

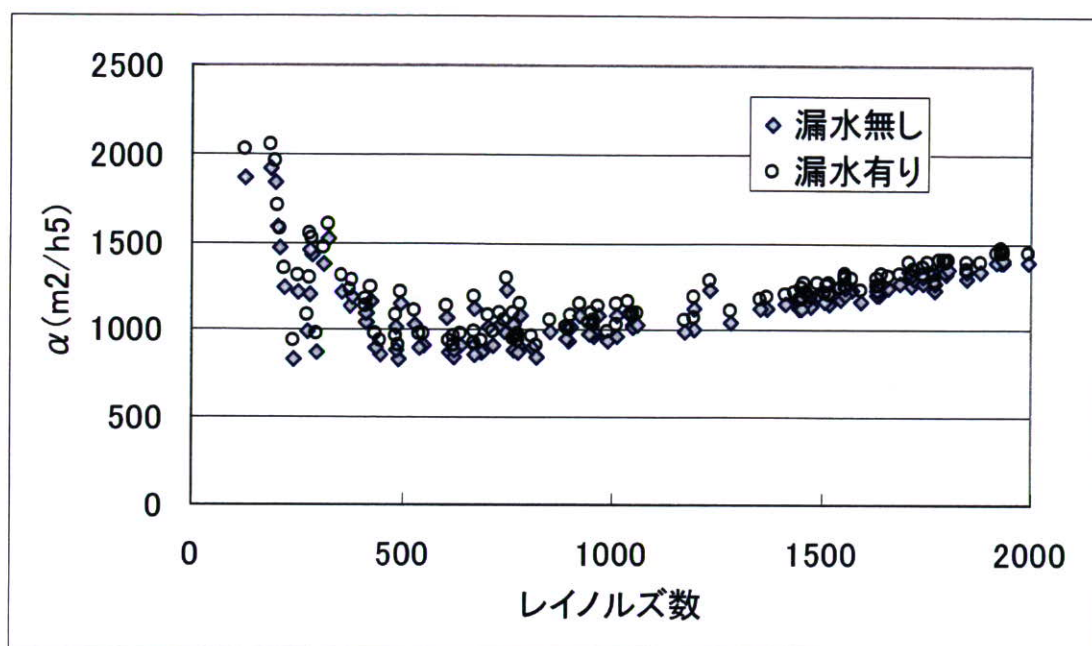


図 14 1 階における漏水の有無および各階で水を利用している時のレイノルズ数と α の関係

D. 考察

漏水があると、蛇口で観測される流量と実際の管路内を流れる流量に差が生じる。そのため、蛇口において、管路を流れることによるエネルギー損失を観測すれば、見かけ上の蛇口からの流量より想定される損失よりも大きくなるはずである。

この原理を利用し、蛇口において流量と圧力を観測することにより、漏水の有無を検出できることを実験的に確認できた。ただし、中途階における水利用や高置水槽の水位変動などに起因する雑音が避けられないため、観測を継続しながらトレンドを把握し、トレンドの変化によって漏水を検出することが必要である。本研究では、これらの雑音を数値的に再現し、ばらつきを伴うトレンドが漏水の発生によって変化することを確認した。

E. 結論

蛇口付近において流量と圧力をモニタリングし、管路におけるエネルギー損失から計算される係数を逐次計算することにより、漏水の有無が検出されることが示された。特に、流量の小さい層流域において漏水の有無の検出の精度は上昇するのであるが、電磁流量計を用いるシステムの導入により、低流量でも精度良く計測することができ、本システムの有効性が示された。

F. 研究発表

1. 論文発表

Sobu, M., Nagaoka, H.: Development of a simple defect-detector of water distribution system in

buildings, Water Science and Technology: Water Supply, Vol.6, No.2, 261-266, 2006

2. 学会発表

戸部 淳一, 石原健太, 長岡 裕: 貯水槽における膜ろ過システムの適用に関する基礎的研究, 第 34 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 7-54, 2007

増田 皓太, 長岡 裕: 管路内の水理学的挙動の解析による漏水検知に関する研究, 第 34 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 7-55, 2007

蘇武 政文, 大谷 謙太, 長岡 裕: 受水槽給水方式における漏水検出方法の検討, 第 40 回日本水環境学会年会講演集, 268-268, 2006

戸部淳一, 長岡裕: 貯水槽における膜ろ過システムの適用に関する基礎的研究、第 35 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 7-13, 2008

水野谷亮、長岡裕: 給水管漏水検出方法に関する基礎的研究、35 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 7-31, 2008

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得 なし

2. 実用新案登録 なし

3. その他 なし

資料－6 逆流防止装置異常検知方法の開発と応用に関する研究

分担研究者 伊藤 雅喜 国立保健医療科学院水道工学部
研究協力者 林田 武志 国立保健医療科学院水道工学部
馬場 崇
酒井 一夫 給水システム協会

A. 研究目的

平成 16 年 6 月に発表された「水道ビジョン」では「水道水源から給水栓に至るまで徹底した衛生管理が行えるような統合的な水質管理を実現する」としており、給水末端である給水装置・用具の安全性確保はきわめて重要な課題となっている。近年では直結給水方式の普及が進むとともに、給水装置が高度化、多様化してきており、水道管へ直結して使用する給水用具の種類、使用数とも多くなっている。これらの給水装置・用具は不適切な施工・管理等が行われると、建築物内の給水システムのみならず、水道配水管系統へも悪影響を及ぼす恐れがあるため、給水装置における安全性確保は極めて重要である。

一方、わが国においては逆流のおそれのあるところでは、逆止弁や負圧破壊装置等の逆流防止装置を設けることとなっているが、具体的な設置基準が確立されるまでは至っておらず、水道事業者ごとに逆止弁の設置等に関し指導を行っている状況である。

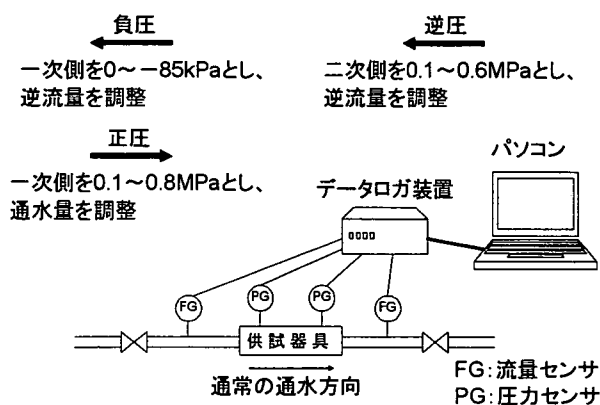
他方、逆流防止装置は一般的に耐圧性能基準等を満たす必要から、その主要部を金属製としており、日常的な監視・点検が困難な構造となっている。このため、通常設置状態において事前に器具の機能低下・機能不全を検知することがほぼ不可能となっており、これに加えて、通常設置下での器具の作動状況の実態についても殆ど明らかにされていないのが現状である。

これを踏まえ、本研究では逆流防止装置の不具合発生時における速やかな異常検知のために、逆流防止装置の作動状況を可視化し、各種作動状況における計測値から異常状態の検知手法を開発しようとするものである。実験では汎用性の高いバネ式逆止弁を検討対象として、単式逆止弁、二重式逆止弁、減圧式逆流防止器について各種センサーを取り付けた器具を開発し、正常及び異物噛みを想定した状態でそれぞれ正圧、逆圧、負圧時の圧力、流量データ等を収集した。さらに単式バネ式逆止弁に関しては弁体の変位を検知可能とするセンサー付の試作品も開発し、弁変位測定による異常検知の有効性についても検討した。これらのデータを整理し、異常検知のための必要データ、データ取得方法等について検討を行い、異常検知手法の開発、実用化に向けた検討を行った。

B. 研究方法

本研究では、大都市で使用される割合の高い口径 20mm の器具を対象に、その前後にそれぞれ圧力、流量、場合によっては弁変位センサーを取り付けた器具を開発し、これを供試器具に用い、基本的には図 1 のような実験装置により正圧、逆圧、あるいは負圧時の圧力、流量、場合によっては弁変位データを収集し、相互にあるいは正常時とデータを比較検討した。

研究体制としては、基本的には国



立保健医療科学院において、試作品を用いた動作状況、異常検知に関する実験的検討を行い、給水システム協会では試作品の開発・改良及び実用化に関する検討を行うこととした。データ解析方法については必要に応じて給水システム協会と検討を行った。

B.1 供試器具

1) バネ式逆止弁

本研究では、各種の逆流防止装置が存在する中で、次の理由により口径 20mm のバネ式逆止弁を実験対象とした。

- (1) 給水用具として用いられる逆止弁としてその作動機構が一般的であること。
- (2) 設置姿勢に制約が無く、比較的コンパクトであり、設置し易いこと。
- (3) 逆圧のほか負圧に対しても比較的逆流防止効果が高いため、様々な状況での逆流防止効果が高いと考えられること。
- (4) 日本水道協会で既に規格化されており、製品性能を評価し易い事。
- (5) 単式のみならず二重式逆止弁、減圧式逆流防止器等に広く活用されていること。
- (6) 逆流事故が発生した際の被害が甚大となる大都市での使用割合が多い径であること。

今回の実験で用いたバネ式逆止弁を図 2 から図 4 に示す。図 2 は単式バネ式逆止弁であり、図 3 は二重式逆止弁、図 4 は減圧式逆流防止器である。単式バネ式逆止弁については、基本的には図 2 の通常使用されている単式バネ式逆止弁を供試器具に用いたが、一部の実験ではバネ圧の違いによる性能を比較するため、図 3 の二重式逆止弁の第二逆止弁を取り除いて第一逆止弁のみとした改造品を単式逆止弁として供試器具に用いた。なお、単式バネ式逆止弁及び二重式逆止弁は日本水道協会規格「水道用逆流防止弁 (JWWA B 129)」認証品、減圧式逆流防止器は日本水道協会規格「水道用減圧式逆流防止器 (JWWA B 134)」認証品である。

