

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 18 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420106

研究課題名(和文) マイクロ金属線を用いた容器による水素の高速高圧充填化に関する研究

研究課題名(英文) Study on high-speed, high-pressure charging of hydrogen by a tank using micro metal wire

研究代表者

尹 鍾皓 (Youn, Chongho)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：30456256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：耐圧35MPa(G)まで充填が可能な10Lの高圧水素用アルミ容器を一個試作し、実験は福岡にある水素エネルギー製品研究試験センター(HyTReC)の設備を利用して35MPa(G)まで充填試験を行った。その結果準等温化圧力容器の温度上昇の抑制性を実験により確認した。

耐圧75MPa(G)まで充填が可能な37Lの高圧水素用容器の検討を行った。この容器はType4でアルミ容器に炭素繊維強化プラスチックを巻き付けたType3とは違い、CFRPのみでなっている。高圧水素で最新開発されているType4に容器を用いて、準等温化技術の有効性を確認する。

研究成果の概要(英文)：A single aluminum container for 10 L high pressure hydrogen which can be filled up to withstand pressure up to 35 MPa (G) was prototyped and the experiment was carried out up to 35 MPa (G) by using the equipment of Hydrogen Energy Product Research Test Center (HyTReC) located in Fukuoka. As a result, the suppressibility of the rise in the temperature of the quasi-isothermal pressure vessel was confirmed by experiments.

We studied 37L high pressure hydrogen container which can be filled up to withstanding pressure of 75 MPa (G). Unlike Type 3, which is wrapped with carbon fiber reinforced plastic in an aluminum container in Type 4, this container is made of CFRP only. To confirm the effectiveness of quasi-isothermal technology using Type 4 container that is currently being developed with high pressure hydrogen.

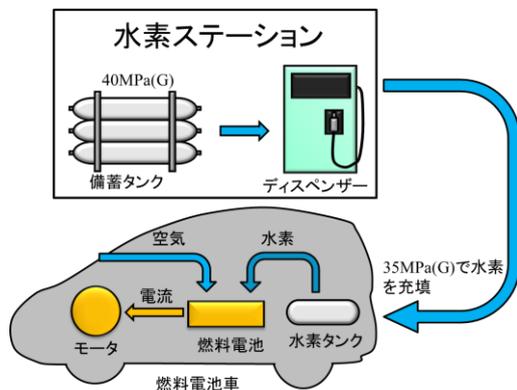
研究分野：流体工学

キーワード：高圧水素 圧力容器 ガス温度 準等温化

1. 研究開始当初の背景

国内の温室効果ガス削減目標を受けて、クリーンなエネルギー資源として水素が注目されている。日本国内では「水素利用社会システム構築実証事業」の一環として、東京都心と羽田・成田両空港間を燃料電池で動くバスやハイヤーの運行実証試験が 2010 年から開始されている。2015 年までに、電気自動車の航続距離を大幅に延長できる水素燃料電池自動車が発売される計画であり、石油・ガス業界はそれに合わせて全国 100 箇所の水素ステーションを建設する予定である。

燃料電池車に燃料補給する方法として各地に設置された水素ステーションから直接、燃料電池車内の容器へ高压に圧縮された水素を 35MPa(G)で充填する方法がある。この充填を急速に行うと充填される車内容器の水素の温度が 100°C以上に上昇してしまい、安全上の問題がある。現段階では温度を上昇させないための安全な充填方法として容器に充填する速度を遅くする方法と水素ステーションの備蓄タンクの温度を予め冷却しておく方法が提案されている。しかし、速度を遅くする方法には充填時間が長くなる問題がある。また備蓄タンクを冷却する方法には設備コストと冷却するためのエネルギーを必要とする問題がある。燃料電池車の水素の充填圧力は 70MPa(G)まで高压化される計画があり、安全かつ省エネルギーで充填時間を短縮できる新たな充填技術が要求されている。

