

適用範囲

この技術情報は、ノーマル・クローズ型 Swagelok® ALD7超高純度用ダイヤフラム・バルブに関するデータです。以下の事項について記載しています。

- バルブ流量一貫性
- 真空下での流れ
- 流量と温度
- バルブ作動の応答性に関して
- 実験室でのサイクル・テスト
- シート部のヘリウム・リーク・テスト

- パーティクル・カウント
- 水分分析
- 残留イオン濃度
- 炭化水素分析

なお、炭化水素分析および水分分析に関するデータは、超高純度工程仕様 (Swagelok SC-01仕様) (MS-06-61) に基づき、超純水を用いて洗浄したバルブのテスト結果です。

バルブ流量一貫性

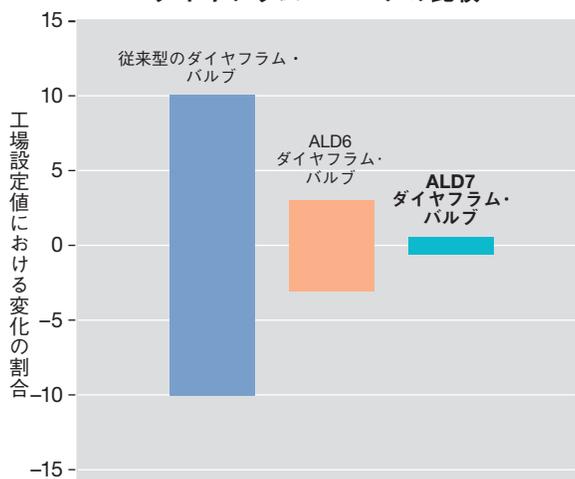
Swagelok ALD7バルブは、均一な流量を保持できるよう工場設定されています。

SEMI F32に基づいて標準製造組み立てのALD7バルブ 32個にテストを行った結果、測定された流量の差は、 $\pm 1\%$ 未満でした。

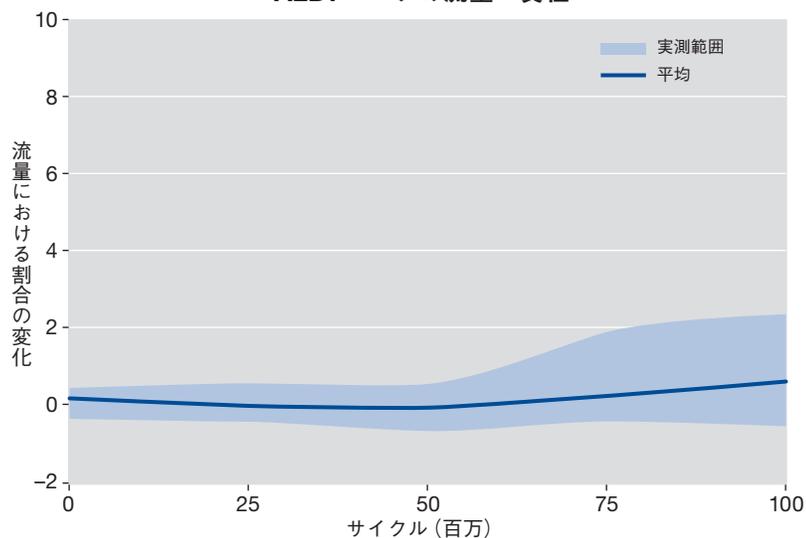
- 一次側圧力：0.034 MPa
- 差圧：0.034 MPa
- 20°Cにて

合計32個のバルブに対し、SEMI F32に準拠したテストを、1億サイクルにわたって室温 (20°C) 下で行いました。最大5000万サイクルで測定された流量の変動範囲は、1%以内に収まりました。

