

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業／ 大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発／ 大型液化水素貯槽からの大量漏洩・拡散等のシミュレーション 手法の開発及び設置基準の整備に向けた調査研究

発表者 原 知輝（高压ガス保安協会）

事業者 高压ガス保安協会(KHK)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

国立大学法人横浜国立大学(YNU)

発表日 2024年7月18日

連絡先：

特別民間法人高压ガス保安協会水素センター

E-mail H2@khk.or.jp

TEL 03-3436-6135

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年7月

終了（予定） : 2026年3月

2. 最終目標

- ・ 液化水素の漏洩を伴う災害による影響評価シミュレーション手法の開発
- ・ 液化水素貯槽の設置に関する技術基準（保安距離、防液堤）の整備、見直しに資する技術的な情報整理

3. 成果・進捗概要

- ・ 現行規制基準における保安距離算定式を基に液化水素貯槽の保安距離を試算し、基準の見直しを検討する上での定量的な期待値を得た。
- ・ 大規模な実験系の整備に向けて詳細な計画を作成し、レイアウト整備仕様をまとめ、液化水素供給設備の調達を行った。
- ・ **2024年4月**の小規模液化水素漏液試験実施に向けて、試験計画の作成、実験装置の調達を行った。

1. 事業の位置付け・必要性

- ◆ 大量漏洩・拡散等影響評価のためのシミュレーション手法確立
- ◆ 影響評価結果を踏まえた保安基準（流出防止措置、保安距離の設定方法）についての見直し・整備

(背景)

水素の社会実装に向けて大規模水素サプライチェーンの構築のために国内受入基地の貯槽の大型化が不可欠

- ◆ 現在、商用化に向けて世界初の大型液化水素貯槽（5万m³クラス）の実証設備が設置予定。更なる大型化も視野
- ◆ 安全の確保するために大型液化水素貯槽から万が一液化水素が漏洩した場合の影響評価手法やそれを踏まえた保安基準の整備検討を要する

(課題)

- ◆ 平底円筒形貯槽による液化水素の大量貯蔵はこれまで想定されておらず、基準検討のための液化水素漏洩挙動等データが不足



国内最大の液化水素貯槽
2,500m³の球形貯槽



50,000m³の平底貯槽



防液堤と大型平底円筒形貯槽₃の例（LNG貯槽）

※1 川崎重工WEBサイト (https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20201203_1.html)
※2 大阪ガスWEBサイト (https://www.osakagas.co.jp/company/efforts/rd/topic/1191156_45128.html)

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発のスケジュール

	FY2023			FY2024				FY2025					
	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		
(1) 大規模液化水素貯槽の漏洩等シナリオの選定等	← 事故、漏洩シナリオ選定 →			← 防災設備実態調査、水素爆風圧文献調査 →									
(2) 液化水素の漏洩・拡散及び火災等の実証試験による科学的データの獲得		★SG審査											
① 小規模漏洩試験：解析用基礎データ取得		← 設備製造 →		← 試験 →		★蒸発速度獲得							
② 大規模漏洩試験：解析結果の検証													
③ プール火災試験：解析結果の検証													
(3) 環境影響評価シミュレーションモデルの開発													
① 予備解析													
② 小規模試験データを活用した解析、大規模モデルの構築							★大規模モデル						
③ 実規模モデルの構築													★実規模モデル構築
(4) 保安基準の見直し案の作成													
① 液化水素に適用されるK値、防液堤容量の検証													
② データを踏まえた基準案整備													★保安基準素案
有識者委員会			○	○		○	○		○	○	○		★とりまとめ

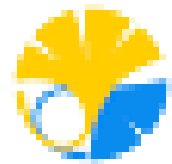
2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の実施体制：**産官学と連携**

本事業の有識者委員会

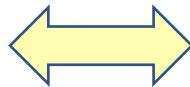
- 学識経験者（爆発安全、流体解析・燃焼実験における専門家）
 - 自治体（液化水素貯槽設置自治体）
 - 電気、ガス事業など輸入基地を整備する業界団体
 - 貯槽メーカー、エンジニアリング関係団体
 - 水素バリューチェーン推進協議会(JH2A)
- ※オブザーバとして、METI水素・アンモニア課、産業保安企画室、消防庁等の当局関係者

