

水力発電設備に使用する弁箱分割形バルブの改良

Improvement of The Valve with The Dividing Body for Hydraulic Power Station

若林伸彦* 橋野慶介** 小門尚容** 池田真大** 城山重英** 土原好治**
 Nobuhiko Wakabayashi Keisuke Hashino Takahiro Kokado Mao Ikeda Shigehide Shiroyama Koji Tsuchihara
 泉倉 誠* 西川裕俊*** 小田浩司****
 Makoto Izukura Hirotooshi Nishikawa Koji Oda

東日本大震災以降、地球温暖化対策として、再生可能エネルギーのひとつである水力発電が見直されてきたが、新設する場合はコストが高く費用対効果が得られにくいというデメリットがあるため、近年は老朽化した水車・発電機設備を新たに更新し高効率化を求めた事業が進められている。この設備の更新には機器搬入などに制約が発生し、水力発電システムに使用する鉄管弁や水車入口弁などのバルブにも制限が発生する場合がある。そのために特に口径の大きいバルブの搬入性能を良くしていくことは、長年にわたり鉄管弁や水車入口弁を数多く供給してきた当社の使命と考えている。

そこで今回は搬入に制限がある場合に使用する弁箱分割構造のバルブの性能を向上させるために実施した分割面止水構造の改良、現地組立の改善について報告する。

Since the Great East Japan Earthquake, hydroelectric power, which is one kind of renewable energy, has been reconsidered as a countermeasure against global warming. As the cost is high and consequently it is difficult to obtain excellent cost performance in constructing new hydroelectric power stations, the renewal of the deteriorated generator equipment such as turbines and valves and the pursuit of high efficiency have been proceeded recently. Constraints have arisen on the carry-in of apparatus and so on in renewing these facilities, including the valves such as penstock valves and turbine inlet valves used in hydroelectric power generation systems. Therefore, we think that improving the convenience of carry-in and installation of large-diameter valves in particular is the mission of our company, which has supplied many penstock valves and turbine inlet valves over the years.

We report on improvements in on-site assembly and watertight structures at the interface of dividing implemented to improve the performance of valves with dividing valve body structures in the case that there are constraints in carry-in.

1 はじめに

日本の高度成長期に建設された他の設備同様、国内発電所内の大型設備の多くが更新時期を迎えている。発電所建設当初は資材運搬のための専用道路が設置されていたが、現在では、運転中の火力、水力発電所へのアクセス手段には制約がある。このため、大型弁（海水バタフライ弁やバイブレンバルブ）を現地搬入することが課題となる。特に、山間部にある鉄管弁、水車入口弁では、「狭い道路やロープウェイで制限以下の重量に分解した

部品を運搬、現地組立が可能」という技術提案により顧客の要望に沿うことができる。（水力発電所設備については図1を参照）大型バルブを構成する部品のうち、最も重い部品が弁箱であり、弁箱を複数個に分割すれば、部品重量を大幅に低減できる。一方、弁箱は圧力容器であるため、分割面からの流体外部漏れを防ぐ必要がある。本稿では九州電力株式会社東塚原発電所向けφ3000鉄管弁として納入した、弁箱分割形バイブレンバルブにて採用した分割部止水構造、現地組立作業での改善活動について記述する。

