

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 2025年7月15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

【2024年度】

- ✓ 防液堤を模擬したコンクリート容器における液化水素の沸騰・蒸発現象を把握し、シミュレーションに必要な熱流束及び蒸発速度データを入手
- ✓ 実験データを基にした大規模実験のシミュレーションモデルを構築
- ✓ 液化水素の漏洩シナリオに沿った液化水素漏洩実験を実施するための計画及び大規模実験施設を整備

1. 事業の位置付け・必要性

- ✓ 日本では世界に先駆け、大型液体水素(LH₂)貯槽設置予定(50,000 m³ 規模)
- ✓ 例のない大型LH₂貯槽を設置する際、安全基準の検討、既存基準の見直しの検討が必要
- ✓ 基準の検討にあたり、万が一のLH₂大規模漏洩を想定した影響評価の手法を確立する必要
- ✓ 影響評価のために科学的データが必要

(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
- ◆ 安全確保の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）

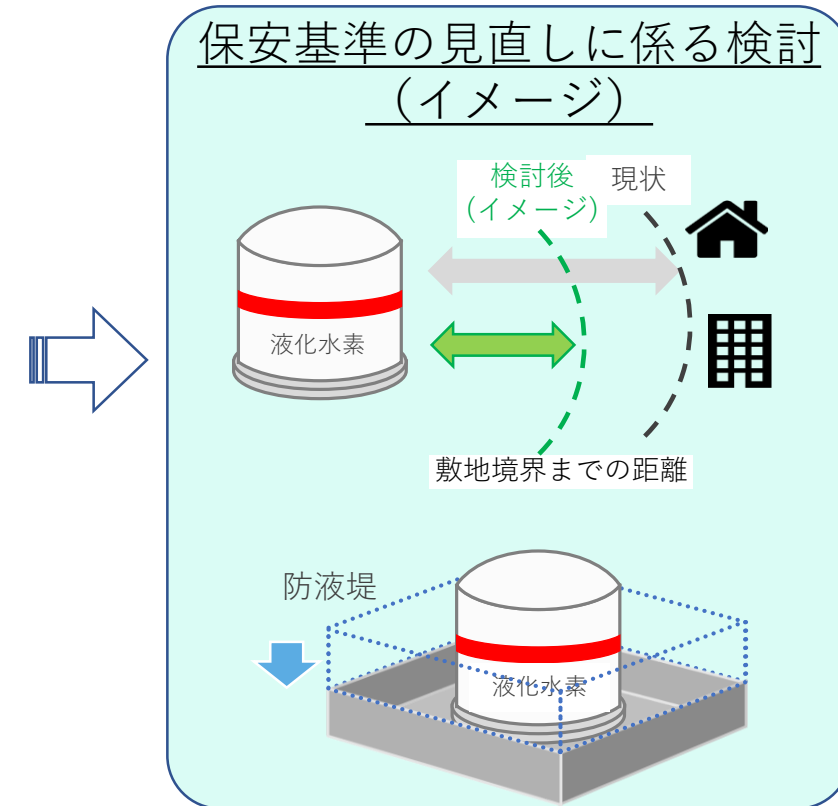
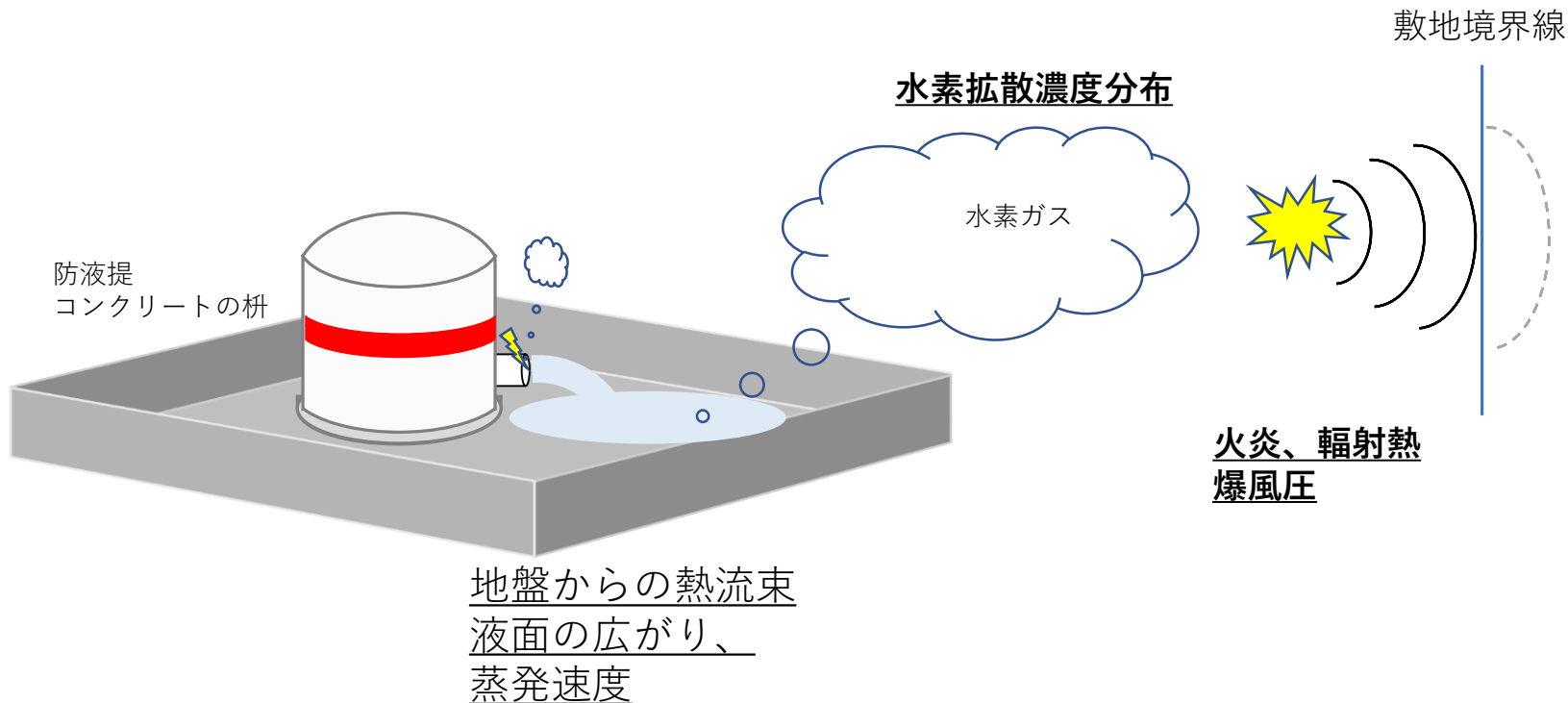
※1 川崎重工WEBサイト (https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20201203_1.html)

