

3号機の定期検査における制御棒駆動水圧系機能検査での 不適合に関する調査結果について

<概要>

(事象の発生状況)

- ・定期検査で停止中の3号機において、制御棒(34-31)の緊急挿入試験を実施したところ、制御棒が所定の位置にない状態となったことを示す警報がすみやかに解除されませんでした。
- ・当該制御棒の駆動水の出口弁を閉めたところ、当該警報が解除されました。

(調査結果・推定原因)

- ・当該制御棒を緊急挿入するための駆動水の出口弁(127弁)は、平成21年4月3日に公表した対策を実施し、組み立て直していたことがわかりました。
- ・また出口弁(127弁)の弁シート部を組み立てるためのボルトの座金に歯付座金とばね座金の混在はなかったことから、5月15日に公表した対策において組み立て直す対象としなかったが、2種類の歯付座金が混在していたことがわかりました。
- ・そのためテフロン製弁シートをはさみ込む力が部分的に異なり、テフロン製弁シートと弁体の密着性が部分的に低下したことがわかりました。
- ・さらに、組み立て時のボルトの締め付け回数が多いとテフロン製弁シートのせり出し量が大きくなり、弁棒の長さが不足することがわかりました。
- ・制御棒の緊急挿入試験時に弁が開いて水が流れた際、テフロン製弁シートの密着性の低い部分に大きな力が加わり損傷し、弁が閉じても弁シート部に隙間が生じて漏えいが発生したものと推定しました。
- ・そのため、当該制御棒が試験後の位置から戻らず、警報が解除されなかったものと推定しました。

(対策)

- ・当該弁について、同一のばね座金に交換するとともに弁棒の長さ調整を行い、再度、組み立て直しました。
- ・弁の組み立て作業においてボルトの締め付け回数を少なくするとともに、弁棒の長さを管理することで、テフロン製弁シートのせり出し量を管理することとしました。

詳細は以下のとおりです。

1. 事象の発生状況

平成21年5月18日午後8時15分頃、定期検査で停止中の3号機において、制御棒駆動水圧系機能検査のため制御棒(34-31)の緊急挿入試験を実施した際、本来であれば試験後速やかに「制御棒ドリフト」の警報*¹が解除されるべきところ、試験後も警報が解除されない状態となりました。

その後、当該制御棒の制御棒駆動水圧系水圧制御装置*²を調査したところ、制御棒駆動水圧系水圧制御装置の制御棒を緊急挿入するための駆動水の出口弁（以下、当該弁（127 弁））シート部*³から漏えいしている可能性が考えられたことから、当該制御棒の駆動水の出口弁（102 弁）を閉めたところ、午後 10 時 53 分頃、「制御棒ドリフト」の警報は解除されました。

（[平成 21 年 5 月 20 日](#) お知らせ済み）

2. 調査結果

調査の結果、以下のことがわかりました。

- ・当該弁（127 弁）は、4 月 3 日に公表した対策*⁴を実施し、組み立て直していたものであること。
- ・当該弁（127 弁）は、5 月 15 日に公表した対策*⁵で組み立て直す対象になっていなかったこと。
- ・当該弁（127 弁）のテフロン製弁シートの一部が損傷していたため、シート部に漏えいが発生していたこと。
- ・弁シート部を組み立てるための座金には歯付座金とばね座金があり、さらに歯付座金においても型が異なる 2 種類の座金があるが、当該弁（127 弁）においては 2 種類の歯付座金が混在して使用されており、テフロン製弁シートをはさみ込む力が部分的に異なっていたこと。
- ・テフロン製弁シートのせり出し量が均一ではなかったこと。
- ・組み立て時のボルトの締め付け回数が増えるとテフロン製弁シートのせり出し量が大きくなること。
- ・2 種類の歯付座金が混在していることは、5 月 15 日に公表した対策を行った際に確認していたものの、テフロン製弁シートをはさみ込む力が大きく異ならないと認識していたことから、同一のボルトと座金に交換する対象としていなかったこと。
- ・当該弁（127 弁）以外の制御棒駆動水圧系水圧制御装置の同じ構造の弁においても、2 種類の歯付座金が混在している弁が 16 台確認されたこと。

