

ディビジョン番号	17
ディビジョン名	資源・エネルギー・地球化学・核化学・放射化学

大項目	2. エネルギー
中項目	2-6. 水素
小項目	2-6-2. 水素貯蔵

概要（200字以内）
<p>低環境負荷のクリーンなエネルギーとして水素が注目されている。しかし、大量の水素をコンパクトに貯蔵するのは極めて難しく、燃料電池車の普及や水素供給インフラの構築に向けて、水素貯蔵技術の開発が鍵となっている。現時点で決定的な技術はないが、高圧水素容器、水素吸蔵合金、無機系水素貯蔵材料、多孔性材料、有機ハイドライドなどの分野で開発が進められている。</p>
現状と最前線
<p>温暖化防止などの環境保全、エネルギーセキュリティの担保などに対する社会的要求が高まる中、水素はこれらの要求を同時に満たすことができるエネルギーとして注目されている。現在は内燃機関を利用した車が主流となっているが、水素を利用した燃料電池車に置き換えることで、車から排出されるCO₂を限りなくゼロに近づけることが出来る。ただし燃料電池車には様々な技術課題があり、本格普及への道のりは決して平坦ではない。特に大きな課題として航続距離が挙げられる。燃料電池車を現行のガソリン車の代替と考えるなら、航続距離を少なくとも500km以上にする必要があるが、そのためには5kg程度の水素を車に搭載する必要がある。しかし、水素ガスは室温で圧縮しても決して液化しないため、大量の水素をコンパクトに貯蔵するのは極めて難しい。現在、公道を走行している燃料電池車には、主に高圧水素容器が搭載されているが、ガソリン車並みの航続距離を実現出来ていないのが実情である。また、水素供給インフラの構築においても、水素を大量に輸送する技術が不可欠である。</p> <p>このように水素社会の実現には水素貯蔵技術が鍵となっており、世界中の研究機関が開発にしのぎを削っている。しかしながら技術的障壁が高く、未だに決定的な技術はない。現在、基礎研究段階のものも含めて様々な技術が検討されており、以下に各技術の概要を述べる。なお、水素輸送用途としては有機ハイドライドも有力であるが、ここでは高圧水素容器との組み合わせで用いられる水素貯蔵材料を中心に説明する。</p>
①高圧水素容器
<p>軽さと耐圧性を兼ね備えた高圧容器として、炭素繊維強化プラスチック（CFRP）容器が主に検討されている。現在、公道を走行している燃料電池車のほとんどが、この水素貯蔵方法を採用している。しかし、仮に5kgの水素（航続距離500km相当）を搭載する場合、水素を35MPaに圧縮してもタンク内容積は212Lに達する。これは現状のガソリン車のタンクと比べて格段</p>

に大きく、更なるコンパクト化が必要とされる。そこで、現在は水素圧を 70MPa に高圧化する方向で開発が進められている。70MPa への高圧化については、安全性、インフラ整備等の点で今後も継続的な検討が必要である。

②水素吸蔵合金

水素を大量に蓄えることが出来る物質、すなわち水素貯蔵材料を高圧水素容器に充填することによって、水素をコンパクトに貯蔵しようとする開発も進められている。現在、様々な材料が検討されているが、その中で最も開発が進んでいるのが水素吸蔵合金である。水素吸蔵合金の中には、液体水素の 2 倍程度の体積密度で水素を貯蔵できるものもあり、コンパクトに貯蔵するという点では魅力的な材料である。重量あたりの水素貯蔵量では、Ti-Cr-V 系の合金で 2.5mass%程度の値が報告されている。

水素吸蔵合金は、低圧で水素貯蔵量が最大値に達するものが多いため、従来は低圧で用いられる場合が多かったが、システム全体での水素貯蔵量アップを狙って、35MPa 程度の高圧水素と組み合わせたハイブリッドタンクの開発も進められている。

③無機系水素貯蔵材料

水素吸蔵合金と比べて開発の歴史は浅いが、近年注目されている材料系である。例えば、アラネート系 (NaAlH₄ 等)、アミド・イミド系 (Mg (NH₂)₂ 等)、ボロハイドライド系 (NaBH₄ 等) が本材料系の代表格である。軽元素を用いているため、重量あたりの水素貯蔵量が高いのが特徴で、アミド・イミド系、ボロハイドライド系では理論的な最大水素貯蔵量が 10mass%を超える。ただし、水素放出温度が高いため、様々な方法で低温化の試みがなされている。その中でもアミド・イミド系は開発が進んでおり、5mass%を超える水素を 200°C付近で放出できるレベルに到達している。

④多孔性材料

カーボンナノチューブ、多孔性炭素材料、多孔性金属錯体等が検討されている。カーボンナノチューブは、室温において 5mass%以上の水素貯蔵量が報告されたこともあり、それを契機に活発に研究がなされてきた。しかし、測定上の課題も指摘され始め、現在はやや下火になりつつある。一方、多孔性金属錯体は構造制御性が高いこと、構成元素が多様なことから、近年注目されている。室温での水素貯蔵量はまだ十分なレベルに達していないが、開発の進展が待たれる。

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

水素貯蔵量の増大、水素吸放出温度の低温化、高圧水素容器との組み合わせ技術

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

燃料電池車および水素輸送トレーラー用途への実用化

キーワード

CFRP 容器、水素貯蔵材料、水素吸蔵合金、アミド・イミド系

(執筆者: 大島伸司)