

# 6.4 研究項目④高温弁 要素技術開発

ABB日本ベレー株式会社

岡野バルブ製造株式会社

東亜バルブエンジニアリング株式会社

富士電機株式会社

# 目 次

## 6.4 研究項目④高温弁要素技術開発

6.4.1 高温弁の配置と役割

6.4.2 高温弁の開発課題と目標

6.4.3 要素技術開発

6.4.4 研究開発成果（実缶試験）

## 6.4.1 高温弁の配置と役割

# 6.4.1 高温弁の配置と役割

## 過熱器安全弁

過熱器の焼損を防止するために設置される安全弁。ボイラー内の圧力が所定以上となったとき、自動的に開いて圧力を逃す。パネを利用して作動する。

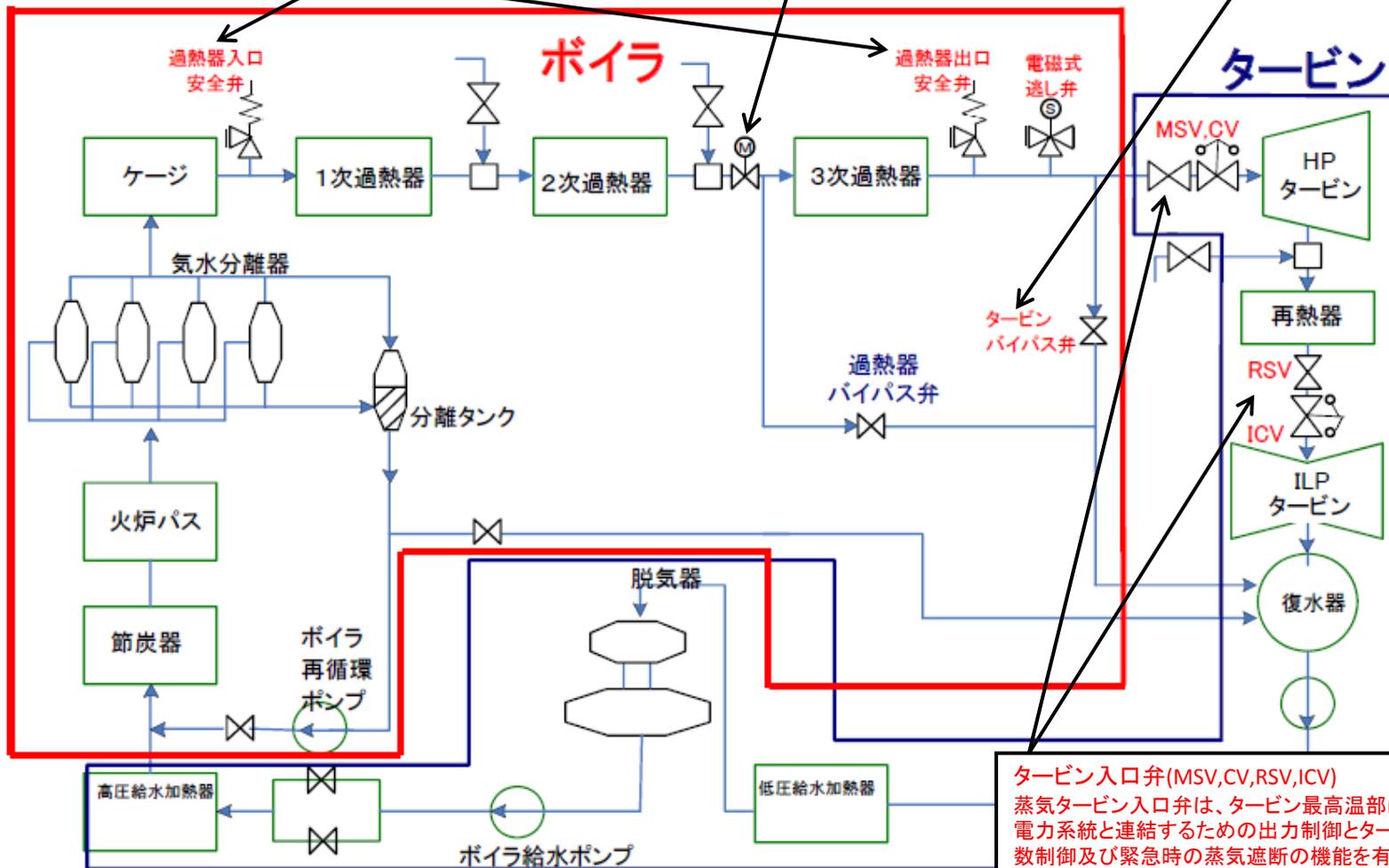
## 一般弁(玉形弁)

発電プラントのボイラー～タービンまでの配管内の蒸気の流れを制御(閉止、切替等)するために設置する。

使用頻度、用途等に応じて電動、空気動等の駆動装置で作動する。

## タービンバイパス弁(TB弁)

1. ユニット起動時に、主蒸気管のウォーミング、主蒸気の昇温、昇圧、主蒸気条件が一定の温度、圧力になるまで本弁を用いタービンをバイパスする。通常運転に切り替わった状態で弁は締切となる。
2. 通常運転中に主蒸気圧力の上昇があった場合には圧力を逃がす機能を有する。



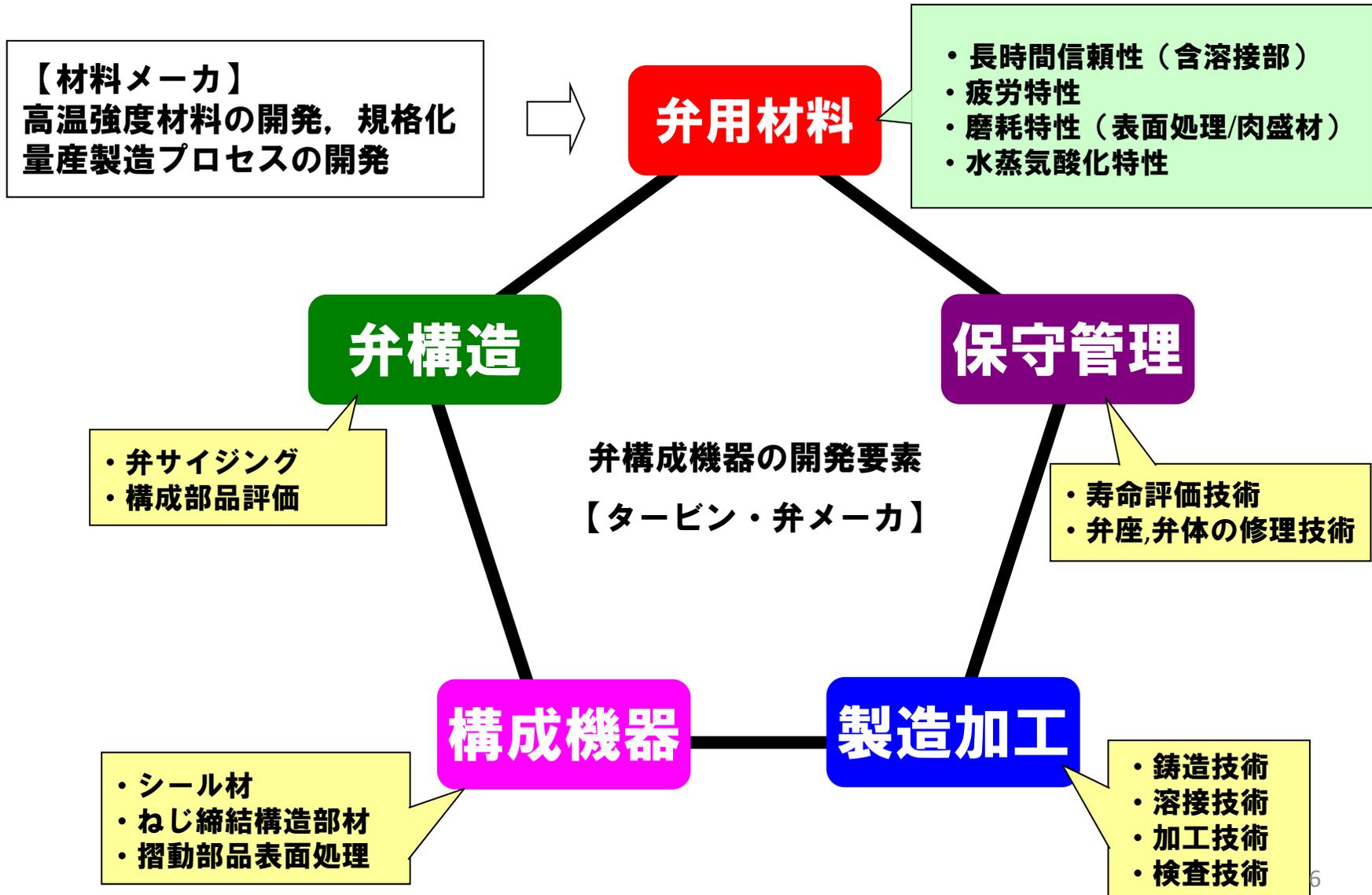
## タービン入口弁(MSV,CV,RSV,ICV)

蒸気タービン入口弁は、タービン最高温部に配置され、電力系統と連結するための出力制御とタービン回転数制御及び緊急時の蒸気遮断の機能を有しており、高速かつ高頻度の精密な動作を要求される。4