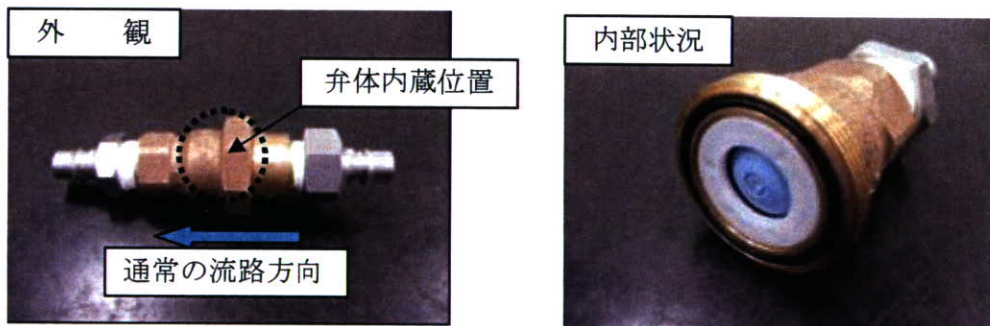


図 2 通常の市販品である口径 20mm の単式バネ式逆止弁



図 3 市販の口径 20mm の二重式逆止弁



図 4 市販の口径 20mm の減圧式逆流防止器

2) 弁変位検出機能付き弁および同機能付き逆止弁

本研究では、正常時あるいは異物（径 1.0mm の針金）噛み時の単式バネ式逆止弁における挙動を一次側及び二次側の圧力、流量の測定に併せ、逆止弁の変位を直接検知することで圧力、流量による逆止弁の異常検知情報と組合せ、異常検知する方法についても比較検討することとした。

そこで、本実験の供試器具として、電磁波を用いる距離計の原理を応用して、弁体の変位を検知する装置を考案した。

3) 異常状態の再現

本研究では、各供試器具における各種の異常状態の内、異常に関する定量的な比較が容易と考えられる異物噛み状態を中心に再現することとした。再現に当たっては、カートリッジの弁体と弁座の間に、異物を想定した針金を噛み込ませることとし、実験後に針金噛みによってキズを生じた弁体もキズがある供試器具として実験に供することとした。

実験では、空気調和・衛生工学会規格「大気圧式バキュームブレーカ」(SHASE-S211)、「圧力式バキュームブレーカ」(SHASE-S215)における負圧試験、日本水道協会規格「水道用減圧式逆流防止器」(JWWA B 134)における耐逆サイホン試験及び耐逆圧試験を参考とし、径 1.0mm の針金（口径 20mm の器具の場合）を噛み込ませた状態で主に実験を行った。さらに、針金径の違いを比較する実験も行い、必要に応じて径 0.2~2.0mm の範囲で針金を噛み込ませることとした。各逆止弁における針金噛み状態を図 5、図 6 に示す。

実験に当たっては、反復的な実験を容易とする

ため、単式バネ式逆止弁の逆止弁では、図 5 に示すように針金の一端を弁体円周上に噛み込ませた上で、もう一端をカートリッジ本体に固定させることとしたが、二重式逆止弁及び減圧式逆流防止器の逆止弁では、実験ごとに針金噛み状態が変動するため、図 6 のとおり針金の一端を弁体円周上に噛み込ませるのみとした。なお、二重式逆止弁、減圧式逆流防止器については 2 つの逆止弁があることから、第一逆止弁（以下、一次側弁という。）のみ針金噛み、第二逆止弁（以下、二次側弁という。）のみ針金噛み及び双方の逆止弁（以下、両側弁という。）針金噛みとした状態でも比較を行った。

B.2 実験装置

本実験で使用する機器及び配管を図 7 に示す。正圧または逆圧の場合、加圧タンクを所定圧力に設定し、一定水压により水道水を配管内に流せるようにした。負圧の場合、負圧発生装置で所定の負圧を発生させるが、より現実的な使用条件を



図 5 単式バネ式逆止弁の針金噛み状態の例



図 6 二重式逆止弁及び減圧式逆流防止器の針金噛み状態の例

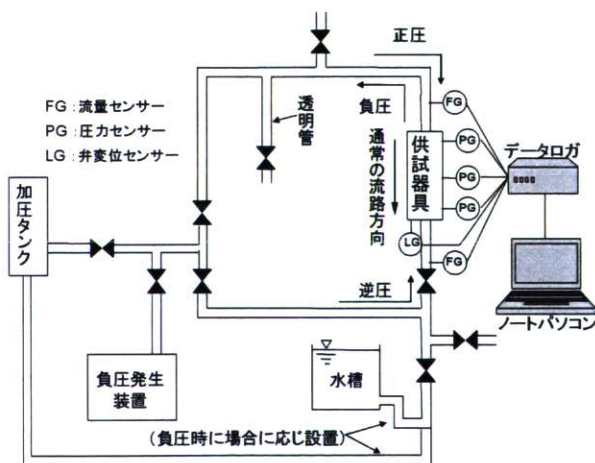


図 7 機器及び配管

想定し、供試器具二次側に加圧タンクによる配管または水槽を設置して負圧発生と同時に逆圧を発生させることが出来るようにした。さらに逆流の状況を目視で確認できるようにするため、供試器具一次側の配管途中に透明管を設置した。これらの各条件での流量、圧力、場合によっては弁変位データをそれぞれ流量センサー、圧力センサー、弁変位センサーで計測し、計測したデータは自動的にデータログからノートパソコンに 100ms 毎に出力される。使用する機器の仕様を表 1 に示す。

表 1 使用する機器仕様

名 称	メーカー	仕 様
加圧タンク	荏原製作所	型式 AT-1.0, 容量 1.0m ³ , 最高使用圧力 10.5kgf/cm ²
負圧発生装置	荏原製作所	型式 VT-1.5, 容量 1.5m ³ , 最高負圧 -85kPa
流量センサー	YAMATAKE	変換器:Model MGG10CZ-AA2A-XBIX-J, Range -30~40L/min 検出器:Model MGG11U-015PU3LS1AHA-X-X (電磁式)
圧力センサー	VALCOM	Model VPRTF-A6, Range -0.1~1.0MPa
データログ	エムシステム	R3 シーズ 100ms/128ch 対応 PCRECORDER(MSRPAC-2005)使用

B.3 圧力条件

実使用条件を想定し、正圧、逆圧、負圧による実験を行った。正圧条件としては、中高層建物に使用する増圧直結給水設備で日本水道協会規格「水道用直結加圧形ポンプユニット (JWWAB130)」を採用することが多く、当規格で最大吐出圧を 0.75MPa と規定しているため、最大設定圧を 0.8MPa とし、0.1 から 0.8MPa の範囲で実験を行った。逆圧条件としては、増圧直結給水設備により加圧した場合の給水立て管基部にかかり得る最大背圧を想定し、最大設定値を 0.6MPa とし、0.1 から 0.6MPa の範囲で実験を行った。負圧条件については、米国のバキュームブレーカ規格である「ASSE1001」において、最大負圧値を -85kPa としているため、これを最大設定値とし、-5kPa から -85kPa の範囲で実験を行った。

C. 研究結果

C.1 平成 17 年度研究結果の概要

平成 17 年度は逆流防止装置のうち最も汎用性があり、かつ構造が単純な単式バネ式逆止弁の異常検知を目的とし、その作動状況の可視化のために圧力、流量センサーを取り付けた装置を開発し、これを用いて様々な状況下での各データを収集し、異常検知方法を検討した。なお、各作動状況におけるこれらデータの解析を容易にするため、実験では、各条件に応じた圧力が一定値に収束するように段階的な圧力操作（バルブを段階的に開閉操作）をし、測定した各データの安定した値について解析することとした。また、実験では 3 種類のバネ定数が異なる単式バネ式逆止弁 A(バネ定数小)、B (バネ定数中)、C (バネ定数大) によりバネ定数の違いによる比較も行っている（このうち、B,C は二重式逆止弁の二次側弁を除き一次側弁のみとした改造品）。これと同時に、さらに効果的な異常監視を実現するため、単式バネ式逆止弁に関しては弁体の変位を検知可能とするセンサー付の試作品も開発した。

C.1.1 正圧、逆圧、負圧下での単式バネ式逆止弁の弁正常時と針金噛み時の比較実験

1) 正圧条件

単式バネ式逆止弁 B の正圧条件における弁正常時の各種時系列データ（一次側及び二次側の圧力、流量、さらには一次側と二次側の圧力差である弁差圧）の挙動の一例を図 8 に、

同じく針金噛み時(径 1.0mm)の挙動を図 9 に示す。図 8 から、弁正常時では実験当初の停水時に既に 0.015MPa の弁差圧が生じ、通水開始と同時に圧力は一次側、二次側ともに低下し、弁差圧は 0.020MPa 程度まで上昇した。その後は通水量の増加に伴い、圧力は一次側、二次側ともさらに低下するものの弁差圧はほぼ一定であった。再び停水すると一次側、二次側圧力、弁差圧とも通水前の状態に回復した。これに対し、図 9 から、径 1.0mm 針金噛み時では実験当初の停水時に弁差圧は発生せず 0MPa であったが、通水開始後の状況は弁正常時と同様であった。再び停水すると通水前の状態に回復し、弁差圧も 0MPa となった。流量については一連の実験操作を通じ、一次側、二次側とも同様に推移し、両者の間に差はなかった。逆止弁のバネ定数の違いによる弁正常時における停水中の弁差圧、通水中の弁差圧はその値は異なるものの傾向は同様であり、正圧条件の違いによる比較でも同様であった。

さらにこれらの関係をより分かりやすくするため、弁正常時及び針金噛み時の弁差圧と流量の関係を表す弁差圧-流量特性を図 10 に示す。この結果から弁正常時には、正圧条件によらずほぼ一定な挙動を示すことがわかる。また、弁正常時と針金噛み時を比較した場合、弁正常時には通水開始に 0.015MPa 程度の弁差圧(最低作動弁差圧)が必要であるが、針金噛み時にはこれより低い弁差圧で通水を開始している。なお、バネ定数の異なる逆止弁で行った場合、最低作動弁差圧がそれぞれ異なる結果を示したことから、それぞれの逆止弁に応じた固有の最低作動弁差圧が存在することが明らかになった。

2) 逆圧条件

単式バネ式逆止弁 A の逆圧条件における弁正常時の各種時系列データ(一次側及び二次側の圧力、流量及び弁差圧)の挙動の一例を図 11 に、単式バネ式逆止弁 C の針金噛み時(径 1.0mm)の挙動の一例を図 12 に示す。弁正常時には実験当初に一次側配管を大気開放し、二次側から 0.6MPa の逆圧状態としたが、弁体が正常に機能し、逆流は発生しなかった。その後、二次側圧力を徐々に低下させ、弁差圧を 0MPa まで近付けた場合も逆流は発生しなかった。これに対し、図 12 の針金噛み時には、実験当初は供試器具の一次側と二次側を同圧としたため弁差圧は発生せず

