

水素吸蔵合金を用いた 水素貯蔵システム

日本重化学工業株式会社
小国事業所金属事業部第三グループ
布浦達也

内容

日本重化学工業株式会社について

○ 水素吸蔵合金の用途

車載用水素貯蔵タンク

液体水素ステーションでのBOG回収

< 有明水素ステーション：岩谷産業、Shell、東京都 >

- ・ 日本初の液体水素貯蔵型水素ステーション。
液体水素と高圧水素の両方とも充填可能。
燃料電池車、東京都の燃料電池都営バスなどに水素を充填。
水素吸蔵合金に液体水素タンクのボイルオフガスを回収し、
高圧ガスに昇圧されて燃料電池車に充填されている。



(引用: JHFCプロジェクトwebsite)

小型移動体用水素吸蔵タンク



水素吸蔵合金ボンベ貯蔵・
充填ユニット(岩谷産業)



燃料電池カート

燃料電池カート仕様



水素吸蔵合金ボンベ 50gH₂/unit

Curb mass	97kg
Fuel Cell	24V 250W PEFC ・ Air Cooling ・ External Humidifier
Length x Width x Height	1,190 x 660 x 1,060 mm
Engine	4250W PEFC & Ni-MH Battery
Max. speed	6km/h
Control System	Hydrogen System
Driving Range	5hours,30km (H ₂ Storage 100g/2 canisters)

資料提供: 栗本鐵工所

水素自動車・燃料電池自動車への応用例



1997 MAZDA



1999 HONDA

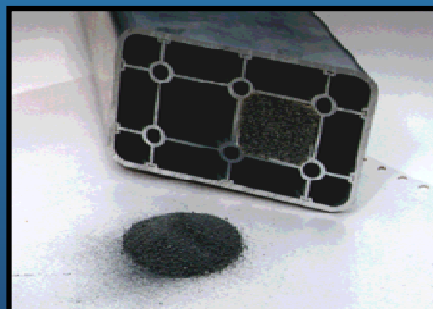
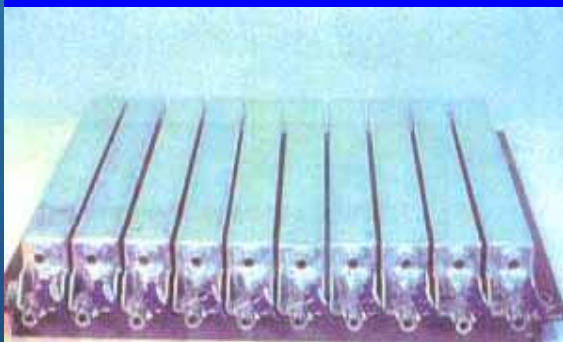
【ロータリーエンジン】

マツダ HR-X (1991)
マツダ カペラカーゴ (1995)

【燃料電池】

ホンダ FCX-V1 (1999)
トヨタ FCHV-3 (2001)

車載水素吸蔵合金タンク



H2 Storage capacity: 1.50 kgs

Maximum pressure: <math><1\text{ MPa}</math>

System Dimensions:

122x832x666 mm

System weight/volume:

192 kg / 67L

H2 storage density:

