

海外日系企業納入 環境風洞設備

高橋 貞良* 江藤 文宣** 笛木 秀亮**
 Wutichai PITUKLERDKUL*** Piya JARASMATUSORN***

Environmental Wind Tunnel System for an Overseas Japanese Company

by Sadayoshi TAKAHASHI, Fuminori ETO, Hideaki FUEKI, Wutichai PITUKLERDKUL, & Piya JARASMATUSORN

This wind tunnel system, initially developed for domestic use, had been equipped at an overseas Japanese company facility under a “full turnkey” contract. After reviewing simulation test results according to precision requirements (airflow distribution at the main outlet in particular), decision was made to manufacture and construct the system locally. Favorable airflow performance test results, upon completion of the system, indicated that the wind speed distribution at the 3.0 m section of the main nozzle outlet was below 3%, while the same at the 1 m section of the secondary nozzle outlet was below 1%. These test results confirmed that the precision in airflow distribution was fully adequate. It is expected that this system, an outcome of Ebara’s wind tunnel expertise and airflow simulation technology accumulated over many years, will be further developed and see more use in the international market.

Keywords: Wind tunnel, Environmental, Main fan, Settling chamber, Contraction nozzle, Airflow simulation, Airflow performance, Airflow distribution precision, Sun-light system, Overseas operation

1. はじめに

当社が取り組んできた風洞設備は1950年代から半世紀以上にわたり、大学・官庁の研究機関、自動車、建築、その他の気流にかかわる多目的実験・研究施設に納入してきた実績がある。これまで納入した施設のほとんどは日本国内に建設してきたが、このたび当社で初めて海外日系企業へフルターンキー契約（設備一括請負契約）で納入した。納入範囲は建物と計測装置以外の風洞設備全体である。風洞設備の大部分は現地展開により建設、納入し、試運転を終え無事引き渡しを完了したのでここに概要を報告する。

2. 設備概要

2-1 設備の構成

風洞は風洞本体、環境空調、模擬太陽光設備等で構成されており、主要機器である主送風機、主ダクト、パイ

パスタクト、整流胴、縮流胴、吸込ベルマウス等は鋼板溶接構造を採用した。

2-1-1 風洞本体設備

図1の風洞全体図に示すように敷地面積の制約から1階に試験室、2階に主要機器を配置した縦回流式風洞とした。

風洞は運転エネルギー効率の高いゲッチングン型風洞

表1 概略形状及び空力的仕様

Table 1 General dimensions and aerodynamic specifications of wind tunnel

型式 Type of wind tunnel	縦回流式開放ゲッチングン型 Vertical opening Göttingen type			
軸心寸法 mm Axial center dimension	長軸 25850		短軸 5900	
	Long axis		Short axis	
	主ノズル Main nozzle		第二ノズル Secondary nozzle	
縮流比 Contraction ratio	4.2		6.7	
測定部 mm Test section dimensions	幅 8000 × 長 8000 Width Length		幅 8000 × 長 4700 Width Length	
風制御 Wind control	0 ⇄ 100 km/h : 3秒 (0.9 G)		0 ⇄ 100 km/h : 3秒 (0.9 G)	
風速 m/s Velocity	0 ~ 36.2		0 ~ 47.2	
風速分布 % Velocity distribution	± 3.0%以下 Within		± 1.0%以下 Within	

* 風水力機械カンパニー 産業システム事業統括部
 * 同 社会システム事業統括部 技術室
 流体解析技術グループ
 ** 同 産業システム事業統括部 プロジェ
 クト第二グループ
 *** EBARA (THAILAND) LIMITED

