

新型アングル型安全弁の性能試験

Performance Test of New Angle type Safety Valve

桑原 隆*

Takashi Kuwahara

農業用パイプライン向けに当社従来品と比較し、小型で安価なアングル型安全弁を開発・製品化した。今回、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所のご指導とご協力を頂き、本弁の性能試験を実施する機会が得られたため、その結果を報告する。

A new small-size angle type safety valve was developed to agricultural water pipeline. The performance of this valve was tested under the guidance and cooperation of the National Institute for Rural Engineering Laboratory of Canal. This paper reports the result of this performance test.

1. はじめに

農業用パイプラインにおいては、水撃作用などの異常な圧力上昇から管路を保護するために減圧弁型調圧施設の上・下流に安全弁が広く使用されている。

近年、特に大規模畑地ほ場では農作業の自動化が進み、電磁弁や定流量弁を用いた自動散水装置が設置されることが多くなり、農作業における人的負担は減少したものの、電磁弁や定流量弁の急な開閉による水撃発生頻度が増加し、安全弁の性能向上が求められている。

この要求に応じるべく、高性能の安全弁を新たに製品化したため、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所のご指導とご協力をいただき本弁の性能確認試験を実施した。

2. 弁の概要

当社は従来製品としてRA-24型という安全弁がある。本製品は、主に水道で使用されてきたもので、大吐出容量、優れた一次圧力維持性能および緩閉動作機能を有することから、安全弁としての用途以外にポンプ吐出圧力調整用(一次圧力調整弁)としても用いられてきた。しかし、農業用としては一般的に使用されている他社直動式アングル型安全弁と比較し、大型で高価なため広く採用はされていなかったようである。

今回製品化した安全弁は、既存のRA-24型安全弁と同等の吐出容量と一次圧力維持性能および緩閉機能を有し、小型化と低価格化を実現したものである。

3. 安全弁の構造と作動原理

3.1 構造

一般的に、安全弁はその構造から直動型とパイロット型の2種類に分けることができる。今回の新型安全弁はパイロット型となっており、その構造を図1に示す。

本弁は、弁箱、上下運動により流路の開閉を行う弁体、圧力を検知し弁体はその圧力に応じて上下させるパイロット装置および本弁の最大の特徴といえる弁体中央を貫通するニードルで構成される。

3.2 作動原理

弁体は、下面の直径(上流側口径)よりも上面の直径(シリンダ径)が大きく、受圧面積に差を設けている。パイロットの設定圧力より管路圧力が低い場合、弁体と弁体を貫通するニードルの微小な隙間から水がシリンダ内に流入し、バルブの上流側圧力(管路内圧力)とシリンダ内の圧力が同じになる。弁体上下面に同じ圧力が作用しても、弁体上面の方が弁体下面より受圧面積が大きいいため、弁体下面に発生する上向きの力よりも上面に発生する下向きの力が大きくなり、弁体は下に押し付けられバルブは全閉となる。(図2)

次に、管路内圧力が上昇しパイロット設定圧力を超えた場合、上流側圧力(管路内圧力)が導圧管路を通じて圧力検知室に伝達され、パイロット弁を押し付けているパイロットばねが圧力に押されて縮み、パイロット弁が上昇する。パイロット弁が上昇するとシリンダ内の水が排水管路を通り弁箱の吐出口に排出され、シリンダ内の圧力が低下する。その結果、シリンダ内の圧力で弁体を押し下げていた力が弱まり、上流圧力による弁体を押し上げようとする力で弁体は上昇しバルブが開く。(図3)

バルブから管路内の水が排出され管路内圧力が低下し、上流側圧力がパイロット設定圧力以下になると、圧力検知室内の圧力にパイロットばねが勝り、パイロット弁が降下、全閉する。パイロット弁が全閉したことでシリンダ内の水の排出が止まり、また、弁体とニードルの隙間からの水の流入で徐々にシリンダ内の圧力が上昇、弁体が降下し全閉する。(図4)

弁体の降下速度(閉止速度)は、上部が細く下部が太くなっているニードルの形状から、弁体が大きく開いている時は弁体とニードルの隙間は広く比較的多量の水がシリンダ内に流入し、弁体の降下速度は速い。弁体が降下していくと徐々にニードルが太くなり弁体とニードルの

* バルブ事業部 バルブ技術部

隙間が小さくなるためシリンダ内への水の流入量が少なく弁体の降下速度が遅くなる。この閉動作を緩閉動作といい、上流側の水撃を防止する効果がある。

4. 試験方法

本試験では農業用として広く使用されており、安全弁の性能を測る上で基準となる直動式アングル型安全弁および水道において高価ではあるがその一次圧力維持性能と吐出容量の大きさから一次圧力調整弁としても使用されている従来型RA-24型安全弁の二種類の弁と比較試験を行った。

4.1 試験目的

安全弁としての基本性能である動作設定圧力の安定性、作動状況および吐出容量の確認を目的とした。

4.2 試験方法

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所の水理実験施設内に設置した図5に示す試験装置にて実施した。

ポンプにより試験管路に送水し、送水圧力と送水量は上流側バルブ・中間バルブおよび下流側バルブにより調整を行った。各値の測定は、管路の圧力(安全弁上流側圧力)を測定するための圧力センサ1、安全弁の排出流

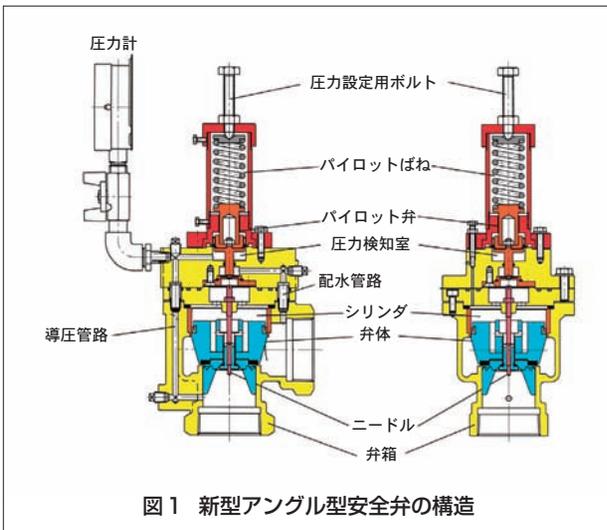


図1 新型アングル型安全弁の構造

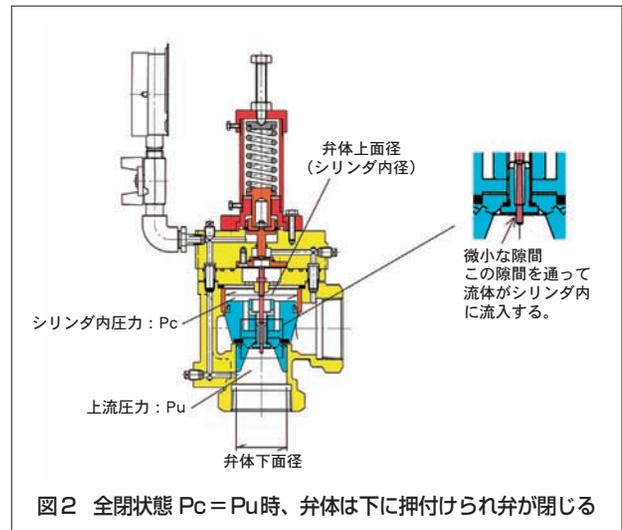


図2 全閉状態 $P_c = P_u$ 時、弁体は下に押付けられ弁が閉じる

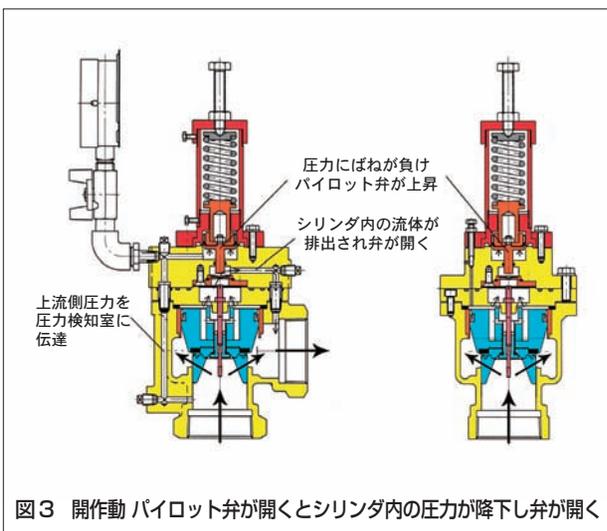


図3 開作動 パイロット弁が開くとシリンダ内の圧力が降下し弁が開く

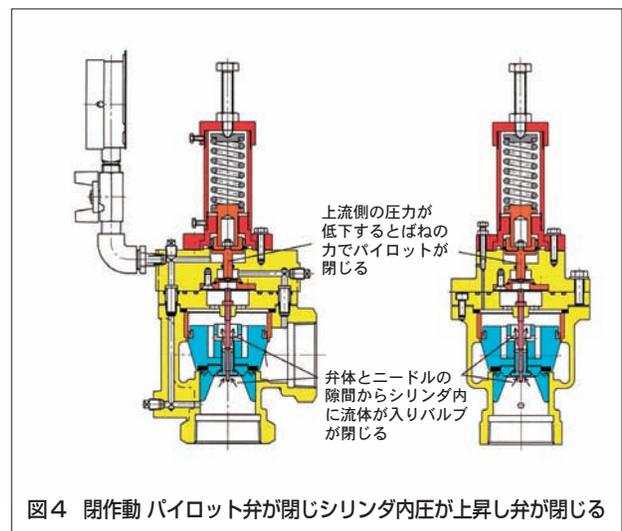


図4 閉作動 パイロット弁が閉じシリンダ内圧が上昇し弁が閉じる

量を測定するための超音波流量計、および安全弁の下流側圧力測定に圧力センサ2を用いた。各々の測定データは、データ記録装置にて同時サンプリングし記録した。

今回、実施した各確認試験項目の具体的な試験要領は以下の通りである。

4.2.1 動作設定圧力の安定性確認

試験用の安全弁をあらかじめ計画した圧力に設定し、下流側バルブを急閉急開操作(管路圧力の急上昇・急降下)および緩閉緩開操作(管路圧力の徐々に上昇・徐々に降下)した時の各値の記録を行うことで、管路圧力変動に対する安全弁の安定性と応答性を確認した。