## 6.4.2 高温弁の開発課題と目標

# 6.4.2 高温弁の開発課題と目標

開発目標：実缶試験(700°C)による弁信頼性の確認



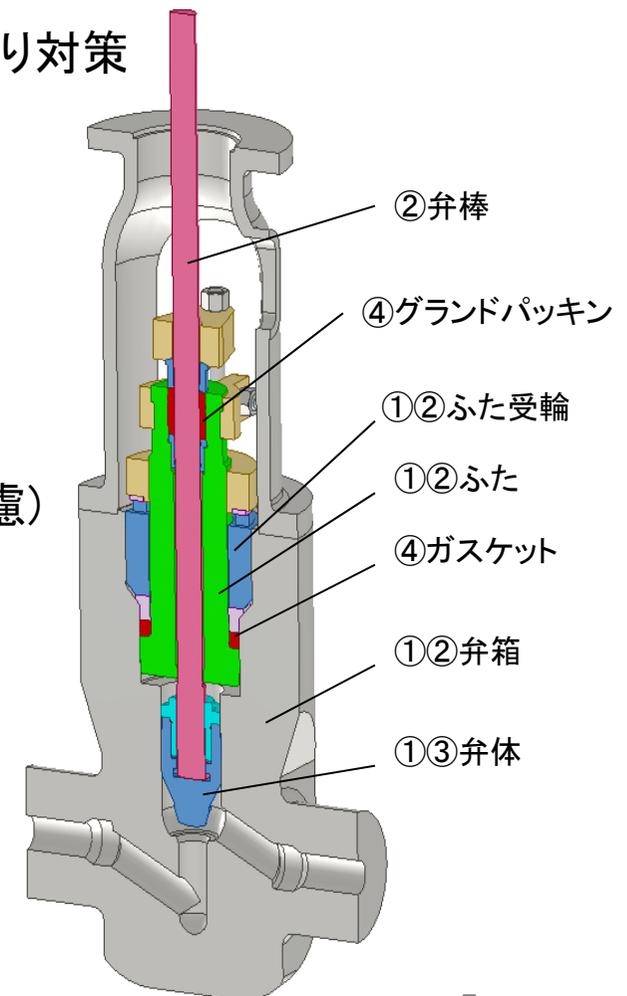
## 6.4.2 高温弁の開発課題 一般弁(玉型弁)

### 【要素試験】

- ① Ni基材料の加工性確認(機械加工、溶接施工等)
- ② 摺動部、ねじ締結部の材料の組合せによる高温かじり対策
- ③ 弁座、弁体の肉盛硬化施工(Co基合金)確認
- ④ グランドパッキン、ガスケットの高温酸化減量対策、シール性能確保

### 【構造設計】

1. 主要部材料・構造検討(高温対策、溶接時熱応力考慮)
2. 鍛造素材による弁本体構造設計検討
3. 温度分布予測(シール部温度)、熱応力解析
4. 要素試験結果を反映しての再検討



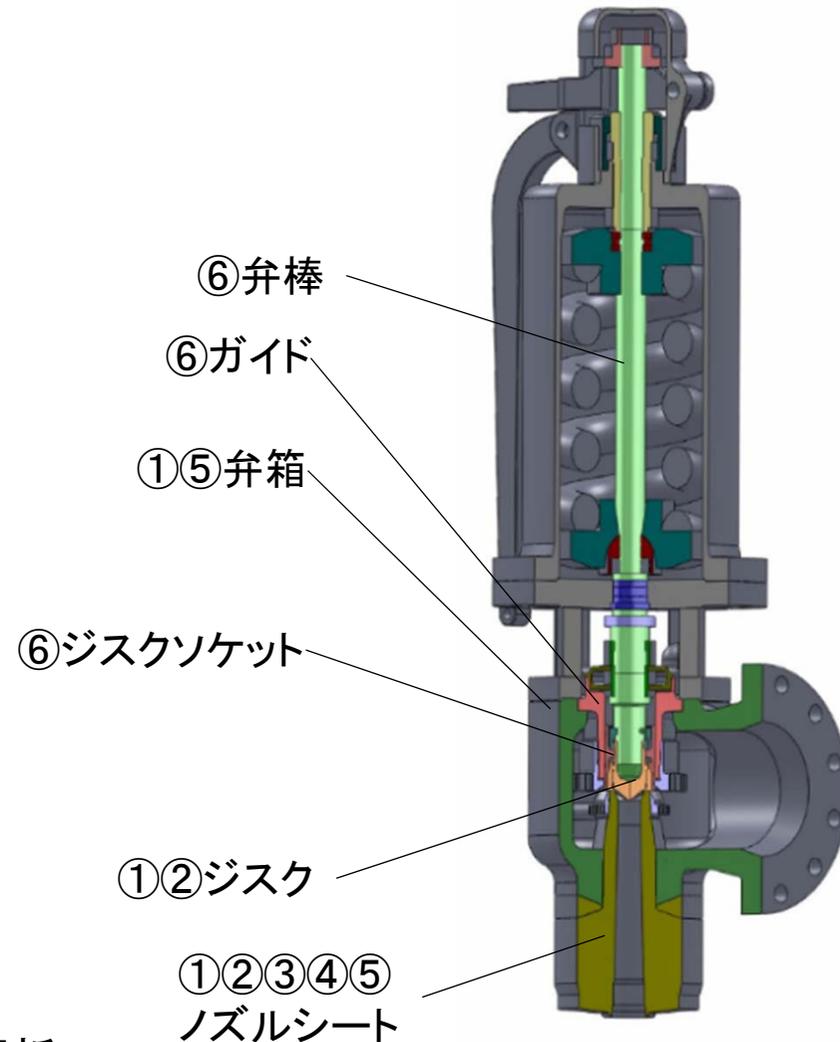
## 6.4.2 高温弁の開発課題 安全弁

### 【要素試験】

- ①溶接施工法の確立
- ②融着性確認
- ③熱変形性確認
- ④Ni基材料の加工性の検証
- ⑤高温時効特性の検証
- ⑥高温摺動性確認

### 【構造設計】

1. 弁構造の検討
2. 各部材質の選定
3. 耐圧部における必要肉厚の検討
4. 各部の強度解析
5. 有限要素法による弁の温度分布解析



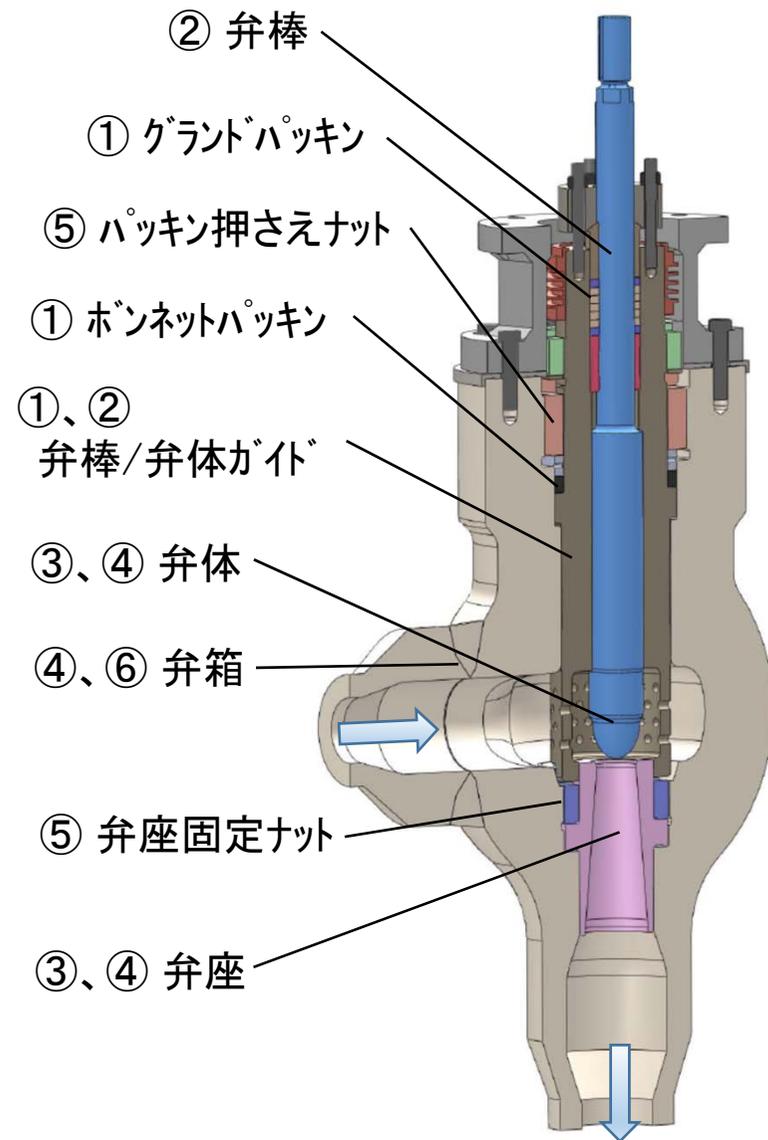
## 6.4.2 高温弁の開発課題 タービンバイパス弁

### 【要素試験】

- ① シール材の高温対策/シール性能
- ② 弁棒摺動部のかじり対策
- ③ 弁座/弁体 (Ni基合金) の肉盛(Co基合金) 施工確認。  
肉盛硬化材の熱衝撃特性評価
- ④ 高圧水の衝突による耐摩耗性能の比較
- ⑤ ねじ締結部 ねじ部の焼付き防止対策
- ⑥ 候補材Ni基合金の弁箱への適用検討  
溶接施工確認、機械加工性確認

