

風洞の要目と試験範囲

Principal Items and Test Range of Hypersonic Wind Tunnels

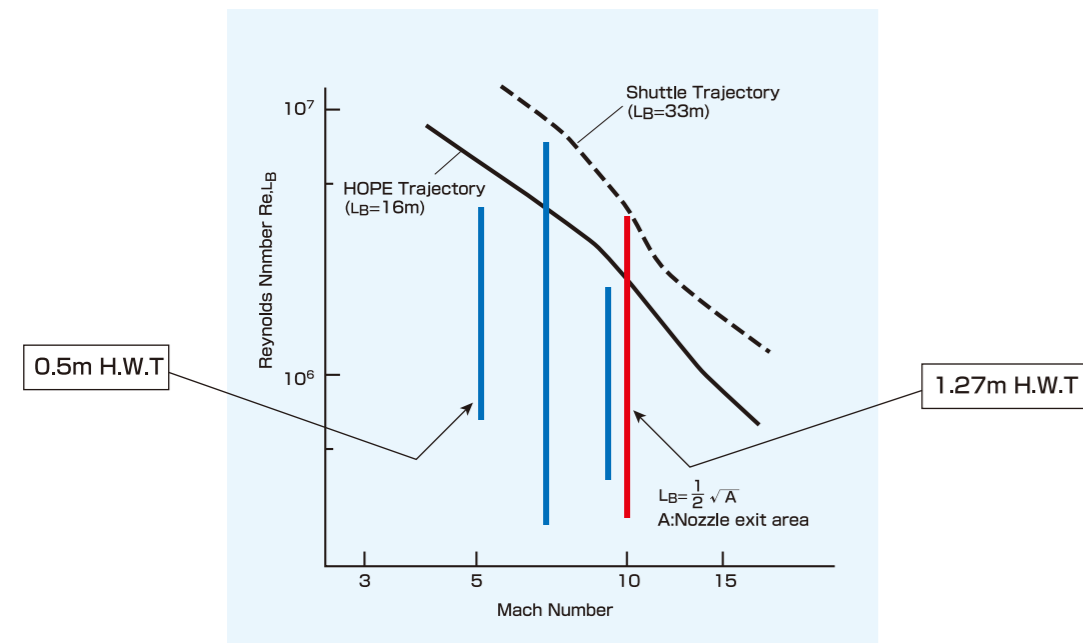
要目と運用 Operational Characteristics

項目 Item	風洞 Tunnel	0.5m Wind Tunnel (HWT1)	1.27m Wind Tunnel (HWT2)
形式 Type		吹出真空吸込間欠式 Blow down/vacuum intermittent	
マッハ数 Mach number		5, 7, 9	10
ノズル(出口径) Nozzle exit diameter		交換式 (0.5 m) Interchangeable	固定式 (1.27 m) Fixed
レイノルズ数/m Reynolds number/m		1.26 - 34.0 x 10 ⁶	0.5 - 6.8 x 10 ⁶
通風時間 Maximum duration time		120 sec	60 sec
完成年度 Completion year		1965	1995

試験範囲 Test Range

マッハ数5, 7, 9, 10それぞれに対応するレイノルズ数範囲を示します。HOPEの再突入軌道沿いのマッハ数M、レイノルズ数Reを模擬できます。

The typical ranges of Mach number and Reynolds number available in the JAXA Hypersonic Wind Tunnels are indicated in the figure. The Tunnels can simulate the ranges of Mach number and Reynolds number along the flight path of HOPE (H-II launched orbiting plane).



