

新型バタフライ弁の開発プロセス

Development Process of the New Butterfly Valve

丸田康平* 真本英光*

Kohei Maruta, Hidemitsu Mamoto

当社は、現在まで初期通水作業に適したバルブを開発・製造・販売してきた。それらはバイパス配管用仕切弁、副弁内蔵式バタフライ弁、通水バタフライ弁である。昨今、水道事業者において高い調整技術が必要な初期通水作業を実施できる熟練作業員が減少してきている。このため、誰でも安心して、安全に通水作業ができることが求められてきた。今回、この要望に応えるために、新しい構造を有した通水バタフライ弁を開発した。本稿では、このバルブの特徴及び開発プロセスにおいて取り入れた工夫について述べる。

Our company has developed, manufactured and sold valves for starting the flow of water, such as sluice valves for bypass piping, butterfly valves with relief-disc, butterfly valves for filling of water. In recent years, skilled operators who can carry out the highly skilled task of starting the flow of water have been becoming increasingly rare. Therefore, it has become necessary that the valves be operable, such that any operator can start the flow of water safely and at ease. This time, our company has developed a new valve for water, responding to the needs of water suppliers. In this report, we describe the characteristics of this new valve and the techniques involved in the development process.

1. はじめに

新設管の使用開始時や、季節ごとの配水ルート切替え時に、空の水道管に水を充滿させる初期通水作業が行われる。通水作業において、水と空気の入替えのスピードが速いと、水が白く濁ったり、赤水が発生する場合がある。そのようなことが起こらないように、初期通水ではゆっくりと、少しずつ安定して水を流す必要がある。今回、「安心・安定・安全」な初期通水作業を提供できる通水バタフライ弁を開発したので報告する。

2. 通水用バルブ

2.1 通水作業

代表的な初期通水の方法としては以下の3つがある。

- バイパス弁による初期通水
- 副弁内蔵式バタフライ弁による初期通水
- 通水バタフライ弁による初期通水

それぞれの特徴は以下のとおりである。

2.1.1 バイパス弁

本管に設けた主弁とは別に、通水用として設けたバイパス配管に、バイパス弁として小口径の副弁を設ける。通水作業が必要なときは、この副弁（主に小口径の仕切弁・図1）を少しずつ開けることで、少ない水を段階的に流し込むことが可能となる。

これは顧客にとって、今なお最も安心して安全な通水方法（図2）であるといえる。その一方で、バイパス配管設置のためには、バイパス管や副弁といった機器購入費だけではなく、弁室が大きくなり、建設コスト全体が高くなる傾向となる。そこで1998年に、副弁を主弁の弁体に内蔵させた副弁内蔵式バタフライ弁を開発した。