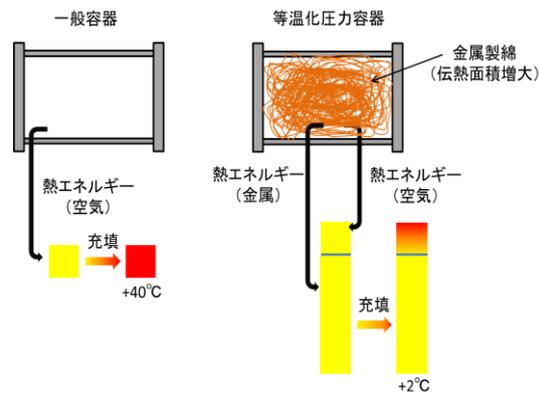


申請者の研究室では 1 MPa(G)以下の空気圧分野で空気の充填、放出があっても容器内空気の状態変化をほぼ等温に保てる準等温化圧力容器を開発している[1]。準等温化圧力容器とは、内部に直径 50µm の銅線が充填率 4% で充填されている圧力容器である。

[1] 容器内に金属製綿を封入することで、容器内状態変化をほぼ等温に保つことができる準等温化圧力容器を提案した。(香川ら, ASME, 2000)

申請者は最近の研究で準等温化圧力容器を用いて 1 MPa(G)以下の低圧における水素の放出実験で容器内の水素温度が 2°Cしか変化しないことを確認した[2]。

[2] Flow rate measurement with isothermal discharge method in hydrogen、(申請者ら、



International Journal of Hydrogen Energy、Impact Factor 4.0、採択)

申請者はこれまでの準等温化圧力容器の技術的研究成果を踏まえ高压水素の充填時間を短縮できる容器への着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、水素の温度を急に上昇させることなく、安全かつ省エネルギーで充填時間を短縮するため、容器内に金属製綿を封入することで容器内温度変化を抑制する技術を用いた準等温化圧力容器を開発する。水素燃料電池自動車の容器における 70MPa(G)までの高压充填に掛かる時間の革新的に短縮化し、その研究基盤を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

水素の温度を急に上昇させることなく、安全かつ省エネルギーで充填時間を短縮できる高压水素用準等温化容器の開発とその研究基盤を確立するために、本研究では以下の方法で行った。

1) 空気準等温化圧力容器の性能評価：水素での実験を行う前に、安全で取扱いが容易な空気を用いて性能評価を行った。

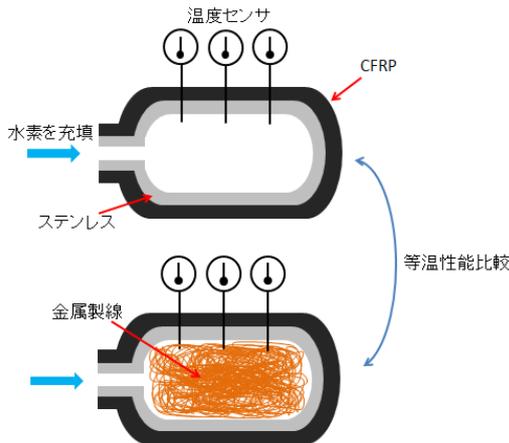
(a) 準等温化圧力容器の温度変化計測
空気を用いて 5 MPa(G)以下の中圧領域における準等温化圧力容器の温度変化を計測し、準等温化圧力容器が中圧領域でも温度上昇の抑制性を有することを実験的に示した。

(b) 準等温化圧力容器の基礎特性
準等温化圧力容器のガス温度は封入されている金属製綿の熱容量と伝熱性などで決まるので、中圧領域の実験結果から容器内の状態変化と伝熱特性を明らかにした。

2) 耐圧 100MPa(G)までの高压水素用容器の試作

高压水素用の容器を試作し、一つは金属製綿が封入されていない容器で、もう一つは金属製綿が封入されている容器にした。容器はステンレスに炭素繊維強化プラスチック (carbon-fiber-reinforced plastic、CFRP)

を巻き付け、強度を高めたものを使用する。CFRP の強度は鉄の 10 倍、重さは 1/5 倍といわれており、100 MPa(G)まで耐えられる容器である。



3) 高压水素による準等温化压力容器の性能を検証

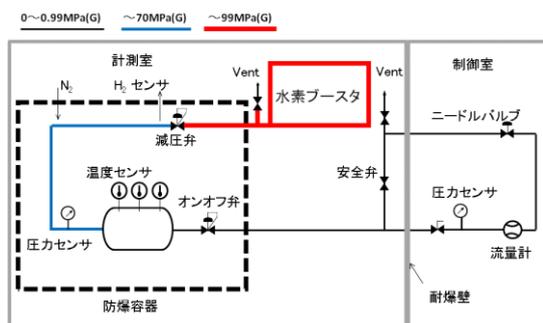
作製した高压水素用の容器の一方に直径 $50\mu\text{m}$ の銅線を容器体積の約 4%封入し、何も入っていない容器と温度変化の比較を行った。