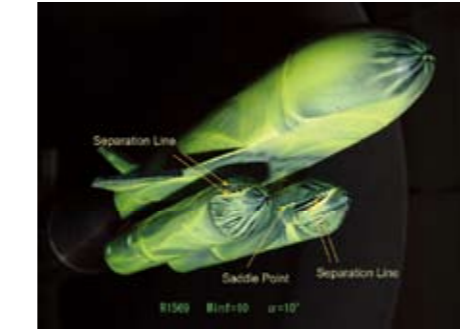
超高速飛行体の研究開発と極超音速風洞の利用

Research and Development of Hypersonic Vehicles in Hypersonic Wind Tunnels

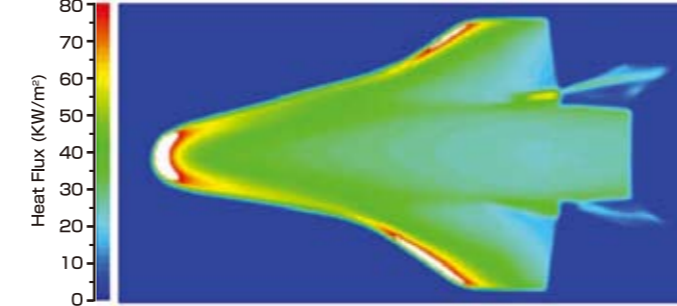
極超音速風洞ではスweepモードを用いた効率的な6分力計測、電子スキャン方式(ESP)による圧力計測、赤外線カメラによる空力加熱計測、オイルフローによる可視化等、風洞計測技術の刷新に努めています。宇宙機の最適空力設計には風洞試験、数値シミュレーション、飛行実験の連携が不可欠です。それらの関連付けの研究に積極的に参画しています。

We are introducing advanced technologies in the wind tunnel testing: six-component force measurement using sweep mode, electronically scanning pressure (ESP) system, heat transfer measurement by the infrared thermography and flow visualization by oil flow. For the optimal design of spacecrafts, the triad of wind tunnel testing, numerical simulations and flight experiments are indispensable. We are pursuing the correlation study.

最使用宇宙往還機オイルフロー試験
Oil Flow Test of Future Re-usable Space Transport



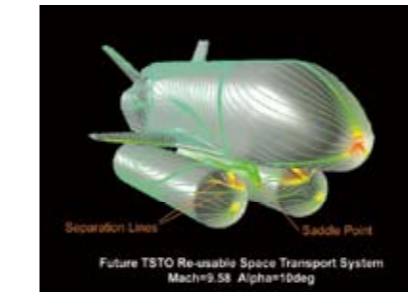
赤外線カメラによるHOPE空力加熱分布測定
Heat Transfer Distribution of HOPE by the Infrared Thermography



極超音速飛行試験(HYFLEX)
Hypersonic Flight Experiment(HYFLEX) in 1996



再使用宇宙往還機オイルフロー数値シミュレーション
CFD of Future Re-usable Space Transport



独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 風洞技術開発センター
Japan Aerospace Exploration Agency
Wind Tunnel Technology Center

〒182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1
7-44-1 Jindaiji Higashi-machi, Chofu-shi, Tokyo, 182-8522