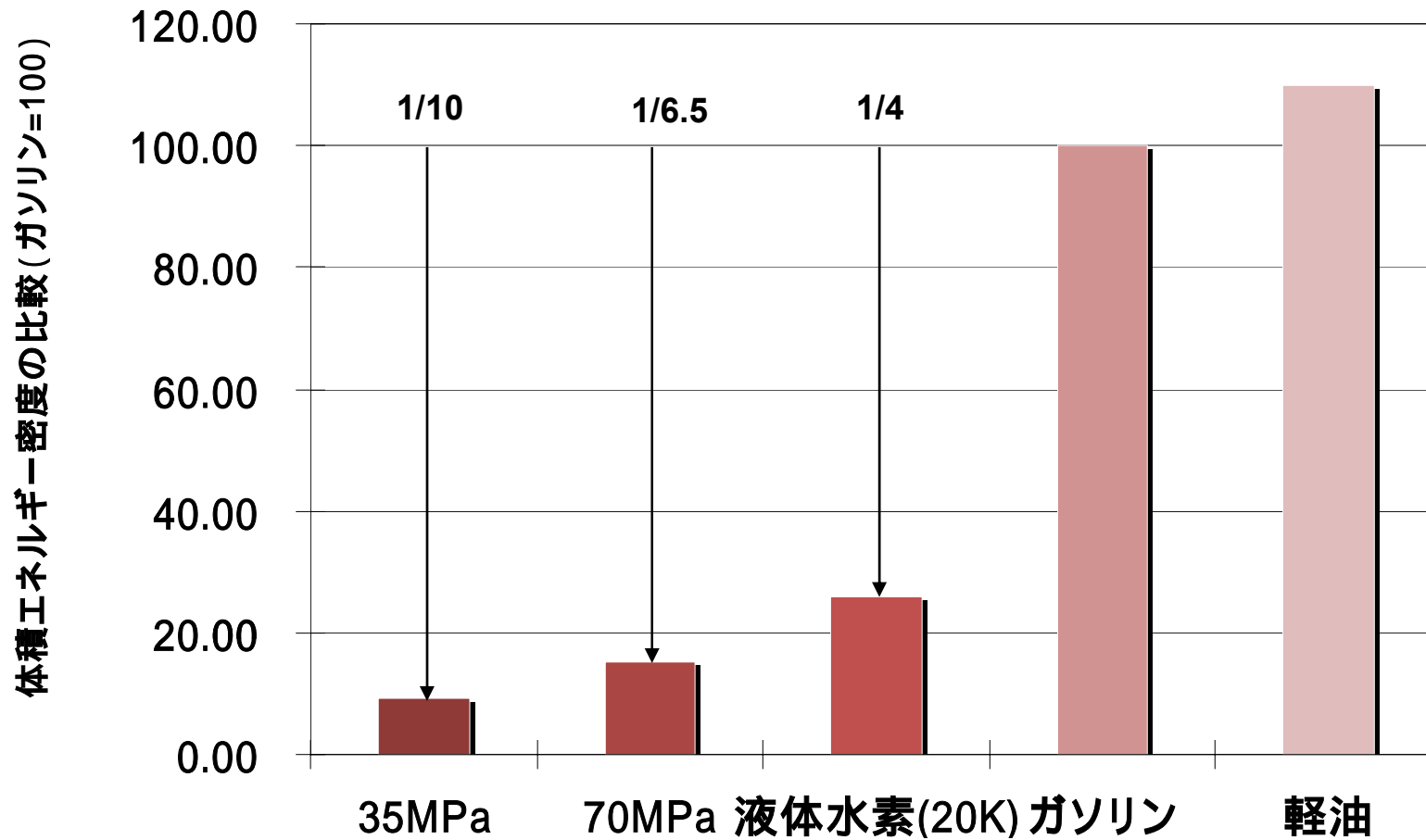
0.0078 kg H₂/kg (Gravimetric)

0.022kg H₂ /L (Volumetric)

引用 : MAZDA website, HONDA website

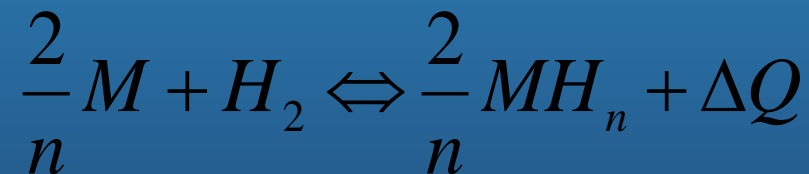
背景

水素の重量エネルギー密度 (33kWh/kg) はガソリン (12.5kWh/kg) よりも大きいですが、体積エネルギー密度は小さい。



代表的な水素吸蔵合金

合金組成	質量貯蔵密度 (有効水素貯蔵量)	体積貯蔵密度 (バルク) <small>*有効水素貯蔵量で算出</small>	ΔH (kJ/mol H ₂)	作動温度
LaNi ₅	1.4mass%	93g-H ₂ /L	-30	常温で吸蔵・放出
TiMn _{1.5}	1.8mass%	95g-H ₂ /L	-28	常温で吸蔵・放出
TiCrV	2.2mass%	98g-H ₂ /L	-35	常温で吸蔵・放出
Mg ₂ Ni	3.6mass%	97g-H ₂ /L	-64	約300 で放出



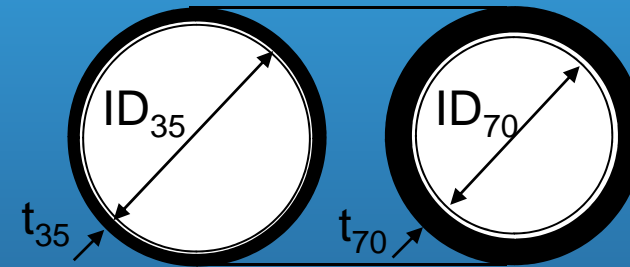
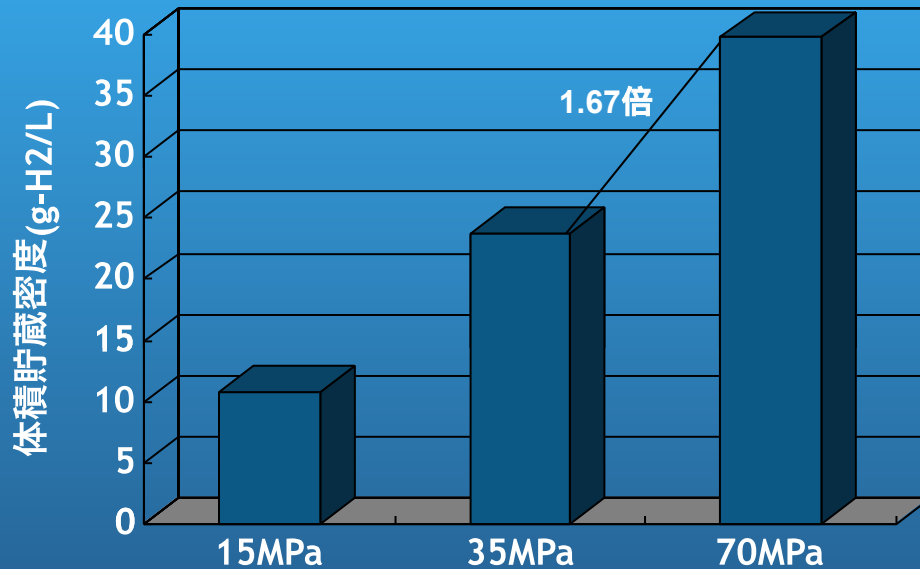
水素吸蔵合金の利点：体積貯蔵密度が大きい（液体水素[70g/L@大気圧]より大）
 車載での充填が可能（可逆性）
 室温付近での吸蔵・放出が可能（燃料電池の排熱利用可能）

