

2026 年 8 月 19 日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学

液体水素中での気泡の発生・成長の可視化に成功 —大規模水素サプライチェーンの実現に貢献—

【発表のポイント】

- 将来の大規模な水素輸送の実現に向けて課題となる、液体水素の気化に伴う気泡の発生・成長過程を、20 K（約-253 °C）の極低温環境で可視化することに成功しました。
- 気泡の発生頻度や成長速度の計測に加え、液体水素に特有と考えられる気泡の振動現象を発見しました。
- 液体水素における気液二相流^{（注 1）}の理解が進むことで、将来の大規模水素サプライチェーンにおける液体水素輸送技術の高度化・効率化への貢献が期待されます。

【概要】

カーボンニュートラル^{（注 2）}達成に向けて水素を液体状態で貯蔵・輸送する技術開発が進められており、気化を抑制することが課題となっている一方で、液体水素の気化過程は詳細な可視化計測がされていませんでした。

東北大学流体科学研究所の岡島淳之介准教授、久保田政晴大学院生（研究実施当時）および宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所の坂本勇樹助教は 20 K（約-253 °C）の極低温液体水素中において、加熱面から発生する水素気泡の成長過程の可視化に成功しました。気泡の発生頻度や成長速度の計測に加え、液体水素の低密度の物性に起因する気泡振動現象を発見しました。

本研究は液体水素の相変化現象の解明に大きく前進する成果であり、将来の大規模水素サプライチェーンにおける液体水素輸送技術の高度化・効率化への貢献が期待されます。

本研究成果は、2026 年 7 月 30 日に熱物質移動現象に関する専門誌 International Communications in Heat and Mass Transfer に掲載されました。

【詳細な説明】

研究の背景

カーボンニュートラル達成に向けて水素の液体状態での貯蔵・輸送技術の開発が進められています。液体水素は 20 K（約-253 °C）の極低温流体であるため熱侵入の影響を受けやすく、貯蔵時のボイルオフガス^{（注 3）}低減や輸送時に生じる気液二相流を理解することが課題です。しかしながら、これらの現象の起点となる加熱面上での気泡の発生過程は詳細に観察された事例がなく不明なままでした。

今回の取り組み

本研究では、液体水素の相変化現象を可視化するために、20 K の極低温かつ大気圧以上の圧力条件下で、加熱面上から発生する水素気泡の可視化を可能とする実験装置を構築し、JAXA 能代ロケット実験場の液体水素供給設備を利用して実施しました。絶対圧力 0.1 MPa、0.2 MPa、および 0.3 MPa の条件下における液体水素のプール沸騰熱伝達特性を系統的に解明しました。

まず、0.1–0.3 MPa の圧力域において、液体水素の沸騰曲線をはじめ、核沸騰が開始する過熱度、および限界熱流束を計測しました。あわせて、予冷プロセス中に得られた温度変化データを活用することで、膜沸騰領域の沸騰曲線も取得し、0.1 MPa における沸騰曲線の全貌を提示することに成功しています。本評価は、液体水素における非線形な熱伝達メカニズムの全体像の理解に貢献するものです。

また、水素気泡の可視化解析から、気泡の成長は気泡周囲の温度境界層を通じた流体側の熱伝導によって支配されること、そして気泡の離脱周期は加熱面である固体側の熱伝導に伴う温度回復挙動に支配されていることを明らかにしました。

さらに、気泡表面の毛細管波に起因する垂直方向の振動現象が観察された一方で、浮力の影響が相対的に小さくなる環境下では、発生した微細な気泡が直ちに離脱せず蓄積・合体して大きな気泡塊を形成した後に、巨視的な離脱挙動へ至るというメカニズムを提唱しました。

今後の展開

本研究は、これまで困難とされていた「極低温下における液体水素の相変化現象」の高精度な可視化計測を可能にする技術基盤を確立したものです。今回構築した可視化計測技術を活用することで、今後はより幅広い圧力範囲での気泡発生・成長現象の解明や、減圧に伴うキャビテーション現象など、多様な相変化メカニズムの解明を進めてまいります。