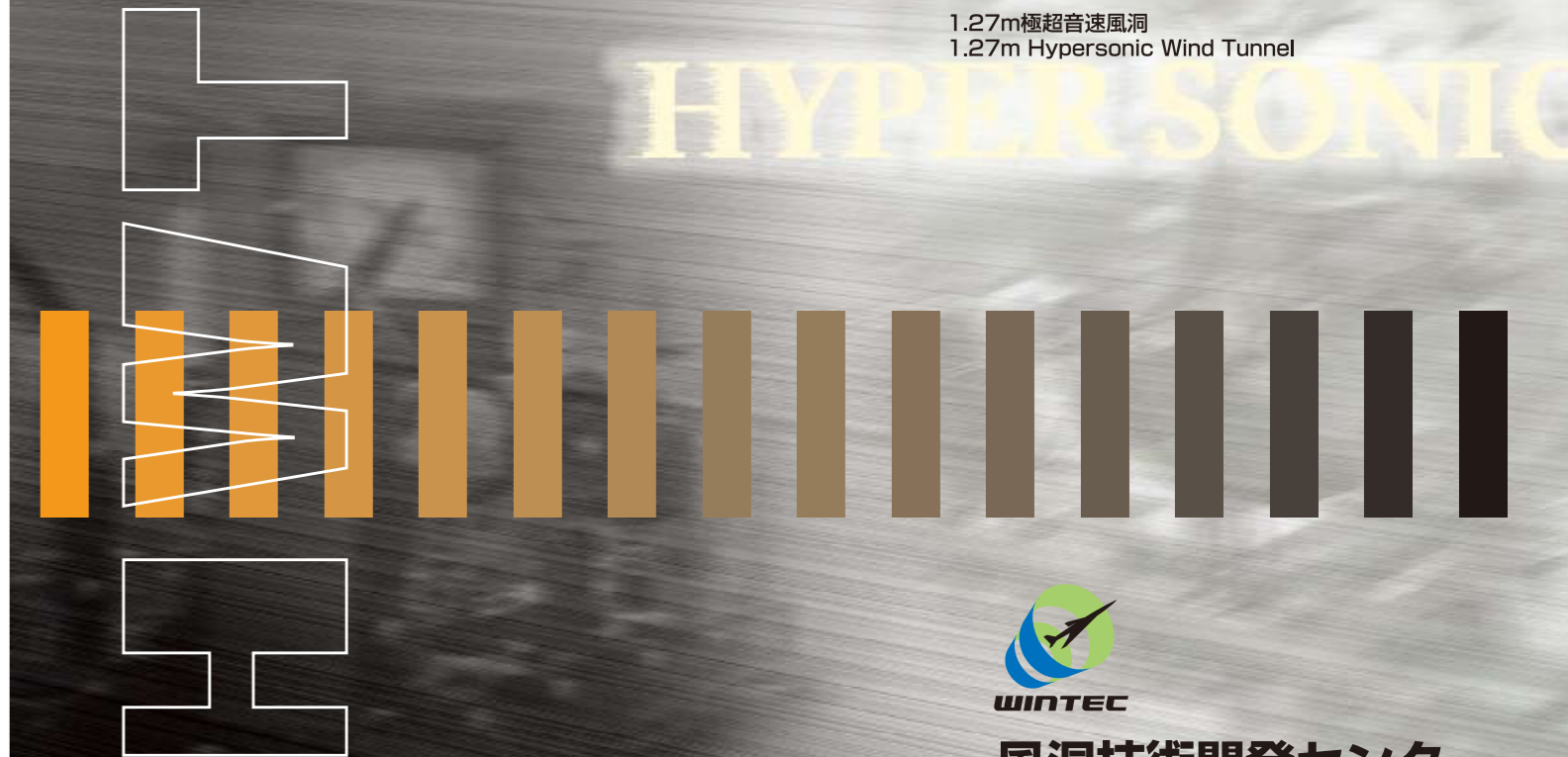
古紙配合率100%再生紙を使用しています。



0.5m/1.27m極超音速風洞 0.5m/1.27m Hypersonic Wind Tunnels



1.27m極超音速風洞
1.27m Hypersonic Wind Tunnel



風洞技術開発センター
Wind Tunnel Technology Center

極超音速風洞の概要

本風洞は、極超音速流れにおける空気力や圧力分布、加熱率などの試験データを提供し、極超音速機や宇宙往還機の空力設計の最適化に貢献します。

- 宇宙航空研究開発機構風洞技術開発センターには、2つの極超音速風洞があります。
- ノズル出口直径0.5mの風洞（0.5m極超音速風洞）は1965年度に完成しました。ノズルを交換することでマッハ数5, 7, 9の極超音速流をつくり出すことができ、広範囲のマッハ数にわたる試験が可能です。
- ノズル出口直径1.27m（50インチ）の風洞（1.27m極超音速風洞）は1995年度に完成しました。マッハ数は10（固定）です。大型模型による試験が可能で、詳細な試験データを必要とする開発試験に使用されます。この風洞は世界最大規模の極超音速風洞設備であるだけでなく、高品質の気流を実現しています。

JAXA Hypersonic Wind Tunnels

JAXA Hypersonic Wind Tunnels have provided valuable facilities for hypersonic testing in Japan since 1965. The tunnels contribute to the designs for hypersonic vehicles by supplying data on aerodynamic forces and moments, pressure distribution and aerodynamic heating.

We have two hypersonic tunnels; the 0.5m wind tunnel and the 1.27m wind tunnel. The 0.5m wind tunnel was constructed in 1965. It has three interchangeable hypersonic nozzles of Mach number 5, 7 and 9. In 1995, the 1.27m wind tunnel was newly added. It has a fixed Mach 10 nozzle and allows large models to be tested. The 1.27m wind tunnel is one of the largest hypersonic wind tunnels in the world and provides high quality flow.



