

# 可視化用流動パラフィン供給装置の製作

生命・情報等教育研究支援室(機能工学系) 中島 孝

## 1. はじめに

筑波大学機能工学系松内研究室の依頼により、流動パラフィン供給装置を製作した。同研究室では流れの解析に可視化を使っており、スモークワイヤ法を採用している。今回、研究の拡大に伴い新たな可視化装置が必要となり、可視化に用いる流動パラフィンを自動で供給する装置を製作することになった。本報告では依頼された可視化用流動パラフィン供給装置の設計・製作および風洞実験装置測定部の改装について報告する。

## 2. 装置の製作

### 2. 1 装置の仕様

スモークワイヤ法とは、気体の流れの中に張られた金属細線の表面にトレーサと呼ばれる油を塗布し、金属線の両端に電圧をかけ加熱することで発煙させ、この煙によって気体の流れを可視化するものである。同研究室ではこれまでトレーサに流動パラフィン(以下、「パラフィン」と呼ぶ)を使用しており、風洞測定部に水平に張ったワイヤにパラフィンを刷毛で塗布していた。この方法では毎回パラフィンを塗布する必要があった。今後の実験では前述の方法に加え、ワイヤを風洞測定部に垂直に張り、ワイヤへのパラフィン供給を自動で行いスモークの発生を制御して可視化することになった。製作する装置の仕様は、参考文献やこれまでの経験で得られたデータをもとに依頼者と検討し以下のように決めた。

- ・ スモークワイヤには SUS304- $\phi$ 0.1mm 線を使用する。
- ・ パラフィン注入管は SUS 細管  $\phi$ 0.2 $\times$  $\phi$ 0.4mm を使用し、中にワイヤを通す。
- ・ 1回の測定に必要なパラフィン量は 3cc 程度である。
- ・ 加圧用エアータンクと電磁弁を使用し、パラフィンを加圧して供給する。
- ・ 計測点は、測定部に垂直方向で4箇所、水平方向で8箇所としワイヤを移動して張る。
- ・ 風洞測定部を可視化専用改装する。

なお、パラフィン注入管は参考文献では SUS 細管  $\phi$ 0.2 $\times$  $\phi$ 0.4mm を使用していたが、筆者は手元にあったアクリル樹脂接着剤の注入針 (SUS304- $\phi$ 0.33 $\times$  $\phi$ 0.51mm 相当) を流用し、試作することにした。

### 2. 2 部品の加工

まず仕様をもとに設計を行い、**図 1** に示す加工図面を作成した。設計の際、配管用のバルブ、継ぎ手、チューブなどは研究室の在庫品を使用するよう考慮した。ほとんどの部品の材料は、サイズも小さく、試作品を作るつもりで残材を利用した。今回製作したパラフィントankとワイヤ固定具を**写真 1** に示す。

