

# 高圧・高容量容器に対応した水加圧試験装置の開発

Development of Hydraulic Test Facility for High Pressure and Big Capacity High Pressure Tank

渡辺 義文                      武内 大                      田中 守  
Yoshifumi WATANABE      Dai TAKEUCHI              Mamoru TANAKA

## 1. はじめに

近年の原油価格高騰や、地球温暖化問題等に対応するため、究極の高効率・クリーン自動車として燃料電池自動車 (FCV: Fuel Cell Vehicle) が注目されている。現在、日米欧各国の自動車メーカーよりリース形式で販売、公道走行している FCV のほとんどは、その燃料となる水素の貯蔵タンクに、最高充てん圧力 35MPa の高圧水素ガス容器を用い、水素一充てんの航続距離、およそ 300 km 程度を達成している。今後、FCV の本格的普及をにらんだ場合、ガソリン等内燃機関動力車並みに航続距離を 500km 程度まで延伸することが求められるとともに、高圧水素ガス容器についても、最高充てん圧力 70MPa 化等、さらなる高圧化・高容量化が要求される。

(財)日本自動車研究所は、(独)新エネルギー・産業技術総合研究機構 (NEDO) からの委託事業「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 - 燃料電池自動車に係る安全技術研究」のなかで、圧縮水素自動車燃料装置用容器等例示基準策定とともに、容器の安全性に関する各種の試験を実施し、データを取得している。一般に高圧ガス容器には、充てんガス圧力に抗するための強度や、加減圧サイクルに対応するためのサイクル疲労強度などが要求され、それら容器の性能確認試験が高圧ガス容器として認証を得るための必須事項となっている。最高充てん圧力の 70MPa 化等、高圧化・高容量化等にもない、その要求基準はさらに高くなるとともに、容器の試験を行う試験装置にも高度な性能が求められている。

当社は、1930 年の創業以来、油・水圧応用機器の専門メーカーとして、各種油圧成型プレス、チューブハイドロフォーミング加工装置、バルジ成形機、高圧食品滅菌装置等種々の製造装置や、シームレス鋼管水圧試験装置、鋼管低サイクル疲労試

験装置等に代表される種々の試験装置の設計・製作を手掛けてきた。近年は、顧客ニーズの多様化や、多品種少量生産による製造・試験装置の複合化、多用途化など様々な要求に対応することが求められ、より効率化的な設備構成、省力化等の顧客要望に即した装置提案を行っている。

ここで紹介する水加圧試験装置は、長年にわたり、これら種々の製造・試験装置を需要家に納入した実績を十分に生かし構成された試験装置である。高圧ガス容器の高圧化・高容量化など今後の動向、国内外各国の試験規格・基準などの要求事項をふまえ、柔軟に対応可能な試験装置となっているとともに、装置能力は、当社の納入実績でも最大級の試験装置といえる。

## 2. 水加圧試験装置の特徴

前述のように高圧ガス容器には、内部に高圧ガスを充てんし、貯蔵・運搬するという機能・基本性能上、高圧ガスを漏洩させないための気密性や内部に充てんした高圧ガスの圧力に抗するための耐圧性能などが要求される。本装置は、流体のなかでも比較的圧縮性の少ない水を充てん・圧力媒体に用い、高圧ガス容器が、十分な耐圧・破壊強度を有しているのかを確認するために破裂試験を行う水加圧破裂試験装置と、容器が内部へ高圧ガスの充てん・放出等、加減圧サイクルに対応するためのサイクル疲労強度を有しているのかを確認するための水加圧サイクル試験装置の異なる二つの機能を有した複合型の水圧試験装置である。装置の設計にあたっては、水加圧破裂試験装置・水加圧サイクル試験装置および圧力発生・駆動源となる油圧装置を共用化する事で、コストダウンを図った。また、試験供試容器の内容積と試験圧力・昇圧速度を入力する事により、試験条件に適したポンプ稼働数を自動算出し過剰な電力を使用する事が無いよう省電力化も図った。装置の操作は、