付議・報告   承認・意見



東京大学

- 試験設備
共同整備



連携



高圧ガス保安協会
The High Pressure Gas Safety Institute of Japan


調査、研究総括



実験、データ解析

YNU YOKOHAMA
National University


シミュレーション


報告 

高圧力技術協会(HPI)/
高圧水素技術専門研究委員会

- 大学、企業研究者の委員会

研究への
意見

業界意見 

報告 

JH2A規制委員会

- 産業界の要望集約

3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況：保安距離の見直しに向けた調査

➤ 保安距離の期待値の検討：液化水素のK値を決定し保安距離を評価

保安距離算定式（新設の場合） $X = 0.576 \sqrt[3]{K \cdot W}$

W=貯蔵能力の平方根

K=フラッシュ（気化）率 × 爆発係数 × 貯蔵物の発熱量 × 10³

$\frac{\text{漏洩した液化ガスが瞬時に気化する量}}{\text{液化ガスの漏洩量}}$

$\frac{\text{爆発に寄与する量}}{\text{漏洩した液化ガスが瞬時に気化する量}}$

貯蔵する物質、貯蔵温度、貯蔵圧力に依存
 ▲現行基準では
 水素のフラッシュ率 **1.0（気体を想定）**
 （LNGは温度により、～0.66）

貯蔵する物質に依存：
 水素 0.1 (10%)
 メタン 0.06 (6%)

（参考比較）

50,000m³の貯槽からの保安距離

✓ 水素 約319 m

✓ LNG 約159 m

現行規制基準上のK値（×1000）

水素	2860		
常用の温度	All		
メタン	143	357	714
常用の温度	T<-110	-110≦T<-80	-80≦T
プロパン	178	328	497
常用の温度	T<10	10≦T<40	40≦T<70
			Etc.

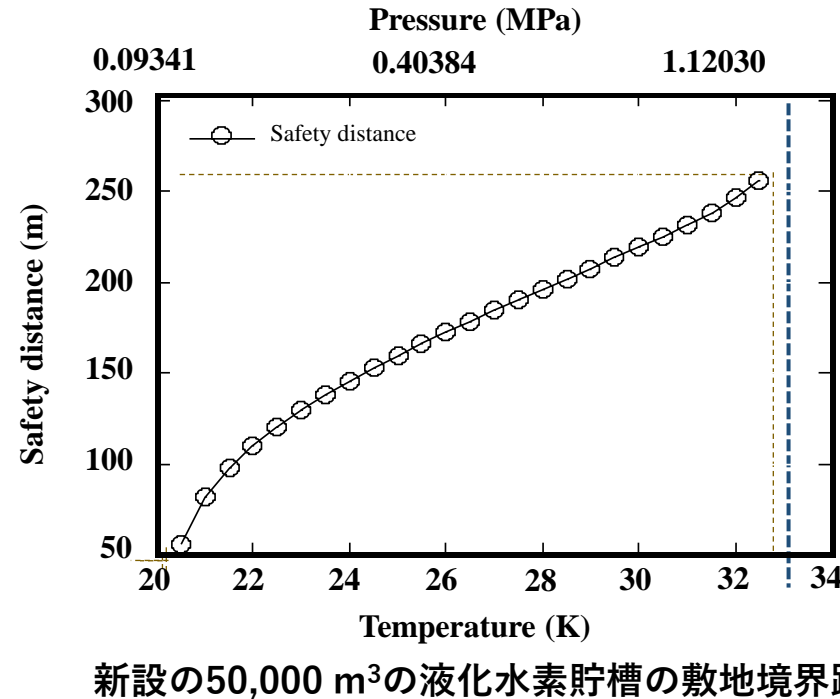
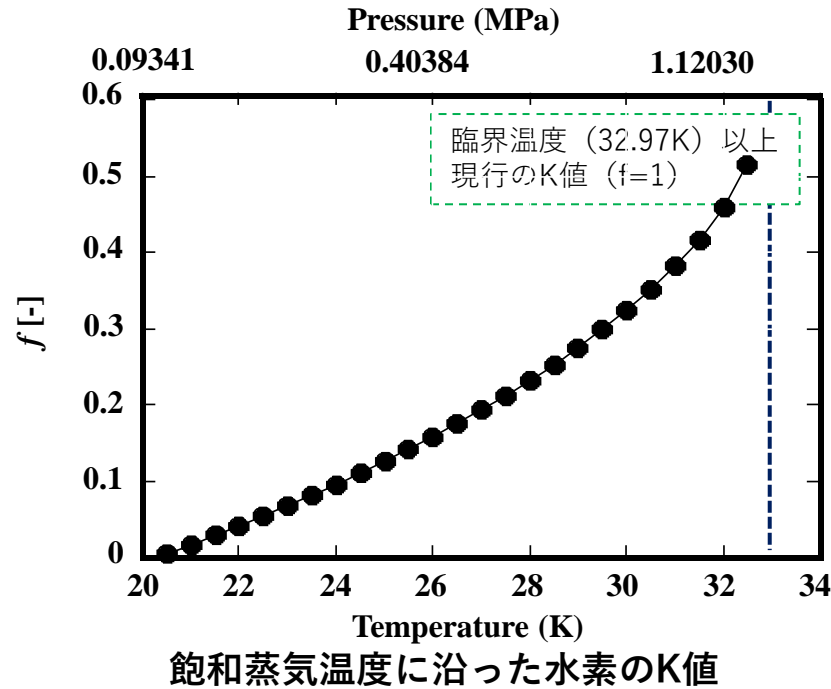
出典 コンビナート等保安規則

