



ユニット成果報告会  
2025年5月29日(木)

# 液体水素貯槽における真空断熱層 の真空劣化に関する研究

濱口 真司(NIFS)

# 水素の物性

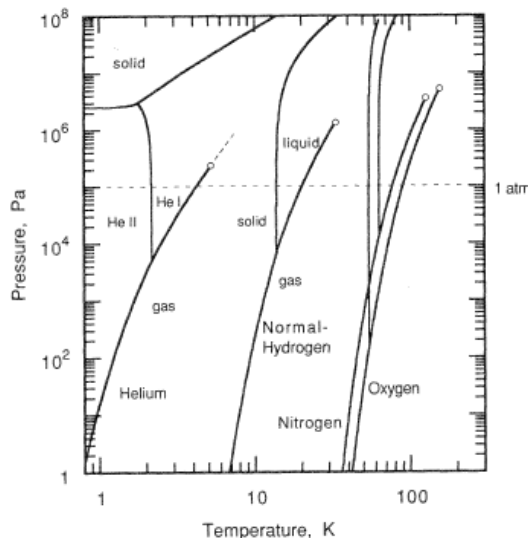
密度: 0.08988 g/L (0 °C, 101.325 kPa), 70.8g/L (-253 °C)

融点: 14.01 K, 沸点: 20.28 K, 臨界点: 32.97 K, 1.293 MPa

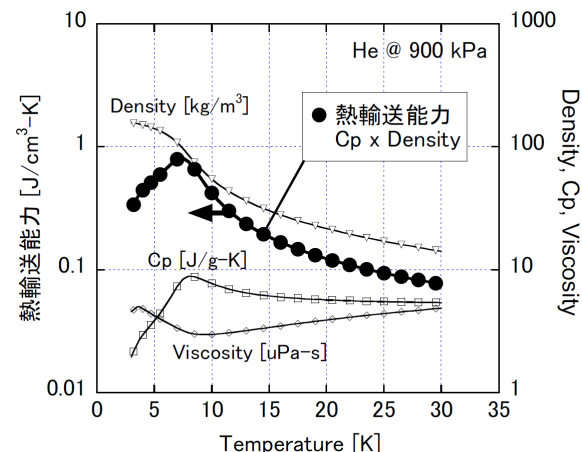
潜熱 445 kJ/kg (ヘリウム 20.7 kJ/kg)

異性体: オルト水素 (o-H<sub>2</sub>) ↑↑, パラ水素 (p-H<sub>2</sub>) ↑↓

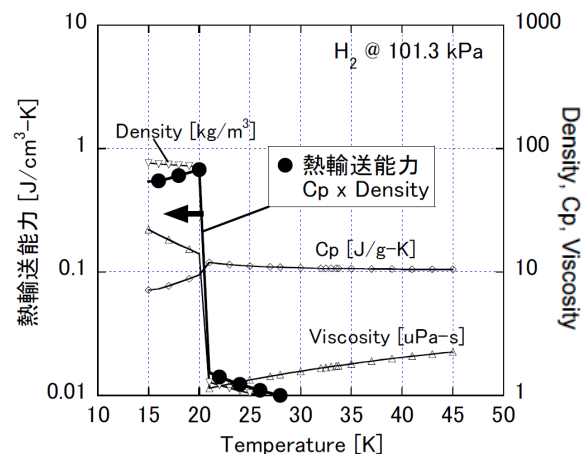
- 常温でオルト・パラ比は3:1
- 低温でパラ比は増加し、  
20Kではほぼパラ水素
- パラ変換は発熱反応



極低温流体の相図



ヘリウムの熱輸送能力



液体水素の熱輸送能力

# 液体水素冷却

## 水素社会の実現への期待

### ⇒液体水素の利活用

- 液体水素冷却HTSマグネット
  - 冷却安定性: 大屋(関学)、小林(JAXA)、白井(京大)、今川(NIFS)
  - 熱物性
  - 冷却流路最適化
- 液体水素システム
  - 高効率液化: 神谷、夏目(NIMS)、高田(NIFS)
  - 低損失貯蔵・移送: 野澤(タイ高専)、小林(JAXA)、高田、濱口(NIFS)
  - 冷熱利用
- 安全

