



# 世界初 液化水素ポンプ 大流量の運転試験に成功



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



# 平城 恵介

Keisuke HIRAKI

西島製作所

事業開発統括本部長

# カーボンニュートラルに向けた 水素・アンモニア

- 水素、アンモニアは燃焼してもCO<sub>2</sub>が発生しない。
- 2050年のカーボンニュートラルに向けて、利用が加速していく。

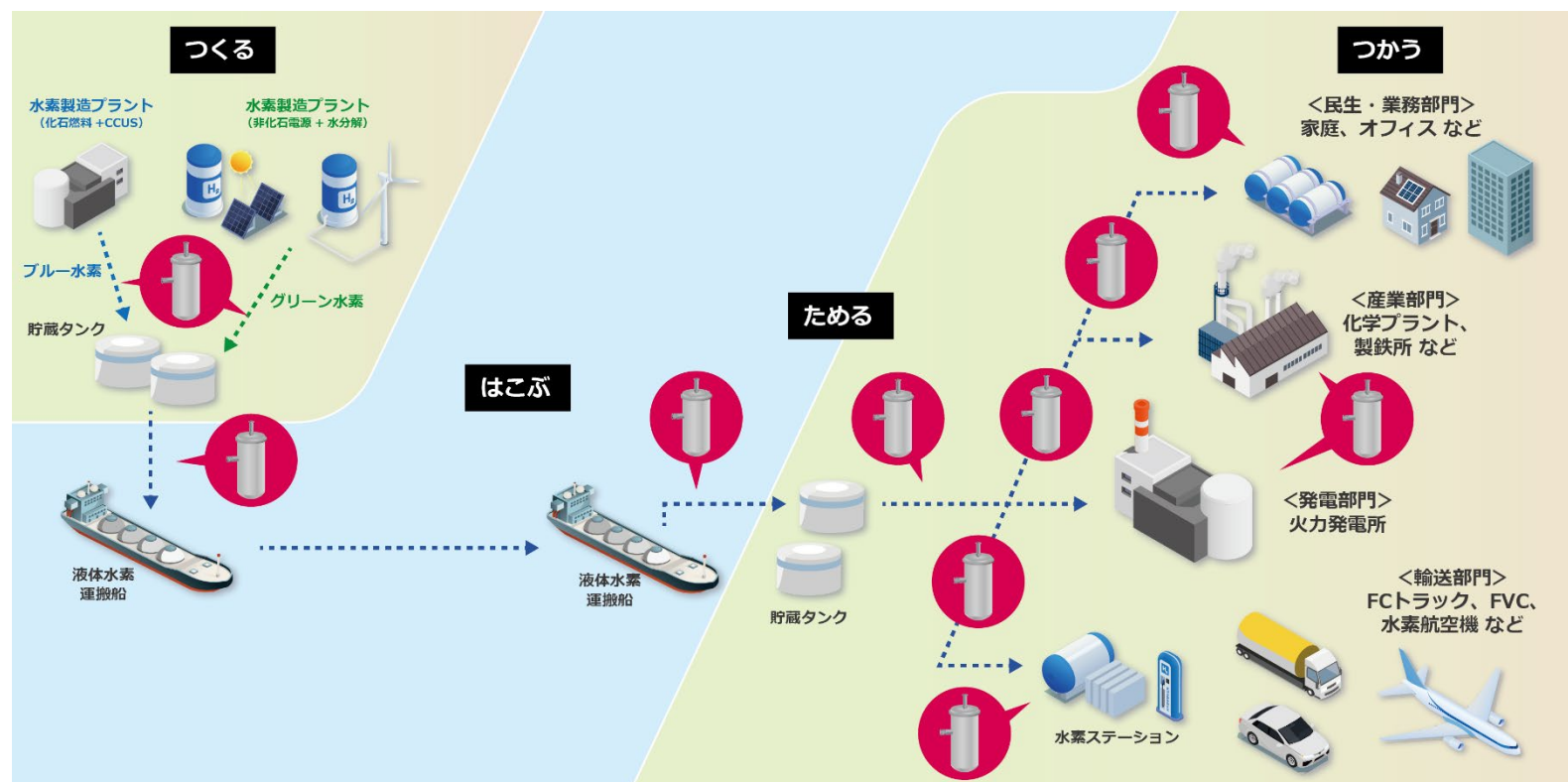


H2

# カーボンニュートラルに向けた 水素・アンモニア

## □ サプライチェーンの 構築が急務

- 「つくる・はこぶ・つかう」の  
すべてでポンプが必要。
- 液化水素ポンプ
- 液化アンモニアポンプ





# 三浦 知仁

Tomohito MIURA

西島製作所  
研究開発部長

# 大量の水素を運ぶには

「かさ」を小さくする必要がある

- 液体にして体積を1/800にする。



→  
-253℃ まで  
冷やす

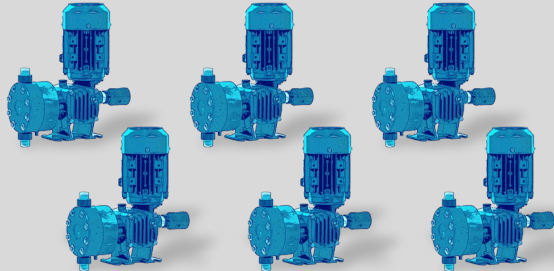
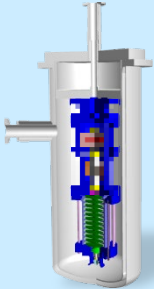


