

燃料電池自動車用低温吸着式水素貯蔵タンクシステムに関する研究

廣瀬, 雄彦

<https://doi.org/10.15017/1500723>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 廣瀬 雄彦

論 文 名 : 燃料電池自動車用低温吸着式水素貯蔵タンクシステムに関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

今後の低炭素社会への切り札として水素を燃料として非燃焼機関である燃料電池を用いて走行する燃料電池自動車 (FCV) が期待されている。燃料電池自体の開発は近年進んでおり、まもなく実用化する段階にあるが、燃料となる水素は密度の低いガスなので車両上でどのように搭載するかが大きな課題である。本論文では燃料電池自動車に搭載される水素貯蔵システムを総括した上で活性炭による低温吸着式の水素貯蔵タンクシステムの可能性を研究した。

現在各種の水素貯蔵が開発検討されているが高圧ガス圧縮タンク方式と液体水素貯蔵タンク以外に試作や試験の段階にあるものはない。車載で使用するためには単なるエネルギー密度以外に取り出しや充填の速度や負荷に対する応答性という性能が重要である。水素を貯蔵する方式として高圧ガス以外には吸着剤を用いた方式が考えられる。物理吸着なので圧力の高低で吸着量が増減するので充填や放出が容易である。さらに低温では吸着量が増加する上、ガス自身の密度が増加するので低圧でありながら貯蔵密度を上げる方式として潜在的な可能性がある。しかしながら低温下での貯蔵量増加という方向で材料探索が進んでいるにもかかわらずシステムとしての検討が不十分である。さらに低温システムでは放置すると材料温度が上がってシステム圧力が上昇し外部に放出しなくてはならない。この間の期間 (ドルマンシー) が実用上の目標 (使用状況によるが 7-30 日程度) に届くかどうか大きな課題である。

本研究では車載用低温吸着式水素貯蔵システム全体のエネルギー吸着のシミュレーションを用いた貯蔵密度や充填放出のポテンシャルの検討、小型の吸着タンクを用いた吸蔵および放出の実験を行い、低温吸着式水素貯蔵タンクの課題と可能性を明らかにした。

第1章では、車載用水素貯蔵に関する現状技術を示し、種々の水素貯蔵方式の特徴と課題を整理した。そして、それに基づいた本研究の目的について述べた。

第2章では、低温吸着に用いられる吸着材料の候補について、貯蔵可能量を重量密度で検討を行い、活性炭を用いて低温で水素を吸着させることにより、温度 77K、圧力 3MPa で吸蔵させることにより、70MPa の高圧水素貯蔵と同等の貯蔵量を達成できる可能性を示した。さらに、ボイルオフ性能とドルマンシー期間をどの程度延長できるかについての検討も行った。

第3章では、低温吸着による水素貯蔵タンクシステムのシミュレーションを行い、吸蔵量と最終圧力および温度の関係を検討した。解析モデルとして、150L の容積の水素貯蔵システムを設定し、水素貯蔵量のシミュレーションを行った。その際、吸着水素量の計算には、修正 Dubinn-Astakhov モデルを水素の密度の計算には修正 BWR 状態方程式を適用し、非定常の質量保存およびエネルギー

一保存の方程式を解くことで、タンク内の圧力、温度および水素貯蔵量の経時変化を求めた。その結果、温度を 80K に維持できれば圧力 5MPa で 5kg の水素を貯蔵できることが分かった。

第 4 章では、液体窒素冷却による 5L のタンクを用いて、充填と放出の実験を行った。結果は充填や放出の応答性は使用の目標に近い性能（5 分以内に 80%以上充填，1mol/sec の連続放出可能なこと）が出せることがわかったが貯蔵量は低温のままでは最低圧力時において吸着と低温密度増加により残存水素量が多くなって実取り出し量が低下することが分かった。取り出し量を増加させるためには温度を上げて取り出す方式のシステムにする必要があることがわかった。さらに現在得られる材料（活性炭）では最終目標（100L 以内で充填放出速度を満たす）には未達であるが材料しだいでは可能性があることがわかった。一方でドルマンシー期間は充填時の温度やタンクの最大運用圧力に加えて充填量を変えることで現在技術的に可能な断熱タンクであれば 10-30 日を確保できることも明らかにした。さらに材料の物理特性が水素貯蔵タンクシステムに影響する項目を整理して貯蔵材料の性能（吸着性能）に加えてかさ密度の高い材料が必要なことを示した。今後の材料の開発指針として車両に低温貯蔵式水素貯蔵タンクで搭載可能なサイズで目標の水素を貯蔵放出させるための材料目標を設定するとともに材料の開発指針を提示した。

第 5 章は本論文の結論と今後の課題について述べた。