

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.602-3-07

**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：2026年7月23日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 原 知輝（高圧ガス保安協会）

*団体名 高圧ガス保安協会 （国研）宇宙航空研究開発機構 （国）横浜国立大学

問い合わせ先 特別民間法人 高圧ガス保安協会 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 : 2027年3月(2026年3月から延長)

2. 最終目標

- ・液化水素(LH₂)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
- ・LH₂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

- 小規模実験(貯液用容器の内容積 50 L)データを取得し、シミュレーションモデルとの比較検証を実施
 - ✓ 防液堤を模擬したコンクリート容器におけるLH₂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
- LH₂の漏洩シナリオに沿ったLH₂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
 - ✓ 2025年9月から部分開業
- 大規模漏洩拡散実験及び着火実験を実施（送液量約500 L/s、LH₂貯液用の供試体容器内容積 2,000 L）
 - ✓ スケールアップしたLH₂の蒸発拡散挙動を確認
 - ✓ 容器内での空気の凝縮を確認
 - ✓ 爆燃に引き続いてファイアーボールを形成する爆発現象を確認

1. 事業の位置付け・必要性

- ✓ 日本では世界に先駆け、大型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LH₂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LH₂貯槽から万が一LH₂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)

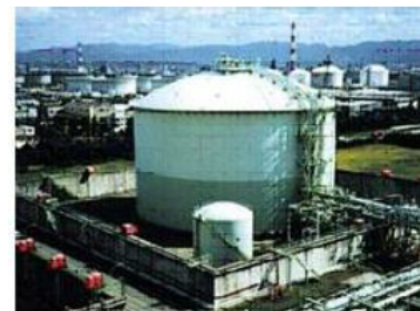
- ◆ 平底円筒形貯槽によるLH₂の大量貯蔵はこれまで想定されておらず、基準検討のためのLH₂漏洩挙動等データが不足



国内最大のLH₂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）

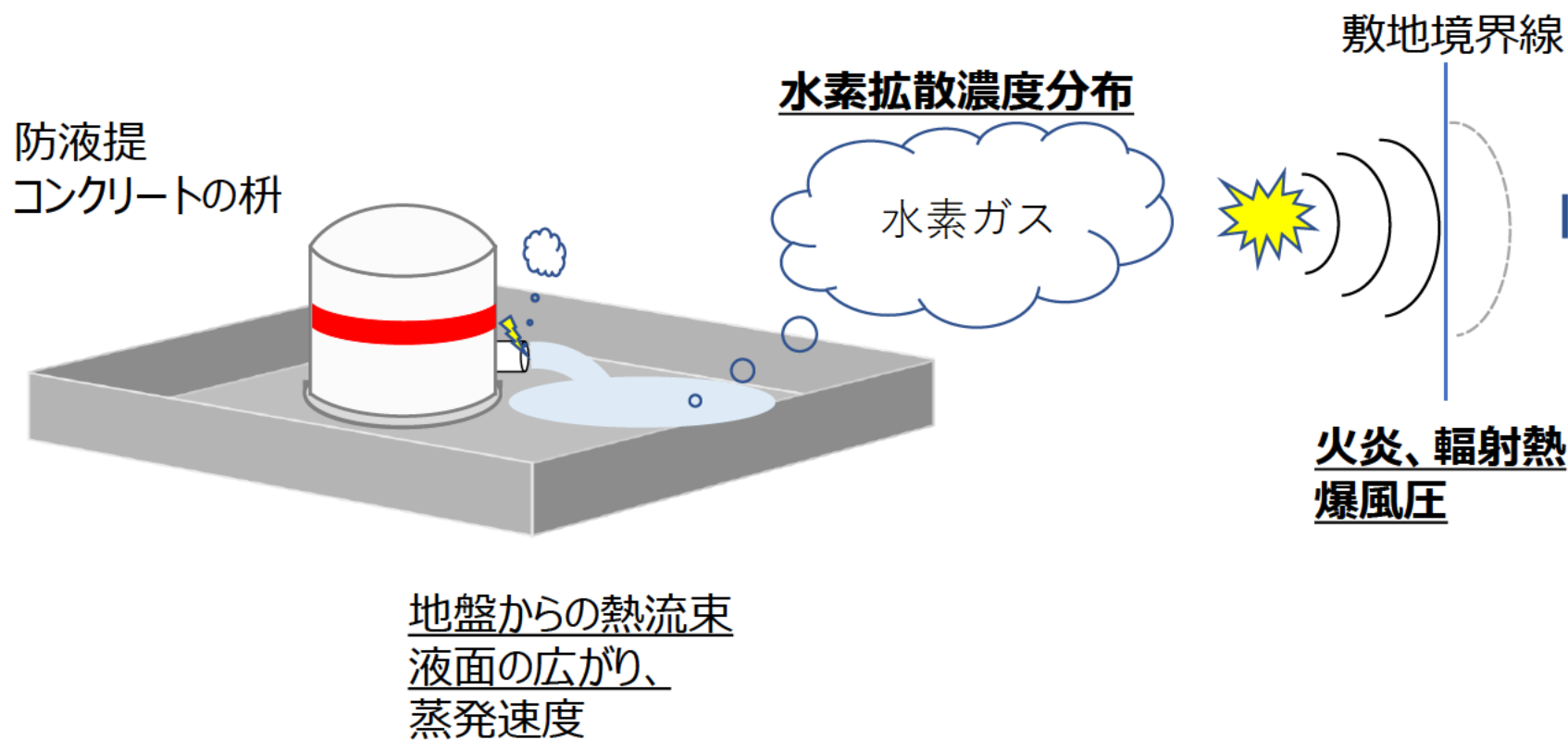
※1 川崎重工WEBサイト (https://www.khi.co.jp/pressrelease/detail/20201203_1.html)

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

1. 事業の位置付け・必要性 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



シミュレーション手法の確立

実規模モデルによる
大量漏洩の影響評価のための
シミュレーション手法を確立

保安基準の整備
KHKS化、国際標準提案

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（LH₂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 

