

2025年度IAPH日本セミナー

LA/LB 港における水素駆動型コンテナ荷役機械 とその水素供給

2025年 7月 8日



株式会社三井E&S
成長事業推進事業部 マーケティング部
部長補佐 技術開発グループ長
市村欣也

許可なく複写、再配布する
ことを禁止します。

自己紹介



市村欣也 技術士(機械部門)、Professional Engineer (Mechanical, デラウェア州登録)

- 1992年 三井造船入社、RTG設計、自動化クレーン・AGVの開発・現地調整他
- 2001-08年 PACECO Corp. 出向 RTG環境対策製品開発、コンテナ保安検査装置開発他
- 2010-12年 国土交通省交流派遣 港湾局危機管理室 港湾保安政策企画他
- 2012年 三井造船 CT遠隔自動化プロジェクト計画他
- 2018年 三井E&Sマシナリー 運搬機関連の戦略企画、新規製品開発他
- 2023年 三井E&S 新規事業開発、マーケティング、研究開発管理他

- 2011-12 第8回、第9回日ASEAN港湾保安専門者会合 議長
- 2010-12 IMO MSC89、MSC90 日本代表团
- 2014- ISO/TC96(クレーン)審議委員
- 2013-15 国土交通省「コンテナクレーンの逸走対策・維持管理検討会」委員
- 2020-21 大阪港モデルコンテナターミナル検討会委員



第21回 水素・燃料電池展での講演@東京ビッグサイトでの講演



1. 三井E&Sについて
2. コンテナターミナルとRTGについて
3. FC駆動トランスレーナ®の開発
4. CT荷役機器への水素供給と充填
5. まとめ

トランスレーナ®, NZE®, H2-ZE® 及び PACECO® は米国PACECO® CORP.の登録商標です

1. 三井E&Sについて

1.1. 三井E&S(MES)について



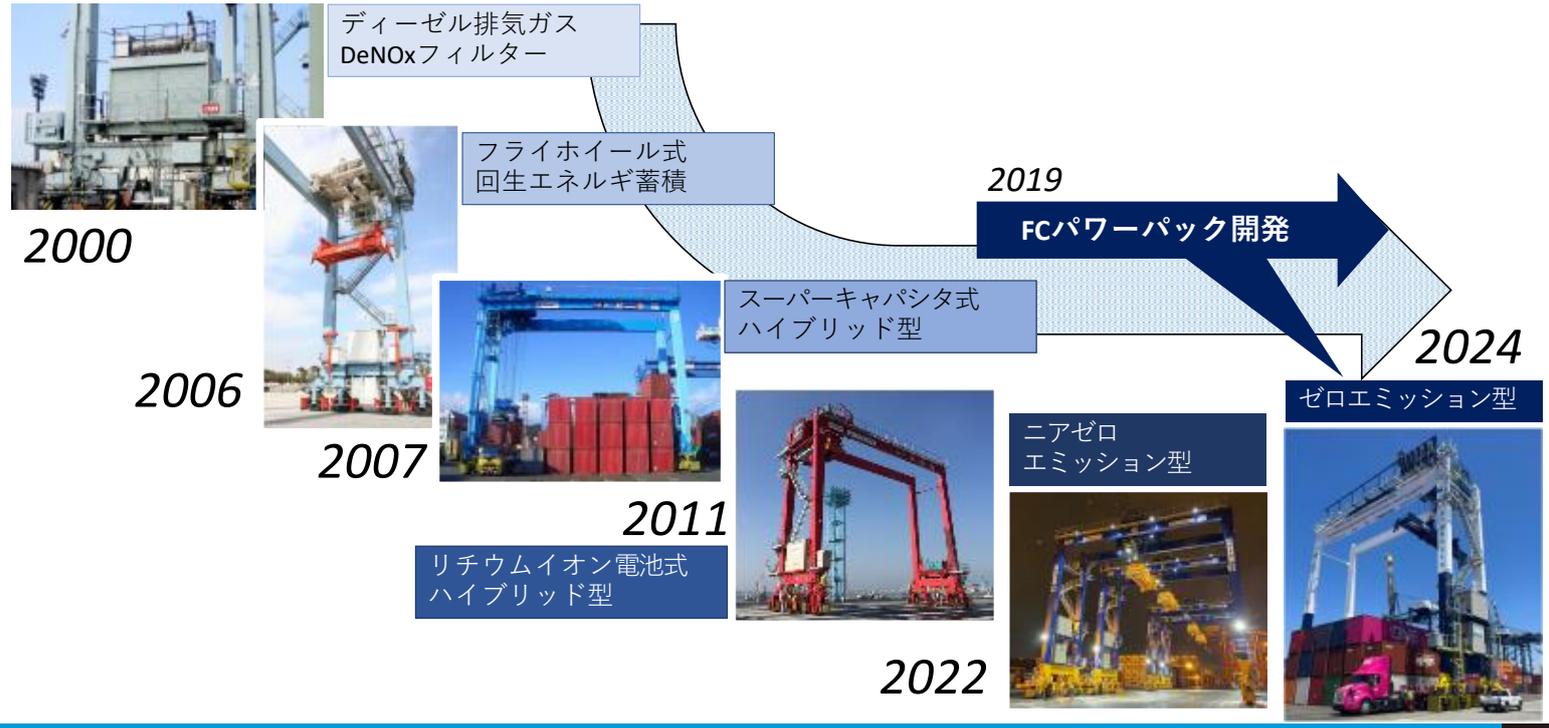
MITSUI E&S

- 成長事業推進事業部
- 船用推進システム事業部
- 物流システム事業部

- 三井E&Sシステム技研(株)
- (株)加地テック
- Burmeister & Wain Scandinavian Contractor A/S
- PACECO CORP.
- (株)三井E&Sパワーシステムズ
- 他

売上高; 3,151億円(2024年度)
 従業員数; 5,966人(2025年3月31日現在)
 (連結)

1.2. トランステーナ® (RTG) 環境対策の経緯





船用推進システム事業部

大型船用エンジンでの
水素燃焼運転に成功
(シリンダ直径50cm、2サイクル)