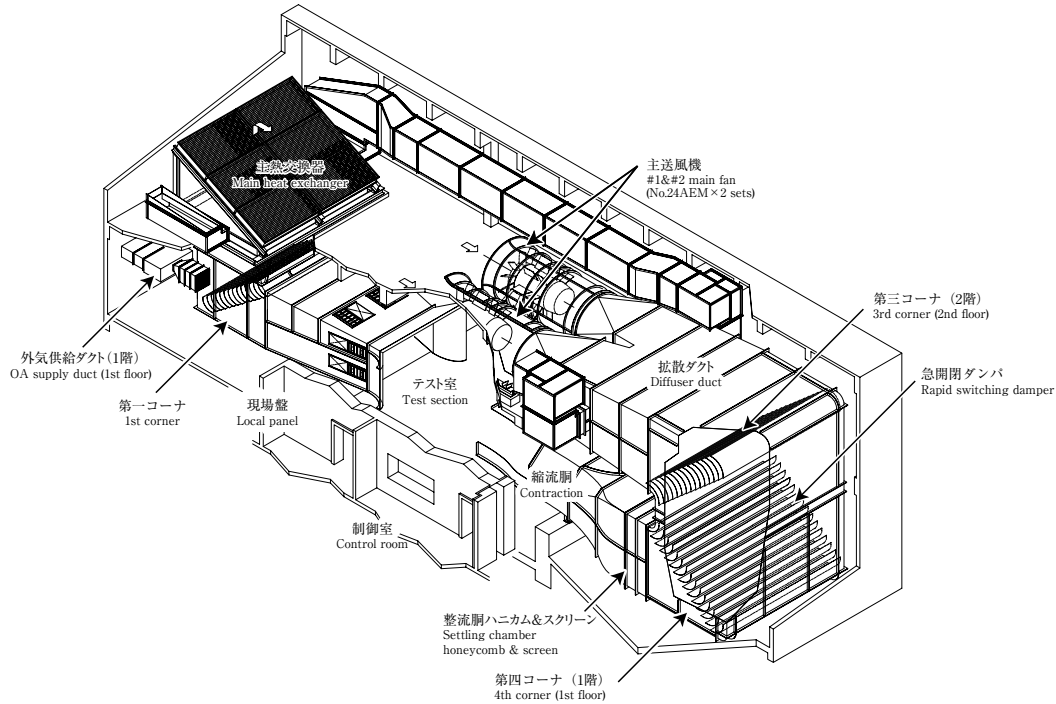


図1 風洞全体図

Fig. 1 Overall diagram of wind tunnel configuration

とし、試験室計測部を開放とした。またノズルは縮流比4.2の主ノズルと縮流比6.7の第二ノズルを持ち試験用途に合わせた入替が可能な設備とした。風洞本体の仕様及び空力的仕様を表1に示す。送風機を除く風洞本体のほぼすべての製缶品を、現地調達により製作し、搬入組立を行った。

写真1は風洞ダクト製作中の工場組立状況を示すブロックごと組立確認検査を行い、極力据付現場での加工が不要となるようにした。また、ダクト内面は平滑にすると共にコーナ部には気流の圧力損失を低減するためのコーナベーンを設けた。写真1の「第三コーナダクト&

