

液体水素容器内部の蓄圧状態に関する数値シミュレーション

Numerical Simulation on Pressure Accumulation inside Liquid Hydrogen Vessel

○松田 竜之介, 前川 一真, 武田 実 (神戸大海事)

Ryunosuke Matsuda, Kazuma Maekawa, Minoru Takeda (Kobe Univ.)

E-mail : 212w534w@stu.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

昨今、世界初の液化水素運搬船「すいそふろんていあ」⁽¹⁾や国内 158 カ所に設置されている水素ステーションなど、日本は水素社会実現に向けた取り組みを世界に先駆けて推進しているが、液体水素輸送・貯蔵効率向上のための課題はいまだに多い。

本研究では、液体水素容器内部の熱流動現象を明らかにするため、数値シミュレーションによる液体水素の熱流体解析を行うことを目的とする。特に今回の研究では、液体水素容器を模擬したクライオスタット内部での液体水素蓄圧実験の再現を目指しており、得られた計算と実験を比較した結果を報告する。

2. 数値シミュレーション

実験を再現するための要素として、基礎方程式の 1 つである Schrage の式を①に示す。Schrage の式は飽和点付近における気液間の質量輸送率を表す式である。この式の中のアコモデーション係数を $\sigma = 0.00001$ として、STAR-CCM+を用いて計算を行った。

$$\dot{m}_i = \left(\frac{2\sigma}{2-\sigma} \right) \left(\frac{M}{2\pi R} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{P_i}{T_i^{\frac{1}{2}}} - \frac{P_v}{T_v^{\frac{1}{2}}} \right) \quad \dots \textcircled{1}$$

ここで、 $\dot{m}_i$: 質量流束、 M : 質量数、 R : 気体定数、 P : 圧力、 T : 温度、 σ : アコモデーション係数、添え字の i は気液界面を、 v は飽和蒸気を表す。

過去の研究⁽²⁾ではアコモデーション係数 $\sigma = 0.001$ で解析していた。その結果、クライオスタット内部の圧力上昇は実験よりも早くなり、再現性が低い結果となった。従っ

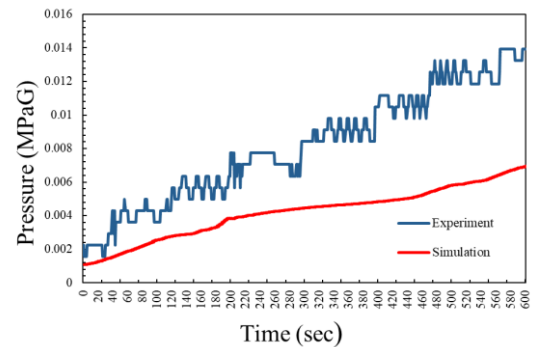


Fig.1 Comparison of experiments and simulation.

て、アコモデーション係数の改善、壁面熱流束の調整、計算負荷の軽減を図り、より長い時間で実験値の再現性を高めた。得られた結果を Fig.1 に示す。

数値シミュレーションの結果、過去の研究とは逆に、実験値よりも圧力上昇が遅くなった。

3. まとめと今後の予定

本研究では STAR-CCM+を用いた熱流体解析により、液体水素容器内部の蓄圧状態を調べた。未だ実現現象の再現はできていないが、壁面熱流束の調整などにより以前よりは実験値に近い結果となった。今後は、引き続きジオメトリ内部への入熱条件を見直し、より実現現象に近い熱流体解析を目指す予定である。

参考文献

- (1) HySTRA: 実証の今後の予定について (hystra.or.jp/news/article.html)
- (2) 前川一真, 他: 海上輸送時における液体水素タンクを対象とした熱流体解析, 2021 年度春季低温工学超伝導学会, P.85