ドイツエンジン
水素燃焼エンジン
TCG 7.8 H2型出力220kW

三井E&Sパワーシステムズ



VT5-110GH-OL

加地テック

水素ステーション用
高圧水素圧縮機で
国内トップシェア

2. コンテナターミナル(CT) とタイヤ式門形クレーン(RTG)について

2.1. コンテナターミナル

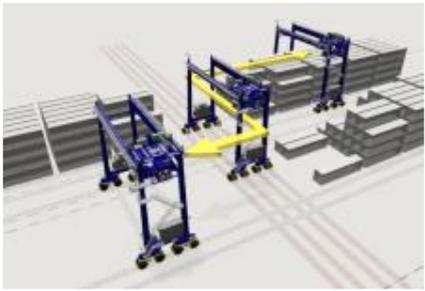
今日、国際貨物物流の多くを海上コンテナ輸送に頼っており、コンテナターミナル（CT）では、コンテナ船に積込むまでの間、あるいはコンテナ船から荷揚げした後に荷主が引き取りにくるまでの間、一時的にコンテナを蔵置している。

世界全体で
 コンテナ荷動き量@2024年
1億7,338万TEU※1
 コンテナターミナル取扱量@2024年
約9億1,900万TEU※2
 コンテナターミナル数
約1,300※3
 稼働RTG数@2024年
約10,100機※2

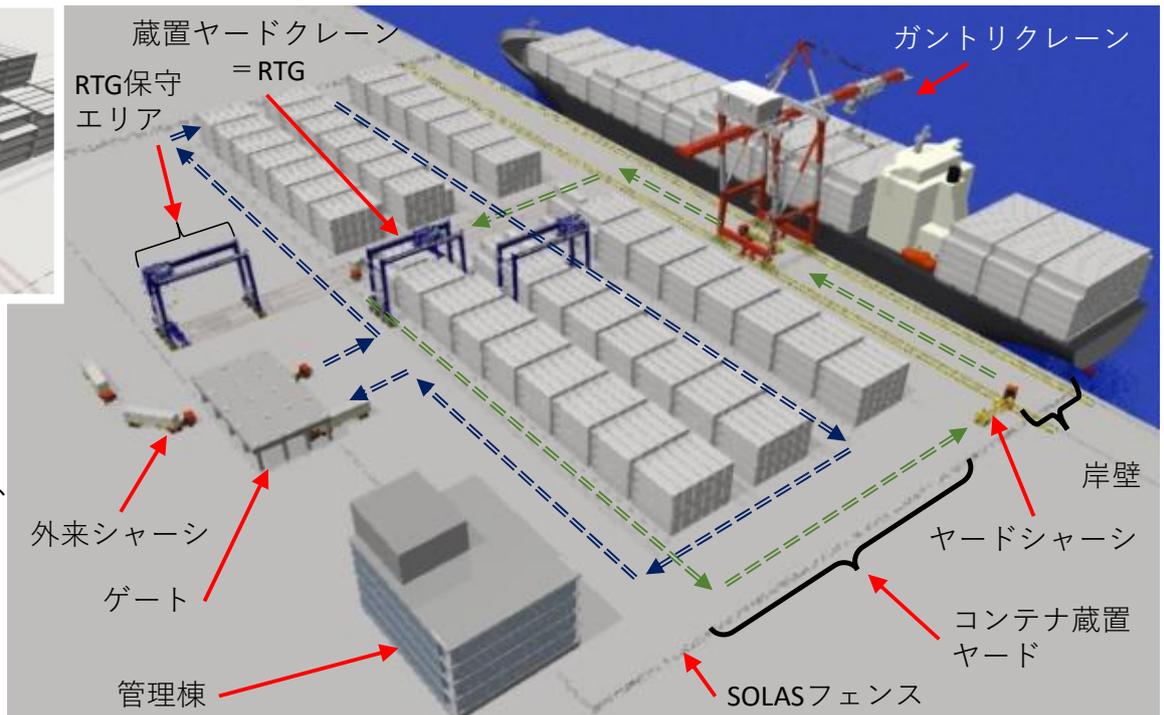


出典 ※1 日本海事センター
 ※2 CONTAINER TERMINAL FORESIGHT 2025 By DS Research
 ※3 TECH TOCプレゼンHYUNDAI U&I社

2.2. RTG方式のコンテナターミナル



RTGはラバータイヤ走行装置を有しており機動性が高く、作業の繁忙度に応じて必要な蔵置エリアに配置出来る為、より少ない基数で効率的なCTの運営が可能。



2.3. 従来型のRTGクレーン

- PACECO® Inc.社が製造した世界初のRTG（商品名；トランスターナ®）以降、RTGは機上にディーゼル発電機を搭載し、電動モータを駆動してきた。
- 米国クリーンエア・アクションプラン報告書によると、従来型のRTGは1時間あたり9.5ガロン（約36L）の軽油を消費する※。



1950年代のRTG

※当社経験上、トランスターナ®の燃費はこの数値よりかなり良い。



表 20. 燃費及び使用期間の見通し

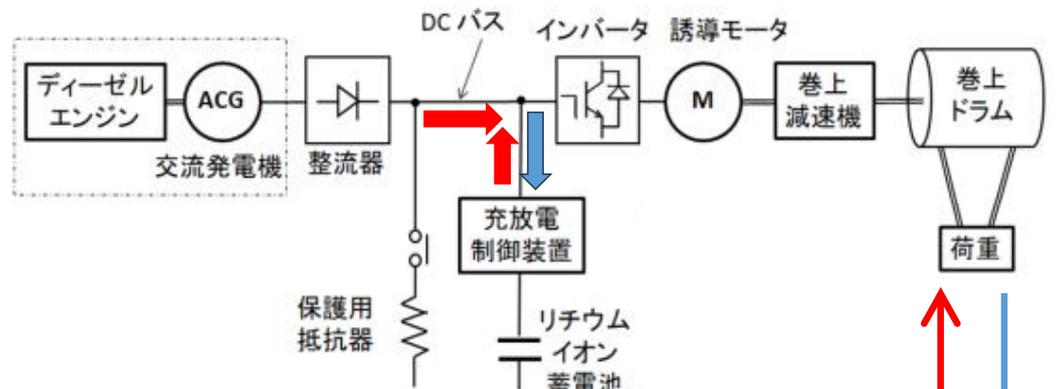
機器種類	燃費	使用期間
従来型RTGクレーン	9.5 ガロン/時間	15-25 年
ハイブリッドRTGクレーン	5.5 ガロン/時間	15-25 年