体積  
 $\frac{1}{800}$



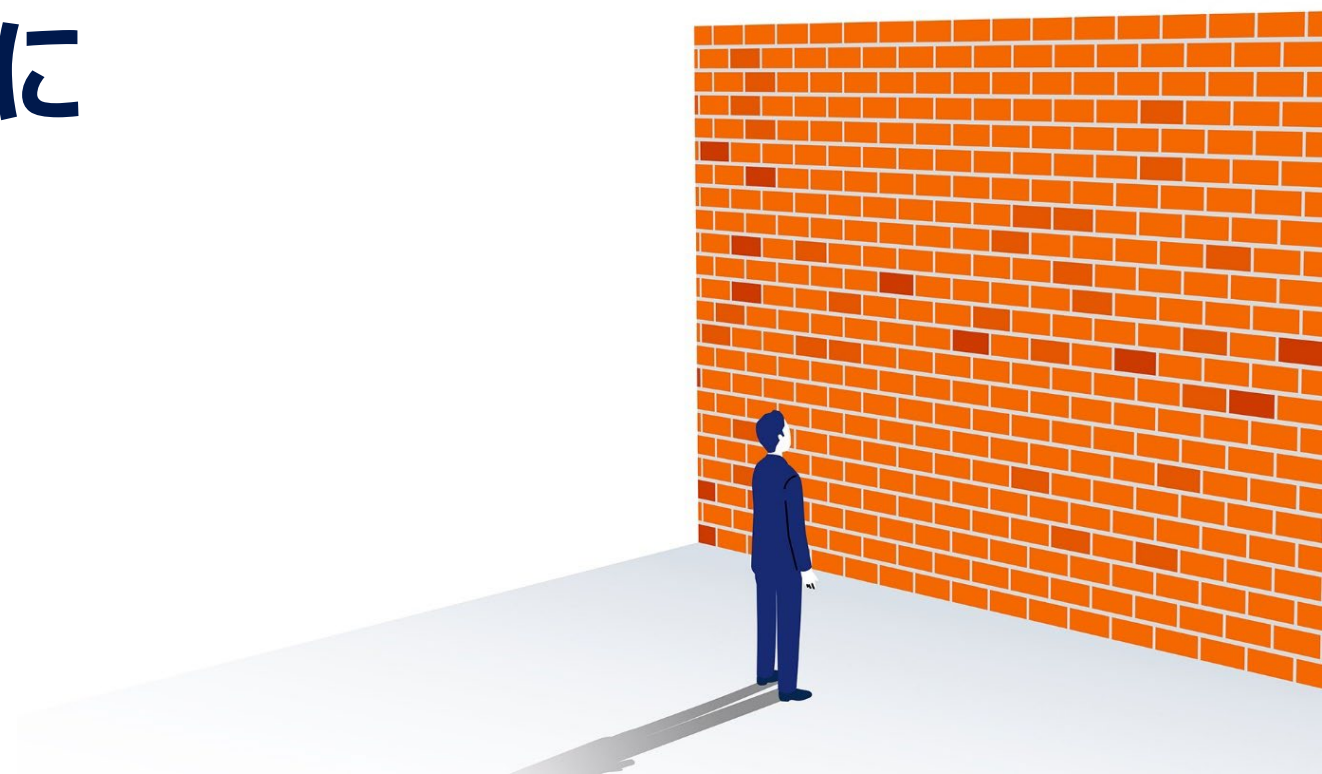


# 液化水素の輸送手段

ポンプタイプ	流量	昇圧量	特徴	
容積式	数千 Nm <sup>3</sup> /h	数十 MPa 以上	<ul style="list-style-type: none"><li>・構造が複雑になりがち</li><li>・メンテナンス周期が短い</li><li>・大量輸送には、複数台並列もしくは大型化が必要</li><li>・高圧を達成できる</li></ul>	
ターボ式 (遠心タイプ)	数万 Nm <sup>3</sup> /h	数 MPa	<ul style="list-style-type: none"><li>・構造がシンプル</li><li>・メンテナンス周期が長い</li><li>・1台で大量輸送が可能</li><li>・昇圧量は容積式に劣る</li></ul>	