### 【構造設計】

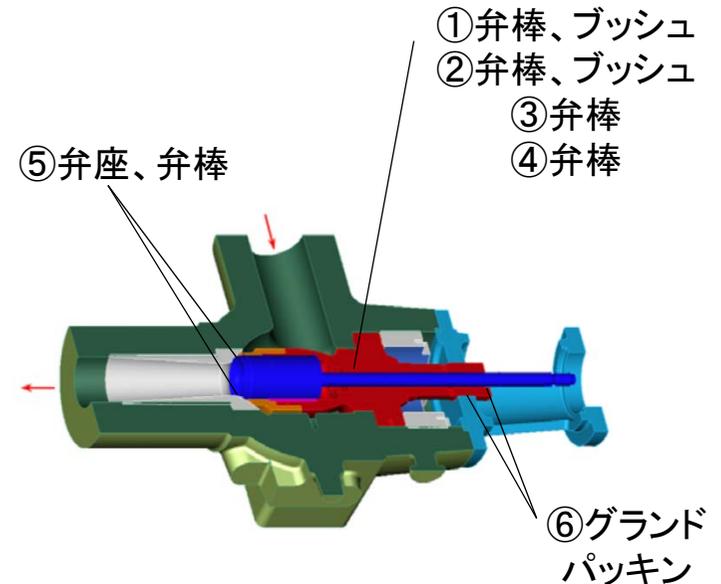
- 高温対策構造検討 要素試験結果反映
1. 弁構造、弁座/弁体の形状検討
  2. 鍛造材による弁箱設計/造詣検討
  3. 温度分布、熱応力解析 熱対策



## 6.4.2 高温弁の開発課題 タービン主要弁

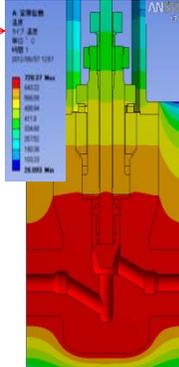
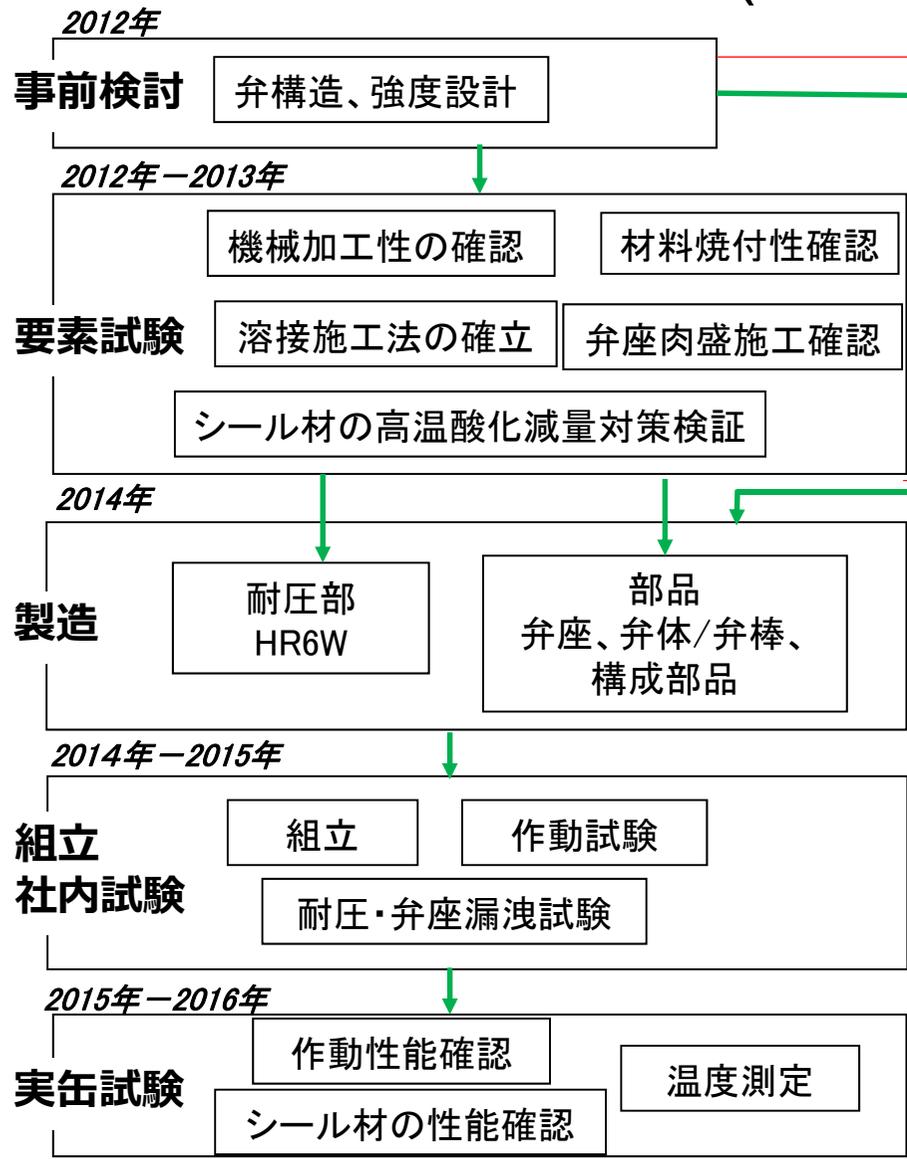
| 項目         | 課題                      | 開発・検証方針                        |
|------------|-------------------------|--------------------------------|
| ・ 材料強度     | ⇒ 変形・破損                 | ⇒ 高温強度を考慮した材料選定                |
| ・ 摺動特性     | ⇒ 磨耗、カジリ                | ⇒ 摩擦磨耗試験で特性を検証                 |
| ・ 酸化スケーリング | ⇒ 摺動スキマ減少・<br>ネジ締結部のカジリ | ⇒ 水蒸気酸化試験による特性を検証<br>焼付き防止剤の検証 |

|   | 項目               | 対象部位         | 目的                                 |
|---|------------------|--------------|------------------------------------|
| ① | 高温摩擦摩耗試験         | 摺動部          | 摺動部への適用材質(表面処理含む)の選定及び摩擦摩耗特性の把握    |
| ② | 水蒸気酸化試験          | 摺動部          | 摺動部における経年的な酸化スケールの成長状況を把握          |
| ③ | 熱衝撃試験            | 溶射部<br>(摺動部) | 摺動部の表面硬化処理に溶射を適用する場合の溶射被膜の耐熱衝撃性を把握 |
| ④ | 被膜密着力試験          | 溶射部<br>(摺動部) | 摺動部の表面硬化処理に溶射を適用する場合の溶射被膜の密着性を確認   |
| ⑤ | 肉盛溶接施工性試験        | 弁座<br>シート部   | 肉盛溶接の溶接条件の確立                       |
| ⑥ | グランドパッキン材のシール性検証 | 弁棒<br>グランド部  | グランドパッキン材質の選定及びシール性の確認             |



### 6.4.3 要素技術開発、実缶試験 の取組み

# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み 一般弁(玉形弁) 1/2



弁構造検討(温度解析)



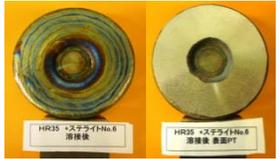
機械加工性検証



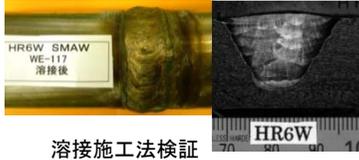
材料焼付性検証



ガスケット高温酸化減量&シール性検証



肉盛後 肉盛後PT  
弁座硬化肉盛施工確認



溶接施工法検証



弁箱製作



耐圧、弁座漏洩、作動試験

# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み 一般弁(玉形弁) 2/2

## 【実缶試験】

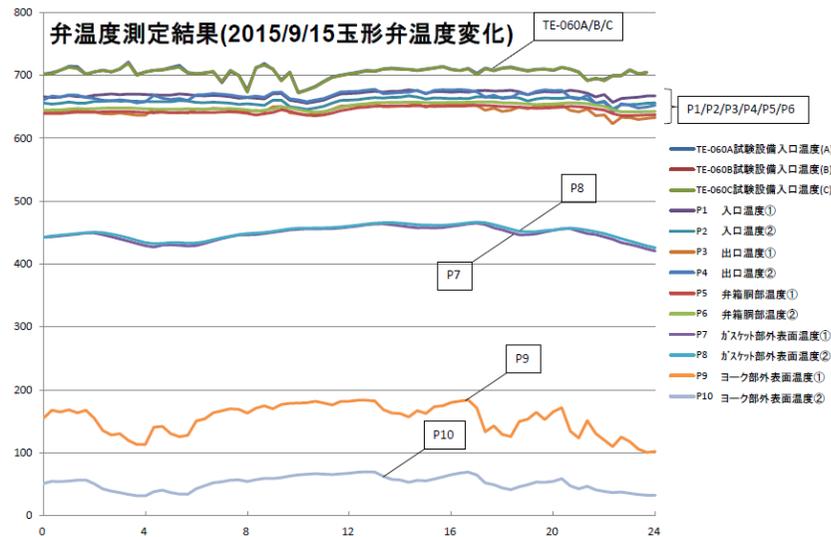
700°C環境下で、以下の検証試験を実施

- ① 弁各部位の温度測定
- ② グランドパッキン、ガスケットのシール性能の確認検証
- ③ 弁開閉時の弁座のシール性能の確認検証
- ④ 作動性能の確認検証
- ⑤ 実缶試験後の調査

