

解 説

空気圧機器の流量特性に関する規格化事業*

小根山 尚武**

*平成 19 年 6 月 5 日原稿受付

**SMC 株式会社, 〒300-2493 茨城県つくばみらい市絹の台 4-2-2

1. はじめに

日本フルードパワー工業会 (JFPA) を舞台とし、産学連携を基軸とする、空気圧機器の流量特性に関する ISO 規格化事業は、2007 年 6 月現在、日本提案の CD 投票が可決され、DIS への移行段階に達した。企業間の健全な国際競争をはかり、顧客満足度を高めるために、すべての空気圧機器に高精度に適用できる流量特性の表示方法と経済的な試験方法を国際規格にしようとする企画である。

主な学会メンバーは、1997 年から黒下清志先生 (沼津工業高等専門学校)、2002 年から香川利春先生 (東京工業大学) と寺島幸雄先生 (日本工業大学)、2004 年から桜井康雄先生 (足利工業大学) に参画頂き、とくに ISO ステージに入った 2003 年からは、JFPA の ISO 対策部会長を務められる高橋浩爾先生 (上智大学) に、戦略を含めて逐一のご指導を頂き、2006 年からは眞田一志先生 (横浜国立大学) の参画を頂いた。

本報は、この日本提案の動機付けとなった経緯および ISO への道程について解説する。

(注) ISO 審議は、つぎのステップを、加盟各国 1 票の投票可決により進められる。PWI(Preliminary Work Item) : 予備段階→NWIP(New Work Item Proposal) : 提案段階→WD(Working Draft) : 作業段階→CD(Committee Draft) : 委員会段階→DIS(Draft International Standard) : 照会段階→FDIS(Final DIS) : 承認段階→ISO 規格発行

2. ISO 整合 JIS 化

1997 年に工業技術院からの委託により、JFPA に、「空気圧流量測定法調査研究委員会」が設置された。ここでは、従来日本で採用されていた有効断面積法とかなり異なる国際規格 ISO 6358:1989¹⁾ を翻訳するとともに、特性表示方法と試験方法について調査を行った結果、ISO 6358 を本体とし、附属書に日本固有の有効断面積の放出試験方法を追加する JIS 原案を作成した。

翌 1998 年には、JIS 原案の実証試験と従来の諸規格などについての文献調査を実施した²⁾。6 社 24 機種 of 電磁弁を供試品とする流量特性試験の結果、音速コンダクタンス C と臨界圧力比 b を用いる ISO 6358 は、従来の諸特性表示方法に比べて、最も高精度に機器の全域における流量特性を把握できることを確認した。またタンク放出試験で求めた有効断面積 S と流量測定試験で求めた音速コンダクタンスとの換算は妥当であることも確認した (図 1 参照)。その後、JIS 原案は、JIS B 8390 として、2000 年に制定された。

3. ISO 規格の欠点

1999 年には、消音器とフィルタを供試品とする実証試験を実施した³⁾。ところが、観測した臨界圧力比と算出した値が、かなり異なる機種が存在することが判明した。これは、亜音速流れの特性が ISO 6358 が規定する楕円曲線から乖離することに起因すること、試みに放物曲線などを包含する新たなパラメータ n (後に m に変更した) を導入すると、近似度が格段に向上することを発見した (図 2 参照)。

また、ISO 6358 の流量測定試験は、空気圧源の容量に制約されるため、大型の機器が適用できない。そこで、代替試験方法として、かねて提案されていた、あらかじめ真空にしたタンクに大気から空気を充填するときのタンク内の圧力応答から有効断面積を算出する方法⁴⁾ を、音速コンダクタンスのみならず臨界圧力比も算出する真空充填法の開発に着手した⁵⁾ (図 3 参照)。これは、その後、2002 年に、JFPS 2009 として工業会規格に制定された。

4. 日本バッシング

2000年10月に、米国の技術雑誌 MACHINE DESIGN に、「空気圧バルブ仕様に関する疑点一掃」と題する記事が掲載された(図4参照)⁶⁾。

“米国・欧州の空気圧メーカは、国際規格の ISO 6358 あるいはそれに基づく米国規格 ANSI/NFPA⁷⁾などに基づく C_v または K_v を使用している。しかし、日本のメーカは、国際規格とは全く異なる JIS に基づく試験により、有効断面積を測定し、それに係数を掛けて相当 C_v に変換しているが、これは ANSI/NFPA や ISO の値より 25~50% も大きい。また、ANSI/NFPA の試験は、実際のアクチュエータ駆動に合致する一定の上流圧力で微小な圧力降下の条件で実施されるが、JIS はバルブの下流側が大気圧のチョーク流れにおける上流圧力と時間を測定する非現実的なものである。ユーザが、ガソリンスタンドで 10 ガロン表示のポンプから充填したものの、7 ガロンしか注入されなかったということがないように、決められた国際規格に基づいて試験方法を定義し、データを採取しなければならない。”

これは、米国・欧州の空気圧メーカ 3 社の連名によるものであり、時あたかも ISO に整合する JIS B 8390 の制定を知る由もなく、多分に事実誤認に基づく記事であった。この記事に対する日本からの反駁は、同誌の 2001 年 10 月号に掲載され⁸⁾、その後、バッシングは沈静化した。