※2 大阪ガスWEBサイト (https://www.osakagas.co.jp/company/efforts/rd/topic/1191156_45128.html)

本事業の研究課題

- ✓ 【研究課題①】 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
- ✓ 【研究課題②】 安全性評価のための科学的データの取得
- ✓ 【研究課題③】 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）の見直し・整備に資する情報整理

予想される大型貯槽からのLH₂漏洩に伴う災害想定と影響評価の対象



※図は要望等を踏まえた合理化のイメージ
データを踏まえて慎重な検討を要する

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)

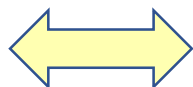
※オブザーバとして、METI水素・アンモニア課、産業保安企画室、消防庁等の当局関係者

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



YNU YOKOHAMA
National University

調査、研究総括

実験、データ解析

シミュレーション

報告 



研究への
意見

業界意見 



報告

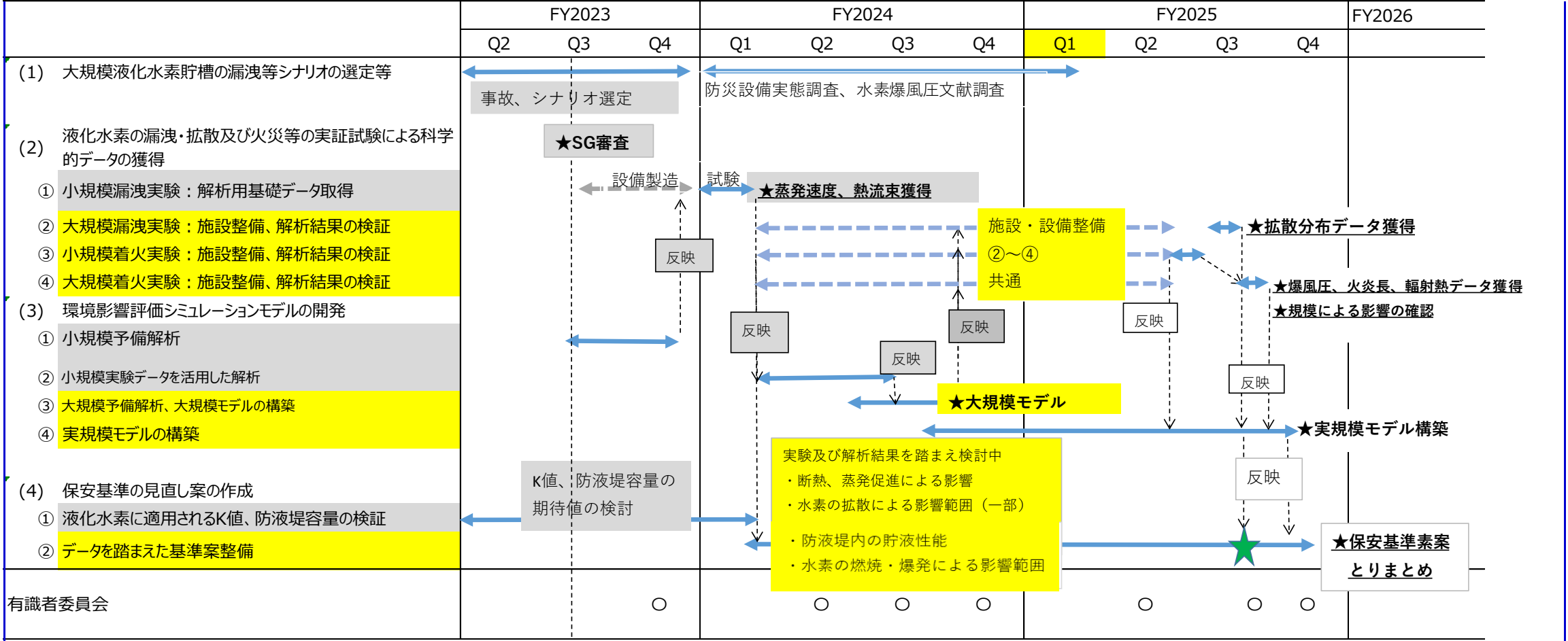
**高圧力技術協会(HPI)/
高圧水素技術専門研究委員会**
・大学、企業研究者の委員会

JH2A規制委員会

・産業界の要望集約

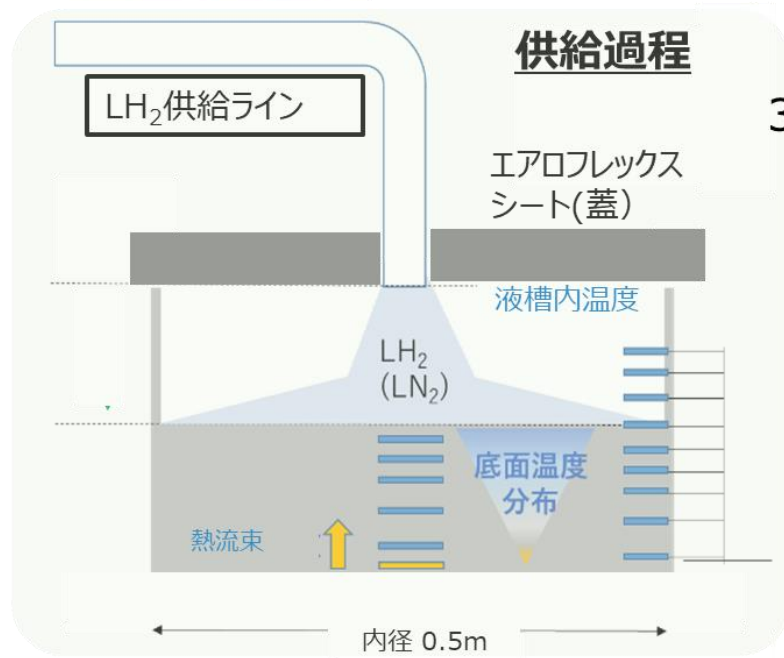
スケジュール

- ✓ 現行技術基準に基づき、液体水素貯槽の保安距離の理論値を試算
- ✓ **小規模実験によるシミュレーション及び基準検討に必要な基礎データの取得（蒸発速度、熱流束）**
- ✓ 大規模実験のための施設整備及び実験計画の検討