3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況：保安距離の見直しに向けた検討

- 液化水素のK値、貯槽保安距離の試算
- 実験データを踏まえて要検証

- ・ **K値の決定**：貯蔵温度、圧力条件に基づくフラッシュ率計算値を基に気化データを踏まえ妥当性を評価
- ・ **保安距離の評価**：漏洩時の拡散距離、着火時の輻射熱、爆風圧のデータから総合的に評価



○貯蔵温度（大気圧沸点）から臨界温度未満(32.5Kとした)で算定した結果

55mから255mまで
(LNG 159 m)

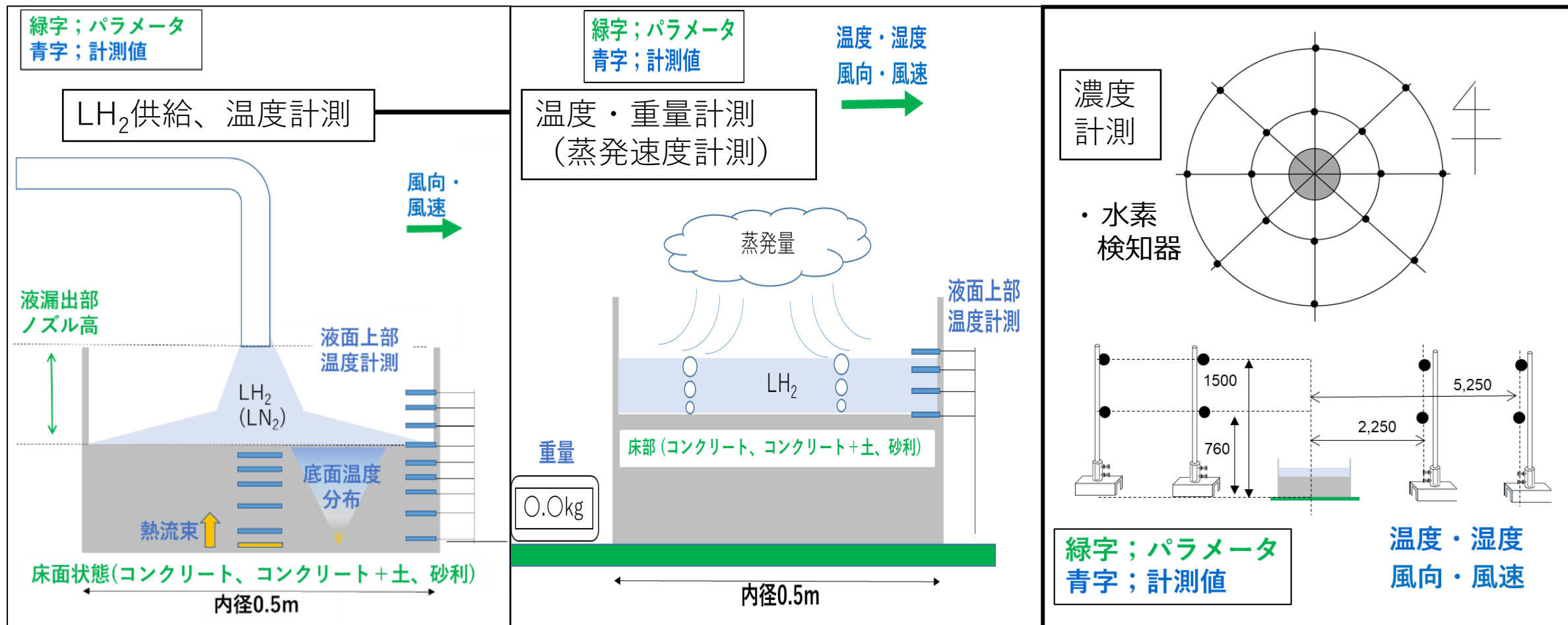
※貯蔵温度を踏まえて
K値を検討し、**算定される
保安距離の妥当性について
実証データを踏まえ検証**

