にとどまらず他用途（輸送用燃料等）へのグリーン燃料の販売等を視野に入れた事業領域の拡大を検討していきます。

JERAの保有するバリューチェーン



アンモニアのサプライチェーン



© 2020 JERA Co., Inc. All Rights Reserved.

＜第1回 燃料アンモニア導入官民協議会＞

2020年10月27日に経済産業省において「第1回 燃料アンモニア導入官民協議会」が開催されています。

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/001.html

この会議は、経済産業省の担当官とアンモニア産業関係の民間企業の担当者によって構成されている専門委員会のようで、会議は非公開とされており、出席者や審議内容、民間企業からの提出資料

- 資料6　三菱商事株式会社提出資料（非公開）
- 資料7　丸紅株式会社提出資料（非公開）
- 資料8　株式会社JERA提出資料（非公開）

についても非公開に成っています。

ただ、資料－５（一社）グリーンアンモニアコンソーシアム提出資料（公開）

「燃料アンモニアバリューチェーン構築に向けた取組」だけは公開されています。

アンモニアは毒性の強い気体なので、あまり話題になると、国民の中で大量使用反対運動が起きる事を恐れているのか、非公開とされているようです。

＜第2回 燃料アンモニア導入官民協議会＞

2020年12月7日に経済産業省において「第2回 燃料アンモニア導入官民協議会」が開催されています。

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/002.html

この会議は、経済産業省の担当官とアンモニア産業関係の民間企業の担当者によって構成されている専門委員会のようで、会議は非公開とされており、出席者や審議内容、民間企業からの提出資料は非公開とされています。

- 資料3　電源開発株式会社　提出資料（非公開）
- 資料4　日本郵船株式会社　提出資料（非公開）
- 資料5　株式会社国際協力銀行　提出資料（非公開）
- 資料6　株式会社日本貿易保険　提出資料（非公開）
- 資料7　一般財団法人日本エネルギー経済研究所　提出資料（非公開）
- 資料8　独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構　提出資料（非公開）

ただ、「資料９－１　燃料アンモニアに関する検討状況　2020年12月7日　資源エネルギー庁」のみは、一部公開されています。

002_09_00.pdf (meti.go.jp)

水素30年に主要燃料に

目標1000万トン 国内電力1割分

発電・製鉄・車 脱炭素の柱

政府は国内での水素利用量を2030年時点で1000万トン規模とする目標を設ける調整に入った。2050年の温暖化ガス排出実質ゼロを実現するには二酸化炭素（CO_2）を出さない水素の活用が不可欠で、欧州や中国も力を入れ始めた。発電や燃料電池車（FCV）向けの燃料として利用を増やし、コストを引き下げて普及につなげる。

政府が17年にまとめた水素基本戦略（3面きょうのことば）では、30年時点で30万トンの水素を使う目標を立てている。30万トンは原子力発電所1基分に相当する100万キロワットの発電所をほぼ1年間稼働させられる量になる。1000万トンなら30基以上を稼働できる。稼働率を考慮しない単純計算で国内全体の設備容量の1割強にあたる。

電力の脱炭素では太陽光や風力など再生可能エネルギーの活用が進んでいるが、天候に左右されるため既存の発電所も必要だ。二酸化炭素（CO_2）を出さない水素を発電所の燃料に使えば温暖化ガスを減らせる。再生エネの発電で余った電力を活用し水素を作って貯めておくこともできる。

課題はコストの高さ

協議会に参画する主要企業の取り組み

トヨタ	20年12月中に航続距離を伸ばしたFCV「ミライ」の新型車を発売予定
岩谷産業	船舶や鉄道、発電など水素需要を拡大し、コスト削減に取り組む
三井物産	ブルネイで調達した水素を日本へ運ぶ実証実験に参画予定
関西電力	火力発電の水素混焼の導入可能性を調査
東芝	福島県浪江町での世界最大級の水素製造拠点の実証実験に参画
エネオス	水素ステーションを全国で44カ所展開。今後も拡大する計画
川崎重工業	30年にも大型の水素運搬船の商用化目指す
三菱重工業	水素を燃料にして二酸化炭素の排出量を減らす火力発電設備の開発を進める
神戸製鋼所	液化水素を運搬したり貯蔵するのに必要な圧縮機などを手がける