欠点：質量貯蔵密度が小さい 重たい

高压水素貯蔵タンク



写真: Samtech HPより



$$t_{70} = 2 \times t_{35}, ID_{35} > ID_{70}$$

タンク断面積は0.8倍

容器の外径を同じとした場合、
外容積を基準とすると水素貯蔵量は約1.34倍 (1.67×0.8) しか増えない

35MPa容器の外容積基準の体積貯蔵密度が**18g/L (277L-5kg:H₂)** とすると
70MPaでは**24g/L (207L-5kg:H₂)**

ハイブリッド貯蔵タンク(高压+MH)

軽量の複合容器(Type-3)と
体積貯蔵密度に優れるMHを組み合わせた水素貯蔵タンク



SANTECH

AIST

JARI
JAPAN AUTOMOBILE RESEARCH INSTITUTE

UJIC

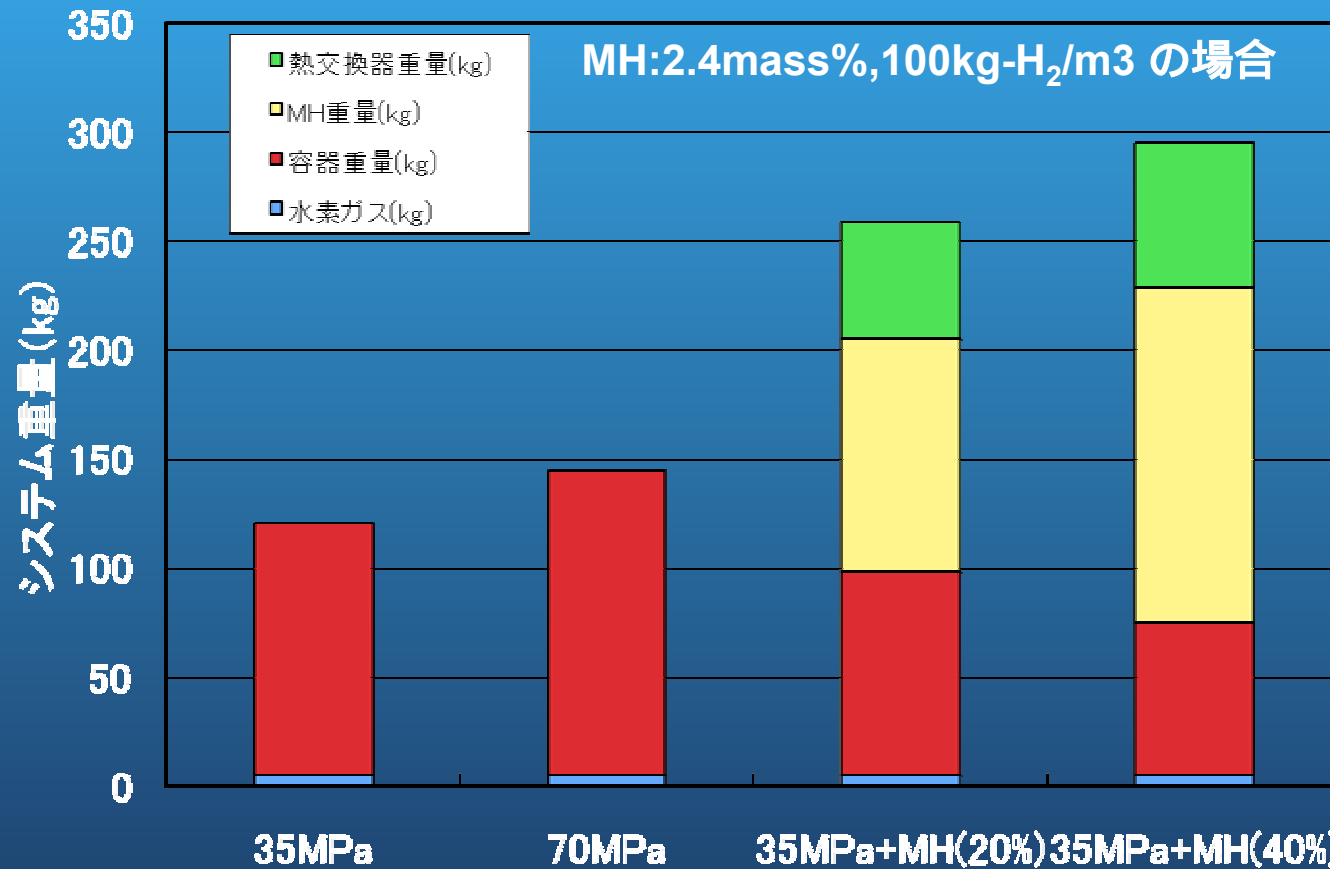
佐賀大学 Saga University

NEDO「水素安全利用等基盤技術開発-車両関連機器に関する研究開発-水素吸蔵合金と超高压容器を組み合わせたハイブリッド貯蔵タンクの研究開発」 日本重化学工業、サムテック、日本自動車研究所、佐賀大学 H17年度～平成19年度

NEDO「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/システム技術開発/車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発」 日本重化学工業、サムテック、産業技術総合研究所、佐賀大学 H20年度～平成22年度