ダイヤフラム・バルブの比較

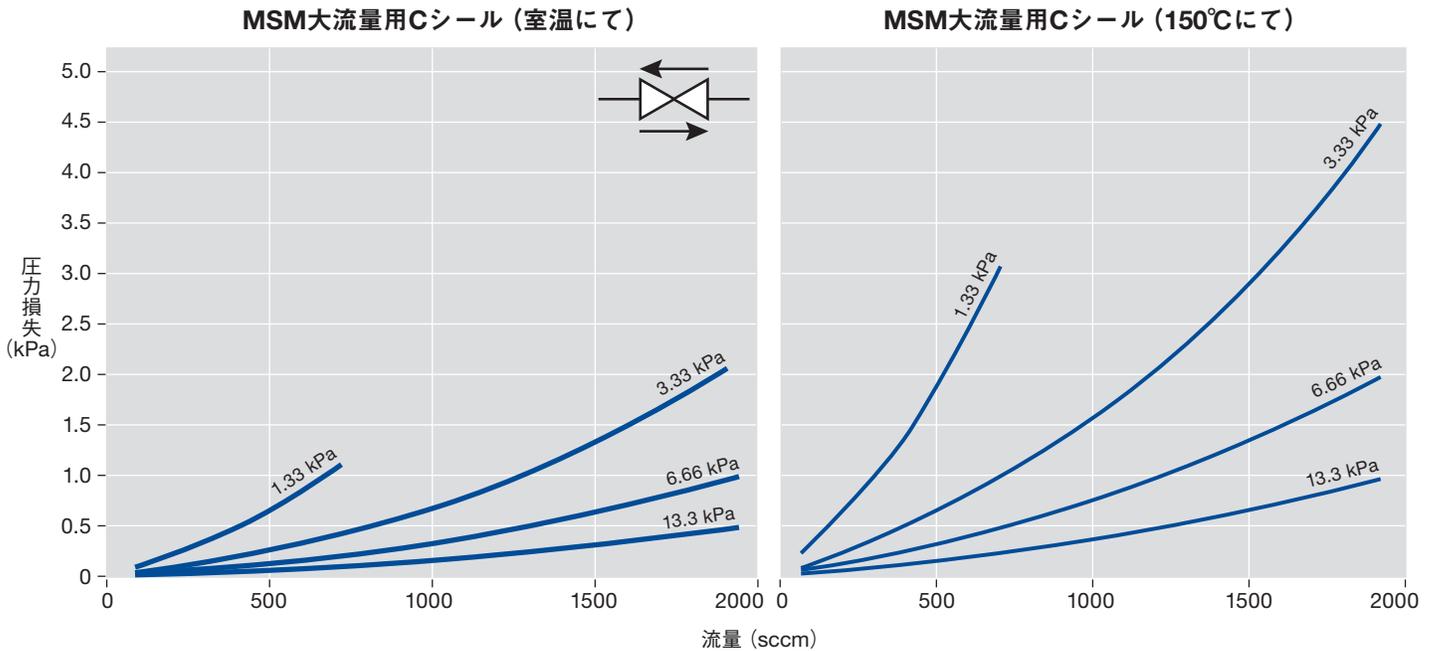


ALD7バルブの流量一貫性



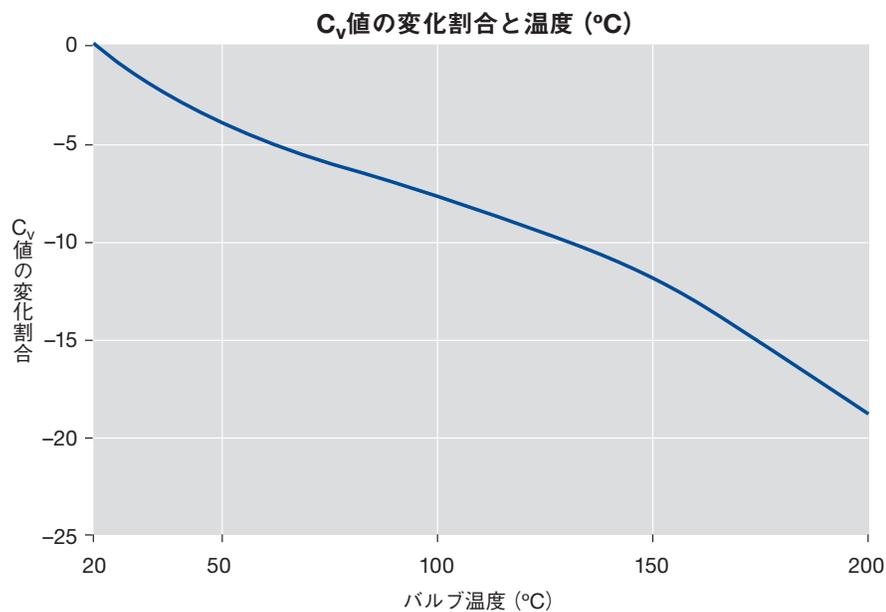
真空下での流れ

Swagelok ALD7バルブのコンダクタンスは150°Cにて、計算流体力学解析 (CFD) を用いて調べました。そして、さまざまな一次側圧力 (1.33~13.3 kPa) および圧力損失にて、実験室でのテストを行って評価しました。なお、これらの流れ状態下のALD7バルブの流れ反応は、流れの方向に左右されません。