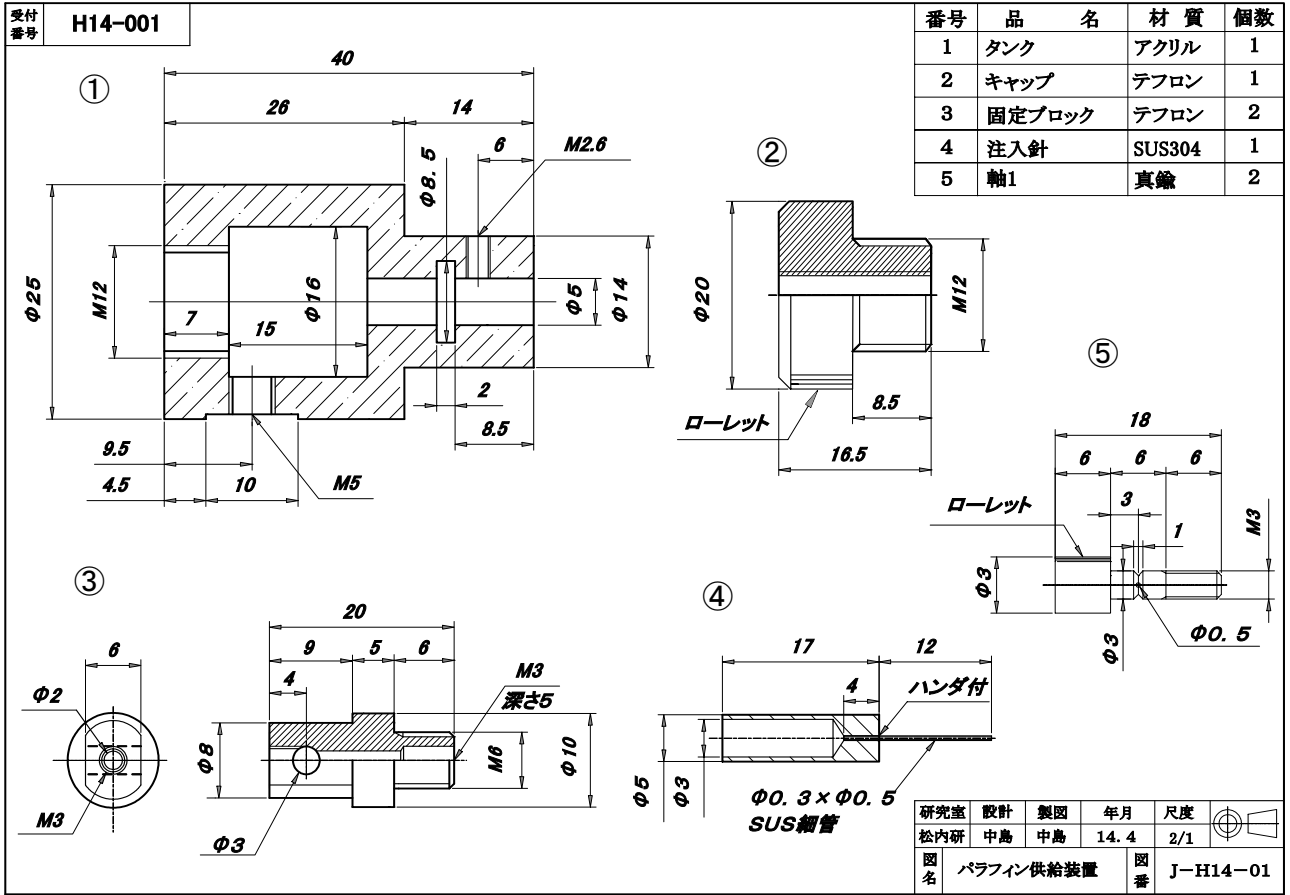


図1 加工図面



写真1 パラフィンタンクとワイヤ固定具

### 2.3 パラフィン供給装置の構成

パラフィン供給装置の構成図を図2に示す。パラフィン注入管の先端からタンク内部にワイヤを通し端に結び目を作る。ワイヤの另一端を風洞測定部の上面から測定部内に入れパラフィンタンクを上板に取り付ける。ワイヤを測定部底板に通し、外側に付けたワイヤ固定具の中を通して固定する。ワイヤ固定具は測定部内のワイヤのたるみを取るため、巻き取って固定する構造とした。パラフィンタンクの構造を図3に、また、パラフィンタンクを試験用に製作した風洞測定部の簡易モデルに設置した様子を写真2に示す。