2018年時点でのCHE（コンテナ荷役機器）の実現性評価（'19年9月）

9.5ガロン(約36L)/時間の軽油消費は
92.8Kg-CO2/時間の排出に相当

2.4. RTGのハイブリッドシステム

荷重巻下時にモータが発電し発生させる回生エネルギーを、蓄電装置（リチウムイオン蓄電池等）に蓄積し、巻上時にそのエネルギーを再利用する。



2006年米国ロングビーチ港に導入したハイブリッドシステムでは蓄電装置に機械式フライホイールを採用していた。

巻上時 巻下時

2.5. リチウムイオン蓄電池型ハイブリッドトランスレーナ®



リチウムイオン蓄電池型ハイブリッドトランスレーナ®は2011年に販売を開始し271機を納入済。

2025年6月時点



従来型のDGセット

小型DGセット

クレーン仕様

定格荷重	50ton
スパン	23.47m
揚程	18m
主巻速度	23/52m/min
横行速度	70m/min

2.6. ニアゼロエミッション(NZE) トランスレーナ®



小型DGセット

NZEトランスレーナ®は2022年に発売を開始し国内外へ納入済。

2025年6月時点

	納入済	受注済
日本国内	17機	10機
海外	19機	22機

大容量蓄電池

制御盤



クレーン仕様

定格荷重	40.6 ton
スパン	23.47m
揚程	18m
主巻速度	23/52m/min
横行速度	70m/min

2.7. ニアゼロエミッションからゼロエミッションへの換装

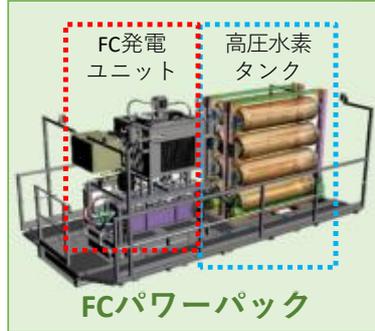
ニア・ゼロエミッション(NZE)トランステーナ®

H₂-ZE® トランステーナ®

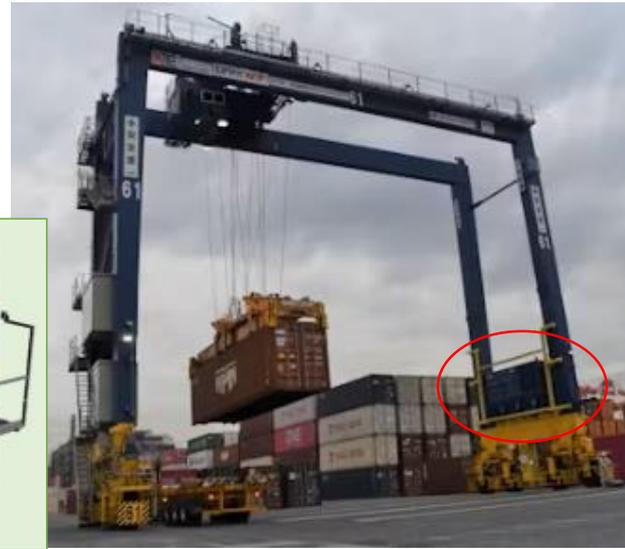


出典；日本郵船Website

小型ディーゼル
エンジン発電機セット



水素供給体制が整った時点で
FCパワーパックに換装



出典；日本経済新聞
2024/11/8

3. FC駆動トランステーナ®の開発

3.1. NEDO事業の概要

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援を受け、以下2プロジェクトを実施。

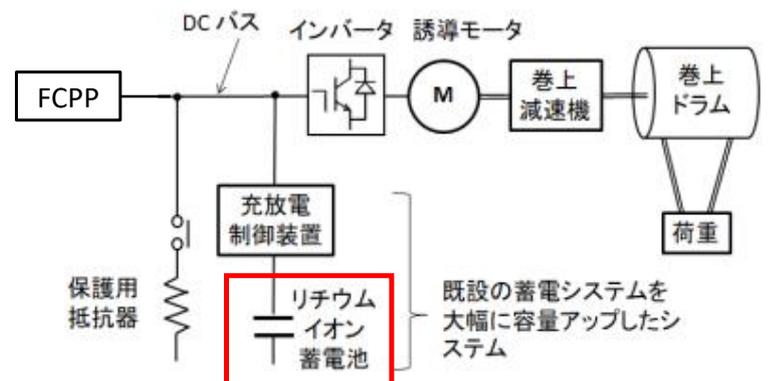
	大分実証事業	LA実証事業
事業名	港湾荷役機器ラバータイヤ門形クレーンの水素駆動化（水素燃料電池の採用）開発事業	北米LA 港における港湾水素モデルの事業化に向けた実証事業
実施形態	MES単独	豊田通商、MESと各社米国子会社
期間	2021年8月～2022年3月	2022年2月～2026年3月
目的	<ul style="list-style-type: none"> FC駆動形RTGが従前のRTGと同等の性能であることの確認 自家用車や家庭用とは異なる分野におけるFCの多用途展開の実現 	<ul style="list-style-type: none"> FC駆動形RTGを実際のCT荷役に投入し、性能・機能に問題がないことを確認 水素充填がCT業務に支障がないことを確認
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> FC、補機類、水素タンク、制御盤等で構成されるFCパワーパック（FCPP）開発 大分工場の既設RTGに搭載されているディーゼル発電機セットをFCPPに換装 FCPPによる荷役試験 	<ul style="list-style-type: none"> FCPPを搭載した新規RTGを製造 LA港のCTにおいて、水素駆動トップリフタ、水素駆動トラックと共に実荷役作業を実施 高圧水素供給車による水素充填（水素供給は豊田通商所掌）