流量と温度

Swagelok ALD7バルブに対し、SEMI F32に基づいたテストを、20°Cから200°Cまでのさまざまな温度下で行いました。流量係数 (C_v 値) の変化割合を、以下のグラフに示しています。

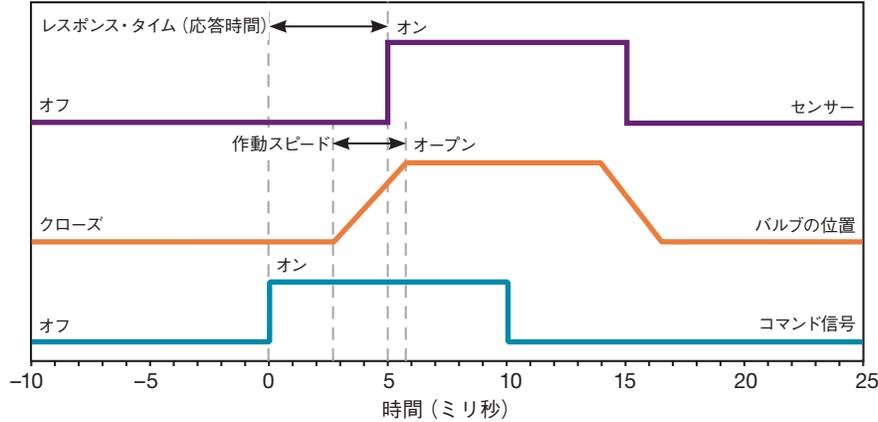


バルブ作動スピード

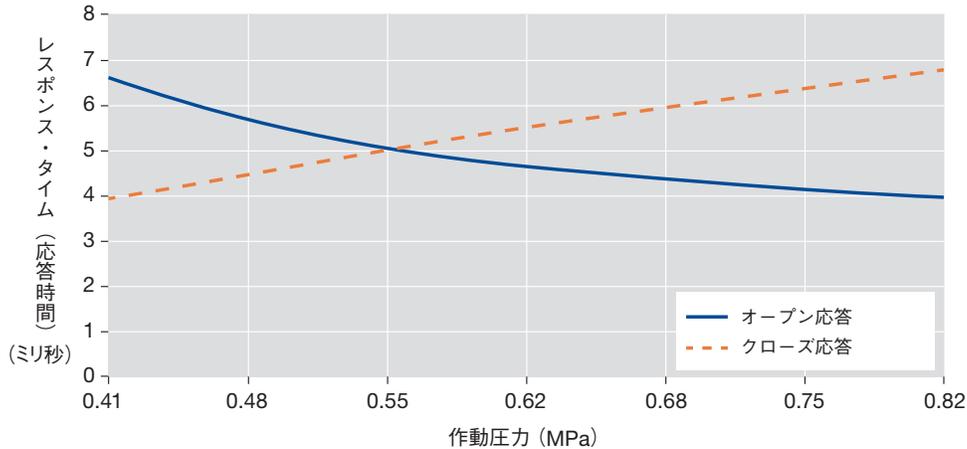
Swagelok ALD7バルブの作動スピードは、オシロスコープのほか、アクチュエーター・ピストンには誘導センサー、バルブ・ダイヤフラムには光学式センサーを使用して、電氣的に測定しました。開状態のバルブのプロフィールを、コマンド信号、オプションの電気式インジケーターからの信号と比較したところ、ALD7バルブの作動スピードは5ミリ秒未満、レスポンス・タイム（応答時間）は10ミリ秒未満でした。

- Festo® MHE2-MS1H 3/2G-M7 ソレノイド・パイロット・バルブ
- 0.41~0.82 MPa
- ソレノイド・パイロット・バルブからALD7アクチュエーターへのチューブ：外径サイズ5/32 インチ×3/32 インチ×長さ28 mm
- ソレノイド・パイロット・バルブから一次側へのチューブ：外径サイズ1/4 インチ×肉厚1.65 mm
- ソレノイド・パイロット・バルブの排気ポートに制限はありません。
- 20°C