重量貯蔵密度の比較（5kg-H₂ タンク）

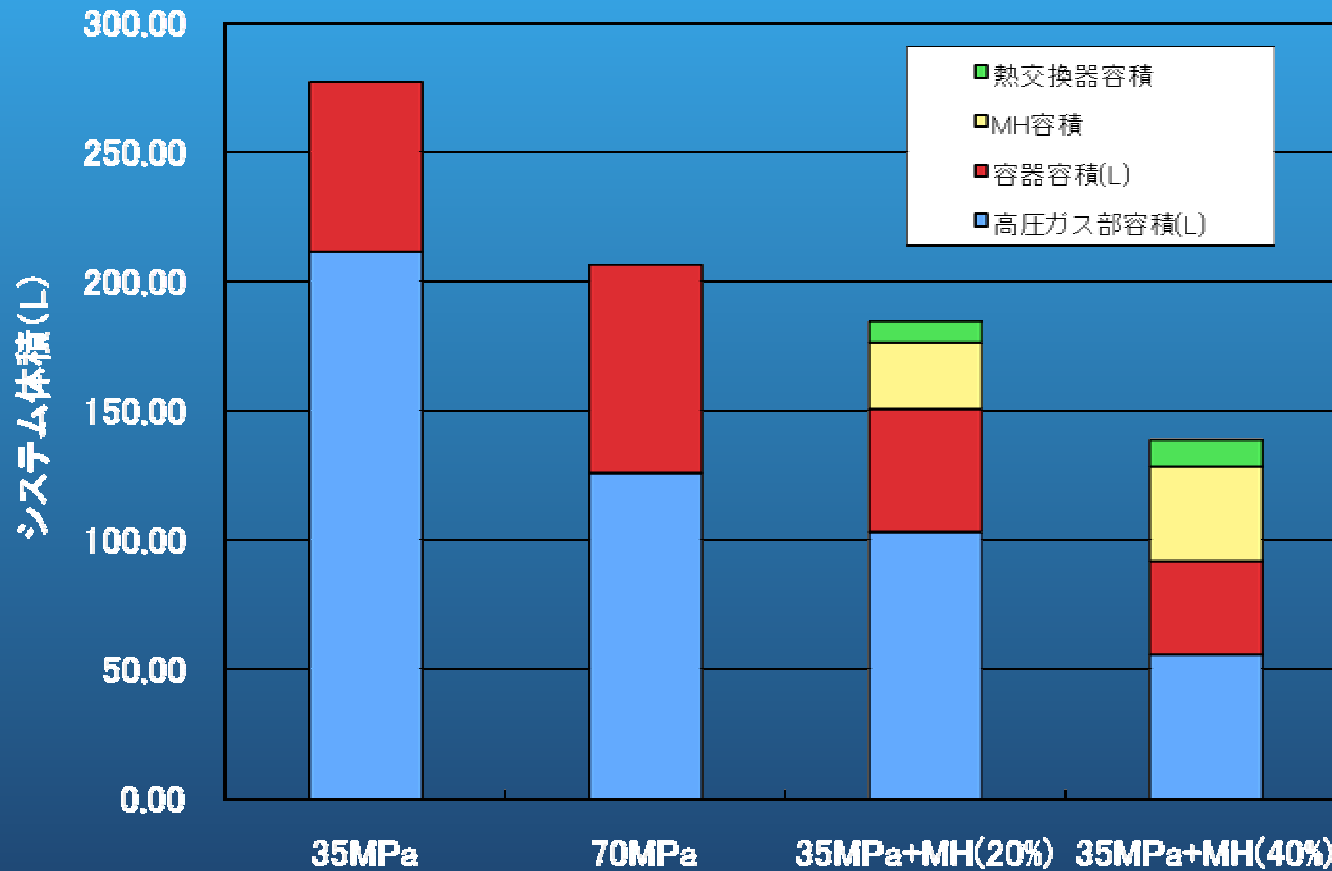
Type3容器で試算



現状のMHの質量貯蔵密度（2.4mass%）では、重量貯蔵密度は劣る

体積貯蔵密度の比較（容器含む 5kg-H₂）

Type3容器で試算



35MPaとMHを組み合わせることにより、70MPaを上回る体積貯蔵密度を達成可能

試作容器



容器仕様

内容積	: 30.5L
外容積	: 42L
タンク重量	: 61kg
水素貯蔵量	: 1.1kg
重量貯蔵密度	: 1.8 mass%
体積貯蔵密度	: 26g/L

同体積の複合高圧圧力容器(type-3比) 35MPaの場合、1.4倍
70MPaの場合、1.1倍

NEDO「水素安全利用等基盤技術開発-車両関連機器に関する研究開発-水素吸蔵合金と超高圧容器を組み合わせたハイブリッド貯蔵タンクの研究開発」 日本重化学工業、サムテック、日本自動車研究所、佐賀大学 H17年度～平成19年度