3.2. FC駆動トランスレーナ®の設計コンセプト-1-

RTGはコンテナ重量、荷役パス、荷役速度等により回生動力、荷役負荷が変化する。

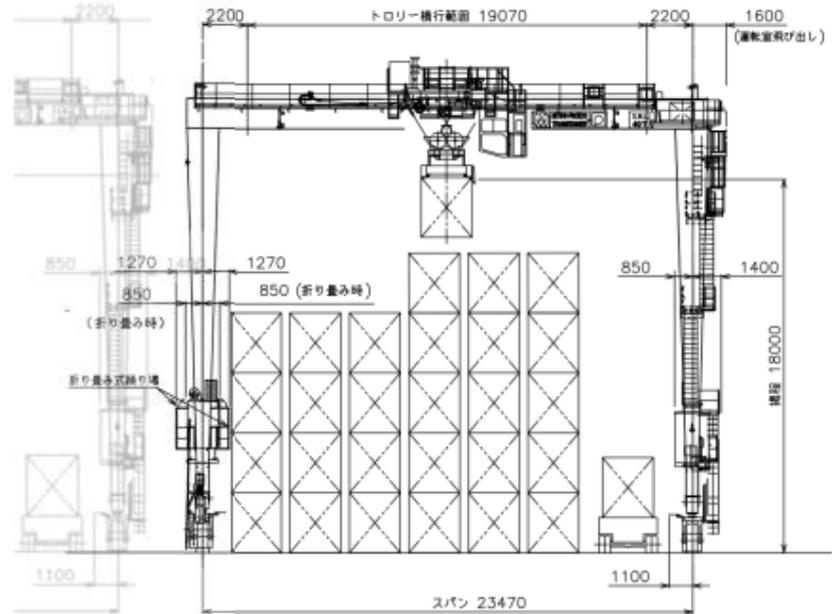
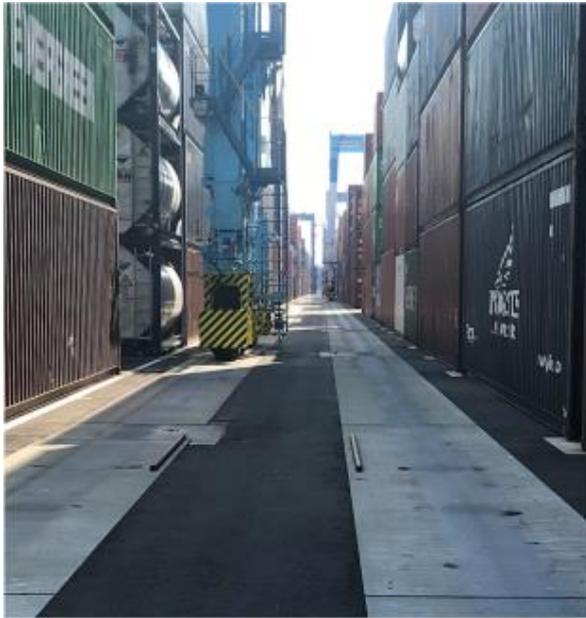