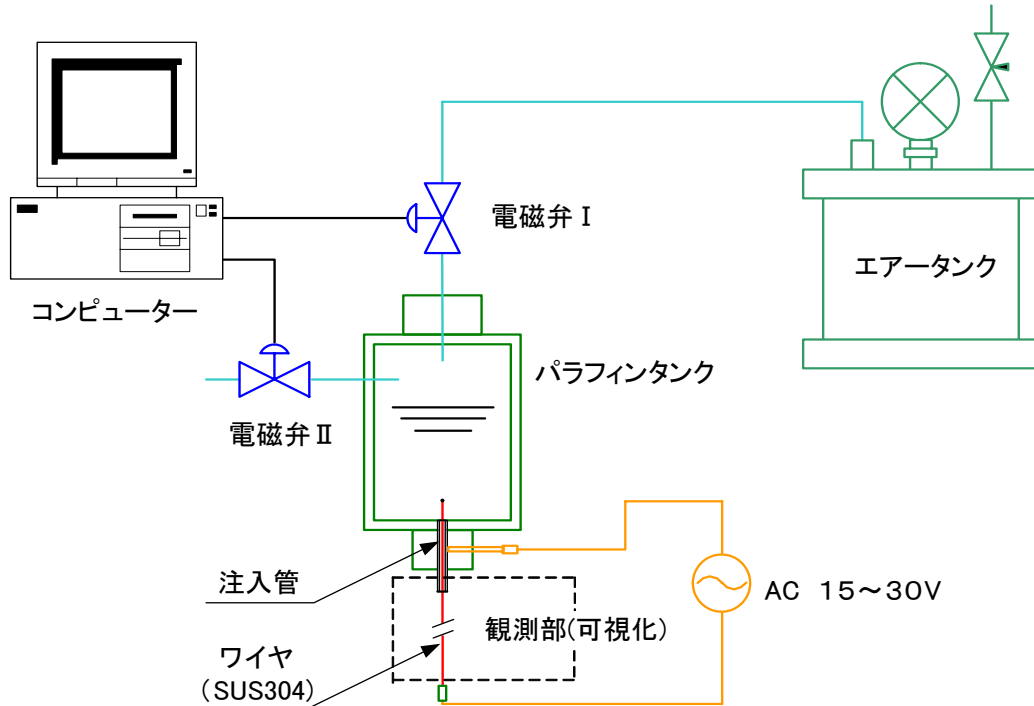


図2 パラフィン供給装置の構成図

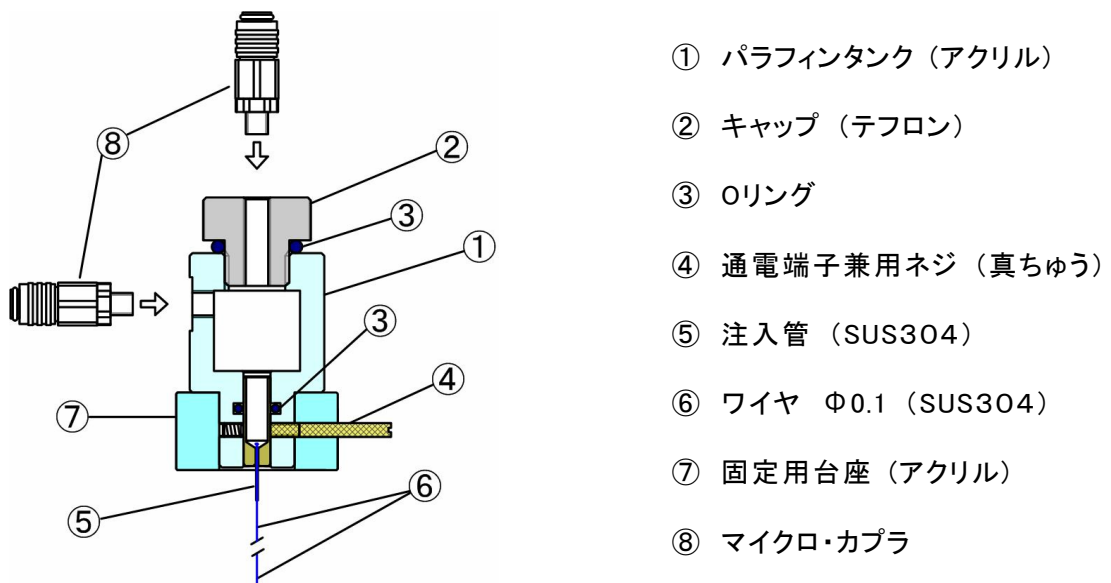


図3 パラフィンタンクの構造

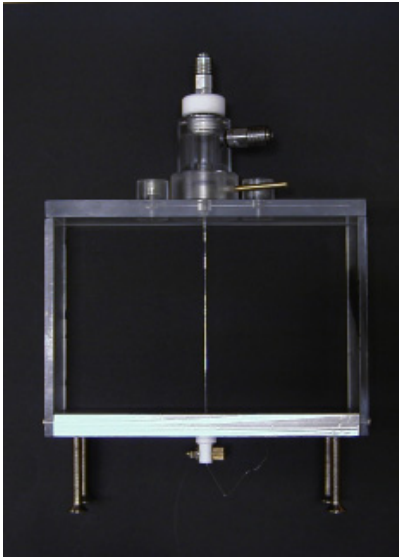


写真2 測定部簡易モデル

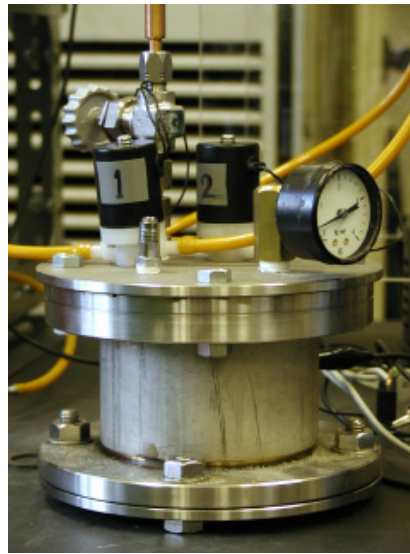


写真3 エアータンク



写真4 電磁弁

パラフィン注入管とワイヤのわずかな隙間を通るため、大気圧ではほとんど滴下できない。そこでパラフィンタンクを加圧するためエアータンクを設置した。パラフィンタンクとエアータンクの間には電磁弁Ⅰを入れ、これをコンピューターで開閉制御しパラフィン供給時に加圧できるようにした。使用した電磁弁はフロン工業（株）製ダイヤフラム式電磁弁で、駆動電圧：DC12V、使用圧力：IN/0～0.1Mpa、OUT/0～0.04Mpa のコンパクト型である。エアータンクを写真3に、電磁弁を写真4に示す。

## 2.4 動作確認

風洞測定部の簡易モデルにパラフィン供給装置をセットして動作確認を行った。パラフィンタンクを加圧するとワイヤにパラフィンが供給されパラフィン液滴が一滴ワイヤを伝って落下する。ワイヤ表面にはパラフィンの小さな滴ができ、これがワイヤ全体に一樣に付着し可視化に適した状態にあることが確認できた。