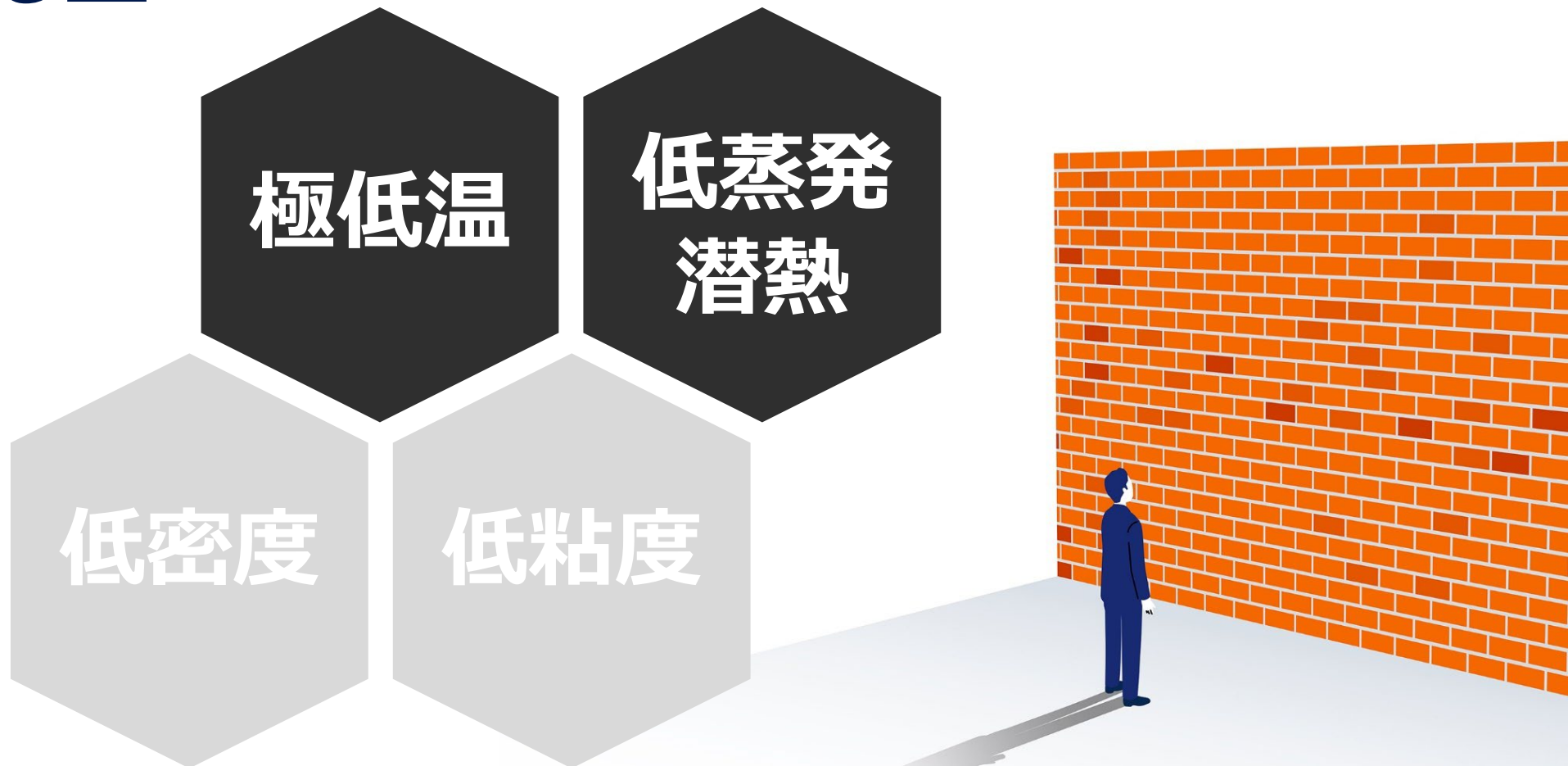
大量輸送には「ターボ式ポンプ」が向いている！

# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁





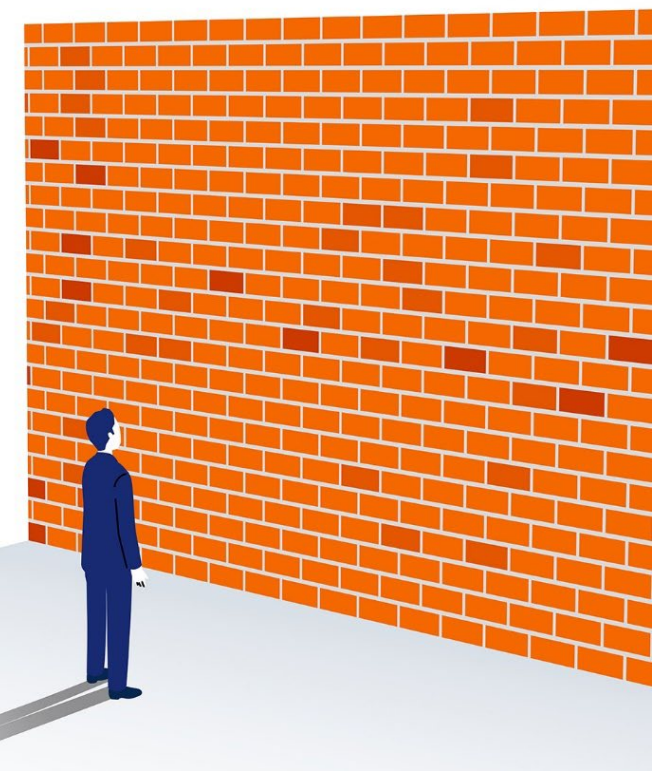
# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁



# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁 ①

低蒸発  
潜熱

- 液化水素はわずかな温度上昇でもガス化
  - 液体で存在できる温度範囲がとても狭い
- モータの発熱は大敵
  - ポンプの動力源がガス化につながる



# 超電導モータの採用

低蒸発  
潜熱

極低温

- 電気抵抗が小さい
  - モータの発熱を最小化
- 極低温環境がアドバンテージに
  - $-253^{\circ}\text{C}$ の環境を積極的に活用



解決策

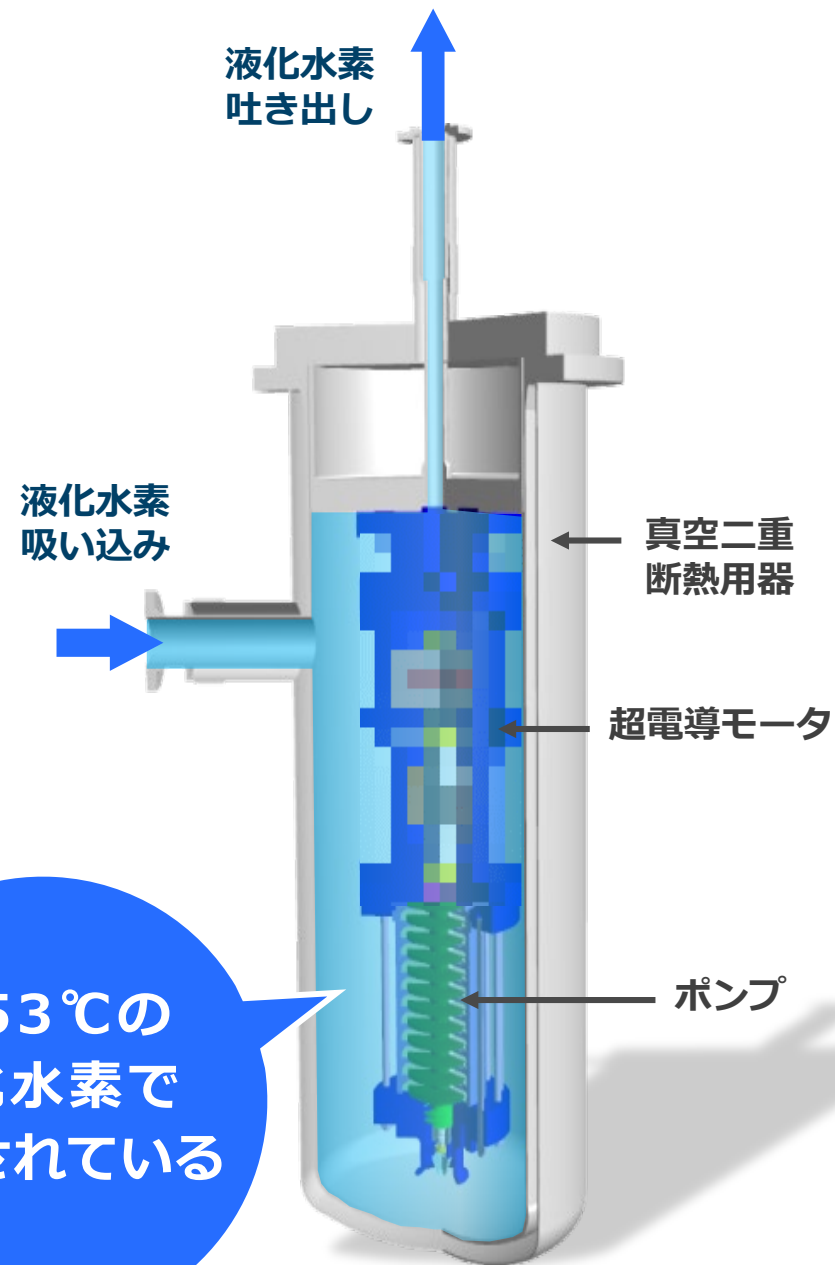
# 超電導モータの採用

極低温

## □ 完全液没により 超電導モータを利用可能に

- 真空二重の断熱容器内にポンプとモータを完全に没液
- モータ周囲を極低温環境にし、超電導モータの搭載を可能とした
- 構造が非常にシンプル

-253℃の  
液化水素で  
満たされている





# 中村 武恒

Taketsune NAKAMURA

京都大学

大学院工学研究科 電気工学専攻

特定教授



京都大学

KYOTO UNIVERSITY

# 超電導を一夕技術



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

京都大学大学院工学研究科 電気工学専攻

特定教授 中村 武恒



# 1. 超電導モータの種類と本開発の位置づけ

## 国内外で開発されている超電導モータの種類

- 三相交流モータ – 同期モータ : 世界的な主流
- 誘導モータ : **本開発**

## 三相交流モータの特長

同期モータ : (長所) 一般に効率が高いと言われている

(短所) 回転子に集電のためのスリップリングが必要

誘導モータ : (長所) 単純な構造, メンテナンス容易, 低コスト

(短所) 一般に低効率と言われている, 低温では回転不安定

→ **ここを超電導技術でブレークスルー**

## 2. 高温超電導誘導同期モータの構造と駆動原理

京都大学の独自技術

単純な構造



図1：高温超電導誘導同期モータの概略図

高温超電導巻線の賢い特性を利用

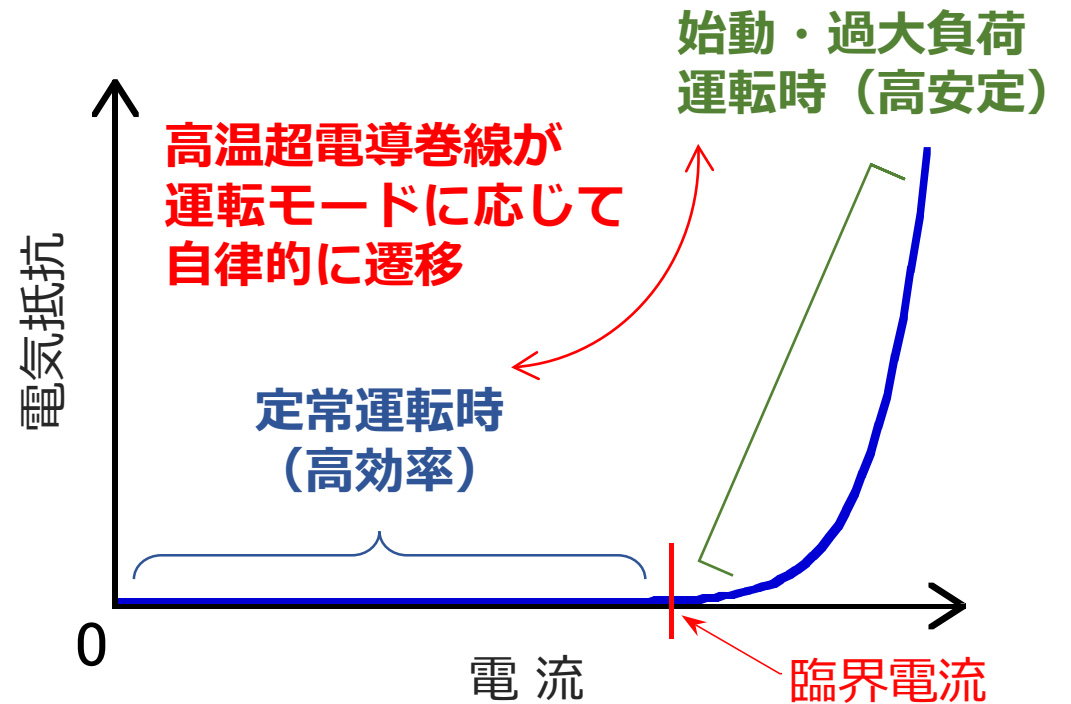


図2：高温超電導巻線の抵抗 - 電流特性

### 3. 高温超電導誘導同期モータの特長

- (1) 同期モータと誘導モータの両方の回転特性
- (2) 最高効率99%以上
- (3) 20 kW/kgを超える高出力密度化
- (4) 急激な始動でも極めて安定
- (5) 非超電導状態でも駆動可能

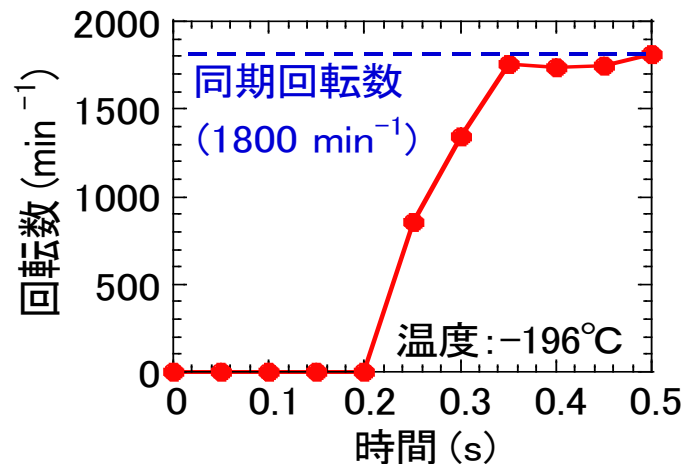


図3：加速指令0.4 sの急始動特性

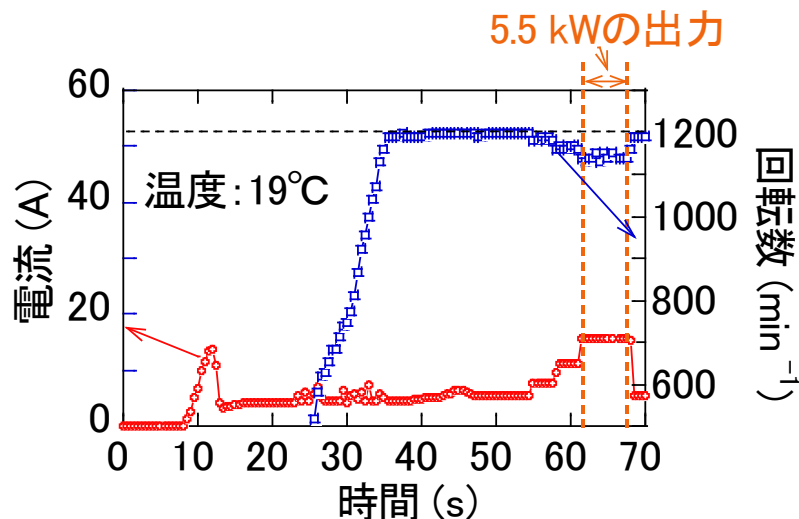


図4：室温駆動特性



# 三浦 知仁

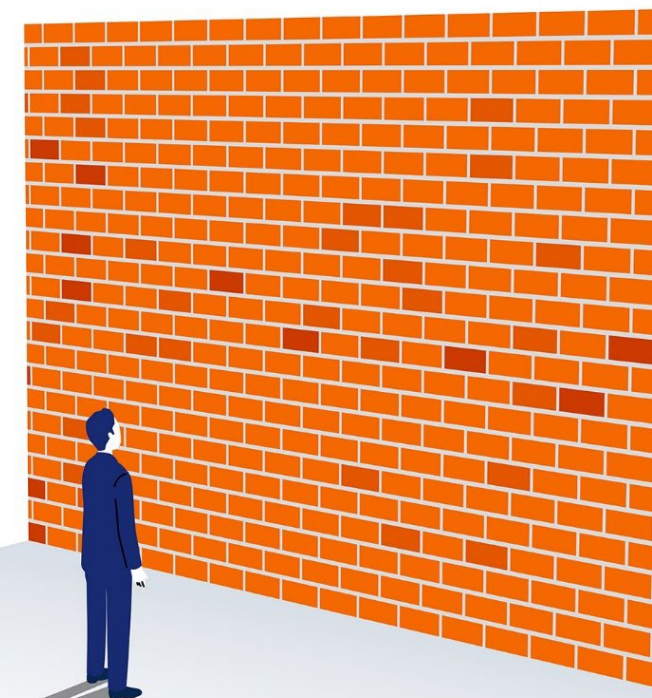
Tomohito MIURA

西島製作所  
研究開発部長

# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁 ②

低密度

- 液化水素は密度が低い
  - 水の約1/14 (常温・常圧)
- 水と同一の圧力にするためには
  - ポンプで14倍のヘッドが必要



# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁 ②

低密度

- 既存技術
  - 複数台のポンプで昇圧
- しかし、必要圧力まで昇圧するには不経済...





