

水素キャリア (アンモニア) からの 常温無触媒水素製造法

神原 信志 (かんばら・しんじ)

岐阜大学大学院 環境エネルギーシステム専攻
准教授

航続距離の長い燃料電池車や、安全で安価な水素供給システムが実現できる、アンモニアを原料とした常温・無触媒で水素を製造する技術を紹介します。

なぜアンモニアから水素を製造するのですか

温室効果ガスである二酸化炭素の排出量を持続的に大幅削減するには、水素エネルギー（燃料電池）社会の構築が必要であることは良く知られています。しかし、なかなか水素エネルギーシステムが普及しない一番のボトルネックは、水素の輸送や貯蔵におけるエネルギーロスにあります。

水素を輸送・貯蔵するには、水素に高い圧力を加えて圧縮水素としなければなりません。この時に非常に大きな電気エネルギーを消費してしまうからです。

この課題の解決には、水素リッチな物質－アンモニア (NH_3)－を原料(水素キャリア)として、水素消費の直前で水素を製造する方法が有効と考えられています。アンモニアは少ないエネルギーで液化

でき、現状、液化アンモニアボンベとして流通しています。アンモニアを水素キャリアとすることで、輸送・貯蔵でのエネルギーロスを極力抑えることができます。

他の水素キャリアとして、メタノールやエタノール、ジメチルエーテル (DME) も考えられています。しかし、これらは炭素を含む物質であるため、水素を製造する過程で、どうしても二酸化炭素を発生してしまうという課題が残ります。

アンモニアから水素をつくる方法を教えてください

アンモニアから水素をつくる方法にはいくつかありますが、ルテニウムなどの貴金属を触媒として、 $400 \sim 900^\circ\text{C}$ の温度のもと、アンモニアを分解して水素を生成する「触媒反応法」が一般的です。この場合、高価な触媒と熱源が必

要なので、コストダウン、起動性、負荷追従性に限界があります。

これに対して、ここで紹介する「常温無触媒水素製造法」は、大気圧プラズマを利用して、アンモニアから水素を製造します。触媒を使わず、しかも常温で水素を製造できることから、これまで言われてきた欠点を一気に解決できる可能性が高い方法として期待されています(平成 23 年度科学技術振興機構先端的低炭素化技術開発探索ステージ研究として実施中)。

図 1 に常温無触媒水素製造装置の概要をまとめました。水素製造装置は、図の左上にあるような概観で、パイレックスガラス製の単純な円筒二重管構造です。安価に製作できます。二重管の内筒側には高電圧電極が差し込んであり、外側には接地電極が巻き付けられています。アンモニアガスは、ガラスとガラスの間の隙間 (2~5

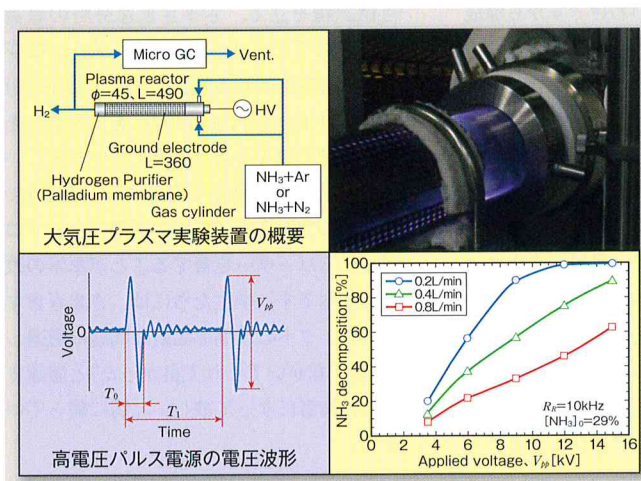


図 1 常温無触媒水素製造装置の概要

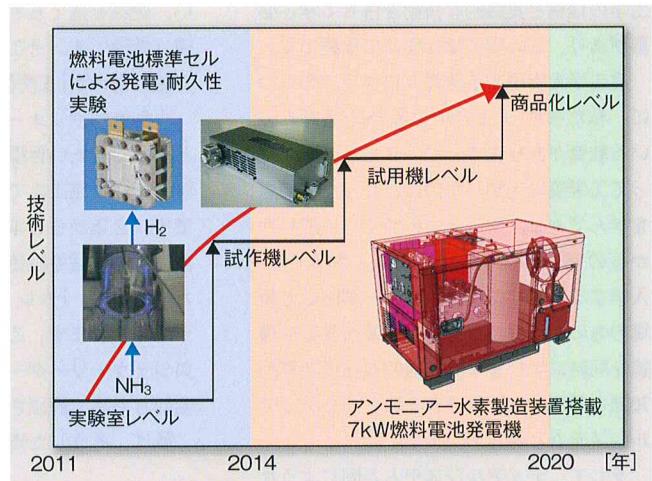


図 2 今後の研究開発計画



神原 信志

mm 程度)を流れます。

高電圧電極には、左下に示したような波形の電圧を印加します。すると青紫色に発光するアンモニアプラズマが発生します(右上の写真を参照)。プラズマは非常に高い電子エネルギーを発生するので、そのエネルギーによりアンモニアが分解して水素と窒素が生じます($\text{NH}_3 + e \rightarrow 1/2\text{N}_2 + 3/2\text{H}_2$)。この時の消費電力はわずか 30 W 程度です。

