

神戸港における荷役機械高度化実証 結果報告

(水素エンジン型RTG)

令和7年12月5日
近畿地方整備局 港湾空港部

（1）実証事業期間

令和4～令和5年度：ヒアリング、事前検討、関係者調整

令和5～令和6年度：実施計画、各種申請・届出、設計、調達・製作、RTG換装、試運転調整

令和7年度：現地実証、データ収集・分析、課題抽出等

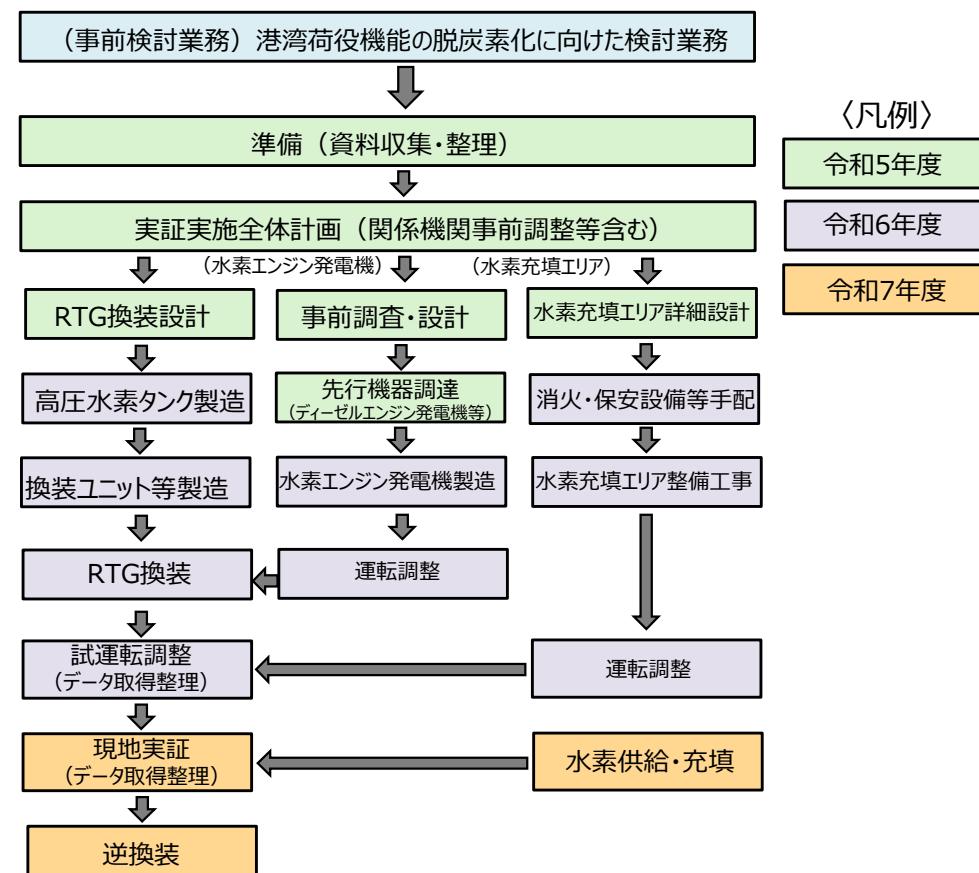
(現地実証は4月1日～6月30日に実施)