図1 バイパス配管用仕切弁（副弁）

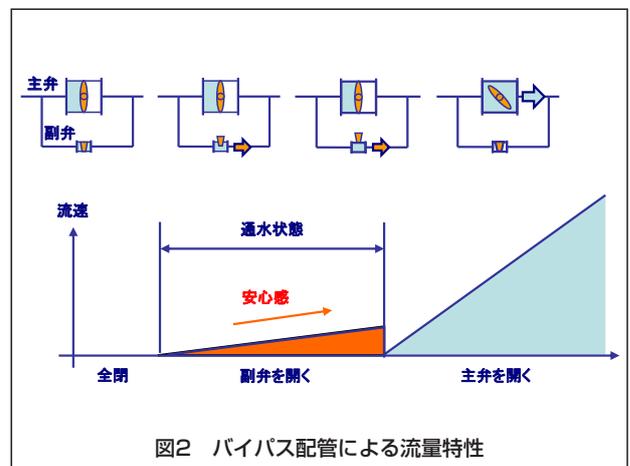


図2 バイパス配管による流量特性

* バルブ事業部 バルブ技術部

2.1.2 副弁内蔵式バタフライ弁

副弁内蔵式バタフライ弁（図3）は、主弁のバタフライ弁と副弁を1つにした構造であるため、流量特性は、先に述べたバイパス弁を用いた特性と同等となる（図4）。

特に流量が少しずつ増える特性は、従来工法であるバイパス弁と全く同じであり、安心して通水作業を行うことができる。



図3 副弁内蔵式バタフライ弁（形式：BT-DF）

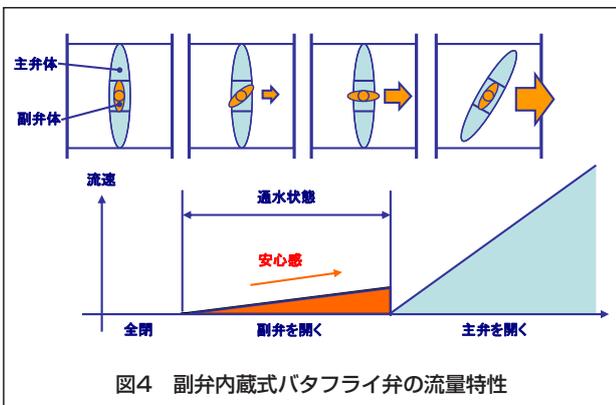


図4 副弁内蔵式バタフライ弁の流量特性

さらに建設コストが抑えられるため、今なお事業者からは優れた製品であると評価されている。一方、流量特性に優れたバルブであるものの、主弁と副弁のそれぞれに操作軸があり、作業者が誤って小さな副弁を主弁と同じ大きな力で操作してしまった場合、副弁の操作軸を損傷させる可能性がある。このため、副弁と主弁とでは操作力が異なるということをアナウンスしている。副弁操作時、操作力に気を遣いながら使用する必要があった。そこで2005年から販売を開始したのが、通水バタフライ弁である。

2.1.3 通水バタフライ弁

通水バタフライ弁（図5）は、弁体に「フィン」と呼ばれる半円状のガイドを設けており、そこに通水孔が加工されている（図6）。



図5 通水バタフライ弁（形式：BT-ZT）

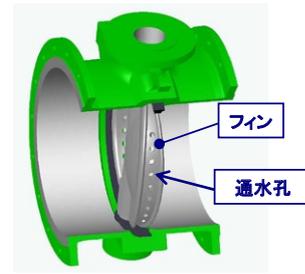


図6 通水バタフライ弁の構造

図7に示すとおり、通水バタフライ弁の流量特性と、副弁内蔵式バタフライ弁との違いは2つある。第一に、通水から連続して主弁を操作することができるようになったことで、作業者は操作力に気を遣うことなく安全な操作ができるようになった。第二に、バタフライ弁の開き始めにおける微妙な調整機能をなくしたことで、誰が使っても容易に一定流量で通水することが可能な特性とした。

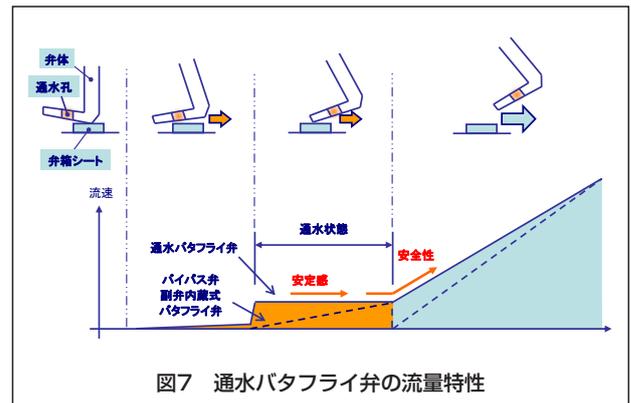


図7 通水バタフライ弁の流量特性

通水バタフライ弁は、コンパクトさ、操作の簡易さ、価格の低さにより高く評価されている製品である。

3. 通水用バルブへの新たなニーズ

2012年度初め、営業部門において、ある地方事業者が「より少流量（微流量）の通水が可能なバタフライ弁を求めている」という情報を入手した。この事業者では、数十年使用してきた水道管を耐震化するにあたり、都市部ではあまり例がない静水圧1MPa超での通水作業を行う計画を立てていた。静水圧と計画通水量から水理計算を行った結果、既存の通水バタフライ弁では水が流れすぎるため、当社バタフライ弁では対応ができないと判断した。他社製バタフライ弁についても同様の予測をたてることができ、困難な通水条件であると言えた。そこで、この情報をもとに、「既存の通水バタフライ弁による通水量よりも少ない流量（微流量）の調整ができる機能を持つ通水バタフライ弁」の開発を目指すことにした。