物性値(本研究ではREFPROP(NIST)を利用)から算定した温度条件別のK値と保安距離

3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況：小規模LH₂漏洩実験計画

- 大規模試験における拡散分布の計測方法などに対する予備試験。
- 極低温状態の液化水素が防液堤に漏出した場合の気化現象の把握。
- シミュレーションパラメータとしての気化速度の入手、蒸気流の定性的な把握
- 地盤（コンクリート、土、砂利）からの伝熱特性、液化水素の沸騰状況の把握



3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況：小規模LH₂漏洩実験計画

供試体 (φ500mm, 高さ450mm)

- ・コンクリート製容器
- ・底部：コンクリートの他、砂利、土の3条件
- ・熱電対の位置：中心部と3方向(120°)の4点において、底部深さ方向に複数設置

コンクリート底



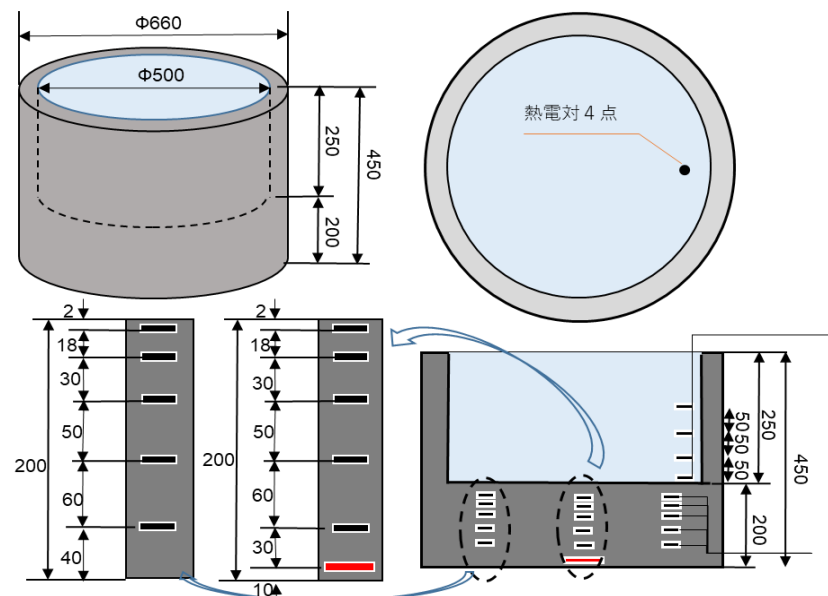
砂利底



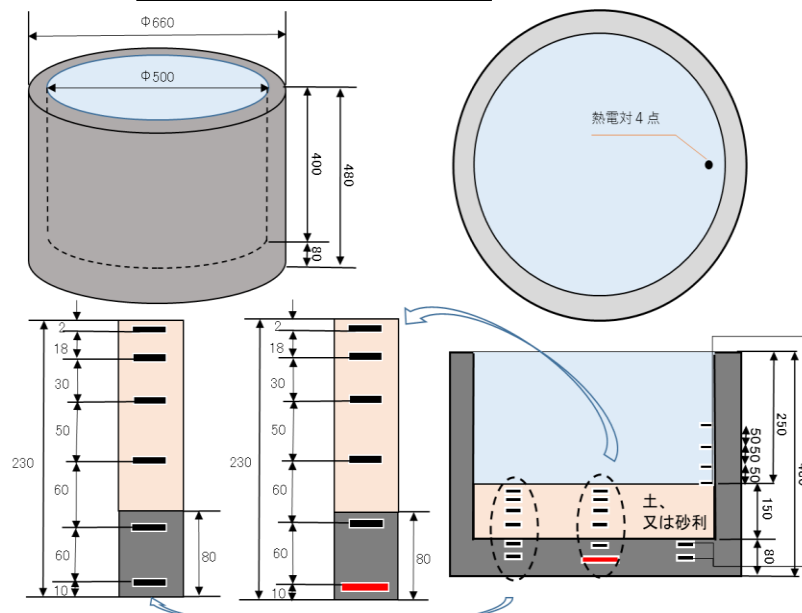
土底





コンクリート底用供試体



砂利底・土底用供試体

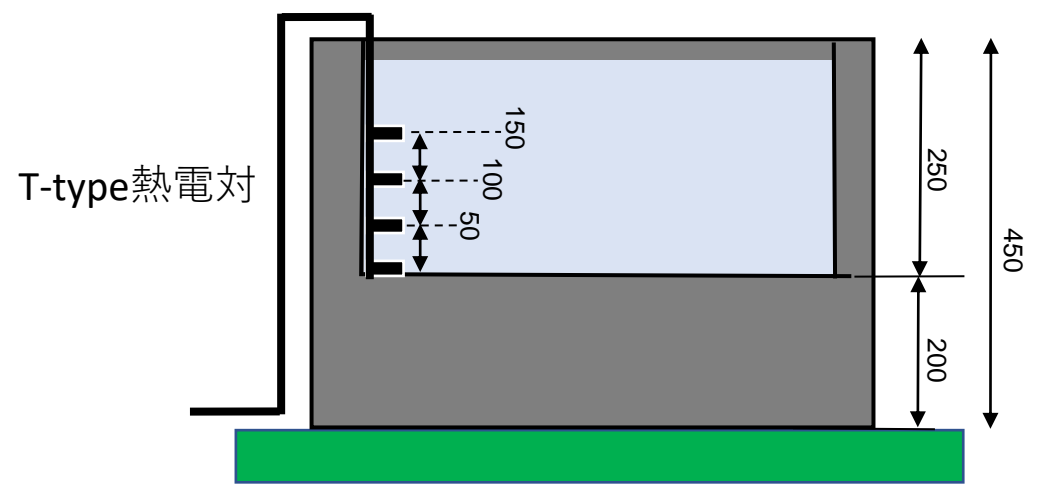
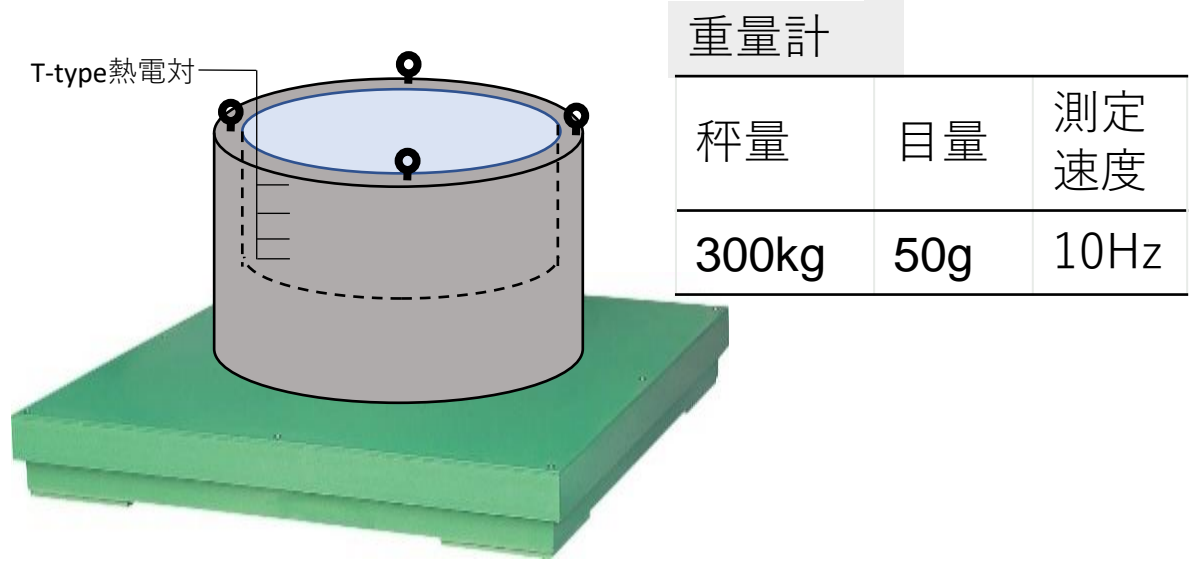


 T-type 熱電対
 薄膜熱流束センサー
 (CHF-FHF05-M)