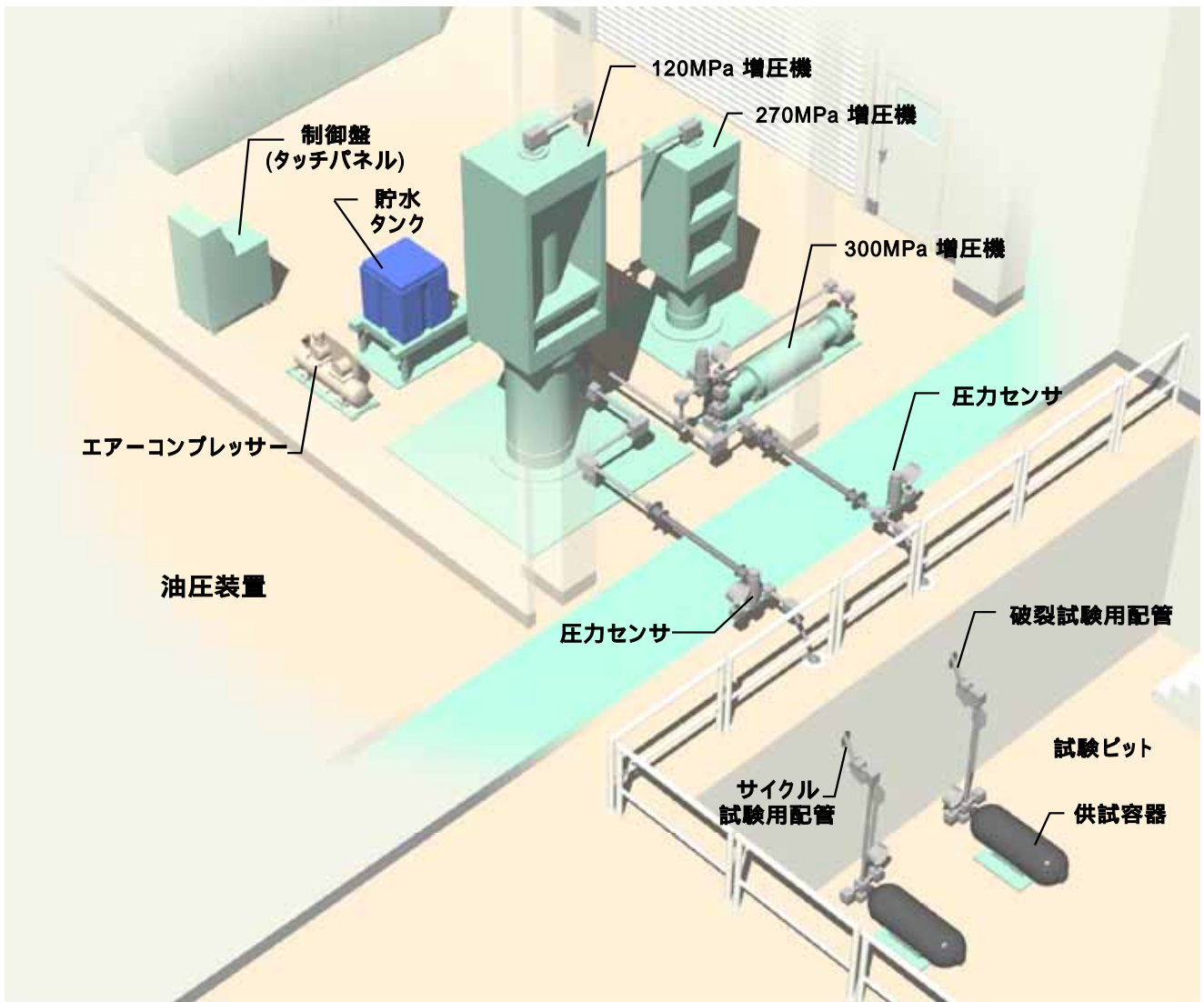


図1 水加圧試験装置の全景  
(鳥瞰図)