経済新聞
12月8
火曜日
発行所 日本経済新
東京本社 (03)32
〒100-8066 東京都千代田区大
大阪本社 (06)76
名古屋支社 (052)2
西部支社 (092)4
札幌支社 (011)2

Yashima
入洲電機
東京 新橋
東証一部:3153
www.yashimadenki.co
㈱三陽プラント建設

日本経済新聞は、日本のカーボンニュートラルとその目標達成のための水素の使用について、非常に力を入れています。

経済産業省からのプレスリリースの発表が無くても、積極的な取材を行い、他のマスコミが報道しない情報を1面トップでたくさん報道しています。

また、水素30万トンが100万kW.原子力発電所1年間の発電量に相当する火力発電所用の脱炭素燃料と説明しており、理解が非常に深いと思われます。この報道は、アンモニア使用についてと推定されます。

だ。現在は1N立方㍍（ノルマルリューベ＝標準状態での気体の体積）あたり100円程度とみられ、液化天然ガス（LNG）の同13円程度を大幅に上回っている。政府は同等に抑えるために必要な年500万～1000万㌧程度を将来的な目標に据えていた。今後見直す水素基本戦略では30年と目標時期を明確にすることを検討する。

実証が進む水素発電の実用化を急ぎ、FCV普及も加速させる。新設する2兆円基金を活用したり設備投資への税優遇などで支援する。再生エネ拡大や化石燃料の使用削減と合わせて推進する。

民間も動き出した。トヨタ自動車や岩谷産業など88社は7日、水素インフラの整備を進める「水素バリューチェーン推進協議会」を立ち上げたと発表した。

水素では14年に世界で初めて量産型FCV「ミライ」を発売したトヨタが民間の主導役を果たしてきた。ミライは9月までの世界販売が1万千台ほどまり。19年度の日本でのFCV販売はトヨタを含め約700台でEVの約2万台と比べ小さい。

打開策として水素のフル充填での航続距離を現在の約650キロから約3割伸ばした新型ミライを12月中に発売する予定だ。決まったルートを走り水素を定期充填しやすい商用車でも活用を促す。

協議会は自動車以外でも水素の利用を進める。製鉄では鉄鉱石の還元を石炭由来から水素に切り替える。日本製鉄など高炉大手は50年までに水素を使ってCO₂排出を減らす技術の実用化を目指す。東京電力ホールディングスと中部電力が折半出資するJERAも発電燃料を水素に変え50年にCO₂排出量を実質ゼロにする。

川崎重工業や岩谷産業、丸紅などは18年からオーストラリアで「褐炭」と呼ばれる低品位炭から水素を製造し液化して日本に船で運ぶ実証を開始。協議会の記者会見で梶山弘志経済産業相は「幅広いプレーヤーを巻き込みコスト削減を進める」と述べた。

水素基本戦略　「温暖化ガスゼロ」へ見直し

- 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の助成金がアンモニアキャリアによる脱炭素化の道を切り開いたと思われる。