4.2.2 作動状況

4.2.1項の動作設定圧力の安定性確認より得られた試験結果を分析することで、実際のバルブの動きを確認できる。今回は、特に安全弁の急閉時の緩閉動作について検証した。

4.2.3 容量確認試験

前項同様4.2.1項の動作設定圧力の安定性確認より得られた結果から、1次圧力を維持可能な最大流量を確

認した。また、新型アングル型安全弁においては、弁開度を任意に固定できるように改造したものを用意し、各開度における上流側圧力、流量および下流側圧力を測定し各開度の損失係数を確認した。

5. 試験結果

5.1 測定結果

本試験により得られた測定データを以下に示す。各グラフの表題にバルブの種類、初期管路圧力、安全弁設定圧力および試験種類を表示した。安全弁の設定圧力は初期管路圧力プラス0.1MPaとし、0.3、0.5、および0.7MPaの5種類の設定圧力に対し管路圧力の急・緩上昇および降下の条件で測定したデータを示している。

ただし、既存アングル型安全弁は0.6MPa以上に対応していないため、0.6MPa以上の設定データはない。また、RA-24型の圧力設定値0.5MPaの急激な圧力上昇・降下のデータは記録できなかった。(表1)

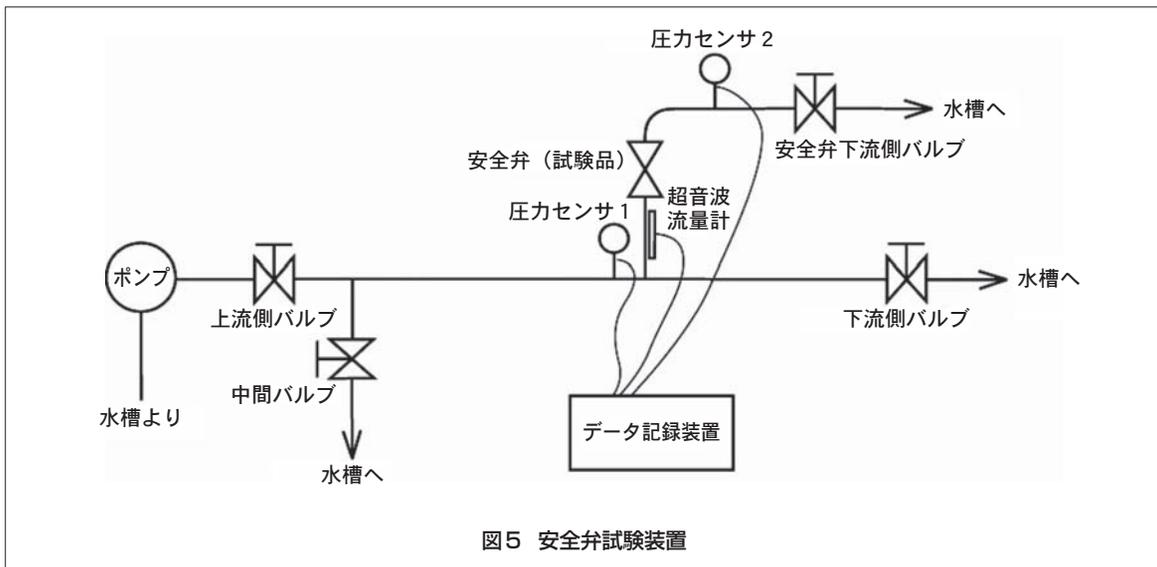
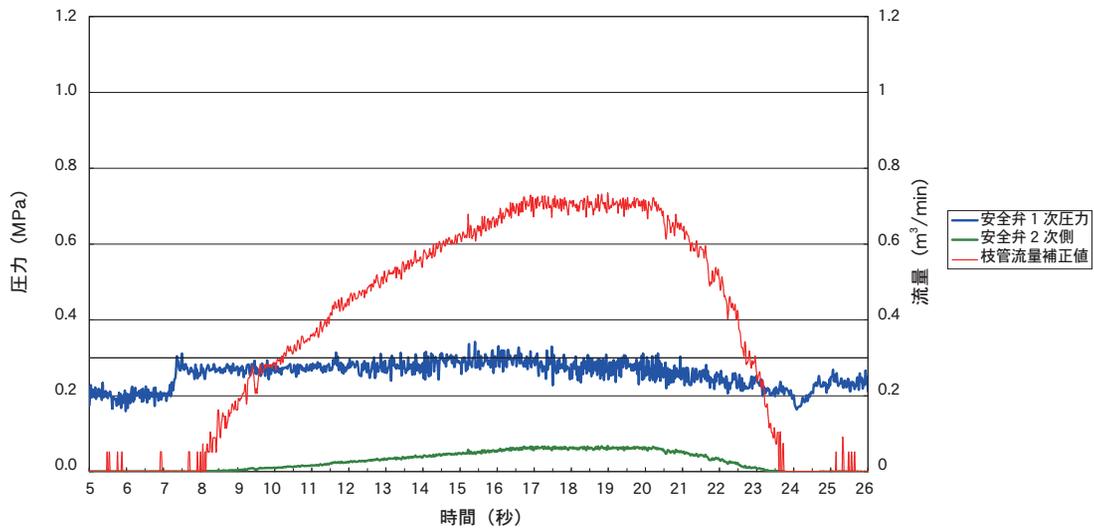


図5 安全弁試験装置

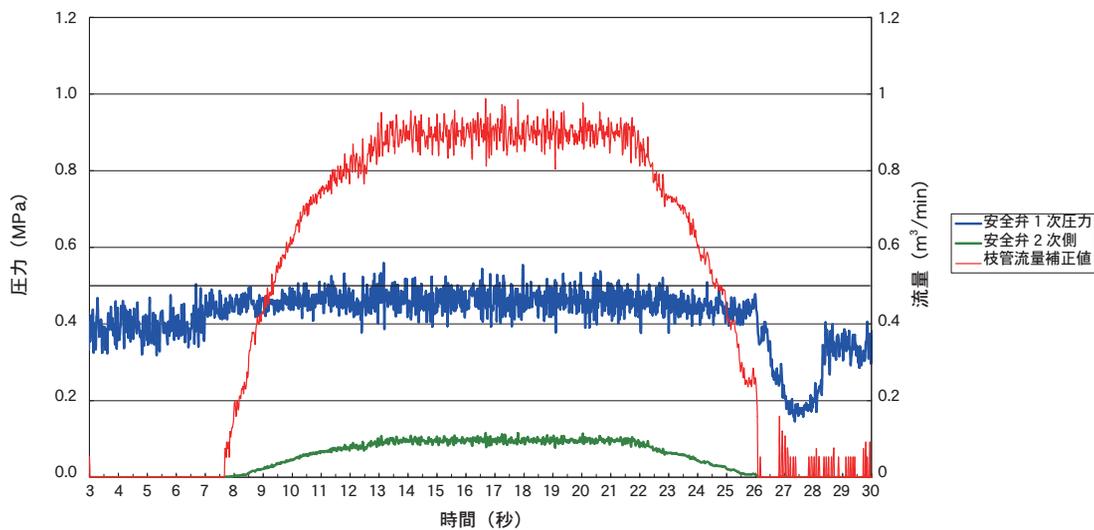
バルブ形式		新型アングル型安全弁		RA-24型安全弁		既存アングル型安全弁	
圧力条件		緩変動	急変動	緩変動	急変動	緩変動	急変動
設定圧力	初期圧力						
0.3 MPa	0.2 MPa	グラフ 1	グラフ 9	グラフ 4	グラフ 12	グラフ 7	グラフ 14
0.5 MPa	0.4 MPa	グラフ 2	グラフ 10	グラフ 5	-	グラフ 8	グラフ 15
0.7 MPa	0.6 MPa	グラフ 3	グラフ 11	グラフ 6	グラフ 13	-	-

表1 測定条件とグラフの対応表

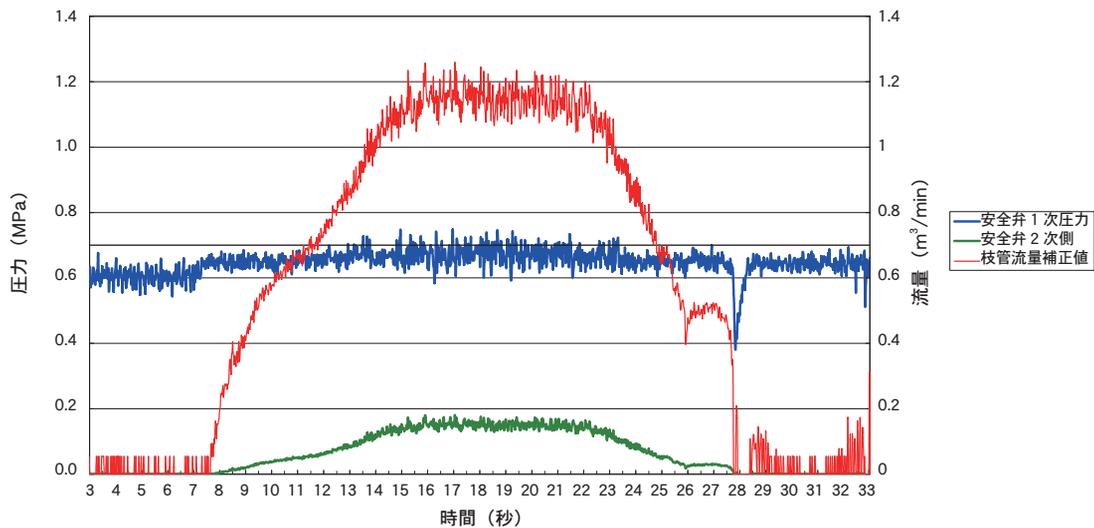
5.1.1 管路圧力が徐々に上昇・徐々に降下した場合の測定データ(グラフ1～8)