タッチパネルを通じた対話型入力方式とし、非熟練者でも容易に操作が出来る様に配慮すると共にし簡略化を確立した。安全面については、不意の停電、地震などの緊急時あるいはヒューマンエラーによる誤操作時に装置が安全に停止可能なように種々のアラームおよびインターロック機構を付加した。さらにデータ取得用にコンピュータを接続することで試験データの収集・解析が容易なシステム構成とした。また、将来予想される高圧ガス容器の更なる高圧化および高容量化に対応可能な試験設備仕様とした。図1に水加圧試験装置の全景を、表1に概略仕様を示すとともに以下に各構成装置の詳細を示す。

表1 水加圧試験装置概略仕様

装置	項目	仕様
水加圧破裂試験装置	対象容器内容積 [L]	1 ~ 260
	最高試験圧力 [MPa]	300
	昇圧速度・圧力保持	昇圧速度の制御調整・圧力保持が可能
	試験圧力媒体	水
水加圧サイクル試験装置	対象容器内容積 [L]	20 ~ 260
	最高試験圧力 [MPa]	120
	サイクル試験頻度 [Cycle/min]	1 ~ 10 (電動機稼働数により任意設定可)
	圧力波形	正弦波・台形波・三角波 (任意設定可)
	設定項目	圧力・サイクル試験頻度・圧力波形・試験回数
	試験圧力媒体	水

(1)水加圧破裂試験装置

破裂試験は、高圧ガス容器が十分な耐圧性能を持ち、設計通りの破裂強度(設計破裂強度)を有しているか否かを調べるための強度確認試験である。高圧ガス容器の性能試験のうち最も基本的かつ重要な性能試験といえる。

本水加圧破裂試験装置は、最高試験圧力 300MPa に対応しており、これは最高充てん圧力に対して 2.25 ~ 3.65 倍の破裂強度を要求している国内外各国の規格・基準を包含、余裕を持って試験可能な仕様となっている。また、今後 FCV の航続距離延伸などを目的に最高充てん圧力が 70MPa 等高压化した場合にも充分余裕をもって試験可能な仕様である。破裂試験時の圧力上昇波形を示す昇圧パターンは、より正確な破裂圧力を計測可能なように 0.3MPa/sec 程度の極低速で昇圧し破裂を行うパターンと、任意に設定した圧力で保持後、昇圧を再開し破裂を行うターンの二つの異なる昇圧パターンが選択可能になっている。ダブルアクションタイプの増圧機を用いることで供試容器の内容積にとらわれることなく正確な試験を実施可能としている。水加圧破裂試験装置を構成する 300MPa 増圧機を図 2 に、同増圧機の諸元を表 2 に示す。また、破裂試験後の高圧ガス容器の様子を図 3 に、その際取得した圧力線図を図 4 に示す。

表 2 300MPa 増圧機の諸元

形式	ダブルアクションタイプ・横型据付
一次側圧力	~ 21MPa
二次側圧力	~ 300MPa
シリンダ径	200mm× 45mm
ロッド径	45mm
増圧比	1:18.7
ストローク	310mm
1ショット吐出量	493cc
増圧機圧力効率	約76%
増圧機速度	109mm/sec
一次側圧力媒体	一般鉱物油
二次側圧力媒体	水
増圧機重量	約1300kg(圧力媒体を含まず)
増圧機全長	約2000mm(取外し可能な配管を含まず)