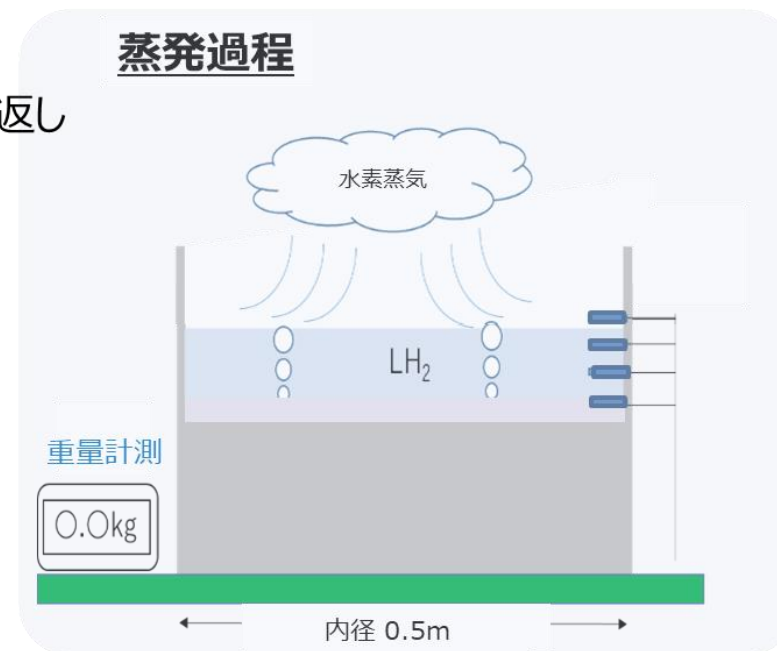


小規模実験によるデータ獲得

- ✓ 液化水素が防液堤に漏出した場合の貯液性能の定性的把握
- ✓ 蒸発速度、熱伝導特性、沸騰現象の把握



3回繰返し



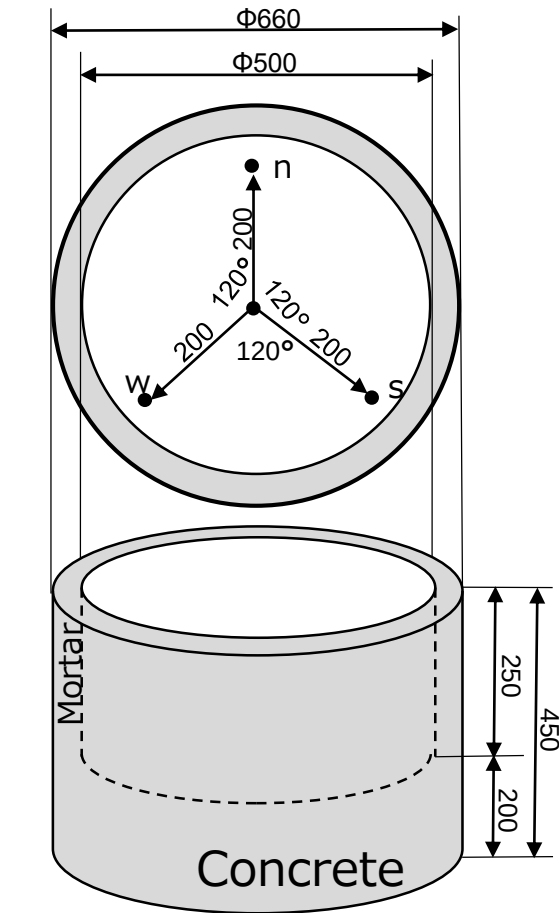
供試体

✓ 底部材料による蒸発・沸騰特性を評価



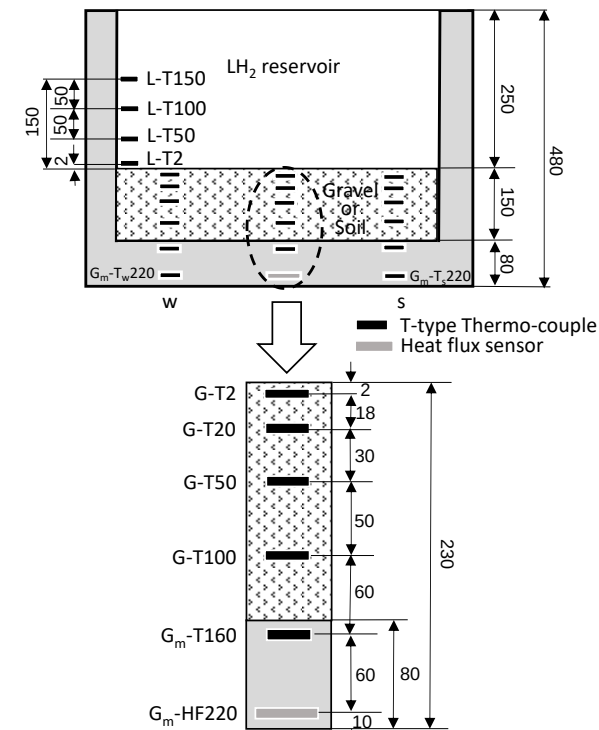
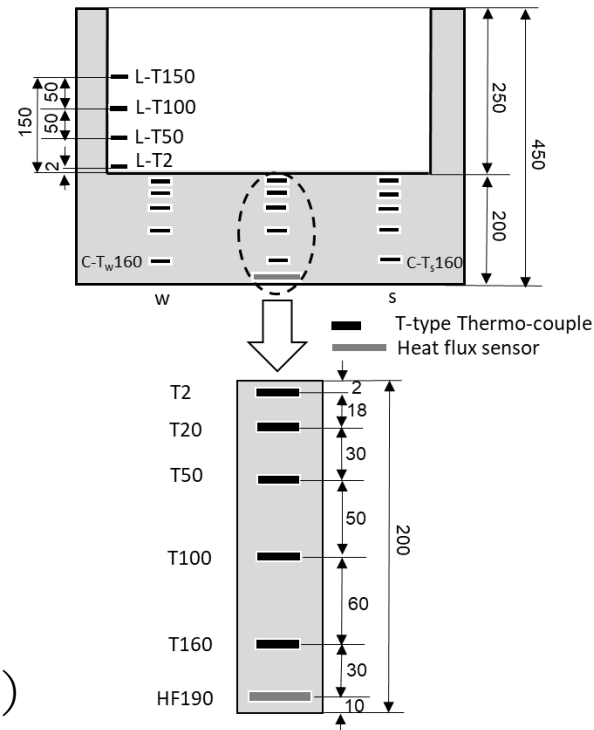
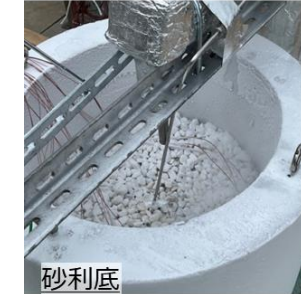
重量計測：ひょう量300 kg
 ※最大LH₂容量：49.1 L
 (重量：3.47kg)