しかし、パラフィンタンクが加圧された状態では常にパラフィンが流れ出てしまうという状況が起きたため、パラフィンタンク及び管路内の残圧を開放する必要性が生じた。余分なパラフィンの流出を防ぐため、パラフィンタンクに放出口を加工・配管して電磁弁Ⅱを設置した。これも電磁弁Ⅰと同様コンピューターで制御できるようにした。再度動作確認を行った結果、パラフィンタンク内が大気圧となりパラフィンの流出はなくなった。

これにより、

電磁弁Ⅱ－閉・電磁弁Ⅰ－開（パラフィンタンク内加圧）

パラフィン液滴供給

電磁弁Ⅰ－閉・電磁弁Ⅱ－開（パラフィンタンク内減圧）

パラフィン供給停止

というコンピューターによる制御システムが確立できた。

### 3. 実験装置への装着

#### 3.1 実験装置の改装

風洞実験装置を写真5に示す。なお、この風洞装置も以前筆者が製作したものである。風洞の流路は上板及び側板が亚克力板、底面がアルミ板で出来ている。今回の改装では測定部側板2枚、底部のジェットノズル板、連結用蝶番などを新規に製作した。また、上板にはスモークワイヤ設置用の穴を現場加工した。特に測定部は底面及び両側面の凹凸が直接実験に影響するため、改装により従来と差異が生じないように配慮した。

