

## TODAY

## カーボンニュートラルチタン製錬を目指して



東邦チタニウム株式会社  
取締役 常務執行役員  
藤井 秀樹

軽量・高強度・高耐食性のチタン・チタン合金は、長期間安定して使用できるエコな材料として認識されている方も多いのではないだろうか。ライフサイクルコストの考え方からは確かにこれは事実である。しかし、原料鉱石から最終展伸材に至る製造工程で、使用電力の電源構成にもよるが、1トンのチタンの製造に10トンを上回るCO<sub>2</sub>を排出しているのが実態で、鉄鋼などに比べ総量が少ないため目立っていないが、チタンに携わる人間として、「チタンはエコな材料です」と胸を張って言えるように改善しなくてはならないと思っている。

一方、優れた特性を有するチタンは、クリーンエネルギー社会構築に向け地球温暖化ガス排出量の実質ゼロ化を目指す輸送機器や水素エネルギー関連機器への適用拡大が期待されている。チタンの需要が拡大し、その優れた特性を人類が広く享受できるようになることは大変喜ばしい話であるが、造れば造るほどCO<sub>2</sub>を大量放出するのでは話にならない。チタンも製造工程で排出する地球温暖化ガスを大幅に減らす、できれば実質ゼロにすることが求められる時代が近づいていることは明白であり、チタンメーカー各社も、優れたチタンの特性で人類の未来を切り開くという使命感とCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減しないと産業として成り立たなくなるという危機感から、カーボンフリーチタンの実現に向けた研究開発を最優先課題として実施してきたはずである。そして今や、これを大きく加速させる時期が到来している。これはチタンメーカーの義務であり、チタンの最優先喫緊課題である。

しかし、言うは易し行うは難しで、様々な新製錬技術が近年までに提案されているが、多エネルギー消費であることに加え鉱石（酸化チタン）のOを実質すべてCO<sub>2</sub>で放出している現行製錬法に替わる候補技術の抽出は容易ではなかった。

当社にとってひとつの転機が訪れたのは2016年である。チタン製錬研究を実施している米国の小さな会社から、従来とは異なる新製錬法基本プロセスの提案があった。現行クロル法より低コストの可能性があると紹介であったが、展伸材メーカーから当社に移籍したばかりの私はチタン製錬に関する理解が不十分で、コストよりもC源（コークス）を使用しない（すなわちCO<sub>2</sub>を排出しない）工程であることに魅力を感じ、当社は1年強の調査研究を一部独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構の「平成29年度現場ニーズ等に対する技術支援事業」のご支援のもと実施した。その結果、このままでは難しいが、いくつかの課題を解決すれば実用化できる可能性があり、本格的な検討を行うに値するシーズであるとの結論に至った。その後、国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構の「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」のご支援をいただきながら、この米国企業と共同で課題解決に向けた基盤研究を本格的に実施した。この間、チタンの将来に対し期待と危機感の両方を抱いていた当社経営陣はじめ社内関係者からの積極的な支援・激励のもと研究を深化させた結果、技術性、経済性、消費エネルギー、CO<sub>2</sub>排出量などの観点から、有望であるとの判断に至り、2021年度からパイロットスケールの試験に移行することにした。

この新製錬プロセスは、下図のように2工程からなる。第1工程では、鉱石とAlを蛍石（CaF<sub>2</sub>）中でアルミテルミット反応させ、AlとOを高濃度に含む導電性の金属チタン合金に変換する。この工程は過去いくつかの研究報告があり<sup>2)3)</sup>、現象論としてはほぼ同じ結果が得られている。第2工程は、この導電性の抽出金属チタン合金を熔融塩中で電解精錬することでO濃度の低い金属チタンとし、これを塩浴と分離する工程である。この工程の一部を取り上げた過去の類似研究も少数ながら存在しているが、諸条件が異なっており、私たちの得た研究結果は必ずしもこれらと一致していない部分もある。最終的に得られるチタンは若干Alを含み、当初は、Ti-6Al-4VやTi-5Al-1FeなどAl含有チタン合金向けにのみ適用可能な成分であったが、製造工程や条件を工夫