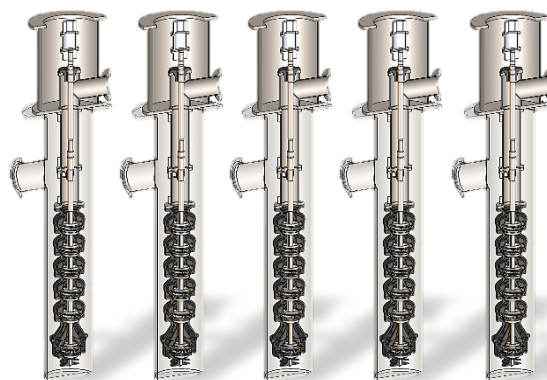
解決策

# 高速回転

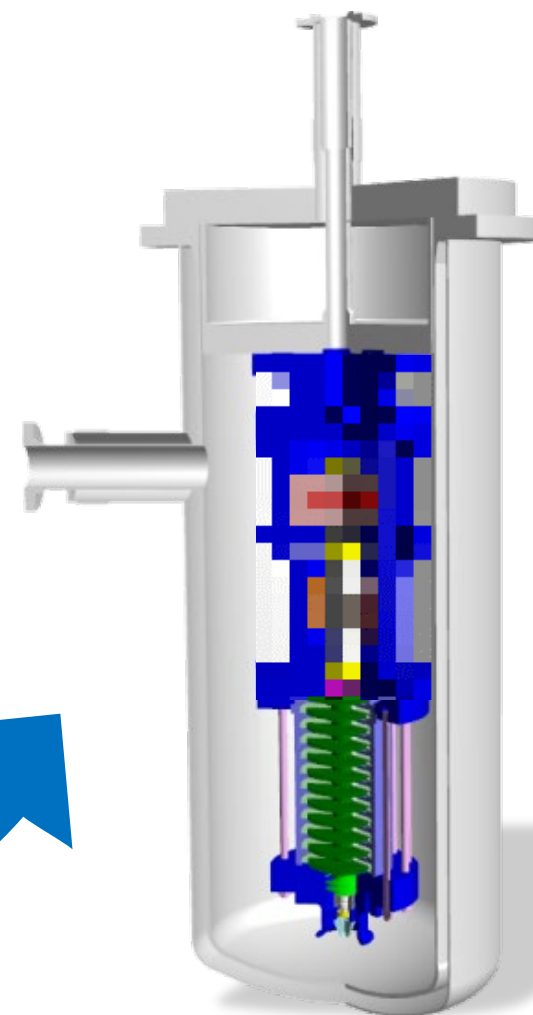
低密度

## □ 高速回転により高圧を生成

- 少ない台数で昇圧
- 理想は1台



高速  
回転

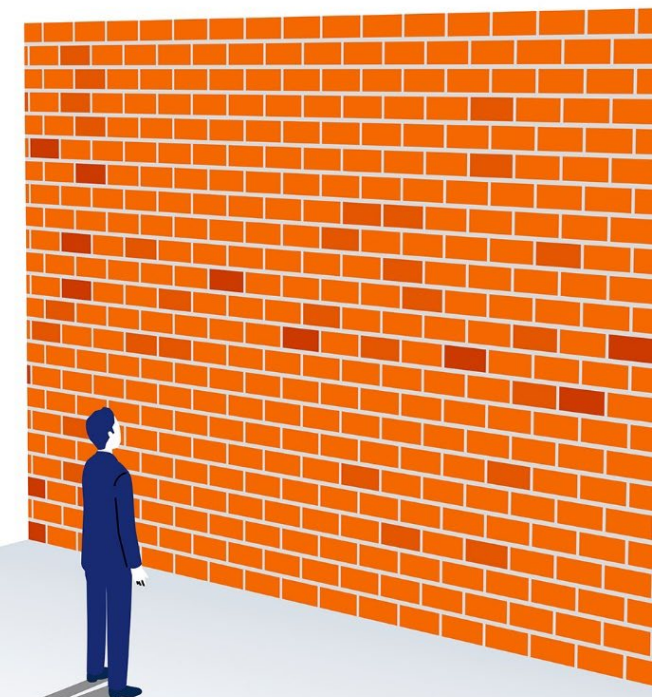


# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁 ③

低粘性

追い打ちをかける低粘性という性質

- 液化水素は粘性が小さい
  - サラサラした流体
  - 摩擦抵抗が小さい
- 振動エネルギーが熱エネルギーに変換されにくい
  - 振動が減衰しにくい
  - 回転機械にとって非常に厄介な特性

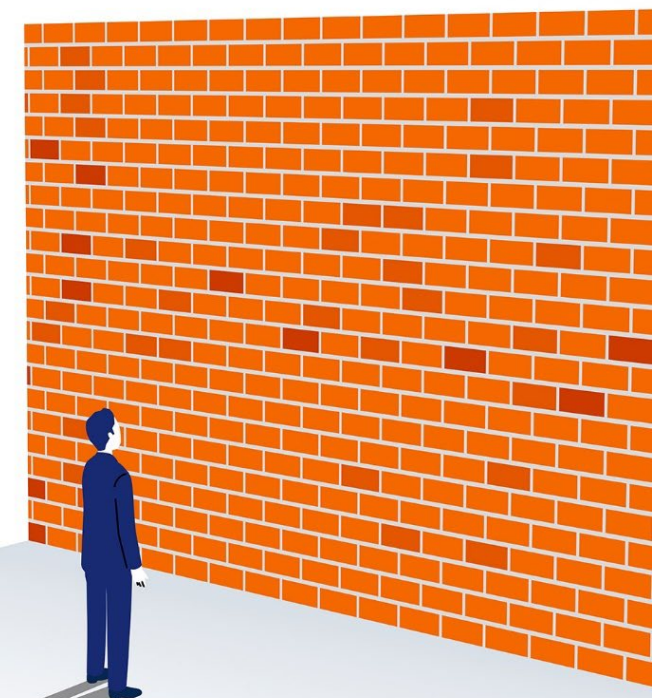


# 大流量ポンプの実現に 立ちはだかる壁 ③

低粘性

追い打ちをかける低粘性という性質

- 仮に共振が発生すると
  - ポンプだけでなく、設備全体に大きなダメージが...
- 大流量化することで、振動エネルギーが大きくなる
  - 低粘性が高速回転の大きな壁に...

