

技術紹介

## 断熱圧縮熱抑制技術の開発 (スロースタートバルブの開発)

### Development of Slow Start Valve to Inhibit Adiabatic Compression for Oxidized Gases

|                 |                   |                      |               |
|-----------------|-------------------|----------------------|---------------|
| 折田 隆*           | 羽坂 智*             | 中林宏行**               | 山路宮治雄***      |
| ORITA Takashi   | HASAKA Satoshi    | NAKABAYASHI Hiroyuki | YAMAJI Michio |
| 中田知宏***         | 篠原 務***           | 小泉正男****             |               |
| NAKATA Tomohiro | SHINOHARA Tsutomu | KOIZUMI Masao        |               |

#### 1. はじめに

F<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>といった支燃性ガスは、その高い酸化性から、ガス使用時の断熱圧縮による事故が発生しやすい。そのため、JIGA (日本産業ガス協会) 策定のNF<sub>3</sub>安全な取り扱い指針においても「NF<sub>3</sub>に使用される如何なるバルブもゆっくり開けられなければならない」としている<sup>1)</sup>。

しかしながら、近年の半導体プロセスの自動化に伴い、ガス供給設備における自動弁の普及が進み、バルブ操作が自動化されることによってバルブを開ける速度は高速化している。

そこで我々は、プロセスの自動化ニーズに沿った形で断熱圧縮の危険性を低減するため、自動でゆっくりとしたバルブ開操作が行える、スロースタートバルブ (以下 SSV) の開発を行った。

#### 2. 従来技術の問題点

従来、断熱圧縮の発生を抑制する技術としてオリフィスの採用やスピードコントローラーによる自動弁のバルブ操作低速化などが試みられ、多くの実績を上げている。しかしながら、これらの技術には流量の制限やバルブ操作時間の長時間化などの問題がある。SSV ではバルブ構造であるため、オリフィスのような流量制限は起こらない。また、SSV は図1に示す独自の操作圧力を制御する機構と、ダイヤフラムの動きを低速化させる機構を有しており、この働きによりスピードコントローラーのようにバルブ開操作速度が一定ではなく、バルブの開き始めのみを低速化することが可能なため、スピードコントローラー使用時と比較

して素早いバルブ操作が可能となっている (図2)。

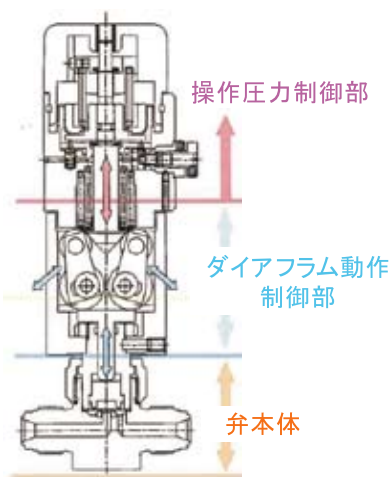


図1 SSV 内部構造

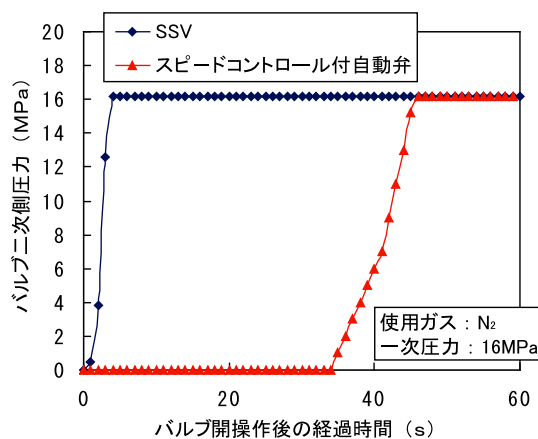


図2 バルブ開操作後の圧力変化

#### 3. 仕様

SSV の主要仕様を表1に示す。SSV は前述の通り、バルブ本体の構造は従来の自動弁と同じであり、仕様および信頼性は、従来品と同等である。

\* 電子機材事業本部事業戦略推進部先端技術開発部  
 \*\* 開発・エンジニアリング本部つくば研究所シミュレーションセンター  
 \*\*\* 株式会社フジキン  
 \*\*\*\* 株式会社ハマイ

表1 SSV 主要仕様

|          |            |
|----------|------------|
| 設計圧力     | 16.2MPa    |
| Cv 値     | 0.1        |
| 操作圧力     | 0.4~0.6MPa |
| 耐久性      | 10万回       |
| ボディ材質    | SUS316L    |
| ダイヤフラム材質 | Ni-Co 合金   |

4. 断熱圧縮抑制効果

SSV による断熱圧縮熱の抑制効果をシミュレーションにより検証した結果を図3及び図4に示す。本シミュレーションは酸素の断熱圧縮熱の計算にて実績<sup>2)</sup>のある CFD ソフト、FLUENT6.1.22を用いた。また、計算条件として、自動弁が全開となるまでにかかる時間を0秒とし、SSV では2.4秒で圧力が最高点に到達するバルブ開速度を採用した。