図 2 300MPa 増圧機全景



図 3 破裂試験後の高圧ガス容器の様子

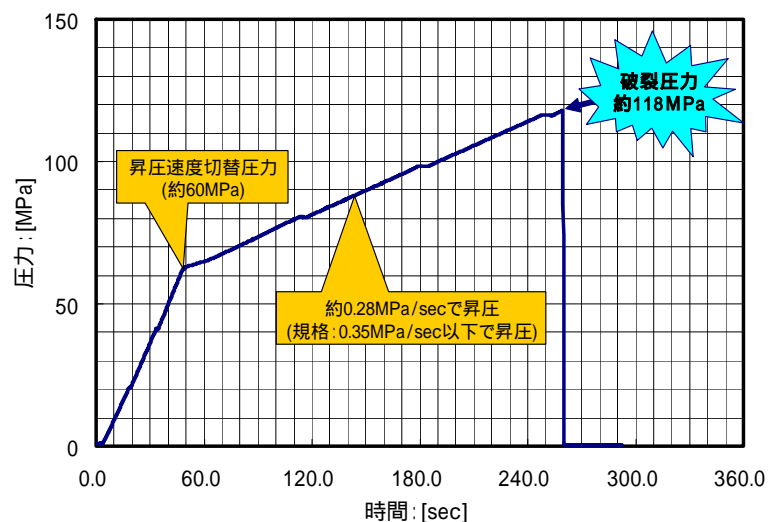


図 4 破裂試験圧力線図



(2)水加圧サイクル試験装置

常温圧力サイクル試験に代表される圧力サイクル試験は、高圧ガス容器に対し、高圧ガスを充てん・放出したような状況を模した加減圧サイクルを与え、繰返しサイクル疲労強度を確認するための試験である。同試験について国内外の試験規格・基準は、容器に水など液体の圧力媒体を封入し、最高充てん圧力の 1.25 倍以上の圧力を繰返し付加し、容器の寿命年数を想定した加減圧サイクル回数一万数千回を達成するまでに、破裂や漏れなどが発生しないことを合格基準として設けている。

本水加圧サイクル試験装置は、最高試験圧力 120MPa に対応し、前述したように高圧ガス容器の最高充てん圧力が 70MPa 化となった場合にも充分余裕のある仕様となっている。繰返しサイクル試験の圧力波形は、一般に用いられる正弦波だけでなく、加圧状態で保持時間を任意に設定可能な台形波や三角波など任意に種々の制御が可能となっている。また、シングルアクションタイプの増圧機を用いることで、スムーズな圧力波形制御を可能としている。水加圧サイクル試験装置を構成する 120MPa 増圧機を図 5 に、同増圧機の諸元を表 3 に示す。また、圧力サイクル試験時のピット内の状況を図 6 に、本装置で付加可能な圧力波形を図 7～9 に示す。

表 3 120MPa 増圧機の諸元

形 式	シングルアクションタイプ・豎型据付
一次側圧力	～ 21MPa
二次側圧力	～ 120MPa
シリンダ径	520mm
ロッド径	200mm
増圧比	1:6.76
ストローク	1180mm
1ショット吐出量	37071cc
増圧機圧力効率	約84.5%
前進速度	60mm/sec
後退速度	70mm/sec
一次側圧力媒体	一般鉱物油
二次側圧力媒体	水
増圧機重量	約9700kg(圧力媒体を含まず)
増圧機全高	約4000mm(取外し可能な配管を含まず)