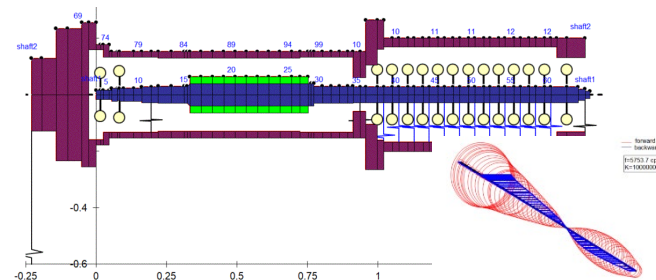
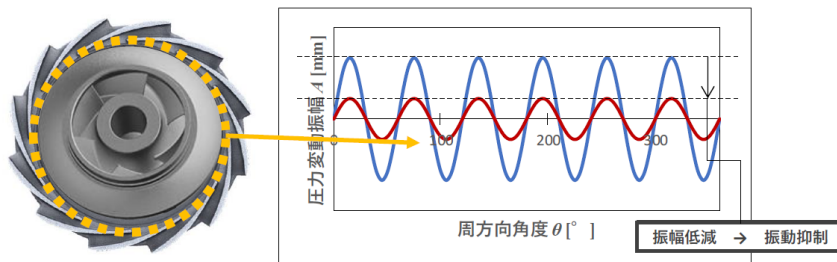


## 解決策

# トリシマが長年培った 高温・高圧ポンプの設計技術を展開

低粘性

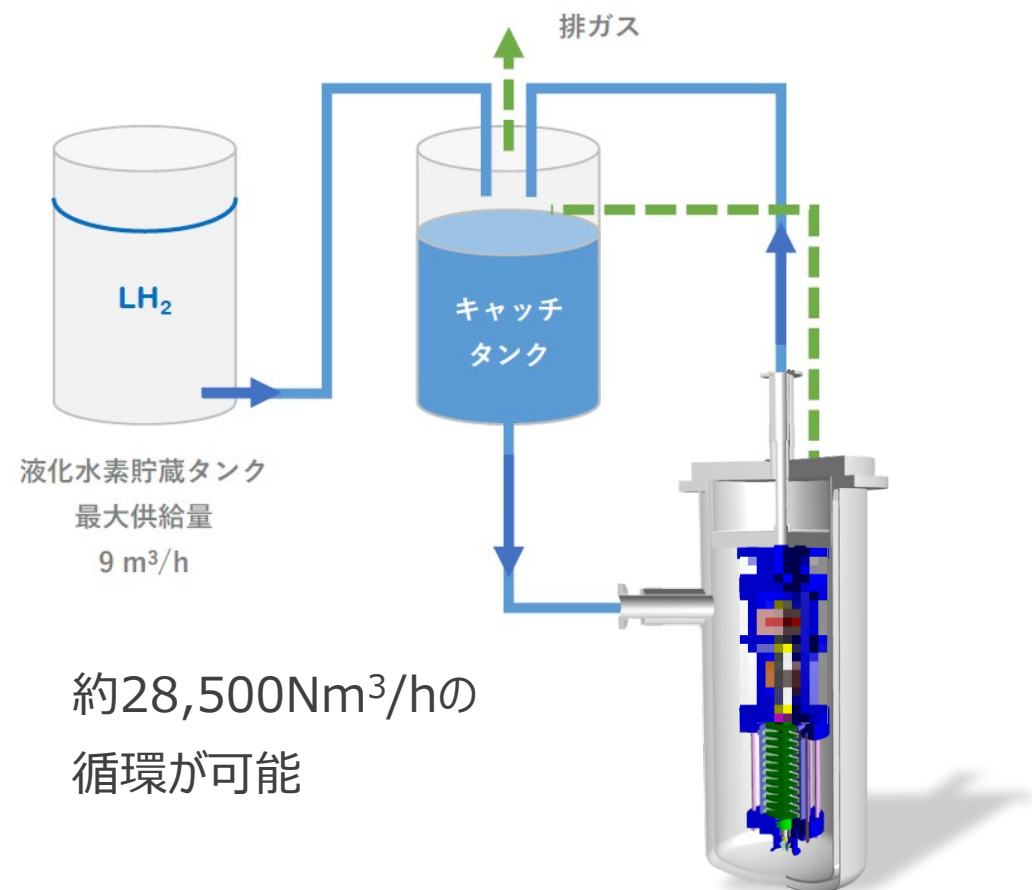
- 振動を発生させる流体変動力の抑制
- 回転体およびポンプ構造の固有振動数を確実に予測する技術（共振回避） など





# 試作機の検証試験を実施

最大規模の設備



JAXAの能代ロケット実験場に大型検証試験設備を建設

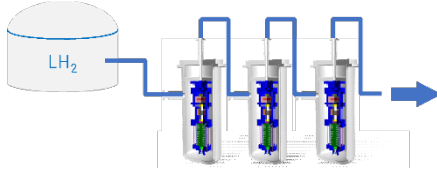
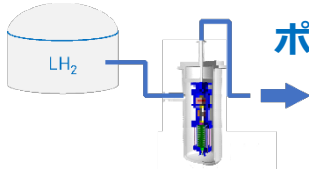
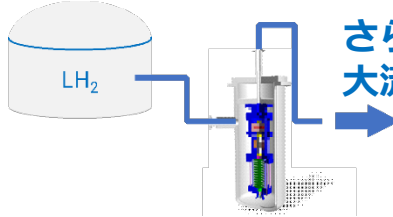
# 世界初の仕様を達成！

- 最大回転速度 : 5,000 min<sup>-1</sup>
  - 最大流量 : 30.5 m<sup>3</sup>/h (24,000 Nm<sup>3</sup>/h)
  - 最高圧力 : 1.6 MPaG
  - 最大電動機出力 : 30 kW
- 
- 液化水素用の遠心ポンプにおいて、世界最高スペック！
  - 超電導モータが産業機械の原動機として使用されるのは世界初！
  - 5,000min<sup>-1</sup>、30kW達成は、大きなブレイクスルー！
  - 産学の技術が高いレベルで融合された成果！





# 今後の展望

政府目標		トリシマ開発予定			
フェーズ	水素目標コスト	西島 開発完了	機器構成イメージ	流量	差圧
商用実証 (~2030年)	100 円以上 /Nm <sup>3</sup> (現在)	完了		1 (基準)	1 (基準)
商用化 (2031年~)	30 円 /Nm <sup>3</sup> (2031年~)	2026 年度	 ポンプ台数削減に寄与	1 大流量化	3 高圧化
将来商用 (2050年)	20 円 /Nm <sup>3</sup> (2050年)	2027 年度	 さらなる 大流量ニーズに対応	8	3

NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）助成事業として開発を実施。



# 質疑



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



# 原田 耕太郎

Kotaro HARADA

西島製作所

代表取締役CEO

# 西島製作所

世界で活躍するポンプメーカー

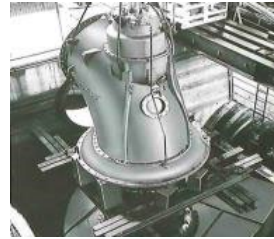
with over 100 years history



**1919**  
Torishima manufacturing was founded in the town of Torishima, Osaka, Japan



**1941**  
Moved factory to current location (Takatsuki City)



**1968**  
Testing a 2,200mm vertical pump



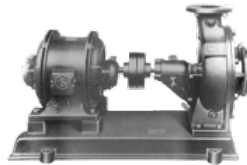
**1982**  
R&D laboratory equipped with the state of the art facility completed