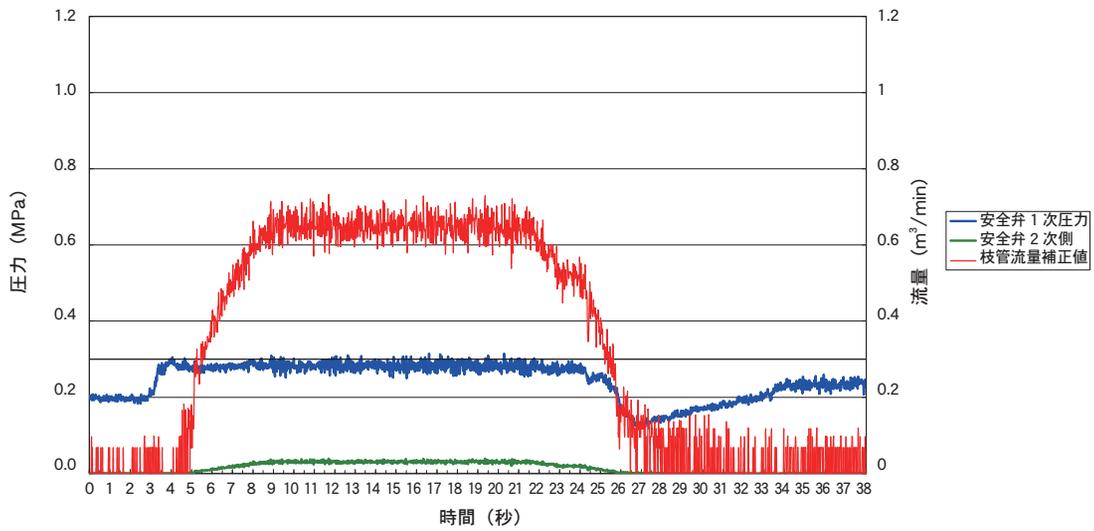
グラフ1 新型アングル型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・緩やかに圧力上昇)



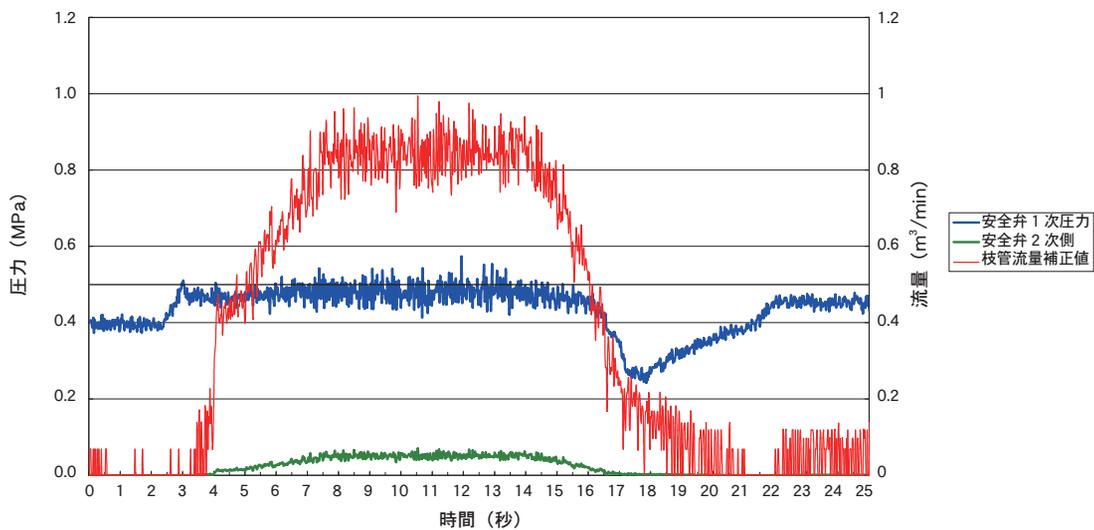
グラフ2 新型アングル型安全弁(0.5MPa設定、0.4MPaスタート・緩やかに圧力上昇)



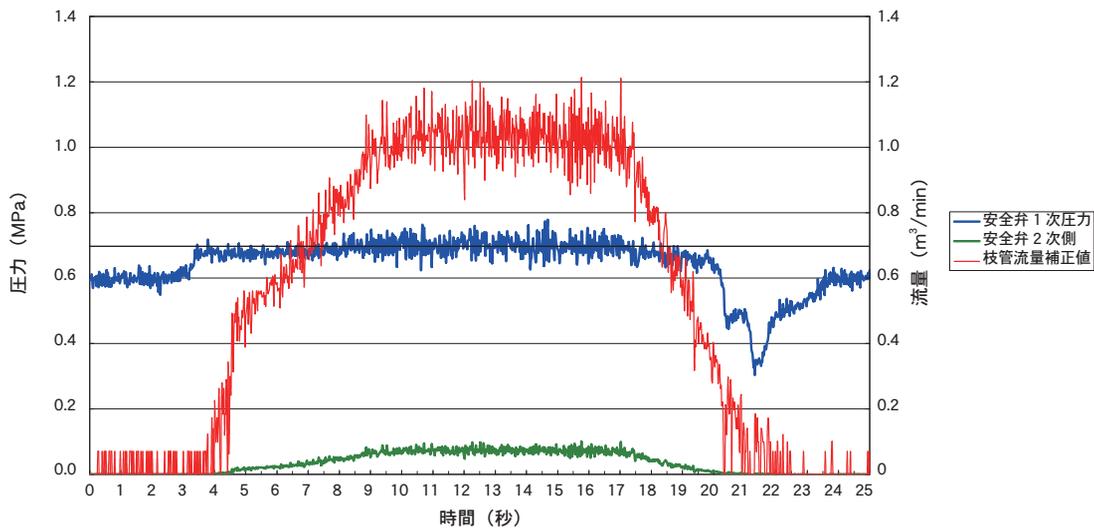
グラフ3 新型アングル型安全弁(0.7MPa設定、0.6MPaスタート・緩やかに圧力上昇)



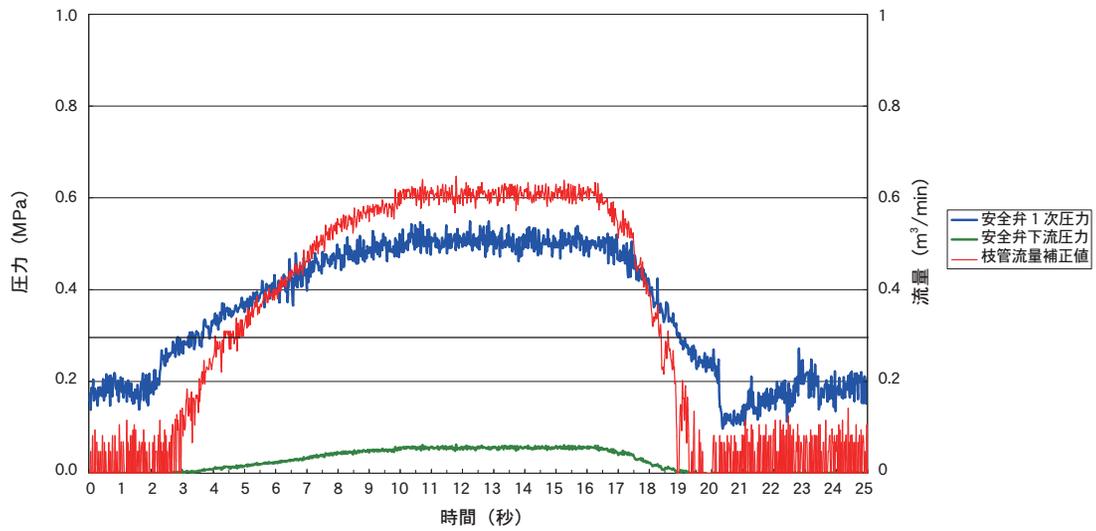
グラフ4 RA-24型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・緩やかに圧力上昇)



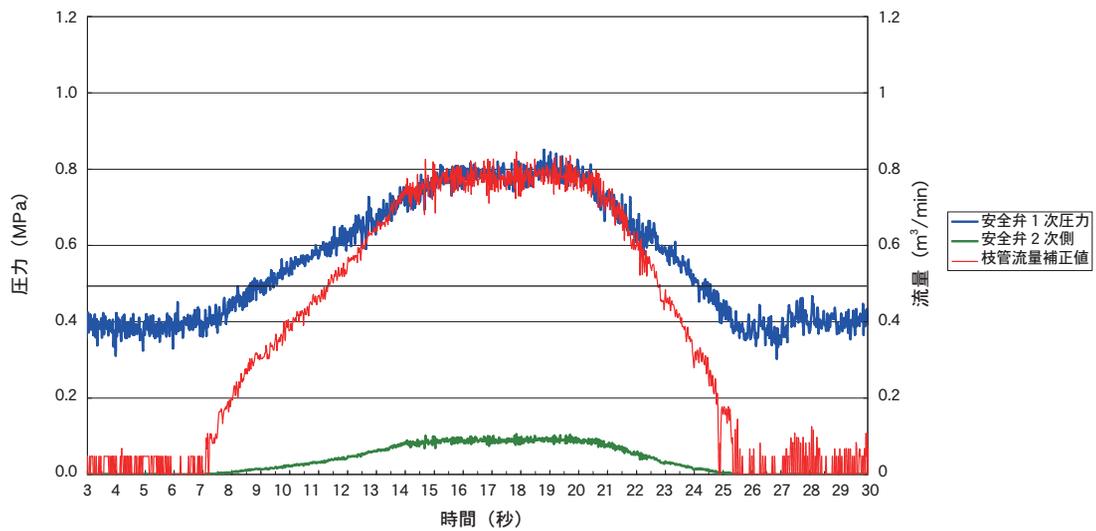
グラフ5 RA-24型安全弁(0.5MPa設定、0.4MPaスタート・緩やかに圧力上昇)