5. ISO 規格化構想

2001 年 10 月に、上記の ISO 6358 の欠点の発見、および日本で 30 年以上も実績を持つ有効断面積が欧米ではまったく理解されていなかった重い現実などに鑑みて、問題提起と構想を発表した⁹⁾。そして、2002 年に、下記をコンセプトとする「空気圧機器の特性表示方法と試験方法の規格化に関する調査研究委員会」が JFPA に設置された¹⁰⁾(図5参照)。

(1) 機器の種類：全ての機器に適用できるようにする。

(2) 特性表示方法：ISO 6358 の楕円曲線では近似し切れないすべての機器に適用できる拡張表示式を定義する。

(3) 流量試験方法：

① ISO 6358 が規定している 2 種類の試験方法による試験結果が一致できるように改良する。

② M5 や $\Phi 4$ プッシュイン継手付などの小径接続機器も試験できるように改良する。

(4) 代替試験方法：大径接続機器も容易に試験ができる新試験方法を開発する。

6. 流量特性の表示式

電磁弁に加えて、速度制御弁、消音器、ブローノズル、樹脂チューブについて流量特性試験を行った結果、従来の諸式を包含する下記の拡張表示式を用いると、いずれの場合にも全域にわたってきわめて高精度に近似できることを実証できた(図6参照)。

チョーク流れの場合、すなわち $p_2/p_1 \leq b$

$$qm^* = Cp_1\rho_0\sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \quad (1)$$

亜音速流れの場合、すなわち $p_2/p_1 > b$

$$qm = Cp_1\rho_0 \left\{ 1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - a - b} \right)^2 \right\}^m \sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \quad (2)$$

qm ：質量流量[kg/s]、 C ：音速コンダクタンス[s·m⁴/kg]、 b ：臨界圧力比[-]、 m ：亜音速指数[-]、 a ：クラッキング圧力比[-]、 p_1 ：上流絶対圧力[Pa]、 p_2 ：下流絶対圧力[Pa]、 ρ_0 ：標準状態空気密度[kg/m³]、 T_1 ：上流絶対温度[K]、 T_0 ：標準状態絶対温度[K]、*：チョーク流れ状態。

また、実験検証が行われた 7 社の 5 種類の空気圧機器についての 200 余のデータを集計すると図 7 のよう

な実態が明らかになった。プロットは各機器群の母集団平均値、囲い線は標準偏差の範囲を表す。ISO 6358 が仮定する楕円 $m=0.5$ に最も近いのは、電磁弁 $m=0.52$ である。楕円からの乖離が大きいのは、消音器 $m=0.78$ 、次いで速度制御弁の自由流れ（絞り弁全閉） $m=0.64$ で、ともに分布範囲も広い。 b が最も大きいのは、ブローノズル $b=0.40$ であり、消音器 $b=0.22$ が最小である。樹脂チューブは、長くなるほど b が減少し、 m が 0.5 から 0.6 へ向けて大きくなる。速度制御弁の総平均値の $a=0.963$ は、クラッキング圧力差 0.02 MPa に相当する。

7. 試験方法の改良

ISO 6358 は、M5 ねじの圧力測定管について、内径を 2mm と規定しているが、この部分の音速コンダクタンスは約 $0.6 \text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{bar})$ 程度と小さいので、ここで流れがチョークして、供試機器の測定を行えない場合が発生する。そこで、寸法を規定した「基準継手」を用いて圧力測定管と供試機器を接続することを立案し、試作品を用いて実証試験を行った。その後、内部流路の断面積が大きく上流の圧力測定管において流れが音速に達するとみなされる管継手などの供試機器に適用するタイプを追加し、これらの機器も試験可能とした。

ISO 6358 は、(1) 入口および出口のポートを持つ機器（インライン試験）、(2) 大気中に直接排気する機器（大気排気試験）の 2 種類の試験装置と試験方法を規定している（図 8 参照）。ところが、両者の試験手順がまったく異なるので、同一の機器を両方法で試験すると、結果の一致が得られない。とくに (2) の手順は、流量計のレンジが不足する、試験時間が長くなる、試験者の個人差が出やすいなどの欠点がある。また、流量計の選択と校正およびレンジアビリティに起因する測定精度への配慮が必要である。実証試験を行い、大気排気試験もチョーク流れから開始し、亜音速流れの流量比が 0.9, 0.8, 0.6, 0.4 の定点を計測するインライン試験と整合する手順に改めた。また、最小二乗法によるデータ処理方法を開発した。

8. 代替試験方法の開発

1964 年に制定された JIS C 9312：溶接機用電磁弁以来、タンク内の圧力応答を利用する流量特性試験は、日本のお家芸である¹¹⁾。表 1 に示すまな板にのせた結果、等温化放出試験と真空充填試験を温故知新することにした。

8.1 等温化放出試験

かねて提案されていた等温化タンクを用いる放出試験により有効断面積を算出する方法¹²⁾を、音速コンダクタンス C 、臨界圧力比 b に加えて亜音速指数 m およびクラッキング圧力比 a を算出する試験方法に発展させる開発を行った。図 9 の試験回路で得られた放出時の圧力応答を、図 10 に示すように、微分して瞬時流量を求め、流量-圧力線図から、各パラメータを算出することに成功した。