することで、Al を含まない純チタンも製造できるようになった。これはすべてのチタン材料に使用できることを示している。

この新製錬法は、工程排出のCO<sub>2</sub> はゼロであり、クロル法で多電力消費量の最大要因であるMgCl<sub>2</sub> 電気分解のような工程はない。最重要ポイントである不純物除去(クロル法はTiCl<sub>4</sub> の蒸留工程で実施)は、文字通り第2工程の電解精錬で行われ、現行クロル法と同等の水準にまで不純物を低減できる。第1工程は発熱反応であり、第2工程の電解精錬の電力消費量はあまり多くなく、現行クロル法の30%程度以下にまで消費電力を低減できる試算である。この程度であれば、将来は再生可能エネルギー由来電力の充当も可能になると考えている。その他、Cl<sub>2</sub> ガスや熔融金属Mgなどの危険物を使用しない、一部現行設備を流用できる、などの利点もある。

当社も、多くの企業と同様、持続可能社会実現に向け、2050年のカーボンニュートラルを目指す。

その過程で、2030年にはCO<sub>2</sub> 排出量を40%削減(対2018年)する目標を立てている。その実現には、この新技術の実用化が必須である。今後、実生産規模にまで順次スケールアップする段階で様々な課題が抽出されるだろう。また副生物の発生量低減やリサイクル、使用物質および鉱石から最終展伸材までを含む一貫製造工程でのCO<sub>2</sub> 排出量削減など、すでに取り組みを開始している既顕在化課題も多い。サプライチェーンの関係各社と強く連携し、上記の使命感と危機感を背景に本技術の早期実用化に向け当社は全力を投入し、表題に掲げた「カーボンニュートラルチタン製錬」に挑戦する所存である。

[参考文献]

- 1) J.R.Cox : Titanium USA 2016 Conf. Proc., (2016) <https://custom.cvent.com/C2795141339A407CA590D38C49421294/files/ad890597a028473e9aef2e61d4034050.pdf>
- 2) M.Maeda, T.Yahata, K.Mitugi and T.Maeda : Mat.Trans.,JIM, 34(1993) p.599
- 3) 池田 貴, 前田正史 : 生産研究, 46-6(1994), p.298

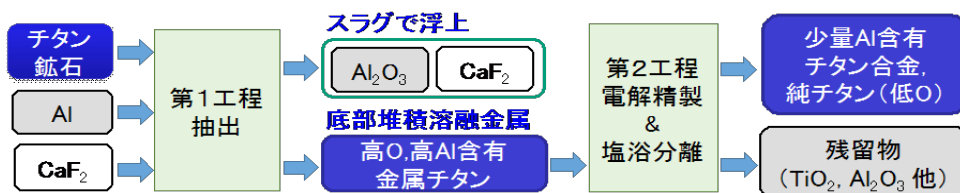


図 新しいチタン製錬法の概略イメージ

## JRCM REPORT

### カーボンニュートラルの実現とアンモニア

#### 元内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「エネルギーキャリア」サブ・プログラムディレクター 塩沢 文朗

2020年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。

カーボンニュートラル実現の鍵は、後述するように電化の推進と水素エネルギーの導入である。その重要な方策の一つとして、アンモニア(NH<sub>3</sub>)が大きな役割を担うことが期待されている。そして燃料アンモニア産業の育成が、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2020年12月、経済産業省)の14の重点分野の一つとして掲げられた。

NH<sub>3</sub>に対する大きな期待の背景には、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「エネルギーキャリア」(2014~18年度)におけるNH<sub>3</sub>関連の研究成果がある。SIP「エネルギーキャリア」では、NH<sub>3</sub>のCO<sub>2</sub>フリー燃料、水素エネルギーキャリアとしての可能性に着目し、世界でも注目される数々の研究成果を生み出した。その成果は、IEAの水素エネルギーに関する初めての包括的レポート“The

Future of Hydrogen”(2019年6月)でも数多く言及されている。(なお、このJRCMニュースでも2015年4月号(No.342)、2018年3月号(No.377)の2回にわたって、SIP「エネルギーキャリア」のNH<sub>3</sub>関連研究の進捗状況をご報告している。)

今回のご報告では、2019年3月に終了したSIP「エネルギーキャリア」の成果と、その後の展開について記すのが本来の姿と思うが、そういったご報告と燃料アンモニア産業が「グリーン成長戦略」の重点分野の一つとして取り上げられることになった理由をきちんと説明するには紙幅があまりにも限られている。そこで、本報告ではその要点のみを記すこととし、詳しくは、宣伝になって恐縮だが私が共著者の一人として最近、上梓した「カーボンニュートラル実行戦略:電化と水素、アンモニア」(2021年3月、エネルギーフォーラム社)の第3章「水素エネルギーとアンモニア」を参照していただければ幸いである。