**2000**  
Reconstruction of assembly plant for medium- and high-pressure pumps



**2021**  
New head office & factory building completed



**1920**  
Single-stage, single-suction turbine pump



**1949**  
Started first systematic study of mechanical seals



**1976**  
Pumping station for chemical complex in Kuwait



**1993**  
3,600mm dia. impeller for an ultra large drainage pump



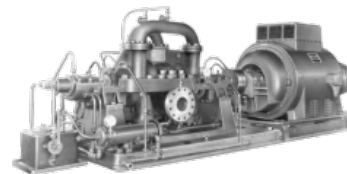
**2010**  
Start of "Pump de Eco" activities



**2017**  
Development of new high-efficiency pump for seawater desalination



**1923**  
CSX type single-suction volute pump



**1951**  
VM type boiler feed water pump



**1981**  
Ultra-large drainage pump facility in Kyushu, Japan



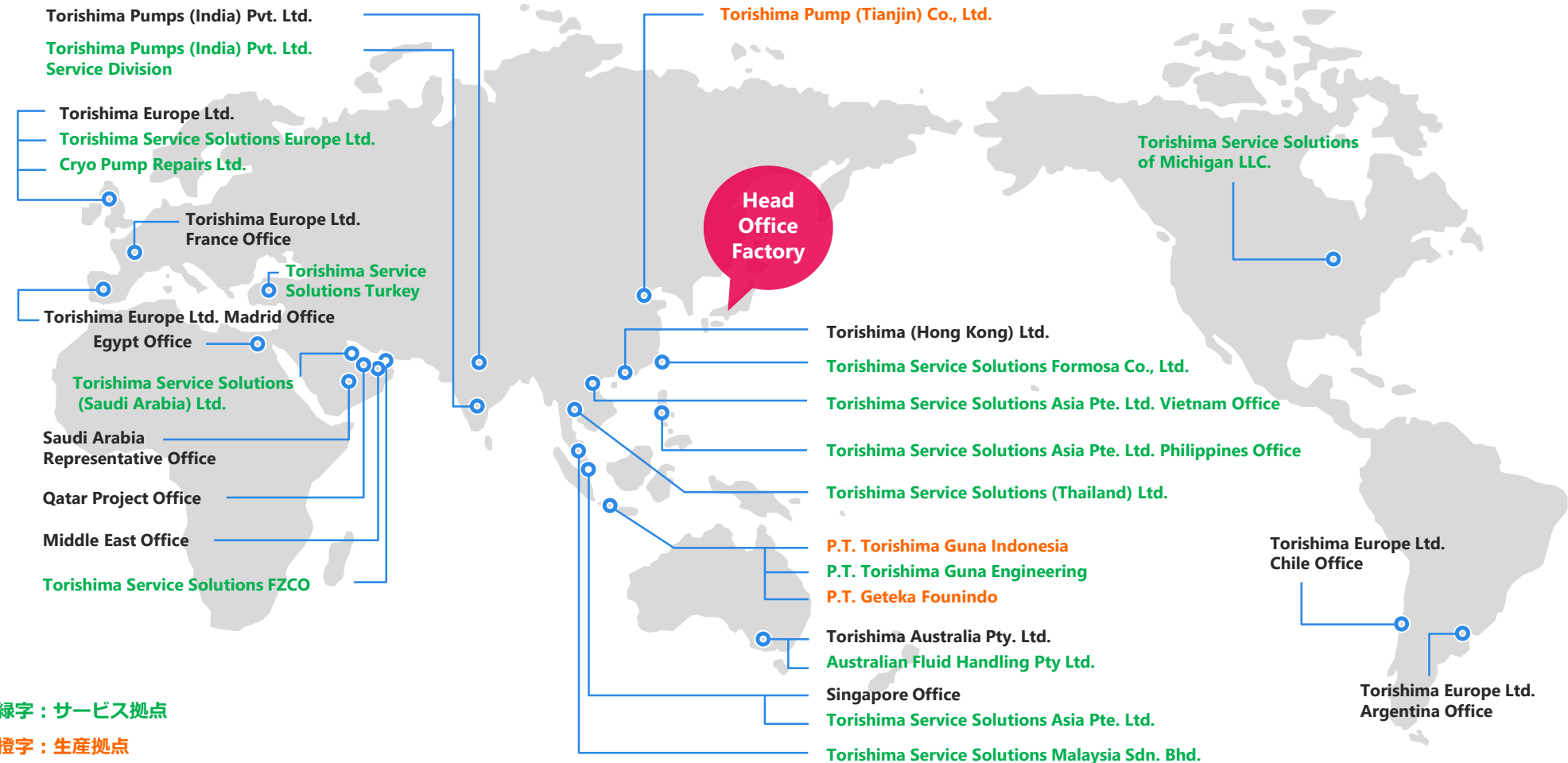
**2007**  
High pressure seawater supply pump for RO desalination