グラフ6 RA-24型安全弁(0.7MPa設定、0.6MPaスタート・緩やかに圧力上昇)

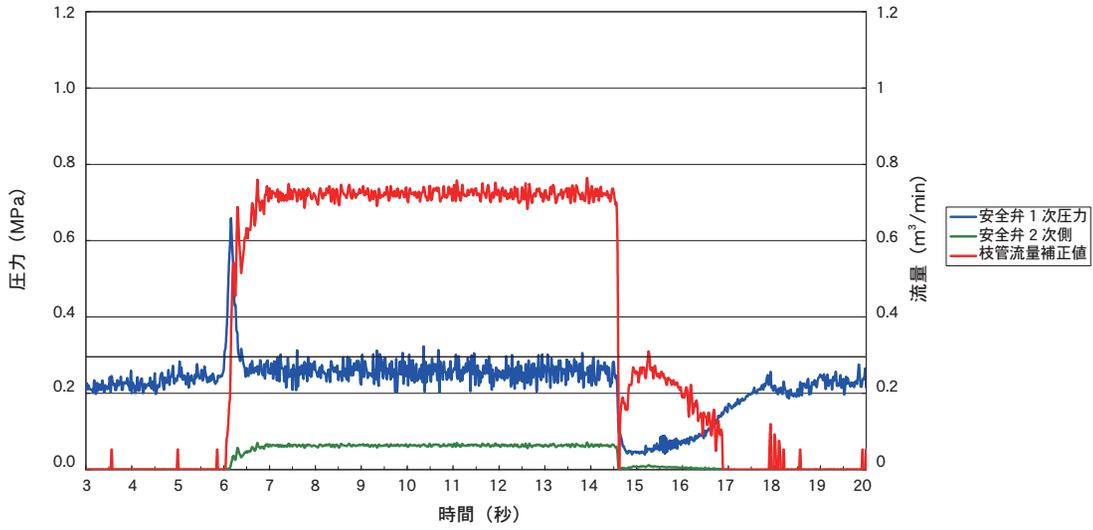


グラフ7 既存アングル型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・緩やかに圧力上昇)

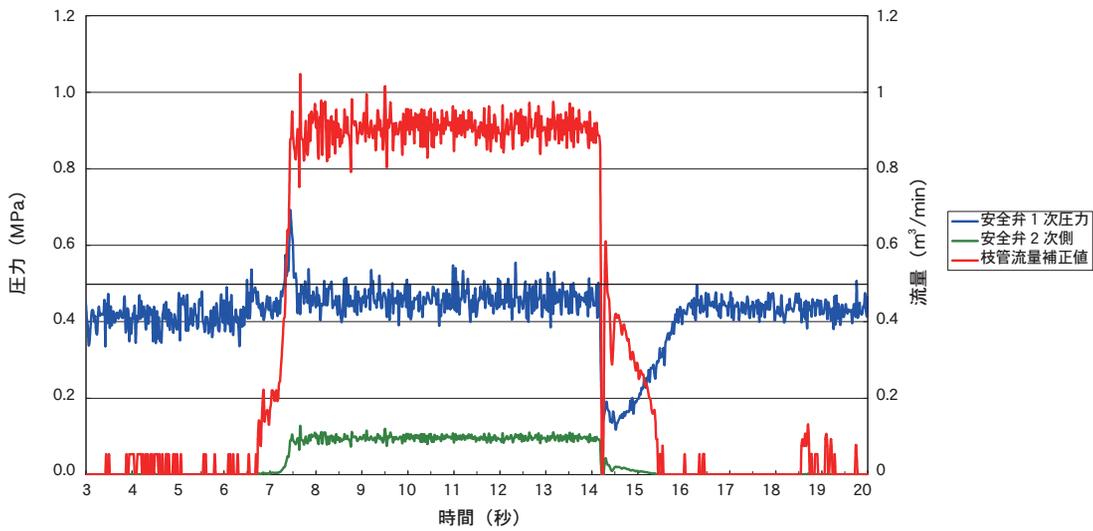


グラフ8 既存アングル型安全弁(0.5MPa設定、0.4MPaスタート・緩やかに圧力上昇)

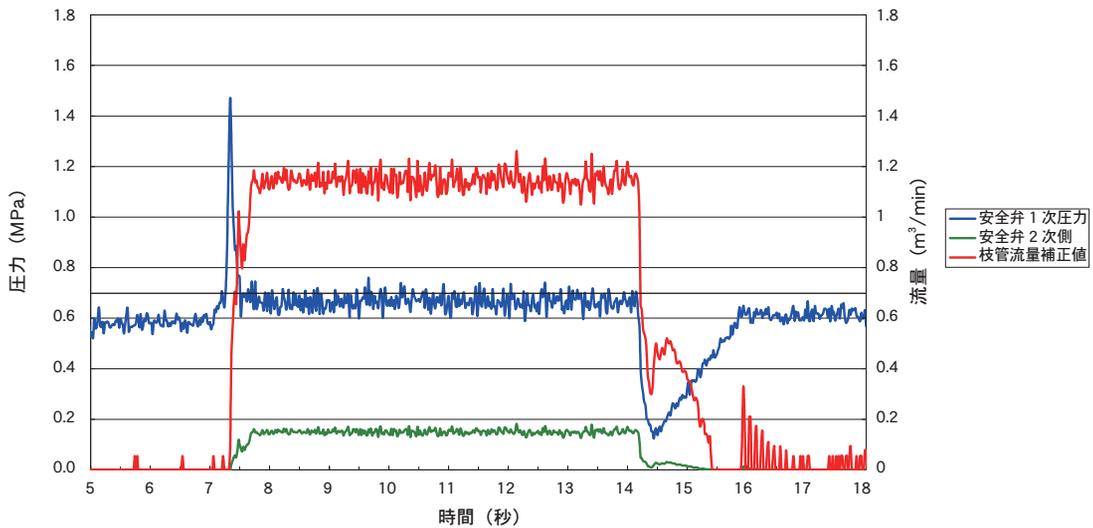
5.1.2 管路圧力が急上昇・急降下した場合の測定データ(グラフ9~15)



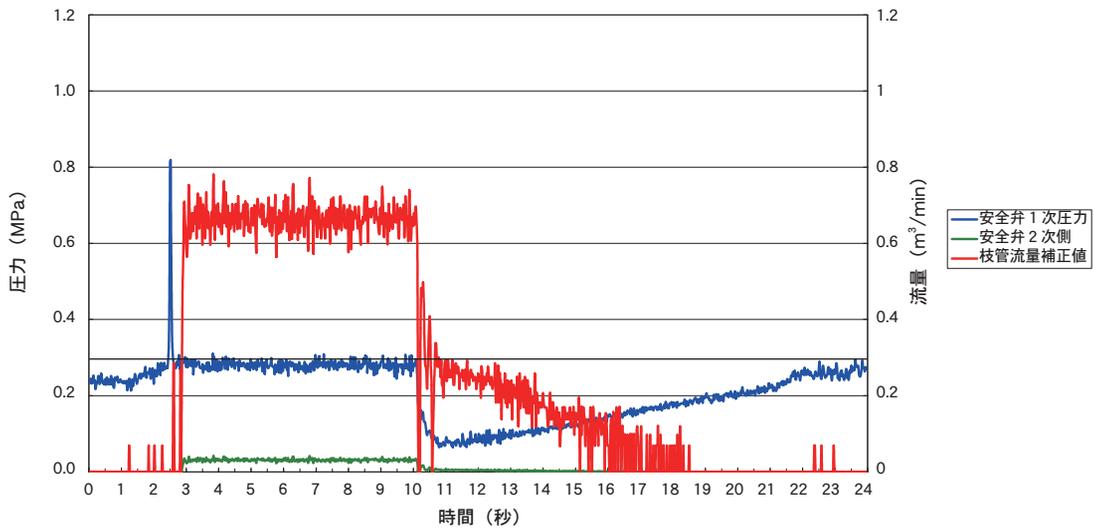
グラフ9 新型アングル型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・急激に圧力上昇)



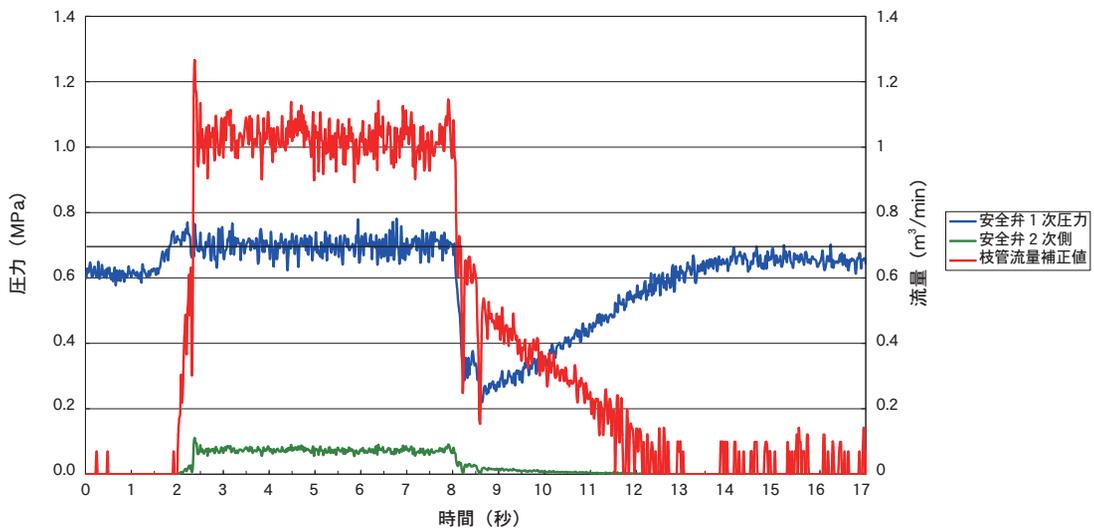
グラフ10 新型アングル型安全弁(0.5MPa設定、0.4MPaスタート・急激に圧力上昇)