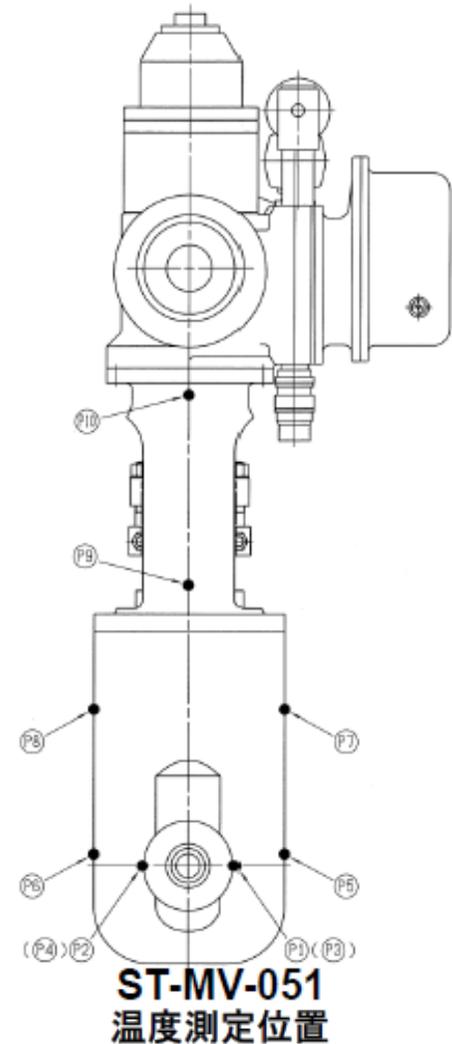


一般弁(玉形弁)

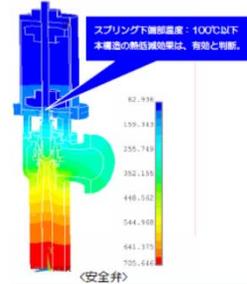
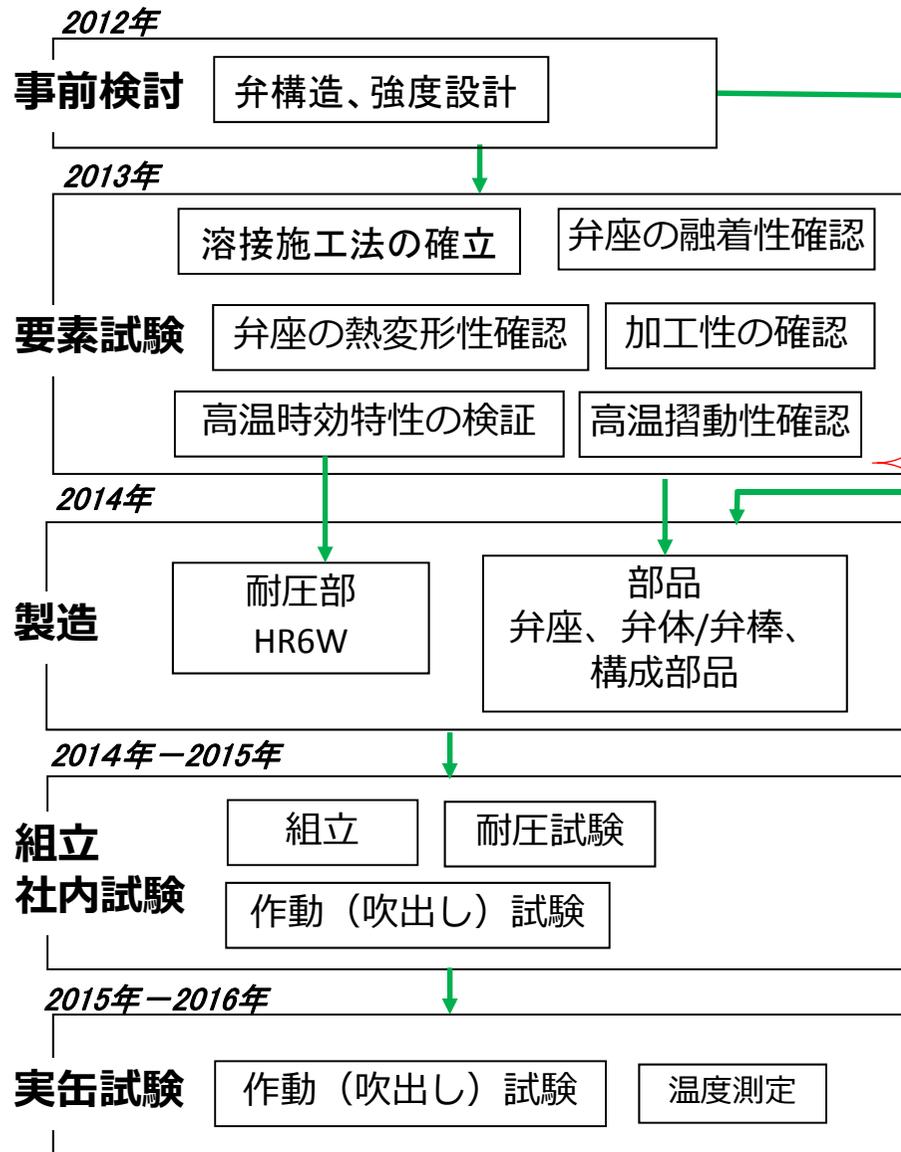
熱電対貼付及び配線状況



温度測定

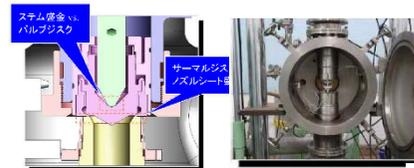


# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み 安全弁 1/2

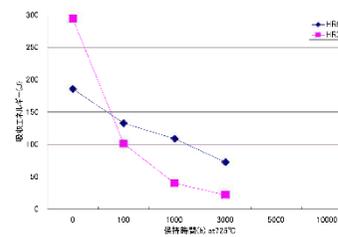


弁構造検討(温度解析)

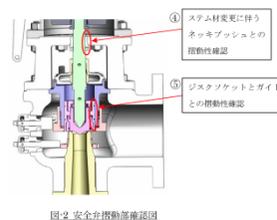
融着の確認を必要とする部位



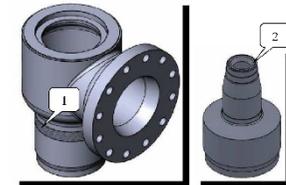
<安全弁> 融着性確認



熱時効特性 (HR6W, HR35)



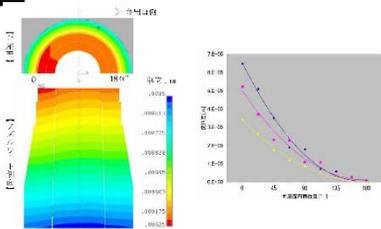
高温摺動性確認



<ボデーノズルシート> <ノズルシート>



溶接施工法の検証



熱変形性確認



弁箱製作



14  
動作(吹出し)試験

# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み 安全弁 2/2

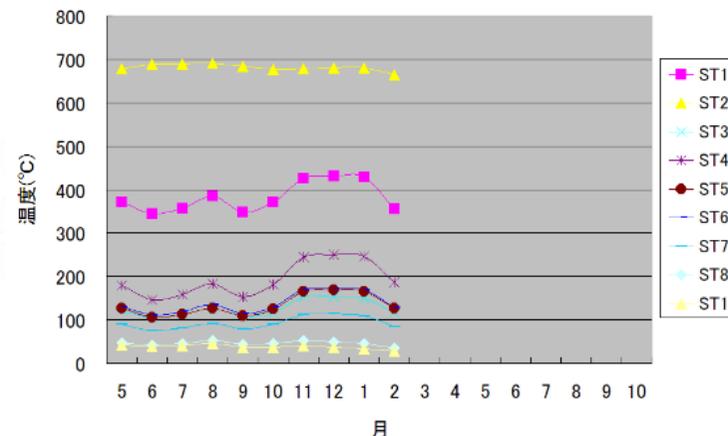
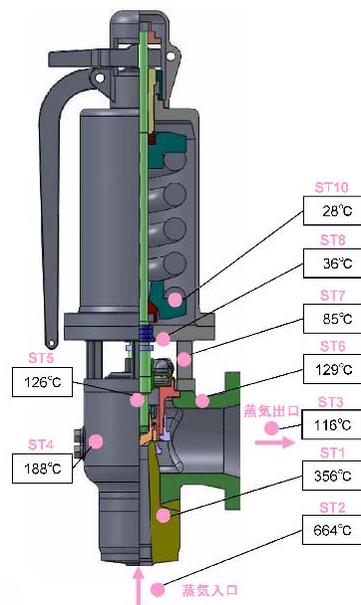
## 【実缶試験】

700°C環境下で、以下の検証試験を実施

- ①作動性能試験 (実缶試験試運転中、停止前に実施)
- ②弁各部位の温度測定(実缶試験中は連続収集)
- ③実缶試験後の調査 (各部の点検、検証を実施)