（2）実証場所

神戸港ポートアイランド(第2期)地区 PC15~17コンテナターミナル



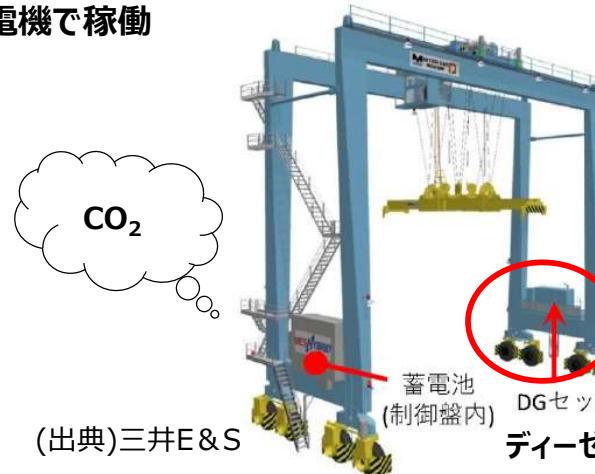
（3）実証全体概略フロー



(4) 水素エンジンの概要

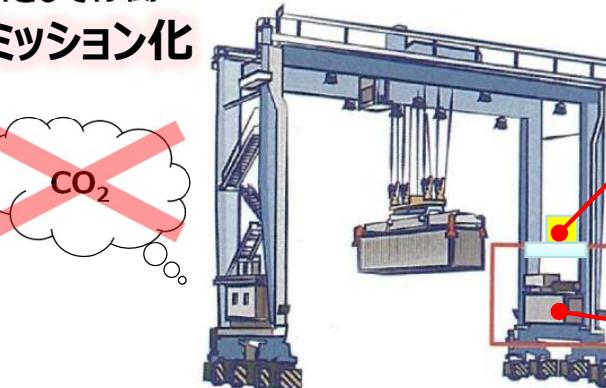
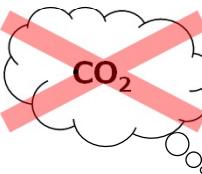
荷役機械の発電機の換装

現在はディーゼルエンジン
発電機で稼働



水素エンジン発電機に換装し、
水素を燃料として稼働

ゼロエミッション化



高圧水素タンク
水素エンジン発電機セット

水素エンジン型 概要・特性

概要	水素の燃焼反応により発電する
発電容量	100kVA級
改良	既存のディーゼルエンジン発電機を改良することにより水素エンジン発電機を製作することが可能。
燃料水素純度	低純度（95%以上）の水素でもエンジンの稼働が可能。
NOx排出量	定格運転時のディーゼルエンジン発電機と比較し、同条件のもとで約70%削減可能。 ・NOx排出量 水素エンジン：48.6ppm（定格運転時（出力55kW、1800rpm）） ディーゼルエンジン：169.5ppm（定格運転時） ※ディーゼルエンジンは、現地実証で用いたベース（いすゞ4HK1-X型）と同様のものを用いて、iLabo(株)社内で計測した結果。

（5）実証事業全体工程

- 現地実証は、**水素エンジン型RTGの稼働と水素充填を隔日で実施**。（平日のみの稼働）
 - 1か月の試運転期間のうちに、現地実証を3か月（うち、**RTG稼働日は37日間**）実施した。

	令和5年度						令和6年度												令和7年度							
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
実施計画策定（消防事前調整等含む）				■																						
改造計画・設計				■																						
水素エンジン発電機他製作				■																						
水素エンジン発電機換装工事																			■							
水素充填設備設置工事※消防申請含む																			■							
試運転（動作確認、基礎データ取得）																			■							
現地実証（データ取得）																			■							
逆換装工事（原状復旧）																			■							
データとりまとめ等																			■							