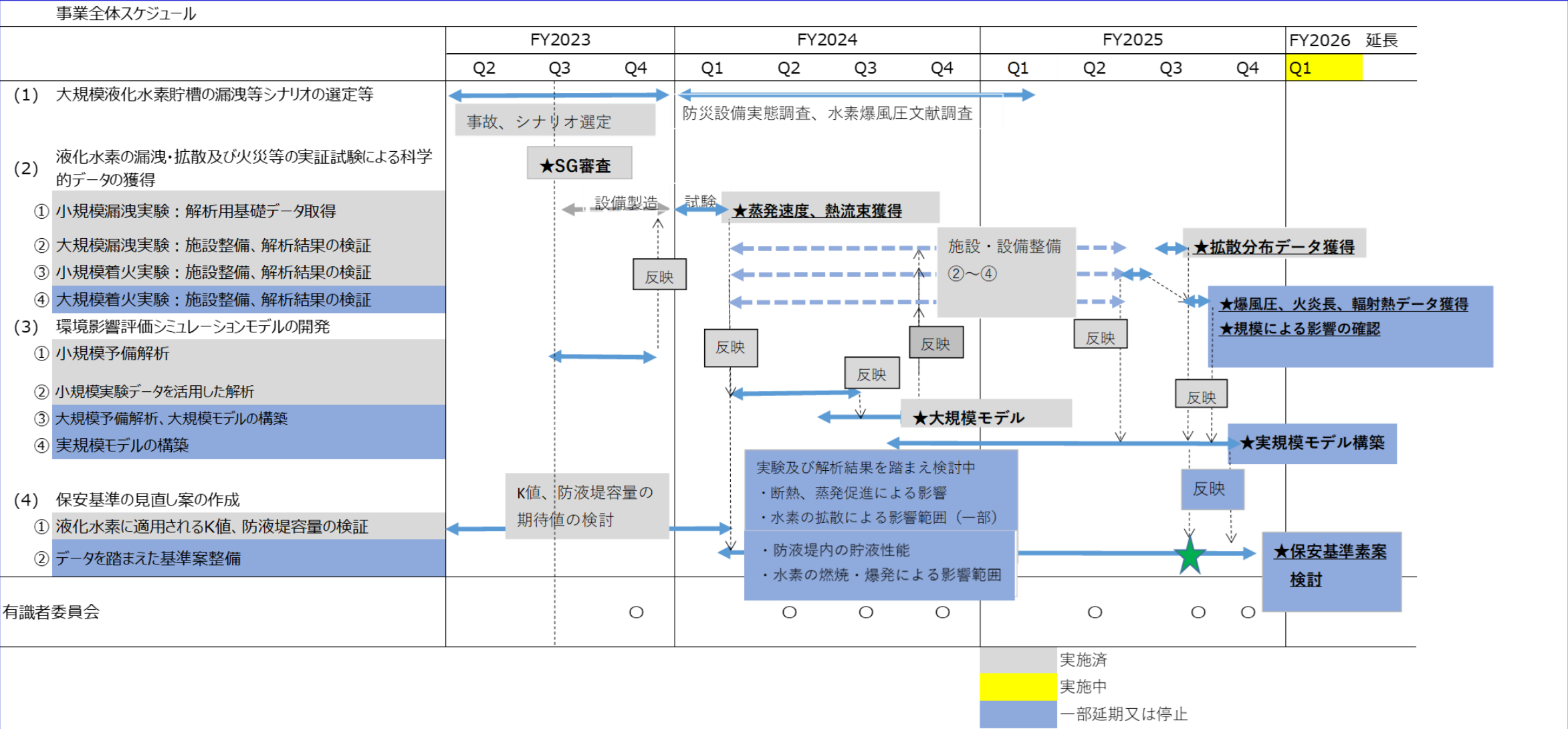
報告 

**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

2. 研究開発マネジメントについて **スケジュール**

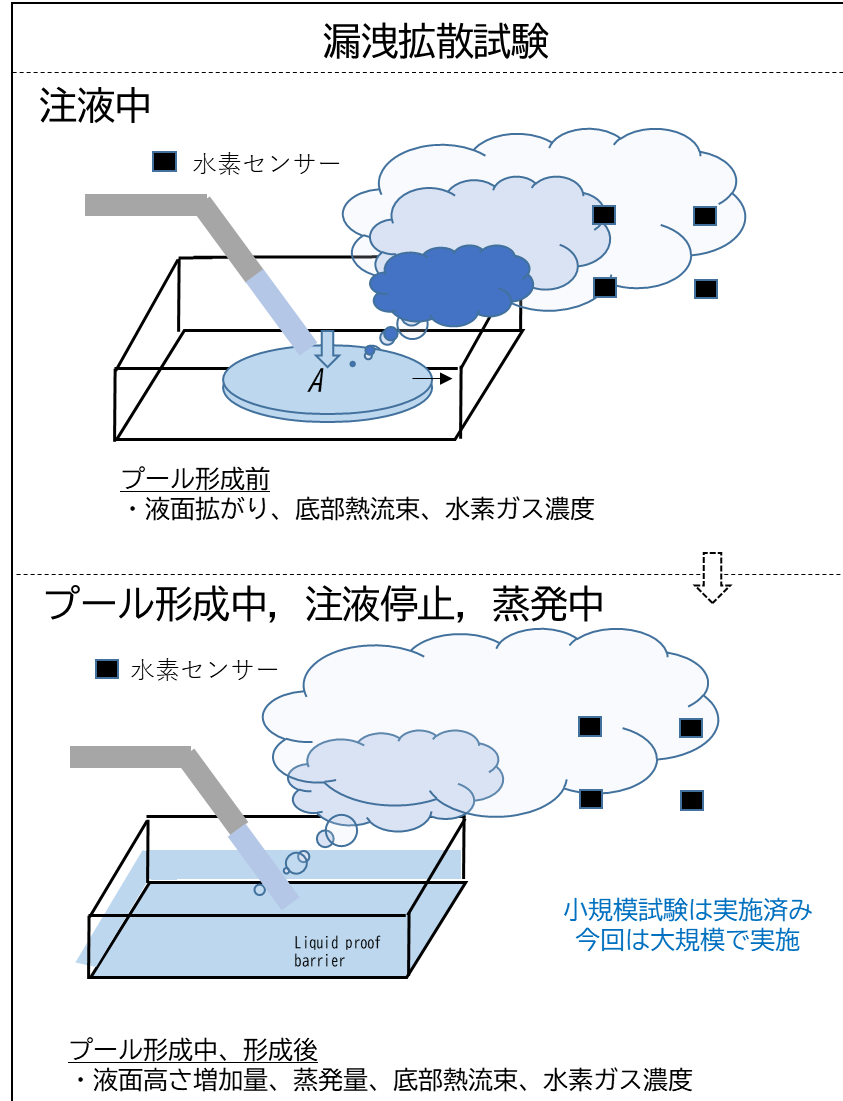
- ✓ 2025年9月から12月にかけて小規模着火実験及び大規模漏洩拡散実験、着火実験を実施しデータを取得
- ✓ 着火実験で見いだされた課題を検証するために事業期間を延長