4. 開発プロセス

4.1 2つの制限

この新型通水バタフライ弁開発計画には2つの制限があった。

- a) 開発期間の制限
事業体の事業計画から、新型通水バタフライ弁を半年で完成させる必要があった。
- b) 開発費用の制限
研究開発費用を抑えるため、試作を繰返すことなく完成させる必要があった。

4.2 3つの工夫

時間も開発費用も限られた中で、製品を完成させるために、3つの工夫を取り入れて開発を行った。それは、以下の3つである。

- a) マーケティング
- b) VE 手法
- c) コンカレントエンジニアリング

4.2.1 技術者マーケティングによる

「真の要求事項の獲得」と「開発コンセプトの変更」

技術者自身が全国の事業体を直接訪問し、通水作業で使用するバルブに対する要望を聴いて回った。その要望から製品を産み出し、完成した製品をすぐに顧客に確認して頂いた。そして、確認時の意見を開発製品にフィードバックし、再びプレゼンテーションを行った。

この一連の流れを繰返した結果、顧客が本当に望んでいたニーズに気付くことができた。

熟練の通水作業員が減少してきた昨今、微妙なキャップ操作で流量を調整しながら通水作業を行うことに不安が出てきている。その一方で安価な製品の開発が期待されていた。つまりシンプルなバタフライ弁を使い、安心して作業できることが求められてきている。

これを反映し、開発コンセプトは、当初の「既存の通水バタフライ弁よりも微流量の調整ができる機能を持たせること」から、「誰でも安心して安定的に通水ができ、安全に作業ができる機能を付加すること」へと変更した。

4.2.2 VE 手法による

「作らずして価値ある製品を開発」

開発費用を抑えるため、試作試験を繰返すことなく、より良い製品を作るか検討を行った。その解決のために、今回は VE 手法の5つの原則を取り入れた。

- a) 使用者優先の原則
- b) 機能本位の原則
- c) チームデザインの原則
- d) 創造による変更の原則
- e) 価値向上の原則

まず、使用者優先の原則に従い、我々技術者が直接顧客のもとへ行き、要望をヒアリングした。機能本位の原則に従い、そのヒアリングの結果から顧客が求めていることは通水時の安心感であることに気付くことができた。ここまでの、前述の技術者マーケティングの項目のとおりである。

そして、モノを作らずに、より良い製品を作るために取組んだ原則、それが、チームデザイン・創造による変更・価値向上の原則である。

今回設定した「定性的」な顧客要求である「安心・安定・安全」を満たす構造を発案（＝定量化・具現化）するプロセスが今回のキーであると考え、新製品の構造・機能設計には、複数名のエンジニアを導入（チームデザインの原則）した。そして、それぞれが競い合うことで、よりクオリティーの高い新製品案へとブラッシュアップさせる（創造による変更の原則）ことに取組んだ。そのうち採用には至らなかった構造案の一部を紹介する。