0.5m極超音速風洞
0.5m Hypersonic Wind Tunnel



1.27m極超音速風洞
1.27m Hypersonic Wind Tunnel

1 風洞制御室

風洞制御室では空気圧縮機、ペブル加熱器、排気装置、油圧源装置、冷却水装置等の装置を遠隔運転します。澱み点圧力、澱み点温度及び模型姿勢角を精度良く制御し、1日に最大5ランの試験を実施できます。

Control Room

In the control room, the compressor, the pebble-bed heater, the vacuum pump, the hydraulic and the cooling water system are remotely operated. The stagnation pressure, temperature and the attitude of the model are controlled with high accuracy. In a day, 5 tests are conducted at most.



2 風洞計測室

風洞計測室では試験データの収集、一次処理を行います。赤外線カメラシステムや電子走査式圧力測定システム（ESPシステム）が導入されています。

Instrumentation Room

In the instrumentation room, test data are acquired and processed. The infrared thermography system and the Electronically Scanning Pressure measurement system (ESP) are also available.

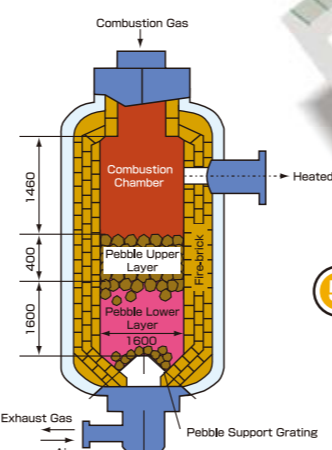


3 ペブル加熱器

常温の空気を断熱膨張させて極超音速まで加速すると、温度の低下により途中で液化します。液化防止のため予め空気の温度を高めておく装置が加熱器です。13MPaに耐える鋼製容器で、内部を三層の積層断熱レンガで覆った中に9トンのアルミナペブルが充填されています。このペブルを上面よりガスバーナーで予め最高時1500K迄加熱しておきます。通風時に高圧空気は下部より上部に流れ、ペブルとの熱交換により高温度になります。

Pebble-bed Heater

Condensation of the air occurs if the air at room temperature is expanded adiabatically to hypersonic speed. Pebble-bed air heater is installed to prevent air liquefaction. The steel vessel, covered inside with 3-layered firebricks, is capable to withstand pressure of 13 MPa and a temperature of 1500 K. The container is filled with 9 tons of alumina pebbles. These pebbles are heated up, before blows, by a gas burner mounted on the top of the heater. During the blow, the pressurized air flows through the pebbles and is heated up.

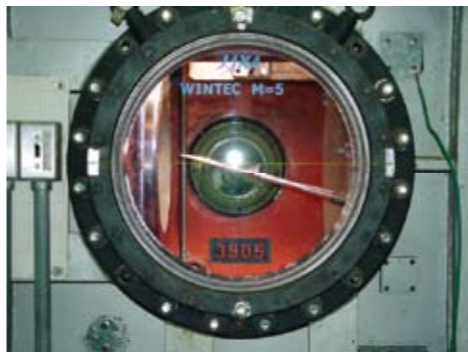


4 0.5m風洞測定室

マッハ数5及び7の詳細なマッハ数分布の測定が2002年にESPシステムを用いて行われました。テストコアは直径0.28mです。測定室には直径0.5mのシュリーレン装置用の観測窓ガラスが設置されています。

0.5m Wind Tunnel Test Section

Mach number distributions of M5 and M7 nozzles were measured in detail using the ESP system in 2002. The test core is 0.28m in diameter. The test section is equipped with Schlieren windows of 0.5m in diameter.



6 真空槽

1150m³の真空槽が2基、2300m³の真空槽が1基あります。通風前の真空槽の圧力は1~2 hPaです。通風時間は真空槽の容積が決まります。最大通風時間は0.5m風洞では2基を使い120秒、1.27m風洞では3基を使い60秒です。

Vacuum Sphere

Three vacuum spheres, two 1150m³ and one 2300m³, are the final destination of the flow. The two 1150m³ spheres are used for the operation of the 0.5m wind tunnel, and all the spheres are used for the 1.27m wind tunnel. The spheres are evacuated below a few hPa before the blow. The maximum duration time in the 0.5m wind tunnel is 120 seconds with the two spheres. The maximum duration in the 1.27m wind tunnel is 60 seconds with the all spheres.