そこでは、SIP「エネルギーキャリア」の成果に関する説明に加え、同プロジェクト等で明らかにされたNH<sub>3</sub>の技術的、経済的可能性を、その根拠情報とともに記している。

### カーボンニュートラルの実現において電化と水素エネルギーが重要な理由

さて、本題のNH<sub>3</sub>の話に入る前に、カーボンニュートラルの実現において電化の推進と水素エネルギーの導入が重要である理由を確認しておきたい。

日本がカーボンニュートラルの目標を実現するためには、エネルギー供給に占める化石エネルギーへの依存を大幅に減らし、CO<sub>2</sub>を排出しないエネルギーに代えていかなければならない。しかしそのためには、エネルギーの需要構造も大幅に変革する必要がある。

需要サイドから見ると日本全体で消費されているエネルギーのうち最終的に電力として消費されている割合は約30%で、残りの約70%が熱等<sup>\*1</sup>として消費されている。熱として消費されているエネルギーのほとんどは、熱源や燃料としての消費であり、これらの熱源と燃料には主に化石エネルギーが使われているので、これらの脱炭素化も重要な取り組み課題である。

電力として消費されているエネルギーの脱炭素化は、簡単にいえば電源の脱炭素化によって可能となる。電源となるエネルギーのうち、CO<sub>2</sub>を排出しない電源は原子力と再エネだが、このうち原子力は、今後、原発の新設と建て替えができない限り、2050年にはほとんどの原発の設備寿命が来るためにその発電能力が大幅に減少する。国内に賦存する再エネは、量的にも質的にも限界があり、一定の経済性を確保しつつ必要なエネルギー量を賄うことができる状況にはない。化石エネルギーとCCS（二酸化炭素貯留）の組み合わせという選択もあり得るが、国内で経済性が成り立つ形でCCSを建設、運営できる見通しは立っていない。また、日本は欧州諸国のように隣国と送電線やパイプラインでエネルギーをやりとりすることも困難である。

こうしたことから、日本では発電用のエネルギーとして、海外の再エネに恵まれている地域に賦存する安価な再エネを水素

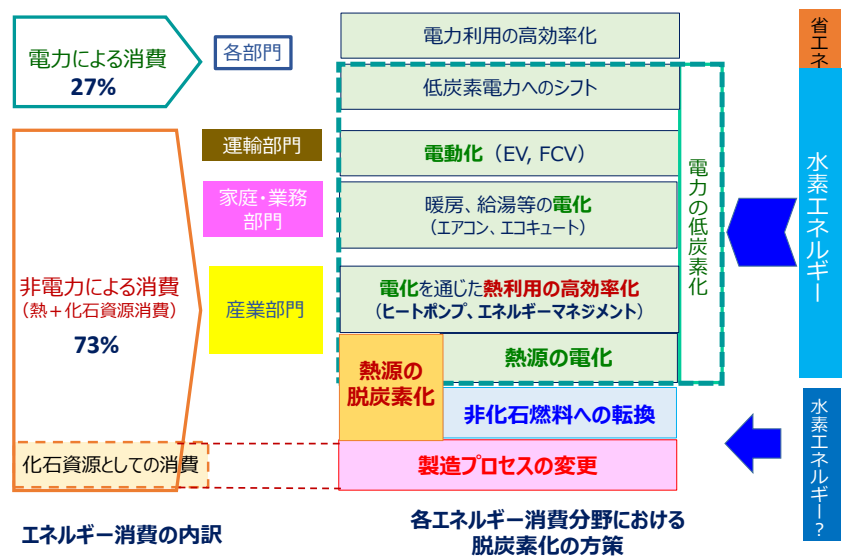
エネルギーの形で導入することが、電源の脱炭素化のために重要となる。

次に熱として消費されているエネルギーのうち、運輸部門と民生部門で消費されている熱エネルギーの脱炭素化は、電化の進展という形で進んでいる。自動車の電動化、家庭や事務所の冷暖房、調理用のエネルギーの電化は今後とも進むだろう。

産業部門で利用されている熱の脱炭素化は容易ではないが、熱源の一部は、ヒータ等の電力エネルギーを利用した熱源に転換することは可能である。そうした形で電化が困難な熱源は、CO<sub>2</sub>フリー燃料に転換していかなければならない。産業部門で消費されている化石エネルギーには、実はこのほかに、「熱等」の「等」に含まれる鉄鋼業の高炉用の原料炭、石油化学製品のナフサ等の原料等がある。これらを脱炭素化するためには製造プロセスの転換やリサイクルの拡大等が必要となる。これには大量の水素が必要となる<sup>\*2</sup>。