1) 弁体フィン組込み構造案

従来一体型であったフィン組込型に変更する(図8)。これにより無加工にもかかわらずフィンと弁箱シートを極限まで接近させることで微流量の調整を可能とする。

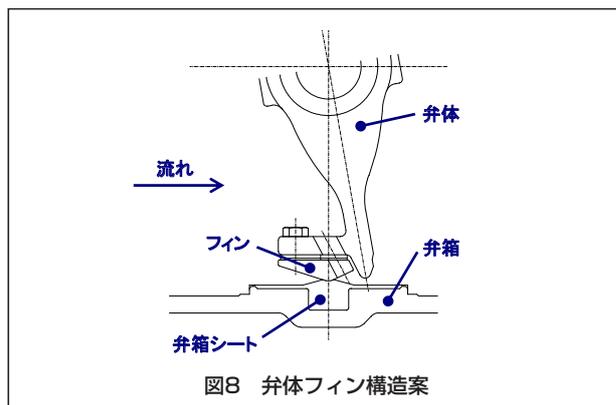


図8 弁体フィン構造案

2) 弁箱ガイド組込み構造案

今まで弁体に設けていた通水ガイドを弁箱に組込む構造である(図9)。加工された金属ガイドを採用することで弁体エッジと弁箱ガイドを接近させることが可能となる。

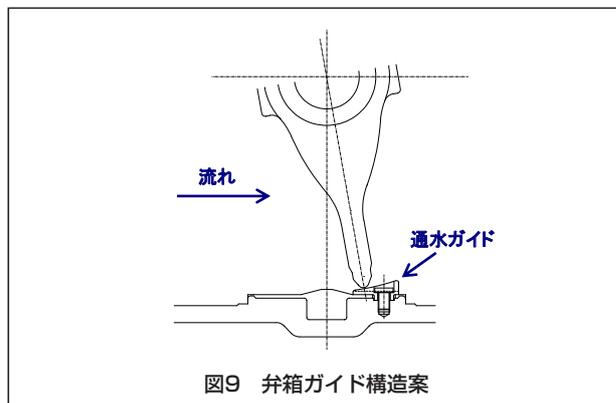


図9 弁箱ガイド構造案

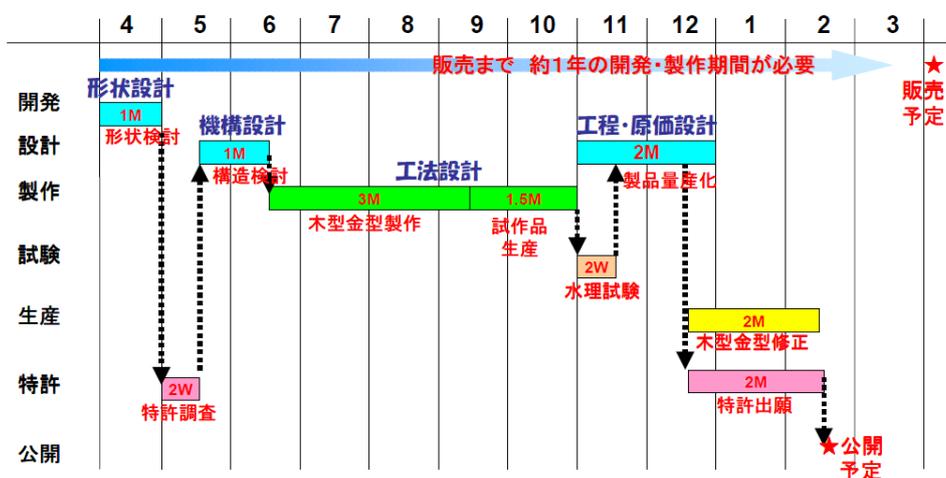
この2案とも「微流量の調整ができる機能を持たせること」が開発コンセプトであったならば、採用された可能性があったと考える。今回は顧客が求めている機能が「安心・安定・安全」であるということを最優先し（価値向上の原則）、数ある候補の中から、今回開発を完了したV溝を持つ新しい構造の選択に至った。