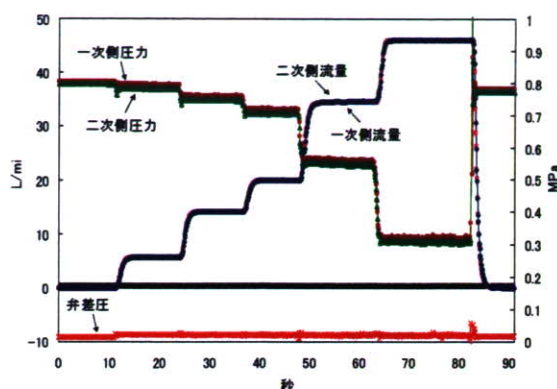


図 8 単式バネ式逆止弁 B における各種時系列データの挙動の一例
(弁正常時、正圧 0.8MPa)

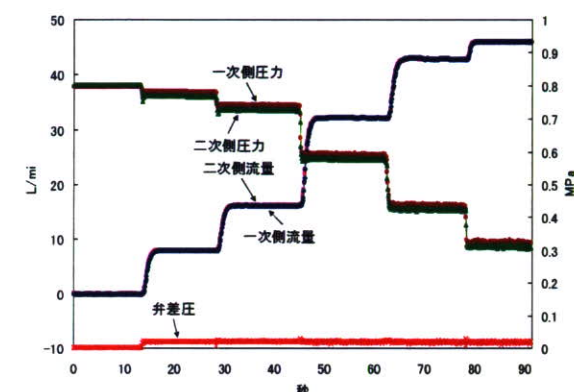


図 9 単式バネ式逆止弁 B における各種時系列データの挙動の一例
(針金噛み時、正圧 0.8MPa)

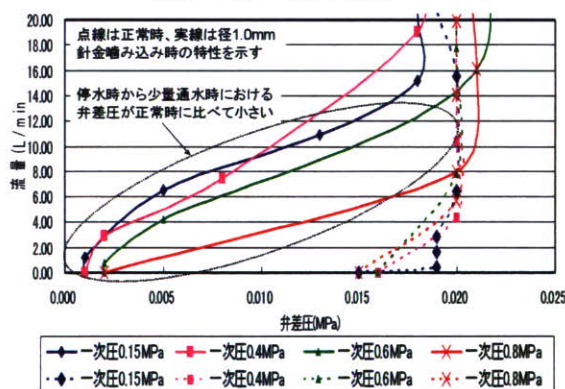


図 10 単式バネ式逆止弁 B の正圧条件における弁差圧-流量特性

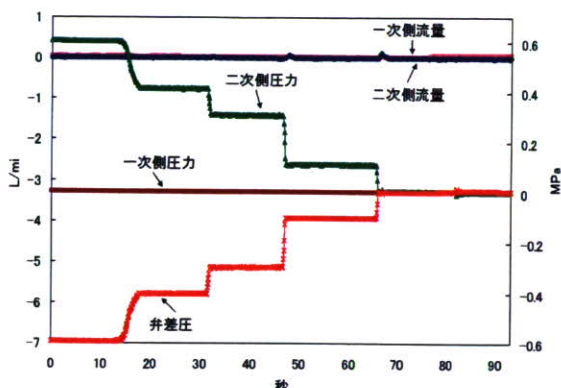


図 11 単式バネ式逆止弁 A における各種時系列データの挙動
(弁正常時、逆圧 0.6MPa)

0MPa であったが、一次側圧力を低下させると直ちに負の弁差圧が発生し、針金噛みによる弁体と弁座との間の隙間から逆流が発生した。さらに一次側圧力を徐々に低下させると弁差圧が負方向に増大し、これに伴い逆流量も増大したが、弁差圧-0.05MPa、流量-6.0L/min 程度まで達すると、瞬時に弁差圧-0.15MPa、流量-1.5L/min 程度まで急変動する現象（降伏）が発生した。降伏後は、一次側の減圧状態を徐々に解消しながら弁差圧を 0MPa に近付けるにつれて、逆流量も一時的な微小な増加はあるものの、次第に減少しながら停水した。

また、流量については一連の実験操作を通じ、一次側、二次側とも差はなかった。バネ定数の違いによる降伏発生時の弁差圧及び流量はそれぞれで値が異なっているものの、以上の傾向は同様であった。これらを弁差圧—流量特性で表すと図 13、図 14 のようになる。なお、図 13 は単式逆止弁 B の降伏点までの挙動を、図 14 は同じ単式バネ式逆止弁 B の降伏点以後の挙動も表している。それぞれの図から、弁正常時では逆流は発生しなかったが、針金噛み時では直ちに逆流が発生した。

しかし、十分な負の弁差圧が発生し得る状態で、さらに弁差圧を負方向に増大させると、当初はそれに応じて逆流量が増大するものの、或る一定の弁差圧を超えると瞬時に逆流量が急減少する点（降伏点）が存在し、降伏点以上の逆流量は発生しなかった。また、バネ定数の違いによる比較では、降伏点における弁差圧は各製品とも-0.05MPa 程度とほぼ一致していたが、その時発生した最大逆流量は異なっていた。これは同構造を有する逆止弁の場合、降伏現象は負方向への弁差圧の増加に伴う針金の弁体等への急激な陥入及びこれに対応するパッキン等の急激な変形が併発することにより発生すると考えられるため、バ

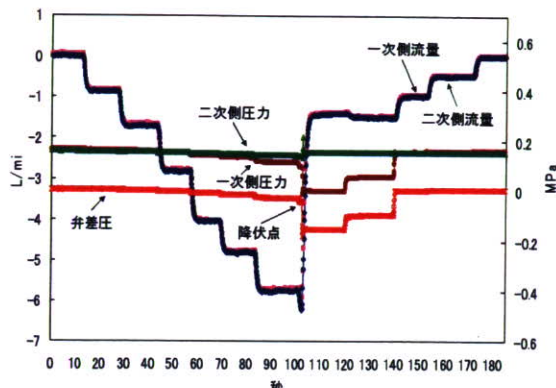


図 12 単式バネ式逆止弁 C における各種時系列データの挙動
(針金噛み時、逆圧 0.15MPa)

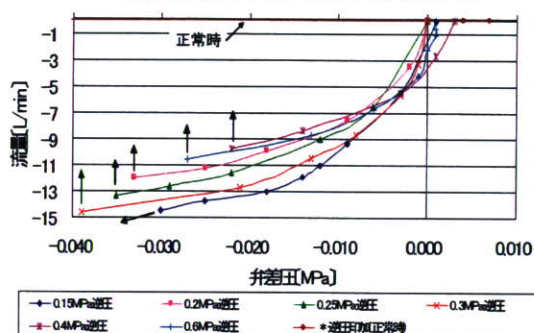


図 13 単式バネ式逆止弁 B の逆圧条件における降伏点までの弁差圧—流量特性

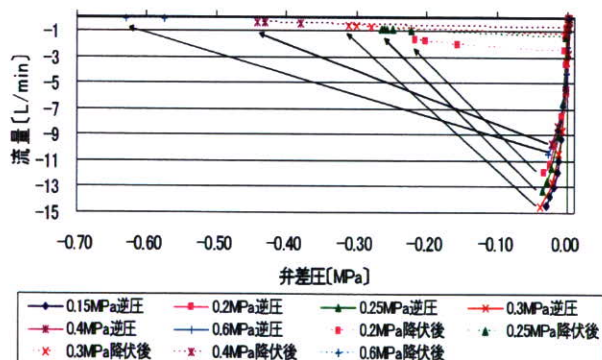


図 14 単式バネ式逆止弁 B の逆圧条件における降伏点前後の弁差圧—流量特性

ネ定数の大きいほうが弁体と弁座の間の隙間がより狭まり、その結果として同程度の弁差圧でも逆流量は小さくなると推測できる。なお、各逆止弁によって逆圧の大きさに関わらず弁差圧－流量特性の挙動はほぼ一定であった。

3) 負圧条件

単式バネ式逆止弁 A の負圧条件における弁正常時の各種時系列データの挙動の一例を図 15 に、単式バネ式逆止弁 C の径 1mm 針金噛み時の挙動の一例を図 16 に示す。なお、それぞれ二次側から 0.1MPa の逆圧下で実験を行っている。図 15 から弁正常時では実験当初は供試器具の一次側と二次側を同圧としたため弁差圧は発生しておらず、一次側を負圧状態とすると直ちに負の弁差圧－0.19MPa 程度が発生したが、弁体が正常に機能をしているため、逆流は発生しなかった。

これに対し、図 16 の針金噛み時では、実験当初は供試器具一次側と二次側を同圧としたため弁差圧は発生せず 0MPa であったが、一次側を負圧状態とすると直ちに負の弁差圧が発生し、針金噛みによる弁体と弁座との間の隙間から逆流が発生した。さらに負圧を加えると弁差圧が負方向に増大し、これに伴い逆流量も増大したが、弁差圧－0.015MPa、流量－2.5L/min 程度まで達すると、瞬時に弁差圧－0.055MPa、流量－2.0L/min 程度まで急変動する降伏現象が発生した。降伏後は、一次側の負圧状態を徐々に解消しながら弁差圧を 0MPa に近付けるにつれて逆流量も次第に減少しながら停水した。なお、流量については一連の実験操作を通じ、一次側、二次側とも差はなかった。バネ定数の違いによる降伏発生時における弁差圧及び流量はそれぞれで値が異なっているものの、以上の傾向は同

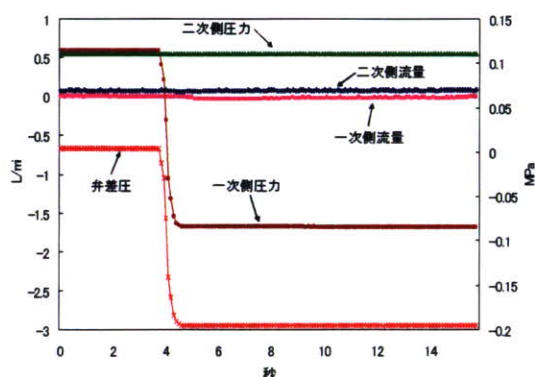


図 15 単式バネ式逆止弁 A における各種時系列データの挙動 (弁正常時、負圧－85kPa)

