



研究ノート

## オリフィス板自動交換システムの開発

世古口 言彦\* 森 幸治\*\* 菅田 匡秀\*\*\*

## 1. はじめに

オリフィス流量計（絞り流量計の一種）は流量計測の手段として工業上の実プラントだけでなく、研究装置にも広く用いられている。オリフィス板そのものは、平板の中央に規格によって定められた寸法、形状の孔を1つあけただけの簡単なものである。流量を測定するときには、これを流路内に挿入し、このオリフィス板の前後に生ずる圧力差（差圧）を測定する。流量は、測定された差圧とあらかじめ求められている差圧と流量の関係とから決定される。

しかし、この差圧は流量のほぼ2乗に比例するために、流量測定範囲は差圧測定器の測定範囲で制限される。現実には1種類のオリフィス板で測定可能な流量範囲は、要求される精度にもよるが、通常は3～4倍程度である。これ以上の流量測定範囲が要求される場合、工業的には差圧測定器とオリフィス板を複数台、並列に設置するのが普通である。ただ、この方法は、併置した配管ごとに締切弁を設ける必要があるほか、オリフィス板と差圧測定器とを結ぶ導圧管にも圧力切り替え弁を要するため、弁の数が多くなり、操作上も問題が起こりやすい。

実験室規模では、実験範囲に見合ったサイズのオリフィス板を複数個準備し、測定範囲に合わせて順次取り替える方法を用いる。しかし、この方法は流体が液体や有毒な気体の場合、配管内からこれらを排出させる必要がある。特に液体では導圧管内の空気の排除にも手間がかか

り、オリフィス板の交換に長時間を要する場合が少なくない。

当研究室で行なっている気体と液体の二成分系の混相流動を扱う研究では、気液各相の流量を2000倍あるいはそれ以上に変化させて実験を行っている。このようにきわめて広い流量範囲の実験では、オリフィス板の交換時間が全実験時間に占める割合は比較的大きなものとなる。もし、自動的に実験条件に適合したオリフィス板を選定、交換できるシステムが実現すれば研究の推進にきわめて大きな力となることは明らかである。

当研究室では研究の効率的推進を目標にLA化を進めてきた。そして、このLA化に沿って流量を広流量範囲（2000倍以上、例えば水流量で $5.3 \times 10^{-7} \sim 1.1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ）、高精度（誤差指示値の1%以内）、高信頼度で測定が行えるオリフィス板自動交換システムを開発したので以下に紹介する。

## 2. 流量計測法の比較

本システムの紹介を行うに先立って、既存の流量計が有する流量範囲について簡単にふれておく。

気体及び液体の両者とも測定できる流量計の中で、比較的流量範囲が広いものとしては、面積式流量計及び渦流量計がある<sup>1)3)</sup>しかし、面積式流量計の誤差はフルスケールの1～2%と大きく、要求される誤差（指示値の1%以内）を満足できない。渦流量計は、渦発生体の小型化に限度があり、測定可能な最小水流量が約 $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ と大きい。

また、広流量範囲を得る流量計開発の試みとして、流量によってオリフィス板の孔径が自動的に変化するものが考案されている<sup>4)5)</sup>しかし、特定の流量範囲で振動を誘起することがあり、

\*世古口言彦 (Kotohiko SEKOGUCHI), 大阪大学工学部, 機械工学科, 教授, 工学博士, 熱工学

\*\*森 幸治 (Koji MORI), 大阪大学工学部, 機械工学科, 助手, 熱工学

\*\*\*菅田匡秀 (Masahide SUGATA), 三菱電機(株)

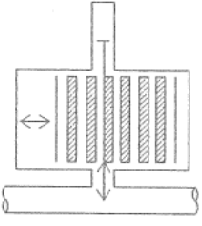
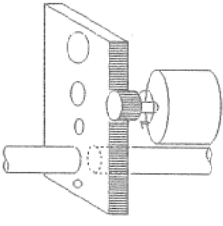
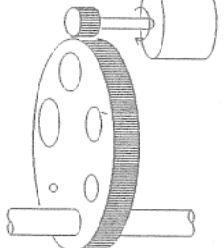
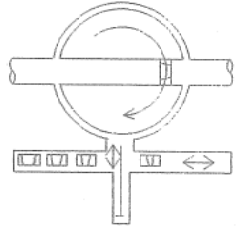
案	1	2	3	4
構造				
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実験内容に応じて自由にオリフィス板の組合せが可能</li> <li>・小型化が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造が簡単</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造が簡単</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メンテナンス時にも流路内の流体の漏出を最小限に抑えることが可能。</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オリフィス板位置の高精度測定が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1ヶ所でも不良孔ができると板ごと交換する必要あり</li> <li>・実験内容に応じて自由にオリフィス孔の組合せが不可能</li> <li>・下流側のパイプと板の間のシールが難しい（流量計としては致命的欠陥となる。）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1ヶ所でも不良孔が出来る円盤ごと交換する必要あり</li> <li>・実験内容に応じて自由にオリフィス孔の組合せが不可能</li> <li>・下流側のパイプと円盤の間のシールが難しい（流量計としては致命的欠陥となる。）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造が複雑</li> <li>・オリフィス板の近傍に圧力測定孔の取り付けが難しい</li> </ul>