稼働状況

実証事業は、RTGの負荷を段階的に高め、最終的に通常どおりの荷役を実施した。

第1段階：4月 1日から5月 1日（内、実稼働日数 13日）：故障・燃料欠乏等のリスクを避けるため、水素充填エリア近傍での運用開始。

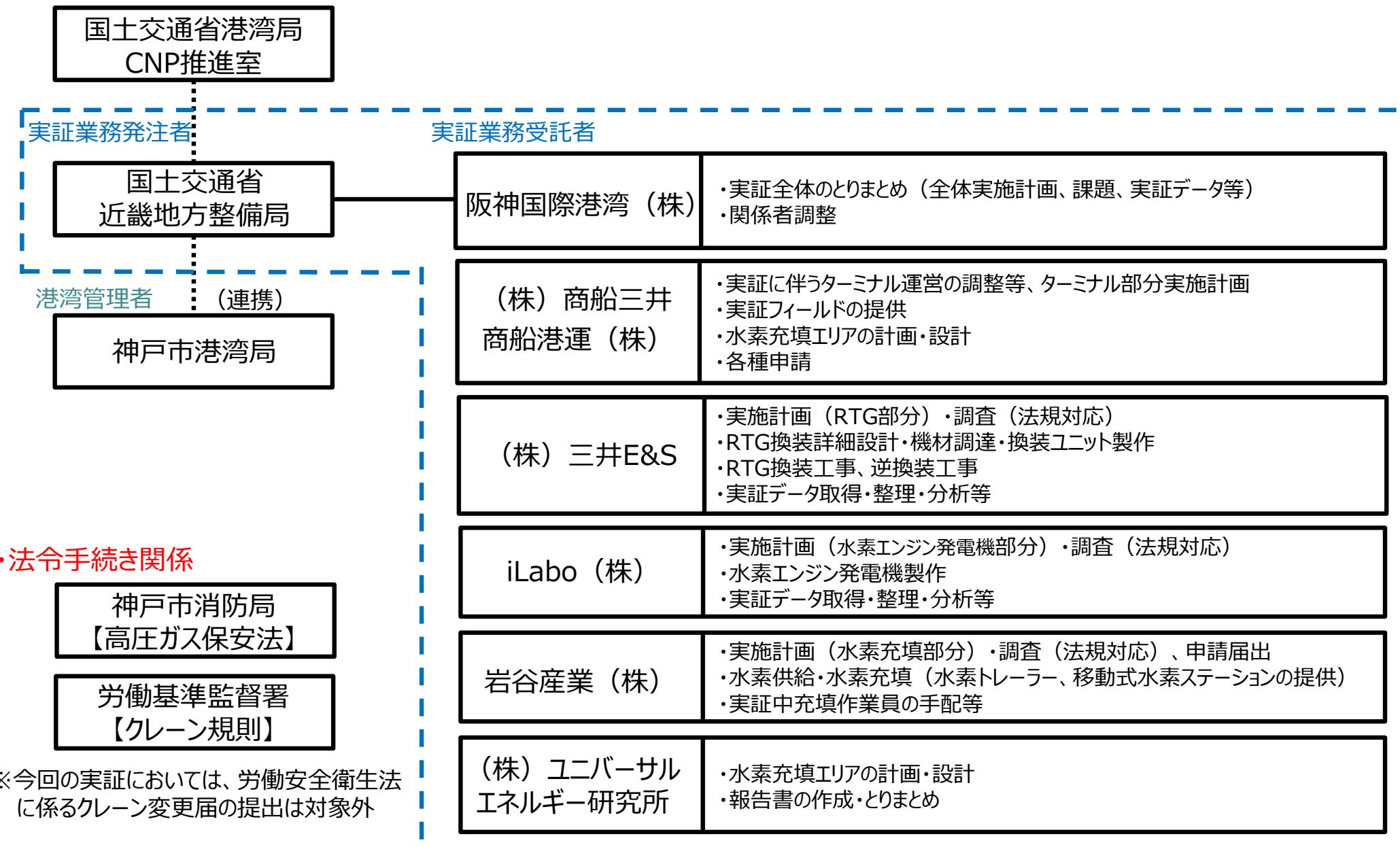
第2段階：5月 7日から5月16日（内、実稼働日数 5日）：本船からの荷下ろしや荷積みを含む通常のRTG荷役（本船荷役）を開始。

第3段階：5月19日から6月6日（内、実稼働日数 9日）：本船荷役に加え、21時頃まで荷役を行う夜間荷役を開始。

第4段階：6月 9日から6月30日（内、実稼働日数 10日）：夜間荷役を継続しつつ、6月9日よりアイドリングストップを実施。

1. 実証概要

(6) 実施体制



2. 実証結果

(1) 実証結果

① 水素消費量

- ・換装前のディーゼルエンジン駆動RTGと実証機である水素エンジン駆動RTGの稼働時間、コンテナ荷役数、燃費等は以下のとおり。
- ・水素エンジン駆動RTGは、水素充填と稼働を隔日で実施したため、稼働時間がディーゼルエンジン駆動RTGの約半分となっている。

表. NZE TT27 (ディーゼルエンジン駆動RTG)

対象号機	期間: 2023年のうち3か月相当分						
	稼働時間	軽油消費量※1	軽油燃費	コンテナ荷役数	軽油/コンテナ	CO2排出量※2	
hour	L	L/hour	個	L/個	kg/個※3	kg	
NZE TT27	737	5,141	6.98	13,115	0.39	0.34	13,470

※1 軽油消費量 = 月始タンク残量 + 給油量 - 月末残量

※2 CO2排出量 = 軽油消費量 × CO2排出量係数 (2.62 t-CO2/kL) *1)

※3 JIS K2204 軽油の密度 (15°C) は0.86[kg/L]以下

表. NZE TT27 (水素エンジン駆動RTG)

対象号機	実証期間: 2025年4月1日～6月30日						
	荷役時間	H2消費量	H2燃費	コンテナ荷役数	H2/コンテナ	CO2排出量※4	
hour	kg	kg/hour	個	g/個	kg		
NZE TT27	339	807	2.38	5,064	159	7,266	