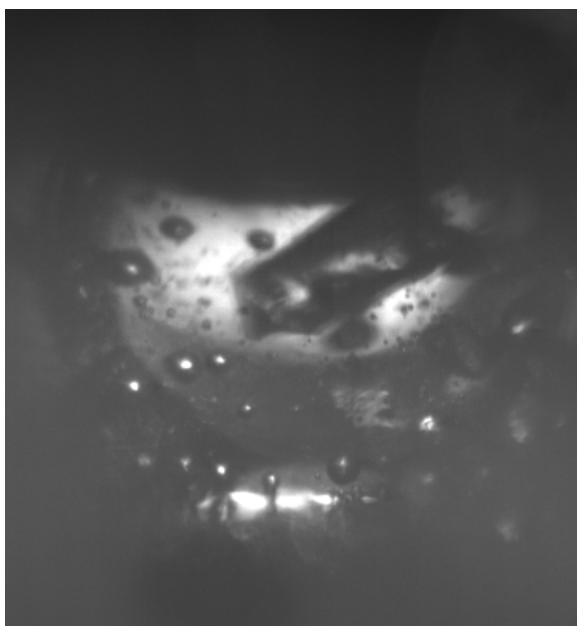


図 1. 20 K の液体水素中に設置した加熱面から発生する気泡の挙動を捉えた画像。加熱面上に発生した気泡が成長して離脱する様子が示されています。

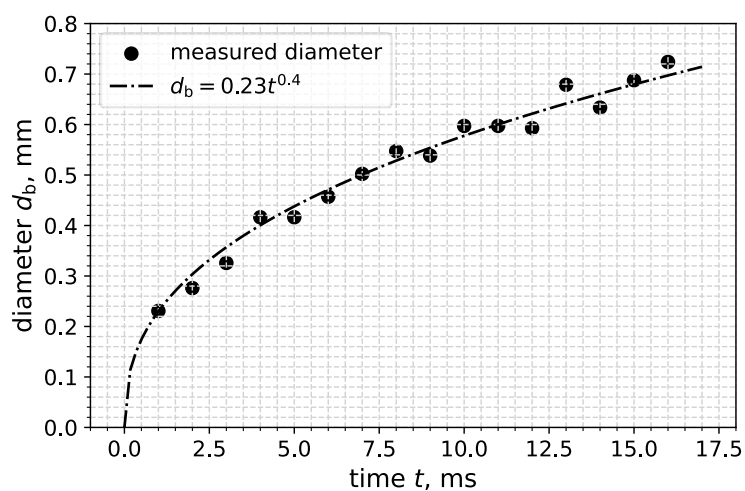


図 2. 水素気泡の直径の時間変化。直径は時間の 0.4 乗に比例して増加することが示されました。このことから、気泡の成長は気泡周囲の温度境界層を通じた流体側の熱伝導によって支配されることが示唆されます。

【謝辞】

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業（23K26044、26K00881）の支援を受けて行われました。掲載論文は『東北大学 2026 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業』の支援を受け Open Access となっています。

【用語説明】

- 注1. 気液二相流：気体と液体が混ざりあった状態で同時に流れる現象のことです。単一の流体が流れる単相流に比べ、気体と液体の境界が変化するため、複雑な挙動を示します。
- 注2. カーボンニュートラル：温室効果ガスの排出を実質ゼロにすることです。水素は燃焼時に二酸化炭素を排出しないため、石油・石炭・天然ガスの代替燃料として導入し、発電・輸送部門を脱炭素化する取り組みが進められています。
- 注3. ボイルオフガス：液体化されたガスが、外部からの熱によって温められ、自然に蒸発して発生する気体のことです。

【論文情報】

タイトル：Visualization of bubble behavior and heat transfer characteristics in liquid hydrogen pool boiling

著者：Masaharu Kubota, Yuki Sakamoto, Junnosuke Okajima*

*責任著者：東北大学 流体科学研究所 准教授 岡島 淳之介

掲載誌：International Communications in Heat and Mass Transfer

DOI：10.1016/j.icheatmasstransfer.2026.112160

URL：https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2026.112160

【問い合わせ先】

（研究に関すること）

東北大学 流体科学研究所

准教授 岡島 淳之介

TEL: 022-217-5238

Email: j.okajima@tohoku.ac.jp

（報道に関すること）

東北大学 流体科学研究所

国際研究戦略室 広報担当

TEL: 022-217-5873

Email: ifs-koho@grp.tohoku.ac.jp