SIPの概要（終了課題）

https://www.jst.go.jp/sip/about_sip1.html

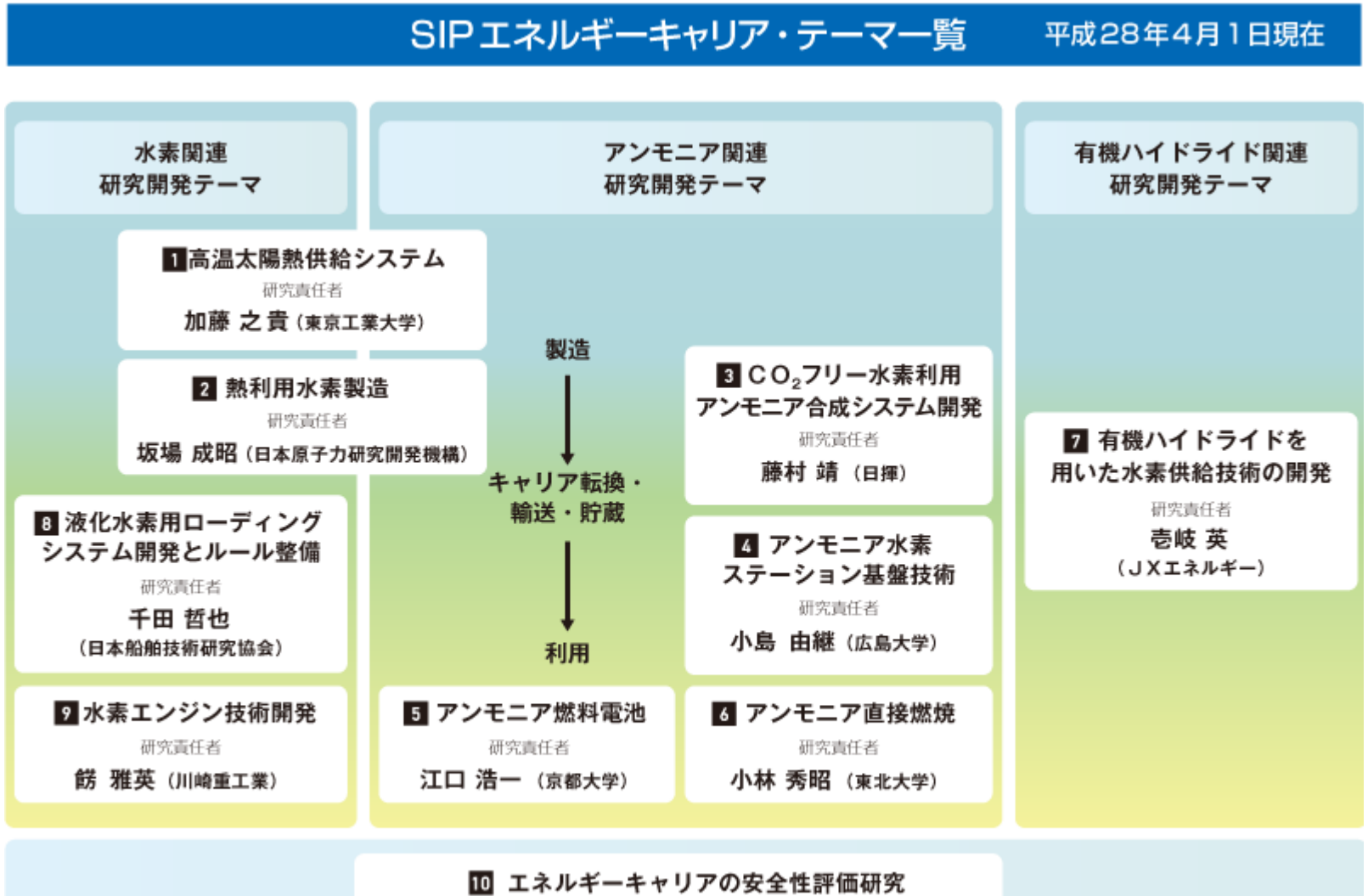
- 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は、科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）及び日本再興戦略（平成25年6月14日閣議決定）において、総合科学技術会議が司令塔機能を発揮し、科学技術イノベーションを実現するため創設することが決定しました。SIPは、府省・分野を超えた横断型のプログラムであり、総合科学技術会議が課題を特定し、予算を重点配分するものであり、課題ごとにPD(プログラムディレクター)を選定し、基礎研究から出口（実用化・事業化）までを見据え、規制・制度改革や特区制度の活用等も視野に入れて推進していくものです。

エネルギーキャリア

https://www.jst.go.jp/sip/k04.html

- 「エネルギーキャリア」は、再生可能エネルギー等を起源とする電気及び水素等により、クリーンかつ経済的でセキュリティーレベルも高い新たなエネルギー社会を構築し、世界に向けて発信することを目的とします。水素の製造、輸送・貯蔵、利用のチェーンの中で、需要側の利用方法に応じた多様なパスを検討し、将来の技術革新とエネルギーコストを予測しながら、どのような場合に水素利用が有利となるかを見極め、社会への水素導入シナリオも検討しながら、研究開発を進めます。2018年までに、再生可能エネルギー等の利用による安価なエネルギーキャリア製造技術のモデル検証、エネルギーキャリアを利用した発電、水素ステーションへの供給システム等の技術確立を目指します。2014年度は、特に（１）アンモニアキャリアの開発、（２）有機ハイドライドの開発、（３）液体水素の開発、（４）水素利用技術の開発、（５）エネルギーキャリアの安全性評価、の５つの研究開発項目を優先課題として取り組みます。