実缶試験 弁据付  
熱電対取付け



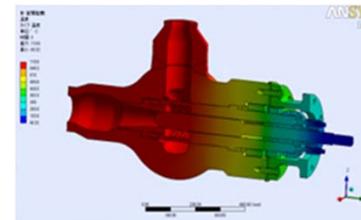
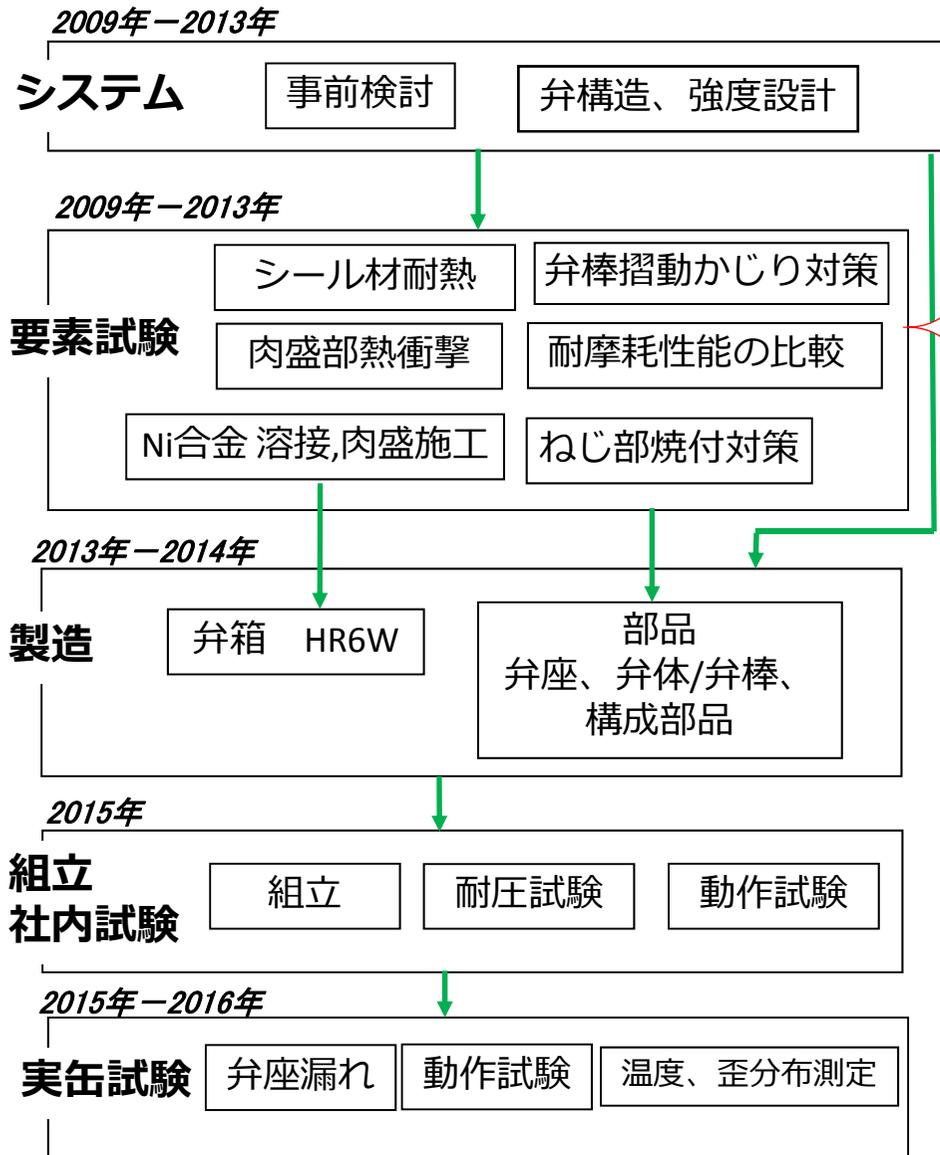
実缶試験 温度測定

各部位の温度

| No.    | 計測部位        | 平均温度 ※1 | 最高/最低温度 ※1  |
|--------|-------------|---------|-------------|
| ST1 ※2 | ノズルシート      | 385°C   | 430 / 345°C |
| ST2    | 蒸気入口配管      | 680°C   | 691 / 664°C |
| ST3 ※2 | 蒸気出口配管      | 130°C   | 166 / 105°C |
| ST4 ※2 | ボデー中央部      | 197°C   | 249 / 145°C |
| ST5 ※2 | ボデー上部       | 136°C   | 169 / 105°C |
| ST6 ※2 | ボデー蒸気出口側    | 141°C   | 173 / 110°C |
| ST7 ※2 | クーリングスプールの腕 | 94°C    | 114 / 76°C  |
| ST8    | ネッキブッシュ回り   | 47°C    | 57 / 36°C   |
| ST10   | スプリング下端     | 39°C    | 47 / 28°C   |

※1 10ヶ月分('15/5/1~'16/2/29)のデータをもとに算出しています  
 ※2 '15年11月~'16年1月にかけて温度上昇が確認された部位

# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み タービンバイパス弁 1/2



構造設計 解析



グラッドパッキン耐熱評価試験  
720°C1200hr加熱 減重量



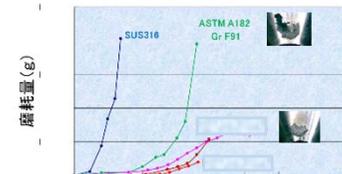
ボンネットパッキン  
耐熱試験後の  
水圧試験



Ni合金 肉盛施工確認



摺動部 高温かじり試験



ねじ焼付き試験  
720°C 加熱サイクル負荷後 分解

高圧水衝突による磨耗試験



弁箱製作



弁箱 耐圧試験  
歪測定



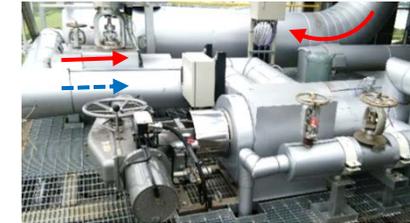
# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み タービンバイパス弁 2/2

実缶試験では、700℃環境下で以下の検証試験を実施

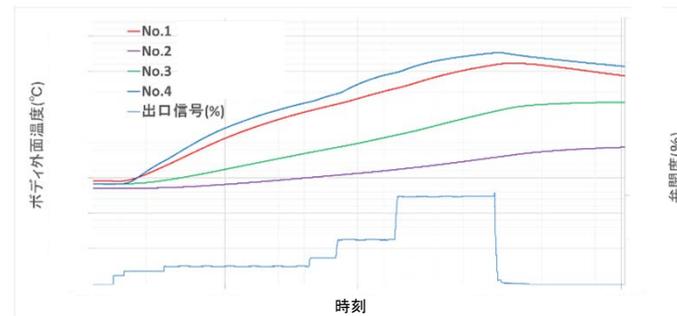
- ① シール部性能の確認
- ② 弁座漏れ試験
- ③ 動作時における弁棒の摺動性
- ④ 温度分布、ひずみのデータを連続収集、データを設計に反映
- ⑤ 実缶試験後の調査（各部の点検、検証を実施）



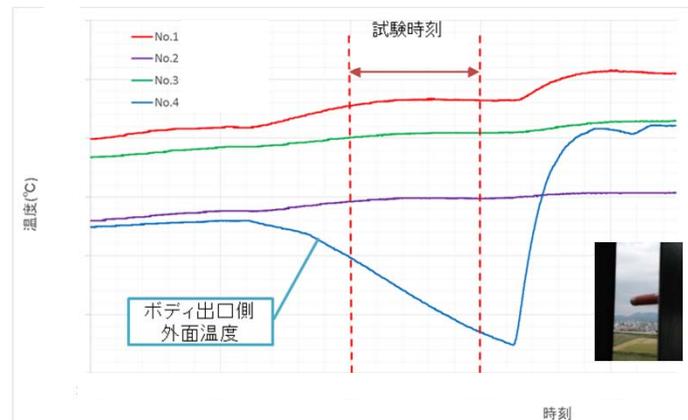
実缶試験 弁据付  
各センサー取付



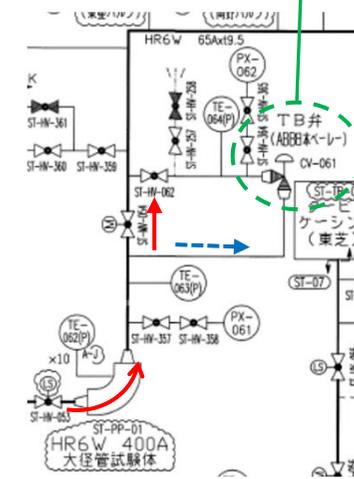
実缶試験 保温材施工後



弁動作時 温度変化測定 '15/5



弁座漏れ試験中 出口温度変化確認 '15/5

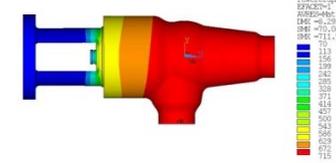
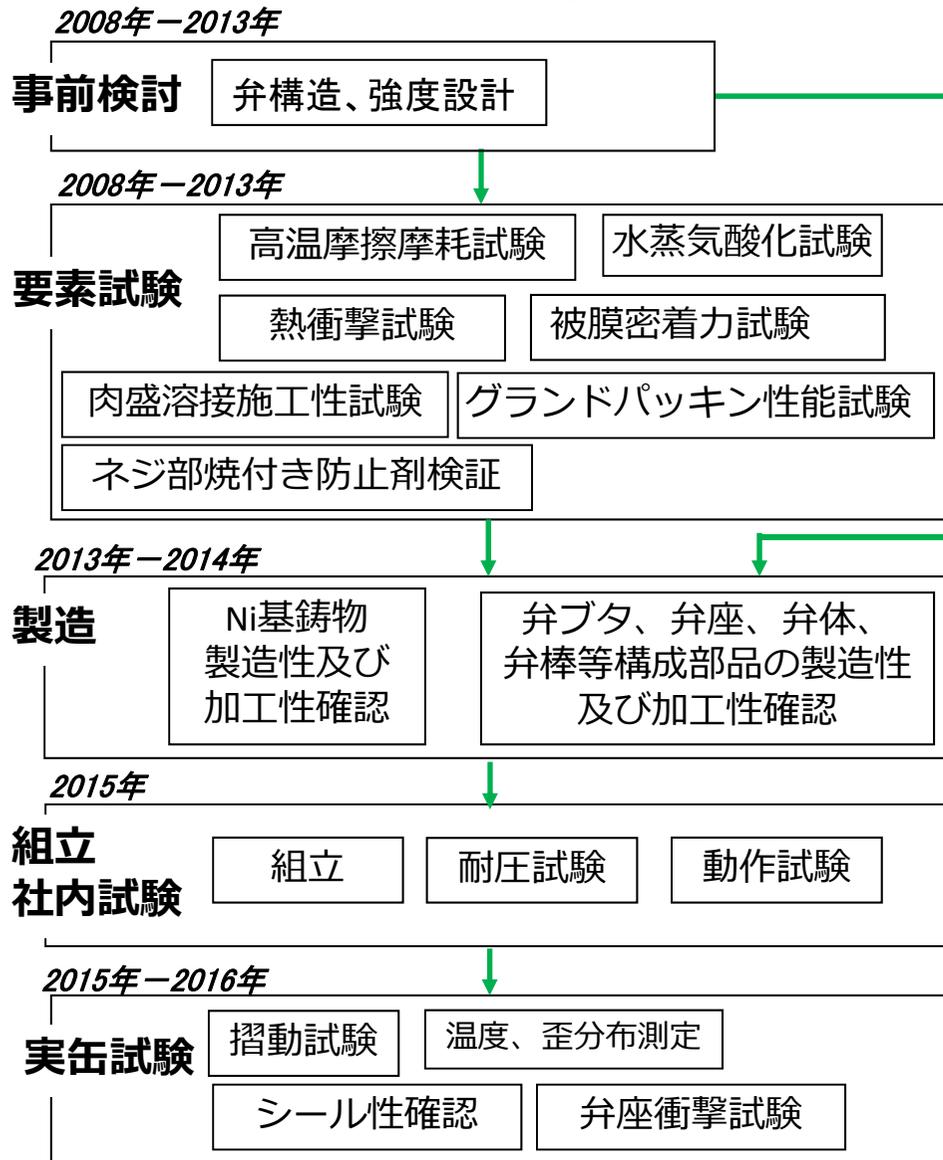