3. 推定原因

調査結果から以下の原因を推定しました。

- ・当該弁（127 弁）の組み立てに使用する座金に 2 種類の歯付座金が混在していたことから、テフロン製弁シートをはさみ込む力が部分的に異なり、テフロン製弁シートのせり出し量が均一ではなかった。
- ・弁組み立て時のボルトの締め付け回数が増え、テフロン製弁シートのせり出し量が大きくなった。
- ・4 月 3 日に公表した対策で弁棒の長さ調整を実施したものの、大きくせり出したシート部に弁体が干渉し、弁体の着座位置が通常より高い位置になったため、せり出し量が小さいシート部分と弁体の密着性が低下していた。
- ・制御棒の緊急挿入試験時に弁が開いて水が流れた際に、テフロン製弁シー

トの密着性の低い部分に大きな力が加わり損傷し、弁が閉じても弁シート部に隙間が生じて漏えいが発生した。

以上のことから、制御棒の緊急挿入試験において当該弁（127 弁）が一度開いてから閉じた際、シート部に漏えいが発生したことにより、制御棒を動かす制御棒駆動機構内に圧力の差が生じ、制御棒が試験後の位置（過挿入状態）から全挿入位置に戻らなかったため、「制御棒ドリフト」の警報が解除されなかったものと推定しました。

4. 対策

当該弁（127 弁）および 2 種類の歯付座金が混在していた 16 台の弁については、同一のばね座金に交換するとともに、テフロン製弁シートの不均一な変形の影響を受けないように弁体の押し下げ量に裕度を持たせた状態で弁棒の長さを調整して、再度、組み立て直しました。また、組み立て時のボルトの締め付け回数を少なくするよう管理するとともに、弁棒の長さを管理することでテフロン製弁シートのせり出し量を管理することとしました。

以 上

* 1 「制御棒ドリフト」の警報

制御棒が所定の位置にない状態となったことを示す警報。

* 2 制御棒駆動水圧系水圧制御装置

制御棒を炉心内に挿入したり引き抜きしたりするため、制御棒駆動機構に駆動水等を送る装置。

* 3 弁シート部

弁の閉時に流体を止めるために密着する部位で、制御棒を動かす系統の弁では弁体と弁座およびテフロン製弁シートとが組み合わせられる。

* 4 4 月 3 日に公表した対策

4 月 3 日に公表した推定原因および対策は以下の通り。

（推定原因）

- ・ 3 月 26 日に発生した制御棒の過挿入事象の原因は、駆動水の元弁を開けた際、当該制御棒を動かす系統の弁のシート部に密着不良による漏えいが発生したため、当該制御棒の挿入方向に水圧がかかったものと推定した。
- ・ 密着不良が発生した原因は、組み立ての際、弁棒の長さ調整が不十分で弁棒長さに不足があったためと推定した。