8 高圧貯気槽

屋外の36m³高圧貯気槽は5段空圧縮機により製造された高圧(20MPa)の乾燥空気を72本のボンベに蓄えます。この高圧空気は調圧弁で必要な圧力に調圧されて加熱器に導かれます。

High Pressure Air Storage

Outside of the building, there is a high pressure air storage with 72 reservoirs in which 36 m³ of dry air at 20 MPa is stored. The high pressure dry air is produced by a five-stage compressor. The high pressure air is introduced into the air heater after being adjusted to the required pressure level by the control valve.

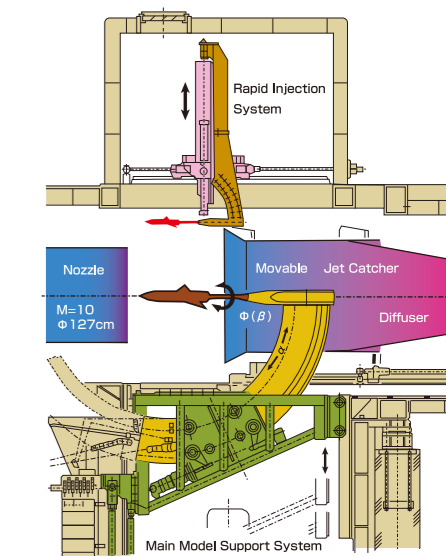


9 模型支持装置

模型を気流に投入、退避させ、変角を与える装置です。0.5m風洞ではピッチ角を±22度の範囲で変角できます。1.27m風洞ではピッチ角は-12~47度、ロール角は±95度の範囲で変化させることができます。この主模型支持装置のほかに主として空力加熱試験用に模型を0.2秒で気流中心に投入する高速模型投入装置があります。

Model Support System

Model support system injects the model into the stream after the flow is established and retracts the model before the flow is broken. The support system in the 0.5m wind tunnel can vary the pitch angle ±22 degrees. The main support system in the 1.27m wind tunnel can vary the pitch angle -12~47 degrees and the roll angle ±95 degrees independently. The 1.27m wind tunnel is also equipped with the rapid injection system. The rapid injection system, which is mainly used for heat transfer measurement, injects the model into the stream within 0.2 sec.



4 0.5m風洞測定室 (M=5,7,9) 0.5mW.T. Test Section (M=5,7,9)