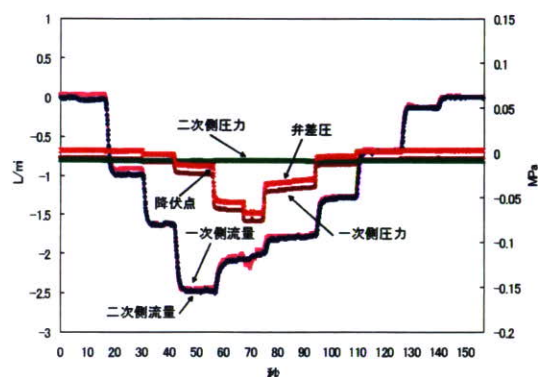


図 16 単式バネ式逆止弁 C における各種時系列データの挙動 (針金噛み時、負圧－85kPa)

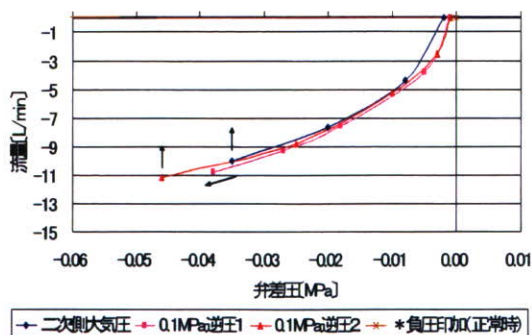


図 17 単式バネ式逆止弁 A の負圧条件における降伏点までの弁差圧－流量特性

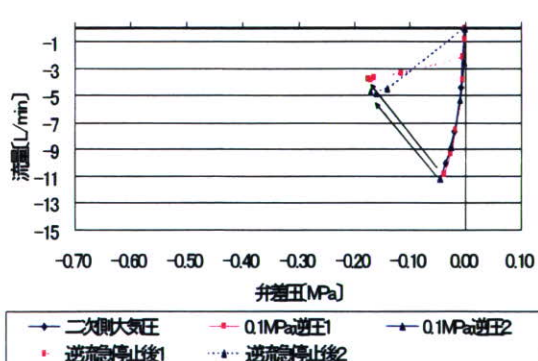


図 18 単式バネ式逆止弁 A の負圧条件における降伏点前後の弁差圧－流量特性

様であった。これを弁差圧－流量特性で示すと図 17、図 18 になる。なお、図 17 は単式バネ式逆止弁 A の降伏点までの弁差圧－流量特性を、図 18 は同じ単式バネ式逆止弁 A の降伏点以後までの挙動を表した弁差圧－流量特性を示している。

それぞれの図から逆圧条件の場合と同様、負圧時でも弁正常時では逆流は発生せず、針金噛み時には直ちに逆流が発生し、さらに弁差圧が負方向に増大すると降伏が発生し、降伏点以上の逆流量は発生しなかった。降伏点に関しては、弁差圧－0.05MPa、最大逆流量－11L/min 程度と逆圧条件の場合とほぼ一致していた。また、降伏発生後の状況も逆圧条件の場合と同様であった。

4) 逆圧下での径の異なる針金噛み時の比較実験

逆圧条件下における針金噛み時の針金の径による挙動比較の一例として、図 19 に逆圧 0.6MPa として単式バネ式逆止弁 B に径 1.2mm の針金を噛ませた場合の実験結果を、図 20 に同様の条件で径 1.6mm の針金を噛ませた場合の実験結果を示す。

径 1.2mm 針金噛み時では、実験当初は供試器具一次側と二次側を同圧としたため弁差圧は発生せず 0MPa であったが、一次側圧力を低下させると直ちに負の弁差圧が発生し、針金噛みによる弁体と弁座との間の隙間から逆流が発生した。さらに一次側圧力を低下させると弁差圧が負方向に増大し、これに伴い逆流量も増大したが、弁差圧－0.05MPa、流

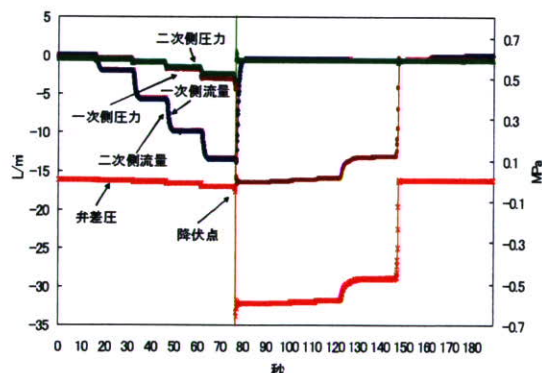


図 19 単式バネ式逆止弁 B の逆圧条件下での針金径の違いによる挙動比較 (径 1.2mm)

量－14.0L/min 程度まで達すると、瞬時に弁差圧－0.6MPa、流量－0.5L/min 程度まで急変動する降伏現象が発生した。降伏後は、一次側の減圧状態を徐々に解消しながら弁差圧を 0MPa に近付けるにつれて、逆流量も一時的な微小な増加はあるものの、次第に減少しながら停水した。これに対し、径 1.6mm 針金噛み時では、一次側の減圧操作により直ちに負の弁差圧が発生し、逆流を発生するまでは径 1.2mm 針金噛み時と同様の状況であったが、さらに一次側圧力を低下させても逆流量が増大するのみで降伏現象を発生するまでには至らなかった。これは径の太い針金が弁体と弁座との間の隙間を広めた結果、弁体と弁座を密着させるために必要な負方向への弁差圧を発生させられなかったことから、降伏が発生しなかったものと考えられる。以上の傾向はバネ定数の

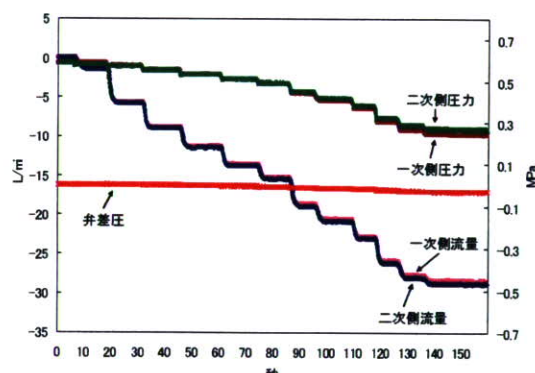


図 20 単式バネ式逆止弁 B の逆圧条件下での針金径の違いによる挙動比較 (径 1.6mm)

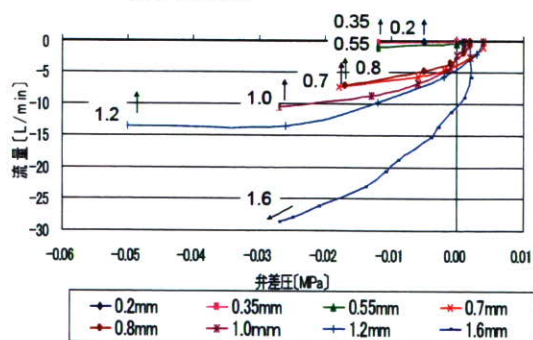


図 21 単式バネ式逆止弁 B の逆圧条件下における針金径による弁差圧－流量特性

異なる他の単式逆止弁でも同様に発生し、針金径が大きくなるほど降伏発生時の弁差圧、流量とも負方向に増大する傾向であった。ただし、同径の針金噛みであっても降伏発生時の弁差圧及び流量は各単式逆止弁ごとにその値が異なり、降伏現象を発生させられなくなる針金径の限界値も製品ごとに異なっていた。これを弁差圧—流量特性で示すと図 21 のようになる。この結果から、径 0.2～1.2mm の範囲で降伏が発生し（径 0.7mm と径 0.8mm では逆転しているものの、径が大きくなるほど降伏点における負方向への弁差圧及び逆流量がともに増加）、径 1.6mm 以上では降伏は発生しなかった。これは噛み込ませた針金径に応じて、弁体と弁座の間の隙間が変化するために起こる傾向であると考えられる。なお、各製品とも針金の径が小さいほど、同等の弁差圧で発生する逆流量はほぼ小さくなる傾向であった。以上のことから、逆圧下で製品に針金を噛み込ませた場合には、噛み込ませた針金径が小さいほど、同等の弁差圧で発生する逆流量、降伏点における弁差圧及び逆流量とも小さくなる傾向であることが明らかとなった。

C.1.2 弁体変位量を検知可能とする試作品の開発

弁異常状態の検知のために、圧力及び流量による異常検知方法だけでなく、弁変位量の検知を可能とする装置を開発することによる、より直接的な異常検知方法の開発を試みた。

ここでは、図 22 に示す弁変位センサー付単式バネ式逆止弁を開発できたため、その構造と主な特徴を述べる。

装置の構造は、図 23 に示すように、逆止弁の弁軸 5 を下流側へ延長し、先端に電磁感应性を有する検出体 6 を取付け、非磁性体の防水壁 3 の外部にセンサーヘッド 7 を設置している。この装置では、センサーヘッドのコイルに高周波電流を流して高周波磁界を発生させ、検出体とセンサーヘッドとの距離に応じたコイルインピーダンスの変化

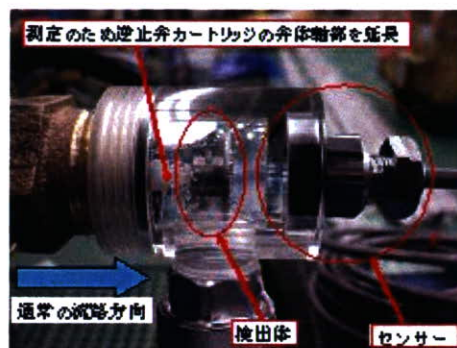


図 22 弁体変位量の検知を可能とする試作品

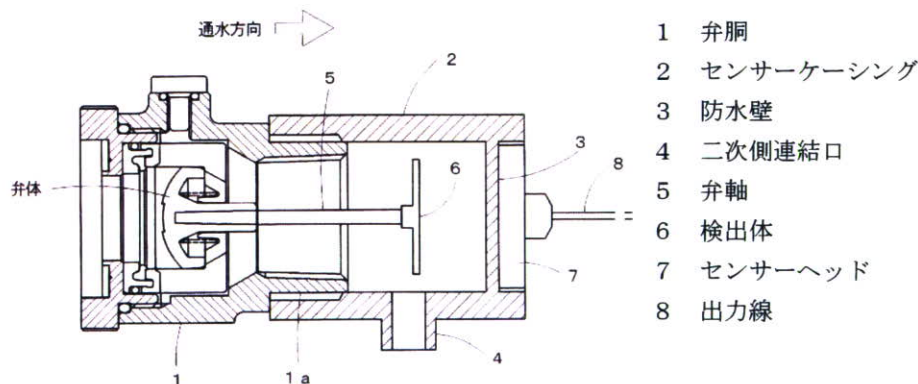


図 23 口径 20mm の弁変位検知センサー付単式バネ式逆止弁の構造

を検知し、弁体の変位を算出することができる。これを水道配管に組込むことで弁の変位距離の検出が可能となる。なお、本供試器具は正圧方向に水の流れが増大すると、弁変位が負方向に増大する検出構造である。