試作容器



試作容器仕様

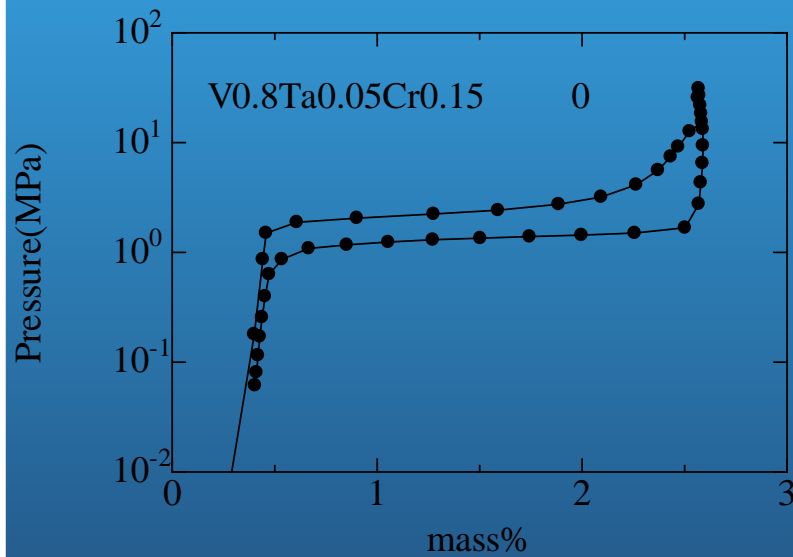
内容積	: 50.8 L
外容積	: 66 L
タンク重量	: 92 kg
水素貯蔵量	: 1.84kg
重量貯蔵密度	: 2.0 mass%
体積貯蔵密度	: 28g/L

同体積の複合高圧圧力容器(type-3比) 35MPaの場合、1.5倍
70MPaの場合、1.2倍

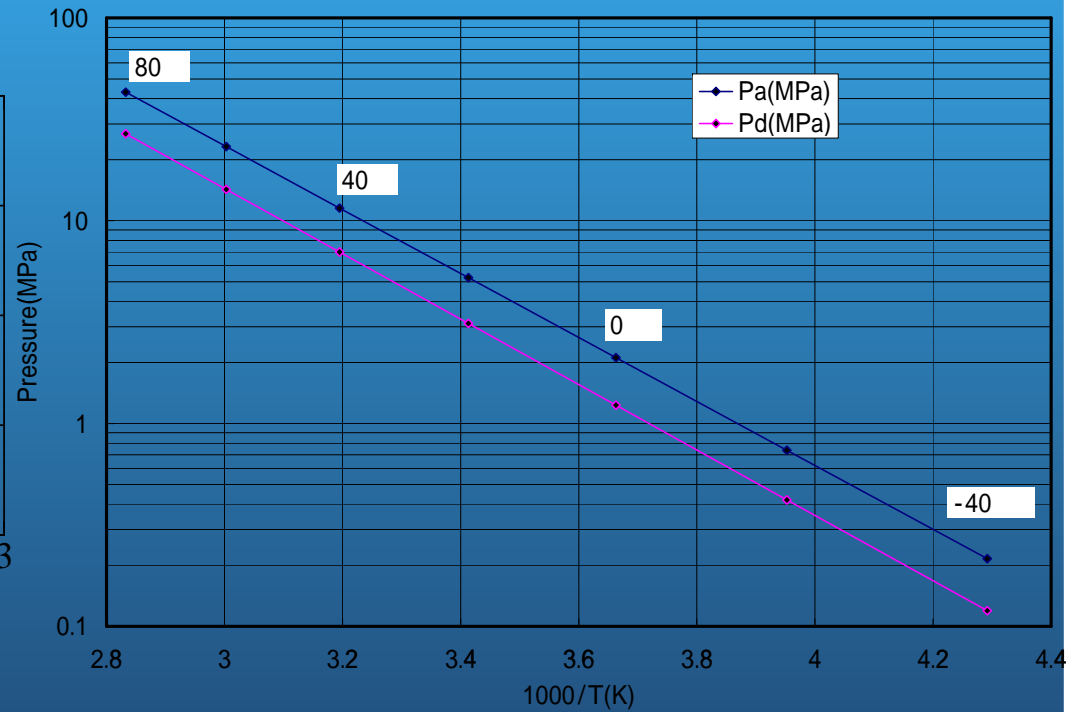
NEDO「水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発/システム技術開発/車載等水素貯蔵・輸送容器システム技術に関する研究開発」
日本重化学工業、サムテック、産業技術総合研究所、佐賀大学 H20年度～平成22年度