(供試体の製作)
 能代電設、三商物産



(内径500mm, 高さ450mm)

底部材料及び温度計測器の設置場所



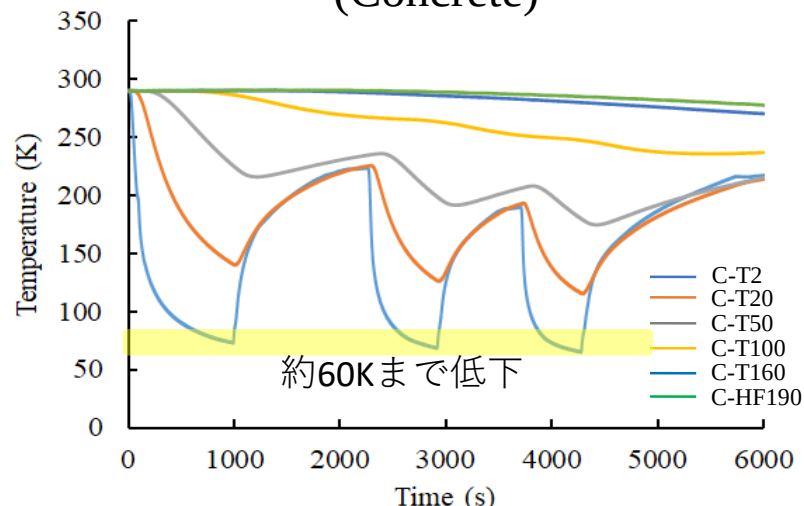
温度計測：中心部と3方向(120°)の4点、底部深さ方向に熱電対を複数設置

小規模実験の成果概要：温度計測

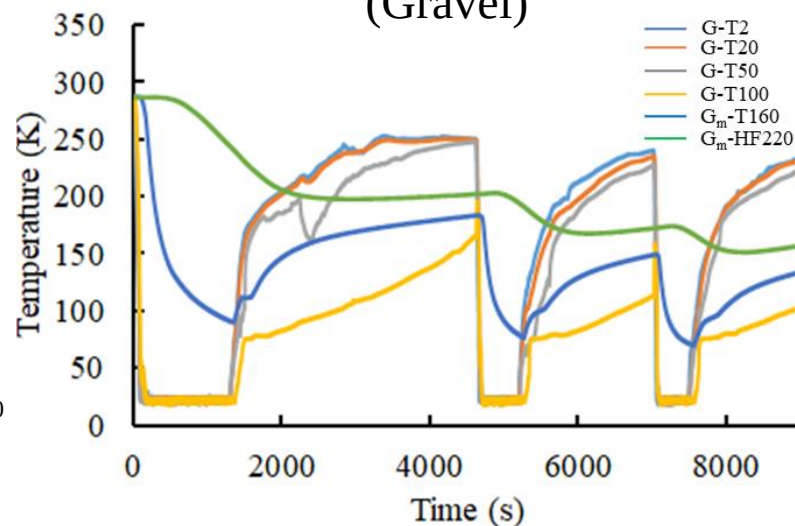
- ✓ いずれもコンクリート容器の有害な損傷なし、また、貯液を確認
- ✓ 3回送液後、コンクリート底の温度は一定に至らず非定常な状態
- ✓ 砂利・土底には液化水素が侵入したのちに蒸発

底部の温度分布の時間変化

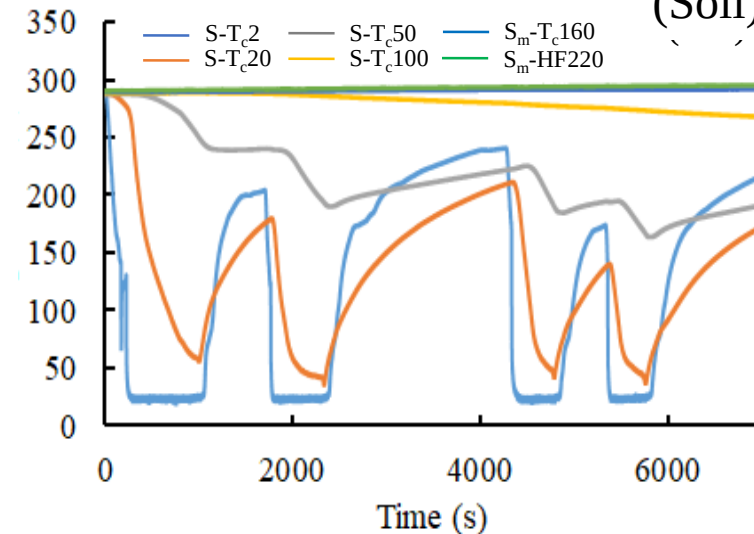
(Concrete)