3. 研究開発成果について

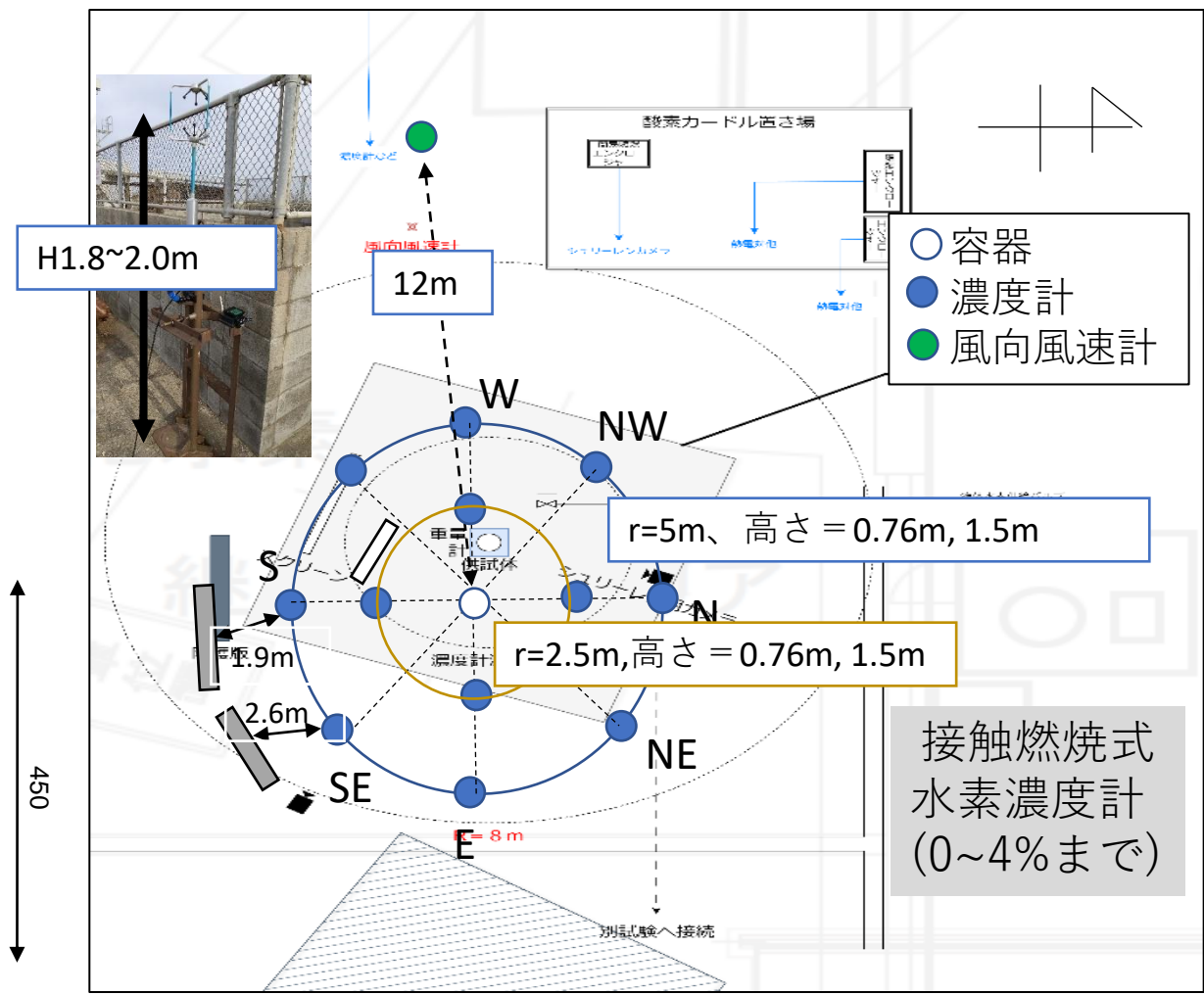
- 研究開発の目標及び進捗状況：小規模LH₂漏洩実験計画

蒸発量計測



熱電対設置計

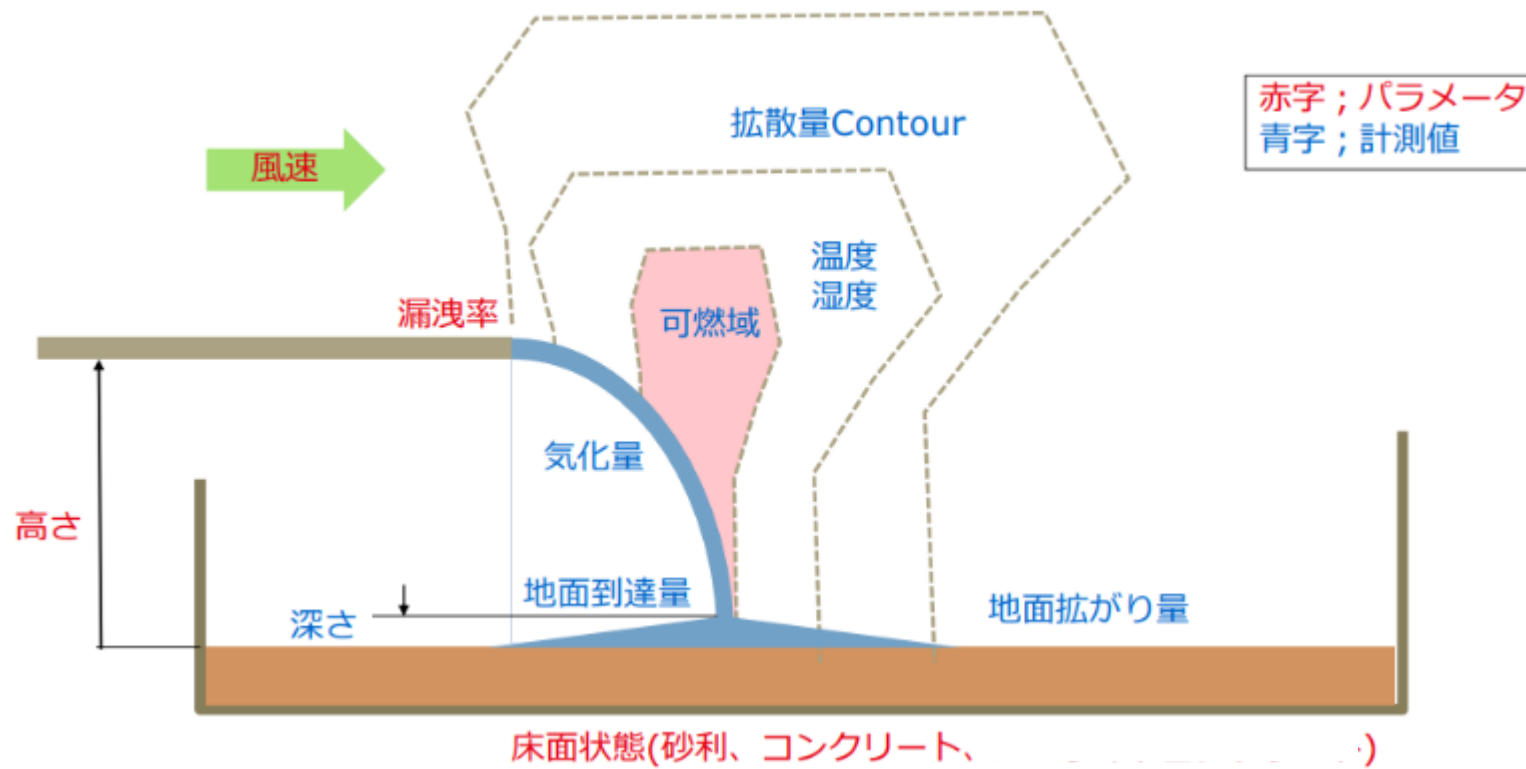
水素濃度計及び風向風速計による水素分布計測



3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況、目標達成に向けたアプローチ
大規模試験設備の整備（試験概要）

拡散試験



燃焼、爆発試験のイメージ (DMEの試験例)