- 大型化した蓄電池の出力調整で負荷変動を吸収
- FCを定出力安定運転することで高効率、長寿命化



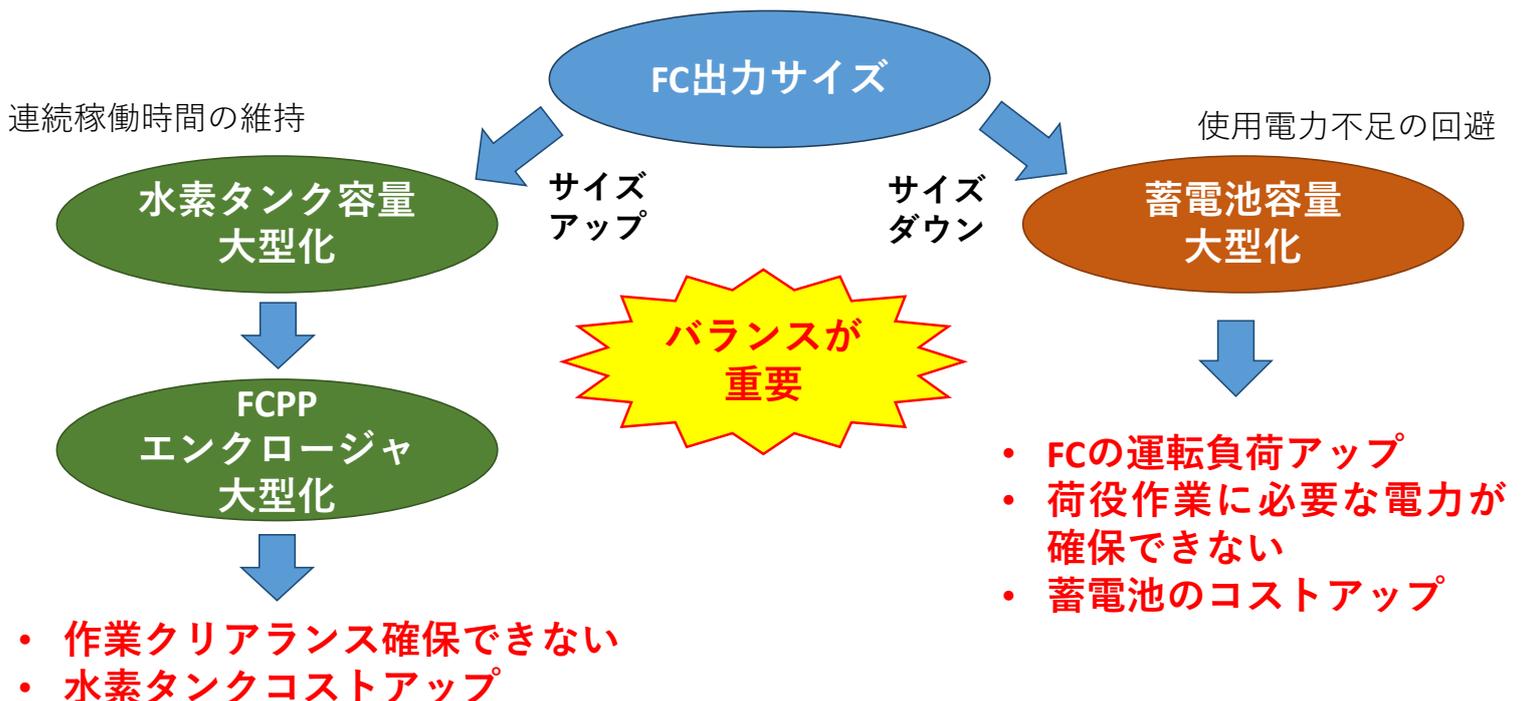
3.3. FC駆動トランスレーナ®の設計コンセプト-2-

RTG同士のすれ違い、蔵置コンテナとのクリアランス制約内に収める必要あり。

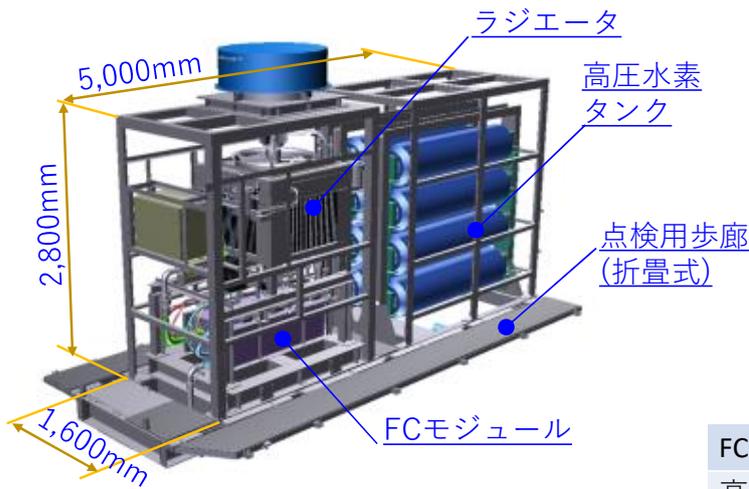


RTG寸法の例

3.4. FC駆動トランスレーナ®の設計コンセプト-3-



3.5. FCPPのエンクロージャ



FCモジュール定格出力	60kW (DC 650V)
高圧水素タンク圧力	70MPa
高圧水素タンク容量	32 kg-H ₂ (実証機) 64 kg-H ₂ (実機)
水素ガス純度	ISO 14687-2: 201 (Type 1, Grade D)
充填プロトコル	SAE J2601-1, JPEC-S 0003

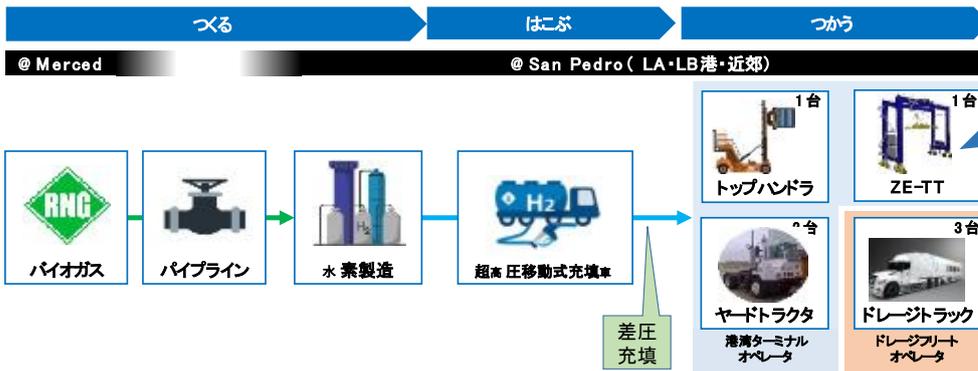
開発のポイント

- 出力変動の平準化
- 狭隘スペースへの設置

3.6. LA港実証試験概要

- 港湾における地産地消型クリーン水素サプライチェーンの社会実装および実証。
- FC駆動形の新規RTGを製作し、LA港のコンテナターミナルで実荷役作業に投入(24年5月~)。
- 実使用環境下での運用を通し、水素充填作業が荷役に及ぼす影響や連続稼働時間の検証、分析。

- プロジェクト参加企業:
- 豊田通商株式会社
 - Toyota Tsusho America Inc.
 - 株式会社三井E&S
 - PACECO CORP.



*1 ドレージトラック; CT構内と外部の間でコンテナを輸送するトラック

3.7. 大分実証での水素供給と充填



水素製造所 (佐賀)
カードルに19.6MPa充填



(大分)



カードルのトラック輸送

カードル；複数シリンダを架台に組んだ集合容器
 容器構成： 50L×30本 50L×20本
 充填圧力： 19.6MPa 19.6MPa
 有効水素量： 18.9kg 12.6kg (~2.0MPa)

水素貯蔵・充填施設



第二種高圧ガス貯蔵所
(カードル保管)