以上から分かるとおり、日本のエネルギーシステムの脱炭素化のためには、電化の推進とその電力の脱炭素化のための水素エネルギーの導入、さらには一部の熱源の脱炭素化と製造プロセスの脱炭素化のための水素エネルギーの導入が必要となる。つまり、脱炭素化の鍵は、電化の推進と水素エネルギーの大量導入ということになる【図1】。

<sup>\*1</sup>「等」には、鉄鋼や化学原料として消費されている化石燃料が含まれる。  
<sup>\*2</sup>この問題については、「産業分野、熱エネルギーの脱炭素化－電化と水素エネルギーの重要性と可能性－」、『太陽エネルギー』Vol.46, No 3 (2020年5月) pp48-58を参照。



【図1】日本のエネルギー需要構造の脱炭素化

## NH<sub>3</sub> は水素エネルギーの大量導入手段

しかし、水素エネルギーの代表である水素は、その体積エネルギー密度がきわめて小さいこと等から、その輸送、貯蔵は容易ではない。体積エネルギー密度を大きくするために水素をマイナス253℃という極低温まで冷却して液化し、輸送するなどの取り組みも進められているが、水素の液化には、現在の技術レベルではかなりのエネルギーを要することや、液化水素の輸送船を含む輸送・貯蔵技術が一部、未完成であることなどから、現時点では液化水素の大量輸送、貯蔵インフラの建設、整備に関する確実な見通しは立っていない\*3。

一方、水素密度の大きな物質であるNH<sub>3</sub>は、世界で年間約2億トンが生産され、約2,000万トンが国際的に流通しているという実態から明らかとなり、NH<sub>3</sub>の製造、そして大量輸送、貯蔵インフラや技術が既に存在している。さらに、NH<sub>3</sub>については、2014-18年度に行われた内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「エネルギーキャリア」の重要な成果として、NH<sub>3</sub>を分解して水素にすることなく、直接NH<sub>3</sub>を発電用のガスタービン、石炭ボイラ、工業炉等のCO<sub>2</sub>フリー燃料として利用できることが科学的に明らかにされ、NH<sub>3</sub>専焼/混焼ガスタービン、NH<sub>3</sub>混焼微粉炭ボイラ、NH<sub>3</sub>/天然ガス混焼工業炉等の燃焼機器・装置が開発された\*4【図2】。

これは、輸送、貯蔵技術の確立しているNH<sub>3</sub>が水素エネルギー由来のCO<sub>2</sub>フリー燃料として使えるということであり、水素エネルギー利用にあたっての最大の困難の一つであった水素エネルギーの大量輸送、貯蔵の問題を解決するものとなった。しかも、CO<sub>2</sub>フリーNH<sub>3</sub>\*5の

コストも、2050年における水素導入目標コスト(20円/Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub> = 約2\$/kg-H<sub>2</sub>)を、現時点ですでにほぼクリアできる水準にあることも明らかとなった\*6。つまり、技術的にも経済的にも水素エネルギーを大量に輸送、導入するためのサプライチェーンの構築の大きな可能性が見えてきたのだ。

## NH<sub>3</sub>の今後の課題と展望

技術的には、NH<sub>3</sub>をCO<sub>2</sub>フリーの発電用燃料として用いるための課題はほぼクリアされ、技術開発のフェーズは、その社会実装に向けた実機による実証・実装の段階に移っている。残る重要な開発テーマは、大型(500-600MWクラス)のNH<sub>3</sub>を水素キャリアとして利用する\*7コンバインドサイクル・ガスタービン(CCGT)発電機の開発だが、大型のタービン開発にはそもそも時間を要するために完成予定は2030年頃とされているものの、開発は順調に進んでいる。

その他の発電装置・機器については、開発の中心は、発電効率の一層の向上を図り、発電コストを低減するための技術開発等、周辺技術の開発に開発活動の中心が移っている。

NH<sub>3</sub>の社会実装に向けて残る主な課題は、CO<sub>2</sub>

### ■ NH<sub>3</sub>の燃料メカニズムの解明

- NH<sub>3</sub>の安定燃焼が可能であることを確認。
- NH<sub>3</sub>燃焼で発生するFuel NO<sub>x</sub>等の大気汚染物質の排出抑制・管理が可能であることを確認。

