

# ポリ塩化ビニルパイプ製衝撃風洞の開発と性能評価

## Development and performance evaluation of shock wind tunnel made of PVC pipe

学生氏名：清水 太智

指導教員：廣瀬 裕介

所属先：サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 流体研究室

キーワード：流体力学, 超音速, 衝撃波

### 1. 緒言

本研究室では卒業研究や学生実験において金属製の衝撃風洞を用いて実験を行ってきた[1]。金属製衝撃風洞は、高圧での実験が可能一方で保守管理や特に導入／更新においての費用が高い傾向がある。そこで、比較的安価な材料であるポリ塩化ビニルパイプ（以下、塩ビパイプ）で製作した衝撃風洞の開発とその性能試験を行い、超音速流の発生の可能性を確認する。また、学生実験での使用を通して教育用衝撃風洞としての実用性を確認する。

### 2. 塩ビ製衝撃風洞の概要

本研究で製作した塩ビ製衝撃風洞の動作原理を図 1 に示す。赤色の部分は高圧空気、青色は高圧から低圧へ変化した空気、白色は大気を表している。赤色と青色の矢印はその色の空気の流れを表し、黒色の矢印はピストンの動きを表している。

風洞の外寸は、全長約 1300[mm]、最大幅（直径）210[mm]である。（空気充填口のカプラや風洞の台座、低圧部の長さなどは含まない）

この衝撃風洞はフィルムなどの隔膜を破壊しないでピストンにより高圧部と低圧部を開閉するいわゆる無隔膜式の衝撃風洞であり、図 1 のピストンの先端（台形部分）が隔膜の役割をしている。

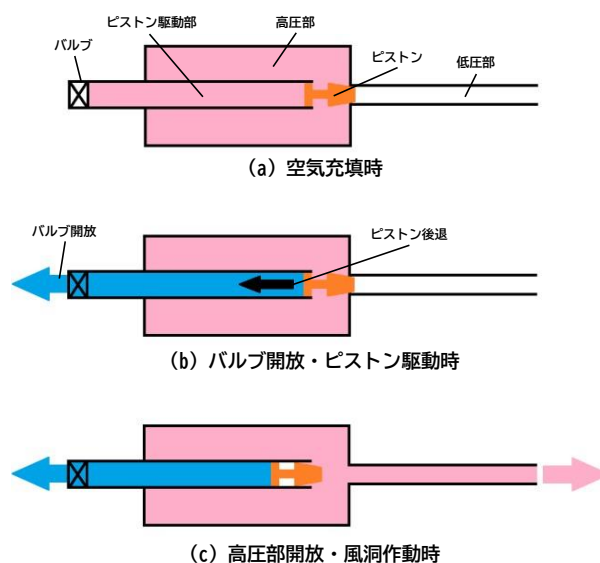


図 1 塩ビ製衝撃風洞の動作原理

### 3. 塩ビ製衝撃風洞の製作

本研究の主目的である衝撃風洞の製作にあたり、無隔膜式の原理について東北大学流体科学研究所「バリスティックレンジ装置について」[2]に記載されている「一段式軽ガス銃の発射機構の模式図」を参考にしている。

高圧部の塩ビパイプは VP100（内径 100[mm]）、ピストン駆動部は VP30（内径 31[mm]）を使用している。高圧部の容積は約 7[L]である。そして、低圧部は VP20（内径 20[mm]）を使用している。

ピストンは、駆動部側に 50[m]のディスパーザブルシリンジ（注射器）のガスケット（ゴムの部分）をピストンの先端にはゴム足を使用している。これらはゴム製故に気密性が十分にされている。

ピストン駆動部後部の「バルブ」と表記している部分は溶接フランジ継手を採用しており、現状2通りの方法で空気を開放できる。1つは電磁弁を用いたもの（以下、電磁弁式）、2つ目はフィルムを用いたもの（以下、フィルム式）である。電磁弁式はパイロット式電磁弁を採用し、AC100[V]の通電時にバルブが開放する。フィルム式はフランジ間に電熱線（ニクロム線）を貼ったラミネートフィルムを挟み、電熱線の通電時の発熱によりフィルムを破壊することで空気を開放する。

