

## 伝熱学実験室の設備について

八田 桂三・小竹 進・北村 菊男・服部 直三

Equipments for the heat transfer reserches

By

Keizo HATTA, Susumu KOTAKE,  
Kikuo KITAMURA, and Naozo HATTORI

**Abstract:** This is the report about the control equipment of the air flow required for the heat transfer reserches and the equipment for the study of the heat transfer from a rotating disk.

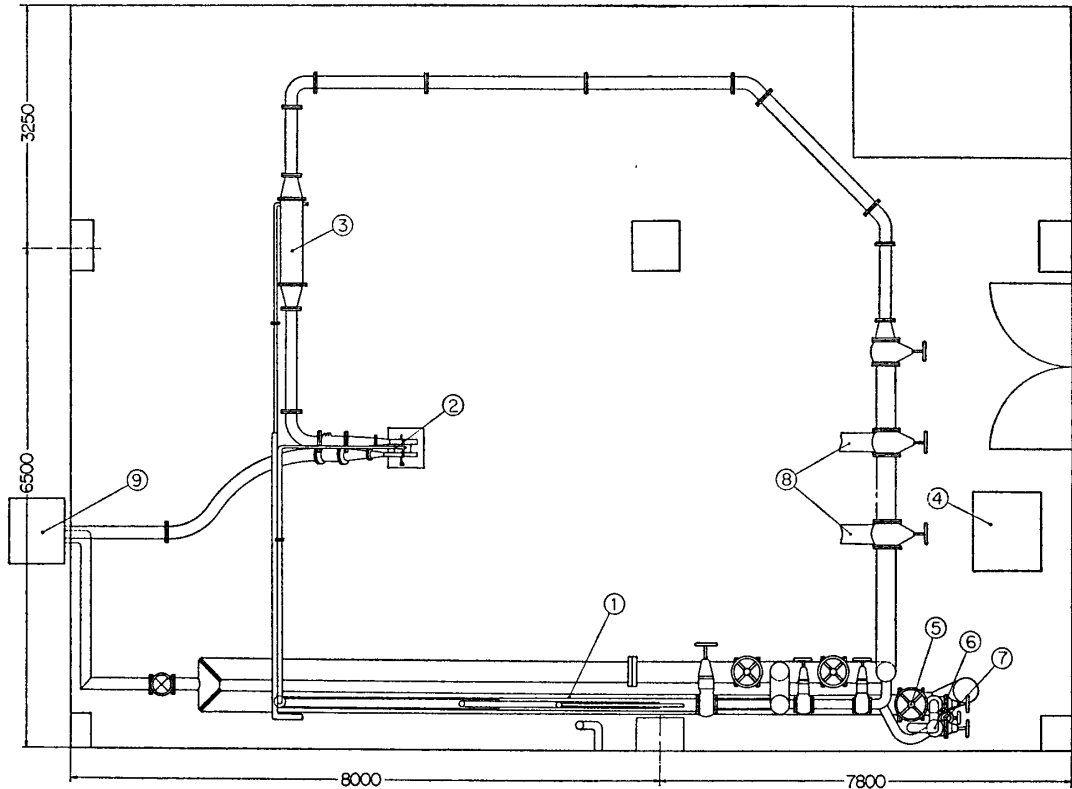
## 概 要

本報告は新設された伝熱学実験室の空気流量制御装置および回転円板熱伝達試験装置に関する報告である。

## 緒 論

伝熱現象の研究の手段として、十分な空気源の確保がのぞましい。現在空気源として、中圧空気源\*（空気圧縮機動力 550kW，空気圧縮機空気流量 2,740Nm<sup>3</sup>/h，貯気槽常用最高圧力 15kg/cm<sup>2</sup>G）および低圧空気源\*\*（圧縮機動力 110kW，圧縮機空気流量 770Nm<sup>3</sup>/h，圧縮機出口最高圧力 6kg/cm<sup>2</sup>G）を使用することができる。比較的高圧大流量を必要とするときには、中圧空気源が使用され、低圧小流量のときには、低圧空気源が使用される。これら2つの空気源からの空気を伝熱現象の研究に使用するとき、使用する空気の圧力および流量を任意の要求された値に設定でき、かつ実験中その値をできるだけ変動なく一定に維持することができれば便利である。中圧空気源からの空気の圧力制御は中央制御盤と遠隔圧力制御盤との併用で、低圧空気源からの空気の圧力制御は低圧空気源室でおのおのおこなわれるので、本研究室としては所要の流量制御装置を設置した。この装置を使用すると 2~100,000 Nl/min の広範囲の流量制御ができるので、熱伝達現象に関係した多方面の研究が可能である。現在この装置を使用して回転円板の熱伝達現象に関する研究が進められている。この回転円板熱伝達試験装置については、ここでは簡単にふれる程度にする。第1図は新設された伝熱学実験室および装置の配置図を示す。