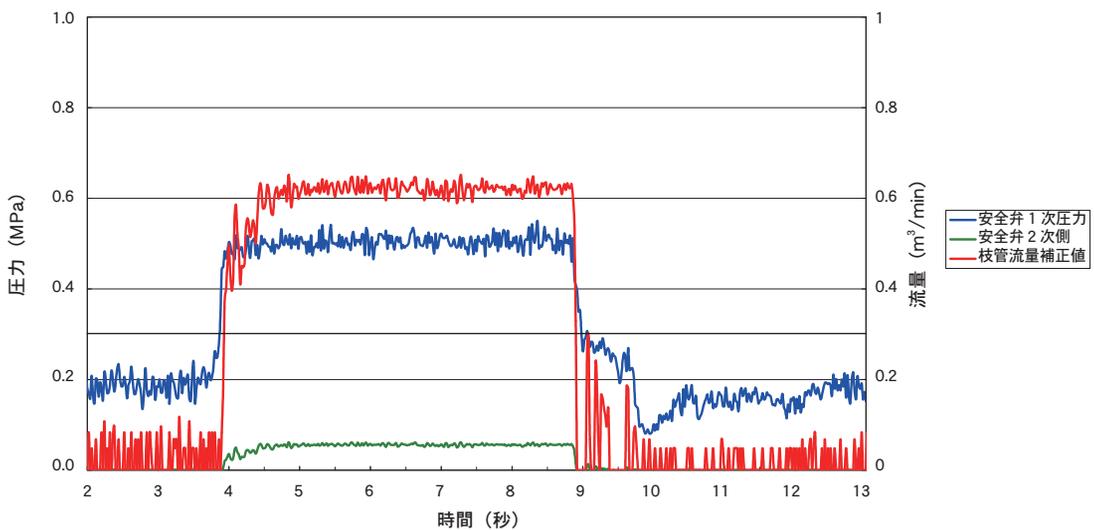
グラフ11 新型アングル型安全弁(0.7MPa設定、0.6MPaスタート・急激に圧力上昇)



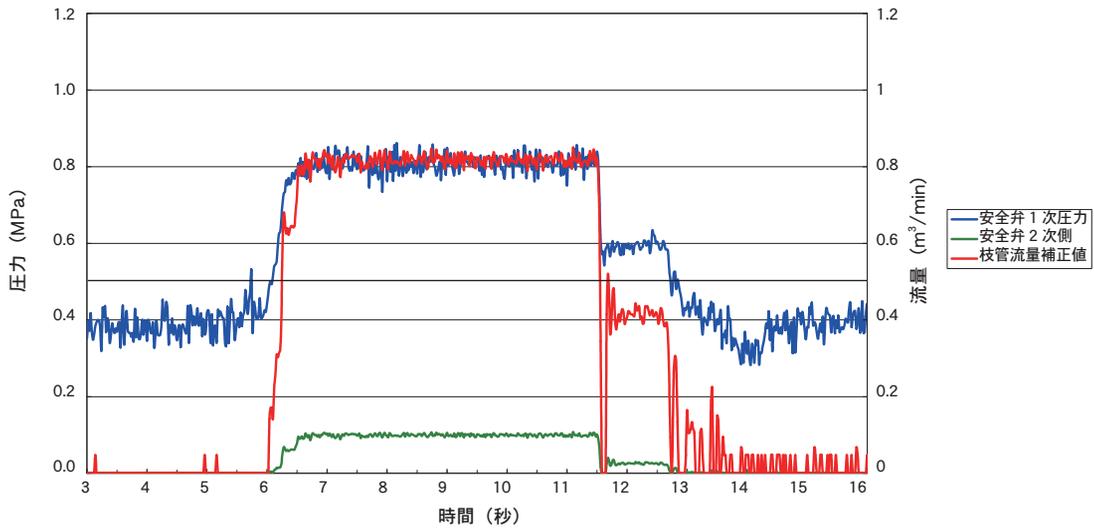
グラフ12 RA-24型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・急激に圧力上昇)



グラフ13 RA-24型安全弁(0.7MPa設定、0.6MPaスタート・急激に圧力上昇)

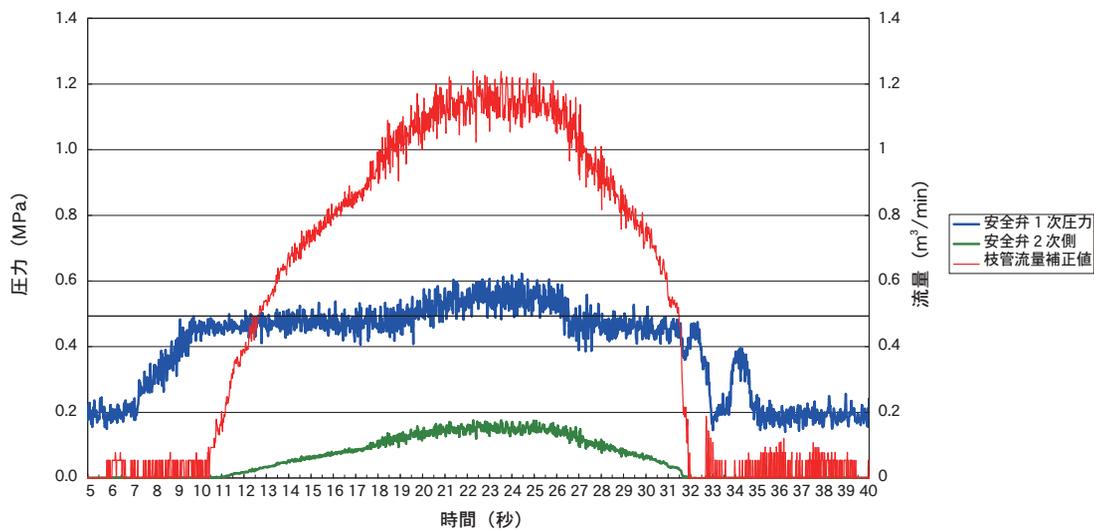


グラフ14 既存アングル型安全弁(0.3MPa設定、0.2MPaスタート・急激に圧力上昇)

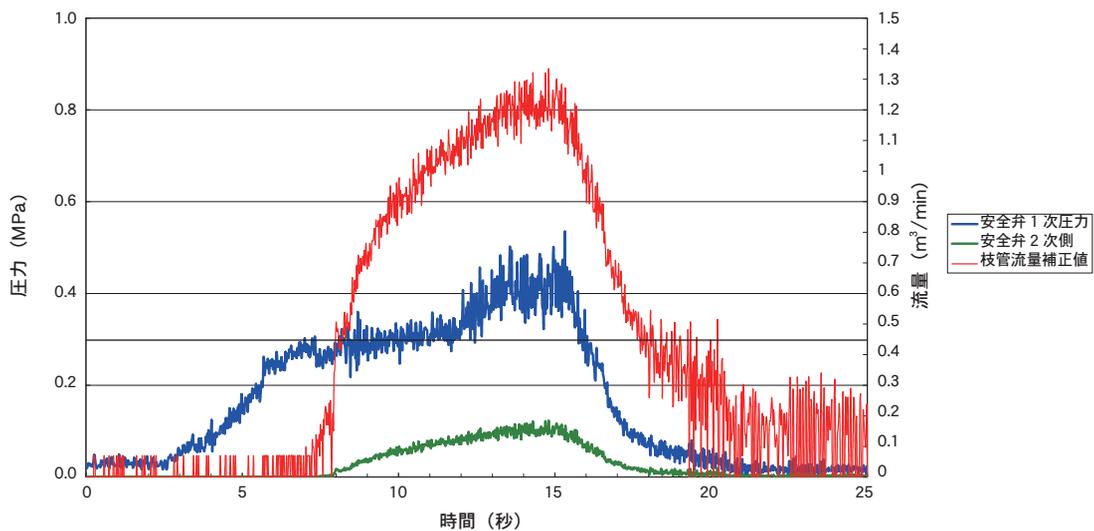


グラフ15 既存アングル型安全弁(0.5MPa設定、0.4MPaスタート・急激に圧力上昇)

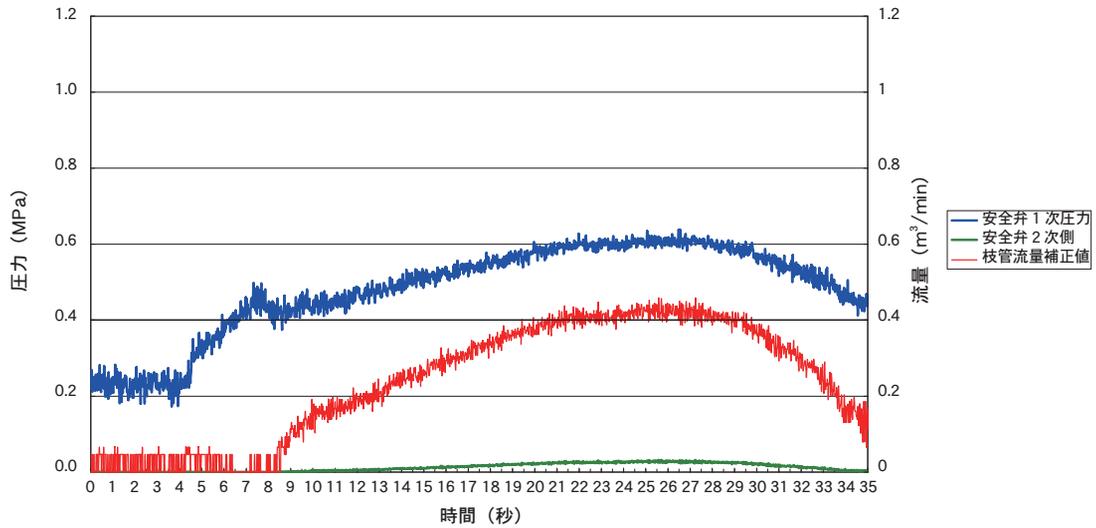
5.1.3 上流圧力維持可能最大流量測定データ(グラフ16～19)