#### 4. 実験方法

衝撃風洞の性能評価として、超音速流の発生を確認する。低圧部の塩ビパイプに500[mm]間隔で4か所設置した圧力センサをオシロスコープで測定する。CH1からCH2, CH1からCH3, CH1からCH4と、CH1を基準として圧力センサが反応する時間差から流速を求める。

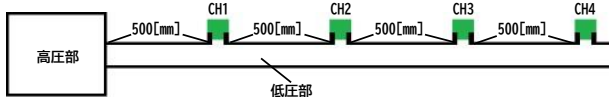


図2 性能評価実験の概略図

#### 5. 実験条件

性能評価実験の具体的な条件は以下の通りである。

低圧部圧力及びピストン駆動部の開放先圧力は大気圧（≒0.1[MPaA]）とする。高圧部圧力は0.2, 0.3, 0.4[MPaG]として、それぞれ5回ずつ測定を行う。また、バルブには電磁弁式を用いる。

オシロスコープで測定した測定値から流速を求める際、各CHの最大値をセンサが反応した時間とする。ここで、流速を求める式は(1)式を用いる。

$$V = \frac{CH_n - CH_1}{0.5 \times (n - 1)} \dots (1)$$

$V$ : 流速[m/s],  $n$ : チャンネル数[-] (=2, 3, 4), 分母は各チャンネル間の長さ[m]である。

実験開始時の気温は25[°C], 終了時は23[°C]である。ここで、一般に音速は(2)式で求まる[3]。

$$c = 331.45 + 0.607t \dots (2)$$

$c$ : 音速[m/s],  $t$ : 気温[°C]

本実験では、音速を346[m/s]とする。

#### 6. 実験結果

性能評価実験の結果を図3に示す。縦軸が(1)式より求めた流速、横軸が測定時の高圧部充填圧力である。なお、赤色の点は最高流速、橙色の点は平均流速、青色の点は最低流速である。

図3より、全体の最低流速においても455[m/s]であり、音速とした346[m/s]を超える超音速流の発生が確認できる。また、高圧部圧力と流速との関係から0.2, 0.3, 0.4[MPaG]と圧力が高くなると平均流速も同様に505, 551, 588[m/s], と速くなることが確認できる。

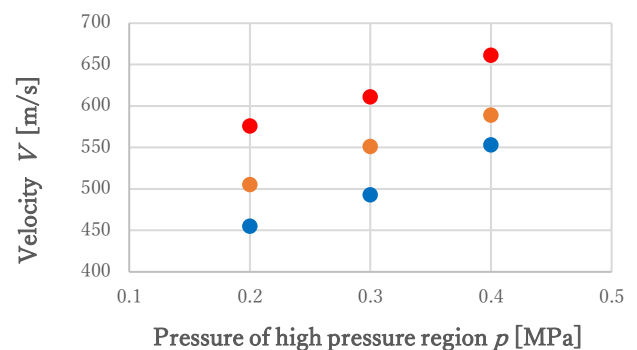


図3 性能評価実験の結果

#### 7. 結言

塩ビ製衝撃風洞の開発を行い、超音速流の発生を確認することができた。しかし、長期的な運用や高圧部圧力が0.5[MPaG]以上の圧力での運用によってピストンの破損が生じているため、形状や材質の向上をしていきたい。また、今後はフィルム式の開放を行った場合の電磁弁式との差異の調査、高圧部圧力0.5[MPaG]以上の流速のデータ収集を目指す。

現時点では学生実験においてこの衝撃風洞を使用した実験を実施している。今後更なる運用を通して教育用衝撃風洞の実用性を確認する。

#### 参考文献

- [1]バンクスジョナサン正己, 廣瀬裕介, “衝撃風洞と先細末広ノズルを用いた超音速流に関する実験” サレジオ工業高等専門学校
- [2]大林茂, 大谷清伸, 菊池崇将, 小川俊広, 鶴飼孝 “バリスティックレンジ装置について” 東北大学流体科学研究所
- [3]原康夫, “基礎物理学”, 学術図書出版社(2006)pp114