\*, \*\* 第2および第3章参照

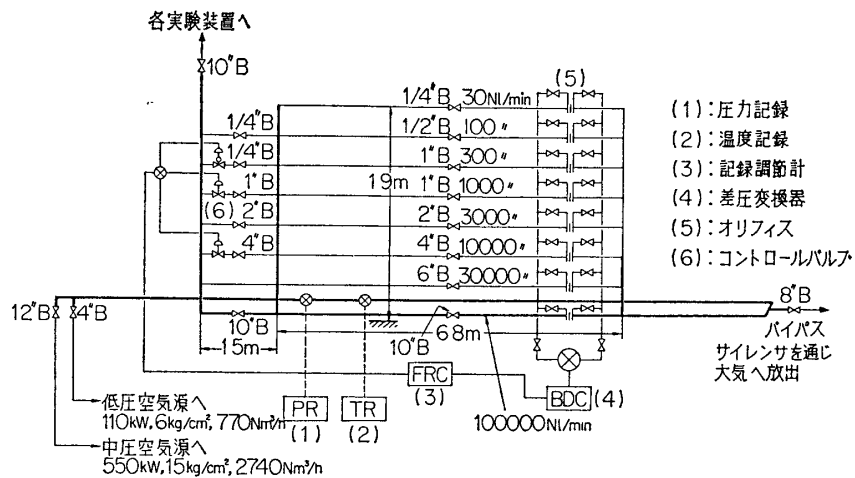


第1図 実験室および装置配置図

- ① 流量制御装置
- ② 回転円板熱伝達試験装置
- ③ 燃 焼 器
- ④ 計 器 板
- ⑤ 中圧空気源接続バルブ
- ⑥ 低圧空気源接続バルブ
- ⑦ 都市ガス圧縮機接続バルブ
- ⑧ 実験装置接続
- ⑨ 消 音 塔

### 1. 流量制御装置

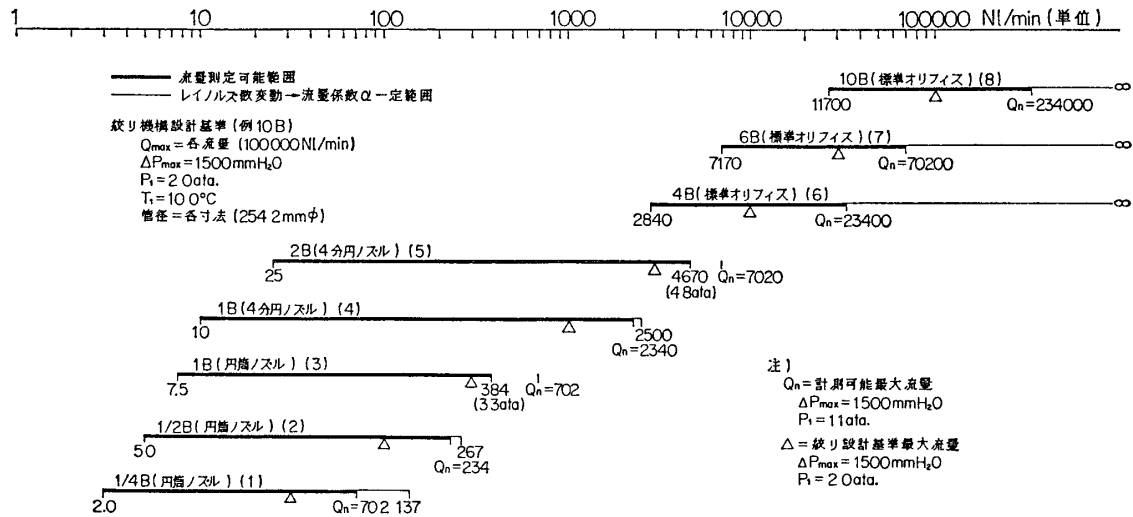
設置された流量制御装置の系統図が第2図に示してある。主要部分はオリフィス、差圧変