（対策）

- ・ 組み立て作業において弁シート部の密着性を確実に確保できるよう、弁棒の長さ調整に係る作業手順の見直しを行った。

* 5 5 月 15 日に公表した対策

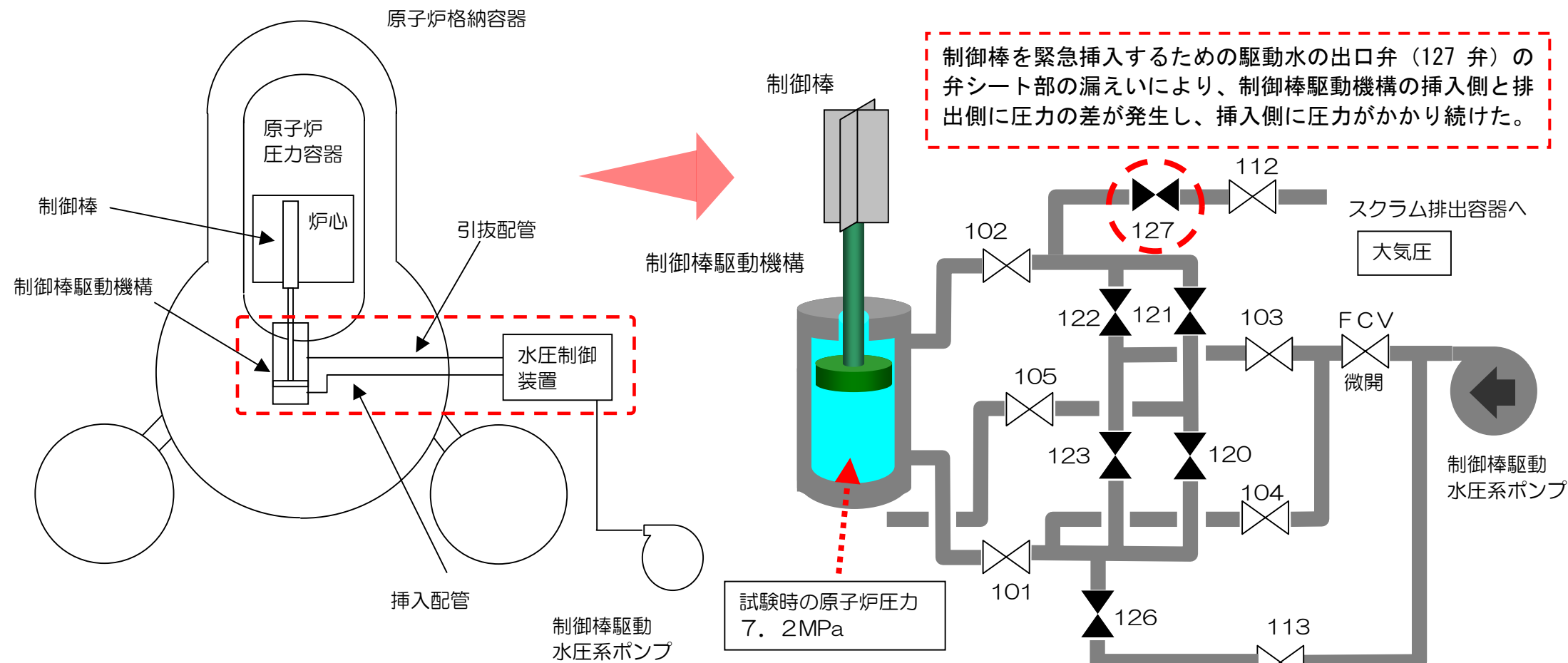
5月15日に公表した推定原因および対策は以下の通り。

(推定原因)

- ・弁の組み立てに仕様の違う新型と旧型のボルト等を使用していたことから、テフロン製弁シートをはさみ込む力が部分的に異なり、テフロン製弁シートの穴が楕円形に変形し、弁シート部の密着不良が発生したと推定した。