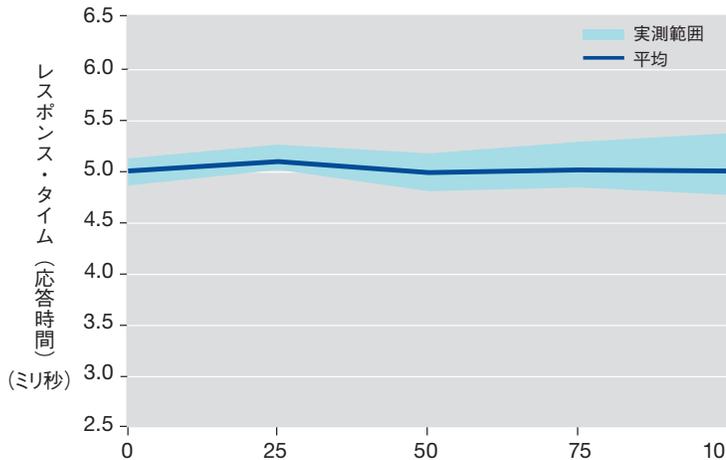
作動スピード・テスト図



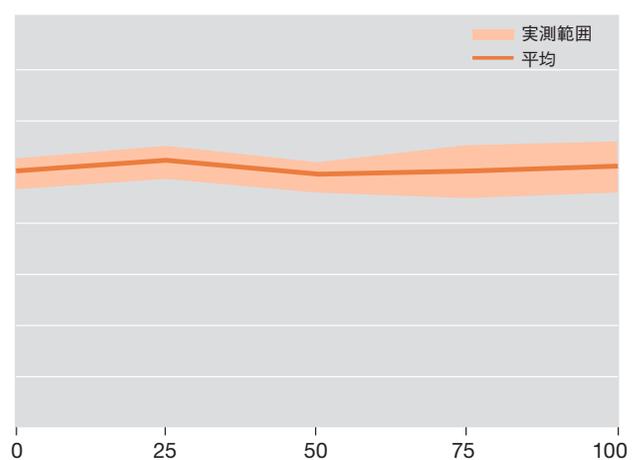
作動応答性とアクチュエーター供給圧力との関係



バルブ・オープン応答 (0.55 MPa) にて



バルブ・クローズ応答 (0.55 MPa) にて



実験室でのサイクル・テスト

管理された実験室条件下にて、Swagelok ALD7バルブのサイクル・テストを行いました。外周部のシール性能を評価するため、全バルブのテスト中に電氣的なモニタリングを行いました。シート部のシール性能、外周部のシール性能、アクチュエーターのシール性能の評価は、一定の時間間隔でバルブを取り外して行いました。計48個のバルブに対し、最低5000万サイクルまで試験を行いました。不具合は確認されませんでした。

なお、これらのテスト結果は、実際の使用における最低サイクル数を保証するものではなく、上記の実験室条件下では、早期に不具合を起こす可能性が低いということを示すものです。実験室でのテストは、実際の使用状況を再現することはできません。そのため、実際の使用において同じ結果となることを保証するものではありません。

数量	32	16
ガス	ろ過されたドライ窒素ガス	
外部温度	20℃	150℃
バルブ・ボディ温度	20℃	200℃
バルブ圧力	真空	真空
サイクル頻度	1秒につき24サイクル、作動における デューティ・サイクルは50%	
累積サイクル数 (単位：100万サイクル)	100 中断	50 中断
< 2%の流量変化 (20℃にて)	31 ^①	13 ^②
外周部の漏れ > 1×10^{-9} std cm ³ /s (ヘリウム)	なし ^③	なし ^③
アクチュエーターの空気の漏れ > 1 L/min	なし ^③	なし ^③

① 1億サイクルでは、1個のバルブが2.4%の流量変化を示した。

② 2,500万サイクルでは、16個のバルブのうち15個が2%未満の流量変化 (20℃にて) を示した。5,000万サイクルでは、3個のバルブが6%未満の流量変化 (20℃にて) を示した。