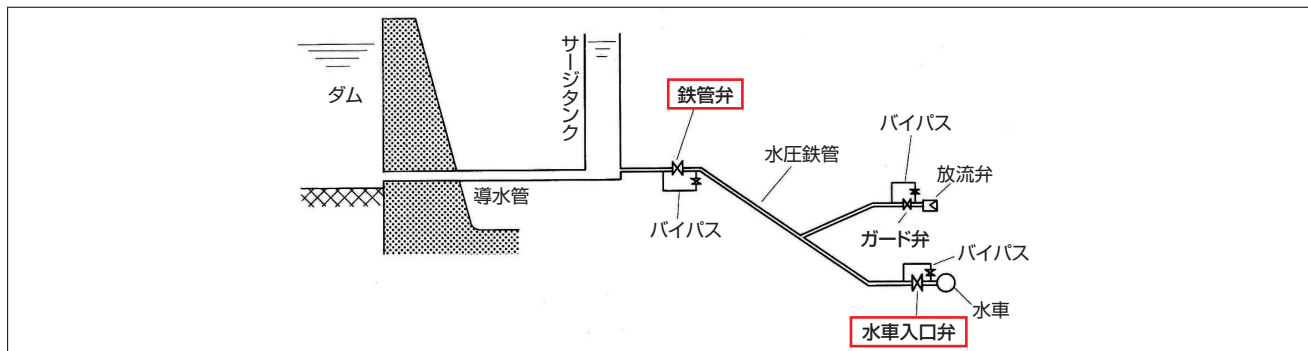


図1 水力発電所設備配管フロー図（例）

*バルブ事業部 バルブ技術部 **同 バルブ製造部 ***同 バルブ品質保証部 ****ベフト工業

2 バイプレーンバルブ

2.1 バイプレーンバルブの構造および特長

今回分割構造を採用したバルブは、水力発電所設備に多く採用されている二次偏心形バタフライ弁のバイプレーンバルブである。バイプレーンバルブは広く知られているバタフライ弁と外見は似ているが、流体を遮断する弁体の形状に大きな特長がある。水力発電にはバルブが必要不可欠であるが、水車の効率を向上させるために可能な限りバルブによる流水の圧力損失を抑える必要がある。そのため弁体は上下二枚の平板を縦リブで並列に連結させた形状とし、バルブ全開時に流路面積に対しての弁体面積を小さく抑えたうえ、流水圧力に対し強度を備えた構造としている。(図2にバイプレーンバルブを示す。)

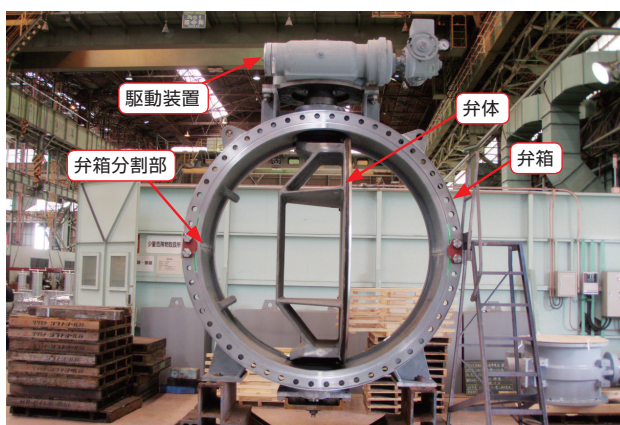


図2 バイプレーンバルブ

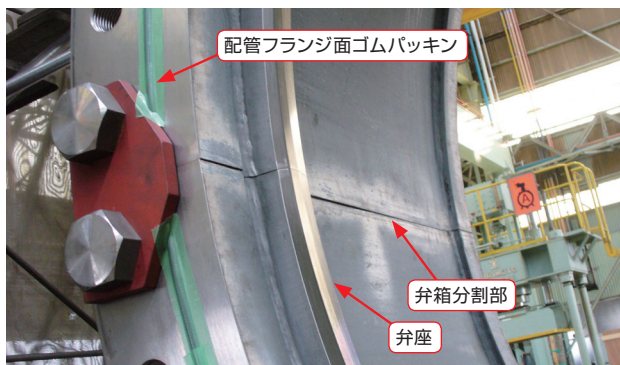


図3 弁箱分割部

2.2 弁箱分割構造

バルブの弁箱は配管と同様に圧力容器として扱われるため、流体を外部に漏らすことは許されない。配管接続部のフランジは環状であり、フランジ面にOリングやガスケットを配してボルトで連結すれば比較的単純な仕組みで流体の外部漏れを防止することが可能である。円筒形状の弁箱を分割した場合も、配管接続同様にフランジ接合となるものの、分割面は環状形状ではなく長方形のフランジ形状となる。このため規格品のOリングやガスケットでは流体漏れを防止することができないため、バルブメーカー独自の止水技術が必要な箇所である。(図3、4に弁箱分割部を示す。)

