

風洞諸元 Specification

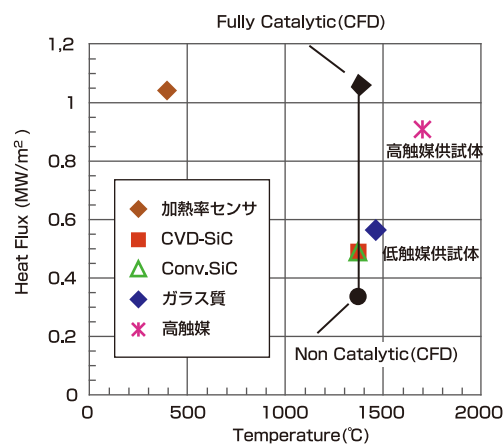
750kWアーク加熱風洞 750kW Arc-heated wind tunnel

形式	Type	縮流安定型アーク加熱風洞	Segmented arc-heated wind tunnel
総エンタルピー	Total enthalpy	~30MJ/kg	Up to around 30MJ/kg
気流持続時間	Operational time	20分以上	More than 20 minutes
コニカルノズル for Conical nozzle			
マッハ数	Mach number	約4.8 (設計値)	Around 4.8 (designed value)
測定部	Test chamber	自由噴流式	Free jet type
ノズル出口径	Nozzle exit diameter	11.5cm	11.5cm
激み点試験 Stagnation point test			
供試体形状	Sample shape	φ25mm 円板	25mm diameter disk
加熱率	Heat flux	最大2.7MW/m ²	Max. 2.7MW/m ²
平板試験 Wedge model test			
供試体形状	Sample shape	70mm×40mm平板	70mm × 40mm flat plate
加熱率	Heat flux	最大0.26MW/m ²	Max. 0.26MW/m ²
チャンネルノズル for Channel nozzle			
供試体形状	Sample shape	100mm×100mm 平板	100mm×100mm Flat plate
加熱率	Heat flux	最大0.6MW/m ²	Max. 0.6MW/m ²

110kW誘導プラズマ加熱風洞 110kW Inductively-coupled-plasma wind tunnel

形式	Type	誘導結合プラズマ型加熱風洞	Inductively-coupled-plasma wind tunnel
総エンタルピー	Total enthalpy	~20MJ/kg	Up to around 20MJ/kg
気流持続時間	Operational time	20分以上	More than 20 minutes
プラズマトーチ径 Plasma torch diameter			
形式	Type	水冷2重石英管	Water-cooled double quartz tube
測定部	Test chamber	自由噴流式	Free jet type
マッハ数	Mach number	亜音速	Subsonic
激み点試験 Stagnation point test			
供試体形状	Sample shape	φ25mm 円板	25mm diameter disk
加熱率	Heat flux	最大1.8MW/m ²	Max. 1.8MW/m ²

触媒性評価技術の研究 Evaluation of Catalytic Effect on Thermal Protection System (TPS)



大気圏再突入を実現するためには、高温にさらされる機体を守る熱防護材の最適な設計が必要不可欠です。この空力加熱の精度の良い評価には、高温で解離した気体が熱防護材表面で再結合反応する影響を見積もる必要があります。このためには、地上試験やCFDによって、高温における触媒性の影響を調べることが重要です。本風洞では、数値解析(CFD)も併用しながら、この触媒性を評価し、加熱率の評価を行っています。

To realize the spacecraft re-entry, it is indispensable for optimum design of thermal protection system against high temperature gas. Accurate estimation of this aerodynamic heating at ground tests and CFD calculations are in progress and it is needed to predict the effect of recombination of highly heated gas on the material surface. We have been conducting heating tests of some kinds of TPS materials to obtain experimental data of catalytic property at high temperature regime using high enthalpy wind tunnels, combined with CFD method.