ハイブリッドタンク用MH

PCT特性



PT特性



MH: NEDO「高容量水素吸蔵合金とタンク開発」 - イムラ材料開発研究所にて開発された合金

安全性評価試験

水圧自緊処理・耐圧試験

破裂試験

合格ライン

・最高充填圧力 × 2.25倍以上
35MPa × 2.25 = 78.75MPa

常温サイクル試験

合格ライン

・11,250サイクル以上

環境サイクル試験

合格ライン (HGV2準拠)

・高温側: 4,000サイクル以上
・低温側: 4,000サイクル以上



破裂試験後タンク

試験結果

	結果	判定
破裂試験	破裂圧力112MPa	合格
常温サイクル試験	25,226サイクルで漏れ発生	合格
環境サイクル試験	規定サイクルで漏れ無し	合格



洩れ位置

常温サイクル試験後タンク

ガス圧での自緊処理

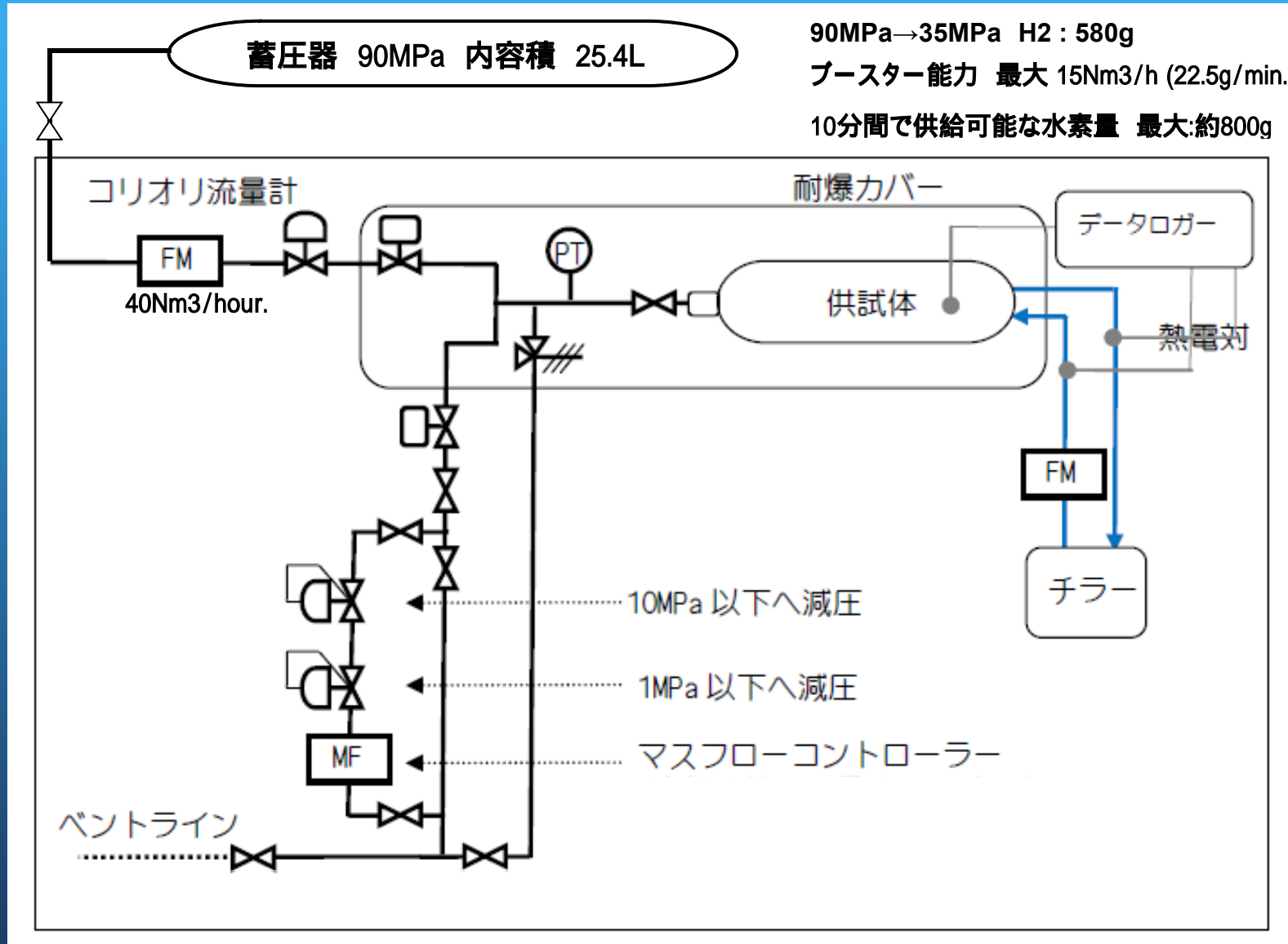


高圧試験室の耐爆カバーにハイブリッドタンクを設置し、
ヘリウムガスを用いて自緊処理を実施



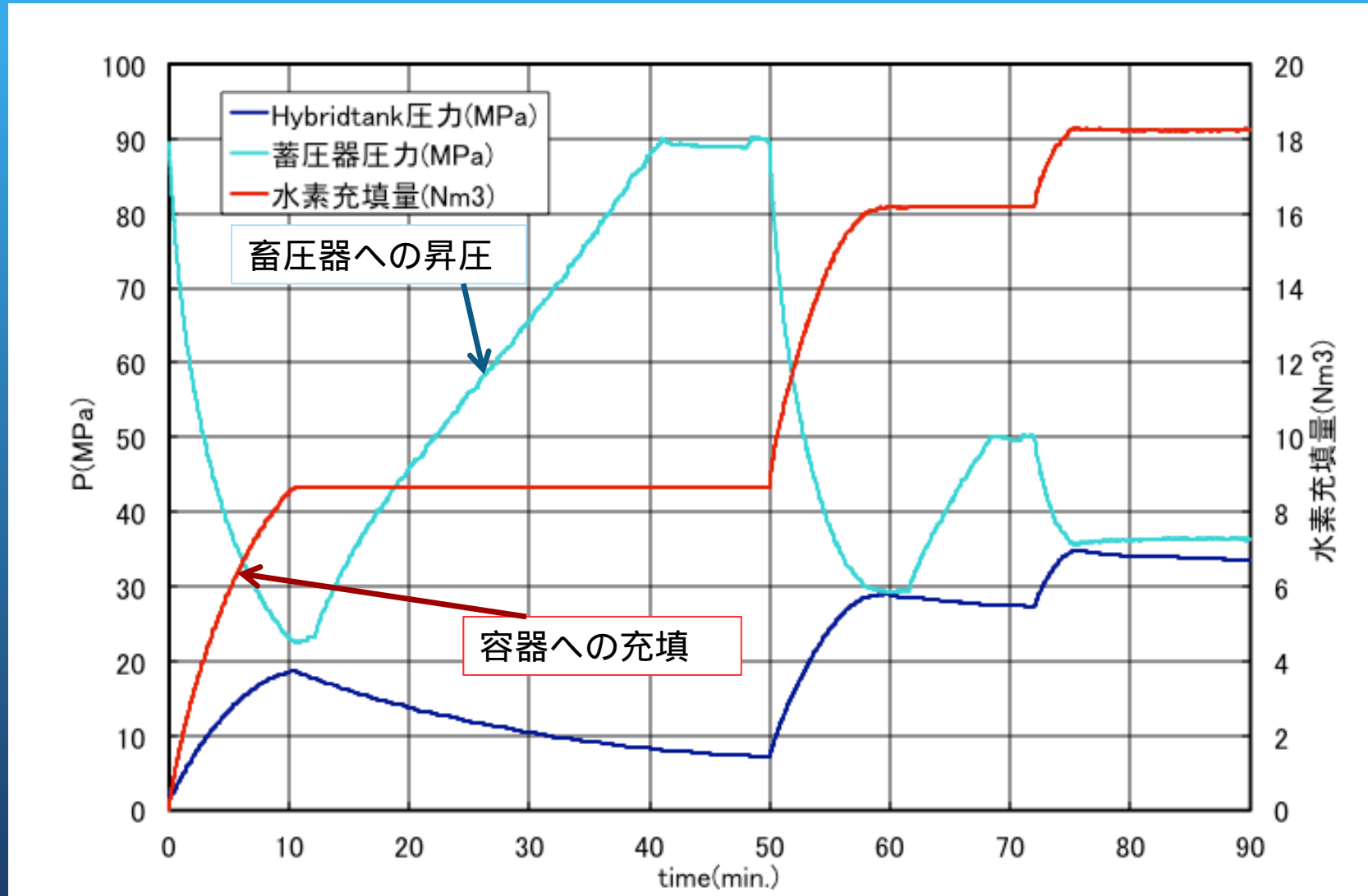
Hydrogen Energy Test and Research Center
中小・ベンチャー企業の水素関連製品研究開発支援機関
公益財団法人
水素エネルギー製品研究試験センター