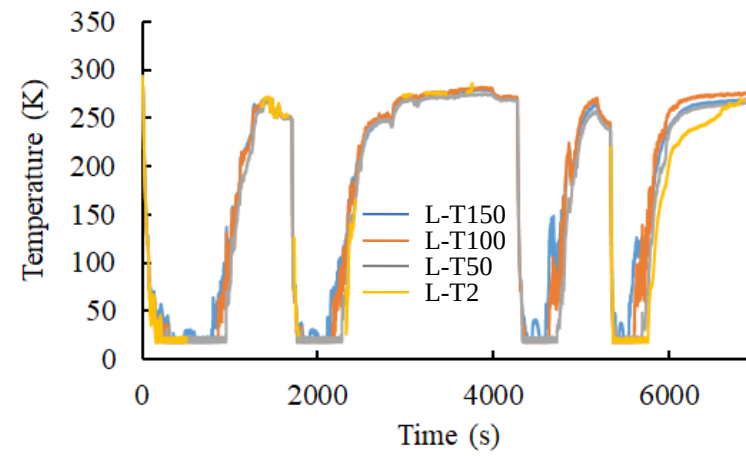
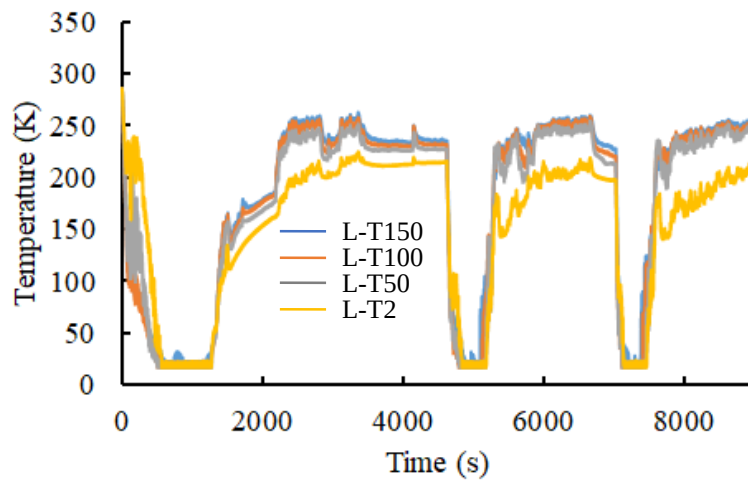
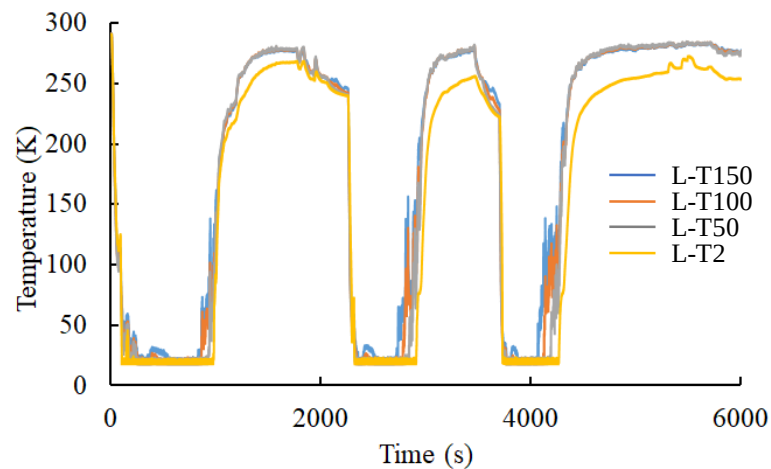
(Gravel)



(Soil)



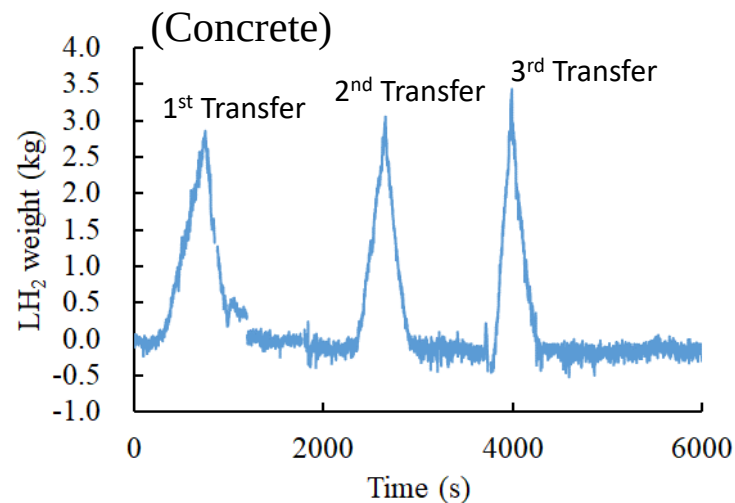
液槽内の温度分布の時間変化 (K)



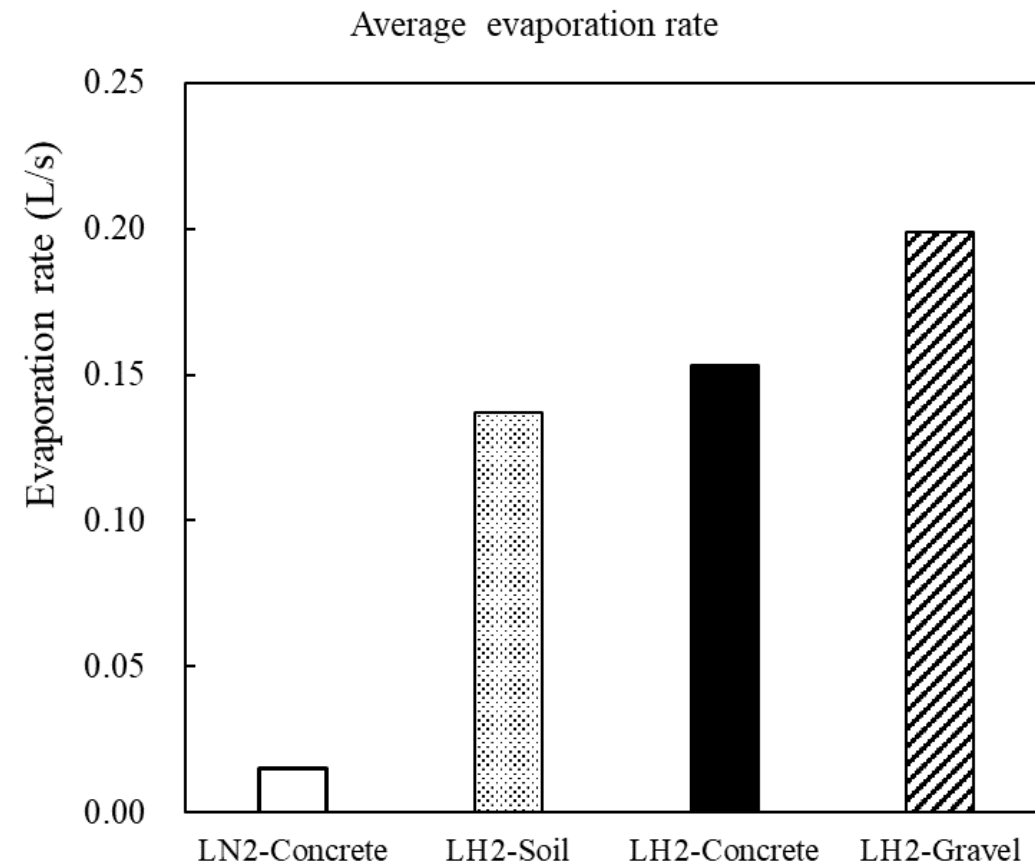
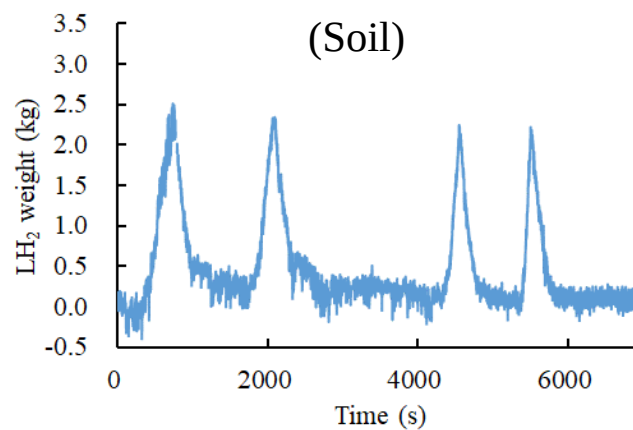
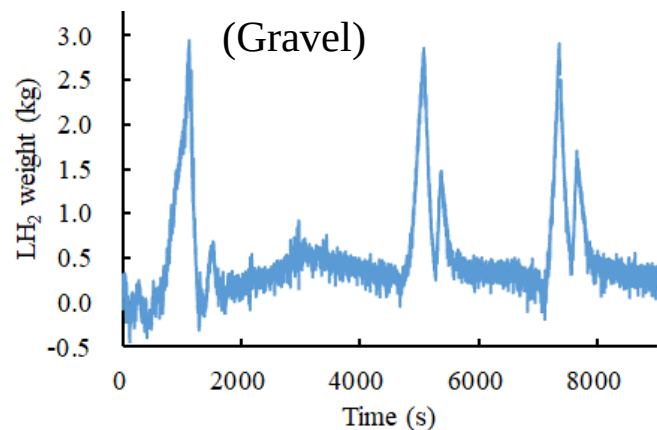
小規模実験の重量計測結果及び蒸発速度概要