等温化タンクは、空気タンク内に金属繊維を充填し、金属繊維の熱容量が空気より大きいことを利用して、空気の温度変化を抑制するものである。そこで、等温化タンクの製作仕様と使用基準を明確にするため、容積 10 dm^3 、 20 dm^3 、 50 dm^3 、 100 dm^3 のタンクを製作した（図 11 参照）。充填材は、材質が銅とステンレス、線径が $30 \mu\text{m}$ と $50 \mu\text{m}$ 、形態は糸状と網状のものを調達した。これらの充填材の充填量を変えて、初期充填圧力が 700 kPa から約 15 s の時間で大気まで空気を放出したときのタンク内の温度降下をストップ法で計測し、等温化性能を試験した。温度降下は銅線よりステンレス線が、 $50 \mu\text{m}$ より $30 \mu\text{m}$ の方が小さい傾向があり、充填量に対して図 12 のような結果が得られた。その結果、充填密度を $0.3 \text{ kg}/\text{dm}^3$ とすると、温度降下を 3 K 以内に抑えられることが明らかになった。また、空気に含まれる水または油による等温化性能への影響は、 $\pm 1 \text{ K}$ 以内であることなども確認した。

8.2 真空充填試験

前記の 1999 年段階からさらに、亜音速流れ域について、圧力応答曲線の圧力値とその微分値を用い、最小二乗法により臨界圧力比 b と亜音速指数 m を求める算出方法に改良した。Microsoft Excel の Solver による算出手順を図 13 に示す。次いで、ブローノズルと消音器について、大気排気試験との比較検証を実施した。

8.3 ハイブリッド試験

音速コンダクタンス C だけを求める JIS の断熱放出試験を簡易放出試験と呼ぶこととし、これによりまず C を求め、小流量の亜音速流れ域についてのみ流量計を用いる大気排気試験を実施して b 、 m 、 a を求めるハ

イブリッド試験について実証試験を行った。試験結果の例を図 14 に示す。全域について流量測定試験を行う場合、 C が $25.21 \text{ dm}^3/(\text{s}\cdot\text{bar})$ の電磁弁に対しては、 $10000 \text{ dm}^3/\text{min}(\text{ANR})$ 級の流量計が必要であるが、ハイブリッド試験における計測範囲は約 $1/5$ の $2000 \text{ dm}^3/\text{min}(\text{ANR})$ 以下であり、小容量の空気圧源による試験が可能である。

なお、従来の簡易放出試験は、放出中のタンク内の状態変化を断熱変化とみなすにもかかわらず、指数計算が至難であった 1960 年代の事情に鑑みて対数で表される等温変化の式に係数補正を施した計算式が用いられた。現在ではその必要がないので、本来の断熱変化に基づく計算式に改めた。

9. 海外工作

ISO 6358 は英国で提案され¹³⁾、CETOP 規格を経て制定された欧州主導の産物である。ISO における採決は票数の過半数を占める欧州勢が握っているため、アジア勢のバックアップもさることながら、欧州勢を味方に付けられないことには勝ち目が無い。そこで、提案内容自体に欧州勢が反対しにくい仕掛けを設けた上で、海外勢が拒絶反応を示さないように、段階を踏んだ情報発信の後に ISO へ正式に提案しよう、との二重の戦略をとることにした。

9.1 論文発表

2003 年 8 月に、イタリアのソレントで開催された FLUCOME'03 (流体制御、計測および可視化に関する国際シンポジウム)において、3 篇の論文発表を行った^{14),15),16)}。これは、ISO 6358 の流量表示式が、Bath 工科大学の F.E.Sanville によって 1971 年の第 2 回フルードパワーシンポジウムで始めて提唱されたことに習って、学会主導により日本提案の位置付け(権威付け)を明確にすることが目的であった。それも、欧州の場における発表が必要と考えたからである。

その後、2004 年 9 月に、英国の Bath 大学で開催された Bath Workshop on Transmission and Motion Control-PTMC 2004 に、2 篇の論文を発表した^{17),18)}。歴史的なルーツに敬意を表し、その更なる進化について発表して、来るべき ISO の審議へ拍車をかけるセレモニーであった。

9.2 工業会行脚

2003 年 8 月に、イタリア油空圧工業会 ASSOFLUID、ミラノ工業大学およびトリノ工業大学を訪問し、提案説明・討議・協力依頼を行った。これらの大学は空気圧の研究が盛んであり、工業会のコンサルタントとして影響力を持っている。日本でもおなじみの Belforte 教授らに面会した。また、2004 年 9 月に、英国フルードパワー工業会 BFPA を訪問し、理事の Ian F. Morris 氏らに面会し、日本提案への理解と協力を依頼した。さらに、2004 年 11 月の ISO パリ会議の直前には、フランス工業会 UNITOP を訪問し、CETIM(機械工業技術センター)の Pierre LUCERF 氏らに面会し、激論を戦わした。これは、ISO において、とかく抵抗勢力を演じるフランスを、協調勢力へ転化させ、日仏共同戦線構築のきっかけとなった。

ISO のメンバーに登録しているアジア勢は、日中韓の 3 国のみであるが、アジア連合の構築は、重要な ISO 対策である。2003 年 10 月に北京で開催された中国空気圧技術発展フォーラムにおいて、基調講演の機会を得て理解と協力を呼びかけ、その後、工業協会や各地の大学を宣教行脚した。

9.3 ISO ミルウォーキー会議

米国のミルウォーキーで開催される 2003 年の油空圧に関する ISO/TC131 国際会議は、すでに会議次第が配布された後であったが、TC131 の理事であり、SC5/WG3 (空気圧制御機器)の議長でもある John Berninger 氏にプレゼンテーションの申し入れを行った。予想以上の快諾を得て、日本提案の趣意書と上記の FLUCOME の 3 論文が添付された追加議題通知が ISO 事務局から各国委員宛に配信されたのは、会議開催の 10 日前であった(図 15 参照)。