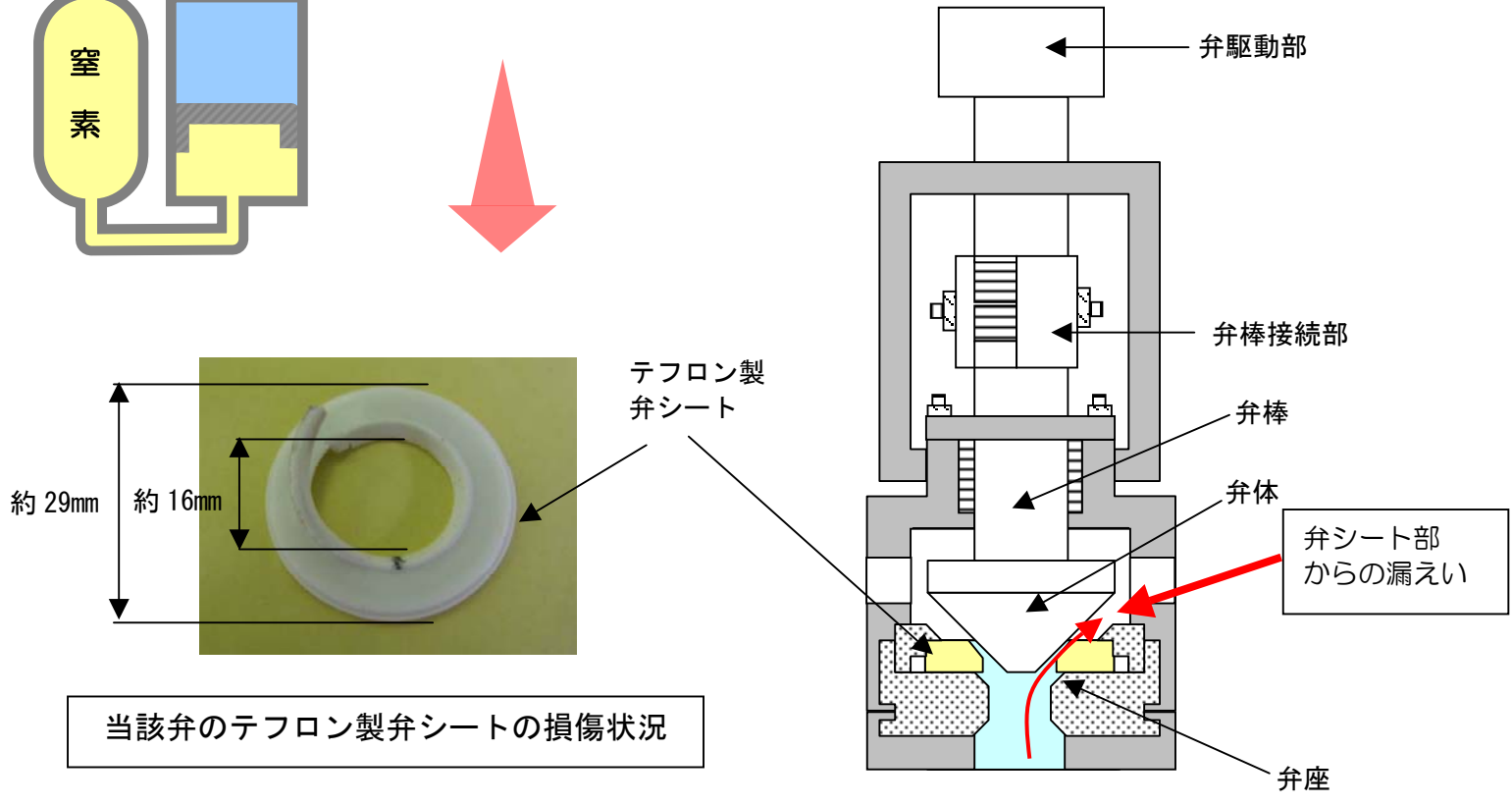
