

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（学術）	氏名	鶴井 宣仁
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目			
<p>Research and development of hydrogen chemical compressor using hydrogen storage alloys (水素吸蔵合金を用いた水素昇圧システムの研究開発)</p>			
論文審査担当者			
主査	教授	荻田 典男	
審査委員	教授	乾 雅祝	
審査委員	教授	浴野 稔一	
審査委員	教授	市川 貴之 (工学研究科)	
審査委員	准教授	宮岡 裕樹 (自然科学研究支援開発センター)	
審査委員	教授	亀川 厚則 (室蘭工業大学環境調和材料工学研究センター)	
〔論文審査の要旨〕			
<p>化石エネルギーに依存する現代社会は、大量のCO₂排出に伴う環境負荷問題を解決すべく、パリ協定等にもみられる様な「脱炭素化」へと向かっている。水素は、環境負荷、資源量等を考慮すると最適な代替エネルギーであるが、インフラ整備、循環コスト、安全性等多くの問題を抱えている。本研究で取り扱う水素昇圧システム開発は、これらを解決し水素循環社会の実現を加速する事につながる。</p> <p>本論文は、水素吸蔵合金による水素昇圧システム(ケミカルコンプレッサー)の研究開発について、三つの研究項目に纏められている。1)ケミカルコンプレッサー試作機的设计・製作について、動力を使わずに熱のみで80MPaの水素昇圧に世界で初めて成功している。2)ケミカルコンプレッサーの要となる水素吸蔵合金 Ti_{1.1}CrMn の高温高压での水素吸蔵特性について議論している。3)試作機での実証や水素吸蔵合金の特性を勘案し、実用化を目指したケミカルコンプレッサーの最適設計に取り組んでいる。</p> <p>第一章では、CO₂排出量抑制の有力候補としての水素エネルギーを中心とした社会構築が検討され、水素インフラストラクチャーの研究ニーズが高まっていることを紹介している。その最適な候補としてのケミカルコンプレッサーの原理を詳述し、これまでの研究成果や現状を整理している。</p> <p>第二章では、水素燃料電池自動車の商業化以降の高压(80MPa超)ケミカルコンプレッサーの必要性について解明すべき課題を整理し、その目的を記載している。</p> <p>第三章では、実験手法とその分析原理について詳細に説明している。</p> <p>第四章では、ケミカルコンプレッサーの設計・試作と実証について記述している。そこでは、想定条件での熱交換速度を計算し設計・製作している。試作機を(公財)水素エネルギー製品研究試験センター(HyTReC)の防爆設備内で稼働させ、189℃で80MPaの水素昇圧を実証した(世界初)。</p> <p>第五章では、水素吸蔵合金 Ti_{1.1}CrMn の高温高压下での水素吸蔵特性の実験結果を示し考察</p>			

を行っている。まず、 $Ti_{1.1}CrMn$ の Pressure-Composition Isothermal (等温) 測定において、室温/1.6mass%で9.6MPaの水素を吸蔵し、180°C/0.9mass%で82MPaの水素放出を確認している。また、Pressure-Composition Isobar (等圧) 測定では、82MPaを達成する温度と水素含有量の関係を明らかにしている。これにより、ケミカルコンプレッサーの材料としての $Ti_{1.1}CrMn$ に関する基盤的知見を得ている。

第六章では、第四章と第五章で得られた知見をもとに、実用化を目的としたケミカルコンプレッサーの最適設計を行っている。既存の水素ステーションで運用されている圧縮機の一割程度の吐出能力を持つ $30Nm^3/h$ のケミカルコンプレッサーを軸として、高压水素タンクを兼ね備える等、複数の状況を想定した基本設計を行っている。CAE ソフトウェアによる熱伝導シミュレーションで基本設計の妥当性を確認し、水素吸蔵合金を用いたケミカルコンプレッサーの高い実現可能性を証明している。

最後に第七章では、本論文のまとめと結論を述べている。

本論文では、1)ケミカルコンプレッサーの設計・試作、2)水素吸蔵合金 $Ti_{1.1}CrMn$ の高压水素吸蔵特性、3)実用化に向けた昇圧システム(水素ステーション)の最適設計を述べている。いずれも緻密な計画による実験、シミュレーション等がなされ、豊富なデータを基に深い議論が展開されている。特筆すべき点は、動力を使わずに熱のみで80MPaの水素昇圧に世界で初めて成功し、 CO_2 排出量抑制に貢献する社会基盤の構築に対して、水素吸蔵合金の利用価値の高さと適用範囲の広さを実証しており、本論文は、学術的な観点のみならず、実用的にも非常に価値がある。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士(学術)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 要旨は、1,500字以内とする。