実缶試験系統図  
タービンバイパス弁周り

大気放出  
ベント管  
漏れ確認



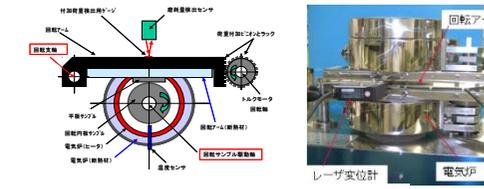
# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み タービン主要弁 1/2



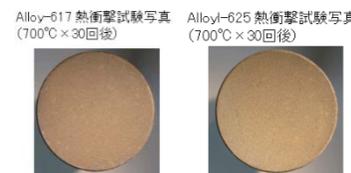
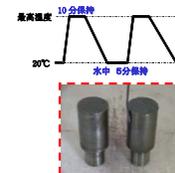
実缶試験用弁設計



水蒸気酸化試験

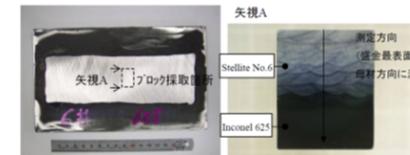


高温摩擦摩耗試験

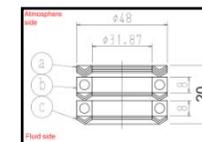
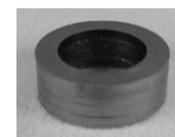


熱衝撃試験及び被膜密着力試験

磁歪外観 磁歪図面



肉盛溶接性試験



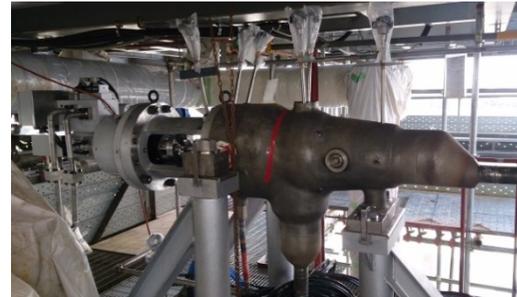
グランドパッキン性能試験

# 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み

## タービン主要弁 2/2

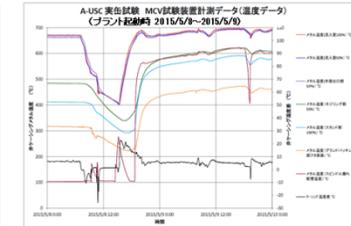
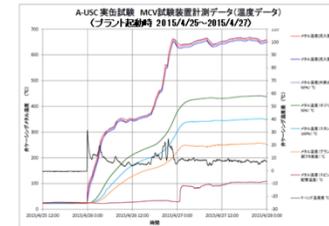
実缶試験では、700℃環境下で以下の検証試験を実施

- ①要素試験で得られた結果の妥当性の確認
- ②実用化に向けた運用データの採取
- ③実缶試験後の調査（分解性等）

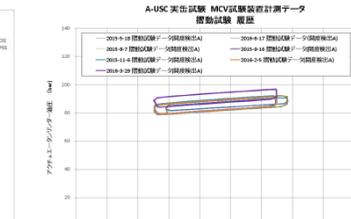
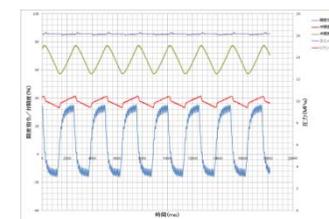


### <検証内容>

|   | 項目                        | 概要  |
|---|---------------------------|---|
| 1 | 弁ケーシングの伝熱特性の確認            | 弁ケーシング候補材Alloy625鋳物の伝熱特性の確認                 |
| 2 | 弁棒、ブッシュ摺動部の摩擦抵抗変化及び摺動性の確認 | 弁棒摺動部候補材の長期及び蒸気中における動特性変化及び摩耗状況を確認          |
| 3 | グランドパッキンのシール性確認           | 700℃機向けに適用可能なグランドパッキンの長期間及び連続摺動状態でのシール性を確認  |
| 4 | ボンネット気密リングのシール性確認         | 700℃運転中の気密リングのシール状況の確認と経年変化の確認              |
| 5 | 弁座衝撃力耐久性の確認               | 700℃温度下において弁座盛金部にトリップ動作による衝撃力が作用した場合の耐久性を確認 |



弁ケーシング温度測定、気密リングシール性確認



摺動試験及び摩擦抵抗測定



グランドパッキンシール状況確認

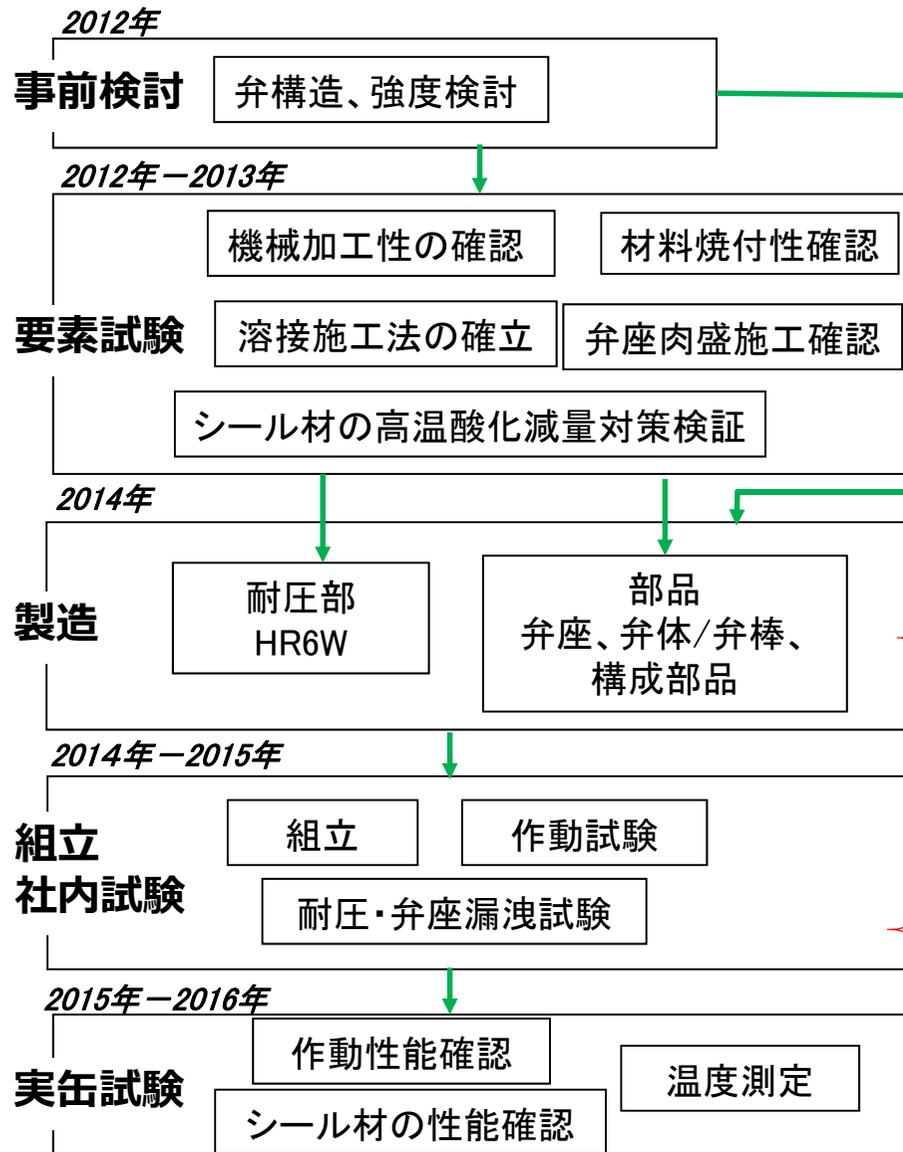
## 6.4.3 要素技術開発、実缶試験の取組み

### 各弁における開発・試験状況

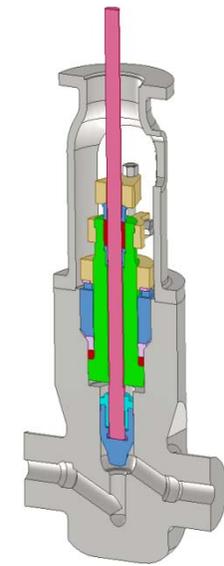
|            | 一般弁 | 安全弁 | TB弁 | タービン弁 |
|------------|-----|-----|-----|-------|
| シール材耐熱性    | ○   | —   | ○   | ○     |
| 弁摺動性       | ○   | ○   | ○   | ○     |
| 弁座肉盛       | ○   | ○   | ○   | ○     |
| ねじ部焼付対策    | ○   | —   | ○   | ○     |
| 弁箱溶接性      | ○   | ○   | ○   | ○     |
| 製造性（加工、溶接） | ○   | ○   | ○   | ○     |
| 実機大製造性     | △   | ○   | ○   | ○     |
| 規格化        | △   | —   | —   | —     |