第2図 流量制御装置系統図

第1表 オリフィスの設計基準状態および寸法

絞機構	(1) 円筒 ノズル	(2) 円管 ノズル	(3) 円筒 ノズル	(4) 四分円 ノズル	(5) 四分円 ノズル	(6) オリ フィス	(7) オリ フィス	(8) オリ フィス
開口比 $m=d^2/D^2$	0.0461	0.0501	0.0511	0.1717	0.1417	0.1521	0.2086	0.2572
流量係数 $\alpha$	0.8009	0.8011	0.8011	0.7958	0.7867	0.6085	0.6170	0.6253
絞り孔径 $d$ mm	2.0	3.6	6.2	11.4	19.9	41.1	70.9	128.9
円筒部長さ $Z$ mm	3.2	5.9	10.3					
圧縮性係数 $\varepsilon$	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.989	0.989
管内径 $D$ mm	9.2	16.1	27.6	27.6	52.9	105.3	155.2	254.2
四分円半径 $r$ mm				1.3	2.2			



第3図 流量測定可能範囲

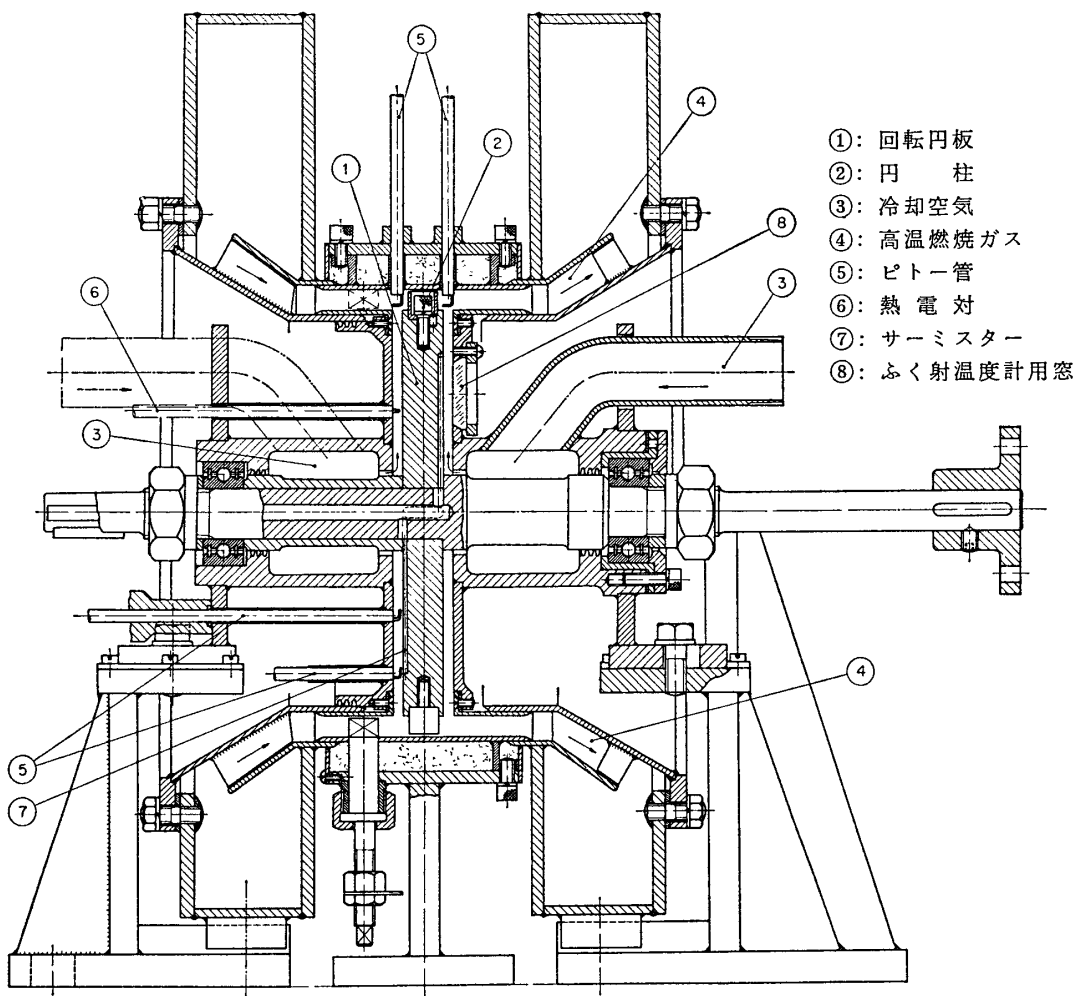
換器，記録調節計，コントロールバルブの四つの要素から構成される。オリフィスは第1表にあげてあるごとく合計8個使用され，おのおのオリフィスの設計基準状態( $Q_{max}$ ,  $\Delta P_{max} = 1,500 \text{ mmHg}$ ,  $P_1 = 2.0 \text{ ata}$ ,  $T_1 = 10^\circ\text{C}$ )での流量測定可能範囲が第3図に示してある。図からわかるように基準状態における本装置の流量測定可能範囲は 2~100,000 Nl/min である。オリフィスの前後の差圧を検出して指示し，同時にある定まった範囲の空気圧力 (0.2~1.0 kg/cm<sup>2</sup>) に変換する役目をするのが差圧変換器で，これは差圧検出部と変位平衡式空気圧変換部より構成される。本装置では北辰バートン差圧変換器型式 B199A を使用した。作動は記録調節計と同様に全空気式であるので，空気圧によりおこなわれる。記録調節計は差圧変換器からの空気圧 (0.2~1.0 kg/cm<sup>2</sup>) と要求された設定圧力 (設定流量) との比較をおこない，その結果生ずる差圧 (制御圧) をコントロールバルブ (操作部) に伝達する。調節器における制御動作は，制御対象の特性と制御の要求精度の2点から一般に決定されるわけであるが，本装置においては，比例+積分動作 (PI 動作) を採用した。調節器からの制御圧 (0.2~1.0 kg/cm<sup>2</sup>) はコントロールバルブに加わりバルブの開閉をおこない目標の流量を設定する。本装置では調節器として北辰フィツシャ・ポータ空気圧式調節器を使用した。流量制御