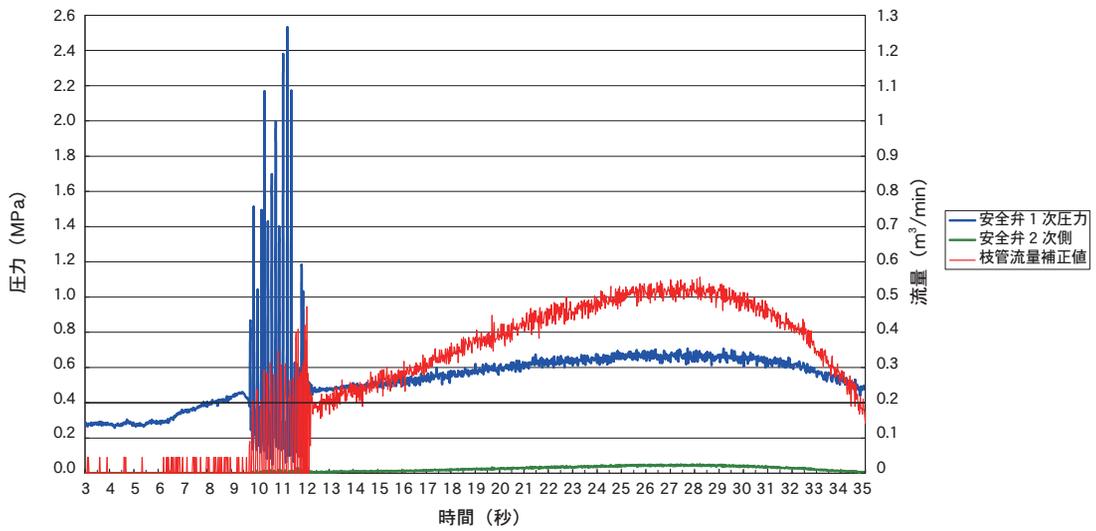
グラフ16 新型アングル型安全弁(0.5MPa設定時1次圧力維持流量測定)



グラフ17 RA-24型安全弁(0.3MPa設定時1次圧力維持流量測定)

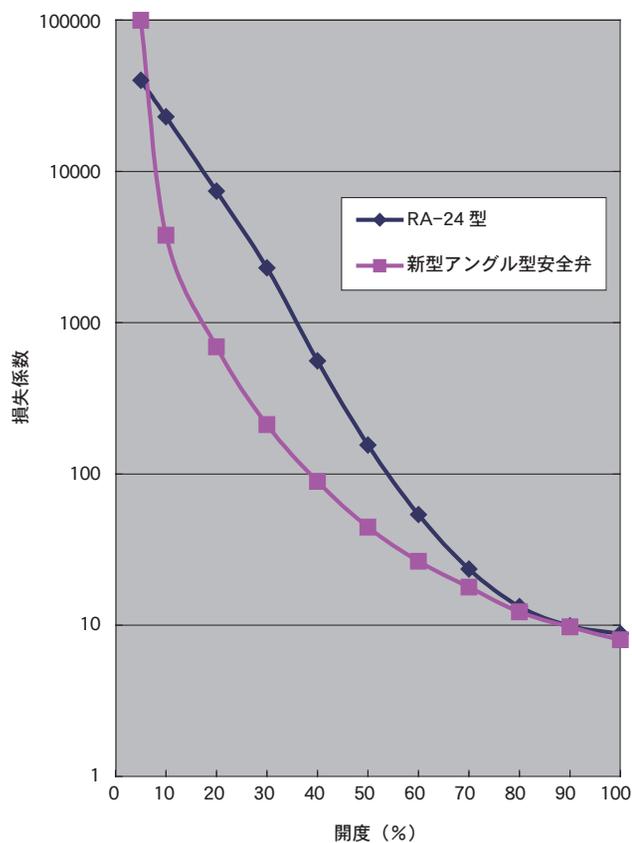


グラフ18 既存アングル型安全弁(0.4MPa設定時1次圧力維持流量測定)

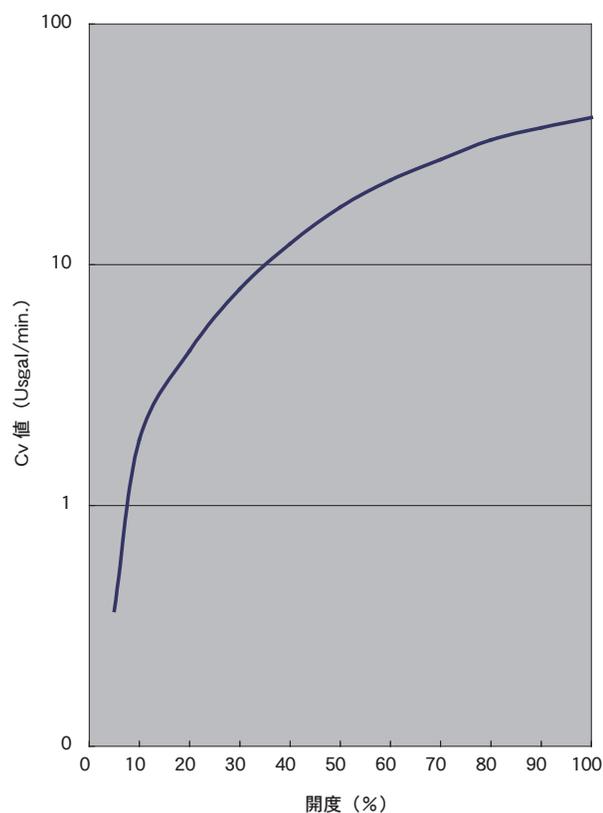


グラフ19 既存アングル型安全弁(0.4MPa設定時1次圧力維持流量測定)

5.1.4 新型アングル型安全弁の損失係数およびCv値(容量係数) (グラフ20、21)



グラフ20 新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁の各開度の損失係数



グラフ21 新型アングル型安全弁のCv曲線(容量係数)

5.2 試験項目別の結果

5.2.1 設定圧力に対する動作の安定性能

まず管路圧力が緩やかに上昇・降下した場合のデータを見る。

新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁については、ほぼ同じ特性を示す。管路の圧力が上昇し安全弁が動作すると管路圧力は設定された圧力に維持されている。これに対し既存の直動式アングル型安全弁は、排出流量の増加に伴い管路圧力も上昇し設定圧力の維持はしない。

次に管路圧力が急な上昇・降下をした場合であるが、管路圧力の緩やかな上昇・降下と同じく新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁は管路圧力を設定圧力に維持しているが既存の直動式アングル型安全弁は維持できない。(グラフ1～15)

5.2.2 急な圧力上昇に対する応答性能

管路圧力の急な上昇のデータを見ると新型アングル型安全弁、RA-24型安全弁共一時的に設定圧力を超えることが確認できる。この現象は、設定圧力が高くなるほど顕著に現れるが、次の瞬間には設定圧力に収まっている。今回、データレコーダのサンプリング速度は20msとした。これより、圧力上昇の時間を確認すると新型アングル型安全弁は、管路圧力が設定圧力に達してから0.06秒～0.12秒、RA-24型は0.05秒～0.06秒で最高圧力を記録している。これに対し、既存のアングル型安全弁は、瞬間的な圧力上昇はないものの設定圧力に維持することができなかった。

応答性能だけを見た場合、圧力の上昇を弁体でダイレクトに受ける既存の直動式アングル型安全弁が最も優れており、パイロット式であるRA-24型、新型アングル型安全弁と続く。(グラフ9～15)

5.2.3 緩閉動作の検証

管路圧力の急な上昇のグラフの安全弁作動状態から管路圧力が降下した時の管路圧力の変化を見るとバルブの閉弁状態が確認できる。新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁においては、管路圧力が一度初期状態よりも降下し、その後、徐々に初期状態に戻っているのが確認できる。この現象は管路圧力の緩やかな上昇・降下のグラフにおいても確認できる。対して、既存のアングル型安全弁においては、そのまま初期状態に戻る。これより新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁は、管路圧力が降下しても、バルブはすぐに全閉せず徐々に閉まることがわかる。バルブが全閉になるまでの時間は、一度降下した管路圧力が初期値に戻るまでの時間と一致し、RA-24型が最も時間を要している。ただし、この時間は、内部ニードルの調整で変更が可能となっている。今回の試験においては内部ニードルの調整による閉弁時間の測定はしていないが、シリンダ容量の違いから新型アングル型安全弁のニードルを調整してもRA-24型安全弁ほど長時間かけて閉弁することはできないと考えられる。既存の直動式アングル型安全弁については緩閉機能がないため、バルブは管路圧力の降下に応じて急閉するので管路圧力の降下は確認できない。(グラフ1～8)

5.2.4 排出容量の確認

圧力設定値に維持可能な最大排出量を確認する試験を実施した。(グラフ16～19)

各バルブで圧力設定値が異なるため正確な評価はできないが、新型アングル型安全弁とRA-24型安全弁両弁の設定圧力維持可能最大排出量は既存の直動式アングル型安全弁と比較し非常に大きく5倍以上の差があると思われる。