## 6.4.4 研究開発成果

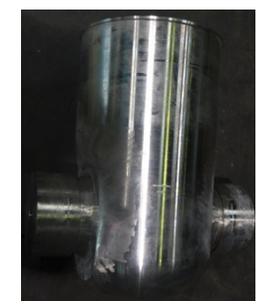
# 6.4.4 研究開発成果 一般弁（玉形弁）



# 一般弁（玉形弁）



弁構造



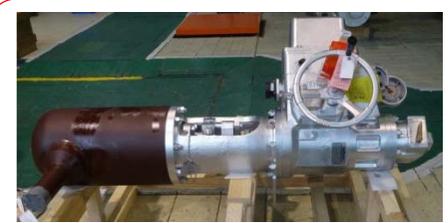
弁箱



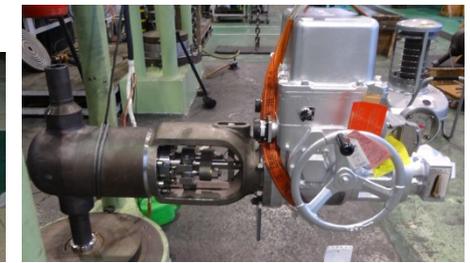
ふた+ガスケット+ふた受輪



弁棒(弁体)

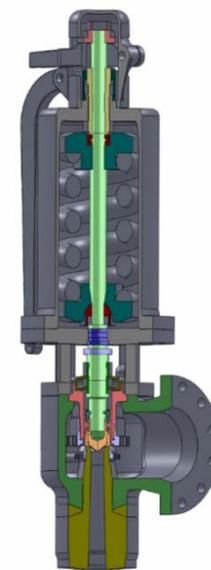
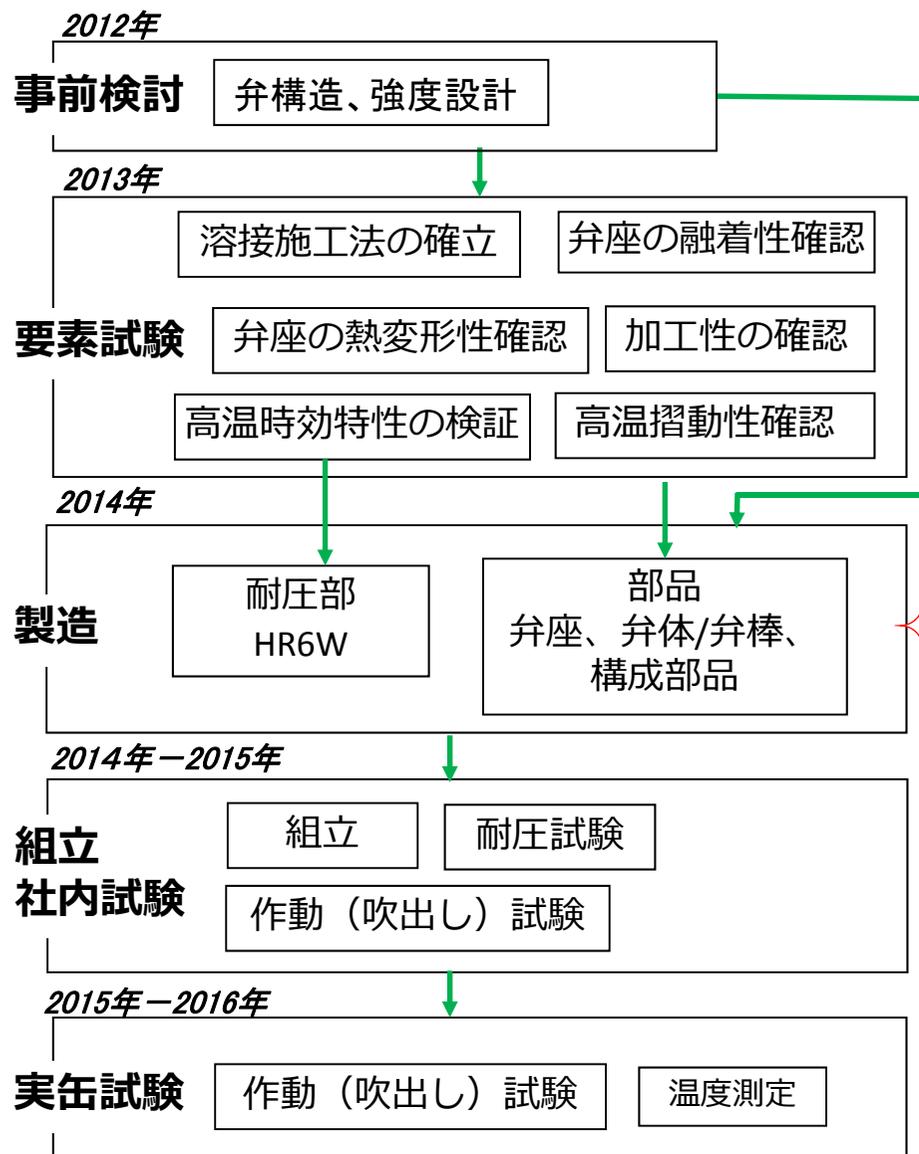


弁組立



耐圧、弁座漏洩、作動試験状況

# 6.4.4 研究開発成果 安全弁



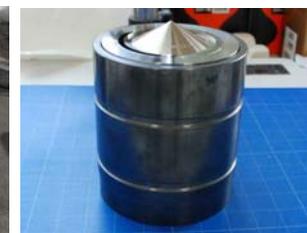
構造図



弁箱



ノズルシート



ジスク



ジスクソケット



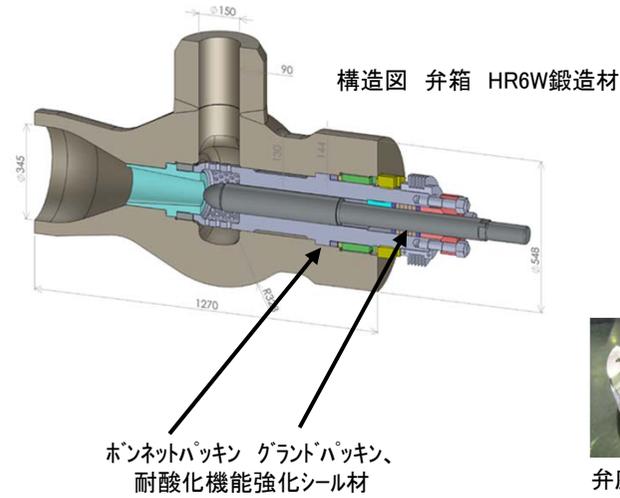
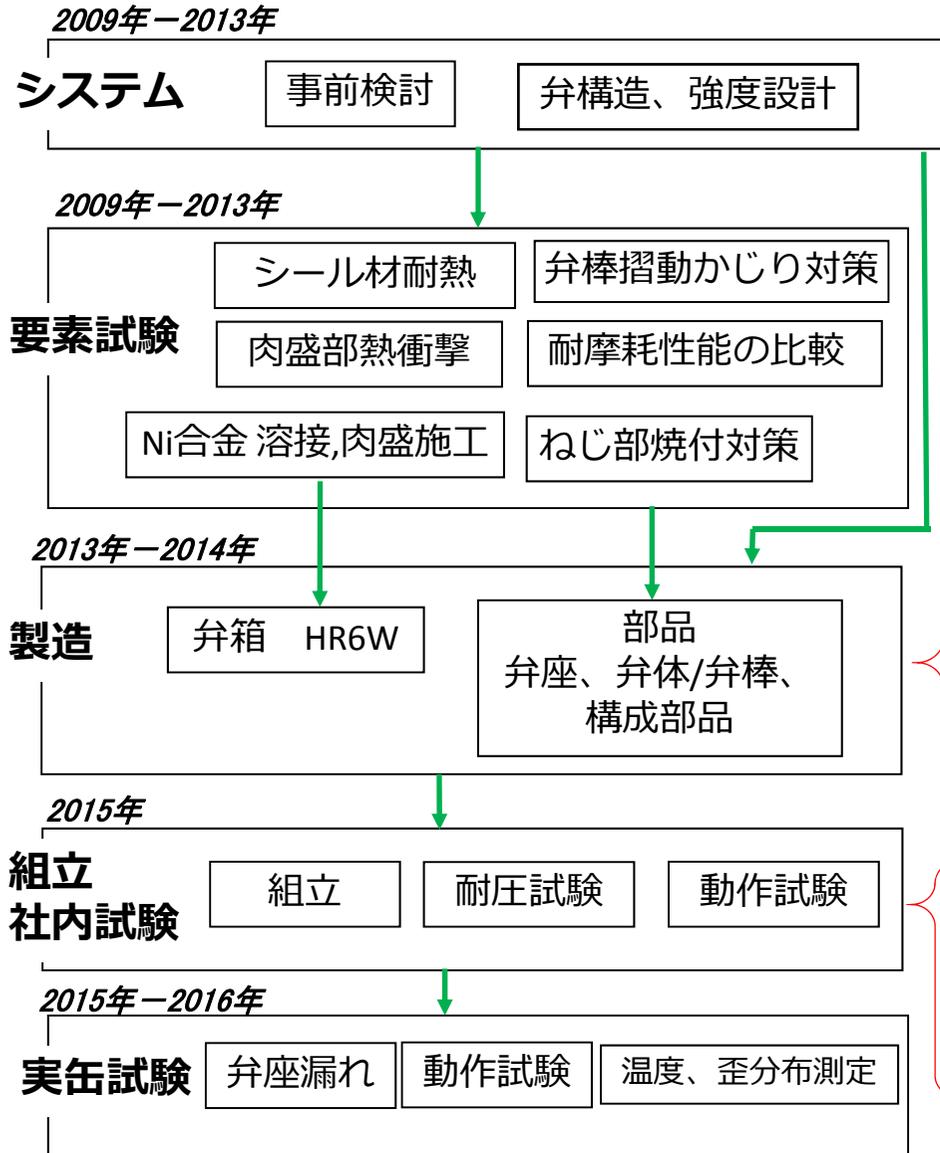
作動試験