※4 CO2排出量 = 水素消費量 × グレー水素CO2排出量係数 (9.0 kg-CO2eq/kg-H2) *2)

* 1) [・環境省 算定方法・排出係数一覧 「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」ウェブサイト](#)

・参考: [港湾:カーボンニュートラルポート\(CNP\)の形成 - 国土交通省 表6 主な排出係数一覧 2.56](#)

* 2) [・2017-02 Techno - Economic Evaluation of SMR Based Standalone \(Merchant\) Hydrogen Plant with CCS.pdf](#)

② アイドリングストップの効果 ※5

- ・コンテナ1個当たりの水素消費量

アイドリングストップなし: 0.16kg-H2/個

アイドリングストップあり: 0.12kg-H2/個

⇒アイドリングストップにより、削減効果を確認。

【アイドリングストップの条件】

バッテリーは80%まで充電後、エンジンを停止、その間は充電した電気で稼働、40%になった時点で再始動。

※5アイドリングストップは、既存のNZE-RTGでも搭載されている機能で平時から使用されていることから、水素エンジン型においても燃費改善効果の検証を行った。

(2) RTG運用

①オペレーションフロー

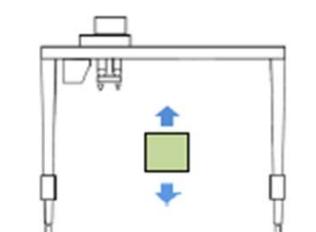
○実証機運用に伴うオペレーターの稼働

トランシスファークレーン27号機オペレーターにより、実証期間中は月・水・金でRTG稼働を行った。

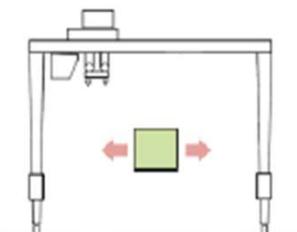
	作業時間	作業回数	作業人数
4月実証	8:30～16:30	12回	のべ24名 (実証12回×2名 (交代要員含む))
見学会		1回	1名
5月実証	8:30～20:30 (最長)	12回	のべ24名 (実証12回×2名 (交代要員含む))
6月実証	8:30～20:40 (最長)	13回	のべ26名 (実証13回×2名 (交代要員含む))

○RTG荷役時の動作

①主巻:コンテナの巻上げ・巻下げ



②横行:クレーン内のトロリーの左右の移動
(速度は約70m/min)



③走行:クレーン全体の移動
(速度は約100m/min)

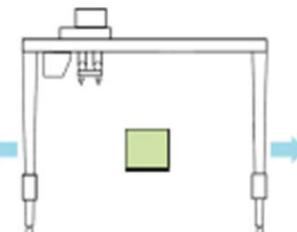


図. RTG荷役時の動作

②オペレーターの感想

○オペレーターの感想

クレーンの操作性は特にハイブリッド機、NZE機と変わらず、エンジン音や振動等の違いは感じられないが、作業前の暖気運転時間が長い。

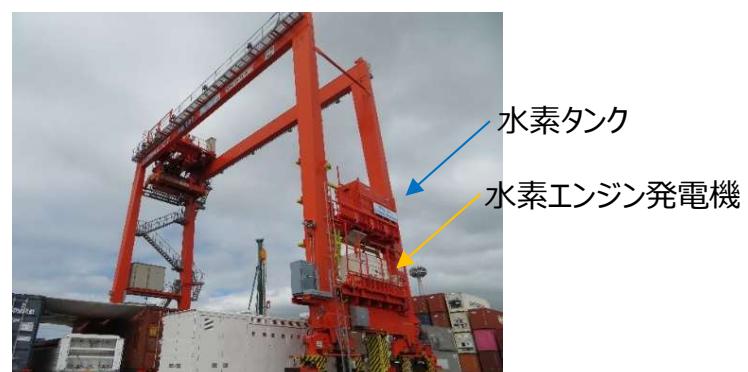
○RTG運用事業者へのヒアリング

・水素エンジンRTG運転について

事実上、水素エンジンRTGの運転に関しては従来のディーゼルエンジン型とは全く差がない。水素エンジンに関しては、音・振動・においも含めて課題になるとは思わない。

・オペレーション環境 (今回の実稼働時間)

本来は夜中2時、3時までRTGを運用することもあるが、今回は残業の範囲で20時から21時くらいまでしか運転していない。ただし、実戦配備した際に、2時、3時までの運用は可能であると思う。ちなみに、今回夜中まで運転しなかった理由は夜中故障が起きたときに対応ができないためである。