なお、この供試器具については、「弁変位検出機能付き弁および同機能付き逆止弁」として特許出願手続きを完了した。

また、特徴については以下のとおりである。

- (1) 試作品は市販品である単式バネ式逆止弁 A の二次側に変位センサーを取り付けた改造品である。
- (2) 変位センサーは水中で使用可能であること、計測精度が高いこと等を考慮して、渦電流式変位センサーを採用している。
- (3) 変位センサー取付部にアクリル樹脂製の部品を用いることで、弁体の変位状況が目視可能である。

C.2 平成 18 年度研究結果の概要

平成 18 年度は、単式バネ式逆止弁の種々の異常状態における挙動、圧力、流量データに基づく二重式逆止弁における異常検知方法、単式バネ式逆止弁における弁変位の検知も加味した解析に関して検討を行った。二重式逆止弁の実験ではバネ定数の違いを比較するため、二重式逆止弁 A（一次側及び二次側のバネ定数：中）と B（一次側バネ定数：大、二次側バネ定数：中）を供試器具に用いた。

C.2.1 単式バネ式逆止弁の種々の異常状態における挙動

実験結果の一例として、図 24 に単式バネ式逆止弁 B の種々の異常状態における挙動の実験（正常時）の実験結果、図 25 に同じ単式バネ式逆止弁 B の種々の異常状態における挙動の実験（一端への径 1.0mm の針金噛み時）の実験結果を示す。図 24 の弁正常時では、逆圧を加えても、逆流が発生せず、正圧を加えると弁差圧と流量がともに正方向に上昇していた。これに対し、図 25 の一端への径 1.0mm の針金噛み時では、逆圧を加えると、直ちに逆流が発生し、弁差圧 -0.045MPa 、流量 -8.8L/min 程度で降伏が発生しており、正圧を加えると弁差圧と流量がともに正方向に上昇していた。一方、二端、三端への径 1.0mm の針金噛み時では、逆圧を加えると、逆流は発生しても降伏は発生せず、正圧を加えると弁差圧と流量がともに正方向に上昇していた。他方、0.2mm の針金噛み時、弁体への複数箇所あるいは 1 箇所にキズ有り時では、逆圧を加えても、逆流を確認できず、正圧を加えると弁差圧と流量がともに正方向に上昇していた。次に弁正常時あるいは各種異物噛み時等の単式バネ式逆止弁に逆圧→正圧を連続的に加えた際の弁差圧－流量特性比較を図 26、図 26 の一部を拡大した特性比較を図 27 に示す。図 26 より、針金 1.0mm を一端に噛み込ませた場合には、逆圧時に降伏を引き起こし、正圧時には正の流量が発生するも針金は流失しなかった。針金 1.0mm を二端あるいは三端に噛み込ませた場合には、逆圧時に降伏は発生せず、正圧時には正の流量が発生するも針金は流失しなかった。一方、正常時、針金 0.2mm 噛み時、複数あるいは 1 箇所にキズ有り時では、逆圧を加えても逆流は発生せず、正圧時には正の流量が発生した。また、正圧が大きいまたは異物が小さいような状

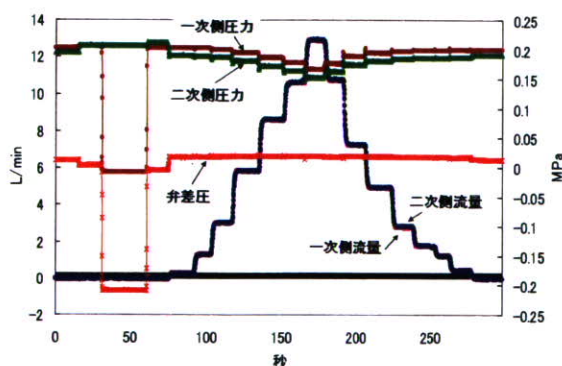


図 24 単式バネ式逆止弁 B の種々の異常状態の挙動（弁正常時）

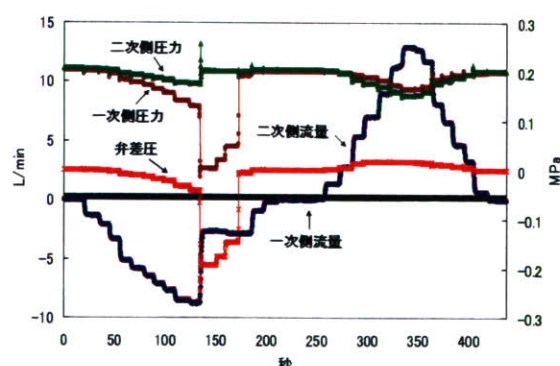


図 25 単式バネ式逆止弁 B の種々の異常状態の挙動（一端針金噛み時）

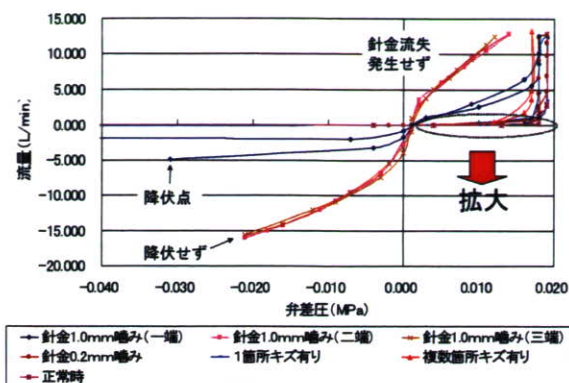


図 26 弁正常時あるいは各種異物噛み時等の単式バネ式逆止弁 B に逆圧→正圧を連続的に加えた際の弁差圧－流量特性比較

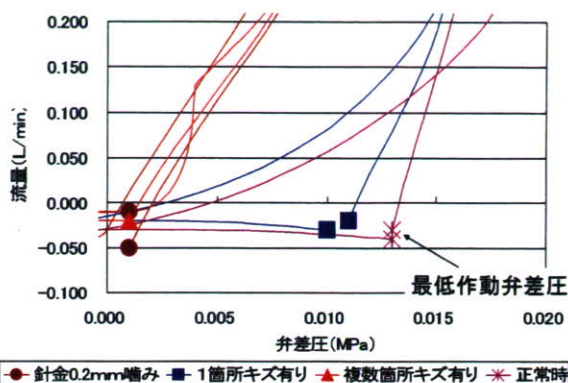


図 27 図 26 の一部を拡大した特性比較

況では通常通水時に針金が流失し、正常状態に近い状態に復帰するケースも見受けられた。図 27 より、針金 0.2mm 噛み時、複数あるいは 1 箇所にキズ有り時では、正常時における最低作動弁差圧より小さい弁差圧で通水を開始していた。このことから、逆圧時に逆流を伴わないような微小なキズあるいはバネの劣化等の不具合があっても、停水時での最低作動弁差圧以下で通水を開始することが明らかとなった。

即ち、逆圧時に逆流を伴わないような微小な異常でも停水時の弁差圧が最低作動弁差圧より小さければ、供試器具の異常として検知できることが明らかとなった。

C.2.2 圧力、流量データに基づく二重式逆止弁における異常検知方法

二重式逆止弁 A の正圧条件における弁正常時の挙動を図 28 に、同じ二重式逆止弁 A の逆圧条件における両側針金噛み時(径 1mm)の挙動を図 29 に、同じく負圧条件における両側針金噛み時(径 1mm)の挙動を図 30 に示す。図 28 から正常時に正圧を加えると弁差圧と流量がともに正方向に上昇しており、また、逆圧条件及び負圧条件で逆流は発生しなかった。この傾向は、一次側のみ針金噛み時、二次側のみ針金噛み時でも同様であった。これに対し、図 29 では、両側針金噛み時に逆圧を加えると、直ちに逆流が発生し、弁差圧が -0.023MPa 、流量が -4.3L/min 程度で降伏が発生しており、さらに逆圧を加えると逆流量が減少していた。この傾向は、バネ定数の違う二重式逆止弁で比較しても降伏点は異なるものの同様であった。図 30 では、両側とも針金噛み時に負圧を加えると、直ちに逆流が発生した。この傾向はバ

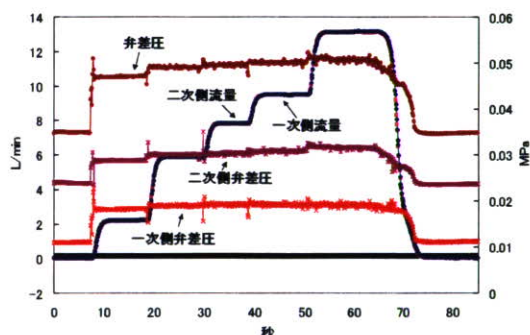


図 28 二重式逆止弁 A の弁正常時の挙動 (正圧 0.2MPa)

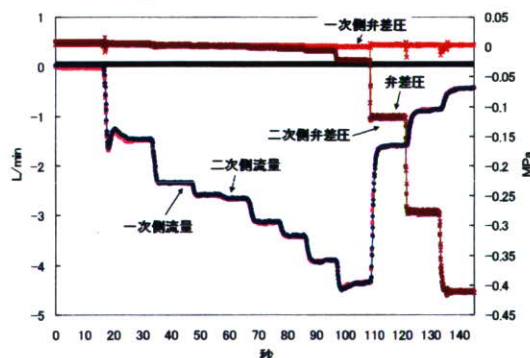


図 29 二重式逆止弁 A の両側針金噛み時の挙動 (逆圧 0.4MPa)