3. 研究開発成果について

大規模実験の概要

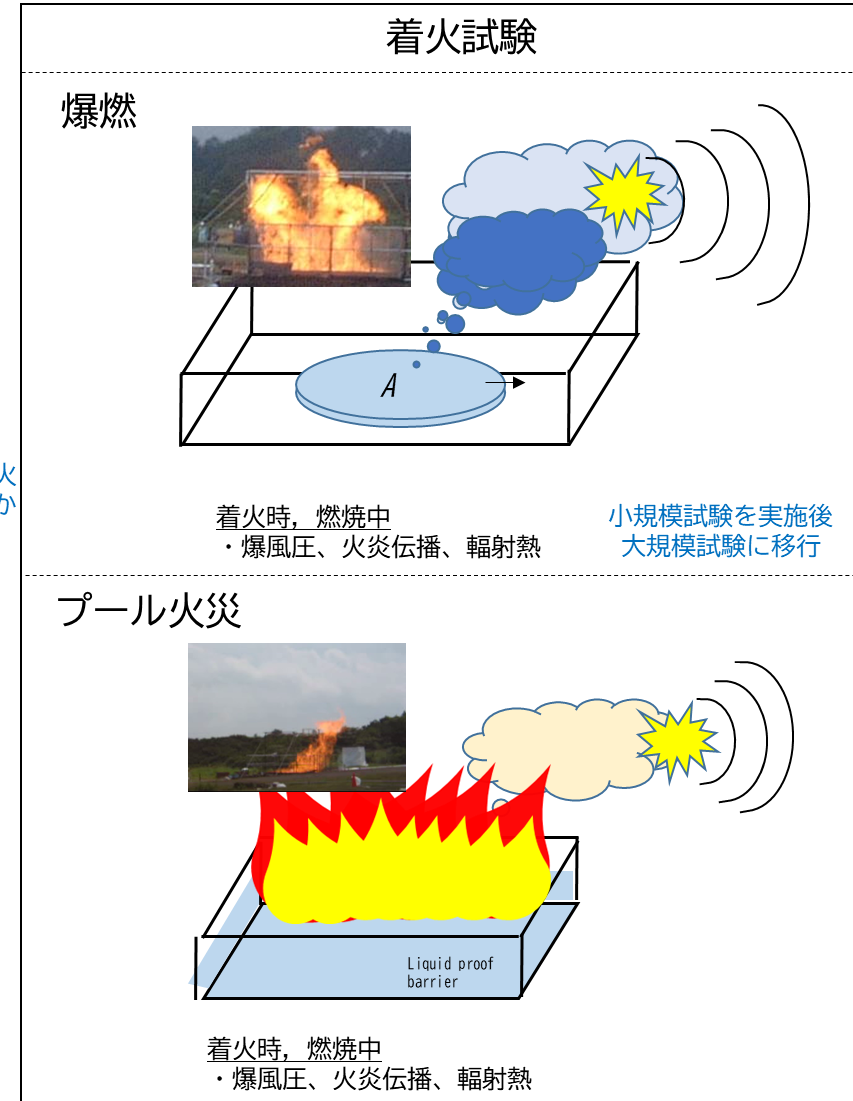
- ✓ LH₂の漏洩実験及び着火実験を実施
- ✓ 防液堤の検討データ：送液速度とプール形成の関係
- ✓ 保安距離の検討データ：可燃性水素混合気の拡散距離、着火時の輻射熱・爆風圧の到達距離を評価