2003 年 10 月 1 日午後、18 画面のパワーポイントを用いて、20 分間のプレゼンテーションを行った。現在の ISO 6358 を、最高のものに進化させようという骨子である。プレゼンテーションが終わると、出席者からいっせいに拍手が起き、議長が以下のように締めくくった。

(1) 提案された代替試験法は 1988 年の *olhydraulik und pneumatik* 誌に記事があり、流量法とよく一致し、かつ経済的であるとの報告が、スイス委員から寄せられた。

(2) 特命委員会を新設する。

(3) 各国からの検討所見を日本へ送る。

11 月末に、各国 10 名からなる特命委員が指名され、日本提案に対する質問と関係情報が寄せられた。これらに対する 3 通の回答書は、2004 年 1 月に各国に配信された。

そして、2004 年 5 月の ISO フランクフルト会議において、作成した規格原案の概要を説明し、Berninger 氏と個別打合せを行った(写真 1 参照)。日本が新議題原案を作成し、本来ならば、ISO 6358 は SC8「要素機器試験」の管轄であるが、SC5 への移管を Berninger 氏が SC8 に通知し、2004 年 11 月の ISO パリ会議において審議が開始される段取りが決定された。

10. ISO 審議

2004 年 11 月の ISO/TC131 パリ会議の SC5/WG3「空気圧制御機器」部会において、日本の規格改正提案は、初審議が行われた。翌 2005 年 6 月のロンドン会議から、理論論争を基軸とする苛烈な日独対決が始まった。現在に至るまでの ISO 会議における各国から提出されたコメント数と技術資料数の推移を、図 16 に示す。また、国別の集計を表 2 に示す。

日仏共同戦線プラス米国支援に、孤軍ドイツが対抗する構図であった。ドイツは、理論面の初歩的な誤謬に基づき、本質論に迫ることをせず、ただただ守らんがための皮相の詭弁を弄することに終始した。面子にこだわるあまり、本場のはずのディベート(debate)の要諦を忘れたようだ。すなわち、事前に情報収集しておく／物事を筋道立てて考え、相手の反論を事前に予測しておく／相手の意見が矛盾していないか、しっかりと聞く。言挙げせぬ国(あれこれと言葉で言い争わない平穩な美しい国、日本の別称)の正論と戦略が勝利した。

CD(委員会案)投票の結果、2006 年秋にドイツ案は否決され、2007 年春に日本案が可決された。2007 年 7 月のパリ会議において、終章へと加速されることになる。

11. おわりに

空気圧機器の流量特性について、ISO 規格の改正を企て、ISO の舞台へ載せるまでの道程を述べた。ISO は、国・メーカーの利益を背景とする、勝つか負けるかの世界である。ISO 6358 に限らず、多くの ISO 規格は、規格先進の欧州規格をルーツとしている。加盟国数で圧倒する欧州勢に対し、正論で立ち向かうだけでは玉碎の憂き目が必定である。分断工作などの多数派工作なしに、勝ち目はない。本報は、同じ技術事象を対象にしながらも、おおらかな自己主張の学会とは異質の世界において、劣勢の日本が戦いを挑んだドキュメントの前編を紹介した。学会誌には、理論論争を基軸とする ISO 審議過程の情報こそ、ふさわしい内容であるが、紙数が尽きたので、割愛せざるを得ない。機会を改めて報告したい。

参考文献

- 1) ISO 6358-1989 : Pneumatic fluid power-Components using compressible fluids –Determination of flow-rate characteristics.
- 2) 日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成 10 年度・空気圧機器の流量測定法の技術基準に関する調査研究報告書 (1999)。
- 3) 日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成 11 年度・空気圧機器の流量測定法の技術基準に関する調査研究報告書 (2000)。
- 4) 黒下，村松：真空を利用した有効断面積の測定方法，油圧と空気圧，26 巻 6 号(1995)。
- 5) 日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成 12 年度・空気圧機器複合システムの省エネルギー化に関する調査研究報告書 (2001)。
- 6) Henry Fleischer, Karl Forster, David C. Franson : Clearing the air on pneumatic valve ratings, MACHINE DESIGN, OCTOBER 5,2000, pp.97/100.
- 7) ANSI(NFPA)T3.21.3 - 1990 : Pneumatic fluid power - Flow rating test procedures and reporting method - For fixed orifice components.
- 8) N.Oneyama : Sorting out the truth about pneumatic standard, MACHINE DESIGN, OCTOBER 11,200 - , pp.75/78.