高压水素を使用するため、実験は福岡にある水素エネルギー製品研究試験センター (HyTReC) の設備を利用して $10\sim 70\text{MPa(G)}$ までの試験を行う。この試験センターは高压水素を 70MPa(G) まで充填試験ができる。

4) 容器内に封入する金属製綿の直径、充填量の検討

封入する金属製綿の直径を $50\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ と $70\mu\text{m}$ に変えてその影響を実験により検証する。また、金属製綿の量も 4%から変えて充填比率に対する検討を実験により行う。この実験結果から高压水素ガスにおける準等温化压力容器の温度変化と伝熱の関係を明らかにした。

5) 容器内に封入する金属製綿の材料を検討
容器の軽量化を実現するために、銅線の代わりにアルミや他の軽い材質についての実験をした。準等温化压力容器は封入される材料の熱容量と伝熱性によって、容器内のガスの状態変化による温度上昇を抑制効果が変わるので、他に材質による性能評価を行った。



6) 水素用準等温化压力容器の設計指針の確立

上記で得られた成果を水素用準等温化压力容器の設計指針の基本的な資料として有効に利用するために、解析によって温度上昇のメカニズムを明らかにした。それで、高压充填に掛かる時間の革新的な短縮を実現できる水素用準等温化压力容器の設計指針を確立した。

4. 研究成果

本研究成果は以下になる

1) 耐圧 35MPa(G) まで充填が可能な 10L の高压水素用アルミ容器を一個試作し、実験は福岡にある水素エネルギー製品研究試験センター (HyTReC) の設備を利用して 35MPa(G) まで充填試験を行った。その結果準等温化压力容器の温度上昇の抑制性を実験により確認した。

2) 耐圧 75MPa(G) まで充填が可能な 37L の高压水素用容器一個を関連会社から提供して貰った。この容器は Type4 でアルミ容器に炭素繊維強化プラスチック (carbon-fiber-reinforced plastic, CFRP) を巻き付けた Type3 とは違い、CFRP のみでなっている。高压水素で最新開発されている Type4 に容器を用いて、準等温化技術の有効性を確認する。

3) 容器に金属製綿が封入されていない空压力容器の場合と、金属製綿が封入されている準等温化压力容器の場合において試験を行った。準等温化压力容器の内部には直径 $50\mu\text{m}$ の銅線を入れ、温度センサを压力容器内の中央部に沿って設置して充填による二つの容器内の時間による温度変化を計測する。 100MPa 用圧力センサを設置し、充填放出による二つの容器内の時間による圧力変化を計測し、この実験結果から高压水素ガスにおける準等温化压力容器の温度変化と伝熱の関係を明らかにした

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 4 件)

1. K. Nagai, M. Aoyama, Y. Nakamura, T. Kagawa, C. Youn: Study on Temperature Characteristic of High Pressure Hydrogen Tank Using Semi-Isothermal Principle, 13th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization

(FLUCOME 2015), (2015), 「カタール」

()

2. 永井克哉, 青山雅貴, 尹鍾皓, 香川利春, 中村善也: 高圧水素タンクの放出における流量計測に関する研究, 計測自動制御学会 2015 年度産業応用部門大会, (2015), 「東京」
3. 尹鍾皓, 水野 孝泰, 香川利春: 準等温化原理を用いた水素貯蔵タンクの提案, 平成 26 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.58-60, (2014), 「東京」
4. 尹鍾皓, 香川利春: 準等温化圧力容器における水素充填による温度変化, 計測自動制御学会 2013 年度産業応用部門大会, CD-ROM, (2013), 「東京」

研究者番号:

(4) 研究協力者

()

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尹 鍾皓(Youn, Chongho)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号: 30456256

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者