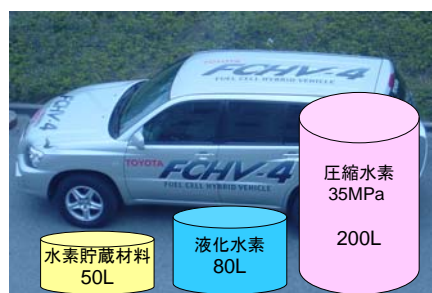


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	4. ナノ機能・応用
中項目	4-4. 環境
小項目	4-4-6. 水素貯蔵材料

概要（200字以内）

水素は燃焼しても CO₂ を排出しないことから、次世代の自動車の燃料として注目されている。水素はガソリンに比べて 3000 分の 1 の体積エネルギー密度しかなく、高い密度で効率的に輸送貯蔵する技術の確立が水素エネルギー社会実現の鍵を握るとされている。水素貯蔵材料はその体積の 1000 倍以上の水素（標準状態）を吸蔵することが可能であるため、水素貯蔵媒体として期待され、精力的に材料開発が進められている。



500km走行に必要な水素5kgを自動車に搭載する技術

現状と最前線

水素貯蔵材料は、可逆的に、水素対構成原子比が 1:1 以上、室温付近で吸蔵放出する材料と定義される。水素貯蔵材料の概念が提出されたのは 1967 年であり、室温で作動する水素吸蔵合金が報告されたのは 1970 年である。その 20 年後の 1990 年には水素吸蔵合金を負極とするニッケル水素電池が実用化され、現在はほとんどのハイブリッド自動車に使われるなど広く普及している。

水素貯蔵材料は概要にもあるように、その体積の 1000 倍以上の標準状態の水素を吸蔵放出することができる。水素はガソリンなどの液体燃料と比較して体積当たりのエネルギー密度が 3000 分の 1 で、燃料として自動車などへ搭載する際には、高い水素密度を実現する技術が不可欠であるとされる。燃料電池自動車に現状のガソリン車と同等の航続距離を確保するために必要な水素を搭載するためには、圧縮水素では、実用化をためらうような高圧が必要と予想される。液化水素は、エネルギー密度としてはほぼ及第点であるが、液化するため -253°C まで冷却するエネルギーが必要なことが課題とされる。水素貯蔵材料は体積エネルギー密度では液化水素と同等以上である上に、水素の充填に要するエネルギーが液体水素ほど多くない利点がある。水素の効率的かつ高密度な輸送貯蔵法を実現する技術として、水素貯蔵材料は広く注目を集めているのが現状である。

現状では、水素貯蔵材料はニッケル水素電池の負極材料としてよりも、燃料電池車への水素搭載技術として注目されており、研究開発もほとんどが燃料電池車に関係するものである。

2005年にトヨタ自動車から「ハイブリッド水素タンク」の提案がなされた。これは、現在使われている35MPaの圧縮水素と水素貯蔵材料を組み合わせ、圧縮水素の軽量である利点と水素貯蔵材料の高い水素密度の中間の体積および重量水素密度を達成可能な技術である。現状では、重量(2.2質量%)に課題はあるが高い体積密度(50g水素/Lタンク内容積)が達成され、最も実現性の高い技術の一つとして注目されている。

しかしながら、ハイブリッド水素タンクであっても35MPaの圧力を必要とするので、長期的にはより取扱いやすい数MPa以下の圧力で数質量%以上の水素貯蔵量を有する水素貯蔵材料が強く求められている。燃料電池車への搭載を考えると、水素と材料の結合が室温付近で分解すること、すなわち水素化物の生成エンタルピーが $-30\sim-40$ kJ/moleH₂程度であることが必要である。一方、水素と材料の結合の形式については問わないので、既に実用化されている水素吸蔵合金以外の共有結合で形成された無機系錯体水素化物や高い表面積を持つ吸着材料なども検討の対象になっている。具体的には、金属系の材料では軽量のMgを主成分とする合金あるいはAlの水素化物が研究の対象となっている。Mg合金は数%の貯蔵量が期待できるが生成エンタルピーが目標よりも負である事が課題である。Alの水素化物は水素貯蔵量が10質量%を越えるが、 $-$ 数kJ/moleH₂の水素化物生成エンタルピーであるので室温では水素化物が不安定で水素化物の合成が困難である。金属系以外の材料では、1997年にTi触媒をドーブしたNaAlH₄に代表される無機系錯体水素化物が、最も有望な材料系の一つとされている。水素化物の生成エンタルピーが -40 kJ/moleH₂程度の無機錯体系としては、Li-Mg-N-H系(水素貯蔵量:7質量%)が現在では唯一のものであり、研究開発が精力的に進められている。吸着系の水素貯蔵材料、特にカーボンナノチューブは一時注目を集めたが、室温では吸着量が2質量%を越えることはないとは現在では認識されている。このような材料の吸着エンタルピー変化は $-$ 数kJ/moleH₂である。液体窒素温度では、数質量%の吸着量がこの種の材料では容易に実現できるので低温での実用化を視野に入れた研究も進められている。燃料電池車ばかりではなく、水素社会実現のためには、水素を高い密度で取り扱う技術の確立が不可欠であり、その観点からも、水素貯蔵材料の研究は基礎基盤から応用技術まで幅広く推進されることが必要である。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
水素貯蔵量が3質量%以上、50g水素/L以上で最高圧力35MPa以下の水素貯蔵システム。
上記のシステムを実現するための水素貯蔵材料
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
水素貯蔵量が4質量%以上、60g水素/L以上で最高圧力35MPa以下の水素貯蔵システム。
上記のシステムを実現するための水素貯蔵材料

キーワード

水素吸蔵合金、水素エネルギー、燃料電池自動車

(執筆者: 秋葉悦男)