4.2.3 コンカレントエンジニアリングによる「短期間での難問解決」

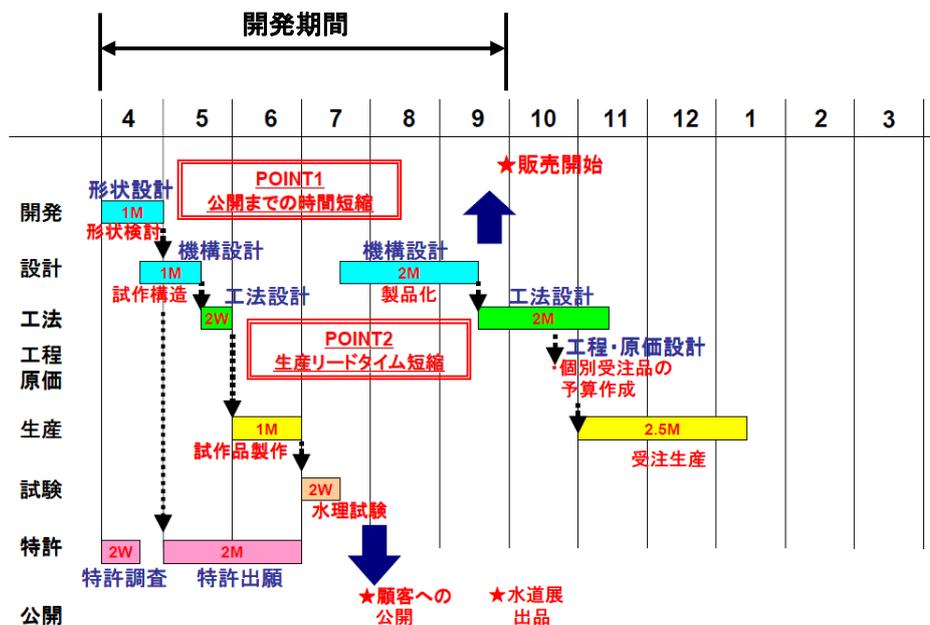
今回設定された開発期間は僅か半年であったことは4.1項のとおりである。これを達成するために、コンカレントエンジニアリングを導入した（図10）。

通常、前工程を待って進める開発プロセスを同時並行で進めることによって、開発期間が通常1年かかるところを半年に縮めることができた。この成功には2つのカギがある。

1つ目のカギは、通常、開発当初は開発者だけで進めていくところを、開発部門・設計部門・調達部門が開発スタッフとして同時に関わったことである。プロセスごとのプロジェクトマネージャーが自主的に役割を演じたことで、開発者一人では到底解決できないような難しい課題を、個々に、早期に、解決した。コーポレートラボによらない事業部単位で取組んだ開発テーマであったことを逆に「強み」とできた成果である。2つ目のカギは、



a) 一般的な開発スケジュール



b) コンカレントエンジニアリングを用いた開発スケジュール

図10 開発スケジュール

各部門がデザインレビューやミーティングを密に行い、開発の進捗状況を共有したことにある。これにより、前工程が考えている「追求したいバルブの機能」と後工程が生み出す「実現するために必要な技術」を、製品の素案段階から、常にうまく噛み合わせることが可能となった。

その実例を2つ紹介する。

まず1つ目は、ゴム成型方法である。新型通水バタフライ弁の弁箱ゴムシートは通水ガイドの役割を担うことが可能な構造としているが、この構造は今まで当社も他社も取り入れた事のない新構造であったため、設計思想を具現化する実例が見当たらなかった。こういった場合、通常の開発プロセスでは、設計図面を完成させた後、ゴム成型方法を決定し、それに合うように弁箱素材形状を設計し、弁箱を鋳造する。ところが今回は弁箱素材の生産とゴム成型方法の決定をほぼ同時に行う工程計画を立てている。この実現のために、設計はゴム形状のうち「通水機能」に関わる形状のみを下流工程へ伝達して成型方法の検討を進めている。その結果、第1号開発製品では止水性能を犠牲に（シール性を無視）して、通水機能のみを具現化することを優先し、短期間で設計要求の一部を完成させた。この間に、設計は止水性能も持たせたゴム形状を考案し、試作と平行して最終完成形へと進めていた。

次に2つ目の実例は、高圧止水性能の実現にある。手法は1つ目とほぼ同じである。微流量の調整が必要となるのは高い静水圧条件で通水するケースが多いと考えた。同芯型バタフライ弁では高圧（呼び圧力16K以上）止水性能をもたせる場合は、弁棒が通る「平行部」の水漏れを防止するために一工夫が必要である（図11）。