### ■ NH<sub>3</sub>混焼/専焼機器の開発(ガスタービン)

- マイクロ(50 - 300 kW)ガスタービン: NH<sub>3</sub>専焼(100%)
- 中型(MWクラス)ガスタービン: 20% (~70%) NH<sub>3</sub>混焼開発済み(開発中)
- 大型(500-600 MWクラス)ガスタービン: NH<sub>3</sub>をH<sub>2</sub>キャリアとして利用

### (石炭ボイラ)

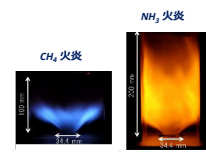
- 10 MW 微粉炭石炭ボイラ: 20% (~60%) NH<sub>3</sub>-石炭混焼ボイラ開発
- 1 GW 微粉炭石炭ボイラ: 20% NH<sub>3</sub>-石炭混焼(商用利用準備中)

### (工業炉)

- 100 kW モデル工業炉: 20% NH<sub>3</sub>-石炭混焼(実証済み)
- 鋼板用脱脂炉: 30% NH<sub>3</sub>-天然ガス混焼利用を実証

### ■ NH<sub>3</sub>燃料SOFC(個体酸化物形燃料電池)

- NH<sub>3</sub>燃料SOFC: 1 kW NH<sub>3</sub>燃料SOFCシステム開発済み(300 kW NH<sub>3</sub>燃料SOFC 開発中)



【図2】 SIP「エネルギーキャリア」におけるNH<sub>3</sub>の直接利用技術開発成果とその後の開発状況

\*3 水素の大量輸送を容易にするために、液化水素、メチルシクロヘキサン(MCH)等の有機ヒドライド、そしてNH<sub>3</sub>等の水素エネルギーキャリアを用いる等のいくつかの手段が検討され、実用化に向けた取り組みが進められている。これらの取り組み内容や技術開発の状況等については、「カーボンニュートラル実行戦略-電化と水素・アンモニア-」(2021年3月、エネルギーフォーラム)の3.5を参照。

\*4 SIP「エネルギーキャリア」での技術開発成果の詳細については、上述の文献の3.3を参照。さらに技術開発成果の詳細を知りたい方は、「日本燃焼学会誌」の第6巻198号(2019年11月)の特集「アンモニア直接燃焼の社会実装に向けた取り組み」をご覧ください。

\*5 紙幅の関係で詳細は記せないが、燃料としての使用時だけでなく、バリューチェーン全体でCO<sub>2</sub>フリーのNH<sub>3</sub>をCO<sub>2</sub>フリーNH<sub>3</sub>と呼んでいる。CO<sub>2</sub>フリーNH<sub>3</sub>は通常のNH<sub>3</sub>に比べてその製造コストは高いが、CO<sub>2</sub>フリーのNH<sub>3</sub>の場合でも、この記述のとおり2050年における水素導入目標コストを、現時点ですでにほぼクリアできる水準にある。(以下の注6を参照。)

\*6 コスト分析の詳細については、「カーボンニュートラル実行戦略-電化と水素・アンモニア-」(2021年3月、エネルギーフォーラム)の3.4.4を参照。

\*7 燃料としては大量輸送が容易なNH<sub>3</sub>を用い、そのNH<sub>3</sub>をタービンの燃焼器に投入する前にCCGTの排熱を利用して分解し、水素として燃焼器に供給するという方式。

フリーの燃料 NH<sub>3</sub> のサプライチェーンの構築である。コスト的に見合い、かつ、安定的な供給ソースの確保の問題と、大量の燃料 NH<sub>3</sub> を取り扱うために必要となるインフラ整備、増強の問題だ。

ここでコストの問題はもちろんだが、安定的な供給ソースの確保とインフラの整備・増強が必要となる理由は、発電用に必要となる燃料 NH<sub>3</sub> の量の規模が非常に大きいからだ。現在、日本の NH<sub>3</sub> の年間消費量は約 100 万トン、輸入はその約 2 割程度だが、後述する「燃料アンモニア導入官民協議会」が、NH<sub>3</sub> 燃料の社会実装時の導入目標量として掲げた必要 NH<sub>3</sub> 量は、2030 年で年間 300 万トン、2050 年で年間 3,000 万トンにのぼる。