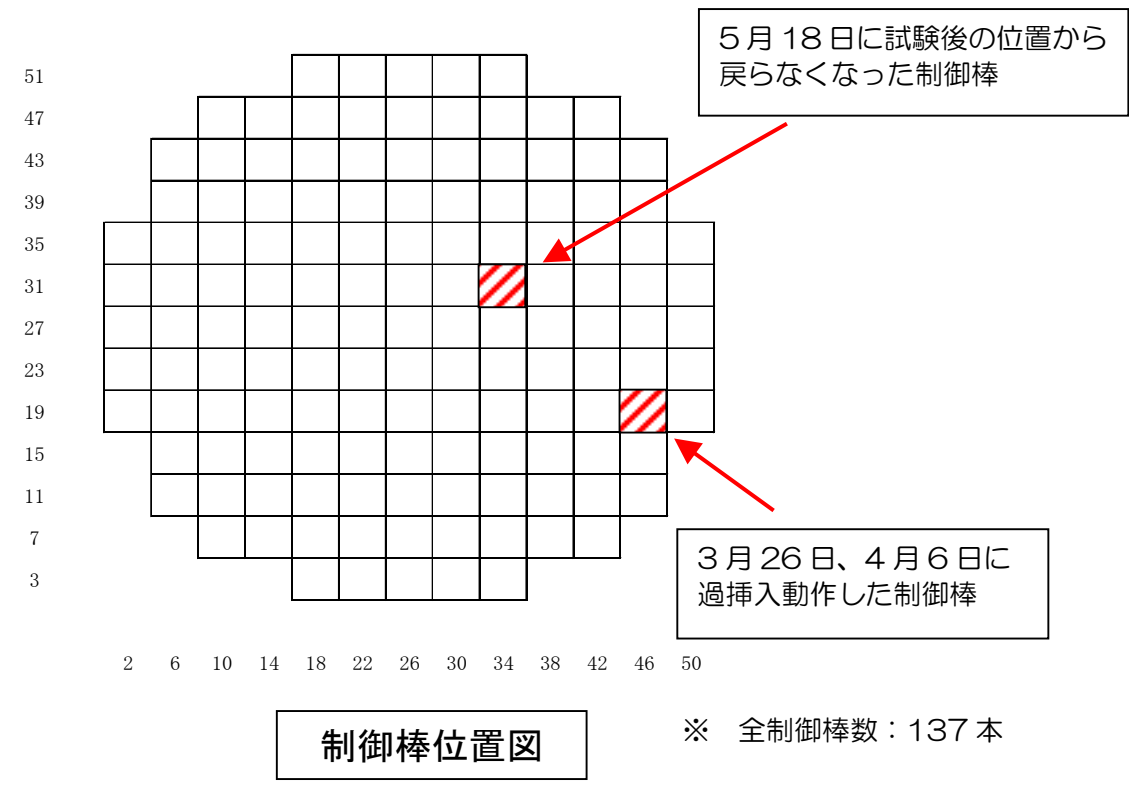
(対策)