- 9) 小根山：空気圧機器の流量特性，フルードパワー，15巻4号(2001)，pp.7/11.
- 10) 日本機械工業連合会・日本フルードパワー工業会：平成14年度・空気圧機器の特性表示方法と試験方法の規格化に関する調査研究報告書（2003）.
- 11) 安藤弘平：抵抗溶接機の圧縮空気回路の基礎的動作特性の調査報告，溶接技術(1963).
- 12) 香川，川嶋，藤田，田中，榊：等温化圧力容器を用いた有効断面積の計測法，油圧と空気圧，26巻1号(1995).
- 13) F.E.Sanville：A new method of specifying the flow capacity of pneumatic valves，Proc.2nd Fluid Power Symposium，BHRA，1971，D3-37/47.
- 14) Oneyama,Takahashi,Terashima,Kuroshita,Kagawa：Study and Suggestions on Flow-rate Characteristics of Pneumatic Components，Proceedings of the Seventh Triennial International Symposium on Fluid Control,Measurement and Visualization,Sorrento,Italy,2003 August.
- 15) Kuroshita,Akashi,Takahashi,Oneyama：Study on Test Methods of Flow Characteristics of Pneumatic Components Exhausting Directly to Atmosphere，Proceedings of the Seventh Triennial International Symposium on Fluid Control,Measurement and Visualization,Sorrento,Italy,2003 August.
- 16) Kagawa,Wang,Ishii,Terashima,Morozumi,Mogami,Oneyama：Determination of Flow Rate Characteristics of Small Pneumatic Valves Using Isothermal Chamber by Pressure Response：Proceedings of the Seventh Triennial International Symposium on Fluid Control,Measurement and Visualization,Sorrento,Italy,2003 August.
- 17) Kagawa, Cai, Kawashima, Wang, Nagaki, Hasegawa, Oneyama：Extended representation of flow-rate characteristics for pneumatic components and its measurement using isothermal discharge method, PTMC2004, University of Bath.
- 18) Kuroshita, Sekiguchi, Oshiki, Oneyama：Development of new test method for flow-rate characteristics of pneumatic components, PTMC2004, University of Bath. フルードパワーシステム，Vol. 33, No. 7 (2002).



著者紹介

おねやま なおたけ
小根山尚武君

1968年早稲田大学大学院修了。同年、SMC(株)に入社。現在に至る。空気圧機器およびシステムの開発・研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会などの会員。

E-mail:oneyama@smcjpn.co.jp

URL: <http://www.smcworld.com>

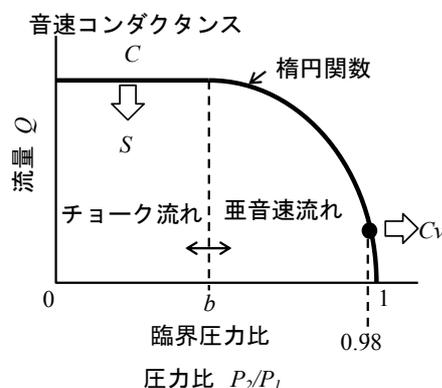


図1 ISO 6358 と従来の流量特性

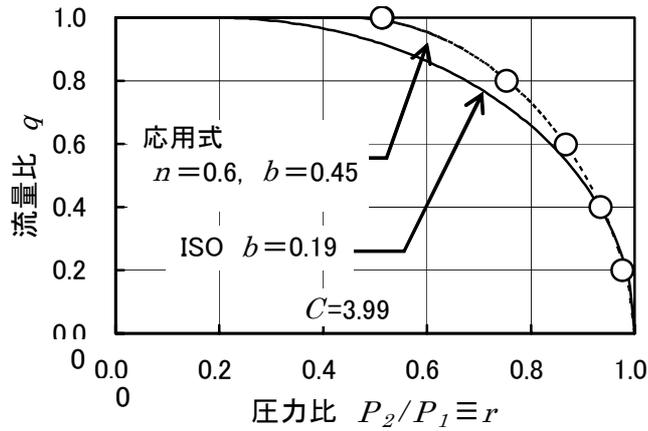


図2 消音器の流量特性

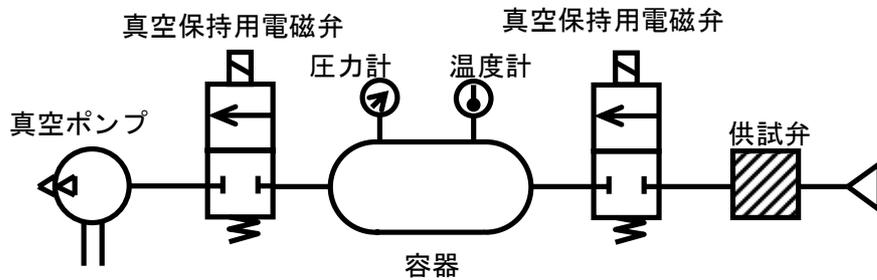


図3 真空充填法

PNEUMATICS EDITED BY KENNETH KORANE

Clearing the air on pneumatic valve ratings

Flow specifications based on Japanese test standards tend to overstate performance.

Henry Heischer
Vice President for Research & Development
Numatics Inc.
Highland, Mich.

Karl Forster
Vice President of Engineering
Festo Corp.
Haupage, N.Y.

David C. Franssen
Technical Service Manager
Parker Hannifin Corp.
Pneumatic Div.
North America
Richland, Mich.

Most design engineers select pneumatic control valves based on performance data published by the valve manufacturer. Usually the key performance factor is how much air a particular valve can flow. When valves from different manufacturers are the same size and comparably priced, most designers naturally gravitate toward ones that offer the highest flow.

But when examining valve specifications, most potential buyers assume that every manufacturer's performance numbers are based on the same test method. In fact, this is not the case. Manufacturers in the Americas and Europe typically determine valve performance based on international test standards. Manufacturers in the Far East tend to use a different method and then apply conversion factors to present the data in a more widely accepted format.

Unfortunately, the lack of a universal test standard means users do not always get the performance they expect. Product catalog information on flow capacity can be inconsistent from one manufacturer to another and, if the difference is not recognized, it can create serious design difficulties.