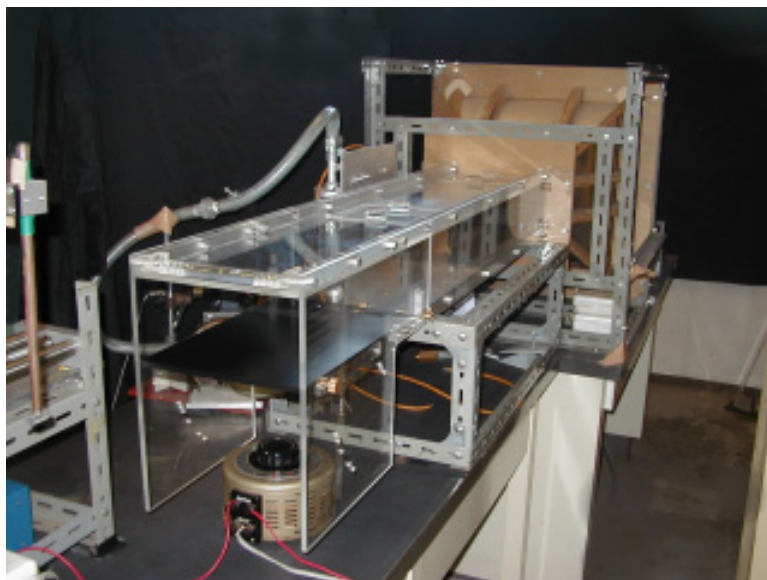


写真5 風洞実験装置

#### 3.2 実験装置への装着と動作確認確認

簡易モデルによる試験において、パラフィンタンク内の圧力： $0.02\sim 0.04\text{Mpa}$ 、ワイヤ印加電圧： $\text{AC}15\sim 30\text{V}$  で良好な発煙状態が得られることがわかった。また、風洞測定部にパラフィン供給装置を設置した動作試験においても実験に十分使用できることが確認された。実際の実験による流れの可視化の様子を写真6に示す。

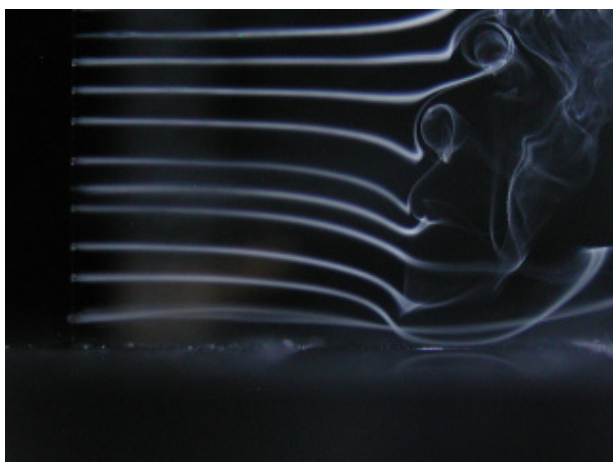


写真6 可視化した流れの様子 (撮影：松内研究室 大久保克幸氏)

#### 4. 装置製作時の工夫

この装置製作にあたり、以下のような配慮と工夫を行った。

- ・ 改装による風洞測定部の状態にできるだけ変化を与えないように配慮し、測定部は上板以外の三つ面の板を可視化専用で製作した。上板はワイヤ及びパラフィンタンク設置用の穴加工を行ったが、現状保持のため分解せず現場加工を行った。
- ・ パラフィン供給装置は頻繁に取り外しを行うため簡単な構造とした。パラフィンタンクの着脱が簡単に出来るよう、アクリル製台座を作りこれを風洞測定部天板に両面テープで固定し、この台座にパラフィンタンクを差し込んでネジ止めする構造とした。なお、この止めネジはワイヤへの通電端子を兼ねたものとした。
- ・ 測定部にワイヤを張る際、たるみが出ないようにテンション調節が可能でかつ脱着の容易なネジ込み式の固定具を作った。
- ・ このパラフィン供給装置の製作では残材や廃棄物品のパーツを利用した。エアータンク本体、圧力計及びパラフィン注入管などは廃棄物品を、これ以外の部品はほとんど残材を利用した。ニードルバルブや吸排口のマイクロカプラ、配管チューブなども研究室の在庫品を使用した。今回購入したものは電磁弁 2 個および風洞測定部のアクリル板とアルミ板のみであった。

#### 5. 終わりに

今回の装置製作依頼に際し、依頼者からの図面や装置構成のアイデアも無かったため、実験室に行き実験装置を眺めながら依頼者の要望を聞き、装置の構成や風洞の改装方法を考えた。部品の加工においても試作品を作って試し、結果を見て作業に入るという方法で進めた。

製作した装置は、風洞に設置した結果も良好で、現在卒業研究最盛期の中順調に稼動しているが、ワイヤの設置時間の短縮及び測定位置の変更など今後の課題もあり、継続して装置の維持管理に関わっていく必要があると考える。

最後に、この報告にあたりご指導頂きました本学機能工学系 松内一雄教授、本件の依頼者でもあり、装置の動作確認テストや設置作業、諸資料の提供など全般にわたり協力頂いた、本学大学院システム情報工学研究科（構造エネルギー専攻）2年 大久保克幸氏に深く感謝いたします。また、色々とサポートして頂いた機能工学系技官室各位にお礼申し上げます。