- ・仕様の違う新型と旧型のボルト等が混在していた弁については、同一仕様の新型のものに交換した。
- ・テフロン製弁シートの不均一な変形の影響を受けないように弁体の押し下げ量に裕度を持たせた状態で駆動部側と弁体側との接続を行う方法に変更した。

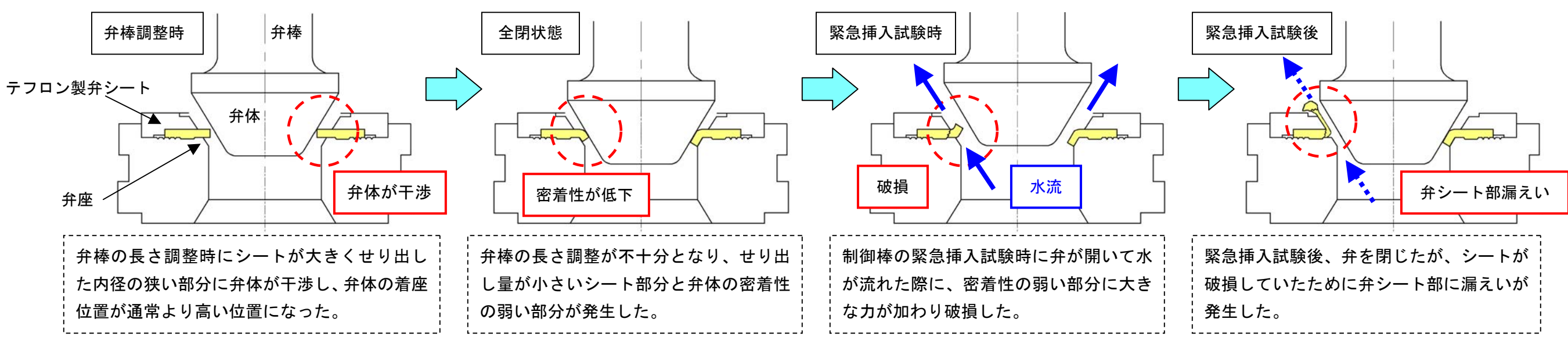
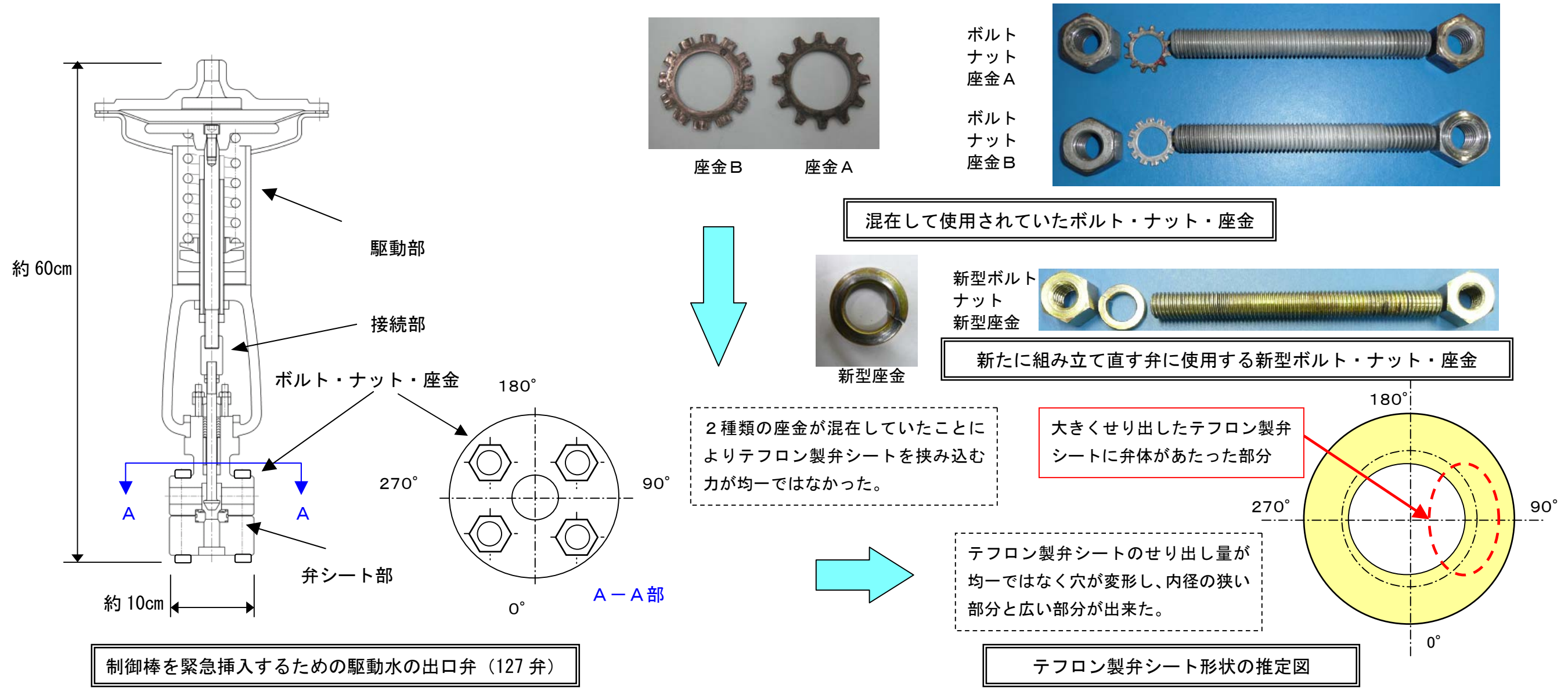


制御棒を緊急挿入するための駆動水の出口弁（127 弁）の弁シート部の漏えいにより、制御棒駆動機構の挿入側と排出側に圧力の差が発生し、挿入側に圧力がかかり続けた。

- 5月18日の発生状況
制御棒の緊急挿入試験後^{※1}に試験後の状態（過挿入位置）から戻らなくなった。
 - 4月6日の発生状況
水圧制御装置の復旧作業^{※2}において、101弁を開いたことで過挿入動作が発生。
 - 3月26日の発生状況
水圧制御装置の復旧作業^{※2}において、102弁～105弁を開いた約7分後に過挿入動作が発生。
- ※1 緊急挿入試験
126弁と127弁を試験操作で開き、事前に1本引抜いた制御棒を緊急挿入させる試験。試験後、126弁と127弁を閉止すると制御棒は過挿入位置から全挿入位置に戻る。
- ※2 復旧作業
102弁→101弁→103弁→104弁→105弁の順番で弁を開く操作を実施。



制御棒駆動水圧系および制御棒を緊急挿入するための駆動水の出口弁の概略図



弁シート部漏えいのメカニズム