Problems can arise, especially in close-tolerance applications that operate near a system's capacity limits. Cycle times can be slower than expected, since a valve's maximum flow may actually be lower than published figures would indicate. The result is an underperforming machine that may require costly redesign.

MEASURING FLOW
Pneumatic valve flow represents a critical performance characteristic. To be meaningful, it must be determined by a standard, repeatable test method. Since 1989, this measurement has been defined by the international standard ISO 6358. National or branch standards — such as ANSI/NFPA 73.21.3-1990 in the U.S. and VDI 2173 in Germany — are based on this ISO standard.

The ISO 6358 test measures standard nominal

MACHINE DESIGN OCTOBER 5, 2000 www.machinedesign.com 97

図4 日本バッシング記事

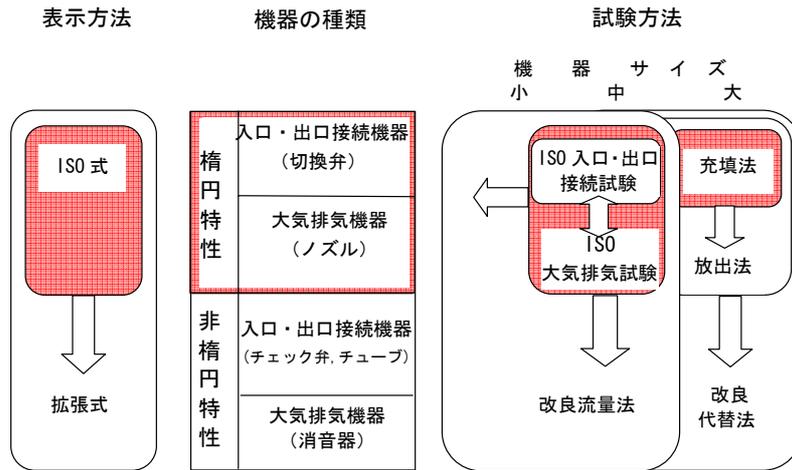


図5 ISO 6358 の進化必要性

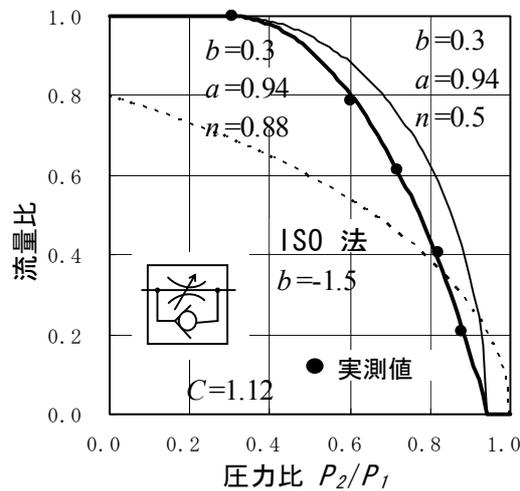


図6 速度制御弁(自由流れ)の流量特性

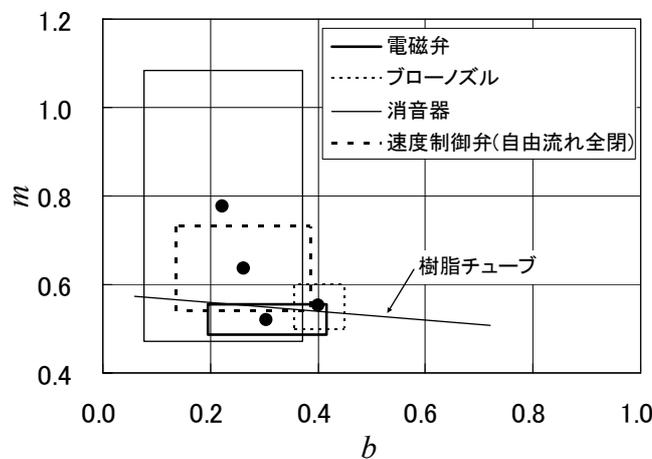


図7 各種機器の流量特性

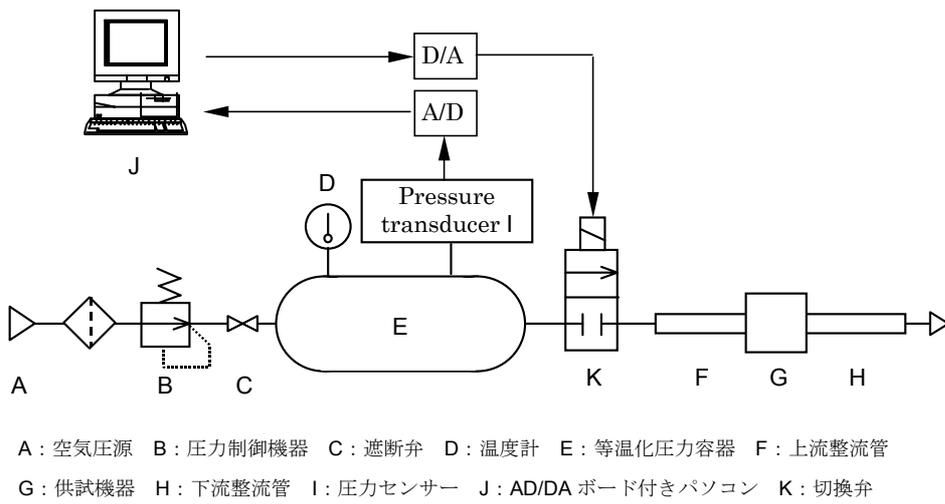
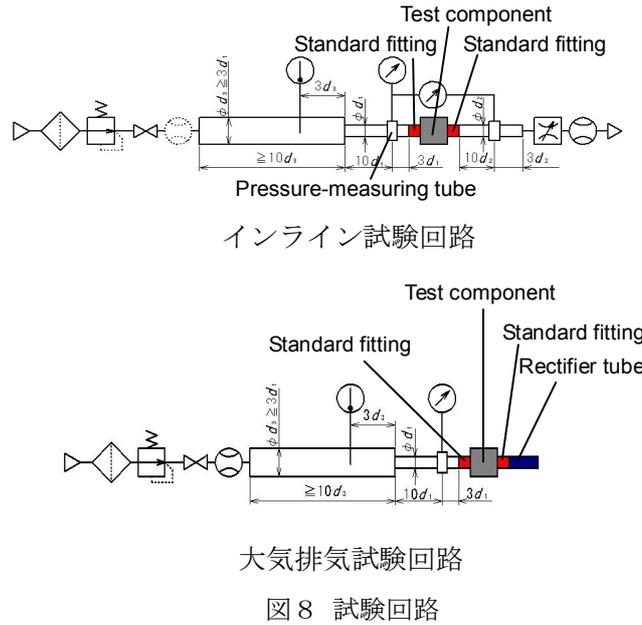