試験装置フロー（高圧試験室）

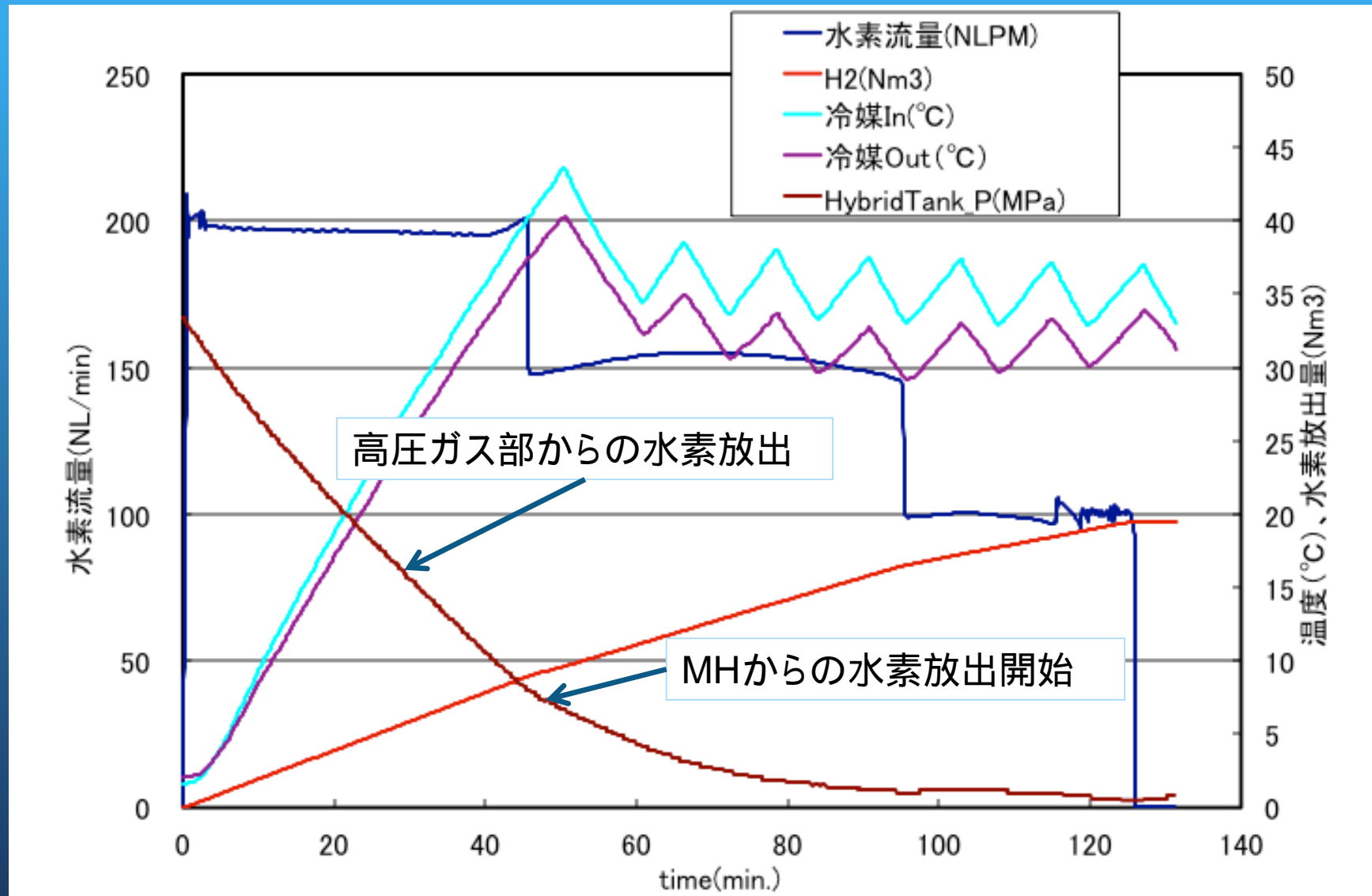


水素吸蔵試験（吸蔵量確認試験 初期活性化処理後）

HyTReC 高圧試験室にて実施



水素放出試験（吸蔵試験後に放出）



まとめ

車載用水素貯蔵タンクの課題

35MPaと水素吸蔵合金を組み合わせることにより、70MPaの高圧容器の体積貯蔵密度を上回るコンパクトな水素貯蔵が可能。

実車搭載には、軽量化・低コスト化が必要。

高圧ガス保安法の例示基準作成等も必要になる。