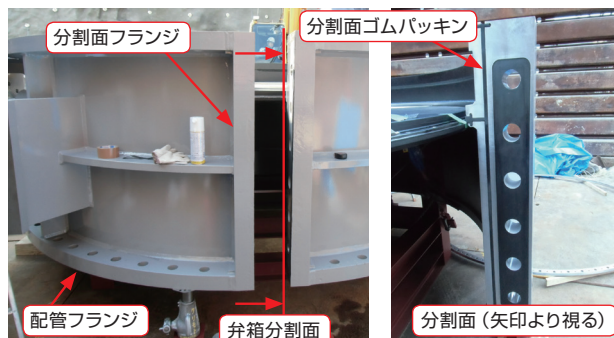


図4 弁箱分割面形状

3 弁箱分割部の止水構造の改良

3.1 従来の止水構造

分割部には分割面自体の漏れ、バルブ全閉時に流水を止水する弁座面の漏れ、配管フランジ面からの漏れを確実に防ぐ必要がある。この3面を確実に止水するため従来は分割面の漏水を防止するゴムパッキンと配管フランジ面からの漏れを防止するOリング形状のゴムパッキンを図5のように一体化した構造を採用していた。この場合、バルブ組立後据付場所までの輸送時や据付時に配管フランジ面のゴムパッキンを万が一損傷させたとき、バルブの分解、ゴムパッキンの再製作、再組立が必要となるため、細心の注意を払いながらの作業となり、工期にも影響がでていた。

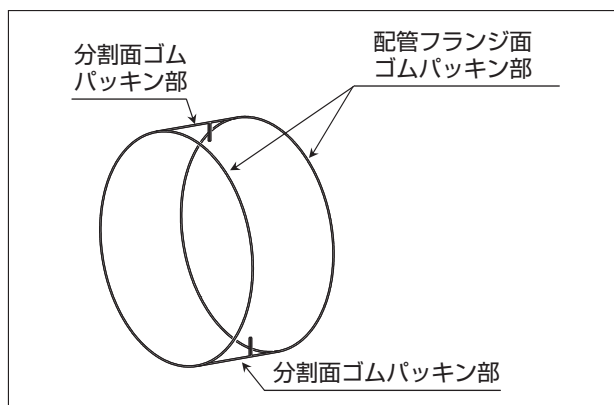


図5 従来のゴムパッキン形状

3.2 ゴムパッキンの課題

分割面のゴムパッキンはその形状や構造からパッキンを挿入して組上げた後、時間が経つにつれ外側にはみ出る傾向が非常に大きい。そのためゴムパッキンの形状は改良を重ねてはみ出し防止の工夫を行ってきた。

またゴムパッキンは形状だけでなく、固定する位置や方法、溝形状、溝とゴムパッキンの断面積比率などを変えることではみ出し防止性能や止水性能が大きく変わるため、多くの組合せから選択し試行錯誤を繰り返し試作試験を重ねゴム形状を決定している。(図6に分割部を模擬したゴムパッキンについての止水性能試験実施例を示す。)