どのような着火
モードになるか
も検証対象



注液停止後
点火器に
より着火

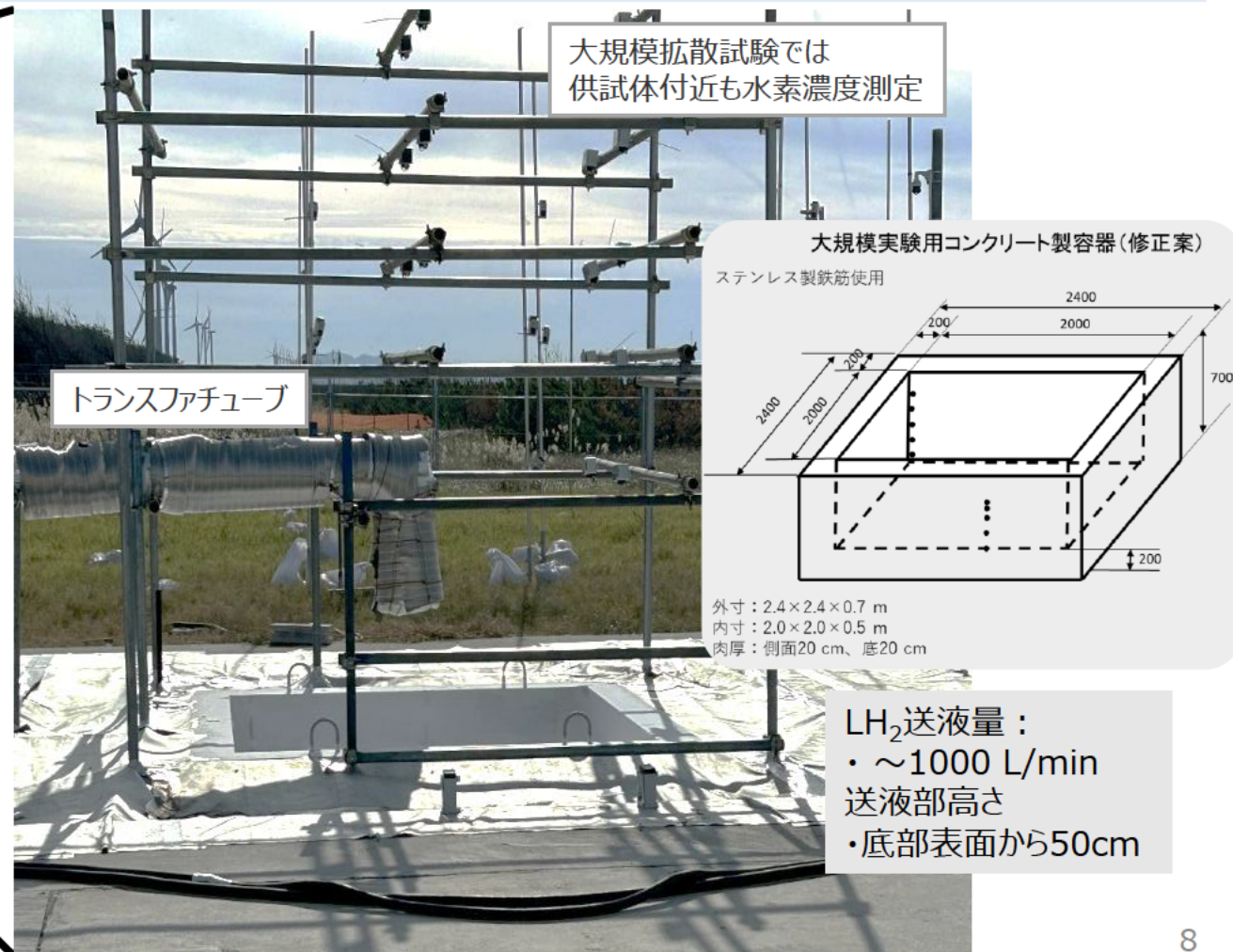


3. 研究開発成果について 実験施設（本事業費で整備した新施設で実施）

- ✓ JAXA能代ロケット試験場から2.5 km南方に新設（2025年9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 LH₂貯槽
- ✓ 供試体（約50 L及び2 m³）：LH₂貯液のための供試体



能代ロケット実験場南地区の概要

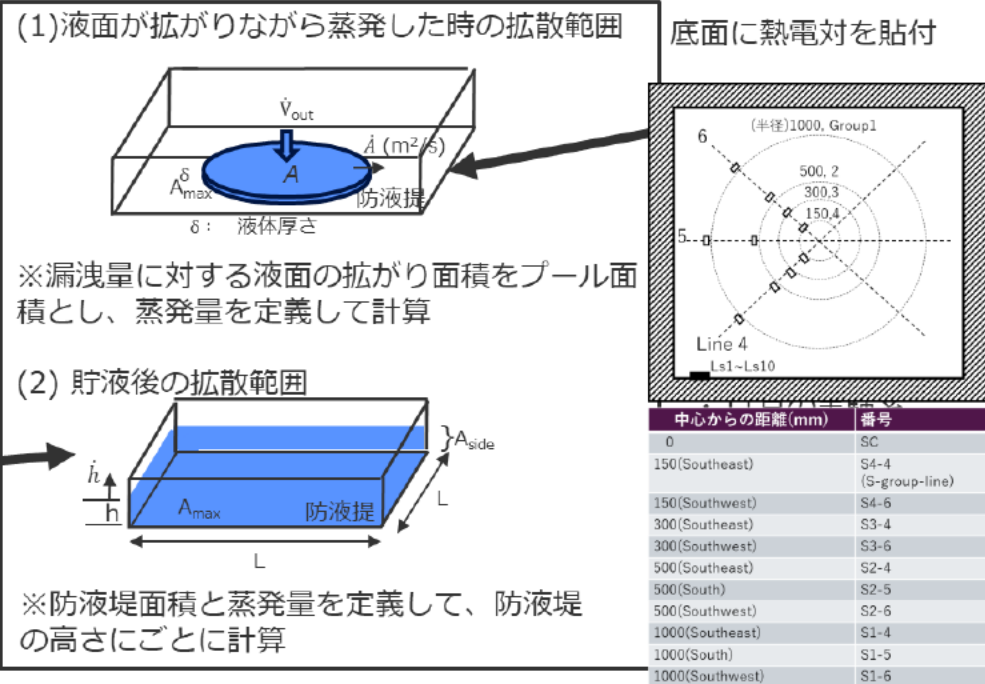
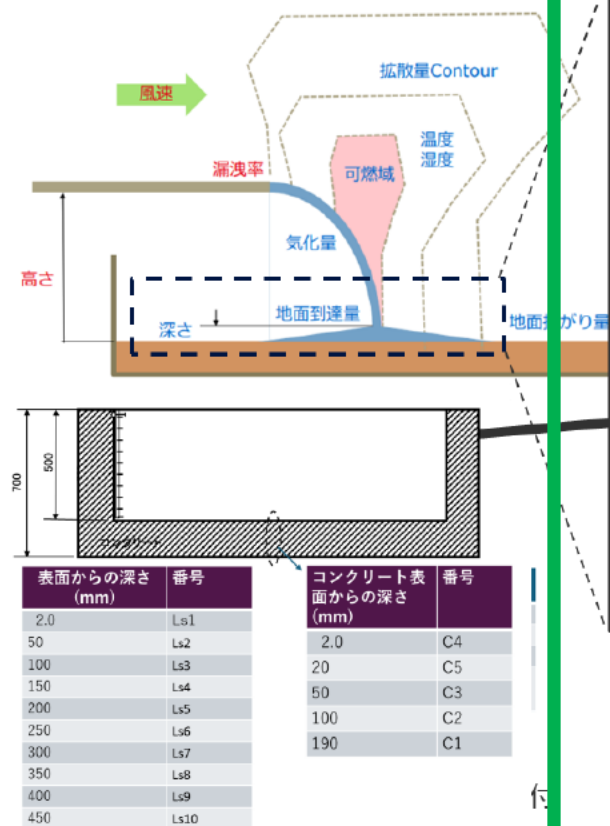