- ✓ LH₂平均蒸発速度: 砂利底 > コンクリート底 > 土底
- ✓ コンクリート底では、0.16 L/sであり、LN₂の約10倍

LH₂重量(kg)の時間変化

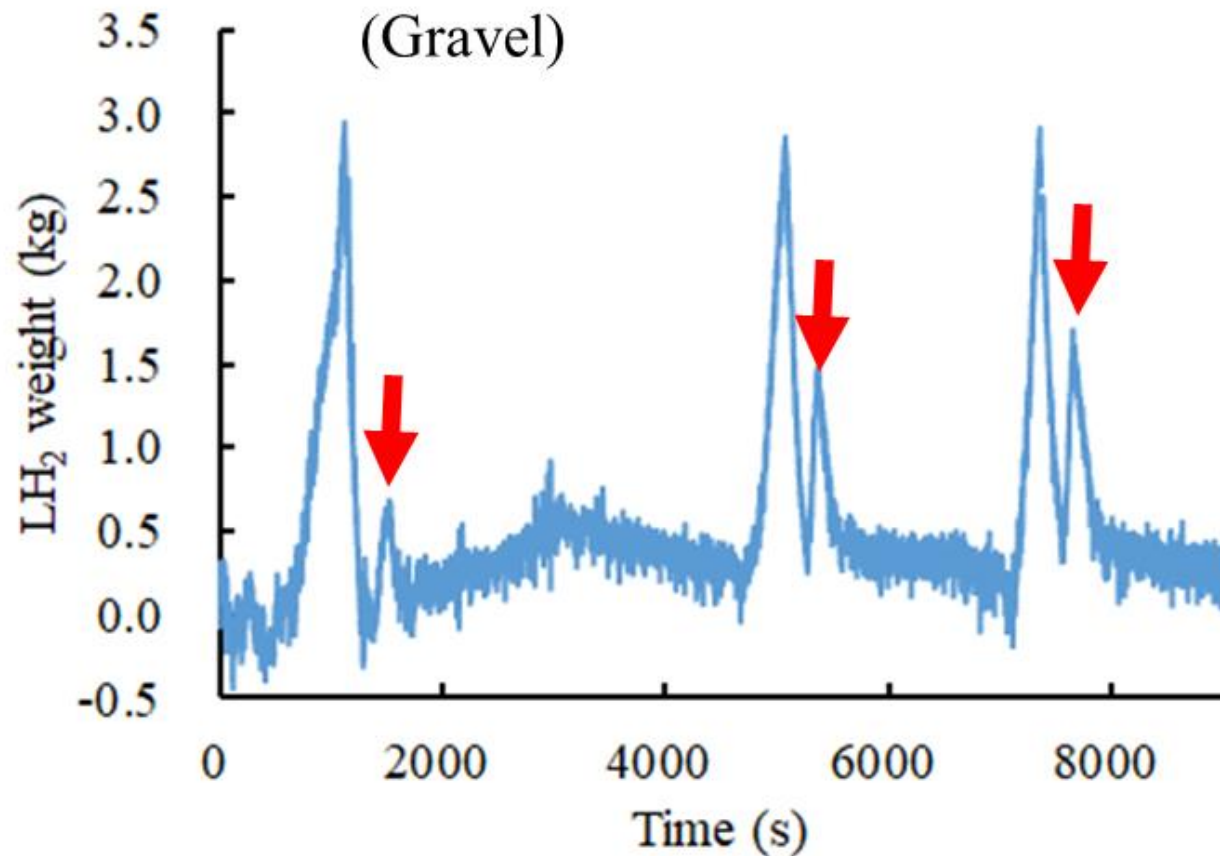


○平均蒸発速度で比較
液面が液槽部に取り付けた熱電対(底部から高さ150 mm)を通過した時点の液化水素重量を重量がゼロになるまでの時間で除した値

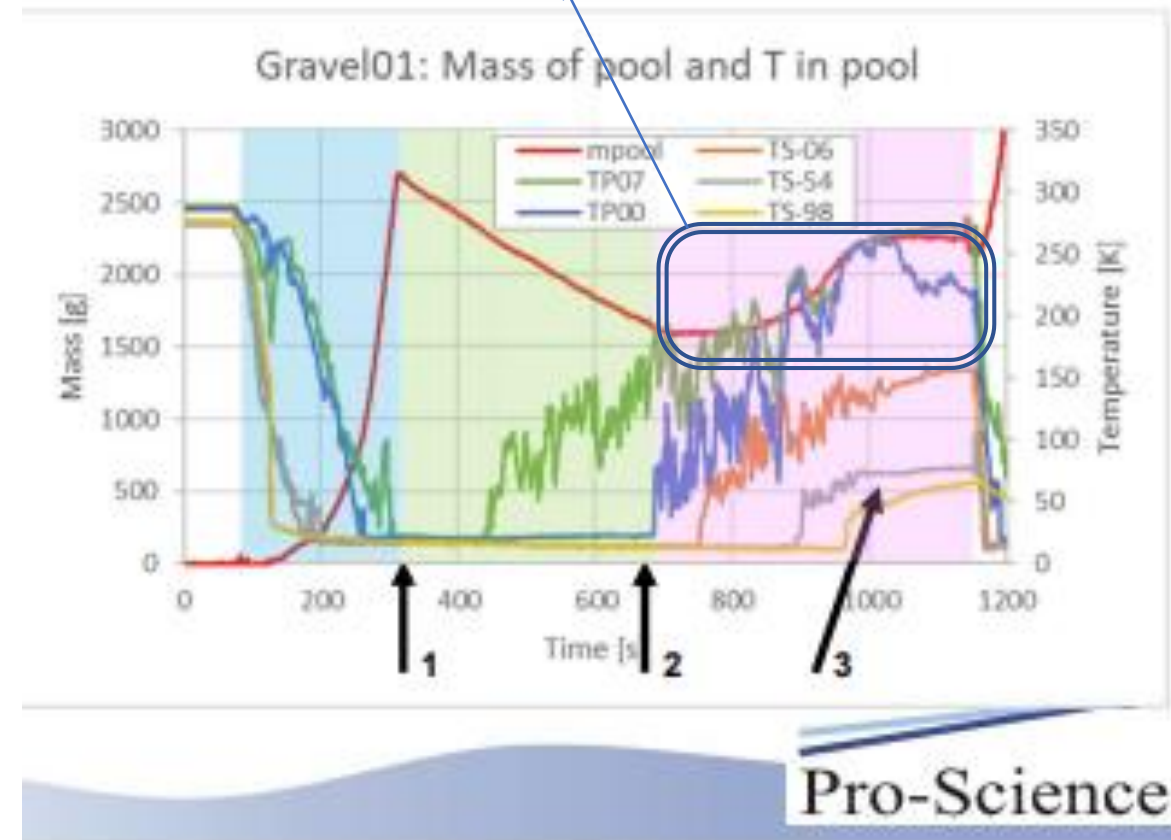


砂利底容器内における液体空気の形成

- ✓ 砂利底の重量計測結果のみ、 LH_2 重量ピークの直後に別の重量ピークを確認
- ✓ 当該ピークは保冷された砂利層の空隙に液体空気が形成（重量増加）され、その後蒸発（重量減少）したことで形成したのものと考える
- ✓ 欧州の研究で類似事例あり



重量が0になる前に重量が増加