5.2.5 新型アングル型安全弁の各開度の損失係数

各開度の損失係数をRA-24型安全弁と比較した。新型アングル型安全弁は、中間開度の勾配がなだらかで全閉に近づくと勾配が急になるのに対し、RA-24型は全開度ではほぼ一定の勾配で推移することから、制御特性はRA-24型には及ばないと考えられる。(グラフ20)

5.2.6 その他

今回、偶然ではあるが、既存の直動式アングル型安全弁の1次圧力維持流量測定(グラフ19)において、以前より報告があった安全弁が原因となっている水撃の記録ができた。

原因は、弁体を押さえるばねの振動とみられるが、グラフで確認できるように安全弁の設定圧力0.4MPaに対し0～2.5MPa超の範囲で管路圧力が変動している。

6. 結論

安全弁として最も重要な性能は、異常昇圧に対し安定した動作で管路の圧力上昇を防止できることである。そのためには、設置するパイプラインの状況に見合った排出容量・機能を持つ安全弁の選定を行う必要がある。

今回、試験を行った新型アングル型安全弁は、既存の直動式アングル型安全弁と比較し、

- ・設定圧力維持性能の安定性
- ・大きな排出容量
- ・安全弁が水撃の原因とならないための緩閉動作

などの大変優れた性能を有している。

ただし、圧力の上昇に対する応答性に関しては、パイロット式という構造上、既存の直動式アングル型安全弁に劣り、水撃の伝播速度が速くなる条件(鋼管など剛性の高い材料を使用し、管路延長が短い場合)においては、昇圧速度に対応できずに一時的に管路の圧力が上昇することを考慮する必要がある。

しかしながら、本試験において確認できた排出容量の大きさと優れた1次圧力維持性能から、従来よりも小さな口径の安全弁で安定した管路の保護が可能となることは確実であり、さらに安全弁としてのみでなく、ポンプ吐出圧力の調整など一次圧力調整弁としても十分使用できると考える。

最後に、瞬間的な圧力上昇に対する応答性に関しては、今後の課題としては、さらに優れたものを目指す。現状での使用条件を明確にする必要もある。今回は、参考に、表2～4で鋼管(SGP)、鋳鉄管(DIP)および塩ビ管(HIVP)の場合の許容瞬間圧力上昇値より検

討した新型アングル型安全弁の使用条件を示す。

本表は、管路の定常流速、定常圧力および管路径と水撃発生時の許容瞬間上昇圧力から最小管路延長を算出し

たもので、例えば、φ150のSGP管路(表2)で定常圧力が30m、計画流速が2m/sec、安全弁の瞬間許容上昇圧力が0.15MPaである場合、表の値は1300.4mであるから、この

表2 SGPの場合の管路延長(m)

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速1m/sec																			
	20				30				40				50							
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)					
50	2292.1	1146.1	764.0	573.0	458.4	2439.5	1219.8	813.2	609.9	487.9	2586.9	1293.5	862.3	646.7	517.4	2586.9	1293.5	862.3	646.7	517.4
75(80)	2198.1	1099.1	732.7	549.5	439.6	2198.1	1099.1	732.7	549.5	439.6	2486.6	1243.3	828.9	621.6	497.3	2486.6	1243.3	828.9	621.6	497.3
100	2131.0	1065.5	710.3	532.7	426.2	2131.0	1065.5	710.3	532.7	426.2	2414.8	1207.4	804.9	603.7	483.0	2414.8	1207.4	804.9	603.7	483.0
125	2048.1	1024.0	682.7	512.0	409.6	2048.1	1024.0	682.7	512.0	409.6	2325.8	1162.9	775.3	581.4	465.2	2325.8	1162.9	775.3	581.4	465.2
150	2019.5	1009.8	673.2	504.9	403.9	2019.5	1009.8	673.2	504.9	403.9	2295.3	1147.6	765.1	573.8	459.1	2295.3	1147.6	765.1	573.8	459.1
200	1963.0	981.5	654.3	490.7	392.6	1963.0	981.5	654.3	490.7	392.6	2234.5	1117.2	744.8	558.6	446.9	2234.5	1117.2	744.8	558.6	446.9
250	1922.0	961.0	640.7	480.5	384.4	1922.0	961.0	640.7	480.5	384.4	2190.4	1095.2	730.1	547.6	438.1	2190.4	1095.2	730.1	547.6	438.1

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速2m/sec																			
	20				30				40				50							
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)					
50	4289.4	2144.7	1429.8	1072.4	857.9	4436.8	2218.4	1478.9	1109.2	887.4	4584.2	2292.1	1528.1	1146.1	916.8	4731.6	2365.8	1577.2	1182.9	946.3
75(80)	4107.8	2053.9	1369.3	1026.9	821.6	4252.0	2126.0	1417.3	1063.0	850.4	4396.3	2198.1	1465.4	1099.1	879.3	4540.5	2270.2	1513.5	1135.1	908.1
100	3978.2	1989.1	1326.1	994.6	795.6	4120.1	2060.1	1373.4	1030.0	824.0	4262.0	2131.0	1420.7	1065.5	852.4	4403.9	2201.9	1468.0	1101.0	880.8
125	3818.5	1909.2	1272.8	954.6	763.7	3957.3	1978.7	1319.1	999.3	791.5	4096.2	2048.1	1365.4	1024.0	819.2	4235.0	2117.5	1411.7	1058.8	847.0
150	3763.4	1881.7	1254.5	940.8	752.7	3901.2	1950.6	1300.4	975.3	780.2	4039.1	2019.5	1346.4	1009.8	807.8	4176.9	2088.5	1392.3	1044.2	835.4
200	3654.4	1827.2	1218.1	913.6	730.9	3790.2	1895.1	1263.4	947.5	758.0	3925.9	1963.0	1308.6	981.5	785.2	4061.7	2030.8	1353.9	1015.4	812.3
250	3575.6	1787.8	1191.9	893.9	715.1	3709.8	1854.9	1236.6	927.4	742.0	3844.0	1922.0	1281.3	961.0	768.8	3978.2	1989.1	1326.1	994.6	795.6

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速3m/sec																			
	20				30				40				50							
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)					
50	6286.7	3143.4	2095.6	1571.7	1257.3	6494.1	3217.1	2144.7	1608.5	1286.8	6581.5	3290.8	2193.8	1645.4	1316.3	6728.9	3364.5	2243.0	1682.2	1345.8
75(80)	6017.5	3008.7	2005.8	1504.4	1203.5	6161.7	3080.8	2053.9	1540.4	1232.3	6305.9	3153.0	2102.0	1576.5	1261.2	6450.2	3225.1	2150.1	1612.5	1290.0
100	5825.5	2912.7	1941.8	1456.4	1165.1	5967.4	2983.7	1989.1	1491.8	1193.5	6109.2	3054.6	2036.4	1527.3	1221.8	6251.1	3125.6	2083.7	1562.8	1250.2
125	5588.9	2794.4	1863.0	1397.2	1117.8	5727.7	2863.9	1909.2	1431.9	1145.5	5886.6	2933.3	1955.5	1466.6	1173.3	6005.4	3002.7	2001.8	1501.4	1201.1
150	5507.2	2753.6	1835.7	1376.8	1101.4	5645.1	2822.5	1881.7	1411.3	1129.0	5782.9	2891.5	1927.6	1445.7	1156.6	5920.8	2960.4	1973.6	1480.2	1184.2
200	5345.9	2673.0	1782.0	1336.5	1069.2	5481.7	2740.8	1827.2	1370.4	1096.3	5617.4	2808.7	1872.5	1404.4	1123.5	5753.2	2876.6	1917.7	1438.3	1150.6
250	5229.1	2614.6	1743.0	1307.3	1045.8	5363.3	2681.7	1787.8	1340.8	1072.7	5497.6	2748.8	1832.5	1374.4	1099.3	5631.8	2815.9	1877.3	1407.9	1126.4

場合この条件で新型アングル型安全弁を使用する場合、1300.4m以上の管路延長が必要であることを示している。ちなみに、同一条件でHIVP管の場合は、166.1mである。

実際の配管と算出条件は、異なる場合がほとんどであるが、使用可否の目安、瞬間的な昇圧を見越した圧力設定の検討に使用できる。(表2～4)

表3 DIPの場合の管路延長(m)

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速1m/sec																			
	20					30					40					50				
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)
50	2292.1	1146.1	764.0	573.0	458.4	2439.5	1219.8	813.2	609.9	487.9	2586.9	1293.5	862.3	646.7	517.4	2586.9	1293.5	862.3	646.7	517.4
75(80)	2198.1	1099.1	732.7	549.5	439.6	2198.1	1099.1	732.7	549.5	439.6	2486.6	1243.3	828.9	621.6	497.3	2486.6	1243.3	828.9	621.6	497.3
100	2131.0	1065.5	710.3	532.7	426.2	2131.0	1065.5	710.3	532.7	426.2	2414.8	1207.4	804.9	603.7	483.0	2414.8	1207.4	804.9	603.7	483.0
125	2048.1	1024.0	682.7	512.0	409.6	2048.1	1024.0	682.7	512.0	409.6	2325.8	1162.9	775.3	581.4	465.2	2325.8	1162.9	775.3	581.4	465.2
150	2019.5	1009.8	673.2	504.9	403.9	2019.5	1009.8	673.2	504.9	403.9	2295.3	1147.6	765.1	573.8	459.1	2295.3	1147.6	765.1	573.8	459.1
200	1963.0	981.5	654.3	490.7	392.6	1963.0	981.5	654.3	490.7	392.6	2234.5	1117.2	744.8	558.6	446.9	2234.5	1117.2	744.8	558.6	446.9
250	1922.0	961.0	640.7	480.5	384.4	1922.0	961.0	640.7	480.5	384.4	2190.4	1095.2	730.1	547.6	438.1	2190.4	1095.2	730.1	547.6	438.1