供試体

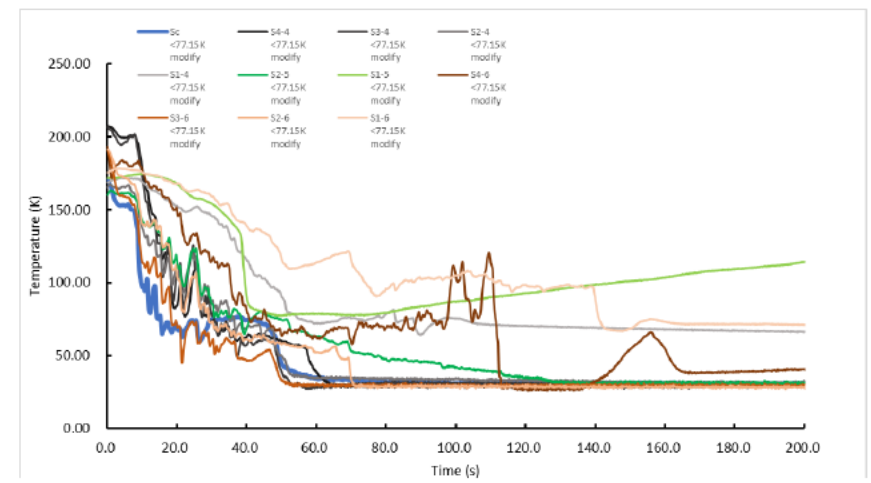
3. 研究開発成果について 蒸発・拡散実験結果概要 底面温度計測結果

✓ 供試体側面の温度計測：底面中心部から離れると、LH₂温度域に到達せず、液体又は固体空気層形成が想定される

(11/23 2回目の送液：約410 L/min)



底面表面の温度



底面中心部から離れると、50Kから80K程度で張りつき、中心付近ではLH₂温度まで低下

- ✓ 1回の送液に5~10 m³ 程度の液体水素を送液
- ✓ 1回の実験で2回以上の送液

3. 研究開発成果について

温度計測結果：液槽及びコンクリート内

- ✓ 液槽内においても50-80 K（液体又は固体空気の温度）を示す領域があり、壁面での凝縮空気層形成を示唆。
- ✓ 安定してLH₂の液位変化が確認できるLs4～Ls7から液面降下速度（＝蒸発速度）を算出。シミュレーションのインプットパラメータとして利用

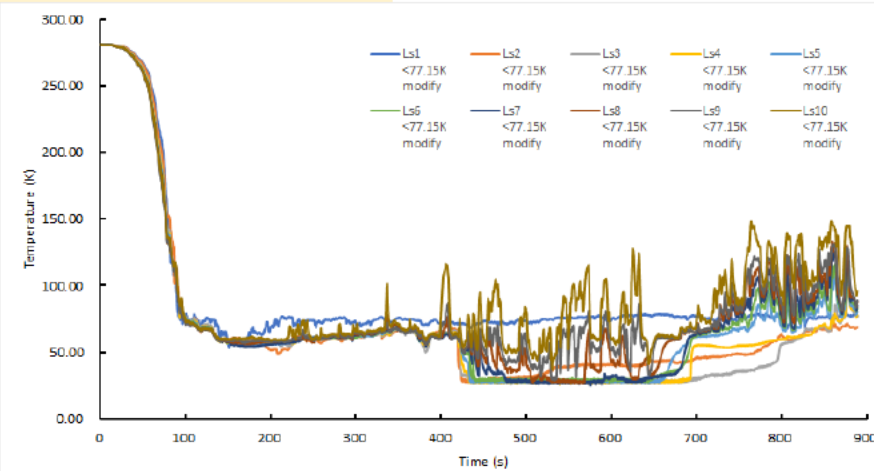


液槽表面からの高さ (mm)	番号
2.0	L1
50	L2
100	L3
150	L4
200	L5
250	L6
300	L7
350	L8
400	L9
450	L10

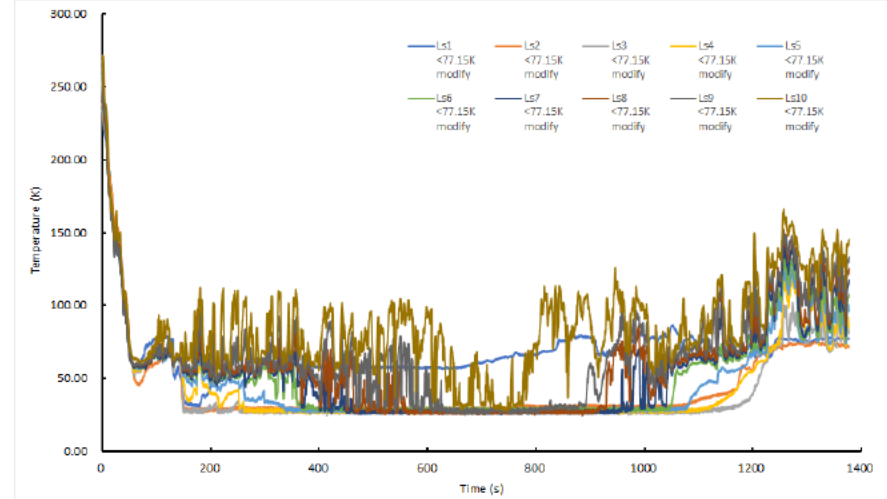
表面からの深さ (mm)	番号
2.0	C4
20	C5
50	C3
100	C2
190	C1