(3) 水素供給

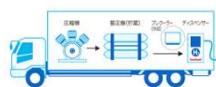
①充填設備概要（規制部局との協議で必要となった安全対策等）

○高圧ガス保安法による安全対策

安全対策の上で高圧ガス法に基づき、水素の貯蔵、製造、容器への充填、消費の各行為に対する許可/届を申請/提出。



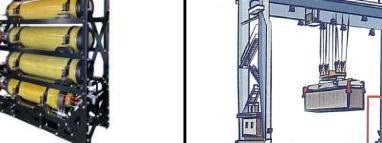
：水素トレーラー



：移動式水素ステーション
(移動式圧縮水素スタンド)

水素トレーラーのタンクから移動式水素ステーションの車載蓄圧器に水素を充填し、移動式水素ステーションの車載蓄圧器からRTG搭載タンクに差圧充填を行う。

表. 高圧ガス保安法に基づく許可/届

				
対象行為	貯蔵	製造	燃料容器への充填	消費
許可/届	第一種貯蔵所設置許可申請	高圧ガス製造施設(移動式圧縮水素スタンド)充填届	特別充填許可申請	特定高圧ガス消費届 特定高圧ガス取扱主任者届
申請等/委任	商船港運/岩谷瓦斯	商船港運/岩谷瓦斯	商船港運/三井E&S	商船港運/三井E&S
設備	・水素トレーラー用屋根(防火シート) ・消火器×3	—	—	—

②安全対策

○右表のとおり、安全対策に関わる人員を配置。

(補足) 車両の誘導について

→水素トレーラーの入替にあたっては、
'運転員'が車両誘導・周囲監視を実施（兼務）。

表. 安全対策に関わる人員の配置

区分	対象業務・役割	配置人数の基準	主な職務内容・補足	担当
保安監督者	施設全体の保安管理（保安規程の作成、教育、点検、緊急時対応指揮）	1名（専任） ※常勤または巡回でも可	移動ステーションの保安管理責任者。事業所単位で選任。複数車両を兼任可。	岩谷瓦斯
運転員（オペレーター）	充填作業・圧力監視・漏洩確認	充填作業中は必ず1名以上常駐	実際にノズルを接続し充填操作を行う。緊急時は即時遮断操作。高圧ガス取扱に関して、教育済であれば無資格でも可。	岩谷瓦斯
運転員（輸送担当）	ステーション車両の運転、現場搬入		運搬中の圧力・温度監視、緊急遮断操作を行う。高圧ガス取扱に関して、教育済であれば無資格でも可。	
安全誘導員	車両誘導、周囲監視、緊急時補助他	—	水素エンジンRTGの誘導、構内車両の誘導	商船港運

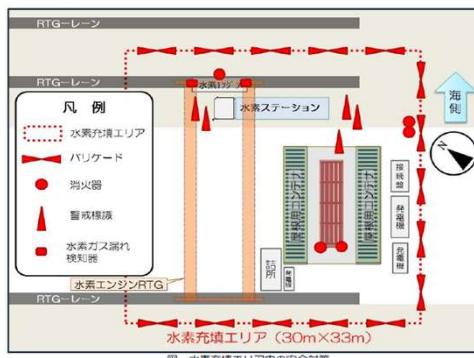
○安全対策

水素充填に関する安全対策は、高圧ガス保安法の理念・規定に基づき実施。

・水素充填の事前教育（2025年1月14日～2月28日）

→水素を安全に充填するため、実際の移動式水素ステーションを用い、事前教育を実施した。

・設置



1. 水素トレーラー用屋根（防火シート）

→高圧ガス保安法にて、温度管理と直射日光を遮る目的で、不燃性・防災性・UVカット機能を備えた防火シートを屋根材として設置した。

2. 警戒標識

→コンテナターミナル内には、構内・外の荷役車両が頻繁に行き交うことから、万が一の衝突事故防止・火気厳禁等の目的により「火気厳禁」「高圧ガス充填中」の赤色コーンを充填場所に設置した。