2018年までに、再生可能エネルギー等の利用による安価なエネルギーキャリア製造44技術のモデル検証、エネルギーキャリアを利用した発電、水素ステーションへの供給システム等の技術確立を目指します。2016年度については、2015年度の評価を受けて、（１）太陽熱を利用した水素製造 、（２）アンモニアの製造・利用技術、（３）有機ハイドライドの製造・利用技術、（４）液化水素の利用技術 、（５）エネルギーキャリアの安全性評価、に取り組みます。



日揮株式会社から「CO2フリー水素からのアンモニア合成プロセスの構築及び実証最終報告書」の公開が行われています。

01_CO2フリー水素利用アンモニア_日揮 (jst.go.jp)

日揮株式会社は（SIP）の助成を受けて、産業技術研究所と共同で、CO2フリー水素からのアンモニア合成プロセスの実証設備も建設し、良いプロセスの開発に成功しています。

この報告書の中には、この実証設備の成功結果も詳しく説明されています。

しかし、ただそれだけの検討結果だけでは無く、海外でグリーンアンモニアやブルーアンモニアを製造し、それらをアンモニア専用の輸送船で日本に輸入した場合の、コストの試算が報告されています。

検討は、天然ガスから水素を製造し、CO2はCCS処理を行い、その水素と大気中の窒素からアンモニアを製造する方法、太陽光発電による電力を使用し、水分解による水素を使用する方法、太陽熱発電による電力を使用し、水分解による水素を使用する方法、水力発電による電力を使用し、水分解による水素を使用する方法、の4ケースが検討されています。

当面は、電力を使用し水分解によるグリーン水素は、設備の設置費がかなりかかるので、設備利用率の低い太陽光発電は一番割高で、太陽熱、水力発電の順に安価になり、天然ガスからのブルー水素が一番安価に成るようです。

しかし、水力発電は、発電設備の大量増設が難しいので、やがては大量生産された太陽光発電からのグリーン水素も安価に成ってくる見込みのようです。

そして、詳細な検討を行った結果では、グリーンアンモニアやブルーアンモニアを大量に日本に輸入して、日本の石炭火力発電や天然ガス火力発電の代替燃料に使用し、CO2の発生量の大量削減は、経済的に充分可能な事が分かってきたとの報告のようです。

＜「火力発電燃料としてのCO2フリーアンモニアサプライチェーンの技術検討」＞
SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の補助金事業と思われる報告が電源開発から行われています。
19_CO2フリー水素利用アンモニア_電源開発 (jst.go.jp)
SIPの報告を調べてみると、電源開発が報告している「火力発電燃料としてのCO2フリーアンモニアサプライチェーンの技術検討」が良い資料と思われました。
電源開発は、日本の大型発電設備の新規開発を専門に行う会社のようで、昔の大規模水力発電や石油火力発電、石炭火力発電、最近の風力発電等の開発を次々行ってきて、大量の発電事業も行ってきたようです。
そして、今回は日本のカーボンニュートラルの為に、アンモニア発電開発の検討を行ってきたようです。
その検討結果が詳しく説明されています。
今の日本の現状における、石炭火力発電のCO2の発生を大量に抑制するための技術的・経済的な検討を行っています。
　検討結果は、アンモニア発電が当面は非常に有効な手段と分かったことが報告されています。

IHI、「ブルーアンモニア」を燃料利用、ガスタービンに混焼

https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/01281/?ST=msb

****

IHIは、アンモニアを2000kW級ガスタービンの燃料に混焼する実験を、2020年10月26日から横浜市にある事業所で開始する。日本エネルギー経済研究所とサウジアラビアン・オイル・カンパニー（Saudi Aramco）が、燃料としてのアンモニア・サプライチェーン実証試験に取り組んでおり、IHIはこれに協力する。

アンモニアは、再生可能エネルギー由来の水素や、CCS（CO2分離・回収・固定）を併用した化石資源由来水素のキャリア（運搬媒体）に活用でき、脱炭素システムを構成する2次エネルギーとして検討されている。再エネ由来のアンモニアを「グリーンアンモニア」と呼ぶのに対し、CCS併用による化石由来のアンモニアを「ブルーアンモニア」と呼ぶ。今回の実証は、ブルーアンモニアのサプライチェーンの構築を想定している。