液槽側面の温度

1回目

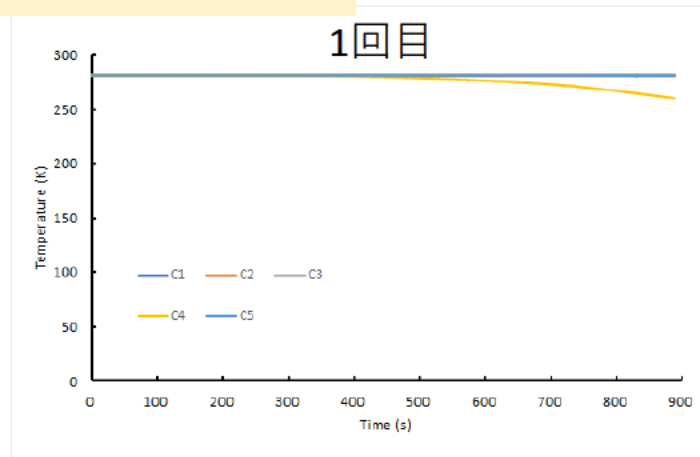


2回目

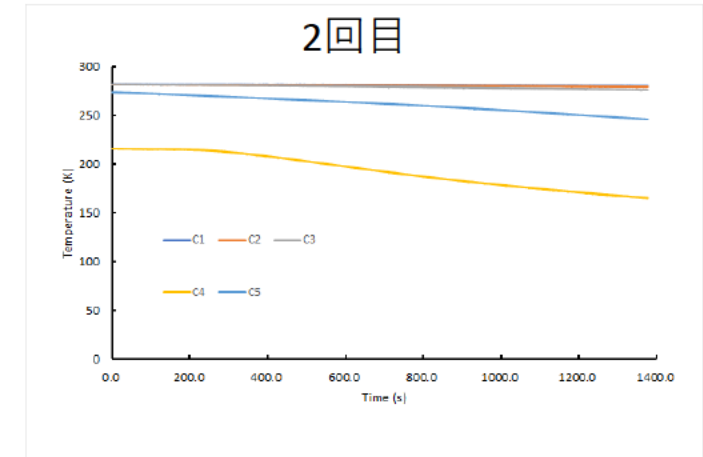


コンクリート内の温度

1回目

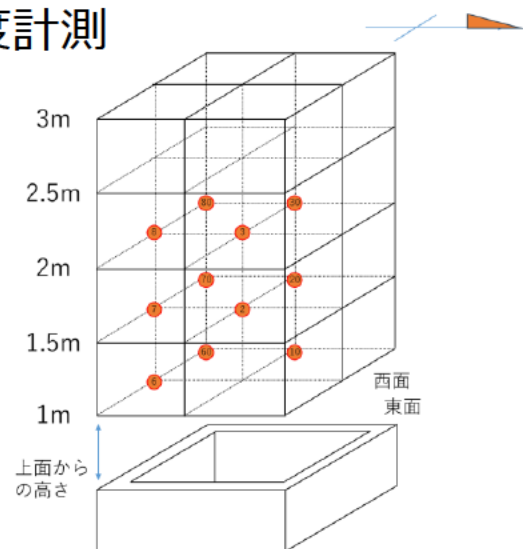


2回目



- ✓ 水素濃度を計測：供試体直上部及び風下20 mまで計測し、風速に応じた水素分布を評価
- ✓ 風向風速条件に応じてセンサーを配置し、水素ガス濃度検知を確認（シミュレーション結果と比較中）

濃度計測

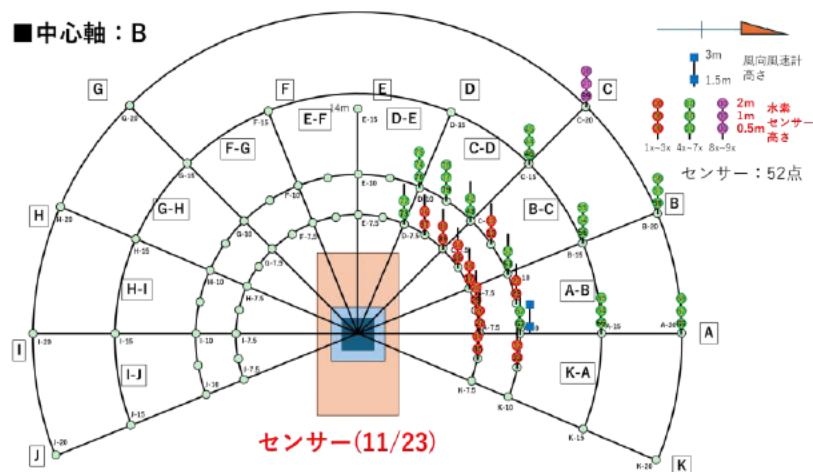


拡散挙動（可視画像）



蒸気雲の挙動は風速により大きく変化

■中心軸：B



水素センサー配置図面と大規模試験（ LH_2 の漏洩拡散）の様子
（供試体：2m×2m×深さ50cmのコンクリート製）

3. 研究開発成果について **着火実験結果**

- ✓ 9月20日に小規模着火実験を行い、その状況を踏まえて12月7日に大規模着火実験を実施。
- ✓ 小規模実験では爆燃とプール火災を再現。大規模実験では、想定最大レベルの爆発が発生し、ファイアーボール形成。

小規模実験結果(30～40 L 程度貯液)



プール火災による火炎柱



大規模実験結果(0.8から1.2m³程度貯液)



IG+00.291

1回目の着火
(比較的マイルド)