不定数の違う二重式逆止弁でも同様であった。

次に二重式逆止弁 B の弁差圧－流量特性について比較する。図 31 に正圧条件における弁正常時の各弁差圧の挙動を、図 32 に正圧条件における一次側針金噛み時の各弁差圧の挙動を、図 33 に逆圧条件における両側弁針金噛み時の各弁差圧の挙動を示す。図 31 から弁正常時では一次側弁、二次側弁及び供試器具にはそれぞれ固有の最低作動弁差圧が存在している。これに対し、図 32 から明らか

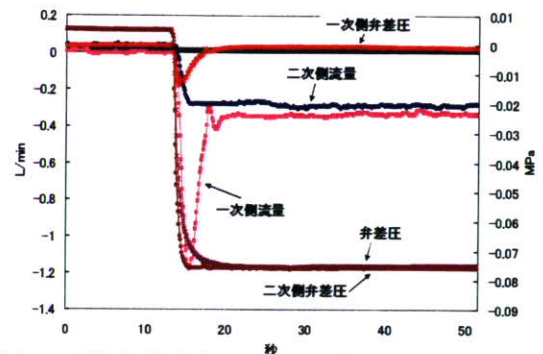


図 30 二重式逆止弁 A の両側針金噛み時の挙動 (負圧 -85kPa)

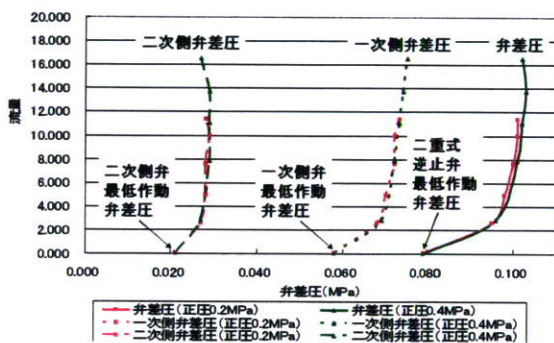


図 31 二重式逆止弁 B の弁正常時における弁差圧－流量特性 (正圧 0.2MPa)

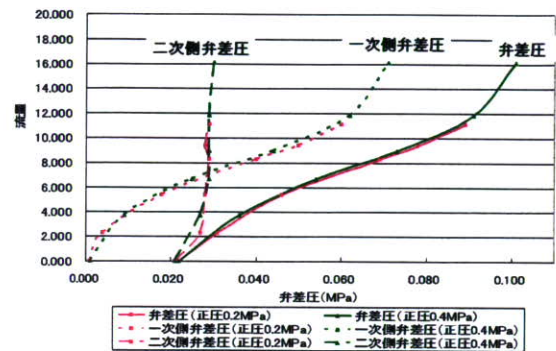


図 32 二重式逆止弁 B の一次側針金噛み時における弁差圧－流量特性 (正圧 0.2MPa)

かなように一次側弁、二次側弁、両側弁での針金噛み時では、針金を噛み込んでいる側の弁で、最低作動弁差圧以下で通水を開始することが明らかとなった。図 33 より、逆圧を加えた時は、正常時、一次側弁あるいは二次側弁針金噛み時では、逆流は発生しないが、両側とも針金噛み時では、逆流が発生していた。このことから、二重式逆止弁では、停水時における弁差圧と最低作動弁差圧との比較が異常検知に有効であることが明らかとなった。なお、今回の実験では、一次側、二次側に加えて中間室にも圧力センサを設けているため、一次側弁差圧と二次側弁差圧の比較も可能となっているが、中間室圧力の検知を必要としない弁差圧だけを検知してもどちらかの弁に異常があるかどうかまで、全ての場合に確定はできないが、いずれかの弁体異常を検出できることが明らかとなった。

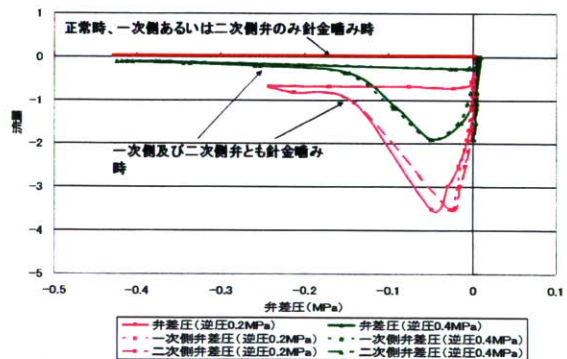


図 33 二重式逆止弁 B の両側弁針金噛み時における弁差圧－流量特性 (逆圧 0.4MPa)

C. 2. 3 単式バネ式逆止弁における弁変位も加味した解析

平成 17 年度に開発した弁変位センサーを用いて各作動状況における解析を行った。図 34 に弁変位センサー付単式バネ式逆止弁の正圧条件における弁正常時の弁変位と流量の

挙動を、図 35 に逆圧条件における弁正常時の弁変位と弁差圧の挙動を、図 36 に針金噛み時の逆圧条件における弁変位と流量の挙動を示す。図 34 から弁正常時に正圧を加えると流量が増大するにつれ、弁変位も負方向に増大していた。それに対し、針金噛み時では、停水時で既に -4.0mm 程度の変位が発生していたが、その後の挙動は同様であった。図 35 では、弁正常時に逆圧を加えると、弁差圧が負方向に増大するが、弁変位が若干正方向に増大していた。この時、逆流は発生しなかった。図 36 では、針金噛み時に逆圧を加えると、逆流が発生し、弁変位は -4.0mm 程度から若干正方向に増大していた。

次に同じ単式バネ式逆止弁の弁差圧－弁変位特性を図 37 に、弁差圧－流量特性を図 38 にそれぞれ示す。図 37 から弁差圧－弁変位特性については、弁正常時で最低作動弁差圧以下では弁変位は 0 であり、それ以上では弁変位が負方向に増大していた。これに対し、針金噛み時では、最低作動弁差圧以下であっても既に弁変位が -4.0mm 程度変位しており、弁差圧が 0.007MPa を超えた辺りで弁変位が負方向に増大していた。一方、図 38 から流量－弁変位特性については、弁正常時では、逆圧を加えても逆流は発生せず、弁変位が若干正方向に増大し、正圧を加えると弁変位の負方向への増大に伴い、流量も正方向に増大していた。これに対し、針金噛み時では、逆圧を加えると直ちに逆流が発生し、弁変位は -4.0mm 程

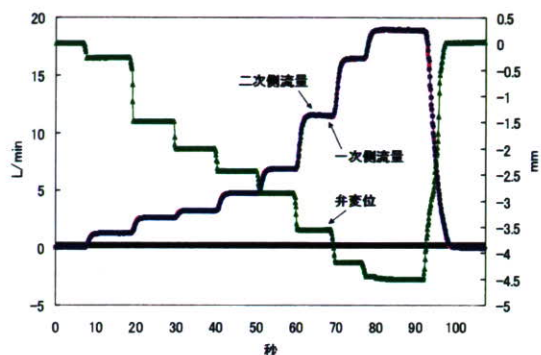


図 34 単式バネ式逆止弁における弁変位と流量の挙動
(弁正常時、正圧 0.4MPa)

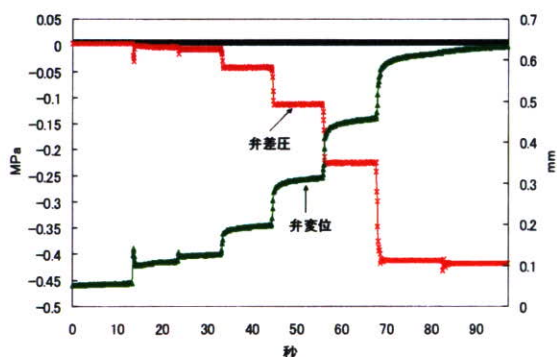


図 35 単式バネ式逆止弁における弁変位と弁差圧の挙動
(弁正常時、逆圧 0.4MPa)

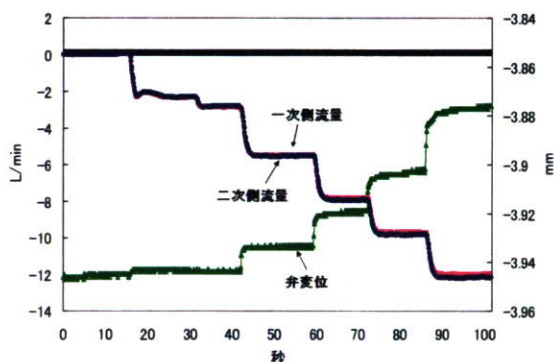


図 36 単式バネ式逆止弁における弁変位と流量の挙動
(針金噛み時、逆圧 0.2MPa)

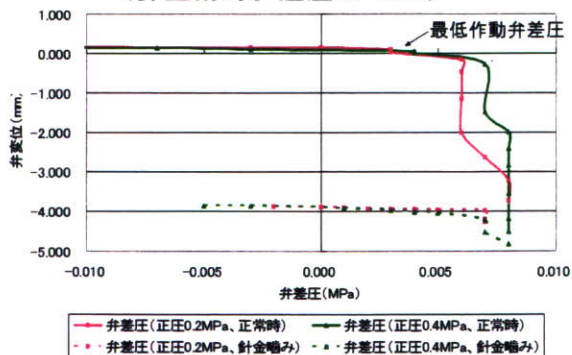


図 37 単式バネ式逆止弁における弁差圧－弁変位特性

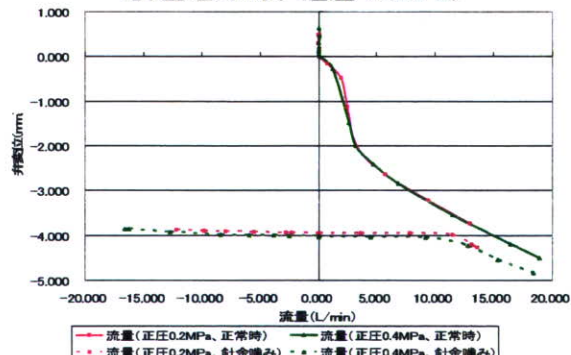


図 38 単式バネ式逆止弁における流量－弁変位特性

度のまま変わらず、正圧を加えると正方向の通水量が増大し、流量 11.5L/min 程度以上になると、弁変位も負方向にさらに増大していた。これらのことから、単式バネ式逆止弁で異物噛みが発生した場合、弁差圧が逆圧も含めて最低作動弁差圧以下となった時あるいは逆圧による逆流量発生時、停水時、小流量通水時でも、弁変位が負の値を示すことが明らかとなった。言い換えれば、最低作動弁差圧以下となる停水時に負の弁変位が存在したとすれば、それは異物噛みの可能性があるということになる。