RTG FCパワーパック



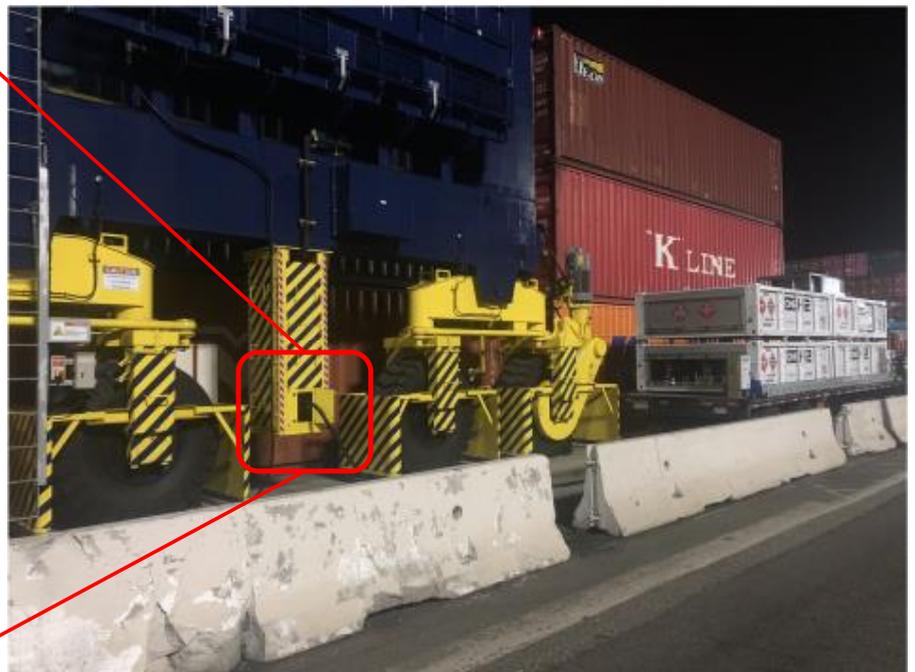
水素充填

RTG上の高圧水素タンクに19.6MPaから差圧充填
ワンタッチレセプタクル



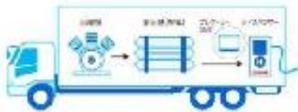
第二種高圧ガス製造施設

3.8. LA実証でのMobile Refuelerによる水素充填



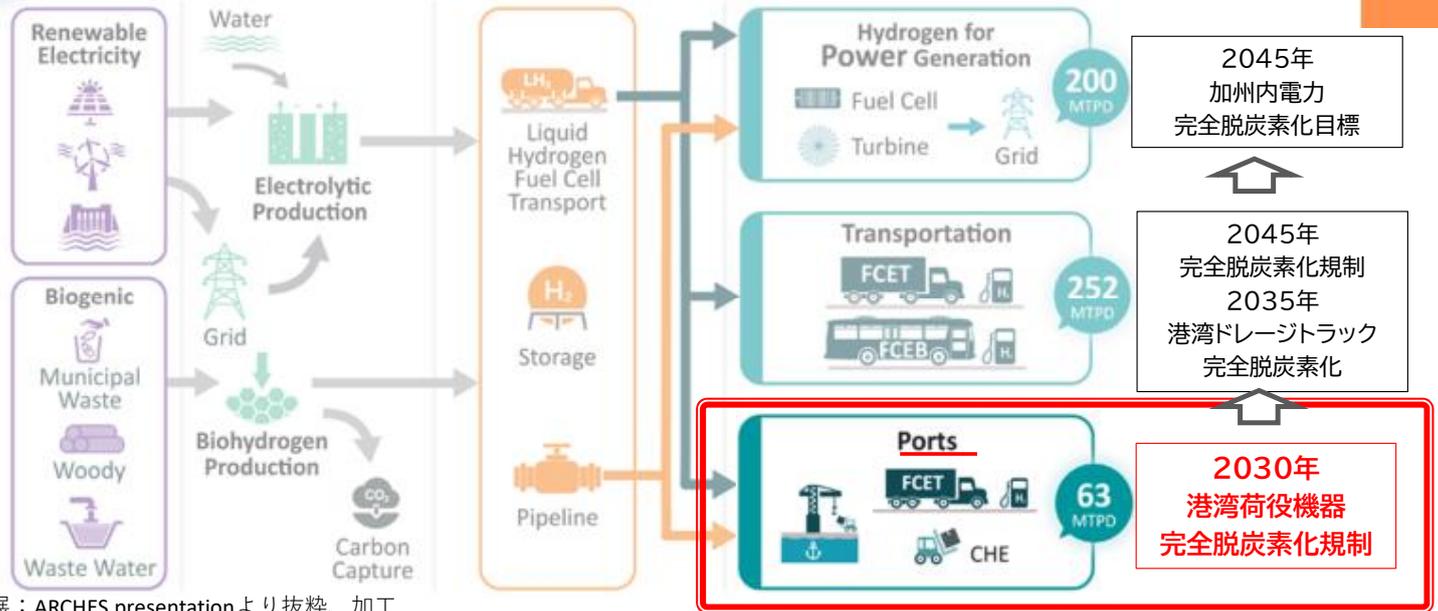
4. CT荷役機器への水素供給と充填

4.1. 水素RTG実証試験の比較

場所	LA	東京	神戸	横浜
RTG				
パワーパック	水燃料電池 (FC)	水燃料電池 (FC)	水燃内燃機関 (ICE)	水燃料電池 (FC)
新規/改造	新規	改造	改造	改造
水素供給	移動式差圧水素充填車 70MPa充填 	定置式水素供給ユニット 35MPa充填 	移動式水素充填車 	移動式水素充填車 
出典	https://www.nedo.go.jp/content/100980840.pdf	https://www.uni-xnct.com/wordpress/wp-content/uploads/2024/10/20241021.pdf	https://hanshinport.co.jp/wp-content/uploads/20240207_RTGsHydrogenEngineConversion2.pdf	https://www.utoc.co.jp/upload/docs/250602_utoc.pdf