こうしたことから、2020 年 10 月には経済産業省資源エネルギー庁が音頭をとって、「燃料アンモニア導入官民協議会」が、経済産業省のほか国土交通省、電力会社、商社、発電装置・機器メーカー、海運会社、そして政府系の資源開発機関、金融機関等を構成員として発足し、官民を挙げてサプライチェーンの構築に取り組むための体制が整えられた。

「燃料アンモニア導入官民協議会」に先立って、2019 年 4 月には、CO<sub>2</sub> フリー NH<sub>3</sub> のバリューチェーンを構成する内外の政府機関や企業等が結集して（一社）クリーン燃料アンモニア協会(CFAA)\*8が設立され、2021 年 4 月現在で海外の政府機関、企業（日本法人を含む）約 30 機関を含む、内外約 120 の機関、企業が参加している【図 3】。CFAA を情報のプラットフォームとして産消国の両サイドで NH<sub>3</sub> 燃料のバリューチェーンの構築を目指した活動が行われている。

こうした中で、日本最大の火力発電企業である JERA は、2020 年 10 月に「JERA ゼロエミッションー 2050」を策定し、国内で 2030 年までに NH<sub>3</sub> 混焼発電の本格運用、2040 年代に NH<sub>3</sub> 専焼発電を開始することを内容とするロードマップを発表した。現在、NEDO の支援を受けつつ、その実施に向けて必要となる設備改造、整備や CO<sub>2</sub> フリー NH<sub>3</sub> の確保に取り組んでいる。

NH<sub>3</sub> の CO<sub>2</sub> フリー燃料としての利用に加えて、世界では水素を運ぶための水素キャリアとして NH<sub>3</sub> を利用する取り組みも始まっている。サウジアラビアの NEOM\*9、ACWA Power\*10 と世界最大の産業用ガスメーカーの Air Products が 2020 年 7 月に発表したプロジェクトがその代表的な例だろう。それは、同国において太陽光、風力による 400 万 kW の発電設備から日産 650 トンの再エネ水素を製造し、その水素から年産 250 万トンの CO<sub>2</sub> フリー NH<sub>3</sub> を製造して世界各地へ輸出するというもので、3 社の投資総額は、50 億ドル。2025 年の操業を目標としている。計画によると Air Products が製造される CO<sub>2</sub> フリー NH<sub>3</sub>

\*8 2021 年 1 月に設立時の名称、「グリーンアンモニアコンソーシアム (GAC)」から改称。

\*9 NEOM はサウジアラビア王国が推進する新産業都市形開発プロジェクトで、新たな生活様式を最先端のテクノロジーによって実現することが謳われており、消費電力は太陽光や風力など再生可能エネルギーに 100%依存、全面的な e- ガバナンスの実現、ネットゼロカーボン・ハウスを標準とする建等を基盤する新都市の構築に取り組んでいる。サウジアラビアの政府ファンドである公的投資基金 (PIF) を事業資金とする事業主体が設立されている。

