

## 論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )	氏名	魏 弘之
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目			
Super-dense Hydrogen Adsorption below Critical Temperature (臨界温度以下における超高密度水素吸着)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	市川 貴之	印
審査委員	教 授	鈴木 康浩	印
審査委員	教 授	難波 慎一	印
審査委員	教 授	荻田 典男	印
審査委員	准教授	宮岡 裕樹	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>カーボンニュートラル実現への取り組みが加速する中、再生可能エネルギー等の変動電源の安定化のため、エネルギー貯蔵媒体として水素が注目されている。常温において気体である水素は、体積当たりのエネルギー密度が低く気体のままで貯蔵・輸送するには非常に効率が悪い。ため、これまでに様々な水素貯蔵技術が提案されてきた。多孔質材料を用いた物理吸着水素貯蔵法は有望な水素貯蔵法の 1 つとして知られている。これは、水素分子をファンデルワールス力によって材料表面に吸着させる方法である。水素吸着量は材料の比表面積に依存することがよく知られており、低温環境下での利用が想定されている。したがって、従来の研究では水素貯蔵容量の向上を目的に、高比表面積材料の開発とその性能評価に焦点が当てられてきたが、近年ではこれらの研究は鈍化傾向にあり、物理吸着水素貯蔵法による水素貯蔵容量の飛躍的な向上は見込まれていない。また、従来の水素吸着性能評価は、実施の容易性から冷媒として液体窒素が用いられ、その沸点である 77 K の温度下で実施されてきた。</p> <p>本論文は、実施例がほとんどない水素沸点温度 (20.4 K, 0.1 MPa) における極低温下での水素吸着特性に着目し、スーパー活性炭 (MSC-30) 上の吸着水素密度が、液体水素密度を上回るという超高密度水素吸着状態をとることを発見したことに端を発する。つまり、吸着状態が液体状態とほぼ等しいという一般的な吸着現象の理解に反することに焦点を当て、この現象を多角的に明らかにし、超高密度水素吸着現象を理解することを目的として、材料依存性、温度依存性、吸着層依存性、吸着ガス依存性、の 4 つの観点から実験的な研究を実施している。</p> <p>本論文は英語で記述されており、第 1 章から第 5 章で構成されている。</p> <p>第 1 章では、研究背景として、水素の一般的な物理的性質を述べるとともに、水素を高体積密度で貯蔵可能な水素貯蔵材料や、多孔質材料への水素の吸着特性について、当</p>			

該分野における関連の先行研究などを概観している。

第2章では、研究背景をふまえて水素の超高密度吸着状態を実現する様々な要素を挙げつつ、上記4つの観点から評価する意義を挙げることにより、本論文の目的を述べている。

第3章では、気体分子吸着のモデルとその定式化について詳細を述べるとともに、試料の調製方法や、キャラクタリゼーションに用いた分析手法およびその動作原理について解説している。またこれに加えて、本論文で重要視される吸着分子の密度の評価方法についても詳細に述べられている。

第4章では結果と考察が述べられており、多孔質材料の種類に依存した吸着性能の違い、異なる温度での吸着性能の変化、軽水素と重水素の吸着特性の類似点と相違点が示されている。結果として、単分子層吸着の水素密度は臨界温度以下において、温度・材料に依存せず、重水素と軽水素で同程度の値を示し、固体水素密度を上回ることが明らかとなった。吸着をともなわない液体状態の水素は、零点振動による量子効果が現れるため、重水素の方がやや高い密度をとるのに対して、吸着束縛状態によって量子効果が打ち消され、軽水素でも重水素でも同程度の超高密度吸着状態が発現することを明らかにした。このように、水素の臨界温度以下における吸着現象について、様々な吸着媒、吸着種、圧力および温度条件を振ることによって系統的に調べられた研究成果がまとめられている。

第5章では、本論文を総括し、結論が述べられている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500字以内とする。