アンモニアは、それ自体に毒性があるものの、石炭火力などに混焼して直接、発電燃料に利用でき、肥料や工業原料に広く使用されているため、供給インフラに技術的な問題がないなどの利点がある。

****

と説明されています。アンモニアを燃料とする発電技術の開発が進んでいます。

名村造船所のホームページに「新機軸のタンク掲載したLPG船」の記事が掲載されています。
20191028.pdf (namura.co.jp)
＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊
この新しい輸送船は、液化アンモニアガス、又は液化石油ガス（液化プロパンガス）を専用に搬送する3万8000m3クラスの大型運搬船です。
石油ガス（プロパンガス）は常温度でも0.86 メガパスカル（約8.5気圧）で液化するので、常温度で加圧して液化する搬送船も有るようですが、
－42℃で液化するので、この大型運搬船“Hourai Maru”は常圧で冷温液化して搬送するそうです。
　また、アンモニア（NH3）は常温度でも、0.857 メガパスカル（約8.46気圧）で液化するが、-33℃で液化するので、この大型運搬船“Hourai Maru”は常圧で冷温液化して搬送するそうです。
　今日本では、1年間に約8000万トンのLNGを専用船で輸入していますが、主成分のメタンの液化温度は－162℃です。
一方水素の液化温度は－253℃です。
水素の液化は他のガスに比べて、かなり困難で有り、今日本国内の水素の液化装置の処理量もまだ少ないようです。
　アンモニア（NH3）はそのままでも燃料に成り、石炭焚き発電設備で、石炭との混焼や、LNGのガスコンバインド発電設備で天然ガスと混焼ができます。
また、液体アンモニアを専焼するガスコンバインド発電設備の開発も行われています。
　それから、液体アンモニアは簡単に水素と窒素に分離する事もできます。
これからの日本は、2050年に向けてCO2の大気中への放出量を実質ゼロにしなければなりません。
　そのためには、日本の太陽光と風力発電の増加だけではとてもできないと考えられています。
そのために、グリーン水素かブルー水素の大量輸入が必要と考えられていますが、直ぐに始めるためにアンモニア大量輸入が計画されているようです。

一般社団法人環境金融研究機構

化石燃料の“クリーン化”で期待されるCCS技術、現状は機能不十分。シェブロンの西オーストラリア州の天然ガス事業。操業以来の5年間、ほとんどCO2を吸収できず。技術リスクを露呈（RIEF）

化石燃料の“クリーン化”で期待されるCCS技術、現状は機能不十分。シェブロンの西オーストラリア州の天然ガス事業。操業以来の5年間、ほとんどCO2を吸収できず。技術リスクを露呈.2021-01-25 08:46:17

オーストラリアの西オーストラリア州で開発が進むゴルゴン（Gorgon）天然ガス（LNG）プロジェクトで、開発の条件として設置されたカーボン回収貯留（CCS）システムが計画通りには機能せず、採掘中に発生するCO2の大半が大気中に大量に放出されていることがわかった。CCSは石炭、ガスの化石燃料を“クリーン化”するトランジション（移行）技術の代表として喧伝されるが、イノベーションリスクを克服できていないことを示す形だ。

2020年12月2日に第30回 総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会が開催されています。
総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会は、これまで長年にわたって、日本の化石エネルギーと電気・電子産業に使用される金属鉱物の安定的な確保について、検討を行ってきました。
ところが、日本でも2020年にパリ協定の目指す2050年カーボンニュートラルへの大きな舵切りが行われ、総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会も日本の新しい大方針について、本格的な検討が必要に成りました。
　そして、今回それらについての検討が始まっています。
今回の会議では、「資料２　2050年カーボンニュートラルに向けた
資源・燃料政策の検討の方向性」が配布されています。
030_02_00.pdf (meti.go.jp)
この資料の36ページに、「豪州Gorgon LNGプロジェクト」の説明が行われています。
『米Chevronは豪州Gorgon LNGプロジェクトで、豪州政府から求められたCCSの操業開始 が遅れたことにより、豪州政府から、USD 100 mil程度（105億円程度）の課徴金を課される可能性あり。※豪州政府は、プロジェクト承認にあたり、「ガス田から排出されるCO2の80%以上の回収・ 地下貯留」を企業に義務化。』と説明されています。
　これまで、世界の天然ガスの生産では、天然ガスと同時に大量のCO２が噴出してきます。
　そして、そのCO２は天然ガスとは分離され、大気放出されてきました。
しかし、豪州政府は、プロジェクト承認にあたり、「ガス田から排出されるCO2の80%以上の回収・ 地下貯留」を企業に義務化。』としたので、米Chevronが初めてCCS設備を設置したが、うまく動かずにトラブってきたのだと思われます。
日本の専門委員会は、この事は良く知っています。
そして、今日本の2050年のカーボンニュートラルを実行する計画を検討しています。