コーナベーン」にはダクトにコーナベーンを組み込んで組立確認を行った状況を示す。

(1) 主送風機

主送風機は建屋階高の制約及びメンテナンス性を考慮し、2台分割案を採用した。

送風機口径は2400 mmで、型式は横型単段軸流送風機+電動機内装直結型を採用した。

運転は車速指令値に連動したインバータ装置により回転速度制御を行うものとした。表2に主送風機仕様を示す。

(2) 整流装置

整流胴にはアルミ製のハニカム整流格子とステンレス

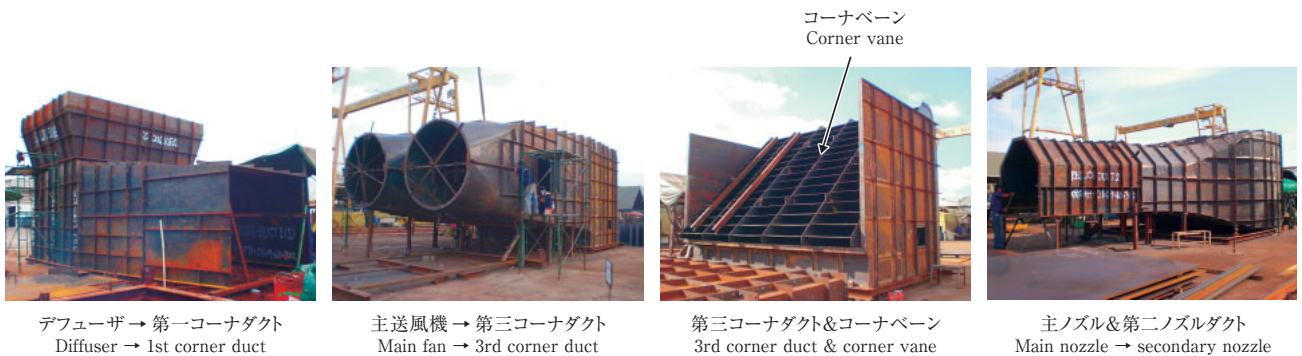


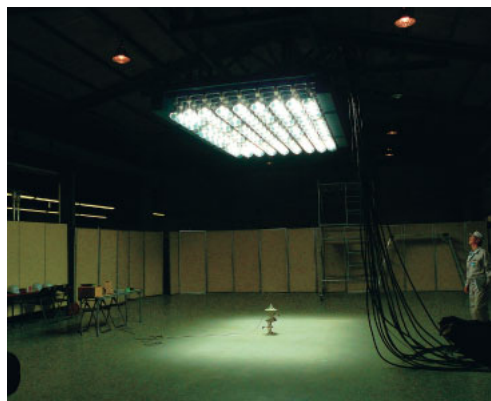
写真1 ダクト工場組立状況

Photo 1 Wind tunnel duct shop assembly

09-69 01/223

表2 主送風機及び駆動電動機の仕様
Table 2 Fan and motor specifications

	型式 Type of axial flow fan	単段軸流送風機 Single stage axial flow fan	
送風機×2 Fan	口径 mm Outlet diameter	2400	
	風量 m ³ /s Quantity	主：96.0 Main nozzle	第二：82.2 Secondary nozzle
	圧力 kPa Pressure	1.11	1.22
電動機×2 Motor	形式 Type	三相誘導電動機 Three phase induction motor	
	電圧 V Voltage	380	
	出力 kW Output	150	
	回転速度制御方式 Speed control	インバータによる回転速度制御 INV. speed control	



09-69 02/223

写真2 模擬太陽光設備
Photo 2 Sunlight test in factory

金網を挿入して気流の整流を行う。性能維持のために定期的にダクト内に入り、メンテナンスや清掃ができるようにした。

(3) ダンパ

風洞設備でのダンパは風路面の圧力損失を極力少なくするため、装備しないのが望ましい。今回は二つの要件で主ダクトにダンパを装備した。一つ目は被試験体の性能要求を満たすため、送風機出口に気流調整ダンパを設け、急激な加速・減速要求に対応できるようにした。図1中に急閉ダンパを示す。二つ目は建物の防災目的で、1階と2階をしゃ断するためのダンパを装備した。

2-2 環境空調

今回は設置場所特有の条件により、年間冷房が必要であり、冷熱源容量も国内仕様より数段大きくなった。これは建物躯体負荷及び外気処理負荷等が大きく影響している。また運転範囲における負荷変動に対応して、電気ヒータを設けた。

2-3 模擬太陽光設備

試験室天井に定型型模擬太陽光設備を装備した。メタルハライドランプと電流制御が可能な多灯用インバータ装置を組合せた太陽光シミュレーションシステムで、制御室内の風洞操作卓から出力調整が可能な設備とした。写真2に工場検査時の模擬太陽光設備を示す。

2-4 試験室

試験室は床面を除く壁面と天井面にすべて吸音材を施し試験室内の騒音低減を図った。

気流試験設備では試験体を固定させ気流速度を制御するため、床面と気流の間に境界層が発生する。その境界

層発生を極力小さくするのに境界層低減装置（Boundary Layer Control：BLC）を設けた。これは主ノズル出口床に吸込口を設け、BLCファンで下流側のコレクタ床まで気流の一部をバイパスさせている。これにより主ノズル出口床の境界層はノズル出口から3 m下流地点で境界層厚さを50 mm以下とすることができた。

試験室内における気流部以外の室内は気流試験条件によって圧力の変動が大きい場合、大気圧より低くなる場合に加圧ファン、大気圧より高くなる場合にチャッキダンパを採用し室圧変動を抑えた。

アイドリング運転風速試験では気流バイパスダクトを上流側壁面に設け室温制御を可能とした。また煙可視化試験時にはそのバイパスダクトを排気ダクトとして使用し、試験中の常時排煙処理を可能とした。

本風洞計画時に主ノズル出口での気流分布精度について、気流シミュレーション検討を行い提案した。この気

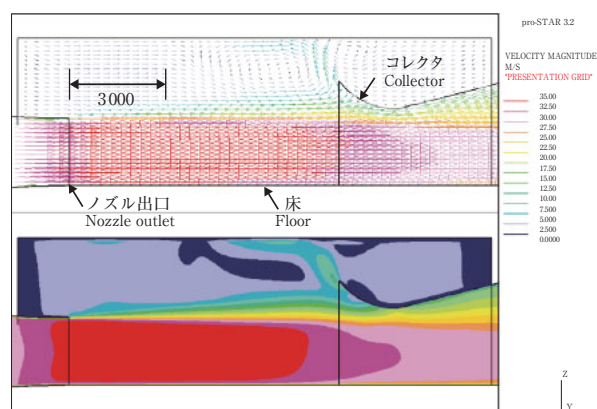
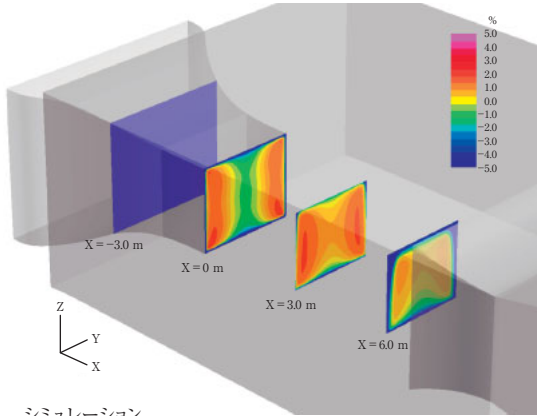