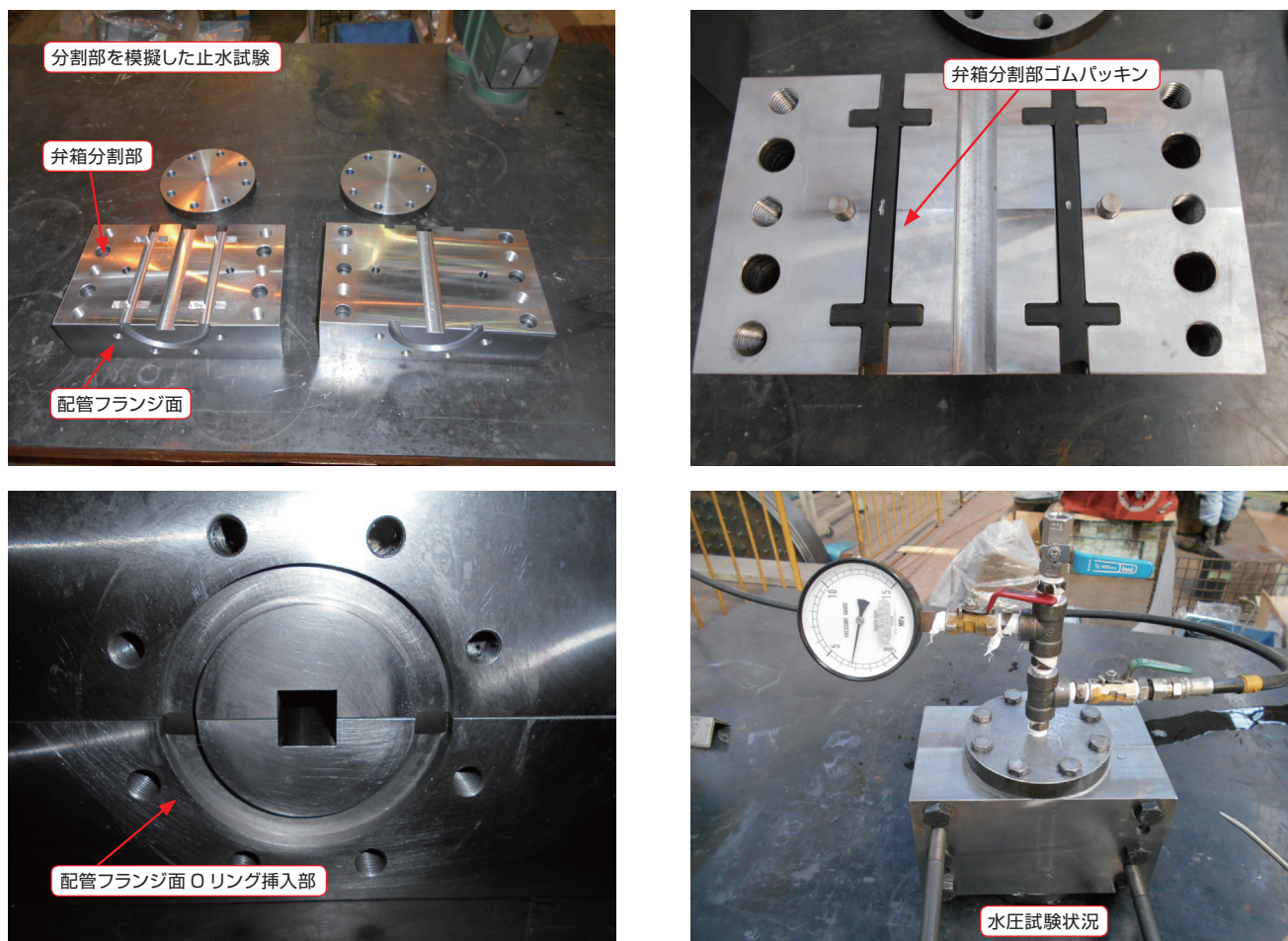


図6 分割部を模擬したゴムパッキン止水性能試験実施例

3.3 ゴムパッキン形状の改良

ゴム形状、溝形状は当社独自の形状とし現在では、分割面と配管フランジ面とのゴムパッキンを分割させることに成功している。分割面のみ特殊形状のゴムパッキンとし、配管フランジ面は一般的なOリング形状としている。

分割面と配管フランジ面とのゴムパッキンを分割させたことにより、以下のようなメリットがある。

- ①バルブ組立後、据付直前まで配管フランジ面の溝にゴムパッキンを嵌めることなく保管ができるため損傷が発生する可能性が減少し、工期延長への影響がなくなる。
- ②特殊形状のゴムパッキンの範囲が少なくなるためゴムパッキンのコストが抑えられる。
- ③従来は一体構造であったため、細心の注意を払いながらの組立作業であったが、施工性も向上し組立工数が削減できる。

4 納入実績における現地組立の課題と改善

4.1 納入機器概要

本稿では、九州電力株式会社殿塚原発電所向けに製作した口径φ 3000 バイプレーンバルブの納入実績を事例

として紹介する。本案件で製作したバルブは鉄管弁と呼ばれる機器であり、水車および水圧鉄管の上流に位置し、図7のような山の中腹に据付けられる。



図7 据付場所

本案件は、近くまでは国道が通っており大型のトレーラでも通行可能であるが、据付場所は、国道から脇にそれた細い山道を通行しなければならない場所であったためトラックのサイズ、製品重量に制限が設けられていた。そのため本案件では弁箱分割形バイプレーンバルブが採用されることとなった。(図8は現地輸送道路を示す。)



図8 輸送道路

4.2 現地搬入

本案件では製品搬入時の製品重量に当初は8ton、最終的には10tonの制限が設けられた。弁箱一体形で製作したバイプレーンバルブは弁本体一式で納入するため、本案件の仕様条件の場合、納入時重量は約15tonとなり、納入時の重量制限に対応できない。このため弁箱分割形バイプレーンバルブを採用することとなった。

表1はφ3000バイプレーンバルブにおける重量比較表である。弁箱分割形の場合、納入時最大重量となるのは「弁体+弁棒」であり、重量は制限である10ton以下の約7.2tonにて製作することを可能としている。

表1 重量比較表 [ton]

納入場所		九州電力(株)塚原発電所	
品名		電動式バイプレーンバルブ	
構造		分割型	一体型
口径		φ3000	
用途		鉄管弁	
部品重量	弁箱	約3.5(片側)	約6.5
	弁体	約6.5	約6.5
	弁棒	約0.7	約0.7
	開閉装置	約1.25	約1.25
	その他	約0.25	約0.2
弁本体一式重量		約15.7	約15.15
納入時最大重量部品		弁体+弁棒	弁本体一式
納入時最大重量		約7.2	約15.15