上流開発におけるGHG排出削減取組の必要性

- 世界的な環境意識の高まりにより、**産出国政府による上流開発時におけるCCS実施の義務化**や、石油・天然ガスの**需要家（購入者）によるGHG排出削減取組を調達条件とする動き**など、**上流開発を行う際のGHG削減実施が必須**となりつつある。
- 適切な対応がなされなければ、上流開発コストが大きく増大し、日本企業による上流開発が低調となった結果、**エネルギーの安定供給に支障をきたす可能性**。

Chevron could be forced to pay $100m for failure to capture carbon emissions

Chevron

- **米Chevronは豪州Gorgon LNGプロジェクトで、豪州政府から求められたCCSの操業開始が遅れたことにより、豪州政府から、USD 100 mil程度（105億円程度）の課徴金を課される可能性あり。**
  ※**豪州政府は、プロジェクト承認にあたり、「ガス田から排出されるCO2の80%以上の回収・地下貯留」を企業に義務化。**

US LNG sees warning on methane emissions in delayed deal with France's Engie

engie

- 仏政府が一部株式を保有する**仏エネルギー会社のENGIEでは、米国企業からのLNG長期購入契約の締結に関し、メタン排出量の大きさを問題として、取締役会でストップをかけた。**

PAVILION ENERGY AND QATAR PETROLEUM SIGN STRATEGIC LNG SUPPLY AGREEMENT FOR SINGAPORE

PAVILION ENERGY

- 星政府系エネルギー会社Pavilion Energyは、**LNG供給者に対してLNG貨物にかかるGHG排出量の計測・報告を求めることを宣言。**
- 2020年11月に**Qatar Petroleumと締結した10年のLNG購入契約**から適用され、QP側は2023年から年180万トン販売するLNGについてGHG排出量の計測・報告。

Qatar building large CO2 storage plant

- カタール・**アルカービ・エネルギー大臣は、第９回LNG産消会議にて「CCSを新しい設備の基本設計に入れ込むことでLNGバリューチェーン上のCO2排出削減にも取り組んでいく」**と宣言。
- 同国では、計画中のLNG拡張プロジェクトにおいて年500万トンのCO2回収・貯留が予定。

TOKYO GAS AND GS ENERGY TO RECEIVE WORLD'S FIRST CARBON NEUTRAL LNG CARGOES FROM SHELL

TOTAL DELIVERS ITS FIRST CARBON NEUTRAL LNG CARGO

TOTAL

- **欧米メジャー各社は、LNG供給にかかるGHG排出量を植林活動等で取得したオフセット・クレジットと相殺した「カーボンニュートラルLNG」の販売を開始。**
- Shellは植林活動で削減されたCO2クレジットで供給にかかるCO2排出量を相殺したLNGを東京ガスに販売。東京ガスはこれを、都内のオフィスに都市ガスとして供給。
- Totalも風力発電や植林で得たクレジットで排出量をオフセットしたLNGを中国CNOOCに販売。

参考値を実現しようとした際に直面する課題・取組②

水素・アンモニア発電

【①発電技術の開発】

- 水素専焼時に、逆火を防ぎつつ、ガス火力と同程度の発電効率を達成するため、安定的な燃焼性を確保するための燃焼器を開発する必要。（アンモニア発電においても、NOxの発生抑制や安定的な燃焼性を確保するための技術開発が必要。）

【②安価かつ大規模な水素・アンモニア調達】

（製造・調達）

- 産業・民生・運輸部門の電化が難しい分野での大量の水素の活用が予想され、発電用にも利用するには、グリーン成長戦略における水素産業の実行計画を実現し、日本全体で**2,000万t規模の水素等の供給を確保**する必要。
  - ⇒ **500～1,000万tの水素・アンモニアを発電用に確保したとして、**2050年の発電電力量の**約1割をようやく賄うことができる**。（化石由来の水素等については、脱炭素化のため、製造過程でCCUSと組み合わせる必要。）