図2 出口中心における気流方向鉛直断面の風速分布図
(ノズル中心/Y = 0 mm)

Fig. 2 Wind velocity distribution at vertical section in outlet center



シミュレーション
Simulation conditions
1. 境界層吸込装置無
No boundary layer system
2. 上部隅切無
No top fillet corner

図3 ノズル出口流速に対する各X断面風速成分
Fig. 3 Each X-section wind velocity component versus the nozzle exit flow velocity

流シミュレーションをもとに整流装置等の設計を行った。図2と図3に計画時の気流シミュレーションを示す。

3. 運転結果

3-1 速度・温度分布

現地試運転計測結果において気流性能は主ノズル出口3.0 m断面で風速分布3.0%以下、第2ノズル出口1.0 m断面で風速分布1.0%以下となり、計画予測どおりの風速分布精度が得られた。図4に試験時の主ノズル下流3.0 mでの気流性能を示す。写真3と写真4は主ノズルにおける気流の可視化確認状況である。

気流の温度分布においては試験体周りの気流が熱力学

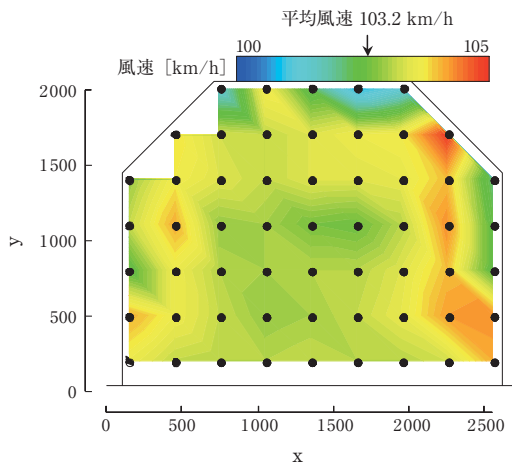


図4 気流速度分布試験結果（主ノズル下流3.0 m）
Fig. 4 Test result of airflow velocity distribution



09-69 03/223

写真3 ノズル出口の気流状況
Photo 3 Wind condition at nozzle outlet



09-69 04/223

写真4 試験室内気流状況
Photo 4 Wind condition in testing room

的に影響を受けることから、環境空調においても空力風洞と同様に気流分布精度の優れたものが要求される。今回試験での100 km/h運転時の気流速度分布を図4に、また、気流温度分布状況を図5に示す。速度分布はシミュレーション予測どおりの結果が得られた。また、温度分布は分布差がほぼ一様であり、±0.35℃以内となった。

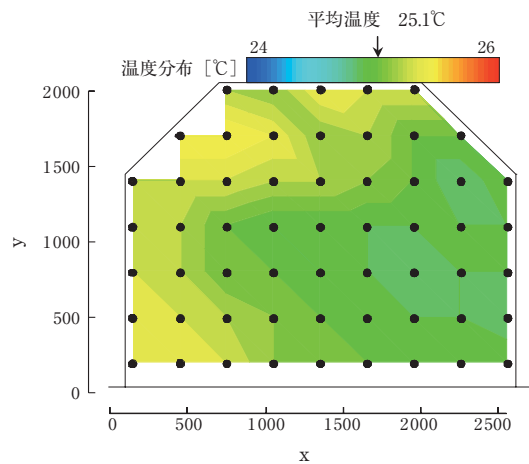


図5 気流温度分布結果
Fig. 5 Test result of airflow temperature distribution

4. あとがき

以上設備の概要を述べ、併せて試運転結果の一部を報告した。

冒頭にも記述したが、本設備は当社が海外で取り組んだ形態としては先進的なものである。今後海外に生産設備だけではなく、大規模風洞など研究設備を作る機会が増えるものと考えられるが、このような設備は、計画や建設時に空力や熱力学的技術情報はもちろん、装置の設計技術や制御システム構築まで含めた海外展開を必要と

する。それらを具現化する生産技術や工事技術と設備納入後の保守管理など、経験的かつ専門的な知識も含めた展開が欠かせない。

今後は優秀な現地技術者を抱えるEBARA (Thailand) Limited. が顧客の試験責任者や設備担当等との連携により、良好な維持管理を進めることになっている。

本設備は国内の顧客設備御担当・試験責任者はもとより現地御担当及び関連各位の協力により、無事完成させることができた。深く感謝の意を表する。