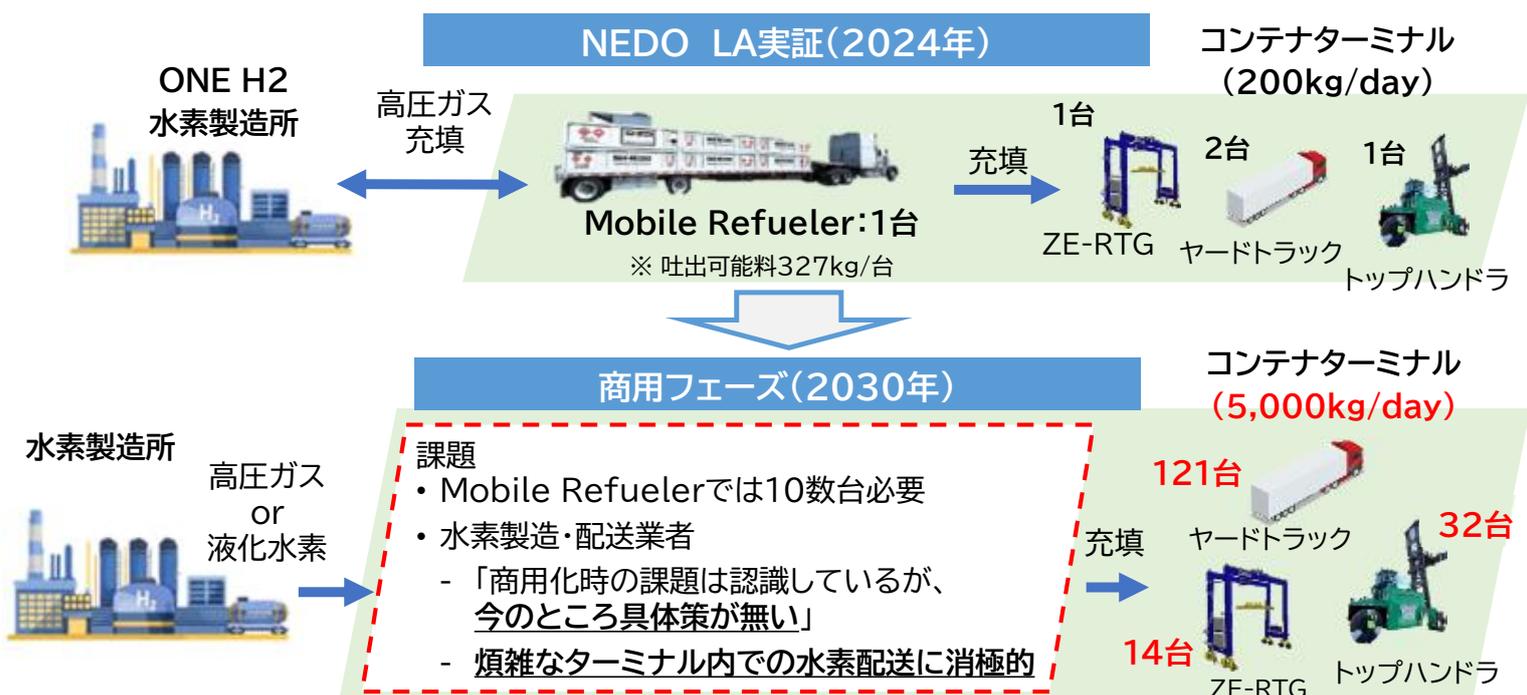
4.2. 米国水素ハブ拠点、カリフォルニア州の状況

- ARCHES (The Alliance for Renewable Clean Hydrogen Energy Systems)が連邦政府から\$12.5億の補助金契約
- 北米脱炭素構想では3つの注力セグメントで**港湾が最速で規制化(2030年)**



出展；ARCHES presentationより抜粋、加工

4.3. NEDO LA実証から商用スケールへ拡張時の課題



4.4. 南カリフォルニア 水素ガス供給プレーヤーの声

現時点では需要予測・具体策が無い為リソース掛けていない

A社	<ul style="list-style-type: none"> 商用化時の課題は認識しているが、現状は具体策が無い 港湾に対する知見乏しい 液水は30-70%のボイルガスのため即採用はできない
B社	煩雑なターミナル内での水素配送に 消極的 (5000kgの水素をターミナルの入り口に置いて帰る事を希望)
C社	ターミナルの水素需要は魅力的だが、リソース割けない
D社	水素製造を手掛け始めているが、コンテナターミナルへの 具体的な水素供給方法は定まっていない。 (LA近圏でガス改質による 水素製造計画はあるが 、現状は液水での出荷を想定)
E社	現状自動車用に注力中の為、ターミナルでの 水素配送は未検討
F社	現状自動車用に注力中の為、ターミナルでの 水素配送は未検討

4.5. 南カリフォルニア 港湾関係者の声

コンテナターミナル特有の課題・ニーズ有り

①**安定供給(ダウンタイム削減)**、②**夜間シフトでの集中充填**、③**拡張性**

<p>港湾局 (環境計画部)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ダウンタイムによる荷役作業遅延リスク大 長期的な水素需要は予測困難、拡張性が重要 労働者がこれまでと同じように仕事できる必要
<p>ターミナルオペレータ (運用&保守部門)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 水素充填は深夜限定(深夜シフト:am1~5) 現状の作業運用は変えたくない 水素需要に応じた設備の拡張性に悩んでいる RTG電化(陸電)による作業性低下・設備投資は課題
<p>労働者ユニオン (港湾労働関係代表)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 雇用維持(作業性、雇用機会)が必要。 労働者が安全・簡便に作業できることが必要 電化は安定電源とは限らない 水素の方が雇用機会が多いと考えている