図1 オリフィス板（オリフィス孔）交換方法の例

精度と信頼性の点で研究の余地があるために、まだ実用に供されていないようである。

以上の事情を勘案して、流量計測のデバイスとしては前述のようにオリフィス板を使用することにし、これを自動的に交換するシステムを開発することにした。

### 3. オリフィス板自動交換方法

オリフィス板の交換操作に際しては、通常、これを装着しているフランジの面間を拡大したうえで別のオリフィス板と入れ替える。実際のパイプラインでは、フランジの面間を拡げることが容易でないために、その面間を変えることなくオリフィス板を脱着させる種々の方法が工夫されている。その例として、以下の構造のものがある。オリフィス板交換時には、オリフィス板をいったんオリフィス設置部の上に設けられたチャンパへ引き上げる。そして、オリフィス板設置部とチャンパ間を弁で仕切った後、チャンパの別の出入口を開け、オリフィス板を交換する。また、類似のものとして、オリフィス設置部がボールバルブになったものもある。しかし、これらは脱着操作をすべて手動で行なうもので、多くの手間がかかる。

図1に考えられる代表的なオリフィス板（ま

たはオリフィス孔）の交換方法を示す。これらは、①1枚の板に種々のオリフィス孔を設け、その板を移動させる方法と、②1枚の板に1つのオリフィス孔を設け、その板を交換する方法の2種類に大別される。前者は1箇所でも不良孔ができると板ごと交換する必要があり、また下流側のパイプとオリフィス板とのシールも容易でない。特に、このシールが完全でなければ流量測定結果は全く信頼できなくなる。従って、今回の開発では後者を用い、そのなかでも問題が少ない案1をオリフィス板自動交換方法として採用した。

この案1をもとにオリフィス板自動交換装置を設計した。

### 4. オリフィス板自動交換装置の構造

この装置はオリフィス板の交換を行う本体とコントローラで構成されている。ここでは本体の構造とコントローラの機能について説明する。

#### (1) 本体

本体の外観を図2に、構造を図3に示す。本体内部には2000倍の流量範囲を満たすため、10枚のオリフィス板が収納されている。

管路内に挿入されたオリフィス板は、くさび状のオリフィス板押さえで下流側パイプ先端の

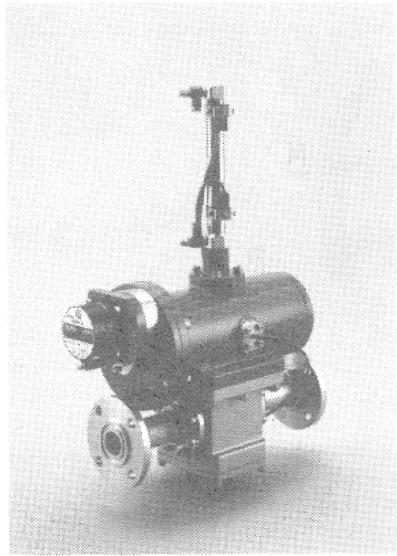


図2 オリフィス板自動交換装置外観

Oリングに押し付けられ、シールされている。上流側の圧力は本体下部の側面から取り出され、下流側の圧力は下流側パイプにあけた導圧孔を通して取り出される。

オリフィス板の交換を行なう場合、まず本体下部のエアシリンダでオリフィス板押さえを持ち上げてオリフィス板の固定を解除した後、本体上部のエアシリンダでオリフィス板を引き上げる。その後、マグネットカップリングを介してステッピングモータでボールねじを回転させ、それとねじ結合されているオリフィス板ケー