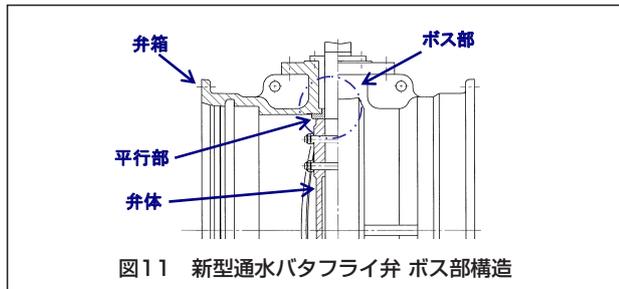


図11 新型通水バタフライ弁 ポス部構造

一般的には円周部の弁箱シートと、この「平行部」に設けた「シートボス」の部品を分割する構造 [図12 a)] を採用し止水性能を高める。

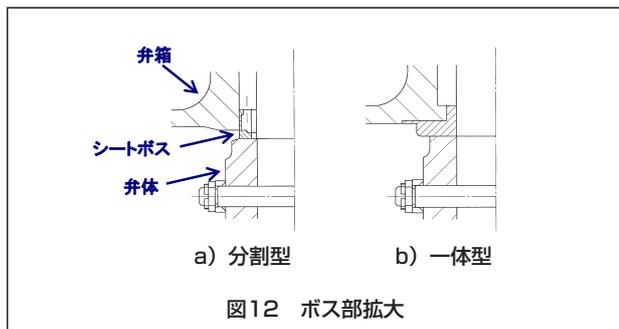


図12 ポス部拡大

一方で新型通水バタフライ弁では通水ガイドの役目をゴムシートが担うため、シートボス分割構造を採用しな

かった。それでも開発スタッフは「微流量調整が可能な通水バタフライ弁は高圧止水性能がなければ売れない」という信念のもと、この難題に取り組んだ。設計、調達、加工、組立の全ての部門が集まって繰返してデザインレビューを行いながら構造検討を進めた。その結果、短期間のうちに、平行部と円周部が一体型 [図12 b)] でありながら、高圧止水が可能な新しい弁箱シートの製造技術を生み出すことができた。

5. 新型通水バタフライ弁BT-VT形の完成

前述の開発プロセスを経て、新しい初期通水バタフライ弁を完成させた（図13）。



図13 新型通水バタフライ弁（形式：BT-VT）完成品

5.1 構造

最大の特徴は、弁体の通水孔の代わりに、弁箱シートにV形状の溝を設けたことである（図14）。

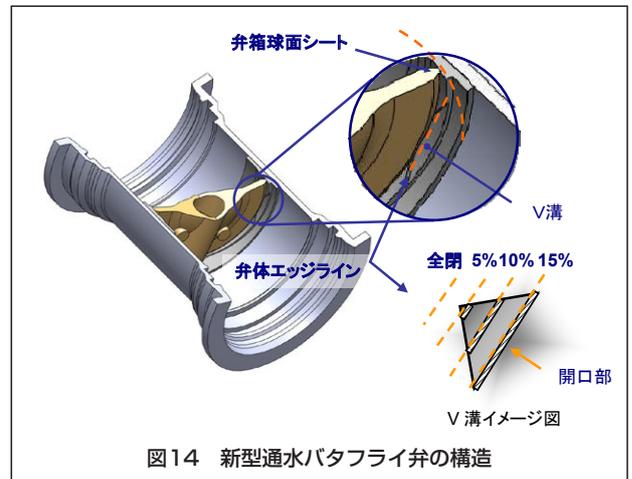


図14 新型通水バタフライ弁の構造

また、弁箱シートは球面加工を行い、弁体シートを弁箱シートに接触させた。これにより、通水開度（開度5～15%）

において、V溝部分からのみ水を流す構造となり既存の通水バタフライ弁よりも少ない流量を流すことが可能となった。さらに、V溝イメージ図のように、弁体が開くに従って、V溝が広がっていくので、流量が少しずつ増加する機能を加えることができた。