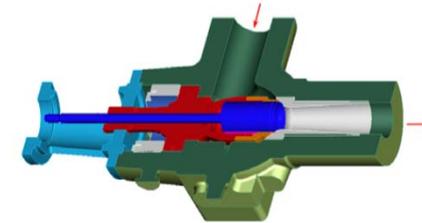
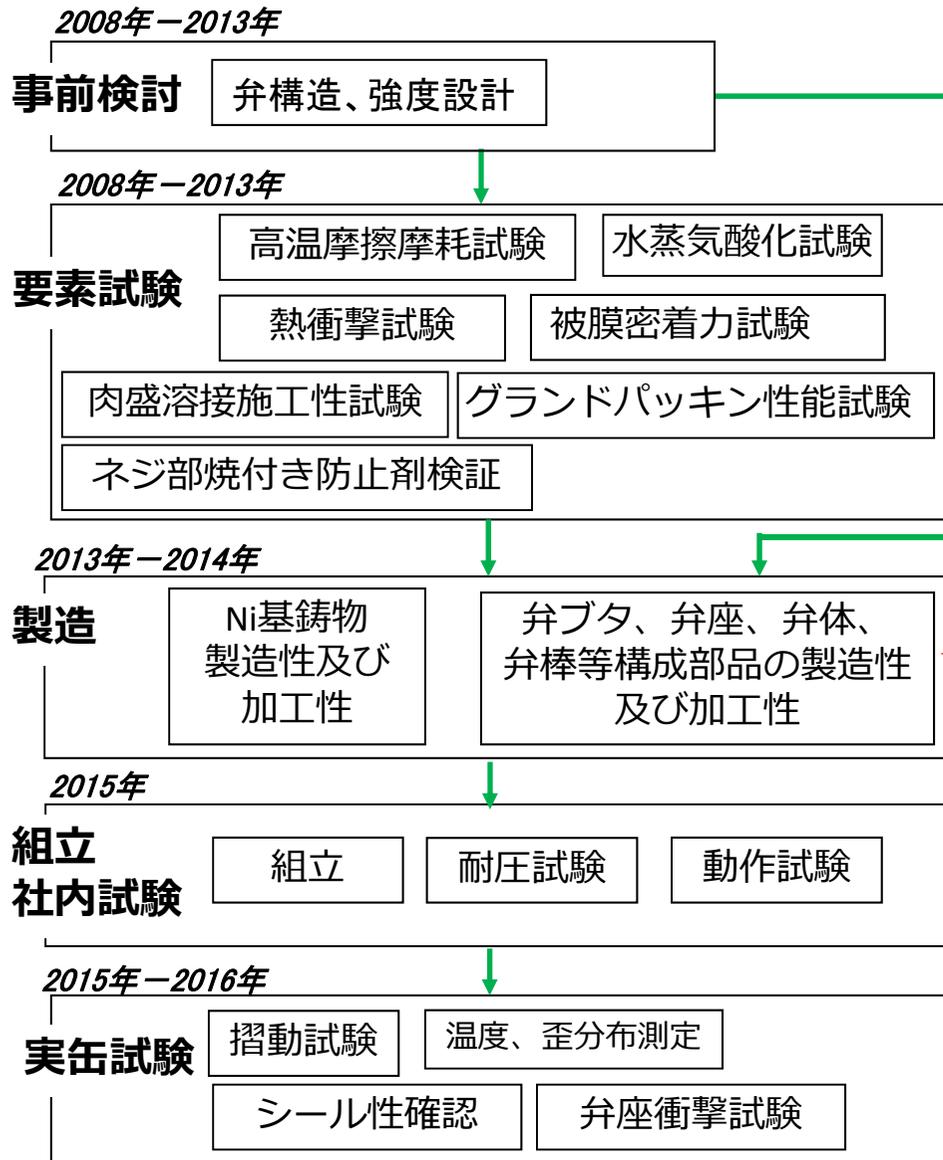
弁組立

# 6.4.4 研究開発成果

# タービンバイパス弁



# 6.4.4 研究開発成果 タービン主要弁



実機向け弁試設計



弁棒（組込み後）



ネジリング  
(焼付け防止剤処理後)



グランドパッキン



弁ケーシング（素材/加工後）



弁ブタ/ネジリング



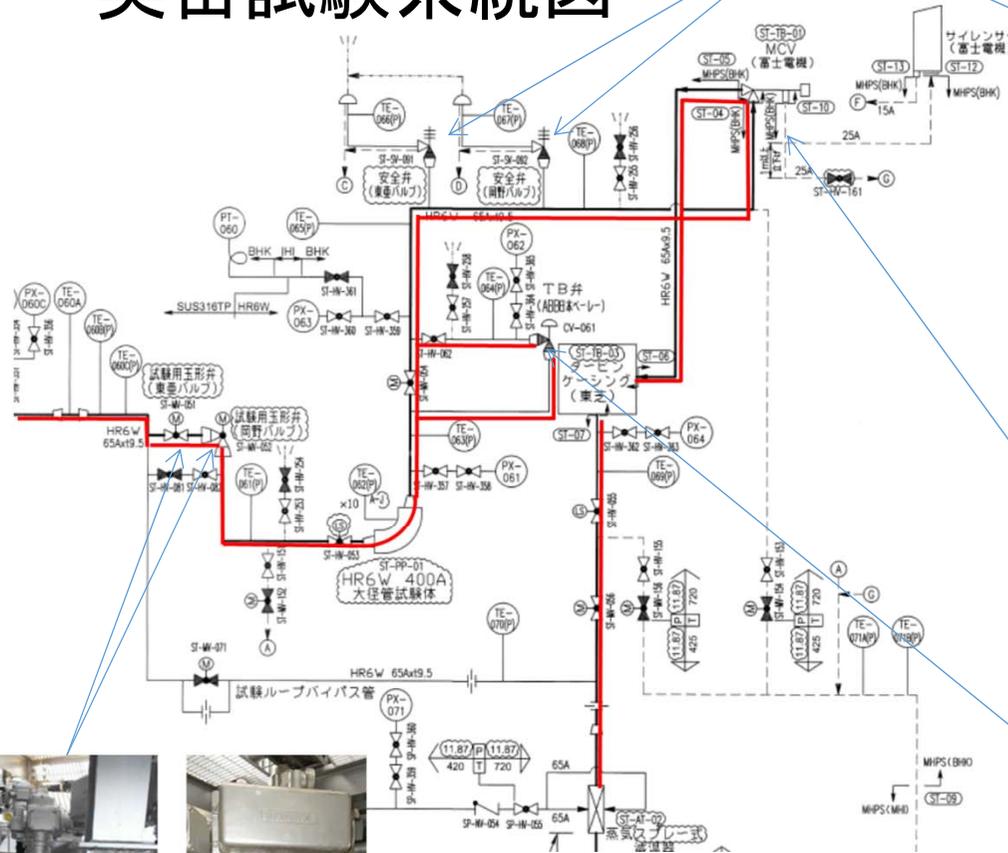
弁組立完了



弁動作試験 25

# 6.4.4 研究開発成果 実缶試験

## 実缶試験系統図



安全弁  
(岡野バルブ、東亜バルブ)



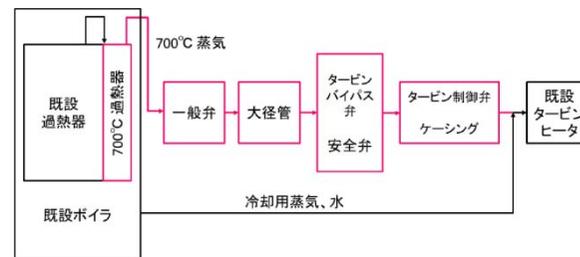
MCV (富士電機)



タービンバイパス弁  
(ABB日本ベレー)



一般弁(玉形弁)  
(岡野バルブ、東亜バルブ)



系統概念図

## 6.4.4 研究開発成果 まとめ

- 1.要素試験において、700℃蒸気環境下での従来と同等の摺動特性をもった弁棒、ブッシュの候補材を開発・検証し、実缶試験に適用した。
- 2.実機大の弁ケーシング鑄造材を製作し、Ni基鑄造材の製造性を検証した。（@タービン要素技術開発）
- 3.要素試験で選定した候補材は700℃蒸気実缶試験に適用し、要素試験で検証した材料の信頼性評価を実施し、問題無いことを確認した。

ご清聴

ありがとうございました。