# 低損失貯蔵

## 極低温液体貯槽

- 真空断熱容器
  - シールオフバルブ
  - 真空度測定

液体ヘリウム・液体水素の貯槽・クライオスタットの真空層への空気のスローリークは空気が凍るため発覚し辛い  
⇒クライオポンプ

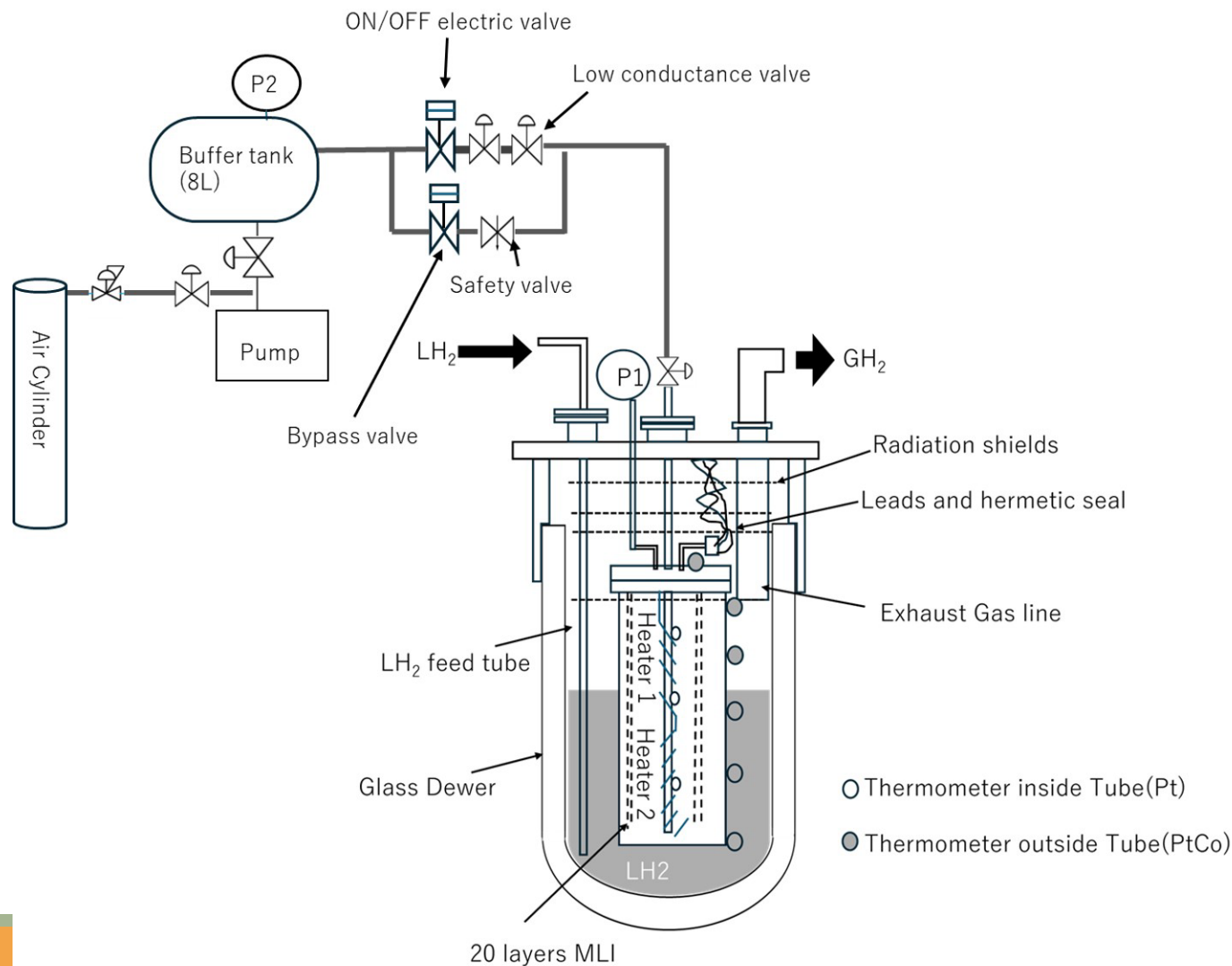
気付いたときには時既に遅し  
⇒大量蒸発、圧力上昇  
⇒放出



経年劣化(加水分解)によりドロドロに溶けたシールオフバルブのポリウレタン製O-ring

液体水素普及のためには、より高い安全性・経済性が求められる  
⇒液体水素貯槽の真空層に空気がスローリークする現象の研究

# 実験装置



小規模、且つ現象  
の促進を狙って実  
際の貯槽とは内外  
反転で設計



供試体内側が模擬  
の真空層、外側に  
液体水素

# 実験セットアップ



液体水素CE



LH2用ガラスデュフ

供試体

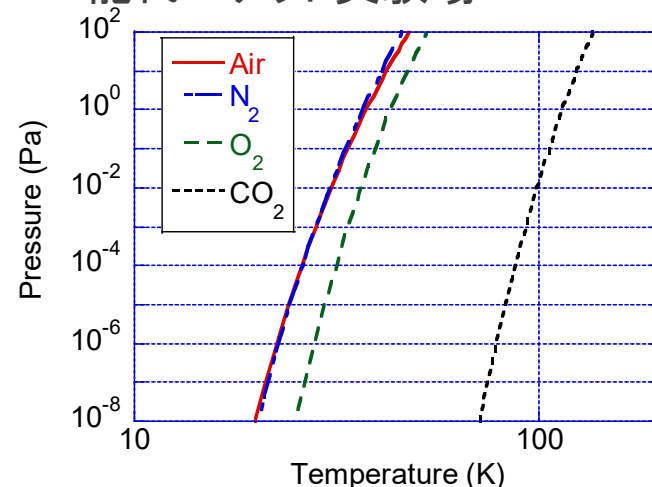


Case 1 液体水素中の供試体内に空気をリーク@JAXA能代ロケット実験場



Case 2 <代替実験>

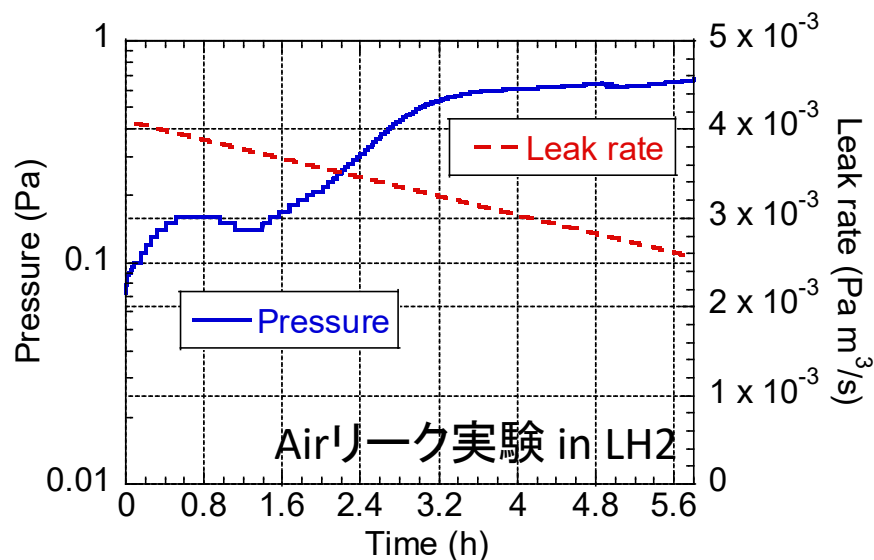
液体窒素中の供試体内に  
二酸化炭素をリーク@NIFS



飽和蒸気圧(昇華)の比較  
Mini-REFPROP by NIST



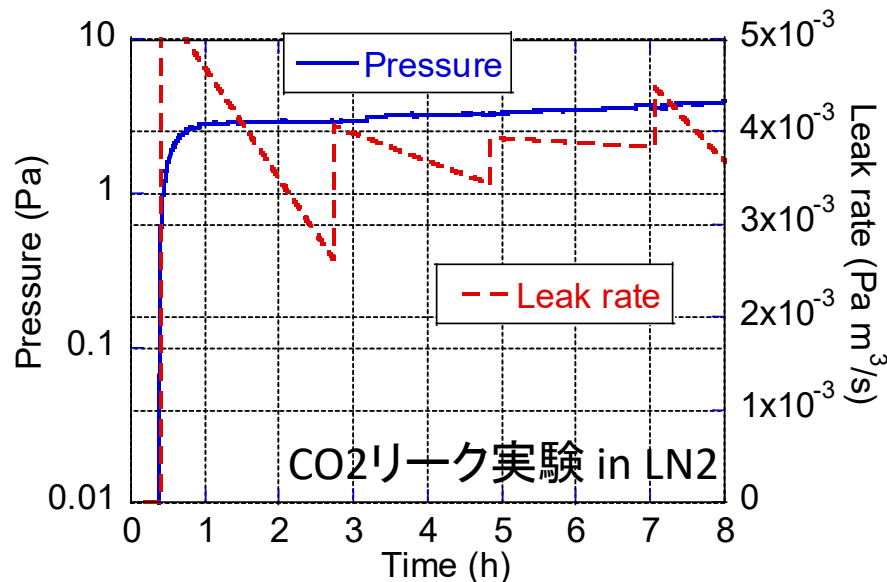