\*10 サウジアラビアのリヤドに本社を置く電力会社。

2021. 4. 1 現在

| 【理事会員】 11社    | 川崎汽船(株)          | (株)豊田中央研究所          | 【賛助会員(外国企業)】 14社  | 【特別会員】 3名、25機関                               |
|---------------|------------------|---------------------|---|--|
| (株)IH         | 川崎重工業(株)         | 豊田通商(株)             | A-Enviro Chile GmbH - AustriaEnergy - (オーストリア)                      | 秋能研一(元SIPサブPD)                               |
| 宇部興産(株)       | 関西電力(株)          | ニチアス(株)             | Baker Hughes (英&米)  | 塩沢文朗(元SIPサブPD)                               |
| (株)JERA       | 九州電力(株)          | 日揮触媒化成(株)           | OF Industries (米)   | 橋川武部(国際大学)                                   |
| 住友化学(株)       | コスモ石油(株)         | 日鉄ハイライン&エンジニアリング(株) | DNV GL (ノルウェー)  | 秋田県産業技術センター                                  |
| 東京ガス(株)       | 五洋建設(株)          | 日本エア・リキード合同会社       | Engie - Hydrogen Business Unit (仏)                                  | (一財)エネルギー総合工学研究所                             |
| 東洋エン지니어リング(株) | JFEエンジニアリング(株)   | 日本オイルエンジニアリング(株)    | Equinor ASA (ノルウェー)   | (国研)海上・港湾・航空技術研究所                            |
| 日揮(株)         | シェルジャパン(株)       | (一財)日本海事協会          | Fortescue Metals Group (豪州)   | (株)国際協力銀行(JBIC)                              |
| 丸紅(株)         | 四国電力(株)          | (株)日本船渠             | The Hydrogen Utility (豪州)   | (国研)産業技術総合研究所                                |
| 三井物産(株)       | 清水建設(株)          | 日本製紙(株)             | Kellogg Brown & Root Asia Pacific Pte. Ltd. (シンガポール)                | 新むつ小川原(株)                                    |
| 三菱重工業(株)      | (株)商船三井          | 日本製鉄(株)             | NW Interconnected Power Pty Ltd - Asian Renewable Energy Hub - (豪州) | (一財)石炭エネルギーセンター                              |
| 三菱商事(株)       | 昭和電工(株)          | 日本郵船(株)             | Origin Energy Limited (豪州)  | (独法)石油天然ガス・金属鉱物資源機構                          |
|               | 鈴与商事(株)          | バルチラジャパン(株)         | Stanwell Corporation (豪州)   | (公財)応用科学研究所                                  |
|               | 住友商事(株)          | 北陸電力(株)             | Woodside Energy (豪州)  | (一財)電力中央研究所                                  |
|               | 双日(株)            | 北海道電力(株)            | Yara International ASA (ノルウェー)                                      | 新居浜市   |
|               | ダイヤモンド電機(株)      | 丸善石油化学(株)           |   | (一財)日本エネルギー経済研究所                             |
|               | アラムコ・アジア・ジャパン(株) | (株)三井E&Sマシナリー       |   | 四日市市   |
|               | (株)安藤・ハザマ        | (株)竹中工務店            |   | (駐日)ニュージーランド大使館                              |
|               | 飯野海運(株)          | 中外炉工業(株)            |   | (駐日)ノルウェー大使館                                 |
|               | (株)石井鐵工所         | (株)三井住友銀行           |   | Ammonia Energy Association (米國)              |
|               | 出光興産(株)          | 中国電力(株)             |   | Austrade Tokyo Office (大使館)                  |
|               | 伊藤忠商事(株)         | 千代田化工建設(株)          |   | CSIRO (豪州)                                   |
|               | (株)INPEX         | ティセックグループ           |   | EJAAD (オマーン)                                 |
|               | 上野トランステック(株)     | (株)三井E&Sマシナリー       |   | Electric Power Research Institute (EPRI)(米國) |
|               | ENEOS(株)         | 三菱パワー(株)            |   | Government of Queensland (豪州)                |
|               | (株)荏原製作所         | 三菱マテリアル(株)          |   | Government of South Australia (豪州)           |
|               | 大阪ガス(株)          | (株)三菱UFJ銀行          |   | Government of West Australia (豪州)            |
|               | (株)大林組           | ヤンマーホールディングス(株)     |   | The Australian Hydrogen Council (AHC) (豪州)   |
|               | 沖縄電力(株)          |                     |   | The New Zealand Hydrogen Council (NZHC)      |
|               | 鹿島建設(株)          |                     |   |  |
|               | 兼松(株)            | (株)豊田自動機            |   |  |

【図 3】クリーン燃料アンモニア協会 (CFAA) 会員リスト

の全量を引き取り、世界各地で輸送燃料用のCO<sub>2</sub>フリー水素として販売するとされている。NH<sub>3</sub>から水素に再転換するにはNH<sub>3</sub>をクラッキング（分解）する必要があり、追加的なコストがかかる。それにもかかわらず、NH<sub>3</sub>を水素キャリアとして利用することは、水素で輸送するよりも輸送、貯蔵の容易なNH<sub>3</sub>で輸送した方がそのコスト増を上回るメリットがあるという判断に立ったものと推定される<sup>\*11</sup>。

実際、IEAによるコスト分析結果<sup>\*12</sup>を見ても、【図4】のとおりNH<sub>3</sub>を水素キャリアとして利用して水素を運ぶのがコスト的には優位であることが示されている。