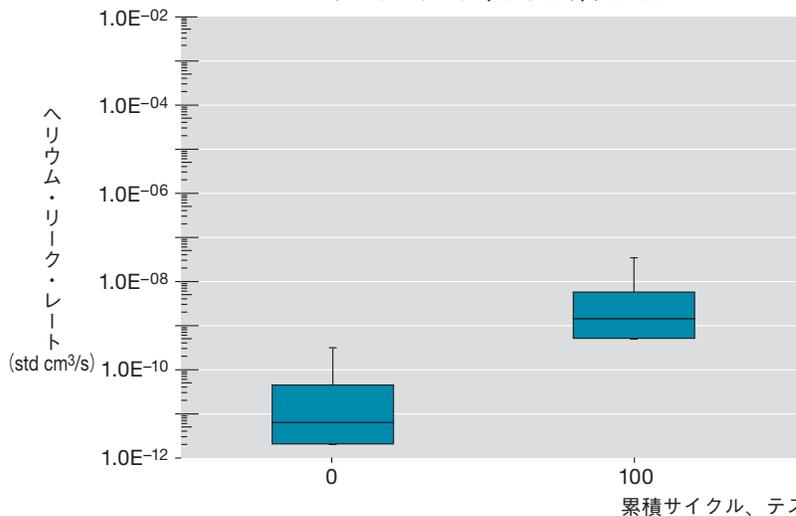
③ なし：テストを行ったすべてのバルブにおいて、検知可能な漏れが見られなかったか、または規定範囲内の漏れであった。

シート部のヘリウム・リーク・テスト

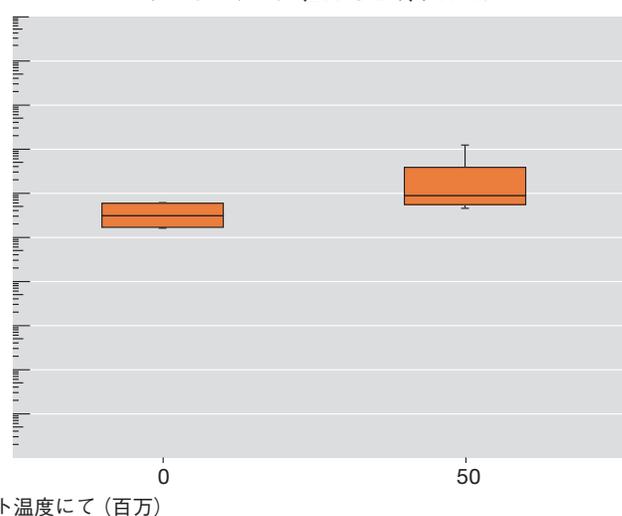
超高純度工程仕様 (Swagelok SC-01仕様) (MS-06-61) のSwagelok ALD7バルブのシート部には、SEMI F1に基づき、内部ヘリウム・リーク・テストを行いました。テスト温度にてバルブを開閉し、一定の時間間隔でシート・テストを行いました。

昇温テストで見られるバルブ・シートのシール応答性の増加は、主にプラスチックのシート材料を透過するヘリウムの特性によるものです。室温によるシート・シールのリーク・レートもまた、高温下での開閉サイクル後に増加します。