主な想定シナリオ：
蒸発ガスへの着火から
プール火災への移行

↓
最初の着火から
約0.3秒後に爆発



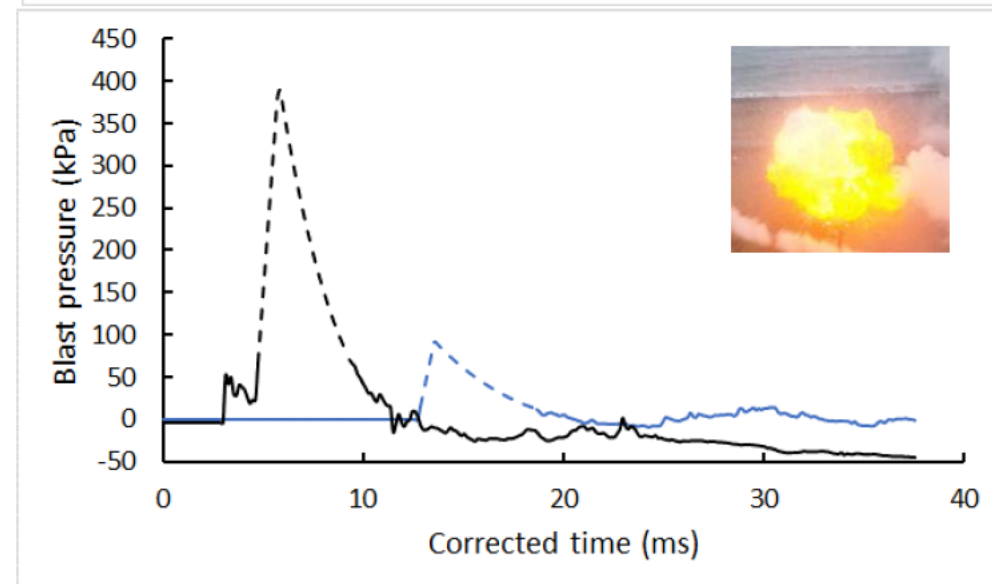
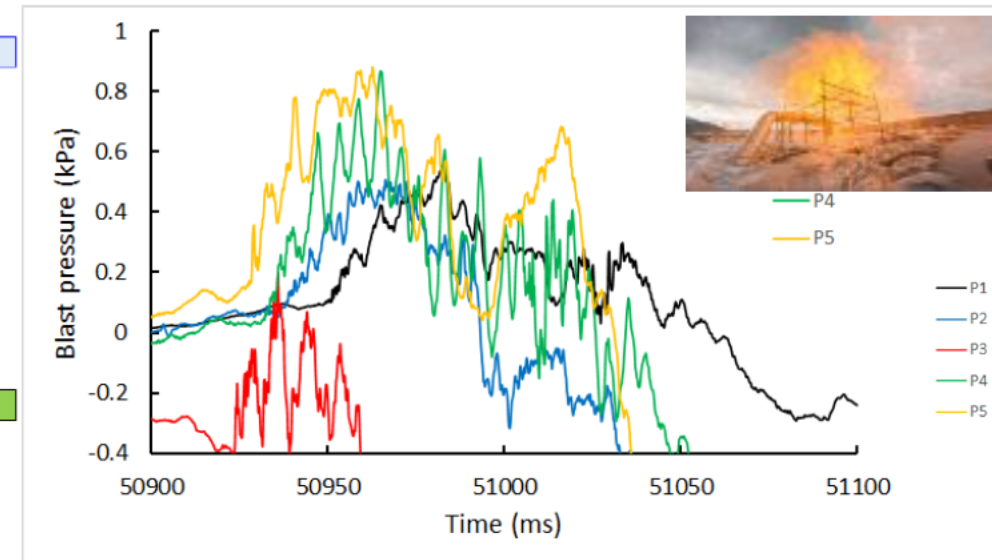
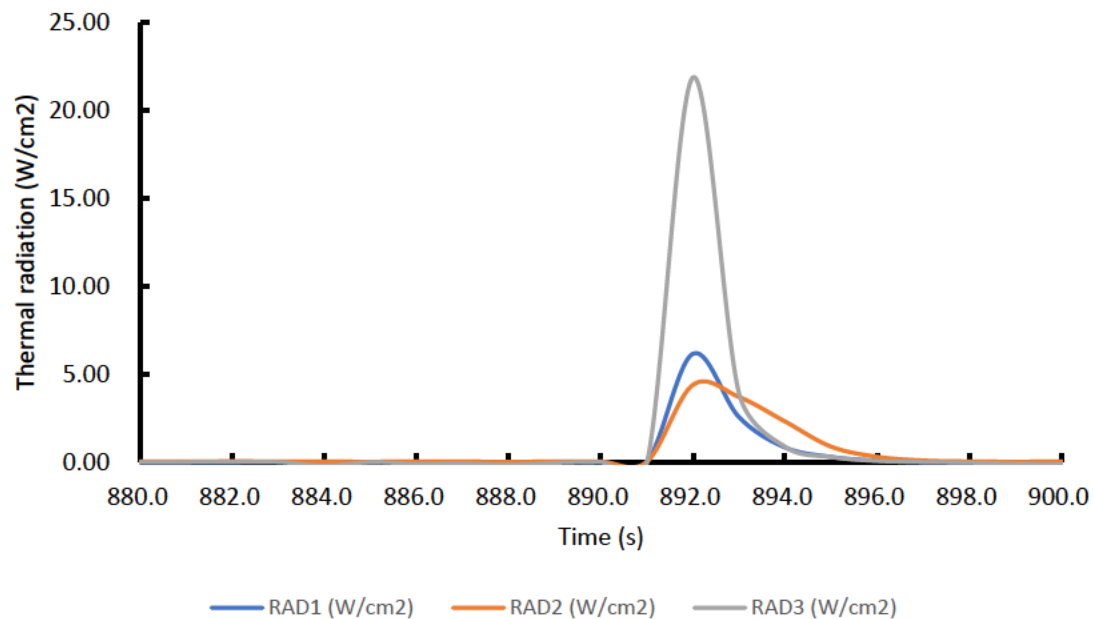
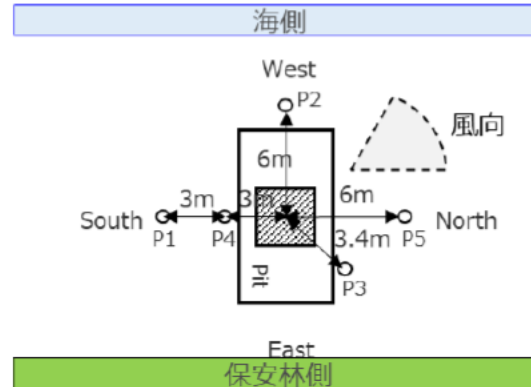
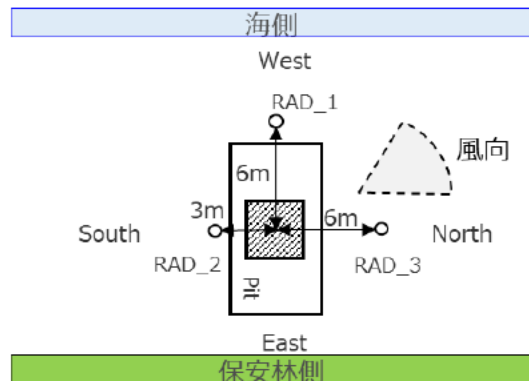
IG+00.500