4.6. 水素圧縮機の大型化

- LA実証、大分実証では高圧に圧縮された水素を現場で差圧充填する。
- 高圧水素の公道輸送には法的制約もある→CT内に圧縮機を設置するケースもある。

水素ステーション用圧縮機



出典；加地テックWebsite

吐出量	340Nm ³ /hr
吐出圧力	82MPa

圧縮機の
大型化が必須

- RTGは約70kg/日の水素を消費※
- 大規模CTでは1ターミナルで20機以上のRTGを運用

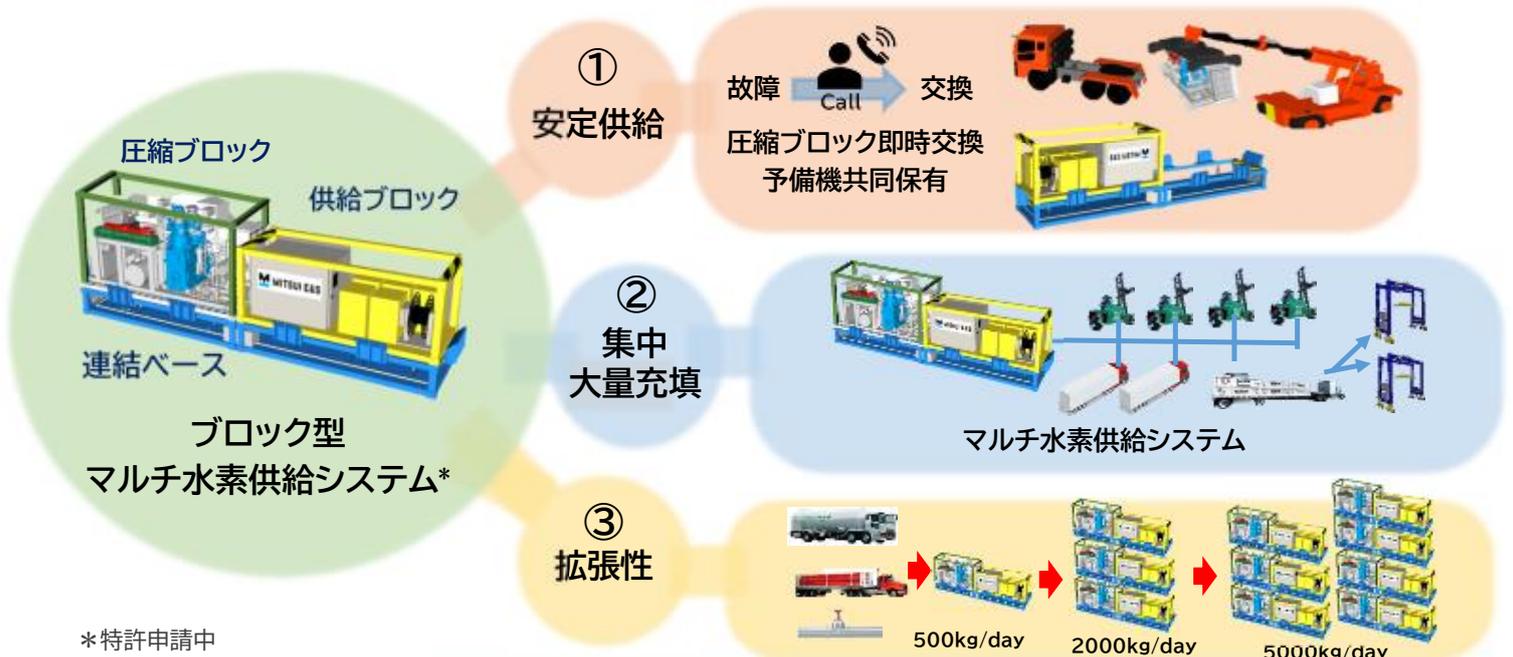
※荷役の状況、稼働時間による



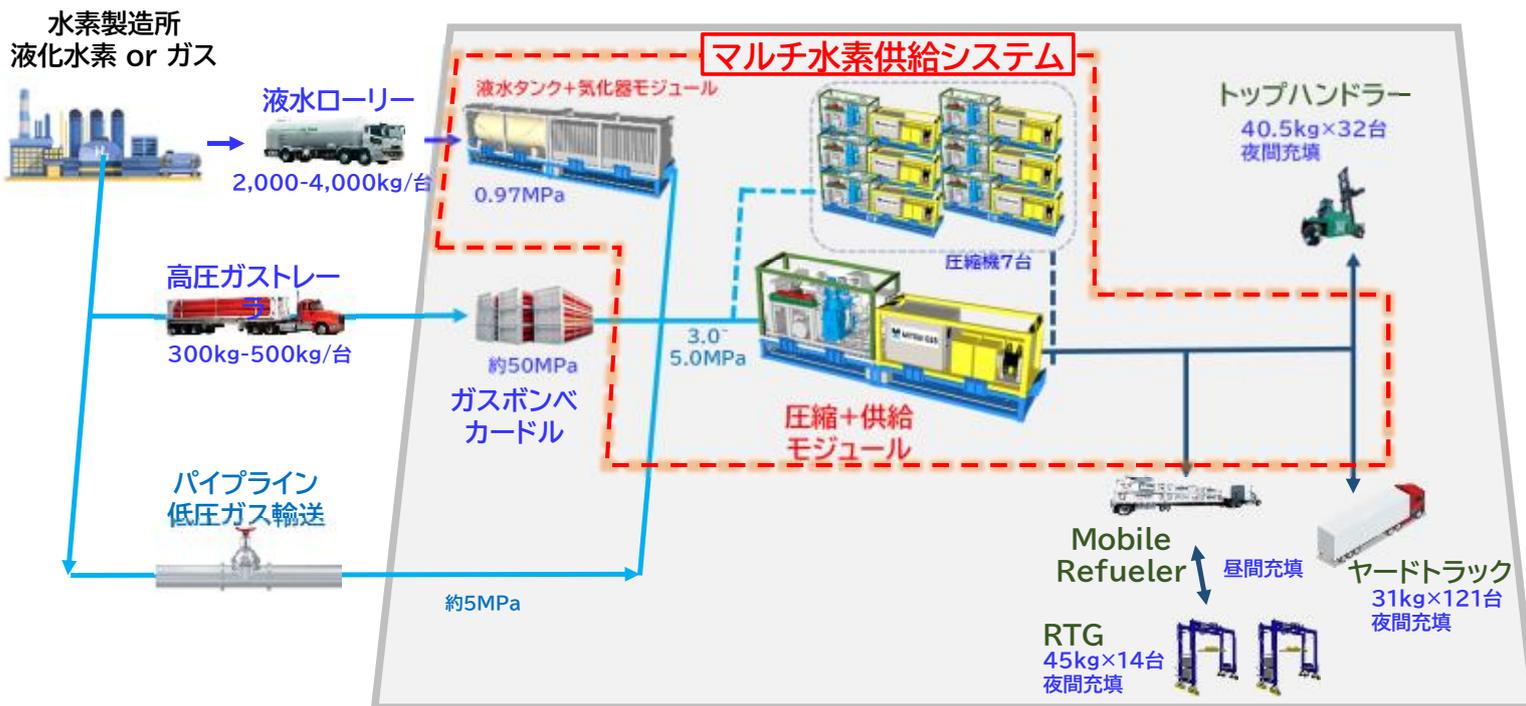
吐出量	1,000Nm ³ /hr
吐出圧力	45MPa

4.7. コンテナターミナル向け水素供給の新コンセプト

圧縮+供給をコンテナサイズにブロック化した業界初の水素供給システム



4.8. コンテナターミナル向け水素供給コンセプト概要



5. まとめ

- 水素FCパワーパックを電源とするRTG (H₂-ZE[®] トランステーナ[®]) を開発した。
- H₂-ZE[®] トランステーナ[®]の開発はFC出力、消費水素量、設置スペース等の制約に対しバランスの取れた解を導き出した。
- 24年5月よりLA港で実荷役環境下で実証試験を開始しており、国内でも東京港、神戸港、横浜港で実証実験が行われた。
- 商用フェーズに向け、荷役機器への水素供給およびラストワンマイル充填に課題があり、①安定供給 (ダウンタイム削減)、②夜間シフトでの集中充填、③拡張性が重視されている。
- CT荷役機器向け水素供給の新コンセプトであるブロック型マルチ水素供給システムを提案する。
- 水素普及までのブリッジ技術としてNZE[®] トランステーナ[®]を市場投入済。

ご清聴有難うございました



MITSUMI E&S

株式会社三井E&S
成長事業推進事業部
マーケティング部

お問合せ; kinya@mes.co.jp