を所要の位置まで移動させる。移動完了後、本体上部のエアシリンダが下降し、オリフィス板を管路内に挿入する。そしてオリフィス板押さえで固定し、オリフィス板の交換作業は完了する。なお、マグネットカップリングを用いているのは、流体の漏れを防ぐためである。

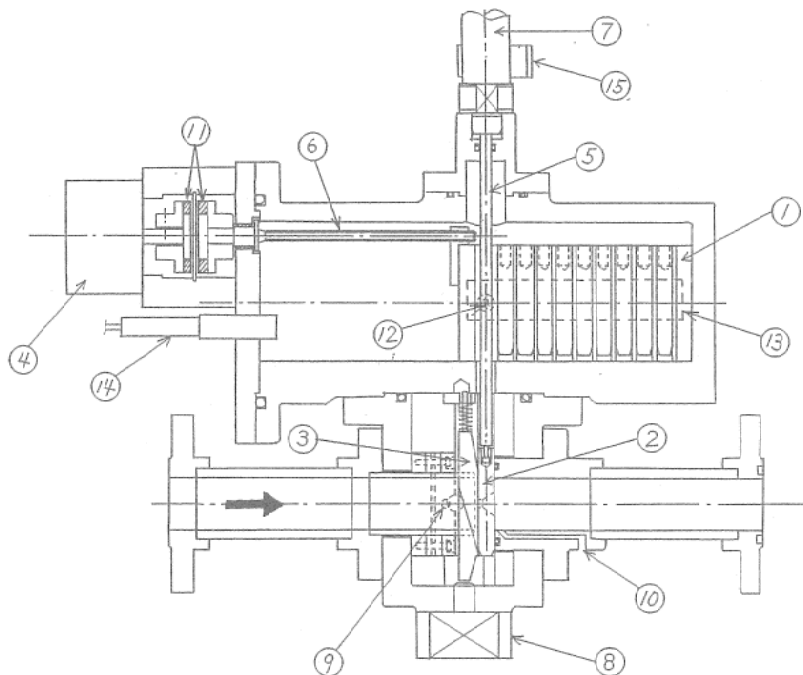
このオリフィス板交換作業を行なうにはオリフィス板の位置を検出する必要があり、そのために以下に示す3種類の非接触の検出センサを用いている。

- ①オリフィス板上下位置検出センサ
- ②オリフィス板ケー
- ③オリフィス板番号検出センサ

なお、オリフィス板番号検出センサは、オリフィス板ケー

(2) コントローラ

これはコンピュータと本体間に接続され、コンピュータからの命令を解釈し、センサーの情報をもとに本体を作動させる機能を有している。このコントローラには使用中のオリフィス板番号等の情報が表示され、これをもとに手動でも操作することが可能である。



1	オリフィス板ケー
2	オリフィス板
3	オリフィス板押さえ
4	ステッピングモータ
5	オリフィス板押し込み棒
6	ボールねじ
7	エアシリンダ
8	エアシリンダ
9	上流側圧力取り出し口
10	下流側圧力取り出し口
11	マグネット
12	オリフィス板番号検出センサ (光ファイバ)
13	バーコード
14	オリフィス板ケー
15	オリフィス板上下位置検出センサ