バルブ開直後、自動弁では断熱圧縮による急激な圧力上昇が見られ、それに伴いガス温度も瞬間的に上昇していることが確認できる。これに対して SSV では、緩やかな圧力上昇変化を実現し、急減な温度上昇を抑制していることが分かる。

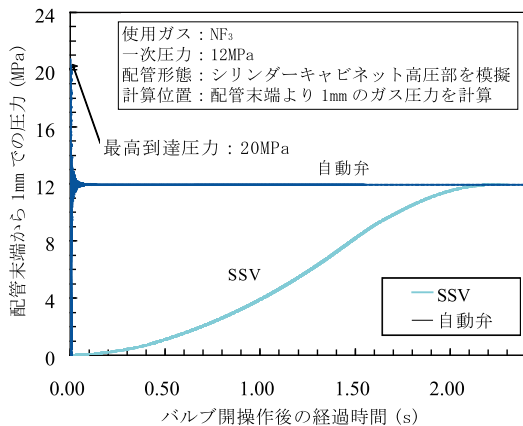


図3 バルブ開操作後の配管末端部圧力変化 (計算値)

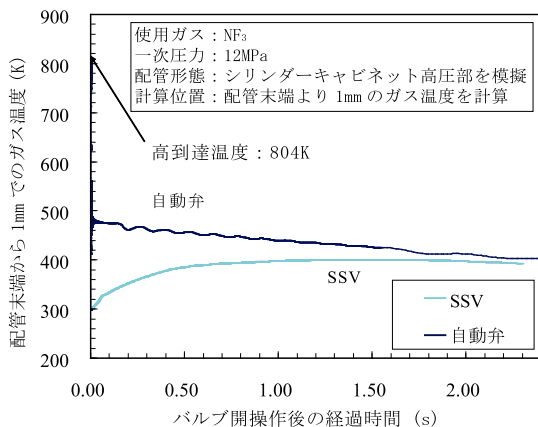


図4 バルブ開操作後の配管末端部温度変化 (計算値)

次に圧力および温度変化の実測値を図5及び図6に示す。

実測値においても SSV により圧力上昇および温度上昇は抑制された。しかしながら、最高到達温度がシミュレーション結果と比較して、著しく低くなっている。これは実験系の弁の開動作がシミュレーションにおいて設定したような急激な操作が出来なかったためである。

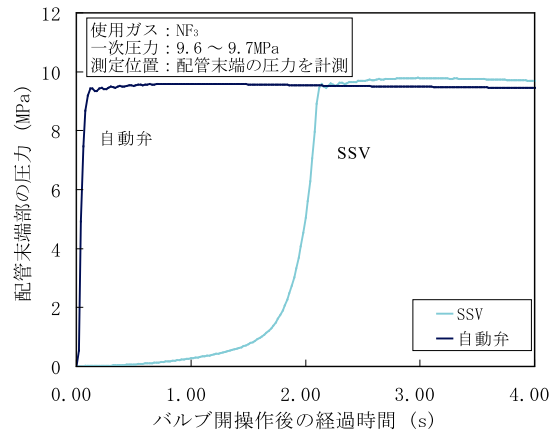


図5 バルブ開操作後の配管末端部圧力変化 (実測値)

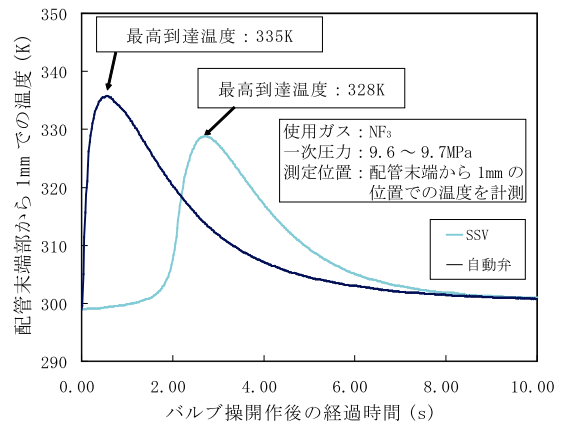


図6 バルブ開操作後の配管末端部温度変化 (実測値)

5. まとめ

SSV の性能をシミュレーションおよび実験により明らかにし、断熱圧縮熱抑制に効果があることが確認できた。これにより断熱圧縮によるリスクの低減に有効な手段であることを確認した。

参考文献

- 1) 日本産業ガス協会. NF<sub>3</sub>安全な取り扱い指針(実践コード). 東京, 日本産業ガス協会, 2004, JIGA-T-S/03/03.
- 2) 中林宏行, 長坂徹, 土屋茂. 大陽日酸技報. (24), 28-33 (2005).