C.3 平成 19 年度研究結果の概要

本研究の最終年度である平成 19 年度は、残るバネ式逆止弁である減圧式逆流防止器の異常検知方法の検討及び主に実用化に向けた検討を行う方針とした。検討項目としては、弁差圧及び流量による減圧式逆流防止器の異常検知手法開発、現実に即した実験条件における圧力及び流量データの取得方法の検討、異常検知装置付逆流防止装置作成のためのフイジビリティスタディ等である。

C.3.1 弁差圧及び流量による減圧式逆流防止器の異常検知手法開発

1) 正圧状態

減圧式逆流防止器の正圧状態における弁正常時または弁異常時の弁差圧と一次側流量の挙動の一例を図 39 に、弁差圧と二次側流量の挙動の一例を図 40 に示す。図 39 の弁差圧と一次側流量の挙動から弁正常時には、これまでの研究で明らかにした他のバネ式逆止弁（単式逆止弁、二重式逆止弁）の場合と同様に最低作動弁差圧が存在することが分かる。また、弁異常時には最低作動弁差圧以下で一次側流量に正の流量が発生している。但し、他のバネ式逆止弁と異なる点として、一次側弁異常、両側弁異常の場合、二次側流量が 0 または微小な場合でも常に一定以上の正の流量が発生している。これは、一次側弁異常に伴う中間室逃がし弁からの連続的な排水によるものである。

図 40 の弁差圧と二次側流量の挙動で

は、他のバネ式逆止弁と同様の傾向を示し、弁異常時には、弁正常時の最低作動弁差圧以下で正の流量が発生する。また、図 39 と図 40 を比較すると他のバネ式逆止弁においては、これまで一次側流量と二次側流量で挙動は同じであったが、逃がし弁からの排水の影響により、それぞれで挙動が異なることが明らかとなった。また、正圧条件を 0.4MPa とした場合についてもほぼ同様の結果であった。

2) 逆圧状態

減圧式逆流防止器の逆圧状態における弁正常時及び弁異常時（ピアノ線）の弁差圧と一次側流量の挙動を図 41 に、弁差圧と二次側流量の挙動を図 42 に示す。図 41 の弁差圧と一次側流量の挙動から、弁正常時には、他のバネ式逆止弁と同様に弁差圧が陰圧状態でも逆流は発生せず、流量は 0 となっている。それに対し、弁異常時には、まず一次側

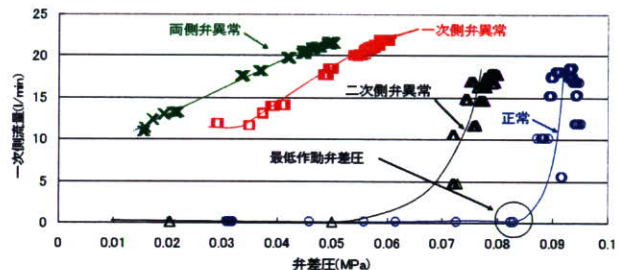


図 39 正圧状態における弁差圧と一次側流量の挙動（正圧 0.2MPa）

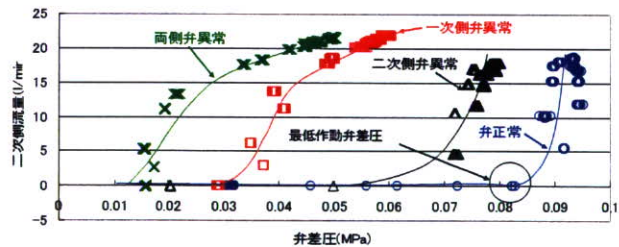


図 40 正圧状態における弁差圧と二次側流量の挙動（正圧 0.2MPa）

弁異常時において弁差圧が陰圧状態で正の流量が発生している。これは、二次側弁が正常に機能しているため、二次側に作用する圧力が増大しても一次側へは作用せず、一次側弁異常による逃がし弁からの排水に伴う正流量である。二次側弁異常の場合では、弁差圧が陰圧状態において弁正常時と同様に逆流は発生していなかった。両側弁異常時では、図 42 から明らかなように二次側流量と比較するとわずかながら、弁差圧が陰圧状態において逆流が確認された。これにより、両側弁異常時では、減圧式逆流防止器でも状況によって逆流が発生しうることが確認され、弁異常検知の重要性が改めて認識された。次に図 42 の弁差圧と二次側流量の挙動では、弁正常時において一次側流量の挙動の場合と同様に弁差

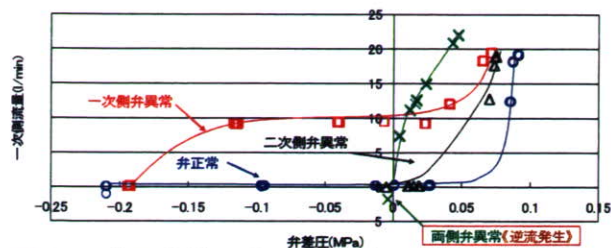


図 41 逆圧状態における弁差圧と一次側流量の挙動（逆圧 0.2MPa）



図 42 逆圧状態における弁差圧と二次側流量の挙動（逆圧 0.2MPa）

圧が陰圧状態で逆流は発生せず、流量は 0 であった。一次側弁異常時についても弁正常時と同様に陰圧状態で流量は 0 となった。二次側弁異常時では、逆流が確認されたが、一次側流量において流量が 0（図 41）であったことから、発生した逆流量の全量が逃がし弁から排水されていることが明らかである。また、弁差圧が正圧から陰圧へと移行する逆圧の過程においては、正圧状態であっても逆流が発生していた。これは減圧式逆流防止器の機構が一次側弁差圧の差圧を利用して逃がし弁のバネを圧縮させ排水口を密閉するようになっているが、一次側弁差圧が逃がし弁のバネ圧よりも小さくなり、逃がし弁の排水口が開放され、全体としては正圧になっているが、二次側からの水圧により逆流が発生したものと考えられる。両側弁異常時では、二次側弁異常時とほぼ同様の逆流が発生しているが、先にも述べたとおり一次側への逆流が確認されている。これまで径 1mm のピアノ線を用いて異常状態を再現していたが、径 1mm の真鍮でも実験を行っている。真鍮による両側弁異常時における実験では、真鍮が比較的強度が低いため、二次側弁において他のバネ式逆止弁でも確認された降伏現象に伴い、二次側流量の逆流量が急激に減少した。このため全量が逃がし弁から排水され、一次側への逆流は認められなかった。

3) 負圧状態

負圧状態における弁正常時及び弁異常時の弁差圧と一次側流量の挙動を図 43 に、弁差圧と二次側流量の挙動を図 44 に示す。図 43 の弁差圧と一次側流量の挙動から弁正常時では、弁差圧が陰圧状態で瞬間的に微小な逆流が発生するが、その後の流量は 0 となった。この瞬間的に発生する微小な逆流は、逃がし弁を密閉するためにバネを押さえていたダイアフラム上の一次側の水が逃がし弁のバネに押し戻され逆流したものであると考えられる。一次側弁異常時では、弁差圧が陰圧状態で逆流が確認された。しかし、数値が継続してばらついていて、二次側で逆流が認められないことから逃がし弁からの空気吸入によることが分かる。二次側弁異常時では、弁正常時とほぼ同様の挙動であった。両側弁異常時は、一次側弁異常時と同じく逆流が認められた。但し、両側弁異常時の場合、一次側弁異常時と同様な数値の継続的なバラツキが認められたが、図 44 から明らかなように二次側からも逆流が発生し、逃がし弁からの排水も認められなかったため、二次側の逆流の全量が一次側へ逃がし弁からの空気吸入とともに逆流しているものと考えられた。しかし、

逃がし弁からの空気吸入の影響により、一次側の正確な流量計測ができないことから、供試器具一次側に設置した透明管に二次側の水槽の水が負圧発生に伴い流入するか目視することとした。その結果、やはり透明管への流入を確認し、このとき逃がし弁からの排水は発生していなかった。このことから、逃がし弁からの排水検知による弁異常検知方法も基本的には有効であるが、まれな条件下では必ずしも十分な方法ではないと考えられる。次に、図 44 の弁差圧と二次側流量の挙動から、弁正常時、一次側弁異常時ではいずれも陰圧下で逆流は発生しなかった。二次側弁異常時では逆流は発生するものの図 43 から一次側への逆流は認められなかった。両側弁異常時では、逆流が確認され、先にも述べたが、全量が一次側へ逆流していた。なお、径 1mm の真鍮の針金で行った実験でも逆流が認められた。

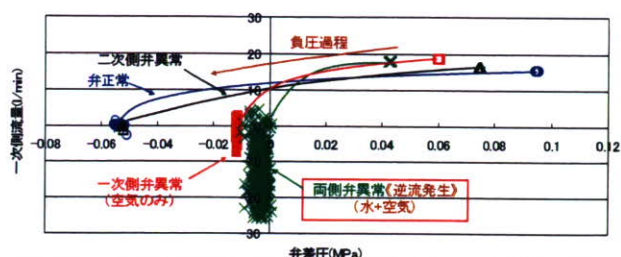


図 43 負圧状態における弁差圧と一次側流量の挙動（負圧-54kPa）

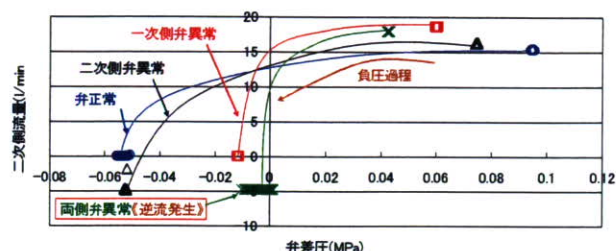


図 44 負圧状態における弁差圧と二次側流量の挙動（負圧-54kPa）

C.3.2 現実に即した実験条件における圧力及び流量データの取得方法の検討

これまでデータ解析を容易にするため、各設定条件が安定したところでデータを取得していた。しかし、現実的な使用状況においては連続的に常に各データが変化することが想定されることから、このような状況下におけるデータ取得方法を検討した。