3. 消火器

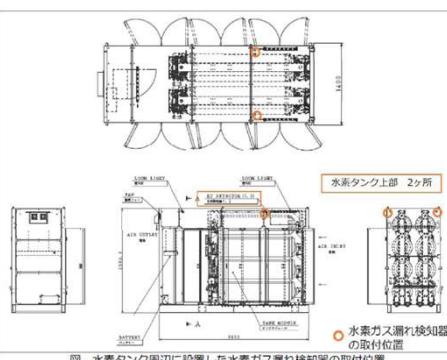
→保安設備として神戸市消防局の指示のもと、実証エリア内に3本の消火器を設置した。水素トレーラーには、後方に2本の消火器（トレーラーに既設）が装備されている。

4. 充填エリアバリケード

→万が一の衝突事故防止等の観点、エリア内の安全管理の観点から、作業はすべてバリケード内で実施することを徹底し、本事業の安全性を確保した。

5. 水素ガス漏れ検知器

→左図の通り設置した。



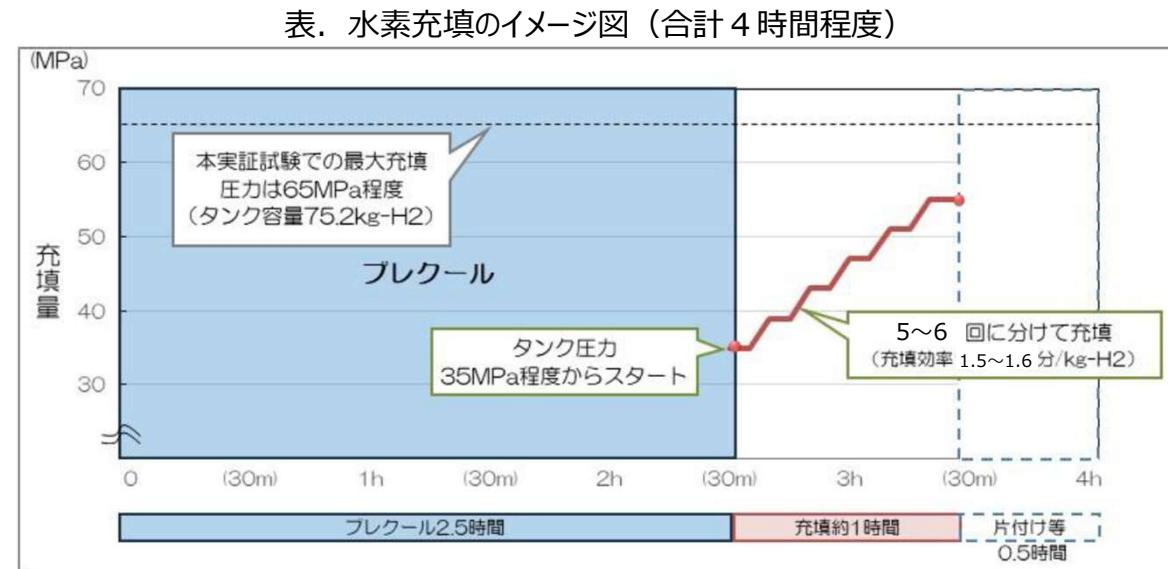
・水素エンジン発電機ユニットのガス漏れ対策

→水素エンジン発電機ユニットへの水素検知器は、減圧ユニット内に1か所、水素エンジン発電機内に2か所設置。

2. 実証結果

③水素充填の要件と概要 ※特定の条件下で行った結果であることに留意。

- ・移動式水素ステーションにはプレクール機能有り。
(外気温や前回充填からの空き時間にもよるが、
本実証での運用ではおおよそ2~3時間である)
- ・本実証試験での最大充填圧力は65MPa程度。
- ・RTGのタンク圧力は大体35MPa程度から充填を開始。
- ・移動式水素ステーションからの1回当たりの充填量は
4kg程度 (充填間隔は10~20分程度)。
- ・毎回の水素充填量 : 20~25kg-H2/回
(5~6回程度に分割して充填する総量)。
- ・充填効率 (実測値) : 4月 : 1.51分/kg-H2、5・6月 : 1.56分/kg-H2。
- ・充填時間は充填回数によるが概ね1時間で、プレクール2.5時間、片付け等0.5時間を合わせるとトータルで約4時間程度。



(4) 維持管理

RTG運転者による点検

朝晩と毎日3回の安全確認・点検を実施した。今後、点検など安全確保に対するルール作りや水素の安全に関して運転者が知識を有するための仕組み・取り組みが必要と感じたとの声が上がっている。

(5) 実証中に発生したアクシデント

特段アクシデントは発生していない。