（輸送・貯蔵）

- 安価・大量のクリーン水素を国内で調達できない場合、海外から輸入する必要。
  - ⇒ 海外から液化水素を輸入するならば、技術革新と大規模投資を進め、運搬船の水素積載量（現状約75t/隻）を100倍以上（約1万t/隻）に拡大した船を**約90隻確保**する必要。さらに、貯蔵にも投資や技術開発が必要。

（コスト）

- 水素のサプライチェーンが確立されておらず、現状では水素製造や液化に要するコストに加えて、積荷基地や液化水素運搬船のコストが課題。将来的に、こうしたコストを低減していくことが必要。
  - ⇒ 現状の技術ベースで**約170円/Nm3の水素の製造・輸送コスト**を、既存の LNG 火力と同等のコスト競争力を持つ**約20円/Nm3以下**の水準に引き下げる必要。
  （アンモニアは、輸送・貯蔵が容易だが、水素を原料とするため製造コストが高くなり、非発電用途も限定的。）

【③非化石価値の埋没】

- カーボンフリー電源として水素・アンモニアを評価し、活用するインセンティブが得られる仕組みを整備する必要。

第36回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科配布資料（2021年1月27日）資料2「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」
036_005.pdf (meti.go.jp)
2．シナリオ分析

まとめ

日本は、戦後これまで主力エネルギーだった国内石炭から海外石油へと大きなエネルギー転換を行いました。その当初は、石油の価格は安価で、非常に使いやすいエネルギーでした。そして、石油エネルギーが日本の高度成長の原動力となったと思われます。

その石油の主な輸入先は中東でしたが、中東を中心にして、1970年代に2度のオイルショックが発生し、自国でのエネルギーの自給率が極端に低く、また完全な島国であるために、エネルギーの輸入を船舶輸送に依存していたために、日本が危機的な状態にある事はっきりと分かりました。そして、日本ではその後、石油から海外石炭、原子力発電、LNGへの大規模なエネルギー転換が始まりました。

ところが、世界的にエネルギーの主力と成っていた、化石燃料は、大量に使用されるようになって、それらから発生されている温室効果ガスのCO2が大量に大気中に蓄積され続けており、地球温暖化の深刻な状態が起きている事が分かってきました。

そして、地球温暖化対策として、省エネ、再生可能エネルギーの比率増大、原発電力の増大の対策がおこなわれるようになりました。日本では、地球温暖化対策として、省エネ、原発電力の増大の対策が熱心に行われるようになりましたが、再生可能エネルギーの比率増大については、あまり積極的ではありませんでした。

ところが、2011年3月に福島第一原発のメルトダウン事故が発生し、地球温暖化対策を原発に依存することは大きな問題が有ると考えられるように成ってきました。

そして、世界的にも、日本でも再生可能エネルギーの比率増大に力がそそがれるようになってきました。

所が、それらの動きとは別にして、日本の地勢的な特別な条件により、日本では世界中の国の中でも、水素の利用について、一番熱心に取り組んできたようです。トヨタ自動車の水素自動車「MIRAI」の開発でも良く分かります。水素の研究開発も、世界の中で一番多かったようです。そして、日本が主催して「水素閣僚会議」を開催し、IEA（国際エネルギー機関）やIRENA（国際再生可能エネルギー機関）などにも呼びかけ、国際的な水素の取り組みが始まりました。

ところが、ヨーロッパ等は、日本よりも、再生可能エネルギーの比率増大が早く進み、再生可能エネルギー電力の変動電源を水力発電や大型蓄電池だけでは調整しきれなくなってきて、水素利用を大量に計画するように成り、海外の方が先行し始める逆転現象が起きてきたようです。

また、日本でも今年になって、太陽光発電の発電量が少ない冬季に大寒波が押し寄せ、LNGの備蓄量までもが不足し、かって経験した事のない電力不足が発生しました。

所が海外では、水素のパイプライン輸送が始まろうとしており、水素の大量使用が進み始めたようです。しかし、日本では海外からの水素のパイプライン輸入が当面困難なので、液化水素のインフラが整備されるまでは、水素の代わりにアンモニアの大量使用が始まるようです。