4.3 現地組立の課題解決

バルブの弁箱を分割形とすることで現地搬入が可能となったが、現地で工場組立作業を再現することは容易ではない。加えて従来の組立手順の場合、およそ17日間の現地組立期間が必要であったが、本案件での組立にて使用可能な期間は13日間であった。そこで本案件では現地組立手順の見直しを行った。図9に示す通り従来の組立手順は、(①②)2つの弁箱を組立てた後、(③)弁体を設置し、(④)弁棒を挿入し、(⑤)平行ピンの現地シール溶接を行い、(⑥)開閉装置を組付ける手順を採用していたが、以前から次のような課題が挙げられていた。

- I：現地組立場所は水平度、平面度が悪く、弁箱のレベル出しが困難である。
- II：弁棒挿入時に2台のクレーン車を用意する必要がある。
- III：平行ピンの現地シール溶接作業に手間がかかる。

本案件では、上記I～IIIの課題を解決することによって、現地組立作業の安定性確保と作業期間の短縮を図った。

改善後の組立手順は、図10に示す通り(①')弁棒を組込んだ弁体を架台に設置し、(②')開閉装置側の弁棒に弁箱を挿入する。(③')反開閉装置側も同様に行い弁箱を組立て、(④')開閉装置を組付ける手順へ変更した。これにより次のような改善効果が得られた。

- I'：架台を使用することによってバルブのレベル出しが容易となる。
- II'：弁棒に弁箱を挿入するため、一台のクレーン車にて作業が可能となる。
- III'：平行ピンのシール溶接を行った状態で納入するため、現場溶接が不要となる。

また、上記の現地組立作業の見直しに加え、工場組立時に現地組立作業を想定した組立てを行った。図11の左図は当社工場での組立作業状況であり、現地クレーン車での作業性低下を想定し、天井クレーンの使用を1台に制限して組立てを行っている。工場組立時から現地のシミュレーションを行うことで更なる改善や作業時間の把握を可能とした。

組立作業の見直しと現地作業のシミュレーションにより現地での作業期間を13日間に短縮し、お客様の要求に応えることができた。

5 おわりに

本稿では弁箱分割構造の止水構造の改良、現地組立の改善について報告した。現在は国内やアジアへの実績をもとに、北米のダム設備大型バルブ更新案件で、本技術提案を実施中である。また、国内案件において弁箱分割形で受注が決定している台数は下記の通りとなる。