シート・リーク (20℃にて)、N=32

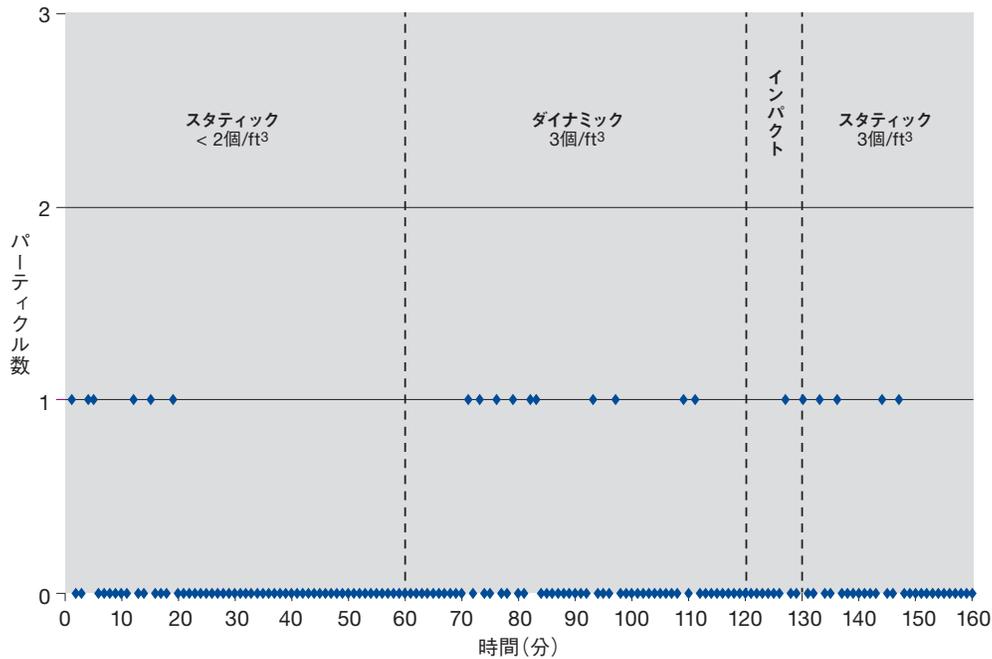


シート・リーク (200℃にて)、N=16



パーティクル・カウント

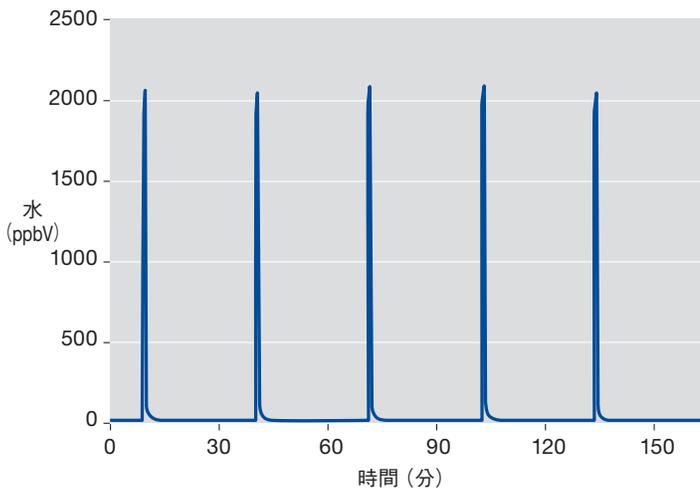
パーティクル・カウントに関するテストでは、ASTM F1394に基づいて、5 nmを超えるサイズのパーティクル数を測定しました。Swagelok ALD7バルブから生じるスタティック（静状態）・パーティクル数は、SEMI E49.8で規定されている1ft³につき20個未満という基準を満たしています。



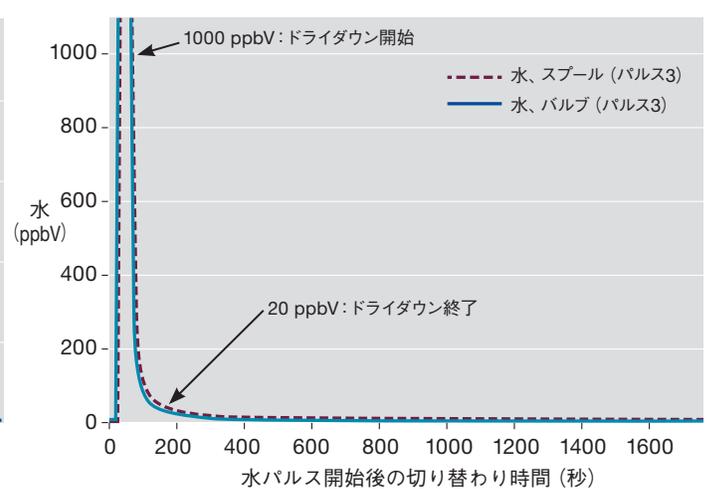
水分分析

Swagelok SC-01仕様の製品の水分分析は、ASTM F1397ガイドラインに基づいてテストを行いました。Swagelok ALD7バルブに対し、30分ごとに2 ppmの水分パルスを加えたところ、各パルスから4分以内に回復しました。SEMI E49.8のガイドラインでは1時間となっているため、これは非常に早い回復スピードです。