小規模実験の濃度分布の解析結果概要

- ✓ 蒸発速度の計測結果を用いて解析条件を調整することで実験結果と矛盾しないことを確認
- ✓ 屋外実験における風のゆらぎの影響が大きく正確な濃度場をとらえるためにより密な濃度計測が必要

解析条件

4/16、3回目の実験を参考に構築

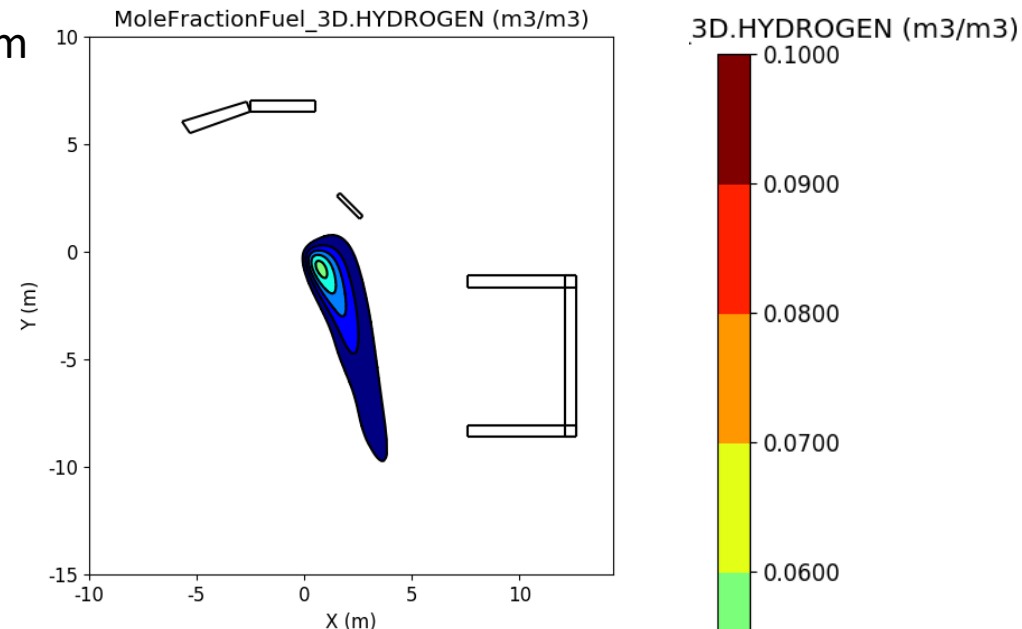
FLACSの解析条件

- 風速 1.5[m/s]
- 風の参照点 2m
- 大気安定度 D
- 流出条件 0.01[kg/s]

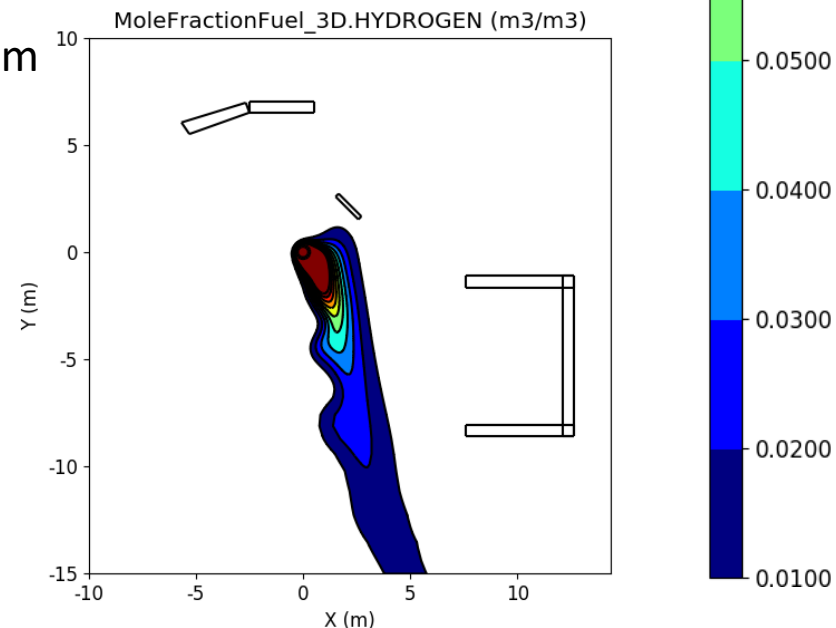
※実験結果(0.16[L/s])から計算

- 気温 288 K
- 空間
 - 30 × 30 × 30 [m]
 - 液化水素プール、建屋、防護壁(3m四方)、BOS測定用のボードを実験映像を参考に配置
- メッシュ数
 - プール近辺を2cm立方（プール直径を15分割）