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速2m/sec																			
	20					30					40					50				
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)
50	4289.4	2144.7	1429.8	1072.4	857.9	4436.8	2218.4	1478.9	1109.2	887.4	4584.2	2292.1	1528.1	1146.1	916.8	4731.6	2365.8	1577.2	1182.9	946.3
75(80)	4107.8	2053.9	1369.3	1026.9	821.6	4252.0	2126.0	1417.3	1063.0	850.4	4396.3	2198.1	1465.4	1099.1	879.3	4540.5	2270.2	1513.5	1135.1	908.1
100	3978.2	1989.1	1326.1	994.6	795.6	4120.1	2060.1	1373.4	1030.0	824.0	4262.0	2131.0	1420.7	1065.5	852.4	4403.9	2201.9	1468.0	1101.0	880.8
125	3818.5	1909.2	1272.8	954.6	763.7	3957.3	1978.7	1319.1	989.3	791.5	4096.2	2048.1	1365.4	1024.0	819.2	4235.0	2117.5	1411.7	1058.8	847.0
150	3763.4	1881.7	1254.5	940.8	752.7	3901.2	1950.6	1300.4	975.3	780.2	4039.1	2019.5	1346.4	1009.8	807.8	4176.9	2088.5	1392.3	1044.2	835.4
200	3654.4	1827.2	1218.1	913.6	730.9	3790.2	1895.1	1263.4	947.5	758.0	3925.9	1963.0	1308.6	981.5	785.2	4061.7	2030.8	1353.9	1015.4	812.3
250	3575.6	1787.8	1191.9	893.9	715.1	3709.8	1854.9	1236.6	927.4	742.0	3844.0	1922.0	1281.3	961.0	768.8	3978.2	1989.1	1326.1	994.6	795.6

定常流速 定常圧力(m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)	流速3m/sec																			
	20					30					40					50				
	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)
50	6286.7	3143.4	2095.6	1571.7	1257.3	6494.1	3217.1	2144.7	1608.5	1286.8	6581.5	3290.8	2193.8	1645.4	1316.3	6728.9	3364.5	2243.0	1682.2	1345.8
75(80)	6017.5	3008.7	2005.8	1504.4	1203.5	6161.7	3080.8	2053.9	1540.4	1232.3	6305.9	3153.0	2102.0	1576.5	1261.2	6450.2	3225.1	2150.1	1612.5	1290.0
100	5825.5	2912.7	1941.8	1456.4	1165.1	5967.4	2983.7	1989.1	1491.8	1193.5	6109.2	3054.6	2036.4	1527.3	1221.8	6251.1	3125.6	2083.7	1562.8	1250.2
125	5588.9	2794.4	1863.0	1397.2	1117.8	5727.7	2863.9	1909.2	1431.9	1145.5	5886.6	2933.3	1955.5	1466.6	1173.3	6005.4	3002.7	2001.8	1501.4	1201.1
150	5507.2	2753.6	1835.7	1376.8	1101.4	5645.1	2822.5	1881.7	1411.3	1129.0	5782.9	2891.5	1927.6	1445.7	1156.6	5920.8	2960.4	1973.6	1480.2	1184.2
200	5345.9	2673.0	1782.0	1336.5	1069.2	5481.7	2740.8	1827.2	1370.4	1096.3	5617.4	2808.7	1872.5	1404.4	1123.5	5753.2	2876.6	1917.7	1438.3	1150.6
250	5229.1	2614.6	1743.0	1307.3	1045.8	5363.3	2681.7	1787.8	1340.8	1072.7	5497.6	2748.8	1832.5	1374.4	1099.3	5631.8	2815.9	1877.3	1407.9	1126.4

表4 HIVPの場合の管路延長(m)

定常流速 定常圧力 (m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)		流速1m/sec																							
		20				30				40				50											
		0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)				
50	329.6	164.8	109.9	82.4	65.9	379.6	189.8	126.5	94.9	75.9	429.6	214.8	143.2	107.4	85.9	429.6	214.8	143.2	107.4	85.9	429.6	214.8	143.2	107.4	85.9
75(80)	299.8	149.9	99.9	75.0	60.0	299.8	149.9	99.9	75.0	60.0	394.4	197.2	131.5	98.6	78.9	394.4	197.2	131.5	98.6	78.9	394.4	197.2	131.5	98.6	78.9
100	285.9	143.0	95.3	71.5	57.2	285.9	143.0	95.3	71.5	57.2	377.9	188.9	126.0	94.5	75.6	377.9	188.9	126.0	94.5	75.6	377.9	188.9	126.0	94.5	75.6
125	254.8	127.4	84.9	63.7	51.0	254.8	127.4	84.9	63.7	51.0	340.5	170.3	113.5	85.1	68.1	340.5	170.3	113.5	85.1	68.1	340.5	170.3	113.5	85.1	68.1
150	271.4	135.7	90.5	67.8	54.3	271.4	135.7	90.5	67.8	54.3	360.5	180.2	120.2	90.1	72.1	360.5	180.2	120.2	90.1	72.1	360.5	180.2	120.2	90.1	72.1
200	244.6	122.3	81.5	61.2	48.9	244.6	122.3	81.5	61.2	48.9	328.4	164.2	109.5	82.1	65.7	328.4	164.2	109.5	82.1	65.7	328.4	164.2	109.5	82.1	65.7
250	245.1	122.5	81.7	61.3	49.0	245.1	122.5	81.7	61.3	49.0	328.8	164.4	109.6	82.2	65.8	328.8	164.4	109.6	82.2	65.8	328.8	164.4	109.6	82.2	65.8

定常流速 定常圧力 (m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)		流速2m/sec																							
		20				30				40				50											
		0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)				
50	559.2	279.6	186.4	139.8	111.8	609.2	304.6	203.1	152.3	121.8	659.2	329.6	219.7	164.8	131.8	709.2	354.6	236.4	177.3	141.8	709.2	354.6	236.4	177.3	141.8
75(80)	505.1	252.5	168.4	126.3	101.0	552.4	276.2	184.1	138.1	110.5	599.7	299.8	199.9	149.9	119.9	647.0	323.5	215.7	161.7	129.4	647.0	323.5	215.7	161.7	129.4
100	479.9	240.0	160.0	120.0	96.0	525.9	262.9	175.3	131.5	105.2	571.9	285.9	190.6	143.0	114.4	617.8	308.9	205.9	154.5	123.6	617.8	308.9	205.9	154.5	123.6
125	423.8	211.9	141.3	105.9	84.8	466.6	233.3	155.5	116.7	93.3	509.5	254.8	169.8	127.4	101.9	552.4	276.2	184.1	138.1	110.5	552.4	276.2	184.1	138.1	110.5
150	453.6	226.8	151.2	113.4	90.7	498.2	249.1	166.1	124.5	99.6	542.7	271.4	180.9	135.7	108.5	587.3	293.6	195.8	146.8	117.5	587.3	293.6	195.8	146.8	117.5
200	405.5	202.7	135.2	101.4	81.1	447.4	223.7	149.1	111.8	89.5	489.3	244.6	163.1	122.3	97.9	531.2	265.6	177.1	132.8	106.2	531.2	265.6	177.1	132.8	106.2
250	406.3	203.2	135.4	101.6	81.3	448.2	224.1	149.4	112.1	89.6	490.1	245.1	163.4	122.5	98.0	532.0	266.0	177.3	133.0	106.4	532.0	266.0	177.3	133.0	106.4

定常流速 定常圧力 (m) 許容上昇圧力 (MPa) 管路径(mm)		流速3m/sec																							
		20				30				40				50											
		0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)	0.05 (5.1m)	0.1 (10.2m)	0.15 (15.3m)	0.2 (20.4m)	0.25 (25.5m)				
50	788.8	394.4	262.9	197.2	157.8	838.8	419.4	279.6	209.7	167.8	888.8	444.4	296.3	222.2	177.8	938.8	469.4	312.9	234.7	187.8	938.8	469.4	312.9	234.7	187.8
75(80)	710.3	355.2	236.8	177.6	142.1	757.6	378.8	252.5	189.4	151.5	804.9	402.5	268.3	201.2	161.0	852.2	426.1	284.1	213.1	170.4	852.2	426.1	284.1	213.1	170.4
100	673.9	337.0	224.6	168.5	134.8	719.9	359.9	240.0	180.0	144.0	765.9	382.9	255.3	191.5	153.2	811.8	405.9	270.6	203.0	162.4	811.8	405.9	270.6	203.0	162.4
125	592.7	296.4	197.6	148.2	118.5	635.6	317.8	211.9	158.9	127.1	678.5	339.3	226.2	169.6	135.7	721.4	360.7	240.5	180.4	144.3	721.4	360.7	240.5	180.4	144.3
150	635.8	317.9	211.9	159.0	127.2	680.4	340.2	226.8	170.1	136.1	725.0	362.5	241.7	181.2	145.0	769.5	384.8	256.5	192.4	153.9	769.5	384.8	256.5	192.4	153.9
200	566.3	283.2	188.8	141.6	113.3	608.2	304.1	202.7	152.1	121.6	650.1	325.1	216.7	162.5	130.0	692.0	346.0	230.7	173.0	138.4	692.0	346.0	230.7	173.0	138.4
250	567.6	283.8	189.2	141.9	113.5	609.5	304.7	203.2	152.4	121.9	651.4	325.7	217.1	162.8	130.3	693.3	346.6	231.1	173.3	138.7	693.3	346.6	231.1	173.3	138.7

謝辞

本試験の実施において、準備段階から本試験結果の財団法人畑地農業振興会発行の月刊誌“畑地農業”への掲載まで、お忙しい中ご指導とご協力をいただきました独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 上席研究員 中達雄様および、同水路工水理研究室室長 樽屋啓之様および同研究室の研究員の方々に対し、誌上ではありますが心より御礼申し上げます。

参考文献

桑原隆、中達雄、樽谷啓之：アングル型安全弁の性能試験畑地農業、畑地農業、2007・578号

執筆者**桑原 隆**

Takashi Kuwahara

平成元年入社

バルブ設計に従事