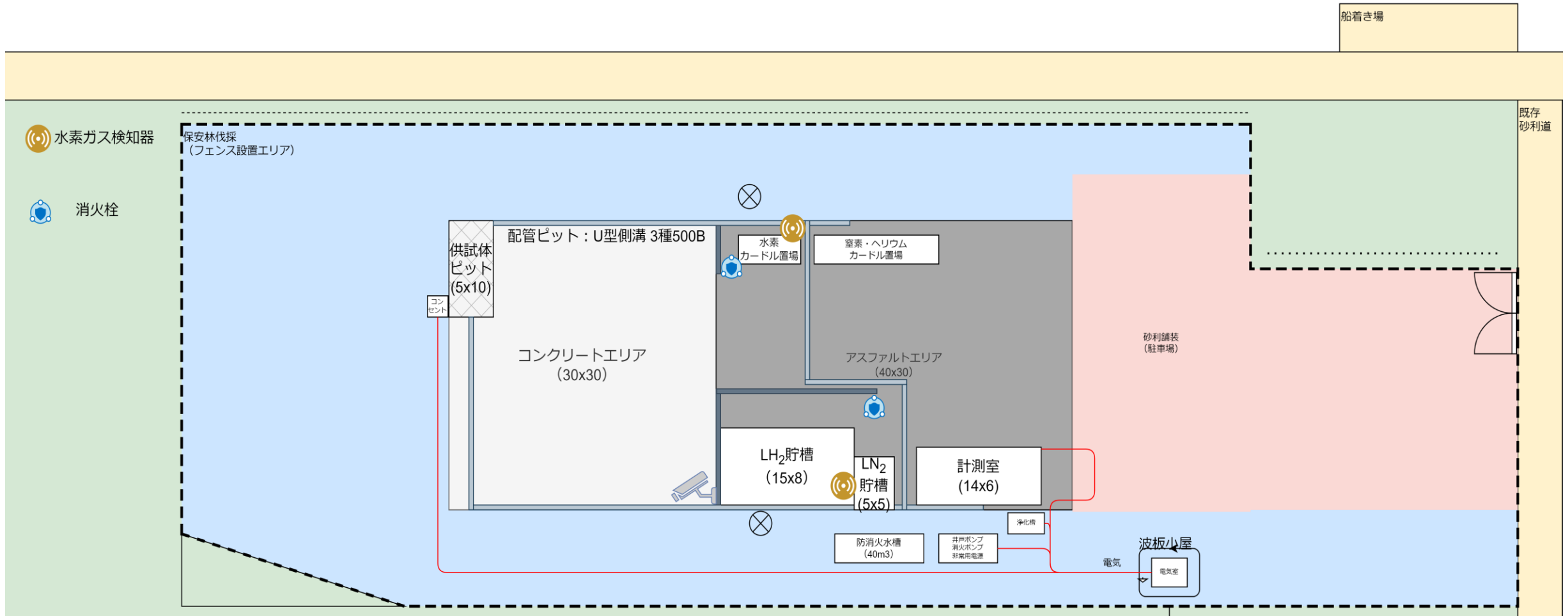


出典 ○○

3. 研究開発成果について

- 研究開発の目標及び進捗状況、目標達成に向けたアプローチ

大規模試験設備の整備



3. 研究開発成果について

- 研究開発の成果と意義

当該規模の液化水素保安に関する研究は世界的にも新しい取り組みであり、事業成果の一部は積極的に国際会議にて紹介し、日本の先行分野をPRする。

2023年度実績

- ✓ EC-Joint Research Centre with the TWG 2 and OECD Hydrogen Fuel Risks Webinar



2024年度見込み

- ✓ IEA Hydrogen Technology Collaboration Program Task 43
- ✓ World Hydrogen Energy Conference



4. 今後の見通しについて

- 実用化・事業化のイメージ①（国際標準化に向けたデータ活用）

科学的データに基づく安全な標準の普及は、安全かつ安定的な国際水素サプライチェーン構築の基礎となりうる。

液化水素貯槽に係る国際標準化の意義： 実証データに基づく先進的な安全基準を整備し、事故を未然防止すること

液化水素貯槽に係る国際標準化についての現状整理

- 大型の液化水素貯槽の設計製造、設置・運用・保安に特化した標準は存在しない。
- 他方、**ISO/TC 220**では、極低温貯槽の設計・施工に関する検討グループ（WG1）、設置・保安に関する検討グループ（WG2）があり、WG2において液化水素を適用範囲に含む基準（ISO 21009-2:2015 Cryogenic vessels — Static vacuum insulated vessels — Part 2: Operational requirements）が整備されている。しかしその想定貯蔵規模は数十m³程度を想定したものとみられる。
- ISO/TC 220はISO/TC197（水素技術）ともリエゾン関係にあり、情報共有がなされている。

4. 今後の見通しについて

● 実用化・事業化のイメージ②（液化水素試験施設としての幅広い活用を期待）

- ✓ 本事業で整備する試験エリアの設置場所は、バースト試験時でも十分な安全が確保できるように選定。
- ✓ そのうえで、今後の拡張性も考慮して試験エリア内の主要機器レイアウトを検討した。
- ✓ 大規模な液化水素試験（ローディングシステムや貯槽技術に関する試験、安全技術に関する試験など）などのハイリスク試験需要に対応