図3 オリフィス板自動交換装置の構造

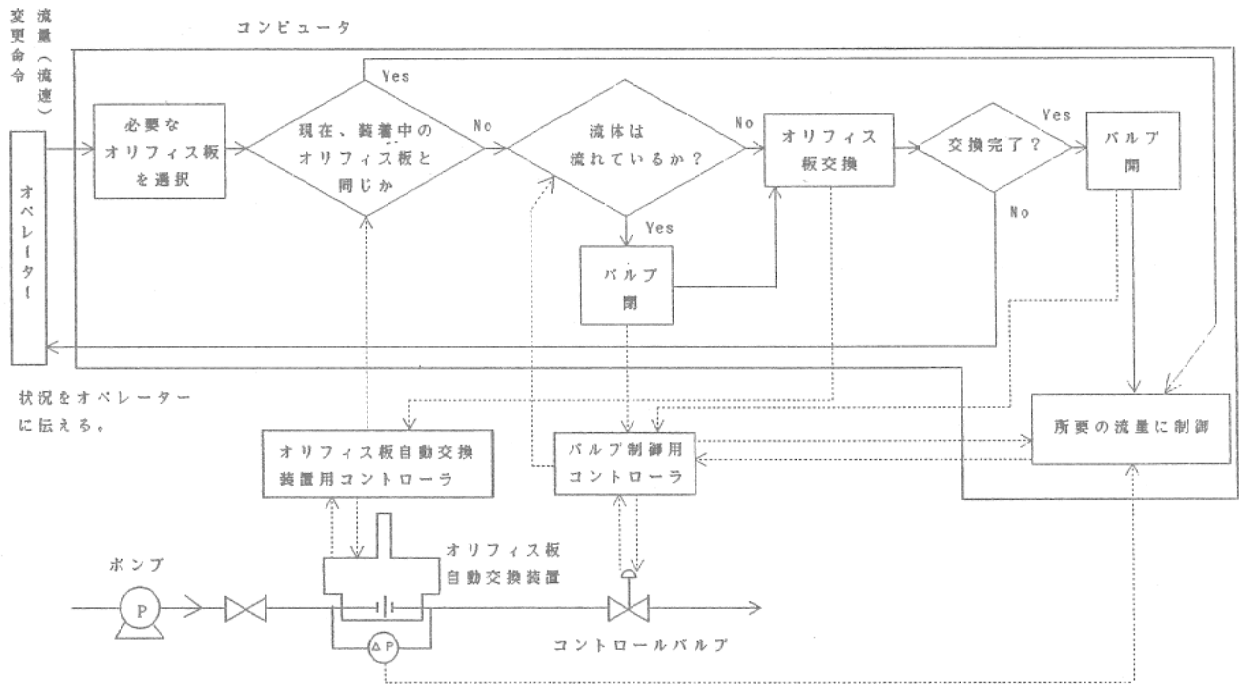


図4 オリフィス板自動交換システムの制御系統

### 5. オリフィス板自動交換システムのインテリジェント機能

上記の装置は流量制御系をコントロールするコンピュータに接続されて、システムを形成している。このシステムは、単にオペレータが出したオリフィス板の交換命令を実行するだけでなく、以下のインテリジェント機能を有している。

- ①要求される流量から自動的に使用オリフィス板を選択する。
  - ②オリフィス板を交換する時、流体が流れているかどうかを自動的に判断し、流れていればバルブを閉じて流れを停止させる。その後、オリフィス板を交換し、交換が完了すればバルブを開き、再び所要の流量を流す。
  - ③オリフィス板交換中に異常が発生するとコンピュータの画面上にその状況を表示する。
- 本システムの制御系統を図4に示す。

### 6. 本システムの有用性

本システムの有用性を確認するために、人手及び本システムを使用した場合のオリフィス板交換時間の比較を行った。用いた系は水配管で、人手の場合は一人作業で、オリフィス板交換前

の配管内の水抜きと、交換後の配管及び差圧計の空気抜き作業を含んでいる。

結果は以下の通りであった。

人手	15分～1時間
本システム使用	7秒～1分

なお、交換時間に幅があるのは、人手の場合は、主に交換者の習熟度、配管径や配管方法から生ずる配管等の脱着及び空気抜きの作業性の差によるものであり、本システム使用の場合は、交換するオリフィス板によってオリフィス板ゲージの移動距離が異なるためである。

上記の結果から、オリフィス板交換時間は本システムを用いることにより大幅に短縮され、このシステムが非常に有用であることが確認されている。

### 7. おわりに

使用流量範囲を勘案して、あらかじめ複数枚のオリフィス板を準備し、コンピュータによって所要流量に適合したオリフィス板を自動的に使い分けるシステムを開発した。本システムにより、オペレータはコンピュータに向かったままで種々の流量条件について迅速に操作できるようになった。今回試作されたオリフィス板自動交換装置には、開口面積の異なる10枚のオリ

フイス板を内蔵させているが、枚数を増加させることに対する制約は設計・製作上、特にない。

また、本システムは、オリフイス板交換時の漏れを防止する必要がある有害な流体を扱う設備には特に有用と考えられる。さらにセンサーをすべて光化し、モータも例えばエアモータ等に変更できれば防爆化が可能であり、本システムの利用分野も広がるであろう。

最後に、本機の開発に際して株式会社フジキンに多大のご協力を得ましたことを明記し、感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 工業測定便覧 (コロナ社)
- 2) 工業計測便覧 (コロナ社)
- 3) 流体計測法 (日本機械学会)
- 4) Zias, A., A New Approach to Flow Meter Metering, 19 (1976).
- 5) 永沢・吉谷, 機論, 50-454 (1984), 1523