**2015**  
Development of new boiler feed pump

# Global Network

世界22カ国、31拠点。 35カ国の国籍の人たちが働くネットワーク





# Global Network

## Service Network

**4 x Manufacturing**  
**17 x Service Center**

**Torishima Service Solutions Turkey**  
(Turkiye, Istanbul) (2022 ~)

**Cryo Pump Repair**  
(UK, Grangemouth) (2021~ )  
*(founded in 2009)*

**Torishima Service Solutions Europe**  
(UK, Glasgow) (2010~ )

**Torishima (HQ & Kyushu)**  
(Japan, Osaka & Kyushu) (1919 ~)

**Torishima Service Solutions of MI**  
(USA, Michigan) (2018 ~)

**Australia Fluid Handling**  
(Australia, Melbourne) (2021~ )  
*(founded in 1999)*

**Torishima Service Solutions KSA**  
(Saudi Arabia, Jeddah) (2016 ~)

**Australia Fluid Handling**  
(Australia, Perth) (2021~ )  
*(founded in 1999)*

**Torishima Service Solutions FZCO**  
(U.A.E., Dubai) (2009 ~)

**P.T. Torishima Guna Indonesia**  
(Indonesia, Jakarta) (1984 ~)

*Coming soon...*

**Torishima Service Solutions Egypt**  
(Egypt) (2022 ~)

**P.T. Torishima Guna Engineering**  
(Indonesia, Jakarta/Bekasi) (1999 ~)

**Torishima Pump (Tianjin)**  
(China, Tianjin) (2009 ~)

**Torishima Pumps India**  
(India, Bangalore) (2013 ~)

**Torishima Service Solutions Formosa**  
(Taiwan, Linkou) (2018 ~)

**Torishima Service Solutions Malaysia**  
(Malaysia, Johor) (2018 ~)

**Torishima Service Solutions Asia**  
(Singapore) (2012 ~)

**Torishima Service Solutions Thailand**  
(Thailand, Bangkok/Rayong) (2017 ~)

# ボイラ給水ポンプ

国内の大型バイオマス発電所向けで、ほぼ100%の納入実績

## 50MW級

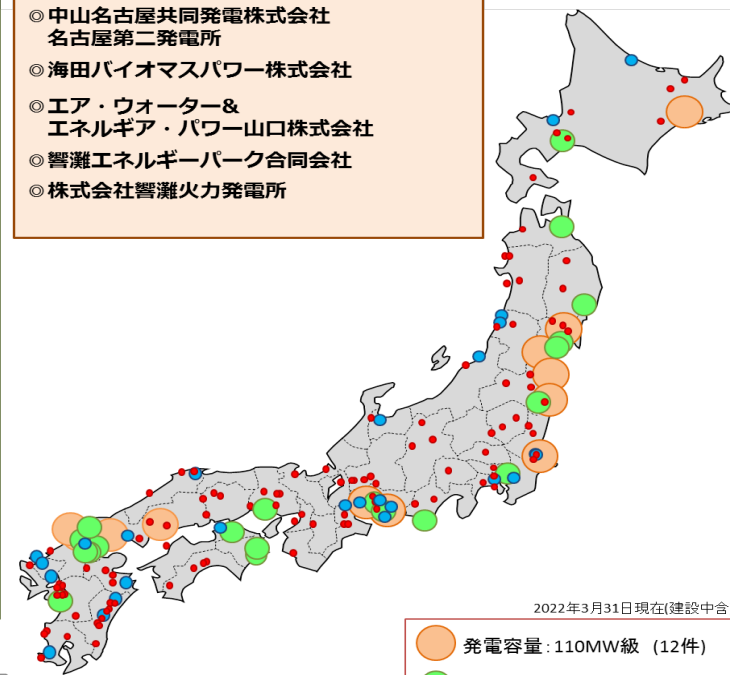
- ◎紋別バイオマス発電株式会社
- ◎石狩バイオエナジー合同会社
- ◎鳥海南バイオマス発電所
- ◎サミット酒田パワー株式会社
- ◎新潟東バイオマス発電合同会社
- ◎大林神栖バイオマス発電所
- ◎神栖バイオマス発電所
- ◎市原グリーン電力株式会社  
市原火力発電所
- ◎昭和シェル石油株式会社  
京浜バイオマス発電所
- ◎伏木万葉埠頭バイオマス発電合同会社
- ◎CEPO半田バイオマス発電株式会社
- ◎愛知蒲郡バイオマス発電合同会社
- ◎田原バイオマス発電所合同会社
- ◎中部電力株式会社 四日市火力発電所
- ◎米子バイオマス発電合同会社
- ◎出光興産株式会社 徳山事業所
- ◎大洲バイオマス発電所
- ◎株式会社シグマパワー有明  
三川発電所
- ◎株式会社日本海水TTS河田パワー
- ◎イーレックスニューエナジー  
佐伯株式会社
- ◎合同会社唐津バイオマスエナジー
- ◎旭化成エヌエスエネルギー株式会社  
延岡発電所
- ◎日向バイオマスパワー発電株式会社
- ◎株式会社伊万里グリーンパワー  
伊万里バイオマス発電所
- ◎セツ島バイオマスパワー合同会社
- ◎沖縄うるまニューエナジー株式会社  
中城バイオマス発電所

## 75MW級

- ◎勇払エネルギーセンター合同会社
- ◎エム・ピー・エム・王子  
エコエネルギー株式会社
- ◎大船渡発電株式会社
- ◎合同会社石巻ひばり野  
バイオマスエナジー
- ◎合同会社社都バイオマスエナジー
- ◎エア・ウォーター&エネルギー・パワー  
小名浜株式会社
- ◎市原八幡埠頭バイオマス発電合同会社
- ◎合同会社御前崎港バイオマスエナジー
- ◎サミット半田パワー株式会社
- ◎愛知田原バイオマス発電所
- ◎広畑バイオマス発電株式会社
- ◎坂出バイオマスパワー合同会社
- ◎下関バイオマスエナジー合同会社
- ◎長府バイオマス発電所
- ◎王子グリーンエナジー徳島株式会社
- ◎徳島津田バイオマス発電所
- ◎豊前ニューエナジー合同会社
- ◎バイオパワー河田合同会社
- ◎河田バイオマスエナジー株式会社
- ◎合同会社くまもと森林発電

## 110MW級

- ◎株式会社釧路火力発電所
- ◎日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社
- ◎仙台港バイオマスパワー合同会社
- ◎相馬エネルギーパーク合同会社
- ◎エイブルエナジー合同会社
- ◎かみずパワー株式会社
- ◎田原バイオマスパワー合同会社
- ◎中山名古屋共同発電株式会社  
名古屋第二発電所
- ◎海田バイオマスパワー株式会社
- ◎エア・ウォーター&  
エネルギー・パワー山口株式会社
- ◎響灘エネルギーパーク合同会社
- ◎株式会社響灘火力発電所



# トリシマのマテリアリティ 重要課題



めざす姿

社会に欠かせない企業

# 次世代エネルギー用ポンプ

## 水素

2021年度：産学で共同研究開始



2022年度：実機試験用の製品開発に着手



2023年度

- ✓ 本社工場に極低温液化ガスの試験開発設備を導入
- ✓ JAXA能代ロケット実験場で水素による実液試験を成功



## アンモニア

2021年度：JERA燃料アンモニア転換における実証試験向けポンプを受注



2022年度：将来の大容量化に向けてインタンク型ポンプの開発着手

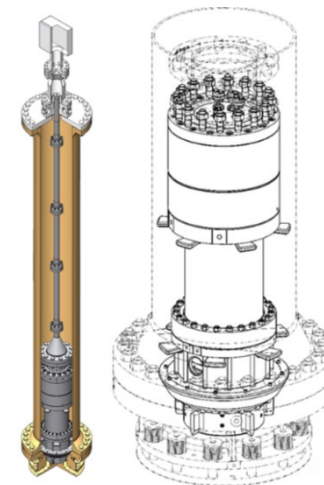


2023年度：キャンドモータポンプの世界トップメーカー（Hermetic社）とインタンク型ポンプで業務提携



2024年度

- ✓ JERA碧南で実証試験を実施中
- ✓ インドネシアで実液のアンモニアを使ったインタンク型ポンプシステムのデモンストレーションを予定







[取材申込みなどのお問い合わせ先]

株式会社西島製作所

総務部 コーポレートブランディング課

担当 安（あん） [m-an@torishima.co.jp](mailto:m-an@torishima.co.jp)