高さ1.5 m



高さ0.75 m



国内外で研究成果を発表し、類似研究の実績等を踏まえ様々な専門家から頂いたご意見を踏まえて研究活動に反映
その他、セミナー講演及び高圧ガス誌などで活動広報

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



✓ IEA Hydrogen Technology Collaboration Program Task 43



✓ World Hydrogen Energy Conference



✓ 第108回 低温工学・超電導学会研究発表会



✓ 第57回安全工学研究発表会



4. 今後の見通しについて

- ✓ 防液堤を模擬して製作したコンクリート製容器内において LH_2 の冷熱衝撃による損傷等は確認されず
- ✓ 底部材料によらず、貯液することを確認
- ✓ 防液堤内における LH_2 の大量漏えいによる安全性評価のためのシミュレーションモデル構築に向けて必要な蒸発速度を取得
- ✓ 実験で取得した蒸発速度を用いて、小規模実験系をモデル化したシミュレーションを行った結果、実験結果と矛盾がないことを確認

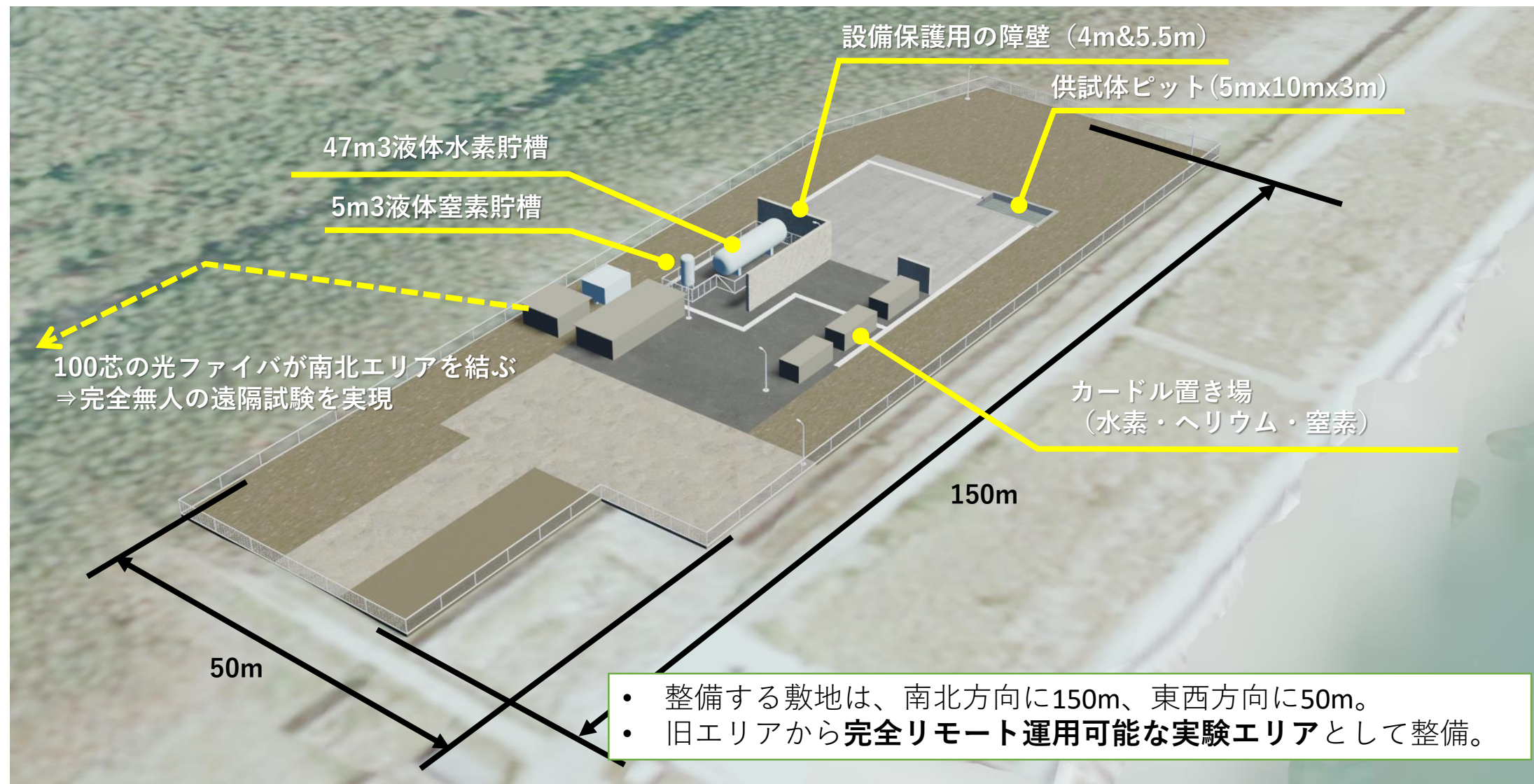
小規模実験を踏まえた大規模実験を2025年度に実施

※実験施設整備、実験計画を検討中

実験データ及びシミュレーションの結果を踏まえた技術基準の整備

参考 大規模試験施設

- ✓ JAXA能代ロケット試験場から2.5 km南方に新設（2025年8月に部分開業）
- ✓ ハイリスク試験対応：5 m×10 m×深さ3 mの供試体ピット、近隣住居から保安距離1 km以上確保
- ✓ 供給能力：47 m³液化水素貯槽



実験スケジュール

- 期間：9月から11月にかけて実施
- 内容：
 - 小規模着火実験（コンクリート容器：内径0.5 m、液槽容量50 L）
 - 大規模拡散・着火実験（コンクリート容器：2 m四方、液槽容量2000 L）

項 目	FY2024						FY2025									
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
施設整備																
実験準備	#3 委員会	 詳細計画 予備解析		#4 委員会	 調達							 現地 準備	 準備	 撤去		
大規模拡散実験 (2 m四方)											 実規模モデル予備解析		 実施		 実規模モデル解 析	
着火実験											 小規模モデル予備解析		 大規模モデル 実規模モデル 予備解析		 実規模モデル解 析	
小規模実験 (φ0.5m)												 実施				
大規模実験 (2 m四方)														 実施		



Contact

特別民間法人高圧ガス保安協会(KHK)
水素センター

Mail Tomoki.Hara@khk.or.jp

TEL 03-3436-6135