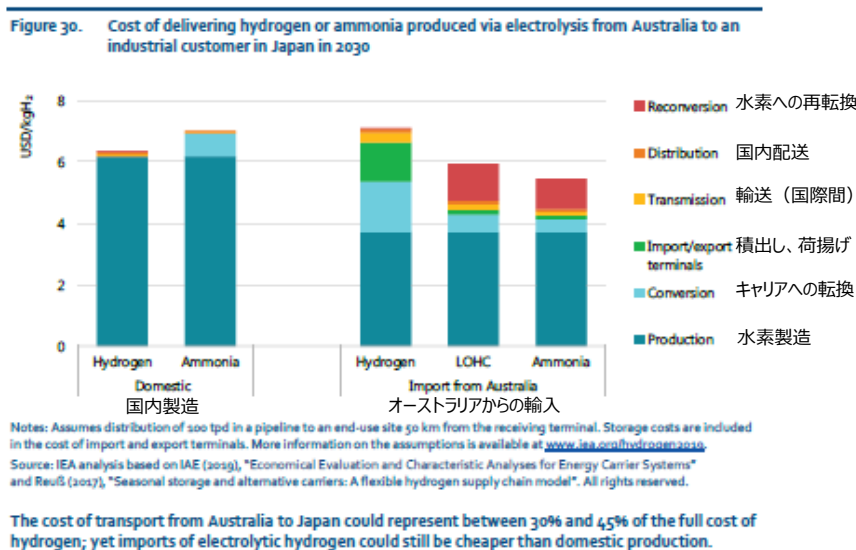
日本のエネルギーシステムの脱炭素化に向けて、電力の脱炭素化だけでなく、先に述べたように産業

分野で使用されている化石資源の脱炭素化や、輸送用燃料としての水素需要が増大するにしたがって、水素の大量導入のニーズが高まると考えられるが、大量の水素を運ぶ实际的、経済的手段が限られる中で、今後、水素キャリアとしてのNH<sub>3</sub>の可能性についても関心が高まることが考えられる。

このように、カーボンニュートラル目標達成に向けた、CO<sub>2</sub>フリー燃料、水素エネルギーキャリアとしてのNH<sub>3</sub>の社会実装は、新たなステージに入ろうとしている。

<sup>\*11</sup> こうした事業判断の背景には、自動車燃料市場の水素価格が、現段階では高水準にあるので、分解に要する手間とコストをかけても、十分な利益が確保できるという判断があるものと考えられる。

<sup>\*12</sup> IEA “The Future of Hydrogen” (2019年6月) の図30。



【図4の説明】

- 右側の3つの棒グラフは、オーストラリアの再エネを用いて製造した水素を3つの異なる水素キャリアで日本のユーザーに届ける場合の水素コストの比較を示している。
- キャリアの種類によって、キャリアへの転換コスト（水素⇒液化水素、水素⇒LOHC (MCH)、水素⇒NH<sub>3</sub>)、海上輸送のコスト、荷揚げ／荷下ろしのコスト、水素への再転換のコスト（液化水素の場合は不要）が異なるので、日本のユーザーに届くまでにサプライチェーン全体で発生するコストは、キャリアによって異なる。
- 水素キャリア別にみるとNH<sub>3</sub>を水素キャリアとして用いた場合が、ユーザーに届くまでに要するコストがもっとも安価であることが示されている。

【図4】 オーストラリアからの再エネ水素の輸入コスト：水素キャリア別のコスト比較 (出典) IEA “The Future of Hydrogen”

## 【人事異動】

○令和3年4月1日付け

転入：高町 恭行

[旧] 日本製鉄株式会社

[新] 鉄鋼材料研究部 部長

## 【新人紹介】



高町 恭行 (たかまち やすゆき)

①出身地：大阪府東大阪市

②生年月日：1963年4月15日

③最終学歴：大阪大学大学院工学研究科 溶接工学専攻

④職歴：1989年4月新日本製鐵に入社。塑性加工研究室

(現日本製鉄 圧延研究部) に配属。以降、熱間圧延プロセス(熱延、厚板)における寸法・形状・温度精度に関わる制御モデル開発、圧延に関わるトラブル要因分析・解決手段の提示など常に操業現場と密着した研究開発業務に従事。

⑤仕事に対する期待：機能性鉄鋼材料やそれらを創製する革新プロセス開発の企画・推進を行うために、関連企業や大学などしっかりと協業していきたい。鉄鋼材料を通じて、産業界の発展のみならず、皆が暮らしやすい社会を実現するために、責任をもって取り組んでいきたい。

⑥趣味・特技・資格等：ランニング、ジム・ヨガ&スタジオ、読書、登山、海釣り

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRKM NEWS / 第415号

内容に関するご意見、ご質問は JRKM 総務企画部までお寄せください。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2021年5月1日

発行人 小紫 正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)