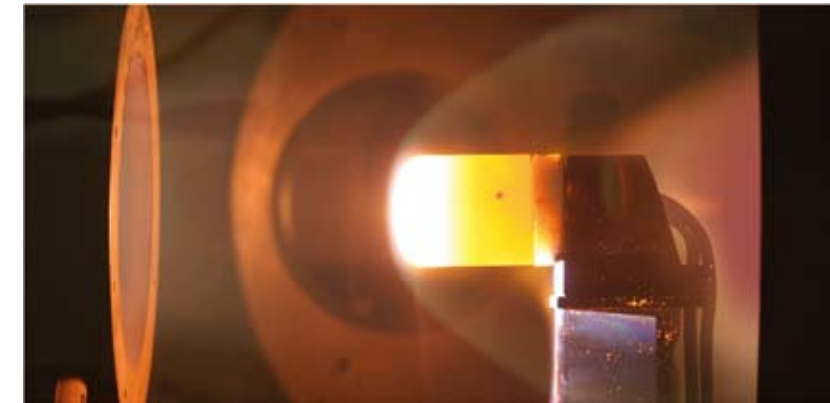
独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
総合技術研究本部 風洞技術開発センター
Japan Aerospace Exploration Agency
Wind Tunnel Technology Center

〒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。



750kWアーク加熱風洞
750kW Arc-heated Wind Tunnel



110kW誘導プラズマ加熱風洞
110kW ICP-heated Wind Tunnel



AWARD



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

750kWアーク加熱風洞・110kW誘導プラズマ加熱風洞

本風洞は、750kWアーク加熱風洞（1993年改修整備）と110kW誘導プラズマ加熱風洞（2004年度新規整備）の2風洞から成っています。両風洞とも高いエンタルピーを持つ気流を長時間維持し、宇宙往還機に用いられるC/C材料を約1,700°Cまで加熱することができ、大気圏再突入の状態を模擬した試験が可能です。アーク加熱風洞は、アーク放電によって気流を加熱し、最大気流エンタルピー約30MJ/kg、最大加熱率約2.7MW/m²の超音速流を生成することができます。誘導プラズマ加熱風洞は、コイルがつくる電磁場により気流を加熱し、最大気流エンタルピー約20MJ/kg、最大加熱率約1.8MW/m²の超音速気流を生成できます。アーク加熱風洞で問題となる電極の溶融が無く気流がクリーンであるとともに、維持管理が簡略化でき、風洞稼働率・機動性を向上しています。これらの風洞は、測定部以降を共有し、必要に応じて、アーク加熱器とプラズマトーチを交換して使用します。

750kW arc-heated wind tunnel and 110kW ICP-heated wind tunnel are used for the heating testing of Thermal Protection System for Re-entry Vehicle with very high enthalpy flow over 20 minutes. Such as Carbon/Carbon material can be tested at the 1,700°C of surface temperature. In the arc-heated wind tunnel, arc discharge in the arc heater heats driver gas, and 30MJ/kg of total enthalpy and 2.7MW/m² of heat flux can be obtained. In ICP-heated wind tunnel, the gas is heated by the Joule heating due to high-frequency inductive magnetic field in the torch, and 20MJ/kg of total enthalpy and 1.8MW/m² of heat flux. ICP-heater can obtain clean plasma for the catalytic effect research, which has to be prevented from contamination of the flow caused by melted electrode of arc heater. These wind tunnels share with a test chamber and an exhausting system, and are used as replaced the arc-heater with the plasma torch in accordance with the necessary.

排気装置 Vacuum pump system

風洞試験時に発生する高温気流のガスを連続排気するために使用します。メカニカルブースタポンプ3台とその後段に油回転ポンプが4台接続されています。これにより約1.3Paから13kPaの範囲でおよそ10,000m³/hrの排気能力があります。

High temperature gas generated in the test chamber is continuously exhausted by the vacuum pump. This system is constructed from three mechanical booster pump at upstream position and four rotary pump at downstream position. The vacuum pump system has a capacity of approximately 10,000 m³/hr over the range of 1.3Pa to 13kPa.

冷却水循環システム Cooling water circulation system

冷却水循環システムは、高圧冷却水系と低圧冷却水系があり、アーク加熱器やプラズマトーチ、およびその他の高温部は純水を用いた高圧系で冷却します。低圧冷却水系は、拡散筒や排気装置、空気冷却器等を冷却します。

This system is used to cool the facility by circulating cooling water. High pressure cooling system with pure water is used for arc-heater, model support, and nozzle which become very high temperature. Low pressure cooling system is for diffuser vacuum pump system, heat exchanger and so on.