をするコントロールバルブは第2図からわかるように本装置では合計3個(1/4" B, 1" B, 4" B)である。しかしこれらに並列に3個のバルブ(1/4" B, 2" B, 10" B)があり、これらを適当な開度に固定した任意のコントロールバルブと併用することにより所要の広範囲の流量制御が行なえる。すなわち使用状態ではいずれか一つのその流量計測のできるオリフィスとその流量に応じて適当な1個の固定バルブと1個のコントロールバルブが使用されるわけである。

本流量制御装置の制御範囲は使用している圧力制御装置の制御範囲より小流量まで可能になっているが、第2図よりわかるように必要な場合はバイパス弁から空気消音塔を介して大気に放出することによりそれに応じている。

## 2. 回転円板熱伝達試験装置

タービンディスクの熱伝達機構は高温ガスや冷却空気の挙動まで考えると非常に複雑である。第4図はそのような問題解明を目的として設置された回転円板熱伝達試験装置の断面図



- ①: 回転円板
- ②: 円柱
- ③: 冷却空気
- ④: 高温燃焼ガス
- ⑤: ピトー管
- ⑥: 熱電対
- ⑦: サーミスター
- ⑧: ぶく射温度計用窓

第4図 回転円板熱伝達試験装置

を示す。主要部分は回転円板（直径 200mm $\phi$ ，厚み 20mm）で，その周辺に円柱（外径 15mm $\phi$ ，高さ 13.5mm）が 30 本等間隔に配置されてある。円板と壁との間隙は自由に変えられ，冷却空気（圧縮機で加圧したもの）が円板の両側の回転軸に沿って導入できるようになっている。回転円板は変速モータにより駆動され，約 500~12,000rpm の範囲において変速できる。しかし現在のところ円板の加熱状態における変速可能範囲は装置自身の熱膨張等の影響によりこれよりかなり小さくなるようである。円板を加熱する高温空気源として燃焼器を設置した。この燃焼器は加圧ガス（都市ガスを圧縮機で 2.0kg/cm<sup>2</sup>G 程度に圧縮したもの）と加圧空気（2.0kg/cm<sup>2</sup>G 程度に圧縮したもの）の混合ガスを燃焼させて高温燃焼ガスを作るもので，空気とガスの混合割合を適当に変えることにより約 300~800°C の温度範囲の高温ガスをうることができる。最後に装置の計測装置に関して簡単に述べる。高温ガス温度はおもに熱電対で，円板表面温度はスリップリングを通してサーミスターにより，および Thermodot Model TD-6BH ふく射温度計（温度測定範囲 260°F~5,000°F，時定数 0.3 sec，応答時間 0.03sec，最小温度測定物質直径=レンズから測定表面までの距離/333 最大測定距離=333 $\times$ 測定面直径）を用いておのおの測定される。また回転円板の周辺の流れの状態は 3 孔ピトー管により計測される。

なお終りにあたり，本装置の製作に協力された網野一夫氏および熱伝達試験装置の設計，製作に尽力された日産自動車 K. K. の山崎慎一氏（昭和 39 年度本学研究生）に深く感謝の意を表します。

1965 年 11 月 10 日 原動機部