

加圧液体窒素の急減圧時における沸騰現象に関する研究

Boiling phenomenon of pressurized liquid nitrogen under rapid depressurized conditions

○田中順也¹, 武田 実¹, 山城一藤², 新郷正志², 神谷祥二² (1.神戸大, 2.川崎重工)

○Junya Tanaka¹, Minoru Takeda¹, Kazuto Yamashiro², Masashi Shingo², Shoji Kamiya² (1.Kobe Univ. 2.KHI)

E-mail: 159w516w@stu.kobe-u.ac.jp

1. はじめに

水素を大量に貯蔵・輸送する場合、気体状態の約 800 倍の密度を持つ液体水素 (沸点 20.3 K) の状態で、海上輸送することにより高い貯蔵・輸送効率が得られる。しかし、外気からの入熱により液体が気化することで容器内の圧力が上昇し、最悪の場合には破裂の危険性が存在する。このため、安全弁や破裂板等を取り付けるが、これが作動した際の急減圧時における沸騰現象は未だ明らかになっていない。

本研究では、液体水素の貯蔵・輸送用容器及び安全弁の設計値などを把握するための予備的研究として、加圧液体窒素(沸点 77.4 K)を用いて急減圧時における減圧特性、温度特性、蒸発特性を調べるとともに、気泡の発生状況を観測することにより、沸騰現象を解明することを目的とする。

2. 実験装置

実験装置の写真を Fig.1 に示す。容器には光学観測が可能である光学クライオスタットを使用し、内部に温度測定用の白金測温抵抗素子を 15 点配置した。撮影には高速度カメラ(株式会社キーエンス: VW9000)、減圧用の開閉弁には電磁弁及びバネ式安全弁を使用した。圧力の計測には防爆型圧力トランスミッターを、蒸発量の計測にはマスフローメーターを使用した。

3. 実験条件

極低温液体の急減圧時における沸騰現象は、初期液体状態・設定圧力・減圧速度に大きく依存すると考えられているので、次のように実験条件を設定した。液体状態は飽和状態(温度が均一)と成層状態(温度分布が存在)の 2 種類、設定圧は 0.4 MPaG、0.2 MPaG の 2 種類、減圧速度は圧力調整弁(ニードル弁)の開度を変える 3 種類とした。

4. 実験結果と考察

Fig.2 に高速度カメラにより撮影したクライオスタット内部の沸騰の一例を示す。液体状態が飽和状態で、0.4 MPaG まで加圧した液体窒素を急減圧させた結果、0.9 秒後に激しい沸騰を始めると同時に、液面が数 mm 上昇していた。この時の圧力の時間変化を Fig.3 に示す。この図より減圧中に圧力が極小圧力 P_m へ到達した後、沸騰の影響により回復圧力 P_r まで圧力上昇していることがわかる。圧力上昇量($P_r - P_m$)に注目すると、沸騰現象の激しさに大きく関係していた。

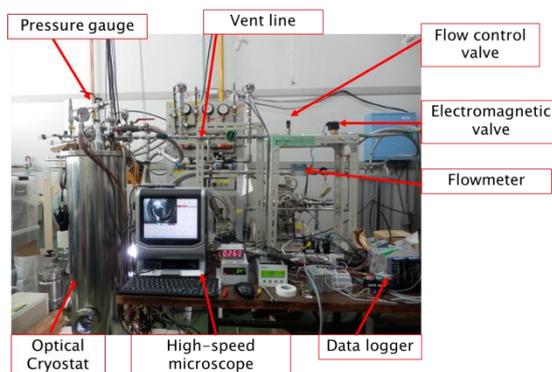


Fig.1 Photograph of experimental apparatus.

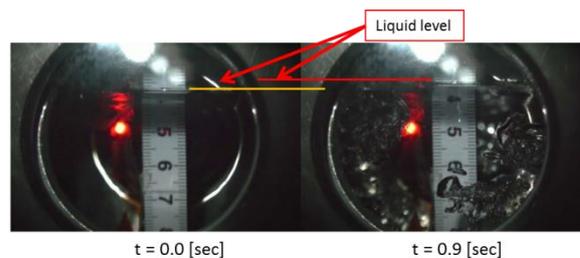


Fig.2 Photograph of rapid boiling.

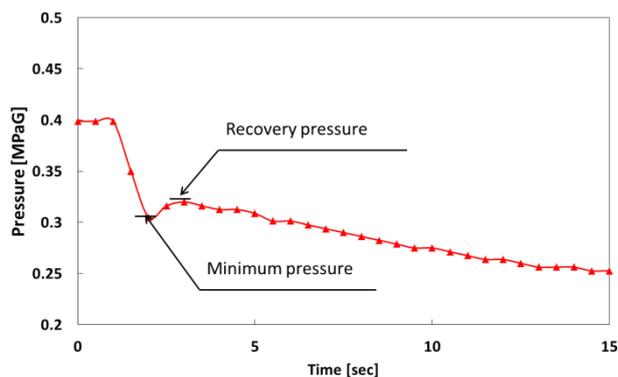


Fig.3 Time chart of pressure under rapid boiling.

一方温度の変化に注目すると、液面を除いて、沸騰開始前までは一定の温度をとるが、沸騰開始後には温度が圧力と共に低下していた。また蒸発量に注目すると、沸騰による影響は見られなかったが、他の実験条件では沸騰と同時に蒸発量が増加することもあった。つまり、この実験条件では減圧開始による蒸発量の増加と重なり、沸騰による影響を区別出来なかったと考えられる。

謝辞

本研究の一部に対して、科研費基盤研究 A(24246143)の援助を受けました。ここに感謝の意を表します。