5 風洞計測室

Instrumentation Room

6 ペブル加熱器

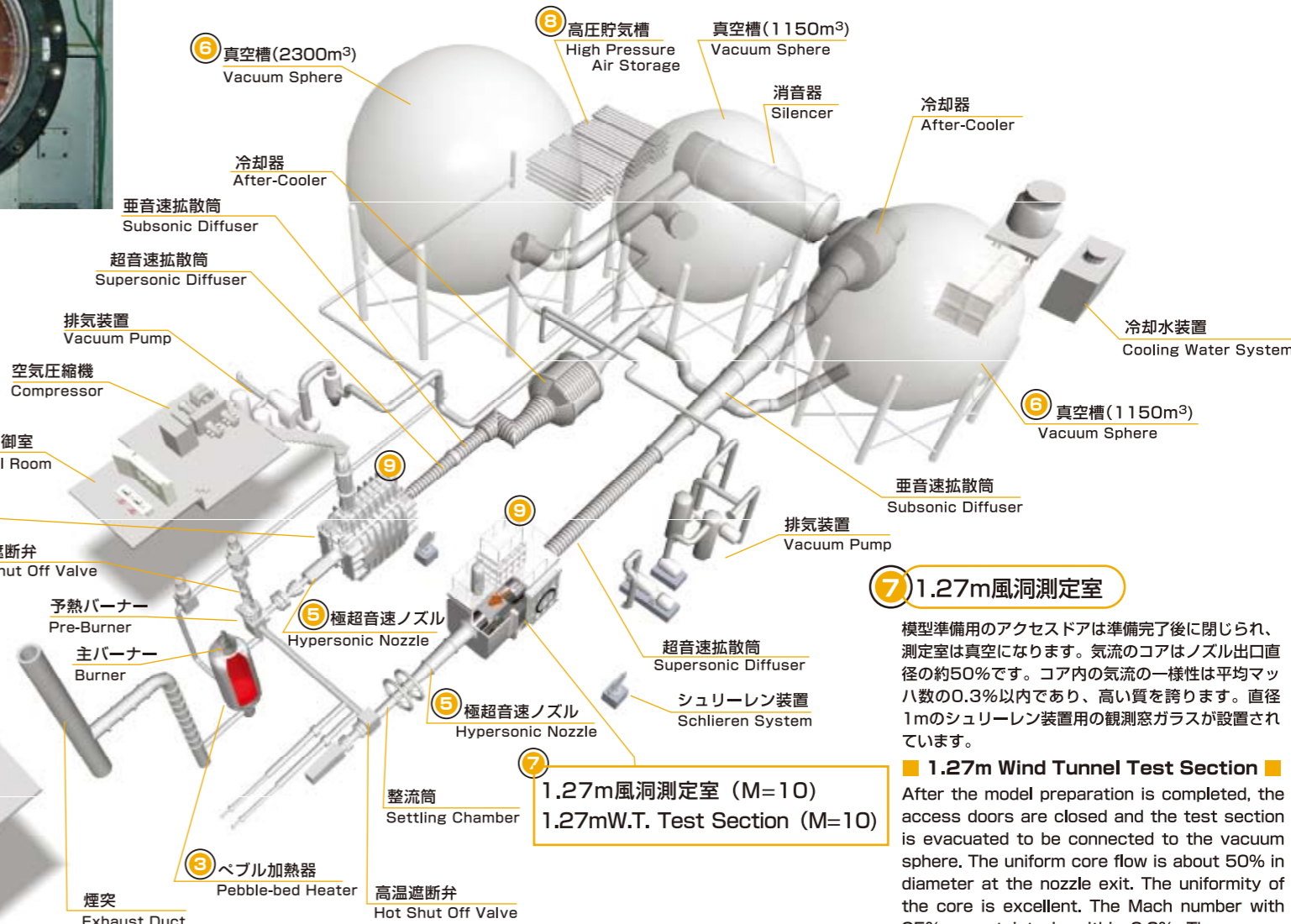
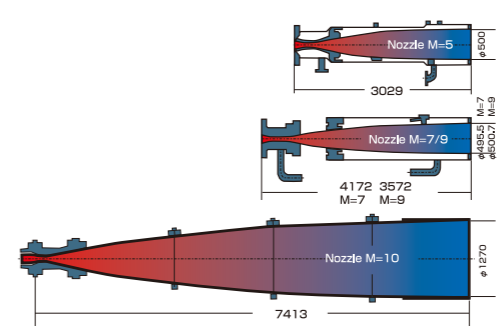
Pebble-bed Heater

5 極超音速ノズル

測定部に一樣な気流を作るための装置です。0.5m風洞はマッハ数が5,7,9のノズルがあり交換式です。1.27m風洞のノズルは固定式でマッハ数は10です。一樣な流れを作るため、内面形状は滑らかなベル型をしています。

Hypersonic Nozzles

The nozzles in the 0.5m wind tunnel are interchangeable: Mach 5, 7, and 9 nozzles, whereas, the nozzle in the 1.27m wind tunnel is fixed: Mach 10 nozzle. The inner shapes are contoured as a smooth bell-shape to ensure the uniform flow in the test section.



7 1.27m風洞測定室

模型準備用のアクセスドアは準備完了後に閉じられ、測定室は真空になります。気流のコアはノズル出口直径の約50%です。コア内の気流の様子は平均マッハ数の0.3%以内であり、高い質を誇ります。直径1mのシュリーレン装置用の観測窓ガラスが設置されています。

1.27m Wind Tunnel Test Section

After the model preparation is completed, the access doors are closed and the test section is evacuated to be connected to the vacuum sphere. The uniform core flow is about 50% in diameter at the nozzle exit. The uniformity of the core is excellent. The Mach number with 95% uncertainty is within 0.3%. The access doors are equipped with Schlieren windows of 1m in diameter.