5.2 機能

完成した新しいバタフライ弁の流量特性（図15）を報告する。

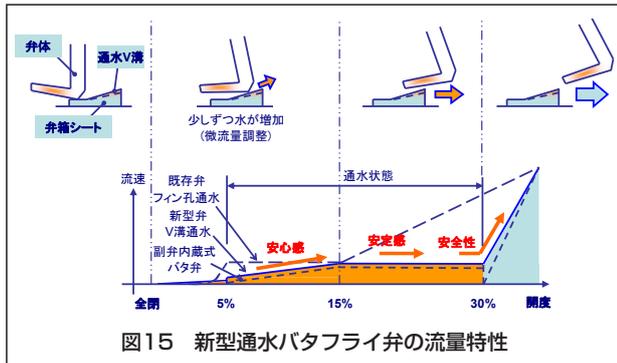


図15 新型通水バタフライ弁の流量特性

開度5～15%間は、V溝の効果により今まで一定流量だった区間に傾斜を持たせることによって、少しずつ水を増やすことができ、既存の通水バタフライ弁のように急激に流量が増えることがないため、作業者が安心して通水作業ができる機能を持たせた。

次に、弁箱シートを球面形状としたことによって、今まで5～15%が通水開度だったが、30%まで広げることができ、安定した通水作業ができるようになった。

そして最後に副弁内蔵バタフライ弁のように2軸ではなく1軸での操作により操作力を気にせず、常に同じ力で安全に操作ができるようになった。

5.3 性能

試作品は水理実験を行い（図16）、通水性能を確認している。試験の結果、既存のバタフライ弁のどれよりも微流量を調整することができることが明らかとなった（図17）。



図16 実流試験

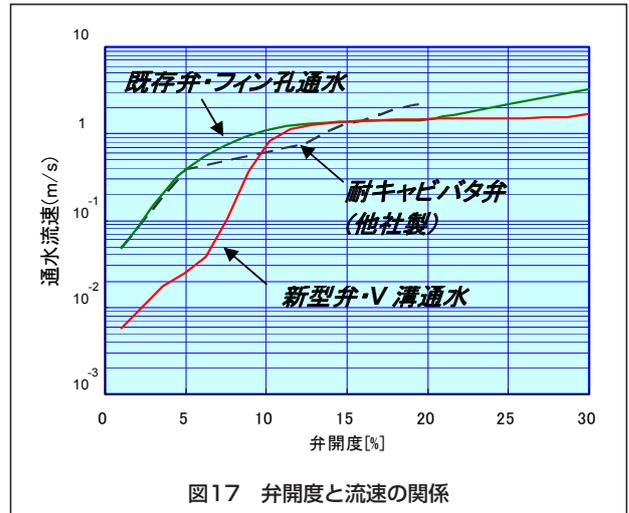


図17 弁開度と流速の関係

また、微流量を調整できるだけでなくV溝の効果は期待以上のものであった。それはバルブの開き始め時の安心感である。バタフライ弁は通常、開き始めはどうしても不安定な流水音の発生がともなう。作業者はこのときの感覚を嫌う傾向にある。新型バタフライ弁のV溝による「少しずつ流量が増加する」機能が開き始めの不安定な流水音発生を極力軽減させている。このV溝による機能は、普段から通水作業を行っている顧客による新型通水バタフライ弁の操作体験を通じて高い評価を受けることができた。

6. おわりに

以上のとおりの開発コンセプトであった、顧客に「安心・安定・安全」を提供できるバルブを完成させることができた。また、開発プロセスに工夫を加えたことで、短期間のうちに複数の事業者から成約を頂いている。現在は製造コストを抑え、納期を短縮するため、製造プロセス改善の開発業務に引き続き取り組んでいる。

執筆者

丸田康平

Kohei Maruta
2002年入社
バルブの設計に従事



真本英光

Hidemitsu Mamoto
1997年入社
バルブの設計に従事