アーク加熱器 Arc heater

加熱器内の電極間に発生させたアーク放電により、作動ガスを加熱します。絶縁性と冷却性を確保するため、冷却された銅製のディスクを絶縁板をはさんで重ねた構造になっています。多数のパイプは各ディスクに供給する冷却水配管と作動ガス配管です。

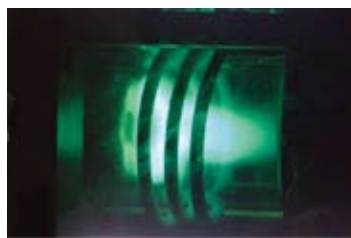
The working gas is heated by arc discharge in the arc heater. The heater is constructed from piled copper discs which are cooled by water. Insulators are inserted between each disc to insulate high voltage. Many piping are used to supply the cooling water and driver gas to each disc.



プラズマトーチ Plasma torch

高周波電流により石英ガラストーチ内に高周波誘導電界を誘起して電子を振動させ、ジュール加熱で気流を高温プラズマ化します。電極の溶融が無いため汚れの無いクリーンなプラズマができます。

In the plasma torch, a high-frequency output from the high-frequency current generator applying for the coil around the plasma torch vibrates electrons by high-frequency induction field in the torch, and the high temperature plasma is made in Joule heating by the current yielded in the plasma torch. The plasma was held without contact to the torch, so there is no contamination and it is clean.



作動ガス供給装置 Gas supply system

アーク加熱器およびプラズマトーチに作動ガスを供給します。7m³のボンベを20本連結させたカードルを2基設置しています。

Gas supply system delivers working gas to the arc heater and plasma torch via a pressure regulation system. Two groups of 20 gas cylinders (each 7m³ volume) is set to the system.



電源装置 Power supply

アーク加熱器の直流電源の一次側は、交流3,300V、3相3線式、50Hzです。この電源装置から、最大電流1,000A、電圧2,000Vにおいて2,000kWの電力をアーク加熱器に供給する能力があります。

Input conditions for the DC generator of an arc-heater is rated at AC 3,300V, 3 phase 3 wire type and 50Hz. These facility can supply up to 2,000kW power under maximum current 1,000A and voltage 2,000V conditions.

空気冷却器 Heat Exchanger

拡散筒から流入する高温気流を冷却し、排気装置へ導入するために使用します。拡散筒を通過した気体は、熱交換器により約50°C以下に冷却され、真空ポンプにより排気されます。

It can be cooled the high temperature gas flow from diffuser. An air-to-water heat exchanger is designed and built to reduce the vacuum pump inlet temperature to less than 50°C, and exhaust to the environment through vacuum pump.

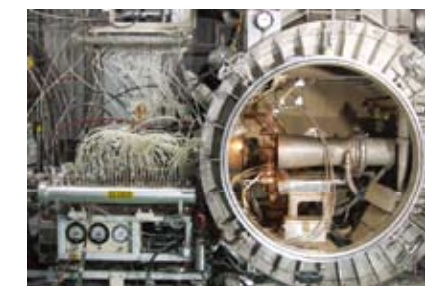
制御盤、計測装置 Control panel, Measurement system

制御盤は、風洞の出力やガス流量の制御、真空ポンプや冷却システムの運転、およびそれらの動作のモニタを行います。また、試験時に供試体を気流中に投入するための試料回転装置および3次元移動装置の操作などを行います。計測装置は、温度、圧力、加熱率等の試験データの取得を行います。

Control panel can control the wind tunnel, subsystems, support system of test sample in the test section, and so on. And Measurement system can obtain testing data of temperature, pressure, heat flux, and so on.



測定室 Test Chamber



直径1.6m、長さ1.4mの横置円筒形です。この中に回転式の模型投入装置、3次元移動装置など装備され、各種加熱試験を行うことができます。また、供試体観測用及び分光計測用窓も設置されています。アーク加熱風洞では、コニカルノズルまたはチャンネルノズルにより超音速気流での試験を行います。測定室下流には拡散筒があり、模型投入時に気流を安定させます。

Test chamber has a diameter of 1.6 m and length of 1.4 m, respectively. Arm-type sample injection system, 3D traverse type Pitot tube and heat flux sensor is used for the measurement. Optical windows are designed to allow the observation of sample and spectral measurement of the high enthalpy flow. Diffuser at downstream of test chamber stabilize the flow.