1) 正圧状態

正圧状態での吐水過程において減圧式逆流防止器における緩やかなバルブ操作（開閉動作約 12 秒）を行った場合の弁差圧と二次側流量の挙動を図 45 に、急激なバルブ操作（開閉動作約 1 秒）を行った場合の弁差圧と二次側流量の挙動を図 46 に示す。なお、図中の矢印は弁差圧と流量の変化方向を示している。図 45 から緩やかなバルブ操作による弁差圧と流量の挙動が、C.3.1 項の図 40 に示した正圧状態での弁差圧と二次側流量の挙動とほぼ同様の挙動を示していることが確認された。しかし、図 46 から急激なバルブ操作を行った場合の弁差圧と二次側流量の挙動では、弁差圧の変動に比べ、流量が追従できていない現象が認められた。つまり、最低作動弁差圧の時に流量が発生せず、バルブの全開状態における弁差圧が発生した後に流量が発生していた。これは、今回実験に用いている圧力

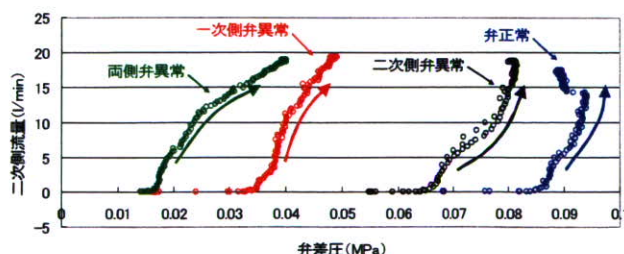


図 45 緩やかなバルブ操作による弁差圧と二次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、正圧状態、正圧 0.2MPa）

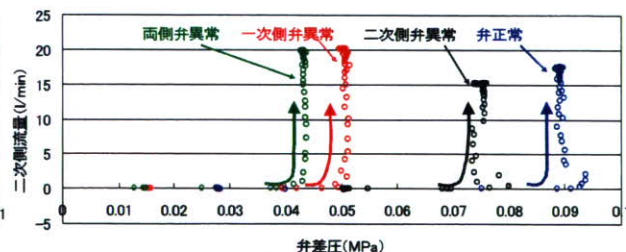


図 46 急激なバルブ操作による弁差圧と二次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、正圧状態、正圧 0.2MPa）

センサーの応答速度が、0.1 秒であるのに対し、電磁流量計流量センサーの変換器のダンピング時定数（100%のステップ状入力に対する出力変化が 63.2%まで変化するのに要する時間）が 0.5 秒であることが原因のひとつとして考えられた。そこで、流量計のダンピング時定数を 0.1 秒に改善した予備的実験を行ってみたが、結果として急激なバルブ操作を行った場合の流量の立上り時のプロットが非常に少なくなり、最低作動弁差圧の特定はやはり困難であった。

2) 逆圧状態

逆圧過程において減圧式逆流防止器における緩やかなバルブ操作（開閉動作約 12 秒）を行った場合の弁差圧と一次側流量の挙動を図 47 に、急激なバルブ操作（開閉動作約 1 秒）を行った場合の弁差圧と一次側流量の挙動を図 48 に示す。図 47 の緩やかなバルブ操作を行った場合の弁差圧及び流量の挙動からは、C.3.1 項の図 41 に示した段階的にバルブ操作をした場合の弁差圧及び流量の挙動とほぼ同様の結果となった。さらに、図 48 の急激なバルブ操作を行った場合の弁差圧及び流量の挙動についても緩やかなバルブ操作を行った場合の結果と比較し、データのバラツキは大きいですが、同様の結果となった。

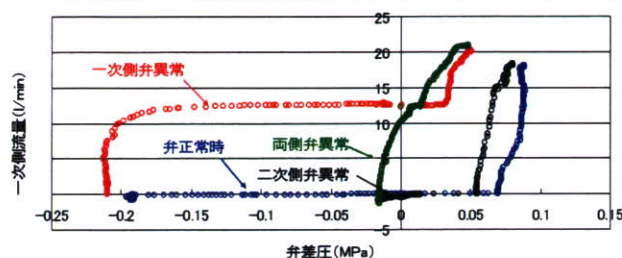


図 47 緩やかなバルブ操作による弁差圧と一次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、逆圧状態、逆圧 0.2MPa）

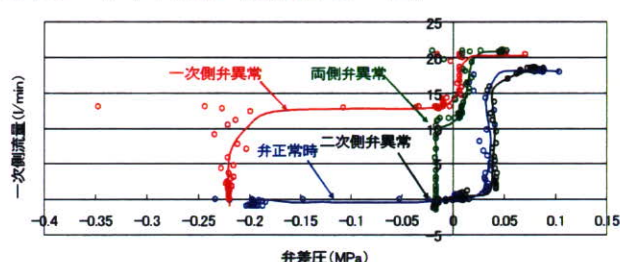


図 48 急激なバルブ操作による弁差圧と一次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、逆圧状態、逆圧 0.2MPa）

3) 負圧状態

負圧過程において減圧式逆流防止器における緩やかなバルブ操作（開閉動作約 12 秒）を行った場合の弁差圧と一次側流量の挙動を図 49 に、急激なバルブ操作（開閉動作約 1 秒）を行った場合の弁差圧と一次側流量の挙動を図 50 に示す。図 49 の結果と図 50 の結果から、緩やかなバルブ操作の場合と急激なバルブ操作の場合とを比較すると急激なバルブ操作の場合のほうが弁差圧データに対する流量データの反応速度が遅いことが分かる。しかし、当然のことながら負圧状態が安定期になるとその後のデータの挙動はほぼ同様である。

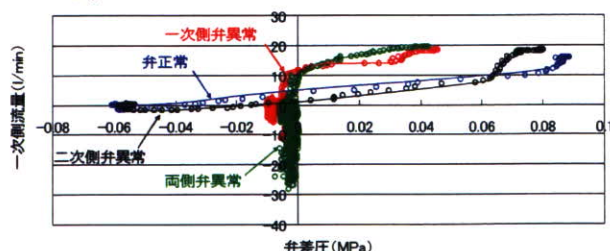


図 49 緩やかなバルブ操作による弁差圧と一次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、負圧状態、負圧 -54kPa）

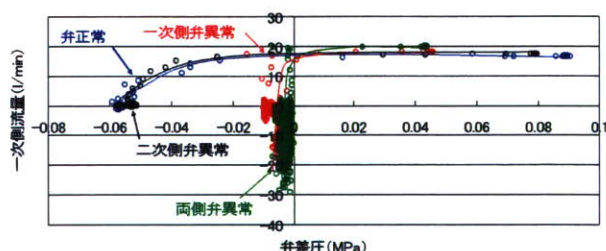


図 50 急激なバルブ操作による弁差圧と一次側流量の挙動（減圧式逆流防止器、負圧状態、負圧 -54kPa）

C.3.3 異常検知装置付逆流防止装置作成のためのフィージビリティスタディ

これまでは主に弁差圧と流量による異常検知方法、弁変位検知センサー付単式逆止弁によ

る異常検知方法に関する研究を行った。ここでは、これらの装置を量産した場合の装置化の例と想定価格を示すとともに、異常検知性能では若干劣ると考えられるが、より安価で装置化が期待できる異常検知装置付逆流防止装置の例を示す。それぞれの方式の特徴及び

表 2 異常検知装置付逆流防止装置のそれぞれの特徴と想定価格

方式	それぞれの特徴	想定価格※1
1	逆流防止器の一次側と二次側に差圧計を設置し、流量計を通常は一次側に、減圧式逆流防止器の場合は一次側及び二次側に設置し、差圧と流量を計測し、異常検知するソフトを備え、異常の場合は赤ランプが点灯する。警報方式は設置場所に対応して変更する。	10万円/一基(差圧計、流量計が高価となる)
2	逆流防止器に弁体変位検出装置と流量計または差圧計を取付け、異常検知するソフトを備える。価格を考慮し、弁体変位検出装置のみを取り付け、弁が開いている時間で異常検知する方式もある。警報方式は方式1と同じ。	8万円/一基(弁体変位検出装置のみの場合は5万円/一基)
3	逆流防止器の一次側と二次側に差圧計を設置し、差圧が0になった場合に異常検知するソフトを備える。警報方式は方式1と同じ。	7万円/一基
4	逆流防止器の一次側に流量計を設置し、逆流を監視するソフトを備える。警報方式は方式1と同じ。	5万円/一基

※1 想定価格は量産した場合の目標である。

想定価格を表 2 に示す。

この結果、各異常検知装置付逆流防止装置は、最低価格の方式で目標量産価格が 5 万円となっており、今回実験で用いた単式逆止弁の 8 倍程度の金額となり、現時点では実用化のための適切な価格設定になっているとはいえない。このため、逆流発生時における被害想定を行い、費用対効果を検討した上で設置することが必要である。また、今後更なるコスト低下に向けた技術的な検討も必要である。さらには、現段階で提案した試作案は、有線で非常警報を行う方式を想定しているが、非常警報の送信先として 24 時間体制で適切かつ速やかな対応を構築できる組織でなくてはならない。このような組織の役割を事業体が自ら行うのか、別組織に委託して行うのか等、非常時における維持管理体制の検討も今後必要であるものと考えられる。

D. 考察

各種バネ式逆止弁の異常検知方法をこれまでの研究結果を基に考察する。

D.1 単式バネ式逆止弁の弁差圧と流量による異常検知方法

平成 17 年度に行った研究結果から弁正常時と弁異常時に相違する傾向は次の 2 点であった。

(1) 負方向への弁差圧が発生した場合、正常時には逆流は発生しないが、針金噛み時には直ちに逆流が発生すること。(針金径が異なってもそれに応じた逆流量が発生する)

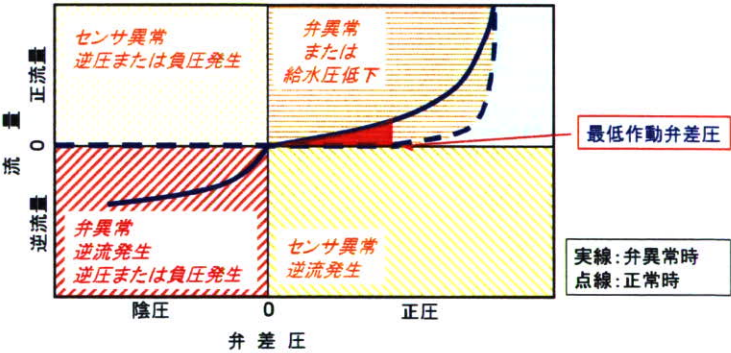


図 51 単式バネ式逆止弁の弁差圧と流量による異常検知条件概念図