

若い研究者の声

水素供給インフラの構築に向けて

渡部 大輔

JX日鉱日石エネルギー株式会社 研究開発本部中央技術研究所水素・新エネルギー研究所

水素貯蔵・輸送グループ シニアスタッフ

〒231-0815 神奈川県横浜市中区千鳥町8番地

1. はじめに

渡部大輔と申します。今回は「若い研究者の声」の執筆機会を頂き、光栄に思います。本誌編集委員の皆様にご礼申し上げます。

私が所属するJX日鉱日石エネルギー（株）では、水素供給インフラの構築に向けた取り組みを行っています。2010年に燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）から燃料電池自動車（FCV）と水素供給インフラの普及シナリオが発表されました。シナリオでは、FCVの普及開始が2015年とされており、2015年までに業界全体で100箇所の水素ステーションを整備することが目標となっています。この目標を達成するために、当社は水素製造所から水素ステーションまで効率よく水素を貯蔵し、輸送する技術の開発に取り組んでいます。また、水素ステーションでFCVに水素を効率よく供給するための技術開発にも取り組んでいます。その中で私は、水素貯蔵量、輸送量を向上させるための水素吸蔵材料の開発に取り組んでいます。本稿では、JX日鉱日石エネルギーの水素貯蔵・輸送技術開発について紹介させていただきます。

2. 高圧水素貯蔵用CFRP容器の開発

水素エネルギーを化石燃料と比較すると、重量エネルギー密度では優れているものの、体積エネルギー密度では劣っていることが知られています。従って、コンパクトに水素を貯蔵し、輸送する技術が重要となります。FCVの航続距離を稼ぐためには、車載タンクの水素貯蔵量を増やす必要があります。十分な量を充填するためには、水素を圧縮し、高圧状態で貯蔵する必要があります。航続距離をガソリン車並（500 km以上）にするために、自動車会社側は35~70 MPaの水素を充填することを要望しています。70 MPaの水素をFCVに供給するために

は、水素供給インフラ側は80 MPaの水素を用意する必要があります（差圧充填の場合）。

そこで当社では、高圧水素貯蔵用CFRP容器の開発に取り組んでいます。CFRP容器は、金属またはプラスチック製の内筒管に樹脂をつけた炭素繊維を巻きつけて強化した容器です。100 Lを越えるような大型容器を効率よく製作するためには、この巻き方を工夫する必要があります。当社では、樹脂を均一に炭素繊維にあらかじめ塗布したトウプリプレグという製品を用い、AIライナーを加熱しながら巻きつける方式の開発を行っています（図1）。これまでに、常用圧力を80 MPaとした場合、4倍の320 MPaを超える破裂圧力（334 MPa）の110 L容器の製造に成功しました[1]。現在、更なる大型化に向けて開発を進めています。

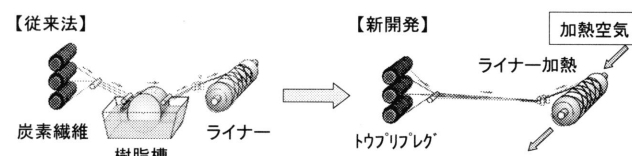


図1. 高圧CFRP容器の作製方法

3. 水素吸蔵材料の開発

当社では、圧縮水素を貯蔵し、輸送する技術と後述する有機ハイドライドの形で水素を貯蔵し、輸送する技術の開発を進めています。先程述べましたが、私は圧縮水素の貯蔵量、輸送量を向上させることを目的に、水素吸蔵材料の開発に取り組んでいます。水素吸蔵材料には色々なタイプがありますが、私達は多孔性材料に着目しています。多孔性材料は水素を分子状態で貯蔵するため、穏やかな条件で水素の吸放出を速やかに行うことができますが、水素吸蔵量が他の材料系に比べて低いことが課題です。水素を吸蔵する多孔性材料には、ゼオライトや