図 9 等温化放出試験の回路

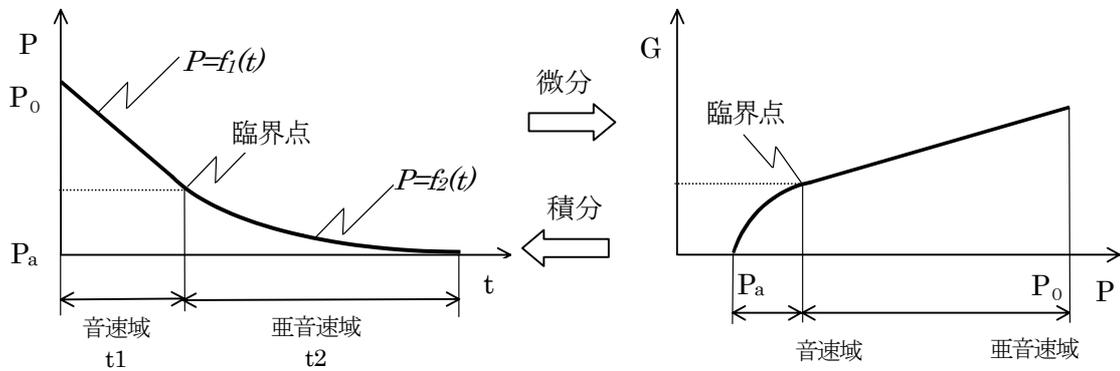


図 10 圧力変化と流量の関係

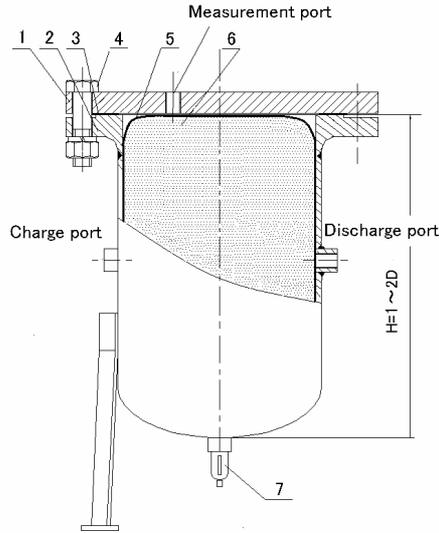


図 1 1 等温化タンク

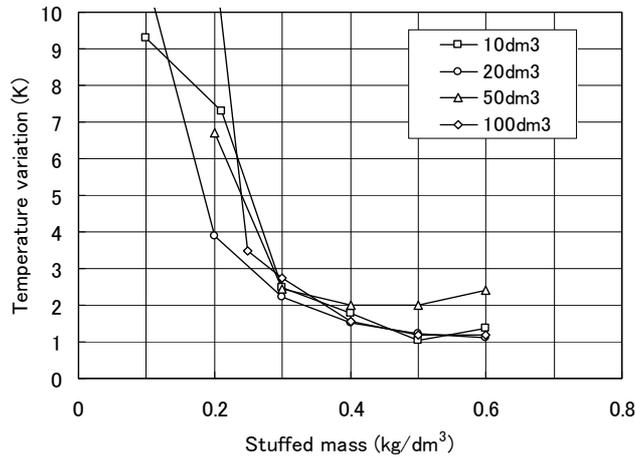


図 1 2 銅線の充填量と温度降下

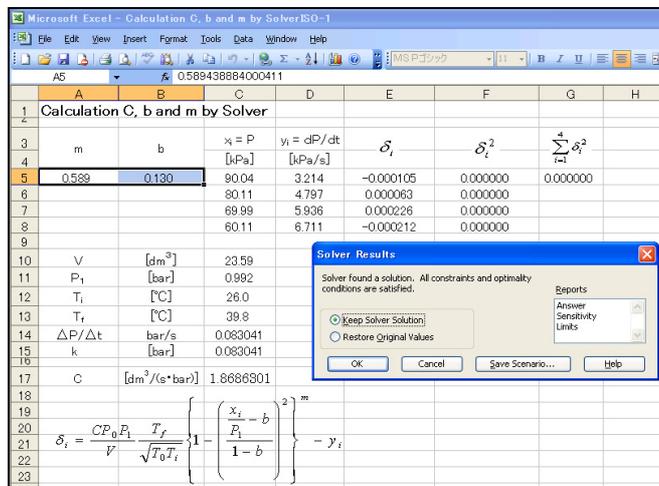


図 1 3 Solver による計算

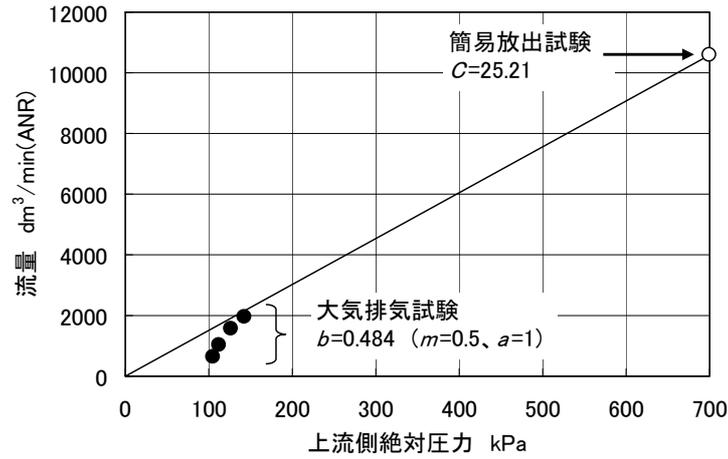


図 1 4 ハイブリッド試験例

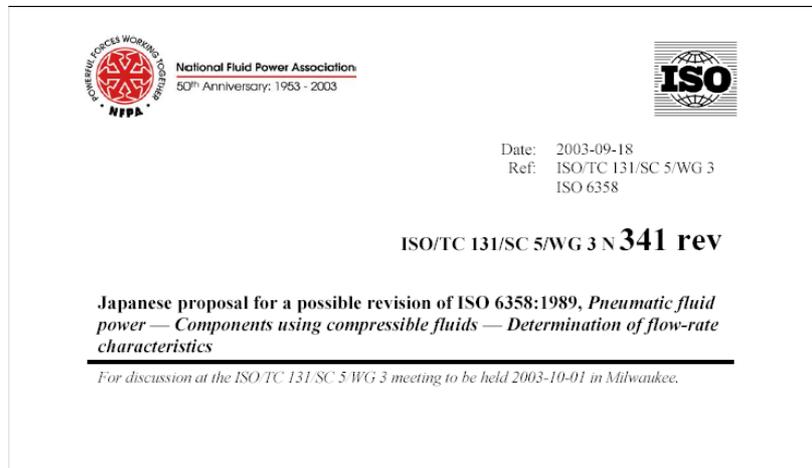


図 1 5 ISO における議題通知書

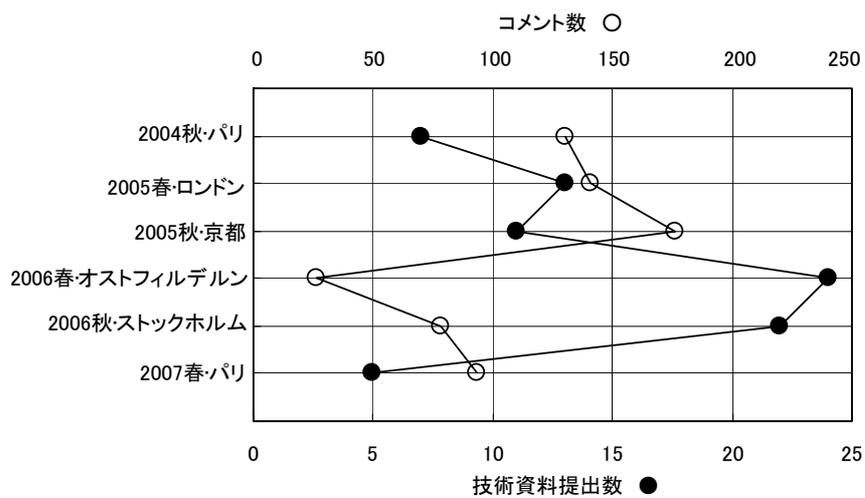


図 1 6 コメント数と技術資料提出数の推移

表1 流量法と代替試験方法との比較

○優 △課題 ×劣

要求事項		流量法	充填法		放出法	
			正圧	(真空)	中国規格	(単一供試)
試験装置	パワー源の容量が小さい	×	×	○	○	
	圧力制御が不要	○	×	○	○	
供試機器	サイズが制約されない	×	×	○	○	
	接続形が制約されない	○	×		×	○
	特性形が制約されない	○	△		×	△
	圧力制御弁へ適用できる	○	△		×	△
作業性	試験時間が短い	×	○	×	×	○
	騒音が低い	×	△	○	×	
測定精度	温度変化に影響されない	○	×(△)	△(○)	×(等温化△)	
	流量計に依存しない	×	○		○	
完成度		○	△		×	

表2 国別の集計

国名	コメント提出	資料提出
フランス	224	16
米国	130	1
ドイツ	78	6
ウクライナ	78	0
ポーランド	71	1
日本	46	57
スウェーデン	9	0
他	8	1
計	644	82



写真1 John Berninger 氏