図 5 120MPa 増圧機全景



図 6 圧力サイクル試験の様子

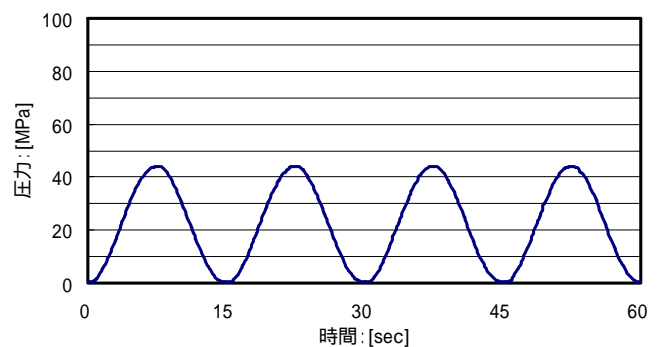


図 7 正弦波

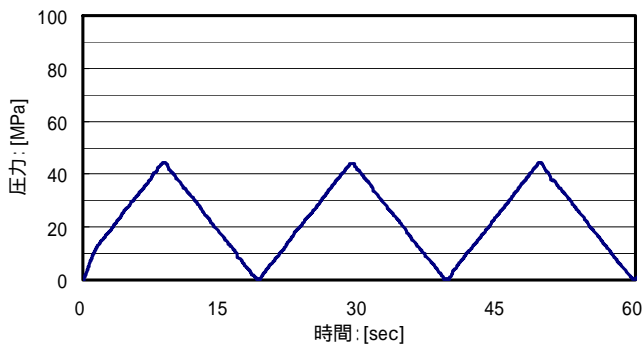


図 8 三角波

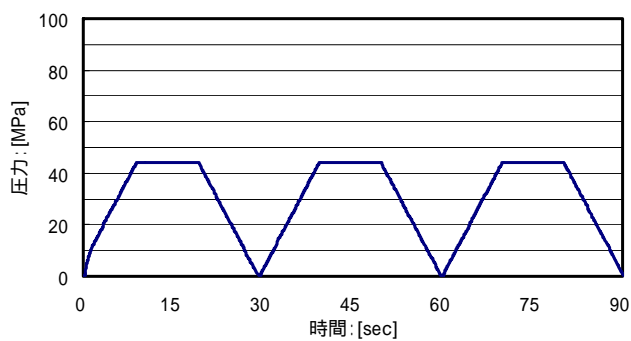


図 9 台形波



図 10 270MPa 増圧機全景

### (3)その他

水加圧試験装置は、これまで紹介した破裂試験専用の 300MPa 増圧機、圧力サイクル試験装置専用の 120MPa 増圧機のほかに、両者の中間の特徴を持った 270MPa 増圧機を備えている。270MPa 増圧機は、名称の通り 270MPa までの破裂試験と比較的、内容積の小さい容器の圧力サイクル試験を実施可能な仕様となっているとともに、300MPa 増圧機を用いて、圧力保持パターンで破裂試験を行う際の圧力保持機能を受け持っている。シングルアクションタイプの増圧機を用いているため、破裂試験では、シームレスな昇圧波形で破裂動作を行うことが可能となっている。270MPa 増圧機を図 10 に、同増圧機の諸元を表 4 に示す。

本試験装置の圧力発生・駆動源となる油圧装置は、7 台の油圧ポンプ、4000L の貯油タンクを備え、供試容器の内容積、試験圧力、加圧頻度等試験条件によって、最低限必要なポンプ稼働数を自動算出し過剰な電力を使用する事が無いように工夫されている。特に大送水量を必要とし、電力を消費しがちな圧力サイクル試験に際しては、非常に有用な機能と言える。図 11 に油圧ポンプ、貯油タンクを含む油圧装置を示す。

表 4 270MPa 増圧機の諸元

形式	ダブルアクションタイプ・縦型据付
一次側圧力	～21MPa
二次側圧力	～270MPa
シリンダ径	310mm
ロッド径	80mm
増圧比	1:15
ストローク	400mm
1ショット吐出量	2010cc
増圧機圧力効率	約85%
前進速度	25mm/sec
後退速度	32mm/sec
一次側圧力媒体	一般鉱物油
二次側圧力媒体	水
増圧機重量	約3900kg(圧力媒体を含まず)
増圧機全長	約2500mm(取外し可能な配管を含まず)



図 11 油圧装置全景

### 3. おわりに

これまで述べてきたように、燃料電池自動車の本格的普及には、航続距離の延伸が不可欠であるとともに、高圧水素ガス容器についても最高充填圧力の 70MPa 化等さらなる高圧化・高容量化など高度な技術的課題が山積している。今回紹介した水加圧試験装置は今後、要求されるであろう高度な高圧ガス容器の試験規格・基準で試験実施可能な装置仕様となっている。今後、(財)日本自動車研究所において、本試験装置を利用した容器の安全性に関する先進的な各種の試験、種々のデータ取得が成され、燃料電池自動車本格普及が推進に寄与されることを期待したい。