多孔性炭素などがありますが、私達はPCP（またはMOF）に特に注目しています。PCPは金属イオンと有機化合物から構成される多孔性材料です。金属イオンと有機化合物の組み合わせを自由に変えることができるので、既存のゼオライトや炭素に比べて設計性が高いことを特徴としています。例えば、有機化合物に塩基性の部位を導入することで、二酸化炭素の吸着量を向上させた研究例があり、これはPCPの特徴をうまく生かした事例です。

私達は軽金属のAlを用いることに着目し（図2）、室温で約1 wt%の水素吸蔵量を有するPCPの開発に成功しています[2]。水素吸蔵量は他の材料系に比べてまだ低いものの、数分程度で水素を吸放出できることを確認しています。現在、吸蔵量を更に向上させるために、水素親和性サイトをPCPに組み込む検討を行っています。

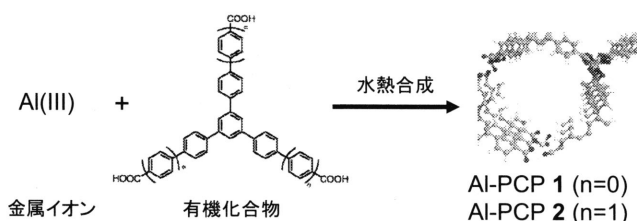


図2. PCPの合成方法

4. 有機ハイドライドを用いた水素貯蔵・輸送技術の開発

水素を常温常圧で液体燃料の形で輸送することができれば、既存のインフラを活用できる点で非常に有用です。この方法の一つに有機ハイドライドシステムがあります。例えば、シクロアルカンを輸送して水素ステーションで脱水素反応させて水素を取り出し、残った芳香族化合物を水素製造所に持ち帰り、水素化反応させてシクロアルカンを再生させる、というものです。この輸送システムにおいては、水素ステーションに適用可能な小型脱水素システムが必要になります。これまでに、プレート型脱水素触媒を搭載した小型反応器の開発を進め、反応器容積約17 Lで15 Nm³/hの水素を得ることに成功しました。現在は、小型反応器と水素精製器を組み合わせた水素ステーション向け小型脱水素システムの開発を行っています。

5. 将来の水素供給インフラに対する思い

水素供給インフラの構築に向けた当社の取り組みを紹介してきました。当社だけでなく、産学官が連携して水素社会の実現に向けて取り組んでいるわけですが、国民生活に受容される技術となるためには大きな課題があると感じています。最初の課題となるのは、水素は正しく取り扱えば安全に利用できることをお客様にご理解いただくことだと思います。「水素＝爆発」というイメージを抱いているお客様は多いと思います。3月の東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故では、「水素爆発」という言葉が報道で数多く登場し、水素に対して不安を覚えた方も少なくないかと思います。私はこの課題を短期的に解決する方策はないと考えています。安全な水素供給インフラを整備し、運用の実績を積み上げていくことでしか、クリアできないのではないかと思います。私は当社で10~30 MPaの高圧水素を取り扱う実験をしています。学生時代に水素を取り扱った実験をしたことはありましたが、このような高圧での実験をした経験はなかったので、入社当時は恐怖を覚えておりました。しかし、水素の特性を学び、装置の構造とリスク分析に基づいた安全対策を理解することで、安全に実験を行うことができいております。仮にトラブルが発生しても、押さえるべきポイントを把握しているので、冷静に対処できます。お客様が安全にFCVや水素ステーションが運用されている状況をご覧になれば、きっと安心されるとおもいます。

次に課題となるのは供給水素のコストです。国民の間で「水素＝クリーンエネルギー」というイメージが定着しても、お客様にとって利用しやすい値段でなければ、普及することはありえません。安全を確保するためにも、高圧水素の供給では相応のコスト（特に水素ステーションや水素の輸送に関わるコスト）がかかってしまいますが、それはある時期までは止むを得ないと思います。しかしながら、本格普及の段階では、相応のコスト競争力を付与せねばなりません。2015年（FCVの普及開始時）の供給水素コストから大きくコストダウンするためには、コンパクトに現状よりも多くの水素を貯蔵し、輸送できる技術が必要です。この大きな課題を解決する可能性を秘めているのが水素吸蔵材料です。例えば、水素製造所にて水素をCFRP容器に圧縮して貯蔵し、トレーラーに搭載して水素ステーションへ輸送するケースを考