2回目の爆発
(ファイヤボール形成)

KHKとしては、高圧ガス保安法におけるLH₂貯槽の保安距離規制に関する技術基準の見直しについて検討していたが、想定したシナリオとは異なる現象が発生した可能性がある。技術基準検討への活用について要検証

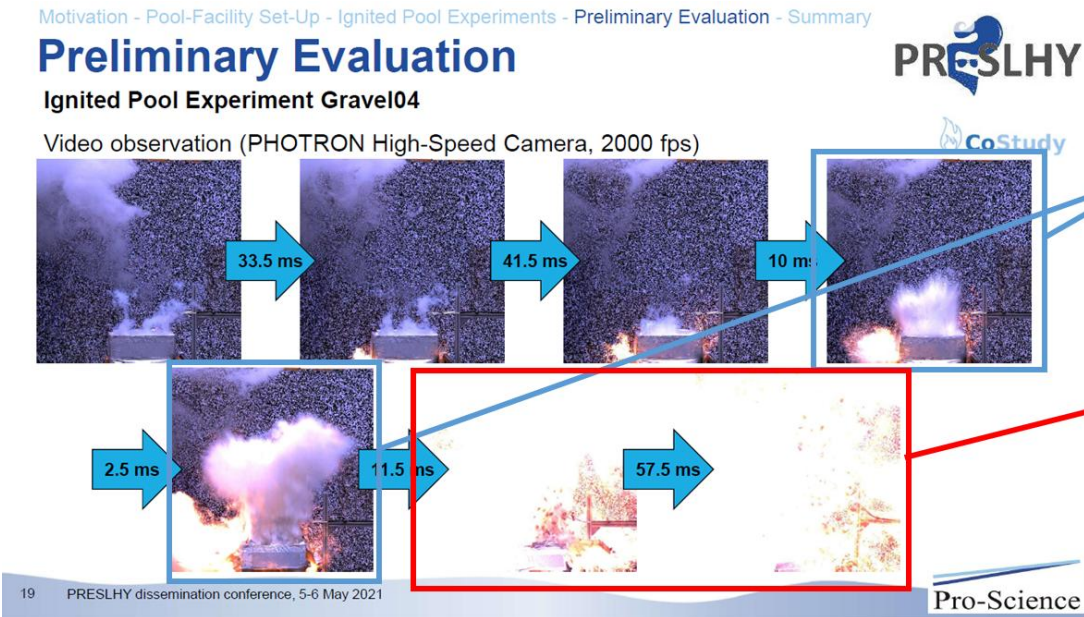
3. 研究開発成果について 着火実験結果

✓ 大規模実験で得られた輻射熱及び爆風圧は、ともに小規模結果とはオーダーが異なる



3. 研究開発成果について 空気の凝縮による影響

- ✓ 今回の結果では、容器内に生成した液体（固体）酸素と LH_2 が混合し、この凝縮相が着火爆発したと想定
- ✓ 欧州の研究で類似事例が報告されているが、再現例は報告されていない



出典 PRENORMATIVE RESEARCH FOR SAFE USE OF LIQUID HYDROGEN

- ✓ 0.50 m四方の小型容器に砂利を敷いた条件で LH_2 を貯液した時に、空気の凝縮とみられる重量変化を観測
- ✓ 着火した際に、閃光と容器を破損する規模の爆発が発生



Figure 2a: Solid deposits accumulated after 7 minutes



Figure 2b: Close-up of solid deposits accumulated after 7 minutes

LH_2 送液・蒸発後に
固相の堆積物を確認

着火時にファイアーボール形成

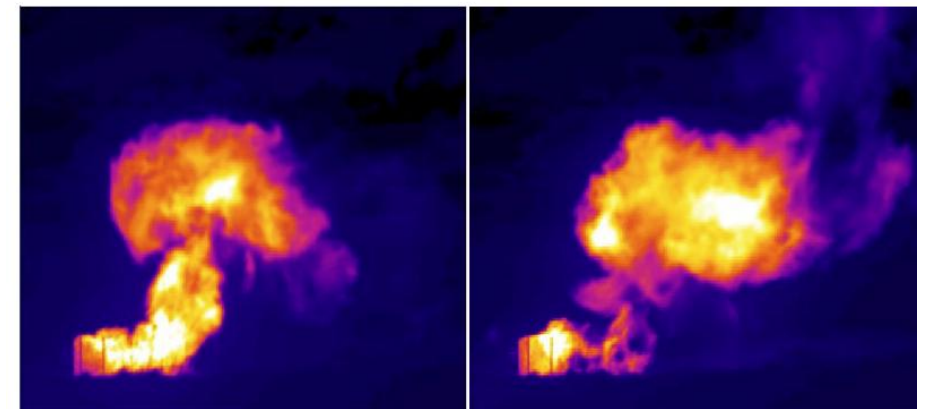


Figure 4: Comparison between fireball caused by the initial flash fire (left) and the secondary condensed phase explosion (right)

出典 Atkinson, G., CONDENSED PHASE EXPLOSIONS INVOLVING LIQUID HYDROGEN

国内外で研究成果を発表し、類似研究の実績等及び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

- ✓ International Conference on Hydrogen Safety ICHS2025
- ✓ IEA Hydrogen Technology Collaboration Program Task 43
- ✓ 第110回 低温工学・超電導学会研究発表会
- ✓ 第58回安全工学研究発表会



Hydrogen TCP



低温工学・超電導学会



4. 今後の見通しについて

- ✓ 防液堤内におけるLH₂の大量漏洩による拡散シミュレーションのパラメータ及び防液堤の面積、容量の要求事項を検討するための蒸発速度データを取得した
- ✓ 着火実験では想定した中でも最大規模の爆発現象が発生し、保安距離を定めるうえで重要な爆風圧データが未取得（測定レンジを超えた）
- ✓ 先行事例から、凝縮した酸素との混合による爆発が発生したものと想定
- ✓ 当該事象のシミュレーションは現状困難であり、シミュレーションだけでは、爆風圧を過小評価していることが懸念される
- ✓ 現象の把握並びに対策の検討及び検証が必要であり、事業期間を延長



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