時間経過と水分濃度：バルブ



ドライダウン性能：バルブとスプール・ピース



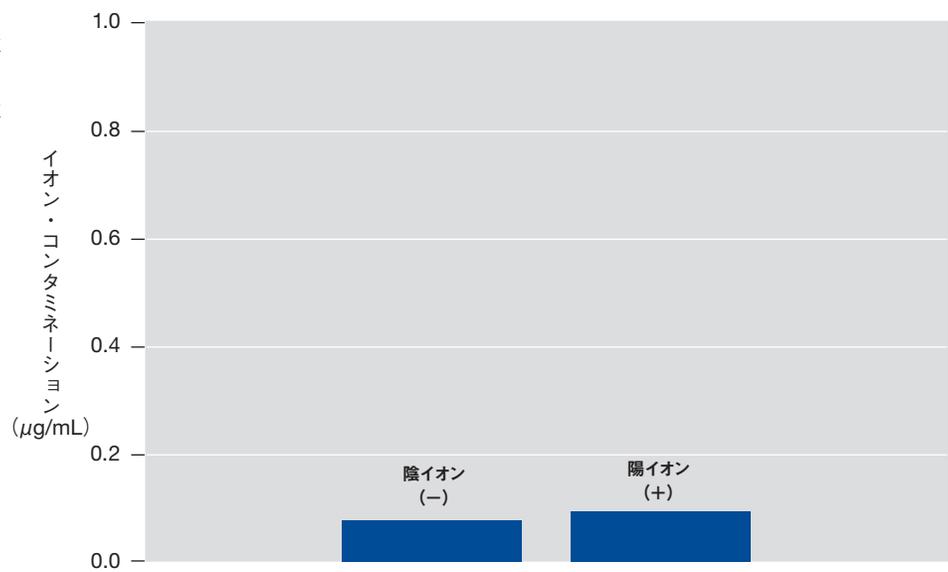
残留イオン濃度

残留イオン・コンタミネーションは、非常に少ないことが分かります (Swagelok SC-01仕様のバルブの場合、1 µg/mL未満)。

ASTM F1374に基づいて、Swagelok ALD7バルブのテストを行いました。

- バルブに、超純水を充填しました
- 充填後24時間を経てテスト・サンプルを抽出し、分析を行いました

陰イオン(-)	陽イオン(+)
フッ素化合物	リチウム
塩化物	ナトリウム
硝酸塩	アンモニア
リン酸塩	カリウム
硫酸塩	マグネシウム
	カルシウム



炭化水素分析

ASTM G93に基づいて、Swagelok ALD7バルブ内の残留炭化水素の分析を行いました。残留レベルは、1.4 mg/m²未満でした。

参考文献

ASTM Standards^①

- F1374 Standard Test Method for Determination of Ionic/Organic Extractables of Internal Surfaces—IC/GC/FTIR for Gas Distribution System Components
- F1397 Standard Test Method for Determination of Moisture Contribution by Gas Distribution System Components
- G93 Standard Guide for Cleanliness Levels and Cleaning Methods for Materials and Equipment Used in Oxygen-Enriched Environments

SEMI Standards^②

- F1 Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components
- E49.8 Guide for High-Purity and Ultrahigh-Purity Gas Distribution Systems in Semiconductor Manufacturing Equipment
- F32 Test Method for Determination of Flow Coefficient for High-Purity Shutoff Valves

スウェージロック仕様書

超高純度工程仕様 (SwagelokSC-01仕様)
(MS-06-61)

- ① American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428, U.S.A.
- ② Semiconductor Equipment and Materials International, 3081 Zanker Road, San Jose, CA 95134, U.S.A.

特定の用途を想定した試験ではないため、実際に使用される条件下での結果については保証いたしません。また、実験室で行った試験のため、実際の使用条件を再現しているものではありません。試験結果は、統計学的に有意性のあるものとして提供するものではありません。圧力、温度などの技術情報につきましては、製品カタログをご参照ください。

安全な製品の選定について

安全にトラブルなく機能するよう、システム全体の設計を考慮して、製品をご選定ください。機能、材質の適合性、数値データなどを考慮し製品を選定すること、また、適切な取り付け、操作およびメンテナンスを行うのは、システム設計者およびユーザーの責任ですので、十分にご注意ください。

この日本語版技術情報は、英語版技術情報の内容を忠実に反映することを目的に、製作いたしました。日本語版の内容に英語版との相違が生じないよう、細心の注意を払っておりますが、万が一相違が生じた場合には、英語版の内容が優先されますので、ご注意ください。