えます。高性能の水素吸蔵材料が開発され、吸蔵材充填のCFRP容器を用いることができれば、容器1本あたりの水素貯蔵量を増やすことができます(同じ水素充填圧力の場合)。従って、トレーラー1回分の水素輸送量を増やすことができ、コストダウンにつながると期待しています。逆に、水素貯蔵量を維持しながら、容器に充填する水素の圧力を低下させることも可能と考えられます。FCVの車載タンクを例に取れば、現状の70 MPa車載タンクと同等の水素貯蔵量を、より低い圧力で達成することが可能になります。水素吸蔵材料のコストはかかりますが、低圧化によって供給インフラの多くの構成要素において、コストダウンの可能性が生まれます。また、充填圧力の低圧化によってCFRP容器に用いる炭素繊維の量も減らすことができ、車載タンクのコンパクト化にもつながります。

水素吸蔵材料の開発は世界中で行われていますが、どの材料系でも大きな壁が立ちほだかり、なかなかブレイクスルーが起こりません。非常に難しいテーマとは思いますが、この材料の開発に成功すれば、世界の流れをひっくり返せるほどのインパクトを有しています。そのような難テーマに挑戦し、克服したいという思いもありま

す。今後も苦しい状況に何度も遭遇すると思いますが、自分の可能性を信じて、この仕事に取り組んでいきたいと思っています。将来、この手で開発した水素吸蔵材料を搭載したFCVを運転することができたなら、これに勝る喜びはありません。

略称

FCCJ: Fuel Cell Commercialization Conference of Japan

FCV: Fuel Cell Vehicle

CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic

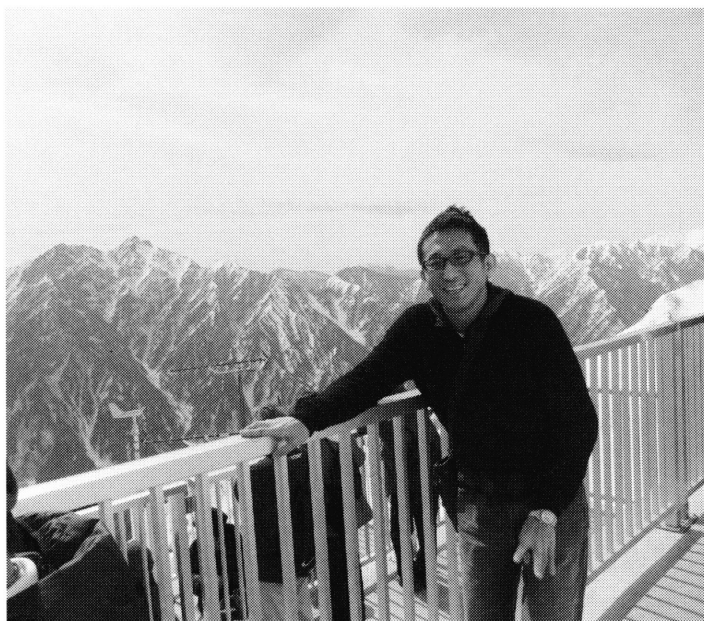
PCP: Porous Coordination Polymer (多孔性配位高分子)

MOF: Metal Organic Framework (有機金属構造体)

参考文献

1. K. Nakagawa *et al.* *Abstract of 18th World Hydrogen Energy Conference 2010*, Essen, Germany, H1.1
2. D. Watanabe *et al.* *Abstract of Renewable Energy 2010*, Yokohama, Japan, P-Hf19

◆次号は、「アブドゥラ王立科学技術大学 (KAUST)」研究者の声です。



著者近影 (黒部立山アルペンルートにて)