これまで 12kV ~ 10kHz 程度のパルス電圧の印加で、流量 0.2 L/min のアンモニアを完全に水素に転換できることを確認しています(右下)。ここには示しませんが、印加電圧の波形(左下)の T_0 によっても水素生成特性は変化するなど、まだまだ未解明の現象が残されています。現在、より少ない電気エネルギーで、よりたくさん水素を生成する方法を開発中です。

今後の研究計画を教えてください

2020 年までに 7kW 燃料電池発電機を商品化する計画で研究を進めています(図2)。この燃料電池発電機は、アンモニアタンクと大気圧プラズマ装置、燃料電池、二次電池で構成されます。大気圧プラズマは電気的な制御で駆動するので、起動性や負荷追従性に優れており、従来の水素製造法の課題を解決できます。

今年度(2012年)は、アンモニアから製造した水素を実際に用いて燃料電池で発電し、その発電特性を得る予定です。アンモニアからつくった水素には数 ppm のア

ンモニアが残存しているため、これらの影響を考慮しなければならないからです。

2014 年頃までに水素製造技術を確認し、実用の燃料電池システムにスケールアップしていく計画です。

またアンモニアは、強烈な臭いを持つ劇物であるため、その安全な取り扱い方法について検討する予定です。

今後の展望についてお聞かせください

図3に、本技術が実用化された時の水素エネルギーシステムの展望をまとめてみました。ここでは、二酸化炭素を排出しないアンモニア製造プラントが前提としてあります。すなわち、1つは化石燃料を原料とし二酸化炭素貯留システム(CCS)を備えた CO_2 回収型アンモニア製造プロセスであり、もう1つは太陽光、風力、バイオマスなどを利用したグリーンアンモニア製造プロセスです。

このようにして製造したアンモニアは、液化アンモニアとして既

存のタンクローリーや貨車などで大量輸送できます。液化アンモニアは、燃料電池車用のアンモニアスタンド(ガソリンスタンドに併設可能)や燃料電池発電設備に設置するアンモニアタンクに供給・貯蔵します。

燃料電池車には、本技術を応用した車載型水素製造装置が備えられます。現在のところ、アンモニア 53kg の充填で、燃料電池車の航続距離 800km が達成可能と試算されています。

このように、本技術が実用化されることによって、航続距離の十分な燃料電池車および安心・安全・安価な水素源貯蔵・供給システムが実現し、燃料電池車と定置型燃料電池発電システムの普及の原動力となることが想定されます。

さらに、本技術は負荷応答性に優れた水素製造法であることから、オンデマンド型の分散型燃料電池発電システムを可能とし、太陽光発電や風力発電、またはバイオマス発電などと組み合わせた地域内スマートグリッドを構築することも可能となります。

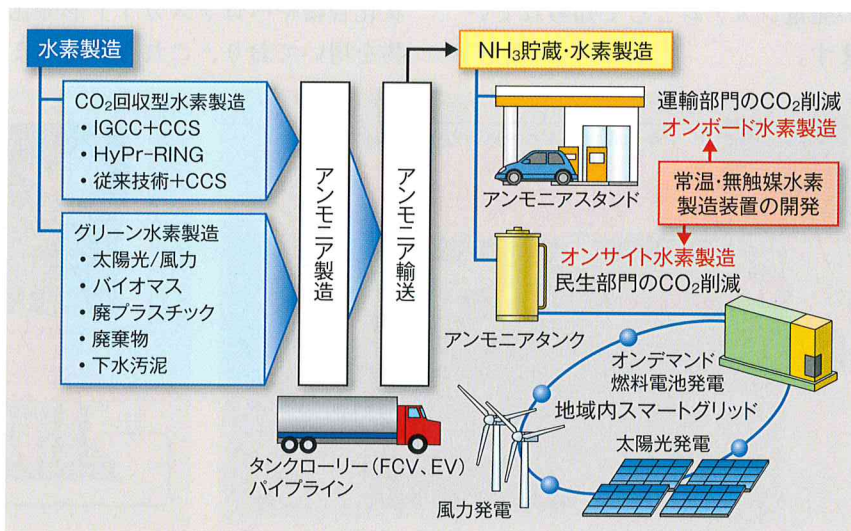


図3 アンモニアを水素キャリアとした水素エネルギーシステムの展望