# 実験結果



供試体内圧の時間変化

Case 1: 液体水素中の供試体に空気をリーク

- ・一度圧力が下がってから再上昇
- ・時定数が非常に大きい  
⇒トランスファーチューブで数時間、LH2クライオでは数日のオーダーで真空断熱性能が悪化することに相当



供試体内圧の時間変化

Case 2: 液体窒素中の供試体に二酸化炭素をリーク

- ・Case 1のような圧力減少はない
- ・Case 1に比べて現象が早く進行  
⇒安全な加速実験として機能する可能性

# まとめ

液体水素貯槽の真空層に空気のスローリークがあった際の挙動を明らかにするため、模擬実験装置を整備し、JAXA能代ロケット実験場にて液体水素を用いて実験を行った

$10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 程度のリークの場合でも真空度悪化は非常に緩やかであった

トランスファーチューブで数時間、LH2クライオでは数日のオーダーで真空断熱性能が悪化することに相当

液体水素中の供試体内に空気をリークさせる実験の代替実験として液体窒素中の供試体内に二酸化炭素をリークさせる実験を提案・実施した

代替実験の方が時定数が小さい

安全な加速実験として機能する可能性を示唆

謝辞: 本実験はNIFS技術部、JAXA能代ロケット実験場スタッフの多くの協力により遂行された。ここに感謝する。また、自然科学研究機構ミッション実現戦略事業(MIS014)の資金によって実施された。