φ2900mm バイプレーンバルブ 3台

φ4500mm バイプレーンバルブ 1台

今後も顧客ニーズにあった製品を提供するために開発、改良を進めていく。

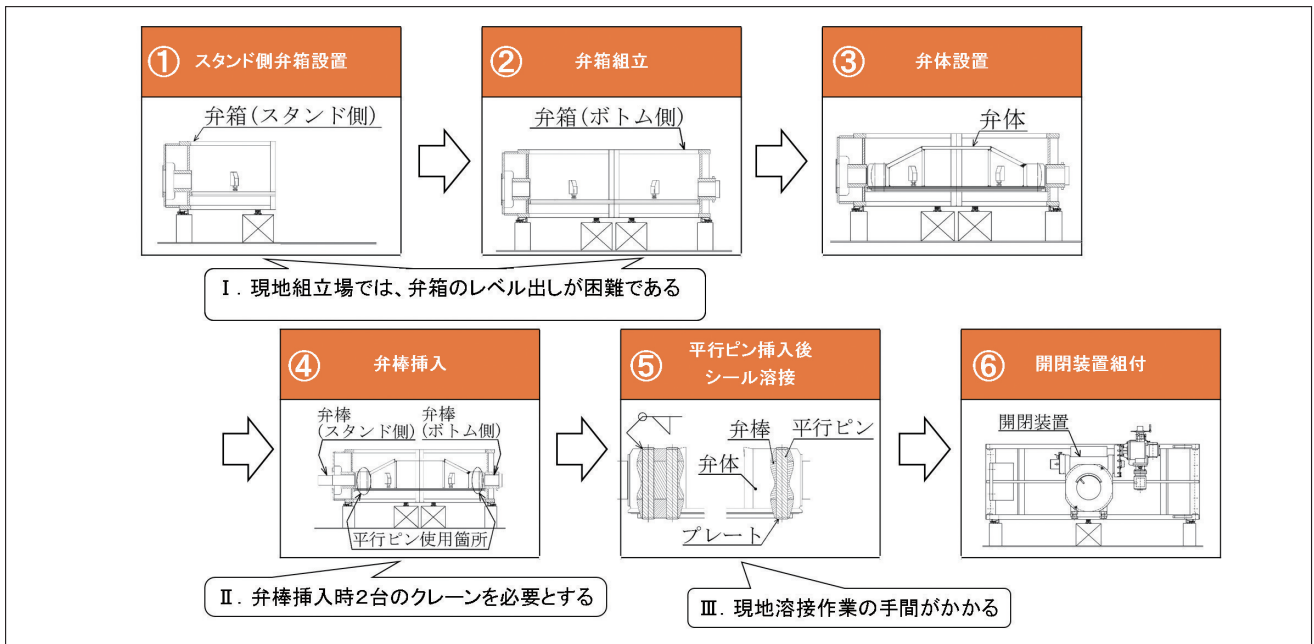


図9 従来の組立手順

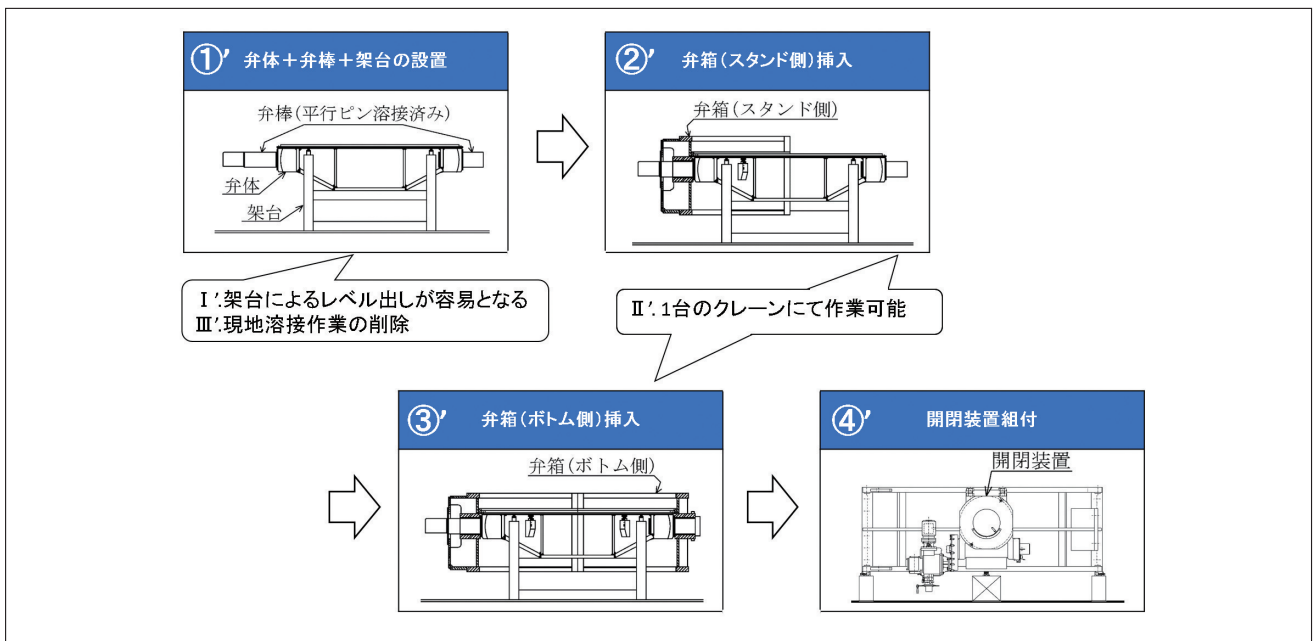


図10 改善後の組立手順



工場組立時



現地組立時

図11 弁箱組立作業比較

執筆者：

若林伸彦

1992年入社

バルブ設計・開発に従事



橋野慶介

2015年入社

バルブ設計・開発

および製造に従事



小門尚容

2001年入社

バルブ製造に従事



池田真大

2016年入社

バルブ製造に従事



城山重英

1980年入社

バルブ製造に従事



土原好治

1994年入社

バルブ製造に従事



泉倉 誠

2001年入社

バルブ設計・開発に従事



西川裕俊

1990年入社

バルブ設計・開発

および品質保証に従事



小田浩司

ベフト工業

